


参考 1-2

平成26年3月20日原子力安全専門部会資料

伊方発電所3号機 新規制基準への適合性確認申請における 原子力安全専門部会の重点審議事項について (耐津波性能)

基準津波高さは3月6日審査会合時点の数値である。
今後、基準津波高さ等の変更があれば、改めて施設評価
等の見直しを行うものとする。
なお、本資料中、今後見直しされる可能性のある箇所を
で示す。

平成26年3月20日
四国電力株式会社

目次

1. 新規制基準およびその適合状況(耐津波)
2. 基準津波の策定要件
3. 津波評価フロー
4. プレート間地震に伴う津波
5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波
6. 海底地すべりに伴う津波
7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波
8. 火山現象(山体崩壊)に伴う津波
9. 対象津波の選定結果
10. 重畳津波(対象津波の組合せ)
11. 基準津波の策定
12. 基準津波に対する安全性の確認
13. 敷地の特性に応じた津波防護の概要
14. 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止(対象設備の裕度)
15. 浸水防止設備[外郭防護]
16. 浸水防止設備[内郭防護]
17. 津波影響軽減施設[海水ピット堰]
18. 津波監視
19. 水密扉の運用管理

1. 新規制基準およびその適合状況(耐津波)

伊方3号機発電用原子炉設置変更許可申請書(平成25年7月)

添付書類八「変更後における発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書

1.5.7.7「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備に関する規則」に対する適合(抜粋、一部追記)

| 【第5条】 新規制基準の項目※1 | 適合状況 |
|---|---|
| <p>設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波(以下「基準津波」という。)に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p> | <p>(1) 基準津波の策定 (p2~p43) 基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造、地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものを策定する。 また、津波の発生要因として、地震のほか、地すべり、斜面崩壊その他の地震以外の要因、及びこれらの組合せによるものを複数選定し、不確かさを考慮して策定する。</p> <p>(2) 基準津波に対する設計基準対象施設の設計 (p44~p54) 重要な安全機能を有する施設は、基準津波による溯上波が地上部から到達又は流入しない敷地に設置する。また、取水路、排水路等の経路から流入させない設計とする。 取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。 重要な安全機能を有する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離可能な設計とする。 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。</p> |

※1：「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第五条(津波による損傷の防止)

以下同様。

2. 基準津波の策定要件

【新規制基準の要求事項】

(基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド抜粋)

○津波発生要因の検討

(1)津波を発生させる要因として、以下の事象を検討していることを確認する。

- ・プレート間地震
- ・海洋プレート内地震
- ・海域の活断層による地殻内地震
- ・陸上及び海底での地すべり(以下「地すべり」という。)、斜面崩壊
- ・火山現象(噴火、山体崩壊、カルデラ陥没等)

(2)プレート間地震では、津波を発生させる要因として、以下の事象を考慮していることを確認する。

- ・プレート境界での大きなすべりにより強い揺れと大きな津波を生成する地震及び海溝直近の分岐断層まで同時に活動する地震
- ・プレート境界(海溝近傍)でのゆっくりとした大きなすべりにより強い揺れは伴わないが大きな津波を生成する津波地震
- ・上記の同時発生

(3)海洋プレート内地震では、津波を発生させる要因として、海溝軸の外側で発生する地震を考慮していることを確認する。

(4)海域の活断層による地殻内地震では、津波を発生させる要因として、海岸のやや沖合の陸側プレート(大陸プレート)内部で発生する地震を考慮していることを確認する。

(5)地すべり、斜面崩壊の要因となる事象(地震、火山現象、豪雨等)を適切に考慮していることを確認する。また、活断層が少ない地域においても、過去に地すべりや斜面崩壊による津波の発生を適切に考慮していることを確認する。

○津波発生要因の組合せ

(1)津波発生要因に係るサイトの地学的背景、津波発生要因の関連性を踏まえ、次に示す組合せについて考慮していることを確認する。

- ・プレート間地震とその他の地震
- ・地震と地すべり
- ・地震と斜面崩壊
- ・地震と山体崩壊

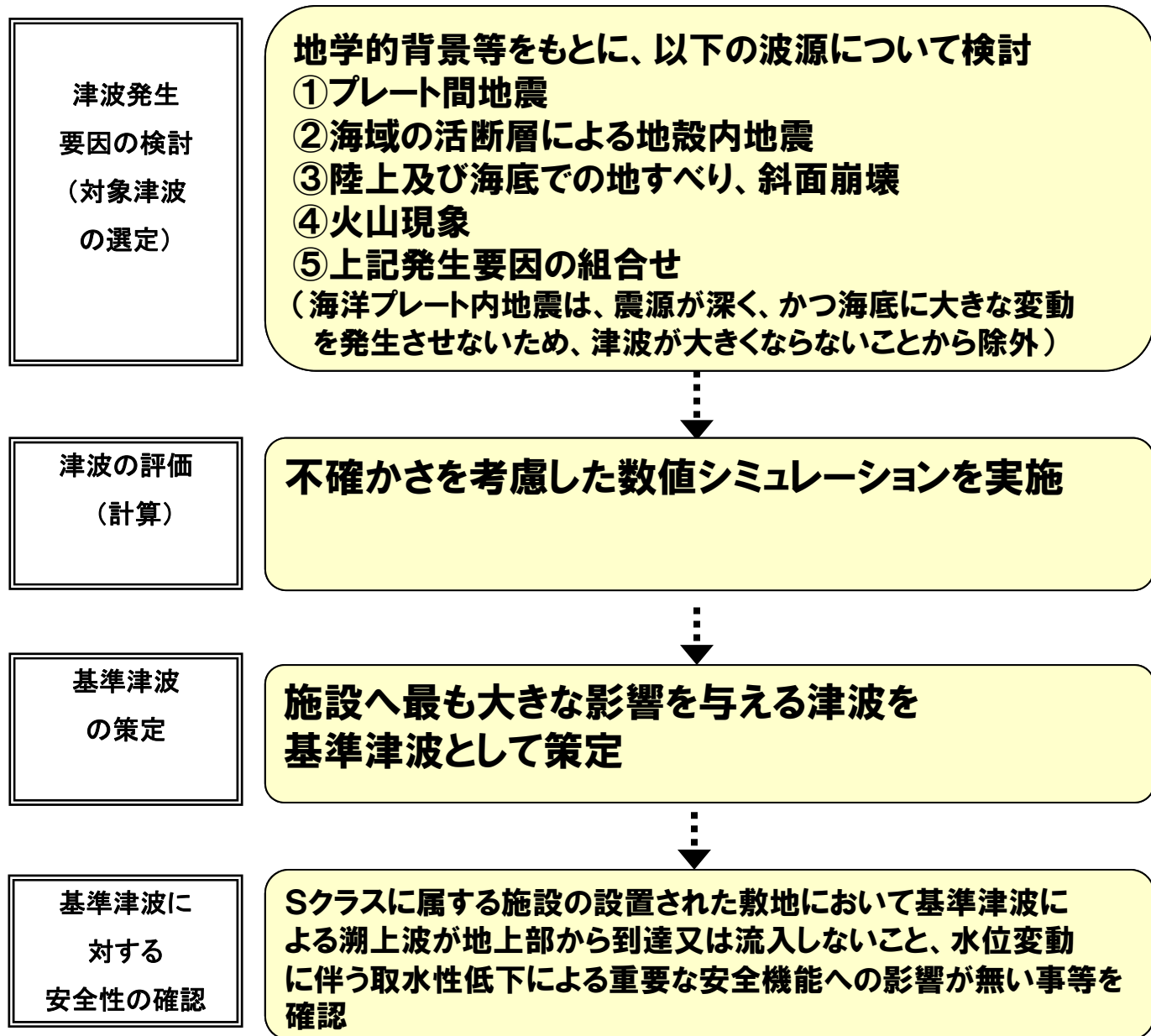
○基準津波の策定方針

(1)基準津波は、上記の発生要因を考慮した波源モデルに基づき、津波の伝播の影響等を踏まえて複数策定していることを確認する。

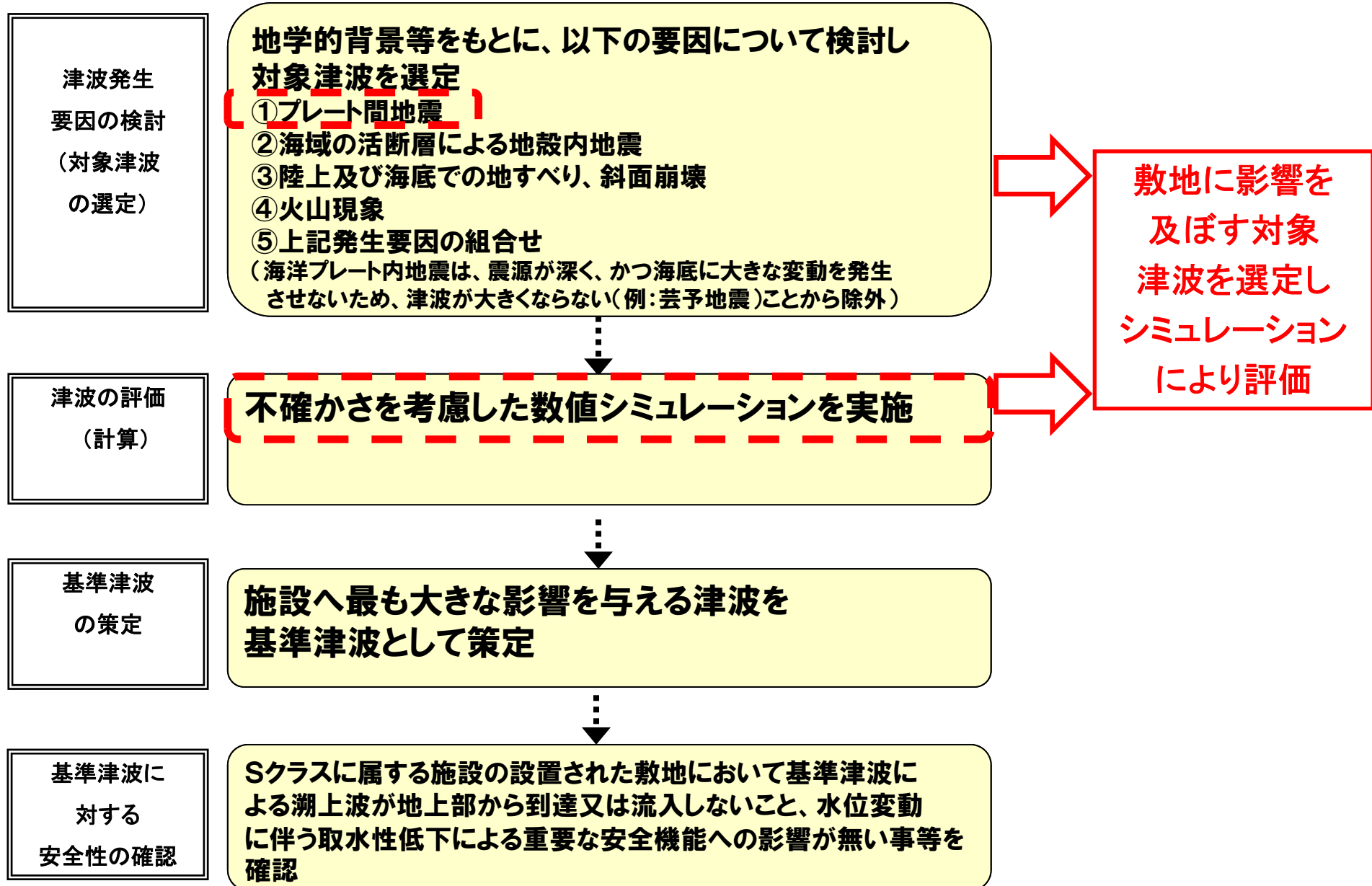
(2)基準津波の策定にあたっては、最新の知見に基づき、科学的想像力を発揮し、十分な不確かさを考慮していることを確認する。

上記内容に基づき基準津波を策定

3. 津波評価フロー



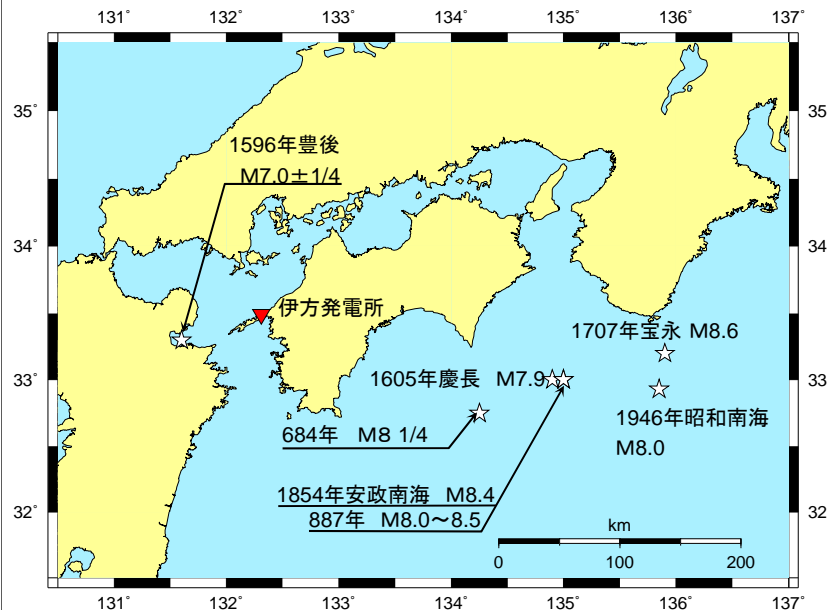
4. プレート間地震に伴う津波



4. プレート間地震に伴う津波

【対象津波の選定】

南海道および近地において津波を起こした地震の震央位置



このうち痕跡高さの記録がある地震は、1707年宝永地震、1854年安政南海地震、1946年昭和南海地震であり、羽鳥(1988)によれば、これらの南海道の地震における瀬戸内海沿岸の津波の波高分布は西低東高と評価されている。

想定東南海・南海地震津波

1707年宝永地震津波や、1854年安政南海地震津波の痕跡高を包絡するように設定された「内閣府中央防災会議 東南海、南海地震等に関する専門調査会(2003)」(以下、「中央防災会議」という。)による。

南海トラフの巨大津波

南海トラフの巨大地震対策を検討する際に想定すべき最大クラスの地震を想定した「内閣府『南海トラフの巨大地震モデル検討会』(2012)(2013)」(以下、「内閣府検討会」という。)による。

対象津波の選定

敷地に対してもっとも影響が大きいと考えられる内閣府検討会の「南海トラフの巨大津波」を対象津波として選定する。

計算手法およびモデルの妥当性を確認するため1946年昭和南海地震津波を対象として再現計算を行う。

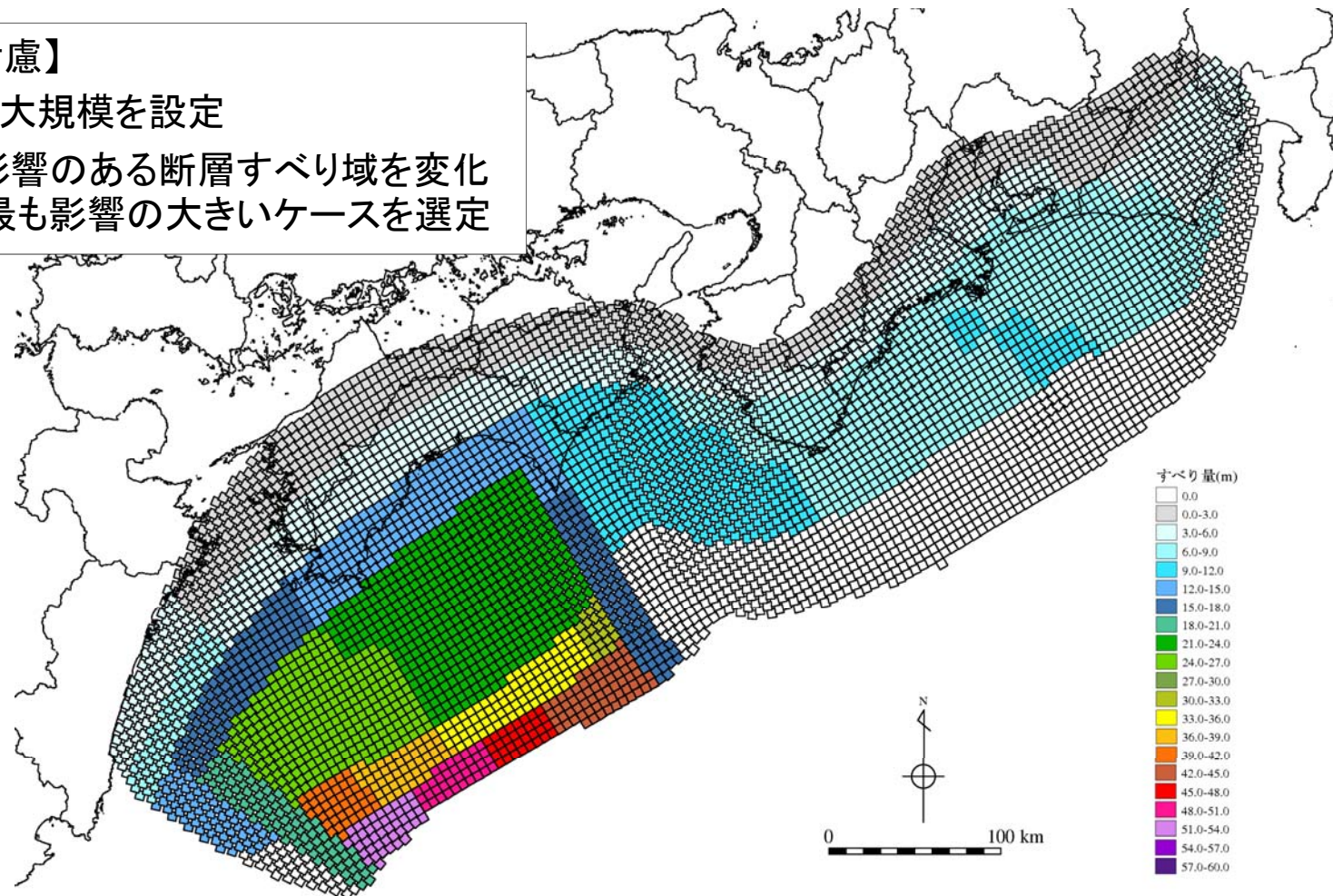
4. プレート間地震に伴う津波

【対象津波の断層モデル】

1946年昭和南海津波の再現性が確認できたことから、内閣府検討会が設定した「南海トラフの巨大津波」の断層モデルを用いて数値シミュレーションを実施する。

【不確かさの考慮】

- ・想定される最大規模を設定
- ・津波水位に影響のある断層すべり域を変化させて敷地に最も影響の大きいケースを選定



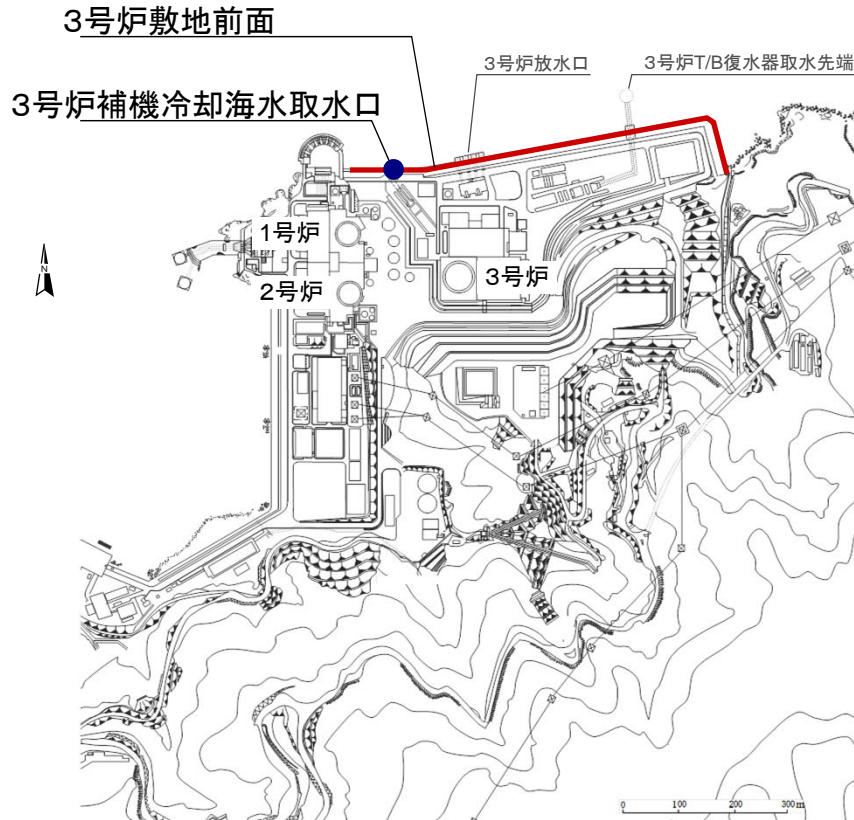
4. プレート間地震に伴う津波

【対象津波の計算結果】

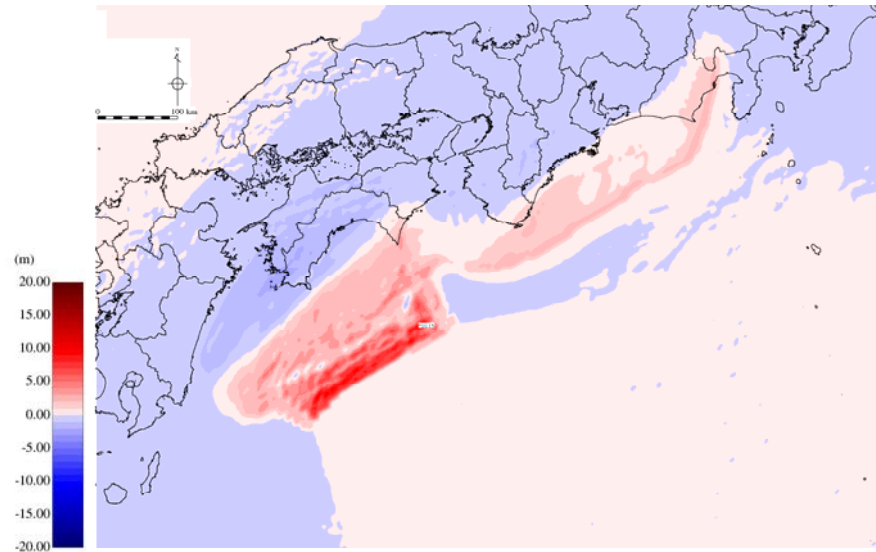
内閣府検討会の断層モデルを用いた評価

- ・最大水位上昇量：約0.8m (T.P.+2.4m※1)
- ・最大水位下降量：約0.9m (T.P.-2.6m※2)

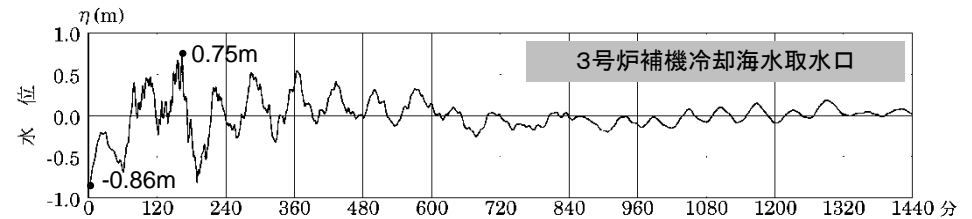
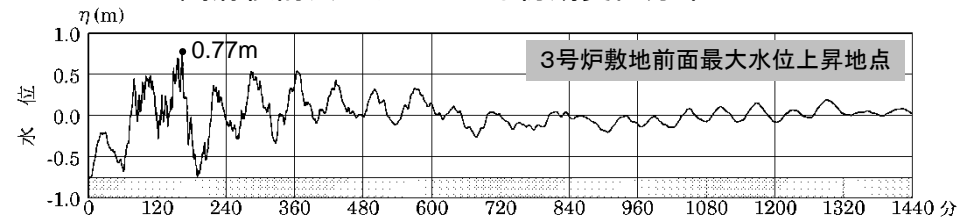
※1 伊方発電所における朔望平均満潮位 (T.P.+1.62m)を考慮した値
 ※2 伊方発電所における朔望平均干潮位 (T.P.-1.69m)を考慮した値
 (T.P.: 東京湾平均海面)



伊方発電所敷地平面図



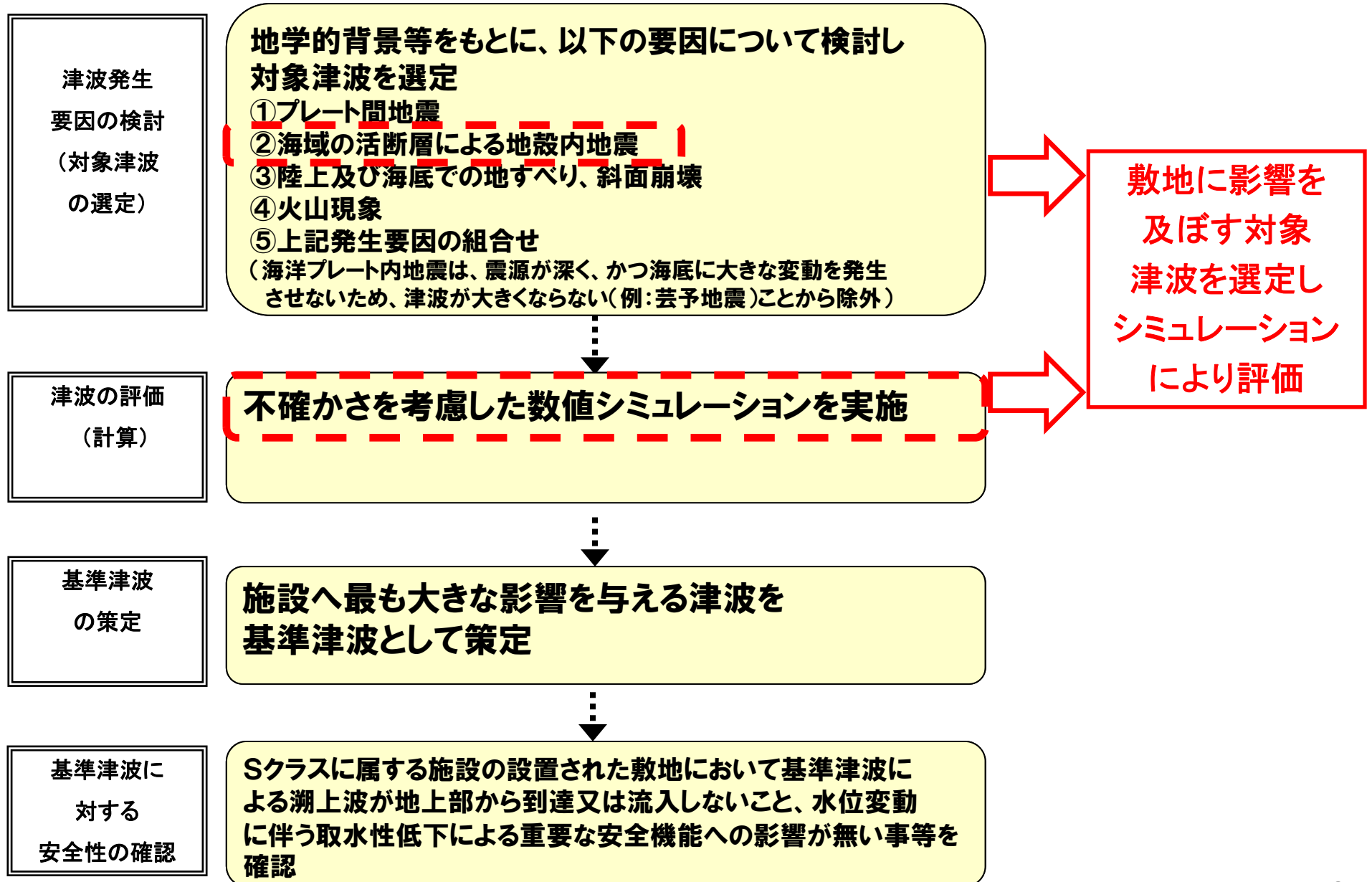
内閣府検討会モデルによる初期変位分布



内閣府検討会モデルを用いた評価結果

(地震発生後の時系列変化:初期の水位低下は地震後の地盤変動による)

5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波



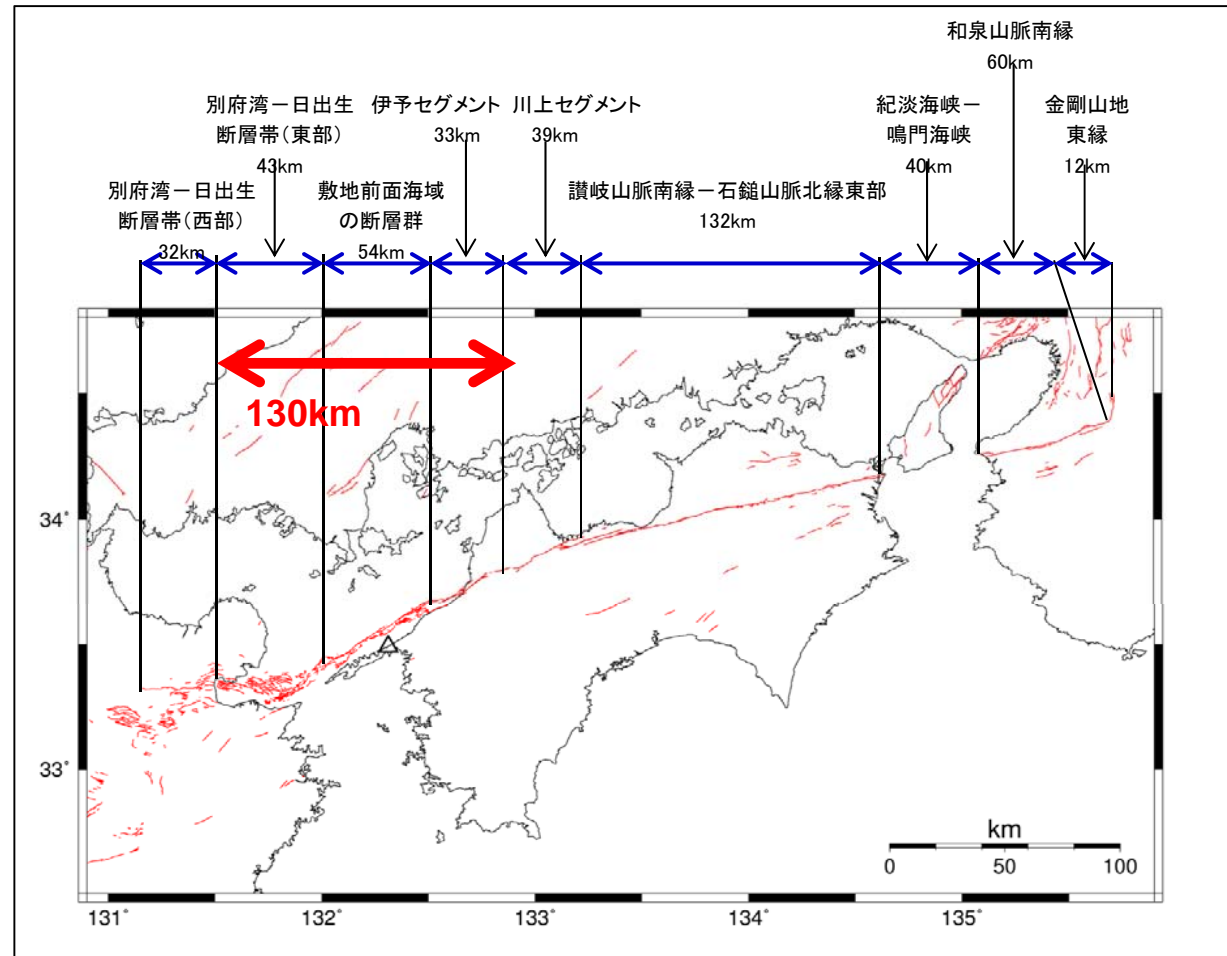
5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

【断層モデルの設定】

申請時は基本モデルとして
54kmにて評価

「より長い連動を考慮したモデルの
重畳及び基準津波への反映について
検討すること」
(審査会合)

中央構造線断層帯(全長
400km超まで延長)を踏まえ
た上で設定した海域部130km
連動モデルとして評価

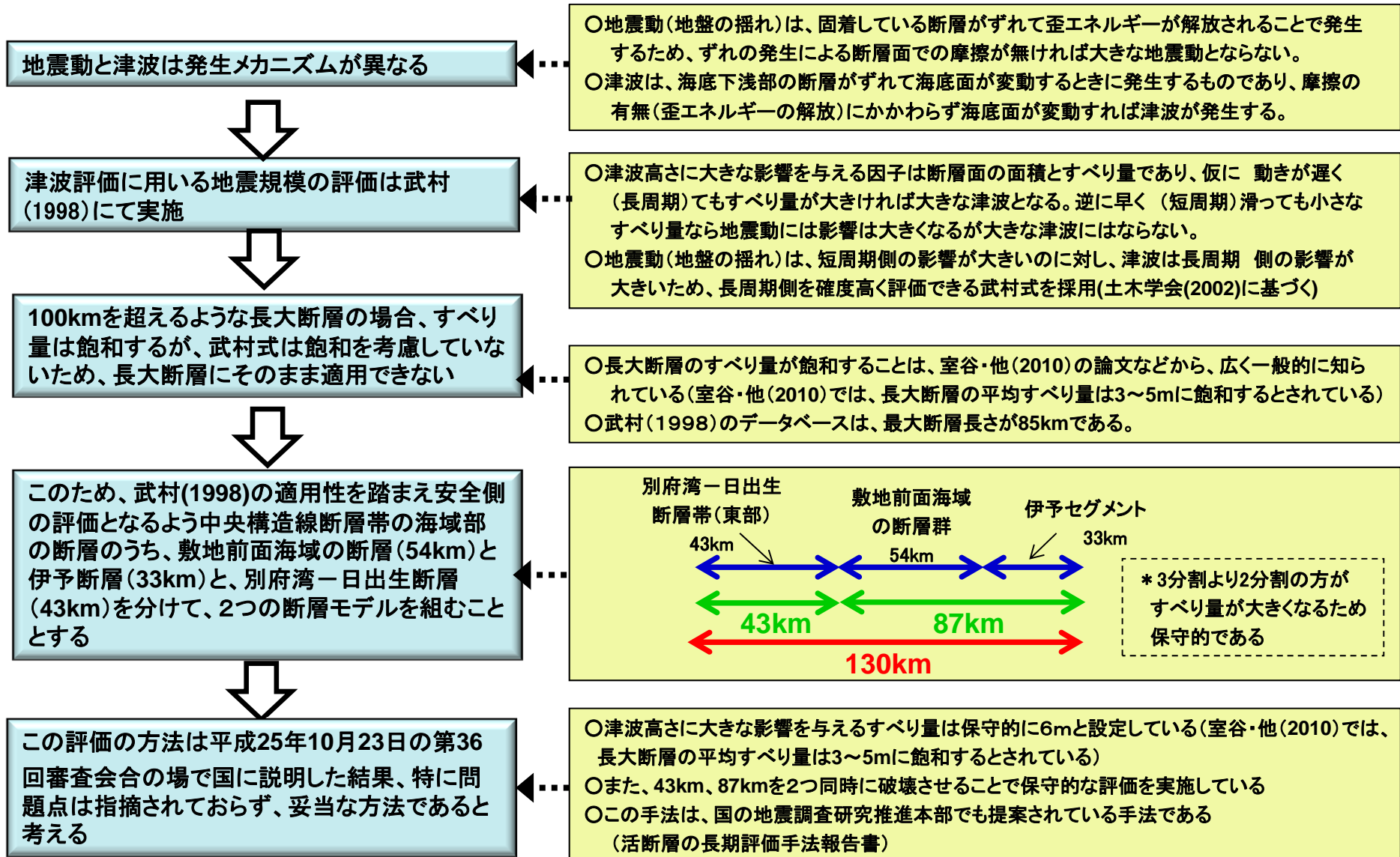


【不確かさの考慮】

- ・断層上端深さ: 地表(0km)に設定
- ・断層長さ: 海域部における最大限のモデルを設定
- ・断層傾斜角など、詳細にパラメータスタディを実施し発電所に影響の大きいもの(ケース)を選定

5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

【津波を評価するための地震モデルの設定】



5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

【計算条件】

| 項目 | 計算条件 |
|----------|---|
| 計算領域 | ・伊予灘を中心として東西約180km, 南北160kmの領域 |
| 格子分割サイズ | ・沖合いでの最大400mから200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子を設定。 |
| 計算時間間隔 | ・海域活断層に想定される地震に伴う津波 0.0625秒 ・地すべり津波及び重畳津波 0.02秒 |
| 基礎方程式 | ・非線形長波(浅水理論)の連続式および運動方程式 |
| 初期条件 | ・Mansinha and Smylie (1971)の方法により計算 |
| 沖側境界条件 | ・自由透過条件。 ・ただし関門海峡は波の主成分が反射すると仮定し陸側境界とした。 |
| 陸側境界条件 | ・伊方発電所敷地周囲は陸上遡上を考慮 ・伊方発電所以外の陸岸は、静水面より上昇する津波に対して完全反射条件 ・静水面より下降する津波に対して小谷(1998)の遡上境界条件により海底露出を考慮 |
| 海底摩擦係数 | ・マンングの粗度係数 $n=0.025m^{-1/3}s$ ※1 |
| 水平渦動粘性係数 | ・ $0m^2/s$ |
| 計算対象現象時間 | ・海域活断層に想定される地震に伴う津波 及び重畳津波 5時間 ・地すべり津波 90分 |

※1 従来は土木学会(2002)に準拠し $0.030m^{-1/3}s$ としていたが、他社検討事例を踏まえ、安全側に $0.025m^{-1/3}s$ とした。

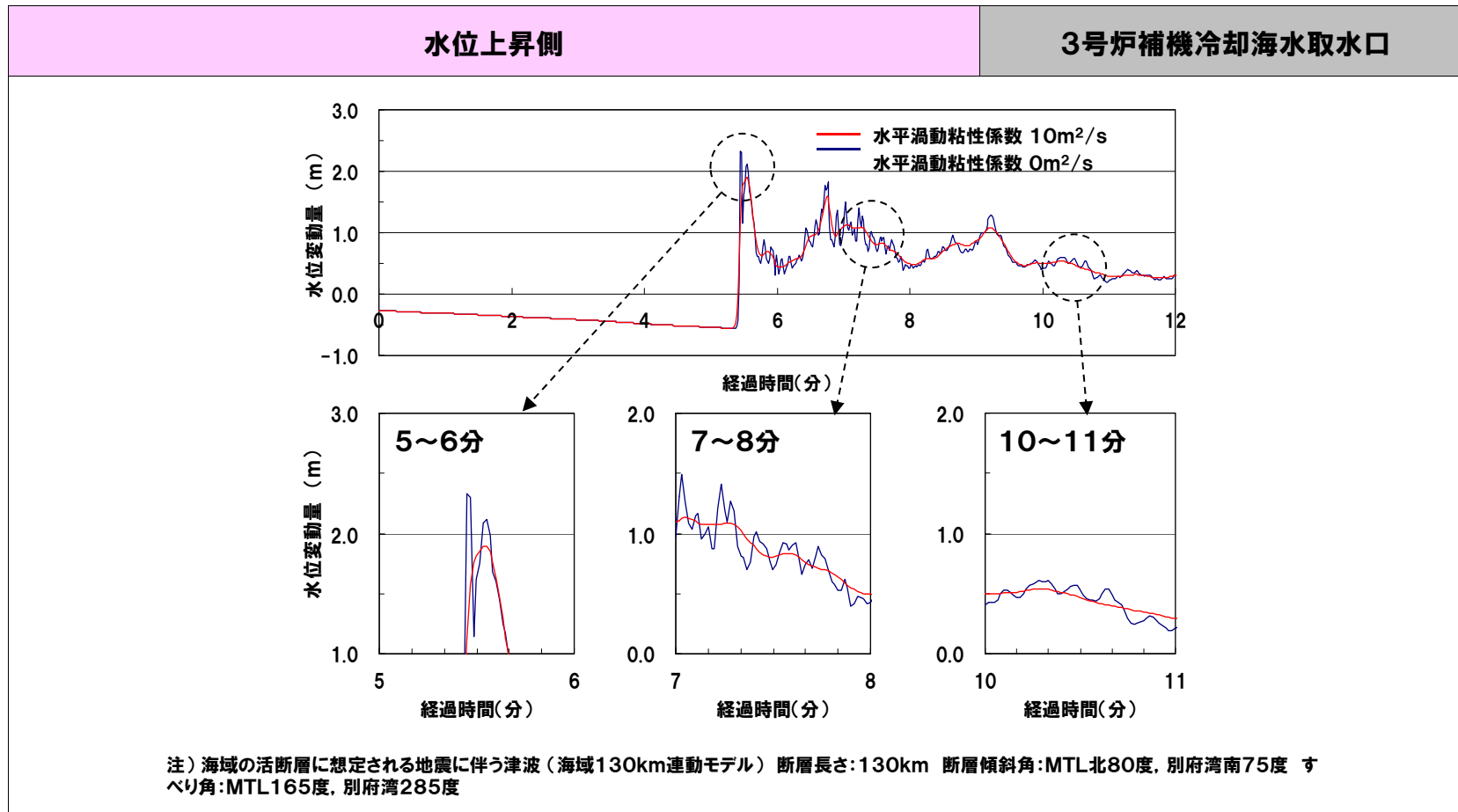
| 項目 | 計算条件 (地すべり津波) |
|---------------|-------------------------------|
| 計算時間間隔 | 0.02秒 |
| 海水密度 | $\rho_1=1.03(g/m^3)$ |
| 崩壊物密度 | $\rho_2=2.0(g/m^3)$ |
| 上層の粗度係数 | $n=0.025(m^{-1/3}\cdot s)$ ※1 |
| 下層の粗度係数 | $n=0.40(m^{-1/3}\cdot s)$ |
| 内部摩擦係数 | 0.0 |
| 下層の 水平渦動粘性 | $0.1m^2/s$ |

審査の途中で水平渦動粘性係数を $0m^2/s$ にて評価を実施
審査の途中で詳細調査した敷地前面の水深データに更新

水平渦動粘性係数: 海水の水平方向の動粘性

5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

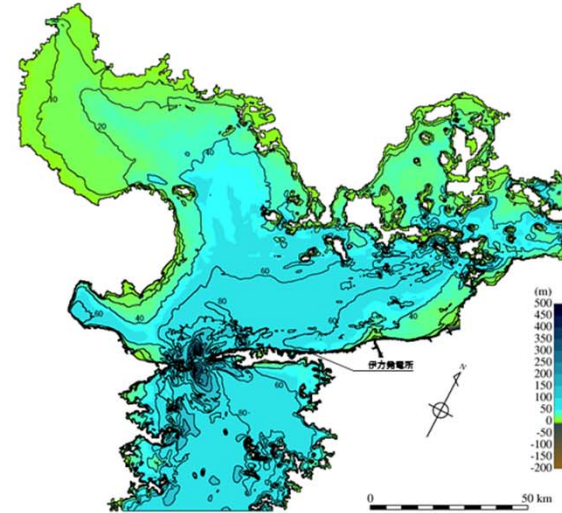
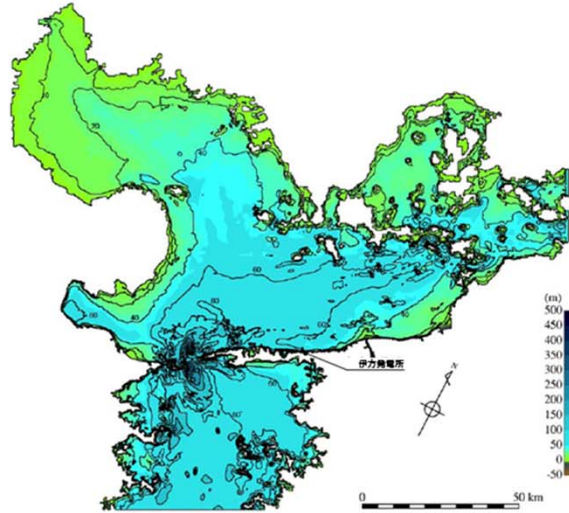
- 水平渦動粘性係数を $10\text{m}^2/\text{s}$ から $0\text{m}^2/\text{s}$ に変更して評価した場合の影響について以下に示す。
- 水平渦動粘性係数 $10\text{m}^2/\text{s}$ と $0\text{m}^2/\text{s}$ の場合を比較すると、 $0\text{m}^2/\text{s}$ の場合のほうが水位変動量が大きくなる傾向があるが、これは下図のとおり振幅が上下方向へ平行移動したことによるものではなく、位相を保ったまま極めて短周期の副振動的成分が解析上現れたためと考えられる。極めて短周期の副振動的成分の周期は数秒程度であり、津波というよりは波浪としてのふるまいに近い。



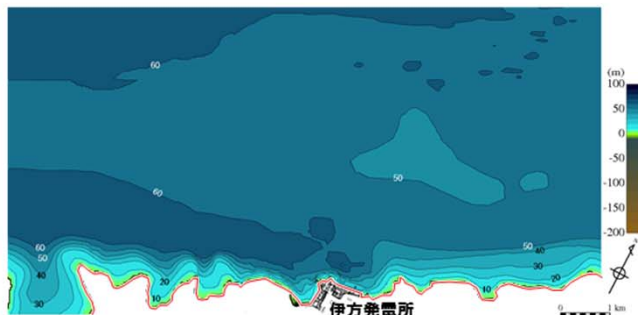
5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

【水深および格子分割】

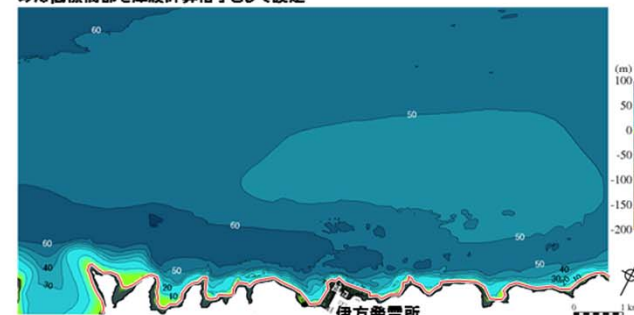
- 伊予灘を中心として東西約180km, 南北160kmの領域を対象とし, 格子分割は最大400mから200m, 100m, 50m, 25m, 12.5m, 6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子を設定する。
- 水深データについては, データ拡充のために当社が実施した海底地形調査(2013年8月実施)の結果を踏まえて更新した。



※ 水平渦動粘性係数を $0m^2/s$ にすることにより水位上昇量が大きくなり, 低標高部の陸域に津波が遡上することが予想されたため, 敷地の一部(T.P.+32m盤以下)を含めた低標高部を津波計算格子として設定



計算領域・水深(旧)



計算領域・水深(新)

水深データ作成に用いた主な資料: 海底地形調査(四国電力, 2013年8月), 海図(海上保安庁, 2000年11月), 南西日本 日本近海1000mメッシュ海底地形データ(海洋情報研究センター, 1999年6月), 海底地形デジタルデータM7003ver.2.0及びM7018ver.2.0(日本水路協会, 2008年4月)

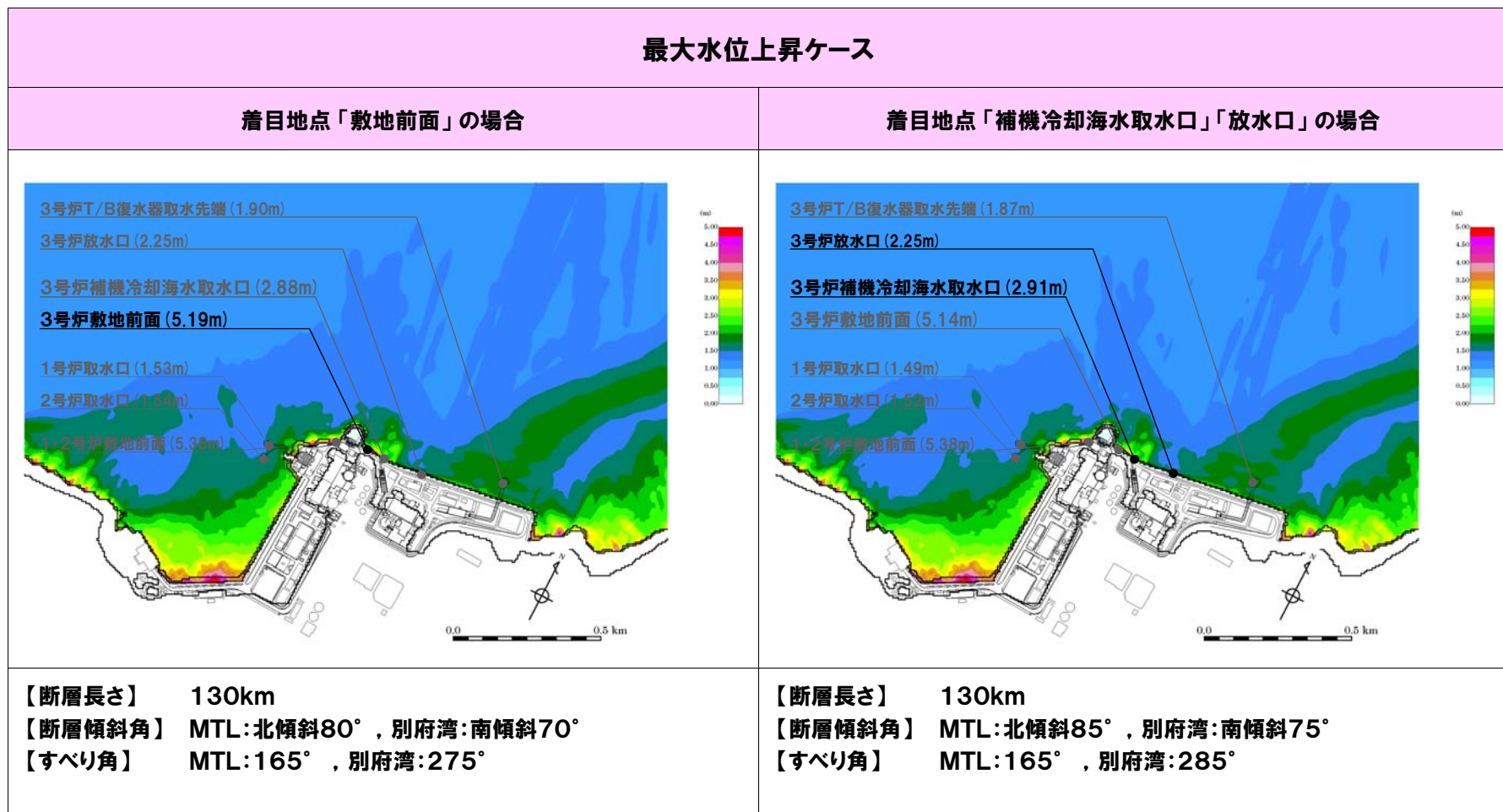
水深データを海域130km連動モデル、および地すべり津波に反映

5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

最も厳しいケースを探索するため次のような手順で実施した。

最初に、概略パラメータスタディとして、基準断層モデルに対して傾斜角及びすべり角をいずれも±10度を考慮した津波計算を実施。その結果のうち水位上昇側及び下降側のそれぞれ最も厳しいケースを基本ケースとして傾斜角及びすべり角をいずれもさらに±5度の範囲で変化させた詳細パラメータスタディの津波計算を実施し、着目地点別の最も厳しいケースを探索した。

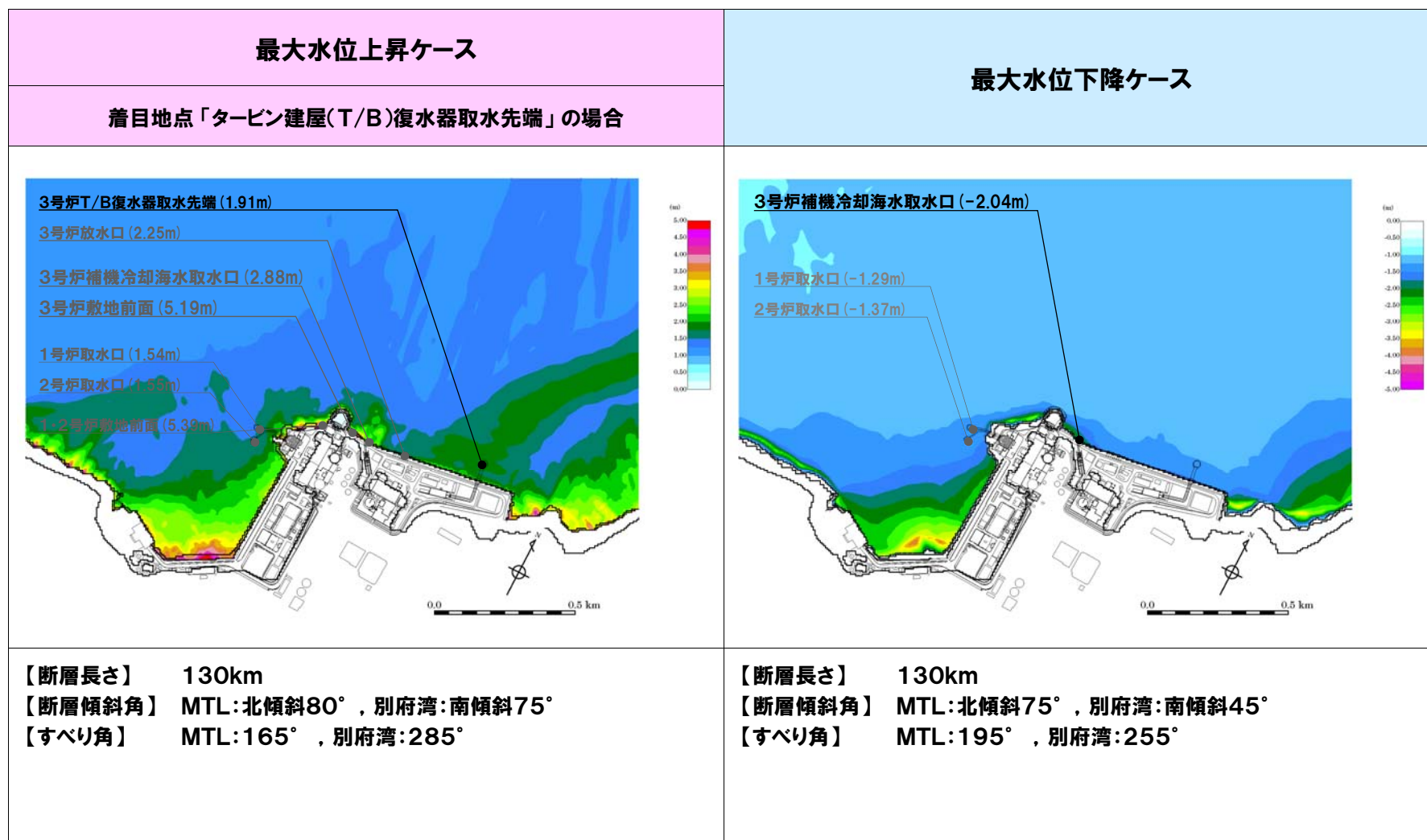
【計算結果】 ○ 詳細パラメータスタディの結果、最も厳しいケースを以下に示す。



MTL: 中央構造線 (Median Tectonic Line)

5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

【計算結果】

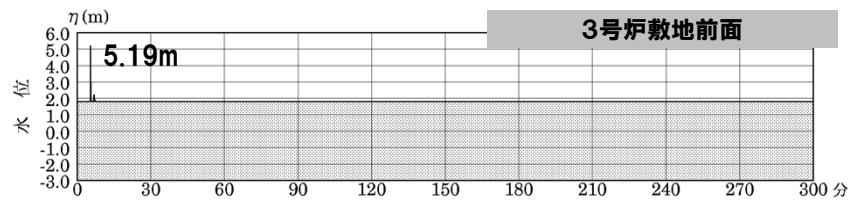


5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

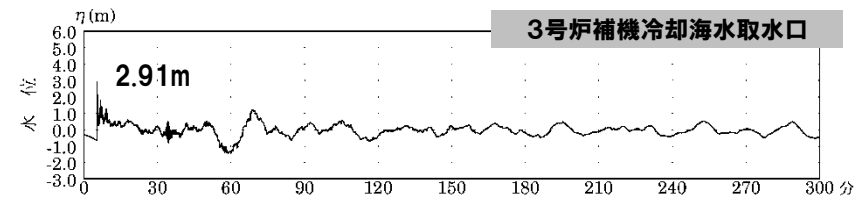
【計算結果】

最大水位上昇ケース

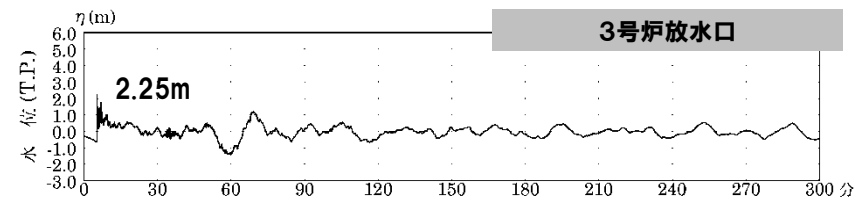
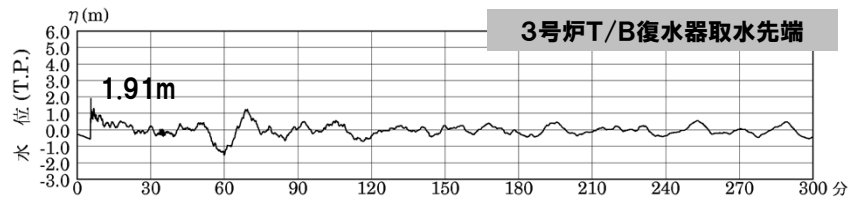
着目地点「敷地前面」の場合（次頁に拡大図を示す）



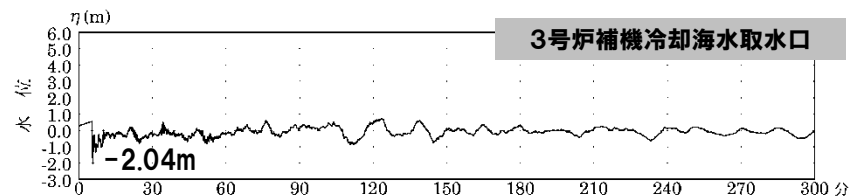
着目地点「補機冷却海水取水口」「放水口」の場合



着目地点「T/B復水器取水先端」の場合



最大水位下降ケース

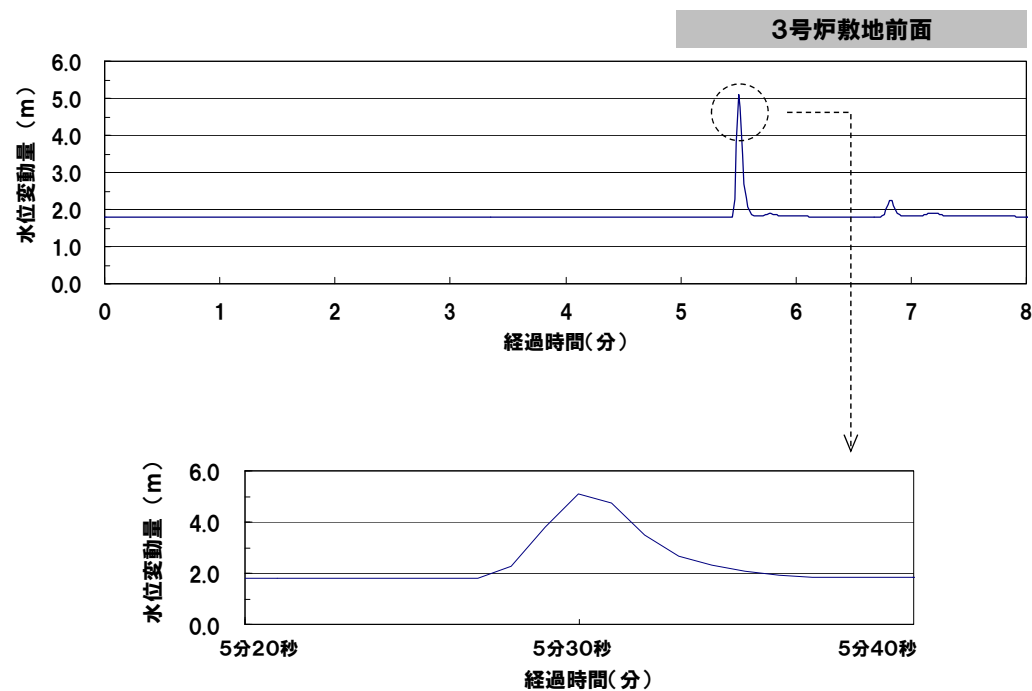


5. 海域の活断層による地殻内地震に伴う津波

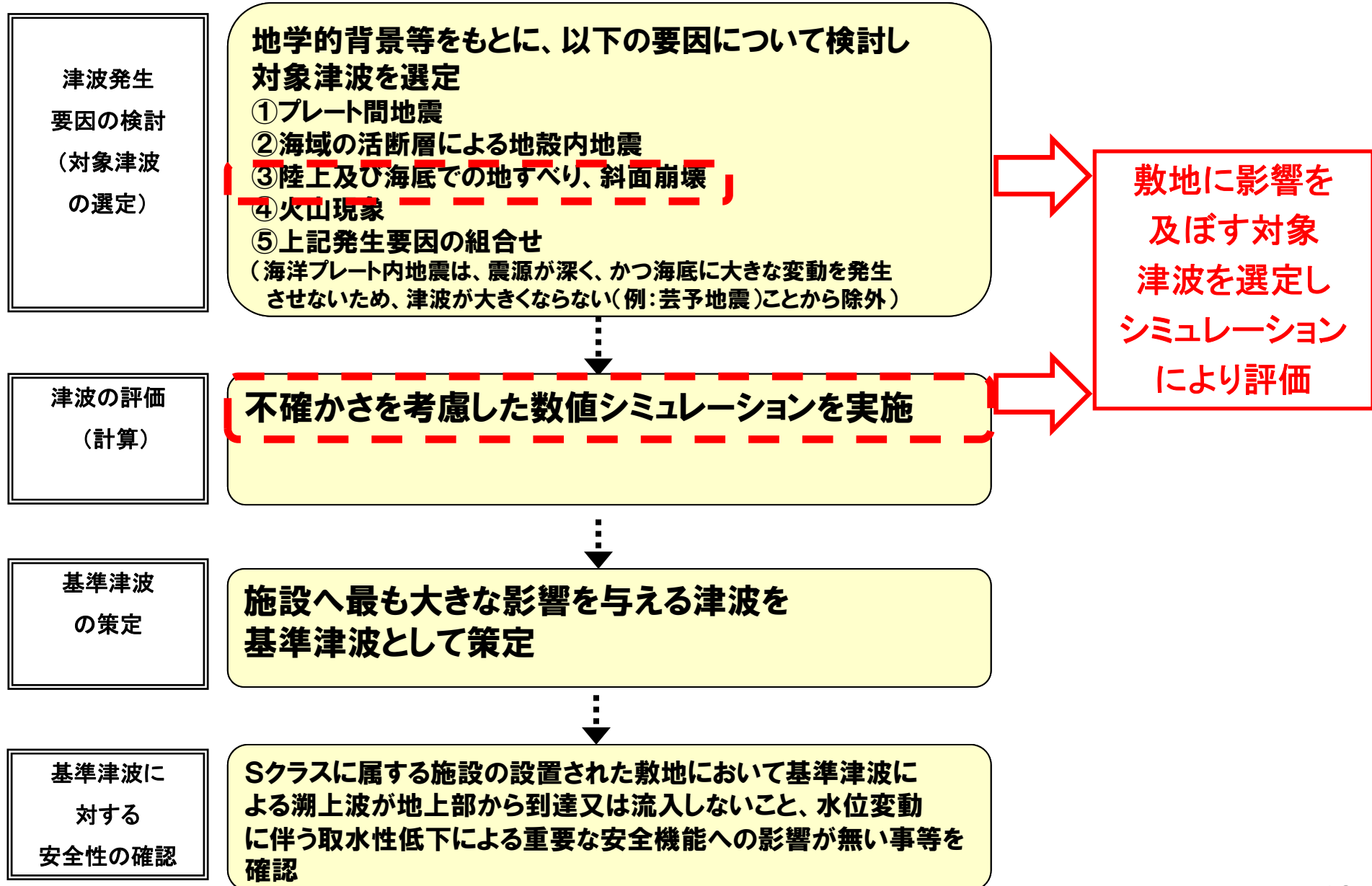
【計算結果】

最大水位上昇ケース

着目地点「敷地前面」の場合（拡大図）



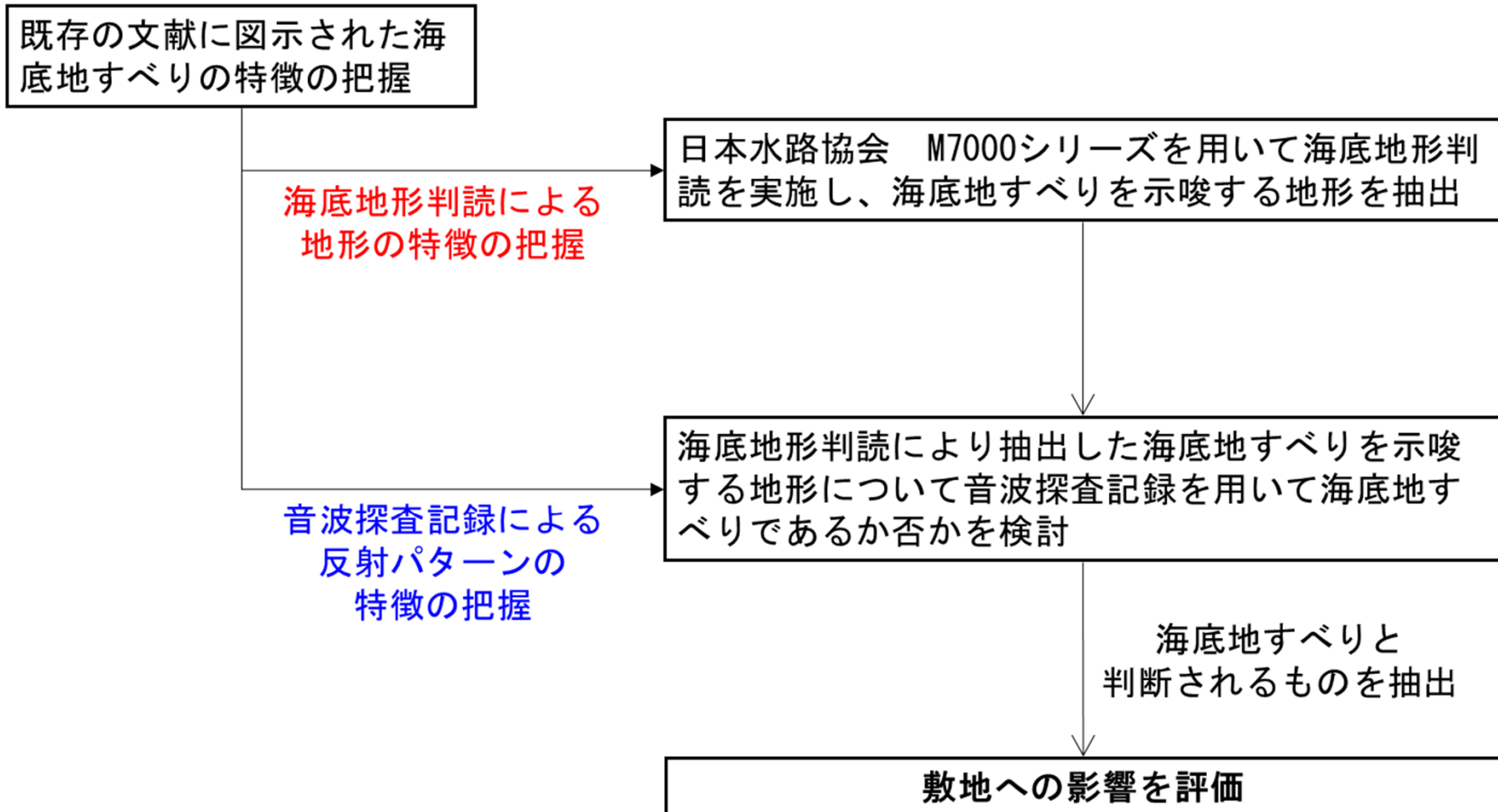
6. 海底地すべりに伴う津波



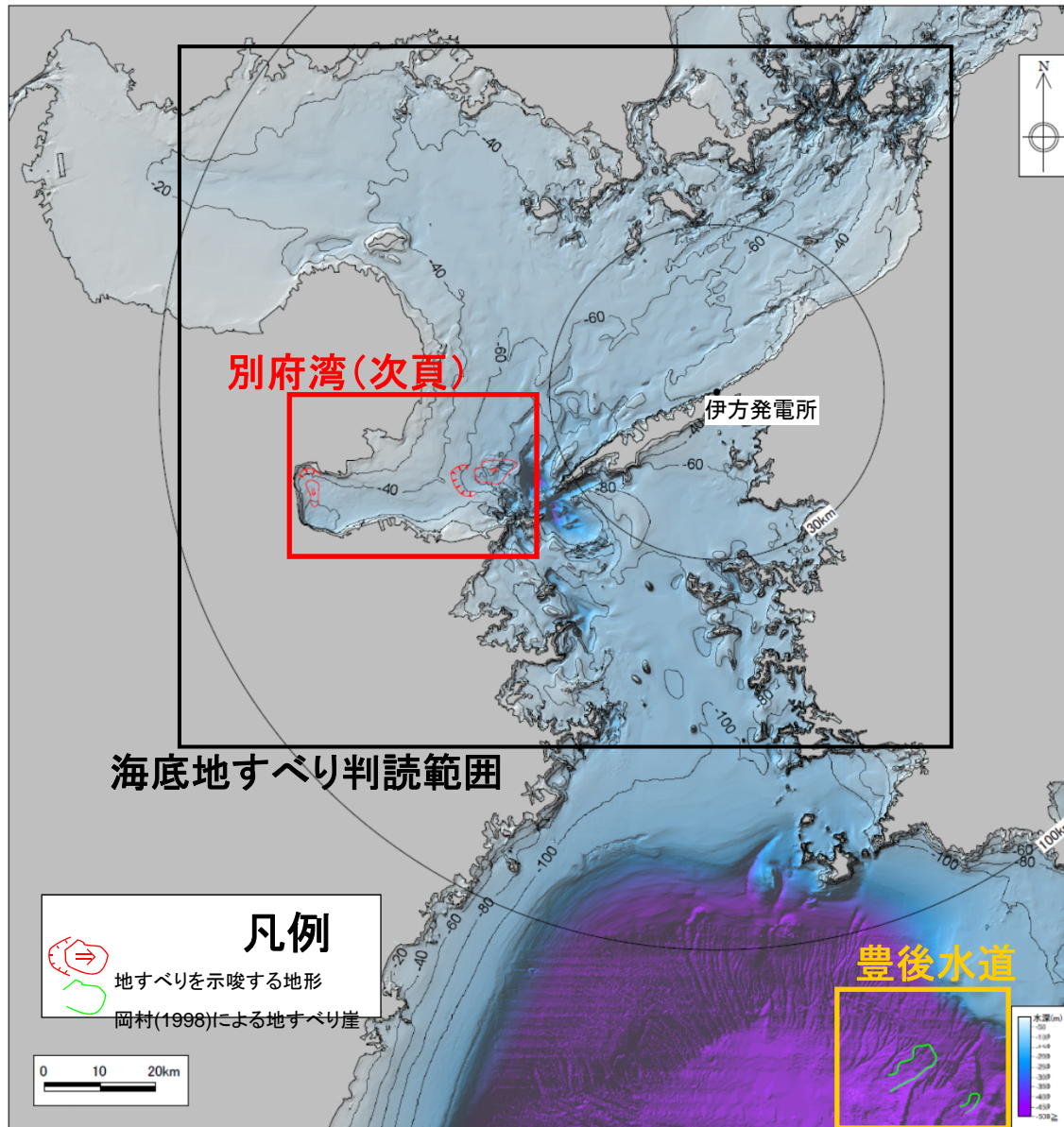
6. 海底地すべりに伴う津波

【評価の流れ】

○以下の流れに従い、敷地へ影響を及ぼす可能性のある海底地すべりの抽出を行う。



海底地すべり地形判読結果



- 海底地形判読の結果、地すべりを示唆する地形が別府湾に2ヶ所認められる。その他の海域では地すべりを示唆する地形は認められない。
- 地すべりを示唆する地形の特徴を検討するとともに、音波探査記録を用いて海底地すべりであるか否かの検討を行う。

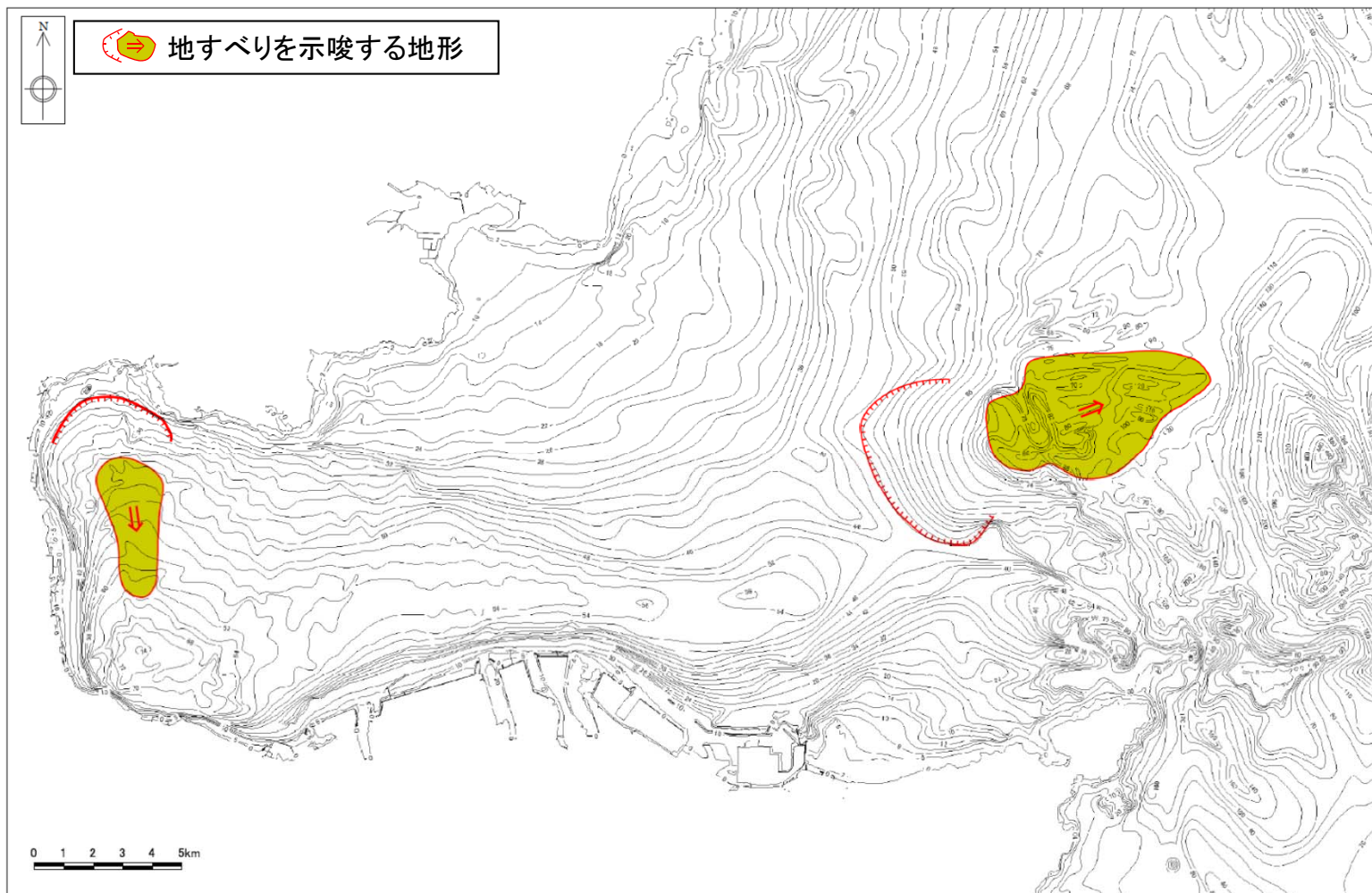
【海底地形陰影図の出典】

日本水路協会、
海底地形デジタルデータ M7000
シリーズ

- ・M7018 Ver2.0 (2008)
- ・M7003 Ver2.1 (2011)

別府湾における海底地すべり地形の特徴

- 別府湾では不明瞭ながら、地すべりを示唆する地形が2ヶ所判読される。
- 判読された地すべりを示唆する地形の滑落土塊の大きさは幅が2~4km、長さが4~8km程度である。
- 音波探査記録によると、海底にサンドウェーブと断層変位地形が認められるものの、全体的には海底下の反射面の連続性が良く、成層構造を示すことから海底地すべりではないと判断される。



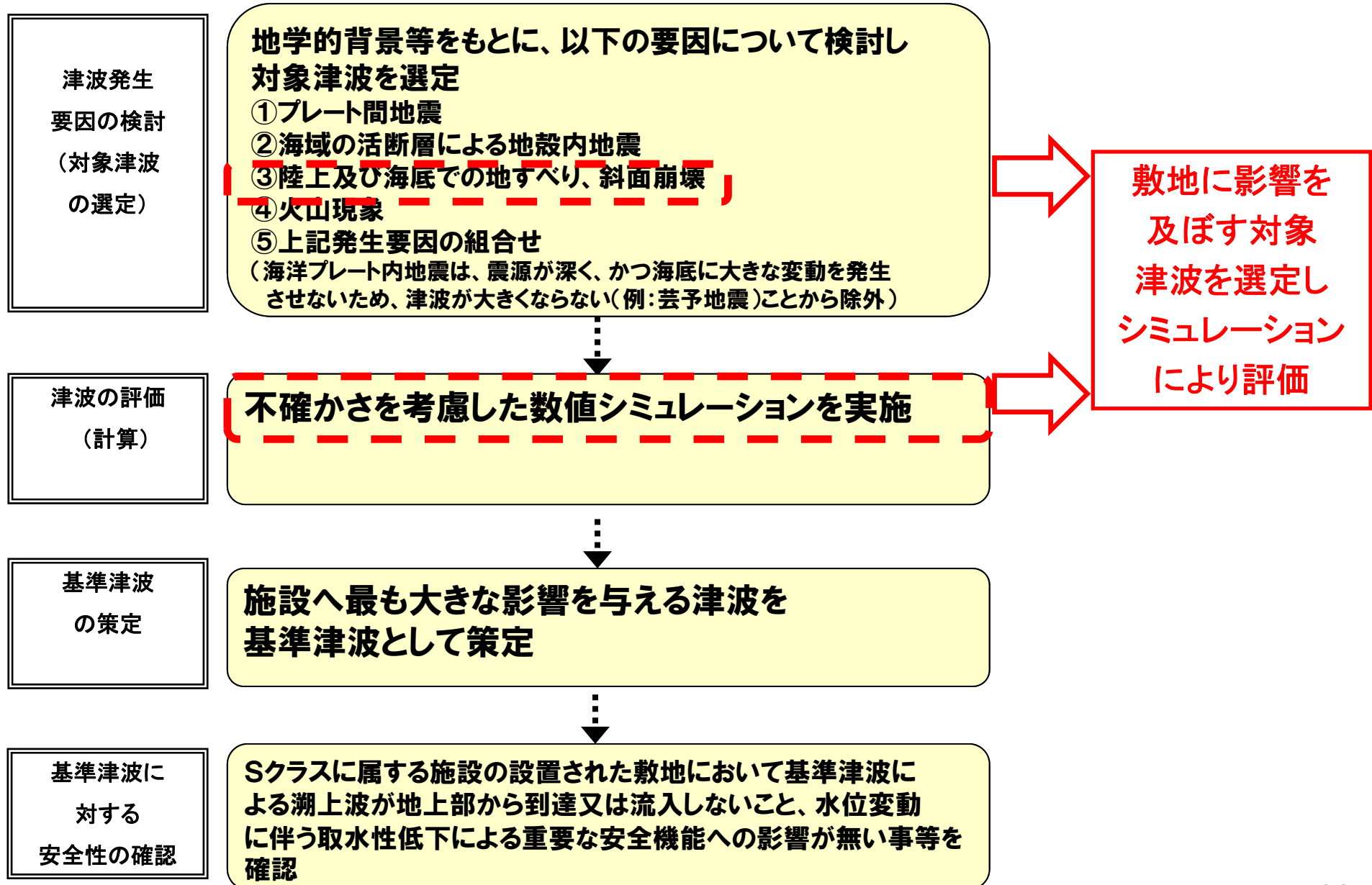
※海底地形等深線は日本水路協会 M7000シリーズを用いた。

6. 海底地すべりに伴う津波

【まとめ】

- 敷地は外洋からの津波の影響が小さい瀬戸内海の伊予灘に面して海底地形は極めて平坦であり、また敷地周辺において海底地すべりによる津波被害があったという記録は見当たらない。
- したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の更なる安全性向上を図る観点から、敷地に影響を与えるような海底地すべりが発生する可能性について検討した。
- 既存の文献に図示された海底地すべりについて海底地形判読および音波探査記録の反射パターンにより特徴を把握した。
- 把握した海底地すべりの特徴に基づき、敷地周辺において海底地形デジタルデータ（M7000シリーズ）を用いて海底地形判読を行い、別府湾において2ヶ所の地すべりを示唆する地形を抽出した。その他の海域において地すべりを示唆する地形は認められなかった。
- 別府湾における2ヶ所の海底地すべりを示唆する地形について音波探査記録を用いて海底地すべりであるか否かについて検討を行った。海底にサンドウェーブと断層変位地形が認められるものの、全体的には海底下の反射面の連続性が良く、成層構造を示すことから海底地すべりではないと判断される。
- 以上より、伊方発電所に影響を与えるような海底地すべりは認められない。

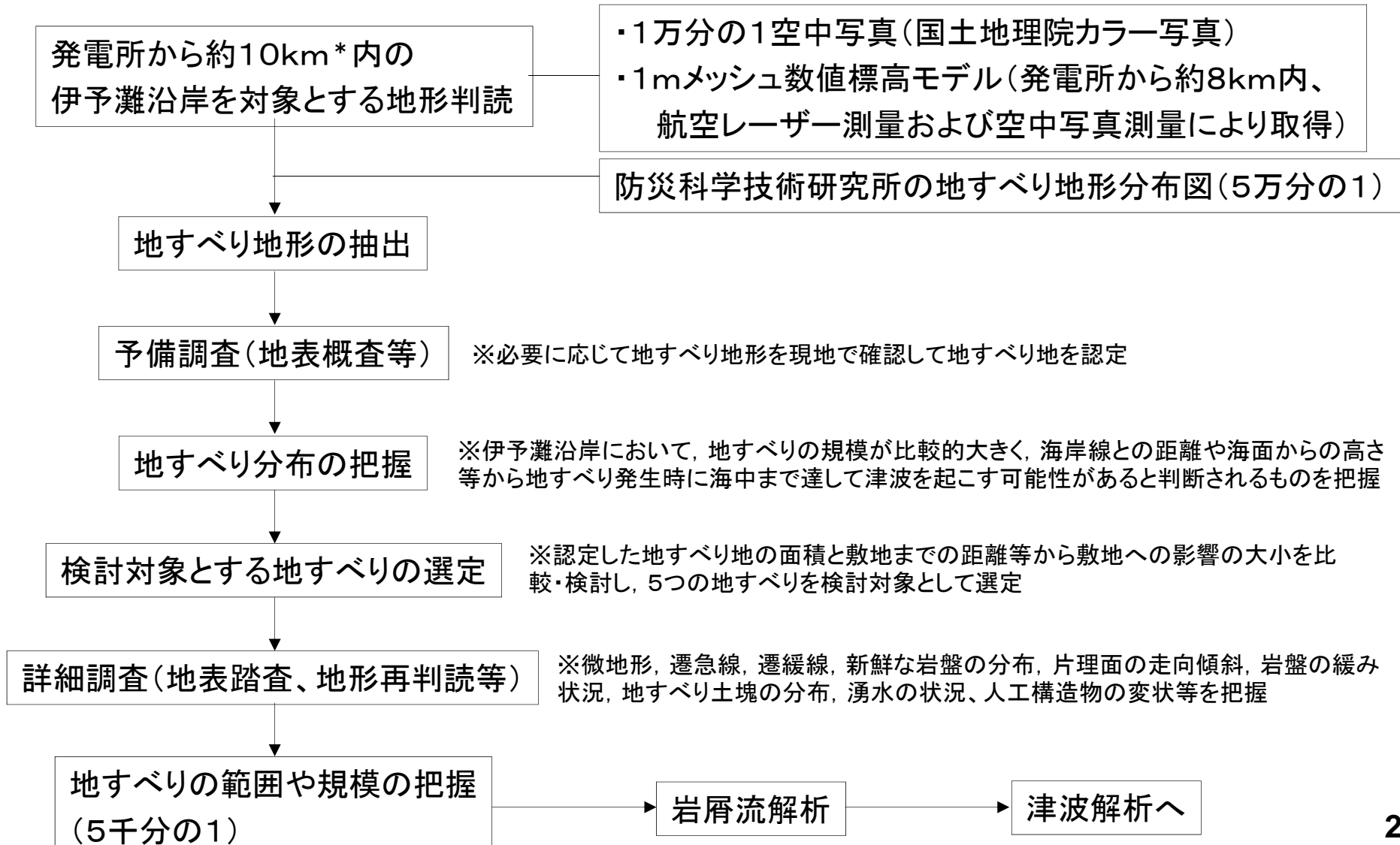
7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波



7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波

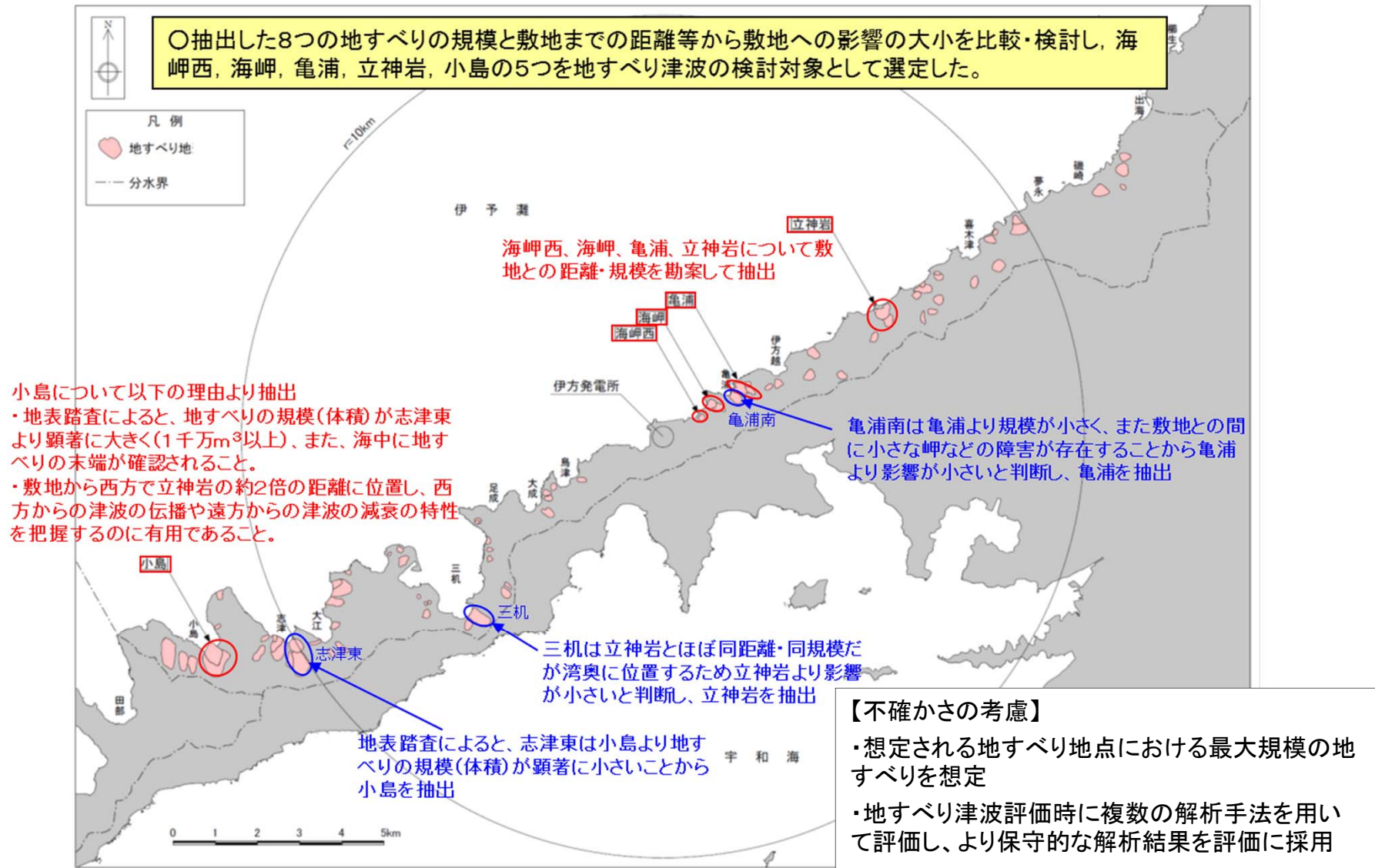
【評価の流れ】

* : 全国を対象としている防災科学研究所の地すべり地形分布図を基に、敷地周辺における地すべりの規模を把握した結果、地すべり規模と発電所への影響の観点から、評価対象範囲として10kmと設定



7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波

【地すべりの選定】

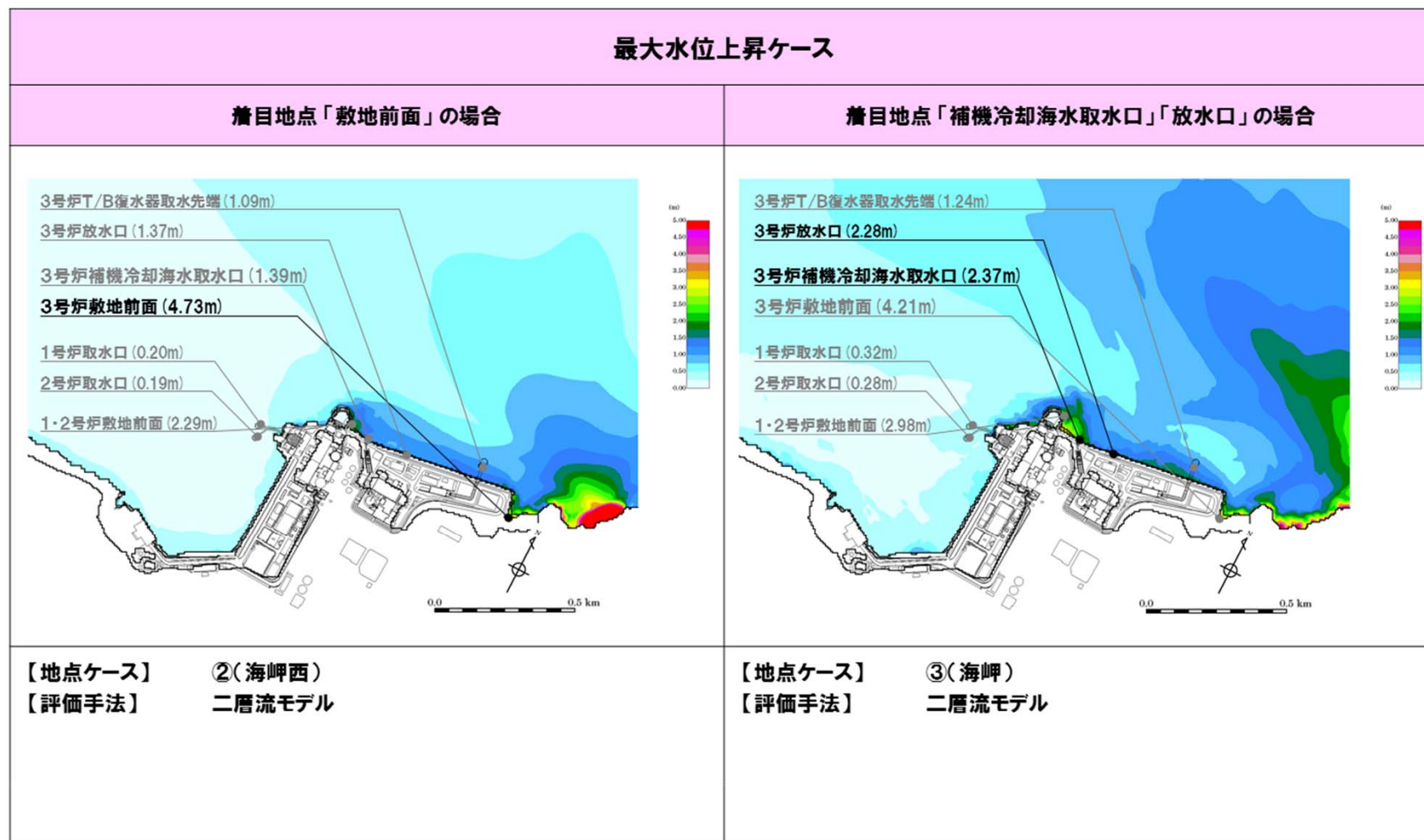


※敷地付近の伊予灘沿岸(佐田岬半島の稜線より北側)において独自の地形判読や地表踏査を行い、地すべりの規模が比較的大きく、海岸線との距離や海面からの高さ等から地すべり発生時に海中まで達して津波を起こす可能性があるものと判断されるものを図示。

7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波

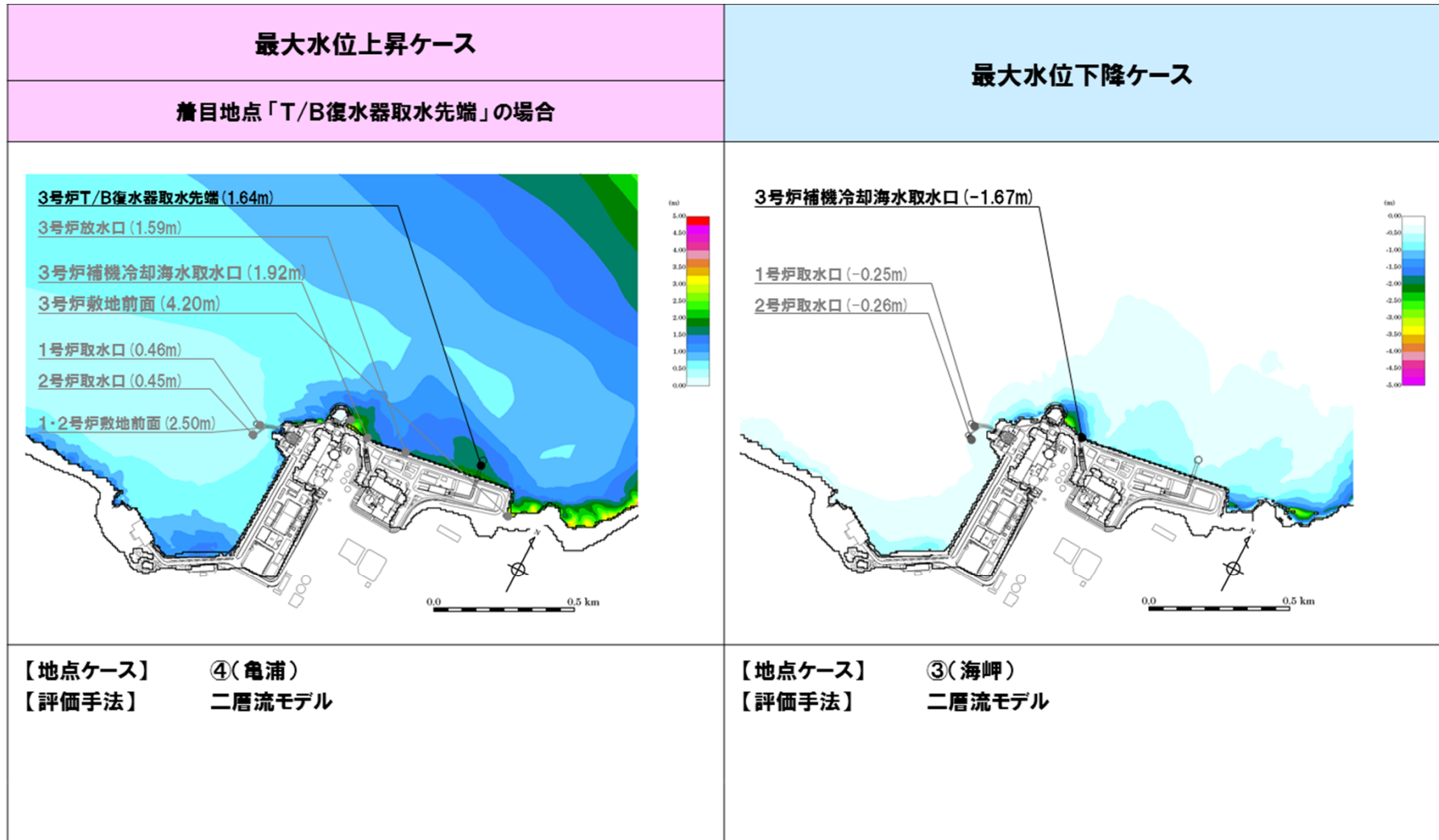
【計算結果】

○ 計算の結果, 最も厳しいケースを以下に示す。



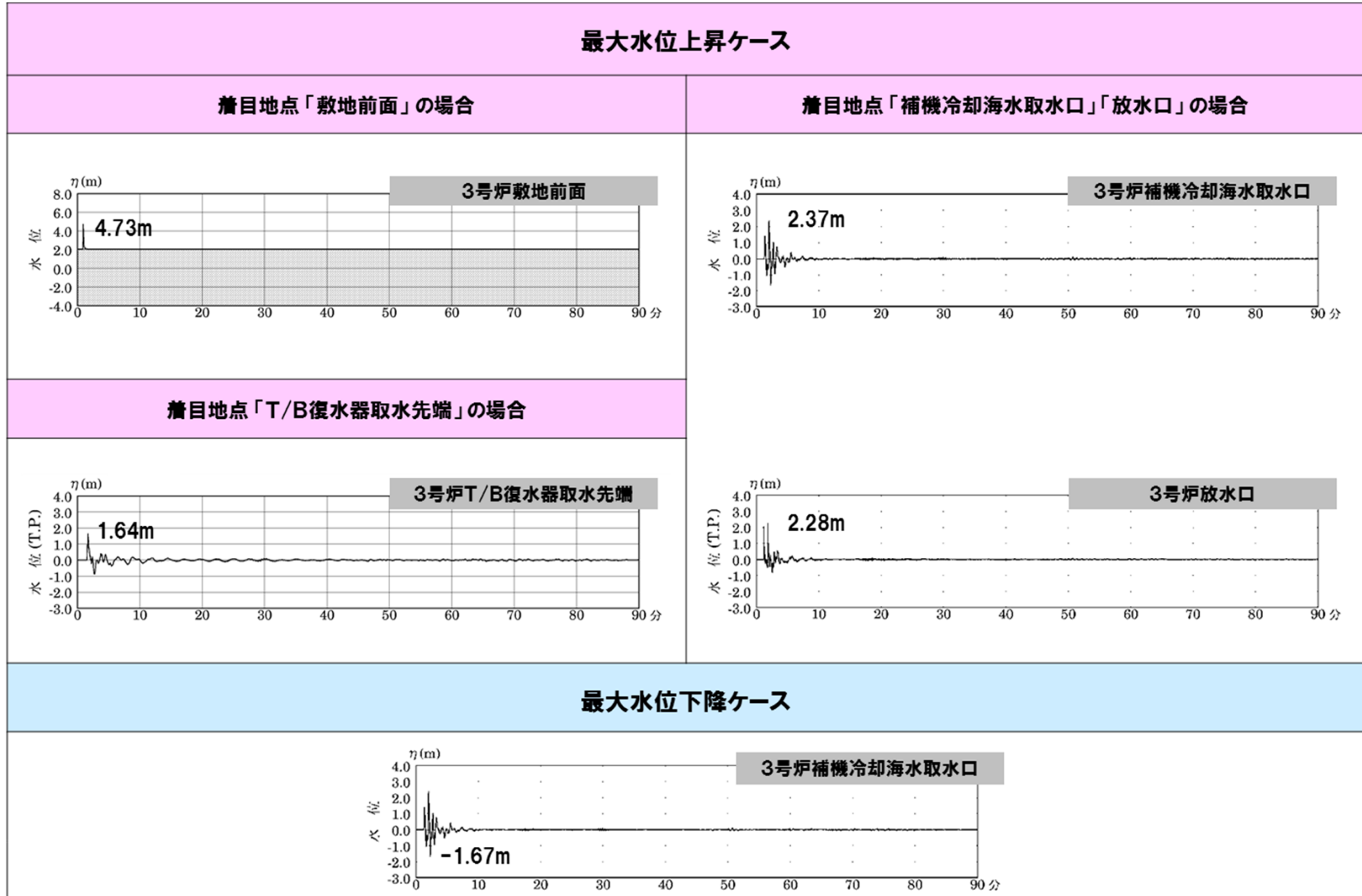
7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波

【計算結果】

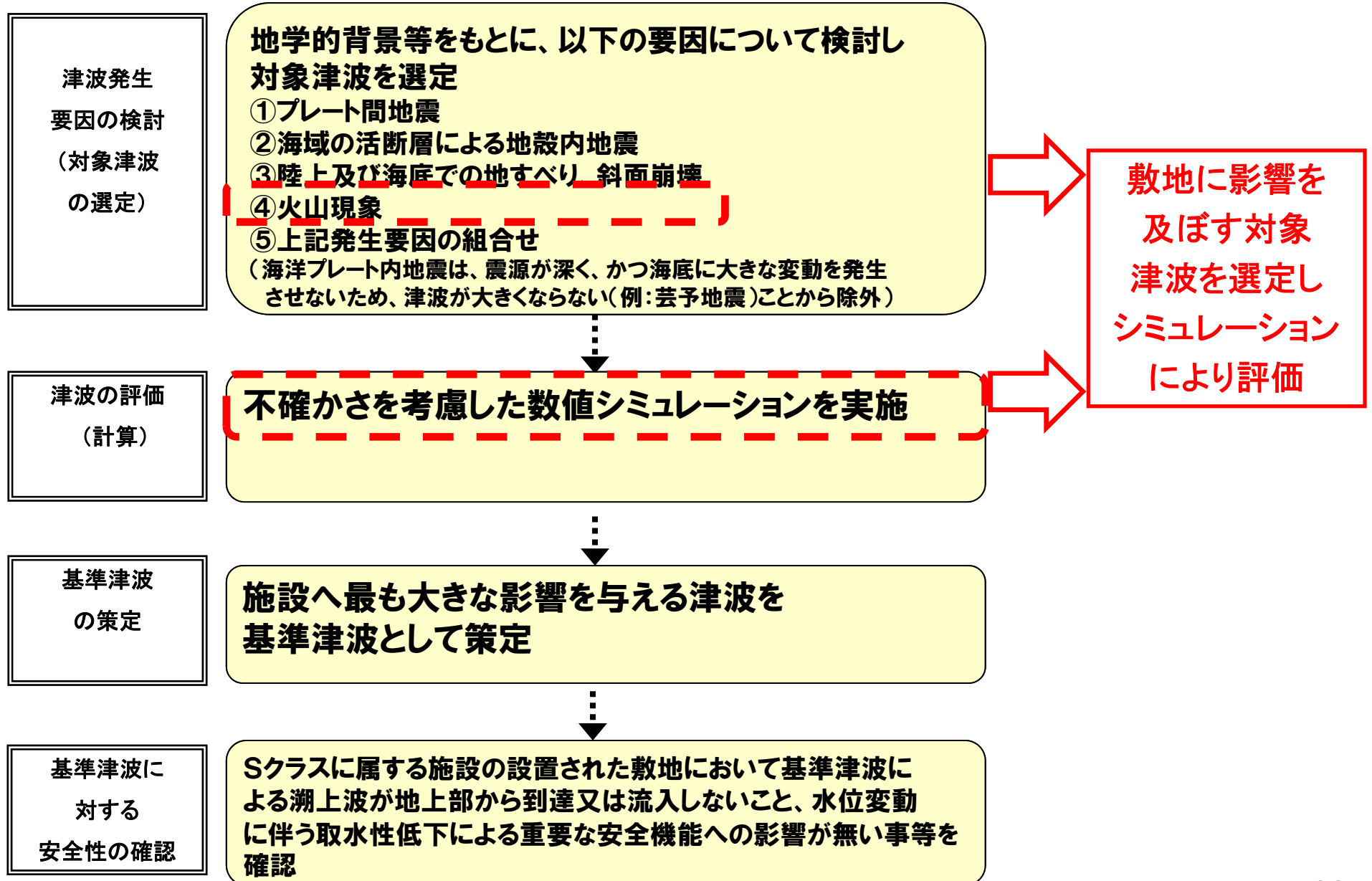


7. 陸上地すべり・斜面崩壊に伴う津波

【計算結果】



8. 火山現象(山体崩壊)に伴う津波



8. 火山現象(山体崩壊)に伴う津波

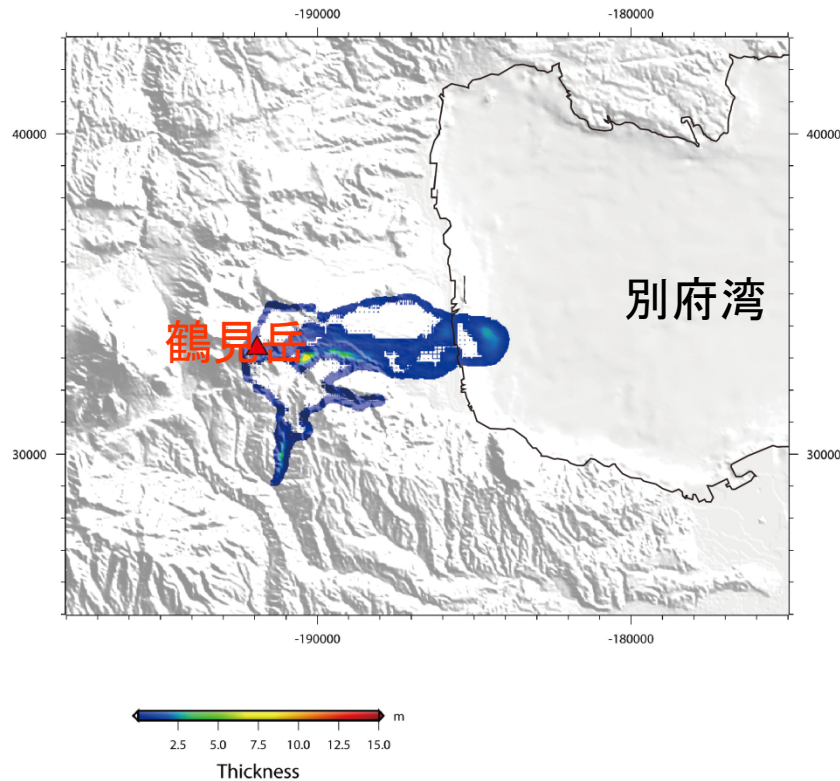
【山体崩壊規模の設定】

【不確かさの考慮】

- ・既往最大規模の火山性地すべりを想定
- ・地形地質に基づく仮想的最大規模の火山性地すべりを想定

【崩壊ケース 1】

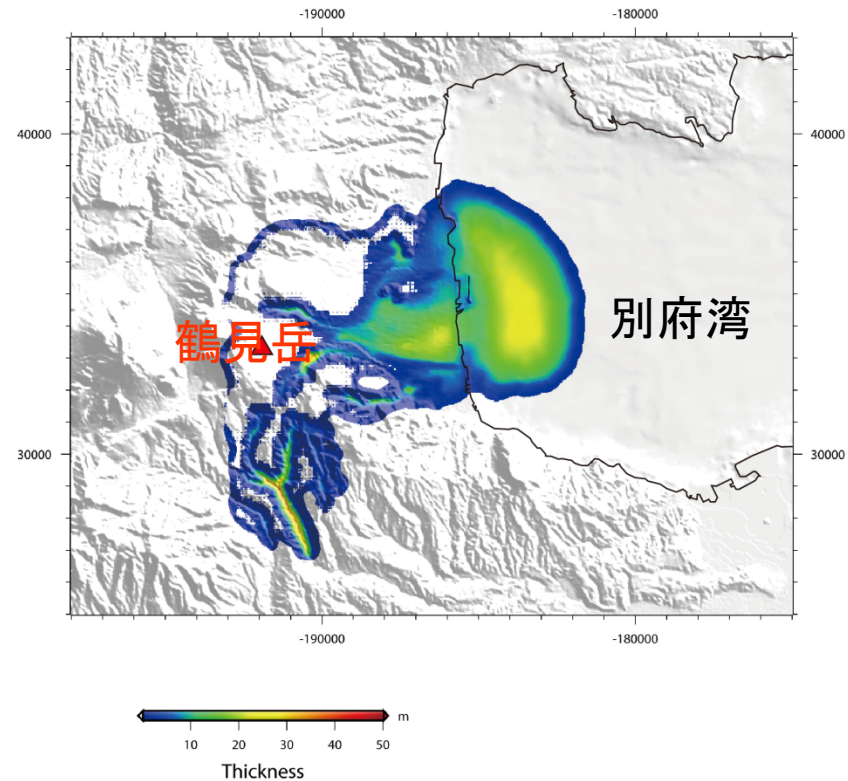
既往最大規模の崩壊モデル 2,000万 m^3



既往最大規模の崩壊モデルの山体崩壊シミュレーションの結果、土塊がわずかに別府湾へ流入する。

【崩壊ケース 2】

地形地質に基づく仮想的な崩壊モデル 5億4,000万 m^3



地形地質に基づく最大規模の崩壊モデルの山体崩壊シミュレーションの結果、別府湾へ2億8,000万 m^3 の土砂が流入する(崩壊量の半分以上)。

8. 火山現象(山体崩壊)に伴う津波

【計算条件】

粒子流モデル(Patra et al.,2005)による岩屑流計算を実施した後, 二層流モデル(今村ほか,2001) (Maeno and Imamura,2007)とKinematic Landslideモデル(佐竹・加藤,2002)の2通りの手法で津波計算を行う。

岩屑流計算

| 項目 | 計算条件 |
|--------|------------------------|
| 内部摩擦角 | $\phi_{int}=30^\circ$ |
| 等価摩擦係数 | $\tan(\phi_{bed})=0.1$ |

津波計算(二層流モデル)

| 項目 | 計算条件 |
|-----------|--|
| 計算時間間隔 | 0.0625秒 |
| 海水密度 | $\rho_1=1.03(\text{g}/\text{m}^3)$ |
| 崩壊物密度 | $\rho_2=2.0(\text{g}/\text{m}^3)$ |
| 上層の粗度係数 | $n=0.03(\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s})$ |
| 下層の粗度係数 | $n=0.08(\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s})$ |
| 内部摩擦係数 | 0.0 |
| 下層の水平渦動粘性 | $0.1\text{m}^2/\text{s}$ |

津波計算(Kinematic Landslide Model)

| 項目 | 計算条件 |
|----------|---|
| 計算領域 | 南北約160km, 東西約180km |
| 計算格子間隔 | 6.25m, 12.5m, 25m, 50m, 100m, 200m, 400m |
| 計算時間間隔 | 0.0625秒 |
| 基礎方程式 | 非線形長波 |
| 沖合境界条件 | 400m格子の開境界部分では自由透過, 領域の結合部では水位・流速を接続(ただし, 関門海峡は, 波の主成分は反射すると考えられるため, 陸岸境界とした) |
| 陸岸境界条件 | 静水面より上昇する津波に対して完全反射条件 静水面より下降する津波に対して小谷(1998)の遡上境界条件により海底露出を考慮 |
| 比高変化 | 岩屑流計算の結果による |
| 比高変化開始時刻 | 岩屑流計算の結果による |
| 比高変化継続時間 | 岩屑流計算の結果による |
| 海底摩擦 | マンシングの粗度係数 $n=0.03(\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s})$ |
| 水平渦動粘性 | $10\text{m}^2/\text{s}$ (土木学会(2002)より) |
| 計算潮位 | T.P.±0.0m |
| 計算対象現象時間 | 崩壊後5時間 |

8. 火山現象(山体崩壊)に伴う津波

【計算結果】

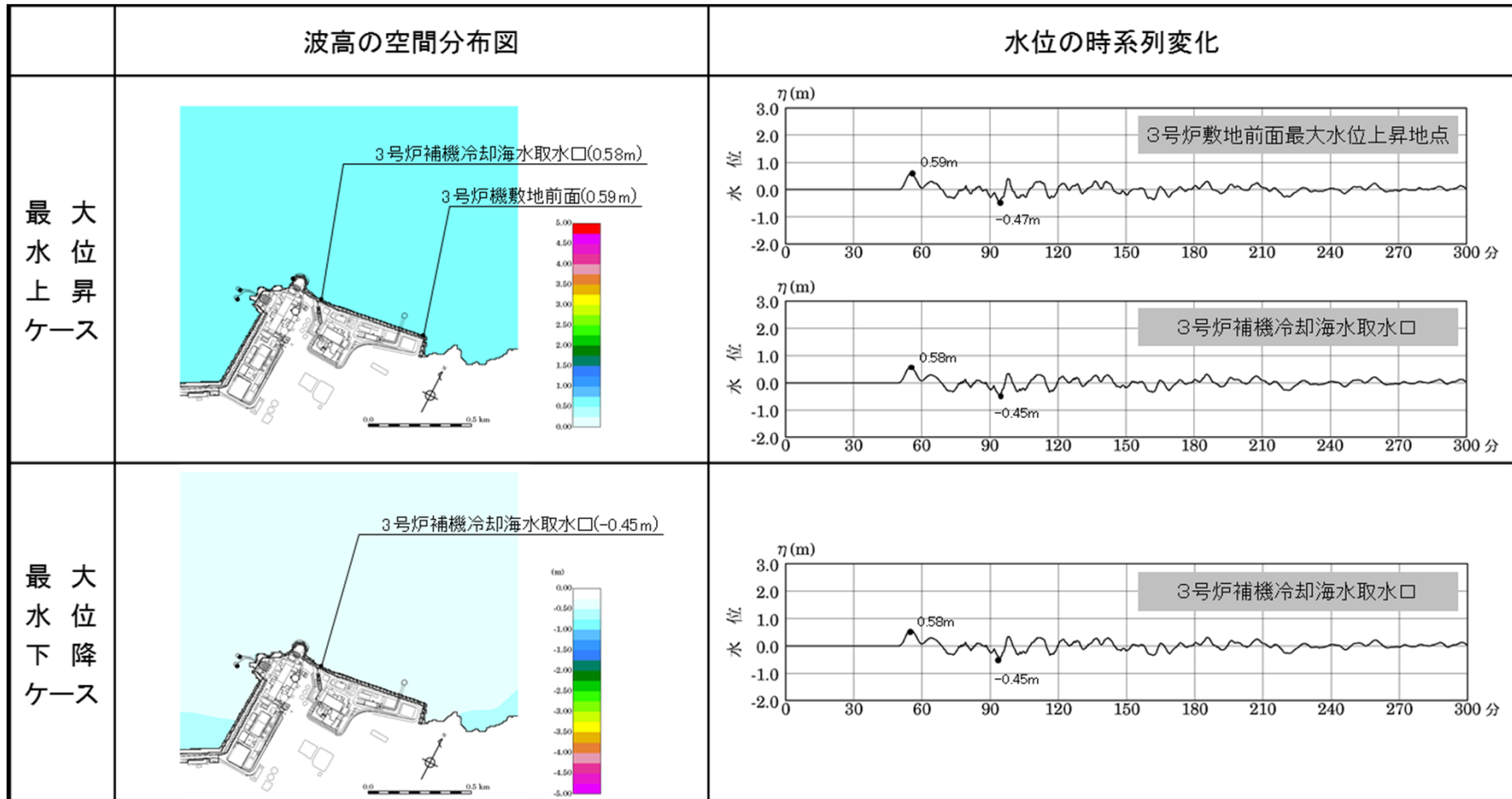
火山の山体崩壊に伴う津波の数値シミュレーション結果を示す。

| | 波高の空間分布図 | 崩壊ケースおよび評価手法 |
|-----------|----------|--|
| 最大水位上昇ケース | | 崩壊ケース: 2 評価手法 : Kinematic Landslide Model |
| 最大水位下降ケース | | 同上 |

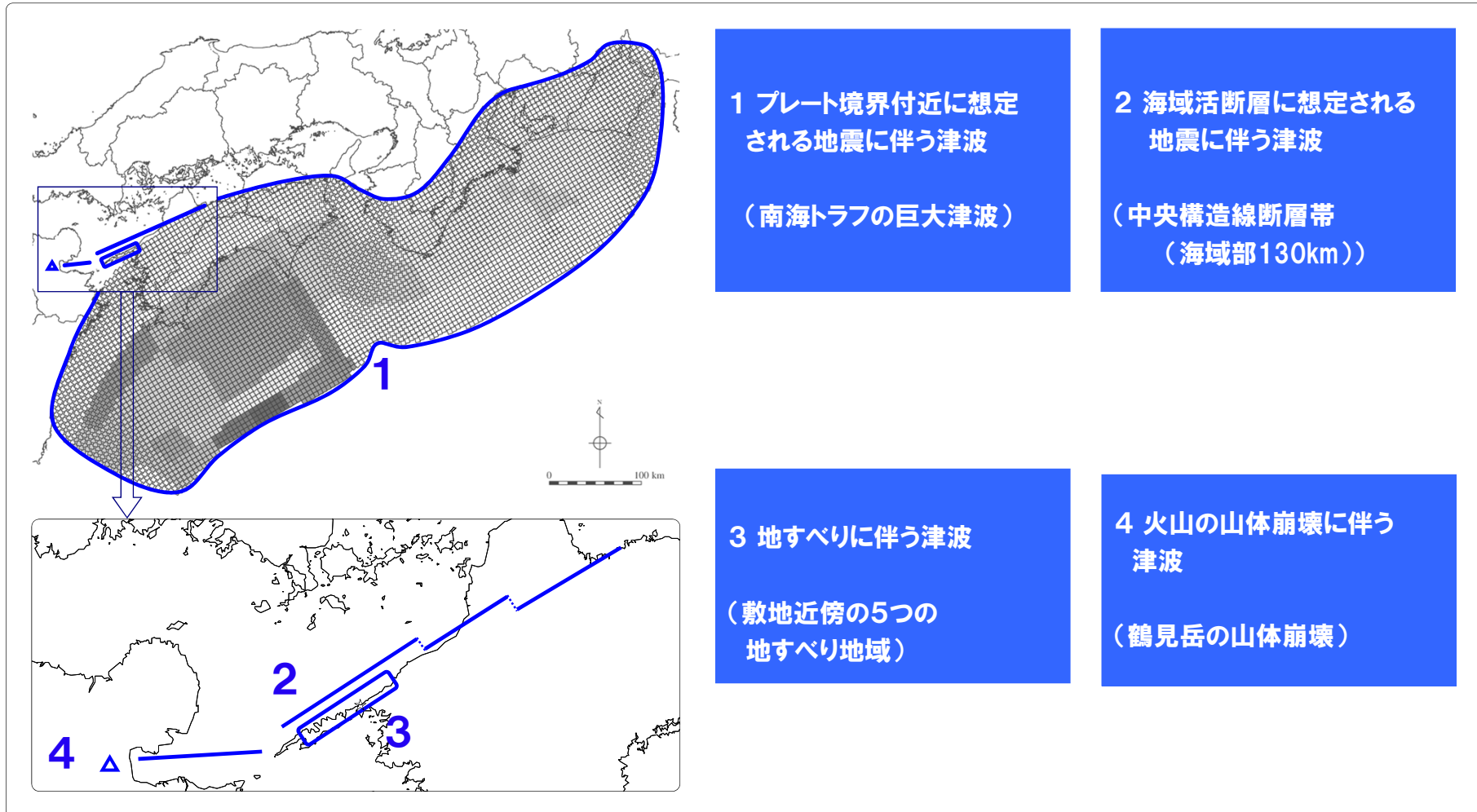
- ・水位上昇側及び水位下降側の最も厳しいケースは、いずれも崩壊ケース2におけるKinematic Landslide Modelの場合である。
- ・3号炉補機冷却海水取水口及び3号炉敷地前面における水位上昇量の最大値はそれぞれ0.58m, 0.59mである(朔望平均満潮位を考慮するとそれぞれT.P.+2.20m, T.P.+2.21m)。
- ・3号炉補機冷却海水取水口における水位下降量の最大値は0.45mである(朔望平均干潮位を考慮するとT.P.-2.14m)。

8. 火山現象(山体崩壊)に伴う津波

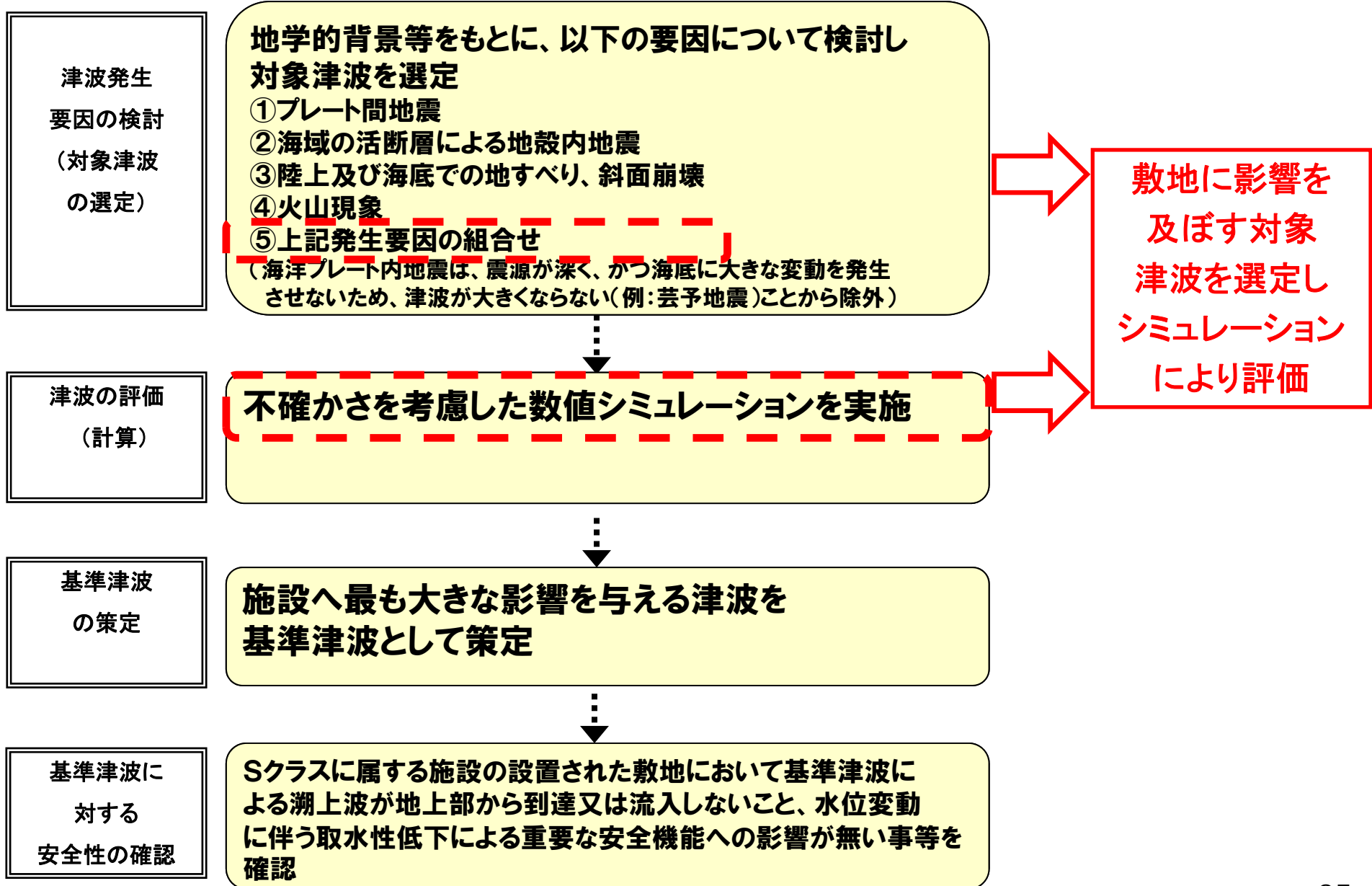
【計算結果】



9. 対象津波の選定結果



10. 重畳津波(対象津波の組合せ)

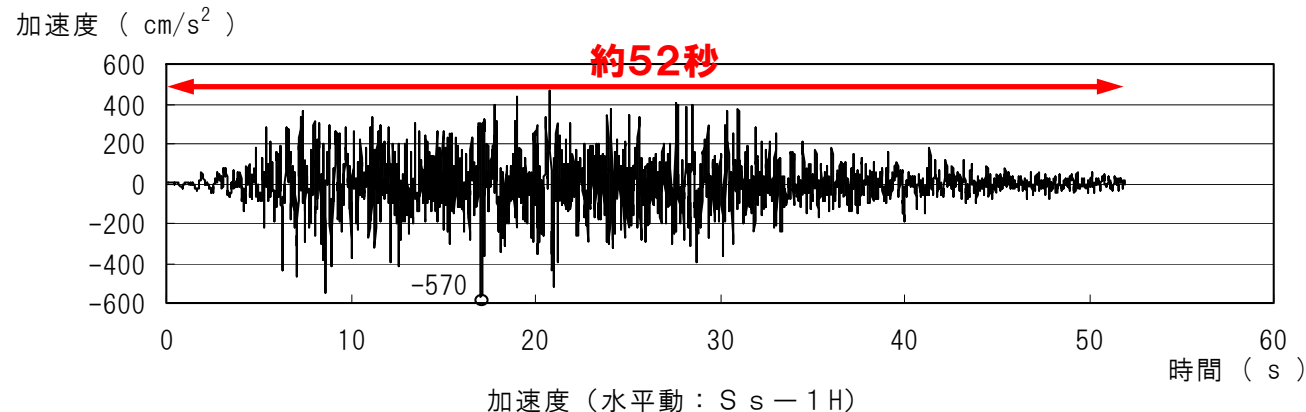


10. 重畳津波(対象津波の組合せ)

【重畳津波 対象津波の選定及び検討用時間差の抽出方針】

- 敷地への影響が大きい津波は、「敷地前面海域の断層群の地震による津波」と「地すべりによる津波」であるため、この2つの津波の重畳させた津波の影響評価を行う。
- 基準地震動の主要動継続時間が約52秒であることから、地震性の地すべりが地震発生後約52秒間の任意の時刻で発生すると想定する。

(地震動に関する審査会合において、中央構造線断層帯480km連動モデルに関する地震動評価を実施中であるが、当該モデルにおける主要動継続時間についても52秒以下であることを確認している。)



- 次頁に示す抽出方法により「海域の活断層に想定される地震に伴う津波」と「地すべりに伴う津波」の検討用時間差を抽出する。
- 抽出した検討用時間差と地すべり地点の組合せケースの中から、各着目地点ごとに最も厳しくなる組合せケースを選定し、重畳津波の一体計算を実施する。

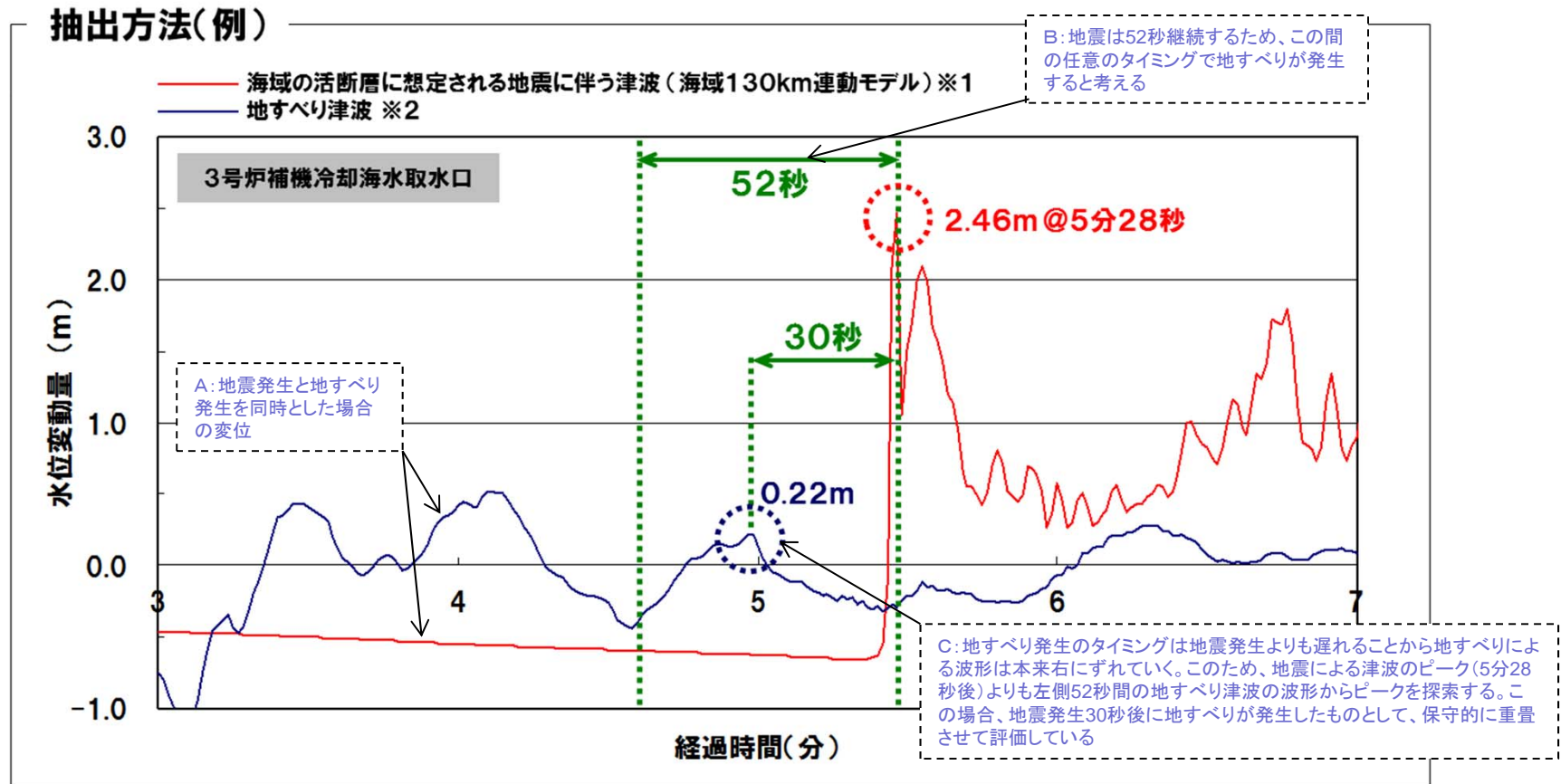
【不確かさの考慮】

- ・発電所に、より大きな影響を及ぼす津波の組み合わせを考慮
- ・厳しい重ね合わせとなるよう、主要地震動継続時間の中で両者のピークが重なるよう設定

10. 重畳津波(対象津波の組合せ)

【検討用時間差の抽出方法】

- ① 主要動継続時間を設定 (=52秒)
- ② 海域130km連動モデルにおける着目地点別の最も厳しいケースについて、それぞれ水位変動量が最大となる時刻を探索 (=5分28秒 (下図例の場合))
- ③ ②を起点として、地すべり津波すべての地点ケースに対して、52秒の範囲内で水位変動量が最大となる時間差を探索 (=30秒 (下図例の場合))

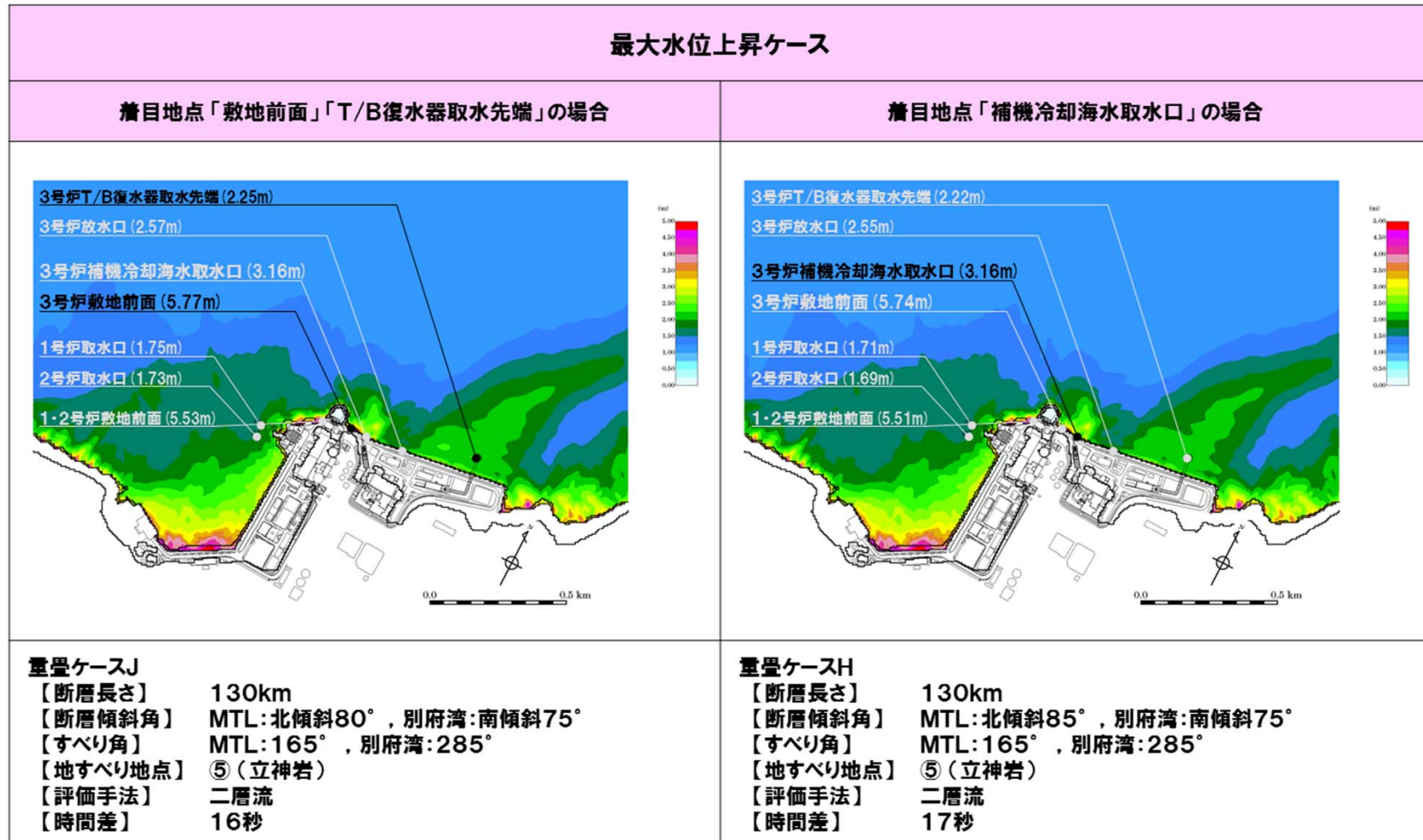


※1 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北85度, 別府湾南75度 すべり角:MTL165度, 別府湾285度 ※2 地点④(亀浦)

10. 重畳津波(対象津波の組合せ)

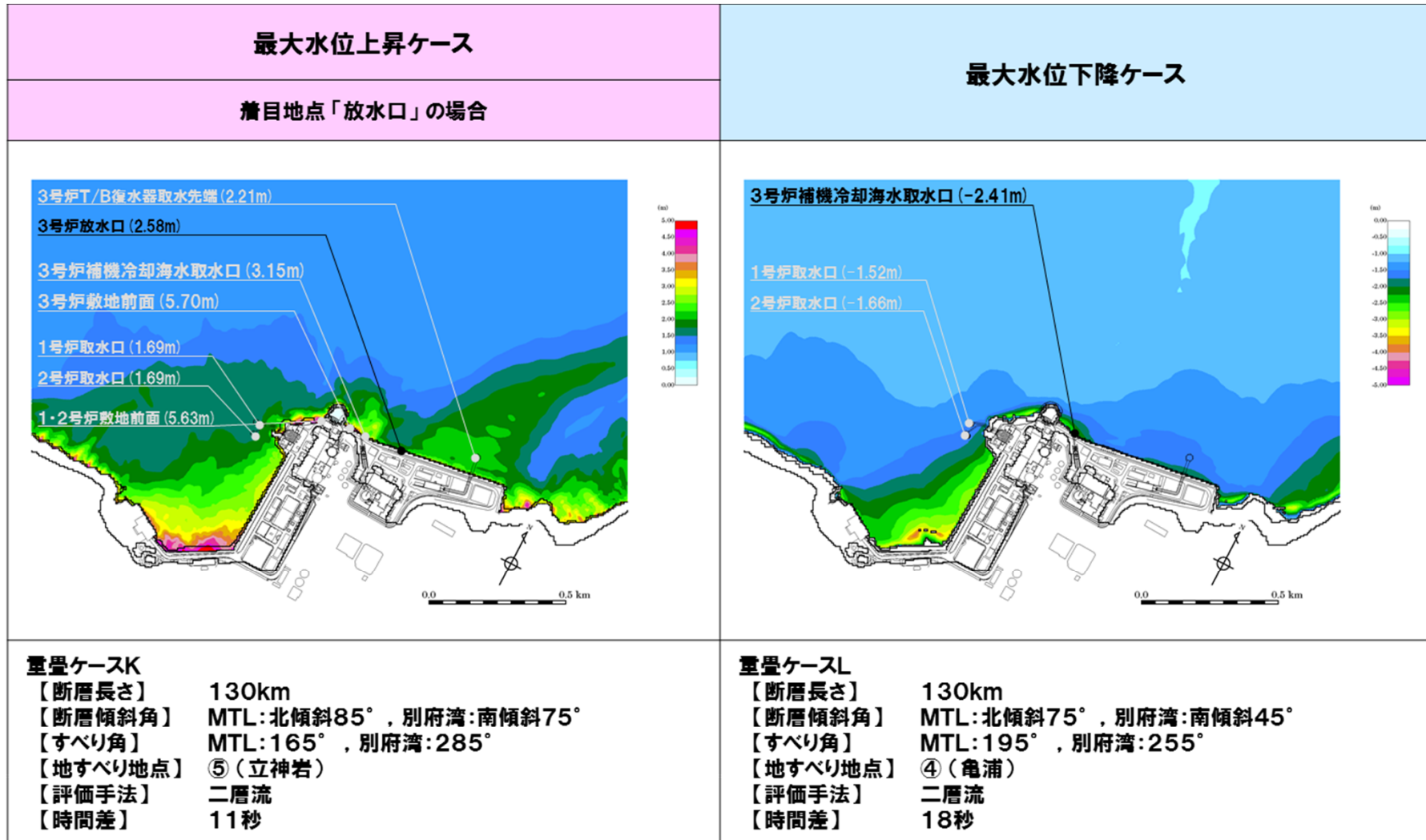
【計算結果】

○ 重畳津波の計算結果, 各着目地点における最も厳しいケースを以下に示す。



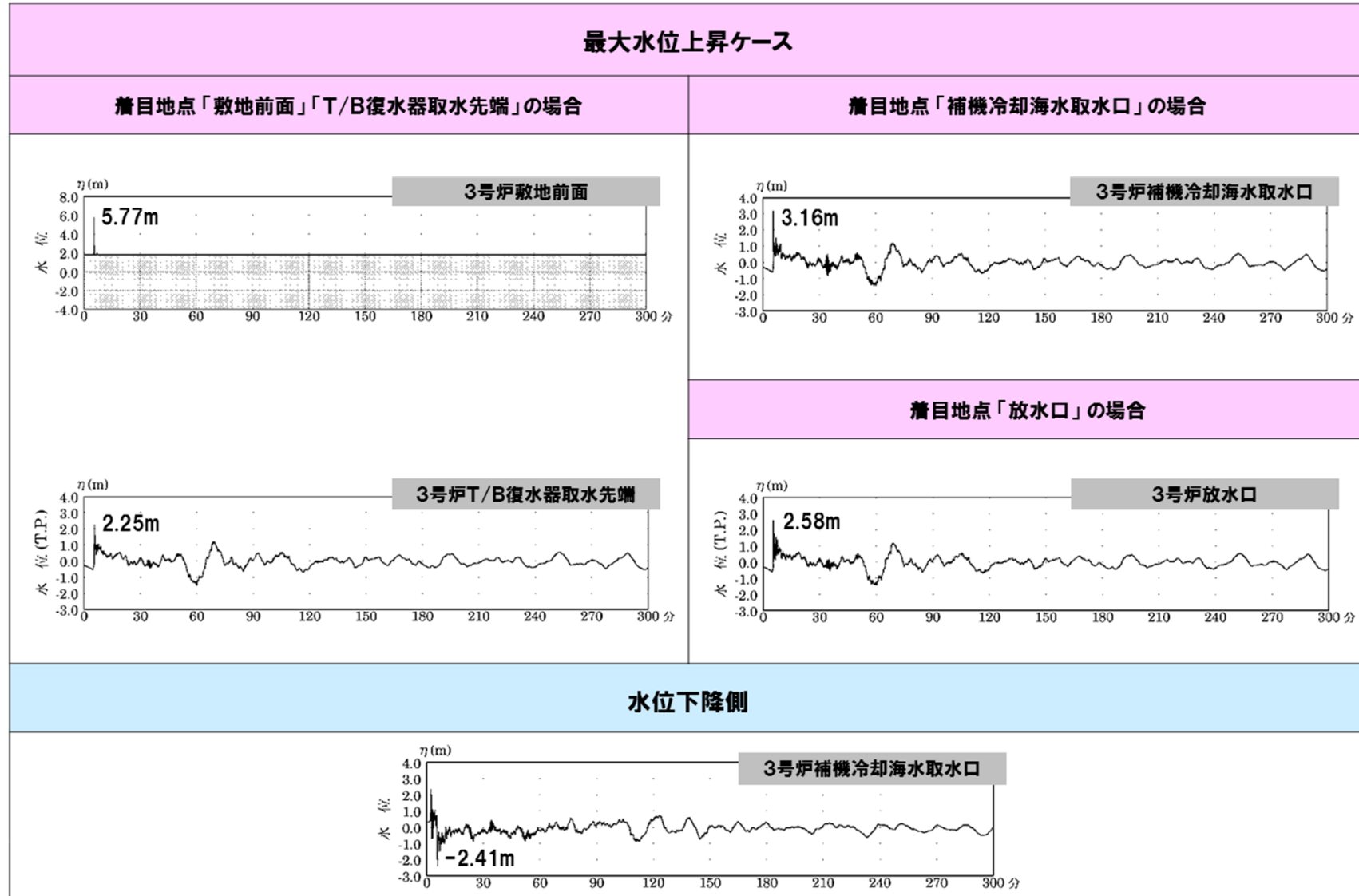
10. 重畳津波(対象津波の組合せ)

【計算結果】

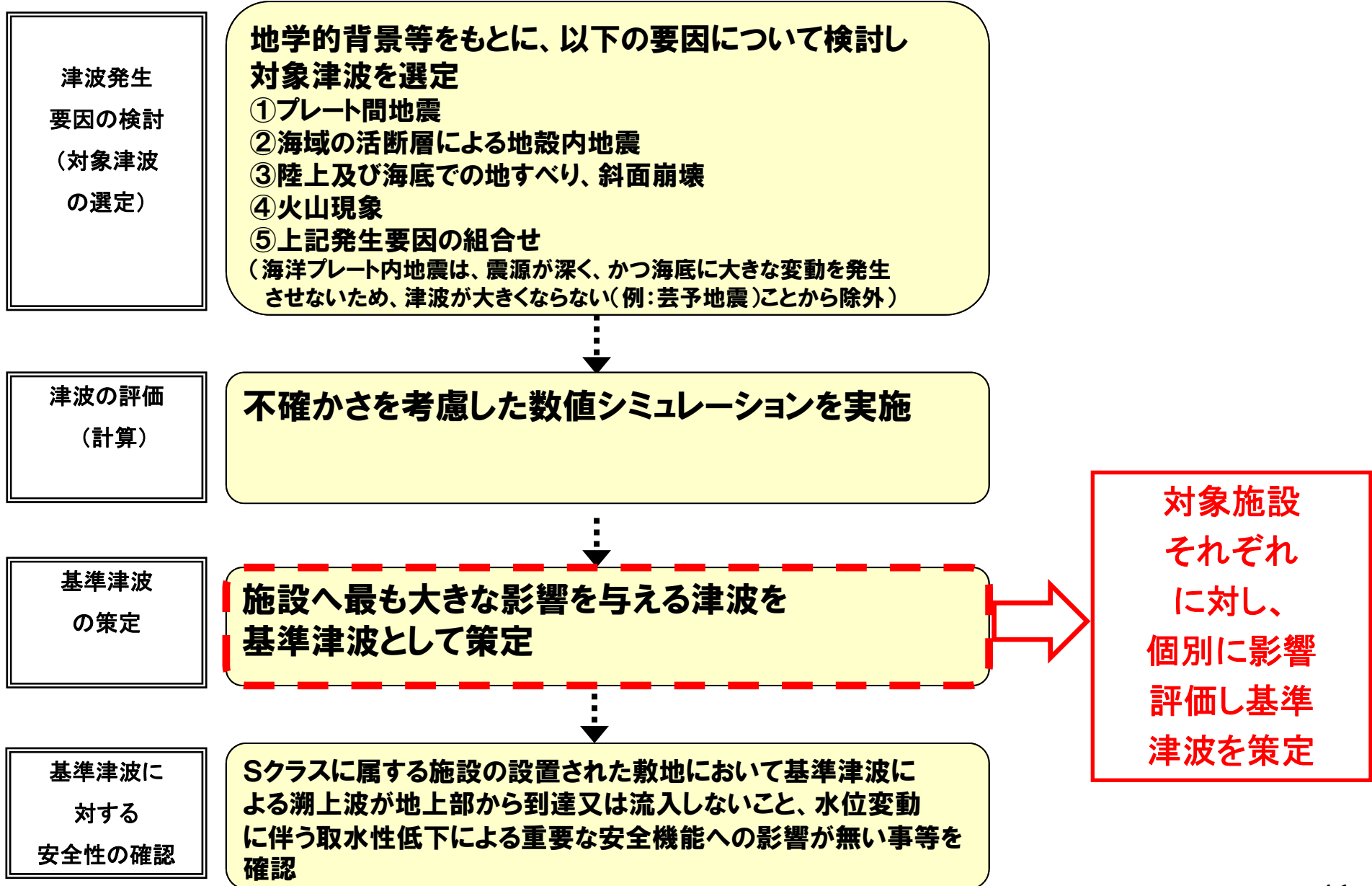


10. 重畳津波(対象津波の組合せ)

【計算結果】



11. 基準津波の策定



11. 基準津波の策定

【各津波における数値シミュレーション結果の整理】

| 検討ケース | | | 水位上昇側 | | | | 水位下降側 |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | | 3号炉敷地前面 | 3号炉補機冷却海水取水口 | 3号炉T/B復水器取水先端 | 3号炉放水口 | 3号炉補機冷却海水取水口 |
| I | プレート境界付近に想定される地震に伴う津波 | 1946年昭和南海地震津波 | T.P.+1.69m [-0.05m] | T.P.+1.69m [-0.05m] | T.P.+1.69m [-0.05m] | T.P.+1.69m [-0.05m] | T.P.-1.76m [-0.05m] |
| II | | 内閣府検討会の南海トラフの巨大津波 | T.P.+2.39m [-0.84m] | T.P.+2.37m [-0.84m] | T.P.+2.38m [-0.84m] | T.P.+2.38m [-0.84m] | T.P.-2.55m [-0.84m] |
| III | 海域の活断層に想定される地震に伴う津波 | 1596年慶長豊後地震による津波 | T.P.+2.07m [+0.05m] | T.P.+2.05m [+0.05m] | T.P.+2.06m [+0.05m] | T.P.+2.05m [+0.05m] | T.P.-2.33m [+0.05m] |
| IV | | 敷地前面海域の断層群の地震による津波 | T.P.+3.49m [-0.19m] | T.P.+3.14m [-0.19m] | T.P.+2.72m [-0.19m] | T.P.+2.90m [-0.19m] | T.P.-3.05m [+0.19m] |
| IV-1 | | 【追加検討】 海域130km連動モデル | T.P.+4.08m [-0.27m] | T.P.+3.50m [-0.27m] | T.P.+2.95m [-0.27m] | T.P.+3.22m [-0.27m] | T.P.-3.41m [+0.30m] |
| IV-4 | | 水平渦動粘性係数を0m ² /sとした津波評価 | T.P.+6.81m [-0.27m] | T.P.+4.53m [-0.29m] | T.P.+3.53m [-0.27m] | T.P.+3.87m [-0.29m] | T.P.-3.73m [+0.30m] |
| IV-2 | | 局地的な隆起・沈降を考慮した津波評価 | T.P.+2.84m [±0m] | T.P.+2.17m [±0m] | T.P.+2.37m [±0m] | T.P.+2.35m [±0m] | T.P.-3.36m [±0m] |
| IV-3 | | 断層の不均質な破壊を考慮した津波評価 | T.P.+2.59m [-0.15m] | T.P.+2.38m [-0.16m] | T.P.+2.33m [-0.15m] | T.P.+2.36m [-0.16m] | T.P.-2.16m [+0.11m] |
| V | | 火山の山体崩壊に伴う津波 (鶴見岳の山体崩壊に伴う津波) | T.P.+2.21m [±0m] | T.P.+2.20m [±0m] | T.P.+2.21m [±0m] | T.P.+2.20m [±0m] | T.P.-2.14m [±0m] |
| VI | 地すべりに伴う津波 (伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波) | T.P.+4.09m [±0m] | T.P.+3.29m [±0m] | T.P.+2.87m [±0m] | T.P.+2.91m [±0m] | T.P.-2.75m [±0m] | |
| VI-1 | 水平渦動粘性係数を0m ² /sとした津波評価 | T.P.+6.35m [±0m] | T.P.+3.99m [±0m] | T.P.+3.26m [±0m] | T.P.+3.90m [±0m] | T.P.-3.36m [±0m] | |
| VII | 重畳津波(IV・VI) | T.P.+3.51m [-0.19m] | T.P.+2.95m [-0.19m] | T.P.+2.62m [-0.19m] | T.P.+2.81m [-0.19m] | T.P.-3.13m [+0.19m] | |
| VII-1 | 重畳津波(IV-1・VI) | T.P.+4.35m [-0.27m] | T.P.+3.60m [-0.27m] | T.P.+2.90m [-0.27m] | T.P.+2.94m [-0.27m] | T.P.-3.45m [+0.30m] | |
| VII-2 | 重畳津波(IV-4・VI-1) | T.P.+7.39m [-0.27m] | T.P.+4.78m [-0.29m] | T.P.+3.87m [-0.27m] | T.P.+4.20m [-0.29m] | T.P.-4.10m [+0.30m] | |

水位上昇側は期望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮し、水位下降側は期望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値。

[]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)。

11. 基準津波の策定

- 「数値シミュレーション結果の整理」に示した波源毎の最も厳しいケース※1のうち、さらに、各着目地点における最も厳しいケース※1を選定し、下表に整理した。
- 下表に示す全5ケースについて基準津波を策定する。

| 検討ケース | | | 上昇側 | | | | | | 下降側 | | |
|-------|--------------|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| | | | 3号炉敷地前面 | 3号炉補機冷却海水取水口 | 海水ビットポンプ室※2 | 3号炉T/B復水器取水先端 | 取水ビット※2 | 3号炉放水口 | 放水ビット※2 | 3号炉補機冷却海水取水口 | 海水ビットポンプ室※2 |
| 上昇側 | 重畳津波 | ※J | T.P.+7.39m [-0.27m] | - | - | T.P.+3.87m [-0.27m] | T.P.+4.40m [-0.27m] | - | - | - | - |
| | | ※H | - | T.P.+4.78m [-0.29m] | T.P.+4.06m [-0.29m] | - | - | - | - | - | - |
| | | ※K | - | - | - | - | - | T.P.+4.20m [-0.29m] | - | - | - |
| | 海域130km連動モデル | ※ア | - | - | - | - | - | T.P.+4.08m [-0.29m] | - | - | - |
| 下降側 | 重畳津波 | ※L | - | - | - | - | - | - | T.P.-4.10m [+0.30m] | - | |
| | 海域130km連動モデル | ※イ | - | - | - | - | - | - | - | T.P.-2.93m [+0.30m] | |

水位上昇側は期望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮し、水位下降側は期望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値。

[]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)。

表中の数値は、各着目地点における余裕高が最も厳しくなるケースにおける最高・最低水位。[]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)。

※1 余裕高(評価基準値+地盤変動量-最高水位(または最低水位))が最も小さいケース

※2 海水ビットポンプ室・取水ビット・放水ビットにおける最高・最低水位については、耐津波設計に係る事由であるが先行して記載。計算条件は耐津波設計ヒアリング(2014年3月5日)を準用し、計算ケースは、前述の重畳津波に対応するケース及びこれら重畳津波を構成する各波源津波に対応するケース。

※J 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北80度, 別府湾南75度 すべり角:MTL165度, 別府湾285度 地すべり地点:⑤(立神岩), 評価手法:二層流, 時間差:16秒

※H 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北85度, 別府湾南75度 すべり角:MTL165度, 別府湾285度 地すべり地点:⑤(立神岩), 評価手法:二層流, 時間差:17秒

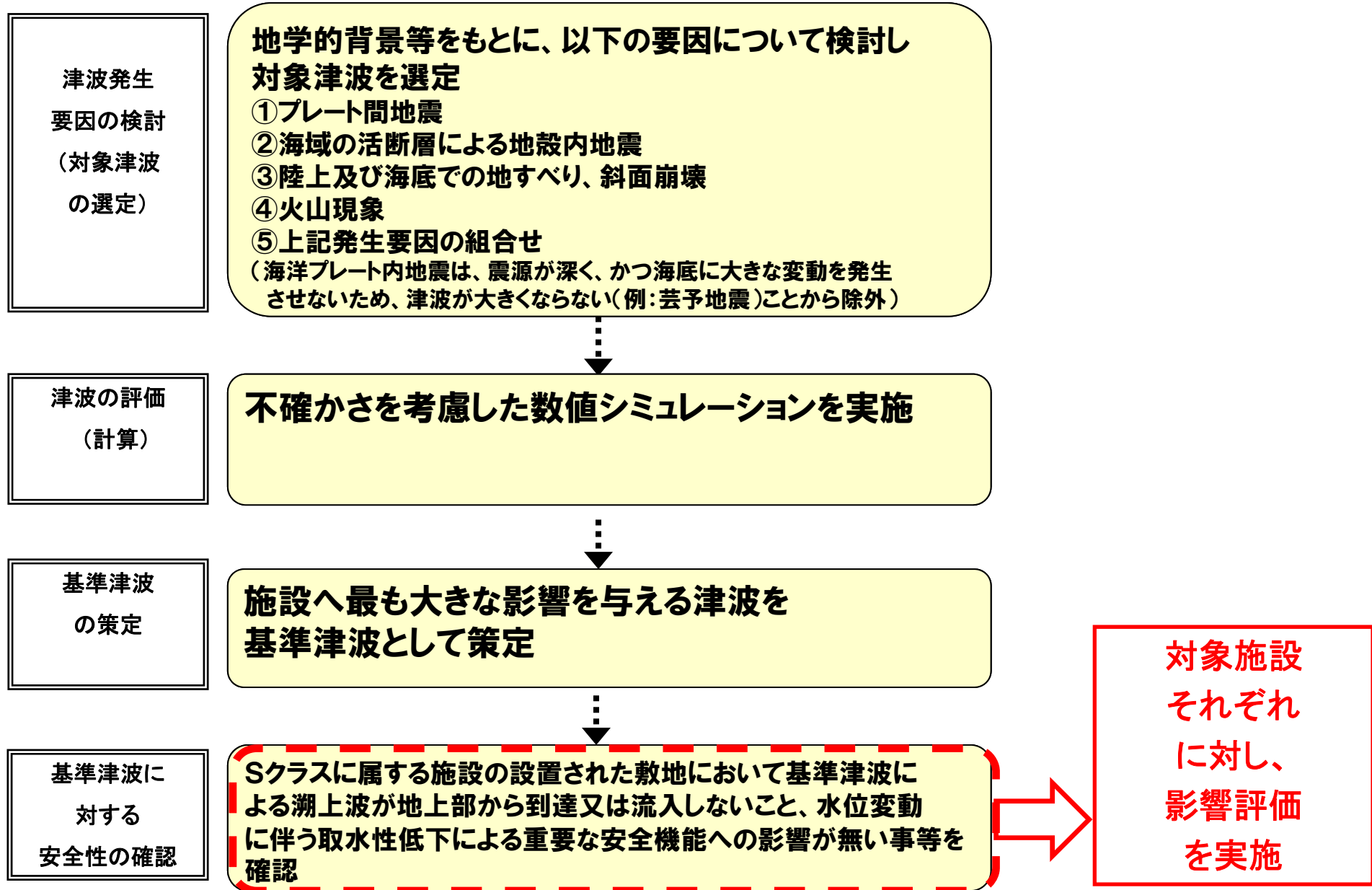
※K 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北85度, 別府湾南75度 すべり角:MTL165度, 別府湾285度 地すべり地点:⑤(立神岩), 評価手法:二層流, 時間差:11秒

※L 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北75度, 別府湾南45度 すべり角:MTL195度, 別府湾255度 地すべり地点:④(亀浦), 評価手法:二層流, 時間差:18秒

※ア 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北85度, 別府湾南75度 すべり角:MTL165度, 別府湾285度

※イ 断層長さ:130km 断層傾斜角:MTL北75度, 別府湾南45度 すべり角:MTL195度, 別府湾255度

12. 基準津波に対する安全性の確認



12. 基準津波に対する安全性の確認

【耐津波設計方針】

○敷地の特性に応じた津波防護の基本方針は以下のとおり。

(1) 津波の敷地への流入防止（外郭防護1）

重要な安全機能を有する施設は、基準津波による遡上波が地上部から到達又は流入しない敷地に設置する。また、取水路、排水路等の経路から流入させない設計とする。

(2) 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護2）

取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

(3) 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

上記2方針のほか、重要な安全機能を有する施設については、浸水防護をすることにより津波による影響等から隔離可能な設計とする。

(4) 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止

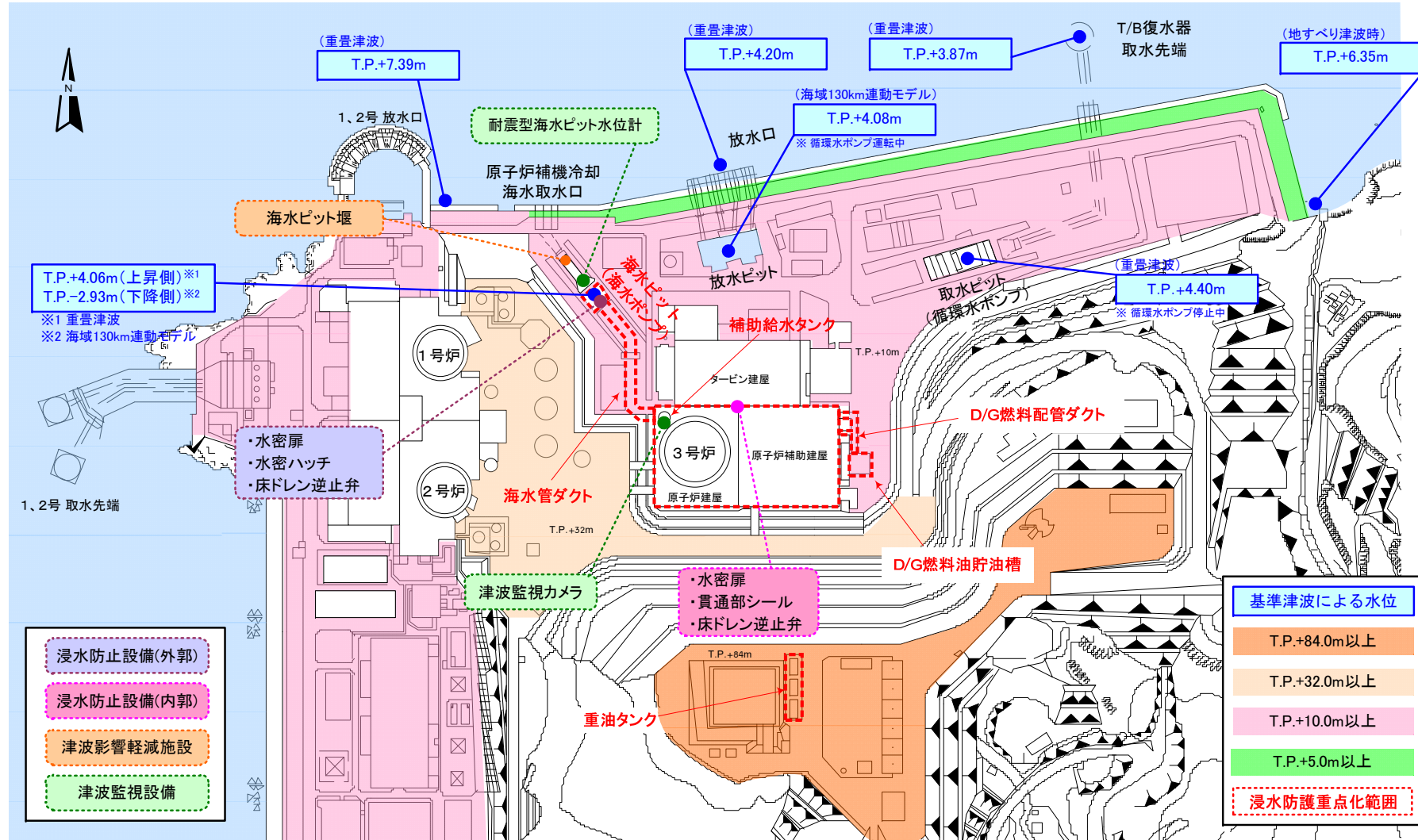
水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響を防止できる設計とする。

(5) 津波監視

津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。

13. 敷地の特性に応じた津波防護の概要

○敷地の特性に応じた津波防護の概要（外郭防護、浸水防護重点化範囲等）を示す。



水位上昇側は期望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮し、水位下降側は期望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値。
 上昇側評価時は対象物の高さに沈降量0.27mまたは0.29mを引算し、下降側評価時は対象物の高さに隆起量0.30mを加算する。

図 伊方3号炉 敷地の特性に応じた津波防護の概要

14. 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止(対象設備の裕度)

○各経路に対する流入評価結果を下表に示す。

これらの結果から、高潮ハザード(0.51m)を考慮しても津波は流入しない。

- ・高潮ハザードを考慮することは、基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドで要求されている
- ・高潮ハザード(0.51m)とは、至近50年の高潮観測データから100年に1回の発生可能性のある高潮2.13mから期望平均満潮位1.62mを引いたもの

表 各経路からの流入評価結果

| 系統 | | 流入経路 | 最高水位 ① | 許容津波高さ ② | 地盤変動量 ③ | 裕度 ②+③-① | | |
|-----------------|--------|-----------------------------------|---|-------------|------------|-------------|--|--------|
| 取水路 | 海水系 | 海水ピット | T.P.+4.06m (重畳津波) | T.P.+5.0m※1 | -0.29m | 0.65m | | |
| | | 海水管ダクト、海水管 | | T.P.+3.0m※2 | | -※2 | | |
| | | | | T.P.+5.5m | | 1.15m | | |
| | 循環水系 | 電気ケーブルダクト | T.P.+4.40m (重畳津波) [循環水ポンプ停止中] | T.P.+5.5m | -0.27m | 0.83m | | |
| | | 屋外配管ダクト | | T.P.+8.85m | | 4.18m | | |
| | | 循環水管 | | -※3 | | -※3 | | |
| 放水路 | 海水系 | 原子炉補機冷却海水放水管 | T.P.+4.08m (海域130km連動モデル) [循環水ポンプ運転中] | T.P.+7.0m | -0.29m | 2.63m | | |
| | 循環水系 | 放水ピット | | T.P.+10.2m | | 5.83m | | |
| | | 循環水管 | | -※3 | | -※3 | | |
| | その他排水管 | クリーンアップ系外フロー管 | | ≧T.P.+7.8m | | | | ≧3.43m |
| | | T/B海水排水放水管 総排処理水排水管 濃縮海水放水管 | | | | | | |
| 敷地前面 (屋外排水路) | | 雨水排水路 | T.P.+7.39m (重畳津波) | T.P.+10m※4 | -0.27m | 2.34m | | |

※1 隣接する除塵装置エリアの床面高さ。高潮ハザード(0.51m)を考慮すると裕度が小さいため、水密扉を浸水防止設備(外郭防護)とする。

※2 海水ポンプエリアの床面高さはT.P.+3.0mであるが、床ドレン用の排水口には逆止弁を設置するとともに、点検用の開口部は水密ハッチを設置していることから津波は流入、浸水しない。

※3 循環水管周囲はコンクリート巻立てとなっており津波は流入しない。

※4 屋外排水路について、海域に接続する標高は約4.2m~8.5mであるが、重要な安全機能を有する設備を内包する建屋および区画に流入する可能性がある高さは、屋外排水路の開口がある敷地高さT.P.+10m以上である。

15. 浸水防止設備[外郭防護]

- 海水ポンプエリアの床面高さT.P.+3.0mに対して、入力津波による海水ピット内水位はT.P.+4.35mとなるため浸水の恐れがある箇所には以下の対策を実施している。
 - ・床ドレン用の排水口…逆止弁を設置
 - ・点検用の開口部…水密ハッチを設置
- また、床面高さT.P.+5.0mに設置されている水密扉についても、浸水に対する信頼性向上のため、浸水防止設備[外郭防護]とする。
- 上記浸水対策のうち水密ハッチ、逆止弁については、津波による浸水に対して機能強化を図るため、取り替えを計画している。
 - ・取り替える設備については、自重による固定荷重、入力津波による荷重および基準地震動Ssによる地震荷重に対して十分な強度を有し、入力津波に対して十分な浸水防止機能を有するものとする方針である。

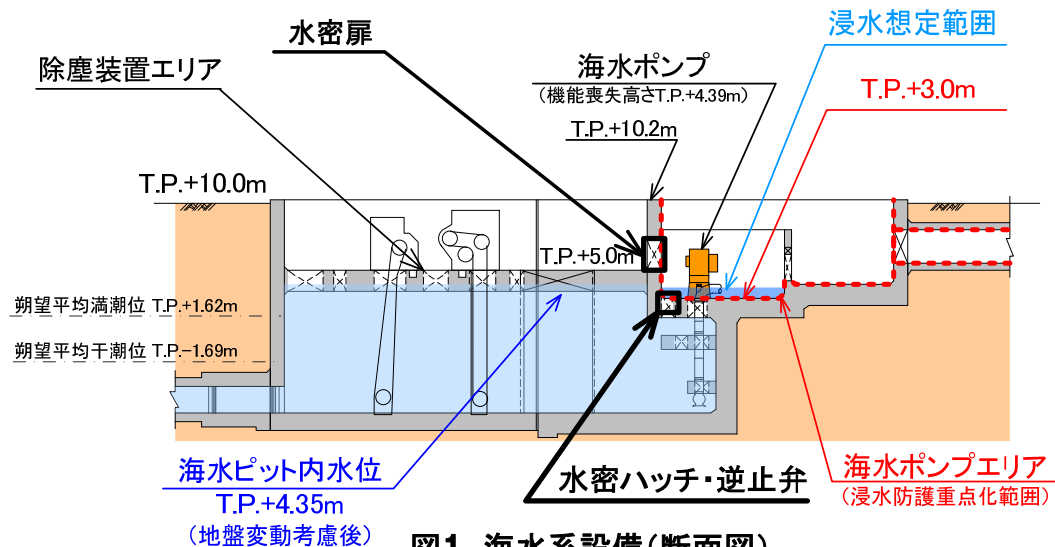


図1 海水系設備(断面図)

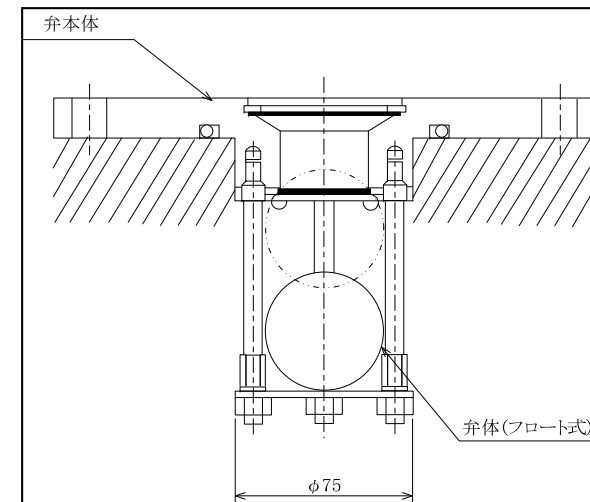


図2 海水ポンプエリア床ドレン逆止弁構造図

16. 浸水防止設備[内郭防護]

- 地震により、2次系機器(屋外タンク含む)が損傷することを想定。
- 損傷部から循環水ポンプを停止するまでの間に生じる浸水量と、2次系機器(屋外タンク含む)の保有水による浸水量、循環水配管破損箇所からの津波の浸水量を合算して浸水量を求めた結果、タービン建屋の浸水水位はT.P.約+6.3mであり、浸水防護重点化範囲へ連絡する経路の高さT.P.+3.8mを上回ることが確認された。
- しかし、浸水防護重点化範囲の境界部では、水密扉の設置、配管貫通部の浸水防止施工等を実施しており、保守的に浸水量を評価しても、重要な安全機能を有する設備等の機能に影響はない。

表 タービン建屋の浸水量

| 地震発生から循環水ポンプ停止までの浸水量 | 津波に伴う流入量 | 屋外タンクによる浸水量 | 合計 (タービン建屋の浸水水位) | 許容浸水量※1 (連絡経路の高さ) | 評価 |
|-----------------------|-------------------|------------------------|---------------------------------------|---|----|
| 約24,550m ³ | 約60m ³ | 約11,500 m ³ | 約36,110m ³ (T.P.約+6.3m) | 約44,300m ³ (T.P.+10.0m※2) | ○ |

※1 浸水防護重点化範囲へ連絡する経路までの許容浸水量は約23,590m³(高さT.P.+3.8m)。

※2 水密扉化等の浸水対策を考慮した許容浸水高さ。

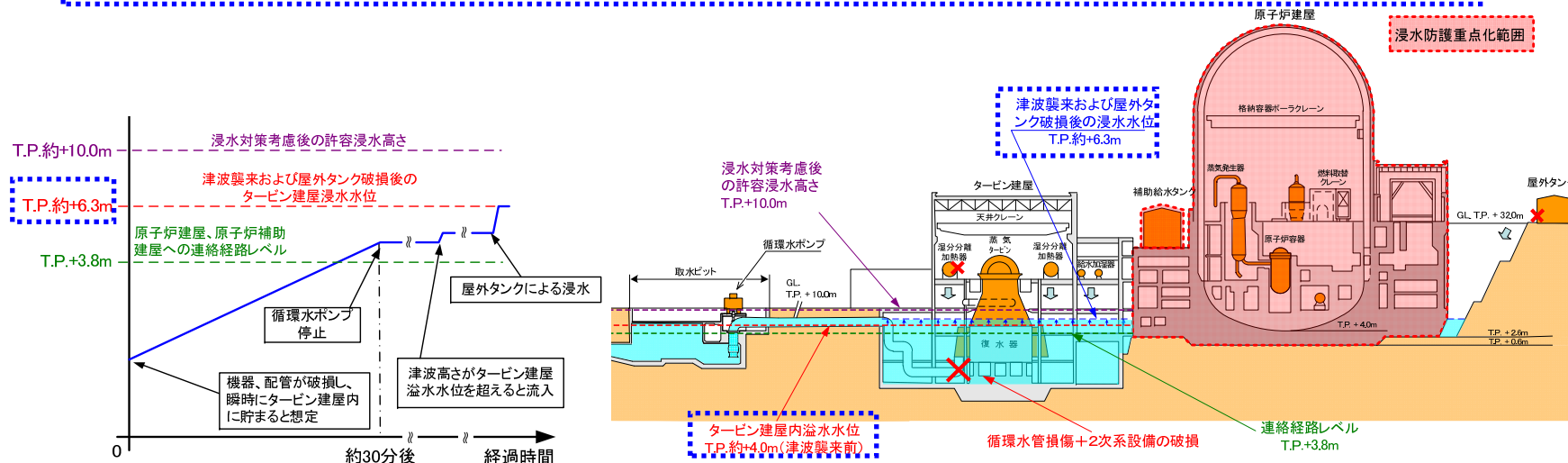


図 タービン建屋の浸水イメージ

16. 浸水防止設備[内郭防護]

- 重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋については、津波に対する安全性および更なる信頼性向上の観点から、浸水防護重点化範囲の境界にある扉を水密扉とする他、貫通部に対して隙間部に仕切板を取り付けるなどの浸水対策をT.P.+14.2mまで実施している。
- このうち、T.P.+10m(敷地高さ)より低い箇所に設置された海水ポンプエリアの水密扉、水密ハッチおよび床 dren 逆止弁、ならびに原子炉建屋・原子炉補助建屋境界の水密扉、床 dren 逆止弁、貫通部シールについては、基準津波による3号炉敷地前面の津波高さが、地盤変動を考慮するとT.P.+7.66mであることを踏まえ、浸水防止設備(外郭防護・内郭防護)として整理する。
- なお、水密扉については常時閉鎖運用としており、開放時に現場で警報を発信し、閉止忘れを防止しているが、今後、T.P.+10m(敷地高さ)より低い箇所に設置された水密扉については、閉止されていることを中央制御室で確認できる監視装置を設置する。

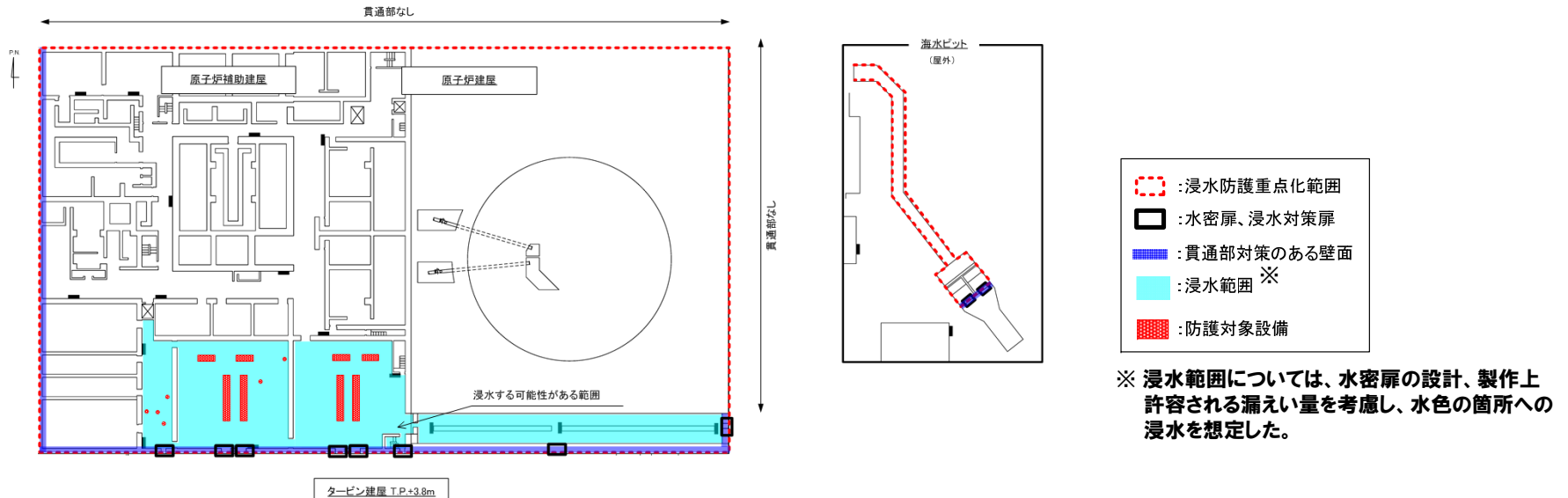


図1 浸水対策箇所の位置等 (T.P.+3.3m、海水ピット)



図2 浸水対策箇所例(水密扉)

図3 浸水対策箇所例(建屋壁貫通部シール)

17. 津波影響軽減施設[海水ピット堰]

- 海水ピット堰の有無にかかわらず、海水ピット内の水位は海水ポンプの取水機能保持のための最低水位（T.P.-4.10m）を上回ることから、海水ポンプの取水機能を保持することができる。
- 海水ピットポンプ室の水位低下に対して、海水ピット内に開閉式ゲート（以下、「フラップゲート」という。）を有する海水ピット堰を「津波影響軽減施設」として設置している。

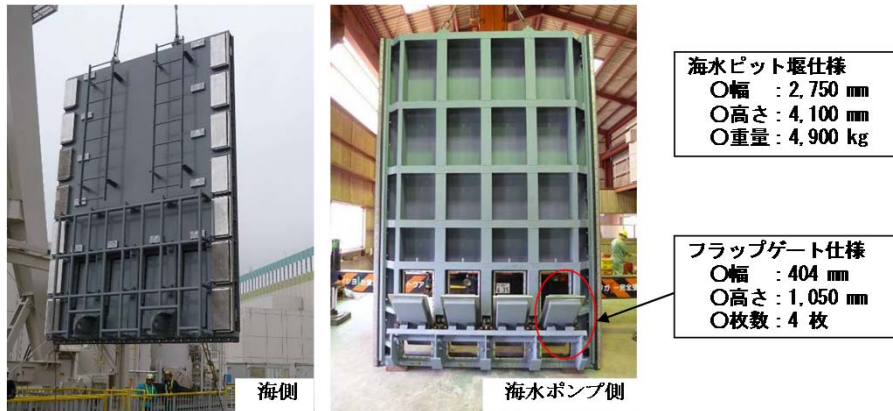


図1 海水ピット堰外観および仕様

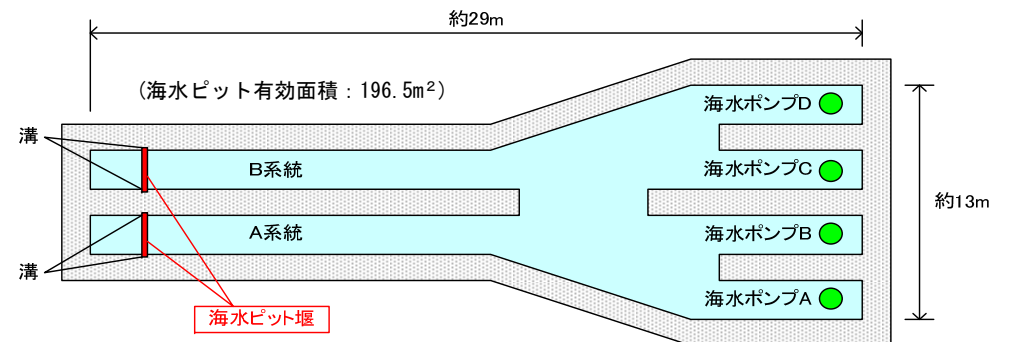


図2 海水ピット平面図および海水ピット堰設置場所

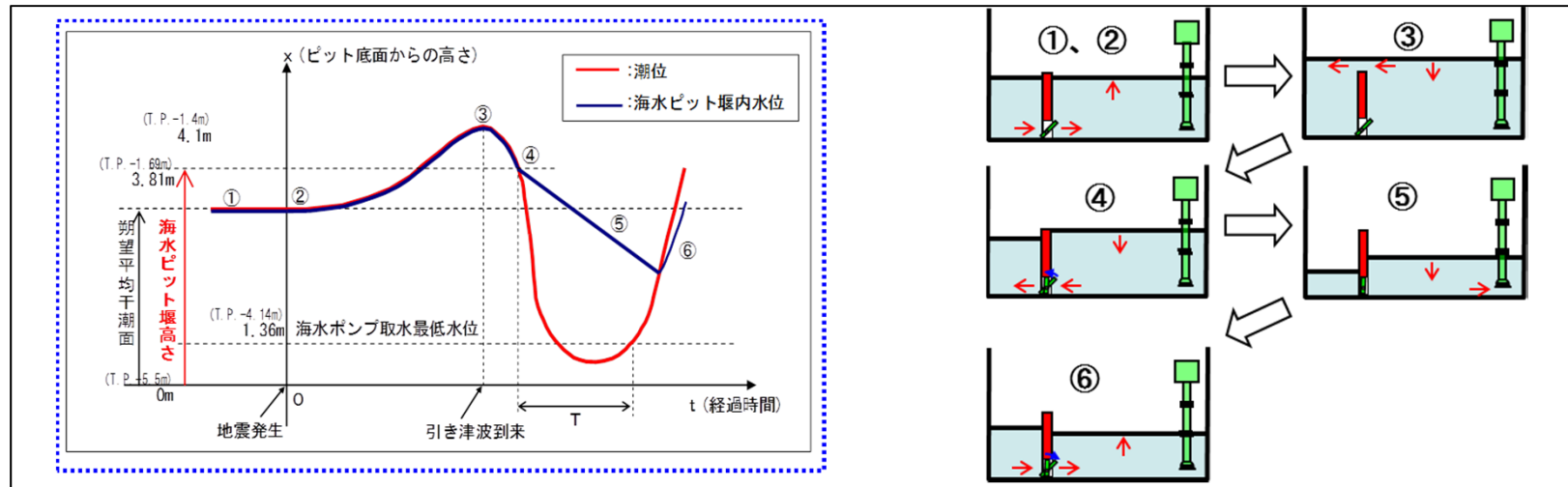


図3 海水ピット堰内の水位変動イメージ図

17. 津波影響軽減施設[海水ピット堰]

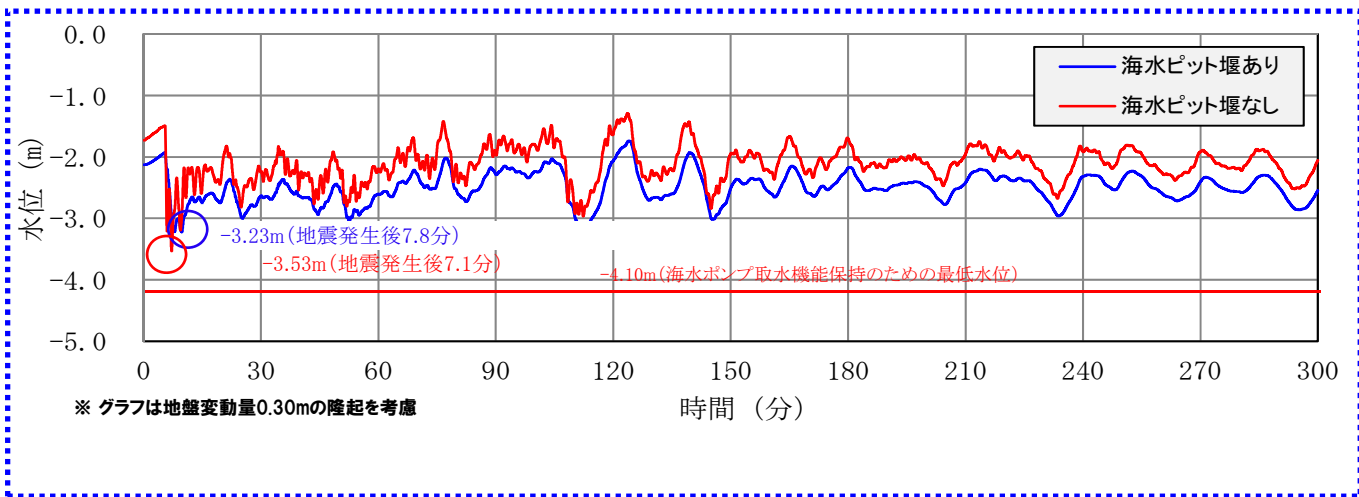


図1 海水ピット内水位の時系列変化(水位下降側)

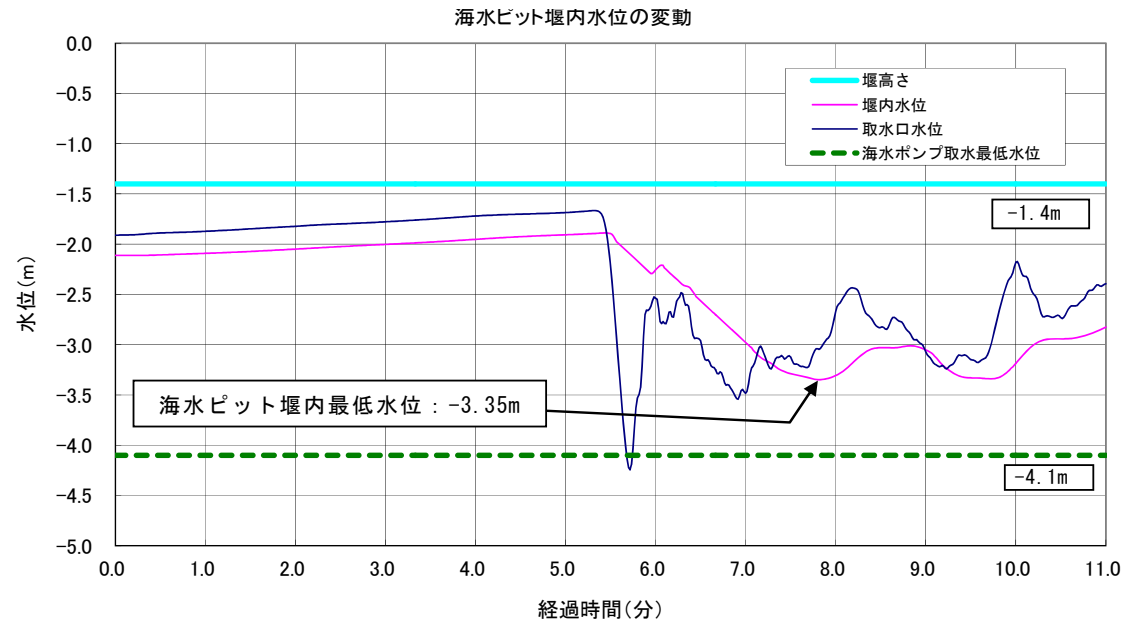


図2 海水ピット堰内水位の変動(例)
ブラックアウトシーケンス起動後、津波到来
(海水ポンプ4台運転)

18. 津波監視

- 津波襲来を察知する津波監視設備として、原子炉建屋屋上(T.P.+46.8m)に設置した耐震Sクラスの海面監視カメラの映像により、昼夜にわたり中央制御室にて監視できるようにしている。また、公的機関から情報を入手できるよう、FAX、テレビ等を中央制御室に設置している。
- 海水ピットには耐震Sクラスの水位計を津波の影響を受けにくい海水ピット内T.P.+5.0mに設置しており、中央制御室にて監視できるようにしている。また、水位上昇側に対する裕度が少ないことから水位計取付架台のかさ上げを実施して測定範囲を拡大するとともに、信頼性向上のため水位計を1個追設する予定である。

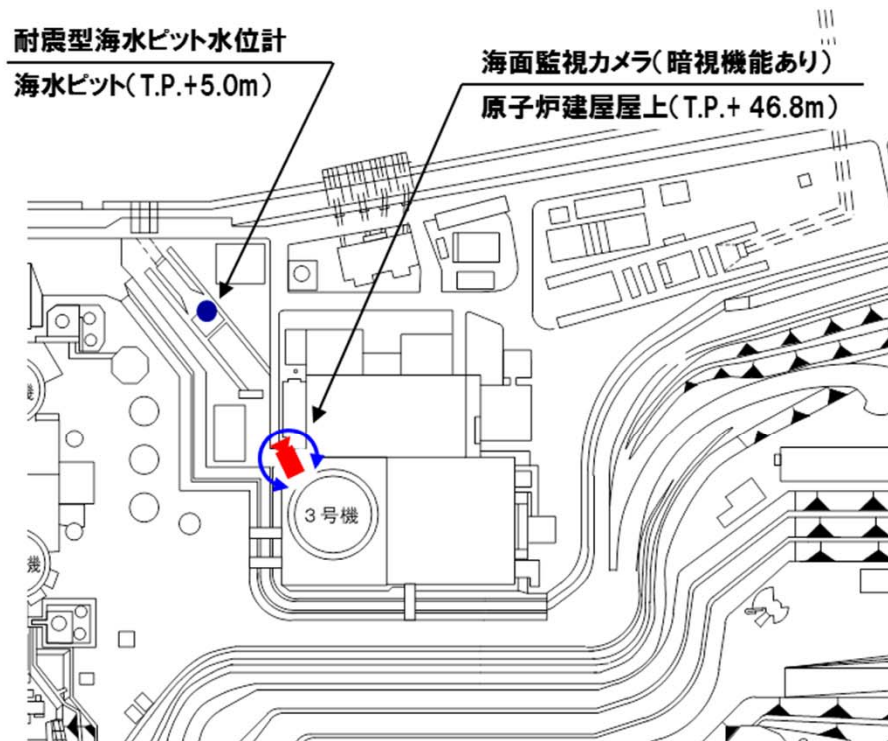


図1 伊方3号炉 津波監視設備の屋外配置場所



図2 中央制御室映像サンプル(赤外線)

表 津波監視設備仕様

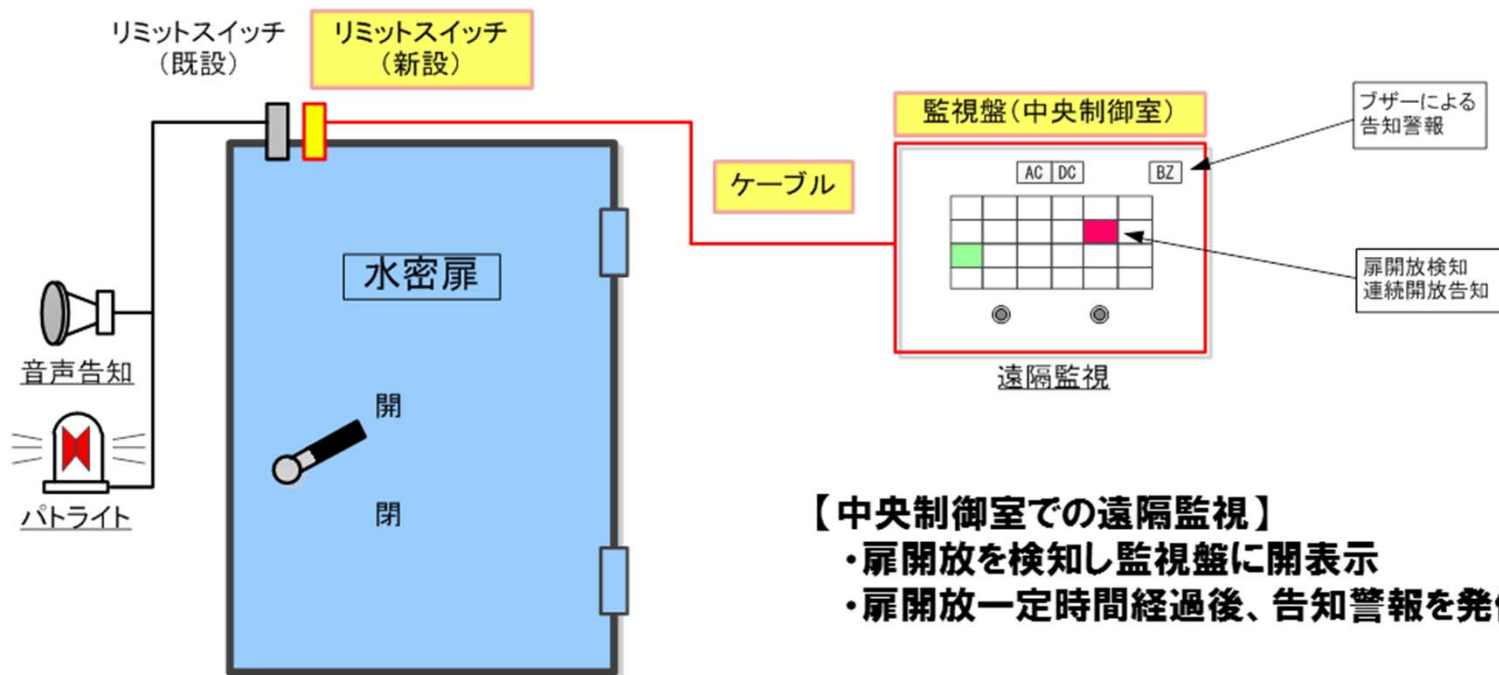
| 監視設備 | 仕様 |
|--|--|
| 海面監視カメラ  | <ul style="list-style-type: none"> ・ズーム機能 /可視光カメラ/なし /赤外線カメラ/4倍(デジタル) ・遠隔可動/上下左右可能 ・暗視機能/あり |
| 耐震型海水ピット水位計  | <ul style="list-style-type: none"> ・検出器の種類/電波式 ・計測範囲/T.P.-5.5m~+3.5m |

19. 水密扉の運用管理

- 全ての水密扉については、浸水時の防護機能を確実なものとするため、以下の運用管理を実施している。
 - ・水密扉開放時は現場で警報を発信し、閉止忘れを防止している。
 - ・作業等により長時間(30分以上)開放する場合は、防災課長の作業許可を受ける。

【作業許可条件】

- ・監視人を配置し、緊急時は閉鎖可能な体制がとられていること
 - ・津波警報(注意報)発令時には、当直長からのページング放送等により、直ちに水密扉を閉鎖すること
- T.P.+10m(敷地高さ)より下の階に設置された水密扉に対して、水密扉が閉止されていることを中央制御室で確認できる監視装置を設置し、浸水時の防護機能をより確実なものとする。



【中央制御室での遠隔監視】

- ・扉開放を検知し監視盤に開表示
- ・扉開放一定時間経過後、告知警報を発信

図 水密扉監視装置の概要図

【参考：1】用語集

朔望平均満潮位：朔（新月）および望（満月）の日から5日以内に現れる、各月の最高満潮面の平均値

水平渦動粘性係数：海水の水平方向の動粘性についての係数。海水の運動には、大小さまざまな渦が含まれる。しかし、これらの全てを同時に扱うことは不可能であり、対象とする現象よりも小さいスケールの現象からの運動量輸送への寄与を、分子粘性と同様の表現形式で扱うことが多く、これを渦動粘性または渦粘性という。この場合の粘性係数（渦動粘性係数）は、分子粘性係数に比べて桁違いに大きい。

断層傾斜角：波源となる断層が傾斜している角度

断層のすべり角：波源となる断層が活動する場合の方向を示す角度

サンドウェーブ：潮流によって海底にできるもので、砂が波状になったもの

成層構造：地層が乱されることなく水平に堆積している状態

ブラックアウトシーケンス：外部電源喪失時に、非常用ディーゼル発電機、安全系補機等を順次起動させるシーケンス