

大間原子力発電所

基準津波策定のうち、津波発生要因の組合せに関する検討 について

2023年11月17日
電源開発株式会社

○ 「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での資料の誤りに関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・ 右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合

誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合

・ 左下の注記

修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

指摘事項

 本資料でご説明


・本資料では、審査会合の指摘事項については、下表のとおり回答する。

| No. | 項目 | 指摘時期 | コメント内容 | 該当箇所 | |
|-------|----------|--------------------------|--|-----------------------|--|
| | | | | 概要 | 本編・補足 |
| S5-36 | 波源の組合せ | 第627回会合 (2018.9.21) | 地震による津波と地震以外の要因による津波の組合せに関して、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と、佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波とを組み合わせることの妥当性、取水口前面位置において、水位時刻歴波形を線形に足し合わせて算出している妥当性を説明すること。 | (2)~(4), (10)~(19) | 本編資料 P.440~P.451, P.454~P.480 補足説明資料 P.528~P.539, P.542~P.547 |
| S5-42 | 全般事項 | 第868回会合 (2020.6.19) | 防波堤の有無の影響検討について、防波堤がある場合に水位変動量が最大となるケースの波源と、ない場合に水位変動量が最大となるケースの波源が異なることを踏まえ、ない場合の波源も組合せの対象として採用すること。 | 今後ご説明 | |
| S5-57 | 三陸沖から根室沖 | 第1023回会合 (2021.12.24) | 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の想定波源域について、検討プロセスを記載する観点から、三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の基準波源モデル策定のフロー図において、「すべり領域の配置」として、超大すべり域が2つのケース及び1つのケースについて、「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖のモデル」を追記する等、記載を適正化すること。 | — | 本編資料P.148, P.170, P.176, P.181, P.208, P.258 |
| S5-58 | 三陸沖から根室沖 | 第1023回会合 (2021.12.24) | 基準波源モデル①~⑥と内閣府(2020)モデルとの比較・分析について、時刻歴波形、パワースペクトル、スナップショットによる分析結果を有機的に用いて要因分析に関する説明を加えるとともに、以下を適正化すること。 | — | 補足説明資料 P.486, P.487, P.509 |
| | | | (新納屋~六川目付近) ・最高水位が出ている時間付近のスナップショットを追加すること。 | — | 補足説明資料 P.498, P.499 |
| | | | ・青森県から北海道沿岸の閉鎖領域において、青森県沖の大雪すべり域のすべりによる水位変動の増幅がみられ、それが増幅しているため後続波が最大水位になっていること。 | — | 補足説明資料 P.493~P.497 |
| | | | (岩屋付近及び大間東岸~易国間付近) ・これら付近の水位が大きくなるのは、各地点の立地特性や海底地形の影響等で励起された20分~30分程度の周期の影響であること。 | — | 補足説明資料 P.501~P.504 |
| | | | ・内閣府(2020)による津波は、青森県沖の大雪すべり域の影響が大きく、波長の長い津波が伝搬するため、大間崎を回り込んだ大間崎以西の水位減衰傾向が小さくなること。 | — | 補足説明資料 P.492, P.505~P.508 |
| S5-59 | 三陸沖から根室沖 | 第1023回会合 (2021.12.24) | 基準波源モデル①~⑥と内閣府(2020)モデルの比較のまとめ等の記載について、両モデルに対する分析結果を踏まえ、記載を適正化すること。 | — | 本編資料P.291 |
| S5-60 | 海底地すべり | 第1023回会合 (2021.12.24) | 海底地すべり地形の抽出に関して、北海道日高沖に海底地すべりが示されており、「敷地との距離、位置関係を考慮すると影響は小さいと考えられる」と記載されているが、「影響は小さい」とした根拠について説明すること。また、野田・片山(2013)以降も日高舟状海盆に係る知見が新たに出されていることから、併せて記載すること。 | — | 本編資料P.396 |

I. 主な変更内容 (1 / 3)

組合せ対象の選定プロセス

変更点の概要

- 津波の組合せ対象選定の妥当性を示すために、敷地に与える影響が最も大きい、組合せ元とする地震による津波と組合せ先とする地震以外の要因による津波を選定する際の、選定プロセスを追記する。
- なお、組合せ元となる地震による津波のうち水位下降側の津波は、第868回審査会合以降、行政庁による評価を反映したため、日本海東縁部に想定される津波から、内閣府(2020)モデル※による津波に変更した(第1023回審査会合で審議済み)。

※: 内閣府の「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」が2020年4月に公表

○第868回審査会合 (2020年6月19日) (第868回審査会合 資料2-1 P. 355参照)

- 地震による津波のうち敷地に与える影響が最も大きい日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と、地震以外の要因による津波のうち敷地に与える影響が最も大きい佐井エリアの斜面崩壊に起因する津波を組合せ対象として選定するプロセスを記載しなかった。

○今回ご説明 (本編資料P. 440~P. 451参照) コメントNo.S5-36

- 「組合せ元とする地震に伴う津波」と「組合せ先とする津波発生要因による津波」の組合せの対象選定の妥当性を示すために、津波発生要因に係る敷地の立地特性と発生要因の関係性を考慮した選定プロセスを記載する。

✓ 組合せ元とする地震の選定

地震による津波のうち、敷地へ及ぼす影響が大きいのは、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」(上昇側)と「内閣府(2020)モデルによる津波」(下降側)であるため、この2つの津波を発生させる地震を「組合せ元とする地震」として選定する。

✓ 組合せ先とする津波発生要因の選定

組合せ先とする津波発生要因は、その他の地震、海底地すべり、陸上の斜面崩壊、山体崩壊を組合せ対象の候補として検討した結果から、陸上の斜面崩壊を選定する。

I. 主な変更内容 (2 / 3)

陸上の斜面崩壊のうち、佐井エリアを組合せ対象として選定するプロセス

変更点の概要

- 陸上の斜面崩壊のうち、佐井エリアを組合せ対象として選定するプロセスを追加する。

○第868回審査会合 (2020年6月19日) (第868回審査会合 資料2-2 P. 302~P. 322参照)

- 陸上の斜面崩壊のうち、敷地に与える影響が最も大きい佐井エリアの斜面崩壊を組合せ先として選定した。

○今回ご説明 (本編資料P. 447, P. 448, P. 454~P. 469参照)

コメントNo.S5-36

- 検討対象とした5エリアの陸上の斜面崩壊のうち、敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、敷地との位置関係、津波の伝播経路等を考慮し、組合せ元とする地震と組合せた際に影響が大きくなると考えられるエリアの候補として、佐井エリア、知内エリアの2エリアを抽出した。
- 抽出された津波発生要因の組合せを対象に、詳細地形を考慮の上、組合せ時間差 (T_{max}) を基本とした同一波動場の組合せ数値シミュレーションにより、敷地における水位を評価した。
- 敷地における水位を比較した結果、敷地へ与える影響が大きい組合せ対象として、佐井エリアを選定した。

I. 主な変更内容 (3 / 3)

水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の選定プロセス

変更点の概要

- 線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を抽出し、 T_{max} を用いて同一波動場における組合せ数値シミュレーションを行った場合でも、必ずしも水位変動量が最も大きくなる場合がある。
- 上記を踏まえ、同一波動場における組合せ数値シミュレーションによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を設定するために、線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる T_{max} を抽出した上で、同一波動場における数値シミュレーションにおいては、 T_{max} 前後の時間帯についても水位変動量を検討し水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する方法に変更する。

○第868回審査会合 (2020年6月19日) (第868回審査会合 資料2-1 P. 356参照)

- 地震による津波と地震以外の要因による津波のそれぞれの水位時刻歴波形を用いて、線形足し合せにより水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を選定した。

○今回ご説明 (本編資料P. 470参照)

コメントNo.S5-36

- まず、線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) を抽出する。
- 次に、 T_{max} の±5秒程度※1を目安にその範囲で、組合せ時間差を1.6秒※1ピッチでずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を確認する。
- 上記で求めた水位変動量のピークが生じる時間差の付近で、さらに組合せ時間差のピッチを1/2に縮めた上で時間をずらした同一波動場における組合せ数値シミュレーションを実施し、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を確認する。
- 同様の検討を0.2秒※1 (計算時間間隔※2) のピッチまで繰り返し、 T_{max} 付近において水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。

※1 : P. (16)参照。

※2 : P. 40, 47参照。

Ⅱ. 検討の概要 (1 / 1 4)

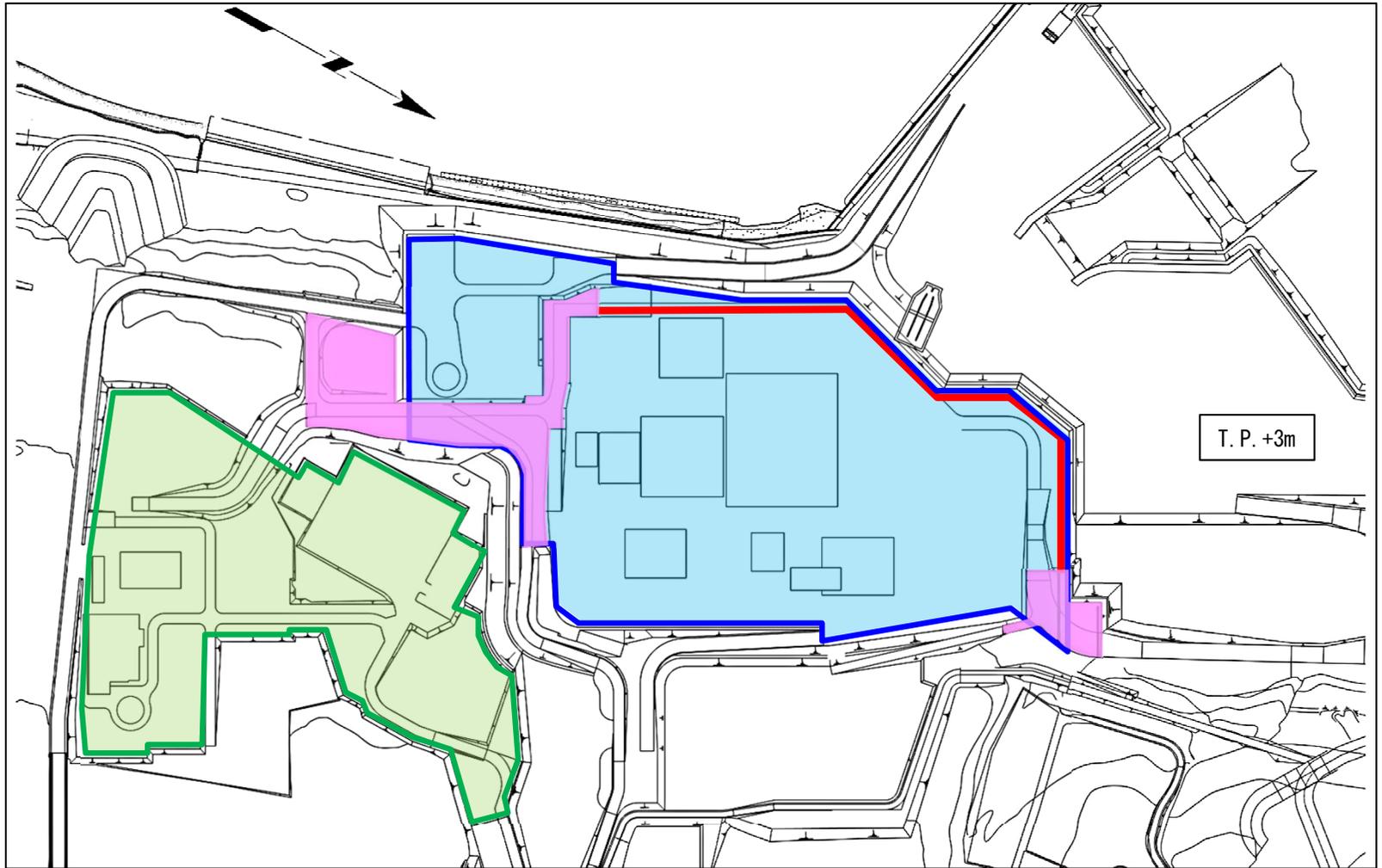
本資料の説明内容

- 本資料で説明する主な内容は以下のとおり。
 - ✓ 津波発生要因の組合せとして、津波発生要因に係る敷地の立地特性、津波発生要因の関連性を踏まえ、地震と因果関係があると考えられる津波発生要因との組合せについて検討する。

II. 検討の概要 (2 / 14)

耐震重要施設等の設置位置 <本編資料 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針>より (本編資料P. 70より)

・ 耐震重要施設等は、T. P. +12m及びT. P. +25m以上の敷地に設置される。



- 耐震重要施設等の設置標高
- : T. P. +12m
 - : T. P. +25m以上
 - : 防潮壁 (自主対策施設)
(天端高さ : T. P. +15m)
 - : 防潮堤 (自主対策施設)
(天端高さ : T. P. +15m)

耐震重要施設等の設置位置

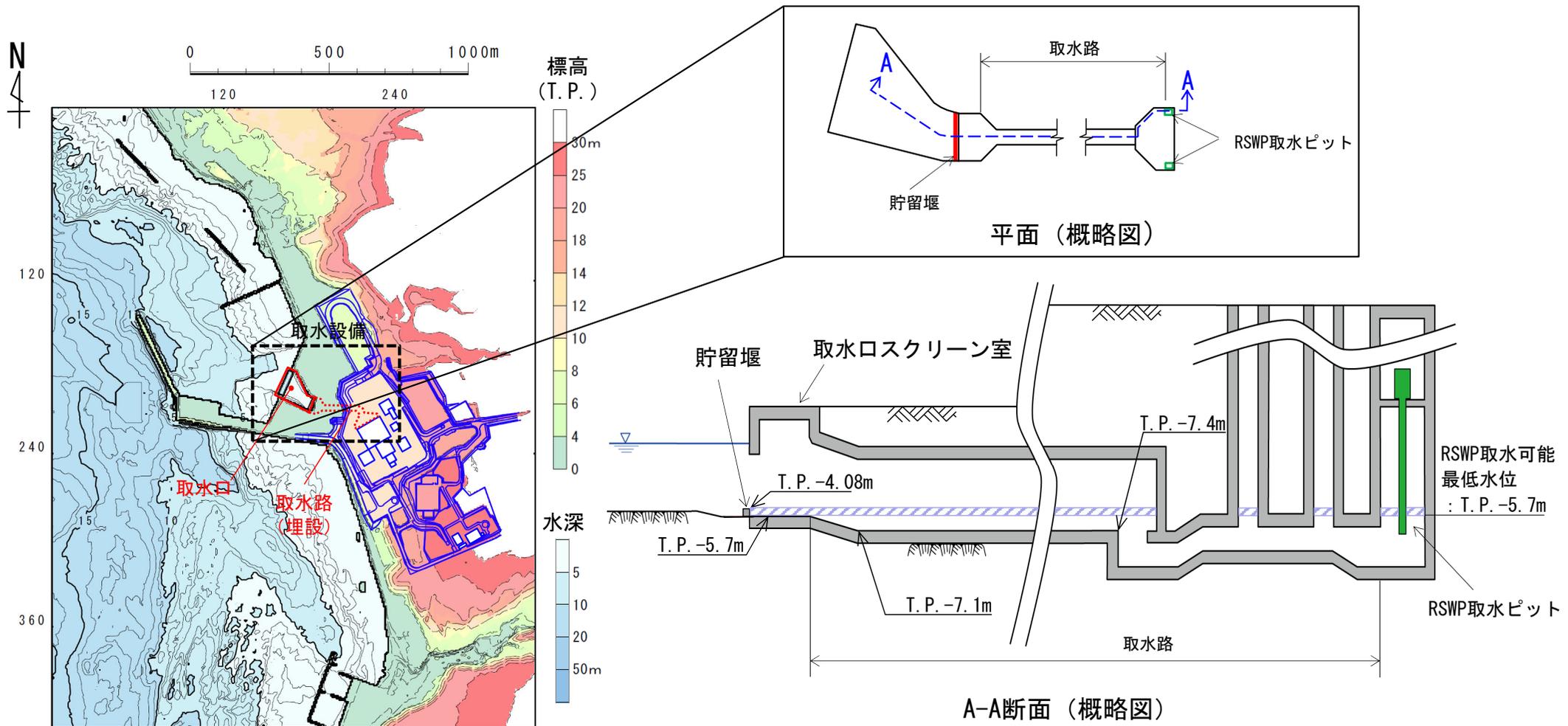


II. 検討の概要 (3 / 14)

取水設備の概要

＜本編資料 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針＞より (本編資料P.73より)

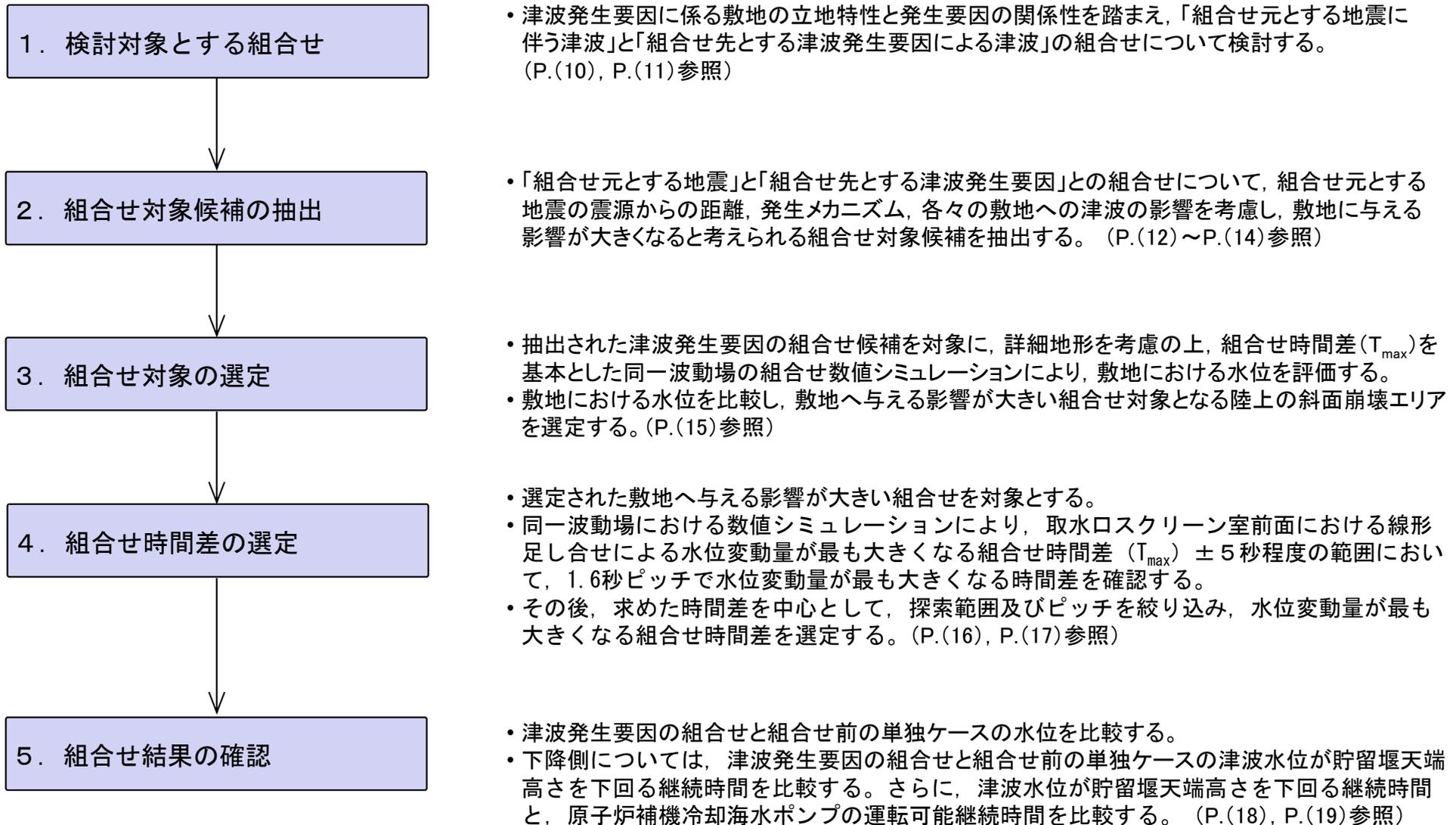
- 原子炉機器冷却水系に必要な海水は、取水口から埋設された取水路を経て敷地内の原子炉補機冷却海水ポンプ (RSWP) 取水ピットへ導き取水する。
- また、原子炉補機冷却海水系の取水確保に係る対策として、下降側の津波に対して常に取水できるように、取水口スクリーン室前面に貯留堰を設置する。



取水設備位置図

: 津波水位が貯留堰天端高さを下回る場合に、貯留堰により確保される水量は、約6,600m³。
 確保される水量に対するRSWP (取水量: 3m³/秒) の運転可能継続時間は、約35分。

津波発生要因の組合せに関する検討の流れ



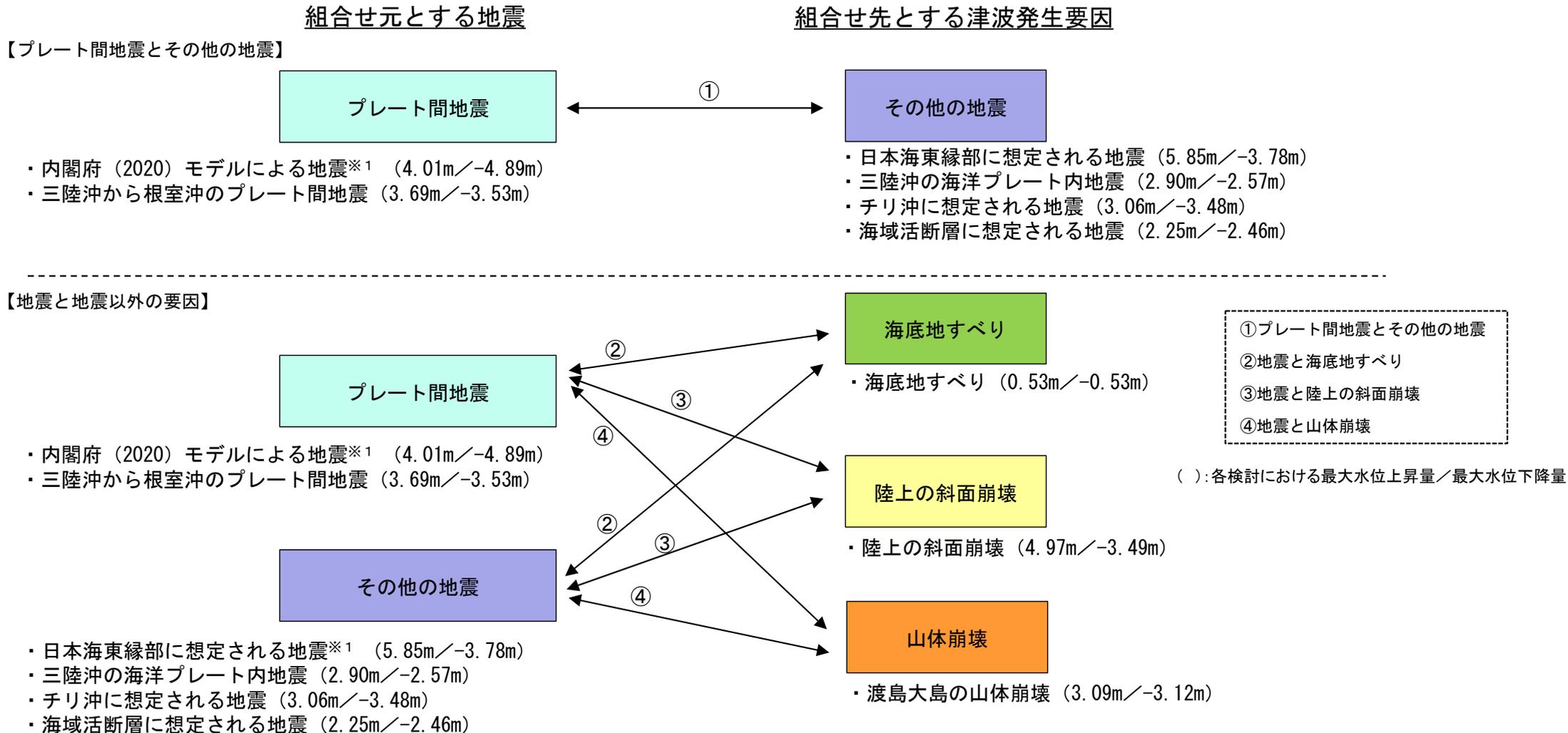
(余白)



1. 検討対象とする組合せ (1 / 2)

<本編資料 5-1. 組合せ対象候補の抽出>より (本編資料P.443より)

- 津波発生要因に係る敷地の立地特性と発生要因の関係性を踏まえ、下図のとおり「組合せ元とする地震に伴う津波」と「組合せ先とする津波発生要因による津波」の組合せについて検討する。



※1:敷地へ及ぼす影響を考慮して組合せ元とする地震

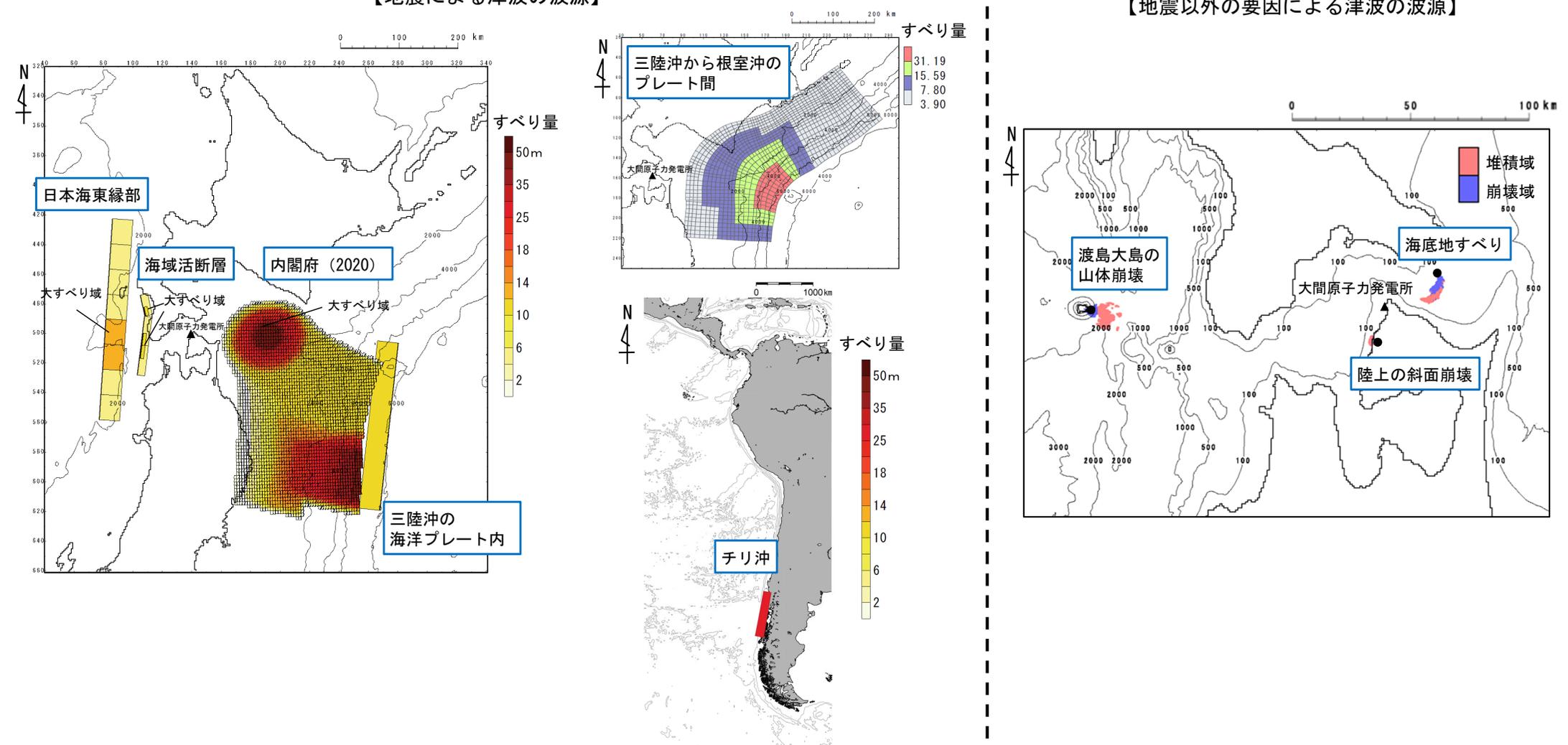
1. 検討対象とする組合せ (2 / 2)

<本編資料 5-1. 組合せ対象候補の抽出>より (本編資料P.444より)

- 前頁に挙げた組合せの検討対象とする津波の波源の位置関係を以下に示す。

【地震による津波の波源】

【地震以外の要因による津波の波源】



2. 組合せ対象候補の抽出 (1/3)

<本編資料 5-1. 組合せ対象候補の抽出>より (本編資料P.445~P.451より)

- 「組合せ元とする地震」と「組合せ先とする津波発生要因」との組合せ (P.(10) ①~④) について、組合せ元とする地震の震源からの距離、発生メカニズム、各々の敷地への津波の影響を考慮し、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象候補として、以下を抽出する。

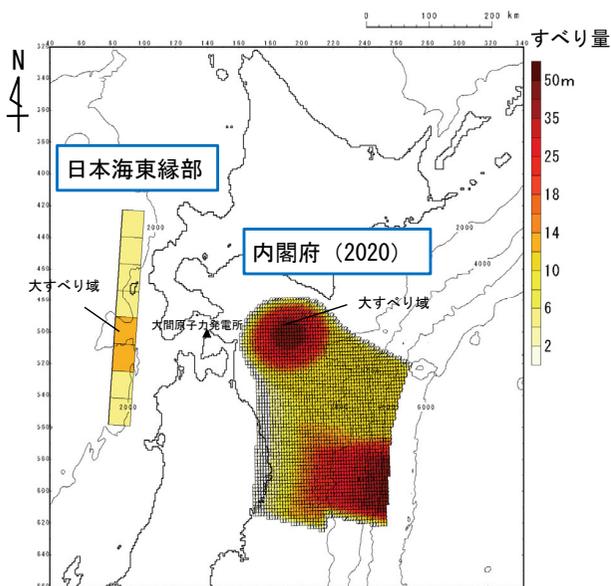
【組合せ元とする地震】

- 組合せ元とする地震は、津波による敷地への影響を考慮して、上昇側は日本海東縁部に想定される地震、下降側は内閣府(2020)モデルによる地震とする。

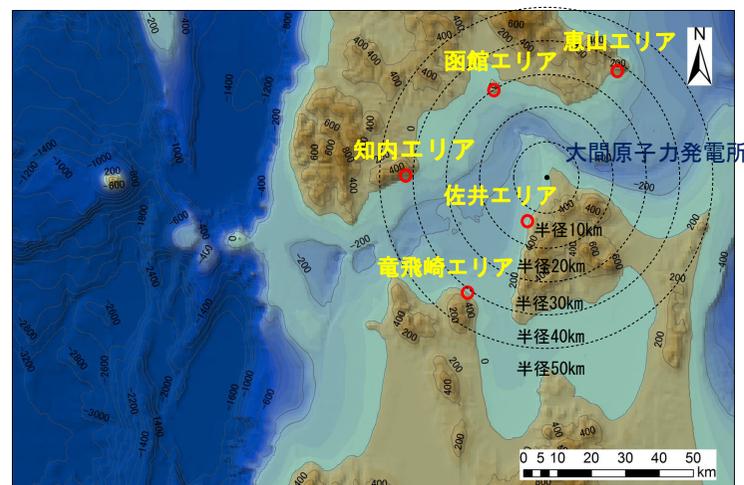
【組合せ先とする津波発生要因】

- 組合せ先とする津波発生要因は、組合せ元とする地震の震源からの距離、発生メカニズム、各々の敷地への津波の影響を考慮し、敷地に与える影響が大きくなると考えられる津波発生要因として、陸上の斜面崩壊を対象※とする。

※海底地すべりは、発生エリアが陸上の斜面崩壊と同様に津軽海峡内に位置する。
海底地すべりによる津波の敷地における最大水位上昇量は0.5m程度であり、
陸上の斜面崩壊に起因する津波(最大水位上昇量4.97m)よりも敷地への影響が有意に小さい。



組合せ元とする地震
(日本海東縁部, 内閣府(2020))



組合せ先とする津波発生要因
(陸上の斜面崩壊)



2. 組合せ対象候補の抽出 (2 / 3)

<本編資料 5-1. 組合せ対象候補の抽出>より (本編資料P.447~P.448より)

【組合せ先とする陸上の斜面崩壊エリアの候補の抽出】

- 組合せ先とする陸上の斜面崩壊としては、検討対象とした5エリア（恵山，函館，知内，佐井，竜飛崎）の陸上の斜面崩壊が候補として挙げられる。
- 陸上の斜面崩壊の単独ケースの検討において、5エリアの陸上の斜面崩壊のうち敷地に与える影響が最も大きいのは、佐井エリアである。
- 組合せ対象の選定にあたり、敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、敷地との位置関係、津波の伝播経路等の要因により、組合せた際に単独最大ケース（佐井エリア）との組合せの影響が最も大きくなると言い切れない。
- このため、5エリアの陸上の斜面崩壊の伝播特性（最大水位上昇量分布）から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象の候補となるエリアを抽出する。
- 概略影響検討による津軽海峡内の伝播特性（最大水位上昇量分布）を比較した結果、単独ケースの検討において敷地に与える影響が最も大きい佐井エリアに加え、斜面崩壊の規模が相対的に大きく、斜面崩壊の方向が津軽海峡内に向いている知内エリアの最大水位上昇量が、佐井エリアと同様に津軽海峡内の敷地前面の広い範囲において大きいことを確認した。
- 以上より、敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、組合せ元とする地震と組合せた際に影響が大きくなると考えられるエリアの候補として、佐井エリア、知内エリアを抽出した。

<組合せ対象の陸上の斜面崩壊エリアの抽出手順>

0. 組合せ対象の候補となる陸上の斜面崩壊

- 5エリア（恵山，函館，知内，佐井，竜飛崎）

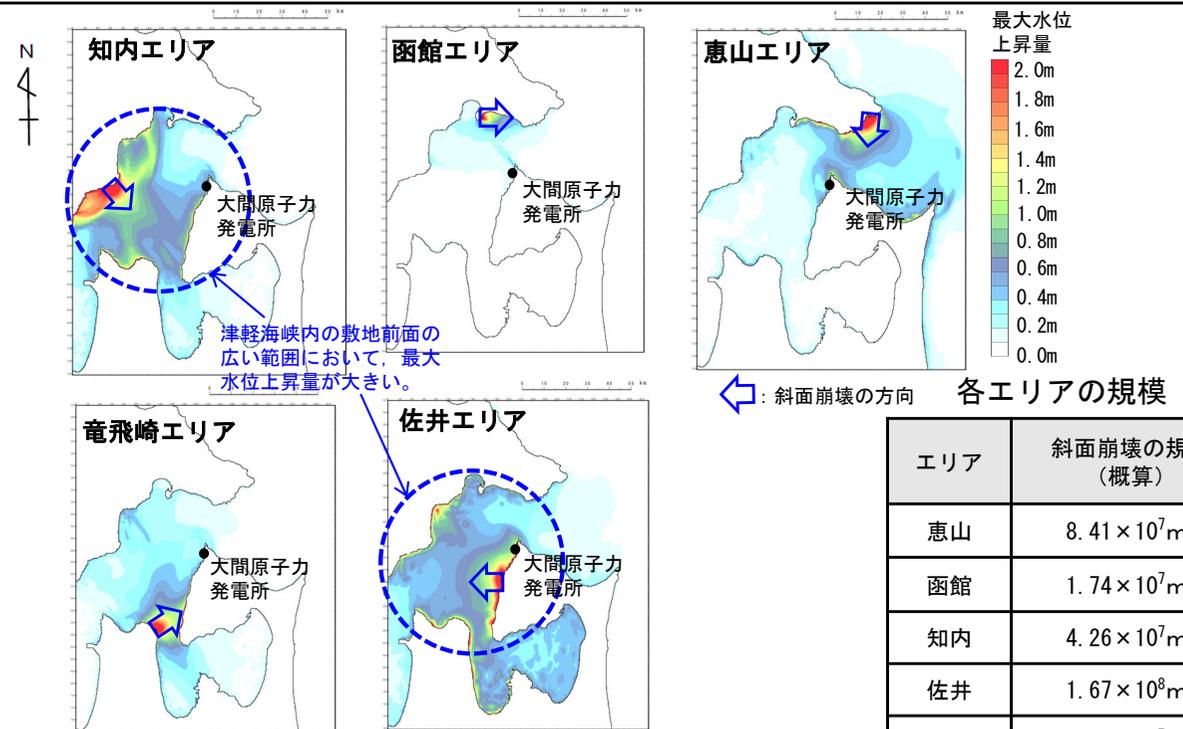
1. 組合せ対象の候補となる陸上の斜面崩壊エリアの抽出

- 敷地が津軽海峡内に位置する立地特性を踏まえ、敷地との位置関係、津波の伝播経路等の要因により、組合せた際に単独最大ケース（佐井エリア）との組合せの影響が最も大きくなると言い切れない。
- このため、5エリアの陸上の斜面崩壊の伝播特性（最大水位上昇量分布）から、敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象の候補となるエリアを抽出する。

- 佐井エリア
- 知内エリア

2. 同一波動場における組合せ数値シミュレーションによる水位の評価

- 「5-2. 津波発生要因の組合せ」において検討を実施する。



津軽海峡内の最大水位上昇量分布

| エリア | 斜面崩壊の規模 (概算) |
|-----|-------------------------------|
| 恵山 | $8.41 \times 10^7 \text{m}^3$ |
| 函館 | $1.74 \times 10^7 \text{m}^3$ |
| 知内 | $4.26 \times 10^7 \text{m}^3$ |
| 佐井 | $1.67 \times 10^8 \text{m}^3$ |
| 竜飛崎 | $1.37 \times 10^7 \text{m}^3$ |



2. 組合せ対象候補の抽出 (3 / 3)

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.458, P.461, P.465, P.468より)

- 敷地に与える影響が大きくなると考えられる組合せ対象候補として、以下を抽出する。
 - 組合せ元とする地震：【上昇側】日本海東縁部に想定される地震
【下降側】内閣府(2020)モデルによる地震
 - 組合せ先とする津波発生要因：佐井エリアの斜面崩壊、知内エリアの斜面崩壊

上昇側

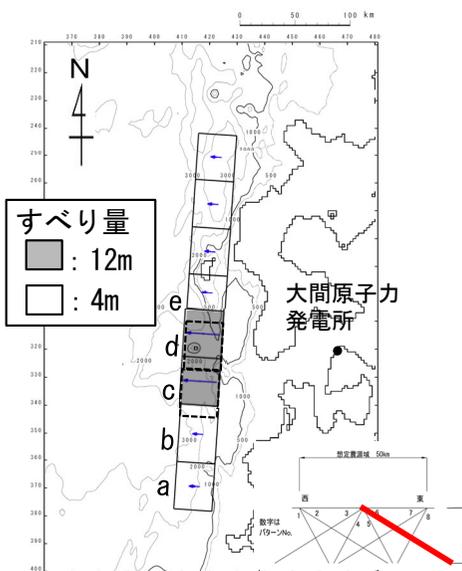
津波発生要因の組合せ

- 日本海東縁部の地震に起因する津波
東西方向中央, 東傾斜($\delta=30^\circ$)の $W=40.0\text{km}$
アスペリティ位置c+dを北方へ10km移動,
上縁深さ5km

下降側

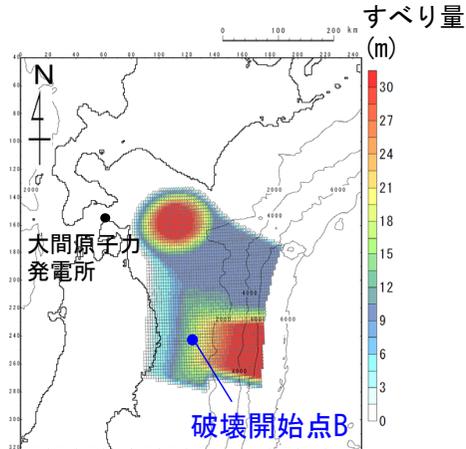
津波発生要因の組合せ

- 内閣府(2020)モデルによる津波
内閣府(2020)モデル
破壊開始点: B (岩手県沖)

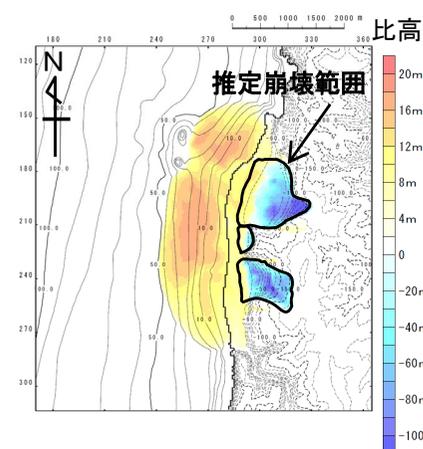


日本海東縁部に
想定される地震

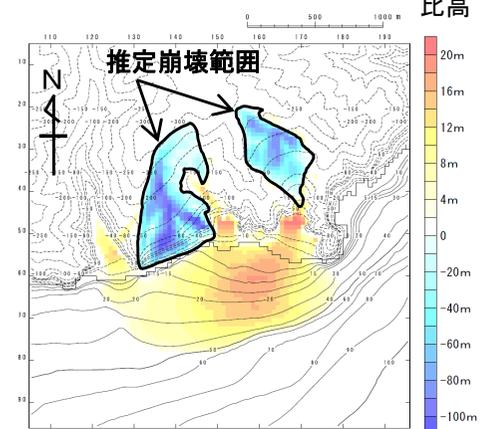
組合せ元とする地震
(日本海東縁部, 内閣府(2020))



内閣府(2020)モデル
による地震



佐井エリアの斜面崩壊



知内エリアの斜面崩壊

組合せ先とする津波発生要因
(陸上の斜面崩壊)



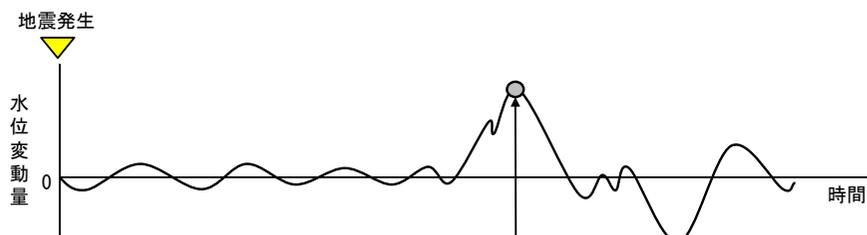
3. 組合せ対象の選定

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.455, P.469より)

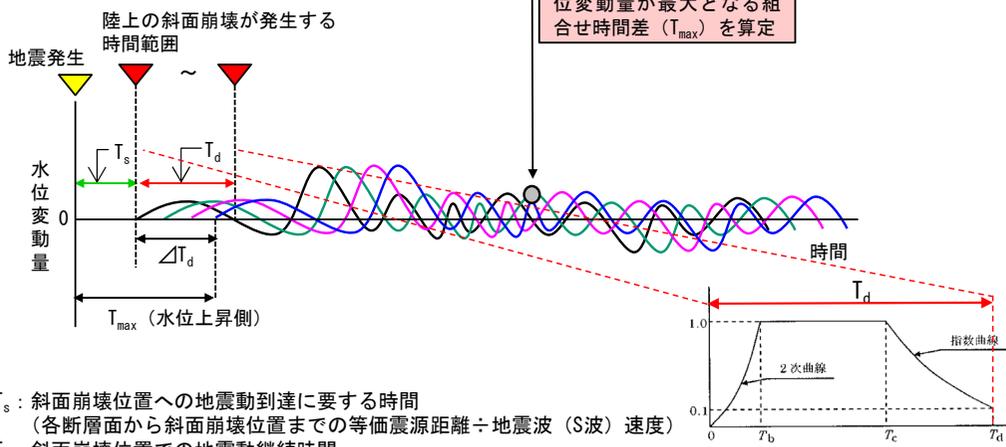
- 抽出された組合せ対象候補について、詳細地形を考慮の上、組合せ時間差 (T_{max}) を基本とした同一波動場の組合せ数値シミュレーションにより、敷地における水位を評価した。
- 敷地における水位を比較した結果、敷地へ与える影響が大きい組合せ対象として、佐井エリアを選定した。
- 以上より、敷地に与える影響が大きい組合せは以下のとおり。
 - 【上昇側】日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊
 - 【下降側】内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊

線形足し合せによる組合せ時間差 (T_{max}) の設定

■地震による津波の敷地での水位時刻歴波形



■陸上の斜面崩壊に起因する津波の敷地での水位時刻歴波形



地震による津波と斜面崩壊に起因する津波の組合せの検討結果

| 波源 | 敷地における最大水位上昇量 | 取水口スクリーン室前面における最大水位下降量 |
|---|---------------|------------------------|
| 日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 ($T_{max}=39.6s$) | 6.59m | — |
| 内閣府(2020)モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 ($T_{max}=304.4s$) | — | -5.22m |
| 日本海東縁部に想定される地震 + 知内エリアの斜面崩壊 ($T_{max}=137.2s$) | 5.65m | — |
| 内閣府(2020)モデルによる地震 + 知内エリアの斜面崩壊 ($T_{max}=193.8s$) | — | -4.70m |

T_s : 斜面崩壊位置への地震動到達に要する時間
(各断面から斜面崩壊位置までの等価震源距離 ÷ 地震波 (S波) 速度)

T_d : 斜面崩壊位置での地震動継続時間

ΔT_d : 斜面崩壊位置に地震動が到達してから斜面崩壊が発生するまでの時間差

T_{max} : 組合せ時間差 ($T_{max}=T_s+\Delta T_d$)

Noda et al. (2002) に一部加筆



4. 組合せ時間差の選定 (1/2)

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.470より)

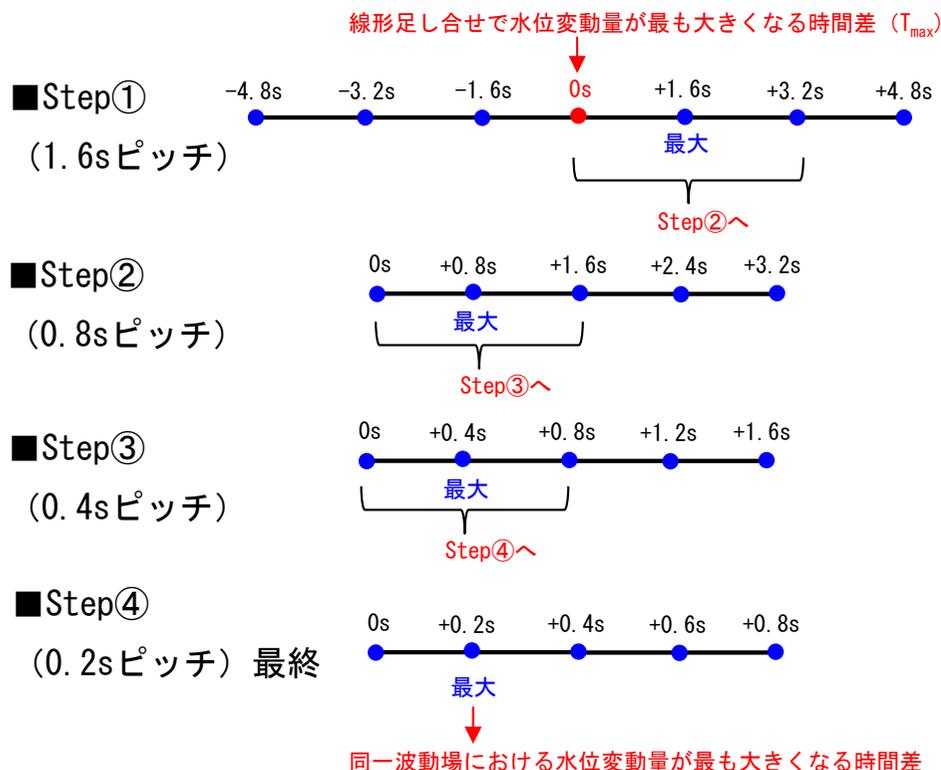
- 選定した組合せ対象において、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する。
- 同一波動場における数値シミュレーションにより、取水口スクリーン室前面における線形足し合せによる水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差 (T_{max}) の前後の範囲 (以下「探索範囲」という。) ※1において、組合せ時間差を一定の時間間隔 (以下「ピッチ」という。) でずらした計算を行い、水位変動量が最大となる組合せ時間差を選定する。
- 敷地は津軽海峡に面しており、対岸からの反射、回折の影響によりそれぞれの津波が複雑に重なり合う可能性がある大間の立地特性を考慮し、確実にピークを捉えるために、数値シミュレーションの計算時間間隔0.2秒※2ピッチまで、組合せ時間差を段階的に確認する。
- まず、 T_{max} を中心として、探索範囲を±5秒程度の範囲とし、1.6秒ピッチで同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する (Step①※3)。その後、前のStepで求めた時間差を中心として、探索範囲及びピッチを絞り込み、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を選定する (Step②~Step④)。

同一波動場における 水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差の検討 (イメージ)

※1 : 探索範囲は、地震動継続時間内とする。

※2 : P.40, P.47参照。

※3 : 水位がピークとなる時間差が確認されない場合、ピークとなる水位が確認されるまで、範囲を拡大する。



T_{max} を中心として、±5秒程度の範囲で、1.6秒ピッチ (0.2秒×2³) で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する※3。

Step①で求めた時間差を中心として、±1.6秒の範囲で、0.8秒ピッチ (0.2秒×2², Step①の半分) で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。

Step②で求めた時間差を中心として、±0.8秒の範囲で、0.4秒ピッチ (0.2秒×2, Step②の半分) で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。

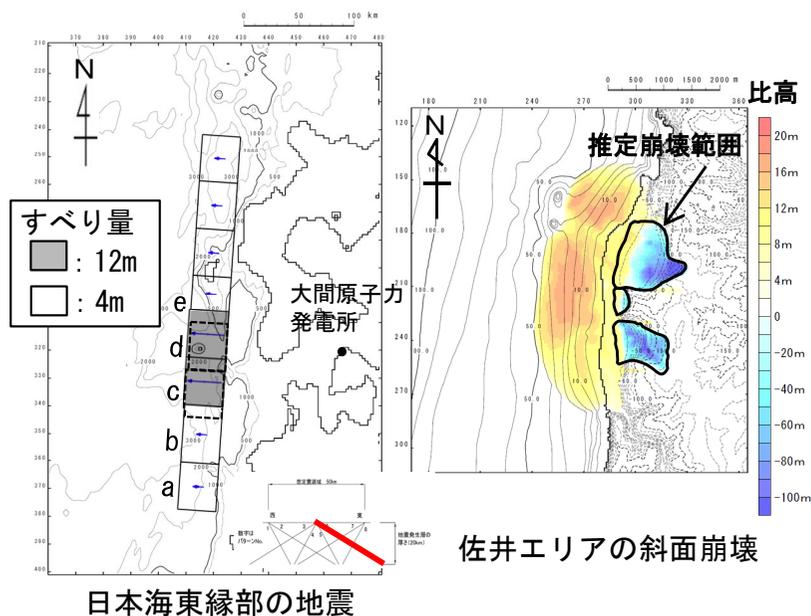
Step③で求めた時間差を中心として、±0.4秒の範囲で、0.2秒ピッチ (計算時間間隔※2, Step③の半分) で同一波動場における水位変動量が最も大きくなる時間差を確認する。



4. 組合せ時間差の選定 (2/2)

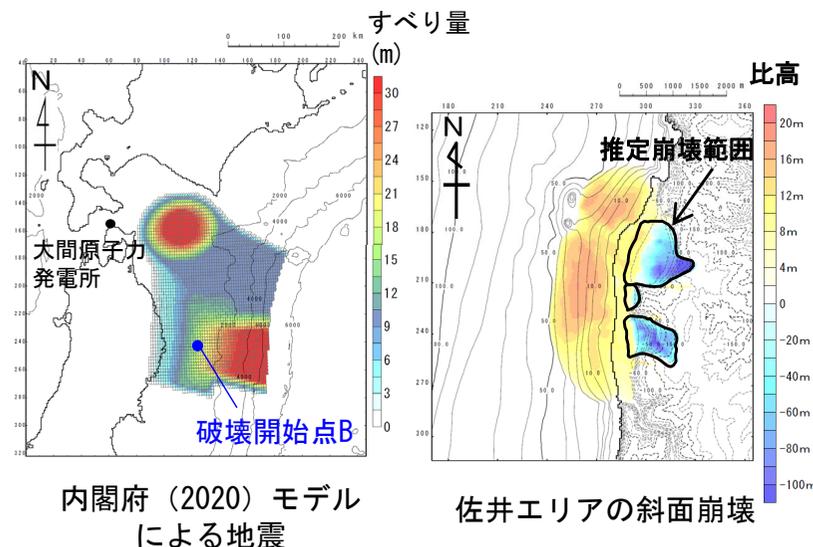
<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.471~P.475より)

- 同一波動場における数値シミュレーションにより、組合せ時間差のStep①~Step④を検討した結果、水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差は、上昇側は39.6s、下降側は301.6sとなった。
- 水位変動量が最も大きくなる組合せ時間差を考慮した数値シミュレーションの結果、敷地における最大水位上昇量は6.59m、取水口スクリーン室前面における最大水位下降量は-5.32mとなった。



日本海東縁部の地震

上昇側の波源モデル組合せ

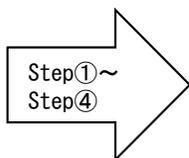


内閣府(2020)モデルによる地震

下降側の波源モデル組合せ

組合せ時間差の検討結果

| | |
|---|-------------|
| 線形足し合せによる 組合せ時間差 (T _{max}) | 最大水位 上昇量 |
| 39.6s | 6.59m |

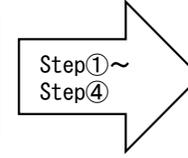


| | |
|-------------------------|-------------|
| 水位変動量が最も大き くなる組合せ時間差 | 最大水位 上昇量 |
| 39.6s | 6.59m |

■ : Step④の最大水位上昇ケース

組合せ時間差の検討結果

| | |
|---|-------------|
| 線形足し合せによる 組合せ時間差 (T _{max}) | 最大水位 下降量 |
| 304.4s | -5.22m |



| | |
|-------------------------|-------------|
| 水位変動量が最も大き くなる組合せ時間差 | 最大水位 下降量 |
| 301.6s | -5.32m |

■ : Step④の最大水位下降ケース



5. 組合せ結果の確認 (1/2)

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.477より)

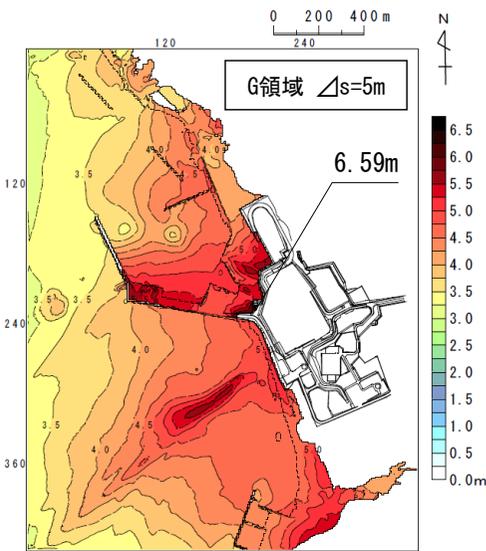
- ・ 選定した津波発生要因の組合せ対象と組合せ前の単独ケースについて、水位変動量を比較した。
- ・ 最大水位上昇量，最大水位下降量ともに，津波発生要因の組合せの方が水位変動量が大きくなることを確認した。

津波発生要因の組合せの検討結果

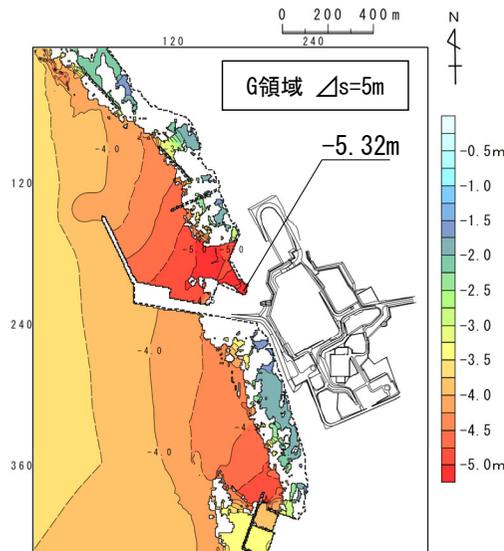
| 区分 | 津波 | 敷地における最大水位上昇量 | 取水ロスクリーン室前面における最大水位下降量 |
|-----|---|--------------------|------------------------|
| 組合せ | 日本海東縁部に想定される地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=39.6s) | 6.59m (P.472参照) | — |
| | 内閣府(2020)モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊 (組合せ時間差=301.6s) | — | -5.32m (P.474参照) |

津波発生要因の組合せ前の単独ケースの検討結果

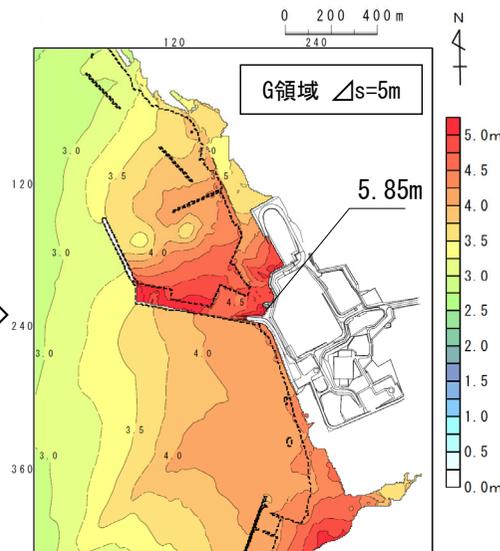
| 区分 | 津波 | 敷地における最大水位上昇量 | 取水ロスクリーン室前面における最大水位下降量 |
|---------|---------------------|--------------------|------------------------|
| 地震による津波 | 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 | 5.85m (P.139参照) | — |
| | 内閣府(2020)モデルによる津波 | — | -4.89m (P.286参照) |



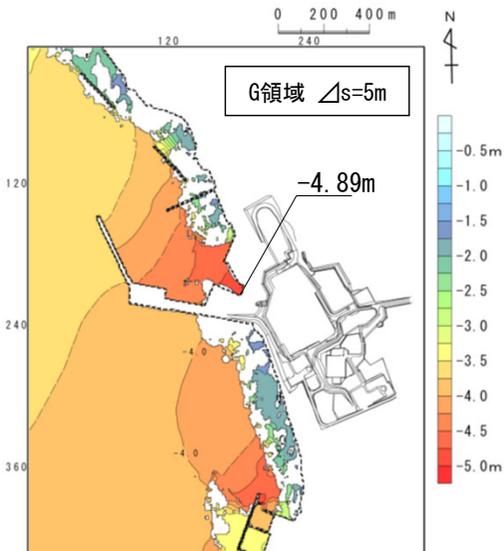
日本海東縁部に想定される地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位上昇量分布



内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波の最大水位下降量分布



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位上昇量分布



内閣府(2020)モデルによる津波の最大水位下降量分布



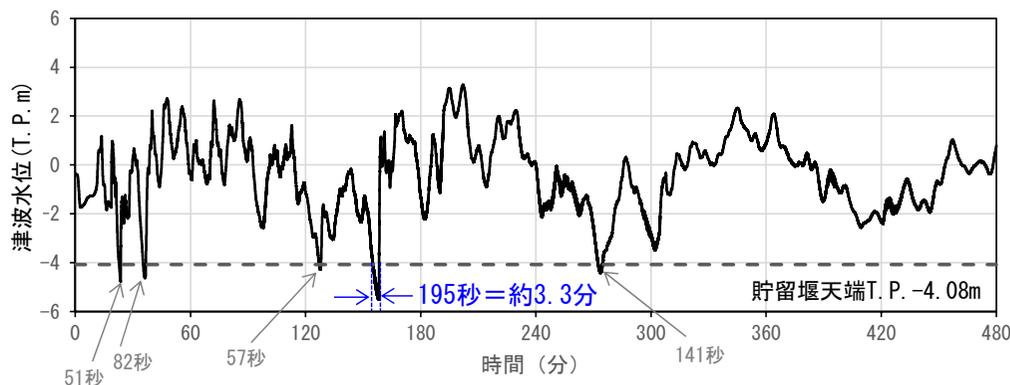
5. 組合せ結果の確認 (2 / 2)

<本編資料 5-2. 津波発生要因の組合せ>より (本編資料P.479, P.480より)

- 選定した津波発生要因の組合せ対象と組合せ前の単独ケースについて、貯留堰天端高さを下回る継続時間を比較した。
- 下降側の組合せ対象として選定した「内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波」は、津波水位が貯留堰天端高さを下回るケースの中で最も継続時間が長くなることを確認した。
- また、津波水位が貯留堰天端高さを下回る継続時間(最長約3.3分)は、海水貯留量(約6,600m³)に対するRSWP(取水量: 3m³/秒)の運転可能継続時間(約35分)に比べて短く、原子炉補機冷却系に必要な取水が確保されることを確認した。

貯留堰天端高さを下回る津波の一覧

| 区分 | 津波 | 取水口スクリーン室前面における最大水位下降量 | 朔望平均干潮位(T.P.-0.37m)を考慮した最低水位 | 貯留堰天端高さ(T.P.-4.08m)を下回る継続時間 | 隆起/沈降 |
|---------|---|------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| 地震による津波 | 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 | -3.78m | T.P.-4.15m | 40秒 | 0.03m隆起(考慮する) |
| | 内閣府(2020)モデルによる津波 | -4.89m | T.P.-5.26m | 175秒 | 1.37m沈降(保守側に考慮しない) |
| 組合せ | 内閣府(2020)モデルによる地震 + 佐井エリアの斜面崩壊(組合せ時間差=301.6s) | -5.32m | T.P.-5.69m | 195秒 | 1.37m沈降(保守側に考慮しない) |



| | |
|-----------------------------|--------------|
| 貯留堰天端高さ(T.P.-4.08m)を下回る継続時間 | RSWP運転可能継続時間 |
| 約3.3分(195秒) | 約35分 |

貯留堰前面における水位時刻歴波形
(内閣府(2020)モデルによる地震と佐井エリアの斜面崩壊の組合せによる津波)

評価の概要

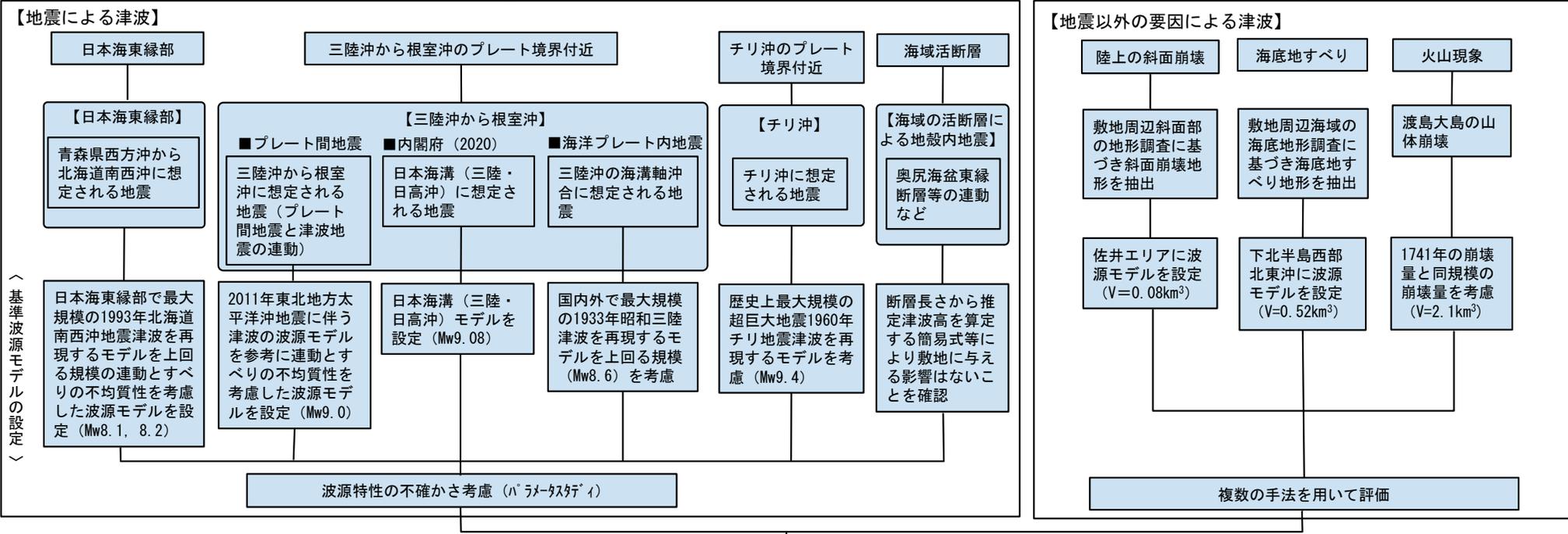
本資料でのご説明範囲（コメント回答他）
 次回以降のご説明範囲 ご説明済みの範囲



津波発生
要因の選定

【既往津波等の検討】 既往津波等に関する文献調査により、詳細検討を行う津波発生要因を選定。津波堆積物調査により、津波堆積物の分布を確認。

検討波源の選定



(基準波源モデルの設定)
津波の評価

【地震による津波と地震以外の要因による津波の組合せ】

因果関係があると考えられる津波発生要因の組合せ

- ・地震：【上昇側】日本海東縁部に想定される地震，【下降側】内閣府(2020)モデルによる地震
- ・地震以外の要因：佐井エリアの斜面崩壊

防波堤等の影響検討

基準津波の策定

敷地付近の想定津波群の包絡線が既往津波高等を上回っていること及び、敷地の基準津波が行政機関の津波評価を上回っていることを確認

(参照)

- ・敷地における最高水位※1
- ・取水口スクリーン室前面における最低水位※1

年超過確率

取水性の確保

基準津波の策定
基準津波に対する安全性

※1：敷地における最大水位変動量に、期望平均満潮位 (T.P.+0.55m)，期望平均干潮位 (T.P.-0.37m) を考慮。

| | | |
|--------|-----------------------|-----|
| 1. | 既往津波等の検討 | 1 |
| 1-1. | 既往津波の文献調査 | 1 |
| 1-2. | 津波堆積物調査 | 19 |
| 1-3. | 行政機関による既往評価の整理 | 29 |
| 1-4. | 既往津波等の検討のまとめ | 37 |
| 2. | 数値シミュレーション | 39 |
| 2-1. | 津波の計算条件 | 39 |
| 2-2. | 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 | 57 |
| 2-3. | 敷地及び敷地付近における評価方針 | 69 |
| 3. | 地震による津波 | 75 |
| 3-1. | 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 | 75 |
| 3-2. | 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波 | 143 |
| 3-2-1. | 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 | 143 |
| 3-2-2. | 内閣府(2020)モデルによる津波 | 279 |
| 3-2-3. | 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 | 293 |
| 3-3. | チリ沖に想定される地震に伴う津波 | 329 |
| 3-4. | 海域活断層に想定される地震に伴う津波 | 359 |
| 3-5. | 地震による津波のまとめ | 365 |
| 4. | 地震以外の要因による津波 | 367 |
| 4-1. | 陸上の斜面崩壊に起因する津波 | 367 |
| 4-2. | 海底地すべりに起因する津波 | 393 |
| 4-3. | 火山現象に起因する津波 | 421 |
| 4-4. | 地震以外の要因による津波のまとめ | 437 |
| 5. | 津波発生要因の組合せに関する検討 | 439 |
| 5-1. | 組合せ対象候補の抽出 | 439 |
| 5-2. | 津波発生要因の組合せ | 453 |
| 6. | 基準津波の策定 | |
| 6-1. | 防波堤等の影響検討 | |
| 6-1-1. | 地震による津波 | |
| 6-1-2. | 地震以外の要因による津波 | |
| 6-1-3. | 津波発生要因の組合せ | |
| 6-2. | 基準津波の選定 | |
| 6-3. | 基準津波選定結果の検証 | |
| 6-3-1. | 既往津波との比較 | |
| 6-3-2. | 行政機関による既往評価との比較 | |
| 7. | 基準津波 | |

⋯⋯⋯ : 本資料の掲載範囲

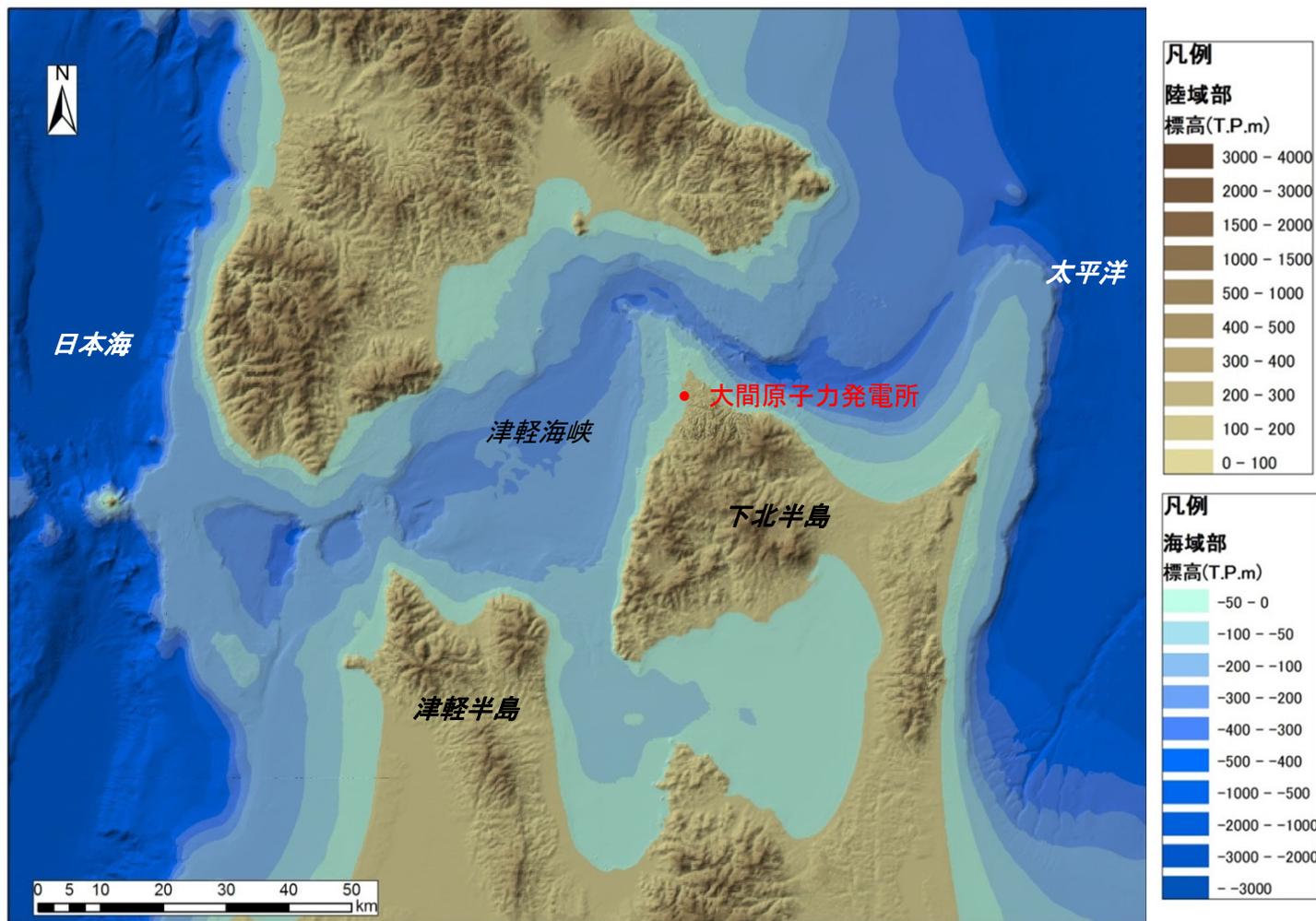
□ : 本資料での主なご説明範囲

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲



- 【対象とする津波】**
- ・ 日本海側近地津波
 - ・ 太平洋側近地津波
 - ・ 遠地津波

大間原子力発電所 位置図

敷地が津軽海峡内に位置していることから、近地津波を日本海側と太平洋側とで発生海域別に区分するとともに、遠地津波も対象とし、津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波を各海域別に抽出した。



1-1. 既往津波の文献調査 (2 / 15)

日本海側の近地津波 (1 / 4)

東北地方の日本海側沿岸に影響を及ぼしたと考えられる津波規模mが2以上の近地津波を下表に示す。

| 発生日月 | 発生場所 (緯度・経度) | 地震 規模 M | 津波 規模 m | 地震・津波の概要 | 函館・松前等の 津波高さ (m) |
|------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|--|------------------------------|
| 701年(大宝元年) 5月12日 | 若狭湾 | — | < 2 > | 丹波：地震うこと3日。若狭湾内の凡海郷(おうしあま)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(嘉祥3年) 一月一日 | 山形県沖 39.0° N, 139.7° E | ≒7.0 | 2 | 出羽：地裂け、山崩れ、国府の城柵は傾倒し、圧死多数。最上川の岸崩れ、海水は国府から6里(3km)のところまで迫った。 | 記録なし |
| 863年(貞観5年) 7月10日 | 新潟県沖 | — | < 2 ? > | 越中・越後：山崩れ、谷埋まり、水湧き、民家破壊し、圧死多数。直江津付近にあった数個の小島が壊滅したという。確実な史料に津波記事なし。 | 記録なし |
| 887年(仁和3年) 8月2日 | 新潟県南部沖 | — | < 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。 | 記録なし |
| 1092年(寛治6年) 9月13日 | 新潟県沖 | — | < 2 ? > | 越後：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。 | 記録なし |
| 1341年(興国2年) 10月31日 | 青森県西方沖 | — | < 3 ? > | 津軽十三湖：『東日流(つがる)外三郡誌』によれば、地震とともに三丈(9m)余の津波が津軽半島十三湖を襲い、26,000人が溺死したとある。史料は偽書とされ、極めて疑わしい。 | 記録なし |
| 1614年(慶長19年) 11月26日 | 越後高田 | — | 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 |
| 1741年(寛保元年) 8月28日 | 渡島大島火山 41.6° N, 139.4° E | 6.9 | 3 < 3.5 > | 渡島西岸・津軽・佐渡：渡島大島この月の上旬より活動、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。 | 松前：5.8 函館：— 三厩：2.5～3.0 |

- 「発生場所(緯度・経度)及び地震規模 M」は、次の値を示している。
1922年以前の地震：宇佐美ほか(2013)
1923年以降の地震：気象庁の発表による。
- 「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)による。ただし、[]は羽島による値(宇佐美ほか(2013)より引用)、< >は羽島(1984)による値で、宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。
- 「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)及び国立天文台編(2013)等を参照している。
- 「函館・松前等の津波高さ」は、渡辺(1998)等の資料をもとに示している。

: 津波の規模、津波被害の大きさ等から、津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波



1-1. 既往津波の文献調査 (3 / 15)

日本海側の近地津波 (2 / 4)

東北地方の日本海側沿岸に影響を及ぼしたと考えられる津波規模mが2以上の近地津波を下表に示す。

| 発生年月日 | 発生場所 (緯度・経度) | 地震規模 M | 津波規模 m | 地震・津波の概要 | 函館・松前等の 津波高さ (m) |
|-----------------------|---|--|--------------|---|---|
| 1792年(寛政4年) 6月13日 | 積丹半島沖 43 ³ / ₄ ° N, 140.0° E | ≒7.1 | 2 < 1 > | 後志：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 |
| 1833年(天保4年) 12月7日 | 山形県沖 38.9° N, 139.25° E | 7 ¹ / ₂ ± ¹ / ₄ | 2 < 2.5 > | 羽前・羽後・越後・佐渡：庄内地方で特に被害が大きく、潰家475、死42。津波が本荘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。 | 松前：1.2 函館：1~2 |
| 1940年(昭和15年) 8月2日 | 積丹半島沖 44° 21.5' N, 139° 49.0' E | 7.5 | 2 | 「積丹半島沖地震」：被害はほとんどなく、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。 | 松前：1.0 函館：- |
| 1964年(昭和39年) 6月16日 | 新潟県沖 38° 22.2' N, 139° 12.7' E | 7.5 | 2 | 「新潟地震」：新潟・秋田・山形の各県を中心に被害があり、死26、家屋全壊1960、半壊6640、浸水15297、その他船舶・道路の被害も多かった。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。 | 松前：- 函館：0.68 |
| 1983年(昭和58年) 5月26日 | 秋田・青森県沖 40° 21.6' N, 139° 04.4' E | 7.7 | 2.5 [3] | 「昭和58年日本海中部地震」：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。 | 松前：1.88, 3.50 函館：0.69 大間：0.30 小泊：3.34~5.59 |
| 1993年(平成5年) 7月12日 | 北海道南西沖 42° 46.9' N, 139° 10.8' E | 7.8 | [3] | 「平成5年北海道南西沖地震」：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時すぎの間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。 | 松前：1.18 函館：0.40 大間：0.75 小泊：1.62 |

- 「発生場所(緯度・経度)及び地震規模 M」は、次の値を示している。
1922年以前の地震：宇佐美ほか(2013)
1923年以降の地震：気象庁の発表による。
- 「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)による。ただし、[]は羽島による値(宇佐美ほか(2013)より引用)、< >は羽島(1984)による値で、宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。
- 「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)及び国立天文台編(2013)等を参照している。
- 「函館・松前等の津波高さ」は、渡辺(1998)等の資料をもとに示している。

■ : 津波の規模, 津波被害の大きさ等から, 津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波

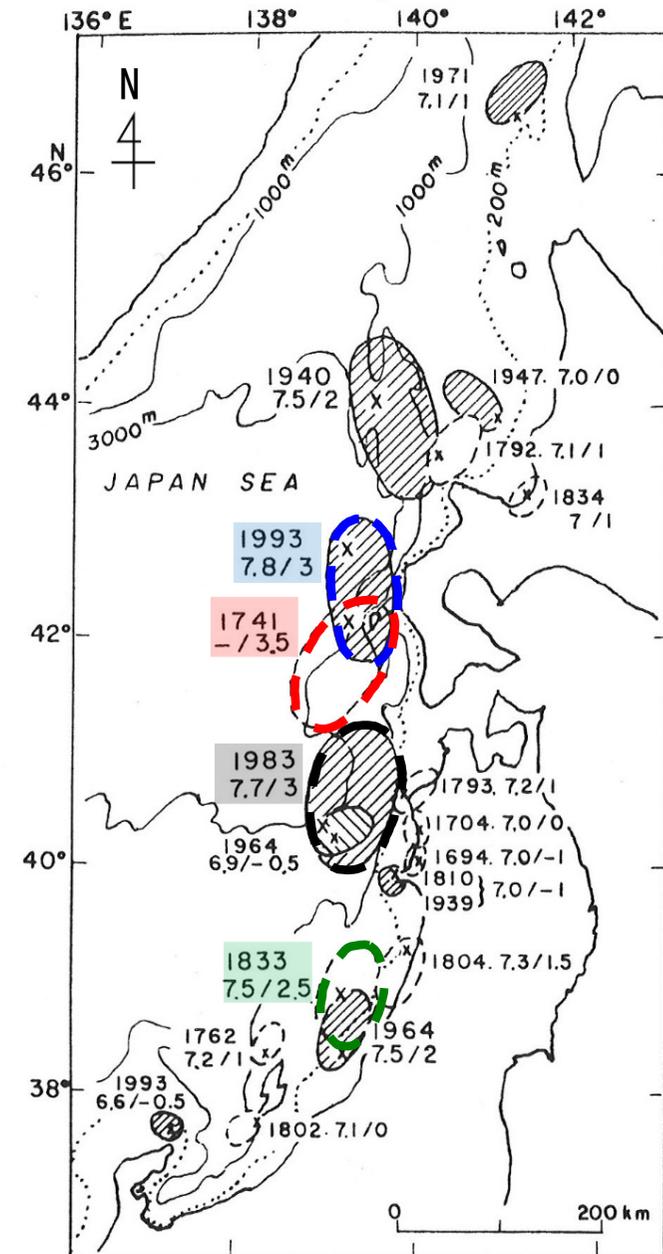
1-1. 既往津波の文献調査 (4 / 15)

日本海側の近地津波 (3 / 4)

津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波として、津波の規模、発生位置、既往津波高の分布及び津波による被害の大きさを考慮し、以下の津波を抽出した。

- ・ 1741年渡島大島火山津波
- ・ 1833年山形県沖津波
- ・ 1983年日本海中部地震津波
- ・ 1993年北海道南西沖地震津波

敷地近傍の大間においては、これらの津波のうち1983年日本海中部地震津波では0.30m、1993年北海道南西沖地震津波では0.75mの既往津波高が記録されている。

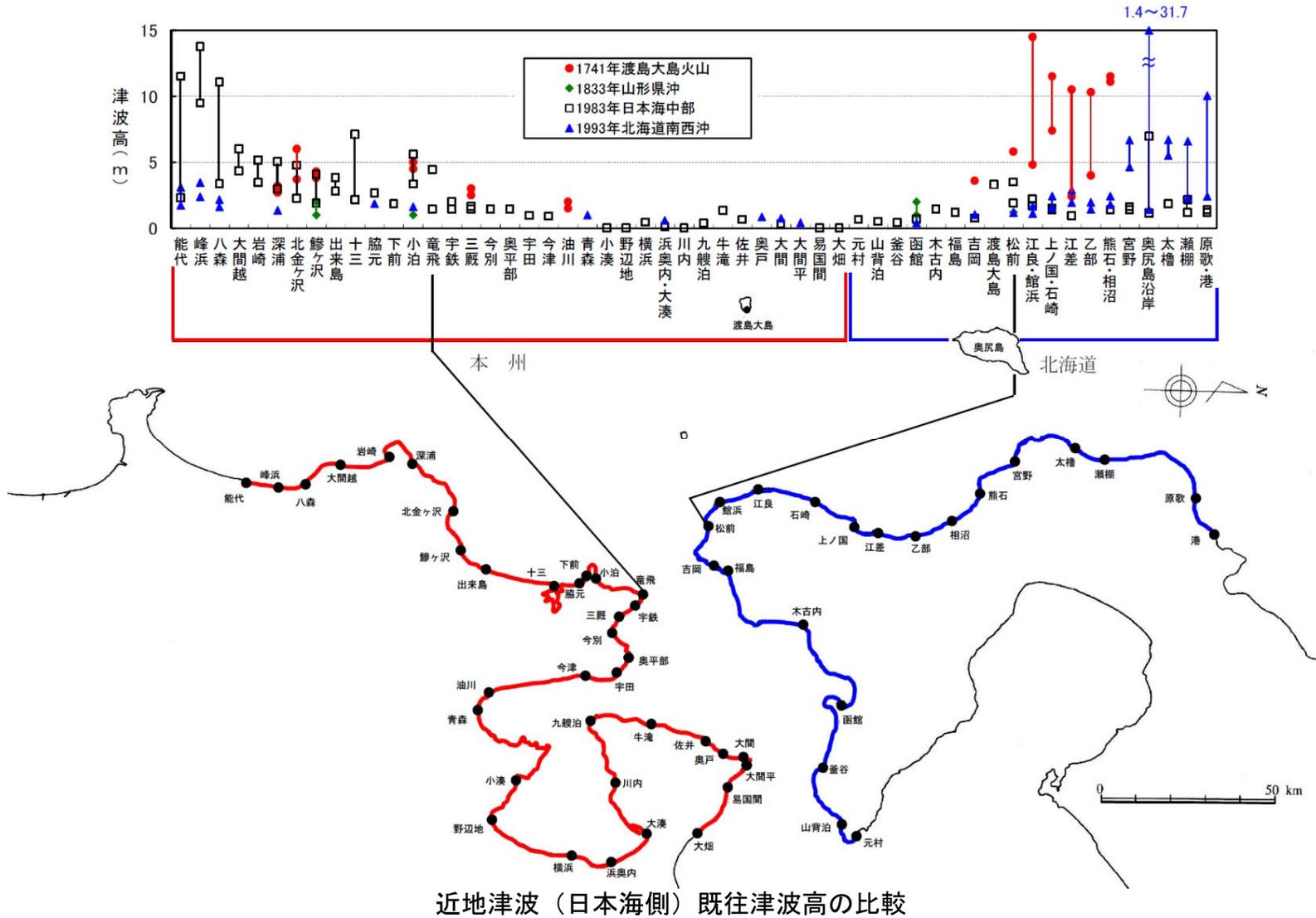


日本海東縁部で発生した津波の波源域



1-1. 既往津波の文献調査 (5 / 15)

日本海側の近地津波 (4 / 4)



- ・ 日本海側の近地津波の検討対象海域として日本海東縁部を選定した。
- ・ また、同海域で発生した津波のうち津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波として、波源の位置、既往津波高の分布等を考慮し、1741年渡島大島火山津波を選定した。



1-1. 既往津波の文献調査 (6 / 15)

太平洋側の近地津波 (1 / 5)

東北地方の太平洋側沿岸に影響を及ぼしたと考えられる津波規模mが2以上の近地津波を下表に示す。

| 発生日月 | 発生場所 (緯度・経度) | 地震規模 M | 津波規模 m | 地震・津波の概要 | 函館・八戸等の 津波高さ (m) |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------|---|----------------------------|
| 869年(貞観11年) 7月13日 | 三陸沖 37.5~39.5° N 143~145° E | 8.3 ±1/4 | 4 | 三陸沿岸：城郭・倉庫・門櫓・垣壁など崩れ落ち倒潰するもの無数。津波が多賀城下を襲い、溺死約1千。三陸沖の巨大地震とみられる。 | 記録なし |
| 1611年(慶長16年) 12月2日 | 三陸沖 39.0° N, 144.4° E | ≒8.1 | 4 | 三陸沿岸および北海道東岸：三陸地方で強震。震害は未発見、津波の被害が大きかった。伊達領内で死1783, 南部・津軽で人馬の死3千余という。三陸沿岸で家屋の流出が多く、北海道東部でも溺死が多かった。津波の波源が1933年三陸沖津波とほぼ一致する。 | 記録なし |
| 1640年(寛永17年) 7月31日 | 北海道噴火湾 42.1° N, 140.7° E | - | 2 (1~2) | 北海道噴火湾：駒ヶ岳噴火に伴い津波があり、死700余, 昆布舟流出100余。 | 記録なし |
| 1677年(延宝5年) 4月13日 | 青森県東方沖 41.0° N, 142 1/4° E | 7 1/4~7 1/2 | 2 | 陸中：八戸に震害。1時間後に津波が来て、家屋流潰約70。余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ている。 | 風間浦村下風呂：1~2 八戸：津波 |
| 1763年(宝暦12年) 1月29日 | 青森県東方沖 41.0° N, 142 1/4° E | 7.4 | 1 (2) | 陸奥八戸：11月初めより地震があり、この日大地震。寺院・民家が破損した。平館で家潰1, 死3。函館でも強く感じた。津波があり、余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ているので、もっと沖の大きな地震かもしれない。 | 函館：1~2? 八戸：4~5 |
| 1793年(寛政5年) 2月17日 | 三陸沖 38.5° N, 144.5° E | 8.0~8.4 | 2 [2.5] | 陸前・陸中・磐城：仙台封内で家屋損壊1千余, 死12。沿岸に津波が来て、大槌・両石で流潰家71, 死9。気仙沼で流出家300余。余震が多かった。宮城県沖の巨大地震と考えられる。 | 函館：- 八戸：1~2 |
| 1835年(天保6年) 7月20日 | 宮城県沖 38.5° N, 142.5° E | ≒7.0 | (1~2) | 仙台：仙台城で石垣崩れ, 藩内で被害。岩手県藤沢町で石垣崩れ, 蔵の壁を損じた。 | 記録なし |
| 1843年(天保14年) 4月25日 | 根室半島沖 42.0° N, 146.0° E | ≒7.5 | 2 | 釧路・根室：厚岸国泰寺で被害があった。津波があり、全体で死46。家屋破壊76。八戸にも津波。松前・津軽で強く感じ、江戸でも有感。 | 函館：1 八戸：- |
| 1856年(安政3年) 8月23日 | 青森県東方沖 41.0° N, 142 1/2° E | ≒7.5 | 2 [2.5] | 日高・胆振・渡島・津軽・南部：震害は少なかったが、津波が三陸及び北海道の南岸を襲った。南部藩で流失93, 潰106, 溺死26, 八戸藩でも死3など。余震が多かった。1968年十勝沖地震に津波の様子がよく似ており、もう少し海溝寄りの地震かもしれない。 | 函館：3~3.9 八戸：3? |
| 1894年(明治27年) 3月22日 | 根室半島沖 42 1/2° N, 146° E | 7.9 | 2 [2.5] | 根室南西沖：根室・厚岸で家屋・土蔵に被害。死1, 家屋潰12, 津波は宮古4m, 大船渡1.5mなど。 | 函館：0.5 八戸：- |
| 1896年(明治29年) 6月15日 | 三陸沖 39 1/2° N, 144° E | 8 1/4 | 4 [3.5] | 「明治三陸地震津波」：震害はない。津波が北海道より牡鹿半島にいたる海岸に襲来し、死者は青森343, 宮城3452, 北海道6, 岩手18158, 家屋流失全半壊1万以上, 船の被害約7千, 波高は吉浜24.4m, 綾里38.2m, 田老14.6mなど。津波はハワイやカリフォルニアに達した。Mは津波を考慮したもの。 | 函館：1.8 大畑：2.4 八戸：3.0 |
| 1897年(明治30年) 8月5日 | 宮城県沖 38.3° N, 143.3° E | 7.7 | 1 [2] (1~2) | 宮城県沖：津波により三陸沿岸に小被害。津波の高さは盛町で3m, 釜石で1.2m。 | 記録なし |

- 「発生場所(緯度・経度)及び地震規模 M」は、次の値を示している。
1922年以前の地震：宇佐美ほか(2013)
1923年以降の地震：気象庁の発表による。
- 「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)による。ただし、[]は羽島による値(宇佐美ほか(2013)より引用)、()は渡辺(1998)による値で、宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。なお、〈 〉は、国立天文台編(2013)による値で宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。
- 「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)及び国立天文台編(2013)等を参照している。
- 「函館・八戸等の津波高さ」は、次の値を示している。
2003年以前の津波：渡辺(1998)等
2011年の津波：東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)等

□：津波の規模、津波被害の大きさ等から、津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波



1-1. 既往津波の文献調査 (7 / 15)

太平洋側の近地津波 (2 / 5)

東北地方の太平洋側沿岸に影響を及ぼしたと考えられる津波規模mが2以上の近地津波を下表に示す。

| 発生日月 | 発生場所 (緯度・経度) | 地震規模 M | 津波規模 m | 地震・津波の概要 | 函館・八戸等の 津波高さ (m) |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-------------------|--|--|
| 1933年(昭和8年) 3月3日 | 三陸沖 39° 07.7' N, 145° 07.0' E | 8.1 | 3 | 「三陸地震津波」：震害は少なかった。津波が太平洋岸を襲い、三陸沿岸で被害は甚大。死・不明3064, 家屋流失4034, 倒壊1817, 浸水4018。波高は綾里湾で28.7mにも達した。日本海溝付近で発生した巨大な正断層型地震と考えられている。 | 函館：0.9 大間：1.3程度 八戸：1.5~4.7 |
| 1952年(昭和27年) 3月4日 | 十勝沖 41° 42.3' N, 144° 09.0' E | 8.2 | 2 [2.5] | 「十勝沖地震」：北海道南部・東北部に被害があり、津波が関東地方に及ぶ。波高は北海道で3m前後、三陸沿岸で1~2m。死28, 不明5, 家屋全壊815, 半壊1324, 流失91。 | 函館：0.32 八戸：2.0 |
| 1958年(昭和33年) 11月7日 | エトロフ島沖 44° 18.0' N, 148° 30.0' E | 8.1 | 1 [2] (2) | 択捉島沖：釧路地方で電信線・鉄道・道路に小被害があった。太平洋岸各地に津波があり、小被害。 | 函館：0.26 八戸：0.51 |
| 1963年(昭和38年) 10月13日 | エトロフ島沖 44° 02.9' N, 149° 49.5' E | 8.1 | 2 [3] | 択捉島沖：津波があり、三陸海岸で軽微な被害。花咲で1.2m, 八戸で1.3mなど。 | 函館：0.60 * 八戸：1.30 * |
| 1963年(昭和38年) 10月20日 | エトロフ島沖 44° 05.6' N, 150° 00.3' E | 6.7 | 2 | エトロフ島沖：ウルップ島で10~15m, エトロフ島で8m と震源付近で局地的に大きな津波で被害があった。 | 函館：— 八戸：0.50 * |
| 1968年(昭和43年) 5月16日 | 青森県東方沖 40° 41.9' N, 143° 35.7' E | 7.9 | 2 [2.5] | 「1968年十勝沖地震」：青森県を中心に北海道南部・東北地方に被害。死52, 傷330, 建物全壊673, 半壊3004。青森県下で道路損壊が多かった。津波があり、三陸沿岸3~5m, えりも町 3m, 浸水529, 船舶流失沈没127。コンクリート造建築の被害が目だった。 | 函館：0.97 大間：0.2~1.1 八戸：1.54~4.82 |
| 1969年(昭和44年) 8月12日 | 北海道東方沖 43° 22.6' N, 147° 54.3' E | 7.8 | 0 [2.5] (1) | 北海道東方沖：津波により北海道東部に軽微な被害あり。検潮記録による津波の高さは花咲129cm, 釧路93cm, 八戸109cmなど。 | 函館：0.41* 八戸：1.08* |
| 1973年(昭和48年) 6月17日 | 根室半島沖 43° 03.5' N, 145° 58.2' E | 7.4 | 0 [2] (1) | 「1973年6月17日根室半島沖地震」：根室・釧路地方に被害。全体で傷26, 家屋全壊2, 一部破損1。小津波があり、波高は花咲で2.8m, 浸水275, 船舶流失沈没10。また、6月24日の余震 (M 7.1, m = 0) で傷1, 家屋一部破損2。小津波があった。 | 函館：0.27 八戸：0.50 |
| 1994年(平成6年) 10月4日 | 北海道東方沖 43° 22.5' N, 147° 40.4' E | 8.2 | [3] (2) | 「平成6年北海道東方沖地震」：北海道東部を中心に被害があり、傷437, 住宅全壊61, 半壊348。津波は花咲で173cm, 八戸で72cmなど。震源に近い択捉島では死・不明10など、地震と津波で大きな被害。 | 函館：0.50 八戸：0.72 |
| 2003年(平成15年) 9月26日 | 十勝沖 41° 46.7' N, 144° 04.7' E | 8.0 | [2.5] (2) | 「平成15年十勝沖地震」：太平洋プレート上面の逆断層型プレート間地震で1952年とほぼ同じ場所。不明2, 傷849, 住宅全壊116, 半壊368。北海道及び本州の太平洋岸に最大4m程度の津波。 | 函館：0.8 大間：0.31* 八戸：1.0 |
| 2011年(平成23年) 3月11日 | 三陸沖 38° 06.2' N, 142° 51.6' E | 9.0 | 4 | 「東北地方太平洋沖地震」：日本海溝付近から沿岸部近くまでの太平洋プレートと陸側プレートの境界面(東西幅200km)が震源。死者行方不明者18000余。貞観地震の再来かといわれる浸水域の広い、高い津波が東日本の太平洋岸の広域に襲来した。津波は姉吉で38.8mであり、明治三陸津波より高くなった。 | 函館：1.42~3.02 大間港：0.91 八戸：1.91~8.41 |

- 「発生場所(緯度・経度)及び地震規模 M」は、次の値を示している。
1922年以前の地震：宇佐美ほか(2013)
1923年以降の地震：気象庁の発表による。
- 「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)による。ただし、[]は羽鳥による値(宇佐美ほか(2013)より引用)、()は渡辺(1998)による値で、宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。
なお、〈 〉は、国立天文台編(2013)による値で宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。
- 「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)及び国立天文台編(2013)等を参照している。
- 「函館・八戸等の津波高さ」は、次の値を示している。
2003年以前の津波：渡辺(1998)等
2011年の津波：東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)等
なお、*は検潮記録の全振幅を表わし、津波の高さとしてはこの値の1/2程度である。

■：津波の規模、津波被害の大きさ等から、津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波



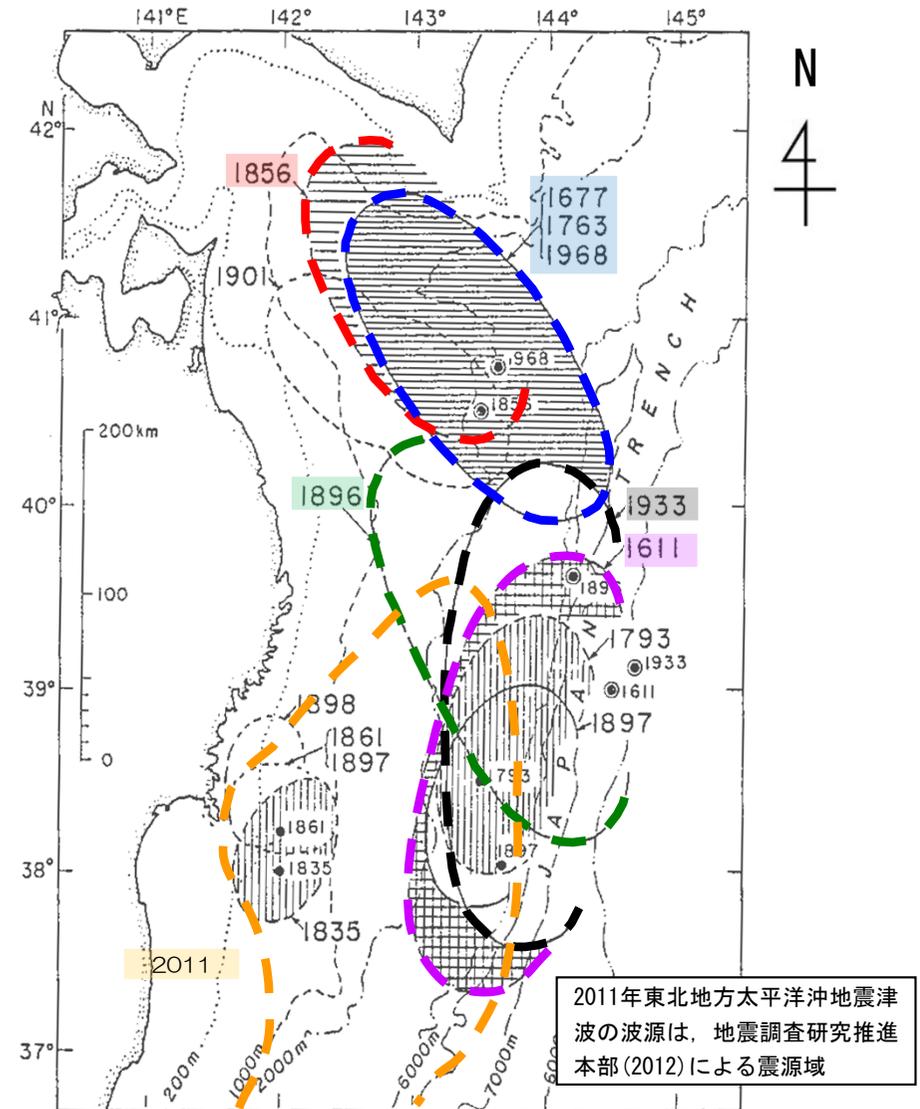
1-1. 既往津波の文献調査 (8 / 15)

太平洋側の近地津波 (3 / 5)

津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波として、津波の規模、発生位置、既往津波高の分布及び津波による被害の大きさを考慮し、以下の津波を抽出した。

- ・ 869年三陸沖津波※
- ・ 1611年慶長三陸津波
- ・ 1677年青森県東方沖津波
- ・ 1763年青森県東方沖津波
- ・ 1856年青森県東方沖津波
- ・ 1896年明治三陸津波
- ・ 1933年昭和三陸津波
- ・ 1968年十勝沖地震津波
- ・ 2011年東北地方太平洋沖地震津波

敷地近傍の大間においては、これらの津波のうち、1933年昭和三陸津波では約1.3m、1968年十勝沖地震津波では0.2m~1.1m、2011年東北地方太平洋沖地震津波では大間港の潮位観測から0.91mの既往津波高が記録されている。



※：869年三陸沖津波の波源域は、羽鳥（1975）に記載されていない。

青森県東方沖から三陸沖で発生した津波の波源域

羽鳥（1975）に一部加筆



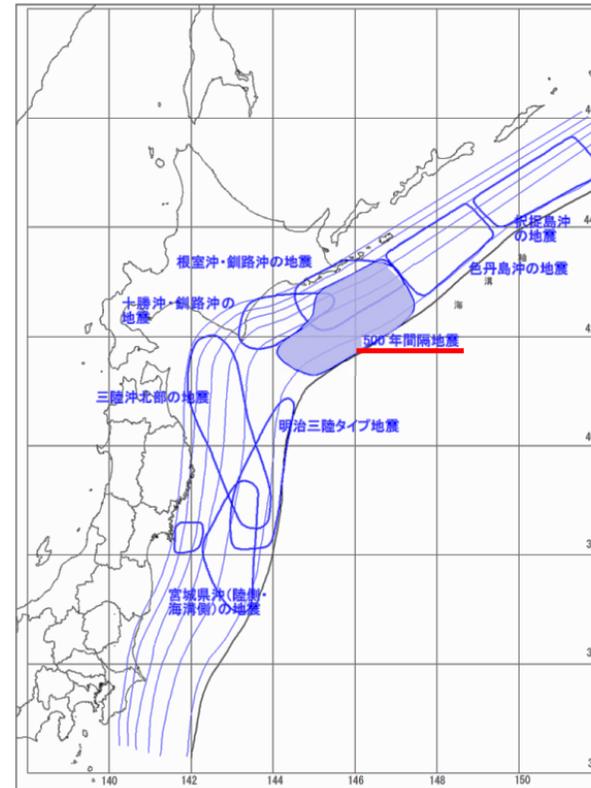
1-1. 既往津波の文献調査 (9 / 15)

太平洋側の近地津波 (4 / 5)

- 北海道東部地域に分布する津波堆積物を対象とした研究から、十勝沖・根室沖連動型地震に伴う津波が発生していることが知られている。
- 地震調査研究推進本部 (2017a) では、それらの研究成果に基づき、十勝沖の地震と根室沖の地震が過去に約340~380年の間隔で連動しているものとして評価されている。
- 中央防災会議 (2006) では、十勝沖・根室沖連動型地震を“500年間隔地震”とみなし、最後の活動が17世紀初頭であるとされている。

| 十勝地域の津波 | | 根室地域の津波 | |
|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|
| 発生時期 (cal.B.P.) | 再来間隔 (年) | 発生時期 (cal.B.P.) | 発生時期 (cal.B.P.) |
| 津波1 | 17世紀初頭 | 津波1 | |
| | 400~500 | 津波2 | |
| 津波2 | 12~13世紀 | 津波3 | |
| | 300~400 | | |
| 津波3 | 9世紀 | 津波4 | 1430+ |
| | 500 | 津波5 | ? |
| 津波4 | 1630-(4世紀?) | 津波6 | 1930+ |
| | (300+) | 津波7, 8 | ? |
| 津波5 | AD/BC? | 津波9 | 2440+ |
| | (500+) | | |
| 津波6 | 2590- | 津波10 | |
| | 300+ | 津波11 | |
| 津波7 | 2870~2920 | 津波12 | |
| | 400+ | | |
| 津波8 | 3220~3460 | 津波13 | |
| | 400 | 津波14 | |
| 津波9 | 3690~3720 | 津波15 | |
| | 500+ | 津波16 | |
| 津波10 | 4200+ | 津波17 | |
| | 300~350 | 津波18 | |
| 津波11 | 4580 | | |
| | 300 | | |
| 津波12 | 4860+ | | |
| | 100 | | |
| 津波13 | 5000- | | |
| | >600 | | |
| 津波14 | 5640+ | | |
| | 600 | | |
| 津波15 | 6370- | | |

津波堆積物に基づく十勝～根室地方の古津波の対比
平川ほか (2005)

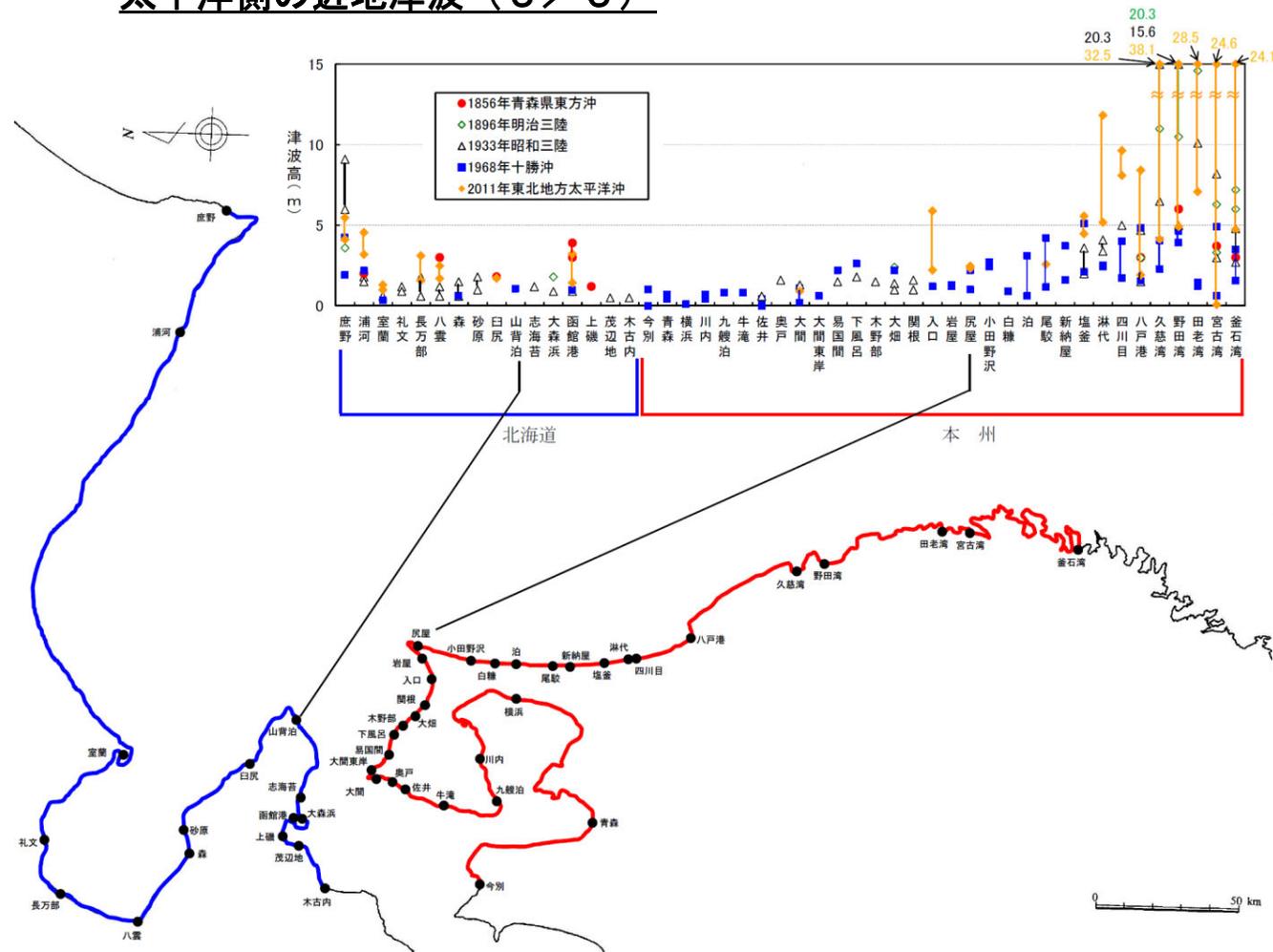


津波を発生させる断層領域の模式図
中央防災会議 (2006) に一部加筆



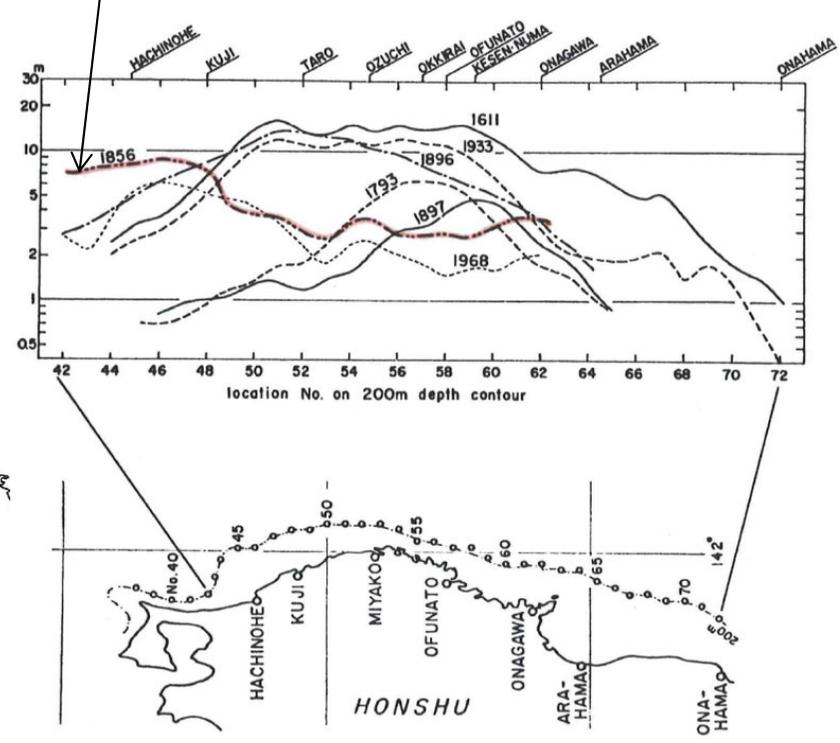
1-1. 既往津波の文献調査 (10/15)

太平洋側の近地津波 (5/5)



近地津波（太平洋側）の既往津波高の比較

相田（1977）による既往津波再現計算によれば，八戸付近より北方においては，図中に示される全ての津波の中で1856年青森県東方沖津波が最大となっている。



近地津波（太平洋側）の計算津波高の分布

相田（1977）に一部加筆

- 太平洋側の近地津波の検討対象海域として，津波堆積物を対象とした研究も踏まえ，三陸沖から根室沖を選定した。
- また，同海域で発生した津波のうち津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波として，波源の位置，既往津波高の分布，既往研究成果（相田（1977））等を考慮し，1856年青森県東方沖津波を選定した。

(余白)



1-1. 既往津波の文献調査 (11 / 15)

遠地津波 (1 / 4)

東北地方の沿岸に影響を及ぼしたと考えられる遠地津波を下表に示す。

| 発生年月日 | 発生場所 (緯度・経度) | 地震規模 M | 津波規模 m | 地震・津波の概要 | 函館・八戸等の 津波高さ (m) |
|------------------------|--------------------------------------|------------------|-----------|--|---------------------|
| 1586年(天正14年) 7月10日 | ペルーのリマ沖 12.3° S, 77.7° W | 7.7 | 4 | 津波の高さはリマで26m, 10km内陸まで浸入。三陸の陸前海岸で津波あり。 | 記録なし |
| 1687年(貞享4年) 10月20日 | ペルーのカヤオ沖 15.2° S, 75.9° W | 7.6 | 3 | カヤオ, チャシカイ, ピスコで津波があった。三陸沿岸の塩釜で高さ約50cm, 12~13回押し寄せた。沖縄でも3回津波が押し寄せた。 | 記録なし |
| 1700年(元禄12年) 1月26日 | 北米北西部沖 (カスケード地帯) | 9.7 [9?] | 3~4 | 米国やカナダ沿岸における津波の高さは5~7mと推定。日本沿岸各地の津波の高さは岩手県宮古3m, 同大槌と和歌山県田辺で2m, 茨城県那珂湊や静岡県清水(三保)で約2mと推定される。宮古と田辺では津波による被害があったという。 | 記録なし |
| 1730年(享保15年) 7月8日 | チリのバル パライソ沖 33.1° S, 71.6° W | 8.7 | 4 | バルパライソは浸水が激しく, 港は破壊された。コンセプションは全滅。津波は三陸の陸前沿岸に襲来, 牡鹿半島で田畑が浸水した。 | 記録なし |
| 1751年(宝暦元年) 5月25日 | チリの コンセプション沖 36.8° S, 71.6° W | 8.5 | 3 | 古いコンセプションは全滅。津波は日本沿岸へ襲来, 三陸沿岸の大槌, 牡鹿および気仙沼で床まで浸水した。 | 記録なし |
| 1780年(安永9年) 6月29日 | 千島列島 ウルフ島南東沖 46.0° N, 151.0° E | 7.5 | 3 | ウルフ島で津波の高さ10~12m。同島東岸に停泊中のロシア船が山上に打ち上げられた。津波は北海道東岸へ襲来した。 | 記録なし |
| 1837年(天保8年) 11月7日 | チリ南部沖 39.8° S, 73.2° W | 8.0 [9 1/4] | 3 | コンセプション, バルデビアで大津波。津波によりハワイ諸島で大被害。三陸沿岸陸前の気仙沼湾, 本吉, 牡鹿及び宮城の3郡で潮あふれる。 | 記録なし |
| 1868年(慶応4年) 8月13日 | チリ北部アリカ沖 18.5° S, 70.4° W | 8.5 [9.0] | 4 | 「アリカ地震」 チリ北部で大津波となり太平洋に波及した。アリカで津波の高さ14m, 死者25,000人ともいわれる。ハワイ島で大被害。日本沿岸では函館で2m, 宮城県本吉郡, 伊豆下田, 沖縄那覇港でも観測。 | 函館: 2 |
| 1877年(明治10年) 5月10日 | チリのイキケ沖 19.6° S, 70.2° W | 8.3 [9.0] | 4 | 「イキケ地震」 1868年以上の大地震。太平洋沿岸全域に波及。チリ沿岸では1.2~24m。ハワイ諸島で1.2~6.6m。日本沿岸では, 函館2.4m, 釜石3m, 東京湾0.7m。函館と三陸沿岸で被害。房総半島で死者を含む被害があった。 | 函館: 2.4 |
| 1918年(大正7年) 9月7日 | 千島列島 ウルフ島東方沖 45.5° N, 151.5° E | 8.2 [8.5] | 3 | 津波の高さはウルフ島東岸で12m。日本沿岸では, 根室1m, 函館0.5m, 三陸沿岸1m以下。父島では1.4mで家屋浸水12, 橋梁流失2の被害。 | 函館: 0.5 |
| 1922年(大正11年) 11月11日 | チリのアタカマ沖 28.5° S, 70° W | 8.3 [8.7] | 3 | 「アタカマ地震」 チリ沿岸で大津波となり, 太平洋沿岸各地に波及した。ペルーのカヤオで24m。日本沿岸の津波の最大全振幅は, 花咲60cm, 鮎川165cmなど。大船渡で家屋30棟が波に洗われた(高さ1~2mか)。 | 函館: - |

- 「発生場所 (緯度・経度), 地震規模 M」は次の値を示している。
1996年以前の地震: 渡辺 (1998)
2010年の地震: 気象庁の発表による。
ただし, 地震規模の [] は, Abe (1979) による遠地津波のMt (渡辺 (1998) より引用) を示している。
- 「津波規模 m」は, 次の値を示している。
1996年以前の津波: 渡辺 (1998)
2010年の津波: 羽鳥 (2011)
- 「地震・津波の概要」は, 次の値を示している。
1996年以前の津波: 渡辺 (1998)
2010年の津波: 今村ほか (2010) 及び都司ほか (2010)

- 「函館・八戸等の津波高さ」は, 次の値を示している。
1996年以前の津波: 渡辺 (1998) 等
2010年の津波: 気象庁の発表による。

□ : 津波の規模, 津波被害の大きさ等から, 津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波



1-1. 既往津波の文献調査 (12 / 15)

遠地津波 (2 / 4)

東北地方の沿岸に影響を及ぼしたと考えられる遠地津波を下表に示す。

| 発生日月 | 発生場所 (緯度・経度) | 地震規模 M | 津波規模 M | 地震・津波の概要 | 函館・八戸等の 津波高さ (m) |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------|-----------|--|--------------------------|
| 1946年(昭和21年) 4月1日 | アリューシャン 列島東部 52.8° N, 162.5° E | 7.4 [9.3] | 4 | 「アリューシャン津波」 アリューシャンのウニマク島で30.5m, ハワイ諸島で2~17mの高さとなるなど太平洋沿岸各地で被害をもたらした。日本沿岸の津波の最大全振幅は鮎川56cm, 八戸20cmなど。 | 函館：－ 八戸：0.2 * |
| 1952年(昭和27年) 11月4日 | カムチャツカ 半島南東沖 52.3° N, 161.0° E | 8.5 [9.0] | 3 | 「カムチャツカ津波」 カムチャツカ半島で4~13mの津波。ハワイ諸島で10mに達するなど太平洋沿岸全域に影響した。日本沿岸における津波の高さは1~3m程度。北海道, 三陸沿岸, 下田, 尾鷲など広範囲で家屋の浸水があり, 三陸沿岸では漁業関係の被害があった。 | 函館：1.5 八戸：1.8 |
| 1960年(昭和35年) 5月22日 | チリ南部沖 39.5° S, 74.5° W | 8.5 [9.4] | 4 | 「チリ地震津波」 チリ沿岸で9~25mの津波。太平洋沿岸各地に波及し, ハワイで10mに達する。24日2時頃から津波が日本各地に襲来, 波高は三陸沿岸で0.8~6.1m, その他で0.9~4.1m。北海道南岸・三陸沿岸・志摩半島付近で被害が大きく, 沖縄でも被害があった。日本全体で死・不明142 (うち沖縄で3), 家屋全壊1500余, 半壊2千余。 | 函館：2.2~2.9 八戸：1.8~5.3 |
| 1964年(昭和39年) 3月28日 | アラスカ湾 61.1° N, 147.5° W | 9.2 [9.1] | 4 | アラスカ湾沿岸で4.2~30mの津波。日本では三陸沿岸で漁業施設に若干の被害があった。 | 函館：0.38 八戸：0.60 |
| 1965年(昭和40年) 2月4日 | アリューシャン列島 51.3° N, 178.6° E | 8.7 [8.6] | 3 | アリューシャンで10mの津波。三陸沿岸で漁業施設にわずかの被害があった。 | 函館：0.17 八戸：0.48 |
| 1996年(平成8年) 2月17日 | インドネシアのイラワジャ沖 0.950° S, 137.016° E | 8.1 | 3 | インドネシアのピアック島で最大7.7m (津波到達時の潮位上) に達した。日本沿岸での津波の最大全振幅は, 父島で1.95m, 串本で1.70m。土佐清水では漁船20艘が転覆し, 八丈島で漁船に被害があった。 | 函館：0.22 * 八戸：－ |
| 2010年(平成22年) 2月27日 | チリ中部沿岸 36.1° S, 72.6° W | 8.6 | 3.5 | チリ沿岸部で平均5~9mの津波(遡上高さ), 最大は28mを超えた。日本沿岸での最大は気仙沼湾奥で3.0m(全振幅)。青森沿岸および津軽海峡内では津波高は1.0m以下である。 | 函館：0.53 八戸：0.84 |

- 「発生場所 (緯度・経度), 地震規模 M」は次の値を示している。
1996年以前の地震：渡辺 (1998)
2010年の地震：気象庁の発表による。
ただし, 地震規模の [] は, Abe (1979) による遠地津波のMt (渡辺 (1998) より引用) を示している。
- 「津波規模 m」は, 次の値を示している。
1996年以前の津波：渡辺 (1998)
2010年の津波：羽鳥 (2011)
- 「地震・津波の概要」は, 次の値を示している。
1996年以前の津波：渡辺 (1998)
2010年の津波：今村ほか (2010) 及び都司ほか (2010)

- 「函館・八戸等の津波高さ」は, 次の値を示している。
1996年以前の津波：渡辺 (1998) 等
2010年の津波：気象庁の発表による。
なお, *は検潮記録の全振幅で, 津波の高さとしてはこの値の1/2程度である。

■ : 津波の規模, 津波被害の大きさ等から, 津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波



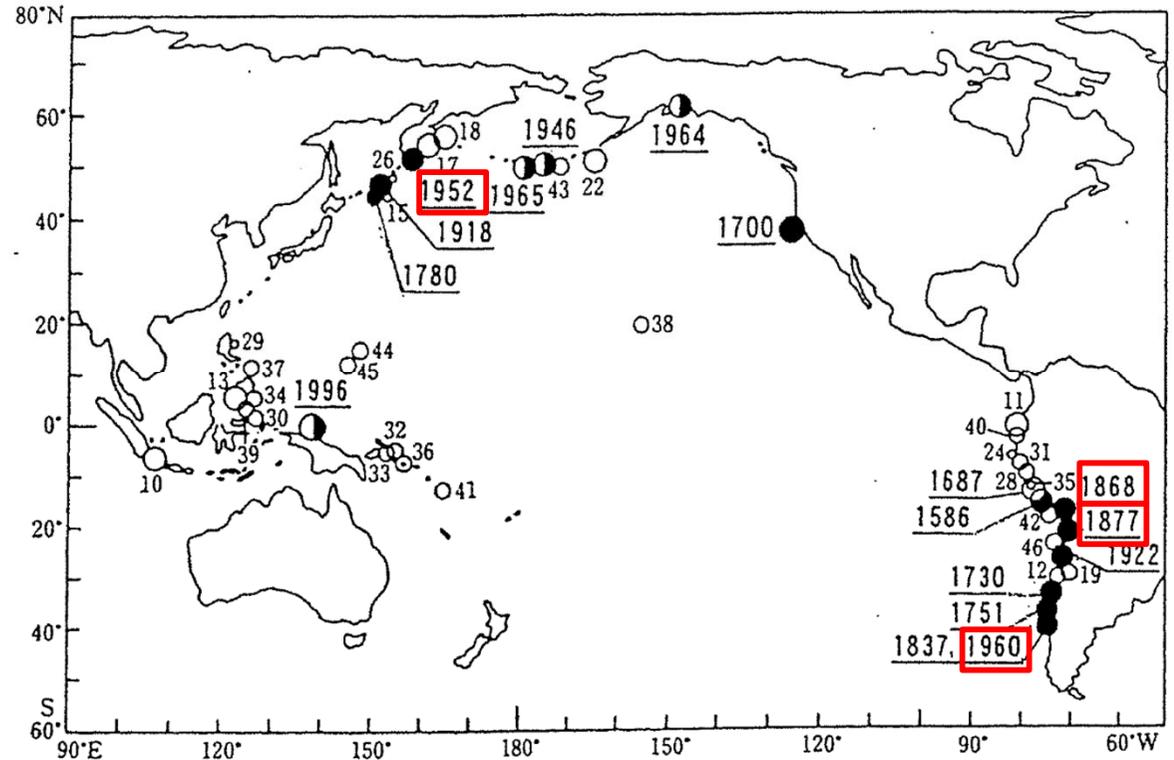
1-1. 既往津波の文献調査 (13 / 15)

遠地津波 (3 / 4)

津軽海峡沿岸及び敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波として、函館における既往津波高が1m程度以上である以下の津波を抽出した。

- ・ 1868年チリ・アリカ地震津波
- ・ 1877年チリ・イキケ地震津波
- ・ 1952年カムチャツカ津波
- ・ 1960年チリ地震津波

敷地近傍の大間港においては、1960年チリ地震津波ではT.P. +2.0mの既往津波高が記録されている。



- : 日本に被害をもたらした津波
- : 日本ではわずかの被害
- : 日本で被害がなかったもの

東北地方沿岸に影響を及ぼした遠地津波

渡辺 (1998) に一部加筆

まとめ

既往津波の文献調査により選定された検討対象海域，並びに津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波は以下のとおり。

既往津波の文献調査結果

| 検討対象海域 | 津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波 |
|----------|------------------------------|
| 日本海東縁部 | 1741年渡島大島火山津波 |
| 三陸沖から根室沖 | 1856年青森県東方沖津波 |
| チリ沖 | 1960年チリ地震津波 |

(余白)

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

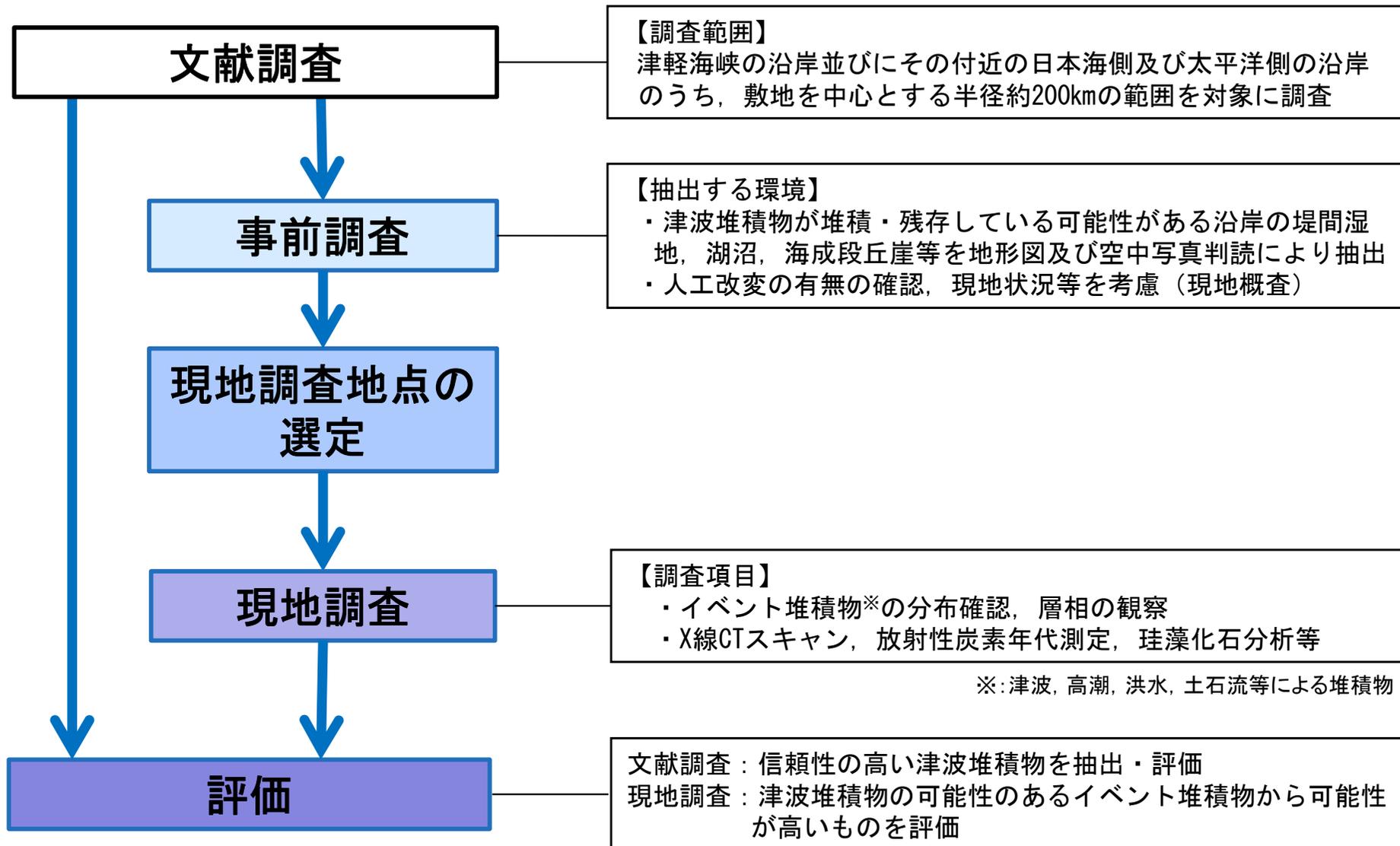
 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲



津波堆積物調査のフロー

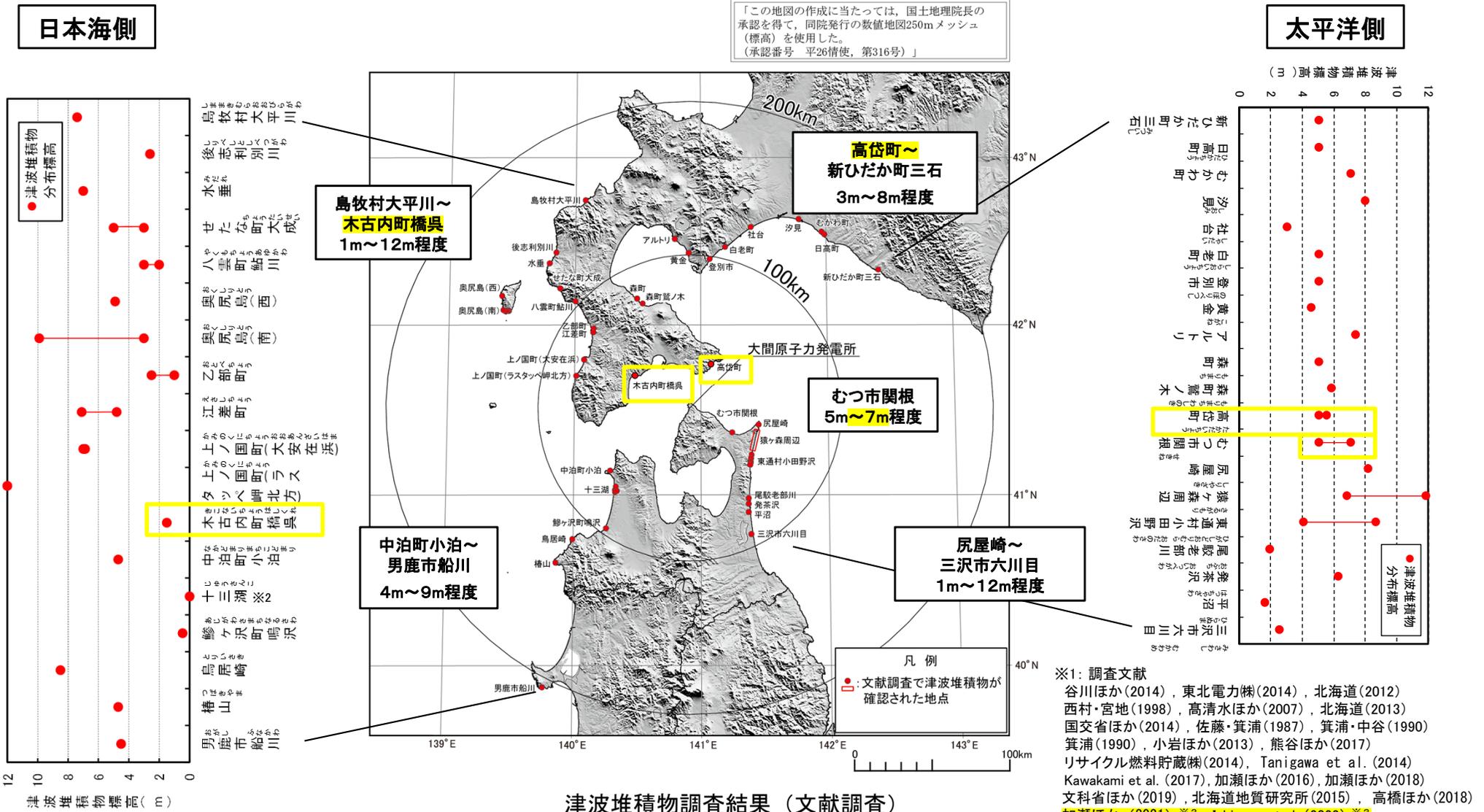
・津波堆積物については、以下のフローのとおり、文献調査と現地調査により評価した。





文献調査：まとめ

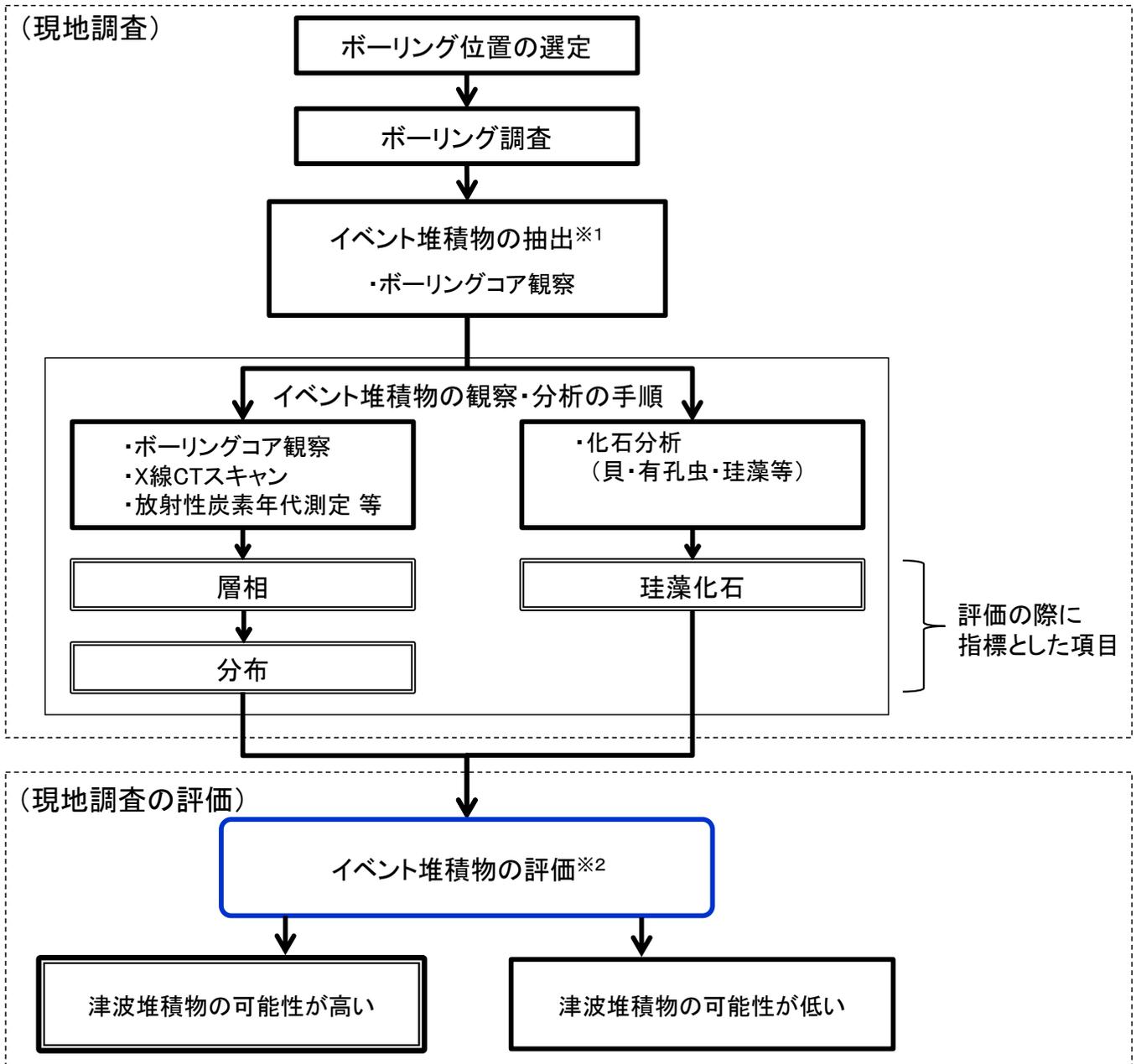
・文献調査結果※1によると、津波堆積物は太平洋側及び日本海側の各地点で確認されているが、大間周辺では確認されていない。



津波堆積物調査結果 (文献調査)



現地調査及び評価フロー



※1: イベント堆積物は、津波、高潮、高波、河川の洪水、土石流等、特殊な自然現象により運搬された砂や礫等が堆積した地層である。これらの堆積物は、静穏な環境で堆積したシルト等の細粒層中に堆積し、堆積環境の急変を示唆する。このため、細粒層中に挟在する、主として砂層もしくは礫を抽出した。

※2: イベント堆積物に対する津波堆積物の評価基準

| 指標とした項目 | 特徴 |
|---------|---|
| 層相 | 明瞭な下面境界、級化構造・偽礫・葉理等が認められる。 |
| 分布 | 汀線方向及び内陸方向の良好な連続性、内陸に向かう薄層化・細粒化等が認められる。 |
| 珪藻化石 | 海成生物遺骸を含む、現在の海成堆積物と類似する等。 |

層相・分布・珪藻化石の各項目について評価し、津波堆積物の可能性について総合的に評価する。なお、化石分析の結果から、貝や有孔虫は評価に適するものが認められなかったため、化石については珪藻化石を指標とした。

(余白)



現地調査結果※1：まとめ

※1：現地調査の詳細は、第1023回審査会合 資料1-2「1. 津波堆積物調査(現地調査)」参照。

- 津軽半島西部の十三湖周辺の五月女菴地点、前潟地点及び鱒ヶ沢町周辺の鳴沢地点、赤石地点で認められるイベント堆積物は、イベント堆積物に対する津波堆積物の評価基準に記載した津波堆積物の特徴を有するため、津波堆積物の可能性が高いと判断される。
- 敷地近傍の大間町周辺の大間平地点、奥戸地点で認められるイベント堆積物は、内陸に向かって連続しないこと、珪藻化石分析の結果から現世の海水～汽水生種がほとんど認められないこと等から、津波堆積物の可能性が低いと判断される。

津波堆積物調査結果

| 調査地点 | | イベント堆積物の調査結果 | | イベント堆積物の評価※2 | | | |
|------------|------------|--------------|--------------|--------------|----|-----------|-----------|
| | | 有無 | 基底面標高 (T.P.) | 層相 | 分布 | 珪藻化石 | 津波堆積物の可能性 |
| 大間町 周辺 | 大間平 | 有 | 約1m～約2m | ○ | × | △ 微量産出 | × |
| | 奥戸 | 有 | 約1m～約4m※3 | ○ | × | △ 微量産出 | × |
| 十三湖 周辺 | 陸上 五月女菴 | 有 | 約0m～約2m※3 | ○ | ○ | △ 微量産出 | ○ |
| | 湖底 前潟 | 有 | 約-7m～約-1m※3 | ○ | ○ | △ 微量産出 | ○ |
| 鱒ヶ沢町 周辺 | 鳴沢 | 有 | 約-1m～約3m※3 | ○ | ○ | △ 微量産出 | ○ |
| | 赤石 | 有 | 約1m～約2m※3 | ○ | △ | △ 微量産出 | ○ |

凡例

- イベント堆積物の評価結果
○：評価基準を満足する
△：肯定も否定も可能
×：評価基準を満足しない
- 津波堆積物の可能性の評価結果
○：津波堆積物の可能性が高い
×：津波堆積物の可能性が低い

※2：イベント堆積物に対する津波堆積物の評価基準

| 指標とした項目 | 特徴 |
|---------|---|
| 層相 | 明瞭な下面境界、級化構造・偽礫・葉理等が認められる。 |
| 分布 | 汀線方向及び内陸方向の良好な連続性、内陸に向かう薄層化・細粒化等が認められる。 |
| 珪藻化石 | 海成生物遺骸を含む、現在の海成堆積物と類似する等。 |

層相・分布・珪藻化石の各項目について評価し、津波堆積物の可能性を総合的に評価する。

※3：連続性のあるイベント堆積物の基底面標高



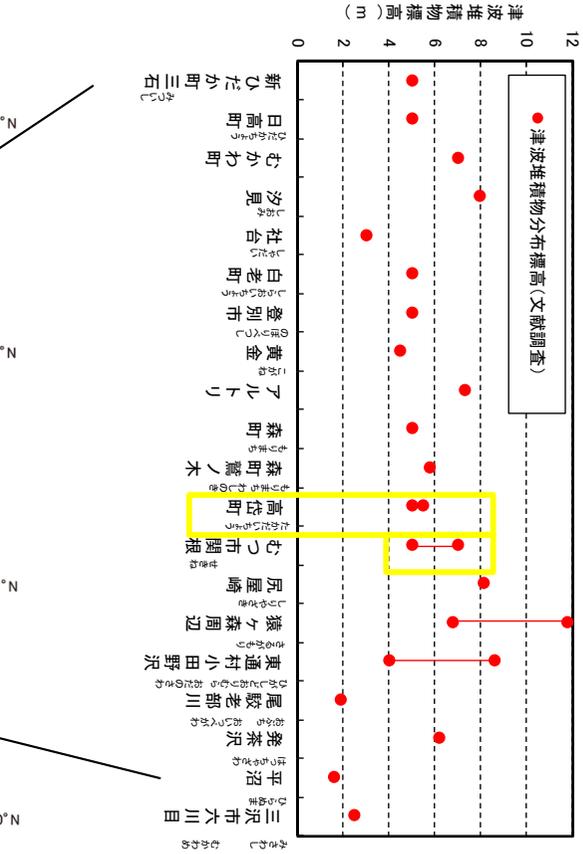
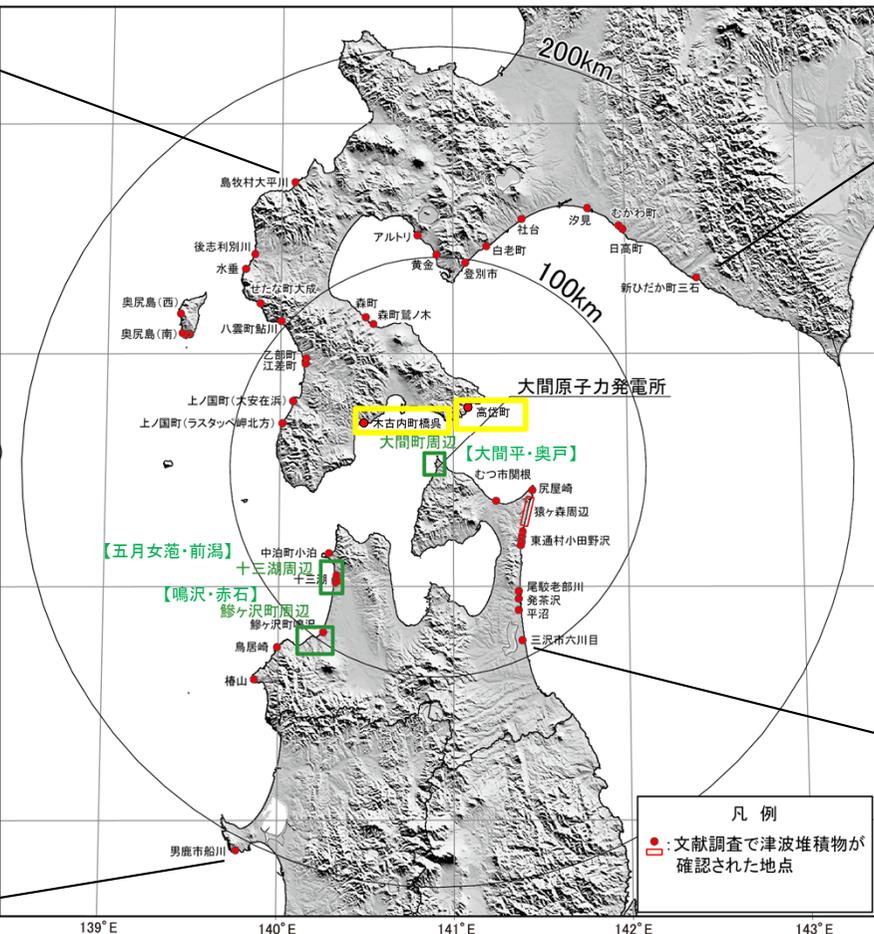
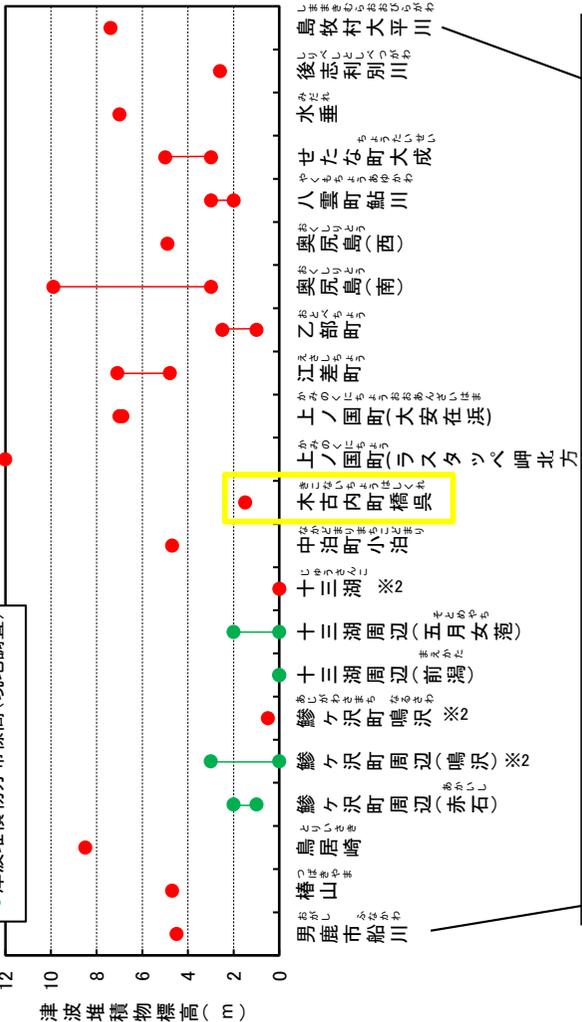
文献調査及び現地調査結果：まとめ

- ・文献調査※1および現地調査の結果、大間周辺では津波堆積物は確認されなかった。
- ・現地調査において十三湖周辺（五月女菴，前潟）及び鯨ヶ沢町周辺（鳴沢）で認められた津波堆積物の分布標高は，文献調査結果とも矛盾するものではないことを確認した。

日本海側

太平洋側

「この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図250mメッシュ（標高）を使用した。（承認番号 平26情使，第316号）」



※2: 湖底下に存在し、標高0mより深い箇所に位置する津波堆積物も含む。

津波堆積物調査結果 (文献調査及び現地調査)

※1: 調査文献
 谷川ほか(2014), 東北電力(2014), 北海道(2012)
 西村・宮地(1998), 清水水ほか(2007), 北海道(2013)
 国交省ほか(2014), 佐藤・箕浦(1987), 箕浦・中谷(1990)
 箕浦(1990), 小岩ほか(2014), 熊谷ほか(2017)
 リサイクル燃料貯蔵(2014), Tanigawa et al. (2014)
 Kawakami et al. (2017), 加瀬ほか(2016), 加瀬ほか(2018)
 文科省ほか(2019), 北海道地質研究所(2015), 高橋ほか(2018)
 加瀬ほか(2021) ※3, Ishimura et al. (2022) ※3
 ※3: 第1023回審査会合以降の新たな知見を追加した。



津波堆積物に係る文献調査のプロセス

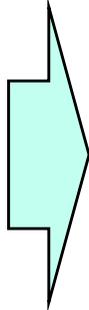
・大間原子力発電所の津波評価に係る新たな科学的・技術的知見のうち津波堆積物に関する文献の収集及び整理のプロセスは以下のとおり。

【ステップ1】
主に津軽海峡内、青森県及び北海道南部沿岸の津波堆積物に関する文献等について、津波に係るデータベース、学術論文及び国・自治体等の検討資料を収集

【ステップ2】
ステップ1で収集した知見のうち、原則として既往の津波堆積物分布標高の知見を上回るものを対象として、大間原子力発電所の津波評価へ考慮する必要がある知見を年度毎を基本に抽出・反映

津波堆積物に係る主な情報ソース

- ①東北大学災害科学国際研究所 津波痕跡データベース
- ②産業技術総合研究所 (AIST) 津波堆積物データベース
- ③学術論文
 - ・日本地球惑星科学連合
 - ・日本第四紀学会
 - ・日本地震学会
 - ・日本地質学会
 - ・日本堆積学会
 - ・歴史地震研究会
 - ・津波工学研究報告
 - ・北海道立総合研究開発機構
 - ・産業技術総合研究所 (AIST)
 - ・その他
- ④国・自治体 (青森県・北海道) の検討会情報
- ⑤周辺原子力事業者調査結果



大間原子力発電所の津波評価に係る主な知見

- 【津軽海峡内】**
 - ・リサイクル燃料貯蔵(株) (2014)
 - ・加瀬ほか (2021)
- 【日本海側】**
(青森県沿岸)
 - ・佐藤・箕浦 (1987), 箕浦・中谷 (1990), 箕浦 (1990), 小岩ほか (2013), 熊谷ほか (2017), 国交省ほか (2014)(北海道沿岸)
 - ・北海道 (2013), 国交省ほか (2014), Kawakami et al. (2017), 加瀬ほか (2016), 加瀬ほか (2018), 文科省ほか (2019), 北海道地質研究所 (2015)
- 【太平洋側】**
(青森県沿岸)
 - ・谷川ほか (2014), 東北電力(株) (2014), Tanigawa et al. (2014), 高橋ほか (2018), Ishimura et al. (2022)(北海道沿岸)
 - ・西村・宮地 (1998), 高清水ほか (2007), 北海道 (2012)

(余白)

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲



検討方針

- 津波防災の観点から行政機関による敷地周辺の既往評価について整理する。
 - 行政機関における津波評価については、大間付近への影響の有無を確認すると共に、「6-3-2. 行政機関による既往評価との比較」における検討対象を確認するため、発電所周辺で評価を実施している行政機関の津波評価について整理する。
 - 対象とする行政機関は、青森県及び敷地周辺で検討された国交省ほか、北海道及び内閣府とした。
- 青森県（2015）による検討
 - ・ H24青森県太平洋側想定地震津波，H24青森県平館断層想定地震津波，F18（隣接LRR）想定地震津波（P. 31， P. 32）
 - 国交省ほか（2014）及び北海道（2017）※による検討
 - ・ 日本海東縁部のうち，津軽海峡西方のF17及びF18断層（P. 33， P. 34）
 - 内閣府（2020）による検討
 - ・ 最大クラスの津波断層モデルのうち，日本海溝（三陸・日高沖）モデル（P. 35）

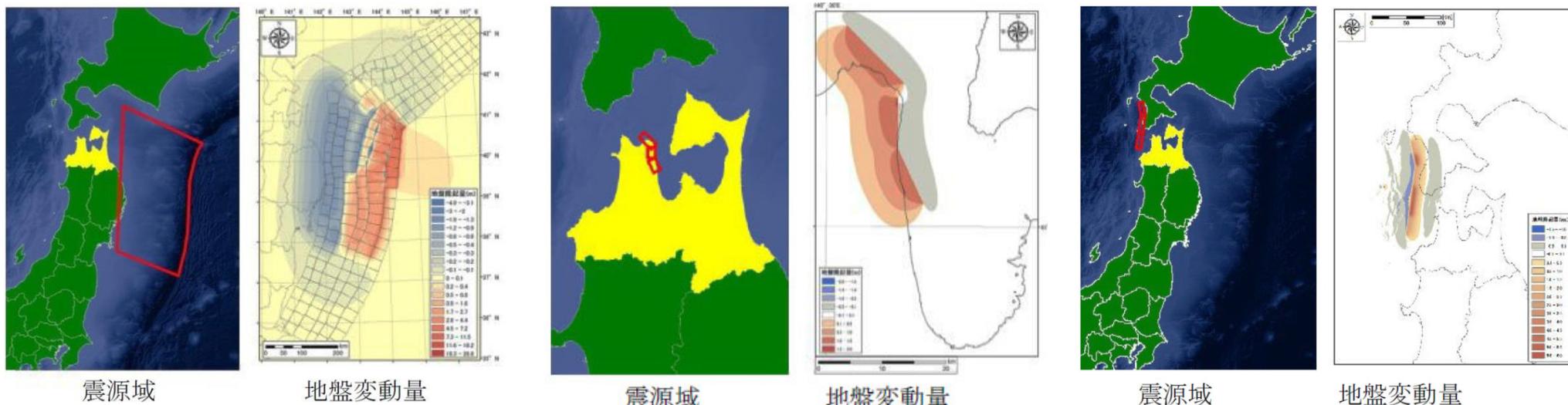
※:北海道(2017)では、国交省ほか(2014)の内容を検討したうえ、北海道南西沖地震の経験等を踏まえ、津波断層モデルを設定している。



青森県 (2015) による検討 (1/2)

- 青森県 (2015) では、H24青森県太平洋側想定地震津波、H24青森県平館断層想定地震津波及び国交省ほか (2014) のF18 (隣接LRR) 想定地震津波を想定津波として大間周辺の津波浸水評価を実施している。

注: 青森県(2021)では、上記想定地震津波に加え、内閣府(2020)による日本海溝(三陸・日高沖)モデル、千島海溝(十勝・根室沖)モデルを用いて津波浸水想定の見直しを実施しているが、内閣府(2020)による津波評価との比較は、P.280~P.292で実施していることから、ここでは、上記の3つの想定地震津波の評価と比較する。



H24青森県太平洋側想定地震津波
(Mw=9.0)

H24青森県平館断層想定地震津波
(Mw=6.8)

F18 (隣接LRR) 想定地震津波
(Mw=7.7)



青森県 (2015) による検討 (2/2)

- 青森県 (2015) における想定津波の大間町の海岸線の津波水位は、1.9m~5.9mとされている。

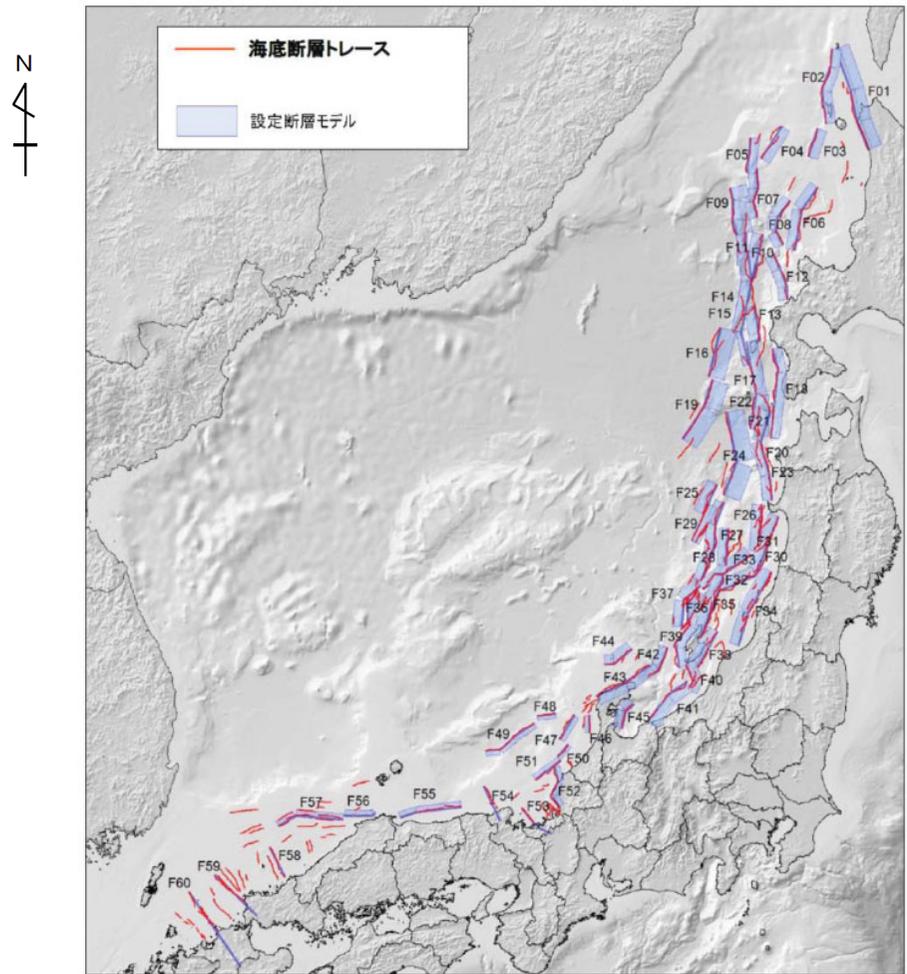
| 市町村 | 海岸線の津波水位 (T.P.m) | 代表地点※1 | | | | 備考 |
|-------|------------------|---------------------|----------|------------|------------|----|
| | | 最大波の津波水位 (T.P.m) ※2 | 影響開始時間※3 | 第一波到達時間 ※3 | 最大波到達時間 ※3 | |
| 階上町 | 16.2~20.0 | 16.7~17.7 | 13分 | 44分 | 第一波が最大 | |
| 八戸市 | 7.5~23.1 | 9.6~20.9 | 13分 | 44分 | 第一波が最大 | |
| おいらせ町 | 14.8~23.5 | 15.6~21.1 | 13分 | 51分 | 第一波が最大 | |
| 三沢市 | 7.3~16.7 | 8.3~14.7 | 11分 | 43分 | 第一波が最大 | |
| 六ヶ所村 | 6.5~12.4 | 7.1~7.9 | 6分 | 37分 | 第一波が最大 | |
| 東通村 | 3.6~15.4 | 3.2~8.5 | 6分 | 37分 | 第一波が最大 | |
| 風間浦村 | 3.5~11.3 | 4.4~5.7 | 22分 | 52分 | 第一波が最大 | |
| 大間町 | 1.9~ 5.9 | 1.9~3.6 | 17分 | 17分 | 56分 | |
| 佐井村 | 1.5~ 5.5 | 1.5~2.2 | 9分 | 10分 | 11分 | |
| むつ市 | 1.3~ 8.3 | 1.3~6.4 | 8分 | 9分 | 第一波が最大 | |
| 横浜町 | 1.5~ 1.7 | 1.5~1.7 | 60分 | 171分 | 第一波が最大 | |
| 野辺地町 | 1.5~ 1.8 | 1.6~1.7 | — | 41分 | 177分 | ※4 |
| 平内町 | 1.1~ 3.3 | 1.3~2.0 | 7分 | 10分 | 第一波が最大 | |
| 青森市 | 1.6~ 3.7 | 1.7~3.2 | 0分 | 2分 | 5分 | |
| 蓬田村 | 1.8~ 2.2 | 1.8~2.0 | 0分 | 1分 | 26分 | |
| 外ヶ浜町 | 1.4~ 9.7 | 1.5~3.7 | 0分 | 0分 | 1分 | |
| 今別町 | 1.6~ 3.9 | 1.8~3.3 | 27分 | 29分 | 53分 | |
| 中泊町 | 4.4~22.6 | 4.3~10.4 | 12分 | 18分 | 第一波が最大 | |
| 五所川原市 | 4.6~10.7 | 4.4~7.4 | 17分 | 18分 | 第一波が最大 | |
| つがる市 | 7.2~11.3 | 5.6~8.9 | 16分 | 18分 | 第一波が最大 | |
| 鱒ヶ沢町 | 3.3~12.0 | 6.2~10.5 | 12分 | 15分 | 17分 | |
| 深浦町 | 4.1~21.4 | 5.6~12.5 | 3分 | 6分 | 第一波が最大 | |

- ※1：各市町村の代表地区の海岸線から、100m~500m程度沖合に設定した地点。
海岸地形の影響を大きく受ける前の、また引き波も含めた潮位の変動を確認するため、水深がある地点で、各市町村に複数設定しています。
- ※2：各市町村の各代表地点における、最大の津波水位を記載しています。
- ※3：影響開始時間、第一波到達時間及び最大波到達時間は、各代表地点の値のうち、最短のものを記載しています。
- ※4：野辺地町で想定した津波のうち、最短で到達する第一波は、影響開始時間の基準である初期水位±20cmに満たない津波水位であることから、同町の影響開始時間については記載していません。



国交省ほか (2014) による検討

- 国交省ほか (2014) (日本海における大規模地震に関する調査検討会) において、日本海における最大クラスの津波断層モデルの設定に関する検討が実施され、60個の津波断層モデル (F01~F60) が示されている。
- これら60断層毎の大間町の平均津波高は1.5m、最大津波高は2.8mとされている。



津波断層モデル位置図

国交省ほか (2014) に一部加筆

60断層毎の市町村毎の平均津波高・最大津波高

| 都道府県名 | 市区町村名 | 平地 | | 全体 | |
|-------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | 平均津波高 (m) | 最大津波高 (m) | 平均津波高 (m) | 最大津波高 (m) |
| 北海道 | 羅臼町 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 |
| 北海道 | 斜里町 | 1.0 | 1.2 | 0.5 | 1.3 |
| 北海道 | 小清水町 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 1.1 |
| 北海道 | 網走市 | 0.8 | 1.2 | 0.9 | 1.5 |
| 北海道 | 北見市 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 1.2 |
| 北海道 | 湧別町 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 1.3 |
| 北海道 | 紋別市 | 0.9 | 1.3 | 0.9 | 1.3 |
| 北海道 | 興部町 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 1.0 |
| 北海道 | 雄武町 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 1.5 |
| 北海道 | 枝幸町 | 1.6 | 2.3 | 1.7 | 2.9 |
| 北海道 | 浜頓別町 | 2.1 | 2.5 | 2.1 | 2.5 |
| 北海道 | 猿払村 | 2.6 | 3.5 | 2.9 | 3.7 |
| 北海道 | 稚内市 | 4.2 | 7.1 | 4.2 | 8.2 |
| 北海道 | 礼文町 | 5.5 | 9.6 | 6.1 | 17.6 |
| 北海道 | 利尻富士町 | 4.1 | 4.5 | 4.3 | 9.4 |
| 北海道 | 利尻町 | 3.2 | 4.4 | 2.6 | 5.7 |
| 北海道 | 豊富町 | 4.3 | 5.5 | 4.3 | 5.5 |
| 北海道 | 幌延町 | 4.5 | 5.7 | 5.0 | 6.4 |
| 北海道 | 天塩町 | 4.7 | 5.0 | 3.8 | 5.0 |
| 北海道 | 遠別町 | 3.0 | 4.2 | 3.0 | 4.2 |
| 北海道 | 初山別村 | 2.3 | 2.9 | 2.4 | 4.2 |
| 北海道 | 羽幌町 | 2.9 | 3.4 | 2.8 | 5.4 |
| 北海道 | 苫前町 | 4.1 | 4.5 | 4.0 | 5.4 |
| 北海道 | 小平町 | 5.2 | 6.6 | 5.5 | 7.8 |
| 北海道 | 留萌市 | 4.3 | 6.5 | 5.8 | 8.7 |
| 北海道 | 増毛町 | 4.5 | 5.7 | 6.9 | 12.2 |
| 北海道 | 石狩市 | 2.7 | 4.8 | 4.3 | 9.9 |
| 北海道 | 小樽市 | 2.5 | 3.9 | 2.8 | 6.1 |
| 北海道 | 余市町 | 2.2 | 3.2 | 2.3 | 4.2 |
| 北海道 | 古平町 | 2.9 | 3.8 | 3.0 | 5.3 |
| 北海道 | 積丹町 | 4.0 | 4.3 | 6.7 | 14.9 |
| 北海道 | 神恵内村 | 10.4 | 11.4 | 11.7 | 20.3 |
| 北海道 | 泊村 | 4.0 | 7.5 | 6.3 | 14.1 |
| 北海道 | 共和町 | 4.6 | 5.8 | 4.7 | 6.0 |
| 北海道 | 岩内町 | 3.6 | 5.2 | 6.0 | 12.7 |
| 北海道 | 蘭越町 | 7.6 | 7.8 | 9.2 | 15.9 |
| 北海道 | 寿都町 | 3.4 | 4.6 | 6.7 | 16.5 |
| 北海道 | 島牧村 | 7.4 | 8.4 | 9.6 | 19.1 |
| 北海道 | せたな町 | 5.9 | 8.3 | 8.5 | 23.4 |
| 北海道 | 奥尻町 | 6.5 | 12.4 | 8.7 | 18.8 |
| 北海道 | 八雲町 | 5.8 | 6.6 | 5.9 | 9.5 |
| 北海道 | 乙部町 | 7.2 | 8.6 | 7.8 | 11.2 |
| 北海道 | 江差町 | 5.7 | 7.0 | 7.6 | 12.8 |
| 北海道 | 上ノ国町 | 5.2 | 5.7 | 7.0 | 10.5 |
| 北海道 | 松前町 | 8.6 | 9.5 | 7.8 | 13.5 |
| 北海道 | 福島町 | 4.0 | 4.2 | 3.7 | 8.2 |
| 北海道 | 知内町 | 1.7 | 2.1 | 1.7 | 2.2 |
| 北海道 | 木古内町 | 1.8 | 2.5 | 2.2 | 3.5 |
| 北海道 | 北斗市 | 1.4 | 1.7 | 1.4 | 2.3 |
| 北海道 | 函館市 | 1.0 | 1.6 | 0.8 | 1.7 |
| 青森県 | 東通村 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.7 |
| 青森県 | むつ市 | 0.5 | 0.8 | 0.6 | 2.3 |
| 青森県 | 風間浦村 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 1.5 |
| 青森県 | 大間町 | 1.3 | 1.9 | 1.5 | 2.8 |
| 青森県 | 佐井村 | 1.2 | 1.5 | 1.2 | 2.7 |
| 青森県 | 横浜町 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| 青森県 | 野辺地町 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 1.0 |
| 青森県 | 平内町 | 0.7 | 1.1 | 0.7 | 1.3 |

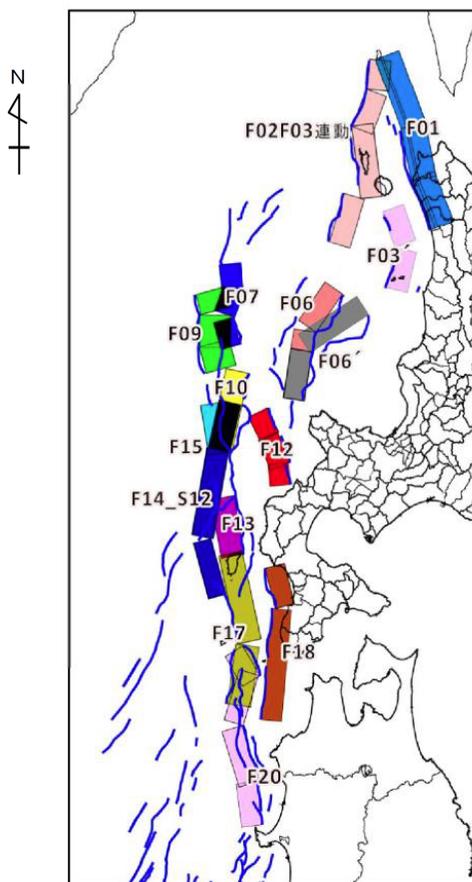
平地：海岸線から200m程度の範囲に於いて標高が8m以下となっている箇所。



北海道 (2017) による検討

- 北海道 (2017) では、国交省ほか (2014) の内容を検討したうえ、北海道南西沖地震津波の経験等を踏まえ、津波断層モデルを設定している。
- これらの津波断層モデルによる大間町への影響については示されていない※。

※: 北海道沿岸地域への影響評価は実施されているが、大間町への影響については示されていない。
敷地への影響については、「6-3-2. 行政機関による既往評価との比較」で確認する。



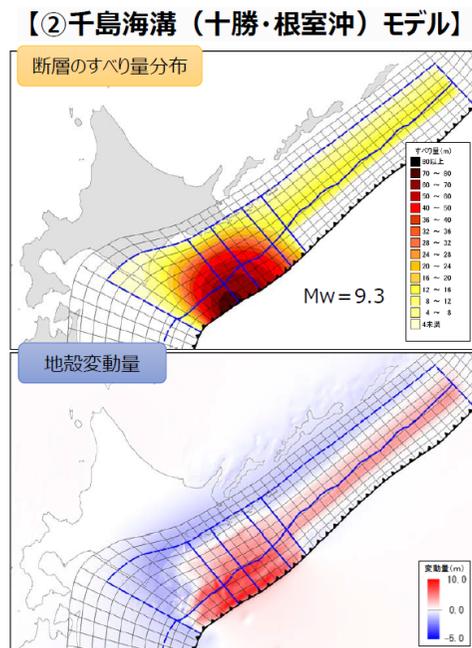
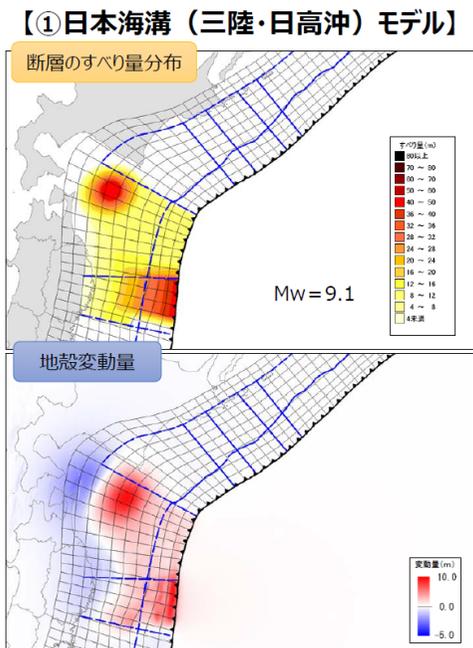
津波断層モデル

北海道 (2017)

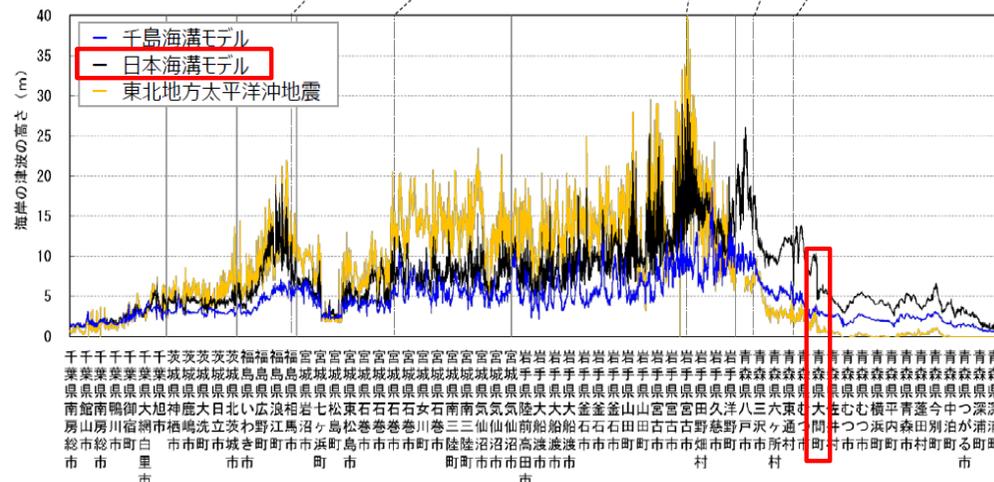


内閣府 (2020) による検討

- 内閣府 (2020) (日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会)では, 最大クラスの津波断層モデルを設定している。
- これらの津波断層モデルによる大間町の海岸の津波の高さは, 約5m~10mとされている。



津波断層モデル





まとめ

- 行政機関による既往評価を整理した結果、それぞれの大間町における津波の水位は以下のとおりである。
- これらのうち、内閣府（2020）の津波モデルによる大間町への津波の影響は、沿岸で10m程度に達し、他の行政機関の津波モデルに比べて顕著に大きいことが確認できた。よって、内閣府（2020）の津波モデルについては、「3-2-2. 内閣府（2020）モデルによる津波」で敷地への影響について詳細検討を実施する。

行政機関の津波評価による大間町の津波水位

| 行政機関 | 大間町の津波水位 | 備考 |
|-------------|-------------------------|---|
| 青森県（2015） | 1.9m～5.9m （海岸線の津波水位） | |
| 国交省ほか（2014） | 2.8m （最大津波高） | 「6-3-2. 行政機関による既往評価との比較」において、敷地への影響を確認する。 |
| 北海道（2017） | — （公表値なし） | |
| 内閣府（2020） | 約5m～10m （沿岸での津波高さ） | |

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

1-4. 既往津波等の検討のまとめ

- 既往津波に関する文献調査の結果、津軽海峡沿岸及び敷地へ及ぼす影響の大きい海域として「日本海東縁部」、 「三陸沖から根室沖」及び「チリ沖」が選定された。
- 津波堆積物に関する文献調査及び現地調査の結果、大間地点の敷地近傍では津波堆積物は確認されず、既往津波に関する文献調査の結果と矛盾するものではないことが確認された。
- これらの調査結果を受けた敷地における津波の影響評価を行う際には、上記3海域に海域活断層を加えることとし、基準津波の策定に係り将来発生する津波として不確かさを考慮した検討を「3. 地震による津波」において行うこととする。
- 内閣府(2020)の津波モデルによる大間町への津波の影響は、沿岸で10mにおよび他の行政機関の津波モデルに比べて顕著に大きいため、内閣府(2020)の津波モデルについては、「3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波」で敷地への影響について詳細検討を実施する。

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲



2-1. 津波の計算条件 (1 / 15)

近地津波の計算条件 (1 / 4) : 日本の近海域の津波シミュレーション方法

- 日本の近海域における数値シミュレーションの計算条件及び基礎方程式は以下のとおり。

日本近海域計算条件一覧

| 項目 \ 領域 | A領域 | B領域 | C領域 | D領域 | E領域 | F領域 | G領域 |
|---------------------|---|---|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 計算格子間隔 Δs^* | 2.5 km | 833m (2500/3) | 278m (2500/9) | 93m (2500/27) | 31m (2500/81) | 10m (2500/243) | 5m (2500/486) |
| 計算時間間隔 Δt | 0.2秒 | | | | | | |
| 基礎方程式 | 線形長波 | 非線形長波式 | | | | | |
| 沖合境界条件 | 自由透過 遠地津波の場合は沖合の波形を境界条件として入射する。 | 外側の大格子領域と水位・流量を接続 | | | | | |
| 陸側境界条件 | 完全反射条件 | | | 小谷ほか(1998)の遡上境界条件 | | | |
| 外力条件 | 断層モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される海底面変位を海面上に与える。 | | | | | | |
| 海底摩擦 | 考慮しない | マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ (土木学会(2016)より) | | | | | |
| 水平渦動粘性係数 | 考慮しない | | | | | | |
| 潮位条件 | T. P. $\pm 0.0\text{m}$ | | | | | | |
| 計算時間 | 太平洋側近地津波 : 津波発生後8時間 日本海側近地津波 : 津波発生後6時間 遠地津波 : 沖合波形入射後16時間 | | | | | | |

※ : 津波の空間波形の1波長の1/20以下となるように設定した。

【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】

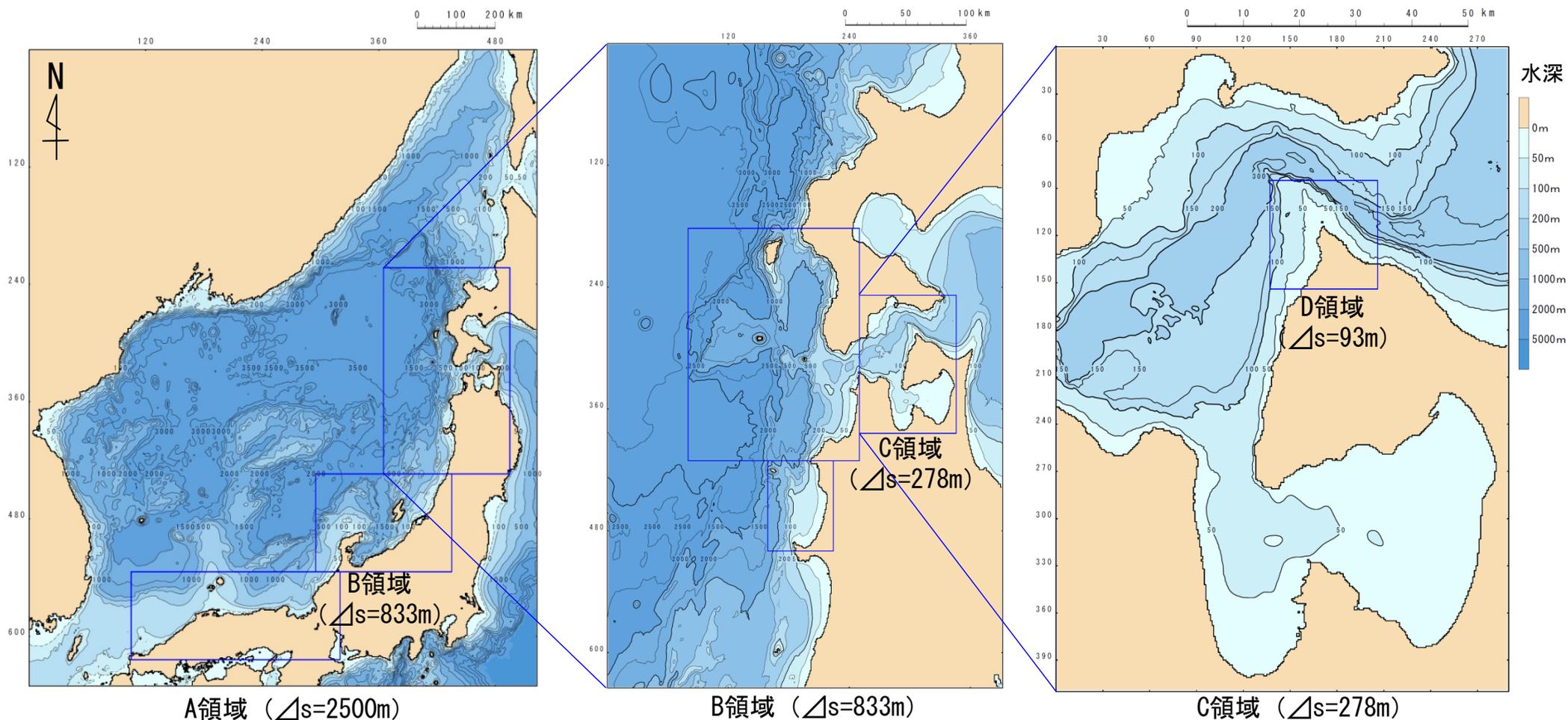
連続式:
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0$$

運動方程式:
$$\begin{cases} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \\ \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \end{cases}$$

x, y : 位置(水平直交座標)
 g : 重力加速度
 D : 全水深(=静水深+水位)
 η : 静水面からの水位
 n : Manningの粗度係数
 Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅当たりの流量(=流速×全水深)



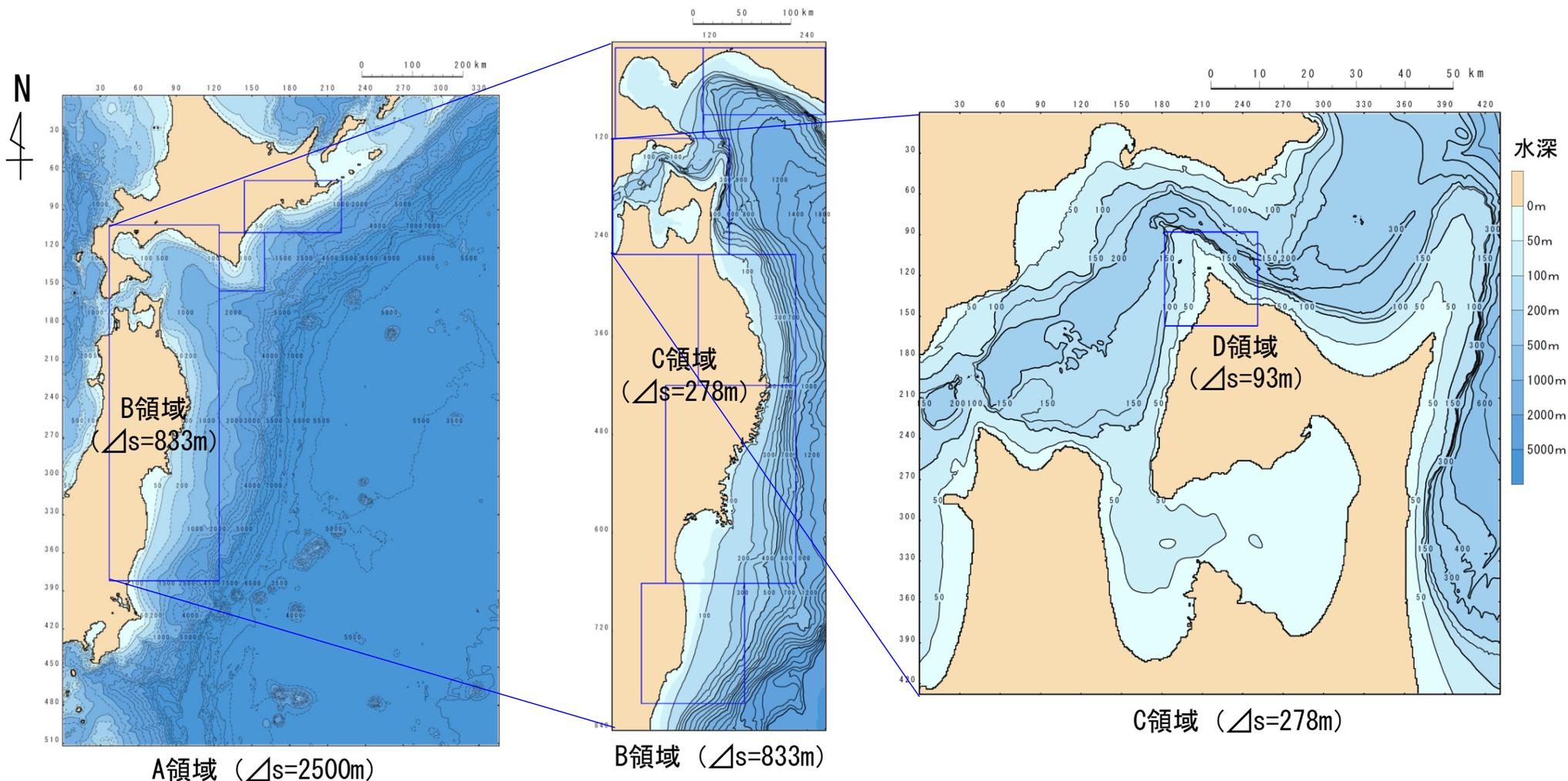
近地津波の計算条件 (2 / 4) : 日本海側近地津波計算領域



各領域の地形モデルは、海域についてはM7000（日本水路協会）等を、陸域については国土地理院50mメッシュ（標高）等を用いて作成した。



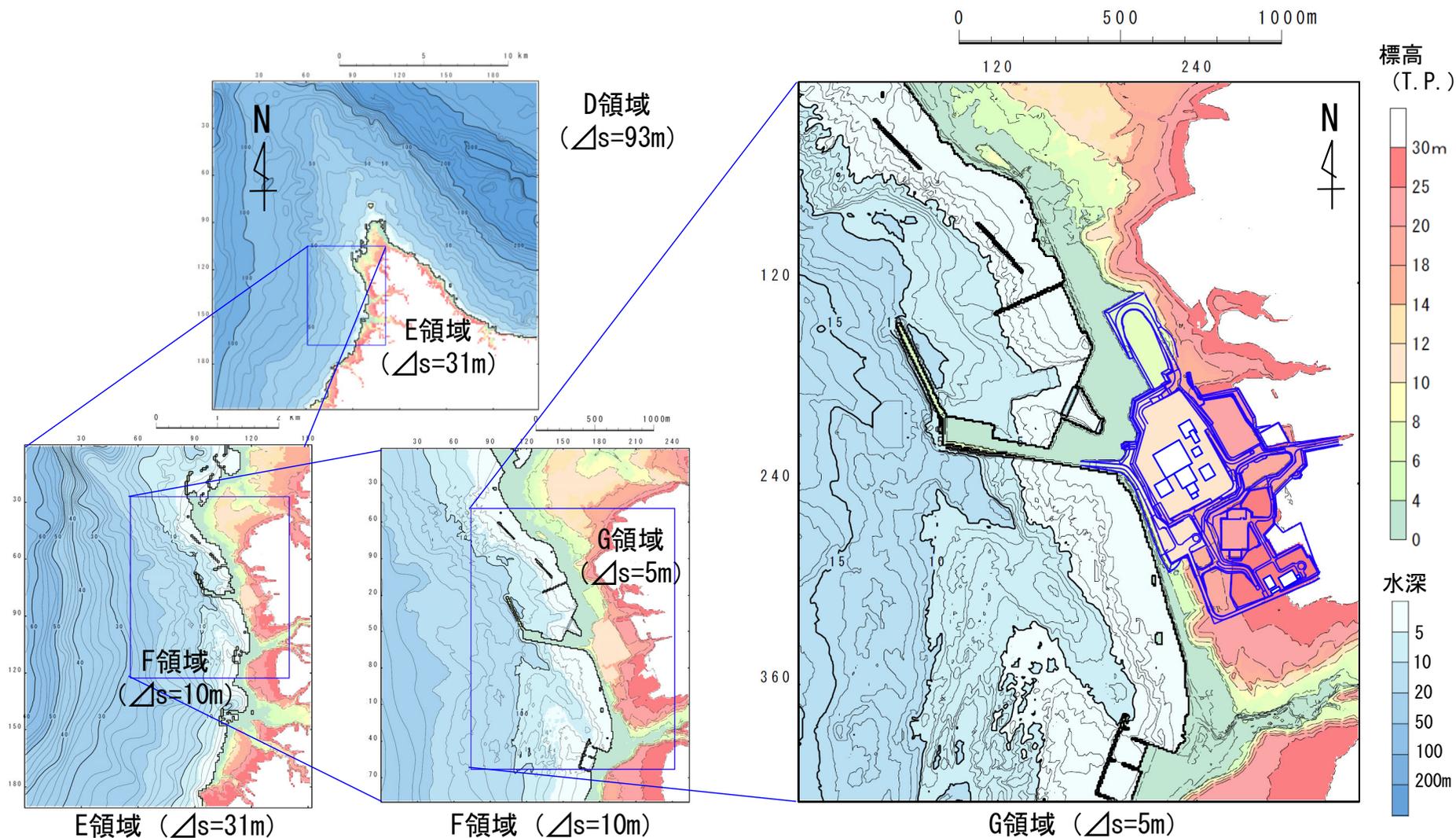
近地津波の計算条件 (3 / 4) : 太平洋側近地津波計算領域



各領域の地形モデルは、海域についてはM7000（日本水路協会）等を、陸域については国土地理院50mメッシュ（標高）等を用いて作成した。



近地津波の計算条件 (4 / 4) : 敷地周辺の計算領域



敷地周辺の地形モデルは、敷地前面の港湾施設の影響を考慮した予測計算を行うために、深淺測量による詳細な海底地形図等※を用いて作成した。

※：G領域の地形データ：海底地形データ：深淺測量データ（平成29年測量），陸域地形データ：航空レーザー測量による0.5mメッシュデータ（平成25年測量）

(余白)



2-1. 津波の計算条件 (5 / 15)

遠地津波の計算条件 (1 / 2) : 遠地津波シミュレーション方法

遠地津波の太平洋伝播計算の計算条件及び基礎方程式を下表のとおり設定した。

太平洋伝播計算条件一覧

| 項目 | 計算条件 |
|-------------------|---|
| 計算領域 | 太平洋全域 |
| 計算格子間隔 Δs | 緯度・経度方向共に10分 (赤道で約18.5km) |
| 計算時間間隔 Δt | 20秒 |
| 基礎方程式 | 線形Boussinesqの式 (地球座標系) |
| 沖側境界条件 | 自由透過条件 |
| 陸上境界条件 | 陸上遡上は考慮せず完全反射条件 |
| 初期条件 | Mansinha and Smylie (1971) の方法によって計算される海底面変位を海面上に与える。 |
| コリオリ力 | 考慮する |
| 計算時間 | 地震発生後42時間 |

【基礎方程式: 地球座標系で表された連続式及び線形分散波理論式】

連続式:
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \lambda} \left[\frac{\partial (M \cos \lambda)}{\partial \lambda} + \frac{\partial N}{\partial \phi} \right] = 0$$

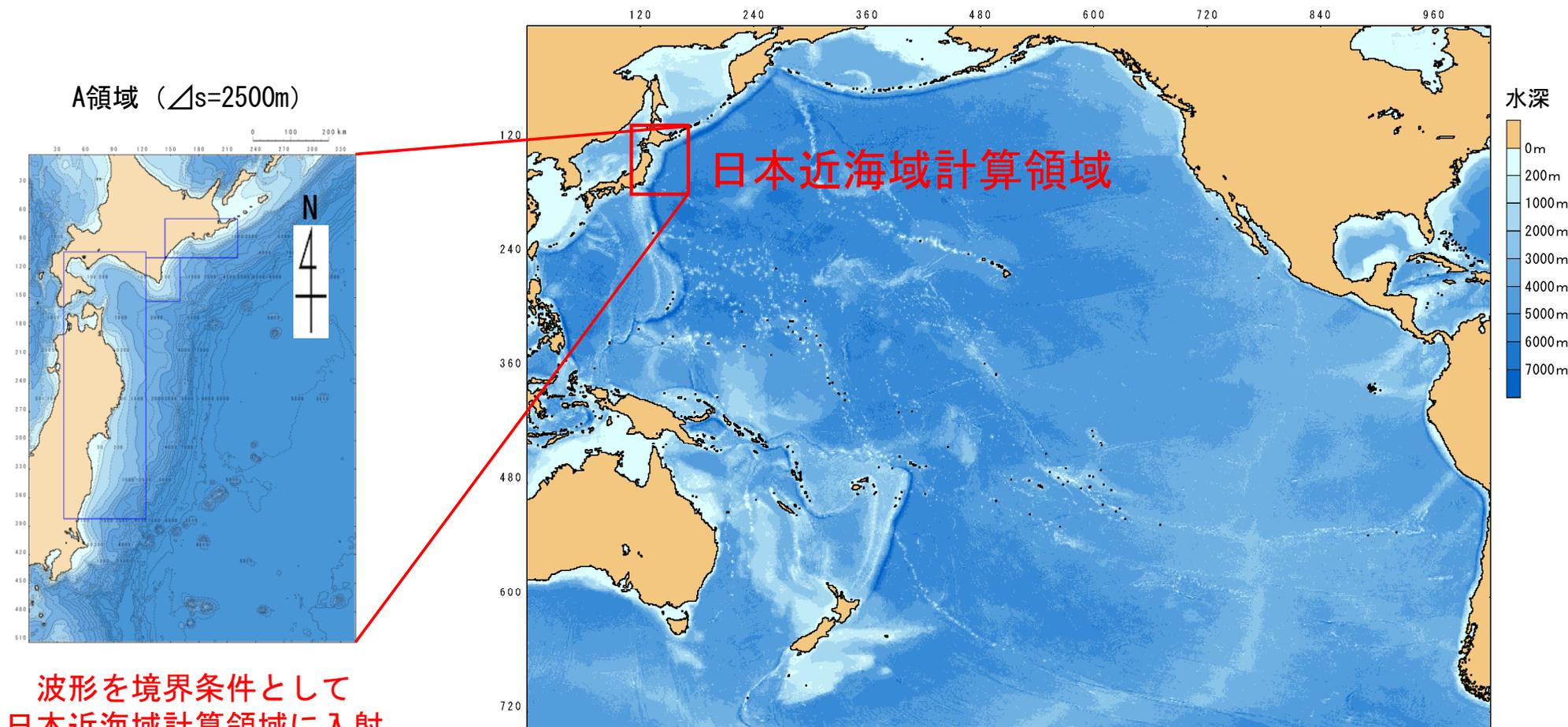
運動方程式:
$$\begin{cases} \text{(緯度方向)} & \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{gh}{R} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} + fN - \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left[\frac{h^3}{3} F_3 \right] = 0 \\ \text{(経度方向)} & \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \lambda} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} - fM - \frac{1}{R \cos \lambda} \frac{\partial}{\partial \phi} \left[\frac{h^3}{3} F_3 \right] = 0 \end{cases}$$

$$F_3 = \frac{1}{R \cos \lambda} \left[\frac{\partial^2}{\partial t \partial \lambda} (u \cos \lambda) + \frac{\partial^2 v}{\partial t \partial \phi} \right]$$

R : 地球の半径
 $M \cdot N$: 緯度・経度方向の線流量
 u, v : 緯度・経度方向の流速
 h : 水深
 λ, ϕ : 緯度, 経度座標
 η : 水位
 f : コリオリ係数
 g : 重力加速度



遠地津波の計算条件 (2 / 2) : 太平洋伝播計算領域



波形を境界条件として
日本近海域計算領域に入射

太平洋伝播計算領域 (Δs=10分)

■活用データ

National Oceanic and Atmospheric Administration (2010) : Global Relief Model (ETOPO1).

- 太平洋伝播計算領域の地形モデルは、NOAA (2010) による地形データを用いて作成した。
- 太平洋伝播計算で得られた日本列島沖合の波形を日本近海域計算の境界条件として入射することにより、太平洋側の近地津波の数値シミュレーションと同様の計算を実施した。



2-1. 津波の計算条件 (7 / 15)

地震以外の要因による津波の計算条件 (1 / 7) : 伝播領域の津波シミュレーション方法

伝播領域における数値シミュレーションの計算条件及び基礎方程式は以下のとおり。

伝播領域 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 |
|-------------------|--|---|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 計算格子間隔 Δs | 2.5 km | 833m (2500/3) | 278m (2500/9) | 93m (2500/27) | 31m (2500/81) | 10m (2500/243) | 5m (2500/486) |
| 計算時間間隔 Δt | 0.2秒, 0.25秒 | | | | | | |
| 基礎方程式 | 線形長波式 | 非線形長波式 | | | | | |
| 沖合境界条件 | 自由透過 | 外側の大格子領域と水位・流量を接続 | | | | | |
| 陸側境界条件 | 完全反射条件 | | | 小谷ほか(1998)の遡上境界条件 | | | |
| 外力条件 | kinematic landslideモデルを用いて地盤変位を海面上に与える。または、二層流モデルで得られた波形を境界条件として与える。 | | | | | | |
| 海底摩擦 | 考慮しない | マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ (土木学会 (2016) より) | | | | | |
| 水平渦動粘性係数 | 考慮しない | | | | | | |
| 潮位条件 | T. P. $\pm 0.0\text{m}$ | | | | | | |
| 計算時間 | 陸上の斜面崩壊及び海底地すべりに起因する津波：津波発生後3時間 火山現象に起因する津波：津波発生後6時間 | | | | | | |

【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】

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

運動方程式：
$$\begin{cases} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \\ \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \end{cases}$$

x, y : 位置(水平直交座標)
 g : 重力加速度
 D : 全水深(=静水深+水位)
 η : 静水面からの水位
 n : Manningの粗度係数
 Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅当たりの流量(=流速×全水深)



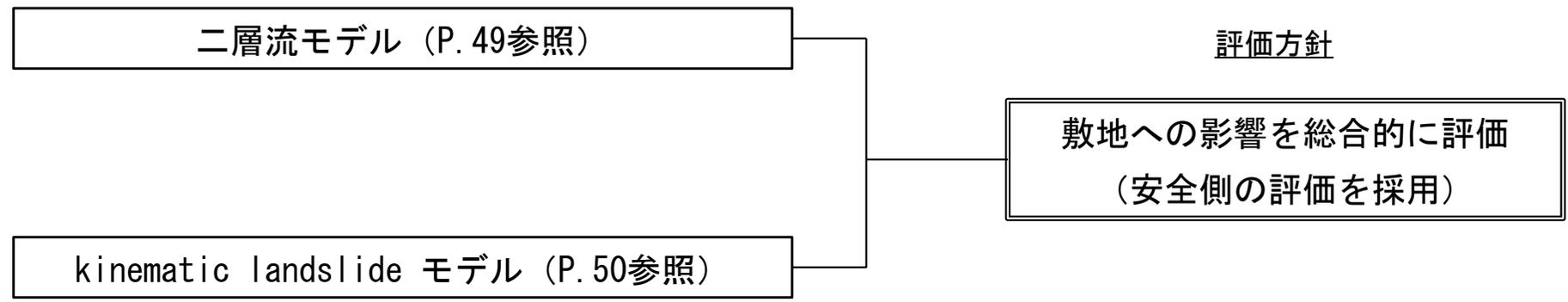
2-1. 津波の計算条件 (8 / 15)

地震以外の要因による津波の計算条件 (2 / 7) : 波源域の数値シミュレーション方法 (1 / 3)

評価方針

波源域の数値シミュレーション方法として、二層流モデルとkinematic landslide モデルの2つの手法を用いて敷地への影響を総合的に評価した。

波源域の数値シミュレーション方法





2-1. 津波の計算条件 (9 / 15)

地震以外の要因による津波の計算条件 (3 / 7) : 波源域の数値シミュレーション方法 (2 / 3)

二層流モデル

波源域の数値シミュレーション方法の1つとして、Kawamata et al. (2005) で1741年渡島大島火山津波の再現実績のある二層流モデルを採用した。

【基礎方程式：連続式及び運動方程式】

【上層】

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

$$\frac{\partial M_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1^2}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial x} - F D_x = 0$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_1^2}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial y} - F D_y = 0$$

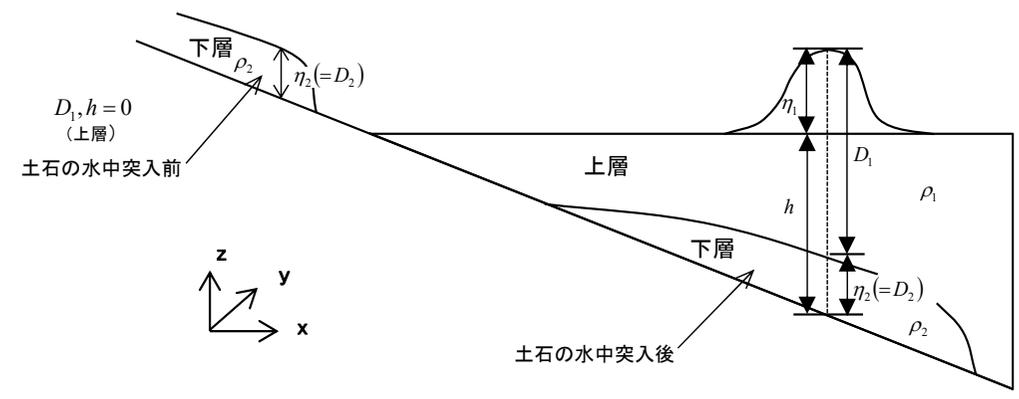
【下層】

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

$$\frac{\partial M_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2^2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial x} + \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\tau_x}{\rho_2} + \alpha F D_x = DIFF_x$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_2^2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial y} + \frac{\partial \eta_2}{\partial y} - \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\tau_y}{\rho_2} + \alpha F D_y = DIFF_y$$

ここに、添え字の1, 2 : それぞれ上層, 下層を示す。
 η : 水位変動 (η_1 : 静水面からの水位変化量, η_2 : 土石の厚さ),
 h : 水深, D : 全水深, M, N : x, y 方向の線流量,
 g : 重力加速度, ρ : 密度 (ρ_1 : 海水1.03g/cm³, ρ_2 : 土石2.0g/cm³)
 α : 密度比 ($=\rho_1/\rho_2$),
 $\tau_x/\rho, \tau_y/\rho$: x, y 方向の底面摩擦力



二層流モデル中の変数の定義

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad \frac{\tau_y}{\rho} = \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2}$$

n : Manningの粗度係数
 $F D_x, F D_y$: x, y 方向の形状抵抗,
 $F D_x = \frac{1}{2} C_D \rho_1 u \sqrt{u^2 + v^2} \delta_m \quad F D_y = \frac{1}{2} C_D \rho_1 v \sqrt{u^2 + v^2} \delta_m$
 C_D : 抗力係数,
 δ_m : 土石先端部での最大高さ (投影面積に相当)
 u, v : 土石先端部の海水に対する相対速度
 $DIFF_x, DIFF_y$: x, y 方向の水平拡散項
 $DIFF_x = \nu \left(\frac{\partial^2 M_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} \right) \quad DIFF_y = \nu \left(\frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_2}{\partial y^2} \right)$
 ν : 水平拡散係数

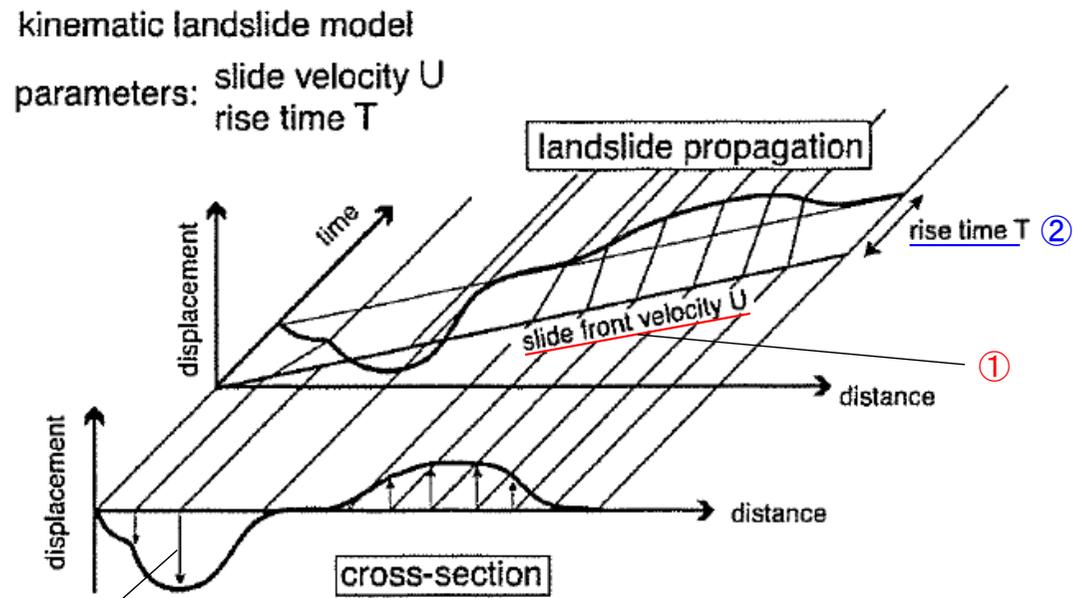
2-1. 津波の計算条件 (10 / 15)

地震以外の要因による津波の計算条件 (4 / 7) : 波源域の数値シミュレーション方法 (3 / 3)

kinematic landslide モデル

波源域の数値シミュレーション方法の1つとして, Satake (2007) で1741年渡島大島火山津波の再現実績のある kinematic landslide モデルを採用した。

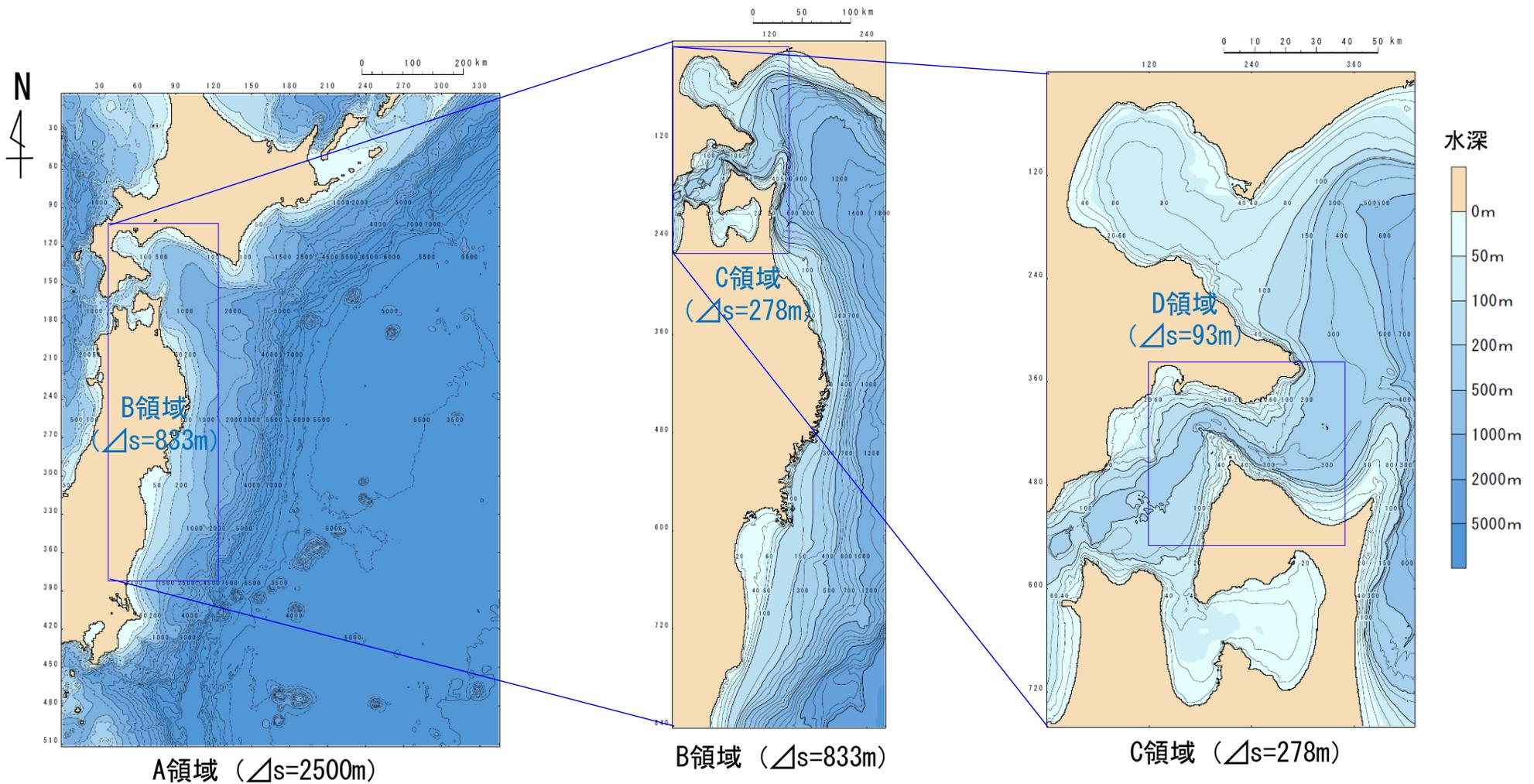
kinematic landslide モデルを用いた解析の概要
✓ 崩壊土砂が①水平移動速度 U で移動し, 堆積域の各地点における比高変化が②継続時間 T で終了すると仮定して, ③崩壊前後の地形変化量(比高変化)を海面上に与えて津波を発生させる。



kinematic landslideモデル概念図
Satake (2007)



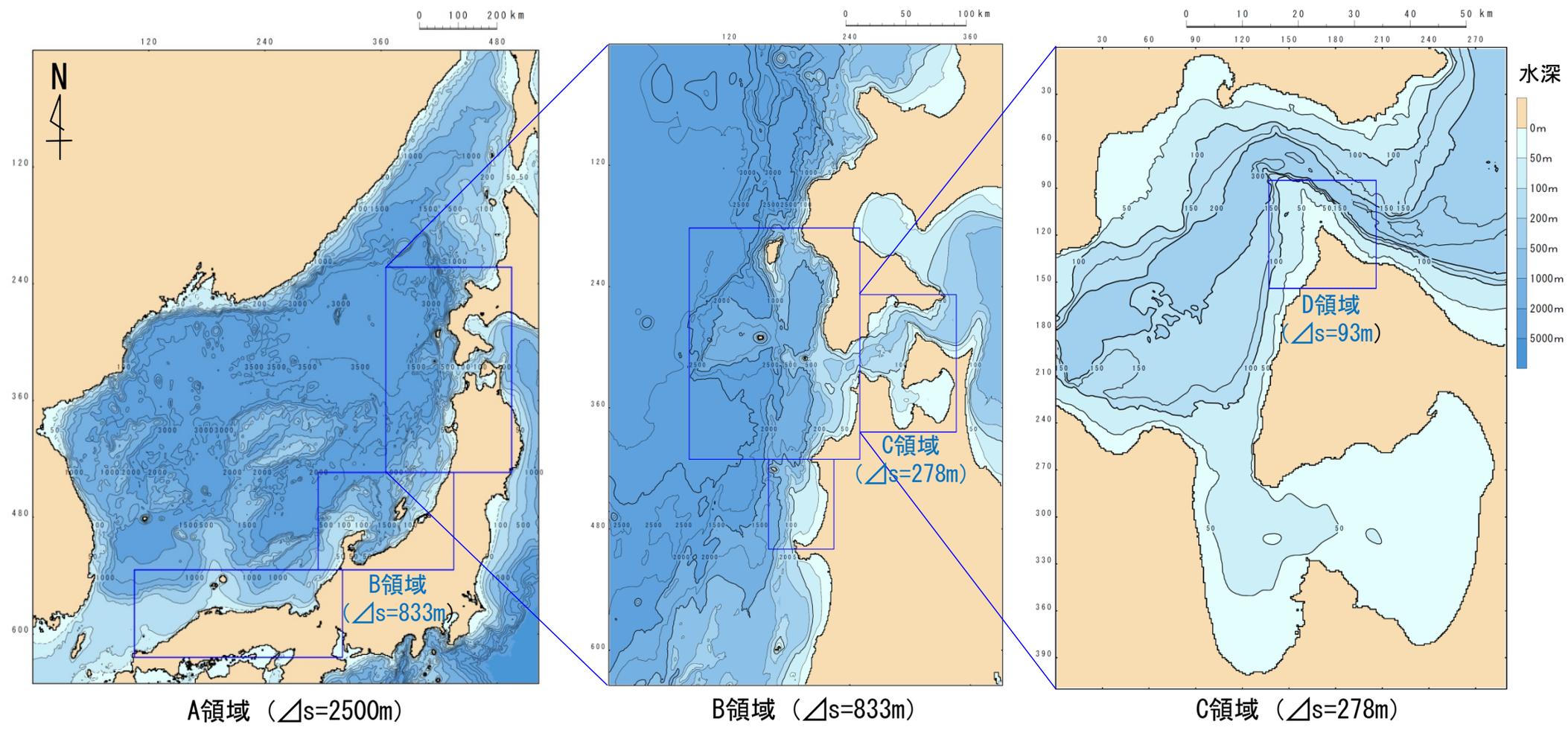
地震以外の要因による津波の計算条件 (5 / 7) : 陸上の斜面崩壊及び海底地すべりに起因する津波の計算領域



各領域の地形モデルは、海域についてはM7000（日本水路協会）等を、陸域については国土地理院50mメッシュ（標高）等を用いて作成した。



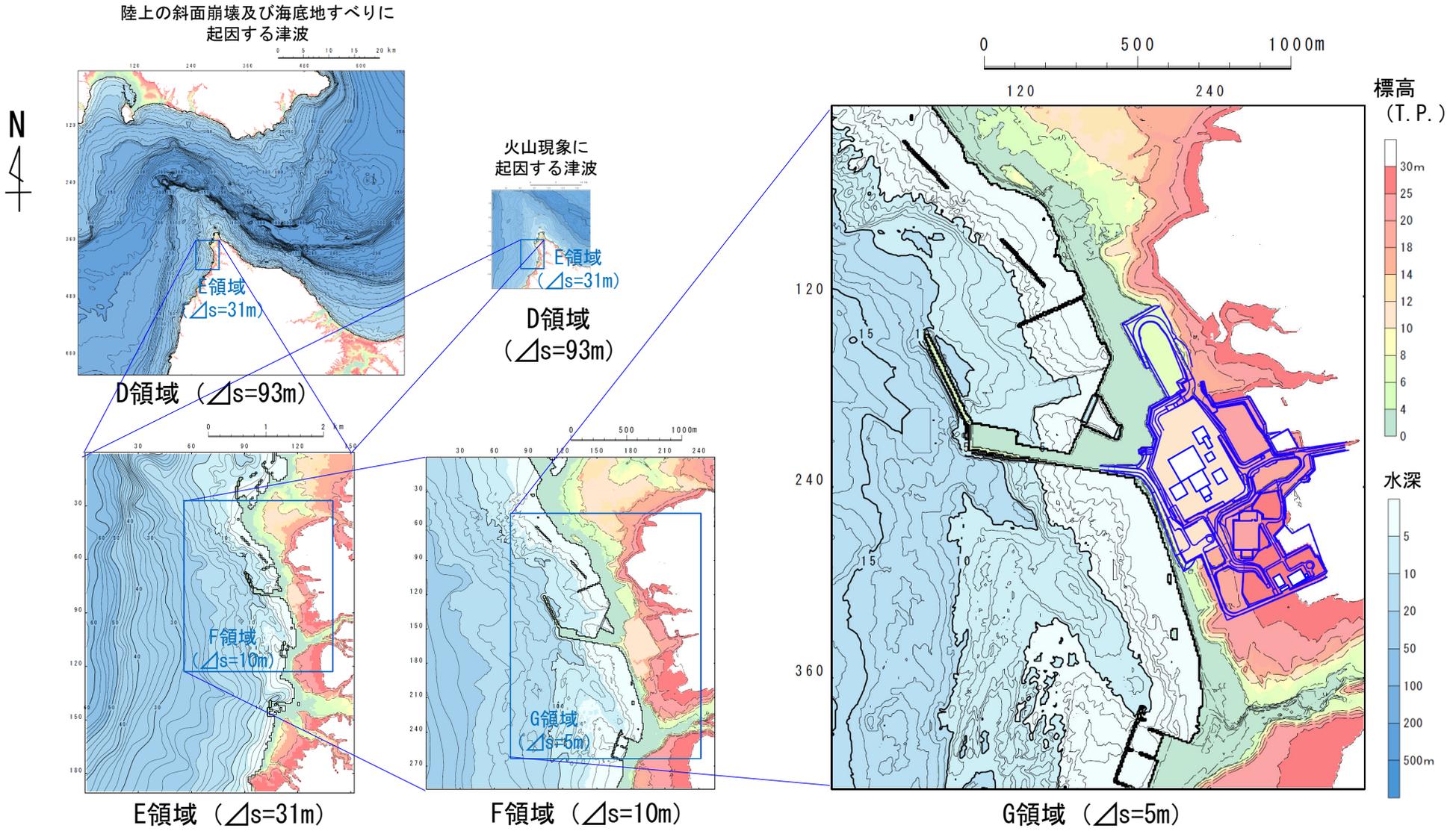
地震以外の要因による津波の計算条件 (6 / 7) : 火山現象に起因する津波の計算領域



各領域の地形モデルは、海域についてはM7000（日本水路協会）等を、陸域については国土地理院50mメッシュ（標高）等を用いて作成した。



地震以外の要因による津波の計算条件 (7 / 7) : 敷地周辺計算領域



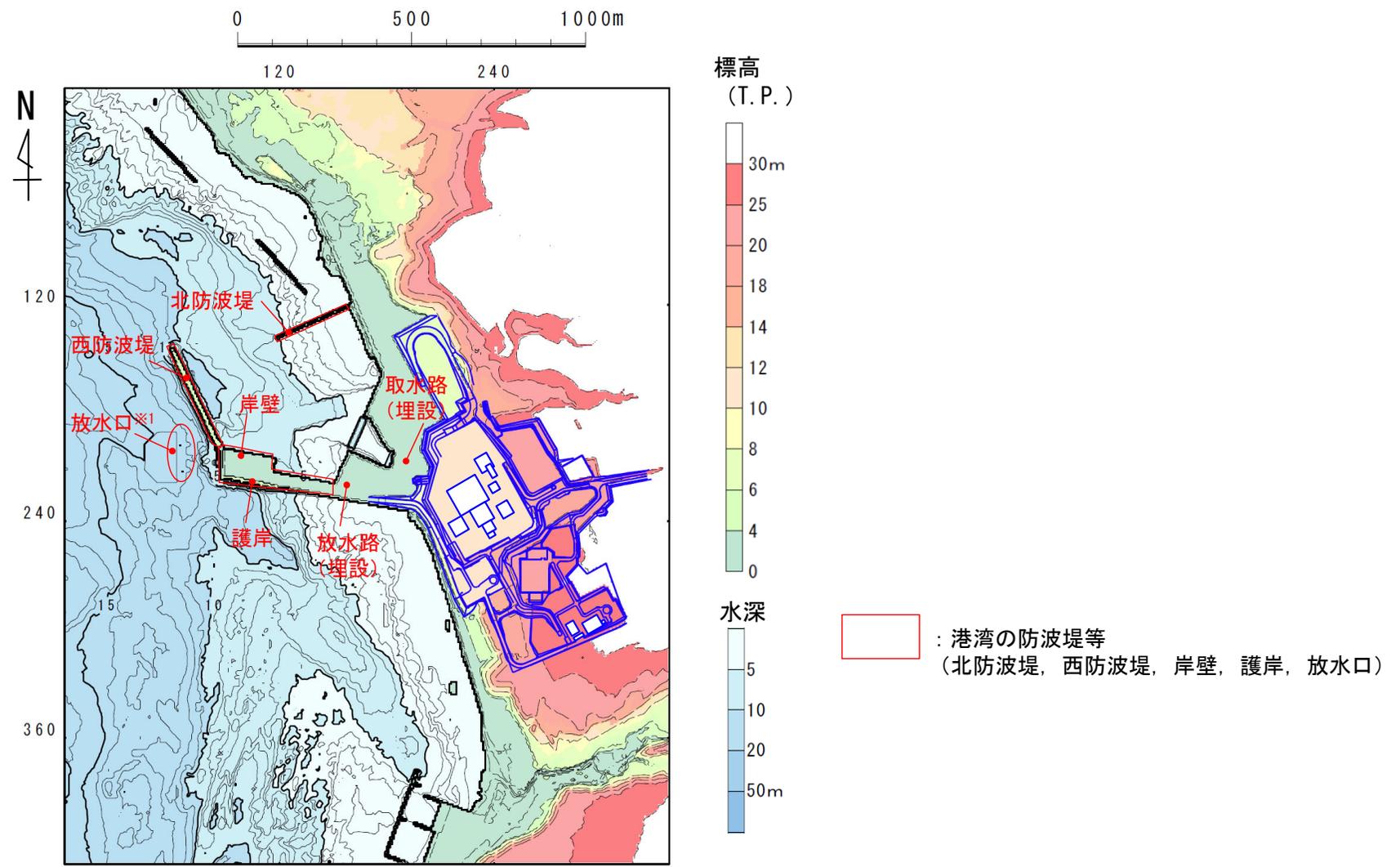
敷地周辺の地形モデルは、敷地前面の港湾施設の影響を考慮した予測計算を行うために、深浅測量による詳細な海底地形図等※を用いて作成した。

※G領域の地形データ：海底地形データ：深浅測量データ（平成29年測量），陸域地形データ：航空レーザー測量による0.5mメッシュデータ（平成25年測量）



港湾の防波堤等の取扱い (1 / 2)

・ 数値シミュレーションは、港湾の防波堤等がある状態で実施することを基本とする。



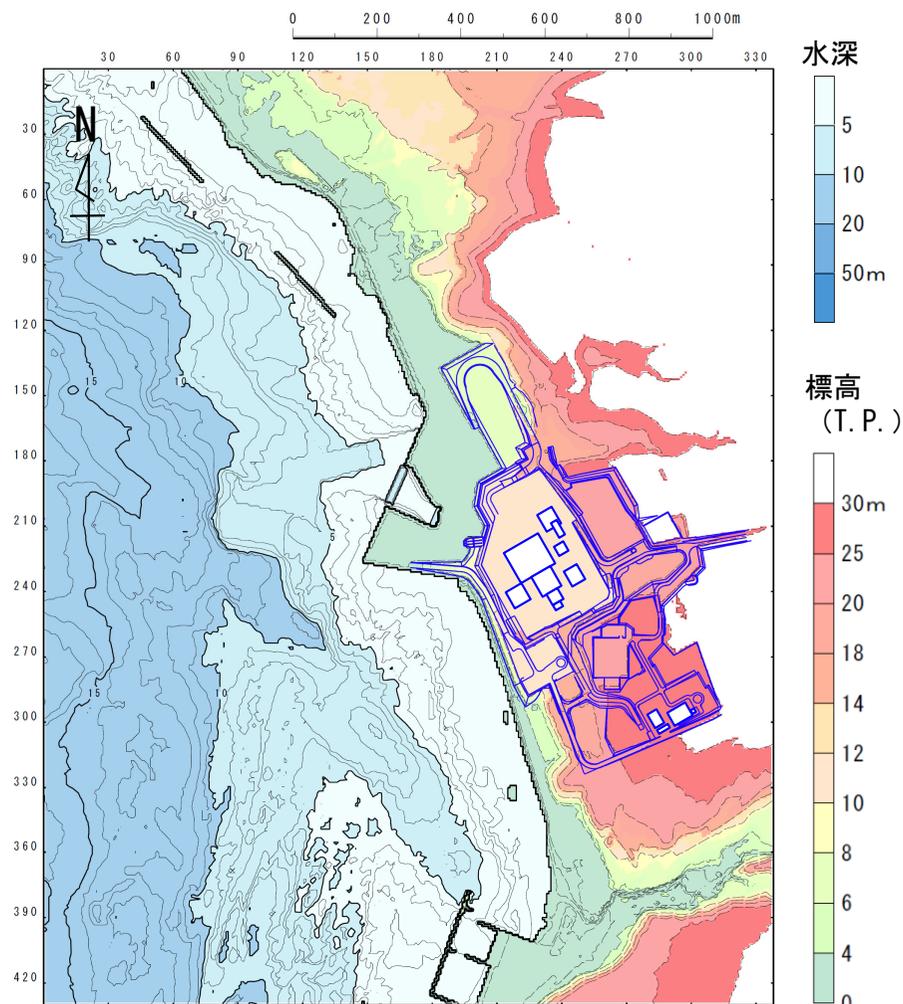
※1 : T.P. -11.6mから水中放水

港湾の防波堤等位置図



港湾の防波堤等の取扱い (2 / 2)

「6-1. 防波堤等の影響検討」において考慮する港湾の防波堤等がない場合に用いる地形モデルは以下のとおり。

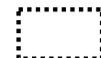


港湾の防波堤等なしの地形モデル

(余白)

目次

1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (1/10)



再現性評価の検討方針

第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-2再掲

- 基準津波の策定に係る数値シミュレーションを行う前提として、計算手法、地形モデル等の妥当性を確認するため、既往津波高と数値シミュレーションにより計算される津波高（以下「計算津波高」という。）との比較により、既往津波の再現性を確認した。
- 対象とする既往津波は、既往津波高の信頼性や文献調査で得られた津軽海峡沿岸及び敷地への影響を考慮して以下の津波を選定した。
 - 既往津波高の信頼性が高く敷地への影響が最大級である津波：①1993年北海道南西沖地震津波
 - 日本海側近地津波：②1741年渡島大島火山津波※1
 - 太平洋側近地津波：③1856年青森県東方沖地震津波※1
 - 遠地津波：④1960年チリ地震津波※1
- 再現性の評価の指標としては、相田（1977）による、既往津波高と計算津波高との比から求める幾何平均値K及びバラツキをあらわす幾何標準偏差 κ を用いた。

※1：②～④は、文献調査の結果、津軽海峡沿岸及び敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる各海域の既往津波

■相田（1977）による幾何平均値と幾何標準偏差

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

ここで、

R_i ：i番目の地点の観測値（既往津波高）

H_i ：計算値（計算津波高）

n ：既往津波高の個数

再現性の目安（土木学会（2016））

$$0.95 < K < 1.05, \quad \kappa < 1.45$$

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (2/10)

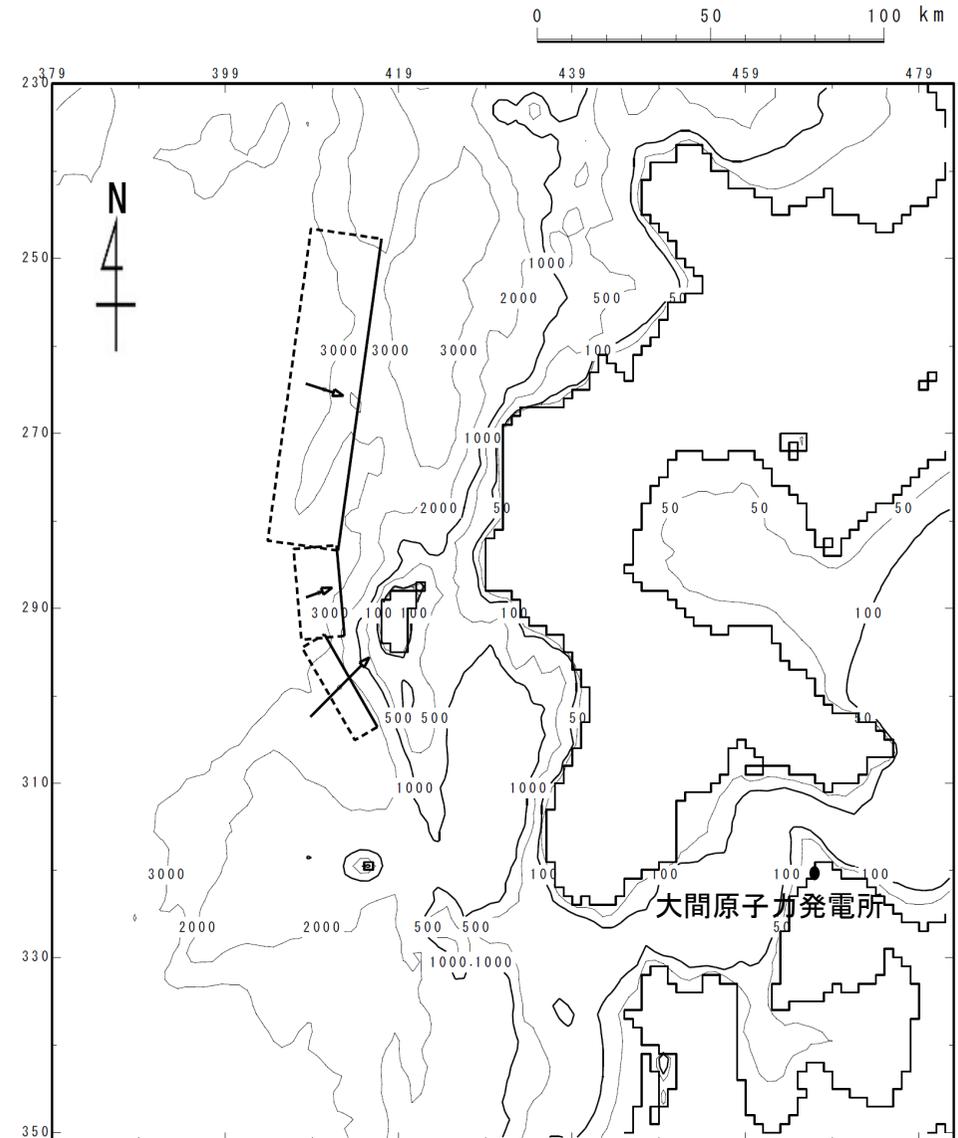
①1993年北海道南西沖地震津波 (1/2) : 波源モデル

第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-3再掲

- 数値シミュレーションの計算手法，地形モデル等の妥当性を確認するため，既往津波高の信頼性が高く敷地への影響が最大級である1993年北海道南西沖地震津波を対象とし，同津波高の再現性が良好とされる高橋ほか（1995）DCRC-26モデルを用いた再現計算を実施した。

波源モデルのパラメータ

| 項目 | 諸元 | | |
|-------------------------------|-----------------------|------|-------|
| | 北側 | 中央 | 南側 |
| モーメントマグニチュード M_w | 7.8 | | |
| 長さ L (km) | 90 | 26 | 30.5 |
| 幅 W (km) | 25 | 25 | 15 |
| すべり量 D (m) | 5.71 | 4.00 | 12.00 |
| 剛性率 μ (N/m ²) | 3.5×10^{10} | | |
| 地震モーメント M_0 (N・m) | 7.33×10^{20} | | |
| 走向 θ (°) | 188 | 175 | 150 |
| 上縁深さ d (km) | 10 | 5 | 5 |
| 傾斜角 δ (°) | 35 | 60 | 60 |
| すべり角 λ (°) | 80 | 105 | 105 |
| ライズタイム τ (s) | 0 | | |



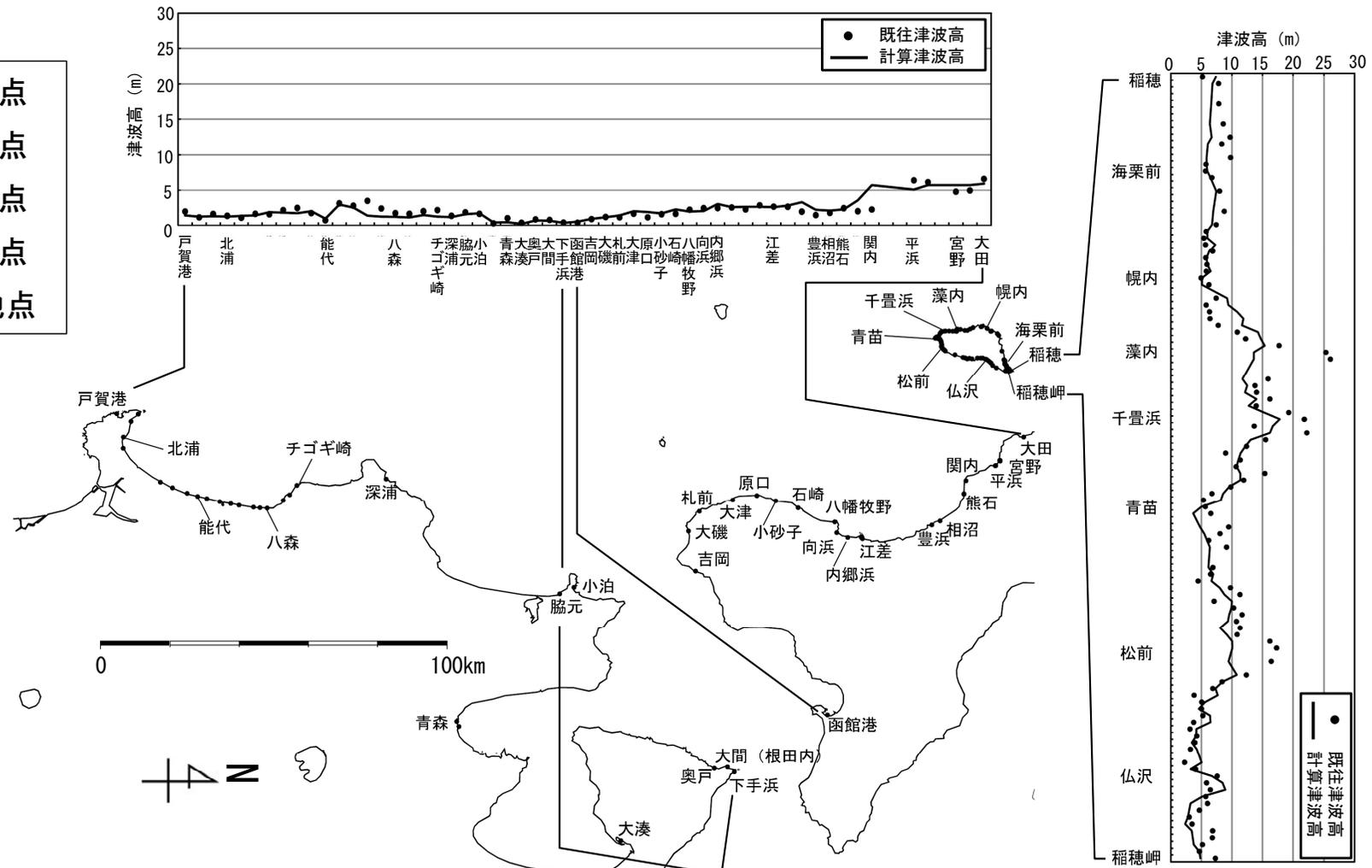
1993年北海道南西沖地震津波波源モデル

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (3 / 10)

第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-4再掲

①1993年北海道南西沖地震津波 (2 / 2) : 再現性評価結果

- 北海道南部沿岸 : 27地点
 - 奥尻島 : 98地点
 - 青森県沿岸 : 9地点
 - 秋田県北部沿岸 : 19地点
- 計 : 153地点



既往津波高と計算津波高の比較

数値シミュレーションによる検証結果は、 $K=1.049$, $\kappa=1.38$ ($n=153$) であり、既往津波の再現性は良好であると判断される。

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (4 / 10)

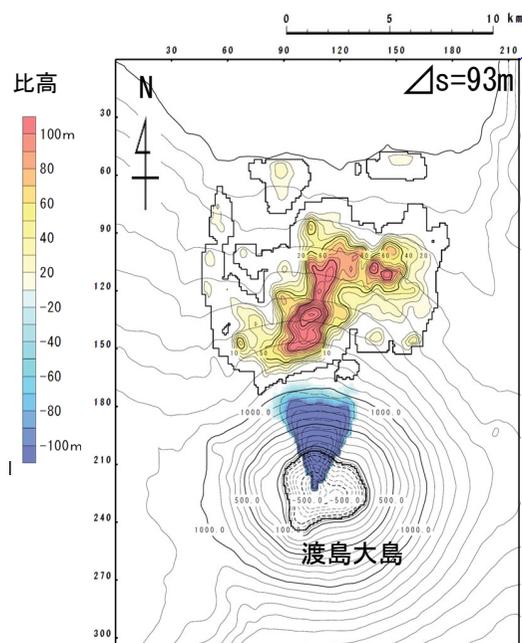


②1741年渡島大島火山津波 (1 / 2) : 波源モデル

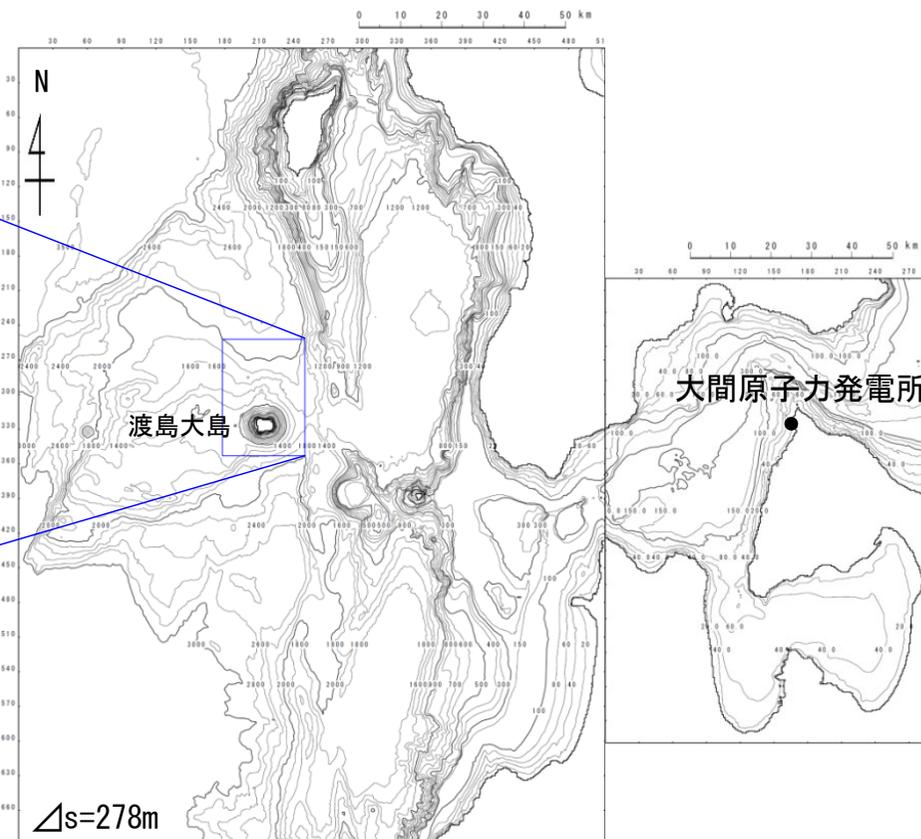
第1023回審査会合

資料1-1 P.2.2-5再掲

- 1741年渡島大島火山津波の波源モデルは、Satake (2007) のkinematic landslideモデル (水平移動速度 U : 40m/s, 比高変位継続時間 T : 120s) を採用した。



Satake (2007) に基づく比高分布



解析領域図

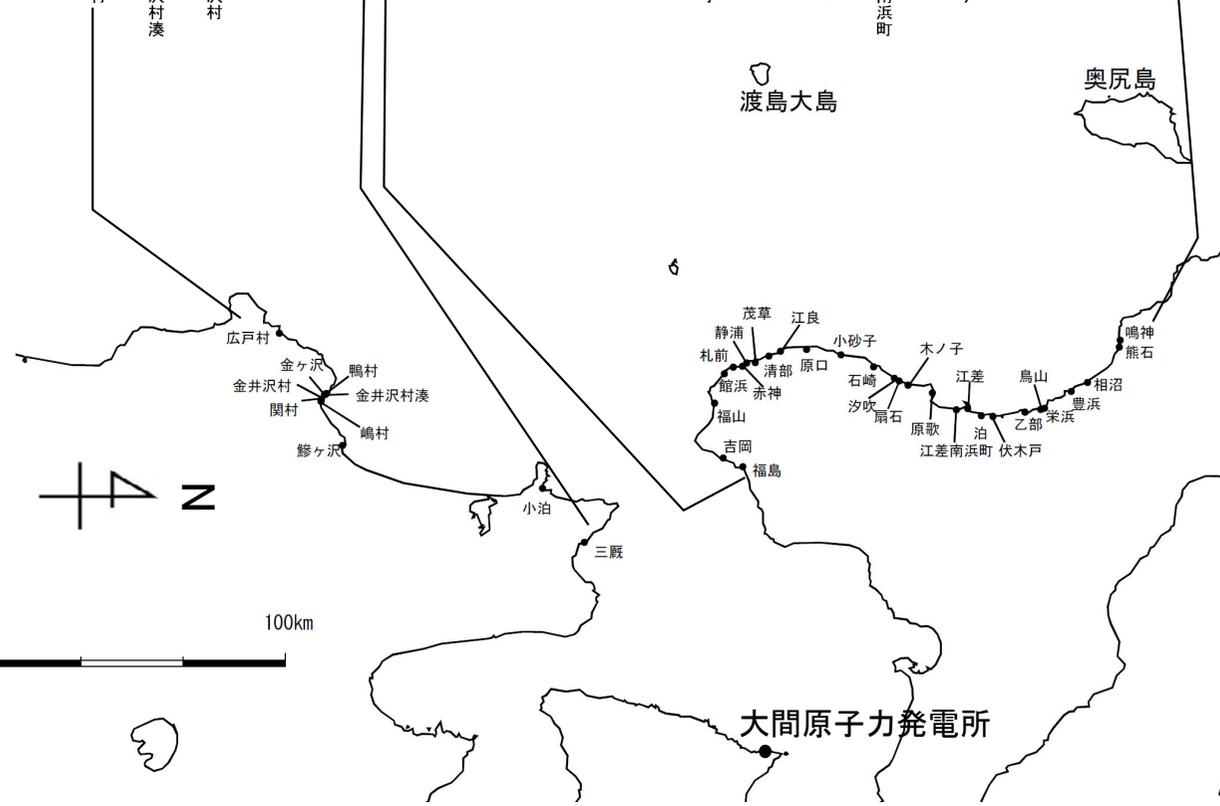
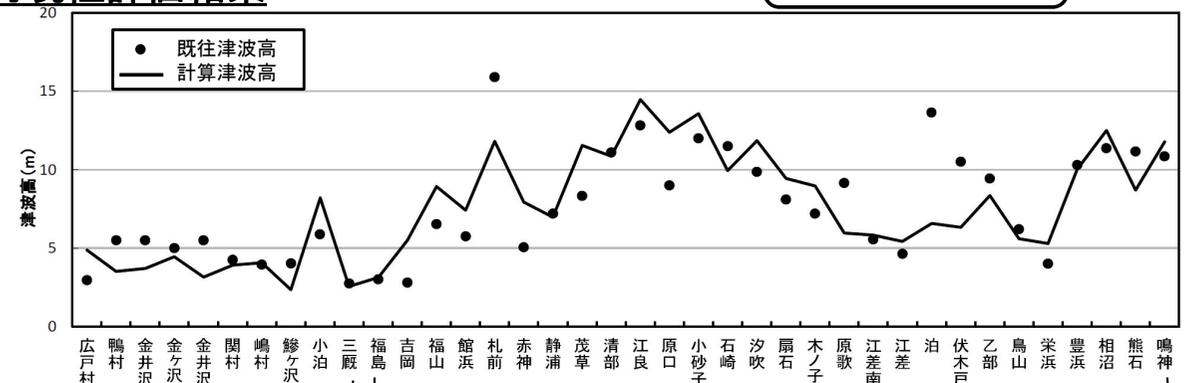
2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (5 / 10)



第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-6再掲

②1741年渡島大島火山津波 (2 / 2) : 再現性評価結果

- 北海道南部沿岸 : 28地点
- 青森県沿岸 : 10地点
- 計 : 38地点



既往津波高と計算津波高の比較

数値シミュレーションによる検証結果は、 $K=1.00$, $\kappa=1.37$ ($n=38$) であり、既往津波の再現性は良好であると判断される。

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (6 / 10)

③1856年青森県東方沖地震津波 (1 / 2) : 波源モデル

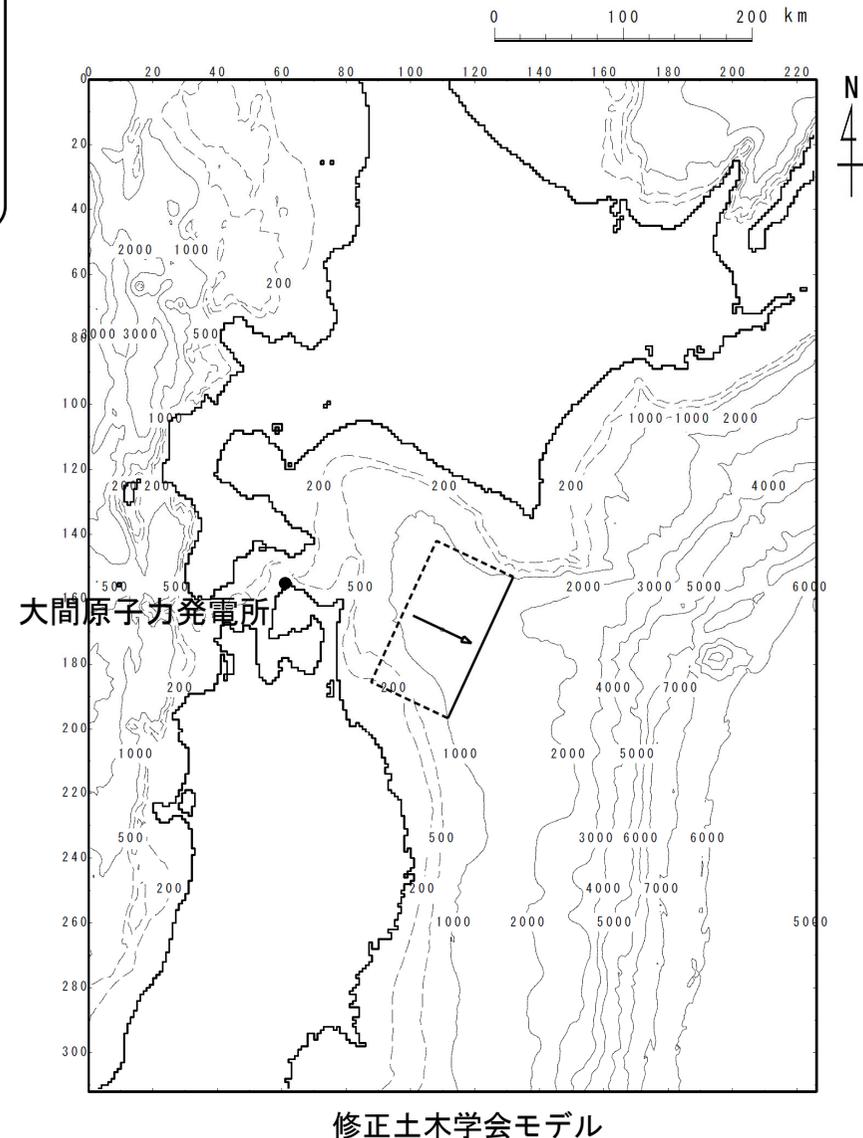
第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-7再掲

- 1856年青森県東方沖地震津波の波源モデルは土木学会 (2002) で津波痕跡高との比較を実施している断層モデルを基本とし、既往津波高を良好に再現するようすべり量を修正したモデル (以下「修正土木学会モデル」という。) を採用した。

波源モデルのパラメータ

| 項目 | 諸元 |
|-------------------------------|---|
| モーメントマグニチュード M_w | 8.35 (8.28) |
| 長さ L (km) | 120 |
| 幅 W (km) | 70 |
| すべり量 D^{*1} (m) | 10.0 (7.8) |
| 剛性率 μ (N/m ²) | 5.0×10^{10} |
| 地震モーメント M_0 (N・m) | 4.20×10^{21} (3.28×10^{21}) |
| 走向 θ (°) | 205 |
| 上縁深さ d (km) | 26 |
| 傾斜角 δ (°) | 20 |
| すべり角 λ (°) | 90 |
| ライズタイム τ (s) | 60 |

※1 : 土木学会 (2002) のすべり量を修正して設定。
(): 修正前の値。



修正土木学会モデル

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (7/10)

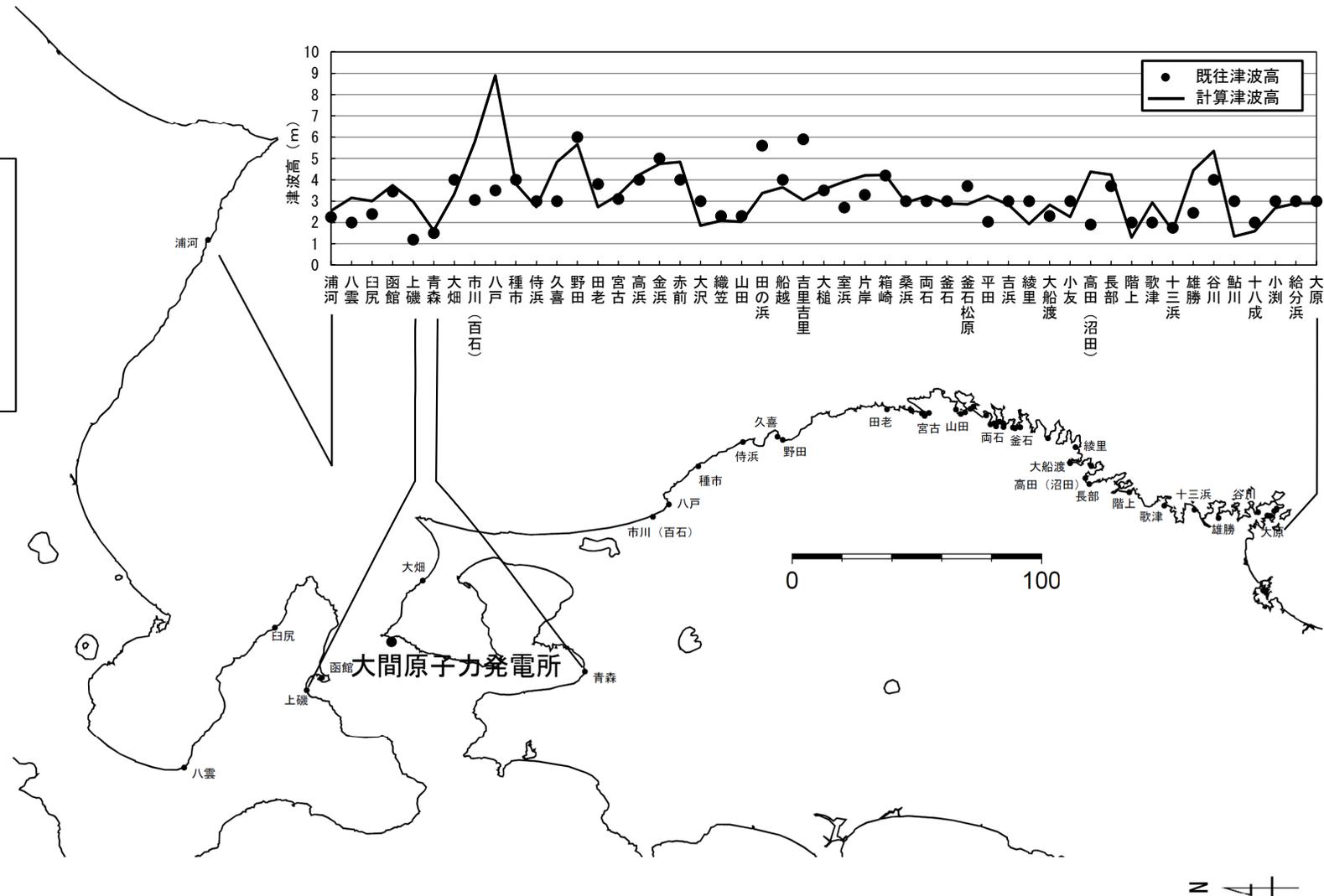


③1856年青森県東方沖地震津波 (2/2) : 再現性評価結果

第1023回審査会合

資料1-1 P.2.2-8再掲

- 北海道南部沿岸 : 5地点
 - 青森県沿岸 : 4地点
 - 岩手県沿岸 : 27地点
 - 宮城県沿岸 : 13地点
- 計 : 49地点



既往津波高と計算津波高の比較

数値シミュレーションによる検証結果は、 $K=0.96$ 、 $\kappa=1.447$ ($n=49$) であり、既往津波の再現性は良好であると判断される。

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (8/10)

第1023回審査会合

資料1-1 P. 2. 2-9再掲

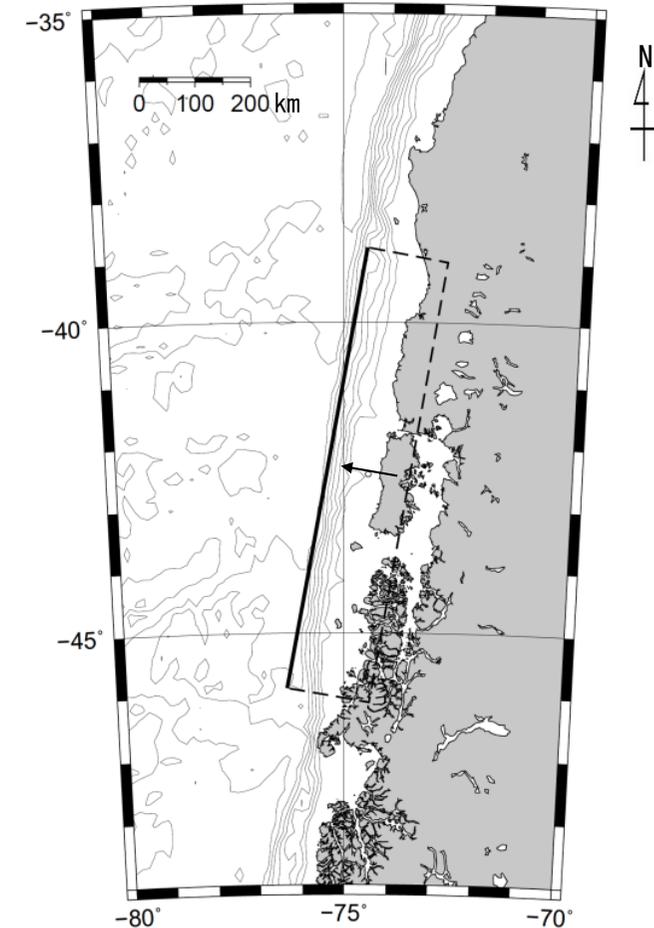
④1960年チリ地震津波 (1/2) : 波源モデル

- 1960年チリ地震津波の波源モデルはKanamori and Cipar (1974) の波源モデルを基本とし、既往津波高を良好に再現するよう幅とすべり量を修正したモデル (以下「修正K&Cモデル」という。) を採用した。

波源モデルのパラメータ

| 項目 | 諸元 |
|-------------------------------|---|
| モーメントマグニチュード M_w | 9.43 (9.46) |
| 長さ L (km) | 800 |
| 幅 W^* (km) | 150 (200) |
| すべり量 D^* (m) | 28.8 (24.0) |
| 剛性率 μ (N/m^2) | 5.0×10^{10} |
| 地震モーメント M_0 ($N \cdot m$) | 1.73×10^{23} (1.92×10^{23}) |
| 走向 θ ($^\circ$) | 10 |
| 上縁深さ d (km) | 1 |
| 傾斜角 δ ($^\circ$) | 10 |
| すべり角 λ ($^\circ$) | 90 |
| ライズタイム τ (s) | 0 |

※: Kanamori and Cipar (1974) の幅及びすべり量を修正して設定。
(): 修正前の値。



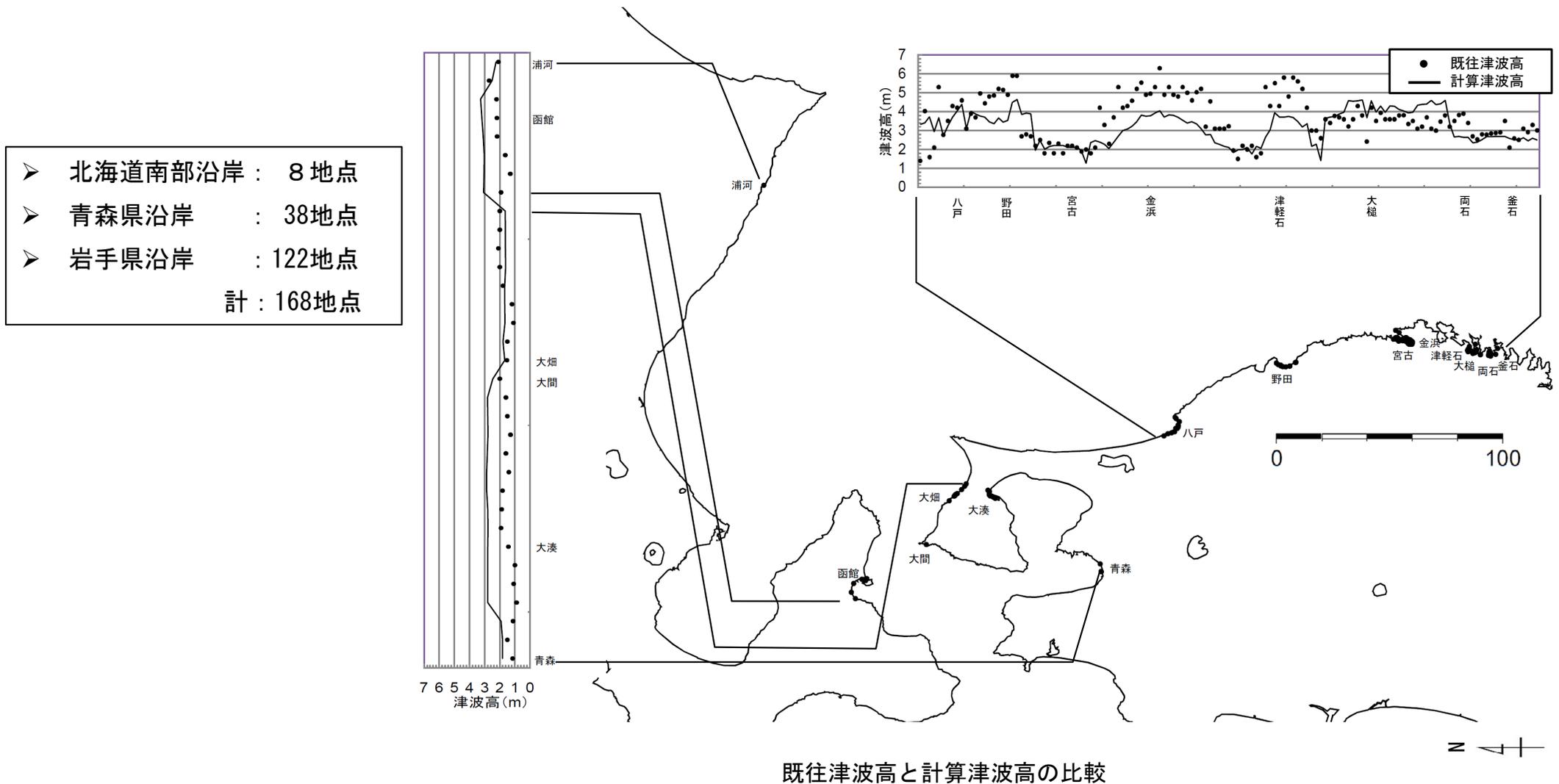
修正K&Cモデル

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討 (9/10)



④1960年チリ地震津波 (2/2) : 再現性評価結果

第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-10再掲



数値シミュレーションによる検証結果は、 $K=1.00$, $\kappa=1.43$ ($n=168$) であり、既往津波の再現性は良好であると判断される。

2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討（10/10）



まとめ

第1023回審査会合
資料1-1 P.2.2-11再掲

- 既往津波高と計算津波高を比較した結果は、下表のとおりである。
- いずれの既往津波に対しても、再現性の目安を満たしていることから、再現性は良好であり計算手法、地形モデル等の妥当性が確認できた。

| 既往津波 | K 幾何平均値 | κ 幾何標準偏差 | n 既往津波高の個数 |
|-----------------|---------|-----------------|------------|
| 1993年北海道南西沖地震津波 | 1.049 | 1.38 | 153 |
| 1741年渡島大島火山津波 | 1.00 | 1.37 | 38 |
| 1856年青森県東方沖地震津波 | 0.96 | 1.447 | 49 |
| 1960年チリ地震津波 | 1.00 | 1.43 | 168 |

再現性の目安（土木学会（2016））

$$0.95 < K < 1.05, \quad \kappa < 1.45$$

(余白)

目次

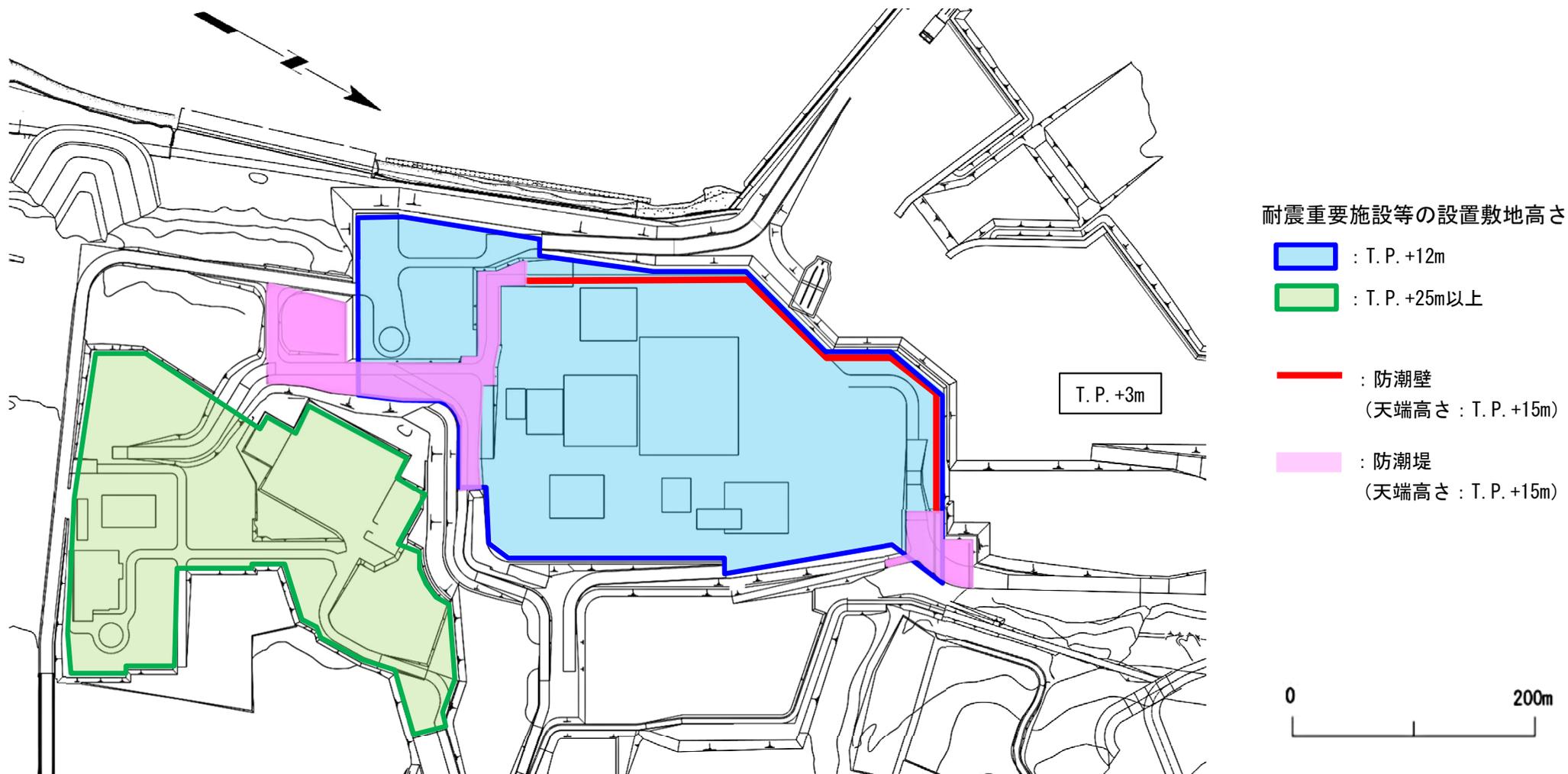
1. 既往津波等の検討
 - 1-1. 既往津波の文献調査
 - 1-2. 津波堆積物調査
 - 1-3. 行政機関による既往評価の整理
 - 1-4. 既往津波等の検討のまとめ
2. 数値シミュレーション
 - 2-1. 津波の計算条件
 - 2-2. 数値シミュレーションモデルの妥当性検討
 - 2-3. 敷地及び敷地付近における評価方針
3. 地震による津波
 - 3-1. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 3-2. 三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-2-1. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 3-2-2. 内閣府(2020)モデルによる津波
 - 3-2-3. 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
 - 3-3. チリ沖に想定される地震に伴う津波
 - 3-4. 海域活断層に想定される地震に伴う津波
 - 3-5. 地震による津波のまとめ
4. 地震以外の要因による津波
 - 4-1. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 4-2. 海底地すべりに起因する津波
 - 4-3. 火山現象に起因する津波
 - 4-4. 地震以外の要因による津波のまとめ
5. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 5-1. 組合せ対象候補の抽出
 - 5-2. 津波発生要因の組合せ
6. 基準津波の策定
 - 6-1. 防波堤等の影響検討
 - 6-1-1. 地震による津波
 - 6-1-2. 地震以外の要因による津波
 - 6-1-3. 津波発生要因の組合せ
 - 6-2. 基準津波の選定
 - 6-3. 基準津波選定結果の検証
 - 6-3-1. 既往津波との比較
 - 6-3-2. 行政機関による既往評価との比較
7. 基準津波

 : 本資料の掲載範囲

 : 本資料での主なご説明範囲

耐震重要施設等の設置箇所

- ・耐震重要施設等が設置されるのは、T.P. +12m及びT.P. +25m以上の敷地である。
- ・なお、耐震重要施設等が設置されるT.P. +12mの敷地には、自主対策として高さ3mの防潮壁または防潮堤を設置する。



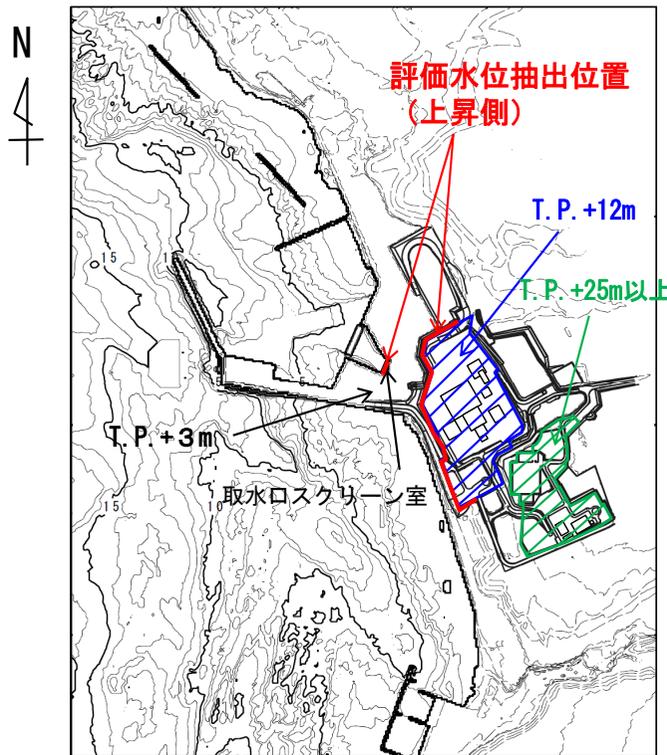


敷地における津波水位評価位置の考え方

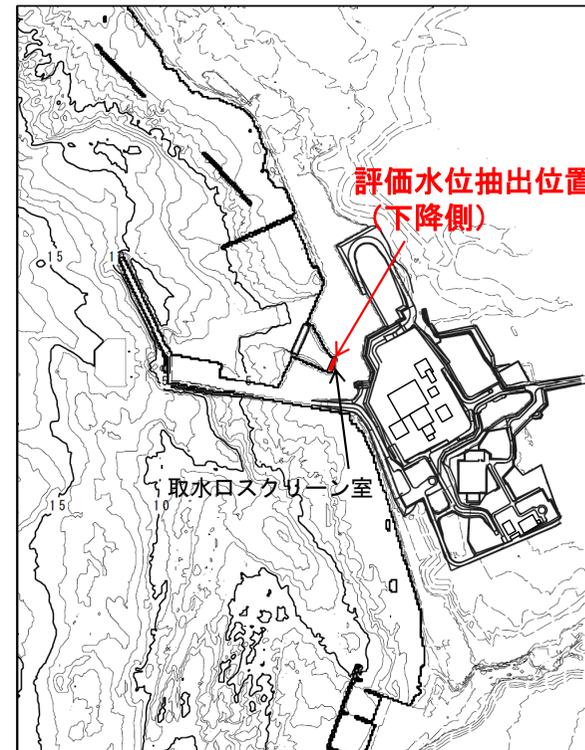
- 津波による水位変動に対する敷地の安全性を評価する際には、津波による水位上昇に対して耐震重要施設等が設置される敷地に津波が到達しないこと、また、津波による水位下降に対して原子炉補機冷却水が十分に確保されることを評価する必要がある。このため、下記により評価水位抽出位置を設定する。

【評価水位抽出位置（上昇側）】：耐震重要施設等が設置される敷地（T.P. +12m及びT.P. +25m以上）の安全性に影響を与える可能性のある津波水位を抽出するため、T.P. +12mの敷地の前面に位置を設定
また、T.P. +3mの敷地へ遡上しない津波に対しては、取水口スクリーン室前面に位置を設定

【評価水位抽出位置（下降側）】：取水路からの原子炉補機冷却水の取水確保を評価するために取水口スクリーン室前面に位置を設定



評価水位抽出位置（上昇側）



評価水位抽出位置（下降側）

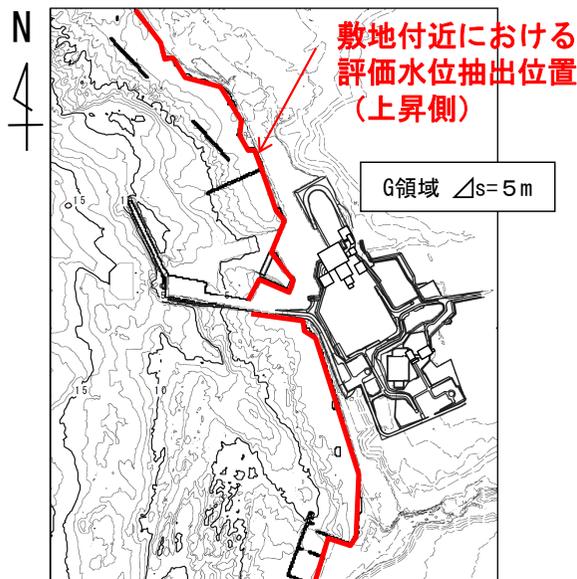
敷地における津波水位評価位置





敷地へ及ぼす影響の大きな波源域選定の考え方

- 敷地における津波水位を評価する前提として、敷地へ及ぼす影響の大きな波源域を選定する際に数値シミュレーション結果を用いて検討する場合には、下記により評価水位抽出位置（上昇側）を設定した上で検討する。
 - ✓ 敷地へ及ぼす影響の大きな海域の波源域を選定する際には、耐震重要施設等が設置される敷地に津波が到達しないことを確認する必要があるが、敷地のみでの検討だけでは、不確かさの検討によって敷地へ及ぼす影響の逆転現象が生じて波源域選定を誤る可能性を否定しきれない。したがって、津波による敷地付近沿岸への影響を大局的に把握することが有効であるため、敷地のみならず敷地付近をも含めた評価水位抽出位置を設定して検討する。
 - ✓ 検討手順は以下のとおり。
 - 敷地付近の津波水位評価として、敷地を含めた南北約2kmの範囲（G領域）における汀線に沿って、評価水位抽出位置を設定し、それぞれの波源域からの津波の水位上昇量を示す。
 - また、敷地の津波水位評価として敷地の評価水位抽出位置におけるそれぞれの波源域からの津波の水位上昇量を示す。
 - 比較対象の波源域で、敷地付近及び敷地において全ての水位が上回る場合には、その領域を選定する。一方、敷地付近に及ぼす影響が大きな波源域に対して、敷地の水位が上回る領域がある場合には、前者を敷地へ及ぼす影響の大きな領域として選定する一方で、後者を影響検討用の波源域として扱う。

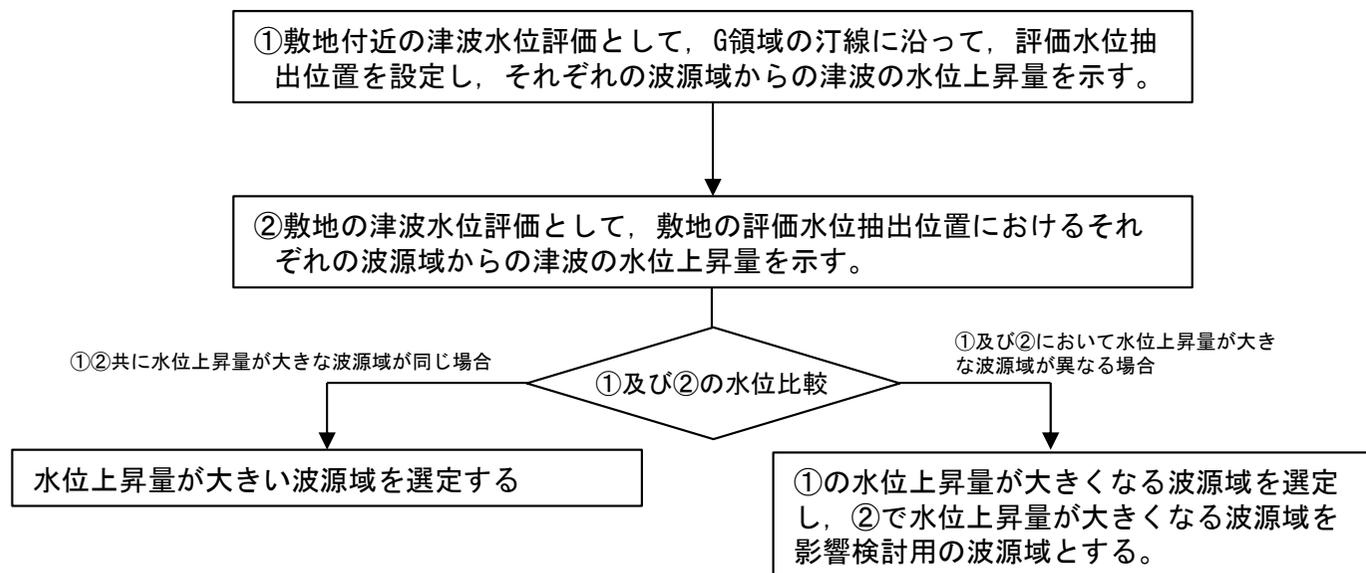


評価水位抽出位置（上昇側）

敷地付近における津波水位評価位置



敷地へ及ぼす影響の大きな波源域の選定 検討手順



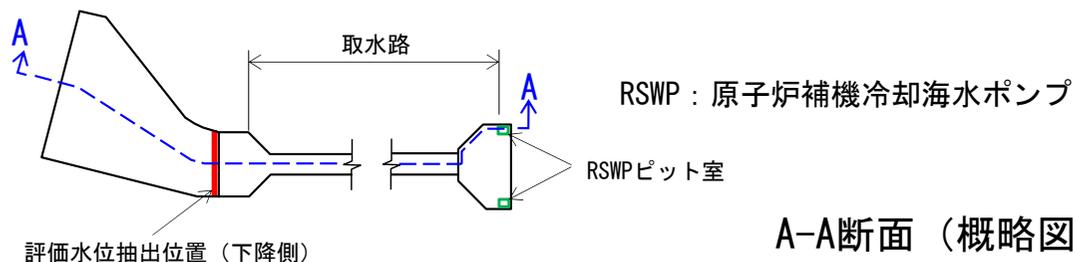


評価水位抽出位置と取水設備との関係

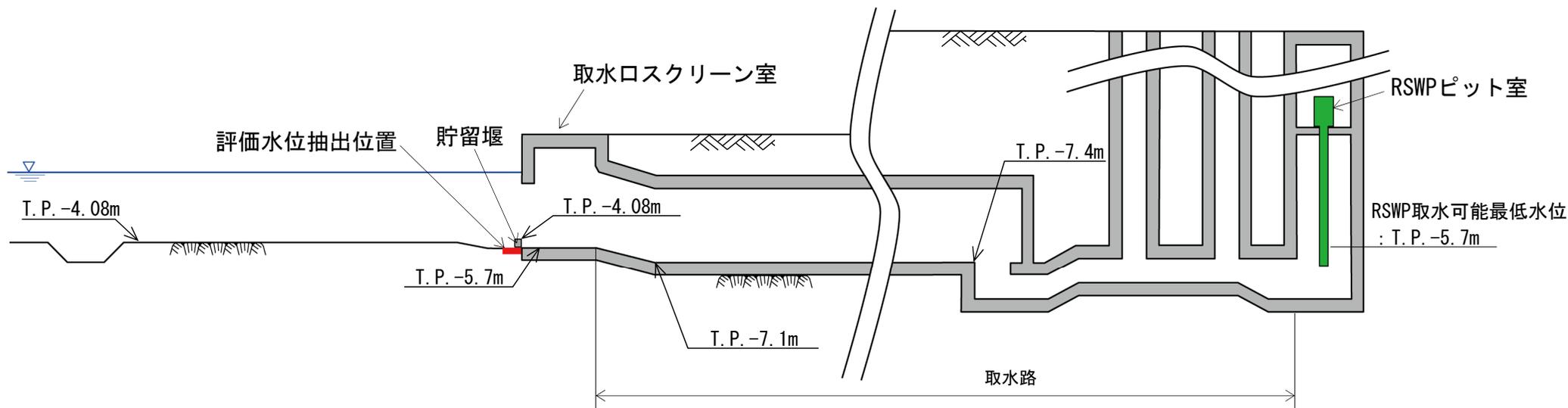
- ・ 取水路からの原子炉補機冷却水の取水確保を評価するために、取水口スクリーン室前面を評価水位抽出位置とする。
- ・ 原子炉補機冷却水の取水確保の評価については、「6-2. 基準津波の選定」において、海水貯留量（約6,600m³）に対する原子炉補機冷却海水ポンプ（RSWP, 取水量毎秒3m³）の運転可能時間と津波が貯留堰天端高さを下回る継続時間を比較することにより実施する。なお、この際RSWP以外の循環水ポンプ及びタービン補機冷却海水ポンプは、稼働していない状況である※。

※: 津波による水位低下時には、循環水ポンプ及びタービン補機冷却海水ポンプは手動停止しており、RSWPは全6台稼働する。

平面（概略図）



A-A断面（概略図）



注：基準津波の最低水位に対し、原子炉補機冷却水を常時取水できるように貯留堰を設置する。

(余白)