

# 東海第二発電所

## 津波による損傷の防止

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

## 目 次

### 第 1 部

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
  - 1.4 設備等
  - 1.5 手順等

### 第 2 部

- ・はじめに
- ・耐津波設計方針
- 1. 基本事項
  - 1.1 設計基準対象施設の津波防護対象の選定
  - 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
  - 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
  - 1.4 入力津波の設定
  - 1.5 水位変動・地殻変動の評価
  - 1.6 設計または評価に用いる入力津波
- 2. 設計基準対象施設の津波防護方針
  - 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
  - 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）
    - (1) 遡上波の地上部からの到達，流入防止
    - (2) 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止
  - 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）
  - 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
    - (1) 浸水防護重点化範囲の設定
    - (2) 浸水防護重点化範囲における浸水対策
  - 2.5 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
    - (1) 非常用海水冷却系の取水性
    - (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
  - 2.6 津波監視設備

- 3. 施設・設備の設計方針
- 3.1 津波防護施設の設計
- 3.2 浸水防止設備の設計
- 3.3 津波監視設備
- 3.4 施設・設備の設計・評価に係る検討事項

## 添付資料

- 1 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
- 2 設計基準対象施設の津波防護対象設備とその配置について
- 3 耐津波設計における現場確認プロセスについて
- 4 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
- 5 敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について
- 6 管路解析のモデルについて
- 7 管路解析のパラメータスタディについて
- 8 港湾内の局所的な海面の励起について
- 9 入力津波に用いる潮位条件について
- 10 津波防護対策の設備の位置付けについて
  - (17) 常用海水ポンプ停止の運用手順について
  - (18) 残留熱除去系海水ポンプの水理実験結果について
  - (19) 貯留堰設置位置及び天端高さの決定の考え方について
  - (20) 基準津波に伴う砂移動評価
  - (21) 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
  - (22) 津波漂流物の調査要領について
  - (27) 漂流物の移動量算出の考え方
  - (23) 燃料等輸送船の係留索の耐力について
  - (24) 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
  - (15) 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
  - ( ) 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
  - (11) 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
  - (26) 基準類における衝突荷重の算定式
  - (25) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮堤の設計方針について
  - ( ) 防潮堤の地山への寄り付き部の設計について
  - ( ) 防潮扉の設計と運用について
  - ( ) 放水路ゲートの設計と運用について
  - ( ) 貯留堰の構造及び仕様について
  - ( ) 貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について
  - (16) 貫通部止水対策箇所について
  - ( ) 防波堤の破損による影響評価について
  - (12) 日立港日立港区及び常陸那珂港区の整備計画に基づく防波堤等モデル化した津波遡上解析結果について
  - (13) 防波堤の有無による敷地南側の津波高さについて
  - (14) 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

( 2 8 ) 津波の流況をふまえた漂流物の取水口到達可能性評価について

注：採番されていない資料は、今後追加予定の添付資料

(11) ~ (28)は、今後追加される添付資料により、添付資料番号が変更になる。

東海第二発電所の防潮堤については、地下部の構造の変更，地盤改良等の実施及び敷地北側における設置ルートを変更することを現在説明させていただいております。

本資料は、上記変更及び設置ルート変更に伴う各影響については未反映であり、今後、審査資料に適時反映してまいります。

## 2.5 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

### (1) 非常用海水冷却系の取水性

#### 【規制基準における要求事項等】

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。

- ・ 基準津波による水位の低下に対して、海水ポンプが機能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。

#### 【検討方針】

基準津波による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。

具体的には、以下のとおり実施する。

- ・ 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（1.4 項【検討結果】及び本項【検討結果】参照）。
- ・ 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（【検討結果】参照）。
- ・ 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、非常用海水ポンプの継続運転が可能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常用系と非常用系で併用されているため、循環水系

を含む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措置が  
施される方針であることを確認する（【検討結果】参照）。

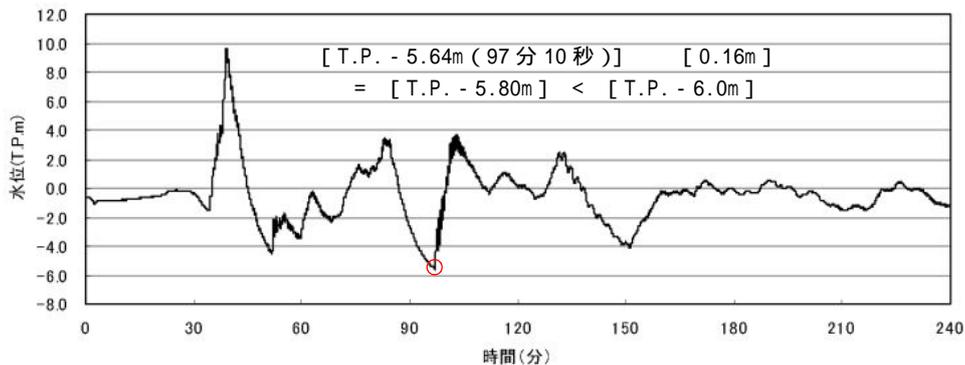
### 【検討結果】

#### a. 取水路の特性を考慮した非常用海水ポンプ取水性の評価水位

基準津波による水位の低下に伴う取水路の特性を考慮した非常用海水ポンプ位置における取水ピットの評価水位を適切に算定するため、非定常開水路の連続式及び運動方程式を用いて管路解析を実施する。また、その際、貯留堰がない状態で、取水口から取水ピットに至る系をモデル化し、管路の形状、材質及び表面の状況に応じた摩擦係数を考慮するとともに、貝付着やスクリーン損失及び防波堤の有無を考慮し、解析結果に対して、安全側の評価となるよう、潮位のばらつきの加算や数値計算上のばらつきを考慮している。

以上の解析により算出した取水ピット内の基準津波による下降側水位は、水位変動に対して厳しい条件となるスクリーンによる損失がない条件で T.P. - 5.64m となった。これに下降側の潮位のばらつき 0.16m、数値計算上のばらつきを考慮し、安全側に評価して設定した T.P. - 6.0m を評価水位とする。

第 2.5-1 図に取水ピットにおける下降側の入力津波の時刻歴波形を示す。



第 2.5-1 図 取水ピットにおける下降側の入力津波の時刻歴波

## b . 非常用海水ポンプ取水性

非常用海水ポンプ取水性の評価水位である T.P. - 6.0m に対して，非常用海水ポンプである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系ディーゼル発電機用海水ポンプの取水可能水位は T.P. - 6.08m であるため，取水機能は維持できる。しかし，残留熱除去系海水ポンプの取水可能水位は T.P. - 5.42m であり，また，水理実験により確認した取水可能水位は T.P. - 5.66m であるため，評価水位 T.P. - 6.0m より高い位置となった。

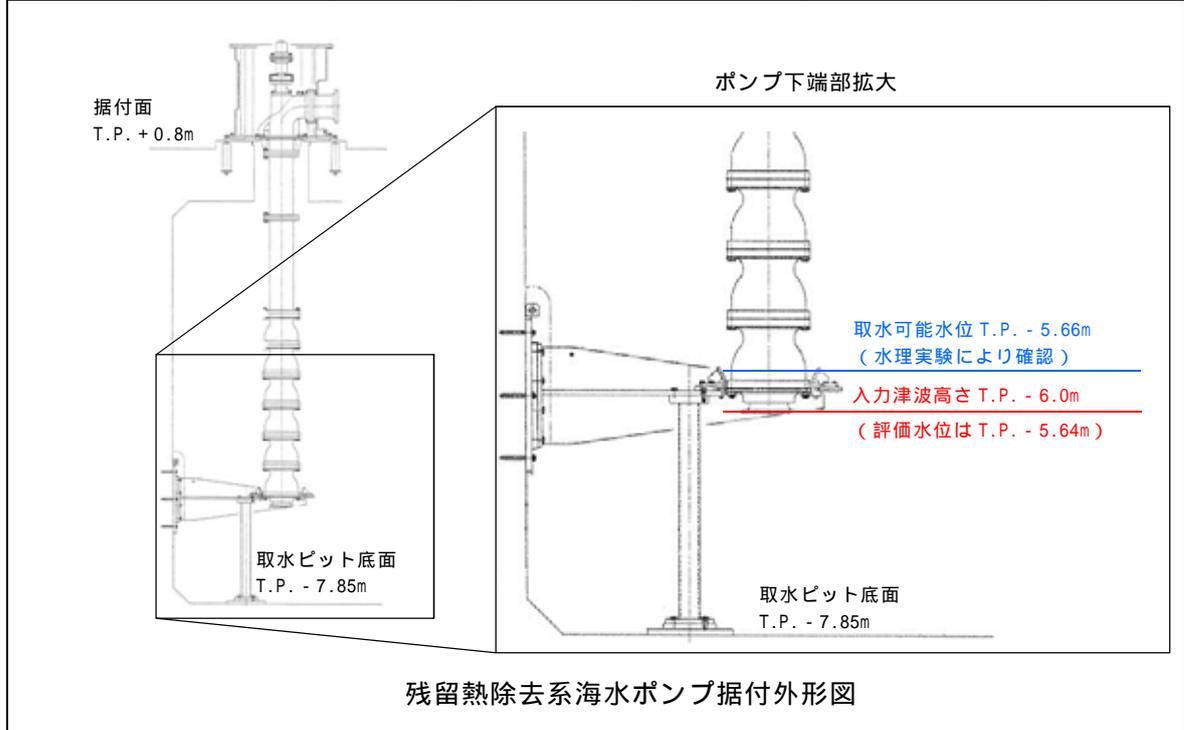
このため，取水口前面の海中に海水を貯留する貯留堰を設置し，引き波時においても，残留熱除去系海水ポンプを含む非常用海水ポンプの取水性を確保する設計とする。

第 2.5-1 表に非常用海水ポンプの取水可能水位評価結果，添付資料（18）に残留熱除去系海水ポンプの水理実験結果を示す。

また，取水ピットは，循環水ポンプを含む常用海水ポンプと併用しているため，発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合には，循環水ポンプを含む常用海水ポンプは停止（プラント停止）する運用とする。

第 2.5-1 表 海水ポンプの取水可能水位評価結果

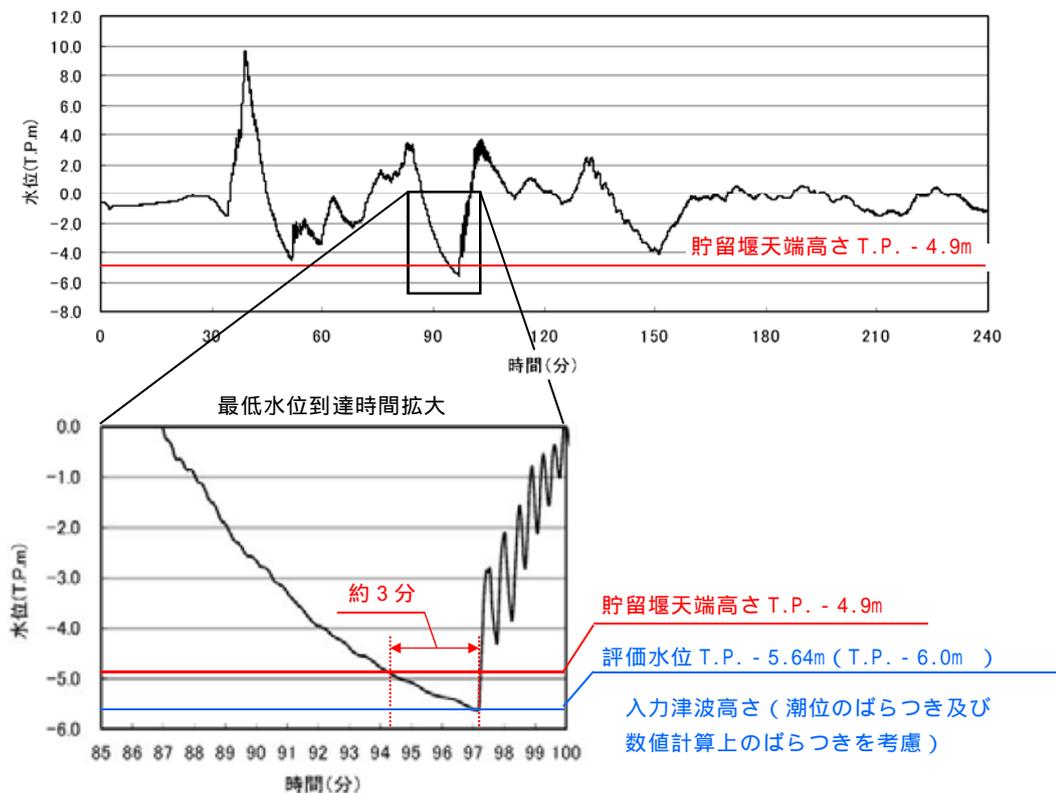
海水ポンプ	区分	取水ピット 下降側水位 (T.P.m)	評価水位 (T.P.m)	取水可能水位 (T.P.m)	機能 保持
残留熱除去系 海水ポンプ	非常用	- 5.64 <sup>1</sup>	- 6.0 <sup>2</sup>	- 5.42 ( - 5.66 ) <sup>3</sup>	不可 <sup>4</sup>
非常用ディーゼル 発電機用海水ポンプ				- 6.08	可能
高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機用 海水ポンプ				- 6.08	可能
循環水ポンプ	常用			- 1.59	- <sup>5</sup>
補機冷却海水ポンプ				- 5.08	- <sup>5</sup>



- 1 : 朔望平均干潮位 T.P. - 0.81m 及び 2011 年東北地方太平洋沖地震による地殻変動量 (沈降) 0.2m は考慮しているが, 津波波源モデルの活動による地殻変動量 (沈降) 0.31m は, 安全側の評価となるよう考慮していない。
- 2 : 取水ピットにおいて算定された数値を安全側に評価した値であり, 下降側の潮位のばらつき 0.16m 及び数値計算上のばらつきを考慮した水位である。
- 3 : 水理実験により確認した取水可能水位である。
- 4 : 引き波時にポンプの機能保持が不可のため, 取水口前面の海中に貯留堰を設置する。
- 5 : 大津波警報発表時に停止する運用を定めるため対象外 ( - ) としている。

取水口前面の海中に設置する貯留堰は、通常運転時の海水ポンプの安定取水（流況，損失水頭等）に影響がないことを確認した上で，天端高さを T.P. - 4.9m とし，非常用海水ポンプの取水可能水位を下回る時間においても，非常用海水ポンプ全台が 30 分以上運転継続するための必要容量  $2,162\text{m}^3$  以上の容量である約  $2,370\text{m}^3$  の容量を確保できる設計とする。一方，引き波が貯留堰の天端高さ T.P. - 4.9m を下回る時間は，取水ピットにおける下降側水位の時刻歴波形から約 3 分であるため，非常用海水ポンプの継続運転に問題ない。

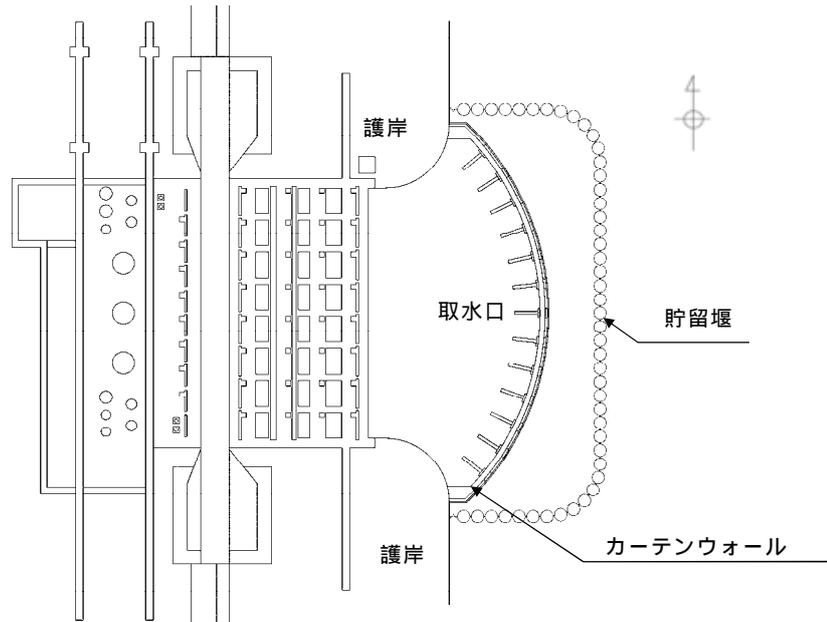
第 2.5-2 図に引き波の継続時間，第 2.5-2 表に非常用海水ポンプの運転継続時間の評価結果，第 2.5-3 図に貯留堰の平面図を示す。また，貯留堰の天端高さ決定の考え方を添付資料（19）に示す。



第 2.5-2 図 引き波の継続時間

第 2.5-2 表 非常用海水ポンプの運転継続時間

海水ポンプ	定格流量 ( $\text{m}^3/\text{h} \cdot$ 台)	台数 (台)	取水流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	貯留堰 有効容量 ( $\text{m}^3$ )	運転継続可 能時間 (分)
残留熱除去系海水ポンプ	885.7	4	4,323	約 2,370	約 33
非常用ディーゼル発電機用 海水ポンプ	272.8	2			
高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電機用海水ポンプ	232.8	1			
<p>【非常用海水ポンプの運転継続可能時間の算出】</p> <p>運転継続可能時間 = 貯留堰有効容量 (<math>\text{m}^3</math>) <math>\div</math> 取水流量 (<math>\text{m}^3/\text{h}</math>)</p> <p>= <math>2,370 \text{ m}^3 \div 4,323 \text{ m}^3/\text{h}</math></p> <p>= 0.55 時間      約 33 分</p>					



第 2.5-3 図 貯留堰平面図

c . まとめ

以上より，基準津波による水位の低下に対して，非常用海水ポンプは機能保持でき，冷却に必要な海水が確保できることを確認した。

## (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

### 【規制基準における要求事項等】

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。

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。

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。

- ・ 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。

### 【検討方針】

基準津波に伴う取水口付近の砂の移動・堆積や漂流物を適切に評価し，取水口及び取水路の通水性が確保されることを確認する。

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維持できる設計であることを確認する。

具体的には，以下のとおり確認する。

- ・ 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（【検討結果】[1]参照）。
- ・ 混入した浮遊砂は，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（【検討結果】[2]，[3]参照）。

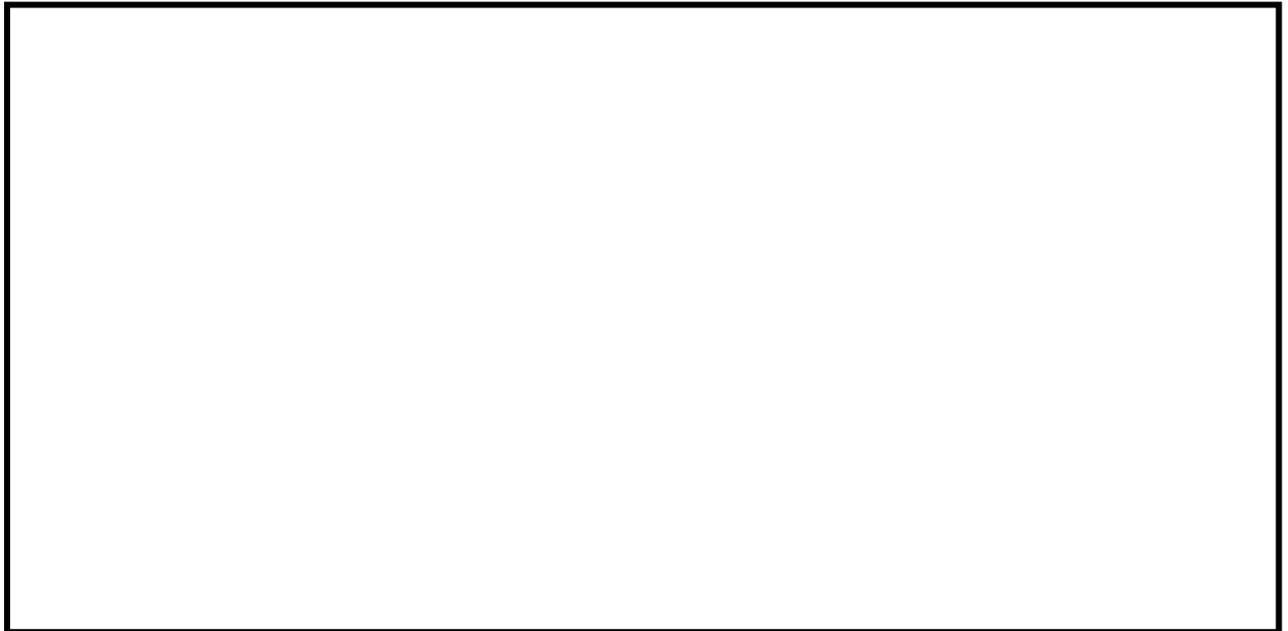
- ・ 基準津波に伴う取水口付近の漂流物については、遡上解析結果における取水口付近を含む敷地前面及び遡上域の寄せ波及び引き波の方向、速度の変化を分析した上で、漂流物の可能性を検討し、漂流物により取水口が閉塞しないことを確認する。また、スクリーン自体が漂流物となる可能性がないか確認する（【検討結果】[4]，[5]参照）。

#### 【検討結果】

#### [1] 基準津波に伴う砂の移動・堆積に対する取水口及び取水路の通性能確保

##### a . 取水口の構造

取水口の呑口は 8 口からなり、1 口当たりの寸法は幅□ m，高さ□ m で、呑口下端高さは T.P. - 6.04m である。これに対して、呑口前面の海底面高さは T.P. - 6.89m であり、呑口下端高さは海底面高さより約 0.8m 高い位置にある。また、「(1) 非常用海水冷却系の取水性」に示したとおり、非常用海水ポンプの取水性を確保するため、取水口前面（カーテンウォール外側）に天端高さ T.P. - 4.9m の貯留堰を設置することから、砂は取水口下端に到達しにくい構造になっている。第 2.5-4 図に取水口～取水ピット構造図（断面図）を示す。

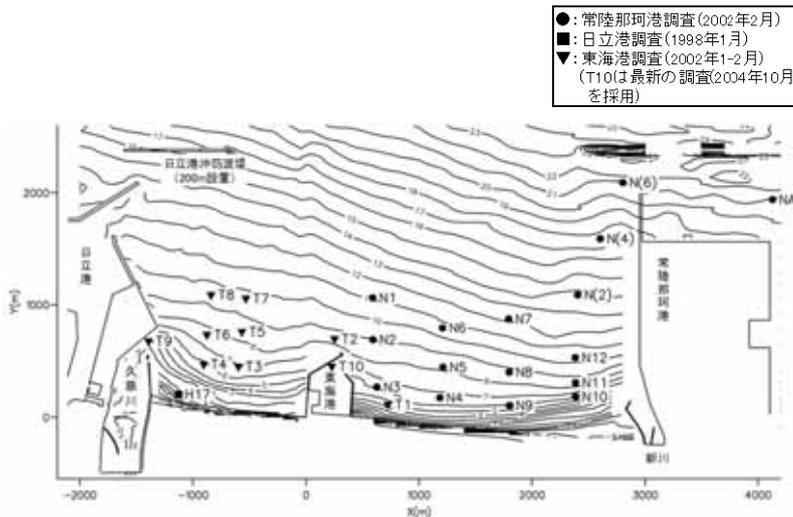


第 2.5-4 図 取水口～取水ピット構造図（断面図）

b . 砂の移動・堆積評価

基準津波による水位変動以外の事象に対する評価として、基準津波に伴う砂の移動について数値シミュレーションを実施し、取水口及び取水路の通水性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した。数値シミュレーションは、藤井他（1998）<sup>1</sup>及び高橋他（1999）<sup>2</sup>の手法に基づき、津波の挙動とそれに伴う砂移動を同時に計算した。数値シミュレーションにおいて用いた砂の密度及び中央粒径は、茨城県が実施した底質調査結果を参考に、それぞれ  $2.72\text{g/cm}^3$  及び  $0.15\text{mm}$  に設定した。第 2.5-5 図に茨城県による周辺海域の底質調査結果を示す。

- 1 : 「津波による海底地形変化に関する研究」, 藤井直樹・大森政則・高尾誠・金山進・大谷英夫, 海岸工学論文集, 45, 376-380, 1998
- 2 : 「掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発」, 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔, 海岸工学論文集, 46, 606-610, 1999



試料採取位置	密度 (g / cm <sup>3</sup> )	中央粒径 (mm)
N1	2.758	0.11
N2	2.760	0.12
N3	2.755	0.13
N4	2.816	0.14
N5	2.805	0.13
N6	2.733	0.12
N7	2.788	0.13
N8	2.752	0.11
N9	2.729	0.14
N10	2.703	0.16
N11	2.681	0.11
N12	2.703	0.11
N(2)	2.757	0.13
T1	2.719	0.15
T2	2.727	0.16
T3	2.700	0.15
T4	2.680	0.18
T5	2.694	0.17
T6	2.685	0.14
T7	2.699	0.13
T8	2.666	0.31
T9	2.679	0.16
T10	2.670	0.18
平均値	2.72	0.15

茨城県東海区海岸保全対策研究会(2005): 茨城県東海地区海岸の保全に関する技術検討資料に一部加筆

### 第 2.5-5 図 茨城県による周辺海域の底質調査結果

津波評価における基準津波による砂移動に関する数値シミュレーションの結果, 取水口前面における砂の堆積高さは最大で 0.33m(高橋他(1999), 浮遊砂上限濃度 1%)であった。

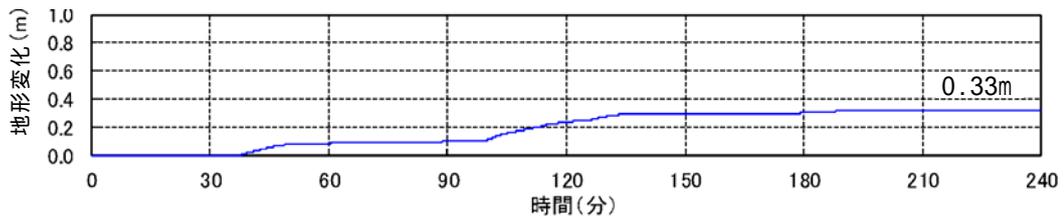
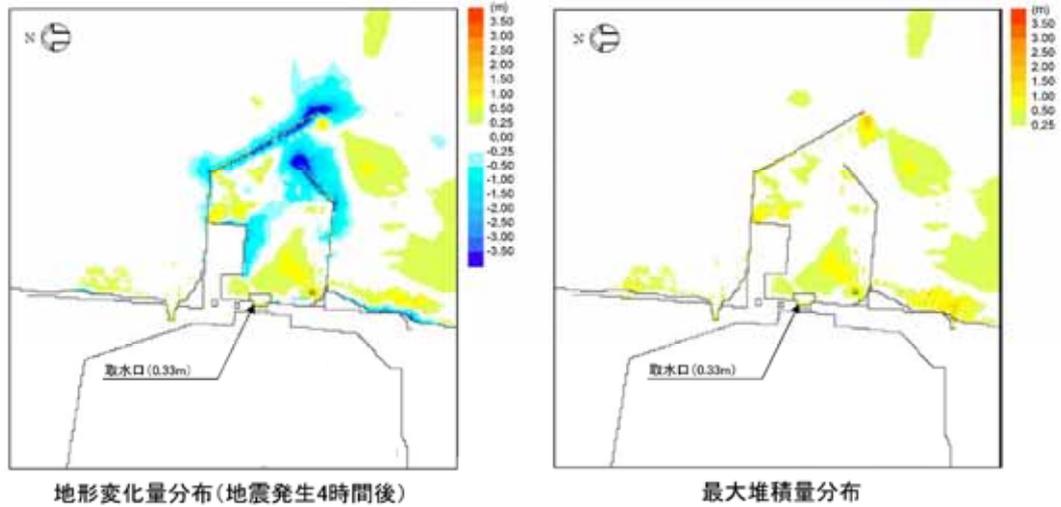
これに対し, 取水口の呑口の寸法は, 上記 a . に示したとおり幅  m, 高さ  m であるため, 砂の移動・堆積によっても取水口及び取水路の通水性は確保できることを確認した。第 2.5-3 表に取水口前面の砂の堆積厚さを示す。

上記に加え, 防波堤なしの堆積量についても評価した。その結果, 取水口前面における砂の堆積高さは防波堤なしで最大 0.36m(高橋他(1999), 浮遊砂上限濃度 1%)となった。第 2.5-4 表に防波堤の有無による取水口前面での砂堆積高さに示す。また, 防波堤の有無による基準津波に伴う砂移動評価を添付資料(20)に示す。

このため, 取水ピットにおける砂堆積厚さの評価については, 防波堤のありとなしを含めて評価を行う。

第 2.5-3 表 取水口前面の砂の堆積厚さ

		浮遊砂 上限濃度 (%)	最大堆積量 (m)	備考
水位 上昇側	藤井他 (1998)	1	0.01	
		5	0.01	
	高橋他 (1999)	1	0.33	検討ケース 下図参照
水位 下降側	藤井他 (1998)	1	0.01	
		5	0.01	
	高橋他 (1999)	1	0.19	検討ケース



【砂移動解析結果（水位上昇側，高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%）】

第 2.5-4 表 防潮堤の有無による取水口前面での砂堆積高さ

（高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%）

	防波堤あり	防波堤なし
取水口前面	0.33m	0.36m

### c . 取水ピットの構造と砂の堆積厚さ

海水は，取水口から取水路を經由し取水ピットに導かれる。取水口～取水路までの底面は T.P. - 6.04m，取水ピットからは T.P. - 7.85m と取水口からの底面よりさらに - 1.8m 程度下がる構造になっている。

また，海水ポンプの吸込み下端レベルは，残留熱除去系海水ポンプは T.P. - 6.01m，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系ディーゼル発電機用海水ポンプは T.P. - 6.52m であることから取水ピット底面から 1.33m～1.84m 高い位置に海水ポンプの吸込み下端レベルが設置されている。

取水ピットへの砂堆積による非常用海水ポンプの取水性の影響について，防波堤の有無，スクリーン損失の有無，貝付着の有無，非常用海水ポンプの取水の有無を考慮して影響を評価した。評価した結果，取水ピットにおける砂の堆積厚さは，防波堤なしで最大でも 0.028m であることからポンプの取水性に影響を与える結果ではなかった。第 2.5-4 図に取水口～取水ピット概要図(断面図)，第 2.5-5 表に取水ピットの砂の堆積厚さ及び第 2.5-6 表に取水ピット砂堆積解析結果を示す。

第 2.5-5 表 取水ピットの砂の堆積厚さ  
(高橋他(1999)，浮遊砂上限濃度 1%)

水位上昇側 (m)	水位下降側 (m)
0.028	0.011

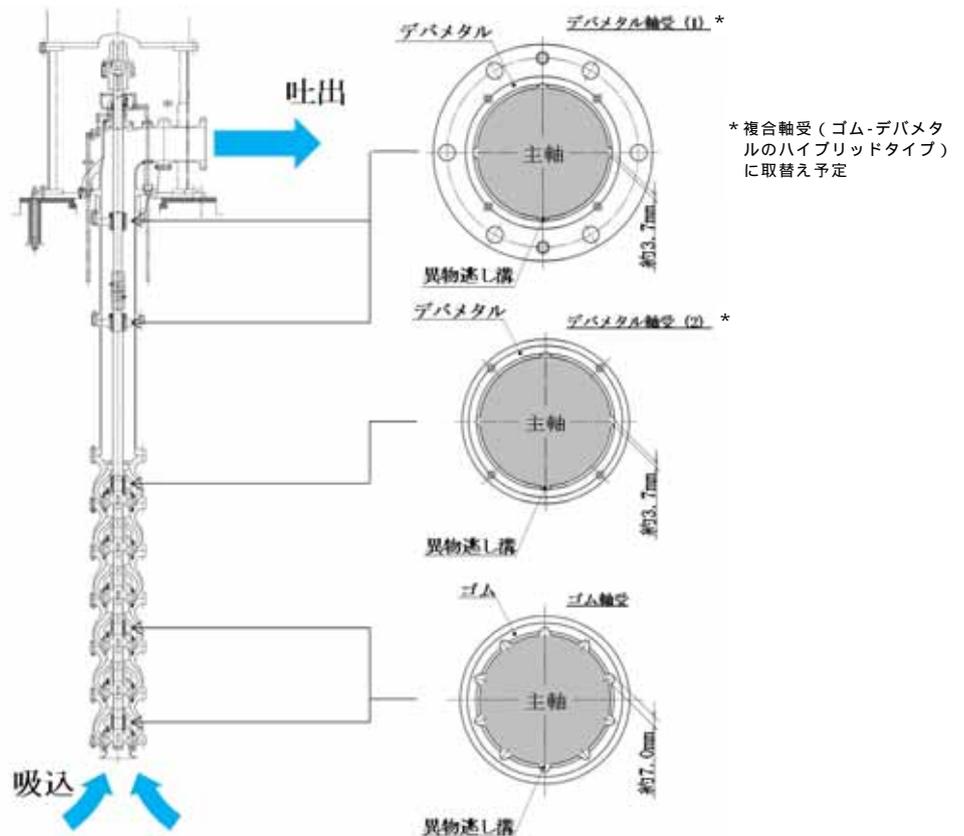
第 2.5-6 表 取水ピット砂堆積解析結果（高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1 %）

解析 ケース	パラメータ				水位上昇側 堆積厚さ (m)	水位下降側 堆積厚さ (m)
	防波堤	スクリーン損失	貝付着	非常用海水 ポンプの取水		
	あり	なし	あり	あり	0.016	0.007
	あり	あり	あり	あり	0.003	0.001
	あり	なし	なし	あり	0.013	0.008
	あり	あり	なし	あり	0.003	0.001
	なし	なし	あり	あり	0.028	0.010
	なし	あり	あり	あり	0.020	0.004
	なし	なし	なし	あり	0.027	0.011
	なし	あり	なし	あり	0.019	0.004
	あり	なし	あり	なし	0.013	0.005
	あり	あり	あり	なし	0.002	0.001
	あり	なし	なし	なし	0.011	0.006
	あり	あり	なし	なし	0.002	0.001
	なし	なし	あり	なし	0.025	0.008
	なし	あり	あり	なし	0.018	0.003
	なし	なし	なし	なし	0.025	0.009
	なし	あり	なし	なし	0.017	0.003

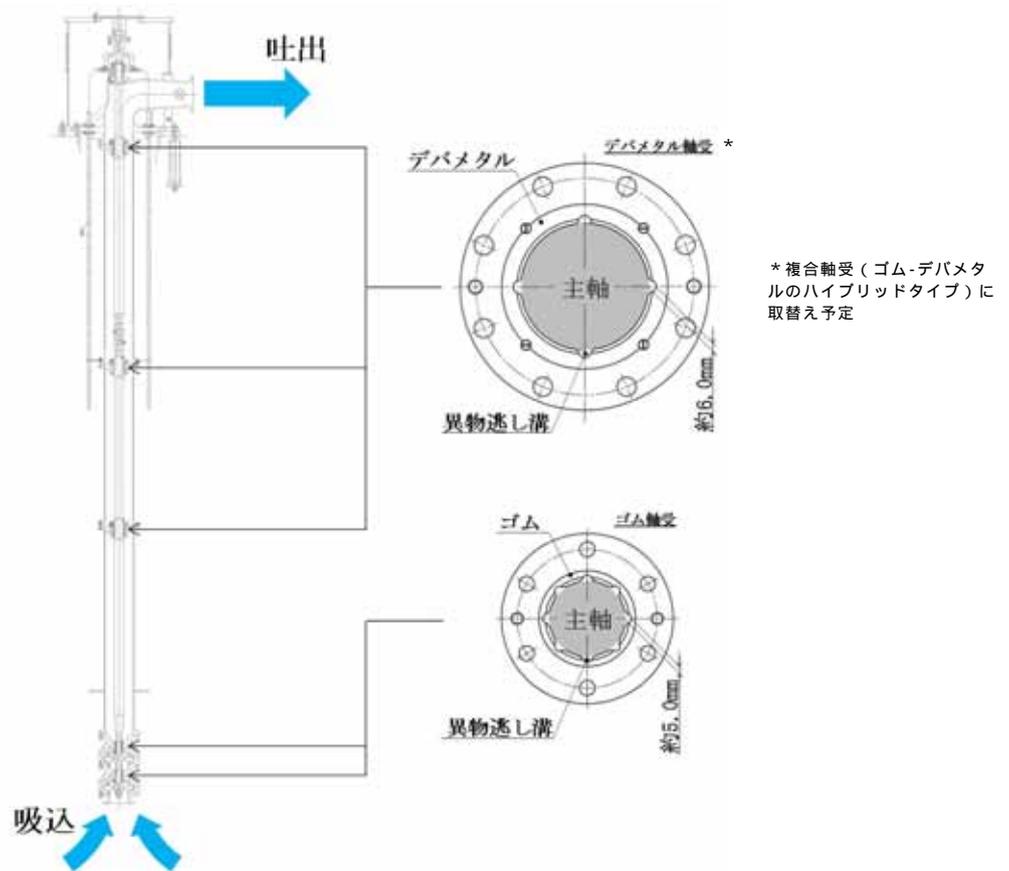
[2] 砂混入時の非常用海水ポンプ取水機能の確認

基準津波による浮遊砂については、除塵装置で除去することが困難であることから、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、軸固着することなく機能保持できる設計であることを以下のとおり確認した。

非常用海水ポンプの軸受には、異物混入による軸受の損傷を防止するため、異物逃し溝(最小約3.7mm)が設けられている。このため、非常用海水ポンプの取水時に浮遊砂の一部がポンプ軸受に混入したとしても、異物の逃し溝から排出される構造となっている。第2.5-6図に残留熱除去系海水ポンプの軸受配置図、第2.5-7図に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系ディーゼル発電機用海水ポンプの軸受配置図を示す。



第2.5-6図 残留熱除去系海水系ポンプ軸受配置図



第 2.5-7 図 非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ及び高圧炉心

スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ軸受配置図

これに対して、「[1] 基準津波に伴う砂の移動・堆積に対する取水口及び取水路の通性能確保」に示したとおり、発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径は約 0.15mm で、数ミリ以上の粒子はごくわずかであり、そもそも粒径数ミリの砂は浮遊し難いものであることを踏まえると、大きな粒径の砂はほとんど混入しないと考えられる。このため、非常用海水ポンプは、砂の混入に対して軸固着することはなく取水機能は維持できる。

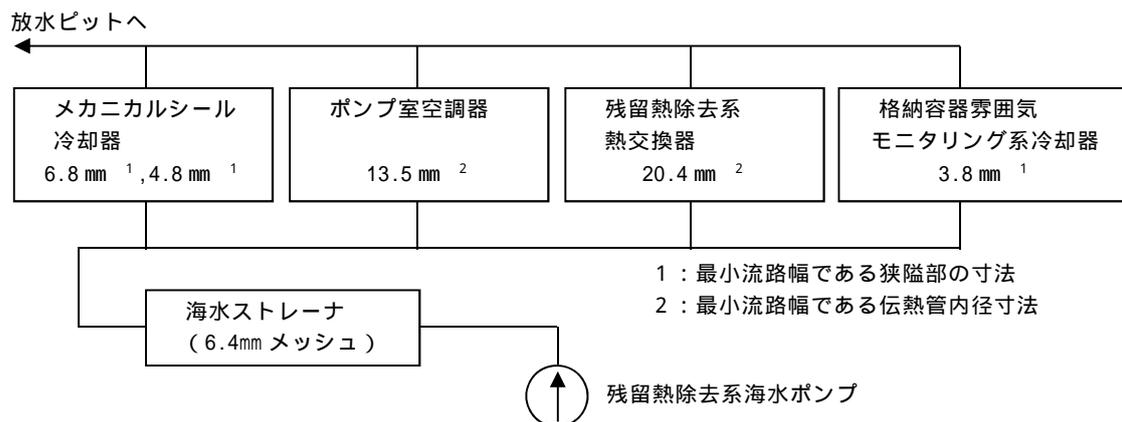
また、砂の混入による軸受摩耗の評価として、非常用海水ポンプの軸受を模擬した供試材を用いた軸受摩耗試験を実施し、ゴム軸受及び複合軸受に十分な浮遊砂耐性があることを確認した。添付資料（21）に非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性の評価結果を示す。

### [3] 混入した浮遊砂に対する取水性確保

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。

海水系の各機器の最小流路幅は、残留熱除去系海水ポンプから供給される格納容器雰囲気モニタリング系冷却器の約 3.8 mm であり、「[1] 基準津波に伴う砂の移動・堆積に対する取水口及び取水路の通性能確保」に示した発電所前面の海域を含む周辺の砂の平均粒径である約 0.15mm に対して十分大きい。このため、海水系の各機器の閉塞の可能性はないものと考えられ、海水ポンプの取水機能は維持できる。

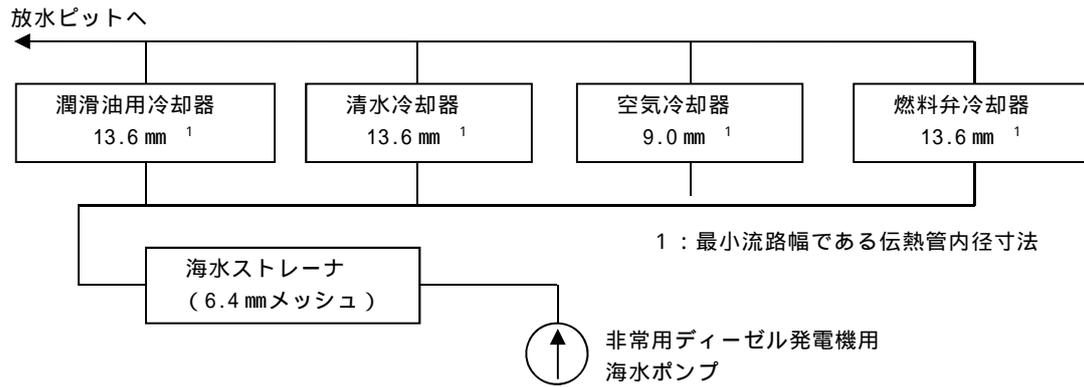
第 2.5-8 図～第 2.5-10 図に非常用海水ポンプの概略系統図、第 2.5-7 表～第 2.5-9 表に非常用海水系の各機器の最小流路幅を示す。



第 2.5-8 図 非常用海水ポンプの概略系統図  
( 残留熱除去系のうち海水ライン )

第 2.5-7 表 非常用海水系の各機器の最小流路幅  
( 残留熱除去系のうち海水ライン )

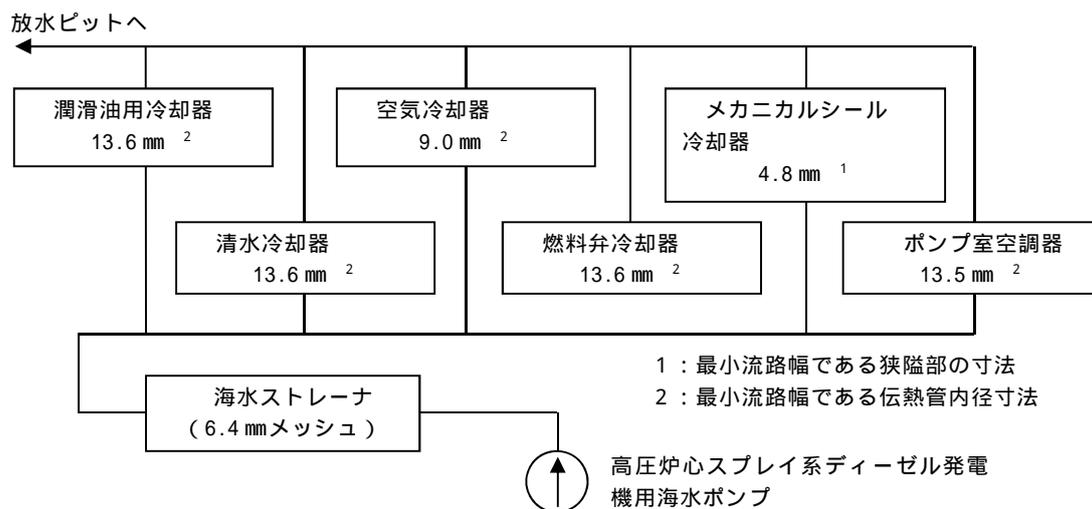
海水供給機器		最小流路幅 ( mm )	砂粒径 ( mm )
メカニカルシール冷却器	残留熱除去系ポンプ メカニカルシール冷却器	6.8	約 0.15
	低圧炉心スプレイ系ポンプ メカニカルシール冷却器	4.8	
ポンプ室空調器	残留熱除去系ポンプ室空調器	13.5	
	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
	原子炉隔離時冷却系ポンプ室空調器	13.5	
残留熱除去系熱交換器	残留熱除去系熱交換器	20.4	
格納容器雰囲気モニタリング系冷却器	格納容器雰囲気モニタリング系冷却器	3.8	
海水ストレーナ	残留熱除去系海水系ストレーナ	6.4	



第 2.5-9 図 非常用海水ポンプの概略系統図  
(非常用ディーゼル発電機のうち海水ライン)

第 2.5-8 表 非常用海水系の各機器の最小流路幅  
(非常用ディーゼル発電機のうち海水ライン)

海水供給機器	最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
非常用ディーゼル発電機用潤滑油用冷却器	13.6	約 0.15
非常用ディーゼル発電機用清水冷却器	13.6	
非常用ディーゼル発電機用空気冷却器	9.0	
非常用ディーゼル発電機燃料弁冷却器	13.6	
非常用ディーゼル発電機用海水ストレーナ	6.4	



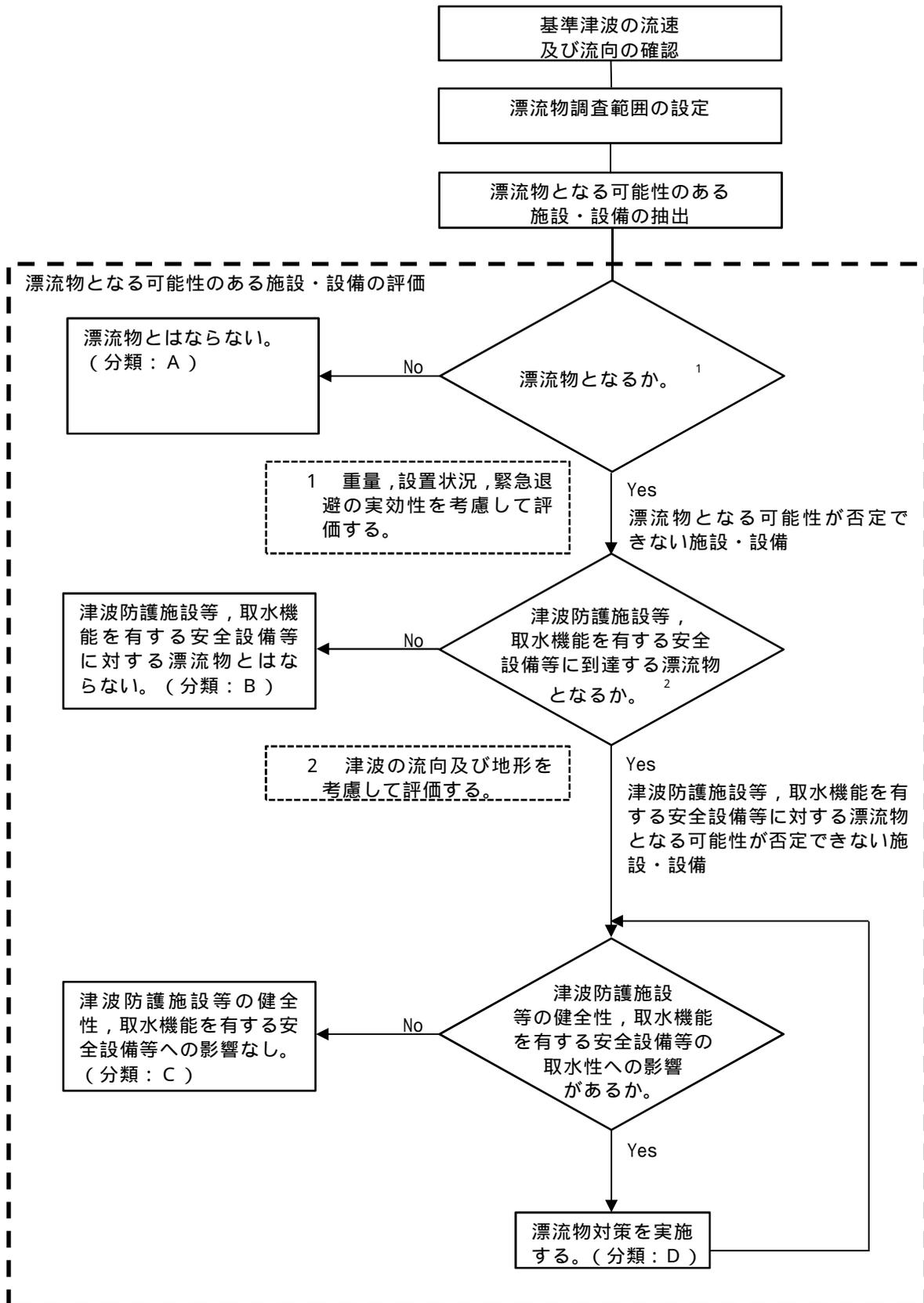
第 2.5-10 図 非常用海水ポンプの概略系統図  
(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち海水ライン)

第 2.5-9 表 非常用海水系の各機器の最小流路幅  
(高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち海水ライン)

海水供給機器	最小流路幅 (mm)	砂粒径 (mm)
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機潤滑油用冷却器	13.6	約 0.15
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用清水冷却器	13.6	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用空気冷却器	9.0	
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用燃料弁冷却器	13.6	
高圧炉心スプレイ系ポンプメカニカルシール冷却器	4.8	
高圧炉心スプレイ系ポンプ室空調器	13.5	
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	6.4	

#### [4] 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保

基準津波の遡上解析結果によると、津波は取水口付近の敷地を含め、T.P. + 3m の敷地に遡上する。基準地震動  $S_s$  による地盤面の沈下や潮位のばらつき (0.18m) を考慮した場合、取水口が設置されている T.P. + 3m の敷地前面東側の防潮堤外側の敷地における浸水深は約 15m と想定される。この結果に基づき、基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備が、非常用海水ポンプの取水性確保に影響を及ぼさないことを漂流物評価フローに基づき確認した。第 2.5-11 図に漂流物評価フローを示す。



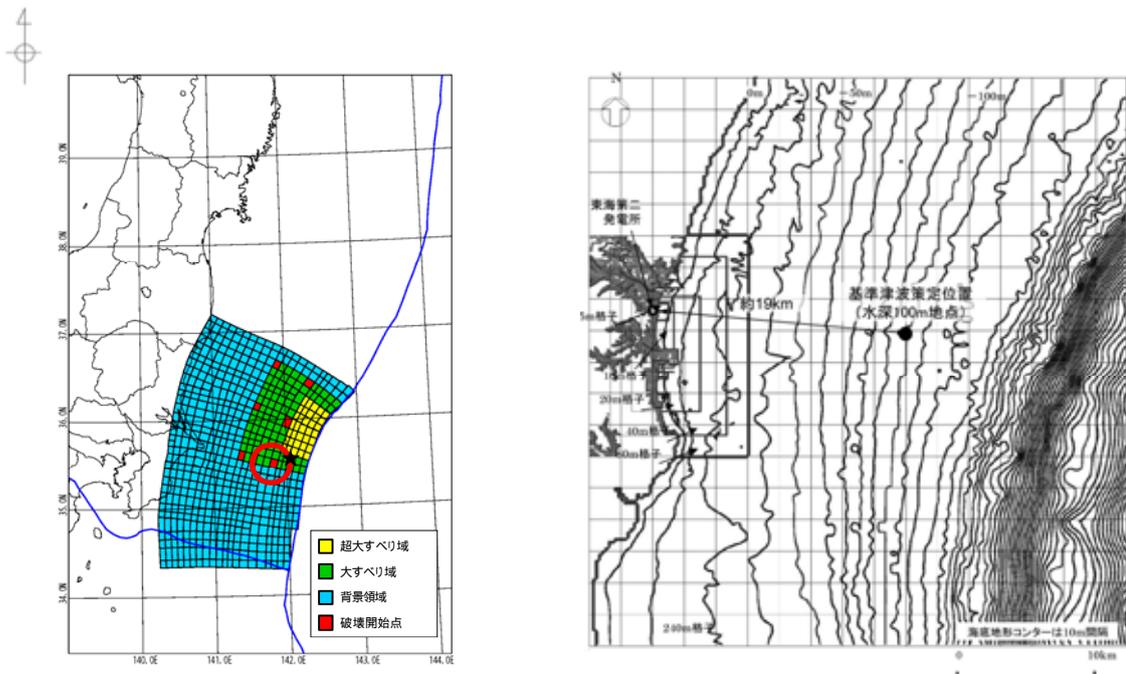
津波防護施設等：津波防護施設，浸水防止設備，津波監視設備を示す。  
 取水機能を有する安全設備等：海水取水機能を有する非常用海水ポンプ，非常用海水配管等を示す。

第 2.5-11 図 漂流物評価フロー

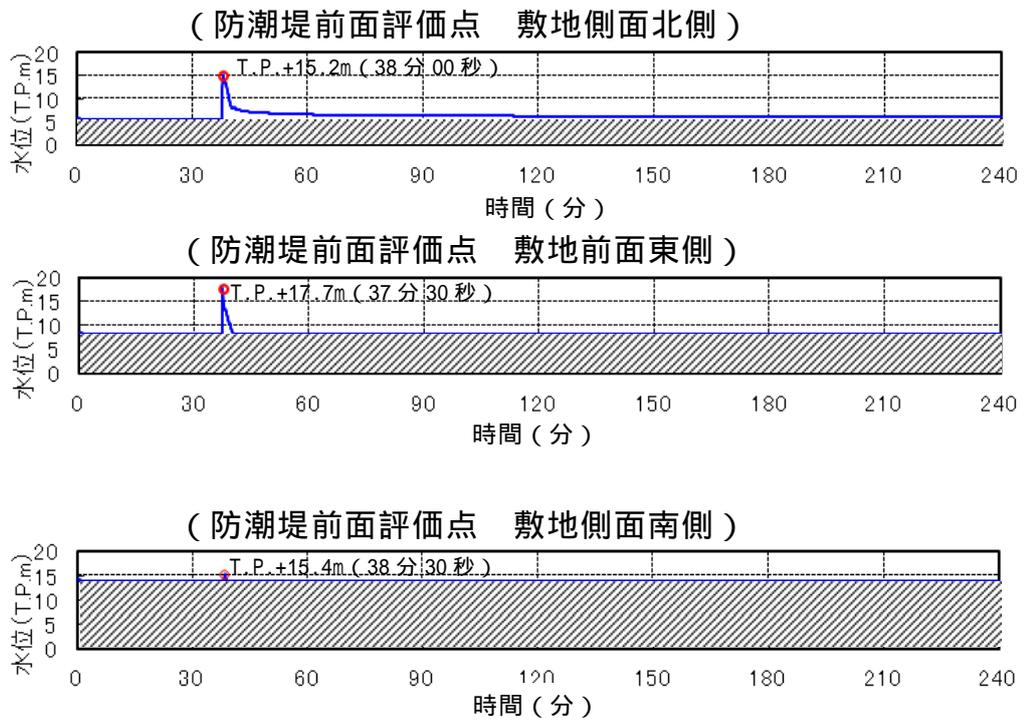
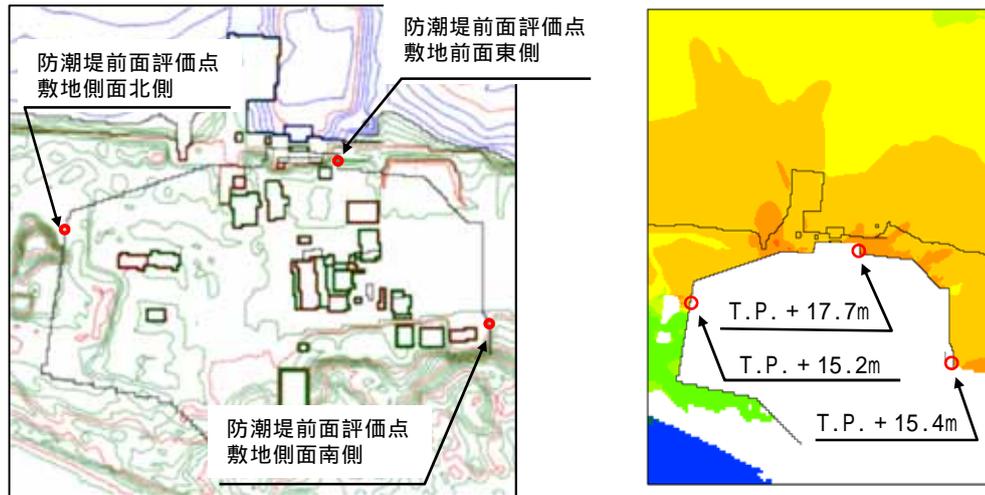
a . 基準津波の流向及び流速

日本海溝沿いのプレート間地震による基準津波は，東海第二発電所の東方より襲来し，地震発生約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生約 37 分後には敷地へ遡上し，地震発生約 40 分後に引き波となる。

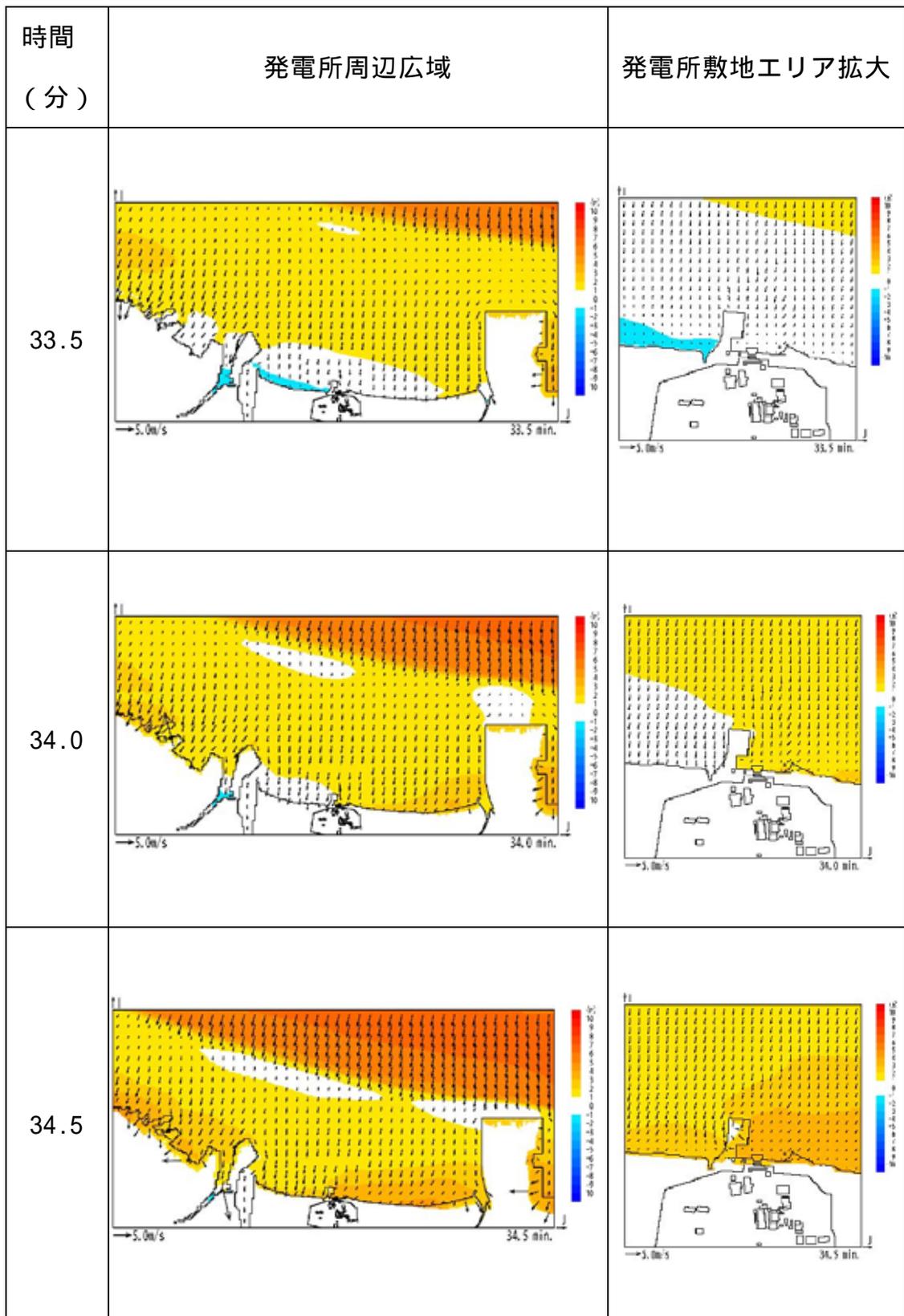
第 2.5-12 図に基準津波の波源モデルと基準津波の策定位置，第 2.5-13 図に基準津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果（防波堤なしの場合），第 2.5-14 図に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤なしの場合）を示す。



第 2.5-12 図 基準津波の波源モデルと基準津波の策定位置

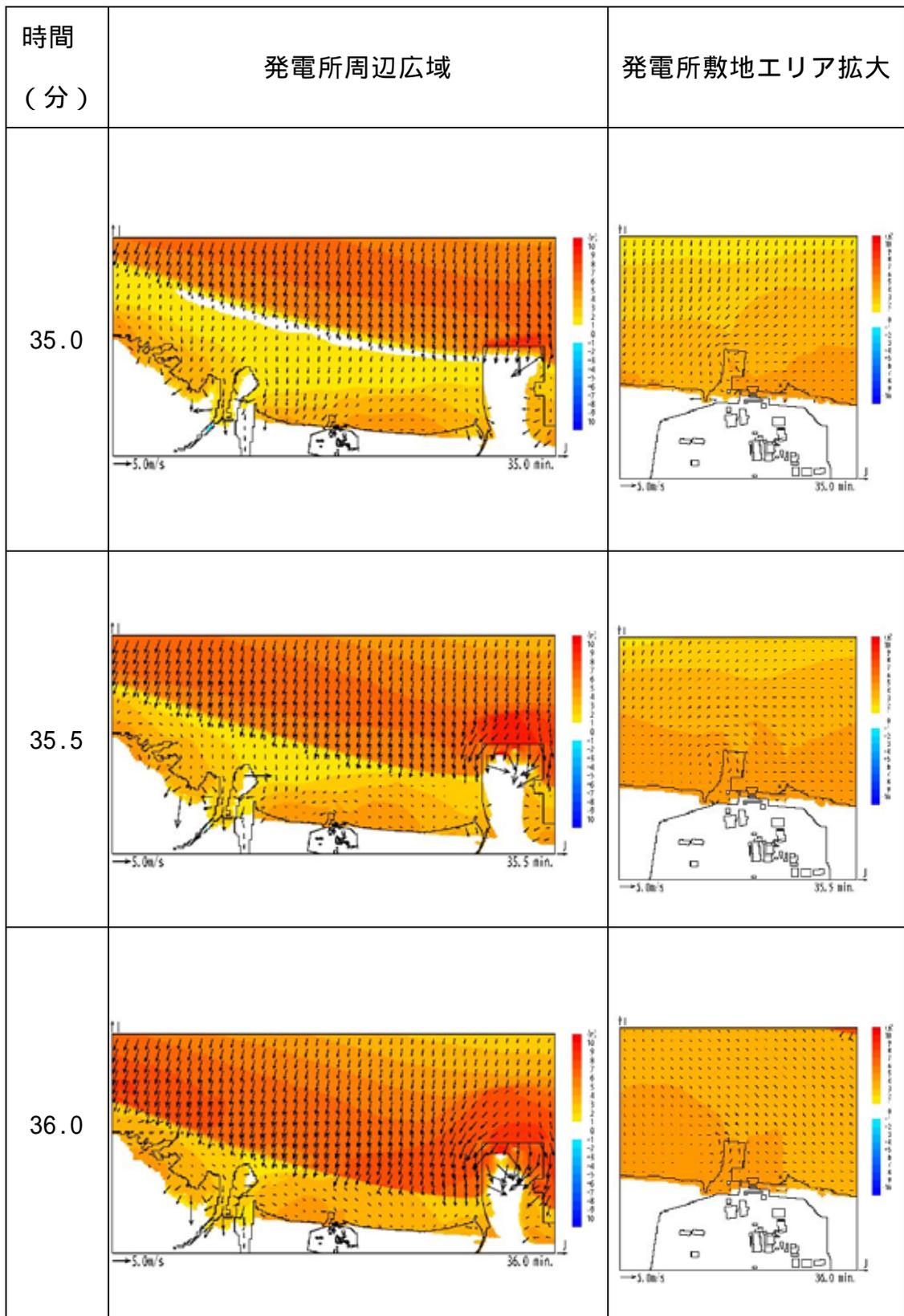


第2.5-13図 基準津波による防潮堤前面における上昇側水位の評価結果  
( 防波堤なしの場合 )



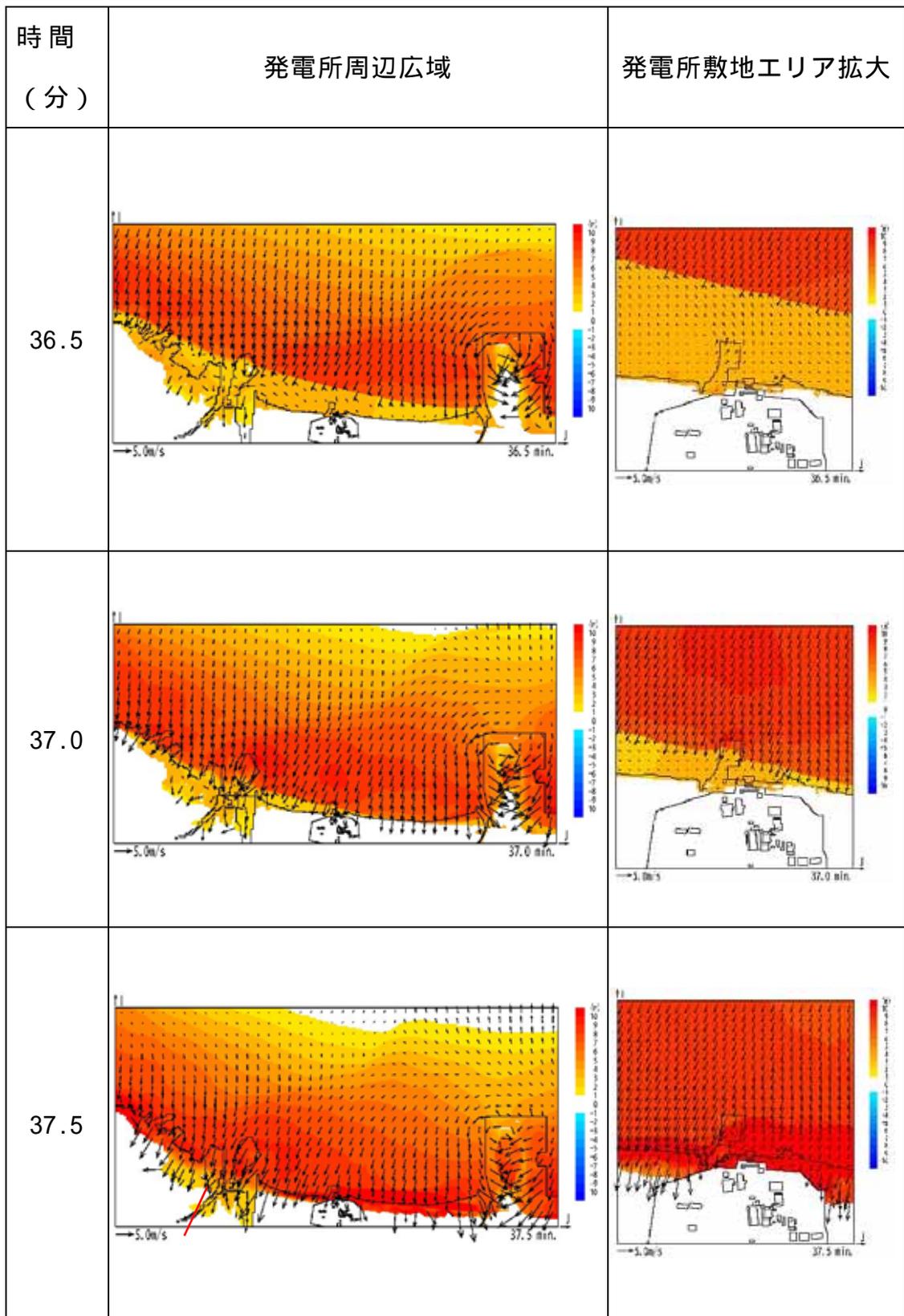
: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2.5-14 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル  
(防波堤なしの場合)(1/6)



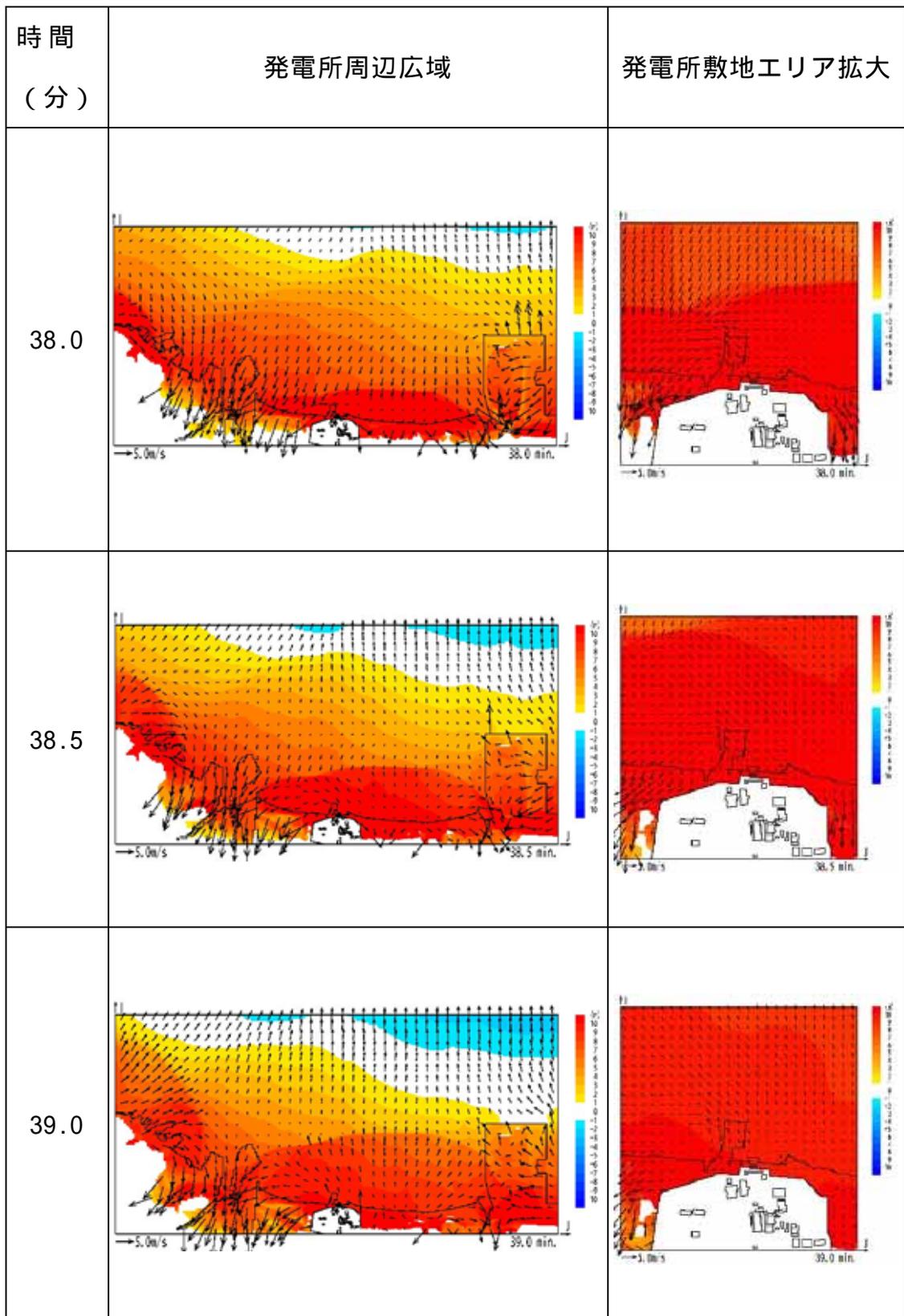
: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2.5-14 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル  
(防波堤なしの場合)(2/6)



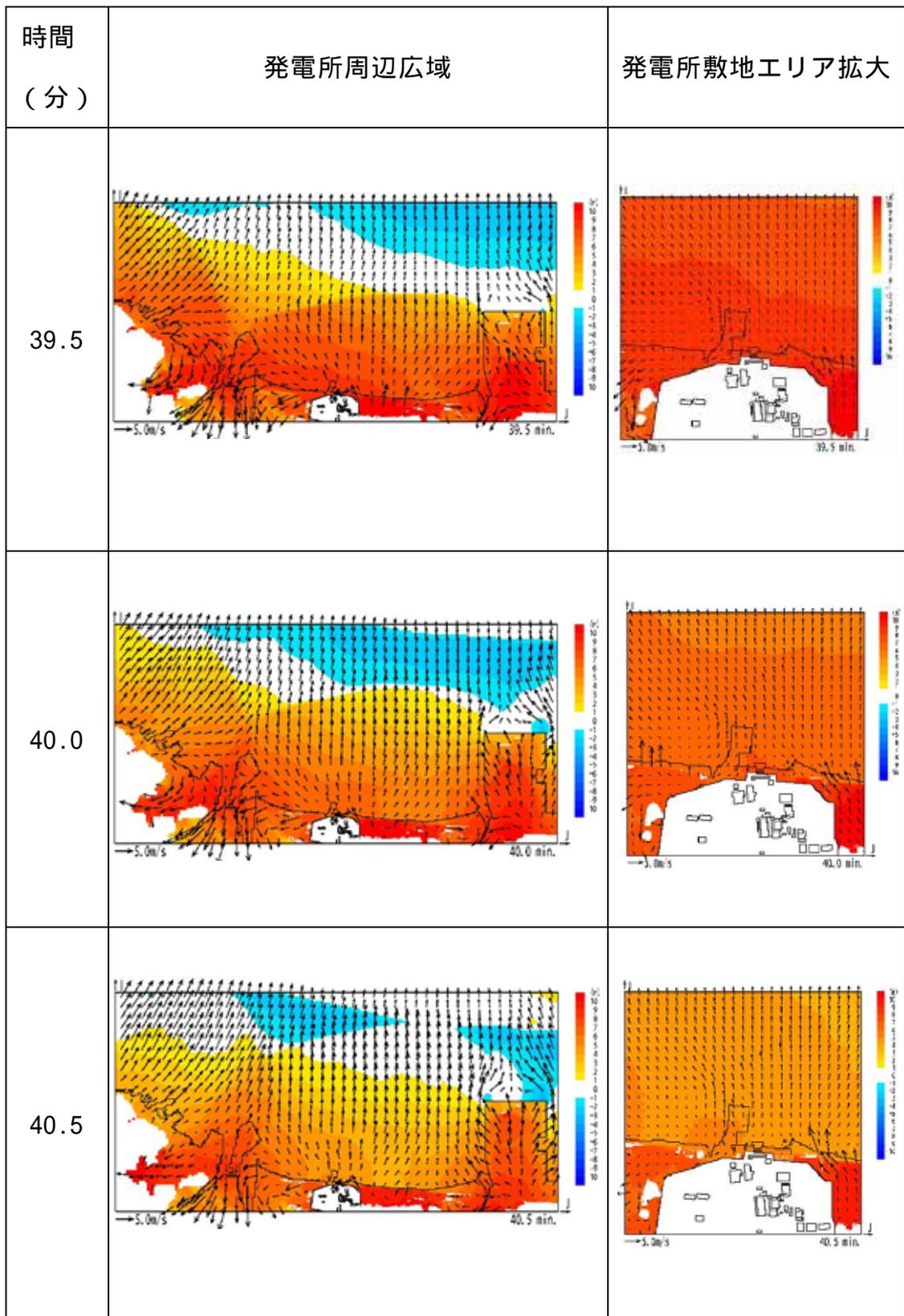
: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2.5-14 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル  
(防波堤なしの場合)(3/6)



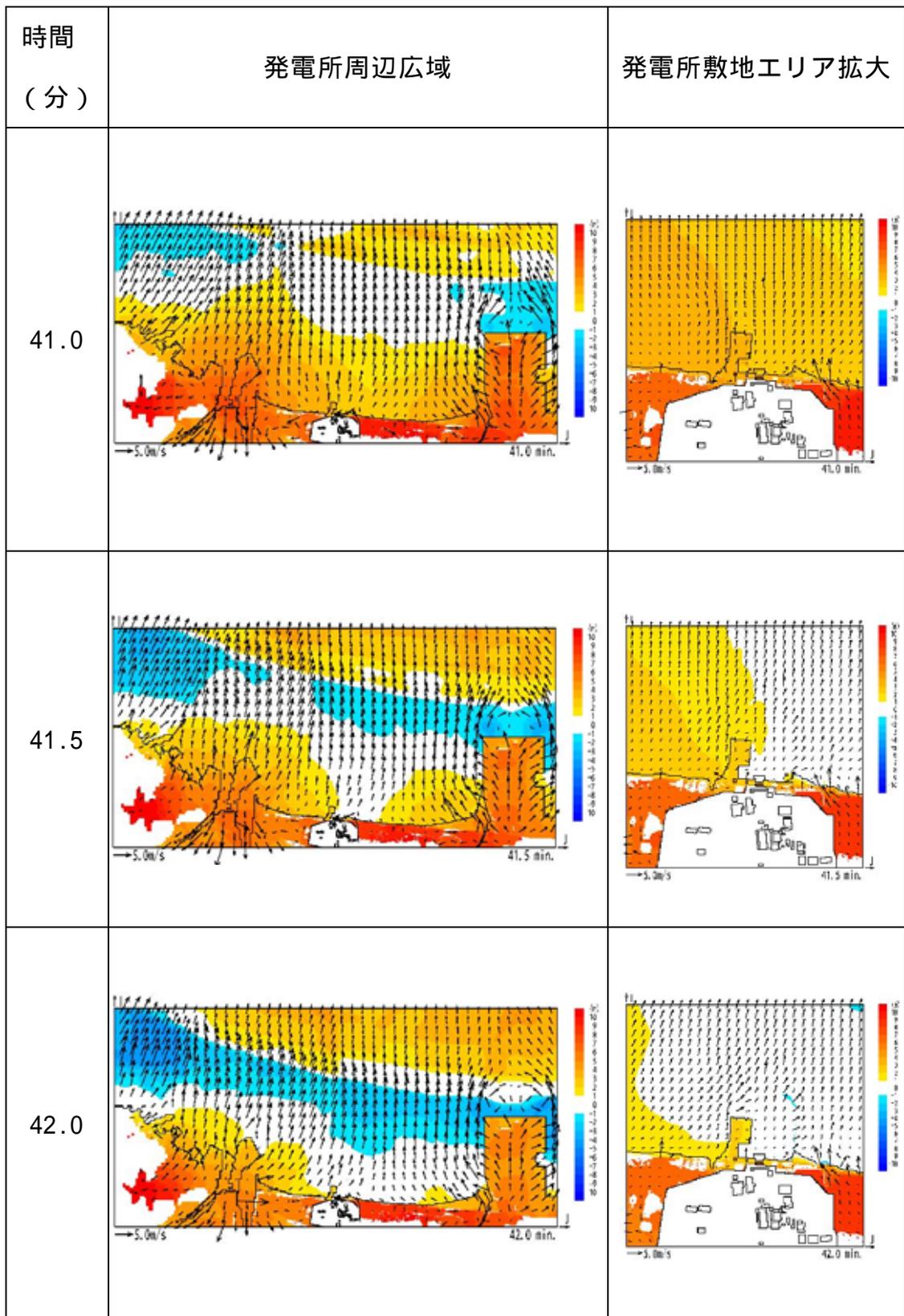
: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2.5-14 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル  
(防波堤なしの場合)(4/6)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2.5-14 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル  
(防波堤なしの場合)(5/6)

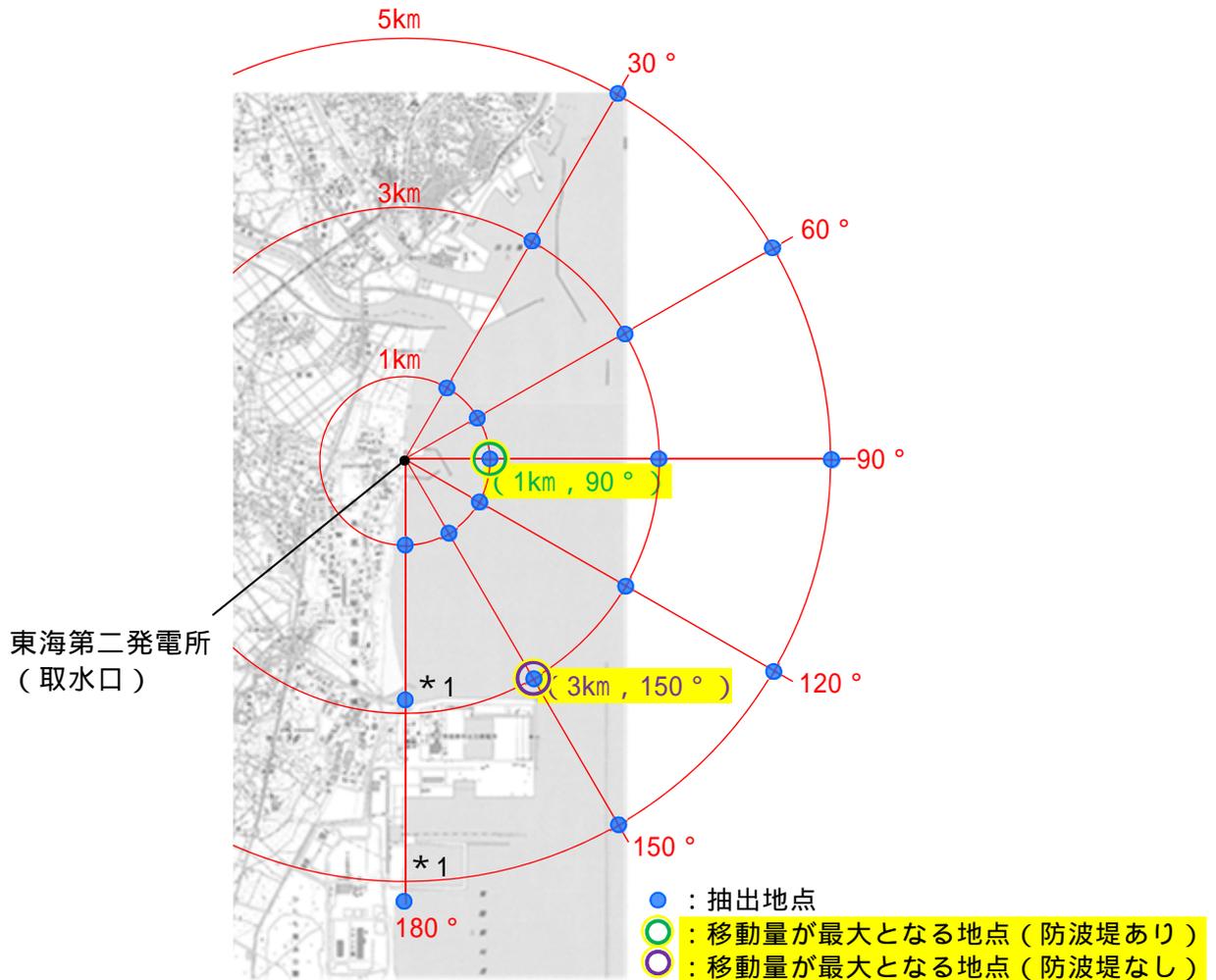


: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2.5-14 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル  
(防波堤なしの場合)(6/6)

## b. 漂流物調査範囲の設定

漂流物調査範囲選定のため，基準津波における沿岸域の水位，流向及び流速の時系列データを抽出した。データの抽出地点を第 2.5-15 図に示す。



\* 1 (3km, 180°)及び(5km, 180°)の地点については，陸域となるため，海域となるように調整した。

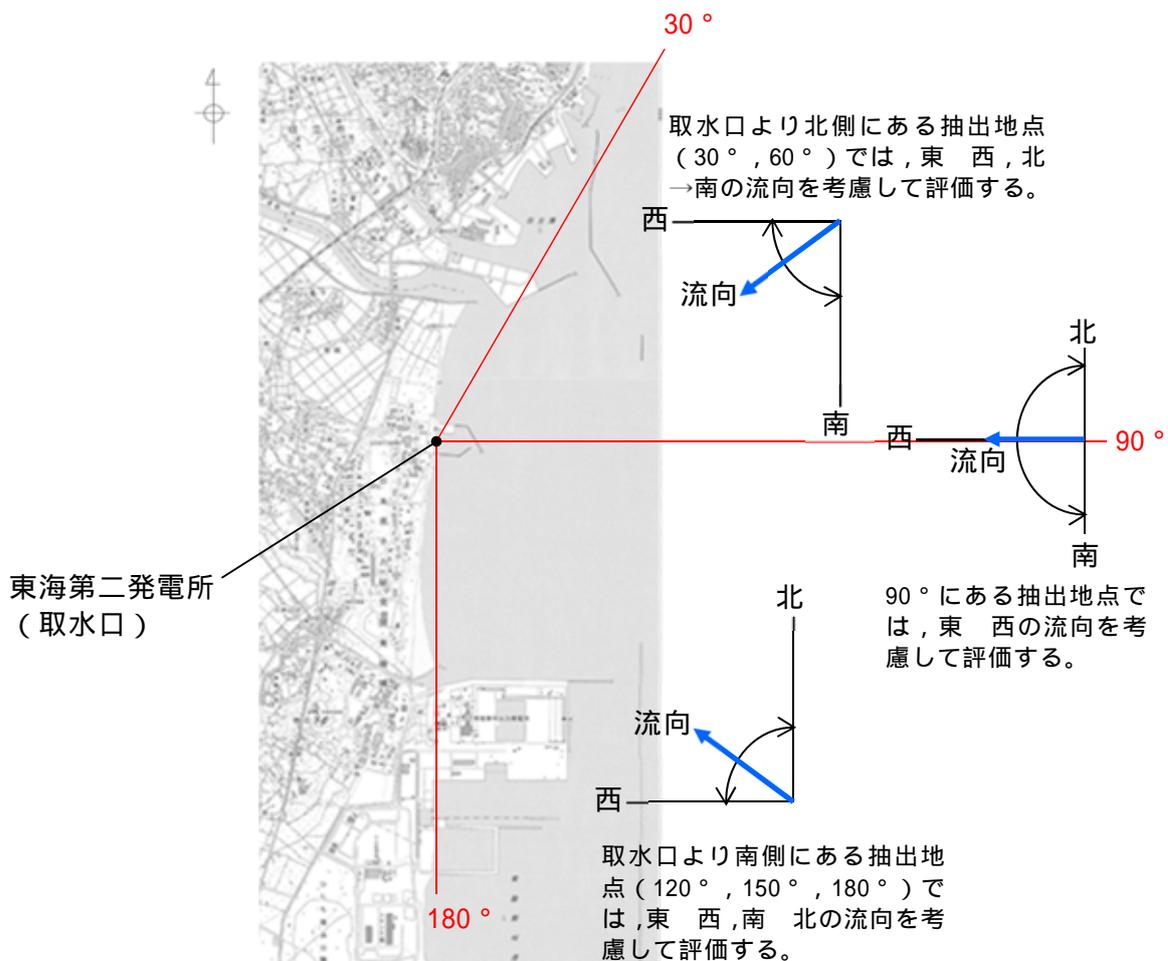
第 2.5-15 図 水位，流向，流速の抽出地点

漂流物調査の範囲は，漂流物が東海第二発電所へ到達する可能性のある距離とする。このため，津波の流向及び流速を考慮し，基準津波による漂流物の移動量を算出し，調査範囲を設定する。

漂流物調査範囲の設定にあたり，第 2.5-15 図に示すデータの抽出地点において考慮する流向の範囲を第 2.5-16 図に示す。津波の流向が発電所

へ向かっている方向の時に、漂流物が発電所に接近すると考え、流向が発電所へ向かっているときの最大流速と継続時間より、漂流物の移動量を算出する。具体的には、取水口より北側の抽出地点では、東から西へ方向かつ北から南へ方向の流向を抽出し、取水口より南側の抽出地点では、東から西へ方向かつ南から北へ方向の流向を抽出し評価する。なお、第 2.5-16 図に示すとおり、90° 方向については、東から西へ向かう方向の流向を抽出する。

また、人工構造物の影響として、防波堤の有無を考慮して漂流物の移動量を評価する。



第 2.5-16 図 時系列データの抽出地点において考慮する流向の範囲

漂流物の移動量の算出に当たっては、発電所へ向かう流向が継続している間にも流速は刻々と変化しているが、保守的に最大流速が継続しているものとして、最大流速と継続時間の積によって移動量を算出する。

$$\text{移動量} = \text{継続時間} \times \text{最大流速}$$

以上の条件において、各抽出地点の漂流物の移動量を評価した結果を添付資料( 27 )に示す。評価の結果、防波堤がある場合では、抽出地点( 1km, 90° )における移動量は 3572m ( 3.6km ) が最大となり、防波堤がない場合では、抽出地点( 3km, 150° )における移動量が 3089m ( 3.1km ) が最大となった。漂流物の移動量が最大となった抽出地点を第 2.5-15 図に示す。各抽出地点における漂流物の移動量を評価した結果を第 2.5-9 表及び第 2.5-10 表に示す。

第 2.5-9 表 各抽出地点における漂流物の移動量 ( 防波堤ありの場合 )

抽出地点	30°	60°	90°	120°	150°	180°
1km	206m	510m	3572m	1275m	2099m	2278m
3km	170m	1131m	1772m	22m	1014m	1512m
5km	429m	572m	1575m	644m	610m	1422m

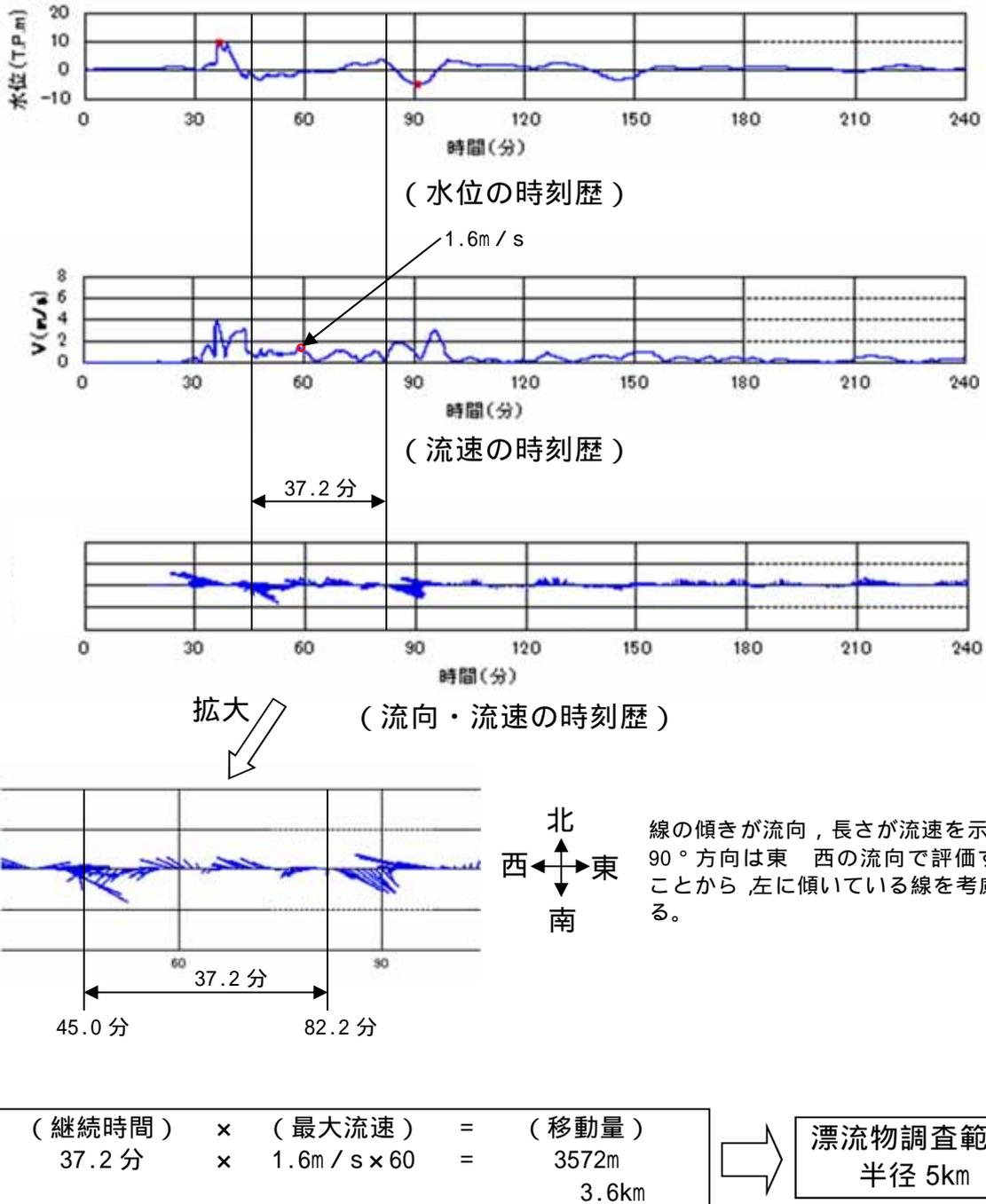
第 2.5-10 表 各抽出地点における漂流物の移動量 ( 防波堤なしの場合 )

抽出地点	30°	60°	90°	120°	150°	180°
1km	461m	792m	1449m	1268m	1155m	1710m
3km	445m	857m	1772m	1556m	3089m	10m
5km	1232m	1063m	1575m	1575m	1470m	1617m

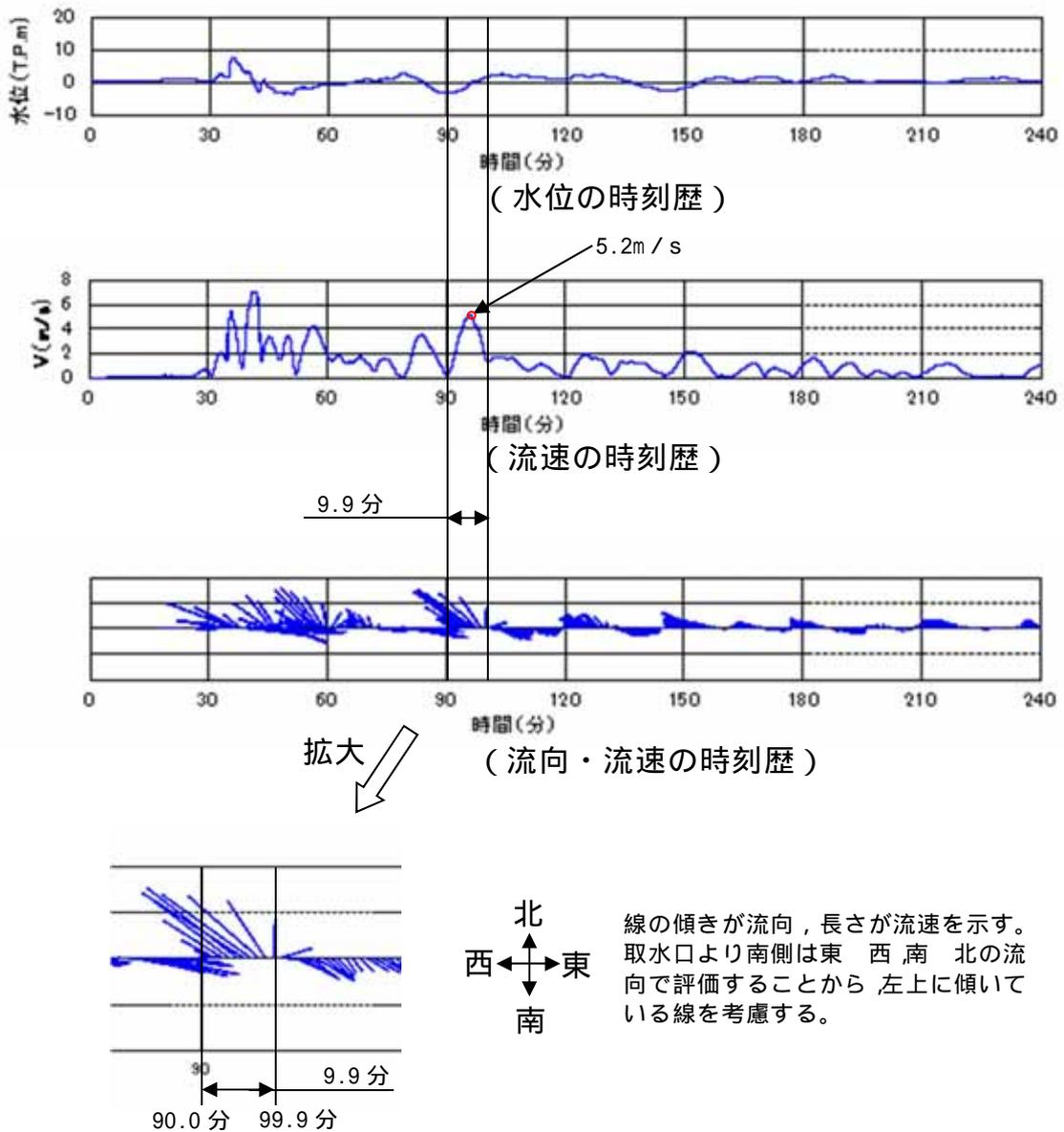
以上より、漂流物の移動量が 3.6km となることから、保守的に取水口から半径 5km の範囲を漂流物調査の範囲として設定する。

また、漂流物が発生する箇所は津波が遡上する範囲となることから、陸域については、遡上域を包絡する範囲で調査を実施した。

第 2.5-17 図に抽出地点 (1km, 90°)(防波堤あり)における水位、流向、流速と漂流物の移動量の算出の考え方、第 2.5-18 図に抽出地点 (3km, 150°)(防波堤なし)における水位、流向、流速と漂流物の移動量の算出の考え方、第 2.5-19 図に基準津波による発電所周辺の遡上範囲及び漂流物の調査範囲を示す。

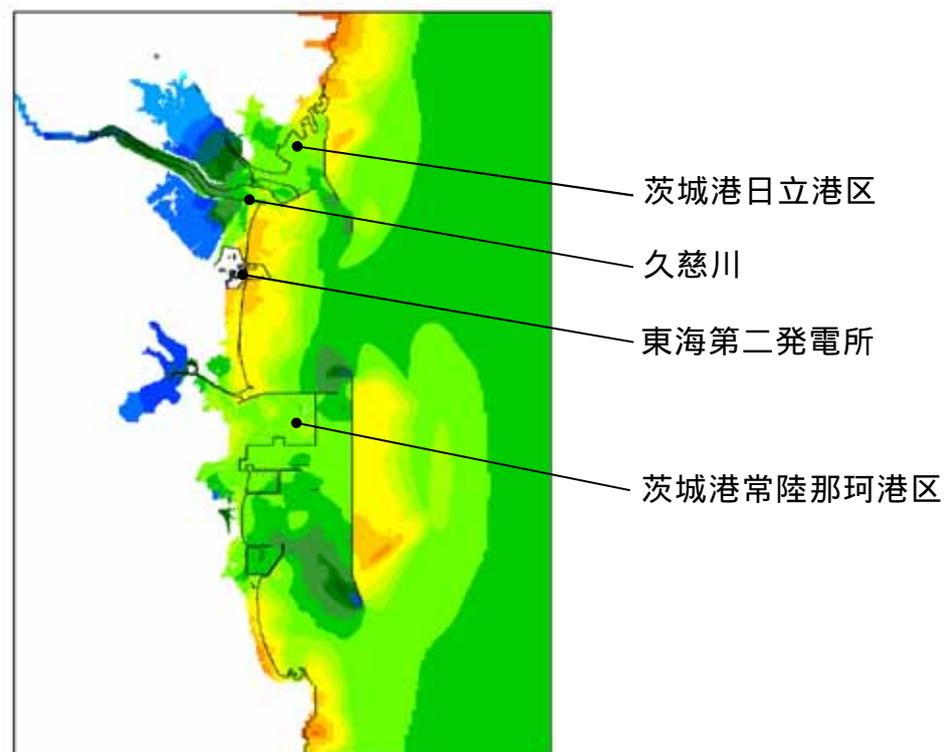


第 2.5-17 図 抽出地点 (1km, 90°) (防波堤あり) における  
水位，流向，流速と漂流物の移動量の算出の考え方

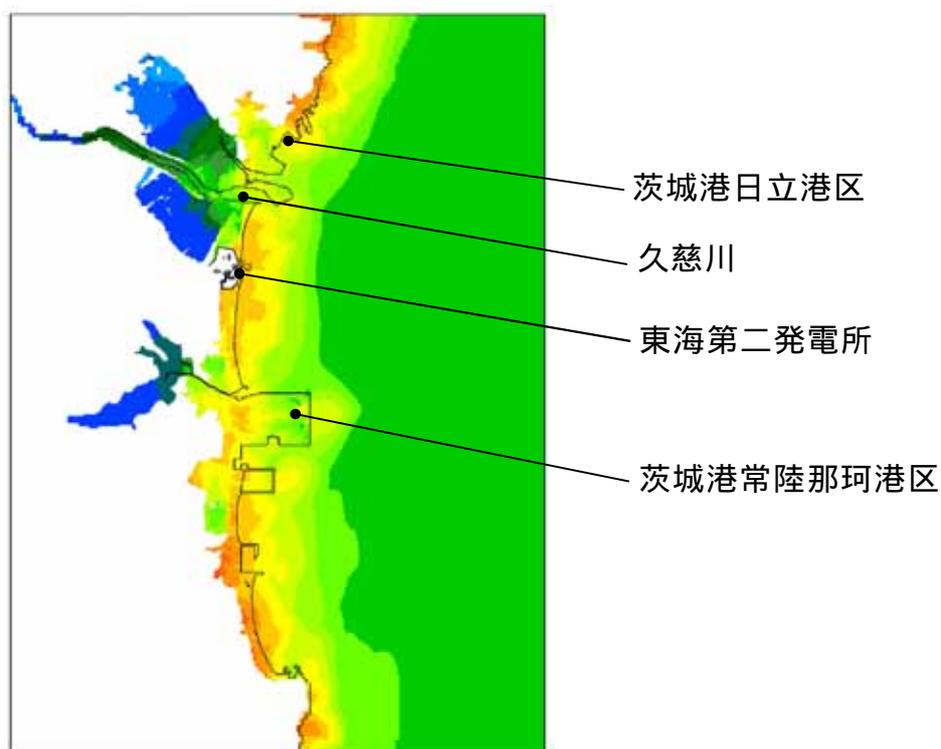


(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
9.9 分	×	5.2 m / s × 60	=	3089m
				3.1km

第 2.5-18 図 抽出地点 (3km, 150°)(防波堤なし)における  
水位，流向，流速と漂流物の移動量の算出の考え方



(防波堤あり)

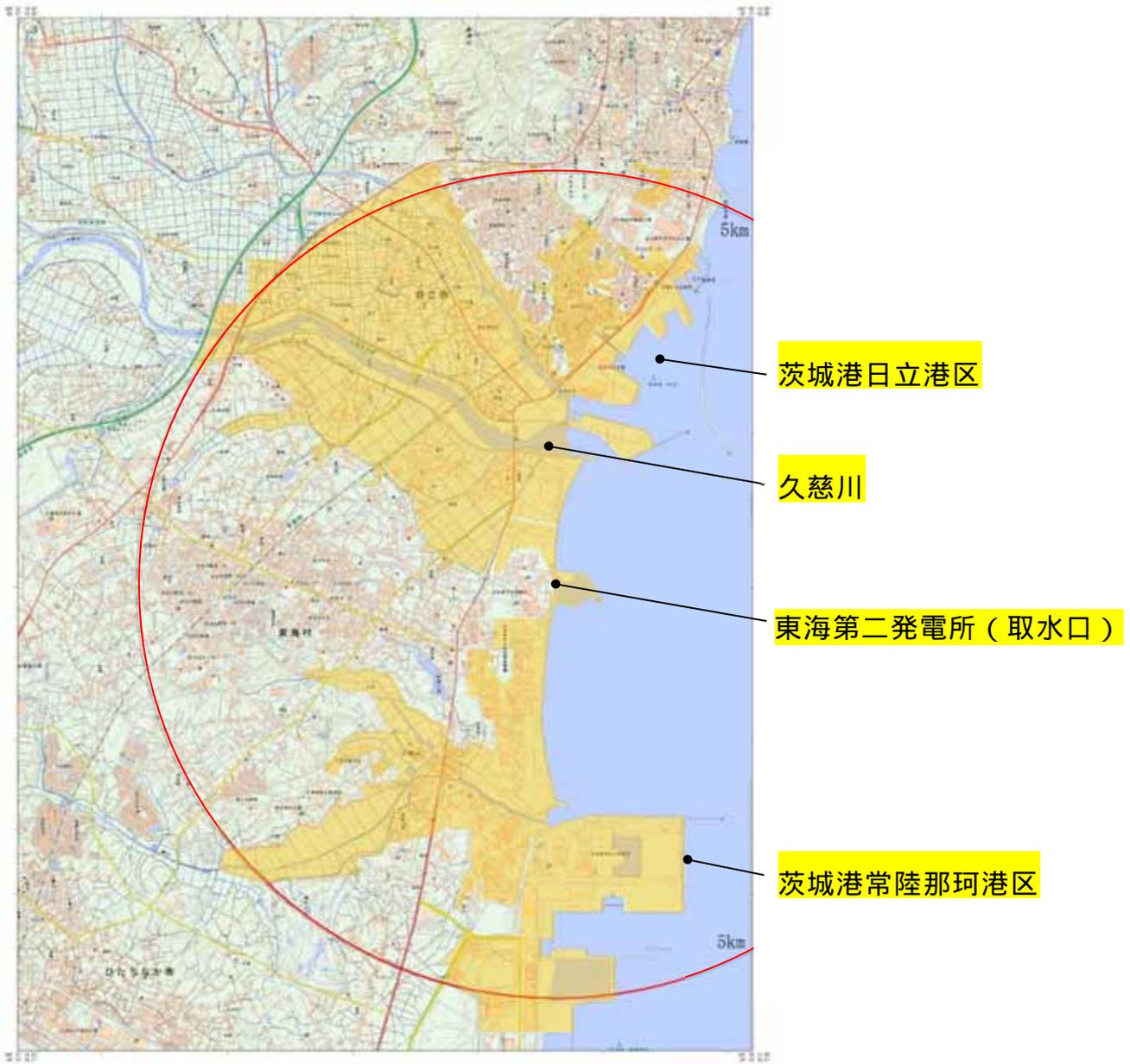


(防波堤なし)

[ 発電所周辺の遡上範囲 ]

第 2.5-19 図 基準津波による発電所周辺の

遡上範囲及び漂流物の調査範囲 ( 1 / 2 )



: 調査範囲（遡上解析結果を参考に、実際の調査にあたって広めに設定した範囲）

[ 漂流物の調査範囲 ]

第 2.5-19 図 基準津波による発電所周辺の

広域の最大水位上昇量分布及び漂流物の調査範囲（2 / 2）

### c. 漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出

上記 b. で設定した調査範囲に基づき，発電所敷地内及び発電所敷地外に存在する施設・設備について，設計図書，ウォークダウン及び関係者への聞き取りにより調査した。以下に発電所敷地内（防潮堤外側）と発電所敷地外で区分けして整理した調査結果を示す。調査方法の詳細を添付資料（22）に示す。

#### (a) 発電所敷地内における漂流物調査結果

発電所敷地内については，防潮堤の外側を対象に調査を実施した。漂流物となる可能性のある施設・設備として抽出されたものを以下に示す。

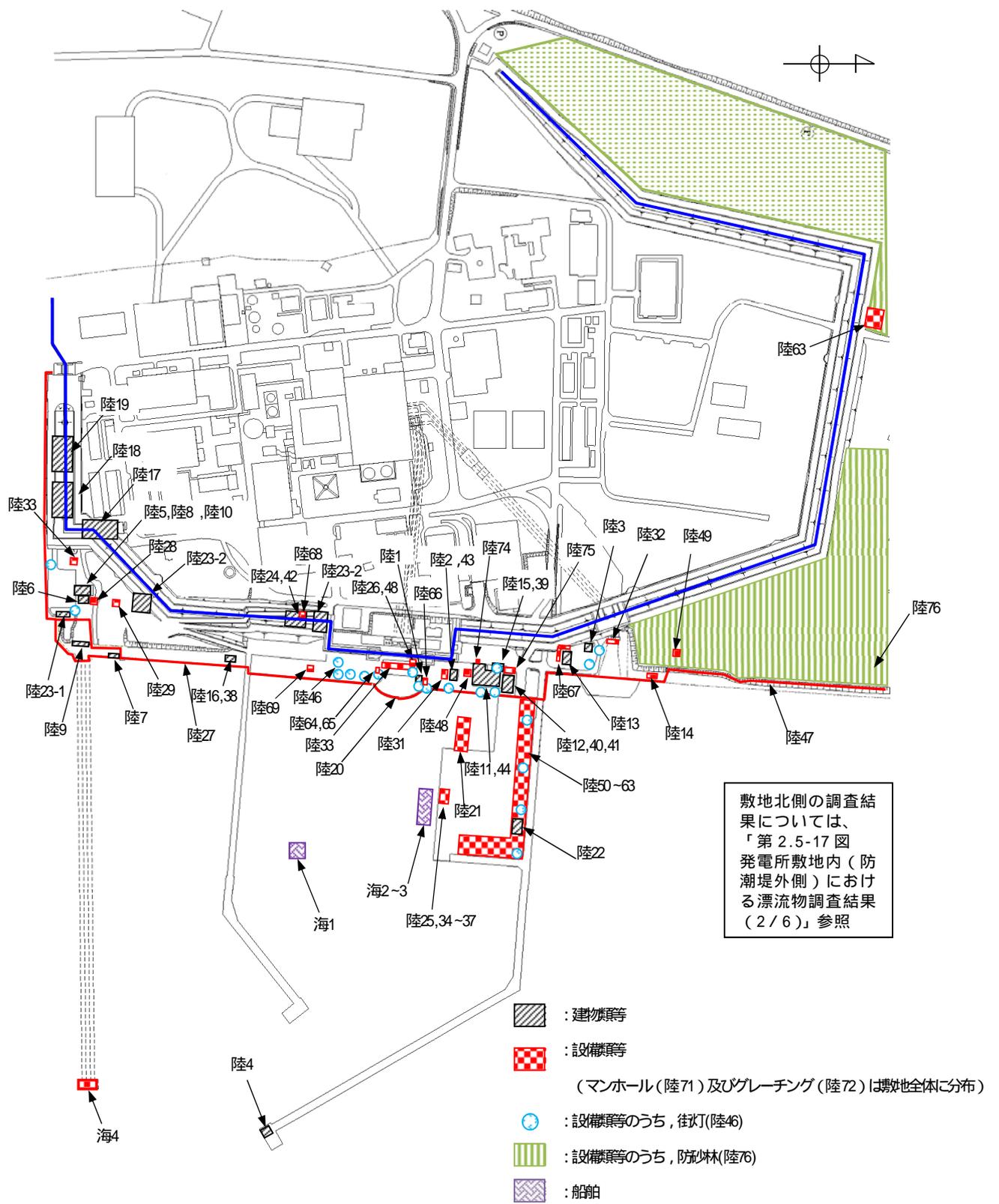
海域の船舶としては，東海港の物揚岸壁に接岸する使用済燃料輸送船及び低レベル放射性廃棄物運搬船（以下「燃料等輸送船」という。），港湾内における浚渫作業を実施する浚渫作業用台船（以下「作業台船」という。），その他貨物船等が抽出された。

海域の設備類等としては，東海発電所の取水口の箇所にある東海発電所取水鋼管標識ブイ（以下「標識ブイ」という。）が抽出された。

陸域の建物類等としては，基礎に据え付けられているものとして，鉄筋コンクリート造建物の検潮室，海水電解装置建屋，物揚場倉庫等，鉄骨造建物のメンテナンスセンター，輸送本部建屋，輸送本部倉庫等が抽出された。その他の建物として，仮設ハウス，再利用物品置き場テントが抽出された。

陸域の設備類等としては，ジブクレーン，除塵装置，海水電解装置等の機器，クレーン荷重試験用ウェイト，角落し，工事用資材等の資機材の他，フェンス，空調室外機，車両，防砂林等が抽出された。

第 2.5-20 図及び第 2.5-11 表に発電所敷地内における漂流物調査結果を示す。



第 2.5-20 図 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（1 / 6）



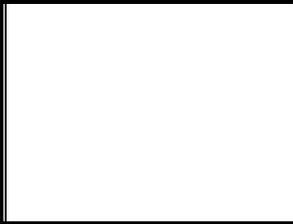
第 2.5-20 図 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（2 / 6）

			
海 1 標識ブイ			
			
陸 1 検潮小屋	陸 2 海水電解装置建屋	陸 3 放水口モニター小屋	陸 4 北防波堤灯台
			
陸 5 復水冷却用水路スクリーン室	陸 6 塩素処理室	陸 7 放水口放射能測定機器上屋	陸 8 ロータリースクリーン室
			
陸 9 主ゲート	陸 10 次亜塩素酸ソーダ注入室	陸 11 メンテナンスセンター	陸 12 輸送本部建屋
陸 13 輸送本部倉庫	陸 14 海上レーダー	陸 15 出入り管理所	陸 16 合弁処理浄化槽設備
追而	追而	追而	
陸 17 工作建屋	陸 18 資材 3号倉庫	陸 19 資材 1号倉庫	陸 20 カーテンウォール

第 2.5-20 図 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（3 / 6）

			
陸 21 棧橋	陸 22 物揚場倉庫	陸 23 再利用物品置場テント	陸 24 仮設ハウス
			
陸 25 ジブクレーン	陸 26 除塵装置制御盤	陸 27 フェンス	陸 28 水路変圧器函
			
陸 29 放水口モニター	陸 30 除塵装置	陸 31 海水電解装置	陸 32 放水口サンプルポンプ
			
陸 33 放射性液体廃棄物希釈水ポンプ	陸 34 ジブクレーン受電箱	陸 35 ジブクレーンケーブル収納箱	陸 36 ホース収納箱
			
陸 37 ページング・電話ボックス	陸 38 合弁処理浄化槽電源盤	陸 39 出入り管理所空調室外機	陸 40 輸送本部建屋空調室外機
			
陸 41 輸送本部建屋空調室外機	陸 42 仮設ハウス空調室外機	陸 43 海水電解装置建屋空調室外機	陸 44 メンテナンスセンター空調室外機

第 2.5-20 図 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（4 / 6）

			
陸 45 ミラー	陸 46 街灯	陸 47 鉄製防護柵	陸 48 自動販売機
			
陸 49 標識	陸 50 潜水用防護柵	陸 51 クレーン荷重試験用ウェイト	陸 52 クレーン荷重試験用吊具
			
陸 53 使用済燃料輸送容器用専用吊具	陸 54 オイルフェンス巻取機	陸 55 使用済燃料輸送用区画器具保管箱	陸 56 オイルフェンス
			
陸 57 工事用資材	陸 58 工事用資材	陸 59 工事用資材	陸 60 工事用資材
			
陸 61 資材	陸 62 角落し	陸 63 トレンチ蓋	陸 64 塵芥廃棄用コンテナ
			
陸 65 塵芥入れかご	陸 66 次亜塩素酸ソーダ注入装置（仮設）	陸 67 使用済燃料輸送関連機材	陸 68 工事用資材

第 2.5-20 図 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（5 / 6）

			
陸 69 敷鉄板	陸 70 コンテナ	陸 71 マンホール	陸 72 グレーチング
		追而	
陸 73 パレット	陸 74 手洗いシンク	陸 75 普通車	陸 76 防砂林

第 2.5-20 図 発電所敷地内（防潮堤外側）における漂流物調査結果（6 / 6）

第 2.5-11 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (1/9)

< 海域 >

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	重量 (最も大きなものを記載)	評価	分類
海1	船舶	浚渫船 (台船)	敷地内 港湾エリア	1	航行 / 停泊	-	約44t	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自航不可であり、緊急回避が困難なため、漂流する可能性があるが、取水口を完全に閉塞することはできないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。</li> <li>・ 緊急回避行動の実効性が確認されていることから、漂流物とはならない。</li> </ul>	C
海2	船舶	燃料等輸送船	敷地内 港湾エリア	9	航行 / 停泊	-	約5,000t (総トン数)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ あらかじめ、緊急回避の実効性について確認した後に、入港する運用とすることから、漂流物とはならない。</li> </ul>	A
海3	船舶	貨物船	敷地内 港湾エリア	91	航行 / 停泊	-	約3,000t (総トン数)		

第 2.5-11 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (2/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	重量 (最も大きなものを記載)	評価	分類
海4	設備類等	標識ブイ	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	-	-	・波力によりチェーンが破損し、漂流する可能性があるが、取水口を完全に閉塞することはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。	C

< 陸域 >

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類
陸1	建物類等	検潮小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	2.9m × 2.9m × 2.3m	-	・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない漂流物とはならない。	B
陸2	建物類等	海水電解装置建屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	8m × 11m × 3.7m	-		
陸3	建物類等	放水口モニター小屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4m × 5m × 3m	-		
陸4	建物類等	北防波堤灯台	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	3m × 9m	-		
陸5	建物類等	復水冷却用水路 スクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	-	-		
陸6	建物類等	塩素処理室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10m × 13m × 10m	-		
陸7	建物類等	放水口放射能 測定機器上屋	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	3m × 5m × 3m	-		
陸8	建物類等	ロータリースクリーン室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	13m × 21m × 11m	-		

第 2.5-11 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (3/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類
陸9	建物類等	主ゲート	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	4m x 18m x 10m	-	<p>・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流速を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない漂流物とはならない。</p> <p>・防潮堤の設置前に、移設又は撤去するため、漂流物とならない。</p>	B
陸10	建物類等	次亜塩素酸ソーダ注入室	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	-	-		
陸11	建物類等	メンテナンスセンター	敷地内	1	設置	鉄骨造	34m x 19m x 11m	-		
陸12	建物類等	輸送本部建屋	敷地内	1	設置	鉄骨造	22m x 13m x 7m	-		
陸13	建物類等	輸送本部倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	12m x 8m x 4m	-		
陸14	建物類等	海上レーダー	敷地内 発電所構内	1	設置	鋼製支柱	-	-		
陸15	建物類等	出入管理所	敷地内	1	設置	-	10m x 5m x 4m	-		
陸16	建物類等	合併処理浄化槽設備	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造	10m x 15m x 10m	-		
陸17	建物類等	工作建屋	敷地内	1	設置	鉄骨造	-	-		
陸18	建物類等	資材3号倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	-	-		
陸19	建物類等	資材1号倉庫	敷地内	1	設置	鉄骨造	-	-		

第 2.5-11 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (4/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類
陸20	建物類等	カーテンウォール	敷地内	1	設置	鉄筋 コンクリート造 (鋼材支柱)	-	-	・津波により倒壊した場合には、取水口前面にコンクリート部材等が堆積するが、取水口を完全に閉塞することはないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 ・地震または津波に対する耐性を有することから漂流物とはならない。	C
陸21	建物類等	棧橋	敷地内 港湾エリア	1	設置	鋼製コンクリート造	1.2m × 40m × 4m	-		A

第2.5-11表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分(5/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類
陸22	建物類等	物揚場倉庫	敷地内	1	設置	コンクリート製ブロック	7m×12m×3m	-	・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	B
陸23 -1	建物類等	再利用物品置場テント	発電所構内	1	固定あり	-	-	-	・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	B
陸23 -2	建物類等	再利用物品置場テント	発電所構内	2	固定あり	-	-	-	・防潮堤の設置前に、移設又は撤去するため、漂流物とならない。	A
陸24	建物類等	仮設ハウス	敷地内	1	固定なし	-	-	-		

第2.5-11表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分(6/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類
陸25	設備類等	ジブクレーン	敷地内 港湾エリア	1	設置	鋼製	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない漂流物とはならない。</li> </ul>	B
陸26	設備類等	除塵装置制御盤	敷地内 発電所構内	1	設置	直方体	0.6m×0.8m×1.5m	-		
陸27	設備類等	フェンス	敷地内	一式	設置	-	-	-		
陸28	設備類等	水路変圧器函	敷地内	1	設置	直方	2m×1.5m×2m	-		
陸29	設備類等	放水口モニター	敷地内	1	設置	円柱/鋼製	0.5m×1.5m	-		
陸30	設備類等	除塵装置	敷地内	一式	設置	鋼製	2m×4.1m×3.8m	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>「[5]取水スクリーンの破損による通水性への影響」にて評価を実施。</li> </ul>	B
陸31	設備類等	海水電解装置	敷地内	一式	設置	鋼製	11m×9.5m×2m	-		
陸32	設備類等	放水口サンプリングポンプ	敷地内	3	設置	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない漂流物とはならない。</li> </ul>	B
陸33	設備類等	放射性液体廃棄物 希釈水ポンプ	敷地内	2	設置	円柱/鋼製	1m×2.5m	-		
陸34	設備類等	ジブクレーン受電箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体/鋼製	0.4m×1.2m×2.2m	-		
陸35	設備類等	ジブクレーン ケーブル収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.6m×0.6m×0.6m	-		
陸36	設備類等	ホース収納箱	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2m×0.8m×1.4m	-		
陸37	設備類等	ページング・ 電話ボックス	敷地内 港湾エリア	1	設置	直方体	0.2m×0.5m×0.5m	-		
陸38	設備類等	合併処理浄化槽電源盤	敷地内	1	設置	直方体	1m×1m×2.5m	-		

第 2.5-11 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (7/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類
陸39	設備類等	出入管理所空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.8m×0.3m×0.6m	-	<p>・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。</p> <p>B</p>	
陸40	設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	2	固定あり	直方体	0.5m×0.8m×2m	-		
陸41	設備類等	輸送本部建屋空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.3m×0.8m×1.5m	-		
陸42	設備類等	仮設ハウス空調室外機	敷地内	3	固定あり	直方体	0.8m×0.3m×0.6m	-		
陸43	設備類等	海水電解装置建屋空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	1.2m×1m×2m	-		
陸44	設備類等	メンテナンスセンター空調室外機	敷地内	1	固定あり	直方体	0.8m×0.3m×0.6m	-		
陸45	設備類等	ミラー	敷地内	1	固定あり	-	高さ2m	-		
陸46	設備類等	街灯	敷地内 港湾エリア	一式	固定あり	-	-	-		
陸47	設備類等	鉄製防護柵	敷地内	1	固定あり	-	-	-		
陸48	設備類等	自動販売機	敷地内	2	固定あり	直方体	2m×0.8m×2m	-		
陸49	設備類等	標識	敷地内	1	固定あり	-	-	-		
陸50	設備類等	潜水用防護柵	敷地内	1	固定なし	鋼製	2.5m×3.5m×1m	-		

第 2.5-11 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分 (8/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類		
陸51	設備類等	クレーン荷重試験用 ウェイト	敷地内 港湾エリア	130	固定なし	直方体/コンクリート	1.5m×0.8m×3.5m	-	<p>・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。</p>	B		
陸52	設備類等	クレーン荷重試験用 吊具	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体/鋼製	6m×6m×1.5m	-				
陸53	設備類等	使用済燃料輸送容器用 専用吊具	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	-	3m×5m×4m	-				
陸54	設備類等	オイルフェンス巻取機	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	-	6m×7m×6m	-				
陸55	設備類等	使用済燃料輸送用 区画器具保管箱	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1.2m×2.5m×1.6m	-				
陸56	設備類等	オイルフェンス	敷地内	一式	固定なし	-	5m×5m×0.3m	-				
陸57	設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼製架台	3m×5m×0.5m	-				
陸58	設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	3	固定なし	鋼材等	0.8m×8m	-				
陸59	設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	一式	固定なし	鋼材等	6m×6m×1.5m	-				
陸60	設備類等	工事用資材	敷地内 港湾エリア	5	固定なし	鋼製	5m×7m×6m	-				
陸61	設備類等	資材	敷地内 港湾エリア	1	固定なし	直方体	1m×3m×3m	-			・防潮堤設置前に廃棄予定であるため、漂流物とならない。	A
陸62	設備類等	角落とし	敷地内 港湾エリア	30	固定なし	直方体/コンクリート	1m×7m×0.3m	-			・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	B
陸63	設備類等	トレンチ蓋	敷地内 港湾エリア	17	固定なし	直方体/コンクリート	1m×7m×0.3m	-				

第2.5-11表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地内分(9/9)

番号	分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類
陸64	設備類等	塵芥廃棄用コンテナ	敷地内	2	固定なし	直方体	3m×1.5m×1.5m	-	<p>・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与える漂流物とはならない。</p>	B
陸65	設備類等	塵芥入れかご	敷地内	1	固定なし	直方体	1m×1m×1m	-		
陸66	設備類等	次亜塩素酸ソーダ注入装置(仮設)	敷地内	一式	固定なし	-	3m×3m×2m	-		
陸67	設備類等	使用済燃料輸送関連機材	敷地内	1	固定なし	直方体	1.5m×6m×1m	-		
陸68	設備類等	工所用資材	敷地内	一式	固定なし	-	-	-		
陸69	設備類等	敷鉄板	敷地内	35	固定なし	直方体	1m×8m×0.1m	-		
陸70	設備類等	コンテナ	敷地内	1	固定なし	直方体	2m×4m×1m	-		
陸71	設備類等	マンホール	敷地内	一式	固定なし	-	-	-		
陸72	設備類等	グレーチング	敷地内	一式	固定なし	-	-	-		
陸73	設備類等	パレット	敷地内	6	固定なし	直方体	1.2m×1.2m×0.2m	-		
陸74	設備類等	手洗いシンク	敷地内	1	固定なし	-	0.6m×2m×1m	-		
陸75	設備類等	普通車	敷地内	2	駐車	-	-	-		
陸76	設備類等	防砂林	敷地内	-	-	-	-	-		

第2.5-11図に示す分類

分類A:漂流物とはならない。

分類B:津波防護施設等,取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類C:津波防護施設等の健全性,取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類D:漂流物対策を実施する。

(b) 発電所敷地外における漂流物調査結果

発電所敷地外には，民家，商業施設，倉庫等の他，国立研究開発法人日本原子力研究開発機構，日立LNG基地，モータプール，常陸那珂火力発電所，工場等の施設があり，これらを含めて調査した結果を以下に示す。

また，発電所から北方約4kmの位置に久慈漁港があるため，漁船が発電所付近で操業することを考慮して調査を実施した結果を以下に示す。

発電所敷地外の調査範囲には，民家の家屋，商業施設，学校，工場等の建物類等が点在しており，これらを抽出した。また，鉄塔，電柱，車両等を抽出した。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構では，建物類等として，建屋，倉庫，車庫，仮設ハウス等が抽出された。設備類等については，タンク，変圧器，排気筒等の設備，資機材等の他，車両，防砂林等が抽出された。

茨城港日立港区の日立LNG基地では，建屋，バース，スタック，プレハブ等の建物類等が抽出された。設備類等として，タンク等の設備，資機材等の他，車両が抽出された。

茨城港日立港区のモータプールでは，建物類等として仮設ハウス，設備類等として，車両，自動販売機等が抽出された。

茨城港日立港区の工場では，建屋，倉庫，仮設ハウス等の建物類等が抽出された。設備類等としては，クレーン，製品，治具等の他，車両が抽出された。

茨城港日立港区の船舶として，タンカー船，車両，製品等の貨物船が抽出された。

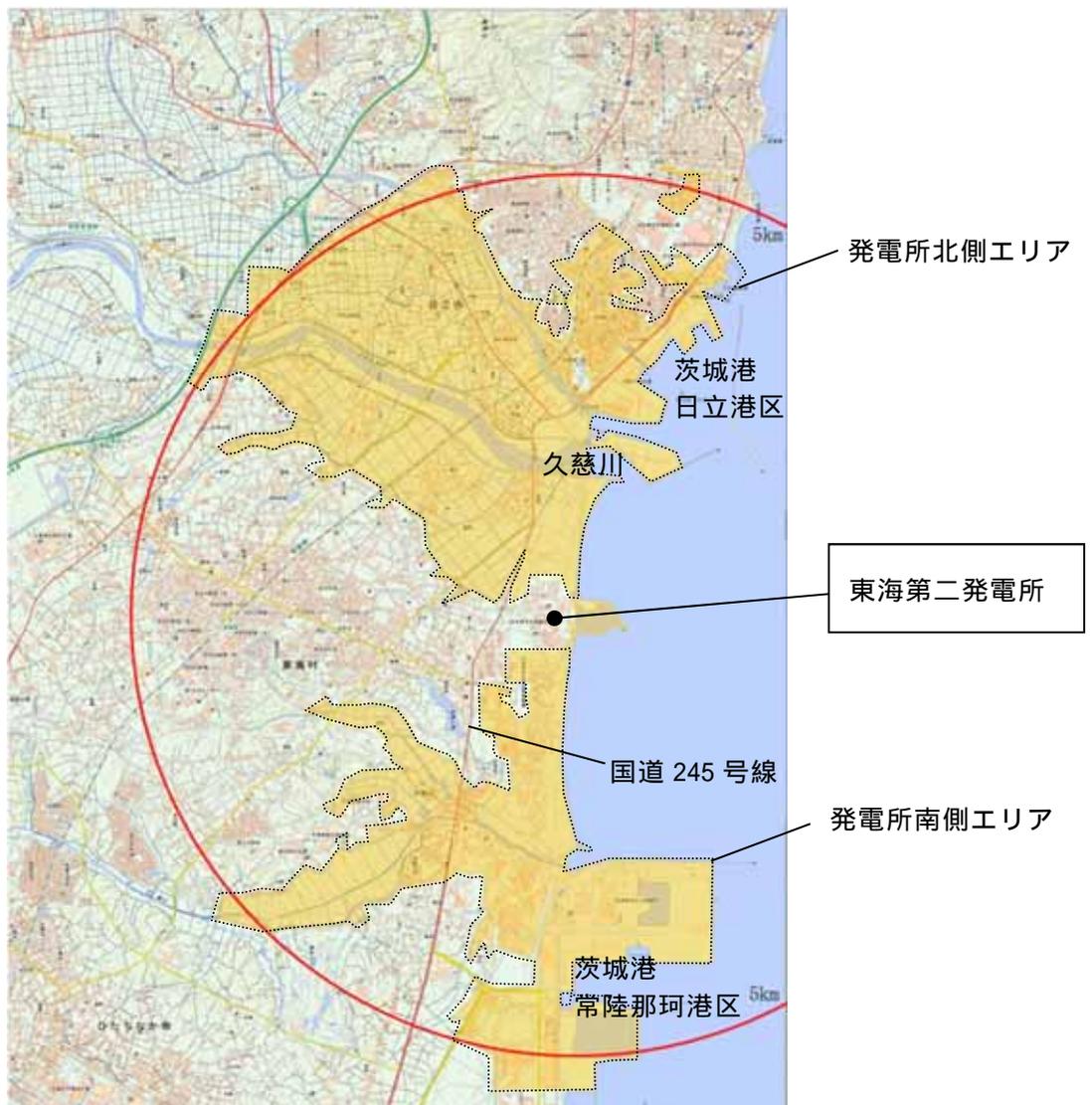
茨城港常陸那珂港区の常陸那珂火力発電所では，建屋，倉庫，煙突，バース，仮設ハウス等の建物類等が抽出された。設備類等としては，タ

ンク，サイロ，アンローダ，変圧器等の機器，資機材類の他，重機，フェンス，車両等が抽出された。

茨城港常陸那珂港区の常陸那珂火力発電所以外の箇所については，建屋，倉庫等の建物類等，クレーン，コンテナ，車両等の設備類等が抽出された。

茨城港常陸那珂港区の船舶として，石炭，車両等の貨物船が抽出された。

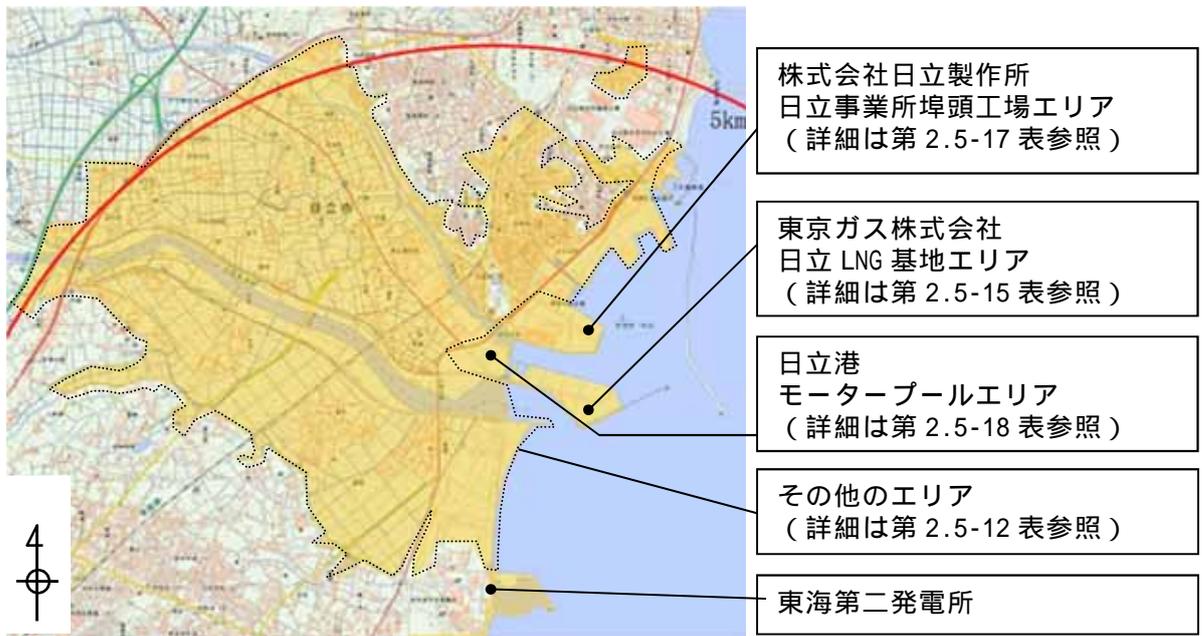
第 2.5-21 図に発電所敷地外における漂流物調査のエリアを示す。また，第 2.5-12 表から第 2.5-18 表に発電所敷地外における漂流物調査結果を示す。



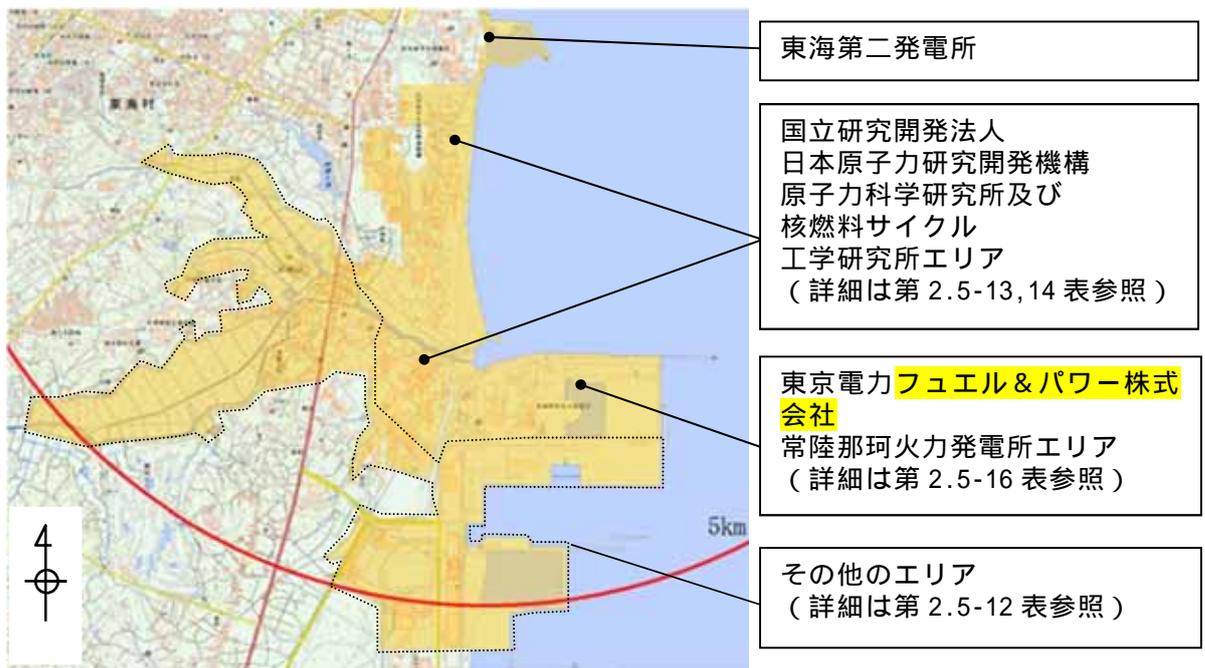
■ : 調査範囲 (基準津波の遡上域を包絡した範囲)

第 2.5-21 図 発電所敷地外における漂流物調査のエリア図 (1 / 2)

< 発電所北側エリア >



< 発電所南側エリア >



第2.5-21図 発電所敷地外における漂流物調査のエリア図 (2 / 2)

#### d . 漂流物検討対象の選定

c . の漂流物となる可能性のある施設・設備の抽出に基づき，非常用海水ポンプの取水性への影響について評価を実施した。

##### (a) 発電所敷地内

発電所敷地内の評価結果について，以下に示す。また，第 2.5-11 表に評価結果の一覧を示す。

##### 建物類等

検潮室，海水電解装置建屋，物揚場倉庫，メンテナンスセンター，輸送本部建屋，輸送本部倉庫等の鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋については，基礎に固定された建物であるが，地震又は波力により，損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。また，鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性があり，破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。しかし，これらが漂流物となった場合においても，設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから，取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価結果を添付資料（28）に示す。

なお，調査にて抽出された仮設ハウス，再利用物品置場テント等については，防潮堤の設置前に移設又は撤去することから，漂流物とはならない。また，プラント点検時等において設置することが想定される仮設ハウスについては，添付資料（28）に示すとおり津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価の結果により，漂流物となった場合においても，設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから，取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。

## 設備類等

ジブクレーン，海水電解装置等の機器については，支持構造物により基礎に固定されているが，地震又は波力により，損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。

クレーン荷重試験用ウェイト，角落し等の重量物についても波力により漂流物となる可能性がある。

フェンス，空調室外機，車両等の比較的軽量なものは，漂流物となる可能性がある。しかし，これらが漂流物となった場合においても，設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから，取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価結果を添付資料（28）に示す。

防砂林については，津波により倒木して漂流物となる可能性があるが，設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから，取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。

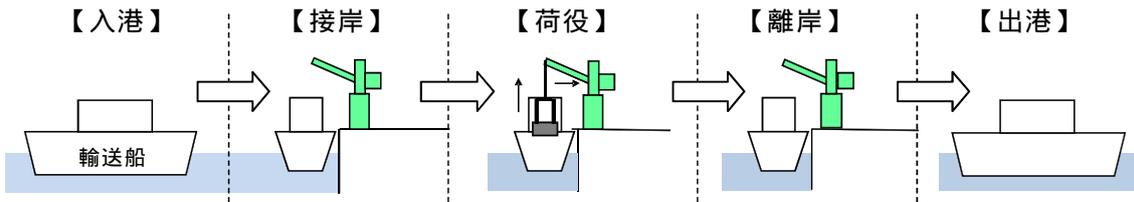
なお，除塵装置については，「[5] 取水スクリーンの破損による通水性への影響」において，評価する。

発電所敷地前面の沖合にある標識ブイは，津波の波力によりチェーンが破損し，漂流する可能性があるため，漂流するものとして評価した。評価の結果，標識ブイが漂流した場合，取水口に向かう可能性は否定できないため，非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

## 船舶（燃料等輸送船）

発電所敷地内には港湾施設として物揚岸壁があり，燃料等輸送船が停泊する。第 2.5-22 図に燃料等輸送船の入港から出港までの主な輸

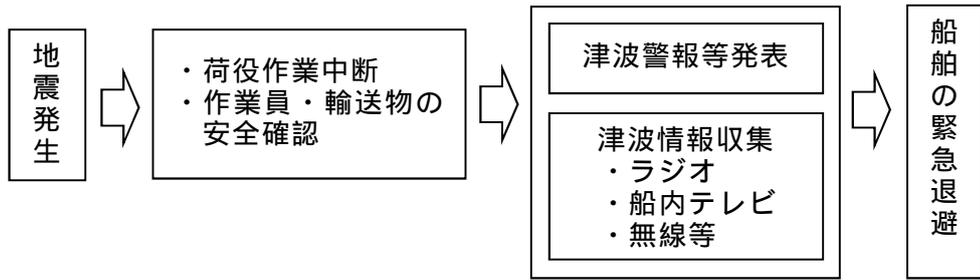
送行程を示す。



第 2.5-22 図 燃料等輸送船の主な輸送行程

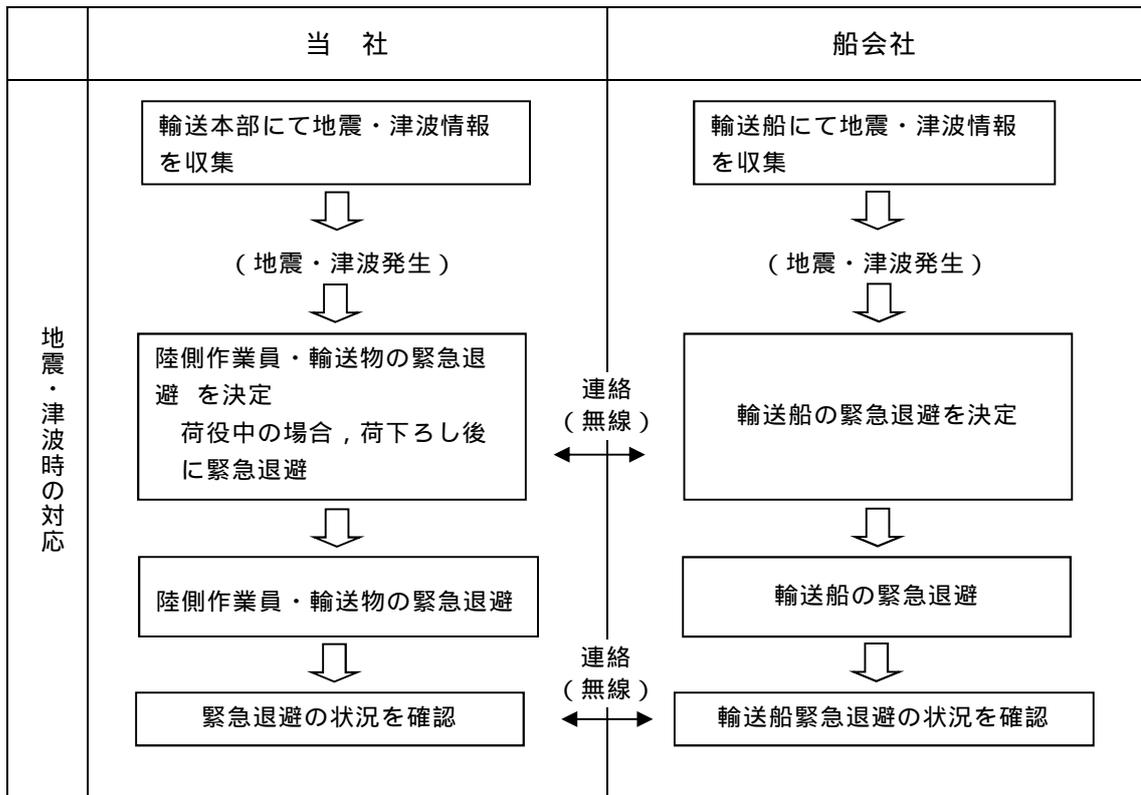
燃料等輸送船は、港湾施設に停泊中に大津波警報、津波警報又は津波注意報（以下、「津波警報等」という。）発表時には、緊急退避を行うこととしており、2011 年東北地方太平洋沖地震を踏まえ、輸送に先立ち、第 2.5-23 図に示す緊急退避フローを取り込んだマニュアルを整備している。

また、燃料等輸送船の緊急退避についての当社と船会社の対応分担は第 2.5-24 図に示すとおりであり、これら一連の対応を行うため、当社は、当社と船会社間の連絡体制を整備するとともに、地震・津波発生時の緊急対応マニュアルを整備し、緊急退避訓練を実施している。燃料等輸送船の緊急退避は船会社が実施するため、当社は、緊急対応の措置の状況を、監査や訓練報告書等により確認している。



津波到達時間等を考慮し船長が判断・指示

第 2.5-23 図 燃料等輸送船の緊急退避フロー



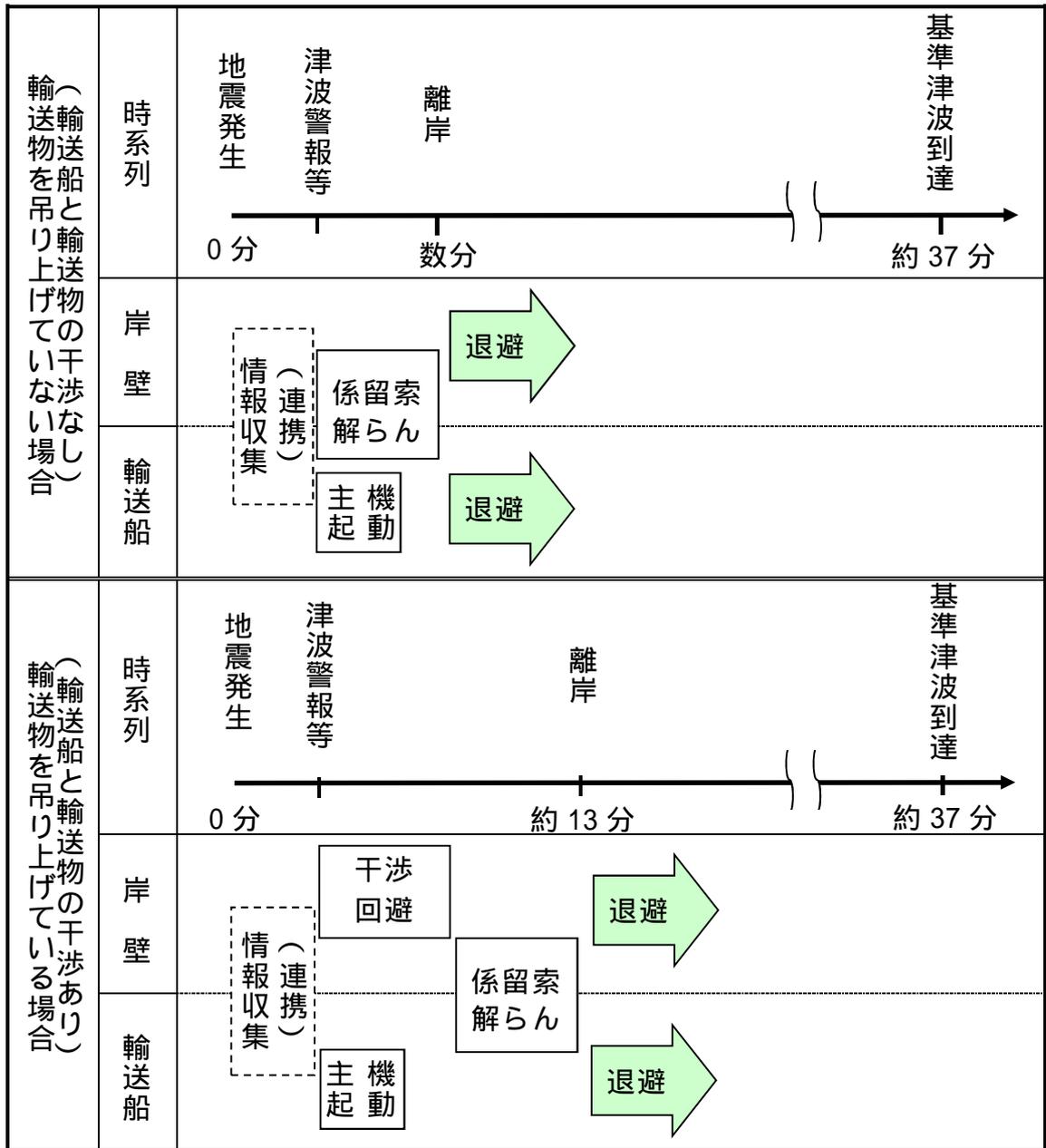
第 2.5-24 図 燃料等輸送船の緊急退避時の当社と船会社の運用の対応分担

燃料等輸送船と輸送物の干渉がない「荷役」以外の行程は、輸送行程の大部分を占めており、津波警報等発令から数分で緊急退避が可能である。燃料等輸送船と輸送物が干渉しうる「荷役」行程は、これよりも退避までに時間を要するが、輸送行程の中で極めて短時間であること、また、電源喪失時にも物揚岸壁クレーンを使用可能とし、緊急退避ができるように、物揚岸壁クレーンには非常用電源を用意していること、さらに緊急離岸が可能となるまでの時間(係留索解らん完了)は、地震発生後約 13 分であり、基準津波の到達時間である約 37 分までに緊急退避が可能であることから、燃料等輸送船は漂流物とはならない。第 2.5-25 図に津波襲来時の緊急退避可能時間を示す。

なお、数分で津波が襲来する場合を想定すると、「荷役」行程では、離岸のための荷下ろし作業中となることもあり得るが、以下の理由から燃料等輸送船は航行不能になるとは考えられず、燃料等輸送船は漂流物とはならない。

- ・物揚岸壁に係留されており、津波高さと喫水高さの関係から物揚岸壁を越えず留まる。
- ・物揚岸壁に接触しても防げん材を有しており、かつ、法令(危険物船舶運送及び貯蔵規則)に基づく二重船殻構造等十分な船体強度を有している。

添付資料(23)に燃料等輸送船の係留索の耐力の評価結果、添付資料(24)に燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係を示す。



第 2.5-25 図 津波襲来時の緊急退避可能時間

船舶（浚渫用作業台船他）

発電所港湾内の浚渫作業のため、作業台船が不定期に入港する。作業台船については、緊急退避の実効性が確認されていないため、漂流するものとして評価した。評価の結果、作業台船が漂流した場合、取水口に向かう可能性は否定できないため、非常用海水ポンプの取水性

に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

貨物船等については入港する前に、地震・津波発生時の緊急対応の体制及び手順が整備されていることを当社が確認する。また、当社と船会社との連絡体制を確立することにより、緊急退避の実効性があることを確認する。

(b) 発電所敷地外

発電所敷地内の評価結果について、以下に示す。また、第 2.5-12 表から第 2.5-18 表に評価結果の一覧を示す。

建物類等

鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の建屋及び構築物については、基礎に固定された建物であるが、地震又は波力により、損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。また、鉄骨造建物の外装板は波力により破損する可能性があり、破損した外装板及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。家屋、倉庫等は、波力により破損する可能性があり、破損した部材及び建屋内の軽量な物品等が漂流物となる可能性がある。しかし、これらが漂流物となった場合においても、設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから、取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価結果を添付資料（28）に示す。

設備類等

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、日立 LNG 基地及び常陸那珂火力発電所のタンク、変圧器等の機器は、支持構造物により基礎に据え付けられ、頑健な構造であるが、地震又は波力により、損壊若しくは滑動して漂流物となる可能性がある。

その他の設備類等についても、多くのものが漂流物となり海域に流出する可能性があると考えられる。しかし、これらが漂流物となった場合においても、設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられることから、取水機能を有する安全設備に対する漂流物とはならない。津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性評価結果を添付資料（28）に示す。

船舶（漁船，定期船）

発電所敷地の北方約4 kmに漁港があり、5t未満の漁船については、発電所近郊の海上で操業することを考慮し、保守的に津波襲来時に漂流する可能性があるものとして評価した。評価の結果、漁船が津波により航行不能になり漂流するとした場合、取水口に向かう可能性は否定できないため、非常用海水ポンプの取水性に与える影響について評価した。非常用海水ポンプの取水性への評価結果については(c)に示す。

また、発電所周辺を定期的に航行する定期船としては、発電所敷地北方約2.5 kmに位置する茨城港日立港区に寄港するタンカー船、貨物船等、発電所敷地南方約3 kmに位置する常陸那珂火力発電所に寄港する貨物船等がある。これらの船舶が停泊しているときに津波警報等が発表された場合には、荷役及び作業を中止した上で、緊急退避又は係留避泊する運用としていることから、漂流物とはならない。

津波の流向について

第2.5-26 図に発電所敷地周辺に漂流物を想定した軌跡解析を実施した結果を示す。いずれの評価点においても、最初の地点の近辺に留まるか、発電所から離れていく結果となったことから、発電所敷地外で発生する漂流物は発電所へ接近してこないと考える。

なお、解析は水粒子の軌跡のシミュレーションであり、漂流物の挙動と水粒子の軌跡が完全に一致するものではないが、水粒子の軌跡は

漂流物の挙動と比較して敏感であり，漂流物の発電所への影響を評価するうえで重要な流<sup>向</sup>（漂流物の移動方向）については，十分に把握できると考えられる。また，水粒子の軌跡は押し波，引き波を交互に受けてある一定の範囲内を移動する挙動又は発電所から離れていく方向に移動する傾向を示していることから，漂流物に作用する慣性力を考慮したとしても，漂流物が発電所に影響を及ぼすような挙動を示すおそれはない。

第2.5-12表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（その他）(1/3)

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類
船舶	漁船	敷地外	35	航行 / 停泊	-	5t未満	・漁船が発電所付近で操業することを考慮すると津波襲来時に漂流する可能性があるが、取水口を完全に閉塞することはしないため、非常用海水ポンプの取水性に影響はない。 ・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	C
船舶	漁船	敷地外	7	航行 / 停泊	-	5～20t	・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	B

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等	衛生センター	敷地外	一式	設置	-	-	-	・津波により漂流する可能性があるが、設置位置及び流況を考慮すると非常用海水ポンプの取水性に影響を与えない。	B
建物類等	大型商業施設	敷地外	一式	設置	-	-			
建物類等	公共施設	敷地外	一式	設置	-	-			
建物類等	学校	敷地外	一式	設置	-	-			
建物類等	欽塔	敷地外	一式	設置	-	-			
建物類等	下水処理場	敷地外	一式	設置	-	-			

第 2.5-12 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（その他）(2/3)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
建物類等	事務所建屋	敷地外	一式	設置	-	-	-	<p>・津波により漂流する可能性 があるが、設置位置及び流 況を考慮すると非常用海 水ポンプの取水性に影響 を与えない。</p> <p style="text-align: center;">B</p>	
建物類等	家屋	敷地外	一式	設置	-	-			
建物類等	倉庫	敷地外	一式	設置	-	-			
建物類等	工場	敷地外	一式	設置	-	-			
設備類等	鉄塔	敷地外	一式	設置	-	-			
設備類等	石油タンク	敷地外	一式	設置	-	-			
設備類等	ジブクレーン	敷地外	2	設置	-	-			
設備類等	門型クレーン	敷地外	4	設置	-	-			
設備類等	コンテナ	敷地外	約350	固定なし	-	-			
設備類等	柵	敷地外	一式	固定あり	-	-			
設備類等	墓石，記念碑	敷地外	一式	固定あり	-	-			

第 2.5-12 表 漂流物検討対象選定結果一覧表 発電所敷地外分（その他）(3/3)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類
設備類等	倉庫	敷地外	一式	固定あり	-	-	-	・津波により漂流する可能性 があるが、設置位置及び流 況を考慮すると非常用海 水ポンプの取水性に影響 を与える漂流物とはなら ない。	B
設備類等	電柱，街灯	敷地外	一式	固定あり	-	-			
設備類等	普通車，大型車	敷地外	約 3500	駐車	-	-			
設備類等	建設重機	敷地外	一式	駐車	-	-			
設備類等	トレーラー	敷地外	約200	固定なし	-	-			
設備類等	防砂林	敷地内	-	-	-	-			

第 2.5-11 図に示す分類  
 分類 A：漂流物とはならない。  
 分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設  
 備等に対する漂流物とはならない。  
 分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有す  
 る安全設備等への影響なし。  
 分類 D：漂流物対策を実施する。

第 2.5-13 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

発電所敷地外分 (1/3)

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-13 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

発電所敷地外分

( 2 / 3 )

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-13 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分 ( 3 / 3 )

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-11 図に示す分類

- 分類 A: 漂流物とはならない。
- 分類 B: 津波防護施設等, 取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。
- 分類 C: 津波防護施設等の健全性, 取水機能を有する安全設備等への影響なし。
- 分類 D: 漂流物対策を実施する。

第 2.5-14 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

發電所敷地外分  (1/2)

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-14 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分 (2/2)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-11 図に示す分類

- 分類 A: 漂流物とはならない。
- 分類 B: 津波防護施設等, 取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。
- 分類 C: 津波防護施設等の健全性, 取水機能を有する安全設備等への影響なし。
- 分類 D: 漂流物対策を実施する。

第 2.5-15 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

( 1 / 2 )

発電所敷地外分

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	重量 (最も大きなものを記載)	評価	分類

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-15 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分 (2/2)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-11 図に示す分類

- 分類 A: 漂流物とはならない。
- 分類 B: 津波防護施設等, 取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。
- 分類 C: 津波防護施設等の健全性, 取水機能を有する安全設備等への影響なし。
- 分類 D: 漂流物対策を実施する。

第 2.5-16 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

發電所敷地外分

( 1 / 4 )

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-16 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

発電所敷地外分 (2/4)

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造(形状)/材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-16 表 漂流物検討対象選定結果一覽表

発電所敷地外分

( 3 / 4 )

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-16 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分

( 4 / 4 )

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状） / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-11 図に示す分類

分類 A: 漂流物とはならない。

分類 B: 津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C: 津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

分類 D: 漂流物対策を実施する。

第 2.5-17 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分  (1/2)

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	重量 (最も大きなものを記載)	評価	分類

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-17 表 漂流物検討対象選定結果一覧表

発電所敷地外分 ( 2 / 2 )

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造 (形状) / 材質	寸法	重量	評価	分類

第 2.5-11 図に示す分類  
 分類 A：漂流物とはならない。  
 分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。  
 分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。  
 分類 D：漂流物対策を実施する。

第 2.5-18 表 漂流物検討対象選定結果一覧表  
 発電所敷地外分（茨城港日立港区モータープール）

< 海域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	重量 （最も大きなものを記載）	評価	分類

< 陸域 >

分類	名称	場所	数量	状態	主要構造（形状）/材質	寸法	重量	評価	分類

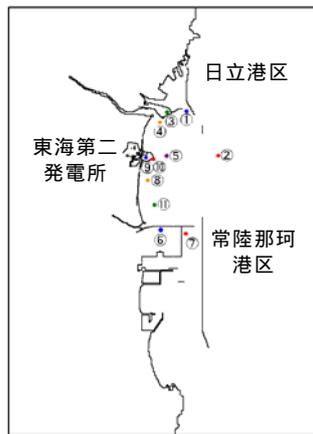
第 2.5-11 図に示す分類

分類 A：漂流物とはならない。

分類 B：津波防護施設等，取水機能を有する安全設備等に対する漂流物とはならない。

分類 C：津波防護施設等の健全性，取水機能を有する安全設備等への影響なし。

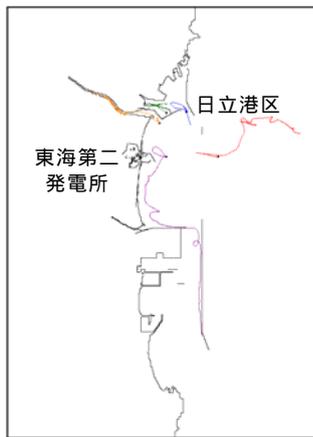
分類 D：漂流物対策を実施する。



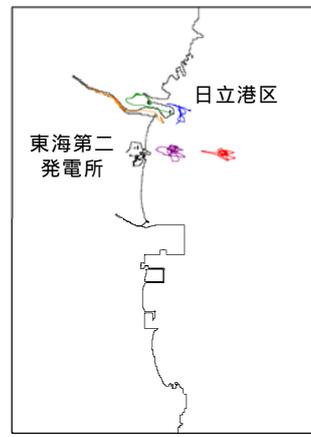
解析条件

- ・ 漂流物移動開始：浸水深 10cm
- ・ 解析時間：地震発生から 240 分

漂流物軌跡解析の初期配置図



～ の軌跡



～ の軌跡



～ の軌跡

(防波堤あり)



～ の軌跡

(防波堤なし)

第 2.5-26 図 漂流物の軌跡解析結果

(c) 非常用海水ポンプの取水性への評価結果

(a)及び(b)において、津波襲来時に取水口に向かう可能性が否定できない漂流物として、標識ブイ、作業台船及び漁船が抽出された。これらに対して、非常用海水ポンプの取水性に及ぼす影響について評価した。

なお、仮設ハウス等の一時的に設置される建物類等については、添付資料(28)に示すとおり、設置位置及び津波の流況から取水口へは向かわないと考えられる。

取水口上部の標高はT.P. + 3.31mであるのに対し、基準津波による取水口前面における水位はT.P. + 14.3mであることから、漂流した場合、取水口に向かう可能性が否定できない標識ブイ、作業台船及び漁船は、取水口の上部を通過し、添付資料(28)に示すとおり、敷地前面東側から敷地側面北側又は敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動するものと考えられる。また、引き波時には外海方向へ移動するものと考えられることから取水口前面へは向かわないと考えられる。しかし、ここでは、作業台船及び漁船については、保守的に取水口に衝突するものとした。

第2.5-19表に作業台船及び漁船の主要諸元、第2.5-27図に取水口の構造図を示す。第2.5-19表に示す漂流物のうち、取水口を閉塞させる面積が最も大きいものは作業台船で、その寸法は長さ約17m、幅約8mである。これに対し、取水口の寸法は幅42.8m、高さ10.35m(1口当たりの内部寸法は幅4.1m、高さ8.35m)と十分に広く、かつ、取水口の呑口は8口あることから、作業台船が取水口に漂流した場合においても、取水性に影響を与える閉塞は生じず、非常用海水ポンプの取水性に影響しない。また、仮に第2.5-19表に示す作業台船及び漁船が取水口前面に到達した場合においても、第2.5-20表に示すとおり想定閉塞面積に対して、取水口呑口面積が大きいいため取水口を完全に閉塞させることは

なく、非常用海水ポンプの取水は可能である。

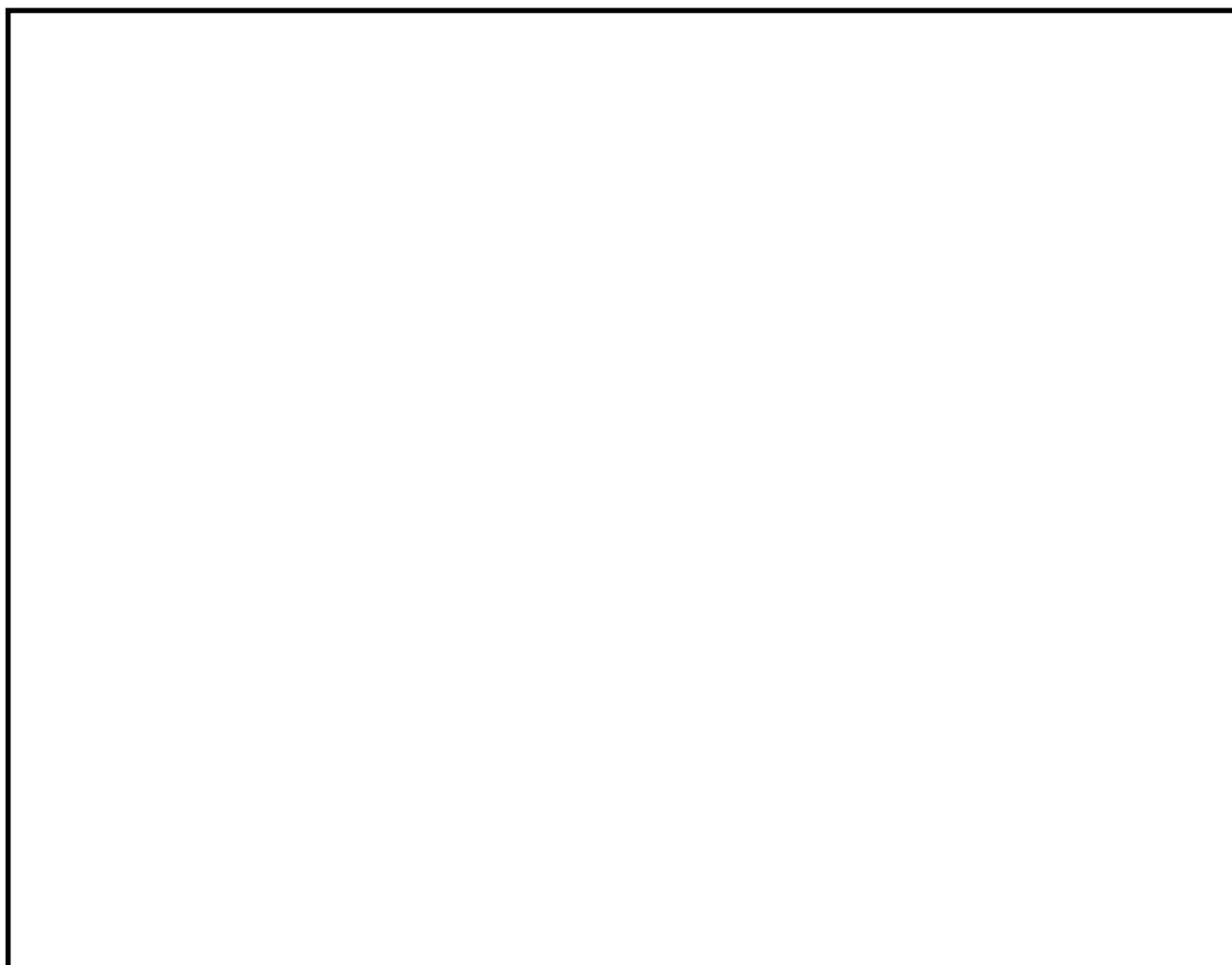
第 2.5-19 表 作業台船及び漁船の主要諸元

対象	重量	寸法	台数
作業台船	約 44t	長さ約 17m × 幅約 8m	1
5t 級漁船 <sup>1</sup> (総トン数)	約 15t <sup>2</sup> (排水トン数)	長さ 14m × 幅約 3m	1 <sup>3</sup>

1：漁協からの聞き取り調査結果に基づき設定

2：道路橋示方書（共通編・下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成 14 年 3 月）より、総トン数 5t を 3 倍し排水トン数を 15t と設定

3：発電所沖合で操業することを考慮し、1 隻が漂流するものと仮定



第 2.5-27 図 取水口構造図

第 2.5-20 表 漂流物の取水口前面への集約を想定した取水可能性評価

対象	台数	想定閉塞面積 ( $m^2$ )	想定閉塞面積の 合計 ( $m^2$ )	取水口呑口面積 ( $m^2$ )	取水の 可否
作業台船	1	136 <sup>1</sup>	178		可
5t 級漁船 (総トン数)	1	42 <sup>2</sup>			

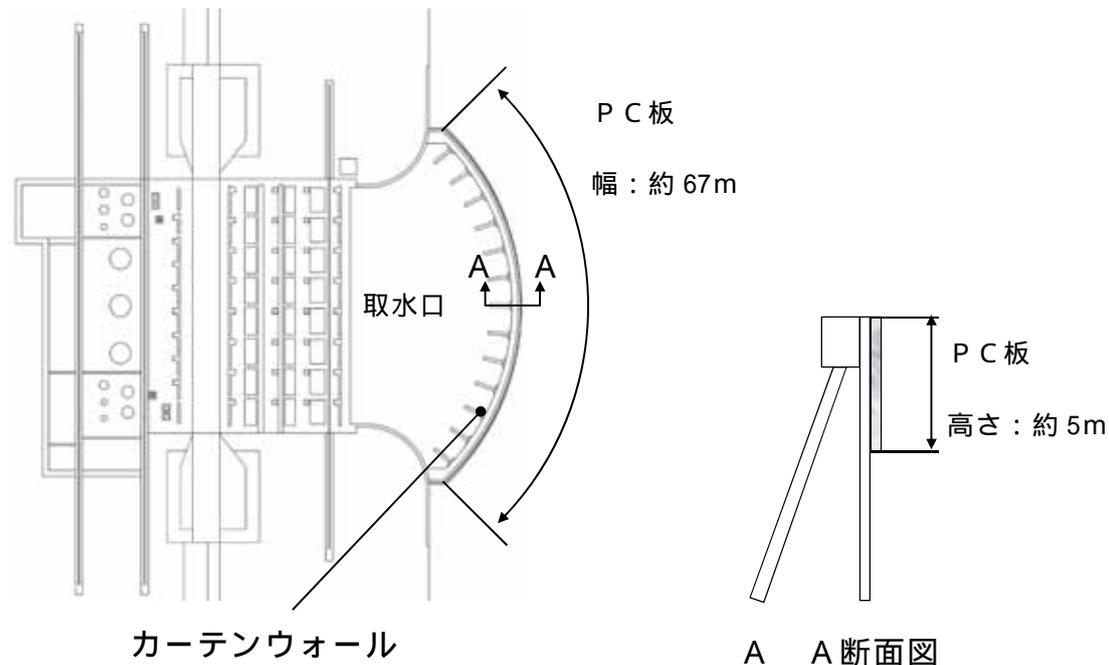
1：第 2.5-19 表に示す寸法をもとに，横（長さ）17m，縦（高さ）8m の長方形の面積として算出

2：第 2.5-19 表に示す寸法をもとに，横（長さ）14m，縦（高さ）3m の長方形の面積として算出

3：第 2.5-27 図に示す内部寸法から，1 口当たりの有効面積を幅  m，高さ  m の長方形の面積とし，8 口分の面積として算出

カーテンウォールの構造を第 2.5-28 図に示す。カーテンウォールについては，基準地震動  $S_s$  による耐震性を確認していないことから，漂流物に対する捕捉効果は期待しない。また，倒壊した場合においては，第 2.5-21 表に示すとおり想定閉塞面積に対して，取水口呑口面積が大きい。ため取水口を完全に閉塞させることはなく，非常用海水ポンプの取水は可能である。

また，津波は流向を有していることから，漂流物が全て取水口前面に到達する可能性は低いと考えられる。万が一，作業台船，漁船及びカーテンウォールの全てが取水口前面へ集約された場合を想定しても，漂流物が隙間なく整列することは考えにくい。また，漂流物の形状から取水口に密着することは考えにくい。ため，取水口を完全に閉塞させることはなく，非常用海水ポンプの取水は可能であると考えられる。



第 2.5-28 図 カーテンウォール構造図

第 2.5-21 表 カーテンウォールの倒壊を想定した取水可能性評価

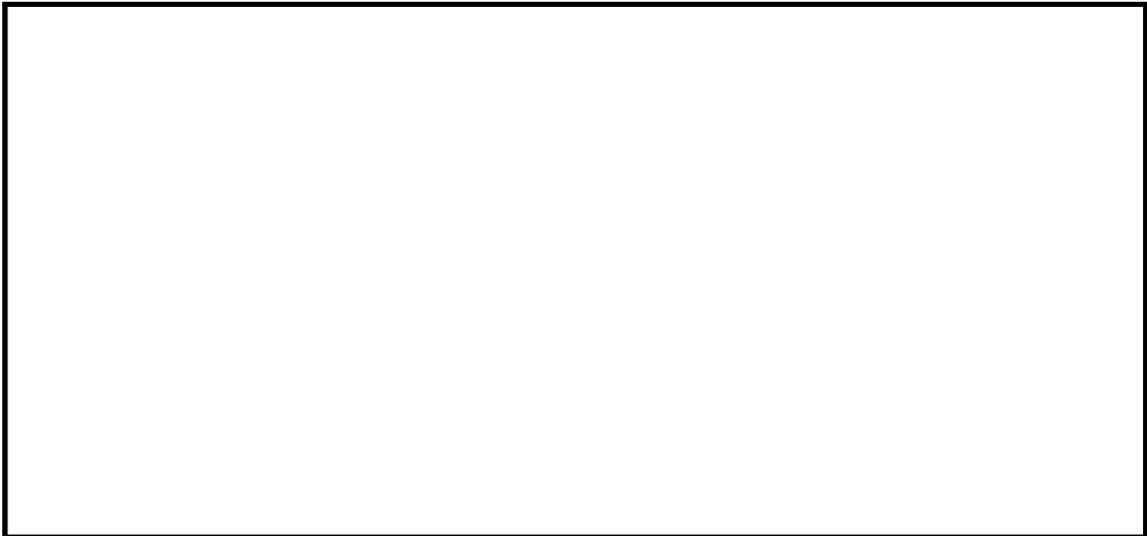
対象	想定閉塞面積 (m <sup>2</sup> )	取水口呑口面積 (m <sup>2</sup> )	取水の可否
カーテンウォール	164 <sup>1</sup>	□ <sup>2</sup>	可

1：想定閉塞高さについては保守的にカーテンウォールの高さ 5m，想定閉塞幅については，取水口前面に到達しうる最大の幅として取水口呑口の幅である 42.8m とし，長方形の面積として算出

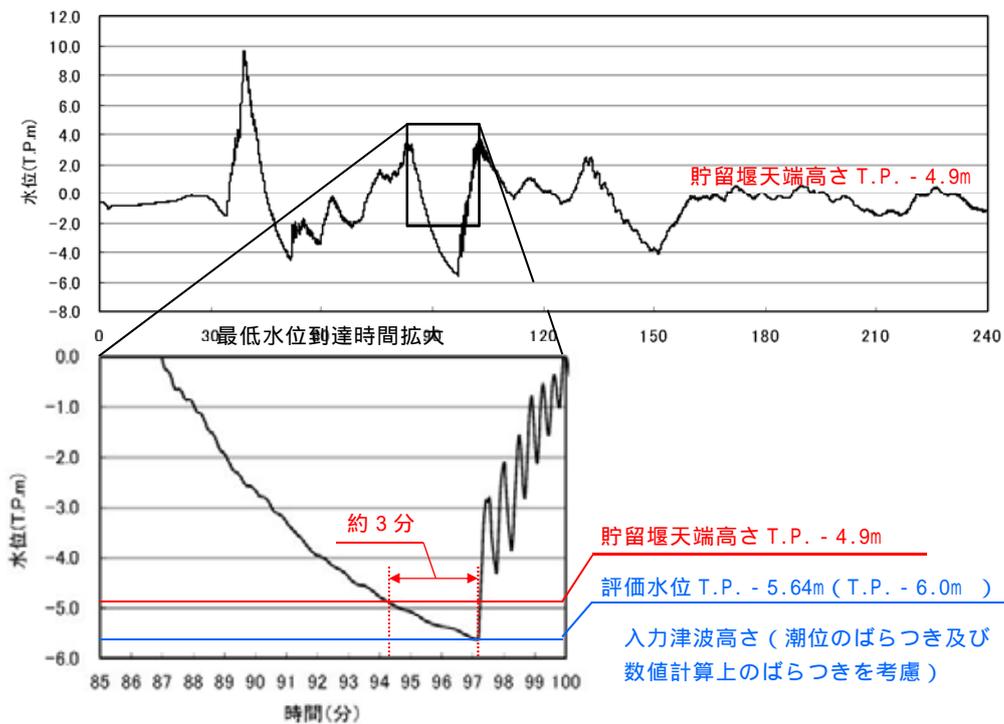
2：第 2.5-27 図に示す内部寸法から，1 口当たりの有効面積を幅 □ m，高さ □ m の長方形の面積とし，8 口分の面積として算出

貯留堰の有効容量及び取水口前面への漂流物の堆積を想定した有効容量の低減範囲を第 2.5-29 図に示す。津波の流況から，漂流物は取水口前面へは向かわないと考えられるが，仮に取水口前面に漂流物が堆積した場合においても，堆積物により低減することが想定される有効容量は第 2.5-29 図に示す範囲である。一方，「2.5 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(1)非常用海水冷却系の取水性 b・非常用海水ポンプ取水性」にて示したとおり，非常用海水ポンプの運転継続

可能時間は約 33 分であり，引き波継続時間は 2.5-30 図に示すとおり約 3 分であることから，取水口前面への漂流物の堆積を想定した場合においても非常用海水ポンプの取水性への影響はない。



第 2.5-29 図 貯留堰の有効容量及び堆積物により想定する低減範囲



第 2.5-30 図 引き波の継続時間

## [5] 取水スクリーンの破損による通水性への影響

海水中の塵芥を除去するために設置されている除塵装置（固定バースクリーン、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、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時に破損して、それ自体が漂流物となる可能性がある。この場合には、破損・分離し漂流物となった構成部材等が取水路を閉塞させることより、取水路の通水性に影響を与えることが考えられるため、その可能性について確認した。

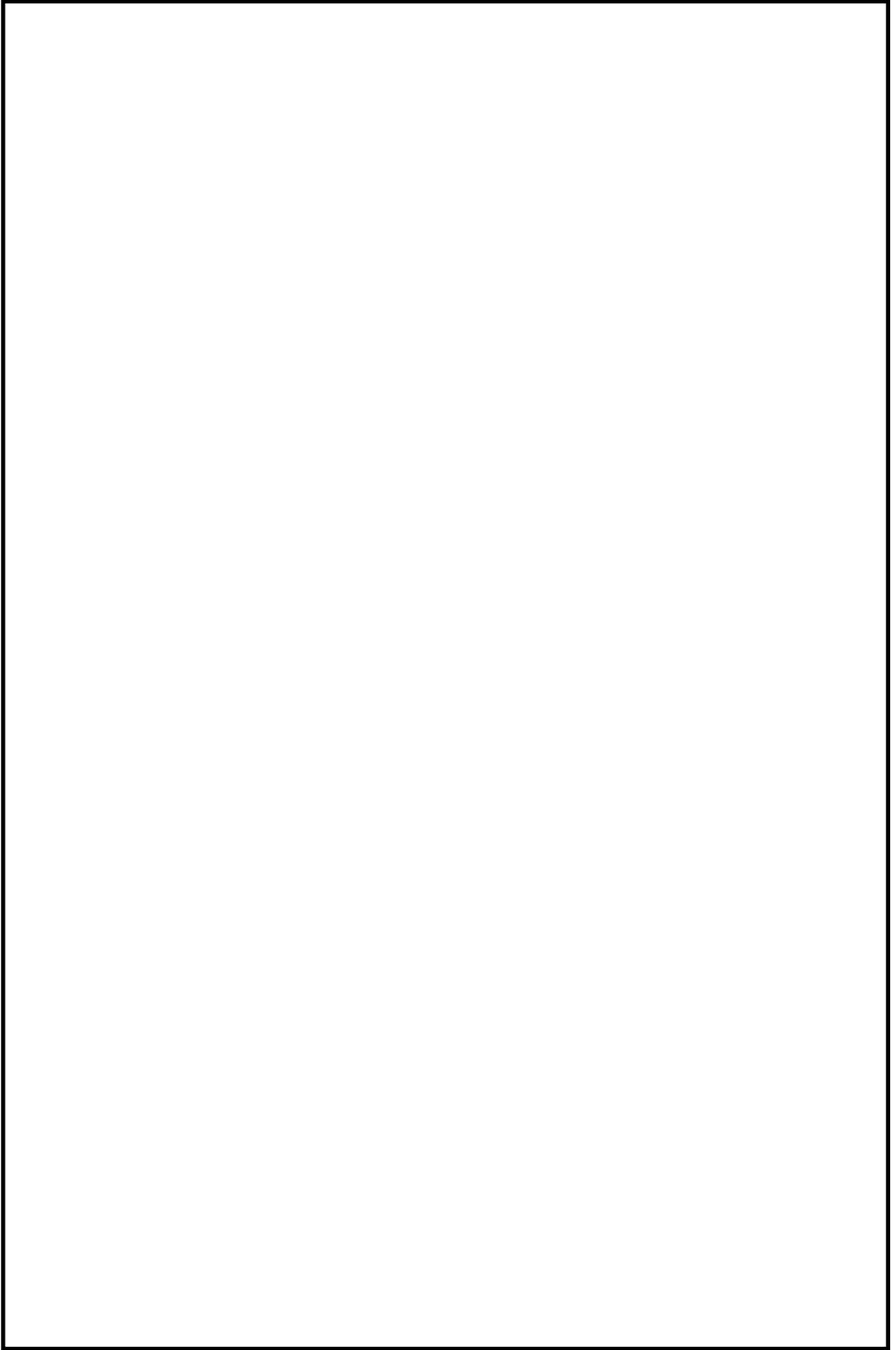
その結果、除塵装置は、基準津波により破損して漂流物になることはなく、非常用海水ポンプの取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。以下に除塵装置に構造を示すとともに、確認内容、確認結果を示す。

### a . 構造

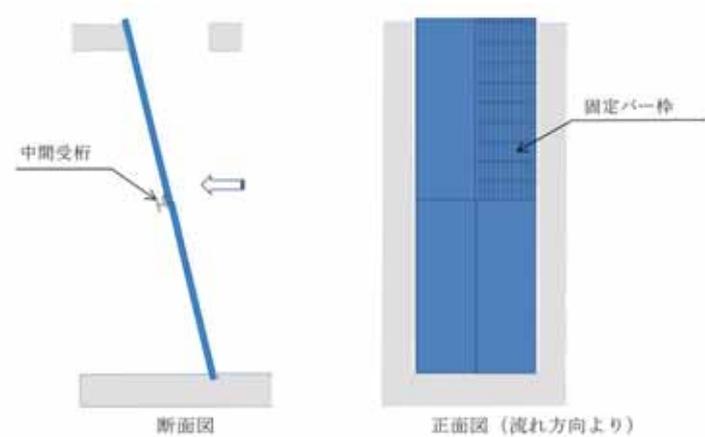
除塵装置は、取水する海水中の塵芥を除去するために、取水口から取水ピットに至る取水路の経路 8 区画に対して設置されており、取水口から固定バースクリーン、回転レイキ付バースクリーン、トラベリングスクリーンの順に設置されている。第 2.5-31 図に除塵装置の配置図、第 2.5-32 図に除塵装置の概略構造図を示す。

固定バースクリーンは、鋼材を溶接により格子状に接合した固定バー枠構造であり、取水路 1 区画当たり 4 分割された固定バー枠からなる。固定バー枠の上端及び下端は取水路に支持され、中間部分は中間受桁により支持される。

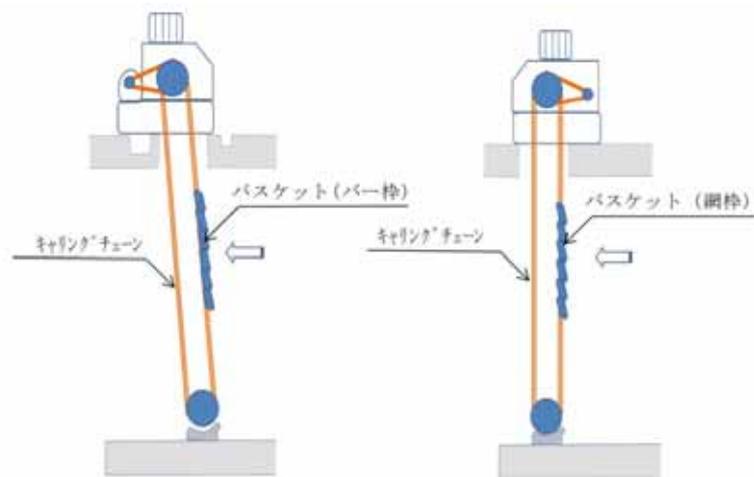
回転レイキ付バースクリーン及びトラベリングスクリーンは、それぞれ多数のバスケット（バー枠又は網枠）がキャリングチェーンにより接合された構造であり、キャリングチェーンは上部の駆動機構により回転する。下部スプロケットは取水路、上部スプロケットは駆動装置に支持される。



第 2.5-31 图 除塵装置配置图



(固定バースクリーン)



(回転レイキ付バースクリーン)

(トラベリングスクリーン)

図 2.5-32 除塵装置概略構造

b. 評価内容

評価条件

- ・ 取水路内の津波流速は，取水路の管路解析により得られた取水口前面の流速である  $1.5\text{m/s}$  を適用する。
- ・ 取水路内流速  $1.5\text{m/s}$  において，除塵装置に生じる水位差（損失水頭）が設計水位差内に収まっていることを確認する。
- ・ 除塵装置に生じる水位差が設計水位差を超える場合には，構造部材の強度評価を実施する。

c . 評価結果

固定バースクリーンについては、設計水位差内であったが、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、設計水位差以上であった。

このため、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対して、基準津波により生じる水位差によって発生する荷重又は応力を評価した。その結果、各スクリーンの許容値以下であることを確認した。

以上の確認結果より、いずれの除塵装置においても基準津波によって破損することはなく漂流物にならないため、取水性に影響を及ぼすものではないことを確認した。第 2.5-22 表に除塵装置の取水性影響評価結果を示す。

第 2.5-22 表 流速 1.5m / s 時の除塵装置の取水性影響確認結果

設備	部材	設計水位差	流速 1.5m/s 時の水位差	基準津波による水位差の際の発生値 / 許容値	判定
固定バースクリーン	バースクリーン	0.5m	0.2m	-	
	中間受桁	0.5m	0.2m	-	
回転レイキ付バースクリーン	キャリングチェーン	1.5m	1.5m	124kN / 156kN (張力 / 許容張力)	○
	バスケット(バー枠)	1.5m	1.5m	84N/mm <sup>2</sup> / 156N/mm <sup>2</sup> (発生応力 / 許容応力)	○
トラベリングスクリーン	キャリングチェーン	1.5m	2.0m	138kN / 156kN (張力 / 許容張力)	○
	バスケット(網枠)	1.5m	2.0m	149N/mm <sup>2</sup> / 156N/mm <sup>2</sup> (発生応力 / 許容応力)	○

## 2.6 津波監視設備

### 【規制基準における要求事項等】

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。

### 【検討方針】

敷地への津波の繰り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に，津波監視設備として，津波監視カメラ，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。

### 【検討結果】

津波監視設備として以下の設備を設置し監視する設計としている。

- ・ 津波監視カメラ
- ・ 取水ピット水位計
- ・ 潮位計

なお，本設備は，地震発生後，津波が発生した場合，その影響を俯瞰的に把握するため設置する

#### a．設置位置

津波監視設備は，津波の襲来状況，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でき，かつ，基準津波の影響を受けにくい位置に設置する。津波監視カメラは原子炉建屋屋上T.P.

約 + 64m , 防潮堤上部T.P. 約 + 18 ~ 約 + 20m , 取水ピット水位計は  
取水ピット上版T.P. 約 + 3m , 潮位計は取水路内T.P. 約 - 5m ( 検  
出器 ) に設置する。第2.6-1図に津波監視設備の配置図を示す。



第2.6-1図 津波監視設備配置図

b . 仕様

津波監視カメラは、津波の襲来状況、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でき、昼夜に亘り中央制御室及び緊急時対策所で監視可能な設計とする。

取水ピット水位計は、非常用海水ポンプの設置位置である取水ピット水位を監視するものであり、計測範囲は取水ピット底面付近から取水ピット上版下端付近に相当するT.P. - 7.8m ~ T.P. + 2.3mを測定範囲とした設計とする。また、潮位計は、基準津波による取水口周辺の潮位を監視するものであり、引き波時の非常用海水ポンプの取水性を確保するために設置する貯留堰の天端高さから敷地前面東側の防潮堤における上昇側入力津波高さを包含するT.P. - 5.0m ~ T.P. + 20.0mを計測範囲とした設計とする。

また、津波監視設備は耐震Sクラスとし、電源は所内常設直流電源設備から受電することで、交流電源喪失時においても監視が継続可能な設計とする。

第2.6-1表に津波監視カメラの基本仕様、第2-6-2表に取水ピット水位計及び潮位計の基本仕様を示す。

第2.6-1表 津波監視カメラの基本仕様

項目	基本仕様
名称	津波監視カメラ
耐震クラス	Sクラス
設置場所	原子炉建屋屋上 防潮堤上部
監視場所	中央制御室，緊急時対策所
個数	原子炉建屋屋上：3 防潮堤上部：4
夜間監視手段	赤外線
遠隔操作	可能（上下左右）
電源	所内常設直流電源設備

第2.6-2表 取水ピット水位計及び潮位計の基本仕様

項目	基本仕様	
	取水ピット水位計	潮位計
名称	取水ピット水位計	潮位計
耐震クラス	Sクラス	Sクラス
設置場所	取水ピット	取水路
監視場所	中央制御室， 緊急時対策所	中央制御室， 緊急時対策所
個数	2	2
計測範囲	T.P. - 7.8m ~ T.P. + 2.3m	T.P. - 5.0m ~ T.P. + 20.0m
検出器の種類	電波式	圧力式
電源	所内常設直流電源設備	所内常設直流電源設備

### 3.3 津波監視設備

#### 【規制基準における要求事項等】

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に設計すること。

#### 【検討方針】

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に設計する（【検討結果】参照）。

#### 【検討結果】

津波監視設備として、津波監視カメラ、取水ピット水位計及び潮位計を設置する。以下に津波監視設備の津波による影響評価結果及び津波監視設備の仕様を示す。また、第3.3-1図に津波監視設備の配置図を示す。

##### (1) 津波監視設備の津波による影響評価

###### a . 津波による影響の有無

- (a) 津波監視カメラは、津波の襲来状況、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ものであり、原子炉建屋の屋上T.P.約 + 64m、及び防潮堤上部T.P.約 + 18 ~ 約 + 20mの位置に設置する。このため、津波の遡上域になく基準津波

の影響は受けない。

(b) 取水ピット水位計は、主として基準津波による引き波時の取水ピットの下側水位を監視するものである。取水ピット水位計の設置位置は、防潮堤と海水ポンプ室間の取水ピット上版コンクリート躯体内に設置するため、津波の遡上域にないが、取水口から流入する津波の影響を考慮する必要がある。このため、後述 b 項において津波による影響に対する防止策・緩和策等を示す。

(c) 潮位計は、主として基準津波による寄せ波時の取水口前面の上側水位を監視するものであり、取水路内の側壁に設置するため、取水ピット水位計と同様に、取水口から流入する津波の影響を考慮する必要がある。このため、後述 b 項において津波による影響に対する防止策・緩和策等を示す。



第3.3-1図 津波監視設備の配置図

b . 津波による影響に対する防止策・緩和策等

前述 a 項に示したとおり，取水ピット水位計及び潮位計は，取水口から流入する津波の影響が考えられるため，津波の波力及び漂流物の衝突に対する防止策・緩和策を検討した。

(a) 津波の波力に対する防止策・緩和策等

津波による波力に対して，取水ピット水位計は，「1.6 設計又は評価に用いる入力津波」において示した取水ピットにおける潮位のばらつき及び入力津波の数値計算上のばらつきを考慮した津波高さT.P. + 19.4mに，参照する裕度 + 0.65mを含めたT.P. + 22.0mの水頭を考慮した設計とするため，津波の波力による影響は受けない。また，潮位計は，「1.6 設計又は評価に用いる入力津波」において示した敷地前面における潮位のばらつき及び入力津波の数値計算上のばらつきを考慮した津波高さT.P. + 17.9mに，参照する裕度 + 0.65mを含めたT.P. + 20.0mの水頭を考慮した設計とするため，津波の波力による影響は受けない。

(b) 津波による漂流物の衝突に対する防止策・緩和策等

津波による漂流物の衝突に対しては，「2.5項 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」において示したとおり，取水口の上部高さT.P. + 3.31mに対し，基準津波による敷地前面における水位はT.P. + 17.9mであることから，漂流物の選定において，取水口に向かう可能性が否定できないと評価した作業台船及び漁船は，取水口の上部を通過するものと考えられる。仮に取水口に漂流物が向かったとしても，漂流物の寸法及び取水口呑口の寸法の関係から，取水

路内を大きな漂流物が逆流することは考え難いため、漂流物の影響は受けない。第3.3-1表に作業台船及び漁船の主要諸元、第3.3-2図に取水口呑口部の構造を示す。

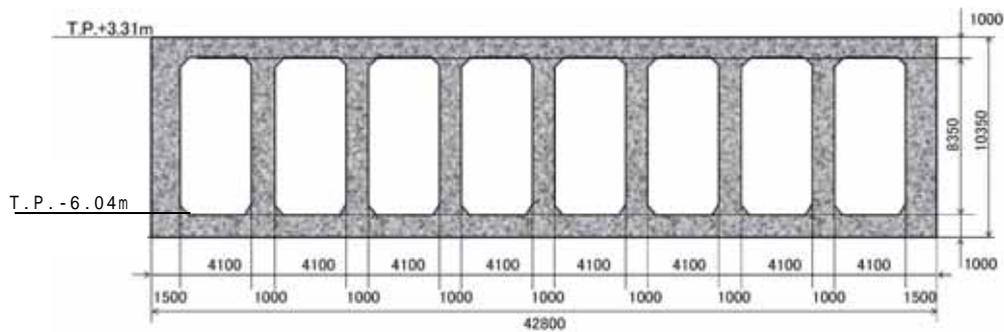
第 3.3-1 表 作業台船及び漁船の主要諸元

対象	重量	寸法	台数
作業台船	約 44t	長さ約 17m×幅約 8m	1
5t 級漁船 <sup>1</sup> (総トン数)	約 15t <sup>2</sup> (総トン数)	長さ 14m×幅約 3m	1 <sup>3</sup>

1：漁港からの聞き取り調査結果に基づき設定

2：道路橋示方書（共通編・下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成14年3月）より、総トン数 3t を 3 倍し排水トン数を 15t と設定

3：発電所沖合で操業することを考慮し、1 隻が漂流するものと仮定



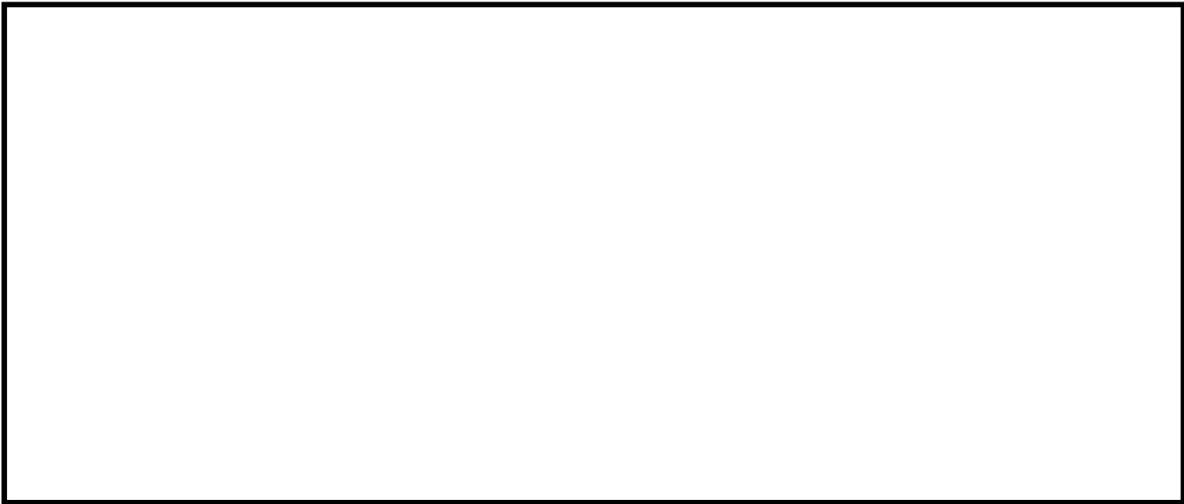
第 3.3-2 図 取水口呑口部構造

上記のとおり、取水ピット水位計及び潮位計は、基準津波による漂流物の影響は受けないと考えられるが、ここでは漂流の可能性が否定できないと評価した漂流物以外の比較的寸法の小さい漂流物を想定した場合の影響について評価するとともに、防止策・緩和策等について検討した。

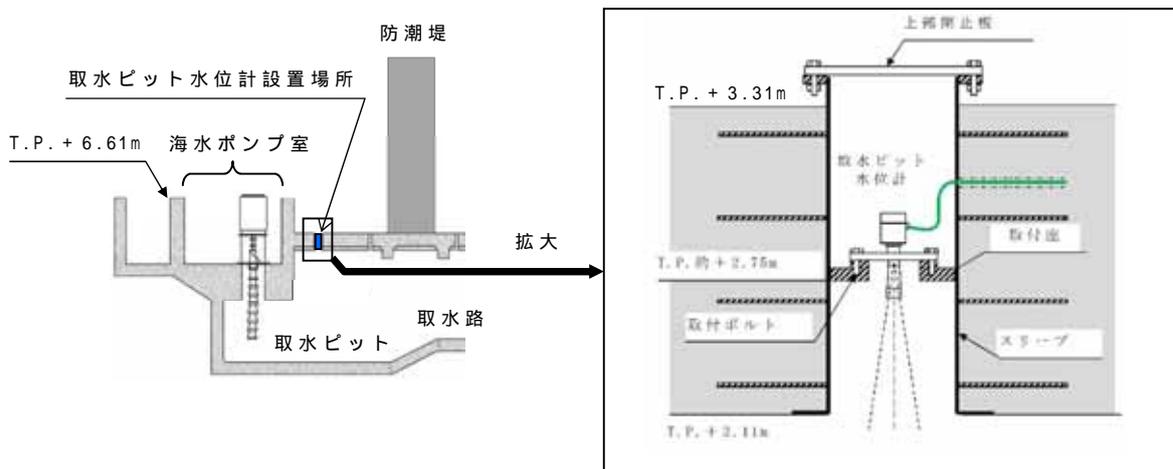
) 取水ピット水位計

取水ピット水位計は、取水路奥の取水ピット上版のコンクリート躯体に設ける 400mmの貫通孔内に設置するため、取水路内に流入した漂流物が取水ピット水位計に衝突する可能性は極めて低いと考えられる。

このため、比較的寸法の小さい漂流物を想定しても、漂流物の衝突による影響はないと考えるが、より安全側の対策として、海水ポンプ室の北側及び南側にそれぞれ1個ずつ計2個の取水ピット水位計を設置し、多重化を図ることとする。第3.3-3図に取水ピット水位計の配置図、第3.3-4図に取水ピット水位計の据付部の概略構造を示す。



第 3.3-3 図 取水ピット水位計配置図

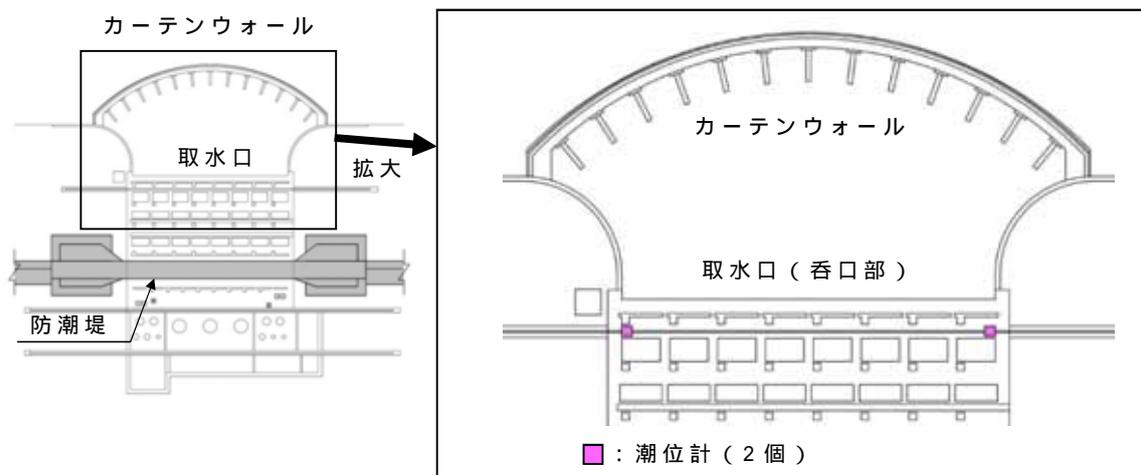


第 3.3-4 図 取水ピット水位計据付面概略構造

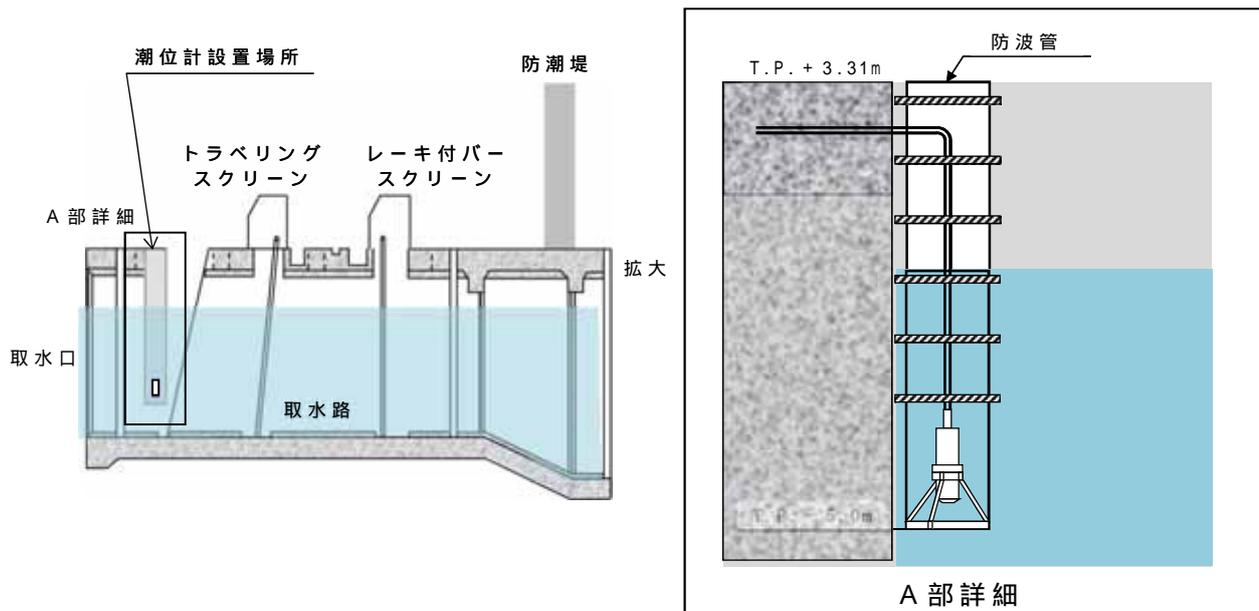
) 潮位計

潮位計は，取水口入口近傍の側壁に設置するが，検出器及びケーブル・電線管は 400mm，厚さ10mmのステンレス製の防波管内に収納することにより，取水路内に流入した漂流物から保護できる設計としている。

このため，比較的寸法の小さい漂流物を想定しても，漂流物の衝突による影響はないと考えるが，より安全側の対策として，取水口の北側及び南側にそれぞれ1個ずつ計2個の潮位計を設置し，多重化を図ることとする。第3.3-5図に潮位計の配置図，第3.3-6図に潮位計の据付部の概略構造を示す。



第 3.3-5 図 潮位計配置図



第3.3-6図 潮位計据付部概略構造

以上の津波による影響に対する防止策・緩和策により，取水ピット水位計及び潮位計は，津波に対して機能保持が可能である。

## (2) 津波監視設備の仕様等

### a . 津波監視カメラ

#### (a) 仕様

津波監視カメラ（直径178mm×高さ285mm，水平方向可動域360°）は，原子炉建屋屋上T.P.約+64mに3台，防潮堤上部T.P.約+18～約+20mに4台を設置する。各々の主な監視範囲を第3.3-2表の津波監視カメラの主な監視範囲に示す。津波監視カメラは赤外線撮像機能を有し，昼夜問わず監視可能な仕様とし，画像は中央制御室及び緊急時対策所に設置した監視設備に表示し，継続的に監視できる設計とする。

津波監視カメラ本体及び監視設備の電源は所内常設直流電源設備受電することで交流電源喪失時においても監視が継続可能な設計とする。

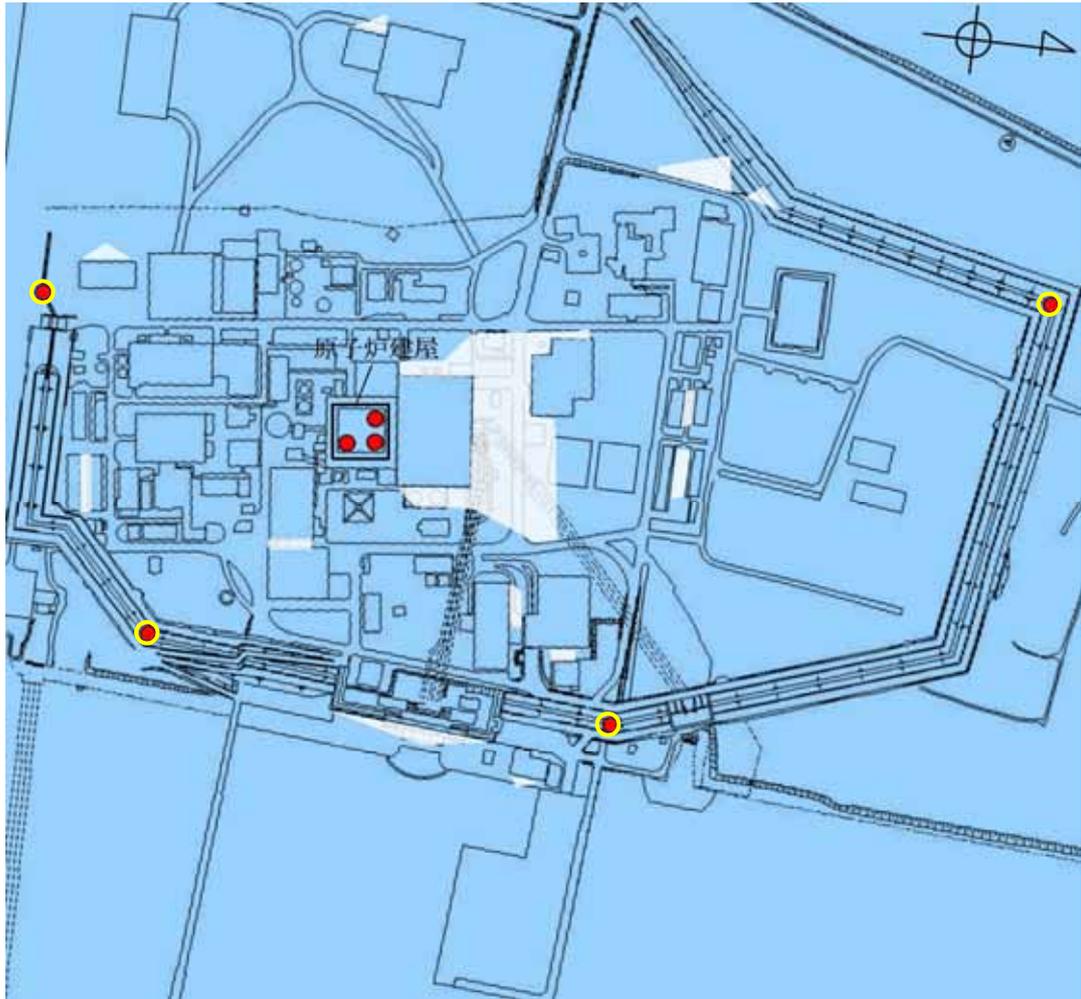
第3.3-3表に津波監視カメラの基本仕様，第3.3-7図に津波視カメラの設置位置と可視可能範囲，第3.3-8図に津波監視カメラの映像イメージを示す。

第3.3-2表 津波監視カメラの主な監視範囲

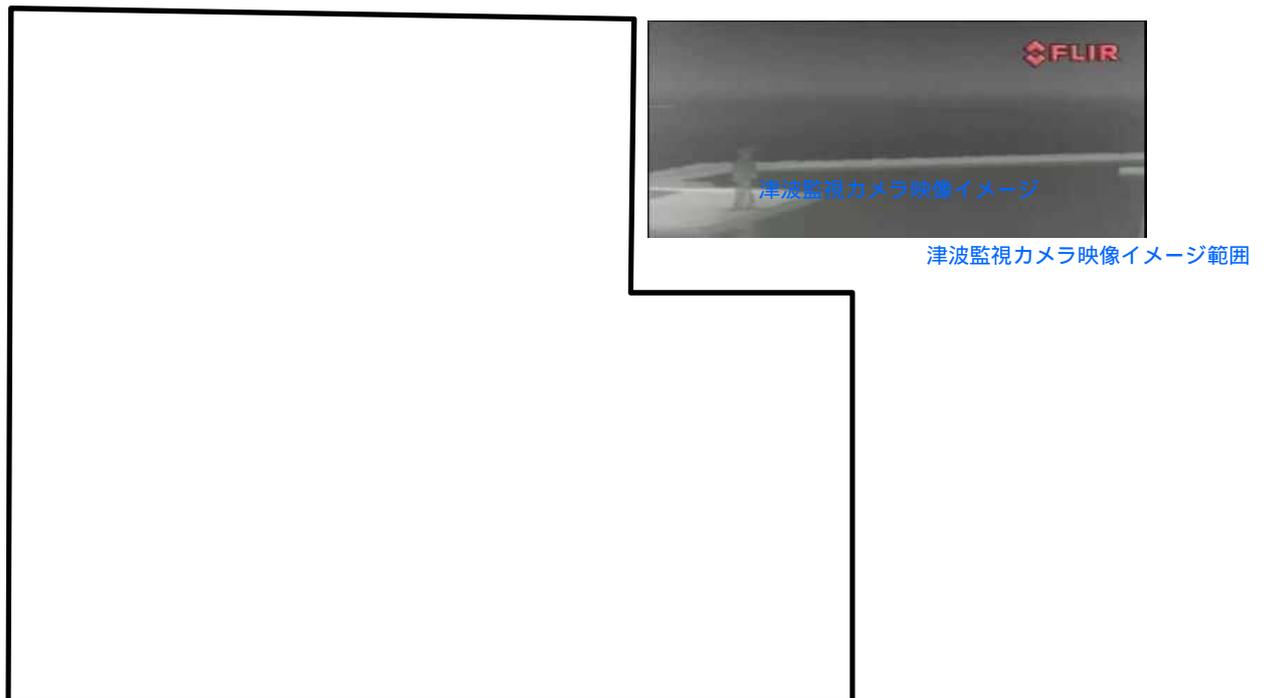
設置場所		主な監視範囲
原子炉建屋 屋上	北東側	敷地前面東側の海域及び敷地東側の状況を監視
	北西側	敷地北側の状況を監視
	南東側	敷地南側の状況を監視
防潮堤上部		津波防護施設及び浸水防止設備の機能，取水口，放水口及び敷地前面東側の海域，敷地内外の状況を監視

第3.3-3表 津波監視カメラの基本仕様

項目	基本仕様
名称	津波監視カメラ
耐震クラス	Sクラス
設置場所	原子炉建屋屋上 防潮堤上部
監視場所	中央制御室，緊急時対策所
個数	原子炉建屋屋上：3 防潮堤上部：4
夜間監視手段	赤外線
遠隔操作	可能（上下左右）
電源	所内常設直流電源設備



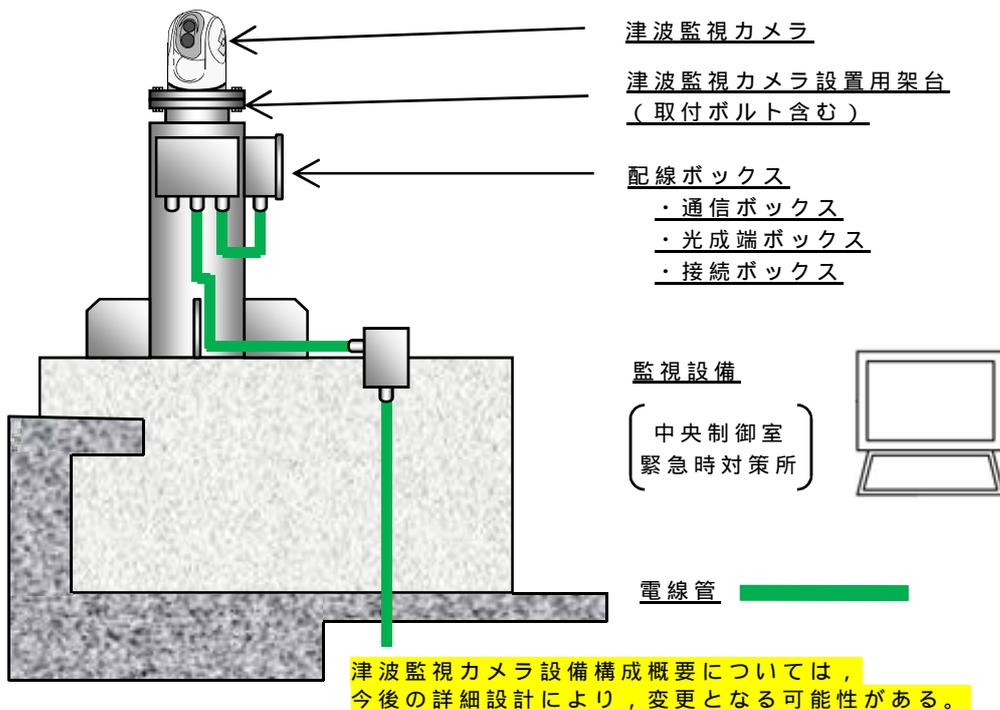
第3.3-7図 津波監視カメラの設置位置と可視可能範囲



第3.3-8図 津波監視カメラの映像イメージ

(b) 設備構成

津波監視カメラは、カメラ本体、津波監視カメラ用設置架台、配線ボックス、監視設備、電線管から構成される。第3.3-9図に津波監視カメラの設備構成概要を示す。



第 3.3-9 図 津波監視カメラ設備構成概要

(c) 構造・強度評価及び機能維持評価

津波監視カメラが使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

津波監視カメラは、原子炉建屋屋上T.P.約+64m及び防潮堤上部T.P.約+18～約+20mに設置することから津波の影響は受けない。このため、想定される自然条件として考慮すべきものは、地震、積雪、降下火砕物、降雨及び風である。このうち、竜巻による評価については、「第六条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明することとし、ここでは使用条件及び上記の自然条件に対する評価方針を示す。

なお，自然条件のうち，津波については前述のとおり影響を受けることはないため，荷重の組合せ等での考慮は要しない。

) 評価対象

第3.3-4表に津波監視カメラの構造・強度評価及び機能維持評価対象を示す。

第3.3-4表 津波監視カメラの構造・評価  
及び機能維持評価対象

評価項目	評価対象
構造・強度	津波監視カメラ設置用架台 津波監視カメラ取付ボルト 電線管
機能維持	津波監視カメラ 配線ボックス 監視設備（監視用PC等）

) 評価方針

構造・強度評価

津波監視カメラは，基準地震動  $S_s$  に対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には，津波監視カメラ設置用架台，取付ボルトについて，地震時に想定される評価荷重に基づき応力評価を行い，裕度（＝許容応力／発生応力）が1.0以上であることを確認する。また，電線管については，電線管布設において，もっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し，最大許容支持間隔を求め，それに包絡される条件で施工することで，耐震性を確保する。

## 機能維持評価

機能維持の評価対象については，振動試験において，津波監視カメラ，配線ボックス，監視設備の電氣的機能の健全性を確認した加振波の最大加速度（以下「確認済加速度」という。）に対し，取付箇所最大の応答加速度（以下「評価加速度」という。）が下回っていることを確認する。

### ) 荷重の組合せ

津波監視カメラは，津波の影響を受けない場所に設置するため，津波荷重の考慮は不要であり，常時荷重 + 余震荷重の組合せは，以下の組合せに包絡されるため，これらを適切に組合せて設計を行う。

#### ・ 常時荷重 + 地震荷重

また，設計に当たっては，自然現象との組合せを適切に考慮する。

### ) 評価荷重

#### 固定荷重

自重等を考慮する。

#### 地震荷重

基準地震動  $S_s$  を考慮する。

#### 積雪荷重

屋外に設置される津波監視カメラ設置用架台及び電線管に対しては，堆積量30cmを考慮する。

## 降下火砕物

屋外に設置される津波監視カメラ設置用架台及び電線管に対しては、堆積量(40cm)を考慮する。

## 降雨荷重

降雨に対しては、津波監視カメラは防水性能IP66(あらゆる方向からのノズルによる強力なジェット噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない)に適合する設計とする。

## 風荷重

### ・竜巻

「第六条 外部からの衝撃による損傷の防止」において説明する。

### ・竜巻以外

「建築基準法(建設省告示第1454号)」に基づく発電所立地地域(東海村)の基準風速30m/s相当の風荷重を受けた場合においても、津波監視カメラ設置用架台及び電線管は継続監視可能であることを確認する。

## b . 取水ピット水位計

### (a) 仕様

取水ピット水位計は、主として基準津波による引き波時の取水ピットの下降側水位を監視するため設置するものである。

取水ピットにおける潮位のばらつき及び入力津波の数値計算上のばらつきを考慮した入力津波高さは、上昇側でT.P. +

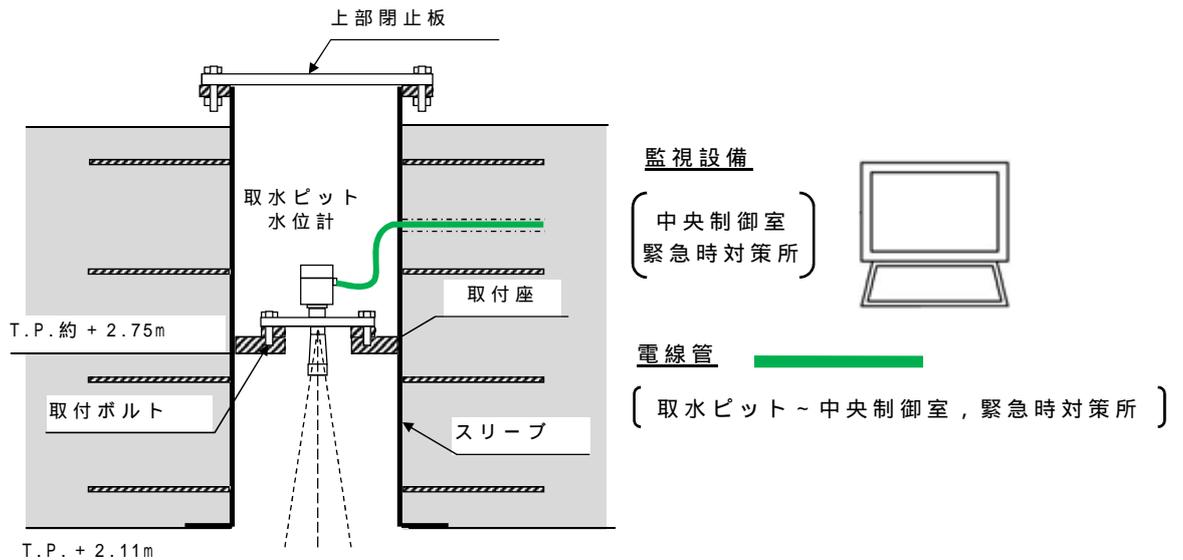
19.4m , 下降側でT.P. - 5.2mである。このため , 取水ピット水位計の計測範囲については , 下降側は取水ピット底部付近のT.P - 7.8mとし , 上昇側は取水ピット上版下端高さ付近のT.P. + 2.3mまで計測できる設計とする。また , 取水ピット水位計の検出器は , 取水ピットからの津波による圧力に十分に耐えられる設計とする。取水ピット水位計本体及び監視設備の電源は , 所内常設直流電源設備から受電することで , 交流電源喪失時においても監視が継続可能な設計とする。第3.3-5表に取水ピット水位計の基本仕様を示す ( 取水ピット水位計の配置図は第3.3-3図 , 据付面概略構造は第3.3-4図参照 ) 。

第3.3-5表 取水ピット水位計の基本仕様

項 目	基 本 仕 様
名 称	取水ピット水位計
耐震クラス	Sクラス
設 置 場 所	取水ピット
監 視 場 所	中央制御室 , 緊急時対策所
個 数	2
計 測 範 囲	T.P. - 7.8m ~ T.P. + 2.3m
検出器の種類	電波式
電 源	所内常設直流電源設備

(b) 設備構成

取水ピット水位計は , 水位計本体 , 水位計取付座 , 監視設備 , 電線管から構成されている。第3.3-10図に取水ピット水位計の設備構成概要を示す。



第 3.3-10 図 取水ピット水位計設備構成概要

(c) 構造・強度評価及び機能維持評価

取水ピット水位計が使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

取水ピット水位計は、取水ピット上版のコンクリート躯体内に設置され、取水ピット水位計据付面の上部には閉止板を設置する構造であるため、想定される自然条件として考慮すべきものは地震及び津波である。このため、ここでは使用条件及び上記の自然条件に対する評価方針を示す。

) 評価対象

第 3.3-6 表に取水ピット水位計の構造・強度評価及び機能維持評価対象を示す。

第3.3-6表 取水ピット水位計の構造・評価  
及び機能維持評価対象

評価項目	評価対象
構造・強度	取水ピット水位計据付座 取水ピット水位計取付ボルト 電線管
機能維持	取水ピット水位計 監視設備（監視用P C等）

) 評価方針

構造・強度評価

取水ピット水位計は、基準地震動  $S_s$  に対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、取水ピット水位計の据付座、取付ボルトについて、地震時に想定される評価荷重に基づき応力評価を行い、裕度（＝許容応力／発生応力）が1.0以上であることを確認する。また、電線管については、電線管布設において、もっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し、最大許容支持間隔を求め、それに包絡される条件で施工することで、耐震性を確保する。

なお、建屋間相対変位が生じる箇所については、可とう電線管を適用する。

機能維持評価

機能維持の評価対象については、振動試験において、取水ピット水位計、監視設備の確認済加速度に対し、評価加速度が下回っていることを確認する。

) 荷重の組合せ

取水ピット水位計の設計においては以下のとおり，常時荷重，地震荷重，津波荷重，余震荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ・ 常時荷重 + 地震荷重
- ・ 常時荷重 + 津波荷重
- ・ 常時荷重 + 余震荷重 + 津波荷重

なお，取水ピット水位計は，前述「(1) b 項 津波による影響に対する防止策・緩和策等」に示したとおり，必要な防止策・緩和策を講じることから，漂流物による荷重は考慮しない。

) 評価荷重

固定荷重

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

潮位のばらつき及び入力津波の計算上のばらつきを考慮した取水ピットにおける入力津波高さ T.P. + 19.4m に，参照する裕度である + 0.65m を含めても，十分に保守的な値である津波荷重水位 T.P. + 22.0m (許容津波高さ) を考慮する。第 3.3-7 表に取水ピット水位計の津波荷重の考え方を示す。

第 3.3-7 表 取水ピット水位計に適用する  
津波荷重の考え方

入力津波高さ (T.P.m)		参照する 裕度 (m)	合 計 (T.P.m)	津波荷重 水位 (T.P.m)
設定水位 <sup>1</sup>	ばらつきを考慮 した水位 <sup>2</sup>			
+ 19.19	+ 19.4	0.65	+ 20.05	+ 22.0

1：取水ピットにおいて算定された水位

2：設定水位を安全側に評価した値であり，潮位のばらつき + 0.18m，  
入力津波の数値計算上のばらつきを考慮した水位

#### 余震荷重

余震による地震動を検討し，余震荷重を設定する。具  
体的には余震による地震動として弾性設計用地震動  $S_d$   
- D 1 を考慮し，これによる荷重を余震荷重として設定  
する。

#### c . 潮位計

##### (a) 仕様

潮位計は，主として基準津波による寄せ波時の取水口前面の  
上昇側水位を監視するため設置するものである。

潮位計の計測範囲は，引き波時の非常用海水ポンプの取水性  
を確保するために設置する貯留堰の天端高さT.P. - 4.9mから，  
敷地前面東側の防潮堤における潮位のばらつき及び入力津波  
の数値計算上のばらつきを考慮した入力津波高さT.P. + 17.9m  
を包含するT.P. - 5.0m ~ T.P. + 20.0mまで計測できる設計とす  
る。また，潮位計の検出器は，取水路からの津波による圧力に  
十分に耐えられる設計とする。潮位計本体及び監視設備の電源  
は，所内常設直流電源設備から受電することで，交流電源喪失  
時においても監視が継続可能な設計とする。第3.3-8表に潮位

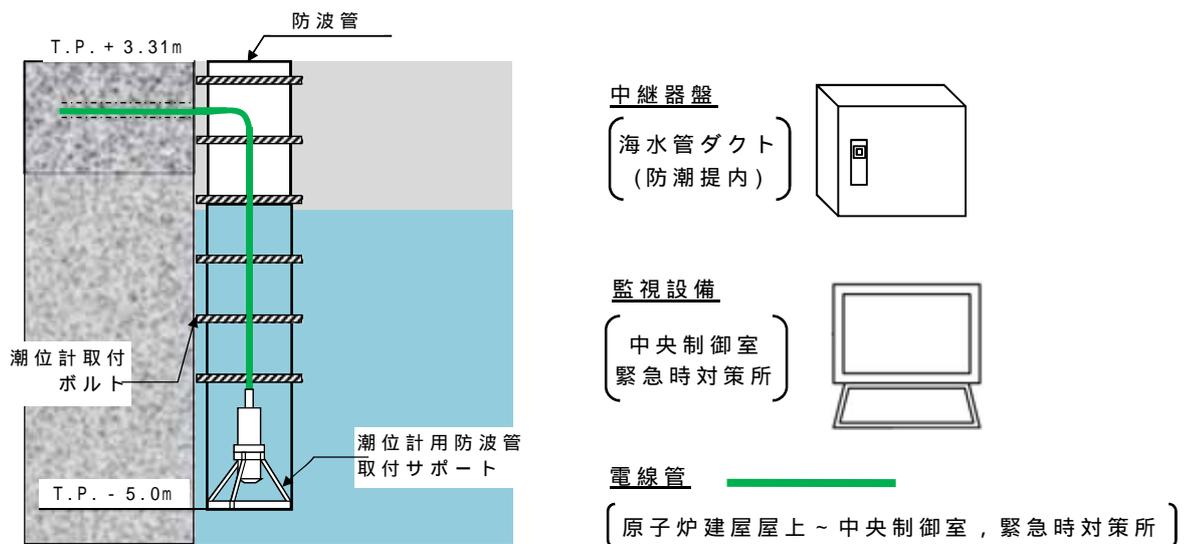
計の基本仕様を示す（潮位計の配置図は第3.3-5図，据付部概略構造は第3.3-6図参照）。

第3.3-8表 潮位計の基本仕様

項目	基本仕様
名称	潮位計
耐震クラス	Sクラス
設置場所	取水路
監視場所	中央制御室，緊急時対策所
個数	2
計測範囲	T.P. - 5.0m ~ T.P. + 20.0m
検出器の種類	圧力式
電源	所内常設直流電源設備

(b) 設備構成

潮位計は，潮位計本体，潮位計取付サポート，監視設備，電線管から構成される。第3.3-11図に潮位計の設備構成概要を示す。



第3.3-11図 潮位計設備構成概要

(c) 構造・強度評価及び機能維持評価

潮位計が使用条件及び想定される自然条件下において要求される機能を喪失しないことを確認する。

潮位計は、取水路内の側壁に設置されることから、想定される自然条件として考慮すべきものは、地震及び津波である。このため、ここでは使用条件及び上記の自然条件に対する評価方針を示す。

評価対象

第3.3-9表に潮位計の構造・強度評価及び機能維持評価対象を示す。

第3.3-9表 潮位計の構造・評価及び機能維持評価対象

評価項目	評価対象
構造・強度	潮位計用防波管取付サポート 潮位計取付ボルト 中継器盤取付ボルト 電線管
機能維持	潮位計 中継器 監視設備（監視用PC等）

) 評価方針

構造・強度評価

潮位計は、基準地震動  $S_s$  に対して地震時に要求される機能を喪失しないことを確認する。

具体的には、潮位計の取付サポート、潮位計取付ボルトについて、地震時に想定される評価荷重に基づき応力

評価を行い、裕度（＝許容応力／発生応力）が1.0以上であることを確認する。また、電線管については、電線管布設において、もっとも厳しい条件にあるモデルにて評価し、最大許容支持間隔を求め、それに包絡される条件で施工することで、耐震性を確保する。

なお、建屋間相対変位が生じる箇所については、可とう電線管を適用する。

#### 機能維持評価

機能維持の評価対象については、確認済加速度に対し、取付箇所の評価加速度が下回っていることを確認する。

#### ) 荷重の組合せ

潮位計の設計においては以下のとおり、常時荷重、地震荷重、津波荷重、余震荷重を適切に組合せて設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重
- ・ 常時荷重＋津波荷重
- ・ 常時荷重＋余震荷重＋津波荷重

なお、潮位計は、上述「(1) 津波による影響に対する防止策・緩和策等」に示したとおり、必要な防止策・緩和策を講じることから、漂流物による荷重は考慮しない。

#### ) 評価荷重

##### 固定荷重

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

潮位のばらつき及び入力津波の計算上のばらつきを考慮した敷地前面海域における入力津波高さ T.P. + 17.9m に、参照する裕度である + 0.65m を含めても、十分に保守的な値である津波荷重水位 T.P. + 20.0m (許容津波高さ) を考慮する。第 3.3-10 表に潮位計の津波荷重の考え方を示す。

第 3.3-10 表 潮位計に適用する津波荷重の考え方

入力津波高さ (T.P.m)		参照する 裕度 (m)	合計 (T.P.m)	津波荷重 水位 (T.P.m)
設定水位 <sup>1</sup>	ばらつきを考慮した水位 <sup>2</sup>			
+ 17.7	+ 17.9	+ 0.65	+ 18.55	+ 20.0

1：敷地前面海域において算定された水位

2：設定水位を安全側に評価した値であり、潮位のばらつき + 0.18m、入力津波の数値計算上のばらつきを考慮した水位

## 余震荷重

余震による地震動を検討し、余震荷重を設定する。具体的には余震による地震動として弾性設計用地震動  $S_d$  - D 1 を考慮し、これによる荷重を余震荷重として設定する。

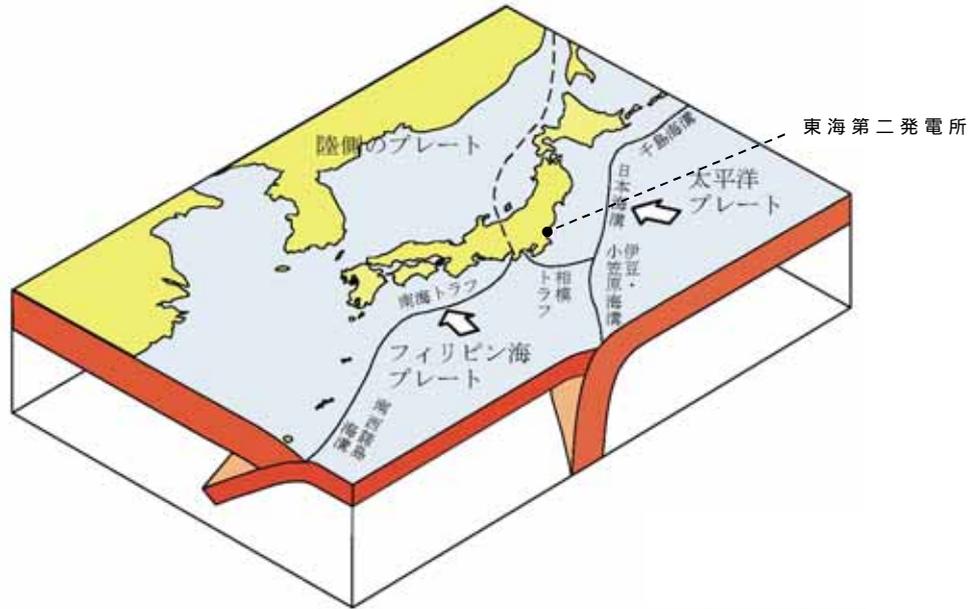
## 耐津波設計における津波荷重と余震荷重の組合せについて

### 1 . 規制基準における要求事項等

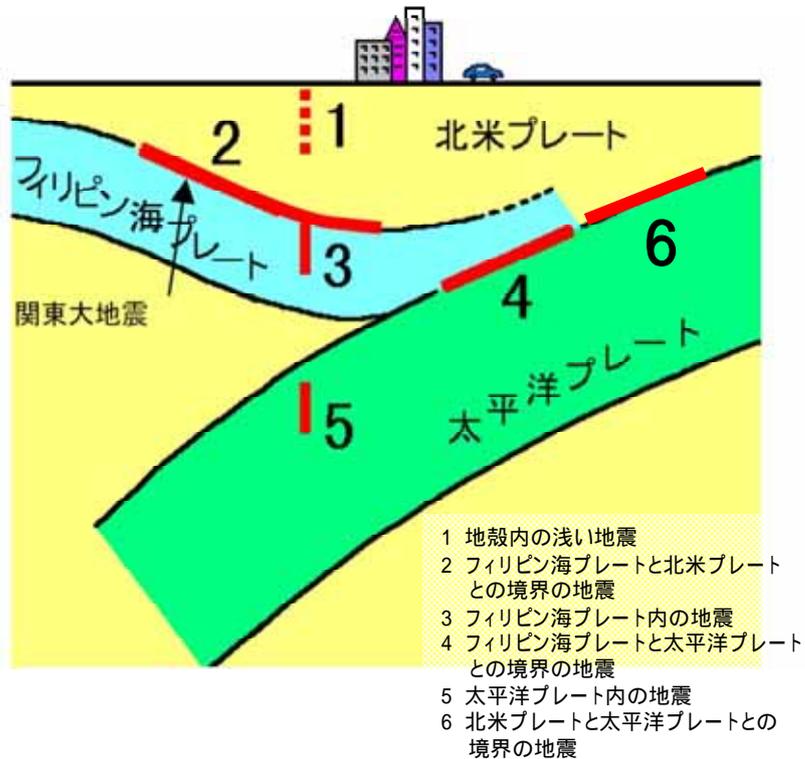
- ・ サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討すること。
- ・ 余震発生の可能性に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること。

### 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）。

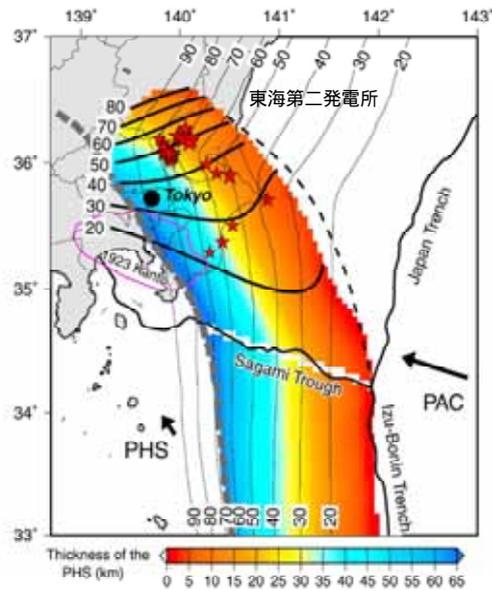


( 防災科学技術研究所 HP に一部加筆 )



( 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



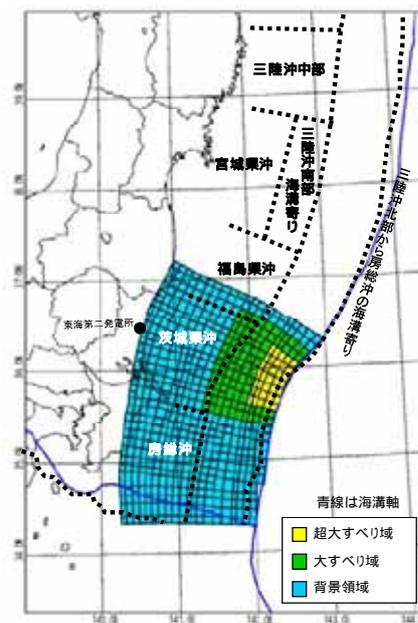
図中のカラーコンターはフィリピン海プレートの厚さを示している。

(Uchida et al.(2010)に一部加筆)

## 第 2 図 フィリピン海プレートの沈み込み

### 3 . 基準津波の波源

津波波源は、日本海溝におけるプレート間地震に起因する波源として設定し、その規模は  $M_w 8.7$  である。津波波源モデルを第 3 図に示す。



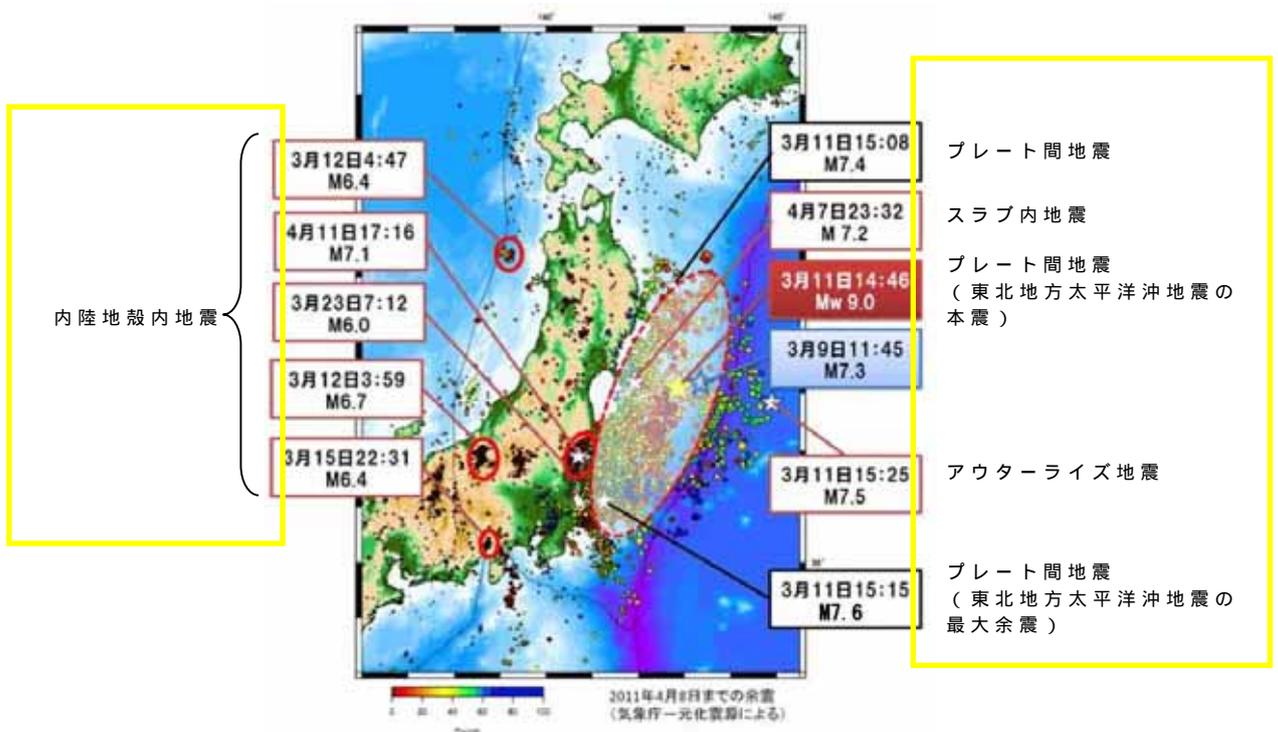
## 第 3 図 津波波源モデル

#### 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。

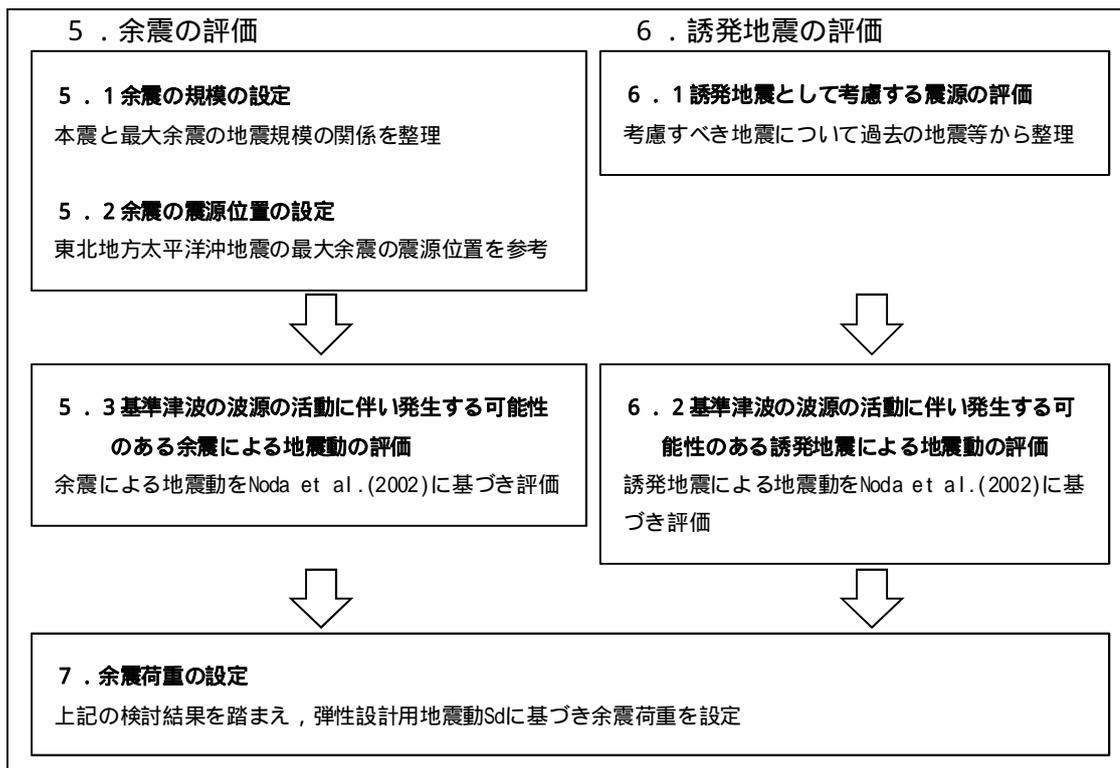
なお、本検討では、日本地震工学会（2014）を参考に、本震の震源域とその周辺において発生する地震（アウターライズの地震及び破壊域内のスラブ内地震を含む）を余震とし、この余震発生域外において、本震がトリガーとなって発生する地震を誘発地震として整理した。

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の地震データを整理し、本震のマグニチュード  $M_0$  と最大余震のマグニチュード  $M_1$  の関係から本震と余震のマグニチュードの差  $D_1$  を求めると、第 8 図の通り、 $D_1 = M_0 - M_1 = 1.4$  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  $D_1 = 0.9$  として余震の規模を想定する。従って、余震の地震規模は  $M_w 8.7 - 0.9$  より  $M 7.8$  ( $M_w = M$  とする) と設定する。

### 5 . 2 余震の震源位置の設定

基準津波 ( $M_w 8.7$ ) の波源域と基準地震動  $S_s$  の一つとして設定した 2011 年東北地方太平洋沖型地震 ( $M_w 9.0$ ) の震源域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 ( $M_w 9.0$ ) の最大余震 ( $M 7.6$ ) 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。これら波源域，震源域等の位置関係を第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り返し発生する。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，基準津波の波源域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）。

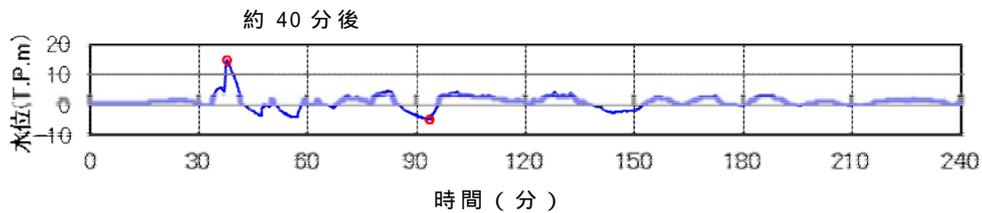
なお，茨城県沖南部から房総沖にかけては第2図で示したとおり，陸のプレートと太平洋プレートの間にフィリピン海プレートが潜り込んでおり，Uchida et al.(2009)によれば，この領域ではプレート間結合度が低いことが示されている。従って，第9図に示したフィリピン海プレートの北東端より南側において規模の大きな地震は発生しにくいと考えられる。

### 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のとおりM7.8，震源位置は5.2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  $S_d - D1$  を下回る事が確認される。



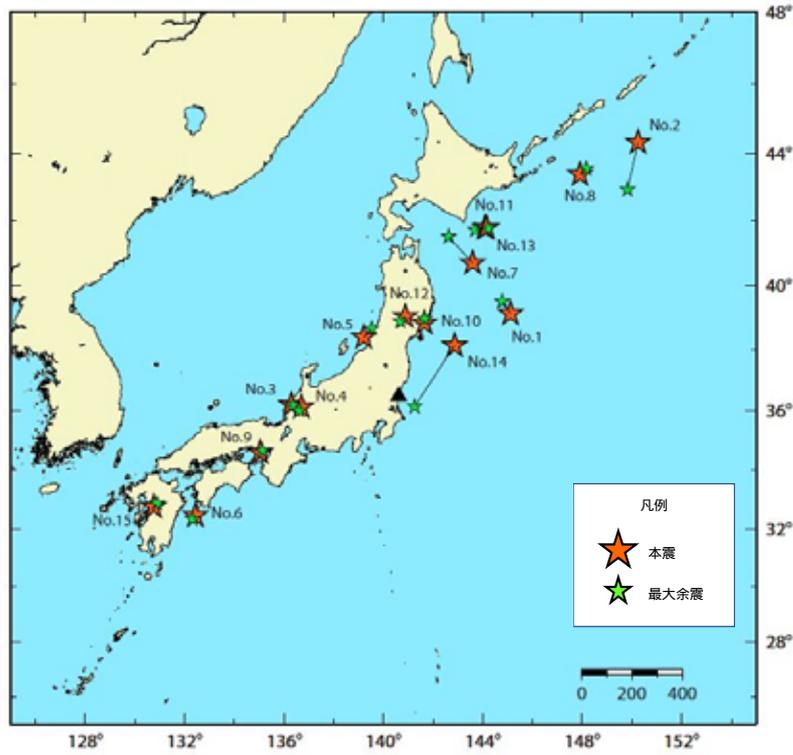
第 6 図 基準津波の取水口前面位置における時刻歴波形

第 1 表 過去の地震における本震と最大余震の関係

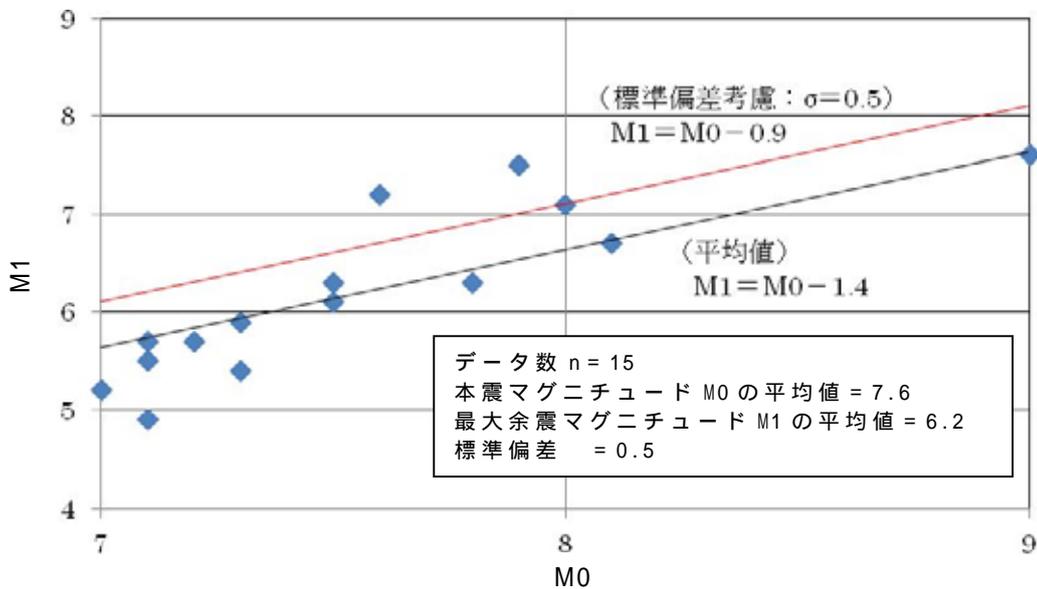
No	発生年月日	震源	本震	最大余震	
			マグニチュード M0	マグニチュード M1	本震との 時間間隔
1	1933/3/3	昭和三陸地震	8.1	6.7	0.125 日
2	1937/2/21	択捉島南東沖の地震	7.6	7.2	0 日 <sup>1</sup>
3	1948/6/28	福井地震	7.1	5.5	0.004 日
4	1961/8/19	北美濃地震	7.0	5.2	0.1 日
5	1964/6/16	新潟地震	7.5	6.1	0.011 日
6	1968/4/1	日向灘地震	7.5	6.3	0.3 日
7	1968/5/16	十勝沖地震	7.9	7.5	0.4 日
8	1969/8/12	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 <sup>2</sup>	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

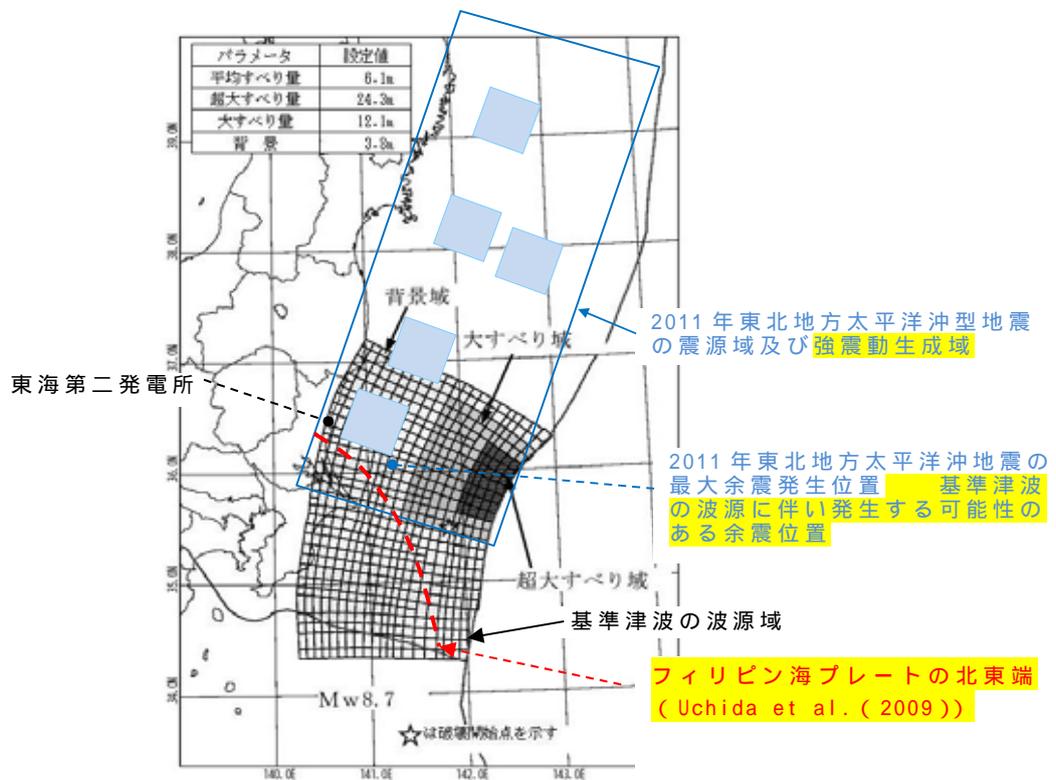
2： 気象庁による最新の震源情報を参照



第 7 図 余震の地震規模の評価に用いた地震の震央分布



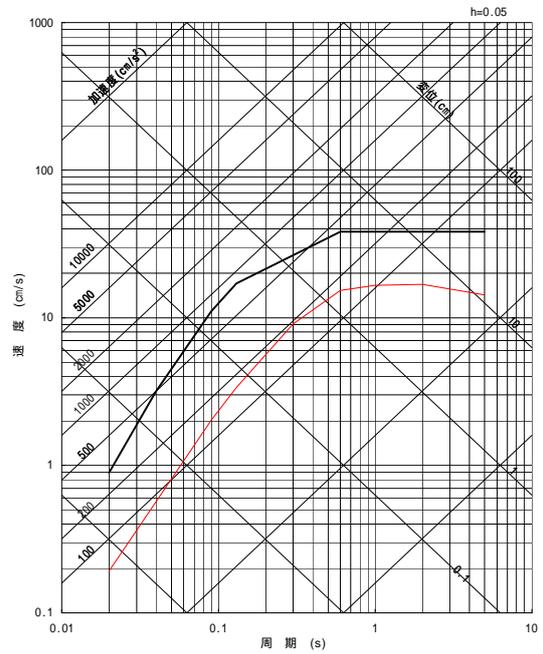
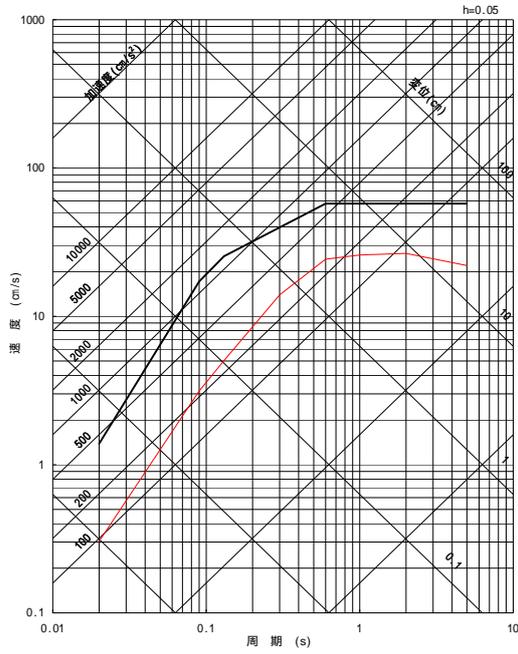
第 8 図 本震と最大余震の関係 (M7.0 以上)



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

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  $S_d - D 1$

第 10 図 設定した余震と弾性設計用地震動  $S_d - D 1$  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 . 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。

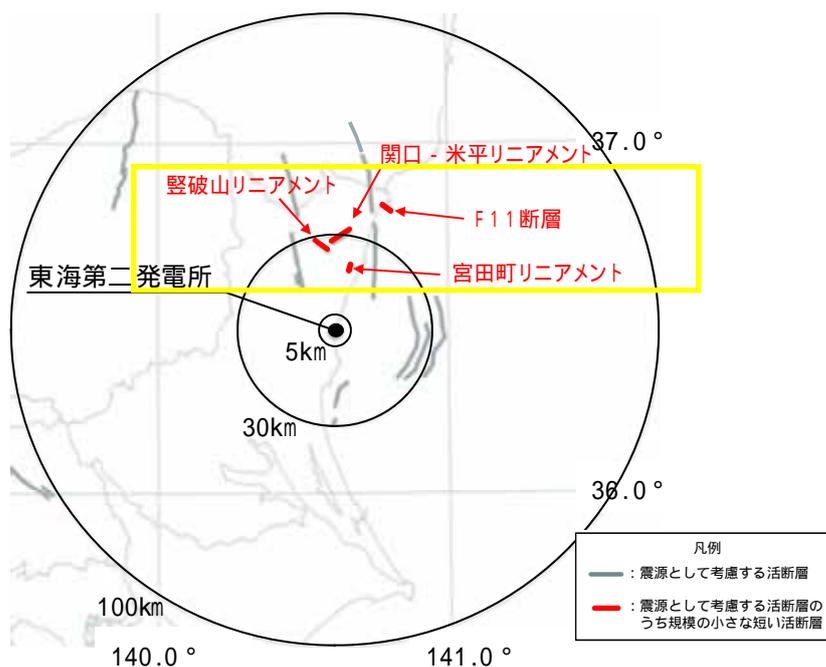
しかしながら、規模の小さな誘発地震は 2011 年東北地方太平洋沖地震発生直後から発生していることを踏まえ、基準地震動の評価において検討用地震の候補として考慮していた規模の小さな短い活断層による地震を保守的に考慮する。

### 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  $S_d - D1$  を下回る事が確認される。

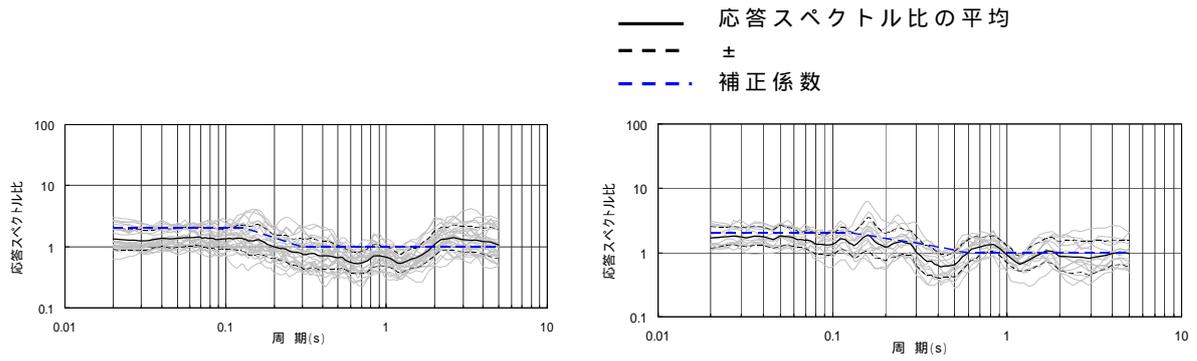


第 11 図 誘発地震として考慮する規模の小さな短い活断層の分布

第 3 表 設定した誘発地震の諸元

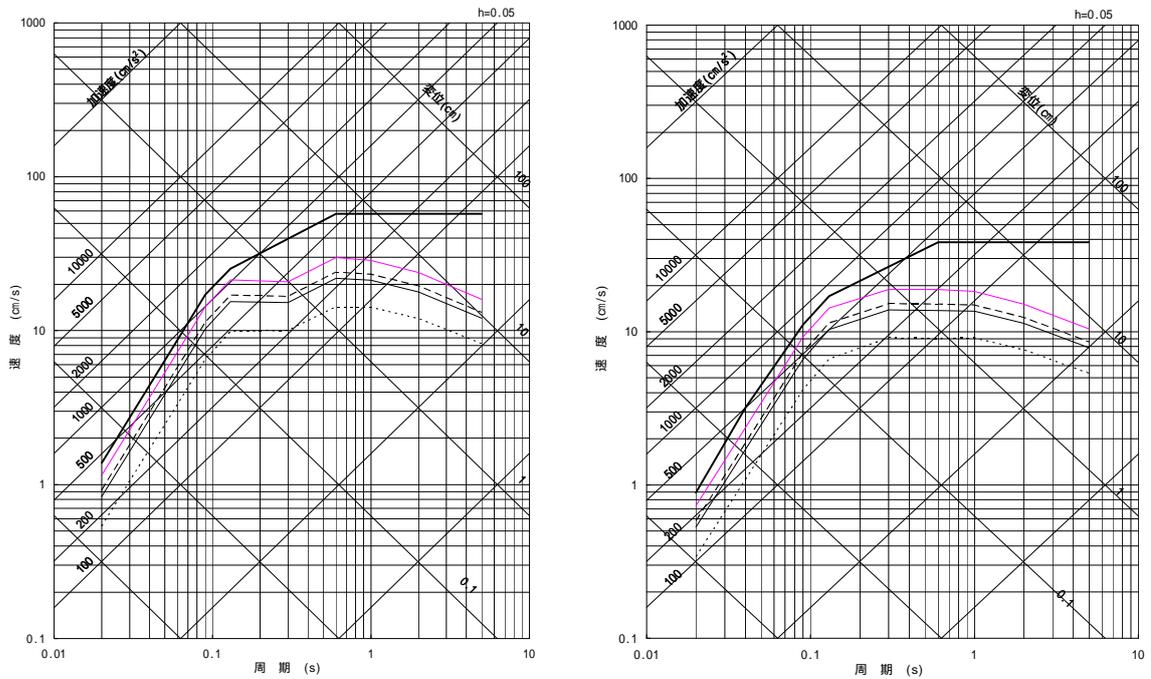
地震名	地震規模 M	等価震源距離 ( km )
宮田町リニアメント	6.8	21
関口 - 米平リニアメント	6.8	27
豎破山リニアメント	6.8	25
F 1 1 断層	6.8	38

- ・ 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)



- 宮町リニアメントによる地震 M6.8,  $X_{eq}=21\text{km}$
- 関口 - 米平リニアメントによる地震 M6.8,  $X_{eq}=27\text{km}$
- 豎破山リニアメントによる地震 M6.8,  $X_{eq}=25\text{km}$
- F 1 1 断層による地震 M6.8,  $X_{eq}=38\text{km}$
- 弾性設計用地震動  $S_d - D 1$

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  $S_d$

- D 1 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
- ・ 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 (2009) 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)

## 基準地震動 $S_s$ による地震力と津波荷重の組み合わせについて

### 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み合わせについて

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、塩ノ平地震断層の連動による地震である。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、両者の組み合わ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、塩ノ平地震断層の連動による地震の活動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、塩ノ平地震断層の連動による地震では地震発

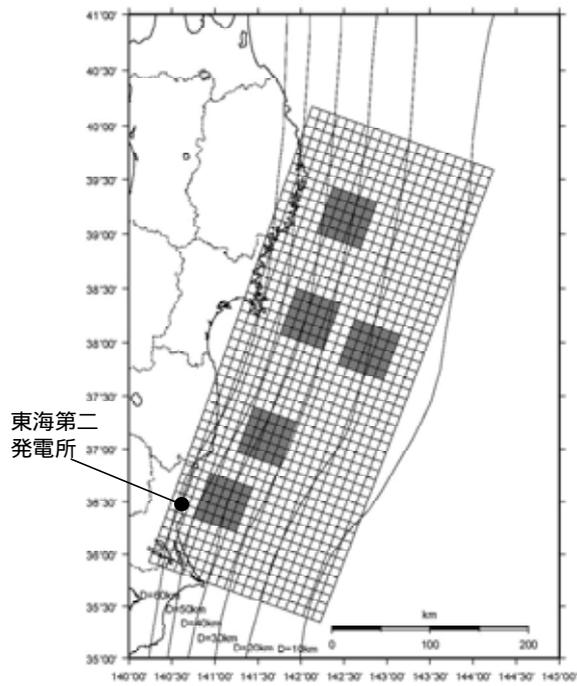
生後 2 分以内に敷地内に地震動が到達するのに対し、同時間帯において敷地における津波の水位変動量はどちらもおおむね 0m である。そのため、両者が同時に敷地に到達することはないことから、基準地震動  $S_s$  による地震力と津波荷重の組み合わせを考慮する必要はない。

## 2.2 基準地震動 $S_s$ の震源と津波の波源が異なる場合

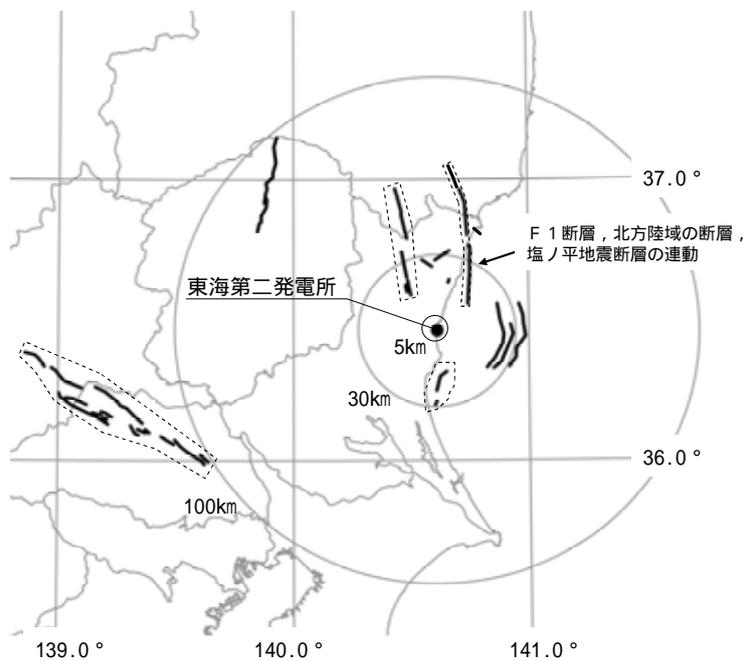
F1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震の活動に伴い，津波を起こす地震が誘発される可能性は低いと考えられるが，仮に誘発地震の発生を考慮した場合においても，地震動が敷地に到達する 2 分以内に，F1 断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震以外の活動に伴う津波が敷地に到達することはない。

また，2011 年東北地方太平洋沖型地震の活動に伴い，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み合わせを考慮する必要はない。

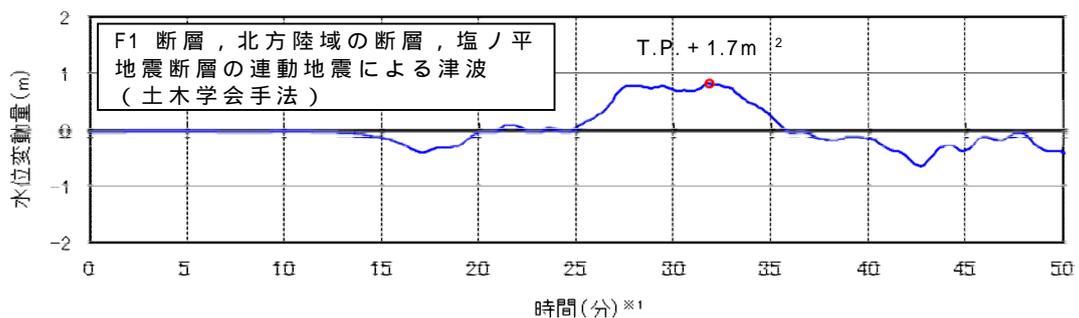
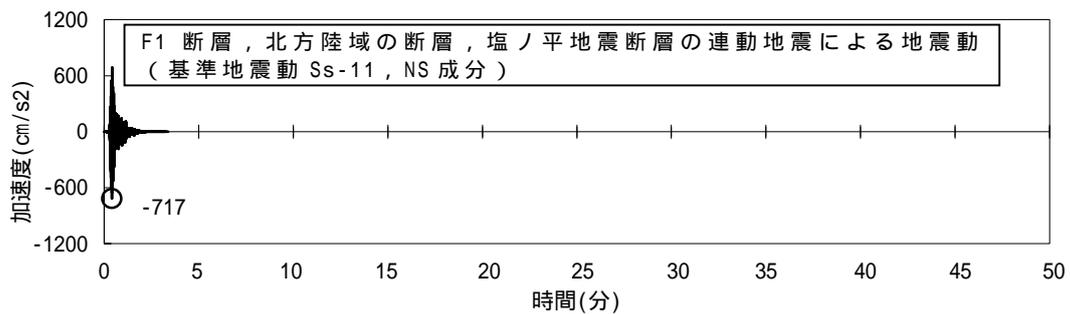
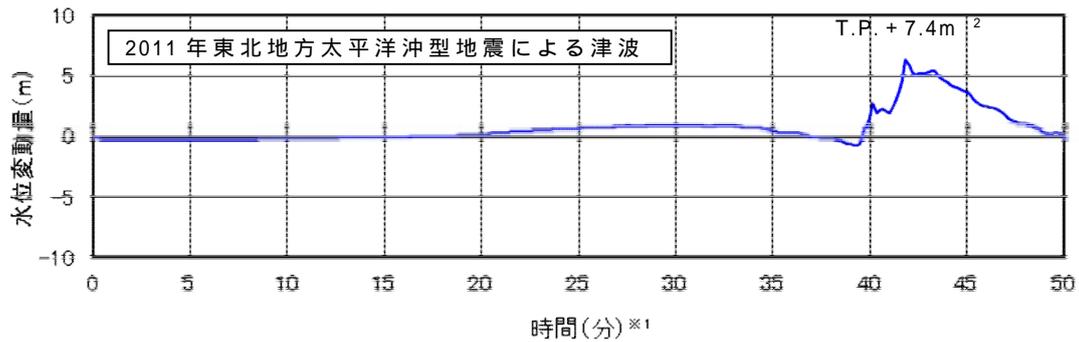
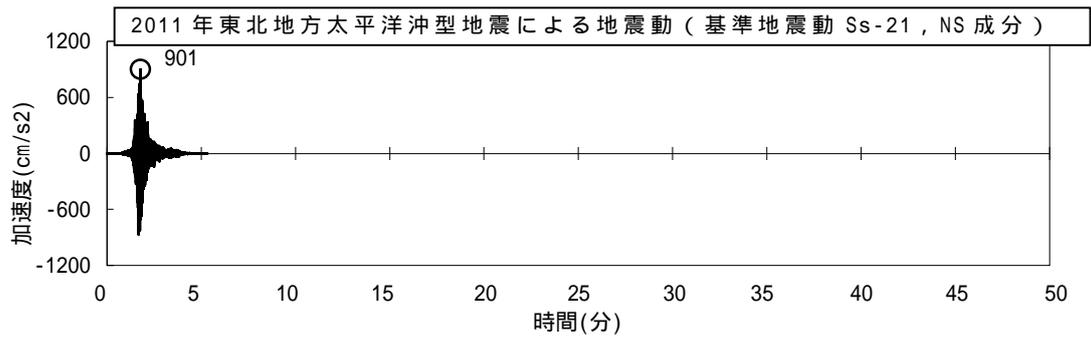


2011年東北地方太平洋沖型地震



F1断層，北方陸域の断層，塩ノ平地震断層の連動による地震

第1図 基準地震動の震源分布



## 第2図 地震動と津波の敷地への到達時間の比較

- 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

## 基準津波に伴う砂移動評価について

### 1. はじめに

基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口への通水性に影響がないことを砂移動評価にて確認する。

ここでは、砂移動解析における粒径の違いによる堆積厚さへの影響及び防波堤をモデル化しない状態での堆積厚さへの影響を検討した。

### 2. 粒径のパラメータスタディ

砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を確認するため、粒径のパラメータスタディを実施した。

検討は、平均粒径（ $D_{50}$ ）に加えて、10%粒径（ $D_{10}$ ）及び 90%粒径（ $D_{90}$ ）を粒径としたケースを追加した。検討ケースを第 1 表に示す。各試料採取地点の粒径加積曲線から  $D_{10}$  相当及び  $D_{90}$  相当の粒径を求め、平均した結果、 $D_{10}$  相当は 0.10mm、 $D_{90}$  相当は 1.8mm に設定した。試料採取位置を第 1 図に、各試料採取地点の粒径加積曲線を第 2 図に示す。

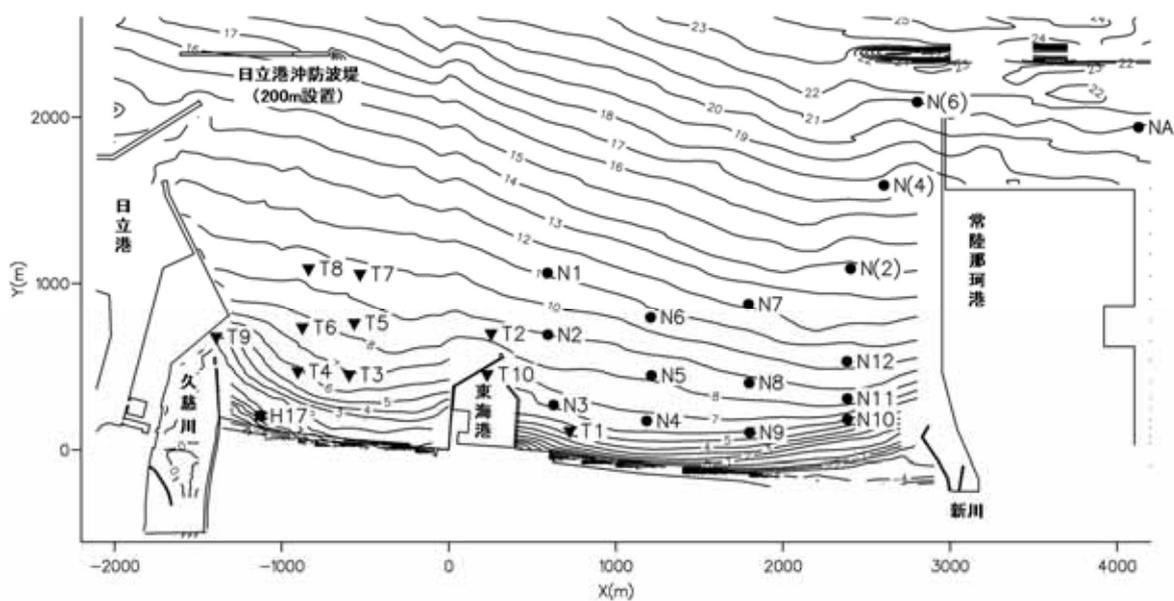
砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋他（1999）の方法を用いた。評価結果を第 2 表に、堆積侵食分布図を第 3 図に示す。

評価結果から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあるものの、いずれも取水口前面においては、基本ケースより最大堆積厚さが薄くなっており、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さい。

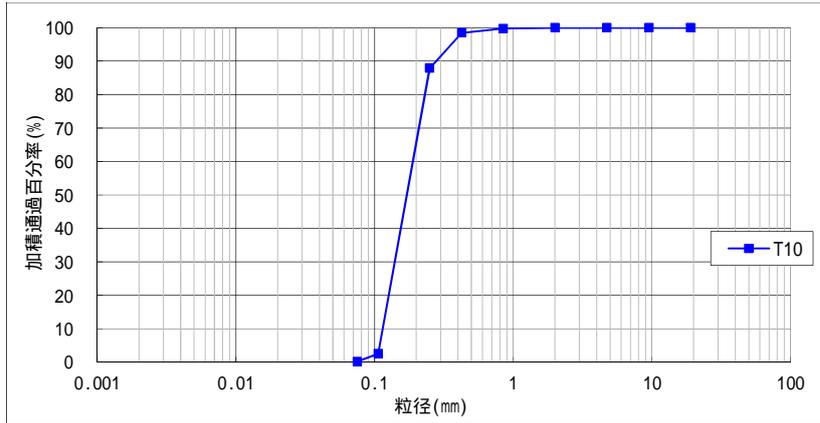
第1表 検討ケース

粒径	備考
0.15mm	$D_{50}$ , 基本ケース
0.10mm	$D_{10}$ 相当
1.8mm	$D_{90}$ 相当

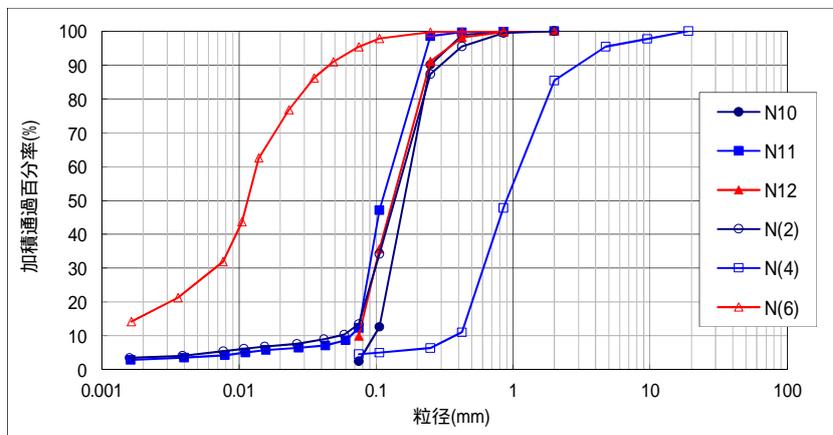
●: 常陸那珂港調査(2002年2月)  
 ●: 日立港調査(1998年1月)  
 ●: 東海港調査(2002年1-2月)  
 (T10は最新の調査(2004年10月)を採用)



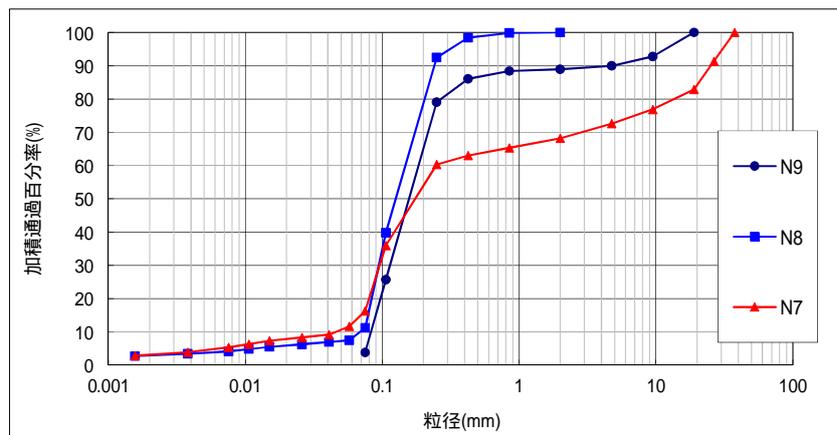
第1図 試料採取地点



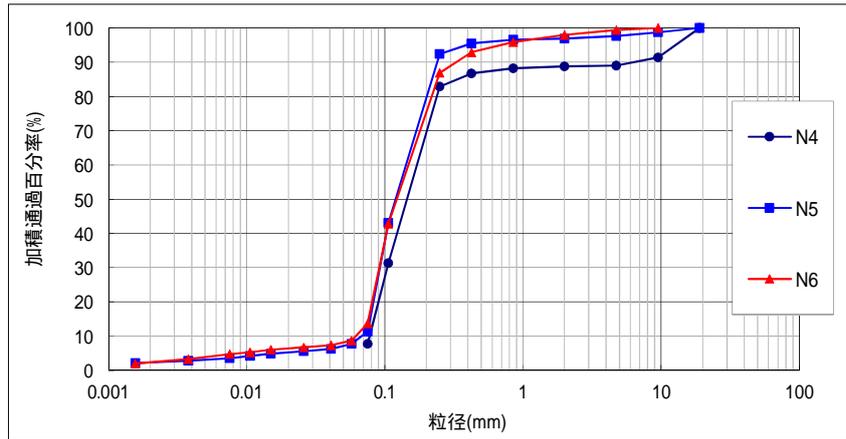
第 2 図(1) 粒径加積曲線 (2004 年 10 月調査, T10)



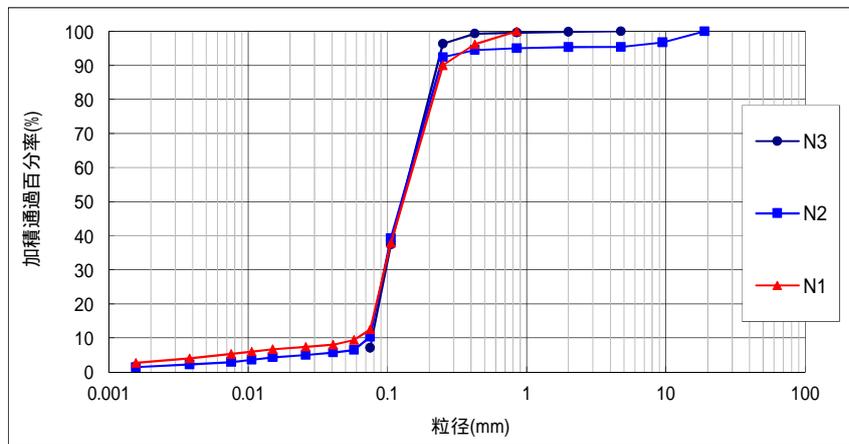
第 2 図(2) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N10/N11/N12/N(2)/N(4)/N(6))



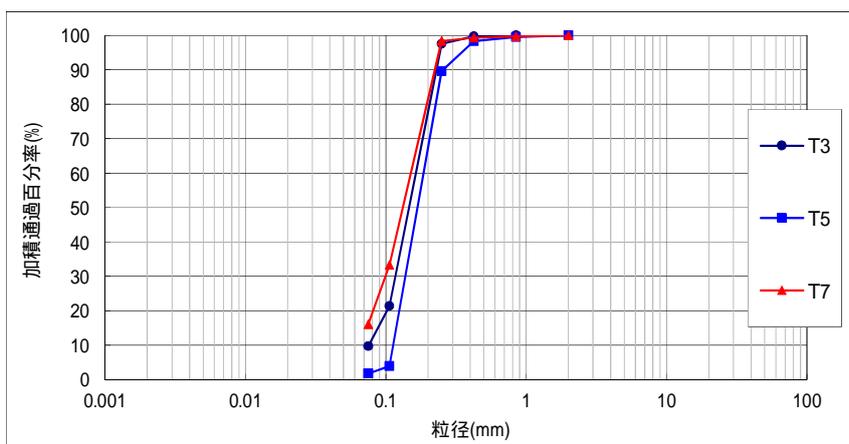
第 2 図(3) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N7/N8/N9)



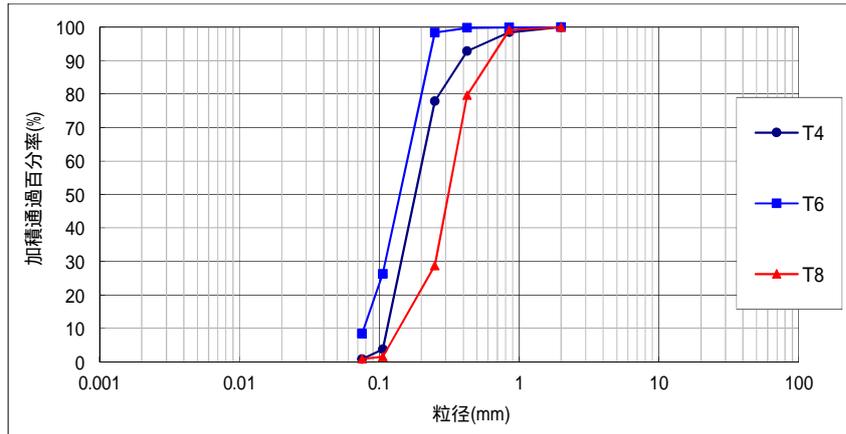
第 2 図(4) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N4/N5/N6)



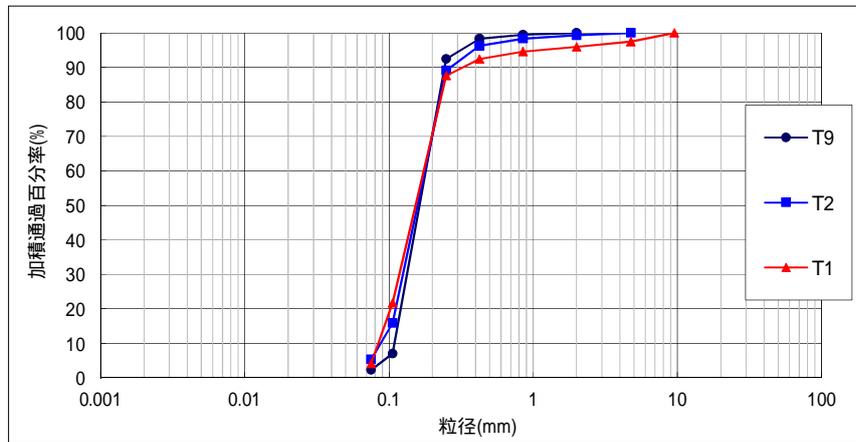
第 2 図(5) 粒径加積曲線 (2002 年 2 月調査, N1/N2/N3)



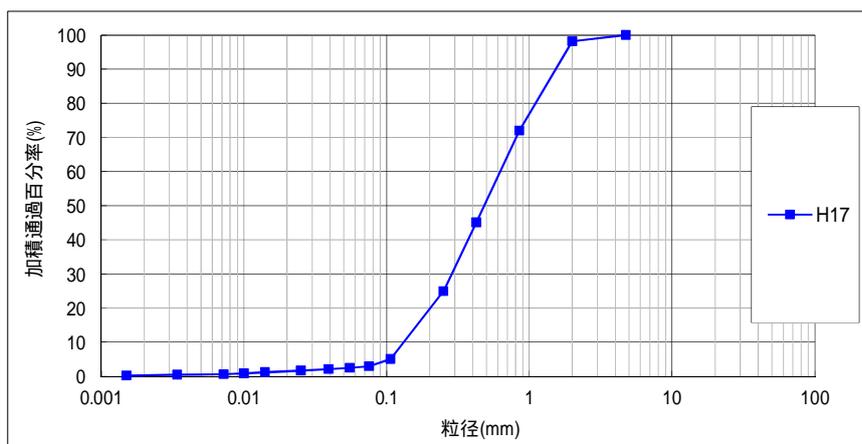
第 2 図(6) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T3/T5/T7)



第 2 図(7) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T4/T6/T8)



第 2 図(8) 粒径加積曲線 (2002 年 1-2 月調査, T1/T2/T9)



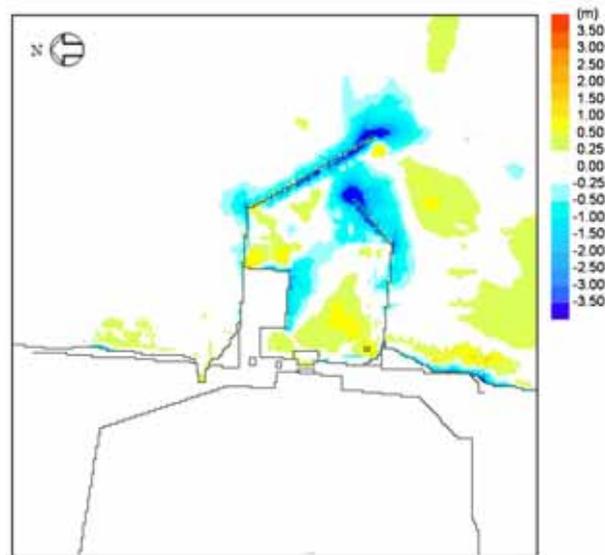
第 2 図(9) 粒径加積曲線 (1998 年 1 月調査, H17)

第 2 表 取水口前面の堆積厚さ

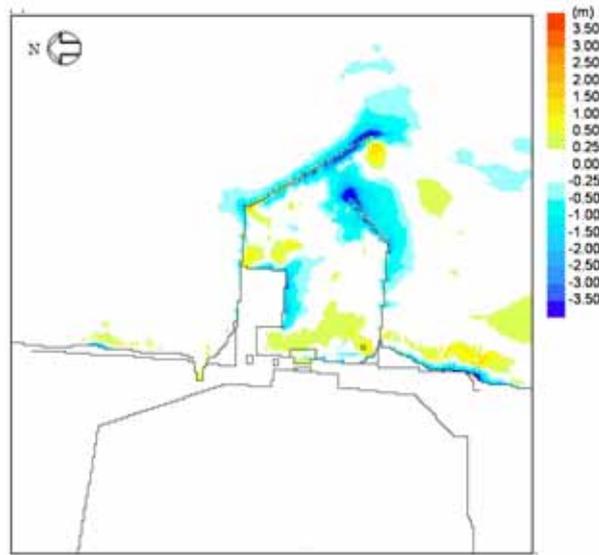
基準津波	粒径	取水口前面
上昇側	D <sub>50</sub> 相当 ( 0.15mm )	0.33m
	D <sub>10</sub> 相当 ( 0.10mm )	0.31m
	D <sub>90</sub> 相当 ( 1.8mm )	0.13m
下降側	D <sub>50</sub> 相当 ( 0.15mm )	0.19m
	D <sub>10</sub> 相当 ( 0.10mm )	0.18m
	D <sub>90</sub> 相当 ( 1.8mm )	0.02m

高橋他 ( 1999 ) , 浮遊砂上限濃度 1%

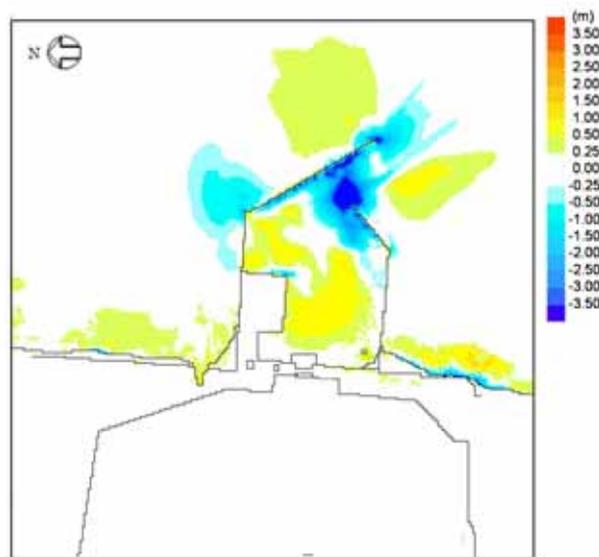
水位上昇側



第 3 図 ( 1 ) 堆積侵食分布図 D<sub>50</sub> 相当 ( 0.15mm )

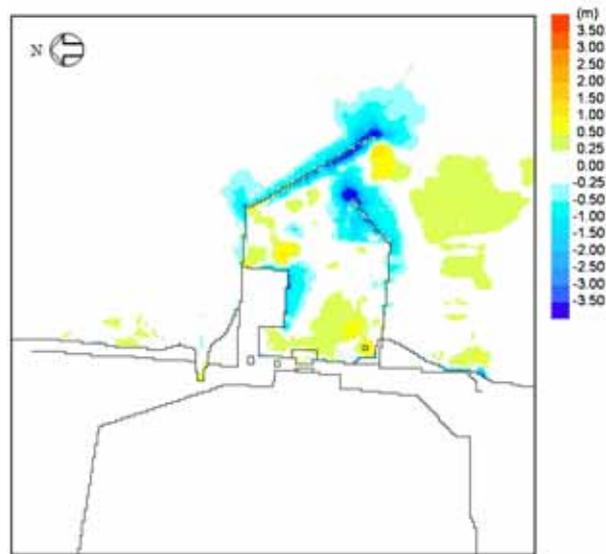


第 3 图 ( 2 ) 堆積侵食分布图  $D_{10}$  相当 ( 0.10mm )

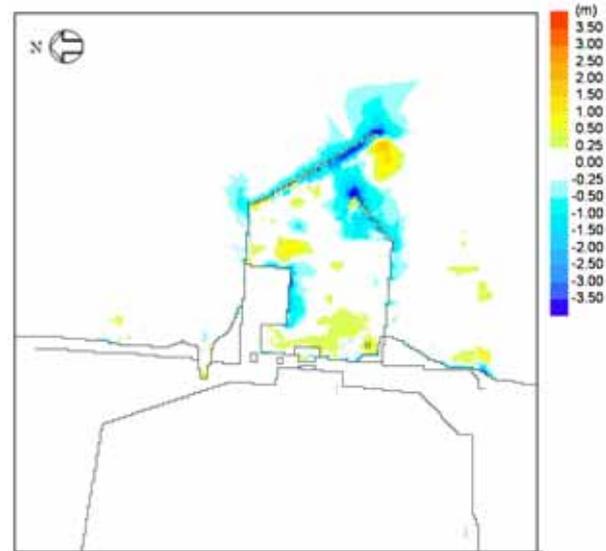


第 3 图 ( 3 ) 堆積侵食分布图  $D_{90}$  相当 ( 1.8mm )

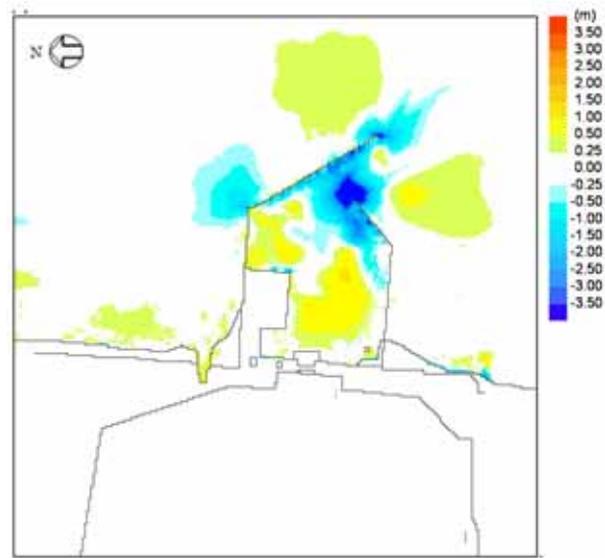
水位下降側



第3図(4) 堆積侵食分布図  $D_{50}$ 相当(0.15mm)



第3図(5) 堆積侵食分布図  $D_{10}$ 相当(0.10mm)



第 3 図 ( 6 ) 堆積侵食分布図  $D_{90}$  相当 ( 1.8mm )

### 3. 防波堤をモデル化しない状態での影響評価

砂移動評価においては、防波堤は健全な状態と仮定して解析を実施している。ここでは、影響評価として、地震時における防波堤の損傷を考慮して、保守的に防波堤をモデル化しない状態とした砂移動解析を実施し、堆積厚さへの影響を検討した。なお、解析条件は「2. 粒径のパラメータスタディ」と同様に、高橋他（1999）を参考に、平均粒径を用いて実施した。

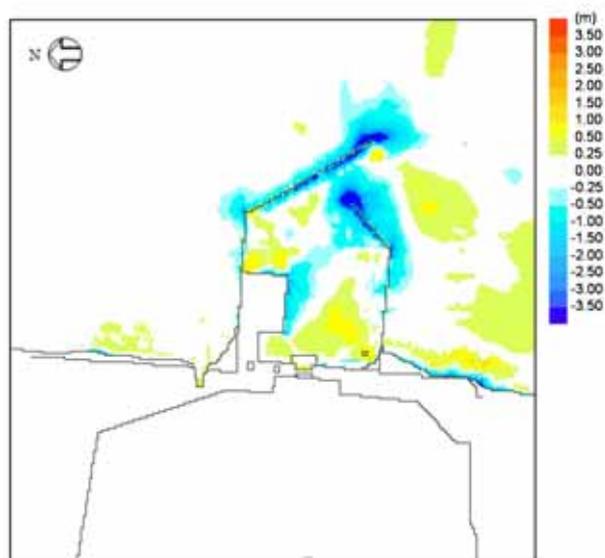
評価結果を第3表に示し、堆積侵食分布図を第4図に示す。防波堤の有無による堆積厚さの変化は評価地点による違いが多少あるものの、最大堆積厚さについては大差なく、防波堤の有無による影響は小さい。

第3表 取水口前面の堆積厚さ

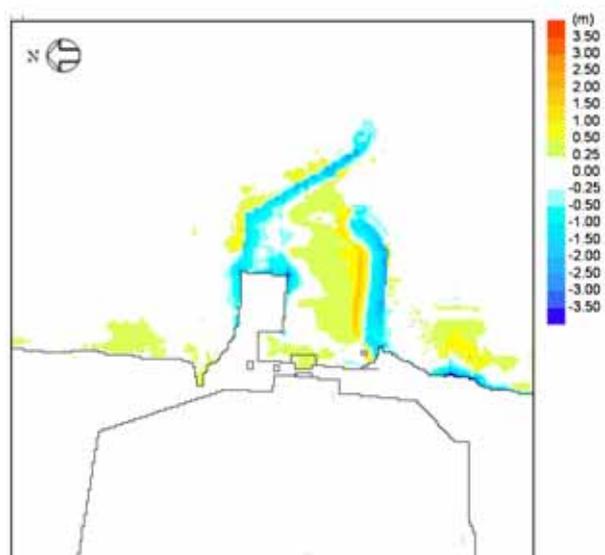
基準津波	防波堤	取水口前面
上昇側	あり	0.33m
	なし	0.36m
下降側	あり	0.19m
	なし	0.23m

高橋他（1999），浮遊砂上限濃度 1%

水位上昇側

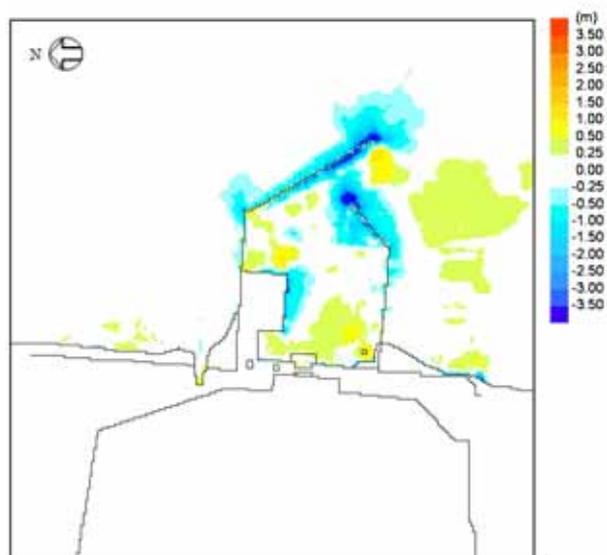


第4図(1) 堆積侵食分布図 防波堤あり

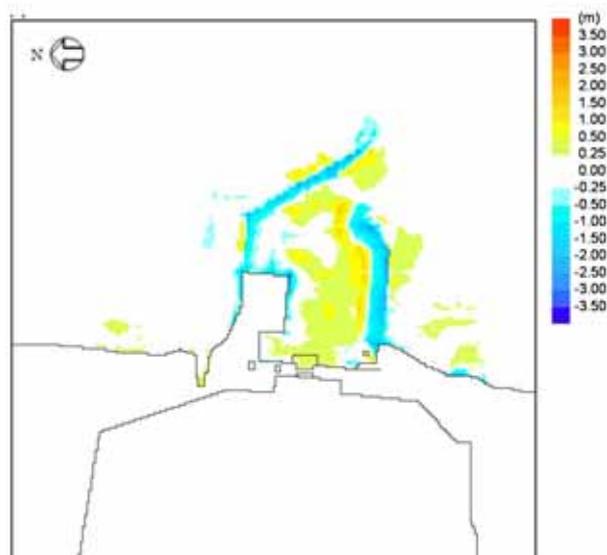


第4図(2) 堆積侵食分布図 防波堤なし

水位下降側



第 4 図 ( 3 ) 堆積侵食分布図 防波堤あり



第 4 図 ( 4 ) 堆積侵食分布図 防波堤なし

#### 4. 平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性評価

非常用海水ポンプによる取水とともに海水系に混入する微小な浮遊砂は、ポンプ出口の海水ストレーナを通過した後、海水系の各機器に供給され、最終的に放水ピットから放水される。大きな粒径を有する砂が供給される場合は、非常用海水ポンプの軸固着または海水系機器の閉塞が懸念されることから、ここでは平均粒径よりも大きな粒径を有する砂の浮遊可能性について評価を実施した。

高橋他（1999）による土砂移動の式では、土砂の巻き上げ量は以下のように表される。

土砂の時間あたりの巻き上げ量は、

$$E = 0.012\tau_*^2 \sqrt{sgd} \cdot \sigma \quad (1)$$

となる。ただし、 $s$  は土砂の水中比重、 $g$  は重力加速度(=9.8)、 $d$  は土砂の粒径、 $\sigma$  は土砂の密度である。また、 $\tau_*$  はシールズ数で、摩擦速度  $u_*$  を用いて、

$$\tau_* = u_*^2 / (sgd) \quad (2)$$

$$u_* = \sqrt{gn^2U|U|/D^{1/3}}$$

で表される。ここで、 $n$  はマンニングの粗度係数、 $U$  は流速、 $D$  は全水深である。式(1)及び(2)から、流速や水深が同じで粒径のみ異なる場合、

$$E \propto \tau_*^2 \sqrt{d} \propto \frac{1}{d^2} \cdot d^{1/2} = \frac{1}{d^{1.5}}$$

となり、巻き上げ量は粒径の1.5乗に反比例する。

仮に、平均粒径の砂の巻き上げ量を基準とした1mmの粒径を有する砂の巻き上げ量の割合を検討すると、粒径が平均粒径0.15mmの6.6倍程度であるこ

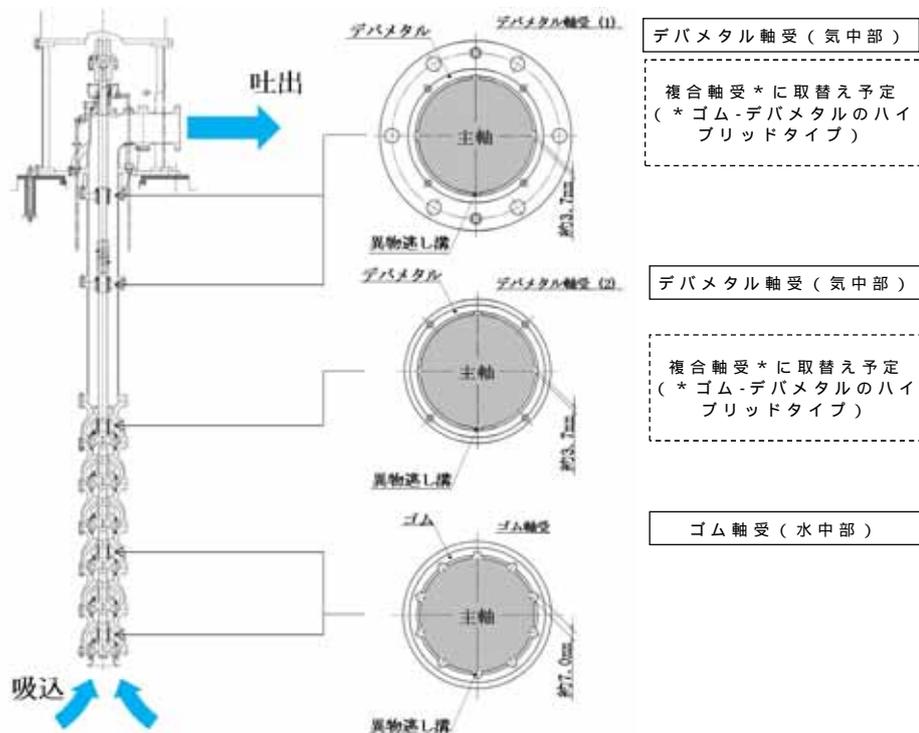
とから ,  $1/6.6^{1.5}=0.059$  倍となる。同様に 2mm の粒径を有する砂の巻き上げ量の割合は 0.021 倍 , 3mm の粒径を有する砂の巻き上げ量の割合は 0.011 倍となった。以上のことから , 粒径数 mm を有する砂については浮遊し難いものであると考えられる。

非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

1. 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

東海第二発電所の非常用海水ポンプは，海水取水時に海水中に含まれる浮遊砂を吸い込み，軸受隙間に入り込む可能性を考慮し，砂が混入してもこれを排出することで機能維持可能な設計としている（第1図）。また，これまでの運転実績から，浮遊砂混入によるトラブルは発生していない。

しかしながら，津波発生時は，津波により海底の砂が巻き上げられ，通常よりも浮遊砂環境が厳しくなる可能性があることから，既設のデバメタル軸受については，浮遊砂に対する耐性の高い複合軸受に取替える計画とし，試験装置を用い，高濃度の浮遊砂濃度を模擬した試験を実施し，非常用海水ポンプ軸受の耐性を評価する。

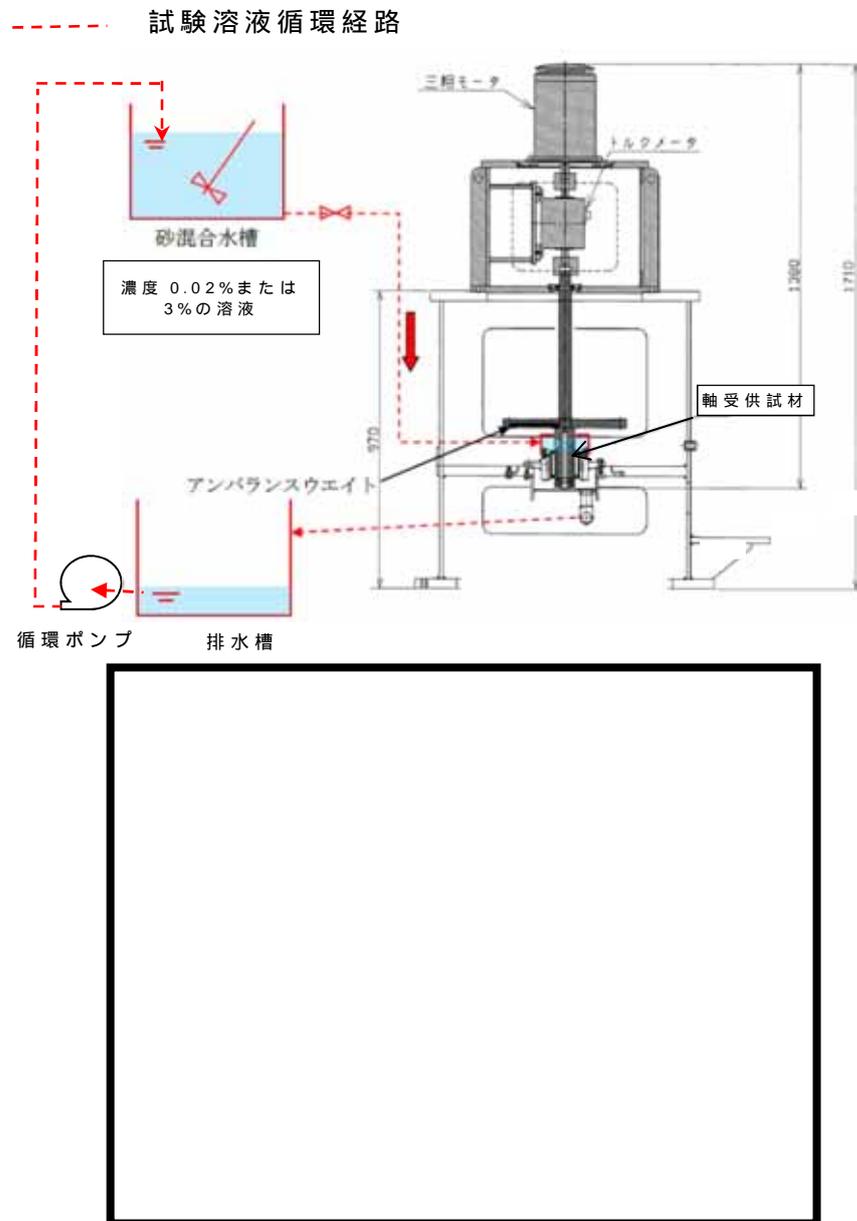


第1図 非常用海水ポンプ断面図，軸受図

## 2. 軸受摩耗試験

試験装置に、軸受供試材を取り付けて一定時間運転し、運転前後の供試材寸法測定により摩耗量を求めた。試験溶液の砂濃度は、通常運転時模擬濃度(0.02[wt%])及び高濃度(3[wt%])を設定し、試験時間を通して、連続的にこの濃度の溶液が軸受に供給される試験系統とした。

試験装置の概略構成図を第2図に示す。



第2図 試験装置概略図

軸受供試材は、既設のゴム軸受（水中部）と、複合軸受（デバメタル軸受（気中部）から取替を計画している軸受）の供試材を用いた。

第1表に、軸受摩耗試験条件を示す。

以下のとおり東海第二発電所と類似環境で運用される同型式の海水ポンプに採用実績がある。また、良好な運転実績（軸受に起因する不具合なし）がある。

A 原子力発電所 a 号炉

A 原子力発電所 b 号炉

B 原子力発電所 a 号炉

B 原子力発電所 b 号炉

B 原子力発電所 c 号炉

B 原子力発電所 d 号炉

C 原子力発電所 a 号炉

第1表 軸受摩耗試験条件

項目	試験条件
回転数 [ m / s ]	試験装置：5(実機：9.4 <sup>*1</sup> )
面圧 [ kPa ]	3.7 <sup>*2</sup>
砂粒径 [ mm ]	0.15
軸受供試材材料	ゴム，複合型
試験時間[hr]	5

\*1：試験時摩耗量に9.4 / 5を乗じて実機周速に補正

\*2：回転体アンバランスによる実機の振れ回りを再現した荷重

軸受摩耗試験結果から，寿命評価式(式)を用いて比摩耗量 $K_1$ を算出した結果を以下に示す。

$$T_1 = \frac{1}{PVK_1} \dots \quad (\text{機械工学便覧参照})$$

- $K_1$  : 比摩耗量 [ $\text{mm}^2 / \text{kgf}$ ]  
       : 摩耗量 [ $\text{mm}$ ]  
 $P$  : 軸受面圧 [ $\text{kgf} / \text{mm}^2$ ]  
 $V$  : 周速 [ $\text{mm} / \text{s}$ ]  
 $T_1$  : 摩耗量 に至るまでの時間 [ $\text{s}$ ]

【ゴム軸受】

0.02[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$ ( $\circ$ )	$2.74 \times 10^{-7} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$
3[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$ ( )	$4.64 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$

【複合軸受】

0.02[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$ ( $\circ$ )	$9.41 \times 10^{-7} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$
3[wt%]濃度時の比摩耗量 $K_1$ ( )	$5.76 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}]$

$\circ$ : 0.02[wt%]における比摩耗量

: 3 [wt%]における比摩耗量

### 3. 軸受寿命評価(0.02[wt%] , 3[wt%])

試験時,基準津波時の浮遊砂濃度(評価点)が未知であったことから,通常時を模擬した浮遊砂濃度(0.02[wt%])と,基準津波時に予想される高濃度を包絡すると予想される濃度(3[wt%])で摩耗量を実測し,比摩耗量の評価及び軸受寿命を算出した。

第2表 比摩耗量と軸受寿命(0.02[wt%] , 3[wt%])

0.02%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s2]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.02%	0.0171	0.00037	9400	2.73145E-07	1.012	1065263.158	295.9064327
複合軸受/ 0.02%	0.0589	0.00037	9400	9.40834E-07	1.012	309269.9491	85.90831919
3%試験実測値							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s2]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 3%	0.5814	0.00037	9400	4.64347E-06	1.012	62662.5387	17.40626075
複合軸受/ 3%	0.7201	0.00037	9400	5.75123E-06	1.012	50592.9732	14.05360367

摩耗量(平均): 軸受試験前と試験後の寸法差の平均  
 面圧: 実機を模擬した面圧  
 周速: 実機周速  
 比摩耗量: 式にて算出  
 許容隙間: 設計許容隙間  
 軸受寿命: 初期隙間が許容隙間に至るまでの時間

#### 4. 軸受寿命評価(0.48[wt%])

基準津波時の砂移動解析結果から，非常用系海水ポンプ室近傍の浮遊砂濃度は，0.18[vol%]との結果が得られたことから，砂の密度2.72[g/cm<sup>3</sup>]を乗じて重量濃度0.48[wt%]に換算した上で，比摩耗量の式( )を参考に，0.02wt%と3wt%の試験結果から，浮遊砂濃度0.48[wt%]における比摩耗量を算出した。

なお，比摩耗量の式( )は公開文献「立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究」\*から引用している。この公開文献では，200～3000ppmのスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており，比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており，この知見を参考とした。

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left[ \frac{C_\omega}{C_0} \right]^{0.9} \dots$$

\* 出典：立軸ポンプセラミックス軸受に関する研究，湧川ほか（日本機械学会論文集（B編）53巻491号（昭62-7） pp.2094~2098

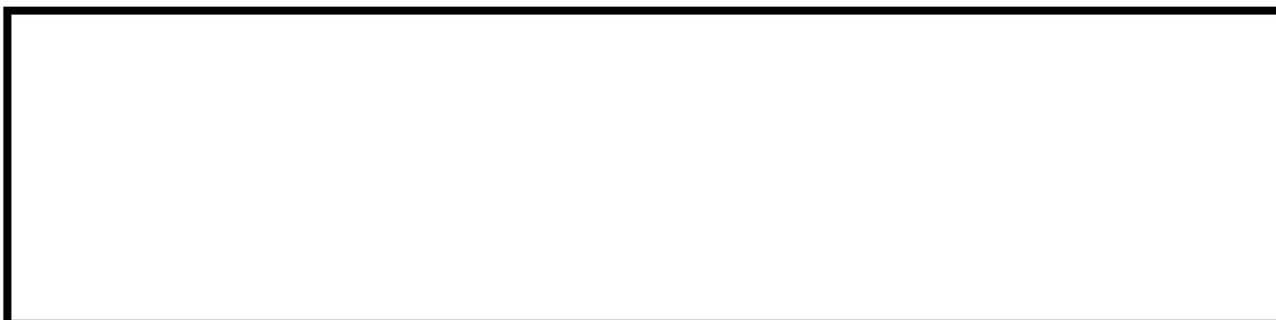
式を参考とし，0.02[wt%]の比摩耗量と3[wt%]の比摩耗量の2点間が線形近似できると評価し，以下の式にて0.48[wt%]におけるゴム軸受と複合軸受の比摩耗量を算出した。

### 【ゴム軸受】



比摩耗量  $k = 1.64748 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}] \dots$

### 【複合軸受】



比摩耗量  $k = 2.9662 \times 10^{-6} [\text{mm}^2 / \text{kgf}] \dots$

及び を元に寿命評価した結果，隙間許容値に至るまでの運転時間は，第3表のとおり，ゴム軸受で約49時間，複合軸受で約27時間と評価した。

第3表 比摩耗量と軸受寿命(0.48wt%)

0.48wt%(評価濃度)における寿命評価							
軸受/濃度	摩耗量(平均)	面圧[kgf/mm2]	周速[mm/s2]	比摩耗量	許容隙間	軸受寿命(sec)	軸受寿命(hr)
ゴム軸受/ 0.48	-	0.00037	9400	1.64748E-06	1.012	176616.1197	49.06003324
複合軸受/ 0.48	-	0.00037	9400	2.9662E-06	1.012	98095.94829	27.24887453

浮遊砂濃度と比摩耗量との相関関係を第3図及び第4図に示す。



第3図 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（ゴム軸受）



第4図 浮遊砂濃度と比摩耗量との相関図（複合軸受）

第4表 砂移動計算の諸条件

	設定値	備考
砂移動モデル	高橋ほか(1999)によるモデル	
マンシングの粗度係数	0.03[m <sup>-1/3</sup> ・s]	土木学会(2002)より
浮遊砂体積濃度上限値	1,3,5[vol%] うち,1[vol%]が最もよく砂移動を再現していると確認できたことから,上限濃度1%時の解析結果を採用	
砂の粒径	0.15[mm]	底質調査より設定
砂粒の密度	2.72[g/cm <sup>3</sup> ]	底質調査より設定

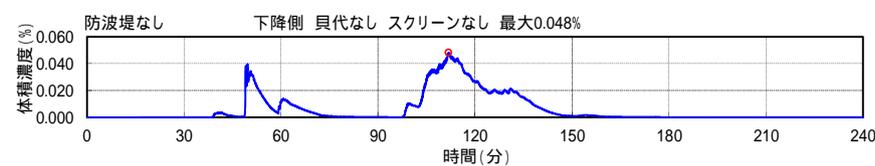
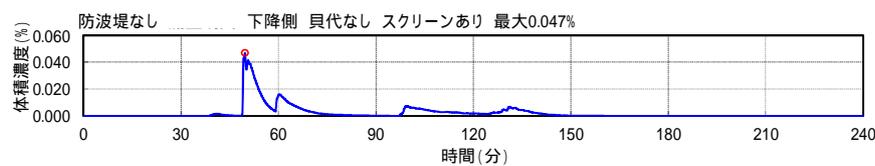
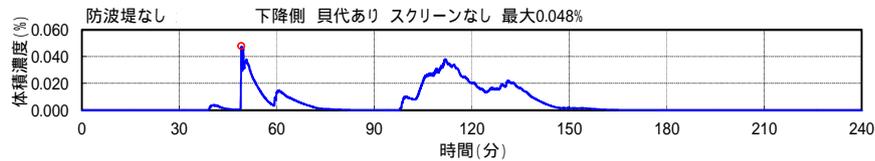
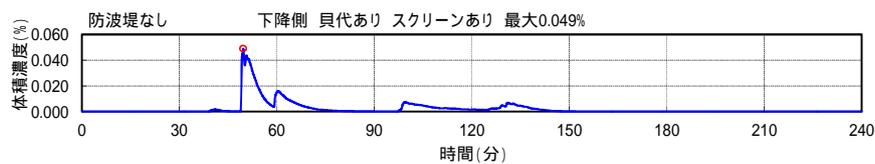
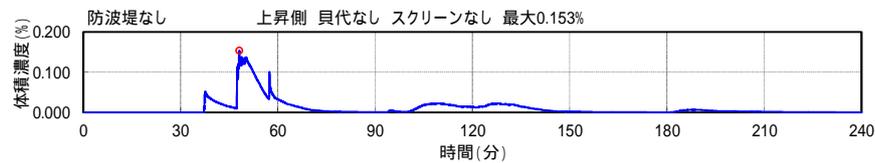
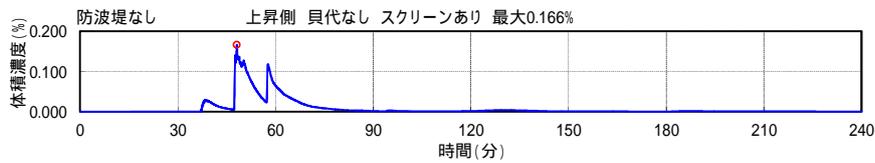
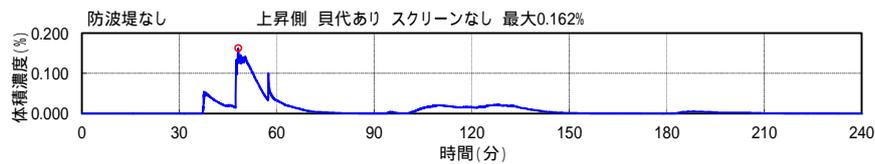
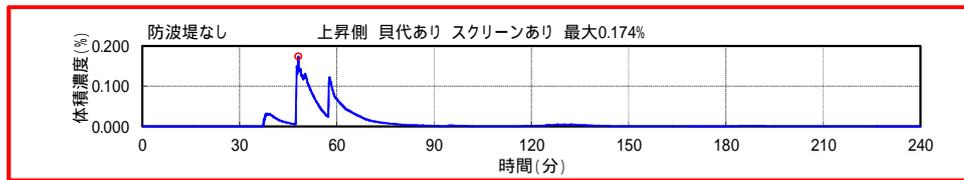
第5表 その他の解析条件

項目	評価条件
海水取水流量[m <sup>3</sup> /hr]	2549.4*
その他の考慮事項	防波堤の有無,スクリーン有無,貝代の有無

\* 非常用海水ポンプ 全台運転、循環水ポンプ、補機冷却系海水ポンプ 停止時の流量

#### 5. 浮遊砂濃度のピーク時間の評価

基準津波時の砂移動計算結果から得られた砂濃度の時刻歴グラフを第5図に示す。非常用海水ポンプが設置される全水路(D水路及びE水路)の計算結果から、もっとも高い砂濃度を示すケースを想定しても、基準津波時の浮遊砂濃度のピークは数分で収束し、軸受摩耗試験で設定したような連続5時間の高濃度の状態は認められない。



第5図 浮遊砂濃度時刻歴グラフ  
 ( E 水路水位上昇時 ( 防波堤なし , 貝代考慮 ,  
 スクリーンあり ) )

## 6. 総合評価

東海第二発電所の非常用海水ポンプの軸受は、基準津波時に海水中に含まれる浮遊砂(中央粒径0.15mm)が混入しても、砂排出溝(約3.7mm~7.0mm)によりこれを排出することで機能維持可能である。

また、基準津波に伴い巻き上げられ浮遊砂が、軸受に巻き込まれたとしても、ポンプピット近傍が高濃度の浮遊砂の状態にある時間は数分で収束することから、試験結果から得られた運転可能時間で十分包絡でき、非常用海水ポンプの軸受は機能維持可能である。

## 燃料等輸送船の係留索の耐力について

### 1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、津波の流向及び物揚岸壁（以下「岸壁」という。）と取水口的位置関係を踏まえ、係留索の耐力について評価を実施する。

係留索については、船舶の大きさから一定の算式によって計算される数値（艀装数）に応じた仕様（強度，本数）を有するものを備えることが、日本海事協会（NK）の鋼船規則において定められている。

今回、輸送船が備えている係留索の係留力、及び流圧力について、石油会社国際海事評議会OCIMF（Oil Companies International Marine Forum）の手法を用いて算出し、耐力評価を行う。

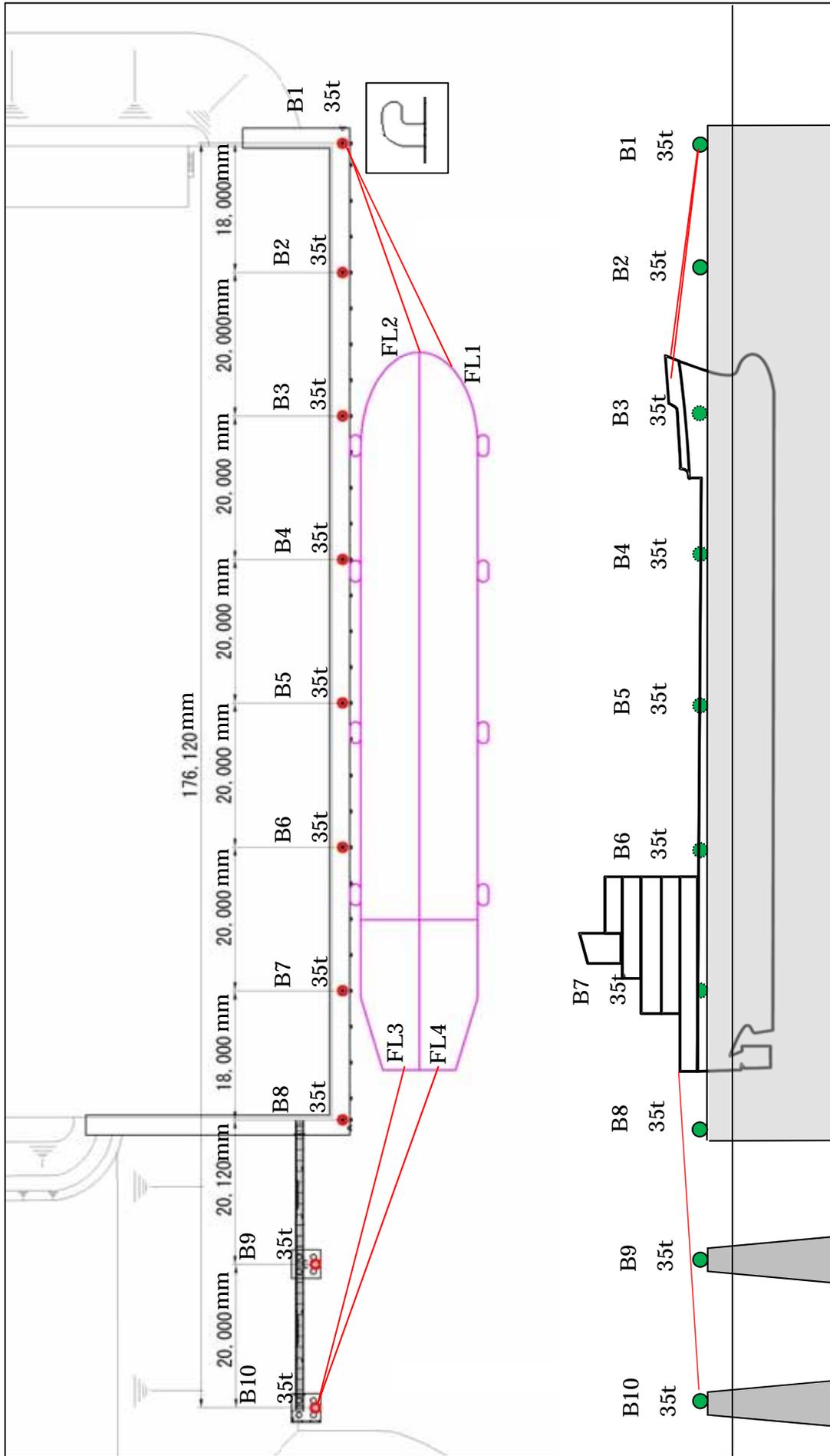
### 2. 評 価

#### (1) 輸送船，係留索，係留柱

輸送船，係留索，係留柱の仕様を第1表に，配置を第1図に示す。

第1表 輸送船，係留索，係留柱の仕様

項 目		仕 様
輸送船	総トン数	約5,000t
	載貨重量トン	約3,000t
	喫水	約5m
	全長	100.0m (垂線間長：94.4m)
	型幅	16.5m
	形状	(第1図参照)
係留索	直径	60mm (ノミナル値)
	素材種別	Polyethylene Rope Grade 1
	破断荷重	279kN (28.5tonf)
	係船機ブレーキ力	28.5tonf × 0.7 20.0tonf
係留柱	形状	(第1図参照)
	ビット数，位置	(第1図参照)
	係留状態	(第1図参照)
	強度	35.0tonf

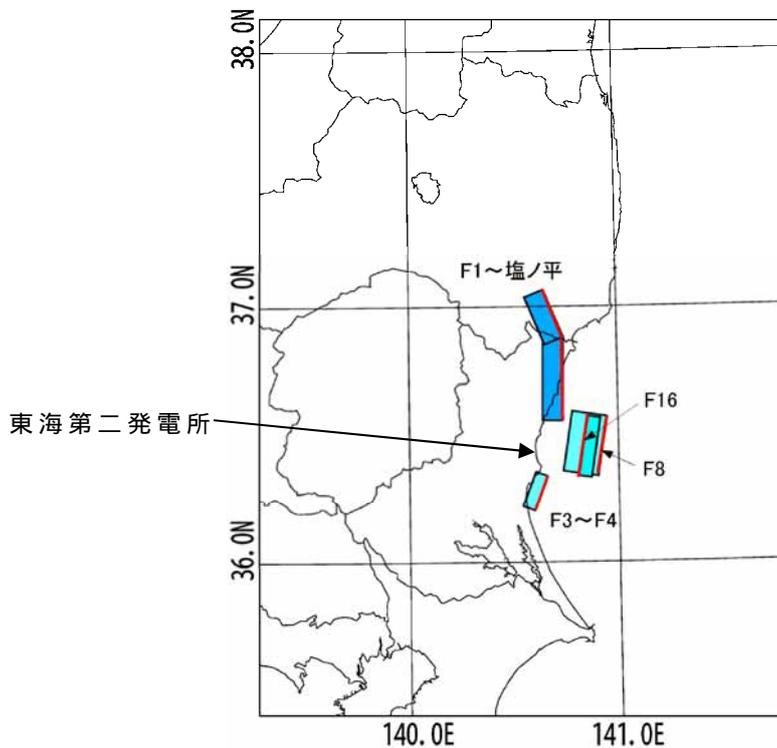


第1図 輸送船，係留索，係留柱の配置

接岸時には通常6本以上で係留する。本評価においては，保守的に鋼船規則上の最低本数（4本）を仮定

(2) 津波条件（流向，水位，流速）

津波警報等発表時は，原則として緊急退避するが，極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し，早く襲来する可能性がある第2図に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から，評価対象津波を選定する。



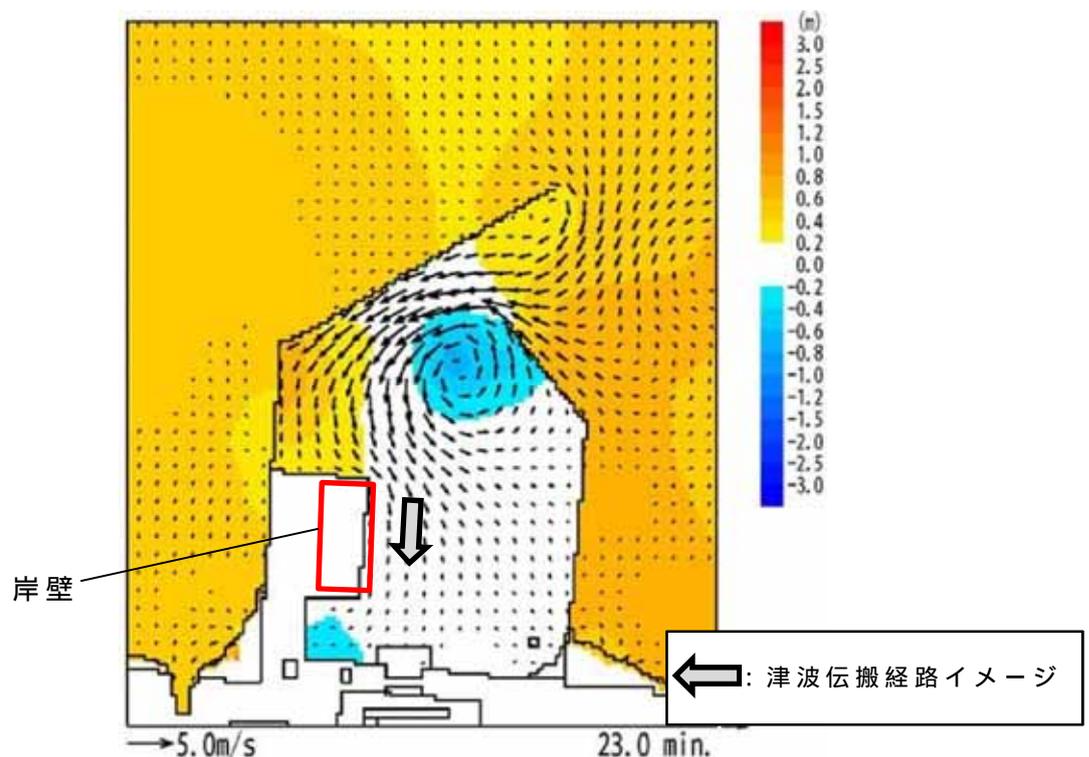
第2図 海域活断層の位置

第2表に，取水口前面位置における各海域活断層の津波高さ到達時間の関係を示す。第2表に示すとおり，F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて，早く到達するが，F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため，ここでは保守的に最高水位が最も大きいF16を波源とした津波を選定した。

第2表 各海域活断層の津波高さとの到達時間の関係（取水口前面）

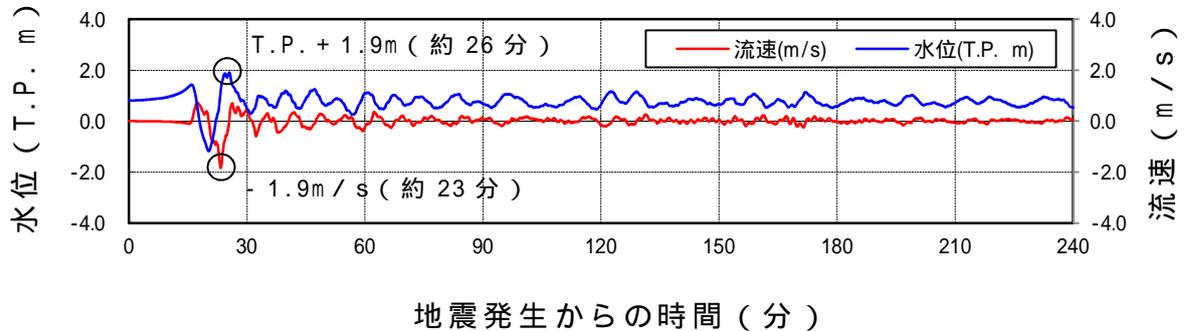
海域活断層名	最高水位（T.P. m）	到達時刻（分）
F1～塩ノ平	+1.7	32
F3～F4	+1.2	43
F8	+1.9	24
F16	+2.0	25

評価対象津波の流向は，第3図に例示するとおり岸壁に対する接線方向の成分が支配的となる。これに対して，輸送船は岸壁と平行して接岸されることから，評価は輸送船の船首及び船尾方向それぞれの流圧力に対する係留索の耐力について実施する。



第3図 評価対象津波の流向

評価対象津波の岸壁位置における水位及び接線方向成分の流速を第4図に示す。



第4図 評価対象津波の水位及び流速（岸壁）

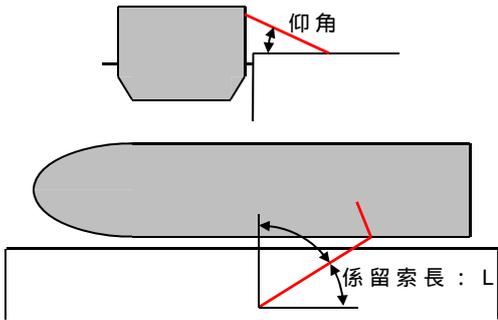
第4図に示すとおり評価対象津波は地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後，引き波が発生し，地震発生後約26分の第二波で最高津波高さT.P. + 1.9mに達する。流速は地震発生後約23分に最大1.9m/sに達する。

緊急退避可能時間（本文 第2.5-25図参照）を考慮すると，輸送船は最大流速到達前に退避可能であるものの，今回は係留による対応を仮定し，最大流速1.9m/sで生じる流圧力に対する係留力を評価する。また，係留力の評価にあたっては，第4図に示す押し波高さT.P. + 1.9m( 朔望平均満潮位 (T.P. + 0.61m) 及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動 (0.2m沈下) 考慮済み) に上昇側潮位のばらつき (+0.18m) を考慮した最高水位T.P. + 2.1mで評価する。

(3) 係留力

係留力の計算方法を第3表に，計算結果を第4表，第5図及び第6図に示す。

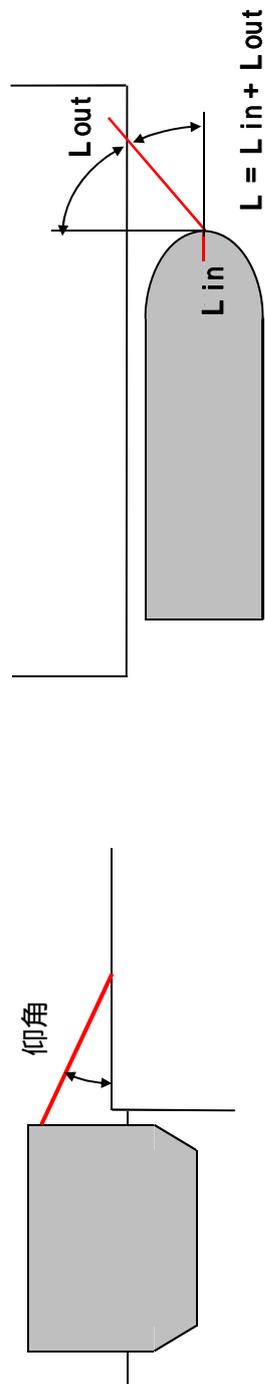
第3表 係留力の計算方法

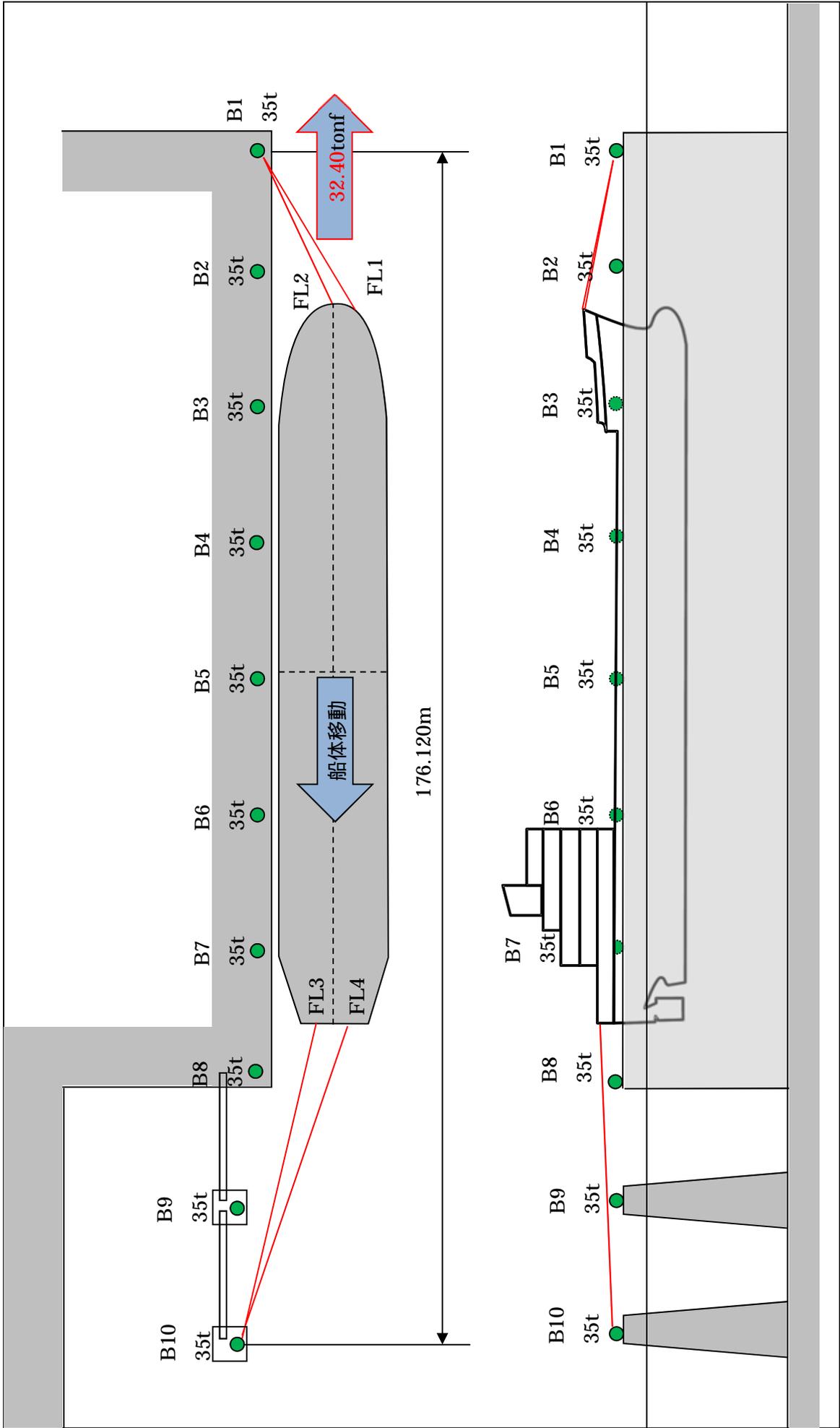
<p>【各索の係留力計算式】</p> $R_x = T \times \left( \frac{\cos^2 \alpha \times \cos^2 \beta}{L} \right) \times \left( \frac{L_c}{\cos \alpha \times \cos \beta} \right)$	
<p> <math>R_x</math> : 前後係留力 [tonf] (前方は添字 f , 後方は添字 a )  <math>T</math> : 係留索 1 本に掛けることができる最大張力 [tonf]  <math>\alpha</math> : 係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]  <math>\beta</math> : 係留索の仰角 [deg]  <math>L</math> : 係留索の長さ (船外 + 船内) [m]  <math>\alpha_c</math> : 各グループ で最も負荷の大きい係留索の係留索水平角 (岸壁平行線となす角度) [deg]  <math>\beta_c</math> : 各グループ で最も負荷の大きい係留索の仰角 [deg]  <math>L_c</math> : 各グループ で最も負荷の大きい係留索の長さ (船外 + 船内) [m]              係留索の機能別グループ (前方係留力または後方係留力)         </p>	

(出典：係留設備に関する指針 OCIMF 刊行)

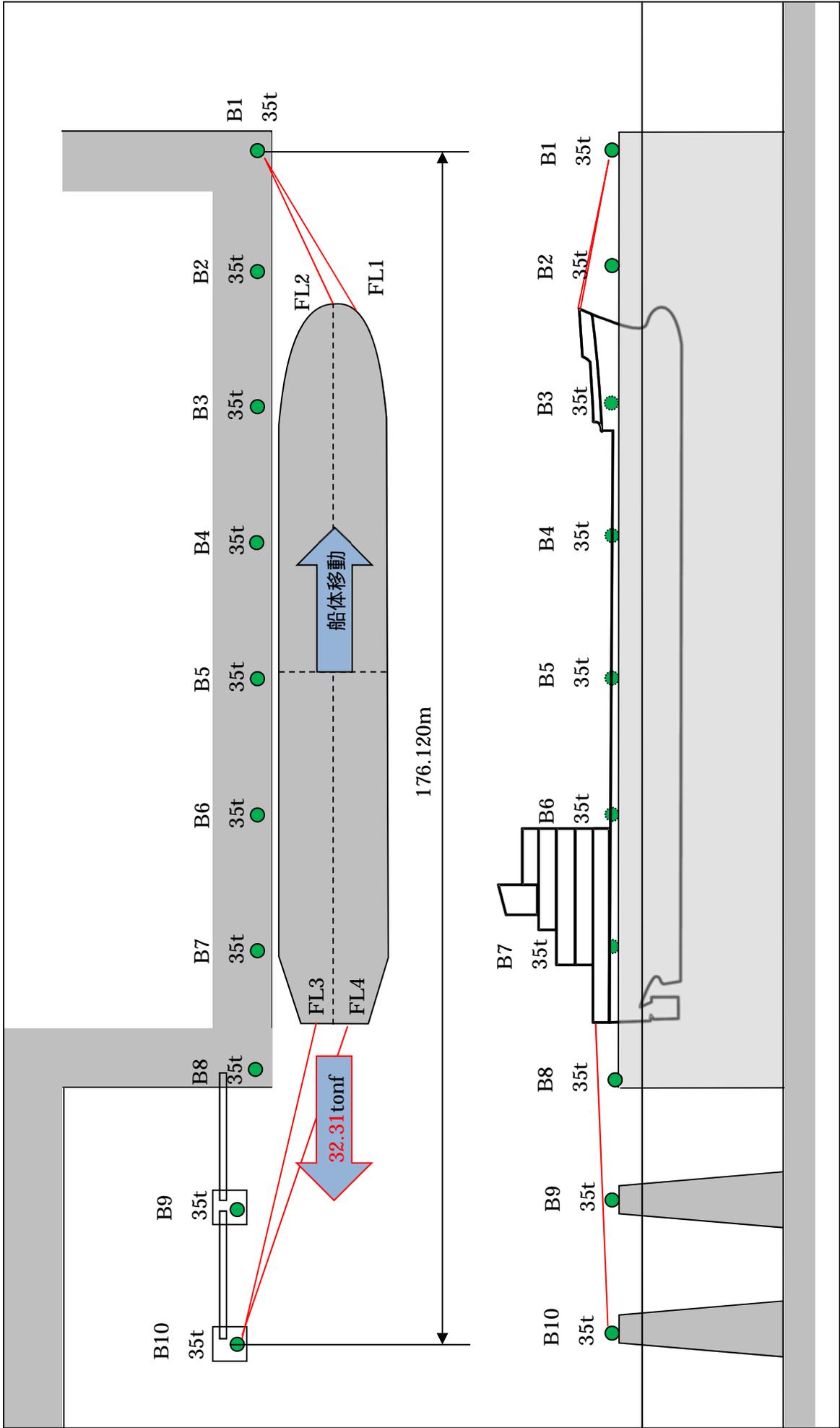
第4表 係留力(第1図)の計算結果

フェア リーダ	係留索	係留柱	係留索長さ		係留角		索張力 T (tonf)	係留力 前後 (tonf)	Bitt Performance		
			船外 (m)		(deg)	(deg)			Bitt Load (tonf)	合計 (tonf)	係留柱強度 (tonf)
FL1	Line1	B1	36.1		11.3	23.4	17.9	- 16.14	17.93	35.00	35
FL2	Line2	B1	31.8		12.8	17.9	17.9	- 16.17	17.06		
								<b>- 32.31</b>			
FL3	Line3	B10	49.1		7.9	- 14.3	17.6	16.94	17.64	35.00	35
FL4	Line4	B10	50.4		7.7	- 19.4	17.6	15.46	17.36		
								<b>32.40</b>			
								前後(+)計 <b>32.40</b>			
								前後(-)計 <b>- 32.31</b>			





第5図 船尾方向への移動に対する船首方向係留力



第6図 船首方向への移動に対する船尾方向係留力

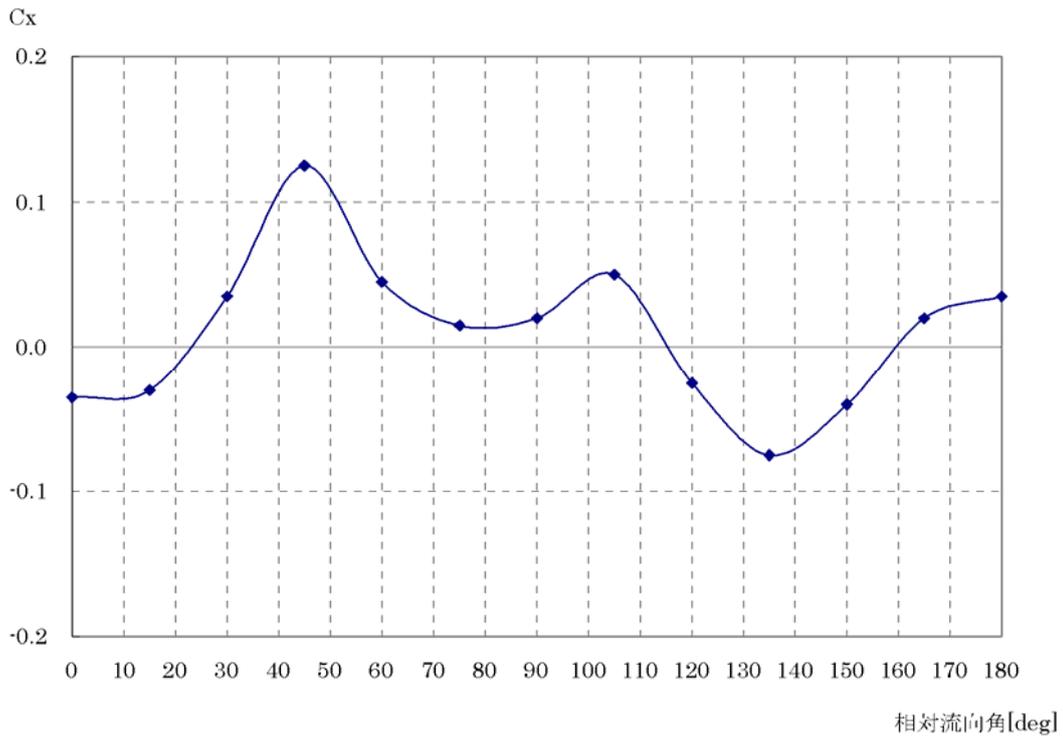
(4) 流圧力

流圧力の計算方法を第5表に示す。計算結果について、前項で求めた係留力と比較した結果を第7図に示す。

第5表 流圧力の計算方法

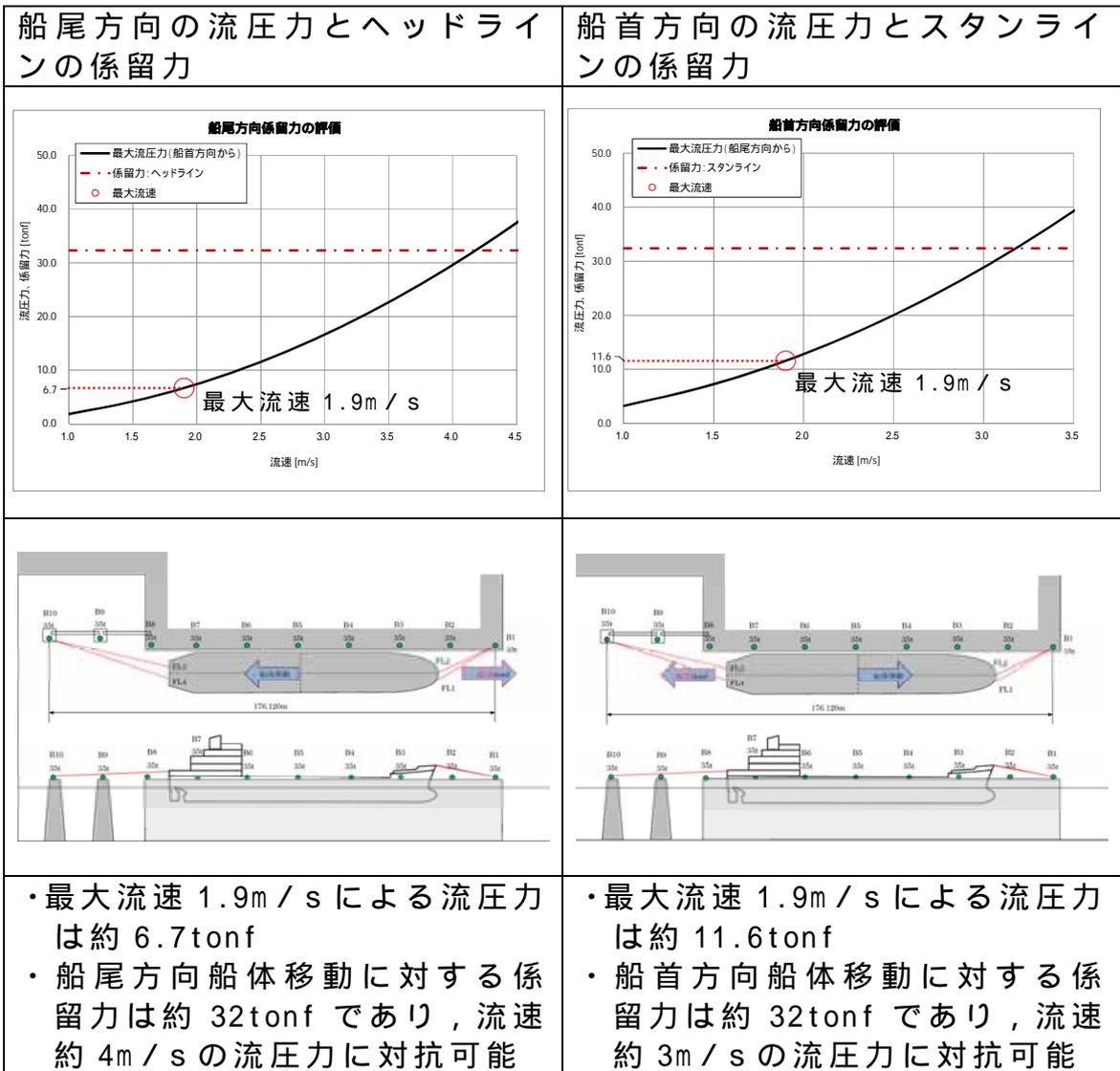
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{xc} = \frac{1}{2} \times C_{xc} \times \rho_c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p> <math>F_{xc}</math> : 縦方向流圧力 [kgf]  <math>C_{xc}</math> : 縦方向流圧力係数  <math>V_c</math> : 流速 [m/s]  <math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]  <math>d</math> : 喫水 [m]  <math>\rho_c</math> : 水密度 [kg・sec<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>]              ( = 104.5kg・sec<sup>2</sup> / m<sup>4</sup> )         </p>
--	--

( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )



( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )

縦方向流圧力係数 [  $C_x$  ]



第7図 流圧力と係留力比較

### 3. 結 論

評価対象津波(最大流速1.9m / s: 第4図参照)による流圧力に対し，係留力(約32tonf)が上回ることを確認した。

従って，早い津波に対し，輸送船が係留によって対応すると仮定した場合においても，係留力により岸壁に留まり続けることができる。

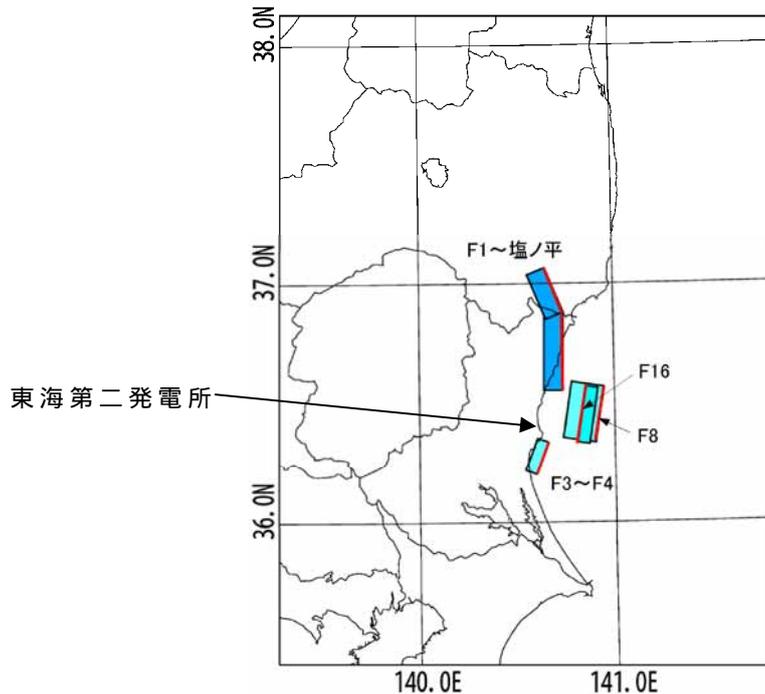
## 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について

### 1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）は、津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、押し波により輸送船が物揚岸壁（以下「岸壁」という。）に乗り上げることはないこと、また引き波により座礁及び転覆するおそれのないことを確認する。

### 2. 評 価

津波警報等発表時は、原則として緊急退避するが、極めて短時間に津波が襲来する場合を考慮し、早く襲来する可能性がある第1図に示す敷地周辺の海域活断層を波源とした津波の中から、評価対象津波を選定する。



第1図 検討用海域活断層の位置

第2表に、取水口前面位置における各海域活断層の津波高さと到達時間の関係を示す。第2表に示すとおり、F8及びF16を波源とした津波は他の海域活断層を波源とした津波に比べて、早く到達するが、F8及びF16を波源とした津波の到達時刻はほぼ同様であるため、ここでは保守的に最高水位がもっとも高く、また最低水位がもっとも低いF16を波源とした津波を選定した。

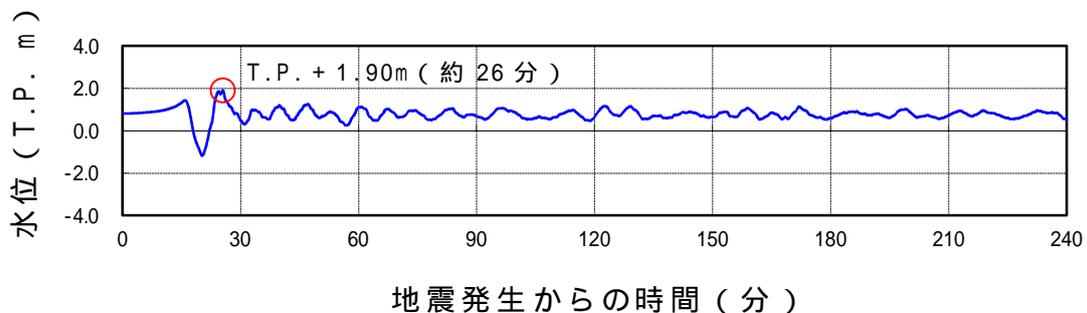
第2表 各海域活断層の津波高さと到達時間の関係（取水口前面）

海域活断層名	押し波		引き波	
	最高水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)	最低水位 (T.P. m)	到達時刻 (分)
F1~塩ノ平	+ 1.7	32	- 1.3	43
F3~F4	+ 1.2	43	- 0.8	183
F8	+ 1.9	24	- 1.4	19
F16	+ 2.0	25	- 2.6	21

(1) 津波高さ

a . 押し波

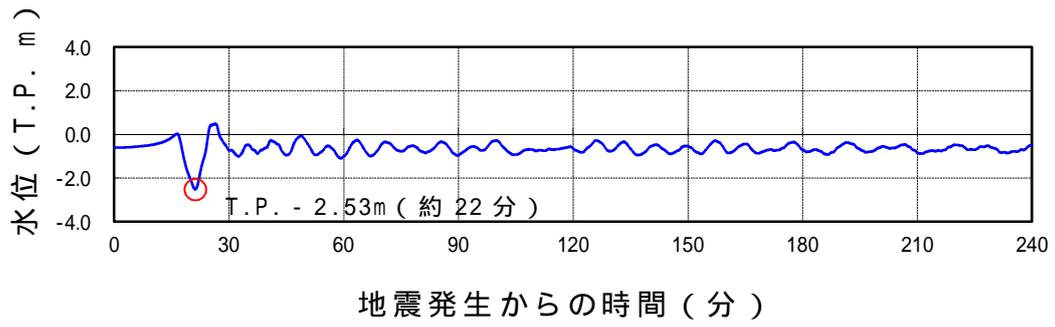
第2図に、最高水位を示した評価対象津波の波形を示す。第2図に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約26分の第二波で最高津波高さ（T.P. + 1.90m（朔望平均満潮位（T.P. + 0.61m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）考慮済み））に達している。



第2図 評価対象津波の波形（最高水位を示したケース，岸壁）

b . 引き波

第3図に、最低水位を示した評価対象津波の波形を示す。第3図に示すとおり地震発生後約17分で第一波の最高点に到達後、引き波が発生し、地震発生後約22分に最低津波高さ（T.P. - 2.53m（朔望平均干潮位（T.P. - 0.81m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）考慮済み））に達している。

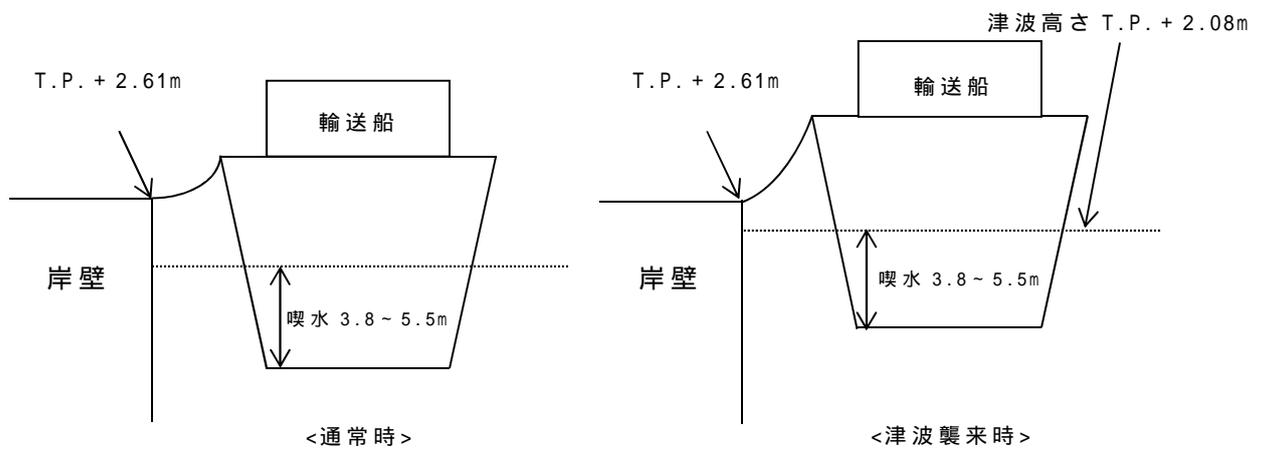


第3図 評価対象津波の波形 (最低水位を示したケース, 岸壁)

(2) 押し波（岸壁乗上げ評価）

押し波高さと喫水の関係を第4図に示す。第4図に示すとおり，輸送船は岸壁に乗り上げることはないことを確認した。

・ 押し波高さ	T.P. + 1.90m
・ 上昇側潮位のばらつき	+ 0.18m
<hr/>	
（計）	T.P. + 2.08m



第4図 押し波高さと喫水の関係

(備考)

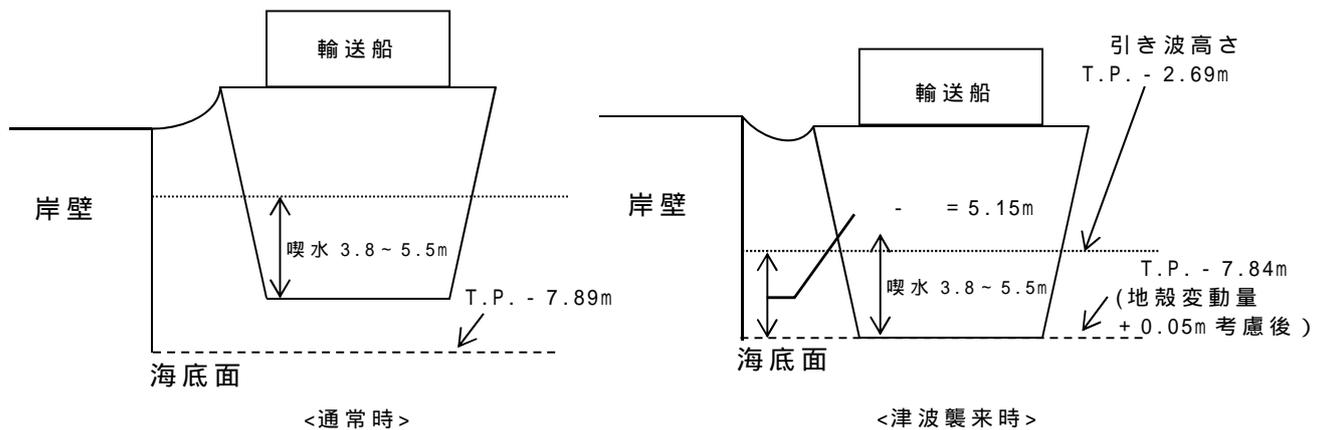
- ・ 津波の原因となる地震による地殻変動（+0.05m）は岸壁が高くなる方向に寄与するため，保守的に考慮していない。
- ・ 押し波高さ（T.P. + 1.90m）は，朔望平均満潮位（T.P. + 0.61m）及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動（0.2m沈下）を考慮している。
- ・ 輸送船の喫水は，積荷，バラスト水等で変動するが，積荷なしでも3.8m以上（実績）である。

(3) 引き波（着底評価）

引き波高さと喫水の関係を第5図に示す。第5図に示すとおり，輸送船は引き波の最低高さ時には一時的に着底し得るが，この場合も以下の理由により座礁及び転覆することはなく漂流物とならない。

- ・仮に一時的な着底があったとしても，輸送船は二重船殻構造等，十分な船体強度を有しており，水位回復後に退避が可能であり座礁する可能性はない。
- ・輸送船の重量及び扁平的な断面形状より，着底後の引き波による流圧力，又は水位回復時の押し波による流圧力に対して転覆の可能性はない。なお，転覆に関わる評価を別紙に示す。

・ 引き波高さ	T.P. - 2.53m
・ 下降側潮位のばらつき	- 0.16m
<hr/>	
（計）	T.P. - 2.69m



第5図 引き波高さと喫水の関係

(備考)

- ・津波の原因となる地震による地殻変動(+0.05m)を考慮した。
- ・引き波高さ(T.P. - 2.53m)は,朔望平均干潮位(T.P. - 0.81m)及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動(0.2m沈下)を考慮している。

### 3. 結 論

朔望平均満潮位,干潮位等の保守的な条件を考慮し,極めて短時間に津波が襲来する場合を仮定しても,輸送船は,津波高さと喫水高さの関係から岸壁に乗り上げることはなく,また,引き波により一時的に着底したとしても,座礁及び転覆せず漂流物とならないことを確認した。

## 燃料等輸送船の着底時の転覆の可能性について

## 1. 概 要

燃料等輸送船（以下「輸送船」という。）の物揚岸壁における停泊中，及び港湾内で緊急退避中に引き波により着底することを想定し，その際の転覆の可能性について評価する。

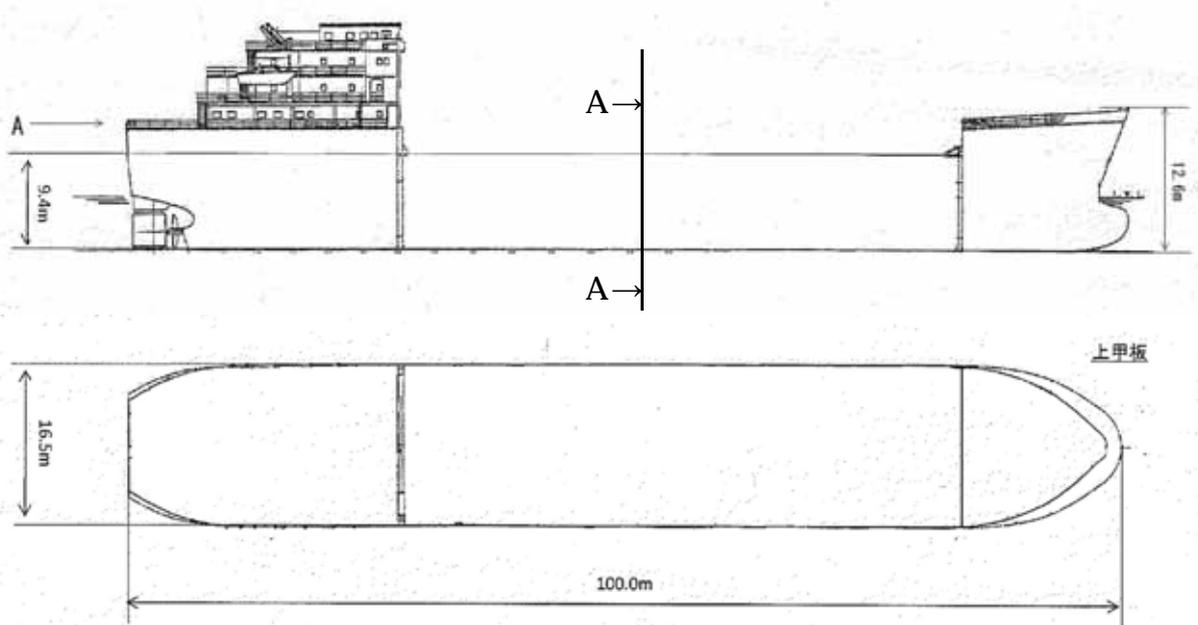
## 2. 評価条件

## (1) 輸送船の仕様・形状

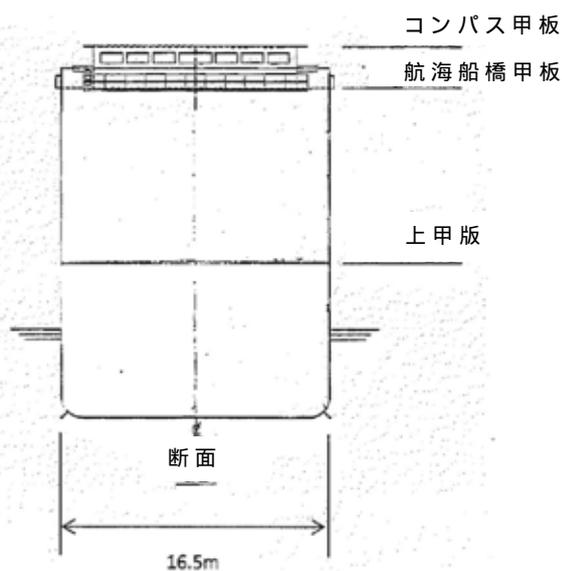
輸送船の仕様を第1表に，外形図を第1図及び第2図に示す。

第1表 輸送船の仕様

項 目	仕 様
満載排水量	約 7,000t
載貨重量トン	約 3,000t
喫水	約 5m
全長	100.0m（垂線間長：94.4m）
型幅	16.5m



第1図 輸送船外形図

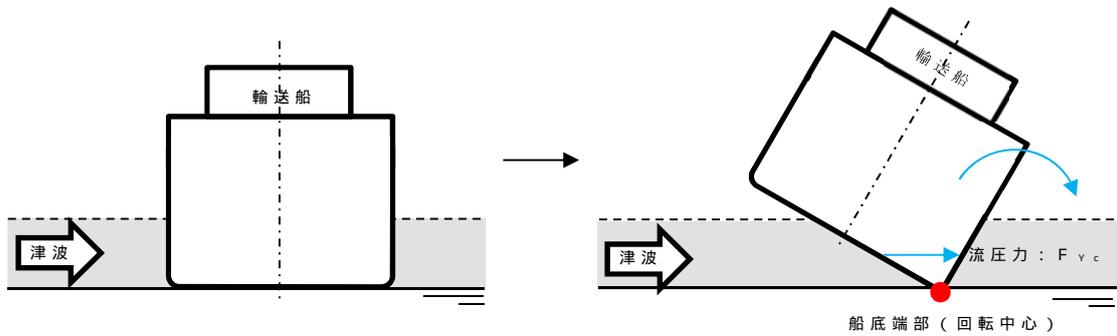


第2図 輸送船外形図（A矢視）

(2) 転覆モード

一般の船舶の場合，丸型やV型の船底を有しているものがあるが，輸送船は第2図に示すとおり，断面形状が扁平であり船底が平底型である。このため，引き波により着底した場合にも傾くことなく安定していると考えられるが，ここでは保守的に，第3図に示すよう

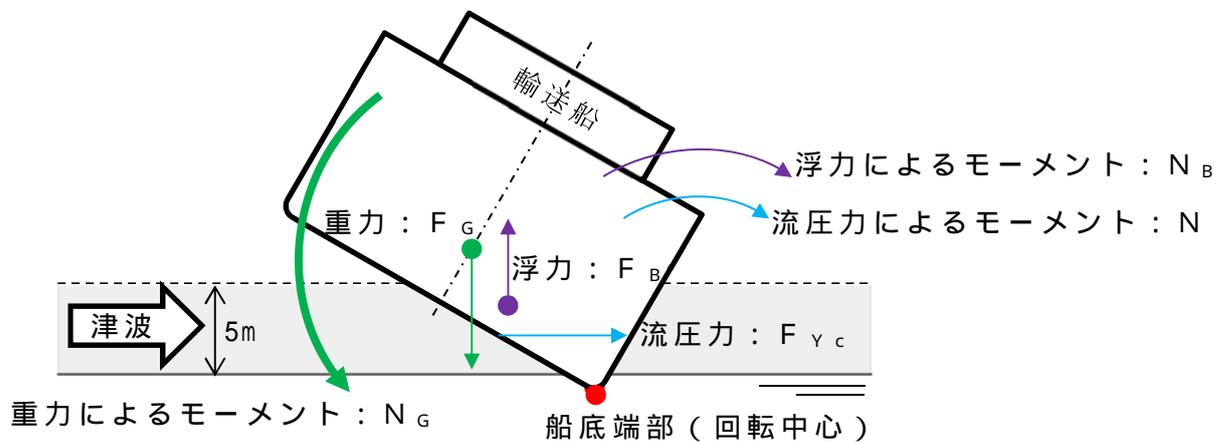
に輸送船が津波を受けた際に船底の端部が海底に引っ掛かり，船底端部周りに回転する状況を想定し，転覆可能性の評価を行うものとする。



第3図 想定転覆モード

### 3. 転覆評価

第3図の転覆モードにおいて輸送船に働く力とモーメントを第4図に示す。



第4図 輸送船に働く力とモーメント

津波を受けると流圧力  $F_{yc}$  によるモーメント  $N$  が発生し，船底端部を中心に輸送船を回転させる。また，浮力  $F_B$  によるモーメント  $N_B$  も流圧力によるモーメント  $N$  と同じ方向に発生する。一方，重力  $F_G$

$N_G$ によるモーメント  $N_G$  がこれらのモーメントと逆方向に発生し輸送船の傾きを戻す。この際、流圧力及び浮力によるモーメントにより傾きが増大し、重心位置が回転中心の鉛直線上を超える場合には転覆する。

重心位置が回転中心の鉛直線上にあるときの傾きは約  $48^\circ$  であるため、ここでは傾きを  $24^\circ$  と仮定し、流圧力によるモーメント  $N$  と浮力によるモーメント  $N_B$  の和と重力によるモーメント  $N_G$  とのモーメントの釣り合いから転覆しないことを確認する。

重力によるモーメント  $N_G$  は次式のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N_G &= F_G \times X(GR) \\ &= 4,000 \times 4.5 \\ &= 18,000 \text{ [ tonf} \cdot \text{m ]} \end{aligned}$$

$N_G$  : 重力によるモーメント [ tonf · m ]

$F_G$  : 輸送船 (空荷状態) の重量 [ tonf ] ( = 4,000 )

$X(GR)$  : 重心と回転中心の水平方向距離 [ m ] ( 4.5 )

次に流圧力によるモーメント  $N$  は次式にて計算できる。

$$\begin{aligned} N &= F_{Yc} \times W \div 2 \\ &= F_{Yc} \times d \div 2 \end{aligned}$$

$N$  : 流圧力によるモーメント [ tonf · m ]

$F_{Yc}$  : 流圧力 [ tonf ]

$W$  : 水位 [ m ]

$d$  : 喫水 [ m ] ( = 5 )

ここで、流圧力は受圧面積が最大の際に**もっとも**大きくなり、かつ、流圧力によるモーメントは流圧力の作用点と回転中心との距離が最大の際に**もっとも**大きくなるため、本評価における水位は喫水と同等とした。

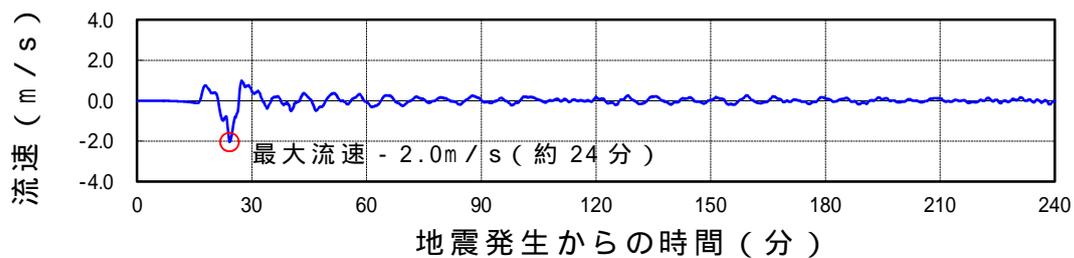
また、横方向の流圧力  $F_{Yc}$  を第2表に示す方法で計算する。

第2表 横方向流圧力の計算方法

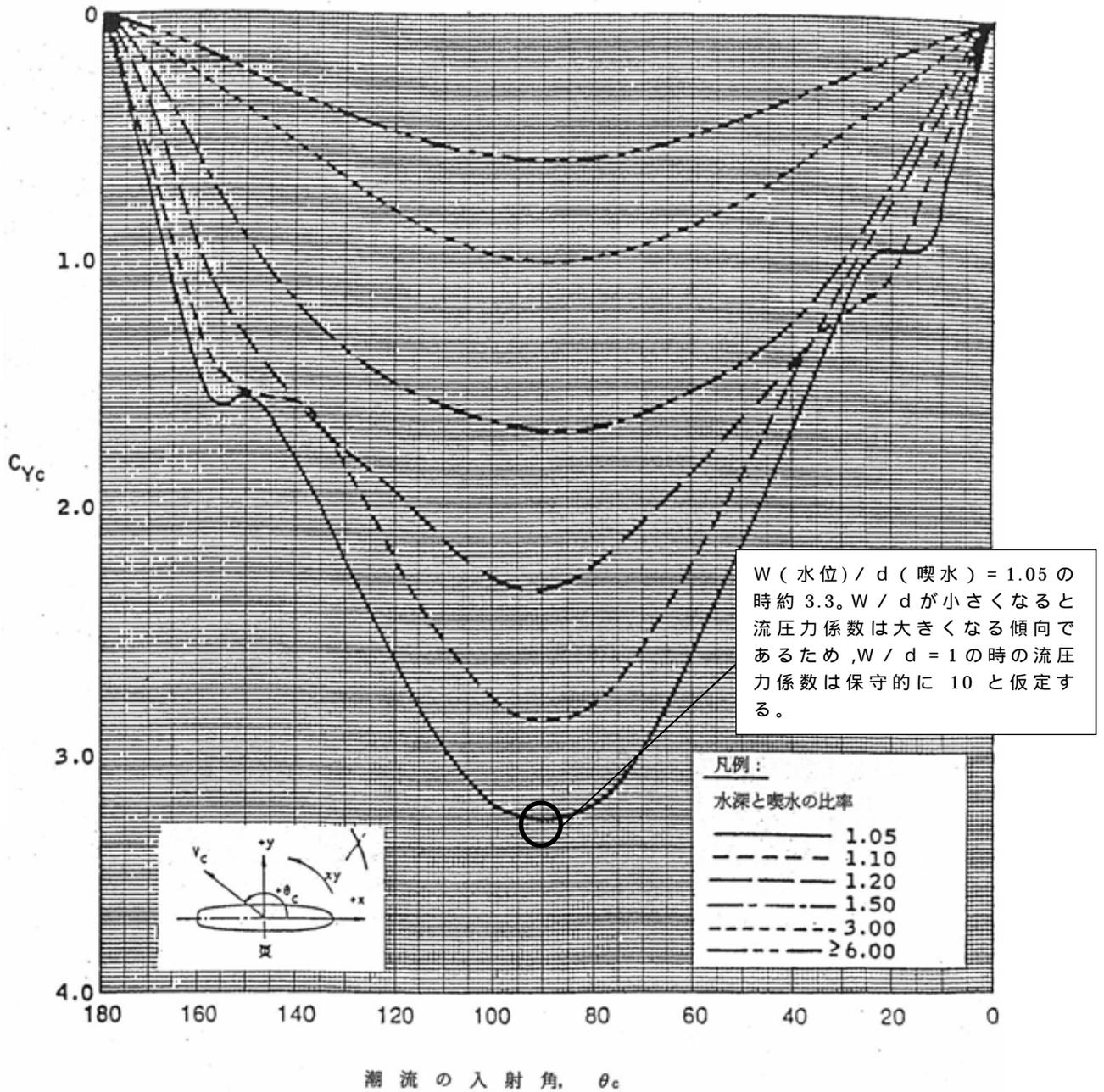
<p>【流圧力計算式】</p> $F_{Yc} = \frac{1}{2} \times C_{Yc} \times c \times V_c^2 \times L_{pp} \times d$	<p><math>F_{Yc}</math> : 横方向流圧力 [kgf]</p> <p><math>C_{Yc}</math> : 横方向流圧力係数</p> <p><math>V_c</math> : 流速 [m/s]</p> <p><math>L_{pp}</math> : 垂線間長 [m]</p> <p><math>d</math> : 喫水 [m]</p> <p><math>c</math> : 水密度 [kgf・sec<sup>2</sup> / m<sup>4</sup>] ( = 104.5kgf・sec<sup>2</sup> / m<sup>4</sup> )</p>
---	--

( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )

このとき、流速は第5図に示す最低水位を示した早く襲来する津波の最大流速2.0m/sを適用し、横方向流圧力係数を第6図より10と仮定する。



第5図 早く襲来する津波の流速 (最低水位を示したケース, 岸壁)



( 出典 : VLCCにおける風圧及び流圧の予測 OCIMF刊行 )

第6図 横方向流圧力係数

第2表により  $F_{Yc}$  は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
 F_{Yc} &= 1 \div 2 \times 10 \times 104.5 \times 2.0^2 \times 94.4 \times 5 \\
 &= 986,480 \text{ [ kgf ]} \\
 &= 1,000 \text{ [ tonf ]}
 \end{aligned}$$

したがって、流圧力によるモーメント $N$ は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} N &= F_{Yc} \times d \div 2 \\ &= 1,000 \times 5 \div 2 \\ &= 2,500 \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} \end{aligned}$$

最後に浮力によるモーメント $N_B$ は次式にて評価する。

$$\begin{aligned} N_B &= F_{Br} \times X(BR) \\ &= 1,700 \times 3.0 \\ &= 5,100 \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} \end{aligned}$$

$N_B$  : 浮力によるモーメント [ tonf·m ]

$F_{Br}$  : 傾いた際の輸送船の浮力 [ tonf ] ( 1,700 )

$X(BR)$  : 浮心と回転中心の水平方向距離 [ m ] ( 3.0 )

以上の結果をまとめると、以下に示すとおり重力によるモーメント $N_G$ は流圧力によるモーメントと浮力によるモーメントの和より大きくなるため、輸送船は転覆することはない。

$$\begin{aligned} N + N_B &= 2,500 + 5,100 \\ &= 7,600 \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} < N_G (= 18,000) \text{ [ tonf}\cdot\text{m ]} \end{aligned}$$

#### 4. 結 論

輸送船は着底後に津波による流圧力を受けてもその形状から通常の状態であれば転覆することはない、また、保守的に船底の一部が固定されるような状態を想定した場合であっても転覆しないことを確認した。

## 基準類における衝突荷重の算定式

## 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するとともに，その結果に基づき適用する算定式について検討した。

## 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 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 共通編

## (1) 適用範囲・考え方

橋（橋脚）への自動車，流木あるいは船舶等が衝突す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）

これは、衝突荷重として、基準に示される唯一の算定式である。

## 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：

$$E = E_0 = W \times v^2 / 4g$$

$$\text{ここで、} W = W_0 + W_w = W_0 + (1/4) \times D^2 L w$$

$W$ ：仮想重量（kN）

$W_0$ ：排水トン数（kN）

$W_w$ ：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）

$w$ ：海水の単位体積重量（kN/m<sup>3</sup>）

これは、鋼管杭等の支柱の変形及びワイヤーロープの伸びにより衝突エネルギーを吸収する考え方であり、弾性設計には適さないものである。

## 3. 漂流物の衝突荷重算定式の適用事例

安藤ら（2006）<sup>1</sup>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 <sup>4)</sup>	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 <sup>4)</sup>	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 <sup>4)</sup>	4.7 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s
船舶	小型	衝突荷重（道路橋示方書）	5.0m/s超	5.0m/s超	5.0m/s超
	大型	衝突荷重（道路橋示方書）	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 <sup>4)</sup>	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おり、船舶による漂流荷重に対する適用性が示されている。

#### 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、断片的な知見が得られているのみである。また、建築物に被害をもたらした漂流物の詳細情報は被害調査から得られず、既往の知見は検

証できなかった」としている。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いて漂流物として選定されたものは、作業台船及び漁船であり、対象が異なることから、これら評価式は適用できない。以下にそれぞれの評価式（(a)～(e)）を示す。

### 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
(a) 松富の評価式  [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	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。 $\frac{F_m}{\gamma D^2 L} = 1.6 C_{MA} \left\{ \frac{v_{A0}}{(gD)^{0.5}} \right\}^{1.2} \left( \frac{\sigma_f}{\gamma L} \right)^{0.4}$ 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 $f$ ：流木の降伏応力 $\gamma$ ：流木の単位体積重量 $g$ ：重力加速度
(b) 池野らの評価式  [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	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。 $\frac{F_H}{gM} = S \cdot C_{MA} \left\{ \frac{V_H}{(g^{0.5} D^{0.25} L^{0.25})} \right\}^{2.5}$ 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
(c) 水谷らの評価式  [3] 水谷法美ら：エプ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	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。 $F_m = 2\rho_w \eta_m B_c V_x^2 + \frac{WV_x}{gdt}$ 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

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，コンクリート構造体に鋼製構造物（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> $F = \gamma_p \chi^{2/5} \left( \frac{5}{4} \tilde{m} \right)^{3/5} v^{6/5}$ $\chi = \frac{4\sqrt{a}}{3\pi} \frac{1}{k_1 + k_2}, \quad k = \frac{1-v^2}{\pi E}, \quad \tilde{m} = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ <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）  ：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<math>m = C_{MA} m</math>（<math>C_{MA}</math>：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，<math>F_i</math>：衝突力  <math>C_m</math>：付加質量係数（2.0 を推奨）  <math>u_{\max}</math>：最大流速  m：漂流物の質量  k：漂流物の有効剛性</p> <p>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 style="text-align: center;">表 3.1 漂流物の質量と有効剛性</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>漂流物</th> <th>質量 <math>m</math> [kg]</th> <th>有効剛性 <math>k</math> [N/m]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>材木・丸太</td> <td>450</td> <td><math>2.4 \times 10^6</math></td> </tr> <tr> <td>40ft コンテナ</td> <td>3,800（空載）</td> <td><math>6.5 \times 10^8</math></td> </tr> <tr> <td>20ft コンテナ</td> <td>2,200（空載）</td> <td><math>1.5 \times 10^9</math></td> </tr> <tr> <td>20ft 重量コンテナ</td> <td>2,400（空載）</td> <td><math>1.7 \times 10^9</math></td> </tr> </tbody> </table>	漂流物	質量 $m$ [kg]	有効剛性 $k$ [N/m]	材木・丸太	450	$2.4 \times 10^6$	40ft コンテナ	3,800（空載）	$6.5 \times 10^8$	20ft コンテナ	2,200（空載）	$1.5 \times 10^9$	20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	$1.7 \times 10^9$
漂流物	質量 $m$ [kg]	有効剛性 $k$ [N/m]														
材木・丸太	450	$2.4 \times 10^6$														
40ft コンテナ	3,800（空載）	$6.5 \times 10^8$														
20ft コンテナ	2,200（空載）	$1.5 \times 10^9$														
20ft 重量コンテナ	2,400（空載）	$1.7 \times 10^9$														

5. まとめ

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が，いずれも東海第二発電所で想定する作業台船及び漁船の衝突とは状況が

異なり適用できない。これに対して、(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、船舶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、東海第二発電所で想定する漂流物の衝突荷重は、道路橋示方書による方法で算定することとする。

### 漂流物の移動量算出の考え方について

漂流物調査の範囲は、漂流物が東海第二発電所へ到達する可能性がある距離から、東海第二発電所から半径約 5km を範囲として設定している。漂流物が到達する可能性がある距離として、津波の流向及び流速とその継続時間から漂流物の移動量を算出している。漂流物の移動量算出の考え方の詳細について、以下に示す。

漂流物の移動量は、東海第二発電所周辺の海域の 18 箇所の抽出地点での流向及び流速より求める。第 1 図に水位、流向及び流速の抽出地点を示す。

津波の流向が発電所の方向へ向かっている時に、漂流物が発電所に接近すると考え、取水口より北側の抽出地点では東から西への方向かつ北から南への方向の流向を抽出し、取水口より南側の抽出地点では東から西への方向かつ南から北への方向の流向を抽出して評価する。また、90°方向については、東から西へ向かう方向の流向を抽出して評価する。第 2 図に、各抽出地点において考慮する流向の範囲を示す。

流速については、発電所へ向かう流向が継続している間にも流速は刻々と変化しているが、保守的に最大流速が継続しているものと仮定する。

以上より、抽出された流向の継続時間と最大流速の積により漂流物の移動量を算出する。

各抽出地点における各々の抽出された流向について、同様に漂流物の移動量を算出し、最大となった値をその抽出地点の漂流物の移動量とする。

抽出地点(1km,90°)(防波堤あり)においては、8箇所東から西へ向かう流向となる。これらの抽出された流向のうち、継続時間37.2分、最大流速1.6m/sの時に移動量が最大となり、移動量は3.6km(3572m)となる。第3図に抽出地点(1km,90°)(防波堤あり)における漂流物の移動量の算出の考え方を示す。

抽出地点(3km,150°)(防波堤なし)においては、11箇所東から西かつ南から北へ向かう流向となる。これらの抽出された流向のうち、継続時間9.9分、最大流速5.2m/sの時に移動量が最大となり、移動量は3.1km(3089m)となる。第4図に抽出地点(3km,150°)(防波堤なし)における漂流物の移動量の算出の考え方を示す。

他の抽出地点においても同様に漂流物の移動量を算出する。第1表に、各抽出地点における漂流物の移動量の算出結果を示す。

また、第5-1図から第16-3図に各抽出地点における水位、流速及び流向の時刻歴を示す。

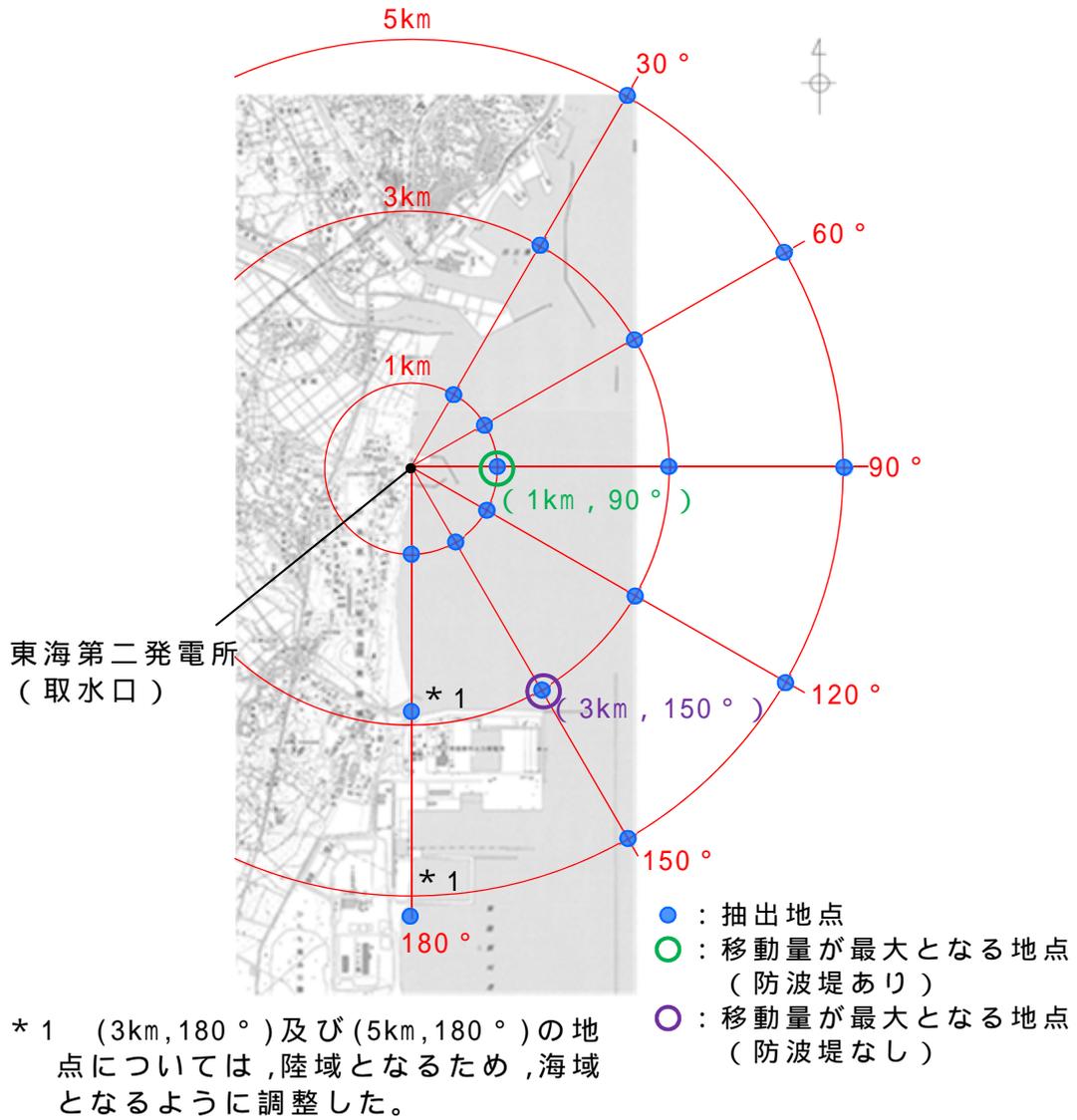
第 1 表 各抽出地点における漂流物の移動量

( 防波堤ありの場合 )

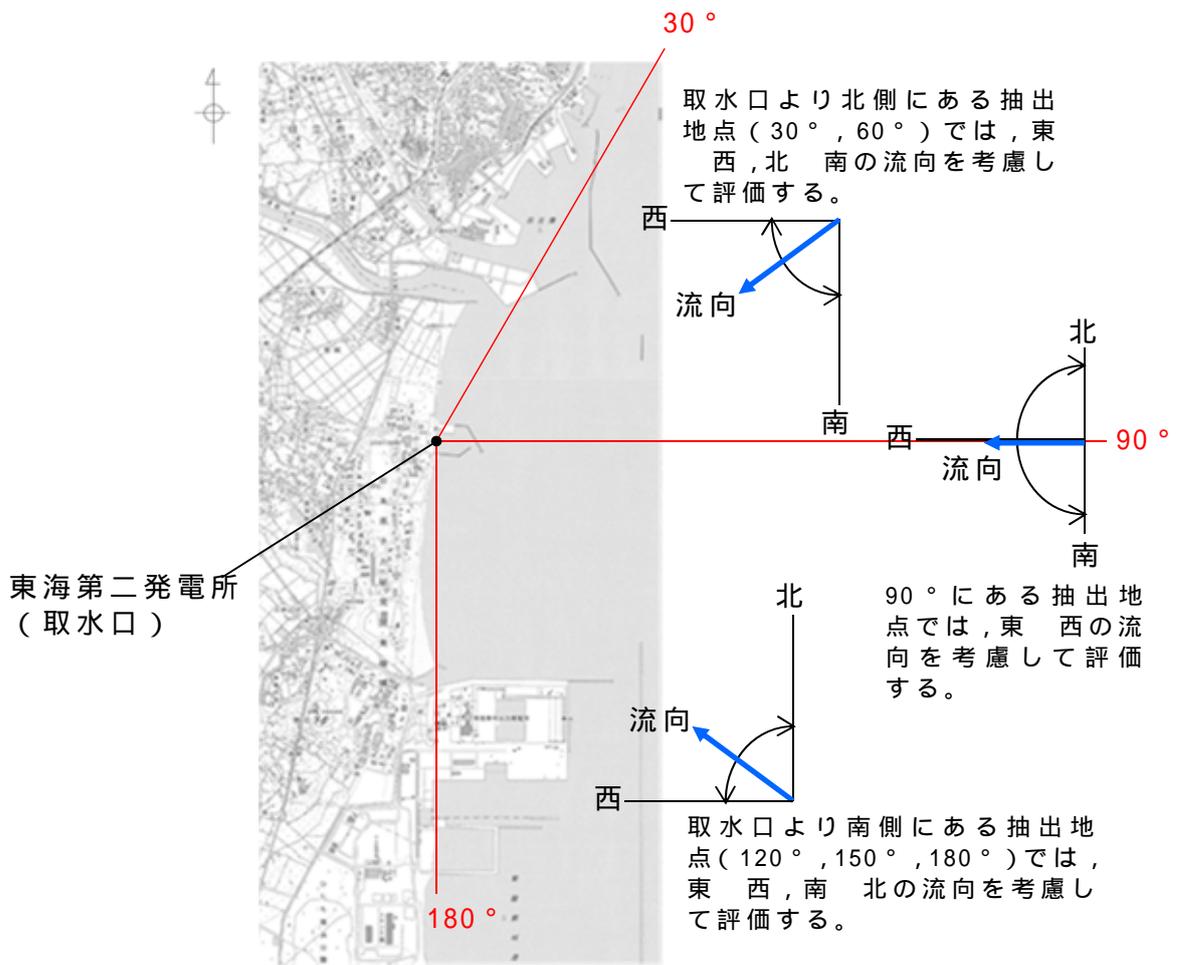
抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1km	206m	510m	3572m	1275m	2099m	2278m
3km	170m	1131m	1772m	22m	1014m	1512m
5km	429m	572m	1575m	644m	610m	1422m

( 防波堤なしの場合 )

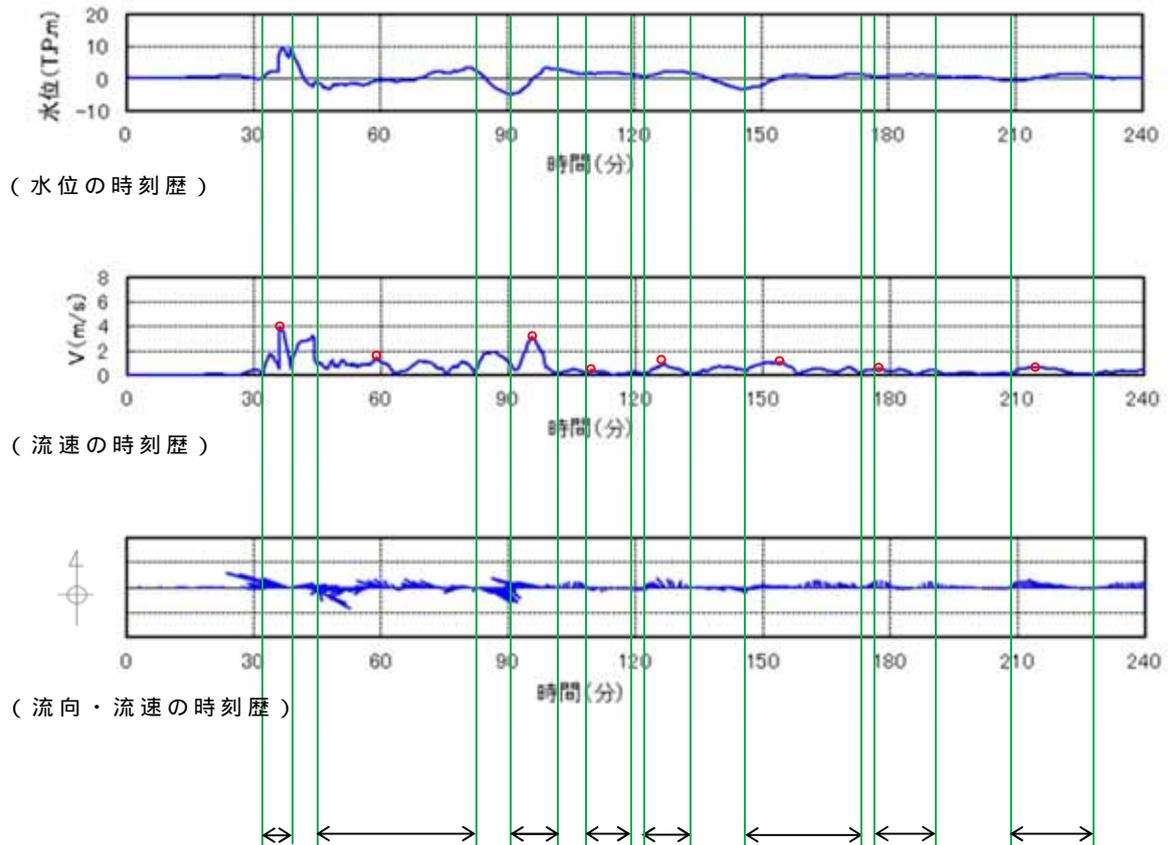
抽出地点	30 °	60 °	90 °	120 °	150 °	180 °
1km	461m	792m	1449m	1268m	1155m	1710m
3km	445m	857m	1772m	1556m	3089m	10m
5km	1232m	1063m	1575m	1575m	1470m	1617m



第 1 図 水位，流向，流速の抽出地点

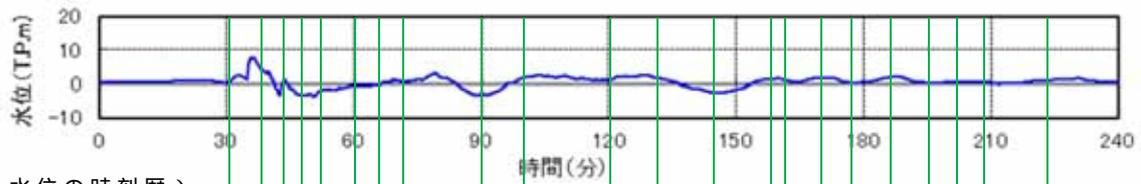


第 2 図 時系列データの抽出地点において考慮する流向の範囲

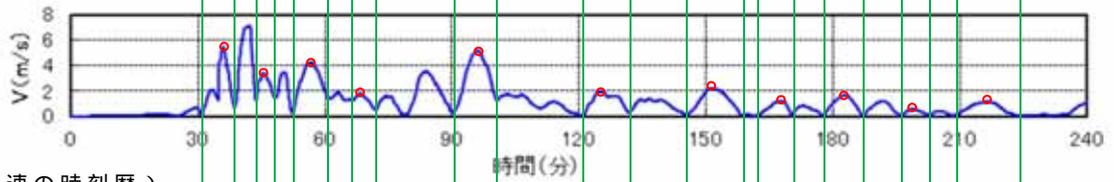


(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
6.9[分]	×	4.0[m/s] × 60	=	1656[m]    1.7[km]
<u>37.2[分]</u>	×	<u>1.6[m/s] × 60</u>	=	<u>3572[m]</u> <u>3.6[km]</u>
10.8[分]	×	3.1[m/s] × 60	=	2009[m]    2.1[km]
10.9[分]	×	0.5[m/s] × 60	=	327[m]    0.4[km]
11.1[分]	×	1.1[m/s] × 60	=	733[m]    0.8[km]
26.9[分]	×	1.1[m/s] × 60	=	1776[m]    1.8[km]
14.5[分]	×	0.6[m/s] × 60	=	522[m]    0.6[km]
19.1[分]	×	0.8[m/s] × 60	=	917[m]    1.0[km]

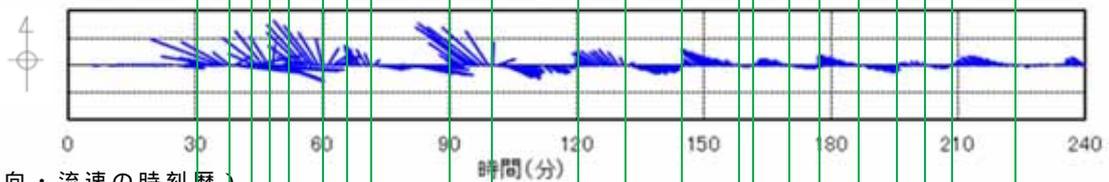
第3図 抽出地点(1km, 90°)(防波堤あり)における漂流物の移動量の算出の考え方



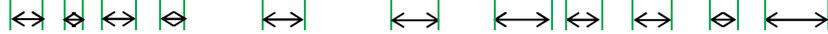
(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)

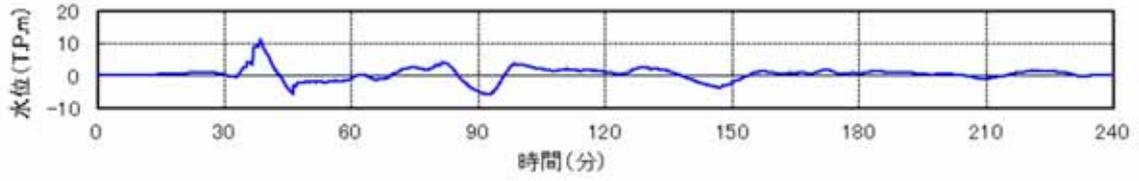


(流向・流速の時刻歴)

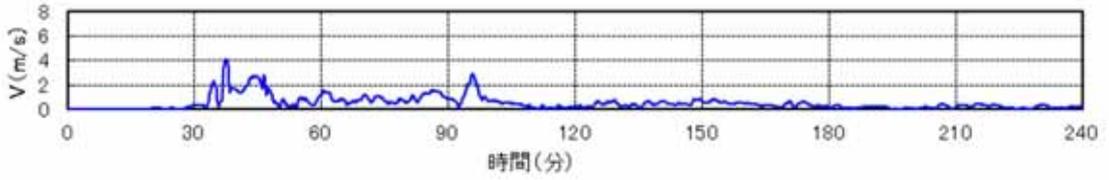


(継続時間)	×	(最大流速)	=	(移動量)
7.9[分]	×	5.5[m/s] × 60	=	2607[m] 2.7[km]
4.5[分]	×	3.4[m/s] × 60	=	918[m] 1.0[km]
8.3[分]	×	4.3[m/s] × 60	=	2142[m] 2.2[km]
5.7[分]	×	1.8[m/s] × 60	=	616[m] 0.7[km]
<u>9.9[分]</u>	×	<u>5.2[m/s] × 60</u>	=	<u>3089[m]</u> <u>3.1[km]</u>
10.5[分]	×	2.0[m/s] × 60	=	1260[m] 1.3[km]
13.4[分]	×	2.2[m/s] × 60	=	1769[m] 1.8[km]
8.8[分]	×	1.3[m/s] × 60	=	687[m] 0.7[km]
9.5[分]	×	1.7[m/s] × 60	=	969[m] 1.0[km]
6.1[分]	×	0.7[m/s] × 60	=	257[m] 0.3[km]
15.6[分]	×	1.2[m/s] × 60	=	1124[m] 1.2[km]

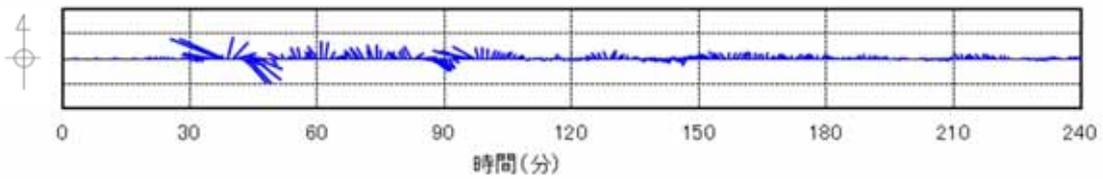
第4図 抽出地点(3km, 150°)(防波堤なし)における漂流物の移動量の算出の考え方



(水位の時刻歴)

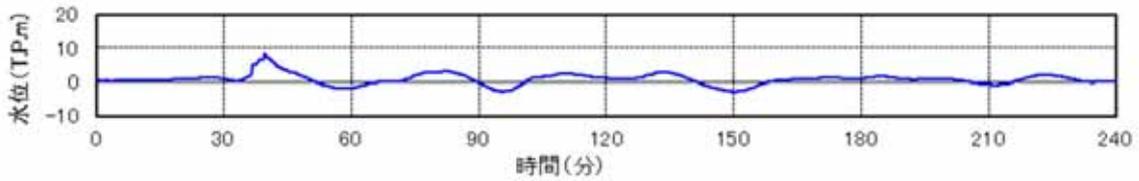


(流速の時刻歴)

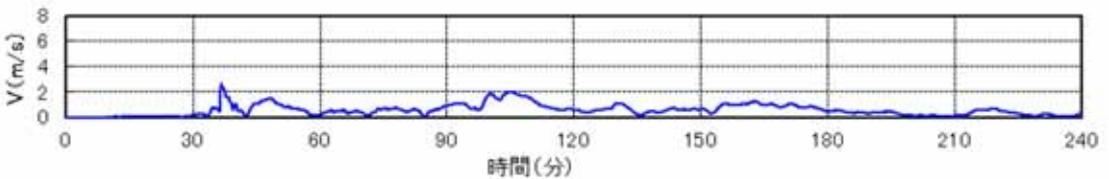


(流向・流速の時刻歴)

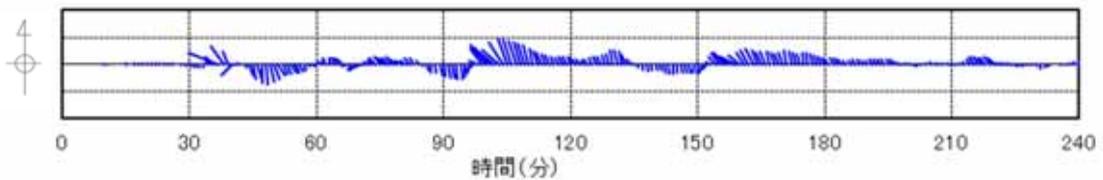
第 5-1 図 抽出地点 (1km, 30°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

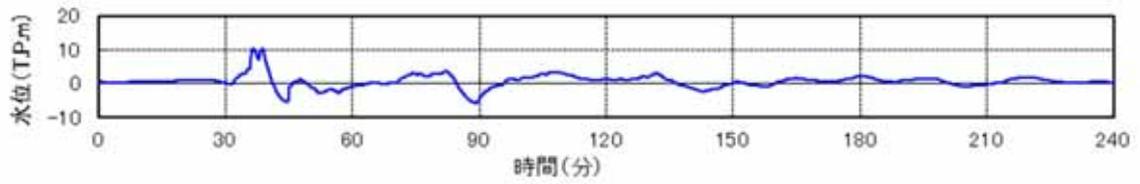


(流速の時刻歴)

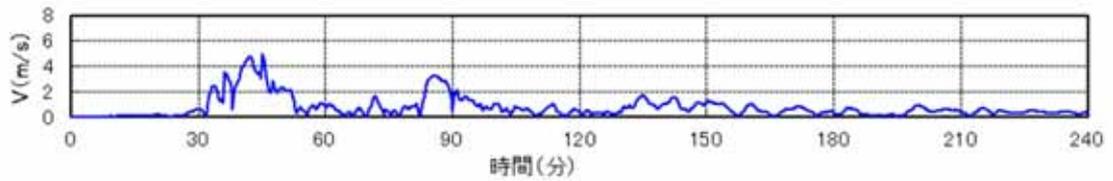


(流向・流速の時刻歴)

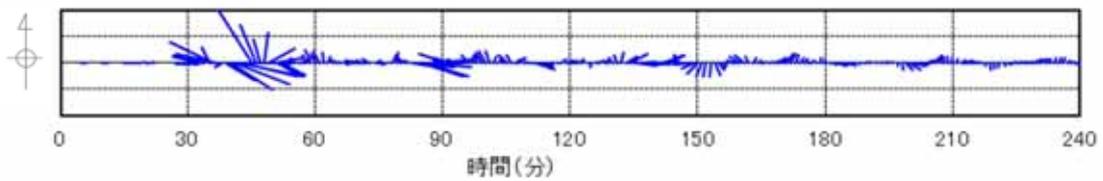
第 5-2 図 抽出地点 (3km, 30°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

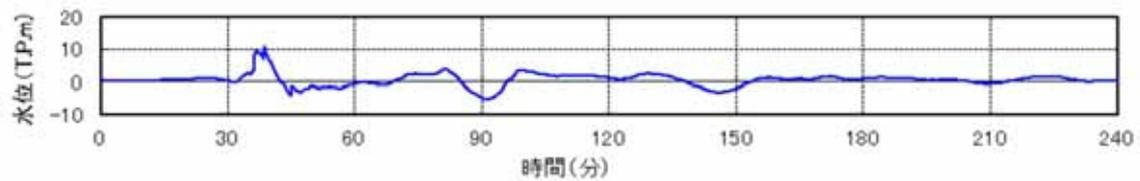


(流速の時刻歴)

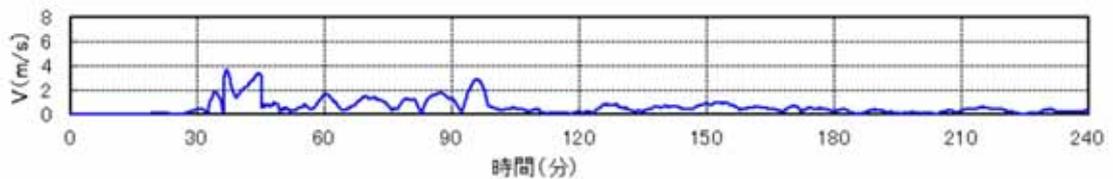


(流向・流速の時刻歴)

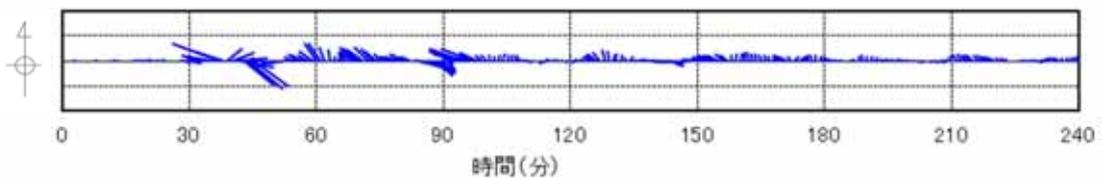
第 5-3 図 抽出地点 (5km, 30°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

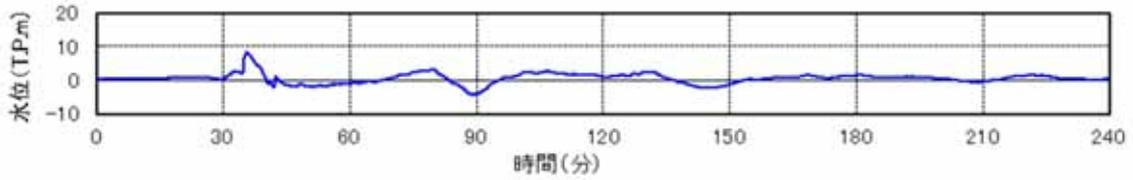


(流速の時刻歴)

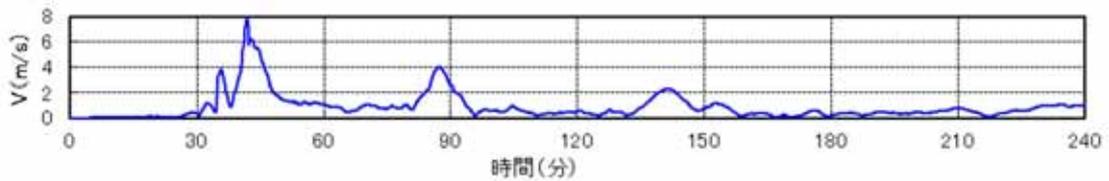


(流向・流速の時刻歴)

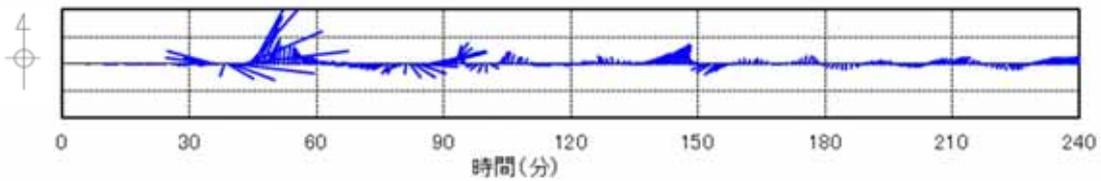
第 6-1 図 抽出地点 (1km, 60°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

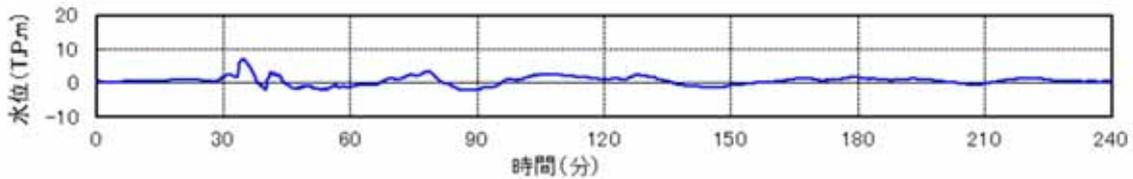


(流速の時刻歴)

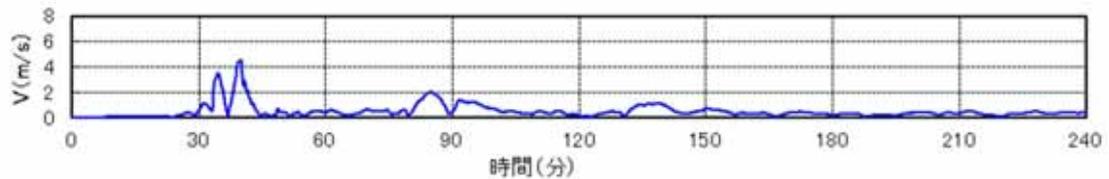


(流向・流速の時刻歴)

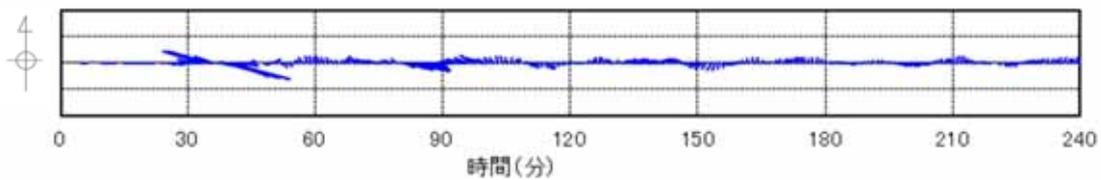
第 6-2 図 抽出地点 (3km, 60°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

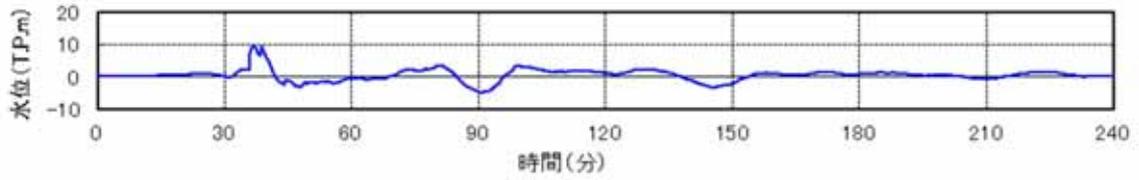


(流速の時刻歴)

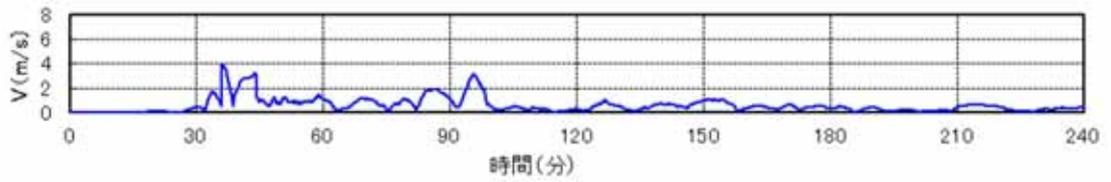


(流向・流速の時刻歴)

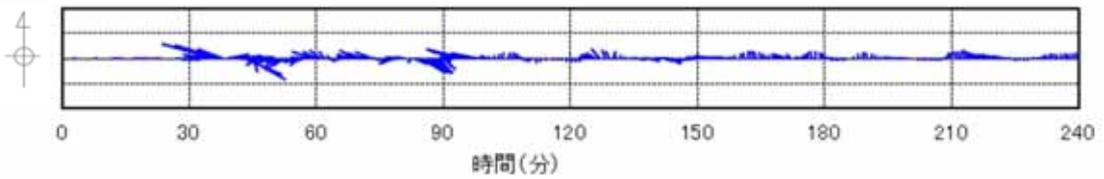
第 6-3 図 抽出地点 (5km, 60°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

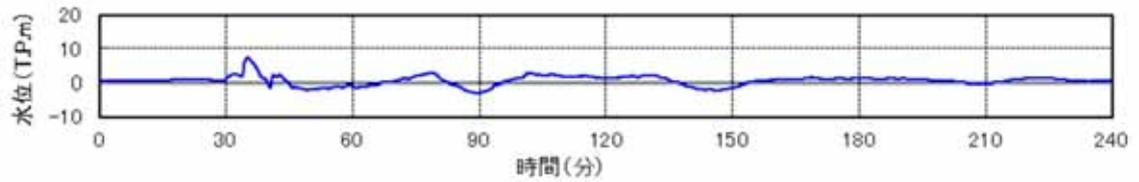


(流速の時刻歴)

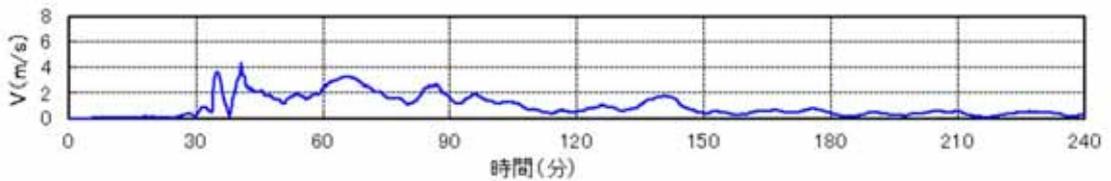


(流向・流速の時刻歴)

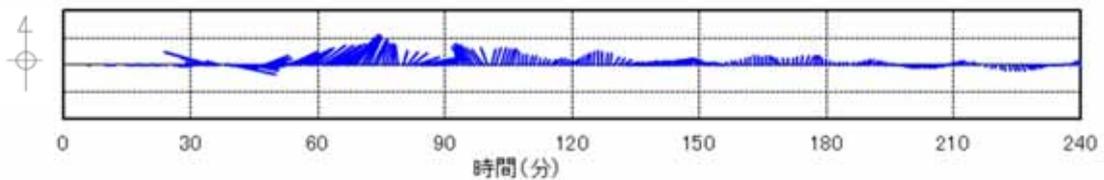
第 7-1 図 抽出地点 (1km, 90°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

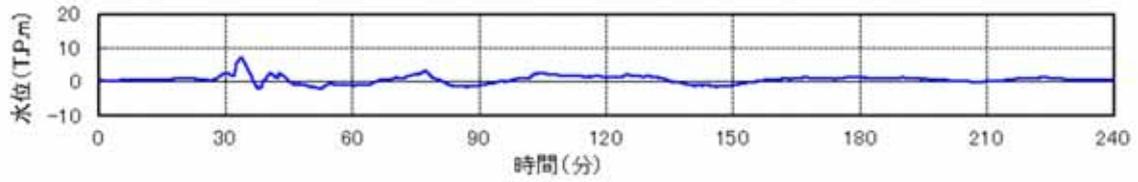


(流速の時刻歴)

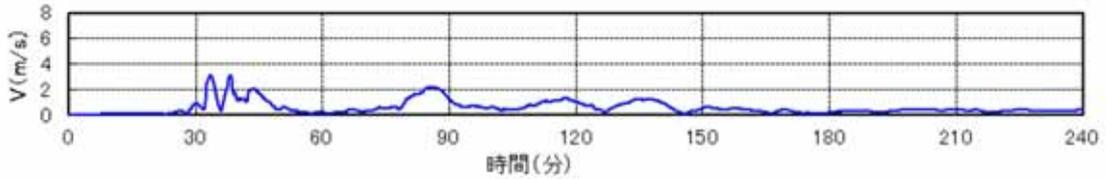


(流向・流速の時刻歴)

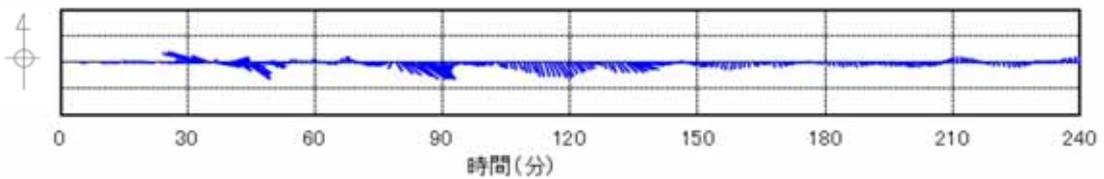
第 7-2 図 抽出地点 (3km, 90°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

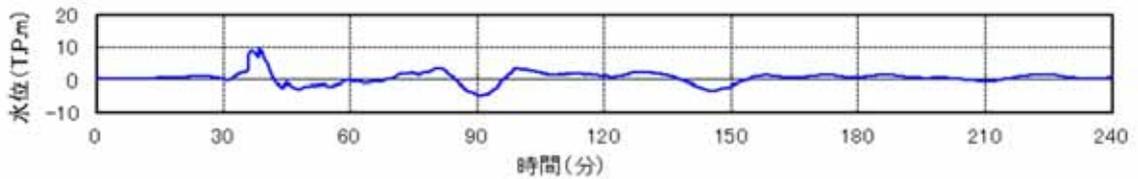


(流速の時刻歴)

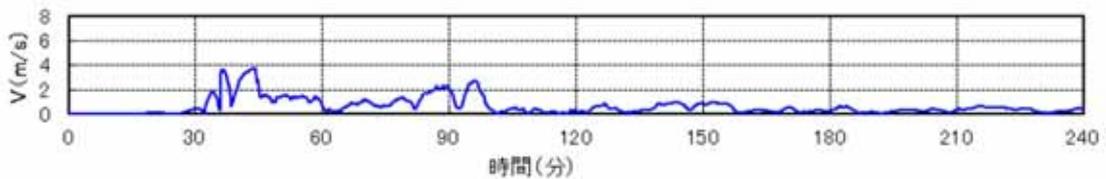


(流向・流速の時刻歴)

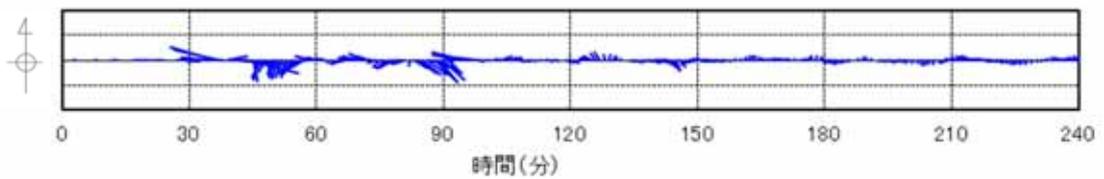
第 7-3 図 抽出地点 (5km, 90°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

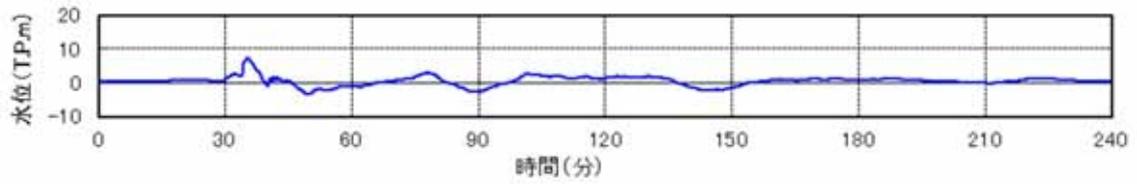


(流速の時刻歴)

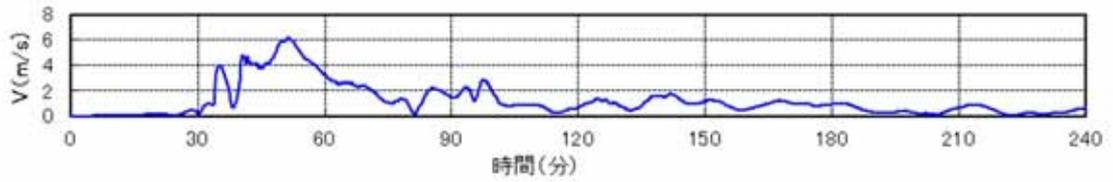


(流向・流速の時刻歴)

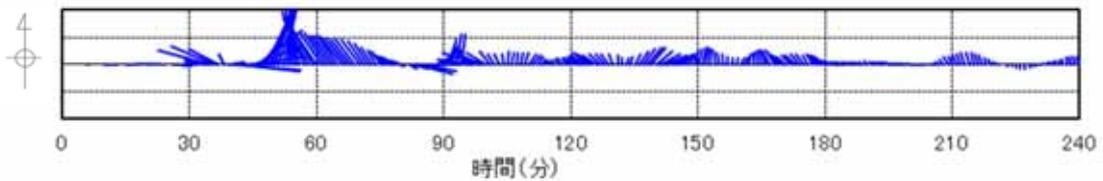
第 8-1 図 抽出地点 (1km, 120°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

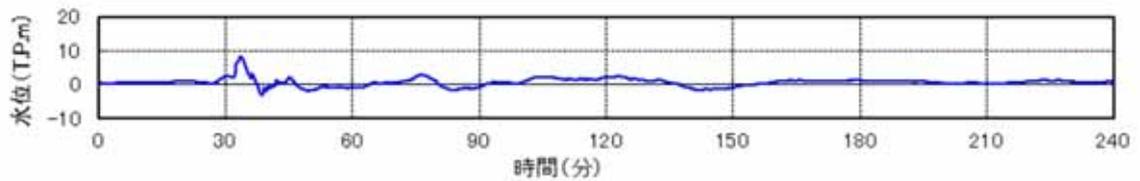


(流速の時刻歴)

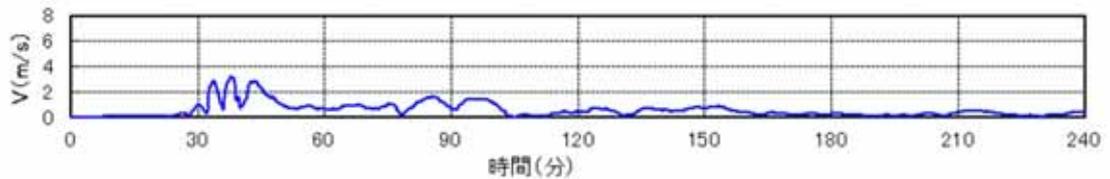


(流向・流速の時刻歴)

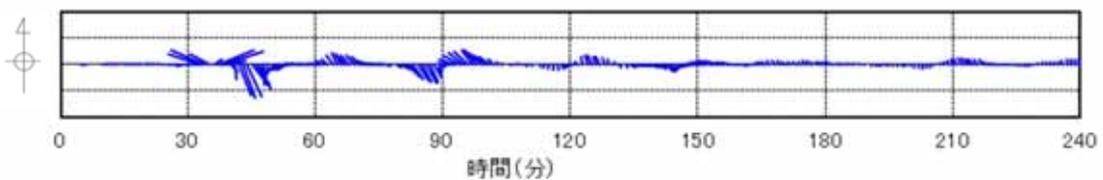
第 8-2 図 抽出地点 (3km, 120°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

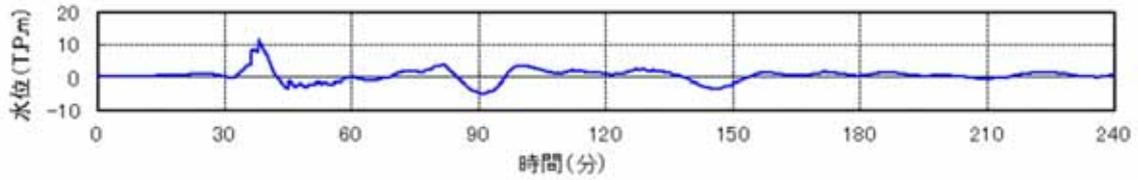


(流速の時刻歴)

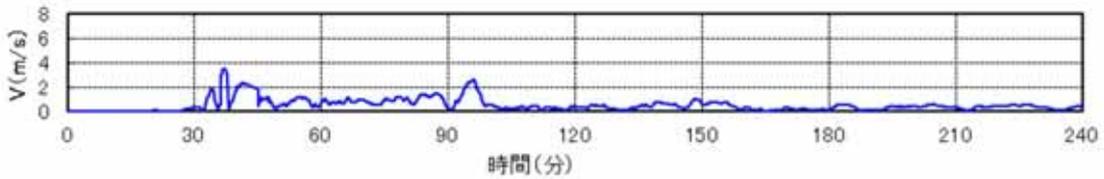


(流向・流速の時刻歴)

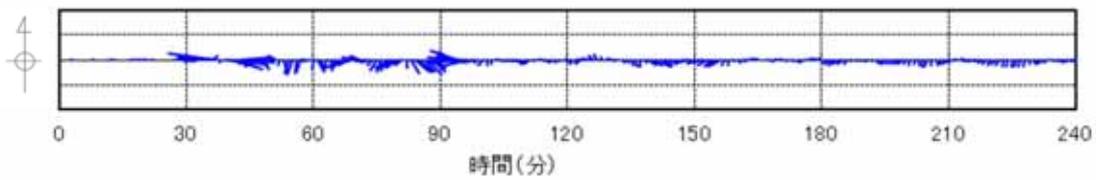
第 8-3 図 抽出地点 (5km, 120°) (防波堤あり)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

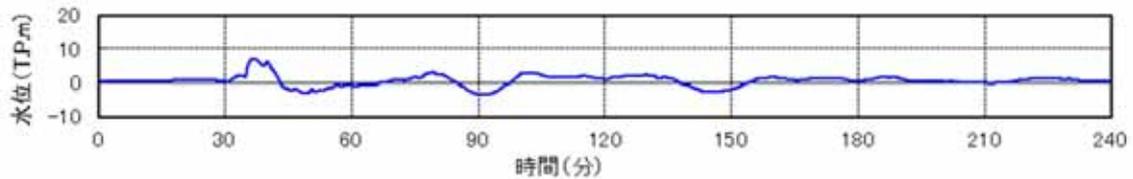


(流速の時刻歴)

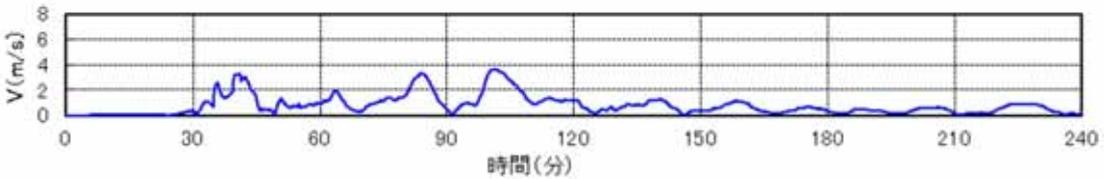


(流向・流速の時刻歴)

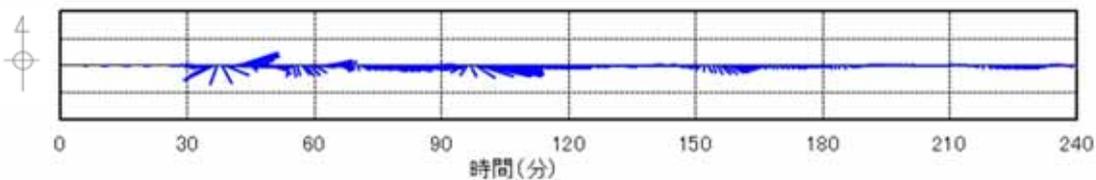
第 9-1 図 抽出地点 (1km, 150°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

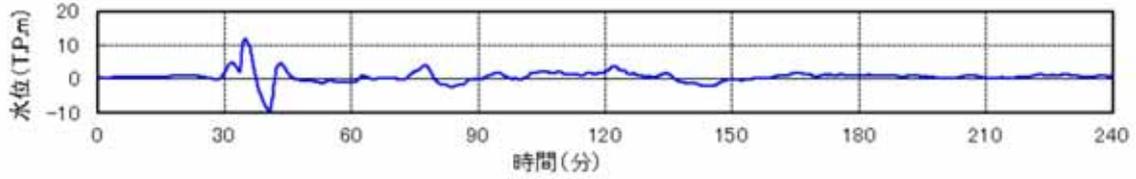


(流速の時刻歴)

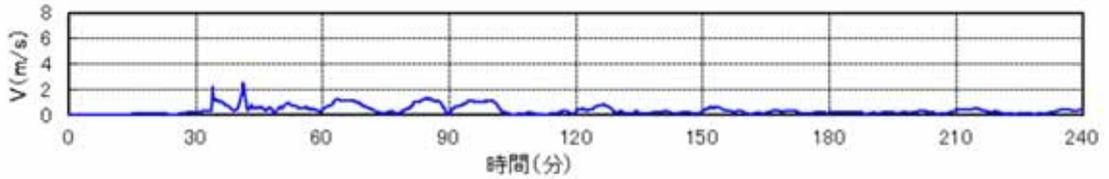


(流向・流速の時刻歴)

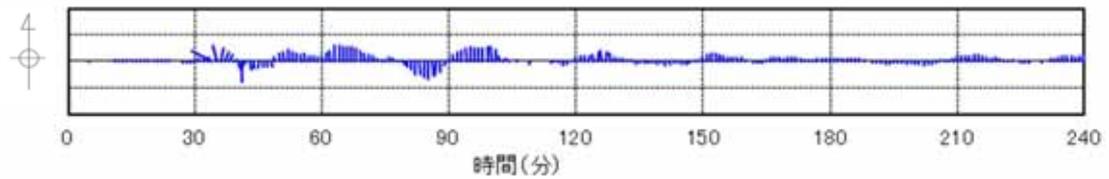
第 9-2 図 抽出地点 (3km, 150°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

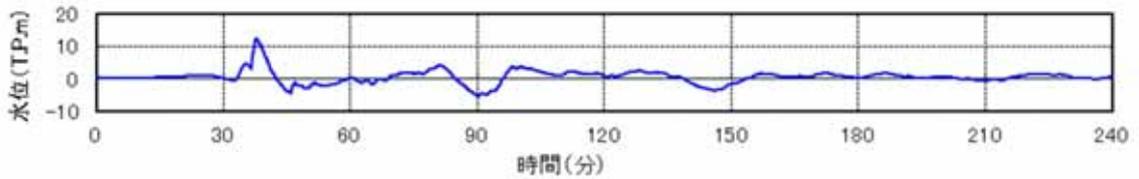


(流速の時刻歴)

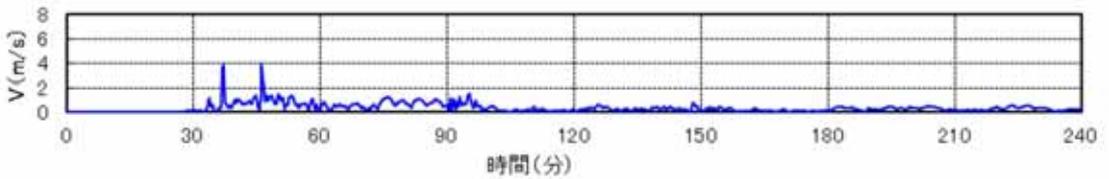


(流向・流速の時刻歴)

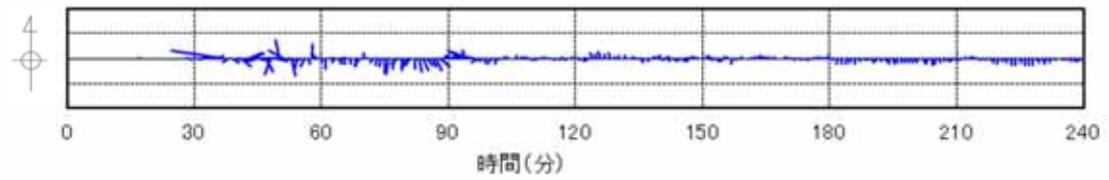
第 9-3 図 抽出地点 (5km, 150°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

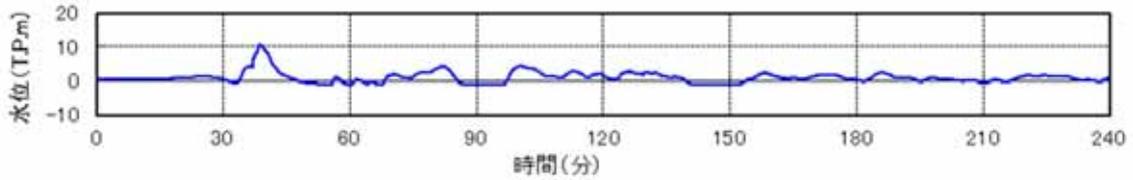


(流速の時刻歴)

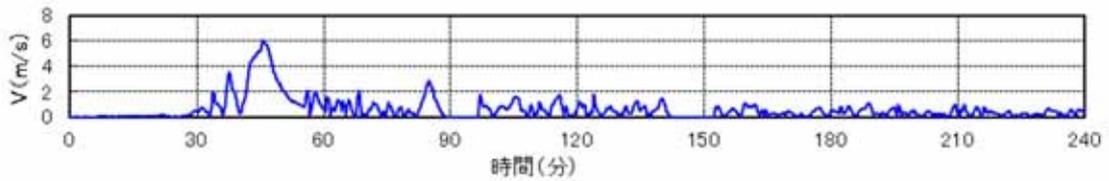


(流向・流速の時刻歴)

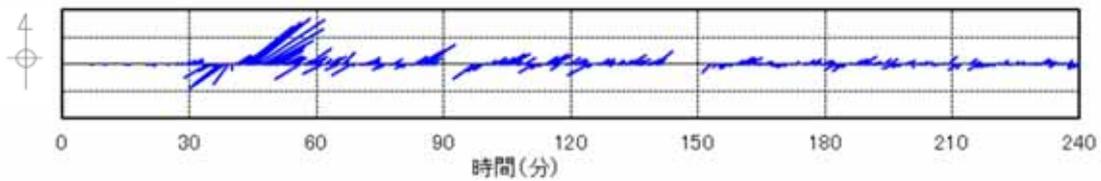
第 10-1 図 抽出地点 (1km, 180°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

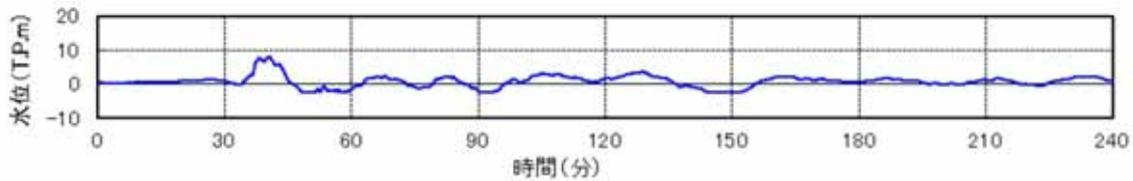


(流速の時刻歴)

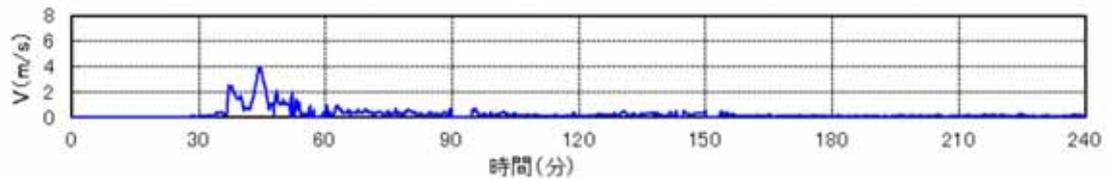


(流向・流速の時刻歴)

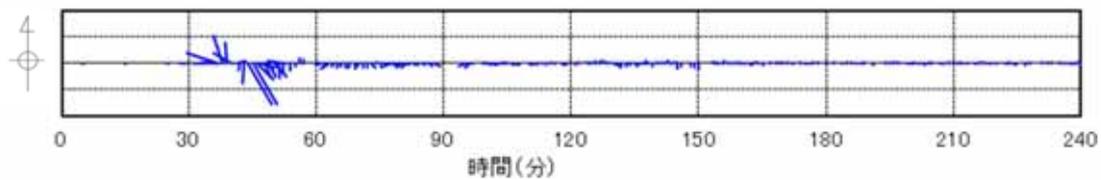
第 10-2 図 抽出地点 (3km, 180°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

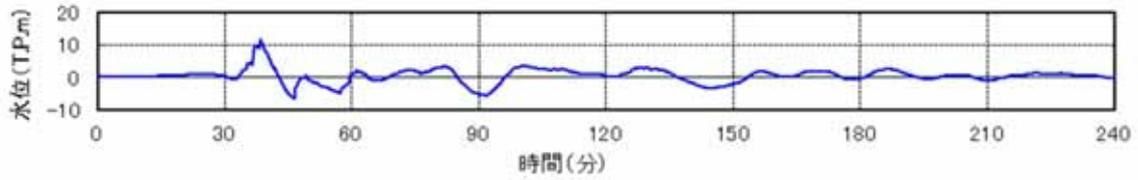


(流速の時刻歴)

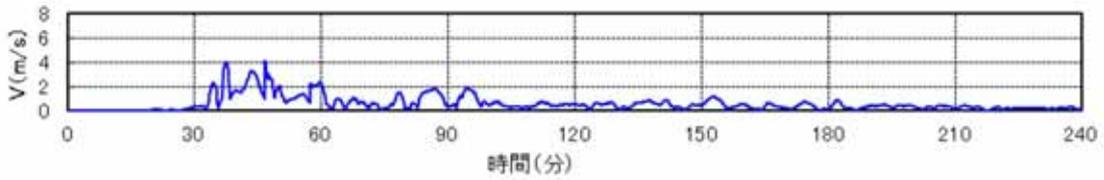


(流向・流速の時刻歴)

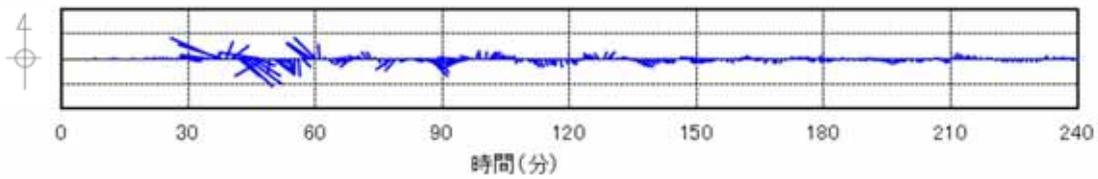
第 10-3 図 抽出地点 (5km, 180°) (防波堤あり) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

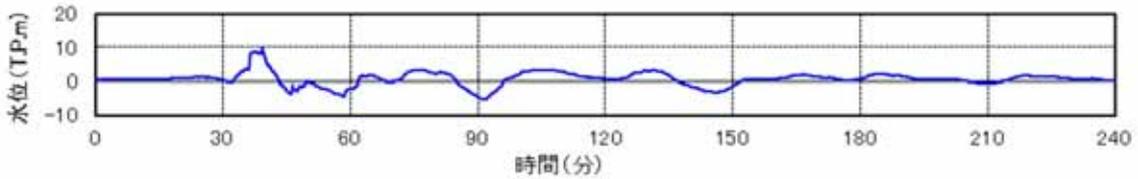


(流速の時刻歴)

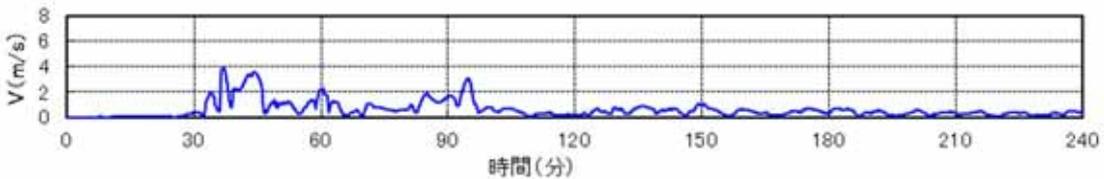


(流向・流速の時刻歴)

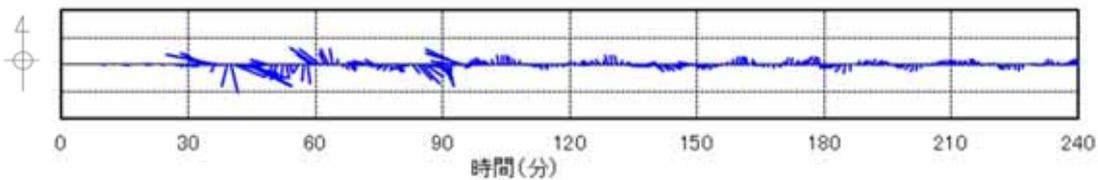
第 11-1 図 抽出地点 (1km, 30°)(防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

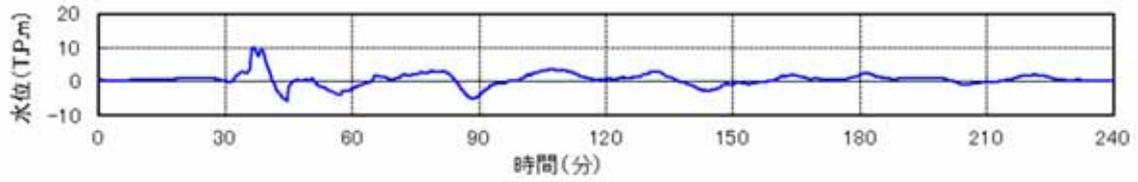


(流速の時刻歴)

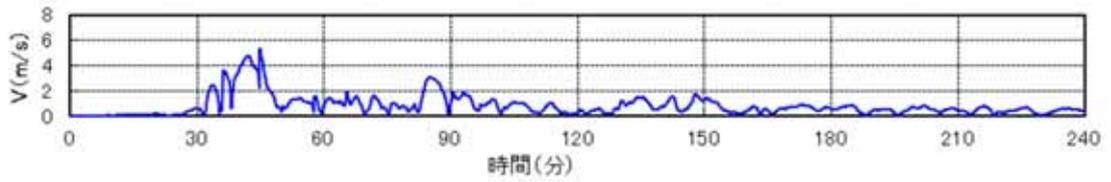


(流向・流速の時刻歴)

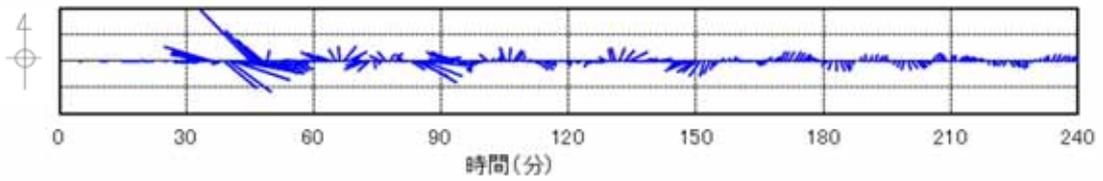
第 11-2 図 抽出地点 (3km, 30°)(防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

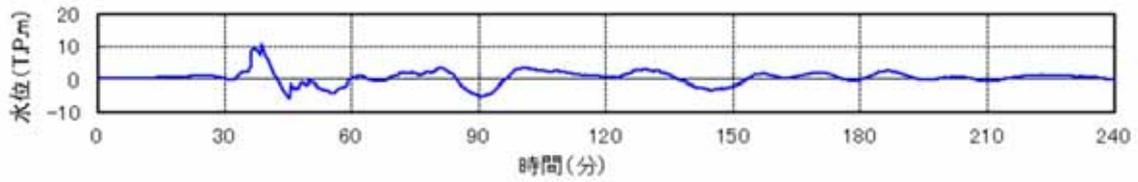


(流速の時刻歴)

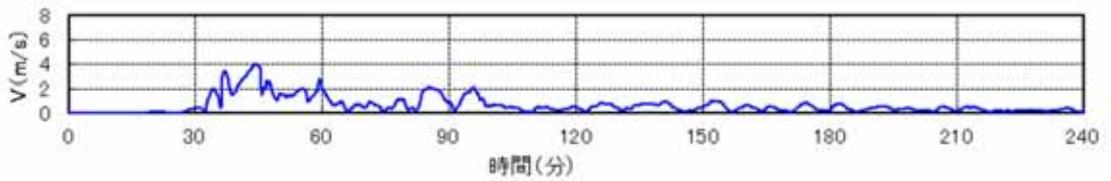


(流向・流速の時刻歴)

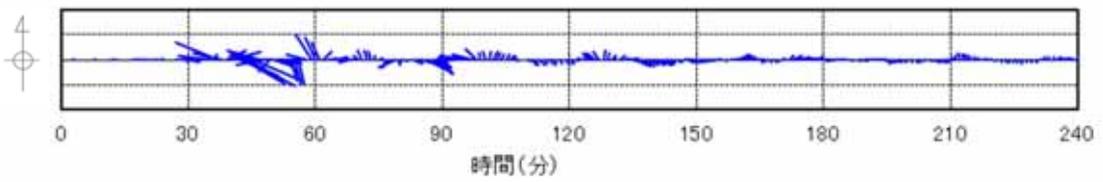
第 11-3 図 抽出地点 (5km, 30°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

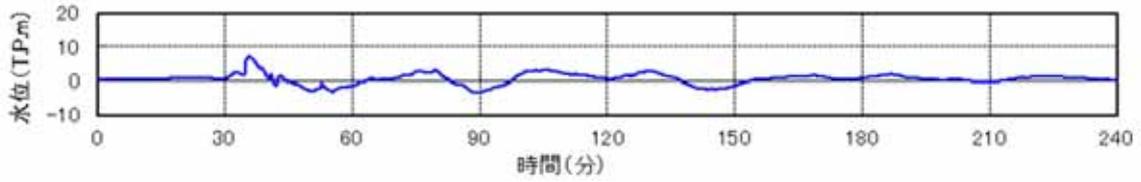


(流速の時刻歴)

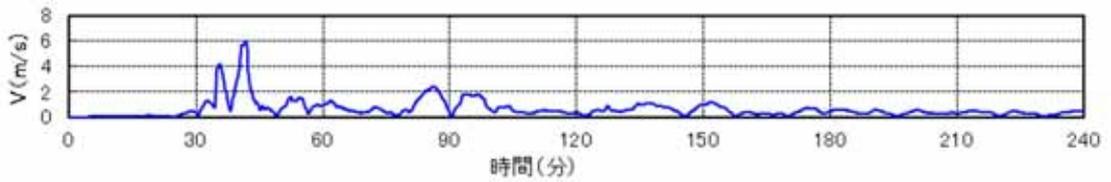


(流向・流速の時刻歴)

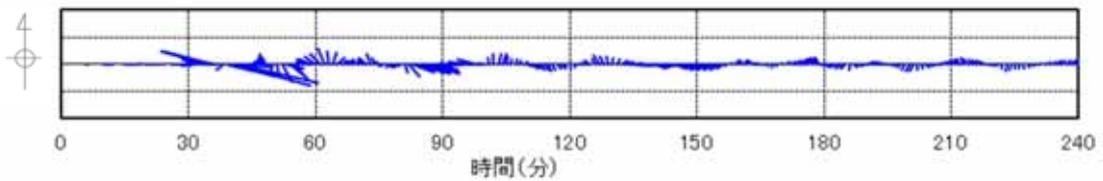
第 12-1 図 抽出地点 (1km, 60°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

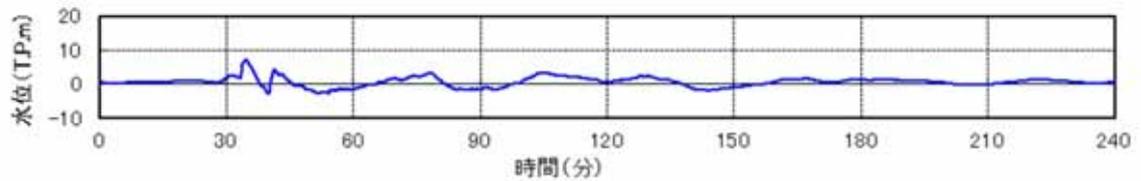


(流速の時刻歴)

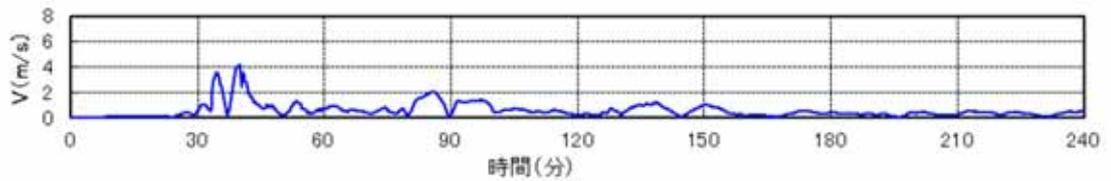


(流向・流速の時刻歴)

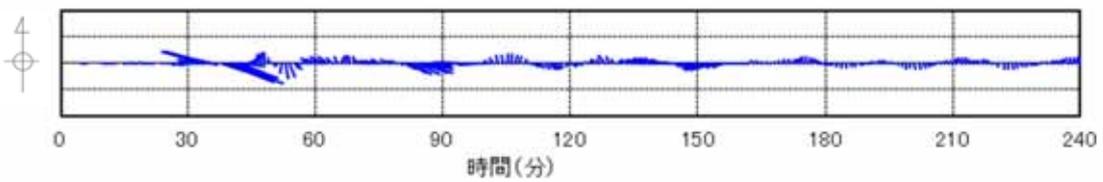
第 12-2 図 抽出地点 (3km, 60°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

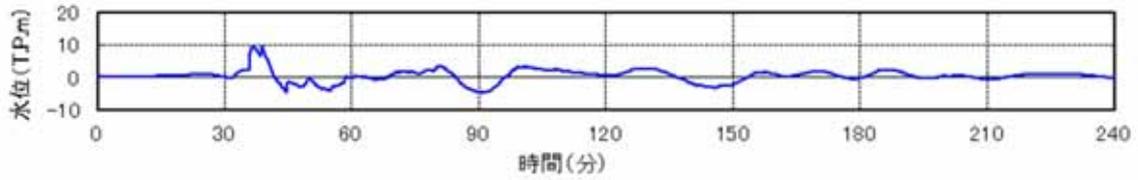


(流速の時刻歴)

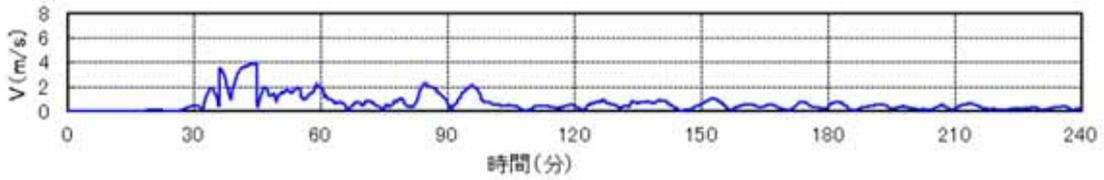


(流向・流速の時刻歴)

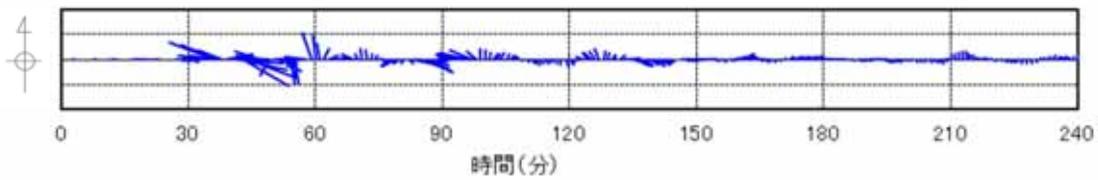
第 12-3 図 抽出地点 (5km, 60°) (防波堤なし)  
の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

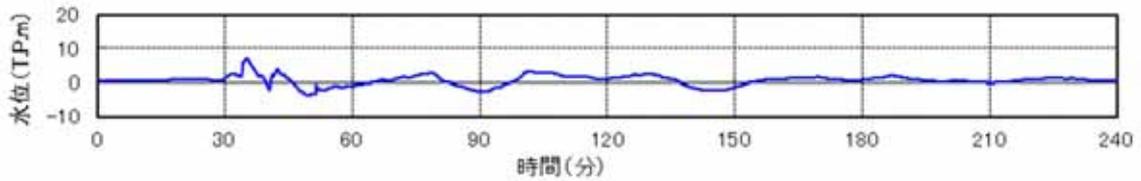


(流速の時刻歴)

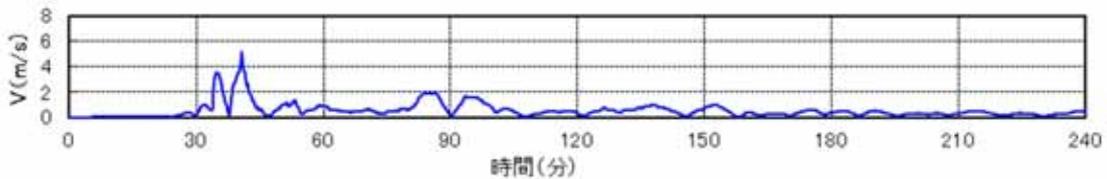


(流向・流速の時刻歴)

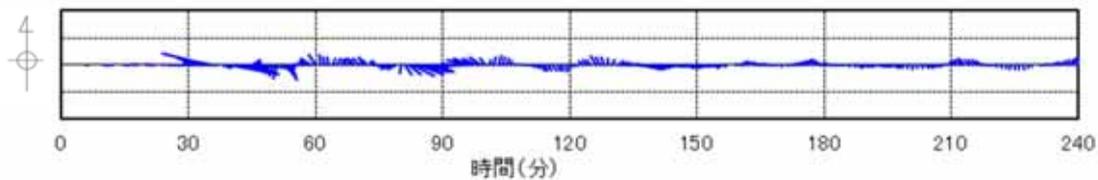
第 13-1 図 抽出地点 (1km, 90°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

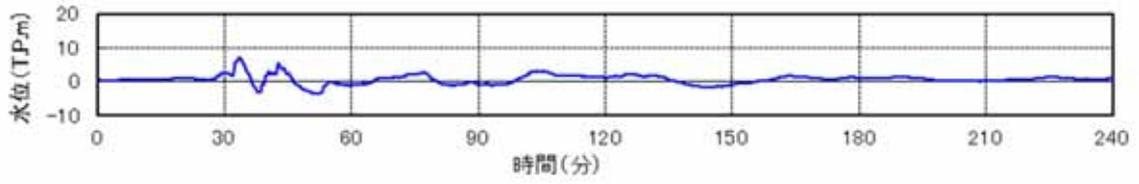


(流速の時刻歴)

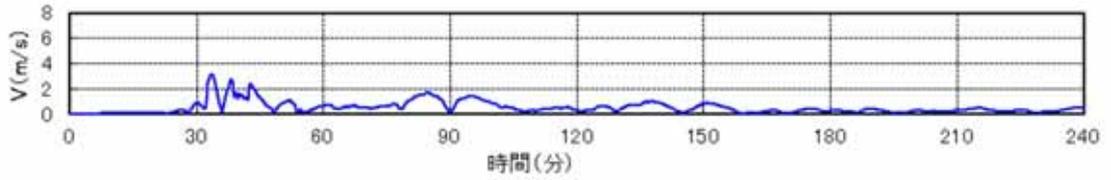


(流向・流速の時刻歴)

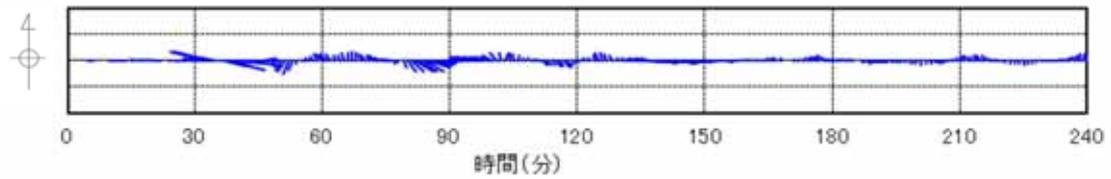
第 13-2 図 抽出地点 (3km, 90°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

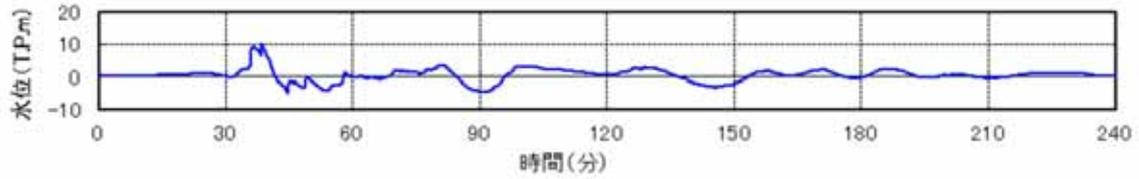


(流速の時刻歴)

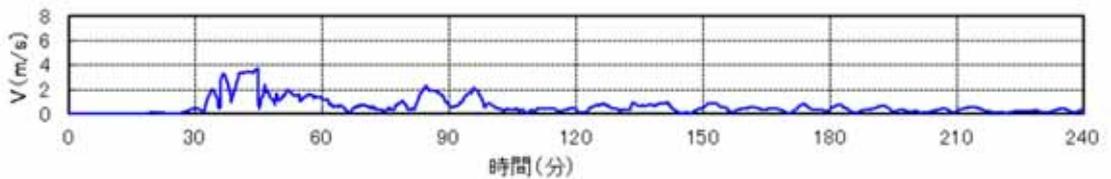


(流向・流速の時刻歴)

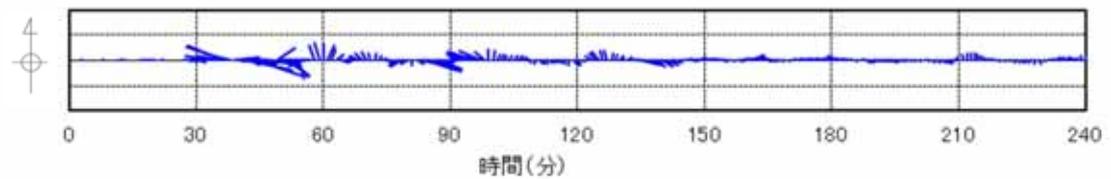
第 13-3 図 抽出地点 (5km, 90°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

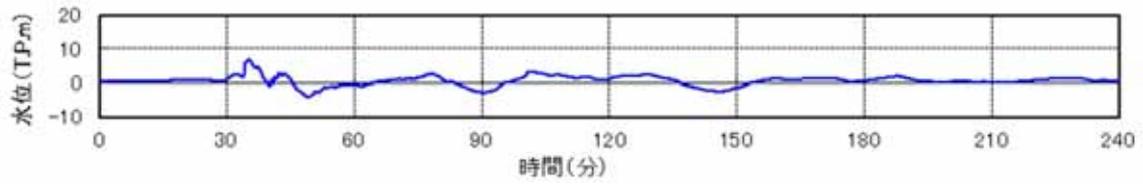


(流速の時刻歴)

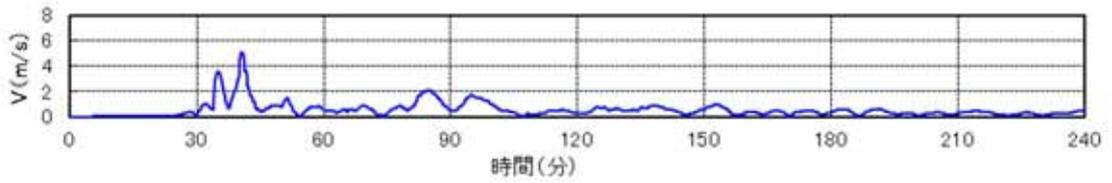


(流向・流速の時刻歴)

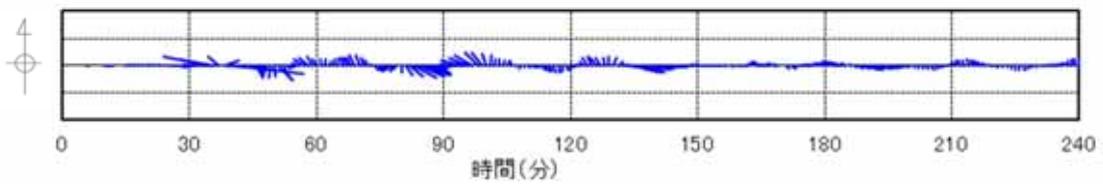
第 14-1 図 抽出地点 (1km, 120°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

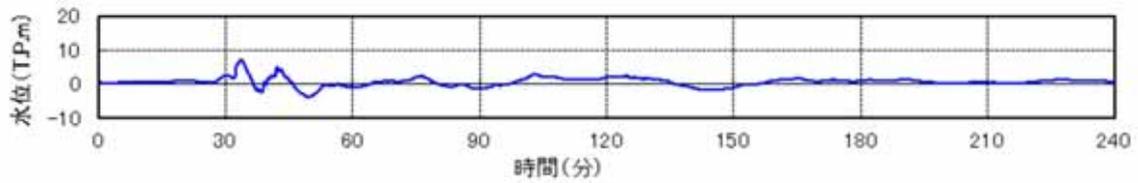


(流速の時刻歴)

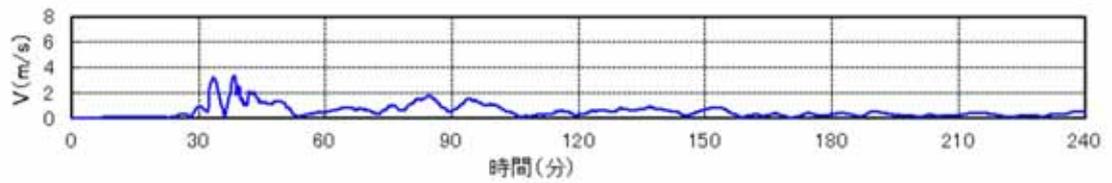


(流向・流速の時刻歴)

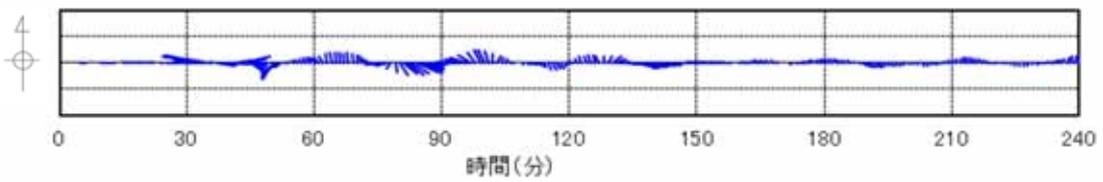
第 14-2 図 抽出地点 (3km, 120°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

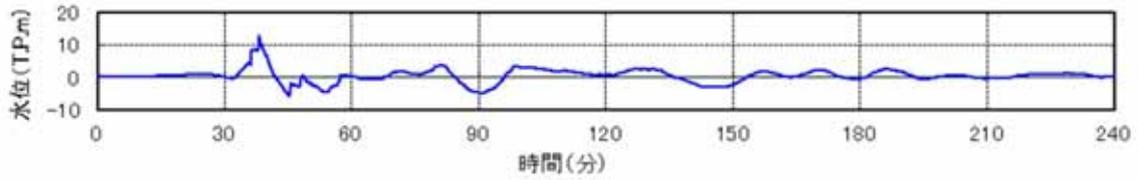


(流速の時刻歴)

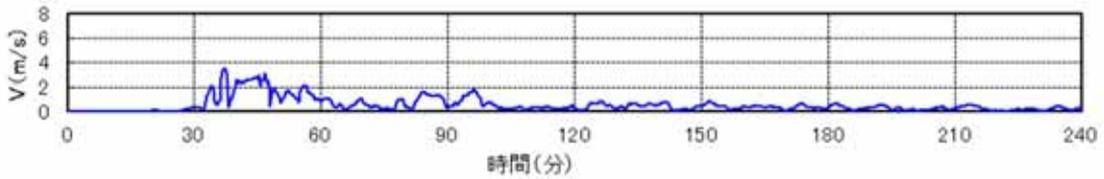


(流向・流速の時刻歴)

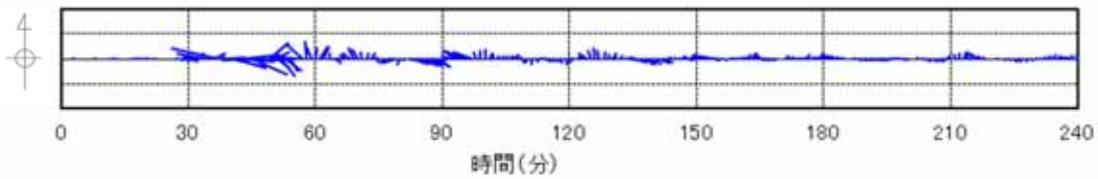
第 14-3 図 抽出地点 (5km, 120°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

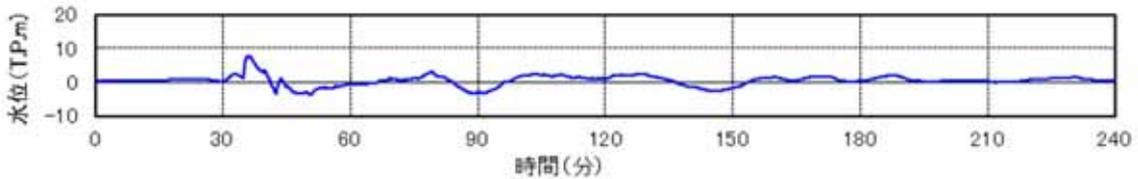


(流速の時刻歴)

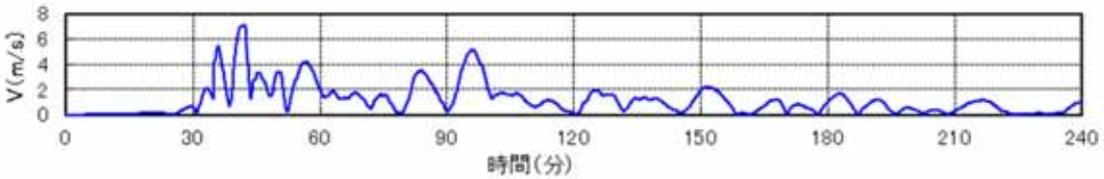


(流向・流速の時刻歴)

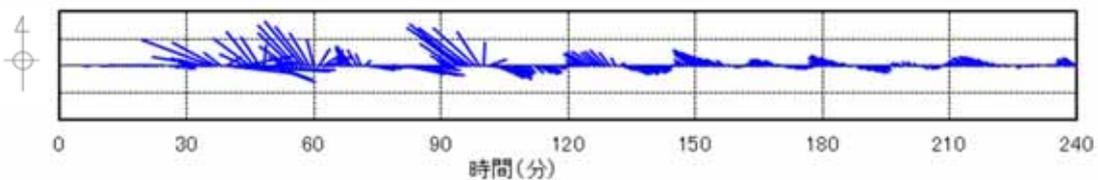
第 15-1 図 抽出地点 (1km, 150°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

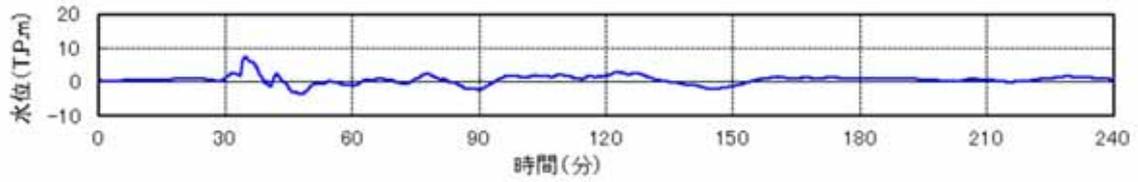


(流速の時刻歴)

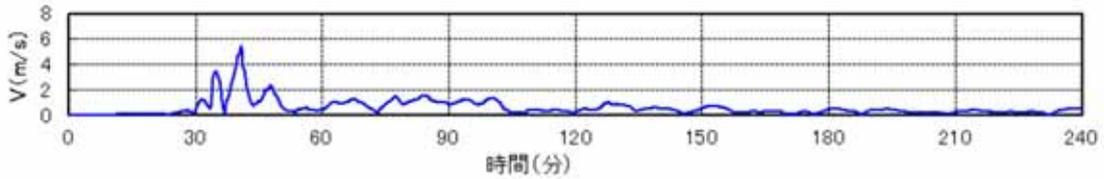


(流向・流速の時刻歴)

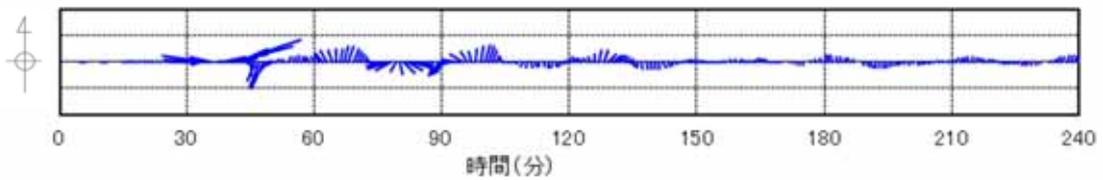
第 15-2 図 抽出地点 (3km, 150°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

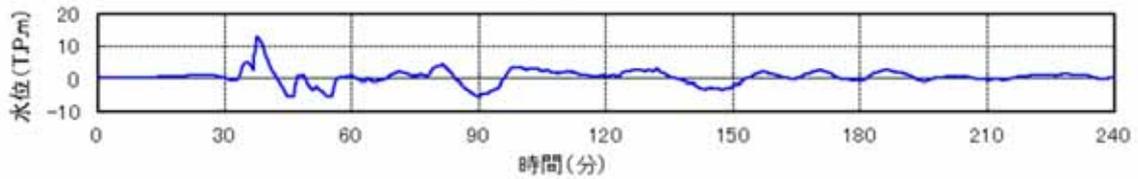


(流速の時刻歴)

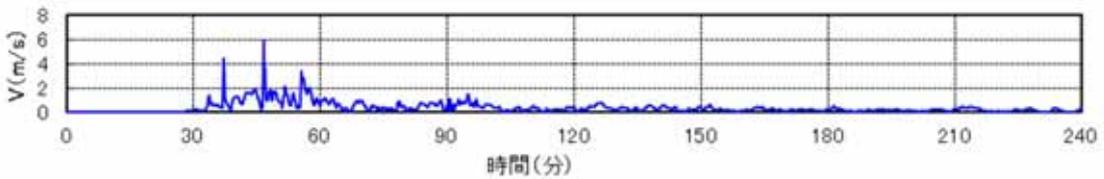


(流向・流速の時刻歴)

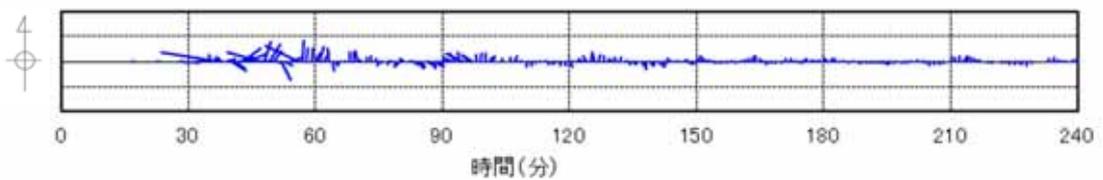
第 15-3 図 抽出地点 (5km, 150°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

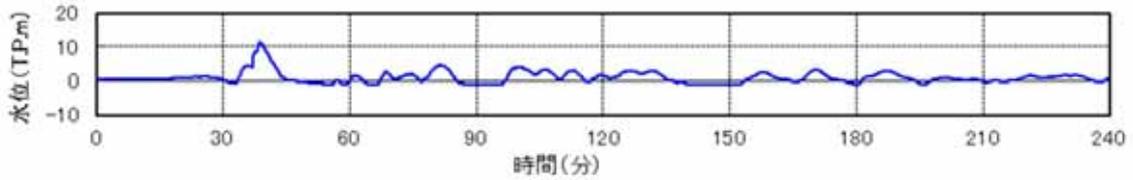


(流速の時刻歴)

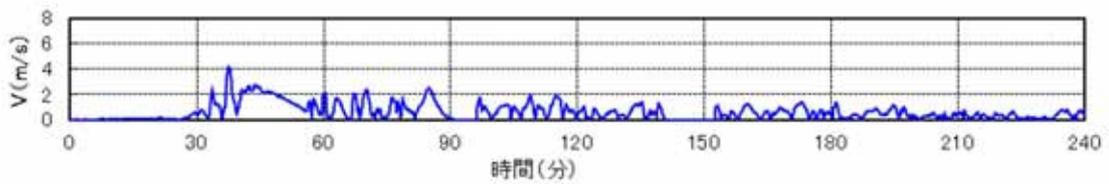


(流向・流速の時刻歴)

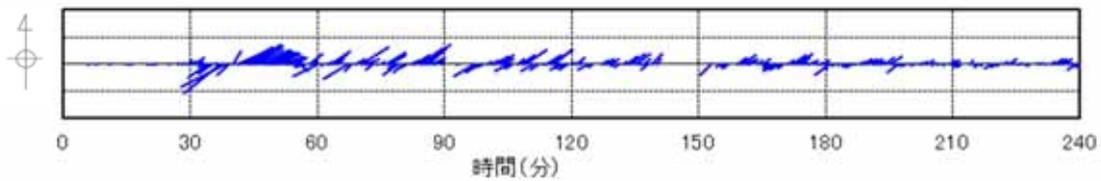
第 16-1 図 抽出地点 (1km, 180°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)

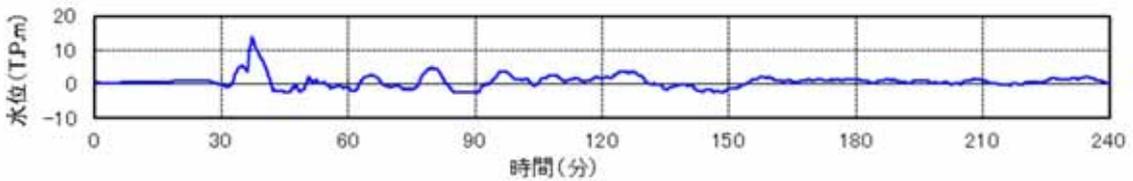


(流速の時刻歴)

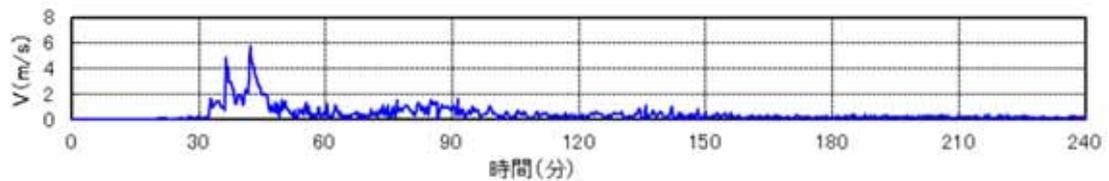


(流向・流速の時刻歴)

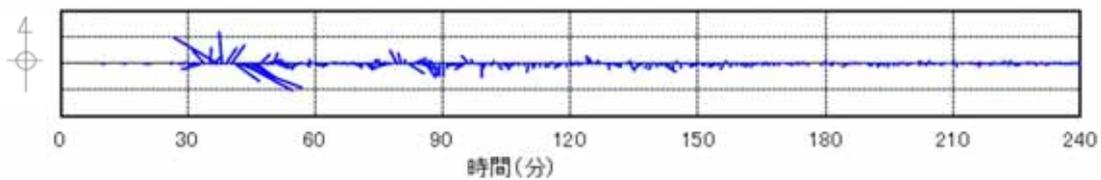
第 16-2 図 抽出地点 (3km, 180°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向



(水位の時刻歴)



(流速の時刻歴)



(流向・流速の時刻歴)

第 16-3 図 抽出地点 (5km, 180°) (防波堤なし) の水位, 流速及び流向

## 津波の流況をふまえた漂流物の取水口到達可能性評価について

### 1. はじめに

「2.5 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」における評価のひとつとして、基準津波に伴う漂流物が取水性に及ぼす影響を確認するために、漂流物となる可能性のある施設・設備を「第 2.5-11 図 漂流物評価フロー」に基づき評価している。

漂流物評価フローにおいて示される「津波防護施設等、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性」の具体的な考え方について、以下に示す。

### 2. 「津波防護施設等、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性」について

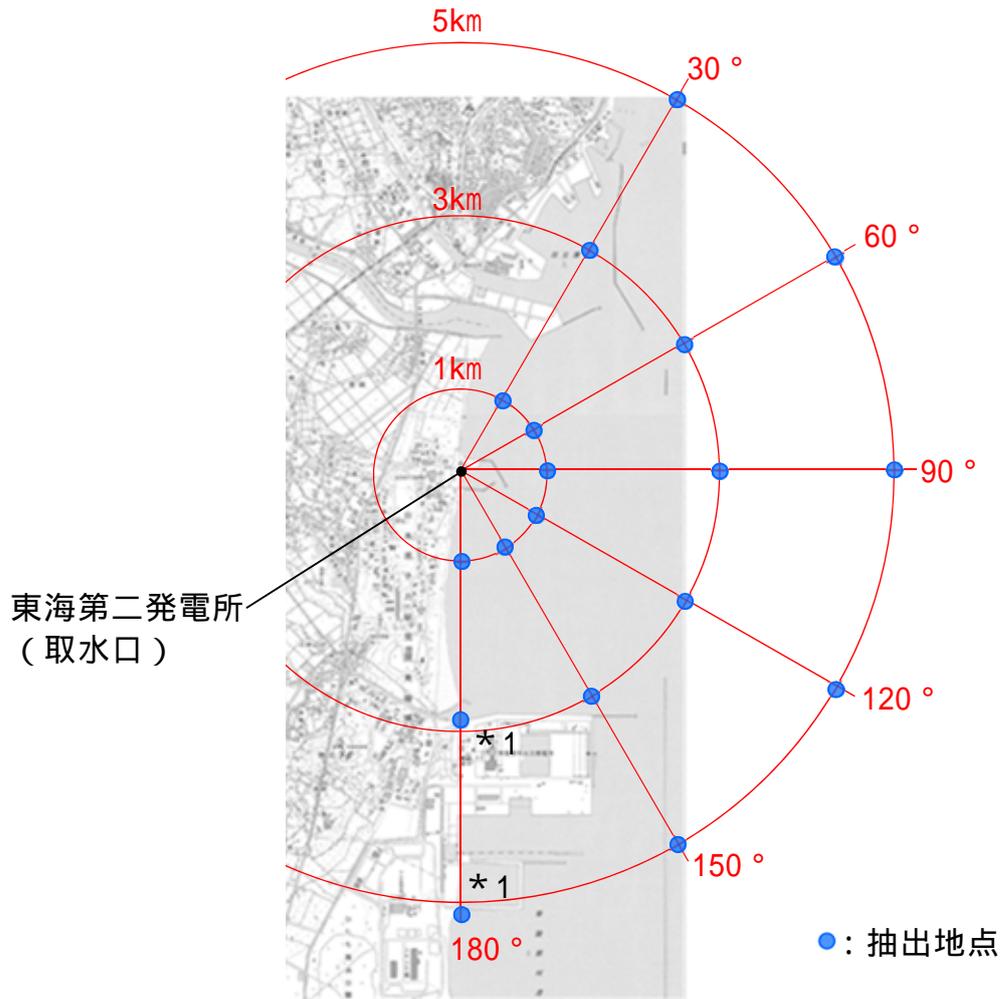
津波防護施設等、取水機能を有する安全設備等に対する漂流物となる可能性について、津波の流況を踏まえて、東海第二発電所の取水口に対する漂流物の動向を確認することにより評価する。

#### 2.1 津波流況の考察

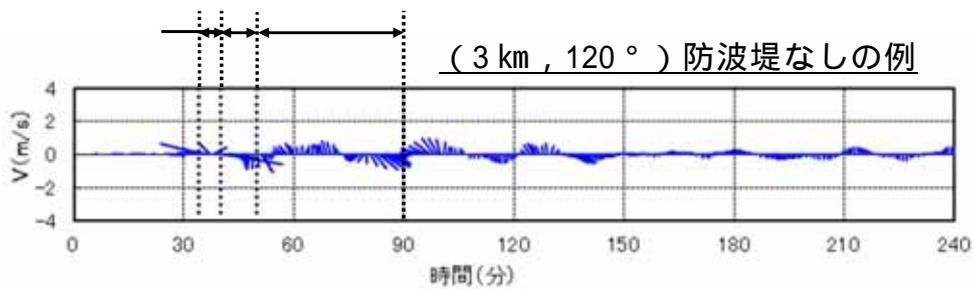
##### (1) 流況考察時間の分類

東海第二発電所敷地内及び敷地外における津波襲来時の流況について整理した。津波流向の時刻歴を確認した結果、津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）及び引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）に大きな速度を有する一定方向の流向が継続しており、引き波後は継続的でない流向を示す傾向にあった。漂流物の動向に影響を与える流況としては、大きな速度を有する継続的な一定方向の流向が支配的であると考えられるが、

ここでは保守的に引き津波後の流況についても把握することを目的とし、  
収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）についても整理した。第 1 図に  
流況考察時間の分類を示す。



\*1 (3km, 180°) 及び (5km, 180°) の地点については、  
陸域となるため、海域となるように調整した。



#### 流況考察時間の分類

- 津波襲来時 (地震発生後 約 34 分 ~ 約 40 分)
- 引き津波時 (地震発生後 約 40 分 ~ 約 50 分)
- 収束時 (地震発生後 約 50 分 ~ 約 90 分)

第 1 図 流況考察時間の分類

## (2) 津波流況の考察

第 2 図に発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル（防波堤なしの場合）を示す。また，流況の考察の詳細を以下に示す。

### a．津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）

#### (a) 発電所敷地エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に敷地前面に到達する。地震発生から約 37 分後には敷地への遡上が始まり，第 2 図（4 / 11）の地震発生から 38 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，取水口以北では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面北側に沿うように遡上し，取水口以南では防潮堤の敷地前面東側から敷地側面南側に沿うように遡上する。地震発生から約 40 分後には引き波となる。

#### (b) 発電所北側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 35 分後に発電所北側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 37 分後には北西向きの流向を主流として発電所北側エリアの陸域及び久慈川へ遡上し，第 2 図（5 / 11）の地震発生から 40 分後における発電所周辺広域図のように，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる地震発生から約 40 分後においても，発電所北側エリアの陸域及び久慈川では津波の遡上が続く（地震発生から約 43 分後まで遡上が継続する）。

#### (c) 発電所南側エリア

東方より北西向きの流向を主流として襲来し，地震発生から約 34 分後に発電所南側エリア前面の海域に到達する。地震発生から約 35 分後には北西向きの流向を主流として発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地へ遡上し始め，第 2 図（3 / 11）の地震発生から 37.5 分後

における発電所周辺広域図のように，常陸那珂火力発電所敷地の北側からは南西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上し，常陸那珂火力発電所敷地の南側からは北西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 40 分後には引き波となる。発電所南側エリアの北部では地震発生から約 37 分後に西向きの流向を主流とした津波が陸域へ遡上するが，地震発生から約 39 分後には引き波となる。

b．引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）

(a) 発電所敷地エリア

地震発生から約 40 分後に引き波へと転じ，敷地前面東側から外海へ向かう流況となる。引き波時は津波襲来時のように防潮堤に沿うような流況は示さず，第 2 図（5 / 11）の地震発生から 40 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，敷地前面東側の一部を除き，直接外海へ向かう流況となっている。この流況は地震発生から約 50 分後まで継続する。

(b) 発電所北側エリア

地震発生から約 40 分後以降においても久慈川及び久慈川周辺陸域については遡上を続けるが，地震発生から約 43 分後には引き波へ転じ始め，陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する。発電所北側エリアの前面海域については地震発生から約 40 分後には引き波へと転じ，外海へ向かう流況となる。この流況は地震発生から約 50 分後以降も継続する（地震発生から約 55 分後まで引き波が継続する）。

(c) 発電所南側エリア

発電所南側エリアの常陸那珂火力発電所敷地では，地震発生の約 40 分後から約 45 分後にかけて引き波となり，第 2 図（7 / 11）の発電所

周辺広域図のように，地震発生から約 42 分後から約 45 分後にかけて常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて旋回する流況となるものの，おおむね遡上時とは逆の流向を主流とした流況となる。地震発生から約 50 分後には常陸那珂火力発電所敷地前面海域にて南向きの流向を主流とした流況となる。発電所南側エリアの北部では地震発生から約 40 分後から約 50 分後にかけて引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。

c . 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

(a) 発電所敷地エリア

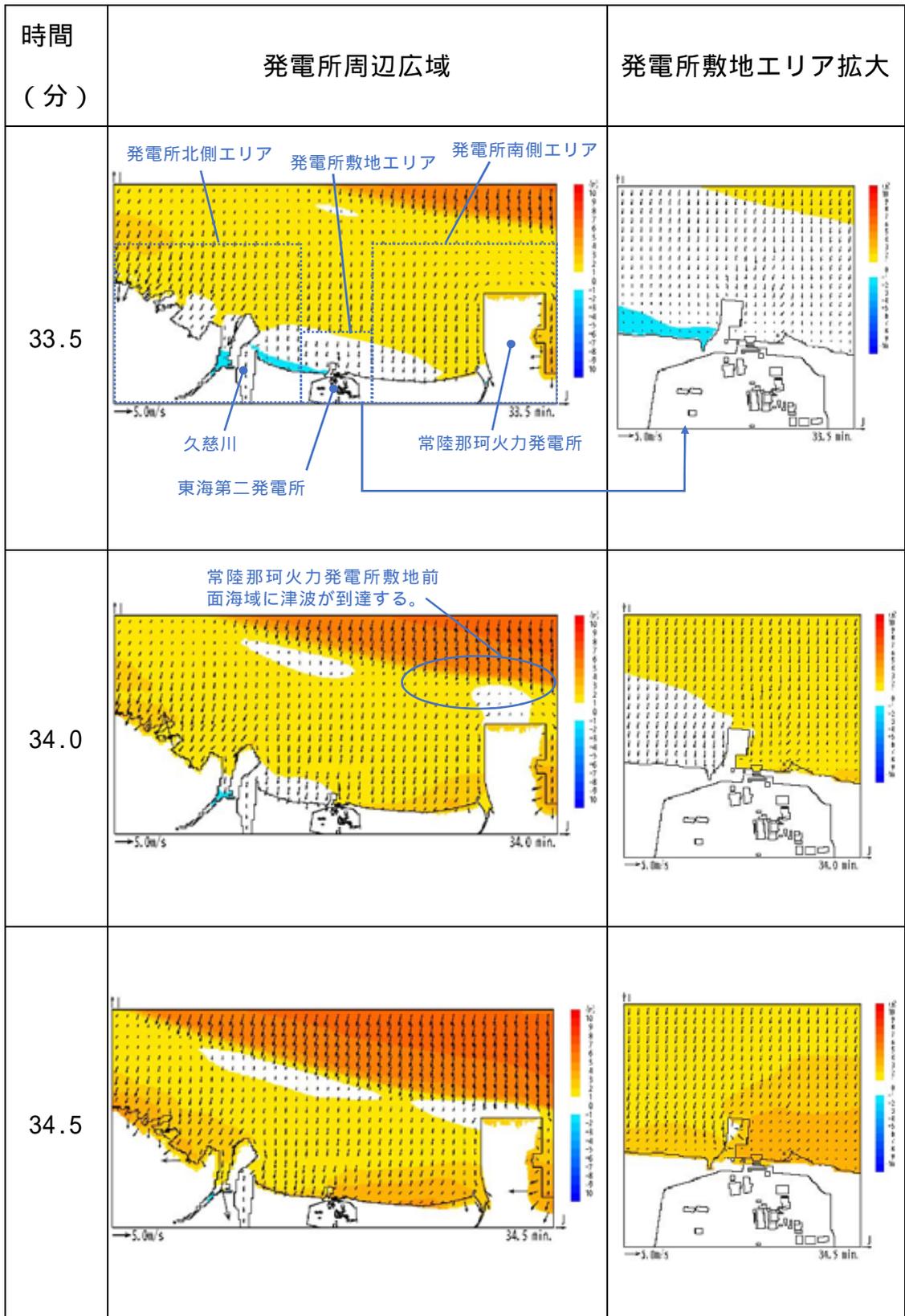
敷地前面海域において，地震発生から約 55 分後には南向きの流況となり，地震発生から約 65 分後には北向きの流況となるが，いずれも継続的な流況とはならず，地震発生から約 65 分後から約 75 分後にかけては穏やかな流況が継続する。第 2 図(11/11)の地震発生から 80 分後における発電所敷地エリア拡大図のように，地震発生から約 80 分後に西向きの流向で津波が襲来し，物揚岸壁及び敷地前面東側の一部に津波が遡上するが，この流況が継続することなく，地震発生から約 85 分後には引き波へと転じ，地震発生から約 90 分後には一部で引き津波が継続するものの比較的穏やかな流況となる。

(b) 発電所北側エリア

地震発生から約 55 分後までは陸域から外海へ向かう流向を主流とした流況が継続する。地震発生から約 60 分後には北西へ向かう流向を主流とした流況となるが，継続的な流況とはならず，地震発生から約 65 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後から約 90 分後では引き波となり，外海へ向う流向を主流とした流況となる。

(c) 発電所南側エリア

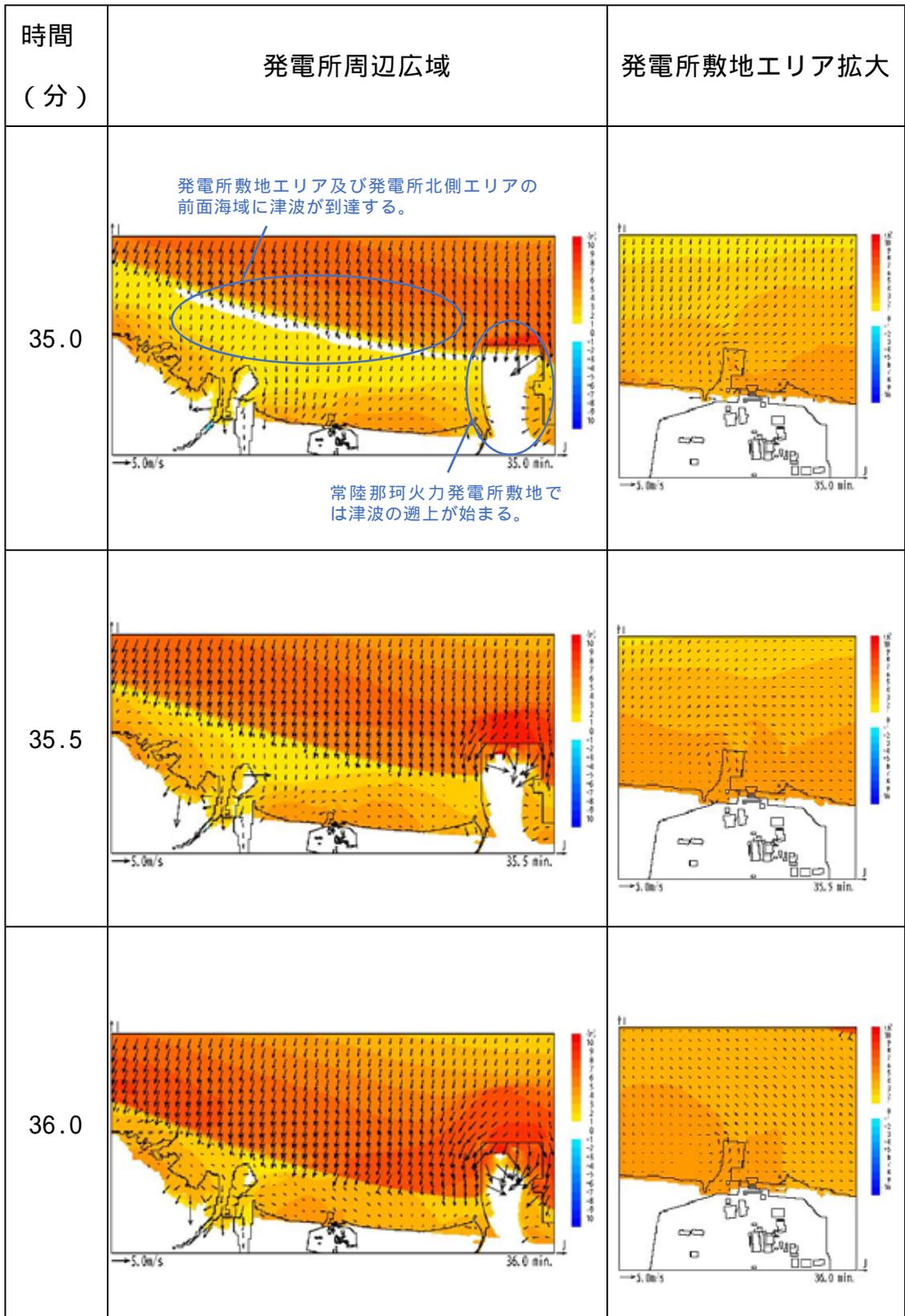
地震発生から約 55 分後にて西向きの流向を主流とした流況となるが、継続的な流況とはならず、地震発生から約 60 分後から約 80 分後にかけては穏やかな流況が継続する。地震発生から約 85 分後に引き波へと転じ、地震発生から約 90 分後には再び穏やかな流況となる。



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

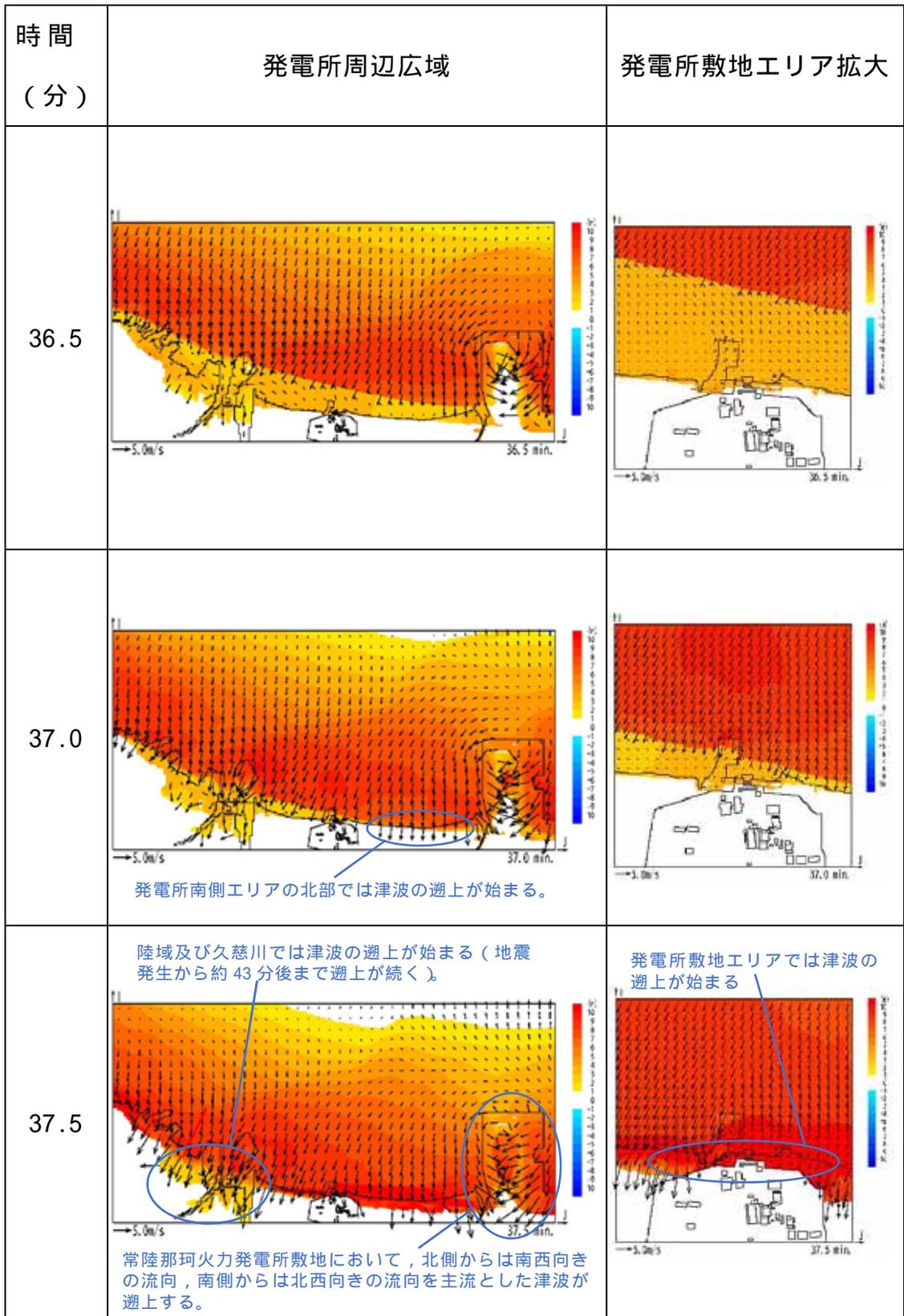
(防波堤なしの場合)(1/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

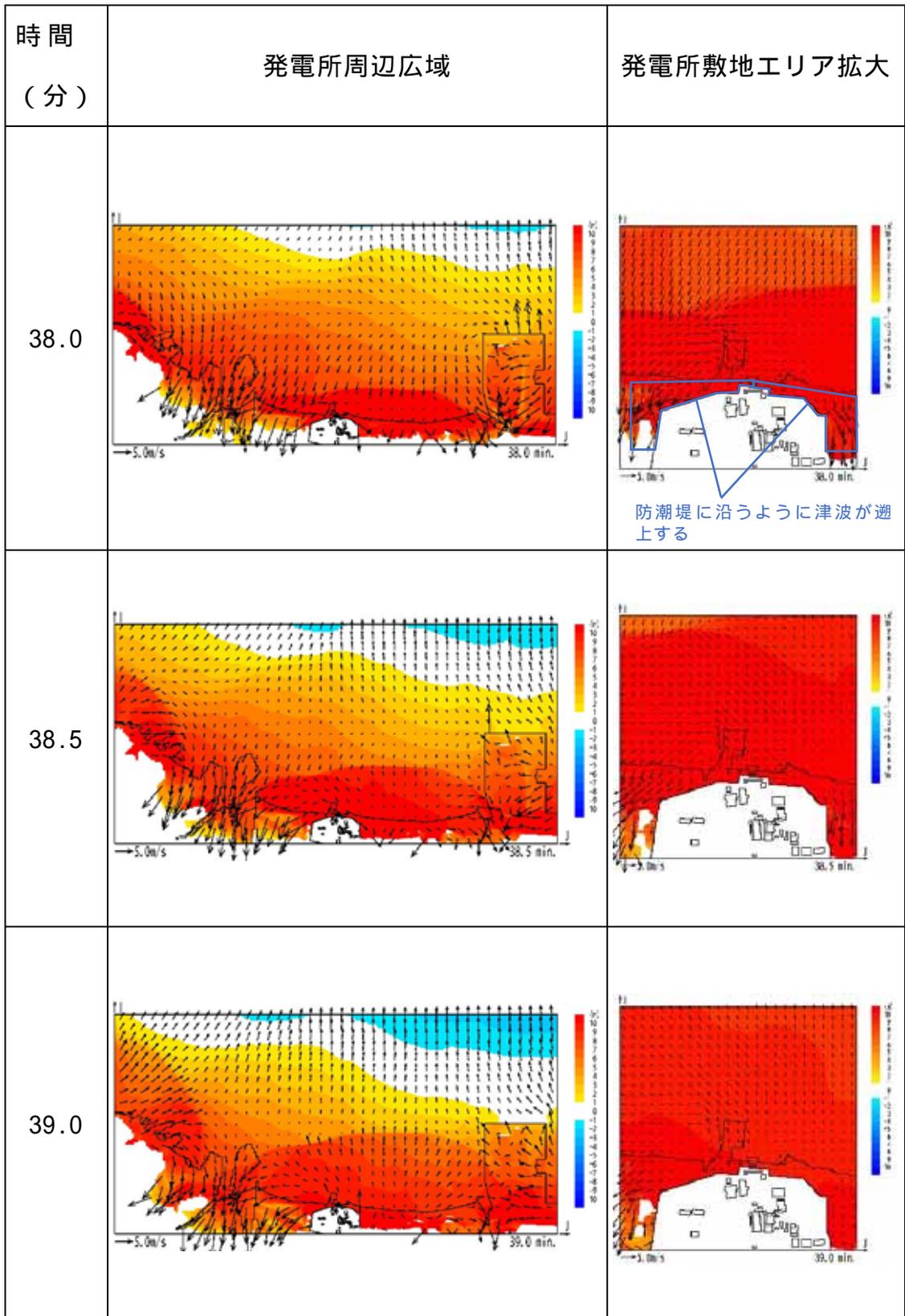
(防波堤なしの場合)(2/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第2図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

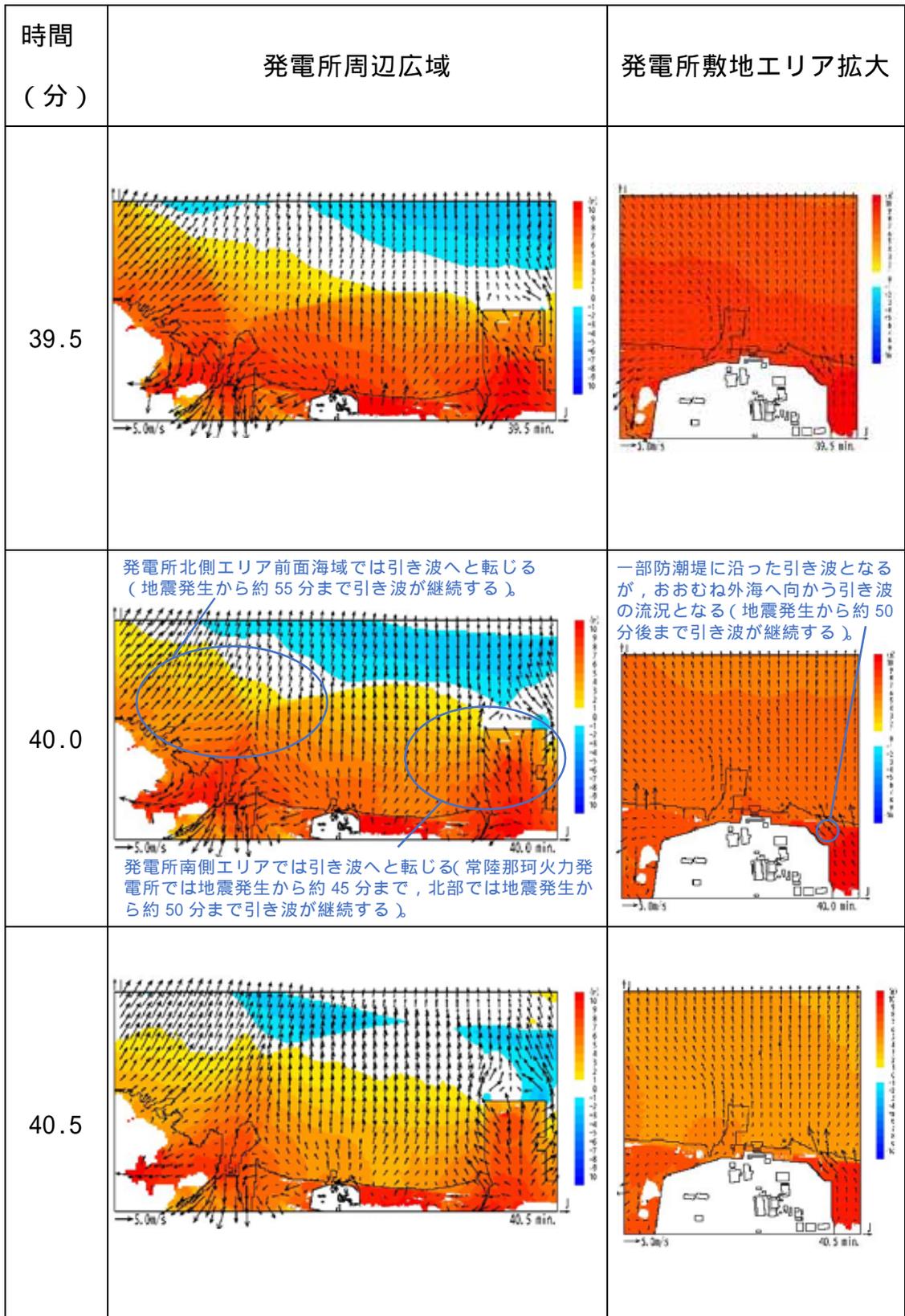
(防波堤なしの場合)(3/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

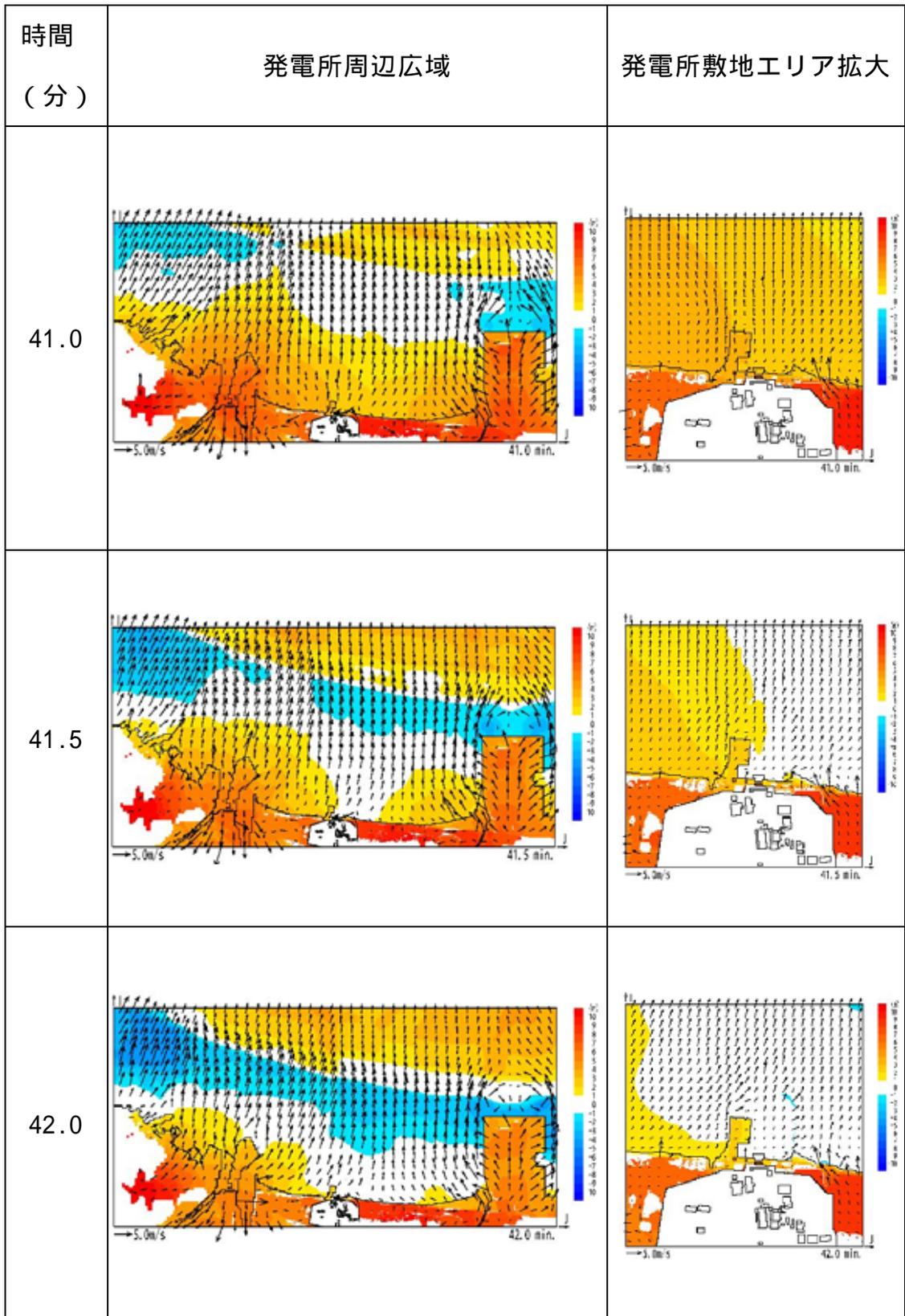
(防波堤なしの場合)(4/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第2図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

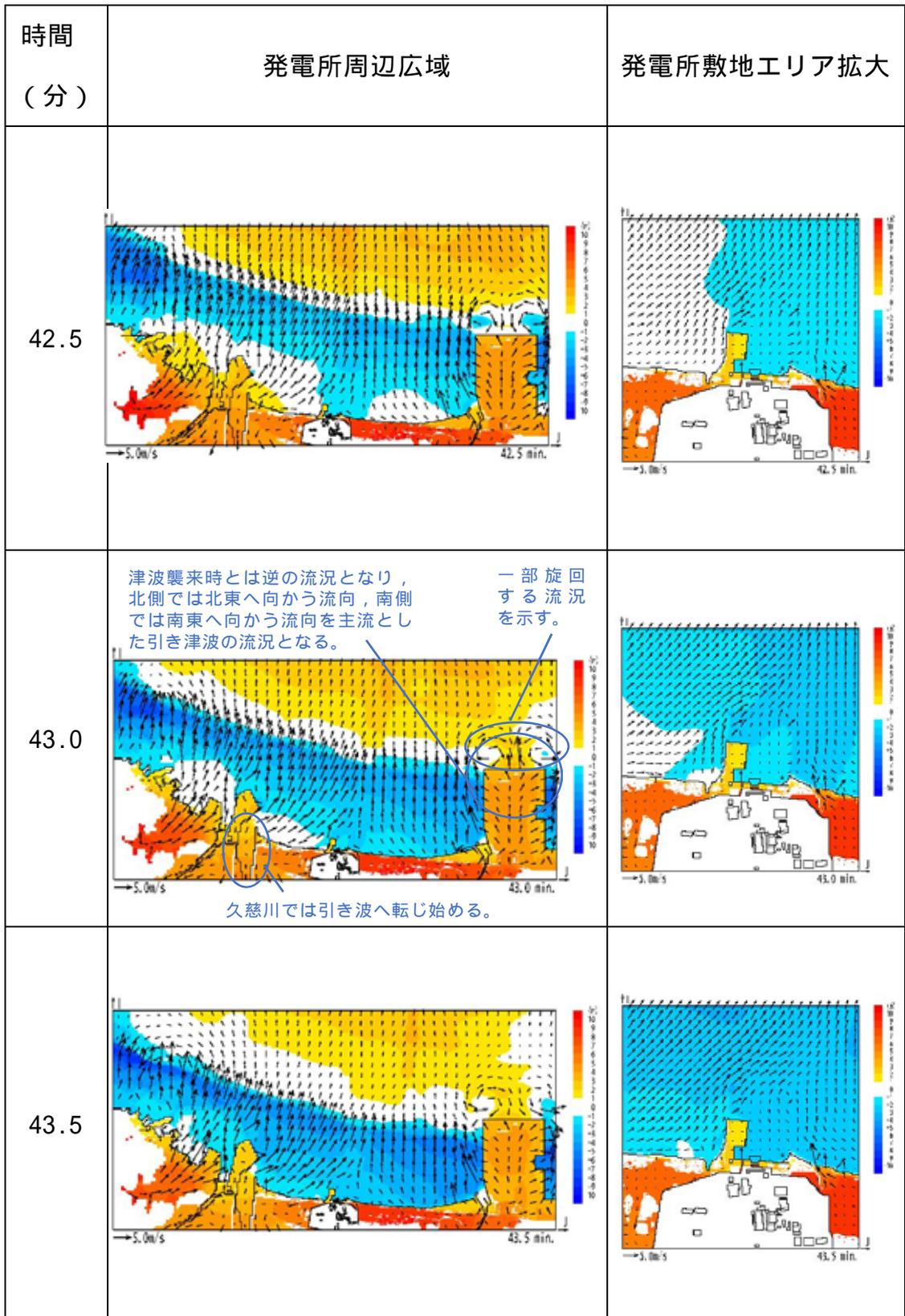
(防波堤なしの場合)(5/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

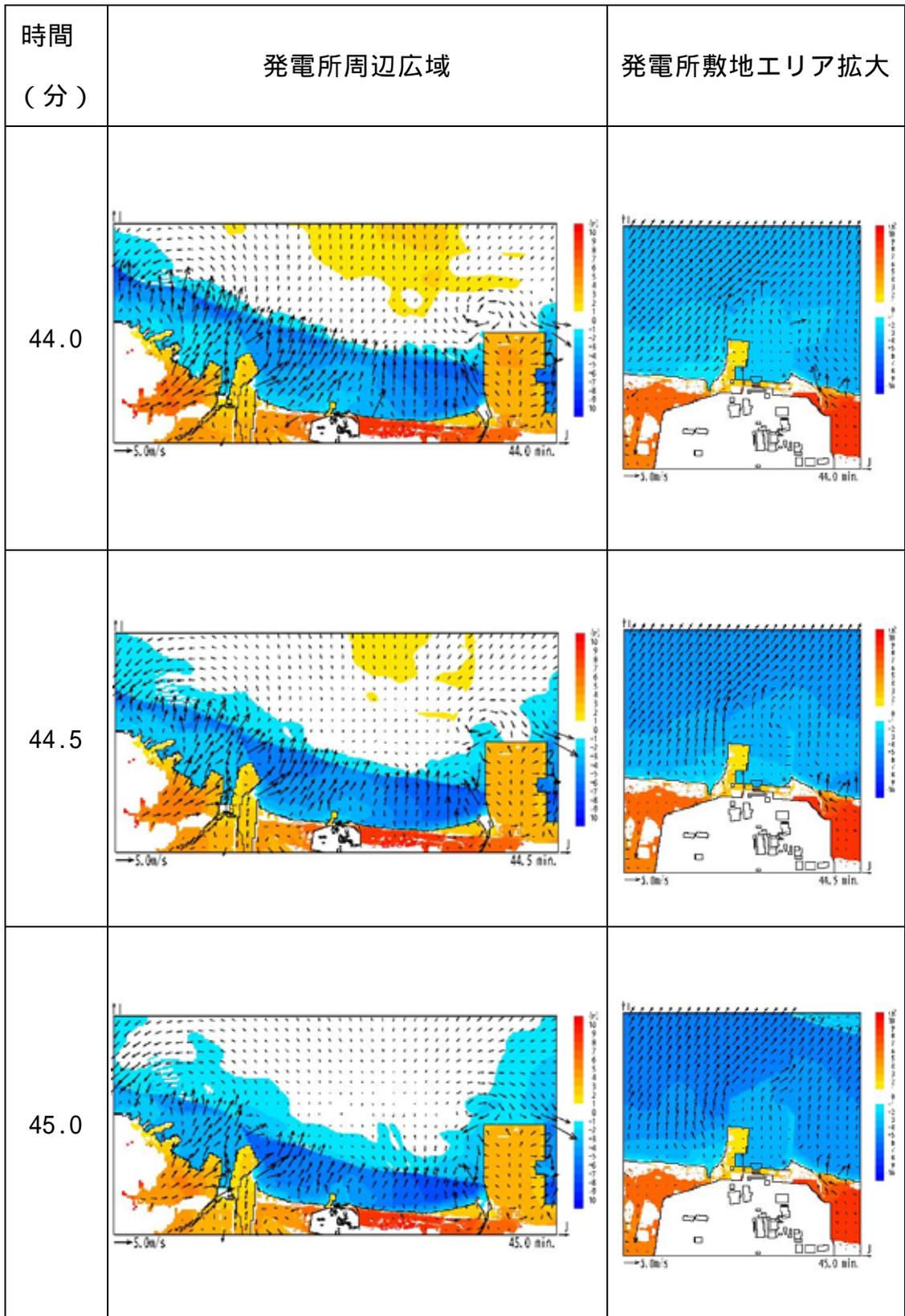
(防波堤なしの場合)(6/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

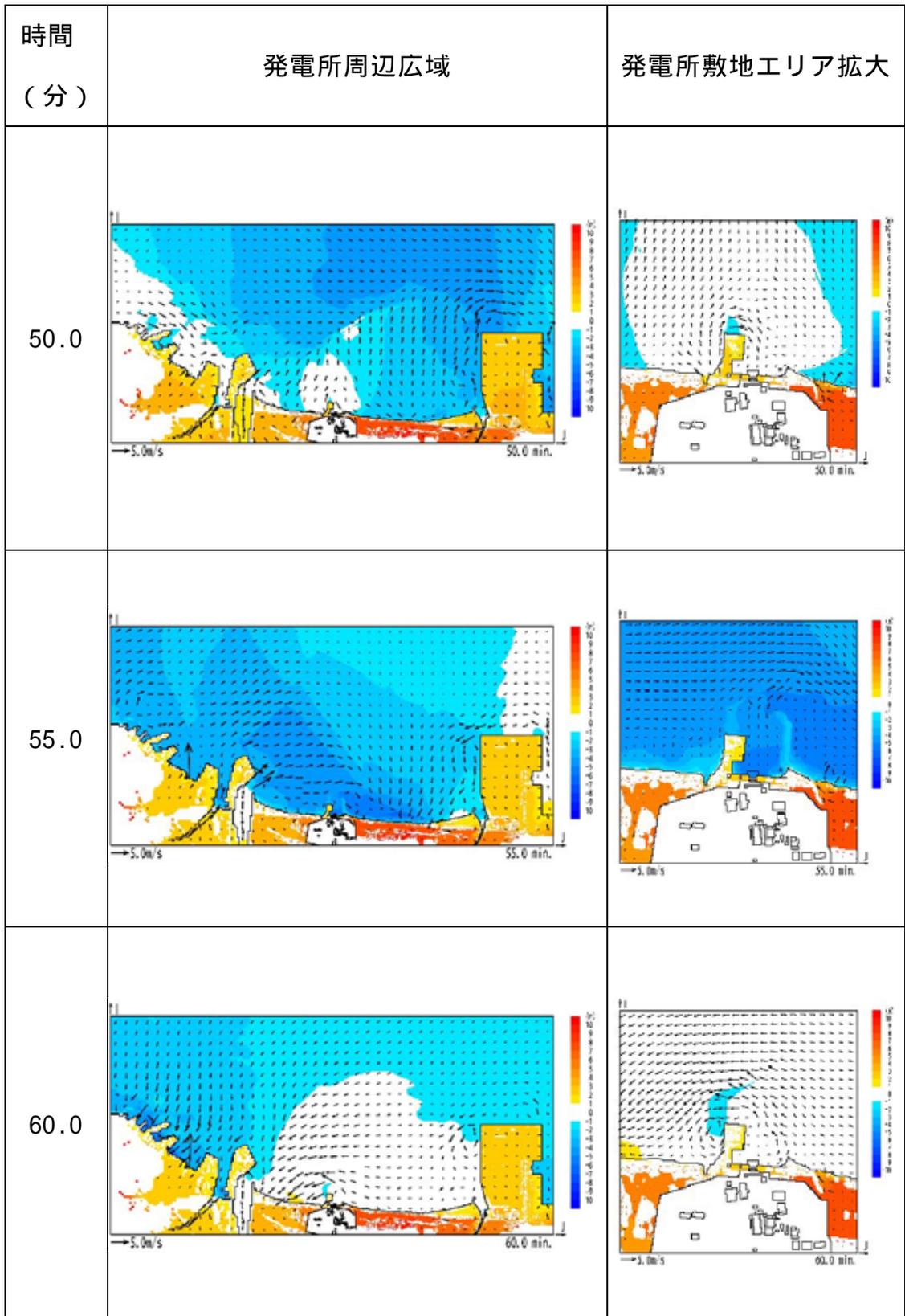
(防波堤なしの場合)(7/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

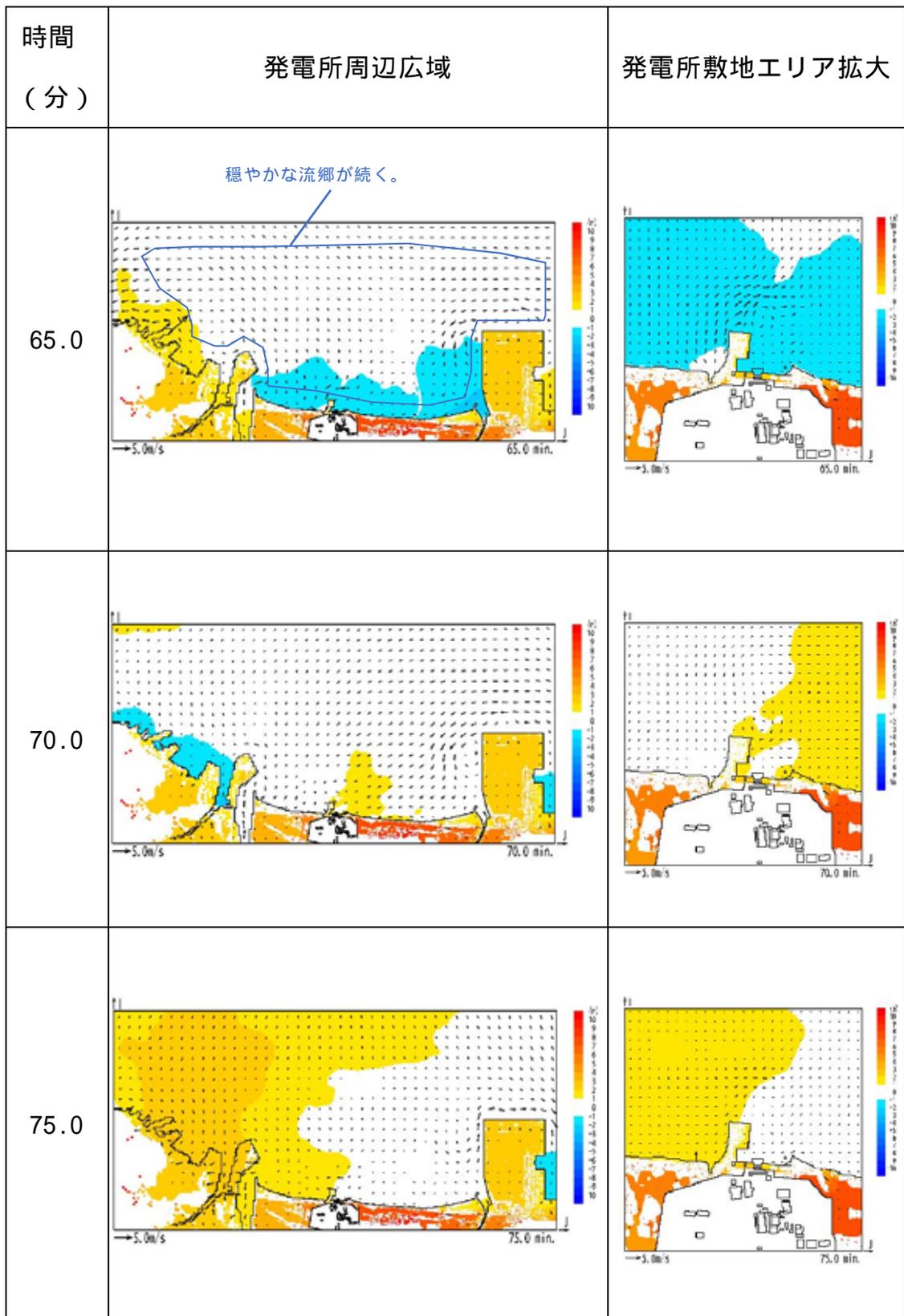
(防波堤なしの場合)(8/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

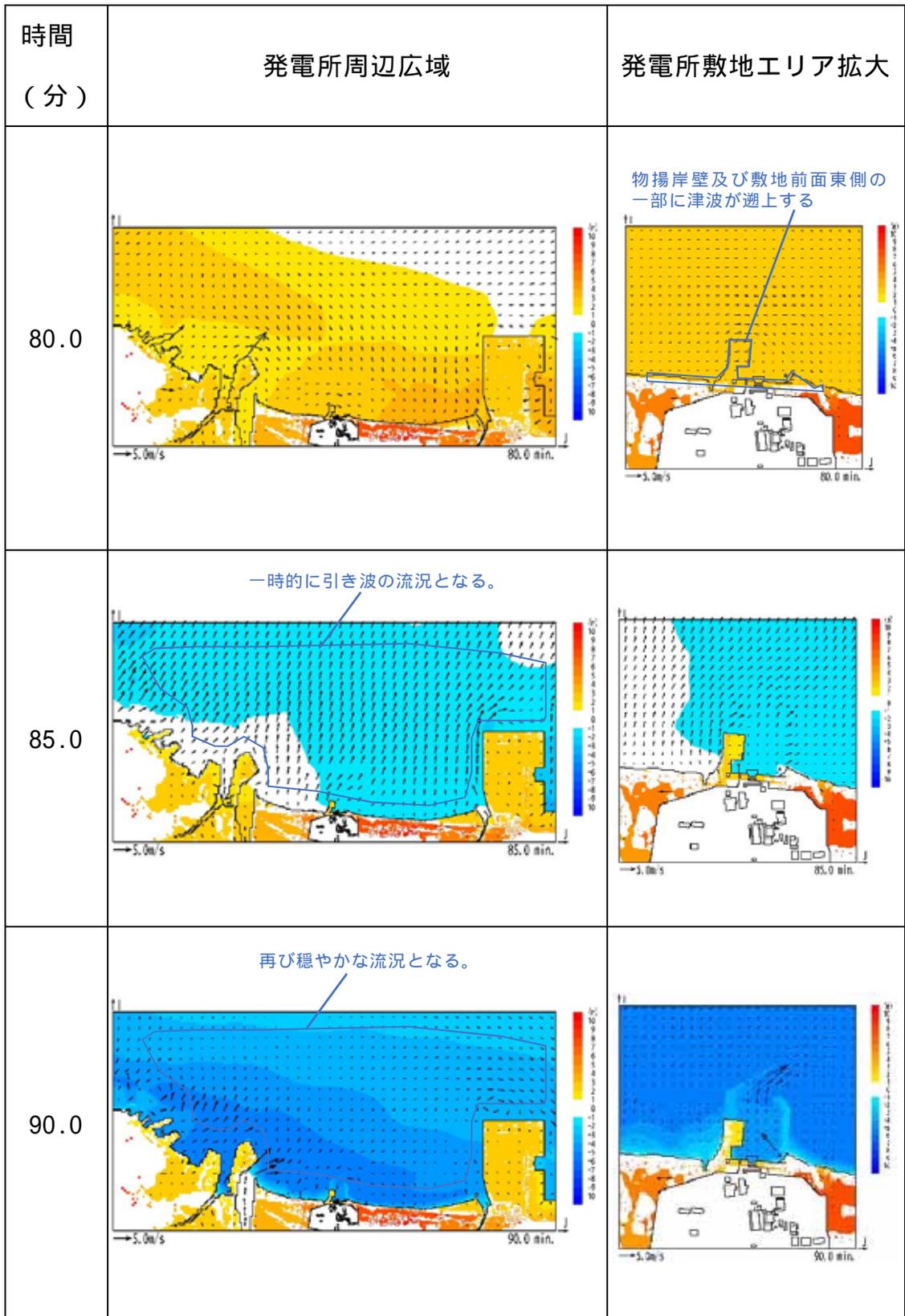
(防波堤なしの場合)(9/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(10/11)



: 津波の原因となる地震発生後の経過時間

第 2 図 発電所周辺海域及び発電所敷地前面海域の流向ベクトル

(防波堤なしの場合)(11/11)

## 2.2 漂流物の取水口への到達可能性評価

津波流況の考察より，以下のとおり時間分類毎に漂流物の取水口への到達可能性について評価を実施した。

### (1) 津波襲来時（地震発生後 約 34 分～約 40 分）

発電所敷地エリアについては，津波襲来時の流況から，取水口以北の施設・設備は敷地前面東側から敷地側面北側へ防潮堤に沿うように移動し，取水口以南の施設・設備は敷地前面東側から敷地側面南側へ防潮堤に沿うように移動すると考えられる。

発電所北側エリアについては，津波襲来時の流況から，当該エリアの施設・設備は北西方向へ移動すると考えられ，発電所敷地エリアでは引き波へと転じる時間においても当該エリアの施設・設備は津波の遡上方向である北西へ移動すると考えられる。

発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所の敷地については，津波襲来時の流況から，常陸那珂火力発電所の敷地における施設・設備のうち北側に存在するものは南西へ移動し，南側にあるものは北西へ移動すると考えられる。発電所南側エリアの北部の敷地については，津波襲来時の流況から，発電所南側エリアの北部に存在する施設・設備は津波の遡上方向である西へ移動すると考えられる。

以上より，津波襲来時において，各エリアにおける漂流物は陸域側または久慈川上流へ移動すると考えられることから，東海第二発電所の取水口へ向かわないと評価した。

### (2) 引き波時（地震発生後 約 40 分～約 50 分）

発電所敷地エリアについては，引き波時の流況から，津波襲来時に敷地側面北側及び敷地側面南側へ移動した後に外海方向へ移動すると考えられる。

発電所北側エリアについては、引き波時の流況から、当該エリアの施設・設備は外海方向へ移動すると考えられる。

発電所南側エリアのうち常陸那珂火力発電所の敷地については、引き波時の流況から、常陸那珂火力発電所の敷地における施設・設備は外海へ移動すると考えられる。発電所南側エリアの北部の敷地については、引き波時の流況から、当該エリアの北部の敷地の施設・設備は外海へ移動すると考えられる。

以上より、引き波時において、各エリアにおける漂流物は継続的に外海方向へ移動すると考えられることから東海第二発電所の取水口へ向かわないと評価した。

### (3) 収束時（地震発生後 約 50 分～約 90 分）

発電所敷地エリアについては、収束時の流況から、発電所敷地前面の漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられるが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

発電所北側エリアについては、収束時の流況から、当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

発電所南側エリアについては、収束時の流況から、当該エリアの漂流物は一時的に外海へ移動すると考えられが、比較的穏やかな流況が継続することから、漂流物は大きな移動を伴わないと考えられる。

以上より、収束時において、各エリアにおける漂流物は大きな移動を伴わないと考えられることから、東海第二発電所の取水口へ向かわないと評価した。

# 東海第二発電所

## 津波による損傷の防止

(補足説明資料)

## 第5条：津波による損傷の防止

### 目 次

- 1 有効応力解析に用いる解析コードの検証及び妥当性確認について
- 2 (旧) レーザー濃縮技術研究組合の許認可上の位置付け及び管理状況について
- 3 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

## 1 有効応力解析に用いる解析コードの検証及び妥当性確認について

### 1. 概要

東海第二発電所の有効応力解析に用いる解析コードである FLIP Ver. 7.3.0\_2 について、検証及び妥当性確認を行った。結果を以下に示す。

### 2. FLIP Ver. 7.3.0\_2 の概要、検証及び妥当性確認

	コード名：FLIP
開発機関	FLIP コンソーシアム
開発時期	1988 年
使用したバージョン	Ver. 7.3.0_2
使用目的	地震応答解析（時刻歴解析）
コードの概要	<p>FLIP（Finite element analysis of Liquefaction Program）は、1988 年に運輸省港湾技術研究所（現：（独）港湾航空技術研究所）において開発された平面ひずみ状態を対象とする有効応力解析法に基づく 2 次元地震応答解析プログラムである。</p> <p>FLIP の特徴として以下の①～⑤を挙げることができる。</p> <ul style="list-style-type: none"><li>① 有限要素法に基づくプログラムである。</li><li>② 平面ひずみ状態を解析対象とする。</li><li>③ 地盤の液状化を考慮した地震応答解析を行い、部材断面力や残留変形等を解析する。</li><li>④ 土の応力-ひずみモデルとしてマルチスプリング・モデルを採用している。</li><li>⑤ 液状化現象は有効応力法により考慮する。必要な過剰間隙水圧発生モデルとして井合モデルを使用している。</li></ul>

<p style="text-align: center;"> 検証  (Verification)    &amp;  妥当性確認  (Validation) </p>	<p>FLIP Ver. 7.3.0_2 は、防潮堤等の地震応答解析に使用している。</p> <p><b>【検証 (Verification)】</b></p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ マニュアルに記載された例題の提示解と本解析コードによる解析解との比較を実施し、解析解が提示解と一致することを確認した。</li> <li>・ 本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。</li> </ul> <p><b>【妥当性確認 (Validation)】</b></p> <p>本解析コードの検証内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本解析コードは港湾施設の設計に用いられる「港湾施設の技術上の基準・同解説（2007）（社団法人日本港湾協会）」において、港湾施設に対して適用性が確認されている解析コードとして扱われており、今回の解析に使用することは妥当である。</li> <li>・ 本工事計画において使用するバージョン（Ver. 7.3.0_2）と他プラントの既工事計画で使用されたバージョン（Ver. 7.2.3_4）との解析結果の比較を行い、解析結果が等しいことを確認した。（別紙）</li> </ul>
---	---

## 解析結果

比較対象：鋼管杭鉄筋コンクリート防潮堤

Ver. 7.3.0\_2 と Ver. 7.2.3\_4 との加速度の解析結果の比較を行い，解析結果が等しいことを確認した。

図 1 に出力節点の位置図を示す。

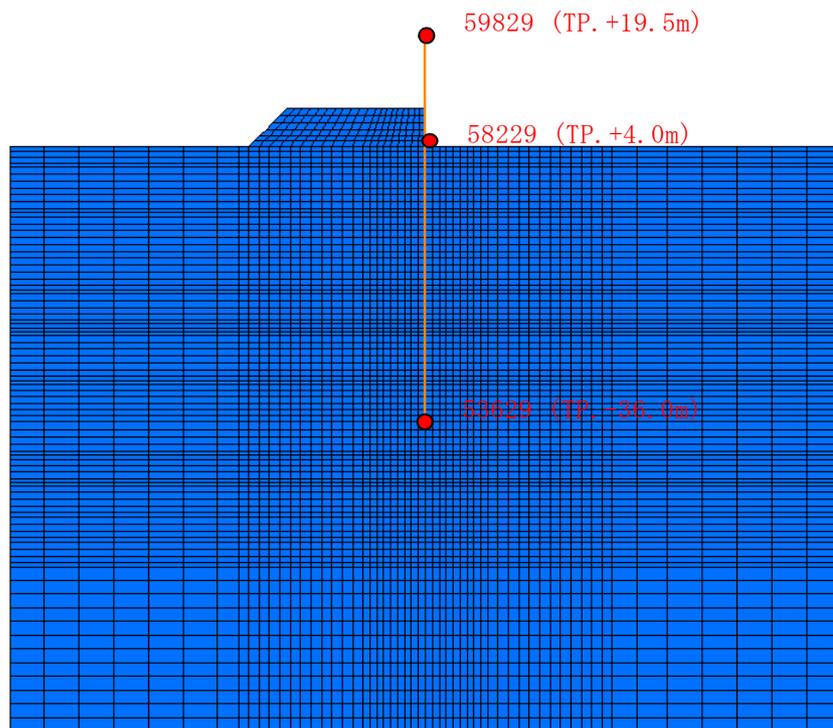


図 1 出力節点の位置図

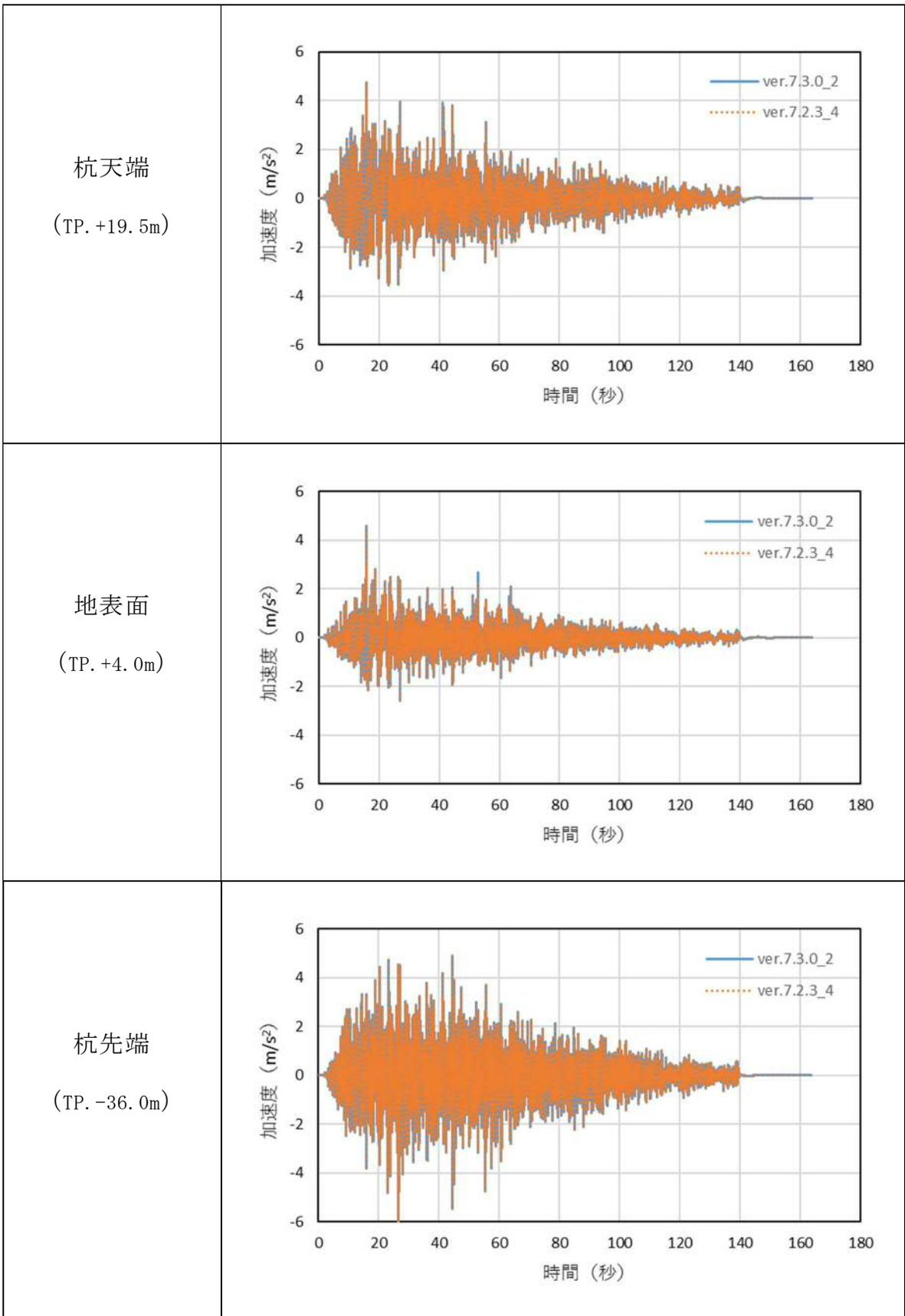


图 2 水平方向加速度 ( $m/s^2$ )

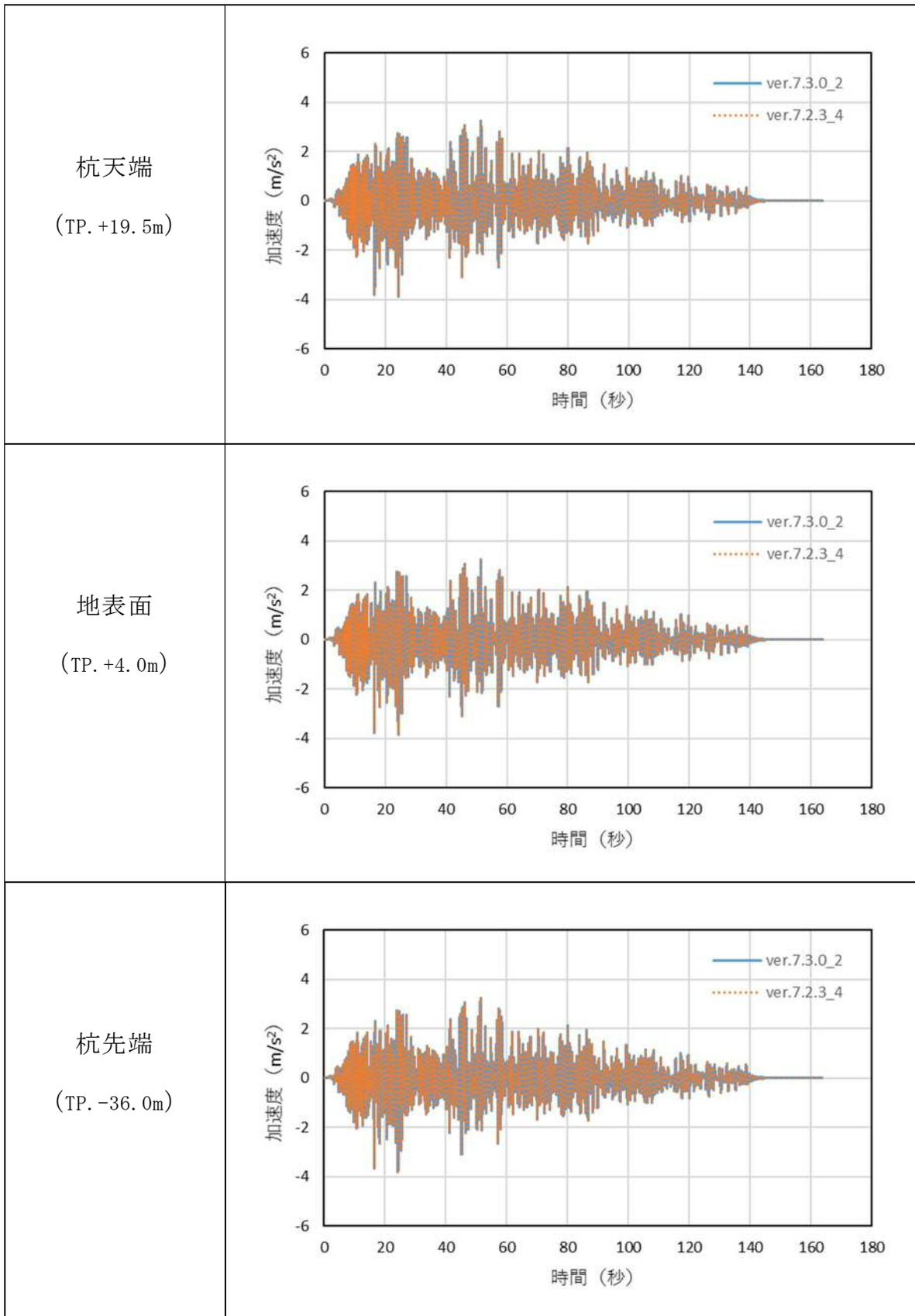


図 3 鉛直方向加速度 ( $m/s^2$ )



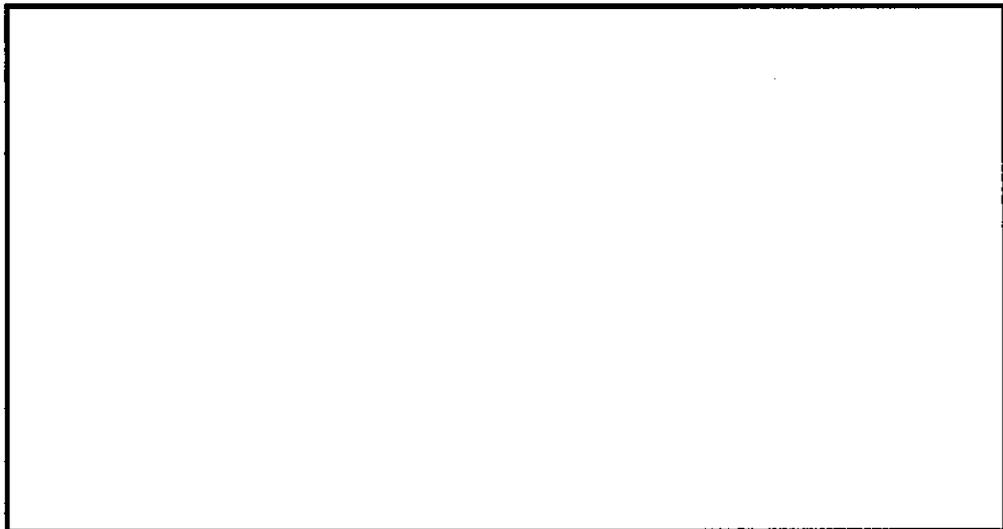
2 (旧) レーザー濃縮技術研究組合の許認可上の位置付け及び管理状況について

(1) (旧) レーザー濃縮技術研究組合の許認可上の位置付け

レーザー濃縮技術研究組合は、原子レーザー法ウラン濃縮に関する試験研究を目的として、平成元年4月に核燃料物質の使用の許可を受け、金属ウランを用いたウランの蒸気特性、レーザー光照射による電離回収特性などを評価するため試験を実施してきた。

平成14年3月に最後の試験を終了し、平成14年12月に核燃料物質の使用の変更の許可（平成14年10月25日核燃料物質使用変更許可申請）を受けて、平成15年4月より研究設備等の撤去工事を開始した。その後、平成17年1月13日に核燃料物質使用廃止届出書を届け出て、研究施設の使用を廃止した。

現在は、当社東海第二発電所が核燃料物質使用変更許可（平成16年11月5日変更申請）を受け、平成17年1月13日にレーザー濃縮技術研究組合より、ウラン廃棄物貯蔵建屋等及びウラン廃棄物の引き渡しを受け管理している。



(旧) レーザー濃縮技術研究組合の配置図

(2) ウラン廃棄物の防護措置上の位置づけ

ウラン廃棄物は、核原料物質、核燃料物資及び原子炉の規制に関する法律施行令第三条（防護対象特定核燃料物質）における「防護対象特定核燃料物質」に該当しないため、防護措置の対象外になっている。

また、ウラン廃棄物の貯蔵保管量は、同施行令四十一条（施設検査等を要する核燃料物質）で定める取扱量に満たないことから、施設検査、溶接検査、保安規定を要する核燃料物質に該当しない。

(3) 現状の管理状況

ウラン廃棄物の貯蔵保管中の管理として、廃棄物及び建屋等の巡視点検及び放射線管理測定（1回／週）、警備管理（常時）を実施している。

なお、これら作業は、旧レーザー濃縮技術研究組合の構成員である12者による「レーザー濃縮技術研究組合東海濃縮実験所の放射性廃棄物の貯蔵保管に関する契約書」（平成16年12月20日締結）に基づき、当社が代表して実施している。

現状の廃棄物保管状況



ドラム缶 2,912 本相当
①機器類（金属・非金属）：1,898 本相当
②コンクリート類：42 本相当
③運転中廃棄物（研究開発分）：972 本相当

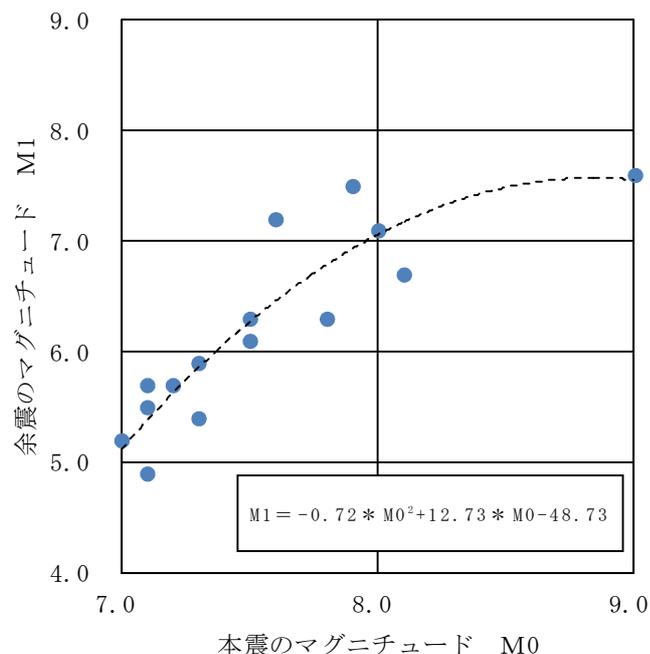
核燃料物質	最大存在量
・劣化ウラン（未照射）（酸化ウラン，ウラン合金）	<input type="text"/>
・天然ウラン（未照射）（酸化ウラン，ウラン合金，ウラン鋼）	<input type="text"/>
・濃縮ウラン（～5wt%，未照射）（酸化ウラン，ウラン合金）	<input type="text"/>
・濃縮ウラン（5～15wt%，未照射）（酸化ウラン）	<input type="text"/>

### 3 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

本震と最大余震の規模の差については、本震のマグニチュードに依存しないことが知られていることから（例えば古本ほか（2005）など）、 $M1 = M0 - D1$ （ここで、 $M1$ ：最大余震のマグニチュード、 $M0$ ：本震のマグニチュード、 $D1$ ：本震と最大余震のマグニチュードの差）として回帰式を設定すると、 $D1$ は1.4となる。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（ $\sigma = 0.5$ ）を考慮し  $D1 = 0.9$  として余震の規模を  $M7.8$  と想定している。

参考に、本震と余震の規模の関係について、二次曲線で近似した場合の検討を行う。

その結果を第1図に示す。同図より、 $M0 = 8.7$  とすると  $M1 \approx 7.6$  となる。さらにデータ数が少ないことによる標準偏差（ $\sigma = 0.2$ ）を考慮した場合、余震の規模を想定すると  $M1 = 7.8$  となる。



第1図 本震と最大余震の関係（ $M7.0$ 以上、二次曲線で近似）

## 参考文献

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(2005)，221-224頁