

| | |
|--------------|------------------|
| 東海第二発電所 審査資料 | |
| 資料番号 | PS-C-1 改 25 |
| 提出年月日 | 平成 29 年 7 月 24 日 |

東海第二発電所

重大事故等対策の有効性評価

平成 29 年 7 月

日本原子力発電株式会社

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

1. 重大事故等への対処に係る措置の有効性評価の基本的考え方
 - 1.1 概 要
 - 1.2 評価対象の整理及び評価項目の設定
 - 1.3 評価に当たって考慮する事項
 - 1.4 有効性評価に使用する計算プログラム
 - 1.5 有効性評価における解析の条件設定の方針
 - 1.6 解析の実施方針
 - 1.7 解析コード及び解析条件の不確かさの影響評価方針
 - 1.8 必要な要員及び資源の評価方針
 - 付録1 事故シーケンスグループの抽出及び重要事故シーケンスの選定について
 - 付録2 原子炉格納容器の限界温度・圧力
 - 付録3 重大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて
-
2. 運転中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故
 - 2.1 高圧・低圧注水機能喪失
 - 2.2 高圧注水・減圧機能喪失
 - 2.3 全交流動力電源喪失
 - 2.3.1 全交流動力電源喪失（長期TB）
 - 2.3.2 全交流動力電源喪失（TBD，TBU）
 - 2.3.3 全交流動力電源喪失（TBP）

- 2.4 崩壊熱除去機能喪失
 - 2.4.1 取水機能が喪失した場合
 - 2.4.2 残留熱除去系が故障した場合
 - 2.5 原子炉停止機能喪失
 - 2.6 L O C A時注水機能喪失
 - 2.7 格納容器バイパス（インターフェイスシステム L O C A）
 - 2.8 津波浸水による注水機能喪失
3. 重大事故
- 3.1 雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）
 - 3.1.1 格納容器破損モードの特徴，格納容器破損防止対策
 - 3.1.2 代替循環冷却系を使用する場合
 - 3.1.3 代替循環冷却系を使用しない場合
 - 3.2 高圧熔融物放出／格納容器雰囲気直接加熱
 - 3.3 原子炉圧力容器外の熔融燃料－冷却材相互作用
 - 3.4 水素燃焼
 - 3.5 熔融炉心・コンクリート相互作用
4. 使用済燃料プールにおける重大事故に至るおそれがある事故
- 4.1 想定事故 1
 - 4.2 想定事故 2
5. 運転停止中の原子炉における重大事故に至るおそれがある事故
- 5.1 崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）
 - 5.2 全交流動力電源喪失

- 添付資料 2.7.3 解析コード条件及び解析条件の不確かさの影響評価について
(格納容器バイパス (インターフェイスシステム L O C A))
- 添付資料 2.7.4 7 日間における水源の対応について (格納容器バイパス (インターフェイスシステム L O C A))
- 添付資料 2.7.5 7 日間における燃料の対応について (格納容器バイパス (インターフェイスシステム L O C A))
- 添付資料 2.7.6 常設代替交流電源設備の負荷 (格納容器バイパス (インターフェイスシステム L O C A))
- 添付資料 2.8.1 基準津波を超え敷地に遡上する津波への対応について
- 添付資料 2.8.2 基準津波を超え敷地に遡上する津波に対する施設の防護方針について
- 添付資料 2.8.3 地震発生と同時に津波が到達するとした評価上の想定の妥当性について
- 添付資料 2.8.4 7 日間における水源の対応について (津波浸水による注水機能喪失)
- 添付資料 2.8.5 7 日間における燃料の対応について (津波浸水による注水機能喪失)
- 添付資料 2.8.6 常設代替交流電源設備の負荷 (津波浸水による注水機能喪失)
- 添付資料 3.1.2.1 炉心損傷の判断基準及び炉心損傷判断前後の運転操作の差異について
- 添付資料 3.1.2.2 原子炉建屋から大気中への放射性物質の漏えい量について
- 添付資料 3.1.2.3 雰囲気圧力・温度による静的負荷 (格納容器過圧・過温破損) における炉心の損傷状態及び損傷炉心の位置について

基準津波を超え敷地に遡上する津波への対応について

津波特有の事象である事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」は、津波PRAによって評価された炉心損傷頻度が 4.0×10^{-6} / 炉年と有意な値であること及び敷地内への津波浸水によりプラントへの影響が内部事象に係る事故シーケンスとは異なり、炉心損傷防止のために必要な対応が異なることから、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日）に基づき必ず想定する事故シーケンスグループに追加する事故シーケンスグループとして抽出している。

上記を踏まえ、東海第二発電所において想定する津波高さとして、それらで想定する事故等は、第 1 表のとおり整理している。

第 1 表 津波高さと事故等の関係

| 防潮堤前面での津波高さ | 想定する事故等 |
|--------------------------|--|
| ～ T. P. +17.1m : 基準津波 | ・設計基準事象 |
| ～ T. P. +20.0m : 防潮堤高さ | －（設計基準事象と同様） |
| ～ T. P. +24.0m : 防潮堤設計耐力 | ・重大事故等 （事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」） |
| T. P. +24.0m ～ | ・大規模損壊（防潮堤損傷） |

以下に、第 1 表に示した想定する事故等のうち、事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」において、想定する津波高さ、敷地浸水状況及び対応する防護対策の概要について示す。

1. 津波PRAの評価結果、事故シーケンス選定での取扱いについて

(1) 津波P R A

津波P R Aの評価結果を第2表に示す。

津波P R Aでは、防潮堤高さ (T. P. +20m) を超える津波高さを評価対象としており、津波区分1 (津波高さT. P. +20m~T. P. +22m) については、津波により非常用海水ポンプ*が機能喪失するため、最終ヒートシンク喪失が発生する。なお、本津波区分では、起動変圧器及び予備変圧器は津波による影響を受けないため、津波により外部電源は喪失しない。

津波区分2 (津波高さT. P. +22m~T. P. +24m) については、津波により非常用海水ポンプが機能喪失することに加え、敷地に遡上する津波が原子炉建屋1階床面高さであるEL. +8.2mまで到達するため、原子炉建屋内への浸水が発生し、複数の緩和機能が喪失する。

津波区分3 (津波高さT. P. +24m~) については、防潮堤設計耐力を超える津波高さを対象としており、防潮堤の損傷に伴い多量の海水が敷地内及び原子炉建屋内に浸水するため、直接炉心損傷に至る事故シーケンスとしている。

※：残留熱除去系海水ポンプ，非常用ディーゼル発電機用海水ポンプ，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水ポンプ

第2表 津波PRAの評価結果

| 津波区分 (津波高さ) | 事故シーケンス | CDF (/炉年) | 寄与 割合* | 事故シーケンスの取扱い |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------|---|
| 津波区分1 (T.P. +20m～ T.P. +22m) | 最終ヒートシンク喪失 (RCIC成功) | 3.2E-06 | 4.2% | 「事故シーケンスによる注水機能喪失」 「全交流動力電源喪失（長期TB）」との従属性を考慮 「全交流動力電源喪失（TBD, TBU）」との従属性を考慮 「全交流動力電源喪失（TBP）」との従属性を考慮 重要事故シーケンス 「全交流動力電源喪失（長期TB）」との従属性を考慮 |
| | 最終ヒートシンク喪失 + 高圧注水機能喪失 | 1.1E-08 | <0.1% | |
| | 最終ヒートシンク喪失 + 逃がし安全弁再閉鎖 失敗 | 1.7E-08 | <0.1% | |
| 津波区分2 (T.P. +22m～ T.P. +24m) | 原子炉建屋内浸水による 複数の緩和機能喪失 | 7.6E-07 | 1.0% | |
| 津波区分3 (T.P. +24m ～) | 防潮堤損傷 | 3.3E-07 | 0.4% | 大規模損壊対策による対応に含まれる |
| 合計 | | 4.3E-06 | 5.7% | |

※：津波PRAの炉心損傷頻度（CDF）に加えて、内部事象PRAのCDF，地震PRAのCDFを含めた全CDF（7.5E-05/炉年）に対する寄与割合

(2) 事故シーケンス選定での取扱い

津波PRAより抽出される事故シーケンスのうち、津波区分3に分類される「防潮堤損傷」の事故シーケンスについては、内部事象PRA及び地震PRAの評価結果を含めた全炉心損傷頻度（7.5E-05/炉年）に対する寄与割合が0.4%と小さいこと、及び防潮堤の損傷による津波の影響の程度を特定することは困難であることから、新たな事故シーケンスグループとしての追加は不要と判断し、大規模損壊対策による対応に含まれるものとして整理している。

津波区分1及び津波区分2に分類される「防潮堤損傷」以外の事故シーケンスについては、全炉心損傷頻度に対する寄与割合が5.3%と有意であること、及び防潮堤の健全性が維持され津波による影響の程度が特定できることから、「津波浸水による注水機能喪失」を新たな事故シーケンスグ

ループとして追加し、想定する津波高さが最も高い「原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失」を重要事故シーケンスとして選定している。

2. 有効性評価において想定する津波高さ、敷地への浸水状況について

(1) 敷地に遡上する津波高さの想定

有効性評価において想定する津波については、重要事故シーケンスとして選定した「原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失」における最大の津波高さである、防潮堤位置において T.P. +24m^{※1※2}の津波を想定する。

※1 T.P. は Tokyo Peil の略で東京湾中等潮位（平均潮位）を示し、津波高さ（T.P. +24m）は、仮想的に防潮堤位置に無限鉛直壁を設定した場合の防潮堤前面の最高水位（駆け上がり高さ）を示す。

※2 防潮堤設計耐力である津波高さを設定しており、津波の年超過確率は、確率論的津波ハザードの評価結果から、約 3×10^{-7} / 炉年に相当する。

(2) 敷地内浸水評価

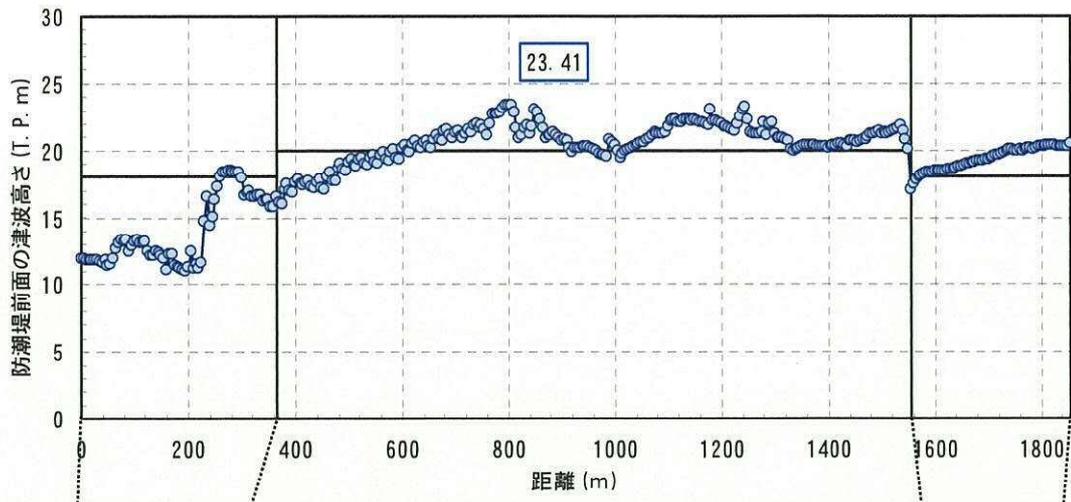
第1図に敷地に遡上する津波時の最大浸水深分布、第2図に防潮堤前面における津波高さの時刻歴波形、第3図に各施設の浸水深の時刻歴波形を示す。なお、津波高さの設定に当たっては、仮想的に防潮堤位置に無限鉛直壁を設定した場合の防潮堤前面の最高水位（駆け上がり高さ）が T.P. +24m となるように、基準津波の策定に用いた波源のすべり量の割増しを行い設定している。

敷地内浸水評価の結果、敷地に遡上する津波時の影響としては、以下の特徴がある。

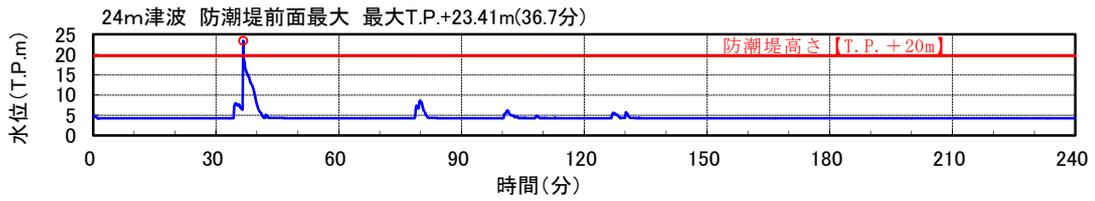
- ・ 敷地内への流入は防潮堤南側終端からの回り込みが支配的であり、T.P. +8m の敷地は浸水するが、T.P. +11m 以上の敷地への浸水は確認され

ない。(第1図)

- ・ 防潮堤の越流による敷地内への流入は限定的である。(第2図)
- ・ T.P. +8m に位置する施設における最大浸水深は、防潮堤南側終端に近い使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下「D/C」という。）前面を除き、概ね0.4mである。(第3図)



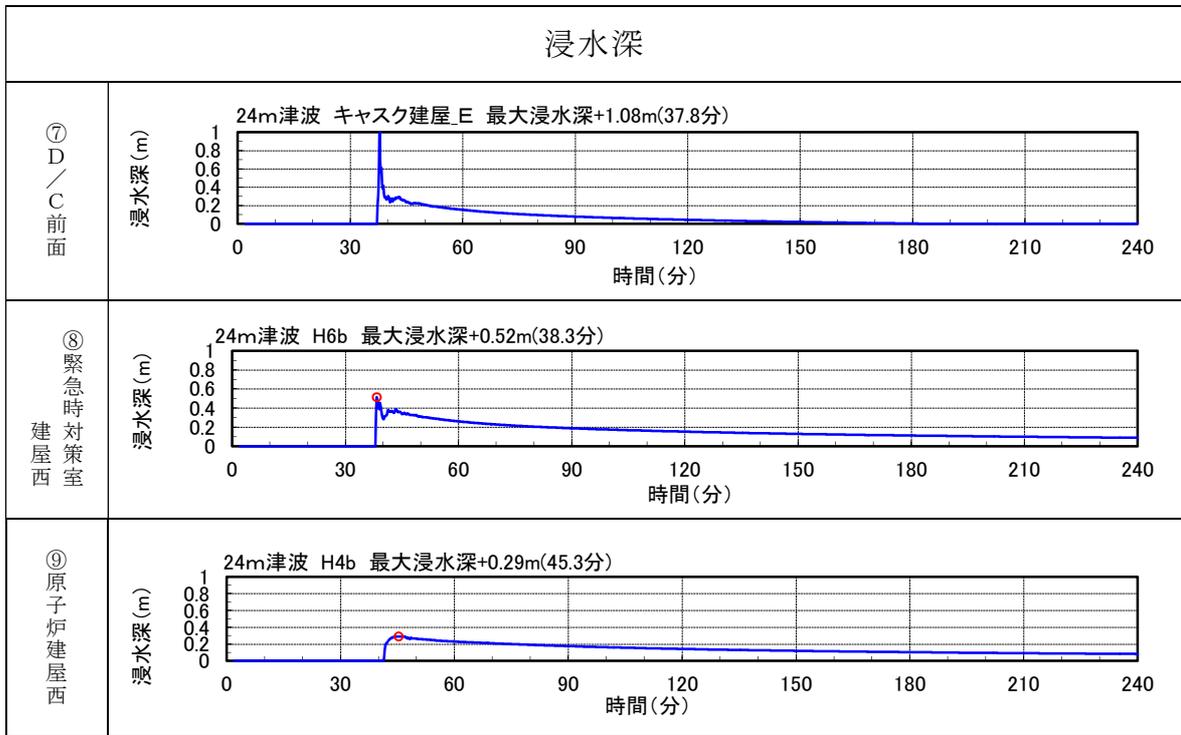
第1図 敷地に遡上する津波時の最大浸水深分布



第2図 防潮堤前面における津波高さの時刻歴波形

| 浸水深 | |
|-----------------|---|
| ① 原子炉建屋 | <p>24m津波 原子炉建屋(最大) 最大浸水深+0.39m(40.5分)</p> |
| ② 緊急用海水ポンプピット上部 | <p>24m津波 ポンプピット 最大浸水深+0.21m(48.7分)</p> |
| ③ 排気筒南東 | <p>24m津波 H4a 最大浸水深+0.21m(48.8分)</p> |
| ④ 原子炉建屋東 | <p>24m津波 建屋東 最大浸水深+0.17m(49.8分)</p> |
| ⑤ 代替淡水貯槽上部 | <p>24m津波 淡水貯水槽 最大浸水深+0.41m(40.2分)</p> |
| ⑥ S A 用海水ピット | <p>24m津波 取水ピット(陸) 最大浸水深+0.29m(36.8分)</p> |

第3図 各施設の浸水深の時刻歴波形 (1/2)



第3図 各施設の浸水深の時刻歴波形 (2/2)

3. 敷地に遡上する津波に対する防護対策について

(1) 敷地に遡上する津波に対する施設防護

事故対応に必要となる施設の敷地に遡上する津波からの防護に当たっては、防潮堤により敷地への浸水量を抑制し、その上で、以下の対策を実施する。

a. 建屋・壁により津波による影響から防護

原子炉建屋等の津波防護対象を内包する建屋・壁については、万一、当該建屋・壁内に浸水した場合には、同時に重要機能の喪失に至るリスクがあることから、浸水経路（扉、貫通部等）を特定し、それぞれに対して、2.の敷地内浸水評価結果と比較して、十分高い位置まで浸水防止対策（水密扉の設置、貫通部止水処置等）を実施する。

【対象】

- ① 原子炉建屋
- ② 緊急用海水ポンプピット（地下格納槽）
- ③ 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置（地下格納槽）
- ④ 常設低圧代替注水系格納槽（地下格納槽）
- ⑤ 軽油貯蔵タンク（地下式）
- ⑥ 西側接続口（地下格納槽）

b. 津波による影響に対して機能維持できるように設計

緊急用海水ポンプピット（地上敷設部）等の建屋・壁に内包されない津波防護対象については、敷地に遡上する津波による浸水経路がなく、機能に影響がないよう設計するとともに、点検路等の浸水経路がある場合は、それに対して浸水防止対策（止水処置等）を実施する。

【対象】

- ⑦ 緊急用海水ポンプピット（地上敷設部）

- ⑧ 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置（地上敷設部）
- ⑨ SA用海水ピット取水塔
- ⑩ 東側接続口

c. 高所設置

2. の敷地浸水評価結果から求めた近傍の最大浸水深より高所に津波防護対象を設置する。

【対象】

- ⑪ 常設代替高圧電源装置置場
- ⑫ 可搬型設備保管場所（西側及び南側）
- ⑬ 緊急時対策所
- ⑭ 11m盤接続口

(2) 敷地に遡上する津波に対するアクセスルートの設定

2. の評価結果より、敷地に遡上する津波による敷地内浸水量は少ないことから、津波が引いた後に T.P. +8m 盤におけるアクセスルートの復旧を行うことで屋外作業も可能であると考えるが、被害の程度やその後の復旧作業には不確かさがあることを考慮し、以下の処置を講ずることにより、敷地に遡上する津波の影響を受けないアクセスルートを設定する。

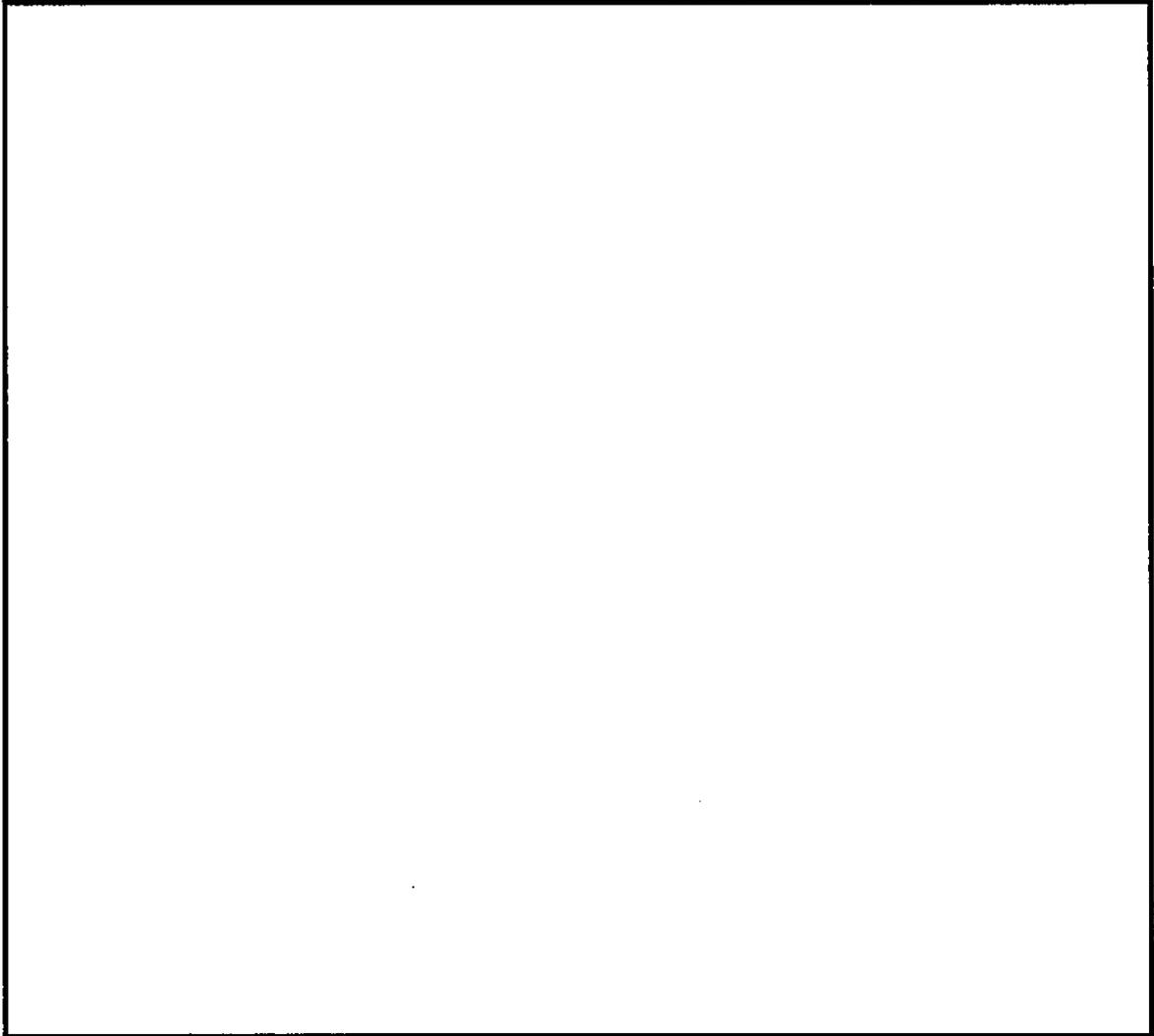
① 淡水源の高所設置

代替淡水源（措置）の 1 箇所を、敷地に遡上する津波の影響を受けない発電所西側造成エリアの高所（T.P. +23m）に設置

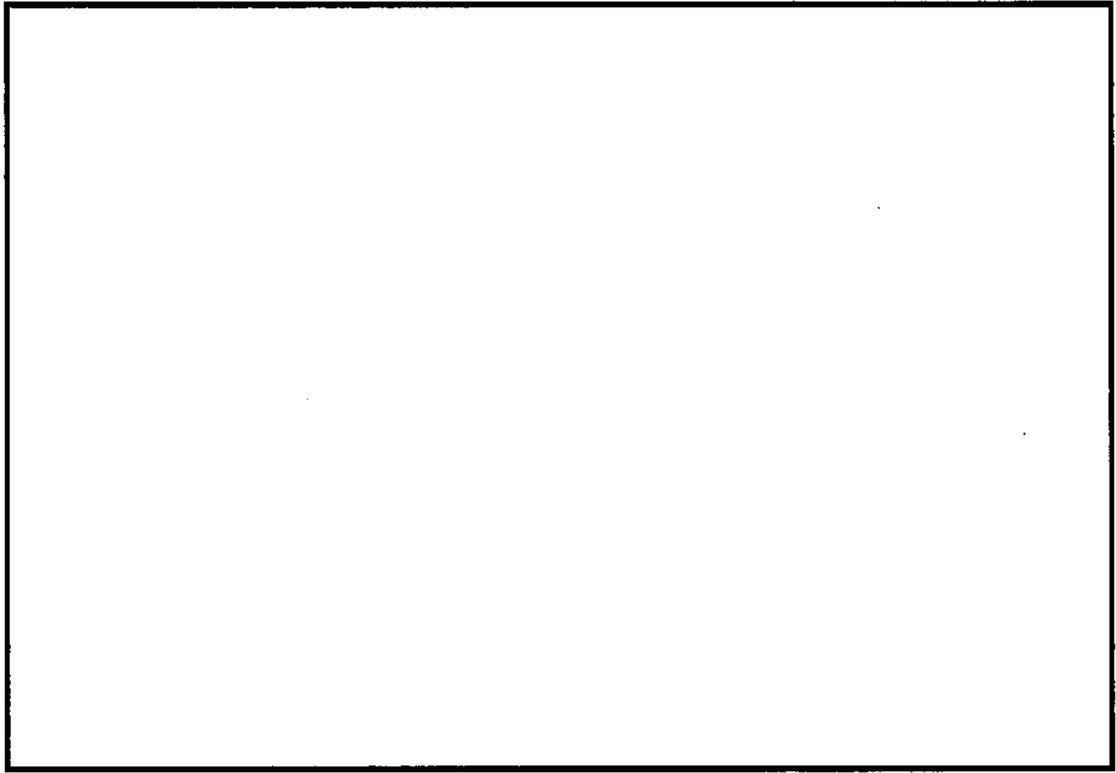
② 淡水系接続口の高所設置

可搬型代替注水大型ポンプを用いた原子炉等への注水用の接続口を、敷地に遡上する津波の影響を受けない常設代替高圧電源装置付近（T.P. +11m）に設置

上記の処置について第4図に示す。また、設定した敷地に遡上する津波の影響を受けないアクセスルートについて第5図に示す。



第4図 敷地に遡上する津波に対する対応概要図

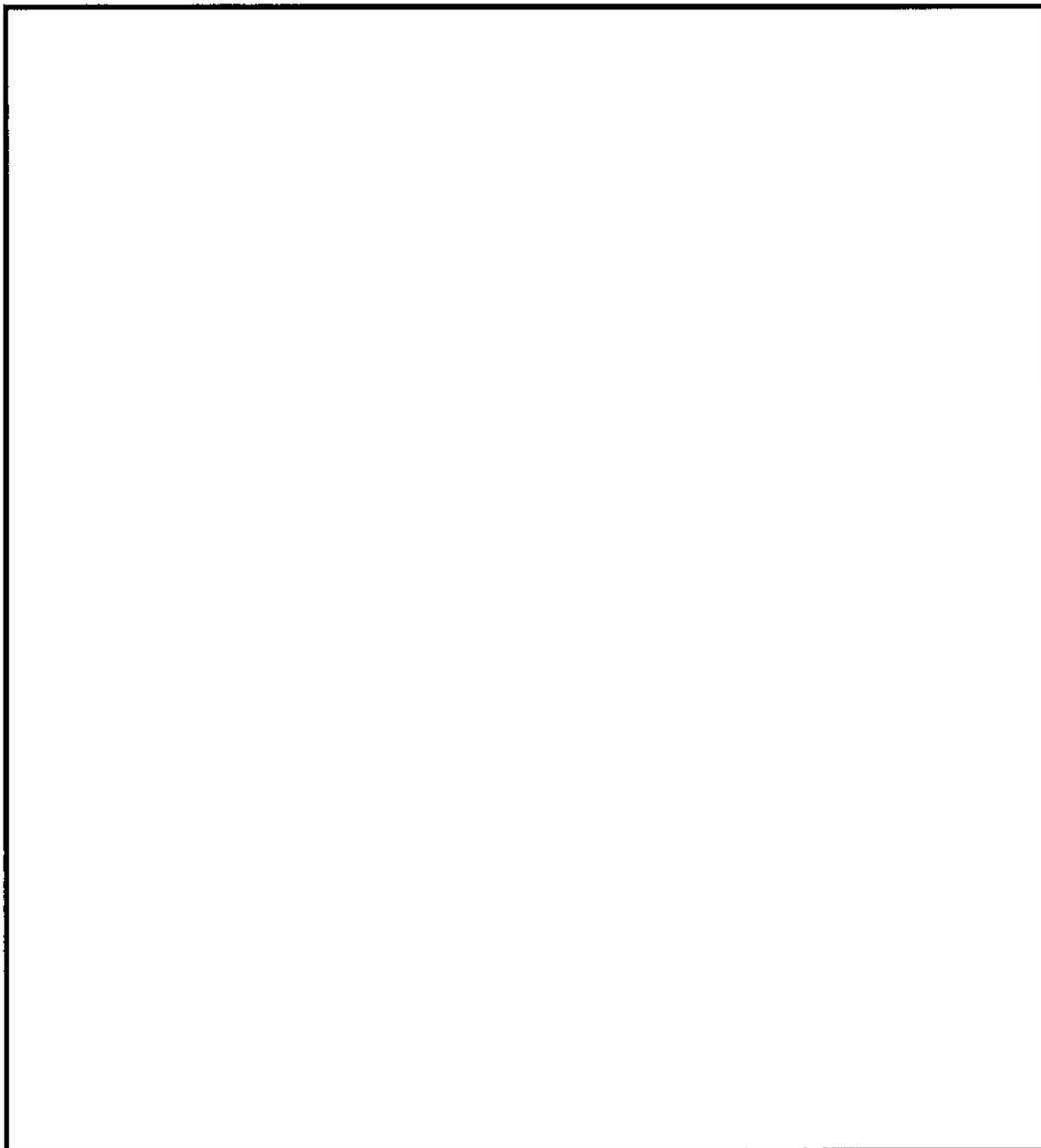


第 5 図 敷地に遡上する津波の影響を受けないアクセスルート

防潮堤設置ルートの変更による敷地に遡上する津波への対応
に対する影響について

1. はじめに

敷地北側における防潮堤設置ルートの変更（第6図）を踏まえ、敷地に遡上する津波の敷地内浸水解析への影響について確認する。



注）防潮堤設置ルート位置の詳細は、今後、現地で干渉物等の状況を考慮し、多少の変更が生じる場合がある。

第6図 敷地北側における防潮堤設置ルートの変更（暫定）

2. 確認方法

防潮堤設置ルートの変更を踏まえた敷地に遡上する津波の敷地内浸水解析について、既往の基準津波の遡上解析（防潮堤設置ルート変更前）と既往の基準津波の遡上解析（暫定の防潮堤設置ルート変更後）（試解析）を比較することにより、敷地に遡上する津波に対する影響について確認を行った。

3. 既往の基準津波による防潮堤設置ルート変更の影響検討

既往の基準津波の遡上解析結果を第7図（防潮堤設置ルート変更前／暫定の防潮堤設置ルート変更後）に示す。遡上解析への影響を確認した結果は以下のとおり。

(1) 既往の基準津波による防潮堤前面の最高水位

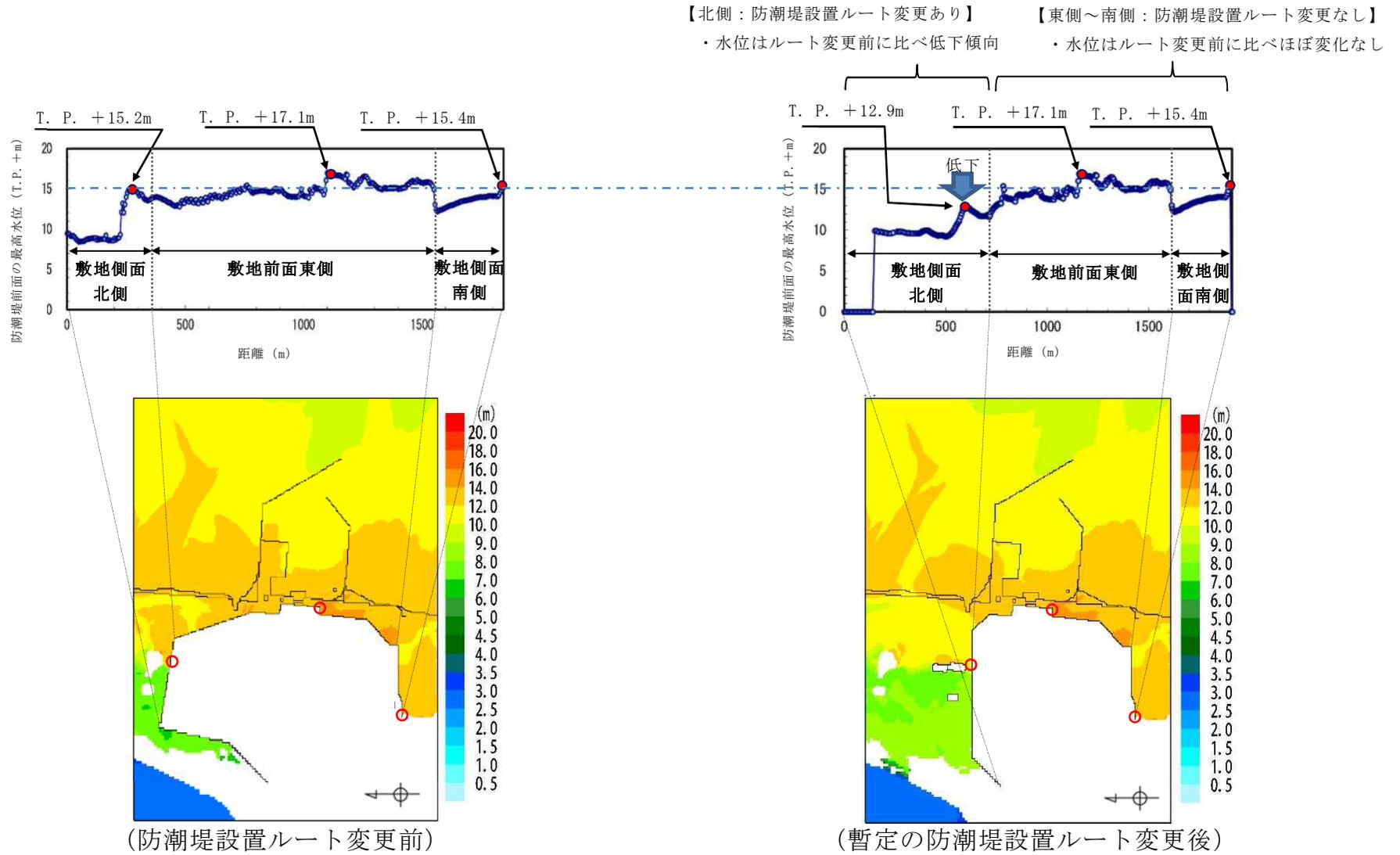
既往の基準津波による防潮堤前面の最高水位は、防潮堤設置ルートの変更前後において、いずれもT.P. +17.1mであり変化はなく、その最高水位を示す位置も同一である。

(2) 既往の基準津波による敷地側面南側～敷地前面東側の水位

第7図に示す「敷地側面南側～敷地前面東側」は、防潮堤設置ルートの変更を行っていない範囲を含んでいる。この範囲における津波の最高水位は、ルート変更前後でほぼ変化が見られない。

(3) 既往の基準津波による敷地側面北側の水位

第7図に示す「敷地側面北側」は、防潮堤設置ルートの変更を行った範囲である。この範囲における津波の最高水位は、ルート変更前のT.P. +15.2mからルート変更後のT.P. +12.9mへ低下している。



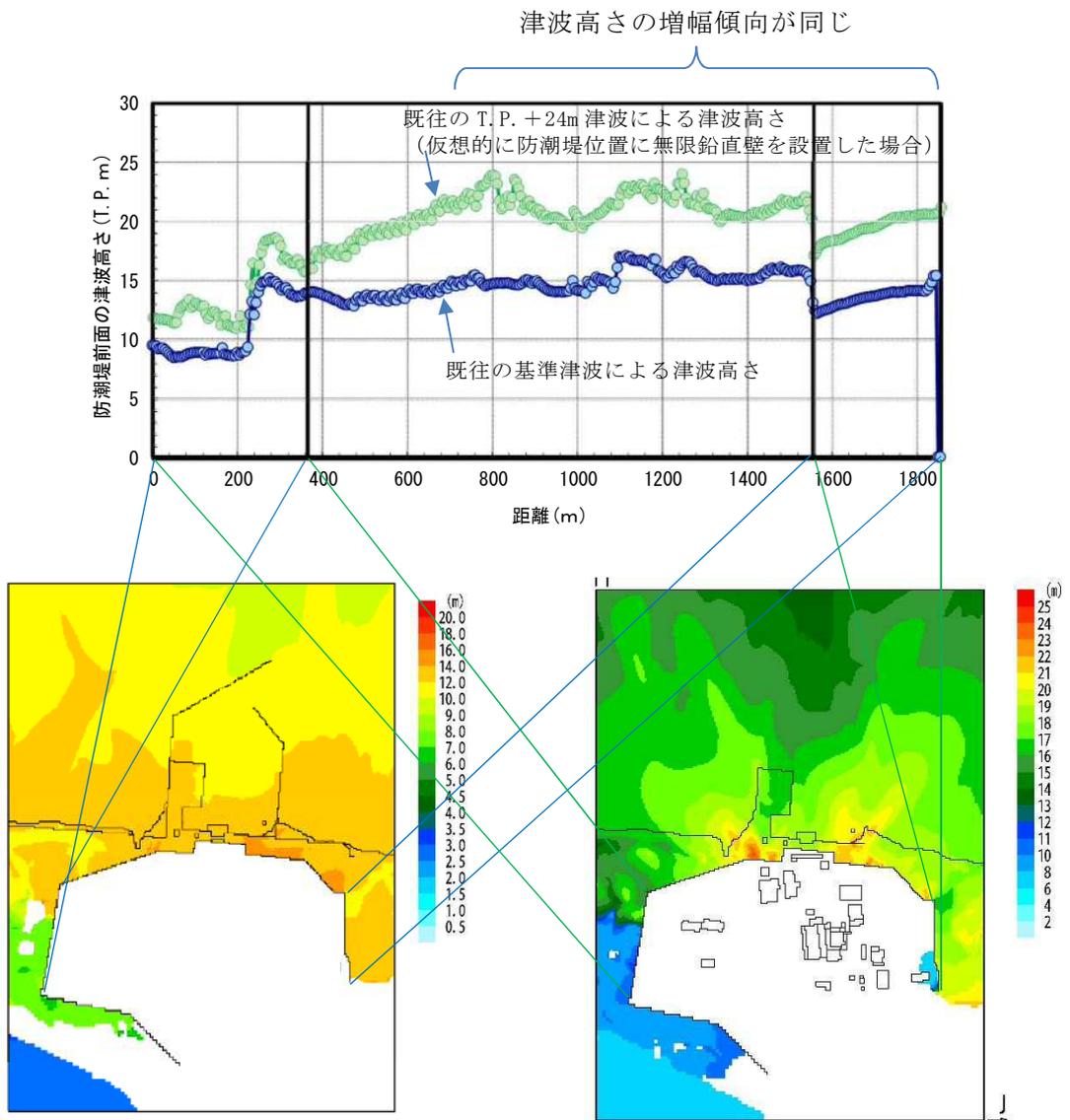
第7図 既往の基準津波による防潮堤前面における津波水位の評価結果

4. 敷地に遡上する津波の防潮堤設置ルート変更の影響

前述したとおり、防潮堤設置ルートの変更前後において最高水位地点を含む敷地側面南側～敷地前面東側の水位分布についてはほぼ変化がないことを確認した。ここでは、防潮堤設置ルートの変更前後において既往の敷地に遡上する津波（T.P. +24m津波）による津波高さへの影響を検討した。なお、ここで、敷地に遡上する津波は、基準津波と同一の波源とし、防潮堤前面の最高水位がT.P. +24mとなるように、津波波源のパラメータであるすべり量を増大させたものである。

防潮堤前面における既往の基準津波による津波高さと既往のT.P. +24m津波による津波高さの比較を第8図に示す。防潮堤前面における既往の基準津波による津波高さと既往のT.P. +24m津波による津波高さを比較した結果、T.P. +20mを上回る大きな水位を示す敷地前面東側から敷地側面南側にかけて、津波高さの増幅傾向はほぼ同じと考えられる。

以上のことから、防潮堤設置ルートの変更前後においてT.P. +24m津波による防潮堤前面での津波水位分布は大きく変わらないことが予想される。



既往の基準津波による最大水位上昇量分布図

既往の T.P. +24m 津波による最大水位上昇量分布図
(防潮堤位置に無限鉛直壁を設定)

第 8 図 既往の基準津波と既往の T.P. +24m 津波との比較

以下に、防潮堤ルート変更が敷地に遡上する津波に及ぼす影響として、「津波 P R A の評価結果，事故シーケンス選定での取扱いに対する影響」，「有効性評価において想定する津波高さ，敷地への浸水状況への影響」，「敷地に遡上する津波に対する炉心損傷防止対策への影響」について検討した結果を示す。

(1) 津波 P R A の評価結果，事故シーケンス選定での取扱いに対する影響

防潮堤ルート変更に伴う津波ハザードの変更により，津波 P R A の炉心損傷頻度に対して若干の影響が生じる可能性が考えられるものの，事故シナリオの分析に対して防潮堤ルート変更の影響はないことから，津波 P R A から抽出される事故シーケンスについては同様となる。

また，防潮堤ルート変更後においても，防潮堤設計耐力を津波高さ T. P. +24m とすることから，「防潮堤損傷」として大規模損壊での対応に含まれることとなる津波高さ（津波区分 3 : T. P. +24m ～）及び事故シーケンスグループ「津波浸水による注水機能喪失」として有効性評価において取り扱うこととなる津波高さ（津波区分 1， 2 : T. P. +20m ～ T. P. +24m）についても同様となる。

(2) 有効性評価において想定する津波高さ，敷地への浸水状況への影響

a. 想定する津波高さ

(1) で述べたとおり，防潮堤ルート変更後においても，事故シーケンスでの取扱いが変わらないことから，有効性評価において想定する津波高さは，防潮堤ルート変更前と同様に重要事故シーケンス「原子炉建屋内浸水による複数の緩和機能喪失」における最大の津波高さであり，防潮堤が健全な範囲において最大の津波高さとなる防潮堤位置において T. P. +24m の津

波となる。

b. 敷地への浸水状況

防潮堤設置ルート変更後の敷地への浸水状況を予想するに当たって、敷地側面南側、敷地前面東側、敷地側面北側の3つに分けて整理したものを第3表に示す。

敷地内への流入が支配的となる、ルートを変更していない敷地側面南側～敷地前面東側の水位、敷地への流入量（第1図参照）については、ほぼ変わらない結果となることが予想される。（第3表①）

また、防潮堤設置ルート変更前で敷地内への流入がほぼなかった敷地側面北側の水位、敷地への流入量（第1図参照）についても、大きく増加することはないことが予想される。（第3表②）

以上のことから、防潮堤設置ルート変更後における敷地内浸水評価については、ルート変更前の浸水評価結果から大きく変わるものではないことが予想される。

第3表 既往の基準津波による敷地に遡上する津波の推定

| 防潮堤 | 南 | 東 (取水口側) | 北 |
|--|--------------------------|--------------------|---------------------|
| ルート変更有無 | なし | 一部あり | あり |
| 既往の基準津波の最大水位上昇量分布 | 変化なし | 同程度 | 低下 |
| ルート変更前 T.P. +24m津波の 流入量 | 大 (終端からの回込みによる流入が支配的) | 中 (越流による流入は限定的) | 小 (終端からの回込みなし) |
| ルート変更後 T.P. +24m津波の 流入量変化 (4. より推定) | ほぼ変わらない (①) | ほぼ変わらない (①) | 大きく増加することはない (②) |

(3) 敷地に遡上する津波に対する炉心損傷防止対策への影響

(2)で述べたとおり、敷地内浸水評価については、防潮堤ルート変更前の浸水評価結果から大きく変わるものではないことが予想される。そのため、防潮堤ルート変更前の敷地浸水評価を基に検討を行った敷地に遡上する津波に対する施設防護、及びアクセスルートの設定については、防潮堤ルート変更後においても有効に機能するものと考えられる。

なお、防潮堤ルート変更後の敷地に遡上する津波の遡上解析については、今後実施し影響を確認する予定である。