

A：有効断面積（mm²）

b．せん断力に対する照査

鋼管杭のせん断に対する許容限界は，曲げと同様に道路橋示方書・同解説（IV下部構造編）に基づき，発生せん断応力が短期許容応力度以下であることを照査する。なお，せん断に対する応力度照査は，以下の式で算出する。

$$\tau = \frac{S}{A}$$

S：せん断力（N）

A：有効断面積（mm²）

c．極限支持力

基礎地盤の支持性能に対する照査は，杭先端部分の要素の鉛直方向の時刻歴最大値 σ_y と極限支持力を比較し，応答値が極限支持力を下回ることを確認する。極限支持力の算出については，道路橋示方書・同解説（IV下部構造編，12.4 杭）に基づき算出する。

② 解析モデルの設定

解析モデルは，原地盤モデルでの評価に加え，岩盤の深度や地質分布の不確かさに着目し，それらが杭の構造健全性に与える影響を評価できるように保守的な解析条件での評価を実施する。

敷地の北側の地層には，粘土層（A c 層）と砂層（A s 層）が互層となり概ね水平成層で分布している。各地層の層厚にはバラツキがあることから，粘土層の層厚が防潮堤に与える影響について把握することを目的として，敷地内の地質データを整理し，粘土層の層厚が最も厚い地盤と，最も薄い地盤とした解析モデルでその影響を確認する。

また，防潮堤直下には岩盤深度が変化する区間が存在するため，岩盤の

傾斜角が防潮堤に与える影響について検討を行う。また、敷地内の地質データを整理し、傾斜角が最も大きい区間の解析モデルで、防潮堤 1 ユニットの内の応答値の影響を確認する。

さらに、上記の解析ケースに加え、地質分布の不確かさに着目し、保守的な検討として、液状化検討対象層である全ての砂層・砂礫層に対し、豊浦標準砂の液状化強度特性を仮定することで強制的に液状化させる条件を与えた解析モデルで検討する。

取水構造物より北側エリアにおける粘土層の層厚分布について第 3-11 図に、岩盤の傾斜角整理について第 3-12 図に、岩盤の傾斜の違いによる断面のモデル化について第 3-13 図に示す。

d. 座屈に対する照査

座屈は以下の式で算出される座屈耐力と杭体に発生する最大軸力とを比較する。

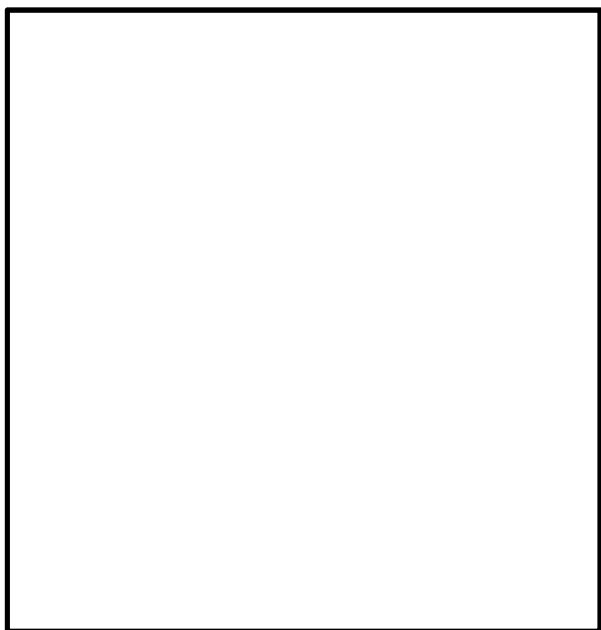
$$N_u = F \left(0.8 + 2.5 \frac{t}{r} \right) A \quad (0.01 < t/r \leq 0.08)$$

F : 鋼材の基準強度 ($=\sigma_y$) (N/mm²)

t : 鋼管の厚さ (腐食代を考慮) (mm)

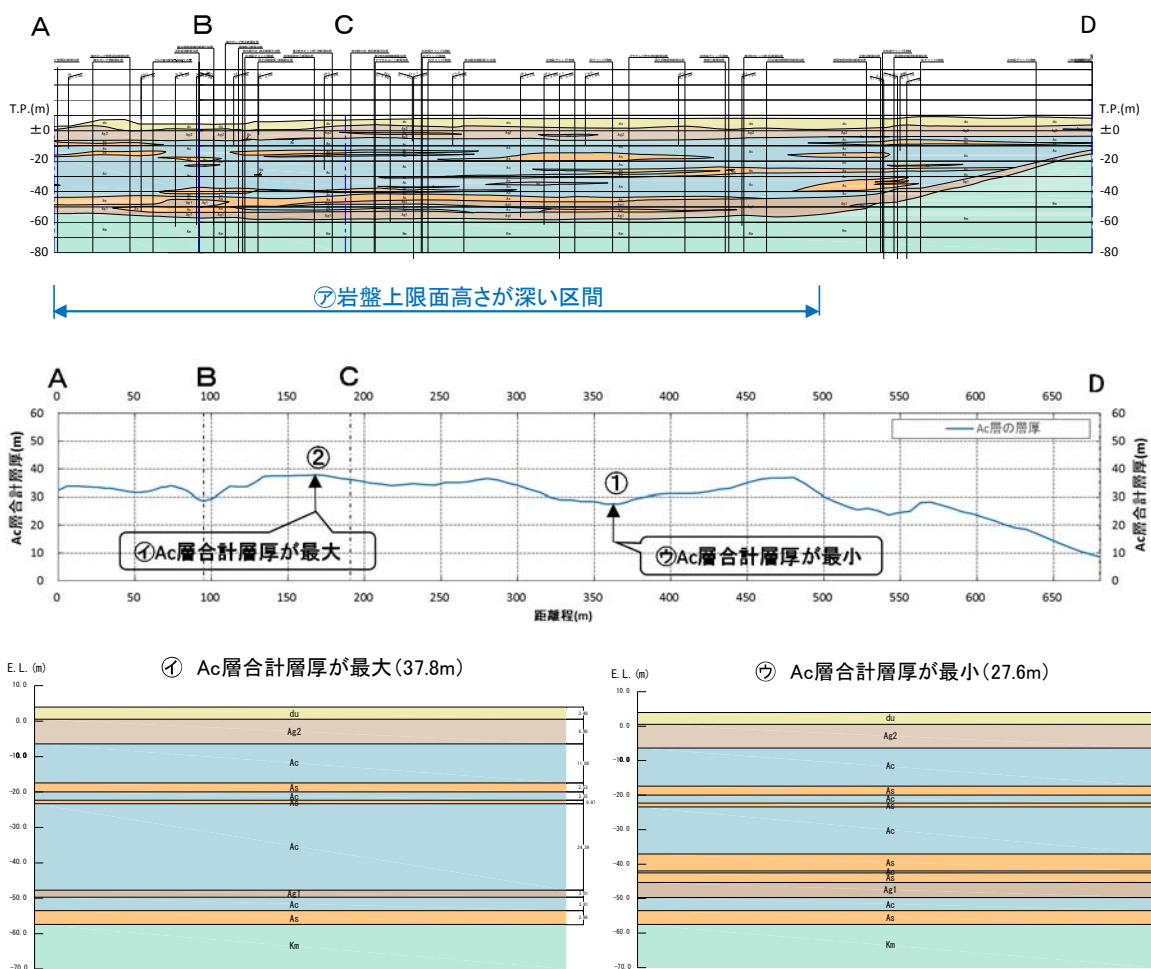
r : 鋼管の半径 (mm)

A : 鋼管の断面積 (腐食代を考慮) (mm²)



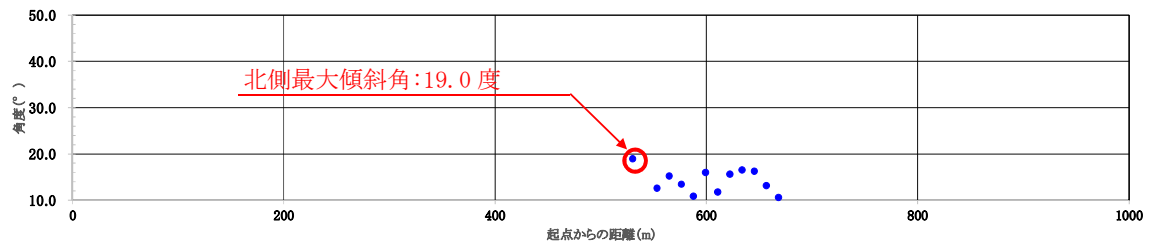
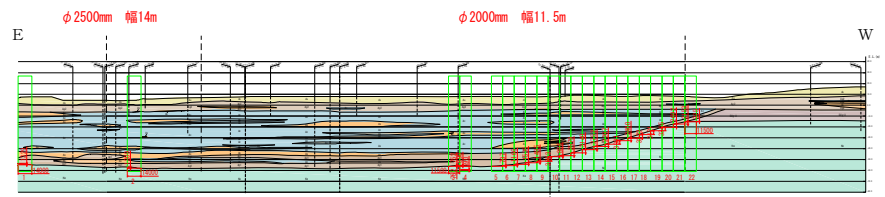
■粘土層（A c 層）の厚さについて

- ㊦ 非液状化層である粘土層（A c 層）が厚く分布し，岩盤上限面高さが深い（T.P. 約－57m～T.P. 約－58m）の区間において検討する。
- ① ㊦の区間において，非液状化層であるA c 層の合計層厚が最大となる断面を選定。
- ㊧ ㊦の区間において，非液状化層であるA c 層の合計層厚が最小，すなわち液状化検討対象層厚がほぼ最大となる断面を選定。



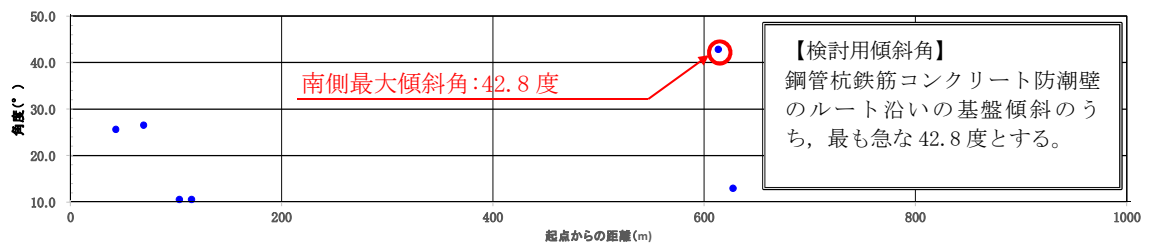
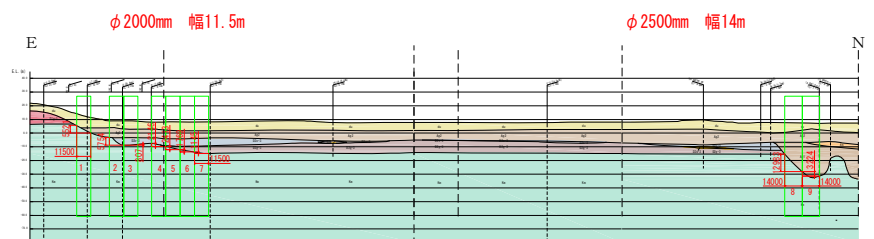
第 3-11 図 北側エリアにおける粘土層の層厚分布図

【敷地の北側】



※全エリアのうち傾斜角 10 度以上をプロット

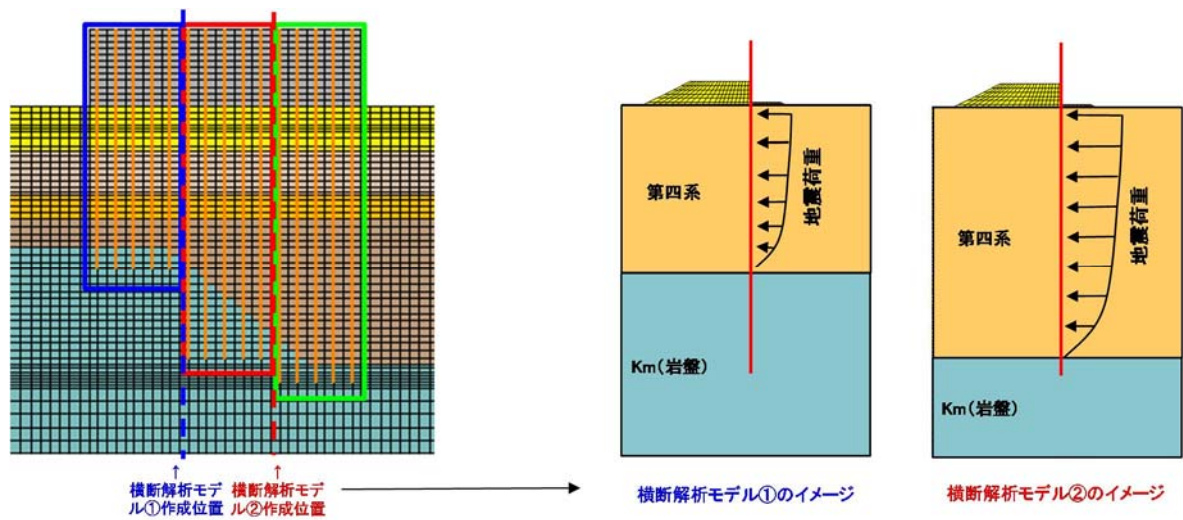
【敷地の南側】



【検討用傾斜角】
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
のルート沿いの基盤傾斜のう
ち、最も急な 42.8 度とする。

※全エリアのうち傾斜角 10 度以上をプロット

第 3-12 図 岩盤の傾斜角整理図



第 3-13 図 岩盤の傾斜の違いによる断面のモデル化

(縦断方向断面及び横断方向断面)

(4) 地震時における鋼管杭基礎の成立性検討結果

(二次元有効応力解析 (断面：地点③，横断・縦断方向))

1) 検討ケース及び検討モデル

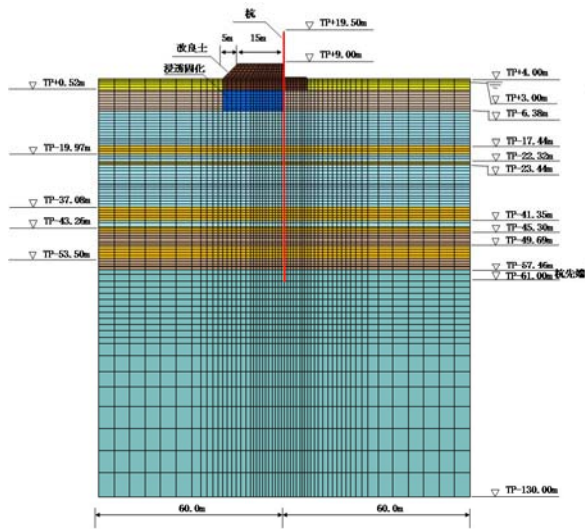
有効応力解析により，粘土層の層厚の大小による評価及び豊浦標準砂の地盤物性を用いて評価を実施した。解析検討ケース一覧表を第 3-6 表，検討モデルを第 3-14 図に示す。

第 3-6 表 解析検討ケース一覧表

評価 ケース	断面方向	内 容
1	横断面	原地盤の剛性と液状化強度特性を用いるモデル
2	横断面	豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定したモデル
3	横断面	粘土層が最も厚い原地盤モデル
4	横断面	粘土層が最も厚く，豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定したモデル
5	横断面	粘土層が最も薄い原地盤モデル
6	横断面	粘土層が最も薄く，豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定したモデル
7	横断面	原地盤の剛性と液状化強度特性を用いるモデル (S_s-31 波 (留萌波))
8	縦断面	原地盤モデル

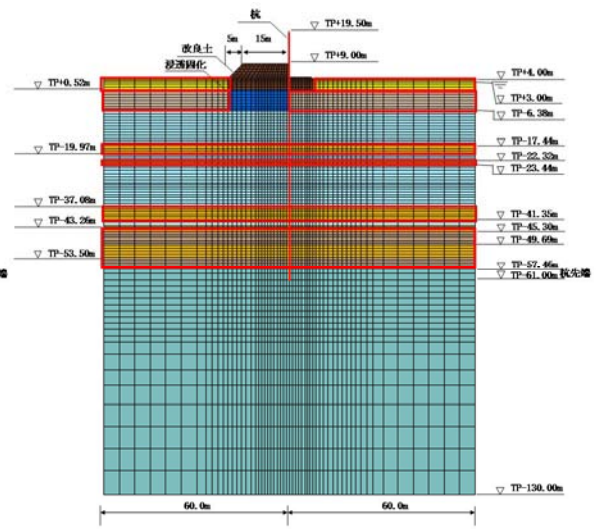
(ケース 1)


原地盤モデル



(ケース 2)

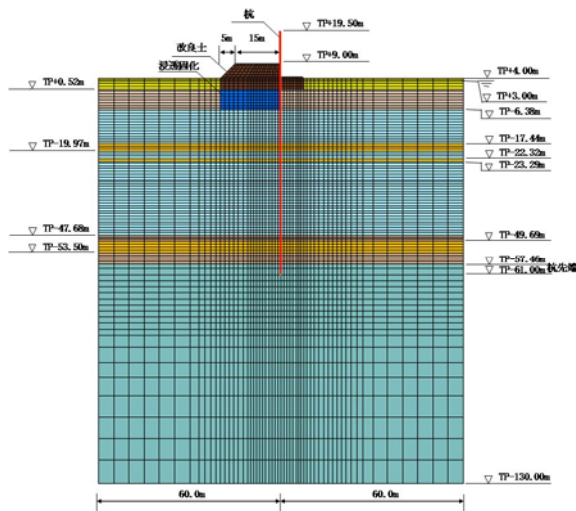
豊浦標準砂を仮定したモデル



 豊浦標準砂適用箇所

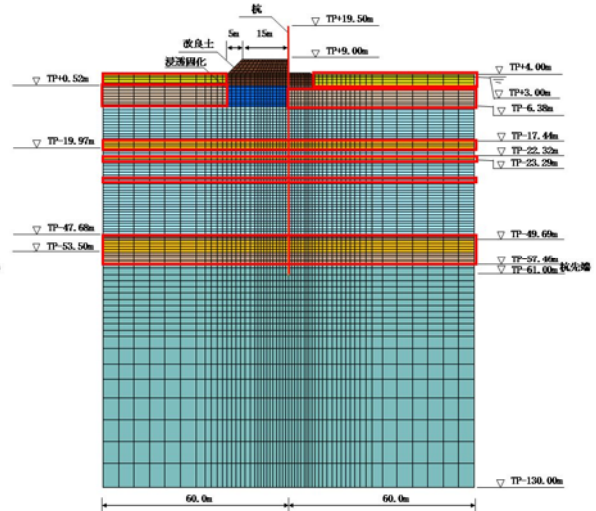
(ケース 3)


粘性土が最も厚い原地盤モデル



(ケース 4)

粘性土が最も厚く，豊浦標準砂を仮定したモデル

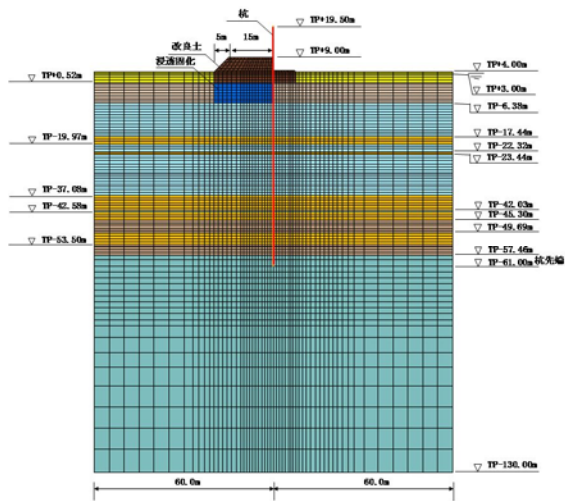


 豊浦標準砂適用箇所

第 3-14 図(1) 検討モデル

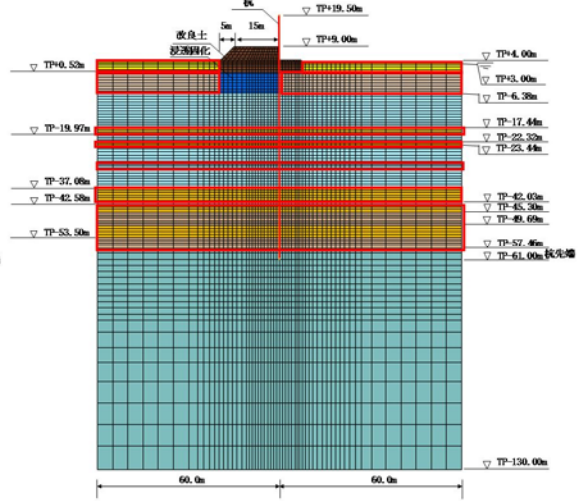
(ケース 5)

粘性土が最も薄い原地盤モデル



(ケース 6)

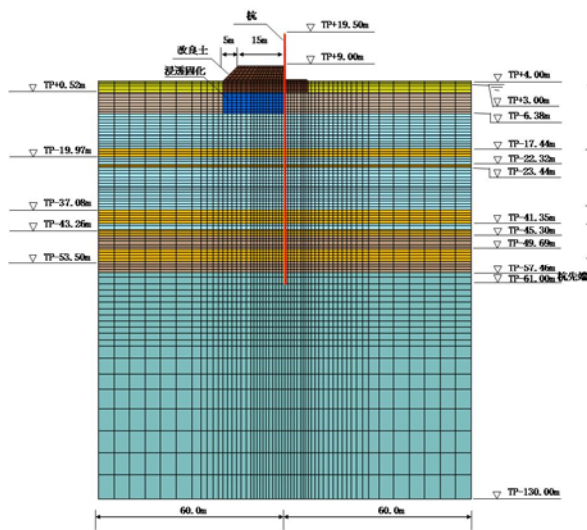
粘性土が最も薄く、豊浦標準砂を仮定したモデル



豊浦標準砂適用箇所

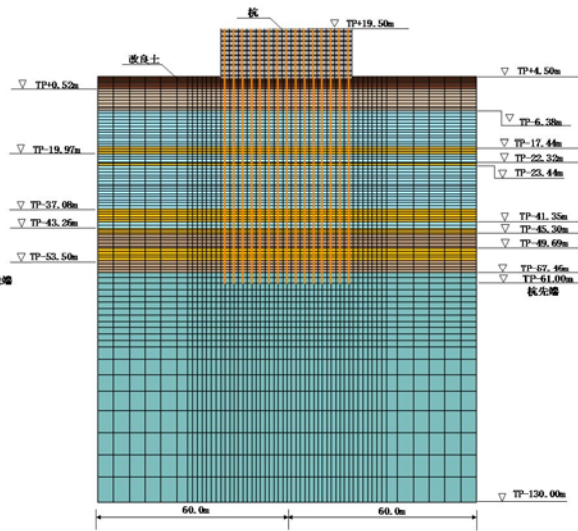
(ケース 7)

原地盤モデル $S_s - 3$ 1 波 (留萌波)



(ケース 8)

原地盤モデル (縦断面)



第 3-14 図(2) 検討モデル

2) 評価結果

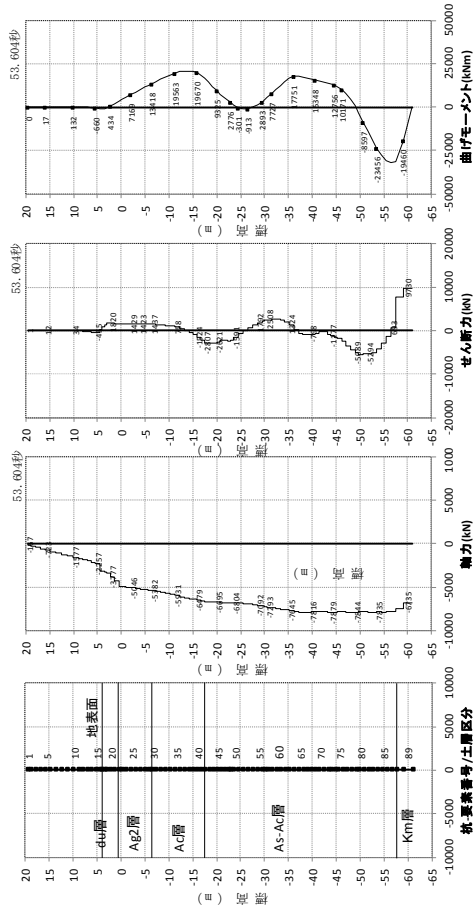
杭の発生応力度及び基礎地盤の支持力度に関する評価結果を第 3-7 表、
各ケースの断面力分布図を第 3-15 図、残留変位量を第 3-8 表、過剰間隙水
圧比分布図を第 3-16 図、最大せん断ひずみ分布図を第 3-17 図に示す。

第 3-7 表(1) 評価結果（曲げ・軸力に対する照査）

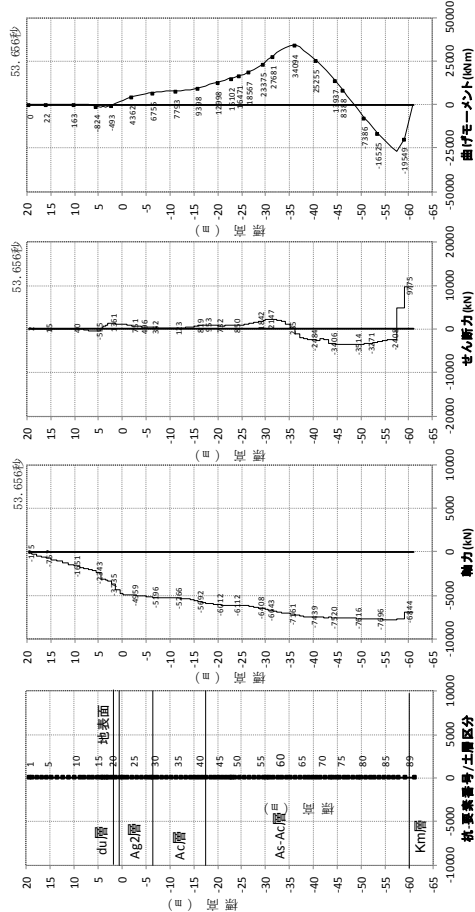
	発生応力度 σ (N/mm ²) (M/Z + N/A)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 σ_{sa} / σ	判定
ケース 1 原地盤モデル	229.58	382.5	1.66	OK
ケース 2 豊浦標準砂を仮定したモデル	240.76	382.5	1.58	OK
ケース 3 粘性土が最も厚い原地盤モデル	223.64	382.5	1.71	OK
ケース 4 粘性土が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデル	280.69	382.5	1.36	OK
ケース 5 粘性土が最も薄い原地盤モデル	224.37	382.5	1.70	OK
ケース 6 粘性土が最も薄く、豊浦標準砂を仮定したモデル	243.23	382.5	1.57	OK
ケース 7 原地盤モデル S _s -3 1 波 (留萌波)	135.11	382.5	2.83	OK
ケース 8 原地盤モデル（縦断面）	209.44	382.5	1.82	OK

第 3-7 表(2) 評価結果（せん断に対する照査）

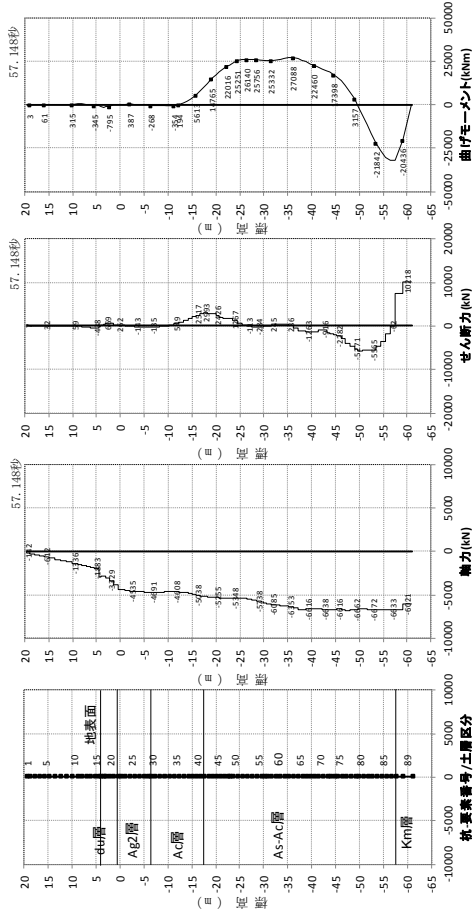
	発生応力度 τ (N/mm ²)	許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 τ_{sa} / τ	判定
ケース 1 原地盤モデル	38.82	217.5	5.60	OK
ケース 2 豊浦標準砂を仮定したモデル	38.94	217.5	5.58	OK
ケース 3 粘性土が最も厚い原地盤モデル	39.37	217.5	5.52	OK
ケース 4 粘性土が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデル	38.15	217.5	5.70	OK
ケース 5 粘性土が最も薄い原地盤モデル	38.03	217.5	5.72	OK
ケース 6 粘性土が最も薄く、豊浦標準砂を仮定したモデル	38.89	217.5	5.59	OK
ケース 7 原地盤モデル S _s -3 1 波 (留萌波)	19.17	217.5	11.34	OK
ケース 8 原地盤モデル（縦断面）	41.23	217.5	5.27	OK



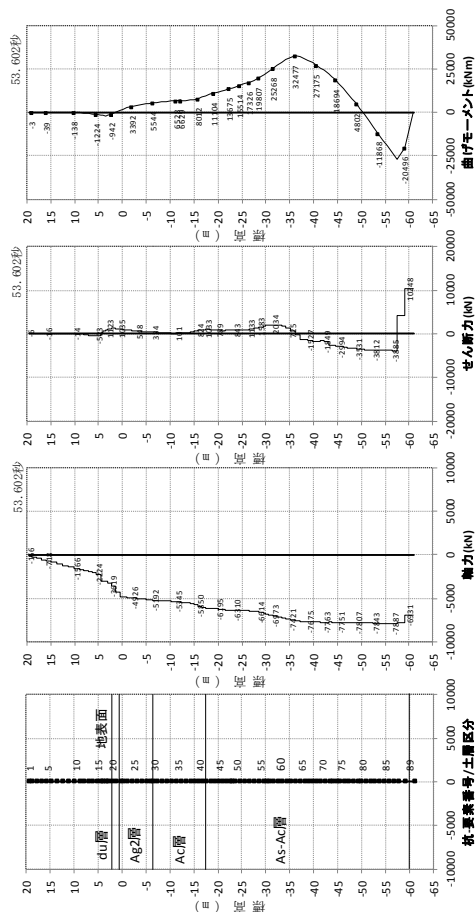
ケース 1：原地盤モデル曲げ軸力照査時刻時



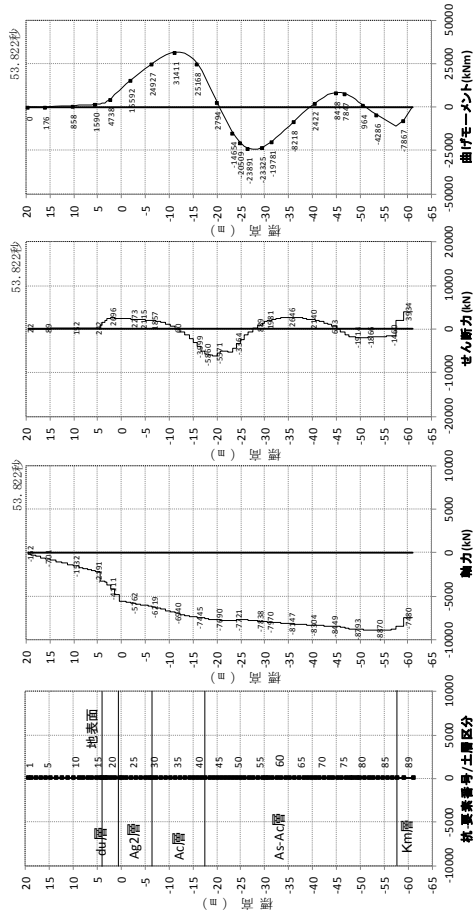
ケース 2：豊浦標準砂を仮定したモデル曲げ軸力照査時刻時
第 3-15 図 (1) 断面力分布図



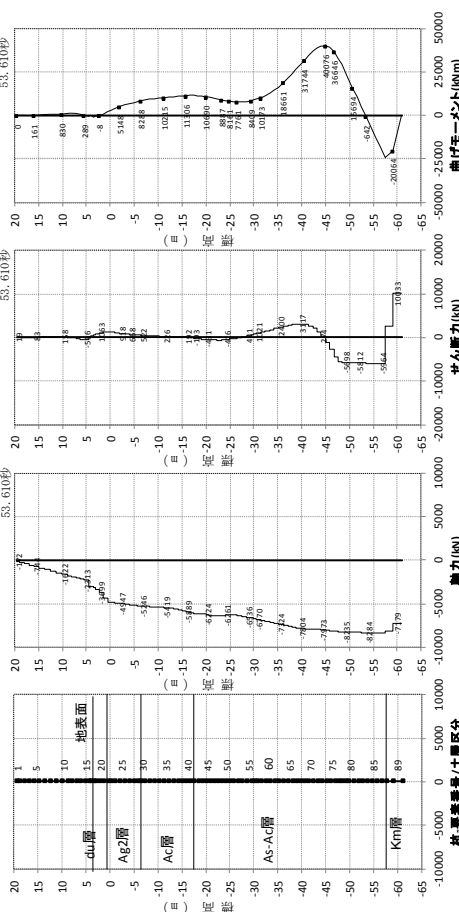
ケース 1：原地盤モデルせん断照査時刻時



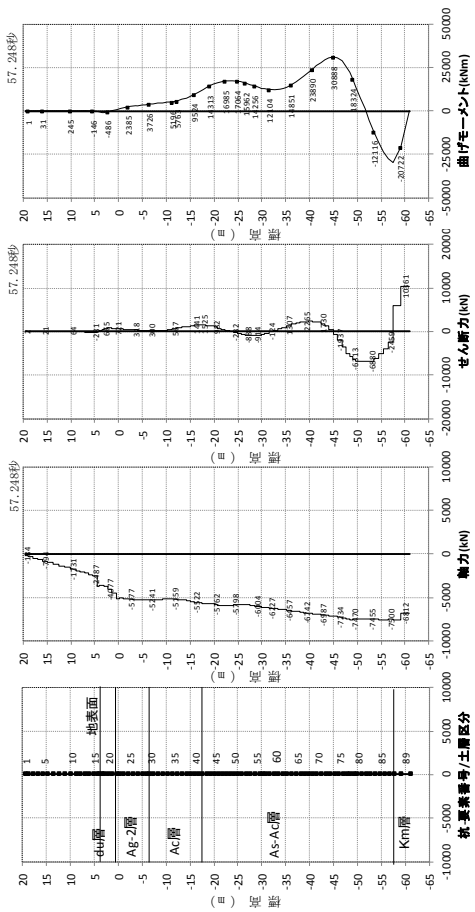
ケース 2：豊浦標準砂を仮定したモデルせん断照査時刻時
第 3-15 図 (2) 断面力分布図



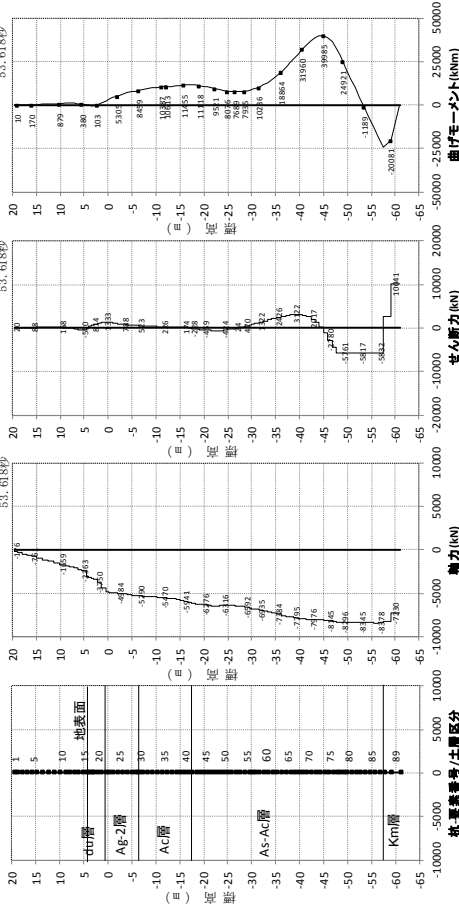
ケース 3：粘土層が最も厚いモデル曲げ軸力照査時刻時



ケース 4：粘土層が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデル曲げ軸力照査時刻時

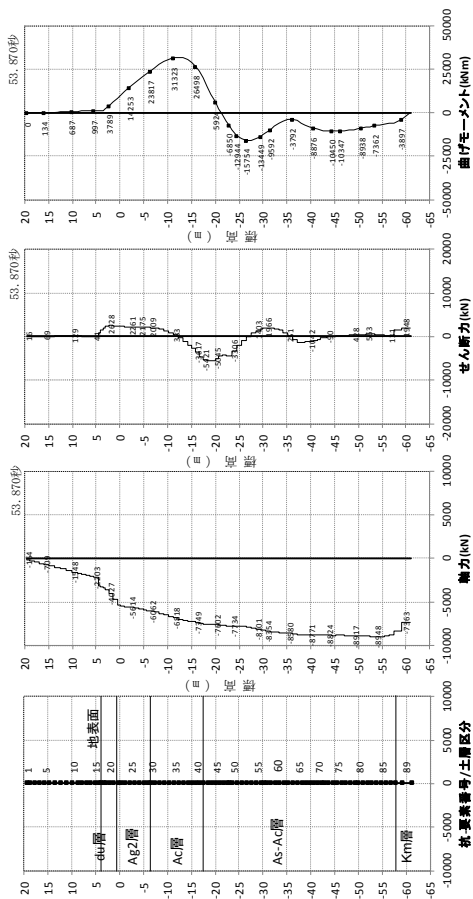


ケース 3：粘土層が最も厚いモデルせん断照査時刻時

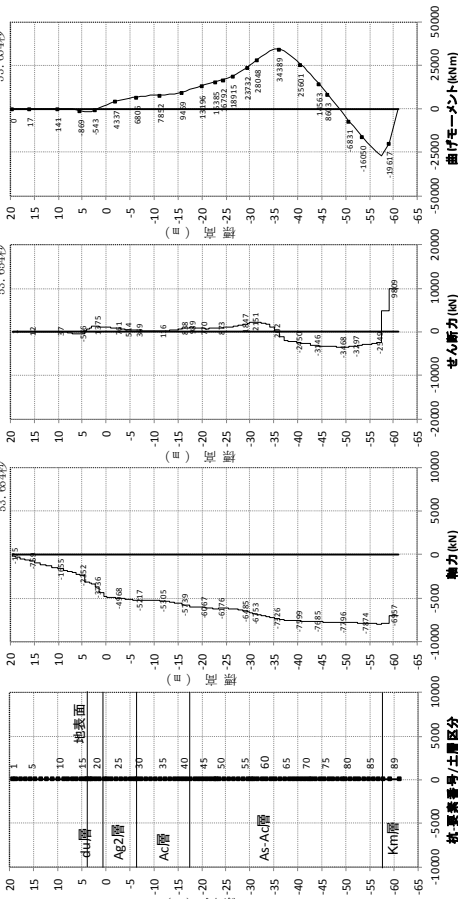


ケース 4：粘土層が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデルせん断照査時刻時

第 3-15 図 (2) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)

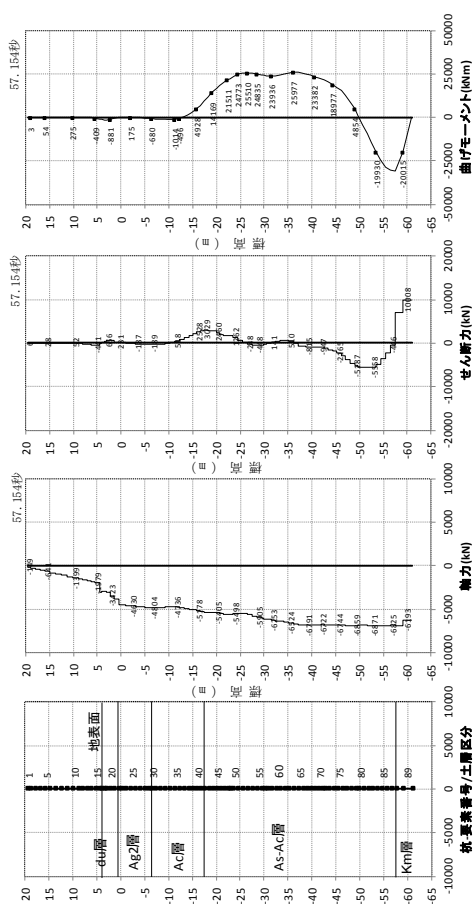


ケース5：粘土層が最も薄いモデル曲げ軸力照査時刻時

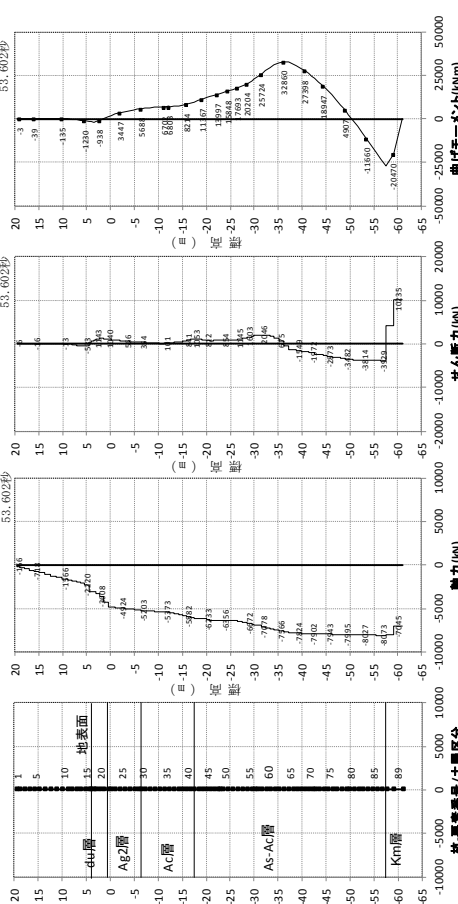


ケース6：粘土層が最も薄く，豊浦標準砂を仮定したモデル曲げ軸力照査時刻時

第3-15図(3) 断面力分布図

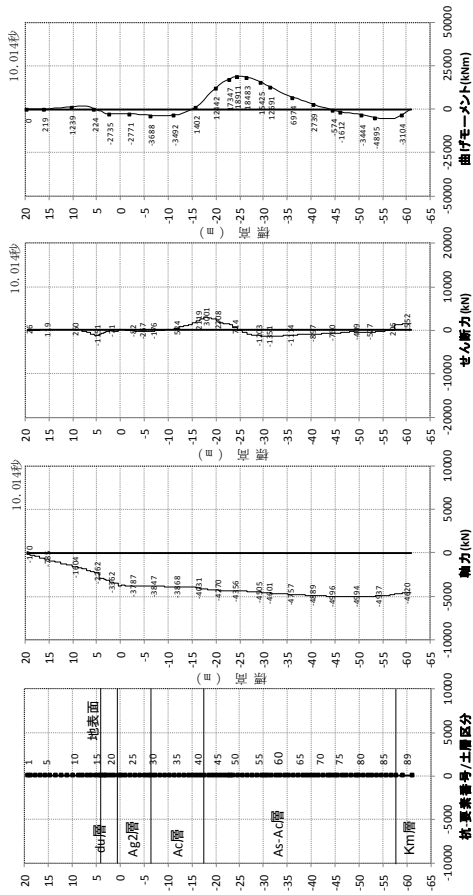


ケース5：粘土層が最も薄いモデルせん断照査時刻時

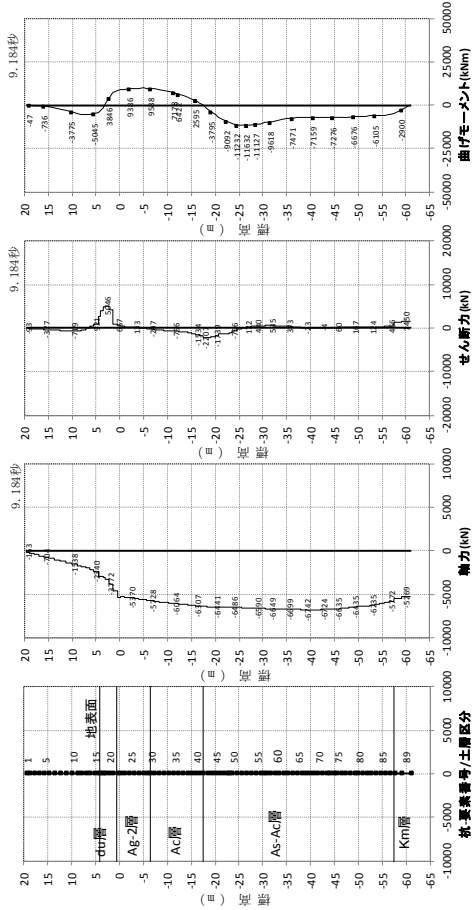


ケース6：粘土層が最も薄く，豊浦標準砂を仮定したモデルせん断照査時刻時

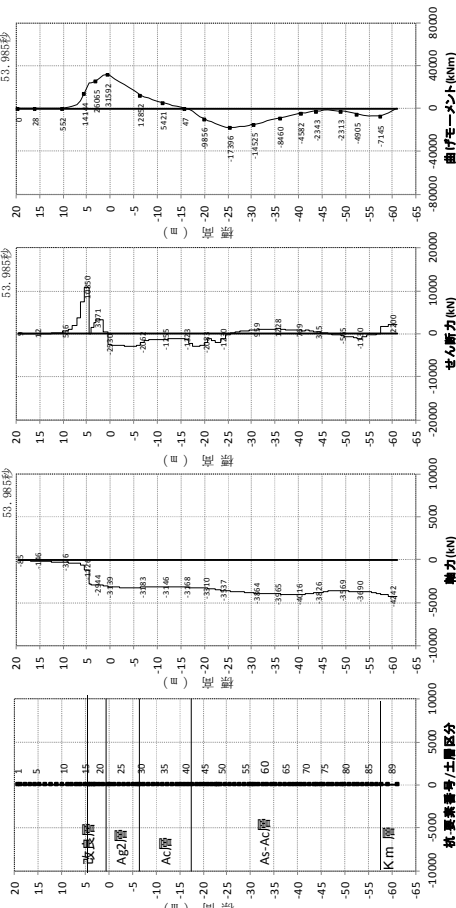
第3-15図(3) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)



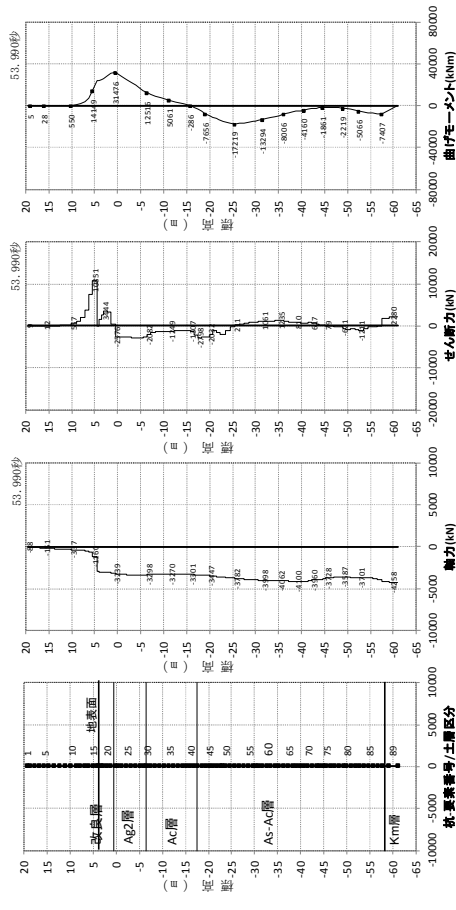
ケース 7：原地盤モデル (S_s－3 1 波 (留萌波))
曲げ軸力照査時刻時



ケース 7：原地盤モデル (S_s－3 1 波 (留萌波))
せん断照査時刻時



ケース 8：原地盤モデル (縦断面) 曲げ軸力照査時刻時
第 3-15 図 (4) 断面力分布図



ケース 8：原地盤モデル (縦断面) せん断照査時刻時
第 3-15 図 (4) 断面力分布図

第 3-7 表 (3) 評価結果 (支持力照査)

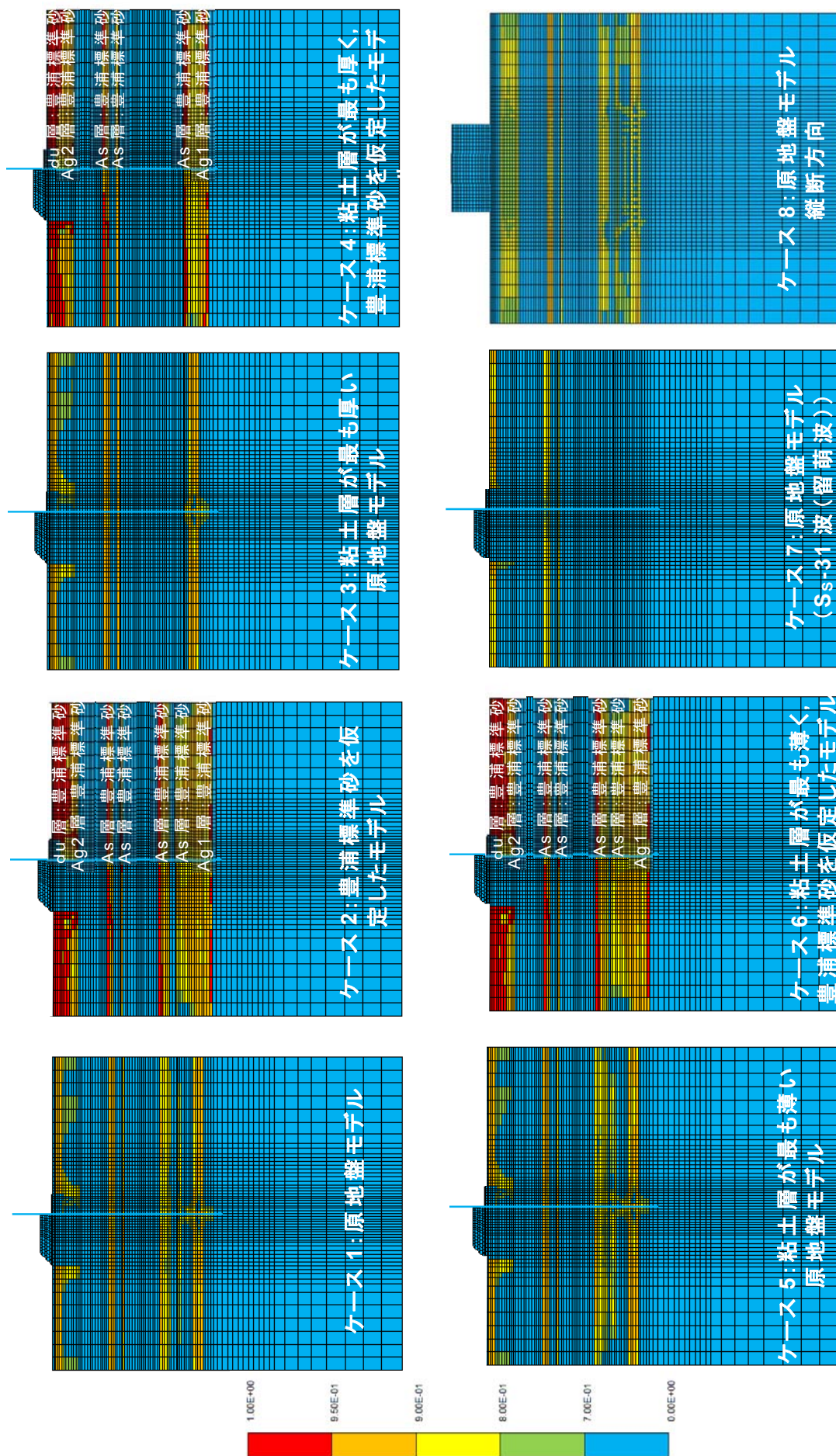
	発生応力度 σ_y (kN/m ²)	極限支持力度 qd (kN/m ²) (SM570)	安全率 qd / σ_y	判定 (> 1.2)
ケース 1 原地盤モデル	747.5	6,288	8.41	OK
ケース 2 豊浦標準砂を仮定したモデル	813.0	6,288	7.73	OK
ケース 3 粘性土が最も厚い原地盤モデル	746.5	6,288	8.42	OK
ケース 4 粘性土が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデル	800.0	6,288	7.86	OK
ケース 5 粘性土が最も薄い原地盤モデル	756.5	6,288	8.31	OK
ケース 6 粘性土が最も薄く、豊浦標準砂を仮定したモデル	819.0	6,288	7.67	OK
ケース 7 原地盤モデル S _s -31 波 (留萌波)	600.0	6,288	10.48	OK
ケース 8 原地盤モデル (縦断面)	573.0	6,288	10.97	OK

第 3-7 表 (4) 評価結果 (座屈耐力に対する照査)

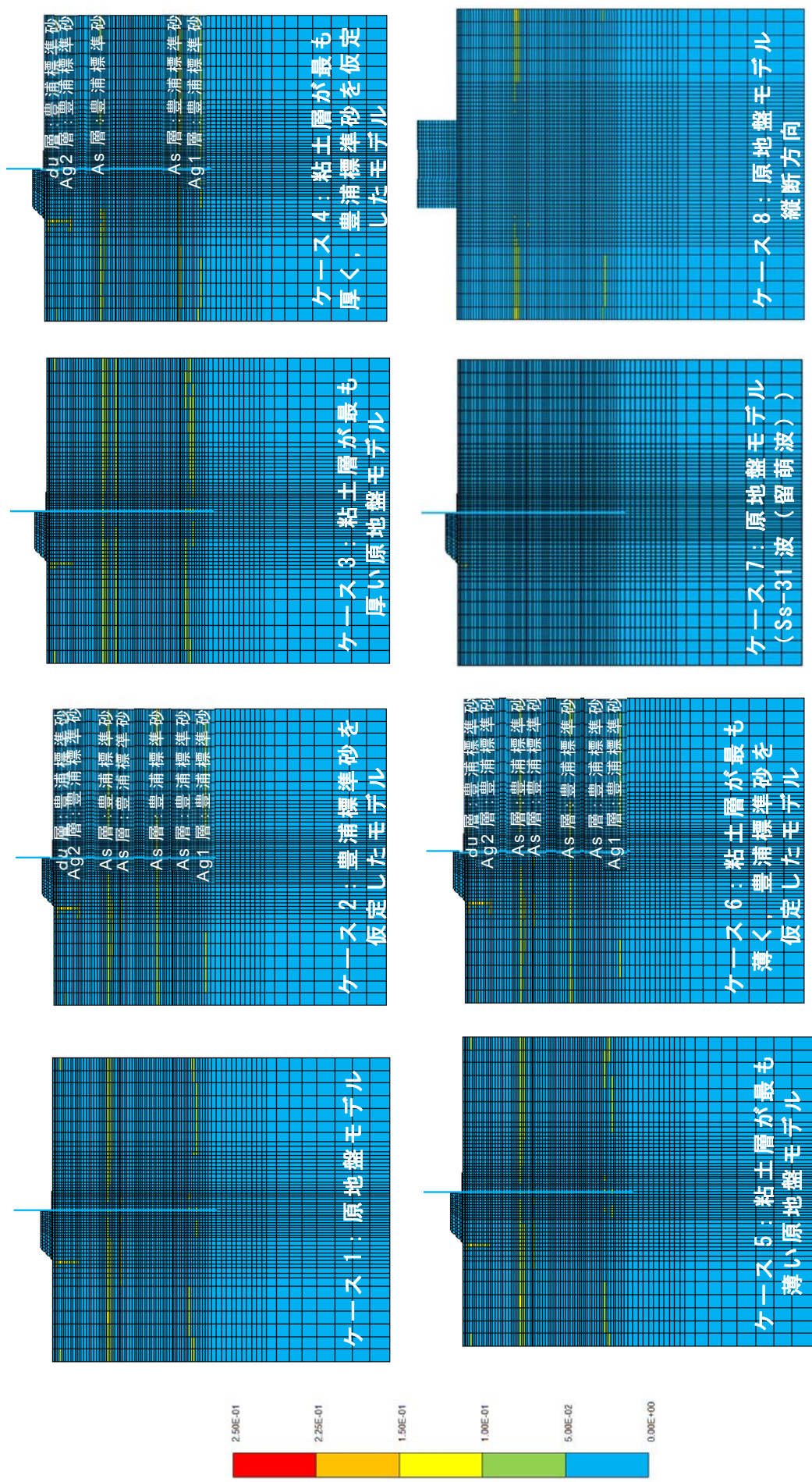
	発生軸力 N (kN)	座屈耐力 N _u (kN) (SM570)	安全率 N _u / N	判定
ケース 1 原地盤モデル	10,290.9	102,802	9.98	OK
ケース 2 豊浦標準砂を仮定したモデル	10,585.4	102,802	9.71	OK
ケース 3 粘性土が最も厚い原地盤モデル	9,663.4	102,802	10.63	OK
ケース 4 粘性土が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデル	11,099.1	102,802	9.26	OK
ケース 5 粘性土が最も薄い原地盤モデル	10,347.3	102,802	9.93	OK
ケース 6 粘性土が最も薄く、豊浦標準砂を仮定したモデル	10,661.0	102,802	9.64	OK
ケース 7 原地盤モデル S _s -31 波 (留萌波)	7,060.7	102,802	14.55	OK
ケース 8 原地盤モデル (縦断面)	6,381.2	102,802	16.11	OK

第 3-8 表 残留変位量

		水平変位 (m)	鉛直変位 (m)
ケース 1 原地盤モデル	上部工天端～上部工下端の相対 変位量	－0.0607	－0.0169
ケース 2 豊浦標準砂を仮定したモデル		－0.0922	－0.0206
ケース 3 粘性土が最も厚い原地盤モデル		－0.0551	－0.0162
ケース 4 粘性土が最も厚く、豊浦標準砂を仮定したモデル		－0.0723	－0.0199
ケース 5 粘性土が最も薄い原地盤モデル		－0.0620	－0.0172
ケース 6 粘性土が最も薄く、豊浦標準砂を仮定したモデル		－0.0956	－0.0211
ケース 7 原地盤モデル S _s －3 1 波（留萌波）		－0.0293	－0.0070
ケース 8 原地盤モデル（縦断面）		0.0004	－0.0027



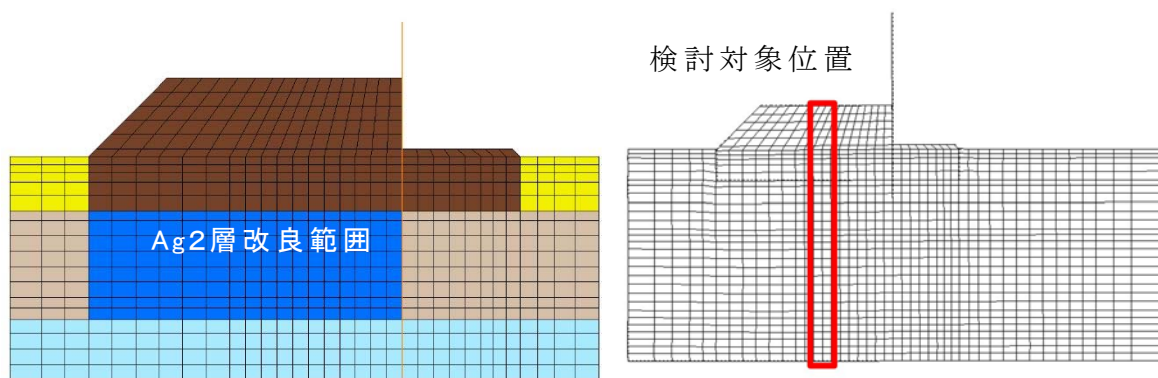
第 3-16 図 過剰間隙水圧比分布図



第3-17図 最大せん断ひずみ分布図

以上の評価結果からいずれのケースにおいても，基準地震動 S_s に対して，杭の曲げ，せん断，座屈及び基礎地盤の支持力の照査値は許容限界値以下であり，十分な構造強度を有している見通しを得た。

次にケース 1～ケース 7 の過剰間隙水圧比及び最大せん断ひずみより，石原チャートを適用して地震後の沈下量を算定した範囲を第 3-18 図に示し，地震後の地盤高さの嵩上げ部の沈下量を第 3-9 表に示す。



第 3-18 図 Ag 2 層改良範囲と検討対象位置

第 3-9 表 地震後の地盤高さの嵩上げ部の沈下量

ケース名	FLIP より算 出された地盤 沈下量 (m)	過剰間隙水 圧消散時 沈下量 (m)	不飽和部 ゆすり込み 沈下量 (m)	合計 沈下量 (m)
ケース 1：原地盤の剛性と液状化強度特性を用いるモデル	0.090	0.029	0.000	0.119
ケース 2：豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定したモデル	0.110	0.064	0.000	0.174
ケース 3：粘土層が最も厚い原地盤モデル	0.090	0.048	0.000	0.138
ケース 4：粘土層が最も厚く，豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定したモデル	0.090	0.053	0.000	0.143
ケース 5：粘土層が最も薄い原地盤モデル	0.092	0.076	0.000	0.168
ケース 6：粘土層が最も薄く，豊浦標準砂の剛性と液状化強度特性を仮定したモデル	0.114	0.107	0.000	0.221
ケース 7：原地盤の剛性と液状化強度特性を用いるモデル（S _s －3 1 波（留萌波））	0.007	0.000	0.000	0.007

以上の評価結果から，沈下量は最大でも 0.221m であること
を得た。よって，A g 2 層を浸透固化工法で改良することによ
り，地震時の大きなせん断ひずみを低下させることができ，地
盤高さの嵩上げ部の沈下を抑制することができる。

以下に横断方向の結果の概要について示す。

- ① 曲げ軸力による杭体の応力度が最大となるのは，ケース 4
（A c 層最大（液状化対象層を豊浦標準砂と仮定））であり，
豊浦標準砂を仮定したケースで安全率が小さくなる傾向にあ
る。
- ② 杭体で最大曲げモーメントが発生する位置は，G.L.－35m 付
近の A c 層と A s 層（豊浦標準砂を仮定した場合も含む）か

A c 層と A g 1 層（豊浦標準砂を仮定した場合）との境目付近となる。

- ③ $S_s - 3$ 1 波（留萌波）の安全率は $S_s - D$ 1 波に対して十分に大きくなる。これは、地震動の繰返しが少ないため、過剰間隙水圧が増加せず（有効応力が低下せずに）地盤の剛性も低下しないことによる。
- ④ 支持力、残留変位の最大値については、ケース 6 が最大となる。
- ⑤ 過剰間隙水圧比が 95% 以上になるのは、豊浦標準砂を仮定したケースのみであり、地表面付近の d u 層（豊浦標準砂を仮定）、A g 2 層（豊浦標準砂を仮定）、及び G.L. - 20m 付近の A s 層（豊浦標準砂を仮定）である。それ以深については、非液化化層との界面に 95% 以上となる個所（豊浦標準砂を仮定）が存在する。
- ⑥ 最大せん断ひずみ分布では、大きなせん断ひずみが生じるケースは存在しない。
- ⑦ 沈下量は石原チャートによる過剰間隙水圧の消散によるものを考慮しても、最大でケース 6 の 22cm である。

①から⑦の結果より、杭体の曲げが最も厳しいケースは、粘土層が厚くかつ豊浦標準砂を仮定したケースであり、地盤の軟化に伴い杭へ作用する土圧が大きくなったことによるもの考えられる。

いずれのケースにおいても，基準地震動 S_s に対して，杭の曲げ，せん断及び支持力の照査値は許容限界値以下であり，十分な構造強度を有していることを確認した。

(5) 地震時における鋼管杭基礎の成立性検討結果

(二次元有効応力解析 (岩盤傾斜部))

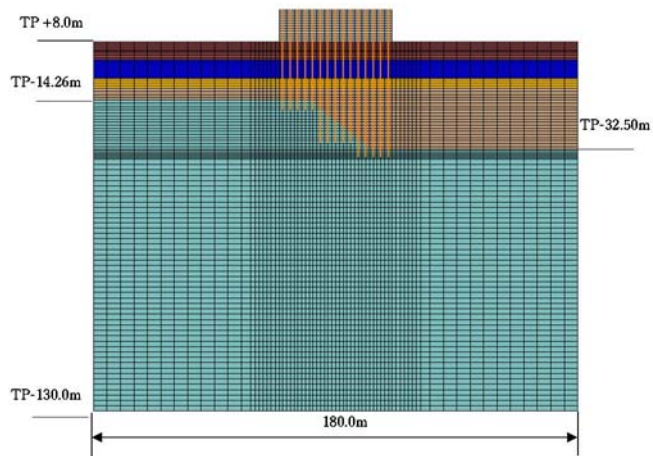
1) 検討ケース及び検討モデル

有効応力解析により，岩盤傾斜部における岩盤への根入れ深さ及び地層条件の違いによる評価を原地盤の物性値を用いて実施した。解析検討ケース一覧表を第 3-10 表，検討モデルを第 3-19 図に示す。

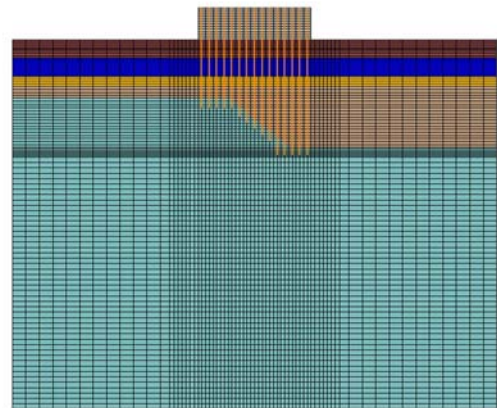
第 3-10 表 解析検討ケース一覧表

ケース名	岩盤への 根入れ深さ	内 容	備 考
①縦断	岩着杭 (T.P. - 31.36m)	杭長一定	縦断モデル 最浅・最深部杭 照査
②縦断_1D根入れ	岩着杭 (1D)	杭長変更 (各杭根入れ長 1D)	
③横断_K m 最浅部	岩着杭 (T.P. - 31.36m)	K m 層最浅部 (根入れ長最大)	横断モデル
④横断_K m 最深部	岩着杭 (T.P. - 31.36m)	K m 層最深部 (根入れ長最小)	
⑤横断_K m 最浅部_1D	岩着杭 (T.P. - 22.24m)	K m 層最浅部 (根入れ長 1D)	

① 縦断



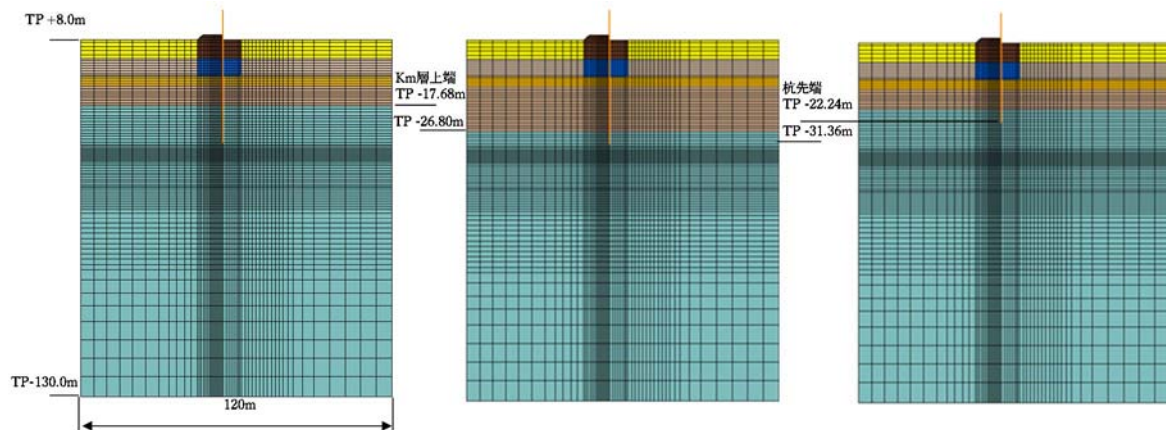
② 縦断_1D 根入れ



③ 横断 K m 層最浅部

④ 横断 K m 層最深部

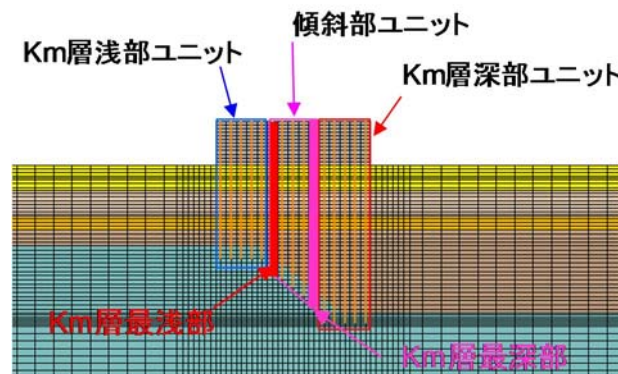
⑤ 横断 K m 層最浅部 1D



第 3-19 図 検討モデル

2) 評価結果

杭の発生応力度及び基礎地盤の支持力度に関する評価結果を第 3-11 表，残留変位量を第 3-12 表に示す。第 3-20 図に照査対象位置図を，第 3-21 図に断面力分布図を示す。



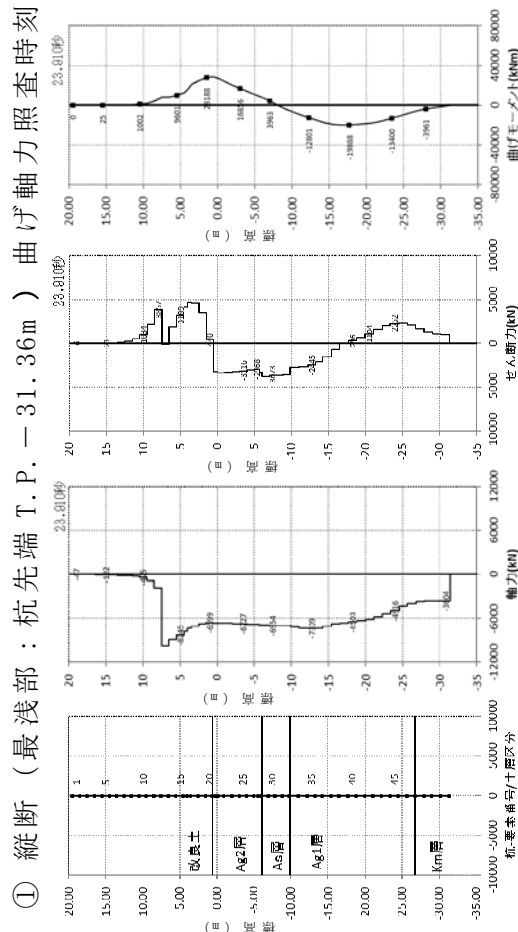
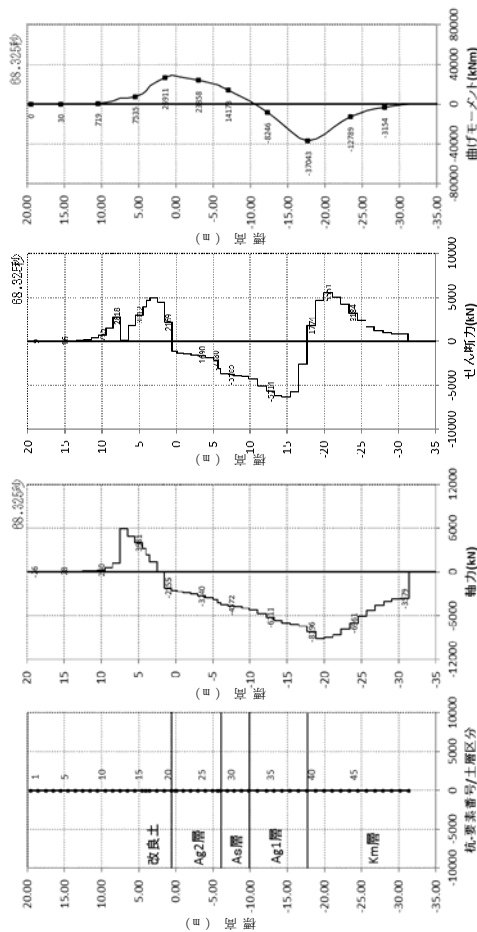
第 3-20 図 縦断方向の照査対象位置図

第 3-11 表(1) 評価結果（曲げ・軸力に対する照査）

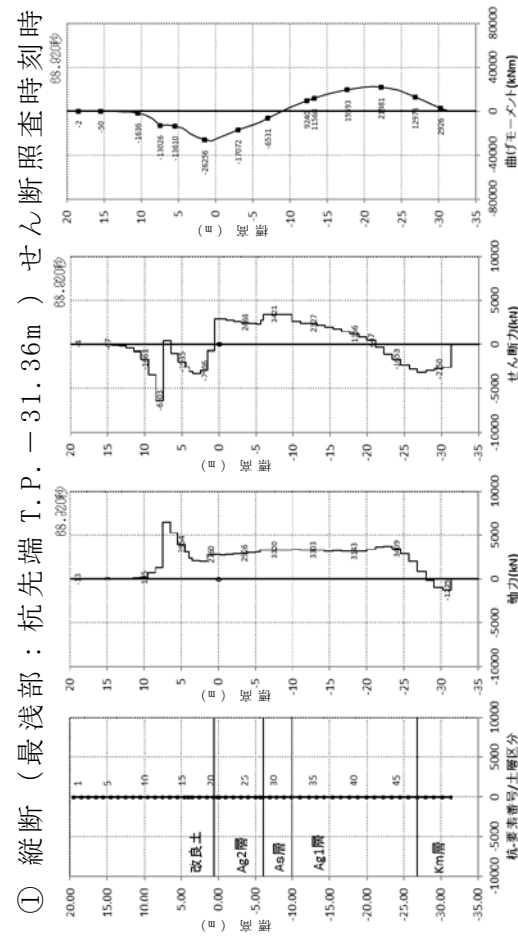
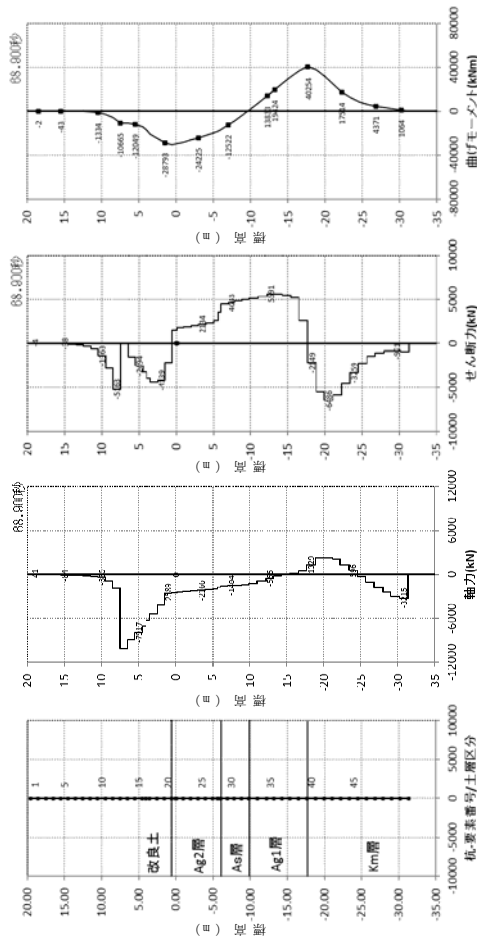
	発生応力度 σ (N/mm ²) ($M/Z + N/A$)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 σ_{sa}/σ	判定
①縦断（最浅部： 杭先端 T.P. -31.36m）	230.32	382.5	1.66	OK
①縦断（最深部： 杭先端 T.P. -31.36m）	178.68	382.5	2.14	OK
②縦断_1D根入れ（最浅部： 杭先端 T.P. -22.24m）	202.36	382.5	1.89	OK
②縦断_1D根入れ（最深部： 杭先端 T.P. -31.36m）	178.13	382.5	2.14	OK
③横断_Km最浅部 （杭先端 T.P. -31.36m）	208.41	382.5	1.83	OK
④横断_Km最深部 （杭先端 T.P. -31.36m）	254.75	382.5	1.50	OK
⑤横断_Km最浅部_1D （杭先端 T.P. -22.24m）	201.95	382.5	1.89	OK

第 3-11 表 (2) 評価結果 (せん断に対する照査)

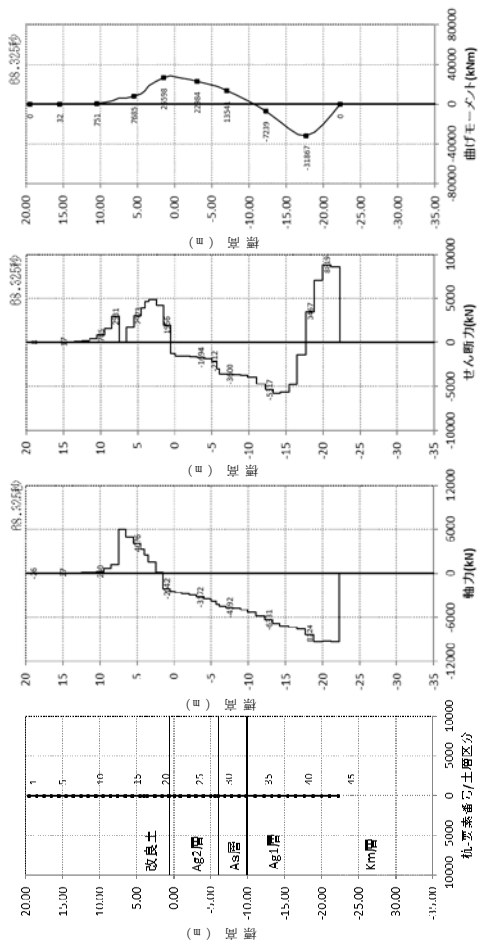
	発生応力度 τ (N/mm ²)	許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 τ_{sa} / τ	判定
①縦断 (最浅部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	21.53	217.5	10.10	OK
①縦断 (最深部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	20.92	217.5	10.39	OK
②縦断_1D 根入れ (最浅部 : 杭先端 T.P. - 22.24m)	33.49	217.5	6.49	OK
②縦断_1D 根入れ (最深部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	20.42	217.5	10.65	OK
③横断_K m 最浅部 (杭先端 T.P. - 31.36m)	17.56	217.5	12.38	OK
④横断_K m 最深部 (杭先端 T.P. - 31.36m)	22.72	217.5	9.57	OK
⑤横断_K m 最浅部_1D (杭先端 T.P. - 22.24m)	24.17	217.5	8.99	OK



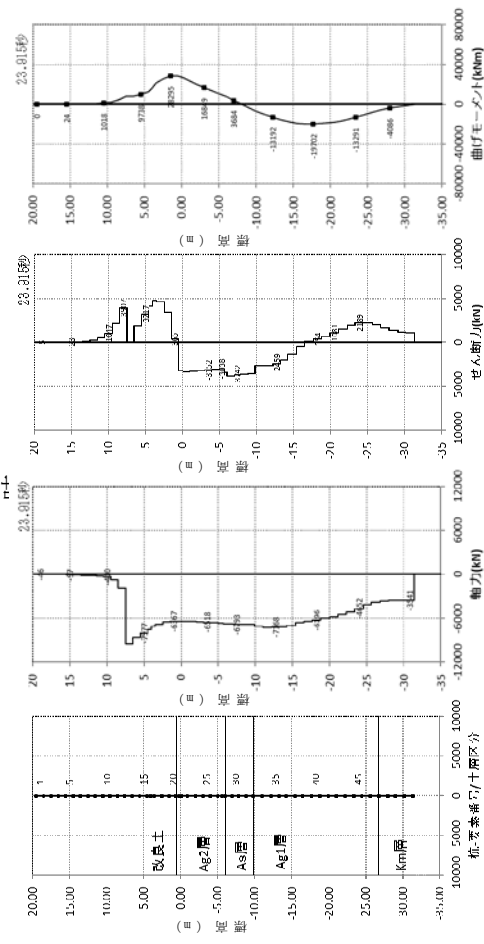
① 縦断（最浅部：杭先端 T.P. - 31.36m）曲げ軸力照査時刻時
第 3-21 図 (1) 断面力分布図（各々の最大応力発生時刻）



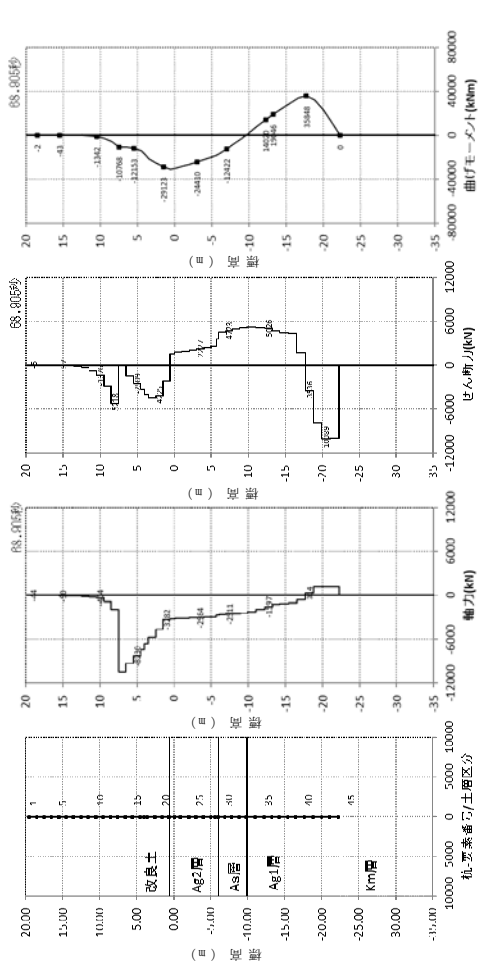
① 縦断（最深部：杭先端 T.P. - 31.36m）せん断照査時刻時
第 3-21 図 (2) 断面力分布図（各々の最大応力発生時刻）



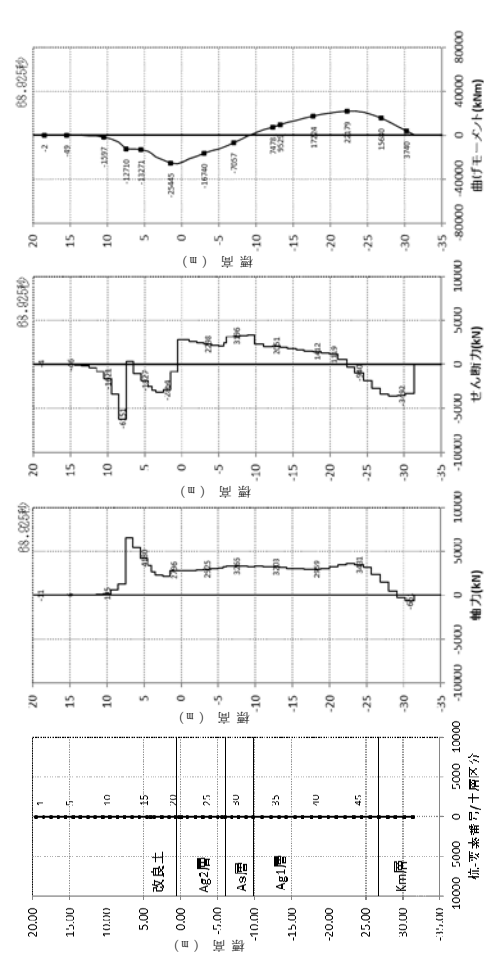
②縦断 1D ケース(最浅部:杭先端 T.P.－22.24m)曲げ軸力照査時刻



②縦断 1D ケース(最深部:杭先端 T.P.－31.36m)曲げ軸力照査時刻

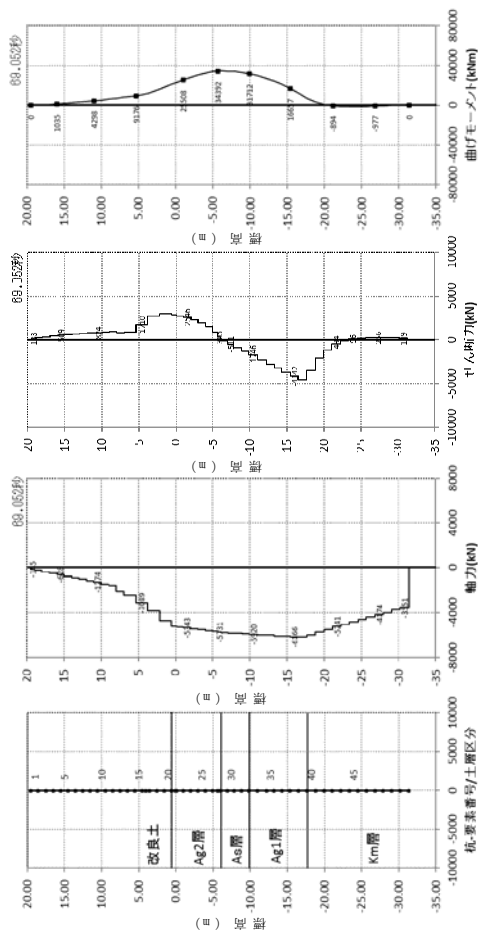


②縦断 1D ケース(最浅部:杭先端 T.P.－22.24m)せん断照査時刻

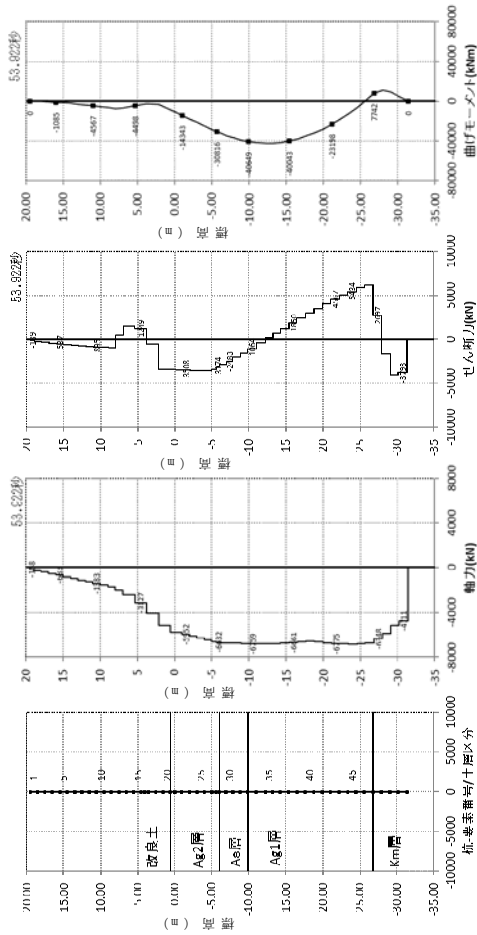


②縦断 1D ケース(最深部:杭先端 T.P.－31.36m)せん断照査時刻

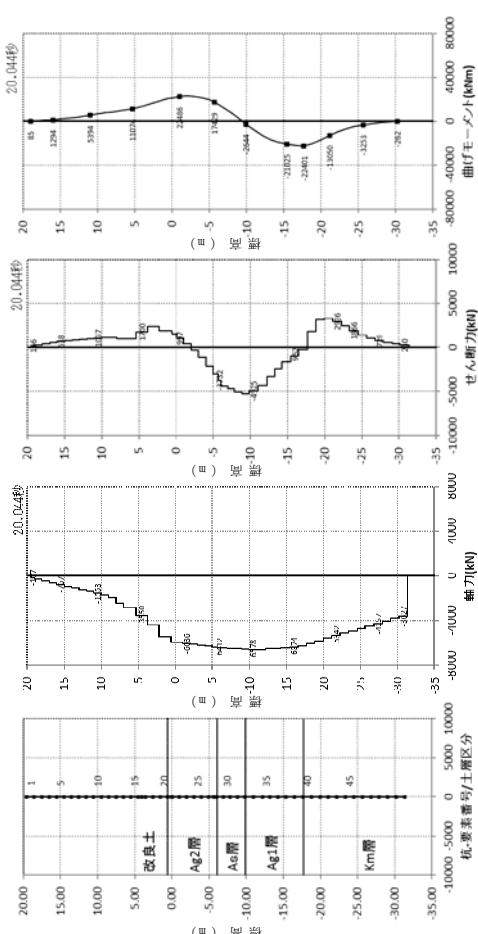
第 3-21 図 (2) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)



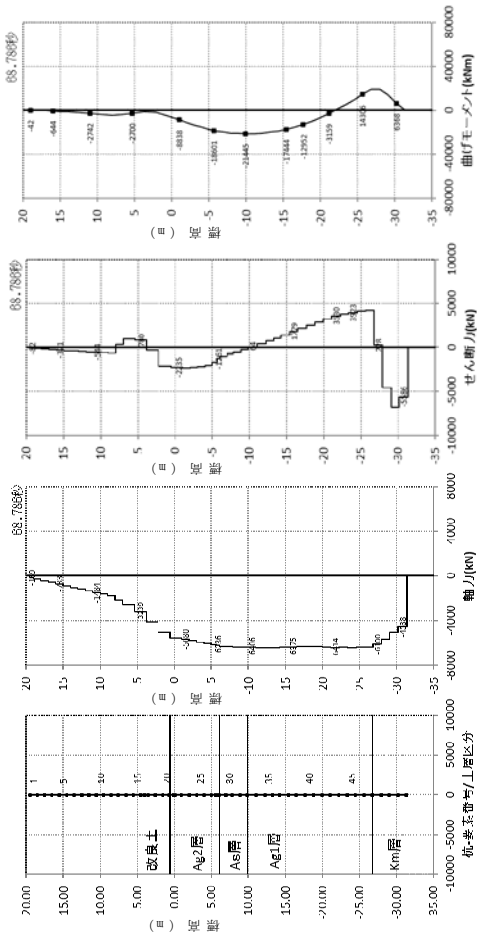
③横断Km層最浅部(杭先端 T.P. - 31.36m)曲げ軸力照査時刻時



④横断Km層最深部(杭先端 T.P. - 31.36m)曲げ軸力照査時刻時

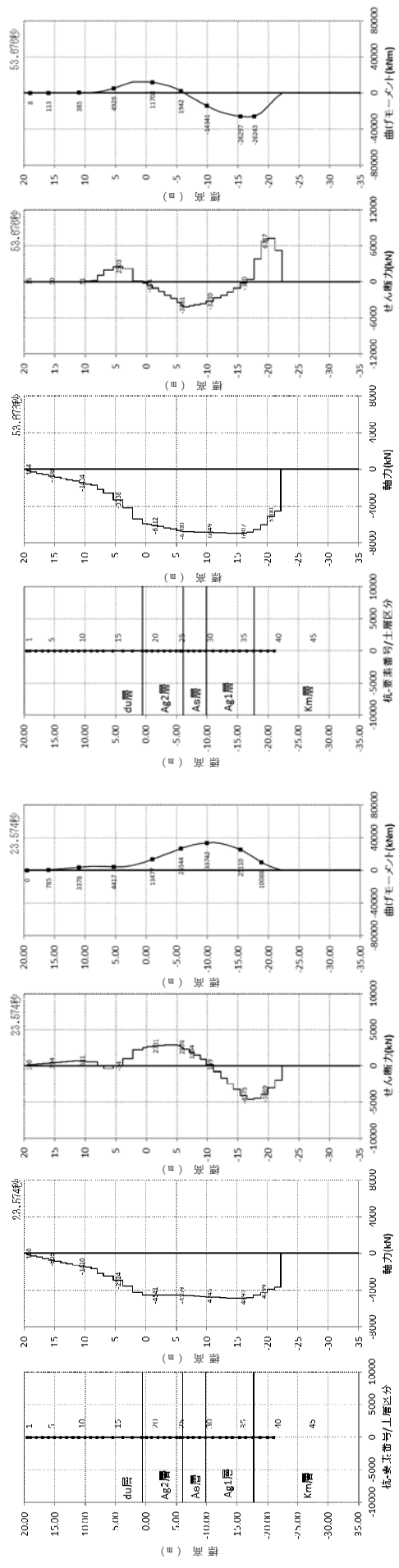


③横断Km層最浅部(杭先端 T.P. - 31.36m)せん断照査時刻時



④横断Km層最深部(杭先端 T.P. - 31.36m)せん断照査時刻時

第 3-21 図 (3) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)



⑤横断Km層最浅部 1D (杭先端 T.P. - 22.24m)曲げ軸力照査時刻時

⑤横断Km層最浅部 1D (杭先端 T.P. - 22.24m)せん断照査時刻時

第 3-21 図 (4) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)

第 3-11 表 (3) 評価結果 (支持力照査)

	発生応力度 σ_y (kN/m ²)	極限支持力度 qd (kN/m ²) (SM570)	安全率 qd / σ_y	判定 (> 1.2)
①縦断 (最浅部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	375.0	5,673.0	15.1	OK
①縦断 (最深部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	340.1	5,673.0	16.6	OK
②縦断_1D根入れ (最浅部 : 杭先端 T.P. - 22.24m)	346.2	5,484.0	15.8	OK
②縦断_1D根入れ (最深部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	344.9	5,673.0	16.4	OK
③横断_K m最浅部 (杭先端 T.P. - 31.36m)	479.0	5,673.0	11.8	OK
④横断_K m最深部 (杭先端 T.P. - 31.36m)	600.7	5,673.0	9.4	OK
⑤横断_K m最浅部_1D (杭先端 T.P. - 22.24m)	483.9	5,484.0	11.3	OK

第 3-11 表 (4) 評価結果 (座屈耐力に対する照査)

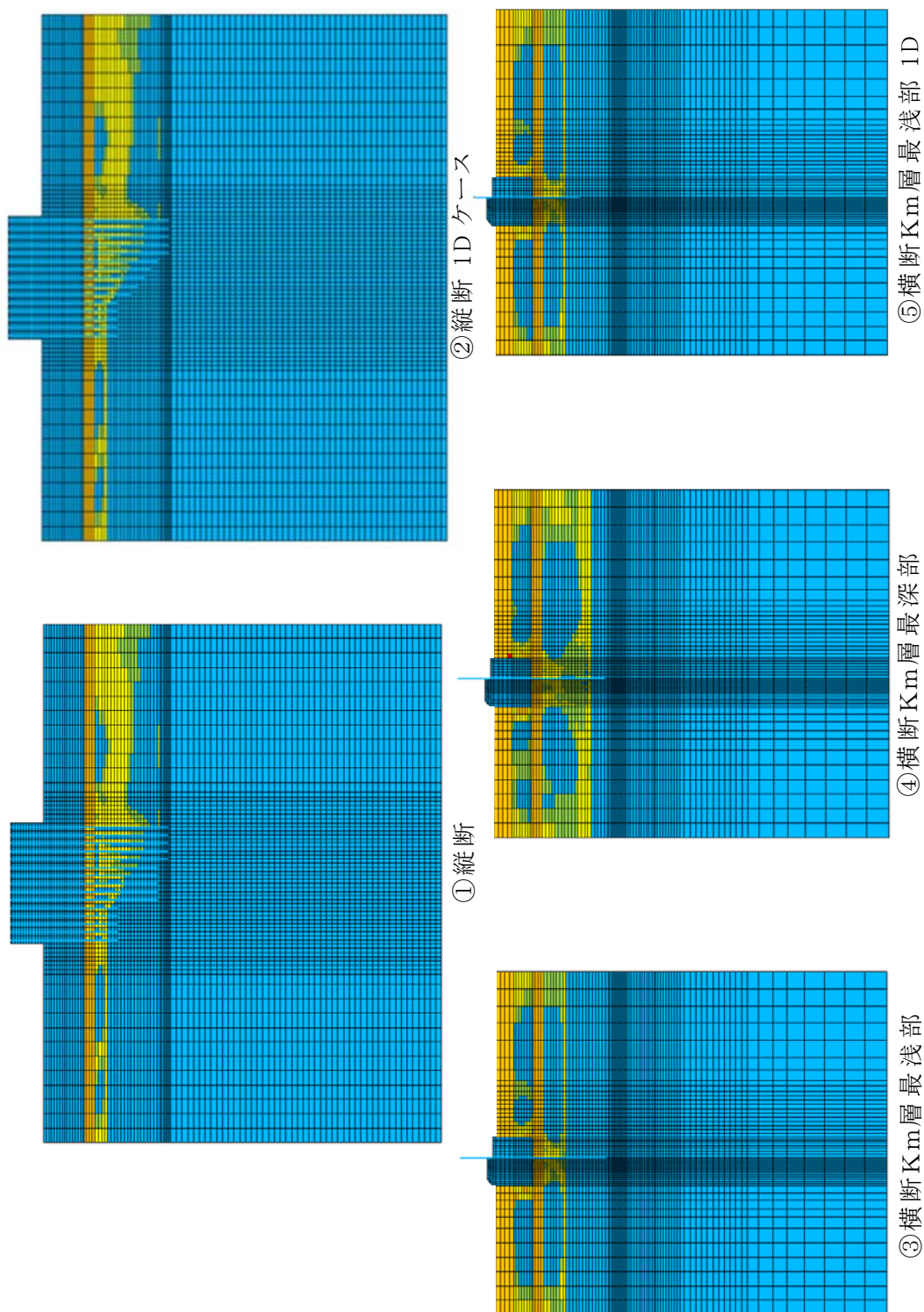
	発生軸力 N (kN)	座屈耐力 N _u (kN) (SM570)	安全率 N _u / N	判定
①縦断 (最浅部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	11,460	119,036	10.38	OK
①縦断 (最深部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	11,180	119,036	10.64	OK
②縦断_1D根入れ (最浅部 : 杭先端 T.P. - 22.24m)	11,790	119,036	10.09	OK
②縦断_1D根入れ (最深部 : 杭先端 T.P. - 31.36m)	11,200	119,036	10.62	OK
③横断_K m最浅部 (杭先端 T.P. - 31.36m)	8,446	119,036	14.09	OK
④横断_K m最深部 (杭先端 T.P. - 31.36m)	9,157	119,036	12.99	OK
⑤横断_K m最浅部_1D (杭先端 T.P. - 22.24m)	8,311	119,036	14.32	OK

第 3-12 表 残留変位量

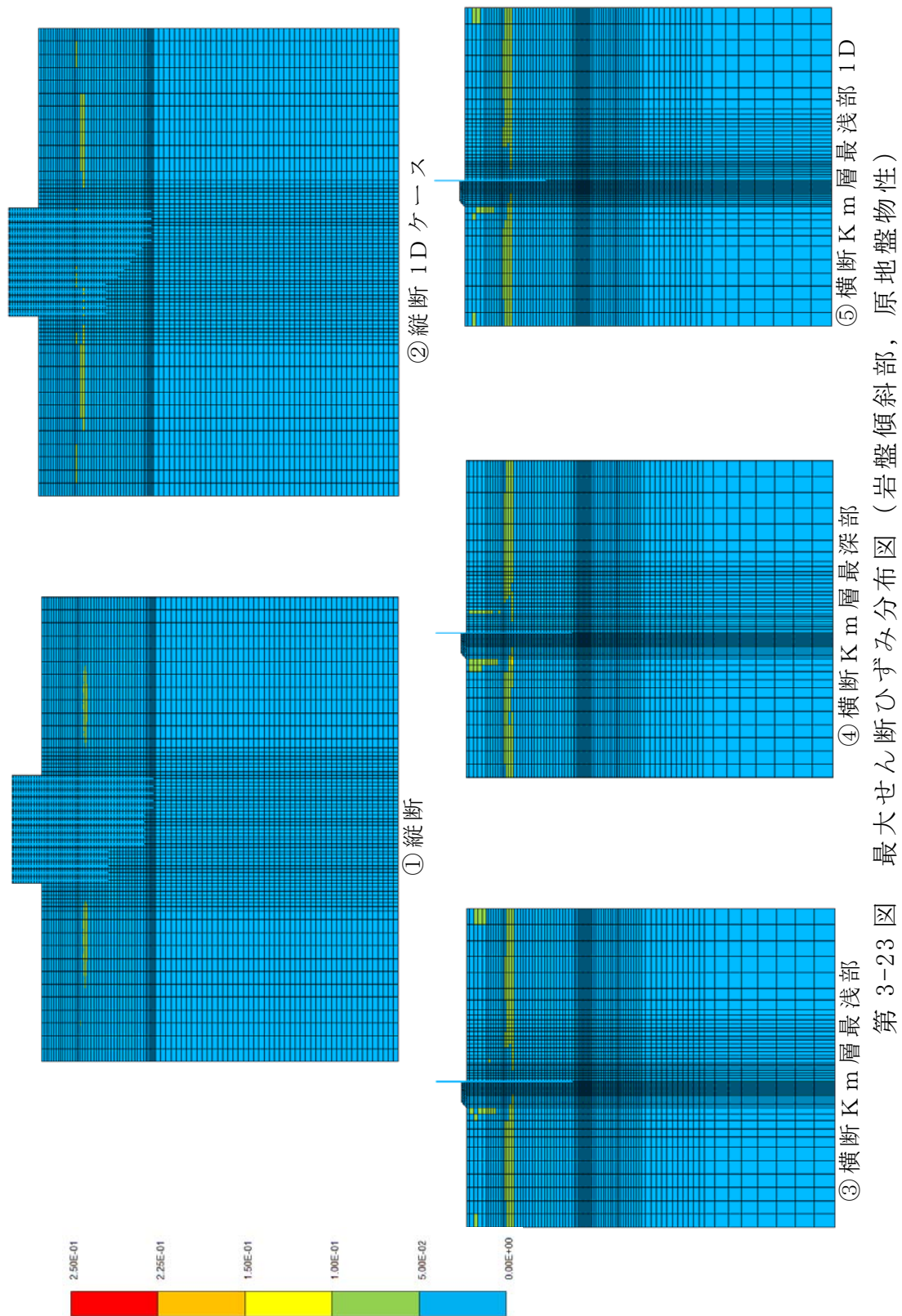
		水平変位 (m)	鉛直変位 (m)
①縦断（最浅部： 杭先端 T.P. - 31.36m）	上部工天端～ 上部工下端の 相対変位量	- 0.0004	- 0.0043
①縦断（最深部： 杭先端 T.P. - 31.36m）		- 0.0004	- 0.0039
②縦断_1D 根入れ（最浅部： 杭先端 T.P. - 22.24m）		- 0.0004	- 0.0044
②縦断_1D 根入れ（最深部： 杭先端 T.P. - 31.36m）		- 0.0004	- 0.0040
③横断_K m 最浅部 （杭先端 T.P. - 31.36m）		- 0.0401	- 0.0099
④横断_K m 最深部 （杭先端 T.P. - 31.36m）		- 0.0422	- 0.0132
⑤横断_K m 最浅部_1D （杭先端 T.P. - 22.24m）		- 0.0392	- 0.0127

以上の評価結果からいずれのケースにおいても，基準地震動 S_s に対して，杭の曲げ，せん断及び基礎地盤の支持力の照査値は許容限界値以下であり，十分な構造強度を有している見通しを得た。

次に，第 3-22 図に過剰間隙水圧比分布図及び第 3-23 図に最大せん断ひずみ分布図を示す。



第 3-22 図 過剰間隙水圧比分布図（岩盤傾斜部，原地盤物性）



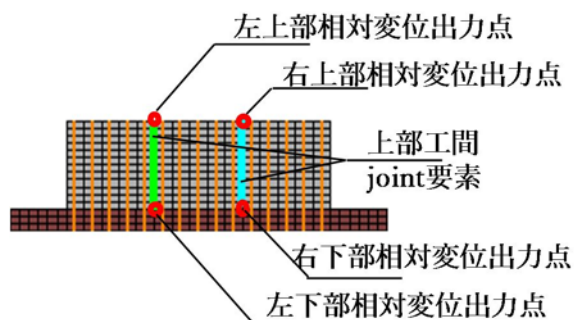
横断方向の解析から算出された，地盤高さの嵩上げ部中央位置における沈下量（残留変位）を第 3-13 表に示す。

第 3-13 表 地盤高さの嵩上げ部沈下量

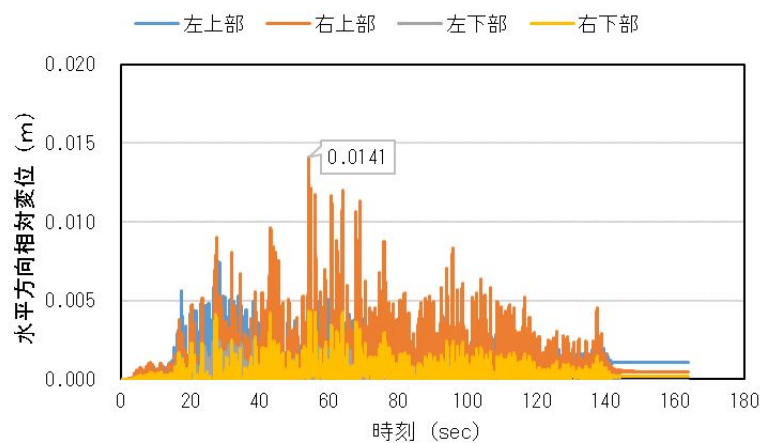
	変位	地盤高さの嵩上げ 部上面中央（m）
③横断 K m 層最浅部	水平変位	－0.0603
	鉛直変位	－0.0249
④横断 K m 層最深部	水平変位	－0.0724
	鉛直変位	－0.0300
⑤横断 K m 層最浅部 1 D	水平変位	－0.0632
	鉛直変位	－0.0280

岩盤傾斜部における地盤高さの嵩上げ部の地震時沈下量は 3cm 程度であり，地震時の沈下量は小さいといえる。

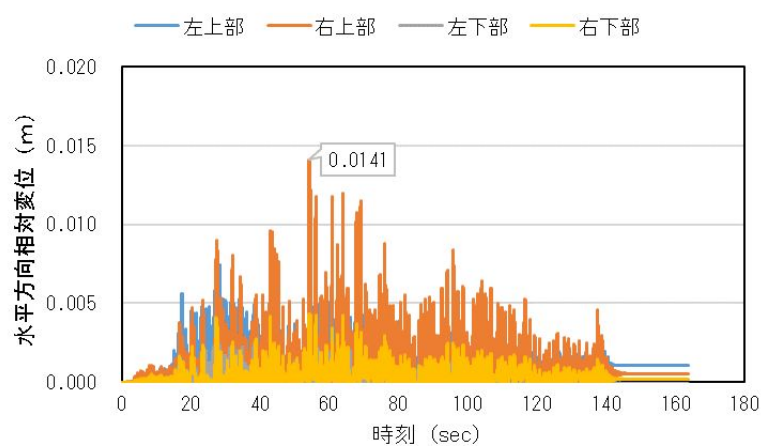
次に，縦断方向のユニット間の相対変位を示す。出力概要図を第 3-24 図，時刻歴相対変位を第 3-25 図，最大相対変位を第 3-14 表に示す。



第 3-24 図 出力概要図



第 3-25 図 (1) ①縦断 (T.P. - 31.36m) 杭長一定ケース相対変位



第 3-25 図 (2) ②縦断_1D 根入れケース相対変位

第 3-14 表 ユニット間最大相対変位

	最大相対変位 (m)
①縦断_杭長一定ケース	0.0141
②縦断_1D 根入れケース	0.0141

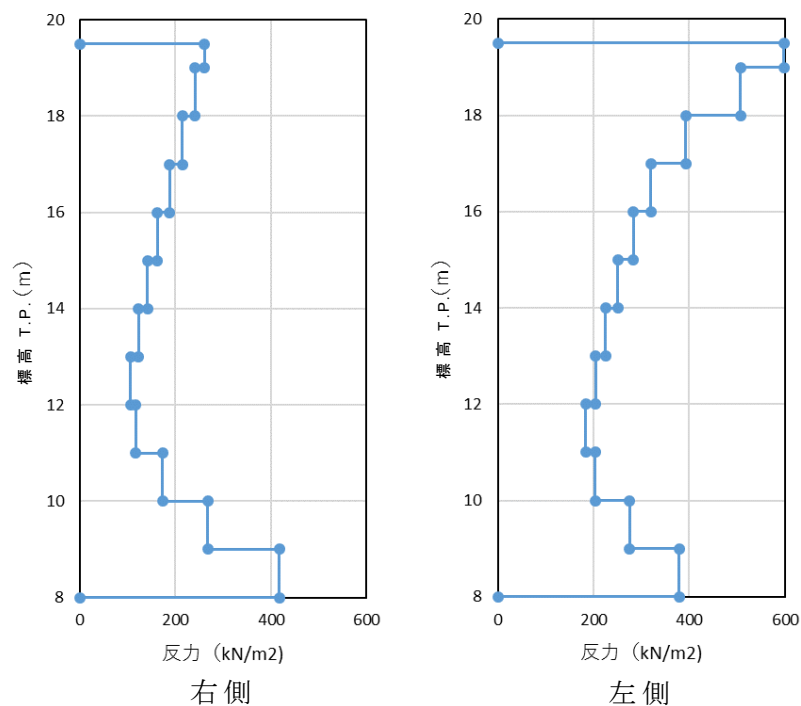
ここで、水平方向相対変位は各ユニット間の水平変位の差を表す。符号はユニット間が分かれる方向が正を示す。

検討の結果、縦断方向のユニット間の変形は 1.41cm であり、十分に小さい結果を得た。

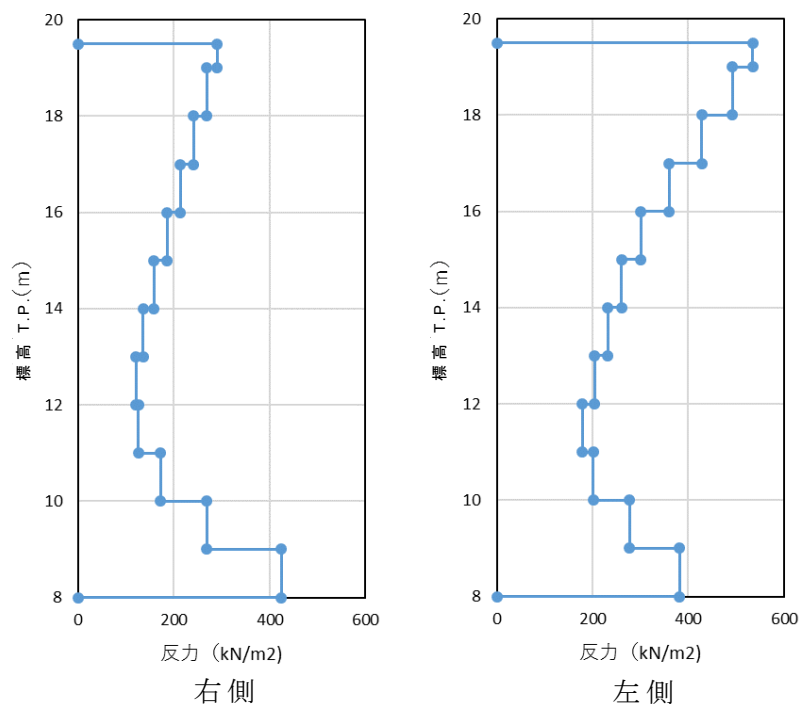
次にユニット間の衝突時の支圧応力度について、第 3-15 表に最大値、第 3-26 図に最大値分布を示す。

第 3-15 表 上部工間の水平方向最大反力（最大支圧応力度）

	水平方向 最大支圧応力度 (kN/m^2)	コンクリートの 許容支圧応力度 (kN/m^2)	安全率
縦断	598	12,000	20.06
縦断 1D	535	12,000	22.42



第 3-26 図 (1) ①縦断 杭長一定ケースバネ反力



第 3-26 図 (2) ②縦断_1D 根入れ（各杭根入れ長 1 D ）ケースバネ反力

縦断方向の最大支圧応力度は、コンクリートの許容支圧応力度よりも十分に小さく、コンクリートが支圧破壊を生じることがないことを示した。

これまでに示した岩盤傾斜部の原地盤物性を用いた検討から得られた結果の概要を以下に示す。

- ① 横断方向に比べて縦断方向の方が、安全率が大きいことを確認した。
- ② 岩盤最浅部の杭体の応力については、杭長を揃えたケースよりも、岩盤へ 1D 根入れするケースの方が、杭体の安全率が大きくなることを確認した。杭の根入れ長が 1D の場合は、杭先端がピン結合と類似する条件となるが、杭長を長く揃えた場合は固定条件に近づくこととなり、岩盤直上の曲げモーメントが大きくなるためと考えられる。

- ③ 岩盤最深部の杭については、改良土と A g 2 層との境目付近で曲げモーメントが最大となる。
- ④ 横断方向については、ケースによって異なるものの、A s 層を挟んで A g 1 層及び A g 2 層との境界部に最大曲げ軸応力が発生する。
- ⑤ 残留変位は、横断方向に 4cm 程度生じ、鉛直方向は 1cm 程度生じる。
- ⑥ 全てのケースにおいて過剰間隙水圧比が 95 %を超える箇所は無い（液状化は生じていない）。
- ⑦ 地盤高さの嵩上げ部における残留沈下量は 5cm 弱である。

①から⑦の結果より、岩盤傾斜部においても、基準地震動 S_s に対して、杭の曲げ、せん断及び支持力の照査値は許容限界値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

(6) 地震時における鋼管杭基礎の成立性検討結果

(二次元有効応力解析結果 (岩盤傾斜部, 豊浦標準砂を仮定))

1) 評価結果

有効応力解析により, 岩盤傾斜部における岩盤への根入れ深さ及び地層条件の違いによる評価について, 豊浦標準砂を仮定した物性値を用いて実施した。

杭の発生応力度及び基礎地盤の支持力度に関する評価結果を第 3-16 表, 残留変位量を第 3-17 表に示す。第 3-27 図に断面力分布図を, 第 3-28 図に過剰間隙水圧比分布図, 第 3-29 図に最大せん断ひずみ分布図を示す。

第 3-16 表(1) 評価結果 (曲げ・軸力に対する照査)

	発生応力度 σ (N/mm ²) (M/Z + N/A)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 σ_{sa}/σ	判定
①縦断 (最浅部 : 杭先端 T. P. - 31.36m)	348.48	382.5	1.097	O K
①縦断 (最深部 : 杭先端 T. P. - 31.36m)	234.37	382.5	1.632	O K
②縦断_1D根入れ (最浅部 : 杭先端 T. P. - 22.24m)	285.66	382.5	1.339	O K
②縦断_1D根入れ (最深部 : 杭先端 T. P. - 31.36m)	249.66	382.5	1.532	O K
③横断_K m最浅部 (杭先端 T. P. - 31.36m)	353.80	382.5	1.081	O K
④横断_K m最深部 (杭先端 T. P. - 31.36m)	279.96	382.5	1.366	O K
⑤横断_K m最浅部_1D (杭先端 T. P. - 22.24m)	250.36	382.5	1.527	O K

二方向の照査については、水平 x 方向、水平 y 方向、鉛直 z 方向の断面力に対して 1.0 : 0.4 : 0.4 とする。以下に照査結果を示す。

- ・ ケース①とケース③の水平二方向照査

$$\sqrt{\{(1 \times 61011/182)^2 + (0.4 \times 60401/182)^2\} + 0.4 \times 6809 / 301.3} \\ = 369.6 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{SF} = 382.5 / 369.6 = 1.03$$

- ・ ケース②とケース⑤の水平二方向照査

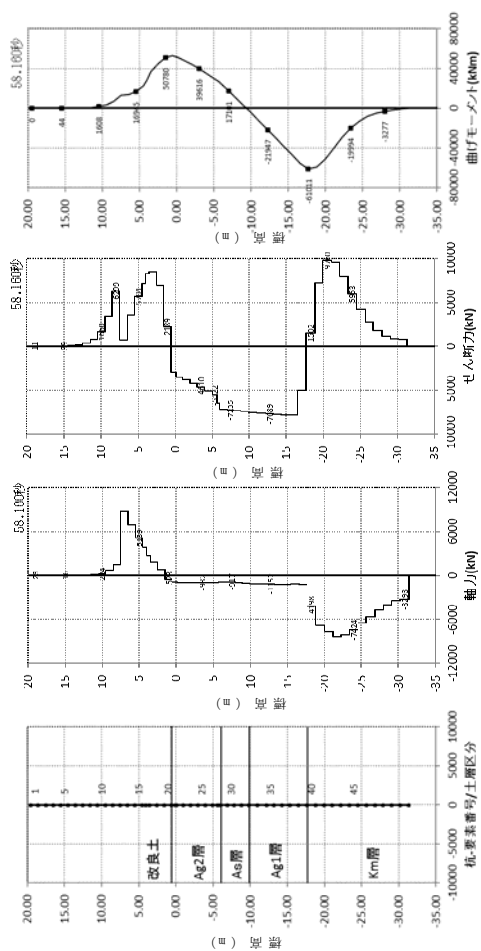
$$\sqrt{\{(1 \times 48420/182)^2 + (0.4 \times 41589/182)^2\} + 0.4 \times 6074 / 301.3} \\ = 289.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{SF} = 382.5 / 289.4 = 1.32 \text{ (1D ケース)}$$

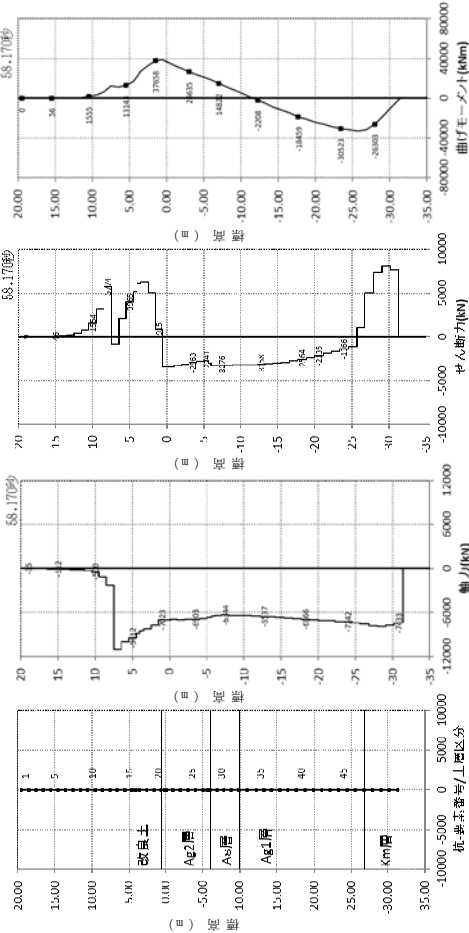
以上から両者とも二方向照査を行っても杭体は安全率を満足するが、1D ケースの方が安全率は大きくなる。

第 3-16 表(2) 評価結果（せん断に対する照査）

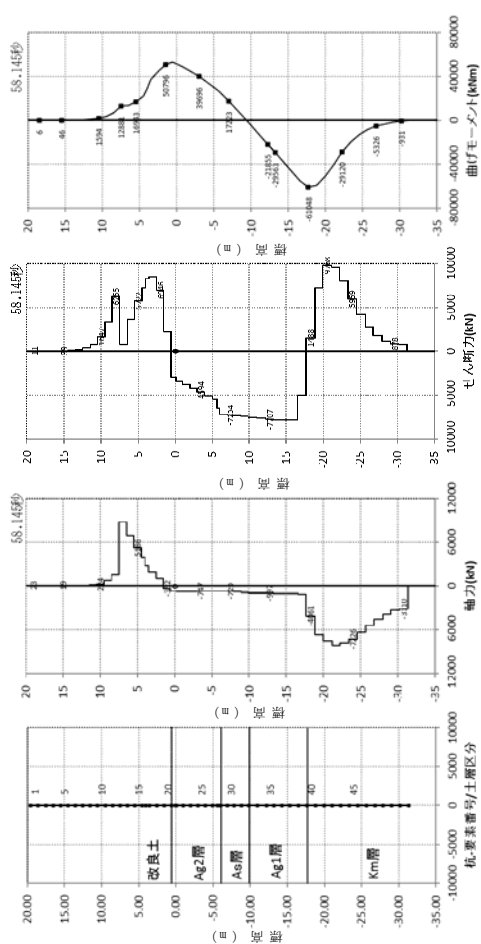
	発生応力度 τ (N/mm ²)	許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 τ_{sa} / τ	判定
① 縦断（最浅部： 杭先端 T. P. - 31.36m）	32.42	217.5	6.708	OK
① 縦断（最深部： 杭先端 T. P. - 31.36m）	29.02	217.5	7.494	OK
② 縦断_1D 根入れ（最浅部： 杭先端 T. P. - 22.24m）	48.33	217.5	4.500	OK
② 縦断_1D 根入れ（最深部： 杭先端 T. P. - 31.36m）	27.28	217.5	7.972	OK
③ 横断_K m 最浅部 （杭先端 T. P. - 31.36m）	29.59	217.5	7.350	OK
④ 横断_K m 最深部 （杭先端 T. P. - 31.36m）	33.55	217.5	6.482	OK
⑤ 横断_K m 最浅部_1D （杭先端 T. P. - 22.24m）	33.17	217.5	6.557	OK



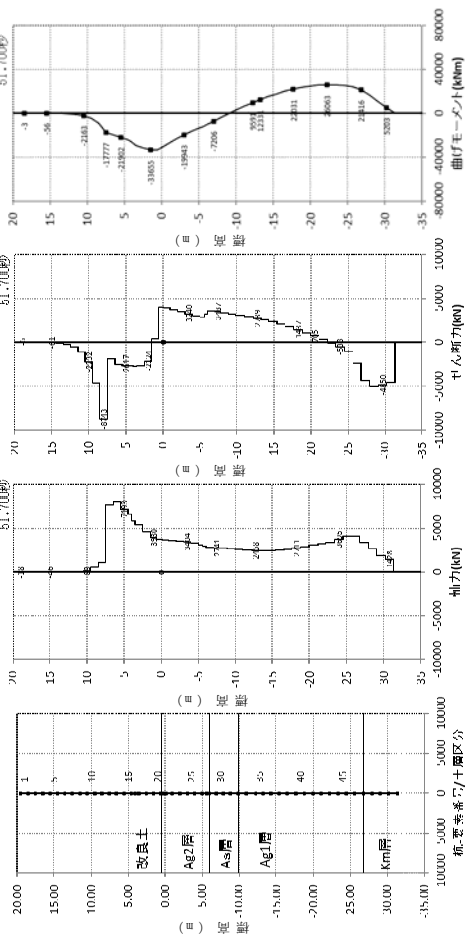
① 縦断(最浅部:杭先端 T.P. - 31.36m) 曲げ軸力照査時刻時



① 縦断(最深部:杭先端 T.P. - 31.36m) 曲げ軸力照査時刻時

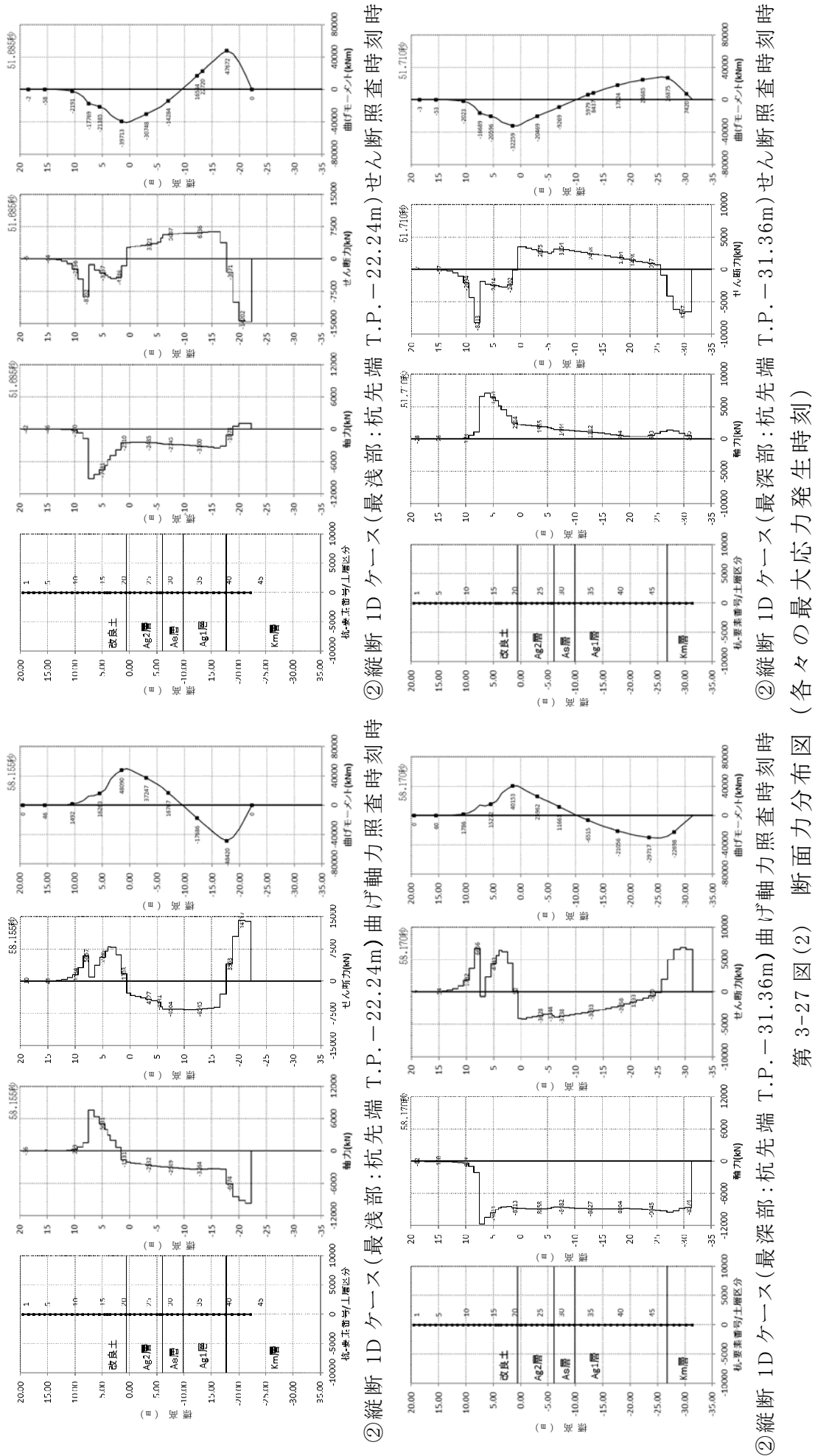


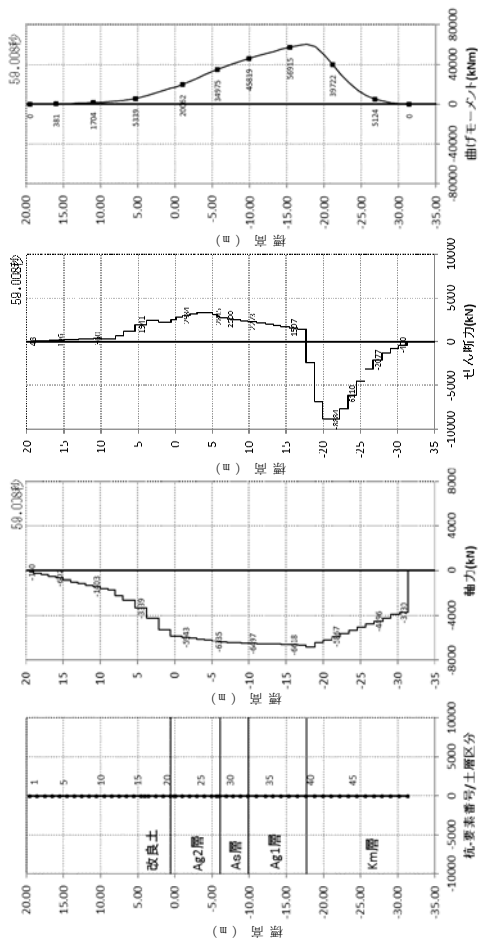
① 縦断(最浅部:杭先端 T.P. - 31.36m) せん断照査時刻時



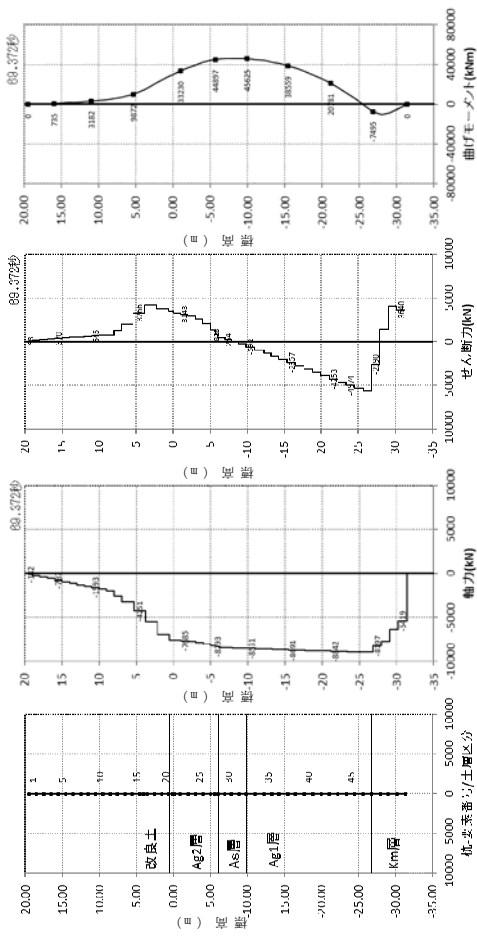
① 縦断(最深部:杭先端 T.P. - 31.36m) せん断照査時刻時

第 3-27 図 (1) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)

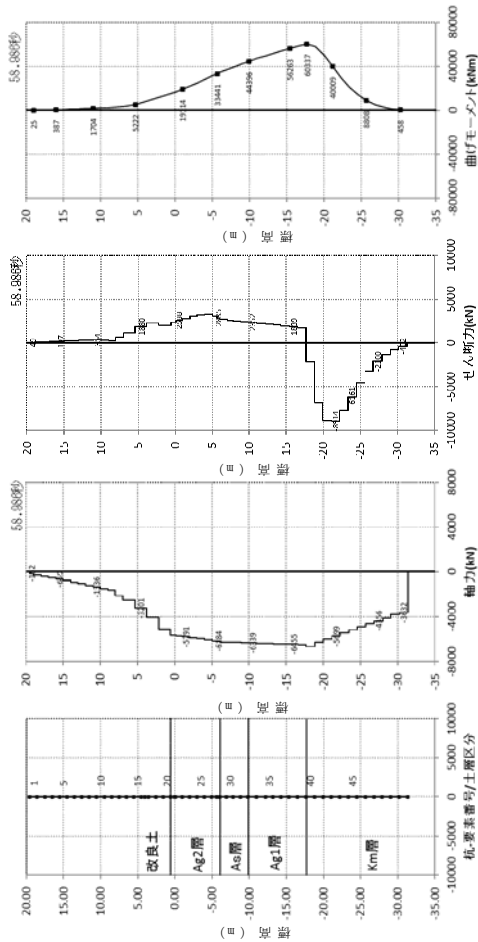




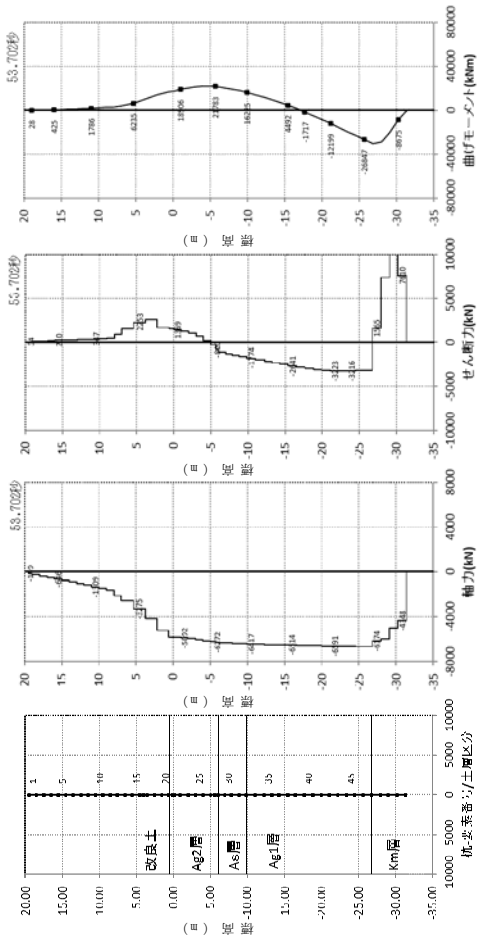
③横断Km層最浅部(杭先端 T.P.－31.36m)曲げ軸力照査時刻時



④横断Km層最深部(杭先端 T.P.－31.36m)曲げ軸力照査時刻時

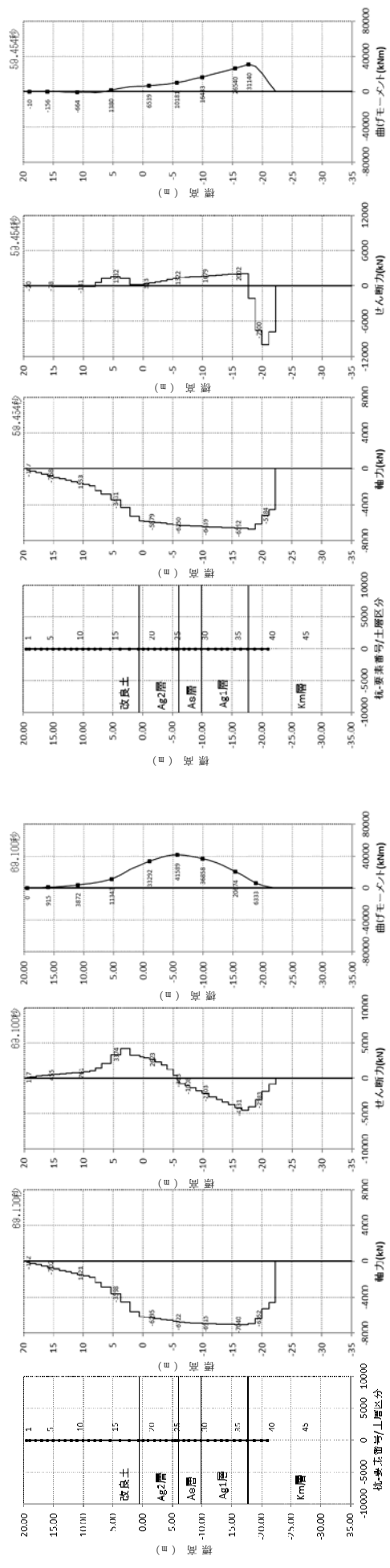


③横断Km層最浅部(杭先端 T.P.－31.36m)せん断照査時刻時



④横断Km層最深部(杭先端 T.P.－31.36m)せん断照査時刻時

第 3-27 図 (3) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)



⑤横断Km層最浅部 1D(杭先端 T.P.-22.24m)せん断照査時刻時
 第 3-27 図 (4) 断面力分布図 (各々の最大応力発生時刻)

第 3-16 表 (3) 評価結果 (支持力照査)

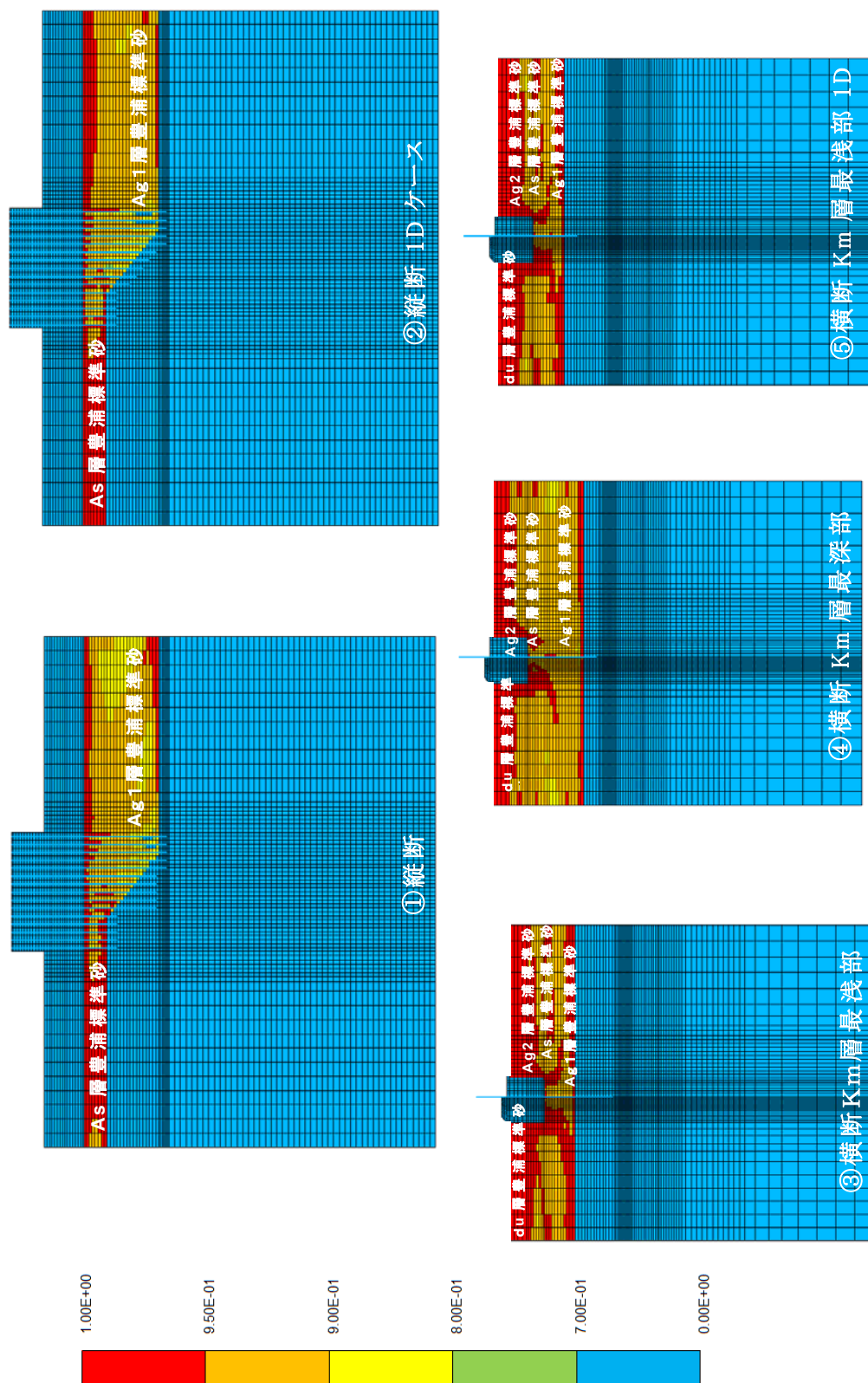
	発生応力度 σ_y (kN/m ²)	極限支持力度 qd (kN/m ²) (SM570)	安全率 qd / σ_y	判定 (> 1.2)
①縦断 (最浅部 : 杭先端 T. P. -31.36m)	368.3	5,673.0	15.4	O K
①縦断 (最深部 : 杭先端 T. P. -31.36m)	394.9	5,673.0	14.3	O K
②縦断_1D根入れ (最浅部 : 杭先端 T. P. -22.24m)	419.9	5,484.0	13.0	O K
②縦断_1D根入れ (最深部 : 杭先端 T. P. -31.36m)	372.5	5,673.0	15.2	O K
③横断_K m最浅部 (杭先端 T. P. -31.36m)	515.9	5,673.0	10.9	O K
④横断_K m最深部 (杭先端 T. P. -31.36m)	605.7	5,673.0	9.3	O K
⑤横断_K m最浅部_1D (杭先端 T. P. -22.24m)	536.2	5,484.0	10.2	O K

第 3-16 表 (4) 評価結果 (座屈耐力に対する照査)

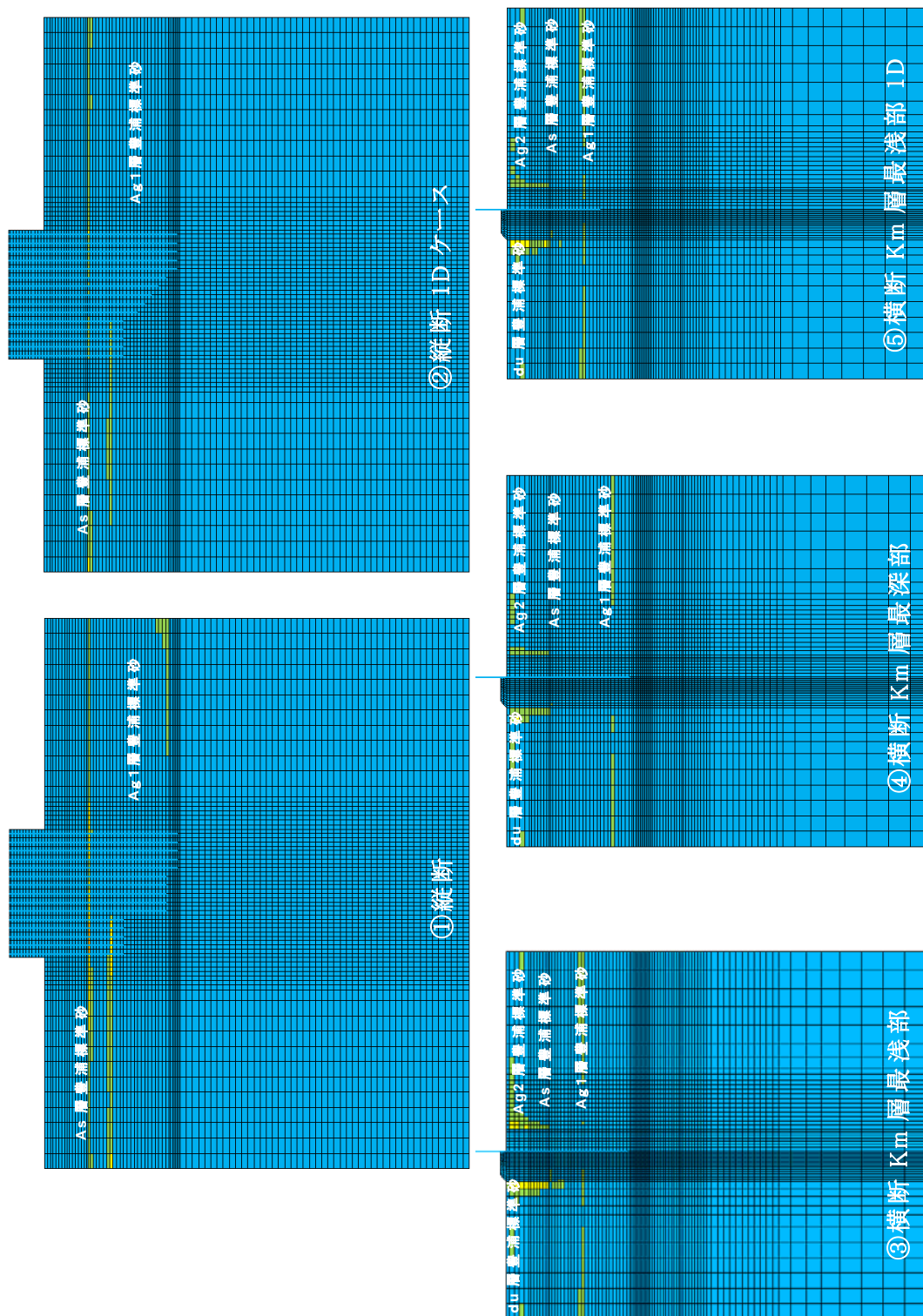
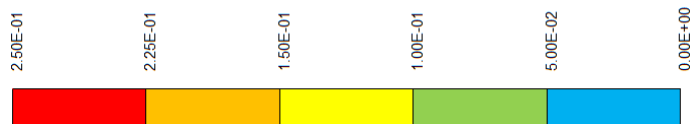
	発生軸力 N (kN)	座屈耐力 N _u (kN) (SM570)	安全率 N _u / N	判定
①縦断 (最浅部 : 杭先端 T. P. -31.36m)	10,740	119,036	11.08	O K
①縦断 (最深部 : 杭先端 T. P. -31.36m)	12,540	119,036	9.49	O K
②縦断_1D根入れ (最浅部 : 杭先端 T. P. -22.24m)	12,530	119,036	9.50	O K
②縦断_1D根入れ (最深部 : 杭先端 T. P. -31.36m)	14,160	119,036	8.40	O K
③横断_K m最浅部 (杭先端 T. P. -31.36m)	9,602	119,036	12.39	O K
④横断_K m最深部 (杭先端 T. P. -31.36m)	10,200	119,036	11.67	O K
⑤横断_K m最浅部_1D (杭先端 T. P. -22.24m)	9,873	119,036	12.05	O K

第 3-17 表 残留変位量

		水平変位 (m)	鉛直変位 (m)
①縦断（最浅部： 杭先端 T.P. -31.36m）	上部工天端～ 上部工下端の 相対変位量	-0.0014	-0.0049
①縦断（最深部： 杭先端 T.P. -31.36m）		-0.0014	-0.0036
②縦断_1D根入れ（最浅部： 杭先端 T.P. -22.24m）		-0.0014	-0.0063
②縦断_1D根入れ（最深部： 杭先端 T.P. -31.36m）		-0.0013	-0.0049
③横断_K m 最浅部 （杭先端 T.P. -31.36m）		-0.0555	-0.0110
④横断_K m 最深部 （杭先端 T.P. -31.36m）		-0.0772	-0.0166
⑤横断_K m 最浅部_1D （杭先端 T.P. -22.24m）		-0.0737	-0.0164



第 3-28 図 過剰間隙水圧比分布図



第 3-29 図 最大せん断ひずみ分布図

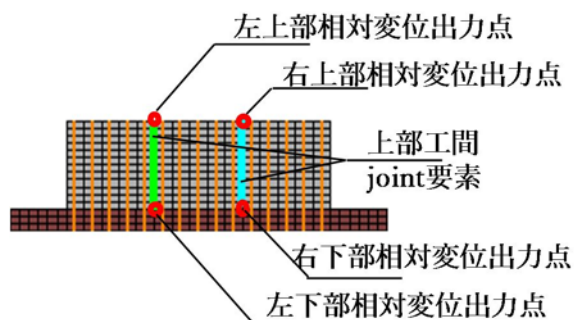
横断方向の解析から算出された，地盤高さの嵩上げ部中央位置における沈下量（残留変位）を第 3-18 表に示す。

第 3-18 表 地盤高さ嵩上げ部沈下量

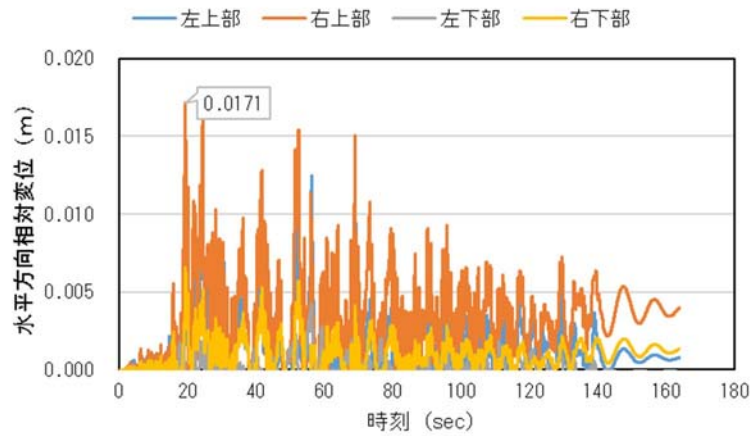
	変位	地盤高さの嵩上げ 部上面中央 (m)
③横断 K m 層最浅部	水平変位	-0.0939
	鉛直変位	-0.0331
④横断 K m 層最深部	水平変位	-0.1724
	鉛直変位	-0.0444
⑤横断 K m 層最浅部 1D	水平変位	-0.1421
	鉛直変位	-0.0435

岩盤傾斜部における地盤高さの嵩上げ部の地震時沈下量は，豊浦標準砂を仮定したケースでも 4cm 強程度であることを確認した（余盛 1m を十分下回ることを確認した）。

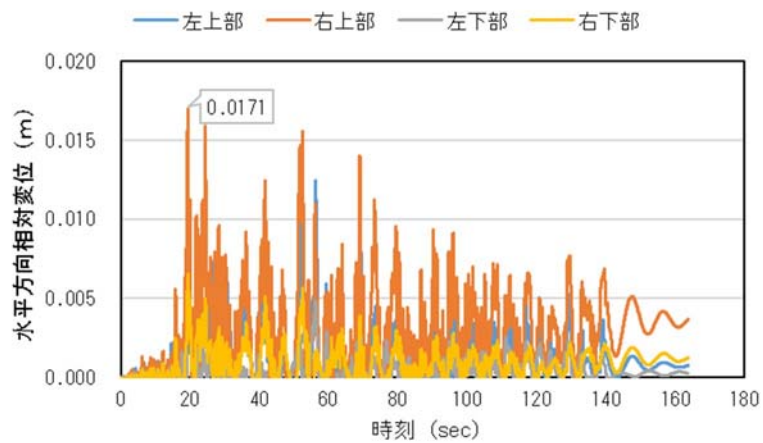
次に，縦断方向のユニット間の相対変位について，出力概要図を第 3-30 図，時刻歴相対変位を第 3-31 図，最大相対変位を第 3-19 表に示す。



第 3-30 図 出力概要図



第 3-31 図 (1) ①縦断 (T.P. - 31.36m) 杭長一定ケース相対変位



第 3-31 図 (2) ②縦断_1D 根入れケース相対変位

第 3-19 表 ユニット間最大相対変位

	最大相対変位 (m)
①縦断_杭長一定ケース	0.0171
②縦断_1D 根入れケース	0.0171

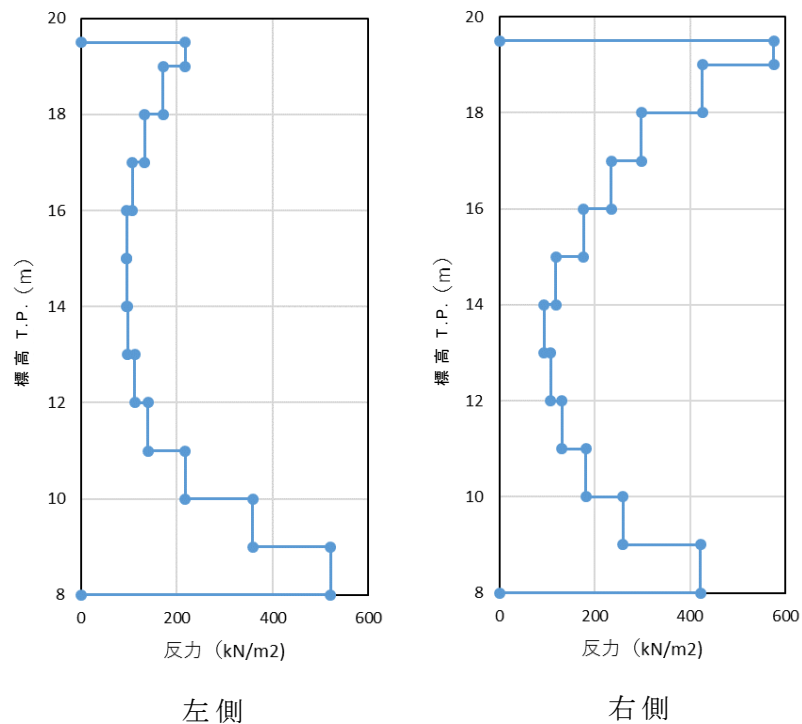
ここで，水平方向相対変位は各ユニット間の水平変位の差を表す。符号はユニット間が分かれる方向が正を示す。

縦断方向の 1 ユニット間の変形量は，豊浦標準砂を仮定したケースであっても 1.7cm 程度であることを確認した。

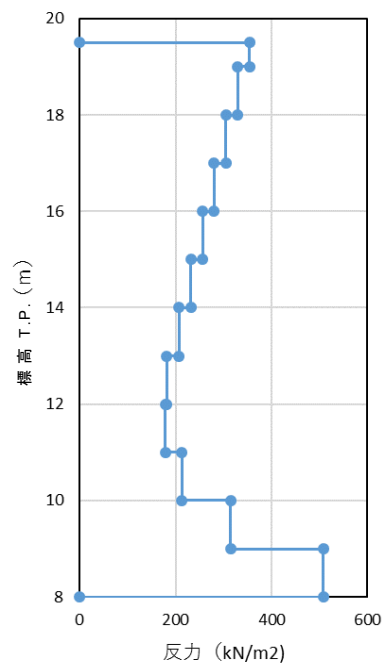
次にユニット間の衝突時の支圧応力度について，第 3-20 表に最大値，第 3-32 図に最大値分布を示す。

第 3-20 表 上部工間の水平方向最大反力（最大支圧応力度）

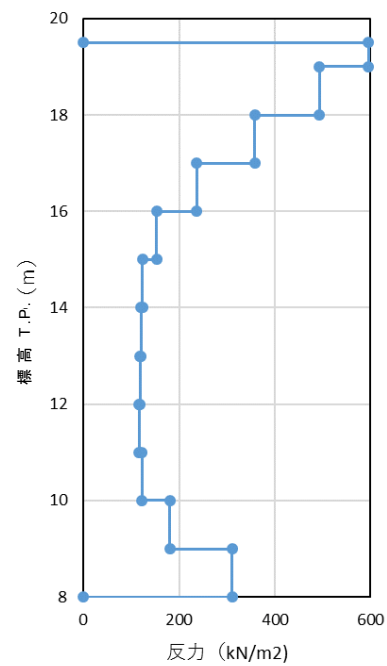
	水平方向 最大支圧応力度 (kN/m^2)	コンクリートの 許容支圧応力度 (kN/m^2)	安全率
縦断	576.05	12,000	20.83
縦断 1D	596.20	12,000	20.12



第 3-32 図 (1) ①縦断 (T.P.-31.36m) 杭長一定ケースバネ反力



左側



右側

第 3-32 図 (2) ②縦断_1D 根入れ（各杭根入れ長 1 D）ケースバネ反力

縦断方向の最大支圧応力度は，コンクリートの許容支圧応力度よりも十分に小さく，コンクリートが支圧破壊を生じることがないことを示した。

以上の評価結果から豊浦標準砂を仮定したケースにおいても、基準地震動 S_s に対して、杭の曲げ、せん断及び基礎地盤の支持力の照査値は許容限界値以下であり、十分な構造強度を有している見通しを得た。以下に結果の概要について記す。

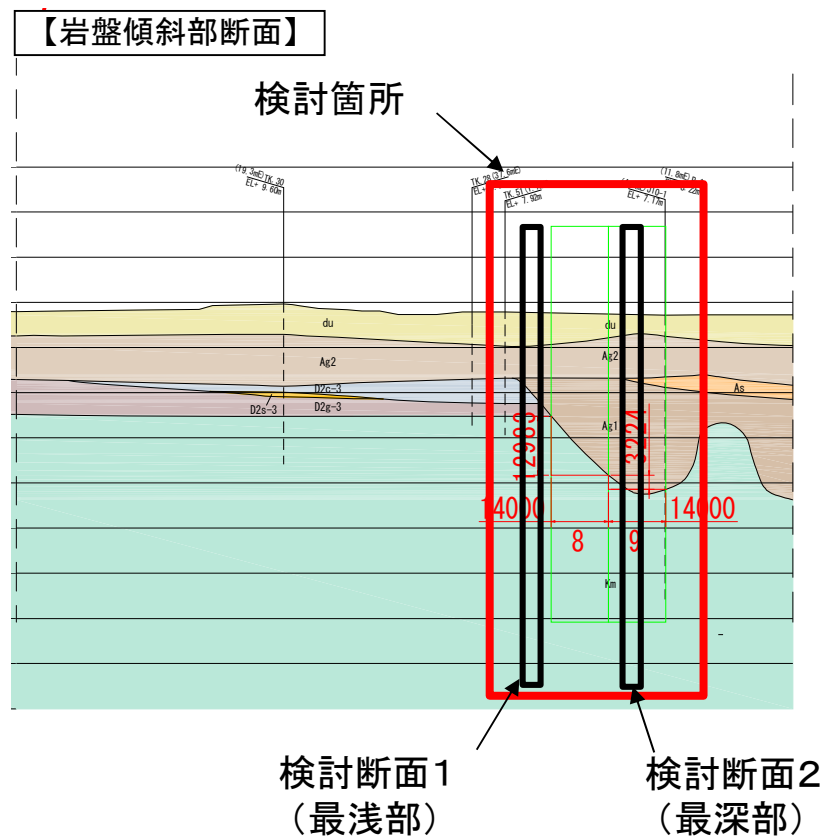
- ① 岩盤最浅部の杭体の応力は、横断方向、縦断方向共に安全率が最小となったが、豊浦標準砂を仮定したケースでも許容限界値以下であることを確認した。
- ② 残留変位量については、縦断方向の水平変位が最大 0.14cm 程度、横断方向の水平変位が最大 7.7cm 程度生じ、横断方向の鉛直方向は最大 1.7cm 程度であることを確認した。
- ③ 全てのケースにおいて過剰間隙水圧比は 95% を超える個所が存在するが、地盤高さの嵩上げ部における残留沈下量は 4cm 強程度であり、余盛 1m に対して十分小さいことを確認した。
- ④ 1 ユニット間の衝突が生じてても、支圧強度に対して 20 倍以上の安全率を有していることを確認した。
- ⑤ 基準地震動 S_s の水平二方向照査においても、1D ケースにおいて十分な安全率を有していることを確認した。

①から⑤の結果より、岩盤傾斜部の豊浦標準砂を仮定したモデルにおいても、基準地震動 S_s に対して、杭の曲げ、せん断及び支持力の照査値は許容限界値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

(7) 岩盤傾斜部における地震動の増幅特性及び振動特性による挙動

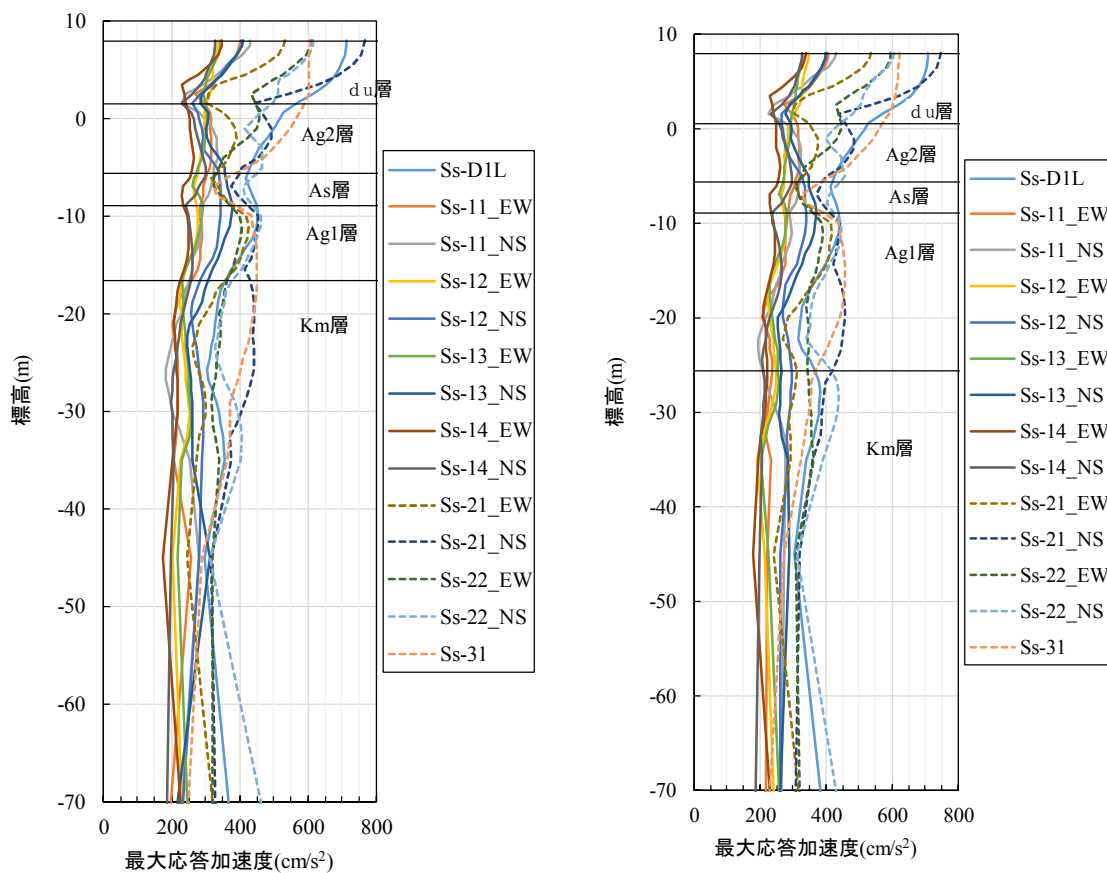
1) 地震動の増幅特性について（一次元地震応答解析）

海水ポンプ室南側の岩盤傾斜部において，岩盤深度の違いに対する地震動の増幅特性を検証するため，該当箇所では一次元地震応答解析（SHAKE）を実施した。検討箇所は岩盤傾斜部の岩盤深度に着目し，最浅部と最深部を対象とした。Km層から地表面までの最大加速度分布と地表面の応答加速度について比較する。対象とする地震動は，東海第二発電所におけるS_s地震動すべてとする。検討断面位置を第3-33図に示す。



第 3-33 図 検討断面位置

最大加速度分布の比較を第 3-34 図に示す。検討断面 1 及び検討断面 2 を比較すると，両者で同様な最大応答加速度分布となった。加速度の増幅は地表面付近の d u 層と A g 2 層で顕著となり，それ以外の地層では増幅が生じない。両地点の d u 層と A g 2 層はほぼ成層となっていることから，大きな相違が生じないと判断される。



a) 検討断面 1 最浅部

b) 検討断面 2 最深部

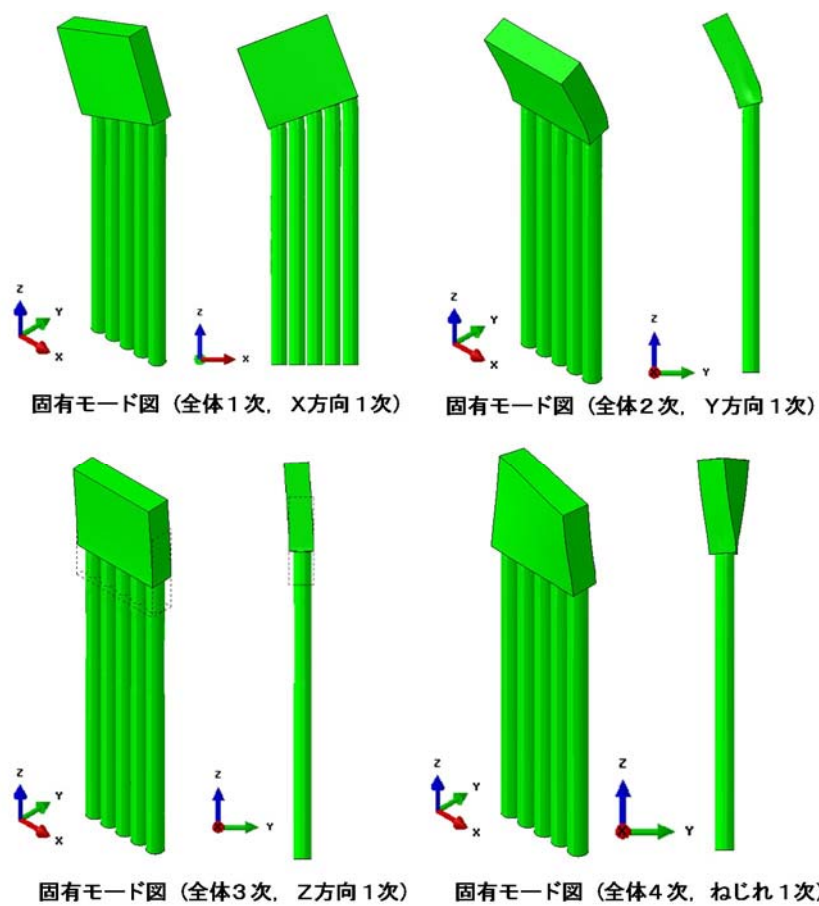
第 3-34 図 最大加速度分布の比較

① 固有値解析

a. ケース 1（杭長を同一としたケース）

杭長を同一としたモデルを用いて固有値解析を実施した。検討結果として、固有モード図を第 3-35 図に、固有値解析結果を第 3-21 表に示し、それぞれの検討断面における地表面の応答加速度と振動数の関係を第 3-36 図と第 3-37 図に示す。

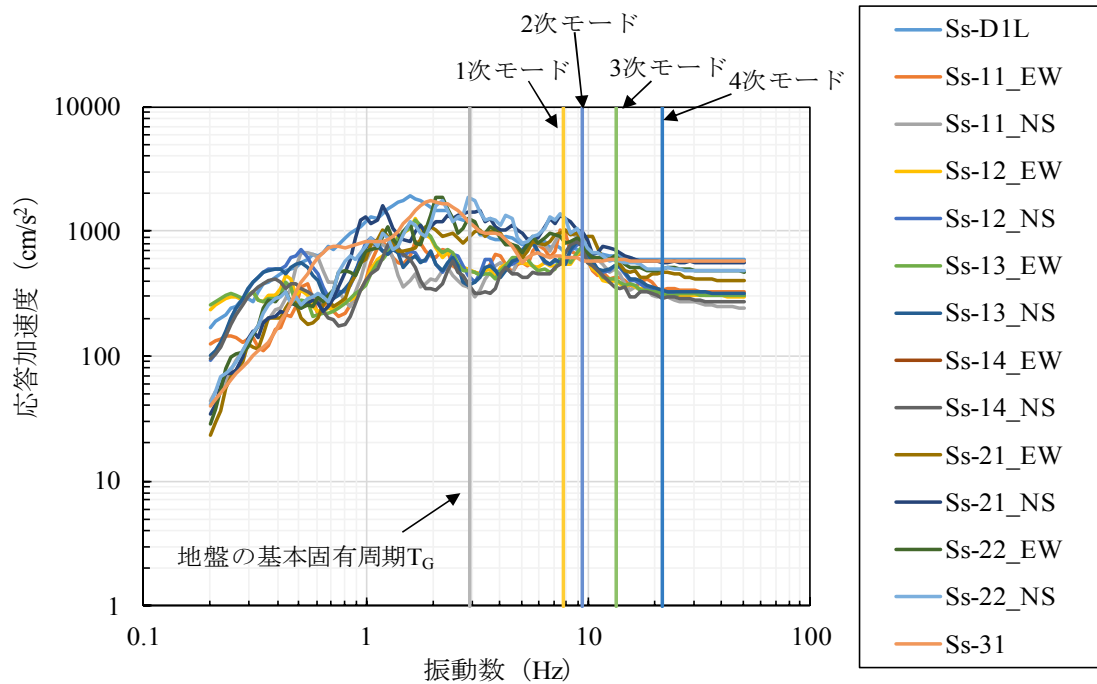
ねじり方向への最も低次のモードは 4 次モードとなり、固有振動数は 21.45Hz となった。刺激係数や有効質量比は極めて小さく、ねじれ卓越モードにはならないことを確認した。また、一次元地震応答解析による地表面の応答加速度と固有値解析結果を比較した結果、ねじれのモードが発生する振動数と地表面の最大応答加速度は一致せず、共振倍率が極めて小さいことを確認した。なお、防潮壁の強軸、弱軸方向とも卓越振動数と応答加速度の最大振動数とは一致しない結果となり、共振による影響はないものと判断される。



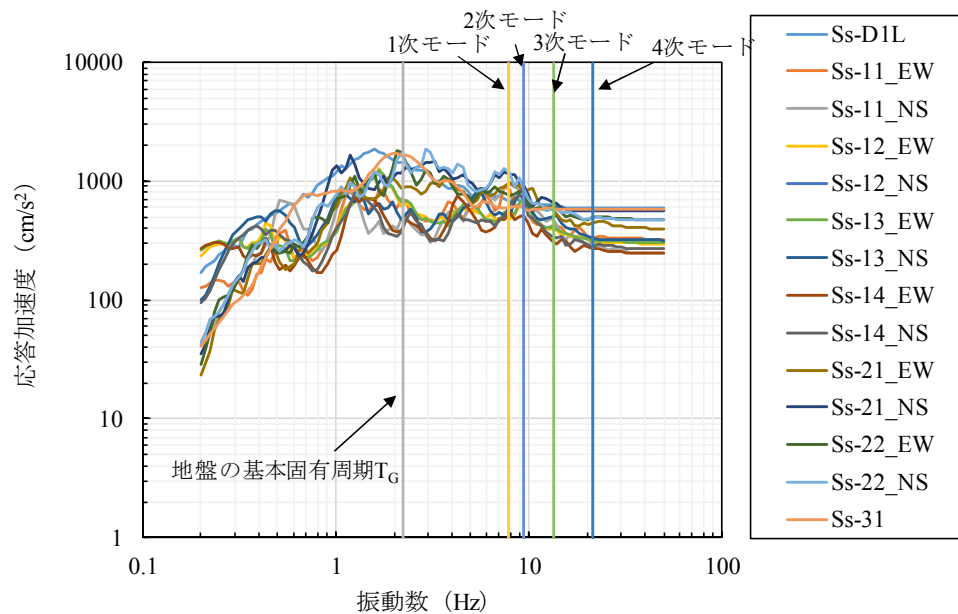
第 3-35 図 ケース 1 固有モード図

第 3-21 表 ケース 1 固有値解析結果

次数	固有 振動数 f (Hz)	X方向			Y方向			Z方向			備 考
		刺激 係数	モーダル有効質量		刺激 係数	モーダル有効質量		刺激 係数	モーダル有効質量		
			(tf)	比率		(tf)	比率		(tf)	比率	
1	7.81	-24.189	585.1	41.0%	0.002	0.0	0.0%	0.035	0.0	0.0%	X方向1次
2	9.46	-0.004	0.0	0.0%	-24.470	598.8	42.0%	-2.439	5.9	0.4%	Y方向1次
3	13.42	0.025	0.0	0.0%	-1.672	2.8	0.2%	35.557	1264.3	88.7%	Z方向1次
4	21.45	-0.872	0.8	0.1%	0.000	0.0	0.0%	-0.001	0.0	0.0%	ねじれ1次
5	29.63	0.000	0.0	0.0%	0.102	0.0	0.0%	-0.007	0.0	0.0%	
6	29.65	-0.141	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	
7	29.76	-0.029	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	
8	29.77	0.000	0.0	0.0%	-0.026	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	
9	29.78	-0.093	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	
10	47.00	-18.072	326.6	22.9%	0.001	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	
11	51.40	0.002	0.0	0.0%	5.159	26.6	1.9%	-0.278	0.1	0.0%	
12	55.77	-0.003	0.0	0.0%	-12.454	155.1	10.9%	0.795	0.6	0.0%	
13	62.36	0.098	0.0	0.0%	0.078	0.0	0.0%	0.094	0.0	0.0%	
14	63.23	2.693	7.2	0.5%	-0.028	0.0	0.0%	-0.152	0.0	0.0%	
15	63.68	0.713	0.5	0.0%	0.003	0.0	0.0%	0.013	0.0	0.0%	
16	64.08	-1.850	3.4	0.2%	0.017	0.0	0.0%	0.109	0.0	0.0%	
17	64.15	0.107	0.0	0.0%	0.011	0.0	0.0%	0.091	0.0	0.0%	
18	64.32	0.001	0.0	0.0%	-0.048	0.0	0.0%	0.047	0.0	0.0%	
19	64.57	-0.487	0.2	0.0%	0.006	0.0	0.0%	0.043	0.0	0.0%	
20	64.60	-0.245	0.1	0.0%	0.003	0.0	0.0%	0.024	0.0	0.0%	



第 3-36 図 検討断面 1 の地表面の応答加速度と振動数の関係

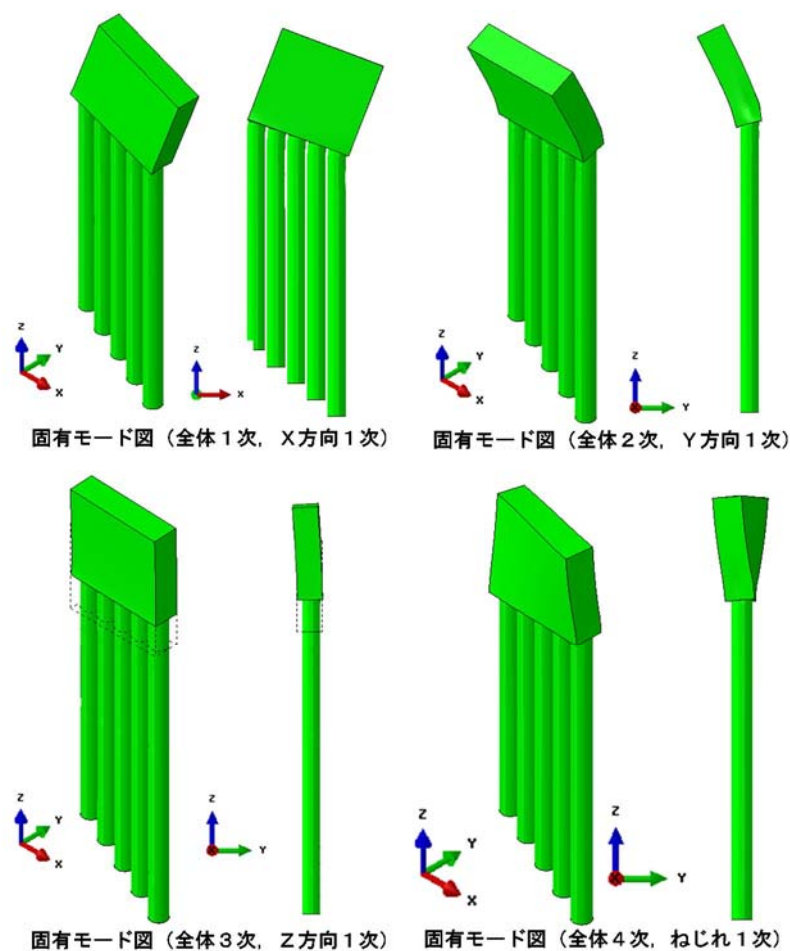


第 3-37 図 検討断面 2 の地表面の応答加速度と振動数の関係

b. ケース 2（岩盤への根入れを 1D としたケース）

岩盤への根入れを 1D としたモデルを用いて固有値解析を実施した。検討結果として、固有モード図を第 3-38 図に、固有値解析結果を第 3-22 表に示し、それぞれの検討断面における地表面の応答加速度と振動数の関係を第 3-39 図と第 3-40 図に示す。

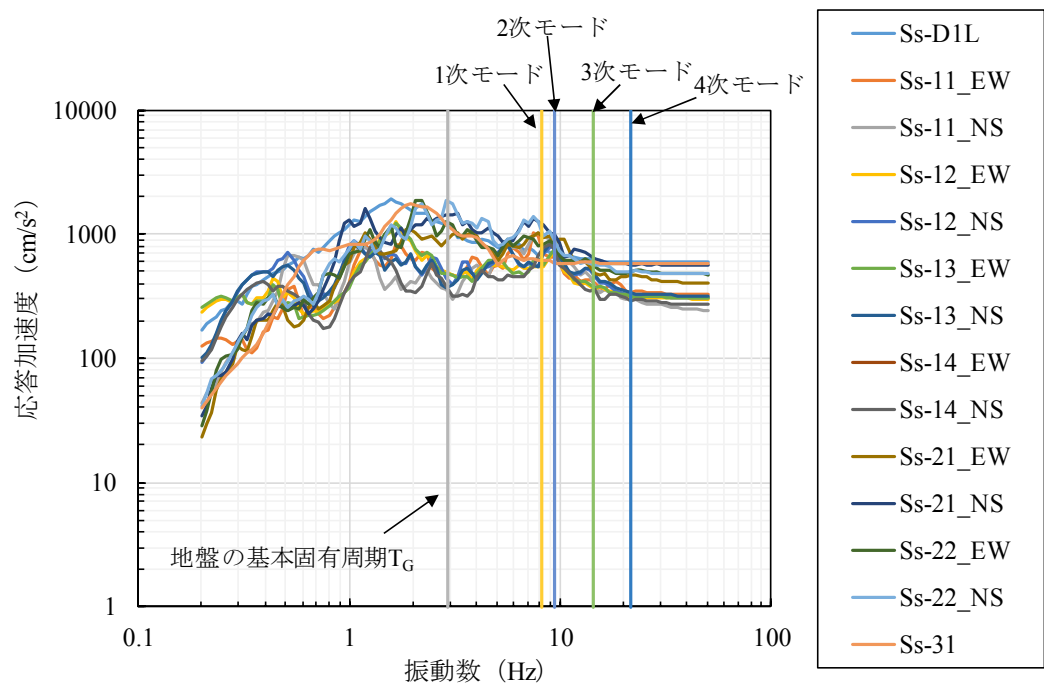
ねじり方向への最も低次のモードは 4 次モードとなり、固有振動数は 21.46Hz となった。刺激係数や有効質量比は極めて小さく、ねじれ卓越モードにはならないことを確認した。また、一次元地震応答解析による地表面の応答加速度と固有値解析結果を比較した結果、ねじれのモードが発生する振動数と地表面の最大応答加速度は一致せず、共振倍率が極めて小さいことを確認した。なお、防潮壁の強軸、弱軸方向とも卓越振動数と応答加速度の最大振動数とは一致しない結果となり、共振による影響はないと判断される。



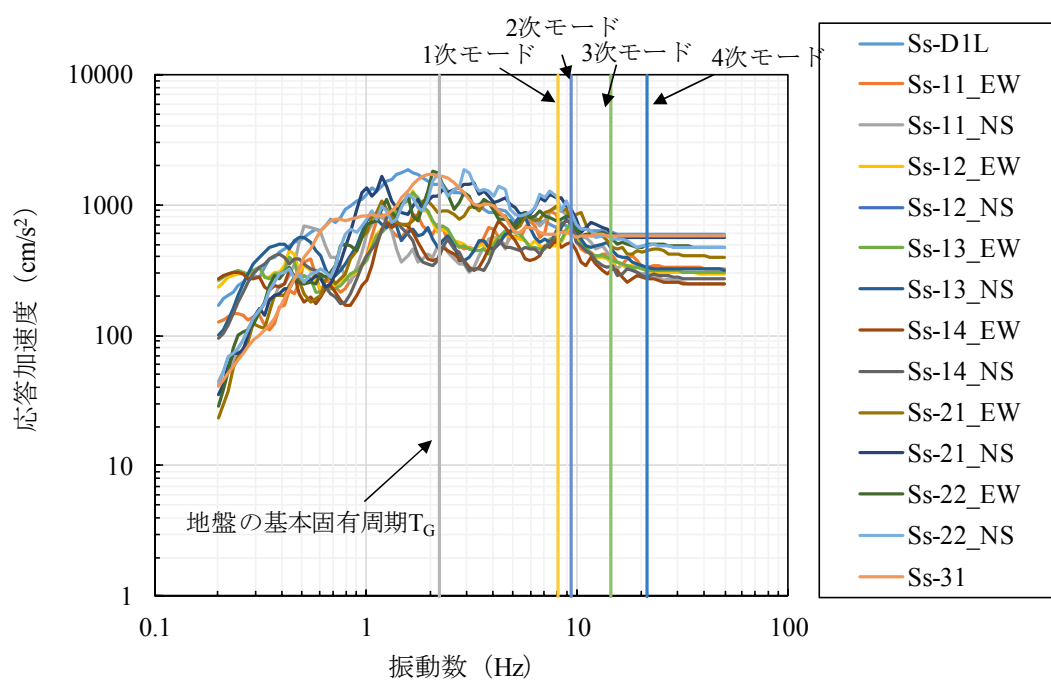
第 3-38 図 ケース 1 固有モード図

第 3-22 表 ケース 2 固有値解析結果

次数	固有 振動数 f(Hz)	X方向			Y方向			Z方向			備考
		刺激 係数	モーダル有効質量 (tf)	比率	刺激 係数	モーダル有効質量 (tf)	比率	刺激 係数	モーダル有効質量 (tf)	比率	
1	8.11	24.221	586.7	42.8%	-0.153	0.0	0.0%	-2.400	5.8	0.4%	X方向1次
2	9.46	-0.248	0.1	0.0%	-24.482	599.4	43.8%	-2.112	4.5	0.3%	Y方向1次
3	14.43	1.700	2.9	0.2%	-1.466	2.2	0.2%	34.929	1220.0	89.1%	Z方向1次
4	21.46	-0.908	0.8	0.1%	0.002	0.0	0.0%	-0.086	0.0	0.0%	ねじれ1次
5	29.64	0.088	0.0	0.0%	0.070	0.0	0.0%	-0.009	0.0	0.0%	
6	31.27	-0.080	0.0	0.0%	-0.030	0.0	0.0%	0.003	0.0	0.0%	
7	32.96	-0.098	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	0.002	0.0	0.0%	
8	34.84	0.142	0.0	0.0%	-0.041	0.0	0.0%	0.000	0.0	0.0%	
9	36.78	0.253	0.1	0.0%	-0.102	0.0	0.0%	0.005	0.0	0.0%	
10	47.47	-18.095	327.4	23.9%	0.051	0.0	0.0%	-0.273	0.1	0.0%	
11	51.44	-0.087	0.0	0.0%	-5.179	26.8	2.0%	0.232	0.1	0.0%	
12	55.79	0.144	0.0	0.0%	12.476	155.6	11.4%	-0.566	0.3	0.0%	
13	63.34	1.679	2.8	0.2%	-0.467	0.2	0.0%	-3.139	9.9	0.7%	
14	64.19	0.495	0.2	0.0%	-0.075	0.0	0.0%	-0.280	0.1	0.0%	
15	67.00	-0.177	0.0	0.0%	0.175	0.0	0.0%	1.431	2.0	0.1%	
16	67.83	1.633	2.7	0.2%	-0.412	0.2	0.0%	-3.647	13.3	1.0%	
17	68.44	-0.279	0.1	0.0%	0.063	0.0	0.0%	0.724	0.5	0.0%	
18	71.53	0.065	0.0	0.0%	-0.351	0.1	0.0%	-3.898	15.2	1.1%	
19	72.51	0.092	0.0	0.0%	0.002	0.0	0.0%	0.027	0.0	0.0%	
20	76.59	0.960	0.9	0.1%	0.314	0.1	0.0%	4.558	20.8	1.5%	



第 3-39 図 検討断面 1 の地表面の応答加速度と振動数の関係



第 3-40 図 検討断面 2 の地表面の応答加速度と振動数の関係

以下に岩盤傾斜部の振動特性による防潮壁の挙動の結果を要約する。

- ① 一次元地震応答解析の結果，A_g 1 層及びA_s 層の厚さに依存する増幅特性はなく，主に地表面付近で加速度が増幅する傾向を確認した。したがって，岩盤傾斜部の影響による地震波の増幅の影響は小さいと判断される。
- ② 岩盤傾斜部の傾斜角が最も大きい範囲をモデル化して，固有値解析を実施した結果，杭長を同一としたケースと岩盤への根入れを1Dとして1ユニットで異なる杭長としたケース共に，同様の振動特性であることを確認した。
- ③ 固有値解析の結果，ねじれのような振動モードが生じる可能性がないことを確認した。
- ④ 一次元地震応答解析による地表面の応答加速度と固有値解析結果を比較した結果，ねじれのモードが生じる可能性はないものと判断される。なお，防潮壁の横断，縦断方向への振動は地震動の卓越周期と一致せず，共振による影響はないものと判断される。

①から④の結果より，岩盤傾斜部では地震動の増幅が生じる影響は小さく，ねじれのようなモードが生じることはないことを確認した。

(8) 津波時及び重畳時における鋼管杭基礎の成立性検討結果

(二次元フレーム解析)

1) 解析モデル

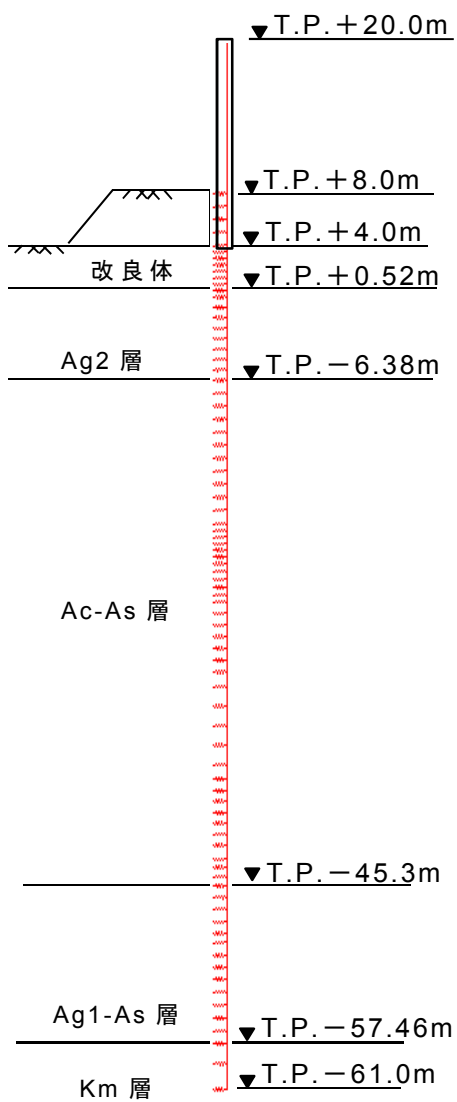
モデル化を行う条件を以下に要約する。

- ・杭体は、はり要素（線形）を用いて、地盤は杭体に付加する地盤バネで表現する。この時、地盤バネは上限値を考慮したバイリニア型とする。
- ・被覆コンクリートは剛性を考慮せず荷重のみを節点荷重とする。
- ・鋼管内は地表面より上は空洞、地表面より下は周辺地盤が詰まっているものとし、その剛性は考慮しない。
- ・杭先端の境界条件は、鉛直方向固定とする。
- ・杭間は 2.8m とする。
- ・地下水位は地表面とする。
- ・地盤定数は C U 条件とし、せん断抵抗角 ϕ は全層 $\phi = 0^\circ$ とする。
- ・現地盤面を T.P. + 4.0m、躯体天端高を T.P. + 20.0m とする。
- ・設計では地盤高さの嵩上げを T.P. + 9.0m とし、二次元静的フレーム解析上では 1.0m の沈下を考量の上、解析モデルでの地盤高さの嵩上げを T.P. + 8.0m に設定する。

鋼管杭物性値を第 3-23 表に、荷重図表を第 3-24 表に、解析モデル図を第 3-41 図に示す。

第 3-23 表 鋼管杭物性値

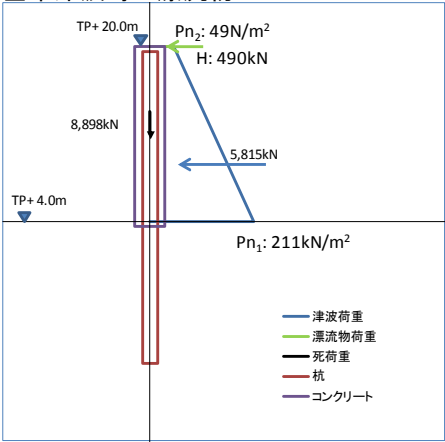
鋼管杭 φ 2500mm, 鋼管厚, t = 35mm, SM570, 腐食代 1mm		
断面積	A = 2.63E+5 mm ²	0.26319 m ²
断面係数	Z _p = 1.60E+8 mm ³	0.15995 m ³
断面二次モーメント	I _p = 2.00E+11 mm ⁴	0.19978 m ⁴
ヤング係数	E = 200000 N/mm ²	2.00E+8 kN/m ²



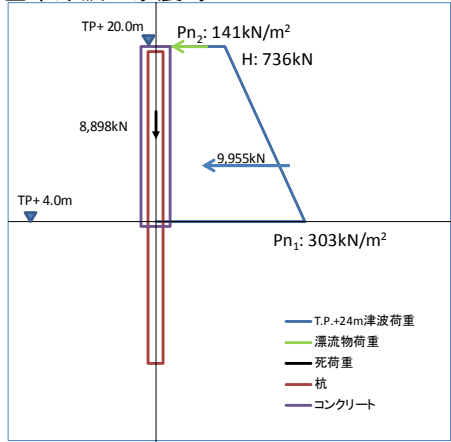
第 3-41 図 二次元静的フレーム解析モデル概念図

第 3-24 表 荷重図表

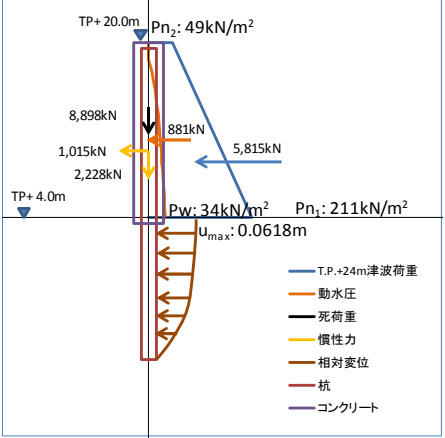
基準津波時＋漂流物



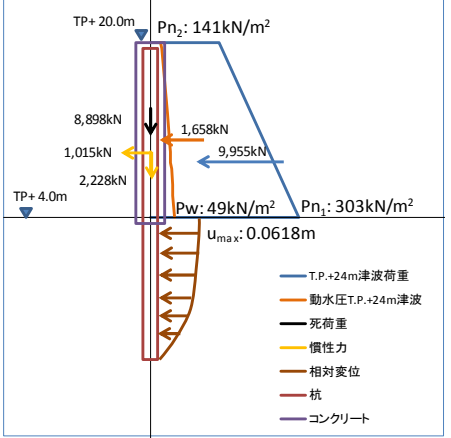
基準津波＋余震時



T.P.+24m津波時＋漂流物



T.P.+24m津波＋余震時



a. 死荷重

・被覆コンクリート重量

被覆コンクリート天端の重量を頂部の節点に設定する。天端より下の重量は，支配長さに応じた節点重量を設定する。

第 3-25 表 被覆コンクリートの重量

	単位体積重量 (kN/m ³)	面積 (m ²)	長さ (m)	重量 (kN)
天端	24.5	3.5×2.8	0.5	120.05
天端より下	24.5	$3.5 \times 2.8 - \pi \times 2.5^2 / 4$	16.0	1,917.44

・鋼管杭重量

鋼管杭重量は節点の支配長さに応じた節点重量を設定する。

第 3-26 表 鋼管杭の重量

単位体積重量 (kN/m ³)	長さ (m)	重量 (kN)
77	80.5	1,631.74

・杭体内の土の重量

杭体内の土の重量は T.P. + 4.0m より以深を考慮するものとし，節点の支配長さに応じた重量を設定する。

第 3-27 表 杭体内の土の重量（1m 当り）

d u 層	$(2.5 - 0.035 \times 2)^2 \times \pi / 4 \times 17.85 =$	82.78kN/m
A g 2 層	$(2.5 - 0.035 \times 2)^2 \times \pi / 4 \times 19.71 =$	91.41kN/m
A c 層	$(2.5 - 0.035 \times 2)^2 \times \pi / 4 \times 16.18 =$	75.04kN/m
A s 層	$(2.5 - 0.035 \times 2)^2 \times \pi / 4 \times 17.06 =$	79.12kN/m
A g 1 層	$(2.5 - 0.035 \times 2)^2 \times \pi / 4 \times 19.71 =$	90.66kN/m
K m 層	$(2.5 - 0.035 \times 2)^2 \times \pi / 4 \times 16.93 =$	77.87kN/m

b . 積雪

積雪は建築基準法施行令（東海村の設定値）により算出する。

積雪は被覆コンクリートの水平面に作用するものとし，天端の節点の節点荷重とする。

第 3-28 表 積雪の重量

単位重量 (N/cm/m ²)	高さ (cm)	面積 (m ²)	係数	重量 (kN)
20.0	30.0	9.8	1.0	5.88

c . 津波荷重

作用する津波荷重は浸水深に基づき算定式により算出する。

堤外側から堤内側へ作用するものとする。第 3-42 図に計算概要を示す。

最大波圧 (kN/m²)

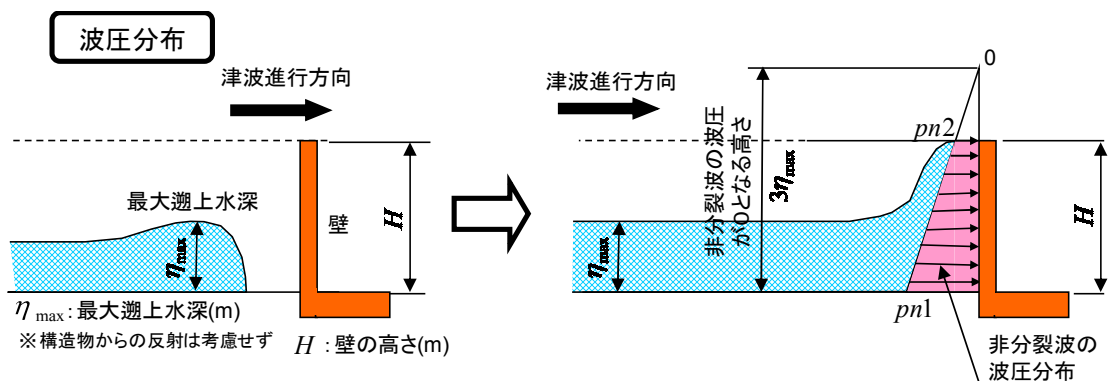
$$p_{n1} = 3\rho g \eta_{\max}$$

壁天端波圧 (kN/m²)

$$p_{n2} = 3\rho g \eta_{\max} \times (3\eta_{\max} - H) / 3\eta_{\max}$$

$$= \rho g (3\eta_{\max} - H)$$

ここで， η_{\max} は設計用浸水深を用いる。



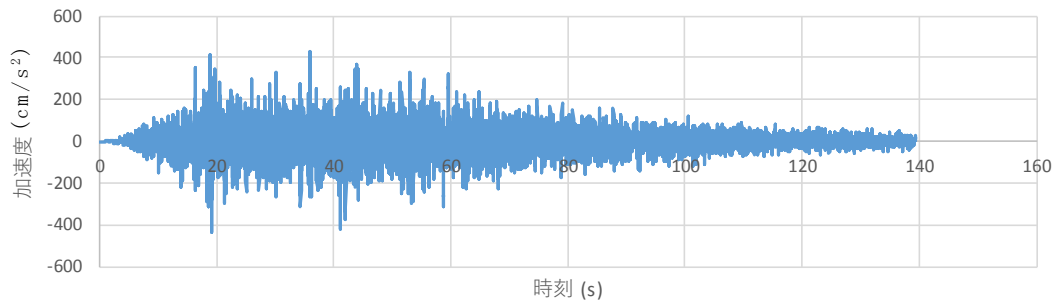
第 3-42 図 津波波力の計算概要

d. 応答変位法による慣性力及び相対変位

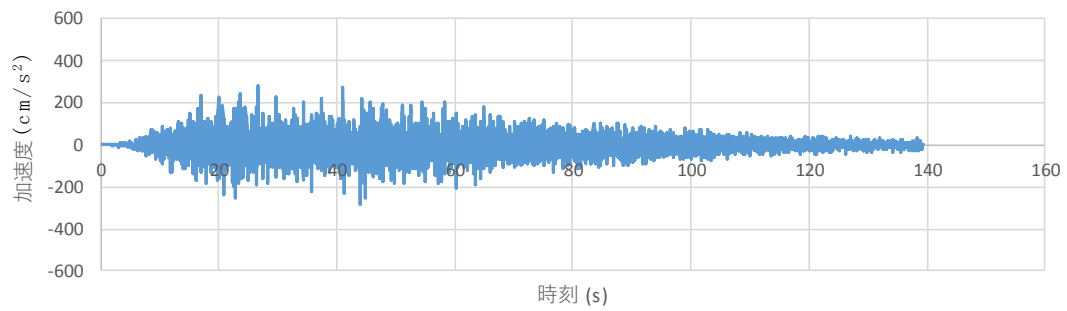
一次元地震応答解析により求めた杭下端－地表位置の相対変位及び地表位置での最大加速度（水平・鉛直）より求まる震度を与条件として二次元フレーム解析を行う。なお，一次元地震応答解析に用いる入力地震動は余震として，第 3-43 図に示す，S d－D1 波を用いる。

第 3-29 表 震度，相対変位の抽出

震度 (水平・鉛直)	相対変位
杭位置の地表面での最大加速度より算出	杭下端と地表面の最大相対変位



S d - D 1 波：水平方向入力地震動



S d - D 1 波：鉛直方向入力地震動

第 3-43 図 余震時の解析に用いた地震波

e. 動水圧

動水圧は以下に示す港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007年版）に基づき算出する。余震が発生したときの各節点に作用する動水圧を以下の式で求めるものとする。

$$P = \frac{7}{8} W_0 K_h \sqrt{Hh} A$$

W_0 : 海水の単位体積重量 (kN/m^3)

K_h : 設計水平加速度 (S d - D 1 波 $K_h = 0.2726$)

H : 津波遡上高さ (m)

h : 節点の水深 (m)

A : その節点の支配面積 (m)

2) 静的地盤バネ

二次元静的フレーム解析に用いる地盤バネは「道路橋示方書・同解説（IV下部構造編）」に基づき水平方向地盤反力係数を求め、上限値を設定するバイリニア型とする。また、杭間隔が小さいため水平方向地盤反力係数に対する補正係数を考慮する。

静的フレーム解析では津波荷重及び漂流物荷重を主たる荷重として扱うため、地盤高さの嵩上げ部による地盤抵抗を期待するものとする。地盤バネは地盤高さの嵩上げ上面から杭先端までの範囲で考慮し、設計上の地盤面は地盤高さの嵩上げ部上面とする。

a. 水平方向地盤バネ

$$k_h = \mu \eta_k \alpha_k k_H D H$$

ここに,

k_h : 水平方向地盤バネ定数 (kN/m)

η_k : 群杭効果を考慮した補正係数

α_k : 単杭における補正係数

η_k , α_k は以下の値を用いる

第 3-30 表 α_k , η_k の値表

対象	η_k	α_k
粘性土地盤	2/3	1.5
砂質土地盤	2/3	1.5

(道路橋示方書・同解説 (IV 下部構造編))

k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$k_H = k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

k_{H0} : 直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数 (kN/m³)

$$k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

α : 地盤反力係数の換算係数

第 3-31 表 α の値

対象	α (常時)	α (地震時)
全層	4	8

(道路橋示方書・同解説 (IV 下部構造編))

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)

K_m 層以外は有効上載圧との関係式より求まる静弾性係数,
 K_m 層は標高 (T.P.) との関係式から求まる静弾性係数を用いる。

地震時の地盤バネは，一次元地震応答解析から算出された各深度における収束剛性から設定する。収束剛性から動ポアソン比を用いて地震後の地盤の変形係数を用いて，水平方向地盤反力係数を算出する。

E_D ：地震後の剛性低下を考慮した変形係数（ kN/m^2 ）

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G_{eq}$$

ν_d ：動ポアソン比

G_{eq} ：一次元地震応答解析より求まる収束剛性を示す。

μ ：水平地盤反力係数の補正係数

$$\mu = 1 - 0.2 \left(2.5 - \frac{L}{D} \right) [L < 2.5D]$$

L ：杭中心間隔

D ：杭径

B_H ：荷重作用方向に直交する基礎の換算載荷幅(m)で杭基礎の場合の以下の式を用いる。

$$B_H = \sqrt{D/\beta}$$

β ：杭基礎の特性値（ m^{-1} ）

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

L ：杭中心間隔

D ：荷重作用方向に直交する基礎の載荷幅 = 杭径

H ：分担長さ（m）

$E I$ ：杭の曲げ剛性（ $\text{kN} \cdot \text{m}^2$ ）

・群杭の影響による水平地盤反力係数の低減

杭中心間隔 L が $2.5D$ 未満であるため、道路橋示方書・同解説（Ⅳ 下部構造編）に基づき、水平平地盤反力係数 k_H に補正係数 μ を乗じる。

(2) 群杭が水平力を受ける場合には、杭相互の干渉により、各杭の荷重分担が相違し、全体としての効率も単杭の場合に比べて低下する。荷重分担、群杭効果とも地盤の種類、杭の施工法、杭本数等によって異なるが、一般に杭の中心間隔が $5D$ (D は杭径) 以下になると群杭の影響が現れ、荷重方向に対し、前列の杭から後列にいくほど、両側面の杭から中央にいくほど荷重の分担が小さくなる。また、杭中心間隔が小さくなるほど単杭に対する効率低下が著しくなる。

現実の地盤条件の複雑さを考えると、群杭の効率低下に及ぼす各種要因の影響を分離して扱うには、まだ実験データの蓄積が十分でなく、また、各杭の荷重分担の相違も設計上の安全率の範囲内にあるとみなされる。群杭の水平抵抗について、特に設計上考慮しなければならないのは、杭中心間隔に応じた効率の低下であるが、これについても従来、杭中心間隔が $2.5D$ 程度であれば、単杭の水平方向地盤反力係数をそのまま使っても、実用上差し支えないとして扱ってきた。

これは、水平方向地盤反力係数の多少の差は、応力的にはそれほど大きな影響を与えないこと等を考慮したものである。しかし、やむを得ず杭中心間隔をさらに小さくする

場合は、設計上水平方向地盤反力係数の低下を考慮する必要がある。

低減の方法としては、12.5 で求めた水平方向地盤反力係数に式（解 12.4.10）により算出した補正係数 μ を乗じればよい。

$$\mu = 1 - 0.2 \left(2.5 - \frac{L}{D} \right) \quad [L < 2.5D] \cdots \cdots \cdots \text{（解 12.4.10）}$$

ここに、

L : 杭中心間隔 (m)

D : 杭径 (m)

鋼管ソイルセメント杭の場合は、ソイルセメント柱径とする。

（道路橋示方書・同解説（Ⅳ 下部構造編））

b. 上限値

$$P_h = P_{HU}DH$$

ここで,

P_{HU} : 受働土圧強度 (kN/m²)

$$P_{HU} = \eta_p \alpha_p p_u$$

η_p : 群杭効果を考慮した水平方向反力の上限値の補正係数

α_p : 単杭における水平地盤反力度の上限値の補正係数

第 3-32 表 $\eta_p \alpha_p$ の値

対象	$\eta_p \alpha_p$
粘性土地盤 ($N > 2$)	1.5 ^{※1}
粘性土地盤 ($N \leq 2$)	1.0 ^{※1}
砂質土地盤	1.15 ^{※2}

※1 : 粘性土の値 $\eta_p = 1.0$, $\alpha_p = 1.5$ ($N \leq 2$ の粘性土地盤では, $\alpha_p = 1.0$ とする)

※2 : 砂質土の式 $\eta_p \alpha_p = L/D$

L : 杭中心間隔 2.8 (m)

D : 杭径 2.5 (m)

p_u : 地震時受働土圧強度 (kN/m²)

$$p_u = K_{EPi} \gamma_i h_i + 2C_i \sqrt{K_{EPi}} + K_{EPi} q_i$$

$$K_{EPi} = \frac{\cos^2 \varphi_i}{\cos \delta_E \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi_i - \delta_E) \sin(\varphi_i + \alpha)}{\cos \delta_E \cos \alpha}} \right)^2}$$

γ_i : 対象層の単位積重量 (kN/m³)

h_i : 対象層の厚さ (m)

C_i : 対象層のせん断強度 (kN/m²)

q_i : 対象層の上層までの有効上載圧 (kN/m²)

$K_{E P i}$: 対象層の地震時受働土圧係数

φ_i : 対象層の内部摩擦角 (°)

δ_E : 壁面と土の摩擦角 (°) で $-\phi/6$ とする

α : 地表面と水平面のなす角 (°) で 0 とする

5) 照査

① 鋼管壁（杭体）の照査

a. 応力度照査

杭の応力度照査は、曲げモーメント・軸力に対する照査、せん断に対する照査を実施する。

・曲げモーメント・軸力に対する照査

鋼管杭の曲げに対する許容限界は、道路橋示方書・同解説（IV 下部構造編）に基づき、発生曲げモーメントが短期許容応力度以下であることを照査する。なお、曲げに対する応力度照査は、以下の式で算出する。

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{Z}$$

M : 最大曲げモーメント

Z : 断面係数

N : 軸力

A : 有効断面積

・せん断に対する照査

鋼管杭のせん断に対する許容限界は、曲げと同様に道路橋示方書・同解説（IV 下部構造編）に基づき、発生せん断力が短期

許容応力度以下であることを照査する。なお，せん断に対する
応力度照査は，以下の式で算出する。

$$\tau = \frac{S}{A}$$

S：せん断力

A：有効断面積

・座屈に対する照査

鋼管杭の座屈に対しては，道路橋示方書・同解説（Ⅳ下部構造編）では，全長が地中に埋め込まれた杭では，一般に座屈の影響を考慮しなくてもよいとされるが，建築基礎構造設計指針によれば，終局耐力の項に座屈に対する記述があることからこれを適用する。圧縮あるいは引張力が単独で作用するときの鋼管杭の終局限界圧縮耐力 N_u (N) は，以下の式で算出する。

$$N_u = F \left(0.8 + 2.5 \frac{t}{r} \right) A \quad (0.01 < t/r \leq 0.08)$$

ここに，F は鋼材の基準強度（ $= \sigma_y$ ）(N/mm²)，t：鋼管の厚さ（腐食代を考慮）(mm)，r：鋼管の半径（mm），A：鋼管の断面積（腐食代を考慮）(mm²) である。

・許容応力度

杭の照査は，検討ケースに応じて道路橋示方書・同解説（Ⅳ下部構造編）の許容値を用いる。ただし，T.P. + 24m 津波時の評価においては，降伏応力による照査とする。

6) 評価結果

照査結果一覧を第 3-33 表～第 3-38 表に示す。津波時＋漂流物及び基準津波＋余震時の杭の曲げ，せん断，座屈に対する評価結果及び地盤の支持力に対する評価結果について，いずれも許容限界値以下であることを確認した。また，地盤の強度や剛性をケーススタディし，地盤バネ定数や上限値を変更した結果についても同様に許容限界値以下となることを確認した。

第 3-33 表 曲げ・軸力に対する照査（バネ値その 1 の場合）

	発生応力度 σ (N/mm ²) (M / Z + N / A)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 σ_{sa} / σ	判定
基準津波時＋漂流物	178.6	382.5	2.14	O K
基準津波＋余震時	175.7	382.5	2.17	O K
T. P. + 24m 津波時＋漂流物	361.9	433.5	1.19	O K
T. P. + 24m 津波＋余震時	340.8	433.5	1.27	O K

第 3-34 表 せん断に対する照査（バネ値その 1 の場合）

	発生応力度 τ (N/mm ²) (S / A)	許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 τ_{sa} / τ	判定
基準津波時＋漂流物	25.4	217.5	8.56	O K
基準津波＋余震時	25.6	217.5	8.49	O K
T. P. + 24m 津波時＋漂流物	47.8	246.5	5.15	O K
T. P. + 24m 津波＋余震時	46.0	246.5	5.35	O K

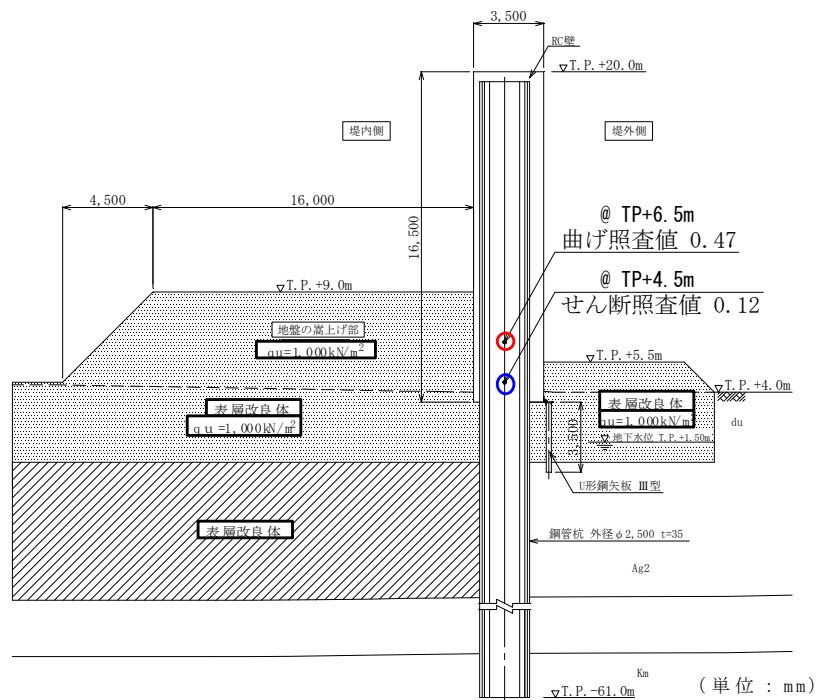
第 3-35 表 曲げ・軸力に対する照査（バネ値その 2 の場合）

	発生応力度 σ (N/mm ²) (M / Z + N / A)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 σ_{sa} / σ	判定
基準津波時＋漂流物	178.6	382.5	2.14	O K
基準津波＋余震時	175.7	382.5	2.17	O K
T. P. ＋ 24m 津波時＋漂流物	361.9	433.5	1.19	O K
T. P. ＋ 24m 津波＋余震時	340.8	433.5	1.27	O K

第 3-36 表 せん断に対する照査（バネ値その 2 の場合）

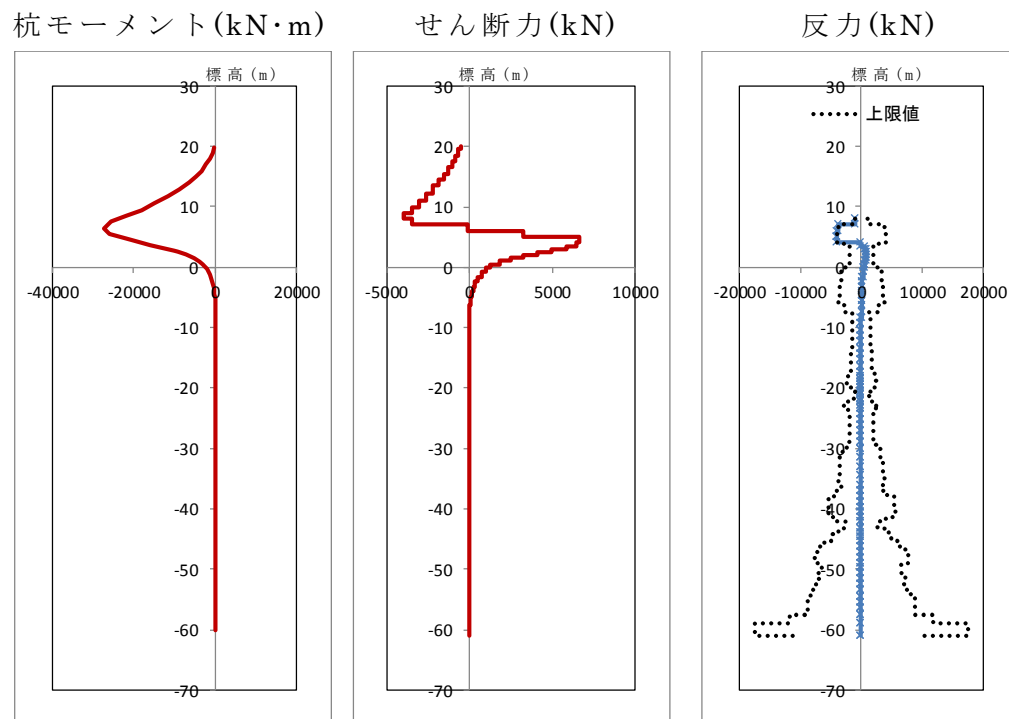
	発生応力度 τ (N/mm ²) (S / A)	許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²) (SM570)	安全率 τ_{sa} / τ	判定
基準津波時＋漂流物	15.0	217.5	14.50	O K
基準津波＋余震時	16.2	217.5	13.42	O K
T. P. ＋ 24m 津波時＋漂流物	29.7	246.5	8.29	O K
T. P. ＋ 24m 津波＋余震時	29.7	246.5	8.29	O K

各ケースにおける曲げモーメント図等を第 3-44 図～第 3-59 図に示す。



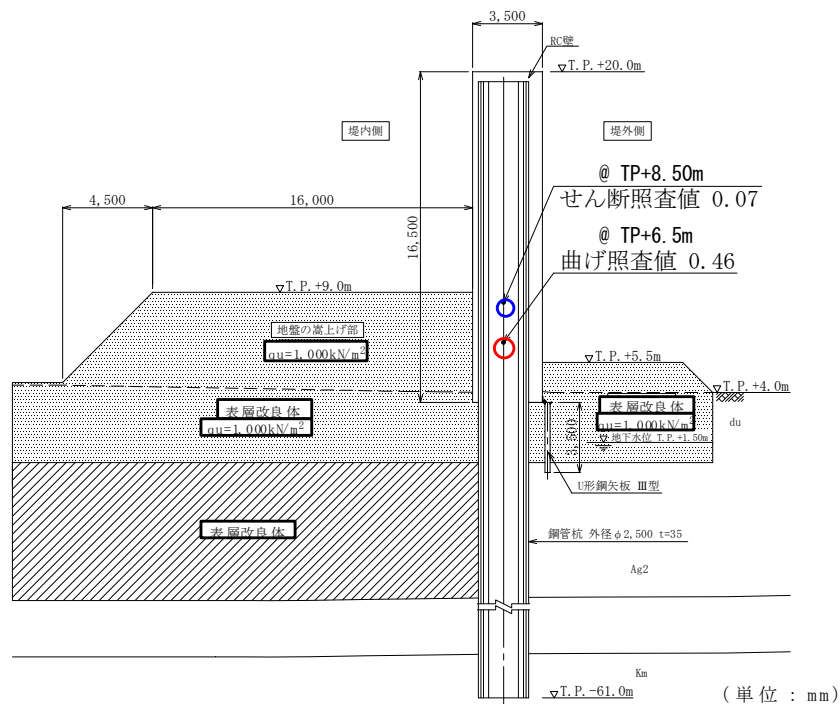
第 3-44 図 曲げ・せん断照査値

(基準津波時+漂流物) (その 1 のバネ)



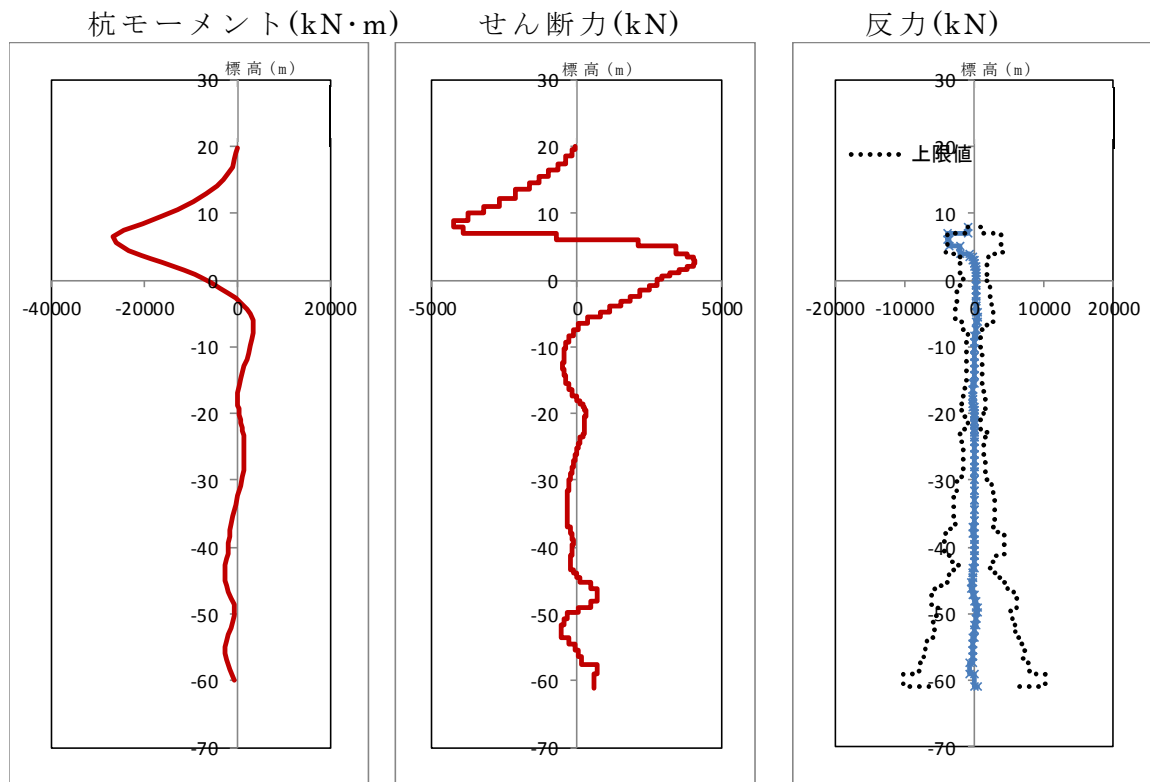
第 3-45 図 曲げモーメント・せん断力及び反力

(基準津波時+漂流物) (その 1 のバネ)



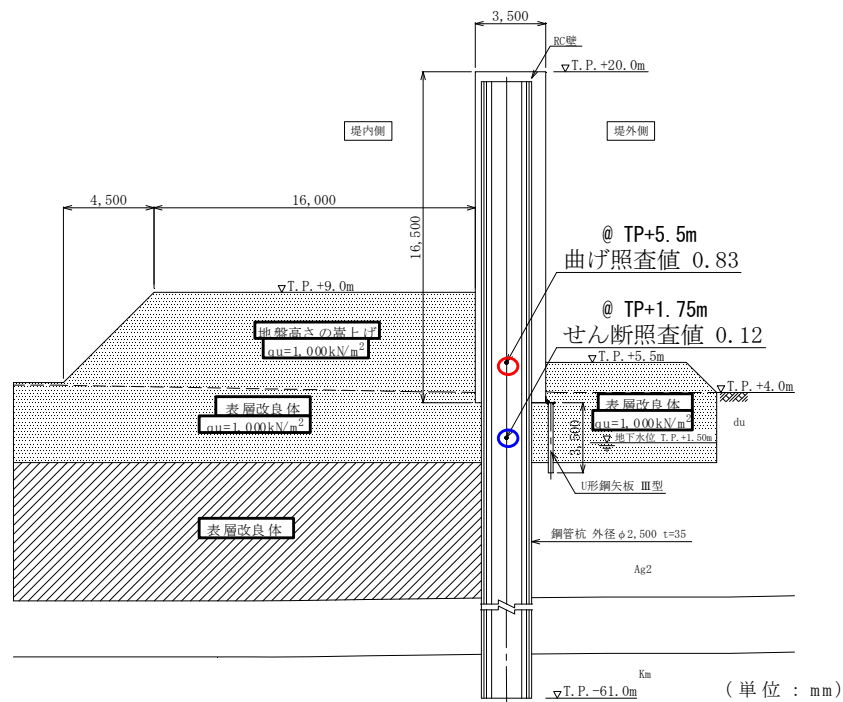
第 3-54 図 曲げ・せん断照査値

(基準津波＋余震時) (その 2 のバネ)



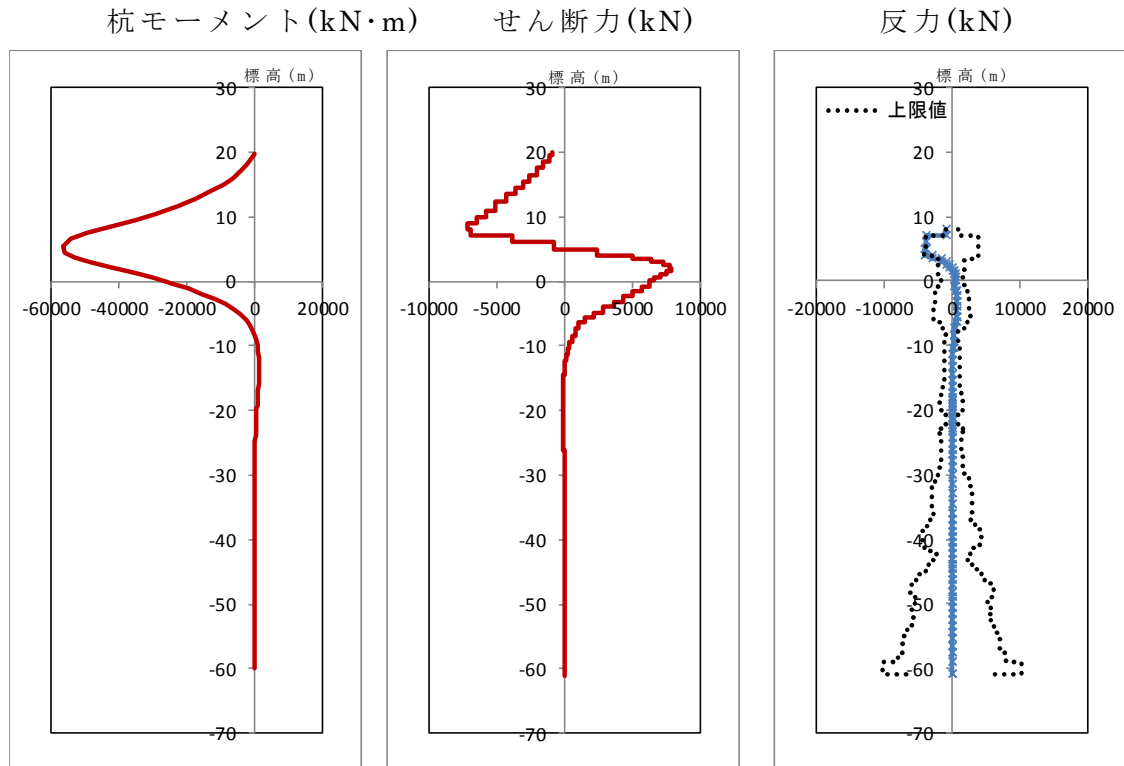
第 3-55 図 曲げモーメント・せん断力及び反力

(基準津波＋余震時) (その 2 のバネ)



第 3-56 図 曲げ・せん断照査値

(T.P. + 24m 津波時 + 漂流物) (その 2 のバネ)



第 3-57 図 曲げモーメント・せん断力及び反力

(T.P. + 24m 津波時 + 漂流物) (その 2 のバネ)

第 3-37 表 支持力に対する照査

	発生軸力 (kN)	極限支持力 (kN)	安全率	判定 (> 1.2)
基準津波時＋漂流物	8,105	28,936	3.57	OK
基準津波＋余震時	10,182	28,936	2.84	OK
T.P.＋24m 津波時＋漂流物	8,105	28,936	3.57	OK
T.P.＋24m 津波＋余震時	10,182	28,936	2.84	OK

第 3-38 表 座屈耐力に対する照査

	発生軸力 (kN)	座屈耐力(kN) (SM570)	安全率	判定
基準津波時＋漂流物	8,898	103,039	11.58	OK
基準津波＋余震時	11,185	103,039	9.21	OK
T.P.＋24m 津波時＋漂流物	8,898	103,039	11.58	OK
T.P.＋24m 津波＋余震時	11,185	103,039	9.21	OK

以降に二次元フレーム解析結果の要約を示す。

- ① 断面の決定は杭体に発生する曲げモーメントであり，曲げモーメントが最も大きいのは T.P. + 24m 津波時＋漂流物のケースである。
- ② 地盤バネの設定について，地盤の剛性が大きく，受働土圧強度の上限値が大きくなる「初期剛性＋ピーク強度（平均値）」のケースの安全率が小さくなることを確認した。変形が抑えられる分，杭体に加わる荷重が大きくなることによるものと考えられる。
- ③ 支持力については，岩盤のみの支持力で照査し，全てのケースで 2.5 倍以上の安全率を有することを確認した。
- ④ 座屈については，9 倍以上の裕度があり，T.P. + 24.0m 津波時も影響はないことを確認した。
- ⑤ 杭体の断面決定については，地震時の二次元有効応力解析の結果を参照して安全率の小さい方で決定する。

①から⑤の結果より，二次元フレーム解析による杭体の照査結果では，基準津波や T.P. + 24m 津波に対して，杭の曲げ，せん断及び支持力の照査値は許容限界値以下であり，十分な構造強度を有していることを確認した。

(9) 上部工の成立性検討結果（二次元梁バネモデル解析）

1) モデル化方針（梁バネモデル）

・ 構造部材

鉄筋コンクリート梁壁はビーム要素でモデル化し，杭をバネで表現する。

・ 地盤

地盤は，集約バネを杭位置に配置する。ここで，付加するバネは鉛直バネ K_v と水平バネ K_h を与える。

・ 地震動の入力

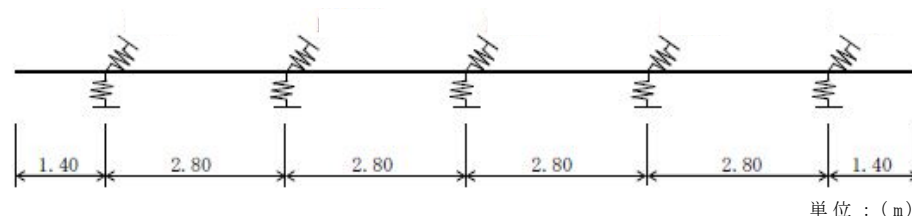
一次元地震応答解析及び二次元有効応力解析より算出された，地表面変位を解析モデルに載荷する。この時，地盤のばらつきを考慮するために，モデル左右に -1σ 物性， $+1\sigma$ 物性によるものをそれぞれ載荷する。

・ 津波荷重

津波荷重は鉄筋コンクリート躯体下端の最大波圧を解析モデルに載荷する。

・ 解析モデル

解析モデルを第 3-60 図に示す。



梁剛性（鉄筋コンクリート部材） 高さ $H = 16.50\text{m}$ ，

幅 $B = 0.70\text{m}$ ，断面積 $A = 11.55\text{m}^2$ ， $E = 3.1\text{E} + 07\text{kN/m}^2$

第 3-60 図 解析モデル（二次元梁バネモデル）

2) 地盤バネの設定（地震時）

地震時の地盤バネは，以下の式により設定する。バネ値の算出に用いる変形係数に，地震後の剛性低下を考慮する。

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G_{eq}$$

G_{eq} ：地震後の剛性低下を考慮した変形係数（ kN/m^2 ）

ここに， ν_d は動ポアソン比， G_{eq} は地震応答解析より求まる収束剛性を示す。

a. 水平方向地盤バネ（集約バネ）

$$K_1 = \frac{3EI\beta^3}{(1 + \beta h)^3} = 113962 \text{ (kN/m)}$$

ここに，

EI ：杭の曲げ剛性

$$\beta：\text{杭基礎の特性値 (m}^{-1}\text{)}, \quad \beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

h ：杭の軸方向長さ（m）

$$k_H：\text{水平方向地盤反力係数 (kN/m}^3\text{)} \quad k_H = k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-\frac{3}{4}}$$

k_{H0} ：直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する水

$$\text{平方向地盤反力係数 (kN/m}^3\text{)} \quad k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$$

α ：地盤反力係数の換算係数（第 3-39 表）

第 3-39 表 α の値

対象	α （常時）	α （地震時）
全層	4	8

E_0 ：地盤の変形係数（ kN/m^2 ）

b. 鉛直方向地盤バネ（集約バネ）

$$K_v = a \frac{A_p E_p}{L} = 753985 (\text{kN/m})$$

ここに,

A_p : 杭の純断面積 (mm^2)

E_p : 杭のヤング係数 (kN/mm^2)

L : 杭長 (m)

3) 地盤バネの設定（津波時）

津波時の地盤バネは、以下の式により設定する。ばらつきを考慮するため、 V_s より G を求め、変形係数を算出する。

$$E_D = 2(1 + \nu_d)G_{eq}$$

ここに、 ν_d は動ポアソン比、 G_{eq} は地震応答解析より求まる収束剛性を示す。

a. 水平方向地盤バネ（集約バネ）

$$K_1 = \frac{3EI\beta^3}{(1 + \beta h)^3} = 181970 \text{ (kN/m)}$$

ここに,

EI : 杭の曲げ剛性

β : 杭基礎の特性値 (m^{-1}), $\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$

h : 杭の軸方向長さ (m)

k_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m^3) $k_H = k_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3}\right)^{\frac{3}{4}}$

k_{H0} : 直径 0.3m 剛体円板による水平載荷試験の値に相当する水

平方向地盤反力係数 (kN/m^3) $k_{H0} = \frac{1}{0.3} \alpha E_0$

α : 地盤反力係数の換算係数 (第 3-39 表)

E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m^2)

b. 鉛直方向地盤バネ (集約バネ)

$$K_v = a \frac{A_p E_p}{L} = 753985 (\text{kN/m})$$

ここに,

A_p : 杭の純断面積 (mm^2)

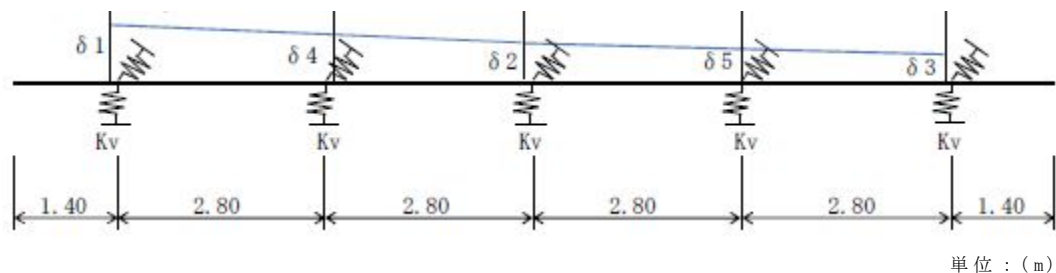
E_p : 杭のヤング係数 (kN/mm^2)

L : 杭長 (m)

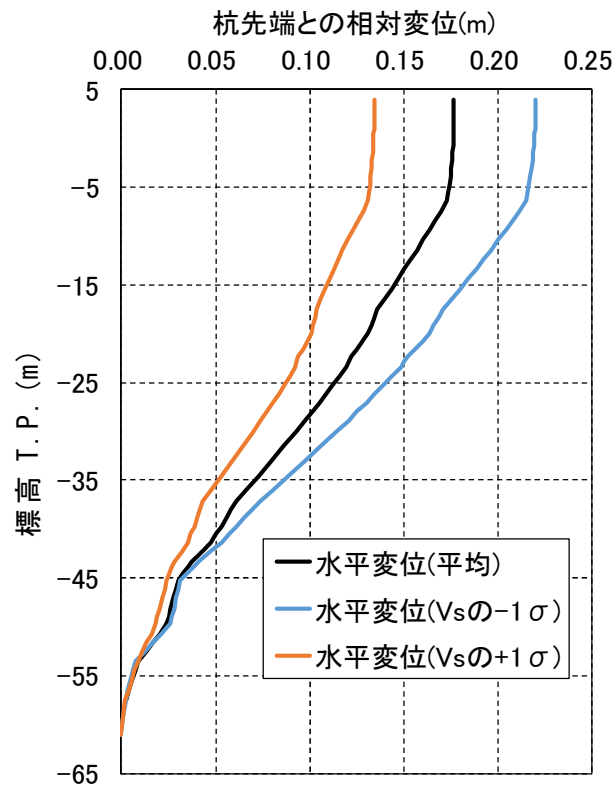
4) 地震荷重

考慮する地震荷重は以下の通りとする。

- ・地震荷重は, 梁バネモデルは一次元地震応答解析及び二次元有効応力解析によって引き上げられた地表面変位を第 3-61 図に示すモデルに載荷する。
- ・構造物に載荷する慣性力については, 一次元地震応答解析及び二次元有効応力解析より引き上げられた地表面における最大加速度を地震時慣性力としてモデルに載荷する。第 3-62 図に地中変位を示す。



第 3-61 図 モデル図



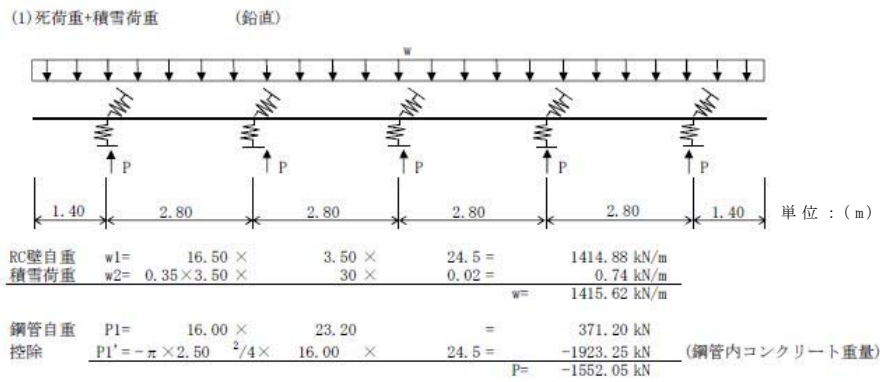
第 3-62 図 地中変位

第 3-40 表 考慮する加速度

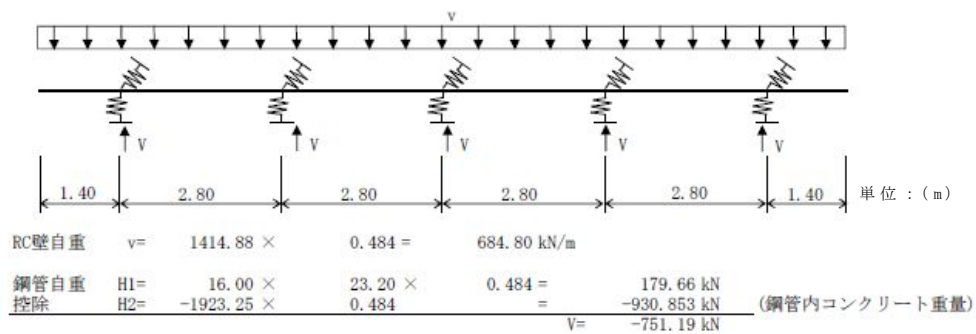
最大水平加速度	0.430G
最大鉛直加速度	0.483G

5) 地震時の載荷図

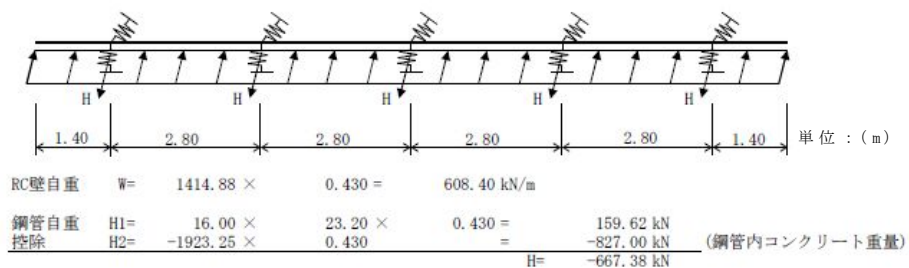
地震時に載荷した荷重図を第 3-63 図～第 3-66 図に示す。



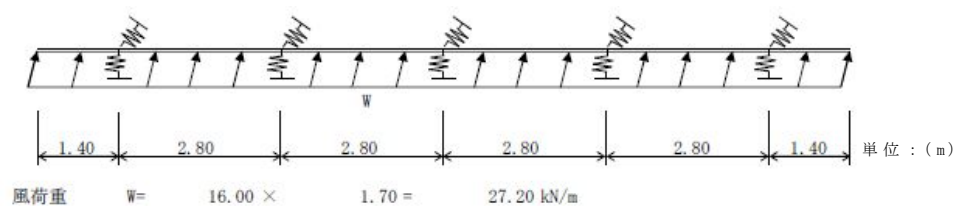
第 3-63 図 死荷重+積雪荷重 (鉛直)



第 3-64 図 地震時慣性力 (鉛直)



第 3-65 図 地震時慣性力 (水平)

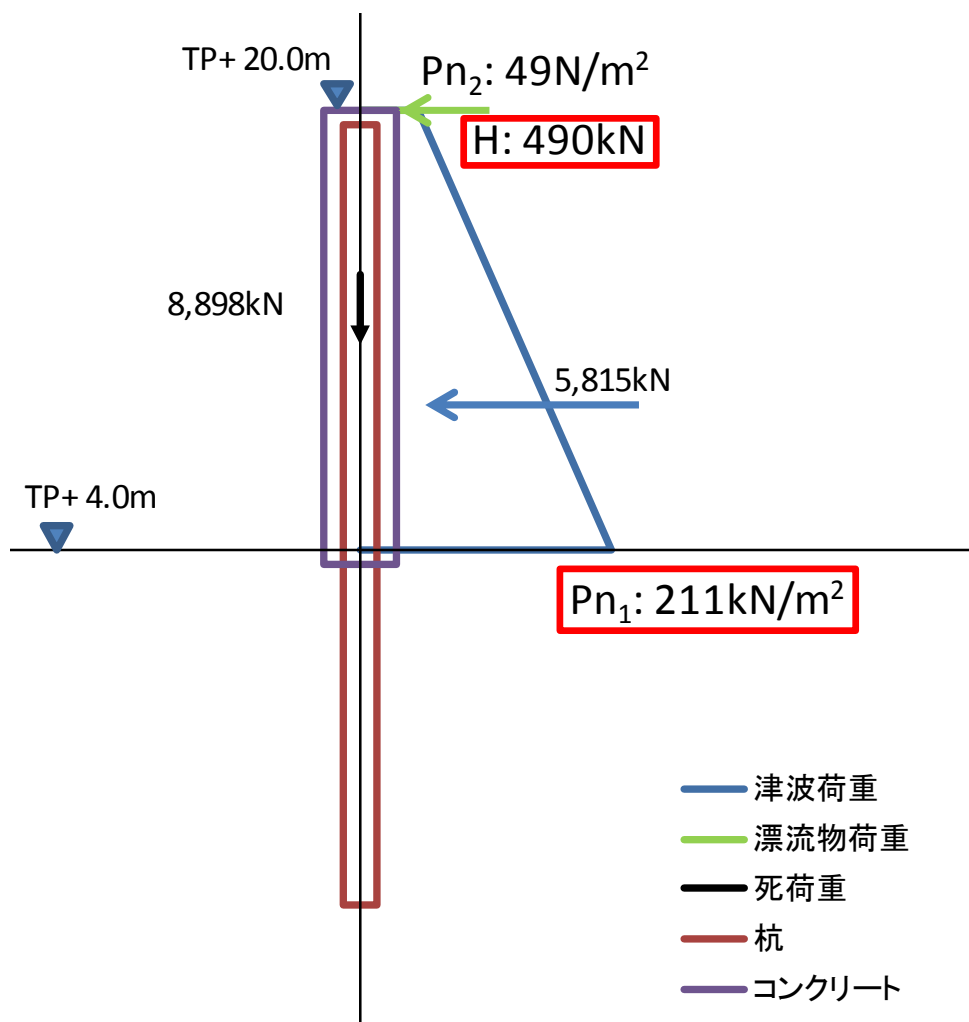


第 3-66 図 風荷重 (水平)

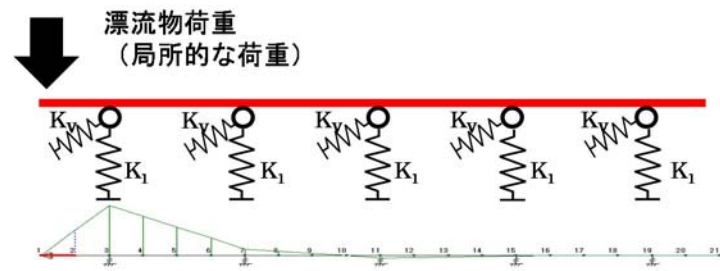
6) 津波荷重図

考慮する津波荷重は以下の通りとする。

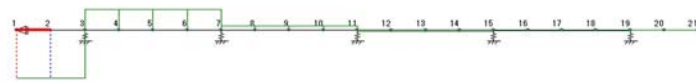
- ・ 梁バネモデルに載荷する津波荷重は，鉄筋コンクリート壁下端の最大波圧を解析モデルに付加する。第 3-67 図に考慮する津波荷重を，第 3-68 図に漂流物荷重の位置と曲げモーメント図・せん断力図の関係を示す。
- ・ 漂流物荷重については，最も曲げモーメントが大きくなる，壁端に載荷する。



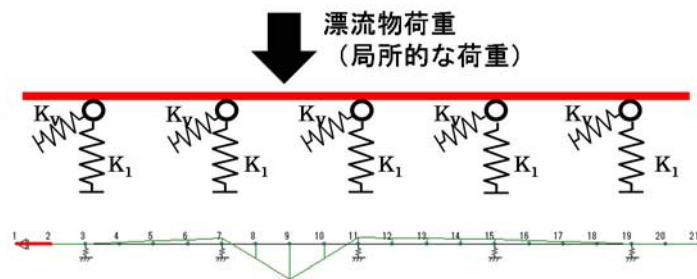
第 3-67 図 考慮する津波荷重



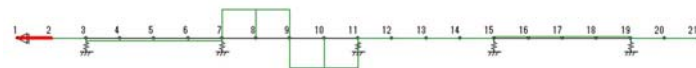
曲げモーメント図



せん断力図



曲げモーメント図



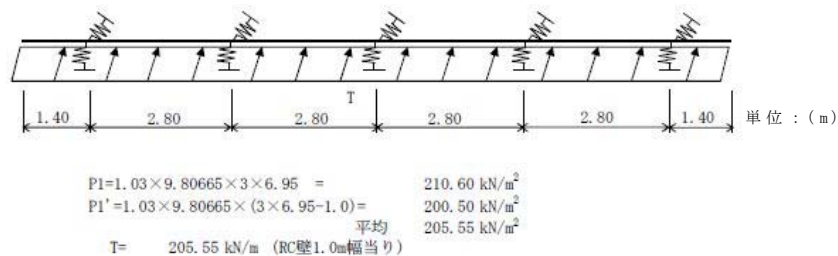
せん断力図

第 3-68 図 漂流物荷重の位置と曲げモーメント図・せん断力図の関
係

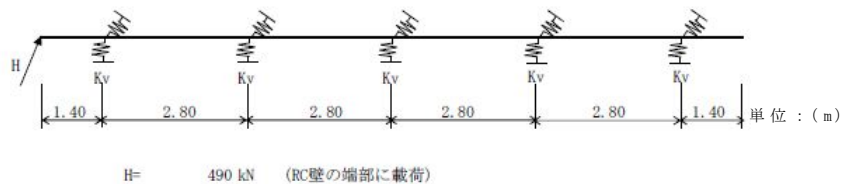
7) 津波時＋漂流物の載荷図

津波時＋漂流物に載荷した荷重図を第 3-69 図～第 3-71 図に示す。

津波荷重は最下端の単位壁幅当り (1.0m 当り) にて計算する。

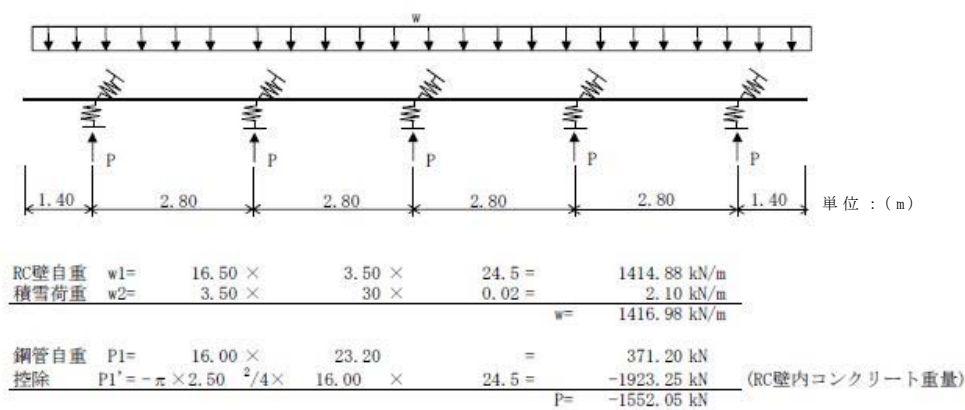


第 3-69 図 津波荷重 (水平)



第 3-70 図 漂流物荷重 (水平)

(3) 死荷重+積雪荷重 (鉛直荷重)



第 3-71 図 死荷重＋積雪荷重 (鉛直)

8) 二次元梁バネモデル解析結果

評価結果一覧を第 3-41 表～第 3-43 表に示す。地震時，津波時＋漂流物及び基準津波＋余震時の上部工（鉄筋コンクリート）の圧縮，引張り，せん断に対する評価結果について，いずれも許容限界値以下であることを確認した。

第 3-41 表 圧縮に対する照査結果

		発生応力度 σ_c (N/mm ²)	許容応力度 σ_{ca} (N/mm ²) ($\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$)	安全率 σ_{ca} / σ_c	判定
一般部	地震時（一次元応答解析）	0.66	21	31.81	OK
	地震時（二次元有効応力解析）	13.84	21	1.51	OK
	基準津波時＋漂流物	9.58	21	2.19	OK
	基準津波＋余震時	14.62	21	1.43	OK
	T.P.＋24m 津波時＋漂流物	15.49	28	1.80	OK
	T.P.＋24m 津波＋余震時	13.49	28	2.07	OK
斜面部	地震時（二次元有効応力解析，原地盤）	6.80	21	3.08	OK
	地震時（二次元解析，豊浦標準砂を仮定した地盤）	4.95	21	4.24	OK

第 3-42 表 引張に対する照査結果

		発生応力度 σ_s (N/mm ²)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SD490)	安全率 σ_{sa} / σ_s	判定
一般部	地震時（一次元応答解析）	12.62	435	34.46	OK
	地震時（二次元有効応力解析）	263.0	435	1.65	OK
	基準津波時＋漂流物	182.06	435	2.38	OK
	基準津波＋余震時	277.91	435	1.56	OK
	T.P.＋24m 津波時＋漂流物	294.51	478	1.62	OK
	T.P.＋24m 津波＋余震時	256.34	478	1.86	OK
斜面部	地震時（二次元有効応力解析，原地盤）	150.2	435	2.89	OK
	地震時（二次元解析，豊浦標準砂を仮定した地盤）	94.0	435	4.62	OK

第 3-43 表 せん断に対する照査結果

		発生せん断力 V (kN)	許容せん断耐力 V_a (kN) ($V_a = V_c + V_s$)	安全率 V_a / V	判定
一般部	地震時(一次元応答解析)	54.73	1,508.82	27.56	OK
	地震時(二次元有効応力解析)	503.15	1,508.82	2.99	OK
	基準津波時+漂流物	428.48	1,508.82	3.52	OK
	基準津波+余震時	487.33	1,508.82	3.09	OK
	T.P.+24m 津波時+漂流物	733.58	1,703.35	2.32	OK
	T.P.+24m 津波+余震時	606.66	1,703.35	2.80	OK
斜面部	地震時(二次元有効応力解析, 原地盤)	353.00	1,508.82	4.27	OK
	地震時(二次元解析, 豊浦標準砂を仮定した地盤)	291.67	1,508.82	5.17	OK

以降に二次元梁バネモデルによる解析結果の要約を示す。

- ① 二次元梁バネモデルによる評価の結果，圧縮に対する照査及び引張に対する照査では基準津波+余震時が最も安全率が最小になり，せん断については，T.P.+24m 津波時+漂流物のケースが最小となる。
- ② 三次元 F E M 解析結果と比較すると，二次元梁バネモデルは，鉄筋コンクリート梁壁のみのモデル化となるため，断面積や断面 2 次モーメントなどの断面性能が小さくなり，発生応力度が大きくなるため，三次元 F E M 解析結果より保守的な断面力が生じる結果となることを確認した。
- ③ 上部工の鉄筋コンクリート梁壁をモデル化した二次元梁バネモデルでは，一次元応答解析（S H A K E）に基づく両端杭位置の地表面相対変位及び二次元有効応力解析（F L I P）による時刻歴変位差の絶対値の最大値発生時刻における変位を作用させる評価も実施し，上部工について，

一次元応答解析（SHAKE）を適用した場合の梁バネモデルによる評価結果と比較して、保守側の結果を採用する。

①から③の結果より、二次元梁バネモデルによる照査結果では、基準津波や T.P. + 24m 津波に対して、鉄筋コンクリート梁壁の照査値は許容限界値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

(10) 上部工の成立性検討結果（静的三次元 F E M 解析）

1) モデル化方針（三次元 F E M 解析）

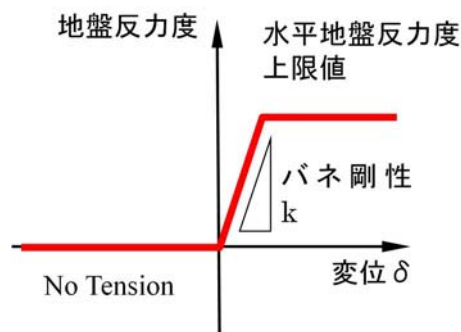
・ 構造部材

鋼管は，線形弾性とし，三次元シェル要素でモデル化する。
コンクリート躯体は，線形弾性とし，三次元ソリッド要素でモデル化する。

・ 地盤

地盤は，水平方向地盤反力度の上限値を考慮した，地盤バネを鋼管に配置することで表現する。この時，引張側は No tension とする。なお，地盤高さの嵩上げ工についてもバネで水平抵抗を考慮する。第 3-72 図に水平方向バネ特性の説明図を示す。

以下に解析で用いたバネの設定を示す。



第 3-72 図 水平方向バネ特性（杭及び壁バネ）

第 3-44 表 地盤バネの設定に用いる地盤剛性及び上限値

解析ケース	地盤バネ定数	上限値
津波時＋漂流物	静弾性係数	残留強度（－1σ 低減値）
地震時	地震時収束剛性	残留強度（－1σ 低減値）
基準津波＋余震時	余震時収束剛性	残留強度（－1σ 低減値）

・地震動の入力

応答変位法による照査を基本とする。解析モデルに入力する地中変位及び地表面の最大加速度は一次元の地震応答解析より算出し、変位についてはバネを返して杭体に入力する。

2) 荷重及び荷重の組合せ

三次元 F E M解析に用いる荷重の組み合わせを第 3-45 表に示す。

第 3-45 表 三次元 F E M解析に用いる荷重の組み合わせ

解析種別	荷重の考慮方法	方向	鋼管	鋼管内の土重量	長期荷重		短期荷重	
					自重（鉄筋コンクリート壁）	積雪	風	漂流物
地震時	応答変位法	水平	単位体積重量で考慮	単位体積重量で考慮	○	○	○	—
		鉛直			○	○	—	—
津波時	分布荷重及び集中荷重	水平	単位体積重量で考慮	単位体積重量で考慮	○	○	—	○

※積雪荷重については、0.35 倍した値を用いるものとする。

風荷重は道路橋示方書の以下の式より算出する。

$$p = 0.5 \rho U_d^2 C_d G$$

p：単位面積当たりの風荷重 (N/m²)

ρ：空気密度 (1.23kg/m³)

U_d：風速 (m/s) = 30.0m/s

C_d：抗力係数 = 1.6 (一般値)

G：ガスト応答係数 = 1.9 (一般値)

風は地表面より上の被覆コンクリート面に垂直に当たるものとする。第 3-76 図に考慮する津波荷重及び漂流物荷重を示す。

津波荷重は以下の式により算出する。

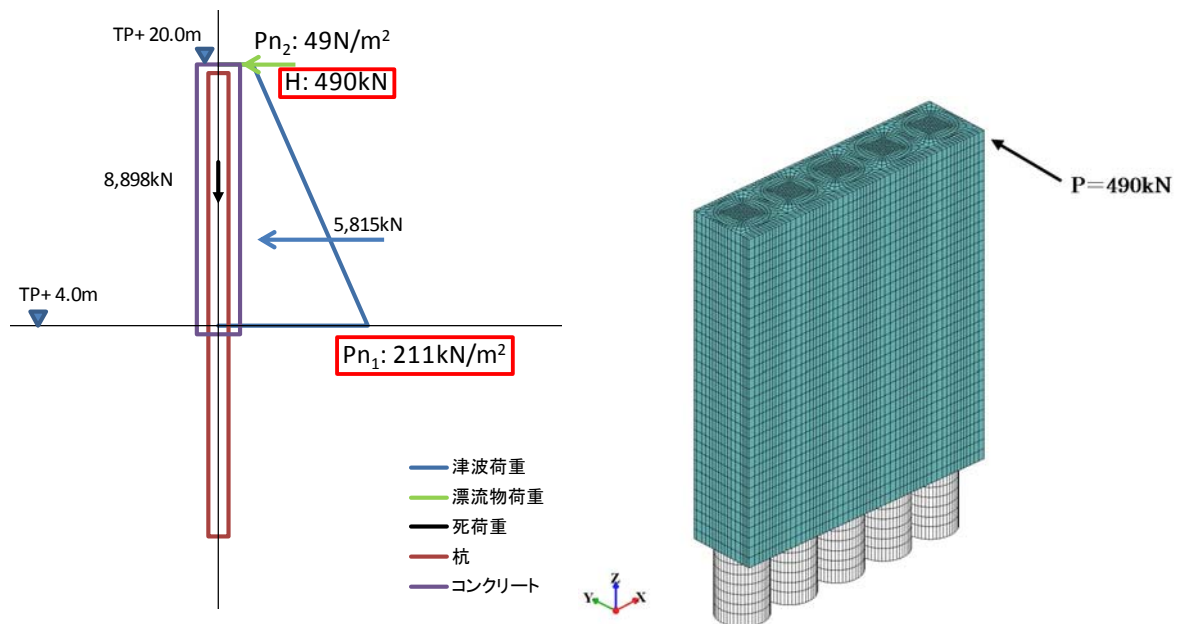
$$P = 3 \rho g h$$

P : 津波波圧 (kN/m^2)

ρ : 海水の密度 (Mg/m^3), $W = 1.03$ (Mg/m^3)

g : 重力加速度 (m/s^2)

h : 津波高さ (遡上高さ T.P. + 17.9 m - 設置盤高さ) / 2



第 3-76 図 考慮する津波荷重及び漂流物荷重

3) 解析モデル

・解析モデル

鋼管を三次元シェル要素，コンクリート壁を三次元ソリッド要素でモデル化した三次元モデルを作成する。この時，鋼管とコンクリート壁は連続体としてモデル化する。地盤については，水平地盤反力度の上限値を考慮したバネによって表現する。

・境界条件

境界条件を第 3-46 表に示す。

第 3-46 表 境界条件

境界	地震時応答解析
鋼管底面	鉛直方向固定，水平方向バネ（上限値考慮），鉛直軸回転方向固定
鉄筋コンクリート壁と地盤高さの嵩上げ工間	水平方向バネ（上限値考慮）
鋼管周面	水平方向バネ（上限値考慮）

・材料定数

材料定数を第 3-47 表，第 3-48 表に示す。

第 3-47 表 材料定数（コンクリート）

設計基準強度 σ_{ck} (N/mm ²)	弾性係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ_c (kN/m ³)
40	31,000	0.2	24.5

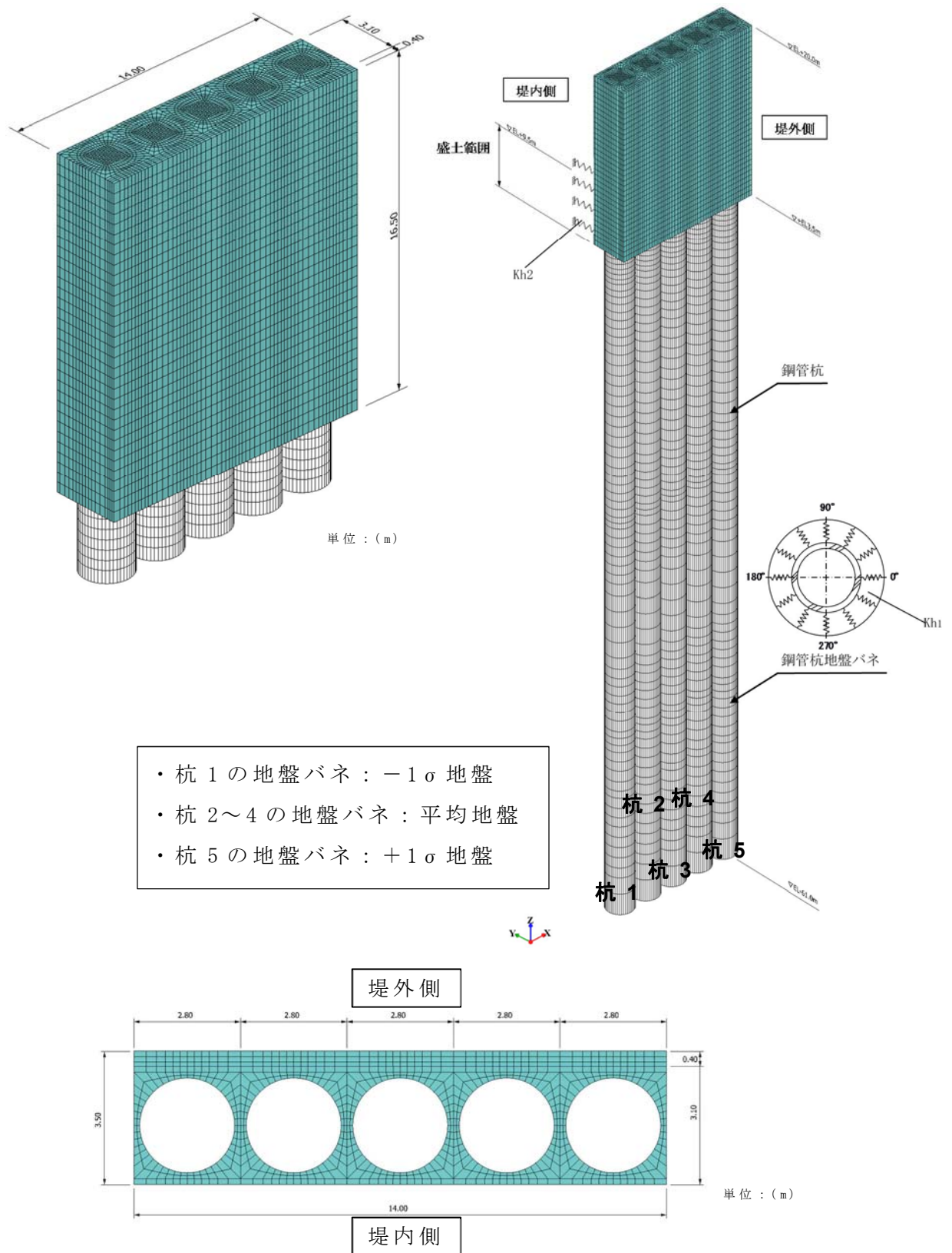
第 3-48 表 材料定数（鋼管杭）

杭直径 D (mm)	厚さ t (mm)	腐食代 (mm)	断面積 A (mm ²)	断面 2 次 モーメント I (mm ⁴)	弾性係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	密度 ρ (Mg/m ³)
2,500	35	1	0.2632	0.1997761	200,000	0.30	7.93※

※鋼材の腐食代分を換算

4-1) 解析モデル (一般部)

杭体に付加する地盤バネは第 3-74 図に示す方針とする。

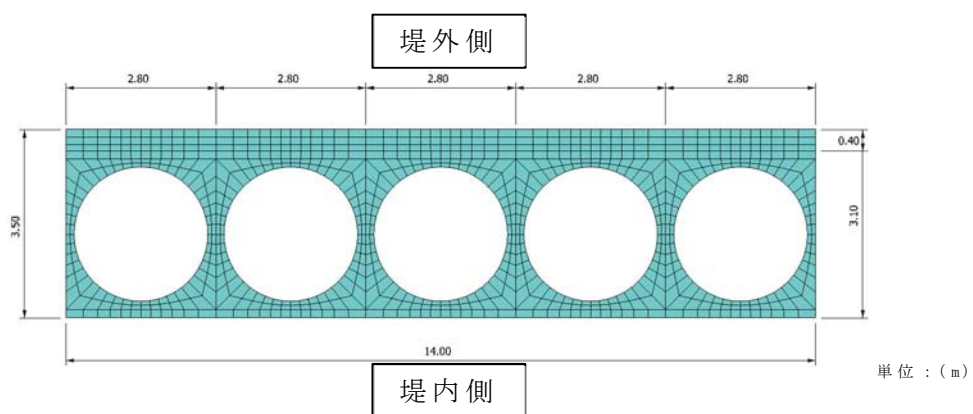
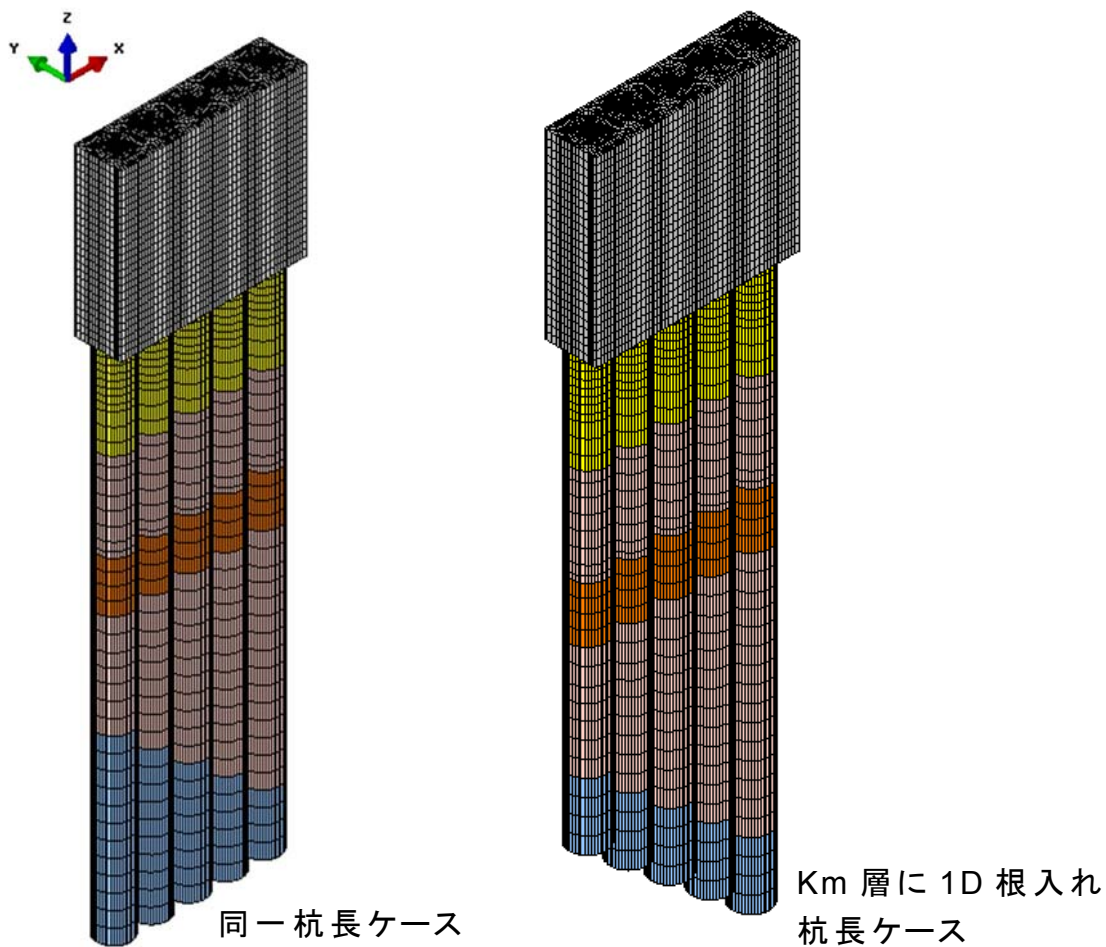


第 3-74 図 解析モデル (一般部)

4-2) 解析モデル（岩盤傾斜部）

斜面部の三次元モデルは杭長を同一にしたケースと K m 層に 1D 根入れした杭長とするケースの 2 ケース実施する。

杭体に付加する地盤バネは平均物性から算出したバネを用いた。この時，上限値については，残留強度 -1σ 物性を適用した。



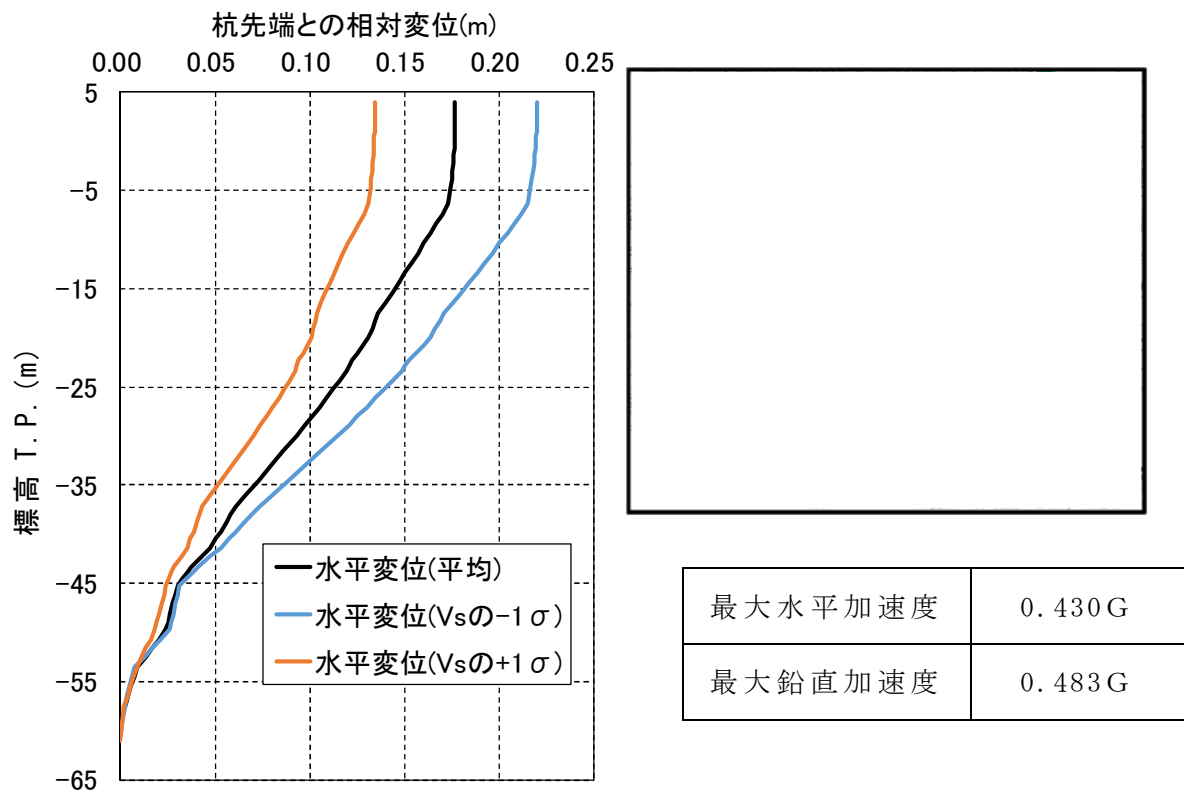
第 3-75 図 解析モデル（岩盤傾斜部）

5) 地震時荷重の考え方

地震時の荷重は以下の方針とする。

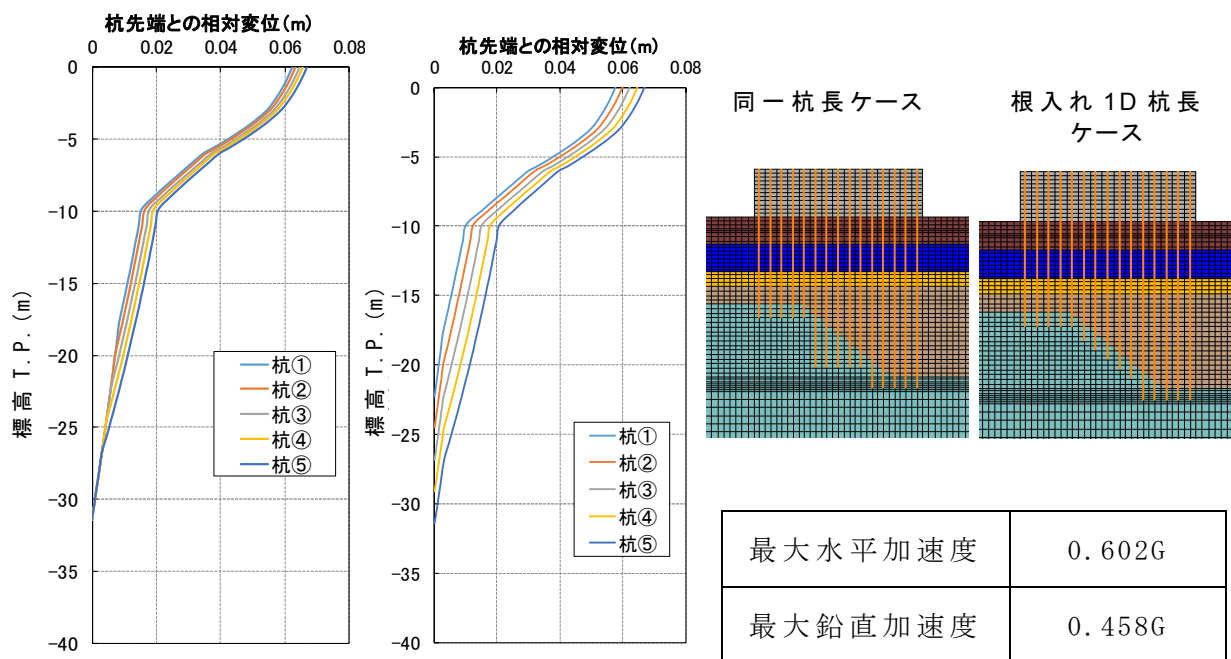
- ・積雪荷重：常時積雪荷重 $\times 0.35$
- ・水平慣性力：S H A K Eによる一次元地震応答解析で地表面の最大加速度を求める。その加速度を杭と防潮壁に対して堤外→堤内方向へ平均地盤の表面最大加速度の水平慣性力を作用する。
- ・鉛直慣性力：S H A K Eによる一次元地震応答解析で地表面の最大加速度を求める。その加速度を杭と防潮壁に平均地盤の表面最大加速度の下向き鉛直慣性力を作用する。
- ・応答変位：水平地盤変位は各杭先端からの最大相対変位とする。
- ・杭 1，杭 3，杭 5 の応答変位は -1σ 地盤，平均地盤， $+1\sigma$ 地盤の S H A K E の変位とし，杭 2 の変位は杭 1 と杭 3 の補間変位，杭 4 の変位は杭 3 と杭 5 の補間変位で設定する。
- ・防潮堤における堤内側の地盤高さの嵩上げ部の応答変位は杭 1 中心位置の地表面応答変位から杭 3 中心位置の地表面応答変位及び杭 5 への中心位置の地表面応答変位で線形補間とする。

解析モデルに載荷した地震時の地中変位分布及び地表面最大加速度を第 3-76 図，第 3-77 図に示す。



第 3-76 図 地中変位分布及び地表面最大加速度

(地震時・一般部，地点③)



同一杭長ケース 根入れ 1D 杭長ケース

第 3-77 図 地中変位分布及び地表面最大加速度

(地震時・岩盤傾斜部，地点④)

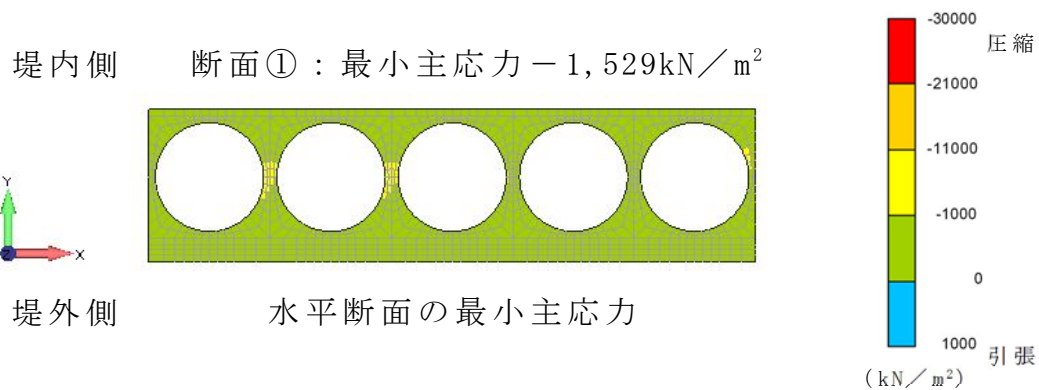
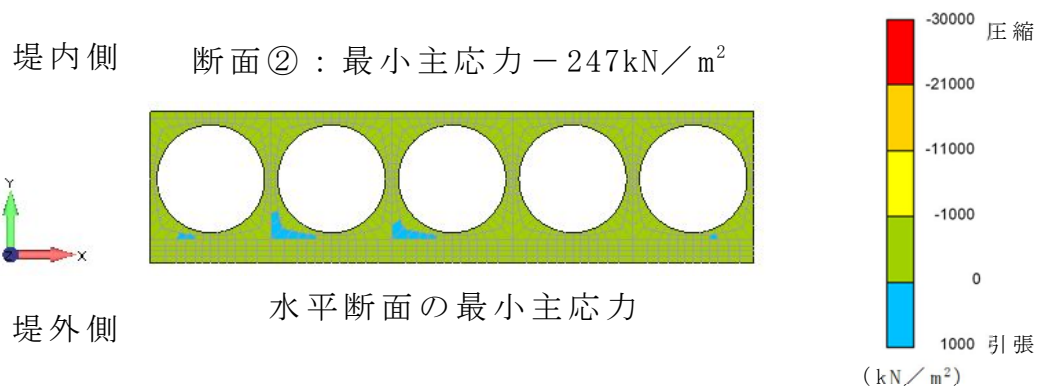
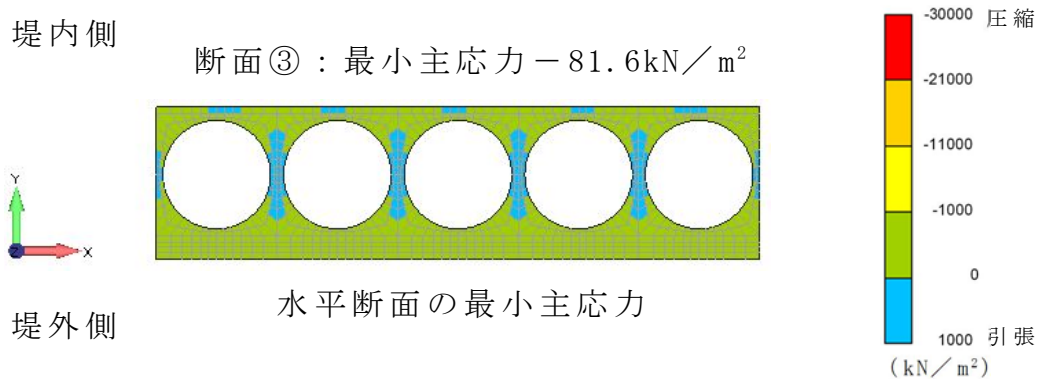
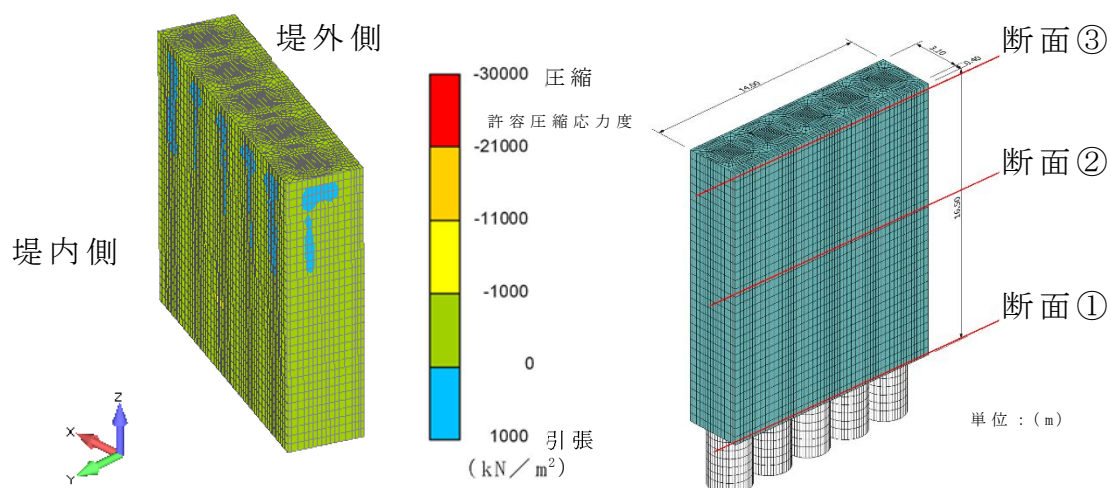
6) 三次元 F E Mモデルの解析結果

地震時，津波時＋漂流物，津波＋余震時及び地震時（岩盤傾斜モデル）の解析結果を第 3-78 図～第 3-87 図に，照査結果一覧を第 3-49 表～第 3-51 表に示す。

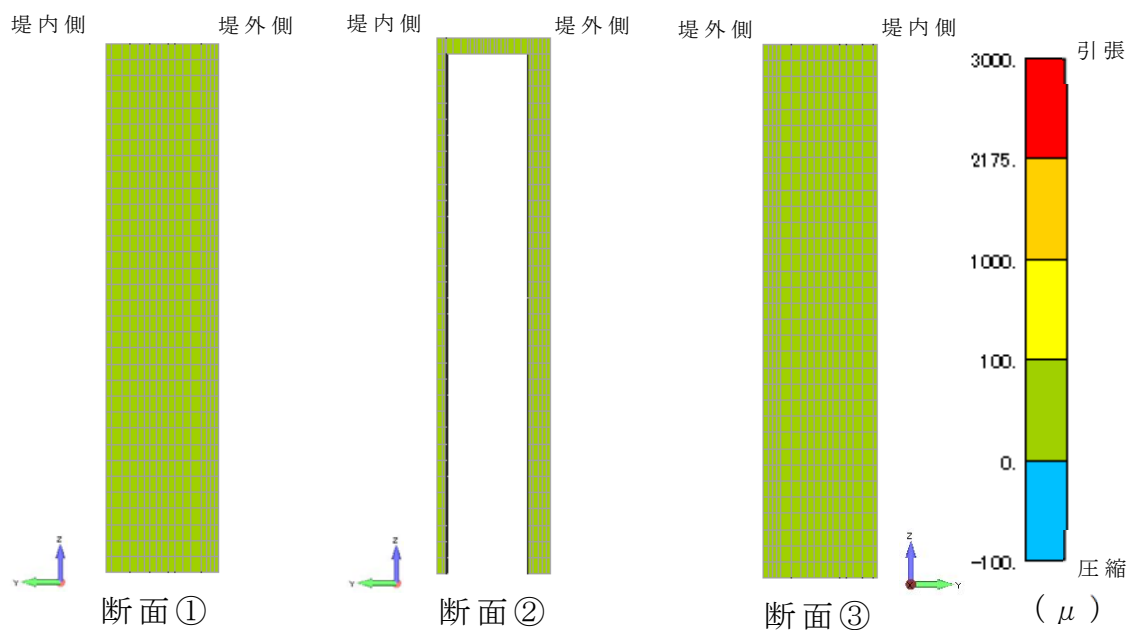
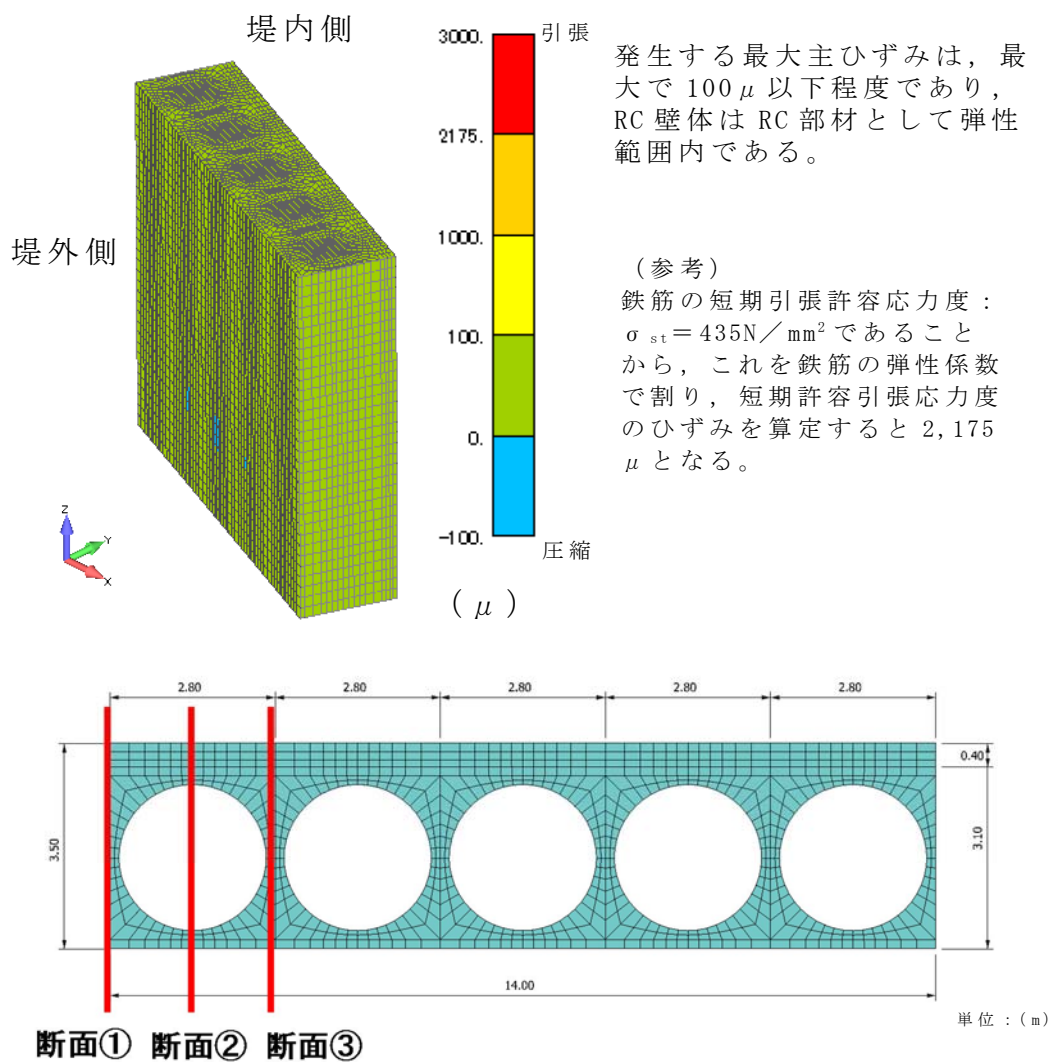
評価の結果，地震時，津波時＋漂流物，津波＋余震時のいずれにおいても，発生する最小主応力はコンクリートの圧縮強度 $40\text{N} / \text{mm}^2 (40000\text{kN} / \text{m}^2)$ あるいは許容応力度 $21\text{N} / \text{mm}^2 (21000\text{kN}/\text{m}^2)$ を十分下回ること，発生する最大主ひずみは鉄筋の許容引張応力度のひずみ以下であることから，上部工の構造成立性に問題がないことを確認した。なお，ひび割れ幅は 0.2mm 以下であり止水性が確保される（2012 年制定コンクリート標準示方書によれば，ひび割れ幅が 0.2mm 以下であれば，水密性が確保されると記述してある）。

また，岩盤の傾斜を考慮したモデルにおいても，上部工の構造成立性に問題がないことを確認した。

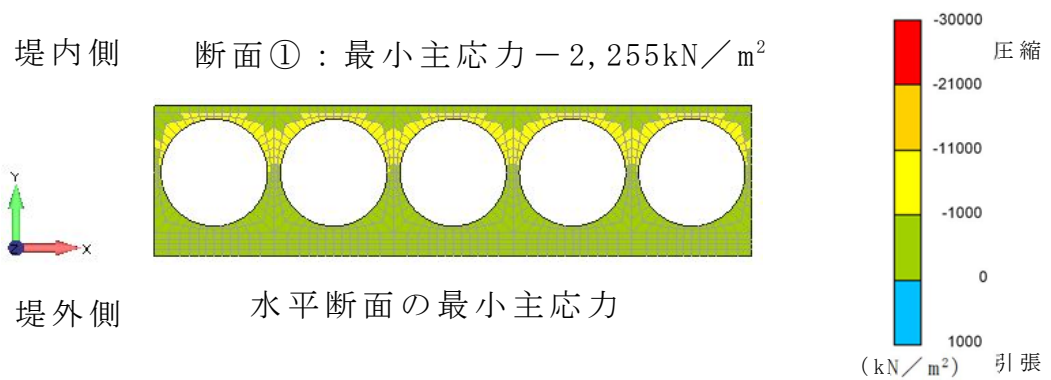
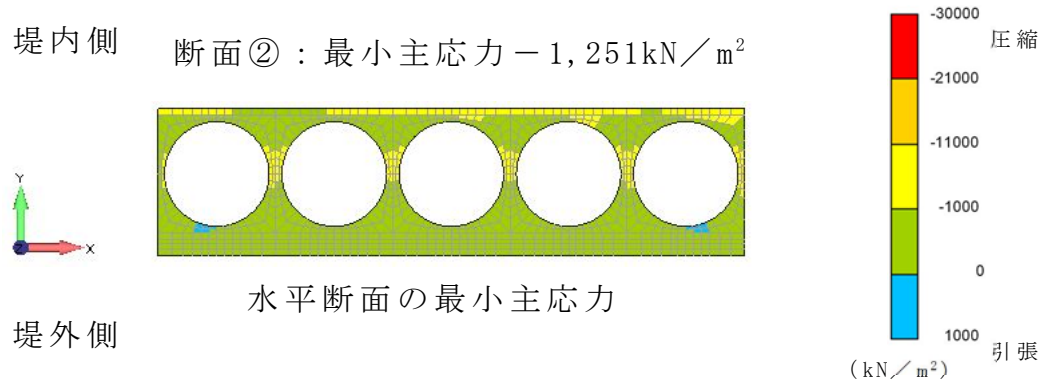
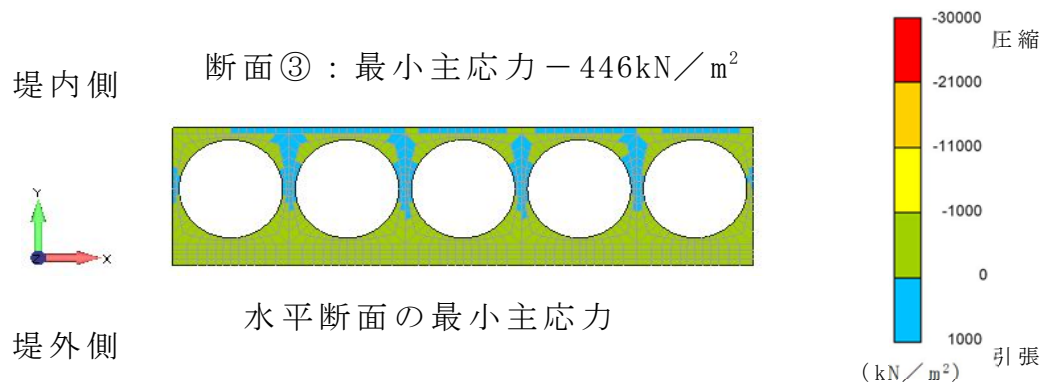
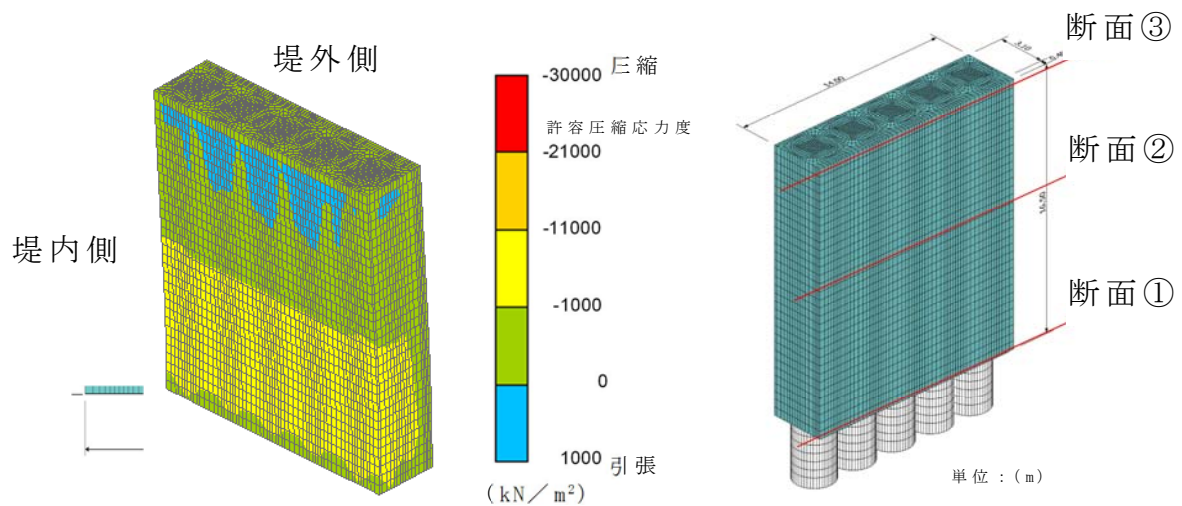
以上のことから，地震時，津波時＋漂流物，津波＋余震時のいずれにおいても，上部工は弾性状態であり構造成立性が確保されることから，止水性能は保持されることを確認した。



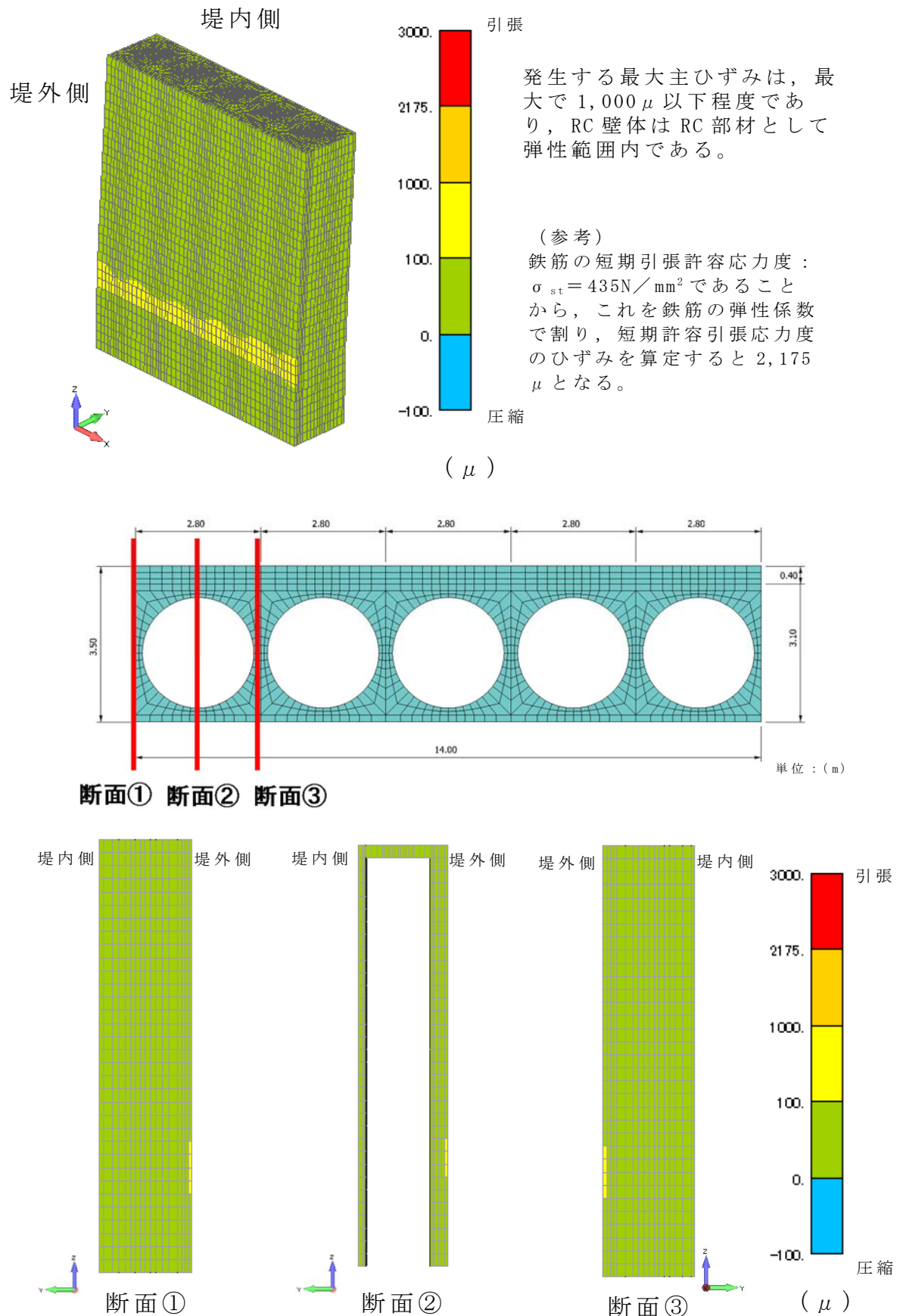
第 3-78 図 地震時の解析結果（最小主応力分布）



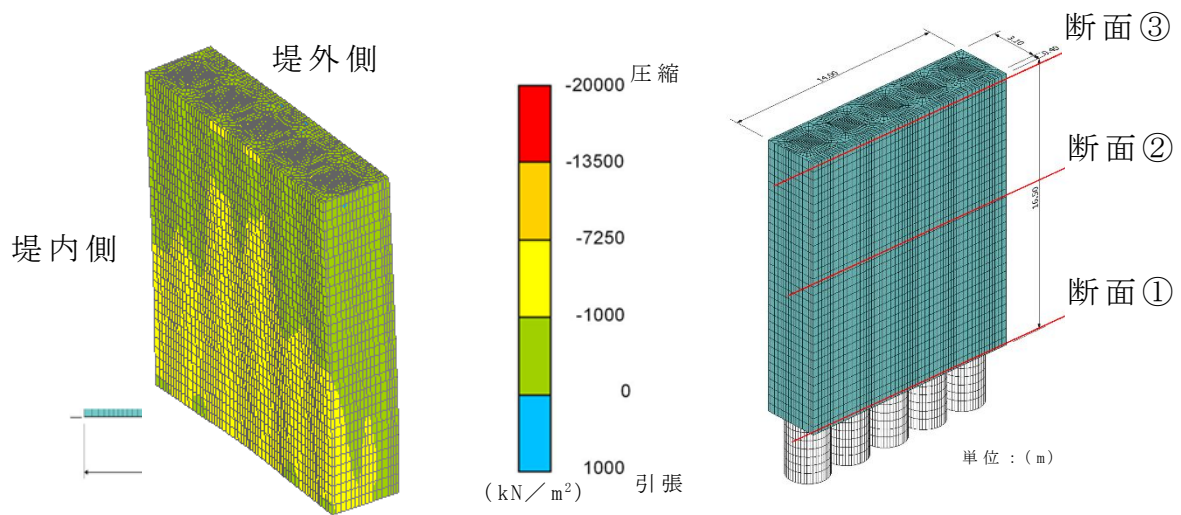
第 3-79 図 地震時の解析結果（最大主ひずみ分布）



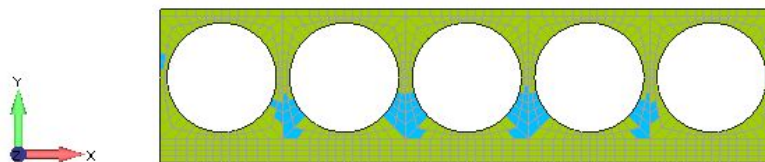
第 3-80 図 津波時＋漂流物の解析結果（最小主応力分布）



第 3-81 図 津波時＋漂流物の解析結果（最大主ひずみ分布）

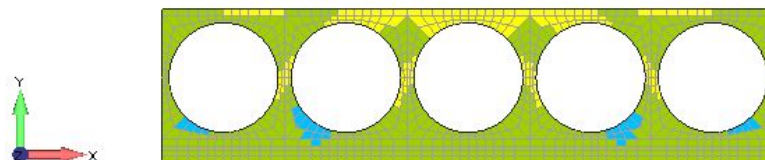


堤内側 断面③：最小主応力 $-1,454 \text{ kN/m}^2$



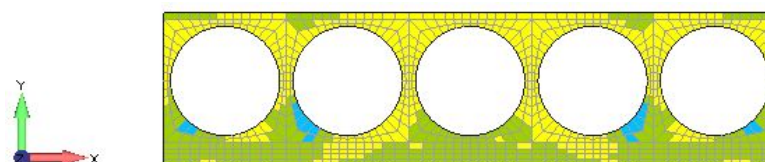
堤外側 水平断面の最小主応力

堤内側 断面②：最小主応力 $-2,075 \text{ kN/m}^2$



堤外側 水平断面の最小主応力

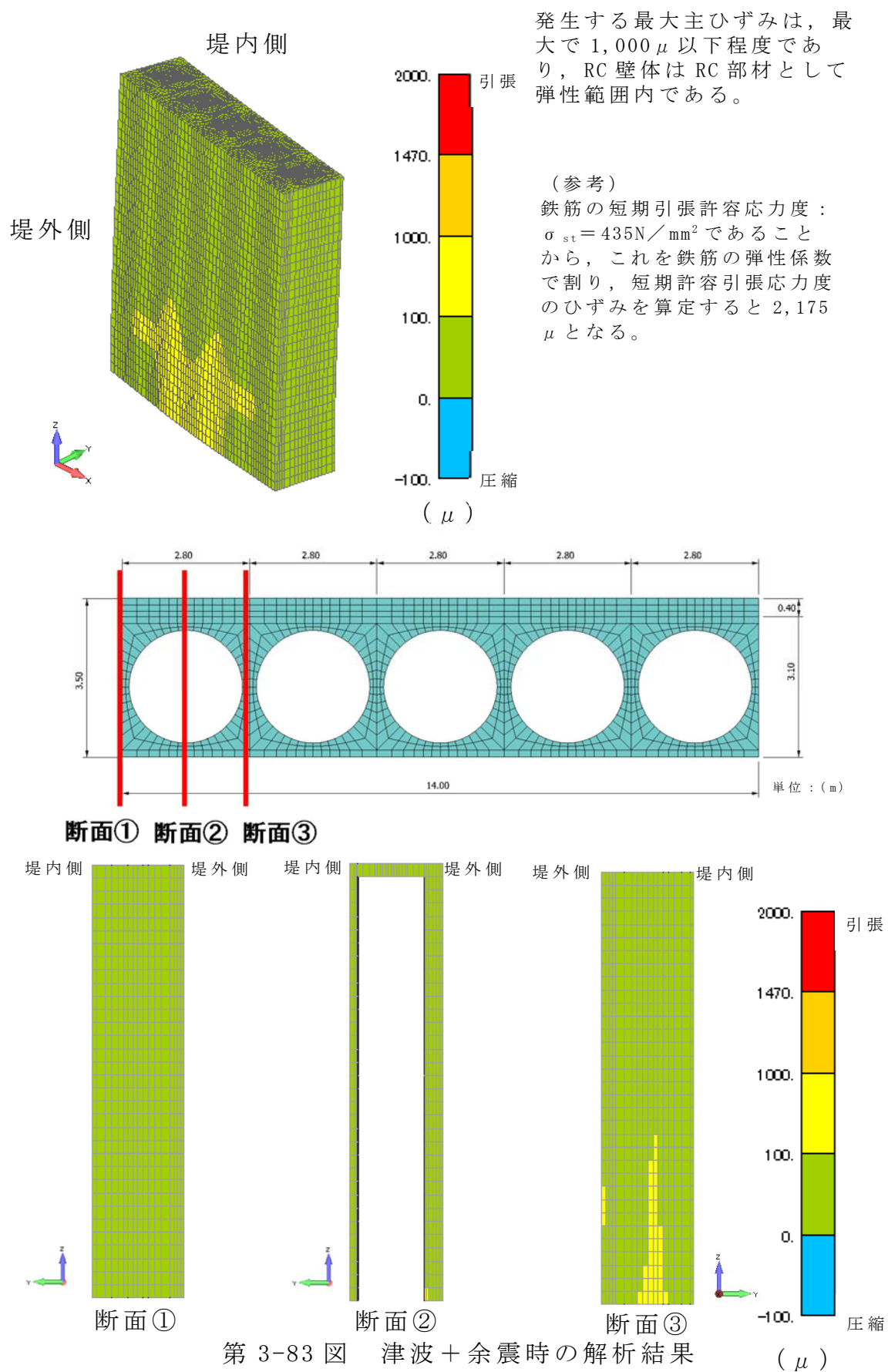
堤内側 断面①：最小主応力 $-6,288 \text{ kN/m}^2$



堤外側 水平断面の最小主応力

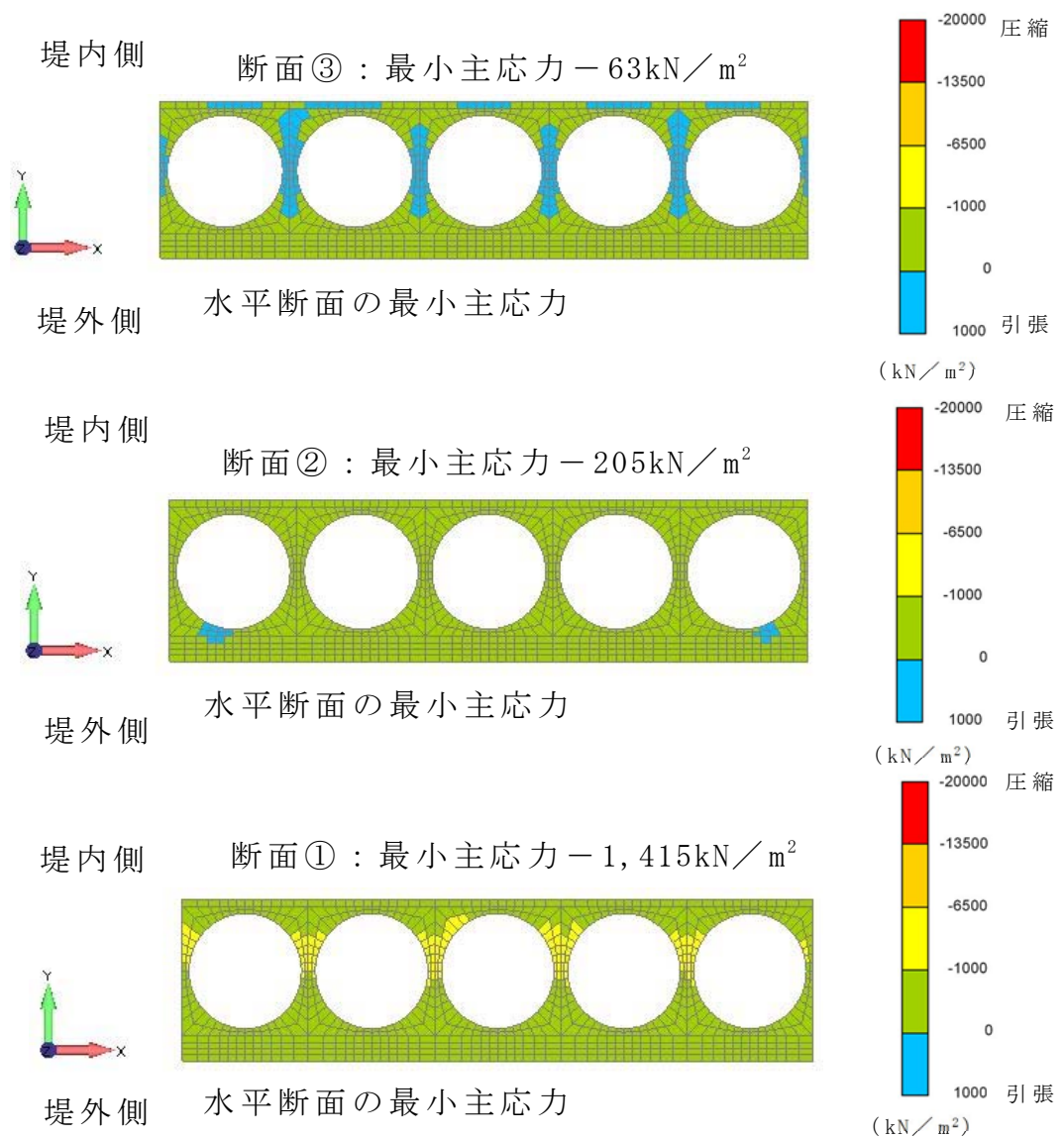
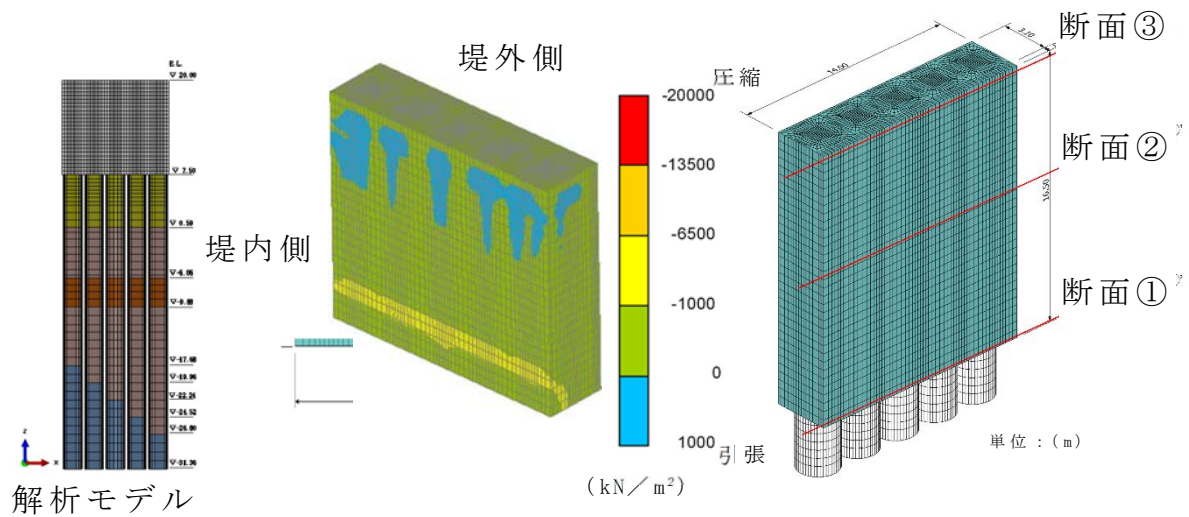
第 3-82 図 津波＋余震時の解析結果

(最小主応力分布)

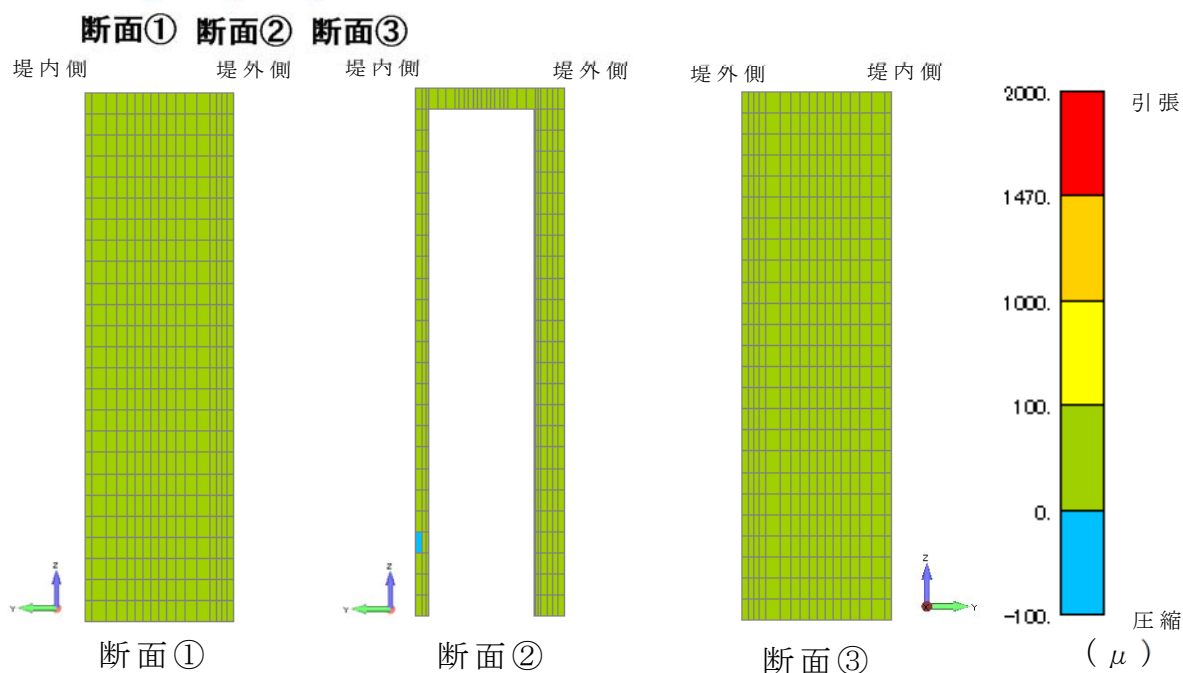
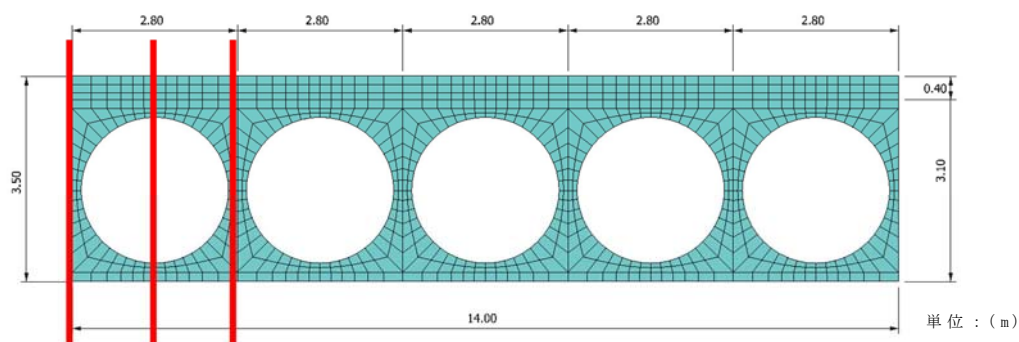
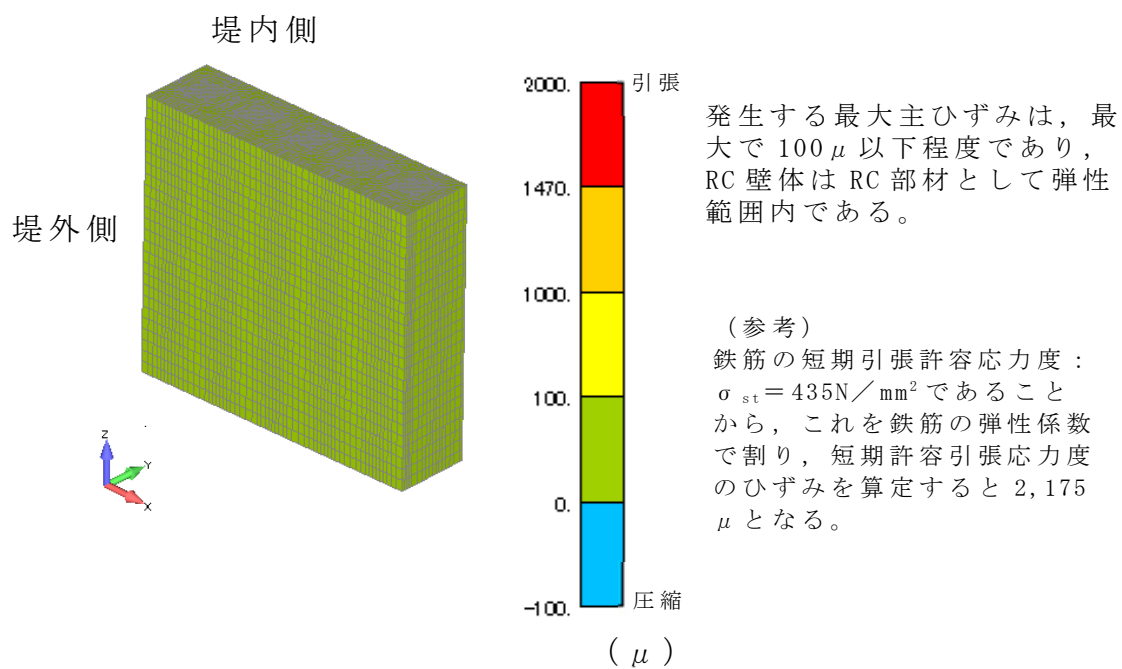


第 3-83 図 津波＋余震時の解析結果

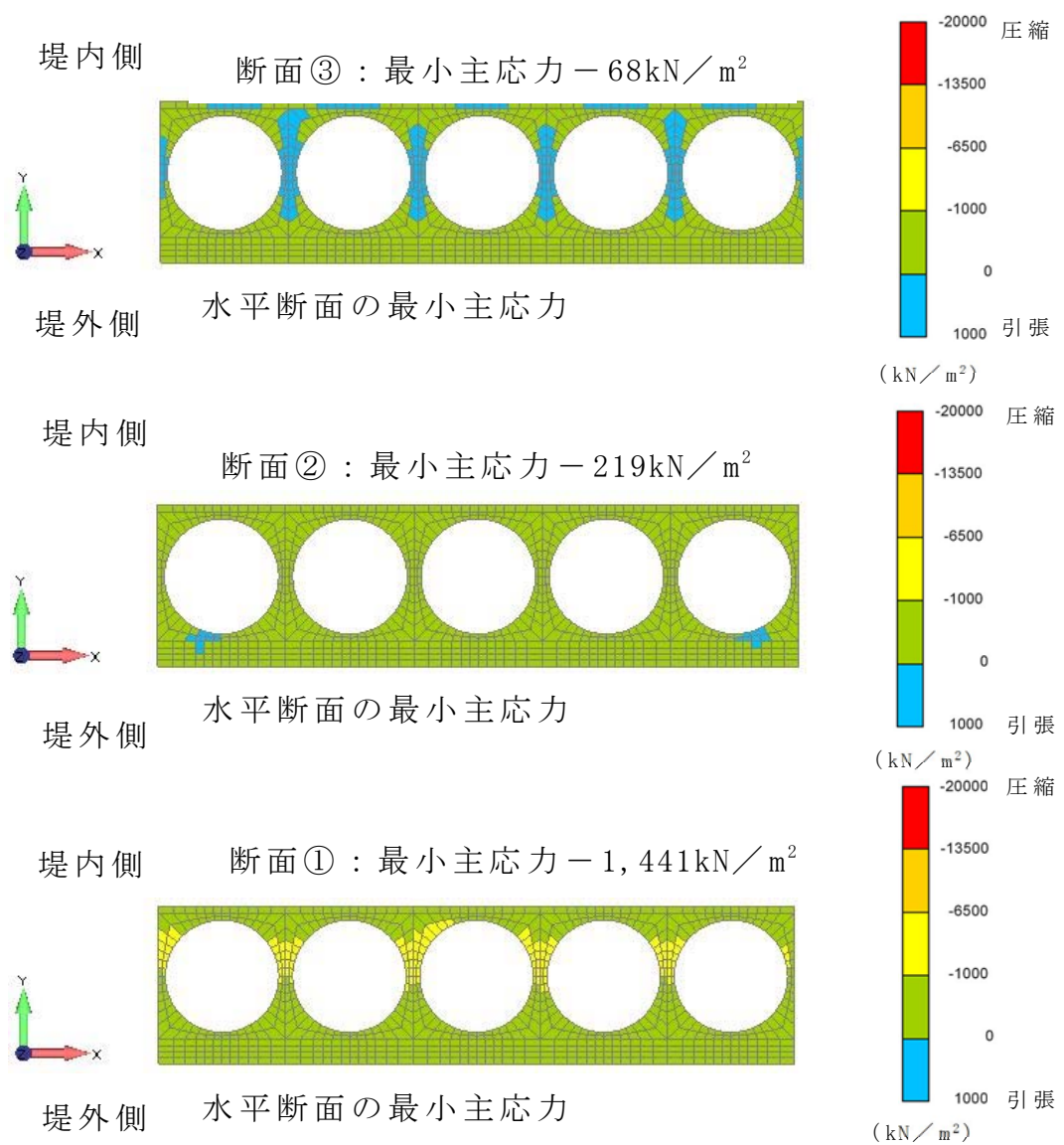
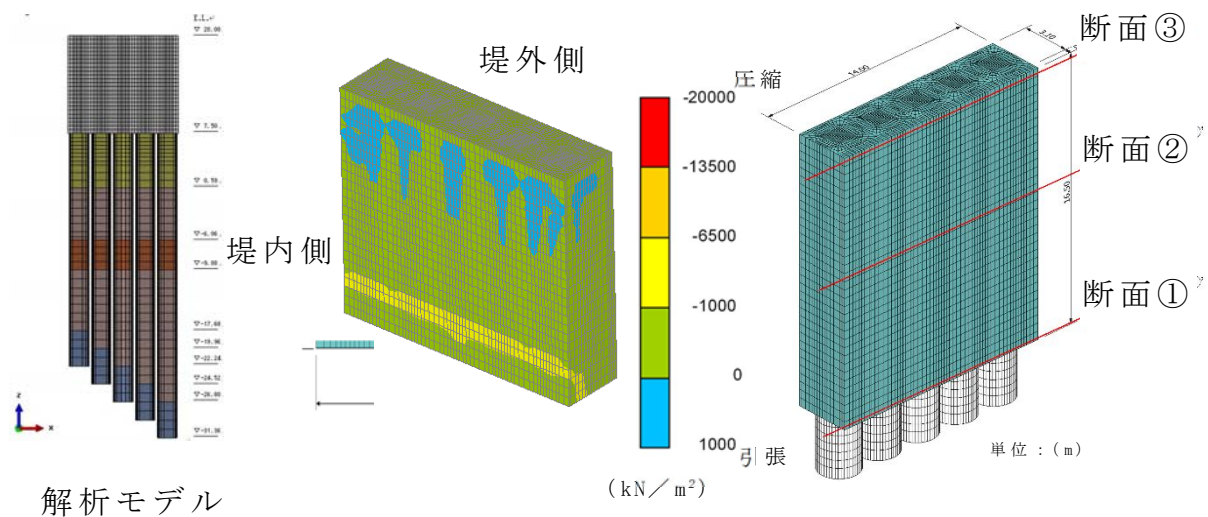
(最大主ひずみ分布)



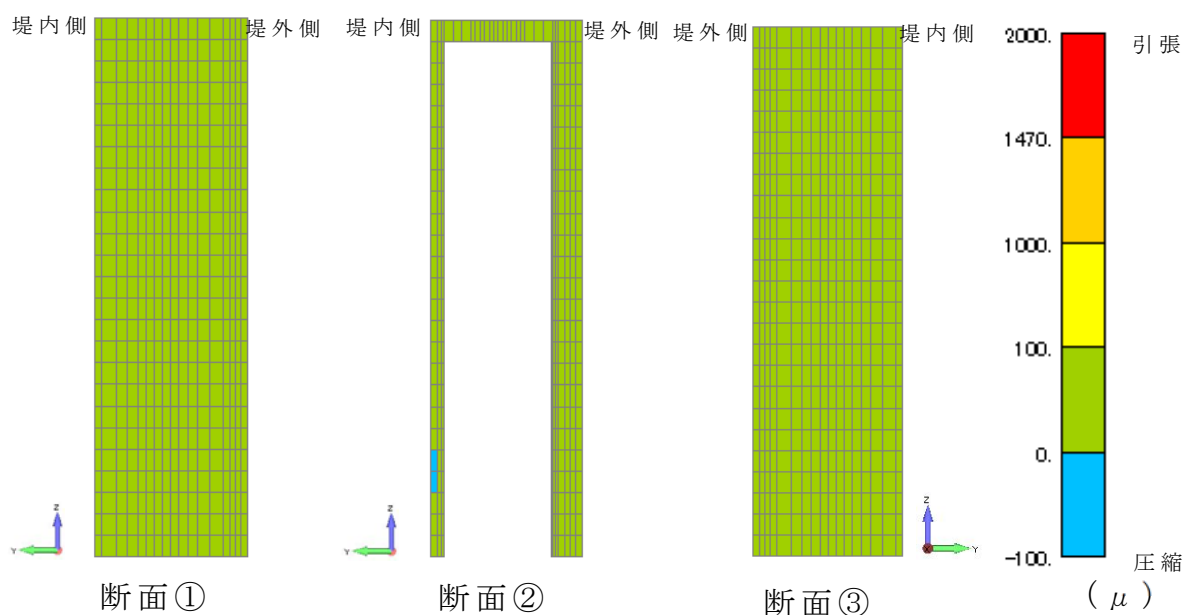
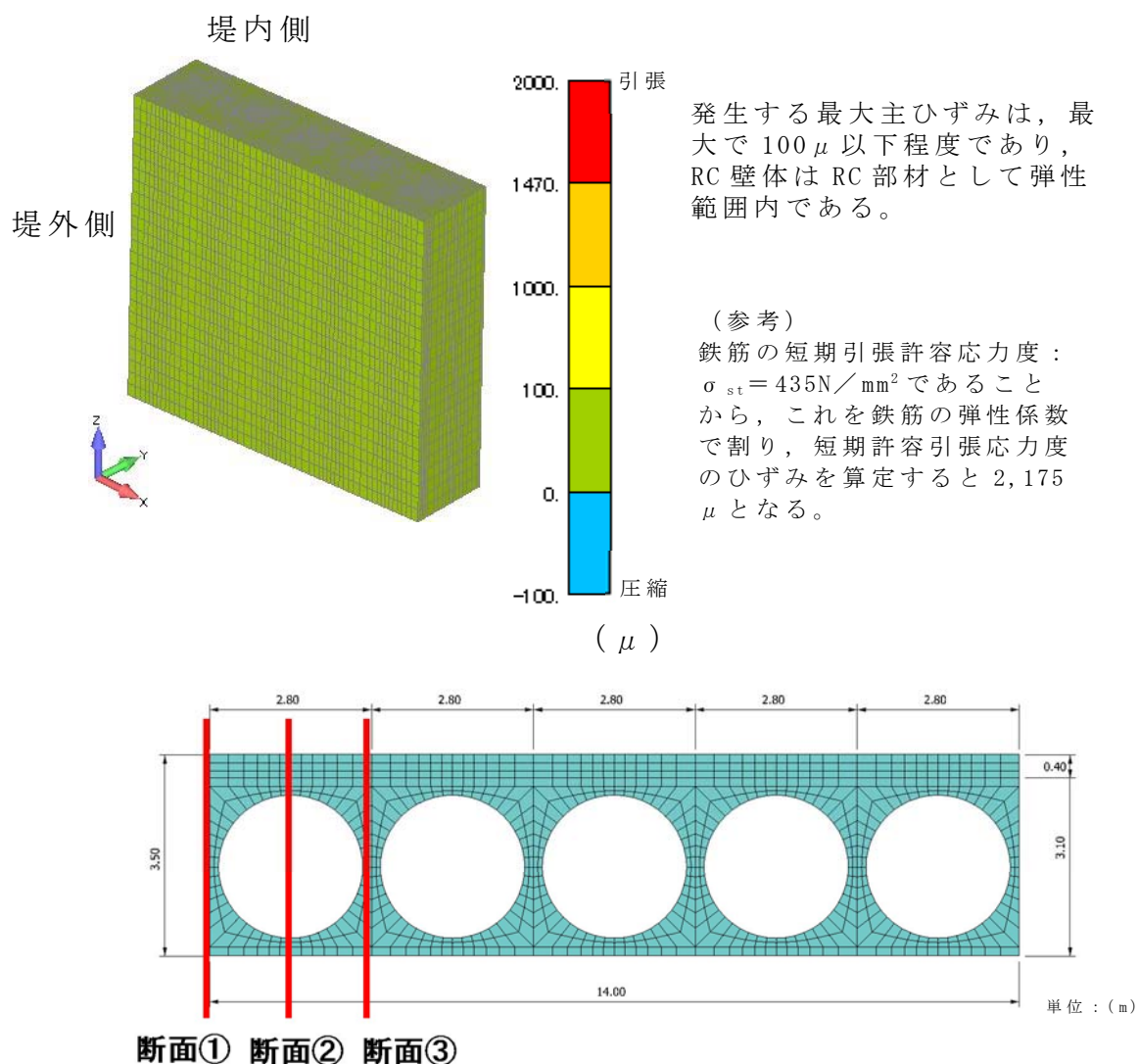
第 3-84 図 地震時（岩盤傾斜モデル）の解析結果
（最小主応力分布）



第 3-85 図 地震時（岩盤傾斜モデル）の解析結果
（最大主ひずみ分布）



第 3-86 図 地震時（岩盤傾斜 1D モデル）の解析結果
（最小主応力分布）



第 3-87 図 地震時（岩盤傾斜 1D モデル）の解析結果
（最大主ひずみ分布）

7) 三次元 F E Mモデルの解析結果

照査結果一覧を第 3-49 表～第 3-51 表に示す。地震時，津波時＋漂流物及び津波＋余震時の上部工（鉄筋コンクリート）の圧縮，曲げ，せん断に対する評価結果について，いずれも許容限界値以下であることを確認した。

第 3-49 表 圧縮に対する照査結果

	発生応力度 σ_c (N/mm ²)	許容応力度 σ_{ca} (N/mm ²) ($\sigma_{ck} = 40\text{N/mm}^2$)	安全率 σ_{ca} / σ_c	判定
地震時	0.39	21	53.84	O K
津波時＋漂流物	1.61	21	13.04	O K
津波＋余震時	1.21	21	17.35	O K
地震時（岩盤傾斜モデル，同一杭長モデル）	0.60	21	35.00	O K
地震時（岩盤傾斜モデル，1Dモデル）	0.61	21	34.42	O K

第 3-50 表 引張に対する照査結果

	発生応力度 σ_s (N/mm ²)	許容応力度 σ_{sa} (N/mm ²) (SD490)	安全率 σ_{sa} / σ_s	判定
地震時	24.42	435	17.81	O K
津波時＋漂流物	36.92	435	11.78	O K
津波＋余震時	47.47	435	9.16	O K
地震時（岩盤傾斜モデル，同一杭長モデル）	17.68	435	24.60	O K
地震時（岩盤傾斜モデル，1Dモデル）	19.59	435	22.20	O K

第 3-51 表 せん断に対する照査結果

	発生せん断力 V (kN)	許容せん断耐力 V _a (kN) (V _a = V _c + V _s)	安全率 V _a / V	判定
地震時	0.41	0.83*	2.02	OK
津波時＋漂流物	0.67	0.83*	1.23	OK
津波＋余震時	237.28 ^{※1}	435 ^{※2}	1.83	OK
地震時（岩盤傾斜モデル，同一杭長モデル）	0.55	0.83*	1.50	OK
地震時（岩盤傾斜モデル，1Dモデル）	0.62	0.83 [※]	1.33	OK

※コンクリートのための許容せん断応力度

8) 梁バネモデルと三次元 F E Mモデルの応力比較

地震時及び津波時＋漂流物の梁バネモデルと三次元 F E Mモデルでの照査結果を第 3-52 表と第 3-53 表に示す。

梁バネモデルの安全率が低くなる傾向があることから、梁バネモデルによる照査結果は安全側となっていると判断される。

第 3-52 表 地震時の梁バネモデルと三次元 F E Mモデルの比較

		梁バネモデル	三次元 F E Mモデル
圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	発生応力	0.66 (31.81)	0.14 (150.00)
	許容応力度	21.0	21.0
引張応力度 σ_s (N/mm ²)	発生応力	12.62 (34.46)	9.15 (47.54)
	許容応力度	435	435
せん断応力※ τ (N/mm ²)	発生せん断応力	0.12 (6.91)	0.12 (6.91)
	許容せん断応力	0.83	0.83

※コンクリートのみの許容せん断応力度
() 値は安全率を示す。

第 3-53 表 (1) 津波時＋漂流物の梁バネモデルと三次元 F E Mモデルの比較

		梁バネモデル	三次元 F E Mモデル
圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	発生応力	9.58 (2.19)	0.85 (24.70)
	許容応力度	21.0	21.0
引張応力度 σ_s (N/mm ²)	発生応力	182.06 (2.38)	36.92 (11.78)
	許容応力度	435	435
せん断耐力 τ (kN)	発生せん断力	428.48 (3.52)	160.99 (9.37)
	許容せん断耐力	1,509	1,509

第 3-53 表 (2) 津波＋余震時の梁バネモデル
と三次元 F E Mモデルの比較

		梁バネモデル	三次元 F E Mモデル
圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)	発生応力	14.62 (1.43)	0.79 (26.58)
	許容応力度	21.0	21.0
引張応力度 σ_s (N/mm ²)	発生応力	277.91 (1.56)	43.69 (9.95)
	許容応力度	435	435
せん断耐力 τ (kN)	発生せん断力	487.33 (3.09)	228.78 (6.59)
	許容せん断耐力	1,509	1,509

() 値は安全率を示す。

以下に静的三次元 F E Mによる解析結果の要約を示す。

- ① 地震時において，上部工は全ての位置でコンクリートの引張強度以下であり，ひび割れは生じないことを確認した。
また，圧縮側の主応力である最小主応力分布から全てコンクリートの許容圧縮強度に対して十分な裕度があることを確認した。
- ② 津波時＋漂流物では，圧縮側の主応力である最小主応力分布から全てコンクリートの許容圧縮強度に対して十分な裕度があることを確認した。引張においては，発生するひずみは鉄筋の許容応力度に対して十分に小さい値であることを確認した。
- ③ 梁バネモデルで照査しない鉄筋コンクリート梁壁背面の鋼管鉄筋コンクリートについても，三次元 F E M解析の結果，全て許容限界値以下であり，有意なせん断破壊等は生じる恐れがないことを確認した。

④ 梁バネモデルに対して静的三次元 F E M 解析では奥行き方向もモデル化され，断面性能が大きくなり，応力の流れが面的に広がることから，梁バネモデルよりも精緻なモデル化ができるため，発生する応力が小さくなることを確認した。

⑤ ねじれに対する影響については，三次元 F E M 解析により，鋼管周りのコンクリートに発生するせん断応力がコンクリートのみの許容せん断応力あるいはせん断補強筋によって十分に抵抗できることを確認した。

①から⑤の結果により，静的三次元 F E M 解析の結果，津波荷重や地震荷重に対して，鉄筋コンクリート梁壁のみならず，鋼管鉄筋コンクリート部分もすべて照査値は許容限界値以下であり，十分な構造強度を有していることを確認した。さらに，梁バネの方が保守的である結果を示した。

また，コンクリートは弾性範囲内であることから，止水性について問題ないことを確認した。

(11) 地盤高さの嵩上げ部及び表層改良体の成立性検討結果

地盤高さの嵩上げ部及び表層改良体のせん断力が改良体のせん断耐力以内であることを有効応力解析及び二次元フレーム解析にて確認する。

表層地盤改良の深さ方向の範囲は、表層地盤の過剰間隙水圧比が比較的高い範囲や杭体に生じる断面力の低減等を考慮し設定する。また、堤内側の表層地盤改良の幅は、地盤高さの嵩上げが地震時に損傷に至らない範囲を考慮し設定する。堤外側の表層地盤改良の幅は、地盤改良に係る指針類に基づき範囲を設定する。

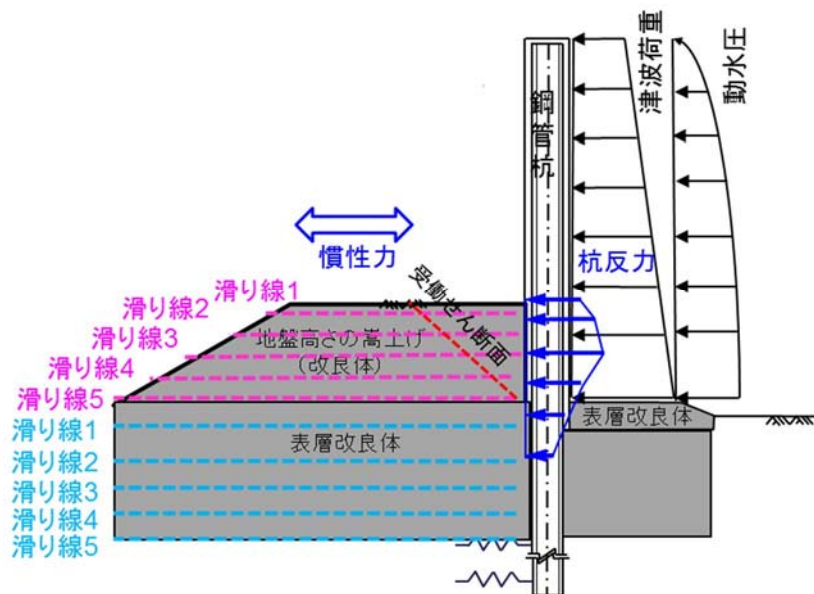
地盤改良工法は、改良対象地盤の物性、地下水位、施工性などを考慮して選定する。また、地盤剛性の急変部により杭体に局所的な応力を発生させないように、地盤剛性が上層から下層に向けて、やや大きめの剛性から原地盤に近い剛性に移行するような改良仕様を設定する。

地盤高さの嵩上げ部及び表層改良体のせん断力が改良体のせん断耐力以内であることを確認するため、地盤高さの嵩上げ及び表層改良体のせん断力が、改良体の「滑り線に生じるせん断耐力」に対して安全率 1.2 以上であることを確認する。

1) 評価結果

- ① 基準津波時＋漂流物，基準津波＋余震時，T.P.＋24m 津波時＋漂流物及び T.P.＋24m 津波＋余震時の結果を第第 3-54 表，地盤の嵩上げ及び表層改良体の二次元フレーム解析による検討

(基準津波時+漂流物, T.P.+24m 津波時+漂流物)



5 条 添付 2 4 -219

地盤高さの嵩上げ及び表層改良体の検討結果について、基準津波時＋漂流物及び T.P. ＋ 24m 津波時＋漂流物の結果を第 3-54 表に、基準津波＋余震時及び T.P. ＋ 24m 津波＋余震時の結果を第 3-55 表に示す。

全ての滑り線において安全率が 1.2 以上であり、地盤の嵩上げ及び表層改良体の健全性を確認した。

第 3-54 表(1) 地盤高さの嵩上げの滑り照査（基準津波時＋漂流物）

滑り線	検討位置	杭反力	滑り抵抗	安全率
1	T.P. ＋ 8.0 m	946.7	22,400	23.66
2	T.P. ＋ 7.0 m	4,788.7	23,800	4.97
3	T.P. ＋ 6.0 m	8,704.7	25,200	2.89
4	T.P. ＋ 5.0 m	12,693.7	26,600	2.09
5	T.P. ＋ 3.5 m	12,338.6	28,700	2.32

第 3-54 表(2) 表層改良体の滑り照査（基準津波時＋漂流物）

滑り線	検討位置	杭反力	滑り抵抗	安全率
1	T.P. ＋ 3.0 m	11,510.7	33,718	2.92
2	T.P. ＋ 2.5 m	10,592.9	32,475	3.06
3	T.P. ＋ 2.0 m	9,656.3	33,743	3.49
4	T.P. ＋ 1.5 m	8,685.3	35,023	4.03
5	T.P. ＋ 1.0 m	7,613.3	36,312	4.76

第 3-54 表 (3) 地盤高さの嵩上げの滑り照査

(T. P. + 24m 津波時 + 漂流物)

滑り線	検討位置	杭反力	滑り抵抗	安全率
1	T. P. + 8.0 m	946.7	22,400	23.66
2	T. P. + 7.0 m	4,788.7	23,800	4.97
3	T. P. + 6.0 m	8,704.7	25,200	2.89
4	T. P. + 5.0 m	12,693.7	26,600	2.09
5	T. P. + 3.5 m	17,545.7	28,700	1.63

第 3-54 表 (4) 表層改良体の滑り照査 (T. P. + 24m 津波時 + 漂流物)

滑り線	検討位置	杭反力	滑り抵抗	安全率
1	T. P. + 3.0 m	19,446.7	33,718	1.73
2	T. P. + 2.5 m	21,359.7	32,475	1.52
3	T. P. + 2.0 m	23,283.7	33,743	1.44
4	T. P. + 1.5 m	22,643.7	35,023	1.54
5	T. P. + 1.0 m	20,735.7	36,312	1.75

第 3-55 表 (1) 地盤高さの嵩上げの滑り照査 (基準津波 + 余震時)

滑り線	検討位置	杭反力	慣性力	滑り抵抗	安全率
1	T. P. + 8.0 m	871.0	0.0	22,400	25.7
2	T. P. + 7.0 m	4,406.0	255.0	23,800	5.10
3	T. P. + 6.0 m	8,008.0	525.5	25,200	2.95
4	T. P. + 5.0 m	11,678.0	811.4	26,600	2.12
5	T. P. + 3.5 m	15,416.0	1,269.3	28,700	1.72

第 3-55 表 (2) 表層改良体の滑り照査 (基準津波 + 余震時)

滑り線	検討位置	杭反力	慣性力	滑り抵抗	安全率
1	T. P. + 3.0 m	15,871.0	1,441.7	33,718	1.94
2	T. P. + 2.0 m	14,870.0	1,786.3	33,743	2.02
3	T. P. + 1.5 m	14,056.2	1,958.7	35,023	2.18
4	T. P. + 1.0 m	13,292.3	2,131.0	36,312	2.35
5	T. P. + 0.0 m	12,058.2	2,475.7	38,909	2.67
6	T. P. -0.48 m	11,538.6	2,641.1	38,417	2.70

第 3-55 表 (3) 地盤高さの嵩上げの滑り照査

(T. P. + 24m 津波 + 余震時)

滑り線	検討位置	杭反力	慣性力	滑り抵抗	安全率
1	T. P. + 8.0 m	946.7	0.0	22,400	23.66
2	T. P. + 7.0 m	4,788.7	255.0	23,800	4.71
3	T. P. + 6.0 m	8,704.7	525.5	25,200	2.73
4	T. P. + 5.0 m	12,693.7	811.4	26,600	1.96
5	T. P. + 3.5 m	16,601.2	1,269.3	28,700	1.60

第 3-55 表 (4) 表層改良体の滑り照査

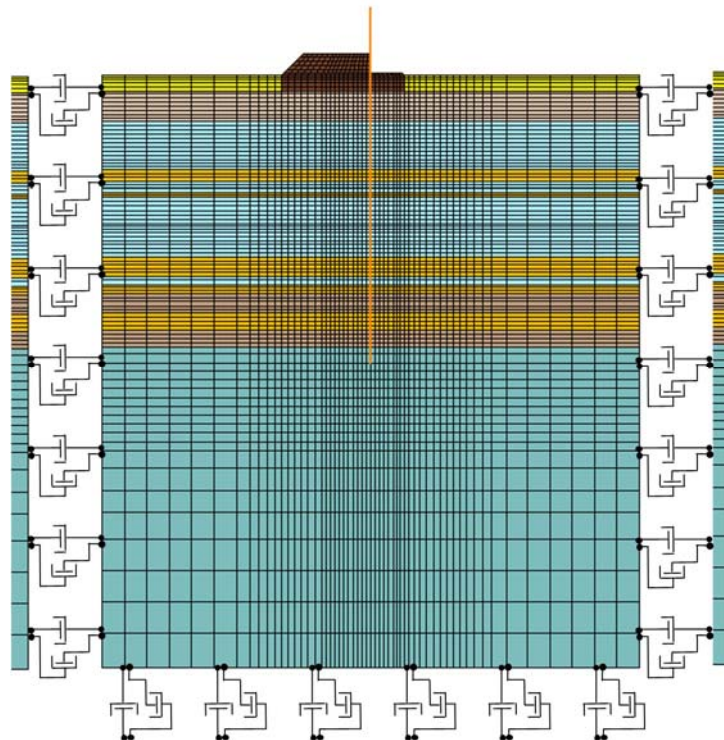
(T. P. + 24m 津波 + 余震時)

滑り線	検討位置	杭反力	慣性力	滑り抵抗	安全率
1	T. P. + 3.0 m	20,403.2	1,441.7	33,718	1.54
2	T. P. + 2.0 m	22,703.7	1,786.3	33,743	1.37
3	T. P. + 1.5 m	20,767.7	1,958.7	35,023	1.54
4	T. P. + 1.0 m	18,859.7	2,131.0	36,312	1.72
5	T. P. + 0.0 m	16,948.0	2,475.7	38,909	2.00

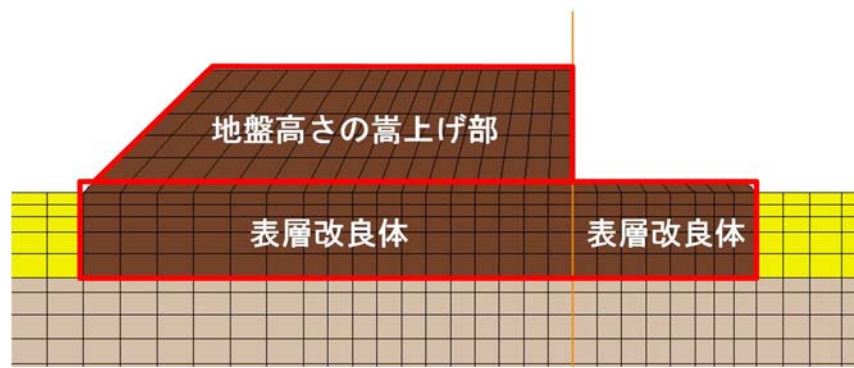
② 地震時の結果

地震時の有効応力解析による結果より，地盤高さの嵩上げ部及び表層改良体の最大せん断応力が，改良体のせん断強度以下であることを確認する。

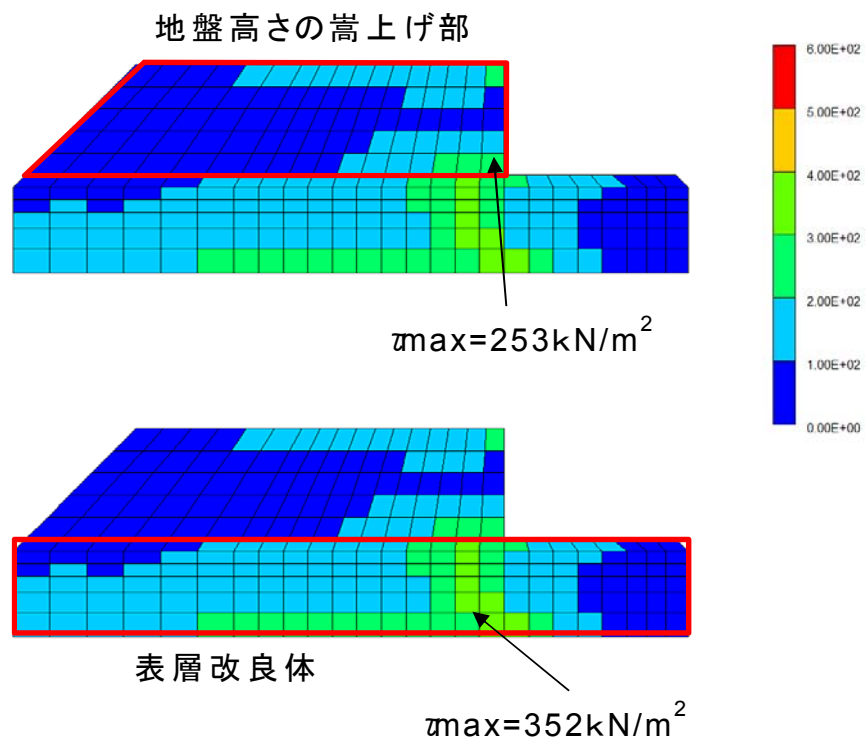
有効応力解析の解析モデルを第 3-89 図に，地盤高さの嵩上げ部及び表層改良体メッシュ図を第 3-90 図に示す。また，地震時の時刻歴最大の局所のせん断応力の算出結果を第 3-91 図に示す。これら要素から算出される時刻歴最大の局所のせん断応力がせん断強度以下であり，滑り線となる連続した応力分布を形成していないことから，改良体に滑りが発生しないことを確認した。



第 3-89 図 二次元有効応力解析モデル



第 3-90 図 地盤高さの嵩上げ及び表層改良体の要素メッシュ



第 3-91 図 地盤高さの嵩上げ及び表層改良体の
時刻歴最大のせん断応力図

③ 結果のまとめ

基準津波時＋漂流物，基準津波＋余震時，T.P.＋24m 津波時＋漂流物，T.P.＋24m 津波＋余震時及び地震時の検討結果について，第 3-56 表及び第 3-57 表に示す。これより地盤高さの嵩上げ及び表層改良体は，いずれのケースの照査値も許容限界値以下であることを確認した。

第 3-56 表 地盤の嵩上げ部に対する検討結果 （単位：kN）

	発生せん断力	せん断耐力	安全率	判定
基準津波時＋漂流物	12,694	26,600	2.09 > 1.2	OK
基準津波＋余震時	16,685	28,700	1.72 > 1.2	OK
T.P.＋24m 津波時＋漂流物	17,546	28,700	1.63 > 1.2	OK
T.P.＋24m 津波＋余震時	17,871	28,700	1.60 > 1.2	OK
地震時 (豊浦標準砂を仮定)	$\tau_{max}=253\text{kN/m}^2$	$\tau_a=500\text{kN/m}^2$	1.97 > 1.2	OK

第 3-57 表 表層改良体に対する検討結果 （単位：kN）

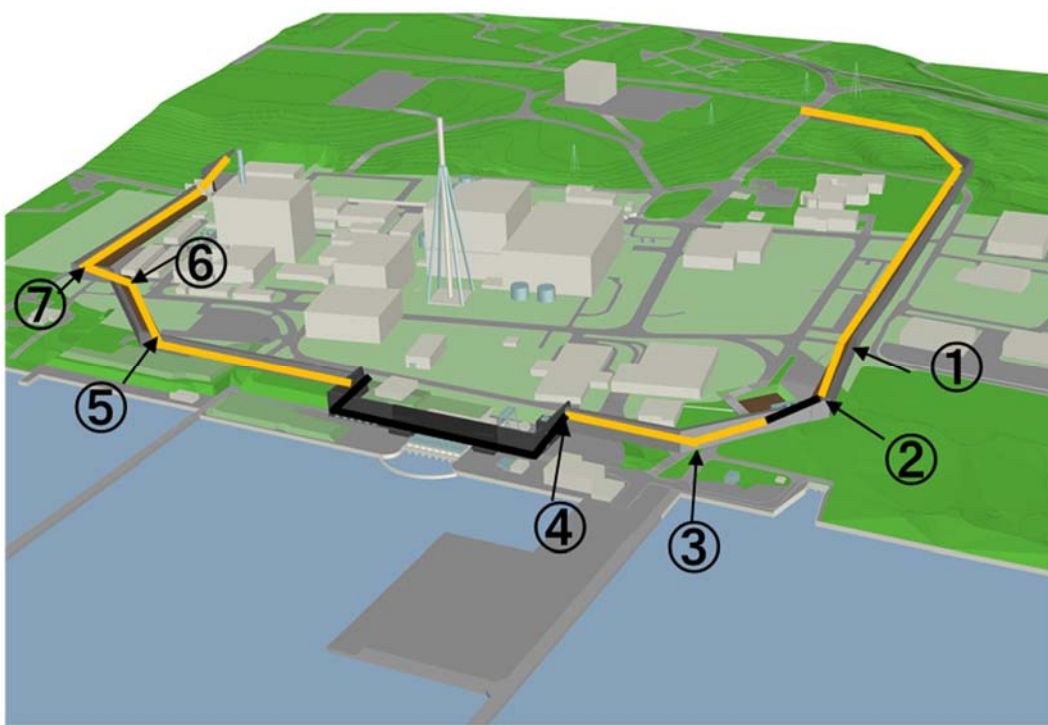
	発生せん断力	せん断耐力	安全率	判定
基準津波時＋漂流物	11,511	33,718	2.92 > 1.2	OK
基準津波＋余震時	17,313	33,718	1.94 > 1.2	OK
T.P.＋24m 津波時＋漂流物	23,284	33,743	1.44 > 1.2	OK
T.P.＋24m 津波＋余震時	24,490	33,743	1.37 > 1.2	OK
地震時 (豊浦標準砂を仮定)	$\tau_{max}=352\text{kN/m}^2$	$\tau_a=500\text{kN/m}^2$	1.42 > 1.2	OK

(12) 止水ジョイント部の成立性検討結果

1) 検討結果

鋼管コンクリート防潮壁について，標準部，隅角部及び異種構造物間の止水ジョイントの変位量の設定について検討した。

隅角部及び異種構造物間（シートジョイント部）は，全 13 カ所のうち，代表的な①～⑦の 7 カ所について検討した。代表的な隅角部の止水ジョイントの位置を第 3-92 図に示す。



第 3-92 図 代表的な止水ジョイントの位置

a. 標準部の止水ジョイントの検討結果

標準部の止水ジョイントに対する検討について，地震時の検討結果を第 3-58 表に，津波＋余震時の検討結果を第 3-59 表に示す。いずれの結果も 20cm 以内であり，ゴムジョイントの適用性が確認できる。

第 3-58 表 標準部の止水ジョイントに対する検討結果（地震時）

	部位	N 側構造物			S 側構造物			発生変位量 $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$
		δ_{xN}	δ_{yN}	δ_{zN}	δ_{xS}	δ_{yS}	δ_{zS}	
標準部	断面 A 付近	0.482	0.482	0.023	0.395	0.395	0.000	0.125

* 杭先端と杭天端の相対変位より算定（単位：m）

* 本検討結果は，横断方向の結果を縦断方向の結果にも適用した暫定値である。

第 3-59 表 標準部の止水ジョイントに対する検討結果（津波＋余震時）

	部位	N 側構造物			S 側構造物			発生変位量 $\sqrt{(\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2)}$
		δ_{xN}	δ_{yN}	δ_{zN}	δ_{xS}	δ_{yS}	δ_{zS}	
標準部	断面 A 付近	0.338	0.259	0.034	0.388	0.289	0.014	0.093

* 杭先端と杭天端の相対変位より算定（単位：m）

* 本検討結果は，津波＋余震時は，地震時の残留変位及び地震時／2 の変位量により安全側に算出した結果とした。

b. 隅角部・異種構造物間の止水ジョイントの検討結果

隅角部・異種構造物間の止水ジョイントに対する検討について、地震時の検討結果を第 3-60 表に、津波＋余震時の検討結果を第 3-61 表に示す。いずれの結果も 2m 以内であり、シートジョイントの適用性が確認できる。

第 3-60 表 隅角部・異種構造物間の止水ジョイントに対する検討結果
(地震時)

	部位	堤内 角度	N 側構造物			S 側構造物			発生変位 量 $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$
			δ_{xN}	δ_{yN}	δ_{zN}	δ_{xS}	δ_{yS}	δ_{zS}	
①	隅角部	192.7	-0.464	-0.368	-0.028	-0.533	-0.257	0	0.134
②	隅角部	121.0	-0.463	-0.371	-0.027	0.079	-0.588	0	0.585
③	隅角部	133.2	-0.463	-0.371	-0.027	-0.047	-0.591	0	0.472
④	異種構造物間	90.0	-0.463	-0.371	-0.027	0.371	-0.463	0	0.839
⑤	隅角部	138.0	0.403	0.075	-0.008	0.250	0.325	0	0.294
⑥	隅角部	226.5	0.403	0.075	-0.008	0.332	-0.241	0	0.324
⑦	隅角部	90.2	0.403	0.075	-0.008	-0.073	0.403	0	0.579

(単位：m)

第 3-61 表 隅角部・異種構造物間の止水ジョイントの検討結果

(津波＋余震時)

	部 位	堤内 角度	N 側構造物			S 側構造物			発生変位 量 $\sqrt{(\delta x^2 + \delta y^2 + \delta z^2)}$
			δxN	δyN	δzN	δxS	δyS	δzS	
①	隅角部	192.7	-0.340	-0.259	-0.034	-0.389	- 0.178	0	0.105
②	隅角部	121.0	-0.340	-0.259	-0.034	0.047	- 0.425	0	0.437
③	隅角部	133.2	-0.340	-0.259	-0.034	-0.044	- 0.426	0	0.353
④	異種構 造物間	90.0	-0.340	-0.259	-0.034	0.259	- 0.340	0	0.626
⑤	隅角部	138.0	-0.338	-0.254	-0.030	-0.081	- 0.415	0	0.316
⑥	隅角部	226.5	-0.338	-0.254	-0.030	-0.417	0.070	0	0.348
⑦	隅角部	90.2	-0.338	-0.254	-0.030	0.253	- 0.339	0	0.620

(単位：m)

c. 性能確認試験結果

引張り試験，耐圧試験等の結果を第 3-62 表に示す。

使用を計画している材料（ゴムジョイント，シートジョイント）については，当該地点の設計津波荷重以上の耐圧性能を保持することが確認され，また，地震時の変位量を考慮しても津波荷重に対して漏水等の発生がないことを確認した。

第 3-62 表 性能試験結果一覧表

止水 ジョイント	試験内容	試験 結果
ゴム ジョイント	I 引張試験・耐圧試験 (0.26MPa, 1hr, 伸び 250mm)	良
	I 引張試験・耐圧試験 (0.26MPa, 1hr, 剪断 300mm)	良
	I 引張試験・耐圧試験 (0.26MPa, 1hr, 伸び 125mm, 剪断 150mm)	良
	I 引張試験・耐圧試験 (0.55MPa, 1hr, 伸び 250mm)	良
	I 引張試験・耐圧試験 (0.55MPa, 1hr, 剪断 300mm)	良
	I 引張試験・耐圧試験 (0.55MPa, 1hr, 伸び 125mm, 剪断 150mm)	良
シート ジョイント	II - 1 耐圧試験 (0.26MPa, 1hr)	良
	II - 1 耐圧試験 (0.55MPa, 1hr)	良
	II - 2 繰返載荷試験 (56.45KN/30cm, 10 回, 取付角 0°)	良
	II - 2 繰返載荷試験 (56.45KN/30cm, 10 回, 取付角 45°)	良
	II - 3 継続載荷試験 (56.45KN/30cm, 10 回後 10 分継続, 取付角 0°)	良
	II - 3 継続載荷試験 (56.45KN/30cm, 10 回後 10 分継続, 取付角 45°)	良
	耐候性試験 (15 年相当, 引張試験)	良

(13) まとめ

設置許可段階において、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の基準地震動 S_s 及び基準津波、T.P. + 24m 津波等に対する構造成立性について確認した。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭体については、地震応答解析（有効応力解析）の結果、基準地震動 S_s に対して、杭の曲げ、せん断及び支持力が許容限界値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。また、二次元フレーム解析の結果、基準津波及び T.P. + 24m 津波に対しても、杭の曲げ、せん断及び支持力が許容限界値以下であり、同様に十分な構造強度を有していることを確認した。

上部工である鉄筋コンクリートについては、二次元梁バネモデルによる解析結果が、静的三次元 F E M 解析結果よりも保守的な評価となることを確認した（発生断面力が大きく評価される）。その結果においても、上部工のコンクリート及び鉄筋に生じる断面力が許容限界値以下であり、十分な構造強度を有していることを確認した。

地盤高さの嵩上げ部や表層改良体については、地震時、津波時におけるすべりに対して十分な安全率を有していることを確認した。

止水ジョイント部については、地震時の変位量により止水ゴム又は止水シートの使い分けを行うこととし、性能試験結果においても、これら材料が津波荷重に対して十分な耐性があることを確認した。

以上より，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に必要な構造強度や止水性能について，見通しが得られたものとする

(14) 部材の安全余裕について

構造成立性の検討にあたっては、構造体に対してより厳しい評価となる解析断面を選定し、その地盤モデルについても地層構成の不確かさや地盤物性値のバラツキなどを安全側に考慮（極端な地層厚の組合せや強制的な液状化を仮定するなど）した評価を行った。

検討結果によれば、全ての検討ケースにおいて、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の下部工及び上部工とも、各照査項目は許容値内に収まっていることを確認した。また、今後の詳細設計段階では、検討条件の変化が生じた場合においても、材料仕様の変更等により安全余裕を確保できる。

以上のことから、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震及び耐津波設計の検討としては、安全側に包含する条件での評価により、十分な構造強度と止水性能を有する構造成立性を確認できたのと共に、今後の詳細設計で検討条件の変化が生じた場合においても、材料仕様の変更等により柔軟な設計対応が可能である見通しを得た。

第 3-63 表に示す下部工については、鋼管杭の板厚は $t = 100\text{mm}$ 程度まで厚くする対応が可能であるが、杭の納入期間や施工効率を考慮した選定が必要となる。

第 3-63 表 鋼管杭最小安全率

照査項目	安全率最小のケース	応答値	許容値 (SM570)	安全率	判定
曲げ・軸力	地点④・岩盤傾斜部・豊浦標準砂を仮定したモデル ③横断 K m 層最浅部 (TP-31.36m)	353.80 (N/mm ²)	382.5 (N/mm ²)	1.08 (水平 2 方向考慮 1.03) ただし、岩盤傾斜部において杭の岩盤への根入れ長は 1D とする方針であり、その場合の安全率は 1.37 (水平二方向考慮 1.32)	OK
せん断	地点④・岩盤傾斜部・豊浦標準砂を仮定したモデル ②縦断 1D ケース (最浅部：杭先端 TP-22.24m)	48.33 (N/mm ²)	217.5 (N/mm ²)	4.50	OK
支持力	地点③・粘土層が最も薄く豊浦標準砂を仮定したモデル	819 (kN)	6,288 (kN)	7.67	OK (> 1.2)
座屈耐力	地点④・岩盤傾斜部・豊浦標準砂を仮定したモデル ②縦断 1D ケース (最深部：杭先端 TP-31.36m)	14,160 (kN)	119,036 (kN)	8.40	OK

第 3-64 表に示す上部工については、鉄筋とコンクリートに関しては次のようになる。

鉄筋は、上部工のコンクリート部材厚さを調節し、より強度の大きい D51 程度まで鉄筋径を増すことが可能であるが、隅角部の鉄筋加工方法等の検討が必要となる。

コンクリートの設計基準強度は 80N/mm² 程度まで対応可能であるが、ひび割れの発生を防止するためのコンクリート打設時リフト分け等の検討が必要となる。

第 3-64 表 上部工最小安全率

照 査 項 目	安全率最小 のケース	応 答 値	許 容 値	安 全 率	判 定
圧縮 (コンク リート)	二次元梁バ ネモデル 津波＋余震	14.62 (N/mm ²)	21 (N/mm ²)	1.43	○ K
引張 (鉄筋)	二次元梁バ ネモデル 津波＋余震	277.91 (N/mm ²)	435 (N/mm ²)	1.56	○ K
せん断	静的三次元 F E M モデ ル 津波＋余震	237.28 (N/mm ²)※ ¹	435 (N/mm ²)※ ²	1.83	○ K

※ 1 : せん断補強鉄筋に作用する応力度

※ 2 : せん断補強鉄筋の許容せん断応力度

敷地内の地下水位の上昇を仮定した場合における
防潮堤への影響評価について

1. 目的

防潮堤は岩着杭形式の構造であり，杭間距離が小さいこと及び防潮堤周りの表層地盤に地盤改良を行うことから，防潮堤内の地下水位が上昇する可能性がある。

したがって，防潮堤内の地下水位上昇が地盤や防潮堤の杭や表層改良体に及ぼす影響の有無について評価した。

2. 敷地内の地下水位観測データ

過去の地下水位観測データを第1表、観測最高地下水位コンター図を第1図に示す。

第1表 過去の地下水位観測データ（その1）

観測孔名	計測期間	最高水位 (T. P. + m)	最高水位 計測時期
a	1995～1999	3.49	1998年10月8日
b	1995～1999	2.52	1998年9月25日
c	1995～1999	2.53	1998年9月22日
d	1995～1999	2.28	1998年9月22日
a－1	1995～1999, 2004～2009	15.42	2006年8月7日
a－2	2004～2009	13.60	2006年7月28日
b－2	2004～2009	9.06	2006年7月30日
c－0	1995～1999, 2004～2009	2.05	1998年9月19日
c－2	1995～1999, 2004～2017	2.58	2012年7月7日
c－3	2004～2017	2.49	2012年7月7日
c－4	2004～2017	2.00	2012年6月25日
d－1	1995～1999, 2004～2009	1.50	1998年9月18日
d－3	2004～2017	1.44	2013年10月27日
d－6	2004～2017	1.58	2013年10月28日
e－2	2004～2017	1.38	2006年10月8日
e－3	2004～2017	1.50	2013年10月16日
e－5	2004～2017	1.30	2013年10月21日
e－6	2004～2017	1.26	2013年10月21日

第 1 表 過去の地下水位観測データ（その 2）

観測孔名	計測期間	最高水位 (T. P. + m)	最高水位 計測時期
B - 1	2005～2017	2.90	2006 年 7 月 30 日
B - 2	2005～2017	3.09	2006 年 7 月 30 日
B - 4	2005～2017	3.56	2006 年 7 月 31 日
B - 6	2005～2017	5.51	2006 年 8 月 17 日
C - 4	2005～2017	3.17	2012 年 6 月 27 日
C - 7	2005～2017	4.99	2006 年 8 月 18 日
D - 0	2006～2017	2.37	2012 年 6 月 22 日
D - 3	2005～2017	2.88	2006 年 10 月 7 日
D - 4	2006～2017	2.76	2012 年 6 月 25 日
D - 5	2006～2017	2.54	2012 年 7 月 16 日
E - 4	2006～2017	2.26	2012 年 6 月 25 日
F - 2	2005～2015	1.74	2013 年 10 月 30 日
F - 4	2005～2017	1.55	2013 年 10 月 27 日
F - 6	2005～2017	1.77	2012 年 6 月 24 日
G - 5	2005～2017	1.53	2013 年 10 月 27 日
H - 4	2006～2017	2.13	2013 年 10 月 16 日
H - 7	2005～2017	1.33	2013 年 10 月 27 日



第 1 図 観測最高地下水位コンター図

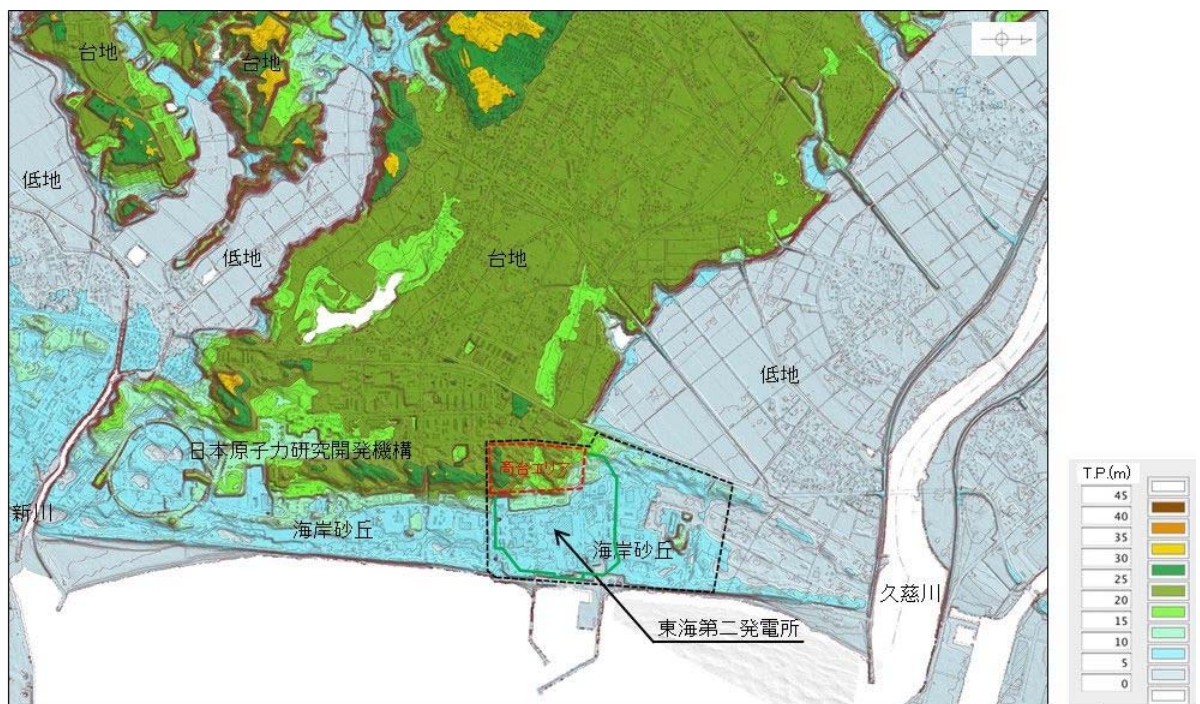
3. 防潮堤を考慮した地下水位の設定

防潮堤の設置により地下水位が上昇する可能性を考慮し、地下水位の設定について以下の検討を行った。

(1) 敷地近傍陸域の地形

第2図に敷地近傍陸域の地形図を示す。

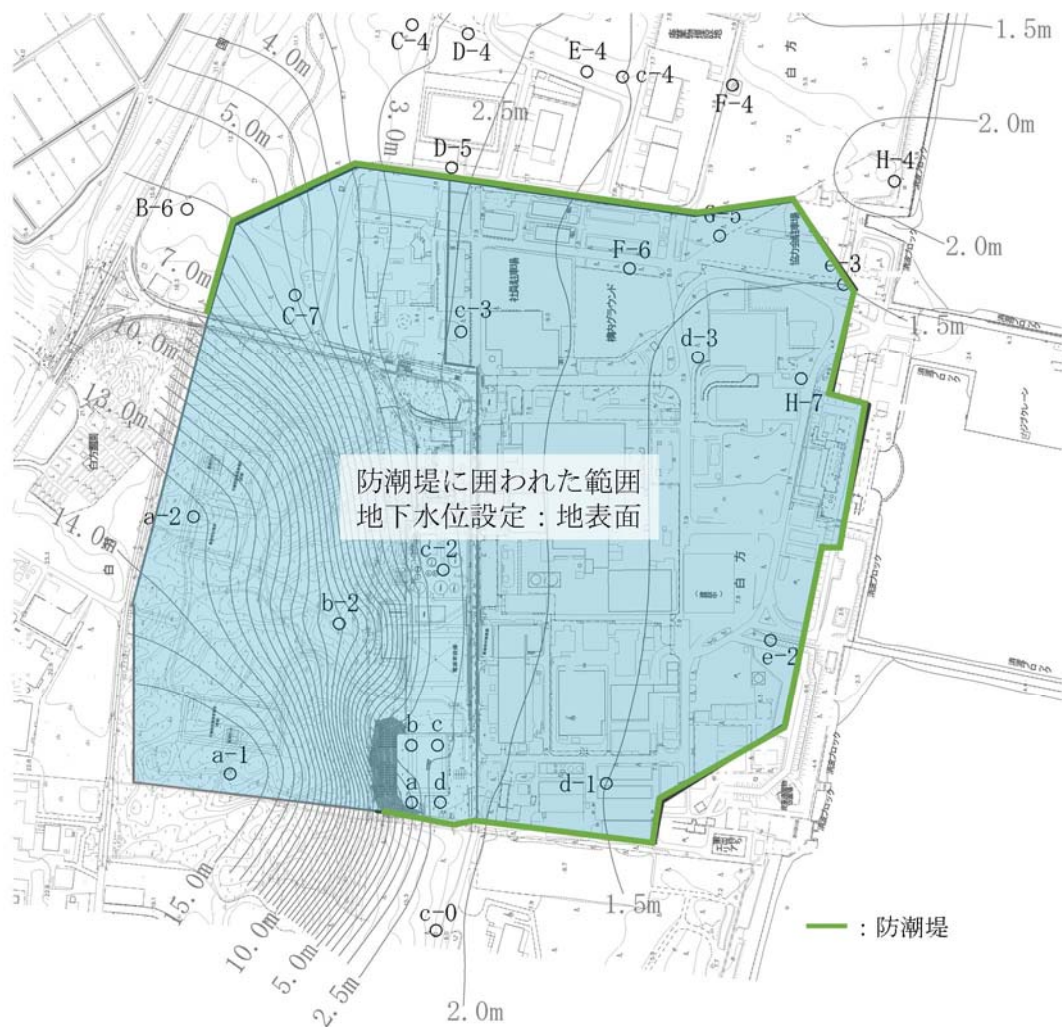
敷地近傍陸域の地形は、台地、低地及び海岸砂丘からなる。敷地の南西方の高台エリアは台地東方部に位置し、海岸砂丘との境界に当たる。高台エリアの北方には海岸砂丘と低地の境界が分布しており、その西方には台地と低地（T.P. +5m 以下）の境界が分布している。このような地形的状況から、高台エリアへの流入地下水は、高台エリアから西方に続く台地より流入しているものと考えられる。なお、高台エリアの西端の標高とその西方の台地の標高に大きな差はない。



第2図 敷地近傍陸域の地形図

(2) 防潮堤に囲われた範囲の地下水位の検討

防潮堤の設置に伴い地下水位の上昇の可能性を踏まえ，施設設計の保守性を考慮し，防潮堤に囲われた第 3 図に示す範囲については，地下水位を地表面に設定することを基本とする。



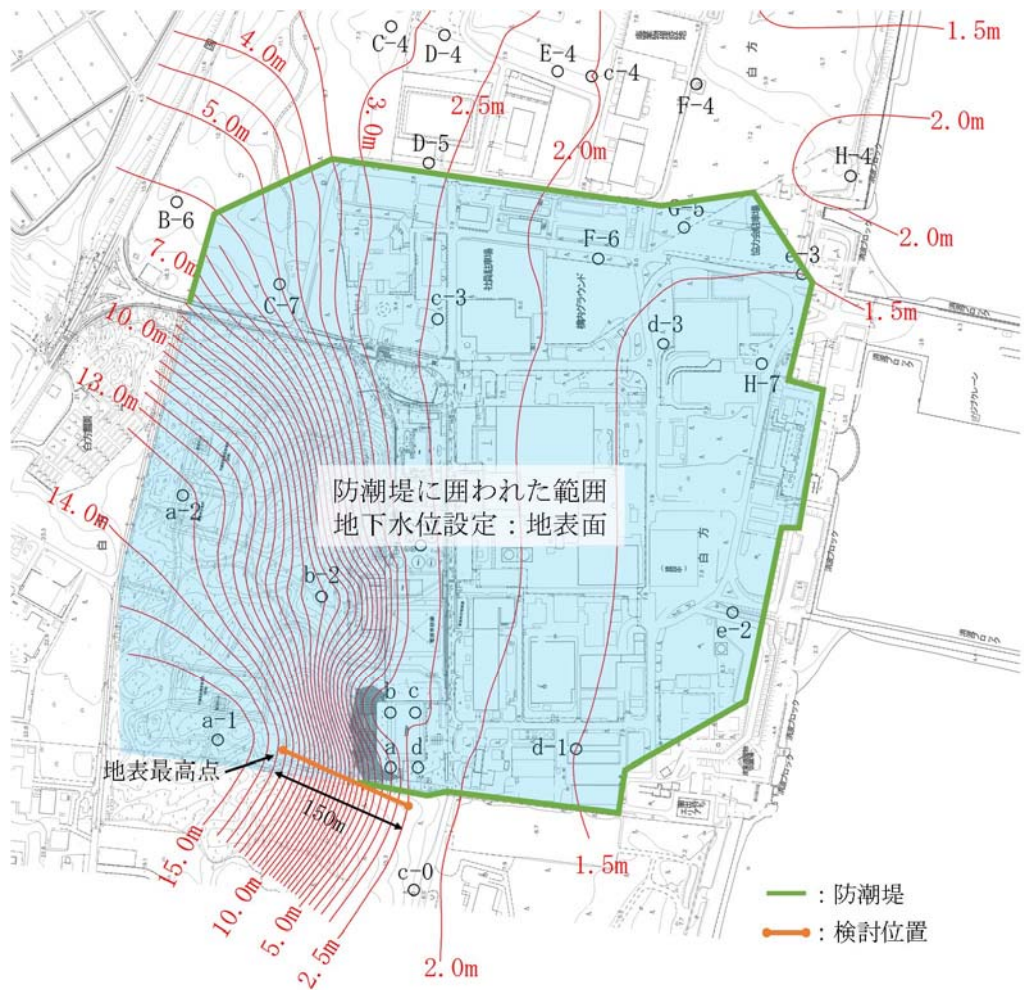
第 3 図 地下水位設定

(3) 地下水位の上昇によるその他の影響

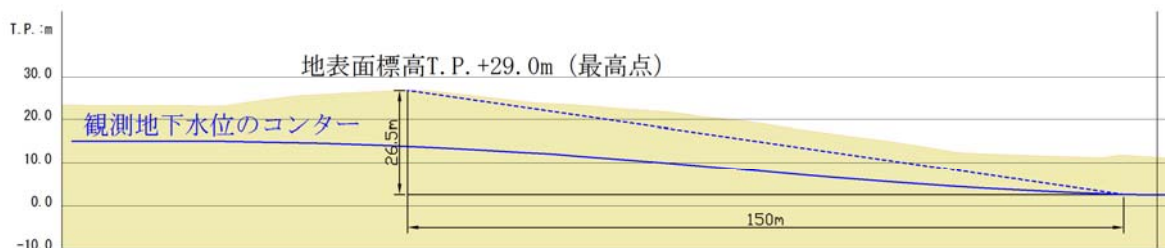
防潮堤で囲われた範囲について地下水位の上昇を考慮した際の、周辺の領域の地下水の流速の変化及びそれに伴う影響（地盤中の砂の流出）の有無について検討する。地盤への影響の検討は、設定した地下水位から想定される地下水の流速と、現地の土質材料から想定される多粒子限界流速を比較することにより行う。

検討は、地下水位の高低差が大きくなる敷地南側の境界部を対象とした。敷地南側の防潮堤で境される敷地南側の高台については、T.P. +18m までは防潮堤が設置されるため、防潮堤を境に北側、南側で水位差が発生することになるが、防潮堤の南西終端部より以西は地下水位を区分けする構造物がないことから、北側（敷地側）の地下水位上昇により相対的に地下水位が低くなる南側に地下水が流れることが想定される。この流れについて、設計で考慮する条件（地下水位を地表面とする）における防潮堤の外側の地下水の流れについて検討を行う。

第4図に検討位置を、第5図に検討イメージ図を、第2表に各地層の透水係数を示す。



第 4 図 検討位置図



第 5 図 検討イメージ図

防潮堤に囲われた範囲の地下水位は地表面に設定していることから、地下水位の最高点として地表の最も高い位置 h 1 (T.P. + 29m) を、また、下流側は既往の観測記録のコンターに地下水位が摺りつくと仮定し、保守的に地下水位がなだらかになる手前の

点 h 2（地下水位 T.P. + 2.5m）を選定し，両者の水位差と水平距離及び透水係数から，地盤中に流れる地下水の流速をダルシー則で求めた。なお，透水係数は当該箇所分布する地層で最も大きい透水係数である d u 層の透水係数を採用した。

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \text{T.P.} + 29\text{m} - \text{T.P.} + 2.5\text{m} = 26.5\text{m}$$

$$\Delta L = 150\text{m}$$

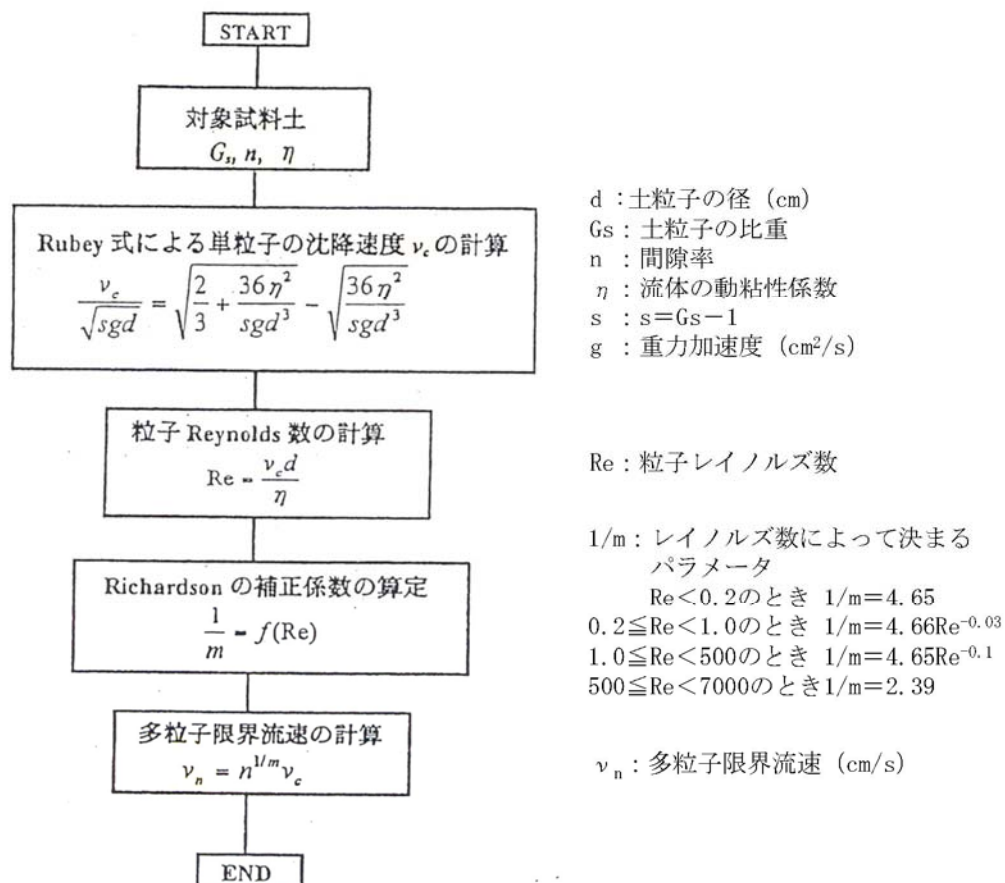
$$k = 3.23 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$$

$$\begin{aligned} v &= k \times i = 3.23 \times 10^{-2} [\text{cm/s}] \times 26.5\text{m} / 150\text{m} \\ &= 5.71 \times 10^{-3} [\text{cm/s}] \end{aligned}$$

第 2 表 各地層の透水係数

地層	透水係数	備考
d u 層	$3.23 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	採用
D 2 g - 3 層	$1.87 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	
D 2 s - 3 層（細砂）	$6.31 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$	
D 2 s - 3 層（粗砂）	$3.16 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$	

一方，多粒子限界流速^{*1}により，d u 層の平均粒径 D 50 及び 20% 粒径 D 20 に対する限界流速を求めた。多粒子限界流速の算定フローを第 6 図に，計算に用いたパラメータを第 3 表に示す。



第 6 図 多粒子限界流速の算定フロー

第 3 表 多粒子限界流速の算出に用いた計算パラメータ (d u 層)

項目		設定値
G_s	土粒子の比重	2.71
n	間隙率	42.86%
η	流体の動粘性係数 (地下水温 15~20℃を想定し設定)	$0.011\text{cm}^2/\text{s}$
s	$G_s - 1$	1.71
d	土粒子径 (平均粒径 D50 検討時)	0.0384 cm
	土粒子径 (20%粒径 D20 検討時)	0.01 cm

d u 層の平均粒径 D 50 に対する多粒子限界流速は $2.99 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$, 20% 粒径に対する多粒子限界流速は $1.63 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ であり, 前述の地盤中に流れる地下水の流速 $5.71 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ は多粒子限界流速を下回っていることから, 粒子の移動は発生せず, これらの地下水の流れが地盤に影響を及ぼすものではないことを確認した。

地下水の流れが地盤に影響を及ぼさないことから, 防潮堤の杭や表層改良体についても, 地下水の流れによる影響はない。

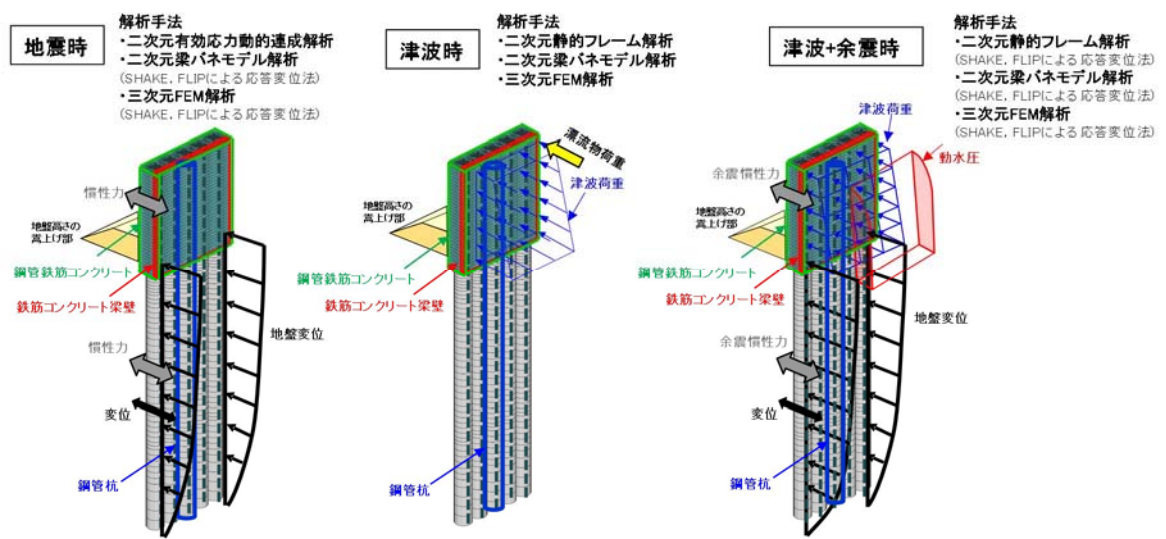
4. 結論

敷地内の地下水位の上昇を仮定した場合における防潮堤等への影響の有無を確認するため, 多粒子限界流速式を用いて, 地下水位の仮定した上昇量に伴う流速の変化を算定した。その結果, 土粒子の移動が発生しない程度の遅い流速となり, これに伴う地下水の流れは防潮堤の杭や表層改良体に影響を及ぼすものではないことを確認した。

※1: 浸透破壊における粒子群を考慮した限界流速 (1997, 杉井, 宇野, 山田ら, 地下水技術 Vol.39, No.8, pp28~35)

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の各設計対象の照査に用いる
解析手法について

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の主要部位である鋼管杭，鉄筋コン
クリート梁壁及び鋼管鉄筋コンクリートの照査に用いる解析手法につ
いて，作用荷重毎に取りまとめた。



評価手法

検討ケース 設計対象	地震時	津波時	津波+余震時	最も厳しい照査 値により評価
鋼管杭	二次元有効応力動的連成解析	津波荷重と漂流物荷重を用いた二次元静的フレーム解析	津波荷重，及び一次元地震応答解析，二次元有効応力動的連成解析による余震時の加速度，動水圧，変位を用いた二次元静的フレーム解析	
鉄筋コンクリート梁壁	一次元地震応答解析，二次元有効応力動的連成解析の地震時の加速度，変位を用いた二次元梁バネモデル解析	津波荷重と漂流物荷重を用いた二次元梁バネモデル解析	津波荷重，及び一次元地震応答解析，二次元有効応力動的連成解析による余震時の加速度，動水圧，変位を用いた二次元梁バネモデル解析	
鋼管鉄筋コンクリート	一次元地震応答解析，二次元有効応力動的連成解析の地震時の加速度，変位を用いた三次元FEM解析	津波荷重と漂流物荷重を用いた三次元FEM解析	津波荷重，及び一次元地震応答解析，二次元有効応力動的連成解析による余震時の加速度，動水圧，変位を用いた三次元FEM解析	

防潮扉の設計と運用等について

1. はじめに

防潮扉は津波防護施設として設置し、防潮堤と同様に基準津波による遡上波の敷地への流入を防止する。防潮扉の設置箇所は敷地の南側にある国立研究開発法人日本原子力研究開発機構境界及び海水ポンプエリアであり、それぞれ各 1 箇所ずつ合計 2 箇所設置し、アクセスのために設置する。第1図に防潮扉の設置位置、第2図に防潮堤の構造を示す。

防潮扉の運用は常時閉運用とするが災害発生時等の必要な時に開閉操作を実施する場合を考慮して、防潮扉の設計と運用に関する方針について説明する。

2. 防潮扉の設計について

(1) 基本設計方針

防潮扉は津波防護施設として、敷地の南側にある国立研究開発法人日本原子力研究開発機構境界及び海水ポンプエリアに設置する。

防潮扉は原則閉運用であり、開閉操作は中央制御室からの遠隔操作と現場での操作ができるよう設計する。また、開閉の際には現場管理員を配置し現場の安全を十分に確保した上で、中央制御室から閉操作するが、中央制御室からの閉止操作が出来ない場合等を考慮して、現場管理員が現場にて閉操作が可能な設計にする。

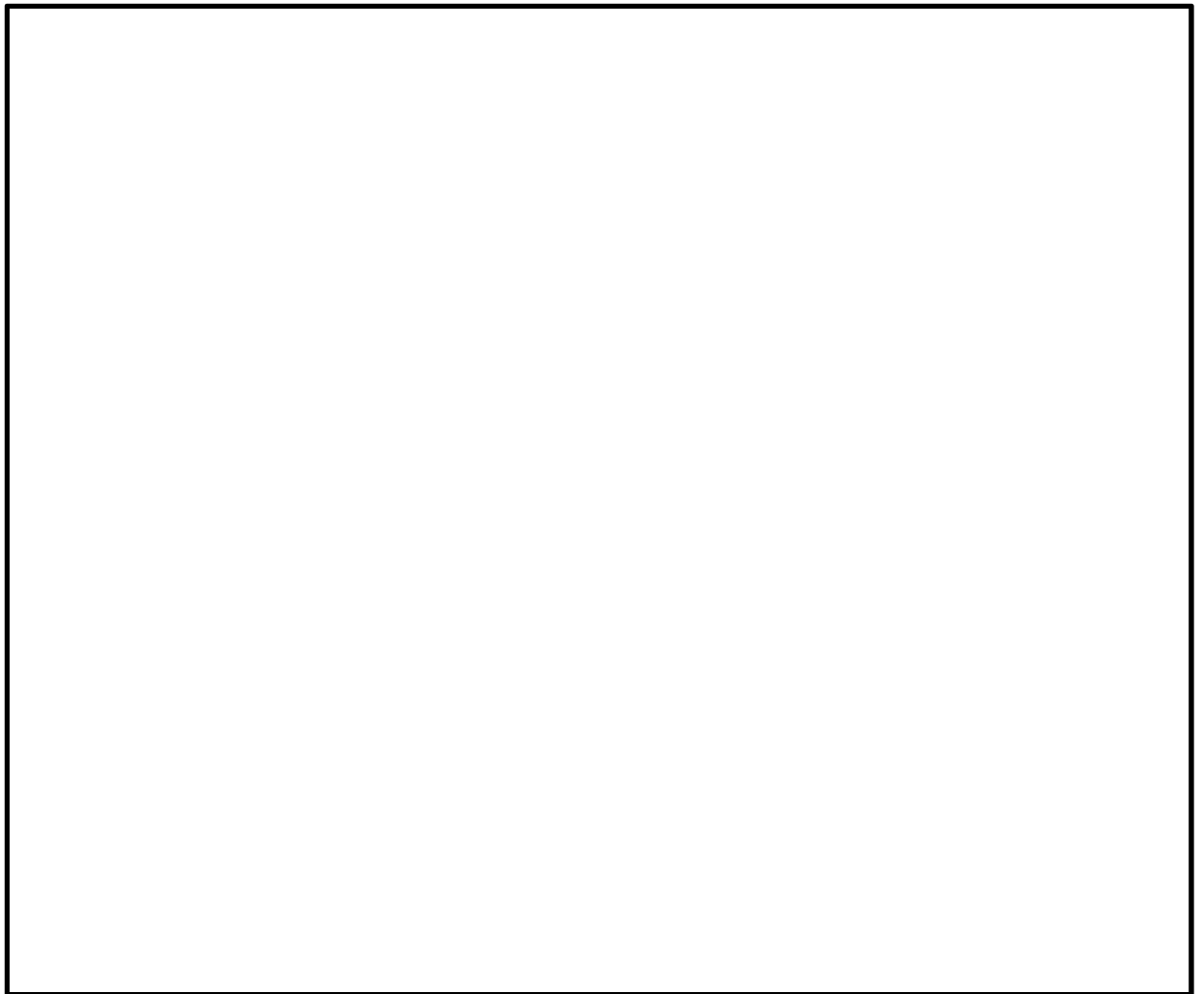
駆動方式は多重性を持たせ「電動駆動式」と「自重降下式」とし、電動駆動式に用いる電源は常用電源より供給し、電源がない場合には、電源を必要とせずに現場より閉操作できるよう自重降下式を採用している。防潮


扉に係る適用規格を以下に示す。

＜適用規格＞

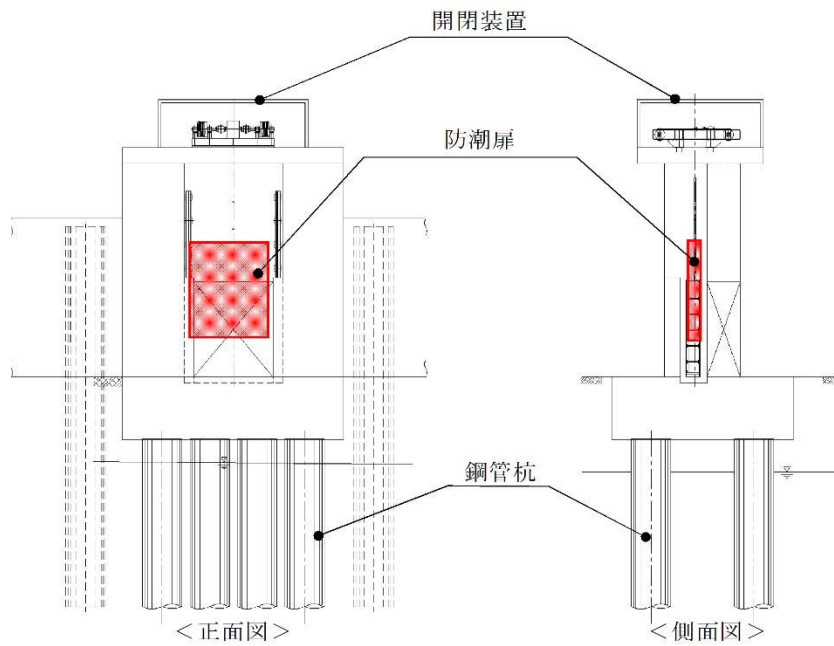
水門鉄管技術基準

ダム・堰施設技術基準（案）

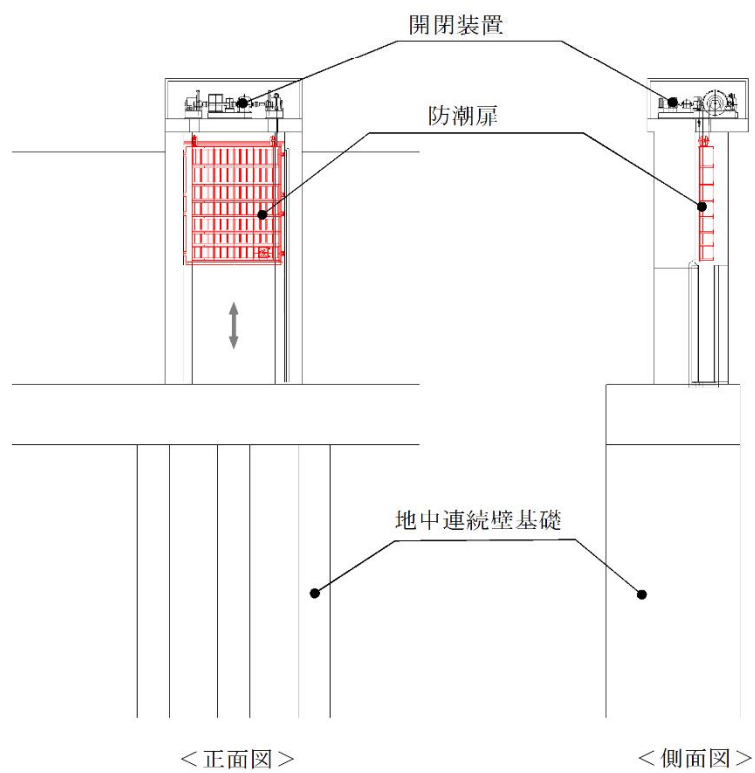


 : 防潮扉設置位置

第 1 図 防潮扉の設置位置（2箇所）



敷地南側境界部防潮扉



海水ポンプエリア防潮扉

第2図 防潮扉の構造

(2) 耐震設計方針

防潮扉本体（扉体），開閉装置については津波防護施設としての耐震 S クラスの要求から，基準地震動 S_s による地震動を考慮して設計する。

構造物と地盤との動的相互作用を考慮した 2 次元動的有効応力解析コード（FLIP）を用いて水平地震動と鉛直地震動による地震応答解析を行う。

防潮扉の閉止操作に支障を来すことがないように，各部材が弾性範囲内に留まるよう設計する。

なお，地震における動的機能維持を確認するため，振動試験を実施し健全性を担保する。

(3) 耐津波設計方針

防潮扉の遮水機能として扉体の 4 辺に水密ゴムを設置することにより，敷地への浸水を防止する構造設計とする。また，基準津波の遡上波による波圧に耐える構造設計を行う。第1表に示すとおり採用実績は多く信頼性は高い。

防潮扉の水密性は，ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）の漏水試験の算出式に準じて求める。漏えい試験装置を用いた漏えい試験を実施し水密ゴムの機能を確認するとともに，ダム・堰施設技術基準（案）の検査内容に準じた検査を実施し水密性を確保していく。第2表に水密面に係る検査内容（抜粋）を示す。また，水密ゴムの漏水試験の結果は，添付資料21 8) 止水ジョイント部（底部止水機構）に記載している。

第 1 表 スライドゲートの採用実績
(A 社製 2017 年 8 月)

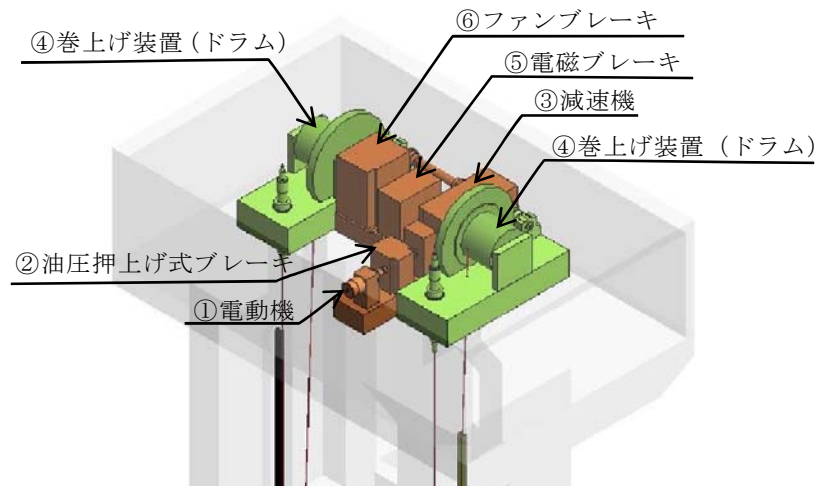
	スライドゲート (台)
一般産業	2 0
電力	1 3
合計	3 3

第2表 水密面に係る検査内容 (抜粋)

	検査内容	測定又は確認方法
寸法	水密面の鉛直度, 水平度	基準線からの変位を鋼製直尺で測定する。
	水密面の平面度	直定規, すきまゲージで測定する。
外観	水密ゴムと水密面の当たり状態	すきまゲージを用いて確認する。
	部材相互の取合いと密着具合	目視により部材の取付け位置を確認する。

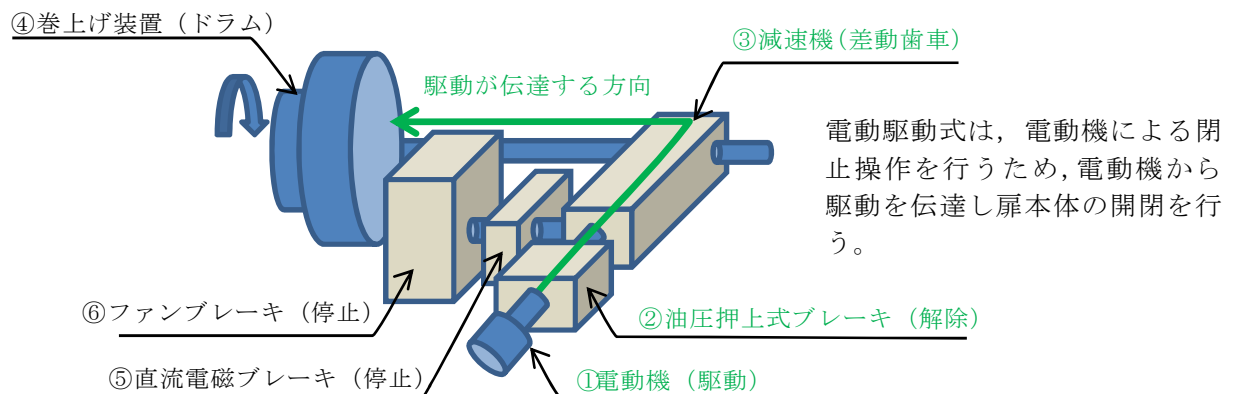
(4) 開閉装置の構造設計について

開閉装置の駆動方法は電動機による「電動駆動式」とファンブレーキによる「自重降下式」の2つの構造がある。第3図に開閉装置の構成，第4図に電動駆動式の構造及び動作原理，第5図に自重降下式の構造及び動作原理を示す。



第3図 開閉装置の構成

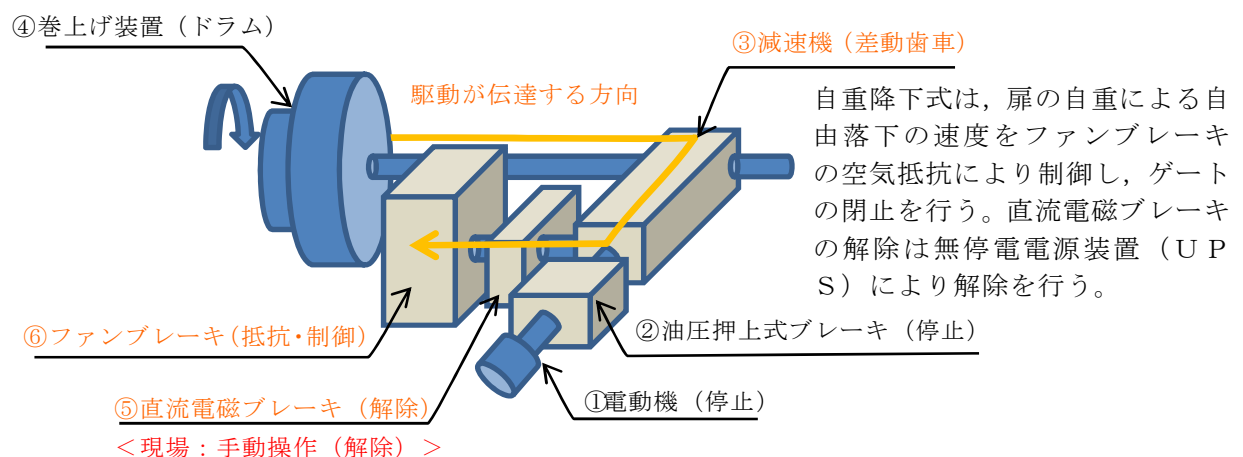
電動駆動式は，①電動機を介して起動し，②油圧押し上げ式ブレーキを解除することで，③減速機，④巻き上げ装置を介して防潮扉を開閉させる構造である（第4図参照）。



第4図 電動駆動式の構造及び動作原理（開閉操作可能）

自重降下式は、⑤直流電磁ブレーキの解除、④巻き上げ装置に引き上げられている防潮扉の自重による落下、⑥ファンブレーキによる落下速度の制御により防潮扉を閉止させる機械的な構造である。自重降下式は電動駆動用の電源を必要とせず、直流電磁ブレーキを解除できるよう無停電電源装置（UPS）を設置している。自重降下式は閉操作のみ可能である。

また、無停電電源装置（UPS）が何らかの原因で使用できない場合には、自重降下式のブレーキの操作ができなくなることから、現場監理員が現場操作にて⑤直流電磁ブレーキを解除できる設計とする。

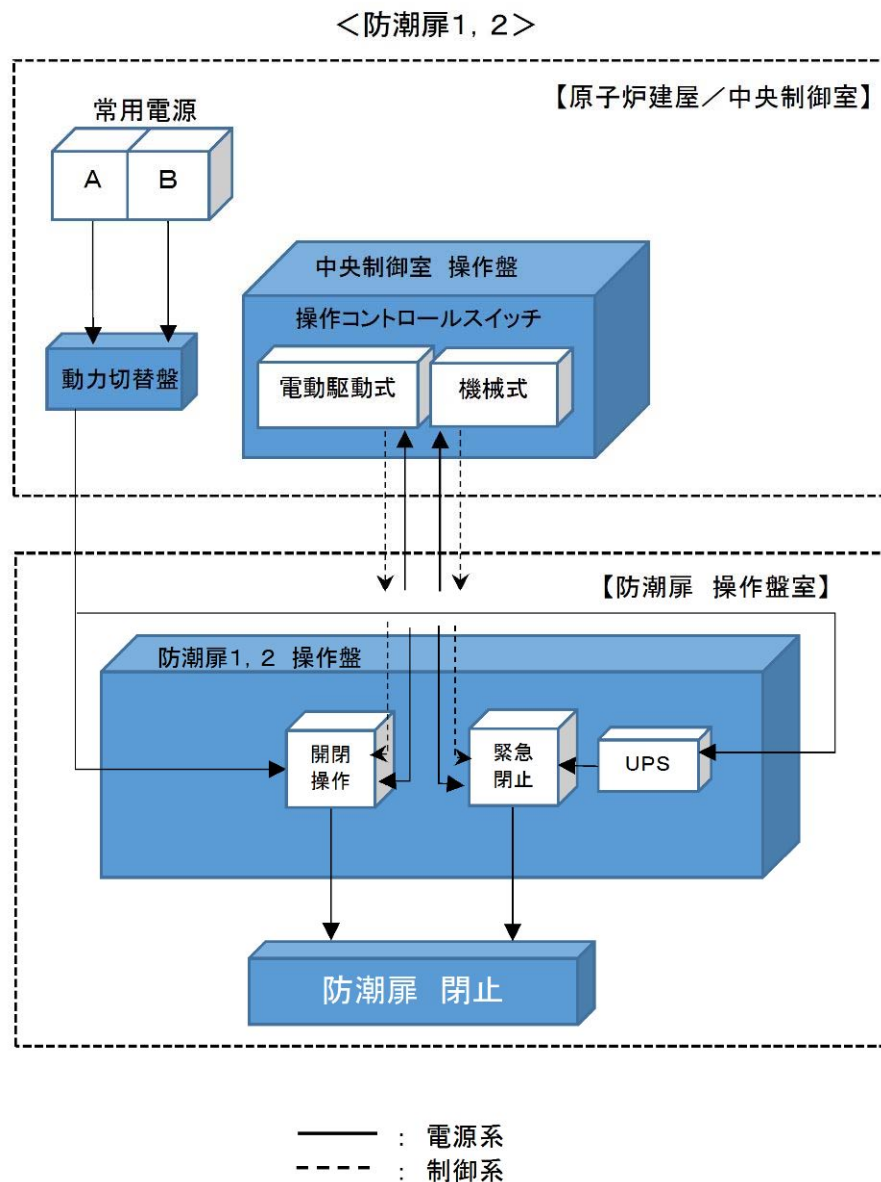


第 5 図 自重降下式の構造及び動作原理（閉操作のみ）

(5) 防潮扉の電源構成

駆動方式は前項の通り多重性を持たせ「電動駆動式」と「自重降下式」とし、電動駆動式に用いる電源は常用電源より供給する。電動駆動式が使用できない場合には自重降下式にて閉操作できる設計としている。

第6図に防潮扉電源概念図を示す。



第 6 図 防潮扉電源概念図

(6) 開閉装置の振動試験について

a. 試験目的

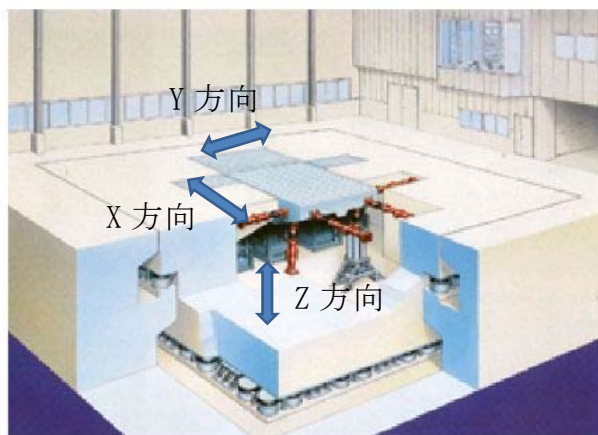
開閉装置の成立性確認のため、基準地震動 S_s の選定波を加振波として用い、実機大の防潮扉の開閉装置を用いた振動試験を行い地震後の動的機能維持を確認する。なお、詳細設計段階において開閉装置設置位置における応答スペクトルが算出された段階で、当該試験に用いた加振条件に包絡していることの確認を J E A C 4601 (2015)「4.6.3.2試験による評価の方法」に準じて行う。

b. 試験方法

振動台上に架台を設置しその上に防潮扉に設置する開閉装置を基礎ボルトで固定し、水平方向と鉛直方向とを同時加振する。第7図に大型3軸振動台の概要を示す。

振動台の仕様

加振自由度	3軸6自由度		
最大積載重量	80 t f		
テーブル寸法	X : 6m × Y : 4m		
定格	X 方向	Y 方向	Z 方向
最大変位	±300mm	±150mm	±100mm
最大加速度 (35 t 積載時)	1G (水平)	3G (水平)	1G (鉛直)



第7図 大型3軸振動台の概要

c. 試験条件

加振試験に使用する入力条件は以下のとおり。

<入力地震動の作成>

(1) 評価用地震動の選定

a. 動的機能維持評価に用いる評価用の地震動は、解放基盤表面からの地盤の特性に応じた地震動の応答スペクトルとして基準地震動 $S_s - D1$ を選定した。

b. 基準地震動 $S_s - D1$ については、防潮扉の開閉装置位置 (T.P. +22.5m) における評価が必要になることから、以下の手順にて一次元地盤応答解析 (SHAKE) にて得られた地表面応答加速度の結果を用い開閉装置位置 (T.P. +22.5m) での評価用応答スペクトルとして作成した。

①一次元地盤応答解析 (SHAKE) の地表面応答加速度における結果に対して、開閉装置位置での応答加速度を算出するため、地表面応答加速度 (SHAKE) に対する開閉装置位置での FLIP 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE の倍率) が 1.73 倍であったため、SHAKE の応答スペクトルを 1.73 倍引き上げた。

② a 項にて 1.73 倍引き上げた SHAKE の応答スペクトルに対し、評価用に基準地震動 S_s 8 波の全周期帯を包絡させるスペクトルが必要なことから、全周期帯を包絡するように応答スペクトルを 2.59 倍した応答スペクトルを作成した。

③その結果、一次元地盤応答解析 (SHAKE) の応答スペクトルに対し 4.49 倍したものを評価用の応答スペクトルとした。

(2) 確認用地震動の選定

a. 確認用として、一次元地盤応答解析 (SHAKE) による地表面
応答加速度の結果から位相特性による設備への影響を確認す
るため、最大応答加速度が最も大きくなる S_s-22 (鉛直方
向最大) 及び S_s-31 (水平方向最大) について選定した。

b. S_s-22 (鉛直方向最大) 及び S_s-31 (水平方向最
大) については、基準地震動 S_s-D1 と同様に防潮扉の開閉
装置位置 (T.P. +22.5m) における評価を行うため、以下の手
順にて一次元地盤応答解析 (SHAKE) にて得られた、地表面加
速度の結果を用い開閉装置位置 (T.P. +22.5m) での確認用応
答スペクトルとして作成した。

①一次元地盤応答解析 (SHAKE) の地表面応答加速度における結
果に対して、開閉装置位置の応答加速度を算出するため、地
表面応答加速度 (SHAKE) に対する開閉装置位置でのFLIP応答
加速度の倍率 (FLIP/SHAKEの倍率) が0.93倍 (S_s-22),
1.73倍 (S_s-31) であったため、SHAKEの応答スペクトルを
各々引き上げた。

②更に、a. 項にて引き上げた応答スペクトルに対し位相特性
による影響を確認する必要があることから、応答スペクト
ルに対し2倍したものを確認用応答スペクトルとした。な
お、 S_s-22 については、振動試験装置の性能上1.61倍と
した。

地震波における加振条件について、評価用を第3表に、確認用を第4表に示す。また、第8図に模擬地震波の加速度応答スペクトルを示す。なお、振動台の性能から高倍率の加振条件においては、各構成部品の固有周期が有しない範囲についてはフィルター処理を実施した。

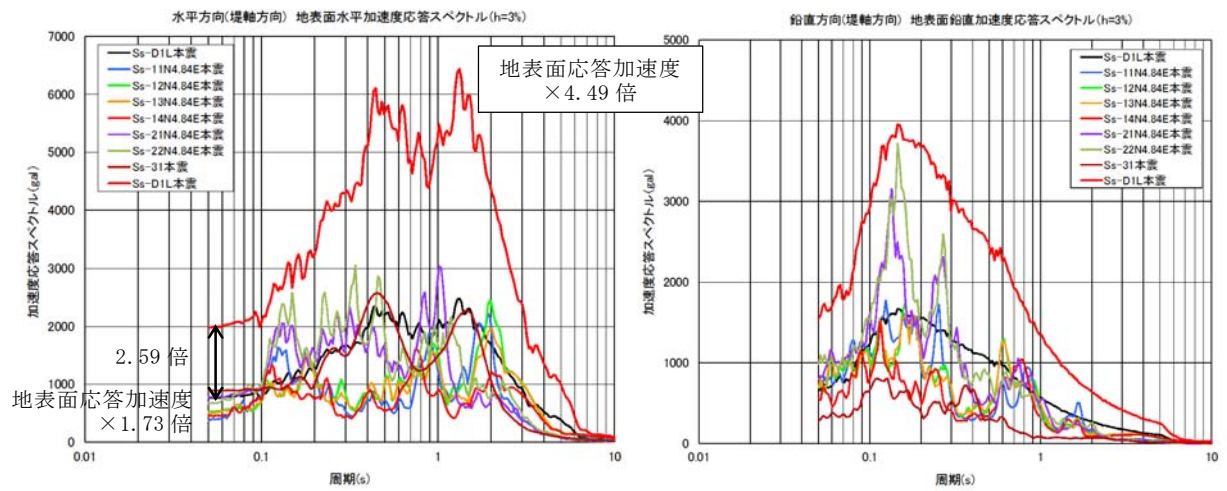
第3表 地震波における加振条件（評価用）

地震波	①地表面位置に対する 開閉装置位置での 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE)	②地表面応答加速度 (SHAKE) の全周期帯 を包絡するための倍率	③振動台への 入力地震動の倍率 (①×②)
S _s －D 1	地表面応答加速度 ×1.73	①で作成した応答 スペクトル ×2.59	地表面応答加速度 ×4.49

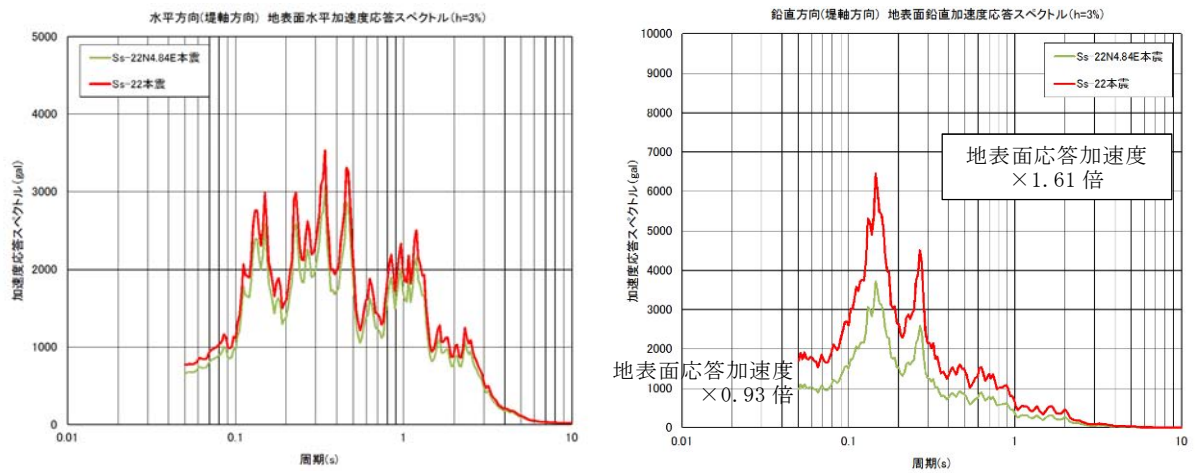
第4表 地震波における加振条件（確認用）

地震波	①地表面位置に対する 開閉装置位置での 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE)	②振動台への 入力地震動の倍率 <2倍> (①<②)
S _s －2 2	地表面応答加速度 ×0.93	地表面応答加速度 ×1.61 [※]
S _s －3 1	地表面応答加速度 ×1.73	地表面応答加速度 ×2

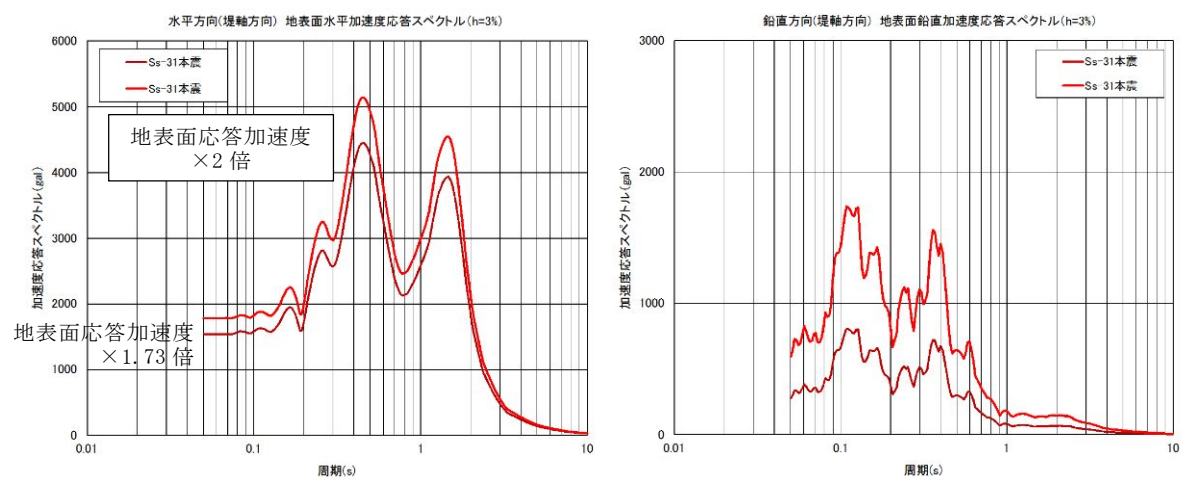
※振動試験装置の性能上 1.61 倍とした。



S_s - D 1 (評価用：入力地震動)



S_s - 2 2 (確認用：鉛直方向最大)



S_s - 3 1 (確認用：水平方向最大)

第8図 模擬地震波の加速度応答スペクトル

d. 試験装置

防潮扉の開閉装置の中でも最大な設備を選定し、開閉装置のワイヤーの巻き上げ装置については、駆動軸の長いワイヤーの巻き上げ装置側を製作した。

また、ワイヤー巻き上げ装置には扉の荷重を模擬するため巻き上げ装置の下部にトルク装置を設置し扉の荷重を模擬し試験を実施した。

試験に用いた開閉装置の概要は以下の通り。第9図に開閉装置の試験装置（全景）を示す。

＜試験装置の構成＞

◆開閉装置（減速機，直流電磁ブレーキ，ファンブレーキ，他） 1 式

◆制御盤 1 式



第9図 開閉装置の試験装置（全景）

e. 試験結果

試験前及び加振試験後に外観点検を実施し異常のないことを確認した。

また、試験後の動作確認においても試験装置上に設置している操作盤より操作を実施し異常なく開閉装置が動作する事を確認した。

3. 防潮扉の運用について

(1) 防潮扉を開閉する場合の体制

防潮扉を開閉する場合には、作業管理体制に基づいた現場管理員を現場に配置し実施する。また、防潮扉の開閉の運用については、保安規定に定め管理する。

(2) 防潮扉を開閉する場合の操作手順

駆動方式による開閉手順は以下の通り。

a. 電動駆動式による開閉操作の手順

開閉操作する場合は、該当する作業件名の作業管理体制に基づき現場の安全を十分に確保（現場管理員が確認）したのち、発電長の許可を得て中央制御室より行う。閉止時間は操作開始後約10分後である。

b. 自重降下式による開閉操作の手順

開閉操作中に閉止操作ができない場合又は、大津波警報等が発表された場合には、現場管理員により「自重降下式」による閉止操作が可能である。

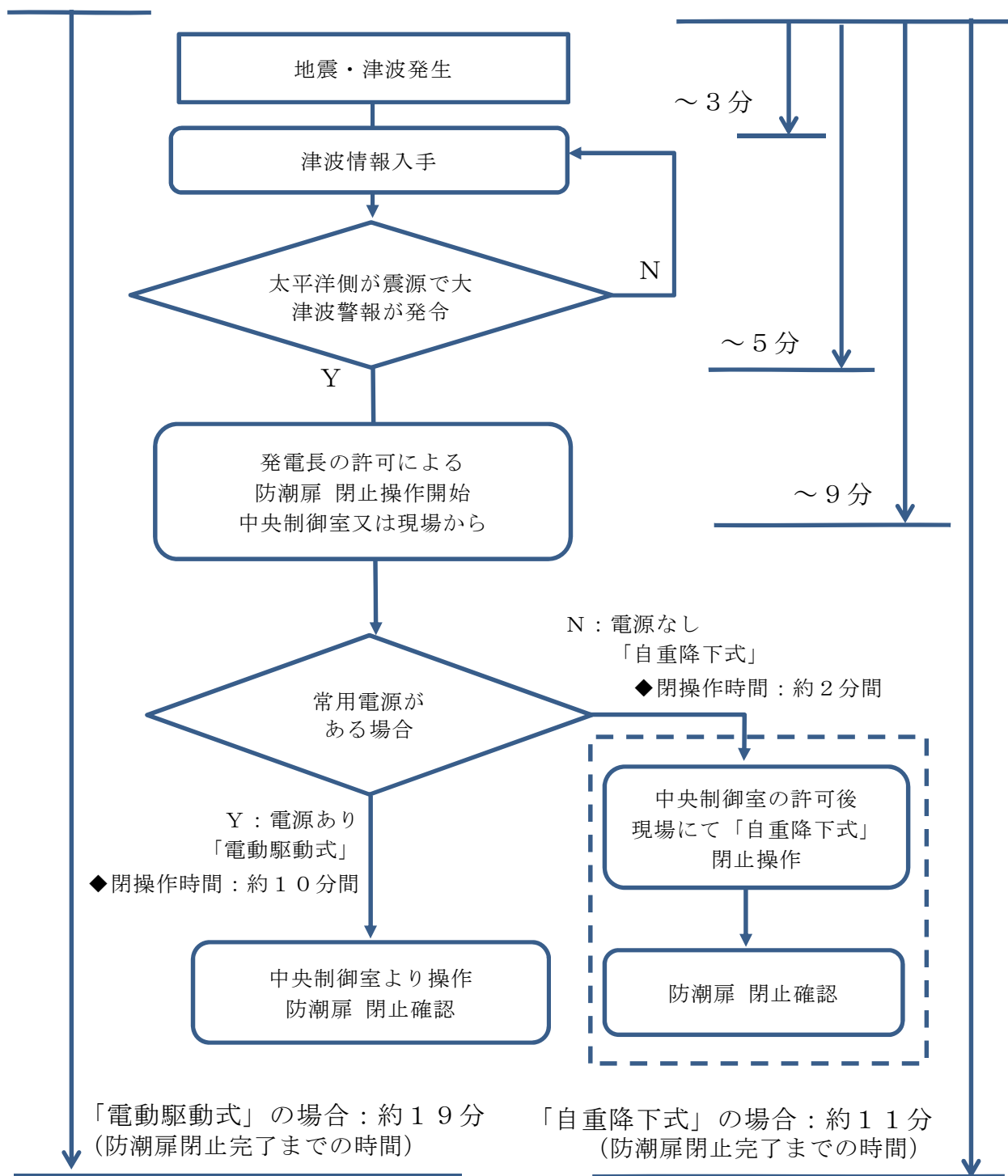
操作は、該当する作業管理体制に基づき現場の安全を十分に確保したのち、発電長の許可を得てから、現場にて「自重降下式」の操作を実施する。「自重降下式」による閉止時間は操作開始後約2分である。第10図に防潮扉閉止操作フローを示す。

防潮扉の閉止操作時間は、地震・津波発生から電動駆動式の場合で約19分、自重降下式の場合で約11分である。基準津波による津波の到達時間は約37分であるため、到達までに防潮扉を閉止することができる。

(3) 防潮扉の開閉の頻度について

防潮扉は常時閉運用であることから、年に1回の定期検査にて開閉動作が適切に可能であることを確認する。その他、開閉する場合は以下のとおり。

- ・ 災害発生時 ： 災害， 人身火災， 隣接事業所との災害協力
- ・ 重大事故等時： 海上モニタリングの実施に伴い小型船舶を着水箇所まで運搬する場合（小型船舶を東海港に運搬するルートが通行不可な場合の別ルートとして設定）
- ・ そ の 他 ： 緊急を要し発電長が認めたもの



第10図 防潮扉閉止操作フロー

【参考】

＜防潮扉の漏水量評価＞

防潮扉からの許容漏えい量に対する漏水量評価を実施し、敷地内へ浸水した場合の影響について評価する。漏水量の評価対象は、津波の水圧を大きく受ける海水ポンプエリアの防潮扉とする。

○漏水量の算出式（ダム・堰施設技術基準（案））

$$W = 10.2 L \times P = 10.2 \times 855 \times 0.153 = 1.34 \text{ } \ell/\text{min}$$

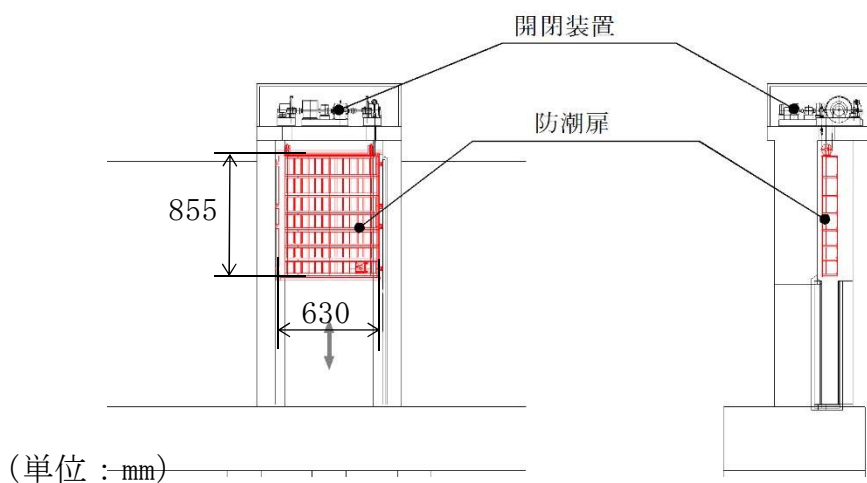
W：漏水量（mℓ/min）

P：設計圧力（MPa） ⇒ 津波高さT.P. +17.9m－設置位置T.P. +2.8m
=15.1m ⇒ 0.154MPa

L：長辺の長さ（cm） ⇒ 長辺855cm（第11図）

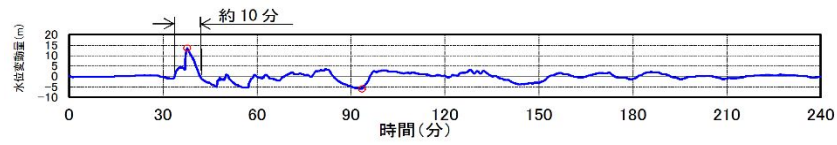
漏水量の算出式に基づき基準津波の継続時間を約10分とした場合、約13.5 ℓの漏えい量となり、海水ポンプエリア内に13.5 ℓ浸水したとしても、ごく僅かであり安全機能に影響を与える漏水量ではない。

○防潮扉（海水ポンプ室）の長辺の長さ



第 11 図 防潮扉の寸法図

○継続時間　：　約 10 分　（取水口前面）



○許容高さ　：　T.P. 約+6.6m　（海水ポンプ室壁高さ）

○浸水エリア：　海水ポンプ室浸水エリアを第 12 図に示す。



第 12 図　海水ポンプ浸水エリア

耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて

東海第二発電所において設置する津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備については、設置許可基準規則及び関連審査ガイドに記載される下記事項を考慮した上で荷重の組合せを設定する。

	記載箇所	記載内容	考慮する荷重
1	耐震審査ガイド※ ¹ 6.3.1及び6.3.2	常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力を組合せること。	・常時荷重 ・地震荷重
2	耐震審査ガイド※ ¹ 6.3.3	地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮すること。	・地震荷重 ・津波荷重
3	耐津波審査ガイド※ ² 5.1	耐津波設計における荷重の組合せを適切に考慮して、津波と余震荷重が考慮されていること。	・常時荷重 ・津波荷重 ・余震荷重
4	耐津波審査ガイド※ ² 5.4.2	津波による波圧及び漂流物の衝突による荷重の組合せを考慮して設計すること。	・津波荷重 ・漂流物衝突荷重
5	耐津波審査ガイド※ ² 5.3	津波監視設備については、地震荷重・風荷重の組合せを考慮すること。	・地震荷重 ・風荷重
6	設置許可基準規則 第6条	重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼす恐れがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。	・その他自然現象による荷重

※ 1 : 「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」

※ 2 : 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」

1. 考慮する荷重について

(1) 常時荷重

常時作用している荷重として、自重、積載荷重及び海中施設に対する静水圧等を考慮する。

なお、当該施設・設備に運転時の荷重が作用する場合は、運転時荷重を考慮する。

(2) その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）

各荷重は「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」に規定する設計基準風速の風荷重、設計基準積雪量の積雪荷重、降下火砕物による荷重を考慮する。

風荷重は、建築基準法及び同施行令第87条第2項及び第4項に基づく建設省告示第1454号を参照し、設計基準風速を風荷重として考慮する。ただし、竜巻による風荷重又は降下火砕物による荷重については、「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において外部事象防護対象施設に該当する施設・設備について考慮する。

(3) 津波荷重（静）

津波による浸水に伴う静水圧（水頭）を考慮する。

(4) 津波荷重（動・突き上げ）

津波の波圧が水路等の経路を経由して作用する場合は、経路の応答圧力（水頭）として動水圧及び静水圧によって鉛直上向きに作用する荷重を考慮する。

(5) 津波荷重（動・波圧）

津波の波力が直接作用する場合は、津波高さ又は津波の浸水深による静水圧並びに動水圧として作用する津波の波圧による荷重を考慮する。

(6) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s に伴う地震力を考慮する。

(7) 余震荷重

余震荷重として、弾性設計用地震動 $S_d - D1$ に伴う地震力を考慮する。

なお、施設が浸水した状態で余震が発生した場合の動水圧荷重（スロッシング荷重）も合わせて考慮する。

(8) 漂流物衝突荷重

漂流物の衝突荷重を考慮する。

2. 荷重の組合せ

(1) 荷重の組合せの考え方

荷重の組合せの設定に当たっては、施設・設備の設置状況を考慮し、以下の考え方により組合せを設定する。

a. 設置場所

屋内又は海中に設置する施設・設備については、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）の影響を受けないため考慮は不要とする。

b. 津波荷重の種別

津波の波力の影響を受けない施設・設備については、津波荷重として、「津波荷重（静）」を考慮する。

津波の波力の影響を受ける施設・設備については、津波荷重として動水圧を考慮する。直接波力が作用する施設・設備については、「津波荷重（動・波圧）」を考慮する。経路を経由して波圧が作用する施設・設備については、「津波荷重（動・突き上げ）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

漂流物の衝突が想定される施設・設備については「漂流物衝突荷重」を考慮する。

3. 各施設・設備の設計において考慮する荷重の組合せ

各施設・設備に展開し，津波防護施設及び浸水防止設備の設計に当たって考慮する荷重の組合せを以下のとおり整理する。第1表に各施設・設備の荷重の組合せを示す。

(1) 防潮堤及び防潮扉

防潮堤及び防潮扉は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋外の設置であるため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の波力を直接受けることから，津波荷重（動・波力）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

漂流物の衝突が想定されるため，漂流物の衝突荷重を考慮する。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波圧）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波圧）＋余震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波圧）＋漂流物衝突荷重

なお，防潮堤及び防潮扉は外部事象防護対象施設には該当しないが，津波防護に対する重要性を鑑み，自主的に竜巻による風荷重及び降下火砕物荷重を考慮する。

上記のほか、防潮堤及び防潮扉の設計においては、安全側の評価を行う観点から、常時荷重、津波荷重、余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せの影響を考慮する（詳細については、詳細設計段階で検討する。）。なお、津波荷重と余震荷重の組合せにおいては、最大荷重が同時に作用する可能性が小さいことから、津波により浸水している状態で余震が発生することを想定し、津波荷重は入力津波による浸水高さに応じた静水圧とする。

(2) 放水路ゲート

放水路ゲートは、その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋外の設置であるため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

荷重を受ける方向は鉛直上向き以外の方向もあるが、津波の波力を放水路を経由して受けるため、経路の応答圧力による荷重が支配的であり、津波荷重（動・突き上げ）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

放水口の開口からの漂流物は想定されないため、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(3) 構内排水路逆流防止設備

構内排水路逆流防止設備は、その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋外の設置であるため、その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については、設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

構内排水路逆流防止設備は、防潮堤の前面に設置されているため、津波の波力を直接受けると考え、津波荷重（動・波力）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

集水枡内に設置するため、漂流物の到達は想定されないため、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波力）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波力）＋余震荷重

(4) 貯留堰

貯留堰は、その設置状況より以下のとおり整理される

a. 設置場所

海中の設置であるため、その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）は考慮しない。

海中の設置であるため、貯留堰天端高さより上方の水頭を積載荷重として考慮する。

b．津波荷重の種別

津波の波力を直接受けることから、津波荷重（動・波力）を考慮する。

c．漂流物衝突の有無

漂流物の衝突が想定されるため、漂流物の衝突荷重（押し波時及び引き波時）を考慮する。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・常時荷重＋津波荷重（動・波圧）
- ・常時荷重＋津波荷重（動・波圧）＋余震荷重
- ・常時荷重＋津波荷重（動・波圧）＋漂流物衝突荷重

上記のほか、貯留堰の設計においては、安全側の評価を行う観点から、常時荷重、津波荷重、余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せの影響を考慮する（詳細については、詳細設計段階で検討する。）。)

(5) 取水路点検用開口部浸水防止蓋

取水路点検用開口部浸水防止蓋は、その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外の設置のため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b．津波荷重の種別

津波の波力が取水路を経由して鉛直上向きに作用するため、津波荷重（動・突き上げ）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

取水路の上版への設置であり，漂流物の到達が想定されないため，漂流物の衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(6) 海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁，取水ピット空気抜き配管逆止弁

海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁及び取水ピット空気抜き配管逆止弁は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋外の設置であるため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の波力が取水路を経由して，鉛直上向きに作用するため，津波荷重（動・突き上げ）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

取水ピット上版への設置であり，漂流物の到達が想定されないため，漂流物の衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(7) 放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋

放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外の設置のため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

b．津波荷重の種別

津波の波力が放水路を経由して，鉛直上向きに作用するため，津波荷重（動・突き上げ）を考慮する。

c．漂流物衝突の有無

放水路の上版への設置であり，漂流物の到達が想定されないため，漂流物の衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(8) S A用海水ピット開口部浸水防止蓋

S A用海水ピット開口部浸水防止蓋は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外の設置であるため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の波力がS A用海水ピット用取水塔及び海水引込み管を
經由して、鉛直上向きに作用するため、津波荷重（動・突き上げ）
を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

S A用海水ピット上部開口部への設置であり、漂流物の到達
が想定されないため、漂流物の衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(9) 緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋，緊急用海水
ポンプグランドドレン排水口逆止弁，緊急用海水ポンプ室床ドレ
ン排水口逆止弁

緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋，緊急用海水
ポンプグランドドレン排水口逆止弁及び緊急用海水ポンプ室床ド
レン排水口逆止弁は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋内の設置のため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪
荷重等）は考慮しない。

なお，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋，緊急
用海水ポンプグランドドレン排水口逆止弁及び緊急用海水ポン
プ室床ドレン排水口逆止弁は屋内の設置であり，火山防護施設
ではないため，降下火砕物荷重は考慮しない。

b. 津波荷重の種別

津波の波力がS A用海水ピット用取水塔，海水引込み管，S A用海水ピット及び緊急用海水取水管を經由して受け，鉛直上向きに作用するため，津波荷重（動・突き上げ）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

緊急用海水ポンプピットの上版への設置であり，漂流物の到達が想定されないため，漂流物の衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(10) 海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋

海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋外の設置であるため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であり，非常用海水系配管（戻り管），屋外タンク等の損傷に起因する溢水による浸水のため，津波荷重（静）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であるため、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（静）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（静）＋余震荷重

(11) 常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉

常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は、その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋内の設置のため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮しない。

なお、常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉は屋内の設置であり、火山防護施設ではないため、降下火砕物荷重は考慮しない。

b. 津波荷重の種別

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であり、非常用海水系配管（戻り管）、屋外タンク等の損傷に起因する溢水による浸水のため、津波荷重（静）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であるため、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）

- ・ 常時荷重＋津波荷重（静）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（静）＋余震荷重

(12) 海水ポンプ室貫通部止水処置，原子炉建屋境界貫通部止水処置

海水ポンプ室貫通部止水処置及び原子炉建屋境界貫通部止水処置は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外又は屋外との境界の設置であるため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

b．津波荷重の種別

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であり，循環水系配管，非常用海水系配管（戻り管），屋外タンク等の損傷に起因する溢水による浸水のため，津波荷重（静）を考慮する。

c．漂流物衝突の有無

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であるため，漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（静）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（静）＋余震荷重

(13) 常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置

常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置は，その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋内の設置のため，その他自然現象による荷重（風荷重，積雪

荷重等）は考慮しない。

なお、常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）貫通部止水処置は屋内の設置であり、火山防護施設ではないため、降下火砕物荷重は考慮しない。

b．津波荷重の種別

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であり、非常用海水系配管（戻り管）、屋外タンク等の損傷に起因する溢水による浸水のため、津波荷重（静）を考慮する。

c．漂流物衝突の有無

津波が遡上又は流入しない箇所への設置であるため、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・常時荷重＋津波荷重（静）
- ・常時荷重＋津波荷重（静）＋余震荷重

(14) 防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置は、その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外の設置であるため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b．津波荷重の種別

防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置は、防潮堤の前面に設置されているため、津波の波力を直接受けると考え、津波荷重

(動・波力)を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

防潮堤及び防潮扉の下部への設置となり防潮堤前面に位置するが、構造(形状)より漂流物が直接貫通部止水処置に衝突するとは考え難いことから、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重 (S_s)
- ・ 常時荷重＋津波荷重 (動・波力)
- ・ 常時荷重＋津波荷重 (動・波力) ＋ 余震荷重

(15) 津波・構内監視カメラ

津波・構内監視カメラは、その設置状況より以下のとおり整理される。

a. 設置場所

屋外の設置ため、その他自然現象による荷重(風荷重、積雪荷重等)については、設備の設置状況、構造(形状)等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波が遡上又は流入しない防潮堤内側に設置するため、津波荷重は考慮しない。

c. 漂流物衝突の有無

津波が遡上又は流入しない防潮堤内側に設置するため、漂流物衝突荷重は考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重 (S_s)

(16) 取水ピット水位計

取水ピット水位計は、その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外の設置であるため、その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については、設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b．津波荷重の種別

津波の波力が取水路を經由して、鉛直上向きに作用するため、津波荷重（動・突き上げ）を考慮する。

c．漂流物衝突の有無

取水ピットへの設置であり、漂流物の到達は想定されないため、漂流物衝突荷重を考慮しない。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）
- ・常時荷重＋津波荷重（動・突き上げ）＋余震荷重

(17) 潮位計

潮位計は、その設置状況より以下のとおり整理される。

a．設置場所

屋外の設置であるため、その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）については、設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

b．津波荷重の種別

潮位計は、取水路の取水口側に設置されているため、津波の波力を直接受けると考え、津波荷重（動・波力）を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

取水路内への設置であり，漂流物の到達は想定されないため，漂流物衝突荷重を考慮しない。

上記を考慮し，以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波圧）
- ・ 常時荷重＋津波荷重（動・波圧）＋余震荷重

第1表 各施設・設備の荷重の組合せ (1/4)

施設・設備	荷重の組合せ	常時 荷重	その他自然現象によ る荷重※	津波荷重			地震 荷重	余震 荷重	漂流物衝 突荷重	備 考
				静	動 突き上げ	動 波圧				
防潮堤及び 防潮扉	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動波圧）	○	○			○				
	常時＋津波（動波圧）＋余震	○	○			○		○		
	常時＋津波（動波圧）＋漂流物	○	○			○			○	
放水路 ゲート	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
	常時＋地震	○	○				○			
構内排水路 逆流防止設 備	常時＋津波（動波圧）	○	○			○				
	常時＋津波（動波圧）＋余震	○	○			○		○		
	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動波圧）	○	○							
貯留堰	常時＋津波（動波圧）＋余震	○	○			○				
	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動波圧）	○	○			○				
	常時＋津波（動波圧）＋余震	○	○			○		○		
取水路点検 用開口部浸 水防止蓋	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
	常時＋津波（動波圧）＋漂流物	○	○			○			○	
海水ポンプド レン排出 逆止弁	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
	常時＋地震	○	○				○			
取水ピット 空気抜き配 管逆止弁	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動波圧）	○	○							

※その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）は，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

第1表 各施設・設備の荷重の組合せ (2/4)

施設・設備	荷重の組合せ	常時 荷重	その他自然現象によ る荷重※	津波荷重			地震 荷重	余震 荷重	漂流物衝 突荷重	備 考
				静	動 突き上げ	動 波圧				
放水路ゲート開口部浸水防止蓋	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
SA用ピット開口部浸水防止蓋	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	常時＋地震	○					○			屋内の設置のため、その他自然現象に伴う荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮しない。
	常時＋津波（動突き上げ）	○			○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○			○			○		
緊急用海水ポンプドレン排水出口逆止弁	常時＋地震	○					○			屋内の設置のため、その他自然現象に伴う荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮しない。
	常時＋津波（動突き上げ）	○			○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○			○			○		
緊急用海水ポンプ室床ドレン排水出口逆止弁	常時＋地震	○					○			屋内の設置のため、その他自然現象に伴う荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮しない。
	常時＋津波（動突き上げ）	○			○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○			○			○		
海水ポンプ室ケーシング点検口浸水防止蓋	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（静）	○	○	○						
	常時＋津波（静）＋余震	○	○	○				○		

※その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

第1表 各施設・設備の荷重の組合せ (3/4)

施設・設備	荷重の組合せ	常時 荷重	その他自然現象によ る荷重※	津波荷重			地震 荷重	余震 荷重	漂流物衝 突荷重	考 備
				静	動 突き上げ	動 波圧				
常設代替高 圧電源装置 用カルバー ト原子炉建 屋側水密扉	常時＋地震	○					○			
	常時＋津波（静）	○		○						
	常時＋津波（静）＋余震	○		○				○		
海水ポンプ 室貫通部止 水処置	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（静）	○	○	○						
	常時＋津波（静）＋余震	○	○	○				○		
原子炉建屋 境界貫通部 止水処置	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（静）	○	○	○						
	常時＋津波（静）＋余震	○	○	○				○		
常設代替高 圧電源装置 用カルバー ト（立坑部） 貫通部止水 処置	常時＋地震	○					○			
	常時＋津波（静）	○		○						
	常時＋津波（静）＋余震	○		○				○		
防潮堤及び 防潮扉下部 貫通部止水 処置	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動波圧）	○	○			○				
	常時＋津波（動波圧）＋余震	○	○			○		○		

※その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。

第1表 各施設・設備の荷重の組合せ（4／4）

施設・設備	荷重の組合せ	常時 荷重	その他自然現象によ る荷重※	津波荷重			地震 荷重	余震 荷重	漂流物衝 突荷重	備 考
				静	動 突き上げ	動 波圧				
津波・構内 監視カメラ 取水ピット 水位計	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋地震	○	○				○			
	常時＋津波（動突き上げ）	○	○		○					
	常時＋津波（動突き上げ）＋余震	○	○		○			○		
潮位計	常時＋地震	○	○				○			

※その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）は，設備の設置状況，構造（形状）等の条件を含めて，適切に組合せを考慮する。

防潮堤及び貯留堰における津波荷重の設定方針について

目 次

1. 津波荷重の算定式
 - (1) 津波波圧算定式に関する文献の記載
2. 東海第二発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握について
 - (1) 分裂波発生に関する検討
 - (2) 水理模型実験
 - (3) 水理模型実験結果の検証（再現性検討）
 - (4) まとめ
3. 津波波圧算定式適用に対する考え方
 - (1) 防潮堤及び防潮扉
 - (2) 貯留堰

1. 津波荷重の算定式

津波防護施設の津波荷重の算定式は、朝倉ら（2000）の研究を元にした「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 25 年 10 月）」や「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）等を参考に設定する。以下に，参考にした文献の津波荷重算定式の考え方と津波防護施設への適用を示す。

(1) 津波波圧算定式に関する文献の記載

- a. 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年）

構造設計用の進行方向の津波波圧は，次式により算定する。

$$q_z = \rho_g (a h - z)$$

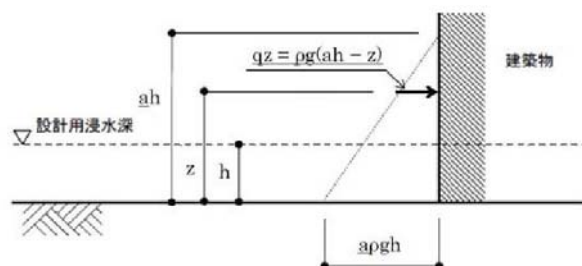
（第 1 図）

h ：設計用浸水深

z ：当該部分の地盤面からの高さ（ $0 \leq z \leq a h$ ）

a ：水深係数

ρ_g ：海水の単位体積重量



第 1 図 津波波圧算定図

- b. 港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（平成 25 年 10 月）

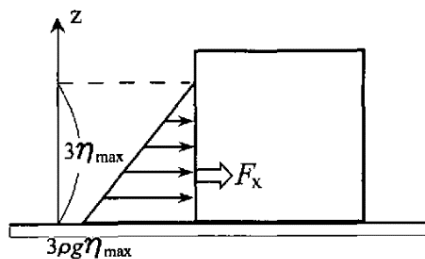
文献 a. に基づく。ただし，津波が生じる方向に施設や他

の建築物がある場合や、海岸等から 500m 以上離れている場合において、水深係数は 3 以下にできるとしている。

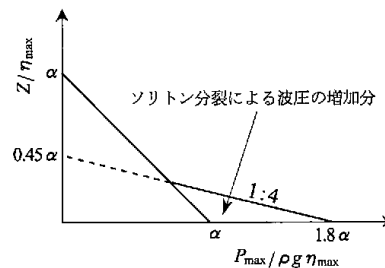
c. 朝倉ら(2000)：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，土木学会，911-915

直立護岸を越流した津波の遡上特性から護岸背後の陸上構造物に作用する津波波圧について実験水路を用いて検討している。

その結果，非分裂波の場合，フルード数が 1.5 以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標（遡上水深に相当する静水压分布の倍率） α は最大で 3.0 となるとしている。一方，ソリトン分裂波の場合は，構造物前面に働く津波波圧は，構造物底面近傍で非分裂波の α を 1.8 倍した値となるとしている（第 2 図及び第 3 図）。



第 2 図 非分裂波の場合の津波水平波圧



第 3 図 分裂波の無次元最大波圧分布

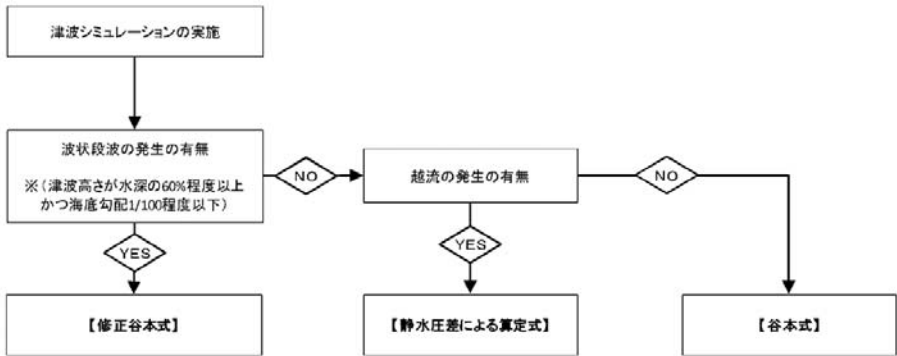
d. N R A 技術報告「防潮堤に作用する津波波圧評価に用いる水深係数について」（平成 28 年 12 月）

持続波圧を対象としてフルード数が 1 を超える場合の防潮堤に対する作用波圧の評価方法を明確にするため，水理試験及び解析を実施した結果，従来の評価手法でフルード数

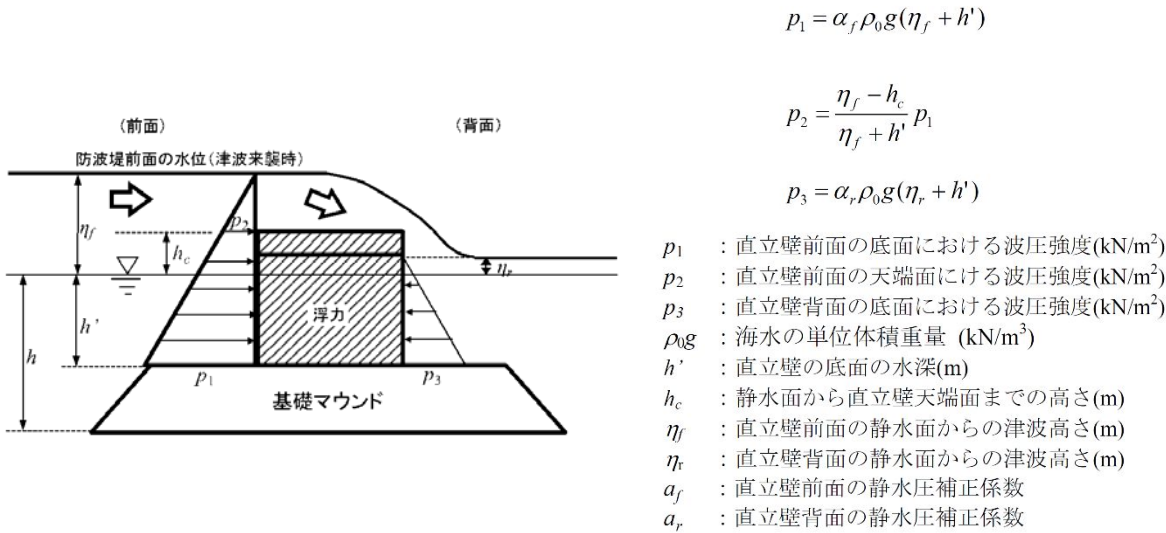
が 1 以下になることが確認できれば，水深係数は 3 を適用できるとされている。

e. 防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）

防波堤の津波波圧の適用の考え方として，ソリトン分裂波が発生する場合は修正谷本式を，そうでない場合において津波が防波堤を越流する場合には静水圧差による算定式を，越流しない場合は谷本式を用いることとしている（第 4 図～第 5 図）。



第 4 図 防波堤に対する津波荷重算定手順



第 5 図 静水圧差による算定式（越流する場合）

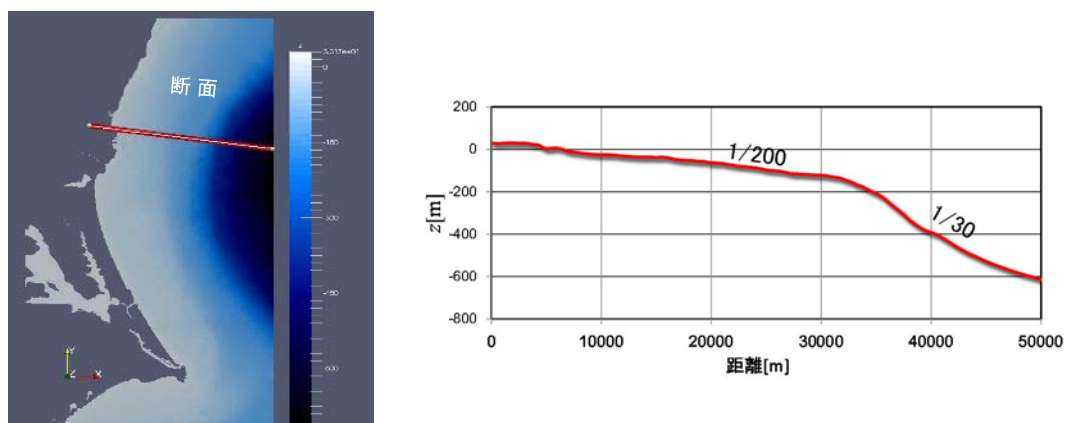
2. 東海第二発電所のサイト特性を反映した防潮堤に作用する津波波圧の把握について

(1) 分裂波発生に関する検討

沖合から伝播してくる津波が、サイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定に当たっては、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において以下の2つの条件に合致する場合、ソリトン分裂波が発生するとされている。

- ① おおむね入射津波高さが水深の30%以上（津波数値解析等による津波高さが水深の60%以上）
- ② 海底勾配が1/100以下程度の遠浅

東海第二発電所前面の海底地形は約1/200勾配で遠浅であり、入射波津波高さと水深の関係も入射津波高さが水深の30%以上であることから、両方の条件に合致する（第6図及び表1）。そこで、沖合におけるソリトン分裂波及び砕波の発生の有無や陸上へ遡上する過程での減衰の状況と防潮堤が受ける津波波圧への有意な影響の有無を定量的に確認するため、東海第二発電所のサイト特性を考慮した水理模型実験を行い、防潮堤が受ける波圧分布等を測定した。



第 6 図 海底地形断面位置図及び海底地形断面図

第 1 表 津波高さと水深の関係

地点	(1) 水深	(2) 入射津波高さ※	(2) / (1)
東海第二発電所前面	7.5m	4.7m	62%

※津波数値解析による津波高さの 1/2 を入射津波高さと定義（防潮堤の耐津波ガイドライン）

(2) 水理模型実験

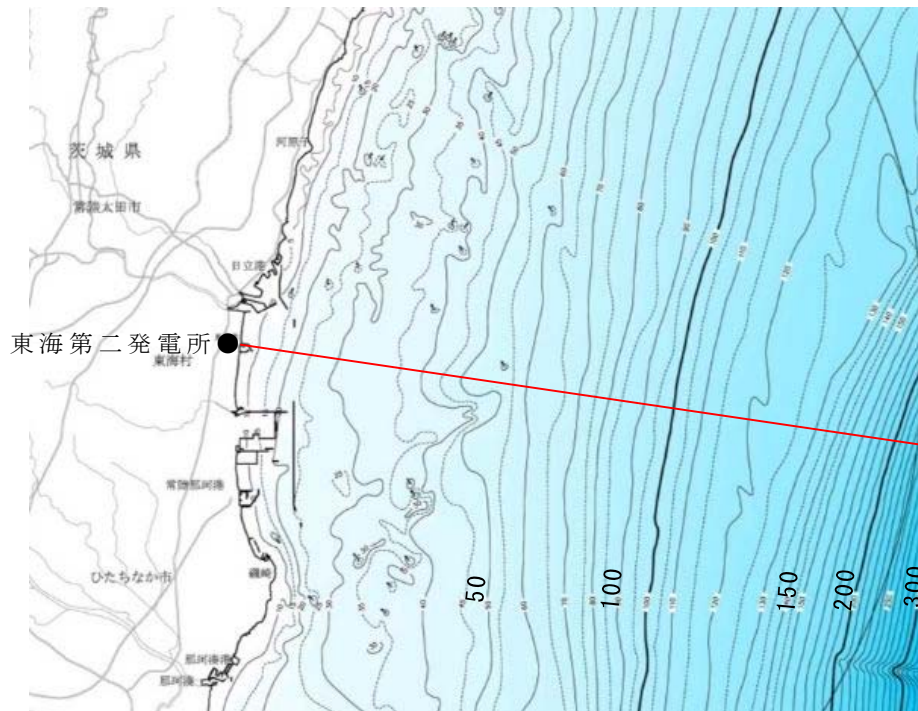
a. 目的

基準津波の策定に用いた波源については，2011 年東北地方太平洋沖地震で得られた知見を踏まえて設定した波源のすべり領域を拡大したり，すべり量の割増しを行うなどの保守的な設定を複数加えた波源である。

水理模型実験は，ソリトン分裂波が生じない沖合 5.0km における津波波形を入力し，ソリトン分裂波や砕波の発生の有無及び陸上へ遡上する過程での減衰状況と防潮堤が受ける津波波圧への有意な影響の有無並びにフルード数の把握を目的に実施した。

b. 検討断面

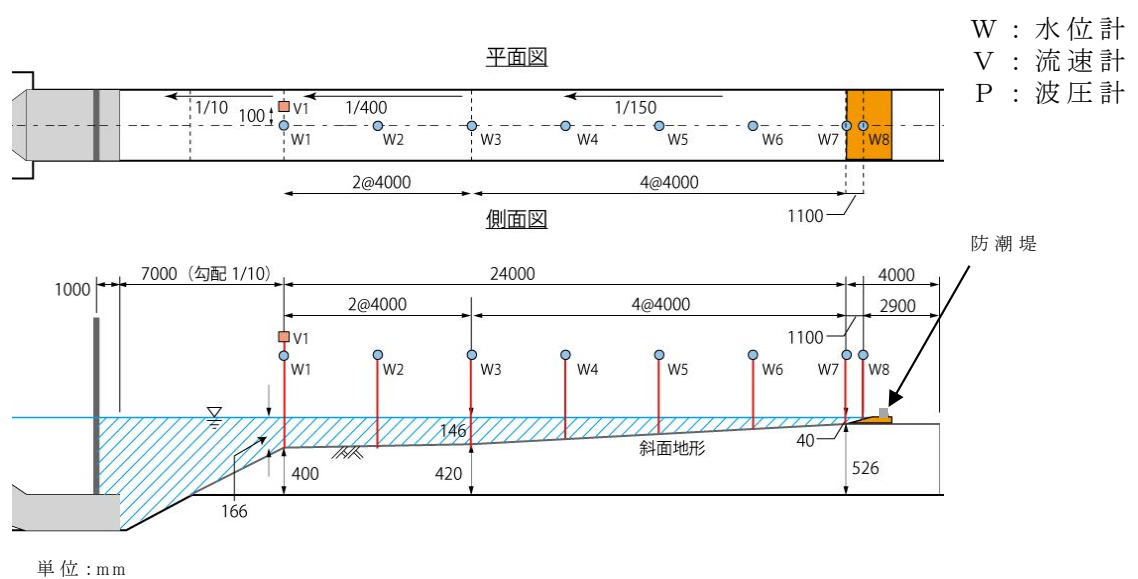
東海第二発電所前面の海底地形は概ね一様の地形となっていることから，本実験では，津波水位が最大となる地点を基に，津波の伝播特性を踏まえ，等深線図に直交する断面を選定した（第 7 図）。



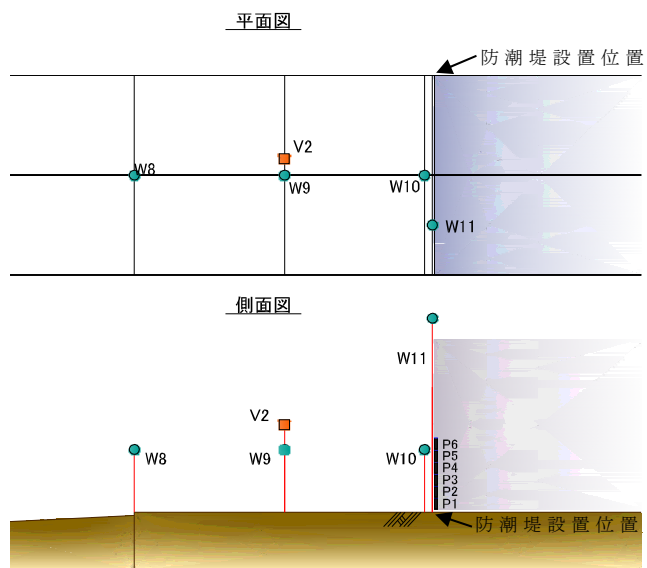
第 7 図 検討断面位置図

c. 実験条件

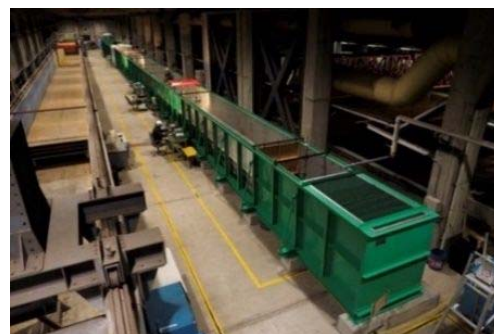
断面二次元実験施設の水路は、長さ 60m×幅 1.2m（貯水部は 1.8m）×高さ 1.5m とし、沖合 5km から陸側の範囲を再現するために、実験縮尺（幾何縮尺）は $\lambda=1/200$ とした（第 8 図）。



第 8 図 (1) 計測位置図



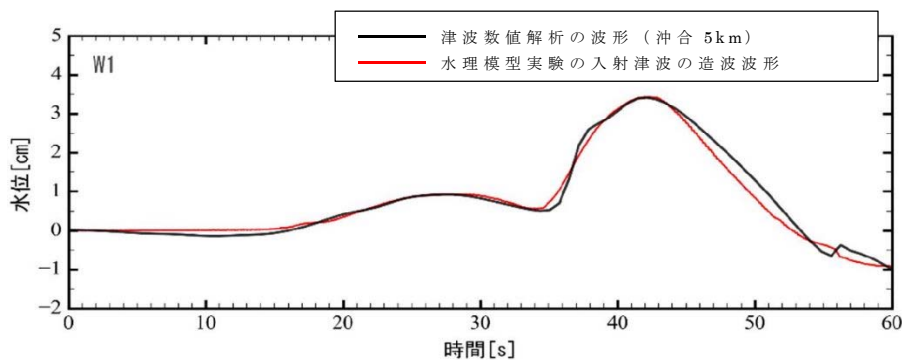
第 8 図(2) 防潮堤位置拡大図



第 8 図(3) 実験施設写真

d. 入射津波の造波

水理模型実験における再現範囲の最沖地点はソリトン分裂波が発生しない沖合 5.0km の位置とし、基準津波の波源モデルを用いた数値解析から求めた同地点における津波波形を入力した。また、この津波波形を防潮堤位置で平面二次元津波シミュレーション解析結果と同様の高さになるよう振幅を調整した（第 9 図）。

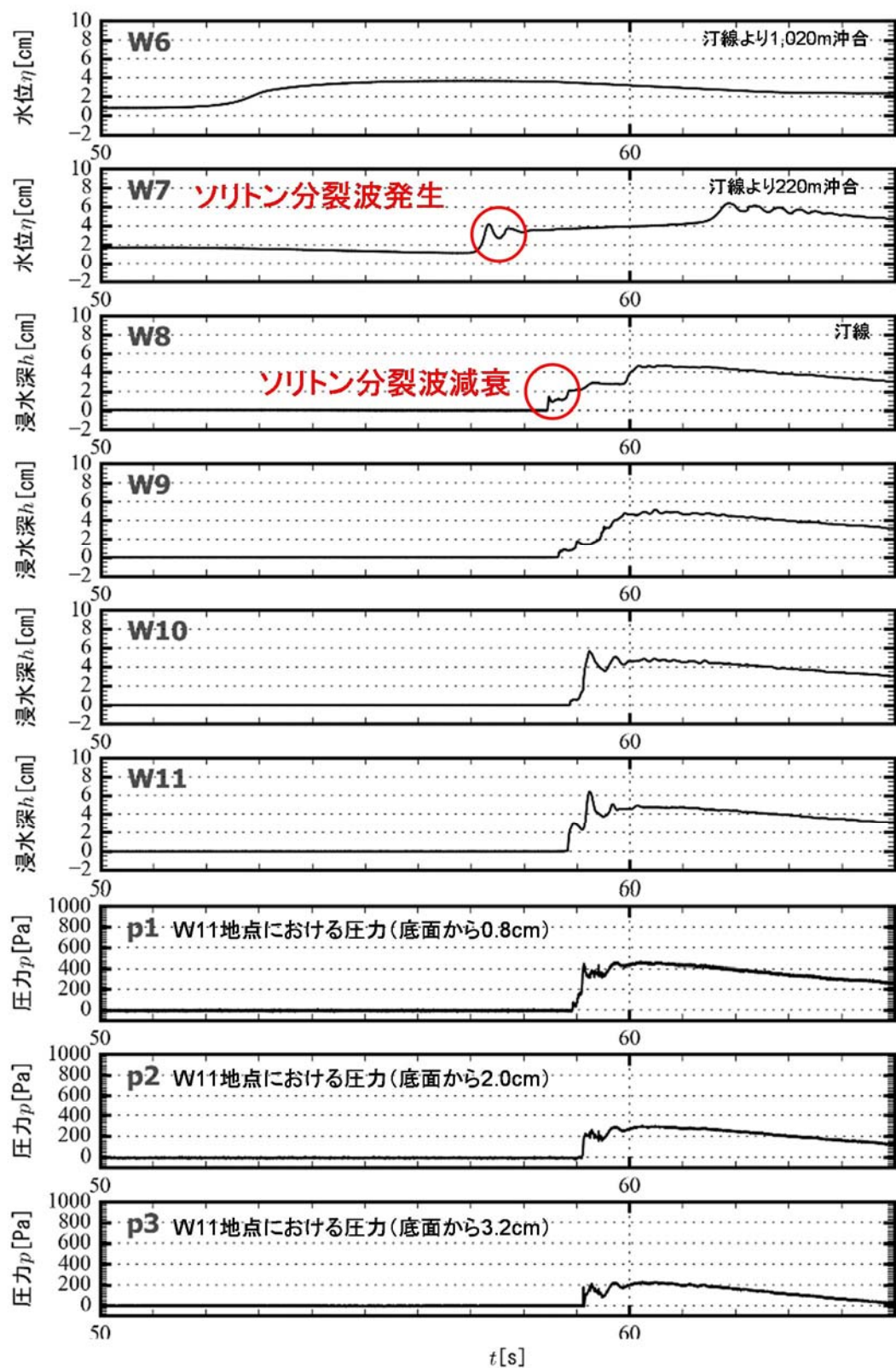


第 9 図 入射津波の造波波形図（沖合 5km 地点）

e. 水理模型実験の結果

(a) 水理模型実験におけるソリトン分裂波の確認

平面二次元津波シミュレーション解析に即した津波波形を造波し、水理模型実験を行った。水理模型実験における時刻歴図を第 10 図に示す。その結果、目視観察と波高計による計測により、沖合約 220m 地点（W 7）においてソリトン分裂波が生じることを確認した。ただし、陸上に遡上する過程で分裂波は減衰しており、防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。また、防潮堤前面位置（W 1 0）で砕波は生じず、防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。



第 10 図 水理模型実験における時刻歴図

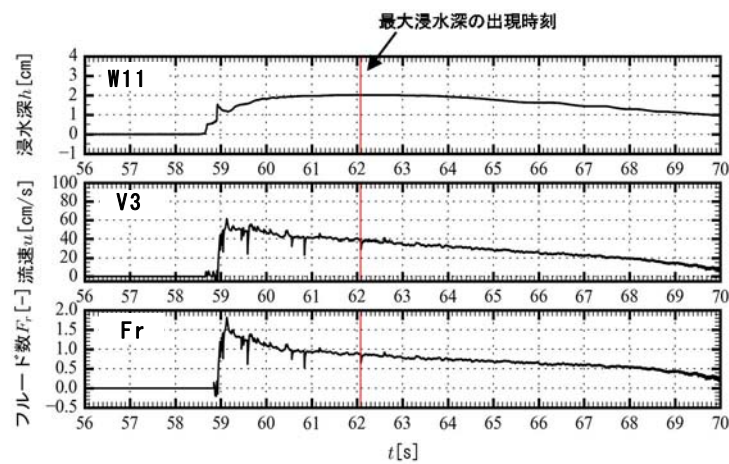
(b) フルード数

防潮堤がないモデルで，防潮堤位置の最大浸水深を計測し，同時刻における流速からフルード数を算定した。

その結果，通過波のフルード数は平均で 0.8 (<1.0) であったことから，水深係数 3 で津波波圧分布を評価し，防潮堤の設計に適用できることを確認した（第 2 表及び第 11 図）。

第 2 表 通過波検定結果表

	フルード数 (最大浸水深時)
1 回目	0.9
2 回目	0.9
3 回目	0.6
4 回目	0.8
5 回目	0.7
6 回目	0.9
平均値	0.8

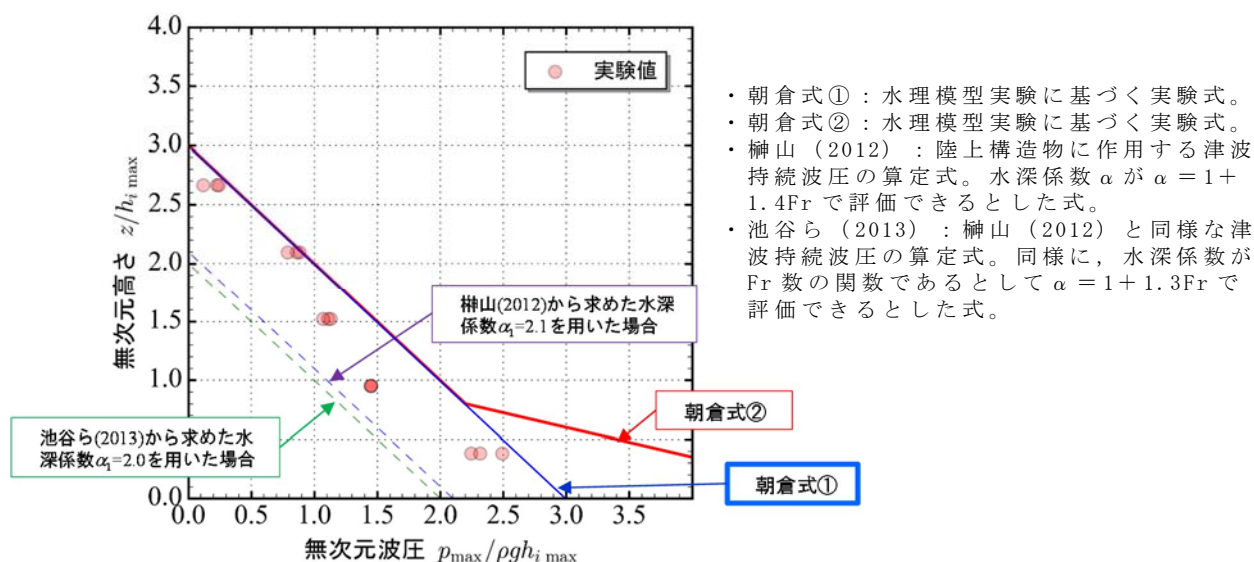


第 11 図 持続波領域における最大浸水深・流速・フルード数の時系列図

(c) 防潮堤壁面におけるソリトン分裂波の最大津波波圧

防潮堤壁面における津波波圧計測結果を通過波の最大浸水深で除して無次元化した結果を以下に示す。

東海第二発電所前面海域の地形を模擬した水理模型実験で計測した防潮堤壁面の最大津波波圧は、朝倉式①及び朝倉式②による算定値よりも小さい値となり、朝倉式②のような波圧分布は認められず、朝倉式①と整合する結果となった（朝倉式①の方が津波波圧分布の再現性がよいことを確認した。）（第12図）。水理模型実験において、ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく、単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。



第 12 図 既往の津波波圧算定式との比較

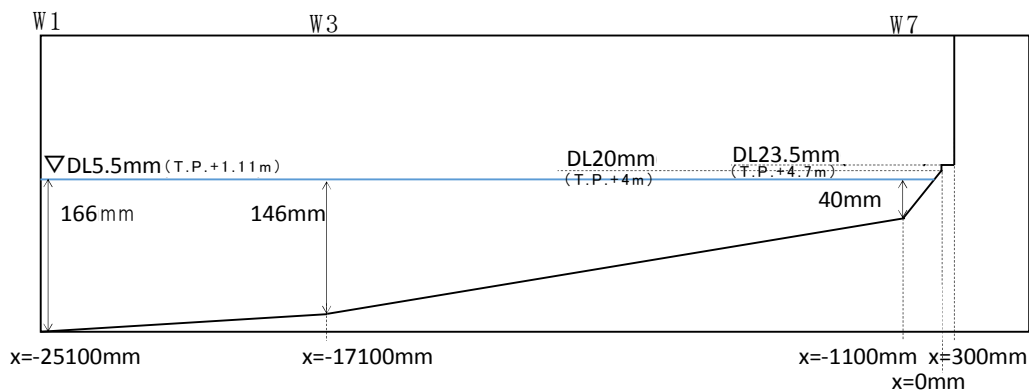
（無次元最大津波波圧分布図）

(3) 水理模型実験結果の検証（再現性検討）

水理模型実験結果について、断面二次元津波シミュレーション解析を実施し、防潮堤位置での津波波圧算定式が朝倉式①で妥当であることを検証した。断面二次元津波シミュレーション解析は、分散波理論に基づいた解析手法であり、ソリトン分裂波を表現可能な数値波動水路 CADMAS-SURF／2D（Ver. 5.1）を用いた。

a. 水理模型実験結果の再現性

水理模型実験でモデル化した区間と同じ区間を解析領域としてモデル化した（第 13 図）。また、入射波は水理模型実験の入力波形に合わせて作成した。



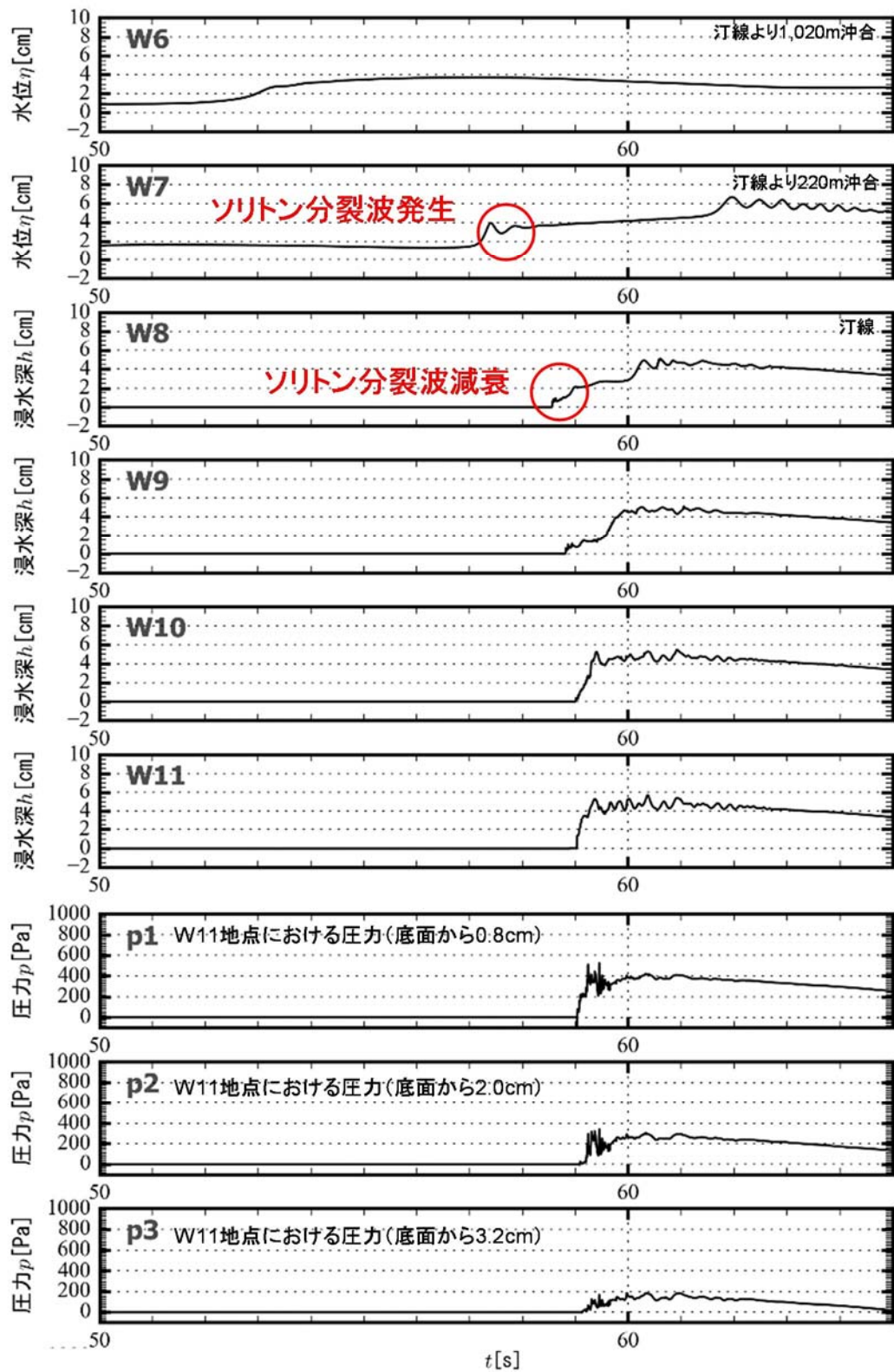
第 13 図 解析モデル図

断面二次元津波シミュレーション解析の結果を第 14 図 (1)～(2)に示す。水理模型実験結果と同様、沖合約 220m 地点（W 7）においてソリトン分裂波を確認した。ただし、陸上に遡上する過程で分裂波は減衰しており、防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。また、防潮

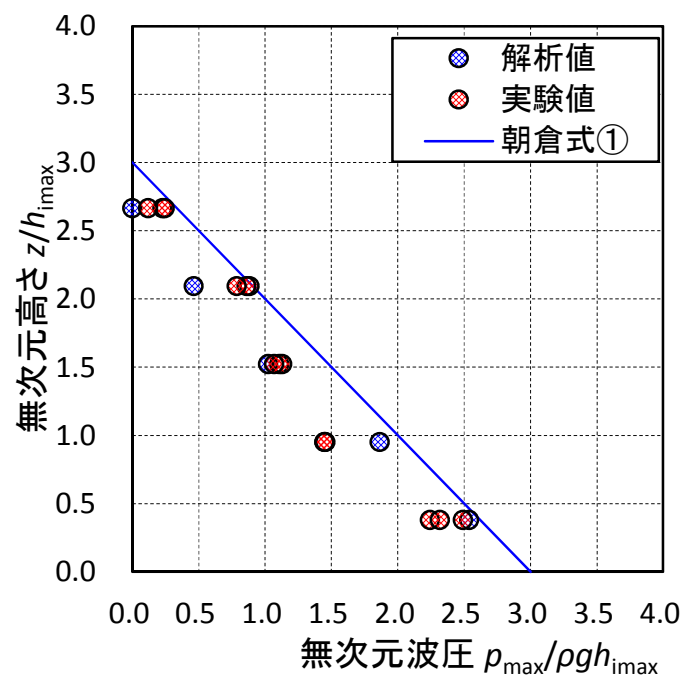
堤位置（W 1 0）で砕波は生じず，防潮堤位置での有意な波圧分布への影響は認められない。

防潮堤壁面に作用する津波波圧は実験値とほぼ同等のものとなり，朝倉式①による波圧分布を下回るとともに，朝倉式②のような波圧分布は認められず，朝倉式①と整合する結果となった。

断面二次元津波シミュレーションにおいても，ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく，単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。



第 14 図 (1) 断面二次元津波シミュレーション解析における時刻歴図



第 14 図 (2) 断面二次元津波シミュレーション解析結果図
(最大波圧分布図)

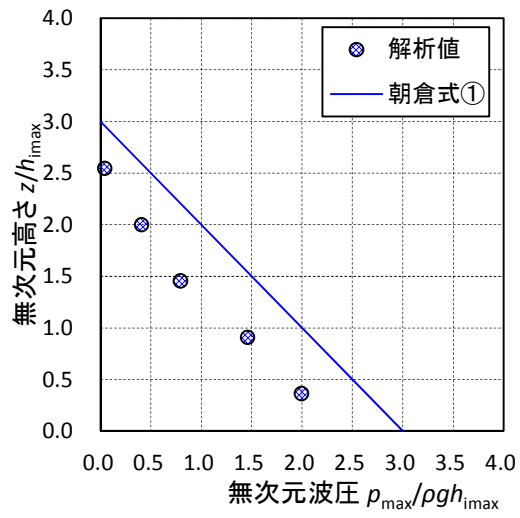
b. 防潮堤と海岸線との離隔距離の違いが津波波圧に与える影響
検討

防潮堤の設置位置は、海岸線から最も近いところで約 30m であり、水理模型実験では海岸線と防潮堤の離隔距離が約 60m 地点の断面（津波水位が最も高くなる地点）をモデル化した。

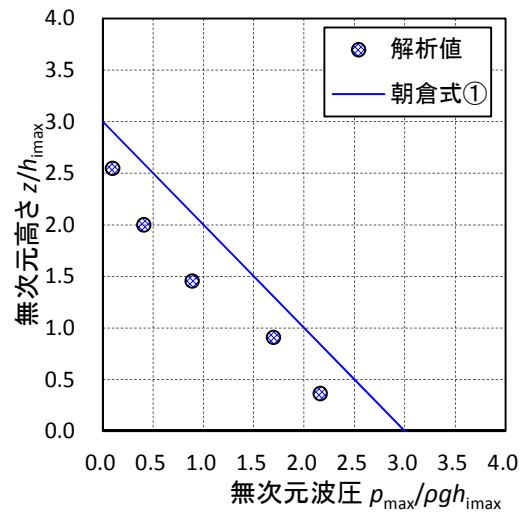
海岸線と防潮堤の離隔距離を 30m, 45m, 60m, 75m と変化させた場合のソリトン分裂波の影響について検討を行った。なお、入力波形は基準津波を用いて実施した。

その結果、防潮堤と海岸線との離隔距離が津波波圧に与える影響は認められず、朝倉式①による波圧分布を下回るとともに、分布形は朝倉式①と整合する結果となった。海岸線からの離隔距離別の防潮堤位置の津波波圧分布を第 15 図に示す。

(離隔距離 30m)

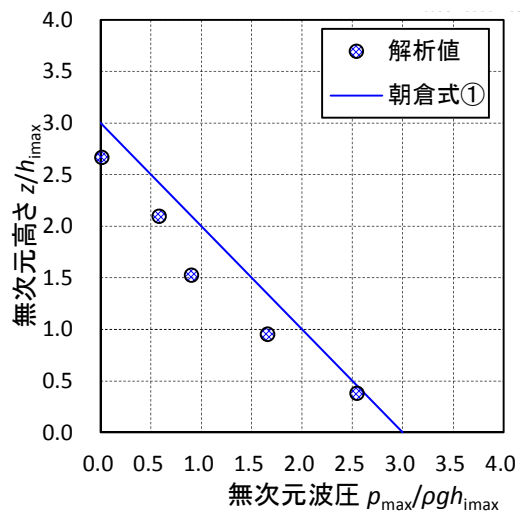


(離隔距離 45m)

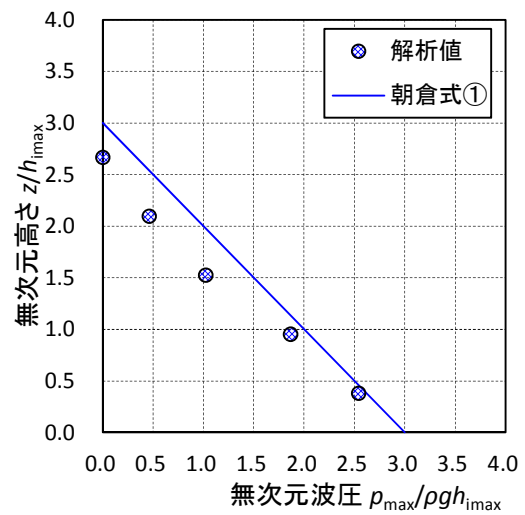


第 15 図 (1) 防潮堤壁面の最大波圧分布図

(離隔距離 60m)



(離隔距離 75m)



第 15 図 (2) 防潮堤壁面の最大波圧分布図

c. 津波遡上高さが異なる津波が防潮堤に与える影響について

基準津波の決定に当たっては、津波シミュレーション解析において、断層の破壊開始点位置や破壊伝播速度等をパラメータスタディした中で、防潮堤位置での津波遡上高さが最も高くなる波を抽出している。

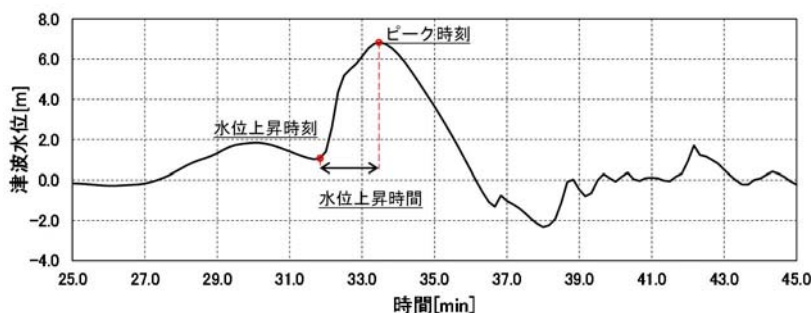
防潮堤位置での津波遡上高さが大きい上位 10 波の沖合波形（沖合 5km 地点）を用いて、防潮堤壁面の津波波圧を確認した。

防潮堤位置の遡上高さ上位 10 波の特性について第 3 表に、水位上昇時間の定義図を第 16 図に、破壊開始点位置図を第 17 図に示す。

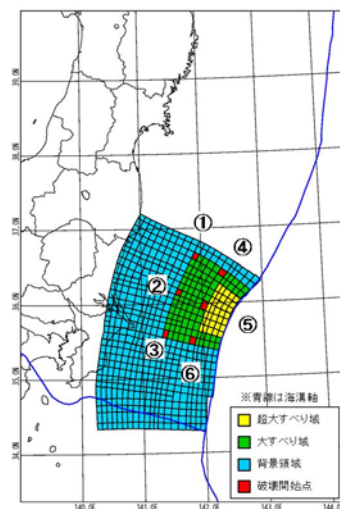
第 3 表 防潮堤位置の最大水位上昇量の上位 10 波

ケース※ ¹	津波遡上高さ (T.P. (m))	水位上昇時間 [min]	破壊伝播速度※ ¹ [km/s]	破壊 開始点	立ち上り時間※ ² [s]
1	17.2	1.5	3.0	⑥	30.0
2	17.0	1.5	2.5	⑥	30.0
3	16.8	1.5	3.0	⑥	60.0
4	16.2	1.7	2.0	⑥	30.0
5	16.1	1.5	3.0	④	30.0
6	15.9	1.7	3.0	③	30.0
7	15.8	1.7	3.0	⑤	30.0
8	15.6	1.7	2.5	④	30.0
9	15.5	1.8	1.5	⑥	30.0
10	15.5	1.7	3.0	①	30.0

- ※¹ 「津波波源選定モデル」の数値計算におけるケース名
 ※² 破壊伝播速度：破壊開始点から断層破壊が進行する速度
 ※³ 立ち上り時間：断層のある点において破壊開始から終了するまでの時間



第 16 図 水位上昇時間の定義図

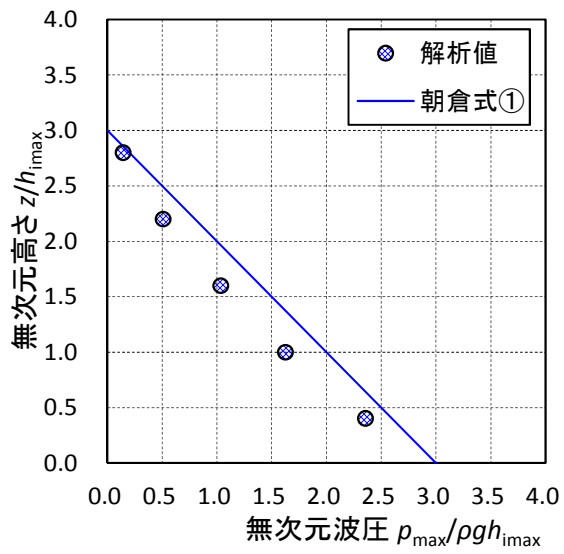


第 17 図 破壊開始点位置図

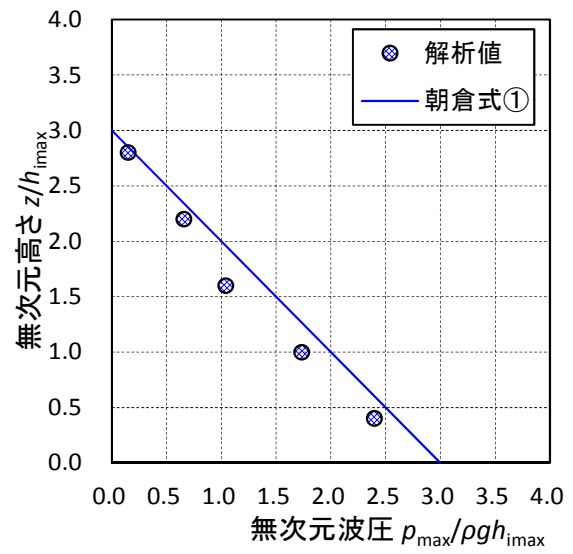
断面二次元津波シミュレーション解析の結果を第 18 図に示す。いずれのケースにおいても、津波はソリトン分裂波を生じるものの、陸上に遡上する過程で分裂波が減衰しており、防潮堤壁面における最大波圧分布は、朝倉式①による波圧分布を下回る結果となった。

津波は、周期が短いほど分裂波（段波）が発生しやすくなるとともに、分裂波が成長し易くなるとされている。上位 10 波において最も周期が短いものはケース 1（基準津波）であることから、基準津波が最もソリトン分裂波の影響を受けると考えられるが、いずれのケースにおいても、朝倉式①による波圧分布を下回るとともに、分布形は朝倉式①と整合する結果となった。

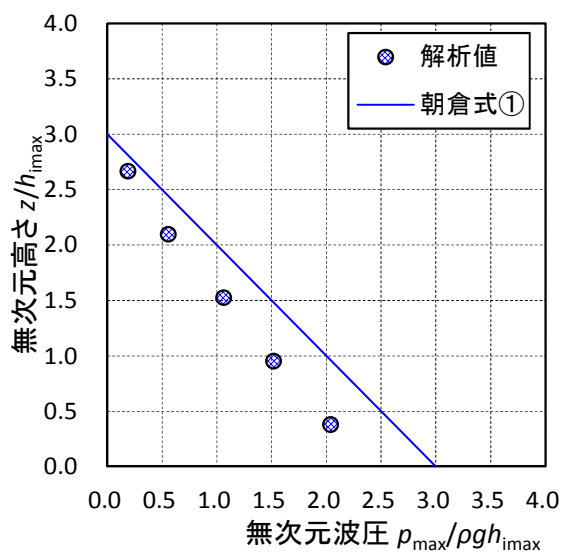
(ケース 1)



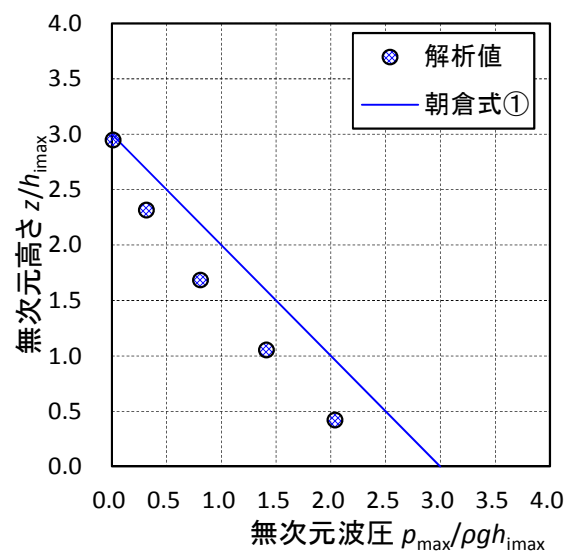
(ケース 2)



(ケース 3)

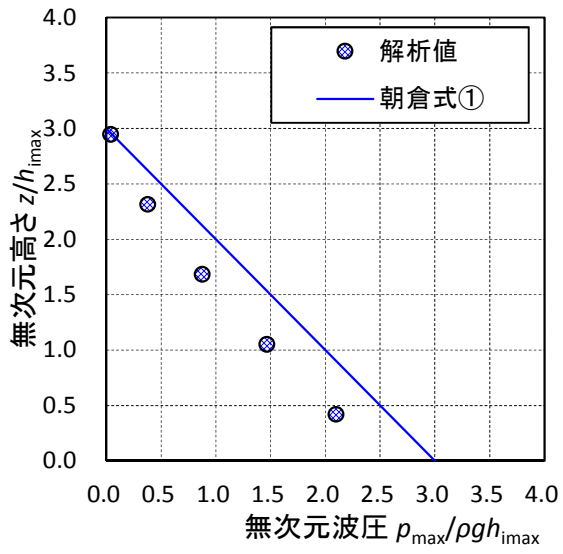


(ケース 4)

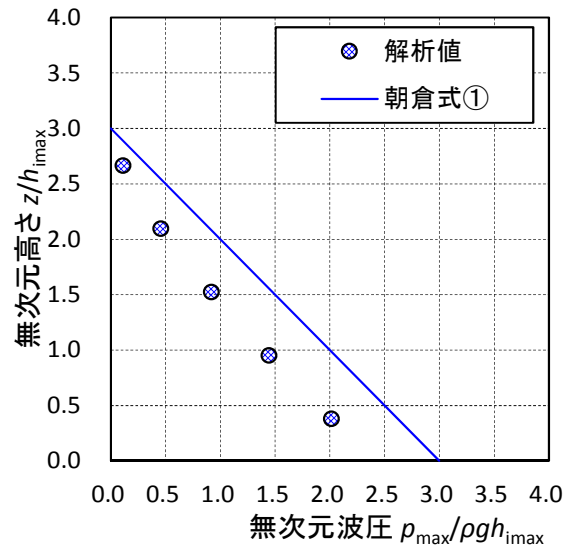


第 18 図 (1) 最大波圧分布図

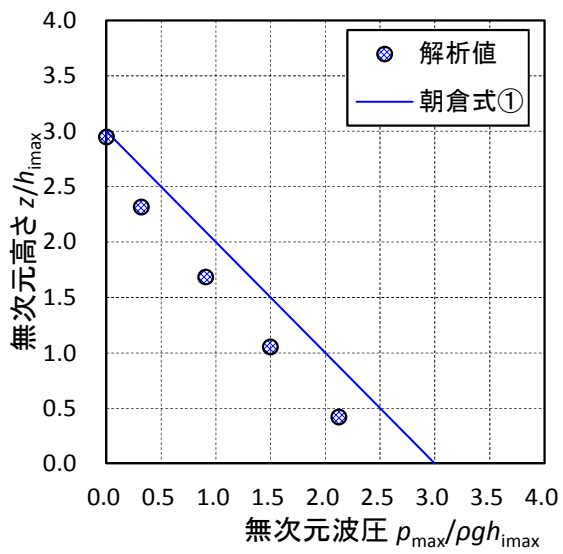
(ケース 5)



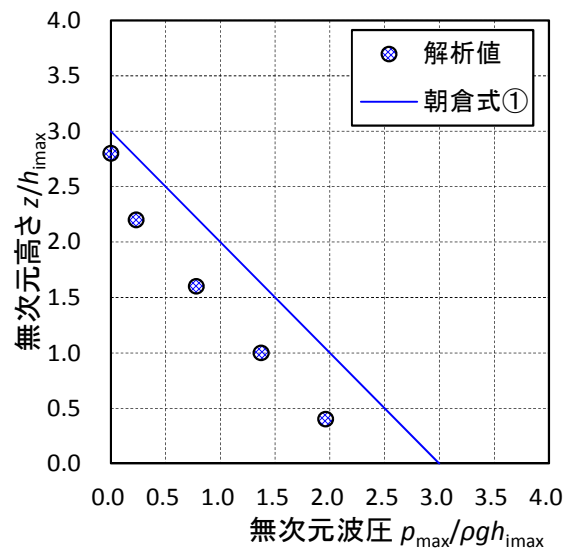
(ケース 6)



(ケース 7)

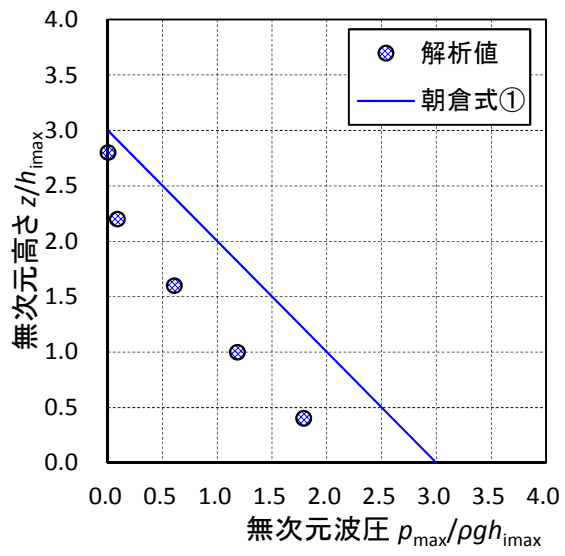


(ケース 8)

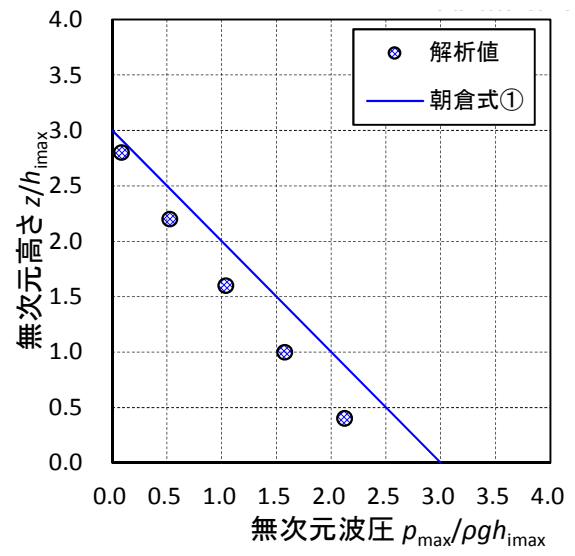


第 18 図 (2) 最大波圧分布図

(ケース 9)



(ケース 10)



第 18 図 (3) 最大波圧分布図

(4) まとめ

水理模型実験結果から、東海第二発電所の敷地前面においては、津波はソリトン分裂波を生じるものの、陸上に遡上する過程で分裂波が減衰し、防潮堤前面位置で砕波も生じないことを確認した。また、伝播する津波による防潮堤壁面の津波波圧は、持続波による津波波圧式（朝倉式①，朝倉式②）から求められる津波波圧よりも小さく、朝倉式①での再現性が最もよいことを確認した。また、フルード数は 1.0 を下回ることを確認した。ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく、単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。

数値波動水路 CADMAS-SURF/2D を用いた水理模型実験の検証結果においても、津波はソリトン分裂波を生じるものの、陸上に遡上する過程で分裂波が減衰し、防潮堤前面位置で砕波も生じないことを確認した。防潮堤壁面における津波波圧は、朝倉式①による波圧分布を下回るとともに、朝倉式①と整合する結果となった。ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく、単直線型の朝倉式①に包含されることを確認した。

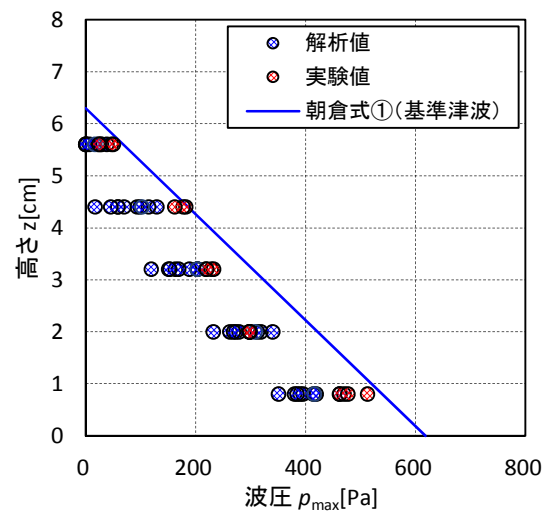
更に、防潮堤と海岸線との離隔距離を変えたケースにおいても同様に、防潮堤壁面の津波波圧は朝倉式①による波圧分布を下回るとともに、分布形は朝倉式①と整合する結果となった。

これら水理模型実験結果及び分散波理論に基づく断面二次元津波シミュレーション解析結果のいずれにおいても、防潮堤壁面での最大波圧は朝倉式①による波圧を下回るとともに、分布形は朝倉式①と整合し、ソリトン分裂波及び砕波の防潮堤に対する波圧分布への有意な影響はなく、単直線型の朝倉式①に包含されるこ

とを確認した。

防潮堤壁面における最大波圧分布を図 19 に示す。

以上のことから，設計用津波波圧の算定においては，朝倉式①より算定することとする。



第 19 図 最大波圧分布

3. 津波波圧算定式適用に対する考え方

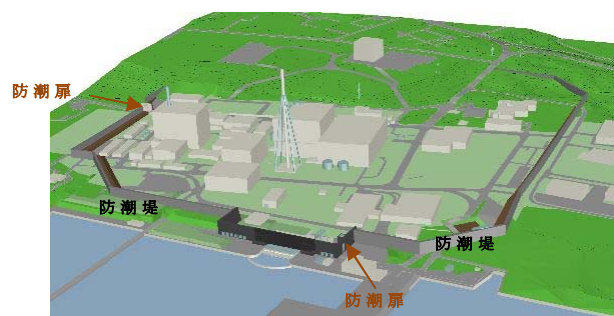
(1) 防潮堤及び防潮扉

防潮堤及び防潮扉位置図を第 20 図に示す。

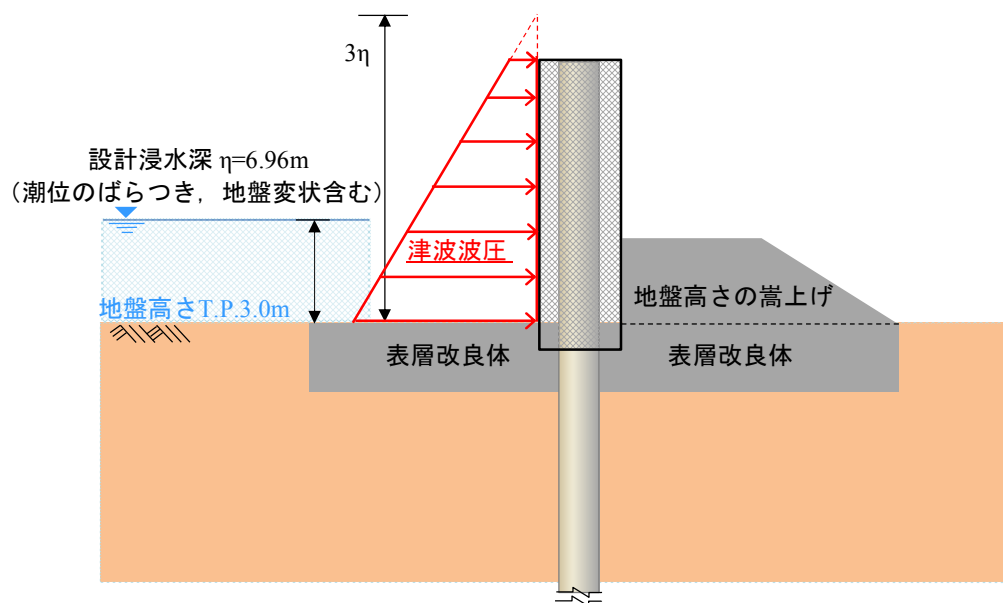
防潮堤がないモデルで実施した水理模型実験においては，防潮堤通過位置におけるフルード数が 1.0 を下回っており，水理模型実験結果及び分散波理論に基づく断面二次元津波シミュレーション解析結果から，設計用津波波圧は朝倉式①に基づき算定する。

朝倉式①に用いる η （設計浸水深）については，水理模型実験結果，断面二次元津波シミュレーション解析結果，平面二次元津波シミュレーション解析から求められた浸水深及び入力津波高さと地盤高さとの差の $1/2$ を用いて朝倉式①により算出した波圧分布を比較した。第 21 図及び第 22 図に津波荷重の作用イメージ図を，第 23 図に最大波圧分布の比較を示す。

比較の結果，朝倉式①に用いる η （設計浸水深）については，入力津波高さと地盤高さとの差の $1/2$ を用いるものとする。

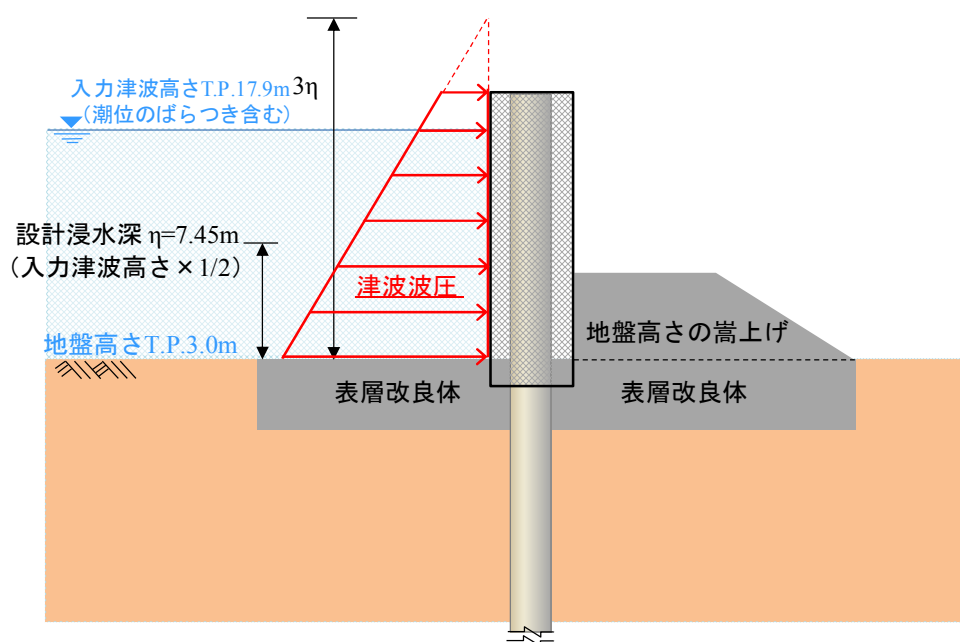


第 20 図 防潮堤及び防潮扉位置図

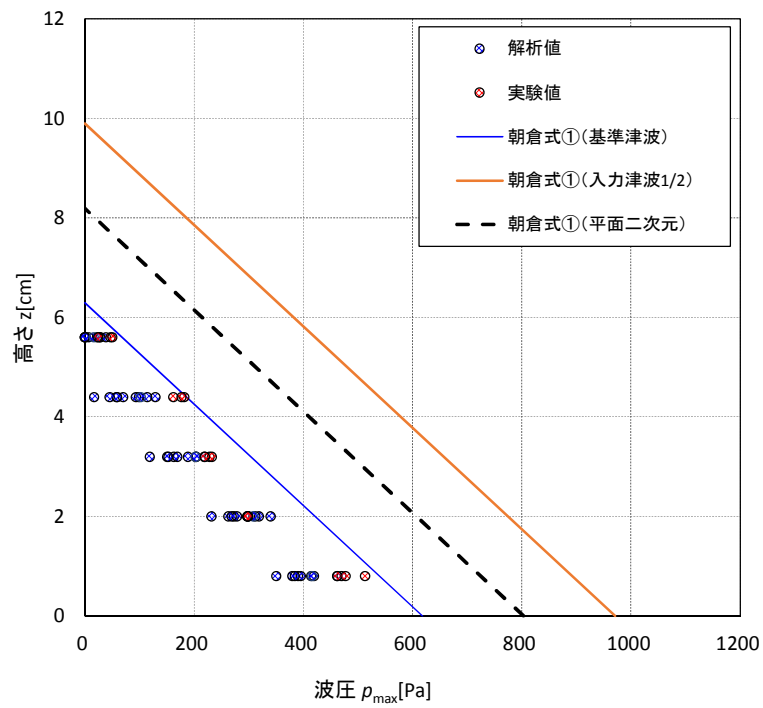


第 21 図 津波荷重の作用イメージ

(平面二次元津波シミュレーション解析結果)



第 22 図 津波荷重の作用イメージ図 (入力津波 $\times 1/2$)



第 23 図 最大波圧分布の比較

(2) 貯留堰

a. 貯留堰に適用する津波波圧算定式

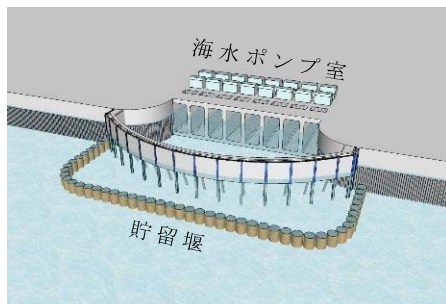
貯留堰の鳥瞰図を第 24 図に，断面図を第 25 図に示す。

貯留堰は，鋼管矢板を連結した構造であり，引き波時に海底面から突出した鋼管矢板頂部（T.P. -4.9m）において海水を貯留する。

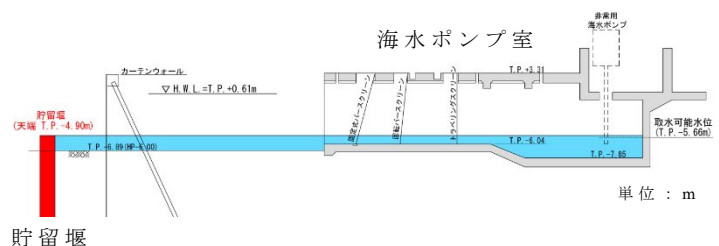
このため，貯留堰に有意な津波波力が作用するのは，引き波により海水貯留堰が海面から露出し，その後，押し波が貯留堰に作用してから越流するまでの間に限定される。

「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成 27 年 12 月一部改訂）によると，津波が構造物を越流する場合の津波荷重の算定については，若干越流している状態に静水圧差による算定式を適用する場合は，それより水位の低い越流直前の状態の方が高い波力となる可能性があるので，両者を比較して高い方を採用する必要があるとしている。

このため，貯留堰における津波波力としては，越流直前の波力及び越流時の静水圧差のうち保守的なものを適用することとする。



第 24 図 貯留堰鳥瞰図



第 25 図 貯留堰断面図

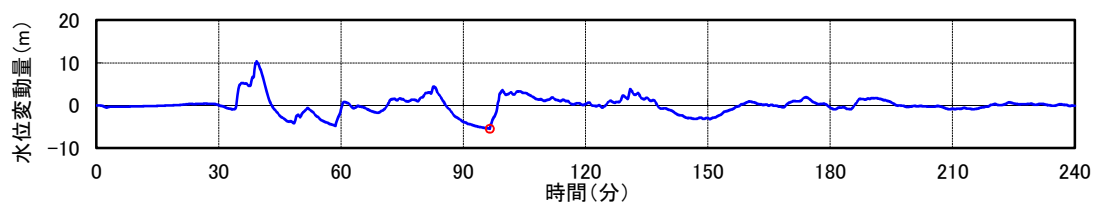
b. 越流直前の津波波力の設定方針

引き波時における貯留堰前面の時刻歴水位を第 26 図に示す。

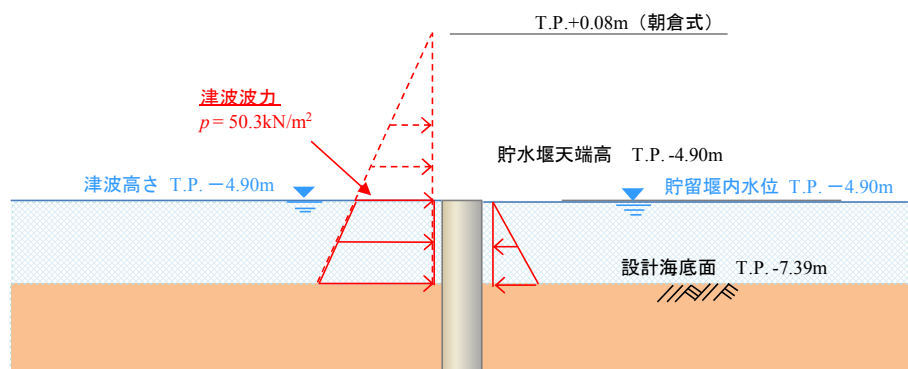
貯留堰前面の水位は若干残るものの保守的に海底面が露出したと仮定し，その後の押し波を遡上波と考え津波波力を設定する。

具体的には，津波高さは貯留堰に作用する津波波力が保守的になるように貯留堰前面の海底面（設計用海底面標高 T.P. - 7.39m）まで水位が低下した後に到達する津波を考慮することとし，貯留堰に津波が越流する直前の状態として貯留堰天端（T.P. - 4.9m）までを想定する。

津波波力は，「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」の考え方に従って，津波高さの 3 倍の高さまで静水圧荷重を考慮する。津波波力の作用イメージを第 27 図に示す。



第 26 図 貯留堰周りにおける引き波水位の時刻歴図



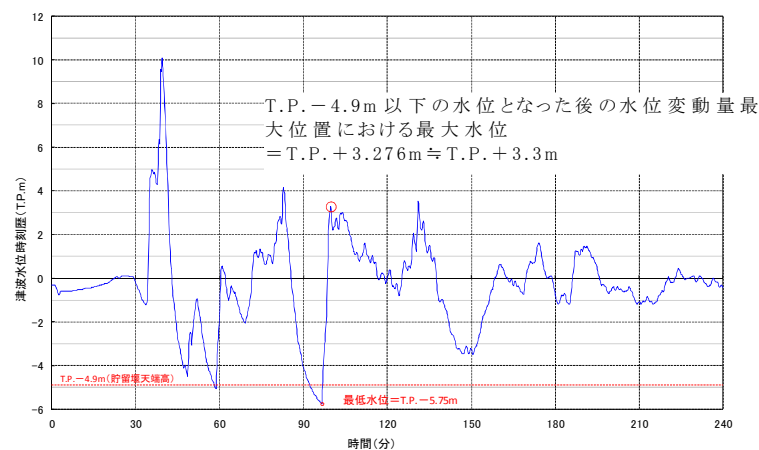
第 27 図 津波波力の作用イメージ図

c. 越流時の津波波力の設定方針

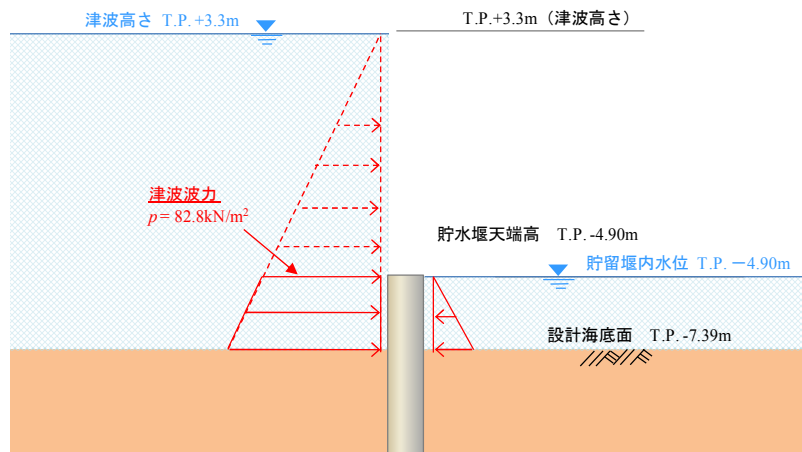
引き波後に到達する津波が貯留堰を越流する際、貯留堰の内外での水位差はつきにくいですが、保守的に引き波水位とその後の押し波水位の差が最も大きくなるものを選定し、津波波力を算定した。

津波高さとしては貯留堰天端からの越流を考慮して、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局）」（平成 27 年 12 月一部改訂）による静水圧差による算定式を参考に設定する。

貯留堰位置における水位差が最大となる箇所の時刻歴水位波形を第 28 図に、津波波力の作用イメージを第 29 図に示す。



第 28 図 貯留堰の内外の水位差が最大となる時刻歴水位波形図



第 29 図 津波波力の作用イメージ図

d. まとめ

貯留堰における津波波力について、越流直前の波力及び越流時の静水圧差について検討した。この結果、越流時の静水圧差の方が越流直前の波力を上回る結果となった。このため、貯留堰における津波波力として、保守的に越流時の静水圧差を考慮することとする。

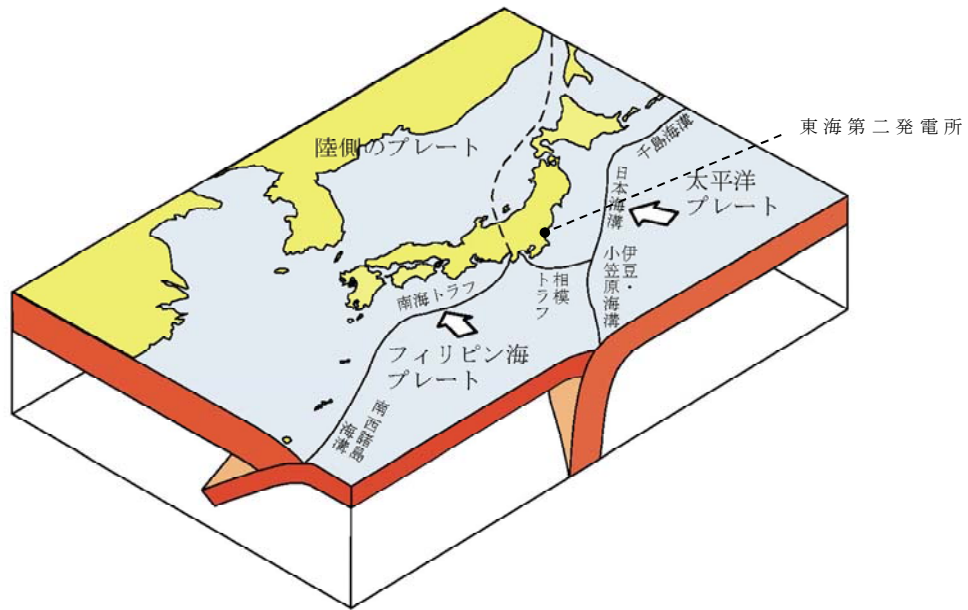
耐津波設計における津波荷重と余震荷重の組合せについて

1. 規制基準における要求事項等

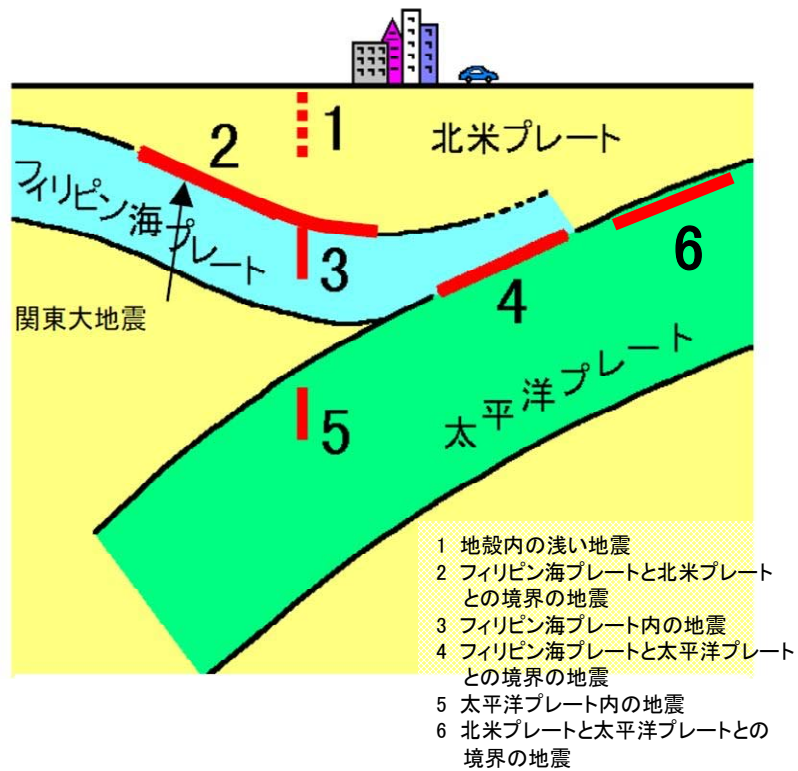
- ・ サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討すること。
- ・ 余震発生の可能性に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること。

2. 敷地周辺のプレートテクトニクス

敷地周辺は、陸のプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの 3 つのプレートが接触する場所であり、その状況について模式的に示したものを第 1 図に示す。関東地方においては南方からフィリピン海プレートが沈み込み、そのフィリピン海プレートは敷地のほぼ直下まで及んでいる（第 2 図）。



(防災科学技術研究所 HP に一部加筆)



(中央防災会議 HP に一部加筆)

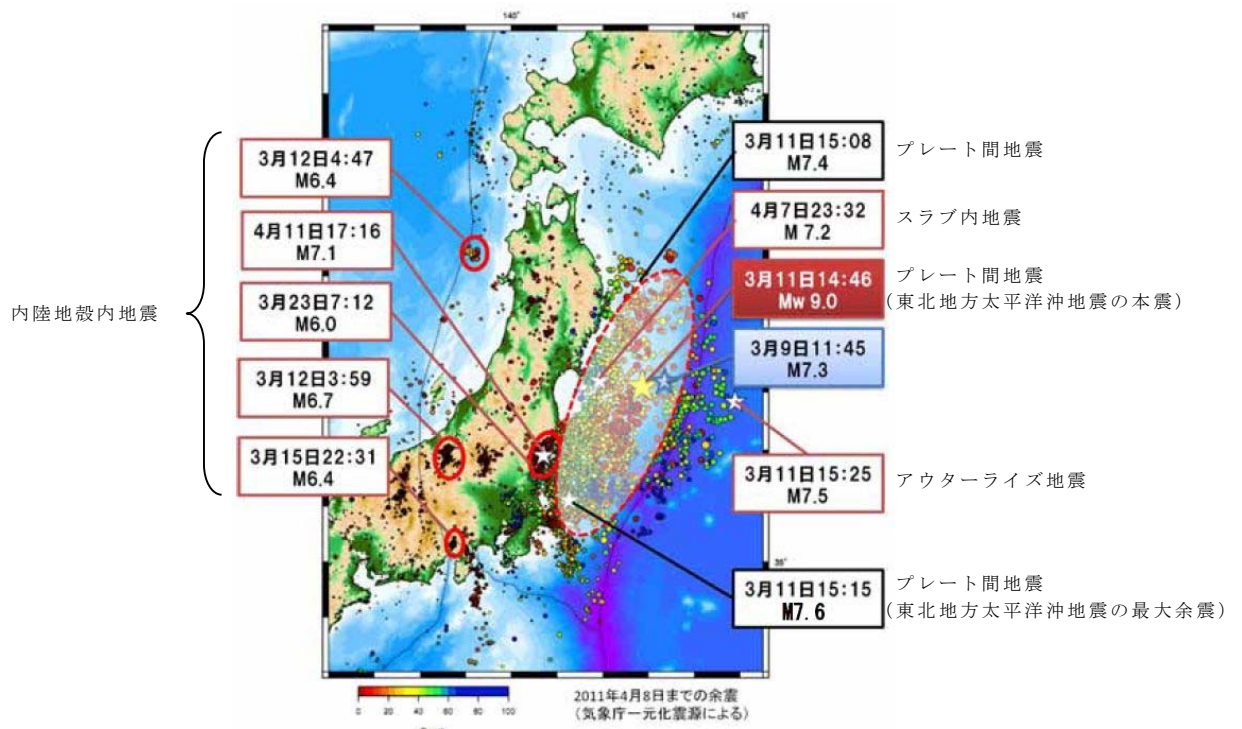
第 1 図 敷地周辺におけるプレートの沈み込み

4. 検討方針

東海第二発電所周辺のプレートテクトニクス的背景や基準津波と同じ地震発生様式（プレート間地震）である 2011 年東北地方太平洋沖地震の余震発生状況（第 4 図）を踏まえ、基準津波の波源の活動（本震）に伴い発生する可能性のある余震を設定し、耐津波設計において津波荷重と組み合わせる適切な余震荷重を設定する。

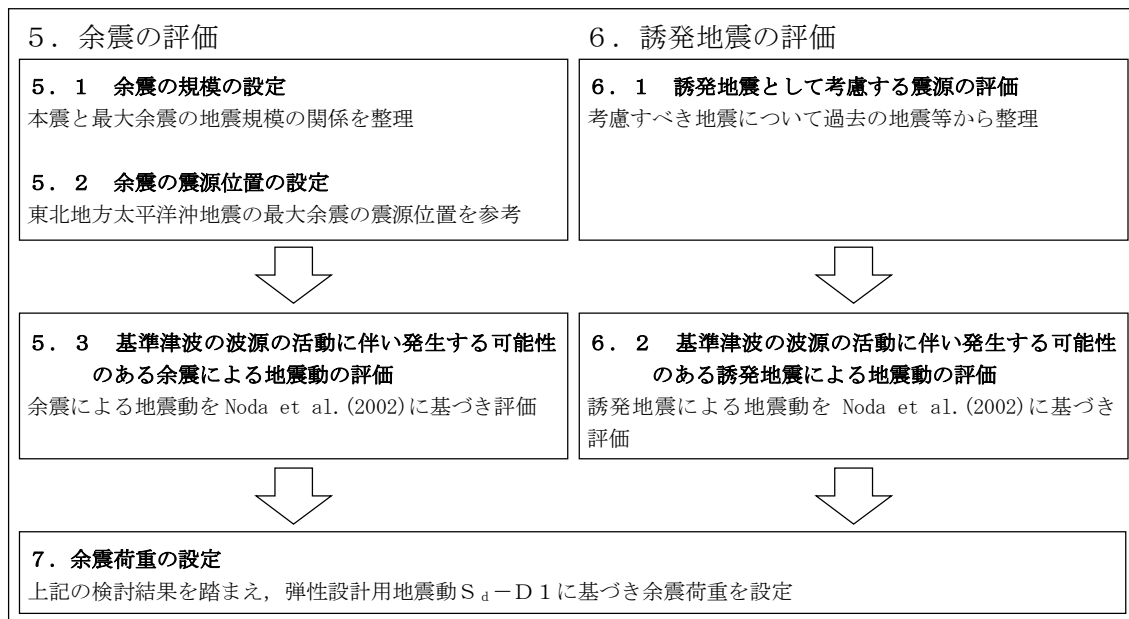
なお、本検討では、日本地震工学会（2014）を参考に、本震の震源域とその周辺において発生する地震（アウターライズの地震及び破壊域内のスラブ内地震を含む。）を余震とし、この余震発生域外において、本震がトリガーとなって発生する地震を誘発地震として整理した。

余震荷重の検討フローを第 5 図に示す。



第 4 図 東北地方太平洋沖地震の余震・誘発地震の発生状況

(東京大学地震研究所 HP に地震発生様式を加筆)



第 5 図 検討フロー

5. 余震の評価

5. 1 余震の規模の設定

余震の規模は、過去の地震データにおける本震規模と最大余震の規模の関係を整理することにより想定する。検討対象とした地震は、津波荷重と組み合わせる余震荷重を評価するという観点から、地震調査研究推進本部（2016）の地震データによる本震のマグニチュード $M7.0$ 以上とし、かつ、基準津波の波源の活動に伴い発生する津波の最大水位変化を生起する時間帯が地震発生から約 40 分後（第 6 図）であることを考慮し、本震と最大余震との時間間隔が 12 時間以内の地震とする。第 1 表に、対象とした地震の諸元を示す。また、検討対象とした地震の震央分布を第 7 図に示す。

地震調査研究推進本部（2016）の地震データを整理し、本震のマグニチュード $M0$ と最大余震のマグニチュード $M1$ の関係から本震と余震のマグニチュードの差 $D1$ を求めると、第 8 図の通り、 $D1 = M0 - M1 = 1.4$ として評価できる。余震の規模を想定する際は、データ数が少ないことから、保守的に標準偏差を考慮し $D1 = 0.9$ として余震の規模を想定する。従って、余震の地震規模は $Mw8.7 - 0.9$ より $M7.8$ ($Mw = M$ とする。) と設定する。

5. 2 余震の震源位置の設定

基準津波 ($Mw8.7$) の波源と基準地震動 S_s の一つとして設定した 2011 年東北地方太平洋沖型地震 ($Mw9.0$) の震源は茨城県沖で重なっており、その重なっている領域において 2011 年東北地方太平洋沖地震 ($Mw9.0$) の最大余震 ($M7.6$) が発生している。この最大余震の地震発生様式は基準津波と同じプレート間地震である。これら

波源，震源等の位置関係を第 9 図に示す。

一般に規模の大きなプレート間地震は，過去に発生した規模の大きなプレート間地震の震源域で繰返し発生する。また，2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動生成域も過去に発生した規模の大きなプレート間地震の発生位置と対応していることが指摘されている（例えば入倉（2012））。従って，基準津波の波源が活動した場合の強震動生成域や規模の大きな余震の発生位置は 2011 年東北地方太平洋沖地震における茨城県沖の例と類似すると考えられる。以上のことから，基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震は 2011 年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）の最大余震（M7.6）の震源位置に設定する（第 9 図）。

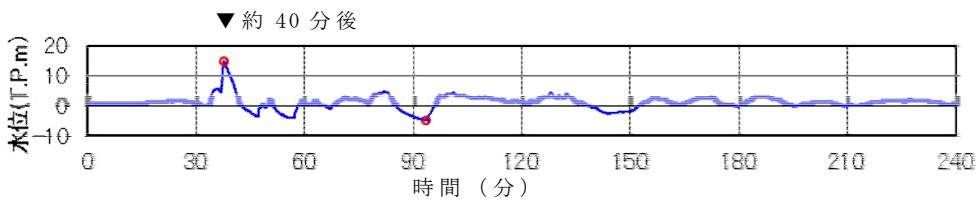
なお，茨城県沖南部から房総沖にかけては第 2 図で示したとおり，陸のプレートと太平洋プレートの間にフィリピン海プレートが潜り込んでおり，Uchida et al. (2009)によれば，この領域ではプレート間結合度が低いことが示されている。従って，第 9 図に示したフィリピン海プレートの北東端より南側において規模の大きな地震は発生しにくいと考えられる。

5. 3 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震による地震動の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震による地震動を評価する。余震の地震規模は「5. 1 余震の規模の設定」のとおり M7.8，震源位置は「5. 2 余震の震源位置の設定」のとおり 2011 年東北地方太平洋沖地震の最大余震発生位置とする。設定した余震の地震諸元を第 2 表に示す。

上記に基づき，基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震による地震動評価を Noda et al. (2002)により行う。評価結果を第 10 図に示す。

同図より，評価結果は，弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を下回ることが確認される。



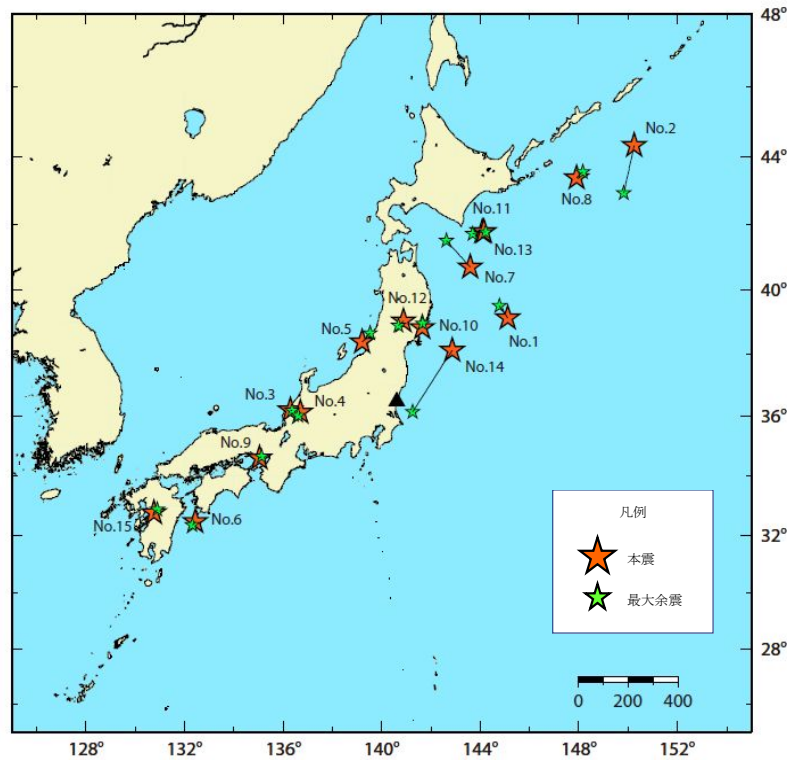
第 6 図 基準津波の取水口前面位置における時刻歴波形

第 1 表 過去の地震における本震と最大余震の関係

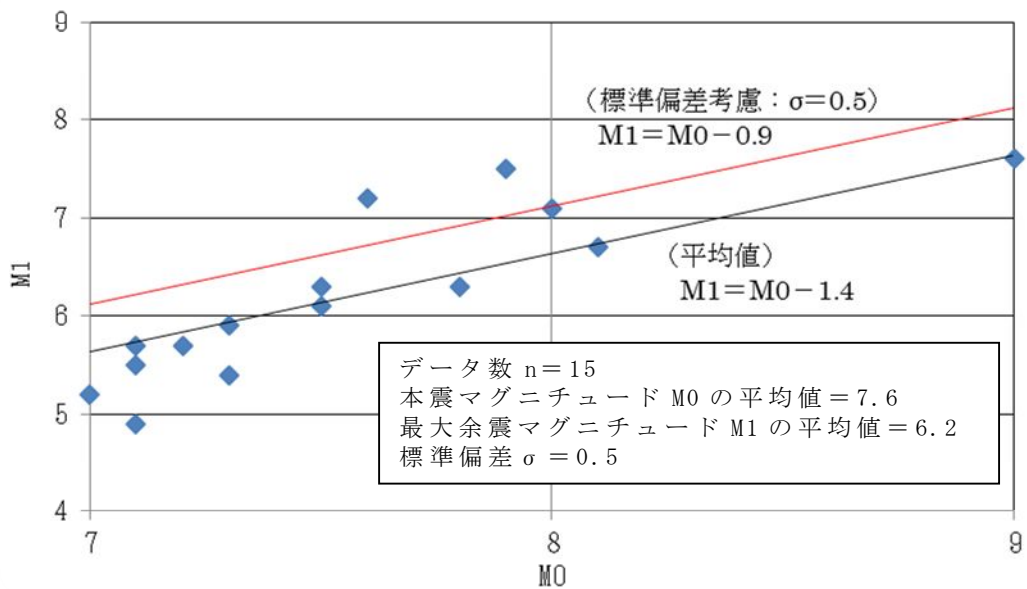
No	発生年月日	震源	本震	最大余震	
			マグニチュード M0	マグニチュード M1	本震との 時間間隔
1	1933/3/3	昭和三陸地震	8.1	6.7	0.125 日
2	1937/2/21	択捉島南東沖の地震	7.6	7.2	0 日 ^{※1}
3	1948/6/28	福井地震	7.1	5.5	0.004 日
4	1961/8/19	北美濃地震	7.0	5.2	0.1 日
5	1964/6/16	新潟地震	7.5	6.1	0.011 日
6	1968/4/1	日向灘地震	7.5	6.3	0.3 日
7	1968/5/16	十勝沖地震	7.9	7.5	0.4 日
8	1969/8/12	北海道東方沖の地震	7.8	6.3	0.3 日
9	1995/1/17	兵庫県南部地震	7.3	5.4	0.003 日
10	2003/5/26	宮城県沖	7.1	4.9	0.26 日
11	2003/9/26	十勝沖地震	8.0	7.1	0.05 日
12	2008/6/14	岩手・宮城内陸地震	7.2	5.7	0.025 日
13	2008/9/11	十勝沖	7.1	5.7	0.008 日
14	2011/3/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	7.6 ^{※2}	0.02 日
15	2016/4/16	熊本地震	7.3	5.9	0.1 日

※1： 24 時間以内であるが半日以内か不明

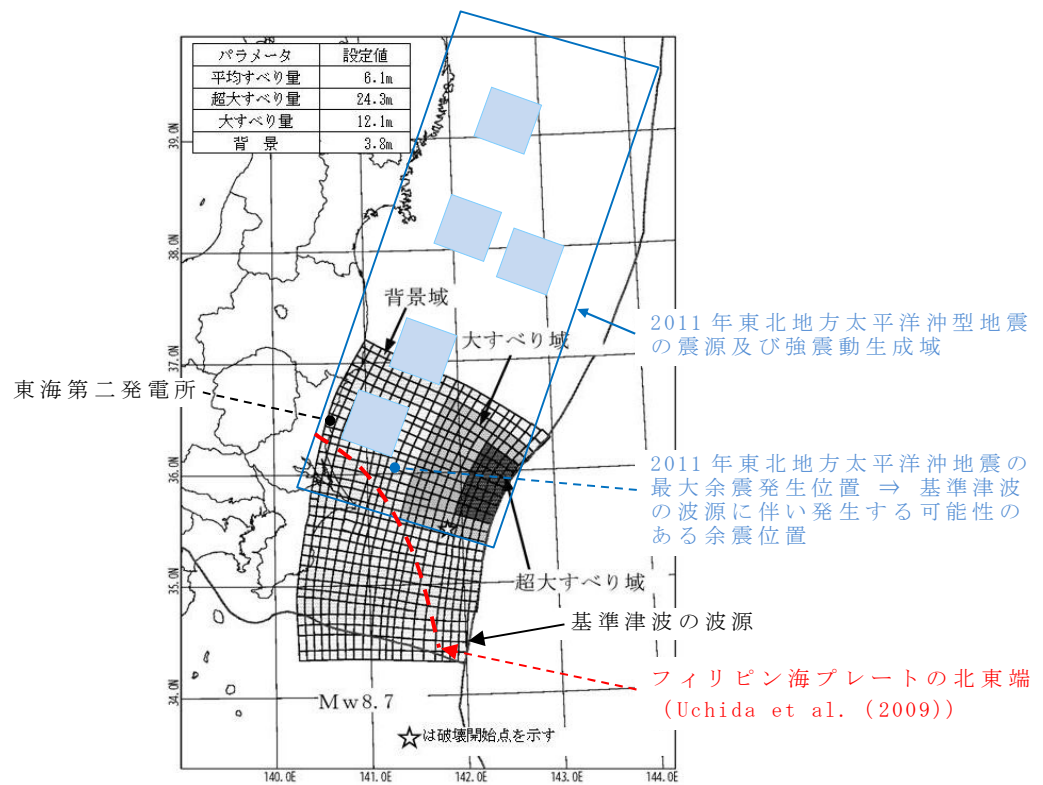
※2： 気象庁による最新の震源情報を参照



第 7 図 余震の地震規模の評価に用いた地震の震央分布



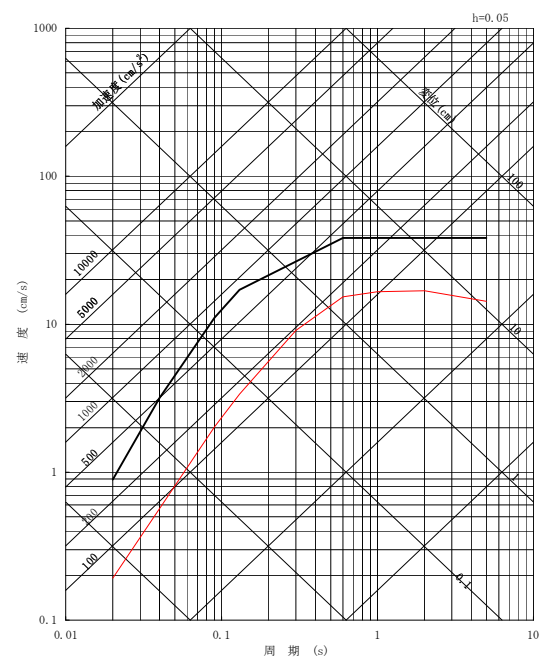
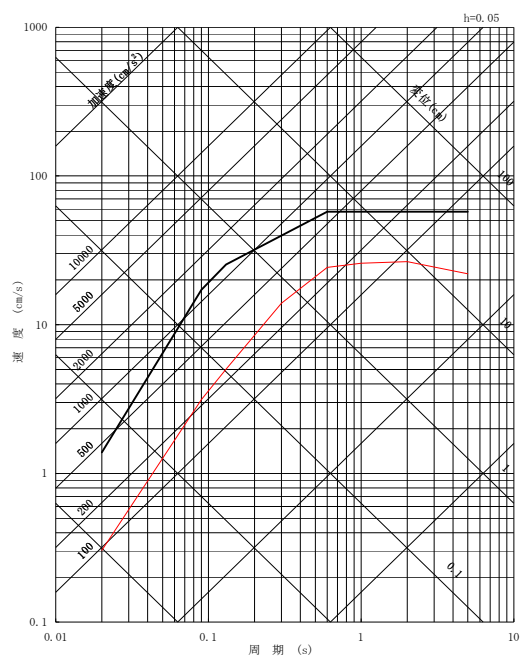
第 8 図 本震と最大余震の関係 ($M7.0$ 以上)



第 9 図 基準津波の波源と 2011 年東北地方太平洋沖型地震の震源
及び最大余震発生位置

第 2 表 設定した余震の震源諸元

項目	設定値
本震の地震規模 (Mw)	8.7
余震の地震規模 (M)	7.8
等価震源距離 (km)	86



— 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震 M7.8 $X_{eq}=86\text{km}$
 — 弾性設計用地震動 $S_d - D1$

第 10 図 設定した余震と弾性設計用地震動 $S_d - D1$ との比較
 (左：水平動，右：鉛直動)

6. 誘発地震の評価

6. 1 誘発地震として考慮する震源の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある誘発地震として考慮する震源を評価する。

評価に際しては、「4. 検討方針」のとおり、基準津波と同じ地震発生様式である 2011 年東北地方太平洋沖地震の事例を参考に地震規模、発生位置を検討する。第 4 図に示された 2011 年東北地方太平洋沖地震の発生による誘発地震のうち、本震発生からもっとも早く発生した誘発地震は 3 月 12 日長野県北部の地震（M6.7）であり、本震発生から 13 時間後である。

一方、東海第二発電所の基準津波の到達時間は第 6 図に示すとおり、地震発生から約 40 分後である。

このことから、基準津波の到達時間帯において規模の大きな誘発地震が発生する可能性は低いと考えられる。

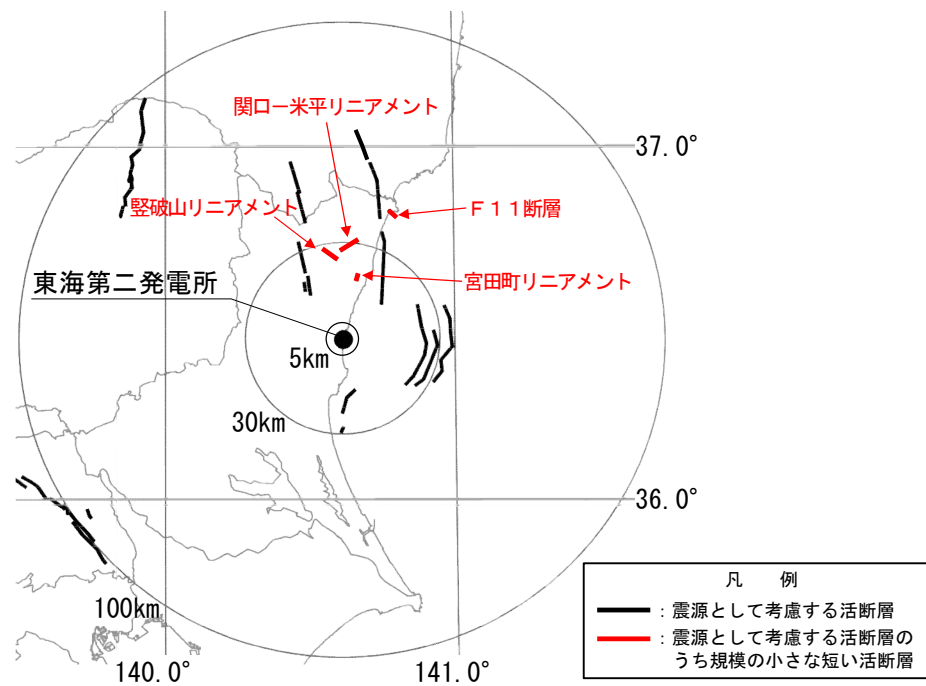
しかしながら、規模の小さな誘発地震は 2011 年東北地方太平洋沖地震発生直後から発生していることを踏まえ、基準地震動の評価において検討用地震の候補として考慮していた規模の小さな短い活断層による地震を保守的に考慮する。

6. 2 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある誘発地震による地震動の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある誘発地震による地震動を評価する。誘発地震として考慮する規模の小さな短い活断層の分布及び地震諸元をそれぞれ第 11 図及び第 3 表に示す。地震動評価は Noda et al. (2002)により行う。その際、基準地震動策

定における内陸地殻内地震の評価と同様，福島県と茨城県の県境付近で発生した地震の観測記録による補正係数を考慮する。観測記録による補正係数を第 12 図に，評価結果を第 13 図に示す。

同図より，評価結果は，弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を下回ることが確認される。

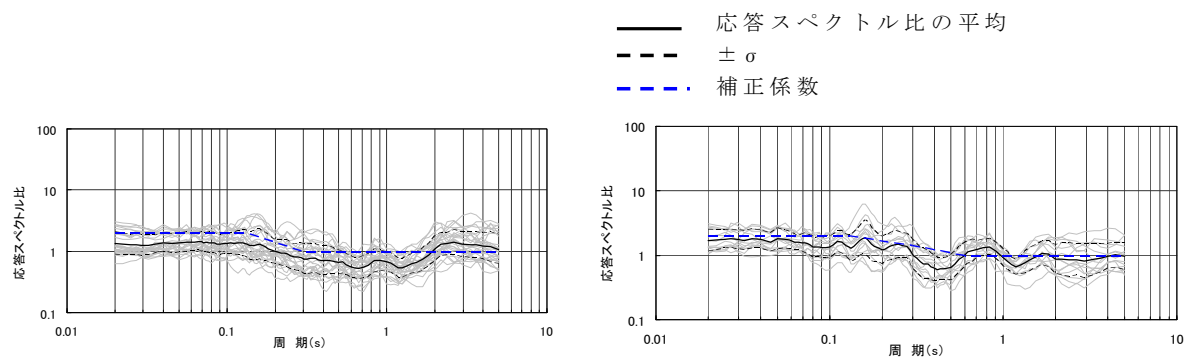


第 11 図 誘発地震として考慮する規模の小さな短い活断層の分布

第 3 表 設定した誘発地震の諸元

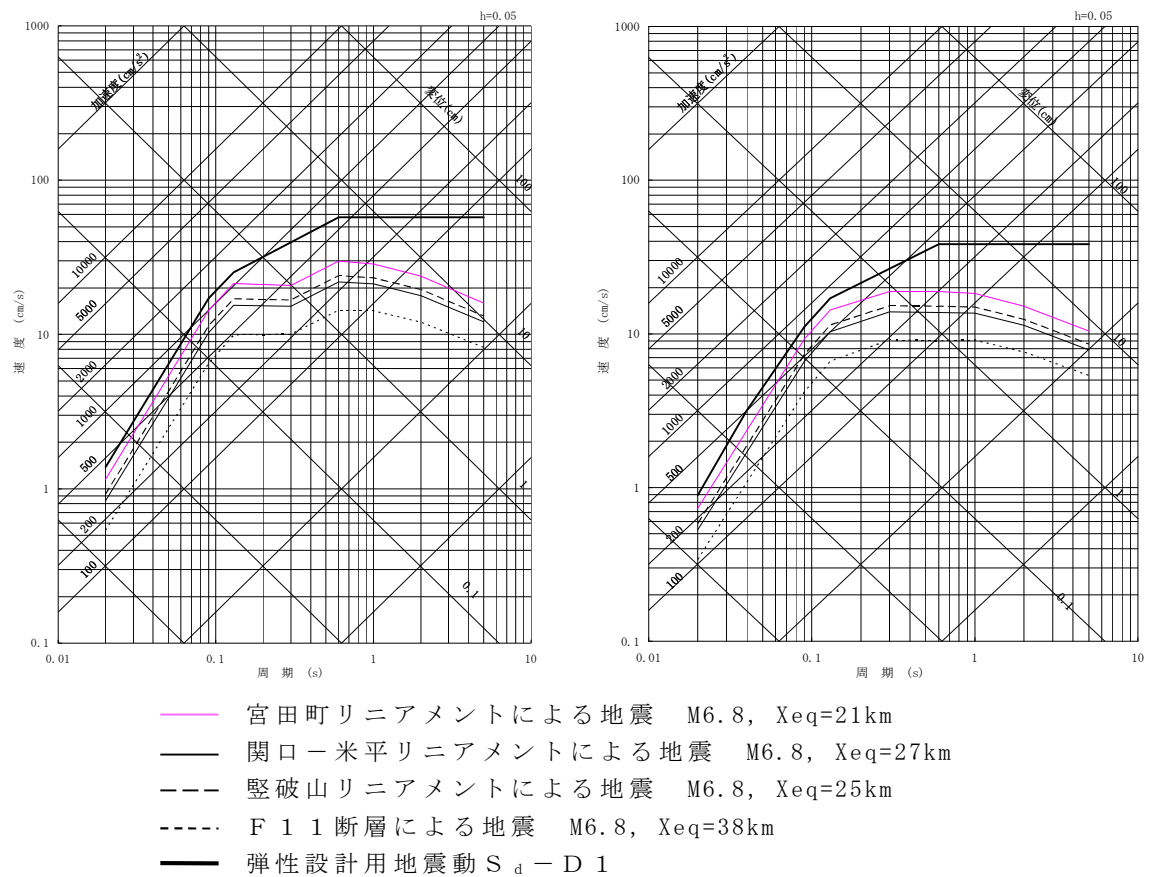
地震名	地震規模 M	等価震源距離 (km)
宮田町リニアメント	6.8	21
関口ー米平リニアメント	6.8	27
豎破山リニアメント	6.8	25
F 1 1 断層	6.8	38

- ・ 短い活断層の地震規模は M6.8 として評価
- ・ 福島県と茨城県の県境付近で発生した地震の観測記録による補正係数を考慮



第 12 図 観測記録による補正係数

(左：水平動，右：鉛直動)



第 13 図 規模の小さな短い活断層による地震と

弾性設計用地震動 $S_d - D1$ との比較

(左：水平動，右：鉛直動)

7. 余震荷重の設定

以上の検討結果から，弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を津波荷重に組み合わせる余震荷重として考慮する。

8. 参考文献

- ・ 日本地震工学会（2014）：東日本大震災合同調査報告，共通編 1，地震・地震動
- ・ 地震調査研究推進本部（2016）：大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方，平成 28 年 8 月 19 日
- ・ 入倉孝次郎（2012）：海溝型巨大地震の強震動予測のための震源モデルの構築，第 40 回地盤震動シンポジウム
- ・ Naoki Uchida, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Toru Matsuzawa（2009）：What controls interplate coupling? : Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone, Earth and Planetary Science Letters 283, 111-121
- ・ Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide Watanabe（2002）：RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD. NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis, Oct. 16-18, Istanbul

(参考 1)

余震の規模の設定のための本震と余震の規模の関係について

本震と最大余震規模の差については、本震の規模に依存しないことが知られている（古本（2005））。例えば宇津（1957）では、日本で発生した地震について、本震、最大余震規模の差と本震規模の関係を第 1 図のとおり示し、両者の関係は低いことを指摘している。

したがって、本震規模を M_0 、最大余震規模を M_1 、両者の差を D_1 とすれば、 D_1 は本震規模に依存しない定数になることから、最大余震規模 M_1 は下記の 1 次式で表現できる。

$$M_1 = M_0 - D_1$$

最大余震規模の評価式は、上式を当てはめた回帰分析により D_1 を求めることで得られる（第 2 図）。このように、最大余震規模の評価式は、地震学的知見を踏まえた上で定式化した。

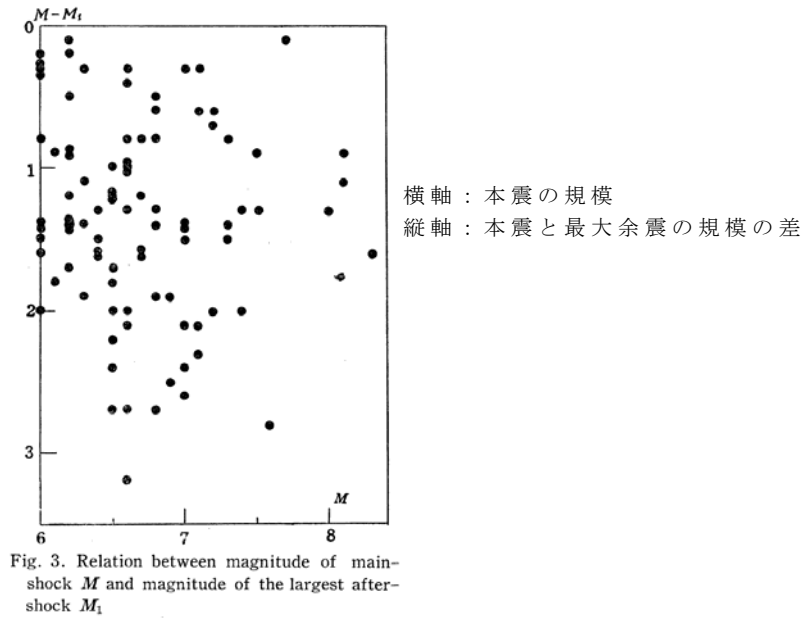
ここからは、データの少ないマグニチュード 8 以上の地震も含めて 1 次式で回帰することの妥当性について、海外の巨大地震データで補って検討した。検討に用いた地震は第 2 図のデータのうち、本震及び最大余震のモーメントマグニチュードが得られている地震と、海外の巨大地震のうち、本震発生と最大余震の発生間隔が概ね 12 時間以内の地震である。これら地震の諸元を第 1 表に、また本震規模と最大余震規模の関係を第 3 図に示す。同図から、本震規模がマグニチュード 8 以上の地震に対しても最大余震規模評価に際して 1 次式を適用できることがわかる。

以上のことから、最大余震規模の評価に際して、地震学的知見に基づいて 1 次式を用いることが妥当であることを確認した。さらに、

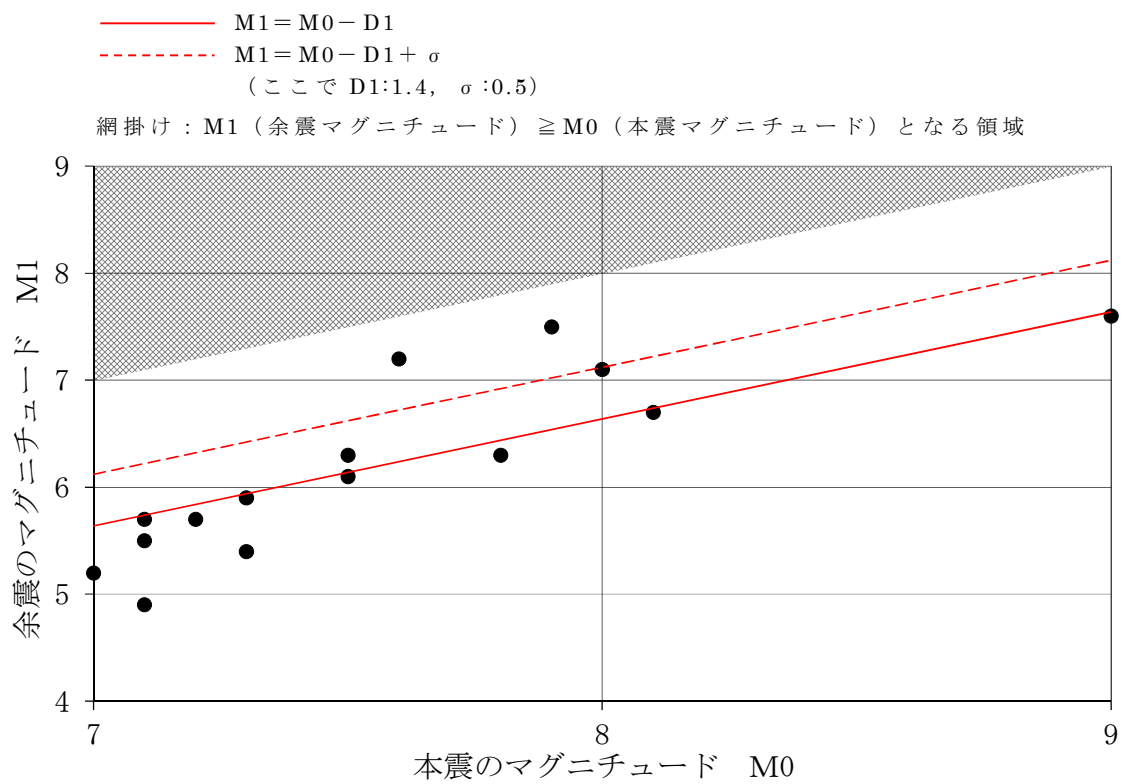
最大余震の規模は標準偏差を考慮することで保守的な設定となるよう配慮している。その上で、余震荷重としては最大余震の応答スペクトルを上回る弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を考慮している。

参考文献

- ・ 宇津徳治（1957）：地震のマグニチュードと余震の起こりかた，地震第2輯，第10巻，1号，pp.35-45
- ・ 古本宗充（2005）：本震と最大余震のマグニチュード差と地殻熱流量，地震第2輯，第58巻，3号，pp.221-224



第 1 図 本震規模と最大余震規模の差と本震規模の関係
(宇津 (1957) に一部加筆)

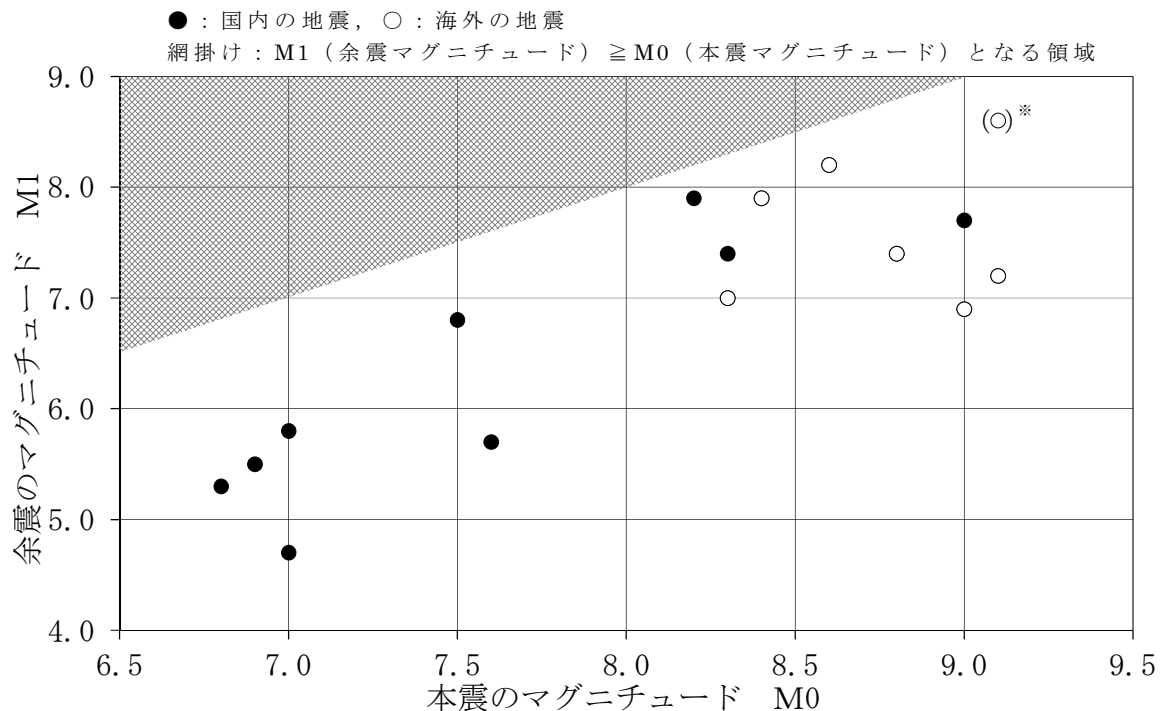


第 2 図 本検討における本震規模と最大余震規模の関係

第 1 表 過去の地震における本震と最大余震の関係 (Mw)

No	発生年月日	震源	本震	最大余震	
			マグニチュード M0	マグニチュード M1	本震との 時間間隔
1	1952/11/04	off the east coast of the Kamchatka Peninsula, Russia	9.0	6.9	0.2 日
2	1964/06/16	新潟地震	7.6	5.7	0.0 日
3	1968/04/01	日向灘地震	7.5	6.8	0.3 日
4	1968/05/16	十勝沖地震	8.2	7.9	0.4 日
5	2003/05/26	宮城県沖	7.0	4.7	0.3 日
6	2003/09/26	十勝沖地震	8.3	7.4	0.1 日
7	2004/12/26	off the west coast of northern Sumatra	9.1	7.2	0.1 日
8	2007/09/12	southern Sumatra, Indonesia	8.4	7.9	0.5 日
9	2008/06/14	岩手・宮城内陸地震	6.9	5.5	0.0 日
10	2008/09/11	十勝沖	6.8	5.3	0.0 日
11	2010/02/27	offshore Bio-Bio, Chile	8.8	7.4	0.1 日
12	2011/03/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	7.7	0.0 日
13	2012/04/11	off the west coast of northern Sumatra	8.6	8.2	0.1 日
14	2015/09/16	48km W of Illapel, Chile	8.3	7.0	0.0 日
15	2016/04/16	熊本地震	7.0	5.8	0.1 日

※ 検討に用いる地震は、第 2 図のデータのうち、本震及び最大余震のモーメントマグニチュードが得られている地震と、海外の巨大地震のうち、本震発生と最大余震の発生間隔が概ね 12 時間以内の地震である。モーメントマグニチュード (Mw) は気象庁、アメリカ地質調査所、防災科学技術研究所が公表している値を参照している。



※ 2004 年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の震源域付近では 2005 年に Mw8.6, 2007 年に Mw8.4, 2012 年に Mw8.6 の地震が発生しているが、Mw9 クラスの巨大地震の影響は長期間に亘ると予想されることから、これらの地震も余震として扱うことが考えられる。また Mw9 クラスの地震に対するデータは少ないことから、本震発生からの経過時間の制約 (12 時間以内) を外し、最も規模の大きい Mw8.6 の地震 (第 1 表の No.13) を 2004 年スマトラ島沖地震 (Mw9.1) の最大余震とした場合を参考で示した。

第 3 図 国内外の本震規模と最大余震規模の関係 (Mw)

(参考2)

基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組合せについて

1. 規制基準における要求事項等

基準地震動 S_s による地震力と地震力以外の荷重を適切に組み合わせていることを確認する。その場合、地震力以外の荷重については、津波の荷重を含む。

2. 基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組合せについて

基準地震動 S_s として選定している震源は第1図に示す2011年東北地方太平洋沖型地震及びF1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層の同時活動による地震（以下、「F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震」という。）である。これらの震源については、地震波と津波の伝播速度が異なることを考慮すると、両者の組合せを考慮する必要はないと考えられる。以下、「2.1 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が同一の場合」と「2.2 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が異なる場合」とに分けて詳細を検討した結果を示す。

2.1 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が同一の場合

2011年東北地方太平洋沖型地震及びF1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震に伴う地震動及び津波の水位変動量が敷地に到達する時間は第2図に示す通りである。

2011年東北地方太平洋沖型地震では地震発生後5分以内、F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震では地震発生後2

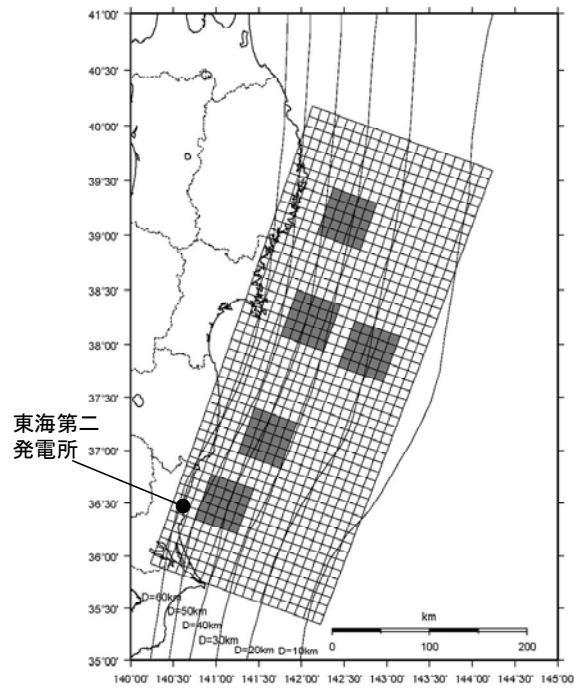
分以内に敷地内に地震動が到達するのに対し、同時時間帯において敷地における津波の水位変動量はどちらも概ね 0m である。そのため、両者が同時に敷地に到達することはないことから、基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組合せを考慮する必要はない。

2. 2 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が異なる場合

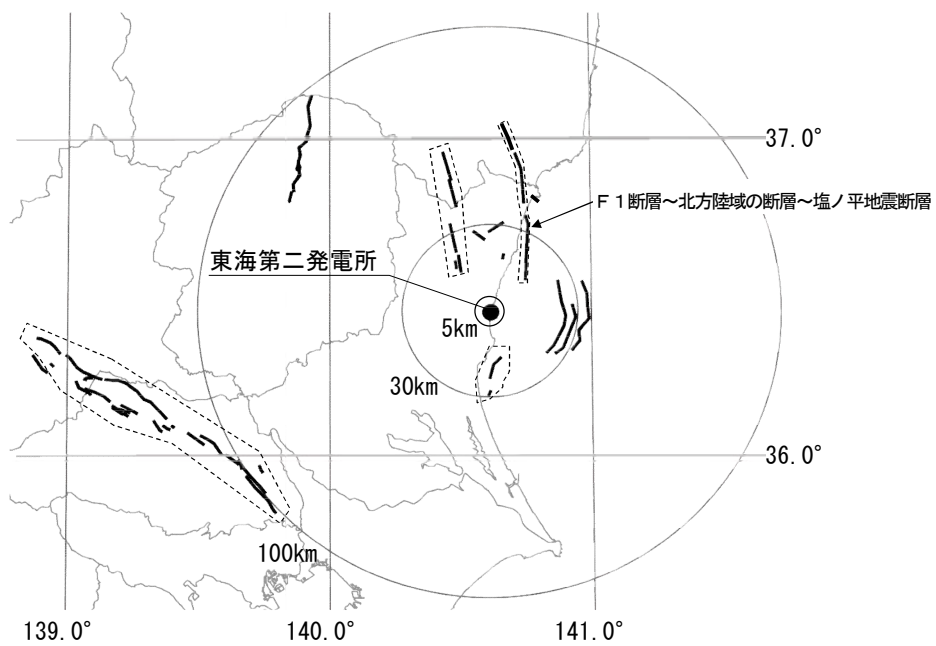
F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震に伴い、津波を起こす地震が誘発される可能性は低いと考えられるが、仮に誘発地震の発生を考慮した場合においても、地震動が敷地に到達する 2 分以内に、F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震以外の活動に伴う津波が敷地に到達することはない。

また、2011 年東北地方太平洋沖型地震に伴う誘発地震の発生を考慮した場合においても、地震動が敷地に到達する 5 分以内に、2011 年東北地方太平洋沖型地震以外の活動に伴う津波が敷地に到達することはない。

以上により、基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組合せを考慮する必要はない。

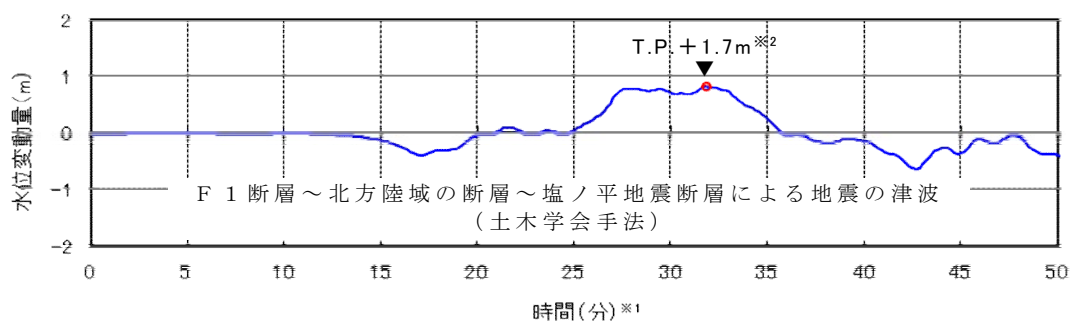
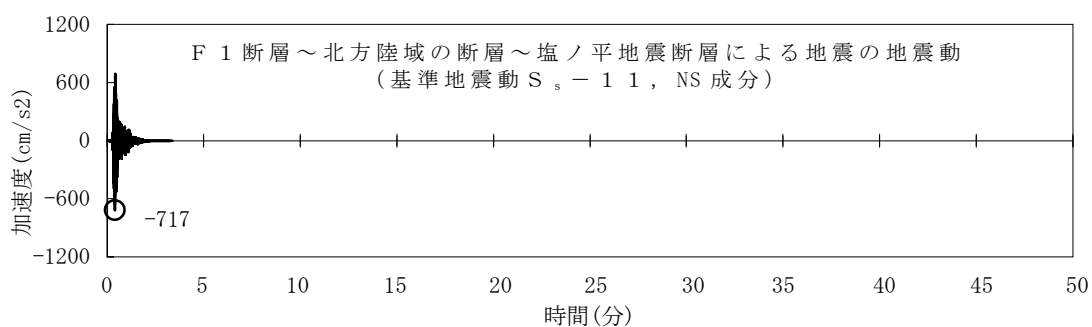
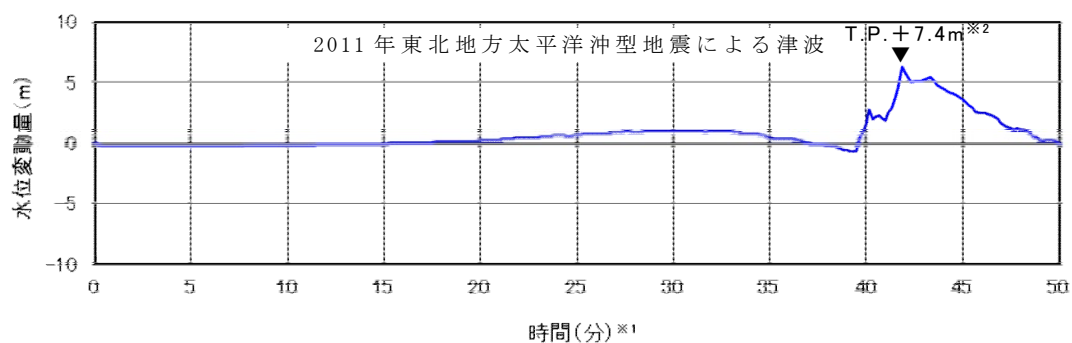
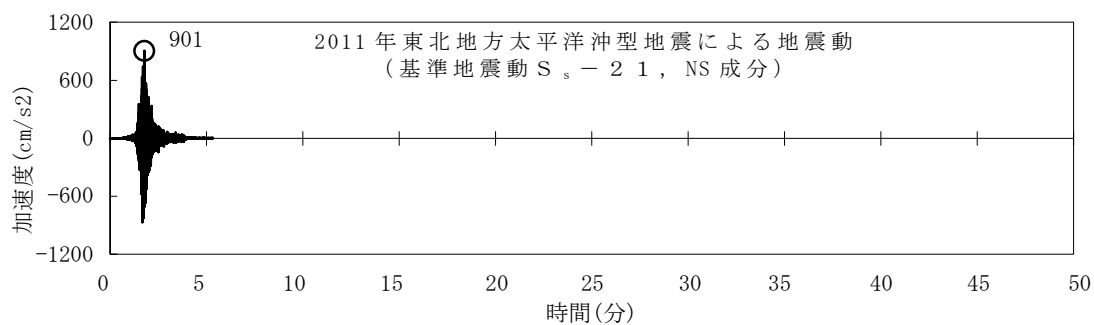


2011 年東北地方太平洋沖型地震



F 1 断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震

第 1 図 基準地震動の震源分布



※1：時間 0 秒は地震の発生時刻を示す

※2：朔望平均満潮位+2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量+津波予測解析による地殻変動量を考慮

第 2 図 地震動と津波の敷地への到達時間の比較

各種基準類における衝突荷重の算定式及び衝突荷重について

1. はじめに

東海第二発電所において考慮する漂流物の衝突荷重の算定に当たり，既往の算定式について調査し，適用する算定式について検討すると共に，基準津波による津波シミュレーションから算定した津波流速に基づき，漂流物の衝突荷重を設定した。

2. 基準類における衝突荷重算定式について

「耐津波設計に係る工認審査ガイド」において，記載されている参考規格・基準類のうち，漂流物の衝突荷重又は衝突エネルギーについて記載されているものは，「道路橋示方書・同解説 I 共通編（（社）日本道路協会，平成14年3月）」及び「津波漂流物対策設計ガイドライン（案）（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター（平成21年）」であり，それぞれ以下のように適用範囲・考え方，算定式を示している。

2.1 道路橋示方書・同解説 I 共通編

(1) 適用範囲・考え方

流木その他の流送物の衝突のおそれがある場合の衝突荷重を算定する式を示している。

(2) 算定式

$$\text{衝突力 } P = 0.1 \times W \times v$$

ここで， P ：衝突力（kN） W ：流送物の重量（kN）

v ：表面流速（m/s）

2.2 津波漂流物対策設計ガイドライン（案）

(1) 適用範囲・考え方

「漁港・漁場の施設の設計の手引き（全国漁港漁場協会2003年版）」の接岸エネルギーの算定方法に準じて設定されたもので、漁船のほか、車両、流木、コンテナにも適用される。支柱及び漂流物捕捉スクリーンの変形でエネルギーを吸収させることにより、漂流物の侵入を防ぐための津波漂流物対策施設の設計に適用される式を示している。

(2) 算定式

$$\text{船舶の衝突エネルギー } E = E_0 = W \times v^2 / 2g$$

※船の回転により衝突エネルギーが消費される（1/4点衝突）の場合：

$$E = E' = W \times v^2 / 4g$$

$$\text{ここで、} W = W_0 + W' = W_0 + (\pi/4) \times D^2 L \gamma_w$$

W ：仮想重量（kN）

W_0 ：排水トン数（kN）

W' ：付加重量（kN）

D ：喫水（m）

L ：横付けの場合は船の長さ，縦付けの場合は船の幅（m）

γ_w ：海水の単位体積重量（kN/m³）

3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら（2006）^{※1}によれば、南海地震津波による被害を想定して、高知港を対象に平面二次元津波シミュレーション結果に基づいた被害予測手法の検討を行い、特に漂流物の衝突による構造物の被害、道路交通網等アクセス手段の途絶について検討を行い、港湾全体における脆弱性評価手法を検討している。この中で、荷役設備・海岸施設の漂流物による被害を検討するに当たって、漂流物の衝突力を算定しており、船舶については道路橋示方書による式を選定している（下表参照）。

※1：地震津波に関する脆弱性評価手法の検討，沿岸技術研究センター論文集 No.6（2006）

表-1 各施設の許容漂流速度

選 定 式			対象施設		
			クレーン	水門	倉庫
車両		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	4.8 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
コンテナ	20ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	4.9 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
	40ft	陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	4.7 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
			5.0m/s超	5.0m/s超	5.0m/s超
			5.0m/s超	1.8 m/s	1.8 m/s
木材		陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究 ⁴⁾	5.0m/s超	1.7 m/s	1.7 m/s

また、船舶による衝突荷重の算出においては、（財）沿岸技術研究センター及び国土交通省国土技術政策総合研究所による研究においても、道路橋示方書に示される算定式が採用されている。

4. 漂流物による衝突力算定式に関する既往の研究論文

平成23年度 建築基準整備促進事業「40. 津波危険地域における建築基準等の整備に資する検討」中間報告 その2（平成23年10月 東京大学生産技術研究所）では、漂流物が建築物に及ぼす影響の評価について研究途上の段階であり、断片的な知見に留まっている。この内容は建築物を対象としており、対象構造物が異なることから参考として扱う。また、漂流物が建築物に衝突する際に瞬間的に作用する衝突力に関する既往の研究を示しているが、「対象としている漂流物は(a), (b), (d), (e)が流木, (c), (d), (e)がコンテナである（(e)は任意の漂流物を対象としているものの実質流木とコンテナしか算定できない）。」としている。一方、東海第二発電所における漂流物としては、漁船を想定していることから評価式（(a)～(e)）については、今後その他の衝突荷重の算定式の適用性も踏まえて今後検討する。

漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文 (1/2)

既往の評価式	内 容
<p>(a) 松富の評価式</p> <p>[1] 松富英夫：流木衝突力の実用的な評価式と変化特性，土木学会論文集，No. 621，pp. 111-127，1999. 5</p>	<p>松富[1]は，津波による流木の衝突力を次式の通り提案している。本式は，円柱形状の流木が縦向きに衝突する場合の衝突力評価式である。</p> $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left(\frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ <p>ここで，F_m：衝突力 C_{MA}：見かけの質量係数（段波，サージでは1.7，定常流では1.9） v_{A0}：流木の衝突速度 D：流木の直径 L：流木の長さ σ_f：流木の降伏応力 γ：流木の単位体積重量 g：重力加速度</p>
<p>(b) 池野らの評価式</p> <p>[2] 池野正明・田中寛好：陸上遡上津波と漂流物の衝突力に関する実験的研究，海岸工学論文集，第50巻，pp. 721-725，2003</p>	<p>池野ら[2]は，円柱以外にも角柱，球の形状をした木材による衝突力を次式の通り提案している。</p> $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ <p>ここで，F_H：漂流物の衝突力 S：係数（5.0） C_{MA}：付加質量係数（円柱横向き：2.0（2次元），1.5（3次元），角柱横向き：2.0～4.0（2次元），1.5（3次元），円柱縦向き：2.0程度，球：0.8程度） V_H：段波波速 D：漂流物の代表高さ L：漂流物の代表長さ M：漂流物の質量 g：重力加速度</p>
<p>(c) 水谷らの評価式</p> <p>[3] 水谷法美ら：エブロン上のコンテナに作用する津波力と漂流衝突力に関する研究，海岸工学論文集，第52巻，pp. 741-745，2005</p>	<p>水谷ら[3]は，津波により漂流するコンテナの衝突力を次式の通り提案している。</p> $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ <p>ここで，F_m：漂流衝突力 dt：衝突時間 m：最大遡上水位 w：水の密度 B_c：コンテナ幅 V_x：コンテナの漂流速度 W：コンテナ重量 g：重力加速度</p>

漂流物による衝突力評価式に関する既往の研究論文（2／2）

既往の評価式	内 容															
<p>(d) 有川らの評価式</p> <p>[4] 有川太郎ら：遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験，海岸工学論文集，第54巻，pp. 846-850，2007</p> <p>[5] 有川太郎ら：津波による漂流木のコンクリート壁面破壊に関する大規模実験，土木学会論文 集B2，Vol. 66，No. 1，pp. 781-785，2010</p>	<p>有川ら[4]は，コンクリート構造物に鋼製構造物（コンテナ等）が漂流衝突する際の衝突力を次式の通り提案している。</p> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left(\frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1 - \nu^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <p>ここで，F：衝突力 a：衝突面半径の1/2（コンテナ衝突面の縦横長さの平均の1/4） E：ヤング率（コンクリート版） ν：ポアソン比 m：質量 v：衝突速度 p：塑性によるエネルギー減衰効果（0.25） m やk の添え字は，衝突体と被衝突体を示す。 また，有川ら[5]は，松富[1]にならい，上式においてm =C_{MAM}（C_{MA}：サージタイプの1.7）とすることで，流木のコンクリート版に対する衝突力を評価できるとしている。</p>															
<p>(e) FEMA の評価式</p> <p>[6] FEMA, Guidelines for Design of Structures for Vertical Evacuation from Tsunamis, FEMA P646,</p>	<p>FEMA P646[6]では，漂流物による衝突力を正確に評価するのは困難としながら，以下の式を一例として示している。</p> $F_i = C_m u_{\max} \sqrt{km}$ <p>ここで，F_i：衝突力 C_m：付加質量係数（2.0 を推奨） u_{max}：最大流速 m：漂流物の質量 k：漂流物の有効剛性 漂流物の質量・有効剛性は主要な漂流物について表3.1の通り概略値が与えられているが，それ以外の漂流物については設計において評価することとなっている。</p> <p>表 3.1 漂流物の質量と有効剛性</p> <table><tr><th>漂流物</th><th>質量 <i>m</i> [kg]</th><th>有効剛性 <i>k</i> [N/m]</th></tr><tr><td>材木・丸太</td><td>450</td><td>2.4×10⁶</td></tr><tr><td>40ft コンテナ</td><td>3,800（空載）</td><td>6.5×10⁸</td></tr><tr><td>20ft コンテナ</td><td>2,200（空載）</td><td>1.5×10⁹</td></tr><tr><td>20ft 重量コンテナ</td><td>2,400（空載）</td><td>1.7×10⁹</td></tr></table>	漂流物	質量 <i>m</i> [kg]	有効剛性 <i>k</i> [N/m]	材木・丸太	450	2.4×10 ⁶	40ft コンテナ	3,800（空載）	6.5×10 ⁸	20ft コンテナ	2,200（空載）	1.5×10 ⁹	20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	1.7×10 ⁹
漂流物	質量 <i>m</i> [kg]	有効剛性 <i>k</i> [N/m]														
材木・丸太	450	2.4×10 ⁶														
40ft コンテナ	3,800（空載）	6.5×10 ⁸														
20ft コンテナ	2,200（空載）	1.5×10 ⁹														
20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	1.7×10 ⁹														

5. 漂流物の衝突荷重算定式の選定

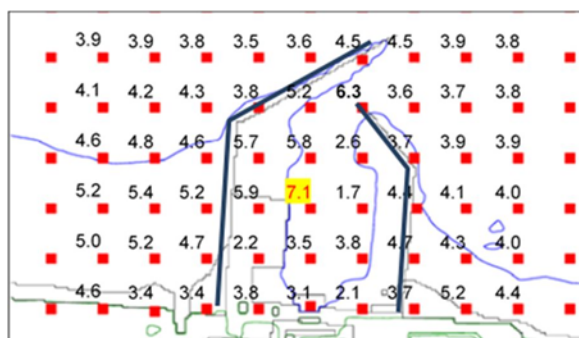
既往の知見によると、さまざまな漂流物の衝突力算定式が提案されていることから、今後その他の衝突荷重の算定式の適用性についても検討し、詳細設計に反映する。

ここでは、（財）沿岸技術研究センター及び国土交通省による検討においても、漁船の衝突荷重の算定については「耐津波設計に係る工認審査ガイド」に記載されている参考規格・基準類のうち、道路橋示方書に示される算定式を採用していることから、道路橋示方書による方法で算定した例について次項より示す。

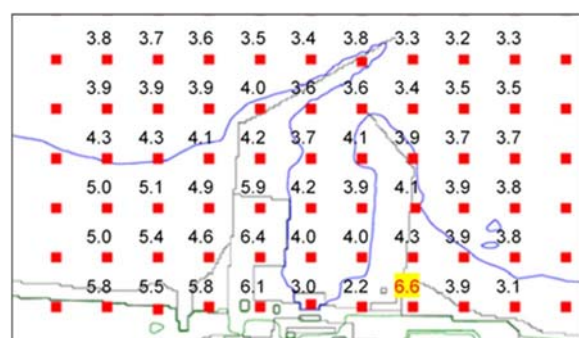
6. 漂流物の評価に考慮する津波の流速

津波による漂流物の漂流速度は、津波の流速に支配されることから、漂流速度として津波の流速を用いることとし、流速は津波シミュレーションにより算定する。

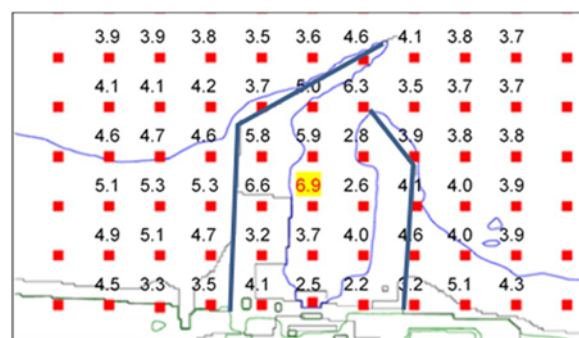
基準津波に対して、防波堤があるモデル、防波堤がないモデル及び防波堤の耐震評価結果から防波堤を1 m沈下させたモデルを用いて津波シミュレーションを実施し、敷地前面海域における表面流速を評価した。それぞれのケースにおける前面海域の最大流速分布を第1図に示す。



(防波堤ありモデル)



(防波堤なしモデル)



(防波堤 1 m 沈下モデル)

第 1 図 前面海域の最大流速分布図

7. 防潮堤に想定する漂流物の衝突荷重（道路橋示方書の例）

津波シミュレーションの結果より，前面海域の最大流速は防波堤ありモデルにおいて7.1m/s，防波堤なしモデルにおいて6.6m/s，防波堤1m沈下モデルにおいて6.9m/sであった。

上記の最大流速は7.1m/sであるが，漂流物の評価に考慮する津波の流速は，安全側の設定とし，10m/sとする。

また，東海第二発電所で想定する漂流物の最大重量は，15t（排水トン数）の漁船とする。

漂流物の衝突荷重については，道路橋示方書による方法の場合は以下の通りとなる。

$$\text{漂流物の衝突荷重 } P = 0.1 \times 15 \times 9.8 \times 10 = 147 \text{ (kN)}$$

放水路ゲートの設計と運用等について

1. はじめに

放水路ゲートは津波防護施設として設置し，入力津波による放水路からの逆流防止を目的のため設置する。設置箇所は防潮堤と放水路の横断部近傍に設置し 3 水路に分かれている放水路に各 1 台ずつ合計 3 台のゲートを設置する。放水路ゲートの運用は，発電所の運転中には開状態で設置し，原則閉操作は実施しない。

但し，大津波警報が発表になった場合に，発電長の判断により中央制御室から閉操作を実施する運用とする。閉操作するためには，常用海水ポンプのうち循環水ポンプを停止させてから操作を行うことで敷地内への溢水を防止する。ここでは，放水路ゲートの設計と運用に関する方針について説明する。

2. 放水路ゲートの設計について

(1) 基本設計方針

放水路ゲートは津波防護施設として，防潮堤と放水路が交差する近傍に設置し，放水路ゲートとして設計するが，防潮堤の近傍に設置するため防潮堤と放水路が一体の躯体構造で計画している。（第1図～第3図）

放水路ゲートは上下のスライド式ゲートで原則開として運用するが，大津波警報が発表された場合に閉止操作を実施する。その場合，循環水ポンプを停止させてから閉操作を行う。放水路ゲートの閉操作は中央制御室から遠隔操作できるよう設計する。閉止後は，非常用海水ポンプが継続して排水する必要があるため，放水路ゲートに小扉を設け排水できるよう設計する。

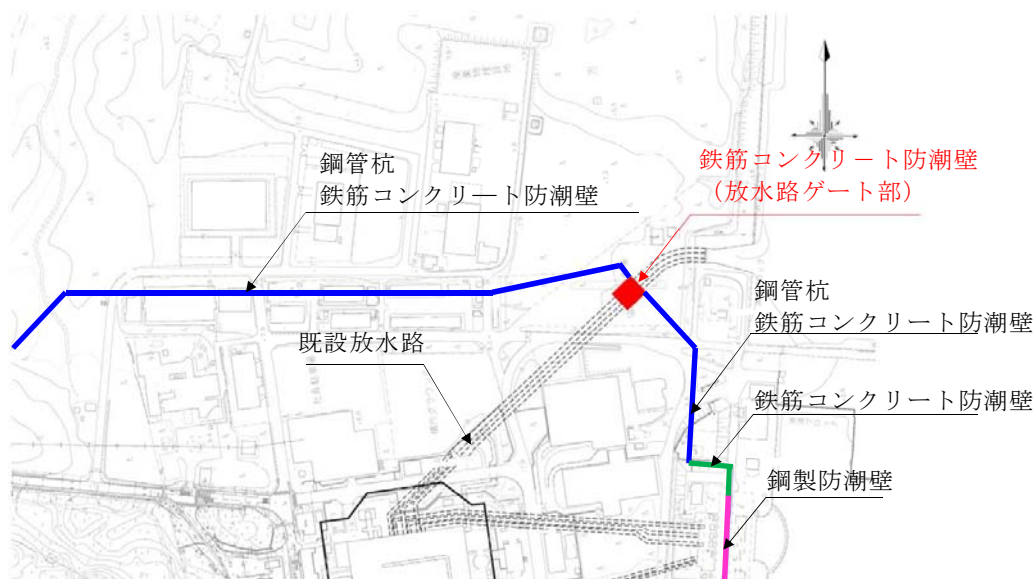
また、放水路ゲートの閉止機能においてMS－1として設計するため、設置許可基準規則第十二条に基づく要求があることから、ゲートの閉止に必要な系統（駆動方式、電気系等）は、多重性又は多様性、及び独立性を確保し、遠隔操作が可能な系統とする。放水路ゲートに係る適用規格を以下に示す。また、第1表に防潮扉と放水路ゲートの基本設計方針の相違点を示す。

＜適用規格＞

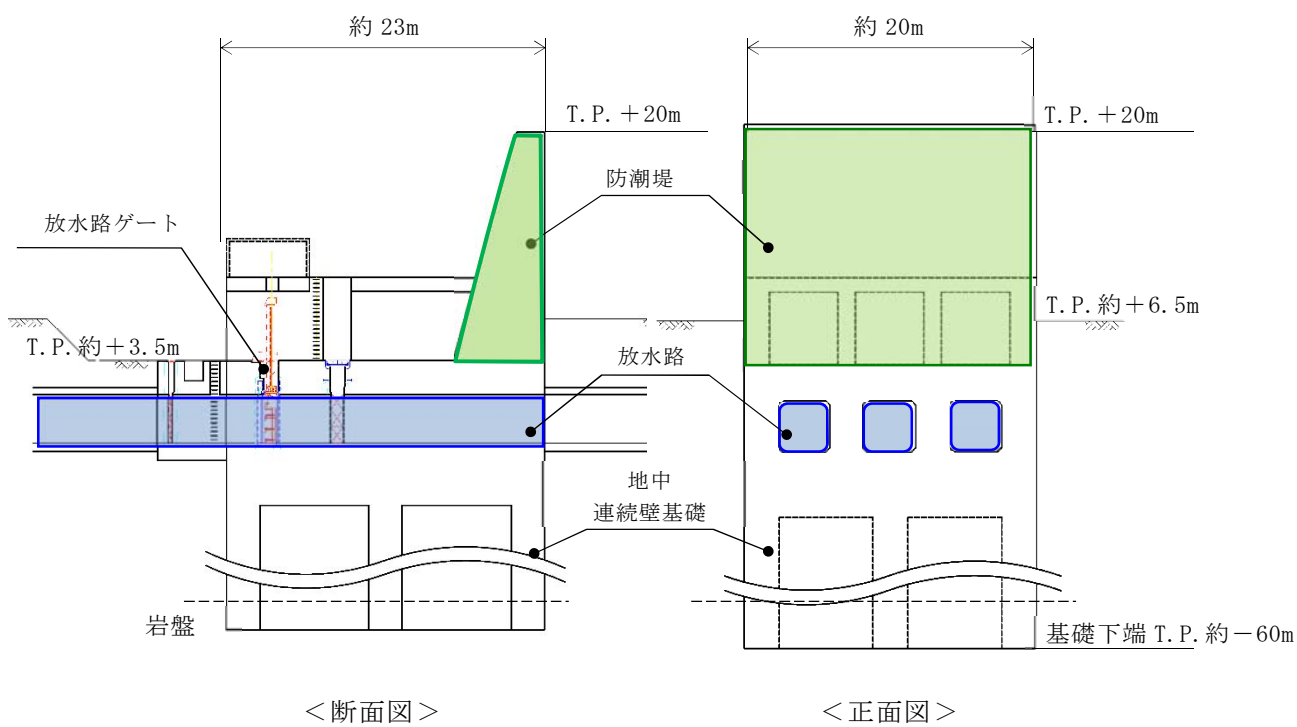
- ・ 水門鉄管技術基準
- ・ ダム・堰施設技術基準（案）

第1表 防潮扉と放水路ゲートの基本設計方針の相違点

	通常状態	操作条件	供給電源	操 作	操作時の インターロック
防潮扉	閉状態	閉状態のため操作なし	常用電源	中央制御室 又は現地	なし
放水路 ゲート	開状態	大津波警報 発表時に 閉止操作	非常用電源 MS－1設計	中央制御室	循環水ポン プ停止信号



第1図 放水路ゲート設置位置



第2図 放水路ゲート正面図と断面図

(2) 耐震設計方針

放水路ゲートの躯体，ゲート本体（扉体），開閉装置については浸水防護施設としての耐震 S クラス要求から基準地震動 S_s による地震力を考慮して設計する。

構造物と地盤との動的相互作用を考慮した二次元動的有効応力解析コード（FLIP）を用いて水平地震動と鉛直地震動による地震応答解析を行う。

放水路ゲートの閉止操作に支障を来すことがないように，各部材が弾性範囲内に留まるよう設計する。

なお，開閉装置の主要な部分については，構造設計として弾性範囲内にて設計を実施するが，地震における動的機能維持を確認するため，振動試験を実施し健全性を担保する。

(3) 耐津波設計方針

放水路ゲートは放水口の上流に設置することから，入力津波による波力に耐える構造設計を行う。

放水路ゲートの遮水機能として扉体の4辺に水密ゴムを設置することにより，敷地への浸水を防止する構造とする。放水路ゲートの水密機能は防潮扉と同様であり，採用実績は，第1表に示すとおり採用実績は多く信頼性は高い。構成部位の役割は第2表に示す。

放水路ゲートの水密性は，ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）の漏水試験の算出式に準じて求める。漏えい試験装置を用いた漏えい試験を実施し水密ゴムの機能を確認するとともに，ダム・堰施設技術基準（案）の検査内容に準じた検査を実施し水密性を確保していく。第3表に水密面に係る検査内容（抜粋）及び漏水試験の算出式を示す。また，水密ゴムの漏水試験の結果は，添付資料21 8) 止水ジョイント部（底部止水機構）に記載している。

なお，水中部は海生生物によるゲート動作の障害にならないよう，貝の付着を防ぐ防汚塗装等により動作を確保する。

第 1 表 スライドゲートの採用実績
(A 社製 2017 年 8 月)

	スライドゲート
一般産業	2 0
電力	1 3
合計	3 3

第 2 表 構成部位と役割

構造部位	構成部位と役割
扉体	外部からの地震荷重，津波荷重，漂流物荷重等を地中連続壁基礎に確実に伝達するとともに，各荷重に対して十分な耐性を有することにより止水性を確保し，放水路ゲートとしての機能を保持する。
水密ゴム	扉体の 4 辺に設置され，水密ゴムによる津波からの，浸水を防止することにより止水性を確保し，放水路ゲートとしての機能を保持する。
地中連続壁基礎 (間接支持構造物)	扉体から伝達される基準地震動 S_s による地震荷重及び基準津波による津波荷重について，鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の地中連続壁基礎により支持地盤に確実に伝達し十分な耐性を有している。また，津波に対する放水路ゲートとしての止水機能を保持する。

第3表 水密面に係る検査内容（抜粋）

	検査内容	測定又は確認方法
寸法	水密面の鉛直度，水平度	基準線からの変位を鋼製直尺で測定する。
	水密面の平面度	直定規，すきまゲージで測定する
外観	水密ゴムと水密面の当たり状態	すきまゲージを用いて確認する。
	部材相互の取合いと密着具合	目視により部材の取付け位置を確認する。

＜漏水量の算出式＞

$$W = 10.2 L \times P$$

W：漏水量（ml/min）

P：設計圧力（MPa）

L：長辺の長さ（cm）

(4) 津波襲来時（放水路ゲート閉止時）の排水について

①排水設計の考え方について

非常用海水ポンプの排水については既設放水路3本のうちいずれか2本より1本を用いて排水をする設計である。

大津波警報が発表された場合には、原子炉スクラム停止操作、循環水ポンプ停止及び出口弁を閉操作する。循環水ポンプが停止した後、放水路ゲートを閉操作する。

放水路ゲートにて放水口を閉止した場合でも、非常用海水ポンプの排水は継続的に排出する必要があることから、ゲート本体に設置している小扉により排水を可能にしている。

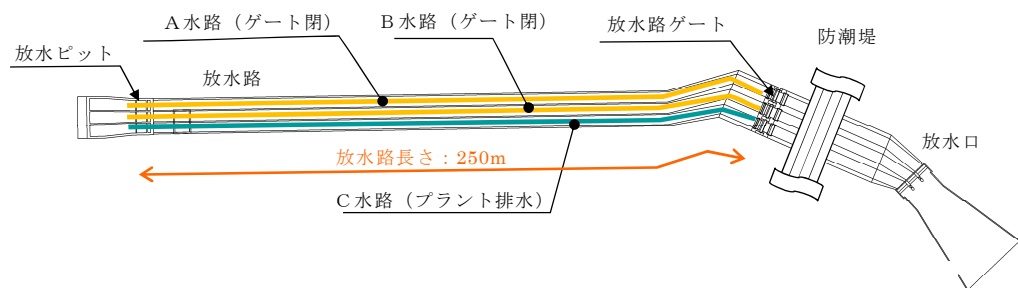
②放水路からの排水について

既設放水路からの排水は、朔望平均満潮位の時には排水できる設計とする。放水路ゲートの小扉からの排水条件はプラントの排水による放水ピット水位T.P. +5.5m（①）以下の場合に排水する設計としている。小扉の設置位置はT.P. +0.25m（②）であることから水位差5.25m以下（①－②）の条件であれば水位差で小扉が開く設計であることから、朔望平均満潮位T.P. +0.61m以上であっても排水することが十分可能である。

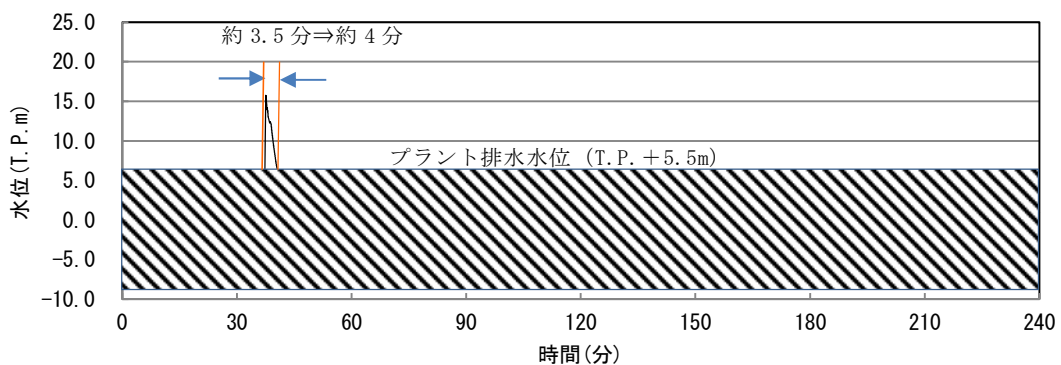
第4図に放水路ゲートの小扉の排水設計を示す。

③津波襲来時の排水について

通常は小扉から排水する設計であるが、津波の襲来時には、放水口側の水位差が上回り排水ができなくなる。放水口前面での津波高さは、放水ピット上部開口部高さT.P. + 5.5mを上回る津波高さの時間は、最大で約4分であり、排水量に換算すると最大約670m³になる。津波襲来時には敷地内に一時的に排水するよう設計する。第5図に放水路ゲート閉止状態での排水イメージを示す。



図① 非常用海水ポンプの排水ルート（C水路の例）

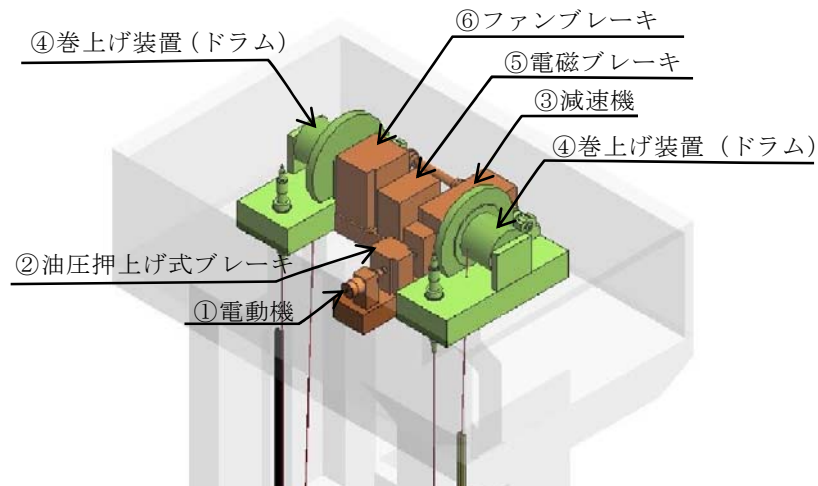


図② 放水路ゲート閉止した場合の時刻歴波形

第5図 放水路ゲート閉止時の排水

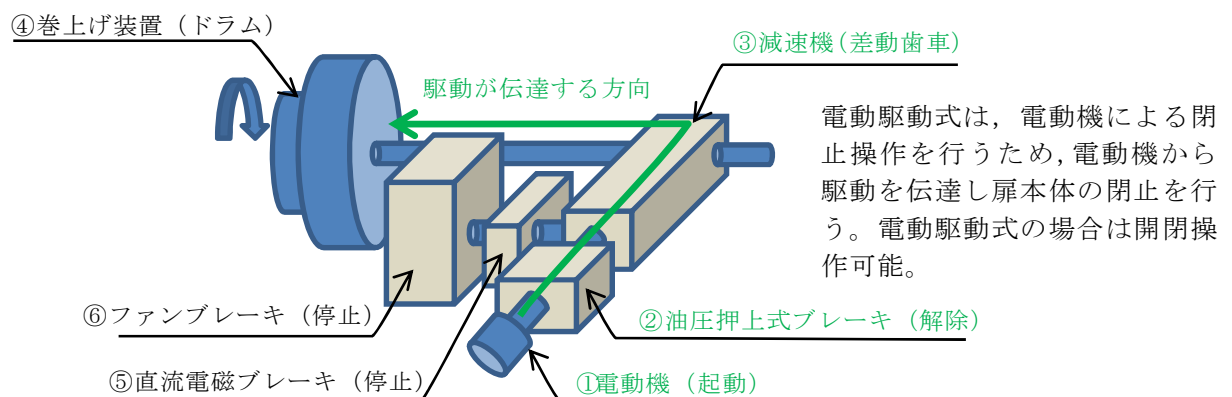
(5) 開閉装置の構造及び動作原理について

開閉装置の駆動方法は電動機による「電動駆動式」とファンブレーキによる「自重降下式」の2つの構造がある。第6図 a～b に開閉装置の構造及び動作原理について示す。図 a に開閉装置の構成を示す。なお、動作原理は防潮扉と同じである。



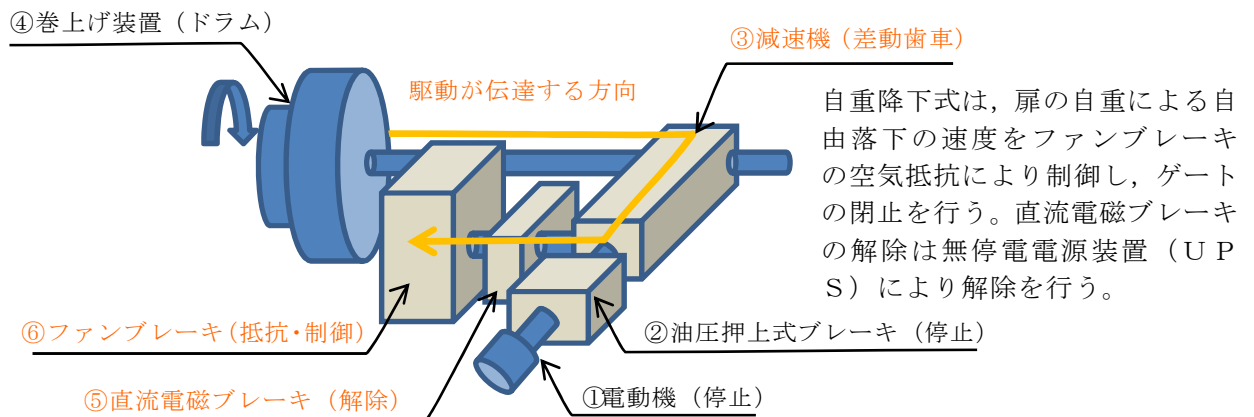
【図 a 開閉装置 鳥瞰図】

電動駆動式は①電動機を駆動，②油圧押上げ式ブレーキを解除，③減速機，④巻き上げ装置を経由し放水路ゲートを閉止させる構造である。電動駆動式は開閉操作が可能である。（図 b 参照）



【図 b 電動駆動式（開閉操作可能）】

自重降下式は、⑤直流電磁ブレーキを解除、④巻き上げ装置に引き上げられている放水路ゲートの自重による落下、⑥ファンブレーキによる落下速度の制御により放水路ゲートを閉止させる機械的な構造である。自重降下式は電動駆動用の電源を必要とせず、直流電磁ブレーキを解除できるよう無停電電源装置（UPS）を設置している。自重降下式は閉操作のみ可能である。



【図 c 自重降下式（閉操作の

第6図 開閉装置の構造及び動作原理（図 a ～図 c）

(6)開閉装置の振動試験について

a. 試験目的

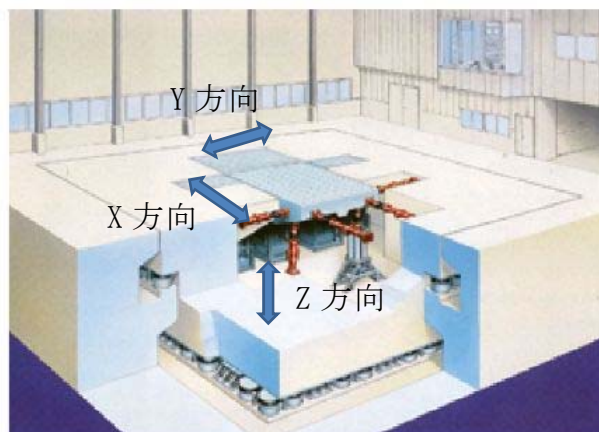
開閉装置の成立性確認のため、基準地震動 S_s の選定波を加振波として用い、ここでは、実機大の防潮扉の開閉装置を用いた振動試験を行い地震後の動的機能維持を確認する。なお、詳細設計段階において放水路ゲートの開閉装置設置位置における応答スペクトルが算出された段階で、当該試験に用いた加振条件に包絡していることの確認を J E A C 4601 (2015) 「4.6.3.2試験による評価の方法」に準じて行う。

b. 試験方法

振動台上に架台を設置しその上に防潮扉に設置する開閉装置を基礎ボルトで固定し、水平方向と鉛直方向とを同時加振する。第7図に大型3軸振動台の概要を示す。

振動台の仕様

加振自由度	3軸6自由度		
最大積載重量	80 t f		
テーブル寸法	X : 6m × Y : 4m		
定格	X 方向	Y 方向	Z 方向
最大変位	±300mm	±150mm	±100mm
最大加速度 (35 t 積載時)	1G (水平)	3G (水平)	1G (鉛直)



第7図 大型3軸振動台の概要

c. 試験条件

加振試験に使用する入力条件は以下のとおり。

<入力地震動の作成>

(1) 評価用地震動の選定

①動的機能維持評価に用いる評価用の地震動は、解放基盤表面からの地盤の特性に応じた地震動の応答スペクトルとして基準地震動 $S_s - D1$ を選定した。

②基準地震動 $S_s - D1$ については、防潮扉の開閉装置位置

(T. P. + 22. 5m) における評価が必要になることから、以下の手順にて一次元地盤応答解析 (SHAKE) にて得られた地表面応答加速度の結果を開閉装置位置 (T. P. + 22. 5m) での評価用応答スペクトルとして作成した。

a. 一次元地盤応答解析 (SHAKE) の地表面応答加速度における結果に対して、開閉装置位置での応答加速度を算出するため、地表面応答加速度 (SHAKE) に対し開閉装置位置での FLIP 応答解析値の倍率 (FLIP/SHAKE の倍率) を 1. 73 倍と算出し、応答スペクトルを引き上げた。

b. a 項にて 1. 73 倍引き上げた応答スペクトルに対し、評価用に基準地震動 S_s 8 波の全周期帯を包絡させるスペクトルが必要なことから、更に応答スペクトルを 2. 59 倍し全周期帯を包絡した応答スペクトルを作成した。

その結果、一次元地盤応答解析 (SHAKE) の地表面応答加速度結果における応答スペクトルに対し 4. 49 倍したものを評価用の応答スペクトルとした。

(2) 確認用地震動の選定

①確認用として、一次元地盤応答解析 (SHAKE) による地表面応答加速度の結果から位相特性による設備への影響を確認するため、最大応答加速度が最も大きくなる S_s-22 (鉛直方向最大) 及び S_s-31 (水平方向最大) について選定した。

② S_s-22 (鉛直方向最大) 及び S_s-31 (水平方向最大) については、基準地震動 S_s-D1 と同様に防潮扉の開閉装置位置 (T.P. +22.5m) における評価を行うため、以下の手順にて一次元地盤応答解析 (SHAKE) にて得られた、地表面加速度の結果を開閉装置位置 (T.P. +22.5m) での確認用応答スペクトルとして作成した。

a. 一次元地盤応答解析 (SHAKE) の地表面応答加速度における結果に対して、開閉装置位置の応答加速度を算出するため、地表面応答加速度 (SHAKE) に対し開閉装置位置でのFLIP応答解析値の倍率 (FLIP/SHAKEの倍率) を0.93倍 (S_s-22), 1.73倍 (S_s-31) と算出した。

b. 更に、a. 項にて引き上げた応答スペクトルに対し位相特性による影響を確認する必要があることから、地表面応答加速度結果における応答スペクトルに対し2倍したものを確認用応答スペクトルとした。なお、 S_s-22 については、振動試験装置の性能上1.61倍とした。

地震波における加振条件について、評価用を第3表に確認用を第4表に示す。第9図模擬地震波の加速度応答スペクトル参照。なお、振動台の性能から高倍率の加振条件においては、各構成部品の固有周期が有しない範囲についてはフィルター処理を実施した。

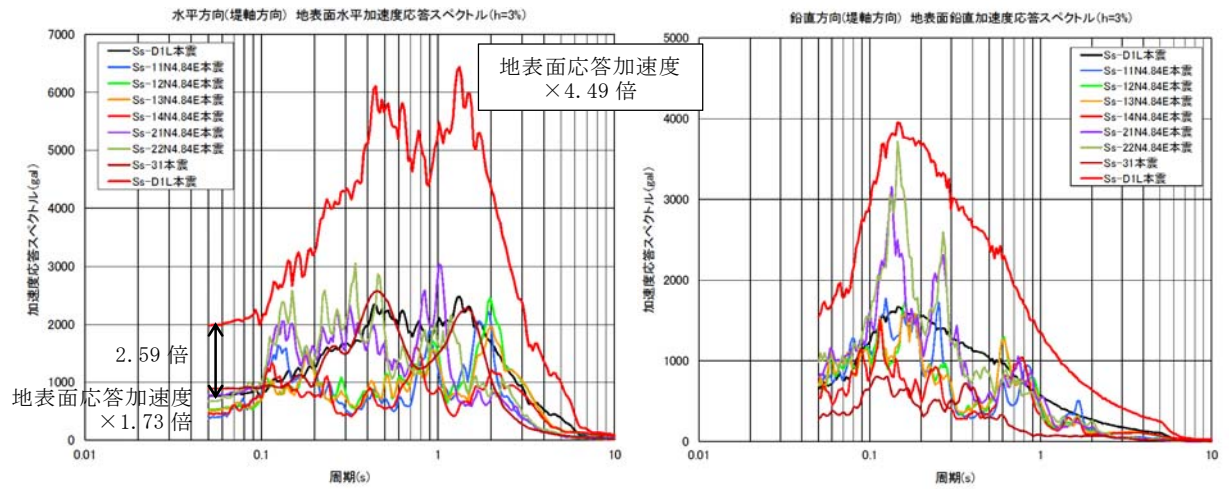
第3表 地震波における加振条件（評価用）

地震波	①地表面位置に対する 開閉装置位置での 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE)	②地表面応答加速度 (SHAKE) の全周期帯 を包絡するための倍率	③振動台への 入力地震動の倍率 (①×②)
S _s －D 1	地表面応答加速度 ×1.73	①で作成した応答 スペクトル ×2.59	地表面応答加速度 ×4.49

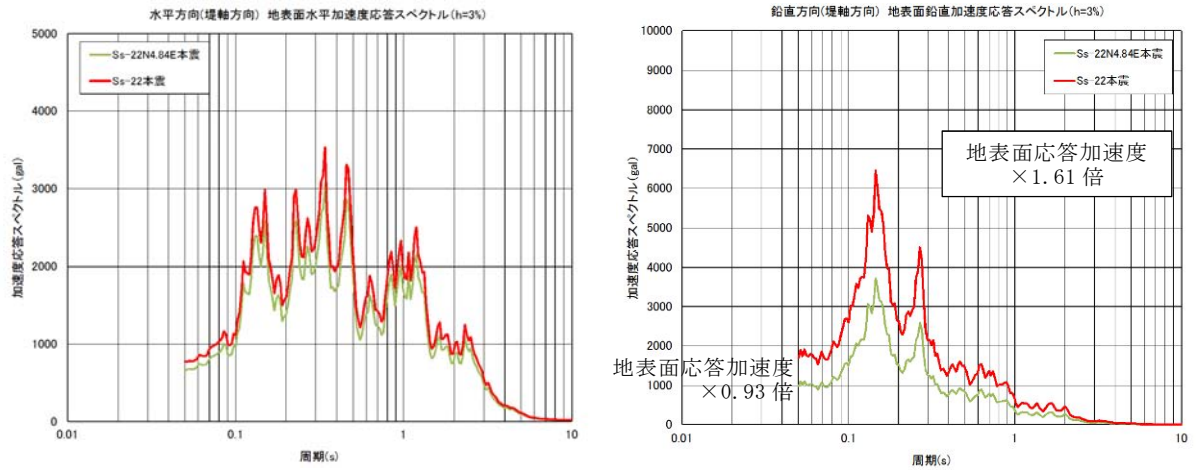
第4表 地震波における加振条件（確認用）

地震波	①地表面位置に対する 開閉装置位置での 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE)	②振動台への 入力地震動の倍率 <2倍> (①<②)
S _s －2 2	地表面応答加速度 ×0.93	地表面応答加速度 ×1.61※
S _s －3 1	地表面応答加速度 ×1.73	地表面応答加速度 ×2

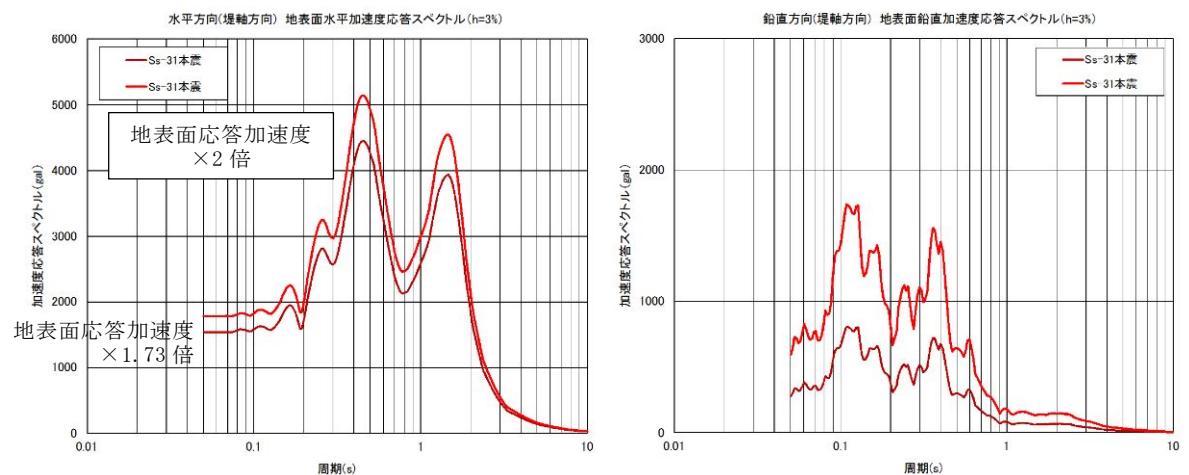
※振動試験装置の性能上 1.61 倍とした。



S s - D 1 （評価用：入力地震動）



S s - 2 2 （確認用：鉛直方向最大）



S s - 3 1 （確認用：水平方向最大）

第9図 模擬地震波の加速度応答スペクトル

d. 試験装置

放水路ゲートの開閉装置は防潮扉の開閉装置と同じ構造であるため、放水路ゲートと防潮扉の開閉装置の中でも最大な設備を選定し、開閉装置のワイヤーの巻き上げ装置については、駆動軸の長いワイヤーの巻き上げ装置側を製作した。

また、ワイヤー巻き上げ装置には扉の荷重を模擬するため巻き上げ装置の下部にトルク装置を設置し扉の荷重を模擬し試験を実施した。

試験に用いた開閉装置の概要は以下の通り。第9図に開閉装置の試験装置（全景）を示す。

＜試験装置の構成＞

◆開閉装置（減速機，直流電磁ブレーキ，ファンブレーキ，他） 1 式

◆制御盤 1 式



第9図 開閉装置の試験装置（全景）

e. 試験結果

試験前及び加振試験後に外観点検を実施し異常のないことを確認した。また、試験後の動作確認においても試験装置上に設置している操作盤より操作を実施し異常なく開閉装置が動作する事を確認した。

(7)安全機能（MS－1）要求に伴う設計について

放水路ゲートは設置許可基準規則 第十二条の要求に基づき以下の安全機能について設計を行う。

- a． 外部電源喪失時にも閉止できるように放水路ゲートの閉止装置に必要な電源は「独立性」「多重性」を確保し非常用ディーゼル発電機 2 C，2 D 母線から供給する様に設計する。
- b． 駆動方式は，多重性を確保し「電動駆動式」及び「自重降下式」で設計する。「自重降下式」はファンブレーキ方式を採用する。また，外部からの動力の供給をがない場合においても操作が可能なよう無停電電源装置（UPS）を設置する。
- c． 運転員による誤操作及び誤信号による誤動作を防止するため，循環水ポンプ運転中は閉止しないインターロックを持つ設計にする。
- d． 放水路ゲートが閉止している状態においても，安全系ポンプが運転中のため，完全に閉止してしまうと敷地内へ浸水することから，閉止ゲートの扉体に小扉を設け安全系ポンプの排水は放水口より排水できる設計にする。
- e． 放水路ゲートの状態を監視し，異常の発生を検知できるような設計にする。

(8) 放水路ゲート操作電源系等の設計について

津波の襲来に対して確実な緊急閉止操作を達成するため、基本設計方針に基づき、放水路ゲートの閉止機能は重要安全施設（MS－1）設計とする。動的機器である閉止機構及び閉止機構に関する電源系、制御系は多重化し、ゲート自体は静的機器であることから多重性の必要はなく、シングルであっても確実に閉止する設計となっている。

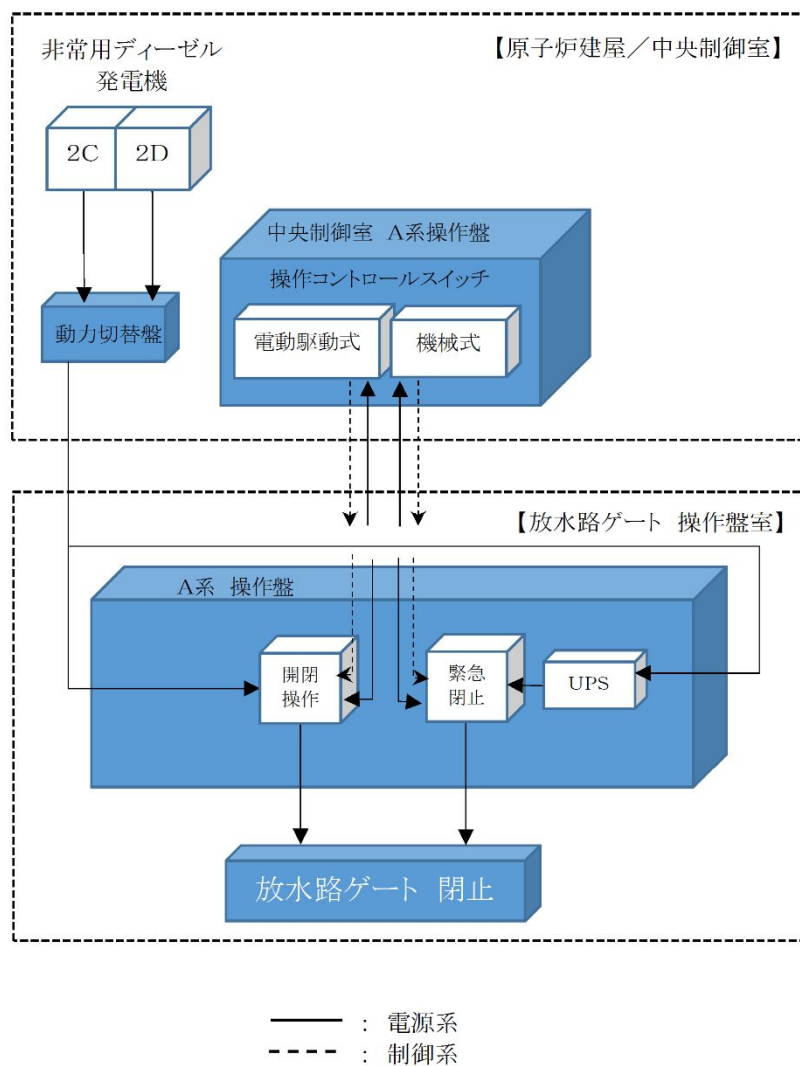
- ・ゲートの閉止に必要な系統（駆動方式、電気系等）は、多重性又は多様性、及び独立性を確保し、遠隔操作が可能な系統とする。
- ・想定される全ての環境条件において、その機能を発揮できるよう、耐震性を含めた耐環境性を確保する。
- ・放水路ゲートの状態を監視し、異常等の発生を検知できるよう設計する。

この基本設計方針の概念図を第10図に放水路ゲート電源概念図を示す。

開閉機構には、「電動駆動式」「自重降下式」を多重に設けており、通常時は電動駆動式により閉止を行い、緊急を要す場合に「自重降下式」を選択する。なお、「自重降下式」は外部からの電源をがない場合においても操作が可能なよう無停電電源装置（UPS）を設置する。無停電電源装置（UPS）は30分以上保持できる設計とする。

放水路ゲートの操作は中央制御室から遠隔操作を可能とし、開閉状態についても監視できる設計にする。また、それぞれの制御系、電源系は多重化し、かつ独立性を確保し、耐震性はSクラス設計する。

<放水路ゲートA系>



第10図 放水路ゲート電源概念図（A系の例）

3. 放水路ゲート閉止方法について

発電所への影響を及ぼすような津波が襲来する恐れがある場合の放水路ゲート閉止操作に関する手順並びに操作系設備の設計の考え方を以下に示す。

(1) 電動駆動式による閉止操作の手順

津波情報については、気象庁からの大津波警報や構内設置の潮位計及び津波監視カメラにより情報を収集しているが、気象庁からの発信される津波情報のうち、太平洋側沿岸部に到達する津波（遠方沖含む）の予報区で大津波警報が発表された場合に、放水路ゲートの閉止判断を行い、閉止操作に移行する。放水路ゲートの閉止判断を行った場合の対応手順及び対応時間については以下のとおり。

放水路ゲートを閉止するためには、循環水ポンプを先に停止させる必要がある。誤操作・誤動作による閉止した場合に敷地内へ循環水が溢水することを防止するため、循環水ポンプの停止信号を放水路ゲートの閉操作のインターロックに設定している。

循環水ポンプ停止後、電動駆動式による放水路ゲートの閉止操作を中央制御室から遠隔にて操作し閉止する。地震・津波発生後から放水路ゲート閉止までの時間は約22分である。

第11図に放水路ゲートの操作フローを示す。

(2) 自重降下式による閉止操作の手順

放水路ゲートの閉止操作は、中央制御室からの遠隔操作により実施する。原則として通常は「電動駆動式」の操作としているが、「自重降下式」による自重落下式も採用し多重性を確保している。

自重降下式は、外部電源喪失時にも直流電磁ブレーキを開放するだけで放水路ゲートを閉止できる。

操作は中央制御室の選択スイッチにより「電動駆動式」か「自重降下式」を選択し遠隔にて操作し閉止する。地震・津波発生後から放水路ゲート閉止までの時間は約14分である。

第11図に放水路ゲートの操作フローを示す。

放水路ゲートの閉止操作時間は、地震・津波発生から電動駆動式の場合で約22分、自重降下式の場合で約14分かかる。基準津波による津波の到達時間は約37分であるため、到達までに放水路ゲートを閉止することができる。

また、大津波警報が発表された場合の循環水ポンプ等の常用系海水ポンプの運用手順を添付資料10に示す。

<参考>

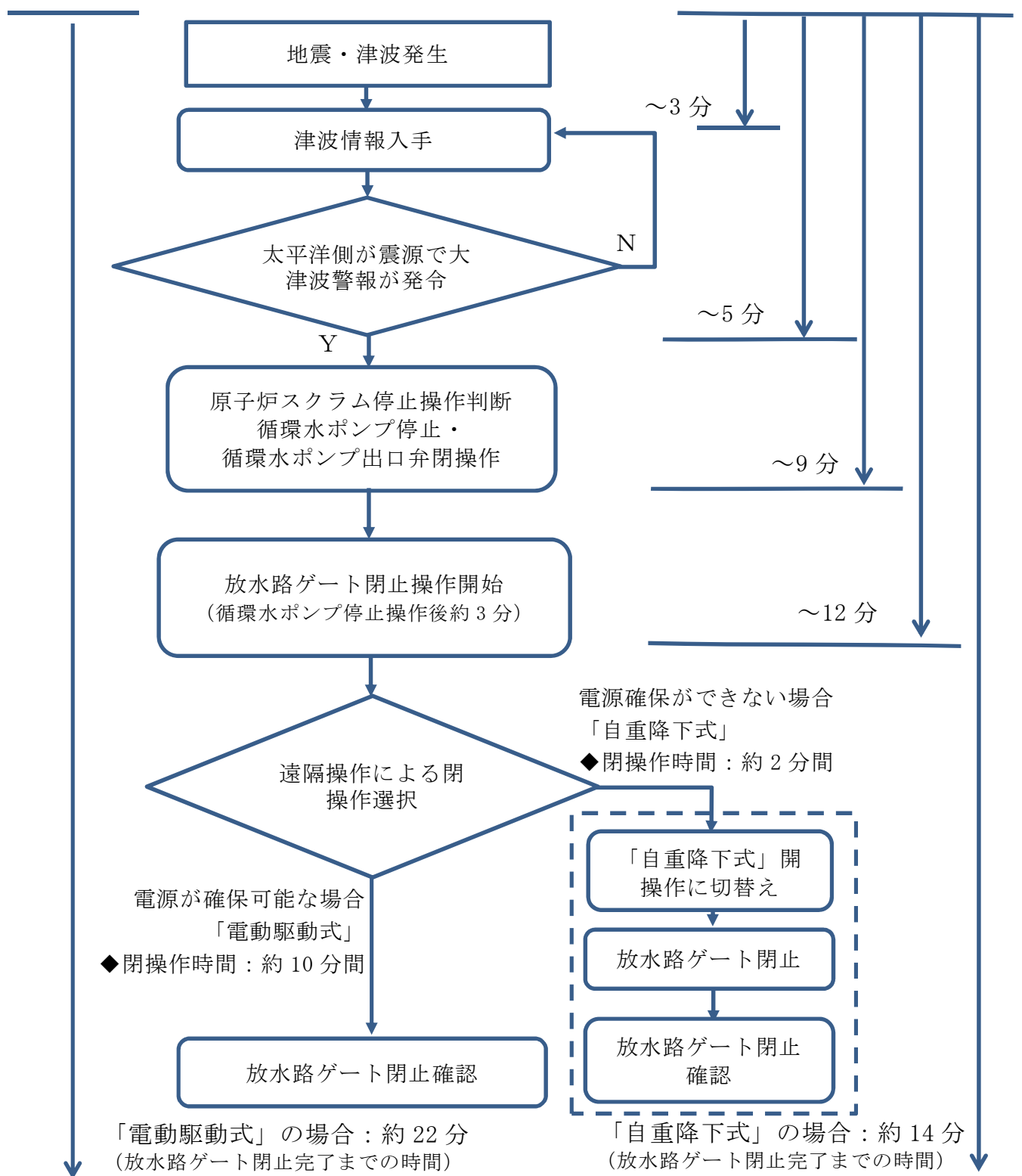
ここでは海域活断層を波源とした津波時の場合について評価する。

海域活断層F8の到達時間約24分に対し，電動駆動式約22分，自重降下式約14分であることから敷地へ到達する前に閉止することができる。第4表に各海域活断層の津波高さと到達時間について（取水口前面）示す。

仮に閉止できなかったとしても，海域活断層の津波高さは，最大でもF16のT.P. +2.0mであることから，放水路ゲートを閉止しなくても敷地へ遡上することはない。第7表に各海域活断層の津波高さと到達時間について（取水口前面）示す。

第7表 各海域活断層の津波高さと到達時間について（取水口前面）

海域活断層名	最高水位（T.P. m）	到達時刻（分）
F1～塩ノ平	+1.7	32
F3～F4	+1.2	43
F8	+1.9	24
F16	+2.0	25



第11図 放水路ゲート操作フロー

設置許可基準規則 第十二条との適合性

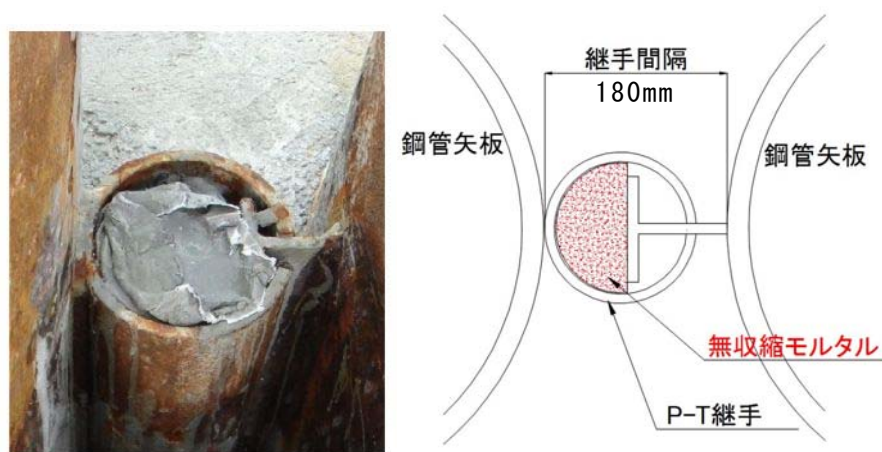
設置許可基準規則	適合性
(安全施設)	
第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。	取水路ゲートは、入力津波による遡上波が、設計基準対象施設の津波防護対象設備に到達、流入を防ぐ重要な施設であることを踏まえ、MS-1 設計とする。以下にその適合性を述べる。
2 安全機能を有する系統のうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有するものは、当該系統を構成する機能又は器具の単一故障（単一の原因によって一つの機械又は器具が所定の安全機能を失うこと（従属要因による多重故障を含む。）をいう。以下同じ。）が発生した場合であって、外部電源が利用できない場合においても機能できるように、当該系統を構成する機械又は器具の機能、構造及び動作原理を考慮して、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保するものでなければならない。	津波防護機能を達成するため、放水路ゲートを閉止するための閉止機構は多重化し、各々異なる動作原理により駆動する系統とする。 また、当該閉止機構の駆動に必要な電源系及び制御系もそれぞれに独立した系統により、多重化した設計とする。また、電源系には、無停電電源装置を用いることで外部電源喪失時にもゲート閉止が可能とすることにより、単一故障に対して津波防護機能を失わない設計とする。
3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものでなければならない。	電源系等を独立させ、内部火災等の影響を受けない設計とする。 開閉装置は、外部火災等、自然現象による影響を受けない設計とする。 基準地震動 S_s に対して、ゲートの閉止機能を喪失しない設計とする。
4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。	原子炉の運転中又は停止中に放水路ゲートの作動試験又は、検査が可能な設計とする。
5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損傷に伴う飛散物により、安全性を損なわないものでなければならない。	放水路ゲートと蒸気タービン、ポンプ等とは距離による離隔が十分にされていることから飛来物による影響は及ぶことはない設計としている。
6 重要安全施設は、二以上の発電用原子炉施設において共用し、又は相互に接続するものであってはならない。ただし、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続することによって当該二以上の発電用原子炉施設の安全性が向上する場合は、この限りでない。	—
7. 安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。	—

貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について

1. 漏水量の評価方針

貯留堰は，鋼管矢板連続壁として止水機能を確保している。鋼管矢板連続壁は，鋼管同士を継手により連結した構造であり，鋼管矢板継手部（P－T継手）へのモルタル充填を行う。

鋼管矢板継手部にモルタルを充填した状態（事例写真及び構造概要）を第1図に示す。

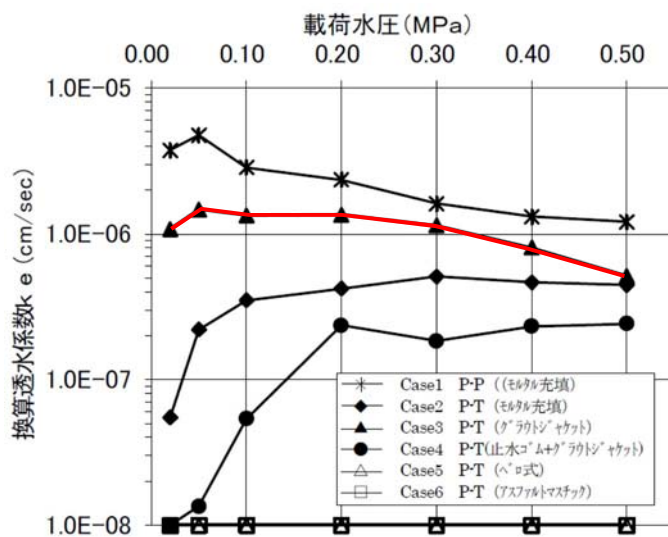
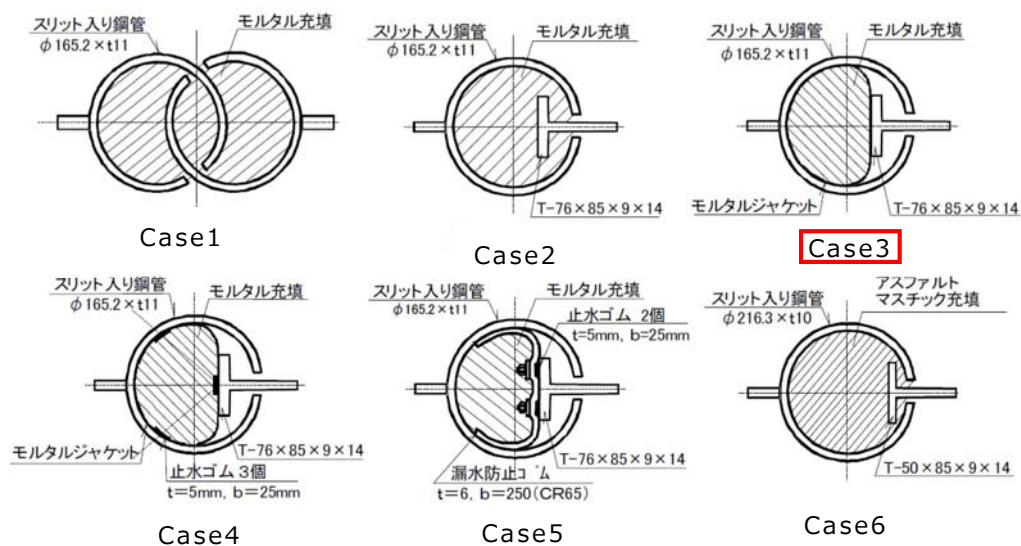


第1図 モルタルによる鋼管矢板継手部止水処理図

斎藤等の「鋼管矢板継手の遮水性能評価試験」（土木学会第56回年次学術講演会，2001）で報告された，鋼管矢板継手部にモルタルを充填した場合の遮水性能評価試験の結果を第2図に示す。鋼管矢板継手部へのモルタル充填には，施工性を考慮して袋体（モルタルジャケット）を用いる計画であり，上記試験結果では鋼管矢板継手部（P－T継手部）の換算透水係数は $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ オーダー（Case3）であることから，本検討の止水性能の評価に用いる換算透水係数は，保守的に $1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ とする。

なお，斎藤等の評価における止水性能の換算透水係数は，鋼管矢板外縁で降伏点を超える程度の変形状態を載荷試験により再現

し、載荷後の変形した継手部に対して耐水試験を実施した結果から得られたものである。



第 2 図 鋼管矢板継手部止水処理形状及び遮水性能評価試験結果（斎藤等：鋼管矢板継手の遮水性能評価試験，土木学会第 56 回年次学術講演会，2001）

2. 漏水量の評価結果

換算透水係数 $ke = 1 \times 10^{-5}(\text{cm/s})$ を用い、また貯留堰内の水位が貯留堰天端高さを下回る時間を保守的に 30 分と仮定し、漏水量を算定した。

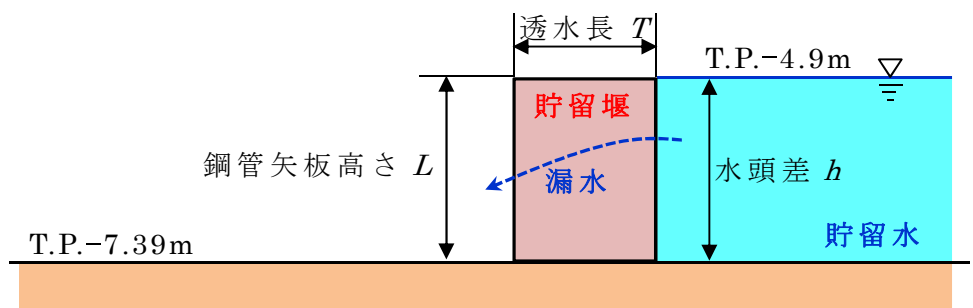
$$\begin{aligned} Q &= n \times q \\ &= n \times A \times ke \times i \\ &= n \times B \times L \times ke \times h / T \end{aligned}$$

ここに、

- Q : 全漏水流量 (cm^3/s)
- n : 継手箇所数 (鋼管矢板打設本数 47 本、継手箇所数は 46 箇所として計算)
- q : 継手 1 箇所あたりの漏水流量 (cm/s)
- A : 断面積 (cm^2) ($= B \times L$)
- B : 換算透水係数算出時に用いた鋼管矢板の幅 ($= 1.0\text{m}$) ※¹
- L : 鋼管矢板高さ (= 水頭差 h) ($= 249\text{cm}$) ※²
- Ke : 換算透水係数 ($= 1 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$)
- i : 動水勾配
- h : 水頭差 (= 鋼管矢板高さ L) ($= 249 \text{ cm}$) ※²
- T : 換算透水係数算出時に用いた透水長 ($= 50 \text{ cm}$) ※¹

※1 斎藤らは鋼管矢板継手 6 種類に対し、鋼管矢板の縁ひずみが材料降伏点以上になるように曲げ載荷した後、試験体を取り出し遮水性能評価試験を行った。段階的に水圧を載荷した遮水性能評価試験結果から、ダルシー則を参考に換算透水厚さを 50cm とし、継手部の換算透水係数を求めている。

※2 水頭差 h は時間とともに変化する値であるが、保守的に海域の水量がないものとして算定した。



$$\begin{aligned} Q &= n \times B \times L \times ke \times h / T \\ &= 46 \times 100\text{cm} \times 249\text{cm} \times 1 \times 10^{-5}\text{cm/s} \times 249\text{cm} / 50\text{cm} \\ &= 57\text{cm}^3/\text{s} \end{aligned}$$

取水可能継続時間を 30 分（1,800s）とした場合，漏水量 V は以下のとおり。

$$\begin{aligned} V &= Q \times 1,800s \\ &= 57\text{cm}^3/\text{s} \times 1,800s \\ &= 102,600\text{cm}^3 \\ &= 0.10\text{m}^3 \end{aligned}$$

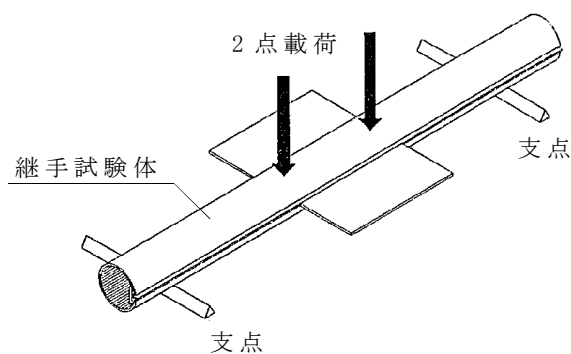
以上の算定結果より，30 分間での貯留堰からの漏水量は約 0.10m^3 であることから，貯留堰の貯留性能に問題となる影響はないことを確認した。

3. 斎藤等による遮水性能評価試験及びその適用性について

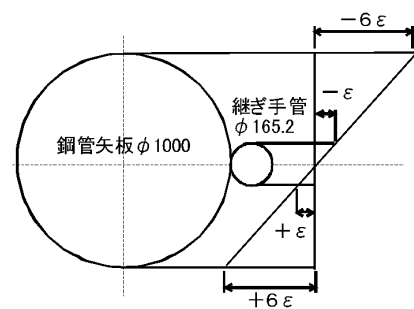
(1) 斎藤等による遮水性能評価試験の要約

「斎藤等：鋼管矢板継手の遮水性能評価試験，土木学会第 56 回
年次学術講演会，2001」について以下に要約を示す。

- (a) 曲げ試験：充填材を充填した継手試験体に対して 2 点載荷の曲げ試験を行った。試験は，継手試験体の縁端ひずみが所定のひずみに達するまで載荷した。所定のひずみとは， $\phi 1000$ の鋼管矢板の縁端ひずみが降伏点ひずみを超えるときに継手管に発生するひずみである。曲げ試験及び継手管の縁端ひずみのモデル図をそれぞれ第 3 図，第 4 図に示す。



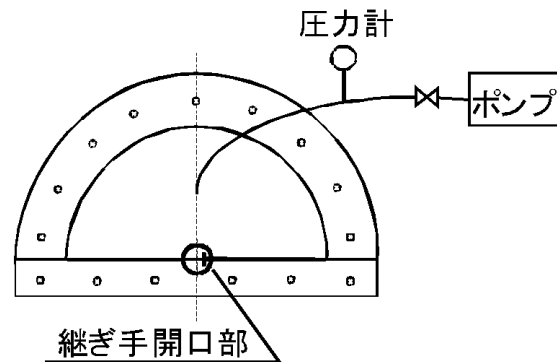
第 3 図 曲げ試験



第 4 図 継手管の縁端ひずみ

- (b) 遮水性能評価試験：曲げ試験後の試験体より載荷点部分を切り出し，耐水圧試験器を用いて遮水性能を評価した。載荷水圧は，0.02MPa，0.05MPa，0.10MPa，0.20MPa，0.30MPa，0.40MPa，0.50MPa の順に段階的に載荷した。各載荷圧力の保持時間を 1 時間とし，1 時間あたりの漏水量 Q を測定した。

遮水試験のモデル図を第 5 図に示す。



第 5 図 遮水性能評価試験

- (c) 換算透水係数算出：鋼管矢板継手を 50cm 厚の均一な透水層と考え，ダルシーの法則に準じて換算透水係数を以下の式により求めた。

$$Q = A \cdot k_e \cdot i = A \cdot k_e \cdot \Delta h / T$$

ここに，

Q : 試験によって得られた単位時間の漏水量

A : 鋼管矢板の断面積

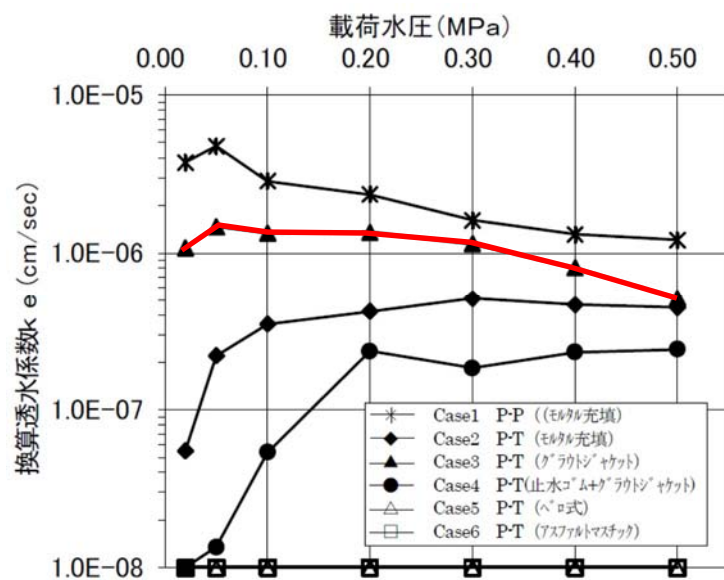
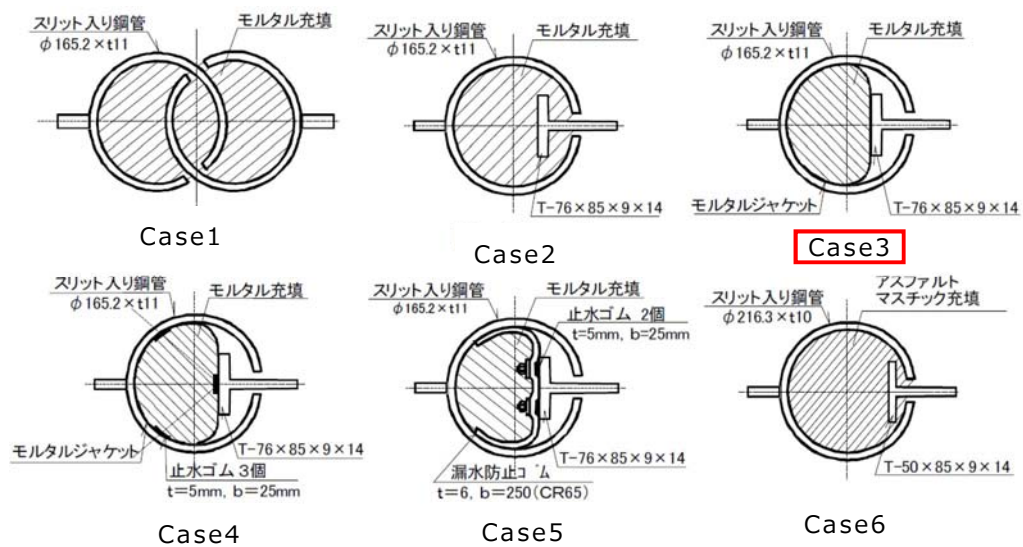
k_e : 換算透水係数

i : 動水勾配

Δh : 水頭差

T : 換算透水層厚さ (= 50cm)

- (d) 遮水性能評価試験結果：遮水性能評価試験結果を第 6 図に示す。鋼管矢板継手部にモルタルジャケットを用いてモルタルを充填した場合の鋼管矢板継手部（P－T 継手部）の換算透水係数は $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ オーダー（Case3）であった。

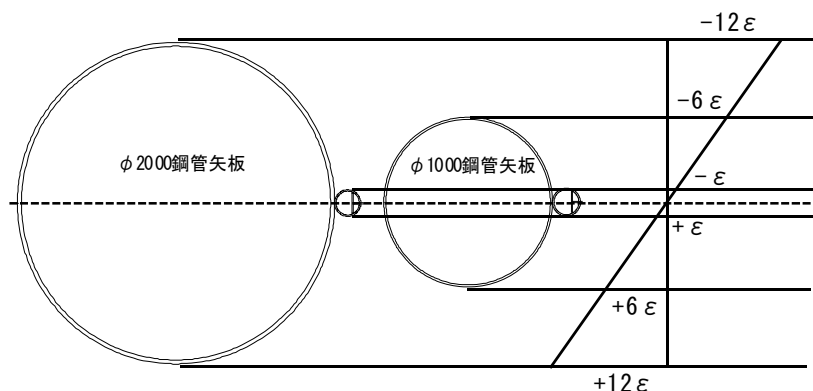


第 6 図 遮水性能評価試験結果

(2) 遮水性能評価試験の適用性

貯留堰継手部の漏水量評価に用いた換算透水係数は、上記 3. (1) に示した斎藤等による遮水性能評価試験から得られた値である。この試験は、鋼管矢板外縁で降伏点ひずみを超えるとときに継手に生じる変形状態を載荷試験により再現し、載荷後の変形した鋼管矢板継手部について漏水量を測定し、鋼管矢板継手の換算透水係数を求めたものである。この遮水性能評価試験は貯留堰の設計で想定している曲げ状態を再現しているため、遮水性能評価試験で求めた透水係数は今回の貯留堰の設計に適用可能と判断できる。

鋼管矢板に曲げが発生したときに、鋼管矢板本体のひずみと鋼管矢板継手のひずみとは第 7 図に示すとおり比例関係にある。鋼管矢板継手の大きさは鋼管矢板本体の径によらず一定であり、鋼管矢板継手のひずみの大きさは、鋼管矢板本体外縁のひずみの大きさと鋼管矢板本体の径の大きさによって決まる。鋼管矢板本体の外縁ひずみが大きければ鋼管矢板継手のひずみが大きくなり、鋼管矢板本体の径の大きさが大きくなれば鋼管矢板継手のひずみは相対的に小さくなる（第 7 図）。



第 7 図 鋼管矢板本体と鋼管矢板継手のひずみ関係

遮水性能評価試験がφ1000の鋼管矢板を想定して実施しているのに対し、貯留堰ではφ2000の鋼管矢板を用いる計画である。第7図に示すように、φ1000の鋼管矢板においては鋼管矢板本体の外縁ひずみの約1/6が継手鋼管のひずみとなるのに対し、φ2000の鋼管矢板においては、鋼管矢板本体の外縁ひずみの約1/12が鋼管矢板継手のひずみとなる。したがって、貯留堰の鋼管矢板継手のひずみは試験で想定しているひずみに対して小さくなることから、継手からの漏水量評価は保守側の評価結果となっている。

さらに、引用した遮水性能評価試験は、鋼管矢板本体外縁の降伏ひずみ状態に対する継手における換算透水係数を求めているのに対し、貯留堰の設計が許容応力度以内の構造強度を有している。したがって、貯留堰の設計における鋼管矢板本体の外縁ひずみは試験の想定状態よりかなり小さいことから、継手からの漏水量評価はさらに保守側の評価結果となっている。

以上より、継手からの漏水量評価は十分な保守性をもって評価している。

貯留堰の構造及び仕様について

貯留堰は津波防護施設及び非常用取水設備である。地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波、余震及び漂流物の衝突を考慮した場合においても、引き波による取水ピットの水位低下に対して、非常用海水ポンプの機能保持に必要な高さの海水を確保し、主要な構造体の境界部への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標として、取水口前面の海中に設置する。

また、地震後の繰返しの津波の襲来を想定した津波荷重並びに余震及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。そのためには有意な沈下が生じないように十分な支持性能を有する岩盤に設置するとともに、鋼管矢板間には鋼管矢板継手、また構造物の境界には止水ゴムを設置し、部材の変形や破断等で有意な漏えいを生じさせない設計とすることを構造強度設計上の性能目標とする。

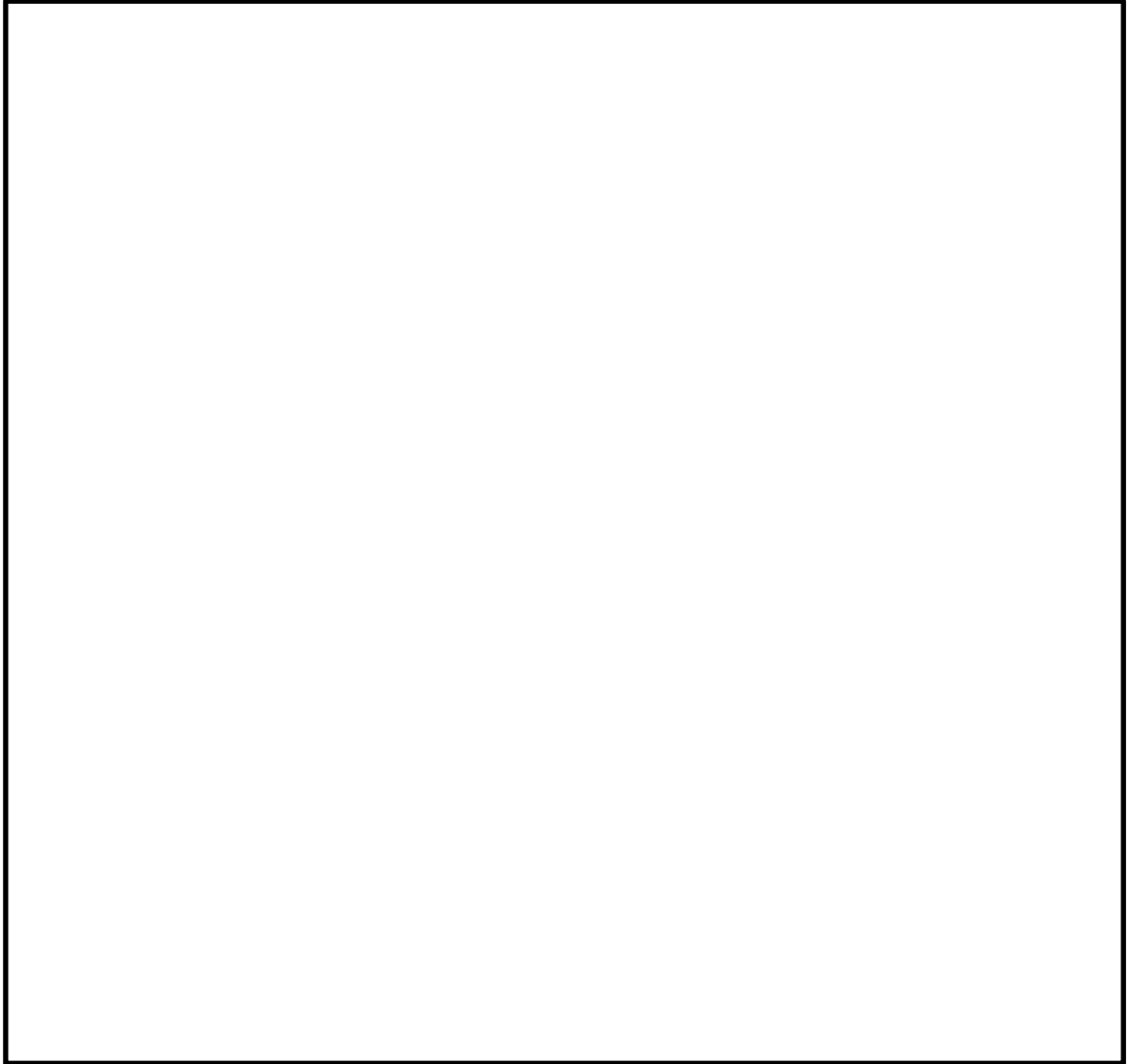
本資料では、貯留堰の構造及び仕様について示すとともに、貯留堰に求められる海水の貯留機能及び止水機能を確保するための設計方針及び施工において確認すべき事項、維持管理方針等について示す。

1. 貯留堰の構造及び仕様

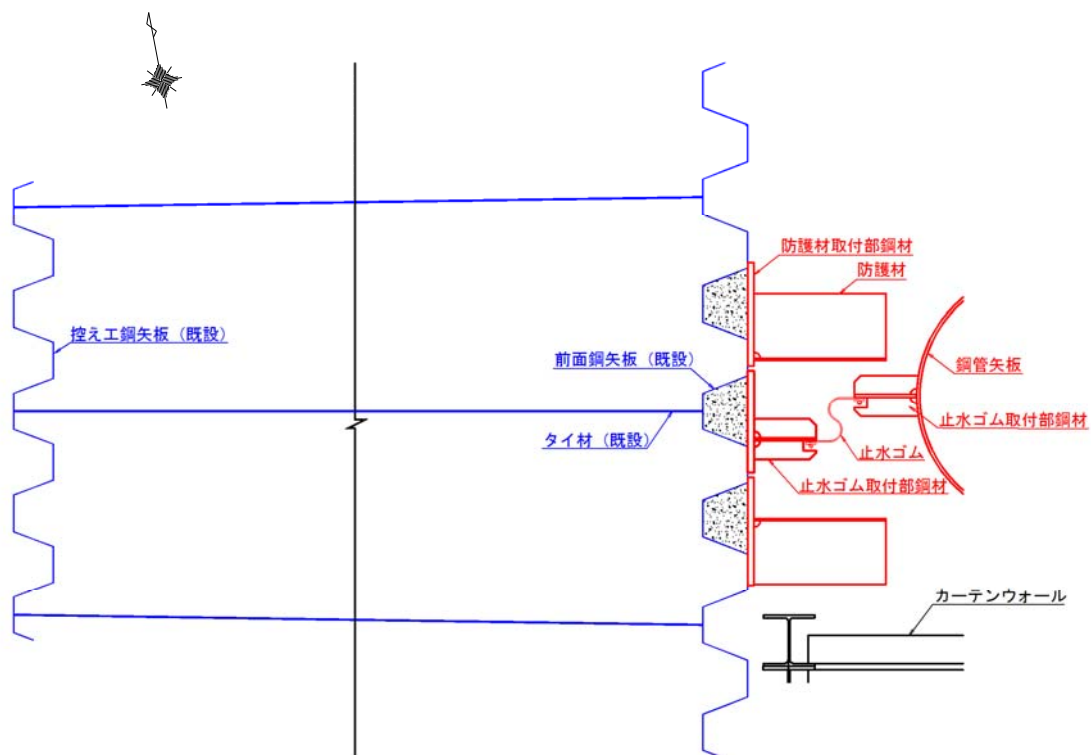
貯留堰は、その機能及び目的から貯留堰本体及び護岸接続部に区分され、このうち貯留堰本体は鋼管矢板と鋼管矢板同士を接続する鋼管矢板継手、護岸接続部は止水ゴムと止水ゴムへの津波漂流物の衝突を防ぐ防護材及びこれらを取り付けるための鋼材より構成される。既設構造物である貯留堰取付護岸は、貯留堰の間接支持構造物であり、前面鋼矢板とタイ材及び控え工鋼矢板より構成される。

鋼管矢板は、 $\phi 2000\text{mm}$ の炭素鋼鋼管であり、全47本の鋼管矢板を連続的に打設することにより堰形状を構成する。鋼管矢板は、下端を岩盤に十分根入れすることにより支持性能を確保するとともに、天端は、非常用海水ポンプ

の取水に必要な水量を確保するため、海底地盤レベルT.P. -6.89mに対して天端高さをT.P. -4.9mとしており、約2mの堰高さを有する。貯留堰の寸法は、約65m×約24mである。第1-1図に貯留堰の全体構造、第1-1表に貯留堰の主要仕様を示す。



第 1-1 図 貯留堰全体構造 (1/6)



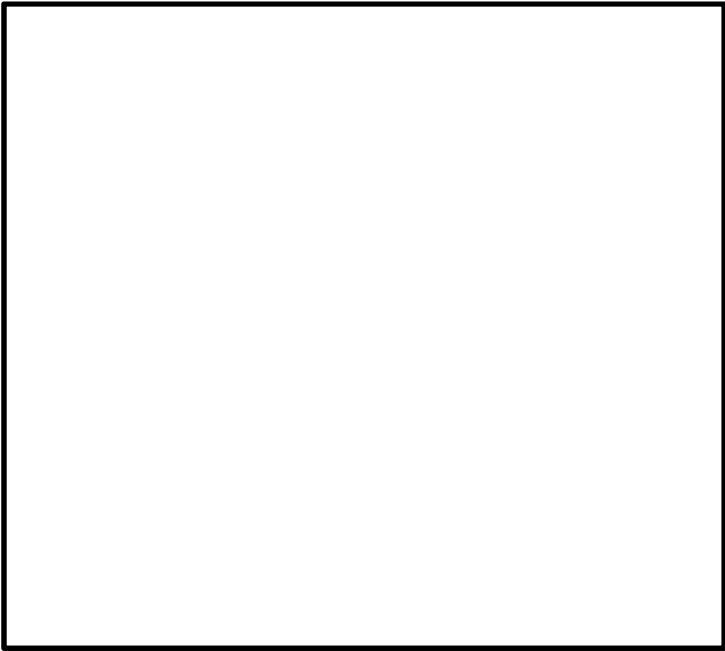
(A部拡大)

赤：貯留堰
青：貯留堰取付護岸

第 1-1 図 貯留堰全体構造 (2/6)



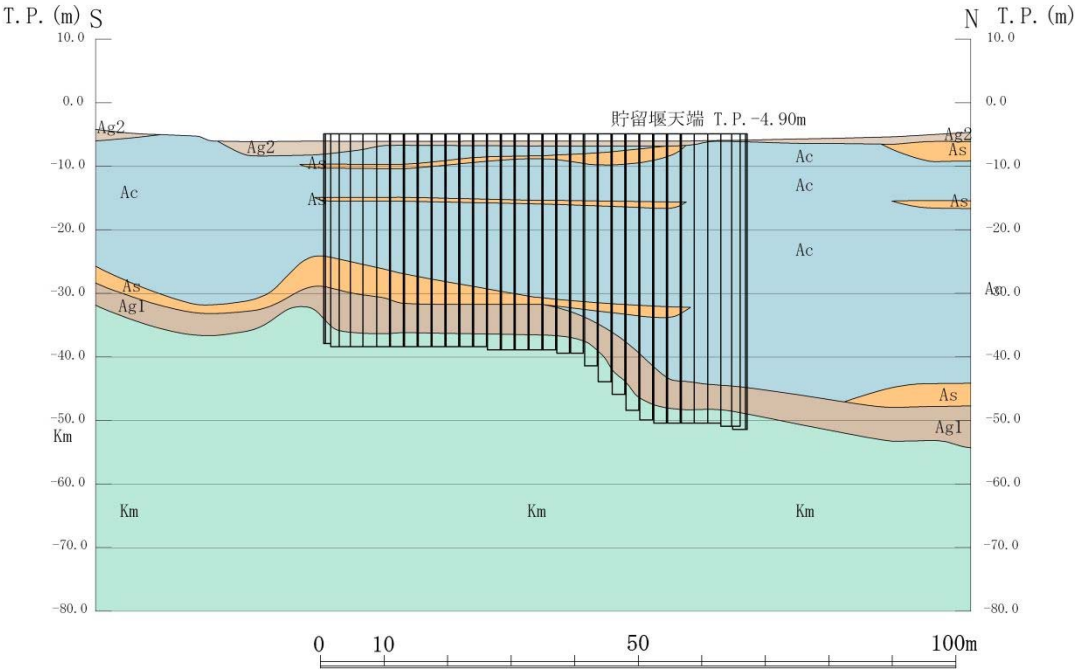
第 1-1 図 貯留堰全体構造 (3/6)



地 質 構 成 表

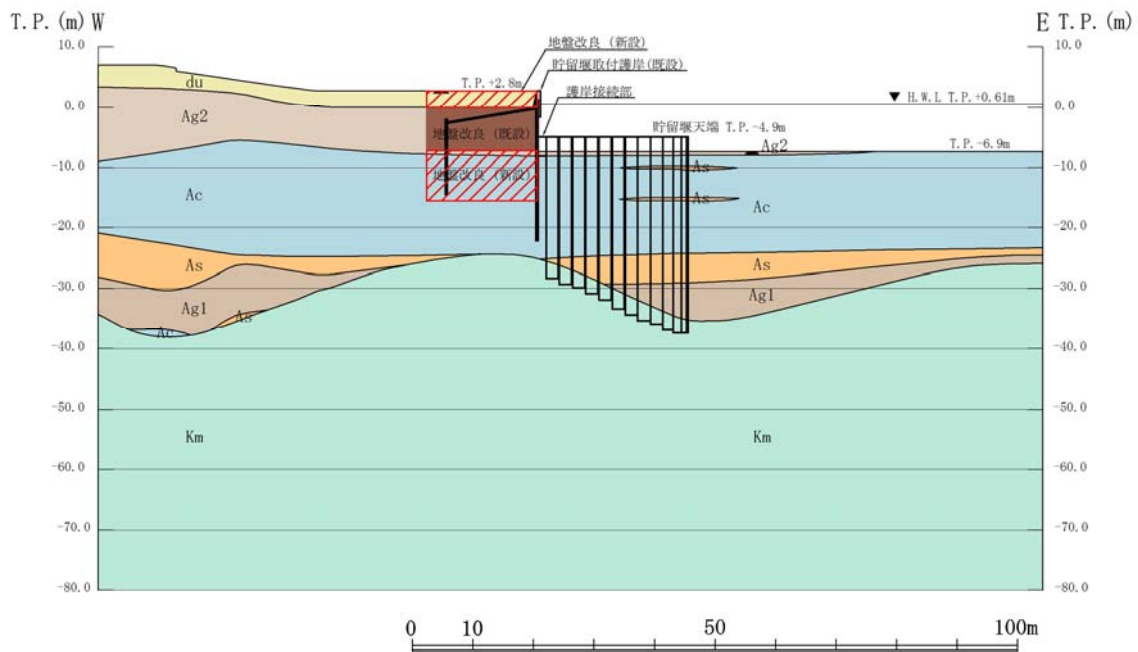
地質時代		地質区分		記号	岩相	備考
第 四 紀	完 新 世	砂丘層		du	砂	敷地全体に広く分布する。
		沖積低地 堆積層	久慈川 堆積層	Ag2	砂礫	敷地全体に広く分布する。
				Ac	粘土	久慈川が侵食した凹状の 谷を埋めて分布する。
				As	砂	
				Ag1	砂礫	
	更 新 世	低位段丘 堆積層	段丘堆積層2	D2c-3	シルト	敷地南部に埋没段丘として 分布する。
				D2s-3	砂	
				D2g-3	砂礫	
				D2c-2	シルト	
				D2g-2	砂礫	
		中位段丘 堆積層	段丘堆積層1	1m	ローム	敷地の南西部に分布し、 いわゆる額田段丘面を 構成する。
				D1c-1	シルト	
				D1g-1	砂礫	
第三紀	鮮新世	久米層		Km	砂質泥岩	敷地の基盤岩である。

断面位置図及び地質構成表



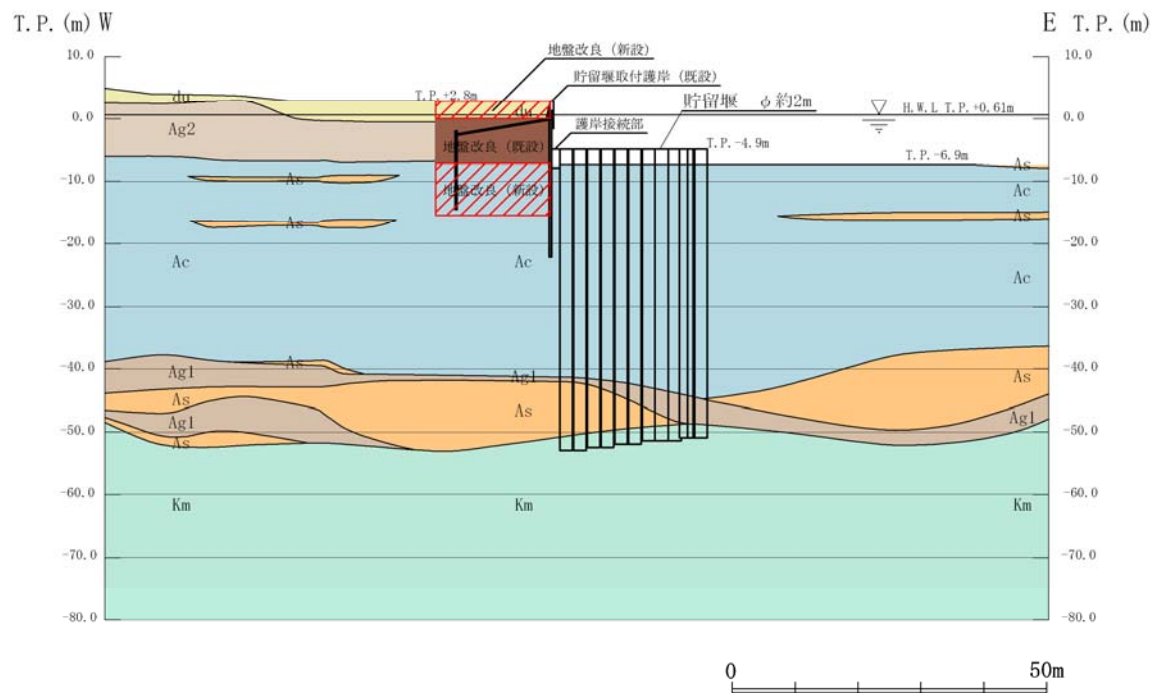
護岸平行方向断面（A－A断面）

第 1-1 図 貯留堰全体構造（4／6）



注：地盤改良の範囲については、今後の設計進捗により変更の可能性がある。

護岸直角方向断面（B－B断面）



注：地盤改良の範囲については、今後の設計進捗により変更の可能性がある。

護岸直角方向断面（C－C断面）

第 1-1 図 貯留堰全体構造 (5/6)



第 1-1 図 貯留堰全体構造 (6／6)

第 1-1 表 貯留堰及び貯留堰取付護岸の主要仕様

施設区分	構成部位			項 目		仕様		
貯留堰	貯留堰本体	鋼管矢板		材 質		SM570		
				寸 法 (mm)		外 径	2000	
				許容応力度 (N／mm ²)		引 張	255	
						圧 縮	255	
						せん断	145	
		鋼管矢板継手		材 質		SM400		
				型 式		P-T型		
				寸 法 (mm)		継手間隔	180	
				許容応力度 (N／mm ²)		引 張	140	
						圧 縮	140	
	せん断	80						
	護岸接続部	止水ジョイント	止水ゴム	材 質		C R ・ 補強布		
				型 式		F R 特殊型		
				許容引張力 (N／mm)		引 張	118.7	
			止水ゴム 取付部鋼材	材 質		SM400		
				許容応力度 (N／mm ²)		引 張	140	
						圧 縮	140	
						せん断	80	
			防護材		材 質		SM400	
					許容応力度 (N／mm ²)		引 張	140
							圧 縮	140
		せん断					80	
		防護材 取付部鋼材		材 質		SM570		
				許容応力度 (N／mm ²)		引 張	255	
						圧 縮	255	
						せん断	145	
貯留堰取付護岸		前面鋼矢板 (既設)		材 質		SY295		
	型 式			V 型				
	終局強度 (N／mm ²)			引 張	450			
	控え工鋼矢板 (既設)		材 質		SY295			
			型 式		IV 型			
			終局強度 (N／mm ²)		引 張	450		
	タイ材 (既設)		材 質		ダブル			
			型 式		F130T			
			間 隔 (mm)		1600			
			終局強度 (kN／本)		引 張	1281		

2. 設計方針

貯留堰は津波防護施設であるため、「3.1 津波防護施設の設計」に記載のとおり、審査ガイドに基づき、常時荷重、地震荷重、津波荷重及び余震荷重を適切に組合せた条件で設計を行うとともに、漂流物の衝突及び自然現象による荷重との組合せを適切に考慮することにより、耐震・耐津波設計上の十分な裕度をもって海水貯留機能を確保する。

(1) 評価方針

貯留堰は、前述の機能設計上及び構造強度設計上の性能目標を達成するために、構造強度を有すること及び止水性を損なわないことが必要となる。このため構造部材の健全性及び基礎地盤の支持性能の観点から評価を行う。

第2-1表に貯留堰及び貯留堰取付護岸の構成部位とその役割を示す。

また、第2-2表に、貯留堰の評価の項目及びその評価方法及び許容限界を示す。

(2) 検討フロー

貯留堰の耐震評価の検討フローを第2-1.1図に、強度評価の検討フローを第2-1.2図に示す。

第 2-1 表 貯留堰及び貯留堰取付護岸の構成部位とその役割

施設区分	構成部位			構成部位の役割
貯留堰	貯留堰本体	鋼管矢板		地震荷重，津波荷重及び漂流物衝突荷重を支持地盤に伝達するとともに，各荷重に対して十分な耐性を有することにより止水性を確保し，貯留堰としての機能を保持する。
		鋼管矢板継手		地震荷重，津波荷重及び漂流物衝突荷重を連続する鋼管矢板に伝達するとともに，各荷重に対して十分な耐性を有することにより鋼管矢板間の止水性を確保し，貯留堰としての機能を保持する。
	護岸接続部	止水ジョイント	止水ゴム	津波荷重及び土圧に対して十分な耐性を有し，貯留堰本体と貯留堰取付護岸との間に生じる変位に追従することにより貯留堰本体と貯留堰取付護岸との間の止水性を確保し，貯留堰としての機能を保持する。
			止水ゴム取付部鋼材	
		防護材		漂流物衝突荷重に対して十分な耐性を有し，止水ジョイントを防護することにより貯留堰本体と貯留堰取付護岸との間の止水性を確保し，貯留堰としての機能を保持する。
		防護材取付部鋼材		
貯留堰取付護岸	前面鋼矢板 (既設)		地震荷重に対して十分な耐震性を有し，地震荷重，津波荷重及び漂流物衝突荷重を受ける防護材及び止水ジョイントを支持し，貯留堰取付護岸の止水性を保持する。	
	控え工鋼矢板 (既設)			
	タイ材 (既設)			

第 2-2 表 貯留堰の評価項目と許容限界値

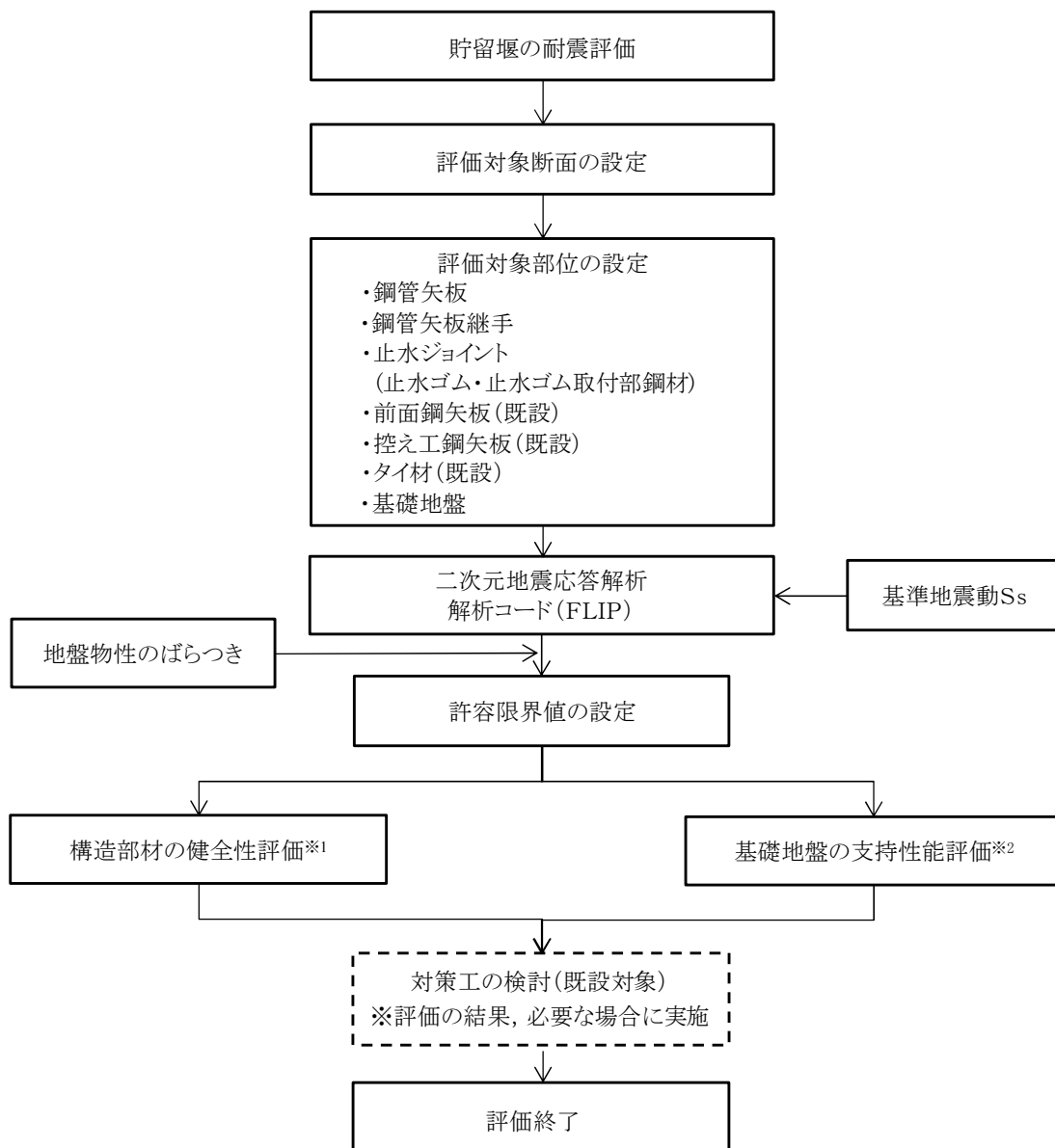
評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鋼管矢板	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼管矢板継手	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ゴム	発生する引張力が許容限界以下であることを確認	許容引張力
		止水ゴム取付部鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防護材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防護材取付部鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力※
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管矢板	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼管矢板継手	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		止水ゴム	発生する引張力が許容限界以下であることを確認	許容引張力
		止水ゴム取付部鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防護材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		防護材取付部鋼材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力※

※妥当な安全余裕を考慮する。

第 2-3 表 貯留堰取付護岸の評価項目と許容限界値

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	前面鋼矢板（既設）	発生応力が許容限界以下であることを確認	終局強度※
		控え工鋼矢板（既設）	発生応力が許容限界以下であることを確認	終局強度※
		タイ材（既設）	発生応力が許容限界以下であることを確認	終局強度※
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	前面鋼矢板（既設）	発生応力が許容限界以下であることを確認	終局強度※ （機能保持限界）
		控え工鋼矢板（既設）	発生応力が許容限界以下であることを確認	終局強度※ （機能保持限界）
		タイ材（既設）	発生応力が許容限界以下であることを確認	終局強度※ （機能保持限界）

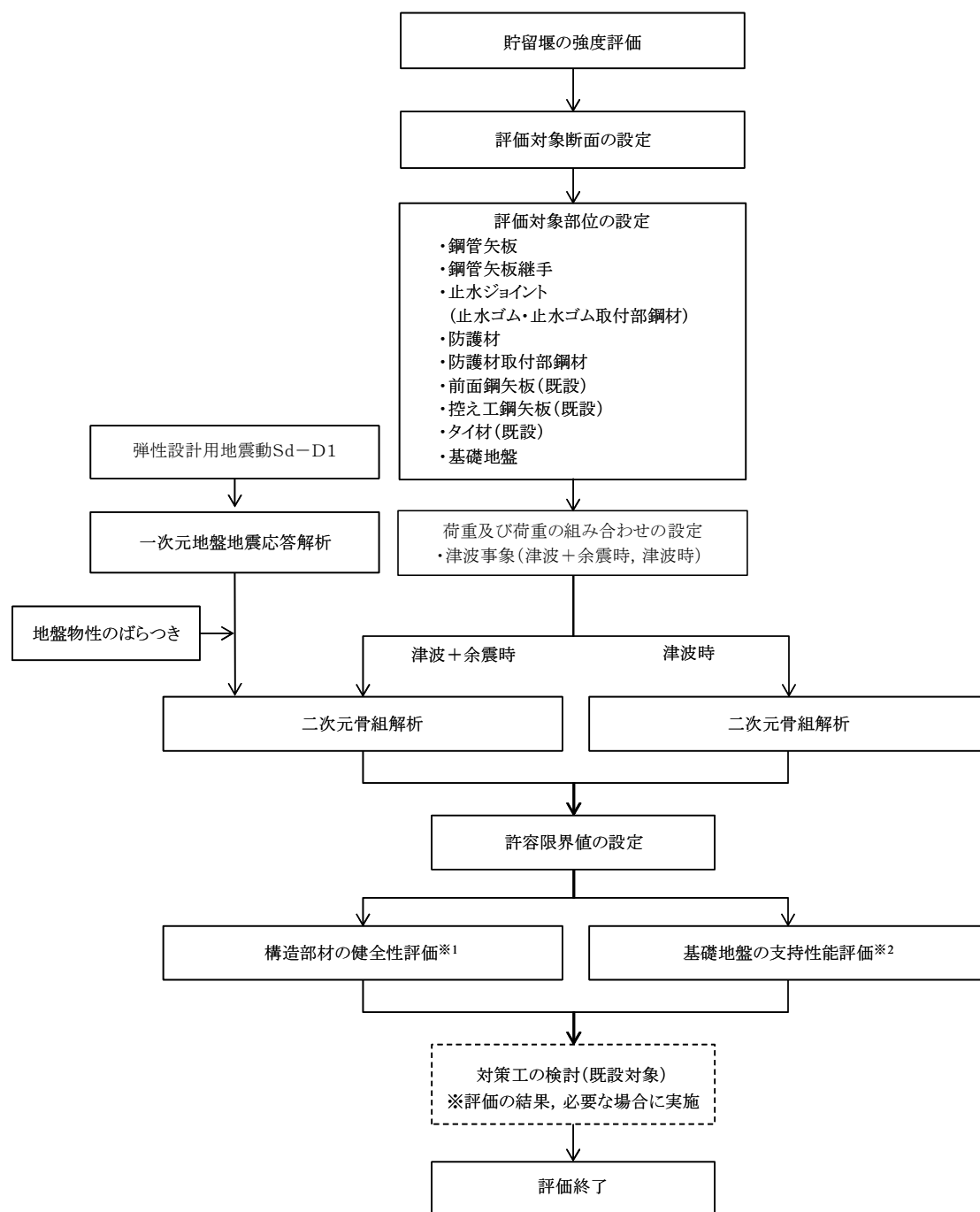
※妥当な安全余裕を考慮する。



※ 1 構造部材の健全性評価を実施することで、第 2-2 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」、第 2-3 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

※ 2 基礎地盤の支持性能評価を実施することで、第 2-2 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

第 2-1.1 図 貯留堰検討フロー（耐震評価）



- ※ 1 構造部材の健全性評価を実施することで、第 2-2 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」、第 2-3 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- ※ 2 基礎地盤の支持性能評価を実施することで、第 2-2 表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

第2-1.2図 貯留堰検討フロー（強度評価）

(3) 貯留堰からの漏水防止

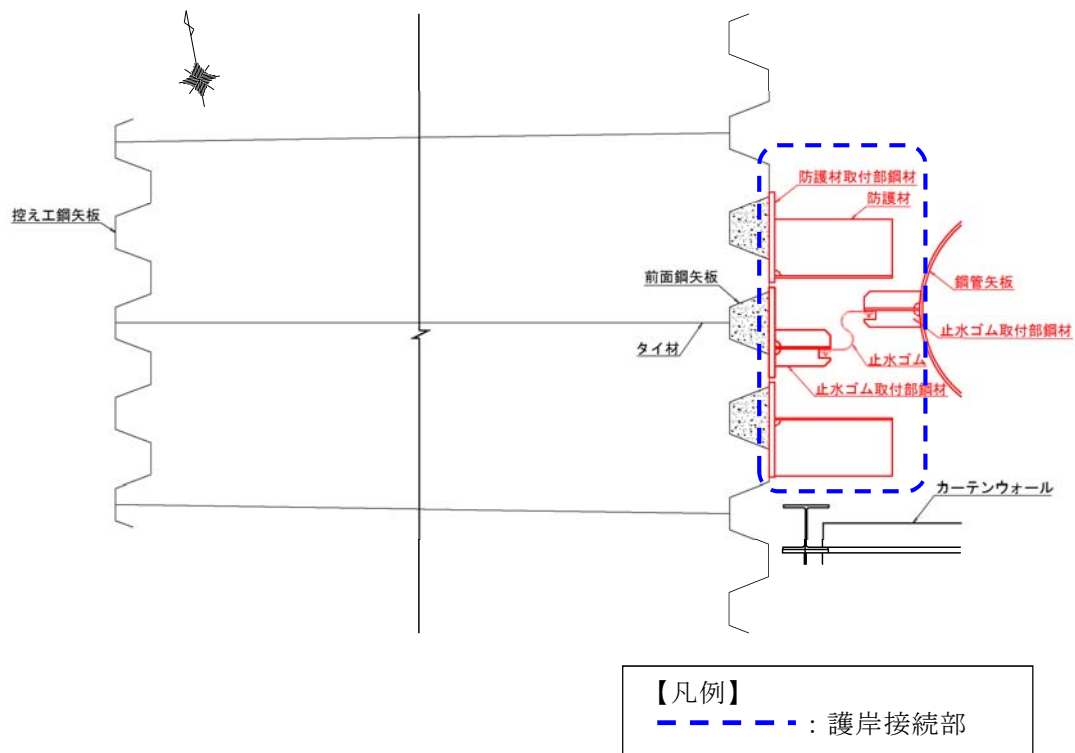
貯留堰の海水貯留機能を確保するため、護岸接続部及び鋼管矢板継手部における漏水防止に関する設計方針を以下に示す。

なお、記載の各種数値については、設計の進捗により変更となる可能性があることから暫定値とする。

a. 護岸接続部

(a) 漏水防止の考え方

護岸接続部においては、貯留堰本体と貯留堰取付護岸との取り合い部からの漏水が想定される。このため、貯留堰本体と貯留堰取付護岸との間には鋼板を介した止水ジョイントを設置することで、漏水を防止する設計とする。この構造により、貯留堰本体と貯留堰取付護岸に相対変位が生じた場合においても、たわませて設置した止水ゴムの変形により、漏水を防止する。第2-2図に護岸接続部の概略構造を示す。



第 2-2 図 護岸接続部の概略構造

護岸接続部の耐震及び耐津波設計においては、部材の健全性及び止水性能の観点から、地震時及び津波＋余震時に、止水ゴムに生じる引張力と、貯留堰本体と貯留堰取付護岸の相対変位により生じる止水ゴムの変形量について照査を行う。

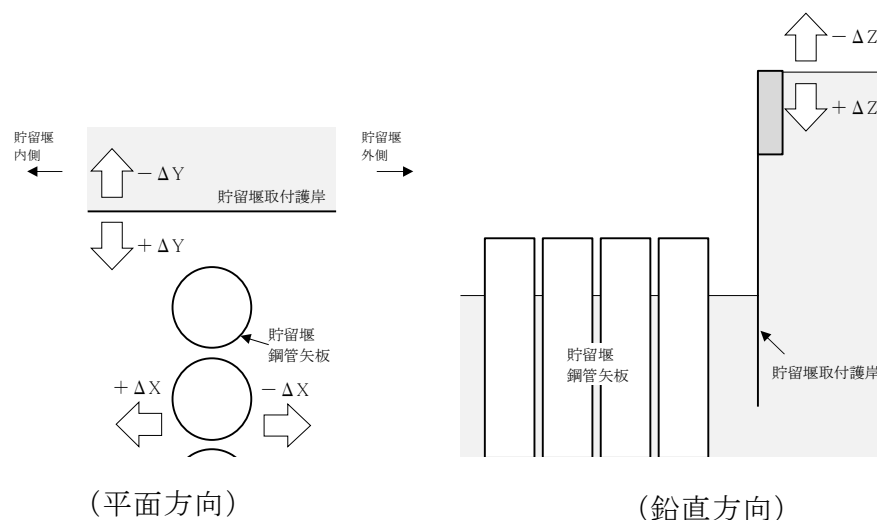
止水ゴムに生じる引張力については、津波波圧と動水圧のほか、鋼管矢板に変位が生じた際に土中の埋込部において土圧が作用することから、この土圧に対しても耐力を確保する仕様とする。

相対変位については、貯留堰取付護岸法線平行方向、法線直角方向及び鉛直方向（第2-3図に示す $\pm \Delta X$ 、 $\pm \Delta Y$ 及び $\pm \Delta Z$ ）の相対変位から求められる合成方向変位に対して、以下の2ケースを設定し、照査する。

- ・地震時：地震時の貯留堰取付護岸と貯留壁本体の最大相対変位を考慮
- ・重畳時：地震時残留相対変位と（津波＋余震時）による最大相対変位の合計を考慮

また、漂流物の衝突による止水ジョイントの損傷を防ぐため、止水ジョイントの内側・外側に鋼製の防護材を設置する。

第2-3図に貯留堰本体と貯留堰取付護岸との相対変位の考え方を示す。

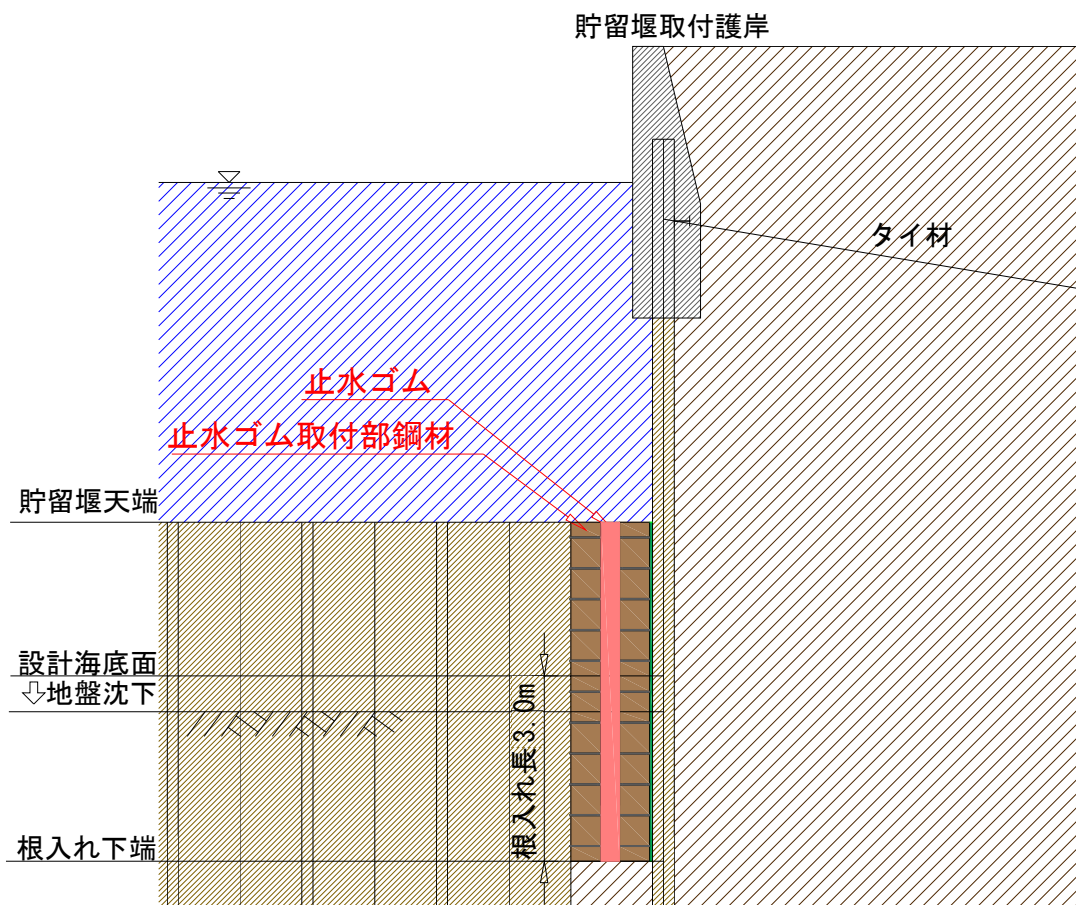


第 2-3 図 貯留堰本体と貯留堰取付護岸との相対変位の考え方

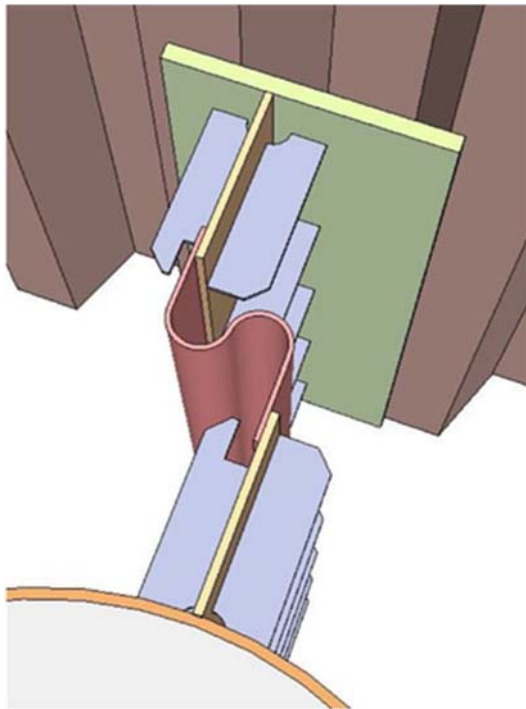
(b) 根入れ長の考え方

止水ジョイントの根入れ長は、透水係数より算出される必要遮水層厚及び地震により生じる地盤の沈下の影響を考慮し、設定する。止水ジョイントは、止水ゴム取付部鋼材に対し、ボルト・ナットで接合する計画であるため、変位が発生してもゴムが引抜かれることはない。しかし、貯留堰本体の変位に伴いジョイントが地中でわずかに変形する可能性があるため、余裕を考慮して根入れ長を設定する。

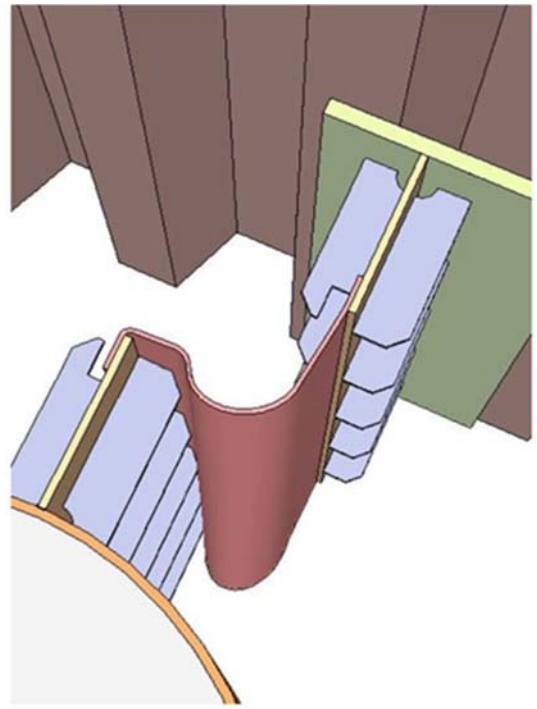
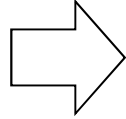
止水ジョイントの断面図を第2-4.1図に示す。また、第2-4.2図及び第2-4.3図に止水ジョイントの変位のイメージを示す。



第 2-4.1 図 止水ジョイント断面図

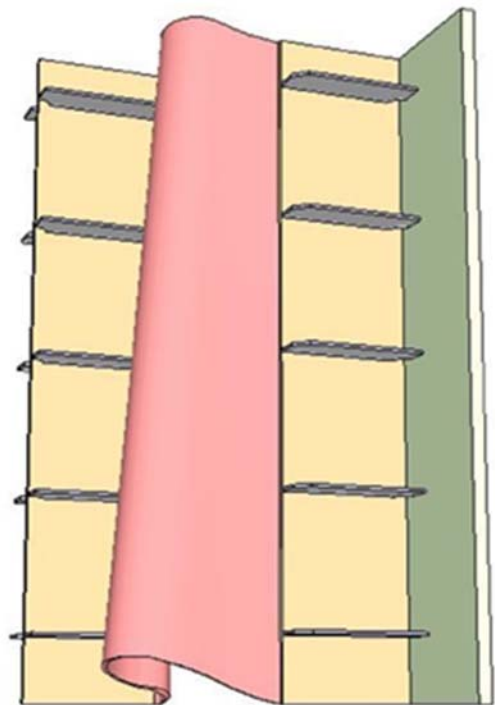
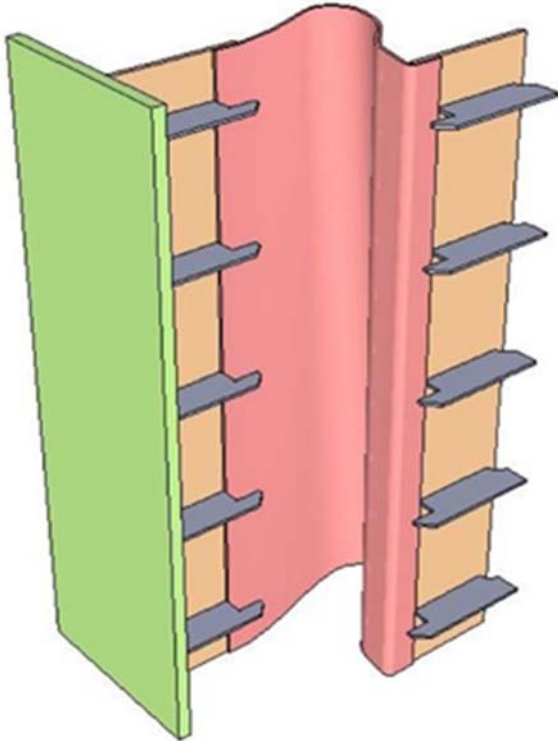


変位状態 1（設置状態）



変位状態 2

第 2-4.2 図 止水ジョイントの変位のイメージ（その 1）



第 2-4.3 図 止水ジョイントの変形のイメージ（その 2）

止水ジョイントの根入れ長 L は、下式により算出する。

$$L = L_1 + L_2 + \alpha = 1.60\text{m} + 0.26\text{m} + 1.14\text{m} = 3.0\text{m}$$

ここで、

L : 決定根入れ長

L_1 : 遮水のために必要な根入れ長

L_2 : 地震により生じる地盤の沈下量

α : 余裕 (=1.14m)

以下に、 L_1 及び L_2 の設定根拠を示す。

i) 遮水のために必要な根入れ長： L_1

止水ジョイントの根入れ長については、管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（改訂版）⁽¹⁾ を参考に設定する。本マニュアルは管理型廃棄物処分場の護岸設計を対象としており、漏水量を厳しく規定していることから、本マニュアルを参考とすることで貯留堰の止水性に対する機能要求を満足できる。

護岸接続部の周辺地盤は圧密試験結果^{※1}より、透水係数 10^{-6}cm/s 程度のA c 層（粘性土層）の地盤であり、本マニュアルによれば、鋼管矢板の鉛直遮水工の根入れ長として、透水係数 10^{-6}cm/s の粘性土層の場合、透水長1.6m以上を確保することとなっている。

ここで、保守側に考慮し、水平変位状態においてゴムは片面のみ地盤と接すると考え、必要遮水距離は、遮水のために必要な根入れ長の片面分のみ考慮するものとし、 $L_1=1.6\text{m}$ とする。

※1 「iii）G－8孔におけるA c 層の透水係数について」参照

ii) 地震により生じる地盤の沈下量： L_2

地震により生じる地盤の沈下量 L_2 は下式により算出する。

$$L_2 = S_1 + S_2 = 0.05\text{m} + 0.21\text{m} = 0.26\text{m}$$

ここで、

L_2 ：地震により生じる地盤の沈下量

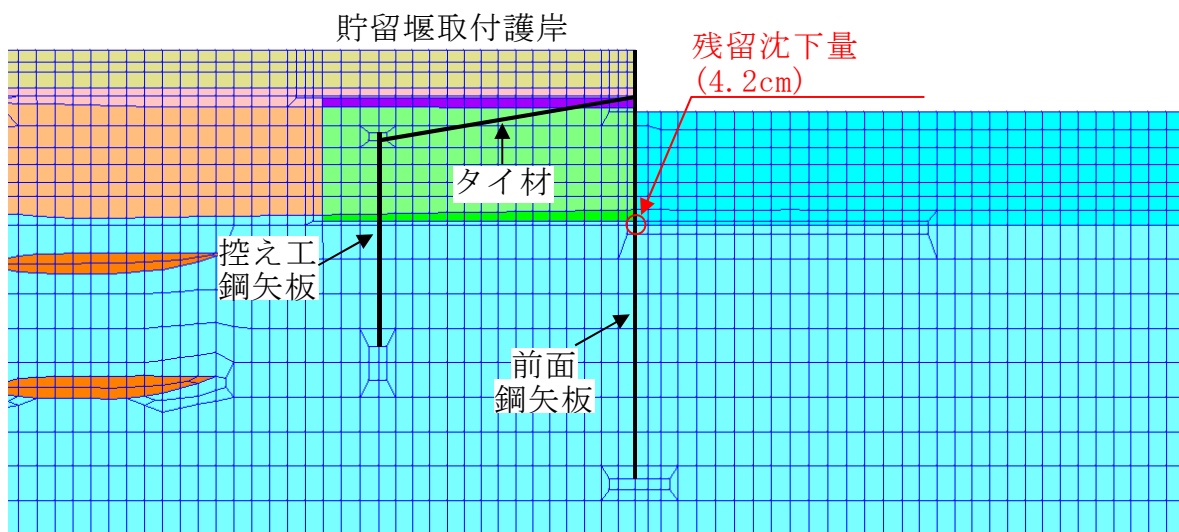
S_1 ：地盤の変形による残留沈下量（約5cm）（二次元動的解析結果）

S_2 ：地盤の過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量（約21cm）（石原らによる体積ひずみと最大せん断ひずみの関係図⁽²⁾より算出）

以下に、 S_1 及び S_2 の設定根拠を示す。

イ) 地盤の変形による残留沈下量 S_1 の設定

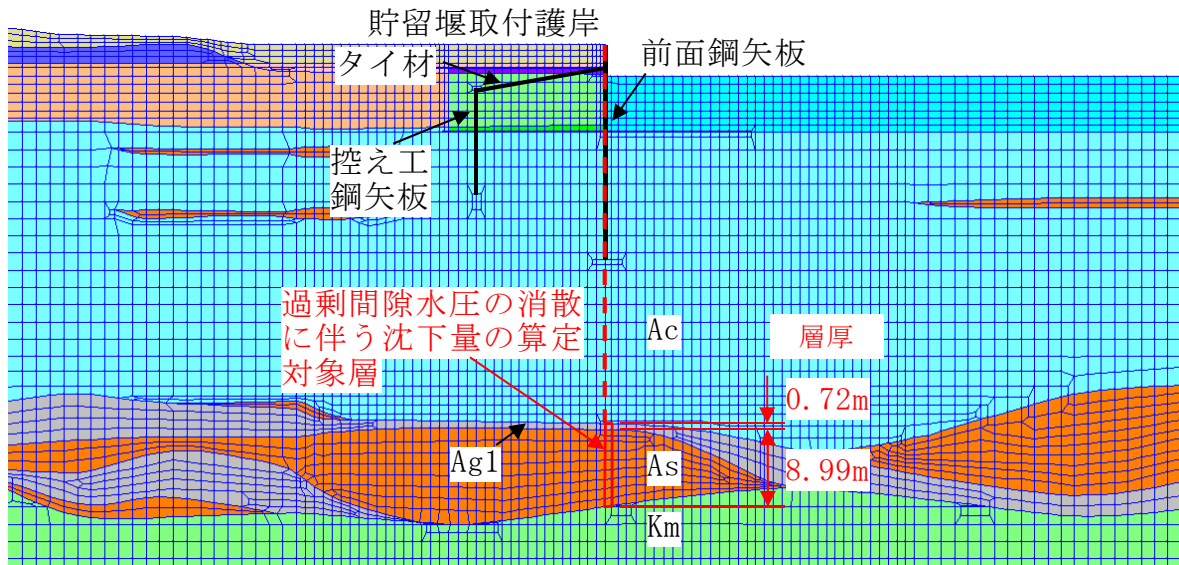
EW-1断面の二次元動的解析結果（ S_s-D1++ ）を用いて、地盤の変形による残留沈下量 S_1 を設定する。これにより、第2-5図に示す貯留堰取付護岸の前面鋼矢板海側の海底地盤節点における残留沈下量約5cmを S_1 とする。



第 2-5 図 地盤の変形による残留沈下量 S_1 の設定位置

ロ) 地盤の過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量 S_2 の設定

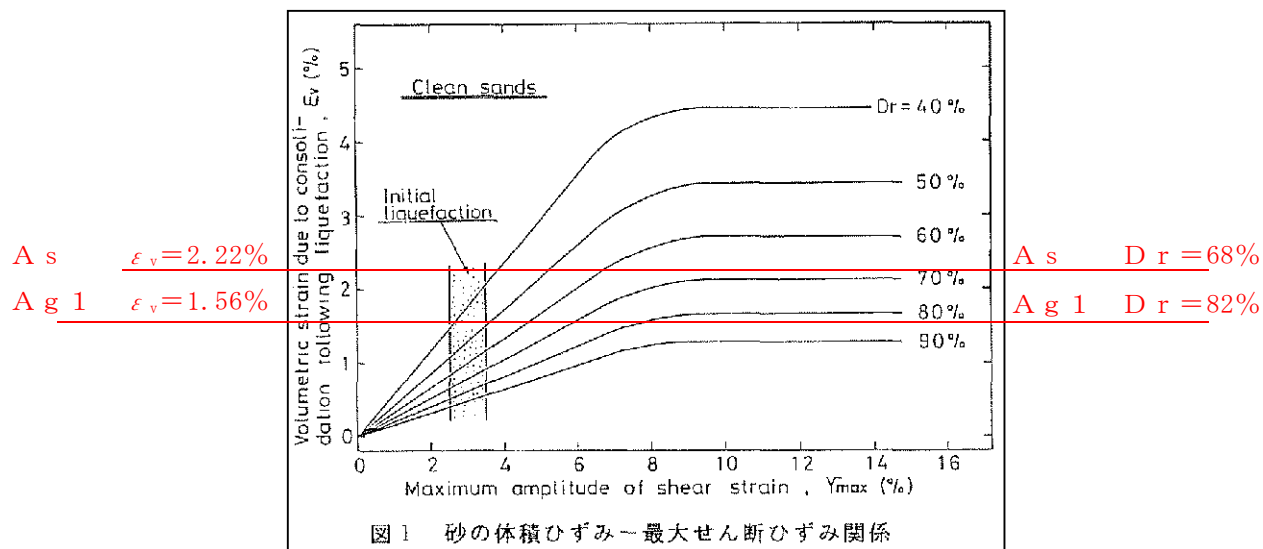
E W - 1 断面の土層構成から貯留堰取付護岸の前面鋼矢板海側の地盤における過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量 S_2 を算定する。過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量の算定位置を第2-6図に示す。



第 2-6 図 地盤の過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量 S_2 の算定位置

地盤における過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量の算定は、石原らによる体積ひずみと最大せん断ひずみの関係図を用いる。沈下量を保守的に算定するために、最大ひずみ γ_{\max} の値に係わらず体積ひずみ ε_v の上限値を用いる。なお、相対密度 D_r については平均値を用いる。第2-7図に沈下量の算定に用いる相対密度 D_r 及び体積ひずみ ε_v を示す。

地盤における過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量 S_2 は、第2-4表に示す結果より約21cmとする。

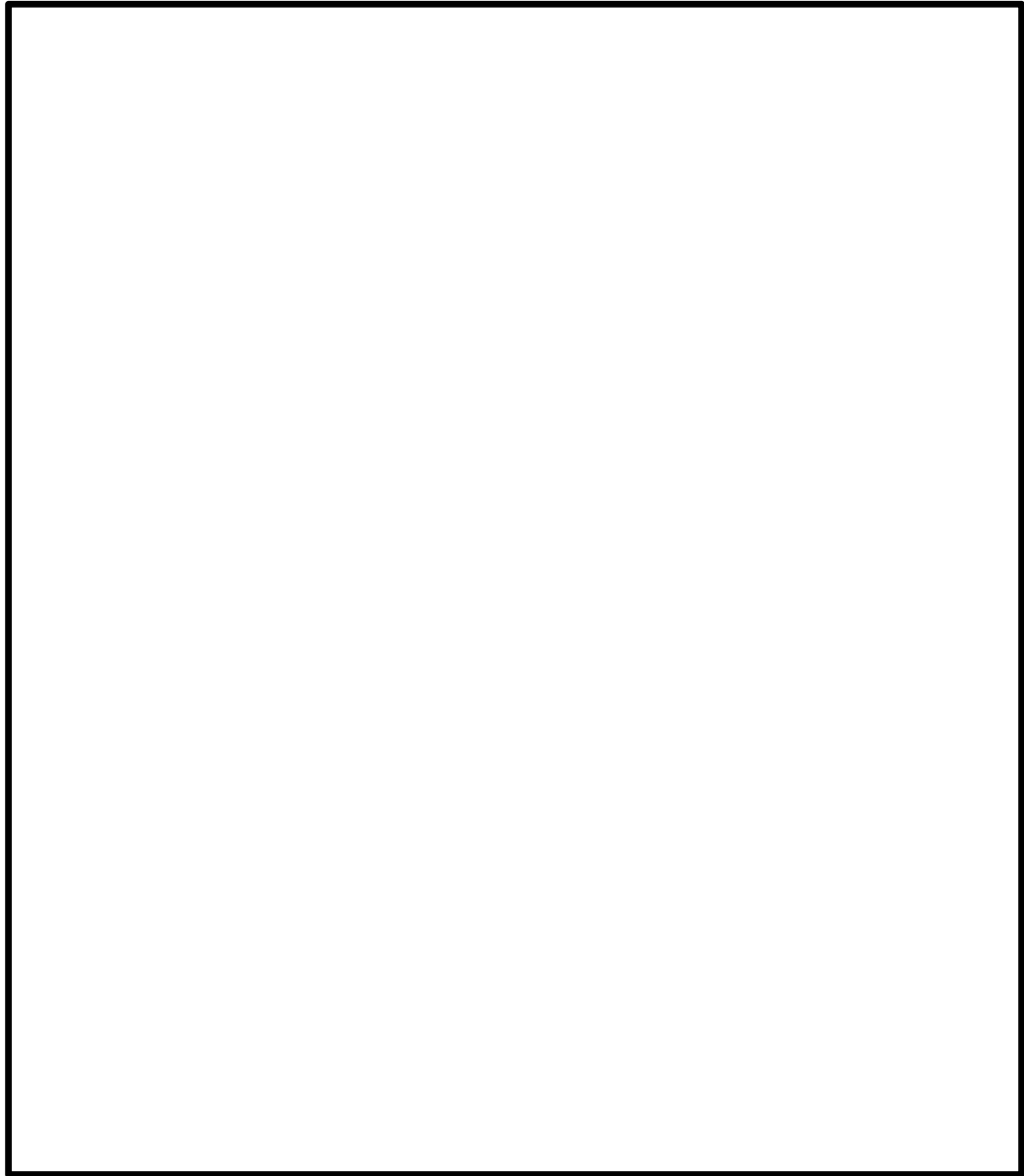


第2-4表 過剰間隙水圧の消散に伴う沈下量の算定

土層名	層厚 h (m)	相対密度 D_r (%)	体積ひずみ ε_v (%)	過剰間隙水圧 の消散に伴う 沈下量 S_2 (m)
A g 1	0.72	82	1.56	0.01
A s	8.99	68	2.22	0.20
合計				0.21

iii) G-8孔におけるAc層の透水係数について

第2-8図に示すG-8孔にて採取した試料を用いて実施した、Ac層の圧密試験結果を以下に示す。



第 2-8 図 土質調査位置図（G－8 孔）

第 2-9 図 G-8 孔柱状図抜粋 (孔口標高: T.P. + 4.11m)

第 2-5 表 圧密試験結果（抜粋）

（試料採取深さ：G.L.－13.54m～－13.59m＝T.P.－9.43m～－9.48m）

荷重 段階	平均圧密圧力 p kgf/cm ²	t_{90} min	透水係数 k cm/s
0	0.10	0.31	1.03E-06
1	0.28	0.33	8.08E-07
2	0.57	0.35	5.19E-07
3	1.13	0.38	3.79E-07
4			

（補足説明）

A c 層の水中単位体積重量 $\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 16.2 - 9.8$
 $= 6.4 \text{ kN/m}^3$ を考慮すると，0～1の荷重段階での平均圧密圧力 p
 の 0.1 kgf/cm^2 （ $= 9.8 \text{ kN/m}^2$ ）は， $9.8 / 6.4 = 1.53$ より深度1.5m相当
 となり，止水ジョイント根入れ深さとほぼ同深度である。

b. 鋼管矢板継手部

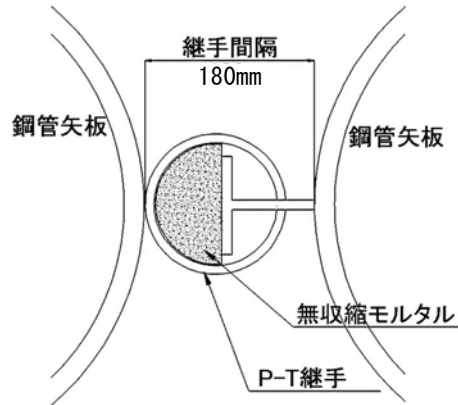
(a) 漏水防止の考え方

鋼管矢板間の止水性を確保するため、鋼管矢板同士は、鋼管矢板継手により連結する構造とする。鋼管矢板継手は、連結する片方の鋼管矢板に取り付けたP型の継手と、もう片方の鋼管矢板に取り付けたT型の継手を重ねることにより、鋼管矢板を連結する。

重ね合せ部には、袋体（モルタルジャケット、材料：ポリエステル及びナイロン）を挿入し、袋体の中に無収縮モルタルを充填することにより、重ね合せ部の止水性を確保する設計とする。本構造は、「廃棄物海面処分場施工要領（改訂版）」（（社）日本埋立浚渫協会（平成21年3月））に基づくものであり、管理型廃棄物埋立護岸等における汚染水の流出防止を目的として多くの適用実績がある。なお、上記施工要領は、斎藤等による鋼管矢板継手の遮水性能評価試験結果⁽³⁾に基づくものである。第2-10図に鋼管矢板継手の概略構造を示す。

斎藤等による遮水性能評価試験結果から、本構造の換算透水係数（cm/s）は、 1×10^{-6} オーダーであり、この換算透水係数を保守的に 1×10^{-5} cm/sとした上で、貯留堰において想定される漏水量を評価した結果においても、非常用海水ポンプの取水可能時間に相当する30分間の漏水量は約 0.1 m^3 ^{※2}であることから、止水性が損なわれないことを確認した。

※2 「添付資料3 1 貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について」参照



第 2-10 図 鋼管矢板継手の概略構造

(b) 根入れ長の考え方

鋼管矢板継手の根入れ長は，下式より算出する。

$$L = L_1 + L_2 + \alpha = 1.60\text{m} + 0.26\text{m} + 0.64\text{m} = 2.5\text{m}$$

ここで，

L : 決定根入れ長

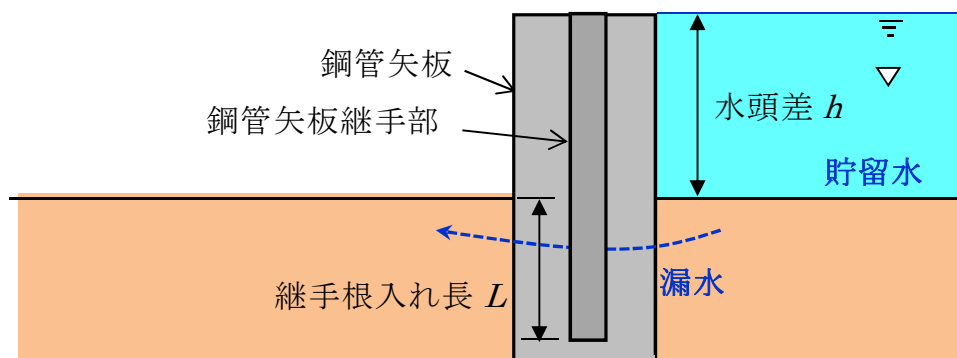
L_1 : 遮水のために必要な根入れ長

L_2 : 地震により生じる地盤の沈下量

α : 余裕 (=0.64m)

鋼管矢板継手部の周辺地盤は基本的に透水係数 10^{-6}cm/s 程度のAc層（粘性土層）の地盤であるため，護岸接続部と同様に管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（改訂版）⁽¹⁾を参考に，遮水のために必要な根入れ長として $L_1=1.6\text{m}$ ，地震により生じる地盤の沈下量として $L_2=26\text{cm}^{*3}$ を考慮し，これに余裕を見込んだ2.5mを設計海底面からの鋼管矢板継手の根入れ長として確保する。（第2-11図参照）

※3 「2. 設計方針 (3) 貯留堰からの漏水防止 ①護岸接続部 2) 根入れ長の考え方 b. 地震により生じる地盤の沈下量： L_2 」参照



継手箇所数46箇所全域において砂層地盤と想定した場合の、引き波時間3分間における漏水量 V は以下のように算出される。

$$\begin{aligned}
 V &= Q \times 3 \text{ 分} \times 60 \text{ s} \times 46 \text{ 箇所} \\
 &= 671 \text{ cm}^3/\text{s} \times 3 \text{ 分} \times 60 \text{ s} \times 46 \text{ 箇所} \\
 &= 5,555,880 \text{ cm}^3 \\
 &= 5.6 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

以上の結果より、鋼管矢板継手部周辺の地盤が砂層であると仮定した場合においても、引き波時間における漏水量は 5.6m^3 であることから、周辺地盤の地質構成のばらつきを考慮しても、止水性が損なわれないことを確認した。

3. 施工において確認すべき事項

前章に記載した設計方針に関連して、施工において確認すべき事項を以下に示す。

(1) 鋼管矢板からの漏水防止

鋼管矢板に予め設置された鋼管矢板継手内にモルタルを確実に充填するためには、鋼管矢板を精度良く打設する必要がある。このため、鋼管矢板は、位置決めされた導材に沿わせて打設する。また、鋼管矢板の打設位置、傾斜及び高さ並びに鋼管矢板継手の状態について、打設中及び打設後に測量機器等により確認する。

鋼管矢板継手へのモルタルの充填に当たっては、継手内の土砂の排土が必要であるため、所定の深度までの排土が完了していることを確認する管理を行う。

その後、継手からのモルタルの漏出防止のため、モルタルを充填する全深度に対して、袋体（モルタルジャケット）を挿入し、継手内にモルタルを打設し打ち上げる。袋体の挿入状況及びモルタルの充填状況については、潜水土にて確認するとともに、規定数量のモルタルが充填されたことを流量計等により確認する。

(2) 貯留堰取付護岸と止水ジョイントの接続部の施工管理

貯留堰取付護岸と止水ジョイントの接続のため、貯留堰取付護岸に止水ゴム取付部鋼材（鋼板）を溶接にて接続する。溶接は水中溶接にて施工する計画であり、溶接部については、母材の表面状態の確認等を行い溶接の品質管理を実施すると共に貯留堰取付護岸の板厚検査等を実施し、所要の構造強度があることを確認する。

4. 貯留堰の維持管理方針

貯留堰の維持管理方針を以下に記載する。具体的な点検計画は、本方針に従い、施設の供用開始前までに適切に策定する。

(1) 維持管理方針

貯留堰の維持管理は、部材の劣化、変状の発生・進行を把握することを目的に、初回点検のほか、定期的な点検と異常時を対象とした臨時点検を実施し、必要に応じて性能が要求レベルを下回らないようにするための補修対策を実施する。貯留堰の維持管理方法は、以下のマニュアル等を参考に設定する。

- ・「港湾の施設の維持管理技術マニュアル」（平成19年10月 財団法人 沿岸技術研究センター）
- ・「港湾の施設の維持管理計画書作成の手引き（増補改定版）」（平成20年12月 財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター）
- ・「港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル（2009年度版）」（平成21年11月 財団法人 沿岸技術研究センター）
- ・「港湾の施設の点検診断ガイドライン」（平成26年7月 国土交通省 港湾局）

なお、止水ジョイント部のゴムは、メーカー試験値により耐用年数は100年を超え、供用期間中の交換は不要と考えられるが※⁴、規模の大きい地震の直後等、大きな変形が発生した場合には、臨時点検を実施し、止水ジョイント交換の要否を判断する。

※⁴ 「(4) 参考資料（ゴムの耐久性について）」 参照

(2) 点検の種類及び方法

点検の種類は、下記に示す初回点検、定期点検及び臨時点検に分類される。また、定期点検は、簡易点検と詳細点検に区分される。

点検方法の概要を下記に示す。その詳細並びに点検項目、判定基準等の詳細については、施設の供用に先立って別途点検計画を策定し、これに準じて実施する。

a. 初回点検

維持管理計画等の策定に当たって、施設の初期状態を把握するために実施する。点検項目は、詳細点検と同様とする。

b. 定期点検

変状の発生及び進行を効率的かつ早期に発見することを目的として実施するもので、あらかじめ定めた点検計画に基づいて、計画的かつ継続的に行う。

(a) 簡易点検

構造物の部材ごとに行うものであり、大きな変状や異常が発生していないことを潜水土による目視等で確認する。

(b) 詳細点検

簡易点検の項目である潜水土による構造部材の目視点検に加え、水中カメラにより止水ジョイント等の狭隘部の確認を行うとともに、止水ジョイント、取付部鋼材及び貯留堰端部鋼管矢板の変位計測、貯留堰取付護岸との相対変位計測等を行うことで、護岸接続部に大きな変状が発生していないか確認する。

c. 臨時点検

(a) 一般臨時点検

地震や台風の直後に、変状の発生・進行の有無を確認し、必要な対

策を取るために実施する。点検項目は簡易点検と同様とする。

(b) 詳細臨時点検

簡易点検及び一般臨時点検において特段の変状が発見された場合に、必要に応じてその原因究明や施設の性能への影響把握を目的として実施する。点検項目は詳細点検と同様とする。

(3) 点検の頻度

供用期間中の変状の発生及び進行を適切に把握するため、当該施設の重要度を踏まえ、点検の時期を定め、定期点検を実施する。

「技術基準対象施設の維持に関し必要な事項を定める告示」（平成19年国土交通省告示第364号）では、定期点検は5年以内ごとに行うこととされており、少なくとも5年以内に1回は定期点検が実施する必要があるが、重点点検設備の場合については、3年以内に1回は定期点検を実施する必要があると定められている。

貯留堰は津波防護施設であることを踏まえ、簡易点検を3年以内に1回程度の頻度で実施できるよう策定する。

定期点検のうち詳細点検の頻度は、9年から15年以内に1回程度として策定し、供用中の点検結果を踏まえて、必要に応じて見直しを行う。

設定した点検時期及び頻度の考え方について整理した表を第4-1表に示す。

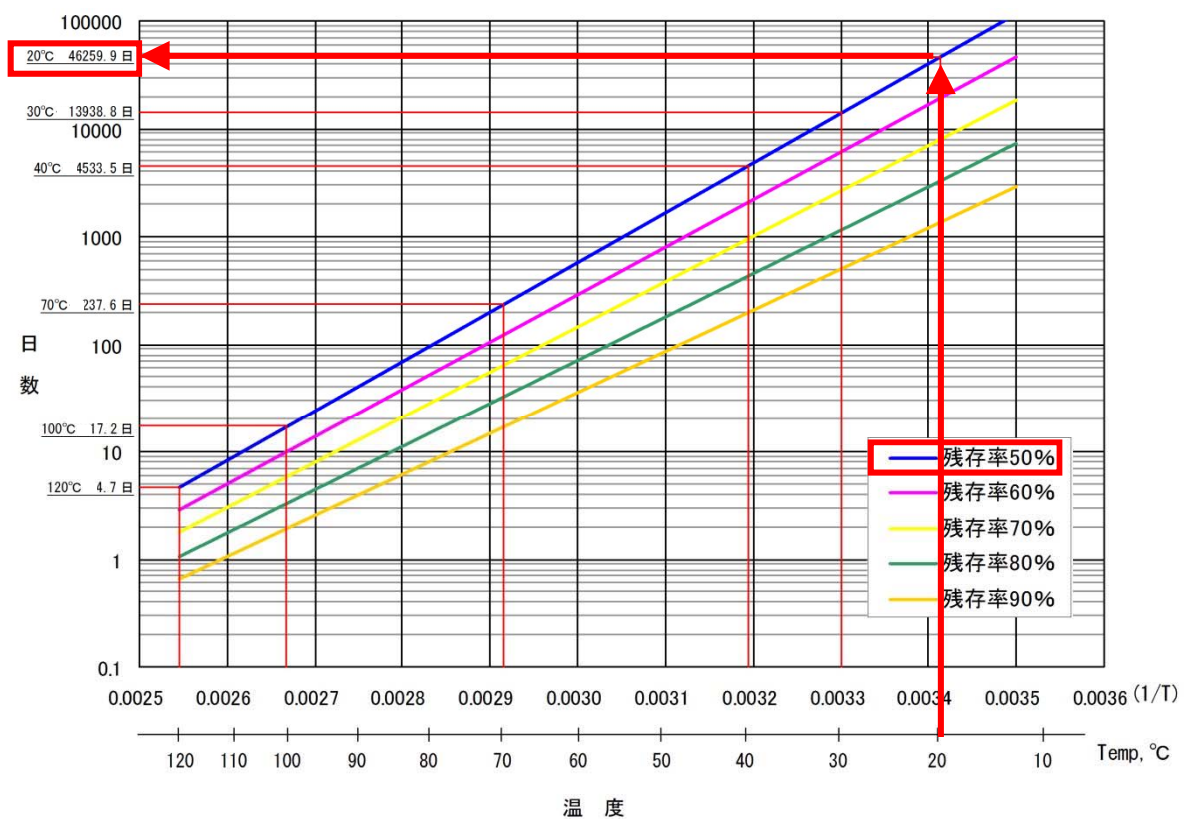
第4-1表 点検時期及び頻度の考え方

	分類	点検の時期・頻度	点検の方法
維持管理開始時	初回点検	竣工直後	詳細点検に準じる
通常時	簡易点検	3年に1回程度	潜水土による目視等
	詳細点検	9～15年に1回程度	潜水土による目視、水中カメラによる確認、及び変位計測等
異常時	一般臨時点検	地震時、荒天時の直後	簡易点検に準じる
	詳細臨時点検	簡易点検や一般臨時点検により特段の変状が確認された場合	詳細点検に準じる

(4) 参考資料（ゴムの耐久性について）

ゴムの耐久性（＝寿命）を規定する上で求められるゴムの残存率※は50%（メーカー推奨値）であり，20℃の暴露条件における熱老化試験によると残存率50%の経過年数は126.7年となる。（第4-1図参照）

※ ゴムの残存率：ゴム部材が経年劣化し破断伸びが低下した後の伸び率が，初期伸び率に対し，どの程度残存していたか表す値（残存率(%)＝劣化後の伸び率／初期伸び率×100）。



温度

$$46,259(\text{日}) / 365(\text{日/年}) = 126.7 \text{ 年}$$

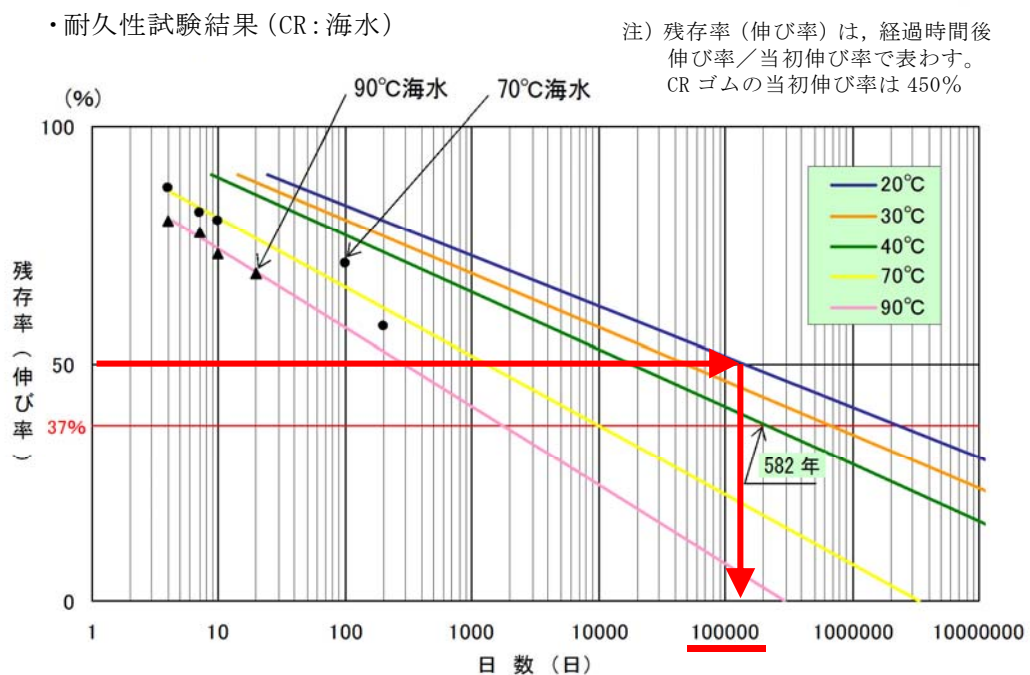
第 4-1 図 熱老化試験結果による劣化推定グラフ

ゴムの劣化要因として以下の4項目が挙げられる。

- ① 酸素
- ② 熱
- ③ 日光
- ④ 機械的变化（伸び縮みの繰返し作用）

上記要因の中でも酸素と熱により大きな影響を受ける。今回の設置位置は海中のため、酸素の供給もなく、残存率を推定した20℃より温度が低い。そのため、推定した126.7年より耐用年数は増えることが期待される。(第4-2図参照)

また、海水の劣化に与える影響としては、海水暴露に対する促進試験の結果より、熱老化試験結果に比べ、海水暴露のゴムの劣化に与える影響は小さいことが確認されている。



ゴム残存率 50%となる日数：10,000(日)以上
 $\Leftrightarrow 10,000(\text{日}) / 365(\text{日/年}) = 273 \text{ 年以上} > 126.7 \text{ 年}(20^\circ\text{Cの熱老化試験結果})$

第 4-2 図 耐久化試験結果による残存率推定グラフ

5. 参考文献

(1) 財団法人 港湾空間高度化環境研究センター：

管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（改訂版），2008

5.6 底面の遮水

海面処分場の底面の遮水は、基準省令に適合する遮水力を有する必要がある。

<解説>

(1) 粘性土層について

わが国の港湾は沖積地に位置することが多いため、海面処分場は、粘性土を主たる成分とした沖積層上に整備される場合が多い。この場合には、海面処分場の底面において不透水性地層に相当する粘性土層の存在を確認するものとする。

上記の粘性土層と同等の遮水能力を有する地層とは、一般的に同等の浸透時間となる地層と考えられる。

浸透時間は、一般に次式で示される。

$$t = \frac{L^2}{k \cdot h}$$

ここに

t ：浸透時間

L ：浸透距離（層厚）

k ：透水係数

h ：層の水位差（図-2.18 参照）

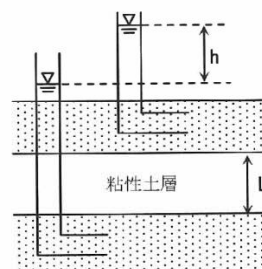


図-2.18 浸透距離と水位差

上記の式を用いて、不透水性地層（厚さ 5m以上、透水係数 $k=1 \times 10^{-5}$ cm/s 以下）と同等の浸透時間を要する層厚を算出すると、透水係数が $k=1 \times 10^{-6}$ cm/s の粘性土層の場合には、計算上は層厚が 1.6m以上となる。不透水性地層の層厚、地層の連続性はボーリング調査等で確認するものとする（第2編第1章調査参照）。

層厚の決定に際しては、土層の不均一性を考慮して、余裕を見込むことが望ましい。

第5-1図 地盤の透水係数と遮水のために必要な層厚の関係

（管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（改訂版）抜粋 p.43）

(2) 石原等：地震時の液状化に伴う砂地盤の沈下量予測，第26回土質工学研究発表会，1991

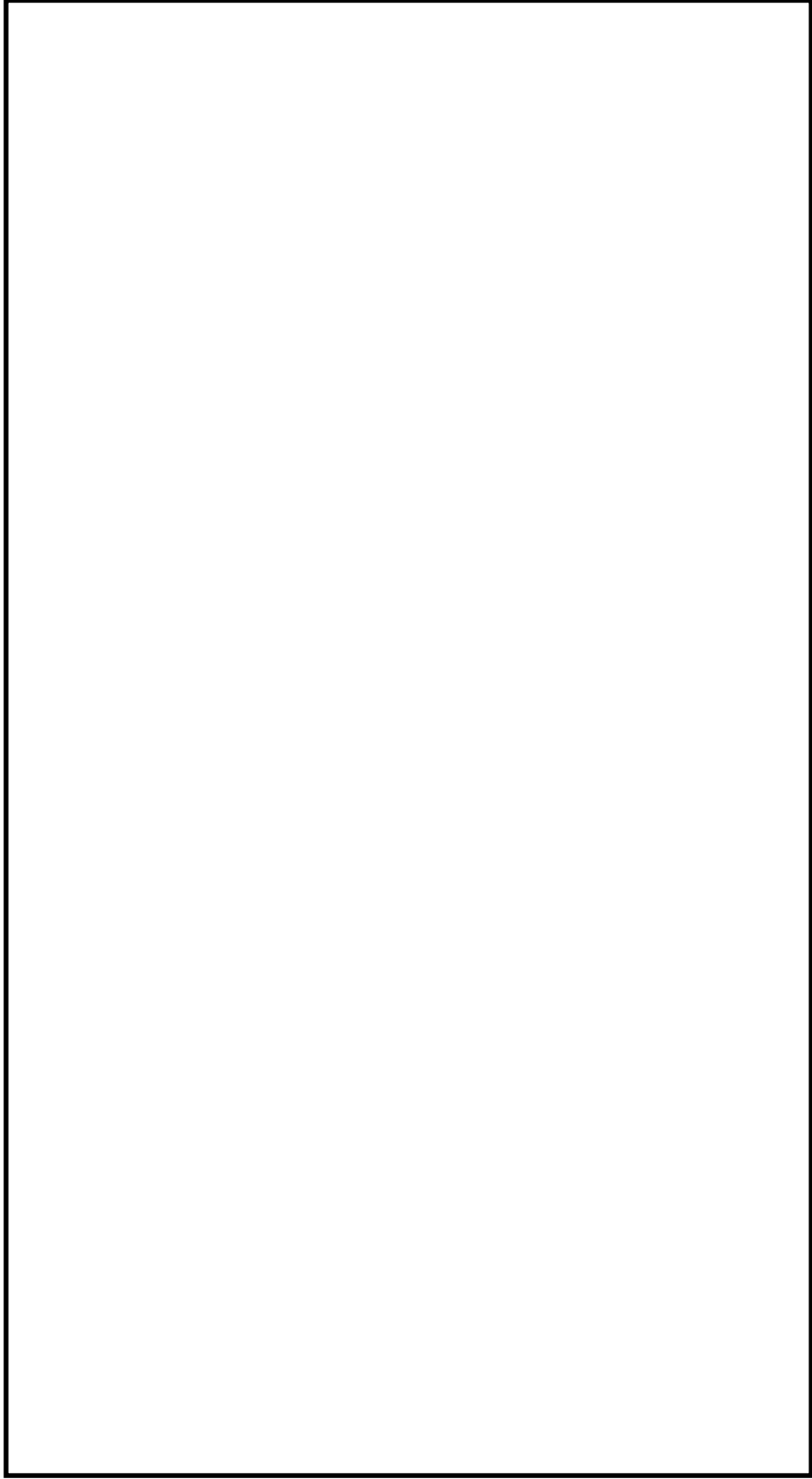
(3) 斎藤等：鋼管矢板継手の遮水性能評価試験，土木学会第56回年次学術講演会，2001

貫通部等止水箇所について

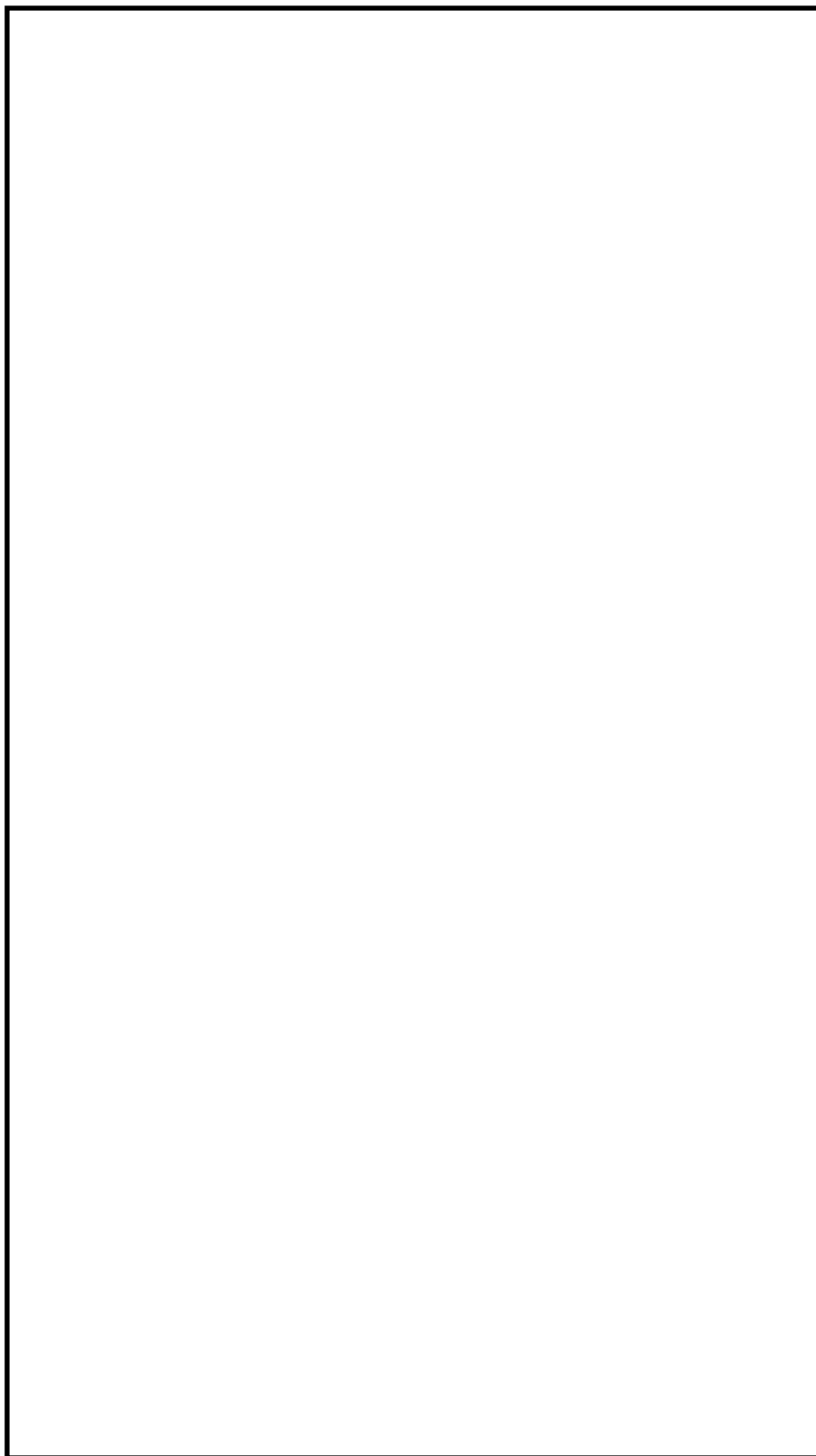
(第 9 条 溢水による損傷の防止 補足説明資料－36 より (一部加筆))

海水ポンプ室の防護について、海水ポンプ室廻りの防護対象範囲を設定し、貫通部等の調査を実施した。海水ポンプ室廻りの防護対象範囲図を第 1 図に、海水ポンプ室防護区画の貫通部等配置図を第 2 図に示す。また、海水ポンプ室の貫通部等リストを第 1 表に示す。

南側の非常用海水系配管エリアから北側の海水ポンプ室へ非常用海水ポンプ用電路を設置するため、北側の海水ポンプ室及び南側の海水ポンプ室の壁面に貫通部を追加して設置する。



第1図 海水ポンプ室廻りの防護対象範囲図



第2図 海水ポンプ室防護区画の貫通部等配置図

第1表 海水ポンプ室 貫通部等リスト (1/2)

No.	場所	壁位置	貫通部等 サイズ	種別	備考
1	取水口北側ピット	西面	1100A	配管 750A 電線管 G54	
2	取水口北側ピット	西面	1100A	配管 750A, 25A	
3	取水口北側ピット	西面	1100A	配管 750A, 25A	
4	取水口北側ピット	西面	W420mm× H580mm× 2 か所	ケーブルピット	
5	取水口北側ピット	南面	300A	配管 100A	
6	取水口北側ピット	南面	—	配管 25A	
7	取水口北側ピット	南面	—	配管 25A	
8	取水口北側ピット	東面	800A	配管 500A	
9	取水口北側ピット	東面	450A	配管 250A 電線管 G28	
10	取水口北側ピット	東面	500A	配管 100A	
11	取水口北側ピット	東面	300A	配管 80A	
12	取水口北側ピット	東面	W420mm× H580mm× 2 か所	ケーブルピット	
13	取水口南側ピット	南面	—	電線管	
14	取水口南側ピット	南面	—	電線管	
15	取水口南側ピット	南面	—	電線管	
16	取水口南側ピット	東面	300A	配管 80A	

第1表 海水ポンプ室 貫通部等リスト (2/2)

No.	場所	壁位置	貫通部 サイズ	種別	備 考
17	取水口南側ピット	東面	500A	配管 250A, 10A	
18	取水口南側ピット	東面	800A	配管 500A 電線管 G28	
19	取水口南側ピット	東面	250A	配管 80A	
20	取水口南側ピット	東面	H970mm× W1000mm	配管 15A+保温厚 25mm	
21	取水口南側ピット	北面	—	配管 25A	
22	取水口南側ピット	北面	—	配管 25A	
23	南側ストレーナ室	西面	φ 1800mm	ダクト 配管 20B 配管 10B	
24	南側ストレーナ室	西面	φ 2000mm	ダクト 配管 20B 配管 10B×2 本	
25	南側ストレーナ室	西面	—	開口部	ケーブルルピット 点検用開口部点 検防止蓋
26	南側ストレーナ室	西面	—	開口部	
27	南側ストレーナ室	西面	—	開口部	
28	南側ストレーナ室	北面	—	穴開口	

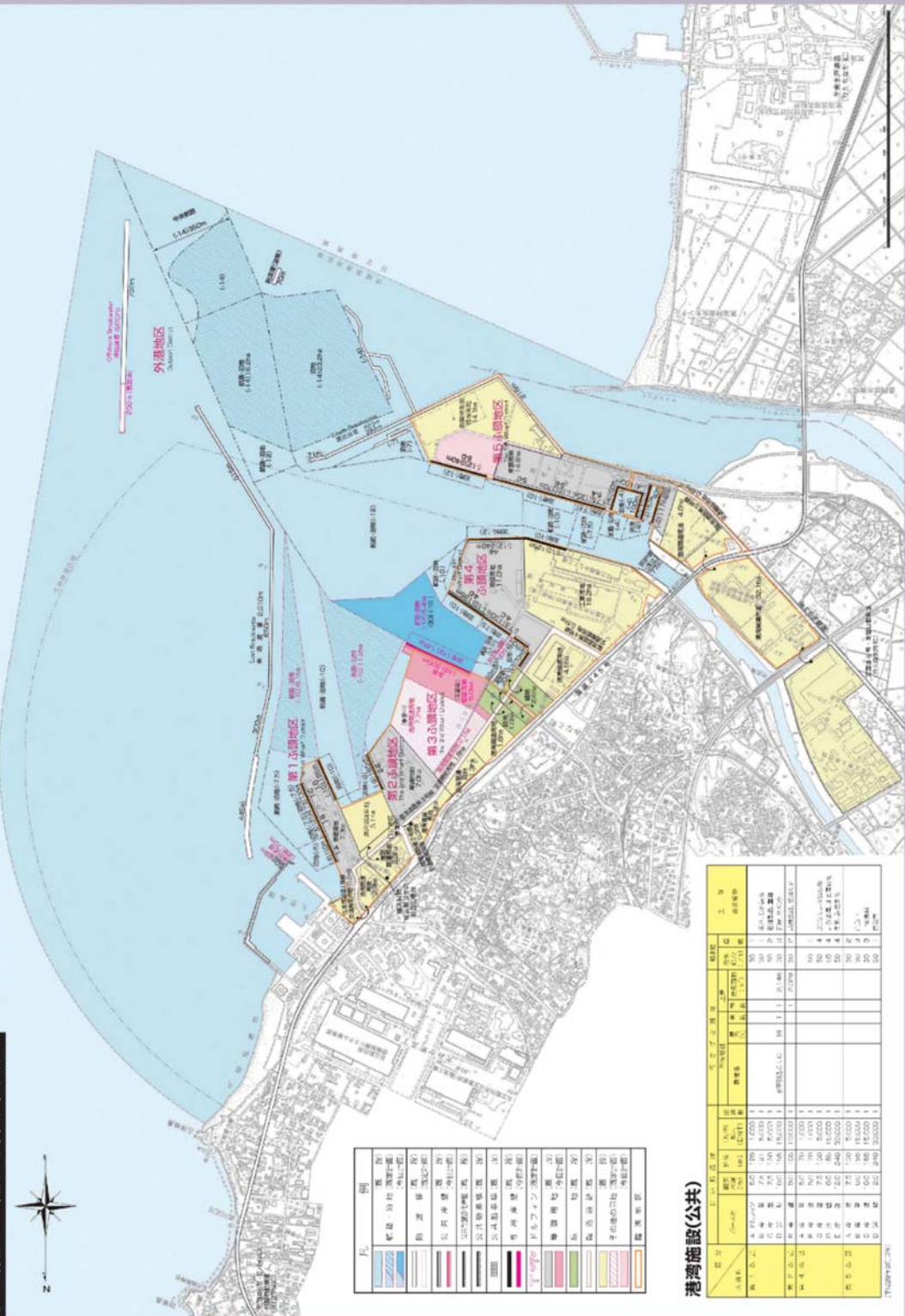
* 南側の非常用海水系配管エリアから北側の海水ポンプ室へ非常用海水ポンプ用電路を設置するため、北側の海水ポンプ室及び南側の海水ポンプ室の壁面に貫通部を追加して設置する。

隣接する日立港区及び常陸那珂港区の
防波堤の延長計画の有無について

1. 日立港区及び常陸那珂港区の防波堤の延長計画の有無

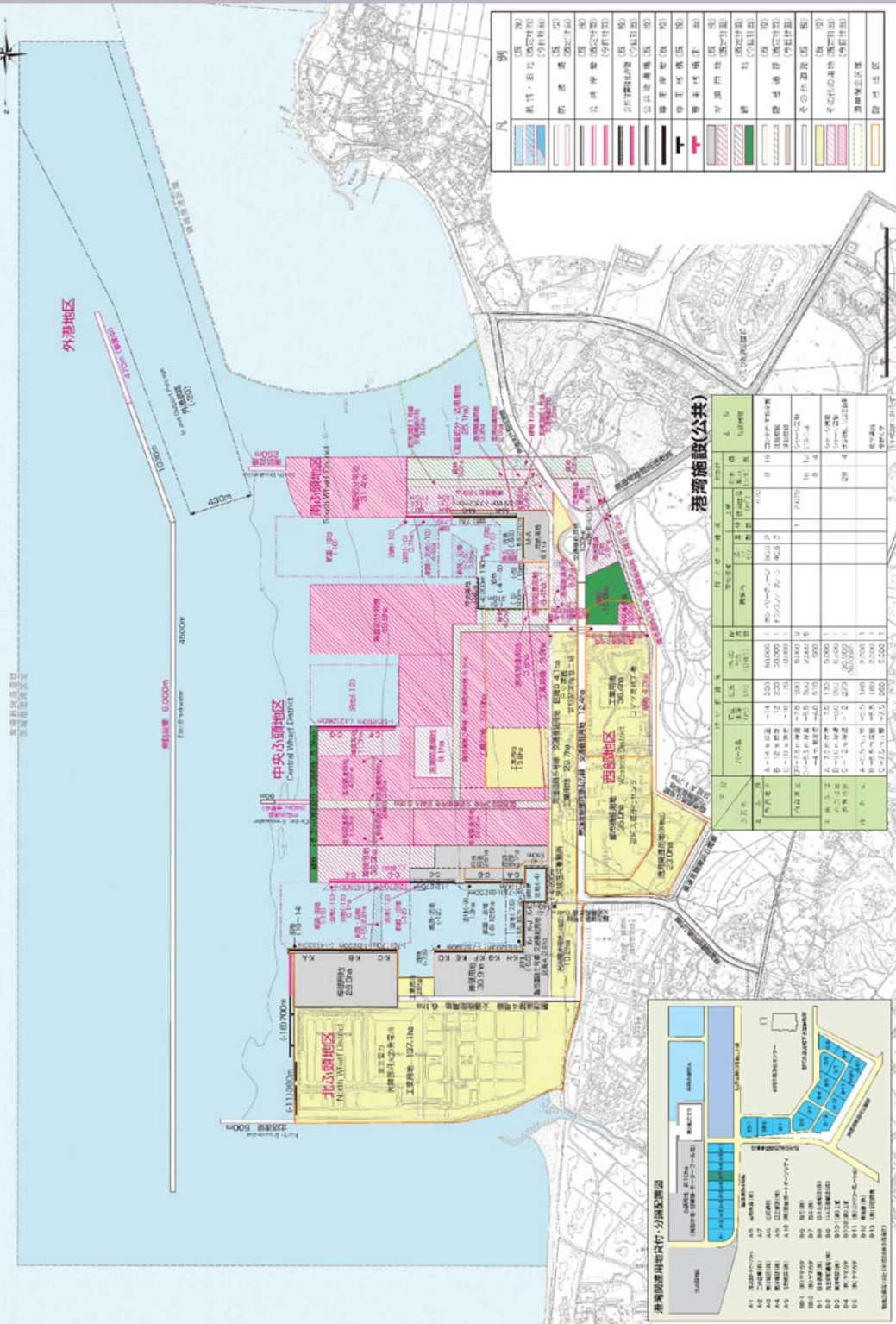
日立港区及び常陸那珂港区の防波堤の整備計画については、茨城県土木部港湾課，茨城県立地推進東京本部，茨城県港湾協会の企画・編集した「2016 PORTS OF IBARAKI」（平成 28 年 3 月）中に計画平面図として示されている。

これによると，日立港区については沖防波堤を北側に 200m，常陸那珂港区については東防波堤を南側に 470m 延長する計画があり，現在整備事業が行われている。第 1 図に日立港区における防波堤の整備計画，第 2 図に常陸那珂港区における防波堤の整備計画をそれぞれ示す。



第 1 図 日立港区における防波堤の整備計画

茨城港常陸那珂港区計画平面図 Plan for Hitachinaka District, Ibaraki Port



第2図 常陸那珂港区における防波堤の整備計画

2. 東海第二発電所の基準津波策定時点における日立港区及び常陸那珂港区の防波堤の扱い

(1) 基準津波策定におけるモデルと延長計画を含む整備計画との差異

第3図に東海第二発電所の基準津波策定における防波堤モデル(平成26年3月時点)と防波堤の延長計画の差異について示す。

① 日立港区

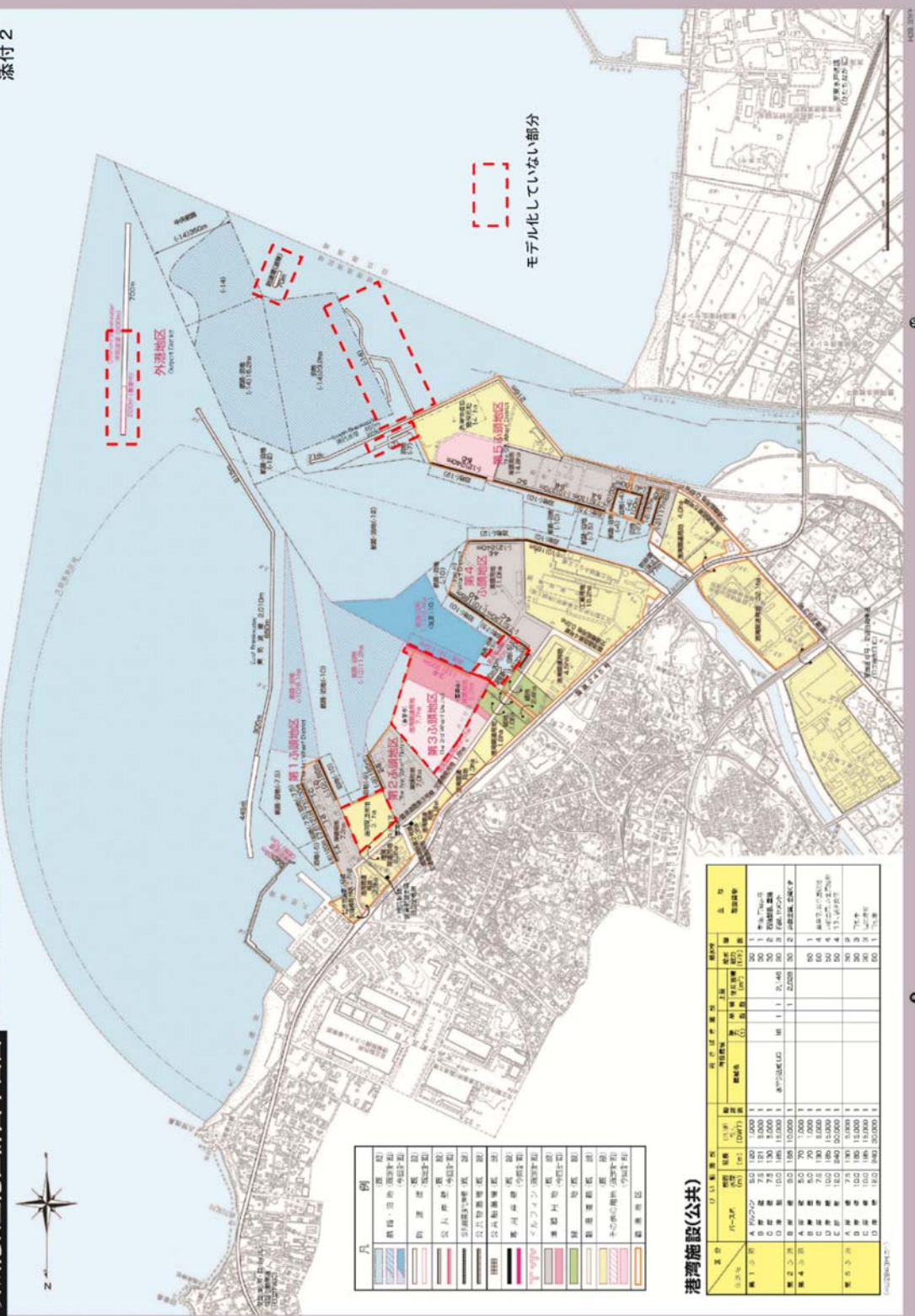
- a. 沖防波堤の北側延長部分(200m)がモデルに未反映
- b. 沖防波堤の西側に位置する防波堤(70m)がモデルに未反映

② 常陸那珂港区

- a. 東防波堤の南側延長部分(470m)がモデルに未反映

茨城港口立港区計画平面図 Plan for Hitachi District, Ibaraki Port

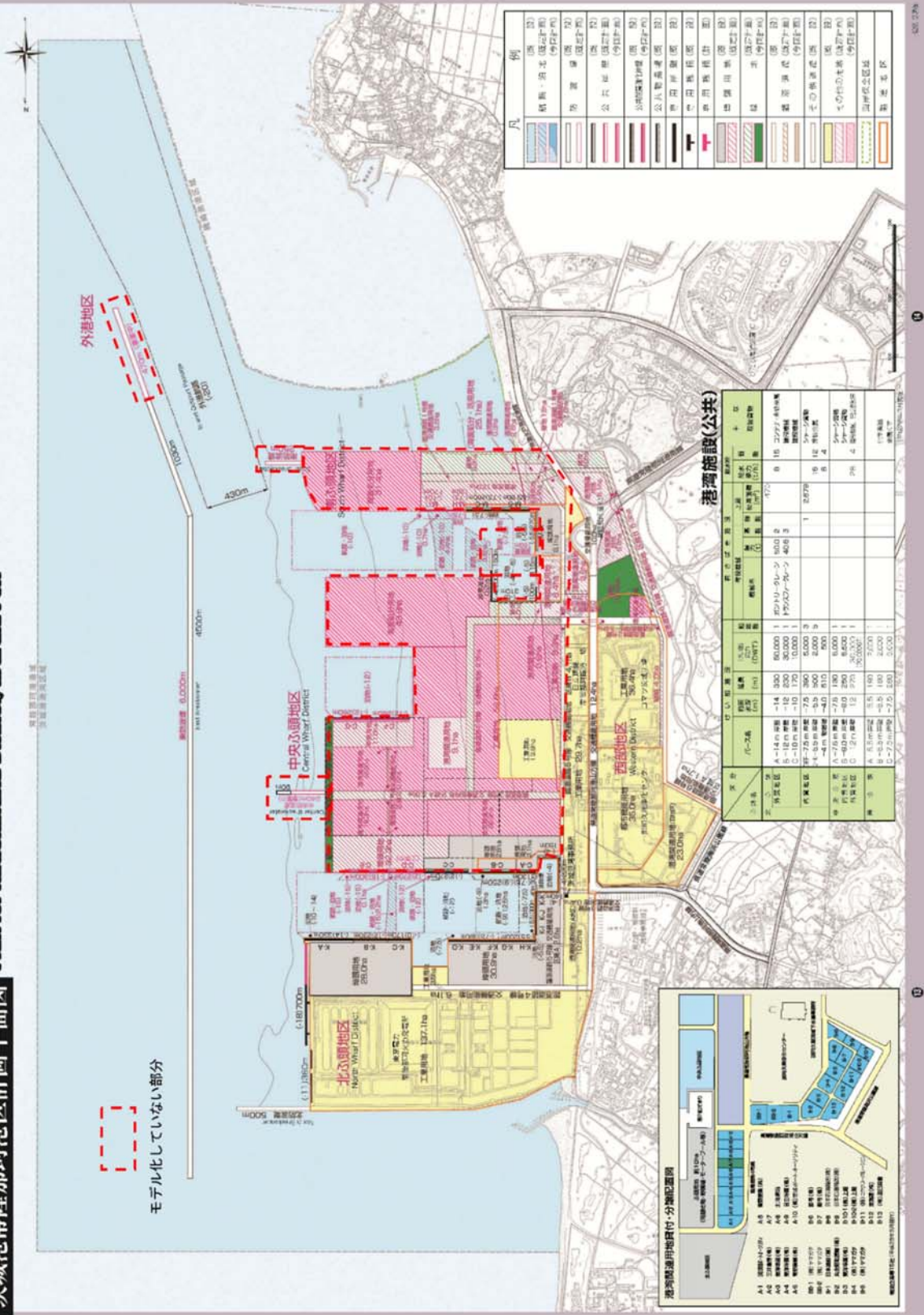
添付 2



第3図 基準津波策定におけるモデルと延長計画を含む整備計画との差異 (1/2)

Plan for Hitachinaka District, Ibaraki Port

茨城港常陸那珂港区計画平面図



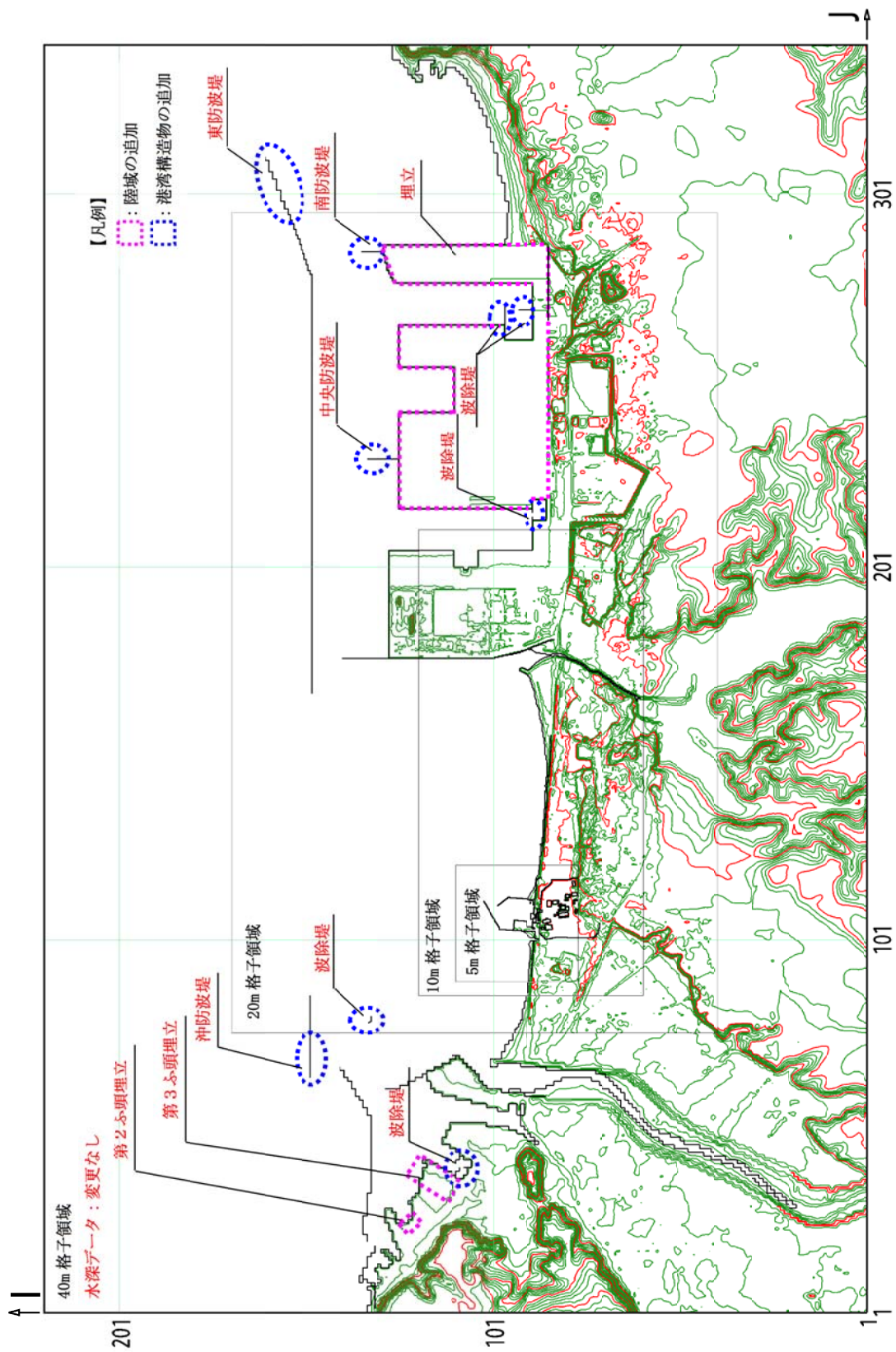
第3図 基準津波策定におけるモデルと延長計画を含む整備計画との差異 (2/2)

(2) 防波堤のモデル化範囲の差異に対する考察

防波堤の延長が計画されている日立港区の沖防波堤及び常陸那珂港区の防波堤の整備距離については，モデルに対して軽微な変更であることから，基準津波に対して大きな影響を及ぼすものではないと考えられる。

3. 整備計画に対する影響確認

基準津波策定時の防波堤のモデル化範囲と茨城港日立港区及び常陸那珂港区の延長計画を含む整備計画を反映したモデルとの差異が基準津波高さ及び入力津波高さに影響を及ぼすことがないことを確認するため，整備計画を反映したモデルにより津波解析を行い，影響評価を実施した。第4図に整備計画に基づく防波堤等のモデル化範囲を示す。



第4図 整備計画に基づく防波堤等のモデル化範囲

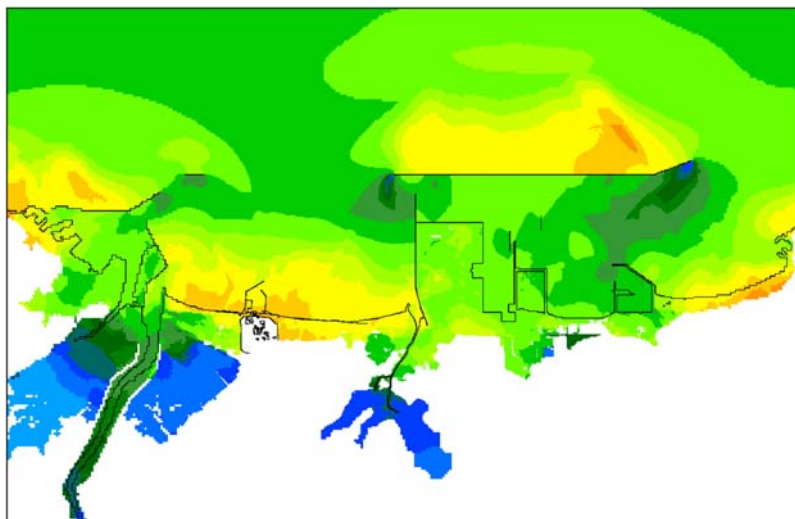
4. 既往モデル（基準津波策定時モデル）に対する整備計画反映モデル

による最大水位上昇量分布及び最大水位下降量分布の傾向確認

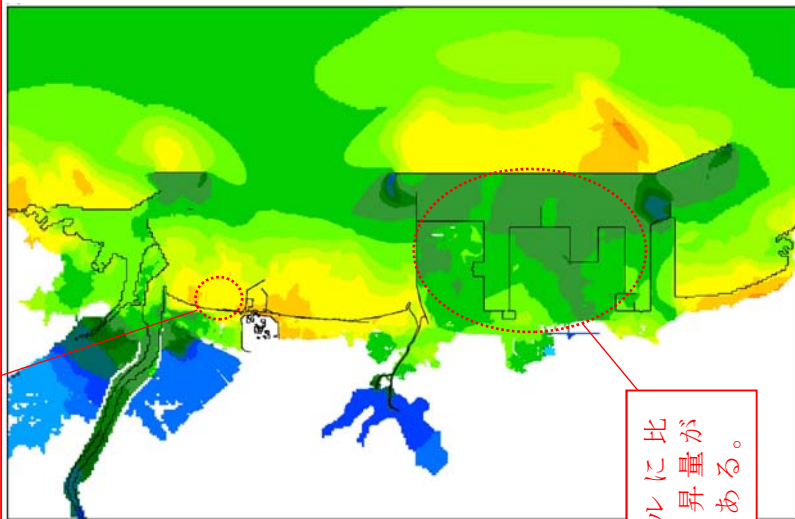
日立港区及び常陸那珂港区における防波堤等の整備計画を反映したモデルにより遡上解析を実施し、既往モデル（基準津波策定時モデル）に対する当該モデルでの最大水位上昇量分布及び最大水位下降量分布の傾向を確認した。第 5 図に基準津波による発電所周辺の最大水位上昇量分布の比較、第 6 図に基準津波による敷地エリアの最大水位上昇量分布の比較、第 7 図に基準津波による敷地エリアの最大水位下降量分布の比較をそれぞれ示す。第 5 図の整備計画反映モデルによる最大水位上昇量分布から敷地前面海域の北側において最大水位上昇量分布が減少する傾向が確認され、第 6 図にて詳細を確認したところ敷地前面海域の北側及び敷地側面北側において最大水位上昇量分布が減少する傾向が確認された。これらは日立港区における沖防波堤の延長により津波の水位上昇量が抑えられたものであると考えられる。その他の傾向として第 5 図の常陸那珂港区の海域及び陸域において最大水位上昇量分布が減少する傾向が確認されたが、第 5 図の発電所敷地前面東側及び敷地側面南側において、最大水位上昇量分布の大きな増減は確認されなかった。また、整備計画反映モデルによる遡上解析においても遡上波による敷地への回り込みがないことを確認した。第 7 図の基準津波による敷地エリアの最大水位下降量分布については、既往モデル（基準津波策定時モデル）及び整備計画を反映したモデル間において大きな増減は確認されなかった。

(防波堤あり，地盤変状なし)

(防波堤あり，地盤変状なし)



(既往モデル (基準津波策定時モデル))



(整備計画反映モデル)

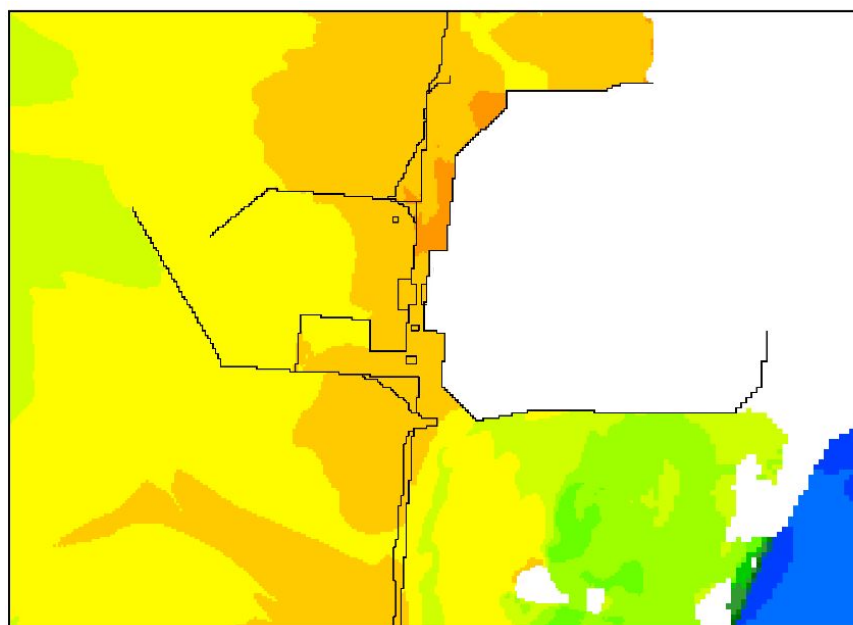
既往モデルに比べ，水位上昇量が減少傾向にある。日立港区の沖防波堤の延長により減少していると考えられる。

既往モデルに比べ，水位上昇量が減少傾向にある。

第5図 基準津波による発電所周辺の最大水位上昇量分布の比較

(防波堤あり，地盤変状なし)

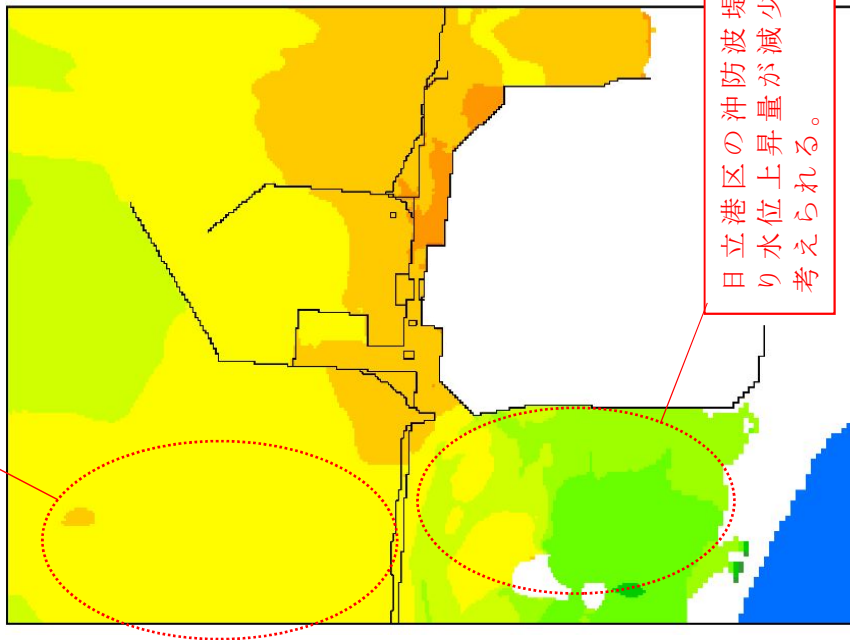
(防波堤あり，地盤変状なし)



(既往モデル (基準津波策定時モデル))

(整備計画反映モデル)

日立港区の沖防波堤の延長により水位上昇量が減少していると考えられる。

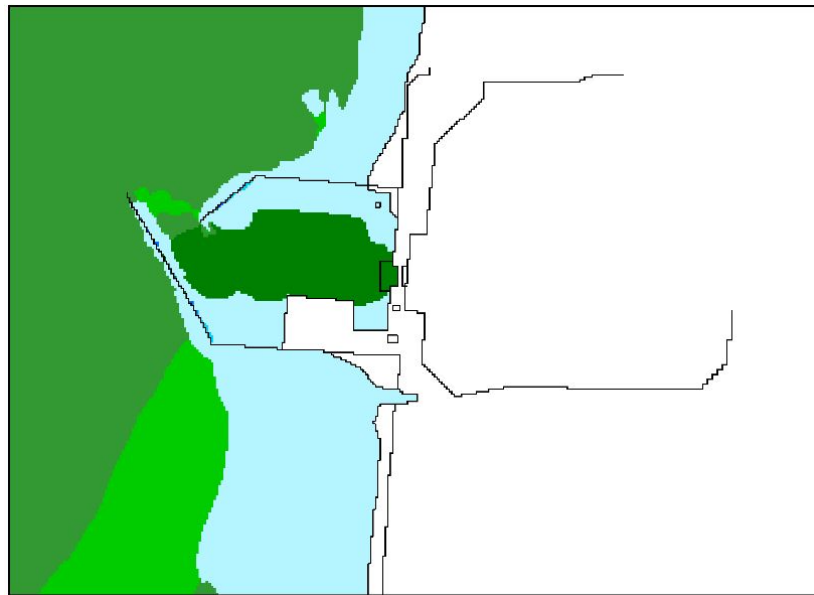


日立港区の沖防波堤の延長により水位上昇量が減少していると考えられる。

第 6 図 基準津波による敷地エリアの最大水位上昇量分布の比較

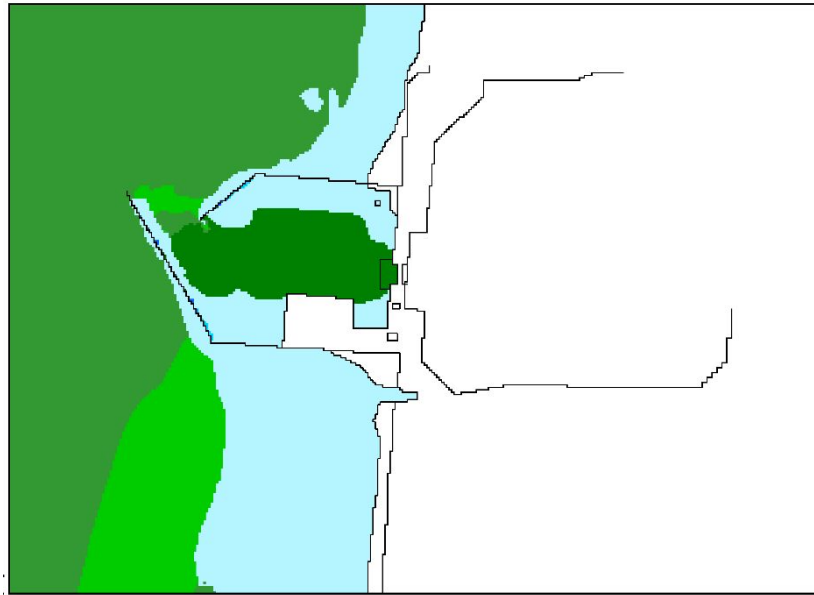


(防波堤あり，地盤変状なし)



(既往モデル (基準津波策定時モデル))

(防波堤あり，地盤変状なし)



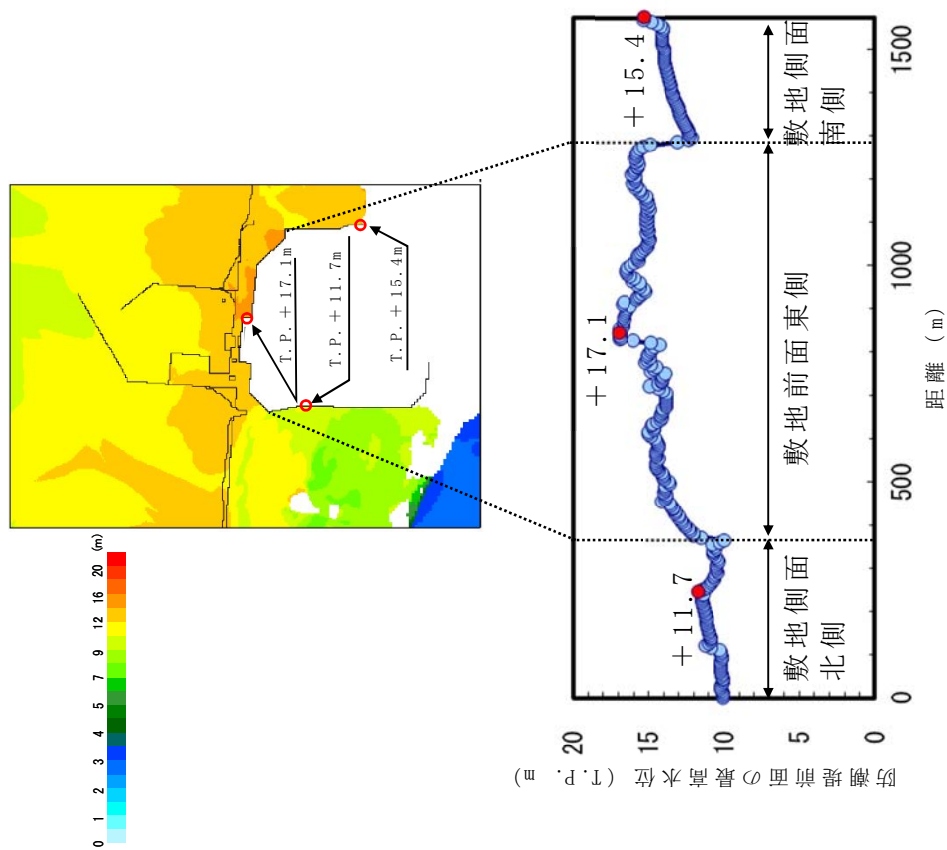
(整備計画反映モデル)

第 7 図 基準津波による敷地エリアの最大水位下降量分布の比較

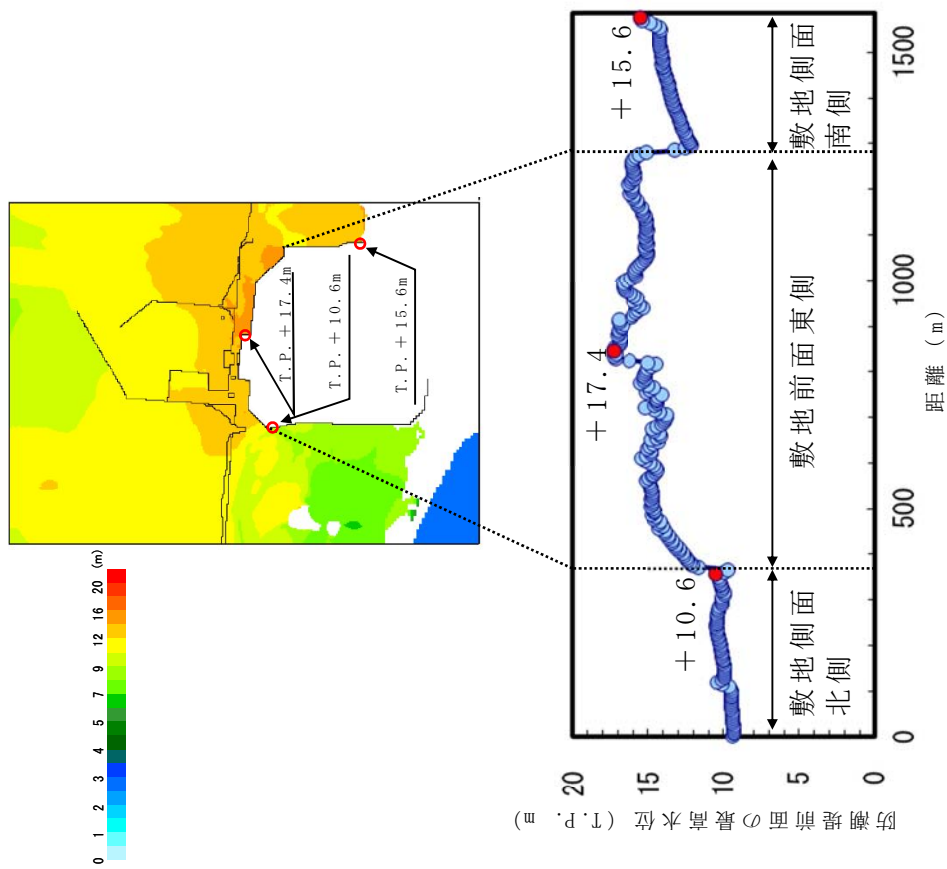
5. 整備計画反映モデルによる遡上解析結果に基づく基準津波高さへの影響評価

整備計画反映モデルによる遡上解析結果に基づき、整備計画の反映による評価点の最高水位に対する影響を評価した。第8図に既往モデル（基準津波策定時モデル）による各評価点の最高水位と整備計画反映モデルによる各評価点における最高水位との比較を示す。既往のモデル（基準津波策定時モデル）に比べ、整備計画を反映したモデルによる遡上解析結果において、防潮堤前面（敷地前面東側）では0.3m、防潮堤前面（敷地側面南側）では0.2m最高水位が増加することが確認されたが、これらは既往モデルによる遡上解析結果に対して極めて微小な増加であり、ほぼ同等の水位であることから基準津波に影響を及ぼすものではないと考えられる。なお、防潮堤前面（敷地側面北側）では1.1m最高水位が低下することが確認された。第1表に既往モデル（基準津波策定時モデル）及び整備計画反映モデルにおける最高水位一覧を示す。

＜既往モデル（基準津波策定時モデル）＞
（防波堤あり，地盤変状なし）



＜整備計画反映モデル＞
(防波堤あり，地盤変状なし)



第8図 既往モデル（基準津波策定時モデル）と整備計画反映モデルにおける最高水位の比較

第 1 表 既往モデル（基準津波策定時モデル）及び

整備計画反映モデルにおける最高水位一覧

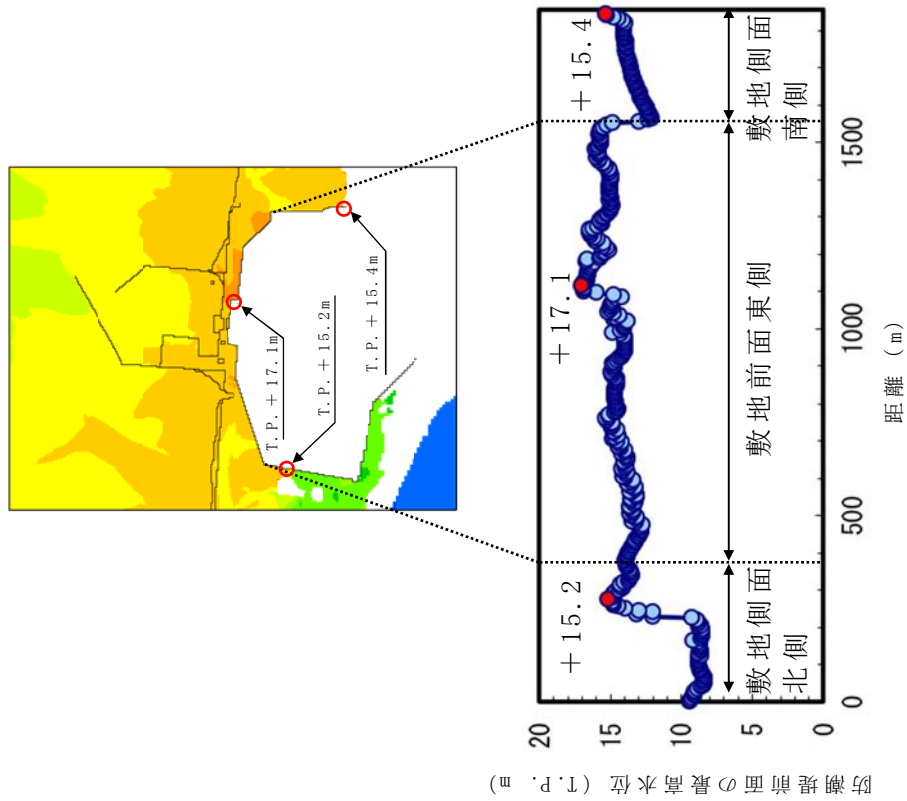
	評価点	既往モデル （基準津波策 定時モデル） （防波堤あ り，地盤変状 なし）	整備計画 反映モデル （防波堤あ り，地盤変状 なし）	最 高 水 位 の 差 （ 既 往 モ デル基準）
最 高 水 位 （T.P. m）	防潮堤前面 （敷地側面北側）	+ 11.7	+ 10.6	－ 1.1
	防潮堤前面 （敷地前面東側）	+ 17.1	+ 17.4	+ 0.3
	防潮堤前面 （敷地側面南側）	+ 15.4	+ 15.6	+ 0.2

6. 整備計画反映モデルによる遡上解析結果に基づく入力津波高さへの影響評価

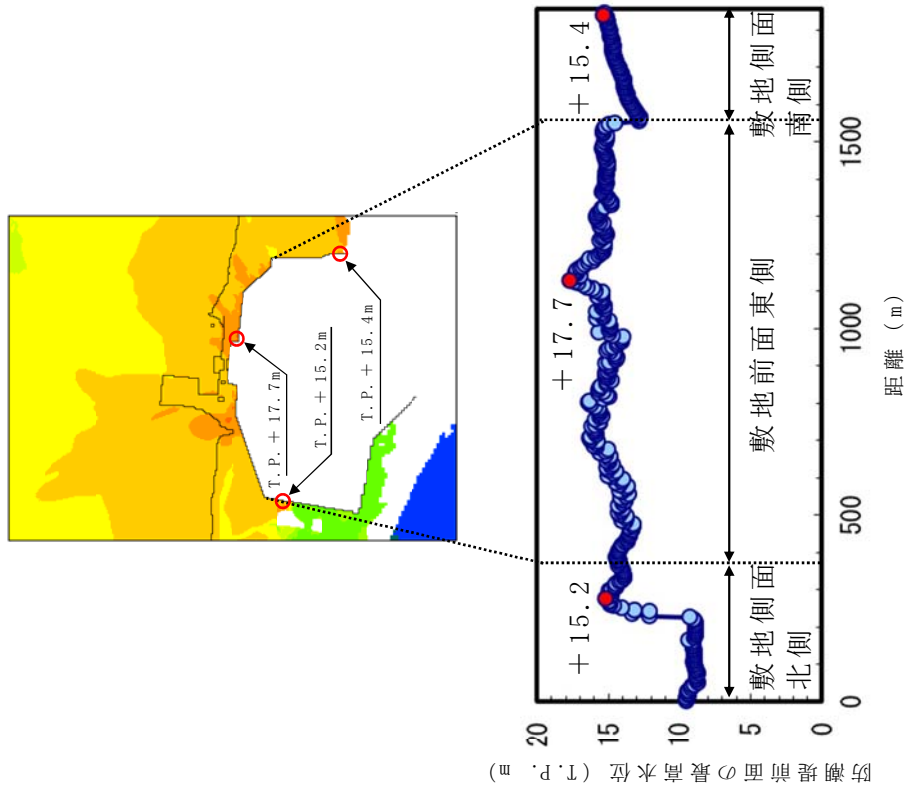
施設の設計又は評価に用いる入力津波は、第9図及び第10図に示すとおり防波堤の有無による影響、地盤変状による影響等水位変動に影響を与えうる因子についてパラメータスタディを実施し、防潮堤前面において最も水位が高くなる遡上解析結果をもとに設定している。パラメータスタディの結果、敷地側面北側では T.P. + 15.2m、敷地前面東側では T.P. + 17.7m、敷地側面南側では T.P. + 16.6m がそれぞれ最も水位が高くなったことからこれらの水位をもとに防潮堤前面の入力津波を設定した。第2表に基準津波による防潮堤前面における水位と整備計画反映モデルによる防潮堤前面における水位一覧を示す。

一方、整備計画反映モデルによる遡上解析結果における防潮堤前面での最高水位は第2表に示したとおり敷地側面北側では T.P. + 10.6m、敷地前面東側では T.P. + 17.4m、敷地側面南側では T.P. + 15.6m であった。これまでの入力津波の設定において、防波堤の有無による影響評価結果として、防波堤がない場合において水位が高くなる傾向にあることを確認しているが、整備計画に対する影響を確認するため防波堤等の整備計画を反映したモデルにより遡上解析を実施し、整備計画を反映したモデルによる遡上解析結果は防潮堤前面のいずれの評価点においても現状の入力津波に包絡されることから入力津波に影響を及ぼすものではないことを確認した。

<防波堤あり，地盤変状なし>



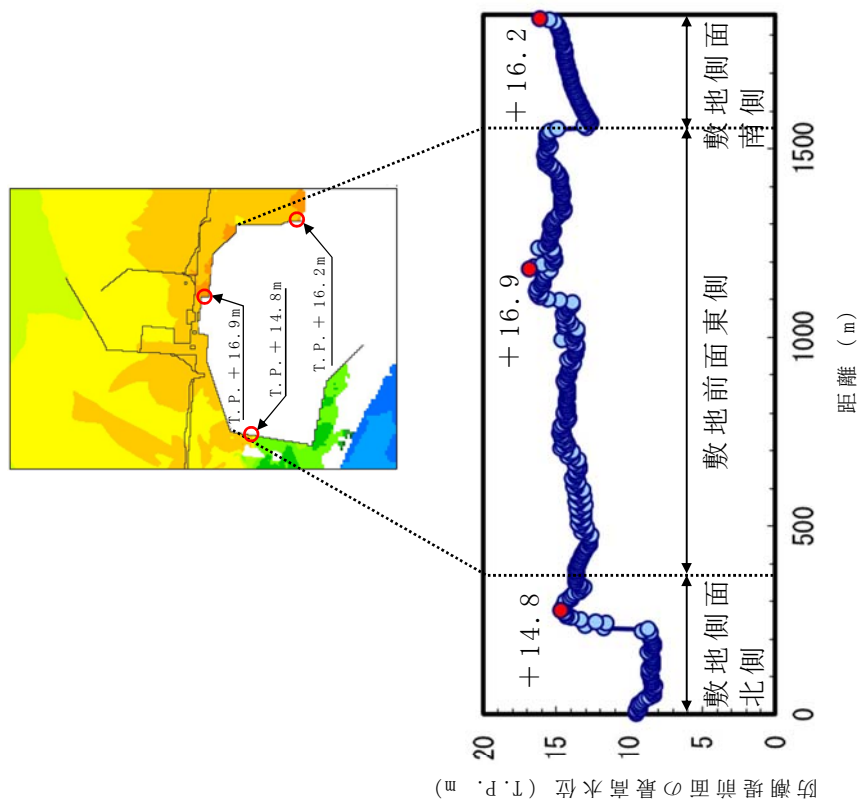
<防波堤なし，地盤変状なし>



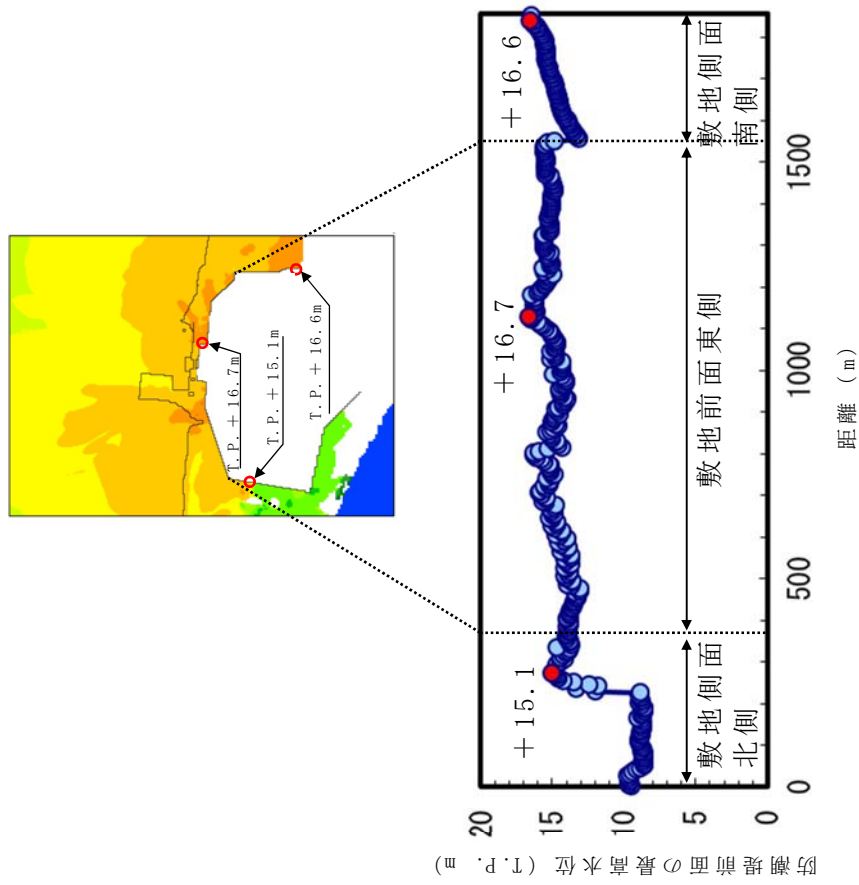
※ 防潮堤ルート変更前の解析結果を用いて防潮堤前面における入力津波高さ（津波高さ）を設定

第9図 基準津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤の有無による影響）

<防波堤あり，地盤変状あり>



<防波堤なし，地盤変状あり>




※ 防潮堤ルート変更前の解析結果を用いて防潮堤前面における
入力津波高さ(津波高さ)を設定

第 10 図 基準津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（地盤変状による影響）

第 2 表 基準津波による防潮堤前面における水位と整備計画反映モデルによる防潮堤前面における水位一覧

	基準津波による防潮堤前面における 最高水位（T.P.＋）※１※２				整備計画反 映モデルに よる防潮堤 前面におけ る最高水位 （T.P.＋）
	防波堤あり		防波堤なし		
評価位置	地盤変状 なし	地盤変状 あり	地盤変状 なし	地盤変状 あり	
防潮堤前面 （敷地側面北側）	15.2m	14.8m	15.2m	15.1m	10.6m
防潮堤前面 （敷地前面東側）	17.1m	16.9m	17.7m	16.7m	17.4m
防潮堤前面 （敷地側面南側）	15.4m	16.2m	15.4m	16.6m	15.6m

内は各評価位置での最高水位

- ※ 1 防波堤の有無による水位への影響，地盤変状による水位への影響を考慮して最大となる水位を選択した。
- ※ 2 防潮堤ルート変更後においても防潮堤ルート変更前の解析データを上回らなかったが，保守的に防潮堤ルート変更前の解析データを使用した。

防波堤の有無による敷地南側の津波高さについて

1. はじめに

防波堤の有無による敷地南側における津波高さの差異について考察した。

2. 敷地南側における津波高さの差異に関する考察

- (1) 津波評価における遡上解析では，防波堤をモデル化した条件により，津波防護施設である防潮堤前面における最大水位上昇量を評価している。一方，耐津波設計においては，人工構造物による遡上解析への影響を確認することが要求されている。

このため，津波評価での防波堤ありモデルと耐津波設計で考慮する防波堤なしモデルによる最大水位上昇量の比較を行った。図 1 に防波堤ありモデル及び防波堤なしモデルによる敷地周辺の最大水位上昇量分布図（コンター図）を示す。

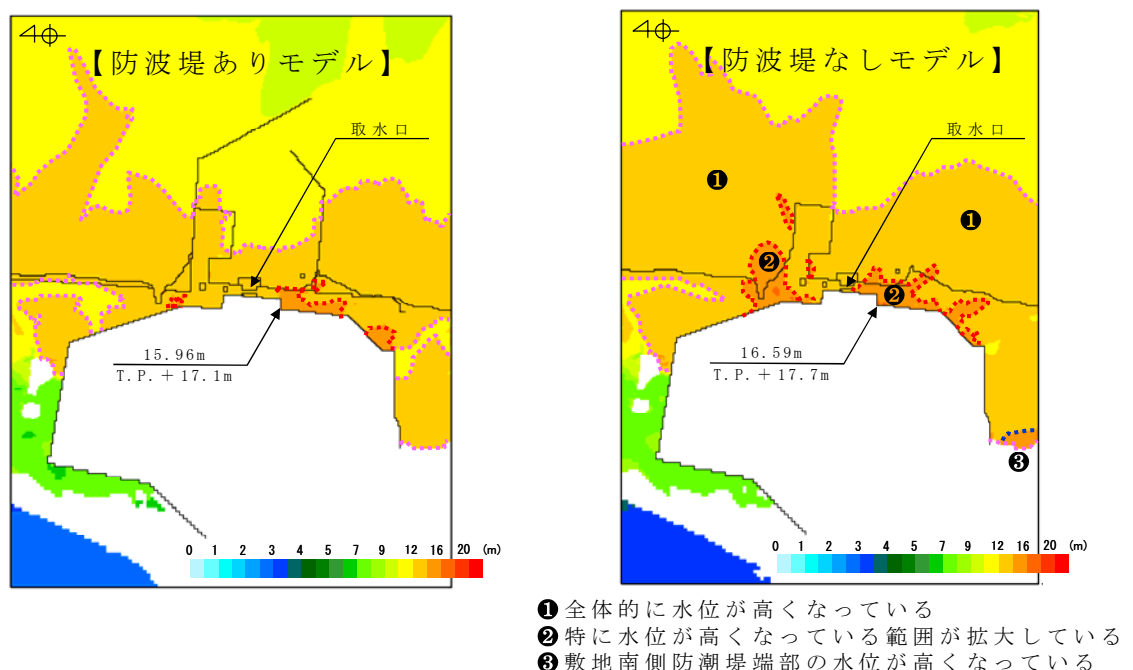


図 1 防波堤あり／なしモデルによる最大水位上昇量分布図

- (2) 発電所敷地周辺の最大水位上昇量を俯瞰的に観察すると、防波堤なしモデルの方が、全体的に最大水位が高い傾向(❶)にあり、特に水位が高くなる地点が取水口南側の防潮堤隅角部のほか取水口北側及び南側に拡大していることが確認(❷)できる。

これは、防波堤を遡上解析モデルから除外したことに伴い、防波堤による津波の軽減効果が低減したこと及び敷地に向かう津波の流況(流向・流速)に変化が生じたことにより、海域及び陸域の最大水位上昇量が全体的に上昇するとともに、局所的に水位が高くなる地点が拡大したものと考えられる。

- (3) 敷地南側の防潮堤付近の最大水位上昇量に着目すると、敷地側面南側の防潮堤端部から少し離れた地点の水位が高く(❸)なっている。

これは、上記(2)で示した要因によるもののほか、津波の襲来方向に正対する敷地前面東側の防潮堤に到達した津波が、敷地側面南側の防潮堤の線形形状に沿って敷地南側の陸域に遡上し、防潮堤端部が寄り付く緩やかな傾斜を持つ地山において滞留した結果と考えられる。図2に敷地側面南側の防潮堤端部の状況、表1に防波堤なしモデルによる水位・流速ベクトル図を示す。

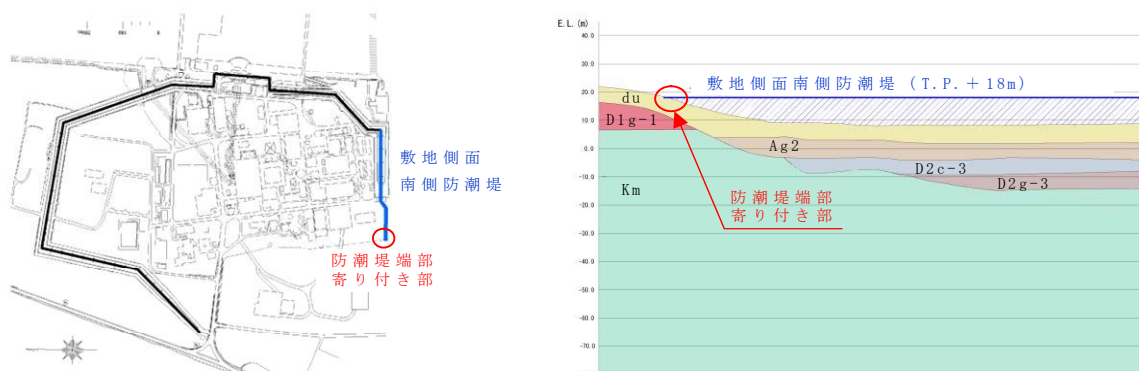
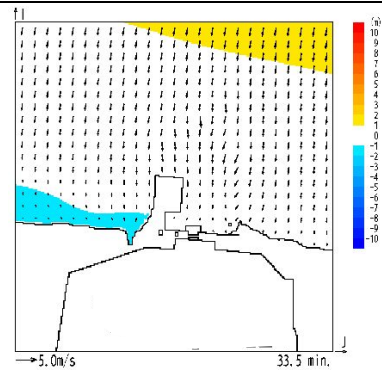
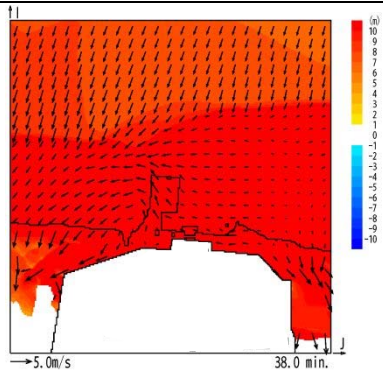
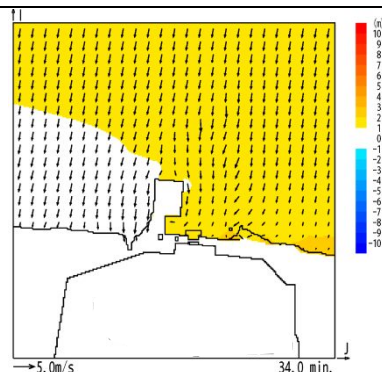
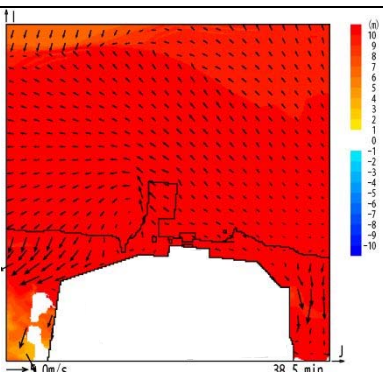
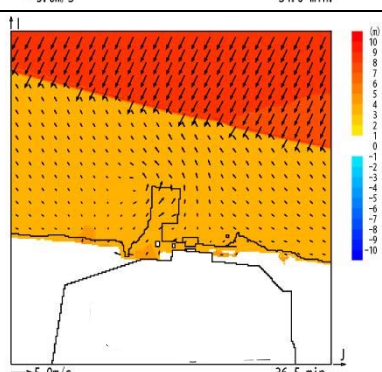
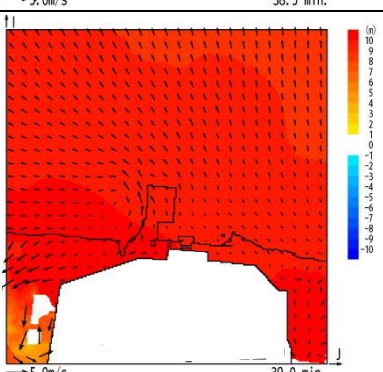
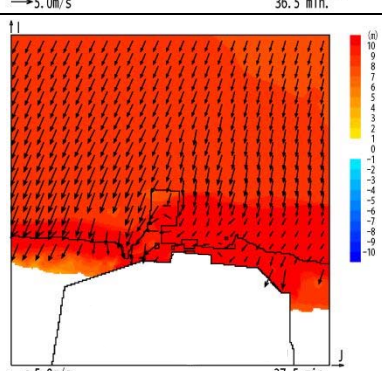
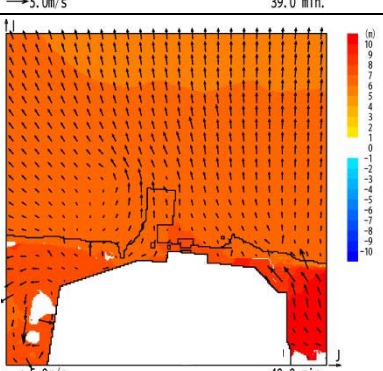


図2 敷地側面南側の防潮堤端部の状況

表 1 防波堤なしモデルによる水位・流速ベクトル図

地震発生後 経過時間	水位・流速ベクトル図	地震発生後 経過時間	水位・流速ベクトル図
33.5 分 敷地前面海 域に押し波 が襲来し始 める		38.0 分 津波が敷地 側面南側の 防潮堤線形 形状に沿っ て敷地内を 遡上する	
34.0 分 津波が敷地 に到達する		38.5 分 津波が敷地 側面南側の 防潮堤が寄 り付く地山 に到達する	
36.5 分 敷地前面海 域の水位が 徐々に上昇 し始める		39.0 分 遡上した津 波が引き波 に転じて流 下し始める	
37.5 分 津波が敷地 南側に遡上 し始める		40.0 分 引き波によ り敷地前面 海域の水位 が低下する	

防潮堤設置に伴う隣接する周辺の原子炉施設への影響について

1. はじめに

東海第二発電所の敷地の南側には、国立研究法人日本原子力研究開発機構原子力科学研究所（以下「原科研」という。）の施設が隣接する。このため、東海第二発電所の耐津波設計方針を策定するに当たり、東海第二発電所と原科研施設間における相互影響について評価した。具体的には、原科研施設が東海第二発電所の津波の遡上解析に及ぼす影響、東海第二発電所に設置を計画している防潮堤が原科研施設に与える影響について評価した。

2. 東海第二発電所と原科研間の相互影響の評価

- (1) 東海第二発電所と原科研間の相互影響の評価に先立ち、原科研施設の立地的特徴及び津波評価の概要について以下に整理した（参考資料）。

a. 原科研の立地的特徴

- ① 原科研の敷地は、台地及び沖積低地からなり、東側は太平洋に面している。
- ② JRR-3 原子炉施設の耐震 S クラス施設は、JRR-3 原子炉建家に内包されており、JRR-3 原子炉建家は T.P. + 19m の高台に設置されている。
- ③ JRR-3 原子炉建家には海から取水するための取水設備はない。

b. 原科研の津波評価の概要

- ① 試験研究炉規則解釈第 5 条を踏まえて施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波を想定し、津波の遡上を評価している。

②評価する津波の選定に当たっては、東海第二発電所と同様に、地震に起因する津波、地震以外に起因する津波及びこれらの組合せによる津波を対象に、津波の発生要因毎に波源の選定を行い、波源モデルを設定した上で数値計算により津波水位を評価している。

③上記の結果、原科研において評価する津波の波源は、東海第二発電所と同様に、茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震の津波波源に設定している。

④選定した上記波源による津波の敷地への遡上解析に当たっては、計算条件として東海第二発電所に設置を計画している防潮堤をモデル化している。

⑤津波の遡上解析の結果、津波の遡上高さは T.P. + 11.4m となっており、JRR-3 原子炉建家の設置されている敷地である T.P. + 19m まで津波が到達する可能性はないと評価している。

(2) 上記 (1) を踏まえ、東海第二発電所と原科研施設間における相互影響について整理した。

a. 原科研施設が東海第二発電所の津波の遡上解析に及ぼす影響

上記 (1) に示したとおり、原科研における津波評価の結果では、敷地への津波の遡上高さは T.P. + 11.4m であり、JRR-3 原子炉建家の敷地である T.P. + 19m まで遡上しないことから、新たに防潮堤等の津波防護施設を設置する計画はない。

このため、原科研施設が東海第二発電所の津波の遡上解析に影響を及ぼすことはない。

b. 東海第二発電所に設置を計画している防潮堤が原科研施設に与える影響

上記（1）に示したとおり，原科研における津波の遡上解析においては，東海第二発電所に設置を計画している防潮堤を解析モデルに反映している。

このため，東海第二発電所に防潮堤を設置しても，原科研における現状の津波評価に影響を及ぼすことはない。

3. まとめ

東海第二発電所と原科研施設間における相互影響として，原科研施設が東海第二発電所の津波の遡上解析に及ぼす影響，東海第二発電所に設置を計画している防潮堤が原科研施設に与える影響について評価した。

評価の結果，原科研における津波評価では，津波は T.P. +11.4m の敷地まで遡上するものの，JRR-3 原子炉建家が設置されている T.P. +19m までは到達しないことから，防潮堤等の津波防護施設を設置する計画はなく，東海第二発電所の津波の遡上解析に影響を及ぼすことはないことを確認した。

また，東海第二発電所に設置を計画している防潮堤については，原科研における津波の遡上解析モデルに反映されていることから，防潮堤が原科研の現状の津波評価に影響を及ぼすことはないことを確認した。

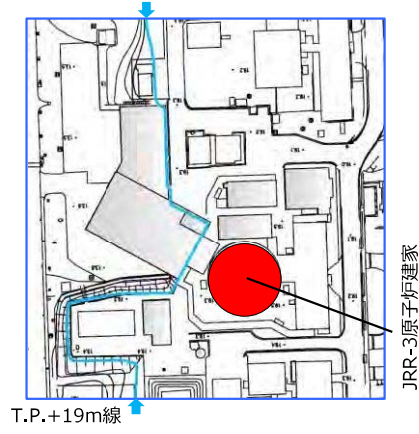
原子力科学研究所（JRR-3） 津波評価について （コメント回答）

平成29年1月27日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1.1 施設の立地的特徴

- ・原子力科学研究所の敷地は、台地及び沖積低地からなり、東側は太平洋に面している。
- ・JRR-3原子炉施設のSクラス施設は、JRR-3原子炉建家に内包されており、JRR-3原子炉建家はT.P.+約19mの高台に設置されている。
- ・JRR-3原子炉建家には海から取水するための取水設備はない。



【津波評価方針】

- ・津波評価は、Sクラス施設を内包するJRR-3原子炉建家を対象に実施する。
- ・JRR-3原子炉建家は海からの取水がなく、水位下降側の津波評価が不要であることから、水位上昇側の津波評価を行う。
- ・上昇側の評価にあたって、JRR-3原子炉建家はT.P.+約19mに設置されていることから、T.P.+19mへの津波の遡上について検討する。

東北地方太平洋沖型の津波波源（津波予測解析：計算条件）

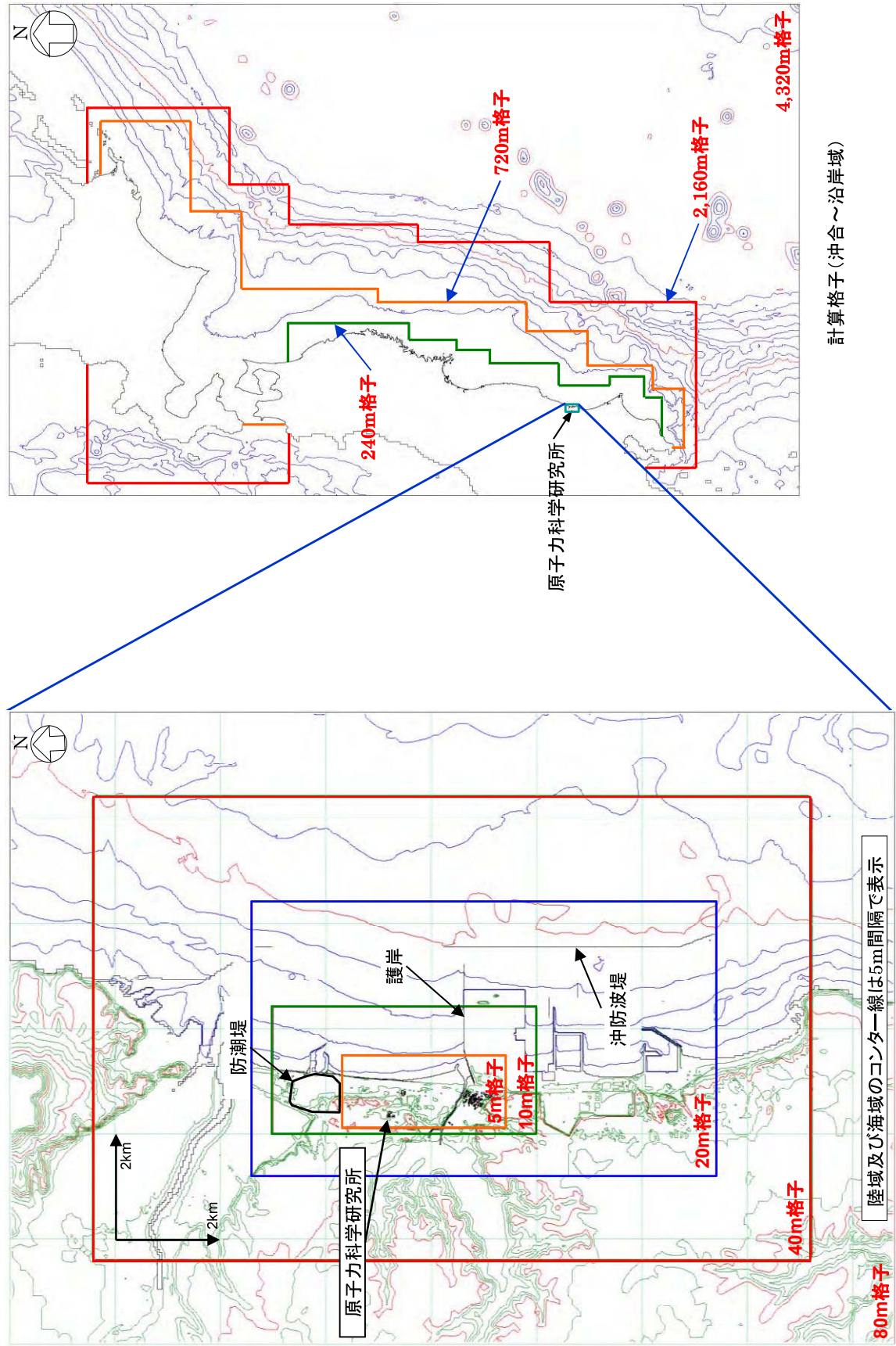
- 津波予測解析にあたっては、下記の計算条件を用いた。

津波予測解析の計算条件

項目	条件	備考
解析領域	北海道から千葉県総付近までの太平洋	
メッシュ構成	沖合4,320m→2,160m→720m→沿岸域240m→敷地周辺80m→40m→20m→10m→5m	長谷川他(1987)
基礎方程式	非線形長波理論	後藤・小川(1982)の方法
計算スキーム	スタグガード格子, リープ・フロッグ法	後藤・小川(1982)の方法
初期変位量	Mansinha and Smylie(1971)の方法	立ち上がり時間30秒
境界条件	沖側：後藤・小川(1982)の自由透過の条件 陸側：敷地周辺（計算格子間隔80m～5m）の領域は小谷他(1998)の陸上遡上境界条件 それ以外は完全反射条件	
越流条件	防波堤：本間公式(1940) 護岸：相田公式(1977)	
海底摩擦係数	マニングの粗度係数 ($n=0.03\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$)	
防潮堤	無限鉛直壁	
水平渦動粘性係数	考慮していない($Kh=0$)	
計算時間間隔	$\Delta t=0.05\text{秒}$	C.F.L.条件を満たすように設定
計算時間	津波発生後240分間	十分な計算時間となるように設定
潮位条件	朔望平均満潮位：T.P.+0.61m 敷地の地盤変動量：0.44m	茨城港常陸那珂港区（茨城港日立港区）の潮位表（平成16年～平成21年）を用いて設定

津波高さ＝潮位＋水位変動量＋2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量＋津波予測解析による地殻変動量
(設定根拠については参考資料(63～68頁)に記載)

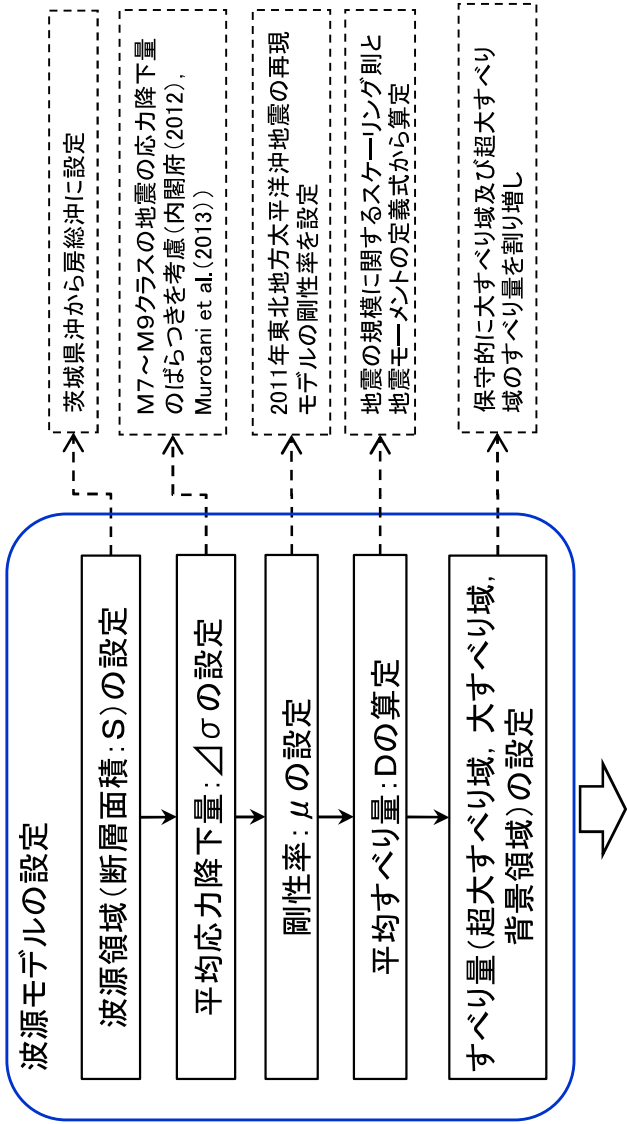
東北地方太平洋沖型の津波波源(津波予測解析:計算領域)



茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(特性化波源モデル)

【設定フロー】

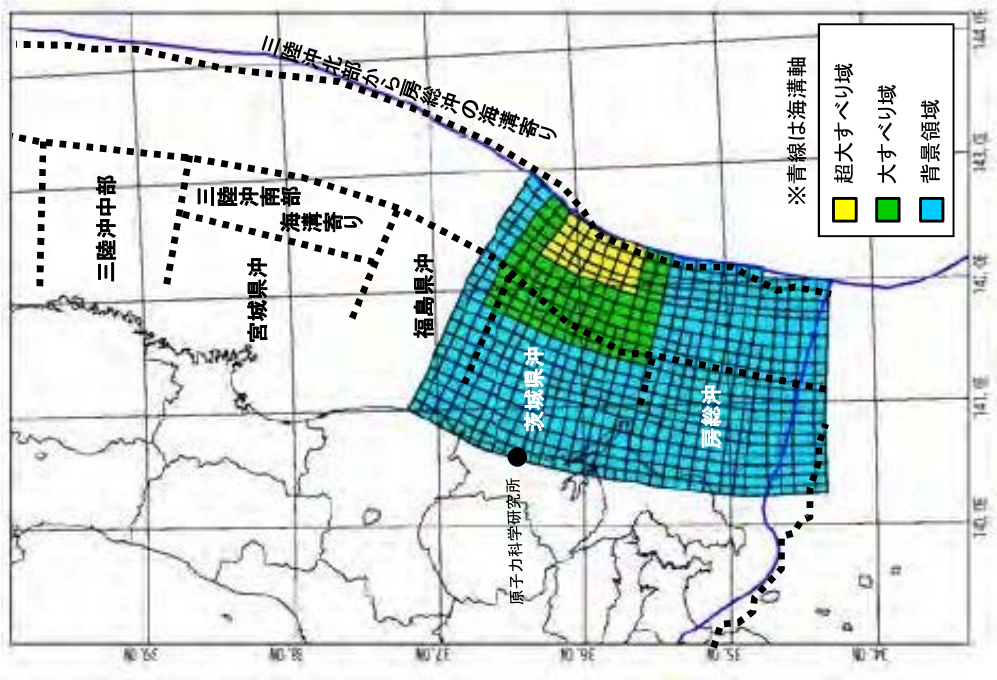
※1 参考資料(68～75頁)に記載



パラメータ	設定値
断層面積:S	53,684 km ²
平均応力降下量: $\Delta\sigma$	3.0 MPa
剛性率: μ	4.7×10^{10} N/m ²
モーメントマグニチュード:Mw	8.7
平均すべり量:D	6.1 m
地震モーメント:M ₀	1.5×10^{22} Nm

パラメータ		設定値
超大すべり域	すべり量	24.3 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の5%(2,659 km ²)※2
大すべり域	すべり量	12.1 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の15%(8,231 km ²)※2
背景領域	すべり量	3.8 m
	面積比率(断層面積)	全体面積の80%(42,794 km ²)※2

※2 断層面積は右図の特性化波源モデル値
ただし、超大すべり域、大すべり域の位置により若干変動する



特性化波源モデル(一例)

計算条件は東北地方太平洋沖型の津波波源(津波予測解析)と同様

・ プレート間地震に起因する津波のうち、敷地への影響がより大きい津波波源は茨城県沖から房総沖に想定する津波波源である。

津波波源	原科 研2地点	遡上検討
	津波高さ(T.P. m)	津波高さ(T.P. m)
東北地方太平洋沖型の津波波源	8.1	8.1
茨城県沖から房総沖に想定する津波波源	12.6	11.4

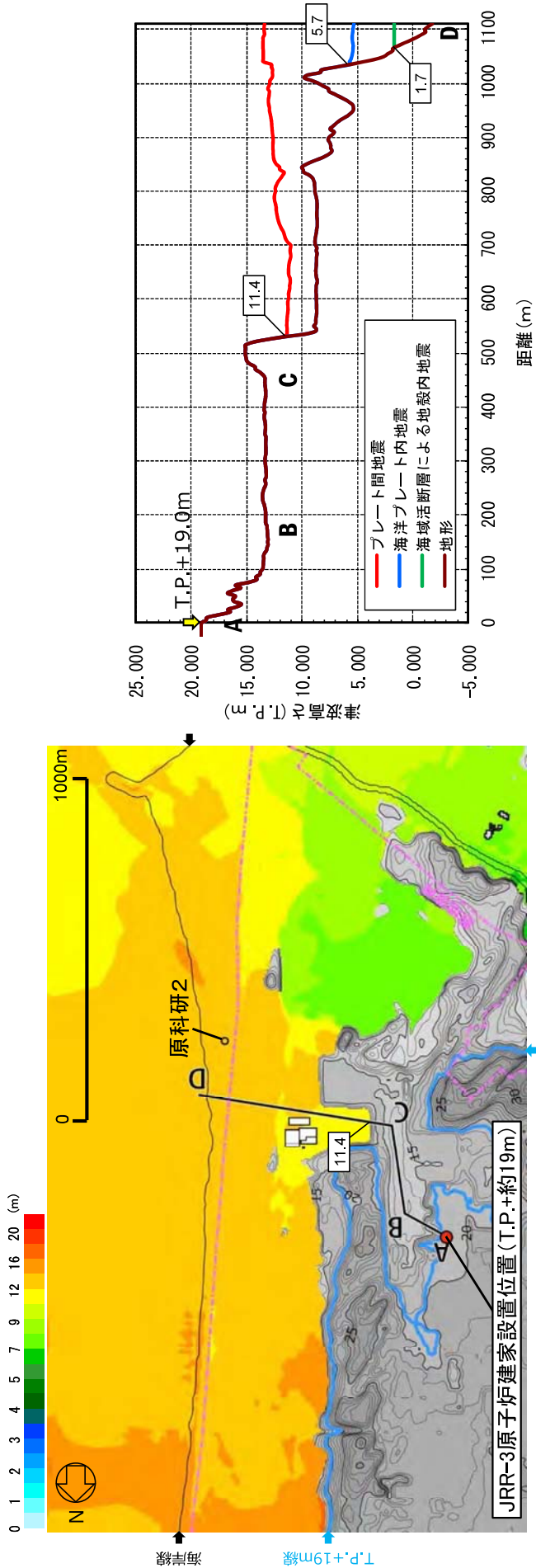
2.4 評価結果のまとめ

- 地震に起因する津波のうち、敷地に最も影響を与える津波は、プレート間地震による津波である。

【評価結果】

地震種別	プレート間地震	海洋プレート内地震	海域の活断層による 地殻内地震
波源モデル	茨城県沖から房総沖 に想定する津波波源	三陸沖北部から房総沖の海溝寄りに想 定する正断層型の津波波源	敷地前南海域の活断層に想定する津波波源 (F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の 連動)
津波高さ(T.P. m) (原科研2地点)	12.6	5.5	1.7
津波高さ(T.P. m) (遡上検討)	11.4	5.7	1.7

5 条 添付36-11



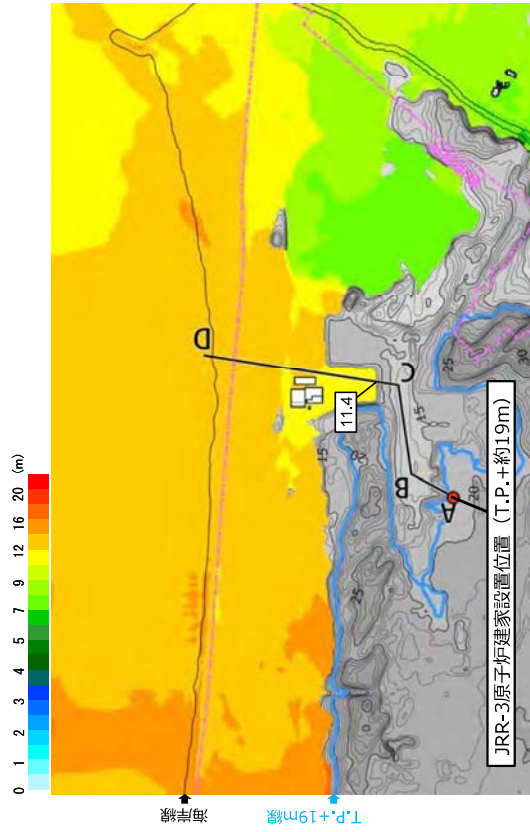
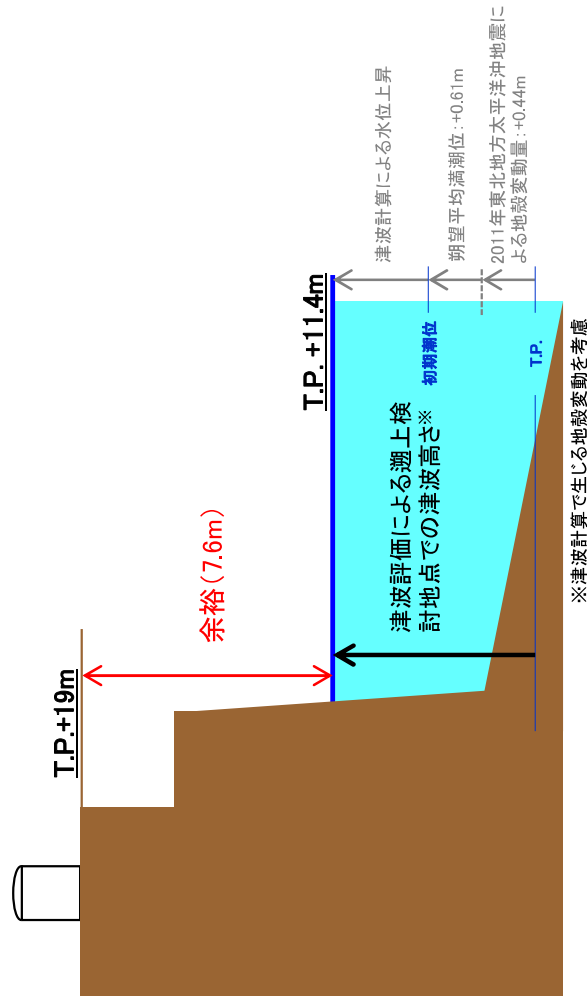
津波高さ分布図
(プレート間地震:茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)

遡上検討断面図

4.1 施設への津波の到達可能性の検討とまとめ

- 2章及び3章の評価結果から、敷地に最も大きな影響を及ぼす津波波源はプレート間地震による「茨城県沖から房総沖に想定する津波」である。この波源による水位上昇側評価の津波高さは、遡上検討地点でT.P.+11.4mである。
- したがって、T.P.+19mまでの余裕は7.6mと評価される。

JRR-3原子炉建家



(まとめ)

- 評価結果のT.P.+11.4mから、T.P.+19mまでの高さ7.6mを立地上の余裕として確認した。
- 検討の結果、T.P.+19mまで津波が到達する可能性はないことを確認した。



JRR-3原子炉施設のうち、Sクラスに属する施設を有する原子炉建家は、T.P.+19mに設置しており、津波による影響はない。

設計基準対象施設の安全重要度分類クラス 3 の設備の津波防護について

設計基準対象施設において、津波に対し防護する設備は、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備を含む耐震 S クラスに属する設備並びに安全重要度分類のクラス 1 及び 2 に属する設備としている。

設計基準対象施設の安全重要度分類クラス 3 の設備（以下「クラス 3 設備」という。）については、損傷した場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を行う設計としており、津波防護の対象外としている。

クラス 3 設備のうち津波の影響を受ける設備を抽出し、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を以下に示す。

1. 津波の影響を受けるクラス 3 設備の抽出について

津波の影響を受けるクラス 3 設備として、基準津波の遡上域に設置されているクラス 3 の設備を抽出する。

検討の結果、クラス 3 設備のうち、敷地北側の防潮堤の外側に設置されているモニタリング・ポストが津波の影響を受ける設備として抽出された。主なクラス 3 設備の津波の影響の有無について第 1 表、設置箇所を第 1 図に示す。また、基準津波の遡上範囲を第 2 図に示す。

2. 津波の影響を受けるクラス 3 の設備の代替設備により必要な機能を確保する等の対応について

津波の影響を受けるクラス 3 の設備として抽出されたモニタリング・ポストについて、代替設備により必要な機能を確保する等の対応を以下に示す。

モニタリング・ポストは、発電所周辺の放射線量の監視を行う機能があり、緊

急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能を有しているため、安全重要度分類クラス3（MS-3）に該当する。

モニタリング・ポストが津波により損傷し機能を失う事象が発生した場合については、津波の影響を受けない場所に配置している放射能観測車により、モニタリング・ポスト近傍又は現場の状況により原子炉建屋からの方位が変わらない場所で観測することで、当該機能を代替できる設計としている。

クラス3設備が津波により損傷した場合の対応を第1表に示す。

3. クラス3設備の津波防護について

以上より、クラス3設備については、津波の影響を受けた場合においても、代替設備により対応が可能であり、津波防護の対象外としても問題ない。

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の 対応	図示 番号	備考
		有無	理由			
2. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設						
(3) 使用済燃料貯蔵設備						
制御棒貯蔵ラック	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
(4) 燃料プール冷却浄化系						
燃料プール冷却浄化系熱交換器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
燃料プール冷却浄化系フィルタ脱塩器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
燃料プール冷却浄化系ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
燃料プール冷却浄化系 主配管	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	燃料プール冷却浄化系（MS-1を除く。）
3. 原子炉冷却系統施設						
(2) 原子炉冷却材の循環設備						
第1 給水加熱器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
第2 給水加熱器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
第3 給水加熱器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	
第4 給水加熱器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する 建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
第5 給水加熱器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
第6 給水加熱器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
高圧復水ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン駆動原子炉給水ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
電動機駆動原子炉給水ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
復水脱塩系脱塩器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
樹脂ストレーナ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉冷却材の循環設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	復水給水系（MS-1を除く。） 抽気系 給水加熱器ドレン系 給水加熱器ベント系 復水脱塩系
(3) 残留熱除去設備						
残留熱除去設備 主配管	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	3-1	残留熱除去系（海水系配管、MS-1を除く。）

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の 対応	図示 番号	備考
		有無	理由			
(6) 原子炉補機冷却設備						
原子炉補機冷却系熱交換器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉補機冷却系ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉補機冷却設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	原子炉補機冷却系（MS-1を除く。）
(7) 原子炉冷却材浄化設備						
プリコトタンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
プリコトポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
4. 計測制御系統施設						
(2) 制御材駆動装置						
駆動水ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
駆動水フィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
スクラム排水容器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
(3) ほう酸水注入設備						
テストタンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
(4) 計測装置						
事故時サンプリング系設備	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	MS-1を除く。
タービン監視計器	タービン建屋 原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン制御系	タービン建屋 原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉冷却材浄化系計測制御装置	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
計測制御装置	原子炉建屋 タービン建屋 廃棄物処理建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置 津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	原子炉冷却材浄化系、給水系、機器ドレン処理系、床ドレン処理系、濃縮廃液減容固化系、雑固体廃棄物焼却設備、雑固体減容処理設備等（いずれもMS-1,2を除く。）
(4) 制御用空気設備						
空気圧縮機	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
空気貯槽	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
空気除湿塔	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
除湿装置プレフィルタ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
除湿装置アフタフィルタ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
気水分離器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
後部冷却器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
制御用空気設備 主配管	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	制御用空気系（MS-1を除く。）
5．放射性廃棄物の廃棄施設						
(1) 気体、液体又は固体廃棄物貯蔵設備						
固体廃棄物貯蔵庫 A 棟	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	5-1	
固体廃棄物貯蔵庫 B 棟	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	5-2	
サイトバンカブール	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
使用済樹脂貯蔵タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
クラッドスラリタンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化体貯蔵室	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
固体廃棄物移送容器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
固体廃棄物作業建屋	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	5-3	
(2) 気体、液体又は固体廃棄物処理設備						
廃液フィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液脱塩器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
凝集沈殿装置	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理棟機器ドレンサンプポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液収集ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
サージポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液サンプルポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
凝集装置供給ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
凝縮水収集ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
凝縮水サンプルポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液収集タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
サージタンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液サンプルタンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
凝集装置供給タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
凝縮水収集タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
凝縮水サンプルタンク	サンプルタンク室	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
原子炉棟機器ドレンサンプポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン建屋機器ドレンサンプポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理建屋機器ドレンサンプタンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
電磁ろ過器供給タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
超ろ過器供給タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
機器ドレン処理水タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
クラッドスラリ上澄水受タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
電磁ろ過器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
超ろ過器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
クラッドスラリ濃縮器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
廃棄物処理建屋機器ドレンサンプポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
電磁ろ過器供給ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
超ろ過器供給ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
機器ドレン処理水ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
電磁ろ過器循環供給ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
クラッドスラリ上澄水ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
クラッドスラリ濃縮循環ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
床ドレン収集タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
床ドレンサンブルタンク	サンブルタンク室	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
床ドレンフィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理棟床ドレンサンポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
床ドレン収集ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉棟床ドレンサンポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
タービン建屋床ドレンサンプポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理建屋床ドレンサンプタンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
廃棄物処理建屋床ドレンサンプポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
廃液中和タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理棟高電導度ドレンサンプポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液中和ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液濃縮器供給ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液濃縮器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液濃縮器加熱器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン建屋高電導度ドレンサンプポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液濃縮器循環ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
廃棄物処理建屋高電導度ドレンサンプタンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	
廃棄物処理建屋高電導度ドレンサンプポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	
洗濯廃液ドレンタンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	－	－	
洗濯廃液ドレンフィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	－	－	
洗濯廃液ドレンポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	－	－	
洗濯廃液ドレンサンプポンプ	サービス建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	
洗濯廃液受タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	
洗濯廃液ろ過器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	
洗濯廃液供給ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	
ブルー水浄化フィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	－	－	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
ブール水脱塩器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
ブール水浄化ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
廃液スラッジ貯蔵タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
床ドレンスラッジ貯蔵タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液中和スラッジ受タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
濃縮廃液貯蔵タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
使用済樹脂貯蔵タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
使用済樹脂貯蔵タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
使用済樹脂貯蔵タンク	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
ミキサー洗浄タンク（A）	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
ミキサー洗浄タンク（B）	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
ミキサー洗浄ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
タンクベントフィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
速心分離機	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃液スラッジポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
床ドレンスラッジ受ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
使用済樹脂ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
使用済粉末樹脂ポンプ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
減容機	ペイラ建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
濃縮廃液受タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系供給タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系溶解タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
減容固化系移送ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系供給ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系溶解ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系粒子フィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系高性能粒子フィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
減容固化系造粒機	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
排ガスプロア	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
焼却炉	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
1次セラミックフィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
2次セラミックフィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
排ガスフィルタ雑固体投入機	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
雑固体投入機	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
排ガス洗浄廃液サンブルタンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
排ガス洗浄廃液排水ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉排ガス洗浄水受入タンク	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉排ガス洗浄塔循環ポンプ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉排ガス洗浄水フィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉排ガス洗浄水吸着塔	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
高周波溶融炉	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉2次燃焼器燃焼室	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉2次燃焼器	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉セラミックフィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉排ガスフィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
溶融炉ガスブロー	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
排ガス再結合器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
排ガス気水分離器	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
排ガス前置フィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
排ガス前置除湿塔	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の 対応	図示 番号	備考
		有無	理由			
排ガス後置フィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
排ガス空気抽出器	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
排ガスブロワー	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
排ガスフィルタ	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
気体、液体又は固体廃棄物処理設備 主配管	原子炉建屋 タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	機器ドレン処理系 床ドレン処理系 再生廃液処理系 洗濯廃液処理系 サイトバンカプール水浄化系 固体廃棄物処理系 使用済樹脂移送系 濃縮廃液減容固化系 雑固体廃棄物焼却設備 排ガス洗浄廃液処理系 雑固体減容処理設備 (いずれもMS-1を除く。)
	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
6. 放射線管理施設						
(1) 放射線管理用計測装置						
主排気筒放射線モニタ	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	6-1	
非常用ガス処理系排気筒放射線モニタ	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	6-2	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
モニタリング・ポスト	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置又は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い位置に設置	—	6-3	
		有	基準津波が遡上する位置に設置されているため、津波の影響あり	津波の影響により使用できなくなった場合には、放射能観測車で機能を代替	6-4	
	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	6-5	
(2) 換気設備						
原子炉棟換気系送風機	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉棟換気系排風機	タービン建屋 原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
原子炉換気系フィルタ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン建屋換気系送風機	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン建屋換気系排風機	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
タービン建屋換気系フィルタ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
廃棄物処理棟換気系送風機	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理棟換気系排風機	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理棟換気系フィルタ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
廃棄物処理建屋換気設備送風機	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
廃棄物処理建屋換気設備排風機	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
廃棄物処理建屋換気設備フィルタ	廃棄物処理建屋	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
(3) 生体遮蔽装置						
補助遮蔽	原子炉建屋、廃棄物処理建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋等	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置又は、津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

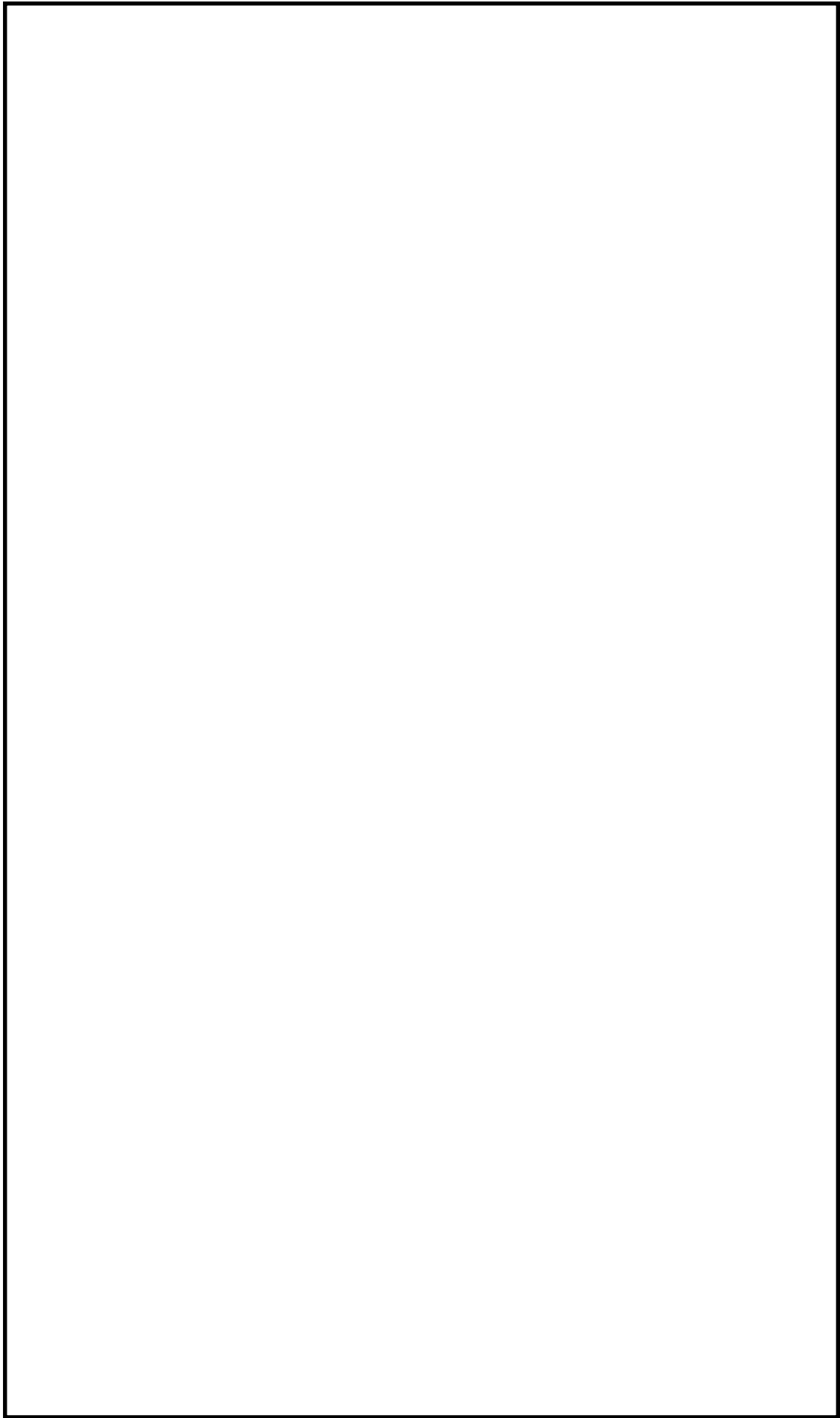
機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
(3) 圧力低減設備その他の安全設備						
窒素ガス供給設備液体窒素貯蔵タンク	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	7-1	
8. その他発電用原子炉の附属施設						
(1) 非常用電源設備						
空気圧縮機	原子炉建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	非常用ディーゼル発電装置 内燃機関に附属する空気圧縮設備 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 内燃機関に附属する空気圧縮設備
非常用電源設備 主配管	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	8-1	非常用ディーゼル発電機用海水系 (MS-1を除く。) 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水系 (MS-1を除く。)
(2) 常用電源設備						
発電機本体	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
励磁装置	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
主要変圧器	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	8-2	
起動変圧器	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	8-3	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

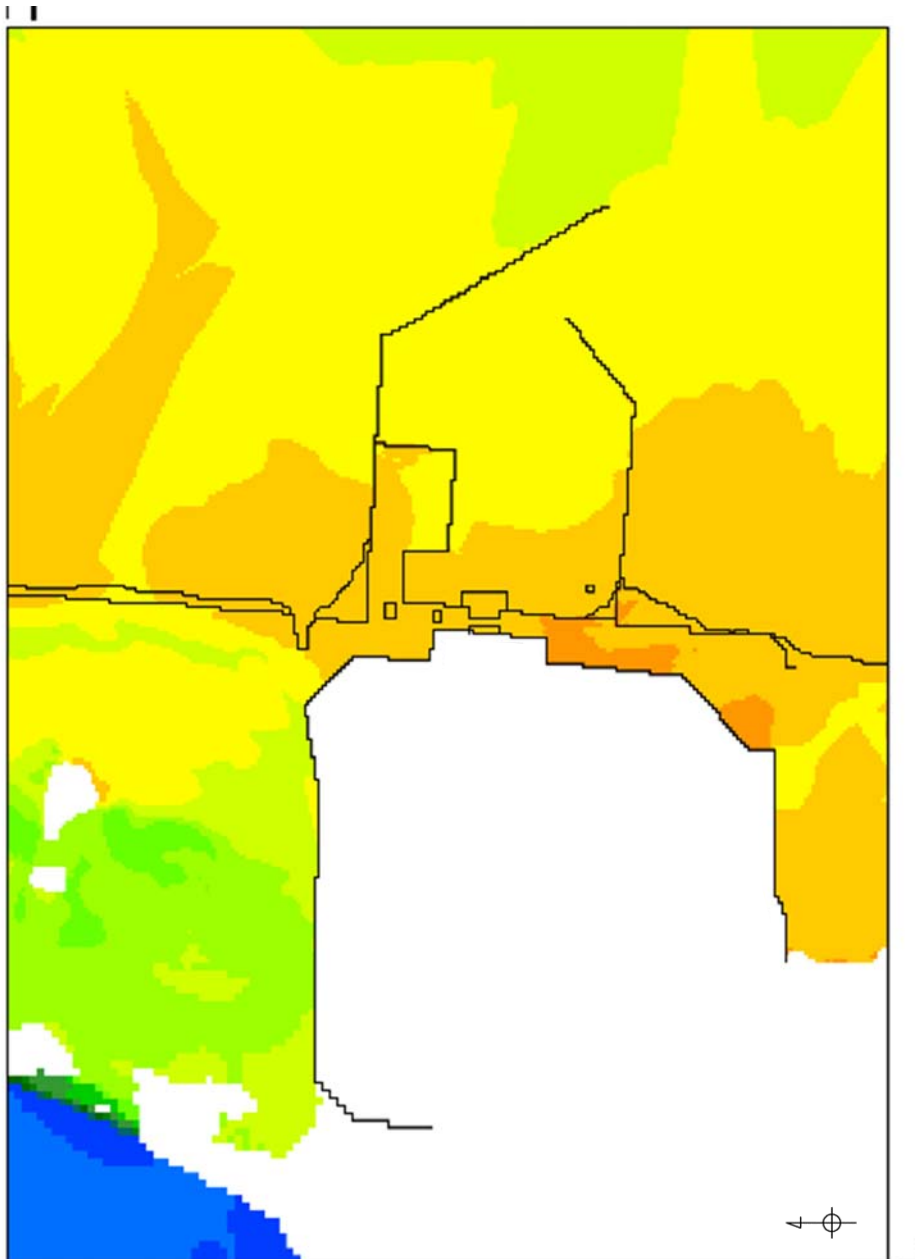
機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
所内変圧器	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	8-4	
予備変圧器	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	8-5	
線路用275kVしゃ断器	屋内開閉所	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
発電機並列用275kVしゃ断器	屋内開閉所	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
起動変圧器受電用275kVしゃ断器	屋内開閉所	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
予備変圧器受電用275kVしゃ断器	屋内開閉所	無	津波防護施設及び浸水防止設備により，基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	—	
(3) 補助ボイラー						
ボイラ本体	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
給水ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
給水タンク	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	

第1表 主なクラス3設備（設計基準対象施設）の津波の影響と津波により損傷した場合の対応

機器名称	設置場所	津波の影響		津波により損傷した場合の対応	図示番号	備考
		有無	理由			
蒸気だめ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
重油貯蔵タンク	屋外	無	津波防護施設及び浸水防止設備により、基準津波が遡上・流入しない箇所に設置	—	8-6	
重油サービスタンク	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
(4) 火災防護設備						
電動駆動消火ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
ディーゼル駆動消火ポンプ	タービン建屋	無	津波防護対象設備を内包する建屋又は区画内に設置	—	—	
(5) 緊急時対策所						
緊急時対策所	屋外	無	基準津波による遡上波が到達しない十分高い位置に設置	—	—	



第 1 図 主なクラス 3 設備の配置図



第2図 基準津波の遡上範囲

敷地側面北側防潮堤設置ルート変更に伴う入力津波の設定について

1. はじめに

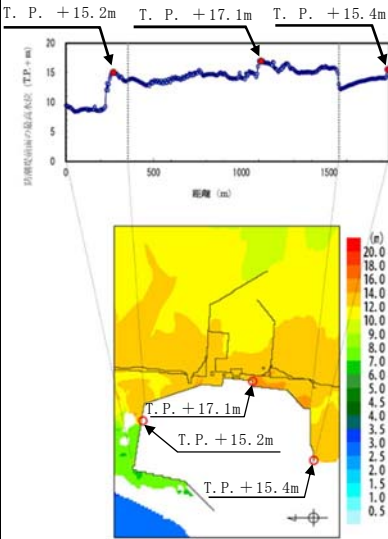
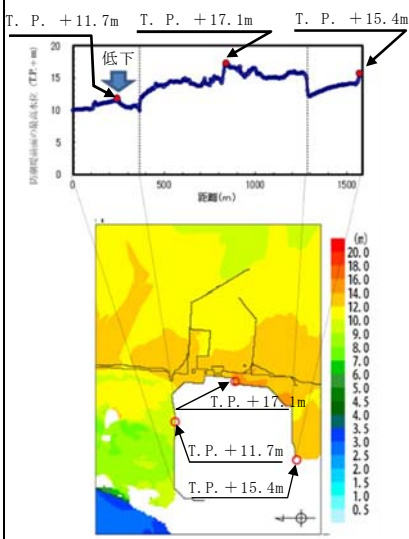
敷地北側の防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）については，設置ルートの変更を行うこととした（第486回審査会合（平成29年7月13日）にてご説明）。防潮堤の設置ルート変更に伴い，数値シミュレーションの結果（以下「評価結果」という。）に影響を及ぼす可能性があることから，防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる数値シミュレーションを実施し，評価結果への影響を確認した。影響確認の結果，防潮堤前面の敷地前面東側及び敷地側面南側における最高水位に変化はなく，敷地側面北側における最高水位は低下することを確認したため，第503回審査会合（平成29年9月1日）において確認結果を提示し，これまでの基準津波を変更する必要がないことが確認された。このため，耐津波設計の評価において想定する基準津波及び施設・設備の設計・評価に用いる入力津波についても，設置変更許可においてはこれまでの評価結果を適用することとしている。

詳細設計においては，防潮堤の設置ルート変更前のモデル（以下「既往モデル」という。）による評価結果を適用できると考えられる評価位置を除き，施設・設備の設計・評価に用いる入力津波について防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を反映する。

2. 防潮堤の設置ルート変更に伴う評価結果への影響確認

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる遡上解析を実施し、評価結果への影響を確認したところ、防潮堤前面の敷地前面東側及び敷地側面南側における最高水位に変化はなく、敷地側面北側における最高水位は低下することを確認した。防潮堤設置ルート変更前後における防潮堤前面の最高水位比較を第1表に示す。

第1表 防潮堤設置ルート変更前後における防潮堤前面の最高水位比較

項目		既往モデル	防潮堤設置ルート変更を反映したモデル
遡上解析結果			
モデルの変更事項		—	敷地北側防潮堤設置ルートの変更
防潮堤 前面最 高水位	敷地側面北側	T. P. + 15. 2m	T. P. + 11. 7m
	敷地前面東側	T. P. + 17. 1m	T. P. + 17. 1m
	敷地側面南側	T. P. + 15. 4m	T. P. + 15. 4m

3. 詳細設計における入力津波の設定方針及び評価の見通し

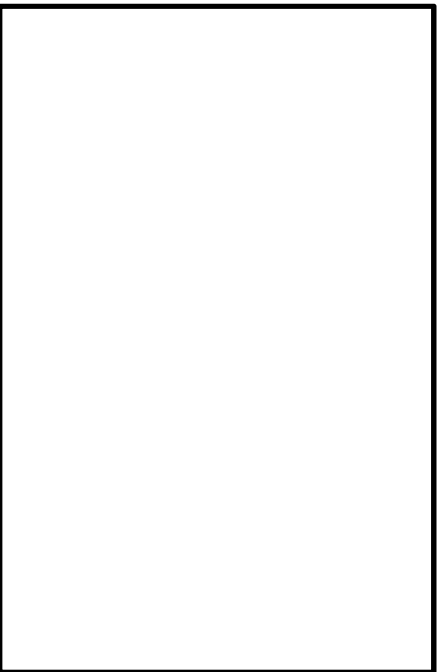
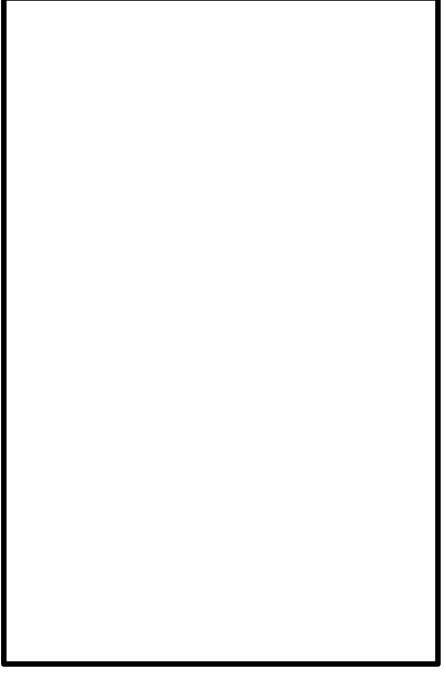
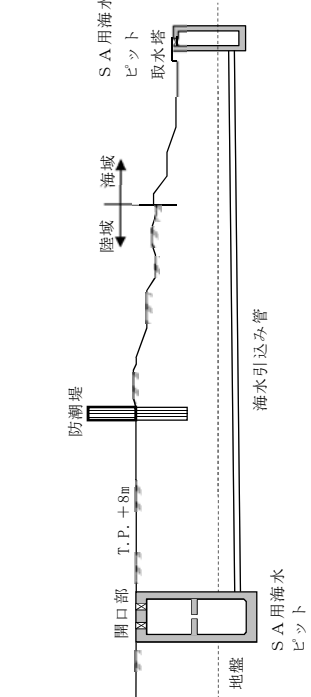
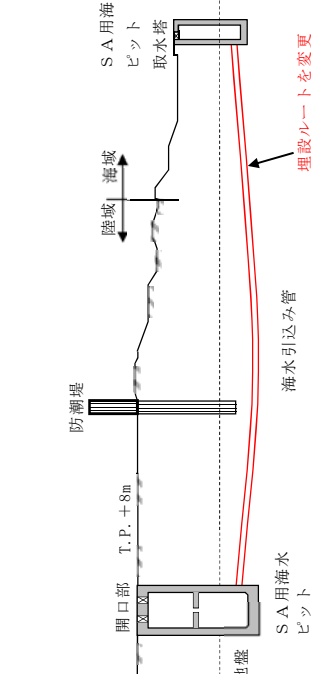
詳細設計においては、既往モデルによる評価結果を適用できると考えられる評価位置を除き、施設・設備の設計・評価に用いる入力津波について防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を反映する。防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果をもとに、防波堤の有無による影響、地盤変状による影響等評価結果に影響を与えうる因子についてパラメータスタディを実施し、施設・設備の設計・評価において最も保守的となる条件による評価結果を反映することから、適切な評価が可能である。

4. 防潮堤の設置ルート変更に伴い設置位置等に変更が生じる施設・設備

防潮堤の設置ルート変更に伴い放水路ゲート設置位置に変更が生じる。また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の岩着支持杭との干渉回避のためS A用海水ピット取水塔からS A用海水ピットへ接続する海水引込み管の埋設ルートに変更が生じる。第2表に放水路ゲート及び海水引込み管の設置位置等の変更事項を示す。

放水路ゲート及び海水引込み管については防潮堤設置ルート変更前の設置位置等に対して変更が生じたことから、評価結果に影響を及ぼす可能性がある。

第2表 防潮堤設置ルート変更に伴う放水路ゲート及び海水引込み管の設置位置等の変更事項

施設・設備	既往の設置位置等	防潮堤設置ルート変更に伴う設置位置等	設置位置等の変更事項
放水路ゲート			敷地北側防潮堤設置ルートの変更に伴う放水路ゲートの設置位置の変更
海水引込み管			鋼管杭鉄筋コンクリート防波壁の岩着支持杭との干渉回避に伴う海水引込み管の埋設ルートの変更

5. 耐津波設計の評価に必要な数値シミュレーション

耐津波設計の評価を実施するに当たり，設計上考慮すべき因子として，「1.4（1）入力津波の設計因子の設定について」にて示したとおり，水位，水深，流向，流速等を抽出している。抽出された因子毎に，耐津波設計の評価条件を設定するため，数値シミュレーションを実施している。耐津波設計の評価に必要な数値シミュレーションの体系を第3表に示す。

第3表 耐津波設計の評価に必要な数値シミュレーションの体系

総称	評価項目	解析項目	評価位置	因子（評価荷重）	目的
数値シミュレーション	敷地への浸水を防止するための施設・設備の設計・評価	遡上解析	防潮堤前面 ・敷地側面北側 ・敷地前面東側 ・敷地側面南側 遡上域	水位 浸水深	基準津波による遡上波が地上波が地上部から、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画を設置する敷地に到達・流入する可能性を検討し、到達・流入の可能性がある場合はこれらを防止するため、防潮堤等の設計・評価に必要な津波襲来時における防潮堤前面位置の水位・浸水深を確認する。また、遡上波の敷地への回り込みがないことを確認する。
			防潮堤前面 敷地前面海域	流向・流速	津波防護施設等の設計・評価において考慮する漂流物衝突荷重を算定するため、算定に必要な津波襲来時における流速を確認する。
			取水ピット 放水路ゲート設置箇所 SA用海水ピット 緊急用海水ポンプピット	水位	津波が取水路、放水路等の経路から、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画を設置する敷地に流入する可能性を検討し、流入の可能性がある場合はこれらを防止するため、流入経路に対する浸水対策の設計・評価に必要な津波襲来時における各評価位置の水位を確認する。
	水位変動に伴う低下による重要な機能への影響評価	遡上解析	敷地前面海域及び広域 遡上域	流向・流速	漂流物調査範囲の設定並びに基準津波による漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性評価を実施するため、基準津波による敷地前面海域及び広域の流向・流速を確認する。また、陸域については遡上域を確認する。
			敷地前面海域及び広域	流向・流速	基準津波による漂流物が、津波防護施設等及び取水口に到達しないことを検証するため、漂流物の挙動を確認する。
		遡上解析	貯留堰前面	水位・継続時間	引き波による水位低下・継続時間に対して、非常用海水ポンプの運転継続が可能であることを確認するため、下降側の水位及び継続時間を確認する。
			取水口前面	砂濃度 流向・流速 （堆積高さ）	非常用海水ポンプの取水性を確保するため、基準津波による海底の砂移動による取水口前面に堆積した砂が、取水口及び取水路を閉塞させないことを確認する。
		砂堆積評価	取水ピット		非常用海水ポンプの取水性を確保するため、取水ピットに堆積した砂が、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼさないことを確認する。

6. 耐津波設計の評価に係る解析項目のスクリーニング

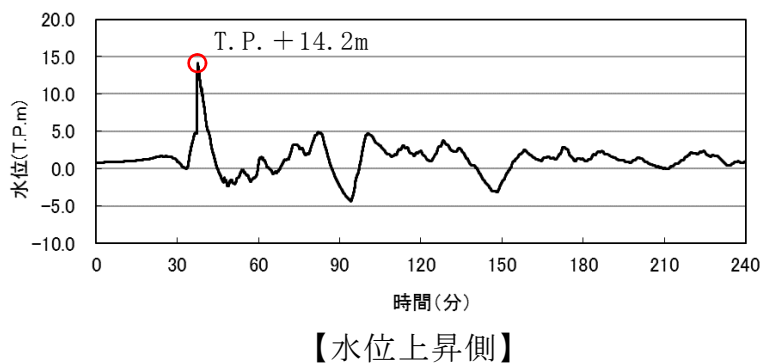
6.1 敷地への浸水を防止するための施設・設備の設計・評価に用いる解析項目

防潮堤の設置ルート変更に伴う防潮堤前面での遡上解析の評価結果及び防潮堤の設置ルート変更に伴い設置位置等に変更が生じる施設・設備の評価位置での管路解析の評価結果への影響を考慮し、第3表に示した解析項目について、既往モデルによる評価結果を適用することが可能な解析項目と、防潮堤設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を用いて評価する必要がある解析項目とに整理した。

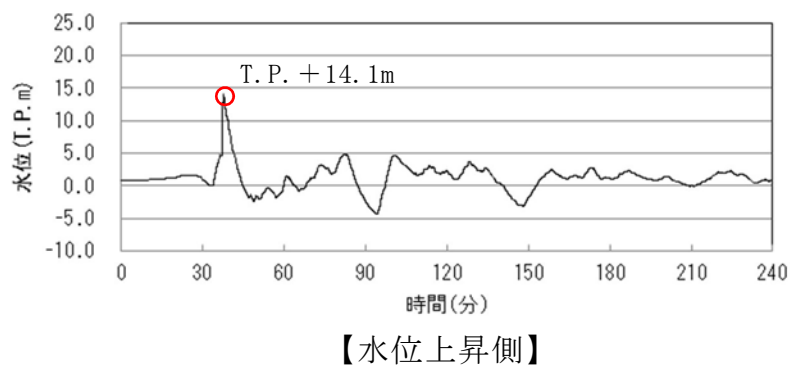
「2. 防潮堤の設置ルート変更に伴う評価結果への影響確認」にて示したとおり、防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果により、これまでの基準津波を変更する必要があることが確認されたことから、防潮堤前面（敷地側面北側、敷地前面東側及び敷地側面南側）での遡上解析の評価結果及び取水ピットでの管路解析の評価結果については防潮堤の設置ルート変更による大きな影響はないと考えられる。影響確認結果を以下に示す。

既往モデルによる津波評価における取水口前面での遡上解析の評価結果は第1図に示すとおりである。既往モデルによる津波評価における遡上解析の評価結果から、取水口前面の上昇側最高水位はT. P. +14. 2mであった。

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を第2図に示す。第2図に示すとおり、遡上解析の評価結果から、取水口前面の上昇側最高水位はT. P. +14. 1mであった。既往モデルによる評価結果と比べ有意な差はなく、ほぼ同等の評価結果であった。



第 1 図 既往モデルによる取水口前面の遡上解析の評価結果（津波評価）

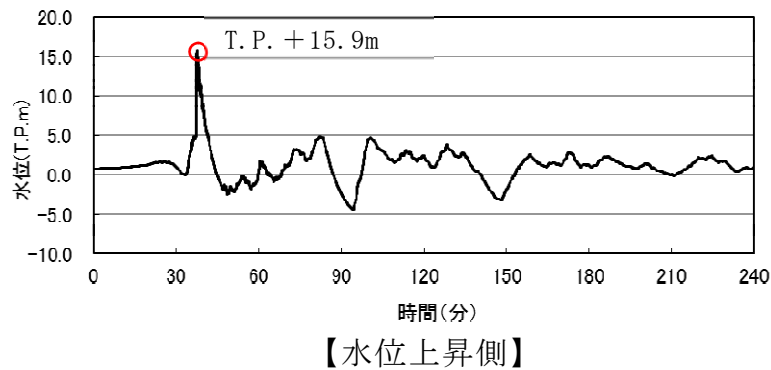


第 2 図 防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる取水口前面の
遡上解析の評価結果（津波評価）

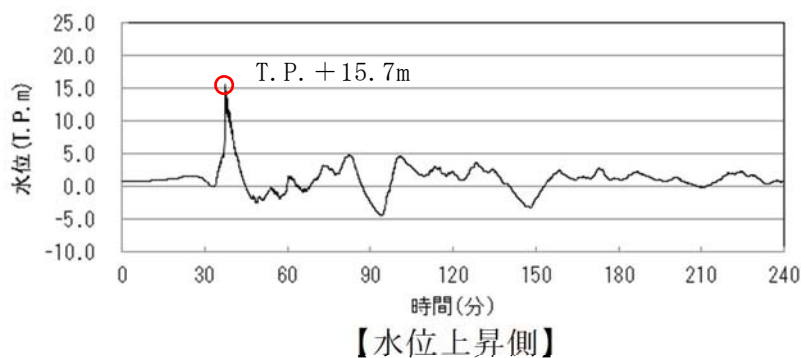
さらに、取水ピットにおける管路解析の評価結果への影響確認を実施した。

既往モデルによる津波評価における取水ピットでの管路解析の評価結果は第3図に示すとおりである。既往モデルによる津波評価における管路解析の評価結果から、取水ピットの上昇側最高水位はT. P. +15.9mであった。

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を第4図に示す。第4図に示すとおり、管路解析の評価結果から、取水ピットの上昇側最高水位はT. P. +15.7mであった。既往モデルによる評価結果と比べ有意な差はなく、ほぼ同等の評価結果であった。



第 3 図 既往モデルによる取水ピットの管路解析の評価結果（津波評価）



第 4 図 防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる取水ピットの
管路解析の評価結果（津波評価）

以上より，防潮堤前面における遡上解析の評価結果及び取水ピットにおける管路解析の評価結果については既往の評価結果を適用することが可能と考えられる。しかしながら，防潮堤前面（敷地側面北側，敷地前面東側及び敷地側面南側）における遡上解析の評価結果については，実際の設備形状による評価結果をもとに防潮堤の設計・評価を実施する必要があると考えられることから，防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる遡上解析の評価結果を適用する。

防潮堤の設置ルート変更に伴い放水路ゲート設置位置に変更が生じ，鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の岩着支持杭との干渉回避のためS A用海水ピット取水塔からS A用海水ピットへ接続する海水引込み管の埋設ルートに変更が生じることから，入力津波の設定において放水路ゲート設置箇所，S A用海水ピット及び緊急用海水ポンプピットの評価位置においては防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルにて管路解析を実施し評価をする必要があると考えられる。

防潮堤前面及び敷地前面海域における流向・流速を確認するための遡上解析については，防潮堤の設置ルート変更による海域の流況への影響が考えられることから，防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を用いて評価する必要があると考えられる。

敷地への浸水を防止するための施設・設備の設計・評価に用いる解析項目における既往モデルによる評価結果を適用可能な解析項目及び防潮堤設置ルート変更反映モデルによる評価結果を用いて評価する必要がある解析項目の整理結果を第4表に示す。

第4表 既往モデルによる評価結果を適用可能な解析項目及び防潮堤設置
ルート変更反映モデルによる評価結果を用いて評価する必要がある
解析項目（浸水防止）

既往モデルによる評価結果を適用可能な 解析項目	防潮堤設置ルート変更反映モデルによる 評価結果を用いて評価する必要がある 解析項目
○管路解析＜水位＞ ・取水ピット	○遡上解析＜水位＞※ ・防潮堤前面（敷地側面北側） ・防潮堤前面（敷地前面東側） ・防潮堤前面（敷地側面南側） ○管路解析＜水位＞ ・放水路ゲート設置箇所 ・SA用海水ピット ・緊急用海水ポンプピット ○遡上解析＜流向・流速＞ ・防潮堤前面 ・敷地前面海域

＜＞内は入力津波の因子を示す。

※既往の評価結果を適用することが可能と考えられるが、実際の設備形状による解析結果に基づき評価を実施する必要があるため、防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルにて解析を実施し評価する。

6.2 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響評価に用いる 解析項目

水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響評価項目は、
「非常用海水冷却系の取水性評価」及び「津波の二次的な影響による非常
用海水冷却系の機能保持確認」である。「非常用海水冷却系の取水性評
価」を実施するに当たり必要な解析項目は、貯留堰前面の遡上解析、取水
口前面の砂移動評価、取水ピットの砂堆積評価であり、「津波の二次的な
影響による非常用海水冷却系の機能保持確認」を実施するに当たり必要な
解析項目は、敷地前面海域及び広域の遡上解析、漂流物軌跡解析である。
水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響評価に必要な解

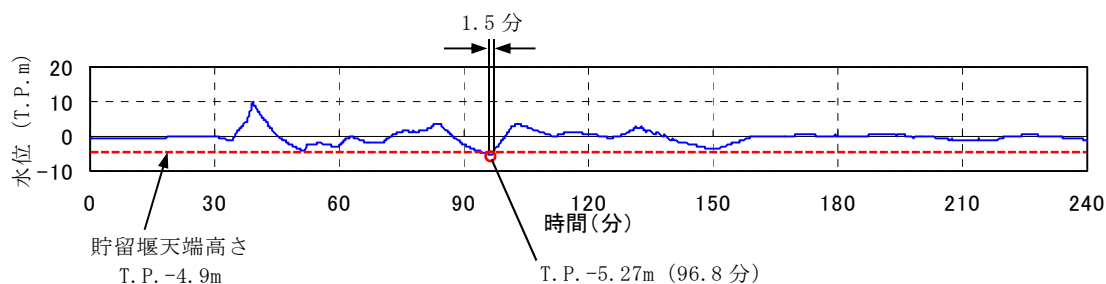
析項目を第3表に示す。これらのうち、「2. 防潮堤の設置ルート変更に伴う評価結果への影響確認」にて示したとおり、防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果により、これまでの基準津波を変更する必要がないことが確認されたことから、貯留堰前面の遡上解析、取水口前面における砂移動評価、取水ピット内における砂堆積評価の評価結果についても防潮堤の設置ルート変更による大きな影響はないと考えられる。影響確認結果を以下に示す。

水位下降側の引き波時における貯留堰前面の水位が、貯留堰天端高さであるT.P. -4.9mを下回る継続時間について確認し、非常用海水ポンプの運転可能継続時間に対する影響確認を実施した。

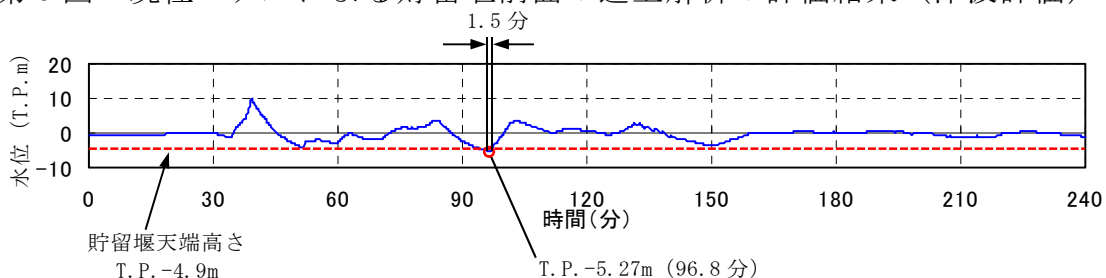
既往モデルによる津波評価における貯留堰前面の遡上解析の評価結果は第5図に示すとおりである。既往モデルによる津波評価における遡上解析の評価結果から、貯留堰前面における水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間は1.5分であり、最低水位はT.P. -5.27mであった。

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を第6図に示す。第6図に示すとおり、遡上解析の評価結果から、貯留堰前面における水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間は1.5分であり、最低水位はT.P. -5.27mであった。既往モデルによる評価結果と比べ有意な差はなく、ほぼ同等の評価結果であった。

一方、貯留堰は、非常用海水ポンプ全7台が約30分運転継続するために必要な容量である約2,370m³の有効容量を確保できる設計とすることから、非常用海水ポンプの運転継続可能時間に対する影響はない。



第5図 既往モデルによる貯留堰前面の遡上解析の評価結果（津波評価）



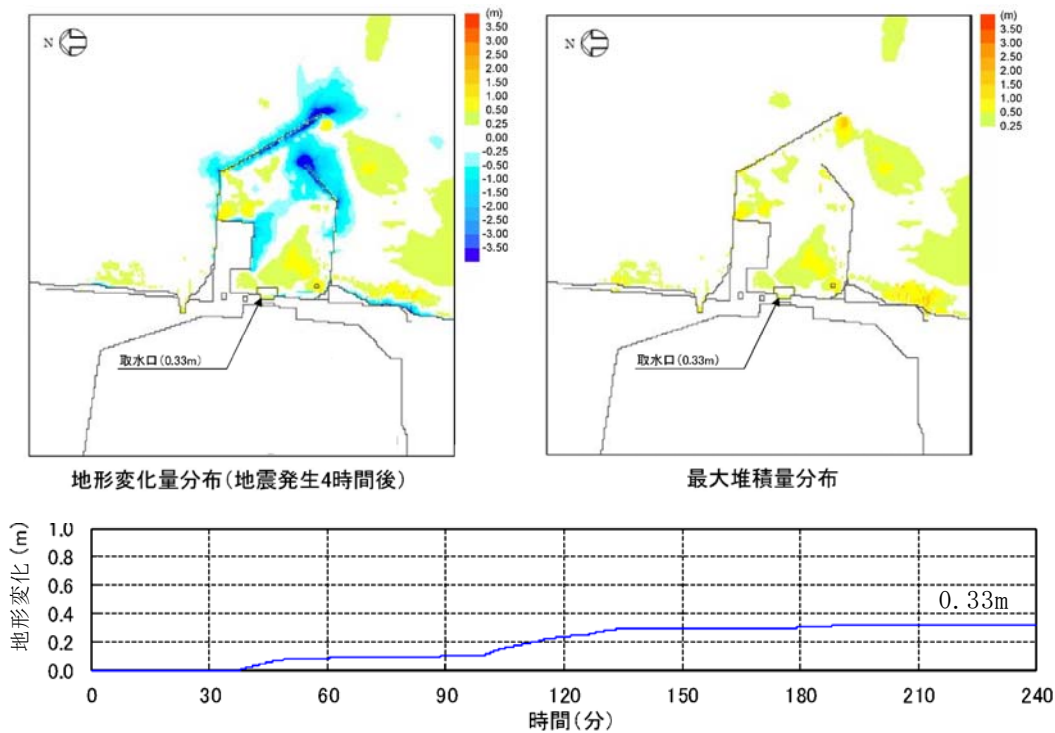
第6図 防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる貯留堰前面の遡上解析の評価結果（津波評価）

既往モデルによる津波評価における砂移動評価の評価結果は第7図に示すとおりである。既往モデルによる津波評価における砂移動評価の評価結果から、取水口前面における砂の堆積高さが高くなる傾向にある砂移動モデルは、水位上昇側及び下降側ともに高橋他（1999）であった（浮遊砂上限濃度1%及び防波堤ありの場合において、水位上昇側では堆積高さ0.33m、水位下降側では堆積高さ0.19m）。このため、防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる砂移動評価において、高橋他（1999）の砂移動モデルによる取水口前面の砂堆積高さを評価し、防潮堤設置ルート変更による影響確認を実施した。

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を第8図に示す。第8図に示すとおり、高橋他（1999）の砂移動モデルによる砂移動評価の評価結果から、浮遊砂上限濃度1%及び防波堤ありの場合において、取水口前面における砂の堆積高さは水位上昇側で0.31m、水位下降側で

0.20mであり、既往モデルによる評価結果と比べ有意な差はなく、ほぼ同等の評価結果であった。

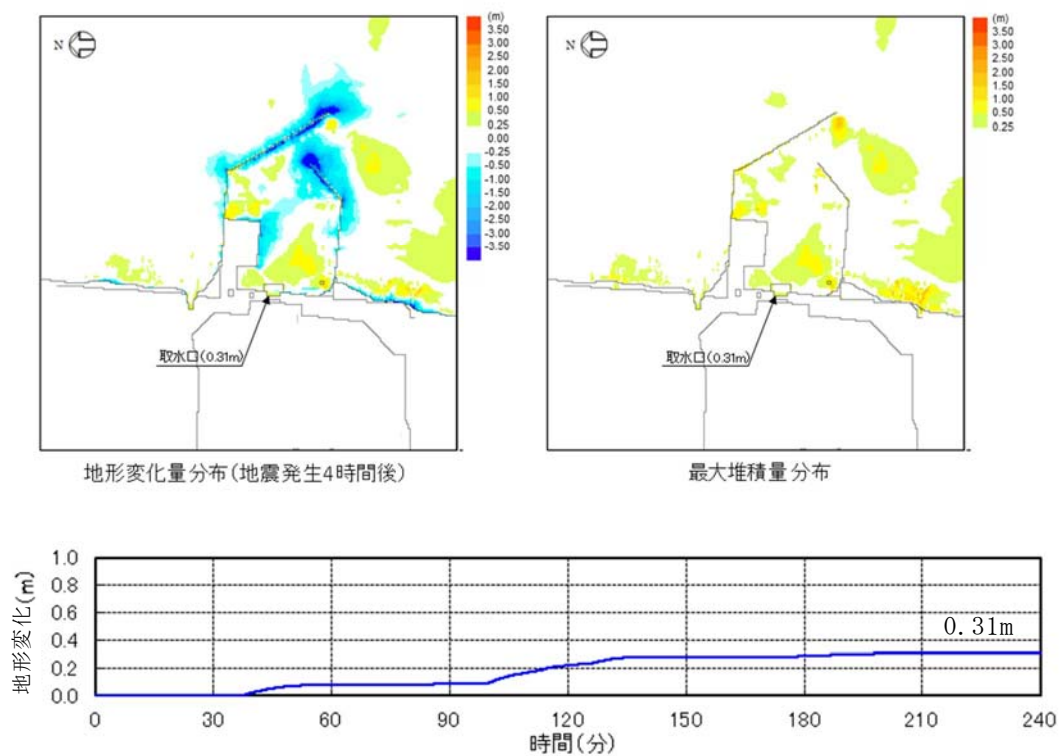
		浮遊砂 上限濃度 (%)	防波堤	取水口前面における 堆積高さ (m)
水位 上昇側	藤井他 (1998)	1	あり	0.01
		5	あり	0.01
	高橋他 (1999)	1	あり	0.33
水位 下降側	藤井他 (1998)	1	あり	0.01
		5	あり	0.01
	高橋他 (1999)	1	あり	0.19



【砂移動評価の評価結果（水位上昇側、高橋他（1999）、浮遊砂上限濃度 1%）】

第 7 図 既往モデルによる砂移動評価の評価結果（津波評価）

		浮遊砂 上限濃度 (%)	防波堤	取水口前面における 堆積高さ (m)
水位 上昇側	高橋他 (1999)	1	あり	0.31
水位 下降側	高橋他 (1999)	1	あり	0.20



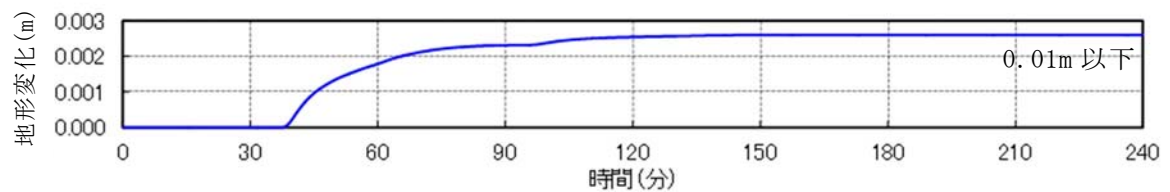
【砂移動評価の評価結果（水位上昇側，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%）】

第 8 図 防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる砂移動評価の
評価結果（津波評価）

同様に、取水ピットにおける砂堆積評価の評価結果についても影響確認を実施した。取水ピットの砂堆積評価についても高橋他（1999）の砂移動モデルにて影響確認を実施した。既往モデルによる津波評価における取水ピットの砂堆積評価の評価結果は第9図に示すとおりである。既往モデルによる津波評価における取水ピットの砂堆積評価の評価結果から、取水ピットにおける砂の堆積高さは浮遊砂上限濃度1%、防波堤あり、スクリーンによる損失あり、貝付着あり及び非常用海水ポンプの運転がある場合において、水位上昇側及び下降側ともに堆積高さ0.01m以下であった。

防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を第10図に示す。第10図に示すとおり、高橋他（1999）の砂移動モデルによる取水ピットの砂堆積評価の評価結果から、取水ピットにおける砂の堆積高さは浮遊砂上限濃度1%、防波堤あり、スクリーンによる損失あり、貝付着あり及び非常用海水ポンプの運転がある場合において、水位上昇側及び下降側ともに堆積高さ0.01m以下であり、既往モデルによる評価結果と比べ有意な差はなく、ほぼ同等の評価結果であった。

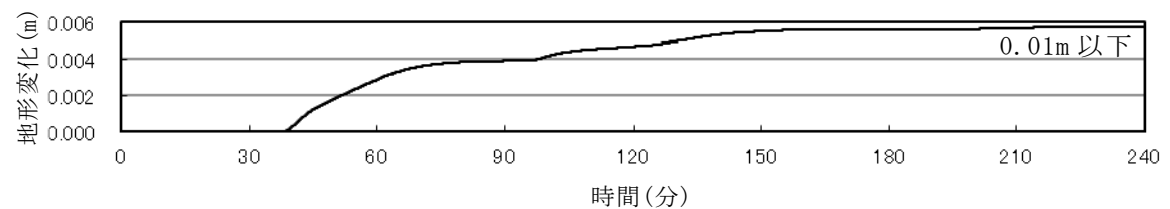
		浮遊砂 上限濃 度 (%)	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	非常用海 水ポンプ の取水	堆積高さ (m)
水位 上昇側	高橋他 (1999)	1	あり	あり	あり	あり	0.01 以下
水位 下降側	高橋他 (1999)	1	あり	あり	あり	あり	0.01 以下



【砂堆積評価の評価結果（水位上昇側，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%）】

第 9 図 既往モデルによる取水ピットの
砂堆積評価の評価結果（津波評価）

		浮遊砂 上限濃 度 (%)	防波堤	スクリーン 損失	貝付着	非常用海 水ポンプ の取水	堆積高さ (m)
水位 上昇側	高橋他 (1999)	1	あり	あり	あり	あり	0.01 以下
水位 下降側	高橋他 (1999)	1	あり	あり	あり	あり	0.01 以下



【砂堆積評価の評価結果（水位上昇側，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%）】

第 10 図 防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる
取水ピットの砂堆積評価の評価結果（津波評価）

以上より，取水口前面における砂移動評価，取水ピットにおける砂堆積評価については，既往の評価結果を適用することが可能と考えられる。

敷地前面海域及び広域における遡上解析及び漂流物軌跡解析については，防潮堤の設置ルート変更による海域の流況への影響が考えられることから，防潮堤の設置ルート変更を反映したモデルによる評価結果を用いて評価する必要があると考えられる。

水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響評価に用いる解析項目において，既往モデルによる評価結果を適用可能な解析項目及び防潮堤設置ルート変更反映モデルによる評価結果を用いて評価する必要がある解析項目の整理結果を第5表に示す。

第5表 既往モデルによる評価結果を適用可能な解析項目及び

防潮堤設置ルート変更反映モデルによる評価結果を用いて

評価する必要がある解析項目（水位変動）

既往モデルによる評価結果を適用可能な 解析項目	防潮堤設置ルート変更反映モデルによる 評価結果を用いて評価する必要がある 解析項目
○遡上解析＜水位＞ ・貯留堰前面 ○砂移動評価＜砂濃度・砂堆積＞ ・取水口前面 ○砂堆積評価＜砂堆積＞ ・取水ピット	○遡上解析＜流向・流速＞ ・敷地前面海域及び広域 ○漂流物軌跡解析＜流向・流速＞ ・敷地前面海域及び広域

＜＞内は入力津波の因子を示す。

7. 詳細設計における入力津波の設定について

詳細設計における入力津波の設定に当たっては，「6. 耐津波設計の評価に係る解析項目のスクリーニング」の第4表及び第5表にて示したとおり各解析項目を取扱うこととし，「既往モデルによる評価結果を適用可能な解析項

目」として整理した解析項目の評価結果については既往モデルによる評価結果を適用し、「防潮堤設置ルート変更反映モデルによる評価結果を用いて評価する必要がある解析項目」として整理した解析項目の評価結果については防潮堤設置ルート変更反映モデルによる評価結果を適用する。

津波対策設備毎の条文要求，施設・設備区分及び防護区分について

1. はじめに

津波対策設備は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年7月8日施行）」の第5条，第40条の他，津波PRAにおける評価の結果，津波特有の事象である事故シーケンスグループ「津波浸水による最終ヒートシンク喪失」による炉心損傷頻度が有意な値となり，必ず想定する事故シーケンスグループに追加する事故シーケンスグループとして抽出したことから，第43条に対して適合する必要がある。このため，津波対策設備毎の条文要求，施設・設備区分及び防護区分について整理した。

2. 津波対策設備毎の条文要求，施設・設備区分及び防護区分

津波対策設備毎の条文要求，施設・設備区分及び防護区分を第1表に示す。

第 1 表 津波対策設備毎の条文要求，施設・設備区分及び防護区分

○：該当する ×：該当しない －：対象外

津波対策設備	基準津波に対する設計基準対象施設の防護 (第5条)						基準津波に対する重大事故等対処施設の防護 (第40条)						敷地に遡上する津波（T.P. +24m津波）に対する 重大事故等対処設備の防護（第43条）					
	資料名：東海第二発電所 津波による損傷の防止						資料名：東海第二発電所 重大事故等対処設備について (39条, 40条)						資料名：東海第二発電所 重大事故等対処設備について					
	施設・設備区分			防護区分			施設・設備区分			防護区分			施設・設備区分			防護区分		
	津波防 護施設	浸水防 止設備	津波監 視設備	外郭防 護 1	外郭防 護 2	内郭防 護	津波防 護施設	浸水防 止設備	津波監 視設備	外郭防 護 1	外郭防 護 2	内郭防 護	津波防 護施設	浸水防 止設備	津波監 視設備	外郭防 護 1	外郭防 護 2	内郭防 護
①防潮堤及び防潮扉	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	×※1	×	×	×※1	×	×
②放水路ゲート	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×
③構内排水路逆流防止設備	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×	○	×	×
④貯留堰	○	×	×	×※5	×※5	×※5	○	×	×	×※5	×※5	×※5	×	×	×	×※5	×※5	×※5
⑤取水路点検用開口部浸水防止蓋	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×
⑥海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁	×	○	×	○	○	×	×	○	×	○	○	×	×	○	×	○	×※2	×
⑦取水ピット空気抜き配管逆止弁	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×
⑧海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	×※3	×	×	×	×※3
⑨海水ポンプ室貫通部止水処置	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	×※3	×	×	×	×※3
⑩放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×
⑪S A用海水ピット開口部浸水防止蓋	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×
⑫緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×
⑬緊急用海水ポンプグラントドレン排出口逆止弁	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	○	×	×	○	×	○	○	×
⑭緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	○	×	×	○	×	○	○	×
⑮防潮堤及び防潮扉下部貫通部止水処置	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×
⑯原子炉建屋境界貫通部止水処置	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	×	×	○	×	○
⑰緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	－	－	－	－	－	－	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
⑱緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	－	－	－	－	－	－	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
⑲格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ	－	－	－	－	－	－	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
⑳常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ	－	－	－	－	－	－	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
㉑常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	－	－	－	－	－	－	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
㉒常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
㉓原子炉建屋原子炉棟水密扉	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉔原子炉建屋付属棟東側水密扉	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉕原子炉建屋付属棟西側水密扉	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉖原子炉建屋付属棟南側水密扉	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉗原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉘原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉙原子炉建屋外壁	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	－	○	○	×	○	×	○
㉚常設代替高圧電源装置用カルバート（立坑部）床面貫通部止水処置	×	○	×	×	×	○	×	○	×	×	×	○	×	○	×	○	×	○
㉛津波・構内監視カメラ	×	×	○	－	－	－	×	×	○	－	－	－	×	×	○※4	－	－	－
㉜取水ピット水位計	×	×	○	－	－	－	×	×	○	－	－	－	×	×	×	－	－	－
㉝潮位計	×	×	○	－	－	－	×	×	○	－	－	－	×	×	○	－	－	－

※ 1：敷地に遡上する津波（T.P. +24m）の敷地内への流入防止は期待できないため，津波防護施設に該当しない。ただし，T.P. +24m津波の荷重及び荷重の組合せを考慮しても概ね弾性状態となる設計とする（防潮堤を損傷させない：機能保持）。

※ 2：敷地に遡上する津波に対して，海水ポンプは期待しないことから，浸水想定範囲外であるため該当しない

※ 3：当該部から海水ポンプ室に繋がる経路であり，敷地に遡上する津波に対する防護対象設備への経路でないため該当しない。

※ 4：原子炉建屋屋上の3台の津波・構内監視カメラにより可能な限り敷地に遡上する津波の襲来状況を把握する。防潮堤上端の4台の津波・構内監視カメラについては，敷地に遡上する津波の襲来による影響を免れた場合には使用する。

※ 5：貯留堰は水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止を目的とし，非常用海水ポンプの運転継続に必要な海水容量を満足するための設備であることから外郭防護 1， 2 及び内郭防護の防護区分には該当しない。

東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた
東海第二発電所の地震・津波による被害想定について

基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性評価の実施に当たり、2011 年東北地方太平洋沖地震時（以下「3.11 地震時」という。）の地震・津波による被害状況を踏まえ、地震・津波による東海第二発電所の被害想定を整理した。以下に 3.11 地震時における東海第二発電所及び甚大な被害を受けた東北地方の被害状況を示す。

(1) 3.11 地震時の東海第二発電所における被害状況

3.11 地震時の地震・津波による建屋等の被害状況を第 1 図に示す。
3.11 地震時の地震・津波により、津波遡上域の建屋本体の滑動などは確認されていないが、鉄骨造建屋である輸送本部建屋の外装材の破損やメンテナンスセンターのシャッターの変形、自動販売機の転倒が確認されている。



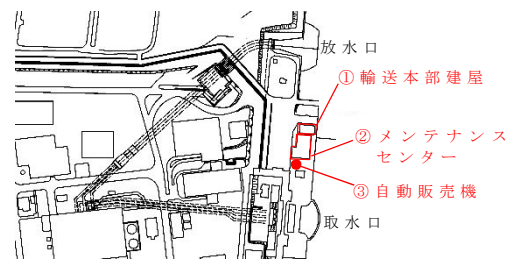
① 輸送本部建屋（S造）
津波による外装材破損



② メンテナンスセンター（S造）
シャッター変形



③ メンテナンスセンター（S造）
自動販売機転倒



建屋等配置

第 1 図 3.11 地震時の地震・津波による建屋等の被害状況

(2) 3.11 地震時の東北地方における建築物の被害状況

3.11 地震時の地震・津波による被害の大きかった東北地方の被災状況について整理した。

3.11 地震時の東北地方における鉄筋コンクリート建築物の被害状況を第 1 表に示す。「2011 年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－」（以下「復興への技術支援に関する活動記録」という。）によると、鉄筋コンクリート造の建築物については、所在地によっては浸水深が 15m を超えるような規模の津波の襲来を受けた建築物も存在し、壁面や窓等の損傷が確認されたが、このような大きな規模の津波の襲来時においても建築物全体が滑動し、漂流するような事例は確認されていない。

第 1 表 3.11 地震時の東北地方における建築物の被害状況
 （鉄筋コンクリート造建築物の例）

		
宮城県南三陸町 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：15.4m 【被害状況】 構造的な被害は発生していない。参考資料※1	宮城県仙台市 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：5.0m （建築物内部） 【被害状況】 建築物全体ではなく外壁のみ破壊していた。参考資料※1	公営集合住宅（所在地不明） 鉄筋コンクリート造 津波浸水深：7.5m 【被害状況】 漂流物の衝突による 2 階壁面の損傷が確認されたものの、構造的な大きな損傷は確認されなかった。参考資料※1

参考資料※1 「復興への技術支援に関する活動記録」による。

「復興への技術支援に関する活動記録」によると、鉄骨造建築物については浸水深によらず外装板が波力により破損し、漂流した事例が確認された。津波の襲来により早期に外装板が破損し大きな波力を受けなかったと推測される建築物については残存していたが、外装板が破損する前に大きな波力を受けたと推測されるものについては崩壊、転倒したものも確認されている。

「復興への技術支援に関する活動記録」によると、木造建築物については最大浸水深が 2m 程度以下の規模の地域ではほぼ残存していたが、最大浸水深が 4m を超える規模の地域では流失する可能性が高かった。

また、3.11 地震時において東北地方の中でも特に被害の大きかった例として南三陸町における建築物の被害事例について確認した。南三陸町における建築物の被害事例を第 2 表に示す。南三陸町の被害事例のように浸水深が十数メートルを超えるような大規模の津波が襲来した場合、「東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報」によると、鉄筋コンクリート造の建築物については柱、梁の損壊が確認された。

「東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について」によると、鉄骨造の建築物については波力により外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。

第 2 表 3.11 地震時の南三陸町における建築物の被害事例

	
<p>構造：鉄筋コンクリート造 規模：3 階建て （詳細寸法記載なし）</p> <p>【被害状況】 柱，梁の損壊が確認された。参考資料※ 2</p>	<p>構造：鉄骨造 規模：3 階建て 縦 11.4m×横 8.8m×高さ 10.9m</p> <p>【被害状況】 外装板のほとんどが脱落流失していることが確認された。参考資料※ 3</p>

参考資料※ 2 「東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報」による。


参考資料※ 3 「東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について」による。

(3) 3.11 地震時の被害状況を踏まえた発電所敷地内及び発電所敷地外における施設・設備の被害想定

3.11 地震時の被害状況を踏まえ，地震・津波による発電所敷地内及び発電所敷地外の施設・設備の被害想定を実施した。発電所敷地内の建屋等については，3.11 地震時において地震・津波による被害が特に大きかった南三陸町の被害事例のうち東海第二発電所の建屋等と構造及び規模が類似する建築物の被害事例を参考として被害想定を実施した。建屋等に作用する波圧は浸水深に依存して大きくなることから，東海第二発電所の建屋等の被害想定の実施に当たり，漂流物調査により抽出された建物類のうち，防潮堤前面における津波水位が最も高くなる敷地前面東側に存在し，

かつ最も高さのある鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋等として第 3 表に示す建築物を代表とした。

第 3 表 東海第二発電所の建屋等の代表例

建築物名称	ロータリースクリーン室		メンテナンスセンター
外観			
建屋等の諸元	構造：鉄筋コンクリート造 規模：縦 21m×横 13m×高さ 11m		構造：鉄骨造 規模：縦 34m×横 19m×高さ 11m

建屋等の津波による被害に影響する波圧は浸水深に依存して大きくなるため、高さの近い建築物の津波による被害は類似性があるものと考えられる。第 3 表に示す東海第二発電所の建屋等を対象として、第 2 表に示す南三陸町の建築物の被害状況を参考に被害想定を実施した。

鉄筋コンクリート造の建屋等については、南三陸町における建築物の被害状況を考慮すると、第 2 表の被害事例のように地震又は波力により部分的に損壊するおそれがあるが、建築物が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流する被害には至っていないことから、東海第二発電所の建屋等が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流することはないと考えられる。また、万が一滑動若しくは転倒が起こった場合においても建屋等は重量物であるため漂流しないと考えられる。地震又は津波の波力

により部分的な損壊が起こる可能性があり，損壊により生じたがれき等については漂流する可能性がある。

鉄骨造の建屋等については，南三陸町における建築物の被害状況を考慮すると，第 2 表の被害事例のように波力により外装板が破損するおそれがあるが，建築物が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流する被害には至っていないことから，東海第二発電所の建屋等が本来の形状を維持したまま滑動若しくは転倒し漂流することはないと考えられる。また，万が一滑動若しくは転倒が起こった場合においても建屋等は重量物であるため漂流しないと考えられる。地震又は津波の波力により部分的な損壊が起こる可能性があり，損壊により生じた外装板等については漂流する可能性がある。

木造の家屋等については滑動が起こることは考え難く，万が一滑動が起こった場合においても滑動した家屋等は津波の波力により本来の形状を維持せず損壊すると考えられる。損壊により生じた木片，その他構成部材等については漂流する可能性がある。

また，自動販売機などの比較的軽量な物品については津波により漂流する可能性がある。

地震・津波により施設・設備が損壊し漂流した場合，津波防護施設等の健全性に影響を及ぼす可能性があることから，3.11 地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定については，東海第二発電所の遡上域を含めた流況について詳細に考察した上で，工事計画認可段階において確認及び検討結果を拡充する。

参考資料

- ※ 1 ISSN 1346-7301 国総研研究報告 第 52 号 平成 25 年 1 月国土技術政策総合研究所研究報告 2011 年東日本大震災に対する国土技術政策総合研究所の取り組み－緊急対応及び復旧・復興への技術支援に関する活動記録－, 188－190 頁
- ※ 2 東北地方太平洋沖地震 宮城県南三陸町被災状況速報, (株) エイト日本技術開発, 20110405, 5－6 頁
- ※ 3 広島工業大学紀要研究編第 46 巻 (2012) 221-230 報告 東日本大震災における鉄骨造建物の津波被害について 玉井 宏章・小川 勝彦 ON DAMAGED STEEL BUILDINGS DUE TO TAUNAMI AFTER GREAT TOUHOKU EARTHQUAKE Hiroyuki TAMAI and Katsuhiko OGAWA, 226－227 頁

審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）		
基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況	
Ⅱ．耐津波設計方針	Ⅱ．耐津波設計方針	
1. 総則	1. 総則	
1.1 目的	1.1 目的	
本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設の設置許可段階の耐津波設計方針に関わる審査において、審査官等が実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）並びに実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））（以下「設置許可基準規則及び同規則の解釈」という。）の趣旨を十分踏まえ、耐津波設計方針の妥当性を厳格に確認するために活用することを目的とする。	—	
1.2 適用範囲	1.2 適用範囲	
本ガイドは、発電用軽水型原子炉施設に適用される。なお、本ガイドの基本的な考え方は、原子力関係施設及びその他の原子炉施設にも参考となるものである。	—	

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>2. 基本方針</p> <p>2.1 基本方針の概要</p> <p>原子炉施設の耐津波設計の基本方針については、『重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波（基準津波）に対して、その安全機能を損なわない設計であること』である。この基本方針に関して、設置許可に係る安全審査において、以下の要求事項を満たした設計方針であることを確認する。</p>	<p>2. 基本方針</p> <p>2.1 基本方針の概要</p> <p>東海第二発電所の耐津波設計方針については、『重要な安全機能を有する施設は、施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があり、施設に大きな影響を与えるおそれがある津波（基準津波）に対して、その安全機能を損なわない設計であること』としている。この基本方針に関して、以下の要求事項に対応した設計方針としている。</p>
<p>(1)津波の敷地への流入防止</p> <p>重要な安全機能を有する施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達、流入させない。また、取水路、放水路等の経路から流入させない。</p>	<p>(1) 津波の敷地への流入防止</p> <p>設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達、流入させない設計とする。また、取水路、放水路等の経路から流入させない設計とする。</p>
<p>(2)漏水による安全機能への影響防止</p> <p>取水・放水施設、地下部において、漏水可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止する。</p>	<p>(2) 漏水による安全機能への影響防止</p> <p>取水・放水施設、地下部において、漏水可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。</p>
<p>(3)津波防護の多重化</p> <p>上記2方針のほか、重要な安全機能を有する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等</p>	<p>(3) 津波防護の多重化</p> <p>上記2方針のほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>から隔離すること。</p>	<p>をすることにより津波による影響等から隔離可能な設計とする。</p>
<p>(4)水位低下による安全機能への影響防止 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止する。</p>	<p>(4) 水位低下による安全機能への影響防止 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。</p>
<p>これらの要求事項のうち(1)及び(2)については、津波の敷地への浸水を基本的に防止するものである。(3)については、津波に対する防護を多重化するものであり、また、地震・津波の相乗的な影響や津波以外の溢水要因も考慮した上で安全機能への影響を防止するものである。なお、(3)は、設計を超える事象（津波が防潮堤を超え敷地に流入する事象等）に対して一定の耐性を付与するものでもある。</p> <p>ここで、(1)においては、敷地への浸水を防止するための対策を施すことも求められており、(2)においては、敷地への浸水対策を施した上でもなお漏れる水、及び設備の構造上、津波による圧力上昇で漏れる水を合わせて「漏水」と位置付け、漏水による浸水範囲を限定し、安全機能への影響を防止することを求めている。</p> <p>本ガイドの項目と設置許可基準規則及び同規則の解釈の関係を以下に示す。</p>	

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド		東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況	
基準津波及び耐津波設計方針に係る 審査ガイド Ⅱ. 耐津波設計方針			
設置許可基準		規則	解釈(別記3)
1. 総則		-	-
1.1 目的		-	-
1.2 適用範囲		-	-
2. 基本方針		-	-
2.1 概要		-	-
2.2 安全審査範囲及び事項		-	-
3. 基本事項		-	-
3.1 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等		第二章 第五條	3 - ①
3.2 基準津波による敷地及び敷地周辺の 崩上・浸水域		第二章 第五條	3 - ②
3.3 入力津波の設定		第二章 第五條	3 五 ②
3.4 津波防護方針の審査にあたっての考 慮事項(水位変動・地殻変動)		第二章 第五條	3 七
4. 津波防護方針		-	-
4.1 敷地の特性に応じた基本方針		第二章 第五條	3 - ～三
4.2 敷地への浸水防止(外郭防護)		第二章 第五條	3 - ①、③
4.3 漏水による重要な安全機能への影響 防止(外郭防護)		第二章 第五條	3 二 ①～③
4.4 重要な安全機能を有する施設の隔離 (内郭防護)		第二章 第五條	3 三
4.5 水位変動に伴う取水性低下による重 要な安全機能への影響防止		第二章 第五條	3 四、六
4.6 津波監視		第二章 第五條	3 五
5. 施設・設備の設計の方針及び条件		-	-
5.1 津波防護施設の設計		第二章 第五條	3 五 ③、六
5.2 浸水防止設備の設計		第二章 第五條	3 五 ④、六
5.3 津波監視設備の設計		第二章 第五條	3 五 ⑤、⑥、⑧
5.4 津波防護施設、浸水防止設備等の設計 における検討事項		第二章 第五條	3 五 ⑦

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>2.2 安全審査範囲及び事項</p> <p>設置許可に係る安全審査においては、基本設計段階における審査として、主に、基本事項、津波防護方針の妥当性について確認する。施設・設備の設計については、方針、考え方を確認し、その詳細を後段規制（工事計画認可）において確認することとする。津波に対する設計方針に係る安全審査の範囲を表-1に示す。</p> <p>それぞれの審査事項ごとの審査内容は以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> (1)基本事項 略（3.項） (2)津波防護方針 略（4.項） (3)施設・設備の設計方針 略（5.項） 	<p>2.2 安全審査範囲及び事項</p> <p>—</p>

表-1 津波に対する設計方針に係る安全審査の範囲				
大項目	中項目	審査事項	審査の範囲※1	確認内容
(1)基本事項	①敷地の地形施設の配置等 ②敷地周辺の潮上・浸水域 ③入力津波 ④水位変動、地殻変動	—	◎	
		—	◎	評価の妥当性
		—	◎	
		—	◎	考慮の妥当性
(2)津波防護方針	①基本方針	敷地の特性に応じた津波防護の考え方	◎	妥当性
		敷地への浸水経路・対策	◎	経路・対策の妥当性
		流入経路・対策	◎	位置・仕様※4
	②外郭防護1	津波防護施設	◎	設置の方針
		浸水防止設備※2	○	経路・範囲・対策の方針
		漏水経路・浸水想定範囲・対策※2	○	設置の方針
	③外郭防護2	浸水防止設備※2	○	基本設計による範囲設定及び方針
		浸水防護重点化範囲※2	○	仕様の方針
		安全機能保持の評価	◎	評価の妥当性※4
	④内郭防護	津波監視設備※2	○	設置の方針
		荷重設定 荷重組合せ 許容限界	○	それぞれの方針
		同上	○	同上
(3)設計方針	①津波防護施設※3	同上	○	同上
		同上	○	同上
		—	○	対策の方針
		—	○	設置時の方針
		—	○	

- ※1 ◎安全審査で妥当性を確認
- 安全審査で方針等を確認（設計の詳細は工事計画認可で確認）
- ※2 仕様、配置等の詳細については、基本設計段階では確定していないことから、詳細設計段階で確認
- ※3 施設・設備毎の具体的な設計方針、検討方針・構造・強度については、工事計画認可において確認
- ※4 施設・設備の構造・強度については、工事計画認可において確認

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>3. 基本事項</p> <p>3.1 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等 敷地及び敷地周辺の図面等に基づき、以下を把握する。</p>	<p>3. 基本事項</p> <p>3.1 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等 敷地及び敷地周辺の図面等に基づき、以下を示す。</p>
<p>(1) 敷地及び敷地周辺の地形、標高、河川の存在</p>	<p>(1) 敷地及び敷地周辺の地形、標高、河川の存在 東海第二発電所を設置する敷地は、関東平野の北東端に位置し、敷地の東側は太平洋に面している。 敷地の地形は、北側及び南側は海岸沿いに T.P. + 10m 程度の平地があり、敷地の西側は T.P. + 20m ~ T.P. + 25m 程度の平坦な台地となっている。 また、発電所周辺の河川としては、敷地から北方約 2km のところに久慈川、南方約 3km のところに新川がある。 敷地は、主に T.P. + 3m, T.P. + 8m, T.P. + 11m, T.P. + 23m 及び T.P. + 25m である。</p>
<p>(2) 敷地における施設（以下、例示）の位置、形状等</p> <p>① 耐震 S クラスの設備を内包する建屋</p> <p>② 耐震 S クラスの屋外設備</p> <p>③ 津波防護施設（防潮堤、防潮壁等）</p> <p>④ 浸水防止設備（水密扉等）※</p> <p>⑤ 津波監視設備（潮位計、取水ピット水位計等）※</p> <p>※基本設計段階で位置が特定されているもの</p> <p>⑥ 敷地内（防潮堤の外側）の遡上域の建物・構築物等（一般建物、鉄塔、タンク等）</p>	<p>(2) 敷地における施設（以下、例示）の位置、形状等</p> <p>① 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画として、T.P. + 8m の敷地に原子炉建屋、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋を設置する。</p> <p>② 設計基準対象施設の津波防護対象設備を有する屋外設備としては、T.P. + 3m の敷地に海水ポンプ室、T.P. + 8m の敷地に排気筒 T.P. + 11m の敷地に軽油貯蔵タンク（地下式）を設置する。また、T.P. +</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>3mの海水ポンプ室からT.P. + 8mの原子炉建屋にかけて非常用海水配管を設置する。非常用取水設備として、取水路、取水ピット及び海水ポンプ室から構成される取水構造物を設置する。</p> <p>③ 津波防護施設として、防潮堤及び防潮扉、放水路ゲート並びに構内排水路に対して逆流防止設備を設置する。また、残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心スプレイスディーゼル発電機用海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）の取水性を確保するため、取水口前面の海中に貯留堰を設置する。</p> <p>④ 海水ポンプ室に設置する海水ポンプ室ケール点検口、T.P. + 3mの敷地に設置する取水路の点検用開口部、T.P. + 3.5mの敷地（放水路上版高さ）に設置する放水路ゲートの点検用開口部、T.P. + 8mの敷地に設置するS A用海水ピット上部の開口部及びT.P. + 0.8mの緊急用海水ポンプ室に設置する緊急用海水ポンプピットの点検用開口部に対して浸水防止蓋を設置する。また、T.P. + 0.8mの海水ポンプ室に設置する海水ポンプグラブドレン排水出口、循環水ポンプ室の取水ピット空気抜き配管に対して逆止弁並びに緊急用海水ポンプピットの緊急用海水ポンプグラブドレン排水出口及び緊急用海水ポ</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>ンプ室床ドレン排出口に対して逆止弁を設置する。 さらに，防潮堤及び防潮扉の地下部の貫通部，海水ポンプ室の貫通部並びにタービン建屋及び非常用海水系配管カルバートと隣接する原子炉建屋境界地下階の貫通部に対して止水処置を実施する。</p> <p>⑤ 津波監視設備として，原子炉建屋屋上T.P.約＋64m，防潮堤上部T.P.約＋18m及び防潮堤上部約＋20mに津波・構内監視カメラ，T.P.約＋3mの敷地の取水ピット上版に取水ピット水位計並びに取水路内の高さT.P.約－5mの位置に潮位計を設置する。</p> <p>⑥ 敷地内の遡上域（防潮堤外側）の建物・構築物等としては，T.P.＋3mの敷地に海水電解装置建屋，メーテンデナンスセンター，燃料輸送本部等があり，T.P.＋8mの敷地には廃棄物埋設施設（第二種廃棄物埋設事業許可申請中），固体廃棄物保管庫等がある。また海岸側（東側）を除く防潮堤の外側には防砂林がある。</p>
<p>(3)敷地周辺の人工構造物（以下は例示である。）の位置、形状等</p> <p>①港湾施設（サイト内及びサイト外）</p> <p>②河川堤防、海岸線の防波堤、防潮堤等</p> <p>③海上設置物（係留された船舶等）</p> <p>④遡上域の建物・構築物等（一般建物、鉄塔、タンク等）</p>	<p>(3) 敷地周辺の人工構造物の位置，形状等</p> <p>① 港湾施設として，敷地内は物揚げ岸壁，敷地外には北方約3kmに茨城港日立港区，南方約4kmに茨城港常陸那珂港区がある。また，北方約4.5kmに久慈漁港がある。</p> <p>② 敷地内の港湾施設には防波堤が設置されており，</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>⑤敷地前面海域における通過船舶</p>	<p>敷地外の茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区に防波堤が設置されている。</p> <p>③ 海上設置物としては、久慈漁港に漁船が約40隻係留されている。</p> <p>④ 敷地周辺に民家、商業施設、倉庫等がある他、敷地南方に原子力及び核燃料サイクルの研究施設、茨城港日立港区には液化天然ガス基地、工場、モータープール倉庫等があり、茨城港常陸那珂港区には火力発電所、工場、倉庫等の施設がある。</p> <p>⑤ 敷地前面海域における通過船舶としては、発電所沖合約15kmに常陸那珂－苫小牧及び大洗－苫小牧を結ぶ定期航路がある。</p>
<p>3.2 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域</p> <p>3.2.1 敷地周辺の遡上・浸水域の評価</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>遡上・浸水域の評価に当たっては、次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地の遡上の可能性を検討すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地及び敷地周辺の地形とその標高 ・敷地沿岸域の海底地形 ・津波の敷地への侵入角度 ・敷地及び敷地周辺の河川、水路の存在 	<p>3.2 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域</p> <p>3.2.1 敷地周辺の遡上・浸水域の評価</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>遡上・浸水域の評価に当たっては、次に示す事項を考慮した遡上解析を実施して、遡上波の回り込みを含め敷地への遡上の可能性を検討する。また、基準地震動による被害が津波の遡上に及ぼす影響について検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地及び敷地周辺の地形とその標高 ・敷地沿岸域の海底地形 ・津波の敷地への侵入角度

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<ul style="list-style-type: none"> ・ 陸上の遡上・伝播の効果 ・ 伝播経路上の人工構造物 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地及び敷地周辺の河川、水路の存在 ・ 陸上の遡上・伝播の効果 ・ 伝播経路上の人工構造物
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 上記の考慮事項に関して、遡上解析（砂移動の評価を含む）の手法、データ及び条件を確認する。確認のポイントは以下のとおり。</p> <p>① 敷地及び敷地周辺の地形とその標高について、遡上解析上、影響を及ぼすものが考慮されているか。遡上域のメッシュサイズを踏まえ適切な形状にモデル化されているか。</p> <p>② 敷地沿岸域の海底地形の根拠が明示され、その根拠が信頼性を有するものか。</p> <p>③ 敷地及び敷地周辺に河川、水路が存在する場合には、当該河川、水路による遡上を考慮する上で、遡上域のメッシュサイズが十分か、また、適切な形状にモデル化されているか。</p> <p>④ 陸上の遡上・伝播の効果について、遡上、伝播経路の状態に応じた解析モデル、解析条件が適切に設定されているか。</p> <p>⑤ 伝播経路上の人工構造物について、遡上解析上、影響を及ぼすものが考慮されているか。遡上域のメッシュサイズを踏まえ適切な形状にモデル化されている</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 上記の考慮事項に関して、遡上解析の手法、データ及び条件を以下のとおり確認している。</p> <p>① 基準津波による遡上解析に当たっては、遡上解析上影響を及ぼす斜面や道路、取水口、放水路等の地形とその標高及び伝播経路上の人工構造物の設置状況を考慮し遡上域のメッシュサイズ（最小5m）に合わせた形状にモデル化している。</p> <p>② 敷地沿岸域及び海底地形は、茨城県による津波解析用地形データ、敷地の観測データ、財団法人日本水路協会海岸情報研究センター発行の海底地形デジタルデータ等を編集して使用する。また、発電所近傍海域の水深データは、最新のマルチビーム測深で得られた高精度・高密度のデータを使用する。</p> <p>③ 敷地の北方約2kmの位置に久慈川、南方約3kmの位置に新川が存在する。久慈川流域の標高がT.P.＋5m以下であるのに対して敷地北方の標高はT.P.約＋10mである。また、新川流域（海岸沿い）及び敷地南方の標高はともにT.P.約＋10mとなっている。こ</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>か。</p>	<p>のため、久慈川及び新川からの敷地への遡上波に影響することはない。</p> <p>④ 陸上の遡上・伝播効果について、遡上・伝播経路の状態に応じた解析モデル，解析条件が適切に設定された遡上域のモデルを作成する。</p> <p>⑤ 伝播経路上の人工構造物について，図面を基に遡上解析上影響を及ぼす構造物，津波防護施設を考慮し，遡上・伝播経路の状態に応じた解析モデル，解析条件が適切に設定された遡上域のモデルを作成する。</p>
<p>(2)敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たっての考慮事項に対する確認のポイントは以下のとおり。</p> <p>①敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の侵入角度及び速度、並びにそれらの経時変化が把握されているか。また、敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意されているか。</p> <p>②敷地前面又は津波浸入方向に正対した面における敷地及び津波防護施設について、その標高の分布と施設前面の津波の遡上高さの分布を比較し、遡上波が敷地に地上部から到達・流入する可能性が考えられるか。</p> <p>③敷地及び敷地周辺の地形、標高の局所的な変化、並び</p>	<p>(2) 敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たって以下のとおり確認する。</p> <p>① 敷地周辺の遡上・浸水域の把握に当たっては、敷地前面・側面及び敷地周辺の津波の侵入角度及び速度並びにそれらの経時変化を把握する。また、敷地周辺の浸水域の寄せ波・引き波の津波の遡上・流下方向及びそれらの速度について留意する。</p> <p>② 敷地前面又は津波浸入方向に正対した面における敷地及び津波防護施設について、その標高の分布と施設前面の津波の遡上高さの分布を比較すると、遡上波が敷地に地上部から到達、流入する可能性がある。</p> <p>③ 敷地の地形、標高の局所的な変化等による遡上波</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>に河川、水路等が津波の遡上・流下方向に影響を与え、遡上波の敷地への回り込みの可能性が考えられるか。</p>	<p>の敷地への回り込みを考慮する。なお、敷地周辺に津波の遡上・流下方向に影響を与える可能性のある河川、水路等はない。</p>
<p>3.2.2 地震・津波による地形等の変化に係る評価</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震に起因する変状による地形、河川流路の変化 ・繰返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形、河川流路の変化 	<p>3.2.2 地震・津波による地形等の変化に係る評価</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動 S_s に起因する変状による地形、河川（久慈川，新川）流路の変化 ・繰返し襲来する津波による洗掘・堆積により地形、河川（久慈川，新川）流路の変化
<p>【確認内容】</p> <p>(1) (3.2.1)の遡上解析結果を踏まえ、遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺の地盤について、地震による液状化、流動化又はすべり、もしくは津波による地形変化、標高変化が考えられる場合は、遡上波の敷地への到達（回り込みによるものを含む）の可能性について確認する。なお、敷地の周辺斜面が、遡上波の敷地への到達に対して障壁となっていない場合は、当該斜面の地震時及び津波時の健全性について、重要施設の周辺斜面と同等の信頼性を有する評価を実施する等、特</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 遡上解析に当たっては、遡上及び流下経路上の地盤並びにその周辺の地盤について、地震による液状化、流動化又はすべり、標高変化を考慮した遡上解析を実施し遡上波の敷地への到達の可能性について確認する。なお、敷地の周辺斜面が、遡上波の敷地への到達に対して障壁となっていない箇所はない。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
段の留意が必要である。	
<p>(2)敷地周辺の遡上経路上に河川、水路が存在し、地震による河川、水路の堤防等の崩壊、周辺斜面の崩落に起因して流路の変化が考えられる場合は、遡上波の敷地への到達の可能性について確認する。</p>	<p>(2) 敷地の北方約 2km の位置に久慈川、南方約 3km の位置に新川が存在する。久慈川流域の標高が T.P. + 5m 以下であるのに対して敷地北方の標高は T.P. 約 + 10m である。また、新川流域（海岸沿い）及び敷地南方の標高はともに T.P. 約 + 10m となっている。このため、久慈川及び新川から、敷地への遡上波に影響することはない。</p>
<p>(3)遡上波の敷地への到達の可能性に係る検討に当たっては、地形変化、標高変化、河川流路の変化について、基準地震動 S_s による被害想定を基に遡上解析の初期条件として設定していることを確認する。</p>	<p>(3) 遡上波の敷地への到達の可能性に係る検討に当たっては、基準地震動 S_s に伴う地形変化、標高変化が生じる可能性は僅かであるが、津波遡上解析への影響を確認するため、解析条件として沈下なしの条件に加えて、地盤面を大きく沈下させた条件についても考慮する。また、敷地内外の人工構造物として、発電所の港湾施設である防波堤並びに茨城港日立港区及び茨城港常陸那珂港区の防波堤については、基準地震動による形状変化が津波の遡上に影響を及ぼす可能性があることから、その有無を遡上解析の条件として考慮する。</p>
<p>(4)地震による地盤変状、斜面崩落等の評価については、適用する手法、データ及び条件並びに評価結果を確認する。</p>	<p>(4) 基準地震動 S_s に伴う地形変化、標高変化が生じる可能性は僅かであるが、解析条件として、地盤面を大きく沈下させた条件について考慮する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>3.3 入力津波の設定</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>基準津波は、波源域から沿岸域までの海底地形等を考慮した、津波伝播及び遡上解析により時刻歴波形として設定していること。</p> <p>入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形として設定していること。</p> <p>基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること。</p>	<p>3.3 入力津波の設定</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>入力津波は、基準津波の波源から各施設・設備の設置位置において算定される時刻歴波形として設定する。</p> <p>なお、具体的な入力津波の設定に当たっては、以下の確認状況に示す。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 入力津波は、海水面の基準レベルからの水位変動量を表示していること。なお、潮位変動等については、入力津波を設計又は評価に用いる場合に考慮するものとする。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 入力津波は、海水面の基準レベルからの水位変動量を表示することとし、潮位変動等については、入力津波を設計又は評価に用いる場合に考慮する。</p>
<p>(2) 入力津波の設定に当たっては、入力津波が各施設・設備の設計に用いるものであることを念頭に、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、着目する荷重因子を選定した上で、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）</p>	<p>(2) 入力津波の設定に当たっては、津波の高さ、速度及び衝撃力に着目し、各施設・設備において算定された数値を安全側に評価した値を入力津波高さや速度として設定することとで、各施設・設備の構造・機能の損傷に影響する浸水高、波力・波圧について安全側に評</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
が安全側に評価されることを確認する。	価する。
<p>(3) 施設が海岸線の方向において広がりを有している場合（例えば敷地前面の防潮堤、防潮壁）は、複数の位置において荷重因子の値の大小関係を比較し、当該施設に最も大きな影響を与える波形を入力津波として設定していることを確認する。</p>	<p>(3) 津波防護の設計に使用する入力津波は、敷地及びその周辺の遡上域、伝播経路の不確かさ及び施設の広がりなどを考慮して設定するものとする。このため、津波防護施設である防潮堤は、海岸線の方向において広がりを有していることから、荷重因子である入力津波の高さや速度が、設計上考慮している津波高さ、速度を超過しない設計とする。</p>
<p>(4) 基準津波及び入力津波の設定に当たっては、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起について、以下の例のように評価し考慮していることを確認する。</p> <p>① 港湾内の局所的な海面の固有振動に関しては、港湾周辺及び港湾内の水位分布、速度ベクトル分布の経時的変化を分析することにより、港湾内の局所的な現象として生じているか、生じている場合、その固有振動による影響が顕著な範囲及び固有振動の周期を把握する。</p> <p>② 局所的な海面の固有振動により水位変動が大きくなっている箇所がある場合、取水ピット、津波監視設備（敷地の潮位計等）との位置関係を把握する。（設計上クリティカルとなる程度に応じて緩和策、設備設置位置の移動等の対応を検討）</p>	<p>(4) 基準津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起については、遡上解析により、東海第二発電所の港湾内外の最大水位上昇量・傾向、時刻歴波形について確認すると、有意な差異がないことから、局所的な海面の励起は生じていないことを確認している。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>3.4 津波防護方針の審査にあたっての考慮事項（水位変動、地殻変動）</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位（注）を考慮して安全側の評価を実施すること。</p> <p>注）：朔（新月）及び望（満月）の日から5日以内に観測された、各月の最高満潮面及び最低干潮面を1年以上にわたって平均した高さの水位をそれぞれ、朔望平均満潮位及び朔望平均干潮位という</p> <p>潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合、地殻変動による敷地の隆起または沈降及び、強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。</p>	<p>3.4 津波防護方針の審査にあたっての考慮事項（水位変動、地殻変動）</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>入力津波による水位変動に対して、朔望平均潮位及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動を考慮して安全側の評価を実施する。潮汐以外の要因による潮位変動として、高潮について適切に評価を行う。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合は、地殻変動による敷地の隆起又は沈降及び強振動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施する。</p> <p>なお具体的には以下の確認状況に示す。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 敷地周辺の港又は敷地における潮位観測記録に基づき、観測期間、観測設備の仕様に留意の上、朔望平均潮位を評価していることを確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 朔望平均潮位及び潮位のばらつきは敷地周辺の観測地点「茨城港日立港区」（茨城県茨城港湾事務所日立港区事業所所管）における潮位観測記録に基づき評価する。</p>
<p>(2) 上昇側の水位変動に対して朔望平均満潮位を考慮し、上昇側評価水位を設定していること、また、下降側の水位変動に対して朔望平均干潮位を考慮し、下降側評価水位を設定していることを確認する。</p>	<p>(2) 潮位変動として、上昇側の水位変動に対しては朔望平均満潮位 T.P. + 0.61m 及び潮位のばらつき 0.18m を考慮し、下降側の水位変動に対しては朔望平均干潮位 T.P. - 0.81m 及び潮位のばらつき 0.16m を考慮する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>(3) 潮汐以外の要因による潮位変動について、以下の例のように評価し考慮していることを確認する。</p> <p>① 敷地周辺の港又は敷地における潮位観測記録に基づき、観測期間等に留意の上、高潮発生状況（程度、台風等の高潮要因）について把握する。</p> <p>② 高潮要因の発生履歴及びその状況、並びに敷地における汀線の方向等の影響因子を考慮して、高潮の発生可能性とその程度（ハザード）について検討する。</p> <p>③ 津波ハザード評価結果を踏まえた上で、独立事象としての津波と高潮による重畳頻度を検討した場合の考慮の可否、津波と高潮の重畳を考慮する場合の高潮の再現期間を設定する。</p>	<p>(3) 潮汐以外の要因による潮位変動について、以下の例のように評価し考慮している。</p> <p>① 潮汐以外の要因による潮位変動については、観測地点「茨城港日立港区」における過去約40年（1971年～2010年）の潮位観測記録に基づき、高潮発生状況（発生確率、台風等の高潮要因）を確認する。</p> <p>② 高潮要因の発生履歴及びその状況を考慮して、高潮の発生可能性とその程度（ハザード）について検討する。</p> <p>③ 基準津波による水位の年超過確率は10^{-4}程度であり、独立事象として津波と高潮が重畳する可能性は極めて低いと考えられるものの、高潮ハザードについては、プラント運転期間を超える再現期間100年に対する期待値$T.P. + 1.44m$と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位$T.P. + 0.61m$及び潮位のばらつき$0.18m$の合計との差である$0.65m$を外郭防護の裕度評価において参照する。</p>
<p>(4) 地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合、以下の例のように地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施していることを確認する。</p> <p>① 広域的な地殻変動を評価すべき波源は、地震の震源と解釈し、津波波源となる地震の震源（波源）モデルから算定される広域的な地殻変動を考慮することと</p>	<p>(4) 地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、以下の例のように地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施する。</p> <p>① 東海第二発電所の敷地及び敷地周辺の地殻変動は、プレート間地震の活動による影響が支配的である。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>する。</p> <p>② プレート間地震の活動に関連して局所的な地殻変動があった可能性が指摘されている場合（南海トラフ沿岸部に見られる完新世段丘の地殻変動等）は、局所的な地殻変動量による影響を検討する。</p> <p>③ 地殻変動量は、入力津波の波源モデルから適切に算定し設定すること。</p> <p>④ 地殻変動が隆起又は沈降によって、以下の例のように考慮の考え方が異なることに留意が必要である。</p> <p>a) 地殻変動が隆起の場合、下降側の水位変動に対して安全機能への影響を評価（以下「安全評価」という。）する際には、対象物の高さに隆起量を加算した後で、下降側評価水位と比較する。また、上昇側の水位変動に対して安全評価する際には、隆起しないものと仮定して、対象物の高さと上昇側評価水位を直接比較する。</p> <p>b) 地殻変動が沈降の場合、上昇側の水位変動に対して安全評価する際には、対象物の高さから沈降量を引算した後で、上昇側評価水位と比較する。また、下降側の水位変動に対して安全評価する際には、沈降しないものと仮定して、対象物の高さと下降側評価水位を直接比較する。</p> <p>⑤ 基準地殻変動評価における震源モデルから算定される</p>	<p>② 基準津波の波源である日本海溝におけるプレート間地震に想定される地震において生じる地殻変動量を考慮する。また、2011年東北地方太平洋沖地震により生じた地殻変動量を考慮する。</p> <p>③ 入力津波の波源モデル（日本海溝におけるプレート間地震）から算定される地殻変動量としては、0.31mの陸域の沈降が想定される。2011年東北地方太平洋沖地震では、敷地全体が約0.2m沈降していた。</p> <p>④ 基準津波の波源である日本海溝におけるプレート間地震に想定される地震において生じる地殻変動量は以下のように考慮する。</p> <p>a) 地殻変動が隆起の場合は、下降側の水位変動に対しては隆起を考慮し、上昇側の水位変動に対しては隆起を考慮しないものとする。</p> <p>b) 地殻変動が沈降の場合は上昇側の水位変動に対しては沈降を考慮し、下降側の水位変動に対しては沈降を考慮しないものとする。</p> <p>また、2011年東北地方太平洋沖地震により生じた地殻変動量については、初期条件として、上昇側及び下降側の水位変動において考慮する。</p> <p>⑤ 入力津波の波源モデル（日本海溝におけるプレート間地震）から算定される地殻変動量としては、</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>広域的な地殻変動についても、津波に対する安全性評価への影響を検討する。</p> <p>⑥ 広域的な余効変動が継続中である場合は、その傾向を把握し、津波に対する安全性評価への影響を検討する。</p>	<p>0.31mの陸域の沈降が想定さる。また、2011年東北地方太平洋沖地震では、敷地全体が約0.2m沈降していた。</p> <p>⑥ 2011年東北地方太平洋沖地震による広域的な余効変動による鉛直変位はほとんどない。</p>
<p>4. 津波防護方針</p> <p>4.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>敷地の特性に応じた津波防護の基本方針が敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示されていること。津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備等として設置されるものの概要が網羅かつ明示されていること。</p>	<p>4. 津波防護方針</p> <p>4.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>敷地の特性（敷地の地形、敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた津波防護の方針を敷地及び敷地周辺全体図、施設配置図等により明示する。また、敷地の特性に応じた津波防護（津波防護施設、深層防止設備、津波監視装置等）の概要（外郭防護の位置及び浸水想定範囲の設定、並びに内郭防護の位置及び浸水防護重点化範囲の設定等）について整理する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 敷地の特性（敷地の地形、敷地周辺の津波の遡上、浸水状況等）に応じた基本方針（前述2.のとおりに）を確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 津波防護の基本方針は、以下のとおりである。</p> <p>① 設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。下記(3)において同じ。）を内包する建屋及び区画の設置された敷地において、基準津波に</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>よる遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路及び放水路等の経路から流入させない設計とする。</p> <p>② 取水・放水施設及び地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。</p> <p>③ 上記２方針のほか、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離可能な設計とする。</p> <p>④ 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。</p> <p>⑤ 津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。</p>
<p>(2)敷地の特性に応じた津波防護の概要（外殻防護の位置及び浸水想定範囲の設定、並びに内郭防護の位置及び浸水防護重点化範囲の設定等）を確認する。</p>	<p>(2) 敷地の特性に応じた津波防護の概要（外殻防護の位置及び浸水想定範囲の設定、並びに内郭防護の位置及び浸水防護重点化範囲の設定等）を示す。</p> <p>設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画として、原子炉建屋、タービン建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、排気筒、軽油貯蔵タンク（地下式）、海水ポンプ室が設置及び非常</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>用海水系配管を設定する。</p> <p>遡上波を地上部から到達又は流入させせない設計とするため、外郭防護として防潮堤及び防潮扉を設置する。</p> <p>取水路、放水路等の経路から流入させせない設計とするため、外郭防護として取水路に取水路点検用開口部浸水防止蓋、海水ポンプ室に海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁、循環水ポンプ室に取水ピット空気抜き配管逆止弁、放水路に放水路ゲート及び放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋、SA用海水ピットにSA用海水ピット開口部浸水防止蓋並びに緊急用海水ポンプ室に緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋、緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁及び緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁を設置する。また、防潮堤及び防潮扉下部貫通部に対して止水処置を実施する。</p> <p>引き波時の取水ピット水位の低下に対して、非常用海水ポンプの取水可能水位を維持するため、取水口前面の海中に貯留堰を設置する。</p> <p>設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画については、津波による影響等から隔離可能な設計とするため、内郭防護と</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>して、海水ポンプ室に海水ポンプ室ケーブ ル点検口浸水防止蓋並びにタービン建屋又は非常用海水系配管カルバートと隣接する原子炉建屋境界地下階の貫通部に対して止水処置を実施する。さらに、屋外の循環水管の損傷箇所から非常用海水ポンプが設置されている海水ポンプ室への津波の流入を防止するため、海水ポンプ室壁の貫通部に対して止水処置を実施する。</p> <p>地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握するため、津波監視設備として、取水路に潮位計、取水ピットに取水ピット水位計並びに原子炉建屋屋上及び防潮堤上部に津波・構内監視カメラを設置する。</p>
<p>4.2 敷地への浸水防止（外郭防護１）</p> <p>4.2.1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。</p> <p>基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備を設置すること。</p>	<p>4.2 敷地への浸水防止（外郭防護１）</p> <p>4.2.1 遡上波の地上部からの到達、流入の防止</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>「3.2 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域」に示したとおり、基準津波の遡上波が敷地に地上部から到達・流入する可能性があるため、津波防護施設、浸水防止設備の設置により遡上波が到達しないようにする。</p> <p>具体的には、敷地高さ T.P. + 3m, T.P. + 8m, T.P. + 11m, T.P. + 23m, T.P. + 25m に設置されている設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視装置及び非常用取水設備を除く。）を内包する</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>建屋及び区画に対して、基準津波による遡上波が地上部から到達・流入しないことを確認する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 敷地への浸水の可能性のある経路（遡上経路）の特定 (3.2.1)における敷地周辺の遡上の状況、浸水域の分布等を踏まえ、以下を確認する。</p> <p>① 重要な安全機能を有する設備又はそれを内包する建屋の設置位置・高さに、基準津波による遡上波が到達しないこと、または、到達しないよう津波防護施設を設置していること。</p> <p>② 津波防護施設を設置する以外に既存の地山斜面、盛土斜面等の活用の有無。また、活用の際に際して補強等の実施の有無。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 敷地への浸水の可能性のある経路（遡上経路）の特定 (3.2.1)における敷地周辺の遡上の状況、浸水域の分布等を踏まえ、以下を確認している。</p> <p>① 設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する原子炉建屋、タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋並びに設計基準対象施設の津波防護対象設備のうち屋外設備である排気筒が設置されている敷地の高さはT.P.＋8m、軽油貯蔵タンク（地下式）が設置されている敷地の高さはT.P.＋11m、海水ポンプ室が設置されている敷地の高さはT.P.＋3m、非常用海水系配管が設置されている敷地高さはT.P.＋3m～T.P.＋8mであり、津波による遡上波が到達、流入する可能性がある。このため、敷地前面東側においては入力津波高さT.P.＋17.9mに対して天端高さT.P.＋20mの防潮堤及び防潮扉、敷地側面北側においては入力津波高さT.P.＋15.4mに対して天端高さT.P.＋18mの防潮堤、敷地側面南側においては入力津波高さT.P.＋16.6mに対し</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>てT.P. + 18mの防潮堤及び防潮扉を設置することにより，津波は到達，流入しない設計とする。</p> <p>② 遡上波の到達・流入の防止において，既存の地山斜面，盛土斜面等は活用していない。</p>
<p>(2)津波防護施設の位置・仕様を確認する。</p> <p>① 津波防護施設の種類（防潮堤、防潮壁等）及び箇所</p> <p>② 施設ごとの構造形式、形状</p>	<p>(2) 津波防護施設の位置・仕様を確認示す。</p> <p>① 防潮堤</p> <p>津波による遡上波が津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に到達，流入することとを防止し，津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため，敷地を取り囲む形で防潮堤を設置する。</p> <p>防潮堤の構造形式としては，地中連続壁基礎に鋼製の上部工を設置する鋼製防護壁，地中連続壁基礎に鉄筋コンクリート製の上部工を設置する鉄筋コンクリート防潮壁及び基礎となる鋼管杭の上部工部分に鉄筋コンクリートを被覆した鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の3種類からなる。</p> <p>防潮堤のうち鋼製防護壁には，鋼製防護壁と取水構造物の境界からの津波の流入を防止するために，1次止水機構及び2次止水機構を多様化して設置する。なお，主要な構造物の境界部には，想定される</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>荷重の作用及び相対変位を考慮した止水ジョイントを設置し、止水処置を講じる設計とする。防潮扉は、上下スライド式の鋼製扉である。</p> <p>② 防潮扉 防潮堤の道路横断部に防潮扉を設置する。 防潮扉は、上下スライド式の鋼製扉である。</p> <p>③ 貯留堰 基準津波による取水ピット内水位低下時に、非常用海水ポンプの取水可能水位を下回ることのない設計とするため、非常用海水ポンプの継続運転が十分可能となるよう、取水口前面に貯留堰を設置する。</p>
<p>(3) 津波防護施設における浸水防止設備の設置の方針に 関して、以下を確認する。</p> <p>① 要求事項に適合するよう、特定した遡上経路に浸水防止設備を設置する方針であること。</p> <p>② 止水対策を実施する予定の部位が列記されていること。以下、例示。</p> <p>a) 電路及び電線管貫通部、並びに電気ボックス等における電線管内処理</p> <p>b) 躯体開口部（扉、排水口等）</p>	<p>(3) 敷地への津波流入については、防潮堤及び防潮扉下部貫通部からの流入の可能性がある。</p> <p>特定した流入経路から、津波が流入することを防止するため、防潮堤及び防潮扉下部貫通部に対して止水処置を実施する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>4.2.2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通部等）を特定すること。</p> <p>特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止すること。</p>	<p>4.2.2 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通部等）を特定する。</p> <p>特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1)敷地への海水流入の可能性のある経路（流入経路）の特定</p> <p>以下のような経路（例示）からの津波の流入の可能性を検討し、流入経路を特定していることを確認する。</p> <p>①海域に連接する水路から建屋、土木構造物地下部へのパイパス経路（水路周辺のトレンチ開口部等）</p> <p>②津波防護施設（防潮堤、防潮壁）及び敷地の外側から内側（地上部、建屋、土木構造物地下部）へのパイパス経路（排水管、道路、アクセス通路等）</p> <p>③敷地前面の沖合から埋設管路により取水する場合の敷地内の取水路点検口及び外部に露出した取水ピット等（沈砂池を含む）</p> <p>④海域への排水管等</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 敷地への津波流入については、取水路、放水路、S A 用海水ピット、緊急用海水系の取水経路及び構内排水路からの流入の可能性がある。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>(2) 特定した流入経路における津波防護施設の配置・仕様を確認する。</p> <p>① 津波防護施設の種類（防潮壁等）及び箇所</p> <p>② 施設ごとの構造形式、形状</p>	<p>(2) 特定した流入経路における津波防護施設の配置・仕様を以下に示す。</p> <p>① 放水路ゲート</p> <p>津波が放水路から津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入することを防止し，津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）が機能喪失することのない設計とするため，放水路に放水路ゲートを設置する。</p> <p>放水路ゲートは，扉体，戸当たり，駆動装置等で構成され，発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合に遠隔閉止することにより津波の遡上を防止する設計とする。放水路ゲートは，敷地への遡上のおそれのある津波襲来前に遠隔閉止を確実に実施するために重要安全施設（MS-1）として設計する。</p> <p>② 構内排水路逆流防止設備</p> <p>津波が構内排水路から津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入すること防止し，津波防護対象設備（津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備及び非常用取水設備を除く）を防止する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	く。)が機能喪失しない設計とするため、構内排水路逆流防止設備を設置する。
<p>(3) 特定した流入経路における浸水防止設備の設置の方針に関して、以下を確認する。</p> <p>① 要求事項に適合するよう、特定した流入経路に浸水防止設備を設置する方針であること。</p> <p>② 浸水防止設備の設置予定の部位が列記されていること。以下、例示。</p> <p>a) 配管貫通部</p> <p>b) 電路及び電線管貫通部、並びに電気ボックス等における電線管内処理</p> <p>c) 空調ダクト貫通部</p> <p>d) 躯体開口部（扉、排水口等）</p>	<p>(3) 特定した流入経路における浸水防止設備の設置の方針に関して、以下に示す。</p> <p>① 浸水防止設備として、取水路に取水路点検用開口部浸水防止蓋、海水ポンプ室に海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁、循環水ポンプ室に取水ピット空気抜き配管逆止弁、放水路に放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋、S A用海水ピットにS A用海水ピット開口部浸水防止蓋並びに緊急用海水ポンプピットに緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋、緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁及び緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁を設置する。</p>
<p>4.3 漏水による重要な安全機能への影響防止 （外郭防護2）</p> <p>4.3.1 漏水対策</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること。</p> <p>漏水が継続することによる浸水の範囲を想定（以下「浸水</p>	<p>4.3 漏水による重要な安全機能への影響防止 （外郭防護2）</p> <p>4.3.1 漏水対策</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討する。</p> <p>漏水が継続する場合は、浸水想定範囲を明確にし、浸</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>想定範囲」という。) すること。</p> <p>浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定すること。</p> <p>特定した経路、浸水口に対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定すること。</p>	<p>浸水想定範囲の境界において浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定する。また、浸水想定範囲がある場合は、浸水の可能性のある経路、浸水口に対して浸水対策を施すことにより浸水範囲を限定する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 要求事項に適合する方針であることを確認する。なお、後段規制（工事計画認可）においては、浸水想定範囲、浸水経路・浸水口・浸水量及び浸水防止設備の仕様について、確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設及び地下部等における漏水の可能性を検討した結果、外郭防護 1 での浸水対策の実施により、津波の流入防止が可能と考えるが、重要な安全機能を有する設備である非常用海水ポンプが設置されている海水ポンプ室については、基準津波が取水路を経て取水ピットから流入する可能性があるため、漏水が継続することによる浸水の範囲（以下「浸水想定範囲」という。）として想定する。</p> <p>浸水想定範囲への浸水の可能性がある経路として、海水ポンプ室の床に海水ポンプのグラウンドドレンを排水する排出口があるため、浸水防止設備として海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁を設置する。海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁は、漏水により津波の浸水経路となる可能性があるため、浸水想定範囲の浸水量評価において考慮する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>4.3.2 安全機能への影響確認</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は、防水区画化すること。必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。</p>	<p>4.3.2 安全機能への影響確認</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>浸水想定範囲が存在する場合、その周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は、防水区画化する。必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 要求事項に適合する影響確認の方針であることを確認する。なお、後段規制（工事計画認可）においては、浸水想定範囲、浸水経路・浸水口・浸水量及び浸水防止設備の仕様を確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 海水ポンプ室には、重要な安全機能を有する屋外設備である非常用海水ポンプが設置されているため、海水ポンプ室を防水区画化する。</p> <p>防水区画化した海水ポンプ室の海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁については、漏水が発生する可能性があるため、浸水量を評価し、安全機能への影響がないことを確認する。</p>
<p>4.3.3 排水設備設置の検討</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置すること。</p>	<p>4.3.3 排水設備設置の検討</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>浸水想定範囲における長期間の冠水が想定される場合は、排水設備を設置する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 要求事項に適合する方針であることを確認する。なお、後段規制（工事計画認可）においては、浸水想定</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 「4.3.2 安全機能への影響確認」において浸水想定範囲である海水ポンプ室において、長期間冠水するこ</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>範囲における排水設備の必要性、設置する場合の設備仕様について確認する。</p>	<p>とが想定される場合は、排水設備を設置する。</p>
<p>4.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）</p> <p>4.4.1 浸水防護重点化範囲の設定</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化すること。</p>	<p>4.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）</p> <p>4.4.1 浸水防護重点化範囲の設定</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画については、浸水防護重点化範囲として明確化する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 重要な安全機能を有する設備等（耐震Sクラスの機器・配管系）のうち、基本設計段階において位置が明示されているものについては、それらの設備等を内包する建屋、区画が津波防護重点範囲として設定されていることを確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 浸水防護重点化範囲として、原子炉建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、海水ポンプ室、軽油貯蔵タンク及び非常用海水系配管を設定する。</p>
<p>(2) 基本設計段階において全ての設備等の位置が明示されているわけではないため、工事計画認可の段階において津波防護重点化範囲を再確認する必要がある。したがって、基本設計段階において位置が確定していない設備等に対しては、内包する建屋及び区画単位で津波防護重点化範囲を工認段階で設定することが方針として明記されていることを確認する。</p>	<p>(2)－</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>4.4.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量を安全側に想定すること。</p> <p>浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。</p>	<p>4.4.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量を想定する。</p> <p>浸水範囲、浸水量の想定に基づき、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を実施する。</p> <p>津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量については、地震による溢水の影響も含めて、以下の方針により安全側の想定を実施する。</p> <p>(1) 地震・津波による建屋内の循環水等の機器・配管の損傷による建屋内への津波及び系統設備保有水の溢水、下位クラス建屋における地震時のドレン系ポンプの停止による地下水の流入等の事象を考慮する。</p> <p>(2) 地震・津波による屋外循環水系配管や敷地内のタンク等の損傷による敷地内への津波及び系統保有水の溢水等の事象を考慮する。</p> <p>(3) 循環水系機器・配管等損傷による津波浸水量については、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰返し襲来を考慮する。</p> <p>(4) 配管・機器等の損傷による溢水量については、内部溢水における溢水事象想定を考慮して算出する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>(5) 地下水の流入量は、対象建屋周辺のドレン系による排水量の実績値に基づき、安全側の仮定条件で算定する。</p> <p>(6) 施設・設備施工上生じうる隙間部等がある場合には、当該部からの溢水も考慮する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 要求事項に適合する方針であることを確認する。なお、後段規制（工事計画認可）においては、浸水範囲、浸水量の想定、浸水防護重点化範囲への浸水経路・浸水口及び浸水防止設備の仕様について、確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量については、以下のとおり地震による溢水の影響も含めて確認を行い、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口を特定し、浸水対策を実施する。具体的には、タービン建屋から浸水防護重点化範囲（原子炉建屋）への地震による循環水系配管の損傷箇所からの津波の流入等を防止するため、タービン建屋と隣接する原子炉建屋の地下階の貫通部に対して止水処置を実施する。屋外の循環水系配管の損傷箇所から海水ポンプ室への津波の流入を防止するため、海水ポンプ室貫通部止水処置を実施する。また、屋外の非常用海水系配管（戻り管）の破損箇所から津波の流入を防止するため、貫通部止水処置に加えて、海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の設置を実施する。</p> <p>(2) 浸水範囲、浸水量の評価については、以下のとおり安全側の想定を実施する。</p>
<p>(2) 津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量については、地震による溢水の影響も含めて、以下の例のよう</p>	

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>に安全側の想定を実施する方針であることを確認する。</p> <p>①地震・津波による建屋内の循環水系等の機器・配管の損傷による建屋内への津波及び系統設備保有水の溢水、下位クラス建屋における地震時のドレン系ポンプの停止による地下水の流入等の事象が想定されていること。</p> <p>②地震・津波による屋外循環水系配管や敷地内のタンク等の損傷による敷地内への津波及び系統設備保有水の溢水等の事象が想定されていること。</p> <p>③循環水系機器・配管損傷による津波浸水量については、入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの来襲が考慮されていること。</p> <p>④機器・配管等の損傷による溢水量については、内部溢水における溢水事象想定を考慮して算定していること。</p> <p>⑤地下水の流入量については、例えば、ドレン系が停止した状態での地下水位を安全側（高め）に設定した上で、当該地下水位まで地下水の流入を考慮するか、又は対象建屋周辺のドレン系による1日当たりの排水量の実績値に対して、外部の支援を期待しない約7日間の積算値を採用する等、安全側の仮定条件で算定していること。</p>	<p>a. 建屋内の機器・配管の損傷による津波、溢水等の事象想定</p> <p>タービン建屋における溢水については、循環水系配管の伸縮継手の全円周状の破損（リング状破損）並びに地震に起因する耐震Bクラス及びCクラス機器の破損を想定し、地震加速度大による原子炉スクラム及びタービン建屋復水器エリアの漏えい信号で作動するインターロックによる循環水ポンプの停止及び復水器水室出入口弁の閉止までの間に生じる溢水量と、溢水源となり得る機器の保有水による溢水量及び循環水系配管の破損箇所からの津波の流入量を合算した水量が、タービン建屋空間部に滞留するものとして溢水水位を算出する。なお、インターロックにより復水器水室出入口弁を閉止することにより津波の流入を防止できるため、津波の流入は考慮しない。</p> <p>b. 屋外配管やタンク等の損傷による津波、溢水等の事象想定</p> <p>循環水系配管の屋外における溢水については、循環水系配管の伸縮継手の全円周状の破損（リング状破損）を想定し、循環水ポンプ吐出による溢水が循環水ポンプ室へ流入して滞留する水量を算出し、隣接する浸水防護重点化範囲に浸水しないことを確</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>⑥施設・設備施工上生じうる隙間部等についても留意し、必要に応じて考慮すること。</p>	<p>認する。なお、インターロックにより循環水ポンプ出口弁及び復水器水室出入口弁を閉止することにより津波の流入を防止できるため、津波の流入は考慮しない。</p> <p>屋外における非常用海水系配管（戻り管）からの溢水については、非常用海水ポンプの全台運転を想定し、その定格流量が溢水し、設計基準対象施設の津波防護対象設備（津波防護施設、浸水防護設備、津波監視設備及び非常用取水設備を除く。）の設置された敷地に流入したときの浸水防護重点化範囲への影響を確認する。なお、津波の襲来前に放水路ゲートを閉止することから、非常用海水系配管（戻り管）の放水ラインの放水路側からの津波の流入は防止できるため、津波の流入は考慮しない。</p> <p>屋外タンクの損傷による溢水は、原子炉建屋境界貫通部及び海水ポンプ室貫通部に止水処置をするため、浸水防護重点化範囲の建屋又は区域に流入することはしない。</p> <p>c. 循環水系及び非常用海水系の機器・配管損傷による津波浸水量の考慮</p> <p>上記 a. 及び b のとおり、循環水系配管の損傷に對して、津波が襲来する前に循環水ポンプを停止し、復水器出入口弁及び循環水ポンプ出口弁を閉止</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>するインターロックを設け、津波を流入させない設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。また、上記b.のとおり、非常用海水系配管（戻り管）の損傷に対して、津波が襲来する前に放水路ゲートを閉止し、放水ラインの放水路側からの津波の流入を防止する設計とすることから、津波の浸水量は考慮しない。</p> <p>d. 機器・配管等の損傷による内部溢水の考慮 機器・配管等の損傷による浸水範囲、浸水量については、損傷箇所を介したタービン建屋への津波の流入、内部溢水等の事象想定も考慮して算定する。</p> <p>e. 地下水の溢水影響の考慮 地下水の流入については、複数のサブドレンピット及び排水ポンプにより排水することができると、排水ポンプ停止に伴う地下水位上昇を想定しても建屋地下部貫通部の止水処置を行い、浸水防護重点化範囲への浸水を防止する設計とする。</p> <p>f. 施設・設備施工上生じうる隙間部等についての考慮 津波及び溢水により浸水を想定するタービン建屋と原子炉建屋地下部の境界において、施工上生じうる建屋間の隙間部には、止水処置を行い、浸水防護重点化範囲への浸水を防止する設計とする。また</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>た、津波及び溢水により浸水を想定する循環水ポンプ室と隣接する海水ポンプ室の貫通部の隙間部には、止水処置を行い、浸水防護重点化範囲への浸水を防止する設計とする。</p>
<p>4.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止</p> <p>4.5.1 非常用海水冷却系の取水性</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>非常用海水冷却系の取水性については、次に示す方針を満足すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> 基準津波による水位の低下に対して海水ポンプが保持できる設計であること。 基準津波による水位の低下に対して冷却に必要な海水が確保できる設計であること。 	<p>4.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止</p> <p>4.5.1 非常用海水冷却系の取水性</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>基準津波の水位の低下に対して、非常用海水ポンプが機能保持できる設計であることを確認する。また、基準津波による水位の低下に対して、冷却に必要な海水が確保できる設計であることを確認する。</p> <p>具体的には、以下のとおり実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 非常用海水ポンプ位置の評価水位の算定を適切に行うため、取水路の特性に応じた手法を用いる。また、取水路の管路の形状や材質、表面の状況に応じた摩擦損失を設定する。 非常用海水ポンプの取水可能水位が下降側評価水位を下回る等、水位低下に対して非常用海水ポンプが機能保持できる設計となっていることを確認する。 引き波時に水位が実際の取水可能水位を下回る場合には、下回っている時間において、非常用海水ポンプ

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>ポンプの継続運転が可能で十分な貯留量を十分確保できる設計となっていることを確認する。なお、取水路又は取水ピットが循環水系を含む状況系と非常用系で併用されているため、循環水系を含む非常用系ポンプ運転継続等による貯留量の喪失を防止できる設計とする。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 取水路の特性を考慮した海水ポンプ位置の評価水位が適切に算定されていることを確認する。確認のポイントは以下のとおり。</p> <p>① 取水路の特性に応じた手法が用いられていること。 (開水路、閉管路の方程式)</p> <p>② 取水路の管路の形状や材質、表面の状況に応じた摩擦損失が設定されていること。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 取水路の特性を考慮した海水ポンプ位置の評価水位が適切に算定されている。</p> <p>① 基準津波による水位の低下に伴う取水路から取水ピットの特性を考慮した非常用海水ポンプ位置の評価水位を適切に算出するため、管路において運動方程式及び連続式を用いて解析を実施する。</p> <p>② 貯留堰がない状態で、取水口、取水路及び取水ピットに至る経路をモデル化し、粗度係数、貝代及びスクリーン損失を考慮するとともに、防波堤の有無及び潮位のばらつきを加算による安全側に評価した値を用いる等、計算結果の不確実性を考慮した評価を実施する。</p>
<p>(2) 前述（3.4(4)）のとおり地殻変動量を安全側に考慮して、水位低下に対する耐性（海水ポンプの仕様、取水口の仕様、取水路又は取水ピットの仕様等）について、以下を確認する。</p>	<p>(2) 前述（3.4(4)）のとおり地殻変動量を安全側に考慮して、水位低下に対する耐性（海水ポンプの仕様、取水口の仕様、取水路又は取水ピットの仕様等）について、以下を確認している。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>①海水ポンプの設計用の取水可能水位が下降側評価水位を下回る等、水位低下に対して海水ポンプが機能保持できる設計方針であること。</p> <p>②引き波時の水位が実際の取水可能水位を下回る場合には、下回っている時間において、海水ポンプの継続運転が可能なた水量を十分確保できる取水路又は取水ピットの構造仕様、設計方針であること。</p> <p>なお、取水路又は取水ピットが循環水系と非常系で併用される場合には、循環水系運転継続等による取水量の喪失を防止できる措置が施される方針であること。</p>	<p>① 基準津波による下降側水位はT.P.－5.64mとなった。この水位に下降側の潮位のばらつき0.16mと数値計算上の不確かさを考慮したT.P.－6.0mを評価水位とする。評価水位は、非常用海水ポンプの取水可能水位T.P.－5.66mを下回る。</p> <p>② このため、津波防護施設として取水口前面の海中に天端高さT.P.－4.9mの貯留堰を設置すること、水位低下における非常用海水ポンプの取水性は保持できる。なお、取水ピットは循環水ポンプを含む非常用海水ポンプが併用されているため、発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、引き波時における非常用海水ポンプ取水位置での水位低下量を抑制するため、循環水ポンプを含む非常用海水ポンプは停止する運用とする。</p>
<p>4.5.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積が適切に評価されていること。</p> <p>基準津波に伴う取水口付近の漂流物が適切に評価されていること。</p> <p>非常用海水冷却系については、次に示す方針を満足すること。</p>	<p>4.5.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積を適切に評価し、取水口及び取水路の通水性が確保されていることを確認する。</p> <p>また、非常用海水ポンプについては、基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積、陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<ul style="list-style-type: none"> ・基準津波による水位変動に伴う海底の砂移動・堆積、陸上斜面崩壊による土砂移動・堆積及び漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であること。 ・基準津波による水位変動に伴う浮遊砂等の混入に対して海水ポンプが機能保持できる設計であること。 	<p>の通水性は確保できることを確認し、浮遊砂等の混入に対して非常用海水ポンプは機能保持できる設計であることを確認する。</p> <p>具体的には、以下のとおり確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 遡上解析結果における取水口付近の砂の堆積状況に基づき、砂の堆積高さが取水口下端に到達しないことを確認する。取水口下端に到達する場合は、取水口及び取水路が閉塞する可能性を安全側に検討し、閉塞しないことを確認する。 ・ 混入した浮遊砂は、取水スクリーン等で除去することが困難であるため、非常用海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着しにくい仕様であることを確認する。また、軸受への浮遊砂の混入に対し、耐摩耗性を有する軸受であることを確認する。 ・ 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については、遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向、速度の変化を分析した上で、漂流物の可能性を検討し、漂流物により取水口が閉塞しないことを確認する。また、スクリーン自体が漂流物となる可能性がないか確認する。

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積については、(3.2.1)の遡上解析結果における取水口付近の砂の堆積状況に基づき、砂の堆積高さが取水口下端に到達しないことを確認する。取水口下端に到達する場合は、取水口及び取水路が閉塞する可能性を安全側に検討し、閉塞しないことを確認する。「安全側」な検討とは、浮遊砂濃度を合理的な範囲で高めてパラメータをディすることによって、取水口付近の堆積高さを高め、また、取水路における堆積砂混入量、堆積量を大きめに算定すること等が考えられる。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 取水口前面の海底面は T.P. - 6.89m であるのに対し、取水口の底面は T.P. - 6.04m と海底面より、約 0.85m 高い位置に取水口の底面がある。また、取水ピットの底面は取水路の底面から 1.8m 低く T.P. - 7.85m であり、非常用海水ポンプの吸込み下端から取水路底面までは約 1.3m の距離がある。また、取水口の呑口は 8 口からなり、1 口当たりの寸法は [] となる。</p> <p>砂移動に関する数値シミュレーションの結果は、取水口前面における砂堆積厚さは水位上昇側及び下降側において 0.36m であり、砂の堆積によって、取水口が閉塞することはない。また、取水ピットにおける砂堆積厚さは 0.028m であり、非常用海水ポンプへの影響はなく機能は保持できる。</p>
<p>(2) 混入した浮遊砂は、取水スクリーン等で除去することが困難なため、海水ポンプそのものが運転時の砂の混入に対して軸固着しにくい仕様であることを確認する。</p>	<p>(2) 非常用海水ポンプ取水時に浮遊砂の一部が軸受潤滑水としてポンプ軸受に混入したとしても、非常用海水ポンプの軸受に設けられた約 3.7mm の異物逃し溝から排出される構造とする。</p> <p>これに対して発電所周辺の砂の平均粒径は 0.15mm (底質調査) で、数ミリメートル以上の砂はごくわずかであることに加えて、粒径数ミリメートル以上の砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>径の砂はほとんど混入しないと考えられ、砂混入に対して非常用海水ポンプの取水性は保持できる。</p>
<p>(3) 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については、 (3.2.1)の遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向、速度の変化を分析した上で、漂流物の可能性を検討し、漂流物により取水口が閉塞しない仕様の方針であること、又は閉塞防止措置を施す方針であることを確認する。 なお、取水スクリーンについては、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時には破損して混入防止が機能しないだけでなく、それ自体が漂流物となる可能性が有ることに留意する必要がある。</p>	<p>(3) 発電所敷地内で漂流する可能性があるものとして、鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁（コンクリート片）、鉄骨造建物の外装板、フェンス、空調室外機、車両、浚渫用の作業台船等があり、取水口に向かう可能性は否定できないが、漂流物の形状及び堆積状況を考慮すると取水口の呑口全てを完全に閉塞させることはなく、取水性への影響はない。また、貯留堰内に堆積することは考え難いが、堆積することを想定した場合においても、引き波時の取水性への影響はない。なお、敷地内の物揚岸壁に停泊する燃料等輸送船は、津波警報等発表時には緊急退避するため、漂流物とはならない。</p> <p>発電所敷地外で漂流する可能性があるものとして、鉄筋コンクリート造建物のコンクリート壁（コンクリート片）、鉄骨造建物の外装板、家屋、倉庫、フェンス、タンク、防砂林等があるが、設置位置及び流向を考慮すると取水口へは向かわないため、取水性への影響はない。なお、これらの漂流する可能性のあるものが取水口に向かうことを想定した場合においても、すべてのもものが取水口前面に到達する可能性は低いと考えられ、漂流物の形状及び堆積状況を考慮すると取水口</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>の呑口全てを完全に閉塞させることはなく、取水性への影響はない。貯留堰内に堆積することは考え難いが、堆積することを想定した場合においても、引き波時の取水性への影響はない。また、発電所近傍で操業する漁船が航行不能になった場合については、取水口に向かう可能性は否定できないが、取水口の呑口全てを閉塞させることはなく、取水性への影響はない。</p> <p>発電所前面を通過する定期船に関しては、発電所から半径 5km 以内に航路はないことから、発電所に対する漂流物とはならない。</p> <p>なお、取水口に向かう可能性のある漂流物については、津波防護施設及び浸水防止設備に衝突する可能性があるため、最も重量が大きい漂流物が作業台船（約 44t）となることから、重量 50t の漂流物を衝突荷重において考慮し評価する。</p> <p>除塵装置である回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンについては、基準津波の流速に対し、十分な強度を有していることから、損傷することはないと漂流物とはならないことから、取水性に影響を及ぼすことではないことを確認している。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>4.6 津波監視</p> <p>【基準における要求事項等】</p> <p>敷地への津波の繰り返しの襲来を察知し、津波防護施設、浸水防止設備の機能を確実に確保するために、津波監視設備を設置すること。</p>	<p>4.6 津波監視</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>敷地への津波の繰返しの襲来を察知し、津波防護施設及び浸水防止設備の機能、取水口及び放水口を含む敷地東側の沿岸域、並びに敷地内外の状況を監視するため、津波監視設備として、津波・構内監視カメラ、取水ピット水位計及び潮位計を基準津波の影響を受けにくい位置に設置する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 要求事項に適合する方針であることを確認する。また、設置の概要として、おおよその位置と監視設備の方式等について把握する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 敷地への津波の繰返しの襲来を察知し、津波防護施設、浸水防止設備の機能を確実にするために、津波監視設備を設置する。津波監視設備としては、津波・構内監視カメラ、取水ピット水位計及び潮位計を設置する。津波・構内監視カメラは地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握するため、津波及び漂流物の影響を受けない防潮堤内側の原子炉建屋の屋上及び防潮堤の上部に設置し、津波監視機能が十分に保持できる設計とする。取水ピット水位計は、非常用海水ポンプの取水性を確保するために、基準津波の下降側の取水ピット水位の監視を目的に、津波及び漂流物の影響を受けにくい防潮堤内側の取水ピットに設置し、津波監視機能が十分に保持できる設計と</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>する。潮位計は、津波の上昇側の水位監視を目的に、津波及び漂流物の影響を受けにくい取水口入口近傍の取水路側壁に設置し、津波監視機能が十分に保持できる設計とする。</p>
<p>5. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件</p> <p>5.1 津波防護施設の設計</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性に十分に対する津波防護機能が十分に保持できるような設計すること。</p>	<p>5. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件</p> <p>5.1 津波防護施設の設計</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>津波防護施設（防潮堤・防潮扉、放水路ゲート、構内排水路逆流防止設備及び貯留堰）については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるように設計する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>なお、後段規制（工事計画認可）においては、施設の寸法、構造、強度及び支持性能（地盤強度、地盤安定性）が要求事項に適合するものであることを確認する。</p>	<p>【確認状況】</p> <p>(1) 津波防護施設（防潮堤及び防潮扉、放水路ゲート、構内排水路逆流防止設備並びに貯留堰）については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	波防護機能が十分に保持できる設計とする。
<p>(2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。</p> <p>①荷重組合せ</p> <p>a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ：常時＋津波、常時＋津波＋地震（余震）</p> <p>②荷重の設定</p> <p>a)津波による荷重（波圧、衝撃力）の設定に関して、考慮する知見（例えば、国交省の暫定指針等）及びそれらの適用性。</p> <p>b)余震による荷重として、サイト特性（余震の震源、ハザード）が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。</p> <p>c)地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。</p> <p>③許容限界</p> <p>a)津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。</p>	<p>(2) 以下の項目について、設定の考え方を示す。</p> <p>① 荷重組合せ</p> <p>a) 防潮堤及び防潮扉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重＋地震荷重 ・常時荷重＋津波荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重 <p>b) 放水路ゲート</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重＋地震荷重 ・常時荷重＋津波荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 <p>c) 構内排水路逆流防止設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重＋地震荷重 ・常時荷重＋津波荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 <p>d) 貯留堰</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重＋地震荷重 ・常時荷重＋津波荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋漂流物衝突荷重

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>(なお、機能損傷に至った場合、補修に、ある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。)</p>	<p>② 荷重の設定</p> <p>a) 防潮堤及び防潮扉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時荷重 ・ 自重等を考慮する。 ・ 地震荷重 ・ 基準地震動 S_s を考慮する。 ・ 津波荷重 <p>防潮堤前面東側，敷地側面北側，敷地側面南側の津波荷重を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 余震荷重 <p>弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 漂流物衝突荷重 <p>漂流物となる可能性のある施設・設備として抽出された作業台船44tが最大となることから，50tの漂流物が衝突することを考慮し，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」に基づき設定する。</p> <p>b) 放水路ゲート</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時荷重 ・ 自重等を考慮する。 ・ 地震荷重 <p>基準地震動 S_s を考慮する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<ul style="list-style-type: none"> ・津波荷重 <p>放水路における入力津波高さT.P. + 19.2mに，参照する裕度 + 0.65mを含めても，十分な裕度のある津波荷重水位T.P. + 22.0mを考慮する。</p> ・余震荷重 <p>弾性設計用地震動$S_d - D1$を考慮する。</p> <p>c) 構内排水路逆流防止設備</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重 <p>自重等を考慮する。</p> ・地震荷重 <p>基準地震動S_sを考慮する。</p> ・津波荷重 <p>防潮堤前面（敷地前面東側）における入力津波高さT.P. + 19.2mに，参照する裕度 + 0.65mを含めても，十分な裕度のある津波荷重水位T.P. + 20.0mを考慮する。津波波力は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説」により設定する。</p> ・余震荷重 <p>弾性設計用地震動$S_d - D1$を考慮する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>d) 貯留堰</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時荷重 自重等を考慮する。 ・ 地震荷重 基準地震動 S_s を考慮する。 ・ 津波荷重 防潮堤前面（敷地前面東側）における入力津波高さ $T.P. + 19.2m$ に，参照する裕度 $+0.65m$ を含めても，十分な裕度のある津波荷重水位 $T.P. + 20.0m$ を考慮する。津波波力は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説」により設定する。 ・ 余震荷重 弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を考慮する。 ・ 漂流物衝突荷重 漂流物となる可能性のある施設・設備として抽出された作業台船44tが最大となることから，50tの漂流物が衝突することを考慮し，「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説」に基づき設定する。 <p>③ 許容限界 津波防護に対する機能限界保持として，地震後，津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し，止</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>水性の面も踏まえることにより，当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう，鋼製する部材が弾性状態に収まることを基本として，津波防護機能を保持することを確認する。</p>
<p>5.2 浸水防止設備の設計</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>浸水防止設備については、浸水想定範囲における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計すること。</p>	<p>5.2 浸水防止設備の設計</p> <p>【要求事項等への対応方針】</p> <p>浸水防止設備（取水路点検用開口部浸水防止蓋，海水ポンプグラブドレン排出口逆止弁，取水ピット空気抜き配管逆止弁，放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋，SA用海水ピット開口部浸水防止蓋，緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋，緊急用海水ポンプグラブドレン排出口逆止弁，緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁，海水ポンプ室ケーブール点検口浸水防止蓋及び貫通部止水処置）については，基準地震動S_sによる地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できようよう設計する。また，浸水想定範囲における浸水時及び冠水後の波圧等に対する耐性等を評価し，越流時の耐性にも配慮した上で，入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できよう設計する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>なお、後段規制（工事計画認可）においては、設備の</p>	<p>以下に浸水防止設備について荷重の組合せ，荷重の設定及び許容限界について考え方を示す。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>寸法、構造、強度等が要求事項に適合するものであることを確認する。</p>	<p>a. 荷重の組合せ</p> <p>常時荷重，津波荷重及び地震荷重を適切に組合せる。</p>
<p>(2)浸水防止設備のうち水密扉等、後段規制において強度の確認を要する設備については、設計方針の確認に加え、入力津波に対して浸水防止機能が十分保持できる設計がなされることがの見過しを得るため、津波防護施設と同様に、荷重組合せ、荷重の設定及び許容限界（当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有し、かつ浸水防止機能を保持すること）の項目についての考え方を確認する。</p>	<p>風荷重は，竜巻による風荷重又は竜巻以外の風荷重として「建築基準法（建設告示第1454号）」に基づく立地地域（東海村）の基準風速による風荷重を考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重＋地震荷重 ・常時荷重＋津波荷重 ・常時荷重＋津波荷重＋余震荷重
<p>(3)浸水防止設備のうち床・壁貫通部の止水対策等、後段規制において仕様（施工方法を含む）の確認を要する設備については、荷重の設定と荷重に対する性能確保についてのの方針を確認する。</p>	<p>b. 荷重の設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・常時荷重 <ul style="list-style-type: none"> 自重等を考慮する。 ・地震荷重 <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動 S_s を考慮する。 ・津波荷重 <ul style="list-style-type: none"> 各設備の荷重水位を考慮する。 ・余震荷重 <ul style="list-style-type: none"> 弾性設計用地震動 $S_d - D1$ を考慮する。

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>c. 許容限界</p> <p>津波防護に対する機能限界保持として、地震後、津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し、止水性の面も踏まえることにより、当該構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、鋼製する部材が弾性状態に収まることを基本として、浸水防止機能を保持することを確認する。</p>
<p>5.3 津波監視設備の設計</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。</p>	<p>5.3 津波監視設備の設計</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波監視設備については、津波の影響（波力、漂流物の衝突等）に対して、影響を受けにくい位置への設置、影響の防止策・緩和策等を検討し、入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計すること。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) (3.2.1)の遡上解析結果に基づき、津波影響を受けにくい位置、及び津波影響を受けにくい建屋・区画・囲い等の内部に設置されることを確認する。</p>	<p>津波監視設備は、津波の影響を受けない原子炉建屋屋上 T.P. 約 + 64m 及び防潮堤上部 T.P. 約 + 18 ～ 約 + 20m に設置する。</p>
<p>(2) 要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>なお、後段規制（工事計画認可）においては、設備の位置、構造（耐水性を含む）、地震荷重・風荷重との組合せを考慮した強度等が要求事項に適合するものであることを確認する。</p>	<p>以下に津波監視設備について荷重の組合せ、荷重の設定及び許容限界について考え方を示す。</p> <p>a. 荷重の組合せ</p> <p>常時荷重、津波荷重及び地震荷重を適切に組合せる。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
	<p>風荷重は、竜巻による風荷重又は竜巻以外の風荷重として「建築基準法（建設告示第1454号）」に基づく立地地域（東海村）の基準風速による風荷重を考慮する。ただし、竜巻による風荷重については、「第6条外部からの衝撃による損傷の防止」において竜巻防護施設に該当する施設・設備について考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時荷重＋地震荷重 <p>b. 荷重の設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常時荷重 <ul style="list-style-type: none"> 自重等を考慮する。 ・ 地震荷重 <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動 S_s を考慮する。 <p>c. 許容限界</p> <p>津波監視設備に対する機能限界保持として、地震後の変形能力に対して十分な余裕を有するよう、鋼製する部材が弾性状態に収まることを基本として、浸水防止機能を保持することを確認する。</p>
<p>5.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項</p> <p>5.4.1 津波防護施設、浸水防止設備等の設計における検討事項</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p>	<p>5.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項</p> <p>5.4.1 津波防護施設、浸水防止設備等の設計における検討事項</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>津波防護施設、浸水防止設備の設計及び漂流物に係る措置に当たっては、次に示す方針（津波荷重の設定、余震荷重の考慮、津波の繰り返し作用の考慮）を満足すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各施設・設備等の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）について、入力津波から十分な余裕を考慮して設定すること。 ・サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討すること。 ・余震発生の可能性に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること。 ・入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの襲来による作用が津波防護機能、浸水防止機能へ及ぼす影響について検討すること。 	<p>津波防護施設、浸水防止設備の設計及び漂流物に係る措置に当たり、次に示す方針を満足していることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）について、入力津波から十分な余裕を考慮して設定する。 ・サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討する。 ・余震発生の可能性に応じて、余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮する。 ・入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰返しとの襲来による作用が津波防護機能、浸水防止機能へ及ぼす影響について検討すること。
<p>【確認内容】</p> <p>(1)津波荷重の設定、余震荷重の考慮、津波の繰り返し作用の考慮のそれぞれについて、要求事項に適合する方針であることを確認する。以下に具体的な方針を例示する。</p> <p>①津波荷重の設定については、以下の不確かさを考慮する方針であること。</p> <p>a)入力津波が有する数値計算上の不確かさ</p> <p>b)各施設・設備等の機能損傷モードに対応した荷重</p>	<p>【確認状況】</p> <p>津波荷重の設定、余震荷重の考慮及び津波の繰返し作用の考慮について、以下に示す。</p> <p>① 津波荷重の設定</p> <p>津波荷重の設定については、以下の不確かさを考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・入力津波の数値計算上の不確かさ ・各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重の算定過程に介在する不確かさ

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>の算定過程に介入する不確かさ</p> <p>上記b)の不確かさの考慮に当たっては、例えば抽出した不確かさの要因によるパラメータステディ等により、荷重設置に考慮する余裕の程度を検討する方針であること。</p> <p>②余震荷重の考慮については、基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震（地震）について、そのハザードを評価するとともに、基準津波の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯において発生する余震レベルを検討する方針であること。また、当該余震レベルによる地震荷重と基準津波による荷重は、これらの発生確率の推定に幅があることを考慮して安全側に組み合わせる方針であること。</p> <p>③津波の繰り返し作用の考慮については、各施設・設備の入力津波に対する許容限界が当該構造物全体の変形能力（終局耐力時の変形）に対して十分な余裕を有し、かつ津波防護機能・浸水防止機能を保持するとして設定されれば、津波の繰り返し作用による直接的な影響は無いものとみなせるが、漏水、二次的影響（砂移動、漂流物等）による累積的な作用又は経時的な変化が考えられる場合は、時刻歴波形に基づいた、安全性を有する検討方針であること。</p>	<p>② 余震荷重の考慮</p> <p>余震荷重と基準津波の荷重の組合せを考慮すべき施設・設備の設計に当たっては、余震による地震荷重を定義して考慮する。</p> <p>③ 津波の繰返し作用の考慮</p> <p>津波の繰返し作用の考慮については、漏水、二次的影響（砂移動等）による累積的な作用又は経時的な変化が考えられる場合は、時刻歴波形に基づき、安全性を有する検討をしている。具体的には、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積について、基準津波に伴う砂移動の数値シミュレーションにおいて、津波の繰返しの襲来を考慮している。 ・基準津波に伴う取水口付近を含む敷地前面及び敷地近傍の寄せ波及び引き波の方向を分析した上で、漂流物の可能性を検討し、取水口の閉塞するような漂流物は発生しないことを確認している。

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>5.4.2 漂流物による波及的影響の検討</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性について検討すること。</p> <p>上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備に波及的影響を及ぼさないよう、漂流防止装置または津波防護施設・設備への影響防止措置を施すこと。</p>	<p>5.4.2 漂流物による波及的影響の検討</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において、建物・構築物、設置物等が破損、倒壊、漂流する可能性について検討すること。</p> <p>上記の検討の結果、漂流物の可能性がある場合には、津波防護施設である防潮堤、防潮扉、放水路ゲート及び貯留堰に波及的影響を及ぼさないことを確認する。</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1)漂流物による波及的影響の検討方針が、要求事項に適合する方針であることを確認する。</p> <p>(2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見通しを得るため、以下の例のような具体的な方針を確認する。</p> <p>①敷地周辺の遡上解析結果等を踏まえて、敷地周辺の陸域の建物・構築物及び海域の設置物等を網羅的に調査した上で、敷地への津波の襲来経路及び遡上経路並びに津波防護施設の外側の発電所敷地内及び近傍において発生する可能性のある漂流物を特定する方針であること。なお、漂流物の特定に当たっては、地震による損傷が漂流物の発生可能性を高めること</p>	<p>【確認状況】</p> <p>基準津波による遡上域を考慮した場合の漂流物による波及的影響を考慮すべき津波防護施設、浸水防止設備としては、津波防護施設として位置付けて設計を行う防潮堤、防潮扉、放水路ゲート及び貯留堰が挙げられる。</p> <p>①津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認のうち、基準津波に伴う取水口付近の漂流物の漁船（排水トン数 15t）による漂流物荷重を算定した上で、常時荷重、津波荷重、余震荷重及び自然現象による荷重との組合せを適切に考慮し、防潮堤及び防潮扉の津波防護機能、貯留堰の貯水機能に波及的影響を及ぼさないことを確認する。</p>

基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド	東海第二発電所 耐津波設計方針との適合状況
<p>を考慮する方針であること。</p> <p>② 漂流防止装置、影響防止装置は、津波による波力、漂流物の衝突による荷重との組合せを適切に考慮して設計する方針であること。</p>	<p>② —</p>
<p>5.4.3 津波影響軽減施設・設備の扱い</p> <p>【規制基準における要求事項等】</p> <p>津波防護施設・設備の設計において津波影響軽減施設・設備の効果を期待する場合、津波影響軽減施設・設備は、基準津波に対して津波による影響の軽減機能が保持されるよう設計すること。</p> <p>津波影響軽減施設・設備は、次に示す事項を考慮すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地震が津波影響軽減機能に及ぼす影響 ・ 漂流物による波及的影響 ・ 機能損傷モードに対応した荷重について十分な余裕を考慮した設定 ・ 余震による荷重と地震による荷重の荷重組合せ ・ 津波の繰り返し戻りによる作用が津波影響軽減機能に及ぼす影響 	<p>5.4.3 津波影響軽減施設・設備の扱い</p> <p>—</p>
<p>【確認内容】</p> <p>(1) 津波影響軽減施設・設備の効果を期待する場合における当該施設・設備の検討方針が、要求事項に適合する方針であることを確認する。</p>	<p>—</p>

東海第二発電所

外部からの衝撃による損傷の防止

(その他外部事象)

第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止

(その他外部事象)

<目 次>

1. 基本方針
 1. 1 要求事項の整理
 1. 2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性の説明
2. 外部からの衝撃による損傷の防止

別添資料 1 外部事象の考慮について

<概 要>

1. において，設計基準対処設備の設置許可基準規則，技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに，それら要求に対する東海第二発電所における適合性を示す。

2. において，設計基準対処設備について，追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について，設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条において，追加要求事項を明確化する。（表 1）

表 1 設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条 要求事項

設置許可基準規則 第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）	技術基準規則 第 7 条（外部からの衝撃による損傷の防止）	備考
安全施設は、想定される自然事象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。	設計基準対象施設が想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じなければならない。	追加要求事項
2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。		追加要求事項
3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。	2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。 3 航空機の墜落により発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。	追加要求事項

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(3) その他の主要な構造

本発電用原子炉施設は、(1)耐震構造、(2)耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は、発電所敷地で想定される洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮の自然現象（地震及び津波を除く。）又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせる。

また、安全施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害の発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない

設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、飛来物（航空機落下）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地的要因により考慮する必要はない。

自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の組合せについては、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災等を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

【別添資料1（3.2:21～32）（4.1:34～39）】

（a-1）風（台風）

安全施設は、設計基準風速による風荷重に対し、安全施設及び安全施設を内包する建屋の構造健全性の確保若しくは風（台風）による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間で修復等の対応を行

うこと又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-2) 竜巻

安全施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して、その安全機能を損なわない設計とする。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び発電所のプラント配置から想定される竜巻に随伴する事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は、 100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びに安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定する。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性の確保若しくは飛来物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、東海発電所を含む当社敷地内の資機材、車両等については、飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設定する設計飛来物（鋼製材（長さ 4.2m ×幅 0.3m ×高さ 0.2m 、

質量 135kg，飛来時の水平速度 51m/s，飛来時の鉛直速度 34m/s)) より大きなものに対し，固縛，固定又は防護すべき施設からの離隔を実施する。

なお，当社敷地近傍の隣接事業所から，上記の設計飛来物（鋼製材）の運動エネルギー又は貫通力を上回る飛来物が想定される場合は，隣接事業所との合意文書に基づきフェンス等の設置により飛来物となるものを配置できない設計とすること若しくは当該飛来物の衝撃荷重を考慮した設計荷重に対し，当該飛来物が衝突し得る安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性を確保する設計とすること若しくは当該飛来物による安全施設の損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること若しくは安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

(a-3) 凍結

安全施設は，設計基準温度による凍結に対し，安全施設及び安全施設を内包する建屋の構造健全性の確保若しくは凍結を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

(a-4) 降水

安全施設は，設計基準降水量を上回る降水による浸水及び荷重に対し，安全施設及び安全施設を内包する建屋の構造健全性の確保若しくは降水による損傷を考慮して，代替設備に

より必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

(a-5) 積雪

安全施設は，設計基準積雪深による荷重及び閉塞に対し，安全施設及び安全施設を内包する建屋の構造健全性の確保若しくは積雪による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

(a-6) 落雷

安全施設は，設計基準電流値による雷サージに対し，安全機能を損なわない設計とすること若しくは雷サージによる損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

(a-7) 火山の影響

安全施設は，発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚 50cm，粒径 8.0mm 以下，密度 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態）～ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）の降下火砕物に対し，以下のような設計とすることにより降下火砕物による直接的影響に対して機能維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修

復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

- ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること
- ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること
- ・ 換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 水循環系の内部における摩耗並びに換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（摩耗）に対して摩耗しにくい設計とすること
- ・ 構造物の化学的影響（腐食），水循環系の化学的影響（腐食）並びに換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること
- ・ 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室換気系は，降下火砕物が侵入しにくく，さらに外気を遮断できる設計とすること
- ・ 電気系及び計測制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計測制御設備（安全保護系）の設置場所の換気空調設備は，降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のバグフィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは閉回路

循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること

さらに、降下火砕物による間接的影響である 7 日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続できることにより安全機能を損なわない設計とする。

(a-8) 生物学的事象

安全施設は、生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生及び小動物の侵入に対し、その安全機能を損なわない設計とする。

海生生物であるクラゲ等の発生に対しては、クラゲ等を含む塵芥による残留熱除去系海水系等への影響を防止するため、除塵装置及び海水ストレーナを設置し、必要に応じて塵芥を除去すること、小動物の侵入に対しては、屋内設備は、建屋止水処置により、屋外設備は、端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより、安全施設の生物学的事象に対する健全性の確保若しくは生物学的事象による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせること、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-9) 外部火災（森林火災、爆発及び近隣工場等の火災）

安全施設は、想定される外部火災において、最も厳しい火災が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

想定される森林火災の延焼防止を目的として、発電所周辺の植生を確認し、作成した植生データ等を基に求めた最大火線強度（6,278kW/m）から算出される防火帯（約 23m）を敷地内に設ける。

防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とし、防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とする。

また、森林火災による熱影響については、最大火炎輻射強度の影響を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

発電所敷地又はその周辺で想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）として、想定される近隣の産業施設の火災・爆発については、離隔距離の確保により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、想定される発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災及び航空機墜落による火災については、離隔距離を確保すること、その火災による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせること、その安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災による屋外施設への影響については、屋外施設の温度を許容温度以下とすることで安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、外部火災の二次的影響であるばい煙及び有毒ガスによる影響については、換気空調設備等に適切な防護対策を講

じることによって安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

森林火災による津波防護施設への熱影響については、最大火災輻射強度による熱影響を考慮した離隔距離を確保するものとする。なお、津波防護施設と植生の間の離隔距離を確保するために管理が必要となる隣接事業所敷地については、隣接事業所との合意文書に基づき、必要とする植生管理を当社が実施する。

(a-10) 高潮

安全施設は、高潮の影響を受けない敷地高さ（T.P. + 3.3m）以上に設置することで、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-11) 有毒ガス

安全施設は、想定される有毒ガスの発生に対し、中央制御室換気系等により、中央制御室の居住性を損なわない設計とする。

(a-12) 船舶の衝突

安全施設は、航路を通行する船舶の衝突に対し、航路からの離隔距離を確保することにより、安全施設の船舶の衝突に対する健全性の確保若しくは船舶の衝突による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることによって、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-13) 電磁的障害

安全施設は、電磁的障害による擾乱に対し、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部

からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置，鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により，安全施設の電磁的障害に対する健全性の確保若しくは電磁的障害による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで，その安全機能を損なわない設計とする。

(2) 安全設計方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.4 外部からの衝撃による損傷の防止

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については，網羅的に抽出するために，発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず，国内外の基準や文献等に基づき事象を収集し，洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，森林火災等を考慮する。また，これらの自然現象について関連して発生する自然現象も含める。これらの事象について，海外の評価基準を考慮の上，発電所及びその周辺での発生の可能性，安全施設への影響度，発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕及び影響の包絡性の観点から，発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として，洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び高潮を選定する。

安全施設は，これらの自然現象（地震及び津波を除く。）又はその組合せに遭遇した場合において，自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても，安全機能を損なわない設計と

する。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせる。

発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）は、網羅的に抽出するために、発電所敷地又はその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集し、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害等の事象を考慮する。これらの事象について、海外の評価基準を考慮の上、発電所又はその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕及び影響の包絡性の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

安全施設は、これらの発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）のうち、飛来物（航空機落下）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地

的要因により考慮する必要はない。

自然現象、発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の組合せについては、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象及び森林火災を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

【別添資料 1（3.2:21～32）（4.1:34～39）】

1.7 外部からの衝撃による損傷の防止に関する基本方針

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を損なわない設計とする。安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている重要度分類（以下 1.7 では「安全重要度分類」という。）のクラス 1，クラス 2 及びクラス 3 に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で、上記構築物，系統及び機器の中から、発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器として安全重要度分類のクラス 1，クラス 2 及び安全評価上その機能に期待するクラス 3 に属する構築物，系統及び機器を外部事象から防護する対象（以下「外部事象防護対象施設」という。）とし、機械的強度を有すること等により、安全機能を損なわない設計とする。

また、外部事象防護対象施設を内包する建屋（外部事象防護対象施設となる建屋を除く。）は、機械的強度を有すること等により、内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計及び外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。ここで、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて、外部事象防護対象施設等という。

上記に含まれない構築物，系統及び機器は、機能を維持すること若しくは損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることに

より，その安全機能を損なわない設計とする。

1.7.1 風（台風）防護に関する基本方針

建築基準法及び同施行令第87条第2項及び第4項に基づく建設省告示第1454号より設定した設計基準風速（30m／s，地上高10m，10分間平均）の風によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，設計基準風速（30m／s，地上高10m，10分間平均）の風荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，風（台風）により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

タンクについては，消防法（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第4条の19）において，日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m／s，地上高15m）に基づく風荷重に対する設計が現在でも要求されている。

なお，風（台風）に伴う飛来物による影響は，竜巻影響評価にて想定する設計飛来物の影響に包絡される。

ここで，風（台風）に関連して発生する可能性がある自然現象としては，落雷及び高潮が考えられる。落雷については，同時に発生するとしても，個々の事象として考えられる影響と変わらない。高潮については，安全施設は高潮の影響を受けない敷地高さに設置する。

1.7.2 竜巻防護に関する基本方針

1.7.2.1 設計方針【「6条（竜巻）」参照】

1.7.3 凍結防護に関する基本方針

設計基準温度である -12.7°C の低温による凍結によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，屋内設備については換気空調設備により環境温度を維持し，屋外設備については保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，凍結した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.4 降水防護に関する基本方針

森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」等に基づき設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を上回る降水によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を上回る降水による浸水に対し，構内排水路による海域への排水及び浸水防止のための建屋止水処置により，安全機能を損なわない設計とするとともに，外部事象防護対象施設及び機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備は，設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を上回る降水による荷重に対し，排水口及び構内排水路による海域への排水により，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，降水により損傷した場

合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.5 積雪防護に関する基本方針

建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく茨城県建築基準法等施行細則より設定した設計基準積雪量（30cm）の積雪によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（30cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有すること、給排気口を閉塞させないことにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物，系統及び機器は、積雪により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.6 落雷防護に関する基本方針

電気技術指針 J E A G 4608-2007「原子力発電所の耐雷指針」を参照し設定した設計基準電流値（400kA）の落雷によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、雷害防止対策として、原子炉建屋等への避雷針の設置、接地網の敷設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物，系統及び機器は、落雷により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.7 火山防護に関する基本方針

1.7.7.1 設計方針【「6条（火山）」参照】

1.7.8 生物学的事象防護に関する基本方針

生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生及び小動物の侵入によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設及び機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備は、海生生物であるクラゲ等の発生に対して、塵芥による残留熱除去系海水系等への影響を防止するため、除塵装置及び海水ストレーナを設置し、必要に応じて塵芥を除去することにより、安全機能を損なわない設計とする。

小動物の侵入に対しては、屋内設備は建屋止水処置により、屋外設備は端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、生物学的事象により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.9 外部火災防護に関する基本方針

1.7.9.1 設計方針【「6条（外部火災）」参照】

1.7.10 高潮防護に関する基本方針

高潮によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系

統及び機器とする。

その上で、外部事象防護対象施設及び機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備は、高潮の影響を受けない敷地高さ（T.P. +3.3m）以上に設置することで、安全機能を損なわない設計とする。

1.7.11 有毒ガス防護に関する基本方針

有毒ガスの漏えいについては固定施設（石油コンビナート施設等）と可動施設（陸上輸送、海上輸送）からの流出が考えられる。発電所周辺には、以下の交通運輸状況及び産業施設がある。

発電所敷地境界付近には国道245号線があり、発電所に近い鉄道路線には東日本旅客鉄道株式会社常磐線がある。

発電所沖合の航路は、中央制御室からの離隔距離が確保されている。

発電所周辺の石油コンビナート施設については、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート施設は存在しない。なお、発電所に最も近い石油コンビナート地区は南方約50kmの鹿島臨海地区である。

また、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート施設以外の主要な産業施設がある。

これらの主要道路、鉄道路線、定期航路及び石油コンビナート施設は、発電所から離隔距離が確保されており、危険物を積載した車両及び船舶を含む事故等による発電所への有毒ガスの影響を考慮する必要はない。

発電所敷地内に貯蔵している化学物質については、貯蔵設備からの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。

また、中央制御室の換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより中央制御室の居住性を損なうことはない。

1.7.12 船舶の衝突防護に関する基本方針

航路を通行する船舶の衝突に対し、航路からの離隔距離を確保することにより、安全施設が安全機能を損なわない設計とする。

小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、敷地前面の防波堤等に衝突して止まることから取水性を損なうことはない。また、万が一防波堤を通過し、カーテンウォール前面に小型船舶が到達した場合であっても、呑み口が広いため、取水性を損なうことはない。

船舶の座礁により重油流出事故が発生した場合は、オイルフェンスを設置する措置を講じる。

したがって、船舶の衝突によって取水路が閉塞することはなく、安全施設の安全機能を損なうことはない。

1.7.13 電磁的障害防護に関する基本方針

安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により、影響を受けない設計としている。

したがって、電磁的障害により安全施設の安全機能を損なうことはない。

(3) 適合性の説明

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止

- 1 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- 2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
- 3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び高潮を選定し，設計基準を設定するに当たっては，発電所の立地地域である東海村に対する規格・基準類による設定値及び東海村で観測された過去の記録等をもとに設定する。なお，東海村の最寄りの気象官署である水戸地方気象台で観測された過去の記録について設計への影響を確認する。また，これらの自然現象ごとに関連して発生する可能性がある自然現象も含める。

安全施設は，発電所敷地で想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。ここで，発電所敷地で想定される自然現

象に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。また、発電所敷地で想定される自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として安全施設で生じ得る環境条件を考慮する。

発電用原子炉施設のうち安全施設は、以下のとおり条件を設定し、自然現象によって発電用原子炉施設の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（1.：1～17）（2.：18～19）（3.1：20）】

(1) 洪水

発電所敷地の北側には久慈川が、南側には丘陵地を挟んだ反対側に新川が位置している。発電所敷地の西側は北から南にかけて EL. 3m～EL. 21m の平野となっている。久慈川水系が氾濫した場合、最大で約 EL. 7m に達するが、発電所敷地内に浸入するルートとして考えられる国道 245 号線から発電所構内進入道路への入口は EL. 15m に位置しており、発電所に影響が及ばないこと及び新川の浸水は丘陵地を遡上しないことから、敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることはない。

【別添資料1（3.2：21）】

(2) 風（台風）

建築基準法及び同施行令第 87 条第 2 項及び第 4 項に基づく建設省告示第 1454 号によると、東海村において建築物を設計する際に要求される基準風速は 30m/s（地上高 10m, 10 分間平均）である。

安全施設は、建築基準法及び同施行令第 87 条第 2 項及び第 4 項に基づ

く建設省告示第 1454 号を参照し、設計基準風速（30m/s、地上高 10m、10 分間平均）の風（台風）が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準風速（30m/s、地上高 10m、10 分間平均）の風荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、風（台風）に対して機能を維持すること若しくは風（台風）による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録（1897 年～2012 年）によれば最大風速は 28.3m/s（1961 年 10 月 10 日）であり、設計基準風速に包絡される。

ここで、風（台風）に関連して発生する可能性がある自然現象としては、落雷及び高潮が考えられる。落雷については、同時に発生するとしても、「(7) 落雷」に述べる個々の事象として考えられる影響と変わらない。高潮については、「(11) 高潮」に述べるとおり、安全施設は影響を受けることのない敷地高さに設置し、安全機能を損なわない設計とする。

なお、風（台風）に伴い発生する可能性のある飛来物による影響については、竜巻影響評価において想定している設計飛来物の影響に包絡される。

【別添資料1（3.2:21～23）】

(3) 竜巻

安全施設は、設計竜巻の最大風速 100m/s による風圧力による荷重、気

圧差による荷重及び設計飛来物等の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために、飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a．飛来物の発生防止対策

竜巻により東海発電所を含む当社敷地内の資機材等が飛来物となり、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設等へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛、固定、外部事象防護対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備からの離隔、頑健な建屋内収納又は撤去する。

b．竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し、安全施設が安全機能を損なわないように、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻飛来物防護対策設備により、外部事象防護対象施設を防護し、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。
- ・外部事象防護対象施設の構造健全性が維持できない場合には、代替設備の確保、損傷した場合の取替え又は補修が可能な設計とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

ここで、竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性のある自然現象は、雷、雪、ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、設計竜巻荷重に包含される。

【別添資料1（3.2:23～25）】

(4) 凍結

水戸地方気象台での観測記録（1897 年～2012 年）によれば，最低気温は -12.7°C （1952 年 2 月 5 日）である。

安全施設は，設計基準温度（ -12.7°C ）の低温が発生した場合においても，安全機能を損なわない設計とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，上記観測記録を考慮し，屋内設備については換気空調設備により環境温度を維持し，屋外設備については保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記以外の安全施設については，低温による凍結に対して機能を維持すること若しくは低温による凍結を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより，その安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.2:25）】

(5) 降水

森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき（平成 28 年 4 月茨城県）」等に基づき算出した，10 年確率で想定される東海村に対する雨量強度は 127.5mm/h である。

安全施設は，「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき（平成 28 年 4 月茨城県）」を参照し，設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を上回る降水が発生した場合においても，安全機能を損なわない設計とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を

上回る降水に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建屋止水処置等により、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、降水に対して機能を維持すること若しくは降水による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録（1906 年～2012 年）によれば、日最大 1 時間降水量は 81.7mm（1947 年 9 月 15 日）であり、設計基準降水量に包絡される。

ここで、降水に関連して発生する可能性がある自然現象としては、土石流、土砂崩れ及び地滑りが考えられるが、敷地には、土石流、土砂崩れ及び地滑りの素因となるような地形の存在は認められないことから、安全施設の安全機能を損なうような土石流、土砂崩れ及び地滑りが生じることはない。

【別添資料1（3.2:25～27）】

(6) 積雪

建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づく茨城県建築基準法等施行細則によると、建築物を設計する際に要求される基準積雪量は、東海村においては 30cm である。

安全施設は、建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づく茨城県建築基準法等施行細則を参照し、設計基準積雪量（30cm）の積雪が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（30cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、設計基準積雪量（30cm）に対し給排気口を閉塞させないことにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、積雪に対して機能を維持すること若しくは積雪による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録（1897 年～2012 年）によれば、月最深積雪は 32cm（1945 年 2 月 26 日）である。設計基準を上回るような積雪事象は、気象予報により事前に予測が可能であり、進展も緩やかであるため、建屋屋上等の除雪を行うことで積雪荷重の低減及び給排気口の閉塞防止、構内道路の除雪を行うことでプラント運営に支障をきたさない措置が可能である。

【別添資料1（3.2:27～28）】

(7) 落雷

電気技術指針 J E A G 4608-2007「原子力発電所の耐雷指針」を参照し設定した最大雷撃電流値は、400kA である。

東海第二発電所を中心とした標的面積 4km^2 の範囲で観測された雷撃電流の最大値は 131kA である。

安全施設は、電気技術指針 J E A G 4608-2007「原子力発電所の耐雷指針」を参照し、設計基準電流値（400kA）の落雷が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設の雷害防止対策として、原子炉建屋等への避雷針の設置、接地網の敷設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行うことにより、安

全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、落雷に対して機能を維持すること若しくは落雷による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（3.2:28～29）】

(8) 火山の影響

外部事象防護対象施設は、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう以下の設計とする。

a. 直接的影響に対する設計

外部事象防護対象施設は、直接的影響に対して、以下により安全機能を損なわない設計とする。

- ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること
- ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること
- ・ 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 水循環系の内部における摩耗並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）に対して摩耗しにくい設計とすること
- ・ 構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）並びに換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること
- ・ 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室換気系は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること
- ・ 電気系及び計測制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構

を有する計測制御設備（安全保護系）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること

- ・降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のバグフィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること

また、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

b. 間接的影響に対する設計

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（3.2:29～31）】

(9) 生物学的事象

安全施設は、生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生及び小

動物の侵入が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、海生生物であるクラゲ等の発生に対しては、海生生物を含む塵芥による残留熱除去系海水系等への影響を防止するため、除塵装置及び海水ストレーナを設置し、必要に応じて塵芥を除去することにより、安全機能を損なわない設計とする。

小動物の侵入に対しては、屋内設備は建屋止水処置により、屋外設備は端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、生物学的事象に対して機能を維持すること若しくは生物学的事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（3.2:31～32）】

(10) 森林火災

敷地外の森林から出火し、敷地内の植生へ延焼するおそれがある場合は、自衛消防隊が出動し、予防散水等の延焼防止措置を行う。また、敷地内の植生へ延焼した場合であっても、森林火災シミュレーション（F A R S I T E）による影響評価に基づいた防火帯幅を確保すること等により、安全機能が損なわれることはない。

また、上記以外の安全施設については、建屋による防護、消火活動、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

森林火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響に対して、外気を直接設備内に取り込む機器、外気を取り込む空調系統、屋外設置機器に分類し、影響評価を行い、必要な場合は対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1 (3.2:32)】

(11) 高潮

安全施設は、高潮の影響を受けない敷地高さ (T.P. (東京湾中等潮位) +3.3m) 以上に設置することで、安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所周辺海域の潮位については、発電所から北方約 3km 地点に位置する茨城港日立港区で観測された潮位を設計潮位とする。本地点の最高潮位は T.P. +1.46m (1958 年 9 月 27 日)、朔望平均満潮位が T.P. +0.61m である。

【別添資料 1 (3.2:33)】

自然現象の組合せについては、発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）として抽出された 11 事象をもとに、被害が考えられない洪水及び津波に包含される高潮を除いた 9 事象に地震及び津波を加えた 11 事象を、網羅的に検討する。

- ・ 組み合わせた場合も影響が増長しない（影響が小さくなるものを含む）
- ・ 同時に発生する可能性が極めて低い
- ・ 増長する影響について、個々の事象の検討で包絡されている又は個々の事象の設計余裕に包絡されている
- ・ 上記以外で影響が増長する

以上の観点より、事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事

象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その中から荷重の大きさ等の観点で代表性のある、地震、津波、火山の影響、風（台風）及び積雪の組合せの影響に対し、安全施設は安全機能を損なわない設計とする。組み合わせる事象の規模については、設計基準規模事象同士の組合せを想定する。

ただし、「第四条 地震による損傷の防止」及び「第五条 津波による損傷の防止」において考慮する事項は、各々の条項で考慮し、地震又は津波と組み合わせる自然現象による荷重としては、風（台風）又は積雪とする。組合せに当たっては、地震又は津波の荷重の大きさ、最大荷重の継続時間、発生頻度の関係を踏まえた荷重とし、施設の構造等を考慮する。

【別添資料 1（6.：51～76）】

第2項について

重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせて設計する。なお、過去の記録、現地調査の結果等を参考にし、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象は、第1項において選定した自然現象に含まれる。また、重要安全施設を含む安全施設は、第1項において選定した自然現象又はその組合せにより、安全機能を損なわない設計としている。安全機能を損なわなければ設計基準事故に至らないため、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象又はその組合せと設計基準事故に因果関係はない。したがって、因果関係の観点からは、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると

想定される自然現象により重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を組み合わせる必要はなく、重要安全施設は、個々の事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

また、重要安全施設は、設計基準事故の影響が及ぶ期間に発生すると考えられる自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を適切に考慮する設計とする。

【別添資料 1（添-16. :1～2）】

第 3 項について

発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）は、発電所及びその周辺での発生の可能性、安全施設への影響度、発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕及び影響の包絡性の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

安全施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

【別添資料 1（1. :1～17）（2. :18～19）（4. :34）】

(1) 飛来物（航空機落下）

発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）への航空機の落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・7・29 原院第4号（平成14年7月30日 原子力安全・保安院制定））等に基づき評価した結果、約 8.5×10^{-8} 回／炉・年であり、防護設計の可否を判断する基準である 10^{-7} 回／炉・年を超えないため、飛来物（航空機落下）による防護について設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）と安全機能が独立していること、かつ設置場所は発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）と離隔されていることから、個別に航空機落下確率を評価した結果、約 6.1×10^{-8} 回／炉・年であり、防護設計の可否を判断する基準である 10^{-7} 回／炉・年を超えないため、飛来物（航空機落下）による防護について設計上考慮する必要はない。

【別添資料1（4.1:34）】

(2) ダムの崩壊

発電所敷地の北側に久慈川が位置しており、その支川である山田川の上流約 30km にダムが存在する。

久慈川は敷地の北方を太平洋に向かい東進していること、発電所敷地の西側は北から南にかけては EL. 3m～EL. 21m の上り勾配となっていることから、発電所敷地がダムの崩壊により影響を受けることはなく、ダムの崩壊を考慮する必要はない。

【別添資料1（4.1:34～35）】

(3) 爆発

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、爆発により安全施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、爆発による安全施設への影響については考慮する必要はない。

発電所敷地外 10km 以内の危険物貯蔵施設又は発電所敷地周辺道路の燃料輸送車両から爆発が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保により、安全機能を損なわない設計とする。航行中の船舶が漂流し爆発が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、離隔距離の確保、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（4.1:35～36）】

(4) 近隣工場等の火災

a. 石油コンビナート施設等の火災

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、火災により評価対象施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、火災による安全施設への影響については考慮する必要はない。

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設以外の危険物貯蔵施設又は発電所敷地周辺道路の燃料輸送車両から火災が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、安全機能を損なわない設計とする。航行中の船舶が漂流し火災が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、安全機能を損なわない設計とする。

b. 発電所敷地内に存在する危険物貯蔵施設等の火災

発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災発生時の輻射熱による評価対象施設の建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度等を許容温度以下とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

c. 航空機墜落による火災

原子炉建屋周辺に航空機が墜落し、燃料火災が発生した場合、直ちに公設消防へ通報するとともに、自衛消防隊が出動し、速やかに初期消火活動を行う。

航空機が外部事象防護対象施設である原子炉建屋等の周辺で落下確率が 10^{-7} 回／炉・年以上になる地点へ墜落することを想定しても、火災の影響により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、建屋による防護、消火活動、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

d. 二次的影響（ばい煙等）

石油コンビナート施設の火災、発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災及び航空機墜落による火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響に対して、外気を直接設備内に取り込む機器、外気を取り込む空調系統及び屋外設置機器に分類し、影響評価を行い、必要な場合は対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（4.1:36～37）】

(5) 有毒ガス

有毒ガスの漏えいについては固定施設（石油コンビナート施設等）と可

動施設（陸上輸送，海上輸送）からの流出が考えられる。発電所周辺には周辺監視区域が設定されているため，発電用原子炉施設と近隣の施設や周辺道路との間には離隔距離が確保されていることから，有毒ガスの漏えいを想定した場合でも，中央制御室の居住性を損なうことはない。また，敷地港湾の前面の海域を移動中の可動施設から有毒ガスの漏えいを想定した場合も同様に，離隔距離が確保されていることから，中央制御室の居住性を損なうことはない。

発電所敷地内に貯蔵している化学物質については，貯蔵施設からの漏えいを想定した場合でも，中央制御室の居住性を損なうことはない。

また，中央制御室換気系については，外気取入ダンパを閉止し，閉回路循環運転を行うことにより中央制御室の居住性を損なうことはない。

【別添資料1（4.1:37～38）】

(6) 船舶の衝突

航路を通行する船舶の衝突に対し，航路からの離隔距離を確保することにより，安全施設が安全機能を損なわない設計とする。

小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも，防波堤等に衝突して止まることから取水性を損なうことはない。また，万が一防波堤を通過し，カーテンウォール前面に小型船舶が到達した場合であっても，呑み口が広いいため，取水性を損なうことはない。

船舶の座礁により，重油流出事故が発生した場合は，オイルフェンスを設置する措置を講じる。

したがって，船舶の衝突によって取水路が閉塞することはない，安全施設が安全機能を損なうことはない。

【別添資料1（4.1:38～39）】

(7) 電磁的障害

安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、計装盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置，外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置，鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により，影響を受けない設計としている。

したがって，電磁的障害により安全施設が安全機能を損なうことはない。

【別添資料1（4.1:39）】

2. 水 理

2.1 海 象

2.1.1 潮 位

発電所周辺の潮位については、隣接する茨城港日立港区において観測されている潮位を用いる。

既往最高潮位（昭和 33 年 9 月 27 日）	H. P. +2.35m
--------------------------	--------------

塑望平均満潮位	H. P. +1.50m
---------	--------------

平均潮位	H. P. +0.91m
------	--------------

塑望平均干潮位	H. P. +0.08m
---------	--------------

既往最低潮位（平成 2 年 12 月 2 日，平成 3 年 12 月 22 日）	
--	--

	H. P. -0.31m
--	--------------

H. P. $\pm 0.00\text{m}$ は茨城港日立港区の工事用基準面で東京湾中等潮位下 0.89m である。

4. 社会環境

4.1 産業活動

発電所の近くには、爆発、火災及び有毒ガスにより発電用原子炉施設の安全性を損なうような石油コンビナート等の施設はない。したがって、産業活動に伴う爆発、火災及び有毒ガスによって、安全施設の安全機能が損なわれるおそれはない。

4.2 交通運輸

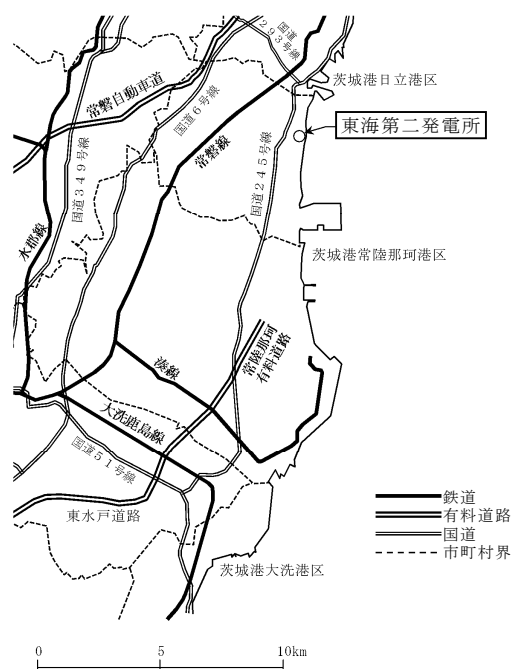
発電所に近い鉄道路線としては、東日本旅客鉄道株式会社常磐線がある。

主要な道路としては、常磐自動車道、国道 245 号線、国道 6 号線及び国道 293 号線がある。

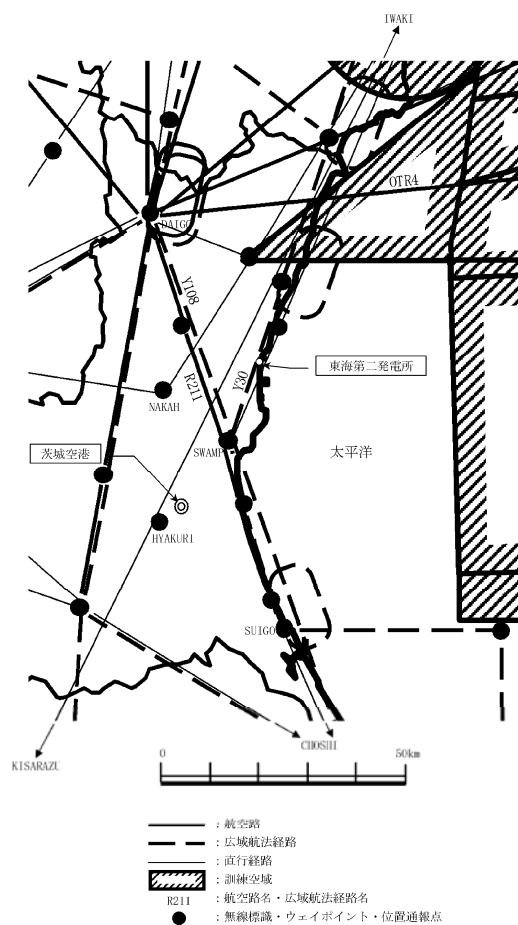
海上交通としては、発電所の北方約 3km に茨城港日立港区、南方約 6km に茨城港常陸那珂港区、南方約 18km に茨城港大洗港区があり、日立－鉏路間、常陸那珂－苫小牧間、常陸那珂－北九州間、大洗－苫小牧間等の定期航路がある。

航空関係としては、発電所の南南西方向約 36km に茨城空港がある。発電所上空には広域航法経路及び直行経路があるが、訓練空域は設定されていない。なお、航空機は原子力関係施設上空の飛行を規制されている。

発電所周辺の鉄道、主要道路、港湾及び航空路を第 4.2-1 図及び第 4.2-2 図に示す。



第 4.2-1 図 東海第二発電所周辺の鉄道，主要道路及び港湾図



第 4.2-2 図 東海第二発電所周辺の航空路等図

5. 気 象

5.2 最寄りの気象官署の資料による一般気象

5.2.3 最寄りの気象官署における一般気象（5.2.4に係るものを除く。）⁽²⁾⁽³⁾

(1) 一般気象

水戸地方気象台、銚子地方気象台及び小名浜測候所における一般気象に関する統計を第5.2-2表～第5.2-4表に示す。

年平均気温，最高気温，最低気温，降水量，風速とも水戸地方気象台と小名浜測候所ではほぼ同様な値を示しているが，銚子地方気象台では冬の最低気温がわずかに高くなっている。

(2) 極 値

第5.2-2表～第5.2-4表に示した，最寄りの気象官署の気候表によると，この地域は必ずしも厳しい気象条件が現われる所ではなく，温和な気候を示している。

これらの気象官署における観測開始から1980年までの極値を第5.2-5表～第5.2-31表に示す。これによれば各官署とも同程度の極値を示している。

水戸地方気象台の観測記録によれば，日最高気温36.6℃（1967年8月11日），日最低気温－12.7℃（1952年2月5日），日最大降水量276.6mm（1938年6月29日），最大積雪の深さ32cm（1945年2月26日），最大瞬間風速44.2m/s（1939年8月5日）である。

銚子地方気象台は，日最高気温35.3℃（1962年8月4日），日最低気温－6.2℃（1970年1月17日），日最大降水量311.4mm（1947年8月28日），最大積雪の深さ17cm（1936年3月2日），最大瞬間風速49.0m/s（1971年9月8日）である。

また，小名浜測候所は，日最高気温35.4℃（1947年8月11日），日最低気温－10.7℃（1952年2月5日），日最大降水量227.2mm（1966年6月28日），最

大積雪の深さ28cm（1945年2月26日），最大瞬間風速37.2m/s（1979年10月19日）である。

5.2.4 発電用原子炉設置変更許可申請書（総室発第31号）に係る最寄りの気象官署における一般気象

（1）一般気象

水戸地方気象台，銚子地方気象台及び小名浜特別地域気象観測所における一般気象に関する統計を第5.2-32表から第5.2-34表に示す。

3官署のうち，年平均気温は水戸地方気象台と小名浜特別地域気象観測所の2官署はほぼ等しい値を示すが，銚子地方気象台は他の2官署よりも約2℃高く，年間降水量は250mm～300mm程度多い。また，年平均風速は水戸地方気象台と小名浜特別地域気象観測所はそれぞれ2.2m/s及び2.8m/sであるが，銚子地方気象台は5.7m/sと他の2官署の2倍以上の大きさとなっている。

（2）極 値

第5.2-35表から第5.2-52表に示す最寄りの気象官署の観測記録からみれば，この地域は比較的温暖であるが，やや風が強い気象条件である。

水戸地方気象台の観測記録によれば，最高気温38.4℃（1997年7月5日），最低気温－12.7℃（1952年2月5日），日最大降水量276.6mm（1938年6月29日），積雪深さの月最大値32cm（1945年2月26日）及び最大瞬間風速44.2m/s（1939年8月5日）である。

銚子地方気象台の観測記録によれば，最高気温35.3℃（1962年8月4日），最低気温－7.3℃（1893年2月13日），日最大降水量311.6mm（1947年8月28日），積雪深さの月最大値17cm（1936年3月2日）及び最大瞬間風速52.2m/s（2002年10月1日）である。

小名浜特別地域気象観測所の観測記録によれば、最高気温37.7℃（1994年8月3日）、最低気温－10.7℃（1952年2月5日）、日最大降水量227.2mm（1966年6月28日）、積雪深さの月最大値28cm（1945年2月26日）及び最大瞬間風速48.1m/s（2002年10月1日）である。

5.2.5 その他の資料による一般気象

5.2.5.1 竜巻

気象庁「竜巻等の突風データベース」（1961年～2012年）によれば、「竜巻」及び「竜巻又はダウンバースト」の被害状況から推定した竜巻の規模は、茨城県において、最大でF3である。

5.2.5.2 森林火災

森林火災検討に係る発電所の最寄りの気象観測所（水戸地方気象台）の気象データ（最高気温、最大風速、最大風速記録時の風向、最小湿度）（2007年～2016年）及び発電所の位置する茨城県の「消防防災年報」（茨城県2006年～2015年）について、第5.2－53表に示す。また、森林火災発生件数の多い12月～5月における最寄りの気象観測所（水戸地方気象台）及び発電所の気象データ（卓越風向）について、第5.2－54表に示す。

第5.2－53表 気象データ（気温、風速及び湿度）及び森林火災件数

観測所	水戸地方気象台 気象観測データ ^{注1)}					茨城県内の月別 森林火災件数 ^{注2)}
月	最高気温 (℃)	最大風速 (m／s)	最大風速記録時の風向		最低湿度 (%)	
			第1位	第2位		
1	16.9	17.5	北東	北東	17	79
2	24.3	17.5	北北東	北東	13	86
3	25.9	14.3	北東	北北東, 南西	11	131
4	29.3	15.1	北北東	北東	13	126
5	30.8	13.5	北東	北北東	13	54
6	33.5	14.2	北北東	北北東	21	10
7	36.4	11.8	北北東	北北東	35	13
8	37.0	12.9	北東	北北東	35	24
9	36.1	13.9	北北東	南南西	29	23
10	31.4	17.4	北北東	北北東	22	11
11	24.5	11.8	北北東	北北東	18	4
12	23.8	10.6	北東	西	17	33

注1) 水戸地方気象台 観測記録(2007年～2016年)より

注2) 「消防防災年報」(茨城県 2006年～2015年)より

第 5.2－54 表 気象データ（卓越風向）

風 向	最多風向（時間単位）の出現率割合（％） ^{注）}	
	水戸地方気象台 気象観測データ	発電所 気象観測データ
北	15	3
北北西	17	3
北西	5	9
西北西	2	23
西	3	7
西南西	3	2
南西	4	1
南南西	6	3
南	3	4
南南東	1	5
南東	3	4
東南東	4	3
東	9	3
東北東	9	6
北東	7	14
北北東	7	9

注）観測記録（2007 年～2016 年）より

9. 生 物

9.1 海生生物

発電所の前面海域において、クラゲの発生がみられることはあるが、昭和 53 年 11 月の発電所の営業運転開始以降、大量のクラゲの襲来により安全施設の安全機能が損なわれた記録はない。

9.2 植 生

発電所の周辺にはアカマツ、クロマツ等の植生が認められているが、昭和 53 年 11 月の営業運転開始以降、発電所周辺の森林火災が原因で安全施設の安全機能が損なわれた記録はない。

東海第二発電所

外部事象の考慮について

目 次

1. 設計上考慮する外部事象の抽出
 - 1.1 外部事象の収集
 - 1.2 外部事象の選定
 - 1.2.1 除外基準
 - 1.2.2 選定結果
2. 基本方針
3. 地震，津波以外の自然現象
 - 3.1 設計基準の設定
 - 3.2 個別評価
4. 外部人為事象
 - 4.1 個別評価
5. 自然現象，外部人為事象に対する安全施設への影響評価
6. 自然現象の重畳について
 - 6.1 検討対象
 - 6.1.1 検討対象事象
 - 6.2 事象の特性の整理
 - 6.2.1 相関性のある自然現象の特定
 - 6.2.2 影響モードのタイプ分類
 - 6.3 重畳影響分類
 - 6.3.1 重畳影響分類方針
 - 6.3.2 影響パターン
 - 6.3.3 重畳影響分類結果
 - 6.4 詳細評価
 - 6.4.1 アクセシ性・視認性について

添付 1：東海第二発電所 外部事象の考慮について 添付資料

1. 設計上考慮する外部事象の抽出

発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出に当たっては、国内で一般に発生しうる事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、類似性、随伴性から整理を行い、地震、津波を含めた78事象（自然現象55事象、外部人為事象23事象）を抽出した。

その結果及び海外文献を参考に策定した評価基準に基づき、より詳細に検討すべき外部事象について評価及び選定を実施した。

外部事象に対する影響評価のフロー図を参考2に示す。

1.1 外部事象の収集

設置許可基準規則の解釈第六条2項及び8項において、「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）」と「安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象」として、以下のとおり例示されている。

第六条（外部からの衝撃による損傷の防止）

（中略）

- 2 第1項に想定する「想定される自然現象」とは、敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。

（中略）

- 8 第3項に規定する「発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは、敷地及び敷地周辺の状況をもとに選択されるものであり、飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害等をいう。

想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「外部人為事象」という。）について網羅的に抽出するための基準等については、国外の基準として「Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants (IAEA, April 2010)」を、また外部人為事象を選定する観点から「DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)」, 日本の自然現象を網羅する観点から「日本の自然災害（国会資料編纂会 1998 年）」を参考にした。これらの基準等に基づき抽出した想定される自然現象を第 1.1-1 表に、想定される外部人為事象を第 1.1-2 表に示す。

なお、その他に NRC の「NUREG/CR-2300 PRA Procedures Guide (NRC, January 1983)」等の基準も事象収集の対象としたが、これら追加した基準の事象により、「(3) 設計上考慮すべき想定される自然現象及び外部人為事象の選定結果」において選定される事象が増加することはなかった。

第 1.1-1 表 考慮する外部ハザードの抽出（想定される自然現象）

丸数字は、次頁に記載した外部ハザードを抽出した文献を示す。

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	極低温（凍結）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-2	隕石	○		○		○		○		○
1-3	降水（豪雨（降雨））	○	○	○	○	○	○	○		○
1-4	河川の迂回	○				○	○	○		○
1-5	砂嵐	○		○		○		○		○
1-6	静振	○				○		○		○
1-7	地震活動	○	○	○	○	○	○	○		○
1-8	積雪（暴風雪）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-9	土壌の収縮又は膨張	○				○		○		○
1-10	高潮	○	○	○		○		○		○
1-11	津波	○	○	○	○	○	○	○		○
1-12	火山（火山活動・降灰）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-13	波浪・高波	○	○	○		○		○		○
1-14	雪崩	○	○	○		○		○		○
1-15	生物学的事象	○		○	○		○	○		○
1-16	海岸浸食	○				○		○		○
1-17	干ばつ	○	○	○		○		○		○
1-18	洪水（外部洪水）	○	○	○		○	○	○		○
1-19	風（台風）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-20	竜巻	○		○	○	○	○	○		○
1-21	濃霧	○				○		○		○
1-22	森林火災	○	○	○	○	○	○	○		○
1-23	霜・白霜	○	○	○		○		○		○
1-24	草原火災	○								○
1-25	ひょう・あられ	○	○	○		○		○		○
1-26	極高温	○	○	○		○		○		○
1-27	満潮	○		○		○		○		○
1-28	ハリケーン	○		○		○		○		
1-29	氷結	○		○		○		○		○
1-30	氷晶	○		○						○
1-31	氷壁			○						○
1-32	土砂崩れ（山崩れ，がけ崩れ）		○							
1-33	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
1-34	湖又は河川の水位低下	○		○		○		○		○

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-35	湖又は河川の水位上昇		○	○		○				
1-36	陥没・地盤沈下・地割れ	○	○	○			○			○
1-37	極限的な圧力（気圧高低）			○						○
1-38	もや			○						
1-39	塩害，塩雲			○			○			○
1-40	地面の隆起		○	○			○			○
1-41	動物			○						○
1-42	地滑り	○	○	○		○	○	○		○
1-43	カルスト			○						○
1-44	地下水による浸食			○			○			
1-45	海水面低			○						○
1-46	海水面高		○	○						○
1-47	地下水による地滑り			○						
1-48	水中の有機物			○						
1-49	太陽フレア，磁気嵐	○								○
1-50	高温水（海水温高）	○	○	○		○				○
1-51	低温水（海水温低）			○						○
1-52	泥湧出（液状化）		○							
1-53	土石流		○							○
1-54	水蒸気		○							○
1-55	毒性ガス	○	○			○		○		○

① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)

② 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998 年

③ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）

⑤ NUREG/CR-2300 “PRA PROCEDURES GUIDE”, NRC, January 1983

⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）

⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”

⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC 公表

⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会

第 1.1-2 表 考慮する外部ハザードの抽出（想定される外部人為事象）

丸数字は、外部ハザードを抽出した文献を示す。

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	衛星の落下	○		○				○		○
2-2	パイプライン事故（ガスなど）、パイプライン事故によるサイト内爆発等	○		○		○		○		
2-3	交通事故（化学物質流出含む）	○		○	○	○		○		○
2-4	有毒ガス	○			○	○	○	○		
2-5	タービンミサイル	○			○	○	○	○		
2-6	飛来物（航空機落下等）	○		○	○	○	○	○	○	○
2-7	工業施設又は軍事施設事故	○				○		○		○
2-8	船舶の衝突（船舶事故）	○		○	○		○			○
2-9	自動車又は船舶の爆発	○		○						○
2-10	船舶から放出される固体液体不純物			○						○
2-11	水中の化学物質			○						
2-12	プラント外での爆発			○	○		○			○
2-13	プラント外での化学物質の流出			○						○
2-14	サイト貯蔵の化学物質の流出	○		○		○		○		
2-15	軍事施設からのミサイル			○						
2-16	掘削工事		○	○						
2-17	他のユニットからの火災			○						
2-18	他のユニットからのミサイル			○						
2-19	他のユニットからの内部溢水			○						
2-20	電磁的障害			○	○		○			○
2-21	ダムの崩壊			○	○		○			○
2-22	内部溢水				○	○	○	○		
2-23	火災（近隣工場等の火災）			○	○	○	○			○

① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)

② 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998 年

③ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）

⑤ NUREG/CR-2300 “PRA PROCEDURES GUIDE”, NRC, January 1983

⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）

⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”

⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC 公表

⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会

1.2 外部事象の選定

1.2.1 除外基準

1.1 で網羅的に抽出した事象について，発電所において設計上考慮すべき事象を選定するため，海外での評価手法※を参考とした第 1.2-1 表の除外基準のいずれかに該当するものは除外して事象の選定を行った。

第 1.2-1 表 考慮すべき事象の除外基準（参考 1 参照）

基準 A	プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない。（例：No. 1-5 砂嵐）
基準 B	ハザード進展・襲来が遅く，事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。（例：No. 1-16 海岸浸食）
基準 C	プラント設計上，考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下又はプラントの安全性が損なわれることがない（例：No. 1-21 濃霧）
基準 D	影響が他の事象に包絡される。（例：No. 1-27 満潮）
基準 E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。（例：No. 1-2 隕石）
基準 F	外部からの衝撃による損傷の防止とは別の条項で評価している又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止の対象外の事項。（例：No. 2-5 タービンミサイル）

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”

1.2.2 選定結果

1.2.1 で検討した除外基準に基づき、発電所において設計上考慮すべき事象を選定した結果を第 1.2-2 表及び第 1.2-3 表に示す。

第六条に該当する「想定される自然現象」として、以下の 11 事象を選定した。

- ・ 洪水
- ・ 風（台風）
- ・ 竜巻
- ・ 凍結
- ・ 降水
- ・ 積雪
- ・ 落雷
- ・ 火山の影響
- ・ 生物学的事象
- ・ 森林火災
- ・ 高潮

また、「想定される外部人為事象」として、以下の 7 事象を選定した。

- ・ 飛来物（航空機落下）
- ・ ダムの崩壊
- ・ 爆発
- ・ 火災
- ・ 有毒ガス
- ・ 船舶の衝突
- ・ 電磁的障害

第 1.2-2 表 設計基準において想定される自然現象の選定結果

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備 考
1-1	極低温（凍結）	—	○	「凍結」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-2	隕石	E※	×	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の隕石が衝突する可能性は極めて低い。
1-3	降水（豪雨（降雨））	—	○	「降水」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-4	河川の迂回	B	×	発電所周辺の河川（久慈川）までは距離があり（約2km）、また、迂回事象は進展が遅く、進展防止対策が可能であるため、安全性の影響はないことから除外する。
1-5	砂嵐	A, D	×	発電所及びその周辺には砂漠砂丘は存在せず、安全施設の機能に影響はないことから除外する。 大陸からの黄砂の影響については、「火山（火山活動・降灰）」に包絡される。
1-6	静振	D	×	静振は、津波や波浪といった事象に誘因されるものであり、それ単体での影響はなく、「津波」に包絡される。
1-7	地震活動	F	×	「第 4 条 地震による損傷の防止」にて評価される。
1-8	積雪（暴風雪）	—	○	「積雪」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-9	土壌の収縮又は膨張	A, C	×	地盤の収縮又は膨張が発生したとしても、施設荷重によって有意な圧密沈下・クリープ沈下は生じず、また膨潤性の地質でもない。なお、安全上重要な施設は岩着や杭基礎であり、影響はないことから除外する。
1-10	高潮	—	○	「高潮」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-11	津波	F	×	「第 5 条 津波による損傷の防止」にて評価される。
1-12	火山（火山活動・降灰）	—	○	「火山の影響」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-13	波浪・高波	D	×	波浪は、風浪（風によってその場所に発生する波）とうねり（他の場所で発生した風浪の伝わり、風が静まった後に残される波）の混在した現象であり、高波は波浪の波高が高いものを指すが、設計基準津波による影響の方が大きく、「津波」に包絡される。
1-14	雪崩	A	×	安全上重要な施設は周辺斜面と十分な離隔距離があること、発電所敷地内及び敷地周辺の地形に急傾斜はなく、雪崩が起きる可能性はないことから除外する。
1-15	生物学的事象	—	○	「生物学的事象」としてプラントへの影響評価を実施する。

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備 考
1-16	海岸浸食	B	×	基本的に取水に係る土木構築物はコンクリート製であり浸食はほとんどなく、仮に海底砂の流出等による海底勾配の変化が生じるような場合でも、非常に緩やかに進行するものと考えられ、保守管理による不具合防止が可能であるため、安全施設の機能の影響はないことから除外する。
1-17	干ばつ	C	×	発電所は海水を冷却源としていることから、安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。また、淡水は復水貯蔵タンク等により保管していることから、干ばつが発生したとしても安全施設の機能に影響を及ぼすことはないことから除外する。
1-18	洪水（外部洪水）	—	○	「洪水」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-19	風（台風）	—	○	「風（台風）」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-20	竜巻	—	○	「竜巻」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-21	濃霧	C	×	設備に損傷を与えることはなく、安全施設の機能に影響はないことから除外する。
1-22	森林火災	—	○	「森林火災」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-23	霜・白霜	C	×	設備に損傷を与えることはなく、安全施設の機能に影響はないことから除外する。
1-24	草原火災	A	×	発電所及びその周辺には草原は存在しないことから除外する。
1-25	ひょう・あられ	D	×	ひょう（直径5mm以上）、あられ（直径5mm未満）は氷の粒であり、仮に直径10cm程度のひょうを想定した場合でも、竜巻の設計飛来物（鋼製材：長さ4.2m、幅0.3m、奥行0.2m）の衝突荷重に比べ十分小さいことから、ひょう、あられにより安全施設の機能が損なわれるおそれはなく、「竜巻」に包絡される。
1-26	極高温	C	×	気温は1日の中で高低差があるため高温期間は一時的であること、仮に水戸の過去最高気温（38.4℃）が継続したとしても、建屋内空調は海水にて冷却していることから室内の気温上昇の影響は著しくなく、安全機能に影響はないことから除外する。
1-27	満潮	D	×	発電所周辺の既往最高潮位が T.P. +1.46m であり、設計津波による影響の方が大きいことから、「津波」に包絡される。
1-28	ハリケーン	A	×	日本がハリケーンの影響を受けることはないことから除外する。
1-29	氷結	D	×	氷結とは水の凝固であり、影響は凍結と同等と考えられることから、「極低温（凍結）」に包絡される。

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備 考
1-30	氷晶	D	×	氷晶とは氷の結晶であり、仮に堆積しても影響は凍結と同等と考えられることから、「極低温（凍結）」に包絡される。
1-31	氷壁	A	×	氷壁とは氷河の末端や冰山等の絶壁を指すが、発電所周辺で氷壁を含む海氷の発生、流氷の到達事例はないことから除外する。
1-32	土砂崩れ (山崩れ、がけ崩れ)	A	×	発電所敷地内及び敷地周辺に土砂崩れを発生させるような急傾斜地形、山、がけはないことから除外する。
1-33	落雷	—	○	「落雷」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-34	湖又は河川の 水位低下	C	×	発電所は海水を冷却源としていることから、湖又は河川の水位低下による安全施設の機能に影響を及ぼすことはない。また、淡水は復水貯蔵タンク等により保管していることから、湖又は河川の水位低下が発生したとしても安全施設の機能に影響を及ぼすことはないことから除外する。
1-35	湖又は河川の 水位上昇	D	×	河川等の水位上昇により氾濫が発生したとしても、影響は外部からの洪水と同等と考えられるため、「洪水（外部洪水）」に包絡される。
1-36	陥没・地盤沈下・地割れ	F	×	陥没・地盤沈下・地割れ等地盤の変状を伴う変形は地盤の脆弱性に係る事象であり、「地震活動」による影響評価（地盤）にて評価する。
1-37	極限的な圧力 (気圧高低)	D	×	低気圧、高気圧による気圧の変化については予測可能であり、必要に応じて事前の備えが可能である。一方、同様の影響がある竜巻については、検知から対応までの時間的余裕が少ないことに加え、風荷重や飛来物衝突といったその他の影響も同時に考慮する必要があることから、竜巻の方がプラントへ及ぼす影響が大きいため、「竜巻」に包絡される。
1-38	もや	C	×	設備に損傷を与えることなく、安全施設の機能に影響はないことから除外する。
1-39	塩害、塩雲	B	×	塩害による腐食の影響については、事象進展が遅く保守管理による不具合防止が十分可能であることから除外する。
1-40	地面の隆起	F	×	地面の隆起は地震による地盤の変状を伴う変形であり、「地震活動」による影響評価（地盤）にて評価する。
1-41	動物	D	×	動物を生物学的事象として考慮するため、「生物学的事象」に包絡される。
1-42	地滑り	A	×	発電所敷地内及び敷地周辺に地滑りを起こすような地形は存在しないため除外する。

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備 考
1-43	カルスト	A	×	カルストとは石灰岩地域で雨水・地下水の溶食によって生じた地形であるが、発電所敷地内及び敷地周辺に石灰岩地形は認められないことから除外する。
1-44	地下水による浸食	A	×	敷地には地盤を浸食する地下水脈は認められず、また、敷地内の地下水位分布は海に向かって勾配を示しており、浸食をもたらす流れは発生しないことから除外する。
1-45	海水面低	D	×	海水面低は、津波、干潮により発生する事象であるが、津波によるものの規模が大きく、「津波」に包絡される。
1-46	海水面高	D	×	海水面高は、津波、満潮、高潮により発生する事象であるが、津波によるものの規模が大きく、「津波」に包絡される。
1-47	地下水による地滑り	D	×	影響は地滑り事象と同様であると考えられることから、「地滑り」に包絡される。
1-48	水中の有機物	D	×	プランクトン等の海生生物を生物学的事象として考慮するため、「生物学的事象」に包絡される。
1-49	太陽フレア、磁気嵐	C	×	太陽フレア、磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるが、影響が及んだとしても変圧器等の一部に限られること、仮に発電所外を含めた送変電設備に影響が及ぶような場合においても、プラント停止等適切な措置を講じることとしているため、安全施設の機能が損なわれることはないと考えられるため除外する。
1-50	高温水（海水温高）	B	×	設計条件を上回る海水温度高に対し定格出力維持が困難な場合も想定されるが、温度を監視しており、出力低下やプラント停止措置にて十分対応可能であることから、安全施設の機能が損なわれることはないため除外する。
1-51	低温水（海水温低）	C	×	取水温度の低下は冷却性能の低下につながるものではなく、安全施設の機能に影響はないため除外する。
1-52	泥湧出（液状化）	F	×	地盤の脆弱性に係る影響であり、「地震活動」による影響評価（地盤）にて評価する。
1-53	土石流	A	×	発電所敷地内及び敷地周辺には土石流を発生させるような地形、地質は認められないことから除外する。
1-54	水蒸気	A	×	火山事象により発生する事象であるが、周辺に火山がないことから除外する。
1-55	毒性ガス	D	×	火山事象、外部火災事象により発生する事象であるが、周辺に火山はなく、また、外部火災事象にて有毒ガスの評価を行うことから、「森林火災」に包絡される。

※ NUREG-1407 “Procedure and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities”によると、隕石や人工衛星については、衝突の確率が 10^{-9} と非常に小さいため、起因事象頻度は低く IPEEE の評価対象から除外する旨が記載されている。

なお、本記載の基となった NUREG/CR-5042, Supplement2 によると、1 ポンド以上の隕石の年間落下件数と地表の一定面積に落下する確率を面積比で概算した結果、100 ポンド以上の隕石が 10,000 平方フィートに落下する確率は 7×10^{-10} / 炉年、100,000 平方フィートに落下する確率は 6×10^{-8} / 炉年、隕石落下による津波の確率は 9×10^{-10} / 炉年と評価されている。

地球近傍の天体が、地球に衝突する確率及び衝突した際の被害状況を表す尺度として、トリノスケールがあるが、NASA によると 2017 年において、今後 100 年間に衝突する可能性がある全ての天体について、レベル 0 とされている。レベル 0 とは、衝突確率が 0 か可能な限り 0 に近い又は衝突したとしても大気中で燃え尽き被害がほとんど発生しないことを示す。NASA のリストにおいて、2017 年現在最も衝突確率の高い 2010RF₁₂ が、今後 100 年間に発電所へ落下する確率を計算する。

地球の表面積：510,066,000km²

発電所を含む敷地面積：0.75km²

2012RF₁₂ の衝突確率（2017 年現在）： 5.0×10^{-2}

発電所敷地内に衝突する確率は概算で以下のとおりであり、極頻度である。

$$5.0 \times 10^{-2} \times (0.75 \div 510,066,000) = 7.4 \times 10^{-11}$$

その他、I A E A の SAFETY STANDARDS SERIES No.NS-R-1, “SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS:DESIGN” では、想定起因事象で考慮しないものとして、自然又は人間に起因する外部事象であって、極めて起こりにくいもののたえとして隕石や人工衛星の落下を挙げている。

第 1.2-3 表 設計基準において想定される外部人為事象の選定結果

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備 考
2-1	衛星の落下	E※	×	安全施設の機能に影響を及ぼす人工衛星が落下する可能性は非常に低いと考えられることから除外する。
2-2	パイプライン事故（ガスなど）、パイプライン事故によるサイト内爆発等	A, D	×	発電所周辺の L N G 基地内のパイプライン（約 1.5km）は、十分な離隔距離が確保されていることから、影響は「爆発（プラント外での爆発）」、「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。
2-3	交通事故 （化学物質流出含む）	D	×	敷地外において、タンクローリ等の可動施設の輸送事故（流出含む）影響については、「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。 敷地内の交通事故は、車両の制限速度の設定等により管理されることから、安全機器へ損傷を与えるほどの衝突は発生しない。
2-4	有毒ガス	—	○	「有毒ガス」としてプラントへの影響評価を実施する。
2-5	タービンミサイル	E, F	×	「第 18 条 蒸気タービン」にて評価される。
2-6	飛来物（航空機落下等）	—	○	「飛来物（航空機落下）」として、プラントへの影響評価を実施する。
2-7	工業施設又は軍事施設事故	A, D	×	発電所周辺の大規模な工業施設は、十分な離隔距離が確保されていることから、「爆発（プラント外での爆発）」、「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。 また、発電所近傍に安全施設に影響を及ぼすような軍事施設はない。
2-8	船舶の衝突 （船舶事故）	—	○	「船舶の衝突」としてプラントへの影響評価を実施する。
2-9	自動車又は船舶の爆発	A, D	×	発電所周辺の幹線道路及び定期航路は、十分な離隔距離が確保されていることから、「爆発（プラント外での爆発）」、「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。
2-10	船舶から放出される固体液体不純物	D	×	流出物の影響は船舶事故発生時と同等と考えられ、「船舶の衝突（船舶事故）」に包絡される。
2-11	水中の化学物質	D	×	水中の化学物質の影響は船舶事故発生時と同等と考えられ、「船舶の衝突（船舶事故）」に包絡される。
2-12	プラント外での爆発	—	○	「爆発」としてプラントへの影響評価を実施する。
2-13	プラント外での化学物質流出	D	×	発電所周辺の航路は、十分な離隔距離が確保されていることから、「船舶の衝突（船舶事故）」及び「有毒ガス」に包絡される。

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備 考
2-14	サイト貯蔵の化学物質の流出	D	×	屋内は空調管理，排水管理されていることから影響はないが，屋外貯蔵の化学物質流出の影響は「有毒ガス」に包絡される。
2-15	軍事施設からのミサイル	A	×	偶発的なミサイル到達は考え難いことから除外する。
2-16	掘削工事	A	×	敷地内の工事は管理されており，事前調査で埋設ケーブル・配管位置の確認を行うため，損傷は回避できることから除外する。敷地外の工事はプラントに影響を与えないことから除外する。
2-17	他のユニットからの火災	D	×	近隣工場等の火災と影響は同様と考えられることから，「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。
2-18	他のユニットからのミサイル	A	×	安全施設に影響を及ぼすようなミサイル源はないため除外する。
2-19	他のユニットからの内部溢水	F	×	「第 9 条 溢水による損傷の防止等」にて評価される。
2-20	電磁的障害	—	○	「電磁的障害」としてプラントへの影響評価を実施する。
2-21	ダムの崩壊	—	○	「ダムの崩壊」としてプラントへの影響評価を実施する。
2-22	内部溢水	F	×	「第 9 条 溢水による損傷の防止等」にて評価される。
2-23	火災 （近隣工場等の火災）	—	○	「近隣工場等の火災」としてプラントへの影響評価を実施する。

※ 人口衛星が落下した場合については，衛星の大部分が大気圏で燃え尽き，一部破片が落下する可能性があるものの発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはないものと考えられる。

＜参考 1＞

基準 A：プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない。

発電所の立地点の自然環境は一樣ではなく，発生する自然事象は地域性があるため，発電所立地点において明らかに起こり得ない事象は対象外とする。

基準 B：ハザード進展・襲来が遅く，事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。

事象発生時の発電所への影響の進展が緩慢であって，影響の緩和又は排除の対策が容易に講じることが出来る事象は対象外とする。例えば，発電所の海岸の浸食の事象が発生しても，進展が遅いため補強工事等により浸食を食い止めることができる。

基準 C：プラント設計上，考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下又はプラントの安全性が損なわれることがない。

事象が発生しても，プラントへの影響が極めて限定的で炉心損傷事故のような重大な事故にはつながらない事象は対象外とする。例えば，外気温が上昇しても，屋外設備でも故障に至る可能性は小さく，また，冷却海水の温度が直ちに上昇しないことから冷却は維持できるので，影響は限定的である。

基準 D：影響が他の事象に包絡される。

プラントに対する影響が同様とみなせる事象については，相対的に影響が大きいと判断される事象に包絡して合理的に検討する。

基準 E：発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。

航空機落下の評価では発生頻度が低い事象（ 10^{-7} /年以下）は考慮すべき事象からは対象外としており，同様に発生頻度がごく稀な事象は対象外とする。

基準 F：外部からの衝撃による損傷の防止とは別の条項により評価を実施している又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止の対象外の事項。

第四条 地震による損傷の防止，第五条 津波による損傷の防止，第九条 溢水による損傷の防止等，第十八条 蒸気タービンにより評価を実施するもの又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止に該当しないものについては，対象外とする。

< 参考 2 >

設計基準において想定される自然現象の抽出フロー

第 1.1-1 表 考慮する外部ハザードの抽出（想定される自然現象）

丸数字は、次頁に記載した外部ハザードを抽出した文献を示す。

No.	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	極低温（凍結）	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1-2	隕石	○		○		○		○		○
1-3	降水（豪雨（降雨））	○	○	○	○	○	○	○		○
1-4	河川の迂回	○	○			○		○		○
1-5	砂嵐	○		○		○		○		○

① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
 ② 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998 年
 ③ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010
 ④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）
 ⑤ NUREG/CR-2300 “PRA PROCEDURES GUIDE”, NRC, January 1983
 ⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造および設備の基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）
 ⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
 ⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC 公表
 ⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会

第 1.2-2 表 設計基準において想定される自然現象の選定結果

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備考
1-1	極低温（凍結）	—	○	「凍結」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-2	隕石	E*	×	安全施設の機能に影響を及ぼす規模の隕石が衝突する可能性は極めて低い。
1-3	降水（豪雨（降雨））	—	○	「降水」としてプラントへの影響評価を実施する。
1-4	河川の迂回	B	×	発電所周辺の河川（久慈川）までは距離があり（約2km）、また、迂回現象は進展が遅く、進展防止対策が可能であるため、安全性の影響はないことから除外する。
				発電所及びその周辺には砂漠砂丘は存在せず、安全施設の機能に影響はないと見做す。
基準 A	プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない。（例：No. 1-5 砂嵐）			
基準 B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。（例：No. 1-16 海岸浸食）			
基準 C	プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下又はプラントの安全性が損なわれることがない（例：No. 1-21 濃霧）			
基準 D	影響が他の事象に包絡される。（例：No. 1-27 満潮）			
基準 E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。（例：No. 1-2 隕石）			
基準 F	外部からの衝撃による損傷の防止とは別の条項で評価している又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止の対象外の事項。（例：No. 2-5 タービンミサイル）			

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/ Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”

選定の結果、設計基準において想定される自然現象として 11 事象を選定

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 洪水 風（台風） 竜巻 凍結 降水 積雪 | <ul style="list-style-type: none"> 落雷 火山の影響 生物学的事象 森林火災 高潮 |
|---|---|

設計基準において想定される外部人為事象の抽出フロー

第 1.1-2 表 考慮する外部ハザードの抽出（想定される外部人為事象）

丸数字は、外部ハザードを抽出した文献を示す。

No	外部ハザード	外部ハザードを抽出した文献等								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	衛星の落下	○		○				○		○
2-2	パイプライン事故（ガスなど）、パイプライン事故によるサイト内爆発等	○		○		○		○		
2-3	交通事故（化学物質流出含む）	○		○	○	○		○		○
2-4	有毒ガス	○			○	○	○	○		
2-5	タービンミサイル	○			○	○	○	○		

① DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI-12-06 August 2012)
② 「日本の自然災害」国会資料編集会 1998 年
③ Specific Safety Guide (SSG-3) "Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants", IAEA, April 2010
④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）
⑤ NUREG/CR-2300 "PRA PROCEDURES GUIDE", NRC, January 1983
⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造および設備の基準に関する規則の解釈」（制定：平成 25 年 6 月 19 日）
⑦ ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"
⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006) -2011.5 NRC 公表
⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：2014」一般社団法人 日本原子力学会

第 1.2-3 表 設計基準において想定される外部人為事象の選定結果

No.	外部ハザード	選定基準	選定	備考
2-1	衛星の落下	E [※]	×	安全施設の機能に影響を及ぼす人工衛星が落下する可能性は非常に低いと考えられることから除外する。
2-2	パイプライン事故（ガスなど）、パイプライン事故によるサイト内爆発等	A, D	×	発電所周辺の LNG 基地内のパイプライン（約 1.5km）は、十分な離隔距離が確保されていることから、影響は「爆発（プラント外での爆発）」、「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。
2-3	交通事故（化学物質流出含む）	D	×	敷地外において、タンクローリ等の可動施設の輸送事故（流出含む）影響については、「火災（近隣工場等の火災）」及び「有毒ガス」に包絡される。敷地内の交通事故は、車両の制限速度の設定等により管理されることから、安全機器へ損傷を与えるほどの衝突は発生しない。
2-4	有毒ガス	—	○	「有毒ガス」としてプラントへの影響評価を考慮する。

基準 A	プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない。（例：No. 1-5 砂嵐）
基準 B	ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。（例：No. 1-16 海岸浸食）
基準 C	プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下又はプラントの安全性が損なわれることがない（例：No. 1-21 濃霧）
基準 D	影響が他の事象に包絡される。（例：No. 1-27 満潮）
基準 E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。（例：No. 1-2 隕石）
基準 F	外部からの衝撃による損傷の防止とは別の条項で評価している又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止の対象外の事項。（例：No. 2-5 タービンミサイル）

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 "Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications"

・飛来物（航空機落下） ・ダムの崩壊 ・爆発 ・近隣工場等の火災	・有毒ガス ・船舶の衝突 ・電磁的障害
---	---------------------------

2. 基本方針

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される外部人為事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

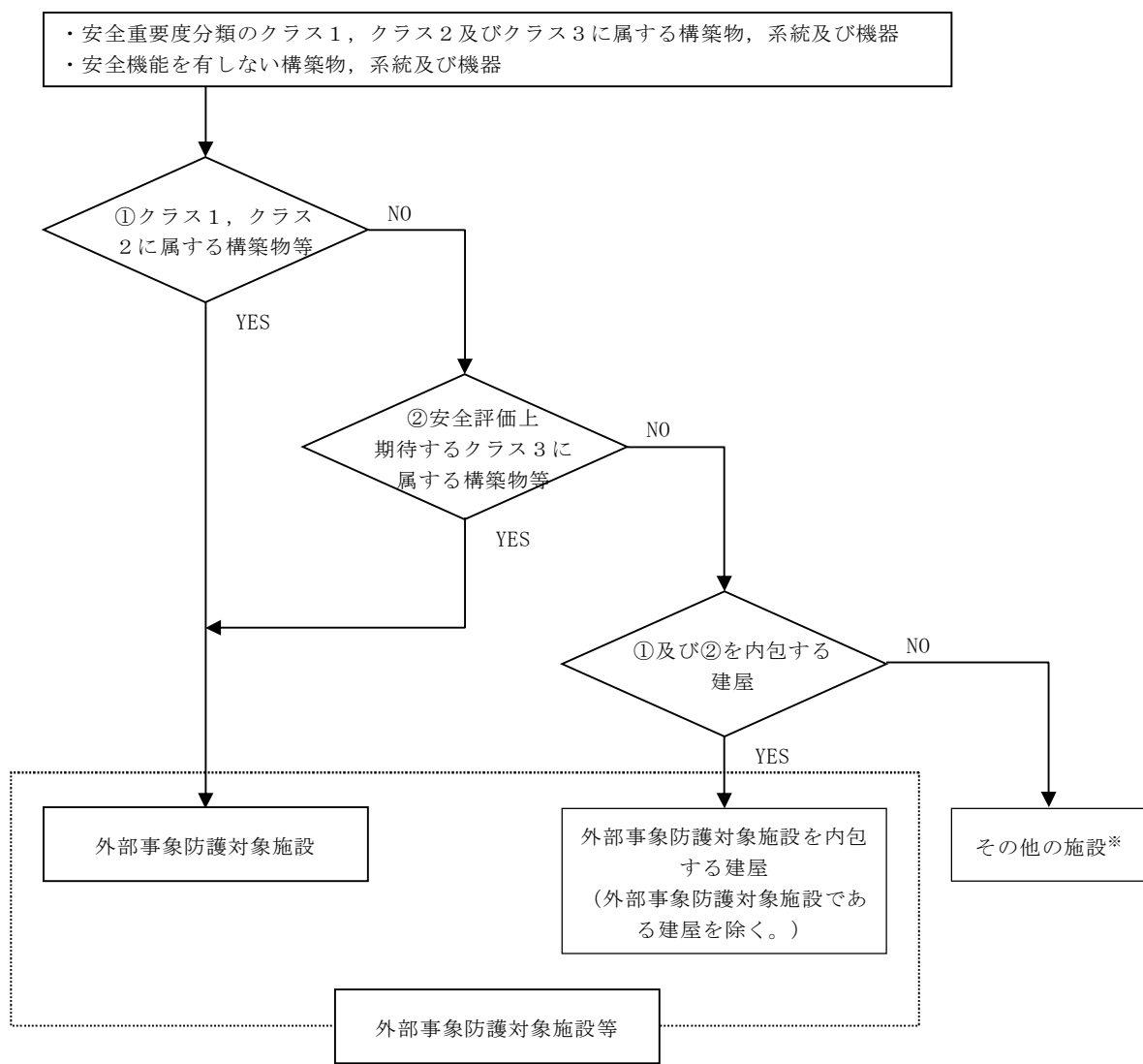
上記構築物，系統及び機器の中から，発電用原子炉を停止するため，また，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器として安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待する安全重要度分類のクラス3に属する構築物，系統及び機器（以下「外部事象防護対象施設」という。）に加え，それらを内包する建屋を外部事象から防護する対象（以下「外部事象防護対象施設等」という。）とし，機械的強度を有すること等により安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，機能を維持すること若しくは損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより，その安全機能を損なわない設計とする。

外部事象による外部事象防護対象施設の評価フローは第2-1図のとおり。

自然現象の重畳については，網羅的に組み合わせて評価する。

なお，安全施設への考慮における，根拠となる条文等については，「添付資料1．防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮」のとおり。



※ 損傷を考慮して代替等で
安全機能を確保

第2-1図 外部事象防護対象施設の抽出フロー

3. 地震，津波以外の自然現象

発電所の自然環境を基に，想定される自然現象については，「1. 設計上考慮する外部事象の抽出」により選定しており，選定した事象に対する設計方針及び評価を以下に記載する。

なお，上記の想定される自然現象の設計方針に対しては，安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備への措置を含めることとし，措置が必要な場合は各事象において整理する。

3.1 設計基準の設定

設計基準を設定するに当たっては，発電所の立地地域である東海村に対する設定値が定められている規格・基準類による設定値及び東海村で観測された過去の記録をもとに設定する。

なお，東海村の最寄りの気象官署である水戸地方気象台で観測された過去の記録について設計への影響を確認する。

ただし，上記にて設計が行えないものについては，当該事象が発生した場合の安全施設への影響シナリオを検討の上，個別に設計基準の設定を行う。

（例：火山の影響については，上記による設計は困難なため，個別に考慮すべき事象の特定を実施し設計する。）

3.2 個別評価

(1) 洪水

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

発電所敷地の北側に久慈川が位置している。発電所敷地の東側は太平洋に面している。発電所敷地の西側は北から南にかけて EL. 3m～EL. 21m の平野となっている。発電所敷地の南側は丘陵地を挟んだ反対側に新川が位置している。久慈川水系がおおむね 100 年に 1 回程度起こる大雨^{※1}により氾濫するとしても、洪水ハザードマップ^{※2}及び浸水想定区域図^{※3}によると、最大で約 EL. 7m に達するが、発電所敷地内に浸入するルートとして考えられる国道 245 号線から発電所構内進入道路への入口は EL. 15m に位置しており、発電所に影響が及ばないこと及び新川の浸水は丘陵地を遡上しないことから、洪水による影響はないことを確認した。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 2. 洪水影響評価について」のとおり。

※1 久慈川水系の洪水防御に関する計画の基本となる降雨量

久慈川流域の上流 2 日間の総雨量 235mm

里川流域の 2 日間の総雨量 302mm

山田川流域の上流 2 日間の総雨量 315mm

※2 東海村発行

※3 国土交通省関東地方整備局発行

(2) 風（台風）

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

建築基準法及び同施行令第 87 条第 2 項及び第 4 項に基づく建設省告示第 1454 号によると、東海村において建築物を設計する際に要求される基準風速は 30m/s （地上高 10m, 10 分間平均）である。

東海村については、気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため、気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

設計基準風速は、建築基準法施行令にて定められた東海村の基準風速である 30m/s （地上高 10m, 10 分間平均）とする。

なお、最大瞬間風速等の風速変動といった局所的かつ一時的な影響であれば、竜巻の最大瞬間風速の影響に包絡されるが、本号では風（台風）の影響範囲、継続性を鑑み、風（台風）に対して設計基準風速を設定する。

設計基準風速の設定に当たっては、最大風速を採用することにより、その風速の 1.5 倍～2 倍程度の最大瞬間風速^{*}を考慮することになること、現行の建築基準法では最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮した係数を最大風速に乘じ風荷重を算出することが定められていることから、設計基準風速としては最大風速を設定する。

安全施設は、設計基準風速（ 30m/s 地上高 10m, 10 分間平均）の風（台風）が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準風速（ 30m/s , 地上高 10m, 10 分間平均）の風荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、風（台風）に対して機能を維持すること若しくは風（台風）による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

なお、最寄りの気象官署である水戸地方気象台の観測記録（気象庁の気象統計情報における観測記録。以下、本資料で同じ。）によると、水戸市の風速の観測記録史上1位の最大風速は 28.3m/s であり、設計基準風速に包絡される。また、最大瞬間風速は 44.2m/s である。

ここで、風（台風）に関連して発生する可能性がある自然現象としては、落雷及び高潮が考えられる。落雷については、同時に発生するとしても、「(7)落雷」に述べる個々の事象として考えられる影響と変わらない。高潮については、「(11)高潮」に述べるとおり、安全施設は影響を受けることのない敷地高さに設置し、安全機能を損なわない設計とする。

なお、風（台風）に伴い発生する可能性のある飛来物による影響については、竜巻影響評価において想定している設計飛来物の影響に包絡される。

なお、評価結果の詳細は「添付資料3．風（台風）影響評価について」のとおり。

※ 気象庁 HP（風の強さと吹き方）：

http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/kazehyo.html

(3) 竜巻 六条（竜巻）において説明

設置許可基準規則を参照し、新たに設計方針を追加した事象である。

竜巻に対する規格基準は、国内では策定されていない。

観測記録によると、竜巻検討地域の最大竜巻規模は F3（風速 70m/s ～ 92m/s ）である。

観測記録の統計処理による年超過確率によれば、発電所における 10^{-5} /年値は風速 80m/s である。

設計竜巻の最大風速は、これらのうち最も保守的な値である F3 の風速範囲の上限値 92m/s を安全側に切り上げた、最大風速 100m/s とする。

竜巻特性値（移動速度，最大接線風速，最大接線風速半径，最大気圧低下量，最大気圧低下率）については，「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」に示される方法に基づき，設計竜巻の最大風速 100m/s での竜巻特性値を適切に設定する。

安全施設は，設計竜巻の最大風速 100m/s による風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物等の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために，飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a．飛来物の発生防止対策

竜巻により東海発電所を含む当社敷地内の資機材等が飛来物となり，外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないために，以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設等へ影響を及ぼす資機材及び車両については，固縛，固定，外部事象防護対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備からの離隔，頑健な建屋内収納又は撤去する。

b．竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し，外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないように，以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻飛来物防護対策設備により，外部事象防護対象施設を防護することにより構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とする。
- ・外部事象防護対象施設の構造健全性が維持できない場合には，代替設備の確保，損傷した場合の取替え又は補修が可能な設計とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

なお，詳細評価については，「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平

成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061911 号 原子力規制委員会決定)」に基づく審査資料「東海第二発電所 竜巻影響評価について」のとおり。

(4) 凍結

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

最寄りの気象官署である水戸地方気象台の観測記録によると、水戸市の気温の観測記録史上 1 位の最低気温は -12.7°C である。

東海村については、気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため、気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

設計基準温度は上記観測記録より、 -12.7°C とする。

安全施設は、設計基準温度（ -12.7°C ）の低温が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、上記観測記録を考慮し、屋内設備については換気空調設備により環境温度を維持し、屋外設備については保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、低温による凍結に対して機能を維持すること若しくは低温による凍結を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、その安全機能を損なわない設計とする。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 4．凍結影響評価について」のとおり。

(5) 降水

設置許可基準規則を参照し、想定される自然現象として抽出した事象であり、以下の設計方針を定めている。

降水に対する排水施設の規格・基準として、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」（平成 28 年 4 月茨城県）によると、東海村が適用範囲となる「水戸」における 10 年確率で想定される雨量強度は 127.5mm/h である。

東海村については、気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため、気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

設計基準降水量は、東海村が適用範囲である「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」（平成 28 年 4 月茨城県）による水戸の雨量強度 127.5mm/h とする。

安全施設は、設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を上回る降水が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量（ 127.5mm/h ）を上回る降水に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建屋止水処置等により、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、降水に対して機能を維持すること若しくは降水による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、最寄りの気象官署である水戸地方気象台の観測記録によると、水戸市の降水の観測記録史上 1 位の最大 1 時間降水量は 81.7mm/h であり、設計基準降水量に包絡される。

ここで、降水に関連して発生する可能性がある自然現象としては、土石

流，土砂崩れ及び地滑りが考えられるが，敷地には，土石流，土砂崩れ及び地滑りの素因となるような地形の存在は認められないことから，安全施設の安全機能を損なうような土石流，土砂崩れ及び地滑りが生じることはない。

なお，評価結果の詳細は「添付資料 5．降水影響評価について」のとおり。

(6) 積雪

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づく茨城県建築基準法等施行細則によると，建築物を設計する際に要求される基準積雪量は，東海村においては 30cm である。

東海村については，気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため，気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

設計基準積雪深は，建築基準法施行令にて定められた東海村の基準積雪量である 30cm とする。

安全施設は，設計基準積雪量（30cm）の積雪が発生した場合においても，安全機能を損なわない設計とする。

その上で，外部事象防護対象施設は，設計基準積雪量（30cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。また，設計基準積雪量（30cm）に対し給排気口を閉塞させないことにより安全機能を損なわない設計とする。

なお，最寄りの気象官署である水戸地方気象台の観測記録によると，水戸市の積雪の観測記録史上 1 位の月最深積雪は 32cm である。設計基準を

上回るような積雪事象は、気象予報により事前に予測が可能であり、進展も緩やかであるため、建屋屋上等の除雪を行うことで積雪荷重の低減及び給排気口の閉塞防止、構内道路の除雪を行うことでプラント運営に支障をきたさない措置が可能である。

また、上記以外の安全施設については、積雪に対して機能を維持すること若しくは積雪による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 6. 積雪影響評価について」のとおり。

(7) 落雷

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

電気技術指針 J E A G 4608-2007 においては、275kV 発電所における送電線並びに電力設備に対して基準電流を 100kA としている。また、日本工業規格 J I S A 4201-2003「建築物等の雷保護」、消防庁通知等によると、原子力発電所の危険物施設に対して基準電流 150kA と規定されている。

全国雷観測ネットワーク（JLDN）により観測された落雷データによると、発電所を中心とした標的面積 4km^2 の範囲の雷撃密度は $4.09 \text{ 回/年} \cdot \text{km}^2$ であり、また、観測記録の統計処理による年超過確率 10^{-4} /年値によると、雷撃電流値は 400kA である。

東海第二発電所を中心とした標的面積 4km^2 の範囲で観測された雷撃電流の最大値は 131kA である。

よって、落雷の設計基準電流値は保守的に、観測記録の統計処理による

400kA とする。

安全施設は、設計基準電流値（400kA）の落雷が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設の雷害防止対策として、原子炉建屋等への避雷針の設置、接地網の敷設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、落雷に対して機能を維持すること若しくは落雷による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 7. 落雷影響評価について」のとおり。

(8) 火山の影響 六条（火山）において説明

設置許可基準規則を参照し、新たに設計方針を追加した事象である。

発電所に対して考慮すべき火山事象は、敷地の地理的領域に位置する第四紀火山の活動時期や噴出物の種類と分布、敷地との位置関係から、降下火砕物（火山灰）以外にない。

文献調査、地質調査及び降下火砕物シミュレーション解析の結果を踏まえ、降下火砕物の層厚を 50cm、密度を $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）、粒径を最大 8.0mm と評価した。

荷重については、層厚 50cm の湿潤状態の降下火砕物の荷重と積雪の荷重及び風荷重を適切に組み合わせる。

外部事象防護対象施設は、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響

が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう以下の設計とする。

a. 直接的影響に対する設計

外部事象防護対象施設は、直接的影響に対して、以下により安全機能を損なわない設計とする。

- ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること
- ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること
- ・ 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 水循環系の内部における摩耗並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）に対して摩耗しにくい設計とすること
- ・ 構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）並びに換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること
- ・ 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室換気系は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること
- ・ 電気系及び計測制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計測制御設備（安全保護系）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のバグフィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること

また、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間に降下火砕物の

除去又は修復等の対応を可能とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

b. 間接的影響に対する設計

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、詳細評価については、「原子力発電所の火山影響評価ガイド（平成25年6月19日原規技発第13061910号 原子力規制委員会決定）」に基づく審査資料「東海第二発電所 火山影響評価について」のとおり。

(9) 生物学的事象

設置許可基準規則を参照し、想定される自然現象として抽出した事象であり、以下の設計方針を定めている。

外部事象防護対象施設は、生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生及び小動物の侵入が発生した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、海生生物であるクラゲ等の発生に対しては、海生生物を含む塵芥による残留熱除去系海水系等への影響を防止するため、除塵装置及び海水ストレーナを設置し、必要に応じて塵芥を

除去することにより、安全機能を損なわない設計とする。

小動物の侵入に対しては、屋内設備は建屋止水処置により、屋外設備は端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、生物学的事象に対して機能を維持すること若しくは生物学的事象による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 8. 生物学的事象に対する考慮について」のとおり。

(10) 森林火災 六条（外部火災）において説明

設置許可基準規則を参照し、新たに設計方針を追加した事象である。

敷地外の森林から出火し、敷地内の植生へ延焼するおそれがある場合は、自衛消防隊が出動し、予防散水等の延焼防止措置を行う。また、敷地内の植生へ延焼した場合であっても、森林火災シミュレーション（F A R S I T E）による影響評価に基づいた防火帯幅を確保すること等により、安全機能が損なわれることはない。

また、上記以外の安全施設については、建屋による防護、消火活動、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

森林火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響に対して、外気を直接設備内に取り込む機器、外気を取り込む空調系統、屋外設置機器に分類し、影

響評価を行い，必要な場合は対策を実施することにより，安全機能を損なわない設計とする。

なお，詳細評価については，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061912 号 原子力規制委員会決定）」に基づく審査資料「東海第二発電所 外部火災影響評価について」のとおり。

(11) 高潮

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

発電所周辺海域の潮位については，発電所から北方約 3km 地点に位置する茨城港日立港区で観測された潮位を設計潮位とする。本地点の最高潮位は T.P.（東京湾中等潮位）+1.46m（1958 年 9 月 27 日），朔望平均満潮位が T.P. +0.61m である。

安全施設は，高潮の影響を受けない敷地高さ（T.P. +3.3m）以上に設置することで，安全機能を損なわない設計とする。

4. 外部人為事象

発電所の敷地及び敷地周辺の状況を基に、設計基準において想定される外部人為事象については、「1. 設計上考慮する外部事象の抽出」により選定しており、選定した事象に対する設計方針を以下に記載する。

4.1 個別評価

(1) 飛来物（航空機落下）

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）への航空機の落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・7・29 原院第4号（平成14年7月30日 原子力安全・保安院制定））等に基づき評価した結果、約 8.5×10^{-8} 回／炉・年であり、防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回／炉・年を超えないため、飛来物（航空機落下）による防護について設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）と安全機能が独立していること、かつ設置場所は発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）と離隔されていることから、個別に航空機落下確率を評価した結果、約 6.1×10^{-8} 回／炉・年であり、防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回／炉・年を超えないため、飛来物（航空機落下）による防護について設計上考慮する必要はない。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 9．航空機落下確率評価について」のとおり。

(2) ダムの崩壊

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

発電所周辺には、発電所敷地の北側に久慈川が位置しており、その支川である山田川の上流約 30km にダムが存在する。

久慈川は敷地の北方を太平洋に向かい東進していること、発電所敷地の西側は北から南にかけては EL. 3m～EL. 21m の上り勾配となっていることから、発電所敷地がダムの崩壊により影響を受けることはなく、ダムの崩壊を考慮する必要はない。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 10. ダムの崩壊影響評価について」のとおり。

(3) 爆発 六条（外部火災）において説明

平成 21 年 11 月 17 日付け平成 20・12・24 原第 3 号をもって設置変更許可を受けた設計方針に同じ。

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、爆発により安全施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、爆発による安全施設への影響については考慮する必要はない。

発電所敷地外 10km 以内の危険物貯蔵施設又は発電所敷地周辺道路の燃料輸送車両から爆発が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保により、安全機能を損なわない設計とする。航行中の船舶が漂流し爆発が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、離隔距離の確保、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、詳細評価については、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 13061912 号 原子力規制委員会決定）」に基づく審査資料「東海第二発電所 外部火災影響評価について」のとおり。

(4) 近隣工場等の火災 六条（外部火災）において説明

設置許可基準規則を参照し、想定される外部人為事象として新たに抽出した事象である。

a. 石油コンビナート施設等の火災

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、火災により評価対象施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、火災による安全施設への影響については考慮する必要はない。

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設以外の危険物貯蔵施設又は発電所敷地周辺道路の燃料輸送車両から火災が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、安全機能を損なわない設計とする。航行中の船舶が漂流し火災が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、安全機能を損なわない設計とする。

b. 発電所敷地内に存在する危険物貯蔵施設等の火災

発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災発生時の輻射熱による評価対象施設の建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度等を許容温度以下とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

c. 航空機墜落による火災

原子炉建屋周辺に航空機が墜落し、燃料火災が発生した場合、直ちに公設消防へ通報するとともに、自衛消防隊が出動し、速やかに初期消火

活動を行う。

航空機が外部事象防護対象施設である原子炉建屋等の周辺で落下確率が 10^{-7} 回／炉・年以上になる地点へ墜落することを想定しても、火災の影響により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、建屋による防護、消火活動、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

d. 二次的影響（ばい煙等）

石油コンビナート施設の火災、発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災及び航空機墜落による火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響に対して、外気を直接設備内に取り込む機器、外気を取り込む空調系統及び屋外設置機器に分類し、影響評価を行い、必要な場合は対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

(5) 有毒ガス

設置許可基準規則を参照し、想定される外部人為事象として新たに抽出した事象である。

有毒ガスの漏えいについては固定施設（石油コンビナート施設等）と可動施設（陸上輸送、海上輸送）からの流出が考えられる。発電所周辺には周辺監視区域が設定されているため、発電用原子炉施設と近隣の施設や周辺道路との間には離隔距離が確保されていることから、有毒ガスの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。また、敷地港湾の前面の海域を移動中の可動施設から有毒ガスの漏えいを想定した場合も同様に、離隔距離が確保されていることから、中央制御室の居住性

を損なうことはない。

発電所敷地内に貯蔵している化学物質については、貯蔵施設からの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。

また、中央制御室換気系については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより中央制御室の居住性を損なうことはない。

なお、評価結果の詳細については、「添付資料 11. 有毒ガス影響評価について」のとおり。

(6) 船舶の衝突

設置許可基準規則を参照し、想定される外部人為事象として新たに抽出した事象である。

航路を通行する船舶の衝突に対し、航路からの離隔距離を確保することにより、安全施設が安全機能を損なわない設計とする。

発電所周辺の海上交通としては、発電所の北方約 3km に茨城港日立港区、南方約 6km に茨城港常陸那珂港区、南方約 18km に茨城港大洗港区があり、それぞれ日立－釧路間、常陸那珂－苫小牧間、常陸那珂－北九州間、大洗－苫小牧間等の定期航路がある。最も距離の近い航路でも発電所より約 1.4km の離隔距離があり、航路を通行する船舶が港湾内に侵入する可能性は低い。

港湾内に入港する燃料輸送船等（全長約 100m×全幅約 16.5m、満水時の喫水約 5m）の事故が港湾内で発生した場合でも、取水口前面のカーテンウォールにより阻害されること、取水口は呑み口が広い（幅約 40m）ため、取水性が損なわれることはない。

小型船舶（漁船等、全長約 20m×全幅約 5m、満水時の喫水約 2m）が発電所近傍で漂流した場合でも、防波堤等に衝突して止まることから取水性

を損なうことはない。また、万が一防波堤を通過し、カーテンウォール前面に小型船舶が到達した場合であっても、呑み口が広いため、取水性を損なうことはない。

船舶の座礁により、重油流出事故が発生した場合は、オイルフェンスを設置する措置を講じる。

したがって、船舶の衝突によって取水路が閉塞することはなく、安全施設が安全機能を損なうことはない。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 12. 船舶の衝突影響評価について」のとおり。

(7) 電磁的障害

設置許可基準規則を参照し、想定される外部人為事象として新たに抽出した事象である。

安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、計装盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により、影響を受けない設計としている。

したがって、電磁的障害により安全施設が安全機能を損なうことはない。

なお、評価結果の詳細は「添付資料 13. 安全保護回路の主なサージ・ノイズ、電磁波対策について」のとおり。

5. 自然現象，外部人為事象に対する安全施設への影響評価

発電所で考慮する自然現象及び外部人為事象に対して，安全施設への影響評価を第 5-1 表に示す。

なお，洪水及び高潮の自然現象並びに飛来物（航空機落下），ダムの崩壊，有毒ガス及び船舶の衝突の外部人為事象に関しては，発電所の施設への影響がないことから，第 5-1 表から除外している。

第 5－1 表 外部事象による安全施設への影響（1／10）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備設置場所	外部事象防護対象施設に該当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果
PS-1	原子炉冷却材圧力バウンダリ機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系（計装等の小口径配管・機器は除く。）	原子炉圧力容器	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			原子炉再循環系ポンプ	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			配管，弁	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			隔離弁	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒駆動機構ハウジング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			中性子束計装管ハウジング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	過剰反応度の印加防止機能	制御棒カップリング	制御棒カップリング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒駆動機構カップリング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	炉心形状の維持機能	炉心支持構造物（炉心シェラウド，シェラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，制御棒案内管），燃料集合体（ただし，燃料を除く。）	炉心シェラウド	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			シェラウドサポート	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			上部格子板	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			炉心支持板	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			燃料支持金具	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒案内管	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒駆動機構ハウジング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			燃料集合体（上部タイププレート）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			燃料集合体（下部タイププレート）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			燃料集合体（スペーサ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
MS-1	原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系（制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能））	制御棒	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒案内管	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒駆動機構	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	未臨界維持機能	原子炉停止系（制御棒による系，ほう酸水注入系）	制御棒	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒カップリング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			制御棒駆動機構カップリング	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			ほう酸水注入系（ほう酸水注入ポンプ，注入弁，タンク出口弁，ほう酸水貯蔵タンク，ポンプ吸込配管及び弁，注入配管及び弁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁（安全弁としての開機能）	逃がし安全弁（安全弁開機能）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

第5－1表 外部事象による安全施設への影響（2／10）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備 設置 場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害			
		構築物，系統又は機器				評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果
MS-1	原子炉停止 後の除熱機 能	残留熱を除去する系統 （残留熱除去系（原子炉 停止時冷却モード），原 子炉隔離時冷却系，高圧 炉心スプレイ系，逃がし 安全弁（手動逃がし機 能），自動減圧系（手動 逃がし機能）	残留熱除去系（ポン プ，熱交換器，原子炉 停止時冷却モードのル ートとなる配管，弁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影		
			原子炉隔離時冷却系 （ポンプ，サブプレッ ション・プール，タービ ン，サブプレッション・ プールから注水先まで の配管，弁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			高圧炉心スプレイ系 （ポンプ，サブプレッ ション・プール，サブレ ッション・プールから スプレイ先までの配 管，弁，スプレイヘッ ダ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			逃がし安全弁（手動逃 がし機能）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			自動減圧系（手動逃が し機能）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			炉心冷却 機能	非常用炉心冷却系 （低圧炉心スプレイ 系，低圧注水系，高 圧炉心スプレイ系， 自動減圧系）	低圧炉心スプレイ系 （ポンプ，サブプレッ ション・プール，サブレ ッション・プールから スプレイ先までの配 管，弁，スプレイヘッ ダ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内
	残留熱除去系（低圧注 水モード）（ポンプ， サブプレッション・プ ール，サブプレッショ ン・プールから注水先 までの配管，弁（熱交 換器バイパスライン 含む），注水ヘッダ）	C/S			○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	高圧炉心スプレイ系 （ポンプ，サブプレッ ション・プール，サブレ ッション・プールから スプレイ先までの配 管，弁，スプレイヘッ ダ）	C/S			○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	自動減圧系（逃がし安 全弁）	C/S			○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

第 5－1 表 外部事象による安全施設への影響（3／1 0）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備設置場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果
MS-1	放射 性 物 質 の 閉 じ 込 め 機 能 ， 放 射 線 の 遮 蔽 及 び 放 出 低 減 機 能	原子炉格納容器，原 子 炉 格 納 容 器 隔 離 弁，原子炉格納容器 スプレイ冷却系，原 子 炉 建 屋 ， 非 常 用 ガ ス 処 理 系 ， 非 常 用 再 循 環 ガ ス 処 理 系 ， 可 燃 性 ガ ス 濃 度 制 御 系	原子炉格納容器（格納 容器本体，貫通部，所 員用エアロック，機器 搬入ハッチ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			原子炉建屋原子炉棟	屋外	○	○	荷	○	荷， 飛，補 ※2	○	影	○	水，荷	○	荷	○	影	○	荷	○	影	○	熱，爆	○	影
			格納容器隔離弁及び格 納容器バウンダリ配管	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			主蒸気流量制限器	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			残留熱除去系（格納容 器 ス プ レ イ 冷 却 モ ー ド）（ポンプ，熱交換 器，サプレッション・ プール，サプレッショ ン・プールからスプレ イ先（ドライウエル及 びサプレッション・プ ール気相部）までの配 管，弁，スプレイヘッ ダ（ドライウエル及び サプレッション・プ ール））	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			原子炉建屋ガス処理系 （乾燥装置，排風機， フィルタ装置，原子炉 建屋原子炉棟吸込口 から排気筒頂部までの配 管，弁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
				屋外	○	○	荷	○	荷，補	○	影	○	影	○	影	○	影	○	影	○	防	○	熱，爆	○	影
			可燃性ガス濃度制御系 （再結合装置，格納容 器から再結合装置まで の配管，弁，再結合装 置から格納容器までの 配管，弁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			遮蔽設備（原子炉遮蔽 壁，一次遮蔽壁，二次 遮蔽壁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※ 1 ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない
※ 2 ブローアウトパネルが開放した場合（ブローアウトパネルは常時閉）

荷：荷重による影響なし 水：浸水による影響なし 飛：竜巻飛来物による影響なし 爆：爆発飛来物による影響なし 灰：火山灰による影響なし	熱：輻射熱による影響なし 煙：ばい煙による影響なし 取：フィルタ取替え等 代：代替設備（設備名） 補：補修の実施（必要に応じプラント停止）	影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない 防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等） 内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし
--	---	--

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟） NR/W：廃棄物処理建屋 D/Y：固体廃棄物貯蔵庫	T/B：タービン建屋 D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋 S/Y：屋内開閉所
--	--

第5－1表 外部事象による安全施設への影響（4／10）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備 設置 場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果
MS-1	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系	原子炉緊急停止の安全保護回路	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防	○	内	○	内	○	防
			・非常用炉心冷却系作動の安全保護回路 ・原子炉格納容器隔離の安全保護回路 ・原子炉建屋ガス処理系作動の安全保護回路 ・主蒸気隔離の安全保護回路	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防	○	内	○	内	○	防
	安全上特に重要な関連機能	非常用所内電源系，制御室及びその遮蔽・非常用換気空調系，非常用補機冷却水系，直流電源系（いずれも，MS－1関連のもの）	非常用所内電源系（ディーゼル機関，発電機，発電機から非常用負荷までの配電設備及び電路）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防	○	内	○	内	○	防
			中央制御室及び中央制御室遮蔽	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			中央制御室換気空調系（放射線防護機能及び有毒ガス防護機能）（非常用再循環送風機，非常用再循環フィルタ装置，空調ユニット，送風機，排風機，ダクト及びダンパ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			残留熱除去系海水系（ポンプ，熱交換器，配管，弁，ストレーナ（MS－1関連））	屋外	○	○	荷	○	防	○	影	○	影	○	防	○	影	○	防，取	○	影	○	熱爆，取	○	影
			ディーゼル発電機用海水系（ポンプ，配管，弁，ストレーナ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			直流電源系（蓄電池，蓄電池から非常用負荷までの配電設備及び電路（MS－1関連））	屋外	○	○	荷	○	防	○	防	○	影	○	荷	○	防	○	荷，灰	○	防	○	熱爆，煙	○	影
			計測制御電源系（蓄電池から非常用計測制御装置までの配電設備及び電路（MS－1関連））	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			計測制御電源系（蓄電池から非常用計測制御装置までの配電設備及び電路（MS－1関連））	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
			その他	放水路ゲート	屋外	○	○	荷	○	補	○	防	○	水	○	荷	○	防	○	荷，灰	○	防	○	熱，煙	○

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

第5－1表 外部事象による安全施設への影響（5／10）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備 設置 場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果	評価※1	確認 結果
PS-2	原子炉冷却材を内蔵する機能（ただし，原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く。）	主蒸気系，原子炉冷却材浄化系（いずれも，格納容器隔離弁の外側のみ）	原子炉冷却材浄化系（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			主蒸気系	C/S T/B	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			原子炉隔離時冷却系タービン蒸気供給ライン（原子炉冷却材圧力バウンダリから外れる部分であって外側隔離弁下流からタービン止め弁まで）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって，放射性物質を貯蔵する機能	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの），使用済燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む。）	放射性気体廃棄物処理系（活性炭式希ガスホールドアップ装置）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			使用済燃料プール（使用済燃料貯蔵ラックを含む）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			新燃料貯蔵庫（臨界を防止する機能）（新燃料貯蔵ラック）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			使用済燃料乾式貯蔵容器	D/C	○	○	内	○	内※2	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	燃料交換機	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			原子炉建屋クレーン	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	D/C	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）	逃がし安全弁（吹き止まり機能に関連する部分）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
MS-2	燃料プール水の補給機能	非常用補給水系	残留熱除去系（ポンプ，サプレッション・プール，サプレッション・プールから燃料プールまでの配管，弁）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁，排気筒（非常用ガス処理系排気管の支持機能以外）	放射性気体廃棄物処理系（オフガス系）隔離弁	T/B	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			主排気筒	屋外	○	○	荷	○	荷，補	○	影	○	影	○	影	○	影	○	影	○	影	○	熱、爆	○	影
			燃料プール冷却浄化系の燃料プール入口逆止弁	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※1 ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない ※2 使用済燃料乾式貯蔵容器も外郭防護施設としている。	荷：荷重による影響なし 水：浸水による影響なし 飛：竜巻飛来物による影響なし 爆：爆発飛来物による影響なし 灰：火山灰による影響なし	熱：輻射熱による影響なし 煙：ばい煙による影響なし 取：フィルタ取替え等 代：代替設備（設備名） 補：補修の実施（必要に応じプラント停止）	影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない 防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等） 内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし
---	--	---	--

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟） NR/W：廃棄物処理建屋 D/Y：固体廃棄物貯蔵庫	T/B：タービン建屋 D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋 S/Y：屋内開閉所
--	--

第 5－1 表 外部事象による安全施設への影響（6／1 0）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備設置場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果	評価※1	確認結果
MS-2	放射性物質放出の防止機能	燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系	原子炉建屋原子炉棟	屋外	○	○	荷	○	荷，飛補※2	○	影	○	水，荷	○	荷	○	影	○	荷	○	影	○	熱，爆	○	影
			原子炉建屋ガス処理系	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
				屋外	○	○	荷	○	補	○	影	○	影	○	影	○	影	○	影	○	影	○	影	○	熱，爆
	事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部	・中性子束（起動領域計装） ・原子炉スクラム用電磁接触器の状態 ・制御棒位置	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
			・原子炉水位（広帯域，燃料域） ・原子炉圧力	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
			・原子炉格納容器圧力 ・サブプレッション・プール水温度 ・原子炉格納容器エリア放射線量率（高レンジ）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
			〔低温停止への移行〕 ・原子炉圧力 ・原子炉水位（広帯域） 〔ドライウェルスプレイ〕 ・原子炉水位（広帯域，燃料域） ・原子炉格納容器圧力 〔サブプレッション・プール冷却〕 ・原子炉水位（広帯域，燃料域） ・サブプレッション・プール水温度 〔可燃性ガス濃度制御系起動〕 ・原子炉格納容器水素濃度 ・原子炉格納容器酸素濃度	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
			制御室外からの安全停止機能	制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）	制御室外原子炉停止装置（安全停止に関連するもの）の操作回路	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内
	PS-3	原子炉冷却材保持機能（PS-1 及び PS-2 以外のもの）	計装配管，試料採取管	計装配管，弁	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○
試料採取管，弁				C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
ドレン配管，弁				C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
ベント配管，弁				C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※ 1 ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

※ 2 ブローアウトパネルが開放した場合（ブローアウトパネルは常時閉）

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

第 5－1 表 外部事象による安全施設への影響（7／10）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備設置場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害			
		構築物，系統又は機器				評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果
PS-3	原子炉冷却材の循環機能	原子炉再循環系	原子炉再循環系ポンプ，配管，弁，ライザー管（炉内），ジェットポンプ	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影		
	放射性物質の貯蔵機能	サブプレッションプール水排水系，復水貯蔵タンク，放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの小さいもの）	復水貯蔵タンク	屋外	×	○	補	○	補	○	防	○	影	○	補	○	影	○	補	○	影	○	熱	○	影		
			液体廃棄物処理系（低電導度廃液収集槽，高電導度廃液収集槽）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影		
				NR/W	×	○	補	○	補	○	影	○	水，補	○	補	○	影	○	補	○	影	○	熱，爆	○	影		
			固体廃棄物処理系（CUW粉末樹脂沈降分離槽，使用済樹脂槽，濃縮廃液タンク，固体廃棄物貯蔵庫（ドラム缶））	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
				D/Y	×	○	補	○	補	○	影	○	水，補	○	補	○	影	○	補	○	影	○	熱，爆	○	影		
			新燃料貯蔵庫（新燃料貯蔵ラック）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			給水加熱器保管庫	屋外	×	○	補	○	補	○	影	○	水，補	○	補	○	影	○	補	○	影	○	熱，爆	○	影		
			セメント混練固化装置及び雑固体減容処理設備（液体及び固体の放射性廃棄物処理系）	NR/W	×	○	内	○	補	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	電源供給機能（非常用を除く。）	タービン，発電機及びその励磁装置，復水系（復水器を含む。），給水系，循環水系，送電線，変圧器，開閉所	発電機及びその励磁装置（発電機，励磁機）	T/B	×	○	内	○	補	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			蒸気タービン（主タービン，主要弁，配管）	T/B	×	○	内	○	補	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			復水系（復水器を含む）（復水器，復水ポンプ，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			給水系（電動駆動給水ポンプ，タービン駆動給水ポンプ，給水加熱器，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			循環水系（循環水ポンプ，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
				屋外	×	○	補	○	補	○	補	○	水，補	○	補	○	防	○	補	○	補	○	熱，爆	○	影		
			常用所内電源系（発電機又は外部電源系から所内負荷までの配電設備及び電路（MS－1関連以外））	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

第 5－1 表 外部事象による安全施設への影響（8／1 0）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備設置場所	外部事象防護対象施設に該当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果
PS-3	電源供給機能（非常用を除く。）（つづき）	タービン，発電機及びその励磁装置，復水系（復水器を含む。），給水系，循環水系，送電線，変圧器，開閉所（つづき）	直流電源系（蓄電池，蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路（MS－1 関連以外））	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			計測制御電源系（電源装置から常用計測制御装置までの配電設備及び電路（MS－1 関連以外））	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			送電線	屋外	×	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	影	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)
			変圧器（所内変圧器，起動変圧器，予備変圧器，電路）	屋外	×	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)
			開閉所（母線，遮断器，断路器，電路）	S/Y 屋外	×	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)	○	代 (非常用ディーゼル発電機)
	プラント計測・制御機能（安全保護機能を除く。）	原子炉制御系（制御棒価値ミニマイザを含む。），原子炉核計装，原子炉プロセス計装	・原子炉制御系（制御棒価値ミニマイザを含む） ・原子炉核計装 ・原子炉プラントプロセス計装	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	プラント運転補助機能	所内ボイラ，計装用圧縮空気系	補助ボイラ設備（補助ボイラ，給水タンク，給水ポンプ，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	補	○	内	○	内	○	影
			所内蒸気系及び戻り系（ポンプ，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	補	○	内	○	内	○	影
			計装用圧縮空気設備（空気圧縮機，中間冷却器，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	補	○	内	○	内	○	影

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

6 条（外事） -48

第 5－1 表 外部事象による安全施設への影響（ 9 ／ 1 0 ）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備設置場所	外部事象防護対象施設に該当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害	
		構築物，系統又は機器				評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果	評価※	確認結果
PS-3	プラント運転補助機能（つづき）	所内ボイラ，計装用圧縮空気系（つづき）	原子炉補機冷却系（原子炉補機冷却系ポンプ，熱交換器，配管／弁）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
				T/B	×	○	補	○	補	○	内	○	内	○	内	○	内	○	補	○	内	○	内	○	影
			タービン補機冷却系（タービン補機冷却系ポンプ，熱交換器，配管／弁）	T/B	×	○	補	○	補	○	内	○	内	○	内	○	内	○	補	○	内	○	内	○	影
			補機冷却系海水系（補機冷却系海水系ポンプ，配管／弁，ストレーナ）	屋外	×	○	補	○	補	○	防	○	影	○	補	○	防	○	補	○	防	○	熱、煙	○	影
			復水補給水系（復水移送ポンプ，配管／弁）	T/B	×	○	補	○	補	○	内	○	内	○	内	○	内	○	補	○	内	○	内	○	影
	核分裂生成物の原子炉冷却材中の放散防止機能	燃料被覆管	燃料被覆管	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			上／下部端栓	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			タイロッド	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	原子炉冷却材の浄化機能	原子炉冷却材浄化系，復水浄化系	原子炉冷却材浄化系（再生熱交換器，非再生熱交換器，CUWポンプ，ろ過脱塩装置，配管／弁）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			復水浄化系（復水脱塩装置，配管／弁）	T/B	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
MS-3	原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃がし安全弁（逃がし弁機能），タービンバイパス弁	逃がし安全弁（逃がし弁機能）	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
			タービンバイパス弁	T/B	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
	出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系（再循環ポンプトリップ機能，制御棒引抜監視装置）	・原子炉再循環系制御系 ・制御棒引き抜き阻止回路	C/S	○	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
			・選択制御棒挿入回路	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防
	原子炉冷却材の補給機能	制御棒駆動水圧系，原子炉隔離時冷却系	制御棒駆動水圧系（ポンプ，復水貯蔵タンク，復水貯蔵タンクから制御棒駆動機構までの配管，弁）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内		内	○	内	○	影
				屋外	×	○	補	○	補	○	防	○	影	○	補	○	影	○	補	○	影	○	熱	○	影
			原子炉隔離時冷却系（ポンプ，タービン）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

6 条（外事） -49

第5－1表 外部事象による安全施設への影響（10／10）

分類	機能	安全機能の重要度分類		設備 設置 場所	外部事象 防護対象 施設に該 当	風（台風）		竜巻		凍結		降水		積雪		落雷		火山の影響		生物学的事象		外部火災		電磁的障害			
		構築物，系統又は機器				評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果	評価※	確認 結果
MS-3	緊急時対策上 重要なもの及 び異常状態の 把握機能	原子力発電所緊 急時対策所，試 料採取系，通信 連絡設備，放射 能監視設備，事 故時監視計器の 一部，消火系， 安全避難通路， 非常用照明	緊急時対策所建屋	屋外	×	○	荷	○	荷, 防	○	影	○	水, 荷	○	荷	○	影	○	荷	○	影	○	熱	○	影		
			試料採取系（異常時に 必要な下記の機能を有 するもの。原子炉冷却 材放射性物質濃度サン プリング分析，原子炉 格納容器雰囲気放射性 物質濃度サンプリング 分析）	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影		
			通信連絡設備（１つの 専用回路を含む複数の 回路を有する通信連絡 設備）	屋外	×	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）	○	代（有線 /無線/衛 星系）		
			放射線監視設備	屋外	×	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）	○	代（可搬 型モニタ リングポ スト）		
			事故時監視計器の一部	C/S	×	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	防		
			事故時監視計器の一部 （排気筒モニタ）	屋外	○	○	荷	○	補	○	防	○	水	○	荷	○	防	○	荷	○	防	○	熱, 煙	○	防		
			消火系（水消火設備， 泡消火設備，二酸化炭 素消火設備等）	各建屋	×	○	内	○	代（消 火器等）	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	内	○	影
				屋外	×	○	代（消 防自動 車等）	○	代（消 防自動 車等）	○	防	○	影	○	影	○	代（消 防自動 車等）	○	影	○	代（消 防自動 車等）	○	代（消 防自動 車等）	○	影		
			安全避難通路	全域	×	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	代（代 替の安 全避難 通路）	○	影
			非常用照明	全域	×	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	代（代 替の照 明器 具）	○	影

※ ○：各外部事象に対し安全機能を損なわない若しくは各外部事象による損傷を考慮して代替設備による必要な機能の維持，安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらの組合せにより安全機能を損なわない

荷：荷重による影響なし
水：浸水による影響なし
飛：竜巻飛来物による影響なし
爆：爆発飛来物による影響なし
灰：火山灰による影響なし

熱：輻射熱による影響なし
煙：ばい煙による影響なし
取：フィルタ取替え等
代：代替設備（設備名）
補：補修の実施（必要に応じプラント停止）

影：対象となる構築物，系統又は機器に影響を及ぼす影響モードがない
防：事象に見合った防護対策を実施（例：飛来物からの防護，雷害対策等）
内：建屋内（地下敷設の場合も含む）により影響なし

C/S：原子炉建屋（原子炉棟，付属棟，廃棄物処理棟）
NR/W：廃棄物処理建屋
D/Y：固体廃棄物貯蔵庫

T/B：タービン建屋
D/C：使用済燃料乾式貯蔵建屋
S/Y：屋内開閉所

6. 自然現象の重畳について

実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則第六条解釈第3項及び第5項において，設計上の考慮を要する自然現象の組合せについて要求がある。

重畳の検討についての概略を以下に示す。

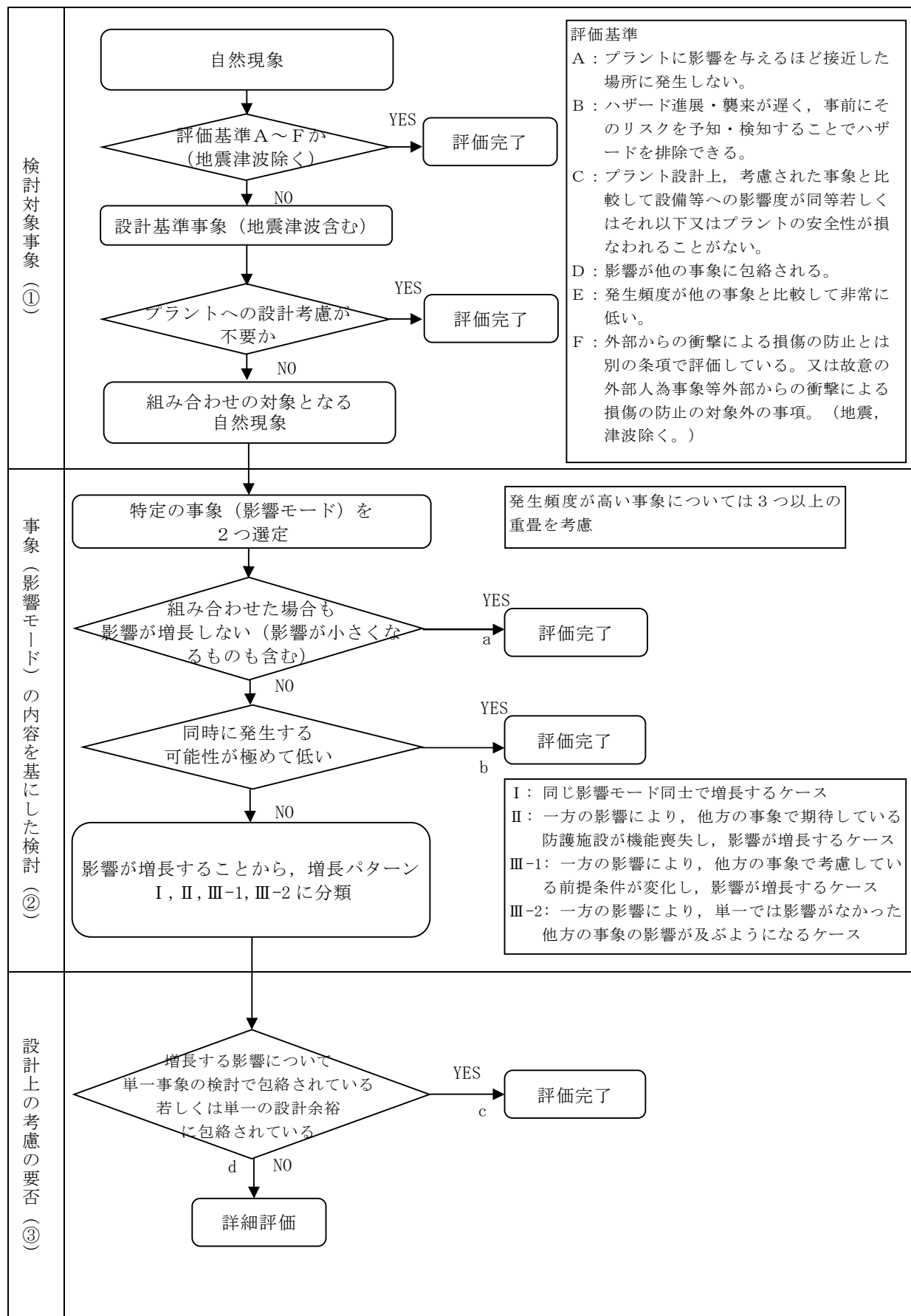
【検討手順概略】

- ① 「1.1 外部事象の収集」にて発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波除く。）として抽出した11事象から，「3.2 個別評価」にて発電所では被害が考えられないと評価した洪水及び津波に包含される高潮を除いた9事象に地震及び津波を加えた11事象を組合せ対象として設定。
- ② 自然現象ごとに影響モード（荷重，閉塞，温度等）を整理し，事象の特性（相関性，発生頻度等）を踏まえて全ての組合せを網羅的に検討し，影響が増長する組合せを特定。組合せを考慮した場合に発電用原子炉施設に与える影響パターンを以下の観点で分類。
 - a. 組み合わせた場合も影響が増長しないもの（影響が小さくなるものを含む）
 - b. 同時に発生する可能性が極めて低いもの
 - c. 増長する影響について，個別の事象の検討で包絡されている又は個々の事象の設計余裕に包絡されているもの
 - d. c以外で影響が増長するもの影響が増長するケース（上記c及びd）については，それらを4つのタイプに分類し，新たな影響モードが生じるか否かについても考慮。

③ 影響が増長するケースに対し，影響度合いを詳細検討し，設計上の考慮や安全設備の防護対策が必要となった場合は対策を講ずる。

④ アクセシ性・視認性についても記載。

第 6－1 図に自然現象の組合せ事象の評価フローを示す。フロー内の各タスクの詳細については 6.2 以降で説明する。



第 6-1 図 自然現象の組合せの評価

6.1 検討対象

6.1.1 検討対象事象

検討対象とする事象は、「1.1 外部事象の収集」と同様に文献より抽出された自然現象 55 事象のうち国内外の基準を基に発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）として選定した 11 事象から、「3.2 個別評価」にて発電所では被害が考えられないと評価した洪水及び津波に包含される高潮を除いた 9 事象に、地震及び津波を加え、第 6.1-1 表に示す 11 事象とする。

第 6.1-1 表 重畳検討事象

・自然現象（11 事象）

No.	自然現象	No.	自然現象
1-1	凍結	1-15	生物学的事象
1-3	降水	1-19	風（台風）
1-7	地震	1-20	竜巻
1-8	積雪	1-22	森林火災
1-11	津波	1-33	落雷
1-12	火山の影響		

6.2 事象の特性の整理

6.2.1 相関性のある自然現象の特定

自然現象は、特定の現象が他の現象を誘発する、同様の原因（低気温時に頻発等）により発生する等の因果関係を有し、同時期に発生する事象群が存在する。これらの相関性を持つ自然現象を特定する。相関性のある自然現象を抽出した結果を第 6.2-1 表に示す。

一方、森林火災、生物学的事象は、各事象が独立して発生するものであることから、相関性はないものとする。

第 6.2-1 表 相関性のある自然現象

相関タイプ	自然現象
①低温系	凍結，積雪
②高温系	—
③風水害系	降水，風（台風）又は竜巻※，落雷
④地震系（津波）	地震，津波
⑤地震系（火山の影響）	地震，火山の影響

※ 風（台風）と竜巻は特定の箇所に同時に負荷がかからないため、どちらか一方のみを考慮する

6.2.2 影響モードのタイプ分類

組合せを考慮するに当たって、自然現象の影響モードを第 6.2-2 表のタイプごとに分類する（第 6.2-1 図参照）。ただし、第 6.2-2 表で分類されている自然現象は現象ごとに大枠で分類したものであり、実際に詳細検討する際には各現象の影響モードごとに検討する。

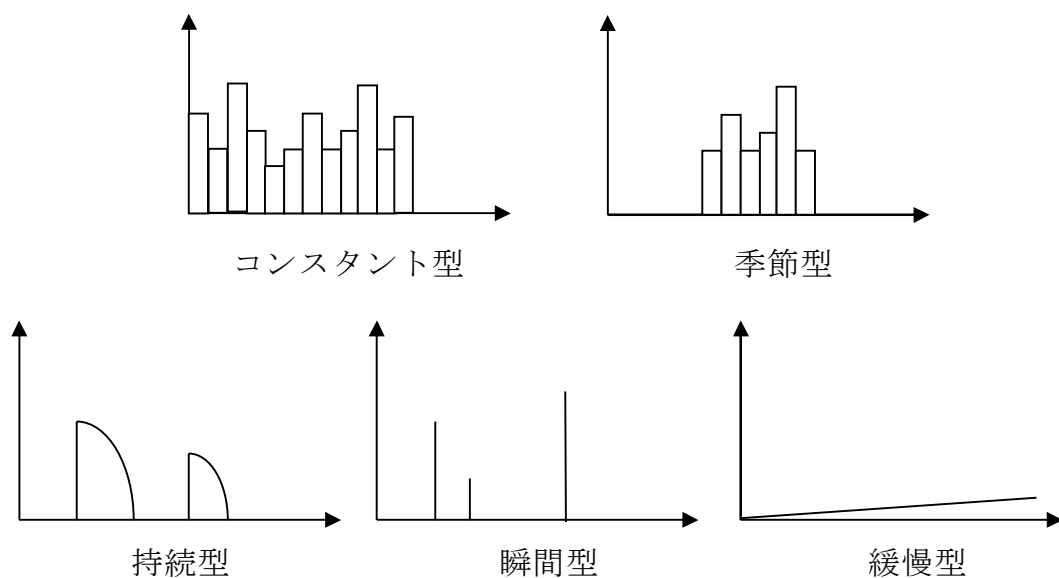
ここで生物学的事象については、海生生物（くらげ等）と動物（ネズミ等）

で影響タイプが異なるため、分けて考慮する。

第 6.2-2 表 影響モードのタイプ分類

影響タイプ	特性	現象
コンスタント型、季節型	年間を通してプラントに影響を及ぼすような自然現象（ただし、常時負荷がかかっているわけではない）若しくは特定の季節で恒常的な自然現象	凍結，降水，積雪，生物学的事象（海生生物），風（台風）
持続型	恒常的ではないが，影響が長期的に持続するような自然現象。 影響持続時間が長ければ数週間に及ぶ可能性があるもの	火山の影響
瞬間型	瞬間的にしか起こらないような自然現象。 影響持続時間が数秒程度（長くても数日程度）のもの。	地震，津波，生物学的事象（小動物），竜巻，森林火災，落雷
緩慢型	事象進展が緩慢であり，発電所の運転に支障を来すほどの短時間で的事象進展がないと判断される自然現象。	－

※ 複数の型が該当する自然現象は，保守的な型を割り当てる（上が保守的）
例えば風（台風）について，風圧力は瞬間型だが，作業性等の検討においては定常的な負荷が想定されるため，コンスタント型に分類



第 6.2-1 図 影響モード分類

6.3 重畳影響分類

6.3.1 重畳影響分類方針

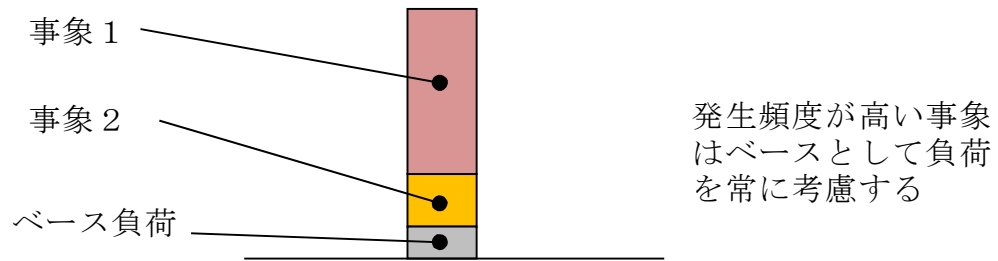
「6.1 検討対象」で選定した自然現象の組合せに対して網羅的に検討を実施する。

- ・例えば瞬間型同士の重畳については、同時に発生する可能性が極めて小さいことから基本的には重畳を考慮する必要がないが、影響モードや評価対象設備によっては影響持続時間が長くなることがあるため、個別に検討が必要となる。（例：竜巻の直接的な影響は瞬間型だが、竜巻により避雷設備が壊れた場合には避雷設備が修復されるまで影響が持続する。そのため、竜巻と落雷は両方とも瞬間型に分類されるが、組合せを考慮する必要がある。）

また、組合せを考慮する事象数、規模及び相関性をもつ自然現象への配慮について以下に示す。

① 事象数

影響が厳しい事象が重畳することは稀であることから、基本的には2つの事象が重畳した場合の影響を検討する。ただし、発生頻度が高い事象については、考慮する組合せに関係なく、ベースとして負荷がかかっている状況を想定する（第6.3-1図参照）。例えば、火山の影響との組合せを考慮する場合も、ベース負荷として凍結、積雪、降水、風（台風）の影響についても考慮する。



第 6.3-1 図 ベース負荷の考え方

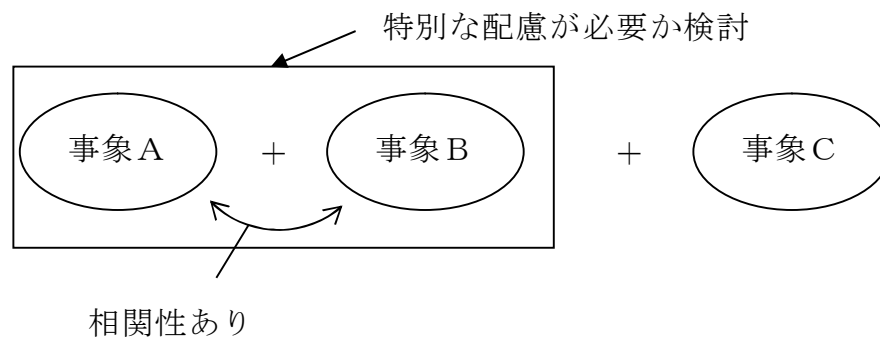
② 規模

設計への考慮や防護対策が必要となった組合せについて，組み合わせた事象の規模を想定し設計に反映する。

③ 相関性を持つ自然現象への配慮

6.3.1①のとおり，相関性を持つ自然現象は同時に発生することを想定し，相関性を持つ事象のセット＋他事象の組合せを考慮する（第 6.3-2 図参照）。

相関性を持つ事象のセット＋他事象を検討するための前処理として，相関性を持つ事象のセット内で単一事象時に想定している影響モード以外の新たな影響モードの有無及び増長されるモードの有無を確認し，特別な配慮が必要か検討した結果を以下に示す。



第 6.3-2 図 相関性を持つ自然現象への配慮

各自然現象について、影響モードの相関評価を行う。

・低温系，高温系

低温系，高温系の影響モードを第 6.3-1 表に示す。

凍結と積雪には電氣的影響（短絡）の影響モードが存在し，重畳により送電線の相間短絡の可能性が高まるが，相間短絡により発生する事象は外部電源喪失であり，非常用ディーゼル発電機は相間短絡の影響を受けない。

なお，電氣的影響以外は同一の影響モードがなく，重畳した場合も影響が増長するような影響モードは存在せず，また，新たな影響モードについても起こりえない。

第 6.3-1 表 低温系，高温系の影響モード

自然現象		影響モード
低温系	凍結	温度，電氣的影響（着氷による短絡）
	積雪	荷重，電氣的影響（着雪による短絡），閉塞
高温系	—	—

・風水害系

風水害系の影響モードを第 6.3-2 表に示す。

風（台風）と竜巻は同じ荷重（風，飛来物）の影響モードが存在するが，竜巻の基準風速が風より大きいことから，風（台風）の荷重は竜巻評価に包絡される。

竜巻に伴う止水対策（水密扉等）への影響については，設計基準竜巻に対して機能が損なわれない設計とする。

また，竜巻に伴う落雷対策への影響については，避雷設備が損傷する可能性があるが，落雷以外の事象への影響は存在しない

(他事象との重畳を評価する際には考慮不要)。

第 6.3-2 表 風水害系の影響モード

自然現象		影響モード
風水害系	降水	浸水，荷重
	風（台風）	荷重（風，飛来物）
	竜巻	荷重（風，飛来物，気圧差）
	落雷	電氣的影響（サージ及び誘導電流，過電圧，直撃雷）

・地震系（津波）

地震系（津波）の影響モードを第 6.3-3 表に示す。

基準地震動 S_s の震源と基準津波の震源は異なることから，独立事象として扱うことが可能であり，かつ，各々の発生頻度は十分に小さく同時に発生する確率は極めて低い。しかし，基準地震動 S_s の震源による津波と基準地震動 S_s の余震，基準津波と基準津波を発生させる地震の余震は同時に敷地に到達する可能性がある。

よって，基準地震動 S_s の震源による津波と基準津波のうち規模の大きい基準津波と，基準津波を発生させる地震の余震を便宜上弾性設計用地震動 S_d とし，基準津波と余震との重畳を考慮し，安全機能が損なわれない設計とする。

第 6.3-3 表 地震系（津波）の影響モード

自然現象		影響モード
地震系	地震	荷重（地震）
	津波	荷重（衝突），浸水，閉塞

・地震系（火山の影響）

地震系（火山の影響）の影響モードを第 6.3-4 表に示す。

火山性地震における，火山のプラントへの影響については，敷地と火山に十分な離隔があることから，地震の本震と同時にプラントに襲来する可能性は低く，ある程度の時差をもって襲来するものと思われる。

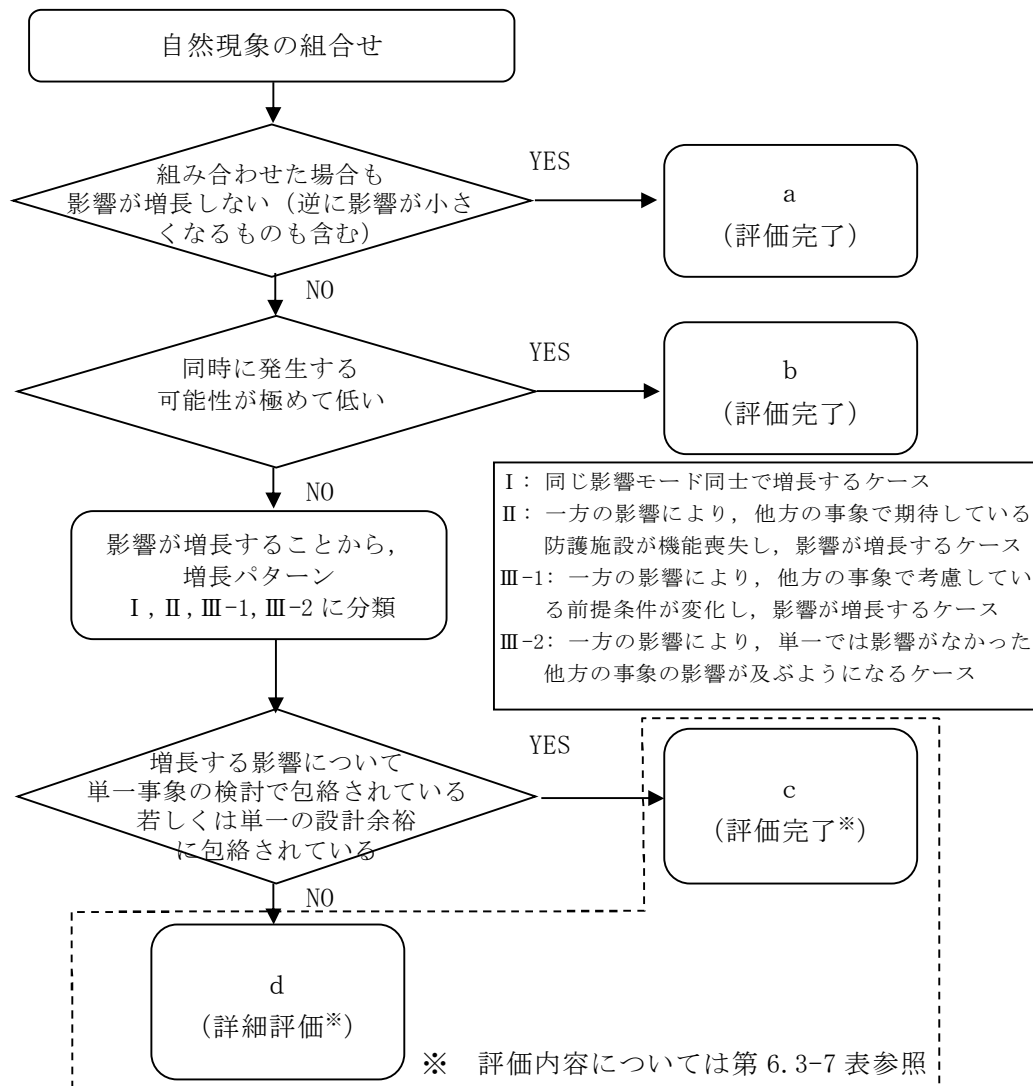
第 6.3-4 表 地震系（火山の影響）の影響モード

自然現象		影響モード
地震系	地震	荷重（地震）
	火山の影響	荷重（堆積），電気的影響（付着），閉塞（吸気等），閉塞（海水系），腐食

以上より，相関性をもつ事象のセットについて，単一事象時に想定している影響モード以外の新たな影響モードがないこと，増長される影響モードが存在しないことが確認されたため，相関性をもつ事象のセット＋他事象での増長する影響を確認する際に，相関性をもつ事象について特別に配慮する必要はない。

6.3.2 影響パターン

組合せを考慮した場合に発電用原子炉施設に与える影響パターンを以下の3つの観点で分類した。



第 6.3-3 図 影響パターン選定フロー

上記 a, b に該当する自然現象の組合せについては、安全施設は安全機能を損なわない。

また、発生頻度が極めて低い事象（地震、津波、竜巻及び火山の影響）同士について、事象が重畳する可能性について第 6.3-5 表、第 6.3-6 表に整理した。

第 6.3－5 表 事象の組合せ

		事象 2			
		地震	津波	竜巻	火山の影響
事 象 1	地震		①	②	③
	津波	④		⑤	⑥
	竜巻	⑦	⑧		⑨
	火山の影響	⑩	⑪	⑫	

第 6.3－6 表 事象の継続時間及び発生頻度

		事象の継続時間	発生頻度（/年）
事 象 1	地震	短（30 秒程度）	5.0×10^{-4}
	津波	短（15 分程度）	2.0×10^{-4}
	竜巻	短（10 分程度）	2.1×10^{-6}
	火山の影響	長（30 日）	2.2×10^{-5} ※

※ 発電所敷地周辺に降下火砕物の有意義な堆積が確認された 4 万 5000 年前の赤城山の噴火を考慮

① 地震（事象 1）と津波（事象 2）の組合せについて

津波は地震発生後に来襲することから、同時に来襲することはないため、重畳を考慮する必要はない。

② 地震（事象 1）と竜巻（事象 2）の組合せについて

両者は独立事象であり、発生頻度は低いことから、同時に来襲する可能性は極めて低いため、重畳を考慮する必要はない。

③ 地震（事象１）と火山の影響（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

④ 津波（事象１）と地震（事象２）の組合せについて

津波発生時に余震と重畳する可能性があるため，重畳を考慮する。

⑤ 津波（事象１）と竜巻（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

⑥ 津波（事象１）と火山の影響（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

⑦ 竜巻（事象１）と地震（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。ただし，竜巻により安全施設の耐震性に悪影響を及ぼす場合は，必要に応じてプラントを停止し，補修を行うことで，事象の影響の重畳を防止する。

⑧ 竜巻（事象１）と津波（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。ただし，竜巻により耐津波設備に影響を及ぼす場合は，必要に応じてプラントを停止し，補修を行うことで，事象の影響の重畳を防止する。

⑨ 竜巻（事象１）と火山の影響（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

⑩ 火山の影響（事象１）と地震（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

⑪ 火山の影響（事象１）と津波（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

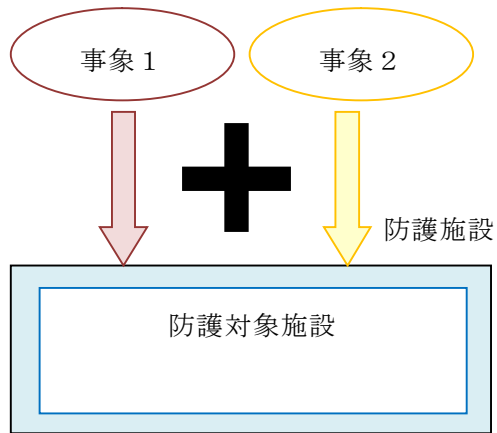
⑫ 火山の影響（事象１）と竜巻（事象２）の組合せについて

両者は独立事象であり，発生頻度は低いことから，同時に来襲する可能性は極めて低いため，重畳を考慮する必要はない。

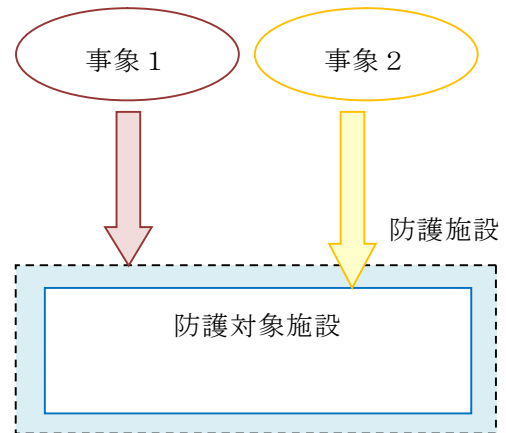
よって，発生頻度が極めて低い事象同士については，④津波（事象１）と地震（事象２）の組合せのみ重畳を考慮する。

上記 c, d に該当する自然現象の組合せについては，事象が単独で発生した場合の影響と比較して，複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せとなるが，その増長する影響パターンについては第 6.3-4 図のとおり 4 つに分類した。

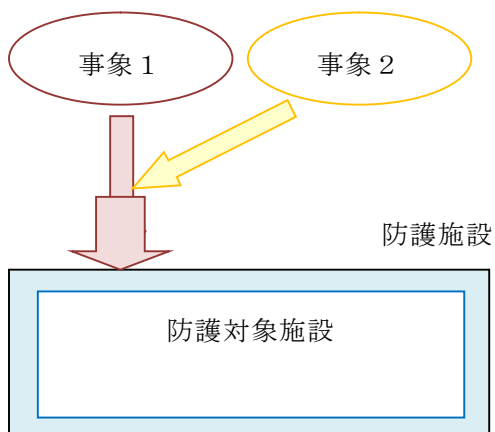
I. 各事象から同じ影響がそれぞれ作用し
重ね合わさって増長するケース



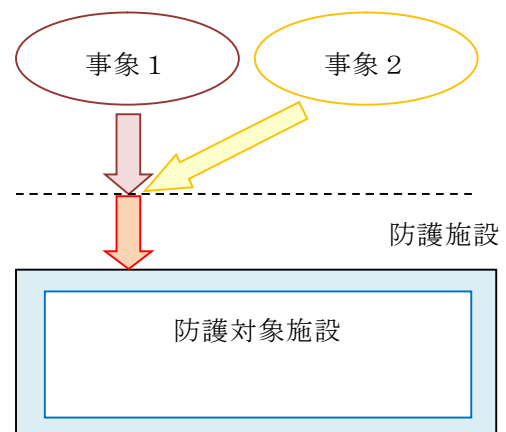
II. 事象 1 により防護施設が機能喪失
することにより事象 2 の影響が増長
するケース



III-1. 他の事象の作用により前提条件が
変化し, 影響が増長するケース



III-2. 他の事象の作用により
影響が及ぶようになるケース



第 6.3-4 図 重畳による増長パターン分類

6.3.3 重畳影響分類結果

事象の重畳影響について 6.3.1 に基づき, a, b, c, d に分類 (c, d についてはさらに I, II, III-1, III-2 に分類) した結果について第 6.3-7 表, 第 6.3-8 表に示す。

第 6.3-7 表 自然事象の重量マトリックス

【凡例】

- a: 組み合わせた場合も影響が増長しないもの
b: 同時に発生する可能性が極めて低いもの
c: 増長する影響について単一事象の検討で包絡されている、若しくは単一の事象の設計余裕に包絡されているもの※
d: c 以外で影響が増長するもの^a
※ c、d については以下も記載
Ⅰ: 各自然現象から同じ影響がそれぞれ作用し、重ね合わさって増長するケース
Ⅱ: ある自然現象の防護施設が他の自然現象によって機能喪失することにより、影響が増長するケース
Ⅲ-Ⅰ: 他の自然現象の作用により前提条件が変化し、影響が増長するケース
Ⅲ-Ⅱ: 他の自然現象の作用により影響が及ぶようになるケース

事象 1		設備の損傷・機能喪失モード		設備の損傷・機能喪失モード		凍結		降水		地震		積雪		津波		火山の影響		
事象 2	自然現象	設備の損傷・機能喪失モード		備考	温度	電氣的影響	浸水	荷重 (堆積)	荷重 (地震)	荷重 (堆積)	電氣的影響	閉塞 (吸気等)	荷重 (衝突)	浸水	閉塞 (海水系)	荷重 (堆積)	閉塞 (海水系)	閉塞 (吸気等)
		温度	電氣的影響															
凍結	電氣的影響	屋外タンク及び配管が凍結	ヒートシンク (海水) の凍結															
	浸水	荷重	降氷による設備の浸水															
降水	荷重	荷重 (堆積)																
	荷重	荷重 (堆積)																
積雪	電氣的影響	荷重による送電線の相間短絡																
	閉塞 (吸気系)	給気口等の閉塞																
津波	浸水	津波による設備の浸水																
	閉塞 (海水系)	漂着物による取水口、海水ストレーナ等の閉塞																
火山の影響	荷重	荷重 (堆積)																
	閉塞 (海水系)	海水系ストレーナ等の閉塞																
閉塞 (吸気系)	給気口等の閉塞																	
腐食	腐食成分による配管腐蝕																	
電氣的影響	降下火砕物の付着による送電線の相間短絡																	
生物学的事象	閉塞 (海水系)	取水口、海水ストレーナ等の閉塞																
	電氣的影響	げっ歯類 (ネズミ等) によるケーブル類の損傷																
風 (台風)	荷重	荷重 (風)																
	荷重 (飛来物)	荷重 (飛来物)																
荷重	荷重 (気圧差)																	
森林火災	温度	輻射熱																
	閉塞	給気口等の閉塞																
落雷	電氣的影響	屋外設備の損傷・発生するノイズ																
	雷害音	雷害音																
電氣的影響	誘導電圧による電線断線の危険																	

第 6.3-7 表 自然事象の重量マトリックス

【凡例】

a: 組み合わせた場合も影響が増長しないもの

b: 同時に発生する可能性が極めて低いもの

c: 増長する影響について単一事象の検討で包絡されている、若しくは単一の事象の設計余裕に包絡されているもの※

d: c以外で影響が増長するもの※

※ c、dについては以下も記載

I: 各自然現象から同じ影響がそれぞれ作用し、重ね合わさって増長するケース

II: ある自然現象の防護施設が他の自然現象によって機能喪失することにより、影響が増長するケース

III-1: 他の自然現象の作用により前提条件が変化し、影響が増長するケース

III-2: 他の自然現象の作用により影響が及ぶようになるケース

事象 1		設備の損傷・機能喪失モード		火山の影響		生物学的事象		風 (台風)		竜巻		森林火災		落雷	
自然現象	事象 2	設備の損傷・機能喪失モード		腐食	電氣的影響	閉塞 (海水系)	電氣的影響	荷重 (風)	荷重 (飛来物)	荷重 (風)	荷重 (飛来物)	温度	閉塞 (収収等)	電氣的影響 (ノイズ)	電氣的影響 (雷サージ)
		屋外タンク及び配管が部材の本	備考												
凍結	温度	屋外タンク (海水) の凍結		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	電氣的影響	ヒートシシク (海水) の凍結		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
降水	浸水	着氷による送電線の相間距離		a	d (I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	浸水	降水による設備の浸水		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
地震	荷重	荷重 (傾動)		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	荷重	荷重 (傾動)		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
積雪	電氣的影響	着雪による送電線の相間距離		a	d (I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	閉塞 (収収等)	給気口等の閉塞		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
津波	浸水	荷重 (傾動)		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	浸水	津波による設備の浸水		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	閉塞 (海水系)	漂流物による取水口、海水ストレーナ等の閉塞		a	a	d (I)	a	A	A	a	a	a	a	a	a
	荷重	荷重 (傾動)					a	d (III-1)	a	a	a	a	a	a	a
火山の影響	閉塞 (海水系)	海水系ストレーナ等の閉塞				c (I)	a	A	a	a	a	a	a	a	a
	閉塞 (収収等)	給気口等の閉塞					a	d (III-1)	a	a	a	a	d (I)	a	a
	腐食	腐食成分による化学的影響					a	a	a	a	a	a	a	a	a
	電氣的影響	降下物・粉塵・灰塵による送電線の相間距離					a	a	a	a	a	a	a	a	a
生物学的事象	閉塞 (海水系)	取水口、海水ストレーナ等の閉塞		a	a			a	d (I)	a	a	a	a	a	a
	電氣的影響	げっ歯類 (ネズミ等) によるケーブル類の損傷		a	a			a	a	a	a	a	a	a	a
風 (台風)	荷重	荷重 (風)		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	荷重	荷重 (飛来物)		a	a	d (I)	a	a	a	a	a	a	c (III-1)	a	a
竜巻	荷重	荷重 (傾動)		a	a	a	a	a	a	a	a	a	d (III-1)	a	a
	荷重	荷重 (飛来物)		a	a	d (I)	a	a	a	a	a	a	a	a	a
森林火災	温度	融解熱		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	閉塞	給気口等の閉塞		a	a	a	a	a	d (III-1)	a	a	a	a	a	a
落雷	電氣的影響	屋外設備・制御設備・発生するノイズ		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		雷撃音		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
		誘導電サージによる電気設備内の短絡損傷		a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a

第 6.3-8 表 事象の重畳 個別検討結果

重畳事象 (事象 1 × 事象 2 の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
凍結 (電氣的影響) × 積雪 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
凍結 (電氣的影響) × 火山の影響 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
凍結 (温度) × 風 (台風) (荷重 (風))	温度	d	III-1	風 (台風) の影響により、流体の凍結の可能性が高まると考えられる。 → 状況に応じ、循環運転等による凍結防止措置を実施する手順により対処可能である。	—
降水 (浸水) × 津波 (浸水)	浸水	c	I	個別事象の重畳により、浸水の影響を受ける可能性が高まると考えられる。 → 津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
降水 (荷重 (堆積)) × 火山の影響 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	降下火砕物は湿り気を含むことで堆積荷重が増加すると考えられる。 → 荷重条件として水を含んだ場合の負荷を想定し、積雪 (荷重 (堆積)) × 火山の影響 (荷重 (堆積)) にて評価を行う。	—
降水 (荷重 (堆積)) × 火山の影響 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	III-1	湿り気と降下火砕物により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
地震活動 (荷重 (地震)) × 積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	積雪による堆積荷重の作用により、地震の荷重が増大すると考えられる。 → 積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
地震活動 (荷重 (地震)) × 風 (台風) (荷重 (風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 屋外の直接風 (台風) を受ける場所に設置されている施設のうち、風 (台風) 荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
地震活動 (荷重 (地震)) × 風 (台風) (荷重 (飛来物))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
地震活動 (荷重 (地震)) × 落雷 (電氣的影響 (直撃雷))	電氣的影響 (直撃雷)	c	II	地震により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 → 避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	—
積雪 (電氣的影響) × 凍結 (電氣的影響)	電氣的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
積雪 (荷重 (堆積)) × 地震活動 (荷重 (地震))	荷重	d	III-1	地震の荷重の作用により、積雪による堆積荷重が増大すると考えられる。 → 積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
積雪 (荷重 (堆積)) × 津波 (荷重 (衝突))	荷重	d	III-1	津波の荷重の作用により、積雪による堆積荷重が増大すると考えられる。 → 積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
積雪 (荷重 (堆積)) × 火山の影響 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、堆積荷重が増加すると考えられる。 → 一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するもの同士であることから、受圧面積が小さい施設又は荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組合せを考慮する。 また、荷重条件として、降下火砕物は水を含んだ場合の負荷を想定する。	○
積雪 (閉塞 (吸気系)) × 火山の影響 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	雪と降下火砕物の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—

第 6.3-8 表 事象の重畳 個別検討結果

重畳事象 (事象 1 × 事象 2 の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
積雪 (電気的影響) × 火山の影響 (電気的影響)	電気的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
積雪 (荷重 (堆積)) × 風 (台風) (荷重 (風))	荷重	d	III-1	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 火山の影響 (荷重 (堆積)) × 風 (台風) (荷重 (風)) によって評価を行う。	—
積雪 (閉塞 (吸気系)) × 風 (台風) (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風 (台風) の影響により、雪の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
積雪 (閉塞 (吸気系)) × 竜巻 (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、雪の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
積雪 (閉塞 (吸気系)) × 森林火災 (閉塞)	閉塞 (吸気系)	d	I	雪とばい煙の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
津波 (浸水) × 降水 (浸水)	浸水	c	I	個別事象の重畳により、浸水の影響を受ける可能性が高まると考えられる。 → 津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
津波 (荷重 (衝突)) × 地震活動 (荷重 (地震))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 津波と地震には因果関係がある (基準津波と基準津波を発生させる地震の余震は、同時に発生する) ことから、組合せを考慮する。	○
津波 (浸水) × 地震活動 (荷重 (地震))	浸水	c	II	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備が損傷し、浸水の影響を受けやすくなると考えられる。 → 津波と地震には因果関係がある (基準津波と基準津波を発生させる地震の余震は、同時に発生する) ことから、損傷をもたらず荷重について、津波 (荷重 (衝突)) × 地震活動 (荷重 (地震)) で評価する。	—
津波 (閉塞 (海水系)) × 地震活動 (荷重 (地震))	閉塞 (海水系)	d	III-1	地震によりカーテンウォール等が損傷、コンクリート部材の取水設備侵入の可能性が高まると考えられる。 → コンクリート部材の倒壊による取水口の閉塞は生じない。 また、仮に取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順と同様の対応により対処可能である。	—
津波 (荷重 (衝突)) × 積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	積雪による堆積荷重の作用により、津波の荷重が増大すると考えられる。 → 積雪は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
津波 (閉塞 (海水系)) × 生物学的事象 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	d	I	漂流物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 除塵装置や海水ストレーナ等により海生生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
津波 (荷重 (衝突)) × 風 (台風) (荷重 (風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 屋外の直接風 (台風) を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が大いと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○

第 6.3-8 表 事象の重畳 個別検討結果

重畳事象 (事象 1 × 事象 2 の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
津波 (荷重 (衝突)) × 風 (台風) (荷重 (飛来物))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
津波 (荷重 (衝突)) × 落雷 (電気的影響 (直撃雷))	荷重	c	II	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備が損傷し、浸水の影響を受けやすくなると考えられる。 → 直撃雷は避雷設備により、また、津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
火山の影響 (電気的影響) × 凍結 (電気的影響)	電気的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) × 降水 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	降下火砕物は湿り気を含むことで堆積荷重が増加すると考えられる。 → 荷重条件として水を含んだ場合の負荷を想定し、積雪 (荷重 (堆積)) × 火山の影響 (荷重 (堆積)) にて評価を行う。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) × 降水 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-2	斜面に堆積した火山灰が降雨によりプラント周辺まで押し寄せ、土石流のような状況になる可能性が考えられる。 → 敷地内には土石流を起こすような地形は存在しない。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) × 積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、堆積荷重が増加すると考えられる。 → 一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するもの同士であることから、受圧面積が小さい施設又は荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き、組合せを考慮する。 また、荷重条件として、降下火砕物は水を含んだ場合の負荷を想定する。	○
火山の影響 (電気的影響) × 積雪 (電気的影響)	電気的影響 (相間短絡)	d	I	付着物の増加により、送電線の相間短絡の可能性が高まると考えられる。 → 相間短絡が発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレイスディーゼル発電機を含む。) は相間短絡の影響を受けない。	—
火山の影響 (閉塞 (吸気系)) × 積雪 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	降下火砕物と雪の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
火山の影響 (閉塞 (海水系)) × 生物学的事象 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	c	I	降下火砕物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 降下火砕物は、水分を含まない場合はオイルフェンスにより除去されること、また、水分を含む場合においても、海水ストレーナのメッシュ径以上のものは水分を含むことで取水路内に沈下し、海水ストレーナまで到達しないことから、個別事象と同等となる。	—
火山の影響 (荷重 (堆積)) × 風 (台風) (荷重 (風))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 火山は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○
火山の影響 (閉塞 (吸気系)) × 風 (台風) (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風 (台風) の影響により、降下火砕物の吸込量が增加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
火山の影響 (閉塞 (吸気系)) × 森林火災 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	降下火砕物とばい煙の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—

第 6.3-8 表 事象の重畳 個別検討結果

重畳事象 (事象 1 × 事象 2 の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
生物学的事象 (閉塞 (海水系)) × 津波 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	d	I	海生生物と漂流物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
生物学的事象 (閉塞 (海水系)) × 火山の影響 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	c	I	降下火砕物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 降下火砕物は、水分を含まない場合はオイルフェンスにより除去されること、また、水分を含む場合においても、海水ストレーナのメッシュ径以上のものは水分を含むことで取水路内に沈下し、海水ストレーナまで到達しないことから、個別事象と同等となる。	—
生物学的事象 (閉塞 (海水系)) × 風 (台風) (荷重 (飛来物))	閉塞 (海水系)	d	I	飛来物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
生物学的事象 (閉塞 (海水系)) × 竜巻 (荷重 (飛来物))	閉塞 (海水系)	d	I	飛来物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 地震活動 (荷重 (地震))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
風 (台風) (荷重 (飛来物)) × 地震活動 (荷重 (地震))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 積雪 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	風の影響により、荷重が増加し、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 風 (台風) (荷重 (風)) × 火山の影響 (荷重 (堆積)) にて評価を行う。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 積雪 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、雪の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 津波 (荷重 (衝突))	荷重	d	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。	○
風 (台風) (荷重 (飛来物)) × 津波 (荷重 (衝突))	荷重	c	I	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 飛来物による影響は竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されることから、影響は個別事象同等となる。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 火山の影響 (荷重 (堆積))	荷重	d	III-1	風の影響により、荷重が増加し、安全重要度クラス 1、2 に属する設備損傷の可能性が高まると考えられる。 → 火山は一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用することから、組合せを考慮する。	○

第 6.3-8 表 事象の重畳 個別検討結果

重畳事象 (事象1 × 事象2 の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
風 (台風) (荷重 (風)) × 火山の影響 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、降下火砕物の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
風 (台風) (荷重 (飛来物)) × 生物学的事象 (閉塞 (海水系))	閉塞 (海水系)	d	I	飛来物と海生生物の流入により、個別事象と比べ閉塞及び取水性の低下の可能性が高まると考えられる。 → 除塵装置や海水ストレーナ等により海生物を捕獲除去し取水性の維持を図っているが、取水性が確保できないおそれがある場合においても、循環水ポンプのインペラ開度調整、発電機出力の抑制、プラント停止等の手順により対処可能である。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 森林火災 (温度)	温度	c	III-1	風 (台風) の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 → 保守的な条件 (偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重量) により熱影響評価した温度 (最大約 140℃) が強度維持可能温度 (建屋外壁コンクリート約 200℃、主排気筒鉄塔約 325℃) を上回ることから、構造物の機能は維持される。	—
風 (台風) (荷重 (風)) × 森林火災 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
竜巻 (荷重 (風)) × 森林火災 (温度)	温度	c	III-1	風の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 → 保守的な条件 (偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重量) により熱影響評価した温度 (最大約 140℃) が強度維持可能温度 (建屋外壁コンクリート約 200℃、主排気筒鉄塔約 325℃) を上回ることから、構造物の機能は維持される。	—
竜巻 (荷重 (風)) × 森林火災 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
竜巻 (荷重 (風)) × 落雷 (電気的影響 (直撃雷))	電気的影響 (直撃雷)	c	II	風荷重により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 → 避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	—
竜巻 (荷重 (飛来物)) × 落雷 (電気的影響 (直撃雷))	電気的影響 (直撃雷)	c	II	飛来物により避雷設備が損傷し、安全施設へ落雷し易くなると考えられる。 → 避雷機能を有する主排気筒が設置網に接続されており、落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響はない。	—
森林火災 (閉塞 (吸気系)) × 積雪 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	ばい煙と雪の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
森林火災 (閉塞 (吸気系)) × 火山の影響 (閉塞 (吸気系))	閉塞 (吸気系)	d	I	ばい煙と降下火砕物の吸込により、個別事象と比べ閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
森林火災 (温度) × 風 (台風) (荷重 (風))	温度	c	III-1	風の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 → 保守的な条件 (偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重量) により熱影響評価した温度 (最大約 140℃) が強度維持可能温度 (建屋外壁コンクリート約 200℃、主排気筒鉄塔約 325℃) を上回ることから、構造物の機能は維持される。	—

第 6.3-8 表 事象の重畳 個別検討結果

重畳事象 (事象 1 × 事象 2 の順で記載)	影響モード	増長	影響	検討結果	設計上の考慮
森林火災 (閉塞 (吸気系)) × 風 (台風) (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風 (台風) の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
森林火災 (温度) × 竜巻 (荷重 (風))	温度	c	III-1	風の影響により、熱影響の評価条件が変化し、個別事象での評価から増長、熱影響によるコンクリート構造物の耐久性に影響を及ぼす可能性が高まると考えられる。 → 保守的な条件 (偶発的に落下する航空機による火災と危険物タンク火災の重量) により熱影響評価した温度 (最大約 140℃) が強度維持可能温度 (建屋外壁コンクリート約 200℃、主排気筒鉄塔約 325℃) を上回ることから、構造物の機能は維持される。	—
森林火災 (閉塞 (吸気系)) × 竜巻 (荷重 (風))	閉塞 (吸気系)	d	III-1	風の影響により、ばい煙の吸込量が増加し、閉塞の可能性が高まると考えられる。 → 換気空調設備の外気取入口についてフィルタ差圧等を監視し、状況に応じ清掃や取替えを実施する手順により対処可能である。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) × 地震活動 (荷重 (地震))	電気的影響 (直撃雷)	c	II	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 → 安全施設は、避雷設備により落雷電流を設置網へ導く機能は確保されることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) × 津波 (荷重 (衝突))	荷重	c	II	個別事象の重畳により、安全重要度クラス 1、2 に属する設備が損傷し、浸水の影響を受けやすくなると考えられる。 → 直撃雷は避雷設備により、また、津波防護施設 (防潮堤等) は基準津波高さに裕度を持たせた設計としており、影響はない。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) × 風 (台風) (荷重 (風))	荷重	c	II	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 → 安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) × 風 (台風) (荷重 (飛来物))	荷重	c	II	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 → 安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) × 竜巻 (荷重 (風))	荷重	c	II	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 → 安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—
落雷 (電気的影響 (直撃雷)) × 竜巻 (荷重 (飛来物))	荷重	c	II	落雷により安全施設が損傷し、荷重の影響を受けると考えられる。 → 安全施設は、避雷設備により直撃雷に、また、竜巻防護施設により設計竜巻に耐えうる設計であることから影響は個別事象と同等となる。	—

6.4 詳細評価

プラントへの影響が想定される重畳（6.3.2 で c, d に分類されたもの）について、第 6.3－8 表に示した個別検討結果より、抽出された組合せは以下となる（事象 1 × 事象 2 の順）。

- ・地震（荷重）×積雪（荷重）
- ・地震（荷重）×風（台風）（荷重）
- ・積雪（荷重）×地震（荷重）
- ・積雪（荷重）×津波（荷重）
- ・積雪（荷重）×火山の影響（荷重）
- ・津波（荷重）×地震（荷重）
- ・津波（荷重）×積雪（荷重）
- ・津波（荷重）×風（台風）（荷重）
- ・火山の影響（荷重）×積雪（荷重）
- ・火山の影響（荷重）×風（台風）（荷重）
- ・風（台風）（荷重）×地震（荷重）
- ・風（台風）（荷重）×津波（荷重）
- ・風（台風）（荷重）×火山の影響（荷重）

上記組合せのうち、地震（荷重）×積雪（荷重）と積雪（荷重）×地震（荷重）、地震（荷重）×風（台風）（荷重）と風（台風）（荷重）×地震（荷重）、積雪（荷重）×津波（荷重）と津波（荷重）×積雪（荷重）、津波（荷重）×風（台風）（荷重）と風（台風）（荷重）×津波（荷重）、火山の影響（荷重）×風（荷重）と風（荷重）×火山の影響（荷重）及び積雪（荷重）×火山の影響（荷重）と火山の影響（荷重）×積雪（荷重）については、事象 1 と事象 2 を入れ替えたとしても発生する事象は同一であることから、

統合する。

よって、第 6.4-1 表に示す組合せについて、設計上考慮することとする。

第 6.4-1 表 自然現象の重畳を設計上考慮する組合せ

地震（荷重）×積雪（荷重）
地震（荷重）×風（台風）（荷重）
津波（荷重）×積雪（荷重）
津波（荷重）×風（台風）（荷重）
津波（荷重）×地震（荷重）
火山の影響（荷重）×積雪（荷重）
火山の影響（荷重）×風（台風）（荷重）

6.4.1 アクセス性・視認性について

自然現象が安全施設に及ぼす影響としては、荷重だけでなく、アクセス性及び視認性に対する影響も考えられることから、これらの観点についても影響を評価する。

アクセス性及び視認性の観点からの影響評価結果を以下に示す。

アクセス性への影響確認結果

設計基準においては、屋内設備と屋内での対応により事象収束が可能であることから、自然現象による屋外のアクセス性への影響については考慮する必要が無い。

視認性への影響確認結果

視認性の観点からは、降水等により中央制御室外の状況や津波を監視するカメラの視認性の低下を及ぼす可能性がある。

中央制御室外の状況や津波を監視するカメラについては、降水等による視認性の低下や、竜巻等による機能損失の可能性がある。カメラは位置的分散が図られているものの、重畳を考慮した場合には全てのカメラに期待できない状況も考えられる。その場合にも、中央制御室に設置する気象情報を出力する端末、潮位計等の代替設備により必要な機能を確保することができることから、自然現象による視認性への影響については考慮する必要が無い。

東海第二発電所

外部事象の考慮について

添付資料

目 次

1. 防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮
2. 洪水影響評価について
3. 風（台風）影響評価について
4. 凍結影響評価について
5. 降水影響評価について
6. 積雪影響評価について
7. 落雷影響評価について
8. 生物学的事象に対する考慮について
9. 航空機落下確率評価について
10. ダムの崩壊影響評価について
11. 有毒ガス影響評価について
12. 船舶の衝突影響評価について
13. 安全保護回路の主なサージ・ノイズ，電磁波対策について
14. 設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組合せについて
15. 比較的短期での気象変動に対する考慮について
16. 設計基準事故時に生ずる応力の考慮について
17. 設計基準としての設定値の妥当性について
18. 旧安全設計審査指針と設置許可基準規則との比較
19. A S M E 判断基準と考慮すべき事象の除外基準との比較
20. 考慮した外部事象についての対応状況
21. 外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の防護方針について

参考資料－1 地滑り影響評価について

1. 防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮

(1) 防護すべき安全施設

地震及び津波以外の自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定させる発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「外部人為事象」という。）に対する安全施設への要求については「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」（以下，設置許可基準規則という。）にて規定されている。設置許可基準規則における安全施設は，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」の安全重要度分類のクラス 1，クラス 2 及びクラス 3 に属する構築物，系統及び機器を指していることから，各外部事象に対して防護する安全施設は，安全重要度分類のクラス 1，クラス 2 及びクラス 3 に属する構築物，系統及び機器とする。

設置許可基準規則には安全施設に対し，以下のように規定されている。

【抜粋】実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則

設置許可基準規則	解釈
第六条（外部からの衝撃による損傷の防止） 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなけ	1 第 6 条は、設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設

<p>ればならない。</p> <p>3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>備を含む。）への措置を含む。</p> <p>7 第3項は、設計基準において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含む。</p>
--	---

設置許可基準規則 第二条 用語の定義より抜粋

- ・「安全施設」とは、設計基準対象施設のうち、安全機能を有するもの
- ・「安全機能」とは、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能

重要度分類指針※より抜粋

- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器をそれが果たす安全機能の性質に応じて、以下の2種に分類
 - (1) 異常発生防止系（以下「PS」という）
 - (2) 異常影響緩和系（以下「MS」という）
- ・PS及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類

※ 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針

(2) 重大事故等対処設備への考慮

設計基準事象に対して耐性を確保する必要があるのは設計基準事故対処設備であり、重大事故等対処設備ではないが、第四十三条の要求を踏まえ、設計基準事象によって、設計基準事故対処設備の安全機能と重大事故等対処設備が同時にその機能が損なわれることがないことを確認する。

重大事故等対処設備については、設置許可基準にて以下のように規定されている。

【抜粋】 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

第四十三条（重大事故等対処設備）

重大事故等対処設備は、次に掲げるものでなければならない。

第2項第三号 常設重大事故防止設備は、共通要因によって設計基準事故対処設備の安全機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講じたものであること。

第3項第七号 重大事故防止設備のうち可搬型のものは、共通要因によって、設計基準事故対処設備の安全機能、使用済燃料貯蔵槽の冷却機能若しくは注水機能又は常設重大事故防止設備の重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能と同時にその機能が損なわれるおそれがないよう、適切な措置を講じたものであること。

2. 洪水影響評価について

(1) 基本方針

安全施設のうち外部事象防護対象施設は、洪水により安全機能を損なわない設計とする。

(2) 周辺敷地評価

東海第二発電所の敷地は、久慈川河口の右岸側に位置している。

敷地の周辺にある河川としては、敷地の北方約 2km に久慈川が、南方約 3km に新川が位置している。（第 2-1 図参照）

国土交通省関東地方整備局（以下「整備局」という。）が開示している浸水想定区域図における久慈川水系がおおむね 100 年に 1 回程度起こる大雨※の浸水想定区域に対し、久慈川水系の洪水が想定を超えた場合を想定し、影響について評価を実施した。

※ 久慈川水系の洪水防護に関する基本の計画となる降水量

- ・久慈川流域の上流 2 日間の総雨量 235 mm
- ・里川流域の 2 日間の総雨量 302 mm
- ・山田川流域の上流 2 日間の総雨量 315 mm

(2-1) 評価方法

整備局が開示している浸水想定範囲、東海村が発行している洪水ハザードマップ及び発電所周辺の標高を基に評価を実施した。

(2-2) 評価結果

① 久慈川水系の洪水が想定を超えた場合

整備局が開示している浸水想定範囲及び東海村が発行している洪水ハザードマップによれば、発電所近隣の水田が浸水する想定であ

るが、その浸水深さは 1m～5m 未満となっており、敷地勾配及び浸水高さ分布から、最大で約 EL. 7m に達すると想定される。

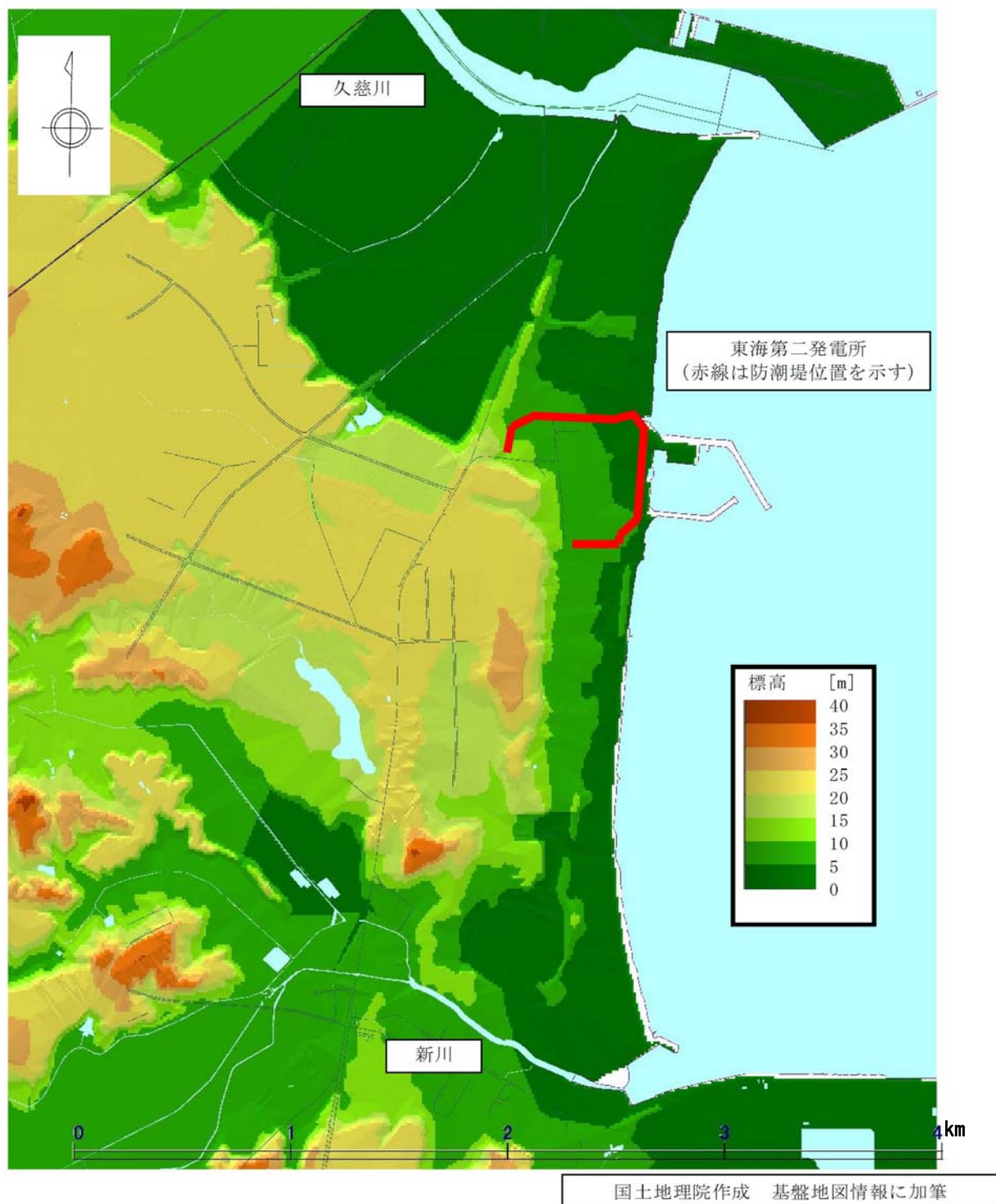
洪水発生に伴い発電所敷地内に水が浸入するルートとして、国道 245 号線から発電所構内進入道路を経て浸水するルートが考えられるが、発電所構内進入道路の入口が約 EL. 15m の標高に位置し、最大の浸水量である約 EL. 7m に達すると仮定しても裕度があるため、発電所に影響が及ぶことはない。

(第 2-2 図、第 2-3 図及び第 2-4 図参照)

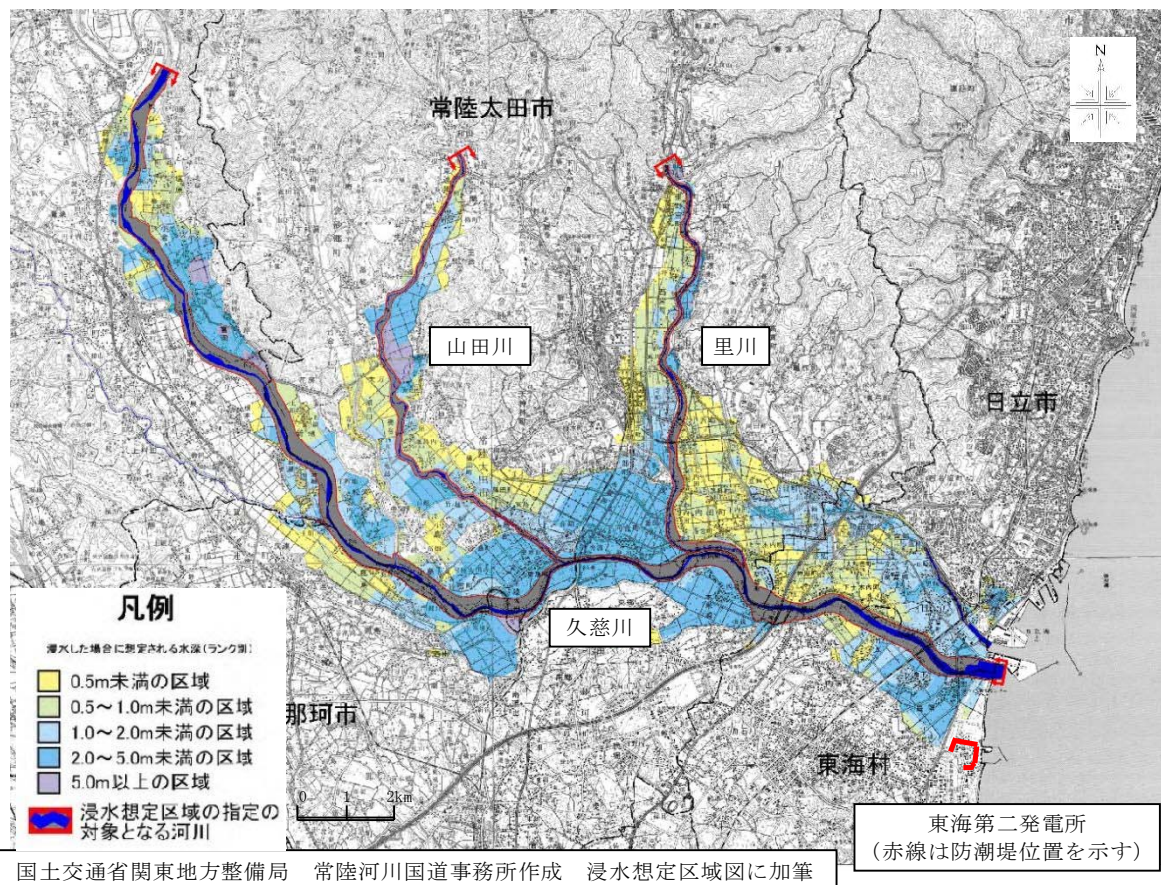
② 新川の洪水が想定を超えた場合

東海村が発行している洪水ハザードマップによれば、発電所が浸水範囲ではないこと、また、敷地の地形及び表流水の状況によれば、新川は敷地の南側の丘陵地を挟んだ反対側に位置していること、浸水は丘陵地を遡上することはないことから、発電所に影響が及ぶことはない。

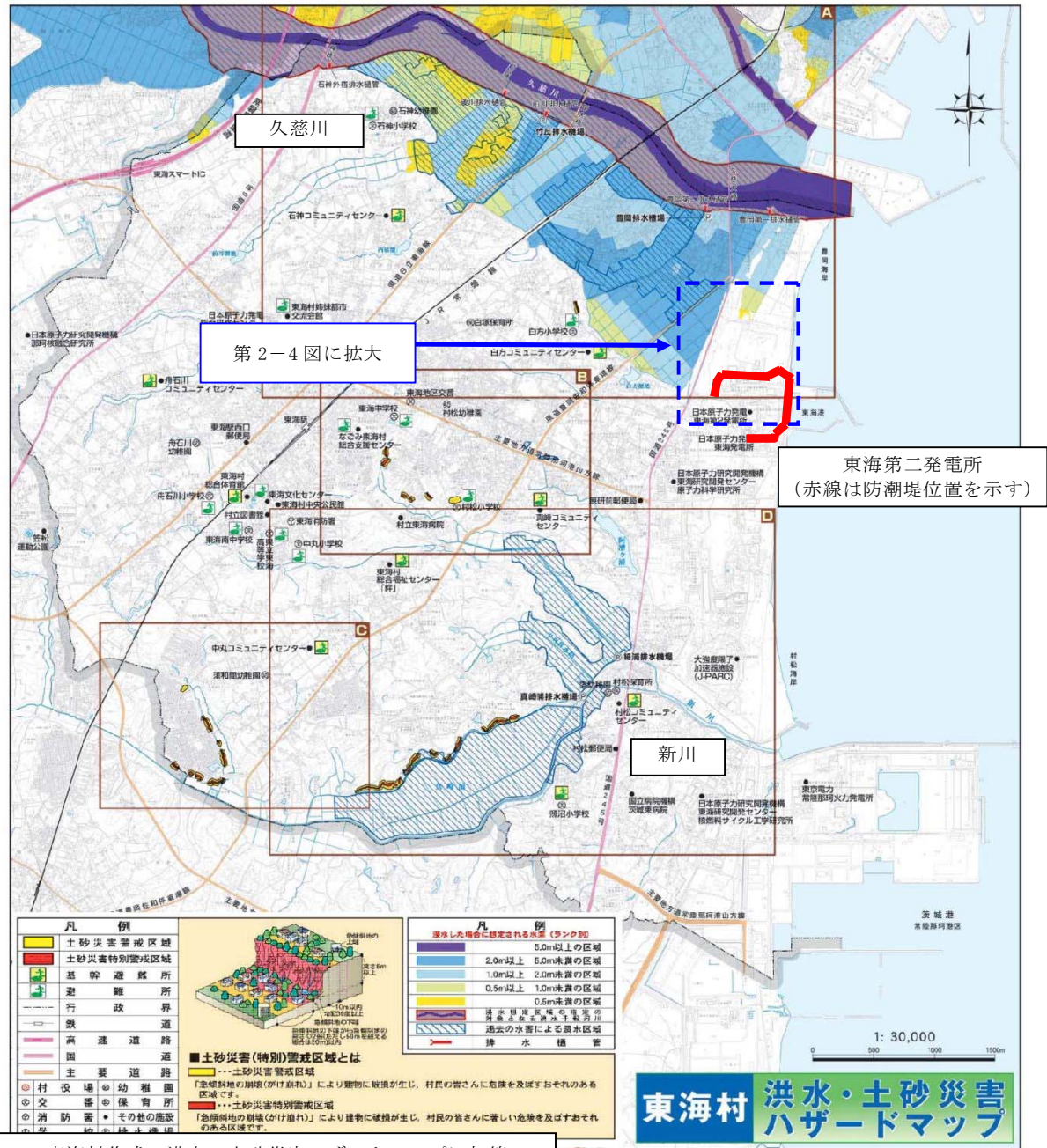
(第 2-1 図及び第 2-3 図参照)



第 2-1 図 発電所敷地周辺の河川と標高の関係図



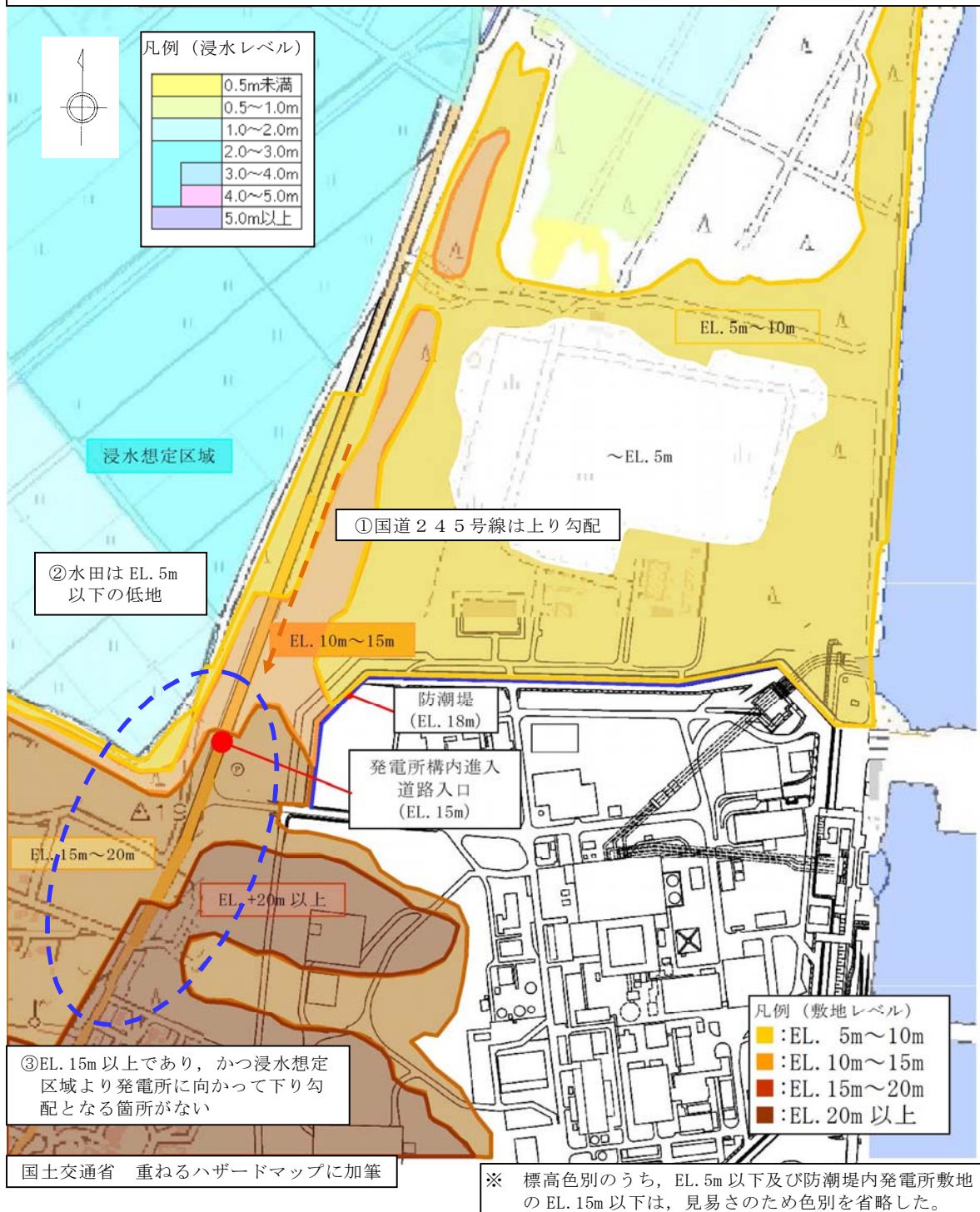
第 2-2 図 久慈川洪水時浸水想定区域図



第2-3図 洪水ハザードマップ

発電所構内進入道路入口付近の状況は以下のとおりであり、発電所に影響が及ぶことはない。

- ①国道245号線は、北側より進入道路に向かって上り勾配であり、進入道路入口ではEL. 15m以上である。
- ②国道245号線の西側のうち進入道路入口より北側は、水田（浸水想定区域）であり、EL. 5m以下の低地である。
- ③国道245号線の西側のうち進入道路入口より南側は、EL. 15m以上であり、かつ浸水想定区域より発電所に向かって下り勾配となる箇所がない。



第2-4図 発電所敷地周辺の浸水想定図及び浸水ルート付近の標高

3. 風（台風）影響評価について

(1) 基本方針

予想される最も過酷と考えられる条件として設計基準を設定の上，安全施設のうち外部事象防護対象施設は，設計基準風速の風荷重に対して機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。

(2) 設計基準風速の設定

設計基準風速の設定は，以下の(2-1)及び(2-2)をもとに，局地的要因による影響を考慮した最大風速（地上高 10m, 10 分間平均風速の日最大風速）値を設定する。

なお，最大瞬間風速等の風速変動といった局所的かつ一時的な影響であれば，竜巻の最大瞬間風速の影響に包絡されるが，ここでは風（台風）の影響範囲，継続性を鑑み，風（台風）に対して設計基準風速を設定する。

設計基準風速の設定に当たっては，最大風速を採用することにより，その風速の 1.5 倍～2 倍程度の最大瞬間風速⁽¹⁾を考慮することになること，現行の建築基準法では最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮した係数を最大風速に乘じ風荷重を算出することが定められていることから，設計基準風速としては最大風速を設定する。

(2-1) 規格・基準類

風に対する建築物の規格・基準として，発電用原子炉施設建設時の建築基準法施行令第 87 条（以下「旧建築基準法施行令」という。）においては，日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m/s，地上高 15m）に基づく風荷重に対する設計が要求されていた。

その後、建築基準法施行令第 87 条の風荷重規定は 2000 年に改正され、それ以降、建築物については、地域ごとに定められた基準風速の風荷重に対する設計が要求されており、東海村の基準風速は 30m/s （地上高 10m, 10 分間平均風速）である。

屋外設備のうち、タンクについては、消防法（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第 4 条の 19）において、日本最大級の台風の最大瞬間風速（ 63m/s ，地上高 15m）に基づく風荷重に対する設計が、現在でも要求されている。

(2-2) 東海村の観測記録

東海村については、風速等を観測する気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため、気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

ここで、設計基準風速の設定に当たり、各風速の定義を確認する。

気象庁の風の観測については、風速（地上高 10m, 10 分間平均）及び瞬間風速（地上高 10m, 3 秒間平均）を記録している。「最大風速」は、風速（地上高 10m, 10 分間平均）の日最大風速を、「最大瞬間風速（地上高 10m, 3 秒間平均）」は、瞬間風速（地上高 10m, 3 秒間平均）の日最大瞬間風速をいい、一般的に最大瞬間風速と最大風速の比は 1.5 倍～2 倍程度とされている。（例えば、最大風速 40m/s の場合は、 $60\text{m/s} \sim 80\text{m/s}$ 程度の瞬間的な風が吹く可能性がある）

旧建築基準法施行令では、最大瞬間風速（ 63m/s ，地上高 15m）を参照していたが、現行の建築基準法施行令では、地上高 10m における 10 分間平均風速を基準としている。ただし、現行の建築基準法施行令でも、風荷

重の算出において、最大瞬間風速等の風速変動による影響を考慮し、基準風速に地表面粗度等により求まるガスト影響係数を乗じ速度圧を算出することが定められている。これにより、旧建築基準法施行令ではほぼ全国一律で定められていた風荷重を、現在では建築物の周辺状況及び構造特性等に応じて定めることが可能となった。このような状況を踏まえ、安全設計上考慮する設計基準風速の定義は、現行の建築基準法に準拠し、地上高 10m で 10 分間平均風速を採用する。

以上を踏まえると、設計基準風速は、地域性を考慮した上で、現行の建築基準法に準拠した東海村の基準風速である 30m/s とする。

(2-3) 最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における風速の観測記録（第 3-1 表）によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）で観測された観測史上 1 位の最大風速は下記のとおりであり、設計基準風速に包絡される。

水戸市：最大風速 28.3m/s

（1961 年 10 月 10 日，統計期間 1897 年 1 月～2012 年 3 月）

また、水戸地方気象台（水戸市）で観測された観測史上 1 位の最大瞬間風速は下記のとおりである。

水戸市：最大瞬間風速 44.2m/s

（1939 年 8 月 5 日，統計期間 1937 年 1 月～2012 年 3 月）

(3) 評価対象施設等の健全性評価

評価対象施設等が、30m/s（地上高 10m，10 分間平均）の風（台風）に

よって安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、 30m/s の風（台風）に対する風荷重が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。

○ 評価対象施設等を評価し、安全機能が維持できることを確認する。

また、安全機能が維持されない場合には対策を実施する。

① 頑健性のある建屋内に設置されている設備については、 30m/s の風（台風）に対する風荷重が作用した場合における当該の建屋の健全性を確認することにより、安全機能を損なわないことを確認した。（第3-2表）

② 屋外に設置されている設備については、 30m/s の風（台風）に対する風荷重が作用した場合における当該設備の健全性を確認することにより、安全機能を損なわないことを確認した。（第3-2表）

○ その他の構築物、系統及び機器については、機能を維持すること、若しくは損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な場合、安全機能が維持可能であることから影響評価の対象外とする。

なお、台風の発生に伴う飛来物の影響は、竜巻影響評価にて想定している設計飛来物の影響に包絡されており、安全施設の安全機能が損なわれるおそれはない。

第 3-1 表 風速の観測記録（水戸市）（気象庁 HP より）

年	最大風速 [m/s]	最大瞬間風速 [m/s]	年	最大風速 [m/s]	最大瞬間風速 [m/s]
1961	28.3	-	1991	13.2	26.1
1962	15.0	-	1992	12.7	24.6
1963	13.5	-	1993	14.5	26.5
1964	20.7	-	1994	10.4	25.7
1965	20.0	-	1995	10.1	24.5
1966	17.7	-	1996	17.1	36.3
1967	16.0	27.0	1997	12.3	27.1
1968	16.3	25.7	1998	11.5	26.9
1969	16.5	27.1	1999	14.1	27.7
1970	15.0	23.3	2000	11.5	23.3
1971	14.7	23.2	2001	12.6	23.7
1972	17.7	26.5	2002	13.4	28.7
1973	13.0	21.1	2003	10.6	24.7
1974	12.8	21.0	2004	15.5	29.6
1975	12.5	22.3	2005	10.9	22.8
1976	11.0	23.8	2006	13.1	29.6
1977	12.0	23.2	2007	11.6	25.6
1978	15.4	25.6	2008	13.9	22.4
1979	13.6	32.8	2009	13.6	25.6
1980	15.4	26.7	2010	14.3	23.3
1981	13.9	25.2	2011	14.0	25.7
1982	13.4	24.1	2012	12.1	26.7
1983	11.7	21.1			
1984	11.5	21.2			
1985	12.2	24.7			
1986	16.6	29.5			
1987	11.6	24.2			
1988	11.9	23.1			
1989	18.5	31.6			
1990	12.1	26.3			

第3-2表 風荷重による設備等の健全性評価結果

○建屋

評価対象建屋	評価位置[EL. (m)]※ 方向	風荷重 [kN]	設計用地震力 [kN]	判定
原子炉建屋	57.00～46.50 東→西	1,687	40,756	○
タービン建屋	40.74～28.00 北→南	2,511	17,828	○
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	17.75～8.30 北→南	1,169	30,597	○

※ 裕度の最も小さい評価位置を記載

○ポンプ、ファン等

評価設備	応力 [MPa]	許容値 [MPa]	判定
残留熱除去系海水系ポンプ※ ¹	6	147	○
非常用ディーゼル発電機用※ ² 海水ポンプ※ ³	2	147	○
残留熱除去系海水系ストレーナ	—※ ⁴	157	○
非常用ディーゼル発電機用※ ² 海水ストレーナ	—※ ⁴	157	○
中央制御室換気系冷凍機（取付ボルト）	7	124	○
中央制御室換気系冷凍機（外板材）	38	164	○

※¹ 発生応力が最高となる電動機台取付ボルトの値を記載

※² 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。

※³ 発生応力が最高となる電動機取付ボルトの値を記載

※⁴ 引張応力を生じない。

○配管

評価部位	応力 [MPa]	許容値 [MPa]	判定
残留熱除去系海水配管（取水側）	74	325	○
残留熱除去系海水配管（放水側）	38	212	○
非常用ディーゼル発電機用※ ¹ 海水配管（取水側）	46	245	○
非常用ディーゼル発電機用※ ¹ 海水配管（放水側）	39	226	○
非常用ディーゼル発電機※ ¹ 排気配管	9	123	○
非常用ディーゼル発電機※ ¹ ベント管	8	206	○
非常用ガス処理系配管※ ²	43※ ²	232※ ²	○

※¹ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。

※² 主排気筒補強によるルート変更前の値。ルート変更後も、機械的強度を確保する設計とする。

○主排気筒※¹

部位	高さ※ ² [m]	応力[N/mm ²]			許容応力[N/mm ²]			判定※ ³
		圧縮	曲げ	せん断	圧縮	曲げ	せん断	
筒身	104.205	6.4	118.0	—	198.4	207.0	—	○
	87.432	—	—	11.5	—	—	71.6	○
主柱	87.432	95.6	15.3	—	167.5	235	—	○
斜材	18.257	117.6	—	—	183.4	—	—	○
水平材	104.205	54.1	19.8	—	210.9	235	—	○
柱補強材	56.000	76.7	—	—	155.1	—	—	○

※¹ 主排気筒耐震補強前の値。耐震補強後も、機械的強度を確保する設計とする。

※² 裕度の最も小さい評価位置を記載

※³ 圧縮及び曲げの各々が許容応力未満であること

4. 凍結影響評価について

(1) 基本方針

安全施設のうち外部事象防護対象施設は、最寄りの気象官署での観測記録を考慮し、凍結により、安全機能を損なわない設計とする。

気象庁の気象統計情報における低温の観測記録（第 4-1 表）によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）で観測された観測史上 1 位の最低気温は下記のとおりである。

水 戸 市：最低気温－12.7℃

（1952 年 2 月 5 日，統計期間 1897 年 1 月～2012 年 3 月）

(2) 外部事象防護対象施設の健全性評価

外部事象防護対象施設が、凍結によって安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、凍結が外部事象防護対象施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。

○ 外部事象防護対象施設を評価し、安全機能が維持できることを確認する。また、安全機能が維持されない場合には対策を実施する。

① 屋内に設置されている外部事象防護対象施設については、建屋内は常に換気空調設備等の運転により、極端な低温にさらされることなく、安全機能が維持可能である。（第 4-2 表）

② 建屋外に設置されている凍結のおそれのある外部事象防護対象施設については、保温材等による凍結防止対策を必要に応じて行うことにより最低気温が－12.7℃に到達する環境において安全機能を損なわない設計とする。（第 4-2 表）

- その他の構築物，系統及び機器については，機能を維持すること，
若しくは損傷を考慮して，代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な場合，安全機能が維持可能であることから影響評価の対象外とする。

第4-1表 低温の観測記録（水戸市）（気象庁HPより）

年	最低気温 [℃]	年	最低気温 [℃]	年	最低気温 [℃]
1897	-8.8	1936	-9.5	1975	-7.0
1898	-7.5	1937	-6.2	1976	-9.3
1899	-7.9	1938	-10.0	1977	-8.2
1900	-9.9	1939	-8.9	1978	-8.9
1901	-7.4	1940	-9.2	1979	-7.5
1902	-9.7	1941	-7.8	1980	-7.4
1903	-6.4	1942	-9.2	1981	-8.0
1904	-9.7	1943	-8.5	1982	-8.5
1905	-7.4	1944	-8.7	1983	-8.0
1906	-9.3	1945	-11.0	1984	-11.0
1907	-9.1	1946	-8.4	1985	-10.6
1908	-8.2	1947	-8.1	1986	-8.5
1909	-11.4	1948	-6.7	1987	-6.5
1910	-9.1	1949	-6.9	1988	-6.5
1911	-7.3	1950	-7.0	1989	-5.9
1912	-8.0	1951	-7.8	1990	-7.6
1913	-8.0	1952	-12.7	1991	-6.0
1914	-6.6	1953	-8.1	1992	-5.6
1915	-7.4	1954	-8.8	1993	-5.7
1916	-10.1	1955	-7.7	1994	-6.1
1917	-8.0	1956	-7.6	1995	-7.0
1918	-6.6	1957	-7.2	1996	-8.9
1919	-7.5	1958	-7.6	1997	-6.0
1920	-6.6	1959	-6.6	1998	-6.1
1921	-7.5	1960	-7.9	1999	-6.8
1922	-9.7	1961	-8.1	2000	-6.6
1923	-9.3	1962	-7.7	2001	-7.4
1924	-8.3	1963	-10.9	2002	-5.8
1925	-8.9	1964	-6.9	2003	-7.1
1926	-9.1	1965	-7.4	2004	-5.3
1927	-12.0	1966	-8.3	2005	-6.5
1928	-8.5	1967	-9.9	2006	-7.7
1929	-9.5	1968	-8.6	2007	-4.4
1930	-8.0	1969	-8.2	2008	-5.5
1931	-10.1	1970	-11.0	2009	-5.4
1932	-6.7	1971	-8.0	2010	-6.5
1933	-7.5	1972	-6.1	2011	-7.2
1934	-8.5	1973	-7.8	2012	-7.1
1935	-7.5	1974	-7.9		

第4-2表 安全施設のうち外部事象防護対象施設の凍結影響評価

安全施設	設置建屋	凍結防止対策及び凍結影響評価結果
ほう酸水注入系	原子炉建屋原子炉棟	建屋の換気空調設備を運転している。 ほう酸水は、非常用電源より供給されるほう酸析出防止ヒータにより温度制御していることから、環境は極端な低温にさらされることなく、凍結のおそれはない。 また、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
残留熱除去系	原子炉建屋原子炉棟	建屋の換気空調設備を運転している。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
残留熱除去系海水系	原子炉建屋原子炉棟	建屋の換気空調設備を運転している。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
原子炉隔離時冷却系	原子炉建屋原子炉棟	建屋の換気空調設備を運転している。室内温度は室内に設置されている駆動用蒸気配管への蒸気通気により高温状態を維持しているため、凍結のおそれはない。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
高圧炉心スプレイ系	原子炉建屋原子炉棟	建屋の換気空調設備を運転している。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
低圧炉心スプレイ系	原子炉建屋原子炉棟	建屋の換気空調設備を運転し温度を制御している。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。

安全施設	設置建屋	凍結防止対策及び凍結影響評価結果
非常用電源系（ディーゼル機関）	原子炉建屋付属棟	当該エリア内に設置している非常用ディーゼル発電機用補機（潤滑油系、清水系）は温度制御（非常用電源より供給）されているため、凍結のおそれはない。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
非常用ディーゼル発電機用（高圧炉心スプレイス系を含む。）海水系	原子炉建屋付属棟	当該エリア内に設置している非常用ディーゼル発電機用補機（潤滑油系、清水系）の温度制御（非常用電源より供給）、電気設備（制御盤）からの放熱により、室内は極端な低温にさらされることがなく、凍結のおそれはない。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
非常用電源系（蓄電池）	原子炉建屋付属棟	室内は換気空調設備（非常用電源を供給）を運転し温度を制御していることから、室内は極端な低温にさらされることがなく、凍結のおそれはない。 なお、換気空調設備等の運転が停止した場合においても、外気の流入が遮断されること並びに外壁の壁厚が確保されていること及び建屋内の空間容積が大いことにより、外気温の影響は受けにくいことから、凍結のおそれはない。
残留熱除去系海水系	海水ポンプ室	必要厚さ（設計温度－12.7℃）の保温材等施工による凍結防止措置により、凍結のおそれはない。
非常用ディーゼル発電機用（高圧炉心スプレイス系を含む。）海水系	海水ポンプ室	必要厚さ（設計温度－12.7℃）の保温材等施工による凍結防止措置により、凍結のおそれはない。

5. 降水影響評価について

(1) 基本方針

予想される最も過酷を考えられる条件として設計基準を設定の上，安全施設のうち外部事象防護対象施設は，設計基準降水量を上回る降水による浸水，荷重に対して維持され，安全機能を損なわない設計とする。

(2) 設計基準降水量の設定

設計基準降水量の設定は，以下の(2-1)及び(2-2)をもとに，局地的要因による影響を考慮した値を設定する。

(2-1) 規格・基準類

降水に対する排水施設の規格・基準として，森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」（平成 28 年 4 月茨城県）及び茨城県宅地開発関係資料集《技術基準及びその他編》（監修 茨城県土木部都市局建築指導課，一般社団法人 茨城県建築士会発行）により雨量強度を算出した。

- ・「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」によると，排水施設の設計雨量強度は，単位時間内の 10 年確率で想定される雨量強度となる。
 - ・雨量強度は，「茨城県宅地開発関係資料集」を用いて算出することとする。
- 東海村の雨量強度を算出する降雨強度曲線は「水戸」であり，そのうち，10 年確率降雨強度式は以下となる。（降雨強度と雨量強度は同義である。）

$$r=1765/(T^{3/4}+8.22)$$

r：降雨強度

T：流達時間（発電所敷地内は 10 分とした）

この 10 年確率降雨強度式より，東海第二発電所の雨量強度は 127.5mm/h と算出した。

(2-2) 東海村の観測記録

東海村については，降水量等を観測する気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため，気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

以上を踏まえると，基準降水量は，「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」（平成 28 年 4 月茨城県）等より算出した雨量強度 127.5mm/h とする。

(2-3) 最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における降水量の観測記録（第 5-1 表）によれば，東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）で観測された観測史上 1 位の最大 1 時間降水量は下記のとおりであり，設計基準降水量に包絡される。

水 戸 市：最大 1 時間降水量 81.7mm/h

（1947 年 9 月 15 日，統計期間 1906 年 1 月～2012 年 3 月）

(3) 評価対象施設等の健全性評価

評価対象施設等が，(2)にて設定した降水量を上回る降水によって安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため，1 時間降水量 127.5mm/h を上回る降水による浸水及び荷重が安全施設に作用した場合の影響について評価し，安全機能が維持されることを確認した。（別紙 1）

本評価における基本的な考え方は，以下のとおり。

- 評価対象施設等を評価し、安全機能が維持できることを確認する。また、安全機能が維持されない場合には対策を実施する。
 - ① 評価対象施設等は、1 時間降水量 127.5mm/h を上回る降水による浸水に対し、構内排水路による排水等により、影響がないことを確認した。
 - ② 評価対象施設等は、1 時間降水量 127.5mm/h を上回る降水に対する荷重に対し、排水口による排水等により、影響がないことを確認した。
- その他の構築物、系統及び機器については、機能を維持すること、若しくは損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な場合、安全機能が維持可能であることから影響評価の対象外とする。

第5-1表 降水量の観測記録（水戸市）（気象庁HPより）

年	最大1時間降水量[mm/h]	年	最大1時間降水量[mm/h]	年	最大1時間降水量[mm/h]
1906	30.0	1942	27.4	1978	14.5
1907	32.7	1943	50.5	1979	49.0
1908	16.6	1944	47.1	1980	31.0
1909	26.3	1945	28.6	1981	43.5
1910	29.5	1946	51.8	1982	41.5
1911	25.5	1947	81.7	1983	54.5
1912	36.2	1948	30.2	1984	35.0
1913	56.0	1949	53.4	1985	32.0
1914	41.7	1950	46.2	1986	54.5
1915	41.6	1951	36.1	1987	35.0
1916	20.0	1952	54.0	1988	32.0
1917	42.3	1953	39.9	1989	32.5
1918	33.0	1954	28.8	1990	48.0
1919	21.0	1955	24.7	1991	35.5
1920	25.4	1956	23.5	1992	32.5
1921	31.3	1957	26.6	1993	38.5
1922	46.3	1958	37.0	1994	63.5
1923	40.0	1959	77.8	1995	25.0
1924	36.2	1960	20.0	1996	44.0
1925	42.9	1961	60.0	1997	45.5
1926	22.8	1962	25.1	1998	35.5
1927	48.2	1963	30.0	1999	48.0
1928	27.7	1964	36.6	2000	57.0
1929	24.2	1965	30.6	2001	33.0
1930	58.6	1966	25.5	2002	28.5
1931	26.5	1967	31.0	2003	22.0
1932	19.1	1968	24.0	2004	41.5
1933	41.2	1969	33.0	2005	33.5
1934	21.1	1970	27.0	2006	27.0
1935	28.0	1971	26.0	2007	45.0
1936	7.6	1972	22.5	2008	32.0
1937	43.8	1973	30.0	2009	36.0
1938	25.6	1974	19.0	2010	31.5
1939	38.3	1975	37.0	2011	47.5
1940	49.1	1976	50.5	2012	56.0
1941	25.2	1977	46.0		

降水による浸水及び荷重の影響評価

1. 概要

評価対象施設等は、設計基準降水量（127.5mm/h）を上回る降水による浸水に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建屋止水処置等により、安全機能を損なわない設計とする。

評価対象施設等は、設計基準降水量（127.5mm/h）を上回る降水による荷重に対し、排水口による排水により影響を受けない設計とし、安全機能を損なわない設計とする。

その他の構築物、系統及び機器は、降水に対して機能を維持すること若しくは、降水による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

2. 降水による敷地内浸水影響評価

2.1 雨水流出量の算出

<条件>

降雨強度は、設計基準としての降水量（127.5mm/h）とする。

雨水流出量 Q_1 の算出には、「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」（平成 28 年 4 月茨城県）を参照し、以下の合理式（ラショナル式）を用いる。

$$Q_1 = 1 / 360 \cdot f \cdot r \cdot A$$

ここで、

Q_1 ：雨水流出量（ m^3/s ）

f ：流出係数（開発部：0.9，林地：0.5）

r ：設計基準としての降水量（127.5mm/h）

A：集水区域面積（ha）

また、集水区域面積は、第1表のとおり。

第1表 集水区域面積内訳

流域	流域面積（ha）	開発部面積（ha）	林地面積（ha）
①	14.5	13.6	0.9
②	18.7	16.6	2.1
③	8.56	8.56	0.0
④	0.92	0.92	0.0
⑤	2.81	2.81	0.0

2.2 流末排水路排水量の算出

<条件>

構内排水路における流末排水路排水量 Q_2 の算出には、「開発行為の技術基準」（平成10年10月茨城県）を参照し、以下のマンニング式を用いる。

$$Q_2 = V \cdot A$$

$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

ここで、

Q_2 ：流末排水路排水量（ m^3/s ）

V：平均流速（ m/s ）

A：流末排水路流水断面積（ m^2 ）

n：マンニングの粗度係数

R：径深 $=A/S$ （m）（S：潤辺（m））

I：勾配

また、流末排水路は、以下を考慮して設定する。

①排水路設置位置は、集水区域ごとに、敷地勾配及び流下経路を考慮し、

地表面の降水の流下状況を踏まえ、敷地傾斜等に従い流下する箇所に設

定する。

②排水路構造は，防潮堤部に設置することから，防潮堤断面方向の構造を考慮し，かつ敷地標高及び潮位を考慮した管径，勾配及び設置本数を設定する。

③排水路の機械的強度は，他の外部事象によって発生する衝撃によって排水機能を損なうことのない設計とする。

2.2.1 敷地勾配及び流下経路を考慮した地表面の降水の流下状況

発電所敷地（防潮堤内へ降水が流下する発電所敷地外を含む）を標高及び幹線排水路の設置状況より以下の5つの流域に分割し，各々の流下経路を検討する。

流域①：東海第二発電所原子炉建屋より北側（EL. 4m～EL. 8m）

流域②：敷地西側の高台（EL. 11m 以上）

流域③：東海発電所敷地を含む敷地南側（EL. 8m）

流域④：取水口エリア（海水ポンプ室含む）（EL. 3m）

流域⑤：東海第二発電所原子炉建屋の南側（EL. 8m）

流域①の降水は，流域①内に設置されている幹線排水路へ導かれ，流末排水路①-2（既設排水路）を通して海洋へ排水される。また，敷地勾配を考慮すると標高の低い流域①の北東部（EL. 8m から EL. 4m へ下る）へ地表面を流下すると想定される。

流域②の降水は，流域②内の低地である EL. 11m に設置する幹線排水路へ導き，海洋へ排水する。

流域③の降水は，流域③内に設置されている幹線排水路へ導かれる他，地表面を流下すると想定される。

流域④の降水は，流域④内の排水路により海洋へ排水する。なお，防潮堤

の構造や周辺の道路の敷設状況より、隣接している流域①、③及び⑤から降水へは流下しない。

流域⑤の降水は、流域⑤内に設置されている幹線排水路へ導かれる他、地表面を流下すると想定される。

2.2.2 流末排水路の設置位置の設定

2.2.1 で考慮した結果より、各流域に対する流末排水路の設置箇所は以下とした。

流域①の降水のため、流末排水路①-2 による排水の他、標高の低い流域①の北東部（EL. 8m から EL. 4m へ下る）へ地表面流下水の流末排水路①-1 を設置する。

流域②の降水のため、流域①、③及び⑤へ流下しないよう、流域②内の低地である EL. 11m に設置する幹線排水路から流末排水路②の経路を設置する。

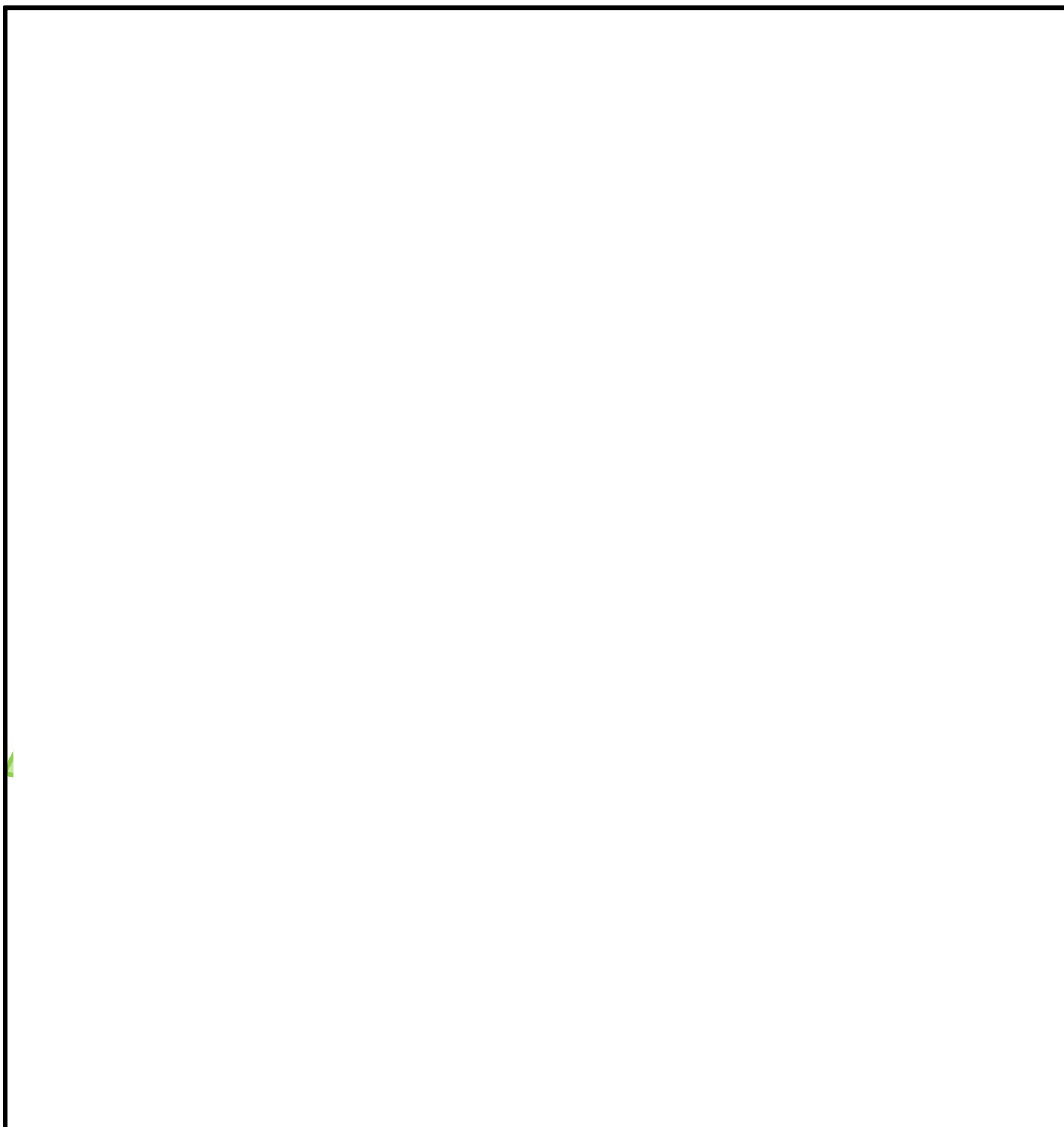
流域③の降水のため、幹線排水路からの流末排水路③-1、地表面流下水の流末排水路③-2 を設置する。

流域④の降水のため、流末排水路④を設置する。なお、隣接する流域①、③及び⑤の降水が流入しないよう、流入経路となる可能性のある箇所は堰等を設置し、他流域からの流入防止を行う。

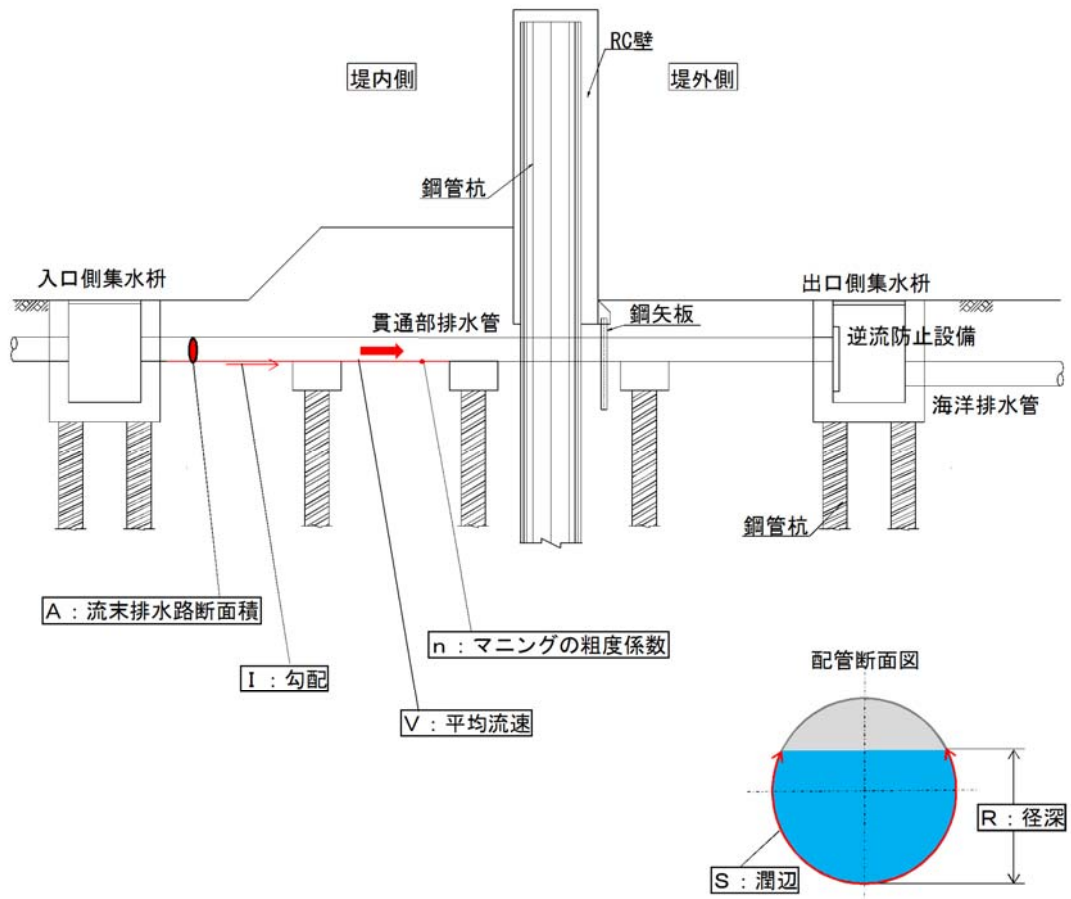
流域⑤の降水のため、流末排水路⑤を設置する。

なお、流域②、③及び⑤の降水のうち、当該流域内の幹線排水路に集水されず地表面を流下する降水は、順次敷地標高の低い流域へ流下・排水され、最終的には流域①に設置される流末排水路①-1 へ流入する可能性があるが、流末排水路①-1 の排水量には流域①の雨水流出量と比較して十分な余裕があることから、遅滞なく海域に排水が可能であり、敷地内が浸水することはない。

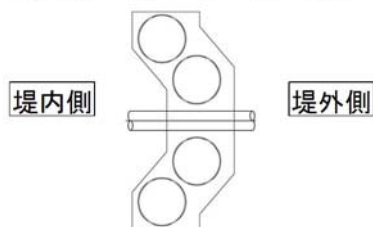
集水流域，幹線排水路及び流末排水路位置を第 1 図に，流末排水路構造を第 2 図に，敷地高さ及び地表水の流下想定を第 3 図に示す。



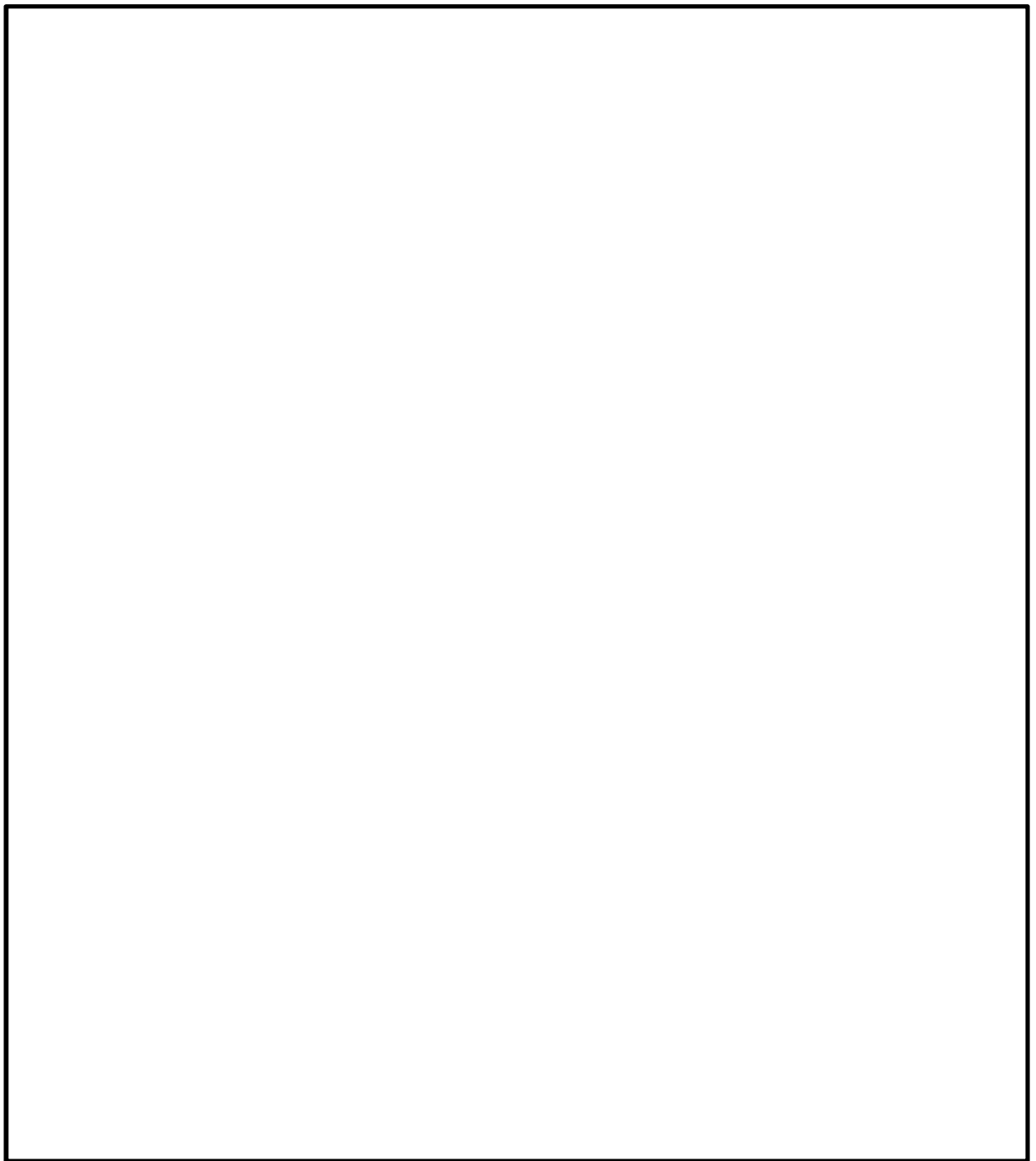
第 1 図 集水流域，幹線排水路及び流末排水路位置



上断面図
(鋼管杭－排水路の平面方向の位置関係)



第2図 流末排水路構造 (案)



第3図 敷地高さ及び地表水流下想定

2.3 判定基準

「2.2 流末排水路排水量の算出」において算出した流末排水路排水量 Q_2 が、
「2.1 雨水流出量の算出」において算出した雨水流出量 Q_1 を上回ることを確認することにより、雨水を遅滞なく海域に排水することが可能であること及び敷地内が降水によって浸水しないことを判定基準とする。

2.4 評価結果

流末排水路排水量は、雨水流出量を上回り、雨水は遅滞なく海域に排水可能であり、敷地内は浸水しないことを確認した。雨水流出量と排水路流末の設計排水量の比較結果を第2表に示す。

第2表 雨水流出量と流末排水路の設計排水量の比較結果

流域	集水区域面積A (ha)	雨水流出量 Q_1 (m^3/h)	流末	流末排水路 排水量※ Q_2 (m^3/h)	判定 ($Q_1 < Q_2$)	備考
①	14.5	約 16,200	①-1	約 20,700	○	流末①-2で排水できない雨水は地表を流下し、流末①-1で排水される
			①-2	約 8,760		
②	18.7	約 18,900	②	約 21,800	○	
③	8.56	約 9,900	③-1	約 3,900	○	流末③-1で排水できない雨水は地表を流下し、流末③-2で排水される
			③-2	約 11,600		
④	0.92	約 1,060	④	約 1,100	○	
⑤	2.81	約 3,230	⑤	約 12,000	○	

※ 今後の詳細設計により、変更の可能性がある。

3. 浸水評価について

3.1 建屋廻りの浸水評価

安全施設を内包する建屋への影響について、建屋の排水口（設計降水量 100mm/h）による排水は、それらの建屋周辺において構内排水路（設計降水量 50mm/h）及び地表面を敷地傾斜に従い流下し、流末排水路（設計降水量 127.5mm/h 以上）より速やかに排水されることから、安全施設が浸水することはない。

3.2 取水口エリアの浸水評価

取水口エリアへの影響について、敷地傾斜に従い流下し、流末排水路より速やかに排水されることから、安全施設が浸水することはない。（「2. 降水による敷地内浸水影響評価」のとおり）

なお、安全施設が設置されている海水ポンプ室内には、排水ポンプが設置されており、その排水量は海水ポンプ室内の雨水流出量を上回るため、安全施設が浸水することはない。海水ポンプ室内における雨水流出量と排水ポンプ排水量の比較結果を第 3 表に示す。

第 3 表 海水ポンプ室内における雨水流出量と排水ポンプ排水量の比較結果

流域	集水区域面積 A (m ²)	雨水流出量 Q ₃ (m ³ /h)	排水ポンプ排水量 Q ₄ (m ³ /h)	判定 (Q ₃ <Q ₄)
北側海水ポンプ室	86	11.0	36.0	○
南側海水ポンプ室	108	13.8	36.0	○

以上のことから、安全重要度クラス 1，2 に属する構築物，系統及び機器若しくはそれらを内包する建屋，機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備が，設計基準としての降水量による浸水によって安全機能を損なわれることはない。

4. 荷重の影響について

降水による荷重の影響について、安全施設を内包する建屋には、排水口が設置されていること、建屋上部は開放されていることから、速やかに排水可能である。また、屋外に設置されている安全施設は、上部に水が滞留する構造ではなく降水による荷重を受けにくいため、影響はない。

以上のことから、安全施設を内包する建屋は多量の降水に対しても、排水口等により排水する設計としており、設計基準としての降水量による荷重によって安全機能を損なわれることはない。

(参考1) 森林法に基づく林地開発許可申請の手びき (抜粋)

(茨城県農林水産部林政課 平成 28 年 4 月)

- 3 (4) の「現状回復等の事後措置」とは、開発行為が行われる以前の原状に回復することに固執することではなく、造林の実施を含めて従前の森林の機能を回復するための措置をいう。
- 4 (5) の要件としては、例えば、開発行為により道路が分断される場合には付替道路の設置計画を明らかにし、開発行為により更に奥地における森林施業に支障を及ぼすことのないよう配慮していること等が挙げられる。
- 5 (6) の要件としては、例えば、地域住民の生活への影響の関連からみて開発行為に係る事業の実施に伴い地域住民の生活環境の保全を図る必要がある場合には、関係市町村等と環境の保全に関する協定を締結していること等が挙げられる。なお、参考例を別記 2 に示す。
- 6 (7) の「善良に維持管理すること。」とは、残置し又は造成する森林又は緑地につき申請者が権原を有していることを原則とし、関係市町村等との間で森林又は緑地の維持管理について協定を締結していること等をいう。なお、参考例を別記 3 示す。〔解 説〕

2 森林法第 10 条の 2 第 2 項第 1 号関係事項

当該開発行為をする森林の現に有する土地に関する災害の防止の機能からみて、当該開発行為により当該森林の周辺の地域において土砂の流出又は崩壊その他の災害を発生させるおそれがあること。

- (1) 開発行為が原則として現地形にそって行うこと及び開発行為による土砂の移動量は必要最小限度であること。
- (2) 切土、盛土又は捨土を行う場合には、その工法が法面の安定を確保するものであること及び捨土が適切な箇所で行われること並びに切土、盛土又は捨土を行った後に法面を生ずるときは、その法面の勾配が地質、土質、法面の高さからみて崩壊のおそれのないものであり、かつ、必要に応じて小段又は排水施設の設置、その他の措置を適切に講ずること。
- (3) 切土、盛土又は捨土を行った後の法面の勾配が(2)によることが困難であるか若しくは適当でない場合又は周辺の土地利用の実態からみて必要がある場合には、擁壁の設置その他の法面崩壊防止の措置を適切に講ずること。
- (4) 切土、盛土又は捨土を行った後の法面が雨水、溪流等により侵食されるおそれがある場合には、適切な法面保護の措置を講ずること。
- (5) 開発行為に伴い相当量の土砂が流出し、下流地域に災害が発生するおそれがある場合に

は、開発行為に先行して十分な容量及び構造を有するえん堤等の設置、森林の残置等を適切に講ずること。

(6) 雨水等を適切に排水しなければ災害が発生するおそれがある場合には、十分な能力及び構造を有する排水施設を設けること。

(7) 下流の流出能力を超える水量が排水されることにより災害が発生するおそれがある場合には、洪水調整池等の設置その他の措置を適切に講ずること。

(8) 飛砂、落石、なだれ等の災害が発生するおそれがある場合には、静砂垣又は落石若しくはなだれ防止柵の設置その他の措置を適切に講ずること。

1 (2) の技術的細則は、次の(1)から(4)に掲げるとおりとする。

(1) 工法等は、次によること。

ア 切土は、原則として階段状に行う等法面の安定を確保すること。

イ 盛土は、必要に応じて水平層にして順次盛り上げ、十分締め固めを行うこと。

ウ 土石の落下による下斜面等の荒廃を防止する必要がある場合には、柵工の実施等の措置を講ずること。

エ 大規模な切土又は盛土を行う場合には、融雪、豪雨等により災害が生ずるおそれがないように工事時期、工法等について適切な配慮をすること。

(2) 切土は、次によること。

ア 法面の勾配は、地質、土質、切土高、気象及び近傍にある既往の法面の状態等を勘案して現地に適合した安全なものとする。

イ 土砂の切土高が10メートルを超える場合には、原則として高さ5メートルないし10メートル毎に幅1～1.5メートル程度の小段を設置するほか、必要に応じ排水施設を設置する等崩壊防止の措置を講ずること。

ウ 切土を行った後の地盤にすべりやすい土質の層がある場合には、その地盤にすべりが生じないように杭打ちその他の措置を講ずること。

(3) 盛土は、次によること。

ア 法面の勾配は、盛土材料、盛土高、地形、気象、及び近傍にある既往の法面の状態等を勘案して、現地に適合した安全なものとする。盛土高がおおむね1.5メートルを超える場合には勾配を最低35度（約1.5割）とすること。

イ 盛土高が5メートルを超える場合には、原則として5メートル毎に幅1～2メートル程度の小段を設置するほか、必要に応じて排水施設を設置する等崩壊防止の措置を講ずること。

ウ 盛土がすべり、ゆるみ、沈下し又は崩壊するおそれがある場合には、盛土を行う前の地盤の段切り、地盤の土の入替え、埋設工の施行、排水施設の設置等の措置を講ずること。

(4) 捨土は、次によること。

ア 捨土は、土捨て場を設置し土砂の流出防止措置を講じて行うこと。この場合における土捨て場の位置は、急傾斜地、湧水の生じている箇所等を避け、人家又は公共施設との位置関係を考慮の上選定すること。

イ 法面の勾配の設定、小段の設置、排水施設の設置等は、盛土に準じて行い土砂の流出

(中略)

場合、又は植生による保護だけでは法面の侵食を防止できない場合には、人工材料による適切な保護（吹付工、張工、法枠工、柵工、網工等）を行うこと。

工種は、土質、気象条件等を考慮して決定し、適期に施行すること。

(2) 表面水、湧水、溪流等により法面が侵食され又は崩壊するおそれがある場合には、排水施設又は擁壁の設置等の措置を講ずること。この場合における擁壁の構造は、3 によること。

5 (5) のえん堤等の設置は、次の技術的細則によること。

(1) えん堤等の容量は、次のア及びイにより算定された開発行為に係る土地の区域からの流出土砂量を貯砂しうるものとする。

ア 開発行為の施行期間中における流出土砂量は、開発行為に係る土地の区域1ヘクタール当たり1年間におおむね200立方メートルないし400立方メートルを標準とするが、地形、地質、気象等を考慮の上適切に定めること。

イ 開発行為の終了後において、地形、地被状態等からみて、地表が安定するまでの期間に相当量の土砂の流出が想定される場合には、別途積算すること。

6 (6) の排水施設の能力及び構造は、次の技術的細則によること。

(1) 排水施設の構造の断面は次によること。

ア 排水施設の断面は、計画流量の排水が可能になるように余裕をみて定めること。

この場合、計画流量は次の(ア)及び(イ)により、流速は原則としてマンニング式により求めること。

Q：雨水流出量（ m^3/sec ）

f：流出係数

r：設計雨量強度（ $mm/hour$ ）

A：集水区域面積（ ha ）

$$Q = \frac{1}{360} \cdot f \cdot r \cdot A$$

(ア)排水施設の計画に用いる雨水流出量は、原則として次式により算出する。

(イ) 前式の適用に当たっては、次のaからcまでによること。

a 流出係数は、表2を参考として定めること。

b 設計雨量強度は、次のcによる単位時間内の10年確率で想定される雨量強度とすること。

表2 c 単位時間は、到達時間を勘案して定めた表3を参考として用いること。

地表状態	区分	浸透能		
		小	中	大
林	地	0.6 ～ 0.7	0.5 ～ 0.6	0.3 ～ 0.5
草	地	0.7 ～ 0.8	0.6 ～ 0.7	0.4 ～ 0.6
耕	地	—	0.7 ～ 0.8	0.5 ～ 0.7
裸	地	1.0	0.9 ～ 1.0	0.8 ～ 0.9

(注) 区分欄の浸透能は、地形、地質、土壌等の条件によって決定されるが、おおむね山岳地は浸透能小、丘陵地は浸透能中、平地は浸透能大としても差し支えない。

表 3

流 域 面 積	単 位 時 間
50 ヘクタール以下	10 分
100 ヘクタール以下	20 分
500 ヘクタール以下	30 分

イ 雨水のほか土砂等の流入が見込まれる場合又は排水施設の設備箇所からみていつ水による影響の大きい場合にあつては、排水施設の断面は、必要に応じてアに定めるものより大きく定めること。

(2)排水施設の構造等は、次によること。

ア 排水施設は、立地条件等を勘案して、その目的及び必要性に応じた堅固で耐久力を有する構造であり、漏水が最小限度となるよう措置すること。

イ 排水施設のうち暗渠である構造の部分には、維持管理上必要なます又はマンホールの設置等の措置を講ずること。

ウ 放流によって地盤が洗掘されるおそれがある場合には、水叩きの設置その他の措置を適切に講ずること。また、表土流出するおそれがある場合でも、横排水等の措置を講ずること。

エ 排水施設は、排水量が少なく土砂の流出又は崩壊を発生させるおそれがない場合を除き、排水を河川等又は他の排水施設等まで導くよう計画すること。

なお、河川等又は他の排水施設等に排水を導く場合には、当該河川等又は他の排水施設等の管理者の同意を得ていること。

7 (7) の洪水調整池等の設置は、次の技術的細則によること。

雨水排水処理は、原則、洪水調整池を通じて場外排水とするが、小規模な開発又は流末排水が困難な場合に限り、浸透池の設置で代替することができる。

なお、洪水調整池を設置し、河川に排水する場合にあつては、あらかじめ河川管理者と十分連絡調整すること。

(1) 洪水調整容量は、下流における流下能力を考慮の上、30年確率で想定される雨量強度における開発中及び開発後のピーク流量を開発前のピーク流量以下まで調節できるものとする。又流域の地形、地質、土地利用の状況等に応じて必要な堆砂量を見込むこと。

(2) 余水吐の能力は、コンクリートダムにあつては100年確率で想定される雨量強度におけるピーク流量の1.2倍以上、フィルダムにあつてはコンクリートダムのその1.2倍以上とすること。

(3) 洪水調節の方式は、原則として自然放流方式とすること。

(4) 洪水調整池の堆砂土砂量は、その流域面積、地形、地質、地彼状態等ならびに開発行為の施工計画により一様でないが、おおむね200立方メートル／1ヘクタール／1年とすること。

(5) その他「茨城県の大規模宅地開発に伴う調整池技術基準」によること。

(参考 2) 茨城県宅地開発関係資料集《技術基準及びその他編》(抜粋)

(監修 茨城県土木部都市局建築指導課, 一般社団法人茨城県建築士会 発行 平成 26 年 8 月)

9. 排 水

(1) 排水計画

- ア 当該開発区域の規模, 地形, 周辺の状況, 予定建築物の用途及び降雨量等から想定される雨水及び汚水が有効に排出できるよう計画されていること。
- イ 開発区域内の下水道, 排水路その他の排水施設は, 区域内の下水を有効かつ適切に排出できるように, 河川その他の公共水域又は, 海域に接続していること。ただし, 放流先の排水能力によりやむを得ないと認められるときは, 排水路改修又は当該開発区域内において一時雨水を貯留する調整池及び雨水貯留・浸透施設等を設けるものとする。
- ウ 雨水, 処理された汚水及びこれと同等以上清浄である汚水以外の下水は, 原則として暗渠によって排出すること。
- エ 計画排水区域は, 雨水については開発区域を含む地形上の流域とし, 汚水については開発区域とする。

(2) 雨 水

- ア 計画雨水量の算定方式は, 合理式を用いるものとする。

$$Q = \frac{1}{360} \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q: 計画雨水量 (m³/sec)

f: 流出係数

r: 降雨強度 (mm/hr)

A: 排水面積 (ha)

- イ 降雨強度値は, 5 年に 1 回の確率で想定される降雨強度値以上の値を用いること。

降雨強度値の算定は, 次記の式を用いること。

1/5 年確率降雨強度式

水戸 $r = \frac{1,411}{t^{\frac{3}{4}} + 7.63}$

館野 $r = \frac{769}{t^{\frac{3}{4}} + 2.77}$

r = 降雨強度 (mm/hr)

t = 流達時間 (分)

$$t = t_1 + t_2$$

t₁: 流入時間 (標準 = 7 分)

t₂: 流下時間

$$\text{開発前 } t_2 = 0.83 \ell / i^{0.6}$$

$$\text{開発後 } t_2 = 0.36 \ell / i^{0.5}$$

ℓ = 河道延長 (km)

i = 河道の勾配

1/5 年確率降雨強度式のところを, 「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」に従い, 1/10 年を適用した。
1/10 年確率降雨強度式は,
 $r = 1,765 / (t^{3/4} + 8.22)$ となる。

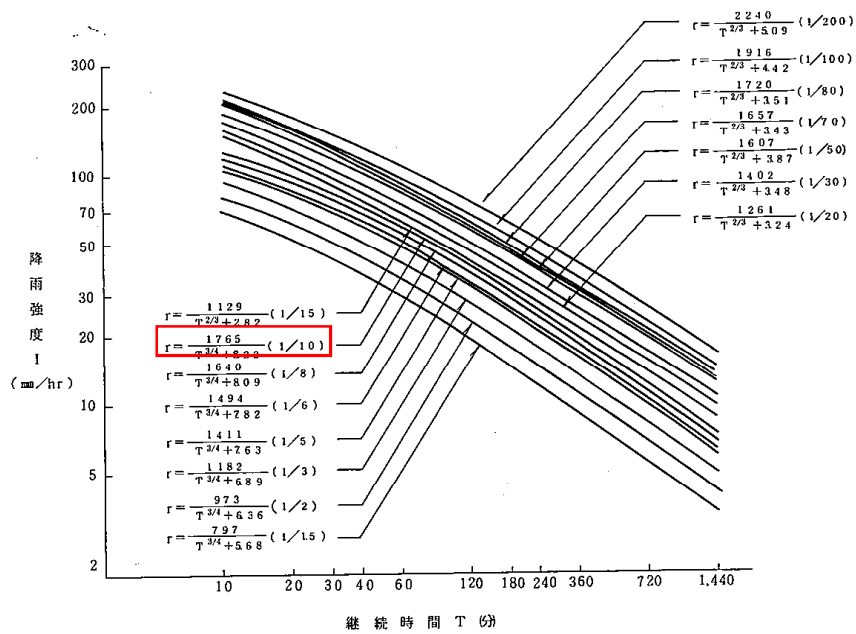


図 水戸降雨強度曲線（トーマス法）

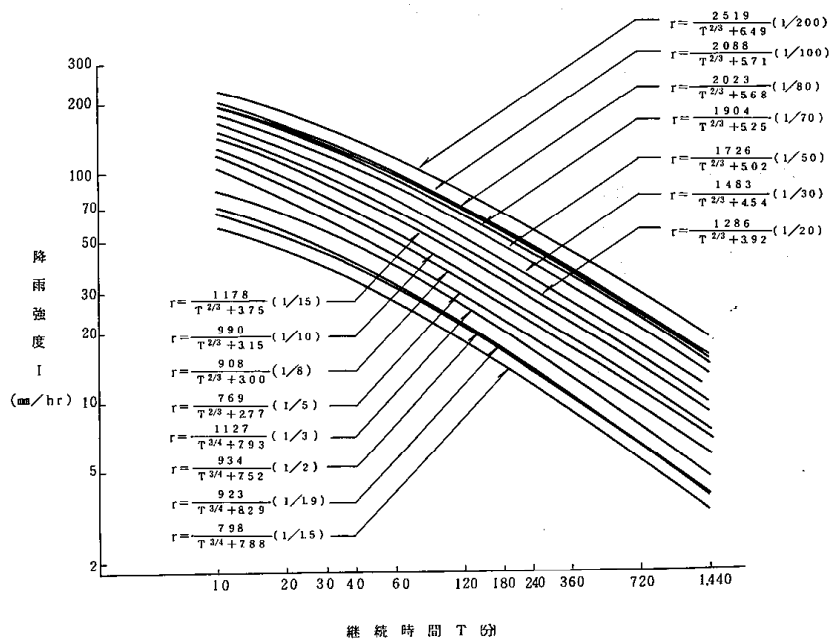
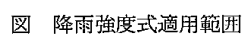


図 館野降雨強度曲線（トーマス法）



6. 積雪影響評価について

(1) 基本方針

予想される最も過酷と考えられる条件として設計基準を設定の上，安全施設のうち外部事象防護対象施設は，積雪による荷重，積雪による吸気口等の閉塞により，安全機能を損なわない設計とする。

(2) 設計基準積雪量の設定

設計基準積雪量の設定は，以下の(2-1)及び(2-2)をもとに，局地的要因による影響を考慮した値を設定する。

(2-1) 規格・基準類

積雪に対する規格・基準として，建築物については建築基準法及び同施行令第 86 条第 3 項に基づく茨城県建築基準法等施行細則において，地域ごとに垂直積雪量が定められており，東海村においては，30cm である。

(2-2) 東海村の観測記録

東海村については，積雪等を観測する気象庁の地域気象観測システム（アメダス）が設置されていないため，気象庁の気象統計情報に観測記録はない。

以上を踏まえると，設計基準積雪量は，地域性を考慮した上で，建築基準法に準拠した東海村の積雪量である 30cm とする。

(2-3) 最寄りの気象官署の観測記録

気象庁の気象統計情報における積雪の観測記録（第 6-1 表参照）によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）で観測された観測史上 1 位の月最深積雪は下記のとおりである。

水戸市：月最深積雪 32cm

（1945 年 2 月 26 日，統計期間 1897 年 1 月～2012 年 3 月）

東海村に対する規格・基準類による設定値より設定した設計基準積雪量 30cm を最寄りの気象官署の観測記録が若干上回るが，以下の対応により設計への影響はない。

○ 積雪時の発電所の対応について

発電所においては，冬季の積雪の頻度は少ないものの，積雪は，気象予報により事前に予測が可能であり，進展も緩やかであるため，発電所構内における除雪活動を行っている。

建屋については，設計基準としての積雪荷重に達するおそれがある状況となる前に，人力による除雪を実施する。

給排気口については，閉塞の可能性がある開口部高さに達するおそれがある状況となる前に，人力による除雪を実施する。

構内の道路又はアクセスルートについては，車両通行が不可となるおそれがある状況となる前に，ホイールローダ等による除雪を実施する。

(3) 評価対象施設等の健全性評価

(2)にて設定した設計基準積雪量に対する評価対象施設等への影響を評価する。設計基準の積雪量に対して，外部事象防護対象設備が積雪荷重，空気又は流体の取入口の閉塞によって機能喪失に至らないことを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。

○ 評価対象施設等を評価し、安全機能が維持できることを確認する。

また、安全機能が維持されない場合には対策を実施する。

① 外部事象防護対象施設のうち建屋が設計基準積雪量の荷重に対して機械的裕度を有する設計であることを確認した。(第 6-2 表参照)

② 屋外の外部事象防護対象設備は設計基準積雪量の荷重に対して健全であることを確認した。(第 6-3 表参照)

③ 流体の取入口等の閉塞による影響について、各建屋の換気口等の高さが設計基準積雪量に対して高い位置に設置してあること及び上向きに開口部がない設計であることを確認した。(第 6-4 表及び第 6-2 図参照)また、積雪と風により吸気口等の閉塞が考えられるが、この場合には、操作員がルーバに付いた積雪を落とすことにより閉塞を防止する。

○ その他の構築物、系統及び機器については、機能を維持すること、若しくは損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な場合、安全機能が維持可能であることから影響評価の対象外とする。

(4) 観測記録に対する評価

(4-1) 建築基準法施行令に基づく設定値

設計基準としての設定値 30cm に対して、水戸の月最深積雪が 32cm であることから、以下のとおり評価した。(第 6-1 図)

・ 建築基準法施行令に基づく各市町村の設定値は、当該区域における局所的地形要因による影響を考慮し、過去の観測記録に基づき統計処理

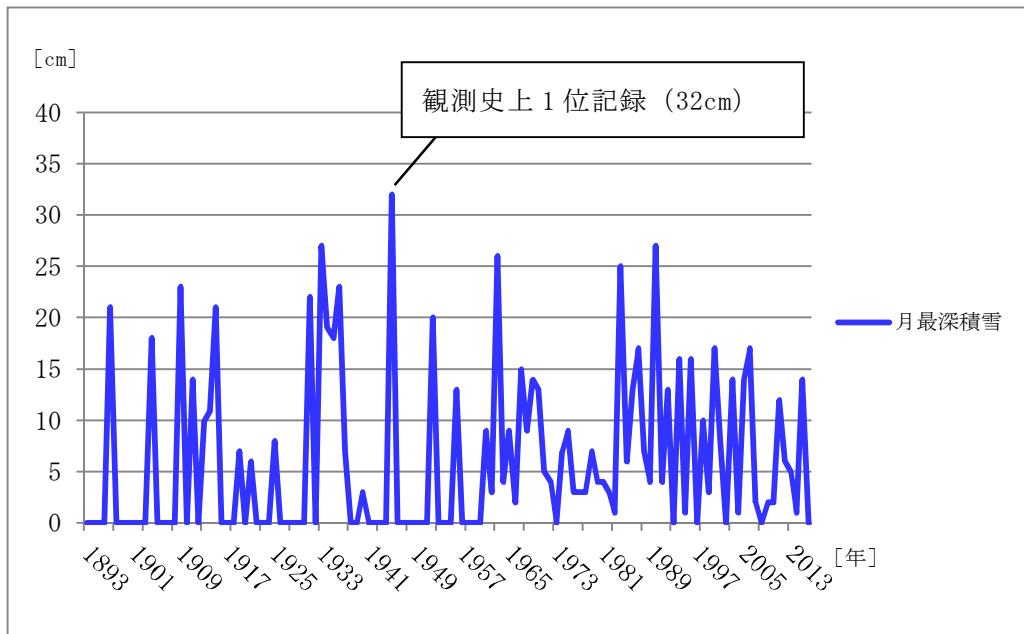
を行う等の手法によって、50 年再現期待値を求めた値となっており、水戸市及び東海村の設定値はともに 30cm である。

- ・過去の観測記録を確認した結果、月最深積雪に有意な上昇傾向は見受けられない。
- ・月最深積雪 32cm は、約 70 年前に観測されたものであり、以後更新されていない。

以上を踏まえると、評価対象施設等に対する設計基準としての設定値に、建築基準法施行令に定める設定値を用いることは、設計基準としての設定値を定める上で問題ないと評価した。

(4-2) 水戸の月最深積雪での積雪荷重に対する影響評価

最寄りの気象官署である水戸地方気象台で観測された観測史上 1 位の月最深積雪 32cm に対する評価対象施設等への影響を評価した結果、積雪荷重は許容堆積荷重内であることを確認した。



第 6-1 図 水戸地方気象台の観測記録グラフ（月最深積雪）

第 6-1 表 積雪の観測記録（水戸市）（気象庁 HP より）

年	最大月最深 積雪[cm]	年	最大月最深 積雪[cm]	年	最大月最深 積雪[cm]
1885	—	1928		1971	5
1886	—	1929		1972	4
1887	—	1930		1973	—
1888	—	1931	22]	1974	7
1889	—	1932		1975	9
1890	—	1933	27]	1976	3
1891	—	1934	19]	1977	3
1892	—	1935	18]	1978	3
1893	—	1936	23]	1979	7
1894	—	1937	7]	1980	4
1895	—	1938		1981	4
1896	—	1939		1982	3
1897	21]	1940	3]	1983	1
1898		1941		1984	25
1899		1942		1985	6
1900		1943		1986	13
1901		1944		1987	17
1902		1945	32]	1988	7
1903		1946		1989	4
1904	18]	1947		1990	27
1905		1948		1991	4
1906		1949		1992	13
1907		1950		1993	0
1908		1951		1994	16
1909	23]	1952	20]	1995	1
1910		1953		1996	16
1911	14]	1954		1997	0
1912		1955		1998	10
1913	10]	1956	13]	1999	3
1914	11]	1957		2000	17
1915	21]	1958		2001	8
1916		1959		2002	0
1917		1960		2003	14
1918		1961	9]	2004	1
1919	7]	1962	3	2005	14
1920		1963	26	2006	17
1921	6]	1964	4	2007	—
1922		1965	9	2008	2
1923		1966	2	2009	2
1924		1967	15	2010	12
1925	8]	1968	9	2011	5
1926		1969	14	2012	5]
1927		1970	13		

※] : 資料不足値, 空白 : 観測を行っていない, 通信障害等

— : 該当現象又は該当現象による量等がない

第 6-2 表 積雪荷重による建屋の健全性評価結果

評価対象建屋	評価部位	積雪荷重 [N/m ²]	短期許容応力度における 許容堆積荷重 [N/m ²]	判定
原子炉建屋	屋根トラス	600	7,780	○
タービン建屋	屋根トラス		6,280	○
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	屋根トラス		49,360	○

第 6-3 表 積雪荷重による屋外機器の健全性評価結果

評価対象施設	評価部位	応力の種類	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	判定
残留熱除去系海水系ポンプ	モータ フレーム	圧縮応力	1.83	229	○
非常用ディーゼル発電機用※海 水ポンプ	モータ フレーム	圧縮応力	0.32	240	○
残留熱除去系 海水系ストレーナ	支持脚	圧縮応力	2.10	184	○
非常用ディーゼル発電機用※海 水ストレーナ	支持脚	圧縮応力	1.18	184	○
非常用ディーゼル発電機※ 吸気口	支持脚	圧縮応力	0.27	228	○

※ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。




第6-4表 開口部高さ及び影響評価結果

No.	設置場所	名称	開口部高さ※1	評価※2
1	原子炉建屋付属棟 (屋上)	2 C 非常用ディーゼル発電機室ルーフベントファン排気口	約 2.2m	○
2	原子炉建屋付属棟 (屋上)	2 D 非常用ディーゼル発電機室ルーフベントファン排気口	約 2.2m	○
3	原子炉建屋付属棟 (屋上)	高圧炉心スプレイスディーゼル発電機室ルーフベントファン排気口	約 2.2m	○
4	原子炉建屋付属棟 (屋上)	2 C 非常用ディーゼル発電機吸気口外気取入口	約 0.6m	○
5	原子炉建屋付属棟 (屋上)	2 D 非常用ディーゼル発電機吸気口外気取入口	約 0.6m	○
6	原子炉建屋付属棟 (屋上)	高圧炉心スプレイス用ディーゼル発電機吸気口外気取入口	約 0.6m	○
7	原子炉建屋付属棟 (屋上)	2 C 非常用ディーゼル発電機室換気系給気ガラリ	約 0.5m	○
8	原子炉建屋付属棟 (屋上)	2 D 非常用ディーゼル発電機室換気系給気ガラリ	約 0.5m	○
9	原子炉建屋付属棟 (屋上)	高圧炉心スプレイスディーゼル発電機室換気系給気ガラリ	約 0.5m	○
10	原子炉建屋原子炉棟 (屋上)	2 C 非常用ディーゼル発電機用排気配管	約 3m	○
11	原子炉建屋原子炉棟 (屋上)	2 D 非常用ディーゼル発電機用排気配管	約 3m	○
12	原子炉建屋原子炉棟 (屋上)	高圧炉心スプレイスディーゼル発電機排気配管	約 3m	○
13	原子炉建屋付属棟 (壁面)	中央制御室換気系給気ルーバ	約 19m, 約 5.9m	○
14	原子炉建屋付属棟 (壁面)	中央制御室換気系排気ルーバ	約 5.9m	○
15	原子炉建屋付属棟 (壁面)	空調機械室排気ルーバ	約 5.5m	○
16	使用済燃料乾式貯蔵建屋 (壁面)	使用済燃料乾式貯蔵建屋給気口	約 4m	○
17	使用済燃料乾式貯蔵建屋 (壁面)	使用済燃料乾式貯蔵建屋排気口	約 17m	○
18	緊急時対策所建屋	緊急時対策所建屋換気系空気取入口	※3	○
19	軽油貯蔵タンク	軽油貯蔵タンクベント管	※3	○

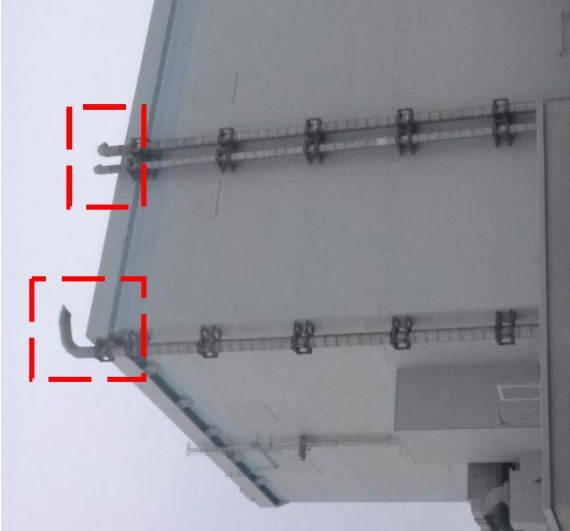
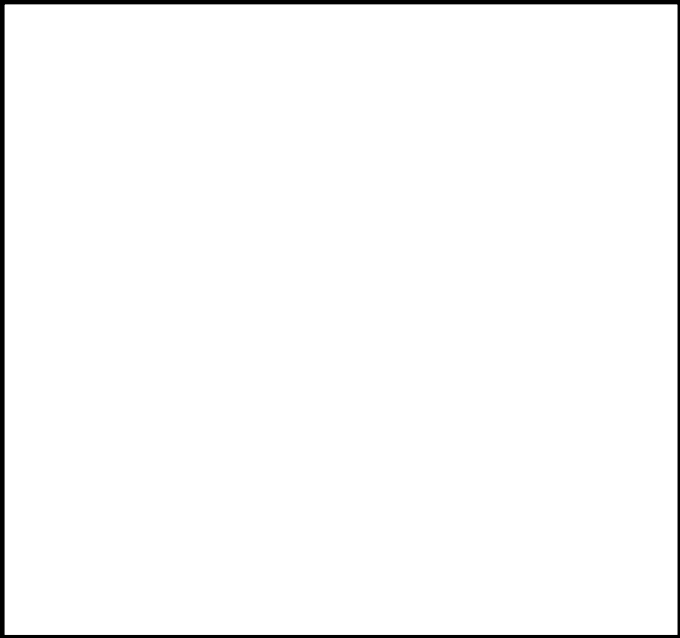
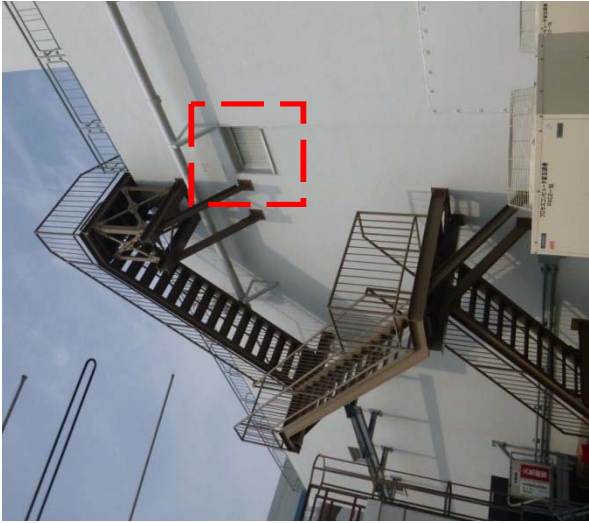
※1 地上部又は直近にある積雪のおそれのある平面部から開口部の高さ。なお、開口部が水平方向ではない場合は、開口部下端までの高さ。

※2 開口部高さが設計基準の積雪深さである 30cm より高い位置に設置している場合、閉塞しないため、○とする。



※3 閉塞しない高さに設置する。

No. 1～3 非常用ディーゼル発電機室ルーフトファーン排気口（写真は2D用）	
No. 4～6 非常用ディーゼル発電機吸気口外気取入口（写真は奥より2C, HPCS用）	
No. 7～9 非常用ディーゼル発電機室換気系給気ガラリ（写真はHPCS用）	

第6-2図 開口部の状況（1／3）

<p>No. 10～12 非常用ディーゼル発電機用排気配管 (左から2D, HPCS, 2C用)</p>		<p>No. 13 中央制御室換気系給気ルーバ (地上部より約 19m 側)</p>		<p>No. 13 中央制御室換気系給気ルーバ (直近の平面部より約 5.9m 側)</p>	
--	---	--	---	--	---

第 6-2 図 開口部の状況 (2 / 3)

<p>No. 14 中央制御室換気系排気ルーバ (写真手前側) No. 15 空調機械室排気ルーバ (写真奥側)</p>	
<p>No. 16, 17 使用済燃料乾式貯蔵建屋給排気口 (上段：排気, 下段：給気)</p>	

第 6-2 図 開口部の状況 (3 / 3)

7. 落雷影響評価について

(1) 基本方針

予想される最も苛酷と考えられる条件を設計基準として設定の上，安全施設のうち外部事象防護対象施設は，落雷による雷撃電流に対して維持され，安全機能を損なわない設計とする。

(2) 基準雷撃電流値の設定

基準雷撃電流値の設定は，以下の(2-1)を参照するとともに，参考として(2-2)を評価・確認のうえ設定する。

(2-1) 規格・基準類

原子力発電所における耐雷設計の規格・基準には電気技術指針 J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」⁽¹⁾があり，以下のように規定している。

- a. 電力設備の避雷設備の設計について，電力中央研究所報告 T40 (1996) 「発電変電所および地中送電線の耐雷設計ガイド」⁽²⁾を参照している。同ガイドでは，275kV 発電変電所における送電線及び電力設備に対し，100kA を想定雷撃電流として推奨している。
- b. 建築物等の避雷設備に関して，日本工業規格 J I S A 4201 (2003) 「建築物等の雷保護」や日本工業規格 J I S A 4201 (1992) 「建築物等の避雷設備（避雷針）」を参照している。J I S A 4201 (2003) では，保護レベル（Ⅰ～Ⅳ）に応じて雷保護システムを規定している。J E A G 4608 (2007) では，原子力発電所の危険物施設に対する保護レベルを I E C / T S 61662 (1995) 「Assessment of the risk of

damage due to lightning」⁽³⁾に基づく選定手法により保護レベルⅣと評価している。一方、消防庁通知⁽⁴⁾に基づき、原子力発電所の危険物施設では保護レベルⅡを採用すると規定している。日本工業規格 J I S Z 9290-4 (2009)「建築物内の電気及び電子システム」⁽⁵⁾においては、最大雷撃電流値が建築物の保護レベル（Ⅰ～Ⅳ）に応じて定められているが、保護レベルⅡの場合の最大雷撃電流値は、150kA と規定されている。

また、J E A G 4608 (2007) において参照している I E C / T S 61662 (1995)「Assessment of the risk of damage due to lightning」においては、確率によりリスク評価を行っていることを踏まえ、東海第二発電所では、年超過頻度が 10^{-4} / 年値となる雷撃電流値を観測値から算出した。雷撃電流の観測記録として、発生した雷放電の発生時刻・位置を標定し、雷撃電流の大きさを推定できる株式会社フランクリンジャパンの運用する全国雷観測ネットワーク（J L D N[※]）により観測された落雷データを用いた。別紙 1 より、雷撃頻度解析として、東海第二発電所周辺を中心とした評価地域 900km²において 1998 年 8 月 21 日から 2017 年 11 月 30 日にかけて実施された観測記録により求めた発電所を中心とした標的面積 4km²の範囲の雷撃密度は 4.09 回 / 年・km²である。また、観測記録により求めた雷撃電流値に対する累積頻度を使用し算出した結果、発電所において落雷の可能性が最も高い主排気筒に対する年超過頻度が 10^{-4} / 年値となる雷撃電流値は 400kA となる。

※ J L D N (Japan Lightning Detection Network)

落雷時に放出される電磁波を全国に設置された落雷位置標的システムを用いて落雷位置や雷撃電流の大きさを観測するネットワーク。全米雷観測ネットワーク（N L D N : National Lightning Detection Network）と同様のシステム及びネットワーク方式を採用している。

(2-2) 観測記録による極値

雷撃電流の観測記録は全国観測ネットワーク（JLDN）により観測された落雷データを用いた。東海第二発電所構内敷地面積を包絡する標的面積 4km^2 の範囲において 1998 年 8 月 21 日から 2017 年 11 月 30 日（約 19 年間）で観測された、最大雷撃電流値は 131kA である。

上記(2-1)～(2-2)を踏まえると、発電所に対して想定される雷撃電流が最も大きくなるのは(2-1)の規格・基準類を参照し算出する年超過頻度 10^{-4} ／年値である雷撃電流値 400kA であることから、基準雷撃電流値を 400kA とする。

(3) 評価対象施設等の健全性評価

評価対象施設等が、設計基準の雷撃電流値（主排気筒への 400kA の雷撃電流）によって安全機能を損なうことがない設計であることの評価・確認を実施した。

(3-1) 建屋

原子炉建屋等の建築基準法に定められる高さ 20m を超える建築物等には避雷設備を設けている。また、避雷設備の接地極を構内接地網と接続し接地抵抗を下げる等の対策を実施しており、影響を受けにくい設計としている。

(3-2) 原子炉建屋等に内包される設備

直撃雷に対しては、(3-1)で記載した雷害対策によって防護される。雷サージに対しては、建屋に内包される電気・計装設備が、大地電位上昇により接地系間に生じる電位差や、雷電流の拡散による誘導電流によ

り計装・制御ケーブル等に生じる雷サージ電圧によって、機器が絶縁破壊に至る可能性が有るが、プラントトリップ機能等を有する安全保護回路については、雷サージ電圧の侵入を抑制するために、ラインフィルタ及び絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルを採用していることから影響を受けにくい設計としている。

また、重要安全施設は、J E C 210 (1981) 「低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準」⁽⁶⁾ に基づいた耐力を有している。発電所で実施した雷インパルス試験の結果を参考に、設計基準電流 400kA が落雷の可能性が高い主排気筒に流れた場合の雷サージ電圧を評価した結果、重要安全施設の機能が損なわれないことを確認した。(別紙 2)

(3-3) 屋外設備

主排気筒については接地を構内接地網に接続し、接地抵抗を低減しており、影響を受けにくい設計としている。また、残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水系ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水系ポンプについては、別途竜巻対策により設置する防護ネット等によって遮蔽され、防護ネット等が接地網へと接続されているため、落雷に対して十分保護が出来ているといえる。

(4) 参考文献

- (1) 日本電気協会 (2007) : 原子力発電所の耐雷指針, 電気技術指針, J E A G 4608
- (2) 電力中央研究所 (1996) : 発電所および地中送電線の耐雷設計ガイド, 電力中央研究所報告, T40
- (3) International Electrotechnical Commission (1995) :

Assessment of the risk of damage due to lightning, I E C
／ T S 61662

- (4) 消防庁（2005）：危険物の規則に関する規則の一部を改正する省令等の施行について，消防危第 14 号，平成 17 年 1 月 14 日
- (5) 日本規格協会（2009）：建築物内の電気及び電子システム，J I S Z 9290-4，雷保護第 4 部，日本工業規格
- (6) 電気学会（1981）：低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準，J E C 210，電気規格調査会標準規格

発電所主排気筒への年超過確率による雷撃電流評価

1. 発電所構内への年超過確率による雷撃電流計算

J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」⁽¹⁾に基づく I E C / T S 61662 (1995) 「Assessment of the risk of damage due to lightning」⁽²⁾ の計算手法により主排気筒への想定落雷数を算出し、発電所構内への年超過確率による雷撃電流計算を実施した。

2. 計算手法

第 7-1-1 図に示す東海第二発電所を中心とした評価地域 900km² の範囲で観測された落雷観測データ (1998 年 8 月 21 日から 2017 年 11 月 30 日の期間) を基に発電所の範囲における雷撃数から I E C / T S 61662 (1995) による主排気筒への想定落雷数 N_d 回/年を算出後、主排気筒への年超過頻度 10^{-4} /年値となる雷撃電流値を算出する。



第 7-1-1 図 評価地域及び標的的面积

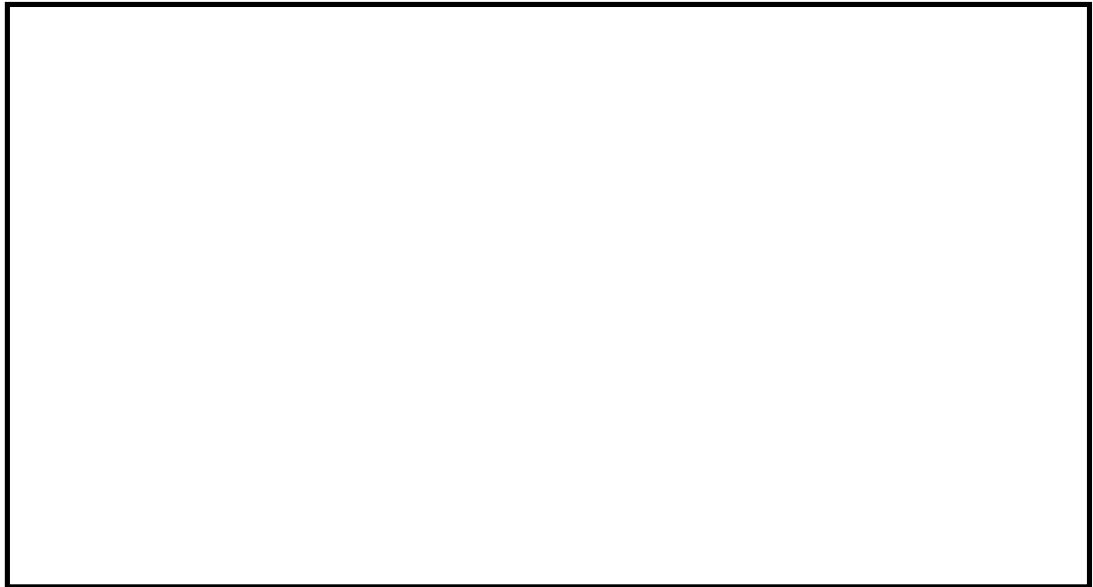
3. 雷撃対象と想定落雷数

(1) 雷撃対象

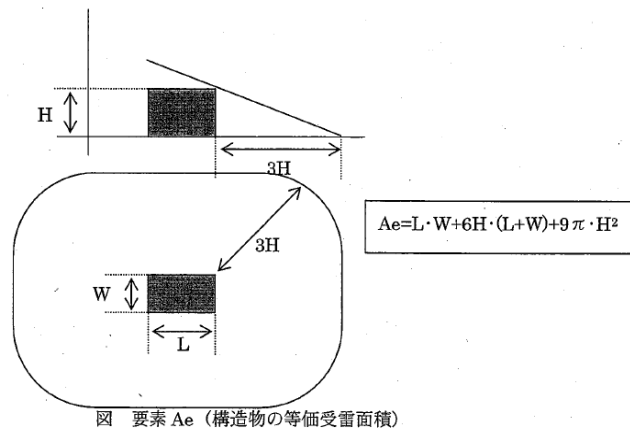
等価受雷面積^{※1}が最大となり、安全上重要な設備を内包する建屋（原子炉建屋等）の等価受雷面積を包絡する主排気筒を代表建物として想定し、雷撃頻度を評価する。第7-1-2図参照。

※1 等価受雷面積…落雷の収集面積。構造物の高さを3倍とした水平
離隔距離の領域を等価な受雷面積としている。第7-1-3図参照。

評価対象：主排気筒



第7-1-2図 東海第二発電所における等価受雷面積

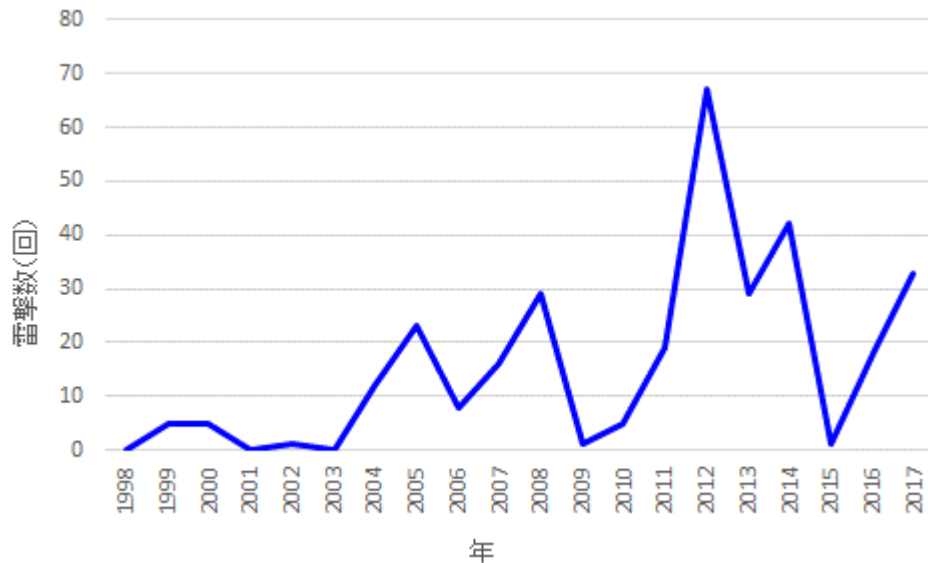


第 7-1-3 図 構造物の等価受雷面積

(J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」)

(2) 想定落雷数

東海第二発電所構内を包絡した標的面積 4km^2 への 1998 年 8 月 21 日から 2017 年 11 月 30 日の期間における雷撃数は、発電所落雷観測記録に基づき、314 件である。第 7-1-4 図に構内雷撃観測の年別結果を示す。



第 7-1-4 図 構内雷撃観測の年別結果（1998 年 8 月から 2017 年 11 月）

東海第二発電所構内の観測記録を基に落雷密度 N_g 回／年・ km^2 を算出する。IEC 62858 (2015) 「Lightning density based on lightning location systems (LLS) -General principles」⁽³⁾においては、落雷密度 N_g と雷撃密度 N_{sg} の関係については、下式とされている。

$$N_{sg}=2N_g$$

N_{sg} ：単位時間及び単位面積当たりの対地雷撃数

N_g ：単位時間及び単位面積当たりの対地落雷数。落雷は通常、複数の雷撃からなり、これらの一連の現象をまとめて落雷として取り扱われている。

したがって、落雷密度 N_g は、

$$N_{sg} = \frac{314 \text{ 回}}{4 \text{ km}^2} \times \frac{1}{19.2 \text{ 年}} = 4.09 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

$$N_g = \frac{N_{sg}}{2} = \frac{4.09}{2} = 2.05 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

となる。

上記により算出した東海第二発電所構内の観測記録による落雷密度の妥当性を確認するため、①年間雷雨日数分布図^{※2}及び②標的面積 30km 四方での観測記録から算出した落雷密度との比較を行った。

① 年間雷雨日数分布図

従来より電力設備の耐雷設計において標準的に用いられている第 7-1-5 図に示す昭和 29 年度から昭和 38 年度の 10 年間の雷雨日数統計結果である年間雷雨日数分布図^{※2}より落雷密度を算出し、観測時期の違いにより落雷密度が有意に変わらないことを確認する。

年間雷雨日数分布図と落雷密度 N_g の関係については、下式とされている。したがって、年間雷雨日数分布図から算出される落雷密度は、

$$N_g = 0.1 \times I_{KL} = 0.1 \times 19 = 1.9 \text{ 回/年} \cdot \text{km}^2$$

となり、東海第二発電所構内の観測記録を基に算出した落雷密度とほぼ同じ値となる。

② 標的面積 30km 四方での観測記録

年間雷雨日数分布図と同等の標的面積となる東海第二発電所を中心とした 30km 四方における 1998 年 8 月 21 日から 2017 年 11 月 30 日の期間における観測記録から落雷密度を算出し、標的面積の違いにより落雷密度が有意に変わらないことを確認する。

$$N_{sg} = \frac{49155 \text{ 回}}{900 \text{ km}^2} \times \frac{1}{19.2 \text{ 年}} = 2.84 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

$$N_g = \frac{N_{sg}}{2} = \frac{2.84}{2} = 1.42 \text{ (回/年} \cdot \text{km}^2)$$

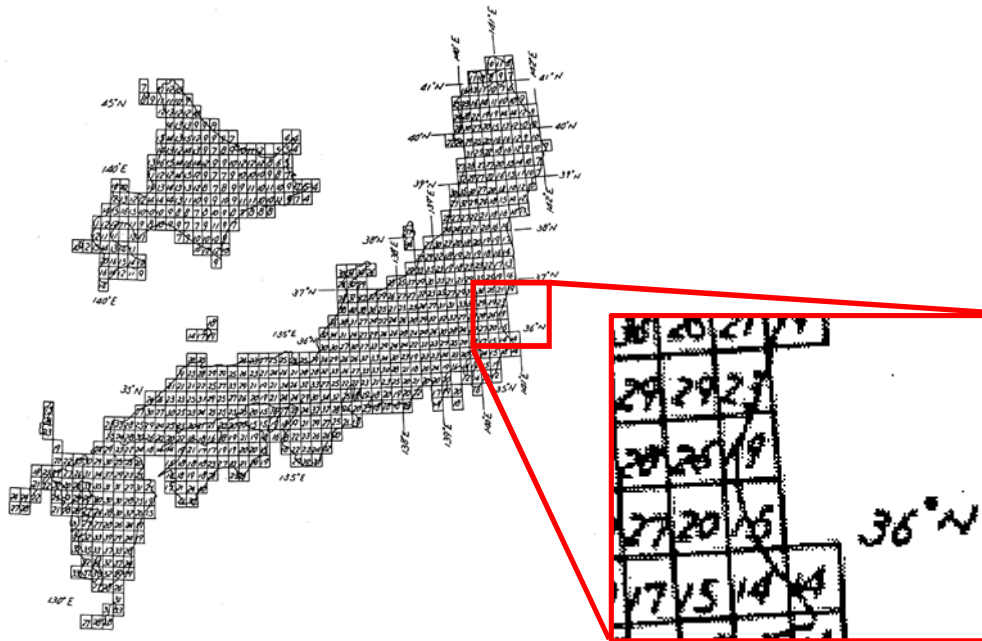
となり，東海第二発電所構内の観測記録を基に算出した落雷密度とほぼ同じ値となる。

したがって，①年間雷雨日数分布図及び②標的面積 30km 四方での観測記録から算出する落雷密度については同等であり，雷活動に対し有意な経年変化はなく，東海第二発電所構内での観測記録を耐雷設計として適用することは妥当である。

以上から，雷活動に対し有意な経年変化や標的面積による違いはないことを確認した。年超過頻度 10^{-4} ／年値の設定にあつては，雷撃密度から落雷密度の換算において，想定雷撃数は多いほど安全側評価となることから，1/2 とはせずに保守性を確保する。

$$N_g = \frac{314 \text{ 回}}{4\text{km}^2} \times \frac{1}{19.2 \text{ 年}} = 4.09 \text{ (回／年・km}^2\text{)}$$

※2 IKL マップ (Isokeraunic Level Map)。気象庁と電力中央研究所と共同して観測結果をもとに作成されたもの。従来より耐雷設計では雷撃密度 N_g は当該年間雷雨日数分布図を用いられてきた。



東海第二発電所周辺は 19

第 7-1-5 図 年間雷雨日数分布図

(昭和 29 年度から昭和 38 年度の 10 年間平均)

主排気筒の等価受雷面積 A_e を算出する。

主排気筒：28m (L) × 28m (W) × 140m (H)

$$A_e = L \times W + 6H \times (L + W) + 9\pi \times H^2 = 28 \times 28 + 6 \times 140 \times (28 + 28) + 9 \times \pi \times 140^2$$

$$= 610000(\text{m}^2) = 0.61 (\text{km}^2)$$

となる。

構造物の設置された環境条件により定まる環境係数 C_e は、第 7-1-1 表より 1.0 とする。

第 7-1-1 表 環境係数 C_e

環境条件	C_e の値
同じ様な高さ、又は塔や森林の様に高い建設群や樹木のある広い範囲に位置する建物	0.2
小さな建物群に囲まれた建物	0.5
建物の高さの 3 倍の範囲に建物がない独立した建物	1.0
丘の上や塚の上に位置する建物	2.0

(J E A G 4608 (2007) 「原子力発電所の耐雷指針」)

以上より、想定落雷数 N_d 回／年を算出する。

$$N_d = N_g \times A_e \times C_e = 4.09 \times 0.61 \times 1.0 = 2.5 \text{ (回／年)}$$

上記より、主排気筒への年間雷撃数は 2.5 回／年と算出される。

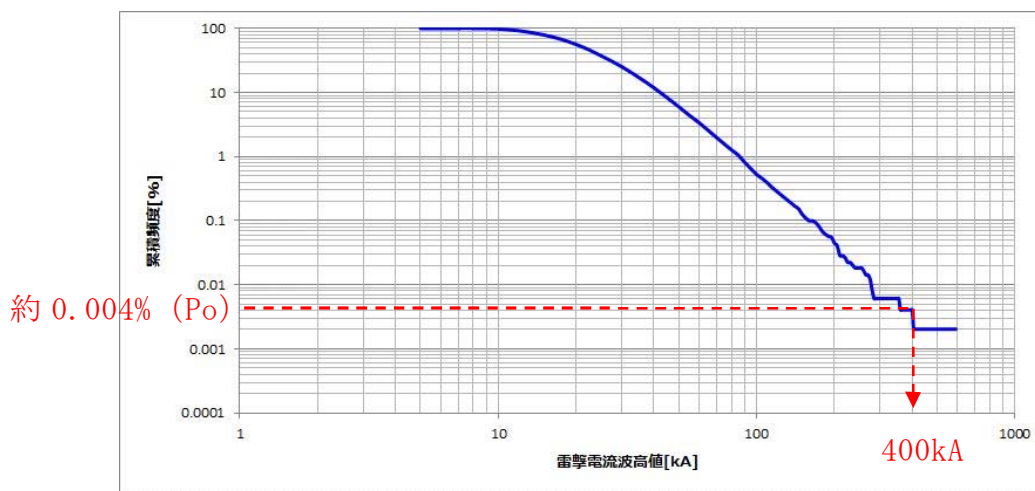
以上を考慮すると、再現期間を y として主排気筒への雷撃数 N_t は以下のようになる。

$$N_t = N_d \times y$$

これらの雷撃について、発生する電流最大値を雷撃電流分布での確率 $P = 1 / (N_t)$ の点で評価する。雷撃電流分布に関しては、株式会社フランクリンジャパンの運用する全国雷観測ネットワーク（JLDN）により観測された落雷データに基づき評価する（第 7-1-6 図）。なお、再現期間は 10^4 年とする。

$$N_t = 2.5 \times 10^4 = 25000 \text{ 回}$$

確率 $P_o = 1 / (25000)$ に対する電流値は 400kA となる。



第 7-1-6 図 全国雷観測ネットワーク（JLDN）観測の電流分布

なお、相対的に雷撃数の多い至近 5 年間（2013 年 1 月から 2017 年 11 月）の観測記録を用いた場合においても、雷撃密度を落雷密度に換算する際に $1/2$ とする本来の手法で年超過頻度 10^{-4} ／年値を算出した結果、340kA と評

価され、400kA を下回る。

4. まとめ

主排気筒に対する，年超過頻度 10^{-4} ／年値となる想定最大雷撃電流を保守的に算出した結果は，400kA となった。

5. 参考文献

- (1) 日本電気協会 (2007) : 原子力発電所の耐雷指針，電気技術指針，J E A G 4608
- (2) International Electrotechnical Commission (1995) :
Assessment of the risk of damage due to lightning, I E C /
T S 61662
- (3) International Electrotechnical Commission (2015) :
Lightning density based on lightning location systems (LLS)
-General principles, I E C 62858

建屋内重要設備の雷リスク評価

1. 評価概要

設備の落雷に対する耐力の定量的な評価方法については、既往の文献等や最新の知見を踏まえ、可能な限り現実的かつ網羅的な評価を実施する。

2. 雷サージ評価対象設備

主排気筒に落雷し、大地に安全に雷電流が逃された場合でも、大地電位上昇により接地系間に生じる電位差や、雷電流の拡散による誘導電流により、計装・制御ケーブル等に生じる雷サージ電圧^{※1}によって、機器が絶縁破壊に至る可能性が有る。

※1 J E A G 4608-2007 において、原子力発電所の構内接地系に雷サージ（電流）が流入すると、屋外に布設された計測制御ケーブルに雷サージに起因する雷サージ電圧が発生するが、その発生機構については大別して次の3つが考えられるとされている。

- i) 雷サージが構内接地系に流入すると流入点付近の接地電位が上昇し、構内接地系の電位分布が動揺する。このため、ケーブルの一端の電位が接地電位の動揺に応じて変動し他端にこれが進行する。
- ii) 雷サージが埋設接地線に流れると、埋設接地線とケーブルとの間の相互サージインピーダンスと自己インピーダンスにより決定される誘導電圧が発生し伝播する。
- iii) 大地面とケーブルとの静電結合により大地面電位変動がケーブルの両端へ伝播される。

そこで、重要安全施設に発生する雷サージ電圧により、重要安全施設が損傷するリスクを評価する。

なお、重要安全施設以外の安全施設については、クラス間で分離がなされており、落雷による損傷があったとしても重要安全施設に波及することは無く、重要安全施設の機能は維持されることから本評価対象から除外した。

3. 建屋内重要設備の雷リスク評価

3.1 評価方針

3.1.1 想定する落雷

想定する落雷は，設計基準として設定した，主排気筒への 400kA の雷撃電流とする。

3.1.2 評価方法

落雷時に重要安全施設に加わる雷サージ電圧を推定する際に，過去に東海第二発電所において実施した雷インパルス試験の結果⁽¹⁾を使用する。

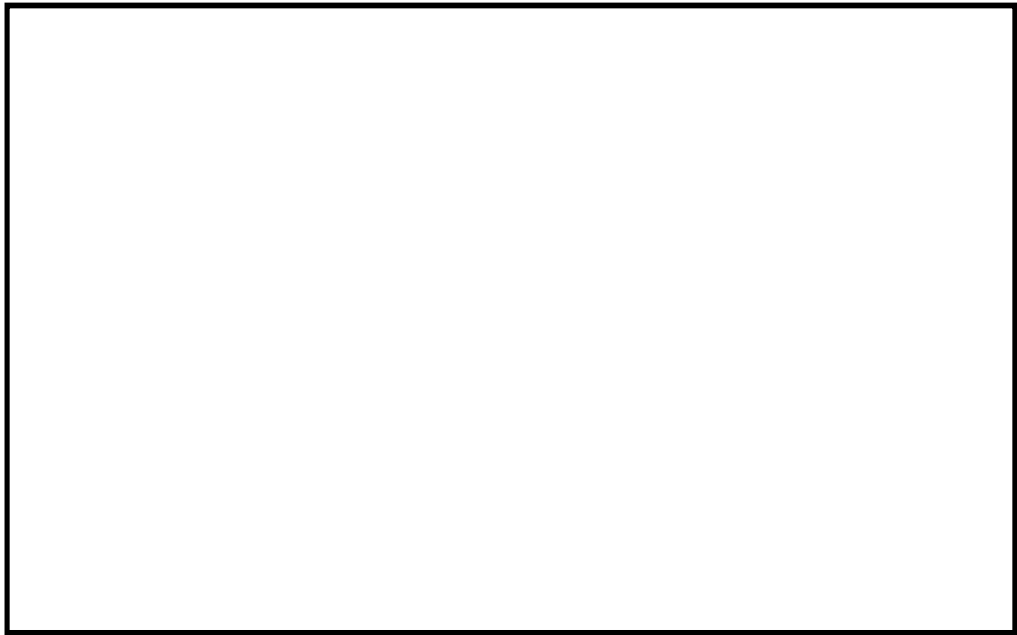
雷インパルス試験では，雷電流波形を模擬した電流（250A）を主排気筒に雷インパルス発生装置（以下「IG」という。）を用いて印加し，計装制御回路の過電圧の測定を行った。第 7-2-1 図に構内配置，IG 設置位置のイメージ及び試験に用いた雷インパルスの発生回路図を示す。

第 7-2-1 表に雷インパルス試験及び 400kA 落雷時の換算値を示す。雷サージ電圧の換算値は雷インパルス試験の結果を保守的に比例関係^{*2}にあるとして外挿し算出した。実際には雷撃電流値が大きくなるほど，土中放電効果（雷サージ電圧が低下する）の影響が大きくなるため，これは保守的な評価となる。この結果と，機器の雷サージ耐電圧値を比較し落雷による影響がないことを確認する。

※2 ケーブルの雷サージ電圧は，布設される近傍接地系に流入した雷サージ進行波による電磁界，電位動揺により発生し伝搬する。この電磁界，電位動揺を支配するものは，接地系へ流入する雷サージの時間的変化（ di/dt ）であり，雷サージ波形の波頭峻度がその最も大きな要因となる。波頭峻度は，波高値によって決まり，波高値が高いほど高くなる。したがって，ケーブルの雷サージ電圧は，雷撃電流波頭峻度を支配している波高値に概略比例して大きくなるものと考えられる。

また，落雷による施設への影響として，雷サージ以外にもノイズの影響が考えられるが，ノイズにより設備自体が損傷することは無く，重要安全

施設の機能は維持されることから本評価対象から除外した。



第 7-2-1 図 雷インパルス試験

第 7-2-1 表 雷インパルス測定試験結果

測定点	ケーブル 種類	誘導電圧測定値 (V)		400kA 換算値 (V)	
		発点側	着点側	発点側	着点側
非常用ディーゼル発 電機 2D 制御盤	電源	0.5	-	800 (=0.5V× 400kA/250A)	-
上記以外重要安全施設への誘導サージの発生は認められなかった。(3)(4)					

3.1.3 雷サージ耐電圧値

(1) 電源回路・制御回路

J E C 210 (1981) 「低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準」⁽²⁾に
おいて重要安全施設に要求される電源回路・制御回路の雷インパルス試験
電圧の 4,000V を用いる。

(2) 計装回路

個別機器に対して耐電圧値を明確に定めた基準は無いが、型式試験等に

より確認された値の下限值 500V を用いる。

3.2 評価結果

3.2.1 影響評価

(1) 電源回路・制御回路（第 7-2-2 表参照）

400kA 落雷時サージ電圧として、第 7-2-1 表の最大値である 800V を用いる、3.1.3 より電源回路・制御回路の耐電圧は 4,000V であるため、重要安全施設の機能が損なわれることはない。

(2) 計装回路

誘導サージの発生が認められなかった。そのため、400kA 落雷時を考慮しても重要安全施設の機能が損なわれることはない。

第 7-2-2 表 評価結果

評価対象設備		雷サージ 電圧 (V)	雷サージ 耐電圧 (V)	評価
電源回路・ 制御回路	原子炉建屋内	800	4,000	影響なし
計装回路	原子炉建屋内	— (測定されず)	500	影響なし

3.3 まとめ

以上の結果から、設計基準雷撃電流値 400kA の落雷に対して、発電所における重要安全施設の機能が損なわれないことを確認した。

4. 参考文献

- (1) 電力中央研究所（1985）：東海第二発電所接地特性サージ試験結果，
電力中央研究所報告，昭和 60 年 4 月

- (2) 電気学会 (1981) : 低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準, J E C 210, 電気規格調査会標準規格
- (3) 日本原子力発電株式会社 (1984) : 東海第二発電所落雷事故について, 昭和 59 年 5 月
- (4) 電気事業連合会東海第二発電所落雷事故検討会 (1984) : 東海第二発電所 落雷事故検討報告書, 昭和 59 年 5 月

六ヶ所再処理施設における落雷事象について

1. はじめに

日本原燃株式会社六ヶ所再処理施設において、平成 27 年 8 月に発生した落雷に起因すると考えられる設備故障に関連し、発電所における耐雷設計について述べる。

なお、事象の内容については「再処理施設 分離建屋における安全上重要な機器の故障について」（平成 27 年 12 月 7 日、日本原燃株式会社）による。

2. 事象

六ヶ所再処理施設において、「高レベル廃液供給槽セル漏えい液受皿の漏えい液受皿液位計」（安全上重要な機器）の B 系の異常を示す警報の発報及び A 系の指示値が表示されない等の事象が発生した。調査の結果、安全上重要な機器について 17 機器の故障が見られた。これらの機器の故障は、要因分析の結果、落雷によるものである可能性が高いとしている。

3. 再処理施設における推定原因及び対策

本事象の推定原因としては、主排気筒への落雷による雷撃電流が、構内接地網に伝搬する過程で、信号ケーブルに電圧を誘起し、この誘導電圧により計器を損傷させた。また、地表面近くにトレンチ等の構造物が埋設されている再処理施設特有の構造が影響したと推定している。

対策として、建屋間を跨るケーブルへの雷サージによる影響を防止することを目的に保安器を設置している。

4. 発電所における耐雷設計

安全保護回路のケーブルは、建屋内に集約されており、六ヶ所再処理のように、広範な範囲に点在した建屋間を屋外トレンチ内ケーブルで結ぶ構造ではないこと、電氣的に同じ接地網に接続していることから、安全保護回路が損傷することはない。

8. 生物学的事象に対する考慮について

(1) はじめに

発電所において想定される生物学的事象は、海生生物であるクラゲ等の発生や小動物の侵入等が挙げられるが、発電用原子炉施設の安全性に影響を与える可能性があるものとして、海生生物であるクラゲ等の発生による海水ポンプの取水性の低下が考えられる。

本資料では、海生生物の発生に対する防護対策の状況を示す。

なお、小動物については、屋外設置の端子箱内へのケーブル貫通部等の閉止処置により侵入を防止しており、また侵入を想定してもトレン分離された安全機能が同時に機能喪失することはない。

(2) 海生生物の発生による施設への影響

発電所の取水口付近の海生生物等は、海水ポンプの取水に伴う海水の流れにより、取水口へ流入し、海水ポンプへの塵芥流入を防止するための除塵装置で捕獲される。

除塵能力を超える多量の海生生物等が除塵装置に流入した場合、スクリーン前後の水位差が大きくなり、海水ポンプの取水性への影響が懸念される。

(過去の事例)

発電所においては、海藻の襲来による発電機の出力を抑制した事例はあったが、プラント停止に至った事例、海水ポンプの取水性に影響を及ぼした事例は発生していない。

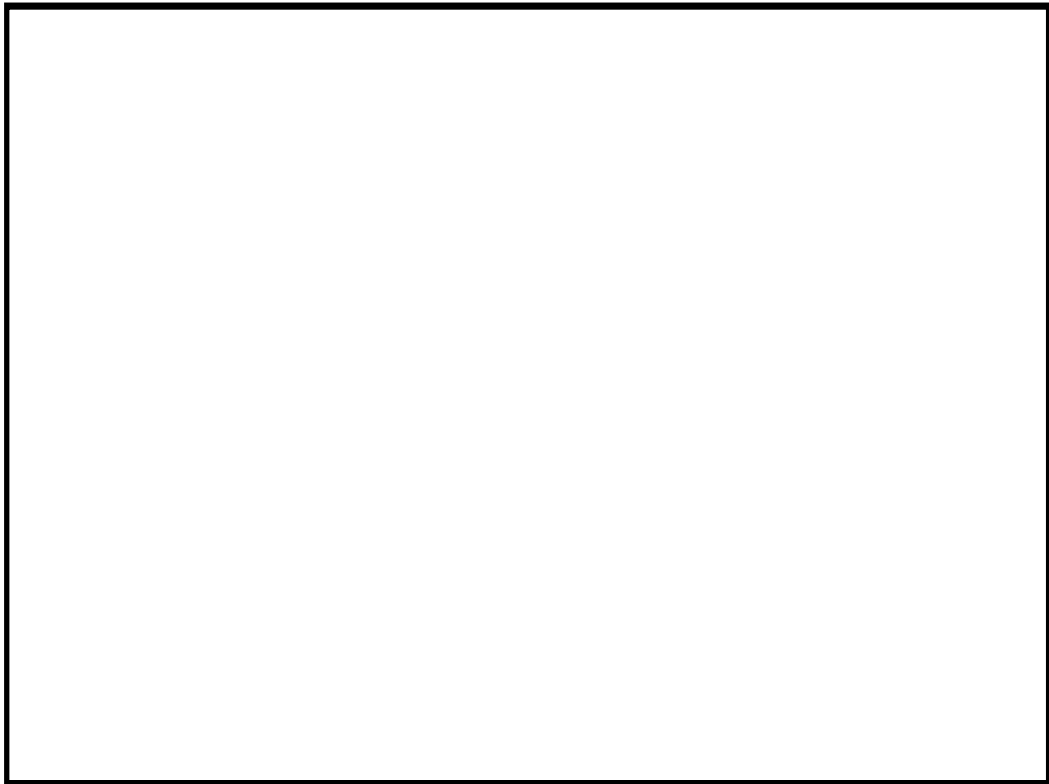
○ 対策の概要

発電所では固定式傾斜形バースクリーン，回転バースクリーン，トラベリングスクリーンによる流入した海生生物等の捕獲及び除去を実施している。

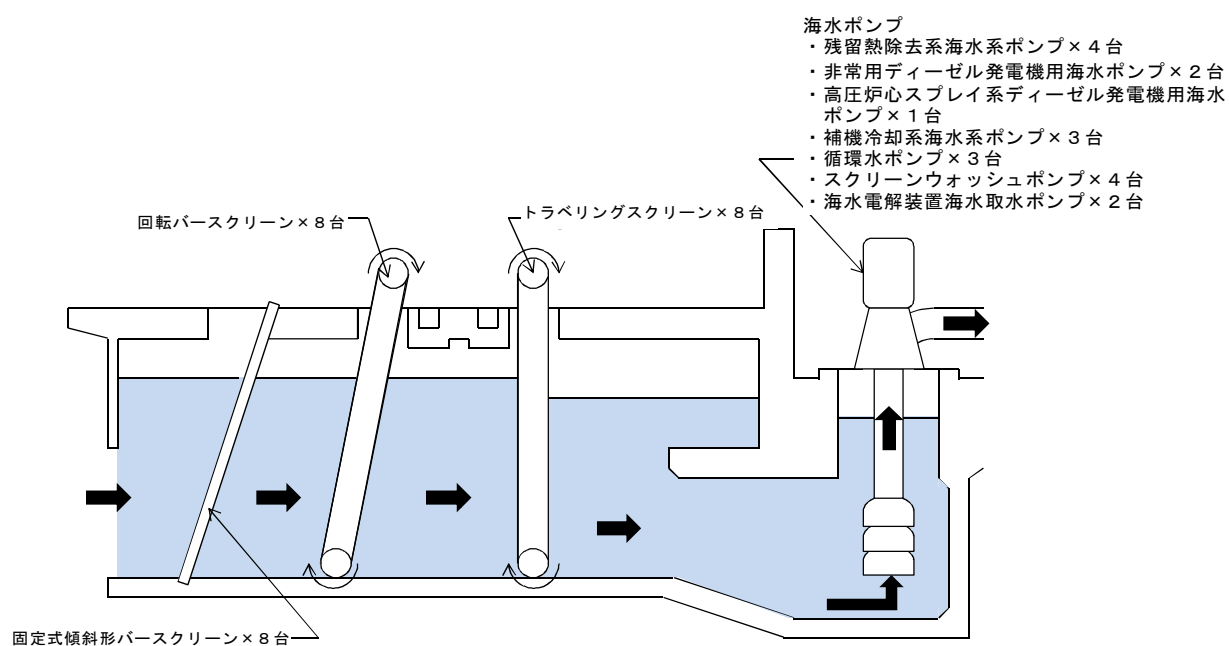
運転手順として，海生生物であるクラゲ等の発生により海水ポンプの取水性へ影響が生じるおそれがある場合は，必要に応じ循環水ポンプのインペラ開度調整，発電機出力の抑制及びプラント停止等の手順を整備している。

(3) 設備対策

a．概略配置図（平面図）（イメージ）



b. 概略配置図（断面図）（イメージ）

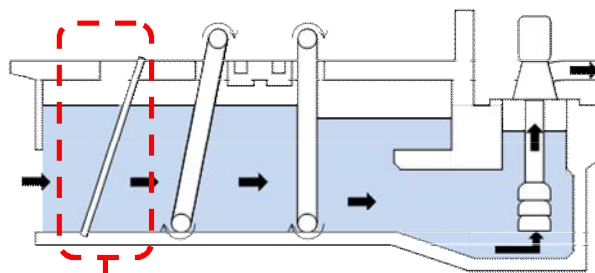


c. 固定式傾斜形バースクリーン

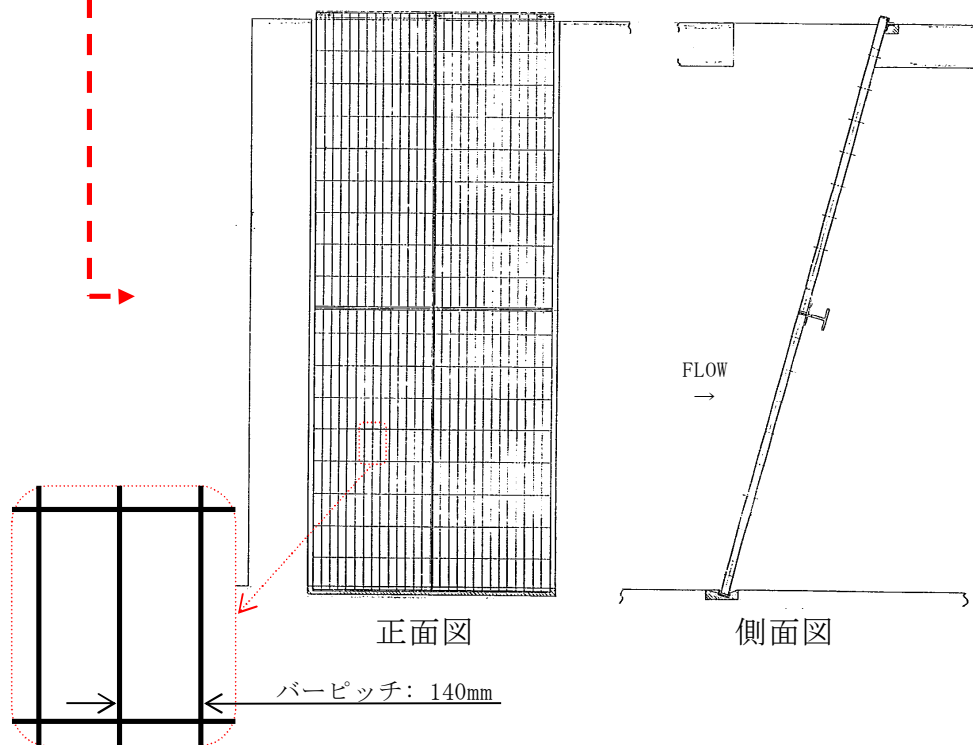
[目的] 大きな塵芥を除去する。

[仕様] バーピッチ：140mm 設置台数：8 台

[運用] 巡視点検で目視確認している。



固定式傾斜形バースクリーン構造図

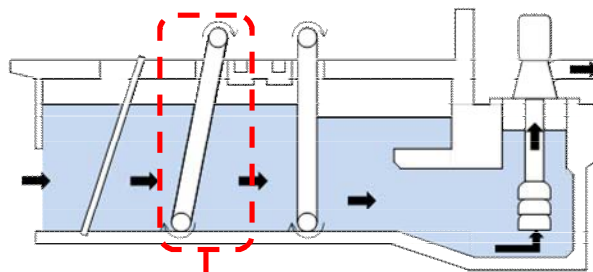


d. 回転バースクリーン

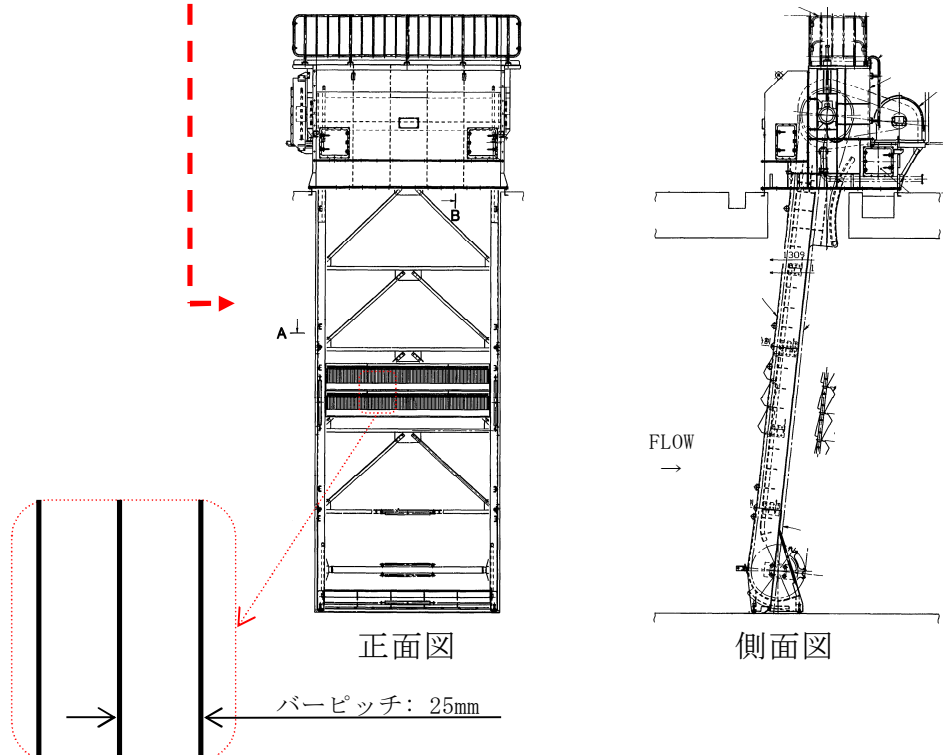
〔目的〕 固定式傾斜形バースクリーンを通過した海生生物等を捕獲し、回収する。

〔仕様〕 バーピッチ：25mm 除塵能力：60 t/h 設置台数：8 台
キャリングチェーンシャーピン破断：392kN 以上

〔機能〕 固定式傾斜形バースクリーンを通過した比較的大きい異物を回収、除去する。



回転バースクリーン構造図

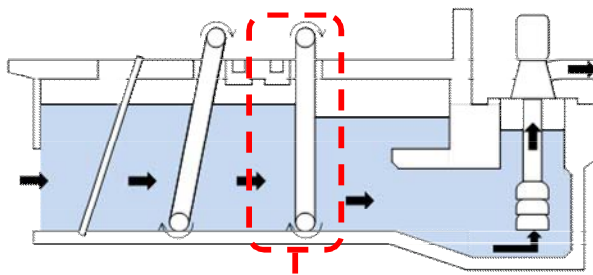


e. トラベリングスクリーン

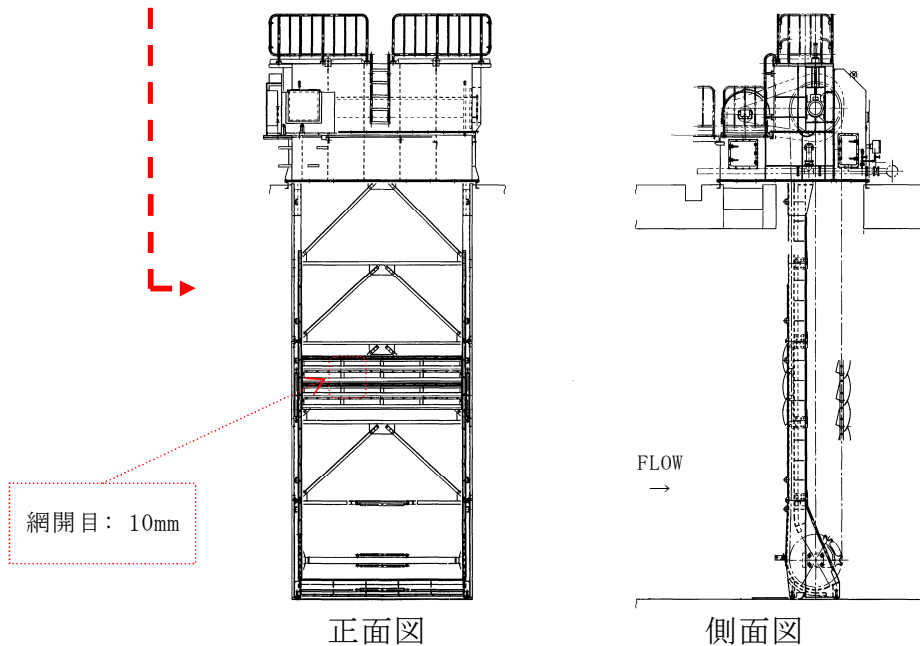
〔目的〕 固定式傾斜形バースクリーン，回転バースクリーンを通過した海生生物等を捕獲し，回収する。

〔仕様〕 網開目：10mm 除塵能力：20t/h 設置台数：8 台
キャリングチェーンシャーピン破断：392kN 以上

〔機能〕 スクリーン前後の水位差が 300mm になると自動起動し，捕獲された海生生物等を除去する。固定式傾斜形バースクリーン及び回転バースクリーンを通過した異物を回収，除去する。



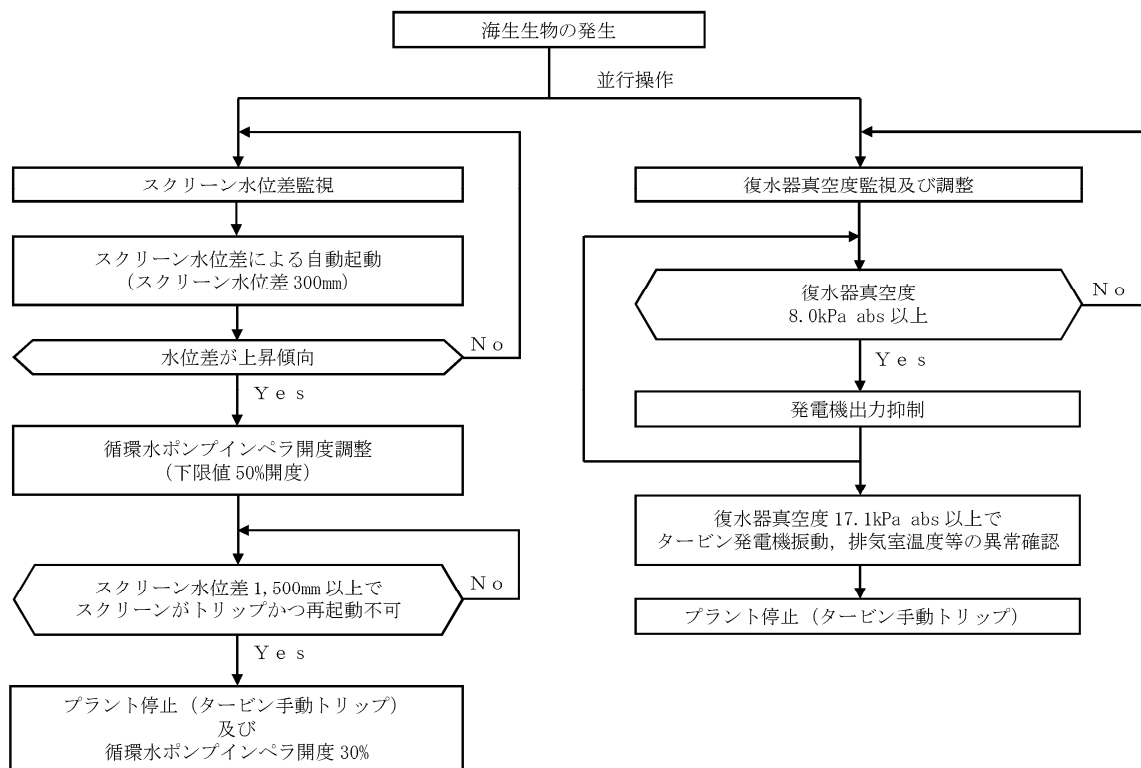
トラベリングスクリーン構造図



(4) 運転操作

海生生物発生時の運転操作については、以下の内容を、運転手順に定め運用している。

- 海生生物の発生により、除塵装置のスクリーン前後の水位差がスクリーンの自動起動水位差となれば、スクリーンの起動状況を確認する。
- 除塵装置のスクリーン前後の水位差がさらに大きくなれば循環水ポンプのインペラ開度による取水量の調整を行う。それに伴い、復水器真空度が基準値を上回らないよう、必要に応じて発電機出力を抑制する。スクリーン前後の水位差が回復困難な場合又は復水器真空度の悪化が継続し、主タービンパラメータに異常な変化が確認された場合、プラントを停止し、循環水ポンプのインペラ開度を 30% 開度にする。

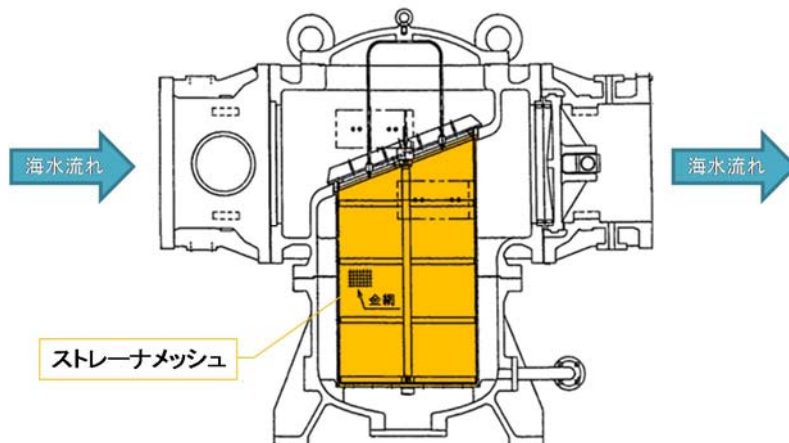


(5) 貝等の海生生物について

除塵装置では捕獲，除去できない貝等の海生生物についても，以下の対策により施設への影響を防止している。

- ① 海水ポンプで取水された海水中の海生生物については，海水ストレーナにより捕獲することで，残留熱除去系熱交換器等への海生生物の侵入を防止している。また，海水電解装置により海生生物の付着，繁殖を防止している。また，海水を冷却水として用いている各熱交換器等は定期的な開放点検，清掃を実施し，性能維持を図っている。

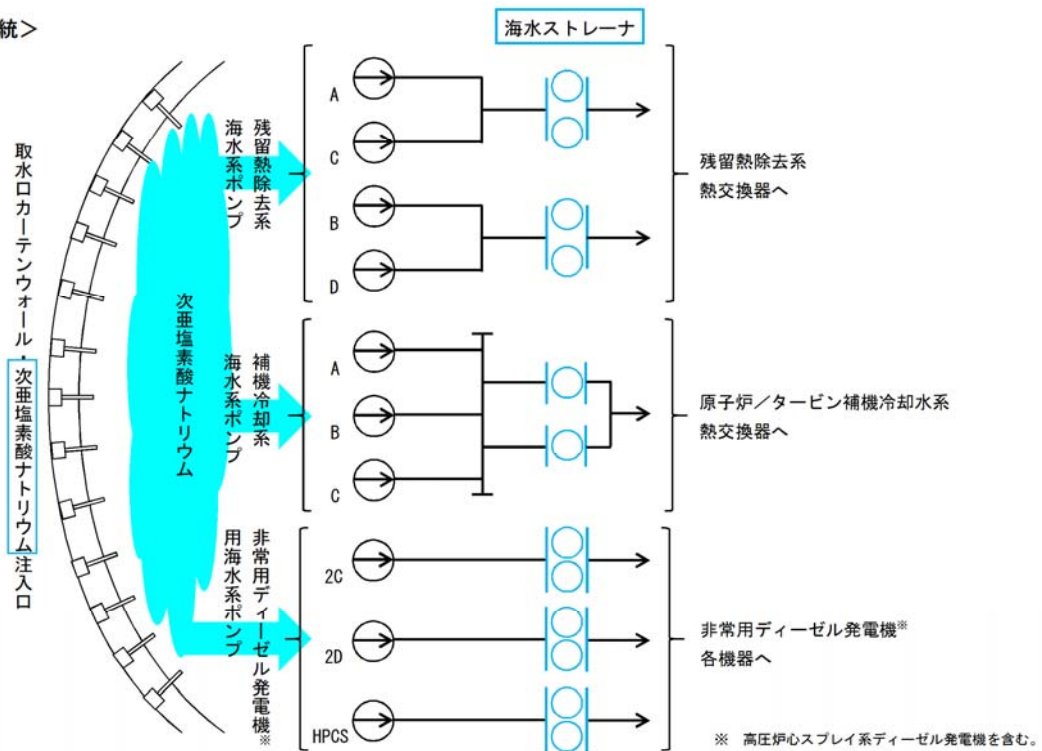
<海水ストレーナ概要>



○海水ストレーナ

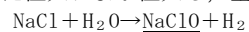
- ・ 海水中に含まれる海生生物等の固形物を除去する。
- ・ 海水系供給母管に各系統 2 基，並列で設置している。
(1 基で 100% 通水容量を有している。)
- ・ ストレーナの差圧が許容値以上になれば，ストレーナの切替え，清掃を実施し，捕獲した海生生物を除去する。
- ・ ストレーナメッシュ
残留熱除去系海水系ストレーナ：8mm 以上に変更（降下火砕物対策として）
非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ：8mm 以上に変更（降下火砕物対策として）
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ：8mm 以上に変更（降下火砕物対策として）
補機冷却系海水系ストレーナ：8mm 以上に変更（降下火砕物対策として）

<概略系統>



○海水電解装置

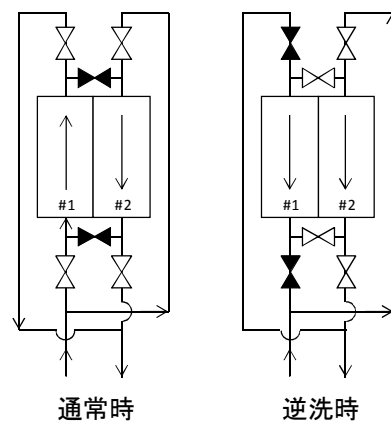
- 海水を電気分解し殺菌力のある次亜塩素酸ナトリウムを発生させ、取水口カーテンウォールに設置された注入口より注入し、主復水器及び熱交換器伝熱管への海生生物の付着、繁殖を防止する。



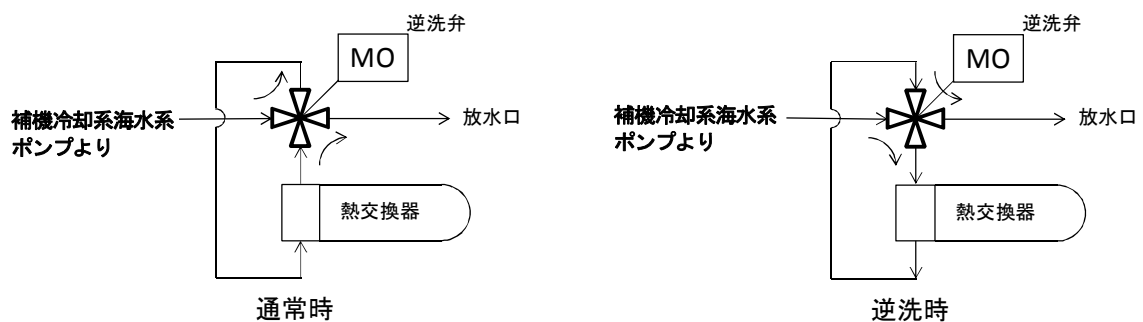
次亜塩素酸ナトリウム

- ② 循環水ポンプで取水された海水中の海生生物については、運転中に主復水器内の流れ方向を変えて逆洗を実施し、主復水器内面への海生生物の付着を防止している。また、主復水器を定期的には開放点検、清掃を実施し機能維持を図っている。補機冷却系海水系ポンプにおいて取水された海水中の海生生物についても、熱交換器の逆洗を実施し、内面への海生生物の付着を防止している。

＜循環系逆洗時系統概要＞



＜補機冷却系海水系逆洗時系統概要＞



(6) まとめ

- 発電所において、安全施設へ影響を考慮すべき生物学的影響として、海生生物であるクラゲ等の発生による海水ポンプの取水性への影響が挙げられる。

- 海生生物等の発生に対して、以下の設備対策、運転操作手順を整備し、発電所の安全確保を図っている。

(設備対策)

- ・ 固定式傾斜形バースクリーン、回転バースクリーン、トラベリングスクリーンにより海生生物等を捕獲、除去することで、海水ポンプの取水性を維持する。

(運転操作手順)

- ・ 海生生物等の発生により、除塵装置のスクリーン前後の水位差がスクリーンの自動起動水位差となれば、スクリーンの起動状況を確認する。
 - ・ 除塵装置のスクリーン前後の水位差がさらに大きくなれば循環水ポンプのインペラ開度による取水量の調整を行う。それに伴い、復水器真空度が基準値を上回らないよう、必要に応じて発電機出力を抑制する。スクリーン前後の水位差が回復困難な場合又は復水器真空度の悪化が継続し、主タービンパラメータに異常な変化が確認された場合、プラントを停止し、循環水ポンプのインペラ開度を 30%開度にする。
- 除塵装置を通過する貝等の海生生物についても、海水ストレーナにより残留熱除去系熱交換器等への影響を防止し、また主復水器及び補機冷却系の熱交換器逆洗操作により、主復水器及び原子炉／タービン補機冷却系熱交換器への影響を防止している。

9. 航空機落下確率評価について

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」に基づく
評価結果について

東海第二発電所の発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）への
航空機落下確率は、以下に示すとおり 10^{-7} （回／炉・年）を超えていないた
め、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」に定め
られた判断基準を満足する。

発電所名称	落下確率（回／炉・年）
東海第二発電所	約 8.5×10^{-8}

以 上

評価対象事故及び評価に用いた数値について

1. 評価対象事故

発電所 名称	1) 計器飛行方式民間航空機 の落下事故		2) 有視界飛 行方式民 間航空機 の落下事 故	3) 自衛隊機又は米軍機の落 下事故	
	① 飛行場 での離着 陸時にお ける落下 事故	② 航空路を 巡航中の 落下事故		① 訓練空域 内で訓練 中及び訓 練空域外 を飛行中 の落下事 故	② 基地－訓 練空域間 往復時の 落下事故
東海第二 発電所	○※1	○※2	○	○※3 (訓練空域外 を飛行中の 落下事故)	○※3

○：対象 ×：対象外

※1 茨城空港の最大離着陸地点までの直線距離（以下「最大離着陸距離」という。）を半径とし、滑走路端から滑走路方向に対して±60°の扇型区域内に発電所が存在するため、評価対象とした。

(添付資料 1)

※2 発電所周辺に存在する航空路と発電所との距離が、それぞれの航空路の幅より短い場合は、当該航空路を評価対象とした。

(添付資料 2)

※3 発電所上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため、訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とした。

また、東海第二発電所周辺の太平洋沖上空に自衛隊機の訓練空域があり、発電所は自衛隊の百里基地と訓練空域間の想定飛行範囲内に位置することから、自衛隊機の基地－訓練空域間を往復時の落下事故を評価対象とした。

(添付資料 2)

2. 評価に用いた数値

- (1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故（飛行場での離着陸時における落下事故）

$$P_{d,a} = f_{d,a} \cdot N_{d,a} \cdot A \cdot \Phi_{d,a}(r, \theta)$$

$P_{d,a}$: 対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回／年）

$f_{d,a} = D_{d,a} / E_{d,a}$: 対象航空機の国内での離着陸時事故率（回／離着陸回）

$D_{d,a}$: 国内での離着陸時事故件数（回）

$E_{d,a}$: 国内での離着陸回数（離着陸回）

$N_{d,a}$: 当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数（離着陸回／年）

A : 対象施設の標的面積（ km^2 ）

$\Phi_{d,a}(r, \theta)$: 離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（ $1/\text{km}^2$ ）

パラメータ	発電所名称	東海第二発電所
飛行場		茨城空港
$f_{d,a}^{※1}$		約 1.43×10^{-7} （ $=4/27,887,158$ ）
$N_{d,a}^{※2}$		4,210
$A^{※3}$		約0.0221
$\Phi_{d,a}(r, \theta)^{※4}$		約 2.98×10^{-4}
発電所からの距離		約36km
滑走路方向に対する角度 $^{※5}$		約 9.60°
最大離着陸距離 $^{※6}$		約56km（30nm）
$P_{d,a}$		約 3.98×10^{-9}

※1 離着陸時の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において離陸時に1件、着陸時に3件。
（添付資料3）

離着陸回数は、平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表 1.

輸送実績」における運航回数の国内の値及び国際の値の合計値。

(添付資料4)

※2 「数字でみる航空2014」にある平成24年飛行場別着陸回数と同数を離陸回数とし、その和を飛行場別離着陸回数とした。

※3 別紙のとおり。

(添付資料5)

※4 別紙のとおり。

(添付資料6)

※5 別紙のとおり。

(添付資料1)

※6 A I Pを参照した。

(添付資料7)

(2) 計器飛行方式民間航空機の落下事故（航空路を巡航中の落下事故）

$$P_c = f_c \cdot N_c \cdot A / W$$

P_c ：対象施設への巡航中の航空機落下確率（回／年）

$f_c = G_c / H_c$ ：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率（回／（飛行回・km））

G_c ：巡航中事故件数（回）

H_c ：延べ飛行距離（飛行回・km）

N_c ：評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回／年）

A ：対象施設の標的面積（km²）

W ：航空路幅（km）

発電所名称 パラメータ	東海第二発電所	
対象航空路※ ¹	直行経路： IWAKI (IXE)－SWAMP IWAKI (IXE)－KISARAZU (KZE)	広域航法経路： Y30 (LOTUS－SWAMP)
f_c ※ ²	約 5.13×10^{-11} （＝0.5/9,740,013,768）	
N_c ※ ³	365 (H24年データ)	1095 (H24年データ)
A ※ ⁴	約0.0138	
W ※ ⁵	14.816	18.52
P_c	約 5.93×10^{-11}	

※1 別紙のとおり。

（添付資料2）

※2 延べ飛行距離は、平成5年～平成24年の「航空輸送統計年報 第1表 総括表 1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の合計値。

（添付資料4）

巡航中の事故件数は、「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）より、平成5年～平成24年において0件であるため、0.5件発生したものとして評価した。

（添付資料3）

※3 国土交通省航空局への問い合わせ結果（ピークデイの値）を365倍した値。

（添付資料8）

※ 4 別紙のとおり。

(添付資料5)

※ 5 直行経路については「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については、航法精度を航空路の幅とみなして用いた。(1nm=1.852kmとして換算した。)

(3) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v / S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_v : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_v : 全国土面積 (km^2)

A : 対象施設の標的面積 (km^2)

α : 対象航空機の種類による係数

発電所名称 パラメータ	東海第二発電所
$f_v^{※1}$	大型固定翼機 0.025 (=0.5/20)
	大型回転翼機 0.05 (=1/20)
	小型固定翼機 1.75 (=35/20)
	小型回転翼機 1.20 (=24/20)
$S_v^{※2}$	37.2万
$A^{※3}$	約0.0138
$\alpha^{※4}$	1 (大型機), 0.1 (小型機)
P_v	約 1.37×10^{-8}

※1 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。
 なお, 大型固定翼機の事故件数は平成5年~平成24年において0件であるため,
 0.5件発生したものとして評価した。

(添付資料9)

※2 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)による。

※3 別紙のとおり。

(添付資料5)

※4 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」による。

(4) 自衛隊機又は米軍機の落下事故（訓練空域外を飛行中の落下事故）

$$P_{so} = f_{so} \cdot A / S_o$$

P_{so} ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

f_{so} ：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

A ：対象施設の標的面積（ km^2 ）

S_o ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（ km^2 ）

パラメータ	発電所名称	東海第二発電所
$f_{so}^{※1}$		自衛隊機 0.35（＝7／20） 米軍機 0.25（＝5／20）
$S_o^{※1}$		自衛隊機 29.5万（＝約37.2万－約7.72万） 米軍機 37.2万（＝約37.2万－約0.05万）
$A^{※2}$		約0.0138
P_{so}		約 2.56×10^{-8}

※1 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月 原子力規制委員会）による。
（添付資料10）

※2 別紙のとおり。

（添付資料5）

(5) 自衛隊機又は米軍機の落下事故（基地－訓練空域間往復時の落下事故）

$$Pse = fse \cdot A / Sse$$

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A：対象施設の標的面積（ km^2 ）

Sse：想定飛行範囲の面積（ km^2 ）

パラメータ	発電所名称	東海第二発電所 (自衛隊機の評価)
fse ^{※1}		0.25 (=5/20)
Sse ^{※2}		175,720
fse/Sse ^{※3}		3.00×10^{-6}
A ^{※4}		約0.0138
Pse		約 4.14×10^{-8}

※1 「航空機落下事故に関するデータ」（平成28年6月原子力規制委員会）により，百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成5年～平成24年において0件であり，全国の基地－訓練空域間往復時の事故件数（5件）を用いた。

（添付資料10，11）

※2 全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積。

（添付資料11）

※3 fse，Sseから算出された約 1.42×10^{-6} 回／（年・ km^2 ）を保守的に2倍にして丸めた値。

※4 別紙のとおり。

（添付資料5）

3. 落下確率値の合計値

単位：回／炉・年

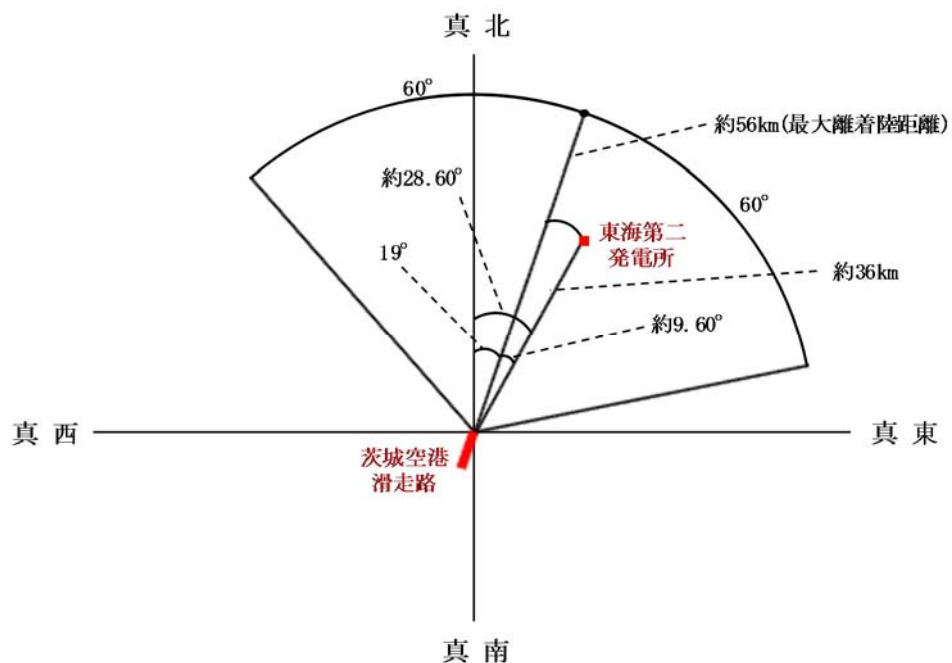
発電所名称	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式 民間航空機の落 下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故		合 計
	① 飛行場での離着 陸時における落 下事故	② 航空路を巡航中 の落下事故		① 訓練空域内で訓練 中及び訓練空域外 を飛行中の落下事 故	② 基地－訓練空域 間往復時の落下 事故	
東海第二発電所	約 3.98×10^{-9}	約 5.93×10^{-11}	約 1.37×10^{-8}	約 2.56×10^{-8}	約 4.14×10^{-8}	約 8.5×10^{-8}

茨城空港の滑走路方向に対する茨城空港－東海第二発電所の
角度について

茨城空港の滑走路の方位は、 19° （真方位）（A I P 記載のデータ）である。

また、茨城空港－東海第二発電所の方位は、約 28.60° （真方位）（茨城空港と東海第二発電所の緯度、経度より計測した。）である。

したがって、茨城空港の滑走路方向に対する茨城空港－東海第二発電所の角度は、約 9.60° となる。



各施設周辺における航空路と各航空路の幅について

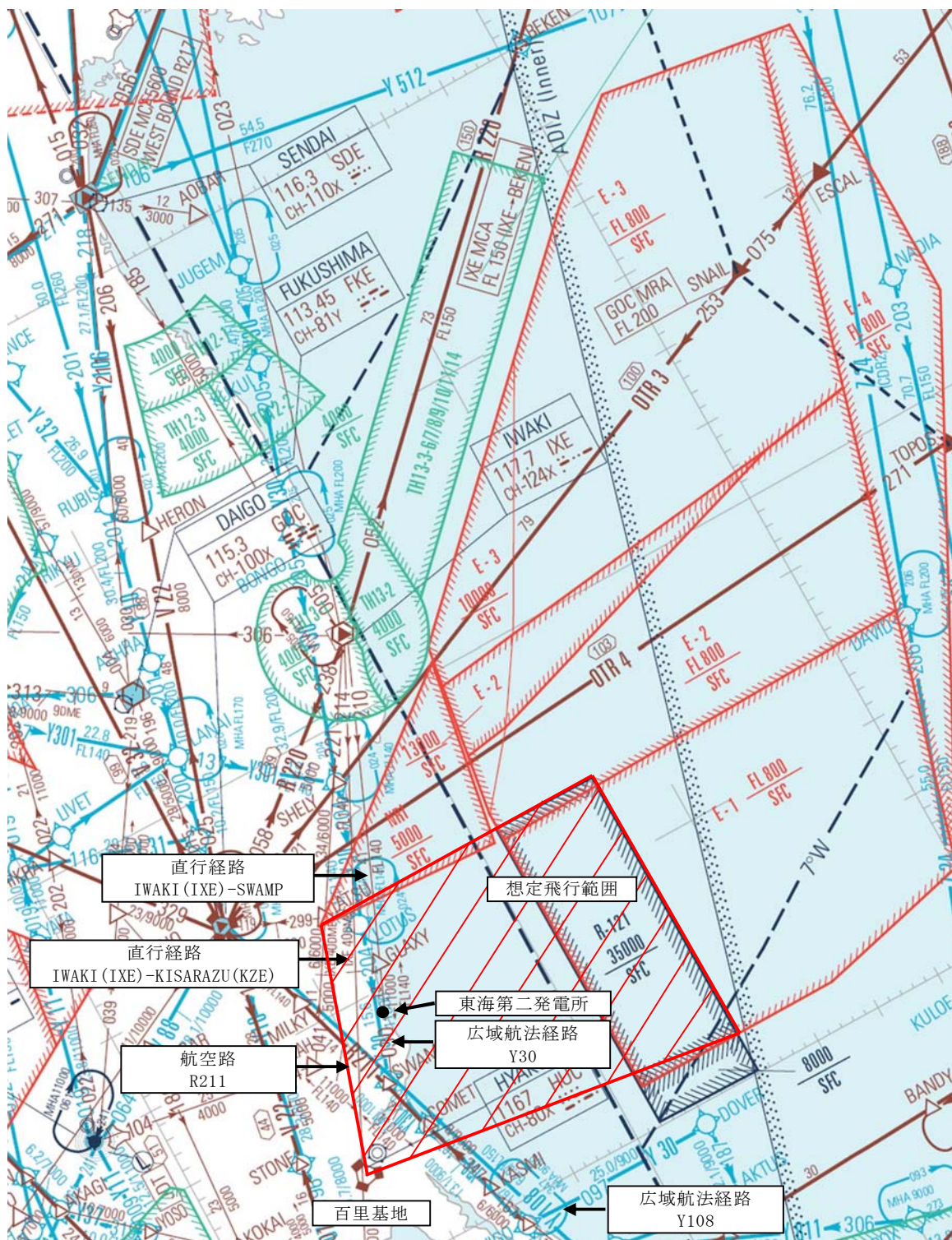
周辺の航空路の名称	航空路の中心線と 発電所間の 最小距離※ ¹	片側の 航空路幅※ ²	判定
航空路 R211 (DAIGO(GOC)－SWAMP)	約 11.36km	7km	×
直行経路 (IWAKI(IXE)－SWAMP)	約 0.68km	7.41km (4nm)	○
直行経路 (IWAKI(IXE)－KISARAZU(KZE))	約 4.13km	7.41km (4nm)	○
広域航法経路 Y30 (LOTUS－SWAMP)	約 1.18km	9.26km (5nm)	○
広域航法経路 Y108 (DAIGO(GOC)－CHOSHI(CVC))	約 11.44km	9.26km (5nm)	×

○：評価対象 ×：評価対象外

※¹ 施設と航空路の緯度及び経度より計測した。

※² 航空路 R211 については、「航空路の指定に関する告示」に記載の値とした。直行経路については、「航空路等設定基準」を参照した。RNAV 経路については、航法精度を航空路幅とみなして用いた。(1nm＝1.852km として換算した。)

エンルートチャート（東海第二発電所付近）



出典：ENROUTE CHART（2014年3月6日改定）

計器飛行方式民間航空機 大破事故概要

(平成 5 年～平成 24 年)

離着陸時の大破事故

(離陸時)

発生年月日	場 所	機 種	機体の損傷	運航形態
平成 8 年 6 月 13 日	福岡空港	ダグラス DC-10-30 型	大破	離陸

(着陸時)

発生年月日	場 所	機 種	機体の損傷	運航形態
平成 5 年 4 月 18 日	花巻空港	ダグラス DC-9-41 型	大破	着陸
平成 6 年 4 月 26 日	名古屋空港	エアバス・イ ンダストリー A300B4-622R 型	大破	着陸
平成 21 年 3 月 23 日	成田国際空港 滑走路	ダグラス MD-11F 型	大破	着陸

巡航中の大破事故

発生年月日	場 所	機 種	機体の損傷	運航形態
該当なし	—	—	—	—

日本国機の運航回数及び運航距離

- ・ 計算に用いる数値は、「航空輸送統計年報 第1表 総括表」の次の値とする。
 - ①日本国機の運航回数は、国内便、国際便ともに定期便＋不定期便の値。
 - ②日本国機の運航距離は、国内便のみの定期便＋不定期便の値。
- ・ 日本国機の国際便は、日本から海外までの距離が記載されているが、日本国内での運航距離ではないため、保守的に考慮しない。
- ・ 日本に乗り入れている外国機は、運航距離について実績の公開記録がないため、保守的に考慮しない。
- ・ ただし、日本国機の国際便及び外国機の落下事故が、日本国内で落下した場合は評価対象とする。

	日本国機の運航回数 (運航回)			日本国機の運航距離 (飛行回・km)
	国内便	国際便	計	国内便
平成 5 年	466,787	57,451	524,238	326,899,203
平成 6 年	484,426	60,038	544,464	343,785,576
平成 7 年	531,508	67,908	599,416	380,948,123
平成 8 年	543,238	72,425	615,663	397,146,610
平成 9 年	562,574	77,134	639,708	420,920,228
平成 10 年	587,308	83,070	670,378	449,784,623
平成 11 年	594,957	85,804	680,761	459,973,069
平成 12 年	660,979	87,977	748,956	480,718,878
平成 13 年	671,618	86,824	758,442	489,803,107
平成 14 年	683,929	93,062	776,991	498,685,881
平成 15 年	700,184	92,381	792,565	519,701,117
平成 16 年	698,960	101,659	800,619	517,485,172
平成 17 年	709,377	106,078	815,455	527,370,038
平成 18 年	740,741	104,798	845,539	555,543,154
平成 19 年	741,949	112,605	854,554	559,797,874
平成 20 年	733,979	118,503	852,482	554,681,669
平成 21 年	716,640	110,234	826,874	544,824,157
平成 22 年	716,538	101,721	818,259	548,585,258
平成 23 年	717,100	96,292	813,392	555,144,327
平成 24 年	770,262	105,086	875,348	608,215,704
合計	13,033,054	1,821,050	14,854,104	9,740,013,768

※ 離着陸回数は、国内便の場合は離陸回数＝着陸回数＝運航回数とし、国際便の場合は、離陸回数＝着陸回数＝1／2 運航回数とする。

(離着陸回数＝離陸回数＋着陸回数＝国内便運航回数×2＋国際便運航回数＝13,033,054×2＋1,821,050＝27,887,158)

航空機落下確率評価における標的面積の考え方について

1. 基準の要求事項

航空機落下評価に用いる基準及び航空機墜落による火災影響評価に用いる基準の要求事項は、それぞれ以下のとおり。

(1) 航空機落下確率評価

○実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（平成 21 年 6 月 30 日原子力安全・保安院制定）

解説 4－3 離着陸時及び巡航中の計器飛行方式民間航空機の原子炉施設への落下確率評価における入力パラメータ等に関する考え方（第 4 章）

(4) 原子炉施設への標的面積（A）

原子炉施設への航空機落下に対する影響評価を行う場合において、航空機落下事故時の安全性を確保する観点から重要なのは、大量の放射性物質を蓄えている炉心や使用済燃料プールを保護すること、並びに、原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）を確保することである。したがって、原子炉施設への航空機落下確率評価では、これらを踏まえ、安全上重要な構築物、系統及び機器の設置状況、航空機の大きさ、突入する角度、滑り込み等を勘案して標的面積を決める必要がある。（以下略）

(2) 外部火災影響評価

○原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定）

附属書 C 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について

1. 総則

（中略）

本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落で発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても原子炉施設（本評価ガイドにおける「原子炉施設」は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包するものに限る。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 航空機落下確率評価における標的面積

1. (2) の基準を踏まえ、航空機墜落による火災影響評価においては、以下の屋外の外部事象防護対象施設を標的対象として選定する。

- ・原子炉建屋
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋
- ・海水ポンプ室

また、外部事象防護対象施設には該当しないが、以下の対象については、クラス 1, 2 施設若しくはそれらを内包する施設であることに鑑み、標的対象に加えて航空機墜落火災に対する健全性を評価する。なお、評価の結果、タービン建屋又は排気筒の健全性が確保できない場合は、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での補修等の対応が可能か確認する。

- ・タービン建屋（第 1 図，第 2 図参照）
- ・主排気筒

評価対象施設のうち放水路ゲートについては，津波の流入を防ぐための閉止機能を有している。航空機落下を起因として津波が発生することはないこと及び放水路ゲートは，大量の放射性物質を蓄えておらず，原子炉の安全停止（炉心冷却を含む。）機能を有していないため，航空機落下確率を算出する標的面積として抽出しない。

なお，使用済燃料乾式貯蔵建屋の安全機能については，以下のとおり発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）と独立していることから，航空機落下確率評価においては使用済燃料乾式貯蔵建屋単独で評価を実施することとした。

- ① 使用済燃料乾式貯蔵建屋は，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の安全機能に直接的に影響を及ぼすものではなく，また，乾式貯蔵容器本体で安全機能（臨界防止機能，密封機能，遮蔽機能，除熱機能）を確保する設計である。
- ② 使用済燃料乾式貯蔵建屋の監視設備（乾式貯蔵容器の一・二次蓋間圧力，乾式貯蔵容器の表面温度等）及び火災防護設備（火災報知器）への電源供給については，全交流動力電源喪失時には，事象発生後 30 分は専用の蓄電池から供給可能だが，その後は非常用ディーゼル発電機から給電する設計である。ただし，監視設備及び火災防護設備（火災報知器）は状態監視用であり，その機能喪失は使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能に影響を及ぼすものではない。

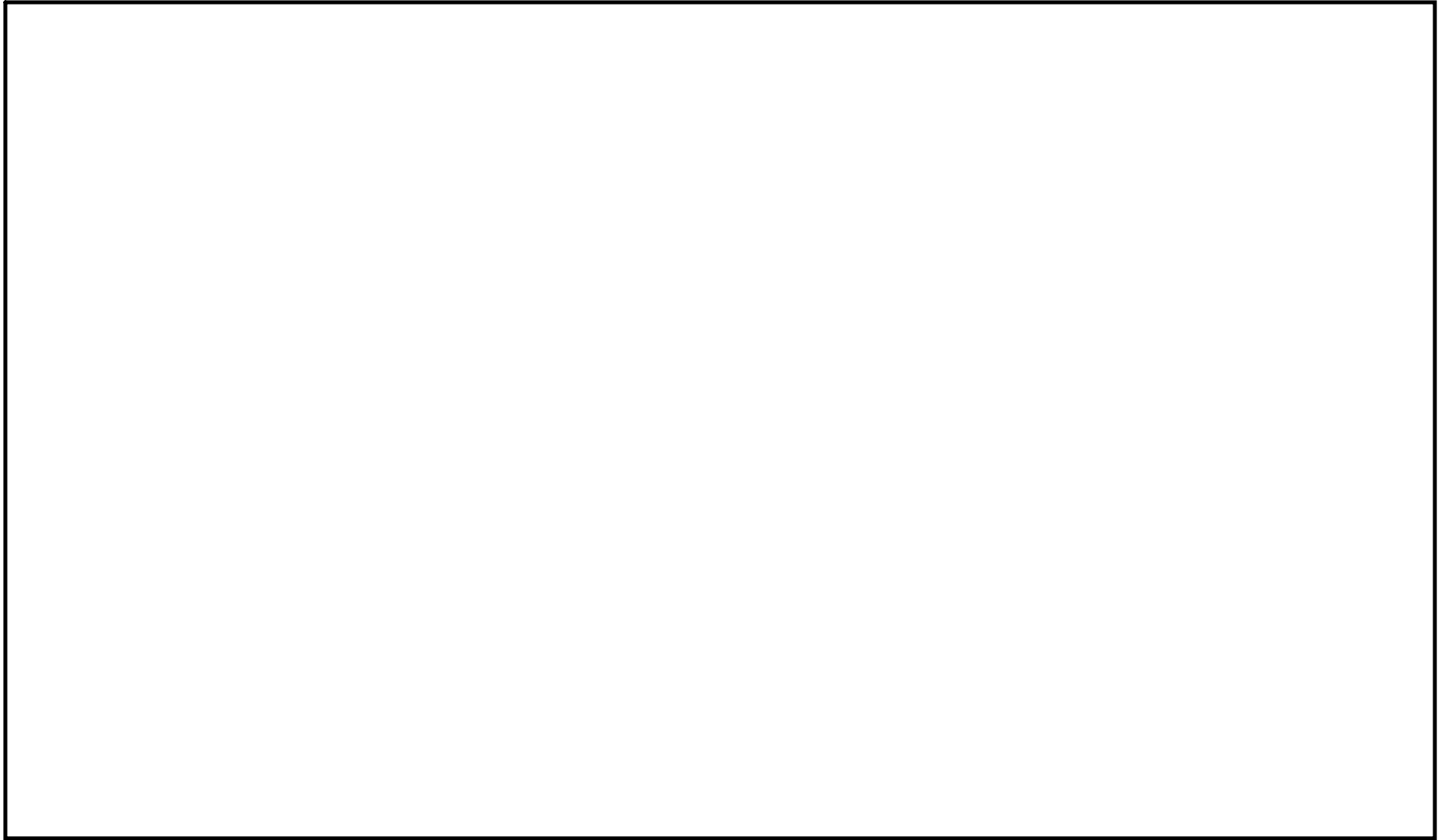
一方，従来の航空機落下確率評価においては，1. (1) の基準を踏まえ，以

下の S S C を評価対象としていた。

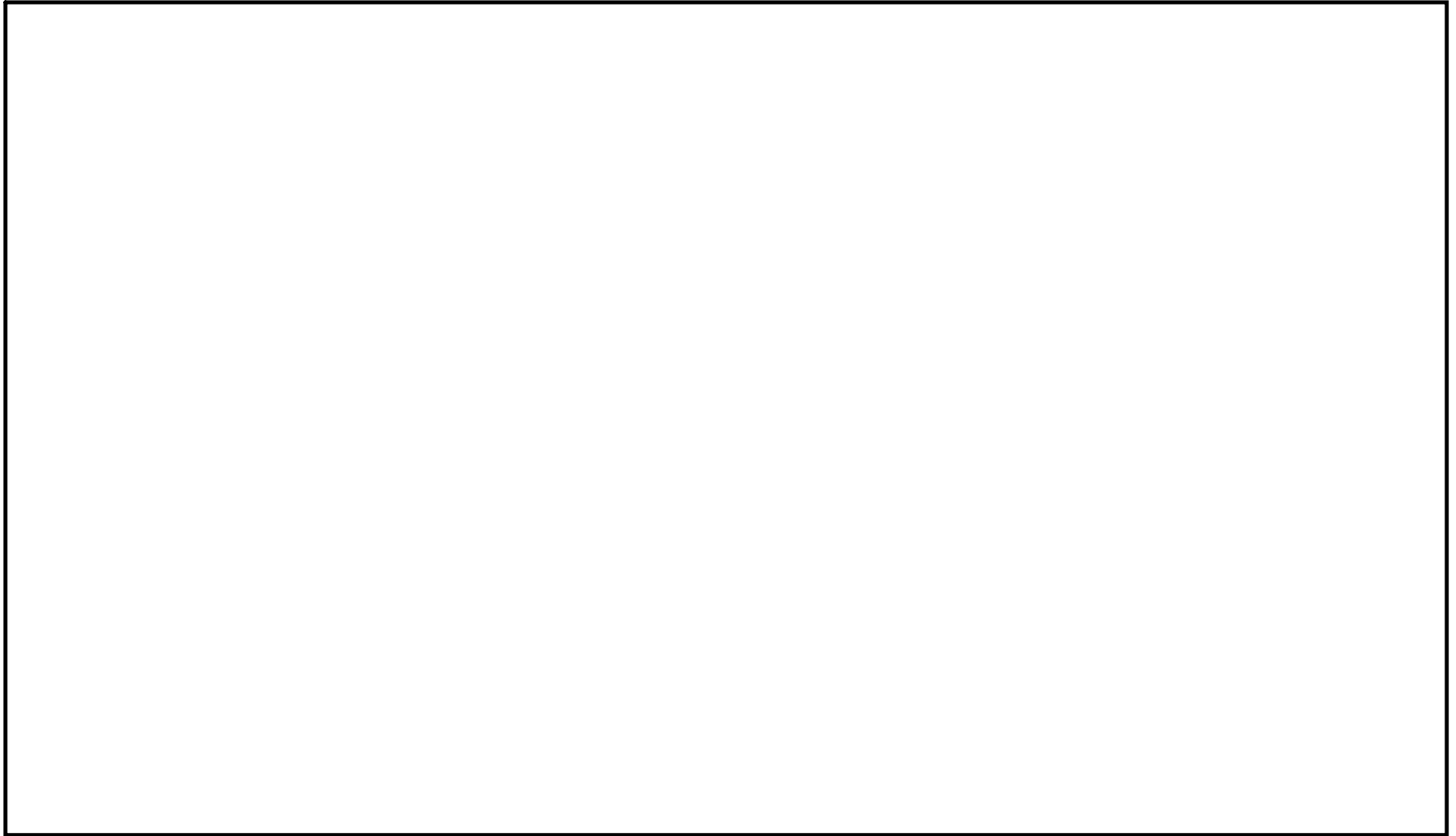
- ・ 原子炉建屋
- ・ タービン建屋（第 3 図参照※¹）
- ・ 海水ポンプ室
- ・ 使用済燃料乾式貯蔵建屋※²

※ 1 原子炉補機冷却系ポンプ及び熱交換器を含む区画

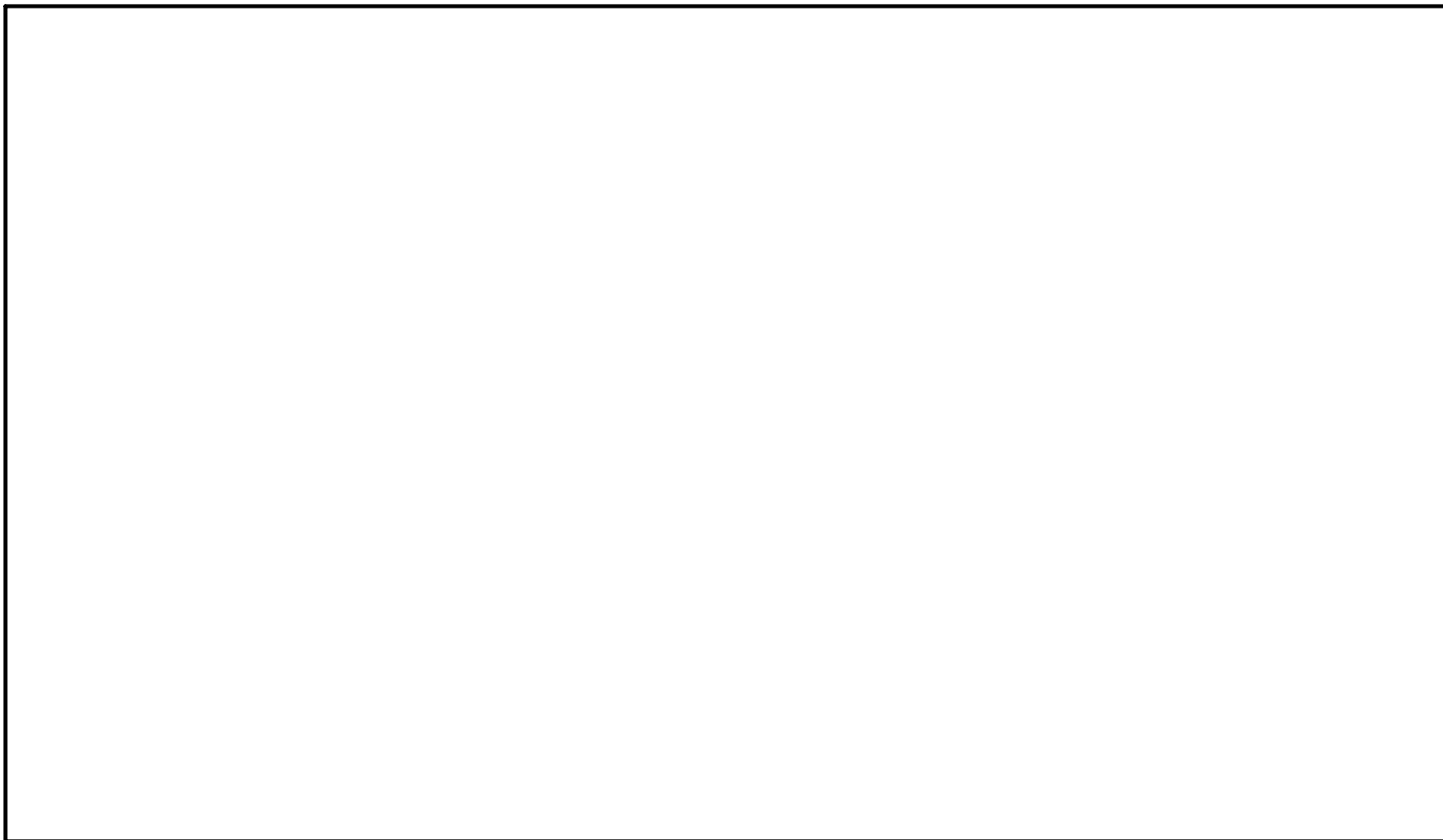
※ 2 使用済燃料乾式貯蔵建屋が発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）と独立して設置されているため、平成 21 年の実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価の際は個別に航空機落下確率を評価した



第 1 図 タービン建屋内の安全上重要な系統及び機器の配置（地上 1 階）



第 2 図 タービン建屋内の安全上重要な系統及び機器の配置（地上 2 階）



第3図 タービン建屋内の原子炉補機冷却系ポンプ及び熱交換器の配置

計器飛行方式民間航空機の飛行場を離着陸時における落下事故の
確率分布関数について

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（内規）」に基づき，計器飛行方式民間航空機の「①飛行場（茨城空港）での離着陸時」における落下事故の確率分布関数には，滑走路端から最大離着陸地点までの直線距離（ r_0 ）内の内円で滑走路方向両側に対し $\pm 60^\circ$ 以内の扇型に一樣な分布又は周方向で正規分布を仮定し，評価結果が厳しい方を用いる。下式にて評価した結果，今回の評価では，下表に示すとおり厳しい方である正規分布を仮定した方法を用いることとする。

（一樣分布）

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} \quad (\text{／km}^2)$$

$$A_{d,a} = \frac{2}{3} \pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$$

（正規分布）

$$\Phi(r_0, \theta) = \frac{1}{A_{d,a}} f(x) \quad (\text{／km}^2)$$

$$A_{d,a} = \frac{2}{3} \pi r_0^2 \quad (\text{km}^2)$$

$$f(x) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cong 2.1 \times \exp\left(-\frac{30.42x^2}{\pi^2 r_p^2}\right)$$

$$A = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = \int_{-\pi r/3}^{\pi r/3} P dx = \frac{2}{3} \pi r_p$$

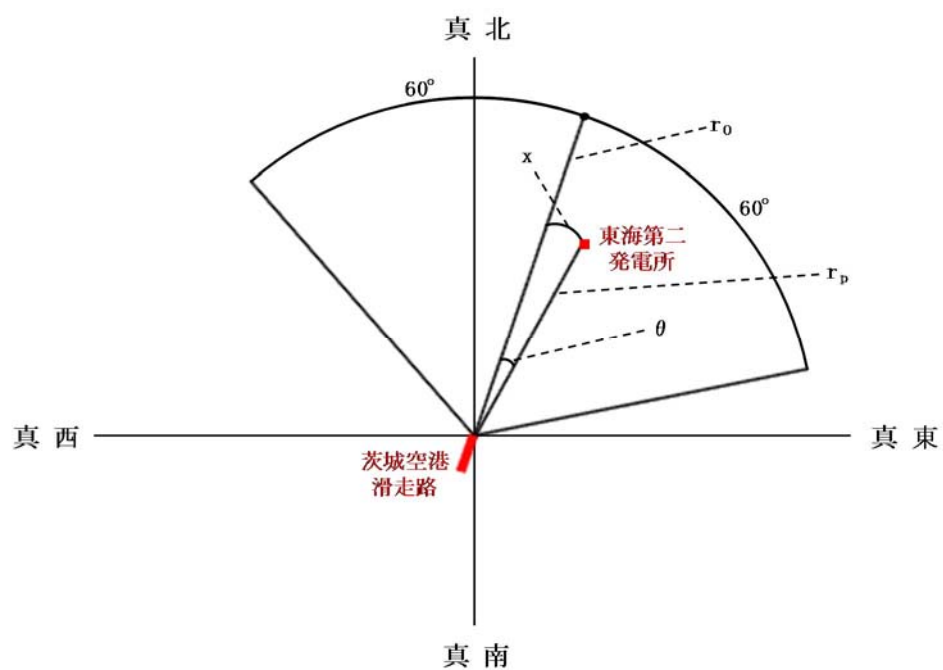
$$\sigma = \frac{\pi r}{3 \times 2.6}$$

r_p : 滑走路端から発電用原子炉施設までの距離（径方向）（km）

x : 滑走路軸上から発電用原子炉施設までの距離（周方向）（km）

$$x = r_p \times \theta$$

θ : 滑走路方向に対する空港－発電用原子炉施設の角度（rad）



項 目	確率密度（／km ² ）
一様分布	約 1.55×10^{-4}
正規分布	約 2.98×10^{-4}

各施設付近の空港と施設との距離について

発電所 名称	空港名	施設と空港 の距離※ ¹	最大離着陸 距離※ ²	判 定
東海第二 発電所	成田空港	約 80km	約 39km (21.2nm)	×
	茨城空港	約 36km	約 56km (30nm)	○

○：評価対象 ×：評価対象外

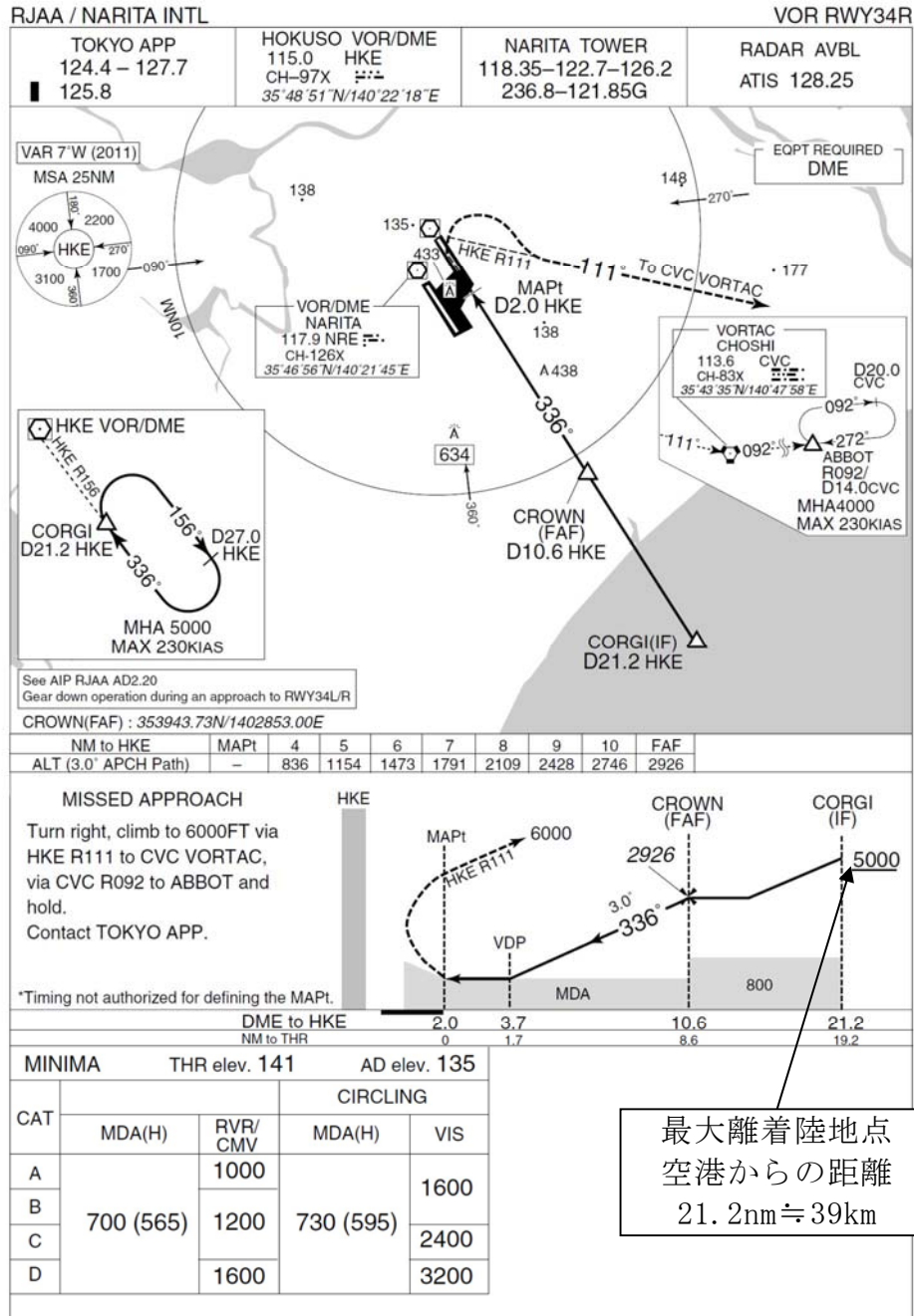
※¹ 施設と空港の緯度，経度より計測した。※² A I Pを参照した。

成田空港の最大離着陸地点までの距離
(成田空港～東海第二発電所の距離：約 80km)

RJAA-AD2-24.31

AIP Japan
NARITA INTL

INSTRUMENT APPROACH CHART



Civil Aviation Bureau, Japan (EFF:17 OCT 2013)

19/9/13

出典：A I P

評価対象となる航空路等の飛行回数

評価対象となる航空路等	ピーク日の飛行回数※ ¹	年間飛行回数※ ²
直行経路 (IWAKI (IXE)－SWAMP)	H24 年上半期：0 (6 月 8 日) H24 年下半期：0 (9 月 19 日)	182.5
直行経路 (IWAKI (IXE)－ KISARAZU (KZE))	H24 年上半期：0 (6 月 8 日) H24 年下半期：0 (9 月 19 日)	182.5
広域航法経路 Y30 (LOTUS－SWAMP)	H24 年上半期：0 (6 月 8 日) H24 年下半期：3 (9 月 19 日)	1,095

※ 1 国土交通省航空局に問合せ入手したデータ。ここで、ピークデイとは、東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のこと。

※ 2 ピークデイの飛行回数 (0 回の場合は、0.5 回とした。) を 365 倍した値。

有視界飛行方式民間航空機 大破事故概要

(平成 5 年～平成 24 年)

(大型固定翼機)

発生年月日	場 所	型 式
該当なし	—	—

(大型回転翼機)

発生年月日	場 所	型 式
平成 13 年 5 月 19 日	三重県桑名市播磨付近	アエロスペース式 AS332L1

(小型固定翼機)

発生年月日	場 所	型 式
平成 6 年 4 月 6 日	広島県佐伯郡	セスナ式 208B
平成 6 年 5 月 7 日	高知県吾川郡池川町	セスナ式 172P
平成 7 年 7 月 29 日	北海道赤平市	パイパー式 PA-28-140
平成 7 年 10 月 9 日	北海道中川郡豊頃町	ピッツ式 S-2B
平成 8 年 2 月 9 日	長崎県東彼杵群川棚町	ブリティッシュ式 BN-2B-20
平成 8 年 11 月 20 日	静岡県伊東市	セスナ式 172K
平成 9 年 8 月 21 日	茨城県竜ヶ崎市	パイパー式 PA-28-140
平成 9 年 10 月 26 日	鹿児島県垂水市	セスナ式 152
平成 9 年 11 月 2 日	熊本県八代郡	セスナ式 172N
平成 10 年 3 月 21 日	高知県室戸市	ビーチクラフト式 A36TC
平成 10 年 4 月 20 日	滋賀県琵琶湖	セスナ式 177RG
平成 10 年 8 月 25 日	岐阜県大野郡荘川村	パイパー式 PA-28-161
平成 10 年 9 月 23 日	大阪府高槻市	セスナ式 P210N
平成 10 年 9 月 24 日	茨城県霞ヶ浦	ソカタ式 TB10
平成 11 年 3 月 24 日	大分県大分郡野津原町	セスナ式 172M
平成 11 年 8 月 1 日	大分県大分郡庄内町	富士重工式 FA-200-180
平成 11 年 8 月 13 日	長野県斑尾山	セスナ式 172P
平成 13 年 3 月 25 日	香川県小豆群上庄町豊島	パイパー式 PA-28-181
平成 13 年 5 月 19 日	三重県桑名市播磨付近	セスナ式 172P
平成 13 年 8 月 16 日	岡山県久米郡柵原町	セスナ式 172NAT
平成 14 年 1 月 4 日	熊本県琢磨群琢磨村	セスナ式 172P
平成 14 年 3 月 1 日	北海道帯広市美栄町	スリッグスビー式 T67MMK II
平成 14 年 6 月 23 日	山梨県南巨摩群南部町	ソカタ式 TB21
平成 15 年 3 月 24 日	茨城県那珂郡緒川町	ガルフストリームコマンドー式 695
平成 15 年 7 月 11 日	宮崎県宮崎市	ビーチクラフト式 A36
平成 16 年 1 月 22 日	山梨県甲府市	セスナ式 172P
平成 16 年 9 月 11 日	兵庫県養父市	セスナ式 172M
平成 16 年 9 月 20 日	兵庫県三原郡南淡町	ソカタ式 TB10
平成 17 年 3 月 2 日	大阪市平野区瓜破	ビーチクラフト式 E33
平成 19 年 9 月 1 日	宮崎空港南東約 1nm の海上	ビーチクラフト式 A36

発生年月日	場 所	型 式
平成 19 年 11 月 15 日	岐阜県中津川恵郡山山頂付近	セスナ式 404
平成 22 年 7 月 28 日	北海道松前郡福島町岩部岳東方の山中	セスナ式 TU206G
平成 23 年 1 月 3 日	熊本空港から北東約 14km の矢護山南南東斜面	パイパー式 PA-46-350P
平成 23 年 7 月 26 日	静岡市清水区の興津川河口から富士川河口沖の駿河湾	エクストラ式 EA300/200 型
平成 23 年 7 月 28 日	北海道河西郡芽室町剣山山中	ビーチクラフト式 A36 型

(小型回転翼機)

発生年月日	場 所	型 式
平成 5 年 7 月 27 日	福島県双葉郡大熊町	ベル式 206B
平成 5 年 12 月 23 日	岐阜県郡山郡八幡町	ロビンソン式 R22Beta
平成 6 年 10 月 18 日	大阪府泉佐野市	アエロスパシアル式 AS355F1
平成 6 年 11 月 13 日	鹿児島県大島郡笠利町	ベル式 206B
平成 8 年 4 月 27 日	長野県長野市篠ノ井	アエロスパシアル式 AS355F1
平成 8 年 6 月 10 日	鹿児島県鹿児島市岡之原町	ロビンソン式 R22Beta
平成 9 年 1 月 24 日	愛知県岡崎市	アエロスパシアル式 AS365N2
平成 9 年 5 月 21 日	長野県茅野市	アエロスパシアル式 SA315B アルウェットⅢ
平成 9 年 7 月 3 日	三重県名張市	アエロスパシアル式 SA315B アルウェットⅢ
平成 10 年 5 月 3 日	神奈川県横須賀市津久井浜	アエロスパシアル式 AS350B
平成 12 年 4 月 24 日	三重県長島町木曾川左岸の河原	ヒューズ式 269C
平成 12 年 11 月 9 日	岐阜県郡上郡高鷲村	ロビンソン式 R22Beta
平成 14 年 5 月 5 日	愛媛県松山空港の西南西 16km 付近海上	ロビンソン式 R44
平成 14 年 6 月 12 日	新潟県東蒲原郡上川村	ベル式 206L-4
平成 16 年 3 月 7 日	長野県木曽郡南木曽町	アエロスパシアル式 AS355F1
平成 16 年 12 月 24 日	佐賀県有明海海上	ロビンソン式 R44
平成 17 年 5 月 3 日	静岡県静岡市清水区草薙	アグスタ式 A109K2
平成 19 年 6 月 2 日	岐阜県中津川市岐阜中津川場外離着陸場の北約 1.3km 付近	ベル式 412
平成 19 年 10 月 27 日	大阪府堺市堺区遠里小野町 3 丁目	ロビンソン式 R22BETA
平成 19 年 12 月 9 日	静岡県静岡市葵区南沼上 988	ユーロコプター式 EC135T2
平成 20 年 7 月 6 日	青森県下北部大間町大間崎沖の海面	アエロスパシアル式 AS350B
平成 21 年 2 月 10 日	群馬県利根郡みなかみ町	ベル式 206L-3
平成 21 年 7 月 20 日	但馬飛行場の南東約 15km	ロビンソン式 R44 II

発生年月日	場 所	型 式
平成 22 年 8 月 18 日	香川県沖多度郡多度津町佐柳島沖	ベル式 412EP

自衛隊機及び米軍機 大破事故概要

(平成 5 年～平成 24 年)

(訓練空域外を飛行中)

・自衛隊機

発生年月日	場 所	型 式
平成 9 年 1 月 13 日	宇都宮市坂戸町の鬼怒川河川敷	OH-6D
平成 13 年 2 月 14 日	千葉県市原市天羽田	AH1S, OH-6D
平成 14 年 3 月 7 日	大分県万年山山頂南東 2km	OH-6D
平成 16 年 2 月 23 日	三重県鳥羽市と磯部町の境にある青峰山の南東約 1km	AH1S
平成 17 年 4 月 14 日	新潟県阿賀町の御神楽岳斜面	MU-2
平成 17 年 9 月 18 日	長崎県佐世保市大潟町の陸上自衛隊相浦駐屯地内	AH1S
平成 19 年 3 月 30 日	徳之島天城岳山頂付近	CH-47JA

・米軍機

発生年月日	場 所	型 式
平成 6 年 10 月 14 日	高知県土佐郡吉野川	A-6
平成 11 年 1 月 21 日	岩手県釜石市橋野町山林	F-16
平成 16 年 8 月 10 日	東京都小笠原諸島北硫黄島	S-3 バイキング
平成 16 年 8 月 13 日	沖縄県宜野湾市の沖縄国際大学構内	CH-53D シースタリオン
平成 20 年 10 月 24 日	沖縄県名護市真喜屋のサトウキビ畑	セスナ機

(基地－訓練空域間往復時)

・自衛隊機

発生年月日	離陸場所 (所属)	場 所	型 式
平成 9 年 8 月 21 日	木更津駐屯地 (陸自)	茨城県竜ヶ崎市	OH-6D
平成 11 年 11 月 22 日	入間基地 (空自)	埼玉県狭山市入間川河川敷	T-33A
平成 12 年 3 月 22 日	松島基地 (空自)	宮城県女川町指ヶ浜山林	T-2
平成 12 年 7 月 4 日	松島基地 (空自)	宮城県牡鹿町山中	T-4
平成 13 年 9 月 14 日	小月航空基地 (海自)	山口県下関市楠乃霊鷲山西側斜面	T-5

基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定について

1. 想定飛行範囲の面積を用いた評価式の保守性について

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率は、下式のとおり評価している。

[illegible]

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse: 基地と訓練空域間を往復中の落下事故率 (回/年)

A: 対象施設の標的面積 (km²)

Sse：想定飛行範囲の面積 (km²)

(A)式によると、想定飛行範囲の面積（Sse）が小さいほど、大きな落下確率となる。これは、基地－訓練空域間を簡易的に一様に飛行すると仮定しているためである。

しかし、「原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）」に示すとおり、実際には原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること、やむを得ず原子力関連施設の上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生しても原子力関連施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行することから、発電所上空を含めて基地－訓練空域間を一様に飛行することはなく、かつ、基地－訓練空域間往復時の自衛隊機が発電所に落下する確率は極めて小さいと考えられる。

以上のことから、想定飛行範囲の面積が小さくなるほど、より保守的な落下確率を与えることとなる。（「想定飛行面積と航空機落下確率の関係（概略図）」参照）

原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

昭和 44 年 2 月 6 日
陸幕航第 59 号

改正 平成 10 年 3 月 23 日陸幕運第 145 号 平成 19 年 1 月 9 日陸幕法第 1 号
平成 19 年 3 月 28 日陸幕法第 61 号 平成 21 年 2 月 3 日陸幕法第 10 号

各方面総監
中央即応集団司令官 殿
中央管制気象隊長
航空学校長

陸上幕僚長の命により
総務課長

（例規 99）

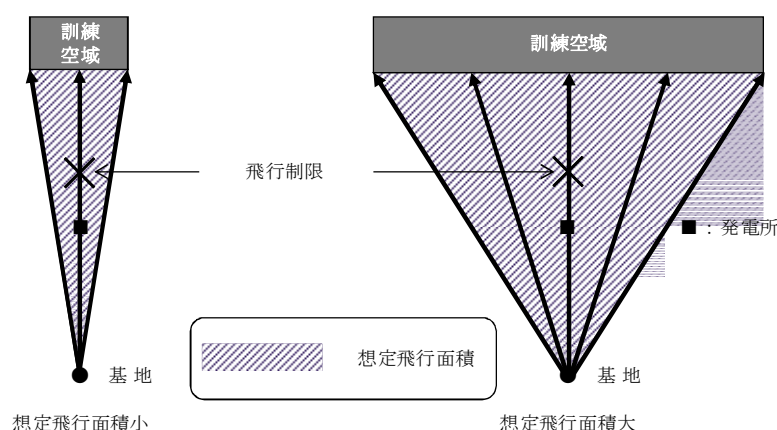
原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

標記について、さきに防衛事務次官の指示に基づきその実施について通達したところであるが、その後さらに細部について示されたので、今後下記により実施されたい。

なお、陸幕航第 583 号（43. 9. 2）は廃止する。

記

- 1 原子力関連施設上空の飛行は、原則として行わないものとする。
- 2 管制機関の指示又は原子力関連施設の位置等の関係から、やむを得ずその上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生してもこれらの施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行するものとする。
- 3 原子力関連施設は航空路図誌（防衛省監修）に記載され、その設置・廃止等の状況は逐次追録されるので、関係者に当該施設の位置を周知徹底させるものとする。



想定飛行面積と航空機落下確率の関係（概略図）

また，新規制基準に係る適合性の審査の申請をしている発電所のうち，自衛隊機の基地－訓練空域間往復時の航空機落下確率を(A)式により評価しているプラントは，東海第二発電所を含めて6つあり，これらのプラントにおける想定飛行範囲の面積は下表のとおりである。

発電所名称	想定飛行範囲の面積 (km ²)
東海第二発電所	4,540
川内原子力発電所1，2号炉	19,400
玄海原子力発電所3，4号炉	10,200
伊方発電所3号炉	40,080

上述のとおり，原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること等を踏まえると，東海第二発電所では，他プラントに比べて想定飛行範囲の面積が小さいため，他プラントの落下確率に比べてより大きな保守性を含んでいると考える。

2. 「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率の算出について

1. のとおり、「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率は大きな保守性を含んでいることから、以下を踏まえ、本航空機落下確率の算出においては、実際に落下事故実績のある全国の基地と訓練空域間を往復時の落下事故件数及び全国の基地の想定飛行範囲の面積を用いて算出した全国平均の基地－訓練空域間往復時の航空機落下確率を2倍した値（以下「全国平均の落下確率の2倍値」という。）を「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率とする。

- ・ 百里基地特有の特殊な機種は配備されていないこと、全国では基地－訓練空域間往復時に合計5件の落下事故実績があるにも関わらず、百里基地では落下事故実績がないこと等を考慮すると、百里基地の落下確率は全国平均に対して同程度又はそれ以下と考えられる。
- ・ 落下事故実績が存在する全国平均の落下確率を参考とし、保守性を確保するために全国平均の落下確率の2倍値を百里基地－訓練空域間往復時の落下確率として採用。
- ・ 百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲の面積が小さいこと、防衛省による原子力関連施設上空の飛行は原則として行わないよう制限されていること等を考慮すると、全国平均の落下確率の2倍値には実際の落下確率より十分高いと考えられる。

項 目	航空機落下確率（回／年・年）
全国平均の落下確率 の2倍値	約 4.14×10^{-8} ($=3.00 \times 10^{-6}$ (回／年・ km^2)※ \times 約 0.0138km^2)

※ 5件／20年／ $175,720\text{km}^2 =$ 約 1.42×10^{-6} (回／年・ km^2)を保守的に2倍にし、丸めた値

2.1 全国平均の落下確率の 2 倍値を用いることの保守性について

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」は過去 20 年間落下実績がなく、航空機落下確率算出時の発生件数の与え方に不確かさが存在する一方で、全国の基地－訓練空域間の往復時は過去 20 年間で 5 件落下実績が存在する。全国平均の落下確率は、評価の母集団を大きくすることにより落下事故件数を実績値（5 件）に基づき評価していること、基地－訓練空域間を往復時の落下確率が基地ごとに大きく異なることは考えにくいことを考慮すると、全国平均の落下確率は国内における平均的な落下確率として信頼性があると考えるが、本評価では保守的に全国平均の落下確率の 2 倍値を用いることとする。

また、原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること、やむを得ず原子力関連施設の上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生しても原子力関連施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行することについて評価上考慮しておらず、この点においても保守性は確保されている。

2.2 他の評価手法との比較

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率の算出に当たっては、「原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準（レベル 1PRA 編）：2013」（一般社団法人 日本原子力学会）（以下「PRA 学会標準」という。）において、過去発生していない起因事象に対する起因事象発生頻度の算出方法として使用が認められている、以下の χ 二乗分布を用いた方法を使用することも考えられる。

$$F = \chi^2(1, 0.5) / 2T = 0.2275 / T \quad (\text{回} / \text{年})$$

T：対象期間（＝20 年）

その適用性及び保守性については参考 1 のとおりであるが， χ 二乗分布を用いた方法よりも全国平均の落下確率の 2 倍値は以下のとおり大きくなっている。

項 目	航空機落下確率（回／炉・年）
全国平均の落下確率 の 2 倍値	約 4.14×10^{-8} ($= 3.00 \times 10^{-6} (\text{回} / \text{年} \cdot \text{km}^2) \times \text{約 } 0.0138 \text{km}^2$)
χ 二乗分布を 用いた方法	約 3.46×10^{-8} ($= 0.2275 \text{ 件} / 20 \text{ 年} / 4,540 \text{km}^2 \times \text{約 } 0.0138 \text{km}^2$)

χ 二乗分布を用いた方法の適用性及び保守性について

航空機落下確率評価では、過去 20 年間ににおける落下事故件数の統計データに基づき航空機落下確率を算出しているが、平成 5 年～24 年において、以下のカテゴリについては落下事故が発生していない。

- (1) 計器飛行方式民間航空機の「航空路を巡航中」の落下事故
- (2) 有視界飛行方式民間航空機の「大型機」の落下事故（大型固定翼機）
- (3) 自衛隊機又は米軍機の「訓練空域外を飛行中」の「空中給油機等、高度での巡航が想定される大型固定翼機」の落下事故
- (4) 自衛隊機又は米軍機の「基地－訓練空域間往復時」の落下事故

そのうち、(4) のカテゴリに対する航空機落下確率の推定には、PRA 学会標準において、過去発生していない起因事象に対する起因事象発生頻度の算出方法として使用が認められている、以下の χ 二乗分布を用いた方法を用いることも考えられる。この χ 二乗分布を用いた方法について、その方法の適用性（1. 参照）及び保守性（2. 参照）を以下に示す。

$$F = \chi^2(1, 0.5) / 2T = 0.2275 / T^* \quad (\text{回/年})$$

T：対象期間（＝20 年）

※ 導出方法は参考 2 参照

1. 航空機落下確率評価への χ 二乗分布を用いた方法の適用性

PRA 学会標準の参考文献として引用されている NUREG/CR-4407 “Pipe Break Frequency Estimation for Nuclear Power Plants”（参考 3 参照）によると、事象発生頻度の推定方法として、 χ 二乗分布を用いた方法を適用するためには、事象発生頻度がポアソン分布に従っていることが条件となる。

ポアソン分布は、一般的に確率が極めて小さい事象（例えば、交通事故による 1 日の死亡数）の発生頻度を処理する確率モデルとして使われるが、航空機の年間の落下事故率がポアソン分布に従うかどうかを判断するために、国内における昭和 58 年～平成 23 年の 29 年間の国内の自衛隊機の「基地－訓練空域間往復時」の落下事故率を対象に、母集団の分布形の検定に使用される χ^2 乗分布を用いた適合度検定（ χ^2 乗検定）を実施した。本検定は、観測度数と理論度数の差が有意かどうかについて、 χ^2 乗分布を用いて検定する統計的手法である。

適合度検定の結果を下表に示す。

落下事故件数 x [件]	落下事故件数に 対する実年数 f [年]	ポアソン分布 P(f) ※1	ポアソン分布か ら推定した理論 年数 e ※2 [年]	χ^2 ※3
0	23	約 0.759	約 22.0	約 0.0447
1	4	約 0.209	約 6.07	約 0.707
2	2	約 0.029	約 0.84	約 1.61
3	0	約 0.003	約 0.08	約 0.0770
4 以上	0	約 0.000	約 0.01	約 0.00562
合 計	29	1.00	29.0	約 2.45

※1 $P(x) = \frac{\exp(-m) \cdot m^x}{x!}$

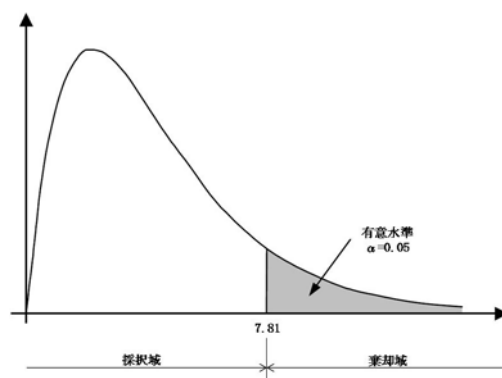
m：落下事故件数標本平均（約 0.276 件）

x：落下事故件数

※2 $P(f) \times 29[\text{年}]$

※3 $(f - e)^2 / e$

検定統計量である χ^2 乗分布の自由度は 3（＝（組分けの数 5）－1－推定される母数の数 1）であり、一般的に用いられる有意水準 $\alpha = 0.05$ を用いると、検定の判定点は χ^2 乗分布表より 7.81（＝ $\chi^2(3, 0.05)$ ）で与えられる。



χ 二乗分布表

自由 度	上側有意確率										
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.5	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.00004	0.00016	0.00098	0.0039	0.0158	0.455	2.710	3.84	5.02	6.63	7.88
2	0.01003	0.02010	0.0506	0.1026	0.211	1.386	4.61	5.99	7.38	9.21	10.6
3	0.07172	0.1148	0.2158	0.352	0.584	2.37	6.25	7.81	9.35	11.3	12.8
4	0.2070	0.2971	0.484	0.711	1.06	3.36	7.78	9.49	11.1	13.3	14.9
5	0.4117	0.554	0.831	1.15	1.61	4.35	9.24	11.07	12.8	15.1	16.8

χ 二乗値は約 2.45 であり、判定点より小さいことから、観測度数（ここでは、実年数）と理論度数（ここでは、理論年数）の差は有意であるとは言えない。

したがって、国内の自衛隊機の基地－訓練空域間往復時の落下事故率にポアソン分布を当てはめることは可能であり、航空機落下確率評価に χ 二乗分布を用いた方法を適用することが可能であると判断した。

2. χ 二乗分布を用いた方法の保守性について

別紙 7.12 本文 1. に記載のとおり、実際には原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること等を考慮すると、基地－訓練空域間往復時の自衛隊機が発電所に落下する確率は極めて小さいと考えられることから、 χ 二乗分布を用いた方法においても保守性は確保されていると考えられる。

χ^2 二乗分布を用いた方法による発生率の導出について

ランダムに事象が発生する場合において，事象の発生率は二項分布に従うとするのが一般的である。

また，発生件数が小さい場合には，ポアソン分布での近似が可能である。

発生率がポアソン分布に従う場合，その平均値 λ の $100(1 - \alpha)\%$ 信頼区間は χ^2 二乗分布を使用して，

$$\frac{\chi^2(2N, 1 - \frac{\alpha}{2})}{2T} \leq \lambda \leq \frac{\chi^2(2N + 2, \frac{\alpha}{2})}{2T} \quad (N: \text{発生件数}, T: \text{期間})$$

で表される。

点推定値は，信頼上限及び信頼下限の平均の自由度をもつ χ^2 二乗分布の中央値を用いて，

$$\lambda = \frac{\chi^2(2N + 1, 0.5)}{2T}$$

で表される。なお，NUREG/CR-4407 においても，点推定値の算出に信頼上限及び信頼下限の平均の自由度をもつ χ^2 二乗分布の中央値を用いている。

以上より，発生件数がポアソン分布に従う場合，0 件 ($N=0$) である場合における発生率 F は，

$$F = \frac{\chi^2(1, 0.5)}{2T} = \frac{0.2275}{T}$$

により算出される。

【解 説】

(1) 確率分布

① 二項分布

離散型確率変数 x の確率関数が次の式で表される分布を二項分布という。

$$p(x) = {}_n C_x p^x (1-p)^{n-x} \quad (x=0, 1, 2, \dots, n)$$

これは、確率 p をもつ事象が n 回の観察で x 回発生する確率を表している。

② ポアソン分布

離散型確率変数 x の確率関数が次の式で表される分布をポアソン分布という。

$$p(x) = \frac{e^{-m} \cdot m^x}{x!} \quad (x=0, 1, 2, \dots, n, m \text{ は正の定数})$$

これは、単位時間中にある事象が発生する平均回数を m とするとき、単位時間中にその事象が x 回発生する確率を表している。

この分布は、非常に多くの観察回数のうち発生件数が少ない事象によく当てはまり、二項分布の平均値 $m=np$ を一定のままで観察回数 n を無限に大きくしたときの極限として導かれる。

なお、変数 X_1, \dots, X_n が平均値 λ のポアソン分布に従っており、それらが独立であるとき、その和 $Y=X_1+\dots+X_n$ は、平均値 $n\lambda$ のポアソン分布に従い、これをポアソン分布の再生性という。

③ ガンマ分布

確率変数 x の確率密度分布が次の式で与えられる分布をパラメータ α , β の χ 二乗分布という。

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \quad (x > 0, \quad \alpha > 0, \quad \beta > 0)$$

ここで、 $\Gamma(\alpha)$ はガンマ関数であり、

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

で表される。

④ χ 二乗分布

確率変数 x の確率密度分布が次の式で与えられる分布を自由度 m の χ 二乗分布という。

$$f(x) = \frac{1}{2^{\frac{m}{2}} \Gamma(\frac{m}{2})} x^{\frac{m}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}} \quad (x \geq 0)$$

これは、 $\alpha = m/2$, $\beta = 2$ の γ 分布の確率密度分布である。

(2) 区間推定

真の値がある区間に含まれる確率のことを信頼度といい、その区間の下限値を信頼下限、上限値を信頼上限という。このある区間に含まれる確率を $1 - \alpha$ とするとき、信頼度 $100(1 - \alpha)\%$ の信頼区間という。また、この α のことを有意水準という。

(3) 精密法によるポアソン分布の母平均 λ の区間推定

確率変数 X が母平均 λ のポアソン分布に従うとき、上側確率は以下のとおり表される。

$$P(X \geq x) = Q(x; \lambda) = \sum_{k=x}^{\infty} \frac{e^{-\lambda} \lambda^k}{k!}$$

一方、パラメータ α , β のガンマ分布 $GAM(\alpha, \beta)$ に従う確率変数を G とすると、

$$P(G \leq \beta \lambda) = F_G(\beta \lambda; \alpha, \beta) = \int_0^{\beta \lambda} \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} dx$$

ここで,

$$u = \frac{e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}, \quad dv = x^{\alpha-1} dx$$

とおくと,

$$du = \frac{-e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha+1} \Gamma(\alpha)} dx, \quad v = \frac{1}{\alpha} x^\alpha$$

であるから, 部分積分を用いて,

$$\begin{aligned} F_G(\beta \lambda; \alpha, \beta) &= \left[\frac{x^\alpha e^{-\frac{x}{\beta}}}{\alpha \beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \right]_0^{\beta \lambda} + \int_0^{\beta \lambda} \frac{x^\alpha e^{-\frac{x}{\beta}}}{\alpha \beta^{\alpha+1} \Gamma(\alpha)} dx \\ &= \frac{(\beta \lambda)^\alpha e^{-\frac{\beta \lambda}{\beta}}}{\alpha \beta^\alpha \Gamma(\alpha)} + \int_0^{\beta \lambda} \frac{x^\alpha e^{-\frac{x}{\beta}}}{\alpha \beta^{\alpha+1} \Gamma(\alpha)} dx \\ &= \frac{\lambda^\alpha e^{-\lambda}}{\alpha!} + \int_0^{\beta \lambda} \frac{x^\alpha e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha+1} \Gamma(\alpha+1)} dx \\ &= \frac{\lambda^\alpha e^{-\lambda}}{\alpha!} + \Gamma_G(\beta \lambda; \alpha+1, \beta) \end{aligned}$$

となるから,

$$Q(x; \lambda) = \sum_{\alpha=x}^{\infty} \frac{\lambda^\alpha e^{-\lambda}}{\alpha!} = \sum_{\alpha=x}^{\infty} [F_G(\beta \lambda; \alpha, \beta) - F_G(\beta \lambda; \alpha+1, \beta)]$$

$$= F_G(\beta \lambda; \alpha, \beta)$$

の関係が得られる。

また, ガンマ分布で $\alpha = m/2$, $\beta = 2$ のとき, $GAM(\alpha, \beta)$ は自由度 m の χ^2 乗分布になることに注目すると,

$$x = \frac{m}{2}, \quad \beta = 2$$

とおけば、 $m = 2x$ 、 $\beta \lambda = 2\lambda$ となるから、

$$Q(x; \lambda) = F_{\chi^2}(2\lambda; 2x)$$

と、ポアソン分布の上側確率は、自由度 $2x$ の χ 二乗分布の 2λ までの累積確率で表される。

ここで、ポアソン分布の再生性 ((1)②参照) より、

$$P(Y \geq y) = F_{\chi^2}(2n\lambda; 2y) = P(\chi^2_{2y} \leq 2n\lambda)$$

が成り立つ。この関係から、

$$\begin{aligned} P(Y \leq y) &= 1 - P(Y \geq y + 1) = 1 - P(\chi^2_{2(y+1)} \leq 2n\lambda) \\ &= P(\chi^2_{2(y+1)} \geq 2n\lambda) \end{aligned}$$

より、

$$P(Y \leq y) = \frac{\alpha}{2} = P(\chi^2_{2(y+1)} \geq 2n\lambda)$$

$$\chi^2(2(y+1), \frac{\alpha}{2}) \geq 2n\lambda$$

$$\frac{\chi^2(2(y+1), \frac{\alpha}{2})}{2n} \geq \lambda$$

となり、同様に、

$$\begin{aligned} P(Y \geq y + 1) &= 1 - P(Y \leq y) = 1 - P(\chi^2_{2y} \geq 2n\lambda) \\ &= P(\chi^2_{2y} \leq 2n\lambda) \end{aligned}$$

より、

$$P(Y \geq y + 1) = \frac{\alpha}{2} = P(\chi^2_{2y} \leq 2n\lambda)$$

$$\chi^2(1 - \frac{\alpha}{2}, 2y) \leq 2n\lambda$$

$$\frac{\chi^2(1 - \frac{\alpha}{2}, 2y)}{2n} \leq \lambda$$

となる。

以上より，ポアソン分布の平均値 λ の $(1 - \alpha) \times 100\%$ 信頼区間は，

$$P(\frac{1}{2n}\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}(2y) \leq \lambda \leq \frac{1}{2n}\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}(2(y+1))) = 1 - \alpha$$

で表される。（出典：蓑谷千鳳彦，「数理統計ハンドブック」，みみずく舎，2009 年）

NUREG/CR-4407 の概要について

NUREG/CR-4407” Pipe Break Frequency Estimation for Nuclear Power Plants” は、確率論的リスク評価で使用する安全上重要な配管の破損頻度をデータの収集及び統計的な分析により推定することを目的として実施された研究の成果をまとめた報告書である。

本報告書では、破損が発生していないカテゴリの配管破損の発生頻度の点推定値について以下の式を用いて整理している。

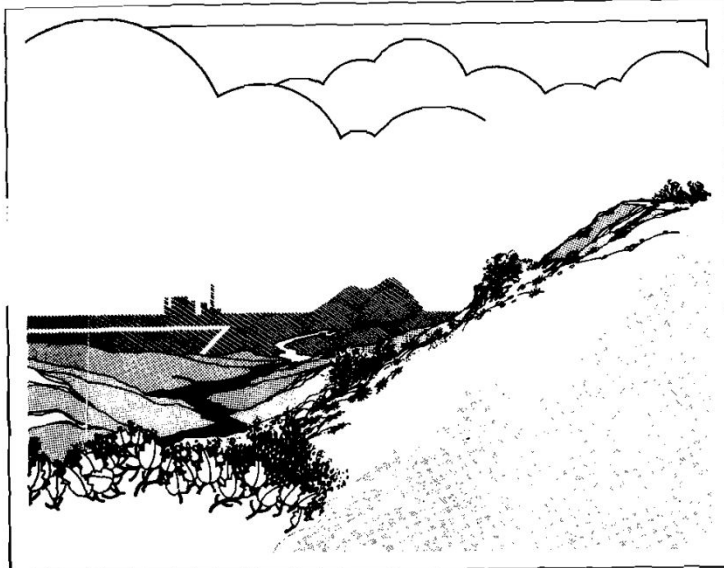
$$F = \frac{\chi^2(1, 0.5)}{2T} = \frac{0.2275}{T}$$

なお、本報告書では配管破損の発生頻度の点推定値に対して χ 二乗分布を用いた方法を採用しているが、航空機落下事故についても配管破損と同様に発生頻度が小さい事象であり、ポアソン分布に従うことから、航空機落下事故の発生頻度の点推定値に対して χ 二乗分布を用いた方法を採用することは可能であると考えられる。

(NUREG/CR-4407 抜粋)

Pipe Break Frequency Estimation for Nuclear Power Plants

F O R M A L R E P O R T



**Idaho National
Engineering Laboratory**

Managed by the U.S. Department of Energy

NUREG/CR-4407
EGG-2421
May 1987

Ronald E. Wright
Judy A. Steverson
William F. Zuroff



Work performed under
DOE Contract No. DE-AC07-76ID01570

for the **U.S. Nuclear
Regulatory Commission**

CONTENTS

ABSTRACT	ii
EXECUTIVE SUMMARY	iii
ACKNOWLEDGMENTS	vi
INTRODUCTION	1
OVERALL METHODOLOGY	3
FAILURE DATA	7
POPULATION DATA	11
RESULTS	22
REFERENCES	28
APPENDIX A—USING SUBJECTIVE DATA TO ESTIMATE PIPE BREAK FAILURE RATES	A-1
APPENDIX B—INFORMATION PROVIDED TO QUESTIONNAIRE RESPONDENTS	B-1
APPENDIX C—QUESTIONNAIRE RESPONSES	C-1
APPENDIX D—NARRATIVE SUMMARIES OF PIPE BREAK EVENTS	D-1
APPENDIX E—SUMMARIES OF SELECTED PIPE BREAK STUDIES	E-1
APPENDIX F—FAILURE RATE ESTIMATION METHODS	F-1

Table 15. Frequencies of pipe breaks categorized by leak rate

Leak Rate	Numerator (N failures)	Denominator (T operating years)	Lower Bound $\chi^2_{(0.05, 2N)}/2T$	Point Estimate ^a	Upper Bound $\chi^2_{(0.95, 2N+2)}/2T$
PWR					
Non-LOCA ^b					
≥ 1, < 15 gpm	5	484.73	0.0041	0.0103	0.0217
≥ 15 gpm	4	484.73	0.0028	0.0083	0.0189
LOCA ^c					
50 to 500 gpm	0	484.73	0	0.0005	0.0062
> 50 gpm	0	484.73	0	<u>0.0005</u>	0.0062
BWR					
Non-LOCA ^b					
≥ 1, < 15 gpm	1	313.36	0.002	0.0032	0.0151
≥ 15 gpm	9	313.36	0.0150	0.0287	0.0501
LOCA ^c					
500 to 5000 gpm	0	313.36	0	0.0007	0.0096
> 5000 gpm	0	313.36	0	<u>0.0007</u>	0.0096

a. Point estimate $\lambda = N/T$ if $N > 0$; if $N = 0$, $\lambda = \chi^2_{(0.50, 2N+1)}/2T$.

b. Non-LOCA systems are those systems that if disabled, could not mitigate a LOCA (see Table 1).

c. LOCA systems are those systems susceptible to piping failures that could result in loss of reactor coolant (see Figure 1).

APPENDIX F

FAILURE RATE ESTIMATION METHODS

METHODS USED

This appendix shows the methods used to estimate the pipe failure rates using the observed failure data and the operating experience.^{F-1}

The following well-known statistical methods were used for Type-I censored data with replacement.^{F-2} The general methods for estimating rates on a yearly basis and on a transient basis are

$$\lambda(\text{yearly}) = \frac{N}{T} \quad (\text{F-1})$$

$$\lambda(\text{transient}) = \frac{N}{D} \quad (\text{F-2})$$

where

λ = estimated failure rate

N = number of reported pipe failures

T = total number of operating years experienced

D = total number of transients.

Confidence limits for yearly failure rates were based on the assumption that the underlying pipe failure time distributions are exponential and, therefore, that the resulting data can be represented by a Poisson process. In transient evaluations, N is assumed to be binomially distributed. However, because the probability of failure is small, the Poisson distribution may be used to approximate this variable for cases where the number of transients is large. The generalized formulas for estimating 100(1 - α)% confidence limits on the failure rates are

$$\frac{\chi^2_{\alpha/2}(2N)}{2T} \leq \lambda(\text{yearly}) \leq \frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(2N + 2)}{2T} \quad (\text{F-3})$$

and

$$\begin{aligned} \frac{\chi^2_{\alpha/2}(2N)}{2D} &\leq \lambda(\text{transient}) \\ &\leq \frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(2N + 2)}{2D}, \end{aligned} \quad (\text{F-4})$$

where

$\chi^2_a(b)$ = the chi-square variate at cumulative probability "a", with "b" degrees of freedom.

In these equations, α is the fraction left out of the intervals. For example, with 90% confidence limits, α is 0.10, $\alpha/2$ is 0.05, and upper limit uses the 95th percentile.

If D , the number of transients, is small, then the Poisson approximation of the binomial distribution is not adequate, and 100(1 - α)% confidence limits for the transient failure rate are

$$\begin{aligned} \frac{NF_L}{D - N + 1 + NF_L} &\leq (\text{transient}) \\ &\leq \frac{(N + 1)F_U}{D - N + (N + 1)F_U} \end{aligned} \quad (\text{F-5})$$

where

$$F_L = F_{\alpha/2}(2N, 2D - 2N + 2)$$

$$F_U = F_{1-\alpha/2}(2N + 2, 2D - 2N)$$

$F_a(b,c)$ = F variate at cumulative probability "a", with "b" and "c" degrees of freedom.

As before, for 90% confidence limits, the 0.05 and 0.95 quantities are used ($\alpha = 0.10$).

In this study, yearly rate confidence limits were always based on Equation (F-3). Transient rate confidence limits were based on Equation (F-4) if $D - N \geq 100$, and on Equation (F-5) otherwise.

The lower limits in Equations (F-3), (F-4), and (F-5) are not defined in cases where no failures are observed

($N = 0$). Zero is the appropriate lower limit in these cases. However, Equations (F-1) and (F-2) also give zero as the point estimate when $N = 0$. More realistic point estimates for such cases are

$$\lambda = \frac{\chi_{0.50}^2(2N + 1)}{2T}, \quad (\text{F-6})$$

$$\lambda = \frac{\chi_{0.50}^2(2N + 1)}{2D}, \quad (\text{F-7})$$

and

$$\lambda = \frac{(2N + 1)F_M}{2D - 2N + 1 + (2N + 1)F_M}, \quad (\text{F-8})$$

where

$F_M = F_{0.50}(2N + 1, 2D - 2N + 1)$ and the F and χ^2 distribution percentile and degree of freedom notations are as defined above.

Equation (F-6) applies for yearly rates and is used with the upper bound from Equation (F-3). For transients, Equation (F-7) is used with the upper bound from Equation (F-4) and Equation (F-8) is used with Equation (F-5). Equations (F-6) and (F-7) are applicable to events occurring according to a Poisson distribution regardless of the number of failures observed. A similar comment applies to Equation (F-8) and the binomial distribution. Typical estimates from Equation (F-6) are in the following table for comparison with Equation (F-1). Equation (F-6) has been used in other failure data studies, such as Reference F-3.

N	λ
30	30.15/ T
20	20.15/ T
10	10.15/ T
5	5.15/ T
2	2.18/ T
1	1.19/ T
0	0.23/ T

The estimates of Equations (F-6) through (F-8) can be obtained in two ways. The first is to consider shrinking the confidence intervals of Equations (F-3), (F-4), and (F-5) to the case where $\alpha = 1.00$ and both $\alpha/2$ and $1 - \alpha/2$ are 0.5. Because of the differing degrees of freedom, the intervals do not shrink to a single point. The equations use an average for the differing degrees of freedom. Because the estimates use 50th percentiles, they are related to medians.

The second way of considering Equations (F-6) through (F-8) uses the medians directly. In a Bayesian context, λ is regarded as a random variable. With Poisson sampling and a noninformative conjugate prior distribution, the posterior distribution for the occurrence rate has a gamma distribution with parameters^{F-4}

$$(\alpha, \beta) = (N + 1/2, 1/T). \quad (\text{F-9})$$

Because the gamma distribution with parameters $(N, 2)$ is identical to the chi-square distribution with $2N$ degrees of freedom,^{F-5} Equation (F-6) can be shown to be the median of the distribution described by Equation (F-9). Using a similar relation between β and F distributions, Equation (F-8) can be derived as the median of the posterior failure rate distribution obtained in sampling from a binomial distribution with a noninformative conjugate prior distribution.

In summary, Equations (F-6), (F-7), and (F-8) describe median-point estimates for the failure rate. They can be used when $N = 0$, and are more conservative in that case than the point estimates given in Equations (F-1) and (F-2). In this work, they are used with the upper confidence limits in Equations (F-3), (F-4), and (F-5), respectively, whenever no failures are observed.

In estimating the above confidence limits, all components in the sample were assumed to have exactly the same true failure rate. No effort was made to account for possible variations arising from the mixture of populations having different true failure rates. For further discussion of the assumptions and limitations of these confidence limits, see References F-2 through F-6.

REFERENCES

- F-1. S. R. Brown, M. Trojovsky, *Data Summaries of Licensee Event Reports of Inverters at U.S. Commercial Nuclear Power Plants January 1, 1976 to December 31, 1982*, NUREG/CR-3867, Idaho National Engineering Laboratory, August 1984.
- F-2. L. J. Bain, *Statistical Analysis of Reliability and Life-Testing Models*, New York: Marcel Dekker, Inc., p. 157.
- F-3. *NPRDS 1978 Annual Reports of Cumulative System and Component Reliability*, NUREG/CR-0942, Southwest Research Institute, September 1979.
- F-4. G. E. P. Box and G. C. Tiao, *Bayesian Inference in Statistical Analysis*, Reading, MA: Addison-Wesley, 1973.
- F-5. N. R. Mann, R. E. Shafer, N. D. Singpurwalla, *Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1974.
- F-6. N. L. Johnson and S. Kotz, *Discrete Distributions*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1969, pp. 58-59 and 96.

使用済燃料乾式貯蔵建屋への航空機落下確率評価について

東海第二発電所の使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）から独立して設置されていることから、個別に航空機落下確率を評価した。

1. 評価対象事故及び評価に用いた数値は、以下のとおり。

（1） 評価対象事故

発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）に同じ。

（2） 評価に用いた数値

使用済燃料乾式貯蔵建屋の水平面積（約 0.001399km²）及び投影面積（約 0.001887km²）が 0.01km²を下回っているため、標的面積は 0.01km²とする。

それ以外の数値は発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）に同じ。

2. 評価結果

以下に示すとおり、10⁻⁷（回／炉・年）を超えていないため、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率評価に対する評価基準について」に定められた判断基準を満足する。

発電所名称	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故		合 計
	①飛行場での離着陸時における落下事故	②航空路を巡航中の落下事故		①訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	②基地－訓練空域間往復時の落下事故	
東海第二発電所	約 1.80×10 ⁻⁹	約 4.30×10 ⁻¹¹	約 9.95×10 ⁻⁹	約 1.86×10 ⁻⁸	約 3.00×10 ⁻⁸	約 6.1×10 ⁻⁸

10. ダムの崩壊影響評価について

(1) 基本方針

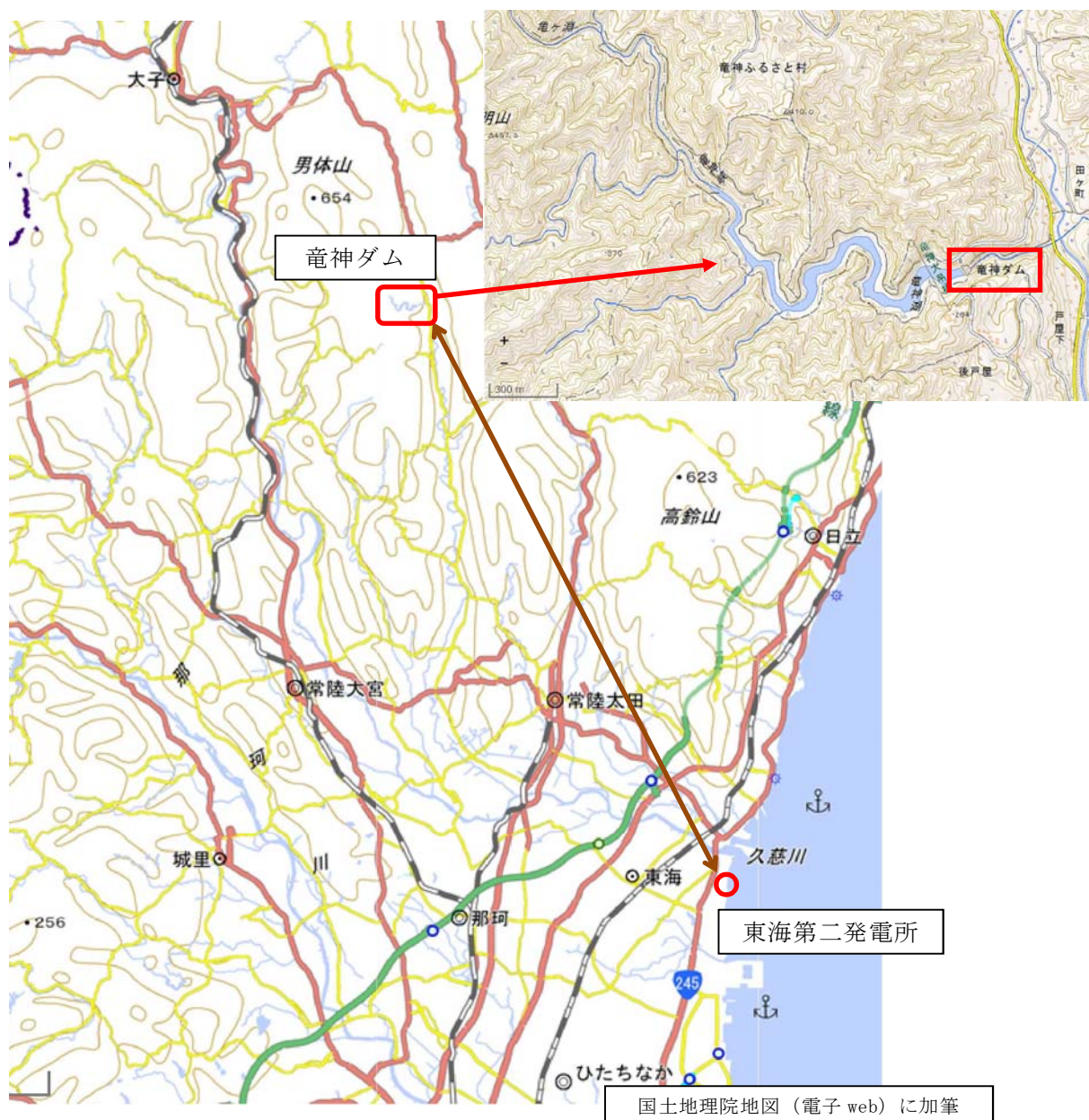
安全施設のうち外部事象に対し必要な構築物，系統及び機器はダムの崩壊により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

(2) 周辺敷地評価及び確認結果

発電所の敷地周辺にある，ダムの崩壊により発電所に影響を及ぼす可能性のある河川としては，敷地の北方約 2km に久慈川が位置している。久慈川水系には支川の山田川に竜神ダムが，敷地の北方約 30km に位置している。（第 10-1 図及び第 10-1 表参照）

ダムの崩壊に伴う流出水は，周辺敷地状況より，久慈川は敷地の北方を太平洋に向かい東進していること，久慈川から発電所に向かって上り勾配（EL. 3m～EL. 21m）となっていることから，発電所に影響が及ぶことはない。

以上のことより，ダムの崩壊により発電所に影響が及ぶことはなく，ダムの崩壊を考慮する必要はない。



第 10－1 図 敷地周辺のダム

第 10－1 表 竜神ダム諸元

河 川	久慈川水系山田川支川竜神川
目 的	洪水調整，農業用水，上水道
型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	45m
堤 頂 長	90m
総貯水容量	3, 000, 000m ³
有効貯水容量	2, 700, 000m ³

茨城県土木部 水戸土木事務所ホームページより抜粋

11. 有毒ガス影響評価について

(1) 評価概要

有毒ガスの毒性が人に与える影響に着目し，中央制御室等の居住性評価を実施する。有毒ガスの発生源から，以下(a)～(c)に大別し影響を評価する。

- (a) 原子力発電所敷地外からの影響
- (b) 原子力発電所敷地内の固定施設（屋外設備）からの影響
- (c) 原子力発電所敷地内の屋内設備からの影響

(2) 原子力発電所敷地外からの影響

(2-1) 評価対象

敷地外からの有毒ガスの発生源は，石油化学コンビナート等の固定施設の流出事故及びタンクローリや海上を航海するケミカルタンカー等の可動施設の輸送事故が想定される。第11-1表に，評価対象に選定した事故の種類を示す。

第11-1表 評価対象事故（原子力発電所敷地外）

原子力発電所 敷地外	固定施設	石油化学コンビナート等の固定施設の流出事故
	可動施設	陸上トラックの輸送事故
		鉄道車両の輸送事故
		海上船舶の輸送事故

(2-2) 敷地外固定施設の流出事故の影響

石油化学コンビナート等の固定施設については，石油コンビナート等災害防止法に基づき，災害の発生のおそれ及び災害による影響について科学的知見に基づく調査，予測及び評価や対策の実施が求められており，当該施設の

敷地外へは影響がないことが確認されている。

また、発電所周辺の石油化学コンビナート等の大規模な有毒物質を貯蔵する固定施設は、最も近いものでも 50km 以上離れているため影響を及ぼすことはない（第 11-1 図）。



第 11-1 図 発電所周辺の石油コンビナート等特別防災区域

(2-3) 敷地外可動施設からの流出の影響

全国的に生産量及び輸送量が特に多く、専用の大型輸送容器が使用されている毒性物質の中で、特に毒性の強い物質として塩素（輸送時の性状は液化塩素）を代表として想定する。塩素専用の大型輸送容器による輸送は、陸上輸送ではタンクローリや鉄道のタンク貨車、海上輸送では塩素を専用でばら積み輸送するケミカルタンカーにて行われる。

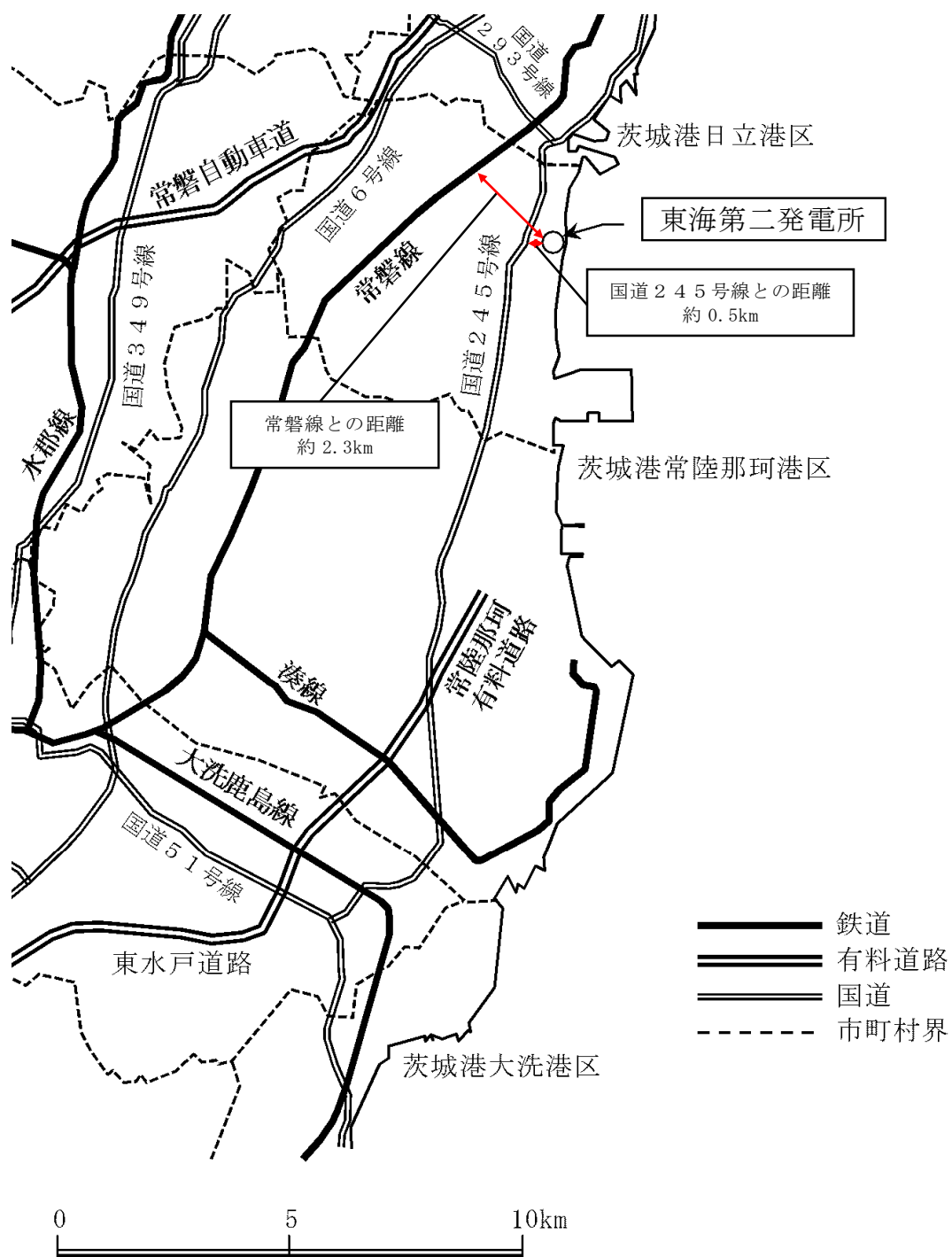
液化塩素を積載するタンクローリは、高圧ガス保安法や、毒物及び劇物取締法によって容器の設計、製造、取扱いの規制を受ける。事故等の衝撃により弁等の突出部が破損しガスが漏えいすることを防ぐための保護枠の設置や、

ガス容器が二重構造であることから信頼性が高く、交通事故等が発生した場合であっても流出に至りにくい。また、万一流出に至った場合の対応に必要な、中和剤（消石灰、苛性ソーダ）や呼吸器、防護具等を積載している。このため、タンクローリの輸送事故による中央制御室への影響はない。なお、主要な道路としては、敷地境界付近に国道 245 号線があり、中央制御室から最短距離は約 0.5km である（第 11-2 図）。流出の影響評価は「5. 発電所敷地外の可動施設からの流出の影響評価」のとおり。

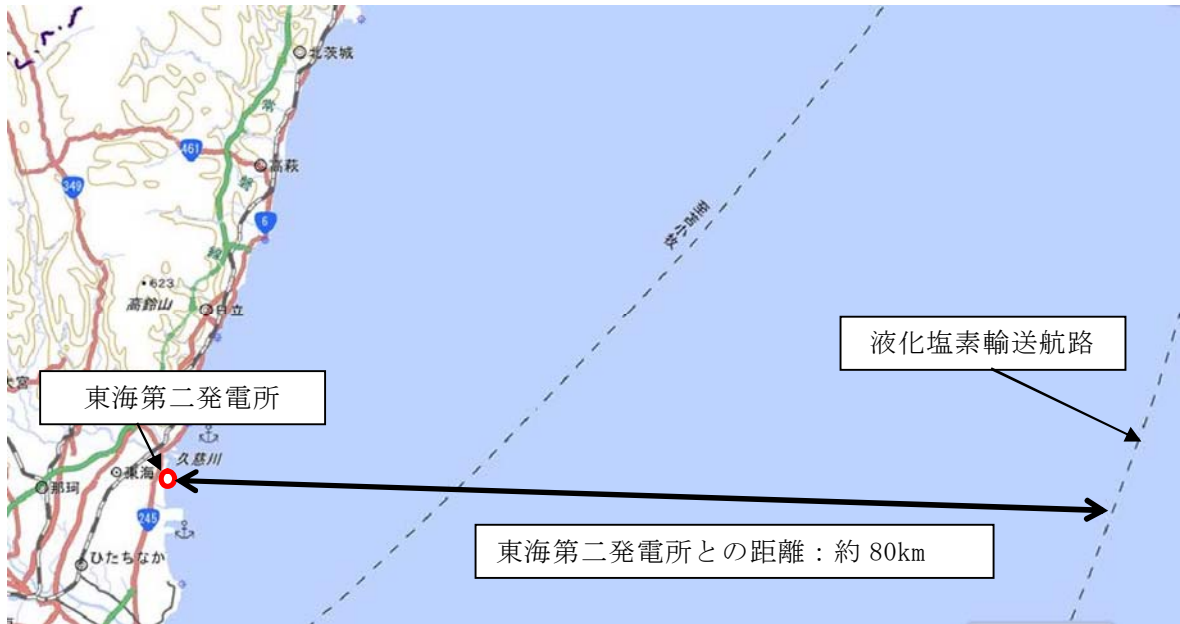
本発電所に近い鉄道路線には東日本旅客鉄道株式会社常磐線があるが、中央制御室から最短距離は約 2.3km である（第 11-2 図）。有毒ガスを積載した鉄道車両（タンク貨車）についても高圧ガス保安法や、毒物及び劇物取締法によりタンクローリと同様の規制を受けており流出に至りにくい構造であることから、事故等による有毒ガスの中央制御室への影響はない。

航路に関して調査したところ、最も距離の近い航路は発電所沖合を航行するものであり、中央制御室との離隔距離は約 80km であることを確認した（第 11-3 図）。流出の影響評価は「5. 発電所敷地外の可動施設からの流出の影響評価」のとおり。

また、航路からの離隔距離があることから、漂流した船舶が発電所周辺まで流れてくる可能性は低い。さらに、漏えい時には自動で作動する緊急遮断弁や二重構造等による特殊な船体構造を有しており、万一船舶がプラント内に進入し、座礁、転覆した場合においても、積荷が漏えいすることは考えにくい。また、流出が生じて中和剤（苛性ソーダ）を介してから海上に放出される構造となっている。このため、有毒ガスを積載した船舶の事故等による有毒ガスの中央制御室への影響はない。



第11-2図 発電所周辺の鉄道路線及び幹線道路



第 11－3 図 発電所敷地周辺図（船舶航路）

(3) 発電所敷地内の固定施設（屋外設備）からの影響

(3-1) 評価の概要

敷地内の建屋外に設置されている有毒物質を貯蔵する容器が損傷することによる有毒ガスの影響を評価する。判断基準としてはIDLH※に加え、窒息性ガスについても考慮し、酸素濃度が許容濃度限界を下回らないことを基準とする。

※ IDLH：急性の毒性限界濃度（30 分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える曝露レベルの濃度限度値）

(3-2) 評価対象物質及び固定施設

発電所の屋外設備に貯蔵されている化学物質について、米国国立労働安全衛生研究所（NIOSH）によるIDLHの一覧表を参考に調査したところ、炭酸ガス、アンモニア、硫酸、苛性ソーダ、ポリ塩化アルミニウム等の物質が貯蔵されている（第 11-2 表，第 11-3 表）。IDLHの低さと蒸発のしやすさの観点から比較すると最も評価が厳しい物質はアンモニアであるため（第 11-2 表），当該物質の水溶液である水酸化アンモニアが貯蔵されている廃棄物処理建屋を評価の対象とする。アンモニア以外の有毒ガスについては，個別設備間の距離を踏まえても，以下の理由からアンモニアに比べ中央制御室及び緊急時対策所（以下「中央制御室等」という。）の居住性への影響は小さい。

- ・炭酸ガスは，各ボンベ庫に貯蔵されているボンベの容量が 30kg と小さく，IDLHがアンモニア（300ppm）に対して 40,000ppm と非常に大きいことから，アンモニアに比べ影響は小さい。なお，中央制御室換気系統給気口までの最短の離隔距離は 90m（O₂注入系ボンベ庫炭酸ガスボンベ）である。
- ・硫酸は，IDLHの値が 15mg/m³と小さいが，不揮発性であることから

ら中央制御室等の居住性に影響しない。なお、中央制御室換気系給気口までの最短の離隔距離は 65m（廃棄物処理設備屋外硫酸タンク）※である。

- ・苛性ソーダは、IDLHの値が $10\text{mg}/\text{m}^3$ と小さいが、不揮発性であることから中央制御室等の居住性に影響しない。なお、中央制御室換気系給気口までの最短の離隔距離は 104m（復水脱塩装置薬品エリア苛性ソーダ貯蔵タンク）である。
- ・ポリ塩化アルミニウムは、IDLHが設定されておらず、有害性が極めて小さいことから、影響はない。なお、中央制御室換気系給気口までの最短の離隔距離は 132m（給水処理設備PAC貯槽）である。

また、窒息性を有するガスとしては、敷地内での貯蔵量が多く、影響が大きいと考えられることから、原子炉格納容器内注入等に用いられる窒素ガスを供給する液体窒素貯蔵タンクを対象とする。窒素が漏えいし中央制御室等換気系給気口に侵入した場合、酸素との置換により酸欠状態になることが想定されるため、仮に全量漏えいした場合にガスが中央制御室等に影響を及ぼすか否かを評価する。

第 11-4 表に評価対象物質及び固定施設名を、第 11-4 図に固定施設（屋外設備）の配置図を示す。

※ 移設予定であるが、最短距離として現設置箇所との離隔距離を記載。

第 11－2 表 発電所敷地内有毒物質の I D L H 及び沸点

薬品の種類	I D L H	沸点[℃]
炭酸ガス	40,000 [ppm]	-78.5 (昇華点)
硫酸	15 [mg/m ³]	327
苛性ソーダ (水酸化ナトリウム)	10 [mg/m ³]	138
ポリ塩化アルミニウム (P A C)	2 [mg/m ³]*	102
アンモニア	300 [ppm]	37.7

* T L V－T W A (Threshold Limit Value-Time Weighted Average)

A C G I H (米国産業衛生専門家会議) で定められた値

毎日繰り返し暴露したとき、ほとんどの労働者に悪影響がみられないような大気中の物質濃度の時間加重平均値で、通常、労働時間が 8 時間/日及び 40 時間/週での値

第 11－3 表 発電所敷地内の有毒物質

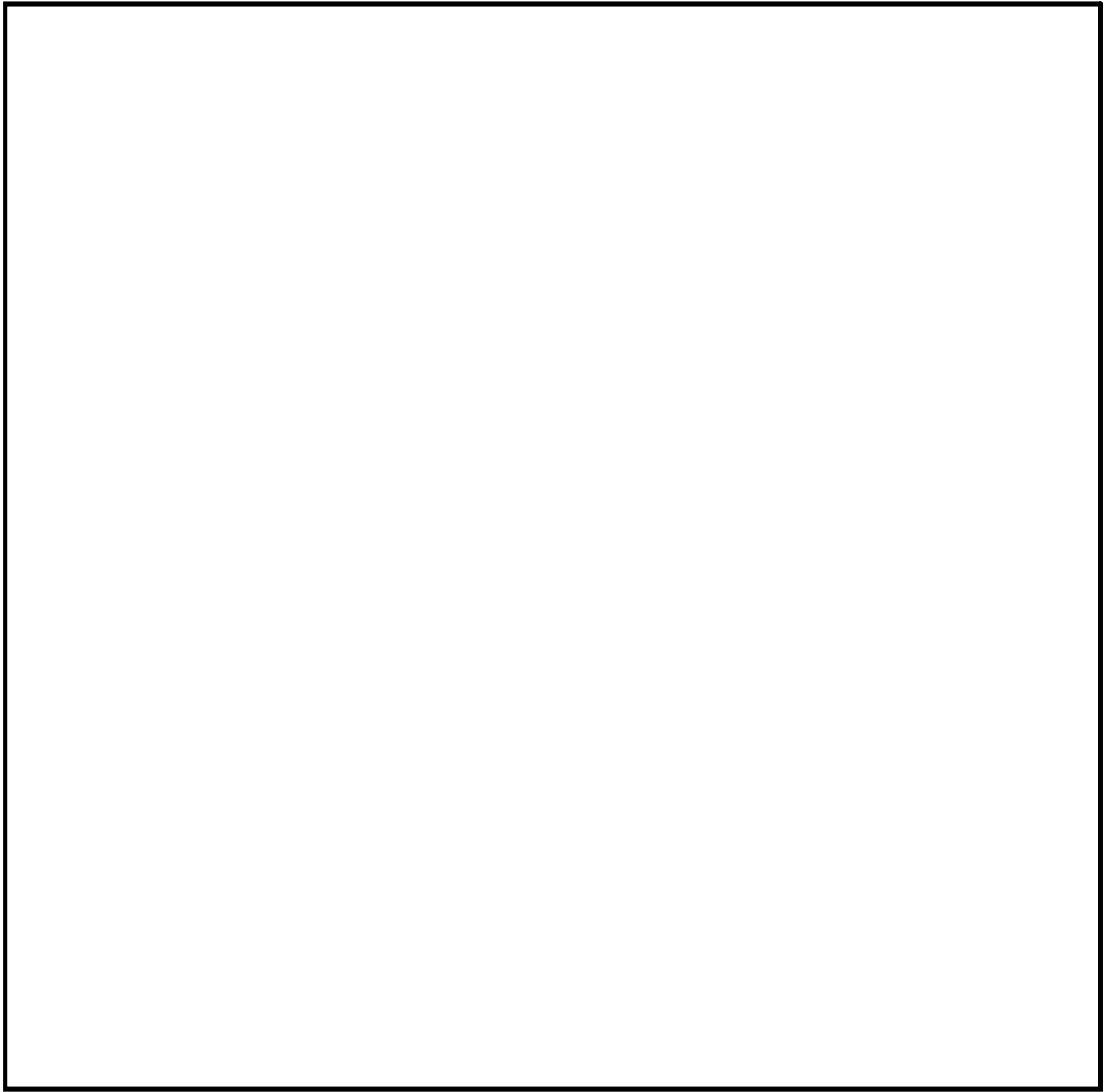
名称	内容物	容量	離隔距離※ ¹ [m]	
			中央制御室	緊急時 対策所
復水脱塩装置薬品エリア 硫酸貯蔵タンク	硫酸	50.0 [m ³]	112	319
復水脱塩装置薬品エリア 苛性ソーダ貯蔵タンク	苛性 ソーダ	50.0 [m ³]	104	319
廃棄物処理設備 屋外硫酸タンク	硫酸	0.6 [m ³]	65※ ²	391※ ²
給水処理設備薬品タンク 硫酸貯槽	硫酸	3.0 [m ³]	135	185
給水処理設備薬品タンク 苛性ソーダ貯槽	苛性 ソーダ	10.0 [m ³]	135	186
給水処理設備薬品タンク PAC貯槽	ポリ塩化アル ミニウム	6.0 [m ³]	132	189
熔融炉 アンモニアタンク	アンモニア	1.0 [m ³]	120※ ²	420※ ²
熔融炉 苛性ソーダタンク	苛性 ソーダ	3.0 [m ³]	117※ ²	420※ ²
取水口 硫酸第一鉄 注入タンク	硫酸	7.0 [m ³]	289	604
液体窒素貯蔵タンク	液体窒素	50.0 [m ³]	35	350
O ₂ 注入系ボンベ庫 炭酸ガスボンベ	炭酸ガス	30[kg]×12 本	90	290
主発電機ボンベ庫 炭酸ガスボンベ	炭酸ガス	30[kg]×40 本	100	370
主発電機予備ボンベ庫 炭酸ガスボンベ	炭酸ガス	30[kg]×30 本	130	410


※ 1 各発出源と換気系給気口までの距離。また、中央制御室換気系給気口は 2 箇所のうち、放出源に近い給気口までの距離を記載

※ 2 移設予定であるが、現設置箇所との離隔距離を記載。

第 11－4 表 評価対象物質及び固定施設名

評価対象物質	固定施設名
アンモニア	廃棄物処理建屋
液体窒素	原子炉建屋



は移設予定箇所を示す)

第 11－4 図 固定施設（屋外設備）の配置図

(3-3) 評価方法

(3-3-1) 有毒ガス影響評価（アンモニア）

(3-3-1-1) 評価の概要

影響評価については次の(a)～(c)を考慮し、貯蔵施設から放出された有毒ガスの中央制御室等換気系給気口における濃度（IDLH）を評価する。概要について第11-5図に示す。

(a) 貯蔵施設から流出した有毒物質の大気への放出率

敷地内の固定施設は一定水準の強度を確保して設計されていることから、現実的には損傷容器の損傷孔サイズはそれほど大きいものではなく、有毒物質水溶液の液溜りが広がるには時間を要するものと考えられる。しかし、本評価においては、保守的に貯蔵施設から流出した有毒物質水溶液の液溜りが瞬時に堰底面全体に広がった状態を想定して評価を行う。

液溜りから大気中への有毒物質の放出率は、有毒物質水溶液の液溜りが堰底面積全面に広がった状態で、液溜りからの蒸発及び堰内での上方への濃度拡散が最終的な定常状態にあるとして、拡散方程式に基づき評価する。

(b) 大気へ放出した有毒物質の大気拡散

有毒物質の濃度評価に用いる相対濃度（ χ/Q ）は、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の大気拡散の評価にしたがい、年間について小さい方から順に並べた累積出現頻度97%に当たる値を用いた。

(c) 中央制御室等における有毒物質の濃度評価

中央制御室等における濃度については、有毒物質の大気への放出率及び大気拡散の評価により、中央制御室等換気系給気口における有毒物質の最大濃度を評価し、判断基準と比較する。

(3-3-1-2) 大気放出率の算出方法

堰内での拡散による濃度分布は次式の拡散方程式を用いて計算できる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + w \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) + q$$

ここで,

$$q = Q / (A \cdot dz) \text{ ただし, } q = 0 \text{ for } z \neq 0$$

C : 濃度 [kg/m³]

w : 上向きの流れ [m/s]

D : 分子拡散係数 [m²/s]

z : 液面からの高さ [m]

q : 蒸発による付加項 [s⁻¹]

Q : 蒸発流量 [m³/s]

A : 液溜り面積 [m²]

定常状態では堰上端部付近での有毒ガスの濃度勾配に応じて単位時間当たり大気へ放出されることになるため、次式にて大気放出率を計算できる。

$$F = -D \frac{\partial C}{\partial z} A$$

F : 堰上端部からの大気放出率 [kg/s]

D : 分子拡散係数 [m²/s]

C : 濃度 [kg/m³]

z : 液面からの高さ [m]

A : 液溜り面積 [m²]

また、定常状態において堰上端部で濃度ゼロとなる濃度勾配は、液面から

の高さに比例して減少する。

そこで評価においては、液溜りが堰底面全面に広がった状態で、水溶液面直上での濃度が保守的に有毒ガスの飽和蒸気圧に相当する濃度であるとして、液溜りからの蒸発が定常状態になったときの大気放出率を以下のように計算する。

$$F=D \frac{C_{ps}}{z_0} A_0$$

$$C_{ps}=\frac{MP_s}{1000RT}$$

F : 堰上端部からの大気放出率[kg／s]

D : 分子拡散係数[m²／s]

C_{ps} : 水溶液面直上での濃度[kg／m³]

z₀ : 堰高さ[m]

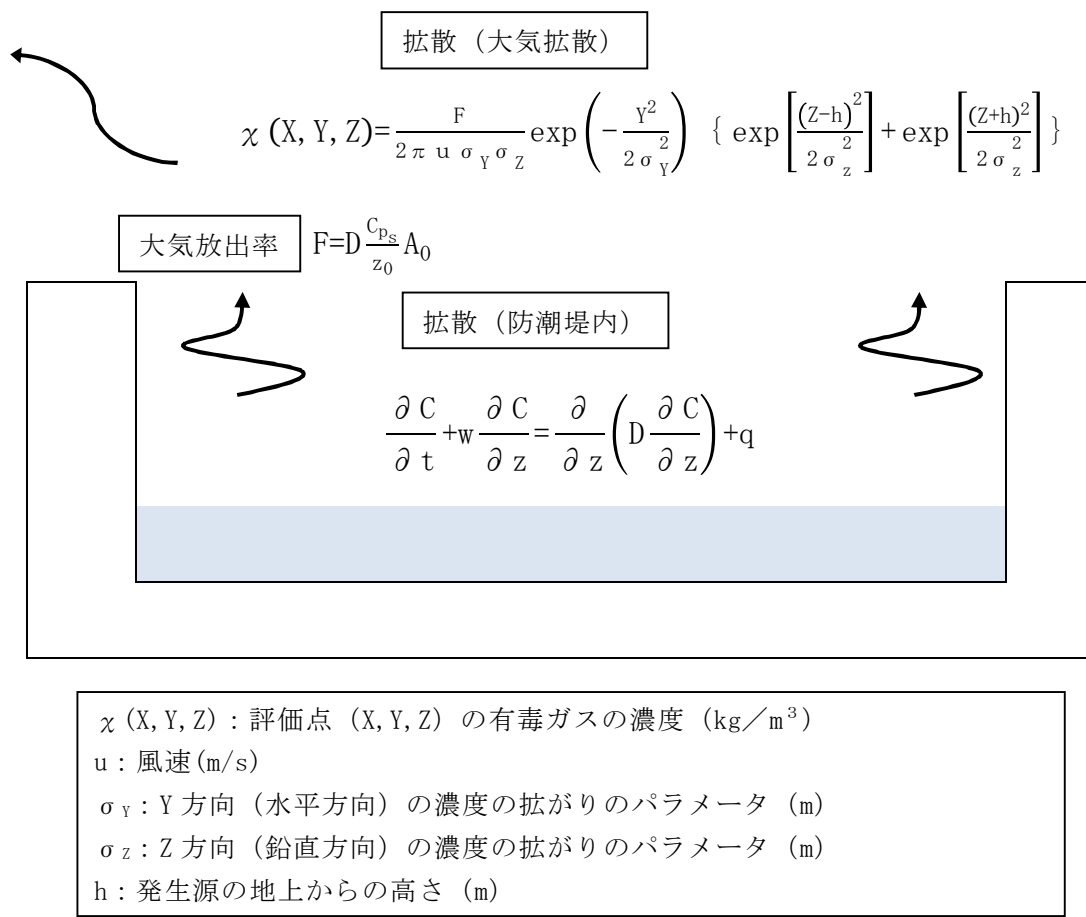
A₀ : 堰底面積[m²]

M : 分子量[g／mol]

P_s : 飽和蒸気圧[Pa]

R : 気体定数[8.314 m²kg／(s² K mol)]

T : 絶対温度[303 K]



第 11-5 図 有毒ガス大気放出の考え方

(3-3-1-3) 評価条件

放出率の評価条件を第 11-5 表，大気拡散評価の条件を第 11-6 表に示す。

第 11-5 表 放出率評価条件（アンモニア）

評価点	中央制御室 換気系給気口	緊急時対策所建屋 換気系給気口
離隔距離 [m]	120※1※2	420※2
タンク貯蔵量 [m ³]	1.0	
判断基準 [ppm]（IDLH：アンモニア）	300	

※1 中央制御室換気系給気口 2 箇所のうち，最短距離のものを記載

※2 現設置位置との離隔距離を記載。

第 11-6 表 大気拡散条件（アンモニア）

項目	評価条件	選定理由
大気拡散評価モデル	ガウスプルームモデル	審査ガイド※ ¹ に示されたとおり設定
気象データ	東海第二発電所における 1 年間の 1 時間ごとの気象データ（2005 年 4 月～2006 年 3 月）	建屋影響を受ける大気拡散評価を行うため地上風（地上高 10m）の気象データを使用 審査ガイドに示されたとおり，発電所において観測された 1 年間の気象データを使用
実効放出継続時間	1 時間	保守的に短期間である 1 時間と設定
放出源及び放出源高さ	放出源：廃棄物処理建屋 放出源高さ：地上 0m	審査ガイドに示されたとおり設定 ただし，放出エネルギーによる影響は未考慮
累積出現頻度	小さい方から累積して 97%	審査ガイドに示されたとおり設定
建屋巻き込み	考慮する	放出点から近距離の建屋の影響を受けるため，建屋による巻き込み現象を考慮
巻き込みを生じる代表建屋	廃棄物処理建屋	巻き込みの影響が最も大きい建屋として設定
濃度の評価点	中央制御室 緊急時対策所	審査ガイドに示されたとおり設定
着目方位	中央制御室：4 方位※ ² （W，WNW，NW，NNW） 緊急時対策所：2 方位※ ² （W，WNW）	審査ガイドに示された評価方法に基づき設定
建屋投影面積	1,400m ²	審査ガイドに示されたとおり設定
形状係数	1/2	内規※ ³ に示されたとおり設定

※ 1 実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド

※ 2 現設置位置との方位を記載。（移設予定箇所においても方位の増加はなし）

※ 3 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）

(3-3-1-4) 評価結果

アンモニアの漏えいを想定した場合の、中央制御室等換気系給気口における濃度の評価結果を第11-7表に示す。結果より、有毒ガスの濃度がIDLH以下であり問題ないことを確認した。

第11-7表 中央制御室等換気系給気口における有毒物質濃度（アンモニア）

評価点	中央制御室 換気系給気口	緊急時対策所建屋 換気系給気口
タンク貯蔵量[m ³]	1.0	
大気放出率[g/s]	2.68	
離隔距離[m]	120※1※2	420※2
相対濃度[s/m ²]	7.44×10^{-4} ※3	9.54×10^{-5} ※3
換気系給気口濃度[ppm]	2.62×10^0 ※3	3.36×10^{-1} ※3
判断基準 [ppm] (IDLH: アンモニア)	300	
評価結果	影響なし※4	影響なし※4

※1 中央制御室換気系給気口2箇所のうち、最短距離のものを記載

※2 現設置位置との離隔距離を記載。

※3 現設置位置での離隔距離等に基づいた計算値。

※4 移設後は、現設置位置よりも更に中央制御室等換気系給気口より離隔距離が長くなることから、その評価結果は、現設置位置での評価に包絡される。

(3-3-2) 窒素ガス影響評価（液体窒素）

(3-3-2-1) 評価概要

空気中濃度の計算には、以下の考え方で行う。

$$K_n = K_0 + M/V$$

K_n : 室内ガス濃度 [Vol%]

K_0 : 外気中のガス濃度 [Vol%]

M : ガス放出量 [m^3]

V : 空間体積 [m^3]

酸素欠乏等防止規則によると、酸素欠乏の定義を「空気中の酸素濃度が 18%未満の状態」としており、この値を下回ると吐き気、めまい、呼吸困難等の症状が現れることから、空気中のアルゴン等の組成 1%を考慮し、居住空間内での窒素濃度限界を 81.0Vol%とする。

また、初期状態における外気中の窒素ガス濃度を 78.0Vol%とする。評価の前提条件として、対象とする設備の窒素ガス放出量から窒素限界濃度に至る体積及びガス放出源からの距離を算出し、それが中央制御室等換気系給気口までの離隔距離未満であることを確認する。

液体窒素の場合、常温大気中に放出された窒素は急速に沸騰及び膨張し、それに伴い体積も数百倍程度に増加する。また、空気中に元々約 78%存在する窒素に対しては、蒸発により屋外で濃度差無く均一に拡散する挙動を示すことから、本評価においては、窒素ガスが半球状に一様に膨張すると仮定した。

液体窒素貯蔵タンクは、原子炉建屋近傍に設置している。貯蔵量は $50m^3$ である。評価条件を第 11-8 表に示す。

第 11－8 表 評価条件（窒素ガス）

項 目	数 値
K_n :室内ガス濃度[Vol%]	81.0
K_o :外気中のガス濃度[Vol%]	78.0
液体窒素貯蔵タンク貯蔵量[m ³]	50.0

(3－3－2－2) 評価結果

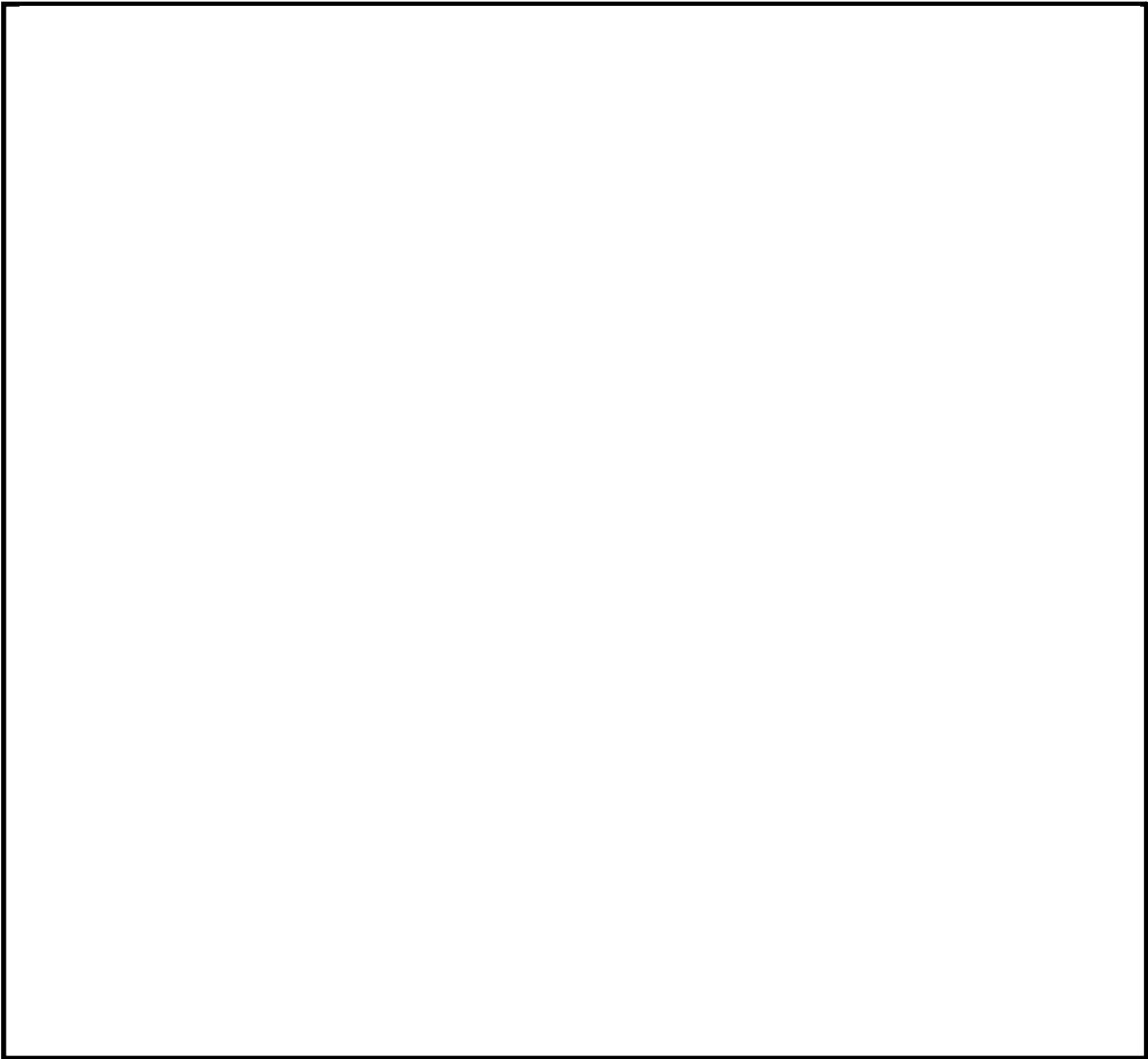
評価結果を第 11－9 表，酸欠雰囲気となる範囲を第 11－6 図に示す。液体窒素貯蔵タンクから液体窒素全量が漏えいした場合，窒素の体積は $3.5 \times 10^4 \text{m}^3$ となる。これが気体のフラッシュにより瞬時全量揮発したモデルとして半球上の領域に均一に拡散したと仮定すると，酸欠雰囲気（酸素分圧 18%以下）となる領域半径は約 82m となる。液体窒素貯蔵タンクから中央制御室換気系給気口までの離隔距離は約 35m であるが，中央制御室換気系の換気率（1 時間あたり 92%循環，8%入替）から，瞬時に酸欠には至ることとはない。

また，本評価では無風状態を想定している。風が吹いている場合を想定しても，風により拡散が促進され酸欠雰囲気となる領域半径はより小さくなること，中央制御室換気系給気口に到達した場合であっても，長時間中央制御室換気系給気口前面に留まる事はなく，中央制御室の空調バウンダリ内が窒息濃度となることは考え難い。

第 11－9 表 評価結果（窒素ガス）

評 価 点	中央制御室 換気系給気口	緊急時対策所建屋 換気系給気口
M : ガス放出量 [m ³] (25℃, 1atm)	3.5×10 ⁴	
危険距離 [m]	82	
離隔距離（液体窒素貯蔵タンク）[m]	35※ ¹	350
評価結果	影響なし※ ²	影響なし

- ※ 1 中央制御室換気系給気口 2 箇所のうち，最短距離のものを記載
- ※ 2 中央制御室換気系の換気率（1 時間あたり 92%循環，8%入替）から，瞬時に酸欠に至ることはなく，風による拡散効果から，中央制御室の空調バウンダリ内が窒息雰囲気になることは考え難い。



第 11－6 図 評価結果（窒素ガス）

(3-3-2-3) 大気拡散を考慮した評価

(3-3-2-2)においては、中央制御室等に窒素ガスが影響を与えないということを評価した。ここでは、中央制御室等の窒素ガス濃度について詳細に評価を行った。以下(a)～(c)に評価概要を示す。

(a) 液体窒素貯蔵タンクから流出した窒素ガスの大気への放出率

液体窒素貯蔵タンクに接続されている液相配管に設置された安全弁(20A)の開固着を想定する。窒素ガスの流出速度を算出する流出面積としては、保守的に最大径の配管から65Aとし、またフラッシュ率(瞬時気化率)を保守的に1と設定し、漏えいした液体窒素は瞬時に気化するとした。窒素ガスの流出速度は「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(消防庁特殊災害室, 平成25年3月)に示される液体流出の式において、 m^3/s から kg/s への換算のため液密度を乗じた下式で表される。

$$Q_L = c \rho s \sqrt{2gh + \frac{2(p-p_0)}{\rho}}$$

Q_L : 窒素ガス流出速度 [kg/s]

c : 流出係数 [-]

ρ : 窒素物質密度 [kg/m^3]

s : 流出面積 [m^2]

g : 重力加速度 [m/s^2]

h : 水位 [m]

p_0 : 大気圧 [Pa]

p : 容器内圧力 [Pa]

(b) 大気へ放出した窒素ガスの大気拡散

窒素物質の濃度評価に用いる相対濃度 (χ/Q) は、(3-3-1)と同様に「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」の大気拡散の評価に従い、年間について小さい方から順に並べた累積出現頻度 97%に当たる値を用いた。

(c) 中央制御室等における窒素ガスの濃度評価

中央制御室等の外側の窒素ガス濃度は、大気への放出率及び大気拡散の評価により、中央制御室等給気口における窒素ガスの最大濃度を評価した結果、換気系給気口における窒素濃度は、判定基準である 81.0%を下回ることを確認した。

評価条件を第 11-10 表に、大気拡散条件を第 11-11 表に、評価結果を第 11-12 表に示す。

第 11-10 表 評価条件（窒素ガス）

項 目	数 値
K_n :室内ガス濃度 [Vol%]	81.0
K_0 :外気中のガス濃度 [Vol%]	78.0
液体窒素貯蔵タンク貯蔵量 [m^3]	50.0
液体窒素漏えい面積 [m^2]	ϕ 23.9 (安全弁) ϕ 72.1 (最大径の配管)

第 11－11 表 大気拡散条件（窒素ガス）

項目	評価条件	選定理由
大気拡散評価モデル	ガウスプルームモデル	審査ガイド※ ¹ に示されたとおり設定
気象データ	東海第二発電所における 1 年間の 1 時間ごとの気象データ（2005 年 4 月～2006 年 3 月）	建屋影響を受ける大気拡散評価を行うため地上風（地上高 10m）の気象データを使用 審査ガイドに示されたとおり，発電所において観測された 1 年間の気象データを使用
実効放出継続時間	1 時間	保守的に短期間である 1 時間と設定
放出源及び放出源高さ	放出源：液体窒素貯蔵タンク 放出高さ：地上 0m	審査ガイドに示されたとおり設定 ただし，放出エネルギーによる影響は未考慮
累積出現頻度	小さい方から累積して 97%	審査ガイドに示されたとおり設定
建屋巻き込み	考慮する	放出点から近距離の建屋の影響を受けるため，建屋による巻き込み現象を考慮
巻き込みを生じる代表建屋	原子炉建屋	放出源であり，巻き込みの影響が最も大きい建屋として設定
濃度の評価点	中央制御室 緊急時対策所	審査ガイドに示されたとおり設定
着目方位	中央制御室：9 方位 (NE, NNE, N, NNW, NW, WNW, W, WSW, SW) 緊急時対策所：2 方位 (WSW, W)	審査ガイドに示された評価方法に基づき設定
建屋投影面積	3, 000m ²	審査ガイドに基づき，風向に垂直な投影面積のうち最も小さいもの（2, 706m ² ）に対し保守的に設定
形状係数	1/2	内規※ ² に示されたとおり設定

※ 1 実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド

※ 2 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）

第 11－12 表 中央制御室等換気系給気口における窒素ガス濃度評価

放 出 点	液体窒素貯蔵タンク	
評 価 点	中央制御室 換気系給気口	緊急時対策所建屋 換気系給気口
貯蔵量 [m ³]	50.0	
大気放出率 [kg/s]	37.7	
離隔距離 [m]	35※	350
相対濃度 [s/m ²]	7.38×10^{-4}	1.17×10^{-4}
換気系給気口濃度 [vol%]	78.4	78.1
室内最大濃度 [vol%]	78.4	78.1
判断基準 [vol%]	81.0	
評価結果	影響なし	影響なし

※ 中央制御室換気系給気口 2 箇所のうち，最短距離のものを記載

(4) 発電所敷地内の屋内設備からの影響

発電所の建屋内で貯蔵している有毒物質等については、逃がし安全弁駆動用窒素ガス及び消火用二酸化炭素ガスや、復水脱塩装置や廃液中和処理等で使用する硫酸等が挙げられる。

屋内貯蔵施設については、屋外設備と異なり外的衝撃力による損傷が想定しにくく、さらに国内の法規に従い貯蔵・管理されるとともに、万一漏えいが生じた場合でも各建屋の換気空調設備により十分に換気希釈されるため、建屋外の固定施設からの流出事故に包含されるものとして、対象から除外する。

また、分析等に使用する試薬については、その種類は多いものの、使用場所が限定されており、かつ適切に保管及び換気されていること、貯蔵量及び使用量が少ないことから、中央制御室等への影響は無い。

(5) 発電所敷地外の可動施設からの流出の影響評価

敷地外可動施設（陸上輸送，海上輸送）からの流出の影響について，以下のとおり評価し，中央制御室換気系給気口及び緊急時対策所建屋換気系給気口における有毒ガスの濃度がIDLH以下であり問題ないことを確認した。

なお，評価に当たっては，(3-3-1)に示した条件を参照，タンク内の液化塩素全量が流出に至った場合を想定し，評価を行った。

評価条件を第11-13表に，大気拡散条件を第11-14表に，評価結果を第11-15表に示す。

第11-13表 評価条件

放出対象	積載量	IDLH
タンクローリ	10t 液化塩素 (有毒物質を運搬するタンクローリの最大容量)	10
ケミカルタンカー	300t 液化塩素 (国内に現存するタンカーの最大容量)	10

第 11－14 表 大気拡散条件（液化塩素）

項目	評価条件		選定理由
	タンクローリ	ケミカルタンカー	
大気拡散評価モデル	ガウスプルームモデル		審査ガイド※ ¹ に示されたとおり設定
気象データ	東海第二発電所における 1 年間の 1 時間ごとの気象データ（2005 年 4 月～2006 年 3 月）		建屋影響を受ける大気拡散評価を行うため地上風（地上高 10m）の気象データを使用 審査ガイドに示されたとおり，発電所において観測された 1 年間の気象データを使用
実効放出継続時間	1 時間		保守的に短期間である 1 時間と設定
放出源及び放出源高さ	放出源：国道 2 4 5 号線 放出源高さ：地上 1m	放出源：港湾 放出源高さ：地上 1m	
累積出現頻度	小さい方から累積して 97%		審査ガイドに示されたとおり設定
建屋巻き込み	考慮する		放出点から近距離の建屋の影響を受けるため，建屋による巻き込み現象を考慮
巻き込みを生じる代表建屋	中央制御室 ：原子炉建屋 緊急時対策所 ：緊急時対策所建屋	中央制御室 ：原子炉建屋 緊急時対策所 ：緊急時対策所建屋	巻き込みの影響が最も大きい建屋として設定
濃度の評価点	中央制御室 緊急時対策所		審査ガイドに示されたとおり設定
着目方位	中央制御室 ：2 方位 (E, ESE) 緊急時対策所 ：2 方位 (ESE, SE)	中央制御室 ：2 方位 (W, WNW) 緊急時対策所 ：2 方位 (W, WSW)	審査ガイドに示された評価方法に基づき設定
建屋投影面積	原子炉建屋：3,000m ² 緊急時対策所建屋：800m ²		審査ガイドに示されたとおり設定
形状係数	1/2		内規※ ² に示されたとおり設定

※ 1 実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド

※ 2 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）

第 11－15 表 中央制御室等換気系給気口における有毒物質濃度評価
(液化塩素)

放出点	タンクローリ		ケミカルタンカー	
評価点	中央制御室 換気系給気口	緊急時対策所 建屋 換気系給気口	中央制御室 換気系給気口	緊急時対策所 建屋 換気系給気口
タンク貯蔵量 [m ³]	10.0		300	
大気放出率 [g/s]	2.27		6.81×10^1	
離隔距離 [m]	490m※	230m	740m※	1060m
相対濃度 [s/m ²]	3.46×10^{-4}	1.15×10^{-3}	3.49×10^{-5}	3.22×10^{-5}
換気系給気口濃度 [ppm]	0.248	0.825	0.751	0.693
判断基準 [ppm] (IDLH：液化塩素)	10			
評価結果	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし

※ 中央制御室換気系給気口 2 箇所のうち，最短距離のものを記載

(6) 隣接施設の固定施設からの流出の影響

発電所の近隣に設置されている有害物質の貯蔵状況を調査した結果、敷地の南側約 1km にアンモニアの貯蔵施設が設置されていることを確認した。また、この貯蔵施設の容量は、当発電所にて設置している溶融炉アンモニアタンクより小さいことを確認した。

溶融炉アンモニアタンクと中央制御室との離隔距離 120m より離隔距離が大きいこと、貯蔵されている有毒物質の容量は溶融炉アンモニアタンクの容量 1.0m^3 より少ないことから、(3-3-1)にて評価した有毒物質濃度（アンモニア）に包絡されることを確認した。

また、発電所の近隣における屋内貯蔵施設については、屋外設備と異なり外的衝撃力による損傷が想定しにくく、さらに国内の法規に従い貯蔵・管理されるとともに、万一漏えいが生じた場合でも各建屋の換気空調系により十分に換気希釈されるため、建屋外の固定施設からの流出事故に包絡されるものとして、対象から除外する。

12. 船舶の衝突影響評価について

(1) 基本方針

発電所近傍で船舶が漂流した場合でも、敷地前面の防波堤に衝突して止まるものと考えられるため、取水性を損なうことはない。万が一、カーテンウォール前面に小型船舶が到達した場合であっても、呑み口は広く、取水性を損なうことはない。

船舶の座礁により重油流出事故が発生した場合に、カーテンウォールにより低層から取水することによって、残留熱除去系海水系及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）海水系（以下「非常用海水系」という。）の取水性を損なうことはない。また、必要に応じてオイルフェンスを設置する措置を講じる。

なお、津波発生時の漂流船舶による影響については、「第五条（津波による損傷の防止）」において取り扱う。

(2) 敷地前面の航路について

発電所周辺の海上交通としては、発電所の北方約 3km に茨城港日立港区、南方約 6km に茨城港常陸那珂港区、南方約 18km に茨城港大洗港区があり、それぞれ日立－鉏路間、常陸那珂－苫小牧間、常陸那珂－北九州間、大洗－苫小牧間等の定期航路があるが、航路は発電所から十分な離隔距離が確保されている。最も近い航路として、茨城港日立港区－茨城港常陸那珂港区間の航路とは、約 1.4km 離れているが、発電所から十分な離隔距離が確保されており、航路を通行する船舶が漂流した場合であっても、敷地に到達する可能性は低く、取水性を損なうことはない。（第 12-1 図及び第 12-2 図参照）

(3) 船舶の衝突による影響

航路外の船舶として、発電所周辺の船舶の影響評価を実施する。評価対象の船舶としては、「第五条（津波による損傷の防止）」において抽出した船舶とする。

「第五条（津波による損傷の防止）」における漂流物の影響評価対象は、発電所周辺で漂流する可能性のある構内（港湾内）の船舶として、使用済燃料輸送船、低レベル放射性廃棄物運搬船（以下「燃料等輸送船」という。）、浚渫船、構外（港湾外）の船舶として、茨城県日立港区に寄港する運搬船等及び常陸那珂火力発電所に寄港する石炭船等（以下「運搬船等」という。）、発電所沖合で操業する漁船等である。本条においても同様に、これら発電所周辺で漂流する可能性のある船舶とし、船舶の衝突についての影響評価を実施する。

構内の船舶については、港湾内で事故が発生した場合でも、カーテンウォールにより阻害されること、取水口は呑み口が広い（幅約 40m）ことから、取水性を損なうことはない。なお、異常気象・海象時、荒天が予想される場合には、必要に応じて、入港の中止、緊急退避等の措置をとることとしている。

構外の船舶については、荒天等により漂流に至るような場合であっても、投錨等の対応をとることが可能であると考えられるため、取水口に到達することはない。また、運搬船等の喫水は 11.5m であるが、発電所周辺では沖合 900m で水深 11m となり、取水口に到達することはない。喫水の浅い小型船舶の漂流を仮定した場合であっても、防波堤に衝突し止まることで、取水口に到達することはない。（第 12-3 図参照）

万が一防波堤を通過し、カーテンウォール前面に漁船等の小型船舶（全長が約 20m×全幅約 5m、満水時の喫水約 2m の船舶）が到達した場合でも、カ

カーテンウォールにより阻害されること、呑み口は広いことから、小型船舶により取水性を損なうことはない。(第 12-4 図及び第 12-5 図参照)

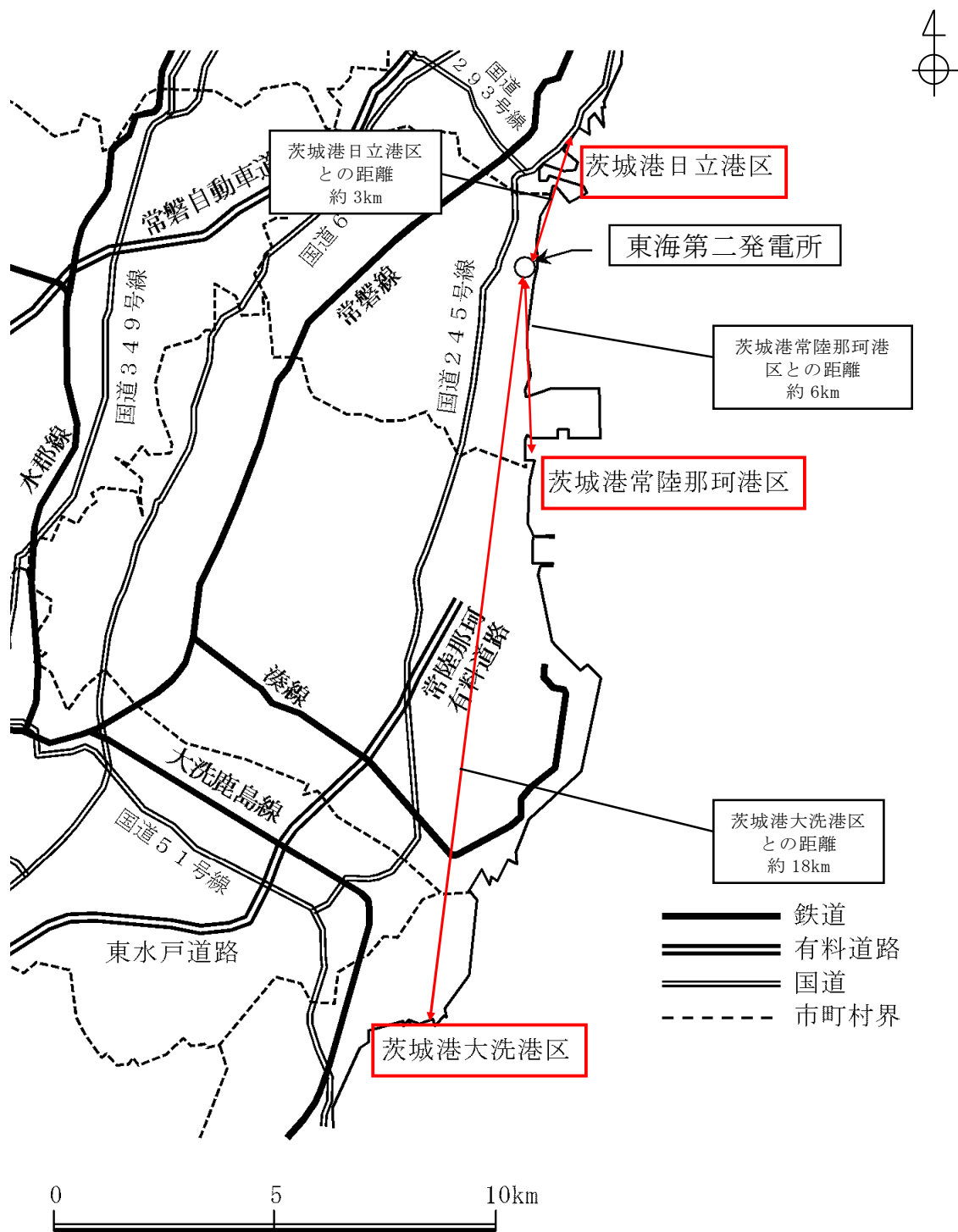
以上のことから、船舶の衝突により取水性を損なうことはない。

(4) 重油の流出による影響

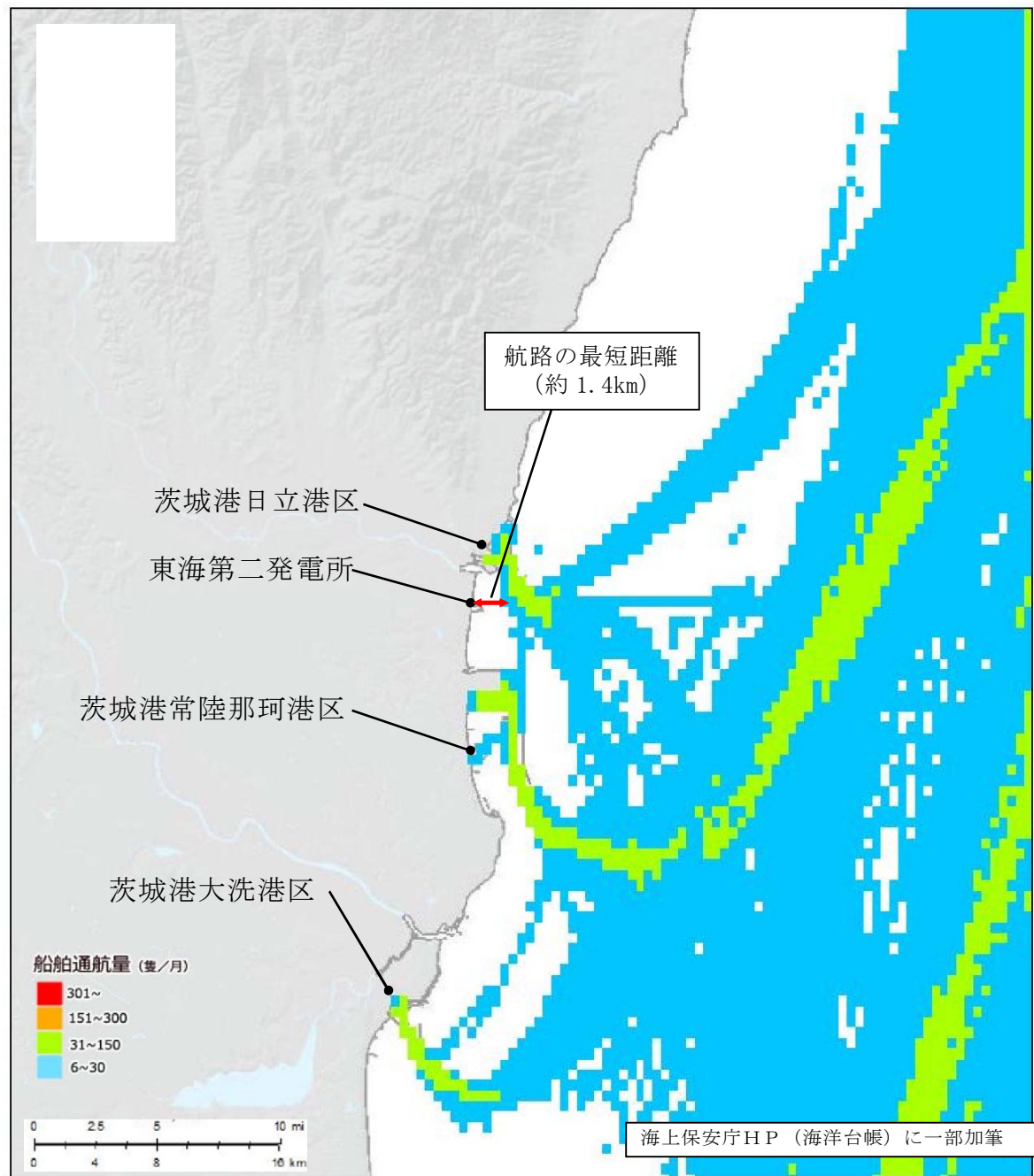
船舶の座礁により重油流出事故が発生した場合において、海水取水はカーテンウォールが設置されていることにより、取水口の低層から取水されるため、取水への油の混入の可能性は低く、非常用海水系の取水性を損なうことはない。また、必要に応じてオイルフェンスを設置する措置を講じる。

なお、外部火災影響評価では、漂流船舶の重油漏えいに対する検討として、発電所港湾内で漂流船舶が出火し油が流出したとしても、港湾内の取水口にはカーテンウォールが設置されており、深層取水していることから発電用原子炉施設（海水ポンプ）への影響はない。なお、発電所港湾外で船舶の油が流出した場合は、油の流出を確認し次第、速やかにオイルフェンスを設置し、発電用原子炉施設への影響がないよう対応している。

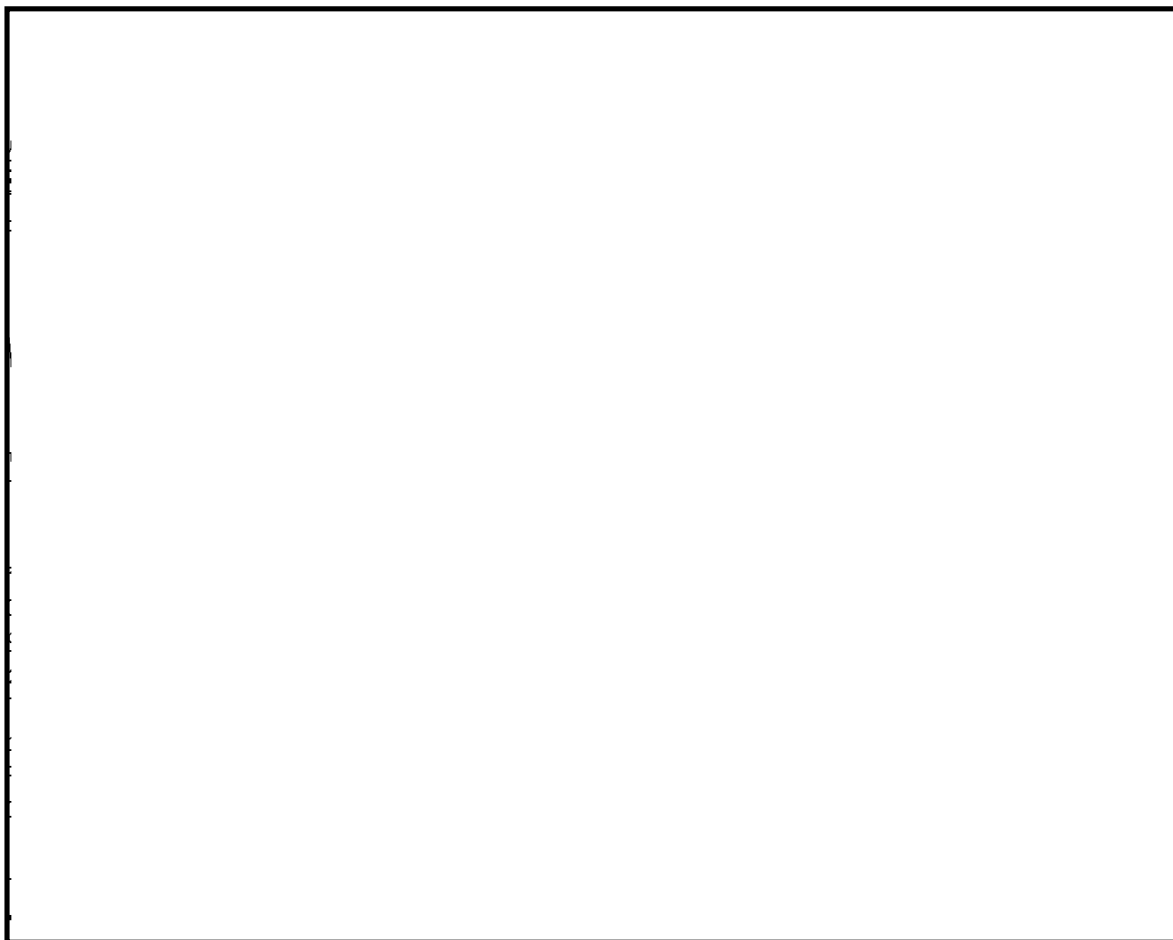
以上のことから、重油流出により取水性を損なうことはない。



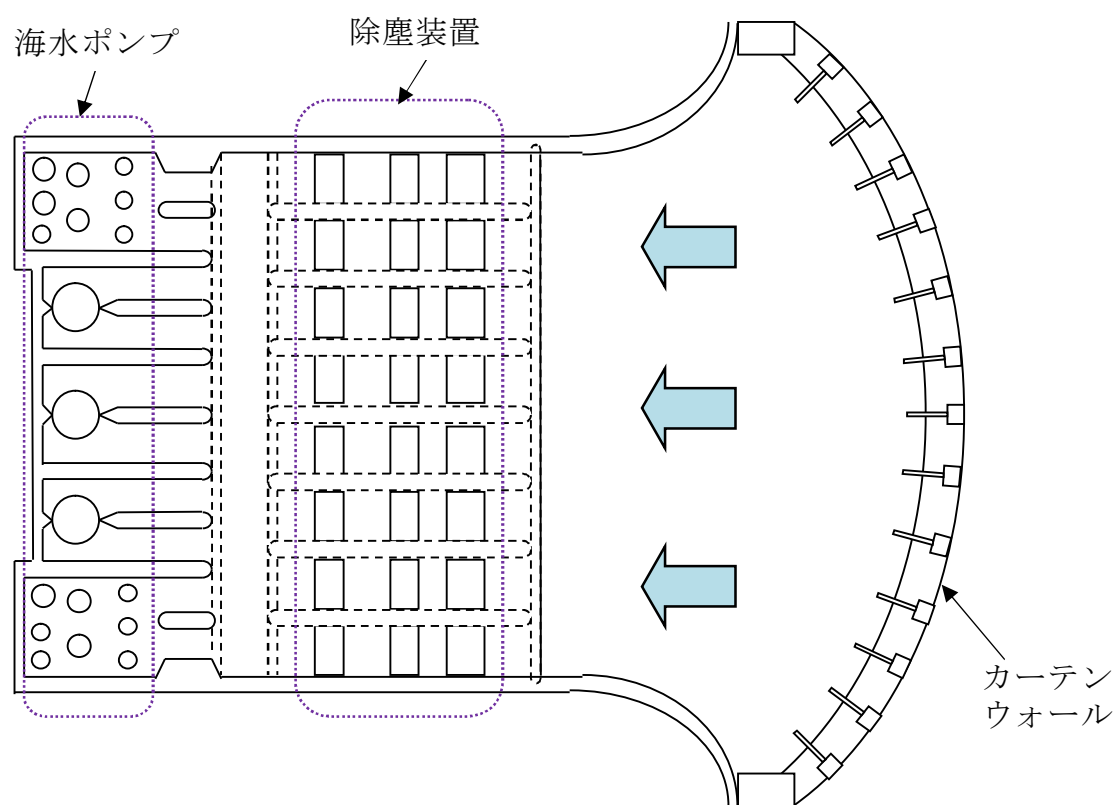
第 12-1 図 東海第二発電所周辺の港湾



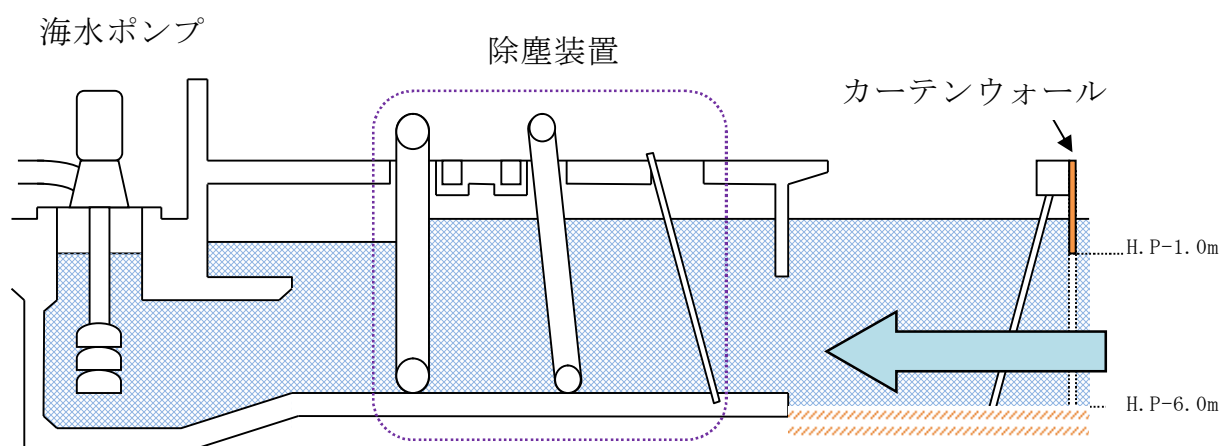
第 12-2 図 発電所周辺の航路



第 12－3 図 取水口及び防波堤の位置



第 12-4 図 取水口～取水ピット平面図



第 12-5 図 取水口～取水ピット断面図

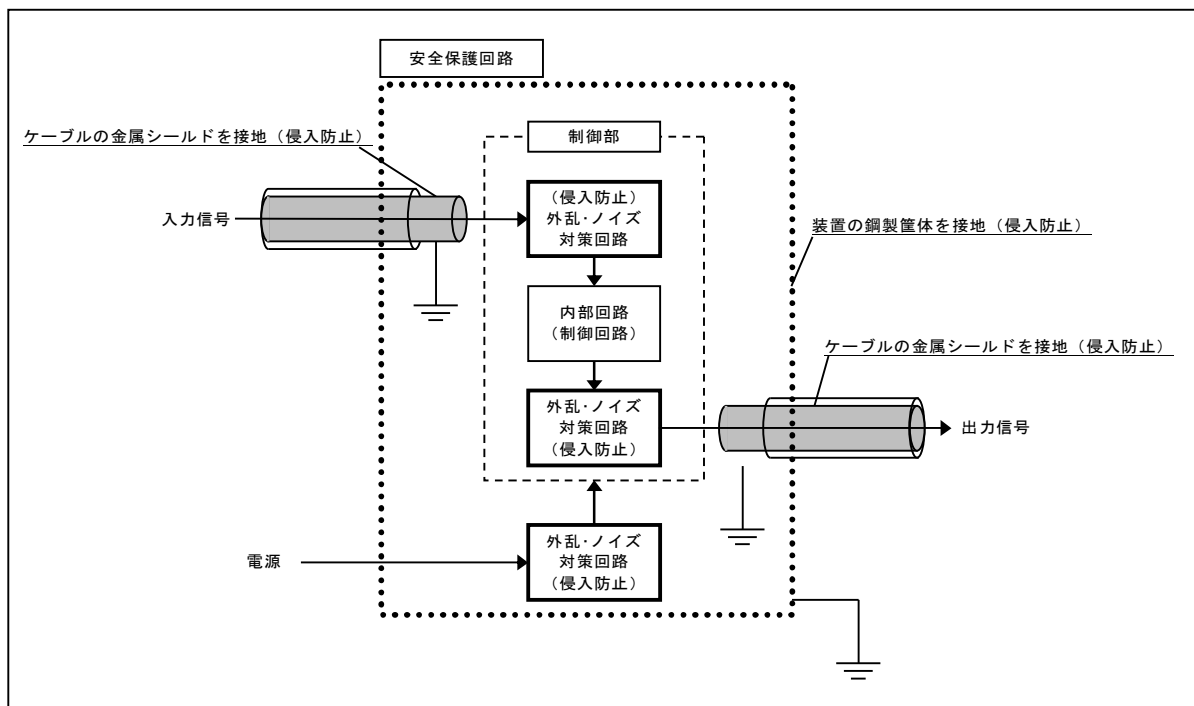
13. 安全保護回路の主なサージ・ノイズ，電磁波対策について

(1) 概要

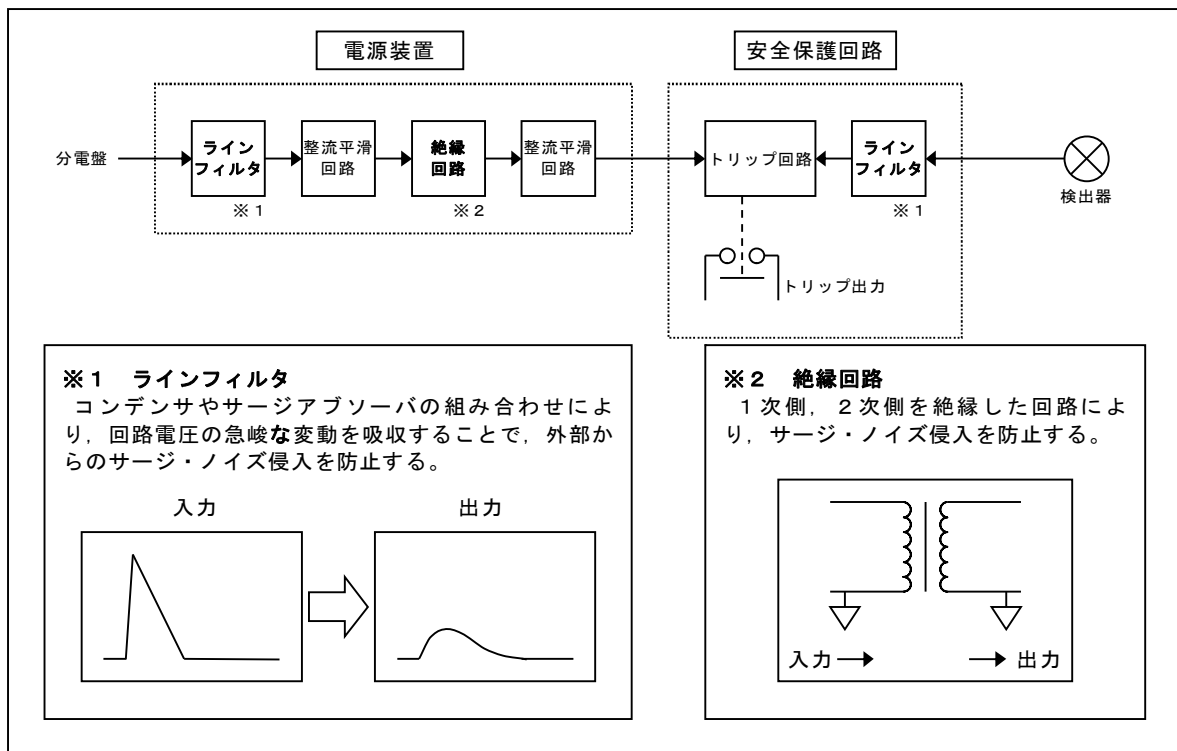
電磁的障害には，電磁波やサージ・ノイズの侵入があり，これらは低電圧の計測制御回路に対して影響を及ぼすおそれがあるため，安全保護回路を構成する計測制御回路は，J E C 210-1981（低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準）に基づく絶縁耐力を有する設計とする。

また，鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルの適用により電磁波の侵入を防止するとともに，ラインフィルタや絶縁回路の設置によりサージ・ノイズの侵入を防止する。

（第 13－1 図，第 13－2 図参照）



第 13－1 図 安全保護回路に対する電磁波侵入防止策の概要



第 13-2 図 安全保護回路に対するサージ・ノイズ対策の概要

(2) サージ・ノイズ，電磁波に対する具体策

計測制御回路を構成する計装盤及びケーブルは，原則として以下の設計とする。

a. サージ・ノイズ対策

(a) 電源回路

計装盤へ入線する電源受電部にサージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタを設置し，外部からのサージ・ノイズの侵入を防止する設計とする。

(b) 信号入出力回路

外部からの信号入出力部に，サージ・ノイズ対策回路としてラインフィルタや絶縁回路を設置し，外部からのサージ・ノイズの侵入を防止する設計とする。

b. 電磁波対策

(a) 筐体

計装盤の制御部，演算部は鋼製の筐体に格納し，筐体は接地することで電磁波の侵入を防止する設計とする。

(b) ケーブル

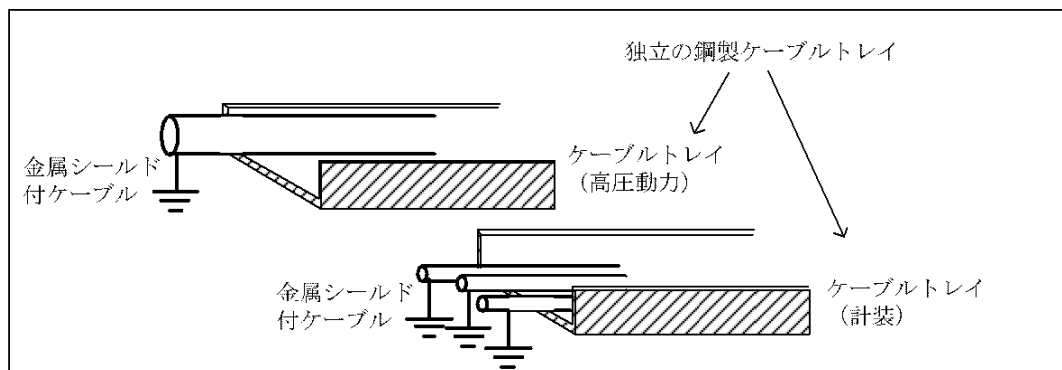
ケーブルは全て金属シールド付ケーブルを使用し，金属シールドは接地して電磁波の侵入を防止する設計とする。

(3) 電磁波等の発生源に対する対策

サージ・ノイズや電磁波に対して，計装盤は侵入を防止する設計としているが，さらに中央制御室や計装盤室では無線機器の使用を制限している。

また，高圧動力ケーブルは金属シールド付とするとともに，計装ケーブルとは別の鋼製ケーブルトレイに布設することで，高圧動力回路に地絡等が生じた場合に計装回路への電磁的影響を及ぼさない設計としている。

(第 13-3 図参照)



第 13-3 図 電磁波等の発生源に対する対策の概要

(4) 安全保護回路の耐ノイズ，耐サージ及び耐電圧性能

安全保護回路の耐ノイズ，耐サージ及び耐電圧性能については，信号入

力部に AC500V 1 分間，電源に 4.5kV インパルス電圧を印加して耐性を確認している。

14. 設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組合せについて

(1) 組合せを検討する自然現象の抽出

荷重の組合せを検討する事象は、国内外の基準を基に発電所敷地で想定される自然現象 14 事象のうち、荷重により安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される地震、積雪、津波、火山の影響、風（台風）及び竜巻の 6 事象である。

(2) 荷重の性質

地震、積雪、津波、火山の影響、風（台風）及び竜巻による荷重のうち、地震、津波、火山の影響及び竜巻による設計基準規模事象の荷重は、発生頻度が低い偶発的荷重であり、発生すると荷重が比較的大きいことから、設計用の主荷重として扱う。

これらの主荷重に対し、積雪及び風（台風）については、発生頻度が主荷重と比べ高い変動的荷重であり、荷重は主荷重に比べ小さい※ことから、従荷重として扱う。

主荷重及び従荷重の性質を第14-1表に示す。荷重の大きさについては、主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的となる。最大荷重の継続時間については、地震、津波、風（台風）及び竜巻は最大荷重の継続時間が短い。これに対し、積雪及び火山の影響は、一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するため、最大荷重の継続時間が長い。発生頻度については、主荷重は従荷重と比較して発生頻度が非常に低い。

※ コンクリート構造物等、自重が大きい施設の場合。

第 14－1 表 荷重の影響モードをもつ自然現象の特徴

荷重の種類		荷重の大きさ	最大荷重の継続時間	発生頻度 (/年)
主 荷 重	基準地震	特大	短 (30 秒程度)	5.0×10^{-4}
	基準津波	特大	短 (15 分程度)	2.0×10^{-4}
	設計竜巻	大	短 (10 分程度)	2.1×10^{-6}
	火山の影響	大	長 (30 日程度)	2.2×10^{-5} ※1
従 荷 重	風 (台風)	小	短 (10 分程度)	2.0×10^{-2} ※2
	積雪	小	長 (1 週間程度)	2.0×10^{-2} ※2

※1：東海第二発電所敷地周辺に降下火砕物の有意な堆積が確認された 4 万 5000 年前の赤城山の噴火を考慮

※2：50 年再現期待値

以下、主荷重同士の組合せ及び主荷重と従荷重の組合せについて検討する。

(3) 主荷重同士の組合せ

主荷重同士の組合せ要否について検討を行った。第 14－2 表に主荷重同士の組合せの検討結果を示す。

第 14－2 表 主荷重同士の組合せ (1/2)

事象	組合せの要否
基準地震と 基準津波	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動の震源と基準津波震源は異なることから、独立事象として扱うことが可能であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低いことから、組合せを考慮する必要はない。 ・基準地震動の震源からの本震と当該本震に伴う津波は、伝搬速度が異なり同時に敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。ただし、当該地震に伴う津波と余震は同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。 ・基準津波の波源を震源とする本震と基準津波は、伝搬速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、組合せを考慮する必要はない。ただし、基準津波と基準津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。

第 14-2 表 主荷重同士の組合せ (2/2)

事象	組合せの要否
基準地震と設計竜巻	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基準地震と設計竜巻は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低いことから、組合せを考慮する必要はない。
基準地震と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・ 降下火砕物以外の火山事象（火山性地震を含む）は東海第二発電所に影響を及ぼさないことを確認しているため、降下火砕物の荷重のみを考慮する。 ・ 基準地震動の震源と火山とは十分な距離があることから独立事象として扱うことが可能であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、多くの火山では、噴火前に震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。 ・ なお、火山性地震については、火山と敷地は十分な距離があることから、火山性地震とこれに関連する事象による影響はないため、組合せを考慮する必要はない。
基準津波と設計竜巻	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基準津波と設計竜巻は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、設計竜巻により津波防護設備が損傷した場合は、プラントを停止し修復を行うことから、組合せを考慮する必要はない。
基準津波と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・ 降下火砕物以外の火山事象（火山性地震を含む）は東海第二発電所に影響を及ぼさないことを確認しているため、降下火砕物の荷重のみを考慮する。 ・ 基準津波の波源と火山とは十分な距離があることから独立事象として扱うことが可能であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、多くの火山では、噴火前に震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。 ・ なお、敷地周辺において、火山事象による歴史津波の記録はなく、海底活火山の存在も認められないことから、火山事象に起因する津波について、敷地への影響はないため、組合せを考慮する必要はない。
設計竜巻と火山の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・ 降下火砕物以外の火山事象（火山性地震を含む）は東海第二発電所に影響を及ぼさないことを確認しているため、降下火砕物の荷重のみを考慮する。 ・ 設計竜巻と火山事象（降下火砕物）は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、多くの火山では、噴火前に震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。

(4) 主荷重と従荷重の組合せ

主荷重と従荷重の組合せ要否について検討を行った。第 14-3 表に主荷重と従荷重の組合せの検討結果を示す。

第 14-3 表 主荷重と従荷重の組合せ

事象	組合せの要否
基準地震と風（台風）、積雪	<ul style="list-style-type: none">・基準地震と風（台風）は、各々の継続時間が短く同時に最大荷重が発生する確率は低いですが、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。・基準地震と積雪は、積雪荷重の継続時間が長いため、適切に組合せを考慮する。
基準津波と風（台風）、積雪	<ul style="list-style-type: none">・基準津波と風（台風）は、各々の継続時間が短く同時に最大荷重が発生する確率は低いですが、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。・基準津波と積雪は、積雪荷重の継続時間が長いため、適切に組合せを考慮する。
設計竜巻と風（台風）、積雪	<ul style="list-style-type: none">・設計竜巻と風（台風）は、設計竜巻の風荷重に影響は包含されるため、組合せを考慮する必要はない。・設計竜巻と積雪は、設計竜巻による風圧によって積雪荷重が緩和されることから、組合せを考慮する必要はない。
火山の影響と風（台風）、積雪	<ul style="list-style-type: none">・火山の影響の継続時間は他の主荷重と比較して長いため、降下火砕物に対しては、風（台風）及び積雪の荷重が同時に発生することを想定し、適切に組合せを考慮する。

基準地震又は基準津波と風及び積雪については、

- ①基準地震又は基準津波と風は、それぞれ最大荷重の継続時間が短く同時に発生する確率は低く、積雪が加わる確率はさらに低くなること
- ②主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的であることを踏まえると、主荷重と従荷重の組合せに対し、さらに従荷重を組み合わせたとしても、その影響は比較的小さいと考えられること
- ③風及び積雪には予見性があるため、積雪は緩和措置、風及び積雪は必要に

応じてプラント停止措置を講じることが可能であることから、組合せを考慮する必要はない。

(5) 荷重の組合せ検討結果

(3) 及び (4) の検討結果から、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する設計条件を耐震設計、耐津波設計、耐竜巻設計及び耐火山設計に分類し、考慮する荷重の組合せを第 14-4 表のとおり整理した。

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する設計においては、第 14-4 表の組合せを適切に考慮する。

第 14-4 表 各設計における荷重の組合せ

○：組合せ要，×：組合せ不要

	主荷重				従荷重	
	地震	津波	竜巻	火山の影響	風（台風）	積雪
耐震設計		×	×	×	○※2, 4	○※3, 4
耐津波設計	○※1		×	×	○※2, 4	○※3, 4
耐竜巻設計	×	×		×	×	×
耐火山設計	×	×	×		○※2, 5	○※3, 5

※1：基準津波と地震の組合せでは、基準津波と基準津波の波源を震源とする余震による地震力を考慮

※2：風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設について組合せを考慮

※3：施設の形状、配置により適切に考慮

※4：主荷重と従荷重（風（台風）及び積雪）の荷重の組合せは不要

※5：風（台風）及び積雪の荷重が同時に発生することを想定し、適切に組合せを考慮

(6) 設計上考慮する荷重について

荷重の組合せ時に使用する各事象の荷重を第 14－5 表に示す。

各荷重においては施設の形状，構造，配置により適切に組み合わせる。

第 14－5 表 設計上考慮する荷重

	組合せ荷重
耐震設計	基準地震動 S_s による地震力＋風荷重 ^{※1} 基準地震動 S_s による地震力＋積雪荷重 ^{※2}
耐津波設計	基準津波の波力＋基準津波の波源を震源とする余震による地震力＋風荷重 ^{※1} 基準津波の波力＋基準津波の波源を震源とする余震による地震力＋積雪荷重 ^{※2}
耐火山設計	降下火砕物堆積荷重 ^{※3} ＋風荷重 ^{※1} ＋積雪荷重 ^{※2}

※ 1：建設省告示第 1454 号に定められた基準風速 30m/s から算出。

※ 2：東海村における垂直積雪量 30cm。

但し，建築基準法施行令を準拠する場合は，係数 0.35 を考慮することが可能。

※ 3：堆積量 50cm，降下火砕物密度 1.5g/cm³ から算出。

(参考) 建築基準法施行令 抜粋

建築基準法施行令における組合せの荷重の考え方を第 14-6 表に示す。東海第二発電所が立地する東海村は多雪区域外であり，暴風時，地震時に積雪荷重を組み合わせる必要はないが，保守的に多雪区域と同様な荷重の組合せを考慮する。

第 14-6 表 建築基準法施行令による荷重の組合せ

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	一般の場合	第 86 条第 2 項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合
長期に生ずる力	常時	$G + P$	$G + P$
	積雪時		$G + P + 0.7 S$
短期に生ずる力	積雪時	$G + P + S$	$G + P + S$
	暴風時	$G + P + W$	$G + P + 0.35 S + W$
	地震時	$G + P + K$	$G + P + 0.35 S + K$

G：建築基準法施行令第 84 条に規定する固定荷重によって生ずる力

P：建築基準法施行令第 85 条に規定する積載荷重によって生ずる力

S：建築基準法施行令第 86 条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W：建築基準法施行令第 87 条に規定する風圧力によって生ずる力

K：建築基準法施行令第 88 条に規定する地震力によって生ずる力

15. 比較的短期での気象変動に対する考慮について

(1) 気象変動に対する考慮

設計基準設定の際には、①規格・基準類からの要求、②観測記録より、地域性を考慮した値としているが、これらは過去の経験データに基づいた設定と言える。

基本的にプラント寿命は、大規模な気候変動の周期よりも短いと考えられるが、各自然現象について将来的な気候変動により厳しい傾向となることは否定できない。そのため、過去の経験データを用いて、将来的なハザードを予測するという点については十分な吟味が必要であり、特にプラント寿命の間に変化が予想される事象については、最新のデータ・知見をもって気候変動の影響に注視し、必要に応じて設計基準の見直し等の配慮を行う必要がある。

一般的に、将来的な気候変動として現時点でも予想されるものとしては地球温暖化が挙げられ、地球温暖化が進行した際には、気温上昇や台風の強度が強まる傾向が考えられる。一方で、東海第二発電所周辺の地域特性が反映された気候変動を把握する観点から、最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）の過去数十年の観測記録を確認（第15-1図参照）し、以下のとおり考察した。

- ・降水量は、増加傾向が見受けられるものの、設計基準降水量と比較して余裕のあるものである。
- ・積雪深は、有意な増加傾向は見受けられない。
- ・風速は、最大風速では、有意な増加（又は台風の強度が強まる。）傾向は見受けられない。

最大瞬間風速では、増加傾向が見受けられるものの、設計竜巻の最大風

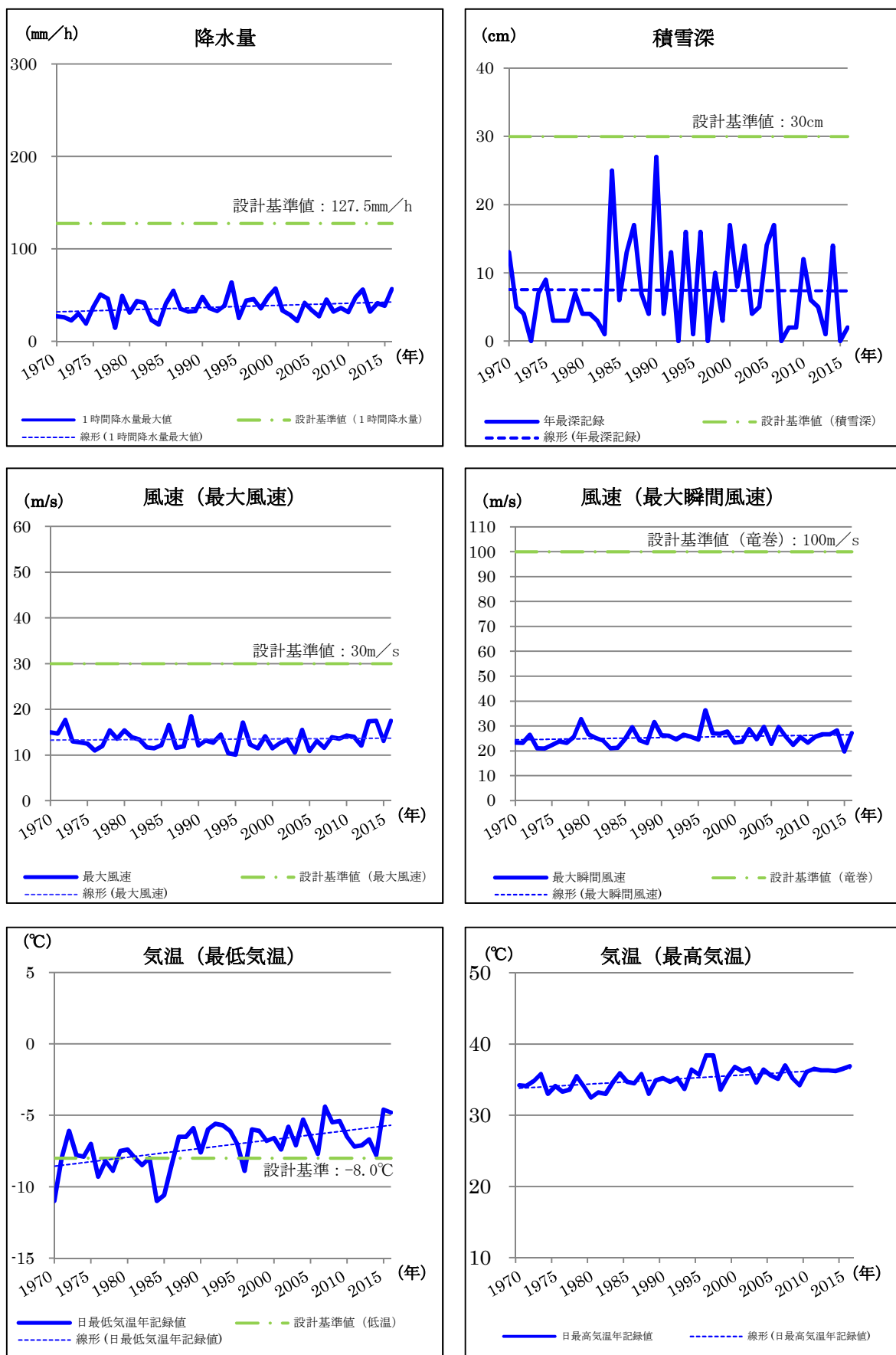
速 100m/s を想定しており、観測記録はこれに十分包絡される。

- ・気温は、最低気温では、上昇傾向が見受けられるものの、設計基準に対して緩やかになる方向である。

最高気温では、若干の上昇傾向が見受けられるものの、設備の機能に悪影響を与えるようなレベルの気温上昇ではなく、安全施設への影響はないと判断した。

これらのことから、過去数十年の東海第二発電所周辺の気候変動の記録からは、降水量、最大瞬間風速及び最高気温・最低気温は増加・上昇の傾向が確認されたものの、安全施設への影響はないことを確認している。

ただし、気候変動を完全に予測することは難しいため、今後も最新のデータ・知見をもって気候変動の影響に注視し、必要に応じて設計基準の見直し等を実施していくものとする。



第 15-1 図 気候トレンド（水戸地方気象台観測記録）

16. 設計基準事故時に生ずる応力の考慮について

重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象（地震及び津波を除く。以下同じ。）により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせて設計する。

なお、過去の記録、現地調査の結果、最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象は、設置許可基準規則第六条第1項において選定した自然現象に含まれる。また、重要安全施設を含む安全施設は、設置許可基準規則第六条第1項において選定した自然現象又はその組合せにより、安全機能を損なわない設計としている。安全機能が損なわれなければ設計基準事故に至らないため、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象又はその組合せと設計基準事故に因果関係はない。

したがって、因果関係の観点からは、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を組み合わせる必要はなく、重要安全施設は、個々の事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

また、重要安全施設は、設計基準事故の影響が及ぶ期間に発生すると考えられる自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮する。

東海第二発電所において、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象によって影響を受けると考えられる屋外に設置されている重要安全施設は、残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発

電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（以下「非常用海水ポンプ」という。）である。これらの重要安全施設は、設置許可基準規則第六条第1項において選定した自然現象（大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象を含む。）により安全機能を損なわない設計としている。したがって、因果関係の観点からは、重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を組み合わせる必要はなく、自然現象により重要安全施設に作用する衝撃による応力の評価と変わらない。

一方、時間的变化の観点からは、事故の影響が長期間に及ぶことが考えられる原子炉冷却材喪失事故の発生頻度は低く、また、屋外に設置されている重要安全施設に対して大きな影響を及ぼす自然現象の発生頻度も低いことから、原子炉冷却材喪失事故の影響が及ぶ期間中に重要安全施設に大きな影響を及ぼす自然現象が発生するとは考えられない。

仮に、事故の影響が長期間に及ぶことが考えられる原子炉冷却材喪失事故の期間中に、発生頻度が高く、重要安全施設に及ぼす影響が小さな自然現象が発生したとしても、自然現象によって影響を受けると考えられる非常用海水ポンプに、設計基準事故時に生ずる応力が作用することはないため、自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を組み合わせる必要はなく、自然現象により重要安全施設に作用する衝撃による応力の評価と変わらない。

17. 設計基準としての設定値の妥当性について

各自然現象について、設計基準を設定するに当たっては、国内の規格・基準類、東海村の観測記録及び水戸地方気象台における観測記録をもとに設定した。

また、水戸地方気象台における観測記録について、設計への影響を確認し、当該規模の事象が発生することを想定した評価により、安全施設の安全機能を損なうことがないことを確認する。なお、必要に応じ、設計基準値の見直しを行う。

【積雪】

- ・設計基準としての設定値と既往最厳値を比較した結果、既往最厳値が上回っているが、設計基準を上回る事象が発生した場合においても、建屋の構造計算に当たっては、極めて稀に発生する積雪状態における荷重を考慮していること及び荷重条件がさらに厳しい降下火砕物の堆積荷重による評価で健全性が確保されることを確認していることから、即座に安全施設の安全機能が損なわれるものではない。
- ・積雪事象は、気象情報によって予測可能であり、除雪準備及び実施には時間的裕度が確保されており、安全施設の安全機能へ影響のないよう対処可能である。なお、除雪は、積雪によって建屋の設計基準としての積雪荷重に達する、給排気口の閉塞の可能性がある開口部高さに達する又は車両通行が不可になる等、プラント運営に支障をきたすおそれのある状況となる前に実施する。

【降水，風，竜巻，落雷】

- ・各自然現象から安全施設の安全機能を防護するための準備及び実

施に時間的裕度がないことから，運用面での防護対策による安全機能の確保は期待することなく，設計基準の設定においては，既往最厳値を参照し設定とすることで，設備の健全性を確保することで安全機能を確保する。

【火山の影響】

- ・文献調査，地質調査及びシミュレーション解析の結果を踏まえて評価した層厚を想定し，設計基準として設定しているが，火山事象が発生した場合，この想定を上回る可能性を否定できない。
- ・降灰は，火山噴火後に発生するため，事前に予測可能であり，除灰の準備及び実施には時間的裕度が確保されており，安全施設の安全機能へ影響のないよう対処可能である。なお，除灰は，積雪と同様，降灰によってプラント運営に支障をきたすおそれのある状況となる前に実施する。

以上のことから，事象の進展が緩やかである事象（積雪及び火山）については，運用面での対策によって設計基準を超える積雪又は降下火砕物の堆積に対しても安全施設の安全機能が損なわれないよう対処可能であることから，国内の規格・基準類をもとに設定することは問題ないと考える。（第 17－1 表参照）

なお，自然事象の設計基準としての設定値は，将来的な気候変動を完全に予測することは難しいため，今後も最新のデータ・知見をもって気候変動の影響に注視し，必要に応じて設計基準の見直し等を実施していく。

第 17-1 表 各自然現象の設計基準としての設定に対する考え方

自然 事象	設計基準と しての設定値	既往最 厳値 等	事象の発生 状況	設計基準を超える可能性がある場合に おける運用対策実施の可否	設計基準としての設定値の考 え方
降水	127.5mm/h	81.7mm/h	短期 (数十分)	不可 事象発生の予測は可能であるが，運用 による防護対策を実施する時間的裕度 がないため，対策は設備対策（排水設備 等）とすることが適切である。	事象の発生が短期であり，運用に よる対策は確保できないことから， 既往最厳値を参照した保守的 な設定とすることが必要がある。
積雪	30cm	32cm	長期 (数時間)	可能 事象発生の予測が可能であり，かつ対 策実施（除雪）の準備には期間的裕度が 確保されているため，除雪による安全 施設の安全機能の確保が可能である。	事象の発生は長期であり，除雪は 実施可能であるため，設計基準と しての設定を超えることのない よう管理可能であることから，規 格・基準に基づいた設定とする。
火山の 影響	50cm	50cm (地質調査等 の結果)	長期 (数日～数 週間)	可能 事象発生の予測が可能であり，かつ対 策実施（除灰）の準備には期間的裕度が 確保されているため，除灰による安全 施設の安全機能の確保が可能である。	事象の発生は長期であり，除灰は 実施可能であるため，設計基準と しての設定を超えることのない よう管理可能であることから，規 格・基準に基づいた設定とする。
風	30m/s	28.3m/s	瞬時（短期） (秒～数時 間)	不可 事象発生の予測は可能であるが，運用 による防護対策を実施する時間的裕度 はないため，対策は設備対策（補強等） とすることが適切である。	事象の発生が瞬時（短期）であり， 運用による対策は確保できない ことから，既往最厳値を参照した 保守的な設定とすることが必要がある。
竜巻	100m/s	80m/s (10^{-5} /年値)	瞬時（短期） (秒又は分)	不可 事象発生の予測は可能であるが，運用 による防護対策を実施する時間的裕度 はないため，対策は設備対策（竜巻防護 等）とすることが適切である。	事象の発生が瞬時（短期）であり， 運用による対策は確保できない ことから，既往最厳値を参照した 保守的な設定とすることが必要がある。
落雷	400kA	131kA	瞬時（短期） (秒)	不可 事象発生の予測は可能であるが，運用 による防護対策を実施する時間的裕度 はないため，対策は設備対策（避雷設備 の設置等）とすることが適切である。	事象の発生が瞬時であり，運用に よる対策は確保できないことから， 既往最厳値を参照した保守的 な設定とすることが必要がある。

18. 旧安全設計審査指針と設置許可基準規則の比較

<p>発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日）</p>	<p>実用発電原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（規則の解釈）</p>
<p>指針二 自然現象に対する設計上の考慮</p> <p>2 安全機能を有する構築物，系統及び機器は，地震以外の想定される自然現象によって原子炉施設の安全性が損なわれない設計であること。</p> <p>重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器は，予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件，又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。</p> <p>（解釈）</p> <p>「自然現象によって原子炉施設の安全性が損なわれない設計」とは，設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において，その設備が有する安全機能を達成する能力が維持されることをいう。</p> <p>「重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器」については，別に「重要度分類指針」において定める。</p> <p>「予定される自然現象」とは，敷地の自然環境を基に，洪水，津波，風，凍結，積雪，地滑り等から適用されるものをいう。</p> <p>「自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件」とは，対照となる自然現象に対して，過去の記録の信頼性を考慮の</p>	<p>第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）</p> <p>安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p> <p>（解釈）</p> <p>1 第6条は，設計基準において想定される自然現象（地震及び津波を除く。）に対して，安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含む。</p> <p>2 第1項に規定する「想定される自然現象」とは，敷地の自然環境を基に，洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的現象又は森林火災等から適用されるものをいう。</p> <p>3 第1項に規定する「想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないもの」とは，設計上の考慮を要する自然現象又はその組合せに遭遇した場合において，自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件において，その設備が有する安全機能が達成されることをいう。</p>

上、少なくともこれを下回らない苛酷なものであって、かつ、統計的に妥当とみなされるものをいう。

なお、過去の記録、現地調査の結果等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

「自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合」とは、最も苛酷と考えられる自然力の事故時の最大荷重を単純に加算することを必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係や時間的変化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。

(解釈)

4 第2項に規定する「重要安全施設」については、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する指針」（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）の「V. 2. (2) 自然現象に対する設計上の考慮」に示されるものとする。

5 第2項に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがある」と想定される自然現象」とは、対象となる自然現象に對して、最新の科学的技術的知見を踏まえて適切に予想されるものをいう。なお、過去の記録、現地調査の結果及び最新知見等を参考にして、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

6 第2項に規定する「適切に考慮したもの」とは、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故が発生した場合に生じる応力を単純に加算すること必ずしも要求するものではなく、それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせた場合をいう。

指針三 外部人為事象に対する設計上の考慮

1 安全機能を有する構造物，系統及び機器は，想定される外部人為事象によって，原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であること。

(解釈)

「外部人為事象」とは，飛行機落下，ダムの崩壊，爆発等をいう。

- 3 安全施設は，工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならぬ。（解釈）
- 7 第3項は，設計基準において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して，安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含む。
- 8 第3項に規定する「発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）」とは，敷地及び敷地周辺の状況をもとに選択されるものであり，飛来物（航空機落下等），ダムの崩壊，爆発，近隣の工場等の火災，有毒ガス，船舶の衝突又は電磁的障害等をいう。なお，上記の航空機落下については，「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・07・09 原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院規制））等に基づき，防護設計の要否について確認する。

※ 規則及び解釈の追加要求事項を下線にて示す。

19. A S M E判断基準と考慮すべき事象の除外基準との比較

ASME ANS RA-Sa-2009 EXT-B1 より	参考訳	考慮すべき事象の除外基準
Initial Preliminary Screening: For screening out an external hazard, any one of the following five screening criteria provides as an acceptable basis:	最初の予備スクリーニング：外部ハザードの除外には、次の5つの除外基準のうちいずれかに該当する場合が、受け入れられるものとして与えられる。	－
Criterion 1: The event is of equal or lesser damage potential than the events for which the plant has been designed. This requires an evaluation of plant design bases in order to estimate the resistance of plant structures and systems to a particular external hazard.	基準 1： その事象が、プラントが設計された時に考慮した事象と同じか少ない損傷をもたらす可能性のあるもの。 これには、特別の外部ハザードに対してプラントの構造及びシステムの抵抗性を推定したプラント設計基準の評価をすることが要求される。	基準 C： プラント設計上、考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等若しくはそれ以下又はプラントの安全性が損なわれることがない。
Criterion 2: The event has a significantly lower mean frequency of occurrence than another event, taking into account the uncertainties in the estimates of both frequencies, and the event could not result in worse consequences than the consequences from the other event.	基準 2： その事象が、別の事象より、著しく低い平均頻度であるもの。ここで、両方の頻度の評価には不確実性を考慮に入れること。 また、その事象が、別の事象による結果より、悪い結果に帰着しなかったもの。	基準 E： 発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。
Criterion 3: The event cannot occur close enough to the plant to affect it. This criterion must be applied taking into account the range of magnitudes of the event for the recurrence frequencies of interest.	基準 3： その事象が、プラントに影響を与える程十分に接近していないくて、発生しない場合。 この基準は、着目する再発頻度の事象の大きさの範囲を考慮して適用すべき。	基準 A： プラントに影響を与えるほど接近した場所に発生しない。
Criterion 4: The event is included in the definition of another event.	基準 4： その事象が、他の事象の定義に含まれる場合。	基準 D： 影響が他の事象に包絡される。

ASME ANS RA-Sa-2009 EXT-B1 より	参考訳	考慮すべき事象の除外基準
<p>Criterion 5: The event is slow in developing, and it can be demonstrated that there is sufficient time to eliminate the source of the threat or to provide an adequate response.</p> <p>該当なし</p>	<p>基準 5 : その事象の発展が遅く、また、脅威の源を除去するかあるいは適切な対応するのに十分な時間があることが実証できる場合。</p> <p>—</p>	<p>基準 B : ハザード進展・襲来が遅く、事前にそのリスクを予知・検知することによってハザードを排除できる。</p> <p>基準 F : 外部から衝撃による損傷の防止とは別の条項により評価を実施している又は故意の外部人為事象等外部からの衝撃による損傷の防止の対象外の事項。</p>

20. 考慮した外部事象についての対応状況

考慮した外部事象のうち、新たに影響評価ガイドが制定されたものについては、今回、ガイドに基づく影響評価を実施し必要な対応を行っている。

それ以外の事象については、新たに対応を追加変更しているものはない。

旧指針、新基準の解釈で例示されている事象であるかどうか、設置変更許可申請（固体廃棄物作業建屋の設置，H20.12）での記載有無も併せて、下表に整理した。

事 象		旧指針	新基準	既記載	対応変更	説 明
自 然 現 象	1 洪水	○	○	あり	なし	添付書類六「水理」に水理状況を記載している。方針に変更なし。既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。
	2 風（台風）	○	○	あり	なし	添付書類六「気象」にて最大瞬間風速を記載している。設置時より，建築基準法に基づき設計している。データの期間のみ変更，方針に変更なし。既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。
	3 竜巻	－	○	－	あり	今回，竜巻影響評価ガイドに基づき評価等実施。
	4 凍結	○	○	あり	なし	添付書類六「気象」にて最低気温を記載している。設置時より，凍結防止対策を実施している。データの期間のみ変更，方針に変更なし。既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。
	5 降水	－	○	あり	なし	添付書類六「気象」にて最大日降水量を記載している。データを最大1時間降水量に変更，方針に変更なし。既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。

事 象		旧指針	新基準	既記載	対応変更	説 明
自 然 現 象	6 積雪	○	○	あり	なし	添付書類六「気象」にて最大の積雪深さを記載している。 設置時より，建築基準法に基づき設計している。 データの期間のみ変更，方針に変更なし。 既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。
	7 落雷	—	○	—	なし	設置時より，建築基準法による避雷針を当初より設置している。 既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。
	8 火山の影響	—	○	—	あり	今回，火山影響評価ガイドに基づき評価等実施。
	9 生物学的事象	—	○	—	なし	設置時より，除塵装置を設置する等の対策を実施している。 既許可には詳細の記載がないため，今回追記。
	10 森林火災	—	○	—	あり	今回，外部火災評価ガイドに基づき評価等実施。
	11 高潮	—	—	あり	なし	添付書類六「水理」にて潮位及び水理状況を記載している。 設置時より，高潮の潮位を考慮した敷地レベルとなっている。 データの期間のみ変更，方針に変更なし。 既許可には詳細評価の記載がないため，今回追記。

事 象		旧指針	新基準	既記載	対応変更	説 明
外 部 人 為 事 象	1 飛来物 (航空機落下)	○	○	あり	あり	添付書類八「安全設計の基本方針」にて発電所への評価を記載している。 今回、実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価について（平成21・06・25 原院第1号）等に基づき評価実施。
	2 ダムの崩壊	○	○	－	なし	添付書類八「安全設計の基本方針」にて発電所への評価を記載している。
	3 爆発	○	○	あり	あり	添付書類八「安全設計の基本方針」にて発電所への評価を記載している。 今回、外部火災評価ガイドに基づき評価実施。
	4 近隣工場等の火災	－	○	－	あり	今回、外部火災評価ガイドに基づき評価実施。
	5 有毒ガス	－	○	－	あり	今回、外部火災評価ガイドに基づき評価実施。
	6 船舶の衝突	－	○	－	なし	今回、耐津波設計方針にて、津波発生時に残留熱除去系海水系、非常用ディーゼル発電機用海水系及び高圧炉心スプレイスレーン系ディーゼル発電機用海水系の取水性に影響を及ぼす漂流物がいないことを確認。 既許可には詳細の記載がないため、今回追記。
	7 電磁的障害	－	○	－	なし	設置時より、計測制御系にJ I S等に基づく対策を実施している。 既許可には詳細の記載がないため、今回追記。

凡例

旧指針 : 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日）指針二解釈での例示有無

新基準 : 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日）第六条解釈 2, 8 での例示有無

既記載 : 東海第二発電所の設置変更許可申請書（平成20年12月24日申請）の記載有無

対応変更 : 新たにガイドに基づく評価等を行なったもの又は新たに対策等を講じたものを「あり」とした。

21. 外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備 及び津波監視設備の防護方針について

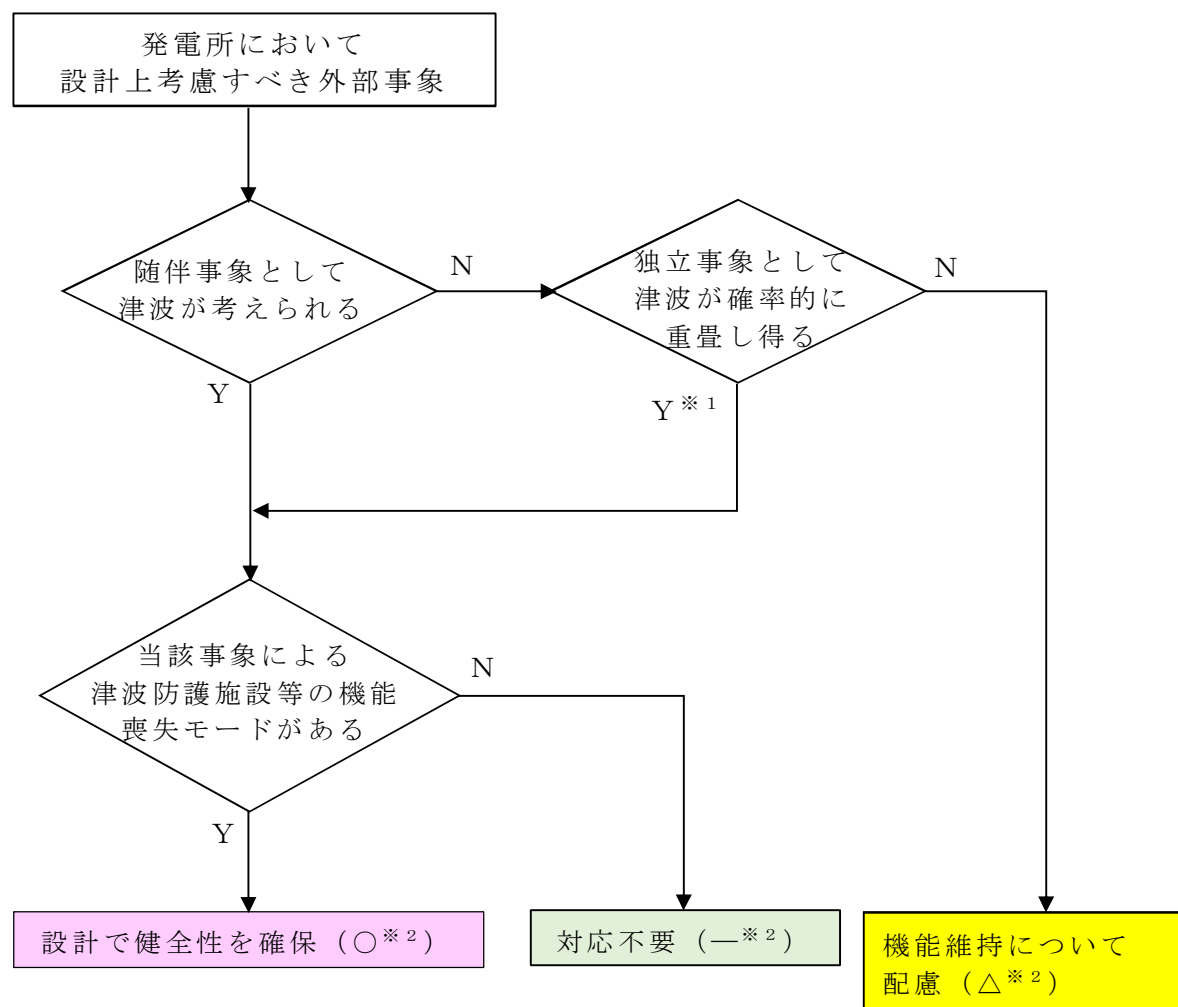
1. 概要

外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備（以下「津波防護施設等」という。）の防護方針を以下に示す。

2. 防護に関する考え方

以下の考え方に基づき，発電所において設計上考慮すべき外部事象に対する，津波防護施設等の機能維持のための対応の要否について整理した。（フローを別図 1-1 に示す。）

- ・ 設計上考慮すべき事象が，津波若しくは津波の随伴又は重畳が否定できない事象に該当するかを確認する。定量的な重畳確率が求められない事象については，保守的にその影響を考慮する。
- ・ 津波の随伴又は重畳が否定できない場合は，当該事象による津波防護施設等の機能喪失モードの有無を確認する。機能喪失モードが認められる場合は，設計により健全性を確保する。
- ・ 津波の随伴，重畳が有意でないと評価される事象についても，発電所の津波防護施設等については，基準津波の高さや防護範囲の広さ等その重要性に鑑み，機能維持のための配慮を行う。



別図 1-1 外部事象に対する津波防護施設等の
機能維持対応要否判断フロー

3. 検討結果

上記検討フローに基づく各事象に対する防護方針の検討結果を、以下に示す。（詳細は別表 1-1 のとおり）

3.1 津波の随伴又は重畳が否定できない事象[※]に対する防護方針

これらの外部事象に対しては，津波との随伴又は重畳の可能性を否定できないため，荷重の重ね合わせのタイミングも考慮した上で設計への反映の要否を検討し，津波防護施設等への影響が考えられる事象に対しては，津波防護施設等の機能を維持する設計とする。

※ 地震，洪水，風（台風），凍結，降水，積雪，落雷，生物学的事象，森林火災及び高潮

3.2 津波の随伴又は重畳が有意ではない事象（竜巻及び火山の影響）に対する防護方針

竜巻及び火山の影響の 2 つの外部事象に津波は随伴せず，また敷地高さを超える津波との重畳の確率も有意ではないため，津波防護施設等を防護対象施設とはしないものの，津波防護施設等の機能が要求される時にはその機能を期待出来るよう，以下の対応を実施する。

3.2.1 竜巻

設計竜巻と安全施設の中で最も低所にある残留熱除去系海水系ポンプ等の設置高さに等しい津波が重畳する年超過確率は約 3.8×10^{-8} (1/y) であり，竜巻と津波の重畳は有意ではないと評価されるが，竜巻が襲来した場合には必ず作用する風荷重に対しては，津波防護施設等の健全性を維持する設計とする。また，竜巻が襲来した場合でも，必ずしも津波防護施設に作用するとは限らない飛来物による衝撃荷重に対しては，大規模な損傷に至り難い構造とする。

3.2.2 「火山の影響」

設計で想定する降下火砕物の給源の噴火と安全施設の中で最も低所にある残留熱除去系海水系ポンプ等を内包する海水ポンプ室壁頂部の高さに等しい津波が重畳する年超過確率は約 8.4×10^{-8} (1/y) であり、火山と津波の重畳は有意ではないと評価されるが、降下火砕物の堆積荷重について長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に適宜除去が可能な設計とする。

別表 1-1 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表

- : 津波の随伴又は重量が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
 : 津波の随伴又は重量は有意ではないが、機能維持について設計上配慮する事象 (△)
 : 対応が不要な事象 (－)

設計上考慮すべき外部事象	①随伴事象として津波を考慮要	②独立事象として津波が重量し得る	津波との重量を考慮要 (①又は②が“○”)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
地震	○	－	○	<u>あり</u> 地震荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	耐震Sクラス施設として基準地震動 S_s に対し健全性を維持し、津波に対する防護機能を維持する。 また、津波と余震 (S_d -D1 地震動) の組合せも考慮する。
洪水	－	○	○	<u>なし</u> 基準津波の遡上高さと洪水ハザードマップの浸水想定を重ねても、発電所敷地へ侵入し得る高さには達しない。 国道245号線西側田畑への洪水高さ： ～T.P. 10m (審査資料「外部からの衝撃による損傷の防止 (その他外部事象)」より) 国道245号線西側田畑への津波遡上分： ～+4m (遡上解析結果より) ⇒合計 T.P. ～14m < EL. (=T.P.) 15m (国道245号線 (発電所入口))	－	－
風 (台風)	－	○	○	<u>あり</u> 風荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	<ul style="list-style-type: none"> 風荷重、津波荷重を考慮した設計とする。 津波監視カメラは、風荷重を考慮した設計とする。

設計上考慮すべき外部事象	①随伴事象として津波を考慮	②独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮 (①又は②が“○”)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
竜巻	—	—	—	<u>なし</u> 以下のとおり、重畳の頻度は無視し得る。 設計竜巻の確率 P1： $\text{約 } 3.9 \times 10^{-6} / y$ (補足 1 参照) 敷地高さ超津波 ($>T.P.3m$) の確率 P2： $\text{約 } 9.6 \times 10^{-3} / y$ ※ ※ 飛来物による海水ポンプ室の壁の損傷を想定し、敷地の最低高とした。 \Rightarrow 重量確率： $p \approx 3.8 \times 10^{-8} / y$ \dots 目安値 $P=1 \times 10^{-7}$ 未満で、有意ではない。	△	防潮堤の設計においては、以下の配慮を行い、信頼性を高める。 ・風圧力に対しては、損傷しない様に構造強度を確保する。 ・飛来物については、防潮堤は鉄筋コンクリート等の堅牢な構造であり、大規模な損傷は生じないと考えられる。
凍結	—	○	○	<u>あり</u> 凍結により止水ジョイントが損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	止水ジョイントは最低気温を考慮した設計とする。
降水	—	○	○	<u>なし</u> 降水による海水面の上昇の影響は無視し得る。	—	—
積雪	—	○	○	<u>あり</u> 積雪荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	積雪荷重と津波荷重を考慮した設計とする。

設計上考慮すべき 外部事象	①随伴事 象として 津波を考 慮要	②独立事 象として 津波が重 畳し得る	津波との重畳を 考慮要 (①又は②が“○”)	津波防護施設の機能喪失による 安全施設等の機能喪失の可能性	設計への 反映要否	機能維持のための対応方針
落雷	—	○	○	<u>あり</u> 落雷により津波監視設備の機能喪失が想定される	○	津波監視設備については、既設避雷設備の遮蔽範囲内への設置又は避雷設備の設置、避雷設備の接地極を構内接地網と接続し接地抵抗の低減を行うとともに、ラインフィルタや絶縁回路を設置することにより、雷サージの侵入を防止する設計とする。
火山の影響	—	—	—	<u>なし</u> 以下のとおり、重畳の頻度は無視し得る。 想定する火山の確率： $2.2 \times 10^{-5} / y$ (審査資料「外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）」より） 敷地高さ超津波（ $>T.P.6m$ ）の確率： 約 $3.8 \times 10^{-3} / y^{※}$ ※ 海水ポンプ室の壁は損傷しないため、ポンプ室水密高さとする。 ⇒ 重畳確率： $p \approx 8.4 \times 10^{-8} / y$ …目安値 $P_c = 1 \times 10^{-7}$ 未満で、有意ではない。	△	設計にて長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に適宜除去が可能な設計とする。
生物学的事象	—	○	○	<u>なし</u> 生物による影響（閉塞、侵入）による機能喪失モードを有しない。	—	—

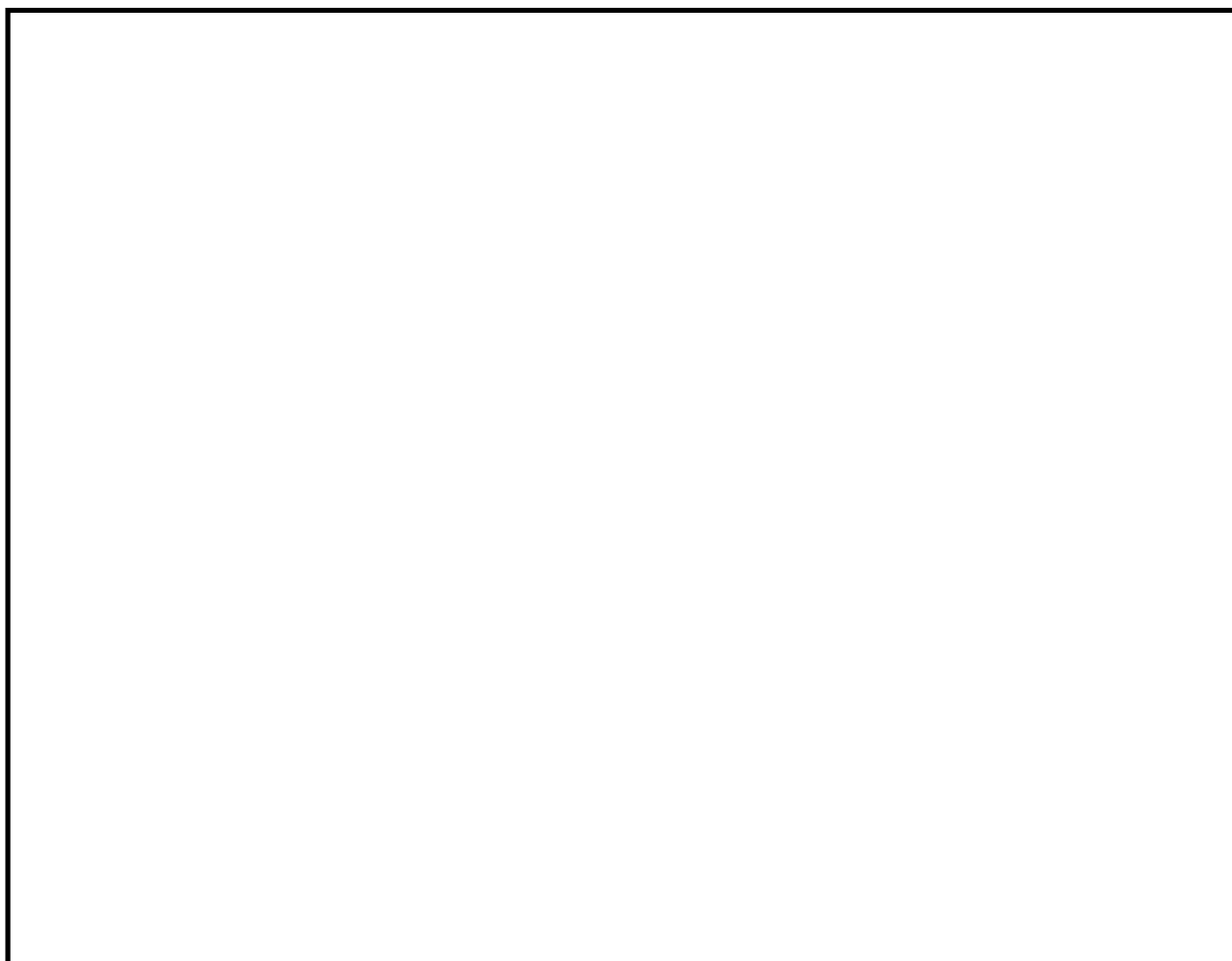
設計上考慮すべき 外部事象	①随伴事 象として 津波を考 慮要	②独立事 象として 津波が重 畳し得る	津波との重畳を 考慮要 (①又は②が“○”)	津波防護施設の機能喪失による 安全施設等の機能喪失の可能性	設計への 反映要否	機能維持のための対応方針
森林火災	—	○	○	<p><u>あり</u></p> <p>熱影響により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。</p>	○	<ul style="list-style-type: none"> 森林火災の熱影響による強度低下及び止水ジョイントの機能喪失を起こさない設計とする。 防潮堤上の津波監視設備が森林火災の影響で機能を喪失した場合、速やかに予備品と交換する。 (機能喪失の可能性があるのは、全4台中2台のみ)
高潮	—	○	○	<p><u>あり</u></p> <p>高潮に起因する潮位上昇により防潮堤を越波した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。</p>	○	高潮と津波の組合せを考慮した設計とする。

津波防護施設等を考慮した竜巻の年超過確率の評価について

津波防護施設等を竜巻防護対象と仮定した場合の，設計竜巻（最大風速 100m／s）の年超過確率を評価した。

年超過確率の推定には，竜巻影響エリアに津波防護施設等を取り込むことになるが，補図 1－1 に示すとおり，防潮堤を囲む円がその他の外部事象防護対象施設を包含する形となるため，当該円を竜巻影響エリアと見なした。

この竜巻影響エリアに対する設計竜巻（風速 100m／s）時の年超過確率は，補表 1－1 に示すとおり約 3.9×10^{-6} (1／y) と評価された。



補図 1－1 津波防護施設等を考慮した場合の竜巻影響エリア

補表 1—1 年超過確率の評価結果

ケース	①ベース (現ハザード)	②防潮堤考慮	備考
竜巻影響エリア	直列したゾーンごとの 小円に外接する大円	防潮堤の外接円 (他を包含)	
原子炉建屋 (R/B)	円 (D=188m)	円 (D≒800m)	
タービン建屋 (T/B)			
排気筒 排気筒モニタ			
海水ポンプ室 エリア	円 (D=44m)		
使用済燃料 乾式貯蔵建屋	円 (D=60m)		
防潮堤	—		
竜巻検討エリア となる円の直径 (m) (第一位 切上)	300	800	ケース①は上記 3エリアの直径 の和
竜巻影響エリア の面積 (m ²)	約71, 000	約503, 000	
設計竜巻 (100m/s) の 年超過確率	約 2.1×10^{-6}	約 3.9×10^{-6}	変化の主要因 は、確率算出式 におけるエリア 幅寄与分（全体 の約50%）の増 加による。

地滑り影響評価について

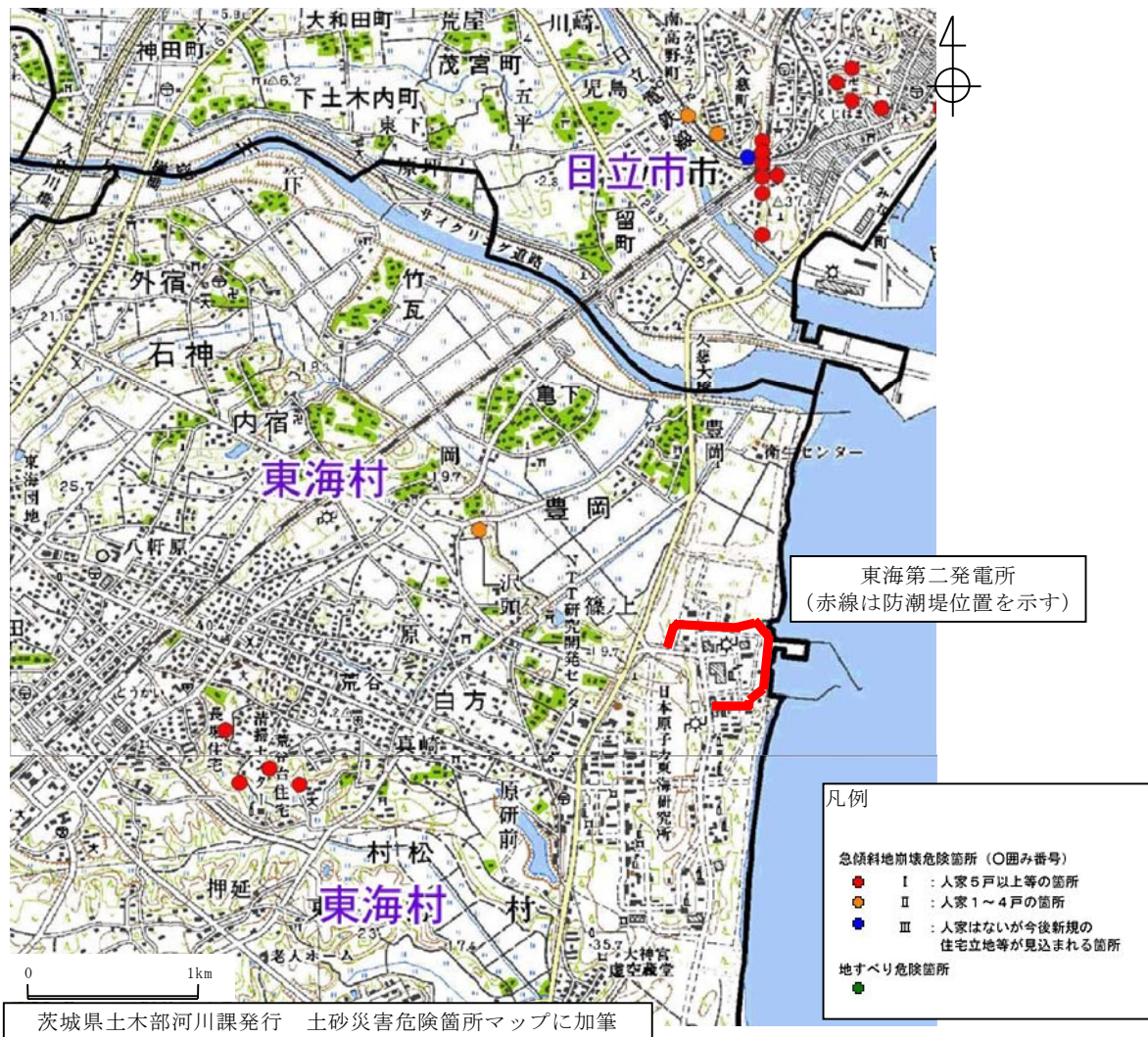
1. 周辺斜面評価

土砂災害危険箇所図（茨城県土木部河川課発行）によると、発電所の敷地及びその近傍には土砂災害を起こすような急傾斜地崩壊危険箇所は存在しないため、発電所に影響が及ぶことはない。（第 1 図参照）

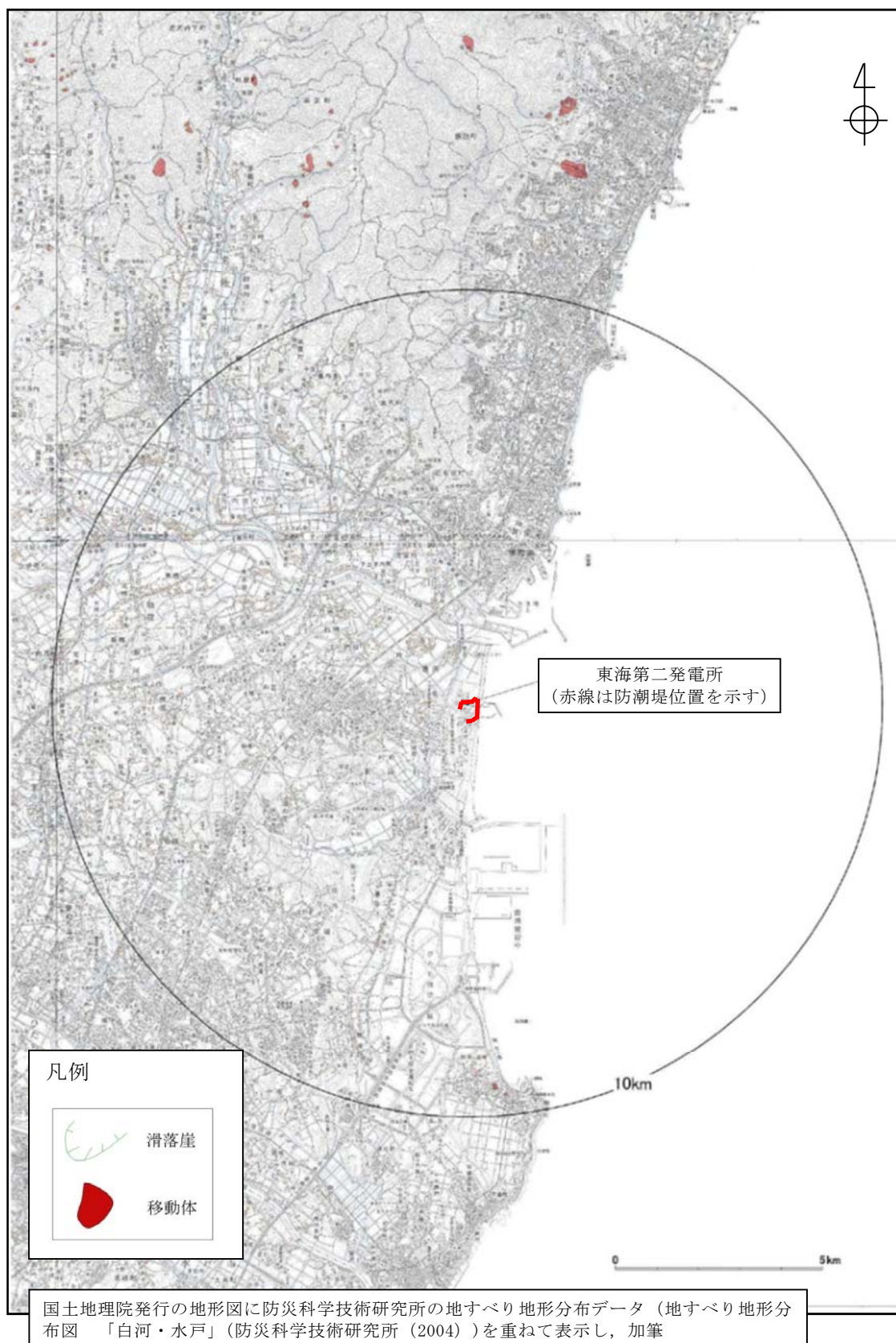
2. 地滑り地形分布

地すべり地形分布図（独立行政法人防災科学技術研究所発行）によると、発電所及びその近傍には地滑りを起こすような地形は存在しないことから、発電所に影響が及ぶことはない。

（第 2 図参照）



第1図 土砂災害危険箇所図



第 2 図 地すべり地形分布図

東海第二発電所

外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

<目 次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
2. 外部からの衝撃による損傷の防止
 - 別添資料 1 竜巻影響評価について
 - 別添資料 2 竜巻影響評価におけるフジタモデルの適用について
 - 別添資料 3 運用，手順説明資料

< 概 要 >

1. において，設計基準事故対処設備の設置許可基準規則，技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに，それら要求に対する発電所における適合性を示す。

2. において，設計基準事故対処設備について，追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について，設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条において，追加要求事項を明確化する。（表 1）

表 1 設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条 要求事項

設置許可基準規則 第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）	技術基準規則 第 7 条（外部からの衝撃による損傷の防止）	備考
<p>安全施設は、想定される自然事象（地震及び津波を除く。）において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>設計基準対象施設が想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	追加要求事項
<p>2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。</p>		追加要求事項
<p>3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。</p>	<p>2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p> <p>3 航空機の墜落により発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	追加要求事項

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、(1)耐震構造、(2)耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は、発電所敷地で想定される洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮の自然現象（地震及び津波を除く。）又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせる。

また、安全施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害の発電用原子炉施設の安全

性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお，発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち，飛来物（航空機落下）については，確率的要因により設計上考慮する必要はない。また，ダムの崩壊については，立地的要因により考慮する必要はない。

自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の組合せについては，地震，津波，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災等を考慮する。事象が単独で発生した場合の影響と比較して，複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し，その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで，想定される自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して，安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

(a-2) 竜巻

安全施設は，想定される竜巻が発生した場合においても，作用する設計荷重に対して，その安全機能を損なわない設計

とする。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び発電所のプラント配置から想定される竜巻に随伴する事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は、 100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びに安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせたものとして設定する。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性の確保若しくは飛来物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、東海発電所を含む当社敷地内の資機材、車両等については、飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設定する設計飛来物（鋼製材（長さ 4.2m ×幅 0.3m ×高さ 0.2m 、質量 135kg 、飛来時の水平速度 51m/s 、飛来時の鉛直速度 34m/s ）より大きなものに対し、固縛、固定又は防護すべき施設からの離隔を実施する。

なお、当社敷地近傍の隣接事業所から、上記の設計飛来物（鋼製材）の運動エネルギー又は貫通力を上回る飛来物が想定

される場合は、隣接事業所との合意文書に基づきフェンス等の設置により飛来物となるものを配置できない設計とすること若しくは当該飛来物の衝撃荷重を考慮した設計荷重に対し、当該飛来物が衝突し得る安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性を確保する設計とすること若しくは当該飛来物による安全施設の損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること若しくは安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.：1-48～78）】

(2) 安全設計方針

1.7 外部からの衝撃による損傷の防止に関する基本方針

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を損なわない設計とする。安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている重要度分類（以下 1.7 では「安全重要度分類」という。）のクラス 1，クラス 2 及びクラス 3 に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で、上記構築物，系統及び機器の中から、発電用原子炉を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必

要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器として安全重要度分類のクラス 1，クラス 2 及び安全評価上その機能に期待するクラス 3 に属する構築物，系統及び機器を外部事象から防護する対象（以下「外部事象防護対象施設」という。）とし，機械的強度を有すること等により，安全機能を損なわない設計とする。

また，外部事象防護対象施設を内包する建屋（外部事象防護対象施設となる建屋を除く。）は，機械的強度を有すること等により，内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計及び外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。ここで，外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて，外部事象防護対象施設等という。

上記に含まれない構築物，系統及び機器は，機能を維持すること若しくは損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより，その安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（1.2.1：1-2）】

1.7.2 竜巻防護に関する基本方針

1.7.2.1 設計方針

(1) 竜巻に対する設計の基本方針

安全施設が竜巻に対して，発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な安全機能を損なわないよう，基準竜巻，設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し，以下の事項に対して，対策を行い，建屋による防護，構造健全性の維持，代替設備の確保等によって，安全機能を損なわない設計とする。

また，安全施設は，設計荷重による波及的影響によって，安全機能を損

なわない設計とする。

- a. 飛来物の衝突による施設の貫通及び裏面剥離
- b. 設計竜巻による風圧力による荷重，気圧差による荷重及び設計飛来物等による衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びにその他の組合せ荷重（常時作用している荷重，運転時荷重，竜巻以外の自然現象による荷重及び設計基準事故時荷重）を適切に組み合わせた設計荷重
- c. 竜巻による気圧の低下
- d. 外気と繋がっている箇所への風の流入

設計竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構造物，系統及び機器とする。

設計竜巻によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち，外部事象防護対象施設は，設計荷重に対し機械的強度を有すること等により，安全機能を損なわない設計とする。

竜巻影響評価の対象施設としては，「1.7.2.1(3) 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設」及び「1.7.2.1(4) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設」に示す施設を，竜巻影響評価の対象施設とする。

なお，「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の重要度分類における耐震Sクラスの設計を要求される設備（系統，機器）及び建屋，構造物のうち，竜巻の影響を受ける可能性がある施設を抽出した結果，追加で「1.7.2.1(3) 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設」に反映する施設はない。

竜巻に対する防護設計を行う，外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設及び外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設を「評価

対象施設等」という。

外部事象防護対象施設の安全機能を損なわないようにするため、外部事象防護対象施設等に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する外部事象防護対象施設の構造健全性の維持、外部事象防護対象施設を内包する区画の構造健全性の確保若しくは飛来物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせた設計とする。

屋外に設置する外部事象防護対象施設の構造健全性の維持又は外部事象防護対象施設を内包する区画の構造健全性の確保において、それらを防護するために設置する竜巻飛来物防護対策設備は、防護ネット、防護鋼板等から構成し、飛来物から外部事象防護対象施設を防護できる設計とする。

【別添資料 1（1.：1-1～14）】

(2) 設計竜巻の設定

「添付書類六 8. 竜巻」において設定した基準竜巻の最大風速は 92m/s とする。

設計竜巻の設定に際して、発電所は敷地が平坦であるため、地形効果による風の増幅を考慮する必要はないことを確認したが、将来的な気候変動に伴う不確実性を踏まえ、基準竜巻の最大風速を安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速は 100m/s とする。

【別添資料 1（2.：1-15～47）】

(3) 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設

外部事象防護対象施設は、設計荷重に対し機械的強度を有すること等により安全機能を損なわない設計とする。

外部事象防護対象施設は、外殻となる施設（建屋、構築物）（以下「外

殻となる施設」という。)に内包され、外気と繋がっておらず設計竜巻荷重の影響から防護される施設(以下「外殻となる施設に内包され防護される施設(外気と繋がっている施設を除く。)」という。),設計竜巻荷重の影響を受ける屋外施設(以下「屋外施設」という。),外殻となる施設に内包されるため、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物等による衝撃荷重の影響から防護されるが、外気と繋がっており設計竜巻の気圧差による荷重の影響を受ける施設(以下「屋内の施設で外気と繋がっている施設」という。)及び外殻となる施設に内包されるが設計竜巻荷重の影響から防護が期待できない施設(以下「外殻となる施設による防護機能が期待できない施設」という。)に分類し、このうち、外殻となる施設に内包され防護される施設(外気と繋がっている施設を除く。)は内包する建屋により防護する設計とすることから、評価対象施設は、屋外施設、屋内の施設で外気と繋がっている施設及び外殻となる施設による防護機能が期待できない施設とし、以下のように抽出する。

なお、外殻となる施設による防護機能が期待できない施設については、「1.7.2.1(3)a. 屋外施設」のうち外部事象防護対象施設を内包する区画の構造健全性維持可否の観点並びに設計飛来物の衝突等による開口部の開放及び開口部建具の貫通の観点から抽出する。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、竜巻及びその随伴事象により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

a. 屋外施設(外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。)

(a) 非常用ディーゼル発電機吸気口及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機吸気口(以下「非常用ディーゼル発電機(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。)吸気口」という。)

- (b) 非常用ディーゼル発電機室ルーフベントファン及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室ルーフベントファン（以下「非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）室ルーフベントファン」という。）
- (c) 中央制御室換気系冷凍機（配管，弁含む。）
- (d) 残留熱除去系海水系ポンプ（配管，弁含む。）
- (e) 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ（配管，弁含む。）及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ（配管，弁含む。）
（以下「非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（配管，弁含む。）」という。）
- (f) 残留熱除去系海水系ストレーナ
- (g) 非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ストレーナ（以下「非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ」という。）
- (h) 非常用ガス処理系排気筒
- (i) 主排気筒
- (j) 排気筒モニタ
- (k) 原子炉建屋
- (l) 放水路ゲート

<以下，外部事象防護対象施設を内包する区画>

外部事象防護対象施設を内包する区画を，以下のとおり抽出する。

- (m) タービン建屋（気体廃棄物処理系隔離弁等を内包）
- (n) 使用済燃料乾式貯蔵建屋（使用済燃料乾式貯蔵容器を内包）
- (o) 軽油貯蔵タンクタンク室（軽油貯蔵タンクを内包）

(p) 排気筒モニタ建屋

なお、排気筒モニタ及び排気筒モニタ建屋並びに放水路ゲートは、以下の設計とすることにより、以降の評価対象施設等には含めないものとする。

評価対象施設等のうち排気筒モニタについては、放射性気体廃棄物処理施設の破損の検出手段として期待している。竜巻を起因として放射性気体廃棄物処理施設の破損が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、排気筒モニタ建屋も含め安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

評価対象施設等のうち放水路ゲートについては、津波の流入を防ぐための閉止機能を有している。竜巻を起因として津波が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、放水路ゲートは安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

b. 屋内の施設で外気と繋がっている施設

(a) 中央制御室換気系隔離弁、ファン（ダクト含む。）、非常用ディーゼル発電機室換気系ダクト及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機室換気系ダクト（以下「非常用換気空調設備」という。）

(b) 原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）

c. 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

(a) 中央制御室換気系隔離弁、ファン（空調調和器含む。）及びフィルタユニット（以下「原子炉建屋付属棟 3 階中央制御室換気空調設備」という。）

(b) 非常用電源盤（電気室）

(c) 原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）

(d) 使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁（以下「原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備」という。）

- (e) 燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン
- (f) 非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備
- (g) 使用済燃料乾式貯蔵容器
- (h) 使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン

【別添資料 1 (1.2.2 (1) : 1-3～8)】

(4) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設としては、当該施設の破損等により外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼして安全機能を喪失させる可能性がある施設又はその施設の特定の区画とする。

外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設としては、外部事象防護対象施設等を除く構築物、系統及び機器の中から、外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設及び外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設を以下のとおり抽出する。

a. 外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設

外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設としては、施設の高さと外部事象防護対象施設等との距離を考慮して、倒壊により外部事象防護対象施設等を損傷させる可能性がある施設を、外部事象防護対象施設等に機械的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

- (a) サービス建屋
- (b) 海水ポンプエリア防護壁
- (c) 鋼製防護壁

b. 外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設

外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設としては、屋外にある外部事象防護対象施設の付属設備で、風圧力及び設計飛来物の衝突等による損傷により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわせる可

能性がある施設を，外部事象防護対象施設に機能的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

- (a) 非常用ディーゼル発電機排気消音器及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気消音器（以下「非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器」という。）
- (b) 非常用ディーゼル発電機排気配管，非常用ディーゼル発電機燃料デイトンクベント管，非常用ディーゼル発電機機関ベント管及び非常用ディーゼル発電機潤滑油サンプタンクベント管並びに高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機排気配管，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料デイトンクベント管，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機機関ベント管及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機潤滑油サンプタンクベント管（以下「非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気配管及びベント配管」という。）
- (c) 残留熱除去系海水系配管（放出側）
- (d) 非常用ディーゼル発電機用海水配管（放出側）及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水配管（放出側）（以下「非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配管（放出側）」という。）

【別添資料 1（1.2.2（2）：1-9～12）】

(5) 設計飛来物の設定

敷地全体を俯瞰した現地調査及び検討を行い，発電所構内の資機材，車両等の設置状況を踏まえ，評価対象施設等に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。

飛来物に係わる現地調査結果及び「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原規技発 13061911 号 原子力規制委員会決定）」

に示されている設計飛来物の設定例を参照し設定する。

設計飛来物は、浮き上がりの有無、運動エネルギー及び貫通力を踏まえ、鋼製材（長さ 4.2m×幅 0.3m×高さ 0.2m、質量 135kg、飛来時の水平速度 51m/s、飛来時の鉛直速度 34m/s）を設定する。

また、竜巻飛来物防護対策設備の防護ネットを通過し得る可能性があり、鋼製材にて包含できないことから、砂利も設計飛来物とする。

第 1.7.2-1 表に発電所における設計飛来物を示す。

飛来物の発生防止対策については、現地調査により抽出した飛来物や東海発電所を含む当社敷地内に持ち込まれる資機材、車両等の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー及び貫通力を考慮して、衝突時に建屋等又は竜巻飛来物防護対策設備に与えるエネルギー又は貫通力が設計飛来物のうち鋼製材によるものより大きく、外部事象防護対象施設を防護できない可能性があるものは固縛、固定又は評価対象施設等からの離隔を実施し、確実に飛来物とならない運用とする。

なお、当社敷地近傍の隣接事業所から、上記の設計飛来物（鋼製材）の運動エネルギー又は貫通力を上回る飛来物が想定される場合は、フェンス等の設置により飛来物となるものを配置できない設計とすること若しくは当該飛来物の衝撃荷重を考慮した設計荷重に対し、当該飛来物が衝突し得る外部事象防護対象施設等の構造健全性を確保する設計とすること若しくは当該飛来物による外部事象防護対象施設の損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること若しくは安全上支障のない期間で修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.3.1（3）：1-50～61）】

(6) 荷重の組合せと許容限界

竜巻に対する防護設計を行うため、評価対象施設等に作用する設計竜巻荷重の算出、設計竜巻荷重の組合せの設定、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定及び許容限界について以下に示す。

a. 評価対象施設等に作用する設計竜巻荷重

設計竜巻により評価対象施設等に作用する荷重として「風圧力による荷重 (W_w)」, 「気圧差による荷重 (W_p)」及び「設計飛来物等による衝撃荷重 (W_M)」を以下に示すとおり算出する。

(a) 風圧力による荷重 (W_w)

設計竜巻の最大風速による荷重であり、「建築基準法施行令」(昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号), 「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」及び建設省告示 1454 号(平成 12 年 5 月 31 日)に準拠して、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで,

W_w : 風圧力による荷重

q : 設計用速度圧

G : ガスト影響係数 (=1.0)

C : 風力係数 (施設の形状や風圧力が作用する部位 (屋根, 壁等) に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

ここで,

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として

算定されるが、鉛直方向の風圧力に対してぜい弱と考えられる評価対象施設等が存在する場合には、鉛直方向の最大風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮した設計とする。

(b) 気圧差による荷重 (W_P)

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び外部事象防護対象施設を内包する区画の外壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる評価対象施設等の内外の気圧差による圧力荷重が発生する。保守的に「閉じた施設」を想定し次式のとおり算出する。

$$W_P = \Delta P_{\max} \cdot A$$

ここで、

W_P : 気圧差による荷重

ΔP_{\max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

(c) 設計飛来物等による衝撃荷重 (W_M)

飛来物の衝突方向及び衝突面積を考慮して設計飛来物等が評価対象施設等に衝突した場合の影響が大きくなる向きで衝撃荷重を算出する。

【別添資料 1 (3.3.1 : 1-49～62)】

b. 設計竜巻荷重の組合せ

評価対象施設等の設計に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重 (W_W)、気圧差による荷重 (W_P) 及び設計飛来物等による衝撃荷重 (W_M) を組み合わせた複合荷重とし、複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

なお、評価対象施設等には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

【別添資料 1 (3.3.1 : 1-61~62)】

c. 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおり設定する。

(a) 評価対象施設等に常時作用する荷重，運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として，自重等の常時作用する荷重，内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

(b) 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は，積乱雲及び積雲に伴って発生する現象であり⁽¹⁾，積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は，雷，雪，ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は，以下のとおり設計竜巻荷重に包絡される。

i) 雷

竜巻と雷が同時に発生する場合においても，雷によるプラントへの影響は雷撃であるため，雷による荷重は発生しない。

ii) 雪

冬期，竜巻が襲来する場合は竜巻通過前後に降雪を伴う可能性はあるが，上昇流の竜巻本体周辺では，竜巻通過時に雪は降らない。また，下降流の竜巻通過時は，竜巻通過前に積もった雪の大部分は竜巻の風により吹き飛ばされ，雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。

iii) ひょう

ひょうは積乱雲から降る直径 5mm 以上の氷の粒⁽²⁾であり，仮に

直径 10cm 程度の大型のひょうを想定した場合，その重量は約 0.5kg である。直径 10cm 程度のひょうの終端速度は $59\text{m/s}^{(3)}$ ，運動エネルギーは約 0.9kJ であり，設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく，ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。

iv) 降水

竜巻と降水が同時に発生する場合においても，雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく，また降雨による荷重は十分小さいため，設計竜巻荷重に包絡される。

(c) 設計基準事故時荷重

外部事象防護対象施設は，設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため，設計竜巻は原子炉冷却材喪失事故等の設計基準事故の起因とはならないことから，設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。

設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから，設計基準事故時荷重と設計竜巻との組合せは考慮しない。

仮に，風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合，評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じ，竜巻による風荷重等の影響を受ける屋外設備としては残留熱除去系海水系ポンプ等が考えられるが，設計基準事故時においても残留熱除去系海水系ポンプ等の圧力及び温度は変わらないため，設計基準事故により考慮すべき荷重はなく，竜巻と設計基準事故時荷重の組合せは考慮しない。

【別添資料 1 (3.3.2 : 1-62～63)】

d. 許容限界

建屋及び構築物の設計において，設計飛来物等の衝突による貫通及び

裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生しない部材厚（貫通限界厚さ及び裏面剥離限界厚さ）と部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。

- ・ 建築基準法
- ・ 日本工業規格
- ・ 日本建築学会及び土木学会等の基準、指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987（日本電気協会）
- ・ 原子力エネルギー協会（N E I）の基準・指針類

系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生しない部材厚である貫通限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。

- ・ 日本工業規格
- ・ 日本機械学会の基準、指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4601-1987（日本電気協会）

【別添資料 1（3.4.1：1-64）】

(7) 評価対象施設等の防護設計方針

評価対象施設等の設計荷重に対する防護設計方針を以下に示す。

【別添資料 1（3.4.2：1-65～75）】

a. 屋外施設（外部事象防護対象施設を内包する区画を含む。）

外部事象防護対象施設のうち屋外施設は、設計荷重に対して、安全機

能が維持される設計とし、必要に応じて防護ネット等の竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を講じる方針とする。

- (a) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）吸気口

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）吸気口は、設計飛来物が衝突により貫通することを考慮しても、閉塞することがなく、非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の吸気機能が維持される設計とする。さらに、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）吸気口に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（1）：1-65）】

- (b) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）室ルーフベントファン

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）室ルーフベントファンは、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）室ルーフベントファンに常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（1）：1-65）】

- (c) 中央制御室換気系冷凍機（配管、弁含む。）

中央制御室換気系冷凍機（配管、弁含む。）は、設計飛来物の衝突

により貫通することを考慮して、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び中央制御室換気系冷凍機（配管、弁含む。）に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（1）：1-66）】

(d) 残留熱除去系海水系ポンプ（配管、弁含む。）

残留熱除去系海水系ポンプ（配管、弁含む。）は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び残留熱除去系海水系ポンプ（配管、弁含む。）に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（1）：1-66）】

(e) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（配管、弁含む。）

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（配管、弁含む。）は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ（配管、弁含む。）に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（1）：1-66）】

(f) 残留熱除去系海水系ストレーナ

残留熱除去系海水系ストレーナは、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び残留熱除去系海水系ストレーナに常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-66～67)】

(g) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナ

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナは、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ストレーナに常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-67)】

(h) 非常用ガス処理系排気筒

非常用ガス処理系排気筒は、設計飛来物が衝突により貫通することを考慮しても、閉塞することはなく、非常用ガス処理系排気筒の排気機能が維持される設計とする。さらに、非常用ガス処理系排気筒は開かれた構造物であり気圧差荷重も作用しないことから、風圧力による荷重及び非常用ガス処理系排気筒に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-67)】

(i) 主排気筒

主排気筒の筒身については，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，閉塞することではなく，主排気筒の排気機能が維持される設計とする。さらに，主排気筒は開かれた構造物であり気圧差荷重は作用しないことから，風圧力による荷重及び主排気筒に常時作用する荷重に対して，構造健全性が維持され，安全機能を損なわない設計とする。

また，設計飛来物の衝突により部材が損傷した場合においても構造健全性が維持され，排気筒全体が倒壊しない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-67～68)】

(j) 原子炉建屋

原子炉建屋原子炉棟外壁（5 階及び 6 階部分）の原子炉建屋外側ブローアウトパネルについては，設計竜巻による気圧低下による開放及び設計飛来物の貫通により，原子炉建屋原子炉棟の放射性物質の閉じ込め機能を損なう可能性があるが，防護ネットの設置による竜巻防護対策を行うことにより，設計飛来物の衝突及び気圧低下による開放後の開口部からの設計飛来物の侵入を防止する設計とするとともに，気圧低下による開放に対しては，設計竜巻と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから，安全上支障のない期間に補修が可能な設計とすることで，安全機能を損なわない設計とする。

また，原子炉建屋は外部事象防護対象施設を内包する建屋でもあるため，風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物の衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して，構造骨組の構造健全性が維持されるとともに，屋根，壁及び開口部（扉類）の破損により原子炉建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。また，設

計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により、原子炉建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-68)】

＜以下、外部事象防護対象施設を内包する区画＞

(k) タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋

タービン建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物等の衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁及び開口部（扉類）の破損により当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物等の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により、当該建屋内の外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-68～69)】

(l) 軽油貯蔵タンクタンク室

軽油貯蔵タンクタンク室は、地下埋設されていることを考慮し、設計飛来物による衝撃荷重に対して、構造健全性が維持され、軽油貯蔵タンクの安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (1) : 1-69)】

b. 外部事象防護対象施設のうち、屋内の施設で外気と繋がっている施設

外殻となる施設に内包され防護される外部事象防護対象施設のうち、外気と繋がっている施設は、設計荷重に対して、安全機能が維持される設計とし、必要に応じて竜巻飛来物防護対策設備等による竜巻防護対策を講じる方針とする。

(a) 非常用換気空調設備

非常用換気空調設備は、壁面の補強等の竜巻防護対策を行う原子炉建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び非常用換気空調設備に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (2) : 1-69)】

(b) 原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）

原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）は、壁面の補強等の竜巻防護対策を行う原子炉建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しないことから、気圧差による荷重及び原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）に常時作用する荷重に対して、構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (2) : 1-69)】

c. 外殻となる施設による防護機能が期待できない施設

外殻となる施設に内包される外部事象防護対象施設のうち、外殻となる施設が設計竜巻の影響により健全性が確保されず、貫通又は裏面剥離が発生し安全機能を損なう可能性がある場合には、施設の補強、竜巻飛来物防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

原子炉建屋付属棟については、設計飛来物の衝突により壁面及び開口部建具等に貫通が発生することを考慮し、開口部建具等付近の外部事象防護対象施設のうち、設計飛来物の衝突により影響を受ける可能性がある原子炉建屋付属棟 3 階中央制御室換気空調設備、原子炉建屋換気系隔

離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）及び非常用電源盤（電気室）が安全機能を損なわない設計とする。

原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋外側ブローアウトパネルが設計竜巻による気圧低下により開放されることを考慮し、原子炉建屋外側ブローアウトパネル開放により発生する外壁開口部付近の外部事象防護対象施設のうち、設計竜巻荷重の影響を受ける可能性がある原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備、燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン並びに非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備が安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、設計飛来物等の衝突により建屋上部の開口部建具等に貫通が発生することを考慮し、使用済燃料乾式貯蔵建屋内部の外部事象防護対象施設で、設計飛来物等の衝突により影響を受ける可能性がある、使用済燃料乾式貯蔵容器及び使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンが安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（3）：1-70～72）】

(a) 原子炉建屋附属棟 3 階中央制御室換気空調設備

原子炉建屋附属棟 3 階中央制御室換気空調設備は、設計飛来物の衝突により、建屋壁面及び開口部建具に貫通が発生することを考慮し、壁面の補強等の竜巻防護対策を行うことにより、原子炉建屋附属棟 3 階中央制御室換気空調設備への設計飛来物の衝突を防止し、原子炉建屋附属棟 3 階中央制御室換気空調設備の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1（3.4.2（3）：1-70）】

(b) 原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）

原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）

は、設計飛来物の衝突により建屋の壁面等に貫通が発生することを考慮し、壁面等の補強による竜巻防護対策を行うことにより、原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）への設計飛来物の衝突を防止し、原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト（原子炉建屋原子炉棟貫通部）の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-70)】

(c) 非常用電源盤（電気室）

非常用電源盤（電気室）は、設計飛来物の衝突により、原子炉建屋附属棟 1 階電気室扉に貫通が発生することを考慮し、電気室扉の取替等の竜巻防護対策を行うことにより、非常用電源盤（電気室）への設計飛来物の衝突を防止し、非常用電源盤（電気室）の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-70)】

(d) 原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備

原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備は、設計竜巻による気圧低下により原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放されることを考慮し、防護ネット等の設置による竜巻防護対策を行うことにより、当該設備への設計飛来物の衝突を防止する。

さらに、原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備は構造的に風圧力による影響を受けないことから、当該設備の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-71)】

(e) 燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン

燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーンは、設計竜巻による気圧低

下により設備が配置される区画の原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放されることを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止するとともに、竜巻の襲来が予想される場合には、燃料取扱作業を中止し、使用済燃料プール及び燃料プール冷却浄化系真空破壊弁に影響を及ぼさない待機位置への退避措置を行う運用により、原子炉建屋外側ブローアウトパネル開放状態においても、燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーンの安全機能を損なうことなく、また、転落によって近傍の外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-71)】

(f) 非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備

原子炉建屋内の非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備は、設計竜巻による気圧低下により設備が配置される区画の原子炉建屋外側ブローアウトパネルが開放されることを考慮し、原子炉建屋外側ブローアウトパネルの撤去及び開口部の閉止による竜巻防護対策を行うことにより、非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循環系設備の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-72～73)】

(g) 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び気圧差荷重は作用しない。

さらに、使用済燃料乾式貯蔵建屋上部の開口部に対し、設計飛来物等の衝突により貫通が発生することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物等の衝突を防止し、

使用済燃料乾式貯蔵容器の構造健全性が維持され、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-72)】

(g) 使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン

使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、使用済燃料乾式貯蔵建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び気圧差荷重は作用しない。

さらに、使用済燃料乾式貯蔵建屋上部の開口部に対し、設計飛来物等の衝突により貫通が発生することを考慮し、防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物等の衝突を防止するとともに、竜巻の襲来が予想される場合には、燃料取扱作業を中止し、使用済燃料乾式貯蔵容器に影響を及ぼさない待機位置への退避措置を行う運用により、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンの安全機能を損なうことなく、また、転落によって近傍の外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (3) : 1-72)】

d. 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設については、設計荷重による影響を受ける場合においても外部事象防護対象施設等に影響を及ぼさないよう、設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-72～75)】

(a) サービス建屋

サービス建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物による衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、倒壊によ

り外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-73)】

(b) 海水ポンプエリア防護壁

海水ポンプエリア防護壁は，風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物による衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して補強等を行うことで，倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-73)】

(c) 鋼製防護壁

鋼製防護壁は，風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物による衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-73)】

(d) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器が閉塞することがなく，ディーゼル発電機の機能が維持される設計とする。さらに，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音器が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に機能的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-73～74)】

- (e) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気配管及びベント配管

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気配管及びベント配管は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気配管及びベント配管が閉塞することがなく，ディーゼル発電機の機能等が維持される設計とする。さらに，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気配管及びベント配管が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気配管及びベント配管に常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に機能的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-74)】

- (f) 残留熱除去系海水系配管（放出側）

残留熱除去系海水系配管（放出側）は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，残留熱除去系海水系配管（放出側）が閉塞することがなく，残留熱除去系海水系ポンプの機能等が維持される設計とする。さらに，残留熱除去系海水系配管（放出側）が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び残留熱除去系海水系配管（放出側）に常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である残留熱除去系海水系ポン

プ等に機能的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-74)】

- (g) 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配管（放出側）

非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配管（放出側）は，設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配管（放出側）が閉塞することがなく，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプの機能等が維持される設計とする。さらに，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配管（放出側）が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配管（放出側）に常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ等に機能的影響を及ぼさない設計とする。

【別添資料 1 (3.4.2 (4) : 1-74～75)】

以上の評価対象施設等の防護設計を考慮して，設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻防護対策等を第 1.7.2-2 表に，外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻防護対策等を第 1.7.2-3 表に，外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻防護対策等を第 1.7.2-4 表に示す。

(8) 竜巻随伴事象に対する評価

竜巻随伴事象として、過去の竜巻被害事例及び発電所の施設の配置から想定される事象である、火災、溢水及び外部電源喪失を抽出し、事象が発生する場合においても、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.5 : 1-75～77)】

a. 火災

竜巻随伴事象として、竜巻による飛来物が建屋開口部付近の発火性又は引火性物質を内包する機器に衝突する場合及び屋外の危険物貯蔵施設等に飛来物が衝突する場合の火災が想定される。

建屋内については、飛来物が侵入する場合でも、建屋開口部付近には、発電用原子炉施設の安全機能を損なわせる可能性がある発火性又は引火性物質を内包する機器は配置されておらず、また、外部事象防護対象施設を設置している区画の開口部には防護ネット設置等の飛来物防護対策を行うことを考慮すると飛来物が到達することはないことから、設計竜巻により建屋内に火災が発生することはない、建屋内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

建屋外については、発電所敷地内の屋外にある危険物貯蔵施設等の火災がある。火災源と外部事象防護対象施設の位置関係を踏まえて火災の影響を評価した上で、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とすることを「1.7.9 外部火災防護に関する基本方針」に記載する。

以上より、竜巻随伴事象としての火災に対して外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.5 (1) : 1-75～76)】

b. 溢水

竜巻随伴事象として、竜巻による飛来物が建屋開口部付近の溢水源に衝突する場合及び屋外タンク等に飛来物が衝突する場合の溢水が想定される。

外部事象防護対象施設を内包する建屋内については、飛来物が侵入する場合でも、建屋開口部付近に飛来物が衝突して外部事象防護対象施設の安全機能を損なう可能性がある溢水源が配置されておらず、また、外部事象防護対象施設を設置している建屋の開口部には、防護ネット設置等の飛来物防護対策を行うことを考慮すると、飛来物が到達することはないことから、設計竜巻により建屋内に溢水が発生することはない、建屋内の外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

建屋外については、設計竜巻による飛来物の衝突による屋外タンク等の破損に伴う溢水を想定されるが、「1.6 溢水防護に関する基本方針」にて、地震時の屋外タンク等の破損を想定し、地震起因の溢水が安全系機器に影響を及ぼさない設計としており、竜巻随伴事象による屋外タンク等が損傷して発生する溢水に対しては、上記に包絡されることから、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない。

以上より、竜巻随伴事象としての溢水に対して外部事象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.5 (2) : 1-76～77)】

c. 外部電源喪失

設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷又はダウンバースト等の影響により外部電源喪失が発生する場合については、設計竜巻に対して非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の構造健全性を維持することにより、外部電源喪失の影響がなく外部事

象防護対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (3.5 (3) : 1-77)】

1.7.2.2 手順等

竜巻に対する防護については、竜巻に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順等を定める。

- (1) 屋外の作業区画で飛散するおそれのある資機材、車両等については、飛来時の運動エネルギー及び貫通力等を評価し、外部事象防護対象施設等への影響の有無を確認する。外部事象防護対象施設等に影響を及ぼす資機材、車両等については、固縛、固定、外部事象防護対象施設等から隔離、頑健な建屋内に収納又は撤去する。これら飛来物発生防止対策について手順を定める。

また、当社敷地近傍の隣接事業所の敷地のうち、資機材、車両等を配置できないようにすることが必要な箇所については、フェンス等の設置による、当該箇所への資機材、車両等の配置を阻止する措置を、隣接事業所との合意文書に基づき当社にて実施する。

- (2) 竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において、外部事象防護対象施設等を防護するための操作・確認、補修等が必要となる事項について手順を定める。
- (3) 竜巻の襲来後、放水路ゲートに損傷を発見した場合の措置について、放水路ゲートの駆動装置に損傷を発見した場合、安全機能を回復するために速やかな補修等を行う手順を整備し、的確に実施する。また、速やかな補修等が困難と判断された場合には、プラントを停止する手順を整備し、的確に実施する。

1.7.2.3 参考文献

- (1) 雷雨とメソ気象 大野久雄，東京堂出版
- (2) 気象庁ホームページ
- (3) 一般気象学 小倉義光，東京大学出版会

第 1.7.2-1 表 発電所における設計飛来物

飛来物の種類	砂利	鋼製材
サイズ (m)	長さ×幅×高さ 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×高さ 4.2×0.3×0.2
質量 (kg)	0.18	135
最大水平速度 (m/s)	62	51
最大鉛直速度 (m/s)	42	34

【別添資料 1 (3.3.1 (3) : 1-60)】

第 1.7.2-2 表 設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻防護対策等 (1 / 4)

設計竜巻から防護する評価対象施設	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。) 吸気口	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対 象施設等との離 隔 	—	鋼製材 砂利	補修
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。) 室ルーフ ベントファン			竜巻飛来物防護対策設備	砂利	防護扉の閉止確認
中央制御室換気系冷凍機 (配管, 弁含む。)			竜巻飛来物防護対策設備	砂利	防護扉の閉止確認
残留熱除去系海水系ポンプ (配管, 弁含 む。)			施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	水密扉の閉止確認
非常用ディーゼル発電機 (高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。) 用海水ポ ンプ (配管, 弁含む。)			施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	水密扉の閉止確認

第 1.7.2-2 表 設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻防護対策等 (2 / 4)

設計竜巻から防護する評価対象施設	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
残留熱除去系海水系ストレーナ	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との隔離 	施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	水密扉の閉止確認
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ス トレーナ			施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	水密扉の閉止確認
非常用ガス処理系排気筒			—	鋼製材 砂利	補修
主排気筒			—	鋼製材 砂利	補修
排気筒モニタ			—	鋼製材 砂利	補修
原子炉建屋（閉じ込め機能）			竜巻飛来物防護対策設備	鋼製材 砂利	補修
放水路ゲート			—	鋼製材 砂利	補修

第 1.7.2-2 表 設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻防護対策等 (3 / 4)

設計竜巻から防護する評価対象施設	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
非常用換気空調設備	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との隔離 	施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備 補強した防護扉等	—	防護扉の閉止確認
原子炉建屋換気系隔離弁及びダクト (原子炉建屋原子炉棟貫通部)			補強した建屋壁等	—	—
原子炉建屋付属棟 3 階中央制御室換気空調 設備			施設を内包する施設 補強した防護扉等	—	防護扉の閉止確認
非常用電源盤 (電気室)			施設を内包する施設 取替えた防護扉	—	防護扉の閉止確認
原子炉建屋原子炉棟 6 階設置設備			施設を内包する施設	—	—
燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーン			施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	竜巻襲来予想時 燃料取扱作業の中止
非常用ガス処理系設備及び非常用ガス再循 環系設備			施設を内包する施設 閉止した開口部	—	—
使用済燃料乾式貯蔵容器			施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	—

第 1.7.2-2 表 設計竜巻から防護する評価対象施設及び竜巻防護対策等 (4 / 4)

設計竜巻から防護する評価対象施設	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との隔離 	施設を内包する施設 竜巻飛来物防護対策設備	砂利	竜巻襲来予想時 燃料取扱作業の中止
安全重要度分類のクラス 1 及びクラス 2 に 属する施設のうち上記以外の建屋、構築物 内の施設			施設を内包する施設	—	—
安全重要度分類のクラス 3 に属する施設 (下記以外の施設)			—	—	代替設備の確保 補修、取替等
緊急時対策所建屋内の施設			施設を内包する施設 (緊急時対策所建屋)	—	—
緊急時対策所建屋 (設計基準対象施設に関する機能)			—	鋼製材 砂利 車両	補修
緊急時対策所建屋 (重大事故等対処施設に関する機能)		—	—		敷地外物品のため、 衝突を考慮した上で、施設の機能維持 を確認

第 1.7.2-3 表 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻防護対策等

外部事象防護対象施設等に 波及的影響を及ぼし得る施設	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
サービス建屋	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対 象施設等との離 隔 	—	鋼製材 砂利	—
海水ポンプエリア防護壁			—	鋼製材 砂利	—
鋼製防護壁			—	鋼製材 砂利	—
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。）排気消音 器			—	鋼製材 砂利	—
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。）付属排気 配管及びベント配管			—	鋼製材 砂利	—
残留熱除去系海水系配管（放出側）			—	鋼製材 砂利	—
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレ イ系ディーゼル発電機を含む。）用海水配 管（放出側）			—	鋼製材 砂利	—

第1.7.2-4 表 外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻防護対策等（1／3）

外部事象防護対象施設を内包する区画	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
原子炉建屋	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との隔離 	竜巻飛来物防護対策設備	鋼製材 砂利	—
タービン建屋	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との隔離 	—	鋼製材 砂利	—
		—	—	コンテナ	敷地外物品のため、衝突を考慮した上で、施設の機能維持を確認

第1.7.2-4 表 外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻防護対策等（2／3）

外部事象防護対象施設を内包する区画	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
使用済燃料乾式貯蔵建屋	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との隔離 	竜巻飛来物防護対策設備	鋼製材 砂利	—
		—	竜巻飛来物防護対策設備	車両	<ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地外物品のため、衝突を考慮した上で、施設の機能維持及び建屋内部への飛来物の侵入防止を確認 ・ 飛来物が到達しないようにすることが必要な箇所は、フェンス等の設置による、資機材、車両等の配置を阻止する措置を、当社にて実施。

第1.7.2-4 表 外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻防護対策等（3／3）

外部事象防護対象施設を内包する区画	竜巻の 最大風速	飛来物 発生防止対策	防護設備 (外殻となる施設)	想定する 飛来物	手順等
軽油貯蔵タンクタンク室	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との離隔 	—	鋼製材 砂利	—
排気筒モニタ建屋	100m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固縛 ・ 固定 ・ 外部事象防護対象施設等との離隔 	—	鋼製材 砂利	補修

(3) 適合性説明

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止

- 1 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- 2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
- 3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

(3) 竜巻

安全施設は、設計竜巻の最大風速 100m/s による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物等の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対して安全機能を損なわないために、飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

a. 飛来物の発生防止対策

竜巻により東海発電所を含む当社敷地内の資機材等が飛来物となり、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設等へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛，固定，外部事象防護対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備からの離隔，頑健な建屋内収納又は撤去する。

b．竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し，安全施設が安全機能を損なわないように，以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻飛来物防護対策設備により，外部事象防護対象施設を防護し，構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。
- ・外部事象防護対象施設の構造健全性が維持できない場合には，代替設備の確保，損傷した場合の取替え又は補修が可能な設計とすることにより安全機能を損なわない設計とする。

ここで，竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり，積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性のある自然現象は，雷，雪，ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は，設計竜巻荷重に包含される。

1.3 気象等

8. 竜巻

8.1 竜巻

竜巻影響評価は、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原規技発 13061911 号 原子力規制委員会決定）」（以下「ガイド」という。）に基づき実施する。

基準竜巻及び設計竜巻の設定は、竜巻検討地域の設定、基準竜巻の最大風速の設定及び設計竜巻の最大風速の設定の流れで実施する。

【別添資料 1（2.1 : 1-15）】

8.1.1 竜巻検討地域の設定

発電所が立地する地域と、気象条件の類似性の観点及び局所的な地域性の観点で検討を行い、竜巻検討地域を設定する。

(1) 気象総観場の分析

気象条件の類似性の観点では、気象総観場ごとの竜巻発生位置を整理し、発電所と類似の地域を抽出する。竜巻発生要因の総観場は、気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽¹⁾を基に、独立行政法人原子力安全基盤機構が東京工芸大学に委託した研究「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽²⁾を参考に、低気圧、台風、停滞前線、局所性降雨、季節風及びその他（高気圧等）の 6 つに分類する。なお、低気圧には、暖気の移入、寒気の移入及び停滞前線以外の前線を、停滞前線では梅雨前線を、局所性降雨では雷雨を含めている。第 8.1-1 図に竜巻発生時の総観場の分布を示す。

第 8.1-2 図の都道府県ごとの竜巻の発生要因別比率に示すとおり、低

気圧起因の竜巻は全国一様に発生していること、一方、台風起因の竜巻は日本海側には発生しておらず、主に太平洋側で発生していることが分かる。また、停滞前線起因の竜巻は北海道を除く各地に発生していること、局所性降雨は内陸部での竜巻発生も促すこと、及び季節風や高気圧起因とされる竜巻の発生数は比較的少ないことが分かる。

【別添資料 1 (2.2.1 : 1-16~18)】

(2) 総観場の分析に基づく地域特性の確認

竜巻発生 の地域性が見られる台風起因の発生領域から、太平洋側の宮城県から沖縄県にかけての範囲を考慮する。発電所はこの範囲に立地しており、太平洋側の宮城県から沖縄県を基本として、竜巻の発生頻度の観点から総観場の気象条件に基づく竜巻検討地域 TA_1 の検討を行う。

発電所から半径 180km 圏内 (約 10 万 km^2 圏) を含む太平洋側沿岸の海岸線から陸側海側各 5km の範囲を対象として、単位面積当たりの発生数の比較を第 8.1-3 図及び第 8.1-1 表に示す。なお、表の竜巻の個数は各ケースの領域ごとにおける発生した全ての竜巻の個数である。

この結果、福島県から沖縄県にかけての範囲である $TA_{1.6}$ のケースの単位面積当たりの発生数が最も大きくなるため、これを総観場の気象条件に基づく竜巻検討地域 TA_1 とする。

【別添資料 1 (2.2.2 : 1-19~20)】

(3) 過去の竜巻集中地域に基づく地域特性の確認

局地的な地域性の観点では、「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド (案) 及び解説」⁽³⁾ に、全国 19 箇所の竜巻集中地域が示されており、第 8.1-4 図に示すとおり、発電所は、竜巻集中地域⑰に立地している。

竜巻集中地域⑰を第 8.1-1 表の $TA_{1.1}$ とし、これを竜巻集中地域に基づく竜巻検討地域 TA_2 とする。

【別添資料 1 (2.2.3 : 1-21)】

(4) 竜巻検討地域

発電所に対する竜巻検討地域について、「総観場の分析に基づく地域特性の確認」、「過去の竜巻集中地域に基づく地域特性の確認」により地域特性を確認し、竜巻の個数及び単位面積当たりの発生数によって、福島県から沖縄県にかけての太平洋側沿岸の海岸線から海側及び陸側それぞれ 5km の範囲を竜巻検討地域に設定する（面積約 57,000km²）。

第 8.1-5 図に竜巻検討地域を示す。

【別添資料 1 (2.2.4 : 1-22)】

8.1.2 基準竜巻の最大風速の設定

基準竜巻の最大風速は、過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})、及び竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2}) のうち、最も大きな風速を設定する。

(1) 過去に発生した竜巻による最大風速 (V_{B1})

過去に発生した竜巻による最大風速の設定に当たっては、竜巻検討地域における過去最大竜巻は F 3 であり、F スケールと風速の関係より風速は 70m/s～92m/s であることから、竜巻検討地域で過去に発生した最大竜巻 F 3 の風速範囲の上限値 92m/s を V_{B1} とする。

第 8.1-2 表に竜巻検討地域における F 3 スケール相当以上の竜巻の観測記録を示す。

【別添資料 1 (2.3.1 : 1-23)】

(2) 竜巻最大風速のハザード曲線による最大風速 (V_{B2})

竜巻最大風速のハザード曲線は、ガイドに従い、既往の算定方法に基づき、具体的には「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽²⁾

を参照して、算定する。本評価は、竜巻データの分析、竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率密度分布の算定、相関係数の算定、並びにハザード曲線の算定によって構成される。

竜巻最大風速のハザード曲線の算定は、竜巻検討地域（海岸線から陸側及び海側それぞれ 5km の範囲）の評価及び竜巻検討地域を海岸線に沿って 1km 範囲ごとに短冊状に細分化した場合の評価の 2 とおりで算定し、そのうち大きな風速を設定する。

【別添資料 1（2.3 : 1-24～37）】

a. 海岸線から陸側及び海側それぞれ 5km の範囲の評価

本評価では、竜巻検討地域外で発生して竜巻検討地域内に移動した陸上発生竜巻も発生数にカウントする。被害幅及び被害長さは、それぞれ被害全幅及び被害全長を用いる。

【別添資料 1（2.3.2 : 1-24）】

b. 竜巻の発生頻度の分析

気象庁「竜巻等の突風データベース」⁽¹⁾をもとに、1961 年～2012 年 6 月までの 51.5 年間の統計量を F スケール別に算出する。なお、観測体制の変遷による観測データ品質のばらつきを踏まえ、以下の(a)～(c)の基本的な考え方に基づいて整理を行う。

- (a) 被害が小さくて見過ごされやすい F 0 及び F スケール不明竜巻に対しては、観測体制が強化された 2007 年以降の年間発生数及び標準偏差を用いる。
- (b) 被害が比較的軽微な F 1 竜巻に対しては、観測体制が整備された 1991 年以降の年間発生数や標準偏差を用いる。
- (c) 被害が比較的大きく見逃されることがないと考えられる F 2 及び F 3 竜巻に対しては、観測記録が整備された 1961 年以降の全期間の年

間発生数や標準偏差を用いる。

また、F スケール不明の竜巻については、以下の取扱いを行う。

陸上で発生した竜巻（以下「陸上竜巻」という。）及び海上で発生して陸上へ移動した竜巻については、被害があつて初めてそのF スケールが推定されるため、陸上でのF スケール不明の竜巻は、被害が少ないF 0 竜巻とみなす。

海上で発生し、その後上陸しなかった竜巻（以下「海上竜巻」という。）については、その竜巻のスケールを推定することは困難であることから、「海岸線から海上 5km の範囲における海上竜巻の発生特性が、海岸線から内陸 5km の範囲における陸上竜巻の発生特性と同様である。」という仮定に基づいて各F スケールに分類する。その結果、F スケール不明の海上竜巻の取扱いにより、第 8.1-3 表のとおり観測実績に対して保守性を高めた評価としている。

【別添資料 1（2.3.3 : 1-25～27）】

c. 年発生数の確率密度分布の設定

ハザード曲線の評価に当たって竜巻の発生がポアソン過程に従うと仮定し、使用する竜巻年発生数の確率密度分布はポリヤ分布を採用する。

竜巻年発生数の確率分布の設定には、ポアソン分布とポリヤ分布が考えられる。

ポアソン分布は、生起確率が正確に分からないまれな現象の場合に有用な分布である。一方、ポリヤ分布は、発生状況が必ずしも独立でないまれな現象（ある事象が生ずるのはまれであるが、一旦ある現象が発生するとその周囲にもその現象が生じやすくなる性質）の場合に有用な分布である（例えば、伝染病の発生件数）。台風や前線により竜巻が発生した場合、同時多発的に複数の竜巻が発生する状況が考えられるため、

ポリヤ分布の方が実現象をより反映できると考えられる。

また、国内を対象とした竜巻の年発生数の分布の適合性に関する検討結果は、「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽²⁾に示されており、陸上及び海上竜巻の両方の発生数について、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れているとしている。

発電所の竜巻検討地域で発生した竜巻を対象に、発生数に関するポアソン分布及びポリヤ分布の適合性を評価した結果、竜巻検討地域においても、ポリヤ分布の適合性がポアソン分布に比べて優れていることを確認している。

【別添資料 1 (2.3.3 : 1-28~29)】

d. 竜巻風速、被害幅及び被害長さの確率分布並びに相関係数

竜巻検討地域における 51.5 年間の竜巻の発生数、被害幅及び被害長さを基に、確率密度分布についてはガイド及びガイドが参考としている「竜巻による原子力施設への影響に関する調査研究」⁽²⁾を参照し、対数正規分布に従うものとする。(第 8.1-6 図～第 8.1-8 図)

なお、疑似的な竜巻の作成に伴う被害幅又は被害長さの情報が無い竜巻には、被害幅又は被害長さを有する竜巻の観測値を与えている。その際は、被害幅又は被害長さが大きいほうから優先的に用いることで、被害幅又は被害長さの平均値が大きくなるように工夫しているとともに、被害幅又は被害長さ 0 のデータについては計算に用いておらず、保守的な評価を行っている。

このように、前述の F スケール不明の竜巻の取扱い等も含め、データについては保守的な評価となる取扱いを行っている。

また、1961 年以降の観測データのみを用いて、竜巻風速、被害幅及び被害長さについて相関係数を求める。(第 8.1-4 表)

【別添資料 1 (2.3.4 : 1-30～32)】

e. 竜巻影響エリアの設定

竜巻影響エリアは、発電所の評価対象施設の面積及び設置位置を考慮して、評価対象施設を包絡する円形のエリア（直径 300m, 面積約 $7.1 \times 10^4 \text{m}^2$ ）として設定する。（第 8.1-9 図）

なお、竜巻影響エリアを円形とするため、竜巻の移動方向には依存性は生じない。

【別添資料 1 (2.3.5 : 1-32～33)】

f. ハザード曲線の算定

T 年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率を求め、ハザード曲線を求める。

前述のとおり、竜巻の年発生数の確率密度分布としてポリヤ分布の適合性が高い。ポリヤ分布は式 (a) ⁽⁴⁾ で示される。

$$P_T(N) = \frac{(\nu T)^N}{N!} \left(1 + \beta \nu T\right)^{-(N+1/\beta)} \prod_{k=1}^{N-1} (1 + \beta k) \quad (\text{a})$$

ここで、

N : 竜巻の年発生数

ν : 竜巻の年平均発生数

T : 年数

β は、分布パラメータであり式 (b) で示される。

$$\beta = \left(\frac{\sigma^2}{\nu} - 1 \right) \times \frac{1}{\nu} \quad (\text{b})$$

ここで、

σ : 竜巻の年発生数の標準偏差

竜巻影響評価の対象となる構造物が風速 V_0 以上の竜巻に遭遇する事象を D と定義し、竜巻影響評価の対象構造物が 1 つの竜巻に遭遇し、その竜巻の風速が V_0 以上となる確率を $R(V_0)$ としたとき、 T 年以内にいずれかの竜巻に遭遇し、かつ竜巻風速が V_0 以上となる確率は式 (c) で示される。

$$P_{V_0, T}(D) = 1 - [1 + \beta R(V_0)T]^{-1/\beta} \quad (c)$$

この $R(V_0)$ は、竜巻影響評価の対象地域の面積を A_0 （つまり竜巻検討地域の面積約 57,000km²）、1 つの竜巻の風速が V_0 以上となる面積を $DA(V_0)$ とすると式 (d) で示される。

$$R(V_0) = \frac{E[DA(V_0)]}{A_0} \quad (d)$$

ここで、 $E[DA(V_0)]$ は、 $DA(V_0)$ の期待値を意味する。

本評価では、以下のようにして $DA(V_0)$ の期待値を算出し、式 (d) により $R(V_0)$ を推定し、式 (c) により $P_{V_0, T}(D)$ を求める。風速を V 、被害幅を w 、被害長さを l 、移動方向を α とし、 $f(V, w, l)$ 等の同時確率密度関数を用いると、 $DA(V_0)$ の期待値は式 (e) ⁽⁵⁾ で示される。

$$\begin{aligned} E[DA(V_0)] = & \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) l f(V, w, l) dV dw dl + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty H(\alpha) l f(V, l, \alpha) dV dl d\alpha \\ & + \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty W(V_0) G(\alpha) f(V, w, \alpha) dV dw d\alpha + S \int_{V_0}^\infty f(V) dV \end{aligned} \quad (e)$$

ここで、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ はそれぞれ、竜巻の被害長さ及び被害幅方向に沿った面に評価対象構造物を投影した時の長さである。竜巻影響エリアを円形で設定しているため、 $H(\alpha)$ 及び $G(\alpha)$ とともに竜巻