

島根原子力発電所 2号炉 審査資料	
資料番号	EP(E)－090改01
提出年月	令和3年5月19日

島根原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書

(2号原子炉施設の変更)

添付書類六のうち津波(修正案)

令和3年5月19日

中国電力株式会社

6. 津波

6.1 基本方針

施設の安全設計に用いる基準津波は、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、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から策定する。

また、基準津波の策定に当たっては、地震のほか、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数値解析を実施する。

基準津波の策定における検討フローを第6.1-1図に示す。

なお、津波評価に当たっては、津波水位及び標高に係る表記をT.P.（東京湾平均海面）とする。敷地における標高E.L.はT.P.±0mを基準としているため、T.P.=E.L.となる。

6.2 文献調査

文献調査^{(1)～(22)}の結果より、日本海側で発生した既往津波のうち、敷地の位置する山陰沿岸に影響を及ぼしたと考えられる主な津波を抽出した。

これらの津波の概要を第6.2-1表に、日本海における既往地震の震央位置及び地震規模を第6.2-1図に示す。

1872年に島根県西部で浜田地震による津波が発生したが、山陰沖、対馬海峡及び九州の西方海域ではほとんど津波は発生していない。

なお、1600年以前に山陰沖で発生したと考えられる主な津波として、1026年の万寿津波が挙げられるが、飯田（1979）及び渡辺（1998）を踏まえると、少なくとも島根半島には津波による影響はなかったものと考えられる。

また、島根県及び鳥取県の沿岸部の市町村史等を対象として津波及び津波被害の記述・伝承を確認した結果、文献調査により確認した津波以外については、いずれも規模に関する具体的記述がないものであった。

既往津波について調査した結果、島根半島に影響を与えたと考えられる津波として、1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖地震津波があるが、発電所においてこれらを観測した記録はなく、敷地への影響はなかった。

北海道から島根県に至る日本海沿岸の既往津波高の記録を第6.2-2図に示す。

1983年日本海中部地震津波では、津波の最大高さ（検潮記録）は、能代港^{のしろ}で194cm、次いで両津^{りょうつ}の127cmとなっている。一方、敷地周辺の記録としては、気象庁境^{のしろ}検潮所で津波の最大高さは42cmであり、また、発電所近傍の痕跡高として、恵曇^{のしろ}で0.90m、加賀^{かか}で1.15mが記録されている。

1993年北海道南西沖地震津波では、既往津波高の最大は、北海道奥尻島^{おくしり}の藻内地区^{もない}で約29mとなっている。一方、敷地周辺の記録としては、気象庁境^{のしろ}検潮所で津波の最大高さは37cmであり、また、発電所近傍の痕跡高として、恵曇^{のしろ}で1.40m、手結^{たゆ}で1.20m、片匂^{かたく}で1.70m、御津^{みつ}で1.93m、加賀^{かか}で1.52mが記録されている。

なお，島根半島に影響を与えたと考えられる地震以外の要因による津波について，敷地周辺における記録はない。

6.3 津波評価手法及び評価条件

6.3.1 数値シミュレーションの手法と条件

津波評価における計算条件を第6.3-1表に、計算領域と水深を第6.3-1図に、計算領域と格子分割を第6.3-2図に示す。取放水施設計算条件を第6.3-2表に、取水施設を第6.3-3図に示す。

津波に伴う水位変動の評価は、非線形長波理論に基づく後藤・小川(1982)⁽²³⁾の方法を採用した平面二次元モデルによる数値シミュレーションプログラムを用いて実施した。

計算領域は、対馬海峡付近から間宮^{まみや}海峡付近に至る東西方向約1,300km、南北方向約2,100kmとし、水深と津波の周期から推定される津波の波長及び日本海東縁部に想定される地震による津波の伝搬経路上に位置する大和堆の影響を考慮したうえで、計算格子間隔を設定⁽²⁴⁾した。

また、海底地形は日本水路協会等による海底地形図^{(25)～(34)}を用いてモデル化し、特に敷地近傍については、深淺測量等による地形図を用いて詳細にモデル化した。

基準津波の策定においては、津波防護対象施設等への津波の影響を確認するため、津波の水位上昇側の評価地点は施設護岸とする。また、施設護岸を越えた津波は防波壁に到達することから防波壁も対象とする。

引き津波に対する影響を確認するため、津波の水位下降側の評価地点は2号炉取水口とする。

基準津波の策定においてはこれらの評価地点を基本とするが、ドライサイト及び海水ポンプの取水性を確認する観点から、水位上昇側については1号、2号及び3号炉の取・放水槽、水位下降側については2号炉取水槽も評価地点として設定し、基準津波を策定する。

また、潮位条件T.P.±0mによる津波解析結果に朔望平均満潮位又は干潮位を考慮し、さらに評価地点における地盤変動量を考慮した水位を評価水位とした。

基準津波の策定における津波水位の評価地点を第6.3-4図に示す。

輪谷湾に設置している防波堤については、地震による損傷が否定できないことから、防波堤無し条件において防波堤有り条件と同様の手順でパラメータスタディを行う。なお、防波堤有り条件では防波堤ケーソン及び捨石マウンドをモデル化し、防波堤無し条件では防波堤ケーソン及び捨石マウンドを全て取り除いた状態でモデル化を行う。

防波堤の位置及び構造を第6.3-5図に示す。

6.3.2 再現性確認のための対象津波

1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖地震津波が、島根半島に影響を与えたと考えられることから、これらの津波を再現性確認のための検証解析及び敷地における予測解析の対象となる既往津波として選定した。

6.3.3 既往津波の再現性

数値シミュレーションによる津波の再現性確認に際しては、北海道から島根県に至る日本海沿岸における既往津波高と数値シミュレーションによる津波高を比較した。

再現性確認の指標としては、相田(1977)⁽³⁵⁾による既往津波高と数値シミュレーションによる津波高との比である幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ を用いた。

以下に、幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ の算定式を示す。

$$\log K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)$$

$$\log \kappa = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right\}^{1/2}$$

$$K_i = \frac{R_i}{H_i}$$

ここで、 R_i は i 番目の地点の観測値（既往津波高）を、 H_i は数値シミュ

レーションによる津波高を表す。

なお、幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ については、土木学会（2016）（以下「土木学会」という。）において「 $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$ 」が再現性の指標（目安）とされている。

数値シミュレーションによる津波の再現性については、以下のとおり検討した。

1983年日本海中部地震津波については、相田（1984）⁽³⁶⁾ による波源モデルを設定し、1993年北海道南西沖地震津波については、高橋ほか（1995）⁽³⁷⁾ による波源モデルを設定し、津波の再現計算を行った。これらの波源モデルの断層パラメータ及びその設定位置を第6.3-6図に示す。

計算結果の再現性は、数値シミュレーションによる津波高を東北大学・原子力規制庁（2014）による既往津波高と比較することで確認した。

北海道から島根県に至る日本海沿岸の既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較を第6.3-7図に示す。

結果は第6.3-3表に示すとおり、1983年日本海中部地震津波については日本海沿岸で $K = 1.04$, $\kappa = 1.39$ 及び島根半島で $K = 0.96$, $\kappa = 1.30$, 1993年北海道南西沖地震津波については日本海沿岸で $K = 1.02$, $\kappa = 1.41$ 及び島根半島で $K = 1.05$, $\kappa = 1.39$ となり、いずれも土木学会による再現性の指標（目安）を満足している。

6.3.4 既往津波の予測結果

1983年日本海中部地震津波の数値シミュレーション結果から求めた敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.3-4表に示す。

これによると、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P. +2.7mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P. -1.4mである。

1993年北海道南西沖地震津波の数値シミュレーション結果から求めた敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.3-5表に示す。

これによると、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P. +1.8mで

ある。また， 2号炉取水口における最低水位はT.P. -1.2mである。

6.4 基準津波の検討

6.4.1 地震による津波の想定

地震による津波の想定に当たっては、海域活断層から想定される地震による津波として、敷地周辺の海域活断層から想定される地震による津波を検討する。

さらに、文献調査の結果、敷地から遠く離れているが、島根半島に影響を与えたと考えられること及び大和堆の影響により島根半島に向かう傾向があることから、日本海東縁部に想定される地震による津波についても検討の対象とする。

なお、プレート間地震による津波及び海洋プレート内地震による津波については、それらの地震発生域と敷地の間に本州等が位置していることから、敷地周辺の海域活断層から想定される地震による津波より、敷地に与える影響は小さいと評価した。

数値シミュレーションに当たっては、土木学会を参考に、津波の波源モデルに係る不確定性を考慮したパラメータスタディを実施する。

また、行政機関が想定する波源モデルを対象とした検討を行い、比較・分析を実施する。

6.4.1.1 海域活断層から想定される地震による津波の検討

6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討

(1) 簡易予測式による津波高さの検討

海域活断層から想定される地震による津波については、敷地周辺の海域において、後期更新世以降の活動を考慮する断層及び撓曲を対象として、阿部（1989）⁽³⁸⁾の予測式により、敷地における津波の予測高を検討した。

主な海域の活断層を第6.4-1図に、阿部（1989）の予測式による津波の予測高の算定フローを第6.4-2図に、津波の予測高を第6.4-1表に示す。

第6.4-1表に示すとおり、津波の予測高が**最高**となる断層は**F-III断層+F-IV断層+F-V断層**であり、予測高は3.6mである。

(2) 数値シミュレーションによる津波の検討

阿部（1989）の予測式により予測高が**最高**となったF-III断層+F-IV断層+F-V断層を対象として、傾斜角、すべり角（主応力軸のばらつきを考慮して傾斜角と走向に基づき設定）及び断層上縁深さを不確かさとして考慮した数値シミュレーションによるパラメータスタディを実施した。

(3) 概略パラメータスタディ

傾斜角及びすべり角を不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる概略パラメータスタディを実施した。概略パラメータスタディにおけるパラメータを第6.4-2表に示す。

(4) 詳細パラメータスタディ

概略パラメータスタディによる評価水位が最高及び最低となる波源モデルについて、傾斜角、すべり角及び断層上縁深さを不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる詳細パラメータスタディを実施した。詳細パラメータスタディにおけるパラメータを第6.4-3表に示す。

これらの結果、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.+3.6mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P.-3.9mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-4表に示す。

6.4.1.2 日本海東縁部に想定される地震による津波の検討

6.4.1.2.1 土木学会に基づく検討

土木学会及び地震調査研究推進本部（2003）⁽³⁹⁾を参考に、日本海東縁部に想定される地震規模に応じた波源の基準波源モデルを設定し、数値シミュレーションによるパラメータスタディを実施した。

(1) 基準波源モデルの設定

第6.4-3図に示すように、日本海東縁部に想定される地震による津波の波源として、北海道北西沖から新潟県北部沖までの海域にモーメントマグニチュードMw7.85の基準波源モデルを設定した。

(2) 概略パラメータスタディ

基準波源モデルについて、第6.4-3図に示すように傾斜角を 60° 、すべり角を 90° 、断層上縁深さを0 kmとし、位置及び傾斜方向を不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる概略パラメータスタディを実施した。

(3) 詳細パラメータスタディ

概略パラメータスタディによる評価水位が最高及び最低となる波源モデルについて、位置、傾斜角、断層上縁深さ及び走向を不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる詳細パラメータスタディを実施した。詳細パラメータスタディの波源モデルを第6.4-4図に示す。

これらの結果、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.+7.2mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P.-4.2mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-5表に示す。

(4) 断層上縁深さ1 kmの影響検討

詳細パラメータスタディで評価水位が最高及び最低となる波源モデルに基づき、国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)⁽⁴⁰⁾に示される知見を踏まえ、断層上縁深さを1 kmとした数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.+7.2mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P.-4.2mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-6表に示す。

6.4.1.2.2 地震発生領域の連動を考慮した検討

地震調査研究推進本部(2003)が示す地震発生領域の連動の可能性は低

いと考えるが、2011年東北地方太平洋沖地震では、広い領域で地震が連動して発生したことを踏まえ、科学的想像力を発揮し、不確かさとして地震発生領域の連動を考慮した数値シミュレーションを実施した。

(1) 波源領域位置の影響検討

地震調査研究推進本部（2003）を参考に設定した波源領域を14区分に細区分し、波源領域位置の違いによる津波の敷地への影響を確認した。

第6.4-5図に示すように、津波の敷地への影響が大きい波源領域が青森県西方沖及び佐渡島北方沖であることを確認した。

(2) 基準波源モデルの設定

第6.4-6図に示すように、津波の敷地への影響が大きい波源領域である青森県西方沖及び佐渡島北方沖が連動する延長350kmの基準波源モデルを設定した。すべり量については、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）を踏まえ、平均すべり量は6m、最大すべり量は平均すべり量の2倍の12mとした。また、根本ほか（2009）⁽⁴¹⁾に基づき、大すべり域と背景領域の面積比を1：3とした。

なお、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づき設定した最大すべり量は、地震調査研究推進本部（2016）⁽⁴²⁾及び土木学会に基づき算出されるすべり量を上回ることを確認した。

(3) 概略パラメータスタディ

波源モデル位置を概略的に検討するため、基準波源モデルについて、第6.4-7図に示すように、位置、傾斜角及び大すべり域位置を不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる概略パラメータスタディを実施した。

(4) 詳細パラメータスタディ①

概略パラメータスタディにおいて評価水位が最高及び最低となる波源モデルに基づき、各々の影響因子による影響を確認するため、第6.4-8図に示すように、断層上縁深さ、走向、大すべり域位置及び波源モデル位置を不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる詳

細パラメータスタディ①を実施した。

(5) 詳細パラメータスタディ②

詳細パラメータスタディ①において評価水位に対する影響が大きい影響因子を抽出し、第6.4-8図に示すように、各々の影響因子を不確かさとして考慮した数値シミュレーションによる詳細パラメータスタディ②を実施した。

(6) 詳細パラメータスタディ③

詳細パラメータスタディ②において評価水位が最高及び最低となる波源モデルに基づき、第6.4-8図に示すように、影響の大きい因子である大すべり域位置を南北に10~30km（10kmピッチ）変化させた数値シミュレーションによる詳細パラメータスタディ③を実施した。

これらの結果、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.+8.7mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P.-4.5mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-7表に示す。

6.4.1.3 行政機関による津波評価

「6.4.1.1 海域活断層から想定される地震による津波の検討」及び「6.4.1.2 日本海東縁部に想定される地震による津波の検討」の結果について、安全側の評価を実施する観点から必要な科学的・技術的知見が反映されていることを確認するため、行政機関による津波評価との比較・分析を実施する。

6.4.1.3.1 海域活断層から想定される地震による津波の検討

(1) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討

a. 検討対象波源モデルの選定

国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に示される波源モデルのうち、敷地周辺の海域における波源モデルの中で、島根県に与える影響が大きいとされているF55断層、F56断層及びF57断層を検討対象

波源モデルとする。

国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に示される波源モデルを第6.4-9図に示す。

b. 数値シミュレーションによる津波の検討

検討対象波源モデルに基づき、大すべり域を不確かさとして考慮した数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、評価水位が最高及び最低となるのはF 5 6 断層から想定される地震による津波であり、施設護岸又は防波壁における最高水位はT. P. +1.9m、2号炉取水口における最低水位はT. P. -1.0mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-8表に示す。

これらの結果を踏まえ、F 5 5 断層、F 5 6 断層及びF 5 7 断層から想定される地震による津波については、「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」で評価水位が最高及び最低となった津波による敷地への影響を下回ると評価した。

(2) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）の横ずれ断層に対するすべり角の知見を踏まえた検討

a. 検討内容

「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」において評価水位が最高及び最低となる波源モデルに基づき、国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)の横ずれ断層に対するすべり角の知見を踏まえた検討を実施した。

すべり角については、主応力軸から求まるすべり角が0° 若しくは180° の横ずれ断層に対して、すべり角35° に対応する鉛直変位を考慮した数値シミュレーションを実施した。

また、すべり角を変更したケースに対して、断層上縁深さを1 kmとした数値シミュレーションを実施した。

b. 数値シミュレーションによる津波の検討

「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」において評価水位が最高及び最

低となる波源モデルに基づき、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）の横ずれ断層に対するすべり角の知見を踏まえた数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P. +3.6mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P. -3.8mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-9表に示す。

これらの結果を踏まえ、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）の横ずれ断層に対するすべり角の知見を踏まえた検討で評価した津波については、「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」で評価水位が最高及び最低となった津波による敷地への影響を下回ると評価した。

(3) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討

a. 島根県（2016）に基づく検討

島根県（2016）⁽⁴³⁾に示される波源モデルを第6.4-10図に示す。

隠岐北西沖の地震による津波については、断層長さ及び敷地からの距離を考慮すると、「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」において評価を行った隠岐北西方北部断層から想定される地震による津波と同程度と推定されるため、敷地への影響は十分小さいと評価した。

F55断層、F56断層及びF57断層から想定される地震による津波については、「6.4.1.3.1(1) 国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)に基づく検討」において敷地への影響の確認を行った。

浜田市沖合の地震による津波については、断層長さ及び敷地からの距離を考慮すると「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」において評価を行った大田沖断層から想定される地震による津波の敷地への影響を下回ると評価した。

F60断層から想定される地震による津波については、断層長さ及び敷地からの距離を考慮するとF57断層から想定される地震による津波の敷地への影響を下回ると評価した。

b. 鳥取県（2012）に基づく検討

鳥取県（2012）⁽⁴⁴⁾に示される波源モデルを第6.4-10図に示す。鳥取沖東部断層及び鳥取沖西部断層から想定される地震による津波について、断層長さ及び敷地からの距離を考慮すると、「6.4.1.1.1 土木学会に基づく検討」において評価を行った鳥取沖西部断層＋鳥取沖東部断層から想定される地震による津波の敷地への影響を下回ると評価した。

6.4.1.3.2 日本海東縁部に想定される地震による津波の検討

(1) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討

a. 検討対象波源モデルの選定

国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に示される波源モデルのうち、日本海東縁部における波源モデルの中で、島根県に与える影響が大きいとされているF 2 4断層及びF 3 0断層並びに鳥取県に与える影響が大きいとされるF 1 7断層及びF 2 8断層を検討対象波源モデルとする。

国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に示される波源モデルを第6.4-11図に示す。

b. 数値シミュレーションによる津波の検討

検討対象波源モデルに基づき、不確かさの因子である、大すべり域を変化させた数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、評価水位が最高となるのはF 2 8断層から想定される地震による津波であり、施設護岸又は防波壁における最高水位はT. P. +3.6mである。また、評価水位が最低となるのはF 2 4断層から想定される地震による津波であり、2号炉取水口における最低水位はT. P. -2.4mである。

評価水位が最高又は最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-10表に示す。

これらの結果を踏まえ、F 1 7断層、F 2 4断層、F 2 8断層及びF 3 0断層から想定される地震による津波については、「6.4.1.2.2 地震

発生領域の連動を考慮した検討」で評価水位が最高及び最低となった津波による敷地への影響を下回ると評価した。

(2) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討

a. 検討対象波源モデルの選定

日本海東縁部において地方自治体が想定した波源モデルについて、「6.4.1.2.1 土木学会に基づく検討」において想定しているモーメントマグニチュードMw7.85を上回る規模の波源モデルを検討対象波源モデルとする。

地方自治体独自の波源モデルを第6.4-12図に示す。

b. 数値シミュレーションによる津波の検討

検討対象波源モデルに基づき、数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、評価水位が最高及び最低となるのは鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した波源モデルであり、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.+10.5mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P.-5.0mである。

評価水位が最高及び最低となる波源モデルのパラメータ並びに敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-11表に示す。

c. 波源モデル設定の妥当性検討

鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した波源モデルにおけるすべり量及びすべりの均質・不均質性の設定について、他の波源モデルへの適用性の検討を文献調査により行った。検討結果を第6.4-12表に示す。

その結果、すべり量については過大な設定となっていることを確認した。また、すべりの均質性についても、長大断層に関する最新の知見を踏まえるとすべりの不均質性を考慮するのが適当であると評価した。

これらの検討結果を踏まえ、「6.4.1.2.2 地震発生領域の連動を考慮した検討」では、鳥取県（2012）におけるすべり量及びすべりの均質・不均質性の設定は採用しない。

また、鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した波源モデルについて

は、長大断層に関する最新の知見を踏まえた設定でないため、パラメータスタディによる不確かさの考慮は行わない。

しかしながら、安全側の評価を実施する観点及び地方自治体による地域防災計画との整合を図る観点から、鳥取県が独自に設定している波源モデルに対して数値シミュレーションを実施し、基準津波の策定において考慮する。

6.4.2 地震以外の要因による津波の想定

地震以外の要因による津波の想定に当たっては、地滑り、岩盤崩壊及び火山現象に起因する津波を考慮する。

6.4.2.1 海底地滑りに起因する津波の検討

(1) 評価対象地滑り地形の選定

海底地滑りに起因する津波の検討を行うため、隠岐トラフ及び対馬海盆のうち島根半島に近い大陸斜面を対象とした地滑りに関する文献調査^{(45)～(52)}等を行い、地滑り地形を抽出した。抽出した地滑り地形の概略体積を算出し、地滑りの位置及び崩落方向を考慮して区分したエリアごとに、概略体積が最大となる地滑り地形を評価対象地滑り地形として選定した。評価対象地滑り地形の位置を第6.4-13図に示す。

(2) Watts et al. (2005) の方法を用いた評価対象地滑りによる敷地への影響の検討

選定した評価対象地滑り地形について、海底地形図に基づき地滑りブロックを想定し、Watts et al. (2005)^{(53), (54)}の方法を用いた数値シミュレーションを実施した。Watts et al. (2005)の方法を用いた数値シミュレーションの算定フローを第6.4-14図に、数値シミュレーションの結果を第6.4-13表に示す。

第6.4-13表に示すとおり、評価水位が最高及び最低となる地滑り地形は地滑り①であり、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.

+2.0m, 2号炉取水口における最低水位はT.P. -1.2mである。

(3) 二層流モデル及びWatts et al. (2005)の方法を用いた数値シミュレーションの実施

敷地への影響検討において想定した地滑りブロックを包絡するように設定した土塊範囲に基づき, 二層流モデル⁽⁵⁵⁾及びWatts et al. (2005)の方法を用いた数値シミュレーションを実施した。二層流モデルによる計算条件を第6.4-14表に示す。

これらの結果, 二層流モデルを用いた場合において評価水位が最高及び最低となり, 施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P. +4.1m, 2号炉取水口における最低水位はT.P. -2.8mである。

二層流モデル及びWatts et al. (2005)の方法において評価水位が最高及び最低となる地滑り①の断面形状を第6.4-15図に, 敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-15表に示す。

6.4.2.2 陸上地滑りに起因する津波の検討

(1) 地滑り地形の抽出

陸上地滑りに起因する津波の検討を行うため, 防災科学技術研究所(2005⁽⁵⁶⁾, 2006⁽⁵⁷⁾)で示される地滑り地形を確認し, 空中写真判読等により沿岸域の地滑り地形の規模や地滑り方向等を推定し, 地滑り地形を抽出した。抽出した敷地周辺の陸上地滑り位置を第6.4-16図に示す。

(2) Huber and Hager (1997)の予測式を用いた津波高の検討

抽出した地滑り地形について, Huber and Hager (1997)⁽⁵⁸⁾の予測式を用いた敷地における津波高さ(全振幅)を検討した。予測式による検討結果を第6.4-16表に示す。第6.4-16表に示すとおり, 敷地における津波高さ(全振幅)が最大となる地滑り地形はLs7であり, その津波高さ(全振幅)は1.2mである。

(3) 二層流モデル及び Watts et al. (2005) の方法を用いた数値シミュレーションの実施

Huber and Hager (1997) の予測式を用いた敷地における津波高さ（全振幅）が相対的に大きな地滑り Ls 7 及び Ls 26 について、二層流モデル及び Fritz et al. (2004) ⁽⁵⁹⁾ の波源振幅予測式を用いた Watts et al. (2005) の方法による数値シミュレーションを実施した。二層流モデルによる計算条件を第 6.4-14 表に、Fritz et al. (2004) の波源振幅予測式を用いた Watts et al. (2005) の方法の計算条件を第 6.4-17 表に示す。

これらの結果、二層流モデルを用いた場合において評価水位が最高及び最低となり、施設護岸又は防波壁における最高水位は T. P. +1.2m、2 号炉取水口における最低水位は T. P. -0.5m である。

Ls 7 及び Ls 26 の断面形状を第 6.4-17 図に、敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第 6.4-18 表に示す。

6.4.2.3 岩盤崩壊に起因する津波の検討

(1) Huber and Hager (1997) の予測式を用いた津波高の検討

岩盤崩壊の可能性がある地点を選定するため、航空レーザー測量結果の各メッシュ間の傾斜角を求め、 60° 以上となっている地点を抽出した。抽出した地点より、敷地に与える影響が大きい岩盤崩壊について、Huber and Hager (1997) の予測式を用いた敷地における津波高さ（全振幅）を検討した。

敷地周辺の岩盤崩壊の位置を第 6.4-18 図に、予測式による結果を第 6.4-19 表に示す。

岩盤崩壊に起因する津波高さ（全振幅）は、陸上地滑りに起因する津波高さ（全振幅）を下回ることから、岩盤崩壊に起因する津波の敷地への影響は小さいと評価した。

6.4.2.4 火山現象に起因する津波の検討

(1) 文献調査等による津波の検討

火山現象に起因する津波の敷地への影響が想定される第四紀火山として、**鬱陵島**及び**隠岐島後**が挙げられる。また、**渡島大島**は、1741年に山体崩壊を起こし、日本海沿岸に津波を引き起こしたとされることから、渡島大島についても検討を実施する。

検討対象とする第四紀火山の位置を第6.4-19図に示す。

文献調査^{(60)～(64)}によると、鬱陵島及び隠岐島後については、いずれも山体崩壊を伴うような爆発的噴火の可能性は低く、敷地に与える影響が大きい津波は発生することはないと評価した。また、渡島大島の山体崩壊による津波は、羽鳥・片山(1977)によると江の川河口において1～2mを観測したとされ、鳥取県(2012)が日本海東縁部に想定した波源モデルによる地震に伴う津波を下回ることから、敷地においても津波高さを下回ると評価した。

6.4.3 津波起因事象の重畳による津波の検討

地震による津波と地震以外の要因による津波の組合せとして第6.4-20図に示す位置関係及び敷地への津波の到達時間を考慮して選定した。また、数値シミュレーションに当たっては、地震動の継続時間の中で、水位の足し合わせが最大となる時間差を考慮した。

これらの結果、施設護岸又は防波壁における最高水位はT.P.+3.8mである。また、2号炉取水口における最低水位はT.P.-3.7mである。

敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-20表に示す。

6.4.4 防波堤無し条件の津波評価

6.4.4.1 防波堤無し条件の津波評価の方針

防波堤は地震による損傷が否定できないことから、防波堤無し条件にお

いて防波堤有り条件と同様の手順でパラメータスタディを行う。防波堤無し条件の検討に当たっては、防波堤有り条件において敷地への影響が大きい「日本海東縁部に想定される地震による津波」及び「海域活断層から想定される地震による津波」を対象とし、「地震以外の要因による津波」については敷地への影響が小さいと判断した。

6.4.4.1.1 日本海東縁部を波源域とする地方自治体独自の波源モデルに基づく検討（鳥取県(2012)）

鳥取県（2012）が日本海東縁部に想定した波源モデルによる地震に伴う津波について、傾斜方向を不確かさとして考慮した数値シミュレーションを実施した。

これらの結果、防波堤無し条件で評価水位が最高及び最低となる波源モデルは防波堤有り条件と同様であることを確認した。

防波堤無し条件の数値シミュレーションによる敷地における水位上昇側及び水位下降側の評価水位を第6.4-21表に示す。

6.4.4.1.2 日本海東縁部を波源域とする地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ 350km）

日本海東縁部に想定される地震発生領域の連動を考慮した検討による津波について、数値シミュレーションによる概略パラメータスタディ及び詳細パラメータスタディ（①、②及び③）を実施した。

これらの結果、防波堤無し条件で評価水位が最高及び最低となる波源モデルは防波堤有り条件と異なるため、基準津波の策定において防波堤無し条件ではこれらの波源モデルを用いる。

防波堤無し条件について評価水位が最高となる波源モデルのパラメータ及び敷地における水位上昇側の評価水位を第6.4-22表に、評価水位が最低となる波源モデルのパラメータ及び敷地における水位下降側の評価水位を第6.4-23表に示す。

6.4.4.1.3 海域活断層を波源域とする土木学会に基づく検討（F－Ⅲ断層＋F－Ⅳ断層＋F－Ⅴ断層）

海域活断層（F－Ⅲ断層＋F－Ⅳ断層＋F－Ⅴ断層）から想定される地震による津波について、数値シミュレーションによる概略パラメータスタディ及び詳細パラメータスタディを実施した。

これらの結果、防波堤無し条件で評価水位が最低となる波源モデルは防波堤有り条件と同様であることを確認した。

防波堤無し条件の数値シミュレーションによる敷地における水位下降側の評価水位を第6.4-24表に示す。

6.4.5 基準津波の策定

これまでの数値シミュレーションの結果を踏まえ、水位上昇側及び水位下降側について基準津波の策定を行った。

基準津波の策定位置を第6.4-21図に、計算水位の時刻歴波形を第6.4-22図に、基準津波の波源モデルのパラメータ及び評価水位の一覧を第6.4-25表に示す。

水位上昇側に関して、防波堤有り条件で施設護岸又は防波壁において最高水位を示す津波を基準津波1として策定した。

基準津波1（防波堤有り）による2号及び3号炉取水槽における評価水位を上回る、又はほぼ同値となる津波を基準津波2として策定した。

また、防波堤無し条件で防波堤有り条件と異なる波源において評価水位が最高となる津波を基準津波5として策定した。

水位下降側に関して、防波堤有り条件で2号炉取水口において最低水位を示す津波を基準津波1として策定した。

基準津波1（防波堤有り）による2号炉取水槽における評価水位とほぼ同値となる津波を基準津波3及び基準津波4として策定した。

また、防波堤無し条件で防波堤有り条件と異なる波源において評価水位が最低となる津波を基準津波6として策定した。

6.5 津波堆積物調査

基準津波の策定結果の検証として、山陰地方における痕跡高及び津波堆積物の分布標高から推定される津波高及び浸水域を上回ることを確認する。

6.5.1 敷地周辺における津波堆積物調査

調査地点は、海岸に砂州堆積物や砂丘堆積物が認められ津波堆積物が保存されやすい地形であり、また、内陸に平野が広がり、津波の遡上範囲・高さの追跡が可能である、松江市鹿島町佐陀本郷及び美保関町千酌^{ちくみ}の2地点とした。調査地点においてボーリング調査及び定方位試料採取によるコア採取を実施したが、津波由来を示す証拠は見出せなかった。調査地点の位置図を第6.5-1図に示す。

また、基準津波1を対象とした数値シミュレーションの結果、基準津波1は調査地点の標高を上回ることを確認した。

6.5.2 山陰地方における津波堆積物調査

(1) 津波堆積物及び津波痕跡高に関する文献調査

津波堆積物に関する文献調査を実施した結果、1833年山形・庄内沖地震による津波に由来する可能性が高いイベント堆積物が検出されていることを確認した。文献調査の結果を第6.5-1表及び第6.5-2図に示す。

1833年山形・庄内沖地震による津波に由来する可能性が高いイベント堆積物の層厚は3～70cmであるが、米子空港周辺を除く地点については層厚10cm未満であり、分布標高は海面下である。

米子空港周辺の層厚が大きいイベント堆積物は、当該地点が堤間低地に位置すること及び複雑な堆積環境によるものであることから、津波の規模を反映したものではないと判断した。米子空港周辺のイベント堆積物の層厚は、川沿いに遡上した津波が堆積させた10cm程度と評価し、分布標高については当該地点の標高1.4mと評価した。

また、1833年山形・庄内沖地震津波の津波痕跡高に関して文献調査を

実施した結果を第6.5-3図に示す。島根半島における1833年山形・庄内沖地震津波の津波痕跡高は、都司ほか（2017）⁽⁶⁵⁾により、七類^{しちるい}で3.1m、餘子神社で2.4mであることを確認した。

(2) 基準津波との比較

基準津波の規模と痕跡高等から推定される1833年山形・庄内沖地震津波の規模を比較した。その結果、基準津波のモーメントマグニチュード M_w は、土木学会に示される1833年山形・庄内沖地震津波の痕跡高を説明できる波源モデルのモーメントマグニチュード M_w を十分上回る設定であることを確認した。

次に、基準津波と痕跡高及び津波堆積物の分布標高を比較した。その結果、数値シミュレーションに基づく基準津波の津波高は、隠岐諸島では痕跡高を上回り、島根県の七類、鳥取県の餘子神社及び米子空港周辺では痕跡高及び津波堆積物の分布標高を上回らないことを確認した。

当該地点に影響の大きい因子を抽出した結果、餘子神社及び米子空港周辺に影響の大きい因子は、敷地に影響の大きい因子とは異なる傾向となることを確認し、当該地点に影響の大きい波源はいずれも敷地への影響が小さいことを確認した。

また、1833年山形・庄内沖地震津波発生時の地形状況を可能な範囲で考慮し、数値シミュレーションを実施した結果、基準津波を策定する際に考慮した波源による水位が、餘子神社の痕跡高及び米子空港周辺の津波堆積物の分布標高を上回ることを確認した。なお、七類においては、1833年当時の地形状況を考慮した結果、基準津波が痕跡高を上回ることを確認した。

1833年山形・庄内沖地震津波により浸水域となる餘子神社及び米子空港周辺の痕跡高等を上回る当該波源について、敷地における水位を確認した結果、基準津波に比べ十分小さい。したがって、基準津波は、餘子神社の痕跡高及び米子空港周辺の津波堆積物の分布標高から推定される津波高及び浸水域を上回る規模であると評価した。

以上より，津波堆積物調査に係る文献調査等を行った結果，基準津波が山陰地方における痕跡高及び津波堆積物の分布標高から推定される津波高及び浸水域を上回っていると評価した。

6.6 基準津波による水位及び砂移動に対する検討

6.6.1 基準津波による最高水位及び最低水位

数値シミュレーションの結果、施設護岸又は防波壁における最大水位上昇量は、基準津波 1 による 11.13m であり、最高水位は朔望平均満潮位 T.P. +0.46m 及び地盤変動量を考慮すると T.P. +11.6m である。また、2 号炉取水槽における最大水位下降量は、基準津波 6 による 7.74m であり、最低水位は朔望平均干潮位 T.P. -0.02m 及び地盤変動量を考慮すると T.P. -7.8m である。

6.6.2 基準津波による砂移動に対する検討

6.6.2.1 砂移動に関する数値シミュレーションの手法と条件

藤井ほか (1998)⁽⁶⁶⁾ 及び高橋ほか (1999)⁽⁶⁷⁾ の手法に基づき、津波による砂移動の数値シミュレーションを実施した。

数値シミュレーションのフローを第 6.6-1 図に、数値シミュレーションの手法及び条件を第 6.6-1 表及び第 6.6-2 表に示す。

6.6.2.2 砂移動に関する検討結果

数値シミュレーションの結果、2 号炉取水口付近の砂の堆積は最大で 2 cm 程度である。

2 号炉取水口周辺における各基準津波による砂移動の数値シミュレーション結果を第 6.6-3 表に、2 号炉取水口における砂の堆積が最大となったケースの砂移動に伴う地形変化量の分布を第 6.6-2 図に示す。

また、2 号炉取水槽の砂の堆積は最大で 2 cm 程度である。

2 号炉取水槽における各基準津波による砂移動の数値シミュレーション結果を第 6.6-4 表に、2 号炉取水槽における砂の堆積が最大となったケースの砂移動に伴う取水槽内の砂の堆積厚さ及び浮遊砂堆積濃度の時系列を第 6.6-3 図に示す。

6.7 超過確率の参照

6.7.1 評価方針

日本原子力学会（2012）⁽⁶⁸⁾，土木学会（2011）⁽⁶⁹⁾ 及び土木学会を踏まえて，確率論的津波ハザード評価を行い，基準津波による水位の年超過確率を検討した。

6.7.2 超過確率の検討

確率論的津波ハザード評価に用いたロジックツリーを第6.7-1図に，フレクタイムル及び平均ハザード曲線を第6.7-2図に示す。

基準津波の策定位置における最高水位に対する年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度，最低水位に対する年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である。

施設護岸又は防波壁における最高水位に対する年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度である。また，2号炉取水槽における最低水位に対する年超過確率は 10^{-4} 程度である。

6.8 参考文献

- (1) (社)土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2002) : 原子力発電所の津波評価技術
- (2) (公社)土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2016) : 原子力発電所の津波評価技術2016
- (3) 渡辺偉夫 (1998) : 日本被害津波総覧【第2版】, 東京大学出版会, 238p.
- (4) 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子 (2013) : 日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会, p. 694
- (5) 羽鳥徳太郎 (1996) : 日本海における津波マグニチュードの特性, 津波工学研究報告13, p. 17-26
- (6) 羽鳥徳太郎 (1986) : 津波の規模階級の区分, 東京大学地震研究所彙報, 第61冊第3号, p. 503-515
- (7) 国立天文台編 (2016) : 理科年表 平成29年, 丸善
- (8) 羽鳥徳太郎 (1984a) : 日本海の歴史津波, 月刊海洋科学, Vol. 16, p. 538-545
- (9) 東北大学・原子力規制庁 (2014) : 津波痕跡データベース,
<http://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/>
- (10) 箕浦幸治・菅原大助・山野井徹・山田努 (2014) : 海溝型地震の予後 : 津波痕跡による変動の評価, 日本地質学会学術大会講演要旨, 121st, p. 134
- (11) 飯田汲事 (1979) : 歴史地震の研究 (2) 万寿3年5月23日 (1026年6月16日) の地震および津波の災害について, 愛知工業大学研究報告, 専門関係論文集, p. 199-206
- (12) 佐竹健治・加藤幸弘 (2002) : 1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた, 海洋, 28号, p. 150-160
- (13) 羽鳥徳太郎 (1995) : 日本海沿岸における津波のエネルギー分布, 地震, 第2輯, 第48巻, p. 229-233
- (14) 都司嘉宣, 加藤健二, 荒井賢一, 上田和枝 (1994) : 北海道南西沖地

- 震津波の西日本海岸での浸水高, 月刊海洋, 号外No. 7, p. 192-200
- (15) 羽鳥徳太郎 (1994) : 山陰地方の津波の特性, 津波工学研究報告, 第11号, p. 33-40
- (16) 阿部邦昭 (1996) : 津波に対する島のレンズ効果—その1. 1993年北海道南西沖地震津波, 地震, 第2輯, 第49巻, p. 1-9
- (17) 気象庁 (1984) : 昭和58年 (1983年) 日本海中部地震調査報告, 気象庁技術報告, 第106号, p. 252
- (18) (社) 土木学会日本海中部地震震害調査委員会 (1986) : 1983年日本海中部地震震害調査報告書, p. 111-181
- (19) 気象庁 (1995) : 平成5年 (1993年) 北海道南西沖地震調査報告, 気象庁技術報告, 第117号, p. 281
- (20) (社) 土木学会耐震工学委員会 (1997) : 1993年北海道南西沖地震震害調査報告, p. 76-106
- (21) 羽鳥徳太郎・片山通子 (1977) : 日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 52, p. 49-70
- (22) 羽鳥徳太郎 (1984) : 北海道渡島沖津波 (1741年) の挙動の再検討—1983年日本海中部地震津波との比較—, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 59, p. 115-125
- (23) 後藤智明・小川由信 (1982) : Leap-frog法を用いた津波の数値計算法, 東北大学工学部土木工学科資料, p. 52
- (24) 長谷川賢一・鈴木孝夫・稲垣和男・首藤伸夫 (1987) : 津波の数値実験における格子間隔と時間積分間隔に関する研究, 土木学会論文集, 第381号, II-7, p. 111-120
- (25) (財) 日本水路協会 (2008) : 海底地形デジタルデータM7009 (北海道西部), M7010 (秋田沖), M7012 (若狭湾), M7013 (隠岐), M7015 (北海道北部)
- (26) (財) 日本水路協会 (2009) : 海底地形デジタルデータM7014 (対馬海峡), M7024 (九州西岸海域)

- (27) (財) 日本水路協会 (2011) : 海底地形デジタルデータ M7011 (佐渡)
- (28) (財) 日本水路協会 (2011) : JTOP030 日本近海30秒グリッド水深データ (M1306, M1307, M1308, M1407, M1408, M1508)
- (29) 日本海洋データセンター (2002) : J-EGG500 500mメッシュ水深データ.
- (30) IOC and IHO (2010) : GEBCO30
- (31) 国土地理院 (2006) : 数値地図 25000 (行政界・海岸線)
- (32) 国土地理院 (1999) : 数値地図50mメッシュ (標高) 日本-I
- (33) 国土地理院 (2014) : 5mメッシュ標高, 10mメッシュ標高
- (34) USGS (1996) : GTOPO30 Global 30 Arc Second Elevation Data Set
- (35) 相田勇 (1977) : 三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 52, p. 71-101
- (36) 相田勇 (1984) : 1983年日本海中部地震津波の波源数値モデル, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 59, p. 93-104
- (37) 高橋武之・高橋智幸・首藤伸夫 (1995) : 津波数値計算による北海道南西沖地震の検討, 地球惑星科学関連学会1995年合同大会予稿集, p. 370
- (38) 阿部勝征 (1989) : 地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 64, p. 51-69
- (39) 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について,
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/03jun_nihonkai/index.html
- (40) 国土交通省・内閣府・文部科学省 (2014) : 日本海における大規模地震に関する調査検討会, 最終報告書 (H26. 9)
- (41) 根本信・高瀬嗣郎・長谷部大輔・横田崇 (2009) : 日本海におけるアスペリティを考慮した津波波源モデルの検討, 土木学会論文集B 2 (海岸工学), Vol. B 2-65, No. 1, p. 346-350
- (42) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016) : 「全国地震動予測地図 2016年版」
- (43) 島根県 (2016) : 島根県地震津波防災対策検討委員会,

[http://www.pref.shimane.lg.jp/bousai_info/bousai/bousai/bosai_s
hiryo/tsunamibousai.html](http://www.pref.shimane.lg.jp/bousai_info/bousai/bousai/bosai_s
hiryo/tsunamibousai.html)

- (44) 鳥取県 (2012) : 鳥取県津波対策検討業務報告書概要, p. 3 – 23
- (45) 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壯・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎 (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, 13:別添CD-ROM
- (46) 本座栄一・玉木賢策・湯浅真人・村上文敏 (1979) : 日本海南部および対馬海峡周辺広域海底地質図 (100万分の1) 海洋地質図, 13号, 地質調査所
- (47) 玉木賢策・本座栄一・湯浅真人・西村清和・村上文敏 (1981) : 日本海中部海域広域海底地質図 (100万分の1) 海洋地質図, 15号, 地質調査所
- (48) 玉木賢策・湯浅真人・村上文敏 (1982) : 隠岐海峡海底地質図 (20万分の1), 海洋地質図, 20号, 地質調査所
- (49) 山本博文・上嶋正人・岸本清行 (1989) : 鳥取沖海底地質図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 35号, 地質調査所
- (50) 池原研・片山肇・佐藤幹夫 (1990) : 鳥取沖表層堆積図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 36号, 地質調査所
- (51) 池原研 (2007) : 日御碕沖表層堆積図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 62号 (CD), (独)産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (52) 池原研 (2010) : 隠岐海峡表層堆積図 (20万分の1) 及び同説明書, 海洋地質図, 69号 (CD), (独)産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (53) Watts, P.・Grilli, S. T.・ASCE, M.・Tappin, D. R.・Fryer, G. J. (2005) : Tsunami Generation by Submarine Mass Failure. II : Predictive Equations and Case Studies, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, p. 298 – 310
- (54) Grilli, S. T.・ASCE, M.・Watts, P. (2005) : Tsunami Generation by

- Submarine Mass Failure. I: Modeling, Experimental Validation, and Sensitivity Analyses, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE, p. 283–297
- (55) Maeno, F. • Imamura, F. (2007) : Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from Kikai caldera, Japan, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L23303, 2007
- (56) (独) 防災科学技術研究所 (2005) : 地すべり地形分布図第25集「松江・高梁」, 防災科学技術研究所研究資料第278号
- (57) (独) 防災科学技術研究所 (2006) : 地すべり地形分布図第26集「浜田・大社」, 防災科学技術研究所研究資料第285号
- (58) Huber, A. • W. H. Hager (1997) : Forecasting Impulse Waves in reservoirs, Dix-neuvieme Congres des Grands Barrages C31:993–1005. Florence, Italy. Commission Internationale des Grands Barrages, Paris
- (59) Fritz, H. M. • Hager, W. H. • Minor, H. -E. (2004) : Near field characteristics of landslide generated impulse waves, Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering, Vol.130, Issue 6, p. 287–302
- (60) 町田洋・新井房夫 (2011) : 新編日本の火山灰アトラス, 東京大学出版会
- (61) Harumoto, A. (1970) : Volcanic Rocks and Associated rocks of Utsuryoto island, (Japan Sea), Dept. Geol. Mineral. Kyoto Univ, p. 39
- (62) 金允圭 (1985) : 韓国, 鬱陵島火山島の岩石学—その1. 地質—, 岩石鉱物鉱床学会誌, Vol. 80, p. 128–135
- (63) 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正編 (2004) : 日本の地形6 近畿・中国・四国, 東京大学出版会, p. 383
- (64) 山内靖喜・沢田順弘・高須晃・小室裕明・村上久・小林伸治・田山良

- 一 (2009) : 西郷地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),
(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター
- (65) 都司嘉宣・今井健太郎・岩瀬浩之・森谷拓実・松岡祐也・佐藤雅美・
芳賀弥生・今村文彦(2017): 天保四年(1833)出羽沖地震津波の隠岐諸
島, および島根半島での津波高, 津波工学研究報告, 第33号, p. 333-356
- (66) 藤井直樹・大森政則・高尾真・金山進・大谷英夫(1998): 津波によ
る海底地形変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第45巻, p. 376-380
- (67) 高橋智幸・首藤信夫・今村文彦・浅井大輔(1999): 掃流砂層・浮遊
砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集,
第46巻, p. 606-610
- (68) (一社)日本原子力学会(2012): 日本原子力学会標準 原子力発電所
に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準, 2011
- (69) (社)土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2011): 確率論的津波
ハザード解析の方法
- (70) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998): GISを利用した津波遡上計算
と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, p. 356-360
- (71) Mansinha, L.・Smylie, D. E. (1971): The displacement fields of
inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 61, p. 1433-1440
- (72) (社)土木学会(1999): 「水理公式集 [平成11年版]」, p. 713
- (73) (社)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-補強改訂版-」, p. 1102
- (74) 千秋信一(1967): 「発電水力演習」, 学献社, p. 423
- (75) 武村雅之(1998): 日本列島における地殻内地震のスケーリング則-
地震断層の影響および地震被害との関連-, 地震第2輯, 第51巻, p. 211
-228
- (76) Murotani, S.・Matsushima, S.・Azuma, T.・Irikura, K.・Kitagawa,
S. (2015): Scaling Relations of Source Parameters of Earthquakes
Occurring on Inland Crustal Mega-Fault Systems, Pure and Applied

Geophysics, Vol.172, p.1371-1381

- (77) 安本善征 (2013) : 鳥取沿岸津波堆積物調査の途中経過報告, 平成25年度 中国地質調査協会鳥取支部第15回技術講演
- (78) 酒井哲弥 (2014a) : 鳥取県内での津波堆積物検出作業の経過報告, 鳥取沿岸津波堆積物調査報告会 (第2回), 鳥取県, 配布資料
- (79) 酒井哲弥 (2014b) : 山陰に押し寄せた津波の痕跡を探る : 2012年度津波堆積物検出調査の結果報告, 山陰防災フォーラム 2013年春の講演会, <http://www.geo.shimane-u.ac.jp/sdpf/Sakai-2013-Spring-SYDPF.pdf>
- (80) 酒井哲弥・入月俊明 (2014) : 山陰地域における自然災害データベースの構築および防災研究拠点の形成 研究成果報告書 津波堆積物調査報告, 島根大学研究機構戦略的研究推進センター「萌芽研究部門」平成24~25年度プロジェクト, p. 57~62
- (81) 酒井哲弥・瀬戸浩二・安本善征・林照悟・田代誠士 (2014) : 鳥取県西部弓ヶ浜半島で見つかった津波由来の可能性のある堆積物とその意義, 日本地質学会第121年学術大会講演要旨, p. 104
- (82) 西口幹人・佐藤慎司・山中悠資・竹森涼 (2014) : 海岸堆積砂のルミネッセンス計測に基づく歴史津波の分析, 土木学会論文集B 2 (海岸工学), Vol. 70, No. 2, I_291-I_295
- (83) 入月俊明・横地由美・河野重範・吉岡薫・野村律夫 (2014) : 隠岐島後重栖における津波堆積物の報告, 山陰防災フォーラム2014春の講演会, 予稿集
- (84) 文部科学省 (2016) : 日本海地震・津波調査プロジェクト 平成27年度成果報告書, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/project/Japan_Sea/JSH27Report/PDF/11_H27JSPJ-C3.2.1.2.pdf
- (85) 酒井哲弥・入月俊明・藤原勇樹・安井絵美 (2016) : 山陰での津波堆積物調査とその成果, 日本地質学会学術大会講演要旨, 123st, p. 181
- (86) 宮本新平・玉井孝謙 (2014) : 島根半島における津波堆積物調査につ

- いて(佐陀本郷および千酌の事例), 日本応用地質学会中国四国支部研究
発表会発表論文集, 2014, p. 65-70
- (87) 小林昭男・織田幸伸・東江隆夫・高尾誠・藤井直樹(1996): 津波に
よる砂移動に関する研究, 海岸工学論文集, Vol. 43, p. 691-695
- (88) Kanamori, H. (1977): The energy release in great earthquakes,
JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH Vol. 82, No. 20, p. 2981-2987
- (89) 秋田県(2013):「地震被害想定調査」に係る津波関連データについて,
<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1356530698859/>
- (90) 石川県(2012): 石川県津波浸水想定区域図,
<http://www.pref.ishikawa.jp/bousai/tsunami/index.html>
- (91) 福井県(2012): 福井県における津波シミュレーション結果の公表に
ついて,
[http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/kikitaisaku/kikitaisaku/tunami-s
outei.html](http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/kikitaisaku/kikitaisaku/tunami-soutei.html)
- (92) 島根県(2012): 島根県津波浸水想定区域マップ,
<http://web-gis.pref.shimane.lg.jp/tsunami/>
- (93) 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001): シナリオ地震の強震動予測, 地学雑
誌, Vol. 110, p. 849-875
- (94) 山口県(2012): 第3回山口県地震・津波防災対策検討委員会,
[http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a10900/bousai/jisin-tunamii
kai.html](http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cms/a10900/bousai/jisin-tunamii kai.html)
- (95) 活断層研究会編(1991): [新編]日本の活断層—分布図と資料, 東京
大学出版会
- (96) 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高編(2018): 活断層詳細デジタ
ルマップ[新編], 東京大学出版会
- (97) 奥村俊彦・石川裕(1998): 活断層の活動度から推定される平均変位
速度に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, 第I部
(B), p. 554-555

- (98) 塚原弘昭・小林洋二 (1991) : 中・西部日本の地殻応力, 地震, 第2輯,
第44巻, p. 221 - 231

第6.2-1表(1) 主な既往の津波一覧 (その1)

発生年月日 元号	波源域	震央位置		地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要	発電所近傍の痕跡高 m
		緯度 (° N)	経度 (° E)				
701年5月12日 大宝1年	若狭湾	—	—	—	<2>	・地震うこと3日。若狭湾内の凡海郷が海に没したという「冠島伝説」があるが、疑わしい。	記録なし
850年11月27日 嘉祥3年	山形沖	39.0°	139.7°	≒7.0	<2>	・地裂け、山崩れ、国府の城柵は傾斜し、圧死多数。最上川の岸崩れ、海水は国府から6里のところまで迫った。	記録なし
863年7月10日 貞観5年	新潟沖	—	—	7以上	<2?>	・山崩れ、谷埋まり、水湧き、民家破壊し、圧死多数。長江津付近にあった数個の小島が潰滅したという。	記録なし
887年8月2日 仁和3年	新潟南部沖	—	—	—	<2>	・越後で津波を伴い、溺死者数千という。京都有感。越後に関する史料の信憑性不十分。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1026年6月16日 万寿3年	島根県沖	—	—	—	—	・現益田市高津川河口沖にあった鴨島が大波（あるいは大海嘯）によって崩され、海中に没したという。波は川沿いに16km上流に達したという。被害は50km以上東の黒松（現江津市黒松町）にまで及んだ。口碑および信憑性の低い史料による。その上、これら口碑・史料に「地震」という語は見出せない。(宇佐美ほか(2013)) ・石見（現在の島根県益田市）の海岸に巨大な津波が襲来した。大規模な斜面崩壊による海岸変動が津波発生の原因とされている。 (箕浦ほか(2014)) ・影響範囲は山口県の須佐から島根県の江津の間とされている。 (飯田(1985)) ⇒島根県に影響があったのは益田市から江津市とされていることから、敷地には津波による影響はなかったと考えられる。	記録なし
1092年9月13日 寛治6年	新潟沖	—	—	—	<2?>	・柏崎～岩船間の沿岸、海府浦・親不知大津波におそわる。「地震」とある古記あるも、地震の状況を記した古記録未発見。疑わしい。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1614年11月26日 慶長19年	新潟南部沖	—	—	—	2	・従来、越後高田の地震とされていたもの。大地震の割に史料が少なく、震源については検討すべきことが多い。京都で家屋・社寺などが倒壊し、死2、傷370という。京都付近の地震とする説がある。	記録なし
1644年10月18日 正保1年	秋田本庄	39.4°	140.0°	6.5± 1/4	<1>	・本荘城廓大破し、屋倒れ、死者があった。市街で焼失が多かった。金浦村・石沢村で被害。院内村で地裂け、水が湧出した。	記録なし
1729年8月1日 享保14年	能登近海	37.4°	137.1°	6.6～ 7.0	<-1?>	・珠洲郡・鳳至郡で損・潰家791、死5、山崩れ1731ヶ所。輪島村で潰家28、能登半島先端で被害が大きかった。	記録なし
1741年8月29日 寛保1年	北海道南西沖	41.6°	139.4°	6.9	<3.5>	・渡島大島この月の下旬より活動、13日に噴火した。19日早朝に津波、北海道で死1467、流出家屋729、船1521破壊。津軽で田畑の損も多く、流失潰家約100、死37。佐渡・能登・若狭にも津波。 ・江の川河口（島根県江津市）で1～2mの津波が観測された。(羽鳥・片山(1977)) ・津波地震によるものか、火山噴火に伴うものなのか、あるいは他の現象（たとえば海底地すべり）によるものか不明。江津（島根県）でも津波の影響があった。津波の高さは1～2mである。(渡辺(1998)) ・渡島大島の山体崩壊によって生じたとされている。(佐竹・加藤(2002))	記録なし

第6.2-1表(2) 主な既往の津波一覧(その2)

発生年月日 元号	波源域	震央位置		地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要	発電所近傍の痕跡高 m
		緯度 (° N)	経度 (° E)				
1762年10月31日 宝暦12年	新潟県沖	38.1°	138.7°	≒7.0	1	・石垣・家屋が破損、銀山道が崩れ、死者があった。鵜島村で津波により26戸流出。新潟で地割れを生じ、砂と水を噴出。酒田・羽前南村山郡・日光で有感。	記録なし
1792年6月13日 寛政4年	北海道西方沖	43 3/4°	140.0°	≒7.1	2	・津波があった。忍路で港頭の岸壁が崩れ、海岸に引き上げていた夷船漂流、出漁中の夷人5人溺死。美国でも溺死若干。	記録なし
1793年2月8日 寛政4年	青森県西方沖	40.85°	139.95°	6.9~ 7.1	1	・鱒ヶ沢・深浦で激しく、全体で潰家154、死12など。大戸瀬を中心に約12kmの沿岸が最高3.5m隆起した。小津波があり、余震が続いた。	記録なし
1799年6月29日 寛政11年	石川近海	36.6°	136.7°	6.0± 1/4	<1>	・上下動が激しく、屋根石が1尺も飛び上がったという。金沢城で石垣破損、城下で潰家4169。能美・石川・河北郡で損家1003、潰家964、全体で死21。	記録なし
1802年12月9日 享和2年	佐渡	37.8°	138.35°	6.5~ 7.0	<0?>	・巳刻の地震で微小被害、未刻の地震は大きく、佐渡3郡全体で焼失328、潰家732、死19。島の西南海岸が最大2m強隆起した。鶴岡で強く感じ、米沢・江戸・日光・高山・秋田・弘前で有感。	記録なし
1804年7月10日 文化1年	秋田・山形県 境沿岸 「象潟地震」	39.05°	139.95°	7.0± 0.1	<1>	・5月より付近で鳴動があった。被害は全体で潰家5千以上、死300以上。象潟湖が隆起して乾陸あるいは沼となった。余震が多かった。象潟・酒田などに津波の記事がある。	記録なし
1810年9月25日 文化7年	男鹿半島沿岸	39.9°	139.9°	6.5± 1/4	<-1>	・男鹿半島の東半分5月頃より鳴動し、7月中旬から地震が頻発、27日に大地震。寒風山を中心に被害があり、全潰1003、死57、秋田で強く感じ、角館・大館・鱒ヶ沢・弘前・鶴岡で有感。	記録なし
1833年12月7日 天保4年	山形県沖	38.9°	139.25°	7 1/2± 1/4	<2.5>	・庄内地方で特に被害が大きく、潰家475、死42。津波が本庄から新潟に至る海岸と佐渡を襲い、能登で大破流出家約345、死約100。	記録なし
1834年2月9日 天保5年	石狩湾	43.3°	141.4°	≒6.4	<1>	・地割れ、泥噴出。アイヌの家23潰れる。その他、会所などに被害。	記録なし
1872年3月14日 明治5年	島根県沖 「浜田地震」	35.15°	132.1°	7.1± 0.2	0	・1週間ほど前から鳴動、当日には前震もあった。全体で全潰約5千、死約550、特に石見東部で被害が多かった。海岸沿いに数尺の隆起・沈降がみられ、小津波があった。	記録なし
1892年12月9日 明治25年	石川県西岸	37.1°	136.7°	6.4	0	・家屋・土蔵の破損があった。11日にも同程度の地震があり、羽咋郡で全潰2、死1。	記録なし
1894年10月22日 明治27年	山形 「庄内地震」	38.9°	139.9°	7.0	<-1>	・被害は主として庄内平野に集中した。山形県下で全潰3858、半潰2397、全焼2148、死726。	記録なし
1898年4月3日 明治31年	山口県見島	34.6°	131.2°	6.2	-1	・見島西部で強く、神社仏閣の損傷・倒潰、石垣の崩壊があった。	記録なし
1927年3月7日 昭和2年	京都府西北部 沿岸 「北丹後地震」	35° 38'	134° 56'	7.3	0	・被害は丹後半島の頸部が最も激しく、淡路・福井・岡山・米子・徳島・三重・香川・大阪に及ぶ。全体で死2925、家屋全潰12584(住家5106、非住家7478)。郷村断層(長さ18km、水平ずれ最大2.7m)とそれに直交する山田断層(長さ7km)を生じた。測量により、地震に伴った地殻の変形が明らかになった。	記録なし
1939年5月1日 昭和14年	男鹿半島沖 「男鹿地震」	39° 57'	139° 47'	6.8	-1	・2分後にもM6.7の地震があった。半島頸部で被害があり、死27、住家全潰479など。軽微な津波があった。半島西部が最大44cm隆起した。	記録なし
1940年8月2日 昭和15年	北海道西方沖 「積丹半島沖 地震」	44° 22'	139° 49'	7.5	2	・震害はほとんどなく、津波による被害が大きかった。波高は、羽幌・天塩2m、利尻3m、金沢・宮津1m。天塩河口で溺死10。	記録なし

第6.2-1表(3) 主な既往の津波一覧(その3)

発生年月日 元号	波源域	震央位置		地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要	発電所近傍の痕跡高 m
		緯度 (° N)	経度 (° E)				
1947年11月4日 昭和22年	北海道西方沖	43° 55'	140° 48'	6.7	1	・北海道西方沖：北海道の西岸に津波があり、波高は利尻島脊形で2m、羽幌付近で0.7m。小被害があった。	記録なし
1964年5月7日 昭和39年	秋田県沖	40° 24'	138° 40'	6.9	-0.5	・青森・秋田・山形3県に民家全壊3などの被害があった。	記録なし
1964年6月16日 昭和39年	新潟県沖 「新潟地震」	38° 22'	139° 13'	7.5	2	・新潟・秋田・山形の各県を中心に被害があり、死26、住家全壊1960、半壊6640、浸水15297、その他船舶・道路の被害も多かった。新潟市内の各所で噴砂水がみられ、地盤の液化化による被害が著しかった。石油タンクの火災が発生。津波が日本海沿岸一帯を襲い、波高は新潟県沿岸で4m以上に達した。粟島が約1m隆起した。	記録なし
1964年12月11日 昭和39年	秋田県沖	40° 26'	139° 00'	6.3	-1	・八郎潟干拓堤防約1kmが20cm沈下、亀裂2。津波は深浦で全振幅10cm。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1971年9月6日 昭和46年	樺太南西沖	—	—	—	(1)	・震度は稚内3、北見枝幸2、網走・根室1であったが、樺太全域で有感。震央付近では気象庁震度で5~6で地震による被害があったと思われる(詳細不明)。日本において津波は稚内で最も大きく、検潮記録による津波の波高は64cm。(渡辺(1998))	記録なし
1983年5月26日 昭和58年	秋田・青森県沖 「日本海中部地震」	40° 21.6'	139° 04.7'	7.7	3	・被害は秋田県で最も多く、青森・北海道がこれに次ぐ。日本全体で死104(うち津波によるもの100)、傷163(同104)、建物全壊934、半壊2115、流失52、一部破損3258、船沈没255、流失451、破損1187。津波は早い所では津波警報発令以前に沿岸に到達した。石川・京都・島根など遠方の府県にも津波による被害が発生した。	加賀：1.15 恵曇：0.90
1993年2月7日 平成5年	能登半島沖	37° 39.4'	137° 17.8'	6.6	-0.5	・被害は珠洲市を中心に発生した。火災は130km離れた金沢市で1件発生したという統計もある。輪島に小津波(最大波高26cm)あり、小木港にも小津波があった。住家・非住家の被害には地盤沈下によるものも約20件くらいあった。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1993年7月12日 平成5年	北海道南西沖 「北海道南西沖地震」	42° 46.9'	139° 10.8'	7.8	3	・地震に加えて津波による被害が大きく、死202、不明28、傷323。特に地震後間もなく津波に襲われた奥尻島の被害は甚大で、島南端の青苗地区は火災もあって壊滅状態、夜10時すぎの闇のなかで多くの人命、家屋等が失われた。津波の高さは青苗の市街地で10mを越えたところがある。 ・津波は日本海沿岸の各地に達した。船の転覆沈没は新潟県で24、石川県24、島根県70隻で島根では床下浸水50世帯を出した。(宇佐美ほか(2013))	加賀：1.52 御津：1.93 片匂：1.70 手結：1.20 恵曇：1.40
2007年3月25日 平成19年	能登地方 「能登半島地震」	37° 13.2'	136° 41.2'	6.9	-1	・海陸境界域の横ずれ成分を含む逆断層型地殻内地震。死1、傷356、住家全壊686、半壊1740(2009年1月現在)。最大震度6強(石川県3市町)、珠洲と金沢で0.2mの津波。	記録なし
2007年7月16日 平成19年	柏崎沖 「新潟県中越沖地震」	37° 33.4'	138° 36.6'	6.8	-1	・新潟県沿岸海域の逆断層型地殻内地震(深さ17km)。2004年中越地震に近いが余震活動は不活発。震源域内の原子力発電所が被災した初めての例。死15、傷2346、住家全壊1331、半壊5710。最大震度6強(新潟県3市村、長野県1町)、地盤変状・液化化なども目立った。日本海沿岸で最大35cm(柏崎)の津波。	記録なし

第6.3-1表 計算条件一覧

領域 項目	A領域	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
計算領域	対馬海峡付近から間宮海峡付近に至る東西方向約1,300km, 南北方向約2,100km							
計算格子間隔	800m	400m	200m	100m	50m	25m	12.5m	6.25m
計算時間間隔	0.05秒							
基礎方程式	非線形長波							
計算スキーム	空間差分はスタッガード格子, 時間差分はリーブ・フロッグ法を用いる。(後藤・小川(1982))							
沖合境界条件	開境界部分は自由透過, 領域結合部は水位と流速を接続する。(後藤・小川(1982))							
陸岸境界条件	静水面より上昇する津波に対しては完全反射条件, または小谷ほか(1998) ⁽⁷⁰⁾ の遡上条件とする。 静水面より下降する津波に対しては小谷ほか(1998)の移動境界条件を用いて海底露出を考慮する。							
初期条件	地震断層モデルを用いて, Mansinha and Smylie (1971) ⁽⁷¹⁾ の方法により計算される海底地盤変位が瞬時に生じるように設定する。							
海底摩擦	マニングの粗度係数 $0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$							
水平渦動粘性	$0\text{m}^2/\text{s}$							
計算潮位	T. P. $\pm 0.0\text{m}$							
想定する潮位条件	上昇側評価: 津波解析の計算結果に, 朔望平均満潮位 T. P. +0.46m を足し合わせ, 上昇側の評価水位とする。 下降側評価: 津波解析の計算結果に, 朔望平均干潮位 T. P. -0.02m を足し合わせ, 下降側の評価水位とする。							
地盤変動条件	「初期条件」において設定した海底地盤変位による地盤変動量を考慮する。							
計算時間	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は地震発生後6時間まで 海域活断層から想定される地震に伴う津波は地震発生後3時間まで 地滑りに起因する津波は地滑り発生後3時間まで							

基礎方程式: 非線形長波 (浅水理論) の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0$$

ここに,

x, y : 水平座標

t : 時間

η : 静水面からの水位

Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅当たりの流量

h : 静水深

D : 全水深 ($= h + \eta$)

g : 重力加速度

n : マニングの粗度係数

第6.3-2表 取放水施設計算条件

項目	計算条件
計算領域	【取水施設】 1, 2号炉：取水口 ~ 取水管 ~ 取水槽 3号炉：取水口 ~ 取水路 ~ 取水槽 【放水施設】 1~3号炉：放水口 ~ 放水路 ~ 放水槽
計算時間間隔	0.01秒
基礎方程式	非定常管路及び開水路流れの連続式並びに運動方程式
取水槽側境界条件 (ポンプ取水量)	1号炉 循環水ポンプ運転時：19m ³ /s, 循環水ポンプ停止時：1.0m ³ /s 2号炉 循環水ポンプ運転時：59m ³ /s, 循環水ポンプ停止時：2.3m ³ /s 3号炉 循環水ポンプ運転時：95m ³ /s, 循環水ポンプ停止時：3m ³ /s
摩擦損失係数 (マンニングの粗度係数)	【取水施設】 1・2号炉取水口, 1・2号炉取水管：0.014m ^{-1/3} ・s 3号炉取水口, 3号炉取水路, 1~3号炉取水槽：0.015m ^{-1/3} ・s 【放水施設】 1~3号炉放水口, 1~3号炉放水路, 1~3号炉放水槽：0.015m ^{-1/3} ・s
貝の付着代	塩素注入しているため, 貝の付着代は考慮せず
局所損失係数	土木学会 (1999) 等 ^{(72) ~ (74)} による
想定する潮位条件	水位上昇側：朔望平均満潮位 T. P. +0.46m 水位下降側：朔望平均干潮位 T. P. -0.02m
地盤変動条件	地盤変動量を考慮する
計算時間	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波は地震発生後6時間まで 海域活断層から想定される地震に伴う津波は地震発生後3時間まで 地滑りに起因する津波は地滑り発生後3時間まで

基礎方程式

(1) 管路の連続式及び運動方程式

・連続式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

(2) 開水路の連続式及び運動方程式

・連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

・運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left(\frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

ここに t : 時間, Q : 流量, v : 流速, x : 管底に沿った座標, A : 流水断面積

H : 圧力水頭+位置水頭 (管路の場合), 位置水頭 (開水路の場合)

z : 管底高, g : 重力加速度, n : マンニングの粗度係数, R : 径深

Δx : 管路の流れ方向の長さ, f : 局所損失係数

(3) 水槽の連続式

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q_s$$

ここに A_p : 水槽の平面積 (水位の関数となる), H_p : 水槽水位

Q_s : 水槽へ流入する流量の総和, t : 時間

第6.3-3表 既往津波高の再現性

対象津波（領域）		項目	データ数 N	$K^{※1}$	$\kappa^{※2}$
1983年 日本海中部地震津波	日本海沿岸		212	1.04	1.39
	島根半島		14	0.96	1.30
1993年 北海道南西沖地震津波	日本海沿岸		220	1.02	1.41
	島根半島		25	1.05 [1.049]	1.39

土木学会による再現性指標（目安）

$0.95 < K < 1.05$ かつ $\kappa < 1.45$

※1 : K : $\log K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log K_i$, ただし, $K_i = \frac{(\text{既往津波高})_i}{(\text{計算津波高})_i}$

※2 : κ : $\log \kappa = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$

第6.3-4表(1) 1983年日本海中部地震津波の数値シミュレーション結果
(水位上昇側)

既往津波	ポンプ 運転状況	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
日本海中部 地震津波	運転時	+2.7	-	+3.0	+1.9	-	+3.2	+2.5
	停止時		+3.7	+3.2	+2.7	+1.6	+2.7	+1.8

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.3-4表(2) 1983年日本海中部地震津波の数値シミュレーション結果
(水位下降側)

既往津波	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
日本海中部 地震津波	-1.4	-1.3	-2.1	-2.1

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.3-5表(1) 1993年北海道南西沖地震津波の数値シミュレーション結果
(水位上昇側)

既往津波	ポンプ 運転状況	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
北海道南西沖 地震津波	運転時	+1.8	-	+1.6	+1.5	-	+3.3	+2.3
	停止時		+2.3	+1.9	+2.2	+1.4	+3.6	+1.6

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.3-5表(2) 1993年北海道南西沖地震津波の数値シミュレーション結果
(水位下降側)

既往津波	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
北海道南西沖 地震津波	-1.2	-1.1	-1.9	-1.7

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-1表 阿部（1989）の予測式による津波の予測高

断層	断層長さ L (km)	津波の 伝播距離 Δ (km)	Mw	予測高 H (m)
F-Ⅲ断層 + F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層	48.0	24	7.3	3.6
鳥取沖西部断層 + 鳥取沖東部断層	98	84	7.7	2.7
F 5 7 断層	108	103	7.7	2.2
K-4 撓曲 + K-6 撓曲 + K-7 撓曲	19.0	12.9	6.7	1.8
大田沖断層	53	67	7.3	1.4
K-1 撓曲 + K-2 撓曲 + F _{K0} 断層	36	50	7.1	1.2
F _K -1 断層	19.0	28.4	6.7	0.8
隠岐北西方の断層	36	149	7.1	0.4
見島北方沖の断層	38	201	7.1	0.3

第6.4-2表 海域活断層から想定される地震による津波（土木学会）
の波源モデル（概略パラメータスタディ）

パラメータ	設定方法
剛性率	土木学会に基づき $3.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ と設定（固定）
位置・走向・長さ	海上音波探査結果に基づき設定（固定）
傾斜方向	海上音波探査結果に基づき南傾斜と設定（固定）
Mw	断層長さ 48.0km から武村(1998) ⁽⁷⁵⁾ のスケーリング則に基づき Mw7.27 と設定（固定）
傾斜角	土木学会によると 1973年～1998年8月に近畿～九州の西南日本内陸部で発生した地震に対する発震機構解の検討より $45^\circ \sim 90^\circ$ と設定（ $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ ）
地震発生層深さ	敷地周辺で発生した地震の震源鉛直分布等に基づき、地震発生層深さを 15km と設定（固定）
断層上縁深さ	土木学会に示される変動範囲 0～5km のうち 0km と設定
すべり角	ハーバード CMT 発震機構解及び文献により主応力軸の向きの範囲（ $90^\circ, 105^\circ, 120^\circ$ ）を推定し、発震機構の原理に基づき、すべり角を主応力軸と走向・傾斜から幾何学的に設定（F-Ⅲ断層： $115^\circ, 120^\circ, 125^\circ, 145^\circ, 150^\circ, 180^\circ$ ）（F-Ⅳ断層及びF-Ⅴ断層： 180° ）
すべりの均質・不均質性	均質
すべり量	$D = M_0 / \mu L W$ D: すべり量, M_0 : 地震モーメント, μ : 剛性率, L: 長さ, W: 幅

第 6.4-3 表 海域活断層から想定される地震による津波（土木学会）
の波源モデル（詳細パラメータスタディ）

パラメータ	設定方法
剛性率	土木学会に基づき $3.5 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ と設定（固定）
位置・走向・長さ	海上音波探査結果に基づき設定（固定）
傾斜方向	海上音波探査結果に基づき南傾斜と設定（固定）
Mw	断層長さ 48.0km から武村(1998)のスケーリング則に基づき Mw7.27 と設定（固定）
傾斜角	概略パラメータスタディの評価水位最高・最低ケースの傾斜角を基準として変動範囲を補間するように設定（基準, $\pm 7.5^\circ$, $\pm 15^\circ$ ）
地震発生層深さ	敷地周辺で発生した地震の震源鉛直分布等に基づき, 地震発生層深さを 15km と設定(固定)
断層上縁深さ	土木学会に示される変動範囲 0~5km 及び敷地周辺で発生した地震の震源鉛直分布等から推定される断層上縁深さ 2km に基づき, 断層上縁深さの変動範囲を 0km, 2km 及び 5km と設定
すべり角	概略パラメータスタディの評価水位最高・最低ケースの主応力軸を基準として変動範囲を補間するように設定（基準, $\pm 5^\circ$, $\pm 10^\circ$ ）
すべりの均質・不均質性	均質
すべり量	$D = M_0 / \mu L W$ D: すべり量, M_0 : 地震モーメント, μ : 剛性率, L: 長さ, W: 幅

第6.4-4表(1) 土木学会に基づく検討の評価水位が
最高又は最低となる波源モデル

断層	波源モデル					
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ¹ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	傾斜方向
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層 +F-Ⅴ断層 (評価水位最高ケース)	48.0	7.27	90	130, 180	0	南傾斜
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層 +F-Ⅴ断層 (評価水位最低ケース)	48.0	7.27	90	115, 180	0	南傾斜

第6.4-4表(2) 土木学会に基づく検討の数値シミュレーション結果
(水位上昇側)

断層	ポンプ 運転状況	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
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ 断層+F-Ⅴ断層	運転時	+3.6 (+0.32)	+1.9 (+0.27)	+1.4 (+0.27)	+1.3 (+0.28)	+2.7 (+0.25)	+2.8 (+0.32)	+2.1 (+0.30)
	停止時		+2.2 (+0.27)	+2.0 (+0.27)	+2.9 (+0.28)	+1.3 (+0.25)	+2.7 (+0.32)	+2.4 (+0.30)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m), 上段の数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) 及び地盤変動量を考慮

第6.4-4表(3) 土木学会に基づく検討の数値シミュレーション結果
(水位下降側)

断層	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ 断層+F-Ⅴ断層	-3.9 (+0.34)	-3.9 (+0.34)	-5.9 (+0.34)	-4.8 (+0.34)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m), 上段の数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) 及び地盤変動量を考慮

第6.4-5表(1) 土木学会に基づく検討の評価水位が
最高又は最低となる波源モデル

領域	波源モデル				
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ³ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)
E 1 領域 (評価水位最高ケース)	131.1	7.85	60	90	0
E 2, E 3 領域 (評価水位最低ケース)	131.1	7.85	60	90	2.5

第6.4-5表(2) 土木学会に基づく検討の数値シミュレーション結果
(水位上昇側)

領域	ポンプ 運転状況	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
E 1 領域	運転時	+7.2	-	+6.4	+4.9	-	+5.3	+4.4
	停止時		+6.9	+8.1	+6.3	+2.3	+4.3	+5.5

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-5表(3) 土木学会に基づく検討の数値シミュレーション結果
(水位下降側)

領域	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
E 2, E 3 領域	-4.2	-4.1	-5.3	-5.0

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-6表(1) 土木学会に基づく検討（断層上縁深さ1kmの影響検討）の
評価水位が最高又は最低となる波源モデル

領域	波源モデル				
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ³ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)
E 1 領域 (評価水位最高ケース)	131.1	7.85	60	90	1
E 2, E 3 領域 (評価水位最低ケース)	131.1	7.85	60	90	1

第6.4-6表(2) 土木学会に基づく検討（断層上縁深さ1kmの影響検討）の
数値シミュレーション結果（水位上昇側）

領域	ポンプ 運転状況	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
E 1 領域	運転時	+7.2	-	+6.5	+5.0	-	+5.3	+4.4
	停止時		+6.9	+8.2	+6.3	+2.3	+4.4	+5.4

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-6表(3) 土木学会に基づく検討（断層上縁深さ1kmの影響検討）の
数値シミュレーション結果（水位下降側）

領域	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
E 2, E 3 領域	-4.2	-4.1	-5.4	-5.1

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-7表(1) 地震発生領域の連動を考慮した検討の
評価水位が最高又は最低となる波源モデル

領域	波源モデル							
	断層長さ (km)	モーメントマグニチュード ¹⁾ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり 域	走向	東西位置
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」 (評価水位最高ケース)	350	8.09	60	90	0	IVV	8.9°	(3)
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」 (評価水位最低ケース)	350	8.09	60	90	0	IVVI	8.9°	(3)

第6.4-7表(2) 地震発生領域の連動を考慮した検討の数値シミュレーション結果
(水位上昇側)

領域	ポンプ 運転状況	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
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」	運転時	+8.7	-	+6.9	+6.1	-	+6.1	+4.4
	停止時		+7.1	+9.0	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-7表(3) 地震発生領域の連動を考慮した検討の数値シミュレーション結果
(水位下降側)

領域	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」	-4.5	-4.5	-5.9	-5.2

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-8表(1) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討の
評価水位が最高又は最低となる波源モデル

断層	波源モデル					
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ³ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり域
F 5 6 断層 (評価水位最高ケース)	49.0	7.2	60, 60	143, 215	1	中央
F 5 6 断層 (評価水位最低ケース)	49.0	7.2	60, 60	143, 215	1	隣接 LR

第6.4-8表(2) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討の
数値シミュレーション結果（水位上昇側）

断層	大すべり 域の 配置	ポンプ 運転状況	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
F 5 6 断層	大すべり 域中央	運転時	+1.9 (0.00)	+1.9 (0.00)	+1.6 (0.00)	+1.1 (-0.01)	+2.8 (0.00)	+3.1 (-0.01)	+2.4 (-0.01)
		停止時		+2.1 (0.00)	+2.2 (0.00)	+1.8 (-0.01)	+1.3 (0.00)	+1.5 (-0.01)	+1.5 (-0.01)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m)，上段の数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) 及び地盤変動量を考慮

第6.4-8表(3) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討の
数値シミュレーション結果（水位下降側）

断層	大すべり域の 配置	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	
				循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
F 5 6 断層	大すべり域隣接 LR	-1.0 (+0.01)	-1.0 (+0.01)	-1.5 (+0.01)	-1.1 (+0.01)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m)，上段の数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) 及び地盤変動量を考慮

第6.4-9表(1) すべり角の知見を踏まえた検討の
評価水位が最高又は最低となる波源モデル

断層	波源モデル					
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ¹ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	傾斜方向
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層 +F-Ⅴ断層 (評価水位最高ケース)	48.0	7.27	90	130, 215	0	南傾斜
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層 +F-Ⅴ断層 (評価水位最低ケース)	48.0	7.27	90	115, 215	0	南傾斜

第6.4-9表(2) すべり角の知見を踏まえた検討の数値シミュレーション結果
(水位上昇側)

断層	ポンプ 運転状況	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
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ 断層+F-Ⅴ断層	運転時	+3.6 (+0.30)	+2.0 (+0.25)	+1.5 (+0.25)	+1.4 (+0.26)	+2.7 (+0.24)	+2.9 (+0.30)	+2.1 (+0.29)
	停止時		+2.3 (+0.25)	+2.1 (+0.25)	+3.1 (+0.26)	+1.4 (+0.24)	+2.5 (+0.30)	+2.4 (+0.29)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m), 上段の数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) 及び地盤変動量を考慮

第6.4-9表(3) すべり角の知見を踏まえた検討の数値シミュレーション結果
(水位下降側)

断層	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
F-Ⅲ断層+F-Ⅳ 断層+F-Ⅴ断層	-3.8 (+0.32)	-3.8 (+0.32)	-5.8 (+0.32)	-4.8 (+0.32)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m), 上段の数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) 及び地盤変動量を考慮

第6.4-10表(1) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討の
評価水位が最高又は最低となる波源モデル

断層	波源モデル					
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ¹ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり域
F 2 8 断層 (評価水位最高ケース)	126	7.7	45	115, 93, 118	1	隣接 LRR
F 2 4 断層 (評価水位最低ケース)	132	7.9	30, 30	74, 80	1	中央

第6.4-10表(2) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討の
数値シミュレーション結果（水位上昇側）

断層	大すべり 域の 配置	ポンプ 運転状況	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
F 2 8 断層	大すべり 域隣接 LRR	運転時	+3.6	-	+4.8	+3.8	-	+4.1	+3.4
		停止時		+5.8	+6.2	+4.6	+1.7	+3.3	+2.1

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-10表(3) 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に基づく検討の
数値シミュレーション結果（水位下降側）

断層	大すべり域の 配置	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	
				循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
F 2 4 断層	大すべり域 中央	-2.4	-2.4	-3.4	-3.3

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-11表(1) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討の
評価水位が最高及び最低となる波源モデル

地方自治体	波源モデル				
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ³ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)
鳥取県 (2012)	222.2	8.16	60	90	0

第6.4-11表(2) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討の
数値シミュレーション結果 (水位上昇側)

地方自治体	ポンプ 運転状況	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
鳥取県 (2012)	運転時	+10.5	-	+7.0	+5.9	-	+6.8	+6.6
	停止時		+7.6	+9.0	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-11表(3) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討の
数値シミュレーション結果 (水位下降側)

地方自治体	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
鳥取県 (2012)	-5.0	-5.0	-5.9	-5.4

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-12表 鳥取県（2012）の波源モデル設定の妥当性検討結果

すべり量	16m
すべりの均質・不均質性	均質
波源モデルの妥当性についての評価	<ul style="list-style-type: none"> ・鳥取県(2012)のすべり量 16m は、地震調査研究推進本部（2016）及び土木学会に示される近年の長大断層に対するスケーリング則を用いて算出される最大すべり量を上回る設定であること、及び鳥取県(2012)が採用している武村（1998）のスケーリング則に用いた内陸地殻内地震データの断層長さが最大 85km であり、それ以上の断層長さは外挿領域となっていることから、過大な設定となっていることを確認した。 ・すべりの均質・不均質性についても、国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）及び Murotani et al. (2015)⁽⁷⁶⁾等の最新の知見を踏まえると、すべりの不均質性を考慮することが適当であると評価した。
上記評価を踏まえた検討の位置付け	<ul style="list-style-type: none"> ・鳥取県(2012)の波源モデルについては、長大断層に関する最新の科学的・技術的知見を踏まえた設定でないため、パラメータスタディによる不確かさの考慮は行わない。 ・日本海東縁部に想定される地震による津波の検討（「6.4.1.2.2 地震発生領域の連動を考慮した検討」及び「6.4.4.1.2 日本海東縁部を波源域とする地震発生領域の連動を考慮した検討（断層長さ 350km）」）においては、鳥取県（2012）におけるすべり量及びすべりの均質・不均質性の設定は採用しない。 ・しかしながら、安全側の評価を実施する観点及び地方自治体による地域防災計画との整合を図る観点から、鳥取県が独自に設定している波源モデルに対して数値シミュレーションを実施し、基準津波の策定において考慮する。

第6.4-13表 Watts et al. (2005) の方法を用いた数値シミュレーションの結果

		設定値			
		地滑り①	地滑り②	地滑り③	地滑り④
γ	崩壊部比重	1.85	1.85	1.85	1.85
b(m)	崩壊部長さ	6,208	4,966	4,700	2,021
T(m)	崩壊部厚さ	106	116	158	64
w(m)	崩壊部幅	7,400	3,800	1,000	7,100
d(m)	初期の崩壊部水深	351	634	432	353
θ (deg)	斜面勾配	1.8	3.2	2.6	2.1
C_d	抗力係数	1.0	1.0	1.0	1.0
C_m	付加質量係数	1.0	1.0	1.0	1.0
ϕ	底面摩擦係数	0.0	0.0	0.0	0.0
u_t (m/s)	最終速度	50.512	60.226	52.818	31.129
a_0 (m ² /s)	初期加速度	0.092	0.163	0.133	0.107
t_0 (sec)	特性時間	550.2	369.1	398.4	290.6
S_0 (m)	特性距離	27,791.8	22,231.6	21,040.8	9,047.6
λ_0 (m)	特性津波波長	32,269.0	29,096.6	25,920.0	17,094.9
上昇側の評価水位 (T. P. m) ※1		+2.0	+1.2	+1.0	+0.8
下降側の評価水位 (T. P. m) ※2		-1.2	-0.5	-0.6	-0.4

※1 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

※2 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-14表 二層流モデルの計算条件

計算時間間隔 (秒)	現象時間 (時間)	マンシングの粗度係数 ($m^{-1/3}s$)		界面抵抗係数	下層の 渦動粘性係数 (m^2/s)
		上層	下層		
0.05	3	0.03	0.40	0.0	0.0

(上層)

$$\frac{\partial(\eta_1 - \eta_2)}{\partial t} + \frac{\partial M_1}{\partial x} + \frac{\partial N_1}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1^2}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial x} = -\beta \frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} - (1-\beta) \cdot INTF_x$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_1^2}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial y} = -\beta \frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} - (1-\beta) \cdot INTF_y$$

(下層)

$$\frac{\partial \eta_2}{\partial t} + \frac{\partial M_2}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2^2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial x} + \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \right) = DIFF_{2,x} + \alpha \cdot INTF_x - \frac{\tau_{2,x}}{\rho_2}$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_2^2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial y} + \frac{\partial \eta_2}{\partial y} - \frac{\partial h}{\partial y} \right) = DIFF_{2,y} + \alpha \cdot INTF_y - \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2}$$

ここに、下添え字の1：上層，2：下層による変数を表す。

η ：水位変動量 (η_1 : 静水面からの水位変化量, η_2 : 土砂流の厚さ), D : 全水深,
 g : 重力加速度, M, N : x, y 方向の線流量, ρ : 密度 ($\rho_1=1.03g/m^3, \rho_2=2.0g/m^3$),
 α : 密度比 (= ρ_1/ρ_2), β : 下層に土砂がない場合 $\beta=1$, 下層に土砂がある場合 $\beta=0$,
 τ/ρ : 底面摩擦力, n : マンシングの粗度係数

$$\frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} = \frac{gn^2}{D_1^{7/3}} M_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2}, \quad \frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} = \frac{gn^2}{D_1^{7/3}} N_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2}$$

$$\frac{\tau_{2,x}}{\rho_2} = \frac{gn^2}{D_2^{7/3}} M_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}, \quad \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2} = \frac{gn^2}{D_2^{7/3}} N_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}$$

$INTF$: 界面抵抗力, f_{int} : 界面抵抗係数, u, v : x, y 方向の流速

$$INTF_x = f_{int} \bar{u} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}, \quad INTF_y = f_{int} \bar{v} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2}$$

$$\bar{u} = u_1 - u_2, \quad \bar{v} = v_1 - v_2$$

$DIFF$: 渦動粘性項, ν : 渦動粘性係数

$$DIFF_{2,x} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 M_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} \right), \quad DIFF_{2,y} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_2}{\partial y^2} \right)$$

第6.4-15表(1) 海底地滑りに起因する津波の数値シミュレーションによる
 計算結果 (二層流モデル及びWatts et al. (2005)の方法の比較)

地滑り	評価水位 (T. P. m)		
	上昇側 ^{※1}	下降側 ^{※2}	
	施設護岸又は防波壁	2号炉取水口 (東)	2号炉取水口 (西)
地滑り① (二層流モデル)	+4.1	-2.8	-2.7
地滑り① (Watts et al. (2005)の方法)	+2.7	-2.6	-2.6

※1 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

※2 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-15表(2) 海底地滑りに起因する津波の数値シミュレーションによる
計算結果（水位上昇側）

地滑り	ポンプ 運転状況	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
海底地滑り① (二層流モデル)	運転時	+4.1	+3.5	+3.2	+2.3	+3.4	+4.3	+4.0
	停止時		+4.0	+4.5	+4.0	+2.1	+3.8	+4.2

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-15表(3) 海底地滑りに起因する津波の数値シミュレーションによる
計算結果（水位下降側）

地滑り	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
海底地滑り① (二層流モデル)	-2.8	-2.7	-3.7	-3.3

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-16表(1) Huber and Hager (1997) の予測式を用いた津波高の検討結果 (陸上地滑りに起因する津波 (その1))

地滑り	長さ L(m)	幅 b(m)	厚さ t(m)	土量 ₃ Vs(m ³)	すべり面の 傾斜角 α (°)	進行角 γ (°)	突入水深 d ₁ (m)	発電所水深 d ₂ (m)	発電所までの 距離 r(km)	発電所での 津波高さ (全振幅) H ₂ (m)
Ls1	478	430	43	8,838,220	20	+75	10	20	11	0.37
Ls2	180	140	20	504,000	34	+80	5	20	11	0.12
Ls3	490	400	40	7,840,000	20	+70	10	20	10	0.43
Ls4	240	160	23	883,200	17	+90	5	20	10	0.06
Ls5	250	110	16	440,000	16	+95	5	20	10	0.04
Ls6	370	160	23	1,361,600	19	+100	10	20	10	0.09
Ls7	402	190	28	2,138,640	27	+35	15	20	9	1.20
Ls8	242	100	20	484,000	30	+85	5	20	9	0.12
Ls9	106	120	18	228,960	41	+100	5	20	8	0.06
Ls10	272	260	38	2,687,360	23	+95	5	20	8	0.10
Ls11	112	190	28	595,840	27	+95	5	20	8	0.06
Ls12	130	100	20	260,000	23	+150	5	20	8	0.01
Ls13	231	340	34	2,670,360	18	+55	5	20	7	0.23
Ls14	158	140	20	442,400	18	+105	5	20	6	0.03
Ls15	100	150	22	330,000	37	+40	5	20	6	0.32
Ls16	136	90	18	220,320	17	+135	5	20	5	0.00
Ls17	112	110	16	197,120	27	+120	5	20	5	0.01
Ls18	121	120	18	261,360	24	+80	5	20	5	0.11
Ls19	371	120	18	801,360	14	+110	10	20	5	0.05
Ls20	72	80	16	92,160	34	+50	5	20	5	0.22

第6.4-16表(2) Huber and Hager (1997) の予測式を用いた津波高の検討結果 (陸上地滑りに起因する津波 (その2))

地滑り	長さ L(m)	幅 b(m)	厚さ t(m)	土量 $V_s(m^3)$	すべり面の 傾斜角 $\alpha(^{\circ})$	進行角 $\gamma(^{\circ})$	突入水深 $d_1(m)$	発電所水深 $d_2(m)$	発電所までの 距離 r(km)	発電所での 津波高さ (全振幅) $H_2(m)$
Ls21	71	90	18	115,020	45	+25	5	20	5	0.38
Ls22	170	100	20	340,000	28	+65	5	20	4	0.27
Ls23	125	170	25	531,250	29	+110	10	20	1	0.20
Ls24	172	80	16	220,160	22	-130	5	20	0.5	0.01
Ls25	265	140	20	742,000	19	-125	10	20	0.5	0.05
Ls26	289	290	42	3,520,020	14	-105	10	20	0.5	0.44
Ls27	328	110	16	577,280	12	-90	5	20	1	0.18
Ls28	155	140	20	434,000	15	-85	5	20	1	0.21
Ls29	318	130	19	785,460	13	-105	5	20	1	0.10
Ls30	47	140	20	131,600	32	-170	5	20	2	0.08
Ls31	286	150	22	943,800	12	-115	5	20	1	0.05
Ls32	573	220	32	4,033,920	12	-110	10	20	2	0.13
Ls33	196	200	29	1,136,800	15	-145	5	20	4	0.01
Ls34	724	400	40	11,584,000	11	-100	10	20	4	0.18
Ls35	843	470	47	18,621,870	10	-100	5	20	5	0.09
Ls36	310	170	25	1,317,500	21	-65	5	20	6	0.24
Ls37	313	500	50	7,825,000	17	-115	5	20	6	0.03

第6.4-17表 Fritz et al. (2004) の波源振幅予測式を用いた
Watts et al. (2005) の方法の計算条件

パラメータ		設定値		設定根拠
		LS7	LS26	
s (m)	崩壊部厚さ	28	42	Huber and Hager (1997) のパラメータと同様、平面図等から算出
w (m)	崩壊部幅	190	290	
V_s (m ³)	土塊量	2, 138, 640	3, 520, 020	
h (m)	水深	15	10	
α (°)	斜面勾配	27	14	
v_s (m/s)	突入速度	9	6	二層流モデルによる結果より設定
$\eta_{0,2D}$	2次元振幅	4.1	3.9	a_c : 波源振幅予測式参照
λ_0	第一波の波長	231.8	166.7	L_1 : 波源振幅予測式参照
$\eta_{0,3D}$	3次元振幅	1.8	2.5	初期波形予測式参照

【Fritz et al. (2004) による波源振幅予測式】

$$\frac{a_c}{h} = 0.25 \left(\frac{v_s}{\sqrt{gh}} \right)^{1.4} \left(\frac{s}{h} \right)^{0.8}$$

$$\frac{L_1(x/h = 5)}{h} = 8.2 \left(\frac{v_s}{\sqrt{gh}} \right)^{0.5} \left(\frac{V_s}{wh^2} \right)^{0.2}$$

ここに、 a_c : 最大水位上昇量、 h : 静水深、 v_s : 突入速度、 g : 重力加速度、 s : 崩壊部の厚さ、 L_1 : 第一波の波長、 V_s : 土塊量、 w : 崩壊部の幅、 α : 斜面勾配、 x : 観測位置

【Watts et al. (2005) による初期波形予測式】

$$\eta_{0,3D} = \eta_{0,2D} \left(\frac{w}{w + \lambda_0} \right)$$

$$\eta(x, y) = -\frac{\eta_{0,3D}}{\eta_{\min}} \operatorname{sech}^2 \left(\kappa \frac{y - y_0}{w + \lambda_0} \right) \left(\exp \left\{ -\left(\frac{x - x_0}{\lambda_0} \right)^2 \right\} - \kappa' \exp \left\{ -\left(\frac{x - \Delta x - x_0}{\lambda_0} \right)^2 \right\} \right)$$

ここに、 $\eta_{0,2D}$: 最大水位低下量、 w : 地滑りの幅、 λ_0 : 津波特性波長、 x, y : 波形作成位置
 x_0, y_0 : 地滑り位置、 η_{\min} : 振幅を除く右辺の最小値、 $\kappa = 3$ 、 $\kappa' = 1$ 、 Δx : 波形調整パラメータ

第6.4-18表(1) 陸上地滑りの数値シミュレーションによる計算結果
(二層流モデル及びWatts et al. (2005)の方法の比較)

地滑り	評価水位 (T. P. m) ※		
	上昇側※ ¹	下降側※ ²	
	施設護岸又は防波壁	2号炉取水口 (東)	2号炉取水口 (西)
Ls7 (二層流モデル)	+0.8	-0.2	-0.2
Ls26 (二層流モデル)	+1.2	-0.5	-0.5
Ls7 (Watts et al. (2005)の方法)	+0.6	-0.1	-0.1
Ls26 (Watts et al. (2005)の方法)	+0.7	-0.3	-0.3

※1 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

※2 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-18表(2) 陸上地滑りの数値シミュレーションによる計算結果
(水位上昇側)

地滑り	ポンプ 運転状況	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
Ls26 (二層流モデル)	運転時	+1.2	+1.0	+0.7	+0.5	+2.6	+2.4	+1.8
	停止時		+1.1	+1.1	+1.0	+1.1	+1.0	+0.8

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-18表(3) 陸上地滑りの数値シミュレーションによる計算結果
(水位下降側)

地滑り	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
Ls26 (二層流モデル)	-0.5	-0.5	-1.1	-0.7

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第6.4-19表 Huber and Hager (1997) の予測式を用いた津波高の検討結果 (岩盤崩壊に起因する津波)

地滑り	長さ L(m)	幅 b(m)	厚さ t(m)	土量 Vs(m ³)	すべり面の傾斜角 α (°)	進行角 γ (°)	突入水深 d ₁ (m)	発電所水深 d ₂ (m)	発電所までの 距離 r(km)	発電所での津波高さ (全振幅) H ₂ (m)
Rf-2	50	60	12	36,000	50	+20	5	20	2.8	0.42
Rf-1	38	45	9	15,390	62	+10	5	20	2.7	0.39
Rf-3	79	85	17	144,155	33	-40	5	20	2.8	0.38
Rf-4	66	40	8	21,120	76	-15	5	20	5.9	0.31
Rf-5	89	70	14	87,220	50	+45	5	20	5.9	0.29
(参考) Ls26	289	290	42	3,520,020	14	-105	10	20	0.5	0.44

第6.4-20表(1) 津波起因事象の重畳による津波の検討の数値シミュレーションによる計算結果（水位上昇側）

検討項目	ポンプ 運転状況	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
F-Ⅲ断層 + F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層 + 陸上地滑り Ls26	運転時	+3.8 (+0.32)	+1.5 (+0.27)	+1.1 (+0.27)	+1.0 (+0.28)	+2.7 (+0.26)	+2.8 (+0.32)	+1.9 (+0.30)
	停止時		+1.8 (+0.27)	+1.7 (+0.27)	+2.7 (+0.28)	+1.2 (+0.26)	+2.6 (+0.32)	+2.4 (+0.30)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m)，上段の数値は朔望平均満潮位（T. P. +0.46m）及び地盤変動量を考慮

第6.4-20表(2) 津波起因事象の重畳による津波の検討の数値シミュレーションによる計算結果（水位下降側）

検討項目	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
F-Ⅲ断層+ F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層 + 陸上地滑り Ls26	-3.7 (+0.34)	-3.7 (+0.34)	-5.7 (+0.34)	-4.7 (+0.34)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m)，上段の数値は朔望平均干潮位（T. P. -0.02m）及び地盤変動量を考慮

第6.4-21表(1) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討（防波堤無し）
の数値シミュレーション結果（水位上昇側）

地方自治体	ポンプ 運転状況	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
鳥取県 (2012)	運転時	+11.6	-	+9.0	+6.4	-	+6.1	+6.4
	停止時		+9.0	+10.4	+7.7	+4.1	+7.2	+6.3

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第6.4-21表(2) 地方自治体独自の波源モデルに基づく検討（防波堤無し）
の数値シミュレーション結果（水位下降側）

地方自治体	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
鳥取県 (2012)	-5.9	-5.9	-7.5	-5.5

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第 6.4-22 表(1) 地震発生領域の連動を考慮した検討（防波堤無し）
 の評価水位が最高となる波源モデル

領域	波源モデル							
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ^a Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり 域	走向	東西位置
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」 (評価水位最高ケース)	350	8.09	60	90	0	VIII 南へ 30km	走向一定 -10° 変化	(3)から東 に 15.9km

第6.4-22表(2) 地震発生領域の連動を考慮した検討（防波堤無し）
 の数値シミュレーション結果（水位上昇側）

領域	ポンプ 運転状況	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
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」	運転時	+11.2	—	+8.3	+5.8	—	+5.5	+6.8
	停止時		+8.0	+10.2	+7.5	+2.6	+5.4	+7.3

※ 数値は朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) を考慮

第 6.4-23 表(1) 地震発生領域の連動を考慮した検討（防波堤無し）
 の評価水位が最低となる波源モデル

領域	波源モデル							
	断層長さ (km)	モーメントマグニ チュード ³ Mw	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上縁深さ (km)	大すべり 域	走向	東西位置
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」 (評価水位最低ケース)	350	8.09	60	90	1	VVII 南へ 20km	走向一定 -10° 変化	(3)

第6.4-23表(2) 地震発生領域の連動を考慮した検討（防波堤無し）
 の数値シミュレーション結果（水位下降側）

領域	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
「青森県西方沖」及び 「佐渡島北方沖」	-6.0	-5.9	-7.8	-5.7

※ 数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) を考慮

第 6.4-24 表 土木学会に基づく検討（防波堤無し）

の数値シミュレーション結果（水位下降側）

断層	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	
			循環水ポンプ 運転時	循環水ポンプ 停止時
F-III断層 + F-IV 断層 + F-V断層	-4.1 (+0.34)	-4.1 (+0.34)	-6.3 (+0.34)	-5.0 (+0.34)

※ 括弧内の数値は地盤変動量(m)，上段の数値は朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) 及び地盤変動量を考慮

第 6.4-25 表(1) 基準津波評価結果一覧（水位上昇側）

基準津波	波源※1	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	ポンプ運転状況	評価水位 (T. P. m)※2						
												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 (鳥取県モデル; 防波堤有り, 防波堤無し) 〈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 [9.00]	+7.0	+4.0	+7.1	+6.4
											運転	+11.6	-	+9.0	+6.4	-	+6.1	+6.4
											停止		+9.0	+10.4	+7.7	+4.1	+7.2	+6.3
基準津波 2	日本海東縁部 (2領域連動モデル; 防波堤有り) 〈地震発生領域の連動を考慮した検討(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 [8.91]	+7.2	+3.0	+6.5	+4.9
基準津波 5	日本海東縁部 (2領域連動モデル; 防波堤無し) 〈地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ 350km)〉	350	8.09	60	90	0	VIVII 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

※1 < >内は検討項目を示す。 ※2 朔望平均満潮位 (T. P. +0.46m) 及び地盤変動量を考慮

第 6.4-25 表(2) 基準津波評価結果一覧 (水位下降側)

基準津波	波源 ^{※1}	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	ポンプ運転状況	評価水位 (T. P. m) ^{※2}			
												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	<u>日本海東縁部 (鳥取県モデル; 防波堤有り, 防波堤無し)</u> <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 [-5.81]	
											停止			-5.4	
											無	運転	-5.9	-5.9	-7.5
												停止			-5.5
基準津波 3	<u>日本海東縁部 (2領域連動モデル; 防波堤有り)</u> <地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ 350km)>	350	8.09	60	90	0	IVVI	走向一定	(3)	有	運転	-4.5	-4.5	-5.9 [-5.88]	
											停止			-5.2	
基準津波 4	<u>海域活断層 (F-III断層+F-IV断層+F-V断層; 防波堤有り, 防波堤無し)</u> <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 [-5.84]	
											停止			-4.8	
											無	運転	-4.1	-4.1	-6.3
												停止			-5.0
基準津波 6	<u>日本海東縁部 (2領域連動モデル; 防波堤無し)</u> <地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ 350km)>	350	8.09	60	90	1	VII南 20km	走向一定-10°変化	(3)	無	運転	-6.0	-5.9	-7.8	
											停止			-5.7	

※1 <>内は検討項目を示す。 ※2 朔望平均干潮位 (T. P. -0.02m) 及び地盤変動量を考慮

第 6.5-1 表 津波堆積物に関する文献調査結果

番号	文献	著者	調査結果 ^{※1}
①	①-1：鳥取沿岸津波堆積物調査の途中経過報告	安本 (2013) ⁽⁷⁷⁾	<p>・2013年度の津波堆積物調査の結果、<u>米子空港周辺からは、1833年山形・庄内沖地震^{※2}による津波により堆積したとして矛盾はないと評価される堆積物が検出されている。</u></p> <p>・北栄町大谷からは紀元前3600年頃と推定されるイベント層から、津波由来の可能性のある堆積物が検出されている。</p> <p>・北栄町瀬戸からは2000年前頃と想定されるイベント層から、津波由来の可能性のある堆積物が検出されている。</p> <p>・鳥取市気高町日光からは盛土中のイベント堆積物から、津波由来の可能性のある堆積物が検出されている。</p>
	①-2：鳥取県内での津波堆積物検出作業の経過報告	酒井 (2014a) ⁽⁷⁸⁾	
	①-3：山陰に押し寄せた津波の痕跡を探る：2012年度津波堆積物検出調査の結果報告	酒井 (2014b) ⁽⁷⁹⁾	
	①-4：津波堆積物調査報告	酒井・入月 (2014) ⁽⁸⁰⁾	
	①-5：鳥取県西部弓ヶ浜半島で見つかった津波由来の可能性のある堆積物とその意義	酒井ほか(2014) ⁽⁸¹⁾	
②	海岸堆積物のルミネッセンス計測に基づく歴史津波の分析	西口ほか (2014) ⁽⁸²⁾	<u>2013年度の米子空港東における砂質堆積物の分析の結果、1833年山形・庄内沖地震による津波と整合的な年代が得られたとされている。</u>
③	隠岐島後重栖における津波堆積物の報告	入月ほか(2014) ⁽⁸³⁾	<u>2012, 2013年度の隠岐諸島 重栖湾における津波堆積物調査の結果、顕著な砂層は認められなかったものの、1833年山形県沖地震による津波により運搬された可能性がある木材層を境に貝形虫群集の急激な変化や、木材層の上位で貝形虫個体数と粒度(砂の含有率)の繰り返し認められたとされている。</u>
④	日本海地震・津波調査プロジェクト	文部科学省(2016) ⁽⁸⁴⁾	島根県大田市久手町、島根県海士町諏訪湾、鳥取県北栄町西園における津波堆積物調査の結果、複数のイベント堆積物の挟在が認められたとされている。
⑤	山陰での津波堆積物調査とその成果	酒井ほか(2016) ⁽⁸⁵⁾	<u>隠岐諸島や鳥取県における津波堆積物調査の結果、確実に津波堆積物と断言できるイベント堆積物はないが、およそ5700年前、4000年前、2000年前の地層より津波由来の可能性が高い堆積物が検出されるとともに、1833年山形・庄内沖地震津波に由来する可能性の高い堆積物が検出された</u> とされている。山陰地域における調査により検出された津波由来の可能性の高い堆積物は、非常に薄く、微化石や化学分析を実施しない限り検出は困難であるとされている。
⑥	島根半島における津波堆積物調査について(佐陀本郷および千酌の事例)	宮本・玉井(2014) ⁽⁸⁶⁾	松江市鹿島町佐陀本郷地点及び松江市美保関町千酌地点における津波堆積物調査の結果、複数のイベント堆積物の可能性のある地層を抽出したとされている。イベント堆積物を対象に各種分析を実施したが、津波由来を示す証拠は無いと判断されている。

※1 下線部は1833年山形・庄内沖地震による津波に関する記載。

※2 当該地震について地震調査研究推進本部(2003)では「1833年庄内沖地震」と称しているが、主な引用文献の中で「1833年山形・庄内沖地震」と称していることから、後者で表記することとする。

第6.6-1表 砂移動の数値シミュレーションの手法

	藤井ほか(1998)の手法	高橋ほか(1999)の手法
地盤高の連続式	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \alpha \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \frac{E - S}{\sigma(1 - \lambda)} = 0$	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1 - \lambda} \left(\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{E - S}{\sigma} \right) = 0$
浮遊砂濃度連続式	$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(UC)}{\partial x} - \frac{E - S}{D} = 0$	$\frac{\partial(C_s D)}{\partial t} + \frac{\partial(MC_s)}{\partial x} - \frac{E - S}{\sigma} = 0$
流砂量式	小林ほか(1996) ⁽⁸⁷⁾ の実験式 $Q = 80\tau_*^{1.5}\sqrt{sgd^3}$	高橋ほか(1999)の実験式 $Q = 21\tau_*^{1.5}\sqrt{sgd^3}$
巻き上げ量の算定式	$E = \frac{(1 - \alpha)Qw^2\sigma(1 - \lambda)}{Uk_z \left[1 - \exp\left\{\frac{-wD}{k_z}\right\} \right]}$	$E = 0.012\tau_*^2\sqrt{sgd} \cdot \sigma$
沈降量の算定式	$S = wC_b$	$S = wC_s \cdot \sigma$
摩擦速度の計算式	log-wake 則を鉛直方向に積分した式 より算出	マニング則より算出 $u_* = \sqrt{gn^2U^2/D^{1/3}}$

- Z : 水深変化量(m) t : 時間(s) x : 平面座標
- Q : 単位幅, 単位時間当たりの掃流砂量 (m³/s/m) τ_* : シールズ数
- σ : 砂の密度 (=2.76g/cm³, 自社調査結果より) s : = $\sigma / \rho - 1$
- d : 砂の粒径 (=0.3mm, 自社調査結果より) g : 重力加速度 (m/s²)
- U : 流速 (m/s) D : 全水深(m) ρ : 海水の密度 (=1.03g/cm³, 国立天文台編(2016)より)
- λ : 空隙率 (=0.4, 藤井ほか(1998)より) M : 単位幅あたりの流量 (m²/s)
- n : Manning の粗度係数 (=0.03m^{-1/3}, 土木学会より)
- α : 局所的な外力のみに移動を支配される成分が全流砂量に占める比率 (=0.1, 藤井ほか(1998)より)
- w : 土粒子の沈降速度 (Rubey 式より算出) (m/s) z_0 : 粗度高さ (=ks/30) (m)
- k_z : 鉛直拡散係数 (=0.2 $\kappa u_* h$, 藤井ほか(1998)より) (m²/s) ks : 相当粗度 (=7.66ng^{1/2})⁶ (m)
- κ : カルマン定数 (=0.4, 藤井ほか(1998)より) h : 水深(m)
- C, C_b : 浮遊砂濃度, 底面浮遊砂濃度 (藤井ほか(1998)より浮遊砂濃度から算出) (kg/m³)
- C_s : 浮遊砂体積濃度
- log-wake 則 : 対数則 $u_* / U = \kappa / \{\ln(h/z_0) - 1\}$ に wake 関数 (藤井ほか(1998)より) を付加した式

第6.6-2表 砂移動の数値シミュレーションの条件

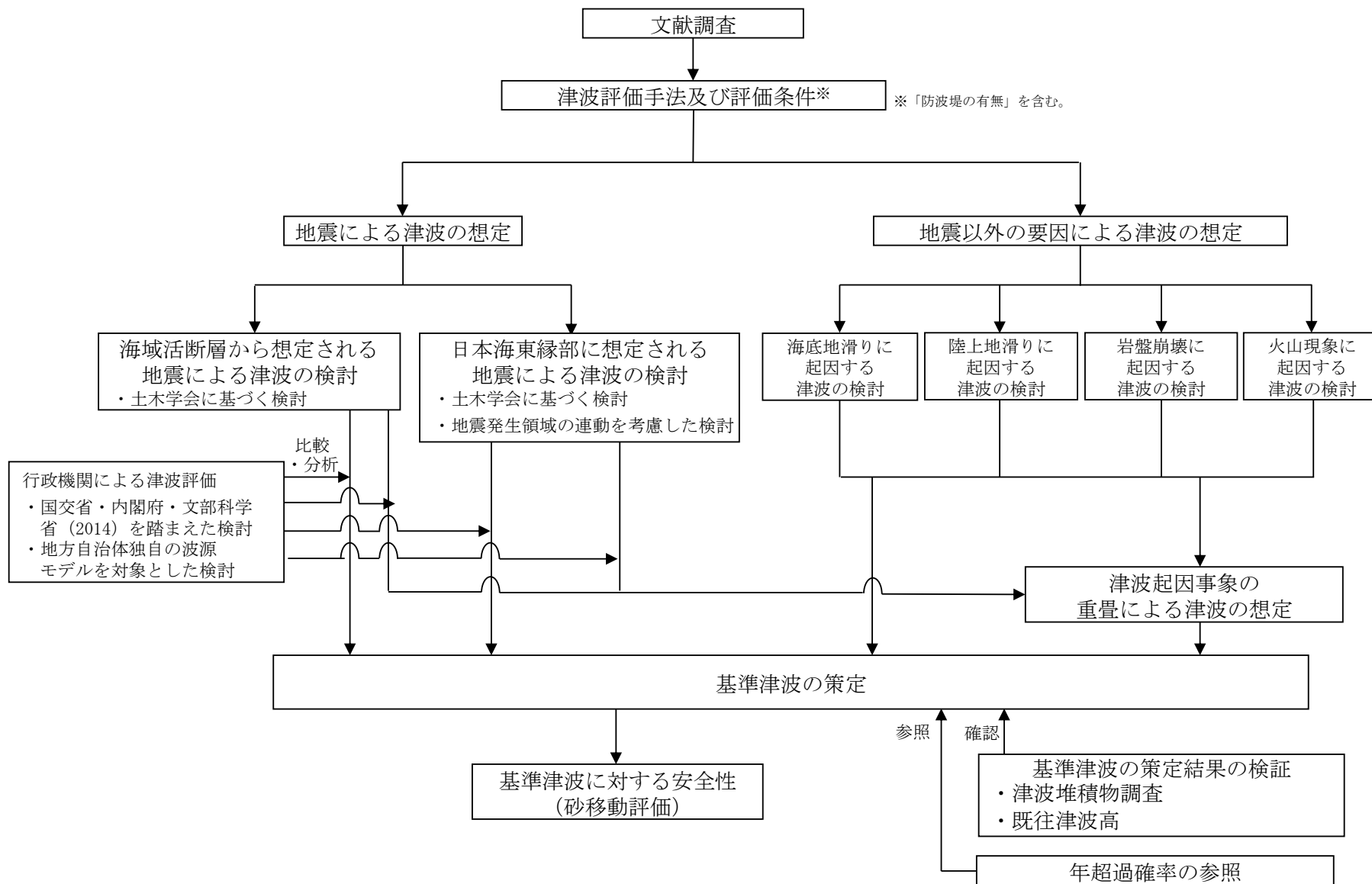
設定項目	設定値
砂移動モデル	藤井ほか（1998）による方法 高橋ほか（1999）による方法
計算時間間隔	0.05 秒
沖側境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 開境界部分は自由透過，領域結合部は，水位と流速を接続 ・ 解析領域境界での砂の流入出を考慮
陸側境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 静水面より上昇する津波に対しては完全反射条件，または小谷ほか（1998）の遡上条件とする。 ・ 静水面より下降する津波に対しては小谷ほか（1998）の移動境界条件を用いて海底露出を考慮する。
浮遊砂上限濃度	<ul style="list-style-type: none"> ・ 藤井ほか（1998）による方法：1%，5% ・ 高橋ほか（1999）による方法：1%
計算時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本海東縁部に想定される地震による津波は地震発生後6時間まで ・ 海域活断層から想定される地震による津波は地震発生後3時間まで
初期砂層厚	砂層は無限に供給されるものとして設定
砂の粒径	0.3mm
砂の密度	2.76g/cm ³

第6.6-3表 砂移動の数値シミュレーション結果（2号炉取水口周辺）

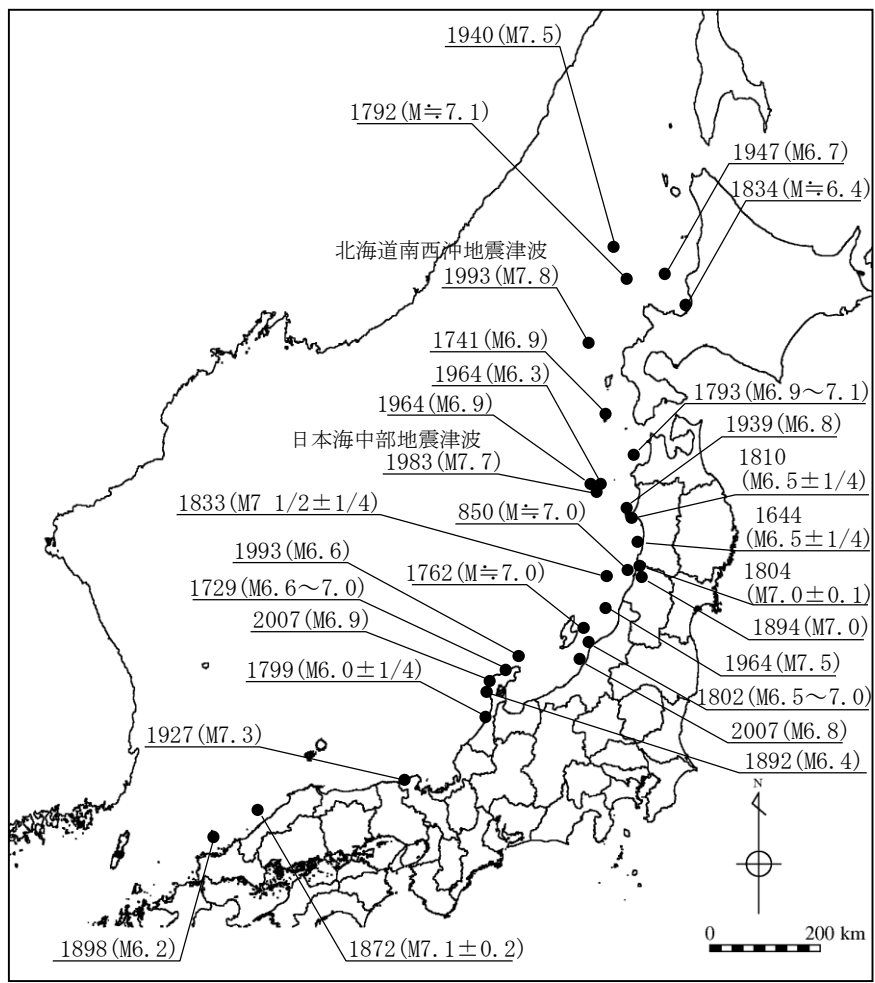
基準津波	防波堤の有無	砂移動モデル	浮遊砂 上限濃度	取水口堆積層厚さ (m)	
				2号炉 取水口 (東)	2号炉 取水口 (西)
基準津波 1	有	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.02 [0.020]	0.02 [0.011]
	無	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.00	0.00
基準津波 2	有	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.01	0.00
基準津波 3	有	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.00	0.00
基準津波 4	有	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.00	0.00
	無	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.00	0.00
基準津波 5	無	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.00	0.00
基準津波 6	無	藤井ほか (1998)	1 %	0.00	0.00
			5 %	0.00	0.00
		高橋ほか (1999)	1 %	0.00	0.00

第6.6-4表 砂移動の数値シミュレーション結果（2号炉取水槽）

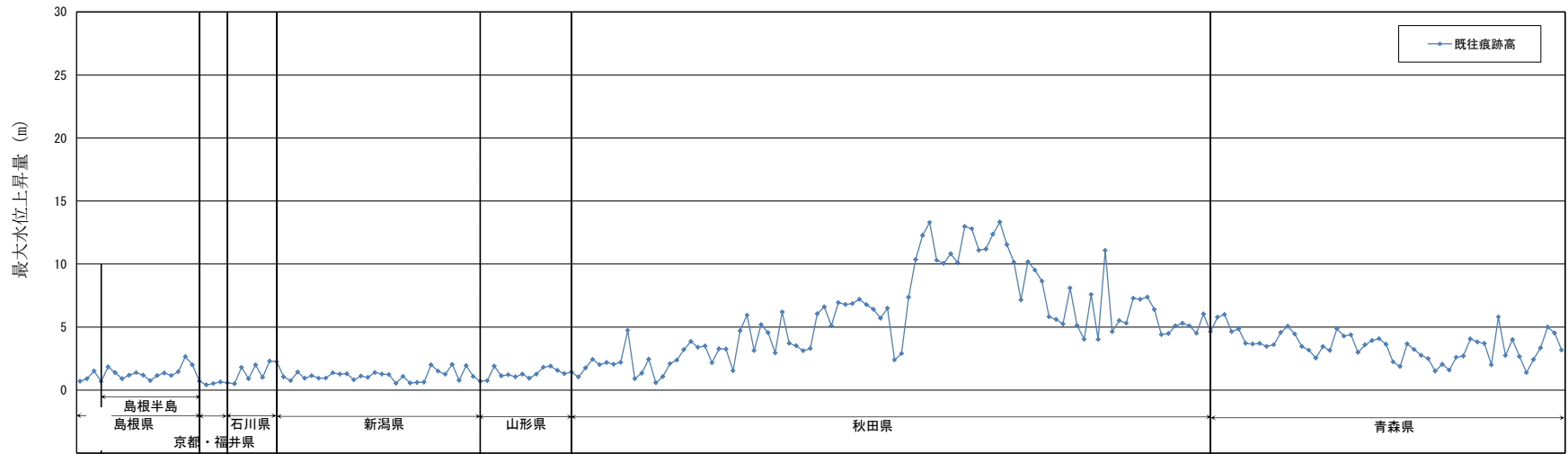
基準津波	上昇側・下降側	防波堤の有無	ポンプ 運転状況	砂移動 モデル	浮遊砂 上限濃度	2号炉取水槽における 砂の堆積厚さ（m）
基準津波 1	上昇側	有	運転	高橋ほか (1999)	1%	0.02[0.0161]
			停止			0.00
		無	運転			0.01
			停止			0.00
	下降側	有	運転			0.02[0.0162]
			停止			0.00
		無	運転			0.01
			停止			0.00
基準津波 2	上昇側	有	運転	0.01		
			停止	0.00		
基準津波 3	下降側	有	運転	0.01		
			停止	0.00		
基準津波 4	下降側	有	運転	0.00		
			停止	0.00		
		無	運転	0.00		
			停止	0.00		
基準津波 5	上昇側	無	運転	0.00		
			停止	0.00		
基準津波 6	下降側	無	運転	0.00		
			停止	0.00		



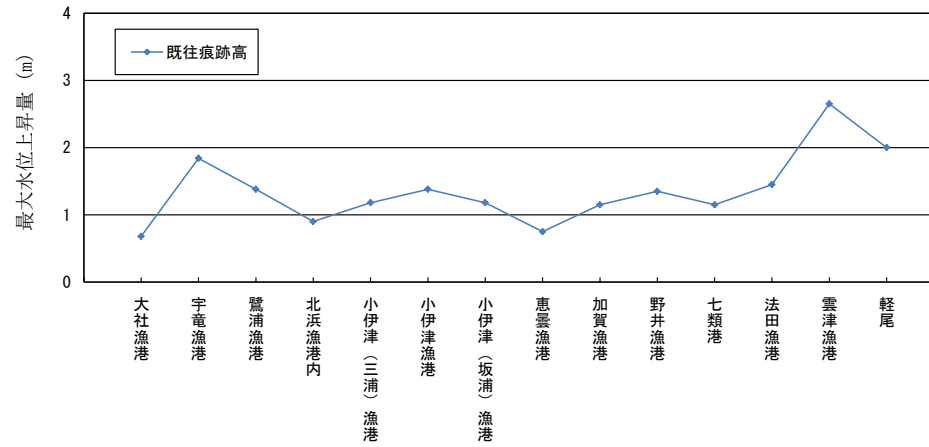
第6.1-1図 基準津波の策定における検討フロー



第6.2-1図 日本海における既往地震の震央位置及び地震規模

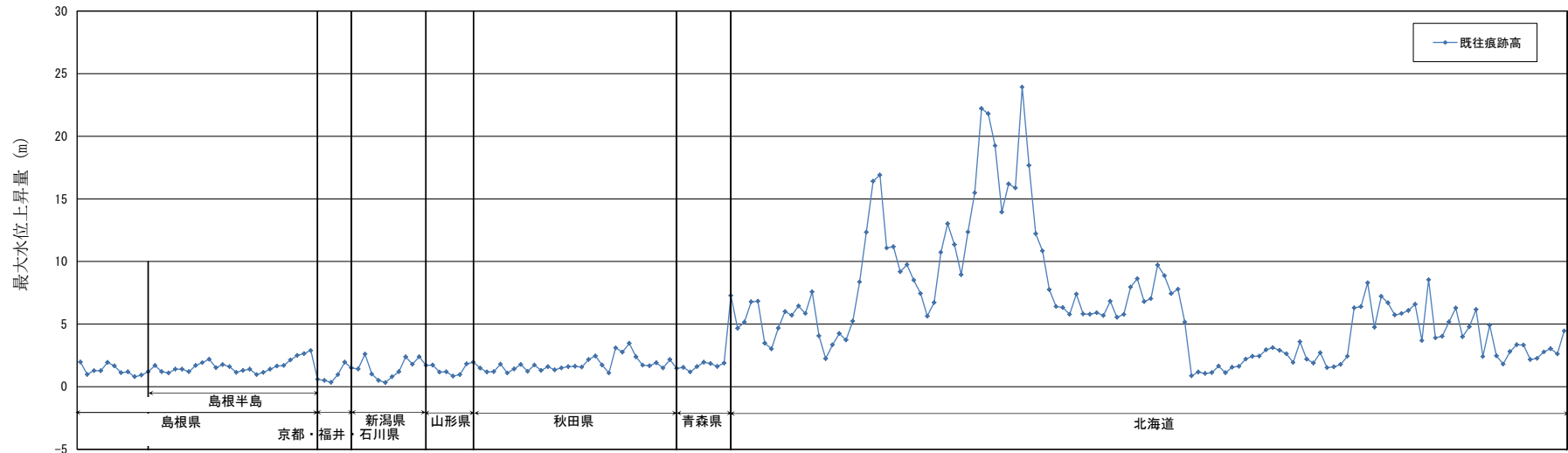


(日本海沿岸)

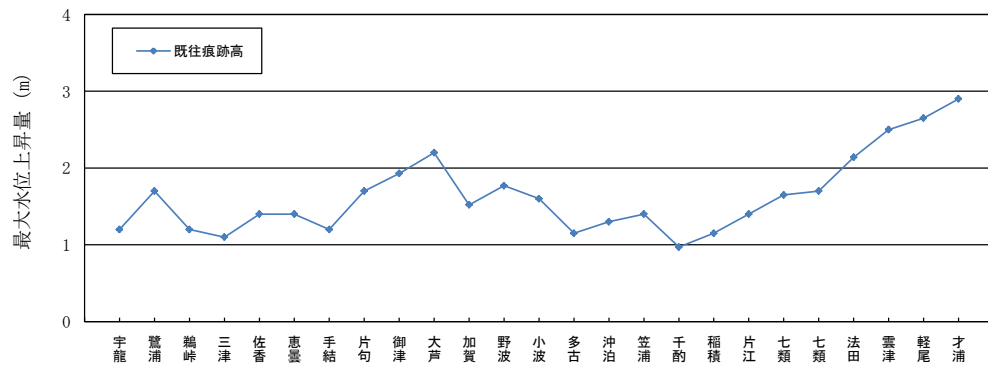


(島根半島)

第6.2-2図(1) 日本海沿岸における既往津波高 (1983年日本海中部地震津波)

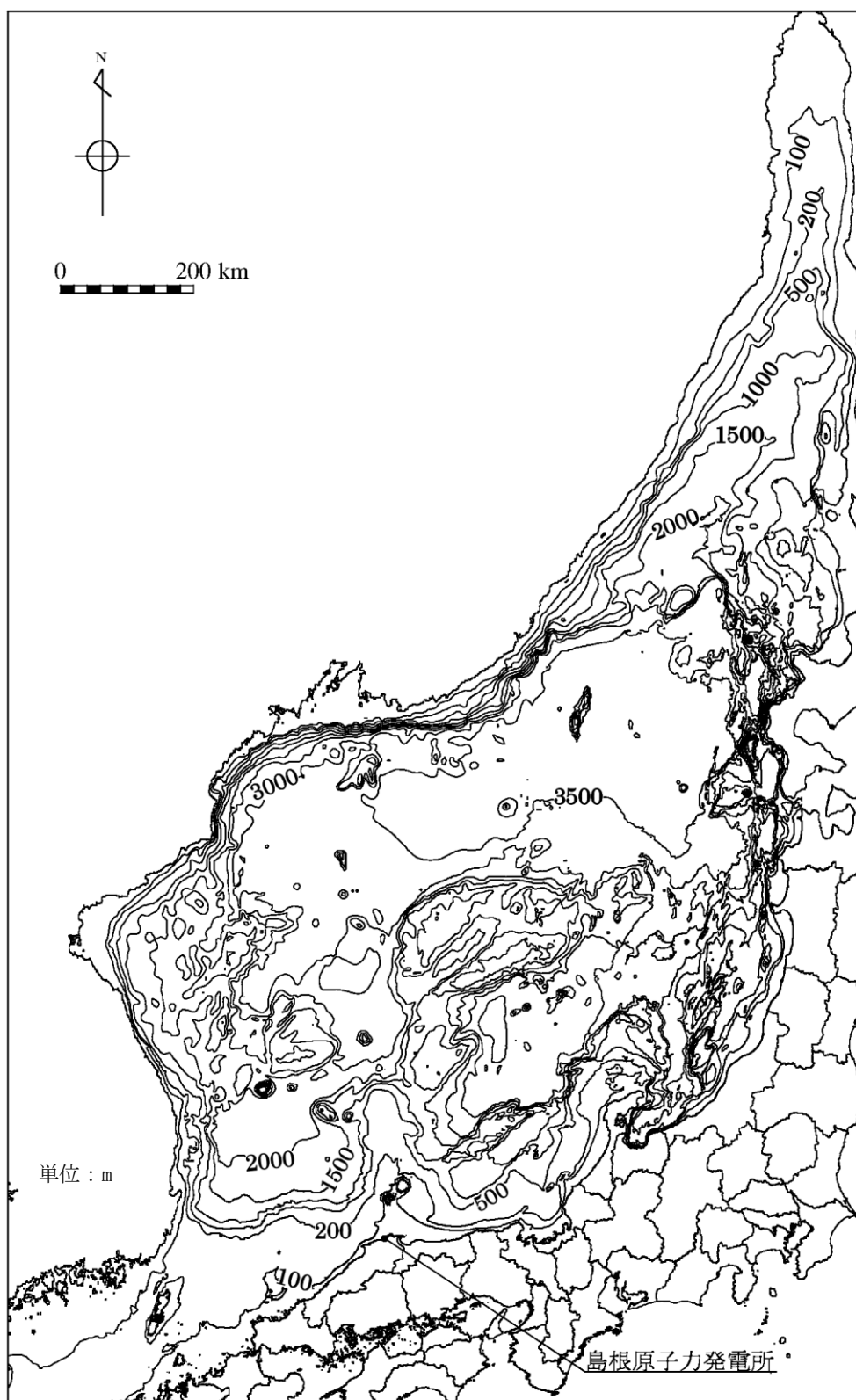


(日本海沿岸)

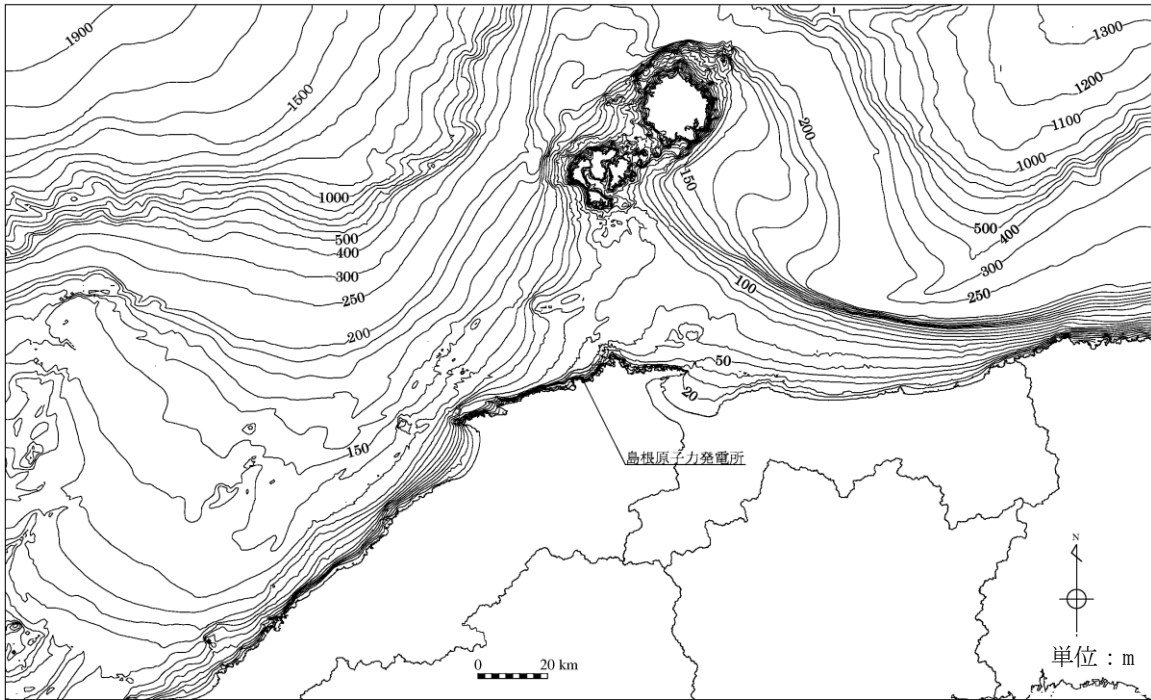


(島根半島)

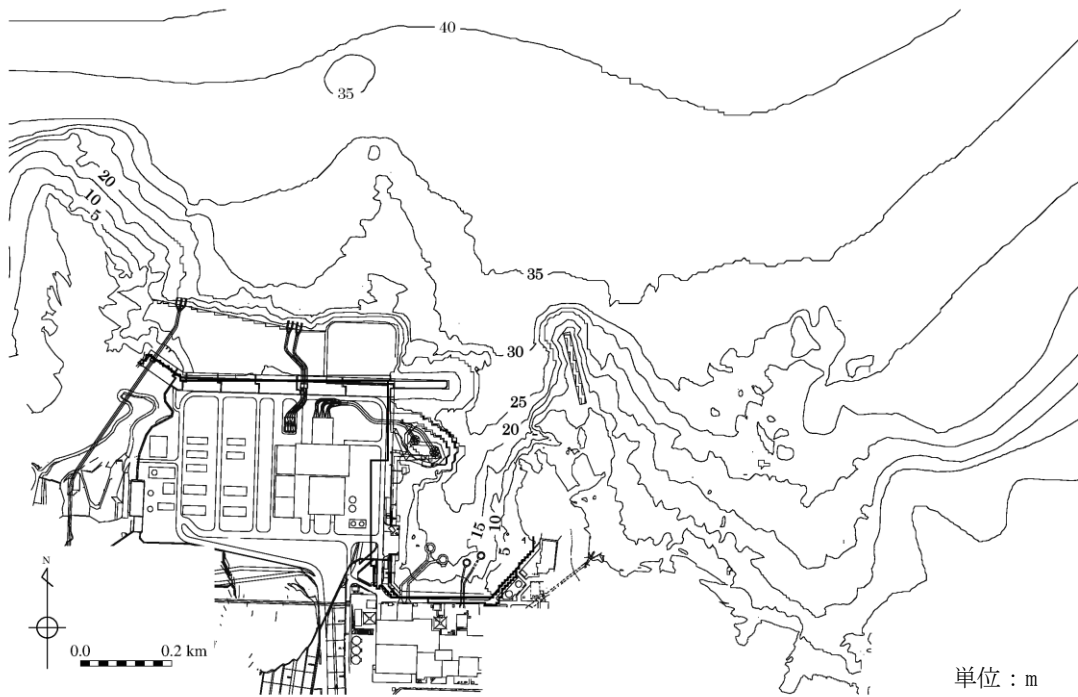
第6.2-2図(2) 日本海沿岸における既往津波高 (1993年北海道南西沖地震津波)



第6.3-1図(1) 計算領域と水深（全域）

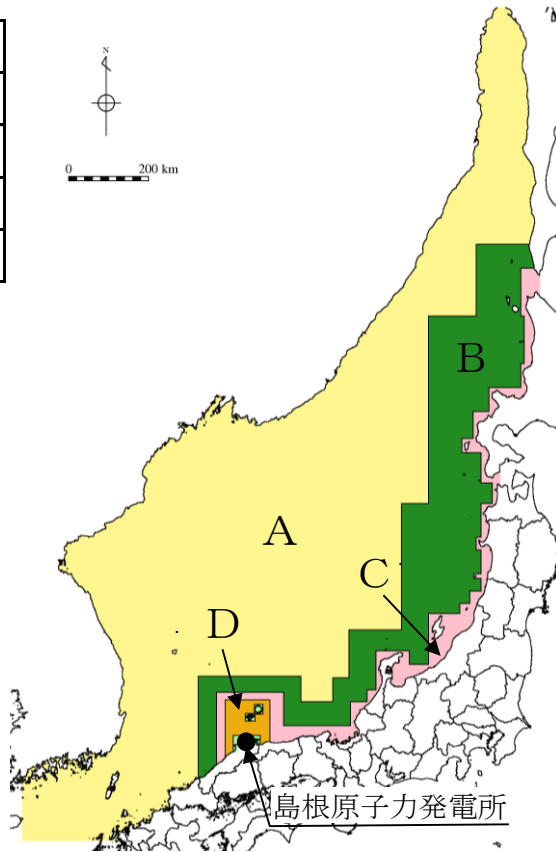


第6.3-1図(2) 計算領域と水深（敷地周辺）



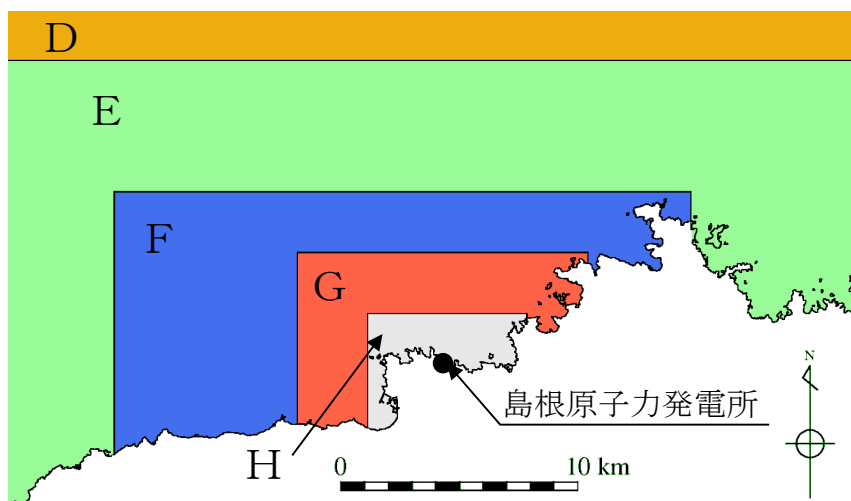
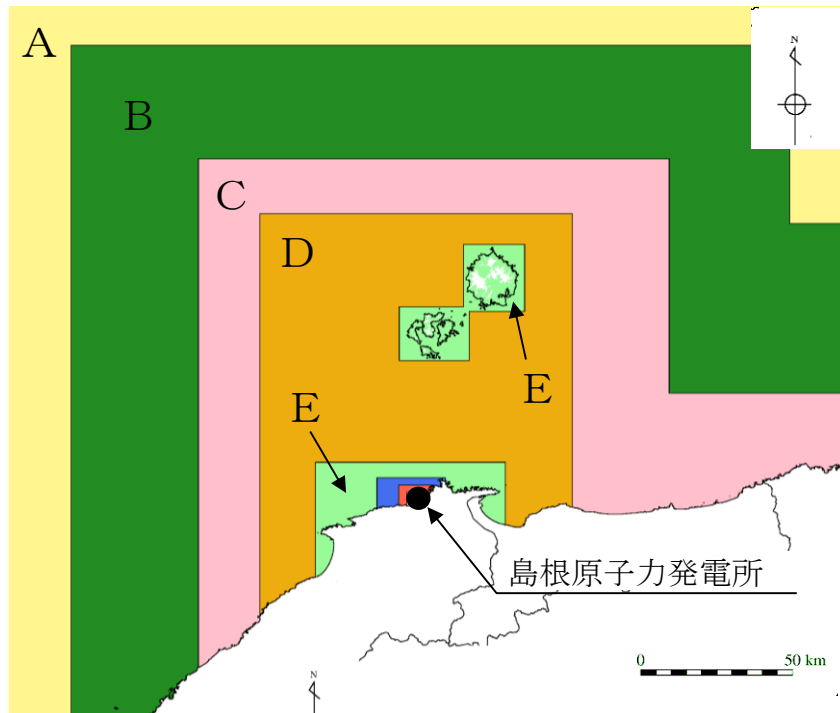
第6.3-1図(3) 計算領域と水深（敷地前面）

領域	格子間隔 (m)
A	800
B	400
C	200
D	100

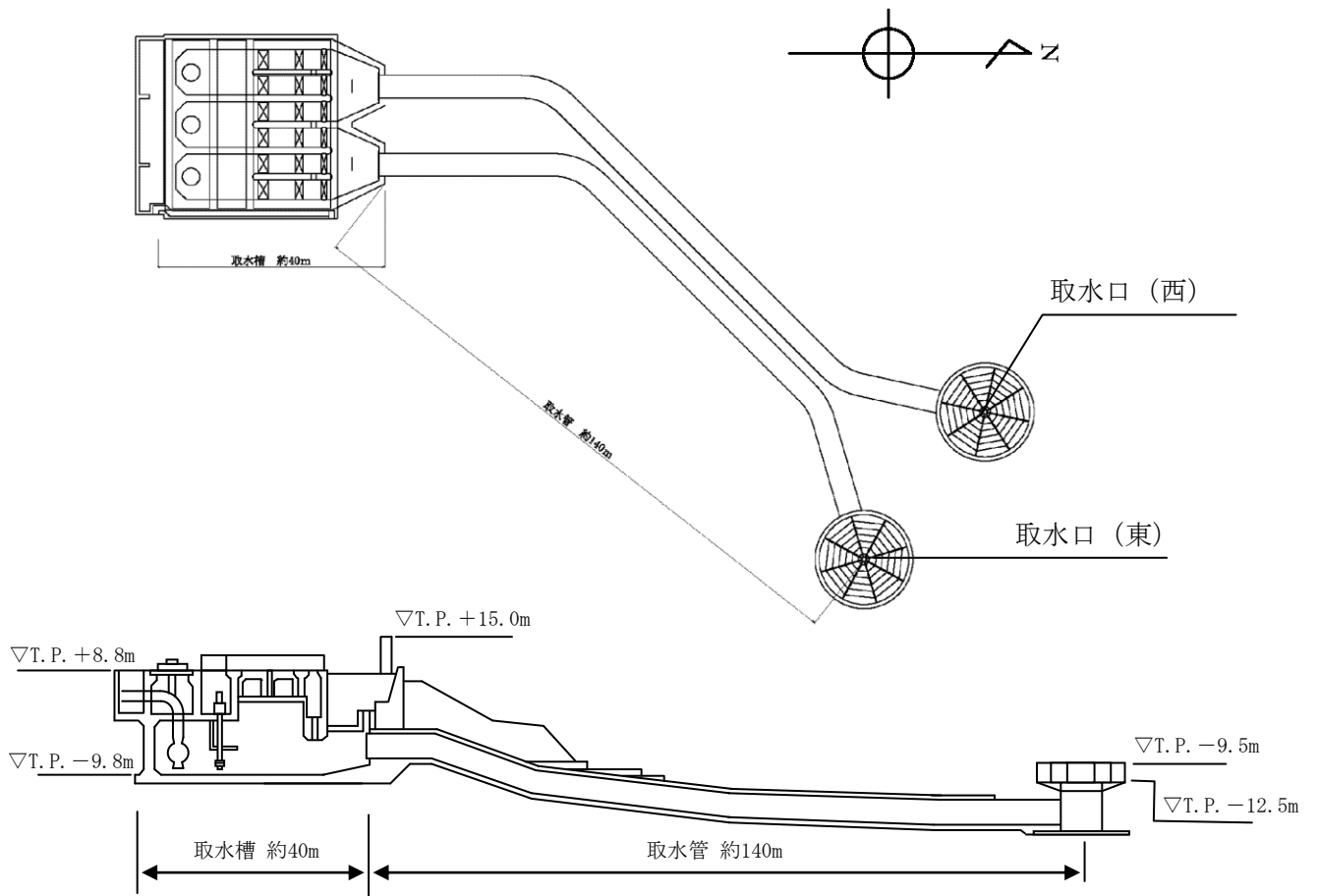


第6.3-2図(1) 計算領域と格子分割

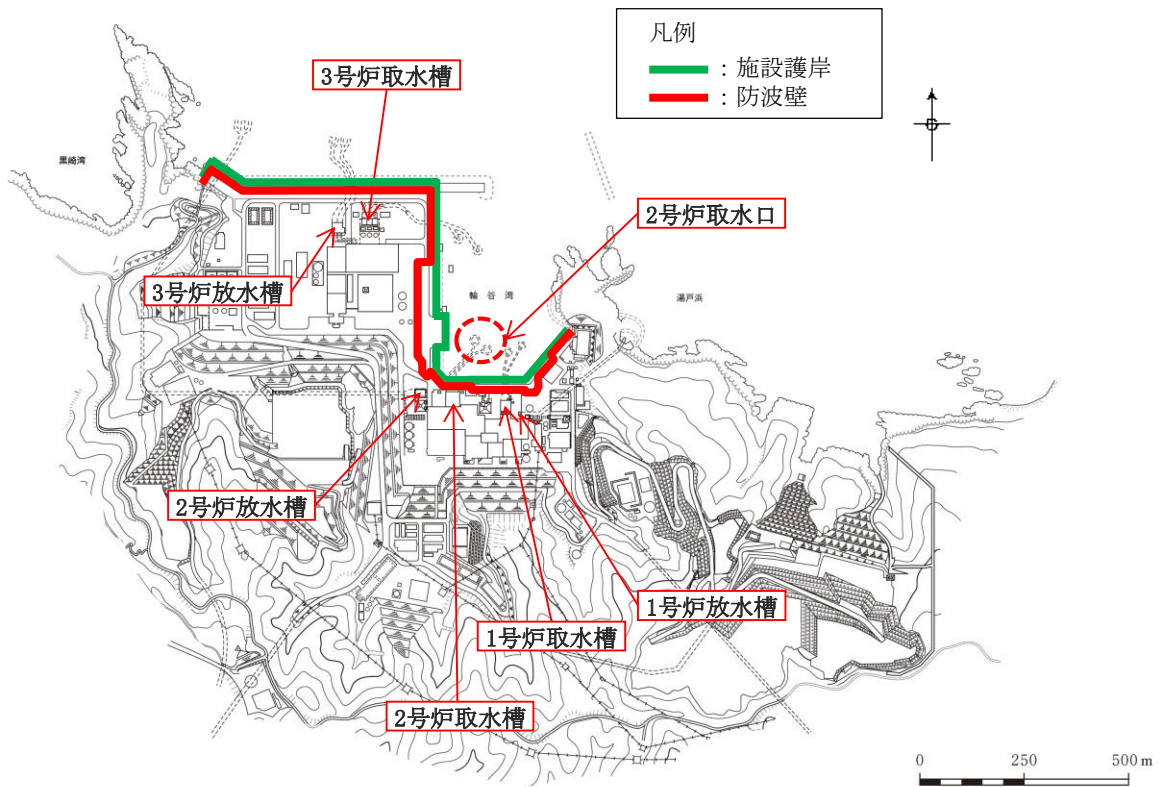
領域	格子間隔(m)
A	800
B	400
C	200
D	100
E	50
F	25
G	12.5
H	6.25



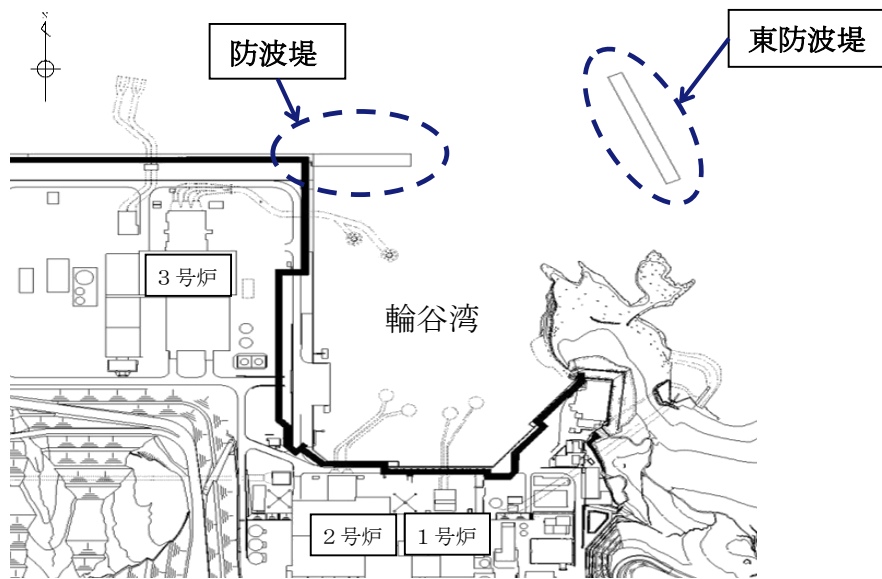
第6.3-2図(2) 計算領域と格子分割 (島根原子力発電所周辺)



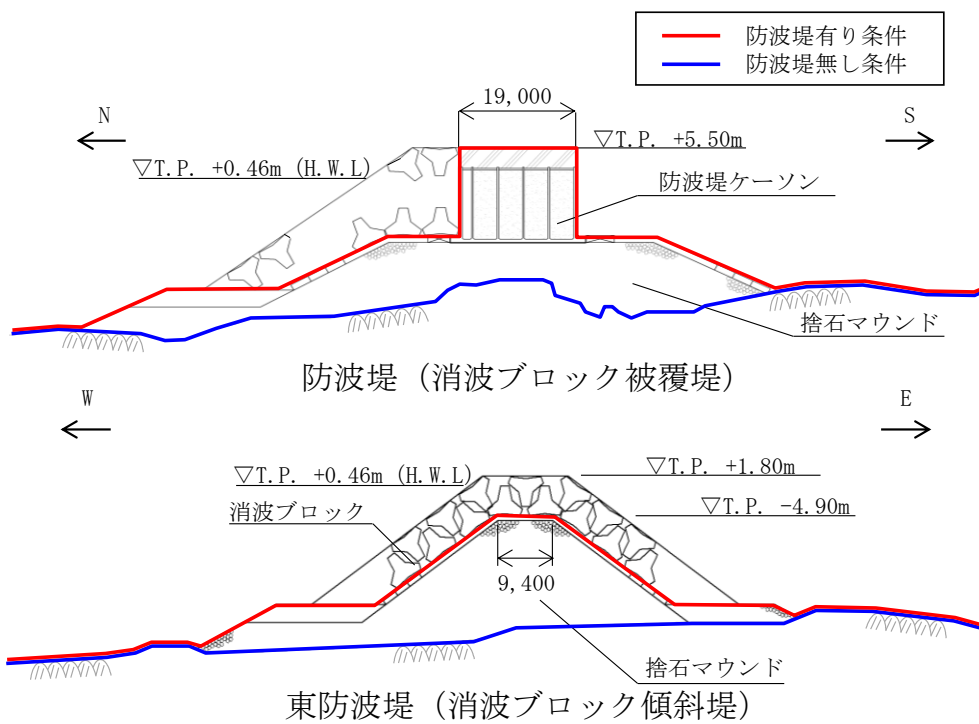
第6.3-3図 2号炉取水施設概要図



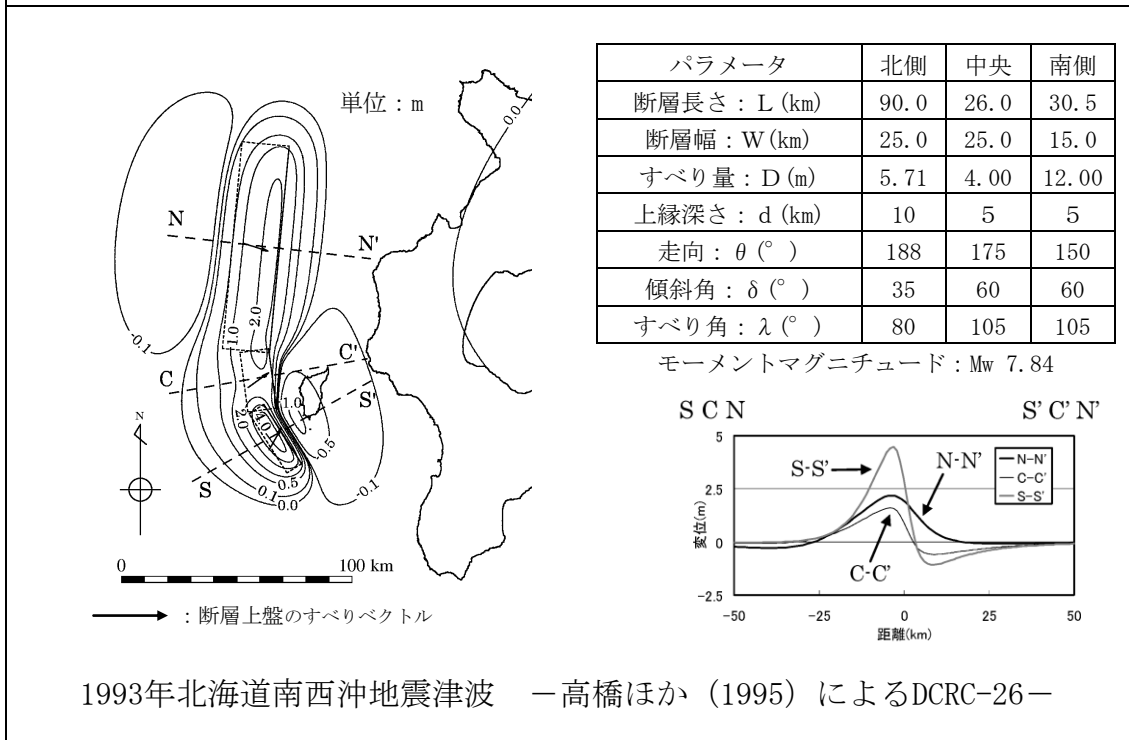
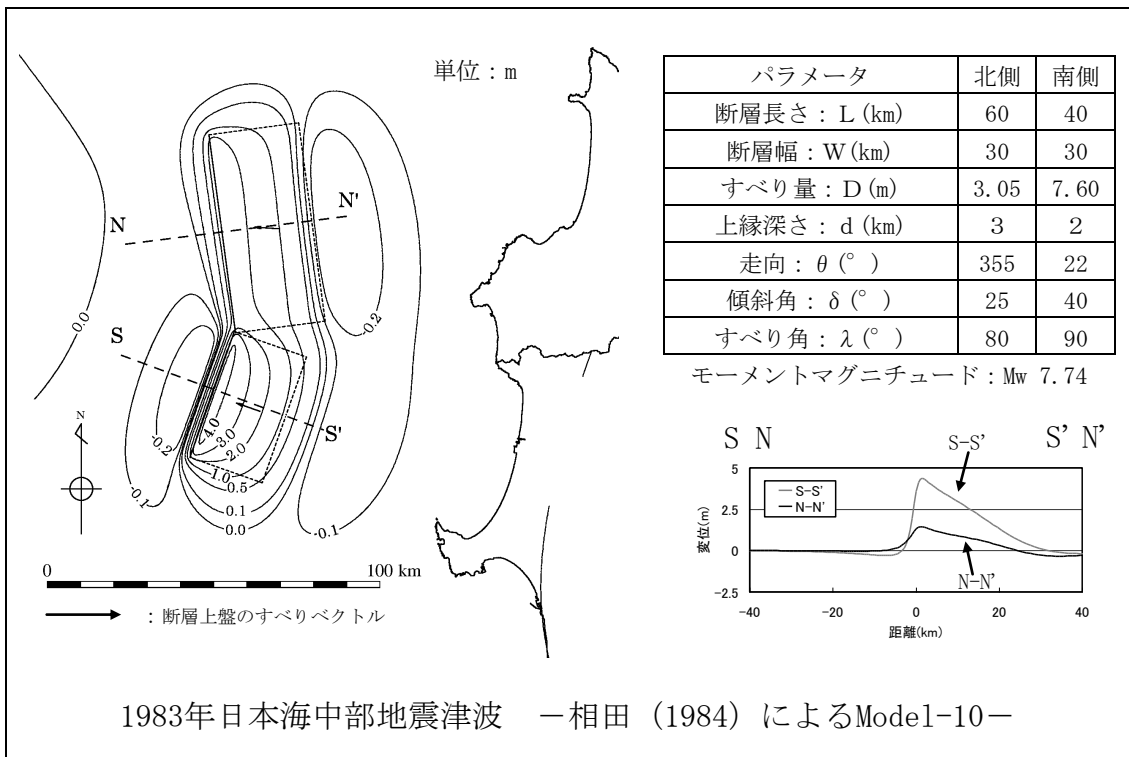
第6.3-4図 基準津波の策定における津波水位の評価地点



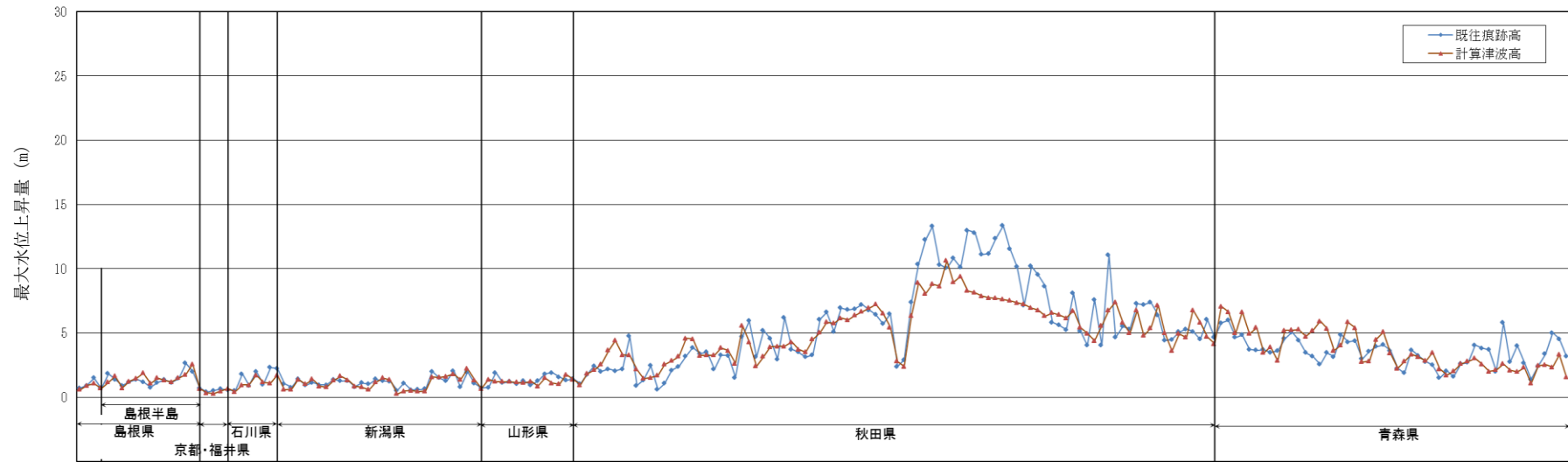
防波堤位置



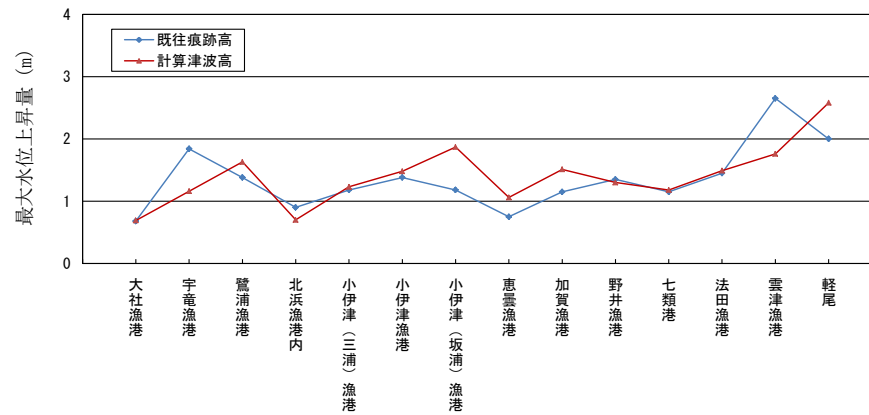
第6.3-5図 防波堤の位置及び構造



第6.3-6図 波源モデルの断層パラメータ及びその設定位置

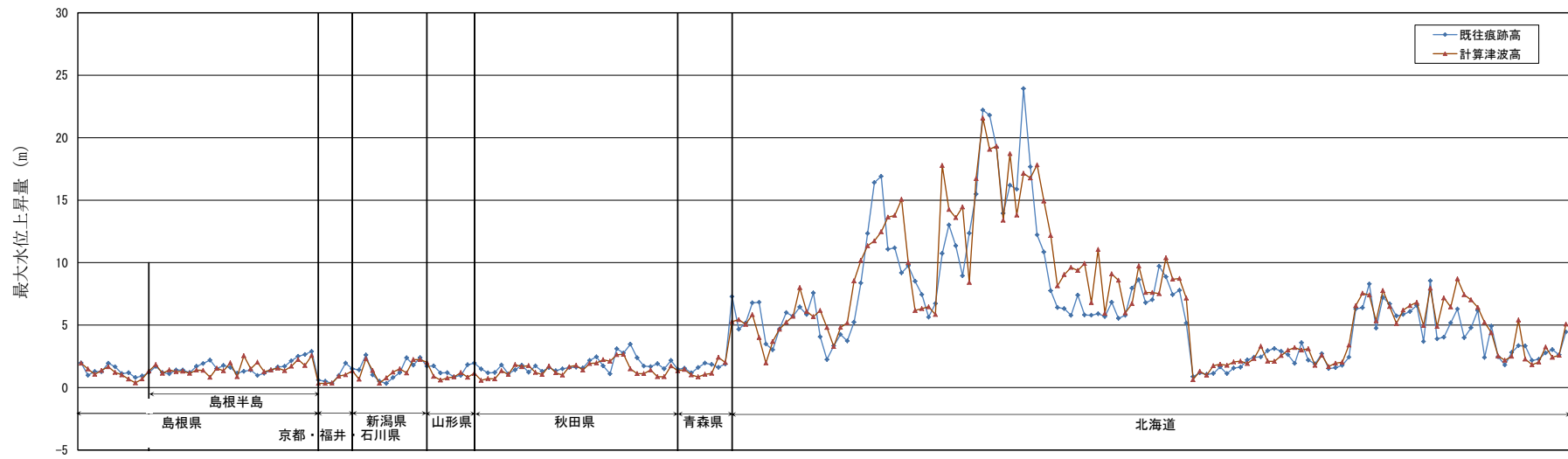


(日本海沿岸)

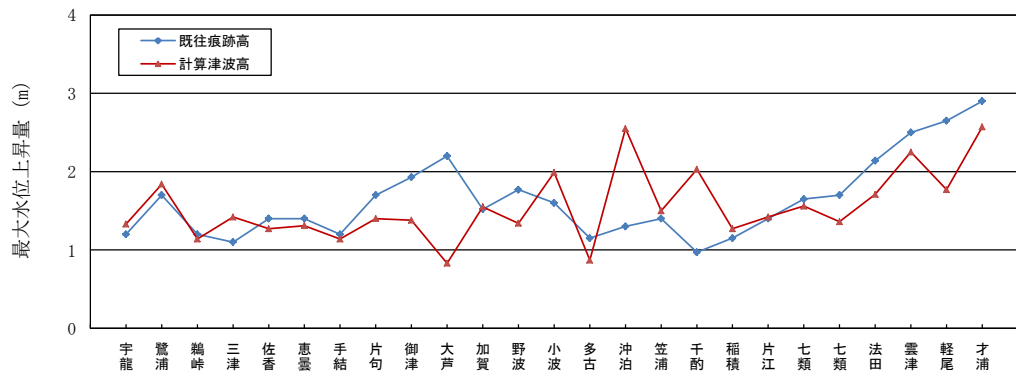


(島根半島)

第6.3-7図(1) 日本海沿岸における既往津波高と計算津波高の比較 (1983年日本海中部地震津波)



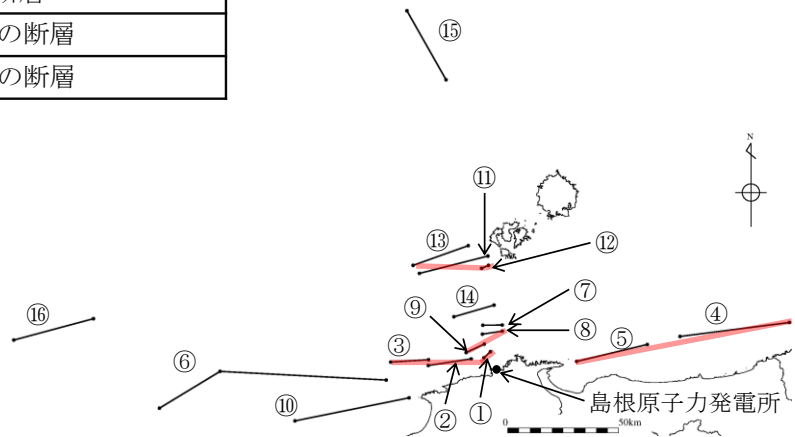
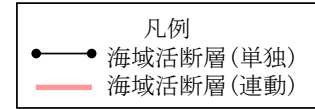
(日本海沿岸)



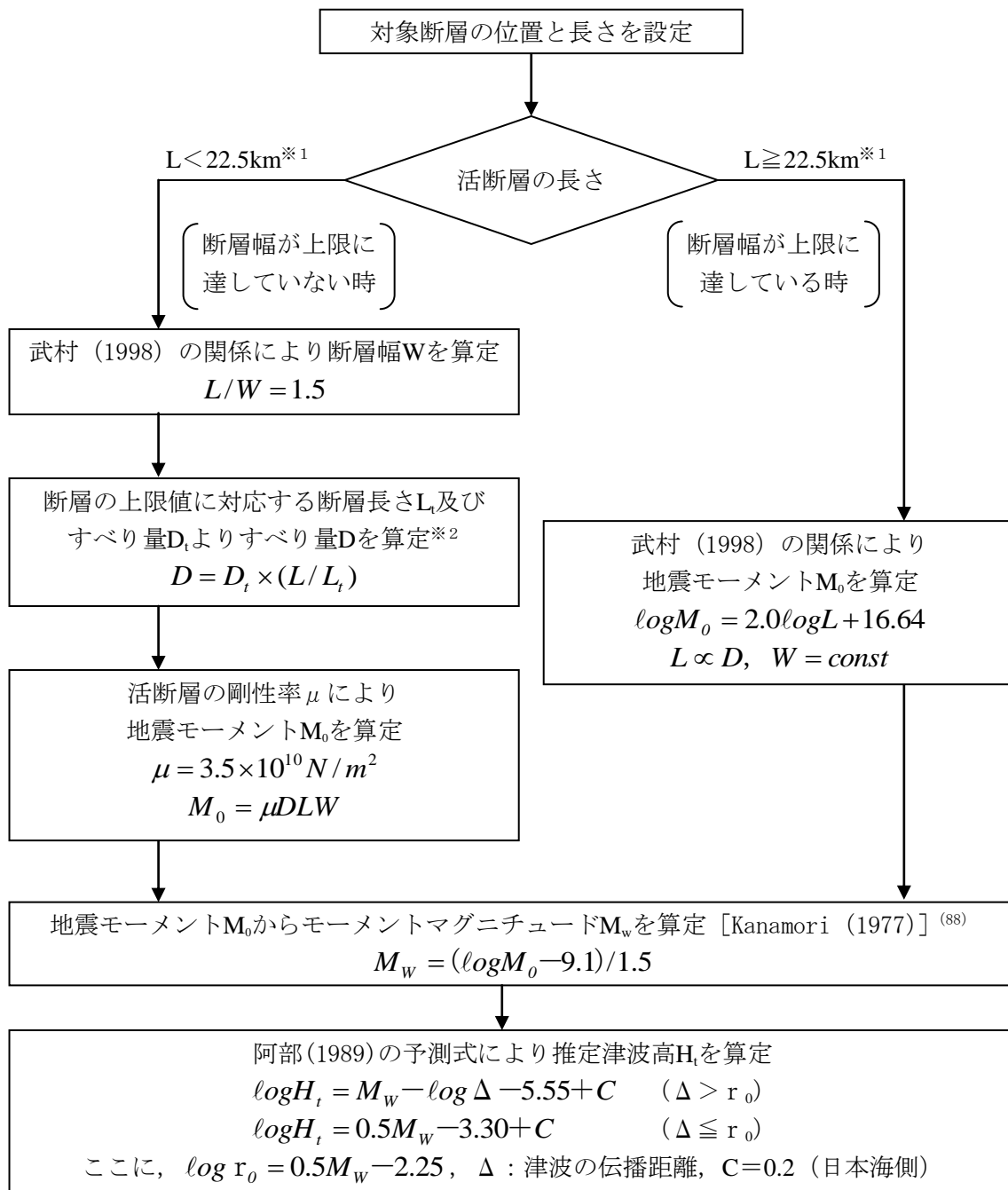
(島根半島)

第6.3—7図(2) 日本海沿岸における既往津波高と計算津波高の比較 (1993年北海道南西沖地震津波)

番号	断層名
①+②+③	F-Ⅲ断層+ F-Ⅳ断層+ F-V断層
④+⑤	鳥取沖西部断層+鳥取沖東部断層
⑥	F 5 7断層
⑦+⑧+⑨	K-4撓曲+ K-6撓曲+ K-7撓曲
⑩	大田沖断層
⑪+⑫+⑬	K-1撓曲+ K-2撓曲+ F _{K0} 断層
⑭	F _K -1断層
⑮	隠岐北西方の断層
⑯	見島北方沖の断層



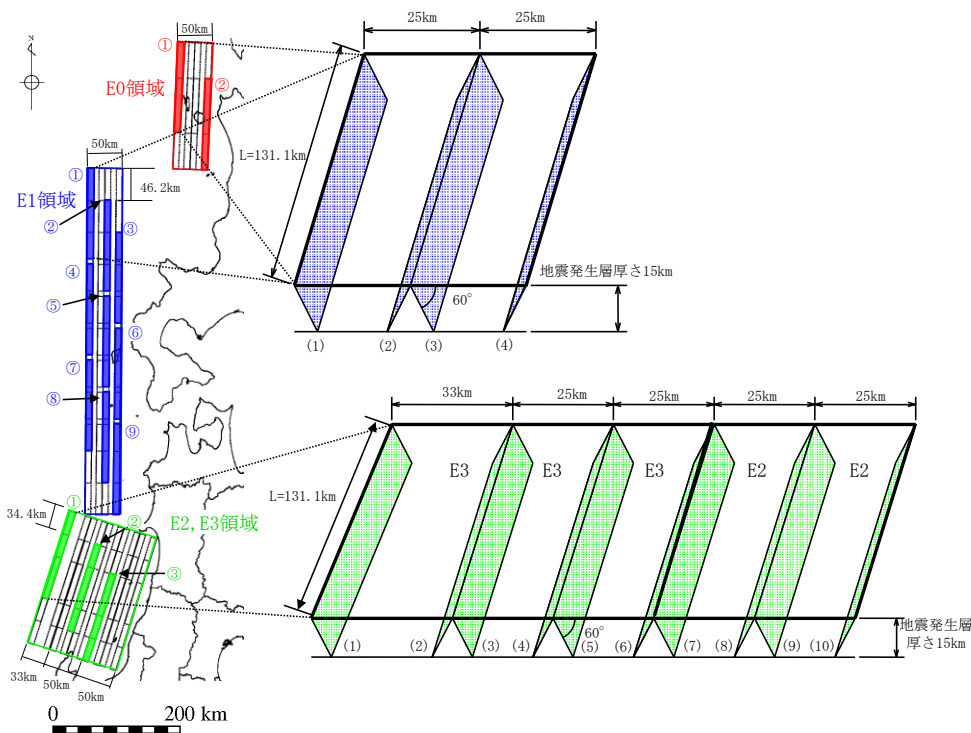
第6.4-1図 敷地周辺の主な海域の活断層



※ 1 : 断層幅の上限 W_t は、地震発生層の厚さ H_e を 15km とし、傾斜角 δ を 90° ($45 \sim 90^\circ$ のうち M_w が最大となる値) とした際には、 $W_t = H_e / \sin \delta = 15\text{km}$ となる。また、断層幅の上限に対応する断層長さ L_t は、 $L_t = 1.5 W_t = 22.5\text{km}$ となる。

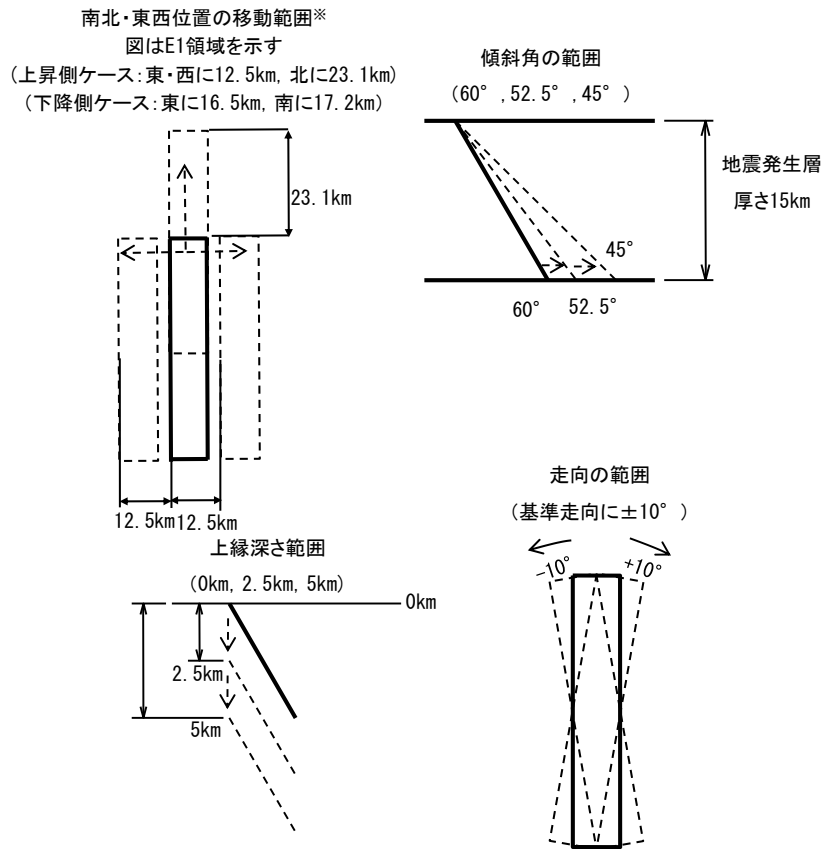
※ 2 : 断層幅の上限に対応するすべり量 D_t は、モーメントマグニチュードを $M_{wt} = (\log L_t + 3.77) / 0.75 = 6.83$ 、地震モーメントを $M_{0t} = 10^{(1.5 M_{wt} + 9.1)} = 2.21 \times 10^{19} \text{ Nm}$ 、剛性率を $\mu = 3.50 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ とした際には、 $D_t = M_{0t} / (\mu L_t W_t) = 1.87\text{m}$ となる。

第6.4-2図 阿部 (1989) の予測式による津波の予測高の算定フロー



パラメータ	設定方法
剛性率	土木学会に基づき $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と設定（固定）
位置	土木学会及び地震調査研究推進本部（2003）を参考に南北・東西方向に波源位置を変動
走向	土木学会及び地震調査研究推進本部（2003）を参考に設定
Mw・長さ	地震規模は既往最大の波源モデルを上回るMw7.85とし、武村（1998）のスケーリング則に基づき長さを131.1kmと設定（固定）
傾斜方向	土木学会によると既往津波の痕跡高を再現できる波源モデルの傾斜方向は一定でないため、東・西傾斜の双方を設定
傾斜角	土木学会によると既往津波の痕跡高を再現できる波源モデルの傾斜角は概ね $30^\circ \sim 60^\circ$ であるため、このうち 60° と設定
地震発生層深さ	土木学会によると1976年1月～2000年1月に日本海東縁部において発生したMw5.0以上、深さ60km以下の地震を抽出すると、地震の発生深さは概ね15km～20kmであるため、すべり量が大きくなり、安全側の評価になると考えられる15kmと設定（固定）
断層上縁深さ	土木学会によると既往津波の波源モデルの断層上縁深さは概ね0～5kmであるため、このうち0kmと設定
すべり角	土木学会によると既往津波の波源モデルのすべり角は 90° 付近に分布していることから、すべり角を安全側の評価になると考えられる 90° と設定（固定）
すべりの均質・不均質性	均質
すべり量	$D = M_0 / \mu L W$ D：すべり量， M_0 ：地震モーメント， μ ：剛性率，L：長さ，W：幅

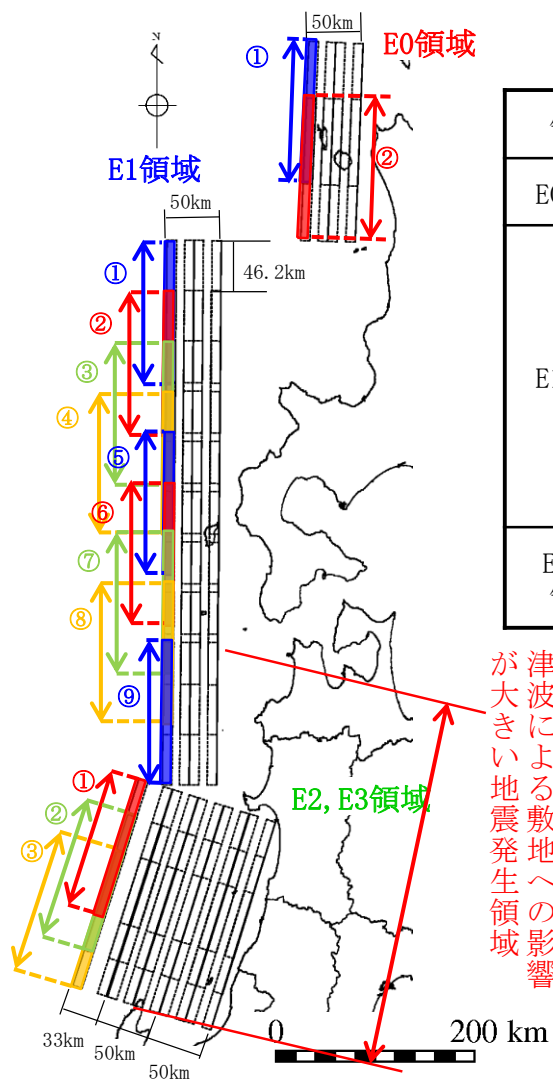
第6.4-3図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（土木学会）の波源モデル（概略パラメータスタディ）



※ 図は評価水位最高ケースを示す

パラメータ	設定方法
剛性率	土木学会に基づき $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と設定 (固定)
位置	概略パラメータスタディの評価水位最高・最低ケースの位置を基準とし、変動範囲を補間するように、南北・東西方向に移動
走向	概略パラメータスタディの評価水位最高・最低ケースの走向を基準として変動 (基準, 基準±10°)
Mw・長さ	地震規模は既往最大の波源モデルを上回る Mw7.85 とし、武村(1998)のスケーリング則に基づき長さを131.1km と設定 (固定)
傾斜方向	概略パラメータスタディの評価水位最高・最低ケースの傾斜方向
傾斜角	土木学会に基づき 45°, 52.5°, 60° と設定
地震発生層深さ	土木学会によると1976年1月～2000年1月に日本海東縁部において発生した Mw5.0 以上、深さ60km以下の地震を抽出すると、地震の発生深さは概ね15km～20kmであるため、すべり量が大きくなり、安全側の評価になると考えられる15kmと設定 (固定)
断層上縁深さ	土木学会に基づき 0km, 2.5km, 5km と設定
すべり角	土木学会によると既往津波の波源モデルのすべり角は90° 付近に分布していることから、すべり角を安全側の評価になると考えられる90° と設定 (固定)
すべりの均質・不均質性	均質
すべり量	$D = M_0 / \mu L W$ D: すべり量, M_0 : 地震モーメント, μ : 剛性率, L: 長さ, W: 幅

第6.4-4図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (土木学会) の波源モデル (詳細パラメータスタディ)

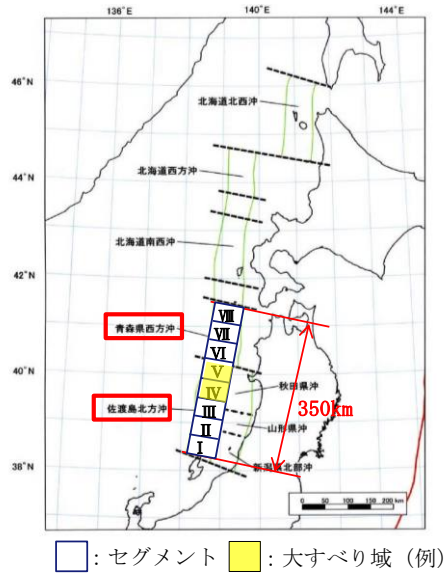


領域	南北※ 位置	評価水位 (T. P. m)	
		施設護岸又は防波壁	
E0領域	①	+1.7	
	②	+1.9	
E1領域	①	+1.4	
	②	+1.9	
	③	+1.6	
	④	+2.0	
	⑤	+1.7	
	⑥	+2.6	
	⑦	+2.7	
	⑧	+3.0	
	⑨	+5.5	
E2, E3 領域	①	+5.8	
	②	+4.7	
	③	+4.4	

※東西位置はすべて西端とする。

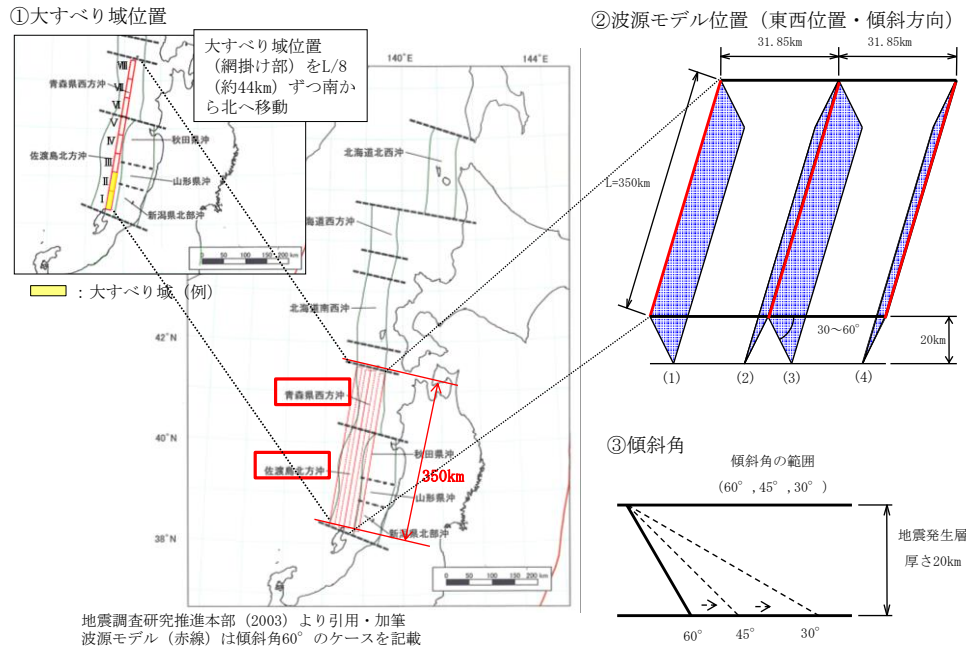
津波による敷地への影響
が大きい地震発生領域

第6.4-5図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（地震発生領域の連動を考慮した検討）の波源モデル（波源領域位置の影響検討）



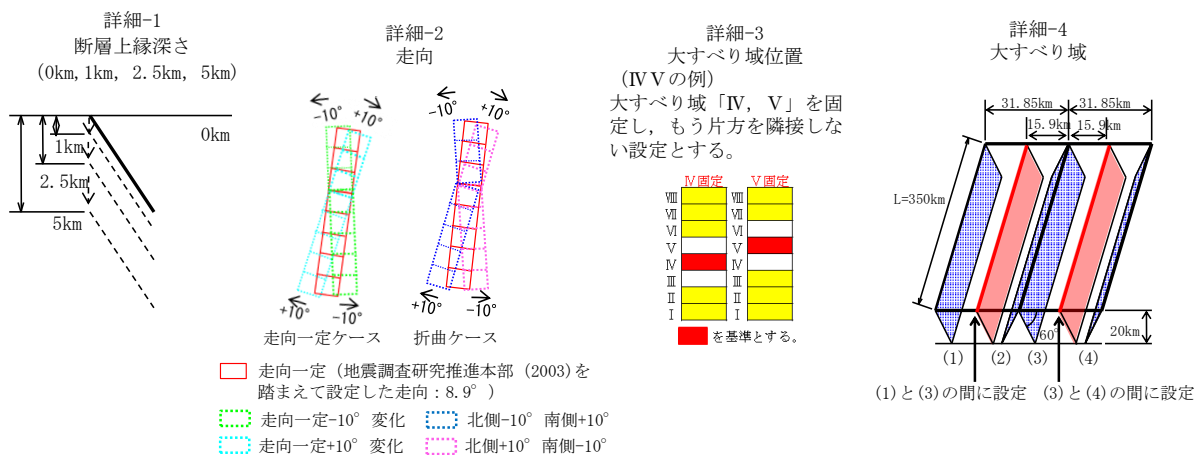
項目	諸元			主な設定根拠
長さ L (km)	350km			地震調査研究推進本部 (2003) に示される「青森県西方沖」の領域から「佐渡島北方沖」の領域
走向 θ (°)	東傾斜 8.9° , 西傾斜 188.9°			地震調査研究推進本部 (2003) の領域を踏まえ設定
傾斜角 δ (°)	60°	45°	30°	土木学会に示される変動範囲 $30\sim 60^\circ$
幅 W (km)	23.1	28.3	40.0	地震発生層厚さ20km (固定) , 傾斜角より設定
すべり角 λ (°)	90°			土木学会に基づき安全側となる 90° 固定
すべりの均質・不均質性	不均質			第6.4-12表参照
すべり量 D (m)	大すべり域 : 12m, 背景領域 : 4m 平均 : 6m			国土交通省・内閣府・文部科学省 (2014) , 根本ほか (2009) 等に基づき設定
剛性率 μ (N/m^2)	3.5×10^{10}			土木学会に基づき設定
地震モーメント M_0 ($N \cdot m$)	1.70×10^{21}	2.08×10^{21}	2.94×10^{21}	$M_0 = \mu LWD$
モーメントマグニチュード M_w	8.09	8.15	8.25	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$
大すべり域の設定	8セグメントに等分割し, 全断面面積25%が大すべり域となるよう, 2セグメントを大すべり域として設定			根本ほか (2009) に基づき設定

第6.4-6図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（地震発生領域の連動を考慮した検討）の波源モデル（基準波源モデル）



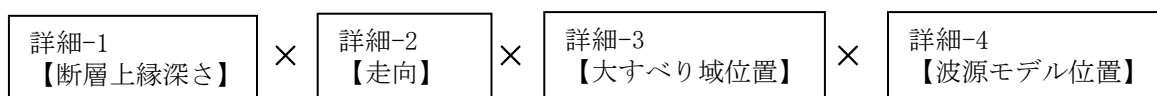
パラメータ	設定方法
長さ	地震調査研究推進本部(2003)に示される「青森県西方沖」の領域と「佐渡島北方沖」の領域の連動を考慮し、350kmと設定
位置	地震調査研究推進本部(2003)を参考に東西方向に波源位置を変動
走向	地震調査研究推進本部(2003)を参考に設定
傾斜方向	土木学会によると既往津波の痕跡高を再現できる波源モデルの傾斜方向は一定でないため、東・西傾斜の双方を設定
傾斜角	土木学会によると既往津波の痕跡高を再現できる波源モデルの傾斜角は概ね30°～60°であるため、30°, 45°, 60°と設定
断層下限深さ	土木学会によると1976年1月～2000年1月に日本海東縁部において発生したMw5.0以上、深さ60km以下の地震を抽出すると、地震の発生深さは概ね15km～20kmであるため、断層面積が広くなり、安全側の評価になると考えられる20kmと設定(固定)
断層上縁深さ	土木学会によると既往津波の波源モデルの断層上縁深さは概ね0～5kmであるため、このうち0kmを設定
すべり角	土木学会によると既往津波の波源モデルのすべり角は90°付近に分布していることから、すべり角を安全側の評価になると考えられる90°と設定(固定)
すべり量	土木学会に検討事例として記載されている国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)より最大すべり量を12m、平均すべり量を6mと設定。また、背景領域のすべり量は根本ほか(2009)に基づき4mとする。
剛性率	土木学会に基づき $3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ と設定(固定)
M_0 , Mw	Kanamori(1977)により算出 $\log M_0 = 1.5M_w + 9.1$ $M_0 = \mu DS$
大すべり域	根本ほか(2009)に基づき大すべり域(アスぺリティ領域)と背景領域の面積比を1:3とし、波源モデルを8等分したセグメントについて、隣り合う2つのセグメントを大すべり域として設定する。

第6.4-7図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(地震発生領域の連動を考慮した検討)の波源モデル(概略パラメータスタディ)



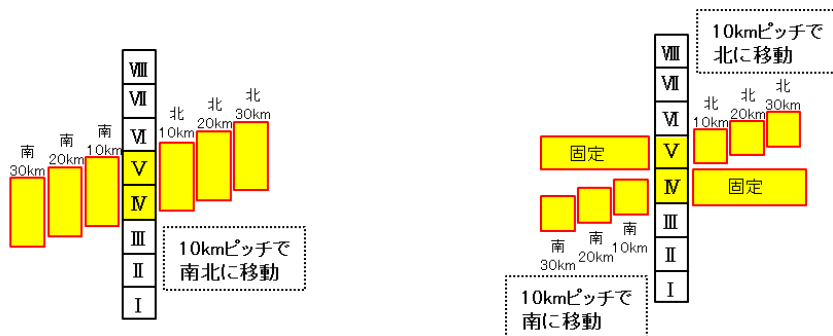
パラメータ		設定方法
詳細-1	断層上縁深さ	土木学会に示される既往津波の痕跡高を再現できる波源モデルの変動範囲0~5kmより設定する。
詳細-2	走向	地震調査研究推進本部(2003)の地震発生領域を一つの領域と考え、走向を一定に変化させたケース(走向一定ケース)及び、地震発生領域毎に走向を変化させたケース(折曲ケース)を設定する。
詳細-3	大すべり域位置 (隣接しない場合)	大すべり域位置が離れる場合も想定し、大すべり域が隣接しないケースを考慮し、設定する。
詳細-4	波源モデル位置 (東西位置を補間するように設定)	概略パラメータスタディで実施した東西位置を補間するように設定する。

(1) 詳細パラメータスタディ①



※詳細パラメータスタディ①により影響が大きいと確認された影響因子を組合せる

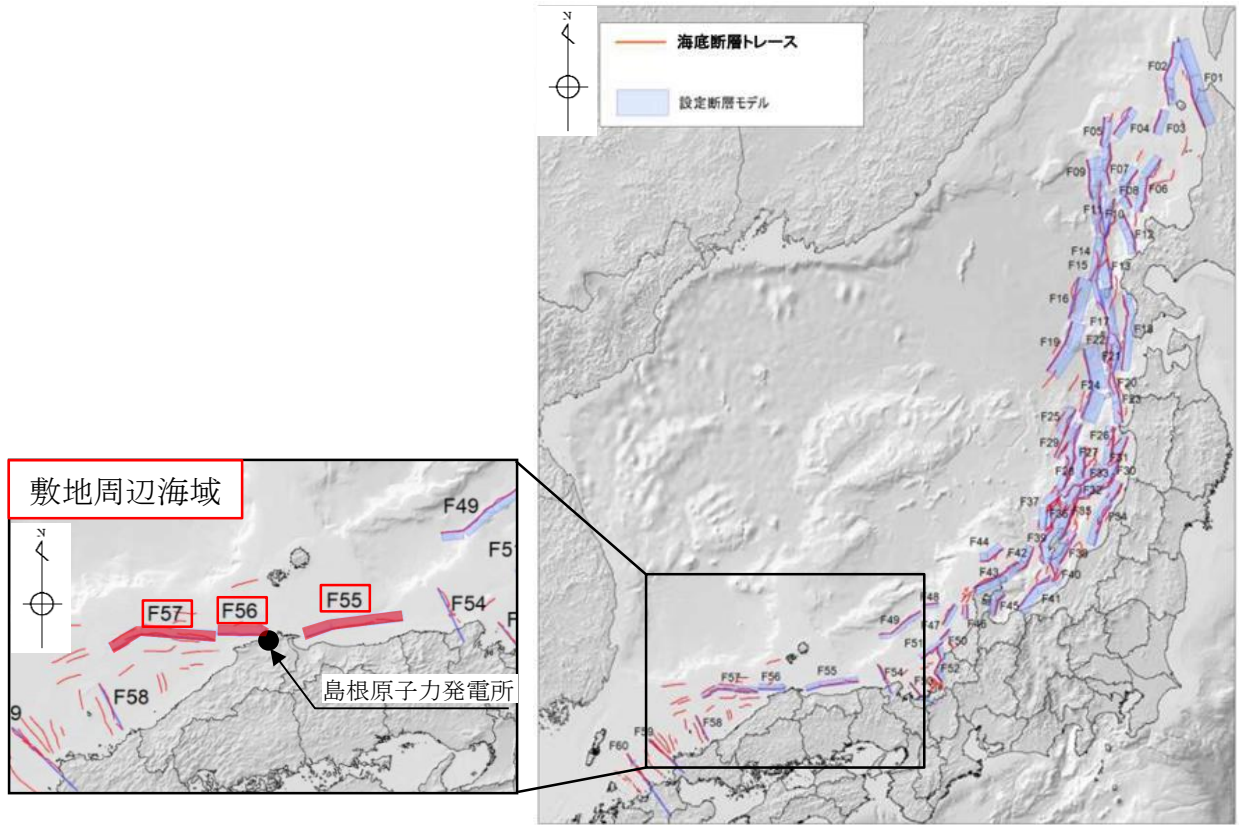
(2) 詳細パラメータスタディ②



※大すべり域位置を更に細かく移動 (図は大すべり域位置VVIの場合を示す)

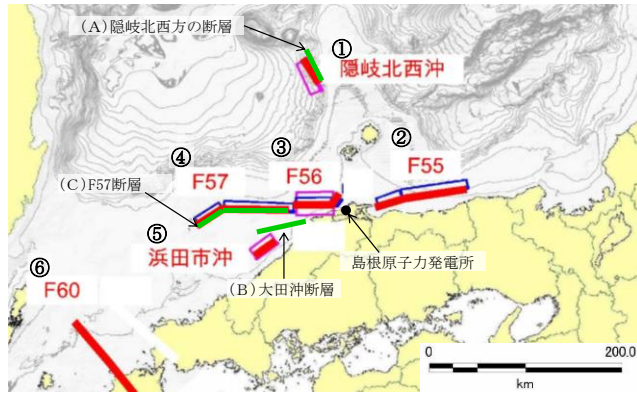
(3) 詳細パラメータスタディ③

第6.4-8図 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(地震発生領域の連動を考慮した検討)の波源モデル(詳細パラメータスタディ)



国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)より引用・加筆

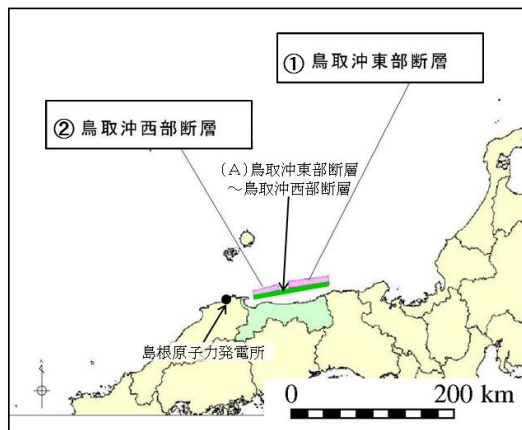
第6.4-9図 国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)に示される波源モデル(敷地周辺海域)



凡例
 当社評価済海域活断層
 島根県(2016)が想定した地震

島根県(2016)より引用・加筆

地方自治体	No.	名称	断層長さ L	敷地からの距離 Δ	評価
島根県 (2016)	①	隠岐北西沖の地震	36km	145km	断層の長さ及び敷地からの距離を考慮すると、左記地震による津波の敷地への影響は、第6.4-1表にて評価済みの「(A)隠岐北西方の断層 (L=36km, Δ=149km)」から想定される地震による津波 (H=0.4m) と同程度と推定されるため、敷地への影響は十分小さいと評価した。
	②	F55	95km	82km	国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)に基づく検討に基づく検討において、津波の敷地への影響を評価済みである。
	③	F56	49km	24km	
	④	F57	102km	103km	
	⑤	浜田市沖合の地震	27km	92km	断層の長さ及び敷地からの距離を考慮すると、左記地震による津波の敷地への影響は、第6.4-1表にて評価済みの「(B)大田沖断層 (L=53km, Δ=67km)」から想定される地震による津波の敷地への影響を下回ると評価した。
	⑥	F60	137km	300km	断層の長さ及び敷地からの距離を考慮すると、左記地震による津波の敷地への影響は、第6.4-1表にて評価済みの「(C)F57断層 (L=108km, Δ=103km)」から想定される地震による津波の敷地への影響を下回ると評価した。

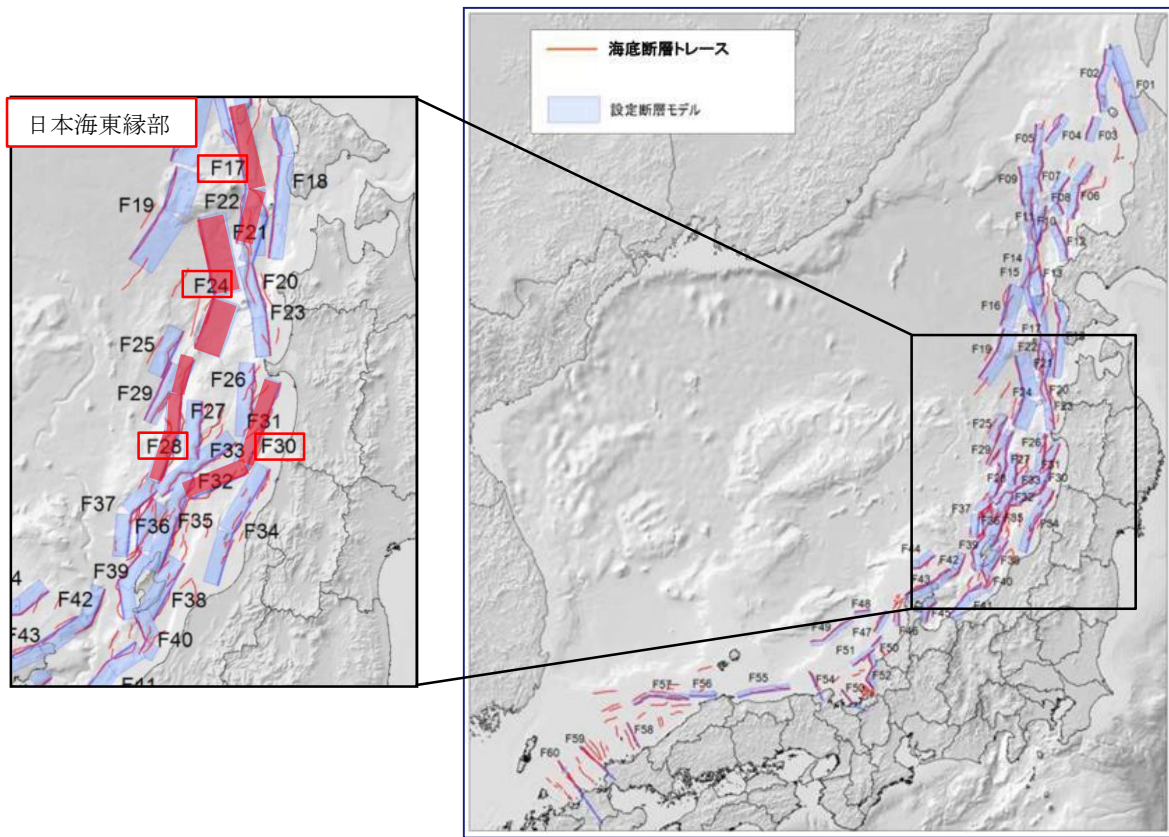


凡例
 当社評価済海域活断層
 鳥取県(2012)が想定した地震

鳥取県(2012)より引用・加筆

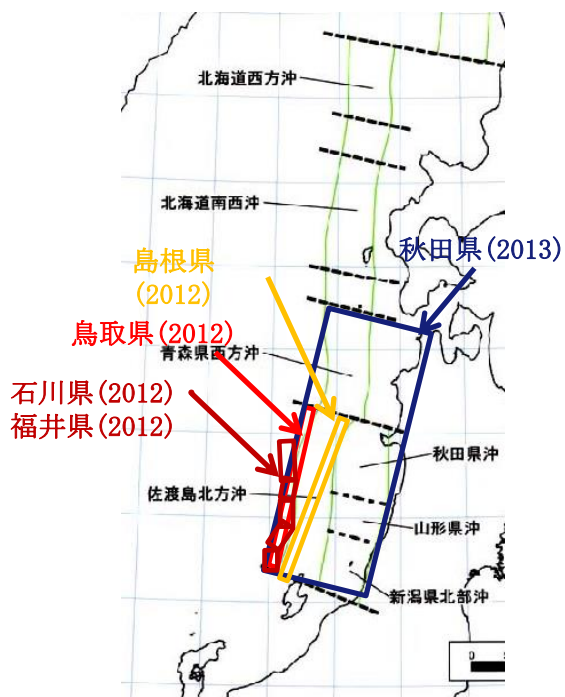
地方自治体	No.	名称	断層長さ L	敷地からの距離 Δ	評価
鳥取県 (2012)	①	鳥取沖東部断層	51.0km	109km	断層の長さ及び敷地からの距離を考慮すると、左記地震による津波の敷地への影響は、第6.4-1表にて評価済みの「(A)鳥取沖西部断層+鳥取沖東部断層 (L=98km, Δ=84km)」(左記断層を連動させて評価) から想定される地震による津波の敷地への影響を下回ると評価した。
	②	鳥取沖西部断層	33.0km	53km	

第6.4-10図 地方自治体独自の波源モデル (敷地周辺海域)



国土交通省・内閣府・文部科学省(2014)より引用・加筆

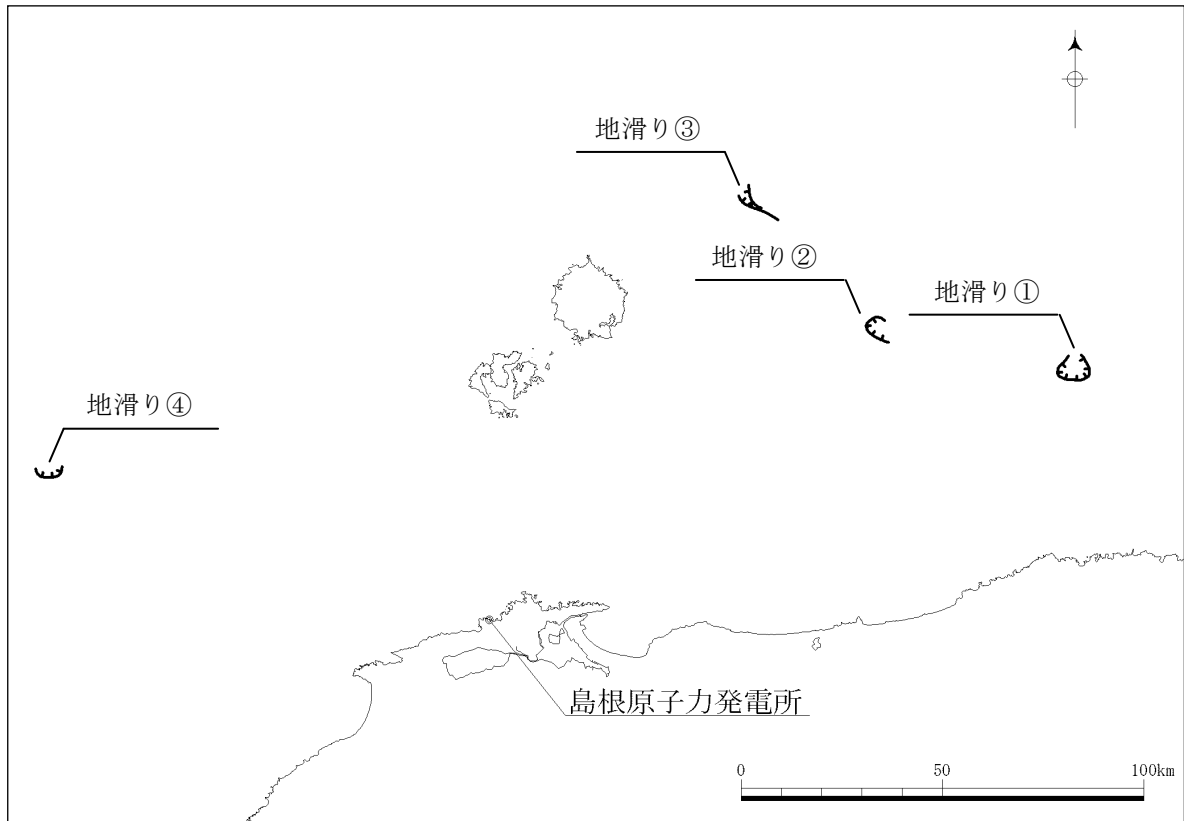
第6.4-11図 国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）に示される波源モデル（日本海東縁部）



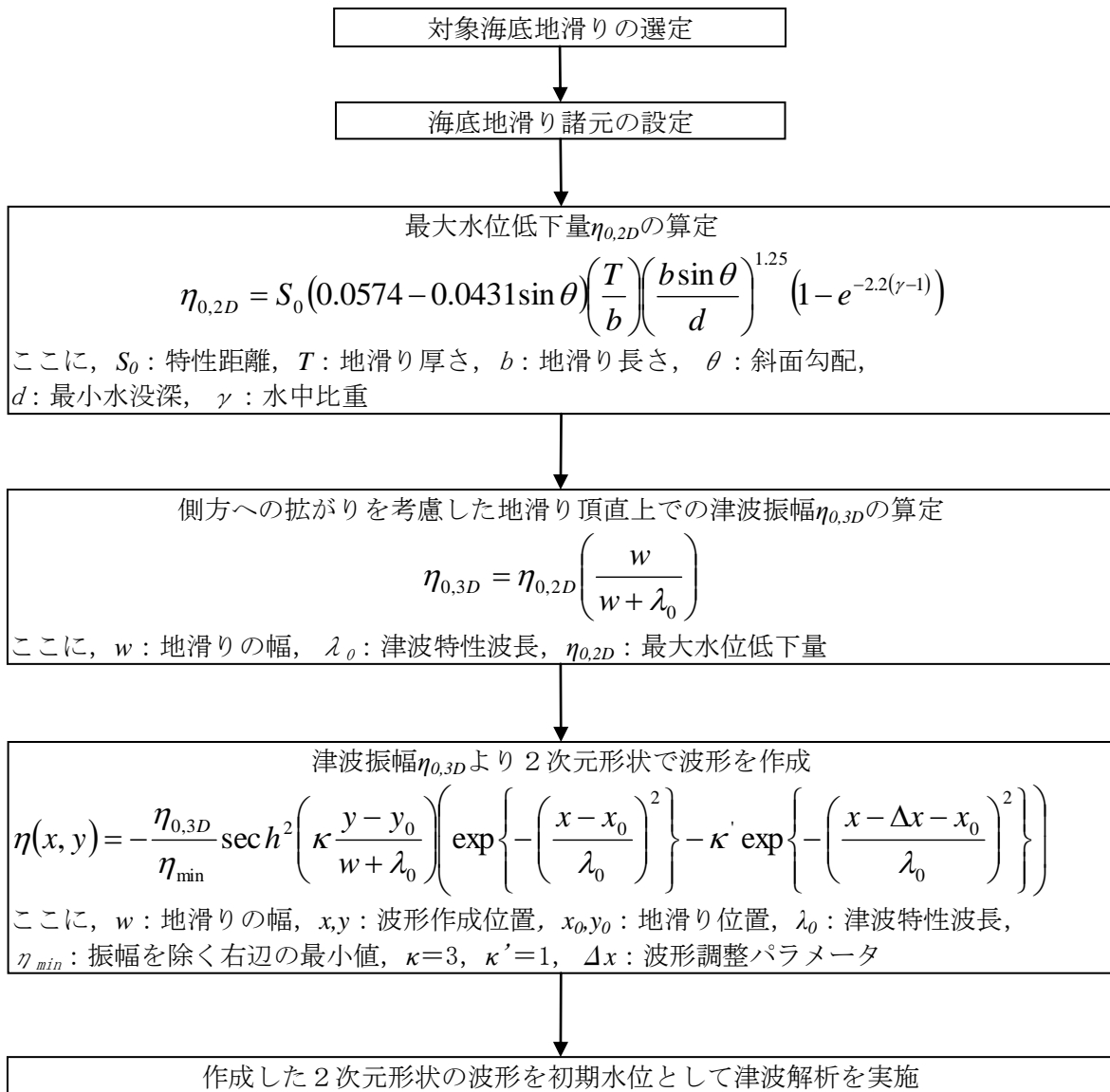
地震調査研究推進本部(2003)に加筆

地方自治体	モーメントマグニチュード M _w
秋田県(2013) ⁽⁸⁹⁾	8.69
石川県(2012) ⁽⁹⁰⁾ ・福井県(2012) ⁽⁹¹⁾	7.99
鳥取県(2012)	8.16
島根県(2012) ⁽⁹²⁾	8.01

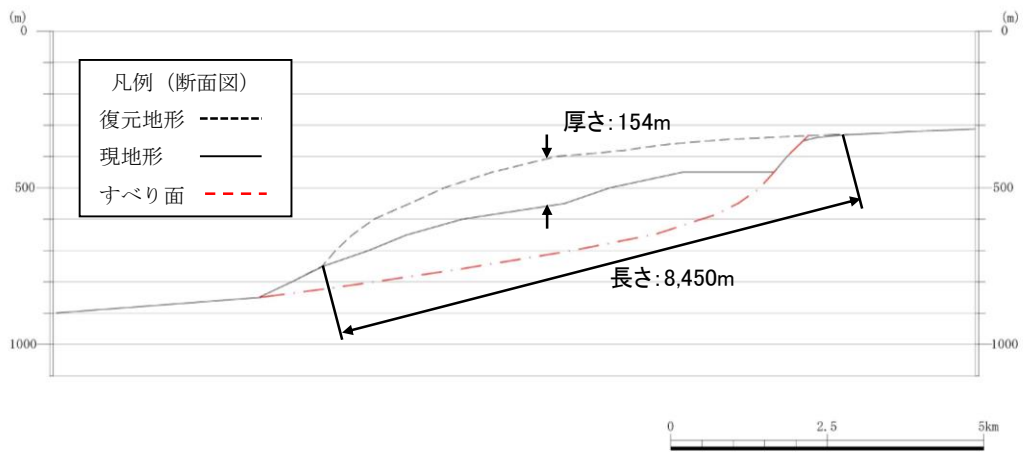
第6.4-12図 地方自治体独自の波源モデル (日本海東縁部)



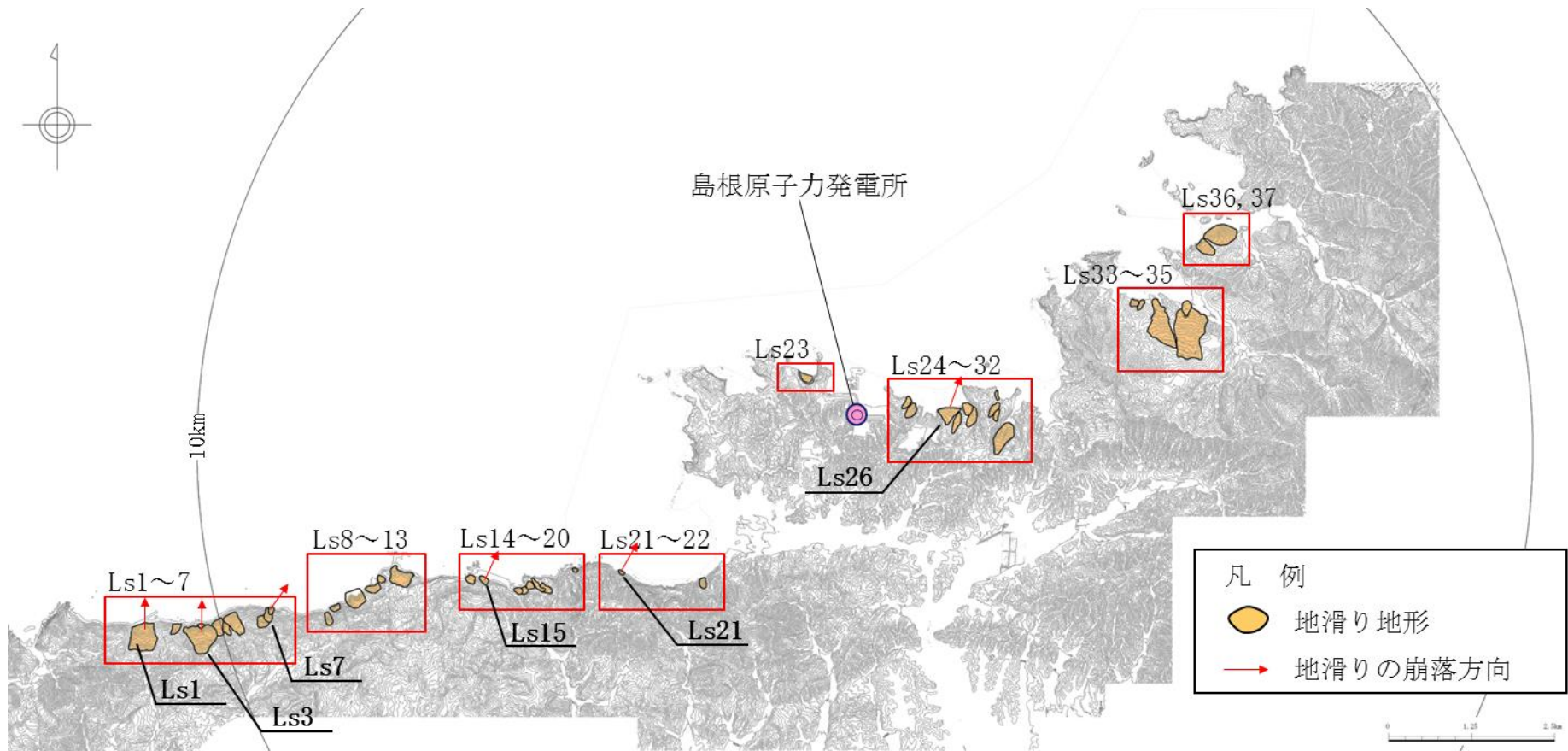
第6.4-13図 海底地滑り地形位置図



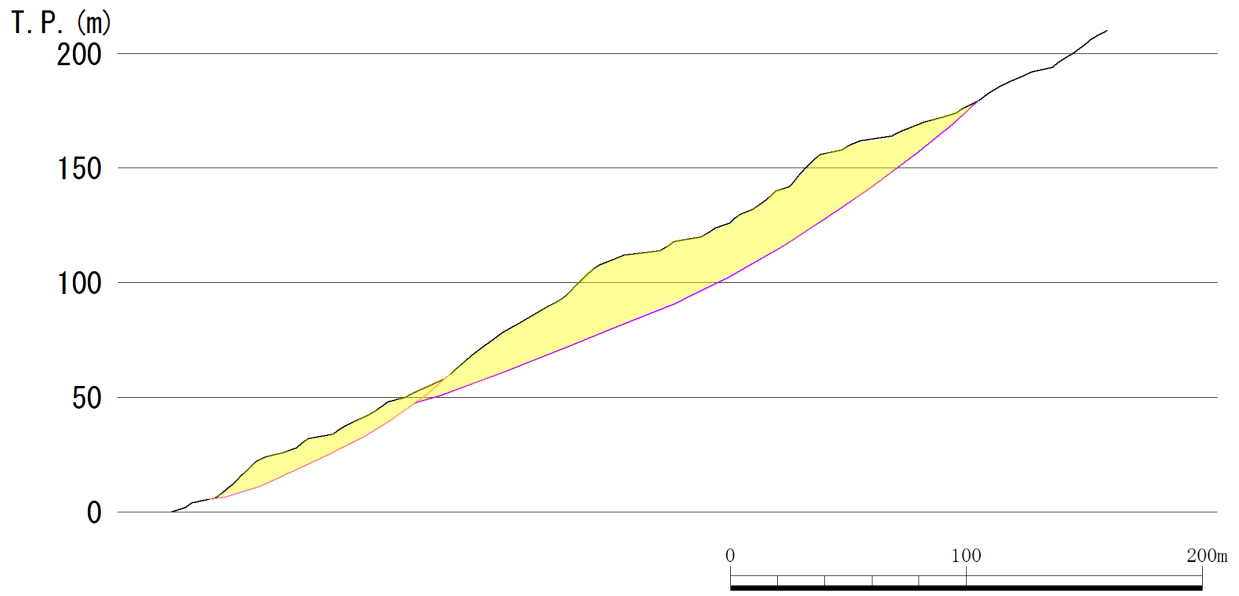
第6.4-14図 Watts et al. (2005) の方法を用いた
数値シミュレーションの算定フロー



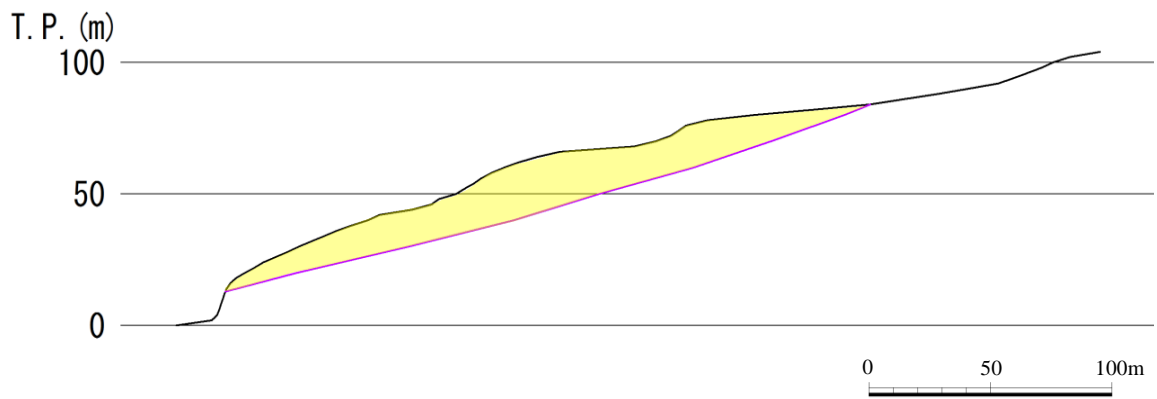
第6.4-15図 海底地滑り地形の断面形状 (地滑り①)



第6.4-16図 陸上地滑り地形位置図

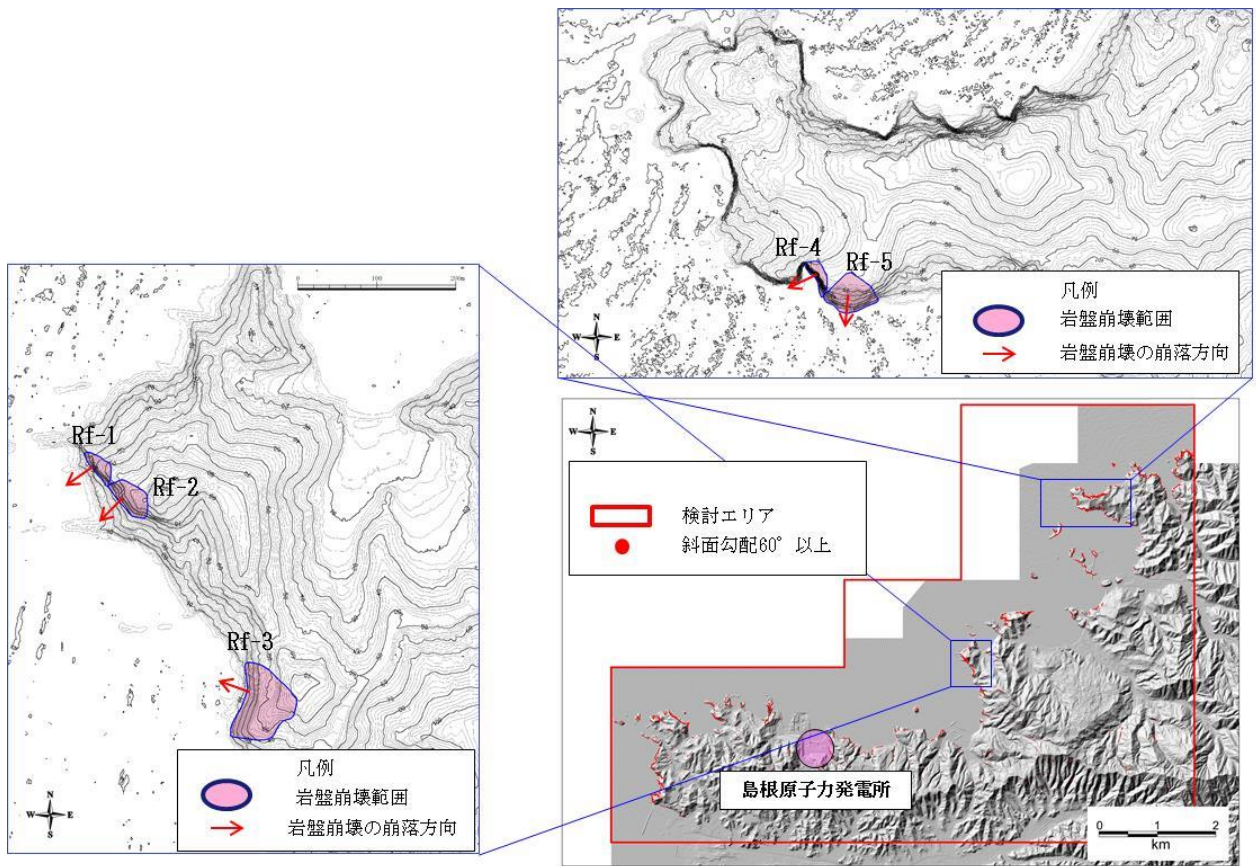


Ls7

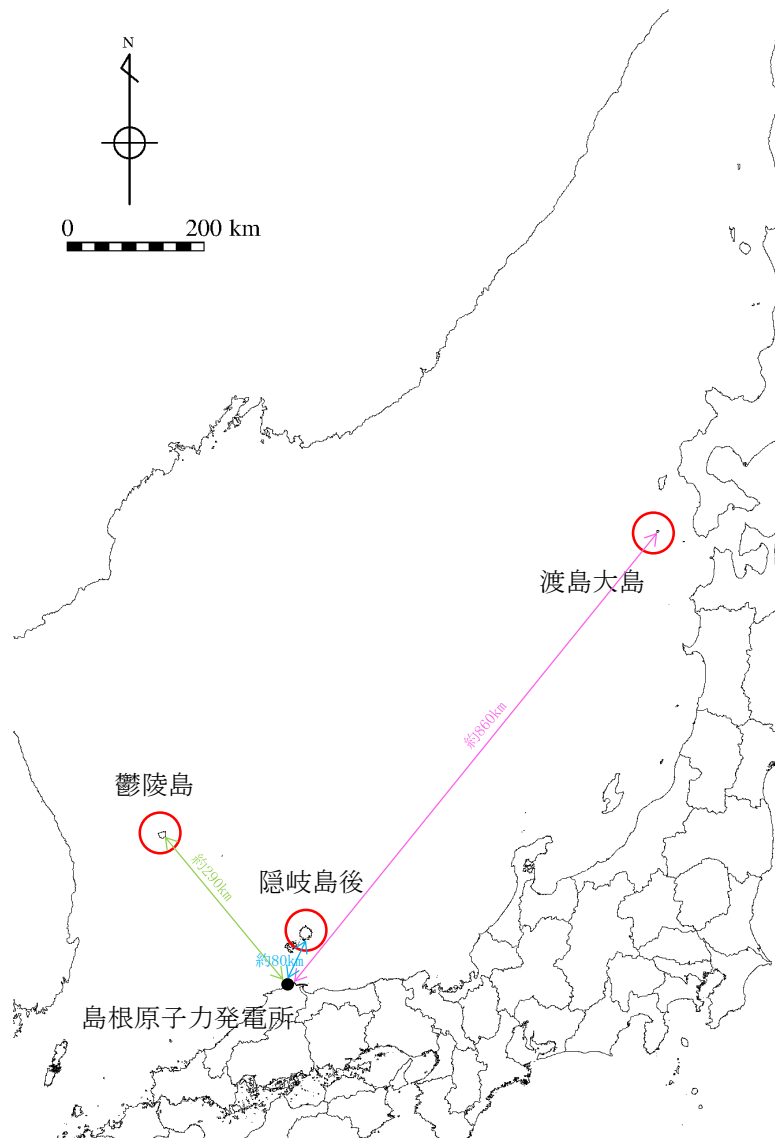


Ls26

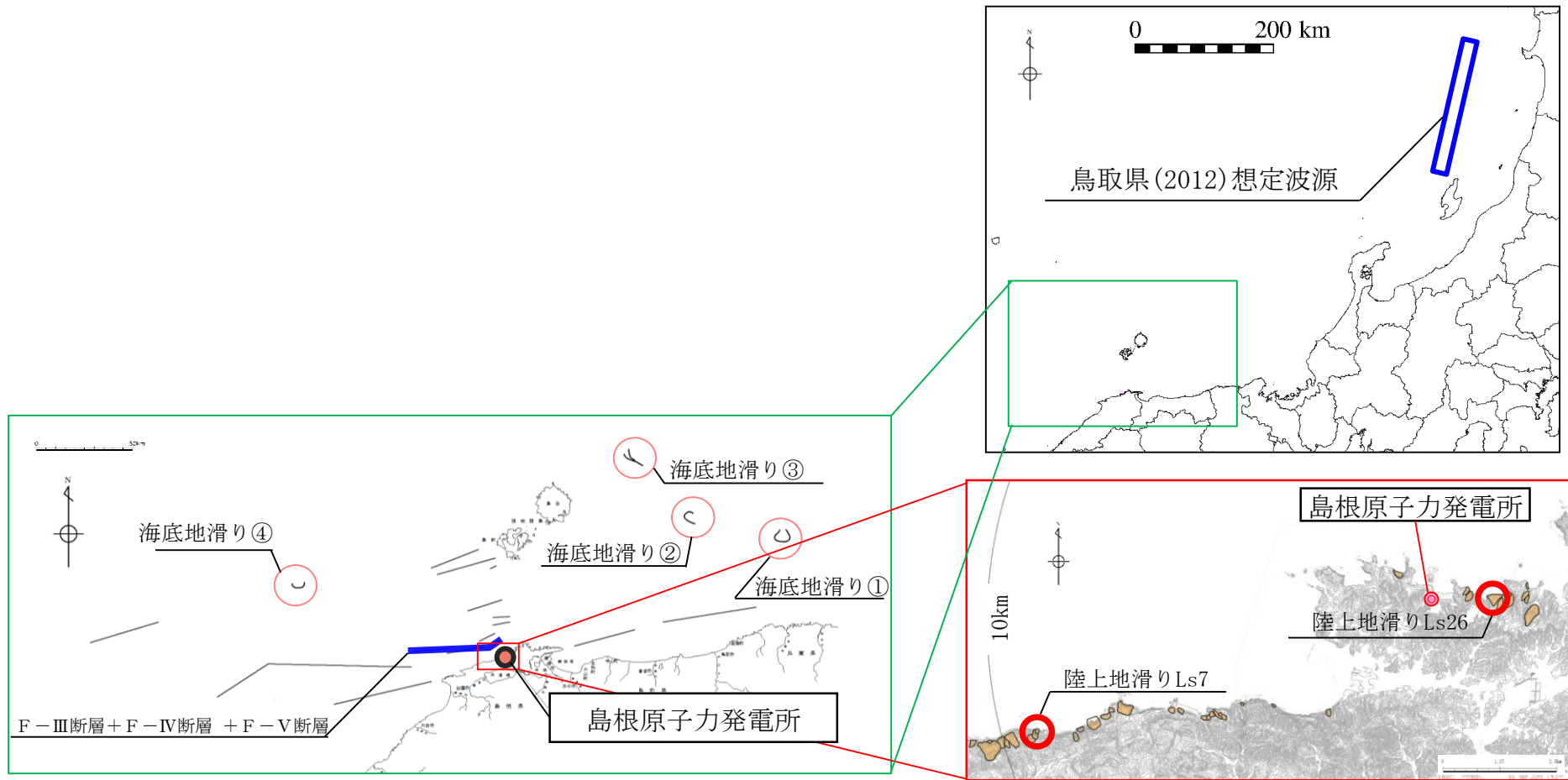
第6.4-17図 陸上地滑り地形の断面形状 (Ls7, Ls26)



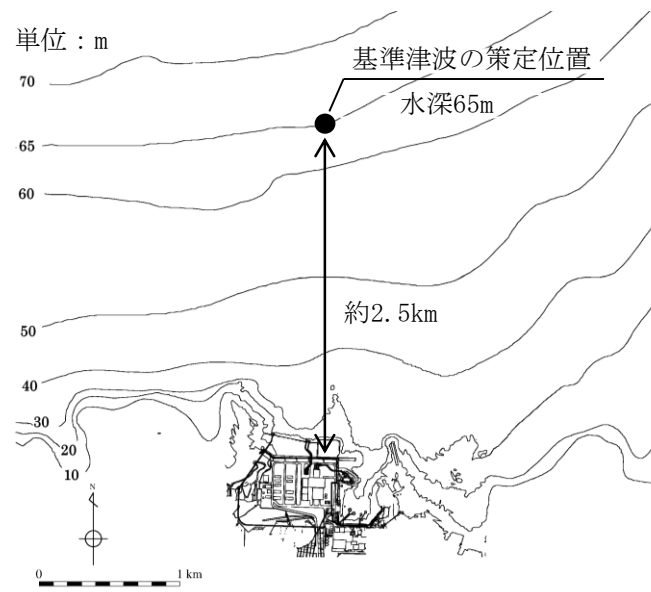
第6.4-18図 岩盤崩壊位置図



第6.4-19図 第四紀火山位置図



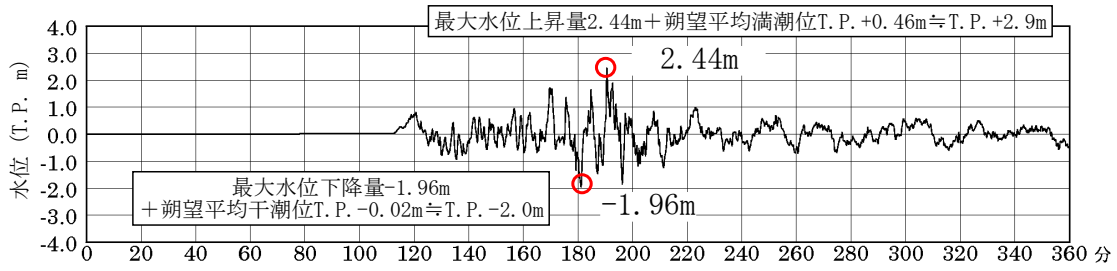
第6.4-20図 津波波源の位置図



第6.4-21図 基準津波策定位置

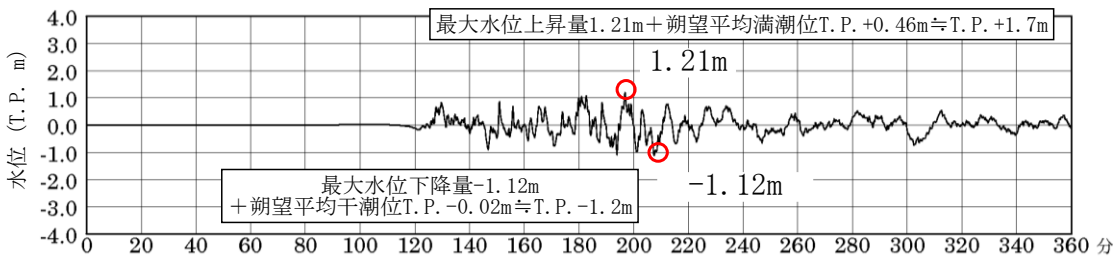
【基準津波 1】

日本海東縁部（鳥取県モデル；防波堤有り）



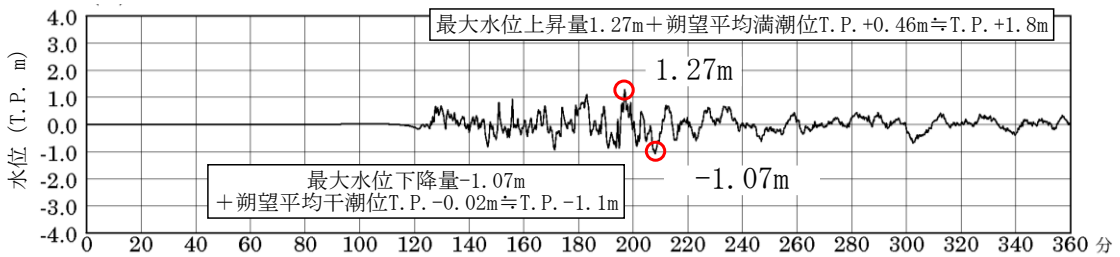
【基準津波 2】

日本海東縁部（2領域連動モデル；防波堤有り）



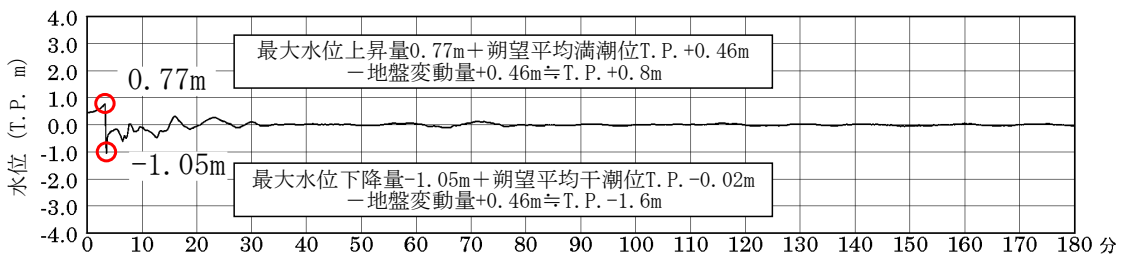
【基準津波 3】

日本海東縁部（2領域連動モデル；防波堤有り）



【基準津波 4】

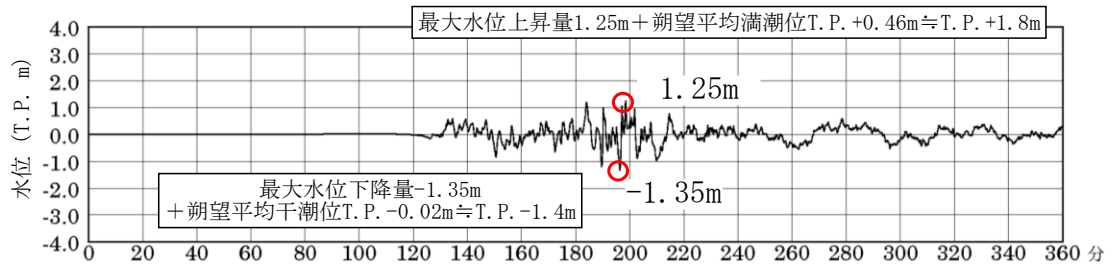
海域活断層（F-Ⅲ断層+F-Ⅳ断層+F-Ⅴ断層；防波堤有り）



第6.4-22図(1) 基準津波の時刻歴波形

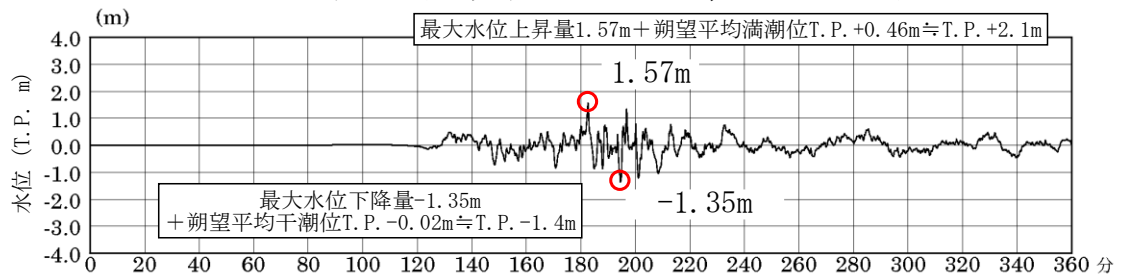
【基準津波 5】

日本海東縁部（2領域連動モデル；防波堤無し）



【基準津波 6】

日本海東縁部（2領域連動モデル；防波堤無し）

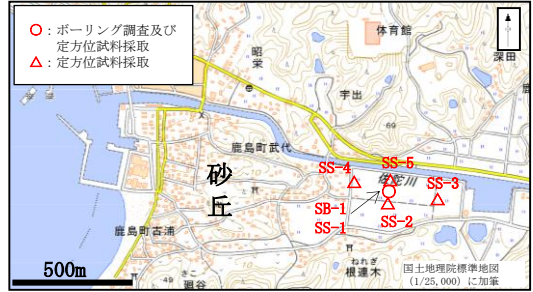


第6.4-22図(2) 基準津波の時刻歴波形

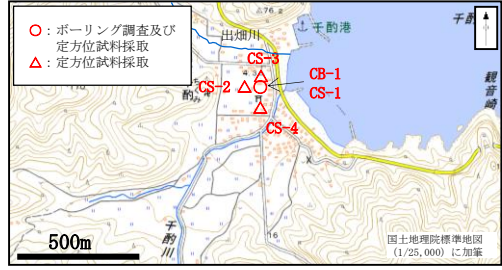


「測量法に基づく国土地理院長承認(複製)R 20Gf 8」
 「本製品を複製する場合には、国土地理院の長の承認を得なければならない。」

佐陀本郷地点

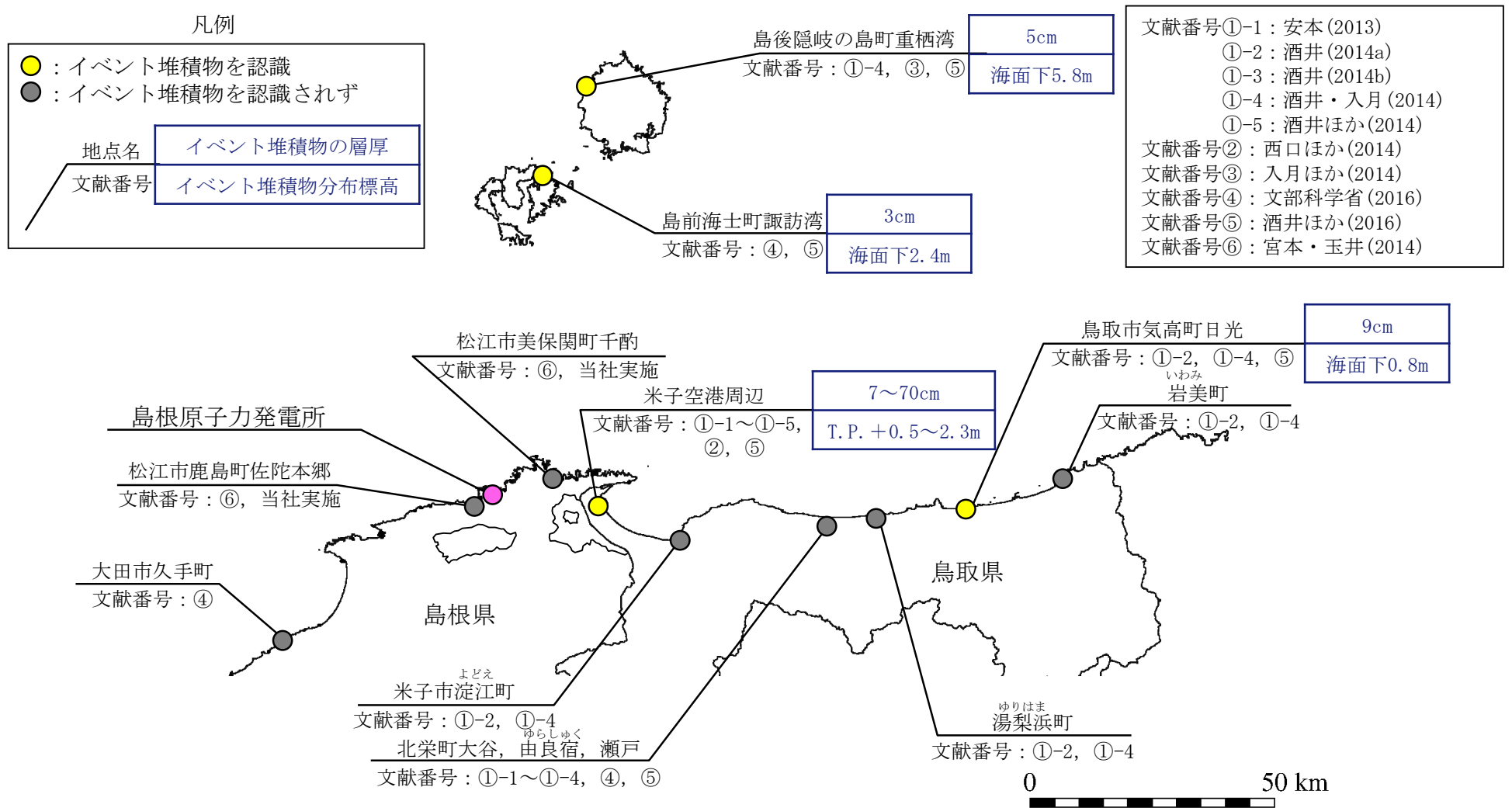


千酌地点



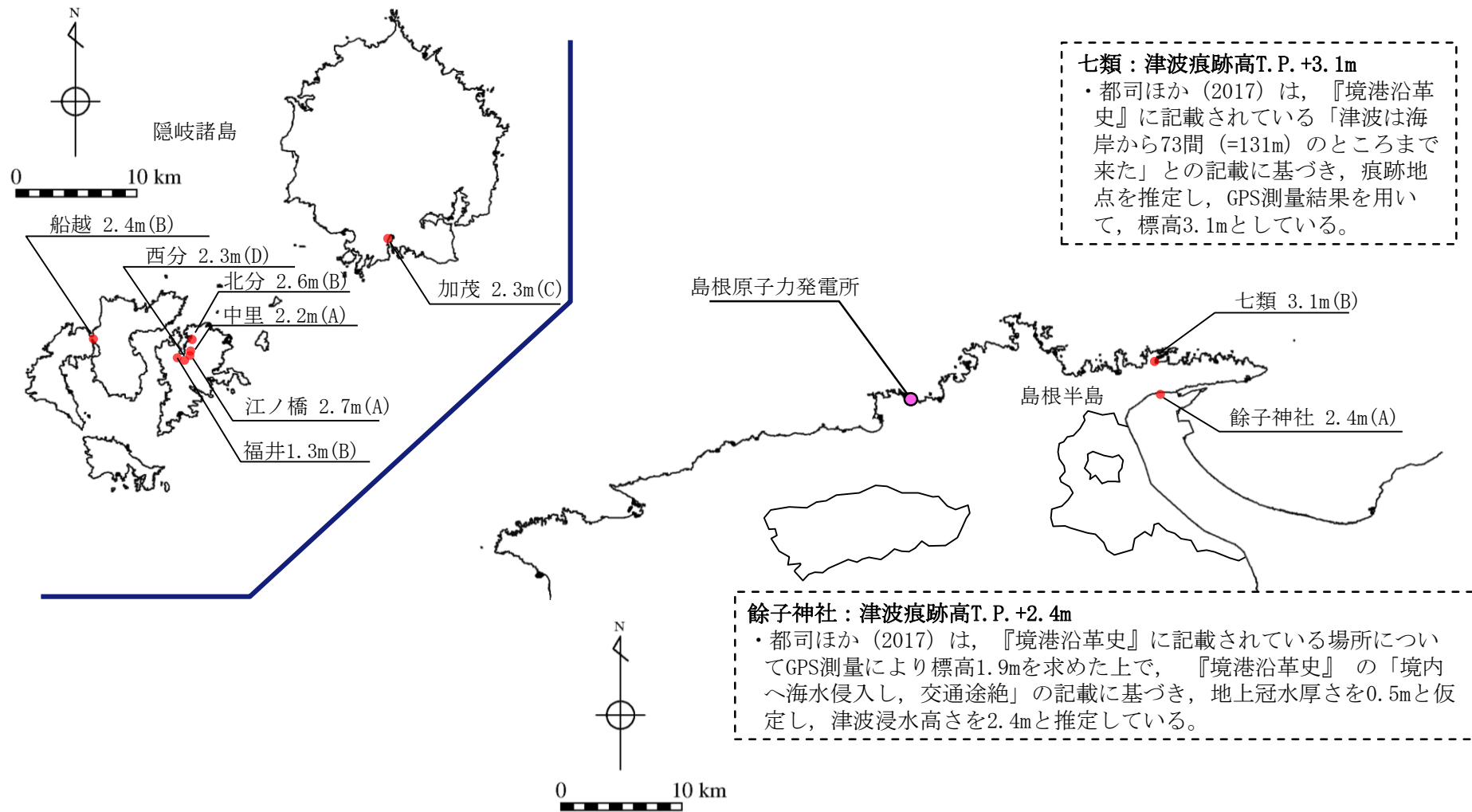
調査地点	ボーリング調査	定方位試料採取
佐陀本郷地点	1本	5本
千酌地点	1本	4本

第6.5-1図 津波堆積物調査地点

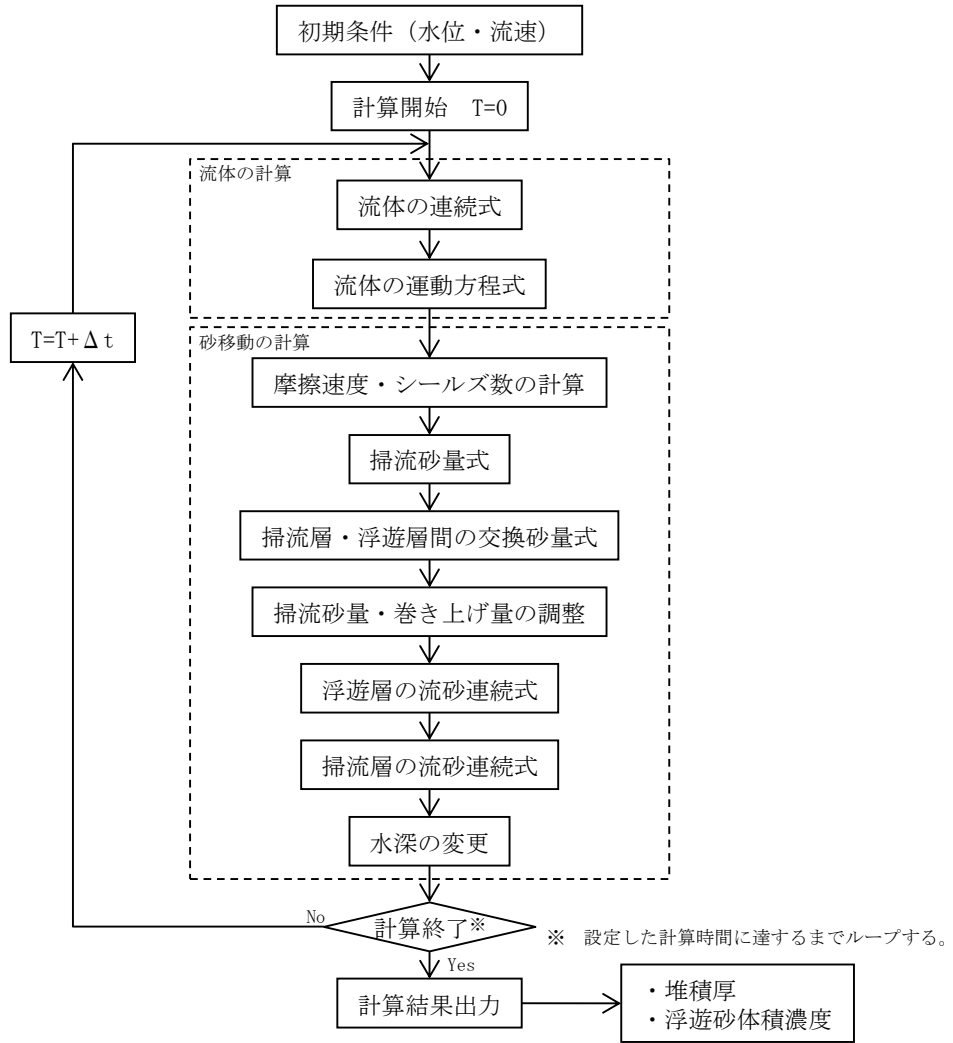


文献番号①-1：安本(2013)
 ①-2：酒井(2014a)
 ①-3：酒井(2014b)
 ①-4：酒井・入月(2014)
 ①-5：酒井ほか(2014)
 文献番号②：西口ほか(2014)
 文献番号③：入月ほか(2014)
 文献番号④：文部科学省(2016)
 文献番号⑤：酒井ほか(2016)
 文献番号⑥：宮本・玉井(2014)

第6.5-2図 1833年山形・庄内沖地震による津波に由来する可能性が高いイベント堆積物



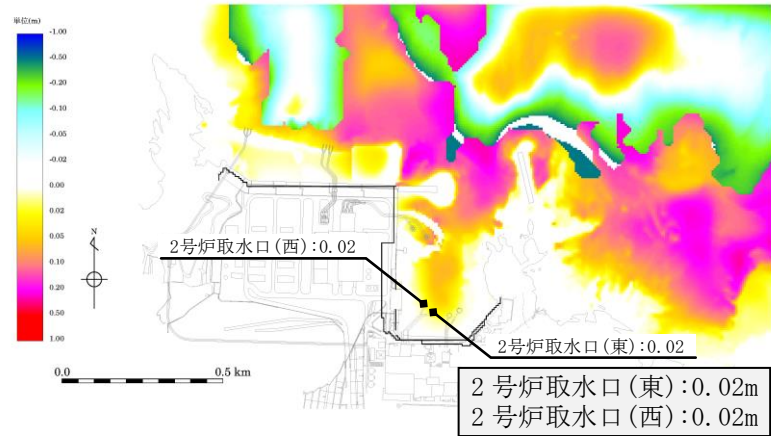
第6.5-3図 1833年山形・庄内沖地震津波の津波痕跡高



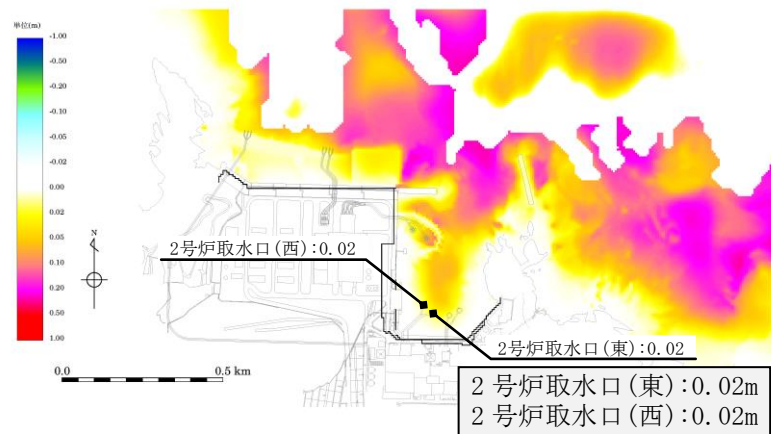
第6.6-1図 砂移動の数値シミュレーションのフロー

波源：基準津波1（防波堤有り）
 砂移動モデル：高橋ほか（1999）
 浮遊砂上限濃度：1%

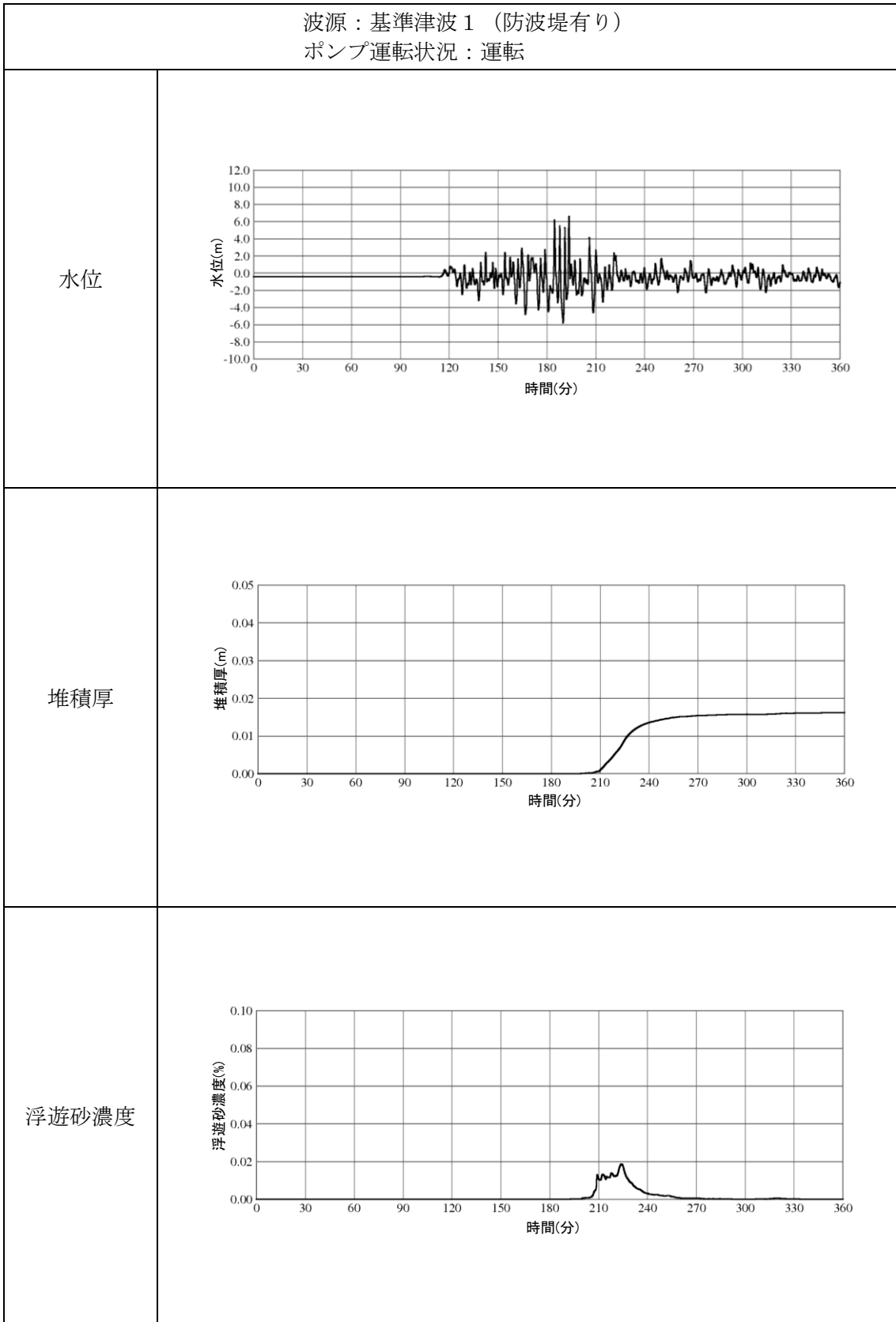
堆積浸食分布
 （最終地形）



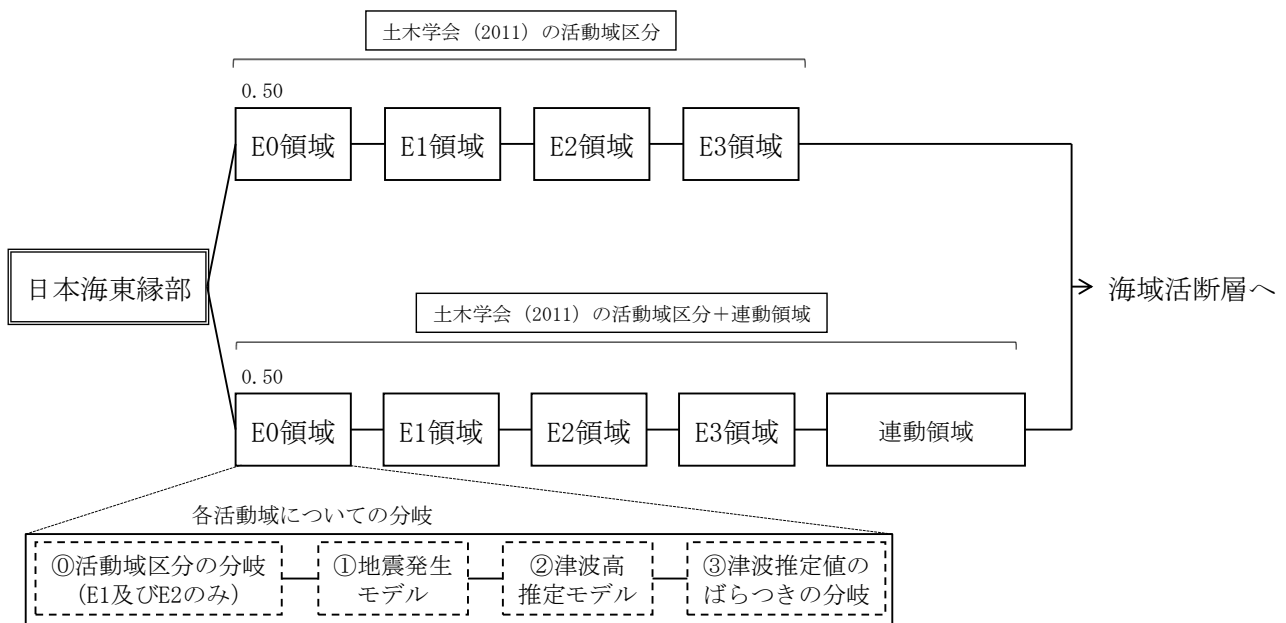
最大堆積厚
 分布



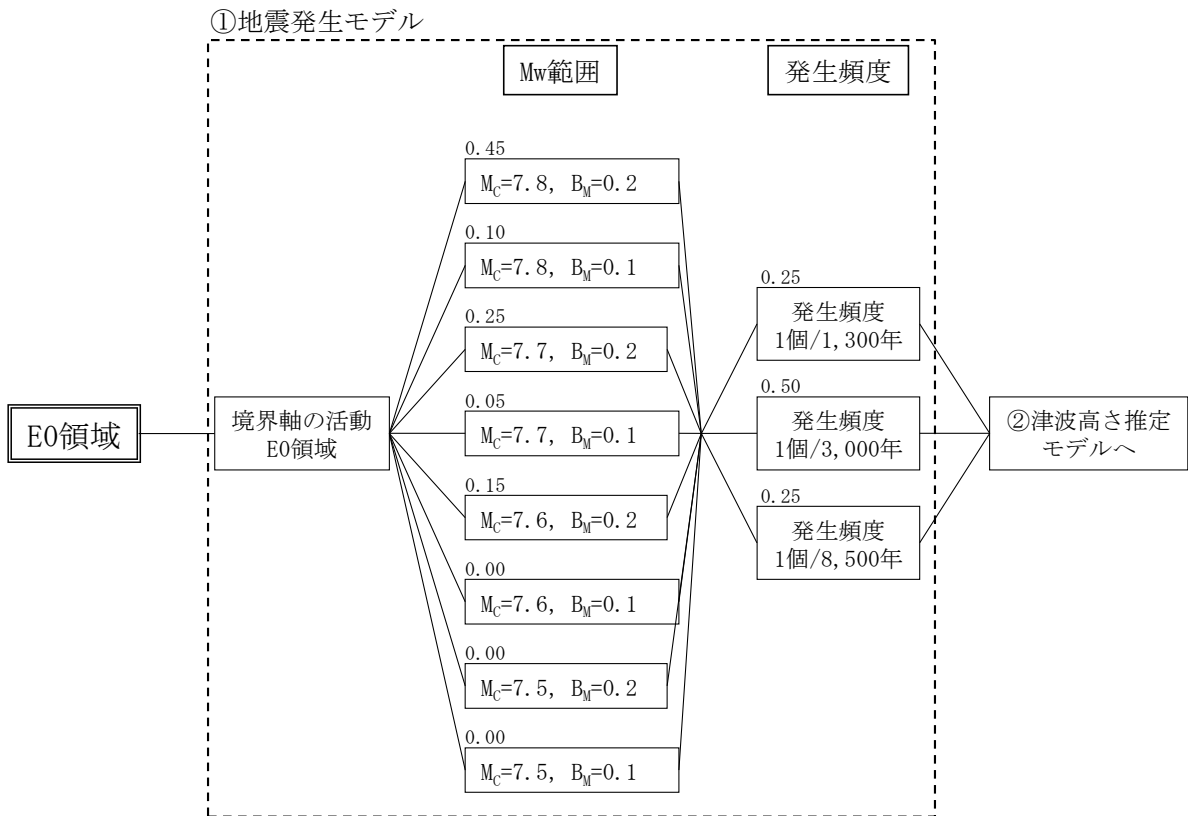
第6.6-2図 砂移動の堆積侵食分布図及び最大堆積分布図



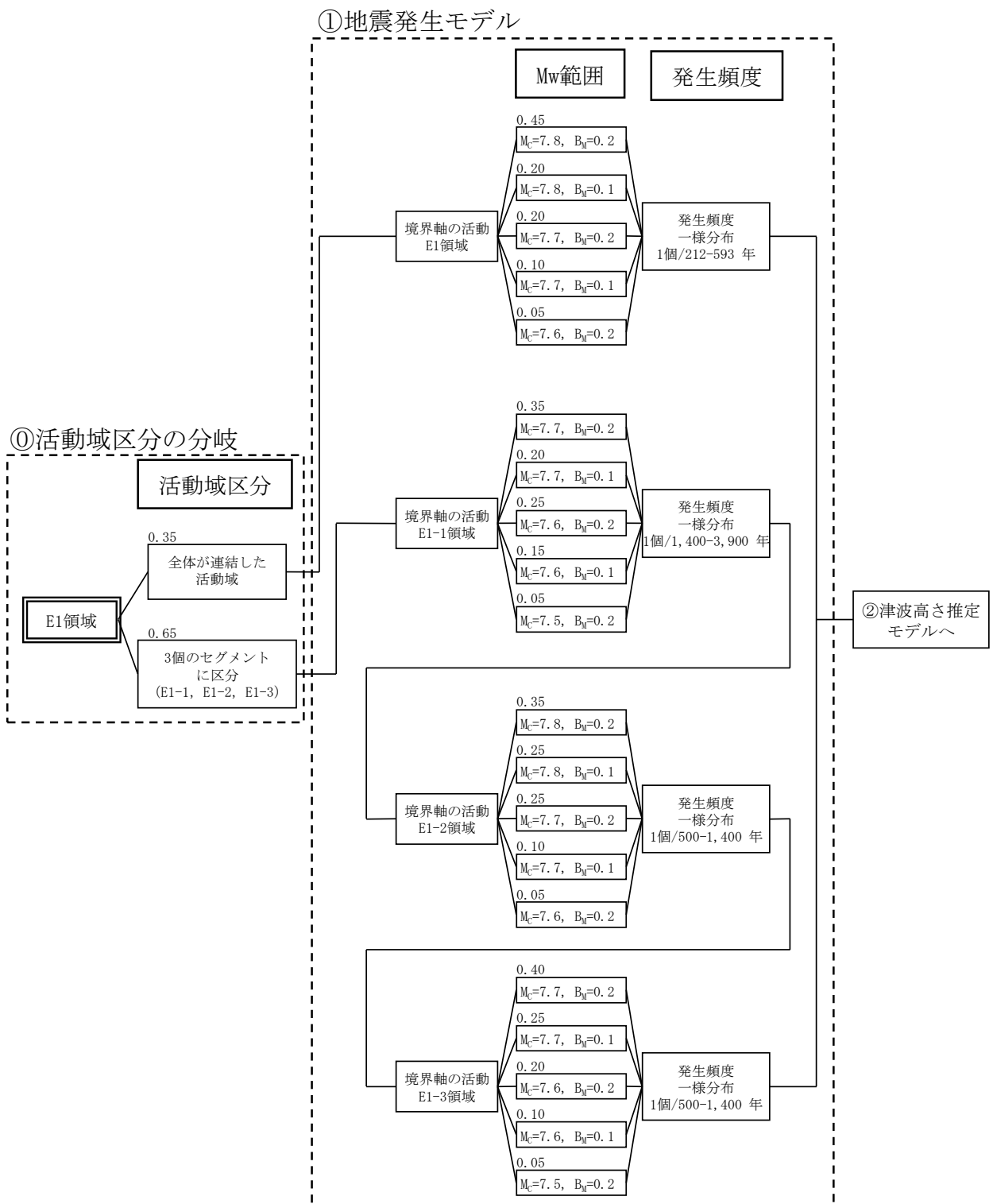
第6.6-3図 砂移動による2号炉取水槽における水位、堆積厚及び浮遊砂濃度の時系列



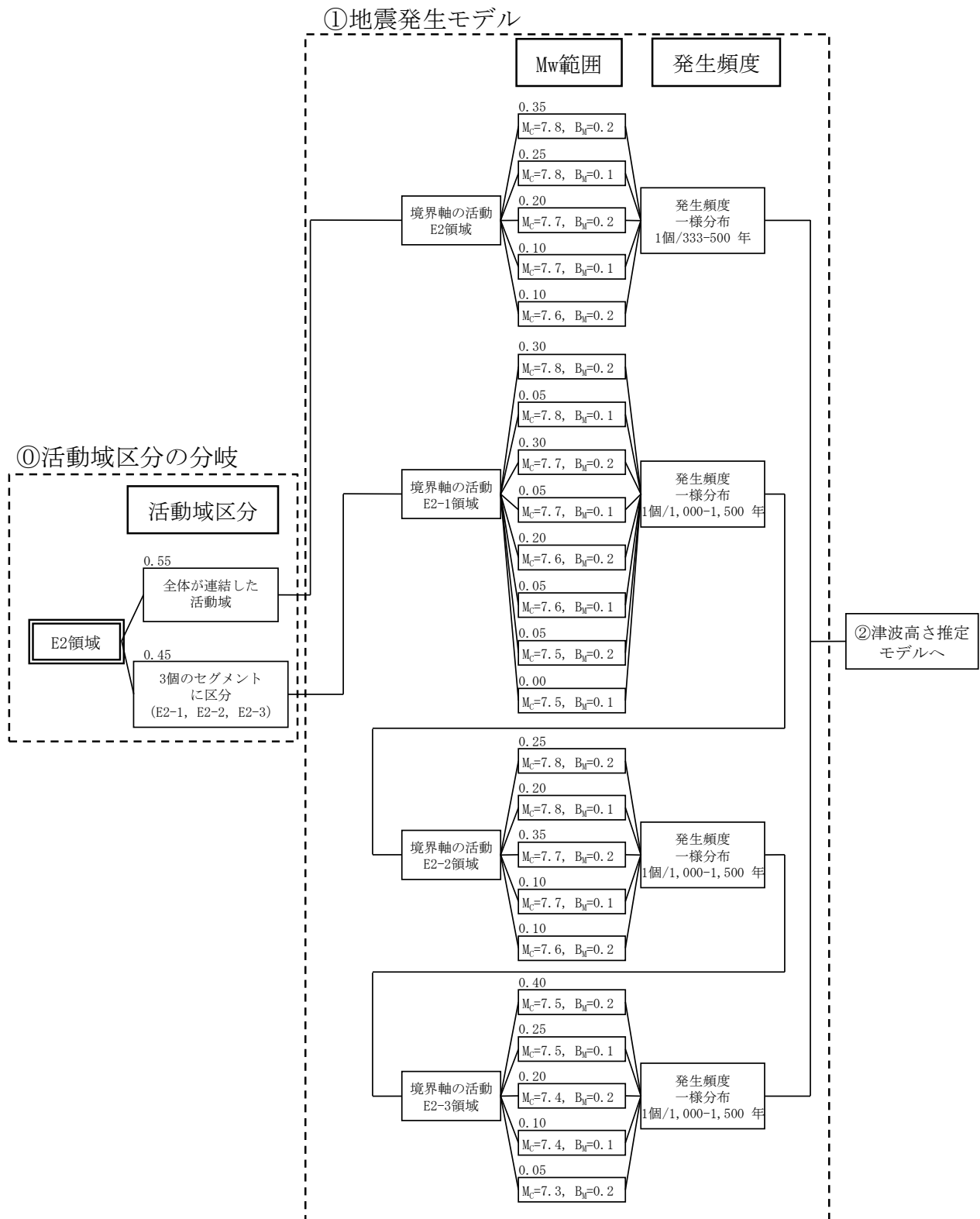
第6.7-1図(1) 日本海東縁部のロジックツリー



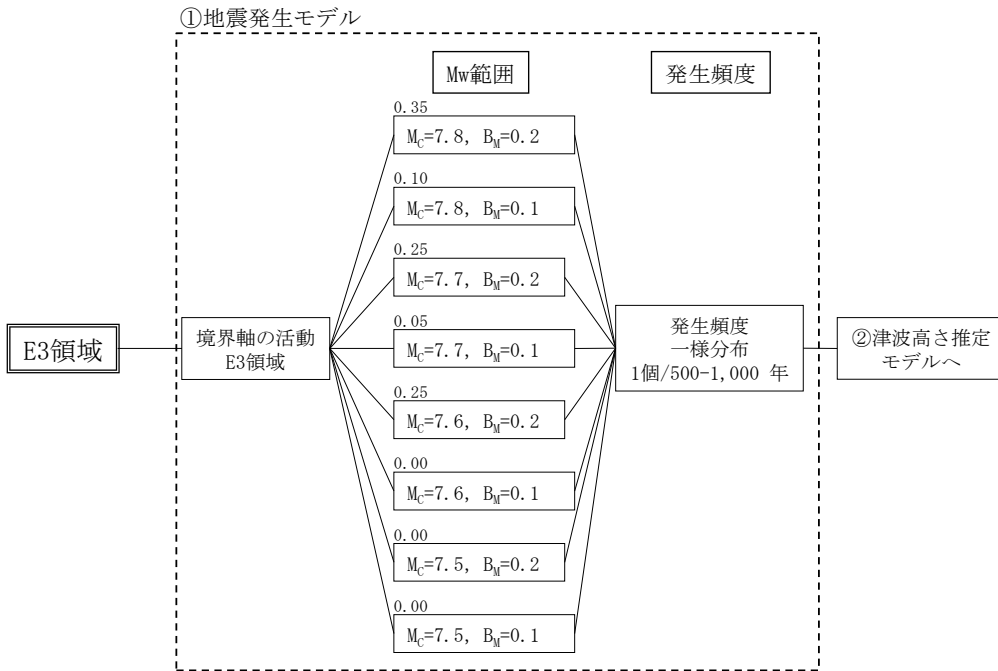
第6.7-1図(2) E0領域の地震発生モデル



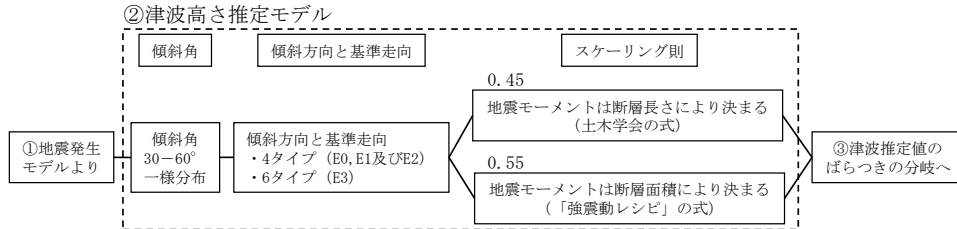
第6.7-1図(3) E1領域の地震発生モデル



第6.7-1図(4) E2領域の地震発生モデル

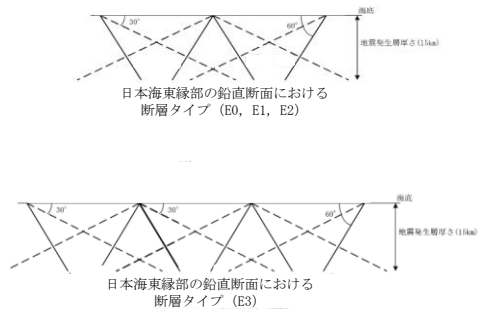


第6.7-1図(5) E3領域の地震発生モデル

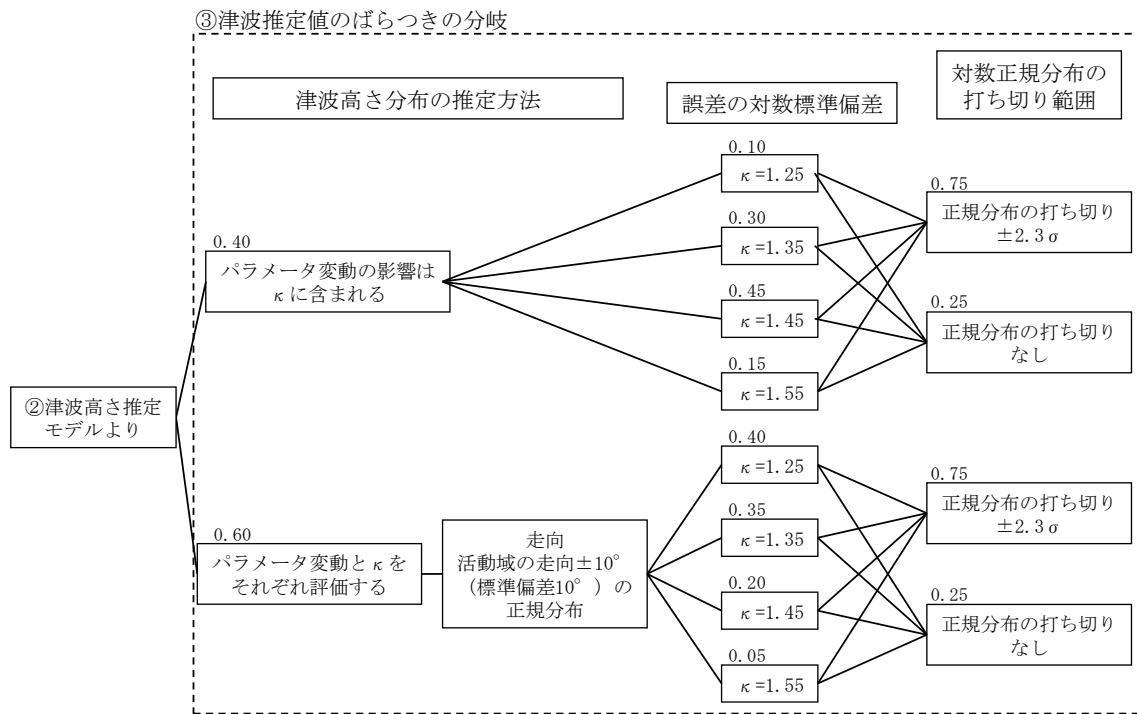


パラメータ	設定根拠
断層長さ	スケーリング則に基づき、Mwから求める。
幅	地震発生層の厚さ(15km)を考慮し傾斜角に応じて決める。
すべり量	$\log M_0 \text{ (N} \cdot \text{m)} = 1.5M_w + 9.1$, $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。
上縁深さ	0kmとする。
走向	海底地形の走向に基づき設定する。
傾斜角	30~60° とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。(右図参照)
すべり角	90° とする。
剛性率	$3.5 \times 10^{10} \text{ (N/m}^2\text{)}$ とする。
スケーリング則「津波評価技術」の式	幅(地震発生層厚さ)に上限あり。スケーリングの変曲点を境に、Mwが大きいとき武村(1998)の関係 $\log L \text{ (km)} = 0.75M_w - 3.77$, $L \propto D$, $W = \text{const.}$ が、Mwが小さいとき $W = 2L/3$, $L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。
スケーリング則「強震動レシビ」の式	地震調査研究推進本部の地震動予測手法(「レシビ」)などで用いられる $M_0 \text{ [N} \cdot \text{M]} = (S \text{ [km}^2\text{]} / 4.24 \times 10^{-11})^2 \times 10^7$ (Wells and Coppersmith (1994) などのデータに基づく入倉・三宅(2001) ⁽⁹³⁾ の提案式、地震モーメント $7.5 \times 10^{18} \text{ N} \cdot \text{m}$ 以上の地震に適用する)を適用する。

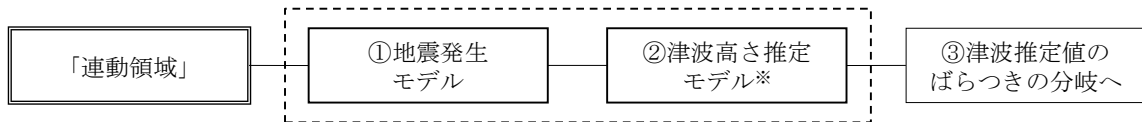
土木学会(2011)を引用・加筆(加筆箇所は下線で示す)



第6.7-1図(6) E0~E3領域の津波高さ推定モデル



第6.7-1図(7) E0~E3領域の津波推定値のばらつき分岐

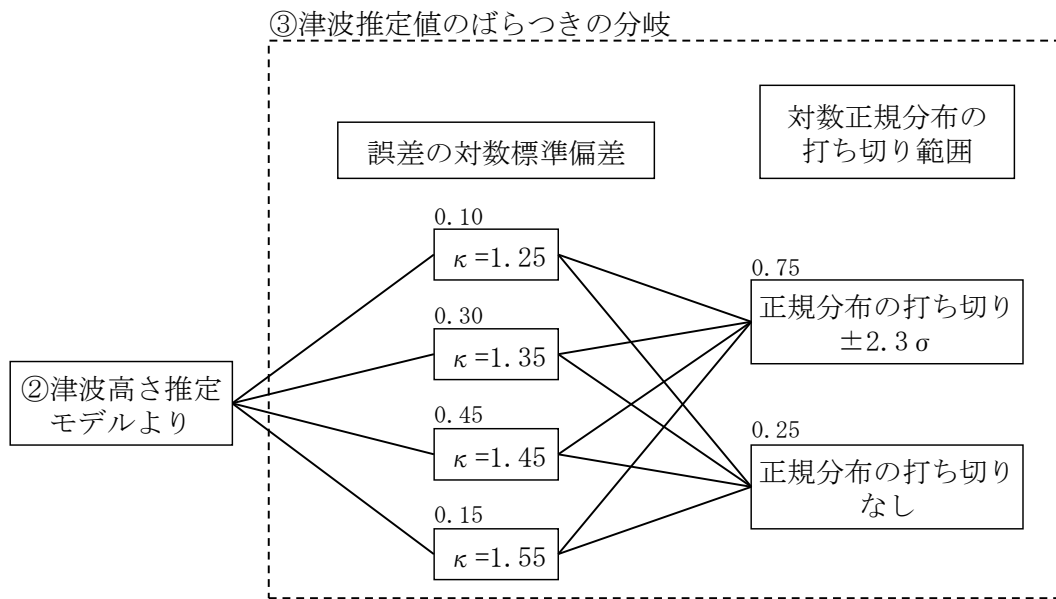


※ 各波源の「②津波高さ推定モデル」については、以下のとおり設定する。
 ・地震発生領域の連動を考慮した波源：基準津波の検討で考慮したモデル
 ・地方自治体独自の波源：地方自治体が想定した波源モデル

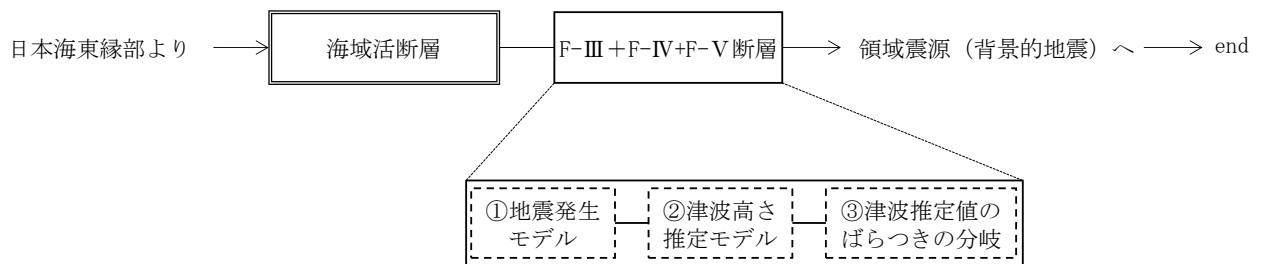
連動領域の地震発生モデル

波源モデル	Mw	発生頻度
地震発生領域の連動を考慮した波源 (350km)	Mw=8.09	一様分布, 1個/3,000-6,000年
	Mw=8.15	一様分布, 1個/3,000-6,000年
	Mw=8.25	一様分布, 1個/3,000-6,000年
鳥取県 (2012)	Mw=7.85	一様分布, 1個/500-1,000年
	Mw=8.16	一様分布, 1個/1,500-3,000年
秋田県 (2013)	Mw=7.82	一様分布, 1個/500-1,400年
	Mw=7.89	一様分布, 1個/500-1,000年
	Mw=8.46	一様分布, 1個/1,000-2,000年
	Mw=8.28	一様分布, 1個/1,500-3,000年
石川県 (2012)・福井県 (2012)	Mw=8.69	一様分布, 1個/3,000-6,000年
	Mw=7.99	一様分布, 1個/1,500-3,000年
島根県 (2012)	Mw=7.85	一様分布, 1個/500-1,000年
	Mw=8.01	一様分布, 1個/1,500-3,000年
山口県 (2012) ⁽⁹³⁾	Mw=7.85	一様分布, 1個/500-1,000年

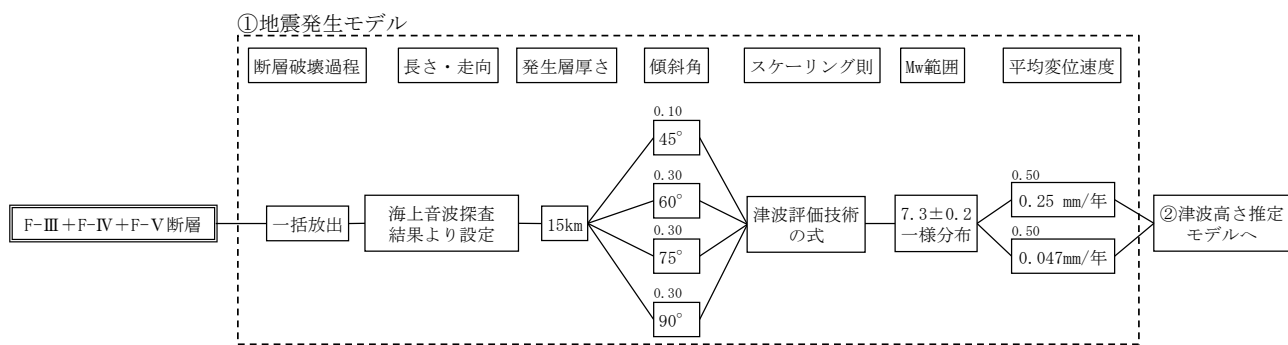
第6.7-1図(8) 連動領域の地震発生モデル及び津波高さ推定モデル



第6.7-1図(9) 連動領域の津波推定値のばらつき分岐

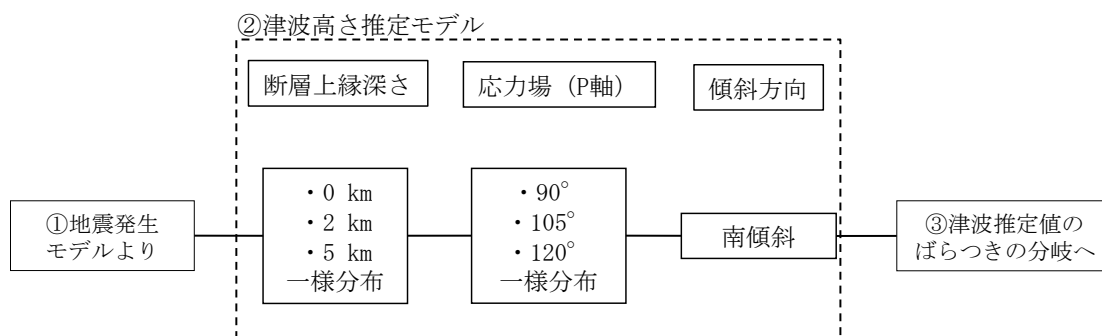


第6.7-1図(10) 海域活断層のロジックツリー



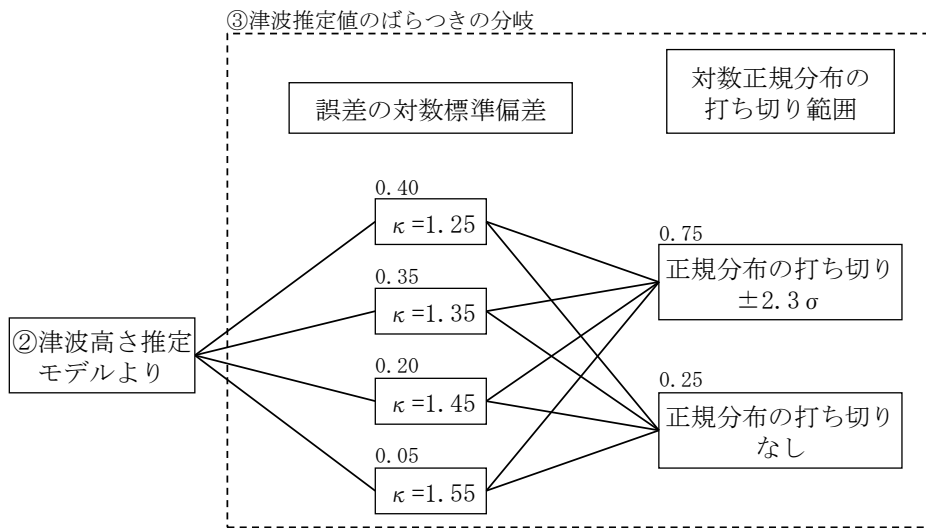
パラメータ	設定根拠
断層破壊過程	土木学会（2011）より，一括放出型と設定。
長さ・走向	海上音波探査結果に基づき設定。
発生層厚さ	土木学会（2011）より，15kmと設定。
傾斜角	土木学会に示される45°～90°を変動範囲とし，15°毎に値を設定。重みは西南日本で発生した地震の傾斜角に関するデータより設定。
スケールリング則	土木学会（2011）に示される「津波評価技術」の式を適用する。
Mw範囲	海上音波探査結果に基づき設定した断層長さ（48.0km）から，「津波評価技術」に示される武村（1998）のスケールリング則より求めたMwに分布幅を設定。重みは一様分布と設定。
平均変位速度	海域活断層の活動度に関する知見は得られていないため，周辺の陸域活断層（宍道断層）の活動度であるB，C級（活断層研究会編（1991） ⁽⁹⁵⁾ 及び今泉ほか（2018） ⁽⁹⁶⁾ より設定）を参考とし，平均変位速度は奥村・石川（1998） ⁽⁹⁷⁾ に基づきB級を0.25mm/年，C級を0.047mm/年と設定。重みは一様分布と設定。

第6.7-1図(11) 海域活断層の地震発生モデル

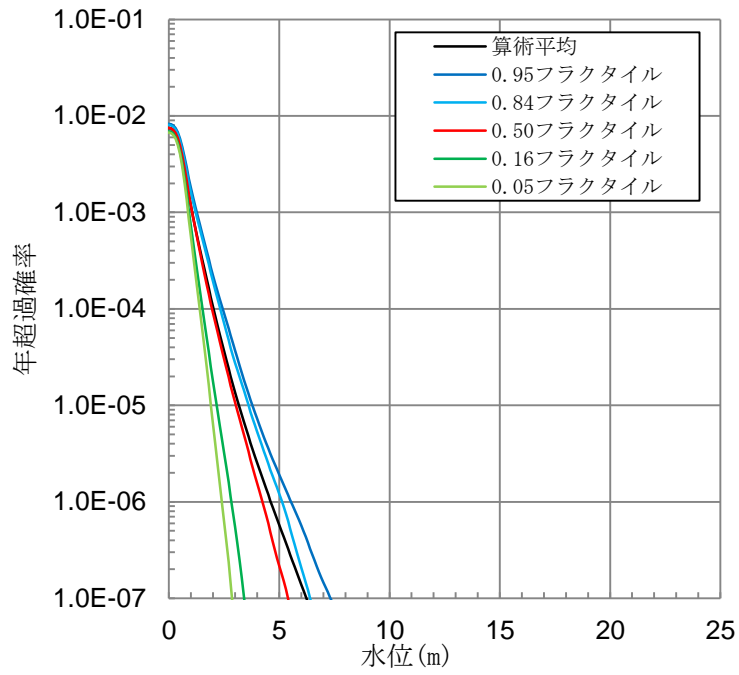


パラメータ	設定根拠
断層上縁深さ	土木学会（2011）に示される変動範囲0～5km及び敷地周辺で発生した地震の震源鉛直分布等から推定される断層上縁深さ2kmに基づき0km，2km及び5kmと設定。重みは一様分布と設定。
応力場 (P軸)	塚原・小林（1991） ⁽⁹⁸⁾ ，ハーバート・CMT発震機構解及び気象庁初動発震機構解より90°～120°と考えられることから，90°，105°及び120°と設定。重みは一様分布と設定。
傾斜方向	海上音波探査結果より，南傾斜と設定。

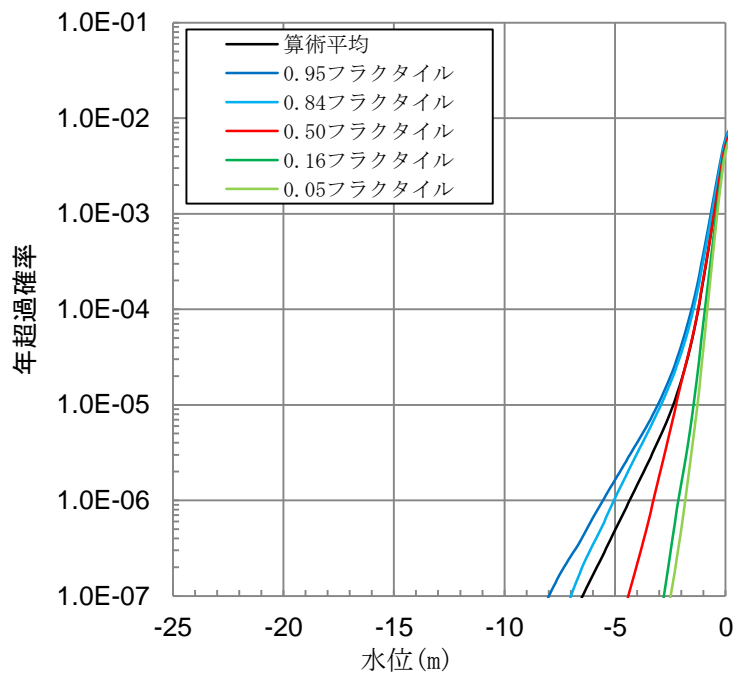
第6.7-1図(12) 海域活断層の津波高さ推定モデル



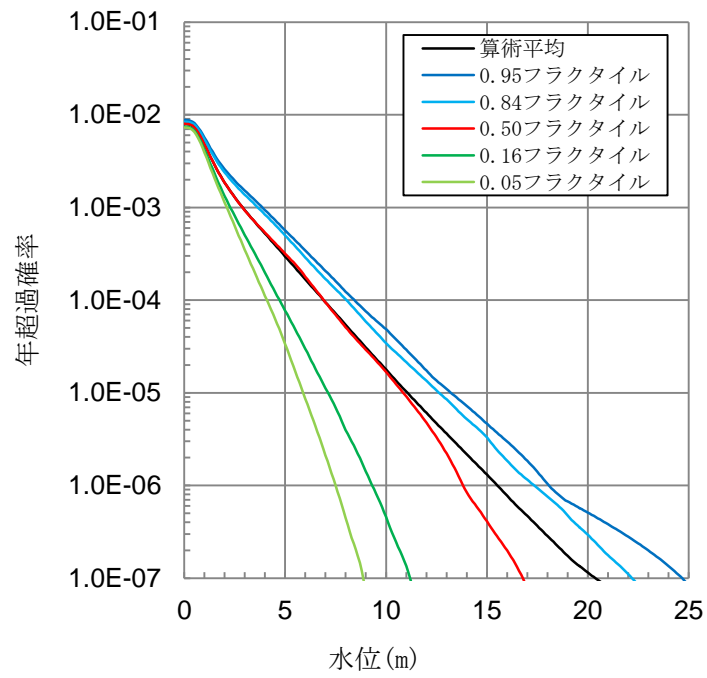
第6.7-1図(13) 海域活断層の津波推定値のばらつき分岐



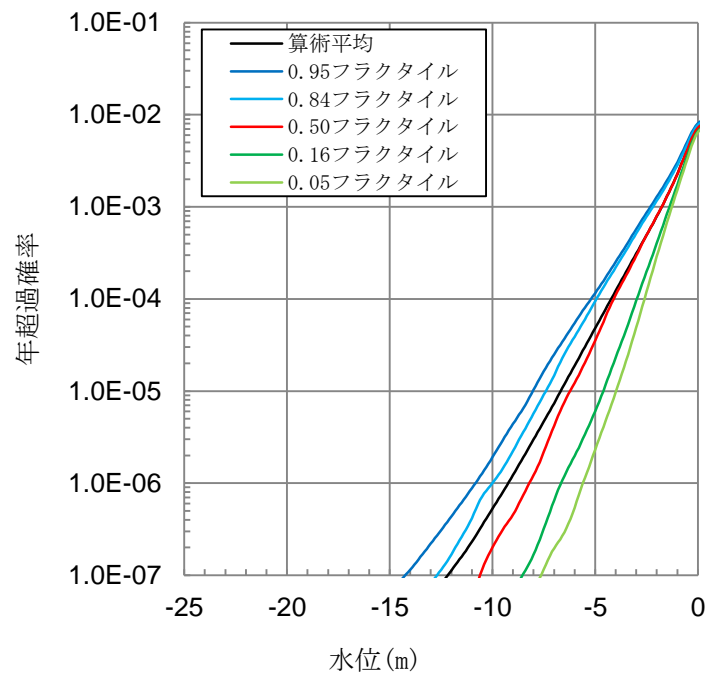
第6.7-2図(1) 基準津波策定位置におけるフラクタイル及び平均ハザード曲線
(水位上昇側)



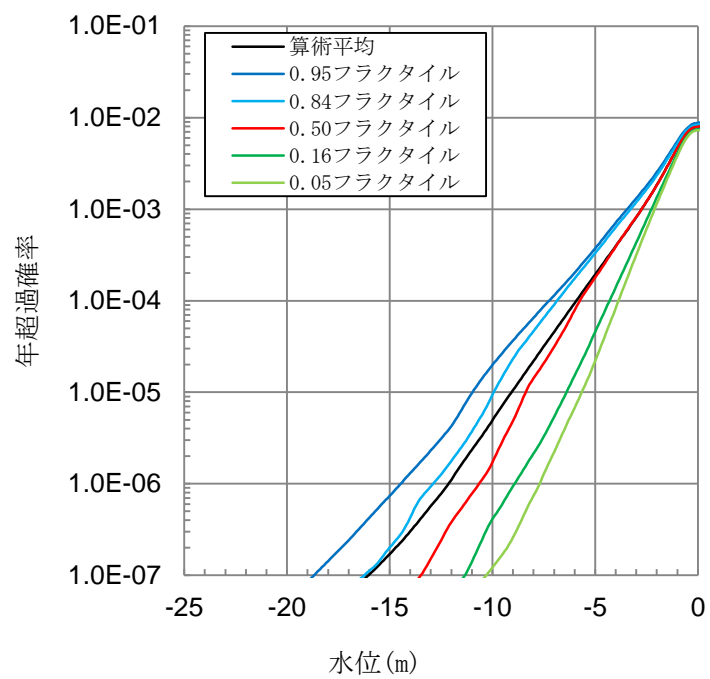
第6.7-2図(2) 基準津波策定位置におけるフラクタイル及び平均ハザード曲線
(水位下降側)



第6.7-2図(3) 施設護岸又は防波壁におけるフラクタイル及び平均ハザード曲線



第6.7-2図(4) 2号炉取水口におけるフラクタイル及び平均ハザード曲線



第6.7-2図(5) 2号炉取水槽におけるフラクタイル及び平均ハザード曲線