

島根原子力発電所 2号炉 津波による損傷の防止

論点 7「入力津波の設定プロセス及び結果の妥当性」関連

(コメント回答)

令和 2 年 7 月
中国電力株式会社

審査会合における指摘事項【論点7，指摘3】

■ 指摘事項（平成31年2月26日 第686回審査会合）

【No.7（論点7）入力津波の設定プロセス及び結果の妥当性】

入力津波の設定についてのプロセスを網羅的に整理し，不確かさの考慮及び入力津波の設定結果の妥当性を丁寧に説明すること。

1. 入力津波の設定における不確かさ要因の網羅的な抽出及び各要因の影響を踏まえた考慮すべき要因の選定（特に考慮不要としたものの根拠）
2. 入力津波の設定における不確かさの考慮に係る設定の妥当性
3. 入力津波の設定プロセス及び結果の網羅的な提示

【No.10（指摘3）地震による影響の考慮について】

入力津波の設定において，日本海東縁部を波源域とする基準津波については，地震による影響の考慮についての統一的な考え方と方針について詳細に説明すること。

論点7, 指摘3に関連する審査会合における指摘事項

| No. | 審査会合日 | コメント内容 | 回答頁 |
|-----|---------|--|---------------------------------|
| 15 | R元.5.21 | ・入力津波の設定において、1号放水連絡通路防波扉は基準津波の策定の評価地点として設定されていないため、当該地点での基準津波の波源の選定結果を地震・津波の審査会合において説明すること。 | 地震・津波 審査で R元.9.13 に回答済 |
| 16 | R元.5.21 | ・入力津波高さを港湾外、港湾内の各施設において個別に設定しているが、他サイトが領域で設定しているのに対して、近接した複数の箇所において異なる設定高さとしている理由とその妥当性を説明すること。 | P.10,11 |
| 17 | R元.5.21 | ・入力津波の設定に影響する地形変化を生じさせる斜面については、敷地周辺斜面を含めて網羅的に根拠を説明すること。 | P.14～23 |
| 18 | R元.5.21 | ・施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速の根拠をシミュレーション解析の最大水位上昇量分布と流速の評価を踏まえて説明すること。また、流速等の遡上波の特性を考慮して、施設護岸上の漂流物を再評価すること。 | P.75,76 |
| 19 | R元.5.21 | ・地震による地盤変状が入力津波に対する影響要因にならないとする評価については、基準津波1（防波堤無し）以外のケースの検討結果を加えて、評価の妥当性を説明すること。 | P.24～29 |

論点7, 指摘3に関連する審査会合における指摘事項

| No. | 審査会合日 | コメント内容 | 回答頁 |
|-----|---------|--|---------|
| 20 | R元.5.21 | <p>・地震による地盤変状の評価について、内容の考え方や根拠を説明すること。また、確認資料が不足しているものについては追加提示すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 地震による敷地の沈下量算定について、砂礫層（未改良部分）、基礎捨石を沈下量算定の対象層としない理由を説明すること。 ➤ 液状化に伴う排水沈下量の算定について、埋戻土（掘削ズリ）の土質区分、埋戻土（掘削ズリ）の相対密度の算出方法、算出した埋戻し土（掘削ズリ）の相対密度に対するばらつきの設定。 ➤ 液状化に伴う排水沈下量の算定について、きれいな砂による最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定する沈下率を埋戻土（掘削ズリ）に適用するための条件を提示すること。 ➤ 側方流動による沈下量算定について、有効応力解析の解析断面を3号炉東側エリアとすることの代表性を説明すること。 ➤ 有効応力解析の結果について、防波壁前面の改良土と埋戻土の境界で約4mの沈下が生じている要因とその考察、側方流動による沈下量を0.3mと設定することの妥当性 ➤ 有効応力解析について、沈下量算定を基準地震動Ss-Dで代表することの理由とその妥当性を説明すること。 ➤ 残留変位のグラフを「海域」及び「防波壁背面」の範囲まで提示すること、残留水平変位の結果を提示すること。 | P.30～40 |
| 21 | R元.5.21 | <p>・入力津波の設定における朔望平均潮位の評価について、1995年9月から1996年8月までの1年間の潮位観測記録を用いて評価できる根拠及びこの評価が10年間の潮位観測記録を用いた評価に比べて保守的と判断した根拠を2011年以降のデータを含めた分析を行い説明すること。</p> | P.46～48 |

論点7 , 指摘3に関連する審査会合における指摘事項

| No. | 審査会合日 | コメント内容 | 回答頁 |
|-----|--|--|--|
| 22 | R元.5.21 | ・入力津波の設定における高潮の評価について、再現期間100年に対する期待値の見直しを行わないとした根拠及び見直しの要否を、至近データを含めた最高潮位の超過確率を踏まえて説明すること。 | P.50 |
| 23 | R元.5.21 | ・海域活断層から想定される地震による下降側評価の津波（基準津波4）に対して、上昇側の評価を行うための津波（海域活断層上昇側ケースの津波）を新たに設定しているが、この津波の位置付けとこの津波による評価の意味合いを踏まえて入力津波高さの評価結果を再整理すること。また、津波荷重と余震の組合せを踏まえて、海域活断層の上昇側ケースの入力津波としての取り扱いを整理して説明すること。 | P.73,74 |
| 24 | R元.5.21 | ・日本海東縁部を波源域とする津波による評価について、基準地震動Ssによる被害を想定しない評価があれば、評価項目と被害想定しなくて良いとする根拠を説明すること。また、地震による損傷後の津波の流入について、津波が襲来するまでの余裕時間で浸水防止をする対応方針を検討しているのであれば、浸水防止の実現性について説明すること。 | 令和2年 3月24日 第853回 審査会合 にて説明 |
| 50 | H31.4.4 第6条（外部からの衝撃による損傷の防止（その他自然現象）） | ・高潮による影響については、評価プロセスも合わせて、耐津波設計方針の審査の際に説明すること。 | P.49,50 |

論点7 , 指摘3に関連する審査会合における指摘事項

| No. | 審査会合日 | コメント内容 | 回答頁 |
|-----|--------------------|---|-------------------|
| 102 | R 2.3.24 (本日回答) | <p>引き波時の海水ポンプの取水性への影響評価について、以下に示す考え方等を示した上で、保守的な条件を想定し、さらに運用を含めた取水性確保の対策の要否を検討して基準適合上の方針を説明すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・近年のデータを含めて設定する朔望平均干潮位について、非保守的な期間のデータを採用する詳細な考え方 ・2号炉取水槽の水位下降側の評価について、入力津波高さと同許容津波高さである海水ポンプの取水可能水位の評価結果を踏まえた、海水ポンプの取水機能への影響に対する裕度の考え方 ・2号炉取水槽の水位下降側の評価について、循環水ポンプ停止の運用方針を踏まえた、ポンプ運転状態を設計条件とすることの考え方 ・引き波時の管路解析について、地殻変動量（0.34mの隆起）及び取水槽と取水管の高低差に対する影響 | P.46,47, 77~79 |
| 103 | R 2.3.24 (本日回答) | <p>潮位が緩やかな上昇傾向にあるとする要因を地球温暖化とした考え方については、必要なデータを収集し、考察を深めて説明すること。</p> | P.80~92 |

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.24及び103以外】

■ 回答まとめ

- 入力津波の設定についてのプロセスを網羅的に整理し、不確かさの考慮及び入力津波の設定結果の妥当性を示す。
 - 入力津波高さの設定において、外海に面した各施設についてはこれまで個別に入力津波高さを設定していたが、一律に設定するとともに、入力津波の設定における不確かさ要因として「地震による地形変化（斜面崩壊、地盤変状、防波堤損傷）」、「津波による地形変化（洗掘）」、「潮位変動」、「地震による地殻変動」、「管路状態・通水状態」を抽出し、そのうち入力津波の設定に与える影響が十分に小さいことを確認した「斜面崩壊」、「地盤変状」、「洗掘」を考慮不要とした。（関連コメントNo.7,16：P.7～12,60）
 - 敷地周辺斜面の地滑り地形の斜面崩壊、地震による防波壁前面の遡上域の沈下（地盤変状）、津波による洗掘については、考慮不要とした根拠を明確にした。また、潮位変動については、最近のデータを含めて潮位や高潮の分析を行い、入力津波の影響要因の設定に反映した。朔望平均干潮位については、近年までの値を整理した上で、保守的な評価となるよう観測期間中の最低水位に見直した。（関連コメントNo.7,17,19,20,21,22,50,102：P.14～59）
 - 上記の不確かさ要因を踏まえた入力津波の設定プロセス及び結果を網羅的にとりまとめた。（関連コメントNo.7：P.61～70）
- 日本海東縁部を波源域とする基準津波の地震による影響については、海域活断層から想定される地震による津波と同様に、地震による地形変化、地殻変動を考慮するよう統一的な考え方とした。（関連コメントNo.10：P.13）
- 海域活断層上昇側最大ケースの津波については、津波の到達有無を評価した上で、余震荷重との組合せ要否を判断するために設定したものあり、屋外排水路について余震荷重との組合せを考慮する必要があることを確認した。（関連コメントNo.7,23：P.73,74）
- 施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速について、荷揚場周辺の沈下等を考慮した評価を実施した。遡上域となる荷揚場周辺の漂流物については、確認した最大流速（11.9m/s）を用いて再評価を行う。（関連コメントNo.7,18：P.75,76）

1. 入力津波の設計因子・設定位置 (1 / 5)

設定すべき入力津波の抽出

■ 敷地への浸水防止等の設計・評価に用いる入力津波について、以下のとおり設定する。

| |
|--------|
| 津波高さ |
| 津波高さ以外 |

| 設計・評価項目 | 設計・評価方針 | 設定すべき入力津波※ | |
|-----------------------------|--|------------|---------------------------------|
| | | 因子(評価荷重) | 設定位置 |
| 敷地への浸水防止 (外郭防護 1) | | | |
| 遡上波の敷地への地上部からの到達・流入防止 | 基準津波による遡上波を地上部から敷地に到達又は流入させないことを確認。 基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、津波防護施設及び浸水防止設備を設置すること。 | 遡上波最高水位 | 施設護岸又は防波壁 |
| 取水路・放水路等の経路からの津波の流入の防止 | 取水路, 放水路等の経路から, 津波が流入する可能性について検討した上で, 流入の可能性のある経路(扉, 開口部, 貫通部等)を特定し, それらに対して浸水対策を施すことにより, 津波の流入を防止することを確認。 | 水路内最高水位 | 取水槽 (1~3号炉) |
| | | | 取水路点検口 (3号炉) |
| | | | 放水槽, 冷却水排水槽, マンホール, 放水接合槽 (1号炉) |
| | | | 放水槽, 放水接合槽 (2号炉) |
| 放水槽, 放水接合槽 (3号炉) | | | |
| 漏水による重要な安全機能への影響防止 (外郭防護 2) | | | |
| 安全機能への影響確認 | 浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は, 防水区画化すること。必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し, 安全機能への影響がないことを確認。 | 水路内最高水位 | 取水槽 (2号炉) |

※ 入力津波の設定位置については P.11 参照

1. 入力津波の設計因子・設定位置 (2 / 5)

設定すべき入力津波の抽出

| |
|--------|
| 津波高さ |
| 津波高さ以外 |

| 設計・評価項目 | 設計・評価方針 | 設定すべき入力津波※ | |
|------------------------------|---|------------------|------------------------|
| | | 因子(評価荷重) | 設定位置 |
| 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 | | | |
| 非常用海水冷却系の取水性 | 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を確認。 | 取水口最低水位 | 取水口 (2号炉) |
| | | 水路内最低水位 | 取水槽 (2号炉) |
| 砂の移動・堆積に対する通水性確保 | 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を確認。 | 砂堆積高さ | 取水口 (2号炉) 取水槽 (2号炉) |
| 混入した浮遊砂に対する機能保持 | 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を確認。 | 砂濃度 | 取水槽 (2号炉) |
| 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 | 漂流物となる可能性のある施設・設備等が, 2号炉取水口に到達し閉塞させないことを確認。 | 流況 (流向・流速) | 港湾内, 発電所沖合 |
| 津波監視 | 津波監視設備として設置する取水ピット水位計の測定範囲が基準津波の水位変動の範囲内であることを確認。 | 水路内最高水位, 最低水位 | 取水槽 (2号炉) |

※ 入力津波の設定位置についてはP.11参照

1. 入力津波の設計因子・設定位置 (3 / 5)

設定すべき入力津波の抽出

■ 各設計に用いる入力津波を施設別に整理すると以下のとおり。

| |
|--------|
| 津波高さ |
| 津波高さ以外 |

| 設計・評価項目 | | 設計・評価方針 | 設定すべき入力津波 | |
|--------------------|---------------------|---|-------------|-----------|
| | | | 因子 (評価荷重) | 設定位置 |
| 施設・設備の設計・評価の方針及び条件 | | | | |
| 津波防護施設 の設計 | 防波壁 | <ul style="list-style-type: none"> 波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価する。 越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して、津波防護機能が十分に保持できるよう設計する。 | 津波荷重 (波力) | 施設護岸又は防波壁 |
| | 防波壁通路防波扉 | | 漂流物衝突力 (流速) | |
| | 1号放水連絡通路防波扉 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (1号炉) |
| | 1号炉取水槽流路縮小工 | | 津波荷重 (最高水位) | 施設護岸又は防波壁 |
| 浸水防止設備 の設計 | 屋外排水路逆止弁 | <ul style="list-style-type: none"> 基準地震動による地震力に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。 浸水時の波圧等に対する耐性等を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対して浸水防止機能が十分に保持できるよう設計する。 | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| | 除じん機エリア防水壁 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| | 取水管立入ピット閉止板 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| | 除じん機エリア水密扉 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| | 海水ポンプエリア水密扉 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| | 原子炉建物境界水密扉 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| | 取水槽床ドレン逆止弁及び貫通部止水処置 | | 津波荷重 (最高水位) | 取水槽 (2号炉) |
| 津波監視設備 の設計 | 取水槽水位計 | <ul style="list-style-type: none"> 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・緩和策を検討し, 入力津波に対して津波監視機能が十分に保持できるよう設計する。 | 津波荷重 (流速) | 取水槽 (2号炉) |

1. 入力津波の設計因子・設定位置 (4 / 5)

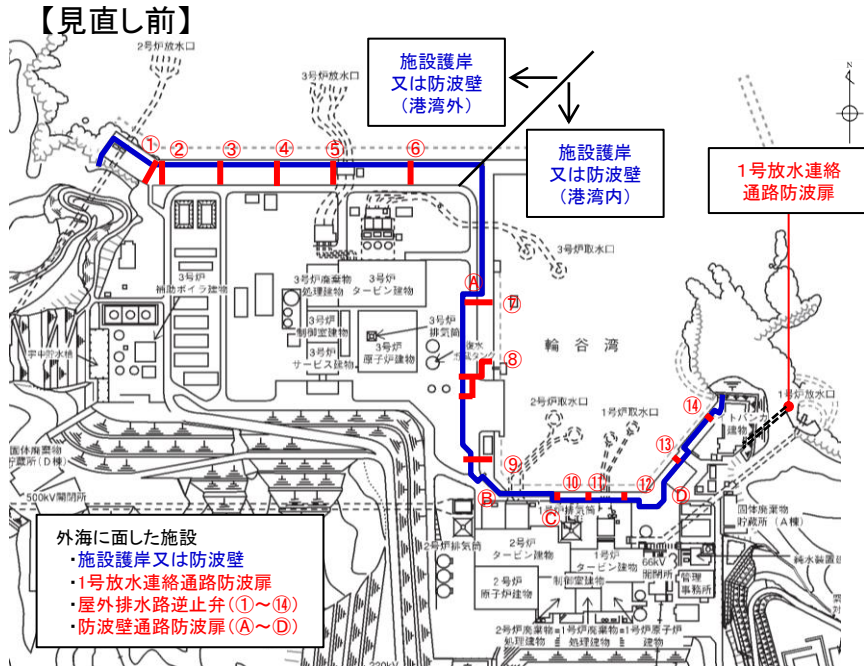
入力津波の設定位置

コメントNo.15,16の回答

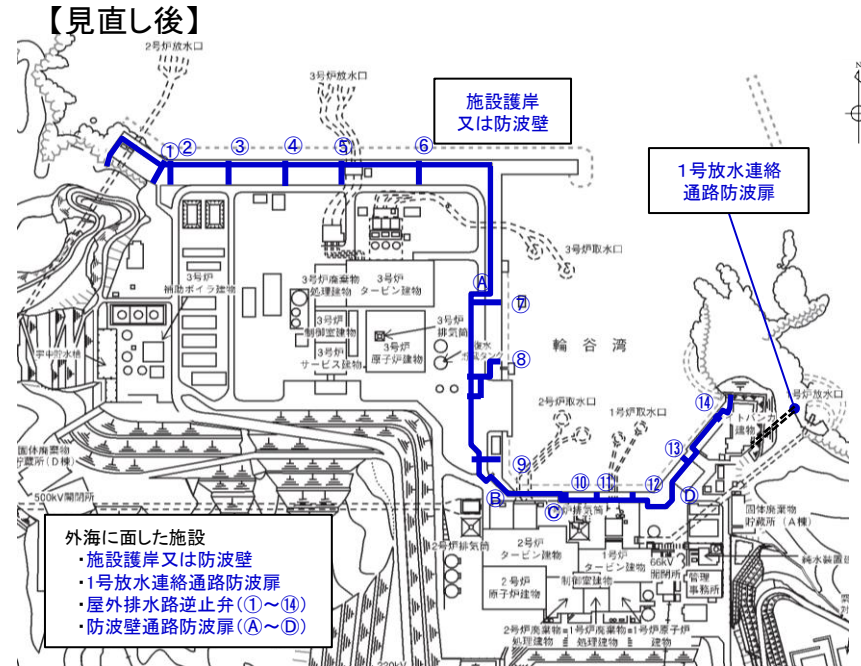
第853回審査会合
資料1-1 P.9 再掲

10

・外海に面した各施設については、近接した複数の箇所において異なる入力津波高さを設定していたが、外海に面した施設における最大水位を、一律に入力津波高さとして設定した。(コメントNo.16に対する回答)



入力津波設定位置(外海に面した施設)



入力津波設定位置(外海に面した施設)

入力津波の設定に当たり、第715回新規規制基準適合性審査(令和元年5月21日)においては、外海に面した施設の各地点における最大水位を入力津波高さとしていた。

外海に面した全ての施設は、「施設護岸又は防波壁」に「1号放水連絡通路防波扉」を含めて評価※した最大の水位を、一律に入力津波高さとして設定する。

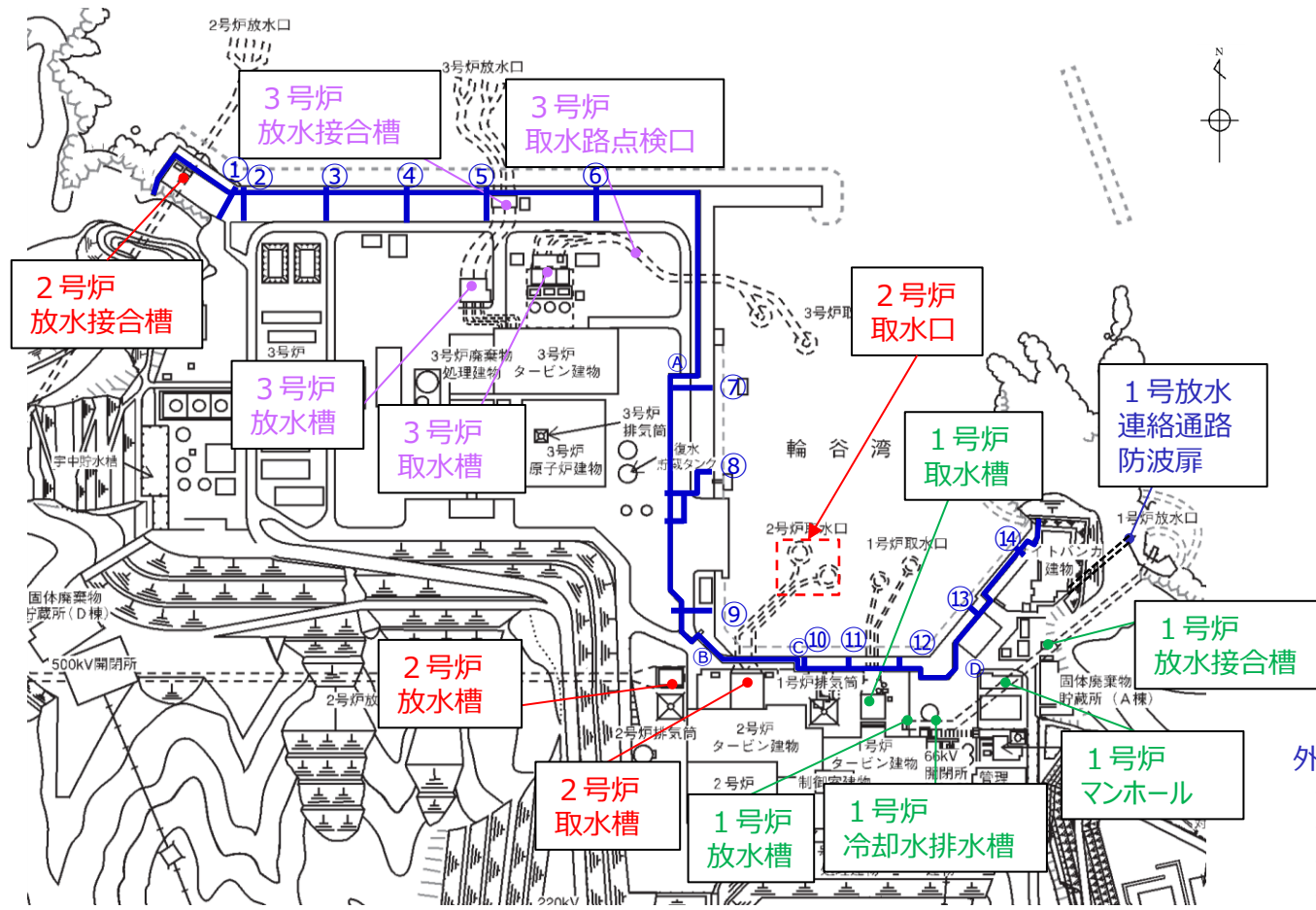
※ 評価結果については、「基準津波の策定について 1号放水連絡通路防波扉位置における評価」により説明済(第771回審査会合 令和元年.9.13)
(コメント回答No.15に対する回答)

入力津波の設定位置

コメントNo.16の回答

第853回審査会合
資料1-1 P.10 再掲

- ・入力津波の設定位置は、下図のとおり。
- ・施設護岸又は防波壁には、1号放水連絡通路防波扉、屋外排水路逆止弁①～⑭、防波壁通路防波扉A～Dを含んで評価し、一律に入力津波高さを設定する。
- ・各取放水設備については、管路計算の結果を用いて、個別に入力津波高さを設定する。



入力津波設定位置

- 外海に面した施設
- ・施設護岸又は防波壁
 - ・1号放水連絡通路防波扉
 - ・屋外排水路逆止弁①～⑭
 - ・防波壁通路防波扉A～D

2. 入力津波の設定における影響要因 影響要因の抽出

- 入力津波の設定における影響要因（不確かさ）について、新規制基準における要求事項等を踏まえ、抽出を行う。

入力津波設定に関する新規制基準における要求事項及び影響要因

| 入力津波設定に関する新規制基準における要求事項等 | 影響要因 | | 参照ページ |
|--|--------------|-----------------|----------|
| 次に示す可能性が考えられる場合は、敷地への遡上経路に及ぼす影響を検討すること。 ・地震に起因する変状による地形，河川流路の変化※1 ・繰り返し襲来する津波による洗掘・堆積による地形，河川流路の変化※1 | 地震による地形変化※2 | ①斜面崩壊 | P.14～23 |
| | | ②地盤変状 | P.24～40 |
| | | ③防波堤損傷 | P.41～44 |
| | 津波による地形変化 | ④洗掘 | P.45 |
| 入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施すること。 潮汐以外の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。 地震により陸域の隆起または沈降が想定される場合，地殻変動による敷地の隆起または沈降及び，強震動に伴う敷地地盤の沈下を考慮して安全側の評価を実施すること。 | 潮位変動 | ⑤朔望平均潮位・潮位のばらつき | P.46～50 |
| | | ⑥高潮 | |
| | ⑦地震による地殻変動※2 | | P.51～55 |
| 管路解析の実施にあたり，考えられる影響要因を考慮する。 | 管路状態・通水状態 | ⑧貝付着状態 | P.56, 57 |
| | | ⑨ポンプ稼働状態 | P.58, 59 |

※1 敷地周辺の地形は，東西及び南側を標高150m程度の山に囲まれている。敷地の南方約2kmに佐陀川があるが，敷地周辺の山を越えて敷地に津波は流入しない。また，敷地に津波が流入するような溪流や河川はない。

※2 地震による影響の考慮についての考え方を次頁に示す。（コメントNo.10に対する回答）

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による影響の考慮についての考え方

- 地震による影響（地形変化及び地殻変動）の有無を検討し、影響要因として設定する。検討にあたっては、日本海東縁部及び海域活断層から想定される地震による津波について、津波波源となる地震による影響を考慮するとともに、津波が起きる前に基準地震動 S_s の震源となる敷地周辺の活断層から想定される地震が発生した場合を想定した検討も行う。

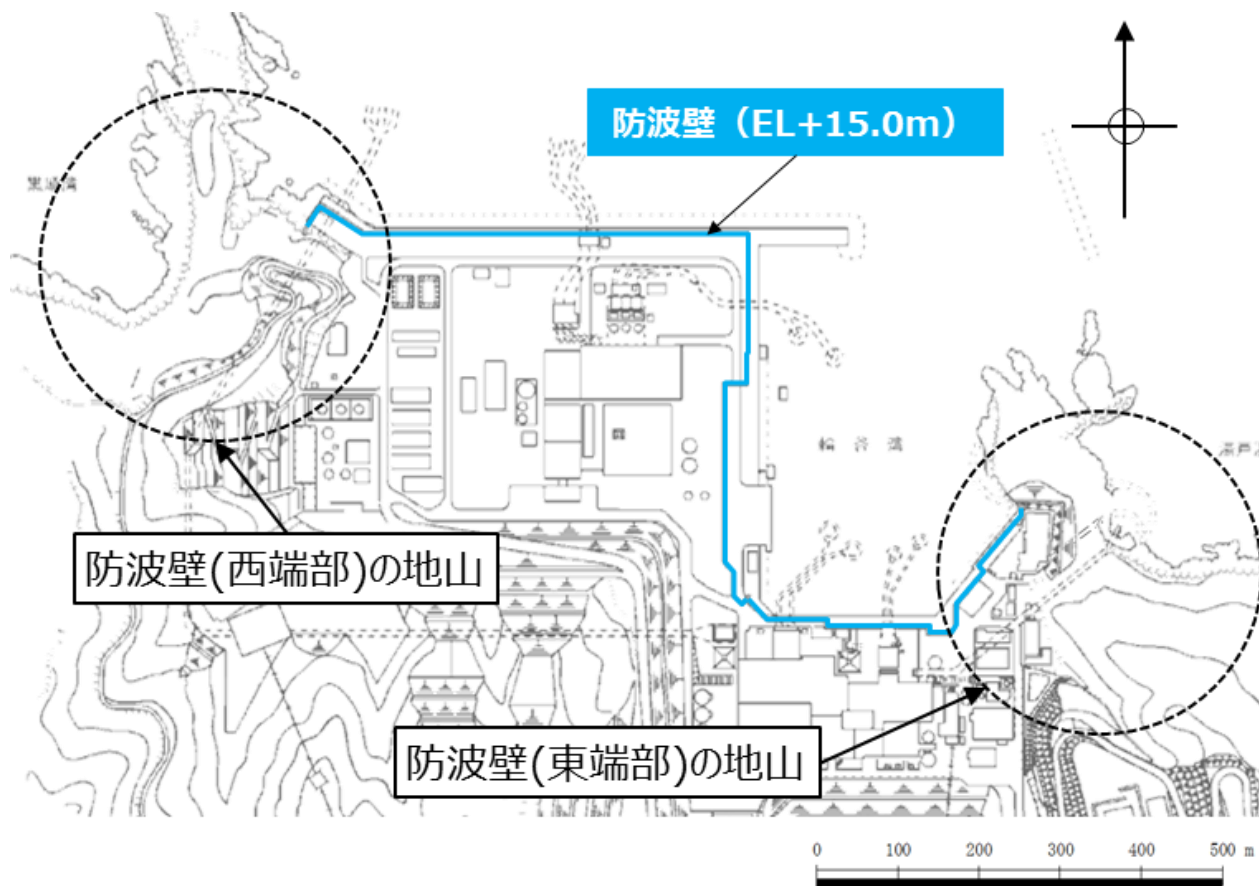
地震による影響の考慮についての考え方

| | | |
|---------------|---|---|
| 地震による 地形変化 | 斜面崩壊 | <ul style="list-style-type: none"> 防波壁両端部の地山については、基準地震動S_sによる斜面崩壊の有無を検討し、崩壊が想定される場合には、入力津波を設定する際の影響要因として設定する。 防波壁両端部の地山以外の敷地周辺斜面については、斜面崩壊を想定して入力津波への影響の有無を確認し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。 |
| | 地盤変状 | 基準地震動 S_s による地盤変状を想定して入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。 |
| | 防波堤損傷 | 基準地震動 S_s による損傷が想定される防波堤について入力津波への影響の有無を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。 |
| 地震による地殻変動 | <ul style="list-style-type: none"> 各津波の波源による地殻変動を検討し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。 津波が起きる前に基準地震動S_sの震源となる敷地周辺の活断層の変位による地殻変動が発生することを考慮し、入力津波の設定に影響を与える場合には、影響要因として設定する。 | |

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化（①斜面崩壊）（1 / 10）

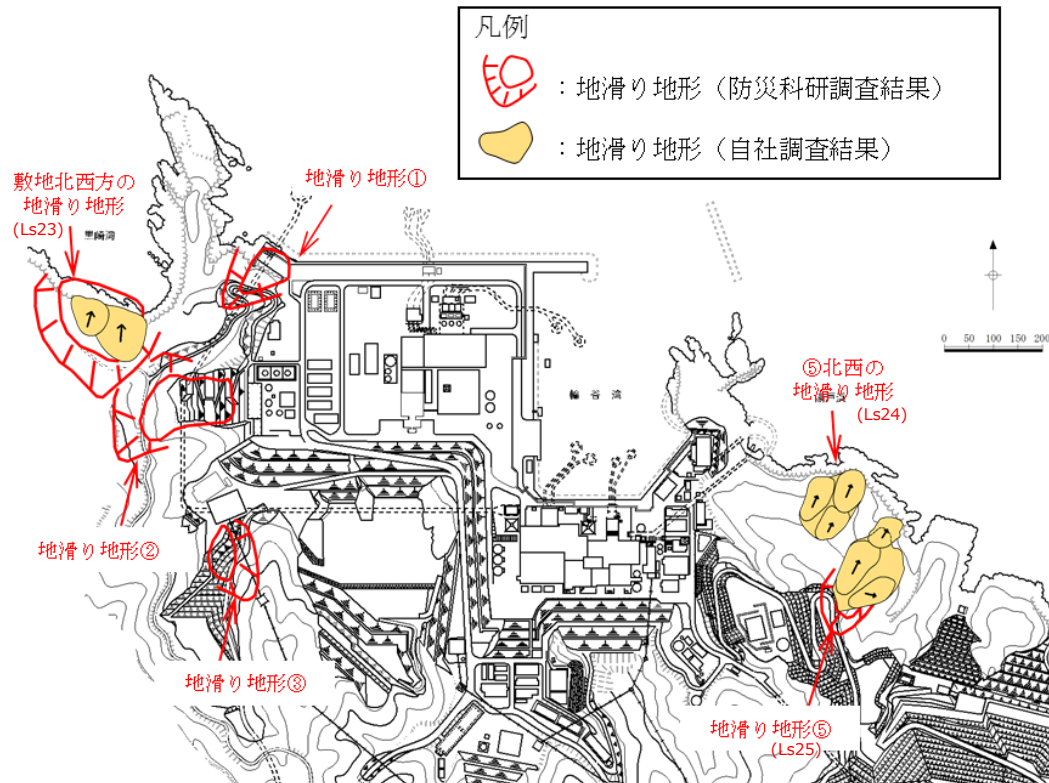
- 敷地への遡上経路に影響を与える可能性がある地震による地形変化として斜面崩壊について検討する。
- 敷地周辺の地形は、東西及び南側を標高150m程度の山に囲まれており、防波壁両端部の地山は津波防護上の障壁といえる。
- 当該地山については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点2「津波防護の障壁となる地山の扱い」(R2.5.26審議済)において、基準地震動及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認したことから、当該地山の斜面崩壊は入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。



2. 入力津波の設定における影響要因

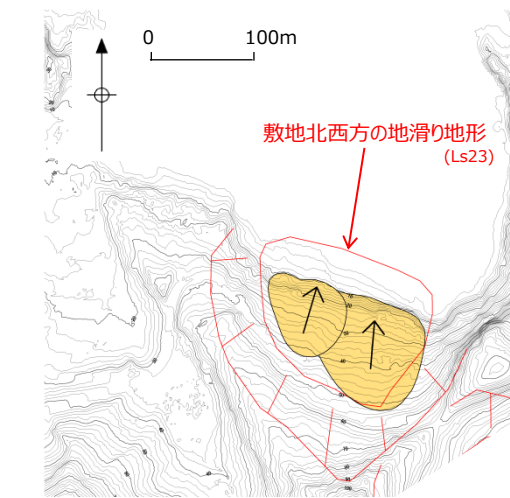
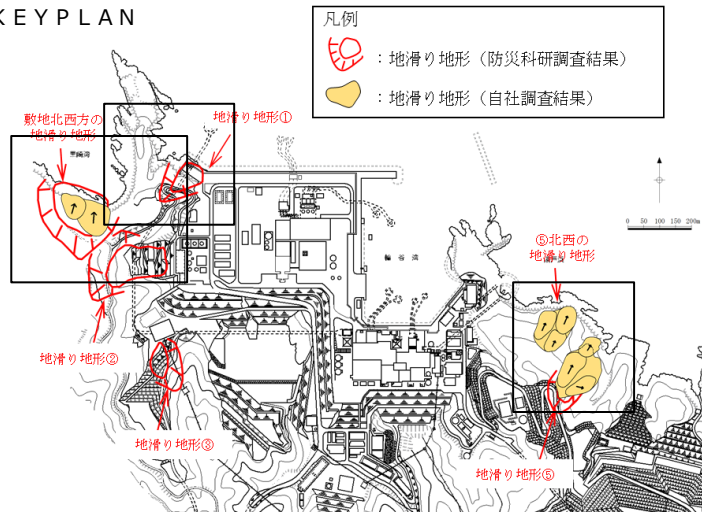
地震による地形変化（①斜面崩壊）（2 / 10）

- 防波壁両端部の地山以外に、入力津波の設定に影響する地形変化を生じさせる敷地周辺斜面として、地すべり地形が判読されている地山の斜面崩壊についても検討する。（地すべり地形の評価については「第6条：外部からの衝撃による損傷の防止（外部事象の考慮について）」において審議済（R2.5.26））（コメントNo.17に対する回答）
- 検討に当たっては、地すべり土塊が海側に突入する可能性が考えられる「敷地北西方の地すべり地形(Ls23)」、「⑤北西の地すべり地形(Ls24)」、「地すべり地形⑤(Ls25)」の斜面を対象にする。

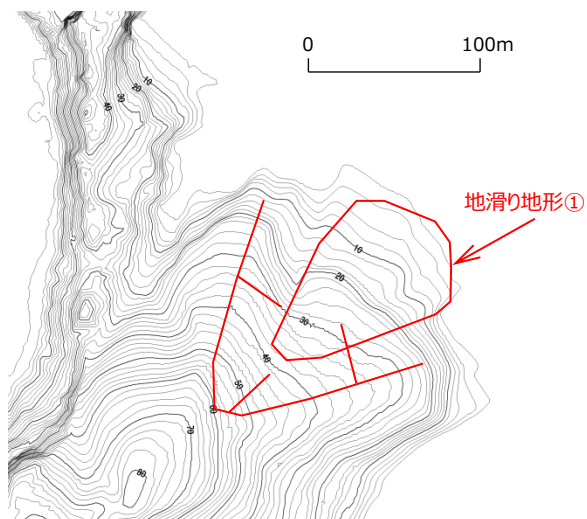


※ 各地滑りの拡大図を次頁に示す。

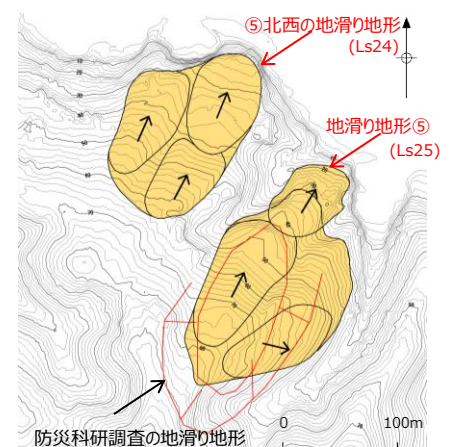
2. 入力津波の設定における影響要因 地震による地形変化 (①斜面崩壊) (3 / 10)



敷地北西方の地滑り地形周辺の旧地形図



地滑り地形①周辺の旧地形図



地滑り地形⑤及び
敷地北西の地滑り地形周辺の
旧地形図

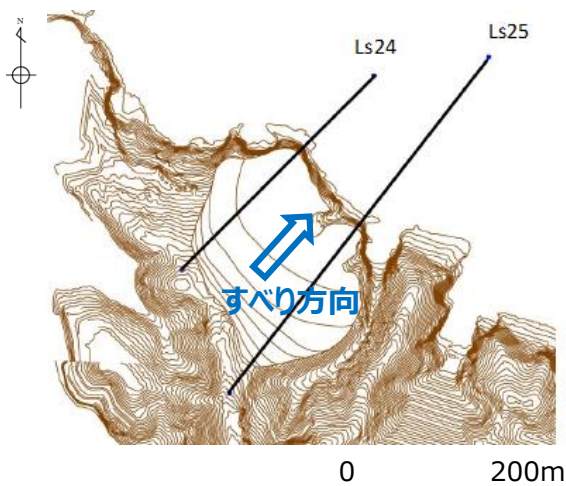
2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (①斜面崩壊) (4/10)

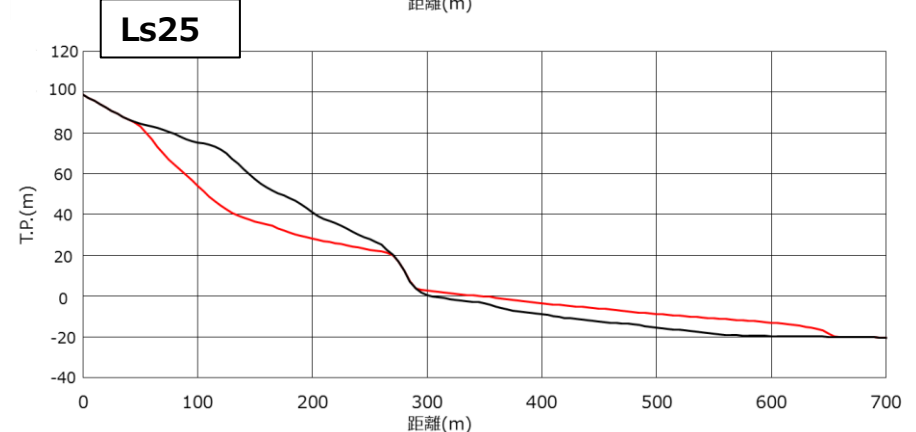
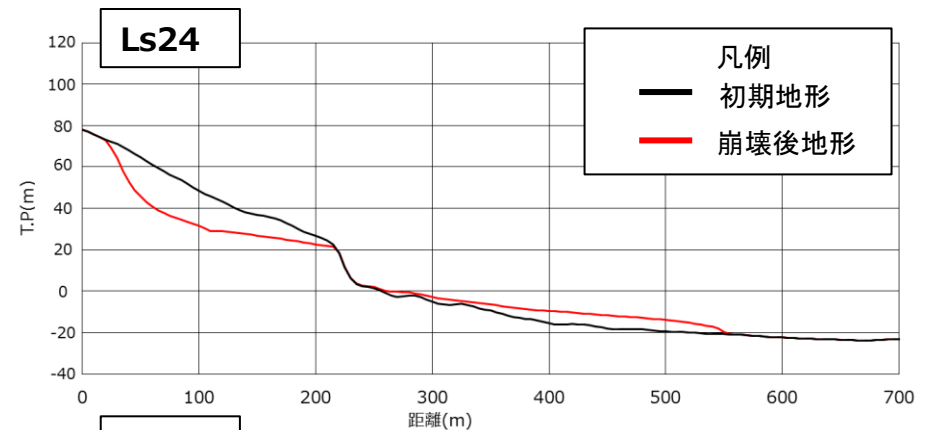
- 敷地周辺斜面のうち、地すべりLs23, Ls24及びLs25の地すべり地形の概略の土塊量を下表に示す。(第575回審査会合資料「基準津波の策定」より抜粋)
- 地すべりの土塊量は、3箇所地すべりのうちLs25の地すべりが大きいことから、Ls25の地すべりを対象に検討する。検討にあたっては、Ls25の近くにLs24が位置することから、これらの地すべりが同時崩壊することを仮定し、保守的にLs24+25の地すべりが崩壊した後の地形を対象に津波評価を実施する。
- 地すべりが崩壊した後の地形については、津波評価の陸上地すべりの検討で実施した二層流モデルを用いて決定する。

土塊量の比較

| 地すべり | 長さ L(m) | 幅 b(m) | 厚さ t(m) | 土塊量 Vs(m ³) |
|------|------------|-----------|------------|----------------------------|
| Ls23 | 125 | 170 | 25 | 531,250 |
| Ls24 | 172 | 80 | 16 | 220,160 |
| Ls25 | 265 | 140 | 20 | 742,000 |



地すべり断面位置図



地すべり断面図

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化（①斜面崩壊）（5/10）

- 基準津波 1～6 のケースを対象に基本ケース及び斜面崩壊させたケースを比較し、その差異を下表に示す。また、各ケースの最大水位分布を次頁以降に示す。なお、潮位については、**朔望平均満潮位**を近年5ヵ年（2015.1～2019.12）、**朔望平均干潮位**を1ヵ年（1995.9～1996.8）の潮位観測記録に基づき設定する（P.46参照）。
- 津波解析の結果、斜面崩壊させた場合、水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は、どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が大きい。一方、水位下降側の2号炉取水口の水位については、一部、基準津波3で斜面崩壊有りの方が水位が低下しているが、この差は僅か（-0.03m）であり、大半は、基本ケースの方が斜面崩壊有りのケースに対して水位が低下している。
- 以上より、地震による地形変化（斜面崩壊）は入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

基本ケースと斜面崩壊を考慮したケースの水位比較

| | 【水位上昇側】施設護岸又は防波壁※1 | | | 【水位下降側】2号炉取水口（東）※2 | | |
|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | 基本ケース (A) | 斜面崩壊有り (B) | 差異 (B-A) | 基本ケース (A) | 斜面崩壊有り (B) | 差異 (B-A) |
| 基準津波 1（防波堤有り） | +10.7m (+10.67m) | +10.7m (+10.67m) | 0.0m (0.00m) | -5.2m (-5.13m) | -5.0m (-4.98m) | +0.2m (+0.15m) |
| 基準津波 1（防波堤無し） | +11.9m (+11.85m) | +11.1m (+11.08m) | -0.8m (-0.77m) | -6.1m (-6.01m) | -5.8m (-5.79m) | +0.3m (+0.22m) |
| 基準津波 2（防波堤有り） | +9.0m (+8.93m) | +8.9m (+8.89m) | -0.1m (-0.04m) | | | |
| 基準津波 3（防波堤有り） | | | | -4.7m (-4.63m) | -4.7m (-4.66m) | 0m (-0.03m) |
| 基準津波 4（防波堤有り） | | | | -4.1m (-4.04m) | -4.1m (-4.04m) | 0m (0.00m) |
| 基準津波 4（防波堤無し） | | | | -4.3m (-4.25m) | -4.3m (-4.24m) | 0m (+0.01m) |
| 基準津波 5（防波堤無し） | +11.5m (+11.45m) | +11.3m (+11.29m) | -0.2m (-0.16m) | | | |
| 基準津波 6（防波堤無し） | | | | -6.1m (-6.08m) | -6.0m (-5.99m) | +0.1m (+0.09m) |

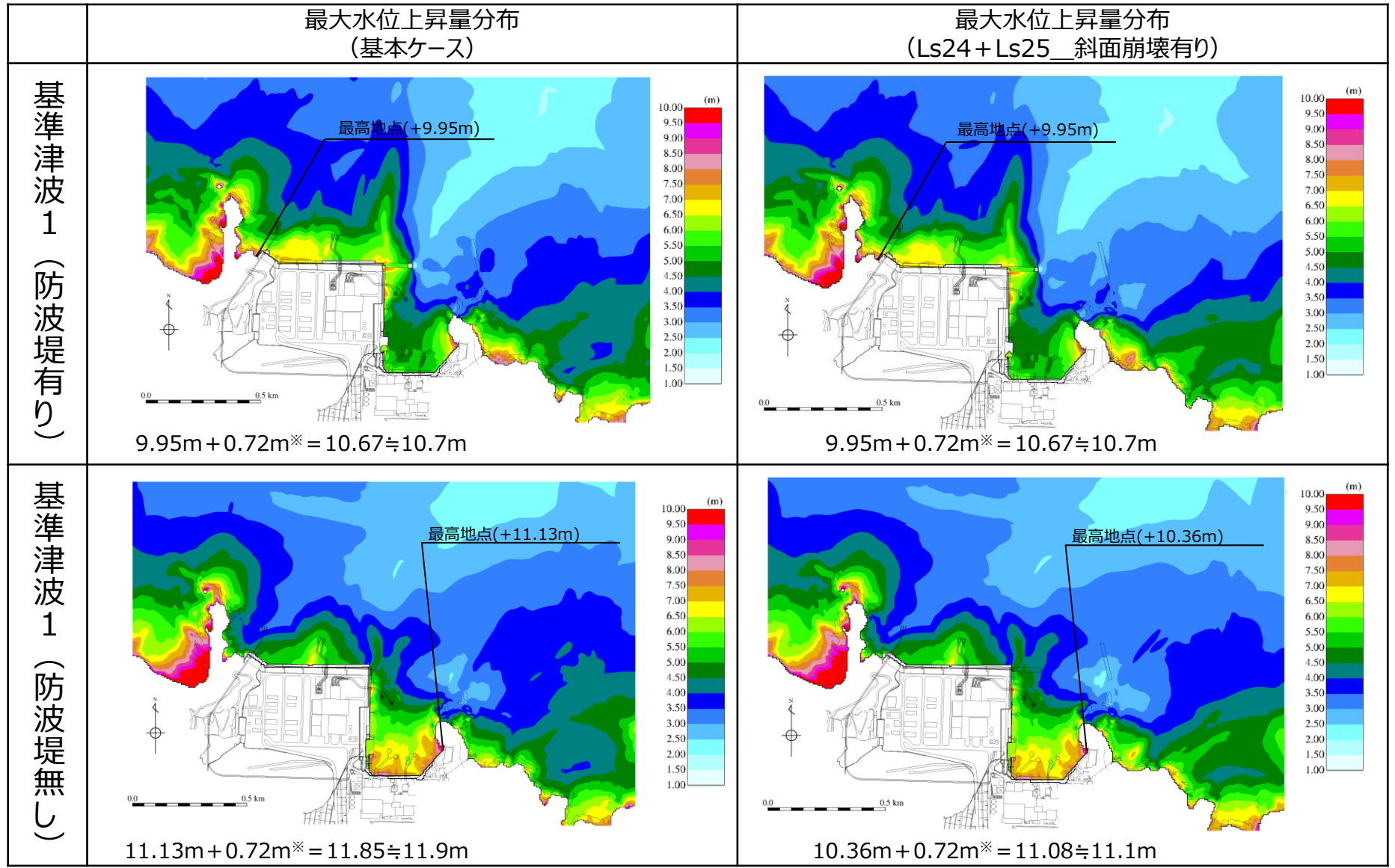
※1 朔望平均満潮位+0.58m、潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮 ※2 朔望平均干潮位-0.02m、潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

2. 入力津波の設定における影響要因

コメントNo.17の回答

第853回審査会合
資料1-1 P.17 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

地震による地形変化 (①斜面崩壊) (6/10)



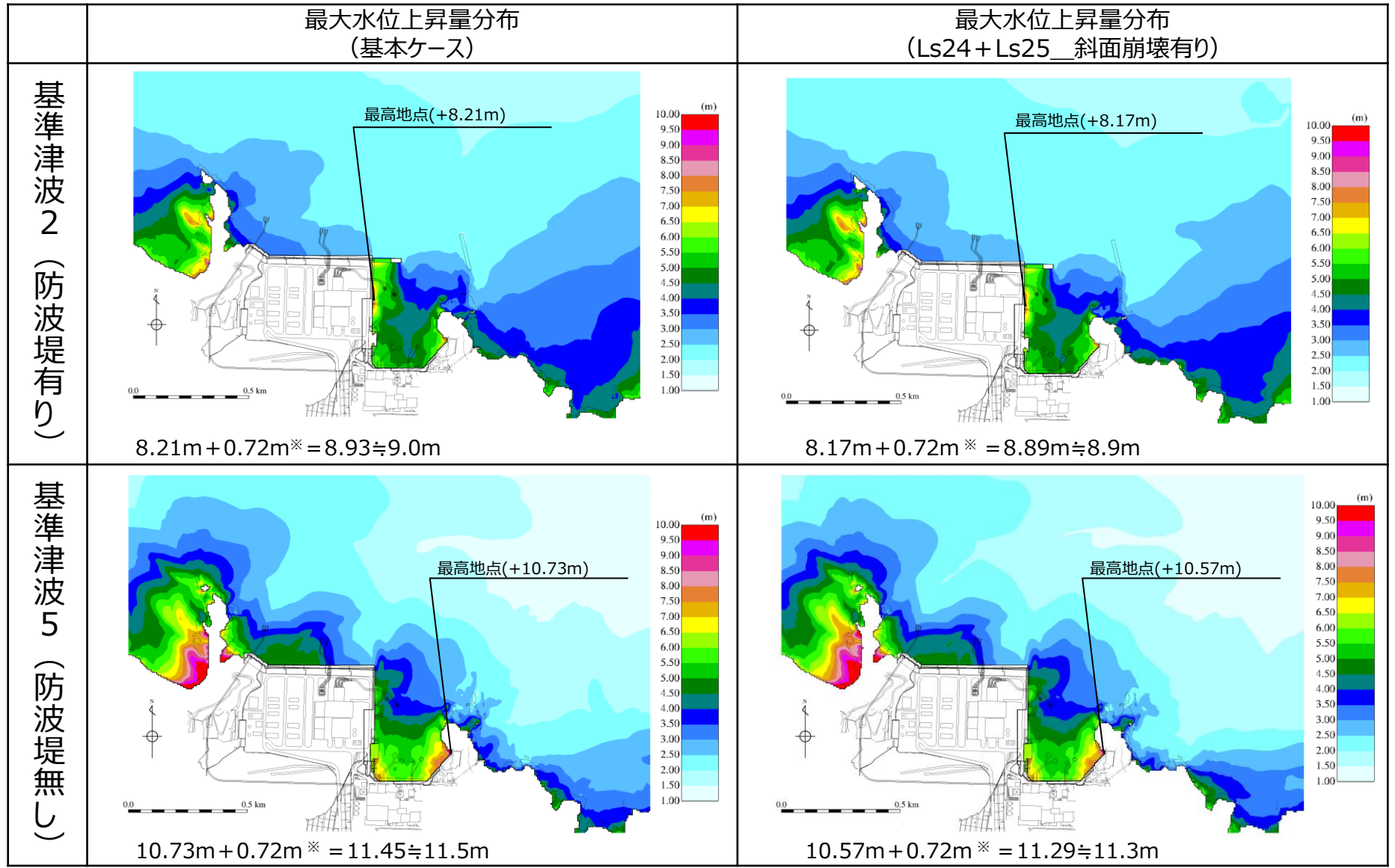
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮
最大水位上昇量分布の比較

2. 入力津波の設定における影響要因

コメントNo.17の回答

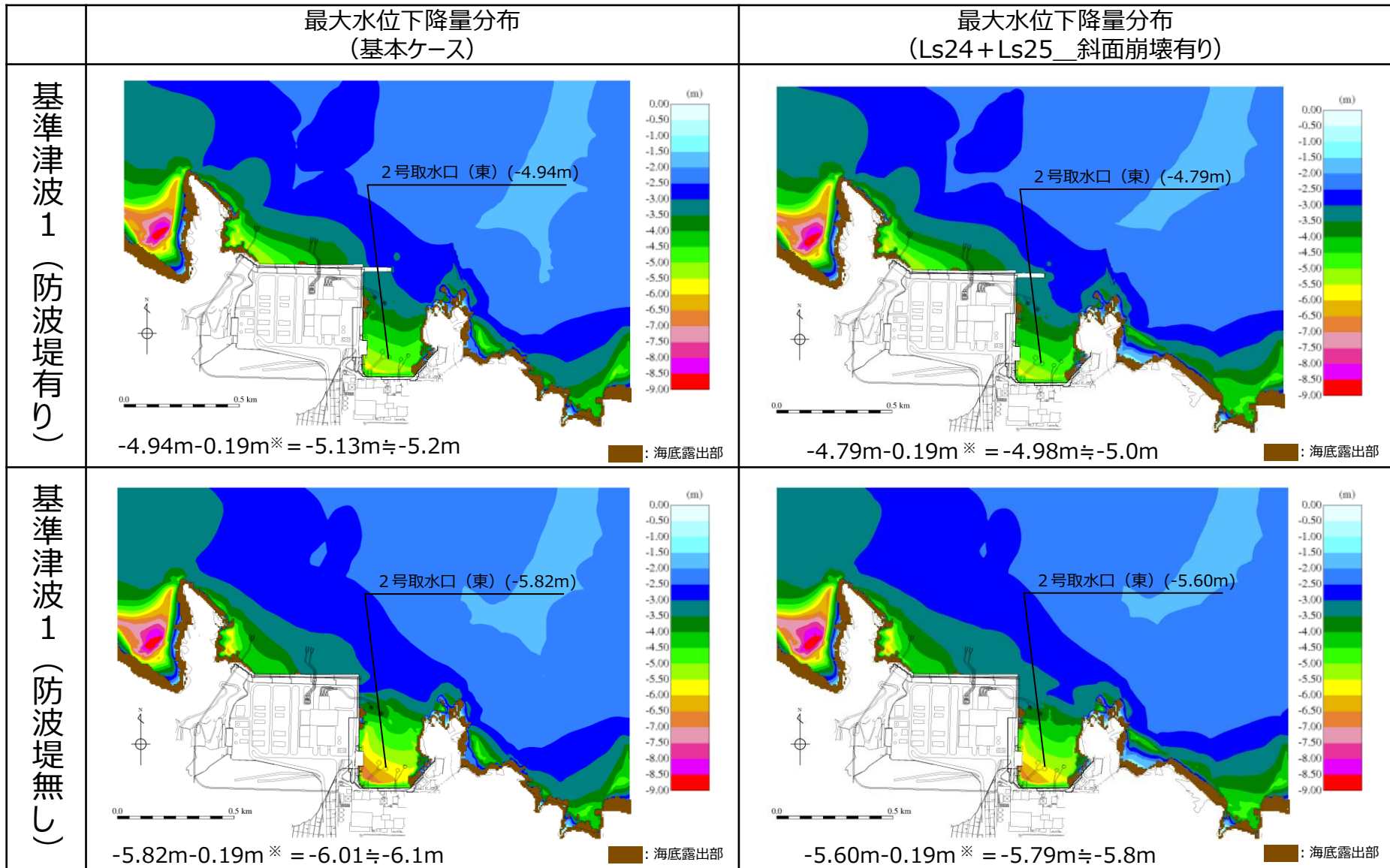
第853回審査会合
資料1-1 P.18 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

地震による地形変化 (①斜面崩壊) (7/10)



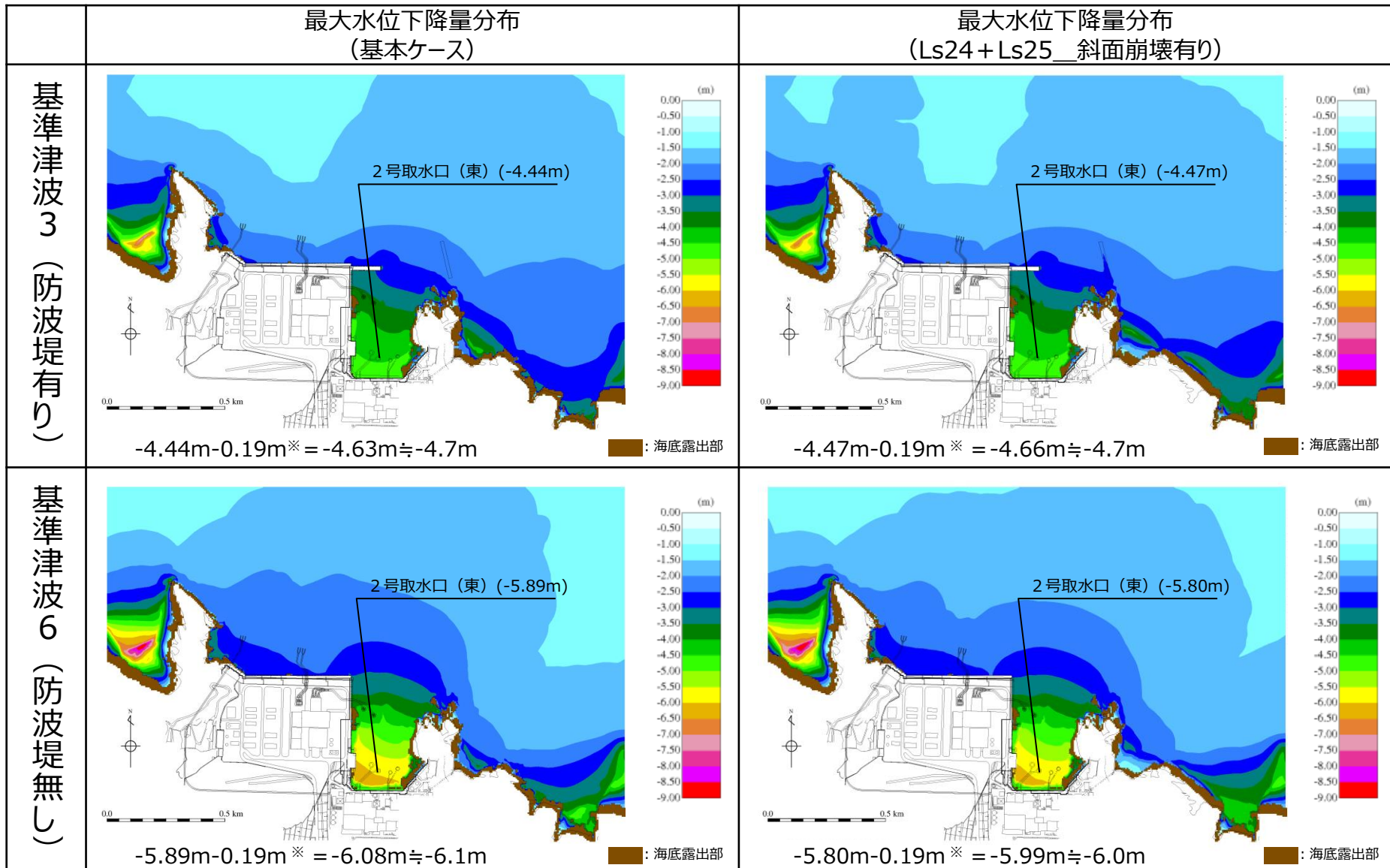
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮
最大水位上昇量分布の比較

地震による地形変化 (①斜面崩壊) (8/10)



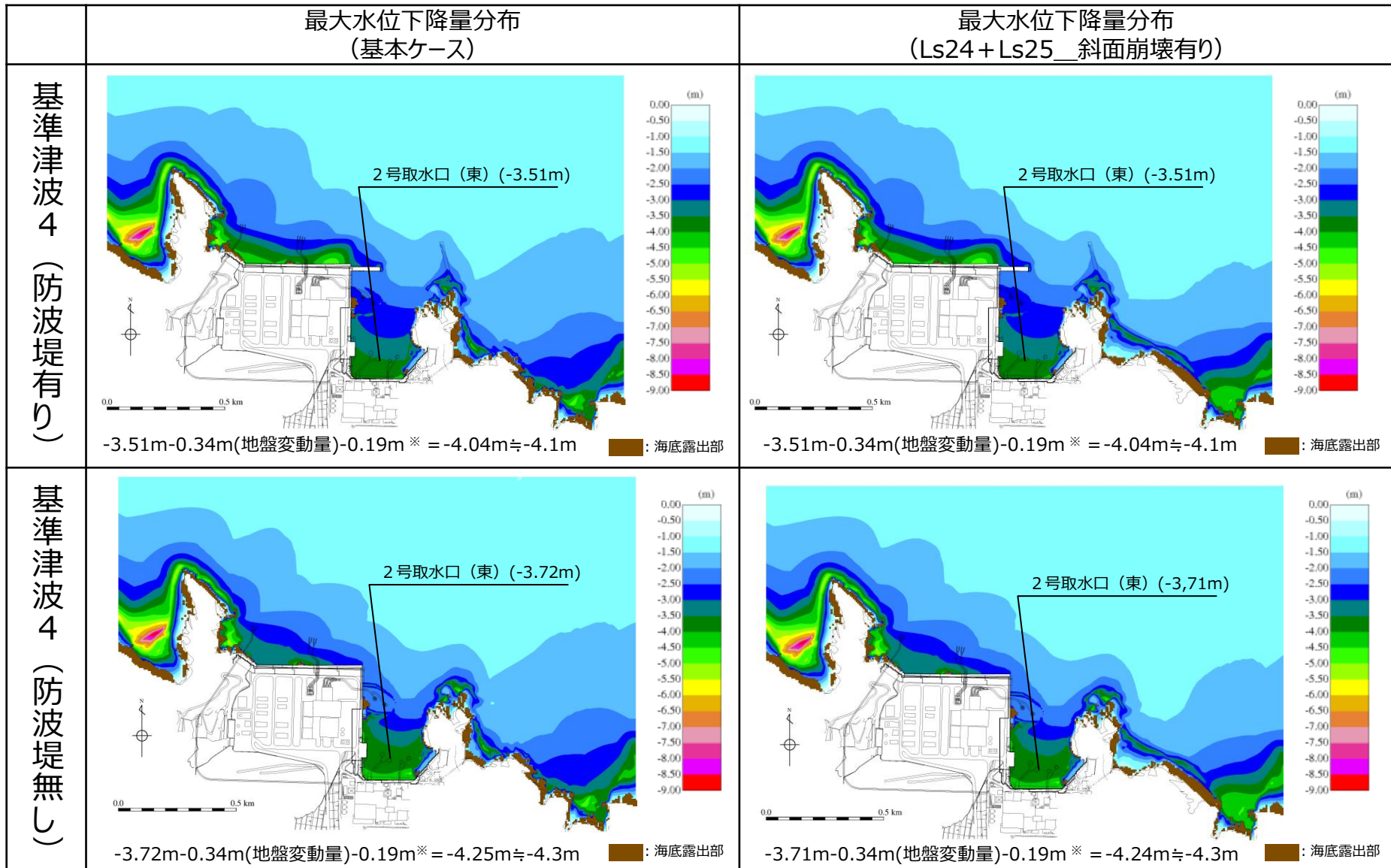
※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮
最大水位下降量分布の比較

地震による地形変化 (①斜面崩壊) (9/10)



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮
最大水位下降量分布の比較

地震による地形変化 (①斜面崩壊) (10/10)



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

最大水位下降量分布の比較

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (1 / 17)

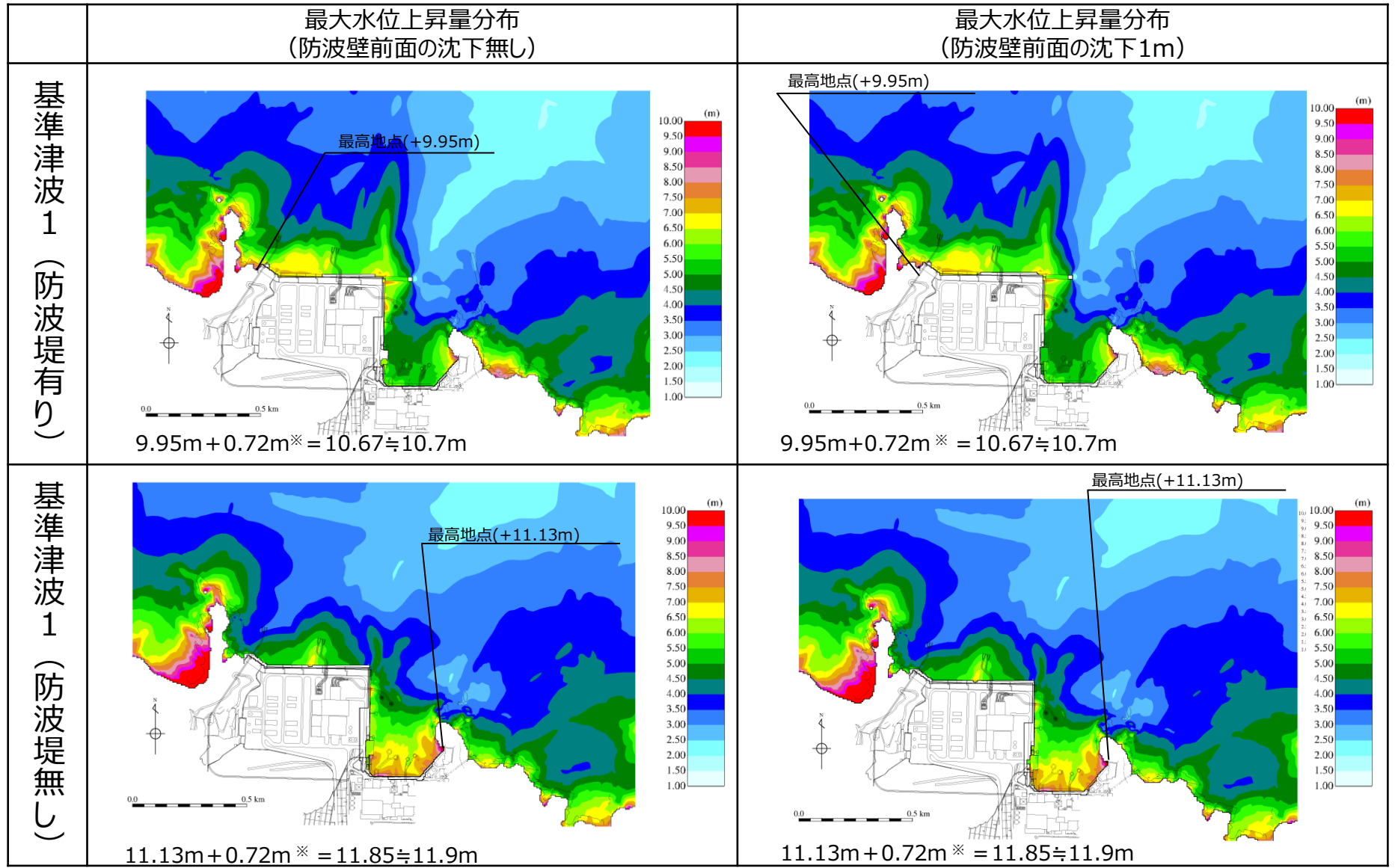
- 敷地への遡上経路に影響を与える可能性がある地震による地形変化として地盤変状について検討する。
- 防波壁は、堅固な岩盤（一部、改良地盤）に支持されていることから、地震時の液状化に伴う沈下は発生しない。一方、防波壁前面に存在する埋戻土は、地震時に沈下する可能性があるため、防波壁前面を一律1m沈下させた津波解析を実施した（沈下範囲及び沈下量設定の詳細はP.30～40参照、コメントNo.20に対する回答）。
- 基準津波1～6のケースを対象に基本ケース及び1m沈下させたケースを比較し、その差異を下表に示す。（コメントNo.19に対する回答）また、各ケースの最大水位分布を次頁以降に示す。なお、潮位については、[朔望平均満潮位](#)を近年5ヵ年（2015.1～2019.12）、[朔望平均干潮位](#)を1ヵ年（1995.9～1996.8）の潮位観測記録に基づき設定する（P.46参照）。
- 津波解析の結果、1m沈下させた場合、水位上昇側の施設護岸又は防波壁の水位は、どのケースについても基本ケースと同じもしくは基本ケースの方が大きい。また、水位下降側の2号炉取水口の水位については、全ケースで同じとなった。
- 以上より、地震による地形変化（地盤変状）は、入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。

基本ケースと地盤変状を考慮したケースの水位比較

| | 【水位上昇側】施設護岸又は防波壁※1 | | | 【水位下降側】2号炉取水口（東）※2 | | |
|--------------|---------------------|---------------------|------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| | 基本ケース (沈下無し)(A) | 沈下有り1m (B) | 差異 (B-A) | 基本ケース (沈下無し)(A) | 沈下有り1m (B) | 差異 (B-A) |
| 基準津波1（防波堤有り） | +10.7m (+10.67m) | +10.7m (+10.67m) | 0.0m (0.00m) | -5.2m (-5.13m) | -5.2m (-5.13m) | 0.0m (0.00m) |
| 基準津波1（防波堤無し） | +11.9m (+11.85m) | +11.9m (+11.85m) | 0.0m (0.00m) | -6.1m (-6.01m) | -6.1m (-6.01m) | 0.0m (0.00m) |
| 基準津波2（防波堤有り） | +9.0m (+8.93m) | +9.0m (+8.92m) | 0.0m (-0.01m) | | | |
| 基準津波3（防波堤有り） | | | | -4.7m (-4.63m) | -4.7m (-4.63m) | 0.0m (0.00m) |
| 基準津波4（防波堤有り） | | | | -4.1m (-4.04m) | -4.1m (-4.04m) | 0.0m (0.00m) |
| 基準津波4（防波堤無し） | | | | -4.3m (-4.25m) | -4.3m (-4.25m) | 0.0m (0.00m) |
| 基準津波5（防波堤無し） | 11.5m (+11.45m) | 11.5m (+11.45m) | 0.0m (0.00m) | | | |
| 基準津波6（防波堤無し） | | | | -6.1m (-6.08m) | -6.1m (-6.08m) | 0.0m (0.00m) |

※1 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮 ※2 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

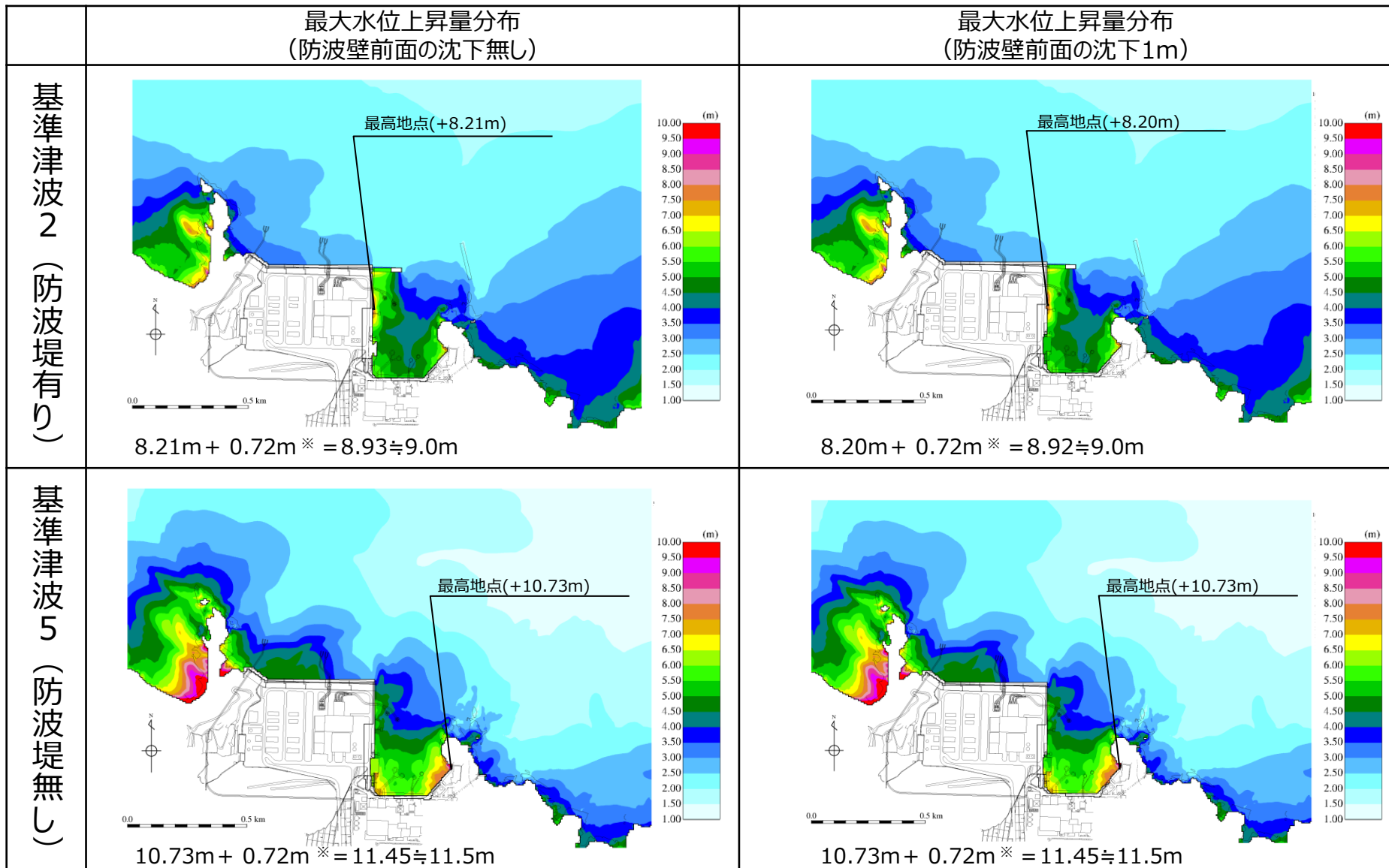
地震による地形変化 (②地盤変状) (2 / 17)



※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮
最大水位上昇量分布の比較

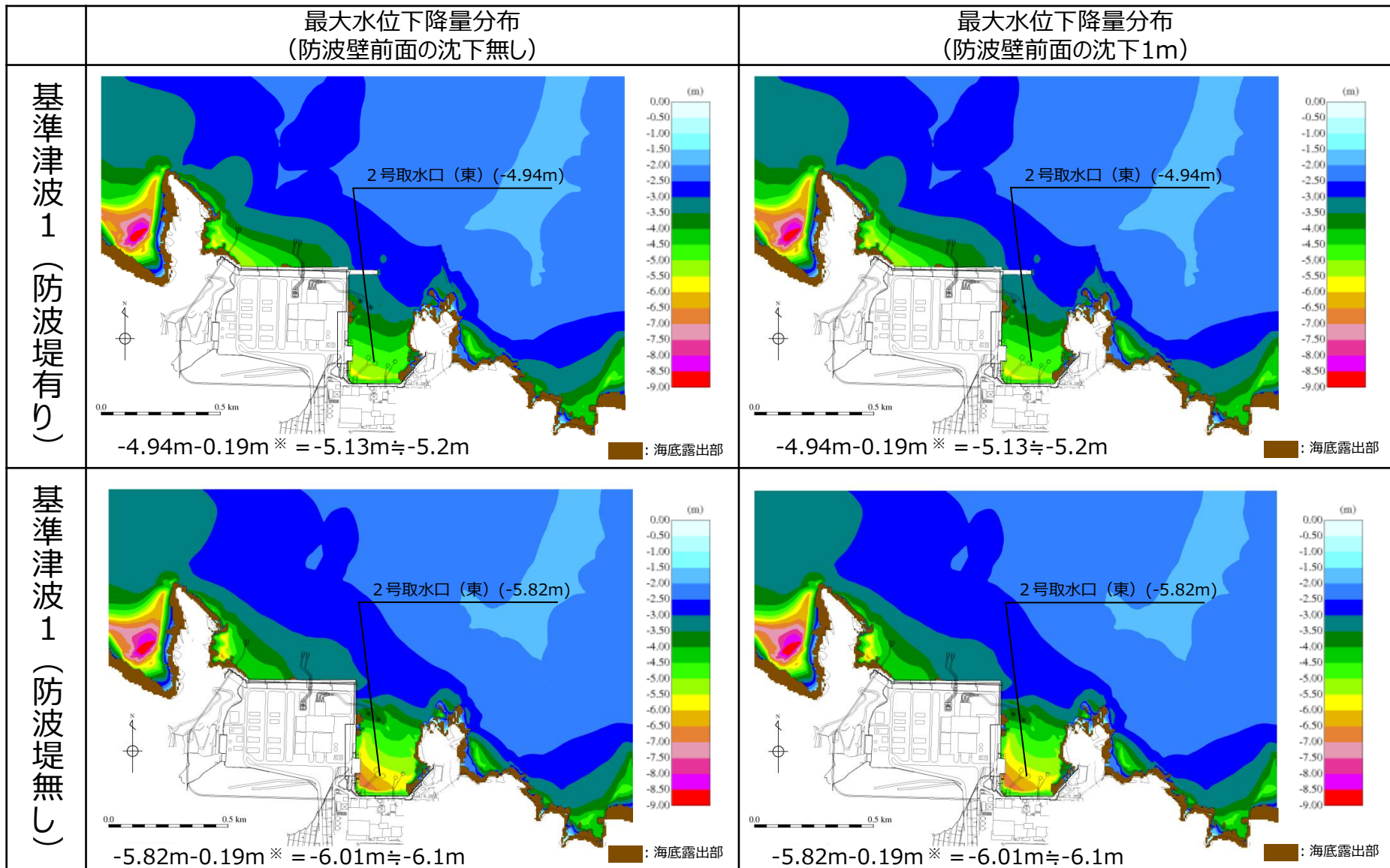
2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (3 / 17)



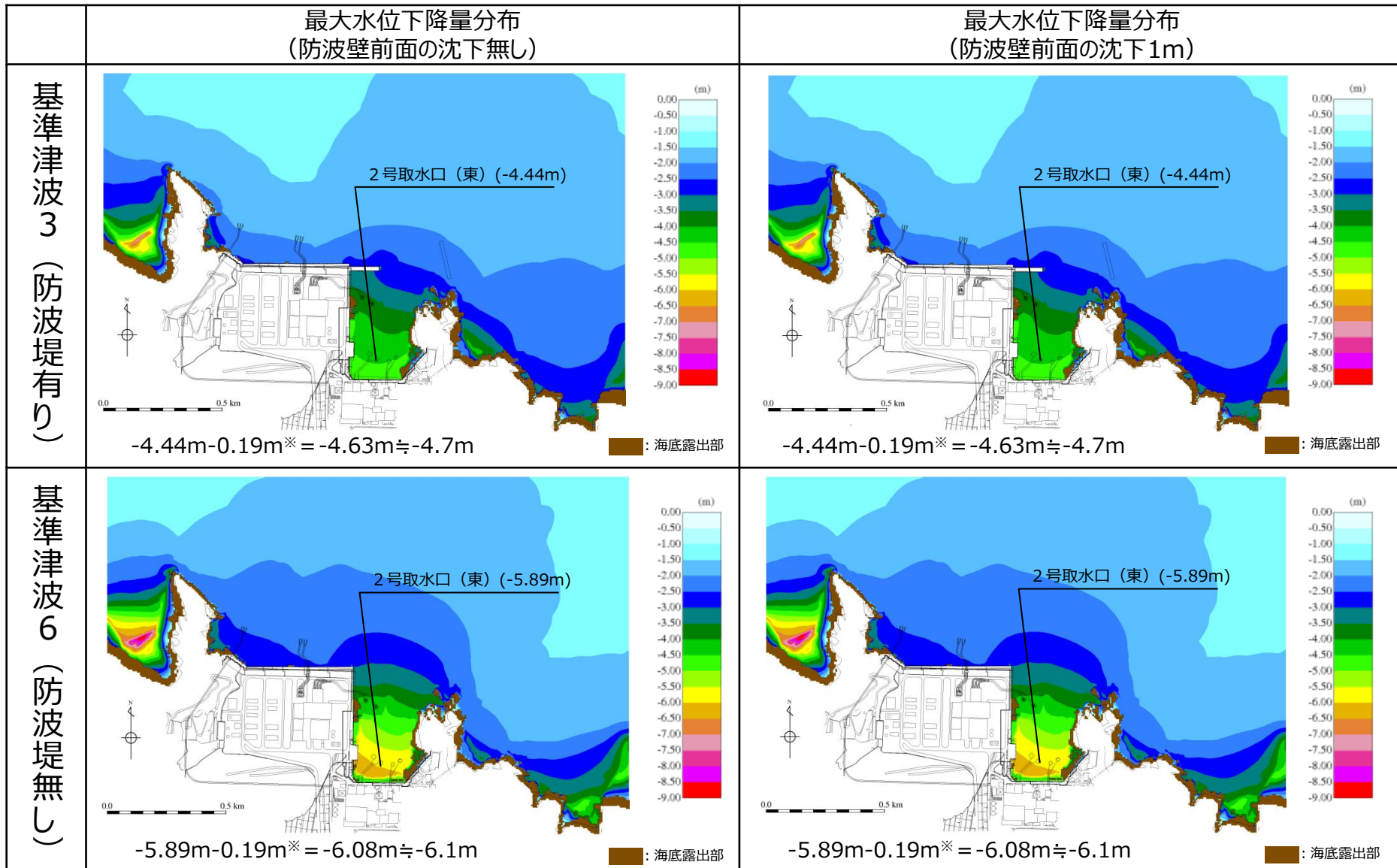
※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮
最大水位上昇量分布の比較

地震による地形変化 (②地盤変状) (4 / 17)



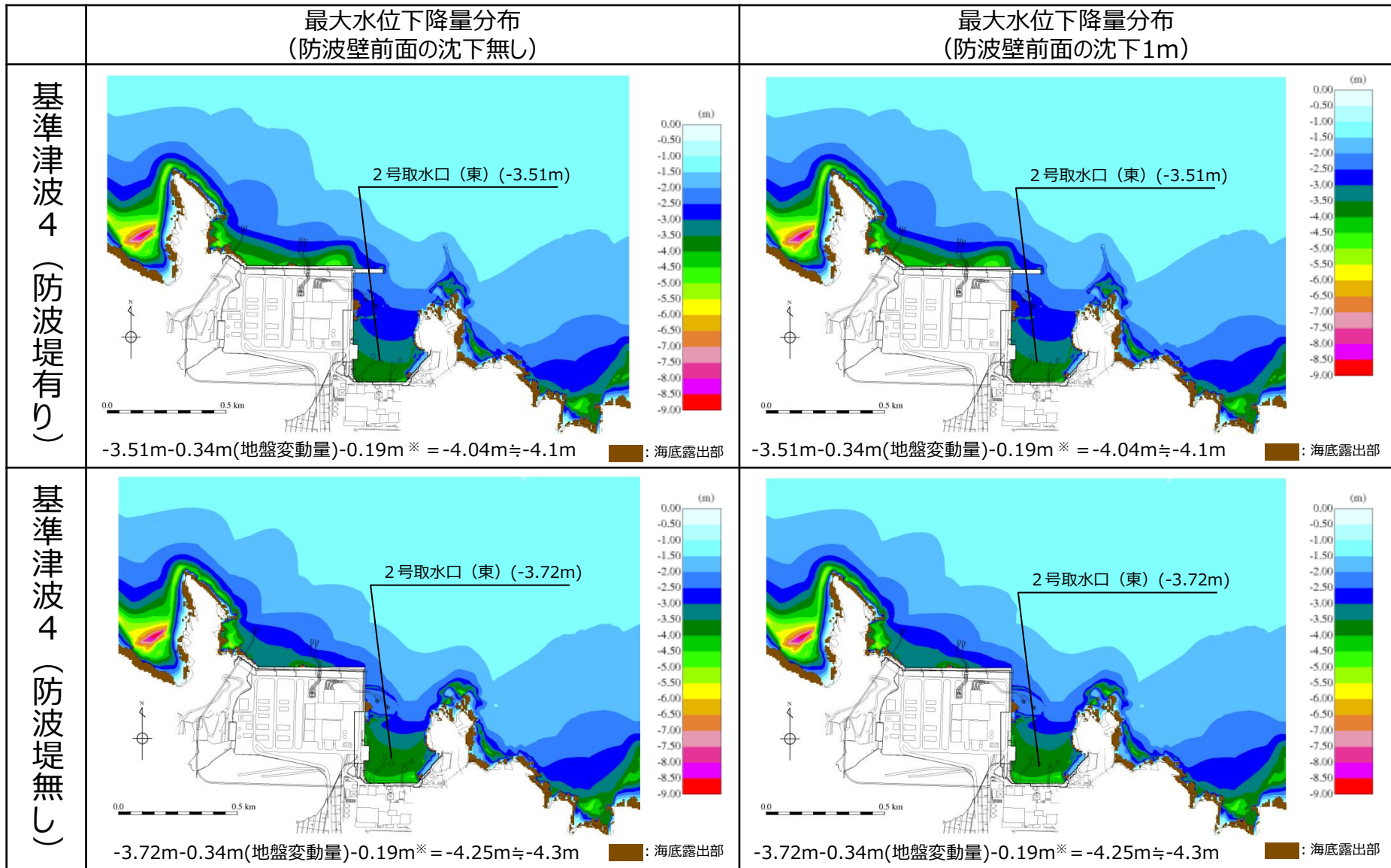
※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮
最大水位下降量分布の比較

地震による地形変化 (②地盤変状) (5 / 17)



※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮
最大水位下降量分布の比較

地震による地形変化 (②地盤変状) (6 / 17)



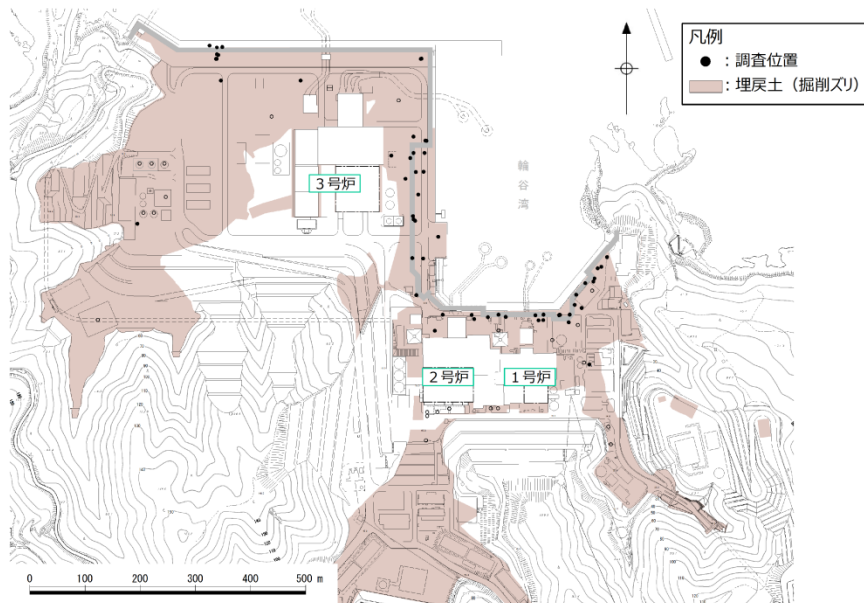
※ 朔望平均干潮位-0.02m, 潮位のばらつき0.17mを併せて-0.19mを考慮

最大水位下降量分布の比較

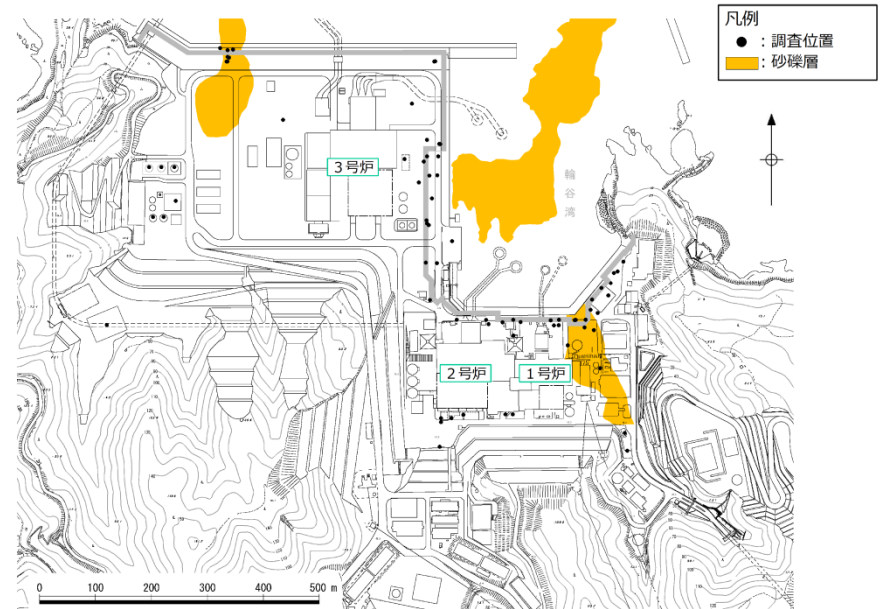
2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (7/17)

- 島根原子力発電所の敷地において、液状化に伴う沈下が想定される埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の分布範囲を下図に示す。
- 防波壁は、堅固な岩盤（一部、改良地盤）に支持されていることから、地震に伴う沈下は発生しないが、防波壁前面に存在する埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層は、地震時の液状化による沈下及び揺すり込みによる沈下が発生する可能性があるため、沈下量算定の対象層とする。埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層の土質区分を次頁に示す。
- 護岸に使用している基礎捨石及び埋戻土（粘性土）については液状化評価対象層ではないが、入力津波の設定における影響要因の検討の際には保守的に沈下量算定の対象層とする。



埋戻土（掘削ズリ）範囲

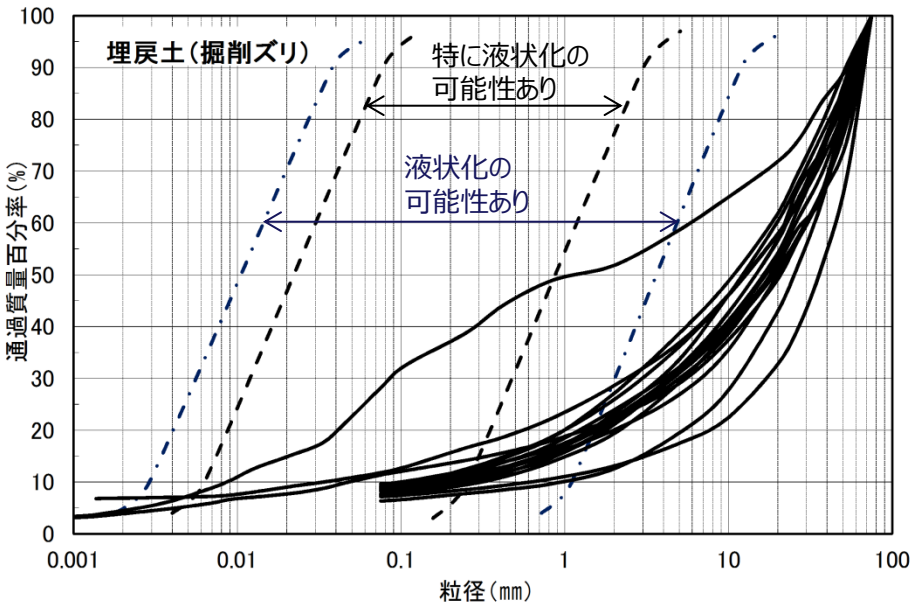


砂礫層範囲

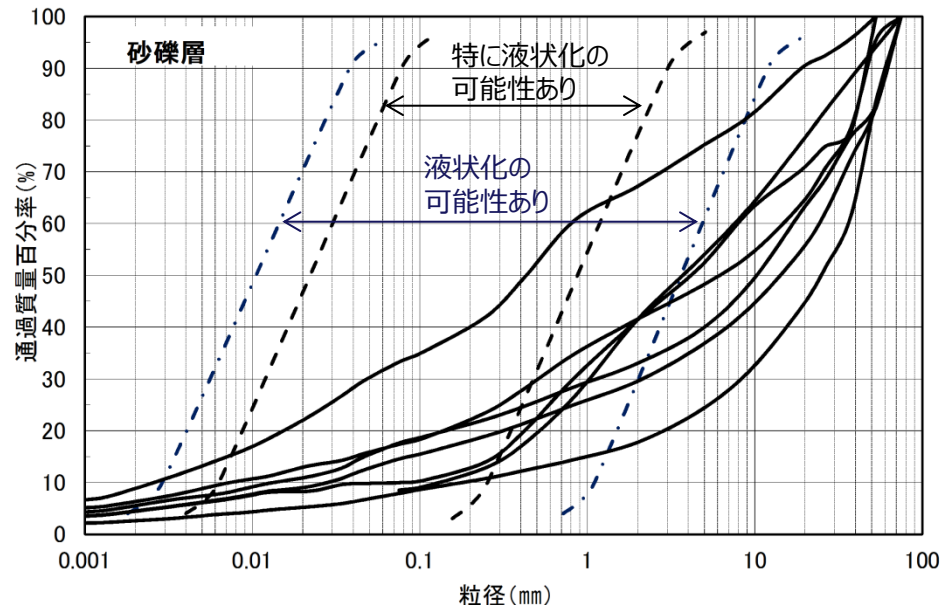
2. 入力津波の設定における影響要因 地震による地形変化 (②地盤変状) (8 / 17)

- 埋戻土（掘削ズリ）は、粒径10mm以上の礫が主体であるが、粒径2mm未満の砂も含む土層である。
- 砂礫層は、50%粒径が10mm以下、かつ10%粒径が1mm以下であり、細粒分含有率が35%以下の土層である。

| 地層名 | 50%粒径 (平均) (mm) | 10%粒径 (平均) (mm) | 細粒分含有率 (平均) (%) |
|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 埋戻土 (掘削ズリ) | 16.5 | - | - |
| 砂礫層 | 9.1 | 0.0651 | 15.6 |



埋戻土（掘削ズリ）の粒径加積曲線※



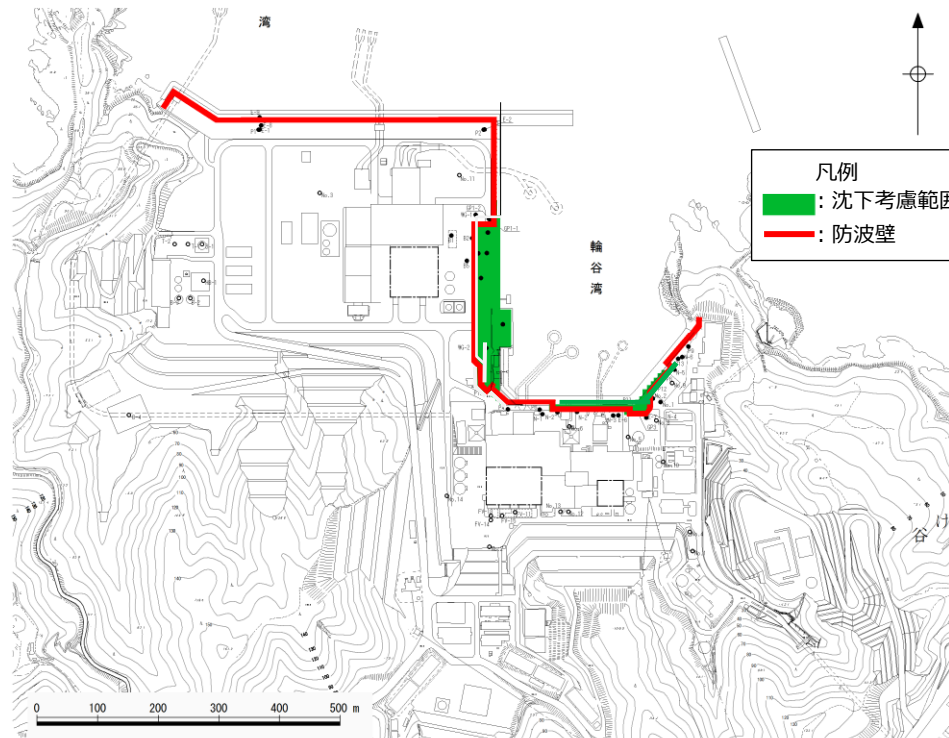
砂礫層の粒径加積曲線※

※ 港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻）（（社）日本港湾協会，H19）の「粒度による液状化判定」に粒径加積曲線を追記

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化（②地盤変状）（9 / 17）

- 島根原子力発電所の敷地における地層分布状況を踏まえ、以下に示す防波壁前面の遡上域を沈下考慮範囲とする。また、荷揚場は一部岩着し、沈下しない範囲もあるが、本検討では、保守的に荷揚場全体が沈下する前提で検討を行い、護岸のパラペットについてもモデル化を行わないこととする。なお、防波壁周辺については、地盤改良を実施していることから、沈下しないこととする。
- 沈下量については、沈下考慮範囲を対象に、液状化及び揺すり込みに伴う沈下量を相対密度の平均値から求まる沈下率（2.5%）による0.5mとしていたが、保守的にばらつきを考慮した相対密度から求まる沈下率（3.5%）による0.65mを採用し、側方流動による沈下量0.35mを加え、1mとした。（P.33～40参照）



沈下考慮範囲

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (10/17)

- 液状化及び揺すり込みに伴う沈下量は、左下図に示すフローに従って算定した。
- 相対密度は、港湾基準に基づきマイヤホフにより提案されたN値と相対密度の関係式を用いて算出する。

既往の調査結果から液状化及び揺すり込み沈下の対象となる地層を選定し、対象層の平均相対密度を参照

Ishihara et al. (1992) の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から沈下率を算出

各層の層厚に沈下率を乗じて沈下量を算出

液状化及び揺すり込みに伴う沈下量の算定フロー

マイヤホフにより提案されたN値と相対密度の関係式

$$Dr = 21 \cdot \left(\frac{100 \cdot N}{\sigma'_{V0} + 70} \right)^{0.5}$$

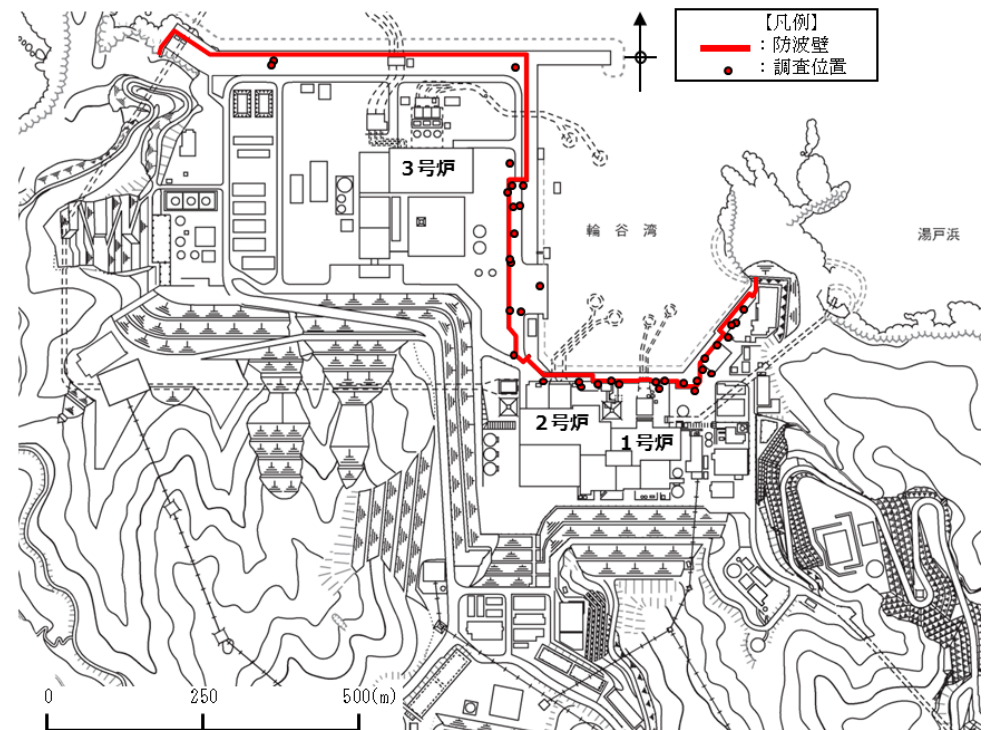
Dr: 相対密度 (%)

N: 標準貫入試験値

σ'_{V0} : 標準貫入試験値を測定した深度における有効土被り圧 (= $\gamma \times h$) (kN/m²)

γ : 単位体積重量 (kN/m³)

h: 標準貫入試験値を測定した深度

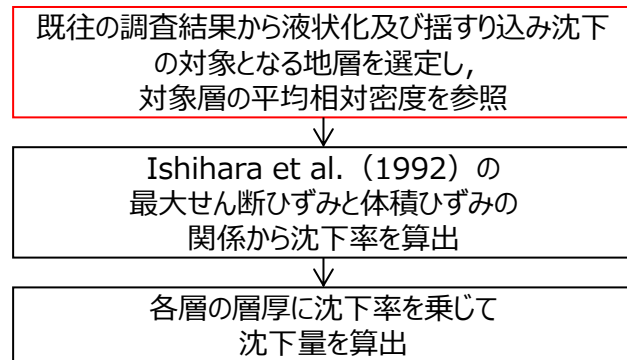


調査位置図

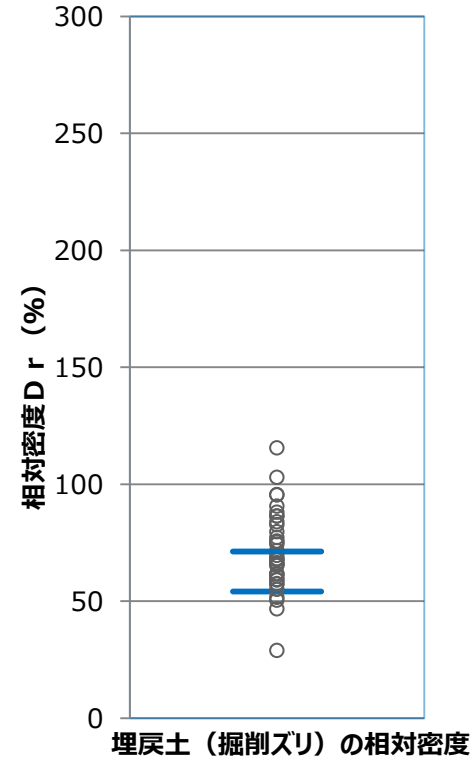
2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (11/17)

- 埋戻土（掘削ズリ）の相対密度を下表に示す。なお、砂礫層は、粒径加積曲線が埋戻土（掘削ズリ）と同様な傾向を示すことから、埋戻土（掘削ズリ）に置き換えて沈下量を算出する。
- 埋戻土（掘削ズリ）の相対密度は平均で71.3%となる。また、ばらつきを考慮すると54.1%となる。



液状化及び揺すり込みに伴う沈下量の算定フロー



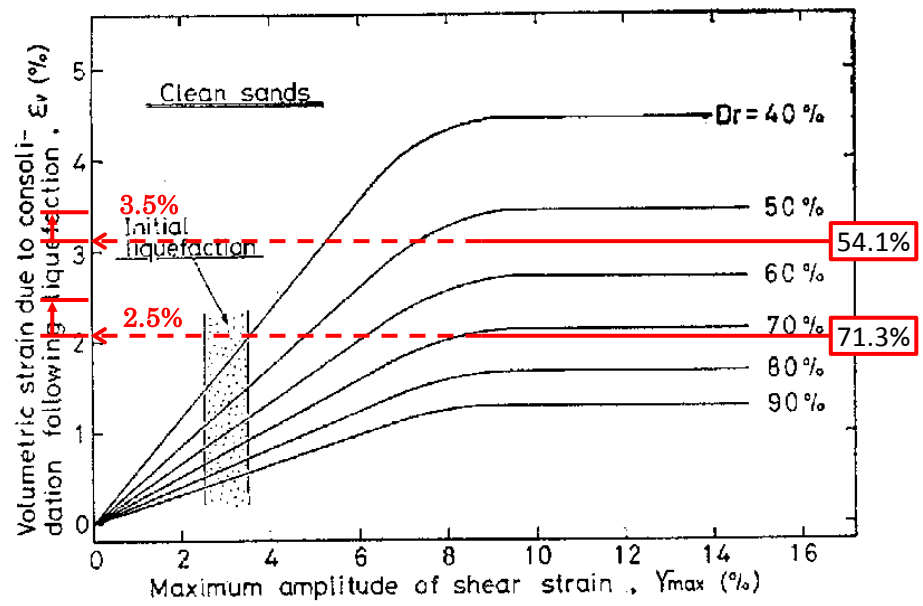
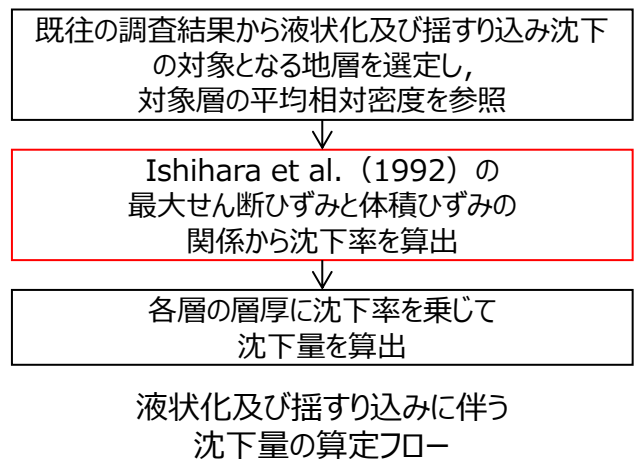
| | 相対密度Dr(%) | |
|------------|-----------|-------|
| | 平均 | 平均-1σ |
| 埋戻土 (掘削ズリ) | 71.3 | 54.1 |

埋戻土（掘削ズリ）の相対密度

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (12/17)

- Ishihara et al.(1992)の関係については、細粒分及び粗粒分が少なく粒径が比較的揃った液状化しやすいきれいな砂による沈下率を示しており、埋戻土（掘削ズリ）と比較すると沈下率が大きくなると判断できるため、埋戻土（掘削ズリ）の沈下率をIshihara et al.の関係より算定することにより保守的な評価を実施する。
- 埋戻土（掘削ズリ）の沈下率は、Ishihara et al.(1992)の関係より、相対密度の平均値71.3%をもとに2.5%となるが、ばらつきを考慮し算出した相対密度54.1%をもとに、保守的に3.5%と評価する。

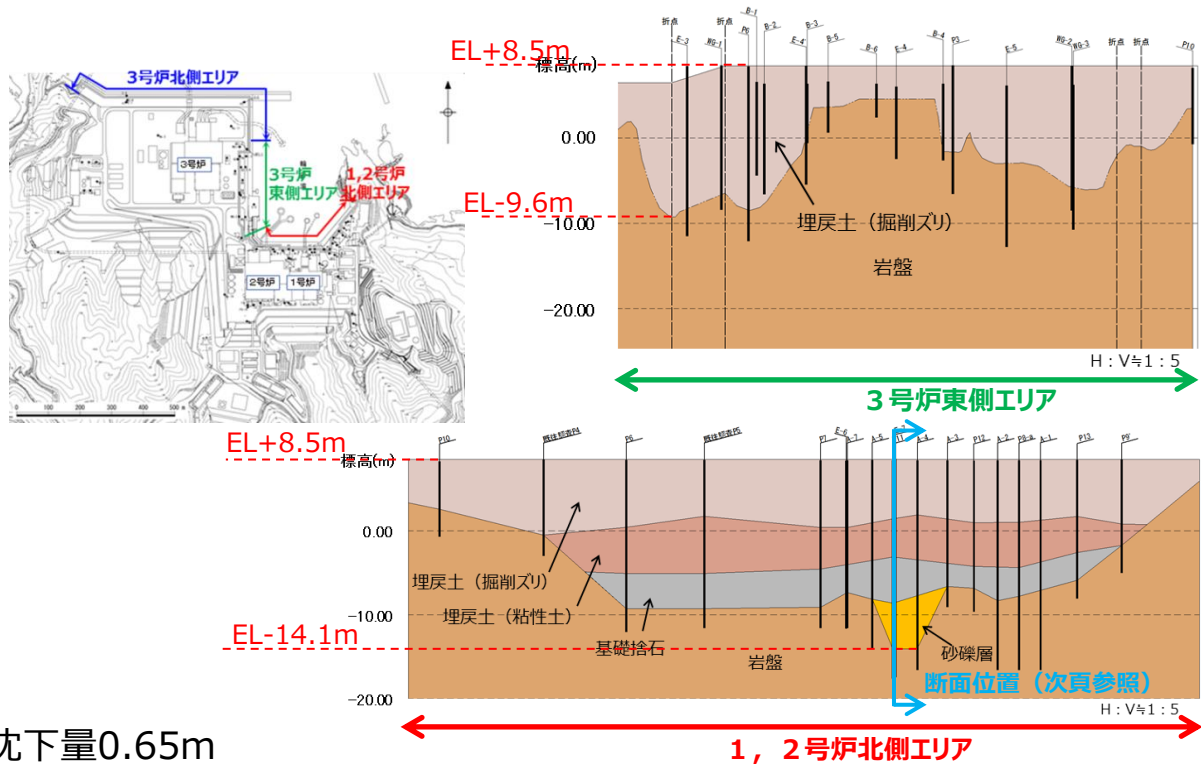
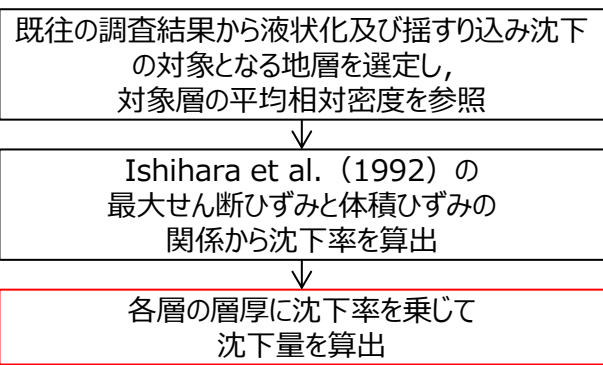


Ishihara et al. (1992) の地盤の最大せん断ひずみと体積ひずみの関係から設定した沈下率

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (13/17)

- 防波壁前面に沈下量算定の対象層が存在する3号炉東側エリア及び1, 2号炉北側エリアの地質断面図を示す。
- 3号炉東側エリアは、沈下量算定の対象層である埋戻土（掘削ズリ）がEL+8.5mからEL-9.6mに存在する。一方、1, 2号炉北側エリアには、沈下量算定の対象層がEL+8.5mからEL-14.1mに存在する。なお、1, 2号炉北側エリアの防波壁前面の砂礫層地盤改良範囲を考慮した液状化層厚は、地盤改良部において17.1m、施設護岸部において14.4mとなる（次頁参照）。以上の沈下量算定の対象層の分布を踏まえ、層厚が最大となるようEL+8.5mからEL-9.6mを考慮し、沈下量を算定するための層厚は18.1mとした。
- 沈下量は上記層厚及びIshihara et al.(1992) の関係を用いて相対密度の平均値にばらつきを考慮して、保守的に設定した沈下率3.5%より0.65m※を考慮する。

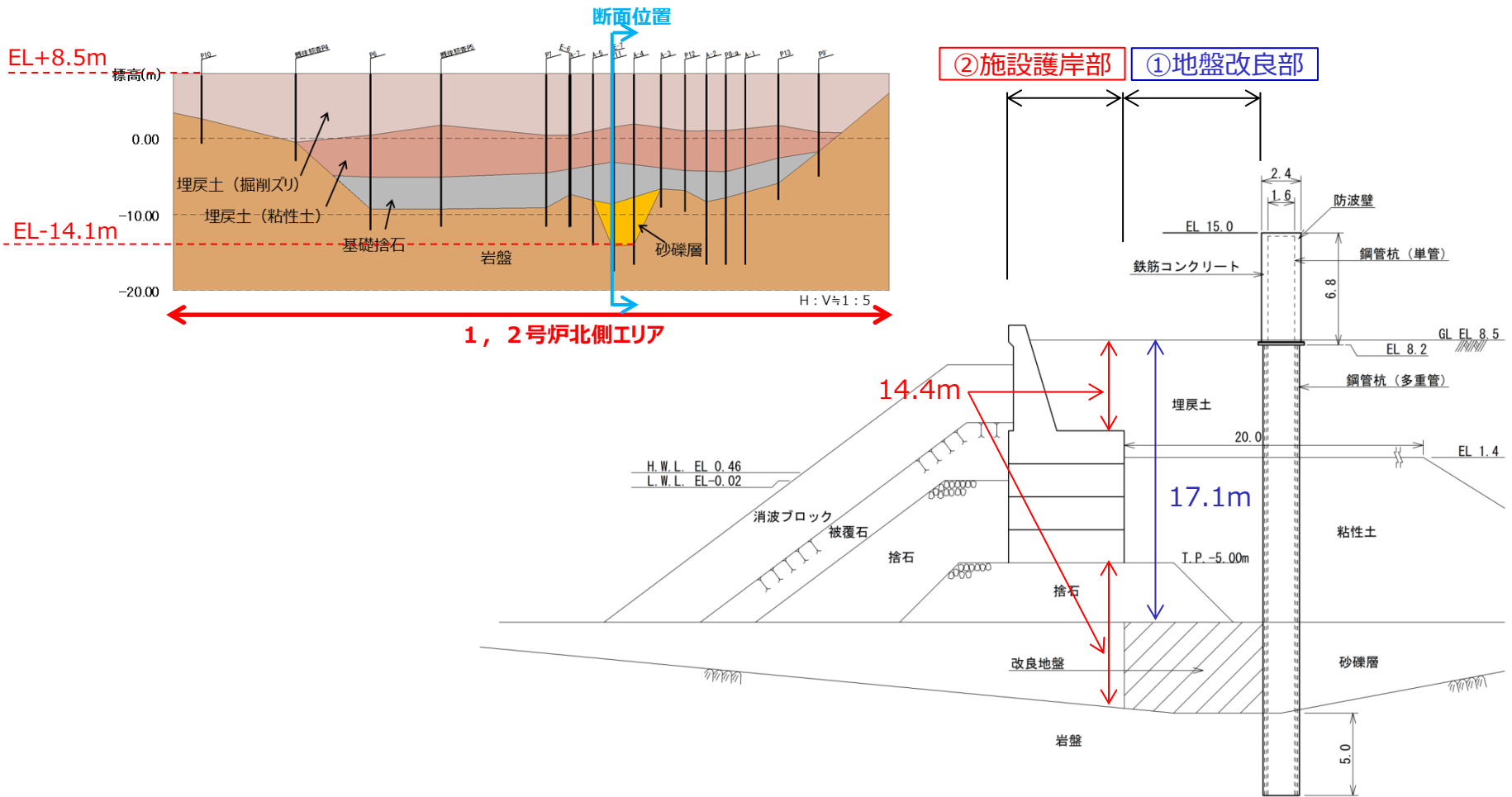


※層厚18.1m×沈下率3.5%≒排水沈下量0.65m

2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (14/17)

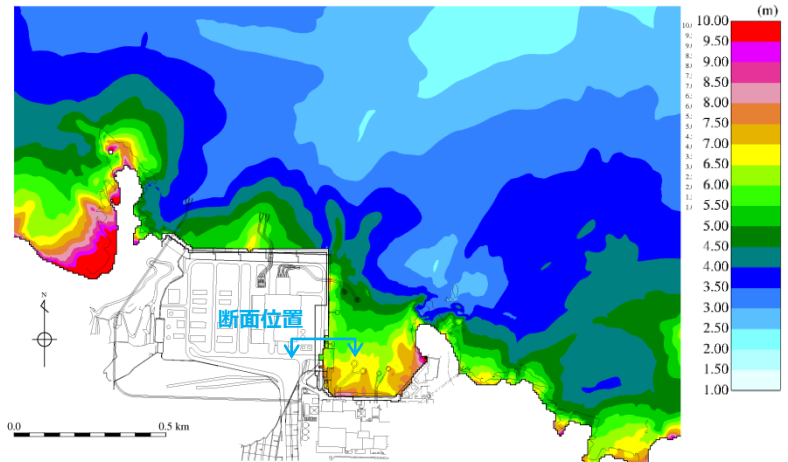
- 1, 2号炉北側エリアに存在する砂礫層は地盤改良 (①地盤改良部) されているが、防波壁前面において一部地盤改良されていない範囲 (②施設護岸部) があるため、沈下量を算定する層厚を算定した。
- 1, 2号炉北側エリアにおける防波壁前面の沈下量を算定する層厚は地盤改良部において17.1m、施設護岸部において14.4mとなり、3号炉東側エリアにおける層厚18.1mを上回らないことを確認した。



2. 入力津波の設定における影響要因

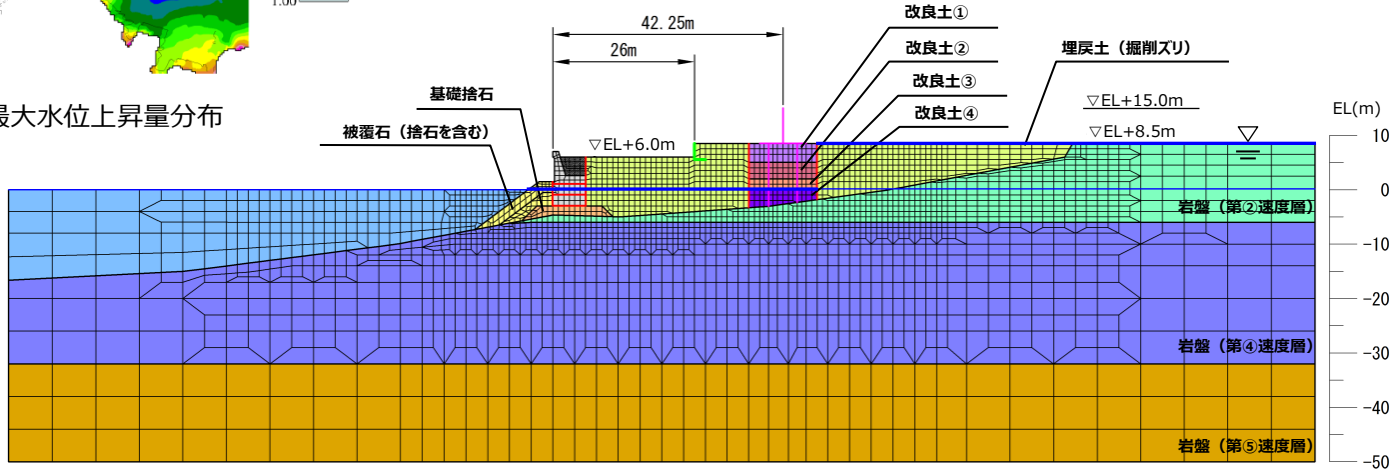
地震による地形変化 (②地盤変状) (15/17)

- 側方流動による沈下量については、以下の観点から3号炉東側エリアの沈下による遡上の影響が大きいと判断し、3号炉東側エリアを対象として、有効応力解析を実施する。
 - ・ 1, 2号炉北側エリアと比較して埋戻土（掘削ズリ）の分布が広範囲かつ層厚が厚いこと
 - ・ 1, 2号炉北側エリアと比較して基準津波遡上範囲が広いこと
- 3号炉東側エリアの解析モデルを以下に示す。



基準津波 1（防波堤無し）の最大水位上昇量分布

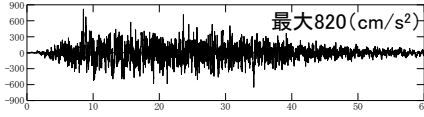
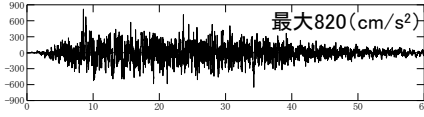
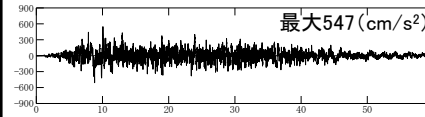
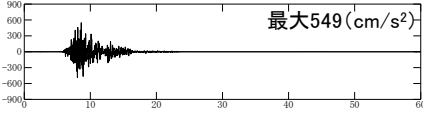
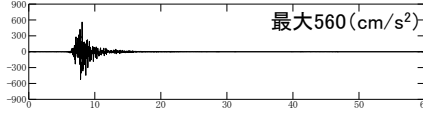
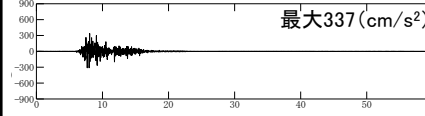
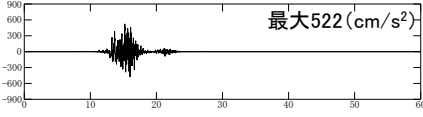
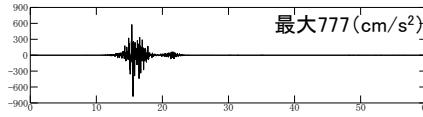
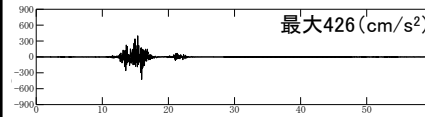
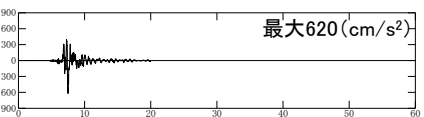
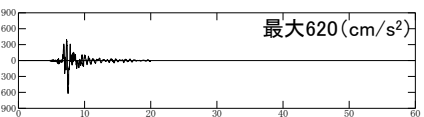
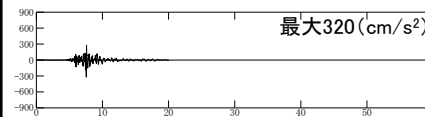
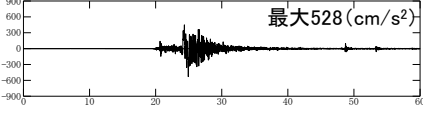
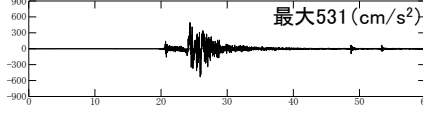
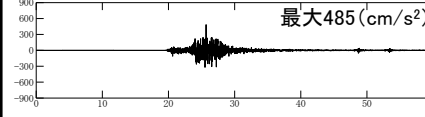
- | | | |
|--|---|---|
| : 岩盤 (第②速度層) | : 岩盤 (第④速度層) | : 岩盤 (第⑤速度層) |
| : 埋戻土 (掘削ズリ) | : 改良地盤① | : 改良地盤② |
| : 改良地盤③ | : 改良地盤④ | : |
| : 基礎捨石 | ; 津波防波壁+基礎杭 | ; L型擁壁 |
| | ; 地下水面及び海面 | ; ジョイント要素 |



2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (16/17)

- 有効応力解析にあたっては、基準地震動のうち、繰返し応力及び繰返し回数に着目し、水平加速度が大きく、継続時間が長い地震動が液状化評価において最も厳しいと考えられることから、Ss-Dを選定する。

| 基準地震動 | | 水平方向 (NS成分) | 水平方向 (EW成分) | 鉛直方向 |
|-------|---|--|---|---|
| Ss-D | 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 〔応答スペクトル手法による基準地震動〕 |  |  |  |
| Ss-F1 | 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 〔断層モデル手法による基準地震動 穴道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊融始点5〕 |  |  |  |
| Ss-F2 | 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動 〔断層モデル手法による基準地震動 穴道断層による地震の中越沖地震の短周期レベルの不確かさ 破壊融始点6〕 |  |  |  |
| Ss-N1 | 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔2004年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET港町) の検討結果に保守性を考慮した地震動〕 |  |  |  |
| Ss-N2 | 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動 〔2000年鳥取県西部地震の賀祥ダム (監査廊) の観測記録〕 |  |  |  |

※ 表中のグラフは各基準地震動の加速度時刻歴波形[縦軸:加速度 (cm/s²), 横軸:時間 (s)]

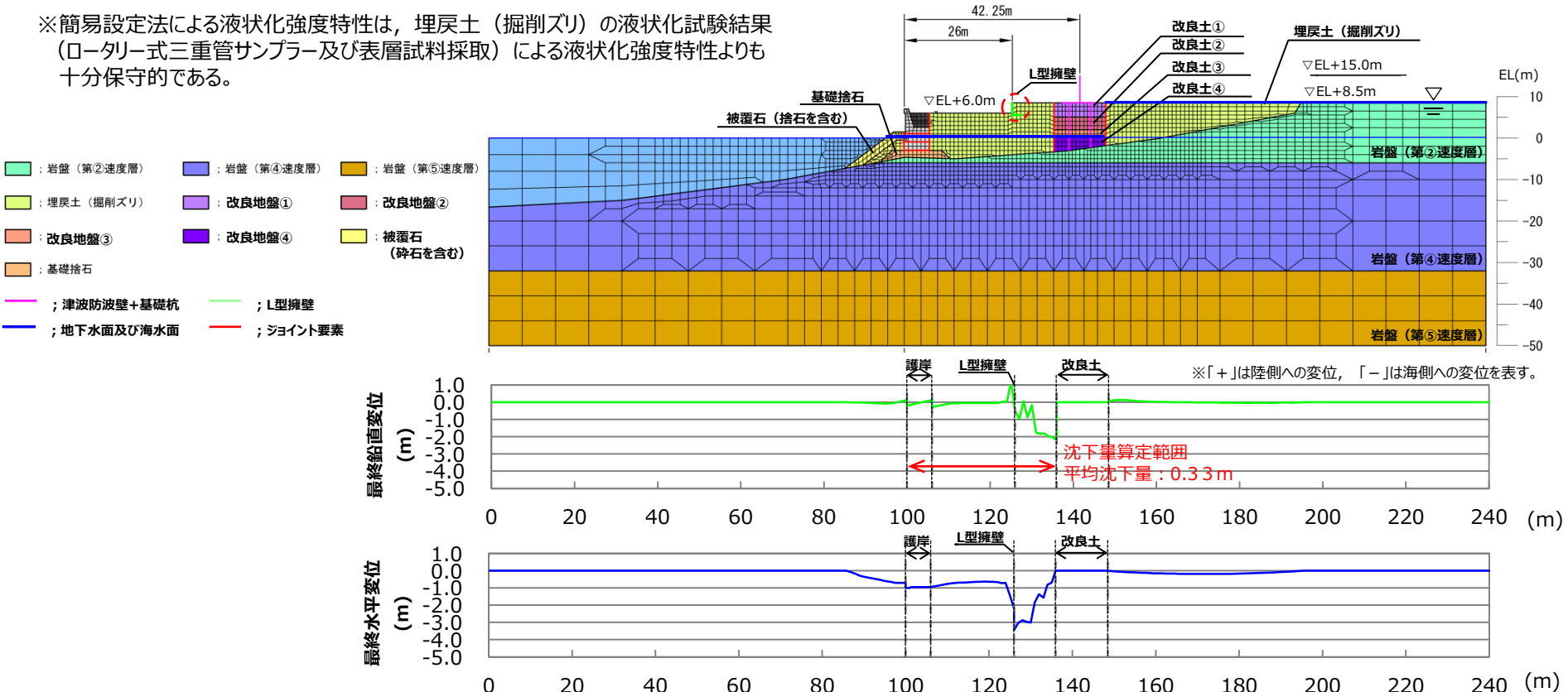
2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (②地盤変状) (17/17)

■ 基準地震動Ss-Dによる3号炉東側の最終変形量を以下に示す。防波壁より海側では、L型擁壁までのEL+8.5m盤において、防波壁直下の改良地盤と埋戻土（掘削ズリ）の境界部を中心とした比較的大きな沈下が確認される。これは、地震によるL型擁壁の海側への傾きに伴い、埋戻土（掘削ズリ）が自立する改良地盤から海側へ側方流動したことに起因するものである。
なお、解析条件については、前回（第715回審査会合）から以下のとおり保守的に見直す。

- ①敷地内の地下水位を一律、海水位と同じ設定としていたが、防波壁より陸側の地下水位を地表面に設定する。
 - ②埋戻土（掘削ズリ）の液状化強度特性を当該範囲のN値から敷地全体のN値に基づく簡易設定法※により設定する。
- 津波が浸水するEL+6.0m盤における沈下量は0.04m程度であるが、海岸線から離れたEL+8.5m盤では改良地盤近傍で局所的に1~2m程度の沈下が生じている。このため、側方流動によるEL+6.0m盤からEL+8.5m盤全体の沈下量としては、EL+6.0m盤からEL+8.5m盤の埋戻土（掘削ズリ）の各節点における沈下量を節点数で割った平均沈下量（0.33m程度）を考慮し、保守的に0.35mとする。

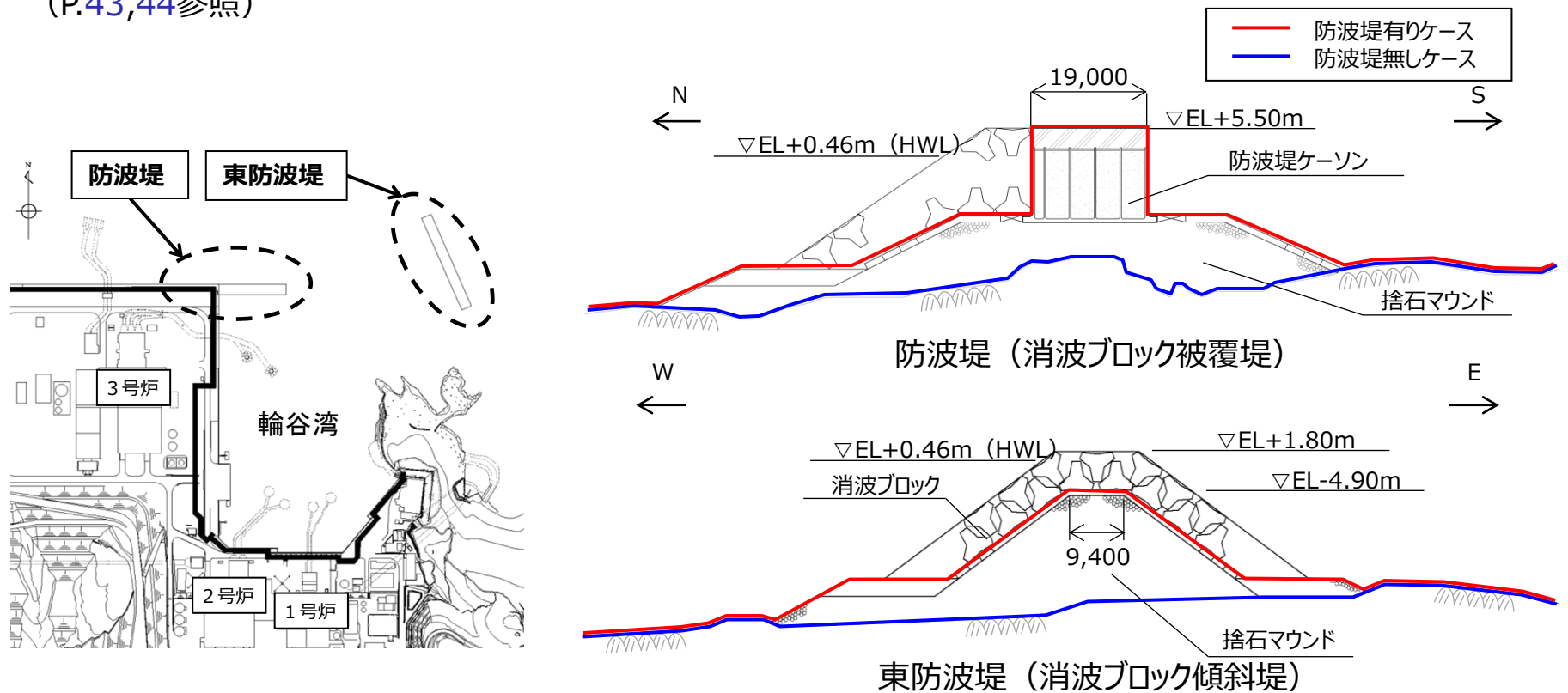
※簡易設定法による液状化強度特性は、埋戻土（掘削ズリ）の液状化試験結果（ロータリー式三重管サンプラー及び表層試料採取）による液状化強度特性よりも十分保守的である。



2. 入力津波の設定における影響要因

地震による地形変化 (③防波堤損傷) (1 / 4)

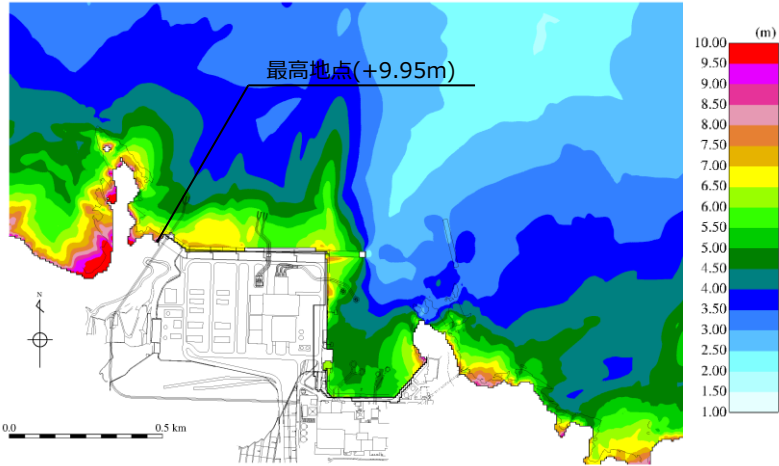
- 島根原子力発電所では、輪谷湾に防波堤及び東防波堤を設置しており、これら防波堤は、敷地周辺の地震により損傷する可能性は否定できないことから、津波影響軽減施設とせず、自主設備としている。
- 敷地への遡上経路に影響を与える可能性がある地震による地形変化としてこれら防波堤の損傷について検討する。防波堤の構造及び検討モデルは下図のとおり。
- 津波高さについては、基準津波策定の際に、防波堤の有無により津波高さが異なっていたことから、防波堤の有無を影響要因として考慮する。(P.42参照)
- 津波高さ以外については、発電所沖合は防波堤の有無による最大流速分布に有意な差が認められないことから影響要因として考慮しない。一方、港湾内及び港湾外は最大流速分布に有意な差が認められることから、影響要因として考慮する。(P.43,44参照)



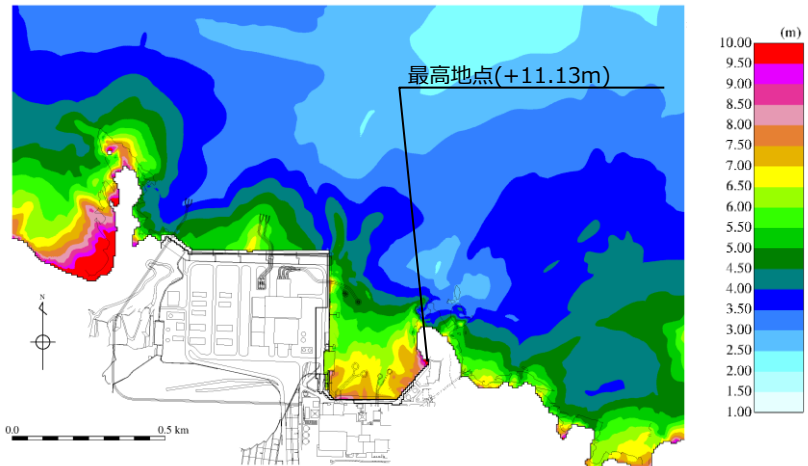
地震による地形変化 (③防波堤損傷) (2 / 4)

津波高さについては、下表に示すとおり、基準津波策定の際に、防波堤の有無により津波高さが異なっていることを確認している。

| 検討対象 基準津波 | 防波堤 | 最大水位上昇量(m) |
|--------------|-----|------------|
| | | 施設護岸又は防波壁 |
| 基準津波 1 | 有り | +10.0 |
| | 無し | +11.2 |



最大水位上昇量分布図
(防波堤有り最大ケース:基準津波1)

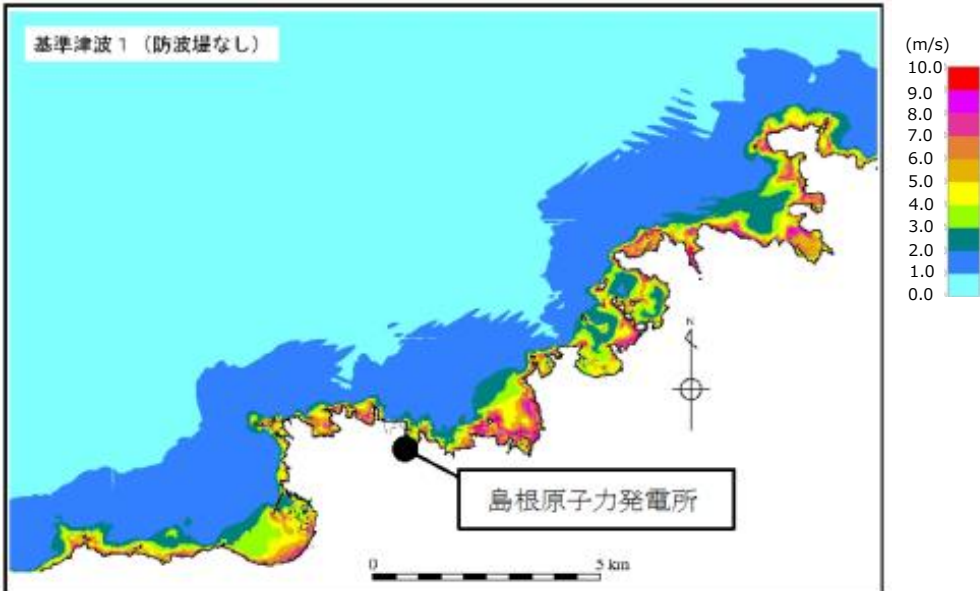
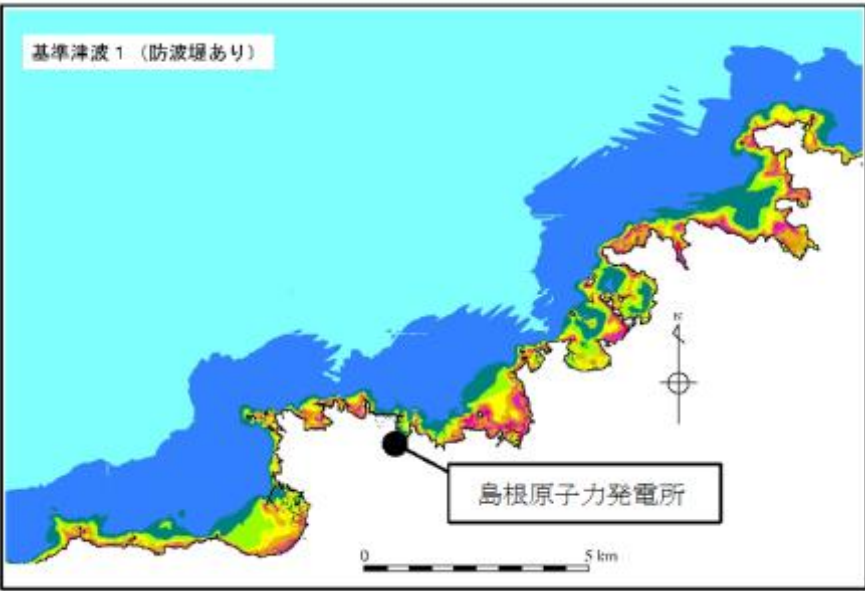


最大水位上昇量分布図
(防波堤無し最大ケース)

地震による地形変化 (③防波堤損傷) (3 / 4)

- 津波高さ以外のうち、発電所沖合の漂流物調査に用いる発電所沖合の流況については、下図に示すとおり、防波堤の有無により沖合の最大流速分布に有意な差が認められない。

【発電所沖合】



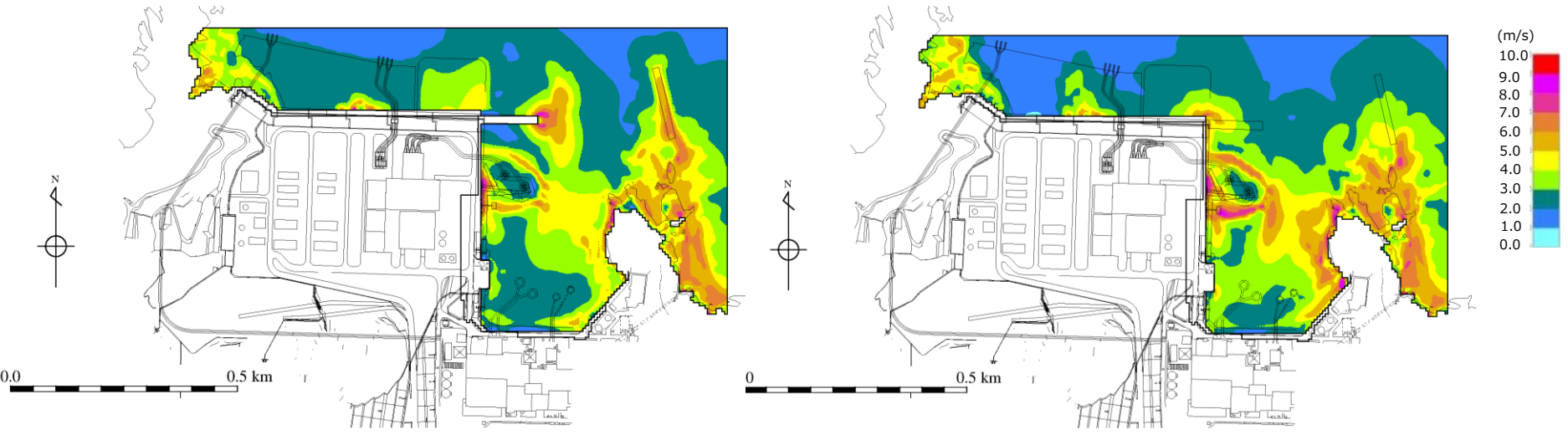
最大流速分布 (基準津波 1 防波堤有り)

最大流速分布 (基準津波 1 防波堤無し)

地震による地形変化 (③防波堤損傷) (4 / 4)

津波高さ以外のうち、漂流物の影響評価に用いる港湾内及び港湾外の流況については、下図に示すとおり、防波堤の有無により港湾内及び港湾外の最大流速分布に有意な差が認められる。

【港湾内及び港湾外】



最大流速分布 (基準津波 1 防波堤有り)

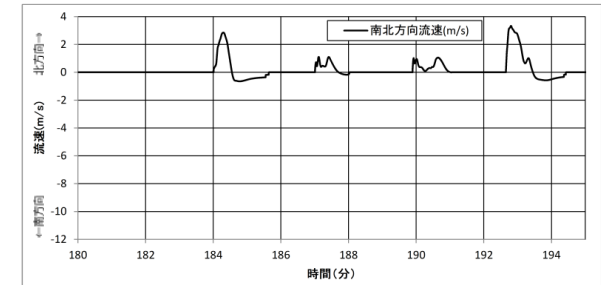
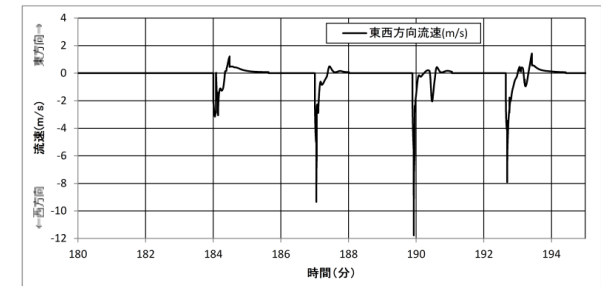
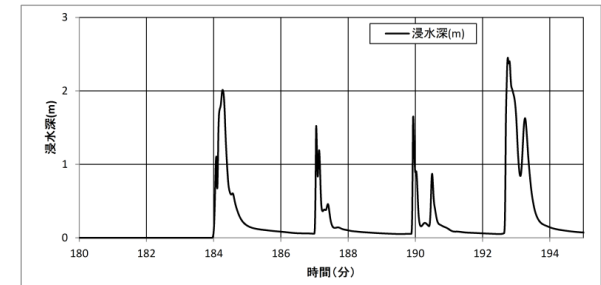
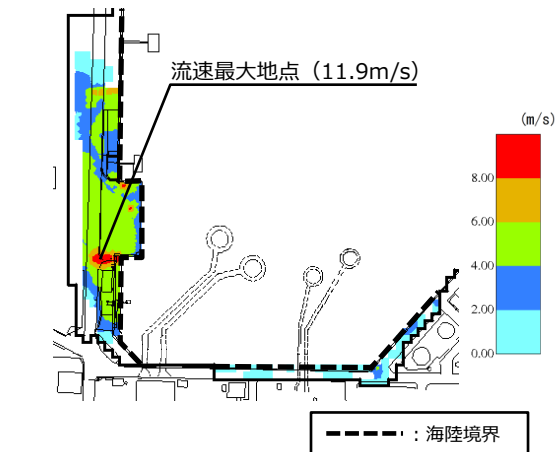
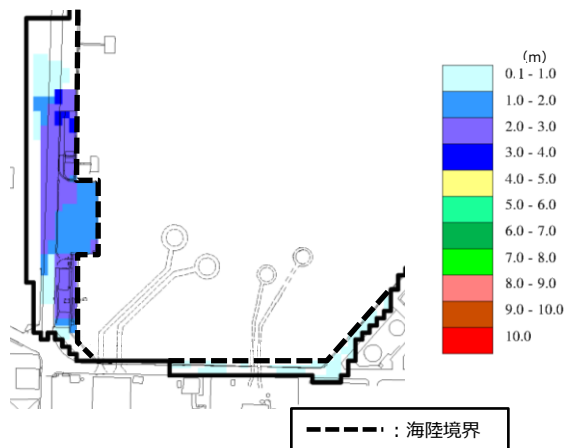
最大流速分布 (基準津波 1 防波堤無し)

2. 入力津波の設定における影響要因

津波による地形変化 (④洗掘)

- 敷地への遡上経路に影響を与える可能性がある津波による地形変化として遡上域の洗掘について検討する。
- 遡上域の範囲（最大浸水深分布）を評価するため、地震による荷揚場周辺の沈下及び初期潮位を考慮した津波解析を実施した。検討に当たっては、荷揚場付近の浸水範囲が広い基準津波 1（防波堤無し）を対象とした。最大浸水深分布図、最大流速分布図及び流速が最大（11.9m/s）となった地点における浸水深・流速時刻歴波形を以下に示す。
- 遡上域となる荷揚場はアスファルトまたはコンクリートで地表面を舗装されている。文献※によるとアスファルト部で8m/sの流速に対して洗掘の耐性があるとされている。時刻歴波形より、アスファルト部で耐性があるとされる8m/sの流速を越える時間（1秒以下）は限定的であるが、最大流速図において8m/sの流速を越える地点付近についてはコンクリート舗装等の対策工を行うことから影響要因として考慮しない。

※ 津波防災地域づくりに係る技術検討報告書，津波防災地域づくりに係る技術検討会，P.33，2012



浸水深・流速時刻歴波形

最大浸水深分布図 (基準津波 1 防波堤無し)

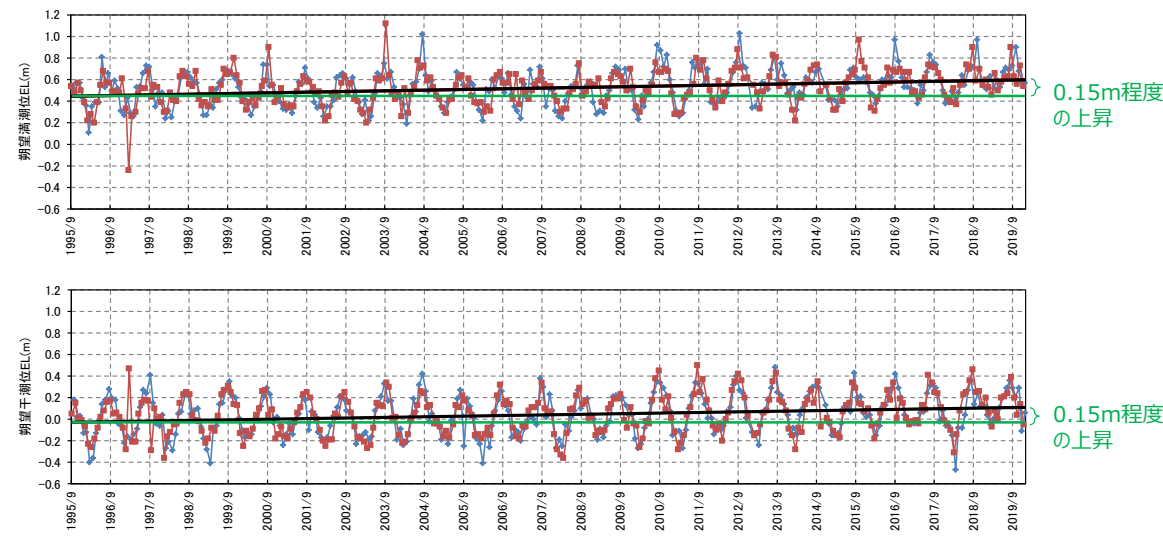
最大流速分布図 (基準津波 1 防波堤無し)

2. 入力津波の設定における影響要因

潮位変動 (⑤朔望平均潮位・潮位のばらつき) (1 / 3)

- 入力津波による水位変動に対して、津波高さに影響を与えることから、朔望平均潮位※を以下のとおり設定する。
- 朔望平均満潮位及び潮位のばらつきは、当初「発電所構内（輪谷湾）」における1か年（1995.9～1996.8）の潮位観測記録に基づき設定していたが、下図に示す約24か年の潮位観測記録のとおり、潮位は近年緩やかな上昇傾向（0.15m程度）が認められることから、近年5か年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき、朔望平均満潮位をEL+0.58m、満潮位のばらつきを0.14mと設定する。
- 朔望平均干潮位及び潮位のばらつきについては、下図に示す「発電所構内（輪谷湾）」における約24か年の潮位観測記録のとおり、潮位は近年緩やかな上昇傾向（0.15m程度）が認められるため、朔望平均満潮位と同様に近年5か年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき設定していたが、保守的な評価となるよう朔望平均干潮位が最低となる1995年9月から1996年8月までの1か年の潮位観測記録に基づき、当初のとおり朔望平均干潮位をEL-0.02m、干潮位のばらつきを0.17mと設定することに見直した。潮位観測記録を1995年9月から1996年8月の1か年として朔望平均干潮位を設定することの詳細を次頁に示す。

※ 朔望平均潮位は、規制基準における要求の期間に比べて長い期間の朔（新月）及び望（満月）の日の前2日後5日の期間における最高満潮面及び最低干潮面を一定期間で平均した高さの水位とする。



約24か年(1995年9月～2019年12月)の潮位変化
(上:朔望満潮位, 下:朔望干潮位)

朔望平均潮位の比較

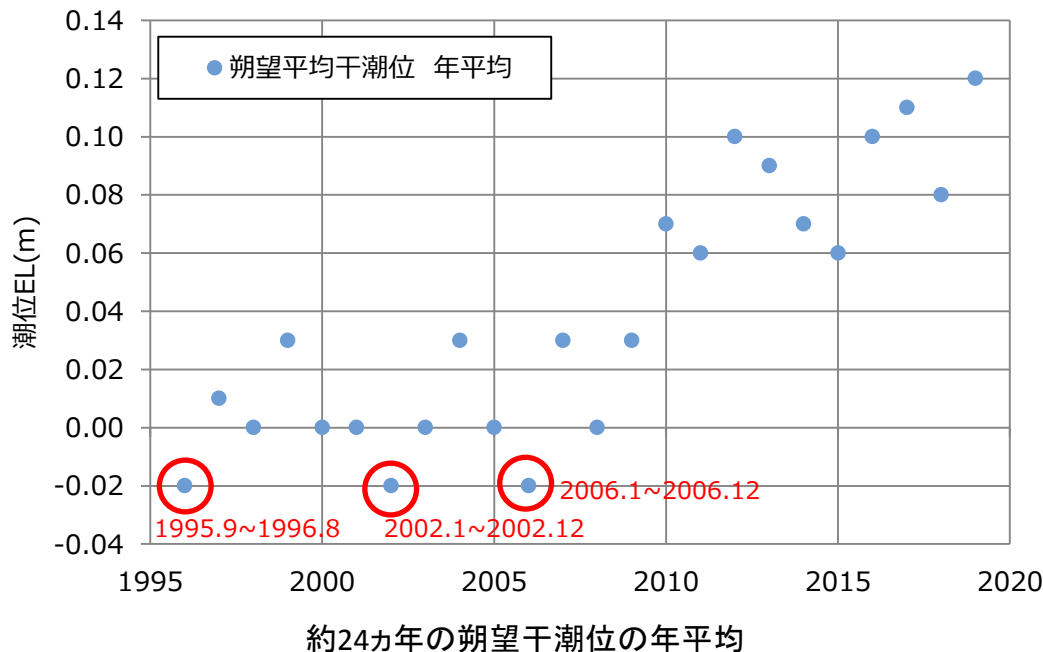
| | 地点 | 期間 | 平均値 (m) | 標準偏差 (m) |
|-------|-----|------------------------|---------|----------|
| 朔望満潮位 | 輪谷湾 | 5か年 (2015.1～2019.12) | EL+0.58 | 0.14 |
| | | 1か年 (1995.9～1996.8) | EL+0.46 | 0.16 |
| | | 約24か年 (1995.9～2019.12) | EL+0.52 | 0.16 |
| 朔望干潮位 | 輪谷湾 | 5か年 (2015.1～2019.12) | EL+0.09 | 0.17 |
| | | 1か年 (1995.9～1996.8) | EL-0.02 | 0.17 |
| | | 約24か年 (1995.9～2019.12) | EL+0.04 | 0.18 |

■ :評価に用いる朔望平均潮位及び潮位のばらつき

2. 入力津波の設定における影響要因

潮位変動（⑤朔望平均潮位・潮位のばらつき）（2 / 3）

- 入力津波の影響要因として設定する朔望平均干潮位について、潮位観測記録を1995年9月から1996年8月の1ヵ年として朔望平均干潮位を設定することの妥当性を確認するため、潮位観測記録について分析を行った。
- 下図に「発電所構内（輪谷湾）」における24か年の朔望平均干潮位の年平均を示す。この図より、24か年の朔望平均干潮位の最低水位は、1995年9月から1996年8月の1ヵ年における値のEL-0.02mである。また、2002年1月から2002年12月の1ヵ年及び2006年1月から2006年12月の1ヵ年においても、同様にEL-0.02mである。
- 以上のことから、保守的な評価となるよう、既許可と同様に1995年9月から1996年8月までの1ヵ年の潮位観測記録に基づき、朔望平均干潮位をEL-0.02mと設定した。



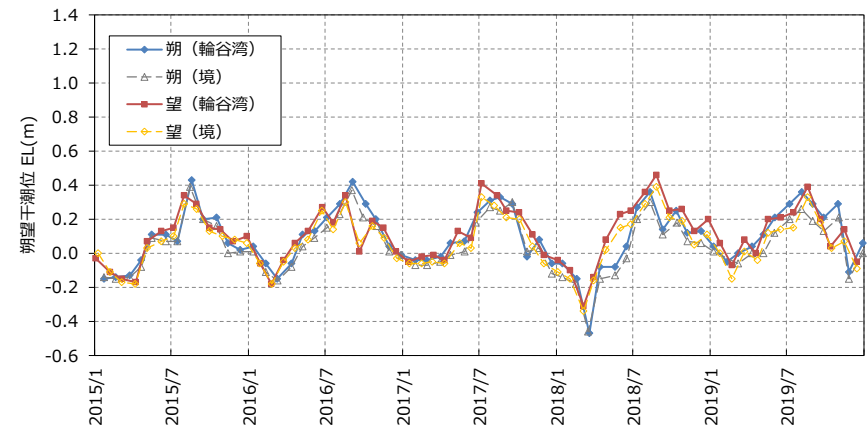
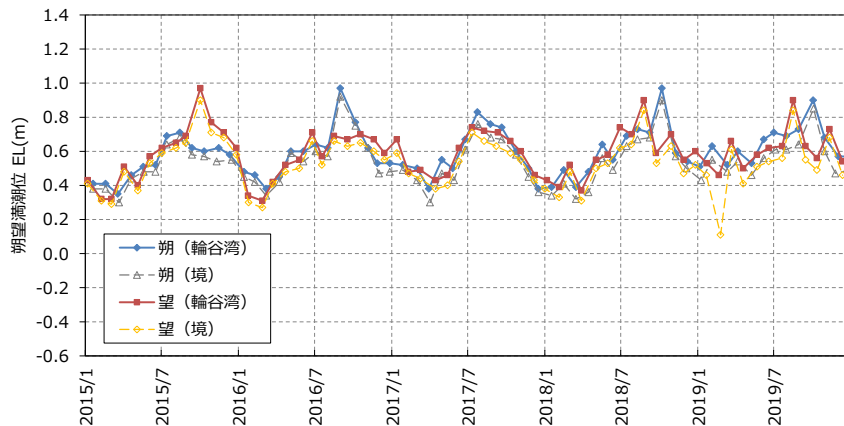
2. 入力津波の設定における影響要因

潮位変動（⑤朔望平均潮位・潮位のばらつき）（3 / 3）

- 「発電所構内（輪谷湾）」の潮位観測記録の妥当性を確認するため、発電所最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約23km地点）との比較を行う。
- 両地点における5ヵ年（2015年1月から2019年12月まで）の潮位記録は、下図に示すとおり概ね同じ傾向を示しており、「発電所構内（輪谷湾）」の潮位観測記録は妥当であることを確認した。

朔望平均潮位の比較

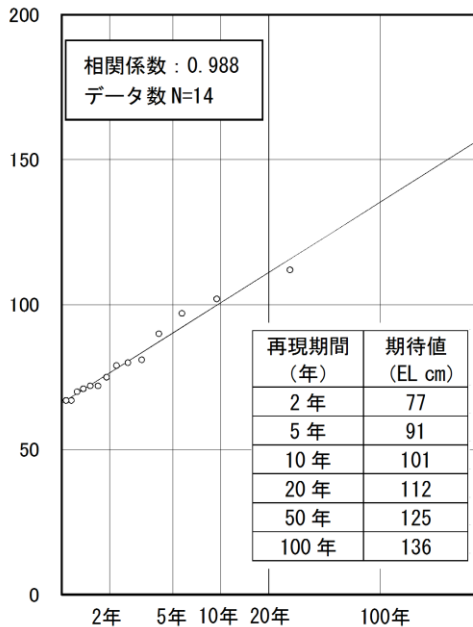
| 地点 | 朔望平均満潮位 | 朔望平均干潮位 |
|-----|----------|----------|
| 輪谷湾 | EL+0.58m | EL+0.09m |
| 境 | EL+0.53m | EL+0.05m |



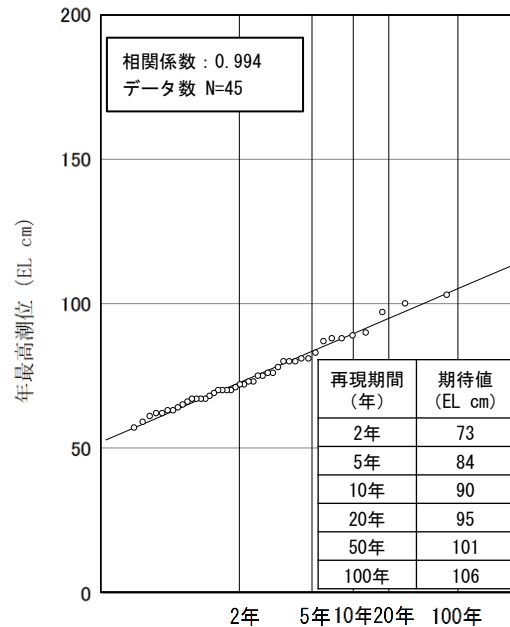
「輪谷湾」及び「境」における潮位変化（左：朔望満潮位（2015.1～2019.12），右：朔望干潮位（2015.1～2019.12））

2. 入力津波の設定における影響要因 潮位変動 (⑥高潮) (1 / 2)

- 基準津波による水位の年超過確率は、 $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であり、独立事象としての津波と高潮が重畳する可能性は極めて低いと考えられるものの、保守的に高潮との重畳時を外郭防護の裕度評価に参照する。
- 具体的には、島根原子力発電所の構内の観測地点「発電所構内（輪谷湾）」における、プラントの運転期間を超える再現期間100年に対する期待値(EL+1.36m)と、入力津波で考慮する朔望平均満潮位(EL+0.58m)及び潮位のばらつき(0.14m)の合計の差である0.64mを外郭防護の裕度評価において参照する。（コメントNo.50に対する回答）
- また、発電所敷地の最寄りの気象庁潮位観測地点「境」（敷地から東約23km地点）における、再現期間100年に対する期待値はEL+1.06mであり、「発電所構内（輪谷湾）」における期待値（EL+1.36m）と比べて小さい値であることを確認した。なお、再現期間100年に対する期待値を検討した期間以降（輪谷湾の2010年から2019年）の近年データを含めた分析を次頁以降に示す。

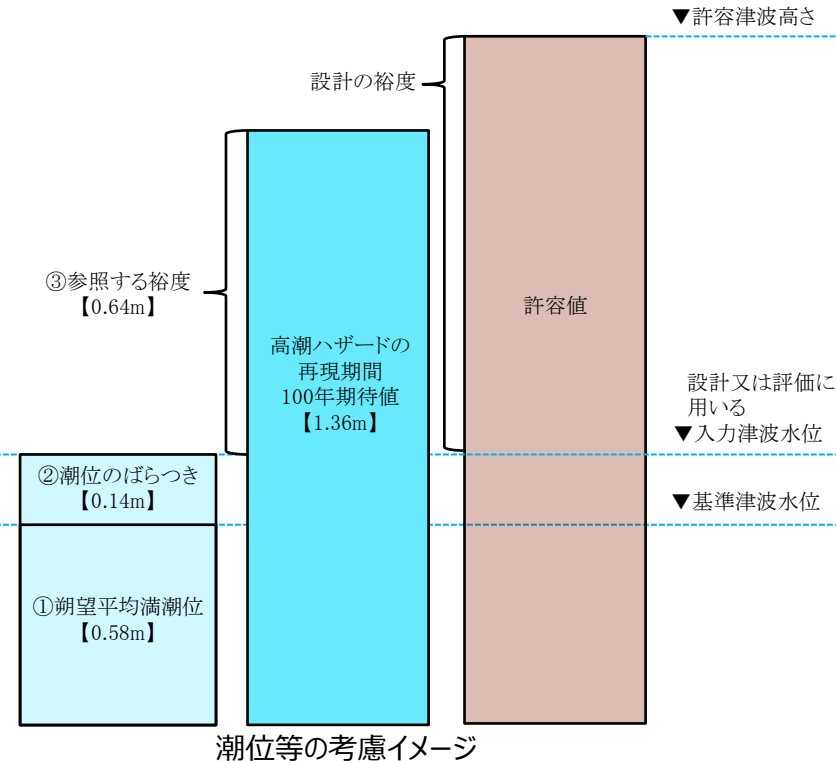


輪谷湾 (1995~2009年)



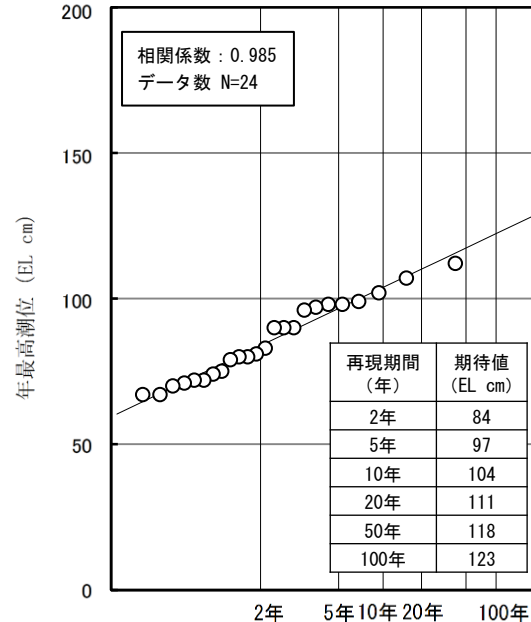
境 (1967~2012年)

最高潮位の超過確率



潮位変動（⑥高潮）（2 / 2）

- 高潮の評価について、近年のデータも含めたうえで、最高潮位の超過確率を算定するとともに、再現期間100年に対する期待値（EL+1.36m）を用いることにした妥当性について説明する。（コメントNo.22に対する回答）
- 近年のデータを含む24ヵ年（1995年～2019年）を対象に、輪谷湾におけるプラントの運転期間を超える再現期間100年に対する期待値を算出した結果を下図に示す。この図より、100年に対する期待値はEL+1.23mであり、従来から用いている期待値より小さくなっている。
- 以上のことから、保守的な評価となるよう、従来から用いている1995年～2009年を対象に算出した再現期間100年に対する期待値（EL+1.36m）を用いる。



輪谷（1995～2019年）

2. 入力津波の設定における影響要因

⑦地震による地殻変動（1 / 5）

■ 地震による地殻変動について、津波波源となる地震による影響を考慮するとともに、津波が起きる前に基準地震動Ssの震源となる敷地周辺の活断層から想定される地震が発生した場合を想定した検討も行う。

【津波波源となる地震による地殻変動量】

- 津波波源となる断層の変位に伴う地殻変動量については、基準津波の波源パラメータを用い、Mansinha and Smylie (1987) の方法により算出した。

津波波源となる地震による地殻変動量

| 津波波源となる断層 | 敷地の地殻変動量 | 参照ページ |
|----------------------------|----------------------------|-------|
| 日本海東縁部 | 波源が敷地から十分に離れていることから、考慮しない。 | P.53 |
| 海域活断層(F - III ~ F - V 断層) | 0.34mの隆起が生じる。 | P.54 |

【津波発生前の基準地震動Ssの震源となる地震による地殻変動量】

- 津波が起きる前に、基準地震動Ssの震源となる敷地周辺の活断層の変位による地殻変動が発生することを想定する。
- 敷地周辺活断層の断層変位に伴う地殻変動量については、基準地震動・基準津波の震源・波源パラメータを用い、Mansinha and Smylie (1987) の方法により算出した。
- 基準地震動Ssの震源のうち敷地に大きな影響を与える宍道断層による地殻変動量は0.02m以下（沈降）であり、十分小さいことから、この地殻変動量は入力津波を設定する際の影響要因として考慮しない。
- また、宍道断層だけでなく、日本海東縁部に想定される地震による津波が起きる前の地殻変動量として、海域活断層による地殻変動量も考慮し、保守的に0.34mの隆起を地殻変動量として考慮する。

津波発生前の基準地震動Ssの震源となる地震による地殻変動量

| 津波波源以外の敷地周辺断層（基準地震動Ss） | 敷地の地殻変動量 | 参照ページ |
|----------------------------|------------------|-------|
| 宍道断層 | 0.02m以下の沈降が生じる。* | P.55 |
| 海域活断層(F - III ~ F - V 断層) | 0.34mの隆起が生じる。 | P.54 |

※ 0.02m以下の沈降は、外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価（0.64m）と比較し、十分小さいことから考慮しない。

2. 入力津波の設定における影響要因

⑦地震による地殻変動 (2 / 5)

■ 前述の地殻変動量の算出結果を踏まえ、各津波波源ごとに設計・評価に考慮する地殻変動量は、以下のとおりとする。

| | 津波波源 | 津波発生前の基準地震動 Ssの震源となる地震による地殻変動量 | 津波波源となる地震による地殻変動量 | 設計・評価に考慮する変動量 |
|----------------------|-------------------|--------------------------------|----------------------------------|---|
| 水位上昇 (沈降) 側の影響 | 日本海東縁部 | 宍道断層による0.02m以下の沈降 | — (波源が敷地から十分に離れていることから、考慮しない) | 外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価(0.64m)と比較し、十分小さいことから考慮しない |
| | 海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層) | 宍道断層による0.02m以下の沈降 | — (地殻変動が隆起のため、沈降は考慮しない) | 外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価(0.64m)と比較し、十分小さいことから考慮しない |
| 水位下降 (隆起) 側の影響 | 日本海東縁部 | 海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)による0.34mの隆起 | — (波源が敷地から十分に離れていることから、考慮しない) | 水位下降量の評価値に0.34mの隆起を考慮 |
| | 海域活断層 (F-Ⅲ～F-V断層) | —※ | 海域活断層(F-Ⅲ～F-V断層)による0.34mの隆起 | 水位下降量の評価値に0.34mの隆起を考慮 |

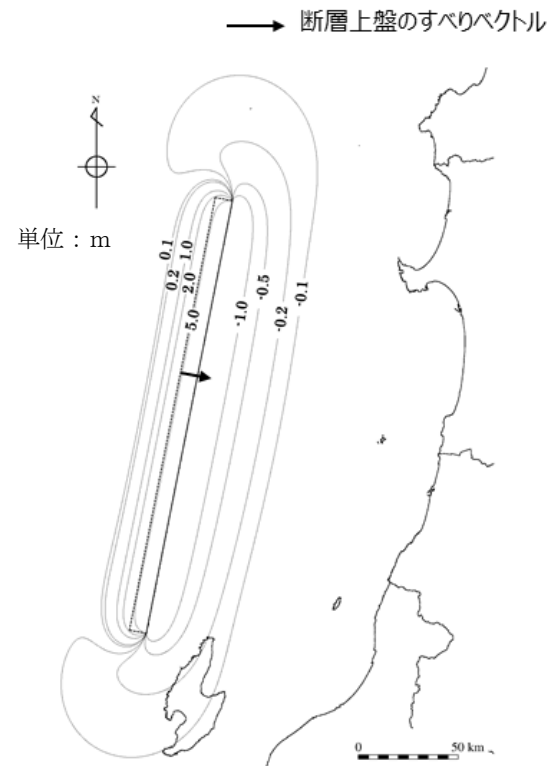
※ 同一震源による繰り返しの地震は考慮しない。

2. 入力津波の設定における影響要因

⑦地震による地殻変動 (3 / 5)

- 日本海東縁部に想定される地震による地殻変動量は下図のとおりであり、日本海東縁部の波源付近に地殻変動量は生じるものの、これらの波源は、敷地から十分に離れており、敷地への影響はない。

| | |
|------|---------|
| 断層長さ | 222.2km |
| 断層幅 | 17.3km |
| すべり量 | 16.0m |
| 上縁深さ | 0km |
| 走向 | 193.3° |
| 傾斜角 | 60° |
| すべり角 | 90° |
| Mw | 8.16 |

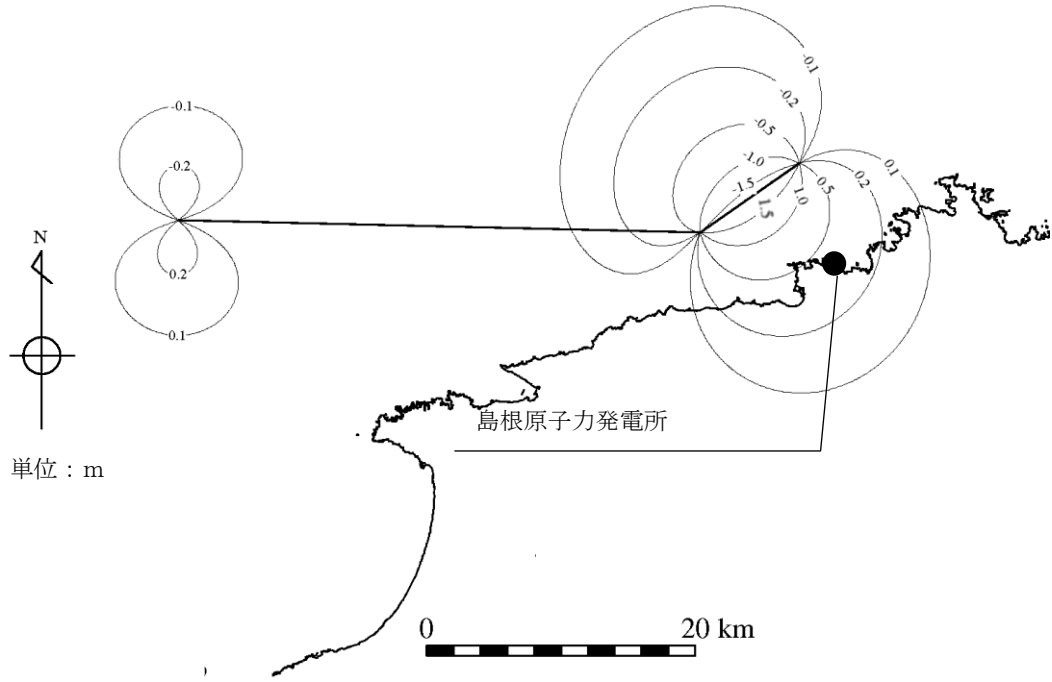


地殻変動量分布図：基準津波 1

⑦地震による地殻変動 (4 / 5)

■ 海域活断層から想定される地震による地殻変動量は下図のとおりであり、敷地に0.34mの隆起が生じていることから、下降側の水位変動に対して0.34mの隆起を考慮する。また、上昇側の水位変動に対しては、保守的に隆起しないものと仮定する。

| | |
|------|------------|
| 断層長さ | 48.0km |
| 断層幅 | 15.0km |
| すべり量 | 4.01m |
| 上縁深さ | 0km |
| 走向 | 54°, 90° |
| 傾斜角 | 90° |
| すべり角 | 115°, 180° |
| Mw | 7.27 |

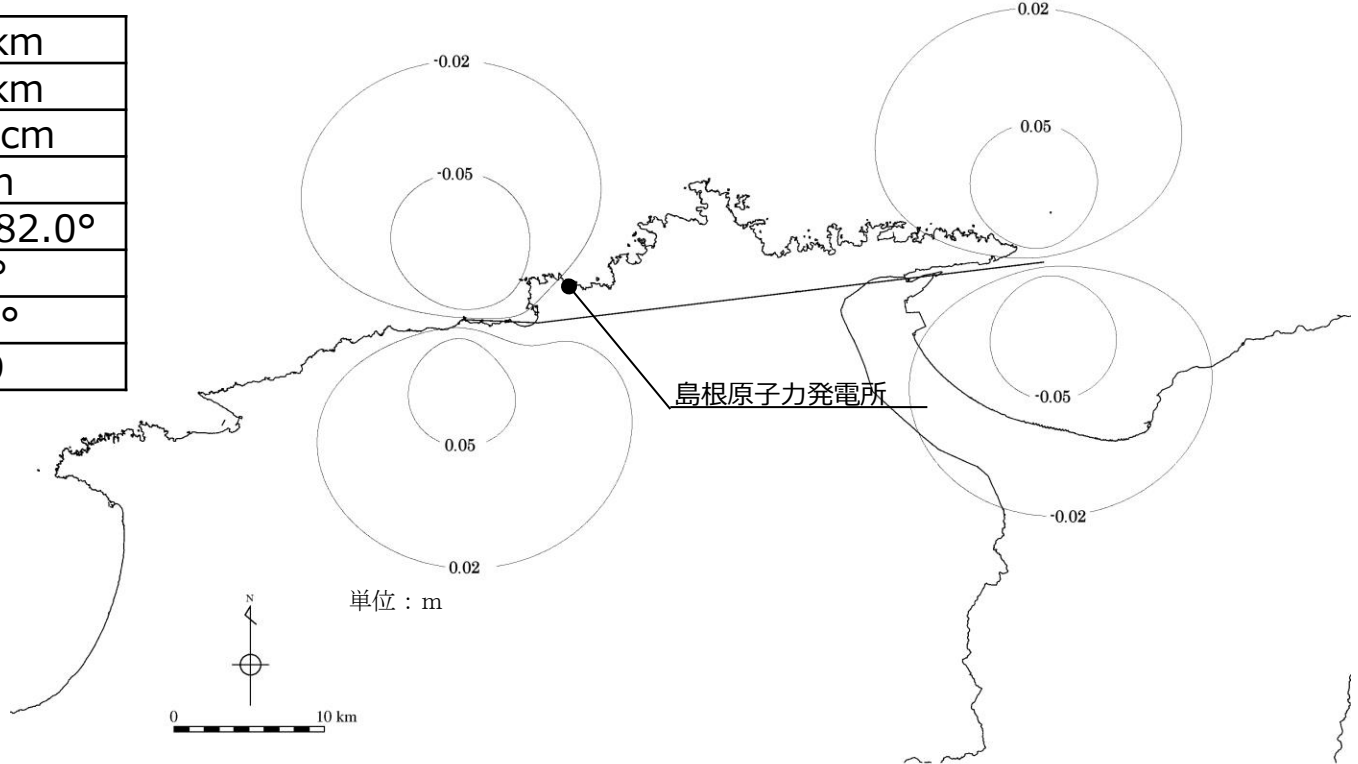


地殻変動量分布図：基準津波4

⑦地震による地殻変動（5 / 5）

■ 宍道断層から想定される敷地の地殻変動量は下図のとおりであり、敷地に0.02m以下の沈降が生じているものの、外郭防護の裕度評価に参照している高潮の裕度評価（0.64m）と比較し、十分小さいことを確認した。

| | |
|------|--------------|
| 断層長さ | 39.0km |
| 断層幅 | 18.0km |
| すべり量 | 112.6cm |
| 上縁深さ | 2km |
| 走向 | 91.2°, 82.0° |
| 傾斜角 | 90° |
| すべり角 | 180° |
| Mw | 6.9 |



地殻変動量分布図：宍道断層

2. 入力津波の設定における影響要因

管路状態・通水状態 (⑧貝付着状態) (1 / 2)

- 管路状態・通水状態について、貝付着の有無により津波高さが異なること（次頁参照）から、入力津波を設定する際の影響要因として考慮する。
- なお、貝の付着代は取水・放水設備の点検結果に基づき5cmとし、粗度係数については、下表のとおり設定する。

考慮する粗度係数

| 貝付着 | 設備 | | 摩擦損失係数※1 ($m^{-1/3} \cdot s$) |
|-----|------|--|------------------------------------|
| 無し | 取水設備 | 1・2号炉取水口※2, 1・2号炉取水管※2 | 0.014 |
| | | 3号炉取水口※3, 3号炉取水路※3, 1～3号炉取水槽※3 | 0.015 |
| | 放水設備 | 1～3号炉放水口※3, 1～3号炉放水路※3, 1～3号炉放水槽※3 | 0.015 |
| 有り | 取水設備 | 1・2号炉取水口※2, 1・2号炉取水管※2 3号炉取水口※3, 3号炉取水路※3, 1～3号炉取水槽※3 | 0.02 |
| | 放水設備 | 1～3号炉放水口※3, 1～3号炉放水路※3 1～3号炉放水槽※3 | 0.02 |

※1 電力土木技術協会（1995）火力・原子力発電所土木構造物の設計－増補改訂版－を参考に設定した。

※2 鋼製 ※3 コンクリート製

2. 入力津波の設定における影響要因

管路状態・通水状態（⑧貝付着状態）（2 / 2）

- 評価結果の一例を下記に示す。貝付着の有無により津波高さが異なる。
- なお、放水施設を対象に貝付着の有無による検討を実施した結果、入力津波高さが一部大きくなったことから、今回、改めて全放水施設を対象に貝付着有りの条件で計算を実施した。

| 基準津波 | 波源域 | 防波堤 有無 | 貝付着 | ポンプ 運転 状況 | 評価水位(EL m) [*] | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----|-----------------|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | | | 1号炉 取水槽 | 2号炉 取水槽 | 3号炉 取水槽 | 1号炉 放水槽 | 2号炉 放水槽 | 3号炉 放水槽 |
| 基準津波 1 | 日本海 東縁部 | 有り | 有り | 運転 | - | +6.5 | +5.0 | - | +6.8 | +6.8 |
| | | | | 停止 | +7.2 | +8.7 | +6.8 | +3.8 | +6.9 | +6.4 |
| | | | 無し | 運転 | - | +7.1 | +6.0 | - | +6.9 | +6.8 |
| | | | | 停止 | +7.7 | +9.2 | +7.0 | +4.4 | +7.6 | +6.6 |
| | | 無し | 有り | 運転 | - | +7.9 | +5.4 | - | +6.3 | +6.4 |
| | | | | 停止 | +8.2 | +10.1 | +7.4 | +3.8 | +6.9 | +6.3 |
| | | | 無し | 運転 | - | +9.0 | +6.5 | - | +6.1 | +6.5 |
| | | | | 停止 | +9.2 | +10.5 | +7.8 | +3.9 | +7.6 | +6.6 |

※ 朔望平均満潮位及び潮位のばらつきを考慮して計算

2. 入力津波の設定における影響要因

管路状態・通水状態（⑨ポンプ稼働状態）（1 / 2）

- 管路状態・通水状態について，基準津波策定の際に，循環水ポンプ稼働状態（運転・停止）により津波高さが異なっていたことから（次頁参照），循環水ポンプ稼働状態を入力津波を設定する際の影響要因として考慮する。
- 循環水ポンプ稼働状態（運転・停止）における原子炉補機海水ポンプ等の取水量を含む取水槽側境界条件は下表のとおり設定する。

管路計算における取水槽側境界条件

| 循環水ポンプ | ポンプ取水量 (m ³ /s) | | |
|--------|----------------------------|-----|------|
| | 1号炉※1 | 2号炉 | 3号炉 |
| 運転 | — | 59 | 95※2 |
| 停止 | 1.0 | 2.3 | 3.0 |

※1 1号炉取水槽に津波防護施設である流路縮小工を設置することにより，循環水ポンプの運転に必要な通水量が確保できないことから，循環水ポンプの運転は行わない。

※2 燃料装荷前であり，原子炉を運転するものではないが，メンテナンス等により循環水ポンプを運転する可能性がある。

2. 入力津波の設定における影響要因

管路状態・通水状態 (⑨ポンプ稼働状態) (2 / 2)

■ 基準津波の評価結果を下記に示すが、ポンプ稼働状態 (運転・停止) で津波高さが異なる。

水位上昇側

| 基準津波 | 波源域 | 検討ケース | 断層長さ (km) | モーメントマグニチュード Mw | 傾斜角 (°) | すべり角 (°) | 上縁深さ (km) | 大すべり域 | 走向 | 東西位置 | 防波堤有無 | ポンプ稼働状況 | 評価水位 (T. P. m) | | | | | | |
|--------|--------|----------------------------------|-----------|-----------------|---------|----------|-----------|-----------|--------------|---------------|-------|---------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | | | | | | | | 施設護岸又は防波壁 | 1号炉取水槽 | 2号炉取水槽 | 3号炉取水槽 | 1号炉放水槽 | 2号炉放水槽 | 3号炉放水槽 |
| 基準津波 1 | 日本海東縁部 | 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討 (鳥取県 (2012)) | 222.2 | 8.16 | 60 | 90 | 0 | - | - | - | 有 | 運転 | +10.5 | - | +7.0 | +5.9 | - | +6.8 | +6.6 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | +7.6 | +9.0 | +7.0 | +4.0 | +7.1 | +6.4 | |
| 基準津波 2 | | 地震発生領域の運動を考慮した検討 (断層長さ350km) | 350 | 8.09 | 60 | 90 | 0 | IV V | 走向一定 | (3) | 有 | 運転 | +8.7 | - | +6.9 | +6.1 | - | +6.1 | +4.4 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | +7.1 | +9.0 | +7.2 | +3.0 | +6.5 | +4.9 | |
| 基準津波 5 | | | 350 | 8.09 | 60 | 90 | 0 | VII 南30km | 走向一定 -10° 変化 | (3)から東 15.9km | 無 | 運転 | +11.2 | - | +8.3 | +5.8 | - | +5.5 | +6.8 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | +8.0 | +10.2 | +7.5 | +2.6 | +5.4 | +7.3 | |

水位下降側

| 基準津波 | 波源域 | 検討ケース | 断層長さ (km) | モーメントマグニチュード Mw | 傾斜角 (°) | すべり角 (°) | 上縁深さ (km) | 大すべり域 | 走向 | 東西位置 | 防波堤有無 | ポンプ稼働状況 | 評価水位 (T. P. m) | | |
|--------|--------|----------------------------------|-----------|-----------------|---------|----------|-----------|-------|------|------|-------|---------|----------------|------------|--------|
| | | | | | | | | | | | | | 2号炉取水口 (東) | 2号炉取水口 (西) | 2号炉取水槽 |
| 基準津波 1 | 日本海東縁部 | 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討 (鳥取県 (2012)) | 222.2 | 8.16 | 60 | 90 | 0 | - | - | - | 有 | 運転 | -5.0 | -5.0 | -5.9 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | -5.4 | -5.4 | -5.4 |
| 基準津波 3 | | 地震発生領域の運動を考慮した検討 (断層長さ350km) | 350 | 8.09 | 60 | 90 | 0 | IV VI | 走向一定 | (3) | 有 | 運転 | -5.9 | -5.9 | -7.5 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | -5.5 | -5.5 | -5.5 |
| 基準津波 6 | 海域活断層 | 土木学会に基づく検討 (F-III ~ F-V 断層) | 48.0 | 7.27 | 90 | 115, 180 | 0 | - | - | - | 有 | 運転 | -3.9 | -3.9 | -5.9 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | -4.8 | -4.8 | -4.8 |
| 基準津波 4 | | | | | | | | | | | | 運転 | -4.1 | -4.1 | -6.3 |
| | | | | | | | | | | | | 停止 | -5.0 | -5.0 | -5.0 |

2. 入力津波の設定における影響要因 検討結果まとめ

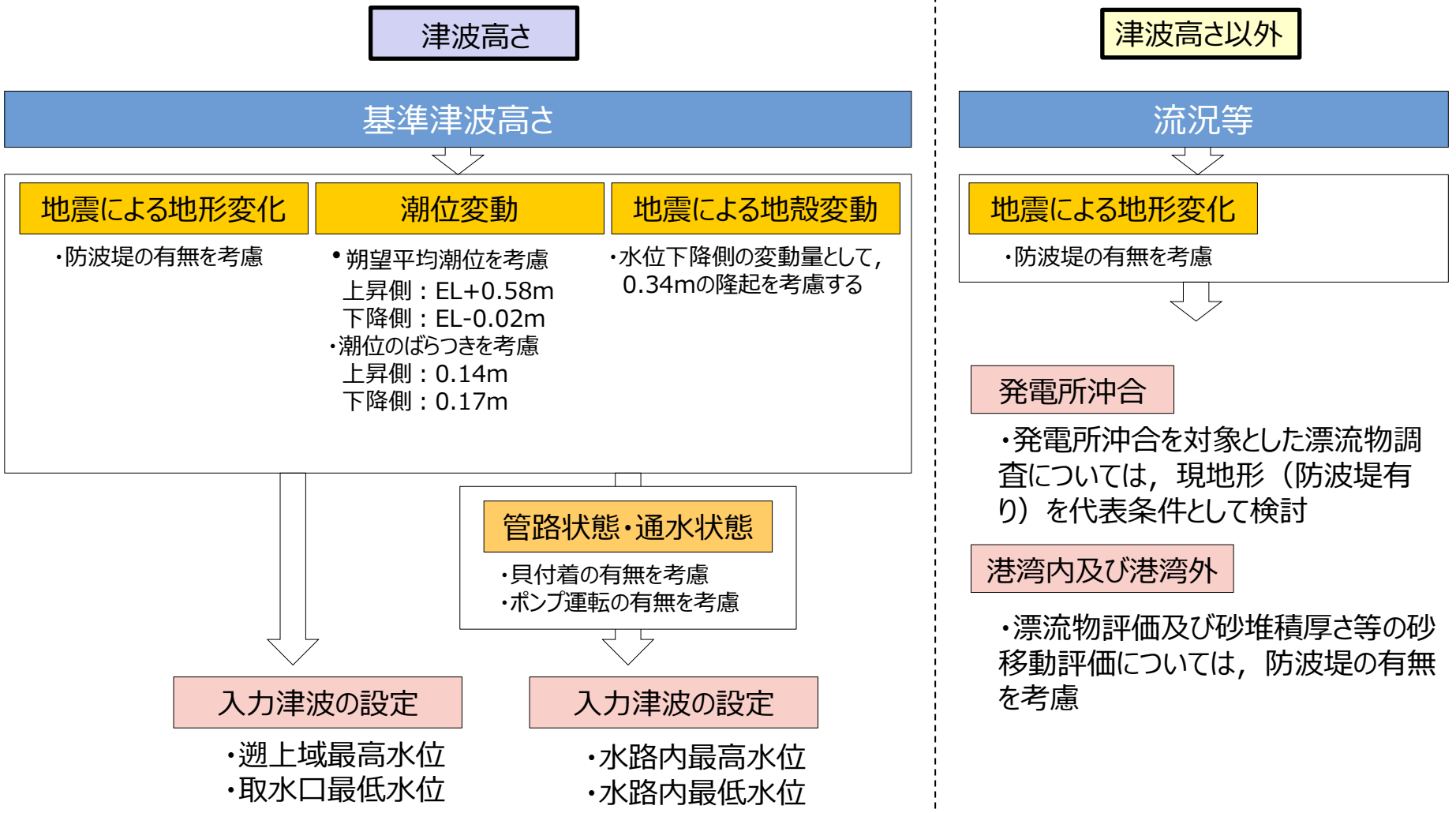
■ 入力津波の設定における影響要因を検討した結果は以下のとおり。

入力津波設定における影響要因に関する検討結果

| 影響要因 | | 検討結果 |
|---------------|--------------------|---|
| 地震による 地形変化 | 斜面崩壊 | <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動Ssにより、防波壁両端部の斜面は崩壊しないことから、影響要因として考慮しない。 ・防波壁両端部の地山以外の斜面崩壊を考慮した津波解析を実施し、斜面崩壊の有無による津波高さの差異が小さいことから、影響要因として考慮しない。 |
| | 地盤変状 | <ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動Ssによる地盤沈下量を考慮した津波解析を実施し、沈下の有無による津波高さの差異が小さいことから、影響要因として考慮しない。 |
| | 防波堤損傷 | <ul style="list-style-type: none"> ・津波高さについては、防波堤の有無による差異があることから、影響要因として考慮する。 ・津波高さ以外については、発電所沖合は防波堤の有無による最大流速分布に有意な差が認められないことから影響要因として考慮しない。一方、港湾内及び港湾外は最大流速分布に有意な差が認められることから、影響要因として考慮する。 |
| 津波による 地形変化 | 洗掘 | <ul style="list-style-type: none"> ・津波による遡上域の洗掘が生じないよう対策工を行うことから、影響要因として考慮しない。 |
| 潮位変動 | 朔望平均潮位・ 潮位のばらつき | <ul style="list-style-type: none"> ・水位上昇側は朔望平均満潮位EL+0.58m、潮位のばらつき0.14mを考慮する。 ・水位下降側は朔望平均干潮位EL-0.02m、潮位のばらつき0.17mを考慮する。 |
| | 高潮 | <ul style="list-style-type: none"> ・再現期間100年に対する期待値（EL+1.36m）と入力津波で考慮する潮位（0.58+0.14m）の差である0.64mを外郭防護の裕度評価において参照する。 |
| 地震による地殻変動 | | <ul style="list-style-type: none"> ・水位上昇側の変動量は、考慮しない。 ・水位下降側の変動量は、0.34mの隆起を考慮する。 |
| 管路状態・ 通水状態 | 貝付着状態 | <ul style="list-style-type: none"> ・貝付着の有無により津波高さが異なることから、影響要因として考慮する。 |
| | ポンプ稼働状態 | <ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ稼働状態(運転・停止)により津波高さが異なることから、影響要因として考慮する。 |

2. 入力津波の設定における影響要因 入力津波の設定プロセス

■ 入力津波の設定における影響要因を検討した結果は以下のとおり。



3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果(1 / 6)

- 入力津波が各施設・設備の設計に用いるものであることを念頭に、各基準津波の最大値を抽出し、入力津波高さを設定する。(: 各設定位置における水位の最大値)
- また、海域活断層から想定される地震による津波の扱いについてはP.73に示す。
- 以下、入力津波高さに関するパラメータスタディの結果を網羅的に示す。(設定位置についてはP.11参照)

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果

| 因子 | 検討対象 基準津波 | 入力津波に対する影響要因 | | | | | 設定位置における水位 (EL m) | |
|-------------|--------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|------|----------------------|-----------|
| | | 地形変化 | 潮位変動 | | 地震による 地殻変動 | 管路状態 | | 施設護岸又は防波壁 |
| | | 防波堤 | 朔望平均 潮位(m) | 潮位の ばらつき (m) | | 貝付着 | ポンプ 状態 | |
| 遡上波 最高水位 | 日本海東縁部 | 基準津波 1 | 有り | EL+0.58 | EL+0.14 | 無し | 管路解析 対象外 | +10.7 |
| | | 基準津波 2 | 無し | | | | | +11.9 |
| | | 基準津波 5 | 有り | | | | | +9.0 |
| | | 基準津波 4 | 無し | | | | | +11.5 |
| | 海域活断層 | 基準津波 4 | 有り | | | | | +3.8 |
| | | | 無し | | | | | +3.4 |
| | | 海域活断層上昇側 最大ケース | 有り | | | | | +4.2 |
| | | | 無し | | | | | +2.9 |

3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果(2 / 6)

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果

| 因子 | 検討対象 基準津波 | 入力津波に対する影響要因 | | | | | 設定位置における水位(EL m) | | | | | |
|-----------------------|--------------|--------------|-----------|-------------|---------------|------|------------------|-------|------|-------------|------|------|
| | | 地形変化 | 潮位変動 | | 地震による 地殻変動 | 管路状態 | | 1号炉 | 2号炉 | 3号炉 | | |
| | | 防波堤 | 朔望平均潮位(m) | 潮位のはらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ状態 | 取水槽※1 | 取水槽 | 取水槽 | 点検口 | |
| 水路内 最高水位 | 日本海東縁部 | 基準津波 1 | 有り | EL+0.58 | EL+0.14 | 無し | 有り | 運転 | — | +6.5 | +5.1 | +4.2 |
| | | | 有り | | | | 停止 | +6.3 | +8.8 | +6.9 | +6.0 | |
| | | 無し | 運転 | | | | — | +7.2 | +6.0 | +4.7 | | |
| | | 無し | 停止 | | | | +6.4 | +9.3 | +7.1 | +6.4[+6.31] | | |
| | | 有り | 運転 | | | | — | +8.0 | +5.5 | +4.2 | | |
| | | 有り | 停止 | | | | +6.8 | +10.1 | +7.5 | +6.2 | | |
| | 基準津波 2 | 有り | 運転 | | | | — | +9.1 | +6.5 | +4.9 | | |
| | | 無し | 停止 | | | | +7.0 | +10.6 | +7.8 | +6.4[+6.32] | | |
| | | 有り | 運転 | | | | — | +6.4 | +5.5 | +4.5 | | |
| | 基準津波 5 | 有り | 停止 | | | | +6.0 | +8.4 | +7.1 | +6.1 | | |
| | | 無し | 運転 | | | | — | +7.0 | +6.3 | +4.8 | | |
| | | 無し | 停止 | | | | +6.1 | +9.1 | +7.3 | +6.1 | | |
| | 海域活断層 | 基準津波 4 | 有り | | | | 有り | 運転 | — | +7.1 | +5.0 | +3.9 |
| | | | 有り | | | | 停止 | +6.4 | +9.7 | +7.1 | +5.6 | |
| | | | 無し | | | | 運転 | — | +8.6 | +6.0 | +4.2 | |
| 海域活断層 上昇側 最大ケース | | 有り | 停止 | +6.7 | +10.4 | +7.6 | +6.0 | | | | | |
| | | 有り | 運転 | — | +2.0 | +1.7 | +1.5 | | | | | |
| | | 有り | 停止 | +2.7[+2.61] | +2.8 | +3.5 | +2.6 | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | | 有り | 運転 | — | +2.4 | +1.9 | +1.6 | | | | | |
| | | 有り | 停止 | +2.7[+2.68] | +2.9 | +3.7 | +2.7 | | | | | |
| | | 有り | 運転 | — | +2.1 | +1.4 | +1.3 | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | | 有り | 停止 | +2.5 | +4.6 | +3.4 | +2.4 | | | | | |
| | | 無し | 運転 | — | +2.9 | +1.8 | +1.3 | | | | | |
| | | 無し | 停止 | +2.7[+2.67] | +4.9 | +3.4 | +2.5 | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | 有り | 運転 | — | +1.6 | +1.5 | +1.3 | | | | | | |
| | 有り | 停止 | +2.5 | +2.4 | +3.4 | +2.4 | | | | | | |
| | 無し | 運転 | — | +1.8 | +1.7 | +1.4 | | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | 有り | 停止 | +2.5 | +2.4 | +3.6 | +2.5 | | | | | | |
| | 有り | 運転 | — | +1.9 | +1.2 | +1.1 | | | | | | |
| | 有り | 停止 | +2.5 | +4.2 | +3.3 | +2.3 | | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | 有り | 運転 | — | +2.5 | +1.6 | +1.2 | | | | | | |
| | 無し | 停止 | +2.6 | +4.5 | +3.4 | +2.4 | | | | | | |

※1 1号炉取水槽は流路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。

3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果(3 / 6)

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果

| 因子 | 検討対象 基準津波 | 入力津波に対する影響要因 | | | | | | 設定位置における水位(EL m) | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------|-------|------|-------------------------|------|---|
| | | 地形変化 防波堤 | 潮位変動 | | 地震による 地殻変動 | 管路状態 | | 1号炉 | | | | | | |
| | | | 朔望平均潮位(m) | 潮位のはらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ状態 | 放水槽 | 排水槽 | マンホール | 接合槽 | | | |
| 水路内 最高水位 | 日本海東縁部 | 基準津波 1 | 有り | EL+0.58 | EL+0.14 | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | |
| | | | 無し | | | | 停止 | +4.3 | +4.5 | +4.2 | +3.4 | | | |
| | | 基準津波 2 | 有り | | | | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | | | 無し | 停止 | +4.8 | +4.7 | +4.8 | +3.5 | | |
| | | 海域活断層 | 基準津波 5 | | | | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 無し | 停止 | +4.4 | +4.2 | +3.9 | +3.4 | |
| | 基準津波 4 | | 有り | | | | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | | | 無し | 停止 | +4.0 | +3.9 | +3.6 | +3.4 | | |
| | 海域活断層 最大ケース | | 基準津波 4 | | | | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 無し | 停止 | +3.3 | +3.3 | +3.2 | +3.0 | |
| | | 海域活断層 最大ケース | 有り | | | | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | | | 無し | 停止 | +3.4 | +3.4 | +3.3 | +3.2 | | |
| | | 海域活断層 最大ケース | 海域活断層 最大ケース | | | | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 無し | 停止 | +2.7 | +2.7 | +2.5 | +2.3 | |
| | 海域活断層 最大ケース | | 無し | | | | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | |
| | | | | | | | 無し | 停止 | +2.8 | +2.8 | +2.5 | +2.4 | | |
| | 海域活断層 最大ケース | | 海域活断層 最大ケース | | | | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — |
| | | | | | | | | 無し | 停止 | +1.9 | +1.8 | +1.8 ^[+1.73] | +1.8 | |
| 海域活断層 最大ケース | | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | 無し | 停止 | +1.9 | +1.9 ^[+1.83] | +1.8 ^[+1.76] | +1.8 | | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | 無し | 停止 | +2.0 | +1.9 ^[+1.82] | +1.8 ^[+1.79] | +1.8 | | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | | 無し | 停止 | +2.1 | +1.9 ^[+1.88] | +1.8 ^[+1.80] | +1.9 | | | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | 海域活断層 最大ケース | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | 無し | 停止 | +1.8 | +1.7 | +1.6 | +1.6 | | | | | | |
| | 海域活断層 最大ケース | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | 無し | 停止 | +1.8 | +1.7 | +1.7 | +1.6 | | | | | | |
| | 海域活断層 最大ケース | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | |
| | | | 無し | 停止 | +1.8 | +1.7 | +1.7 | +1.7 | | | | | | |
| 海域活断層 最大ケース | 無し | 有り | 運転 | — | — | — | — | — | | | | | | |
| | | 無し | 停止 | +1.8 | +1.7 | +1.7 | +1.7 | | | | | | | |

3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果(4 / 6)

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果

| 因子 | 検討対象 基準津波 | 入力津波に対する影響要因 | | | | | 設定位置における水位(EL m) | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------|--------------|-----------|------------|---------------|------|------------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|------|
| | | 地形変化 防波堤 | 潮位変動 | | 地震による 地殻変動 | 管路状態 | | 2号炉 | | 3号炉 | | | | | | |
| | | | 朔望平均潮位(m) | 潮位のばらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ状態 | 放水槽 | 接合槽 | 放水槽 | 接合槽 | | | | | |
| 水路内 最高水位 | 日本海東縁部 | 基準津波 1 | 有り | EL+0.58 | EL+0.14 | 無し | 有り | 運転 | +7.0 | +5.9 | +6.9 | +6.2 | | | | |
| | | | 有り | | | | 停止 | +7.2 | +5.6 | +6.5 | +5.8 | | | | | |
| | | 無し | 有り | | | | 運転 | +7.0 | +5.9 | +6.9 | +6.2 | | | | | |
| | | | 有り | | | | 停止 | +7.9 | +5.7 | +6.8 | +6.2 | | | | | |
| | | 無し | 有り | | | | 運転 | +6.4 | +6.0 | +6.5 | +5.8 | | | | | |
| | | | 有り | | | | 停止 | +7.1 | +6.1[+6.04] | +6.4 | +5.9 | | | | | |
| | | 無し | 有り | | | | 運転 | +6.2 | +5.9 | +6.6 | +6.3 | | | | | |
| | | | 有り | | | | 停止 | +7.8 | +6.1[+6.04] | +6.8 | +6.2 | | | | | |
| | | 基準津波 2 | 有り | | | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +6.3 | +4.2 | +4.5 | +4.4 |
| | | | 有り | | | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +5.3 | +3.7 | +5.0 | +4.7 |
| | 無し | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +6.3 | +4.0 | +4.5 | +4.2 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +5.5 | +3.9 | +5.0 | +4.5 | | | | |
| | 基準津波 5 | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +5.8 | +4.5 | +6.5 | +5.9 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +4.8 | +5.1 | +7.0 | +6.3 | | | | |
| | 無し | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +5.9 | +4.1 | +6.8 | +6.3 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +5.5 | +4.6 | +7.3 | +6.5 | | | | |
| | 海域活断層 | 基準津波 4 | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +4.1 | +2.8[+2.80] | +3.1 | +2.9 | | | |
| | | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.2 | +2.5 | +3.1 | +3.2 | | | |
| | | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.5 | +2.7 | +2.8 | +2.6 | | | |
| | | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.7 | +2.4 | +3.3[+3.27] | +3.5 | | | |
| 有り | | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +4.2 | +2.8[+2.79] | +3.1 | +2.9 | | | | |
| 海域活断層 上昇側 最大ケース | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.3 | +1.8 | +2.8 | +2.5 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.5 | +2.6 | +2.8 | +2.6 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.7 | +1.8 | +3.3[+3.26] | +2.8 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +4.0 | +2.7 | +3.0 | +2.7 | | | | |
| | | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +2.7 | +2.1 | +2.6 | +2.7 | | | | |
| 無し | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.3 | +2.5 | +2.7 | +2.5 | | | | | |
| | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.0 | +2.1 | +2.8 | +2.9 | | | | | |
| | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +4.0 | +2.7 | +3.0 | +2.7 | | | | | |
| | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +2.9 | +1.6 | +2.8 | +2.4 | | | | | |
| | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.4 | +2.5 | +2.7 | +2.5 | | | | | |
| 無し | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.1 | +1.6 | +3.1 | +2.5 | | | | | |
| | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | 有り | +3.1 | +1.6 | +3.1 | +2.5 | | | | | |

3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果(5 / 6)

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果

| 因子 | 検討対象 基準津波 | 入力津波に対する影響要因 | | | | | 設定位置における水位(EL m) | | |
|---------|--------------|-----------------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|------------------|-------------|-------------|
| | | 地形変化 | 潮位変動 | | 地震 による 地殻変動 | 管路状態 | | 取水口 | |
| | | 防波堤 | 朔望平均 潮位 (m) | 潮位の ばらつき (m) | | 貝付着 | ポンプ 状態 | 東 | 西 |
| 取水口最低水位 | 日本海東縁部 | 基準津波 1 | 有り | EL-0.02 | EL-0.17 | 隆起0.34m を考慮 | 管路解析対象外 | -5.5 | -5.5 |
| | | | 無し | | | | | -6.4 | -6.4 |
| | | 基準津波 3 | 有り | | | | | -5.0 | -5.0 |
| | | 基準津波 6 | 無し | | | | | -6.5 | -6.4 |
| | 海域活断層 | 基準津波 4 | 有り | | | | | -4.1 | -4.0 |
| | | | 無し | | | | | -4.3[-4.25] | -4.3[-4.27] |
| | | 海域活断層 上昇側 最大ケース | 有り | | | | | -3.4 | -3.4 |
| | | | 無し | | | | | -3.6 | -3.6 |

3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果(6 / 6)

入力津波高さに関するパラメータスタディの結果

| 因子 | 検討対象 基準津波 | 入力津波に対する影響要因 | | | | | | 設定位置における水位(EL m) | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------|------------------|----------------|-------------|------------------|------|
| | | 地形変化 | 潮位変動 | | 地震による 地殻変動(m) | 管路状態 | | 2号炉取水槽 | |
| | | 防波堤 | 朔望平均潮位(m) | 潮位のばらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ状態 | | |
| 水路内最低水位 | 日本海東縁部 | 基準津波 1 | 有り | EL-0.02 | EL-0.17 | 隆起0.34m を考慮 | 有り | 運転 | -6.8 |
| | | | 無し | | | | 停止 | -5.8 | |
| | | 基準津波 3 | 有り | | | | 運転 | -6.5 | |
| | | | 無し | | | | 停止 | -5.8 | |
| | | 海域活断層 | 基準津波 4 | | | | 有り | 運転 | -8.2 |
| | | | | | | | 無し | 停止 | -5.9 |
| | 海域活断層 上昇側 最大ケース | | 有り | | | | 運転 | -8.0 | |
| | | | 無し | | | | 停止 | -5.9 | |
| | 基準津波 6 | | 有り | | | | 運転 | -6.5 | |
| | | | 無し | | | | 停止 | -5.6 | |
| | | 有り | 運転 | | | | -6.5 | | |
| | | 無し | 停止 | | | | -5.7 | | |
| | | 有り | 運転 | | | | -8.4[-8.31] | | |
| | | 無し | 停止 | | | | -6.0 | | |
| | 海域活断層 | 基準津波 4 | 有り | | | | 運転 | -8.3 | |
| | | | 無し | | | | 停止 | -6.1 | |
| | | 海域活断層 上昇側 最大ケース | 有り | | | | 運転 | -6.1 | |
| | | | 無し | | | | 停止 | -4.8 | |
| 基準津波 6 | | 有り | 運転 | -6.1 | | | | | |
| | | 無し | 停止 | -5.0 | | | | | |
| 海域活断層 上昇側 最大ケース | | 有り | 運転 | -6.4 | | | | | |
| | | 無し | 停止 | -5.0 | | | | | |
| 基準津波 6 | | 有り | 運転 | -6.5 | | | | | |
| | | 無し | 停止 | -5.1 | | | | | |
| 海域活断層 上昇側 最大ケース | | 有り | 運転 | -5.1 | | | | | |
| | | 無し | 停止 | -4.4 | | | | | |
| 基準津波 6 | 有り | 運転 | -5.2 | | | | | | |
| | 無し | 停止 | -4.5 | | | | | | |
| 海域活断層 上昇側 最大ケース | 有り | 運転 | -5.5 | | | | | | |
| | 無し | 停止 | -4.6 | | | | | | |
| 基準津波 6 | 有り | 運転 | -5.6 | | | | | | |
| | 無し | 停止 | -4.7 | | | | | | |

3. 入力津波結果の網羅的な提示

入力津波高さ（まとめ：日本海東縁部）

- 各設計に用いる各設定位置における入力津波高さ（水位の最大値）を下表に示す。
- 非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位(許容津波高さ)EL-8.32mは、循環水ポンプ運転状態における基準津波 6 による水路内最低水位EL-8.4m (EL-8.31m) に対して、余裕がないことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用とする。

入力津波高さ一覧（日本海東縁部）

| 因子 | 設定位置 | 基準津波 | 地形変化(防波堤) | 潮位変動 | | 地震による地殻変動 | 管路状態 | | 設定位置における評価値(EL m) | (参考)許容津波高さ(EL m) |
|---------|-----------|------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|---------|-------------------|------------------|
| | | | | 朔望平均潮位(m) | 潮位のばらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ状態 | | |
| 遡上域最高水位 | 施設護岸又は防波壁 | 1 | 無し | EL+0.58 | EL+0.14 | 無し | 管路解析対象外 | | +11.9 | +15.0 |
| 水路内最高水位 | 1号炉取水槽※1 | 1 | 無し | | | | 無し | 停止 | +7.0 | +8.8 |
| | 2号炉取水槽 | 1 | 無し | | | | 無し | 停止 | +10.6 | +11.3 |
| | 3号炉取水槽 | 1 | 無し | | | | 無し | 停止 | +7.8 | +8.8 |
| | 3号炉取水路点検口 | 1 | 無し | | | | 無し | 停止 | +6.4 | +9.5 |
| | 1号炉放水槽 | 1 | 有り | | | | 無し | 停止 | +4.8 | +8.8 |
| | 1号炉冷却水排水槽 | 1 | 有り | | | | 無し | 停止 | +4.7 | +8.5 |
| | 1号炉マンホール | 1 | 有り | | | | 無し | 停止 | +4.8 | +8.5 |
| | 1号炉放水接合槽 | 1 | 有り | | | | 無し | 停止 | +3.5 | +9.0 |
| | 2号炉放水槽 | 1 | 有り | | | | 無し | 停止 | +7.9 | +8.8 |
| | 2号炉放水接合槽 | 1 | 無し | | | | 無し | 停止 | +6.1 | +8.0 |
| | 3号炉放水槽 | 5 | 無し | | | | 無し | 停止 | +7.3 | +8.8 |
| | 3号炉放水接合槽 | 5 | 無し | | | | 無し | 停止 | +6.5 | +8.5 |
| 取水口最低水位 | 2号炉取水口 | 6 | 無し | | | | EL-0.02 | EL-0.17 | 隆起0.34mを考慮 | 管路解析対象外 |
| 水路内最低水位 | 2号炉取水槽 | 6 | 無し | 無し | 停止 | -6.1※2 | | | | -8.3 [-8.32] |

※1 流路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所 2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」」（現在、審議中）の審査結果を適宜反映する。

※2 2号炉取水槽における水路内最低水位は、循環水ポンプ運転状態のEL-8.4m (EL-8.31m) であるため、2.5.1「非常用海水冷却系の取水性」に示す循環水ポンプ停止運用を踏まえ、停止時を評価値とする。

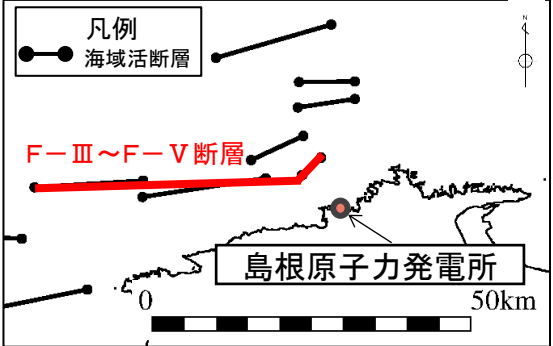
3. 入力津波結果の網羅的な提示 入力津波高さ（まとめ：海域活断層）

入力津波高さ一覧（海域活断層）

| 因子 | 設定位置 | 基準津波 | 地形変化 (防波堤) | 潮位変動 | | 地震による 地殻変動 | 管路状態 | | 設定位置に おける評価値 (EL m) | (参考) 許容津波高さ (EL m) | |
|-------------|-----------|---------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|-------------|-----------|---------------------------|--------------------------|------|
| | | | | 朔望平均 潮位(m) | 潮位の ばらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ 状態 | | | |
| 遡上域 最高水位 | 施設護岸又は防波壁 | 海域活断層 上昇側 最大 ケース | 有り | EL+0.58 | EL+0.14 | 無し | 管路解析 対象外 | | +4.2 | +15.0 | |
| 水路内 最高水位 | 1号炉取水槽※ | 4 | 有り | | | | 無し | 停止 | +2.7 | +8.8 | |
| | 2号炉取水槽 | 4 | 無し | | | | 無し | 停止 | +4.9 | +11.3 | |
| | 3号炉取水槽 | 4 | 有り | | | | 無し | 停止 | +3.7 | +8.8 | |
| | 3号炉取水路点検口 | 4 | 有り | | | | 無し | 停止 | +2.7 | +9.5 | |
| | 1号炉放水槽 | 4 | 無し | | | | 無し | 停止 | +2.1 | +8.8 | |
| | 1号炉冷却水排水槽 | 4 | 無し | | | | 無し | 停止 | +1.9 | +8.5 | |
| | 1号炉マンホール | 4 | 無し | | | | 無し | 停止 | +1.8 | +8.5 | |
| | 1号炉放水接合槽 | 4 | 無し | | | | 無し | 停止 | +1.9 | +9.0 | |
| | 2号炉放水槽 | 4 | 無し | | | | 有り | 有り | 運転 | +4.2 | +8.8 |
| | 2号炉放水接合槽 | 4 | 有り | | | | 有り | 有り | 運転 | +2.8 | +8.0 |
| | 3号炉放水槽 | 4 | 有り | | | | 無し | 停止 | +3.3 | +8.8 | |
| | 3号炉放水接合槽 | 4 | 有り | | | | 無し | 停止 | +3.5 | +8.5 | |
| 取水口 最低水位 | 2号炉取水口 | 4 | 無し | | | | EL-0.02 | EL-0.17 | 隆起0.34m を考慮 | 管路解析 対象外 | |
| 水路内 最低水位 | 2号炉取水槽 | 4 | 無し | 無し | 運転 | -6.5 | | | | -8.3 | |

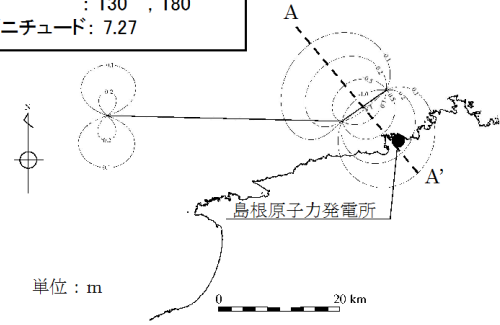
※ 流路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所2号炉 津波による損傷の防止 論点1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」」（現在、審議中）の審査結果を適宜反映する。

3. 入力津波結果の網羅的な提示 (参考) 海域活断層から想定される地震による津波

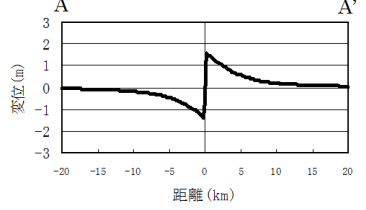


海域活断層上昇側最大ケース

| | |
|--------------|--------------|
| 断層長さ | : 48.0km |
| 断層幅 | : 15.0km |
| すべり量 | : 4.01m |
| 上縁深さ | : 0km |
| 走向 | : 54°, 90° |
| 傾斜角 | : 90° |
| すべり角 | : 130°, 180° |
| モーメントマグニチュード | : 7.27 |



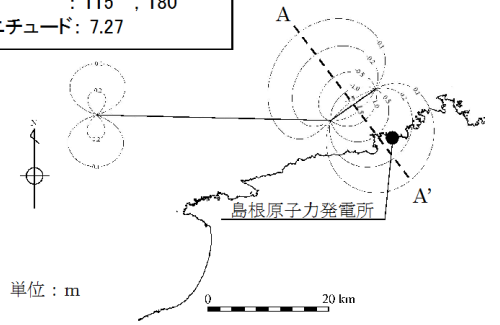
地盤変動量分布図



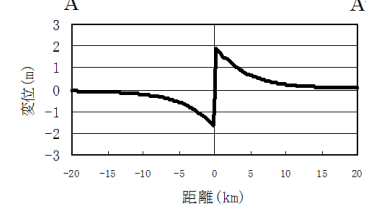
地盤変動量断面図

基準津波4

| | |
|--------------|--------------|
| 断層長さ | : 48.0km |
| 断層幅 | : 15.0km |
| すべり量 | : 4.01m |
| 上縁深さ | : 0km |
| 走向 | : 54°, 90° |
| 傾斜角 | : 90° |
| すべり角 | : 115°, 180° |
| モーメントマグニチュード | : 7.27 |



地盤変動量分布図



地盤変動量断面図

3. 入力津波結果の網羅的な提示

(参考) 基準津波と入力津波の水位比較 (水位上昇側)

- 水位上昇側の基準津波及び入力津波の評価水位は下表のとおり。
- 基準津波策定時（第771回審査会合 資料1-2 P.348参照）は、既許可と同様に、1995年9月から1996年8月までの1か年の潮位観測記録に基づき、朔望平均満潮位をT.P.+0.46mと設定していた。
- 入力津波設定においては、潮位に近年緩やかな上昇傾向が認められることから、近年5か年（2015.1～2019.12）の潮位観測記録に基づき、朔望平均満潮位をEL+0.58m、満潮位のばらつきを0.14mと設定する。また、1号取水槽については、流路縮小工を設置して評価している。

基準津波と入力津波の水位比較 (水位上昇側)

| 波源 | 防波堤有無 | ポンプ 運転 状況 | 基準津波 | | | | | | | 入力津波高さに関するパラメータスタディの結果 | | | | | | |
|--------|-------|-----------------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | | ・朔望平均満潮位 EL+0.46m ・朔望平均満潮位を初期条件とした管路計算を実施 | | | | | | | ・朔望平均満潮位および潮位のばらつき EL+0.72m ・朔望平均満潮位を初期条件とした管路計算を実施 ・管路計算において、1号取水槽は流路縮小工を設置し評価 | | | | | | |
| | | | 評価水位(T.P. m) | | | | | | | 設定位置における水位(EL m) [※] | | | | | | |
| | | | 施設護岸 又は防波壁 | 1号炉 取水槽 | 2号炉 取水槽 | 3号炉 取水槽 | 1号炉 放水槽 | 2号炉 放水槽 | 3号炉 放水槽 | 施設護岸 又は防波壁 | 1号炉 取水槽 | 2号炉 取水槽 | 3号炉 取水槽 | 1号炉 放水槽 | 2号炉 放水槽 | 3号炉 放水槽 |
| 基準津波 1 | 有 | 運転 | +10.5 | - | +7.0 | +5.9 | - | +6.8 | +6.6 | +10.7 | - | +7.2 | +6.0 | - | +7.0 | +6.9 |
| | | 停止 | | +7.6 | +9.0 | +7.0 | +4.0 | +7.1 | +6.4 | | +6.4 | +9.3 | +7.1 | +4.8 | +7.9 | +6.8 |
| | 無 | 運転 | +11.6 | - | +9.0 | +6.4 | - | +6.1 | +6.4 | +11.9 | - | +9.1 | +6.5 | - | +6.2 | +6.6 |
| | | 停止 | | +9.0 | +10.4 | +7.7 | +4.1 | +7.2 | +6.3 | | +7.0 | +10.6 | +7.8 | +4.0 | +7.8 | +6.8 |
| 基準津波 2 | 有 | 運転 | +8.7 | - | +6.9 | +6.1 | - | +6.1 | +4.4 | +9.0 | - | +7.0 | +6.3 | - | +6.3 | +4.5 |
| | | 停止 | | +7.1 | +9.0 | +7.2 | +3.0 | +6.5 | +4.9 | | +6.1 | +9.1 | +7.3 | +3.4 | +5.5 | +5.0 |
| 基準津波 5 | 無 | 運転 | +11.2 | - | +8.3 | +5.8 | - | +5.5 | +6.8 | +11.5 | - | +8.6 | +6.0 | - | +5.9 | +6.8 |
| | | 停止 | | +8.0 | +10.2 | +7.5 | +2.6 | +5.4 | +7.3 | | +6.7 | +10.4 | +7.6 | +2.8 | +5.5 | +7.3 |

※ 管路計算結果は貝付着無し条件

3. 入力津波結果の網羅的な提示

(参考) 基準津波と入力津波の水位比較 (水位下降側)

- 水位下降側の基準津波及び入力津波の評価水位は下表のとおり。
- 基準津波策定時（第771回審査会合 資料1-2 P.349参照）は、既許可と同様に、1995年9月から1996年8月までの1カ年の潮位観測記録に基づき、朔望平均干潮位をT.P.-0.02mと設定していた。
- 入力津波設定においては、基準津波策定時と同様に1995年9月から1996年8月までの1カ年の潮位観測記録に基づき、朔望平均干潮位をEL-0.02mとし、加えて同観測期間における潮位の標準偏差0.17mをばらつきとして設定する。また、地殻変動量の0.34mの隆起を考慮する。

基準津波と入力津波の水位比較 (水位下降側)

| 波源 | 防波堤有無 | ポンプ 運転 状況 | 基準津波 | | | 入力津波高さに関するパラメータスタディの結果 | | |
|-------|-------|-----------------|--|----------------|------------|---|----------------|------------|
| | | | ・朔望平均干潮位 EL-0.02m ・朔望平均干潮位を初期条件とした管路計算を実施 | | | ・朔望平均干潮位および潮位のばらつき EL-0.19m ・朔望平均干潮位を初期条件とした管路計算を実施 ・管路計算結果から地殻変動量の0.34m隆起を考慮 | | |
| | | | 評価水位(T.P. m) | | | 設定位置における水位(EL m) [*] | | |
| | | | 2号炉 取水口 (東) | 2号炉 取水口 (西) | 2号炉 取水槽 | 2号炉 取水口 (東) | 2号炉 取水口 (西) | 2号炉 取水槽 |
| 基準津波1 | 有 | 運転 | -5.0 | -5.0 | -5.9 | -5.5 | -5.5 | -6.5 |
| | | 停止 | | | -5.4 | | | -5.8 |
| | 無 | 運転 | -5.9 | -5.9 | -7.5 | -6.4 | -6.4 | -8.0 |
| | | 停止 | | | -5.5 | | | -5.9 |
| 基準津波3 | 有 | 運転 | -4.5 | -4.5 | -5.9 | -5.0 | -5.0 | -6.5 |
| | | 停止 | | | -5.2 | | | -5.7 |
| 基準津波6 | 無 | 運転 | -6.0 | -5.9 | -7.8 | -6.5 | -6.4 | -8.3 |
| | | 停止 | | | -5.7 | | | -6.1 |
| 基準津波4 | 有 | 運転 | -3.9 | -3.9 | -5.9 | -4.1 | -4.0 | -6.1 |
| | | 停止 | | | -4.8 | | | -5.0 |
| | 無 | 運転 | -4.1 | -4.1 | -6.3 | -4.3 | -4.3 | -6.5 |
| | | 停止 | | | -5.0 | | | -5.1 |

※ 管路計算結果は貝付着無し条件

3. 入力津波結果の網羅的な提示

海域活断層上昇側最大ケースの津波

- 海域活断層上昇側最大ケースの津波については、基準津波4は水位下降側の津波として策定したものであることを踏まえ、津波防護施設、浸水防止設備等の設計において、津波の到達有無を評価した上で、津波荷重と余震荷重の組合せの可否を判断するために設定した。

| | |
|---------------------|---|
| 日本海東縁部に想定される地震による津波 | 津波の波源は敷地から600km以上離れており、波源の活動に伴う余震については敷地への影響が明らかに小さいことから、津波が到達する場合でも、余震荷重との組合せは考慮しない。 |
| 海域活断層から想定される地震による津波 | 津波の波源は敷地近傍であることから、津波が到達する場合に津波荷重と余震荷重との組合せを考慮する。 |

- 海域活断層から想定される地震による津波に対して、全ての評価位置において津波の最大水位を確認した。（次頁参照）
- 確認の結果、施設護岸又は防波壁においては海域活断層上昇側最大ケースの津波が最大水位を示し、それ以外は基準津波4の水位が最大となった。
- 施設護岸又は防波壁を設定位置とする施設のうち防波壁（防波扉含む）及び1号放水連絡通路防波扉については、EL8.5m及びEL5.0mに設置しており、海域活断層から想定される地震による津波は到達しないが、屋外排水路（水路下端EL2.3～7.3m）の一部については津波（EL4.2m）が到達するため、余震荷重との組合せを考慮する。

耐津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（一部、抜粋）

3.3 入力津波の設定

(2)入力津波の設定に当たっては、入力津波が各施設・設備の設計に用いるものであることを念頭に、津波の高さ、津波の速度、衝撃力等、着目する荷重因子を選定した上で、各施設・設備の構造・機能損傷モードに対応する効果（浸水高、波力・波圧、洗掘力、浮力等）が安全側に評価されることを確認する。

5.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

5.4.1 津波防護施設、浸水防止設備等の設計における検討事項

②余震荷重の考慮については、基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震（地震）について、そのハザードを評価するとともに、基準津波の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯において発生する余震レベルを検討する方針であること。また、当該余震レベルによる地震荷重と基準津波による荷重は、これらの発生確率の推定に幅があることを考慮して安全側に組み合わせる方針であること。

3. 入力津波結果の網羅的な提示

コメントNo.23の回答

第853回審査会合
資料1-1 P.69 加筆・修正
※修正箇所を青字で示す

海域活断層から想定される地震による津波の評価結果

海域活断層から想定される地震による津波の評価結果

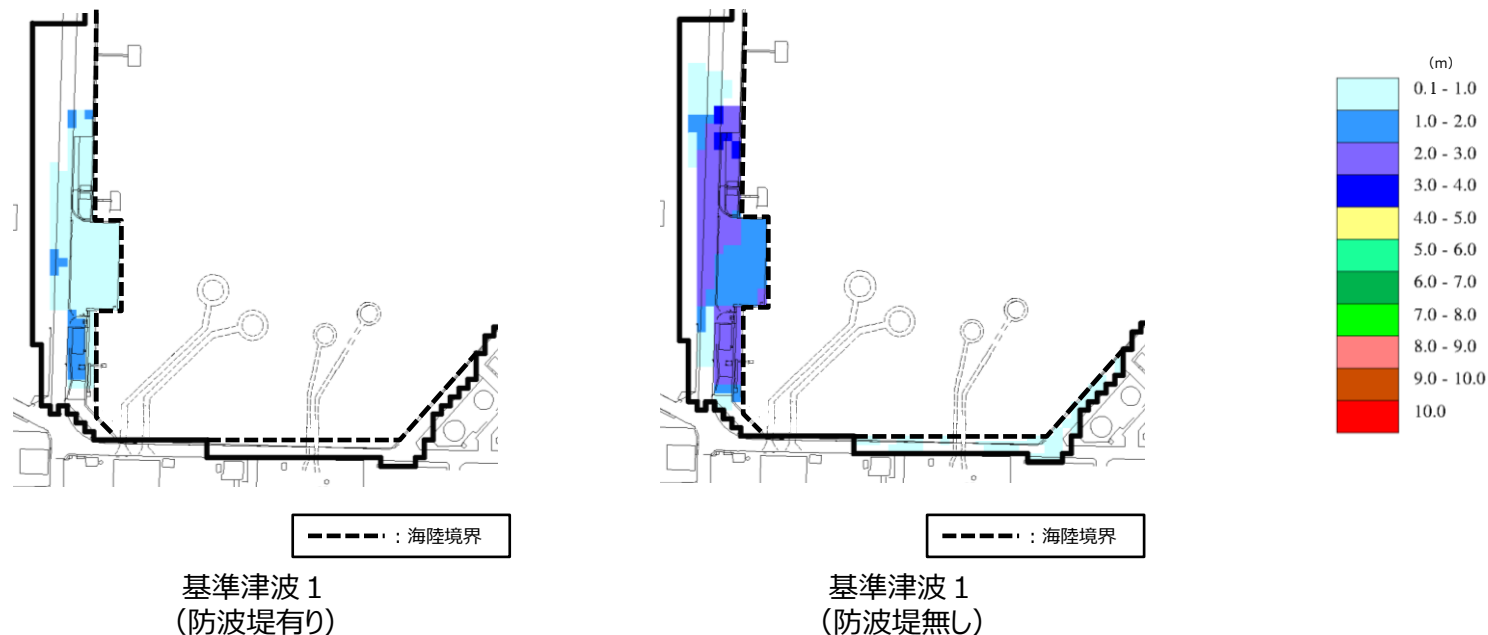
| 因子 | 設定位置 | 潮位変動 | | 地震による地殻変動 | 管路状態 | | 設定位置における評価水位 (EL m) | | | |
|----------|-----------|-----------|------------|------------|---------|-------|---------------------|-------|-------------|-------------|
| | | 朔望平均潮位(m) | 潮位のばらつき(m) | | 貝付着 | ポンプ状態 | 海域活断層上昇側最大ケース | | 基準津波 4 | |
| | | | | | | | 防波堤有り | 防波堤無し | 防波堤有り | 防波堤無し |
| 遡上域最高水位 | 施設護岸又は防波壁 | EL+0.58 | EL + 0.14 | 無し | 管路解析対象外 | | +4.2 | +2.9 | +3.8 | +3.4 |
| 水路内最高水位 | 1号炉取水槽※ | | | | 無し | 停止 | +2.5 | +2.6 | +2.7[+2.68] | +2.7[+2.67] |
| | 2号炉取水槽 | | | | 無し | 停止 | +2.4 | +4.5 | +2.9 | +4.9 |
| | 3号炉取水槽 | | | | 無し | 停止 | +3.6 | +3.4 | +3.7 | +3.4 |
| | 3号炉取水路点検口 | | | | 無し | 停止 | +2.5 | +2.4 | +2.7 | +2.5 |
| | 1号炉放水槽 | | | | 無し | 停止 | +1.8 | +1.8 | +1.9 | +2.1 |
| | 1号炉冷却水排水槽 | | | | 無し | 停止 | +1.7 | +1.7 | +1.9[+1.83] | +1.9[+1.88] |
| | 1号炉マンホール | | | | 無し | 停止 | +1.7 | +1.7 | +1.8[+1.76] | +1.8[+1.80] |
| | 1号炉放水接合槽 | | | | 無し | 停止 | +1.6 | +1.7 | +1.8 | +1.9 |
| | 2号炉放水槽 | | | | 有り | 運転 | +4.0 | +4.0 | +4.1 | +4.2 |
| | 2号炉放水接合槽 | | | | 有り | 運転 | +2.7 | +2.7 | +2.8[+2.80] | +2.8[+2.79] |
| | 3号炉放水槽 | | | | 無し | 停止 | +2.8 | +3.1 | +3.3[+3.27] | +3.3[+3.26] |
| 3号炉放水接合槽 | 無し | | | | 停止 | +2.9 | +2.5 | +3.5 | +2.8 | |
| 取水口最低水位 | 2号炉取水口 | EL-0.02 | EL - 0.17 | 隆起0.34mを考慮 | 管路解析対象外 | | -3.4 | -3.6 | -4.1 | -4.3 |
| 水路内最低水位 | 2号炉取水槽 | | | | 無し | 運転 | -5.2 | -5.6 | -6.1 | -6.5 |

※ 流路縮小工を設置して評価している。なお、水位については、「島根原子力発電所 2号炉 津波による損傷の防止 論点 1「防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性」(現在、審議中)の審査結果を適宜反映する。

3. 入力津波結果の網羅的な提示

施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速（1/2）

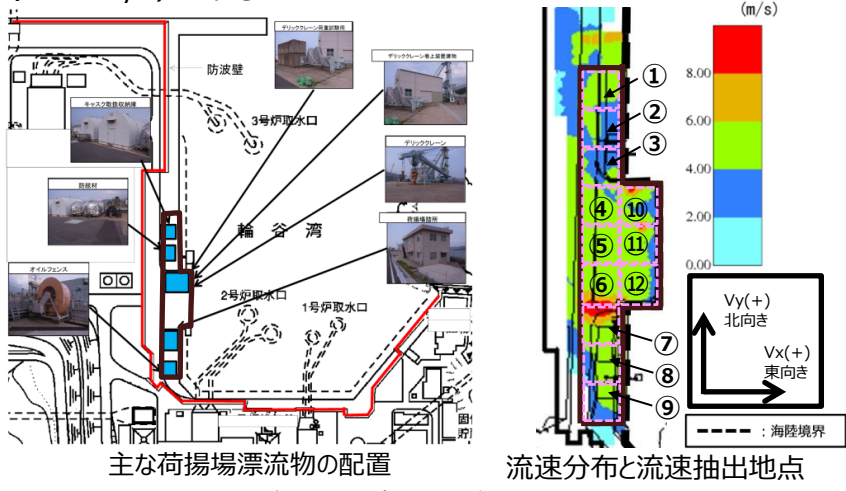
- 施設護岸の漂流物評価にあたり、津波解析により施設護岸の遡上域の範囲及び遡上域における流速の評価を実施。
- 遡上域の範囲（最大浸水深分布）を保守的に評価するため、地震による荷揚場周辺の沈下及び初期潮位を考慮した津波解析を実施。検討に当たっては、荷揚場付近の浸水範囲が広い基準津波 1（防波堤有無）について検討。
 - 荷揚場周辺の沈下については、防波壁前面を一律 1 m 沈下させたケースを用いる。（P.24～40参照）
 - また、初期潮位については、朔望平均満潮位+0.58mに潮位のばらつき+0.14mを考慮する。（P.46参照）
- 荷揚場付近の最大浸水深分布（拡大図）を以下に示す。



3. 入力津波結果の網羅的な提示

施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速 (2/2)

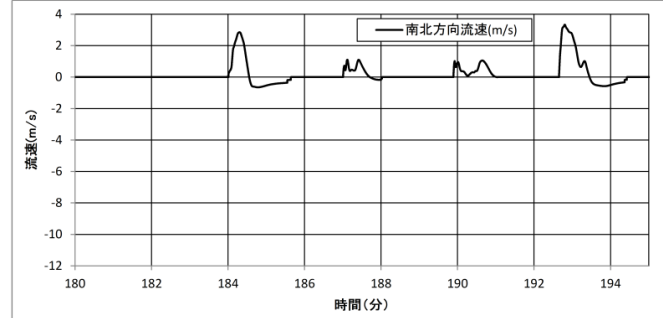
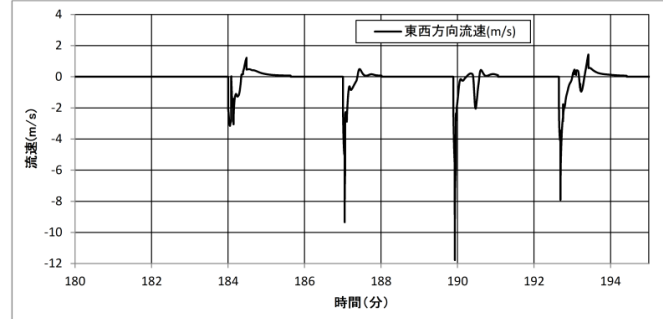
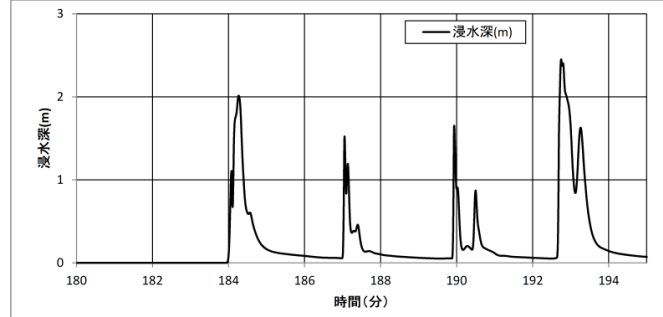
- 荷揚場周辺の沈下及び初期潮位を考慮した基準津波 1（防波堤無し）の遡上範囲及び荷揚場漂流物の配置を踏まえ、遡上域である荷揚場周辺の12地点を選定し、流速を評価。
- 遡上域における流速は概ね8.0m/s以下であるが、遡上域の一部において8.0m/sを超える流速が確認できる。
- 最大流速を示す地点における8.0m/sを超える時間は極めて短い（1秒以下である）が、漂流物評価に用いる流速は、最大流速（11.9m/s）とする。



各地点の流速評価結果

| 地点 | Vx方向 最大流速 (m/s) | Vy方向 最大流速 (m/s) | 全方向最大流速(m/s) | | |
|----|-----------------------|-----------------------|--------------|------------|---------------------------------|
| | | | Vx方向 流速 | Vy方向 流速 | 全方向流速 ($\sqrt{Vx^2+Vy^2}$) |
| 1 | -4.2 | 2.1 | -4.2 | 1.9 | 4.6 |
| 2 | -4.0 | 2.5 | -4.0 | 1.4 | 4.2 |
| 3 | -6.7 | 2.1 | -6.7 | -0.8 | 6.8 |
| 4 | -3.6 | 3.7 | -3.2 | 3.4 | 4.6 |
| 5 | -3.6 | 3.8 | -3.6 | 3.7 | 5.1 |
| 6 | -5.5 | 4.1 | -5.5 | 2.7 | 6.1 |
| 7 | -11.8 | 3.4 | -11.8 | 1.1 | 11.9 |
| 8 | -5.3 | 1.5 | -5.3 | 1.3 | 5.4 |
| 9 | -5.9 | 1.9 | -5.9 | 1.6 | 6.1 |
| 10 | 4.8 | -7.6 | 4.8 | -7.6 | 9.0 |
| 11 | -8.9 | 2.5 | -8.9 | -1.2 | 9.0 |
| 12 | -2.7 | 5.1 | -1.4 | 5.1 | 5.3 |

(切上げの関係で値があわない場合がある)



地点7における浸水深・流速時刻歴波形

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.102】

■ 回答まとめ

- 引き波時の海水ポンプの取水性について、保守的な条件設定および運用を含めた取水性確保の考え方を整理し、基準へ適合していることを示す。
 - 朔望平均干潮位については、近年までの値を整理した上で、保守的な評価となるよう観測期間中の最低水位に見直した。(P.46,47)
 - 非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位は、水路内最低水位に対し、余裕がないことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用とする。このため、水路内最低水位に対し、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位は、約1.8mの余裕がある。(P.78)
 - 上述のとおり、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用に見直すが、参考として、ポンプ運転状態における地殻変動を初期条件として考慮した取水槽及び取水管に関する水位の検討を行い、取水槽における最低水位は、許容高さを下回らないことを確認した。(P.79)

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.102】

循環水ポンプ停止運用及び海水ポンプの引き波に対する裕度について

- 非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位EL-8.32mは、基準津波 6 による水路内最低水位 EL -8.4m (EL-8.31m) に対して余裕がないことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用とする。
- 基準津波 4 については、敷地までの津波の到達時間が短いことから、循環水ポンプ運転条件も考慮する。
- 循環水ポンプを停止運用とすることにより、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位は、水路内最低水位に対して、約1.8mの余裕がある。

表 日本海東縁部に想定される地震による津波と海水ポンプの取水可能水位の関係

| 基準津波 | 循環水ポンプ運転 有無 | 水路内最低水位 ① | 非常用海水冷却系海水 ポンプの取水可能水位 ② | 評価 (①-②) |
|--------|----------------|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 基準津波 6 | 有り | EL-8.4m (EL-8.31m) | EL-8.32m | (余裕がないため、循環水ポンプ 停止運用とする。) |
| | 無し | EL-6.1m | | 2.22m |

表 海域活断層に想定する地震による津波と海水ポンプの取水可能水位の関係

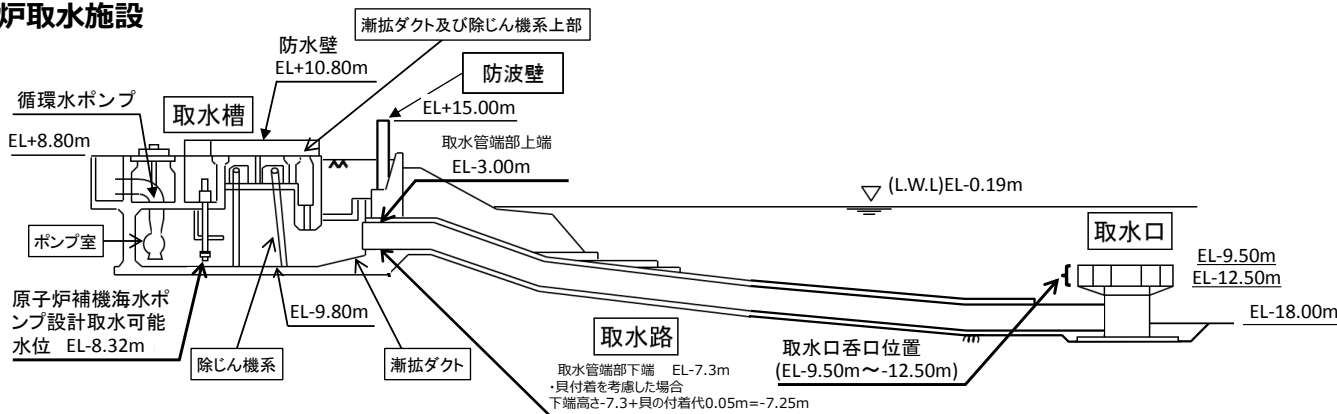
| 基準津波 | 循環水ポンプ運転 有無 | 水路内最低水位 ① | 非常用海水冷却系海水 ポンプの取水可能水位 ② | 評価 (①-②) |
|--------|----------------|--------------|-------------------------------|-------------|
| 基準津波 4 | 有り | EL-6.5m | EL-8.32m | 1.82m |
| | 無し | EL-5.1m | | 3.22m |

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.102】

2号炉取水施設の評価位置における入力津波水位について

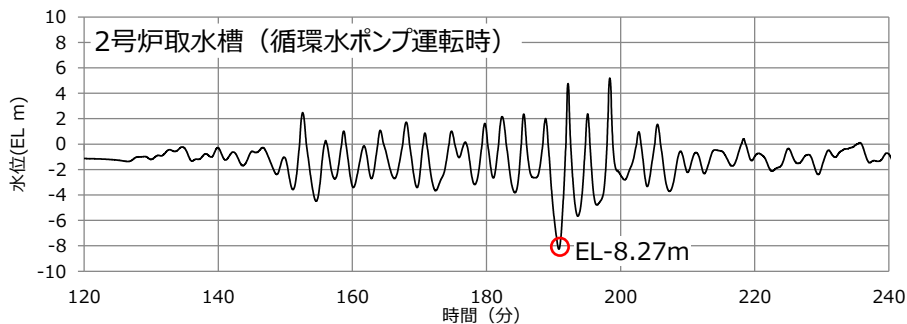
- 日本海東縁部を波源とする基準津波6による水路内最低水位(EL-8.31m)は、非常用海水冷却系の海水ポンプの取水可能水位に対して余裕がないことから、大津波警報発令時には循環水ポンプを停止する運用にとするが、参考として、ポンプ運転状態における初期条件として地殻変動を考慮した検討を行う。
- 地殻変動量（隆起0.34m）を初期条件として考慮した場合、取水管端部における最低水位はEL-7.25mとなり、貝付着を考慮した取水管端部下端高さと同じ高さ（EL-7.25m）となった。また、取水槽における水位はEL-8.27mとなり、許容津波高さ（EL-8.32m）を下回らないことを確認した。

2号炉取水施設

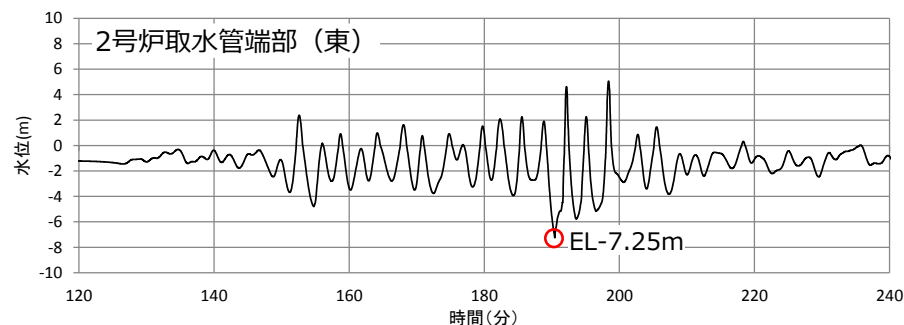


管路計算における条件

| 波源 | 基準津波6 |
|----------|-----------------------|
| 地形変化 | 防波堤無し |
| 潮位変動 | -0.19m |
| 地殻変動 | 初期条件として、 隆起0.34m考慮 |
| 貝付着 | 有り、5cm |
| 循環水ポンプ状態 | 運転 |



EL-8.27m(初期条件として地殻変動を考慮) > 許容高さEL-8.32m



EL-7.25m=貝付着を考慮した取水管下端高さEL-7.25m

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.103】

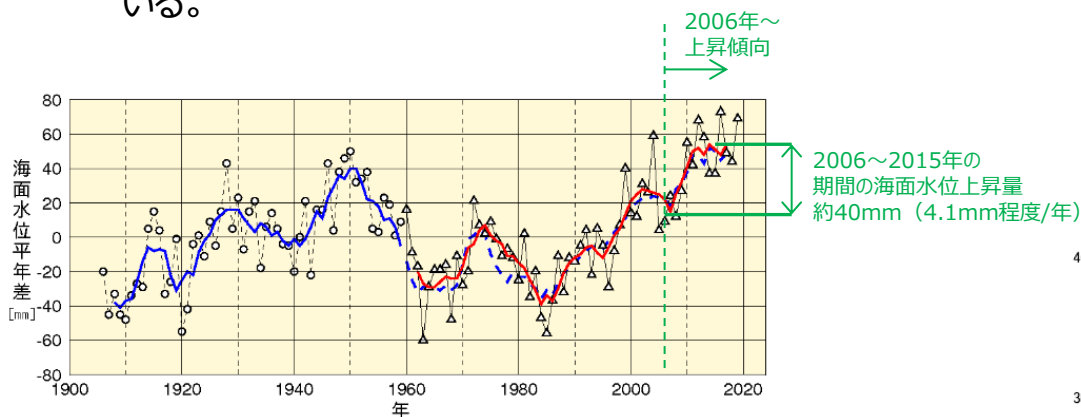
■ 回答まとめ

- 検潮記録に緩やかな上昇傾向が認められるため、地球温暖化を含めた要因について文献調査を行った。
- 文献調査の結果、日本沿岸の海面水位の上昇傾向の要因として、地盤変動、偏西風、地球温暖化の影響が一定程度、認められるとされている。
- 上記要因のうち地球温暖化に関しては、気象庁により地球温暖化の影響の程度は明らかにはされていないことを踏まえ、その影響の程度は現在のところ明確になっていないと考える。

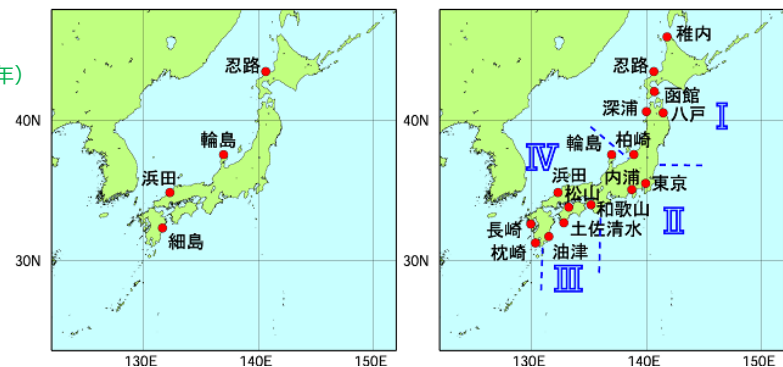
審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.103】

日本沿岸の海面水位の長期変化傾向（1/2）

- 日本沿岸の海面水位の長期傾向について、気象庁（2020a）⁽¹⁾は、以下の点をまとめている。
 - 気象庁（2020a）は「IPCC（2019）⁽²⁾の報告より、日本沿岸の海面水位は1906～2010年の期間では上昇傾向は見られないが、2006～2015年の期間では1年あたり4.1mmの割合で上昇している」としている。
 - 気象庁（2020a）は「日本沿岸の海面水位は、地球温暖化のほか地盤変動や海洋の十年規模の変動など様々な要因で変動しているため、地球温暖化の影響がどの程度現れているのかは明らかではない」としている。



1906年から1959年までは、地点ごとに求めた年平均海面水位の年平均差を4地点で平均した値（白丸・黒破線）の推移、1960年以降については、4海域ごとに求めた年平均海面水位の年平均差の平均値（白三角・黒線）の推移を示す。1981年から2010年までの期間で求めた年平均差を0としている。青線は4地点平均の年平均差の5年移動平均値（1960年以降の5年移動平均値を青破線で示す）、赤線は4海域平均の年平均差の5年移動平均値を示す。



気象庁（2020a）より引用・加筆

【当社の考察】

日本沿岸の海面水位変化（1906～2019年）

- ・日本沿岸の海面水位は、2006年以降、緩やかな上昇傾向があると考えられる。（2006～2015年、4.1mm程度/年）
- ・日本沿岸の海面水位は、地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模など様々な要因で変動しており、地球温暖化の影響の程度は明らかではない。
- ・各影響の要因（地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模）を83ページ以降で考察する。

審査会合における指摘事項に対する回答【指摘事項No.103】

(参考) 日本沿岸の海面水位の長期変化傾向 (2/2)

- 以下、前頁へ記載した気象庁（2020a）の引用元を示す。
（赤線は抜粋箇所を示す。）

解説

日本沿岸の海面水位は、1980年代以降、上昇傾向が見られます。1906～2019年の期間では上昇傾向は見られません。また、全期間を通して10年から20年周期の変動（十年規模の変動）があります。2019年の日本沿岸の海面水位は、平年値（1981～2010年平均）と比べて69mm高い値でした。

また、1960～2019年までの海面水位の変化を海域別に見た場合、北陸～九州の東シナ海側で他の海域に比べて大きな上昇傾向がみられます。

十年規模の変動については、主に北太平洋の偏西風の強弱や南北移動を原因としていることが数値モデルを用いた解析により明らかになっています。また、海面水位の変動と表層水温の変動には良い対応がみられ、特に南西諸島で良く一致しています。

気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）海洋・雪氷圏特別報告書（2019年）は「世界平均海面水位は、1902～2010年の期間に0.16 [0.12～0.21] m上昇した。2006～2015年の期間の世界平均海面水位の上昇率である1年あたり3.6 [3.1～4.1] mmは、直近の100年で例がなく（確信度が高い）、1.4 [0.8～2.0] mmであった1901～1990年の期間の上昇率の約2.5倍である。」としています。

IPCC海洋・雪氷圏特別報告書(2019)とほぼ同じ期間で日本沿岸の海面水位の変化を求めると、1906～2010年の期間では上昇傾向は見られませんでした。一方、2006～2015年の期間で1年あたり4.1 [0.1～8.2] mmの割合で上昇しました。近年だけで見ると、日本沿岸の海面水位の上昇率は、世界平均の海面水位の上昇率と同程度になっています。

ただし、日本沿岸の海面水位は、地球温暖化のほか地盤変動や海洋の十年規模の変動など様々な要因で変動しているため、地球温暖化の影響がどの程度現れているのかは明らかではありません。地球温暖化に伴う海面水位の上昇を検出するためには、地盤変動の影響も含めて引き続き監視が必要です。

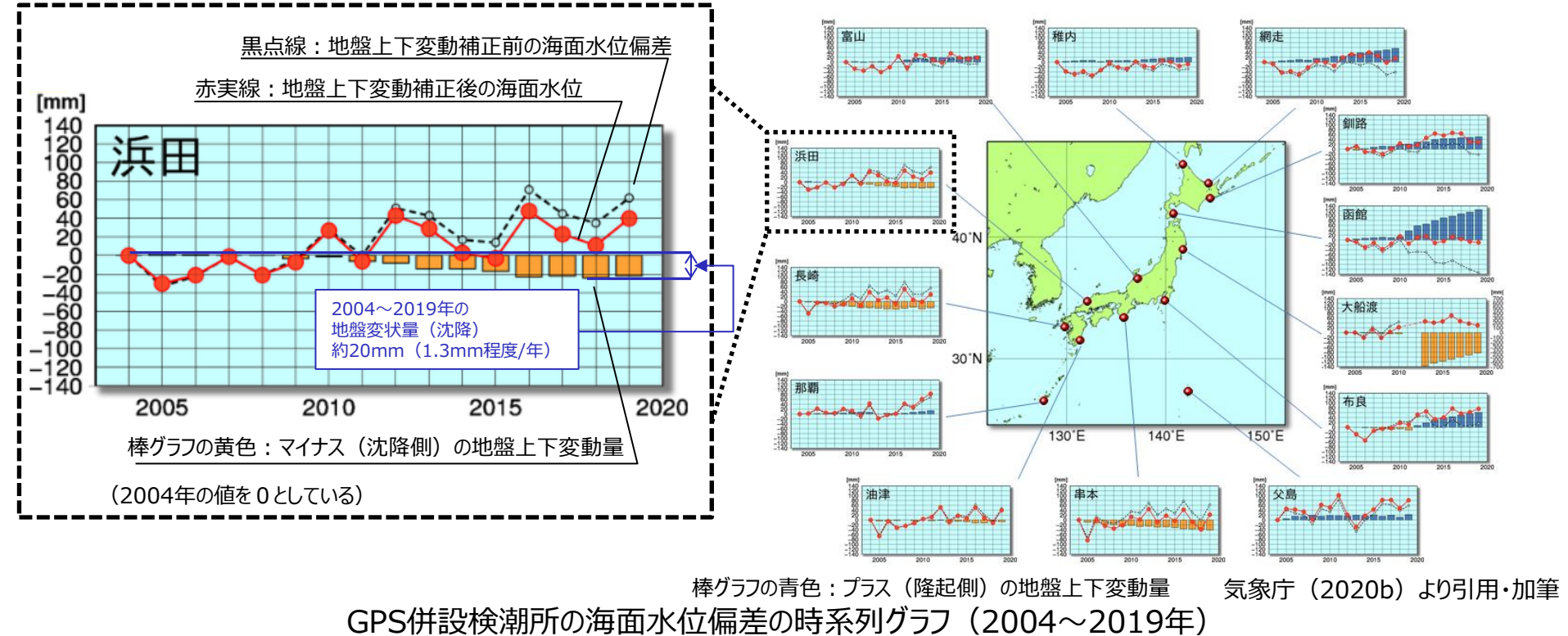
ここで、大括弧 [] 内に示した数値は、解析の誤差を考慮した見積もりを表します。

参考文献

- IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate[H.-O. Portner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)]. In press.

日本沿岸の海面水位の長期変化傾向に与える地盤変動の影響

- 日本沿岸の海面水位の長期傾向に関して、気象庁（2020b）⁽³⁾は、地盤変動の影響を考慮した、より正確な海面水位変動を見積もるため、2003年から全国13地点の検潮所に国土地理院が設置したGPS観測装置を用いて地盤変動の監視を行なっている。その結果として下に示す海面水位偏差の時系列グラフを公開している。
- 発電所最寄りの観測地点「浜田」においては、下図のとおり。

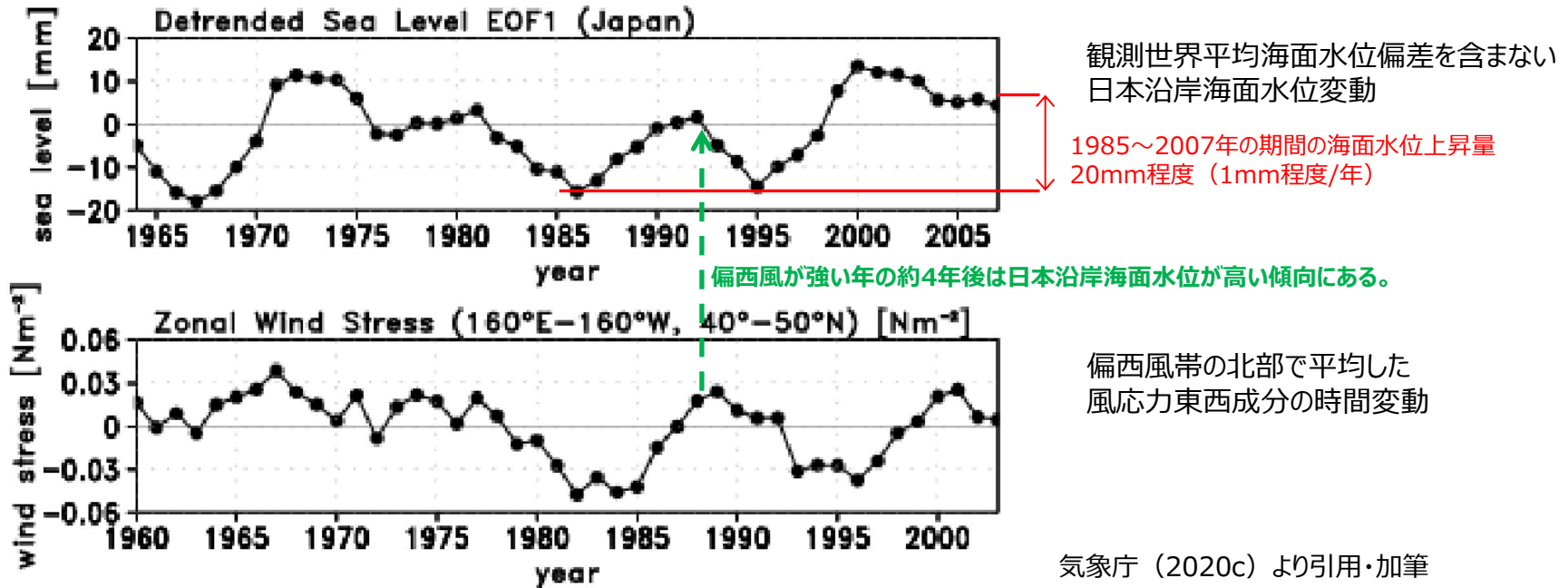


【当社の考察】

- ・GPS観測装置を用いた地盤変動の監視により、発電所最寄りの観測地点「浜田」における地盤変動は、2004年以降、沈降傾向が認められる。（2004～2019年で20mm程度沈降，1.3mm程度/年）
- ・発電所最寄りの観測地点「浜田」において、地盤変動の沈降が認められることから、海面水位の上昇要因として、地盤変動の影響が考えられる。

日本沿岸の海面水位における海洋の十年規模の変動の影響（1/3）

- 日本沿岸海面水位の20年周期の変動について、気象庁（2020c）⁽⁴⁾は、主に北太平洋の冬季偏西風の強度変動が原因であることが明らかとなったとし、以下の点をまとめている。
 - 気象庁（2020c）は、「日本沿岸海面水位変動と、偏西風帯の風応力東西成分を比較すると、どちらも20年周期の変動が卓越しており、偏西風が強い年の約4年後は日本沿岸海面水位が高いことがわかる」としている。
 - また、気象庁（2020c）では、「1980年代以降の冬季偏西風の変化による日本沿岸海面水位上昇率（年あたり1.0mm）は、1980年代半ば以降の実際の海面水位上昇より小さく、残りの上昇は地球温暖化に伴う世界平均海面水位上昇が寄与している」としている。



【当社の考察】

北太平洋の冬季偏西風の強度変動

- ・日本沿岸海面水位変動と偏西風帯の強度変動の比較から偏西風の影響により、日本沿岸の海面水位は、1985年以降、上昇傾向が認められる。（1985～2007年で20mm程度上昇、1mm程度/年）
- ・日本沿岸の海面水位の上昇要因として、偏西風の強度変動の影響が考えられる。

(参考) 日本沿岸の海面水位における海洋の十年規模の変動の影響 (2/3)

- 以下、前頁へ記載した気象庁（2020c）の引用元を示す。
（赤線は抜粋箇所，赤破線は抜粋箇所との関連個所を示す。）

日本の海面水位の変動要因（偏西風との関係）

海洋大循環数値モデルの海面水位偏差の領域変化分（世界平均で0）に観測世界平均海面水位偏差（Church and White（2011））を加えた日本沿岸の数値モデル再現値と、観測海面水位偏差との比較を行ったところ、モデル結果は観測に見られる約20年周期の変動や1980年代半ば以降の海面水位の上昇をよく表現しています。

海洋モデル実験や観測データの解析から、日本沿岸海面水位の20年周期の変動は主に北太平洋の冬季偏西風の南北移動や強度変動が原因であることが明らかとなりました（Yasuda and Sakurai（2006）, Sasaki et al.（2014））。

下図上段は、観測世界平均海面水位偏差を含まない日本沿岸海面水位変動（モデル：Tsuji et al.（2013））、中段は偏西風帯の北部で平均した風応力東西成分の時間変動を示します（偏西風の強度変動の影響を取り除くため、各年の偏西風の最大値を引いています）。両者を比較すると（時間軸が4年ずれていることに注意）、どちらも20年周期の変動が卓越しており、偏西風帯の北部で偏西風が強い年の約4年後は日本沿岸海面水位が高いことがわかります。一方、20世紀半ば以降偏西風は強くなる傾向にあります。

下段の等値線は海面風応力東西成分の平年値、矢印は海面風応力の平年値を表します。北太平洋上の冬季偏西風は、北緯37度付近を中心として北緯25度～50度に存在します。陰影部は、日本沿岸海面水位が高い年から4年さかのぼった年の冬季海面風応力東西成分を示します。冬季偏西風の南北で正負の値、すなわち、偏西風が北部で強く、南部で弱くなることを意味します。

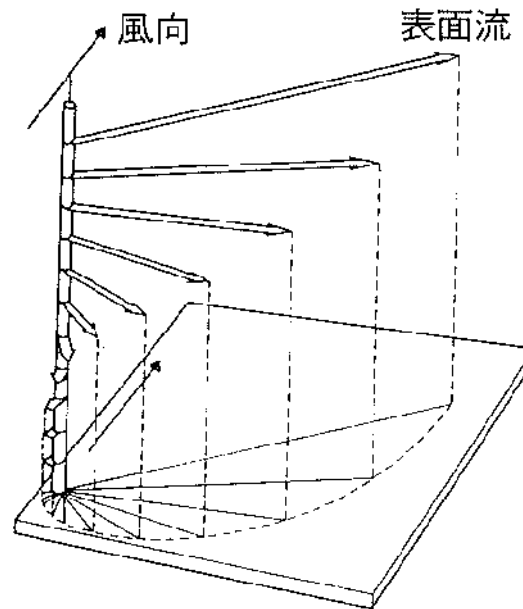
では、偏西風の変動はどのように日本沿岸海面水位の変動をもたらすのでしょうか。北半球では、偏西風下の海洋表層で南向きの流れ（エクマン流）が生じます。エクマン流の強さは海上風の強さに比例するため、偏西風から南北に離れるほどエクマン流は弱くなります。このため、偏西風の南側の海洋表層では海水が収束し、海面を押し上げ、水温躍層を押し下げています。偏西風の北側では逆に海水が発散し、海面を引き下げ、水温躍層を引き上げます。もし何らかの理由により北部で偏西風が強化する場合、南側の海面の高い海域が北上することになります。これによって、北緯30度～45度の広い範囲で海面が上昇します。南部で偏西風が強化する場合は逆に海面が下降します。このように上昇（下降）した海面水位偏差は、地球自転の影響を受けて西向きに伝播（ロスビー波）し、4～5年かけて日本沿岸に到達して海面水位を上昇（下降）させます。

次に、偏西風が強くなる場合を考えます。偏西風が南北に位置を変えずに強くなると、偏西風の南側の収束、北側の発散がそれぞれ強くなります。このため、偏西風の南側では海面が上昇、北側では海面が下降することになります。このような偏差はロスビー波によって日本沿岸に到達し、日本沿岸海面水位を変動させます。

1980年代半ば以降（1985～2007年）の海面水位上昇は、年あたり約2.8mmです。下図では、1980年代半ば以降に日本沿岸海面水位が上昇していることがわかります。したがって、上図にみられた1980年代半ば以降の日本沿岸海面水位上昇の要因の一つとして冬季偏西風の変動が挙げられます。しかしながら、数値モデルの1980年代以降の冬季偏西風の変化による日本沿岸海面水位上昇率（年あたり1.0mm）は実際（年あたり約2.8mm）よりは小さく、残りの上昇は地球温暖化に伴う世界平均海面水位上昇が寄与していると考えられます。

(参考) 日本沿岸の海面水位における海洋の十年規模の変動の影響 (3/3)

- 日本沿岸の海面水位における偏西風の影響について、気象庁(2020c)は、以下のように解説を行っている。
 - 気象庁(2020c)は「北半球では、偏西風下の海洋表面で南向きの流れ(エクマン流)が生じる。エクマン流の強さは海上風の強さに比例する。このため、偏西風の南側の海洋表面では海水が収束し、海面を押し上げる」としている。
 - 気象庁(2020c)は「このように上昇した海面水位偏差は、地球自転の影響を受けて西向きに伝播し、4~5年かけて日本沿岸に到達して海面水位を上昇させる」としている。
- 風によって引き起こされる海洋中のエクマン流のイメージ図を以下に示す。

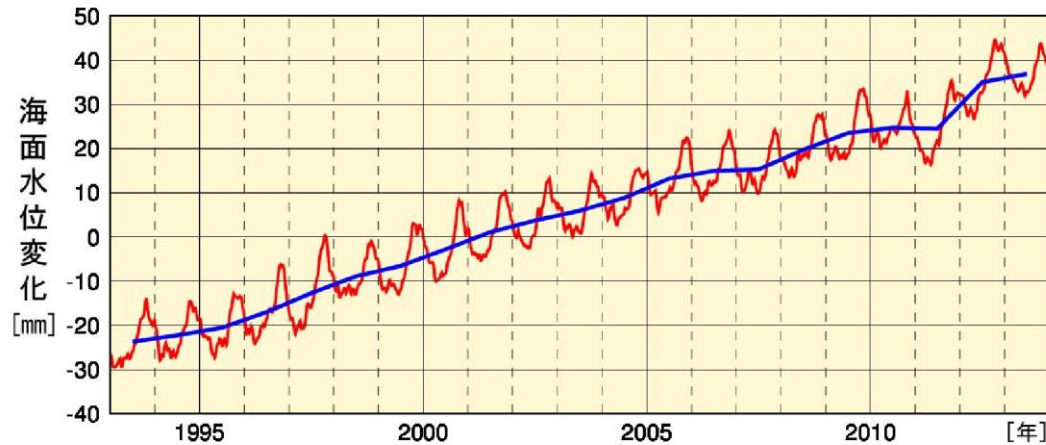


小倉(1999)⁽⁵⁾より引用

風によって引き起こされる海洋中のエクマン境界層内の流れの立体的説明図

世界の海面水位における地球温暖化の影響（1/4）

- 海面水位における世界規模の地球温暖化の影響について、気象庁（2020d）⁽⁶⁾は、2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析し、以下の傾向が認められることをまとめている。
 - 気象庁（2020d）は「気象庁で2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析した結果、世界の平均海面水位の上昇率は2.99mm/年である」としている。
 - 気象庁（2020d）は「海面水位の変化率は海域によって異なり、西太平洋では低緯度を中心に大きく上昇している」としている。

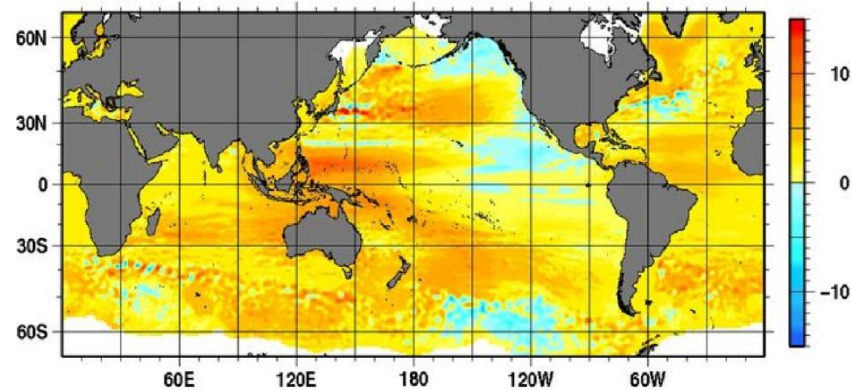


人工衛星搭載の高度計から求めた世界平均海面水位偏差(66°N-66°S)の推移

(1996年～2006年の平均を0としている)

気象庁（2020d）より引用・加筆

人工衛星搭載の高度計から求めた
世界平均海面水位偏差(北緯66度-南緯66度)の推移



人工衛星搭載の高度計から求めた1993～2013年の海面水位変化率（mm/年）

気象庁（2020d）より引用

人工衛星搭載の高度計から求めた
1993～2010年の海面水位変化率（mm/年）

【当社の考察】

- ・世界の平均海面水位は、2013年以降、上昇している。（1993～2010年、2.99mm程度/年）
- ・日本沿岸の海面水位についても、上昇傾向が認められる。

(参考) 世界の海面水位における地球温暖化の影響 (2/4)

- 以下、前頁へ記載した気象庁 (2020d) の引用元を示す。
(赤線は抜粋箇所を示す。)

衛星海面高度計における1993年以降の海面水位変化

精度の高い衛星海面高度計の登場で、1993年以降、海面高度が正確に測れるようになりました。気象庁で2013年までの衛星海面高度計による測定データを解析した結果、世界 (66°N~66°S) の平均海面水位の上昇率は 2.99 ± 0.13 mm/年となりました。また、海面水位の変化率は海域によって異なり、西太平洋では低緯度を中心に大きく上昇しており、東太平洋では逆にほとんど上昇していない海域が見られます。大西洋では、湾流の周辺を除き、全般に海面水位が上昇しています。

世界の海面水位における地球温暖化の影響（3/4）

- 世界規模の海面水位の上昇に対する要因とそれぞれの寄与について、気象庁（2020e）⁽⁷⁾は、地球温暖化の影響を評価している、IPCC(2019)を引用し、以下のとおり確認した。
 - 気象庁は（2020e）は「海面水位上昇に大きな影響を与える要因としては、海洋の熱膨張、氷河の変化、グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化、南極の氷床と周囲の氷河の変化及び陸域の貯水量の変化が挙げられている」としている。
 - 気象庁は（2020e）は「観測された海面水位の上昇に対する寄与は、下表のように見積もられている。」としている。

| 上昇率（mm/年） | |
|-------------------------|--------------------|
| 要因 | 2006年～2015年 |
| 海洋の熱膨張 | 1.40 [1.08～1.72] |
| 氷河の変化(グリーンランドと南極の氷河を除く) | 0.61 [0.53～0.69] |
| グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化 | 0.77 [0.72～0.82] |
| 南極の氷床と周囲の氷河の変化 | 0.43 [0.34～0.52] |
| 陸域の貯水量の変化 | -0.21 [-0.36～0.06] |
| 合計 | 3.00 [2.62～3.38] |
| 観測 | 3.58 [3.10～4.06] |

地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張、および氷河の融解により、海面水位が上昇している。(3mm程度/年、2006～2015年)

気象庁（2020e）より引用・加筆

世界平均海面水位の上昇率

【当社の考察】

- ・地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張や氷河の融解により、世界の海面水位は、2006年以降、上昇傾向が認められる。(2006～2015年、3mm程度/年)
- ・日本沿岸の海面水位の上昇要因として、地球温暖化の影響が考えられる。

(参考) 世界の海面水位における地球温暖化の影響 (4/4)

- 以下、前頁へ記載した気象庁(2020e)の引用元を示す。
(赤線は抜粋箇所を示す。)

海面水位の変動要因

IPCC海洋・雪氷圏特別報告書(2019)では、海面水位上昇に大きな影響を与える要因として

- 海洋の熱膨張
- 氷河の変化
- グリーンランドの氷床と周囲の氷河の変化
- 南極の氷床と周囲の氷河の変化
- 陸域の貯水量の変化

を挙げ、それぞれの影響の大きさを評価しています。それぞれの要因の、観測された海面水位の上昇に対する寄与は、下表のように見積もられています。

2006～2015年における氷床及び氷河による寄与分の合計は、海面水位の上昇(1.8 [1.7～1.9]mm/年)の最も大きな要因となっており、海洋水の熱膨張(1.4 [1.1～1.7]mm/年)の効果より大きい(確信度が非常に高い)。1970年以降の世界平均海面水位の上昇の支配的な原因は、人為起源の強制力です(確信度が高い)。

まとめ

■ 検潮記録に緩やかな上昇傾向が認められるため、地球温暖化を含めた要因について文献調査を行った。当社の考察結果を以下に示す。

- ・日本沿岸の海面水位は、2006年以降、緩やかな上昇傾向があると考えられる。（2006～2015年、4.1mm程度/年）
- ・日本沿岸の海面水位は、地球温暖化、地盤変動、海洋の十年規模など様々な要因で変動しており、地球温暖化の影響の程度は明らかではない。

- ・GPS観測装置を用いた地盤変動の監視により、発電所最寄りの観測地点「浜田」における地盤変動は、2004年以降、沈降傾向が認められる。（2004～2019年で20mm程度沈降、1.3mm程度/年）
- ・発電所最寄りの観測地点「浜田」において、地盤変動の沈降が認められることから、海面水位の上昇要因として、地盤変動の影響が考えられる。

- ・日本沿岸海面水位変動と偏西風帯の強度変動の比較から偏西風の影響により、日本沿岸の海面水位は、1985年以降、上昇傾向が認められる。（1985～2007年で20mm程度上昇、1mm程度/年）
- ・日本沿岸の海面水位の上昇要因として、偏西風の強度変動の影響が考えられる。

- ・地球温暖化の影響と考えられる海洋の熱膨張や氷河の融解により、世界の海面水位は、2006年以降、上昇傾向が認められる。（2006～2015年、3mm程度/年）
- ・日本沿岸の海面水位の上昇要因として、地球温暖化の影響が考えられる。

■ 文献調査の結果、日本沿岸の海面水位の上昇傾向の要因として、地盤変動、偏西風、地球温暖化の影響が一定程度、認められるとされている。

■ 上記要因のうち地球温暖化に関しては、気象庁により地球温暖化の影響の程度は明らかにはされていないことを踏まえ、その影響の程度は現在のところ明確になっていないと考える。

参考文献

- (1) 気象庁地球環境・海洋部（2020a）：日本沿岸の海面水位の長期変化傾向,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_trend.html
- (2) IPCC, (2019) : Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, H.-O. Portner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.), .In press.
- (3) 気象庁（2020b）：地盤上下変動を補正した日本周辺の2004年以降の海面水位変化,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/sl_gcntrend/sl_gcntrend.html
- (4) 気象庁（2020c）：日本の海面水位の変動要因（偏西風との関係）,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/sl_trend/sl_ref/sl_model.html
- (5) 小倉義光（1999）：一般気象学【第2版】， P.150
- (6) 気象庁（2020d）：海面水位,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_sat.html
- (7) 気象庁（2020e）：海面水位の変動要因,
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/knowledge/sl_trend/sl_cont.html