資料3－1

大間原子力発電所
基準津波策定のうち
地震による津波について
（コメント回答）

２０２１年７月３０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）

（余白）

指摘事項（1／5）

本資料でご説明　次回以降ご説明　ご説明済み

・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
S5-12	共通事項	第467回会合（H29.5.12）	津波シミュレーションに用いる海底地形図について，平成8年の深浅測量結果を用いたと記載されているが，その後の地形変化の状況を確認し，最新の地形にするなど，適切に対応すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-1	共通事項	第446回会合（H29.2.24）	敷地で評価すべきラインに対して最も影響のある波源パラメータを抽出する観点から，評価水位抽出位置をライン状に設定した津波の水位分布も示すこと。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-4	日本海東縁部	第446回会合（H29.2.24）	日本海東縁部の波源モデルのパラメータスタディについて，アスペリティ位置については，更に細かく移動させたパラメータスタディを行い，最も影響がある位置となっているかを確認したうえで，敷地に最も影響があるパラメータを抽出していることを説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-3	日本海東縁部	第446回会合（H29.2.24）	日本海東縁部の波源モデル設定において，すべり量を12mと設定した妥当性を確認するため，Moを先に設定してすべり量を算出する等の他の方法による波源モデル設定についても検討し，すべり量の妥当性を説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-27	日本海東縁部	第553回会合（H30.3.2）	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に関して，説明性向上の観点から，日本海沿岸において，大間地点で最高水位及び最低水位となるケースの計算津波高と，津波痕跡高及び根本ほか(2009)の再現計算津波高とを比較すること。	平成30年9月21日第627回審査会合でご説明済み
S5-40	日本海東縁部	第868回会合（2020.6.19）	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の想定波源域の設定，及び基準波源モデルの設定について，地震調査研究推進本部（2003）や土木学会(2016)等の文献を引用するだけでなく，以下の内容を含めて申請者の考え方を整理するとともに，資料構成を再整理すること。	2021年4月2日第962回審査会合でご説明済み
			なお，太平洋側のプレート間地震の検討波源についても同様に適宜修正すること。	本編資料P.2.3.1-4，P.2.3.1-5 P.2.3.1-11，P.2.3.1-12
			・日本海東縁部の地震は，東西圧縮場という中で起こっている特殊な地震であり変動幅があることを踏まえ，日本海東縁部の特性について整理。	2021年4月2日第962回審査会合でご説明済み
			・日本海東縁部に想定される地震の検討に際して，地下構造の考慮と端部設定の根拠，その上で想定波源域を南北340km，東西50kmとし設定した理由。	
			・設定した波源モデルにおいて8ケースの断層面を考えた理由，及び断層傾斜角・傾斜方向設定の考え方。	
			・根本ほか(2009)のアスペリティモデルを採用した理由，及びこのアスペリティモデルであれば保守性を担保できるとした理由，並びに最大すべり量を12mに設定した根拠。	
			・大角ほか(2018)等，前回の審査会合以降の新たな文献を確認のうえ，敷地への影響を踏まえて整理。	
S5-41	日本海東縁部	第868回会合（2020.6.19）	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の，想定波源域を考慮のうえ設定する基準波源モデルを対象に行う不確かさの検討について，以下を考慮のうえパラメータスタディ実施の要否も含めて整理表を作成のうえ説明すること。	2021年4月2日第962回審査会合でご説明済み
			・ライズタイムについて，パラメータスタディを実施しない理由。	
			・概略パラスタにおいて，南部のみにアスペリティを配置したケースを実施した理由。	
			・詳細パラスタにおいて，断層上縁深さ5km以深のケースを実施しない理由。	
S5-49	日本海東縁部	第962回会合（2021.4.2）	想定波源域設定のうち，南北方向の設定について，東西方向と同様に深さ方向も含めたものであるなら，その旨分かるように記載を適正化すること。	本編資料P.2.2-18，P.2.2-20，P.2.2-29

指摘事項(2／5)

本資料でご説明　次回以降ご説明　ご説明済み

・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
S5-50	日本海東縁部	第962回会合(2021.4.2)	設定した傾斜方向・傾斜角の検討パターンのうち，想定波源域からはみ出すパターンについて，津波評価上，保守側の設定になると記載されている。具体的に何に対して保守側の設定となっているのか，記載を充実させること。	本編資料P.2.2-31
S5-5	三陸沖から根室沖	第446回会合（H29.2.24）	三陸沖から根室沖の波源モデルのパラメータスタディについて，敷地に最も影響があるパラメータを抽出しているかを確認すること。超大すべり域を南端とする等のパラメータスタディを行い，固有周期との関係も分析して，最も影響がある位置となっているかを説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-6	三陸沖から根室沖	第446回会合（H29.2.24）	三陸沖から根室沖の波源モデルの妥当性について確認する必要がある。北東端については，納沙布断裂帯が破壊のバリアとの説明であるが，地震学的知見，測地学的知見等のデータを補強し，検討すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-7	三陸沖から根室沖	第446回会合（H29.2.24）	三陸沖から根室沖の波源モデルのうち，大すべり域と超大すべり域のすべり量について，基本すべり量に対してそれぞれ2倍，4倍とした妥当性を説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-8	三陸沖から根室沖	第446回会合（H29.2.24）	三陸沖から根室沖ではM9クラスの地震による津波の知見がないため，波源モデルの妥当性の確認がポイントとなる。ガイドに記載された検討事例や，杉野ほか(2014)のように広域的な津波の再現性が確認された知見を参照し，その妥当性を説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-9	三陸沖から根室沖	第446回会合（H29.2.24）	三陸沖から根室沖の波源モデルについて，分岐断層をどのように反映しているのか説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-28	三陸沖から根室沖	第553回会合（H30.3.2）	三陸沖北部から根室沖に想定されるプレート間地震に伴う津波に関して，事業者が独自に設定した基準波源モデルのパラメータが，東北地方太平洋沖地震の津波痕跡高を再現することを確認する等により，基準波源モデルの設定手順の妥当性を示すこと。	平成30年9月21日第627回審査会合でご説明済み
S5-29	三陸沖から根室沖	第553回会合（H30.3.2）	基準波源モデルを"選定する妥当性"を説明すること。例えば，三陸沖北部から根室沖に想定されるプレート間地震に伴う津波の検討の際には，津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において，複数の基準波源モデルによる計算津波高と，過去の津波による痕跡高との比較等を示すこと。なお，その際，大すべり域，超大すべり域の位置関係等が分かるように，波源モデル図を重ねた図も提示すること。	平成30年9月21日第627回審査会合でご説明済み
S5-30	三陸沖から根室沖	第627回会合（H30.9.21）	「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手順及び考え方のフロー図において，基準波源モデル①及び②の設定にあたり3.11地震による津波の再現性をどのように反映したのかを示し，基準波源モデル③～⑥との関連性を含め基準波源モデル①及び②の妥当性を説明すること。	2021年2月19日第949回審査会合でご説明済み
S5-31	三陸沖から根室沖	第627回会合（H30.9.21）	基準波源モデル③，④の策定に関わり，「宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル」に対する，3.11地震による津波の再現性確認を，4地点の観測波形等で実施したとしているが，これらによりどのように再現性があると判断したのかを説明すること。	2021年2月19日第949回審査会合でご説明済み
S5-32	三陸沖から根室沖	第627回会合（H30.9.21）	「三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波」に関して，津軽海峡開口部付近の沿岸における計算津波高について，基準波源モデル①及び②と，基準波源モデル⑥とを比較できるように提示し，基準波源モデル①及び②が大間独自のモデルとして設定されている位置付けを説明すること。	2021年2月19日第949回審査会合でご説明済み
S5-33	三陸沖から根室沖	第627回会合（H30.9.21）	「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⑥に関して，3.11地震の津波に対して広域の津波特性を考慮した特性化モデルでは1つとなっている大すべり域を，三陸沖から根室沖の波源を設定する際に2つに分割するとした考え方，妥当性について説明すること。また，合わせて面積比率の考え方も説明すること。	2021年2月19日第949回審査会合でご説明済み

指摘事項(3／5)

本資料でご説明　次回以降ご説明　ご説明済み

・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
S5-34	三陸沖から根室沖	第627回会合（H30.9.21）	「三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波」の各基準波源モデルの設定のフローについて，以下のとおり記載の充実，修正等を行い説明すること。 ・基本すべり量と，平均すべり量との関係について，より記載を充実させること。 ・すべり量，すべり角の設定のうち，すべり量の補正に関する記載，及びすべり角に関する記載について，適切な記載に修正すること。	2021年2月19日第949回審査会合でご説明済み
S5-35	三陸沖から根室沖	第627回会合（H30.9.21）	「三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波」の基準波源モデルの妥当性確認のため，計算津波高と既往津波高との比較に関して，本資料で着目すべき太平洋側の沿岸から津軽海峡入口の範囲とそれぞれの津波高を明示すること。また，基準波源モデル①～⑥による計算津波高が，津軽海峡に入る前にどのような傾向を示すのか，津軽海峡内に入り敷地においてどのような傾向を示すのかを示すこと。	2021年2月19日第949回審査会合でご説明済み
S5-43	三陸沖から根室沖	第949回会合（2021.2.19）	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の設定に関して，以下の知見・文献等を追加し，記載の充実を図ること。	―
			・波源モデル③及び④の大すべり域・超大すべり域の設定根拠となる，青森県東方沖及び岩手県沖北部のすべり域に関する知見・文献。	本編資料P.2..3.1-53～P.2.3.1-68，P.2.3.1-87～P.2.3.1-90
			・波源モデル②※の設定根拠の一つとして，北海道東部沿岸等の津波堆積物が高く分布する位置を考慮した超大すべり域の位置設定の根拠と考え方。	
			・波源モデル①※の大すべり域・超大すべり域の設定根拠となる島弧会合部等の知見・文献，及びパラスタを実施するにあたり十勝沖・根室沖の超大すべり域の位置を西寄りに固定していることの妥当性。	本編資料P.2.3.1-71～P.2.3.1-83，P.2.3.1-101，P.2.3.1-105，P.2.3.1-110
S5-44	三陸沖から根室沖	第949回会合（2021.2.19）	基準波源モデル③及び基準波源モデル④の想定津波群とイベント堆積物及び内閣府（2020）の想定津波群を比較し，基準波源モデル③，④の妥当性を説明すること。	本編資料P.2.3.1-139，P.2.3.1-142
S5-45	三陸沖から根室沖	第949回会合（2021.2.19）	基準波源モデル①※～⑥※の概略パラメータスタディ最大ケースを対象に，動的破壊特性の不確かさを考慮した検討を実施し，水位上昇側及び水位下降側の決定ケースが変わらないことを確認すること。	補足説明資料P4.4-2～P.4.4-17
S5-46	三陸沖から根室沖	第949回会合（2021.2.19）	基準波源モデル①※～⑥※の概略パラメータスタディ結果について，敷地前面における最大水位上昇量の分布に加えて，敷地前面における評価水位抽出位置での比較も示すこと。	本編資料P.2.3.1-139，P.2.3.1-141
S5-47	三陸沖から根室沖	第949回会合（2021.2.19）	基準波源モデル⑤※，⑥※について，「津波工学的な観点に基づくモデル」と位置付けされているが，他のモデルは工学的ではないと誤解を招く恐れがあるので，名称を再考すること。	本編資料P.2.3.1-6
S5-48	三陸沖から根室沖	第949回会合（2021.2.19）	内閣府（2020）の津波波源モデルと国内外で発生したM9クラスの巨大地震の断層パラメータ等の比較から，内閣府（2020）から得られる知見の基準津波への反映方法・位置づけを再整理すること。	本編資料P.2.6-17～P.2.6-21
S5-10	三陸沖	第446回会合（H29.2.24）	海洋プレート内地震による津波の方が，プレート間地震による津波よりも，敷地への影響が本当に小さいことを確認したいので，詳細パラスタを実施すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-11	チリ沖	第446回会合（H29.2.24）	1960年チリ津波の再現モデルについて，K&Cモデルから断層幅とすべり量を修正しているのであれば，修正内容が分かるように追記すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み

※第962回会合までの「基準波源モデル①」は，今回「基準波源モデル⑤」に呼称を変更。同様に②は⑥，⑤は②，⑥は①-1に変更。（P. 2. 3. 1-2参照）

指摘事項(4／5)

本資料でご説明　次回以降ご説明　ご説明済み

・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
S5-26	津波堆積物	第467回会合（H29.5.12）	大間崎東側の後背湿地を，津波堆積物調査対象地点から除く根拠とした調査結果を説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-25	津波堆積物	第467回会合（H29.5.12）	津波堆積物調査のうち，奥戸地点のイベント堆積物を津波堆積物として認定しなかった理由について，どのように層厚を認定したのか等，資料を整理し説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-24	津波堆積物	第467回会合（H29.5.12）	加瀬他(2016)が実施した奥尻島の津波堆積物調査の結果など，申請以降の最新文献についても，どのようなツールを用いて調査を行ったかのプロセスも含め説明すること。	平成30年3月2日第553回審査会合でご説明済み
S5-13	陸上の斜面崩壊	第467回会合（H29.5.12）	佐井エリアの地すべりブロック⑥，⑦，⑧など，近接していても別々の地すべりと評価するのであれば，根拠を充実させる必要があると考えられる。一塊として評価するか否かも含め，再度検討し説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-15	陸上の斜面崩壊	第467回会合（H29.5.12）	検討対象とする地すべり地形として佐井を選定しているが，敷地からの距離，概算体積だけでなく，地すべり地形の傾斜角，すべりの進行方向，水深なども影響すると考えられる。簡易予測式を用いた評価も実施し説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-14	陸上の斜面崩壊	第467回会合（H29.5.12）	二層流モデルを陸上に適用する妥当性という観点から，Kawamata et al.(2005)における既往津波の再現性を説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-16	陸上の斜面崩壊	第467回会合（H29.5.12）	二層流に用いた佐井の崩壊量が過小評価となっていないか確認したいので，崩壊地形の断面をいくつか提示し，地すべり形状が問題ないことを説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-17	海底地すべり	第467回会合（H29.5.12）	P.38の「海底地すべりに起因する津波の検討フロー」において，海底地すべりを一塊として考慮するか否かを判断する際に，崩壊時期が区別できたとしても，必ずしも別々にすべるとは限らない。適切な記載を検討すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-20	海底地すべり	第467回会合（H29.5.12）	津軽海峡内の海底地すべり抽出の際，地形の急傾斜部に地すべり地形は無かったことを確認したいので，海保のM7000シリーズ海底地形データ等の資料を整理のうえ説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-18	海底地すべり	第467回会合（H29.5.12）	検討対象海底地すべり地形の選定について，「地すべり地形の比高・傾斜」，「水深」，「敷地からの距離」等も比較し整理したうえで，説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-19	海底地すべり	第467回会合（H29.5.12）	Ms-2の崩壊量の算出方法について，どのようなプロセスですべり線を設定したのか，また，二層流モデルにおけるモデル化も含めて，より明確なフローを作成し説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-21	海底地すべり	第467回会合（H29.5.12）	海底地すべりのすべり面の設定について，「乱れた地層の下限」，「B層下面」及び「地すべり移動体を確認し設定」するとしており，それぞれ設定の仕方が違っているが，どれが支配的で，どれが多かったのか，音波探査記録の反射面等を用いて説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み

指摘事項（5／5）

本資料でご説明　次回以降ご説明　ご説明済み

・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
S5-22	海底地すべり	第467回会合（H29.5.12）	ハワイ付近の大規模な海底地すべりの影響について，説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-23	火山現象	第467回会合（H29.5.12）	渡島大島山体崩壊に関し，kinematic landslideモデルのパラメータである水平移動速度Uと比高変位継続時間Tについて，二層流モデルの解析値を説明すること。	平成30年6月8日第585回審査会合でご説明済み
S5-36	波源の組合せ	第627回会合（H30.9.21）	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。	2020年6月19日第868回審査会合でご説明 次回以降，再度ご説明
S5-2	共通事項	第446回会合（H29.2.24）	津軽海峡内での津波の伝播では，反射による増幅や山体崩壊による津波等の周期特性による影響を検討する必要がある。津軽海峡内の固有周期を含めて，津軽海峡内の津波の伝播について分析すること。	平成30年9月21日第627回審査会合でご説明済み
S5-37	全般事項	第627回会合（H30.9.21）	波源パラメータの設定の記載等において，原論文として引用した土木学会(2002)と，土木学会(2016)とが混在している。最新の文献である土木学会(2016)に統一するか，あるいは，土木学会(2002)を引用するのであればその理由を記載すること。	2020年6月19日第868回審査会合でご説明済み
S5-38	全般事項	第627回会合（H30.9.21）	防波堤等の有無が津波に与える影響に関して，防波堤が有った方が津波が大きくなるという結論について，各ケースの検討結果をまとめたうえで説明すること。	2020年6月19日第868回審査会合でご説明 本編資料P.2.8-2～P.2.8-14
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，防波堤が有る場合に水位変動量が最大となるケースの波源と，無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，無い場合の波源も組合せの対象として採用すること。	本編資料P.2.8-13，P.2.8-14で一部ご説明

No.	項目	指摘時期	コメント内容	該当箇所
S5-39	津波堆積物	現地調査（H30.11.15）	津波堆積物ボーリングコアに関して，OM-5のリカバリー孔の深度1.5m付近の砂状の堆積物について，堆積物中の礫の状況など再度確認し，イベント堆積物等であるか否か再度検討し説明すること。 また，リカバリー孔についても審査会合資料として説明するとともに，補足説明資料等で該当データを提示すること。	2020年6月19日第868回審査会合でご説明済み

（余白）

本資料の説明骨子

- 本資料では，地震による津波に関する検討について説明する。主な内容は以下のとおり。
  - ✓ 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に係るコメント回答
  - ✓ 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波に係るコメント回答
  - ✓ 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波，チリ沖に想定される地震に伴う津波，海域活断層に想定される地震に伴う津波及び行政機関が想定する波源モデルによる津波，並びに防波堤等の影響検討

注）上記を含めた基準津波の策定に係る検討については，次回以降，他の検討と併せて説明する。

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

第962回審査会合
資料1-1　P.viii一部修正

津波発生要因の選定	検討波源の選定	津波の評価	基準津波の策定	基準津波に対する安全性

【既往津波の検討】

既往津波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。

【地震による津波】

日本海東縁部

三陸沖から根室沖のプレート境界付近

チリ沖のプレート境界付近

海域活断層

＜基準波源モデルの設定＞

【日本海東縁部】
青森県西方沖から北海道南西沖に想定される地震
→ 日本海東縁部で最大規模の1993年北海道南西沖地震津波を再現するモデルを上回る規模の連動とすべりの不均質性を考慮した波源モデルを設定（Mw8.1，8.2）

【三陸沖から根室沖】
■プレート間地震
三陸沖から根室沖に想定される地震
（プレート間地震と津波地震の連動）
→ 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の波源モデルを参考に連動とすべりの不均質性を考慮した波源モデルを設定（Mw9.0）

■海洋プレート内地震
三陸沖の海溝軸沖合に想定される地震
→ 国内外で最大規模の1933年昭和三陸津波を再現するモデルを上回る規模（Mw8.6）を考慮

【チリ沖】
チリ沖に想定される地震
→ 歴史上最大規模の超巨大地震1960年チリ地震津波を再現するモデルを考慮（Mw9.4）

【海域の活断層による地殻内地震】
奥尻海盆東縁断層等の連動など
→ 断層長さから推定津波高を算定する簡易式等により敷地に与える影響はないことを確認

行政機関が想定する波源モデルによる検討

波源特性の不確かさ考慮（ﾊﾟﾗﾒｰﾀｽﾀﾃﾞｨ）

防波堤等の影響検討

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

基準津波の策定

・敷地における最高水位
・取水口ｽｸﾘｰﾝ室前面における最低水位

（参照）

年超過確率

取水性の確保

【地震以外の要因による津波】

陸上の斜面崩壊
→ 敷地周辺斜面部の地形調査に基づき斜面崩壊地形を抽出
→ 佐井エリアに波源モデルを設定（V＝0.08km^3）

海底地すべり
→ 敷地周辺海域の海底地形調査に基づき海底地すべり地形を抽出
→ 下北半島西部北東沖に波源モデルを設定（V=0.52km^3）

火山現象
→ 渡島大島の山体崩壊
→ 1741年の崩壊量と同規模の崩壊量を考慮（V=2.1km^3）

複数の手法を用いて評価

防波堤等の影響検討

【地震による津波と地震以外の要因による津波の組合せ】

地震による津波と陸上の斜面崩壊に起因する津波の組合せ
→ 各津波の最大ケースを組合せ
→ 地震：日本海東縁部に想定される地震，内閣府(2020)
陸上斜面崩壊：佐井エリア

目　次

１．　既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．　地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．　地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．　津波発生要因の組合わせに関する検討
５．　基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．　基準津波

：本資料でのご説明範囲

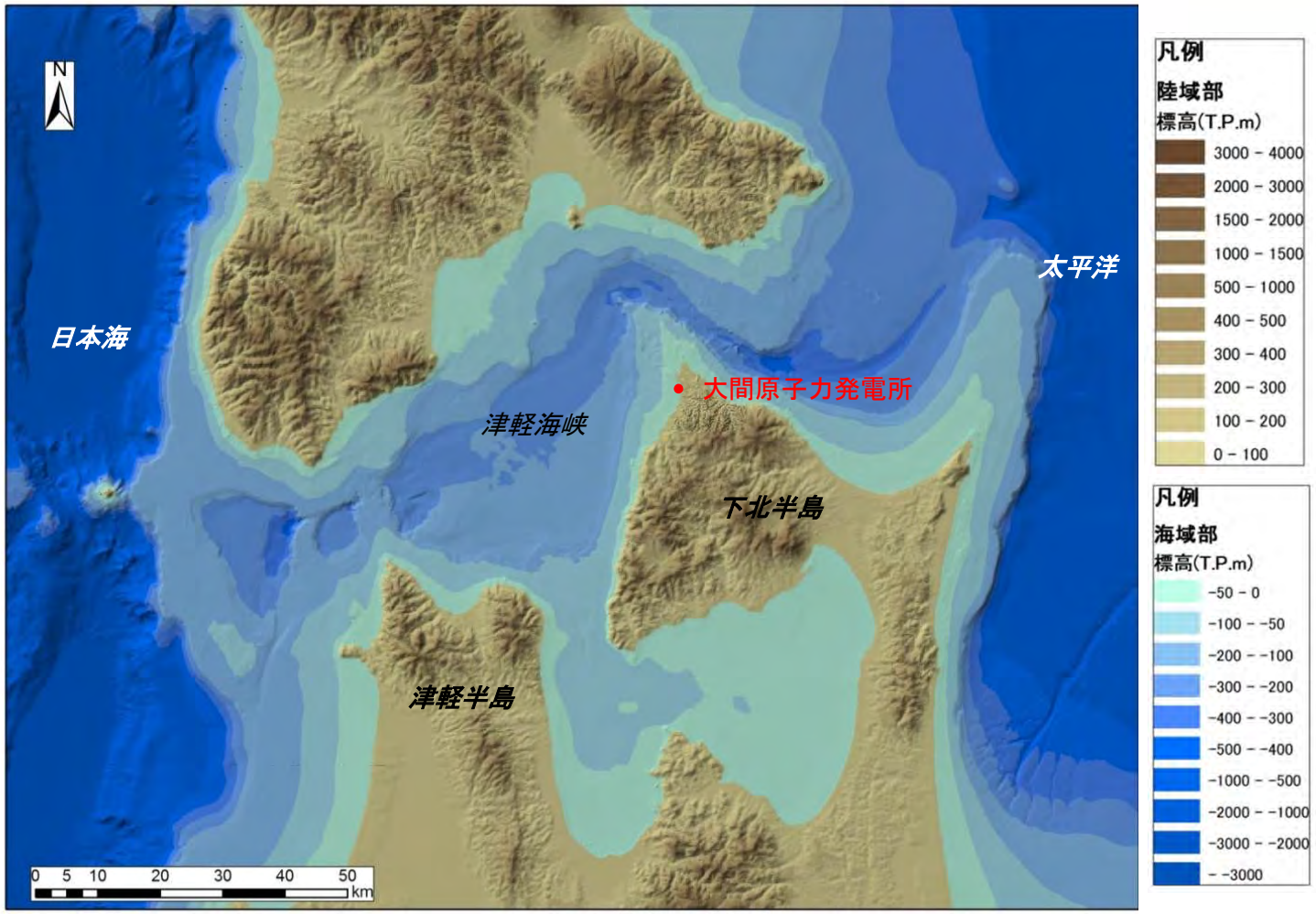
（余白）

目　次

１．既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．津波発生要因の組合わせに関する検討
５．基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．基準津波

：本資料でのご説明範囲

1－1．既往津波の文献調査（１／１５）



大間原子力発電所　位置図

【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

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)
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) －月－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）(1)
  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）(1)による。ただし，[　]は羽鳥による値（宇佐美ほか（2013）(1)より引用），＜　＞は羽鳥（1984）(2)による値で，宇佐美ほか（2013）(1)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）(1)及び国立天文台編（2013）(3)等を参照している。
- 「函館・松前等の津波高さ」は，渡辺（1998）(4)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」：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。	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。	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）(1)
  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）(1)による。ただし，[　]は羽鳥による値（宇佐美ほか（2013）(1)より引用），＜　＞は羽鳥（1984）(2)による値で，宇佐美ほか（2013）(1)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）(1)及び国立天文台編(2013)(3)等を参照している。
- 「函館・松前等の津波高さ」は，渡辺（1998）(4)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

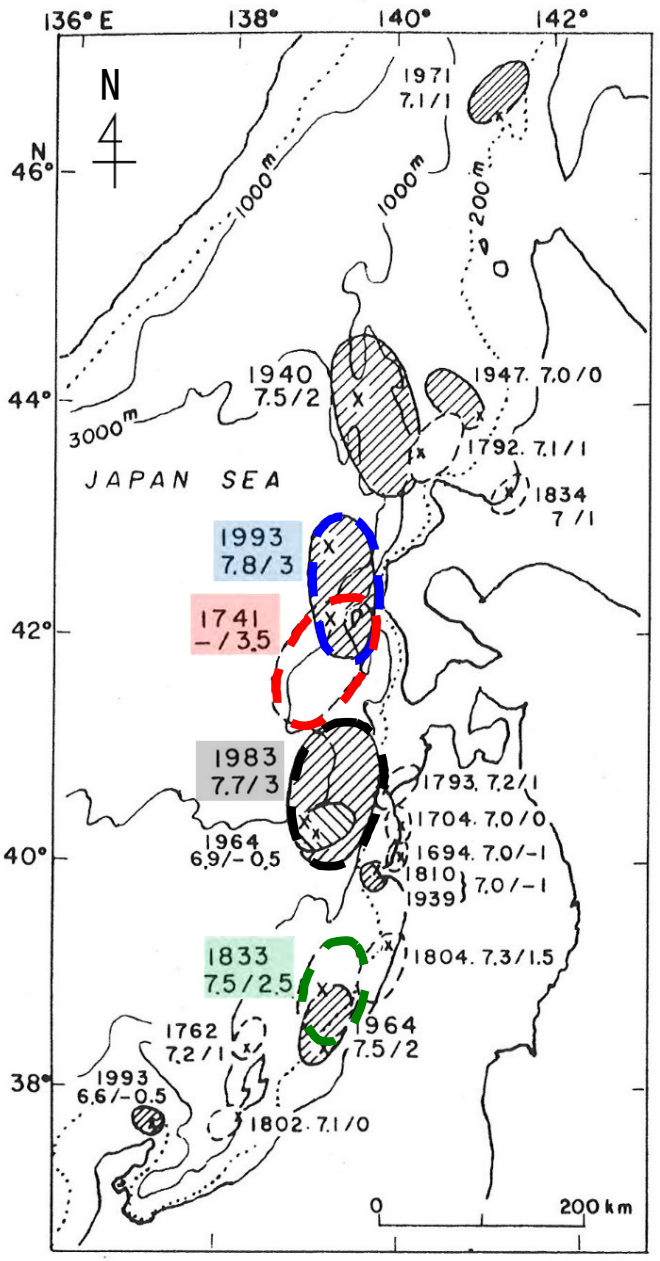
1－1．既往津波の文献調査（４／１５）

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。

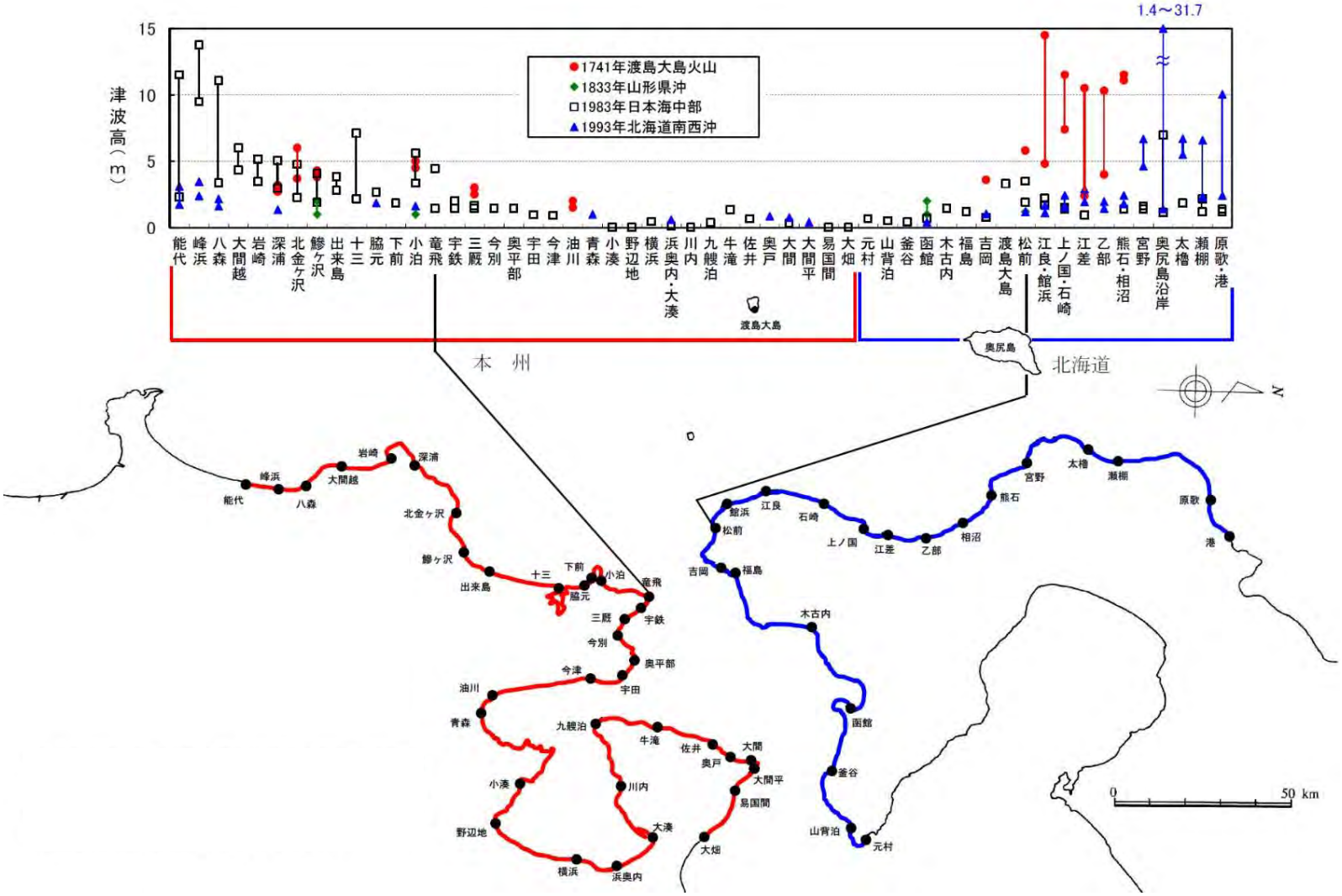


日本海東縁部で発生した津波の波源域

羽鳥（1994）[5]に一部加筆

1－1．既往津波の文献調査（５／１５）

日本海側の近地津波（４／４）



近地津波（日本海側）既往津波高の比較

・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)
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）(1)
  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）(1)による。ただし，［ ］は羽鳥による値（宇佐美ほか（2013）(1)より引用），（ ）は渡辺（1998）(4)による値で，宇佐美ほか（2013）(1)と異なる場合のみ示している。なお，〈 〉は，国立天文台編（2013）(3)による値で宇佐美ほか（2013）(1)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）(1)及び国立天文台（2013）(3)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）(4)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）(6)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)
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）(1)
  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）(1) による。 ただし，［ ］は羽鳥による値（宇佐美ほか（2013）(1) より引用），（ ）は渡辺（1998）(4) による値で，宇佐美ほか（2013）(1) と異なる場合のみ示している。なお，〈 〉は，　国立天文台編（2013）(3) による値で宇佐美ほか（2013）(1) 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）(1) 及び国立天文台編（2013）(3) 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）(4) 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）(6) 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

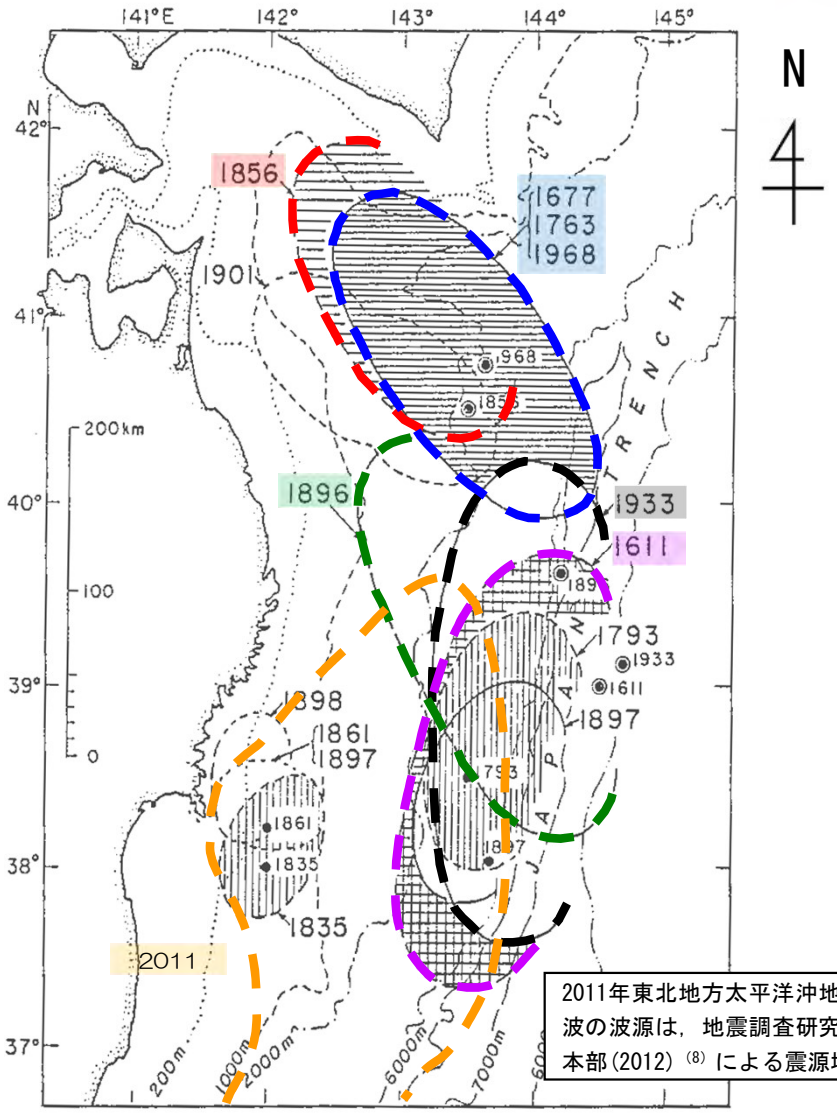
1－1．既往津波の文献調査（８／１５）

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）[7]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）[7]に一部加筆

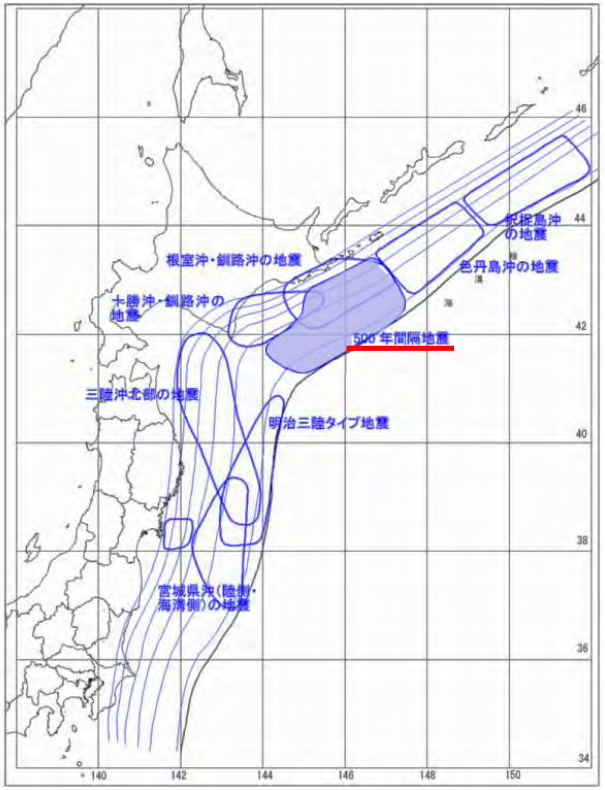
1－1．既往津波の文献調査（９／１５）

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（2004）[9]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400～500年程度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）[10]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.）	
津波1	17世紀初頭	400～500		津波1
津波2	12～13世紀	300～400		津波2
津波3	9世紀	500		津波3
津波4	1630-（4世紀？）	(300+)	1430+？	津波4
津波5	AD/BC？	(500+)	1930+？	津波5 津波6 津波7，8
津波6	2590-	300+	2440+	津波9
津波7	2870～2920	400+		津波10 津波11
津波8	3220～3460	400	3340+	津波12
津波9	3690～3720	500+	3830+	津波13
津波10	4200+	300～350	4300+	津波14
津波11	4580	300	4700+	津波15
津波12	4860+	100	4930+	津波16
津波13	5000-	>600	4980+	津波17
津波14	5640+	600	？	津波18
津波15	6370-			

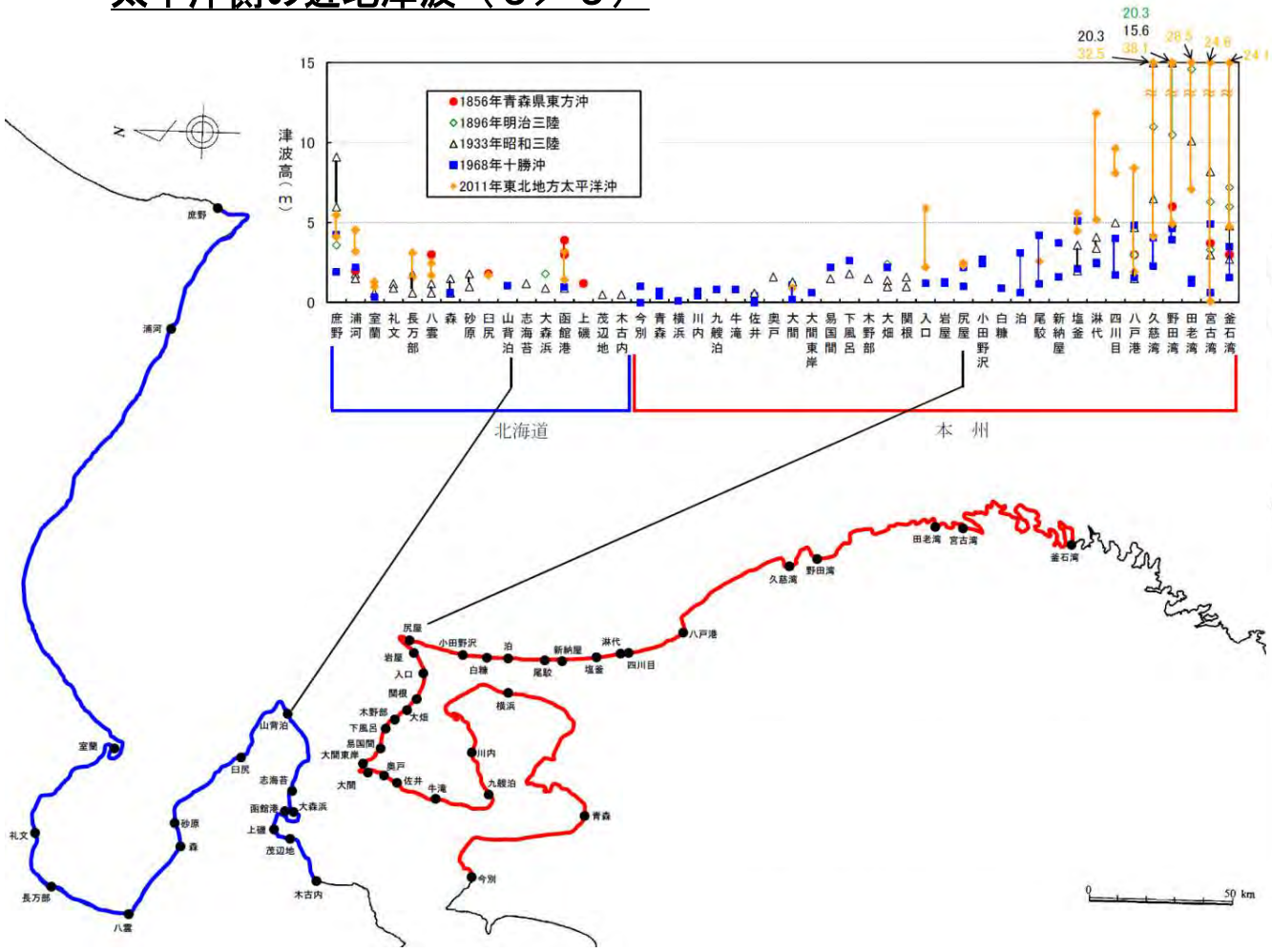
津波堆積物に基づく十勝～根室地方の古津波の対比
平川ほか（2005）[11]



津波を発生させる断層領域の模式図
中央防災会議（2006）[10]に一部加筆

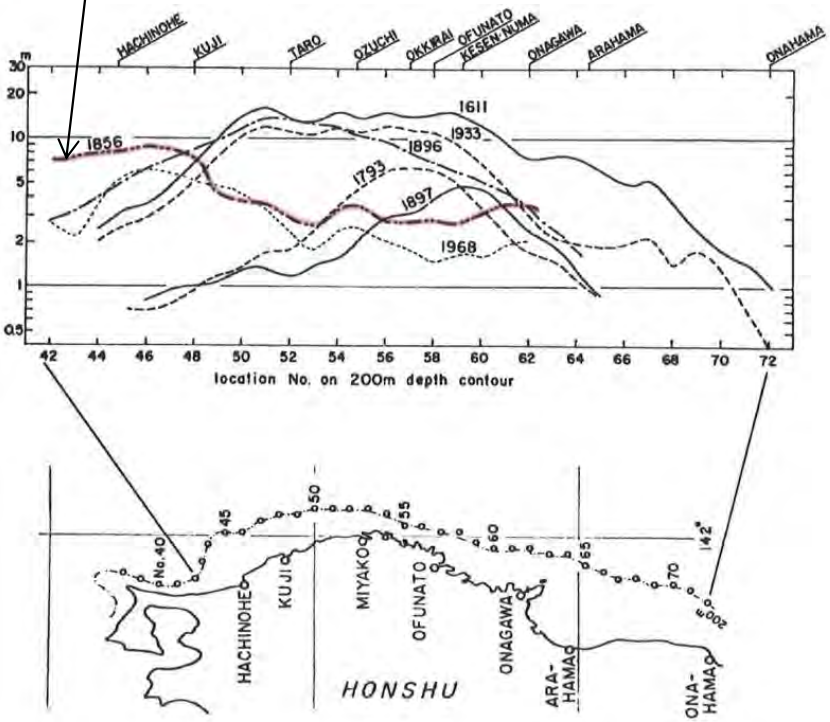
1－1．既往津波の文献調査（１０／１５）

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）[12] 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）[12] 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）[12]）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ｸﾗｽ [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。コンセプシオンは全滅。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 コンセプシオン沖 36.8°S,71.6°W	8.5	3	古いコンセプシオンは全滅。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 ウルップ島南東沖 46.0°N,151.0°E	7.5	3	ウルップ島で津波の高さ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 [9¼]	3	コンセプシオン，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 ウルップ島東方沖 45.5°N,151.5°E	8.2 [8.5]	3	津波の高さはウルップ島東岸で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65cm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) (4)
  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) (13) による遠地津波のMt（渡辺 (1998) (4) 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) (4)
  2010年の津波：羽鳥 (2011) (14)
- 「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) (4)
  2010年の津波：今村ほか (2010) (15) 及び都司ほか (2010) (16)
- 「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) (4) 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)
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	インドネシアのｲﾘｱﾝ･ｼﾞｬﾔ沖 0.950° S,137.016° E	8.1	3	インドネシアのビアック島で最大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）(4)
  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）(13)による遠地津波のMt（渡辺（1998）(4) 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）(4)
  2010年の津波：羽鳥（2011）(14)
- 「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）(4)
  2010年の津波：今村ほか（2010）(15) 及び都司ほか（2010）(16)
- 「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）(4) 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

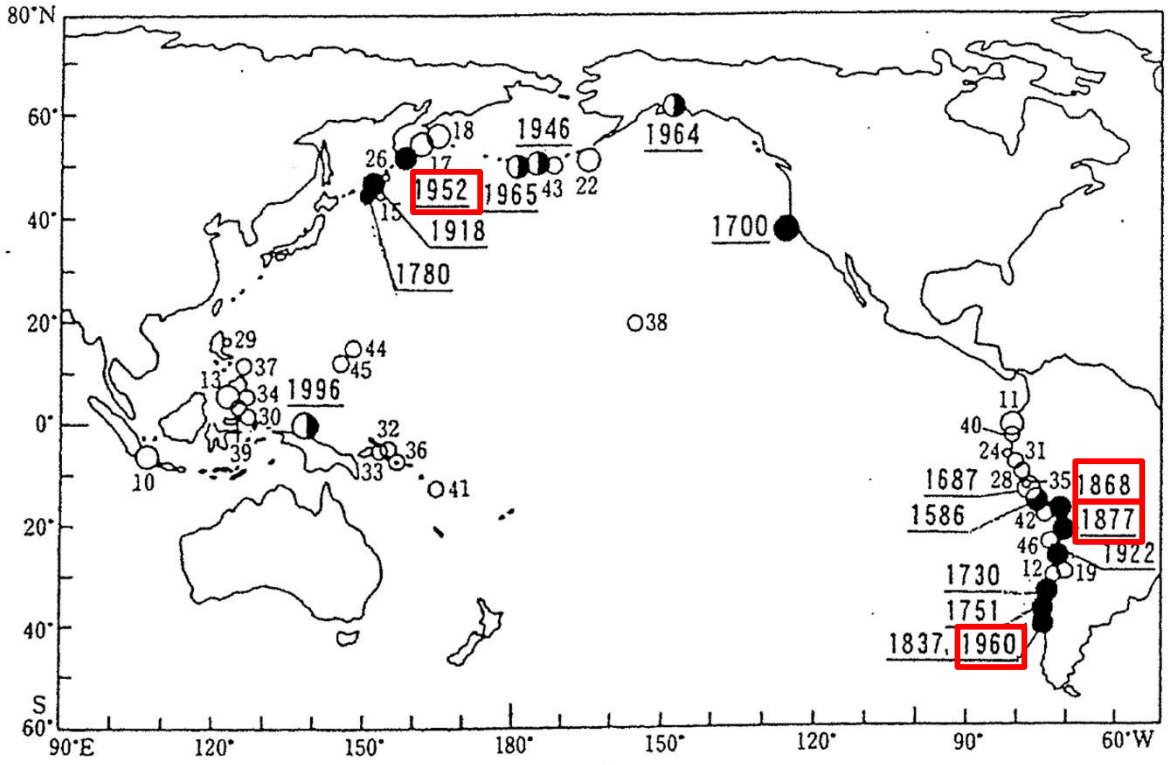
1－1．既往津波の文献調査（１３／１５）

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。



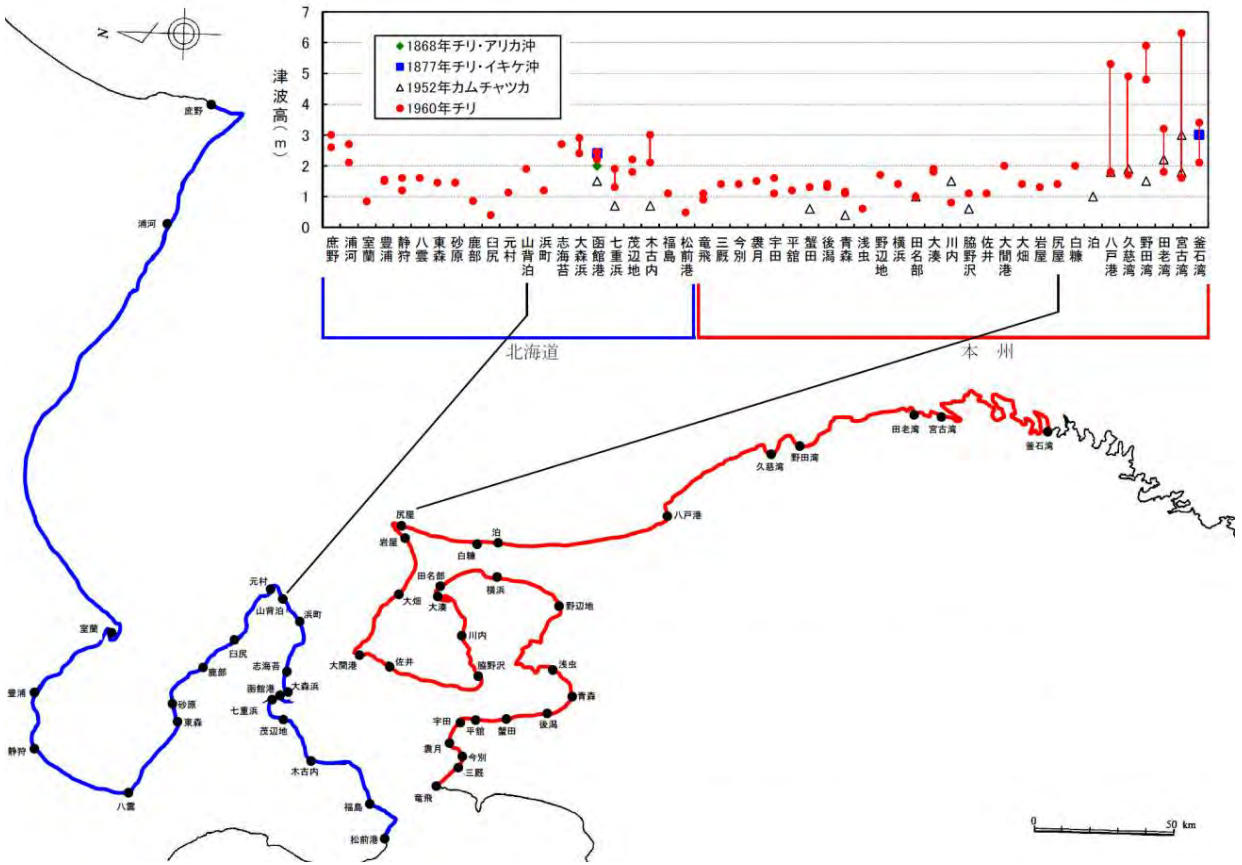
●：日本に被害をもたらした津波
◑：日本ではわずかの被害
○：日本で被害がなかったもの

東北地方沿岸に影響を及ぼした遠地津波

渡辺（1998）[4] に一部加筆

1－1．既往津波の文献調査（１４／１５）

遠地津波（４／４）



遠地津波の既往津波高の比較

・遠地津波の検討対象海域としてチリ沖を選定した。
・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，既往津波高の分布を考慮し，1960年チリ地震津波を選定した。

1－1．既往津波の文献調査（１５／１５）

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

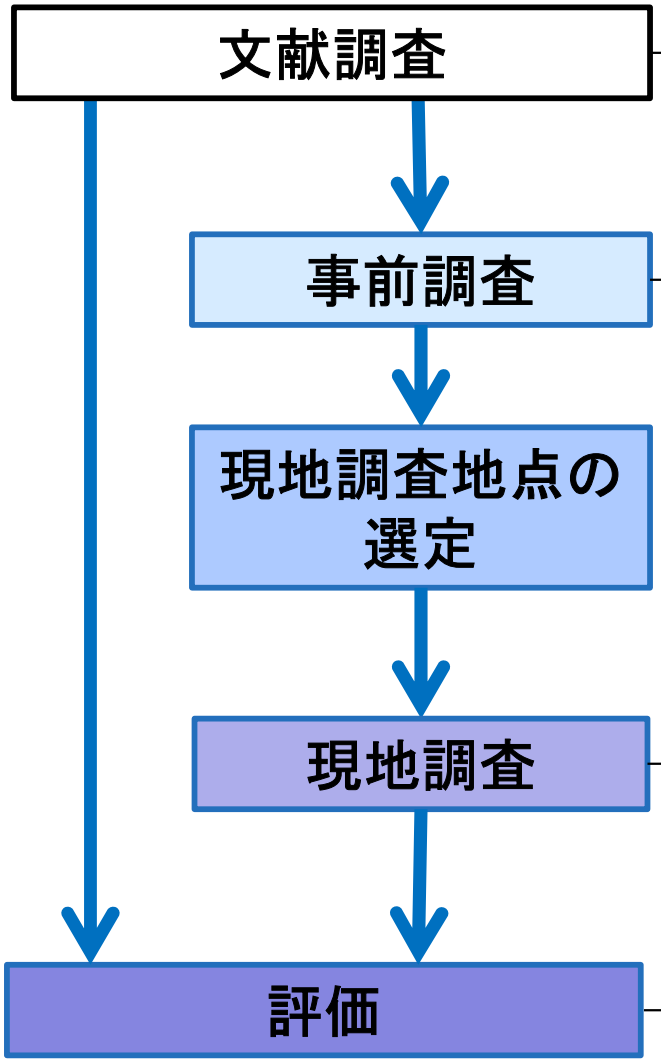
１．既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．津波発生要因の組合わせに関する検討
５．基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．基準津波

：本資料でのご説明範囲

1－2．津波堆積物調査（１／６）

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。



【調査範囲】
津軽海峡の沿岸並びにその付近の日本海側及び太平洋側の沿岸のうち，敷地を中心とする半径約200kmの範囲を対象に調査

【抽出する環境】
・津波堆積物が堆積・残存している可能性がある沿岸の堤間湿地，湖沼，海成段丘崖等を地形図及び空中写真判読により抽出
・人工改変の有無の確認，現地状況等を考慮（現地概査）

【調査項目】
・イベント堆積物※の分布確認，層相の観察
・X線CTスキャン，放射性炭素年代測定，珪藻化石分析等

※:津波，高潮，洪水，土石流等による堆積物

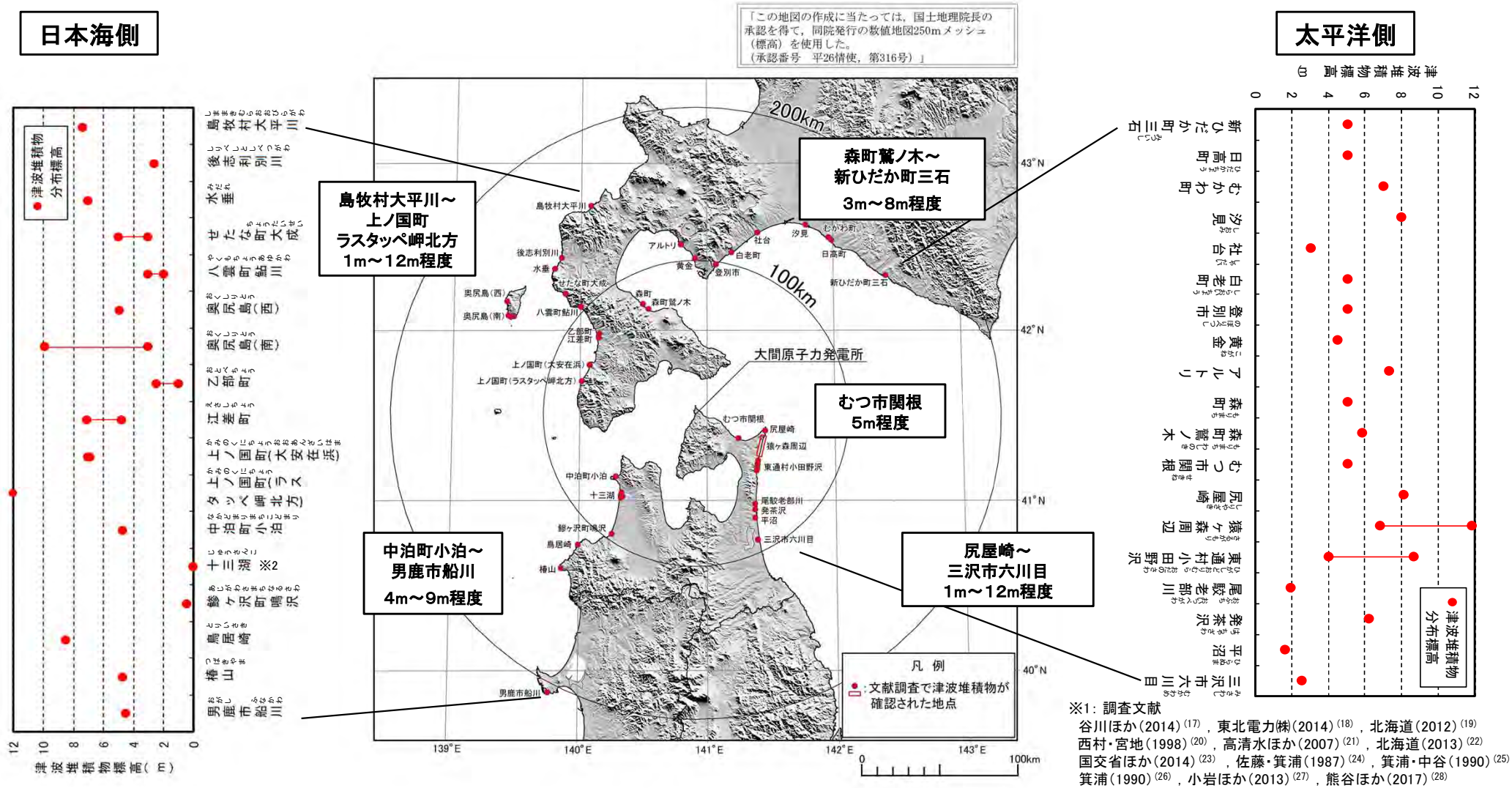
文献調査：信頼性の高い津波堆積物を抽出・評価
現地調査：津波堆積物の可能性のあるイベント堆積物を評価

1－2．津波堆積物調査（２／６）

第868回審査会合
資料2-1　P.27一部修正

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。



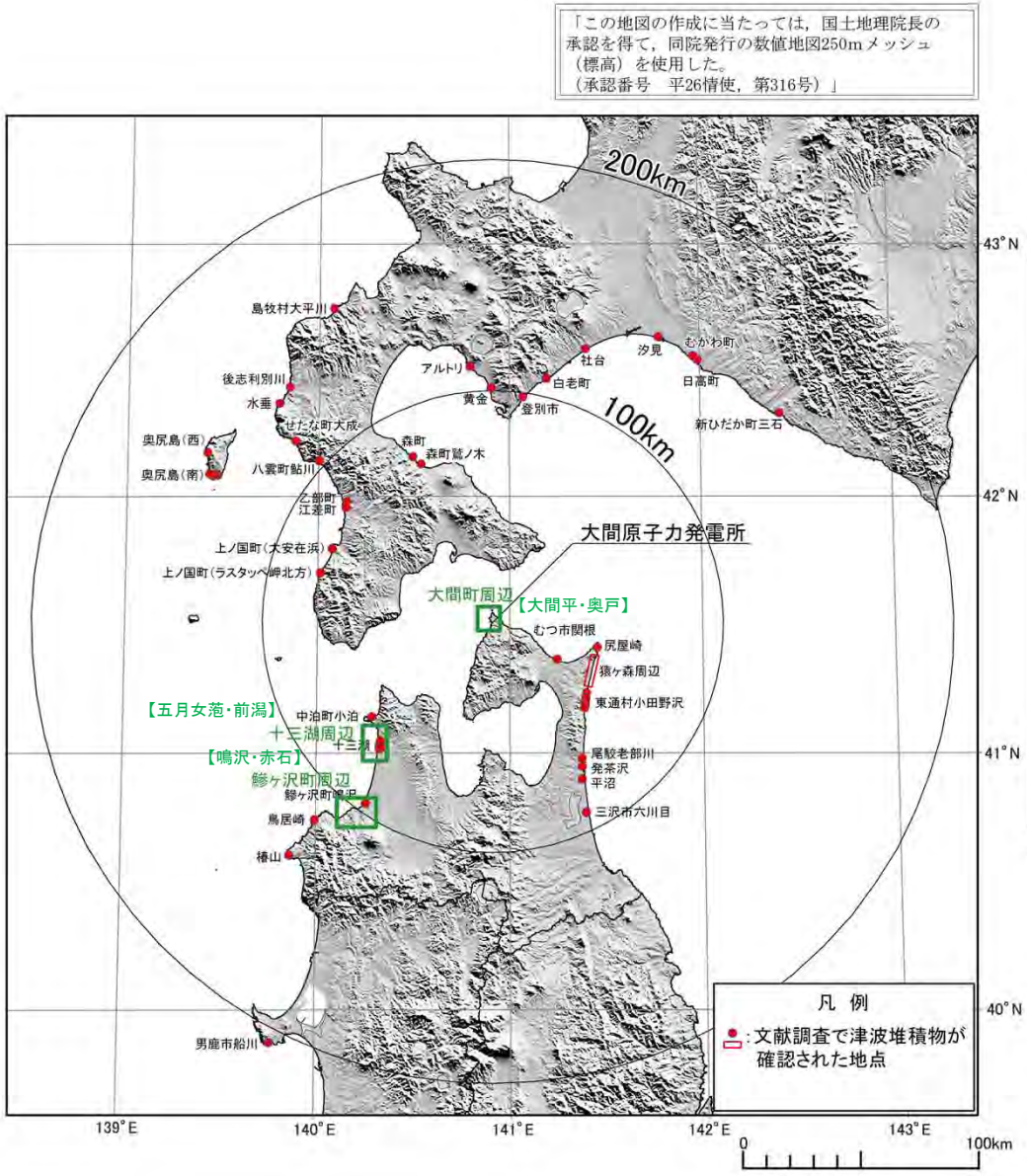
津波堆積物調査結果（文献調査）

※1：調査文献
谷川ほか(2014)[17]，東北電力㈱(2014)[18]，北海道(2012)[19]
西村・宮地(1998)[20]，高清水ほか(2007)[21]，北海道(2013)[22]
国交省ほか(2014)[23]，佐藤・箕浦(1987)[24]，箕浦・中谷(1990)[25]
箕浦(1990)[26]，小岩ほか(2013)[27]，熊谷ほか(2017)[28]
リサイクル燃料貯蔵㈱(2014)[29]，Tanigawa et al.(2014)[30]
Kawakami et al.(2017)[31]，加瀬ほか(2016)[32]，加瀬ほか(2018)[33]
文科省ほか(2019)[34]，北海道地質研究所(2015)[35]
高橋ほか(2018)[36]

※2：十三湖の津波堆積物は，湖底下に存在し標高0mより深い。

1－2．津波堆積物調査（３／６）

事前調査及び現地調査地点の選定



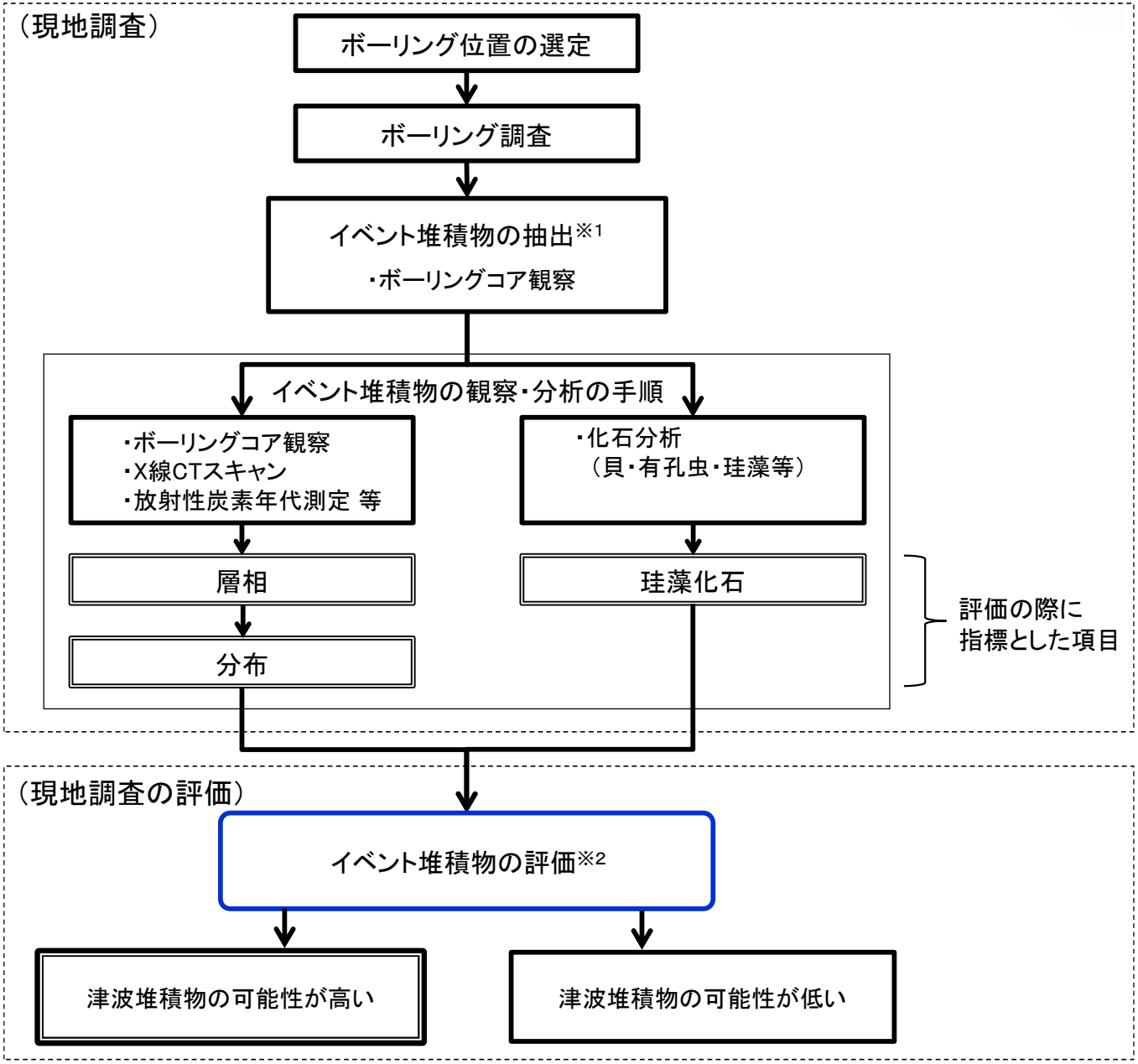
津波堆積物調査位置

・文献調査の結果，これまで津波堆積物が確認されていない敷地に近い大間周辺について，大間平（おおまだいら）及び奥戸（おこっぺ）周辺を現地調査地点に選定した。選定の際には，津波堆積物が堆積・残存している可能性がある沿岸の堤間湿地，湖沼，海成段丘崖等を地形図及び空中写真判読により抽出し，現地踏査により人工改変の有無を確認した。

・さらに，敷地から遠方であるものの，日本海東縁部で発生する津波の敷地への影響を考慮して，既に歴史津波と対比される複数の津波堆積物が確認されている十三湖（五月女萢(そとめやち)・前潟(まえかた)）及び，その周辺で地形図や空中写真判読により津波堆積物が堆積・残存している可能性があると判断された鰺ヶ沢町周辺（鳴沢（なるさわ）・　赤石（あかいし））も，現地調査地点に選定した。

1－2．津波堆積物調査（４／６）

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）

1－2．津波堆積物調査（５／６）

現地調査結果※1：まとめ

※1：現地調査の詳細は，第868回審査会合 補足説明資料「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萢地点，前潟地点及び鰺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	五月女萢	有	約0m～約2m※3	○	○	△ 微量産出	○
	湖底	前潟	有	約－7m～約－1m※3	○	○	△ 微量産出	○
鰺ヶ沢町周辺		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

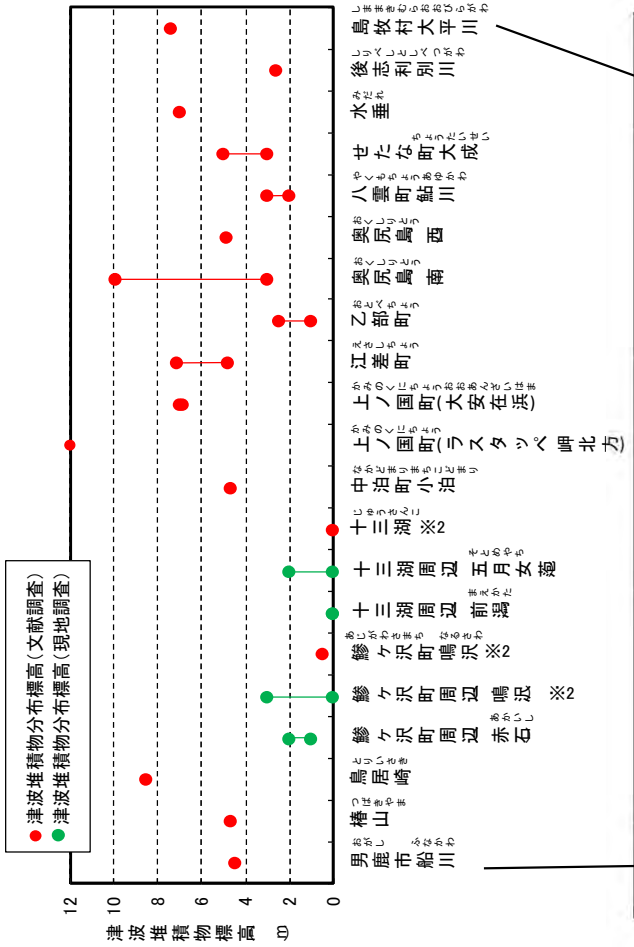
1－2．津波堆積物調査（６／６）

第868回審査会合
資料2-1　P.32一部修正

文献調査及び現地調査結果：まとめ

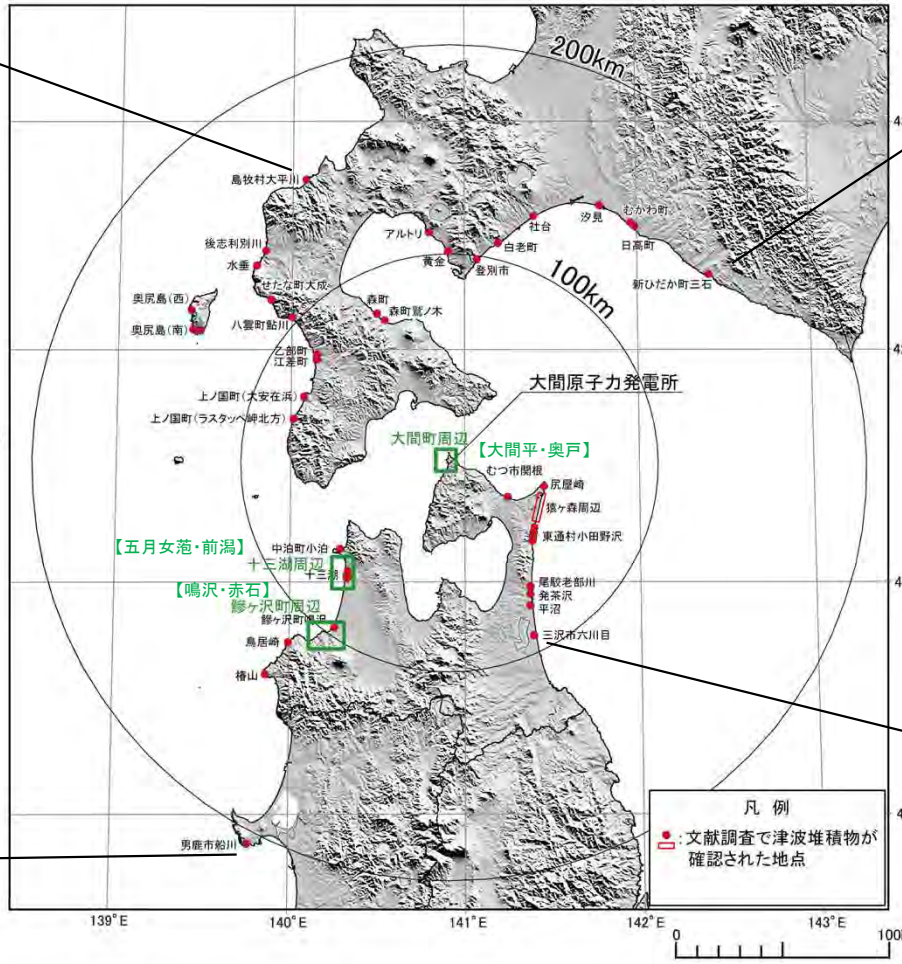
・文献調査※1および現地調査の結果，大間周辺では津波堆積物は確認されなかった。
・現地調査において十三湖周辺（五月女萢，前潟）及び鰺ヶ沢町周辺（鳴沢）で認められた津波堆積物の分布標高は，文献調査結果とも矛盾するものではないことを確認した。

日本海側



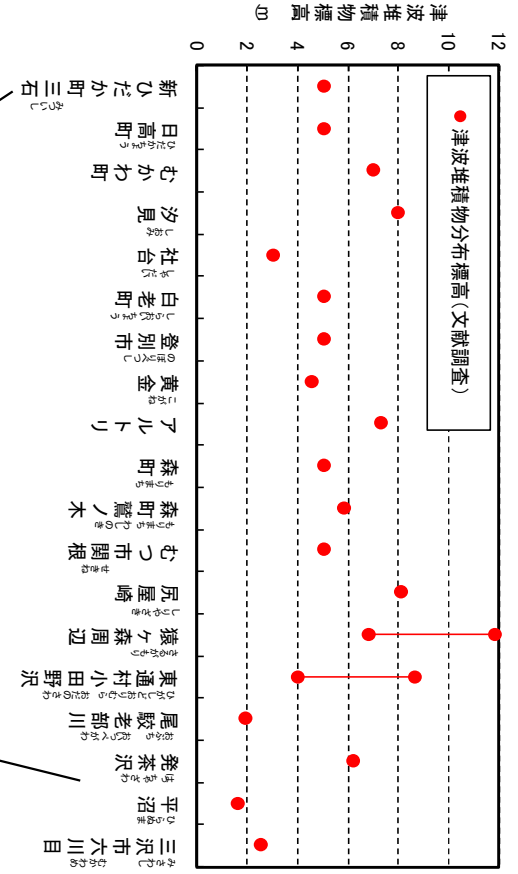
※2：湖底下に存在し，標高0mより深い箇所に位置する津波堆積物も含む。

「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）」



津波堆積物調査結果（文献調査及び現地調査）

太平洋側



※1：調査文献
谷川ほか(2014)[17]，東北電力㈱(2014)[18]，北海道(2012)[19]
西村・宮地(1998)[20]，高清水ほか(2007)[21]，北海道(2013)[22]
国交省ほか(2014)[23]，佐藤・箕浦(1987)[24]，箕浦・中谷(1990)[25]
箕浦(1990)[26]，小岩ほか(2013)[27]，熊谷ほか(2017)[28]
リサイクル燃料貯蔵㈱(2014)[29]，Tanigawa et al.(2014)[30]
Kawakami et al.(2017)[31]，加瀬ほか(2016)[32]，加瀬ほか(2018)[33]
文科省ほか(2019)[34]，北海道地質研究所(2015)[35]
高橋ほか(2018)[36]

（補足）１－２．津波堆積物調査

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㈱（2014）(29)
【日本海側】
（青森県沿岸）
・佐藤・箕浦（1987）(24)，箕浦・中谷（1990）(25)，箕浦（1990）(26)，小岩ほか（2013）(27)，熊谷ほか（2017）(28)，国交省ほか（2014）(23)
（北海道沿岸）
・北海道（2013）(22)，国交省ほか（2014）(23)，Kawakami et al.（2017）(31)，加瀬ほか（2016）(32)，加瀬ほか(2018)(33)，文科省ほか(2019)(34)，北海道地質研究所(2015)(35)
【太平洋側】
（青森県沿岸）
・谷川ほか（2014）(17)，東北電力㈱（2014）(18)，Tanigawa et al.(2014)(30)，高橋ほか（2018）(36)
（北海道沿岸）
・西村・宮地（1998）(20)，髙清水ほか（2007）(21)，北海道（2012）(19)

（余白）

目　次

１．既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．津波発生要因の組合わせに関する検討
５．基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．基準津波

：本資料でのご説明範囲

1－3．既往津波の計算条件（1／7）

日本の近海域の津波シミュレーション方法

- 基準津波の策定として「2．地震による津波」に係る検討の実施に先立ち，「1－4．既往津波の再現計算」を行い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。
- 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⊿s	2.5ｋｍ	833m (2500/3)	278m (2500/9)	93m (2500/27)	31m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
計算時間間隔⊿t	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)[37]の遡上境界条件			
外力条件	断層モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)[38]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	マニングの粗度係数　$n = 0.03\mathrm{m}^{-1/3}\mathrm{s}$（土木学会（2016）[39]より）					
水平渦動粘性係数	考慮しない						
潮位条件	T.P.±0.0m						
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						

【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】

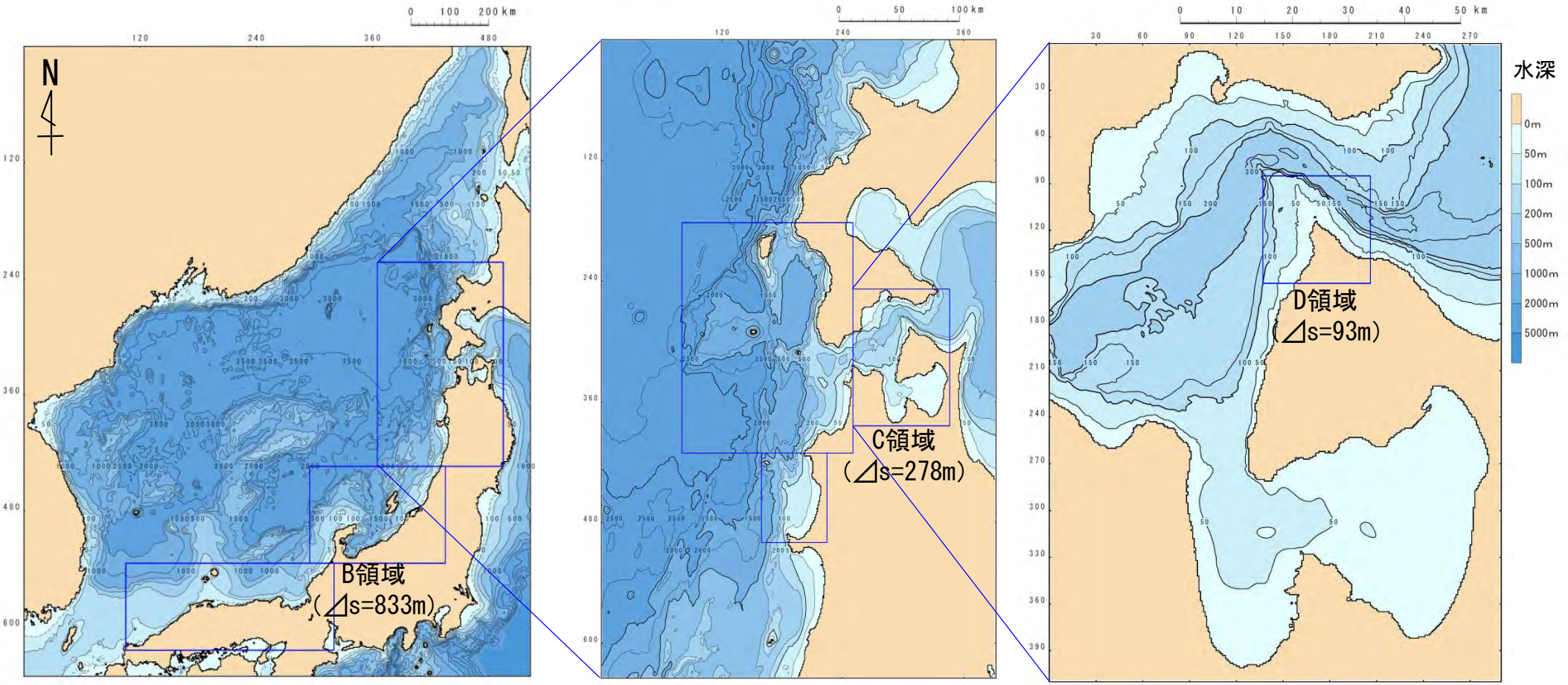
連続式：
$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial Q_x}{\partial x}+\frac{\partial Q_y}{\partial y}=0$$

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

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
Qx, Qy	：x, y方向の単位幅当たりの流量（＝流速×全水深）

1－3．既往津波の計算条件（２／７）

日本海側近地津波計算領域



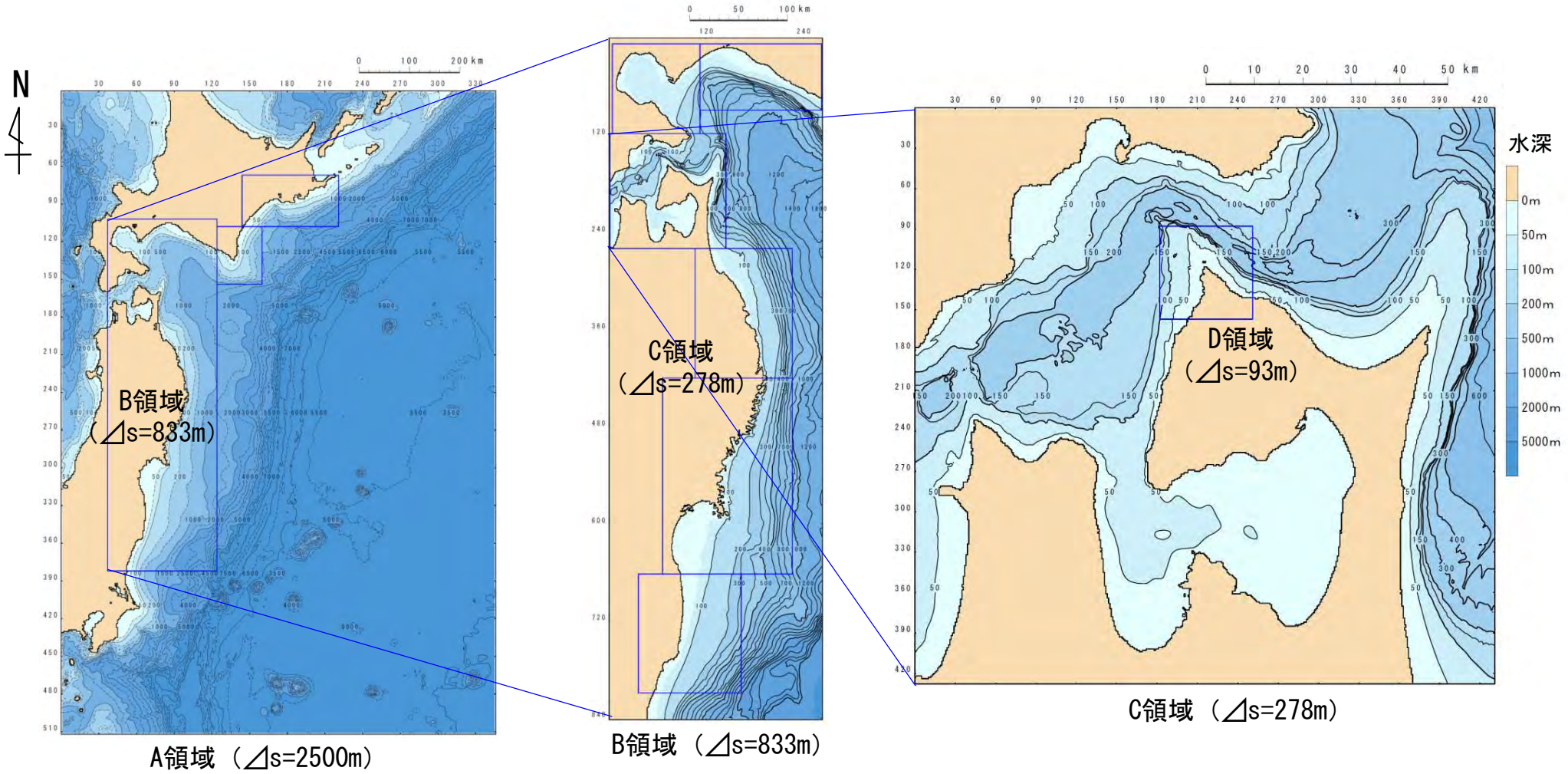
A領域（⊿s=2500m）　B領域（⊿s=833m）　C領域（⊿s=278m）

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 (40) ～ (44) を，陸域については国土地理院50mメッシュ（標高） (45) 等を用いて作成した。

1－3．既往津波の計算条件（３／７）

第868回審査会合
資料2-1　P.37再掲

太平洋側近地津波計算領域



A領域（⊿s=2500m）

B領域（⊿s=833m）

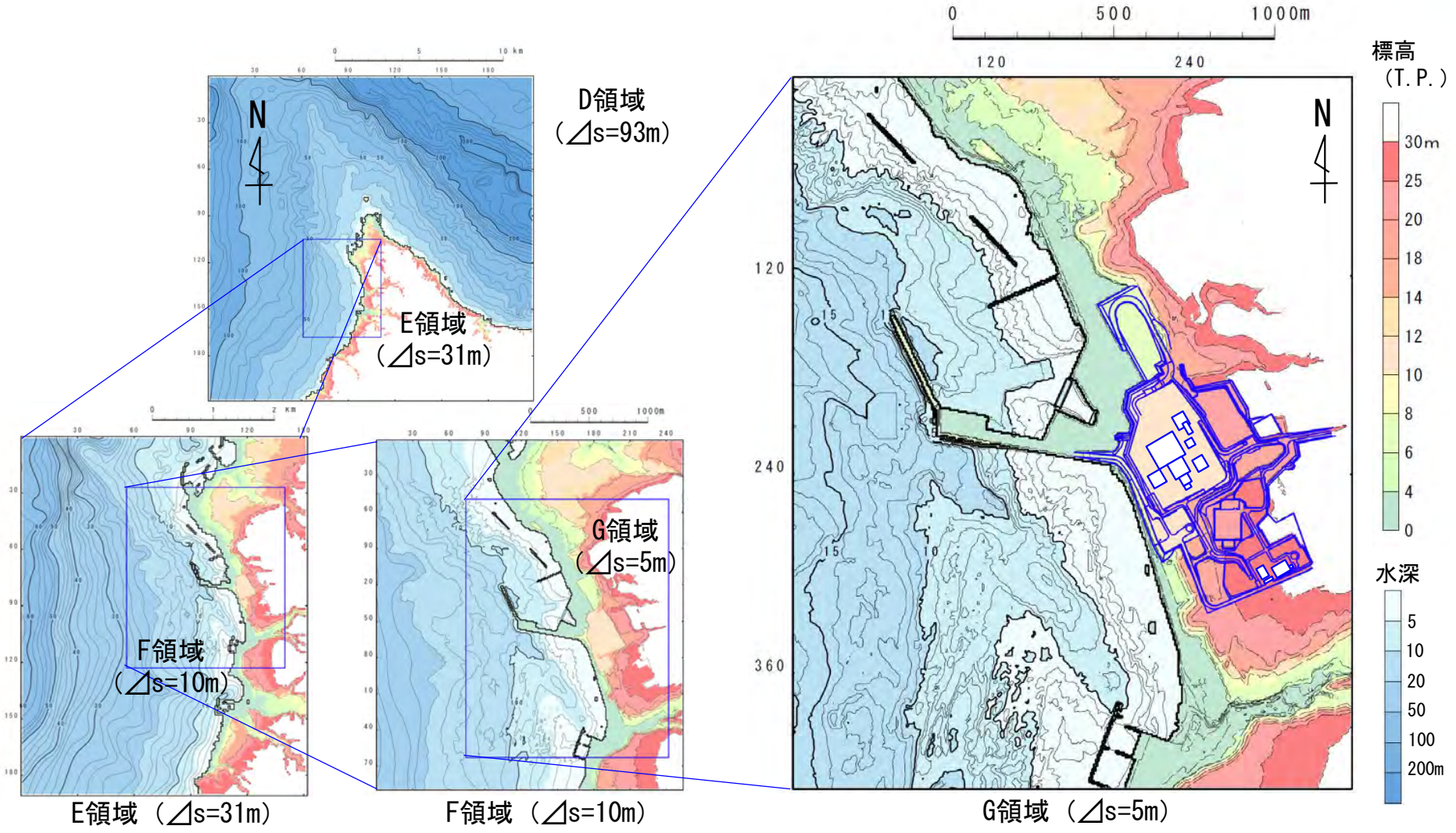
C領域（⊿s=278m）

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[40]，[41]，[42]，[44]を，陸域については国土地理院50mメッシュ（標高）[45]等を用いて作成した。

1－3．既往津波の計算条件（４／７）

第868回審査会合
資料2-1　P.38再掲

敷地周辺の計算領域



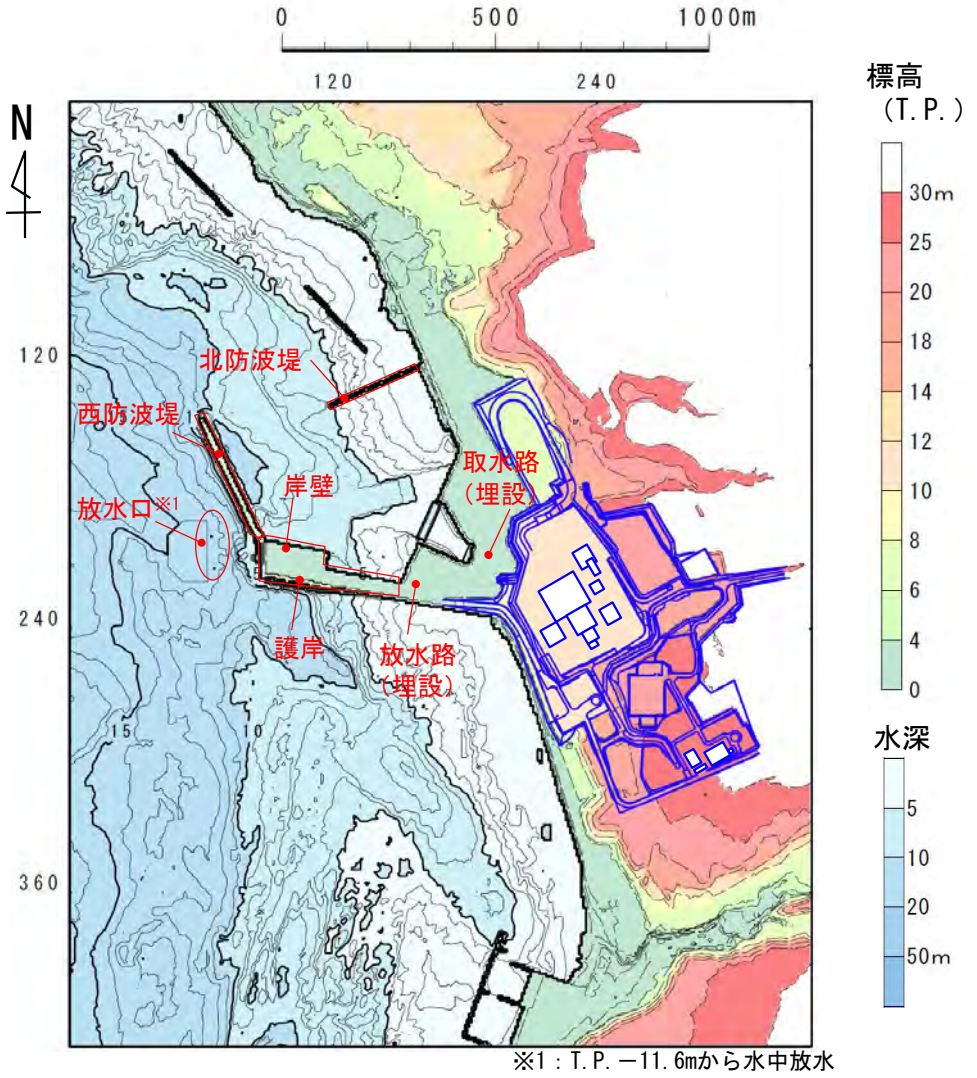
敷地周辺の地形モデルは，敷地前面の港湾施設の影響を考慮した予測計算を行うために，深浅測量による詳細な海底地形図等※(42)，(45)を用いて作成した。

※：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）

1－3．既往津波の計算条件（５／７）

港湾の防波堤等の取扱い

・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。



※1：T.P.－11.6mから水中放水

港湾の防波堤等位置図

港湾の防波堤等がない場合の影響については，「2-8．防波堤等の影響検討」で確認している。

1－3．既往津波の計算条件（６／７）

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⊿s	緯度・経度方向共に10分（赤道で約18.5km）
計算時間間隔⊿t	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）[38]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：

（緯度方向）$$\frac{\partial M}{\partial t}+\frac{gh}{R}\frac{\partial\eta}{\partial\lambda}+fN-\frac{1}{R}\frac{\partial}{\partial\lambda}\left[\frac{h^3}{3}F_3\right]=0$$

（経度方向）$$\frac{\partial N}{\partial t}+\frac{1}{R\cos\lambda}\frac{\partial\eta}{\partial\phi}-fN-\frac{1}{R\cos\lambda}\frac{\partial}{\partial\phi}\left[\frac{h^3}{3}F_3\right]=0$$

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

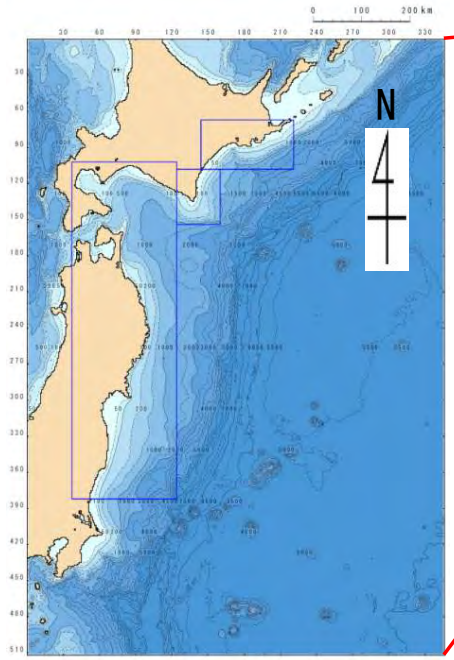
R　：地球の半径
M・N　：緯度・経度方向の線流量
u, v　：緯度・経度方向の流速
h　：水深
λ, ϕ　：緯度，経度座標
η　：水位
f　：コリオリ係数
g　：重力加速度

1－3．既往津波の計算条件（７／７）

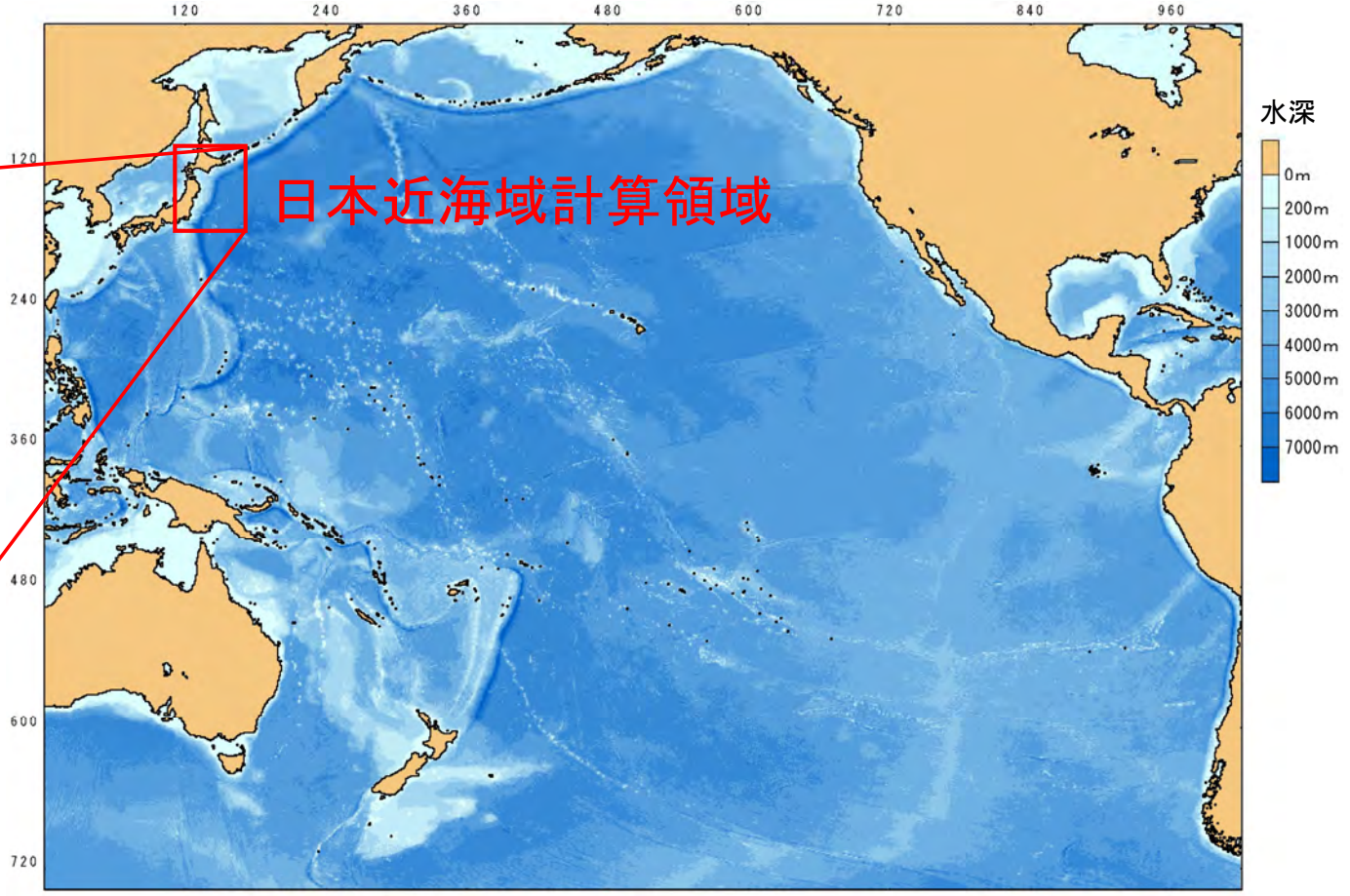
第868回審査会合
資料2-1　P.44再掲

太平洋伝播計算領域

A領域（⊿s=2500m）



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（⊿s=10分）

■活用データ
National Oceanic and Atmospheric Administration (2010) (44) : Global Relief Model (ETOPO1).

- 太平洋伝播計算領域の地形モデルは，NOAA（2010）(44)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。

目　次

１．既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．津波発生要因の組合わせに関する検討
５．基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．基準津波

：本資料でのご説明範囲

1－4．既往津波の再現計算（１／９）

再現性評価の検討方針

- 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）(12)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）(12)による幾何平均値と幾何標準偏差

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

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）(39)）

$0.95<K<1.05$，　$\kappa<1.45$

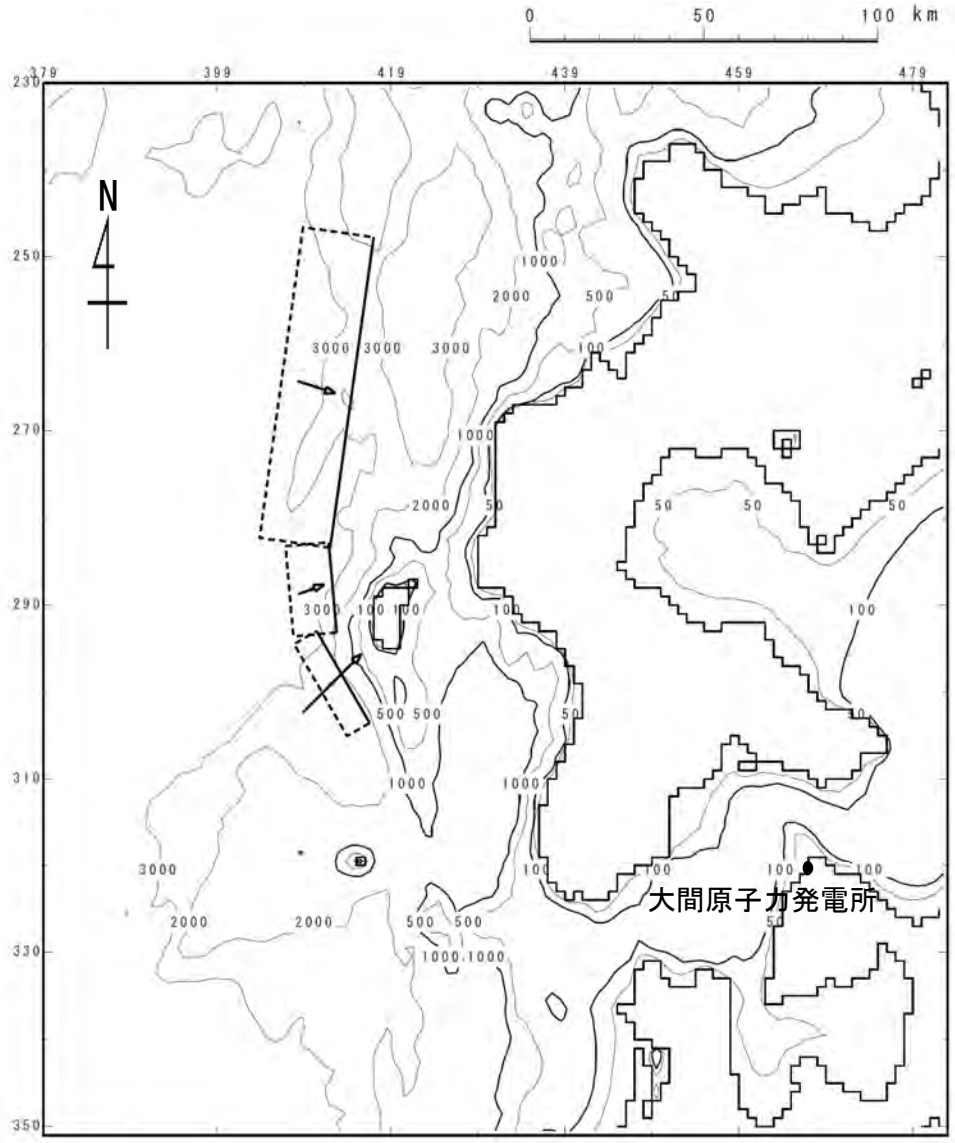
1－4．既往津波の再現計算（２／９）

①1993年北海道南西沖地震津波（１／２）：波源モデル

- 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）(46)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
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw	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 Mo（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		



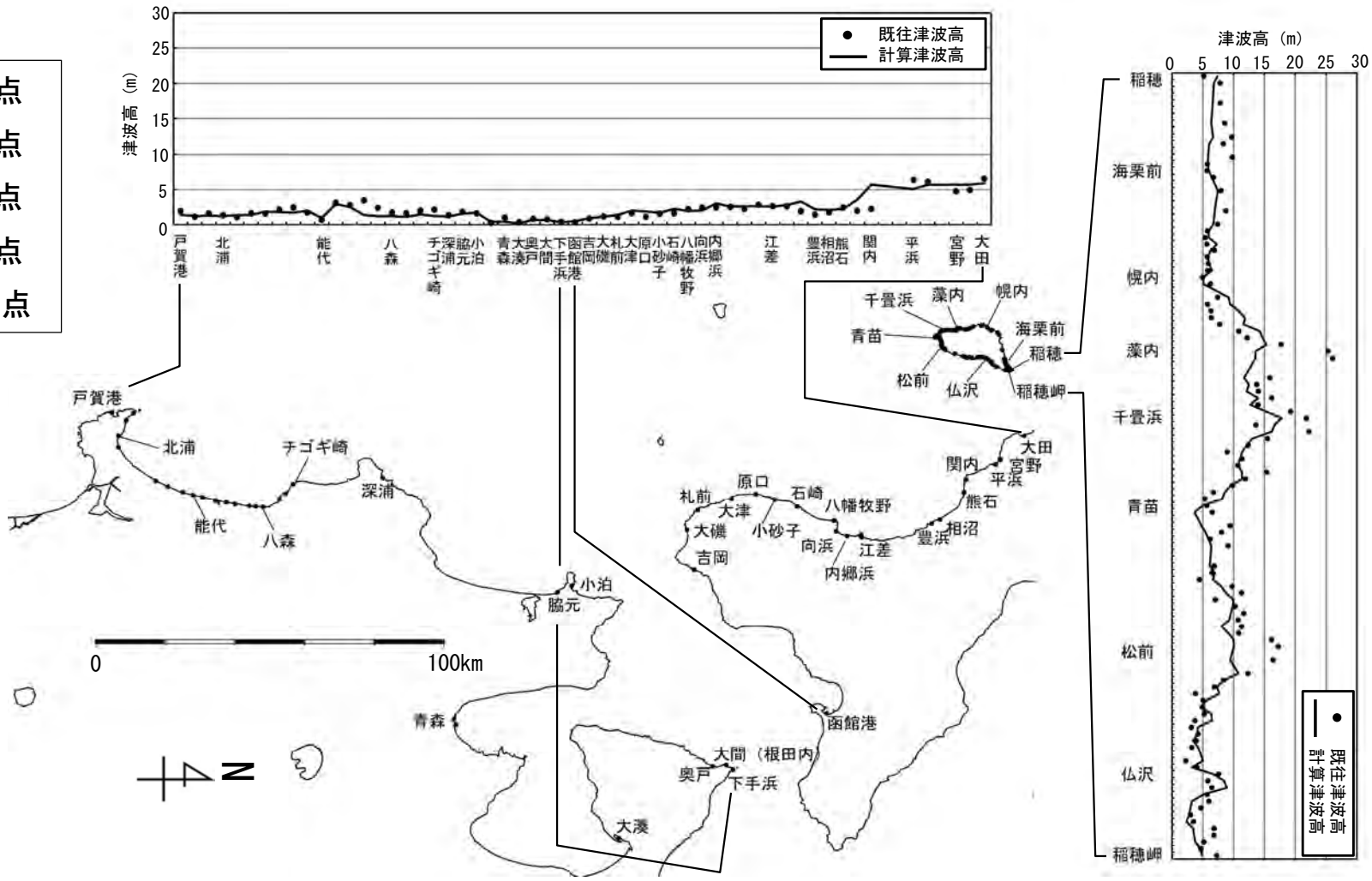
1993年北海道南西沖地震津波波源モデル

1－4．既往津波の再現計算（３／９）

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

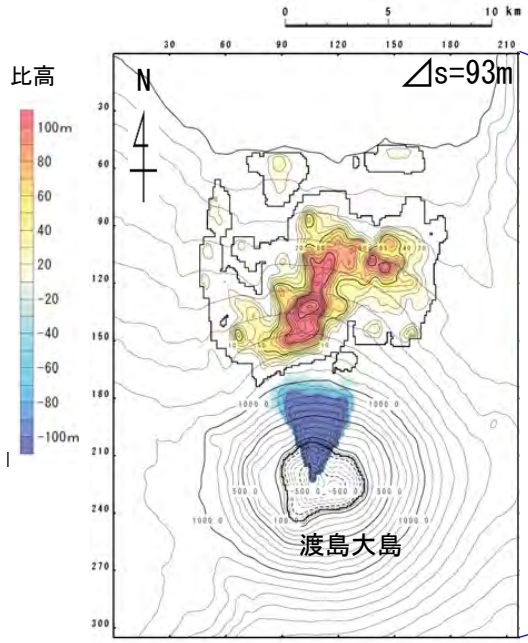
数値シミュレーションによる検証結果は，K＝1.049，κ＝1.38（n＝153）であり，既往津波の再現性は良好であると判断される。

1－4．既往津波の再現計算（４／９）

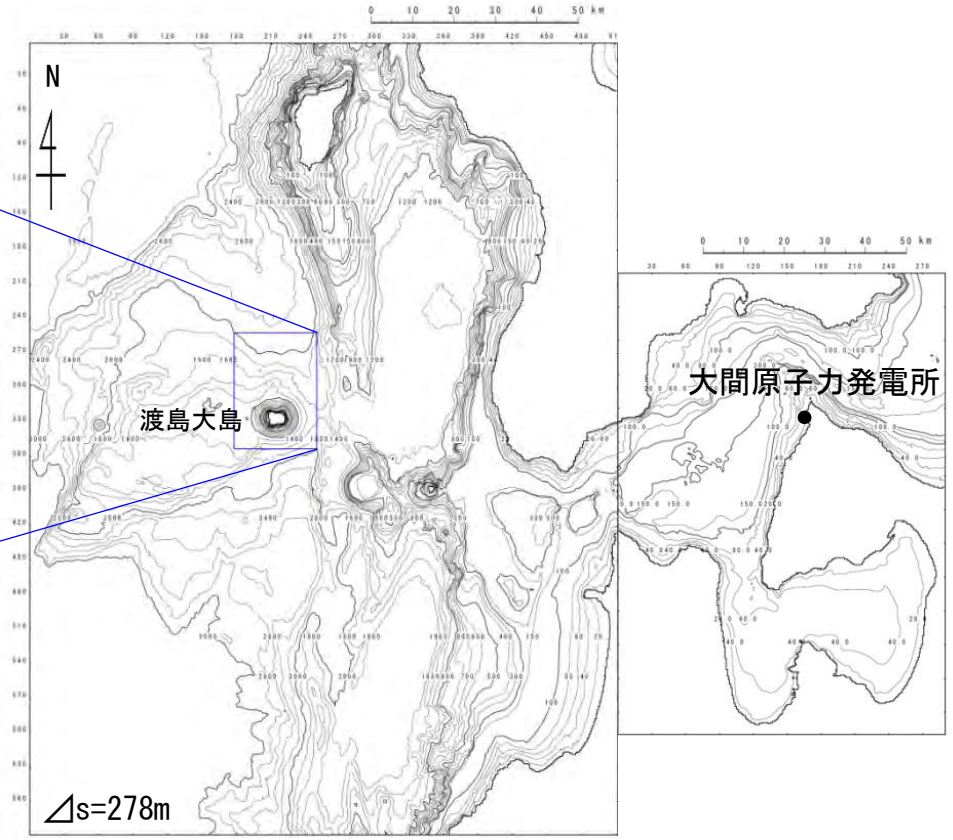
第868回審査会合
資料2-1　P.49再掲

②1741年渡島大島火山津波（１／２）：波源モデル

- 1741年渡島大島火山津波の波源モデルは，Satake（2007）[47]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）[47]に基づく比高分布

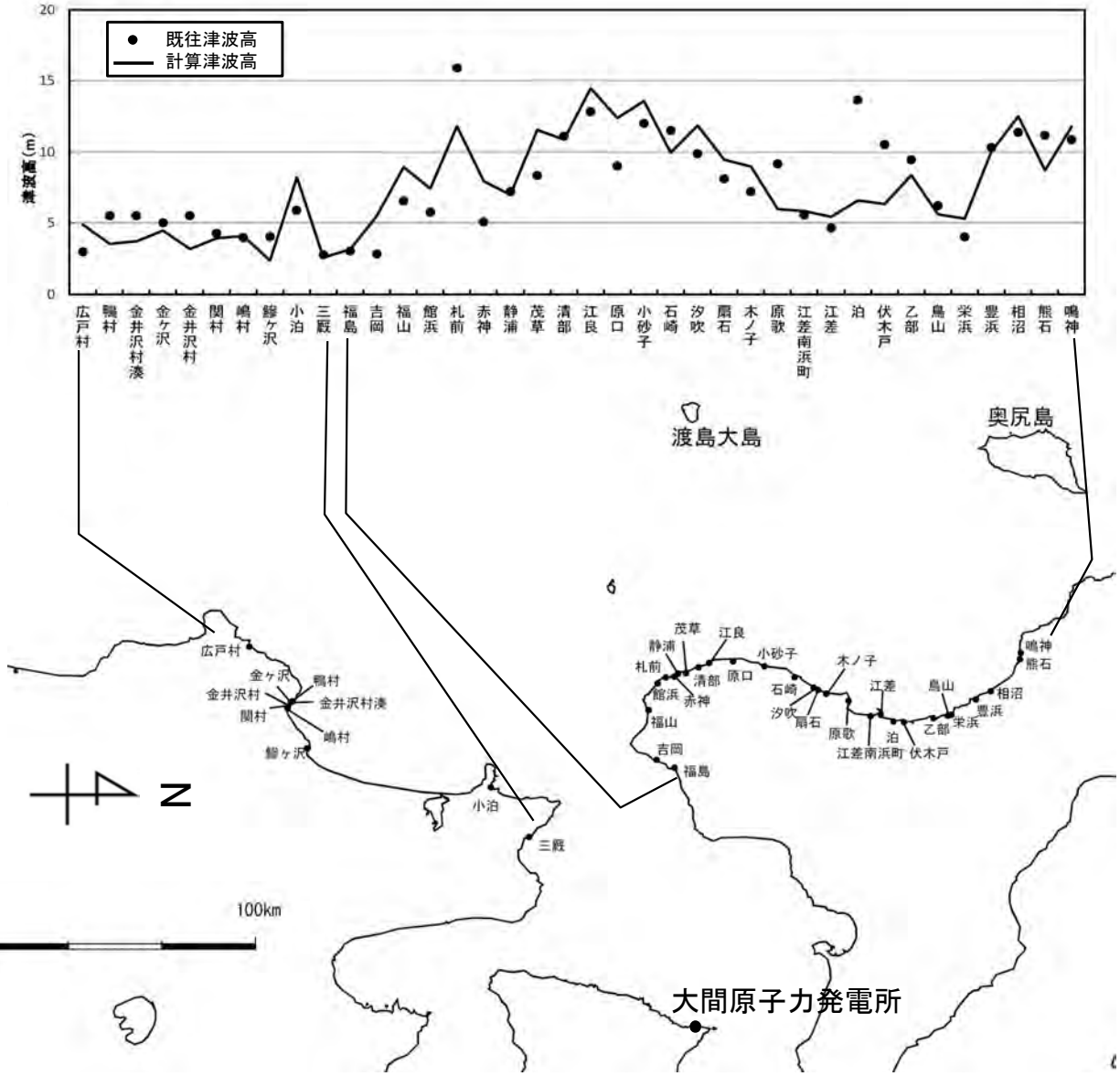


解析領域図

1－4．既往津波の再現計算（５／９）

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，κ=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。

1－4．既往津波の再現計算（６／９）

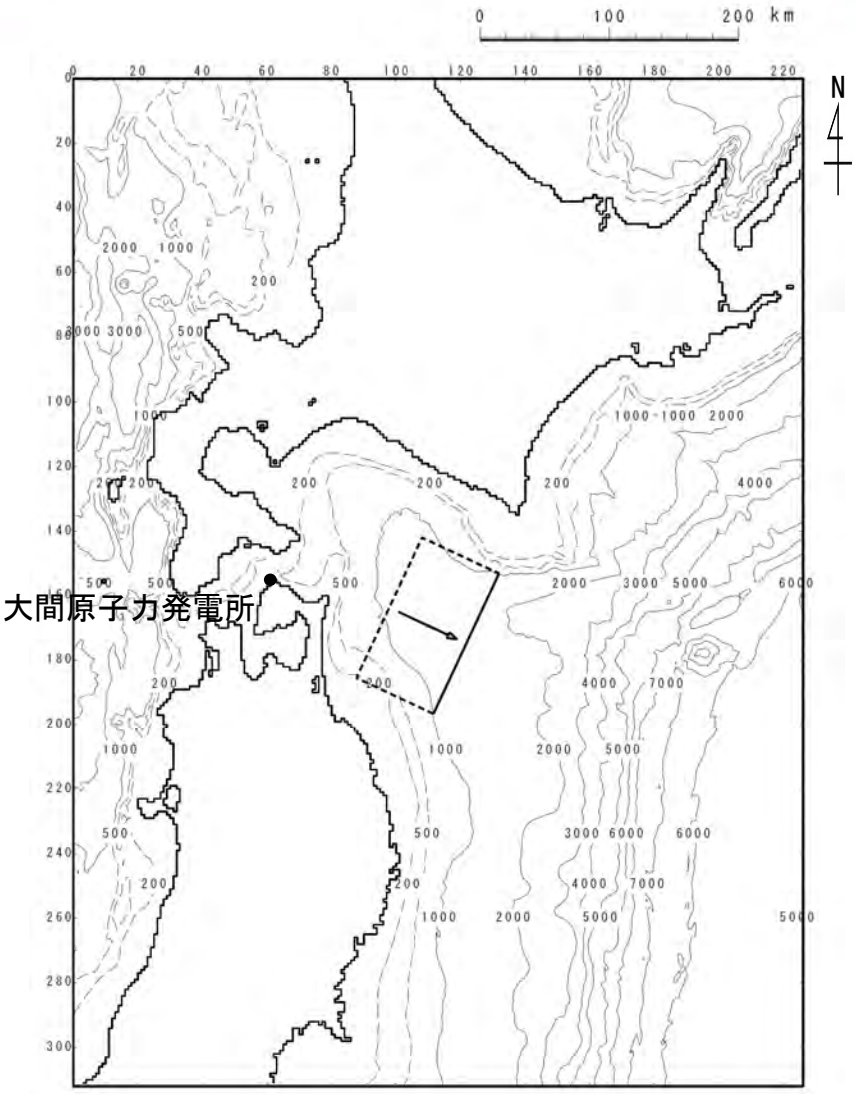
③1856年青森県東方沖地震津波（１／２）：波源モデル

- 1856年青森県東方沖地震津波の波源モデルは土木学会（2002）[76]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※1，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
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw	8.35(8.28)
長さ L（km）	120
幅 W（km）	70
すべり量 D※2（m）	10.0(7.8)
剛性率 μ（N/m^2）	5.0×10^{10}
地震ﾓｰﾒﾝﾄ Mo（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

※２：土木学会（2002）[76]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

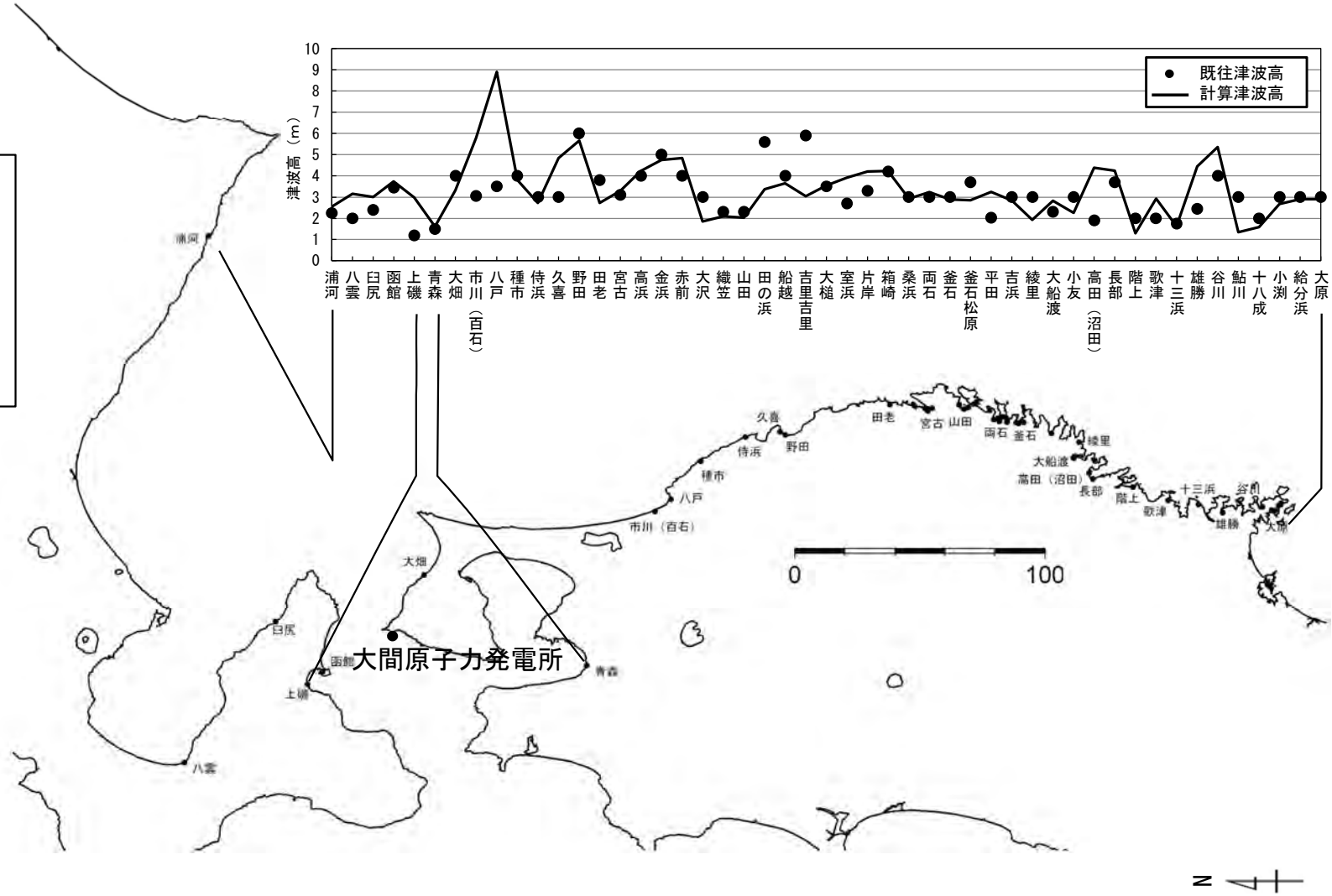
※１：第868回審査会合までは，1856年青森県東方沖地震津波の波源モデルとして，相田（1977）[12]モデルを基本として採用していたが，プレートの沈み込みを考慮した場合，上縁深さが26kmである土木学会（2002）[76]モデル（相田（1977）[12]モデルは１km）の方が妥当と判断し，今回から土木学会（2002）[76]モデルを基本として採用することにした。

1－4．既往津波の再現計算（７／９）

③1856年青森県東方沖地震津波（２／２）：再現性評価結果

- 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，κ=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。

1－4．既往津波の再現計算（８／９）

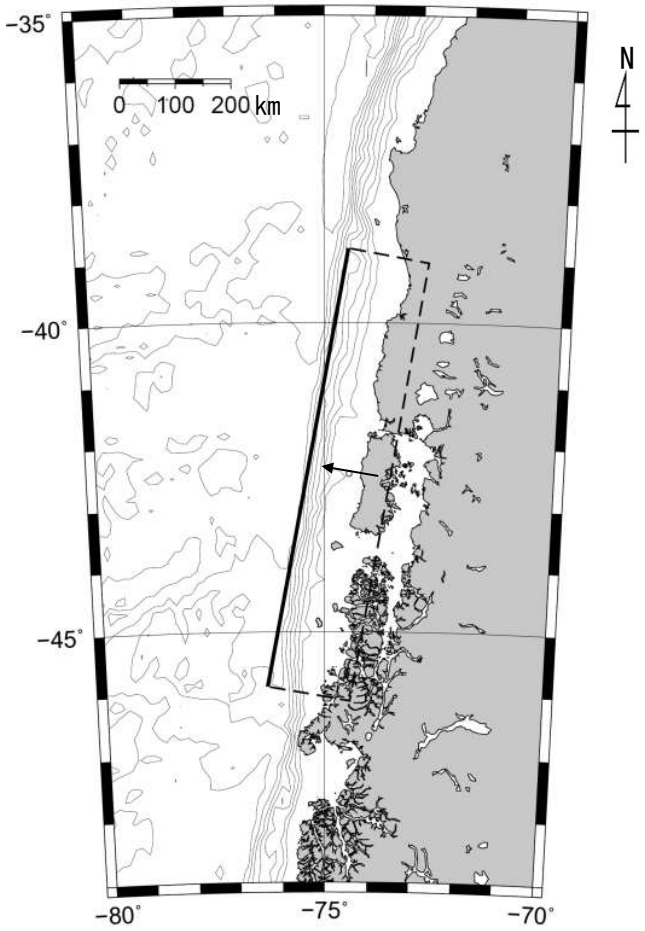
④1960年チリ地震津波（１／２）：波源モデル

- 1960年チリ地震津波の波源モデルはKanamori and Cipar（1974）[48]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
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Ｍｗ	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　Ｍｏ（N・m）	1.73×10^{23}(1.92×10^{23})
走向　θ（°）	10
上縁深さ　ｄ（km）	1
傾斜角　δ（°）	10
すべり角　λ（°）	90
ライズタイム　τ（s）	0

※：Kanamori and Cipar（1974）[48]の幅及びすべり量を修正して設定。
（）：修正前の値。



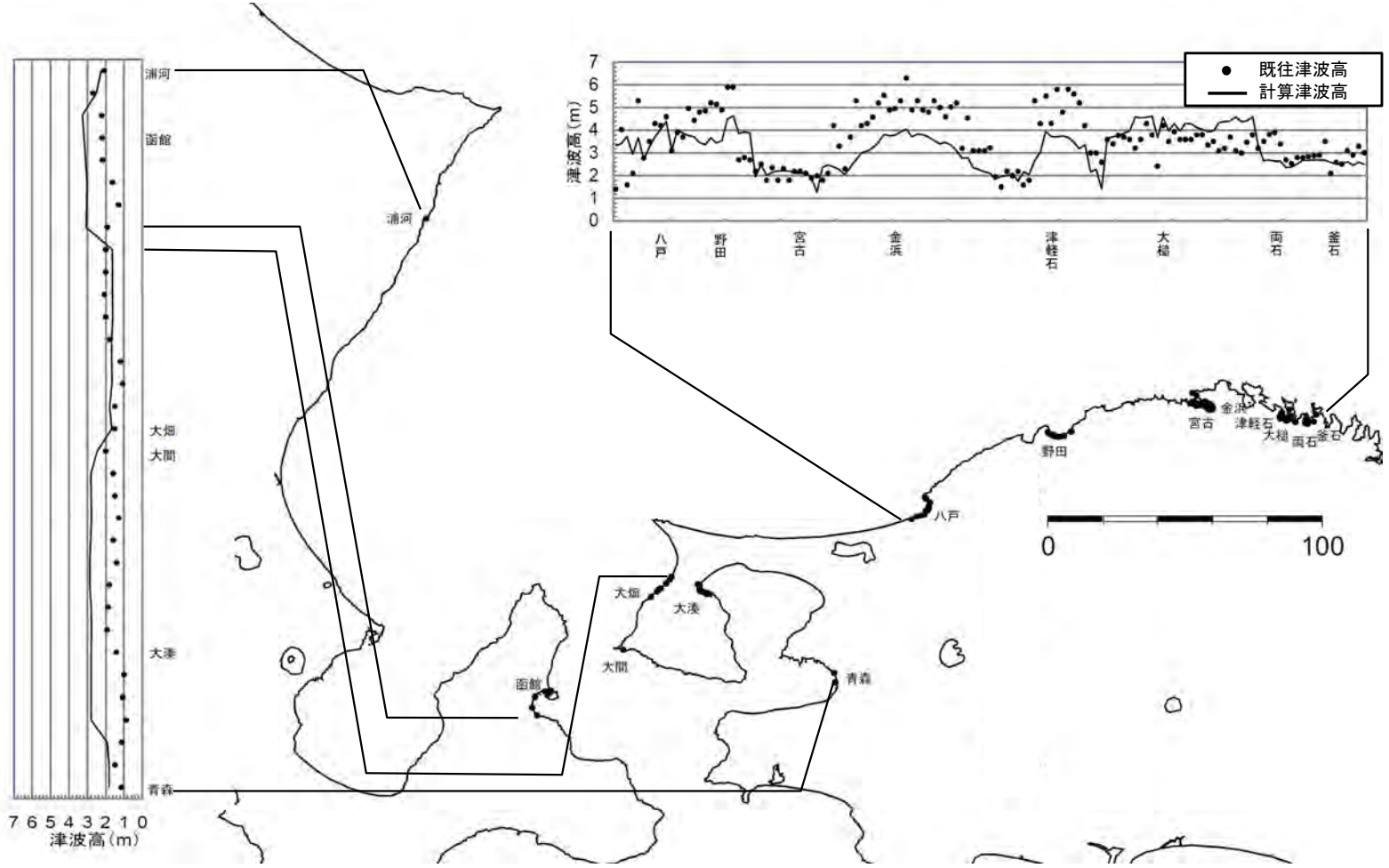
修正K&Cモデル

1－4．既往津波の再現計算（９／９）

④1960年チリ地震津波（２／２）：再現性評価結果

- 北海道南部沿岸：　８地点
- 青森県沿岸　　：　38地点
- 岩手県沿岸　　：122地点

計：168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，　κ=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。

（参考）既往津波の再現計算（１／４）

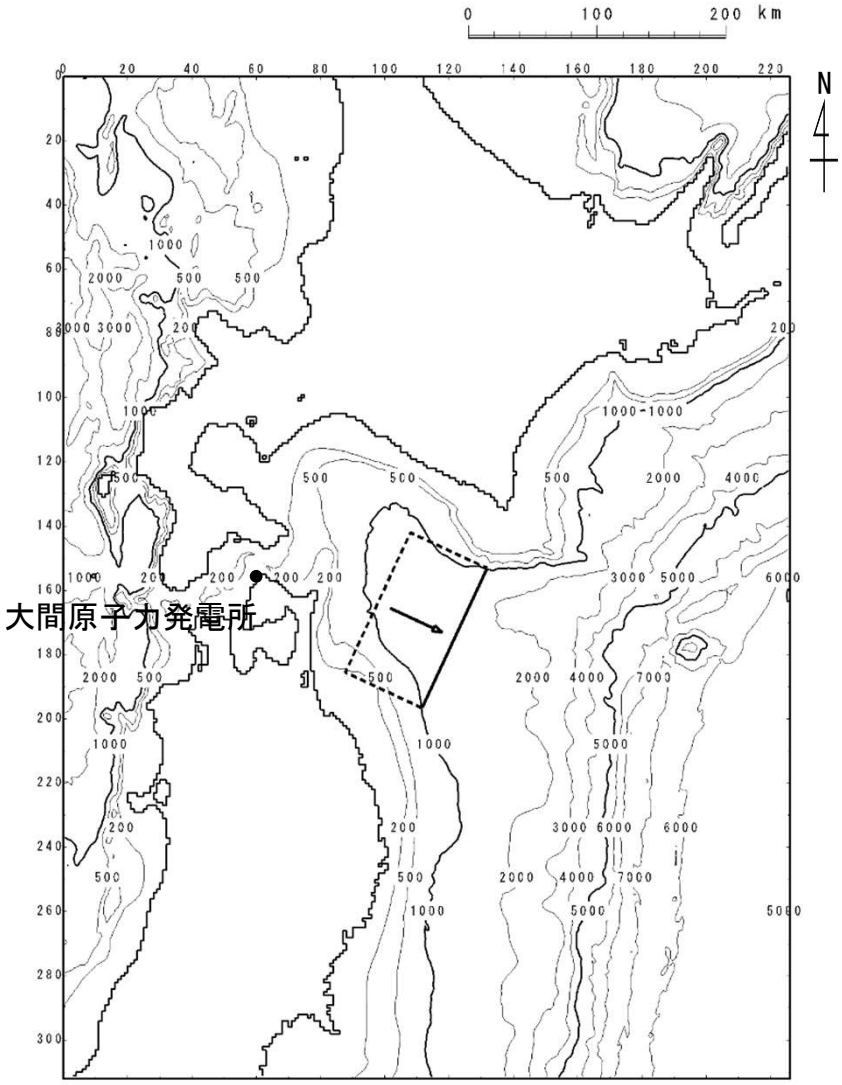
③1856年青森県東方沖地震津波（１／２）：波源モデル

- 1856年青森県東方沖地震津波の波源モデルは相田（1977）[12]で最適とされるD-7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「修正相田モデル」という。）を採用した。

波源モデルのパラメータ

項目	諸元
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw	8.32(8.29)
長さ　L（km）	120
幅　W（km）	70
すべり量　D※（m）	8.9(8.1)
剛性率　μ（N/m^2）	5.0×10^{10}
地震ﾓｰﾒﾝﾄ　Mo（N・m）	3.74×10^{21} (3.40×10^{21})
走向　θ（°）	205
上縁深さ　d（km）	1
傾斜角　δ（°）	20
すべり角　λ（°）	90
ライズタイム　τ（s）	60

※相田（1977）[12]のすべり量を修正して設定。
（）:修正前の値。



修正相田モデル

（参考）既往津波の再現計算（２／４）

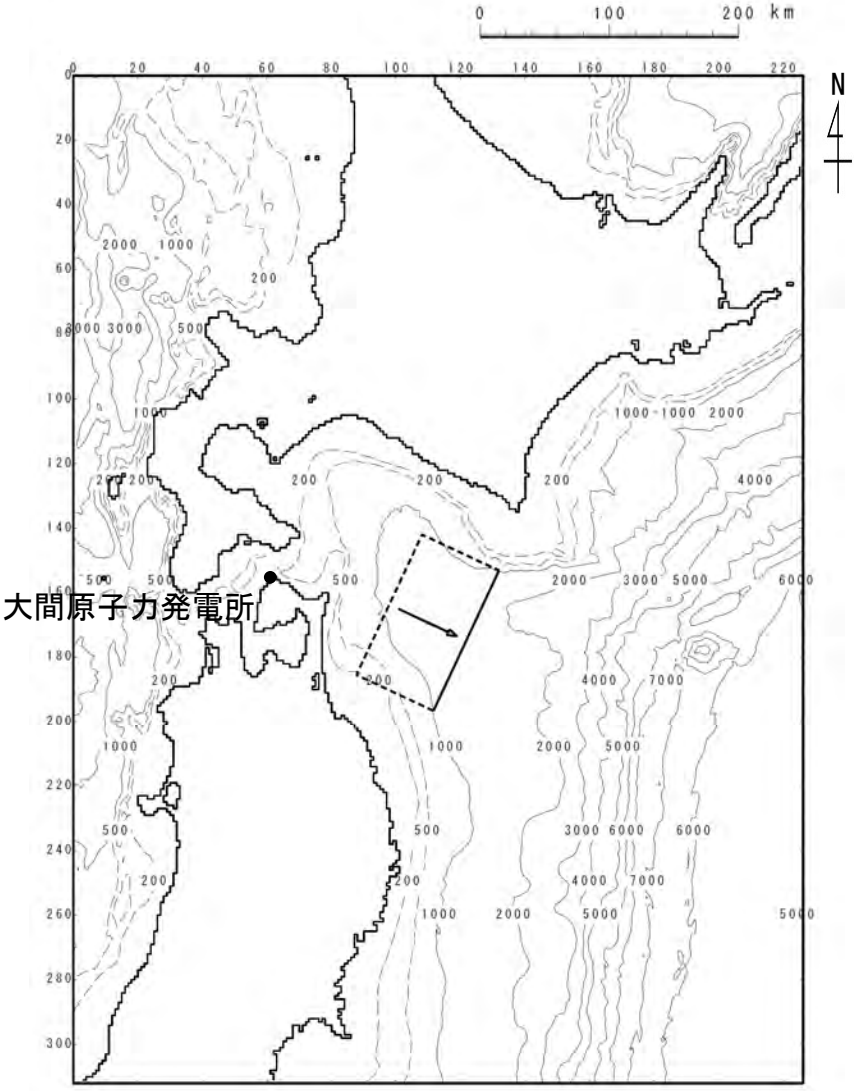
③1856年青森県東方沖地震津波（１／２）：波源モデル

- 1856年青森県東方沖地震津波の波源モデルは土木学会（2002）[76]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
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Ｍｗ	8.35(8.28)
長さ　Ｌ（km）	120
幅　Ｗ（km）	70
すべり量　Ｄ※（m）	10.0(7.8)
剛性率　μ（N/m^2）	5.0×10^{10}
地震ﾓｰﾒﾝﾄ　Ｍｏ（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

※土木学会（2002）[76]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

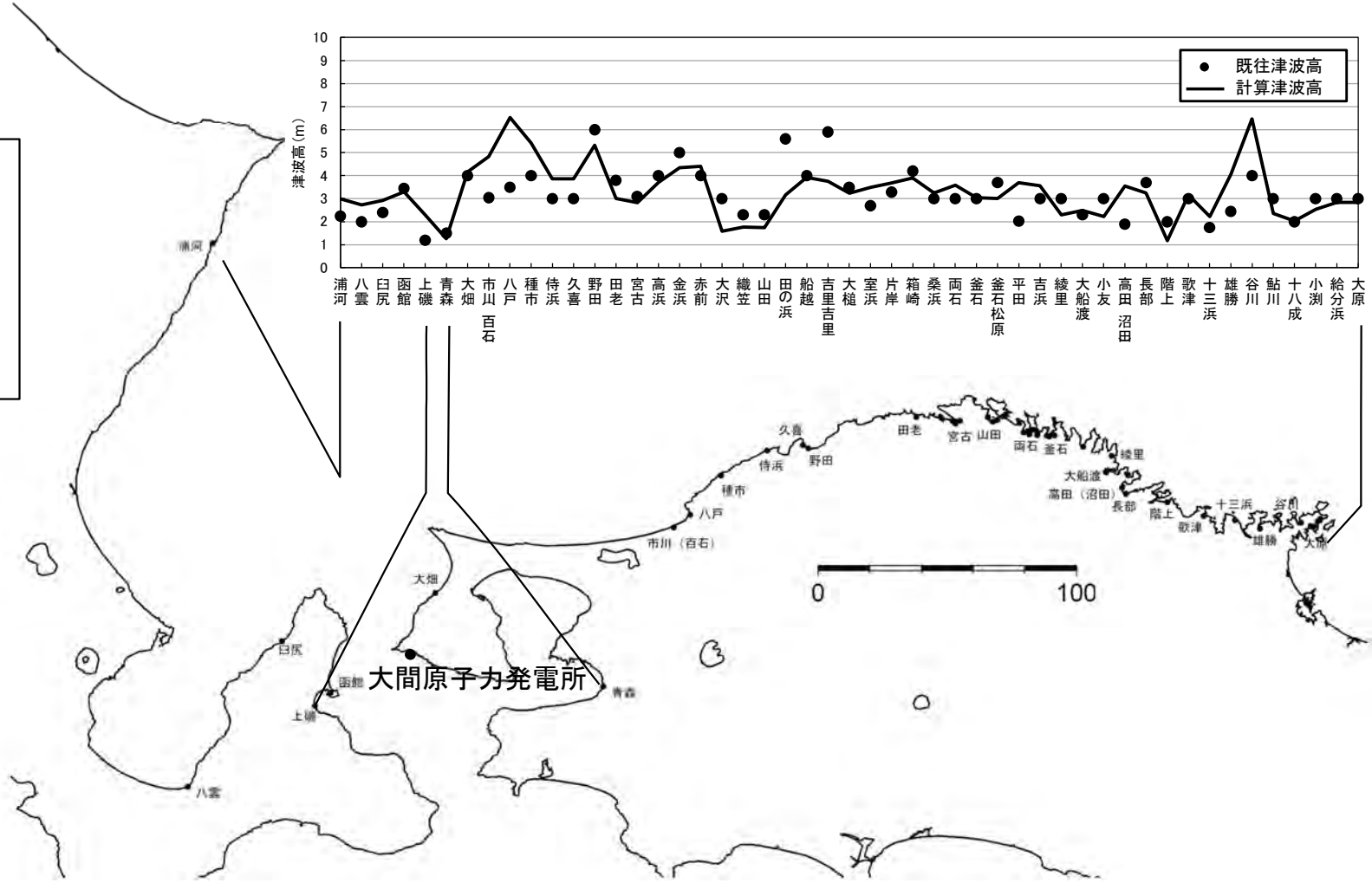
（参考）既往津波の再現計算（３／４）

変更前
第868回審査会合でご説明

第868回審査会合
資料2-1　P.52一部修正

③1856年青森県東方沖地震津波（２／２）：再現性評価結果

- 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=0.97，κ=1.36（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。

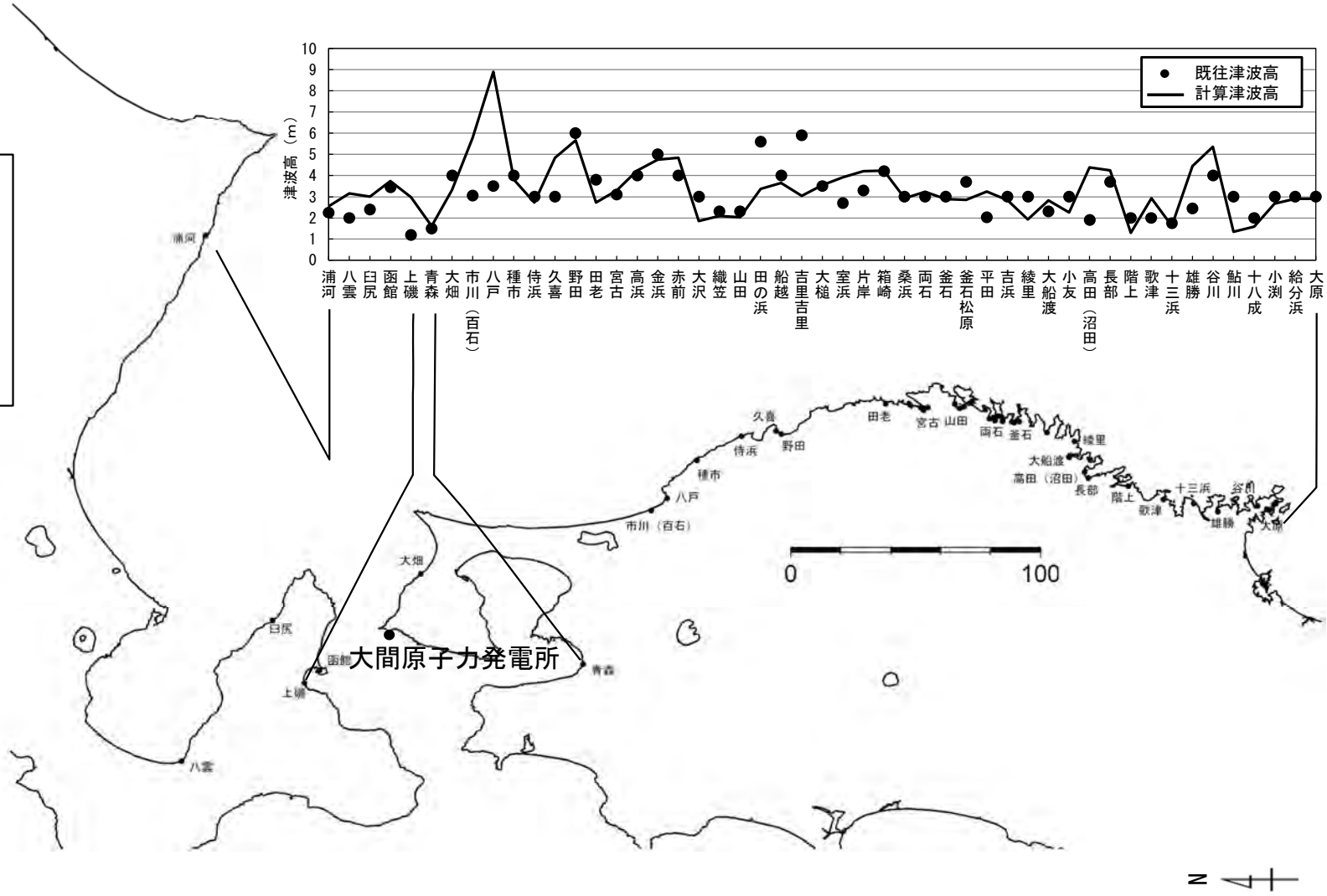
（参考）既往津波の再現計算（４／４）

変更後
今回ご説明

第868回審査会合
資料2-1　P.52一部修正

③1856年青森県東方沖地震津波（２／２）：再現性評価結果

- 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，κ=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。

目　次

１．既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．津波発生要因の組合わせに関する検討
５．基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．基準津波

：本資料でのご説明範囲

１－５．既往津波の検討のまとめ

- 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「２．地震による津波」において行うこととする。
- 基準津波の策定に係り地震による津波に対する敷地における津波の影響評価を，数値シミュレーションにより行う前提として，既往津波の再現計算を行った結果，大間地点の敷地周辺において既往津波高が良好に再現されていることが確認され，数値シミュレーションに用いる計算手法，地形モデル等の妥当性が確認された。

目　次

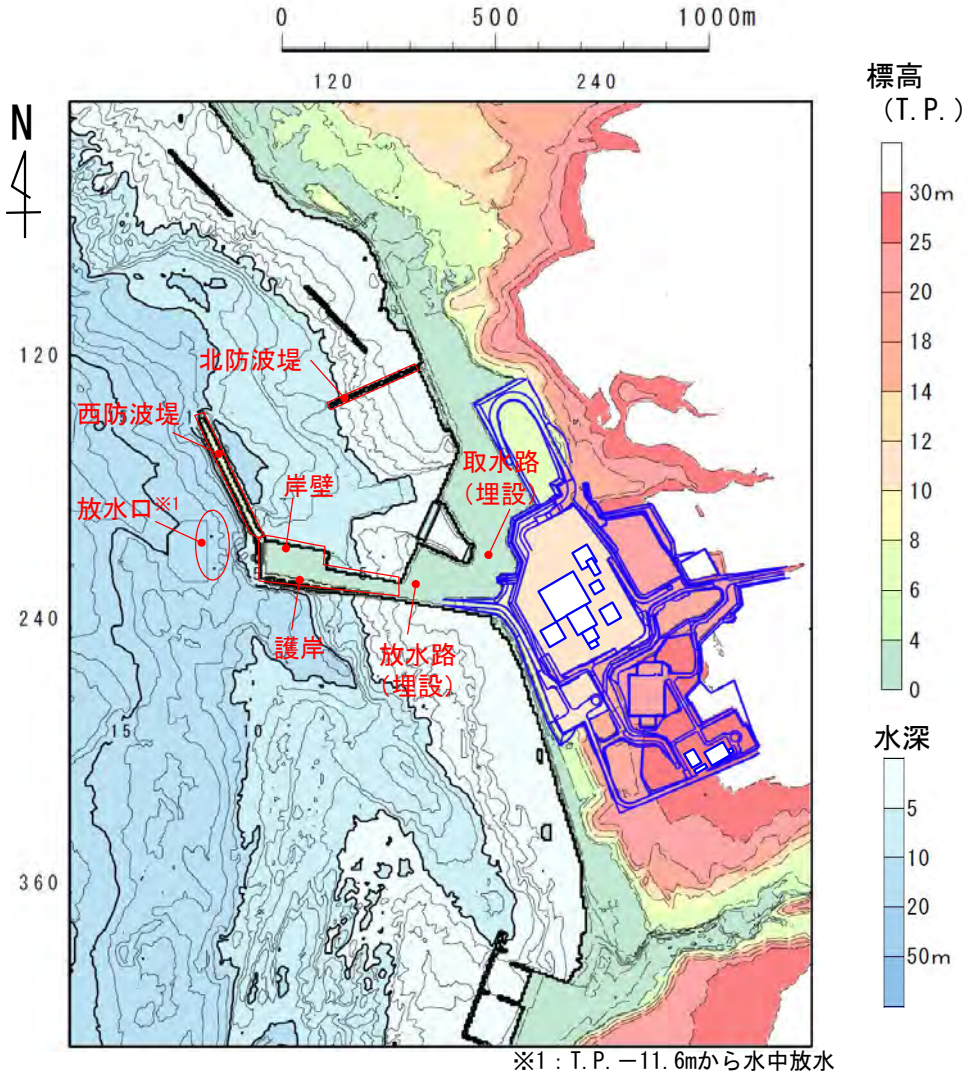
１．　既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．　地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．　地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．　津波発生要因の組合わせに関する検討
５．　基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．　基準津波

：本資料でのご説明範囲

2－1．地震による津波の計算条件（1／4）

港湾の防波堤等の取扱い

・地震による津波の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。
・評価位置抽出位置等については，P.2.1-3～ P.2.1-5に示す。



※1：T.P.－11.6mから水中放水

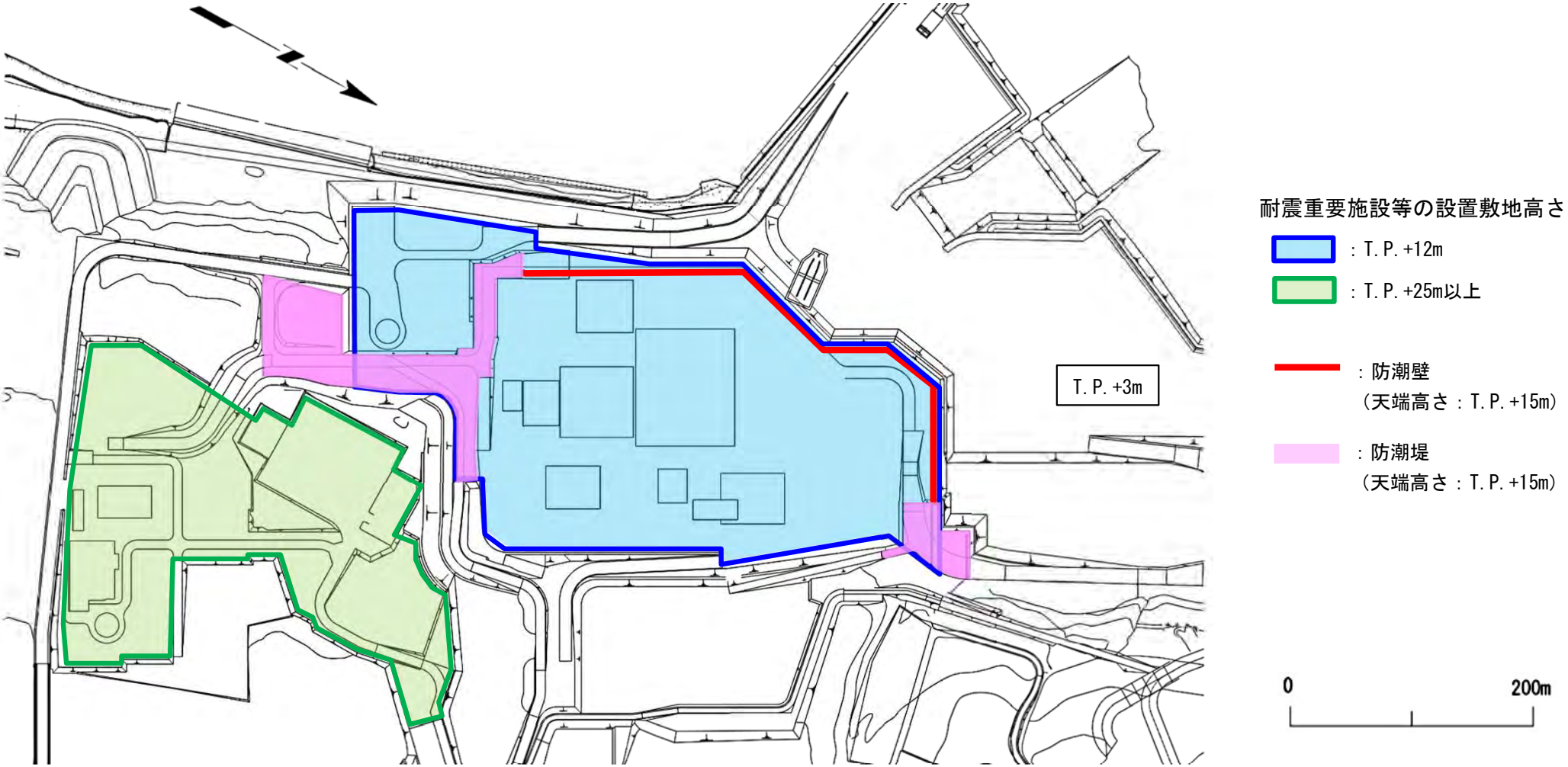
港湾の防波堤等位置図

港湾の防波堤等がない場合の影響については，「2-8. 防波堤等の影響検討」で確認している。

2－1．地震による津波の計算条件（２／４）

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。

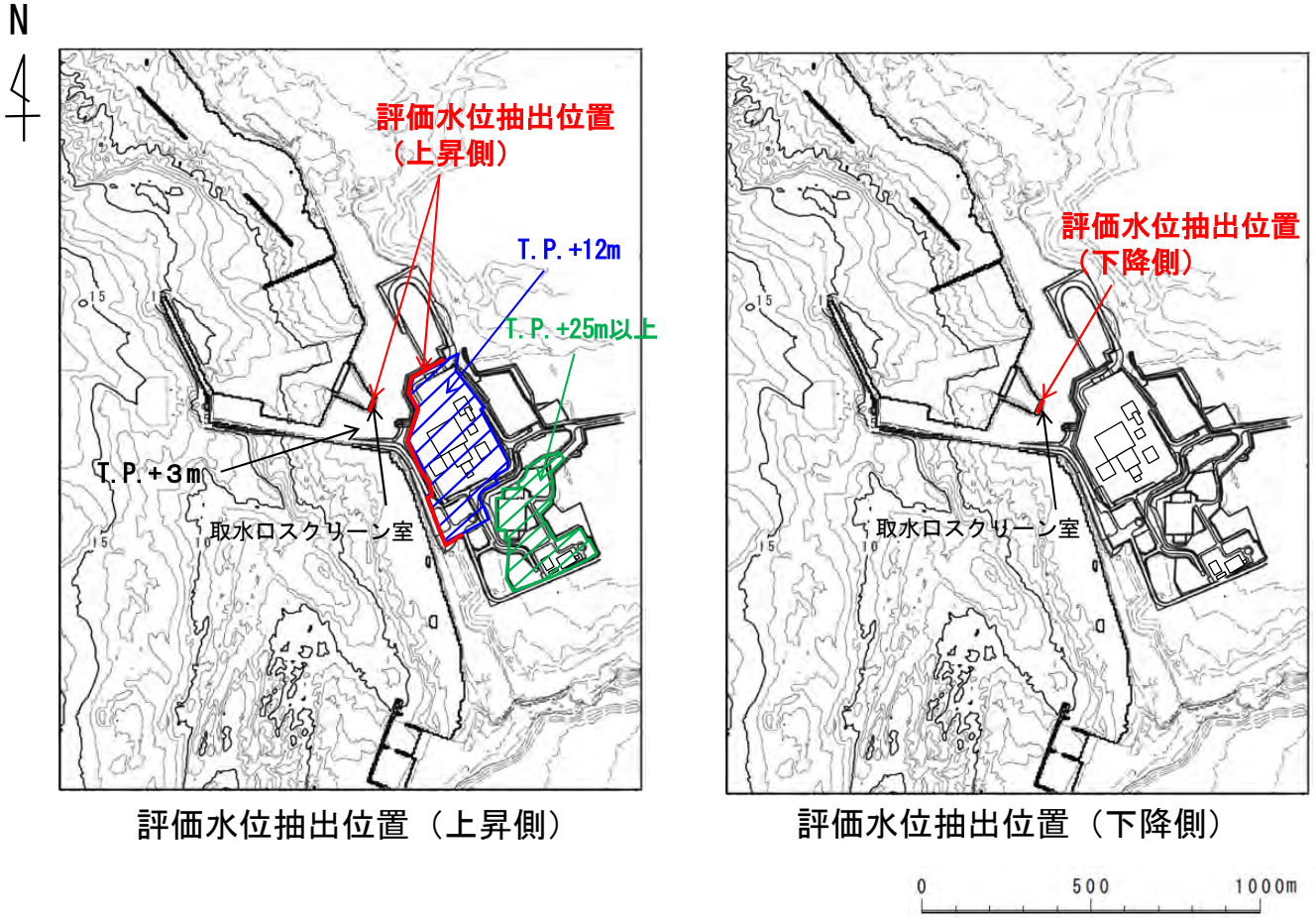


2－1．地震による津波の計算条件（３／４）

第868回審査会合
資料1-1　P.41再掲

評価水位抽出位置

・津波水位を評価するため，以下のとおり最大水位上昇量及び最大水位下降量の抽出位置を設定した。
【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の敷地の前面及び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



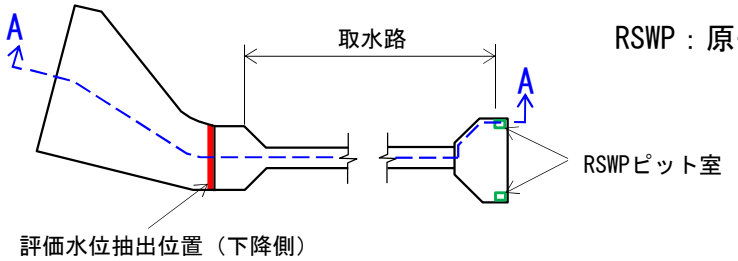
評価水位抽出位置（上昇側）　　評価水位抽出位置（下降側）

2－1．地震による津波の計算条件（４／４）

評価水位抽出位置（下降側）と取水設備との関係

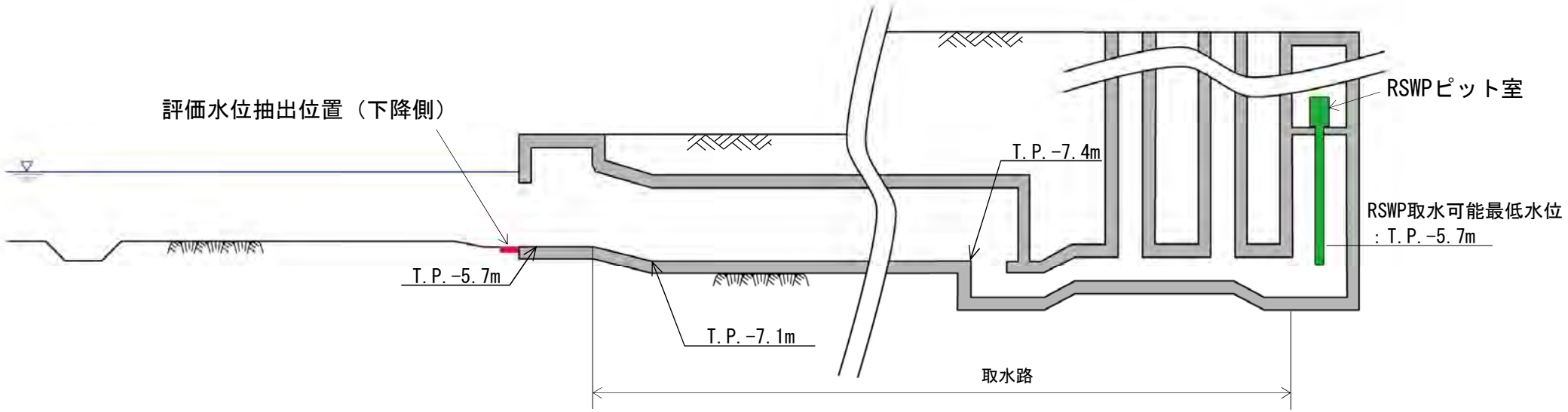
・取水路からの原子炉補機冷却水の取水確保を評価するために，取水口スクリーン室前面を評価水位抽出位置（下降側）とする。
・原子炉補機冷却水の取水確保は，基準津波策定後に，取水路内の水理応答計算を行い評価する計画である。

平面（概略図）



RSWP：原子炉補機冷却海水ポンプ

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する。

（余白）

目　次

１．　既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．　地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．　地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．　津波発生要因の組合わせに関する検討
５．　基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．　基準津波

：本資料でのご説明範囲

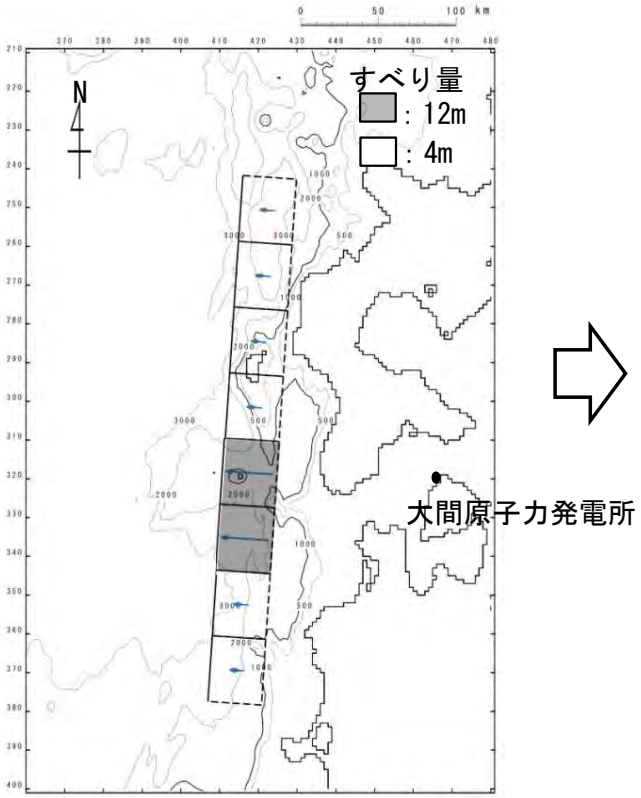
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１／６６）

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討フロー

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-2再掲

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波については，2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえて，破壊領域の連動やすべりの不均質性を考慮の上，以下のフローで検討を実施した。

基準波源モデルの設定



概略パラメータスタディ

（ステップ１）

変動パラメータ※１
・東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向
・アスペリティ※２位置（断層長さの約1/10を考慮して約40kmﾋﾟｯﾁで移動）

※１：変動幅は敷地への影響及び科学的知見を考慮し設定。

※２：「大すべり域」を以下「アスペリティ」という。

ステップ１において最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを，ステップ２の検討対象とする。

（ステップ２）

変動パラメータ※１
・アスペリティ※２位置（ステップ１で影響が大きい位置をさらに細かく約10kmﾋﾟｯﾁで移動）

詳細パラメータスタディ

概略パラメータスタディにおいて最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを，詳細パラメータスタディの検討対象とする。

変動パラメータ※１
・走向
・アスペリティ数※２及び位置
・上縁深さ

２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２／６６）

日本海東縁部について（１／６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-3再掲

- 日本海東縁部はひずみ集中帯であり，明瞭なプレート境界が存在しない一方で，Ｍ７クラスの地震に伴い1983年日本海中部地震津波，1993年北海道南西沖地震津波等の津波が発生している。
- 日本海東縁部は明瞭なプレート境界が形成されていないことから地震の発生メカニズムが複雑であるため，基準波源モデルの設定に先立ち，テクトニクスと地震メカニズム，ひずみ集中帯，地殻構造と大地震の関係に関する既往の知見を整理する。

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-4再掲

日本海東縁部について（２／６）

テクトニクスと地震メカニズム

- 日本海東縁部で発生する地震の特性及び様式を把握することを目的として，「テクトニクスと地震メカニズム」に関する知見を整理する。

✓ 現在の日本海の地形と地質構造は，3000-1500万年前の日本海形成時に作られた構造（日本列島の大陸からの分離，日本海盆における海洋性地殻の形成等）と，約1000万年前より以降の変動によって形成された構造（日本列島に沿った縁辺部の地殻変動）が重なり合っているとされている。
大竹ほか編（2002）(49)による

✓ 日本海東縁部の北海道西方沖から新潟県沖には，多くの断層・褶曲が分布した「ひずみ集中帯」と呼ばれている領域があるとされている。「ひずみ集中帯」は，西に位置するユーラシアプレート（若しくはアムールプレート）と東に位置する北米プレート（若しくはオホーツクプレート） の幅の広いプレート境界とされている。
国交省ほか（2014）(23)による

✓ 日本海東縁部で発生する地震は，主としてプレート相対運動に伴う東西方向からの圧縮力を受けて発生するとされている。明瞭なプレート境界が存在する太平洋側の海溝沿いとは異なり，日本海東縁部では，プレート境界が南北方向に分布する何条かの断層・褶曲帯（「ひずみ集中帯」）より成り，幅をもった領域全体で圧縮力によるひずみを解消するものとされている。
地震調査研究推進本部（2003）(50)による

✓ 日本海ではマグニチュード７前後からそれ以上の大地震が繰り返し発生してきたが，それらは活断層の破壊によって発生したとされている。
岡村（2019）(51)による

✓ 日本海東縁部で発生する地震は，内陸の活断層タイプの地震と同様の発生メカニズムを持つとされている。日本海東縁部では逆断層タイプの地震が発生するとされている。
国交省ほか（2014）(23)による

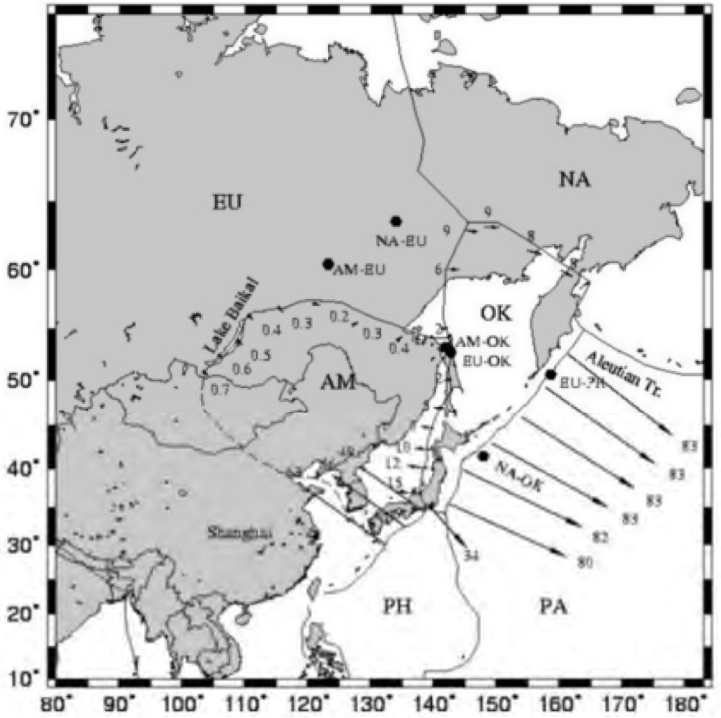


図３　日本列島周辺のプレート運動（Wei and Seno（1998））
EU：ユーラシアプレート，NA：北米プレート，OK：オホーツクプレート，
AM：アムールプレート，PA：太平洋プレート，PH：フィリピン海プレート

国交省ほか（2014）(23)

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４／６６）

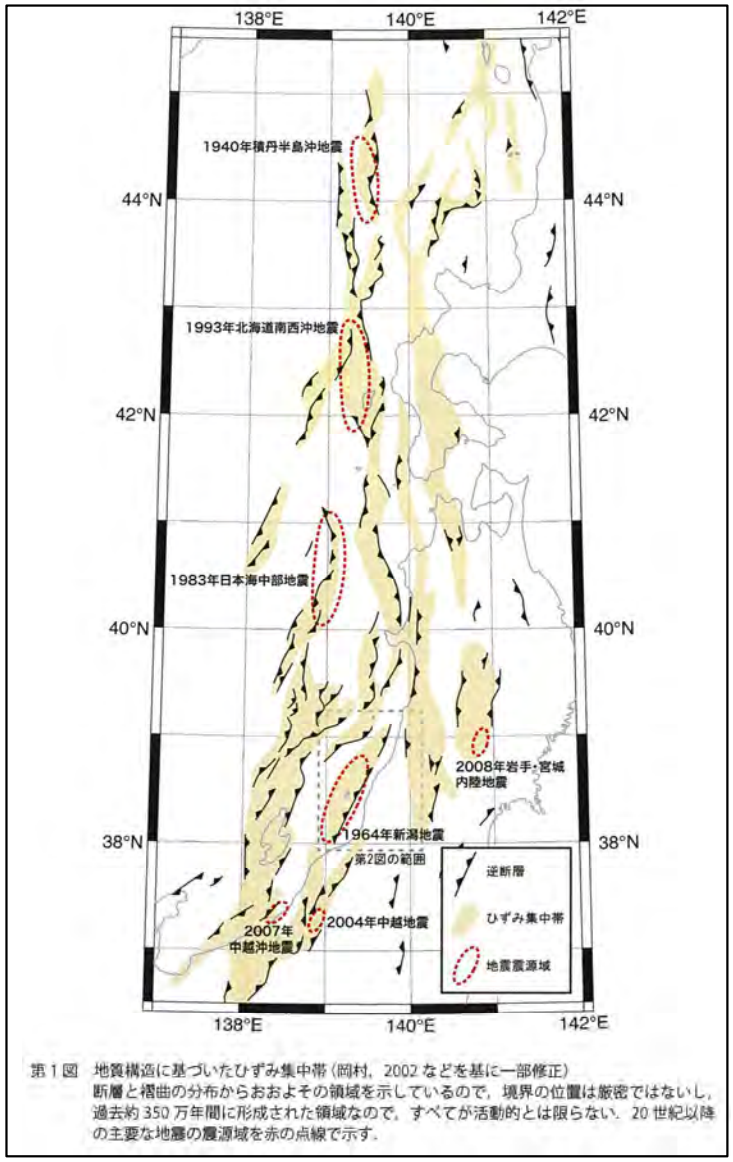
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-5再掲

日本海東縁部について（３／６）

地質構造に基づいたひずみ集中帯

- 日本海東縁部で発生する地震の発生範囲を把握することを目的として，「ひずみ集中帯」に関する知見を整理する。
  - ✓ 日本海東縁部は，1500万年以上前の日本海の拡大時に，正断層が発達しリフトが多数形成され，その後，約300万年前以降の東西圧縮応力により，それらの古い正断層が逆断層として再活動しているとされている。
  - ✓ 日本海東縁部には背斜構造と逆断層が連続する断層，褶曲帯がいくつも発達している。一方，断層や褶曲が全く見られないゾーンも断層，褶曲の間に分布する。このことは，日本海東縁部では地殻のひずみは断層，褶曲帯に集中してきたことを示しており，断層，褶曲帯は約300万年間に地殻の短縮ひずみが集中した場所であるとされている。
  - ✓ 日本海東縁部の背斜構造を断層関連褶曲と考えることにより，上部地殻を切る逆断層の位置を大まかに推定し，最近約300万年間に変位が蓄積されてきた場所で，地質学的な時間スケールでみた地殻のひずみ集中帯の分布として，背斜構造全体の幅がマッピングされている。

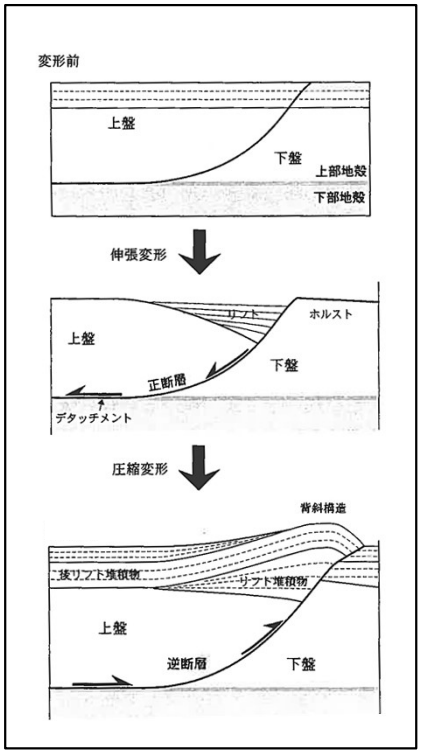
大竹ほか編（2002）[49]による



第1図　地質構造に基づいたひずみ集中帯（岡村，2002などを基に一部修正）
断層と褶曲の分布からおおよその領域を示しているので，境界の位置は厳密ではないし，過去約350万年間に形成された領域なので，すべてが活動的とは限らない．20世紀以降の主要な地震の震源域を赤の点線で示す．

地質構造に基づいたひずみ集中帯

岡村ほか（2019）[52]
（大竹ほか編（2002）[49]などを基に一部修正）



圧縮応力場及び伸張応力場で形成される模式的な断層とそれに伴う構造

大竹ほか編（2002）[49]に一部加筆

伸張応力場では上盤が沈降し，堆積盆地（リフト）が形成される。一方，断層の下盤はほとんど変動しないため，相対的な高まり（ホルスト）として残る。伸張応力場から圧縮応力場に転じた場合には，正断層が逆断層として再活動し，堆積盆地を含む上盤が隆起し，非対称な背斜構造が形成される。

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５／６６）

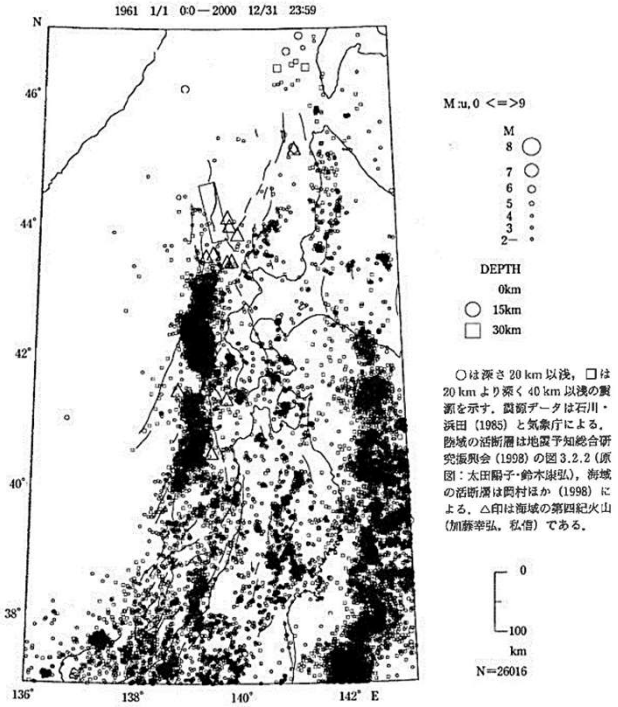
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-6再掲

日本海東縁部について（４／６）

地震活動からみたひずみ集中帯

- 日本海東縁部で発生する地震の発生範囲を把握することを目的として，「地震活動からみたひずみ集中帯」に関する知見を整理する。
  - ✓ 積丹半島北西沖から男鹿半島沖では，ほぼ東経139°線に沿う海域の地震帯が明瞭で近年の大地震は，北から1940年積丹半島沖地震(M7.5)，1993年北海道南西沖地震(M7.8)，1983年日本海中部地震(M7.7)の順に配列し，南北走向の震源の並びが鮮明に浮かび上がっているとされている。
  - ✓ このほぼ南北走向の地震帯は，数十kmの幅をもつ１本の明瞭な帯で特徴づけられ，西側に接する海底は，日本海で最も深い水深3000m級の日本海盆であり，日本海の拡大期に海洋性リソスフェアとして形成されたと推定されるため，この地域だけが島弧プレートと背弧の海洋プレートの境界が明瞭で，その境界域にひずみと変動が集中しているものと考えられるとされている。
  - ✓ 右図は，地震活動からみた日本海東縁部のひずみ集中帯の分布図であり，日本海の東縁では，南北走向に近いいくつかのひずみ集中帯が枝分かれしたり，合流したりしながら全体の変動帯を構成しているとされている。

大竹ほか編（2002）[49]による



日本海東縁の浅い地震（深さ30km以浅）の震源（1961-2000年）と活断層の分布



地震活動からみた日本海東縁部のひずみ集中帯と地震空白域（長円で囲んだ領域，AかA’とB，X）

英小文字で示したaからjは震源が密集して帯を形成している地震帯とみられる地帯で特徴的な部分をそれぞれ記号で示している。
主に海域に分布する横棒線の密度の濃い帯は日本海東縁の新生プレート境界に関連するもので，荒い横棒線は陸域の地震帯に関係するもの。

大竹ほか編（2002）[49]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６／６６）

日本海東縁部について（５／６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-7再掲

地殻構造と大地震との関係

- 日本海東縁部の断層の分布箇所及び深さ方向の特性を把握することを目的として，「地殻構造と大地震との関係」に関する知見を整理する。
  - ✓ 富山湾より北東側の日本海東縁部では，ほぼ南北方向に伸びる断層の集中帯とそれに斜交する北東－南西方向の断層帯が認められるとされている。
  - ✓ 南北方向の断層集中帯は規模の大きな断層が重複して分布するのに対して，北東－南西方向の断層帯では断層規模はやや小さく，断層の集中度も低いとされている。
  - ✓ 断層面の傾斜は東傾斜と西傾斜が交互に現れるとされている。
  - ✓ 過去に発生した規模の大きい地震は，南北方向の断層集中帯に沿って発生しているとされている。

岡村（2019）[51]による

- ✓ 地殻構造調査に基づき，地震波速度や厚さに基づく地殻構造の区分がなされてきている。日本海東縁で過去に生じた被害地震は，地殻構造内で発生したものと，地殻構造の境界で発生したものがあるとされている。

小平（2013）[53]による

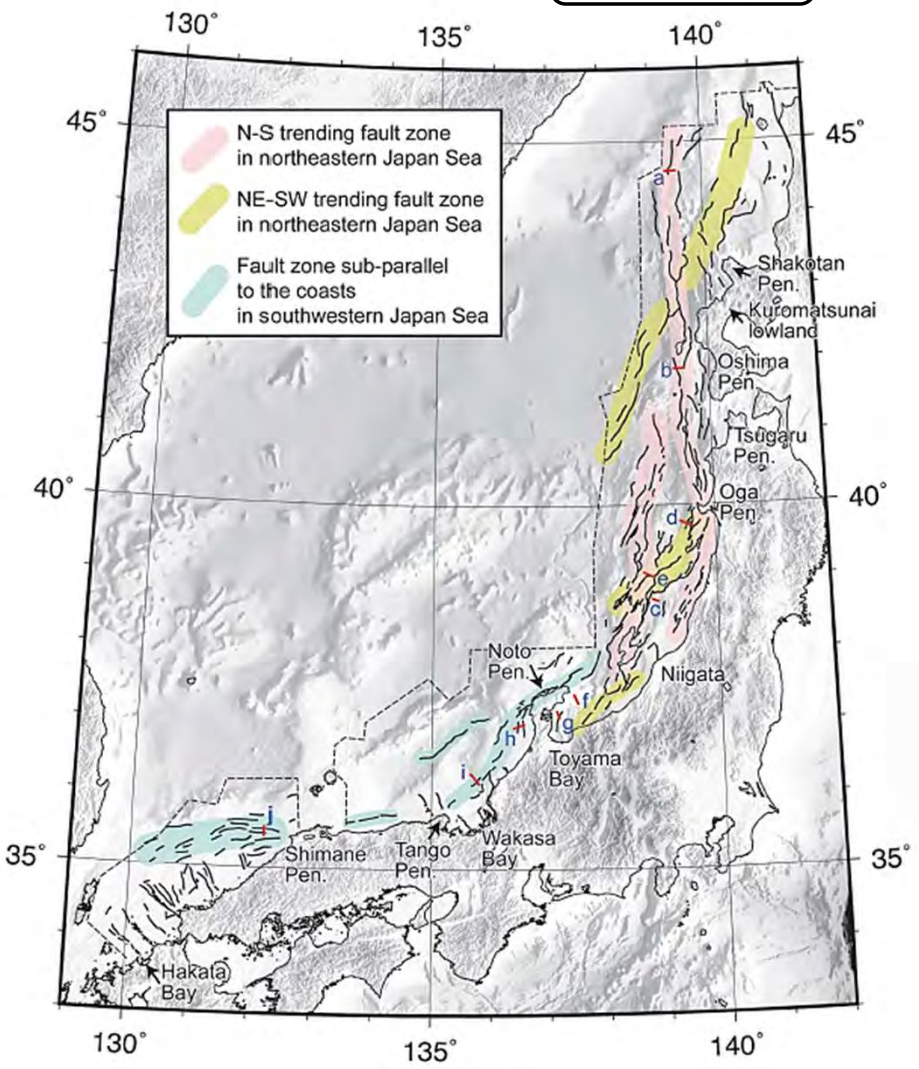


Fig. 4. Map showing major active faults in Japan Sea
Active faults are shown by solid black lines. Red bars and small capitals are locations of the seismic profiles shown in Fig. 3. Broken lines indicate the outline of the areas covered with dense seismic survey lines. Faults are concentrated in colored zones.

岡村（2019）[51]

2-2.日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（７／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-8再掲

日本海東縁部について（６／６）

以上より，基準波源モデル設定に係る主な日本海東縁部の特性は以下のとおり纏められる。

- ✓ ユーラシアプレートと北米プレートの間には，明瞭なプレート境界が存在せず，東西方向に数十km程度の幅をもち南北方向に伸びるひずみ集中帯でＭ７クラスの地震が発生する。
- ✓ 内陸の活断層タイプの地震と同様の発生メカニズムを持つ。
- ✓ プレートの相対運動に伴う東西圧縮力によるひずみを解消することで逆断層タイプの地震が発生する。
- ✓ 日本海の拡大時に形成された古い正断層が逆断層として再活動している。
- ✓ 活断層タイプで断層面は東傾斜及び西傾斜の双方が存在する。

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（８／６６）

基準波源モデルの設定（基本方針）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-9再掲

- 波源モデルの各諸元の検討においては，日本海東縁部における科学的知見を検討の上，2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえたすべりの不均質性を考慮した「特性化波源モデル」※を基準波源モデルとして設定する。

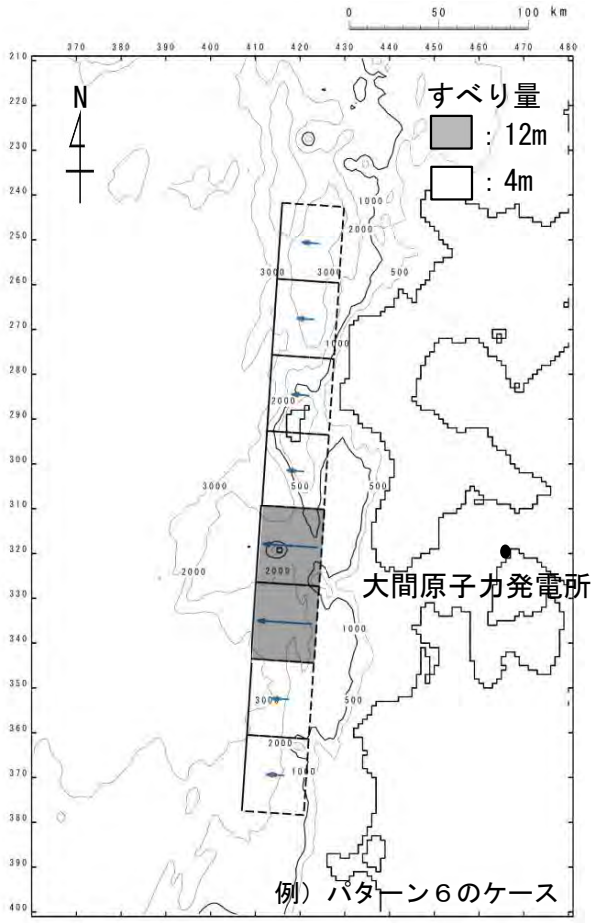
- 想定波源域については，地震調査研究推進本部（2003）(50)の評価対象領域を基本とし，既往地震，ひずみ集中帯，海底地形，余震分布，地殻構造等を踏まえ評価対象領域を策定し，2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえた破壊領域の連動を考慮して設定する。
- 基準波源モデルのパラメータに関しては，既往津波の波源モデル，国交省ほか（2014）(23)のスケーリング則等の科学的知見を検討の上設定する。主な考え方は以下のとおり。
  - ✓ 日本海東縁部にはプレート間のように明瞭なプレート境界が存在せず，一意的に断層面が想定できないことから，ひずみ集中帯という日本海東縁部の特性を踏まえ，想定波源域の中に逆断層タイプの東傾斜及び西傾斜の双方が存在することを考慮する。
  - ✓ すべり量の設定については，活断層などの内陸地震の断層面積と地震モーメントの経験的関係式によると，地震規模が一定以上の場合平均すべり量は一定値となることを参照し，最大すべり量に関する知見を整理の上，保守的に設定した最大すべり量を各波源モデルに適用することとする。
  - ✓ すべりの不均質性の設定については，日本海東縁部の既往津波に対して，すべりの不均質性を考慮し，既往津波の再現性がおおむね確認されている根本ほか（2009）(54)の知見を対象とし，その内容及び妥当性について確認の上適用する。

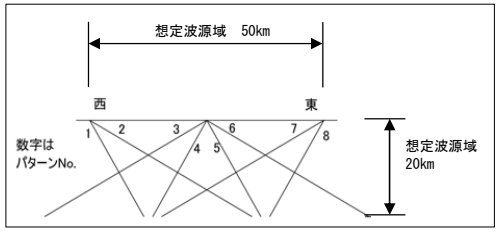
※：波源の特性を主要なパラメータで表したモデル

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（9／66）

基準波源モデルの設定（設定方法）

以下のフロー及び設定根拠に基づき，基準波源モデルを設定した。





東西位置，傾斜角パターン
土木学会（2016）[39]に一部加筆

基準波源モデル

基準波源モデル設定フロー

① 想定波源域の設定
（南北方向，東西方向，深さ方向）

② 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定

③ 走向・すべり角・上縁深さの設定

④ 最大すべり量の設定

⑤ すべりの不均質性の設定

⑥ 剛性率：μの設定

モーメントマグニチュード：Mwの算出
Mw=(logMo-9.1)/1.5
ここで，Mo=μLWD

⑦ ライズタイム：τの設定

設定根拠

南北・東西方向
既往地震，ひずみ集中帯，余震分布，海底地形の知見等より南北方向340km，東西方向50kmと設定
→後述P.2.2-11～P.2.2-23

深さ方向
既往地震，地殻構造，地震発生層の知見より20kmと設定
→後述P.2.2-11，P.2.2-12，P.2.2-24～P.2.2-28

断層傾斜，既往津波の断層モデル等に関する知見より８パターン設定
→後述P.2.2-30，P.2.2-31

既往津波の断層モデル及び既往地震のハーバードCMT解等に基づき設定
→後述P.2.2-32

既往地震の最大地表変位量，スケーリング則及び既往津波の断層モデルの最大すべり量を参考に12mと設定
→後述P.2.2-33～P.2.2-41

すべりの不均質性が考慮されている根本ほか（2009）[54]に基づき設定
→後述P.2.2-44～P.2.2-46

地震波速度や密度に関する既往研究に基づき$3.5\times10^{10}N/m^2$に設定
→後述P.2.2-47，P.2.2-48

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の再現性が高いモデル等を参照し0sに設定
→後述P.2.2-49，P.2.2-50

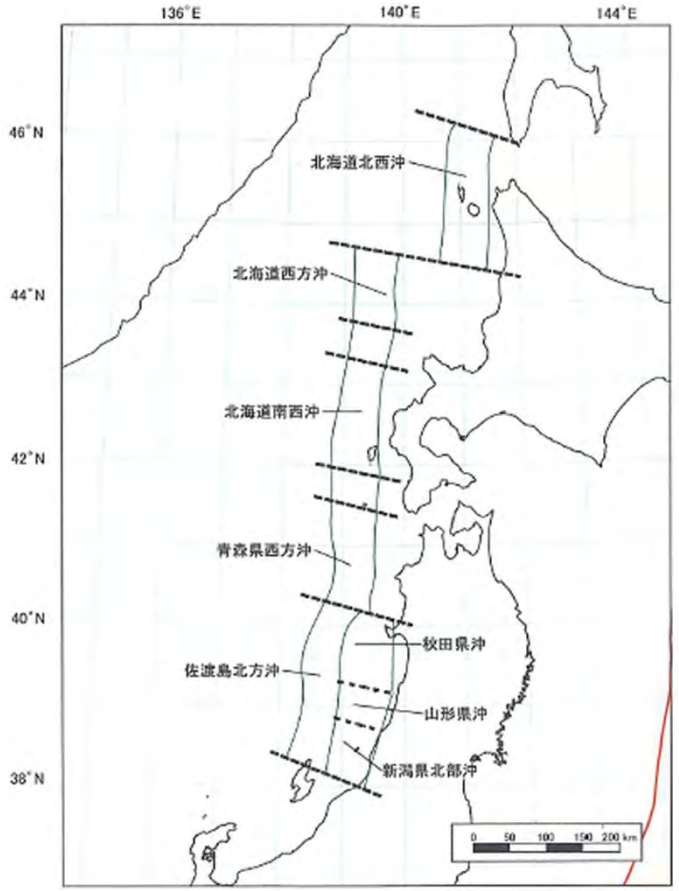
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１０／６６）

① 想定波源域の設定（１／１９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-11再掲

基本方針

想定波源域は，地震・津波に対する防災の観点から，地震に関する調査や研究を政府として一元的に推進するために設置された政府の特別機関である地震調査研究推進本部が整理した地震調査研究推進本部（2003）(50)の評価対象領域を基本とし，この評価対象領域に係る既往研究を参照（次ページ参照）して設定する。



日本海東縁部の評価対象領域

日本海東縁部で発生する地震は，主としてプレート相対運動に伴う東西方向からの圧縮力を受けて発生するとされている。明瞭なプレート境界が存在する太平洋側の海溝沿いとは異なり，日本海東縁部では，プレート境界が南北方向に分布する何条かの断層・褶曲帯（以下，「ひずみ集中帯」という。）より成り，幅をもった領域全体で圧縮力によるひずみを解消するものとされている。

地震調査研究推進本部（2003）(50)による

地震調査研究推進本部（2003）(50)

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１１／６６）

① 想定波源域の設定（２／１９）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-12再掲

想定波源域の設定に関わり参照する既往研究に関する内容，考え方及び検討イメージは以下のとおり。

【南北・東西方向共通】

- ✓ 既往地震の規模（P. 2. 2-13）
  : 断層面積（断層分布範囲）に関連する地震規模の確認
- ✓ 既往地震の波源域（P. 2. 2-14）：既往地震の発生範囲の確認
- ✓ ひずみ集中帯内における既往地震規模の偏り（P. 2. 2-15）
  : 将来の地震の発生範囲及び規模の推定

【南北方向】

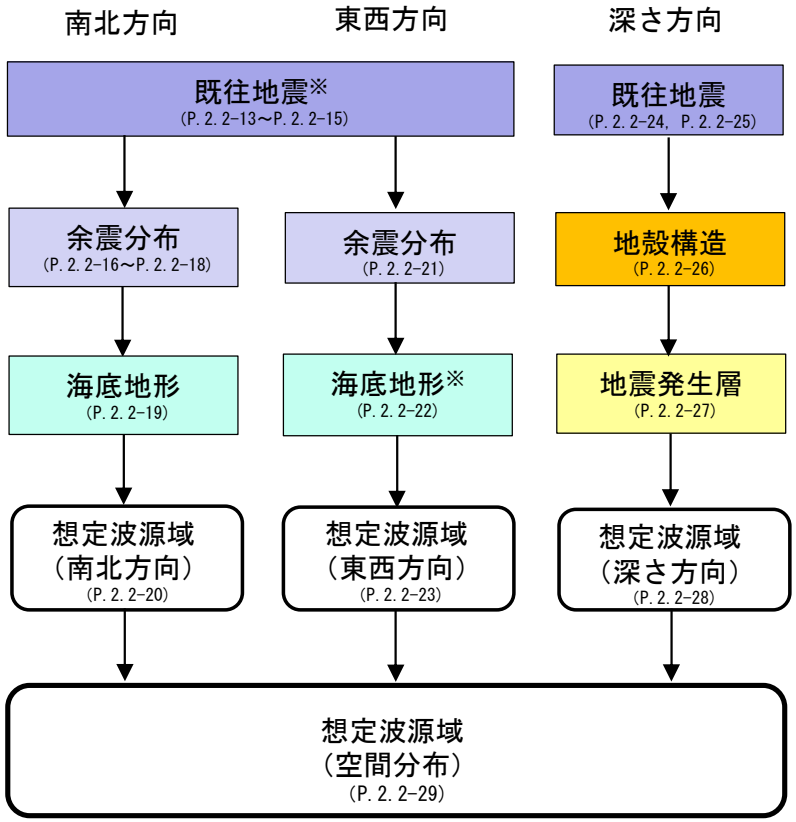
- ✓ 余震分布に関する知見（P. 2. 2-16～P. 2. 2-18）
  : 既往地震の発生場所の確認
- ✓ 海底地形に関する知見（P. 2. 2-19）
  : 火山，海台等の破壊のバリアとなり得る海底地形と既往地震の関係の確認

【東西方向】

- ✓ 余震分布に関する知見（P. 2. 2-21）：既往地震の発生場所の確認
- ✓ 地形・ひずみ集中帯に関する知見（P. 2. 2-22）
  : 将来の地震の発生範囲の推定

【深さ方向】

- ✓ 地殻構造と既往大地震の断層面の関係（P. 2. 2-24，P. 2. 2-25）
  : 既往地震の断層下端とモホ面の関係確認
- ✓ 地殻構造に基づく波源モデルの設定（P. 2. 2-26）
  :地殻構造調査結果に基づく地殻厚さ評価の確認
- ✓ 地震発生層の知見（P. 2. 2-27）：地震発生層の厚さに関する知見の確認



※ひずみ集中帯の知見も含む

想定波源域設定の検討イメージ

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１２／６６）

① 想定波源域の設定（３／１９）：南北・東西方向（１／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-13再掲

既往地震の規模

日本海東縁部の大地震活動域の既往最大Mw

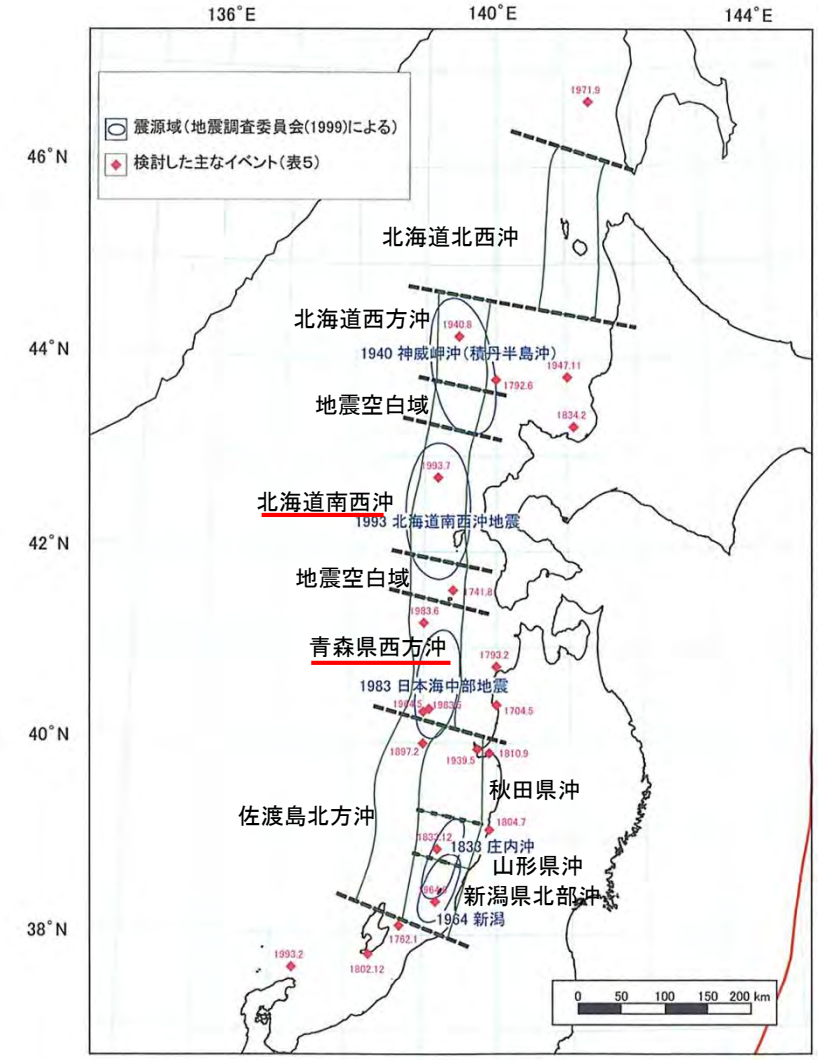
海域	発生年	既往最大Mw（＝Mmax）	地震発生間隔
北海道北西沖	なし	－	3900年程度
北海道西方沖	1940	7.7	1400～3900年程度
北海道南西沖	1993	7.8	500～1400年程度
青森県西方沖	1983	7.7	500～1400年程度
秋田県沖	なし	－	1000年程度以上
山形県沖	1833	7.8	1000年程度以上
新潟県北部沖	1964	7.5	1000年程度以上
佐渡島北方沖	なし	－	500～1000年程度

土木学会（2011）[55]より作成

- 地震規模は，断層面積（断層分布範囲）に関連するため，既往地震の規模について整理した。
- 日本海東縁部において敷地への津波の影響が大きいと考えられる北海道南西沖及び青森県西方沖で発生した既往地震津波のうち，最も地震規模が大きいものは1993年北海道南西沖地震津波（Mw＝7.8）とされている。

地震調査研究推進本部（2003）[50]による

以上から，既往地震の最大規模はMw7.8 である。



日本海東縁部における主な地震の震源域と
地震調査研究推進本部（2003）[50]で検討対象としたイベント

地震調査研究推進本部（2003）[50]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１３／６６）

① 想定波源域の設定（４／１９）：南北・東西方向（２／３）

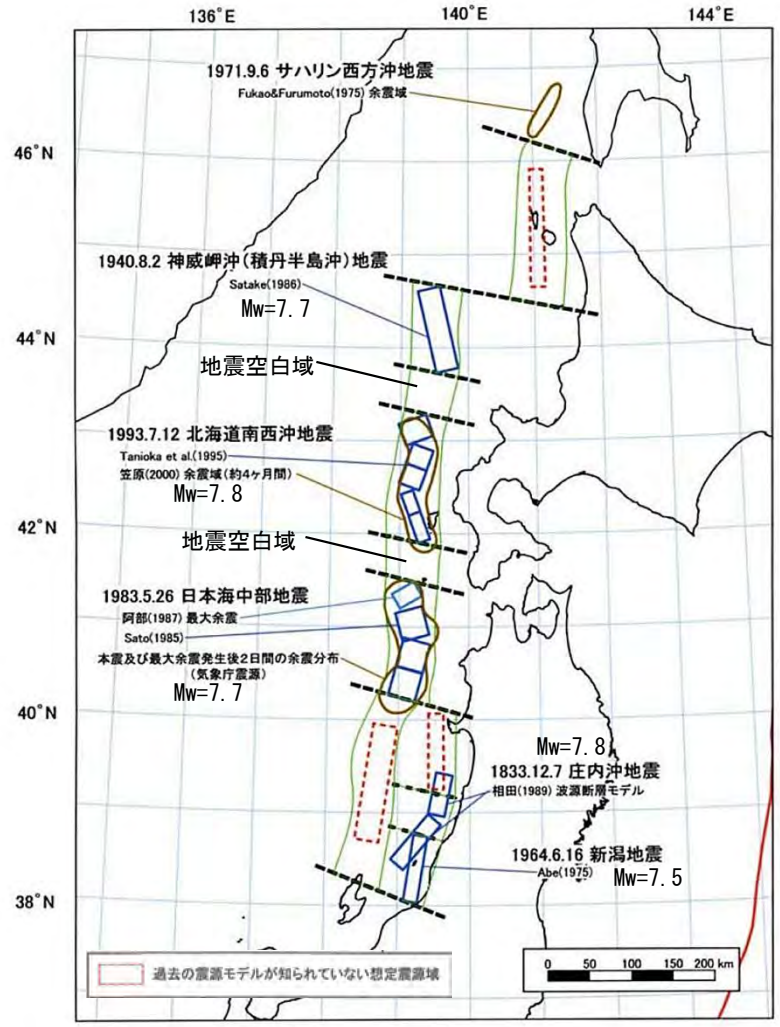
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-14再掲

既往地震の波源域

- 「ひずみ集中帯」で東西方向から圧縮する力を受けて繰り返し地震が発生するものと考え，M7.5以上の地震の発生したことが地震観測及び歴史記録から知られている領域別に想定震源域が区分されている。
- 地震観測及び歴史記録からはM7.5以上の大地震の発生が確認されていない残りの海域（「地震空白域」）が分布しているが，北海道西方沖・北海道南西沖・青森県西方沖の狭間にある空白域は，その大きさからM7.5以上の大地震は発生する可能性が低いと考えられるとされており，検討対象とされていない。

地震調査研究推進本部（2003）[50]による

以上から，日本海東縁部にはM7.5以上の地震が発生した領域と地震空白域とが南北に交互に分布する。



過去の震源モデル・余震域、及び想定震源域

地震調査研究推進本部（2003）[50]に一部加筆

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１４／６６）

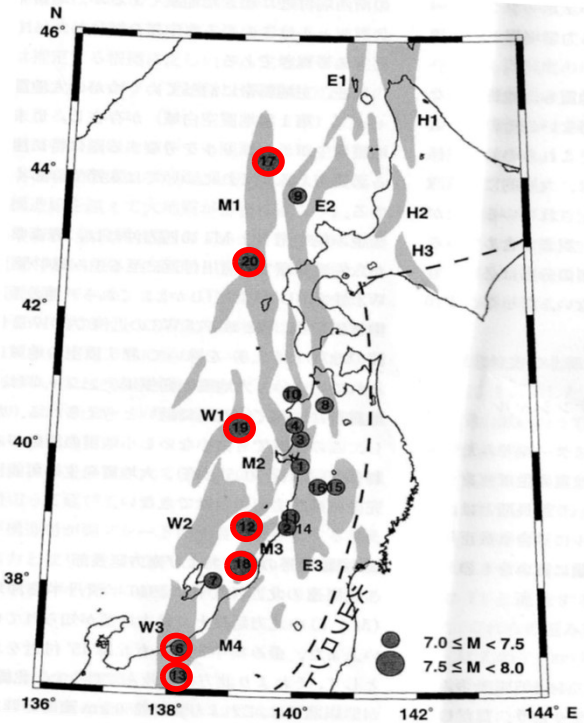
① 想定波源域の設定（５／１９）：南北・東西方向（３／３）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-15再掲

ひずみ集中帯内における既往地震規模の偏り

- ひずみ集中帯のうち，主地震帯（特に大きな地震）とそれ以外の領域に明瞭な地域差が認められる。後者に属する地震は最大でもM7.5を超えないとされている。
  大竹ほか編（2002）[49]による
- 地震調査研究推進本部（2003）[50]では，「ひずみ集中帯を構成する海底断層や褶曲帯は，約300万年間に地殻の短縮ひずみが集中した場所であると考えられるので，将来発生する地震の位置は，現在の地震活動の状況も併せて参照した。」とされている。
  地震調査研究推進本部（2003）[50]による

以上から，地震調査研究推進本部（2003）[50]の評価対象領域は，大竹ほか編（2002）[49]の主地震帯のみならず，M7.5を超えない地震の発生領域も含んだ領域であると考えられる。



EHMW：説明の便宜上，ひずみ集中帯に付された符号

「主地震帯」で発生した地震（○印）

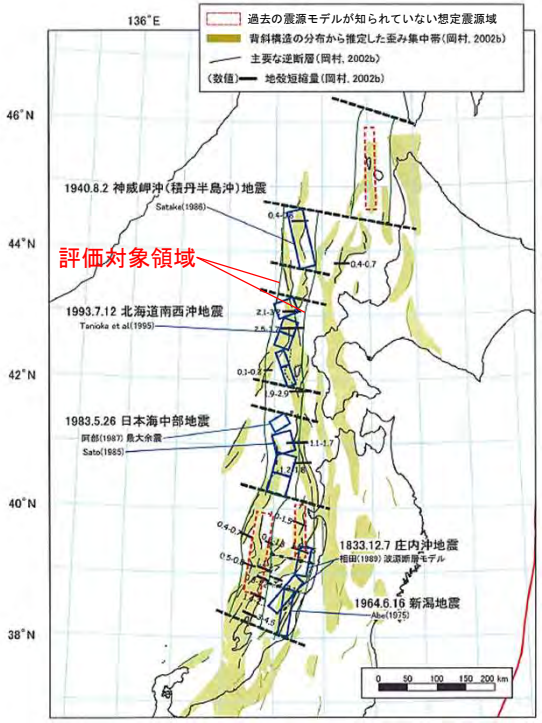
表 12.1 日本海東縁に発生した浅発大地震（$M \geq 7$）

番号	年	地域／地震名	緯度 (°N)	経度 (°E)	M	備考
1	830	出羽	39.8	140.1	7.0-7.5	S
2	850	出羽	38.9	139.9	7.0	S
3	1694	能代地方	40.2	140.1	7.0	S
4	1704	羽後・津軽	40.4	140.0	7.0±¼	S
5	1741	渡島大島	41.6	139.4	(6.9)	M(噴火？)
6	1751	越後・越中	37.1	138.2	7.0-7.4	M
7	1762	佐渡	38.1	138.7	7.0	S
8	1766	津軽	40.7	140.5	7¼±¼	S
9	1792	後志沖	43¾	140.0	7.1	S
10	1793	蜂ヶ沢地震	40.85	139.95	6.9-7.1	S
11	1804	象潟地震	39.05	139.95	7.0±0.1	S
12	1833	庄内沖	38.9	139.25	7¼±¼	M
13	1847	善光寺地震	36.7	138.2	7.4	M
14	1894	庄内地震	38.9	139.9	7.0	S
15	1896	陸羽地震	39.5	140.7	7.2±0.2	S
16	1914	秋田仙北地震	39.5	140.4	7.1	S
17	1940	積丹半島沖地震	44.25	139.47	7.5	M
18	1964	新潟地震	38.35	139.18	7.5	M
19	1983	日本海中部地震	40.36	139.08	7.7	M
20	1993	北海道南西沖地震	42.78	139.18	7.8	M

（注１）糸魚川―静岡構造線以東，火山フロント以西で発生した M 7 以上の大地震を表示．
（注２）震源要素は原則として宇佐美（1996）および気象庁の地震カタログによる．ただし，No.2 の震央は萩原（1989）に従って庄内平野東縁断層帯の観音寺断層付近とした．
（注３）備考欄の M は主地震帯に発生したもの，S はそれ以外の地震．

備考欄のMを主地震帯の地震，Sをその他の地震としている

大竹ほか編（2002）[49]に一部加筆



ひずみ集中帯と想定震源域の分布

地震調査研究推進本部（2003）[50]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１５／６６）

① 想定波源域の設定（６／１９）：南北方向（１／５）

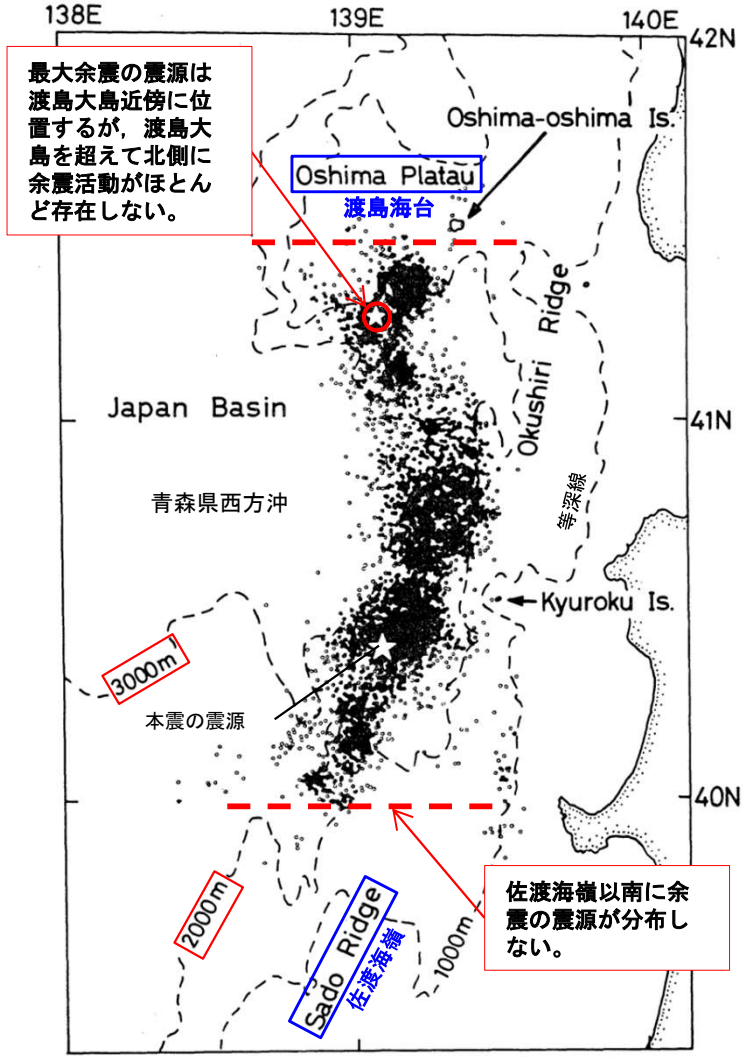
第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-16再掲

余震分布に関する知見（青森県西方沖）

- 青森県西方沖で発生した1983年日本海中部地震の余震域は，海深2,000mと3,000mの等深線に沿ってほぼ南北に長くのびて，北端は渡島海台（松前海台），南端は佐渡海嶺で区切られるとされている。
- 1983年6月21日に発生した最大余震（右図の赤〇印）に伴う二次余震の余震域も，渡島大島の南西の領域までしか拡がっていないとされている。

海野ほか（1985）[56]による

以上から，青森県西方沖で発生した1983年日本海中部地震の活動域は，余震の震源分布から海底地形と強い関連性を持ち，その結果，北端は渡島海台（松前海台），南端は佐渡海嶺で区切られる範囲になったと考えられる。



1983年日本海中部地震の余震分布

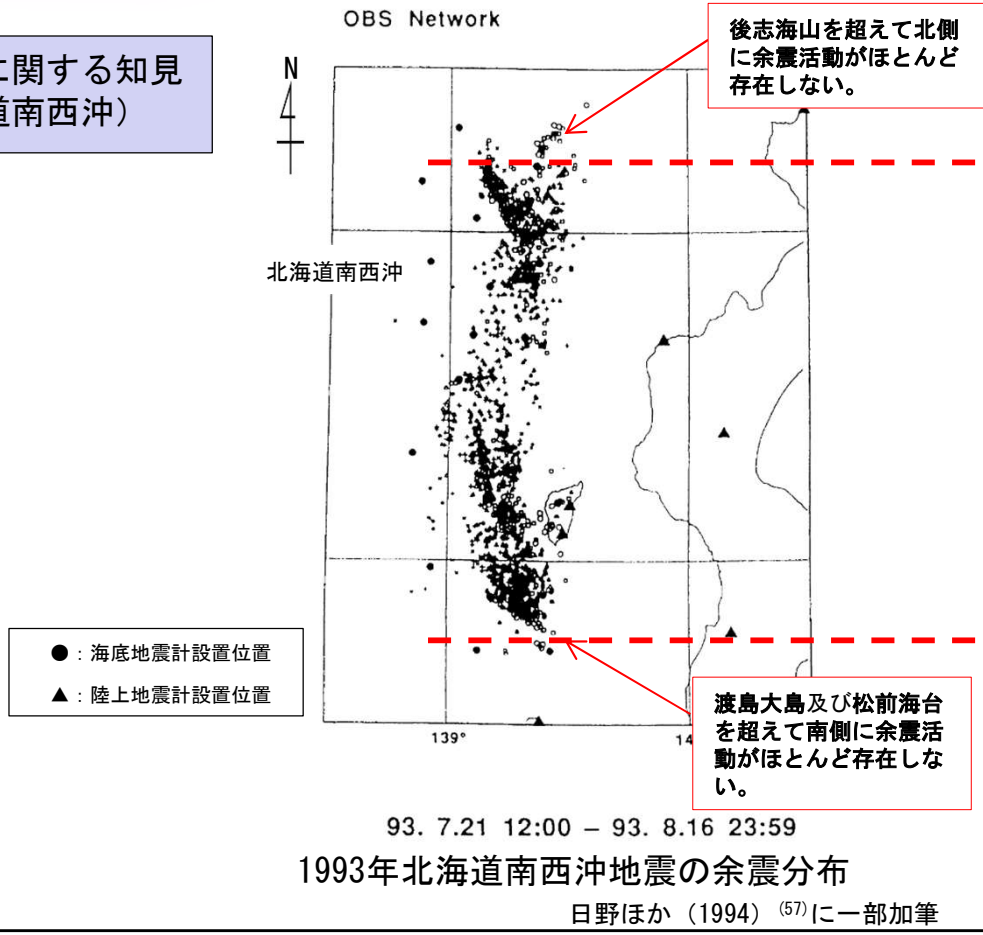
海野ほか（1985）[56]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１６／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-17再掲

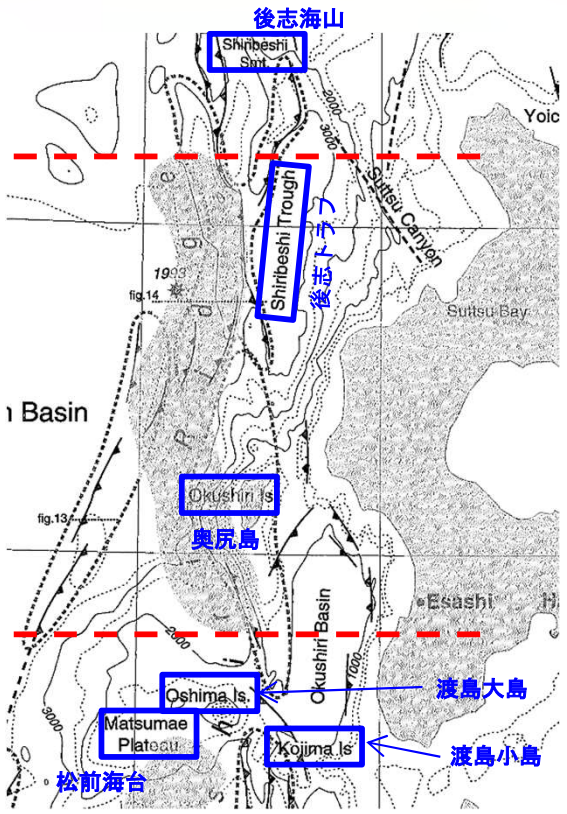
① 想定波源域の設定（７／１９）：南北方向（２／５）

余震分布に関する知見
（北海道南西沖）



1993年北海道南西沖地震の余震分布

日野ほか（1994）[57]に一部加筆



北海道南西沖の活構造

岡村ほか（1998）[58]に一部加筆

グレーの領域は1993年北海道南西沖地震の余震域。破線で囲った範囲は主要な隆起帯。

- 1993年北海道南西沖地震の余震域は，後志トラフ西方から奥尻島南方の松前海台北方で止まっていることが示されている。

  日野ほか（1994）[57]による

- 北海道南西沖地震の破壊域と日本海中部地震の破壊域の間には，渡島大島・渡島小島などの活火山が分布している。また，北海道南西沖地震の破壊域と積丹沖地震の破壊域との間には，後志海山が分布する。これらの火山周辺では活断層の規模が明らかに小さくなっている。そのことから，火山の存在が断層破壊領域を規制する可能性があるとされている。

  岡村・倉本（1999）[59]による

以上から，北海道南西沖で発生した1993年北海道南西沖地震の活動域は，余震の震源分布から火山等の分布域には到達せずに，北端は後志海山，南端は渡島大島及び松前海台で区切られる範囲になったと考えられる。

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１７／６６）

コメントNo.S5-49

① 想定波源域の設定（８／１９）：南北方向（３／５）

余震分布に関する知見

- 日野ほか（1994）[57]では，「余震の震源が集中しているそれぞれの面は，本震を構成するいくつかのサブイベントの破壊面に対応するものであり，得られた余震分布はこうした破壊群の詳細な**空間分布**を示すものである可能性が高い。」とされている。
- 1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震の余震分布域（深さ方向も含む３次元的分布域）は，おおむね南北方向340kmの範囲に包含されることが確認できた。

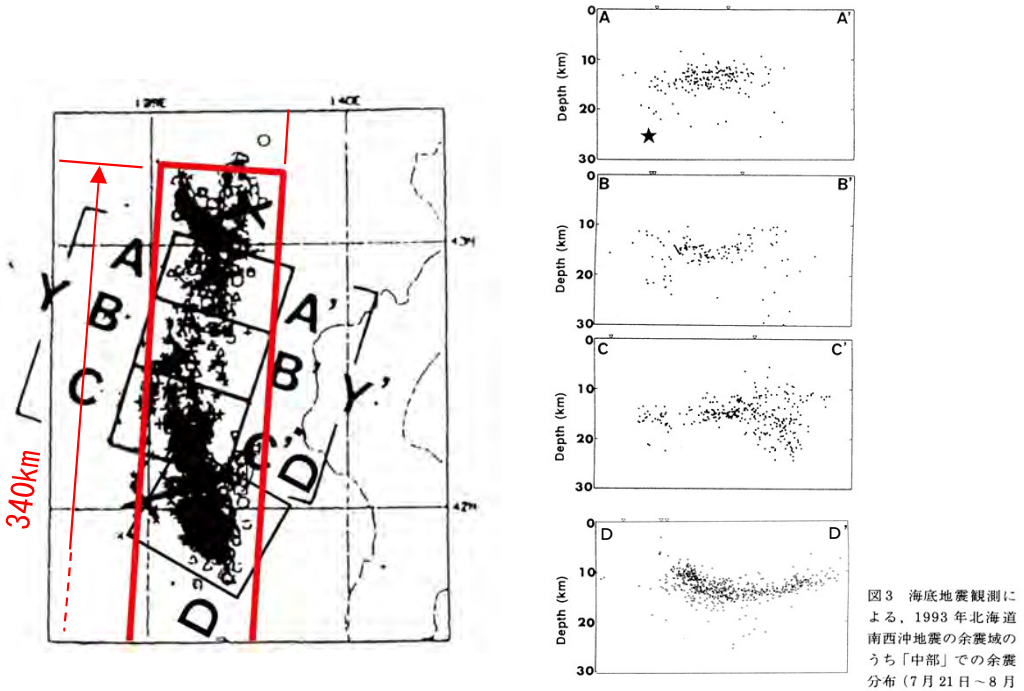


図３　海底地震観測による，1993 年北海道南西沖地震の余震域のうち「中部」での余震分布（7 月 21 日～8 月 16 日）．★印は北海道大学理学部（1993）による本震の位置．

1993年北海道南西沖地震の余震分布

日野ほか（1994）[57]に一部加筆

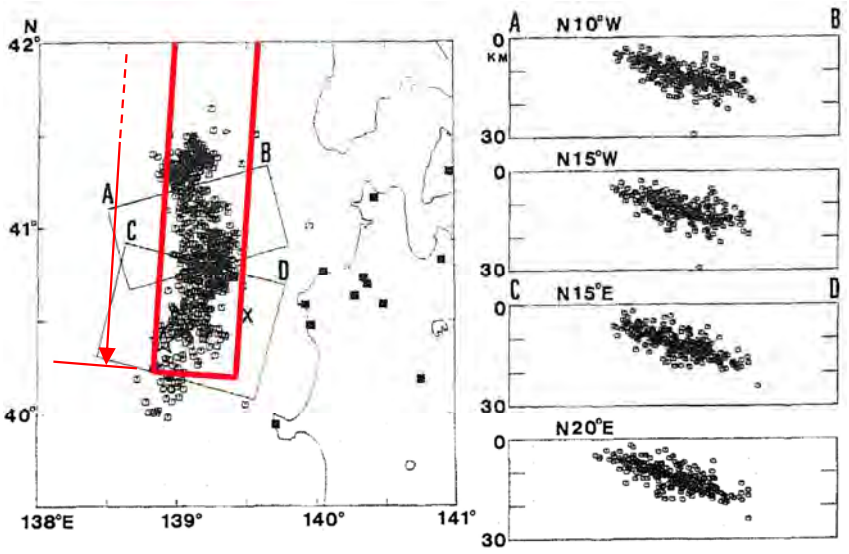


Fig. 8. Aftershock distribution determined for Model I-1. Epicenter distribution is shown on the left and depth distributions on the right, projected on the cross sections perpendicular to the directions of N10°W and N15°W for the northern sampling block and N15°E and N20°E for the southern sampling block. Squares indicate the seismograph stations. A star indicates the epicenter of the main shock (KOSUGA *et al.*, 1984). A cross marks the location of Kyuroku Island.

1983年日本海中部地震の余震分布

Sato et al.（1986）[60]に一部加筆

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１８／６６）

① 想定波源域の設定（９／１９）：南北方向（４／５）

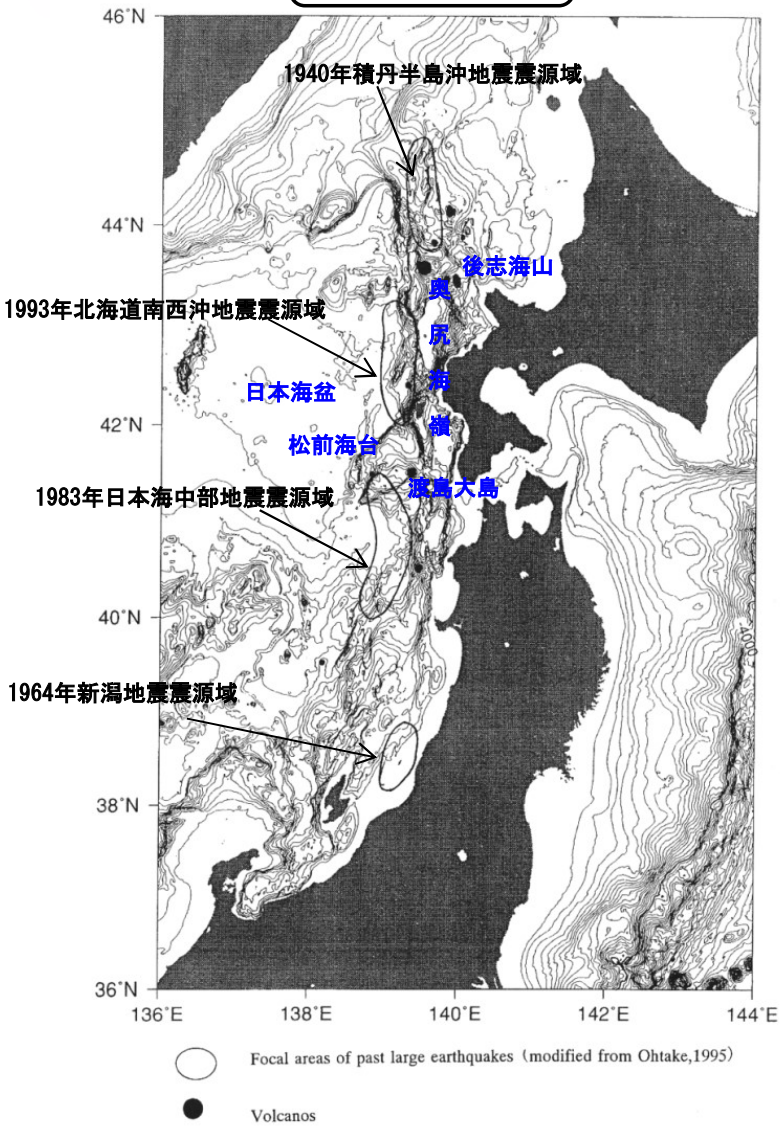
海底地形に関する知見（北海道南西沖～青森県西方沖）

- 1940年積丹半島沖地震と1993年北海道南西沖地震の間のギャップ（空白域）には後志海山等の海底火山体が複数分布し，両方の震源域は分かれるとされている。
- 1993年北海道南西沖地震と1983年日本海中部地震の間のギャップ（空白域）には渡島大島や渡島小島等の火山体及び日本海拡大時に形成されたホルストである松前海台が存在し，両方の震源域は分かれるとされている。

海上保安庁水路部（2001）[61]による

以上から，日本海東縁部（北海道南西沖～青森県西方沖）で発生した過去の地震の震源域は海山・火山，海台等により区分され，震源域の間にはギャップ（空白域）が存在し，南北に連続的に分布しないものと考えられる。

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-18再掲



震源域と海域火山体等の分布

海上保安庁水路部（2001）[61]に一部加筆

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（１９／６６）

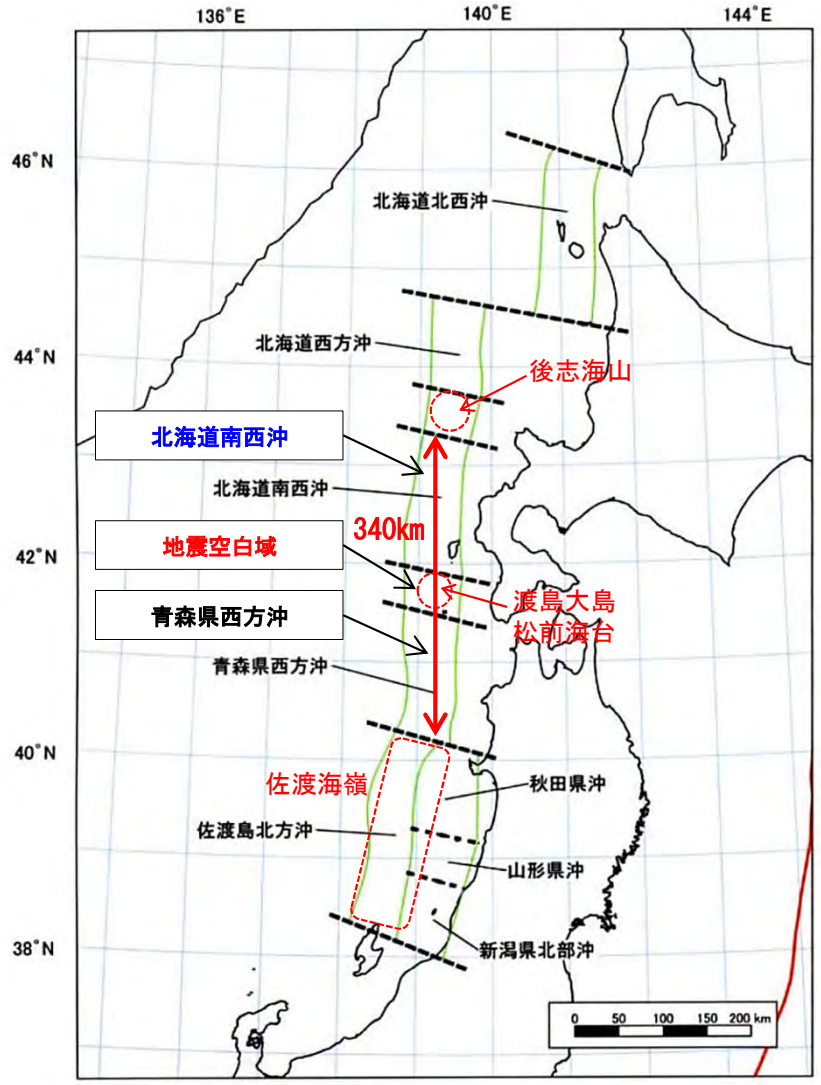
① 想定波源域の設定（１０／１９）：南北方向（５／５）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-19一部修正

コメントNo.S5-49

想定波源域（南北方向）の考え方

- 日本海東縁部で発生した既往地震津波のうち最も地震規模の大きいものは1993年北海道南西沖地震津波（Mw＝7.8）である。
- 「既往地震に関する知見」，「余震分布に関する知見」，「海底地形に関する知見」から，地震調査研究推進本部（2003）[50]の評価対象領域をまたぎ，既往地震規模を上回る連動地震が発生する可能性は低いものと考えられる。
- しかし，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たことを踏まえ，青森県西方沖とその北方に隣接する地震空白域及び北海道南西沖との連動の可能性は低いと考えられるが，青森県西方沖から北海道南西沖が連動するものとして，安全評価上，深さ方向を含めたＬ＝340kmを想定波源域の南北方向範囲に設定した。



日本海東縁部の想定波源域（南北方向）

地震調査研究推進本部（2003）[50]に一部加筆

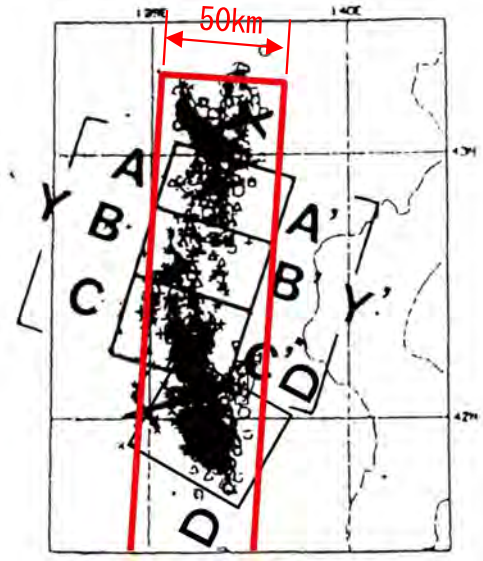
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２０／６６）

① 想定波源域の設定（１１／１９）：東西方向（１／３）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-20再掲

余震分布に関する知見

- 日野ほか（1994）[57]では，「余震の震源が集中しているそれぞれの面は，本震を構成するいくつかのサブイベントの破壊面に対応するものであり，得られた余震分布はこうした破壊群の詳細な**空間分布**を示すものである可能性が高い。」とされている。
- 1983年日本海中部地震及び1993年北海道南西沖地震の余震分布域（深さ方向も含む３次元的分布域）は，おおむね東西方向50kmの範囲に包含されることが確認できた。



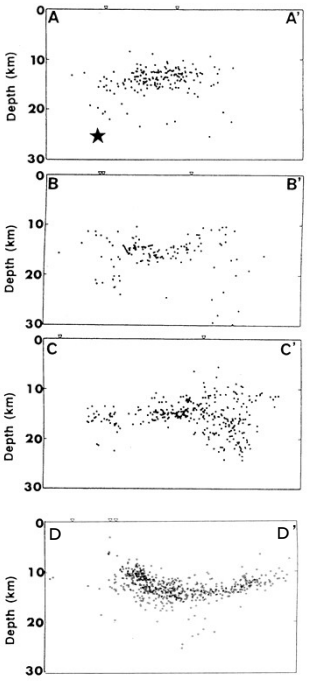


図３　海底地震観測による，1993 年北海道南西沖地震の余震域のうち「中部」での余震分布（7 月 21 日～8 月 16 日）．★印は北海道大学理学部（1993）による本震の位置．

1993年北海道南西沖地震の余震分布

日野ほか（1994）[57]に一部加筆

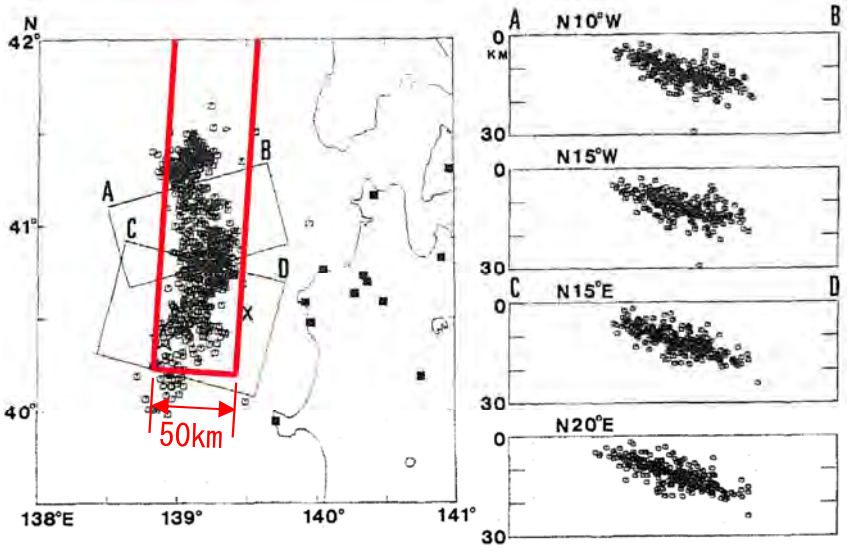


Fig. 8. Aftershock distribution determined for Model I-1. Epicenter distribution is shown on the left and depth distributions on the right, projected on the cross sections perpendicular to the directions of N10°W and N15°W for the northern sampling block and N15°E and N20°E for the southern sampling block. Squares indicate the seismograph stations. A star indicates the epicenter of the main shock (Kosuga *et al.*, 1984). A cross marks the location of Kyuroku Island.

1983年日本海中部地震の余震分布

Sato et al.（1986）[60]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２１／６６）

① 想定波源域の設定（１２／１９）：東西方向（２／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-21再掲

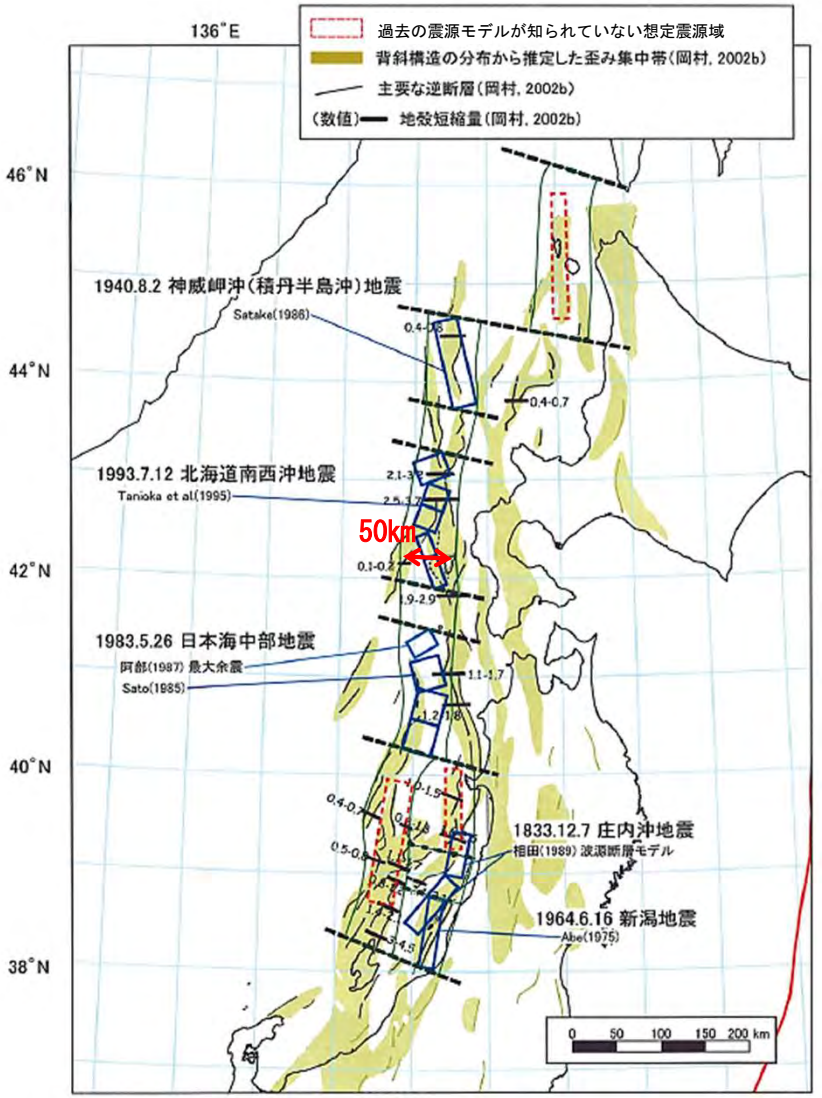
地形・ひずみ集中帯に関する知見

- 日本海東縁で起こった大地震のうち，最大級のものは海洋性地殻を有する日本海盆底（ほぼ3,000m以深の水深に相当する。）と東北日本島弧縁辺部が接するところで起こっているとされている。日本海盆の縁辺に東方に傾斜した逆断層からなる変形フロントが認められ，その東側の変形帯は東西幅で約50km程度の範囲を占めるとされている。

  大竹ほか編（2002）(49)による

- 地震調査研究推進本部（2003）(50)では，「ひずみ集中帯の分布及び現在の地震活動の状況も併せて設定された想定波源域の幅は，おおむね50km程度」で示されている。
- また，地震調査研究推進本部（2003）(50)では，「日本海東縁部における地震の発生位置及び震源域は，過去の震源モデルや微小地震等に基づく地殻構造の推定に関する調査研究成果を参照して推定した。各領域の区域分けについては，過去の大地震の震源モデル・余震域及びひずみ集中帯の**空間的な分布**を参考にした。」とされており，この震源域の幅は深さ方向の範囲としても適用できると考えられる。

以上から，深さ方向を含む東西方向の幅は50km程度と考えられる。



想定震源域及びひずみ集中帯の分布

地震調査研究推進本部（2003）(50)に一部加筆

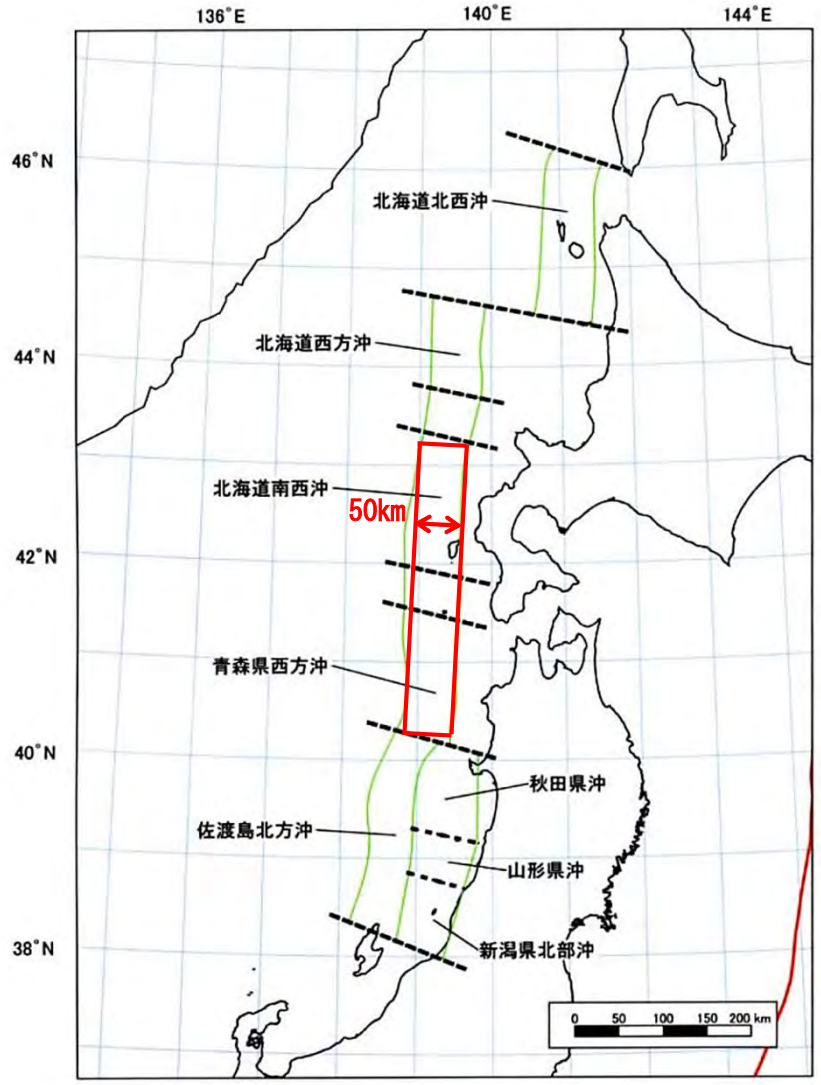
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２２／６６）

① 想定波源域の設定（１３／１９）：東西方向（３／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-22再掲

想定波源域（東西方向）の考え方

- 「余震分布に関する知見」，「地形・ひずみ集中帯に関する知見」を踏まえ，深さ方向も含めた幅50kmの範囲を想定波源域の東西方向範囲とし，おおむね地震調査研究推進本部（2003）[50]の想定震源域内の50kmの範囲に設定した。
- なお，幅50kmの本想定波源域よりも東側については，海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討領域として考慮することとし，西側については，敷地への影響を考慮し検討は不要とする。



日本海東縁部の想定波源域（東西方向）

地震調査研究推進本部（2003）[50]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２３／６６）

① 想定波源域の設定（１４／１９）：深さ方向（１／５）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-23再掲

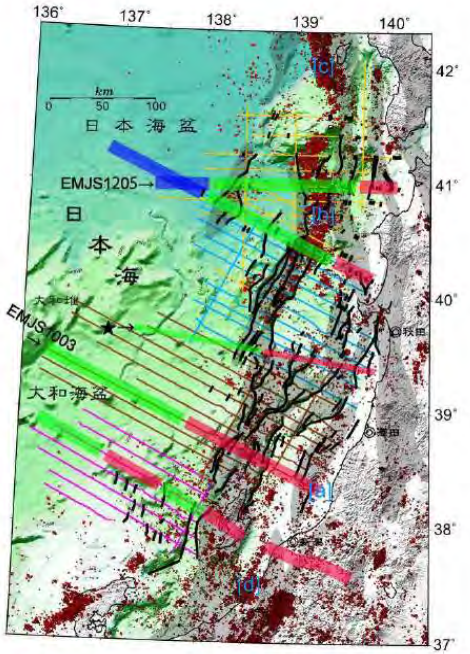
地殻構造と既往大地震の断層面の関係（１／２）

- 1983年日本海中部地震は，島弧地殻と遷移地殻の境界で生じた。震源域の西端に東傾斜の逆断層を伴う非対称な背斜が認められる（この断層はモホ面付近まで達している）とされている。

  小平（2013）[53]による
- また，1983年日本海中部地震震源付近のモホ面は，海底面から20km以浅に分布することが示されている。

  小平（2013）[53]及びNo et al.（2014）[62]による

以上から，1983年日本海中部地震発生領域付近における地震発生層である地殻の厚さは20km程度であると考えられる。



日本海東縁部の地殻分類
（厚さと地震波速度から分類）

赤太線：島弧地殻，緑太線：遷移地殻，青太線：海洋地殻

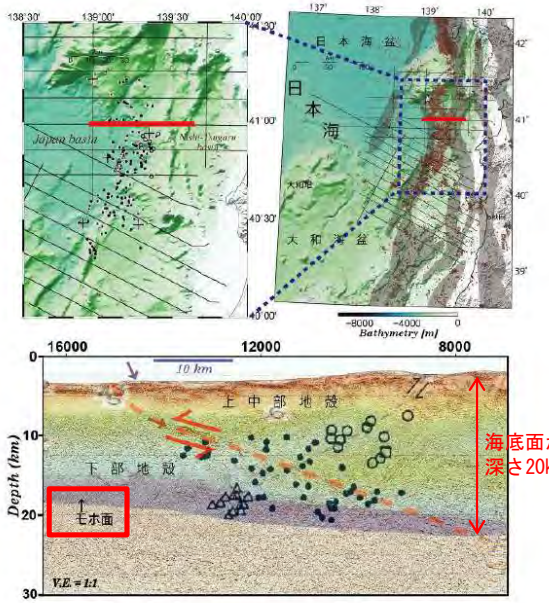


図 5（上）測線図。赤線の範囲を下図に表示しました。右上図の震源分布は気象庁一元化震源と地震年報[23]による震源（深さ：0～50 km、期間：2000～2011 年、マグニチュード：M_J＞1）。左上図の震源分布は海底地震観測と陸上観測網の統合処理で得られた余震分布[21]。（下）マルチチャンネル反射法地震探査によって得られた深度断面と海底地震計による地震波速度構造と海陸統合処理によって得られた余震分布[21]の結果との比較。

●：日本海中部地震直後に得られた震源

△，○：震源域東側に形成されている背斜に関連した西傾斜の逆断層によるものであると推定されるクラスター状の震源

小平（2013）[53]に一部加筆

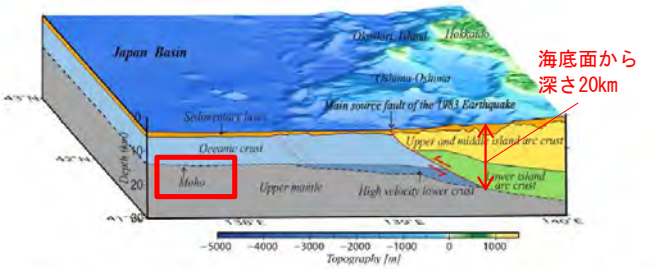


Fig. 10. Perspective image of the relationship between the source faults, crustal structure, and topography within the study area.

1983年日本海中部地震の震源断層の模式図

No et al.（2014）[62]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２４／６６）

① 想定波源域の設定（１５／１９）：深さ方向（２／５）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-24再掲

地殻構造と既往大地震の断層面の関係（２／２）

- 大竹ほか編(2002)[49]では，1993年北海道南西沖地震の破壊領域について以下のとおりとされている。
  - ✓ OBS（海底地震計）観測結果に基づく1993年北海道南西沖地震の余震分布によると震源深さは20km程度まで達している。
  - ✓ 同地震は異なる構造の地殻の境界付近で生じたことが推定される。
  - ✓ 測線Ｂの西端の日本海盆下では，典型的な海洋地殻の性質を示し，厚さも８km程度と薄い。測線の東端付近に近づくと，厚さも20km程度と厚くなる。
  - ✓ 1993年北海道南西沖地震は地殻の厚さが急変する場所を破壊するように発生した。

- また，1993年北海道南西沖地震震源付近のモホ面は，海底面から20km以浅に分布することが示されている。

大竹ほか編（2002）[49]による

以上から，1993年北海道南西沖地震発生領域付近における地震発生層である地殻の厚さは20km程度であると考えられる。

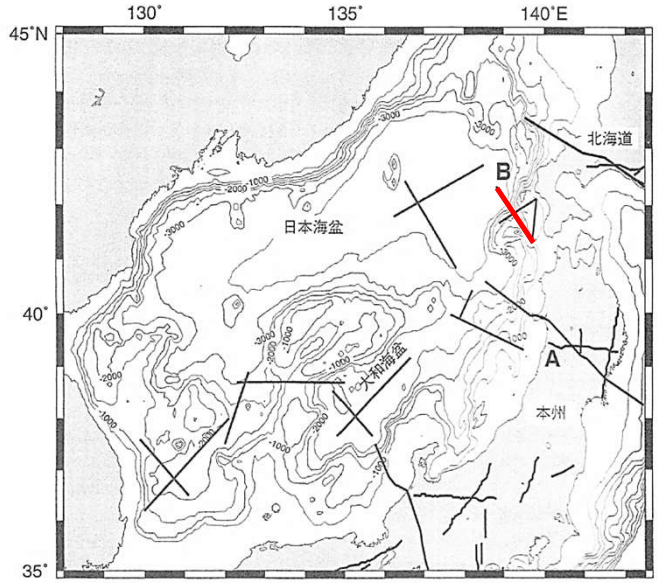


図3.1 これまでに実施された地殻構造探査の測線位置
水深を500 mごとのコンターで示す（Nishizawa and Asada, 1999に加筆．陸上の探査測線は吉井，1994による）．

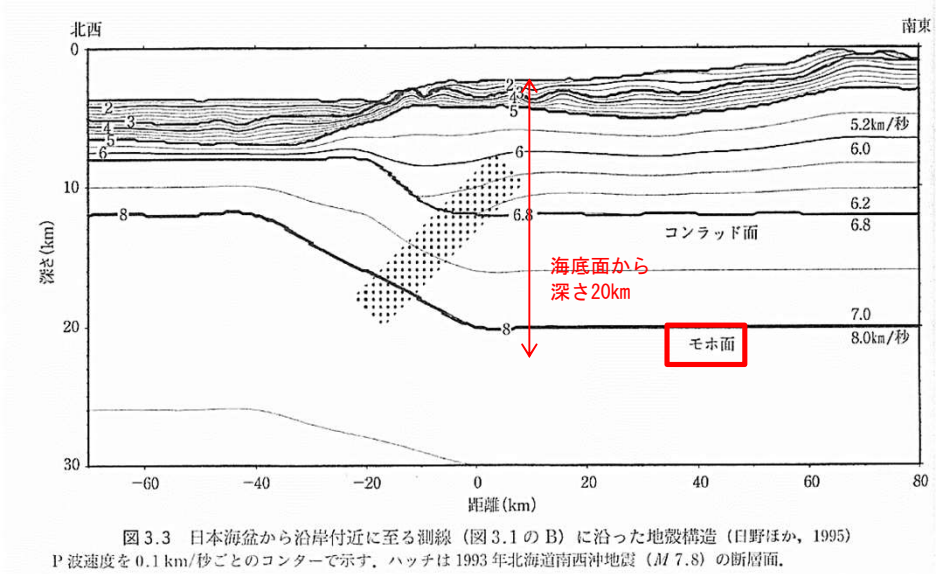


図3.3 日本海盆から沿岸付近に至る測線（図3.1のB）に沿った地殻構造（日野ほか，1995）
P波速度を0.1 km/秒ごとのコンターで示す．ハッチは1993年北海道南西沖地震（M 7.8）の断層面．

地殻構造探査の測線位置と測線Ｂに沿ったＰ波速度構造と1993年北海道南西沖地震の断層面

大竹ほか編（2002）[49]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２５／６６）

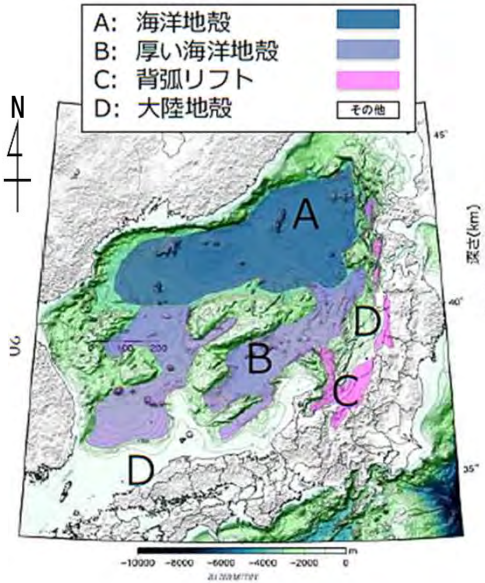
① 想定波源域の設定（１６／１９）：深さ方向（３／５）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-25再掲

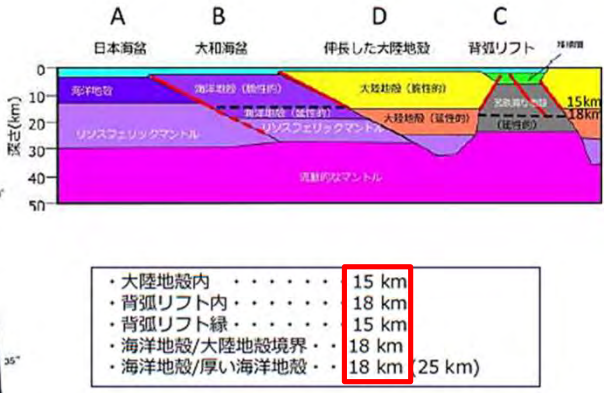
地殻構造に基づく波源モデルの設定

- 国交省ほか（2014）[23]では，地殻構造調査等に基づき，断層下端の深さを以下のように設定されている。
  - ✓ 海洋地殻と大陸地殻の境界に位置する断層及び海洋地殻と厚い海洋地殻の境界に位置する断層下端の深さは海面下18km，他の断層は15km。
- 内田ほか（2019）[63]では，「ひずみ集中帯プロジェクトの成果に基づき，遷移地殻の日本海中部地震の震源域での断層モデルの下端（モホ面）を海底下16km」に設定されている。

以上から，日本海東縁部における断層下端の深さは，20km以浅に設定されていることが確認できた。

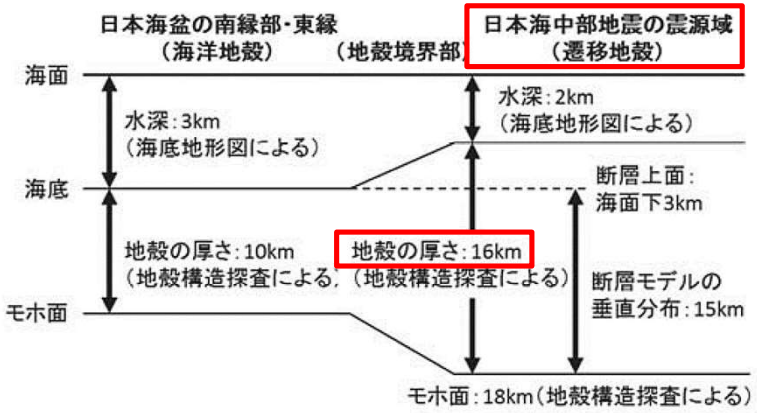


地震発生層の深さ推定のための地殻区分



日本海東縁部の地震発生層（断層の深さ）の概念図

国交省ほか（2014）[23]に一部加筆



日本海東縁部における地殻構造の概念図

内田ほか（2019）[63]に一部加筆

2-2.日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２６／６６）

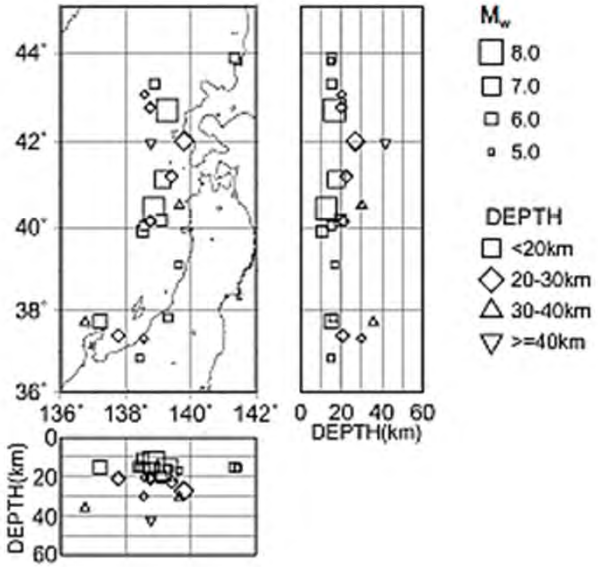
① 想定波源域の設定（１７／１９）：深さ方向（４／５）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-26再掲

地震発生層の知見

- 土木学会（2016）[39]では，「ハーバードCMT解より，1976年1月～2000年1月に発生したMw5.0以上，深さ60km以下の地震を抽出した結果，震源深さは，おおむね15km～20kmに集中しており，地震発生層の厚さに上限がある」とされている。
- 地震調査研究推進本部（2003）[50]では，「日本海東縁部で発生した地震の余震分布等に関わる知見を基に評価対象地震の深さは20km程度以浅」と設定されている。
- 根本ほか（2009）[54]のアスペリティモデルは，「地震調査研究推進本部（2003）[50]に従い地震発生層厚さを20km」と設定されている。

以上から，日本海東縁部における地震発生層の厚さは，20km程度以下と考えられる。



ハーバードCMT解の深さ分布

土木学会（2016）[39]

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２７／６６）

① 想定波源域の設定（１８／１９）：深さ方向（５／５）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-27再掲

想定波源域（深さ方向）の考え方

- 「地殻構造と既往大地震の断層面の関係」，「地殻構造に基づく波源モデルの設定」及び「地震発生層の知見」を踏まえると，検討対象である北海道南西沖～青森県西方沖において地震が発生する範囲は，海底下20km以浅であると考えられるため，深さ方向の想定波源域は海底下20kmの範囲と設定した。

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２８／６６）

① 想定波源域の設定（１９／１９）：まとめ

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-28一部修正

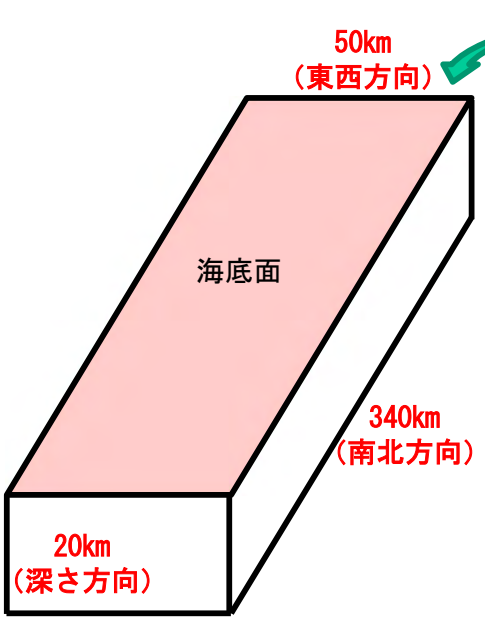
コメントNo.S5-49

- 想定波源域は，地震調査研究推進本部（2003）[50]の評価対象領域を基本とし，この評価対象領域に係る既往研究を参照して以下のとおり設定する。

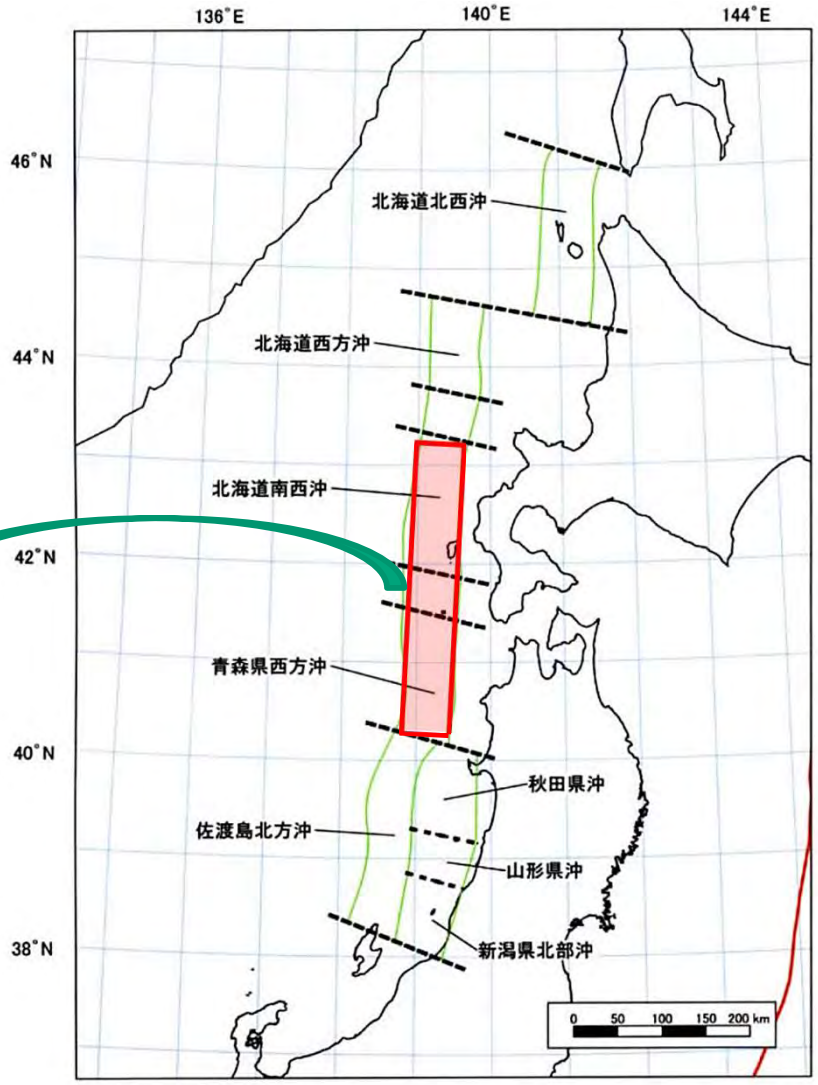
南北方向：北海道南西沖～青森県西方沖の340kmの範囲（深さ方向含む）
（P. 2. 2-20参照）

東西方向：想定震源域内の50kmの範囲（深さ方向含む）
（P. 2. 2-23参照）

深さ方向：海底から海底下20kmまでの範囲
（P. 2. 2-28参照）



想定波源域3Dイメージ



日本海東縁部の想定波源域

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（２９／６６）

② 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定（１／２）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-29再掲

- 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定に関わる既往の知見について整理する。

✓ 断層面の傾斜は東傾斜と西傾斜が交互に現れるとされている。　岡村（2019）[51]による

✓ 東北日本海沖の活断層の傾斜角は，形成時は正断層のため高角であったものが，日本海の拡大による地殻の伸展変形の進行に伴って回転（傾斜）した結果，45° 前後の傾斜を示すものが多く見られるとされている。

国交省ほか（2014）[23]による

✓ 既往津波の断層モデルの傾斜角・傾斜方向の分析結果から，日本海東縁部では既往地震の断層傾斜方向が一定でなく，西傾斜・東傾斜の双方が発生しており，傾斜角はおおむね30°～60°の範囲で痕跡高を説明することができるとされており，鉛直断面内の断層形状として東西両方向傾斜，傾斜角30°及び60°の８パターン（次ページ参照）が提示されている。

土木学会（2016）[39]による

既往津波の再現性が確認されている断層モデル

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (度)	δ (度)	λ (度)	データ数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	土木学会(2002) (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	土木学会(2002)(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	土木学会(2002) (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	—	—	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	—	—	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

L:断層長さ，W:断層幅，D:すべり量，d:上縁深さ，θ:走向，δ:傾斜角，λ:すべり角，K:幾何平均値，κ:幾何標準偏差

土木学会（2016）[39]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３０／６６）

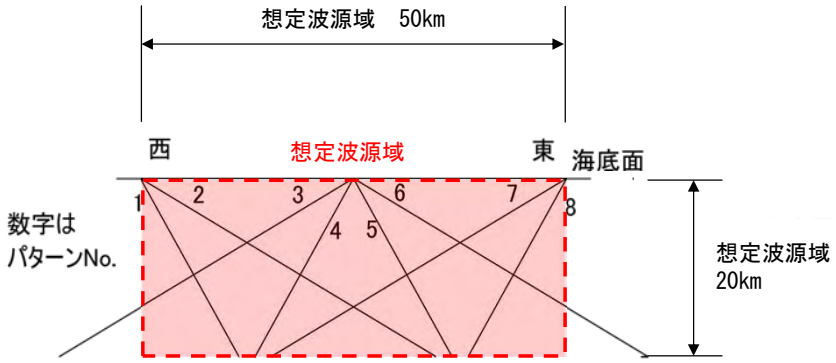
第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-30一部修正

コメントNo.S5-50

② 傾斜方向・傾斜角・断層幅の設定（２／２）

- 傾斜角に関する前ページの知見を踏まえると傾斜角は，45°前後であり，おおむね30°～60°の範囲と考えられるが，以下の考えに基づき津波評価上，保守側の設定を想定し30°と60°の２ケースについて検討することとする。
  - ✓ 初期水位（鉛直地盤変動量）が最も高くなるのは高角ケース（60°）である。
  - ✓ 地殻変動により移動する水の量が最も多くなるのは低角ケース（30°）である。

- 上記より，前ページの知見及び上記の考えとも整合し，傾斜方向・傾斜角の検討パターンを体系的に提示している土木学会（2016）[39]の８パターンを想定波源域（東西方向50km，深さ方向20km）に当てはめたケースを傾斜方向・傾斜角の検討対象とする。ここで，断層幅は，傾斜角を考慮の上，深さ方向の想定波源域20kmを飽和するように設定する。
- 傾斜方向・傾斜角の検討対象と想定波源域（東西方向50km，深さ方向20km）との関係は下図のとおりである。ここで，検討８パターンの断層位置は断層上端を想定波源域の西端，中央，東端とし，傾斜角は60°東傾斜・西傾斜，及び30°東傾斜・西傾斜の断層を，位置の不確かさを考慮して，それぞれ２ケースずつ考慮することとし，検討８パターンの断層を想定波源域とおおむね合致する範囲に配置している※。



鉛直面内の断層形状

土木学会（2016）[39]に一部加筆

※：すべての断層が想定波源域内に収まることを基本とするが，本配置においてパターン６及び３は下部で想定波源域からはみ出す。パターン６及び３を除外すると，30°東傾斜・西傾斜の断層位置の不確かさを考慮できなくなること，またパターン６のケースは津波水位評価上，敷地に与える影響が保守側の設定になる（P. 2. 2-65）ことから許容することとし，これ以上の想定波源域を大きくはみ出すパターンは検討対象としない。

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３１／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-31再掲

③ 走向・すべり角・上縁深さの設定

- 以下の知見を基に走向，すべり角及び上縁深さをそれぞれ設定した。

［走向］ 海底地形の等水深線の走向に基づき3.8° 及び183.8° と設定

✓ ハーバードCMT解による走向と等水深線の走向の関係の分析結果から，走向は等水深線に沿って南北に分布しているとされている（左下図参照）。

土木学会（2016）(39)による

［すべり角］ 90° に設定

✓ ハーバードCMT解による日本海東縁部の断層のすべり角は，90° 程度であるとされている（中央下図参照）。 土木学会（2016）(39)による

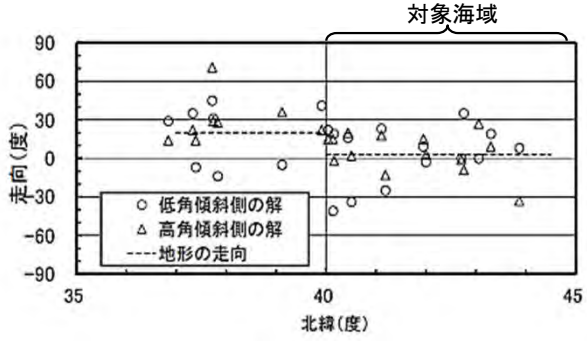
✓ 東北地方から北海道地方の沿岸にかけては，90° に近い断層すべり角となったとされている（右図参照）。 国交省ほか（2014）(23)による

✓ すべり角90° で津波の初期水位が最大になると考えられる。

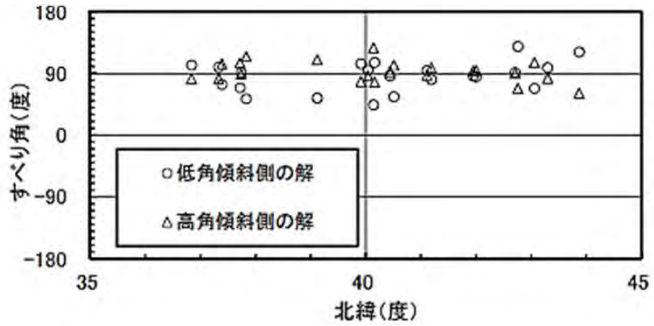
［上縁深さ］ １kmに設定

✓ 日本海東縁部の既往津波に対して，すべりの不均質性を考慮し，既往津波の再現性がおおむね確認されている根本ほか（2009）(54)のアスペリティモデルは，日本海東縁部の地震発生層の上限深さを考慮して海底面より深さ１kmに上縁深さが設定されている。

根本ほか（2009）(54)による



ハーバードCMT解による断層走向と地形走向
土木学会（2016）(39)に一部加筆



ハーバードCMT解による断層のすべり角
土木学会（2016）(39)

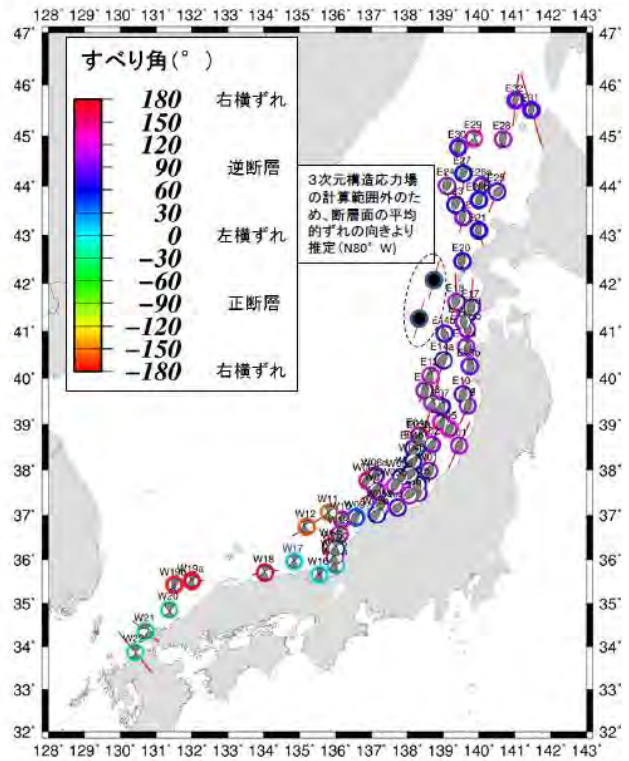


図32 3次元構造応力場により推定したすべり角の分布
（佐藤・他, 2014）

国交省ほか（2014）(23)

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３２／６６）

④ 最大すべり量の設定（１／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-32再掲

基本方針

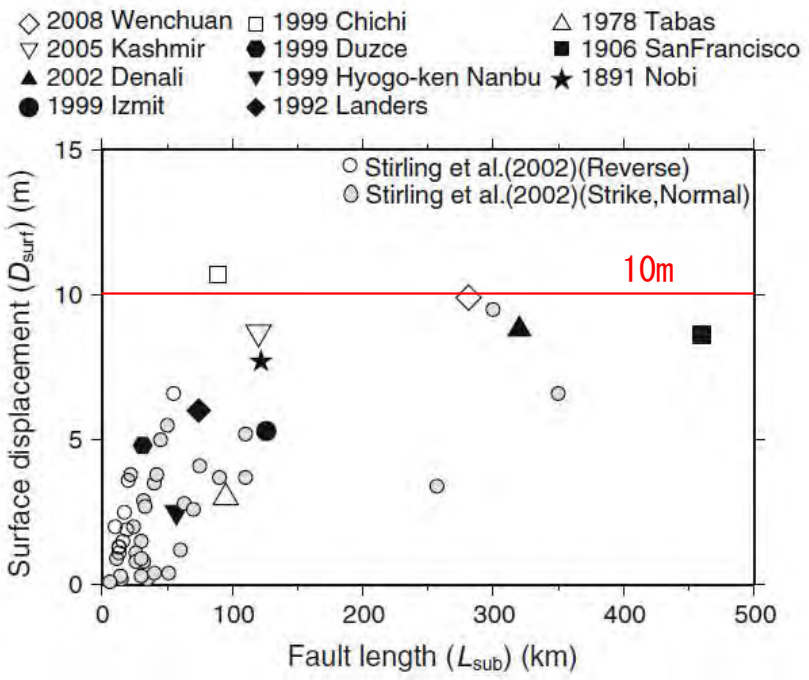
- 最大すべり量は，既往地震，スケーリング則及び既往津波の再現モデルの科学的知見を整理の上，安全評価上保守側の設定とする。具体的には以下のとおり。
  - ✓ 日本海東縁部の地震と同様のタイプ（活断層タイプ）である世界の内陸で発生した地震の最大すべり量の知見
    （P.2.2-34参照）
  - ✓ 日本海東縁部及び活断層で発生する地震規模に係るスケーリング則から設定される最大すべり量の知見
    （P.2.2-35～P.2.2-38参照）
  - ✓ 日本海東縁部で発生した既往津波の断層モデルのすべり量（P.2.2-39，P.2.2-40参照）

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３３／６６）

④ 最大すべり量の設定（２／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-33再掲

既往地震に関する検討



断層長さと最大地表変位量との比較

Murotani et al.(2015) (64)に一部加筆

- 日本海東縁部は，明瞭なプレート境界が形成されておらず，地震の発生様式は内陸地殻内地震と同様なものと考えられる。このため，世界の内陸地殻内地震のすべり量の知見を参照する。

- 世界の内陸で発生した地震を分析した結果，地表で観測された最大変位量は，震源断層での最大すべり量と１：１の比例関係にあり，震源断層長さが約100km以上の場合，地表最大変位量は10m程度で飽和するとされている。

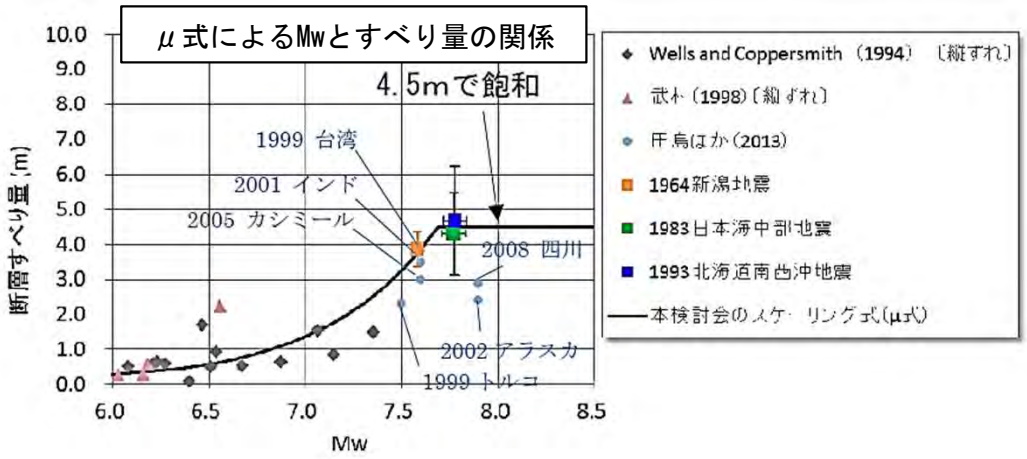
Murotani et al. (2015) (64)による

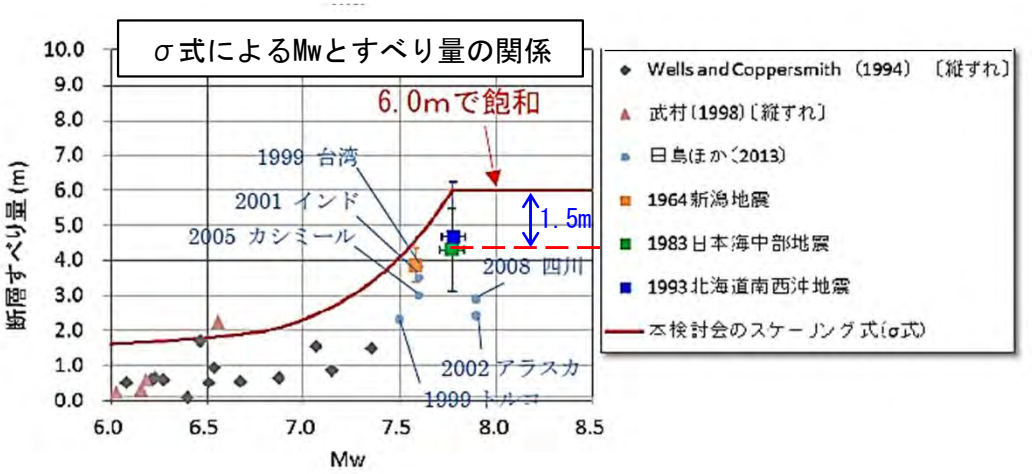
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３４／６６）

④ 最大すべり量の設定（３／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-34再掲

スケーリング則①：国交省ほか（2014）





国交省ほか（2014）[23]に一部加筆

地震規模とすべり量の関係（日本海における大規模地震に関する調査検討会）

- 国交省ほか（2014）[23]では，「スケーリング則として平均的なモデルであるμ式と，すべりのばらつきを考慮したσ式の２つを用いており，μ式の飽和平均すべり量（D_{μ}）4.5mに標準偏差（σ）1.5mを加算して，σ式の飽和平均すべり量（D_{σ}）を6.0m」と設定されている。
- また，大すべり域のすべり量は，平均すべり量の２倍とされており，σ式における大すべり域のすべり量は最大12mとなる。

国交省ほか（2014）[23]による

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３５／６６）

④ 最大すべり量の設定（４／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-35再掲

スケーリング則②：地震調査研究推進本部（2016）

- 地震調査研究推進本部（2016）(65)『レシピ』の方法では，「活断層で発生する地震の地震規模（地震モーメントMo（N・m））を震源断層の面積Ｓ（km²）との経験的関係より算出するとし，地震の規模に応じて３段階でS-Mo関係式を使い分ける」とされている。
- 日本海東縁部に想定した基準波源モデルはMw＝8.1，8.2であり，地震規模（7.4＜Mw）の関係式が適用される。
- この関係式から算出される平均すべり量は2.86mとなる。また，アスペリティのすべり量は，震源断層全体の平均すべり量の２倍とされており5.72mとなる。

【地震調査研究推進本部（2016）(65)『レシピ』のS-M_0関係式】

$M_0=\left(S/2.23\times10^{15}\right)^{3/2}\times10^{-7}$	（Mw<6.5）	Somerville et al.(1999)(66)の式
$M_0=\left(S/4.24\times10^{11}\right)^{2}\times10^{-7}$	（6.5≦Mw≦7.4）	入倉・三宅(2001)(67)の式
$M_0=S\times10^{17}$	（7.4＜Mw）	Murotani et al.(2015)(64)の式

M_0：地震モーメント(N・m)　S：断層面積（km²）
M_w：モーメントマグニチュード

上記S-M_0関係式に以下を代入して算出した平均すべり量Dは，2.86m（面積によらず一定）となる。
- 平均すべり量：D＝Mo/μS
- 基準波源モデルの面積：S=7.9×10³km²，13.6×10³km²
- 剛性率：μ＝3.5×10¹⁰(N/m²)（土木学会（2016）(39)）

【アスペリティのすべり量】
D_a＝5.72m（平均すべり量の２倍）

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３６／６６）

④ 最大すべり量の設定（５／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-36再掲

スケーリング則③：土木学会（2016）

- 土木学会（2016）(39)では，「国交省ほか（2014）(23)を参照して，日本海東縁部の地震規模（地震モーメントMo（N・m））を断層面積Ｓ（m^2）との経験的関係式より算出するとし，地震の規模に応じて３段階でS-Mo関係式を使い分ける検討例」が示されている。
- 日本海東縁部に想定した基準波源モデルはMw＝8.1，8.2であり，地震規模（7.7≦Mw）の関係式が適用される。
- この関係式から算出される平均すべり量は4.5mとなる。また，アスペリティのすべり量は，平均すべり量の２倍とされており9.0mとなる。

【土木学会（2016）(39)のS-M_0関係式】

$M_0 = \left(S/2.23\times10^9\right)^{3/2}\times10^{-7}$　（Mw＜6.5）　Somerville et al.(1999)(66)の式

$M_0 = \left(S/4.24\times10^5\right)^{2}\times10^{-7}$　（6.5≦Mw＜7.7）　入倉・三宅(2001)(67)の式

$M_0 = 1.575\times S\times10^{11}$　（7.7≦Mw※）　日本海東縁部の既往地震の平均すべり量4.5mで頭打ちとなる関係式（剛性率μ：3.5×10^{10}(N/m^2)）

M_0：地震モーメント(N・m)　S：断層面積(m^2)
M_w：モーメントマグニチュード

※：世界の地殻内地震の地震規模と地殻厚さを検討した結果，地殻厚さが40km未満の領域ではMw8.0を超える地震が発生していないことを踏まえ，Mwの上限は8.0とされている。

上記S-M_0関係式に以下を代入して算出した平均すべり量Dは，4.5m（面積によらず一定）となる。
- 平均すべり量：D=Mo/μS
- 基準波源モデルの面積：S＝$7.9\times10^3$$km^2$，$13.6\times10^3$$km^2$
- 剛性率：μ＝3.5×10^{10}(N/m^2)（土木学会（2016）(39)）

【アスペリティのすべり量】
D_a＝9.0m（平均すべり量の２倍）

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３７／６６）

④ 最大すべり量の設定（６／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-37再掲

スケーリング則：まとめ

国交省ほか（2014）[23]，地震調査研究推進本部（2016）[65]及び土木学会（2016）[39]のそれぞれのスケーリング則に基づき設定される最大すべり量は下表のとおりであり，その最大値は12mである。

スケーリング則に基づく最大すべり量

	国交省ほか（2014）[23]	地震調査研究推進本部（2016）[65]	土木学会（2016）[39]
最大すべり量	12.0m	5.72m	9.0m

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３８／６６）

④ 最大すべり量の設定（７／９）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-38再掲

既往津波の再現性が確認されている断層モデルの検討

- 日本海東縁部で発生した既往津波の波源モデルのうち，すべり量の最大値は，1993年北海道南西沖地震津波の再現モデルDCRC-26モデルの12mである。

土木学会（2016）[39]による

既往津波の再現性が確認されている断層モデル

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (度)	δ (度)	λ (度)	データ数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	土木学会(2002) (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	土木学会(2002)(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	土木学会(2002) (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	—	—	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	—	—	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

L:断層長さ，W:断層幅，D:すべり量，d:上縁深さ，θ:走向，δ:傾斜角，λ:すべり角，K:幾何平均値，κ:幾何標準偏差

土木学会（2016）[39]に一部加筆

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（３９／６６）

④ 最大すべり量の設定（８／９）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-39再掲

DCRC-26モデルのすべり量

- 高橋ほか（1994）[68]では，高橋ほか（1995）[46]DCRC-26モデルの先行モデルであるDCRC-17aモデル（最大すべり量12m）の構築で重視した考え方として「奥尻島初松前での20mにも達する高い打ち上げ高を再現できなくてはならない。」とされている。
- 一方，高橋ほか（1995）[46]によると，DCRC-26モデルによる北海道南西岸の津波打ち上げ高分布によると，江差以南では津波痕跡高に比べて計算津波高が大きい（右下図参照）。

以上から，DCRC-26モデルの最大すべり量12mは，奥尻島の特定地点で観測された津波の高い打ち上げ高さの再現を目的として設定された値であり，特に北海道南西岸では計算津波高が大きくなることから，大間の津波評価に対しては，保守的設定であると考えられる。

表 1 DCRC-26 モデルの断層パラメータ

Fault	North	Central	South
Width (km)	25.0	25.0	15.0
Length (km)	90.0	26.0	30.5
Strike (°)	188	175	150
Dip Angle (°)	35	60	60
Slip Angle (°)	80	105	105
Depth (km)	10	5	5
Dislocation (m)	5.71	4.00	12.00
M_0 ($\times 10^{27}$ dyne · cm)	3.85	0.78	1.65

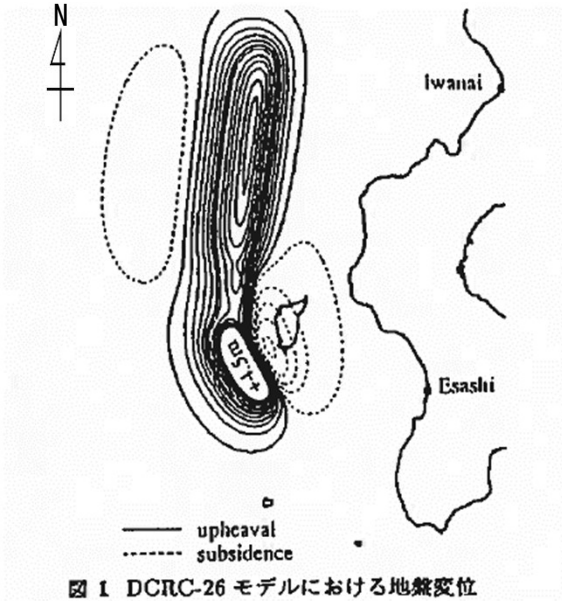


図 1 DCRC-26 モデルにおける地盤変位

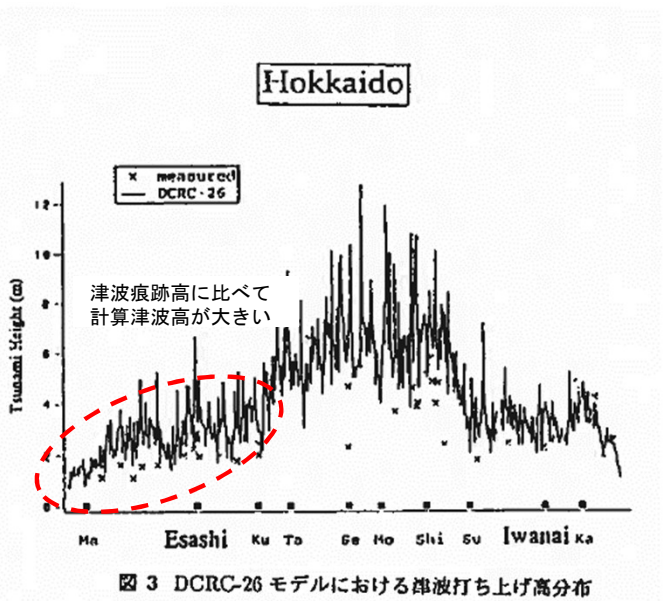


図 3 DCRC-26 モデルにおける津波打ち上げ高分布

高橋ほか（1995）[46]に一部加筆

2-2.日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４０／６６）

④ 最大すべり量の設定（９／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-40再掲

まとめ

- 波源モデルの最大すべり量として，Murotani et al.（2015）(64)によると最大すべり量が約10mで飽和すること（P.2.2-34参照），国交省ほか（2014）(23)等のスケーリング則に基づく最大すべり量の最大値が12mであること（P.2.2-38参照），また，北海道南西沖地震津波の局所的に大きな津波を再現する波源モデルの最大すべり量が12mであること（P.2.2-39，P.2.2-40参照）を考慮し，最大すべり量は，それらを包絡するように安全評価上12mと設定する。

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４１／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-41再掲

（参考）すべり量に関する知見：大角ほか（2018）について

- 第868回審査会合（2020. 6. 19）でコメントのあった大角ほか（2018）[69]の知見について以下のとおり纏める。
  - ✓ 大角ほか（2018）[69]では，「1983年日本海中部地震津波を対象として，地質学的データや地形を参照して得られた断層データと，余震分布等の地震学的データを合わせて考慮することにより，過去の地震による津波痕跡高を説明できる可能性が示された。」とされている。
  - ✓ しかし，強震動予測手法「レシピ」[65]に比べてすべり量が過大設定であると考えられること，及び1983年日本海中部地震津波の再現性が確認されたものでないことを踏まえ，本知見を基準波源モデルのすべり量の設定には反映しない。具体的には以下のとおり。
    - ➢ 初期断層モデルの平均すべり量は，震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）平成28年６月（12月修正版））に基づき6. 12mと設定されているが，レシピによると平均すべり量は３m程度の頭打ち（P. 2. 2-36参照）になるはずであり，平均すべり量6. 12mは過大設定であると考えられる。
    - ➢ 提案されているモデルの再現性は，土木学会（2016）[39]における再現性の目安を満たさない。

表-1 初期断層モデルのパラメータ

	緯度	経度	上端深度 (km)	下端深度 (km)	走向°	傾斜°	すべり角°	長さ (km)	幅 (km)	平均すべり量 (km)	Mw
1	41.1372	138.981	0	15.00	354.60	45.00	90	24.46	21.21		
2	40.8089	139.1081	0	15.00	341.00	45.00	90	38.04	21.21		
3	40.6331	139.1717	0	15.00	343.90	45.00	90	14.18	21.21	6.12	7.87
4	40.2169	138.8645	0	15.00	12.90	45.00	90	34.88	21.21		
5	39.8240	138.7738	0	15.00	27.50	45.00	90	45.40	21.21		

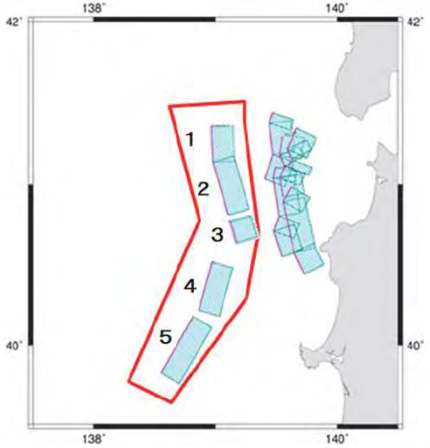


図-2 日本海中部地震の震源域近傍の断層モデル
（赤枠は対象とする断層群）

表-4 観測記録の信頼度ABを使って求めたK-κの値

断層モデル名	傾斜角	平均傾斜角	大すべり域	K	κ
1) Chubu-AIDA	40°, 25°		—	1.35	1.58
2) Chubu-3f_30deg	30°	30°	—	1.45	1.53
3) Chubu-3f-R	30°	30°	南断層北部浅部	0.97	1.53
4) Chubu-30deg-BLR	30°	30°	北断層南部深部 南断層北部深部	0.92	1.58
5) Chubu-30deg-BR	30°	30°	南断層北部深部	1.01	1.56
6) Chubu-30deg-2pt	69°, 22.6°	30°	—	0.98	1.60
7) Chubu-30deg-BR-2pt	69°, 22.6°	30°	南断層北部深部	0.89	1.62
8) Chubu-3f-2pt_45deg	69°, 37.4°	45°	—	1.51	1.59
9) Chubu-3f-R-2pt	69°, 37.4°	45°	南断層北部浅部	1.32	1.56
10) Chubu-45deg-BR-2pt	69°, 37.4°	45°	南断層北部深部	1.38	1.60

K：幾何平均，κ：幾何標準偏差

土木学会（2016）[39]における再現性の目安
0. 95＜K＜1. 05，κ＜1. 45を満たさない。

大角ほか（2018）[69]に一部加筆

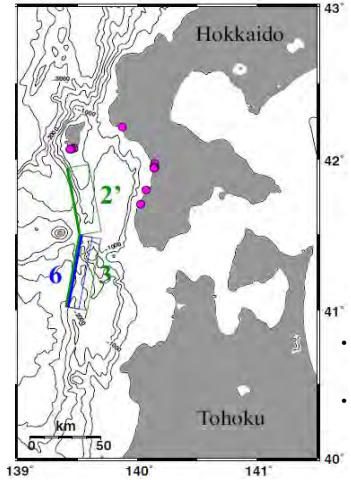
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４２／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-42再掲

（参考）すべり量に関する知見：Ioki et al.（2019）について

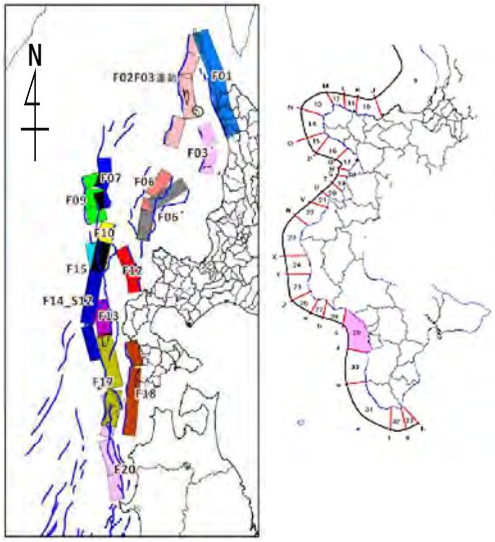
- Ioki et al.（2019）[70]では，北海道南西沖で12世紀に発生したと考えられる大地震を対象に，奥尻島及び檜山地域の５地点の津波堆積物と計算津波浸水域を比較することにより，断層モデルを構築されている。
- この際，基本となる断層モデルとして北海道（2017）[71]のF17断層を採用して断層長さとすべり量を変更した結果，断層長さ104km，最大すべり量18m，モーメントマグニチュード7.9の断層モデルを設定されている。
- しかし，本知見はスケーリング則に則ったものではなく当該検討以外への適用性について確認できないこと等を踏まえ，本知見を基準波源モデルのすべり量の設定には反映しない※。具体的には以下のとおり。
  - 津波堆積物の浸水範囲を説明するために，12世紀の津波が北海道（2017）[71]のF17断層モデルにより発生したと**仮定**した場合，一部の断層で18mのすべり量が必要とされたものである。
  - 断層長さ及びすべり量のみを変動パラメータとして考慮されており，その他のパラメータが浸水面積に与える影響は確認されていないため，当該検討以外への適用性について確認できない。
  - F17断層モデルの採用理由の一つとして，「檜山地域の計算津波高さが最も高いモデルである。」とされているが，北海道（2017）[71]によると，檜山地域の計算津波高さが最大になるモデルとしてF18断層も示されており，すべり量が必要以上に大きな設定となっている可能性がある。

Subfault number	Length (km)	Width (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Depth (km)	Slip (m)	Longitude (°)	Latitude (°)
2	50	22	350	45	96	2.8	18	139.51981	41.49980
3	54	22	10	45	106	2.8	4.6	139.40581	41.02010
6	54	11	10	45	106	4.3	7.4	139.42365	41.01771



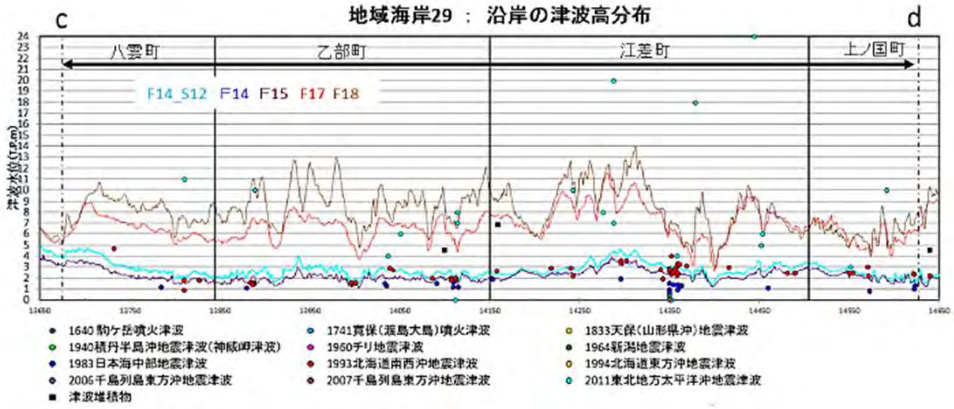
- 数字は断層パラメータ表のSubfault numberに対応
- ピンクの〇印は津波堆積物検出位置

12世紀地震の断層モデル



Ioki et al.（2019）[70]に一部加筆

※：参考としてIoki et al.(2019)[70]の検討と後段で検討する日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のレベル感の比較を実施した。(P.2.2-79参照)



八雲町～上ノ国町（檜山地域）沿岸の津波高分布

北海道（2017）[71]

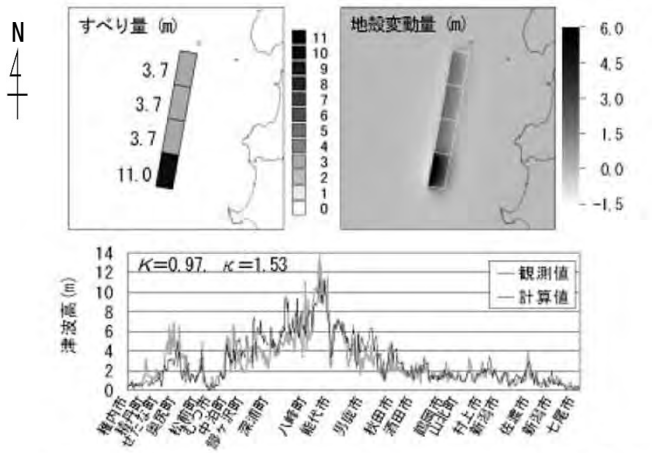
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４３／６６）

⑤ すべりの不均質性の設定（１／３）

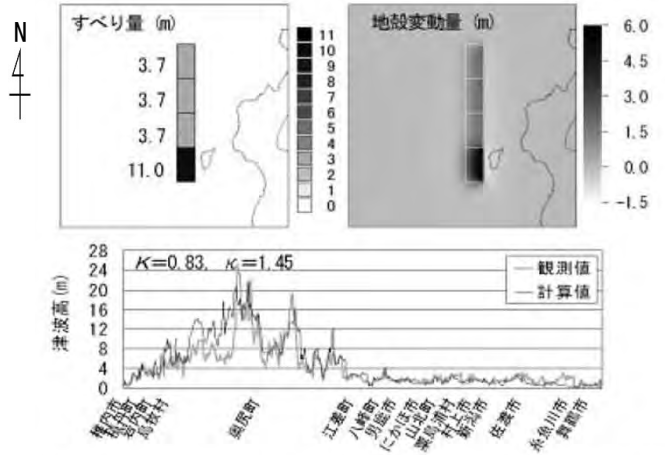
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-43再掲

根本ほか（2009）

- 2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえてすべりの不均質性を考慮し，敷地への津波の影響評価として津軽海峡入口に津波が集中するようなすべり分布を検討することを目的とし，アスペリティと背景領域との面積比及びすべり量比を設定する。
- 日本海東縁部の既往津波に対して，すべりの不均質性を考慮し，既往津波の再現性がおおむね確認されている根本ほか（2009）(54)の知見の適用を念頭におき，その内容及び妥当性について整理する。（P.2.2-45, P.2.2-46参照）
- 根本ほか（2009）(54)では，「アスペリティモデルは，アスペリティ位置の推定が困難な地震空白域等に適用する場合に，４つのセグメントのいずれかがアスペリティに相当するセグメントと考えて，アスペリティ（平均すべり量の２倍のすべり量）位置を変化させた４ケースの計算を行えば，４ケースの計算による最大値が観測値（既往津波高）をほぼ包含することができる。」とされている。
- 根本ほか（2009）(54)による　不均質モデルの設定は以下のとおり。
  - ✓ 断層面を４セグメントに分割して，そのうち１セグメントをアスペリティ領域，残りの３セグメントを背景領域とする。
  - ✓ アスペリティ領域のすべり量は平均すべり量の２倍とする。
  - ✓ 背景領域のすべり量は平均すべり量の2/3倍とする。



アスペリティモデルの断層モデルと計算津波高
【1983年日本海中部地震】



アスペリティモデルの断層モデルと計算津波高
【1993年北海道南西沖地震】

日本海東縁部の代表的な既往地震を再現するアスペリティモデル　根本ほか（2009）(54)

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４４／６６）

⑤ すべりの不均質性の設定（２／３）：根本ほか（2009）の妥当性確認

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-44再掲

根本ほか（2009）の不均質すべりモデルのスケーリング則の妥当性

- 根本ほか（2009）[54]の不均質モデルのスケーリング則の妥当性を確認するため，大すべり域の面積比及びすべり量比について，根本ほか（2009）[54]と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である国交省ほか（2014）[23]とを比較した。
- その結果，根本ほか（2009）[54]と国交省ほか（2014）[23]のスケーリング則はおおむね整合的であることが確認できた。

以上から，日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の波源モデルの設定に根本ほか（2009）[54]のスケーリング則を適用することは妥当と考えられる。

根本ほか（2009）[54]及び国交省ほか（2014）[23]のスケーリング則の比較

文献	大すべり域面積／全体面積	大すべり域すべり量／平均すべり量
根本ほか（2009）[54]	0.25	2.0
国交省ほか(2014)[23]	0.20	2.0

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４５／６６）

⑤ すべりの不均質性の設定（３／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-45再掲

まとめ

- 2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえてすべりの不均質性を考慮し，敷地への津波の影響評価として津軽海峡入口に津波が集中するようなすべり分布を検討する。
- 日本海東縁部の地震に関するすべりの不均質性に係る知見として，既往津波（1983年日本海中部地震津波，1993年北海道南西沖地震津波）の再現性が確認され，すべりの不均質性に係るその他のスケーリング則（国交省ほか（2014）(23)）とも整合する根本ほか（2009）(54)に基づく設定が妥当であると考え，アスペリティの配置及びすべり量を以下のとおり設定する。
  - ✓ 根本ほか（2009）(54)のセグメント長さを考慮し，８つのセグメントに分割して，アスペリティ領域と背景領域の面積比を１：３とする。
  - ✓ アスペリティ領域のすべり量は平均すべり量の２倍とする。
  - ✓ 背景領域のすべり量は平均すべり量の2/3倍とする。

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４６／６６）

⑥ 剛性率の設定（１／２）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-46再掲

土木学会（2016）

- 土木学会（2016）[39]では，「地震波速度や密度に関する既往研究に基づき，海域毎に標準値が設定されており，日本海東縁部の剛性率は$3.5\times10^{10}N/m^2$」とされている。

震源付近の媒質の剛性率の標準値

海　域	根　拠	剛性率
・西南日本陸側プレート内 ・日本海東縁部 ・プレート境界浅部（断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合）	Vp=6.0km/s Vp/Vs=1.6～1.7 ρ=2.7～2.8g/cm^3 とすれば， $\mu=3.36\times10^{10}$～3.94×10^{10} N/m^2 となる。この中間的値とする。	3.5×10^{10} N/m^2 (3.5×10^{11} dyne/cm^2)
・海洋プレート内 ・プレート境界深部（断層面全体が深さ20km以深に存在する場合）	Vp=8.0～8.1km/s Vp/Vs=1.75～1.80 ρ=3.2～3.5g/cm^3 とすれば， $\mu=6.31\times10^{10}$～7.50×10^{10} N/m^2 となる。この中間的値とする。	7.0×10^{10} N/m^2 (7.0×10^{11} dyne/cm^2)
・プレート境界中央部（断層面が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合）	浅部と深部の中間的値とする。	5.0×10^{10} N/m^2 (5.0×10^{11} dyne/cm^2)

土木学会（2016）[39]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４７／６６）

⑥ 剛性率の設定（２／２）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-47再掲

P波速度の範囲から推定される剛性率

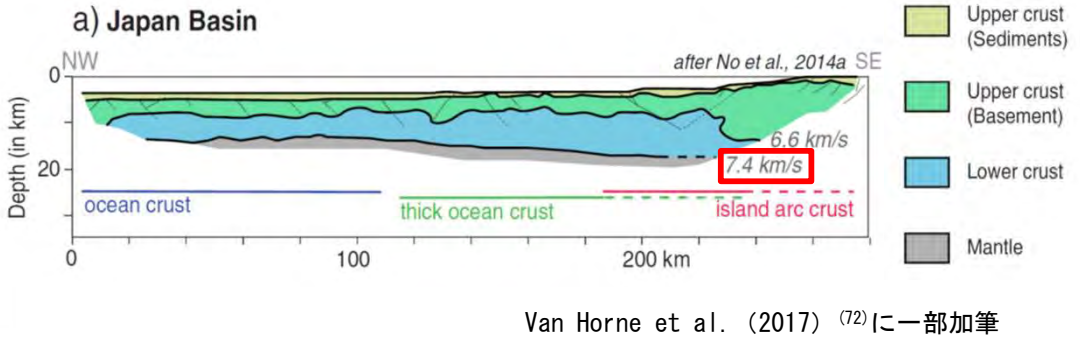
- Van Horne et al.（2017）(72)及びSato et al.（2006）(73)によると，「反射法及び海底地震計を用いた地震探査によれば，日本海東縁部北部の上部地殻～下部地殻におけるP波速度はおおむね4.2～7.4km/sの範囲内にあると推定される」とされている。
- このP波速度の範囲をBrocher（2005）(74)※1による経験的関係に当てはめると，剛性率の中間的値は約3.5×10^{10}N/m^{2}となる。

前ページ及び以上から，剛性率は3.5×10^{10}N/m^{2}とした。

※1：Brocher(2005)(74)は，様々な環境におけるボアホールデータ，地震波トモグラフィデータ，実験データ等を集約し，堆積層～上部マントルにおけるＰ波速度と密度等の経験式関係を提示している。

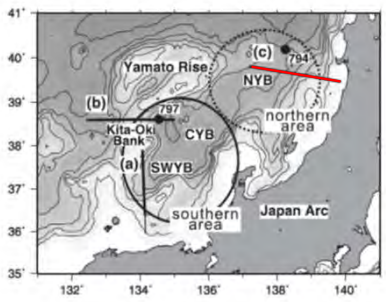
青森県～秋田県沖（日本海盆～1983年日本海中部地震震源域）

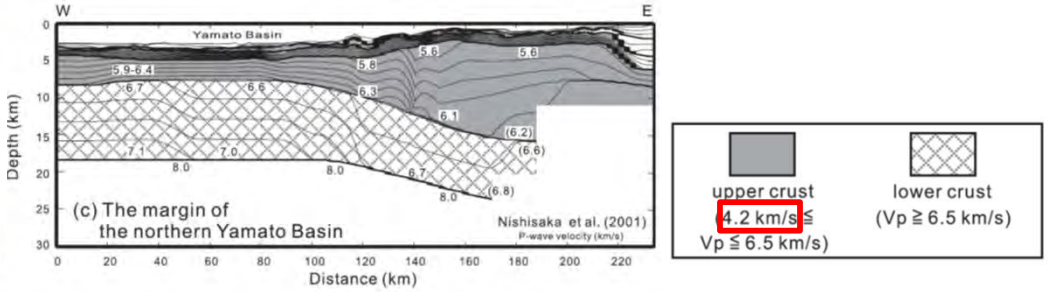




Van Horne et al.（2017）(72)に一部加筆

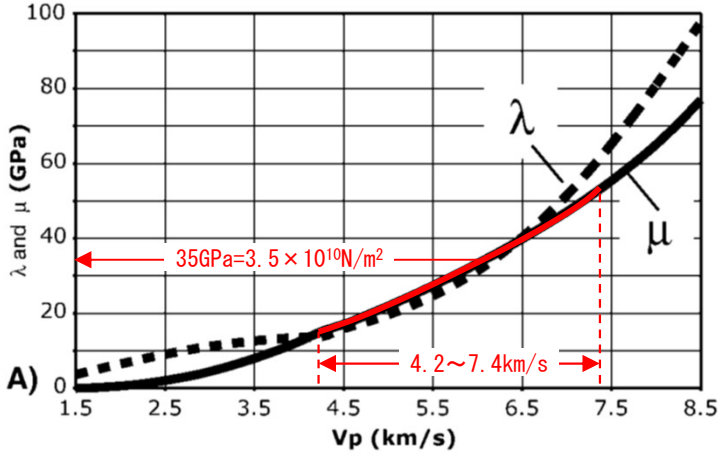
秋田県沖（大和海盆～最上トラフ）





Sato et al.（2006）(73)に一部加筆

反射法及び海底地震計による日本海東縁部のＰ波速度構造



Brocher（2005）(74)に一部加筆

Ｐ波速度とラメ定数の経験的関係※2

※2：上図はＰ波速度とラメ定数（λ，μ）の関係を示しており，このうちμは剛性率である。

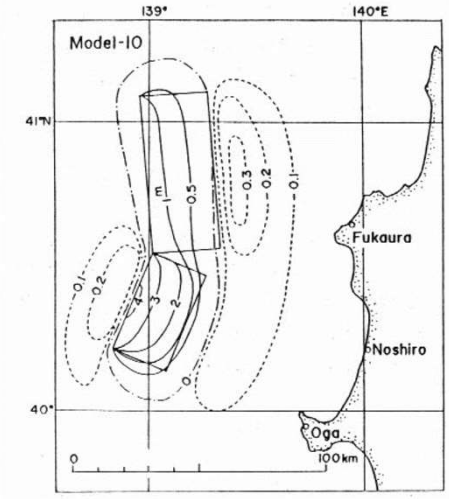
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４８／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-48再掲

⑦ ライズタイムの設定（１／２）

- 日本海東縁部で至近に発生し，観測データが充実している1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖津波を対象に，その再現モデルのライズタイムを参照する。
- 土木学会（2016）(39)には1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖津波の痕跡高を説明できる断層モデルとして，それぞれ，相田（1984）(75)のモデル，高橋ほか（1995）(46)のモデルが示されている。
- これらのモデルでは，断層モデルから計算された地盤変位を初期条件としていることから，ライズタイムは考慮していない（０秒）と推定される。
- 首藤（1996）(76)は，1993年北海道南西沖地震津波に関し，検潮記録と解析波形の比較を行っており，波源域近傍の江差地点の解析波形は，計算開始（０秒）から地殻変動を考慮し，海面に水位変動が与えられていることから，ライズタイムは考慮していない（０秒）と推定される。

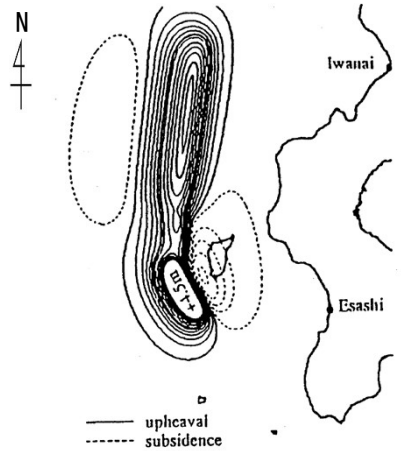
また波源としては断層モデルを仮定し，そのパラメータから MANSINHA and SMYLIE（1971）の方法によって海底の鉛直変位を計算し，それを水位の初期条件として与えた。



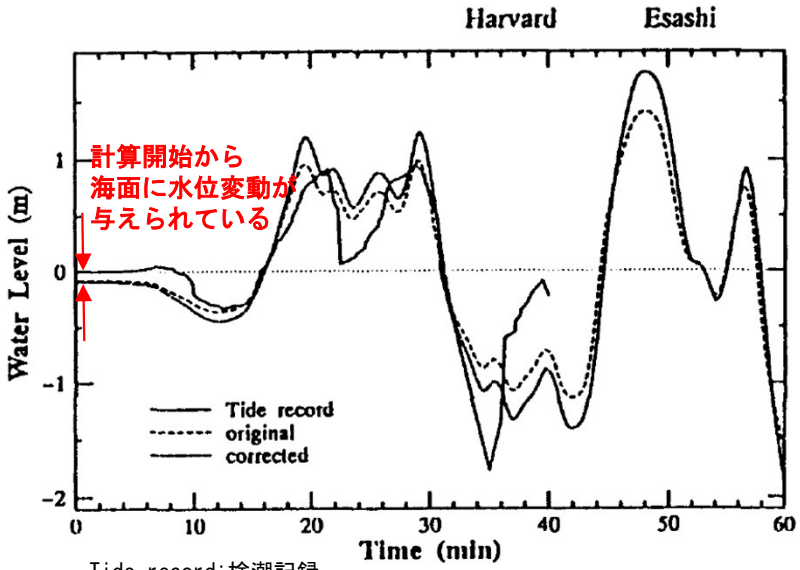
1983年日本海中部地震津波
断層モデル
相田（1984）(75)に一部加筆

図 1に DCRC-26 モデルによる地盤変位を示す。奥尻島は沈降領域に入っており、表 2に示した沈降量も GPS による実測結果 3)を満足している。

この地盤変位を初期条件とし、線形長波理論により計算を行った。ただし、沖側境界としては自由透過、陸側境界としては最低水深 10m の完全反射条件を用いた。また、空間格子間隔は 450m、時間間隔は 1 秒とした。



1993年北海道南西沖地震津波
断層モデル
高橋ほか（1995）(46) に一部加筆



Tide record:検潮記録
original:解析波形

1993年北海道南西沖地震津波
江差地点の検潮記録と解析波形の比較
首藤（1996）(76)に一部加筆

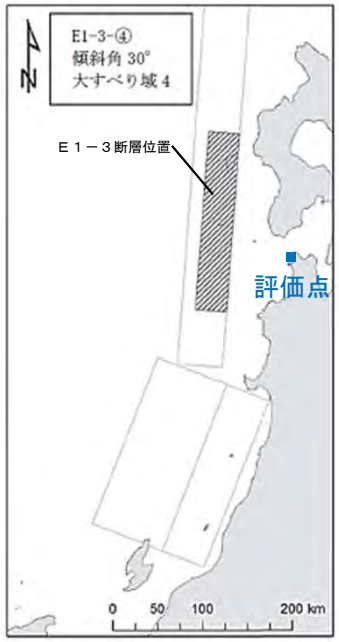
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（４９／６６）

⑦ ライズタイムの設定（２／２）

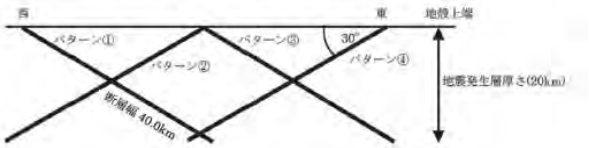
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-49再掲

- 土木学会（2016）[39]では，日本海東縁部を対象とした不均質モデルによる決定論的津波評価の適用事例を示しており，その中で，ライズタイム０秒，10秒，30秒及び60秒とした場合の津波水位（評価地点：青森県十三湖）の比較を行っている。
- その結果，「ライズタイム０秒のケースで津波水位が最大になる」とされている。

前ページ及び以上から，ライズタイムは，保守的設定として０秒とした。



検討波源位置図



断層の東西断面

注：右表の検討ケースと傾斜角は異なる

ライズタイムに関するパラメータスタディの結果

ライズタイム（秒）	領域	南北位置 ※南から 1-6	東西位置・傾斜方向 傾斜パターン①～④	傾斜角（度）	大すべり域位置 ※北から 1-4	位置詳細	上縁深さ（km）	水位（m）
0	**E1**	**3**	**④**	**37.5**	**4**	**基本**	**0**	**7.89**
10	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.81
30	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.51
60	E1	3	④	37.5	4	基本	0	7.31

土木学会（2016）[39]に一部加筆

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５０／６６）

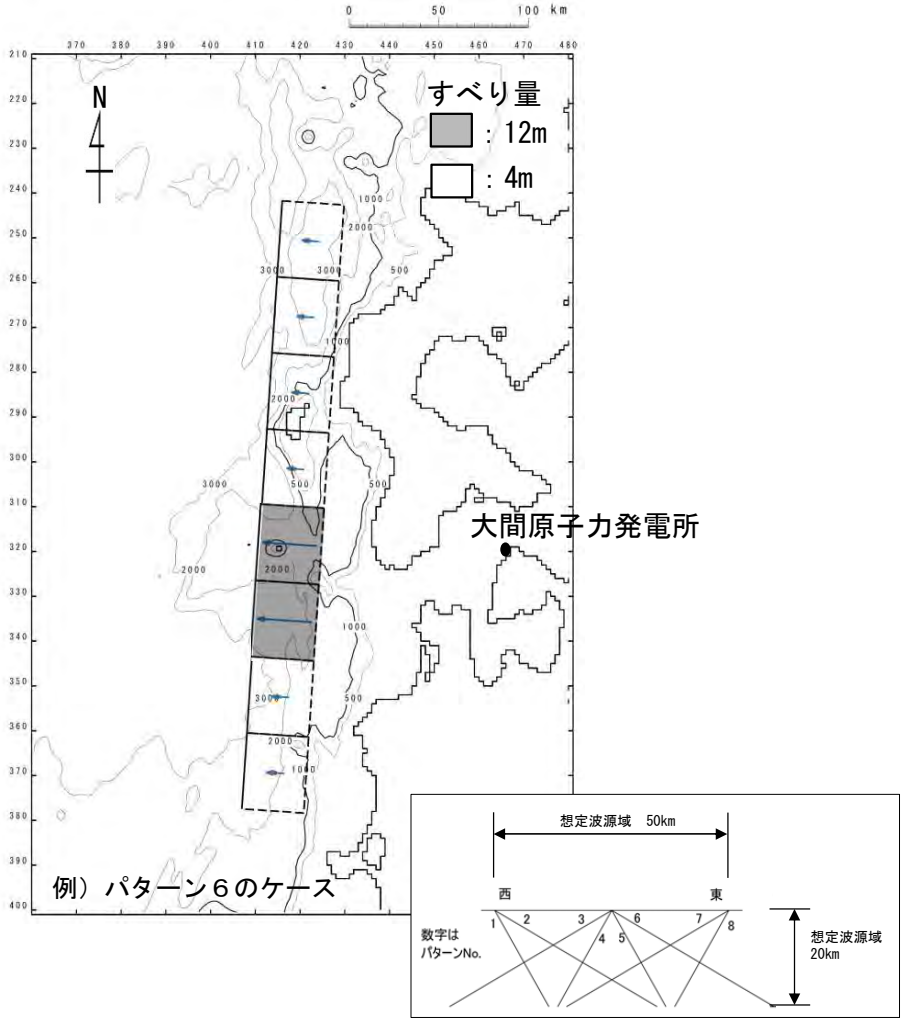
基準波源モデルの設定（まとめ）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-50再掲

- 想定波源域は，安全評価上，青森県西方沖から北海道南西沖が連動するものとして，Ｌ＝340kmの領域とした。
- すべりの不均質性を考慮し，アスペリティ領域と背景領域を設定した。

基準波源モデルのパラメータ

項　　目	諸　元		主な設定根拠
	高角断層（傾斜角60°）	低角断層（傾斜角30°）	
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw	8.1	8.2	Mw=(logMo-9.1)/1.5
長さ Ｌ（km）	340		青森県西方沖から北海道南西沖
幅 Ｗ（km）	23.1	40.0	想定波源域厚さ（20km），傾斜角
すべり量 Ｄ（m）	12.0（アスペリティ領域：全面積の25%） 4.0（背景領域：全面積の75%）		既往地震の知見，根本ほか（2009）(54)等
剛性率 μ（N/m^2）	3.5×10^{10}		土木学会（2016）(39)等
地震ﾓｰﾒﾝﾄ Mo（N・m）	1.65×10^{21}	2.86×10^{21}	Mo＝μLWD
走向 θ（°）	東傾斜：3.8，西傾斜：183.8		海底地形の等水深線の走向
上縁深さ ｄ（km）	1		根本ほか（2009）(54)等
傾斜角 δ（°）	60	30	土木学会（2016）(39)等
すべり角 λ（°）	90		土木学会（2016）(39)等
ライズタイム τ（s）	0		1993年北海道南西沖地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル等



基準波源モデル

東西位置，傾斜角パターン
土木学会（2016）(39)に一部加筆

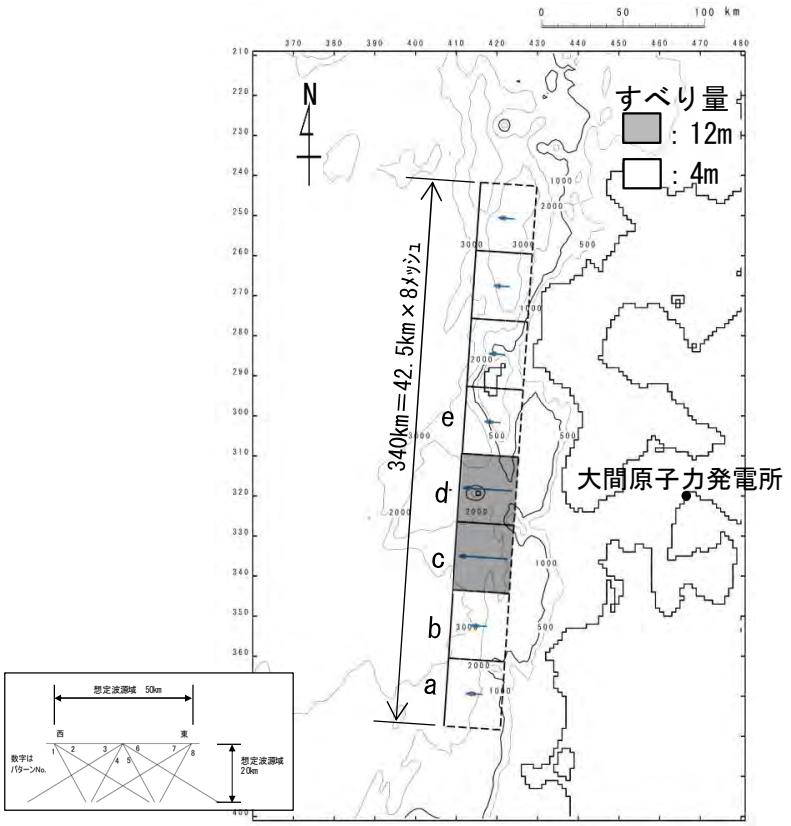
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５１／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-51再掲

パラメータスタディ

○パラメータスタディは，概略と詳細の２段階で実施するものとし，概略パラスタは津波水位に対して支配的因子，詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである（P. 2. 2-68～P. 2. 2-73参照） 。パラスタ詳細は以下のとおり。

- 概略パラスタのステップ１として，東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向，並びにアスペリティ位置を組合せた検討を実施した。
- 概略パラスタのステップ２として，ステップ１における最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを対象に，アスペリティをさらに細かく移動させた検討を実施した。
- 詳細パラスタとして，概略パラスタにおける最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを対象に，走向，アスペリティ数及び位置，並びに上縁深さを変化させる検討をそれぞれ実施した。



東西位置，傾斜角パターン
土木学会（2016）[39]に一部加筆

基準波源モデル

概略パラメータスタディ（ステップ１）

項目	変動範囲	ケース数	
東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向	東西幅50kmの中で８ケース	8	計32
アスペリティ位置	ab, bc, cd, deの４ケース（約40kmﾋﾟｯﾁで移動）	4	

概略パラメータスタディ（ステップ２）

項目	変動範囲	ケース数	
アスペリティ位置	cd（ステップ1），cdを北方及び南方へ約10km～30km（約10kmﾋﾟｯﾁ）移動	7	計14

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
走向	断層を南北に２分割し，分割した断層が独立し連動する 基準（概略パラスタケース），基準±10°	3	計36
アスペリティ数及び位置	概略パラスタケース，アスペリティを南北に２分割し，片方を固定しもう片方を移動（北方及び南方へ約10km～40km（約10kmﾋﾟｯﾁ））	9	
上縁深さ	０km，１km（基準：概略パラスタケース），２km，３km，４km，５km	6	

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５２／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-52再掲

基準波源モデルの諸元及びパラメータスタディ整理表

基準波源モデルの各パラメータに対し，パラメータスタディ実施の考え方について以下のとおり整理した。

項　　目	基準波源モデル			パラメータスタディ		
	諸　元		主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変 動 幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
	高角断層 （傾斜角60°）	低角断層 （傾斜角30°）				
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw	8.1	8.2	Mw=(logMo-9.1)/1.5	—	—	保守的に設定した 他諸元からの算定値
長さ Ｌ（km）	340		青森県西方沖から 北海道南西沖	—	—	保守的に想定波源域の 南北方向全域を考慮
幅 Ｗ（km）	23.1	40.0	想定波源域厚さ（20km）， 傾斜角	—	—	保守的に想定波源域の 深さ方向全域を考慮
すべり量 Ｄ（m）	12.0（アスペリティ領域：全面積の25%） 4.0（背景領域：全面積の75%）		既往地震の知見， 根本ほか（2009）(54)等	—	—	既往の知見に照らして保守的に すべり量の上限を考慮
剛性率 μ（N/m^2）	3.5×10^{10}		土木学会（2016）(39)等	—	—	すべり量を最大で固定しているため，剛性率の値が津波評価に影響しない
地震ﾓｰﾒﾝﾄ Mo （N・m）	1.65×10^{21}	2.86×10^{21}	Mo＝μLWD	—	—	保守的に設定した 他諸元からの算定値
走向 θ（°）	東傾斜：3.8，西傾斜： 183.8		海底地形の等水深線の走向	詳細パラスタ	±10°	既存断層パラメータの走向の標準偏差相当
上縁深さ ｄ （km）	1		根本ほか（2009）(54)等	詳細パラスタ	０～５km	想定波源域及び既往津波の波源モデルの変動幅
断層面 傾斜角 δ（°）	60	30	土木学会（2016）(39)等	概略パラスタ	60°，30°	既往津波の波源モデルの変動幅
断層面 傾斜方向	東傾斜，西傾斜			概略パラスタ	東傾斜，西傾斜	日本海東縁部の特性を考慮
断層面 東西方向位置	東西方向25kmﾋﾟｯﾁ			概略パラスタ	東西方向25kmﾋﾟｯﾁ	想定波源域の範囲を考慮
すべり角 λ（°）	90		土木学会（2016）(39)等	—	—	初期水位が最大となる設定
ライズタイム τ（s）	０		1993年北海道南西沖地震津波の痕跡高の再現性が高いモデル等	—	—	既往津波を再現する設定かつ津波高さが大きくなる設定
アスペリティ位置 （個数を含む）	断層長さ方向に８分割し，そのうち２セグメントを津軽海峡前面に配置		根本ほか（2009）(54)	概略パラスタ	南北方向40km及び10kmﾋﾟｯﾁ	根本ほか（2009）(54)の配置に対してさらに細かい配置を考慮
				詳細パラスタ	一つ及び二つ	

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５３／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-53再掲

パラメータスタディ因子の妥当性について

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波に関するパラメータスタディ検討因子は，土木学会（2016）[39]におけるパラメータスタディを原則実施する因子とも整合する。

表 3.1－1　パラメータスタディの因子（○：パラメータスタディを原則実施する因子）

	静的パラメータ							動的パラメータ		
海域または地震のタイプ	位置	大すべり領域位置	走向	傾斜角	傾斜方向	すべり角	上縁深さ	破壊開始点	破壊伝播速度	ライズタイム
プレート間逆断層地震と津波地震の連動 プレート間逆断層地震 （不均質モデルの場合）	○※1	○	－	－	－	○※2	－	○	○	○
プレート間逆断層地震 （均質モデルの場合）	○※1	－	○	○	－	○※2	○	－	－	－
日本海溝沿い （プレート内正断層）	○	－	○	○	－	－ （270 度固定）	○	－	－	－
日本海溝沿い（津波地震） （均質モデルの場合）	○	－	○	○	－	○※2	○	－	－	－
日本海東縁部 （地殻内地震）	○	○	○	○	○※4	－ （90 度固定）	○	－	－	－
海域活断層 （上部地殻内地震）	－	○※5	－	○※5	○※6	○※3	○	－	－	－

※1 基本断層モデルを地震活動域全体に設定する場合を除く
※2 すべり方向のばらつきを考慮して走向に連動
※3 応力場のばらつきを考慮して傾斜角に連動
※4 西傾斜，東傾斜
※5 調査により明確な場合は固定
※6 不明な断層は両方向

土木学会（2016）[39]に一部加筆

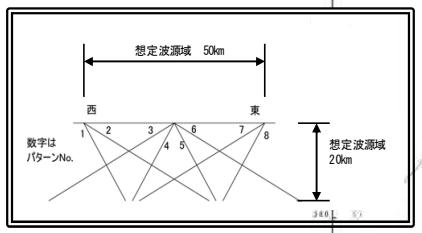
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５４／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-54再掲

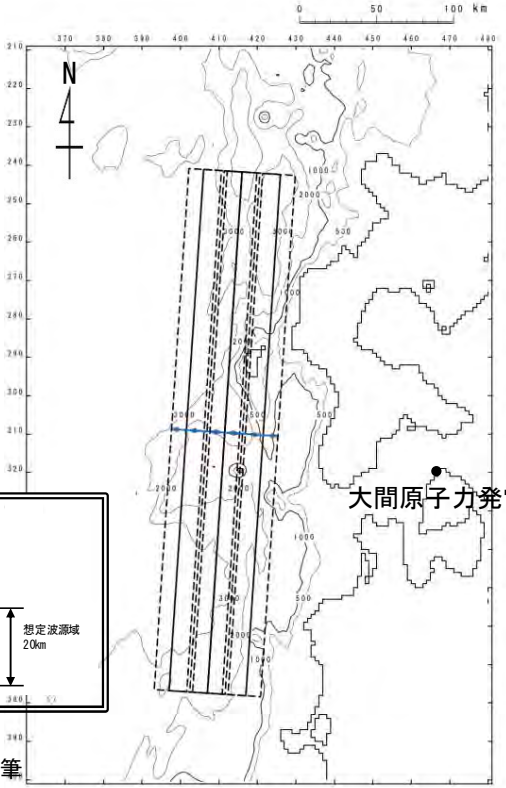
概略パラメータスタディ（１／４）

：東西方向位置・傾斜角・傾斜方向，アスペリティ位置変化ケース

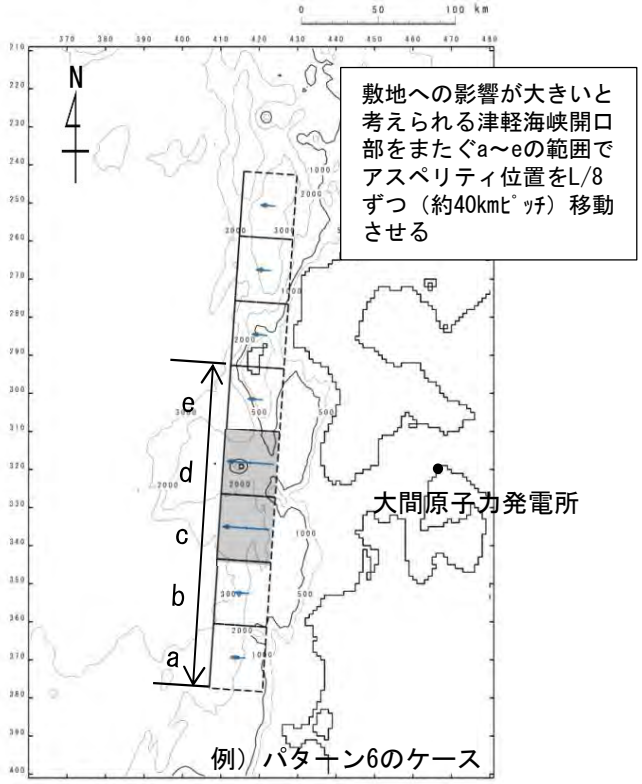
すべり量
：12m
：4m



東西位置，傾斜角パターン
土木学会（2016）[39]に一部加筆

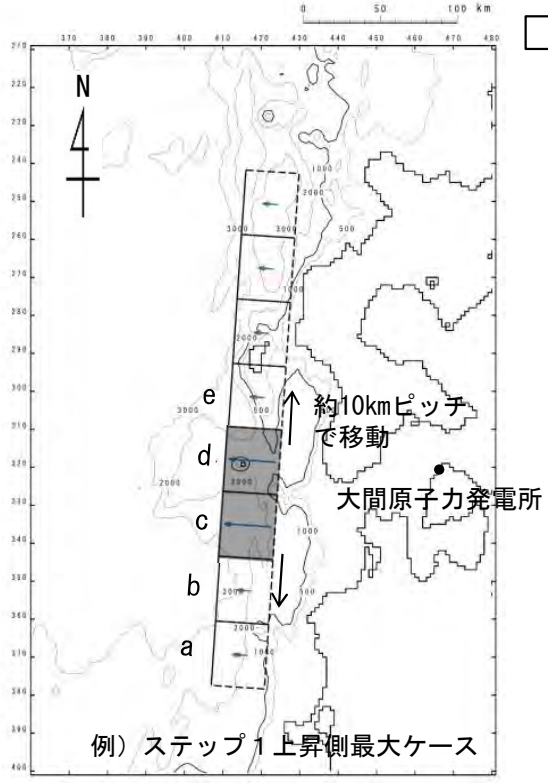


東西方向位置・傾斜角・傾斜方向変化ケース



アスペリティ位置変化ケース（例）

（ステップ１）



アスペリティ位置変化ケース（例）

（ステップ２）

・概略パラメータスタディ（ステップ１）として，東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向並びにアスペリティ位置を組合せた検討を実施した。なお，アスペリティ位置は，敷地への影響が大きいと考えられる津軽海峡開口部をまたぐa～eの範囲で移動させた。

・概略パラメータスタディ（ステップ２）として，津波の津軽海峡への入射の影響をさらに細かく検討するために，ステップ１における最大水位変動ケースの波源モデルを対象に，最大となったアスペリティ位置cdを北方及び南方へ約10km（隣接セグメントをさらに４分割した距離）ピッチで移動させた場合の検討を実施した。

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５５／６６）

概略パラメータスタディ（２／４）：検討結果

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-55再掲

概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

概略パラメータスタディ（ステップ１）結果一覧

アスペリティ位置	東西位置，傾斜パターン	傾斜角	最大水位上昇量	最大水位下降量
de	1	60°	3.31m	－3.14m
	2	30°	4.07m	－3.62m
	3		4.02m	－3.66m
	4	60°	3.57m	－3.20m
	5		3.15m	－2.99m
	6	30°	3.78m	－3.52m
	7		3.98m	－3.60m
	8	60°	3.59m	－3.34m
cd	1	60°	3.71m	－3.36m
	2	30°	4.63m	－3.68m
	3		4.42m	－3.72m
	4	60°	3.54m	－3.46m
	5		4.00m	－3.53m
	6	30°	5.43m	－3.72m
	7		5.28m	－3.76m
	8	60°	4.32m	－3.59m
bc	1	60°	3.18m	－2.52m
	2	30°	3.93m	－3.33m
	3		3.84m	－3.50m
	4	60°	2.78m	－2.56m
	5		3.21m	－2.77m
	6	30°	3.88m	－3.44m
	7		3.86m	－3.62m
	8	60°	2.89m	－2.85m
ab	1	60°	1.99m	－1.85m
	2	30°	2.46m	－2.30m
	3		2.65m	－2.71m
	4	60°	1.80m	－1.79m
	5		1.78m	－1.69m
	6	30°	2.17m	－1.92m
	7		2.18m	－2.37m
	8	60°	1.76m	－1.86m

概略パラメータスタディ（ステップ２）結果一覧

概略パラスタ（ステップ１）	東西位置，傾斜パターン	傾斜角	アスペリティ位置	最大水位上昇量	最大水位下降量
上昇側	6	30°	北方へ30km	4.58m	－3.61m
			北方へ20km	5.21m	－3.70m
			北方へ10km	5.59m	－3.72m
			cd	5.43m	－3.72m
			南方へ10km	5.19m	－3.71m
			南方へ20km	4.73m	－3.68m
			南方へ30km	4.08m	－3.64m
下降側	7	30°	北方へ30km	4.67m	－3.69m
			北方へ20km	5.32m	－3.72m
			北方へ10km	5.37m	－3.74m
			cd	5.28m	－3.76m
			南方へ10km	5.16m	－3.73m
			南方へ20km	4.73m	－3.71m
			南方へ30km	4.13m	－3.69m

：概略パラスタ（ステップ１） 最大水位上昇／下降ケース

：概略パラスタ（ステップ２） 最大水位上昇ケース

：概略パラスタ（ステップ２） 最大水位下降ケース

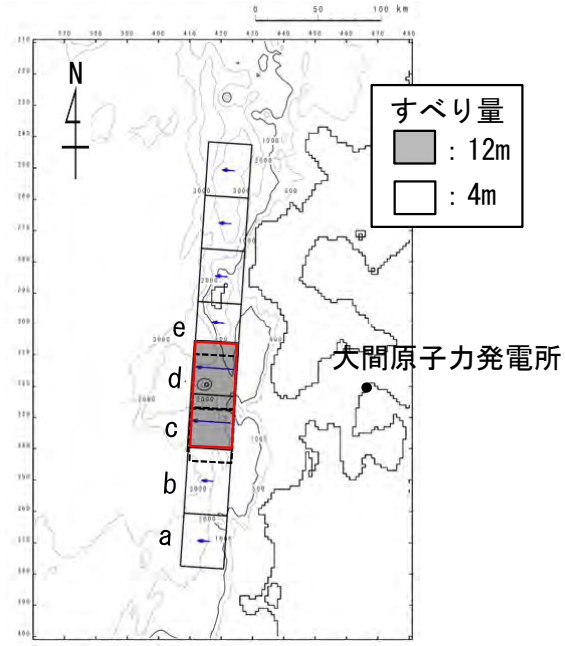
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５６／６６）

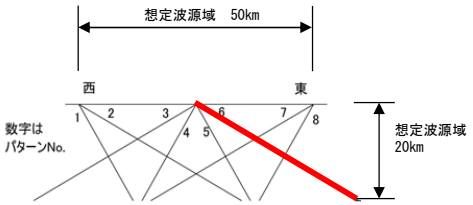
概略パラメータスタディ（３／４）：最大水位上昇ケース検討結果

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-56再掲

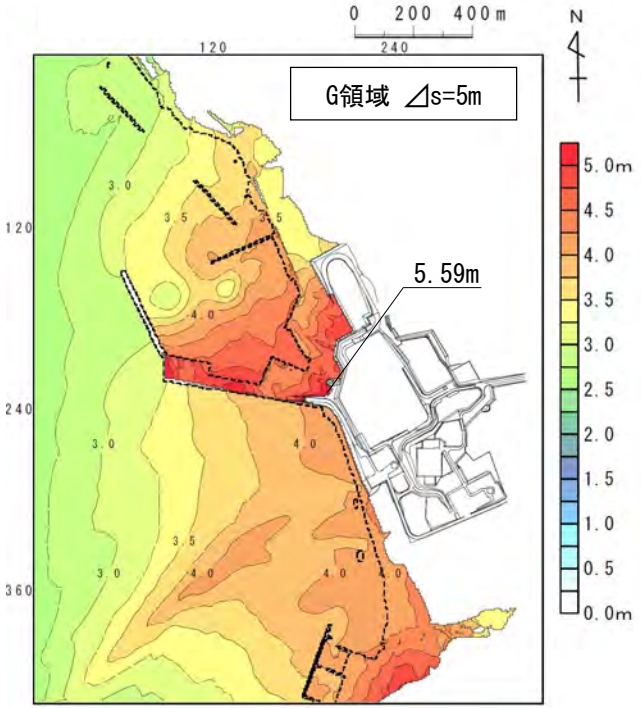
敷地における概略パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
東西方向中央，東傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋dを
北方へ10km移動

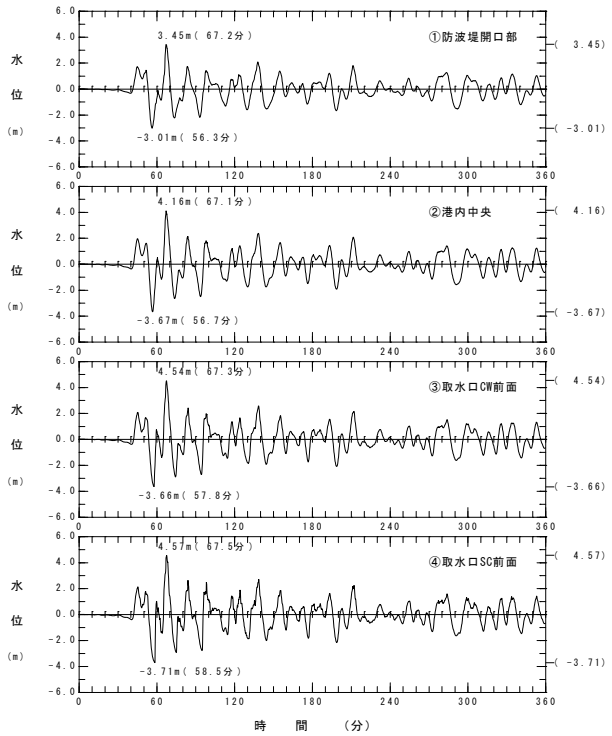




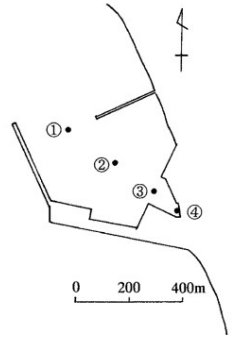
波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形



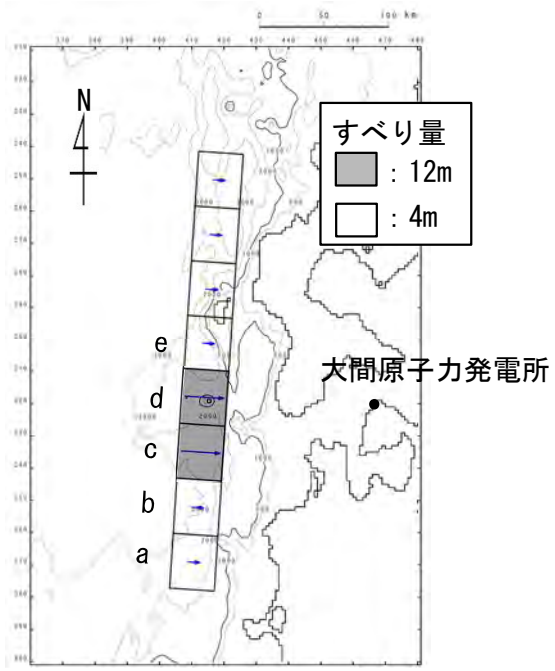
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５７／６６）

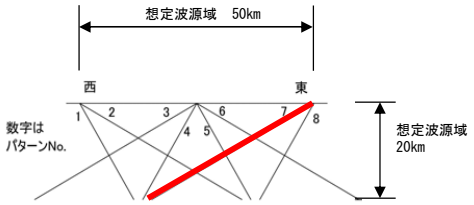
概略パラメータスタディ（４／４）：最大水位下降ケース検討結果

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-57再掲

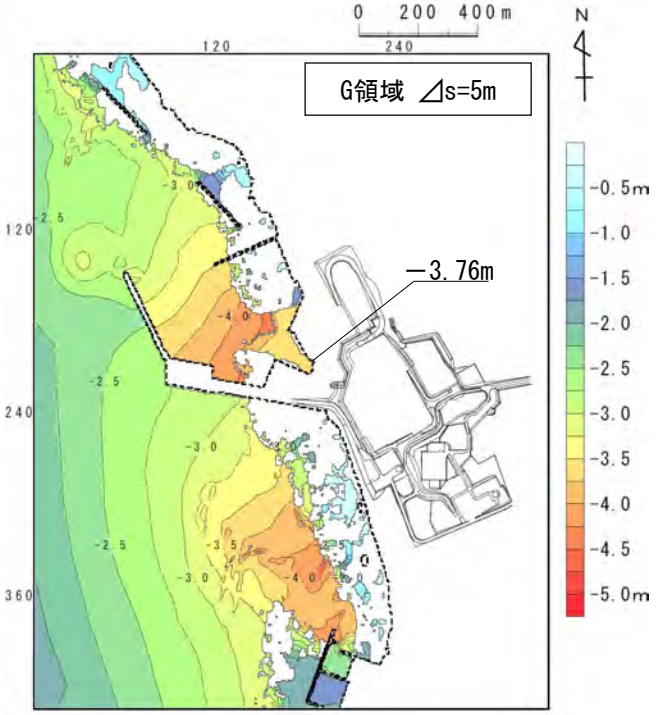
取水口スクリーン室前面における概略パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

最大水位下降ケース
東西方向東端，西傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋d

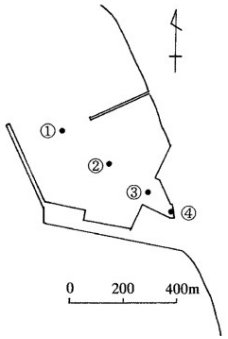


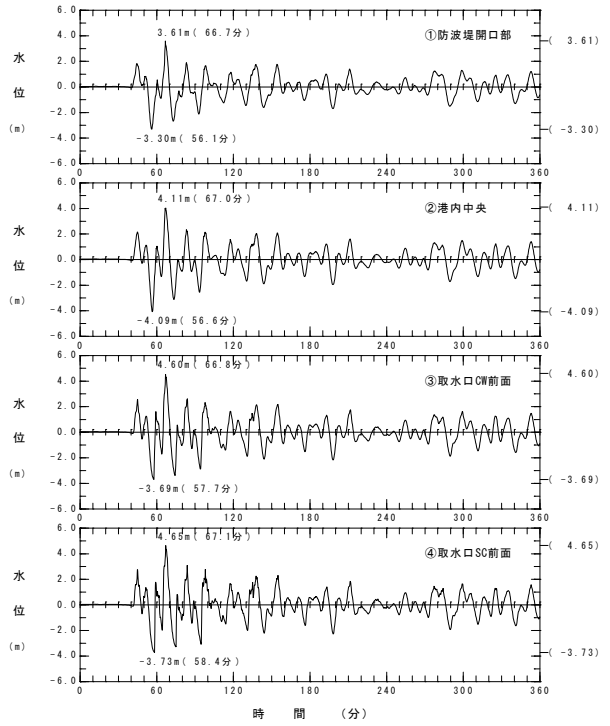


波源モデル



最大水位下降量分布





水位時刻歴波形

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５８／６６）

詳細パラメータスタディ（１／８）：（ｉ）走向変化ケース

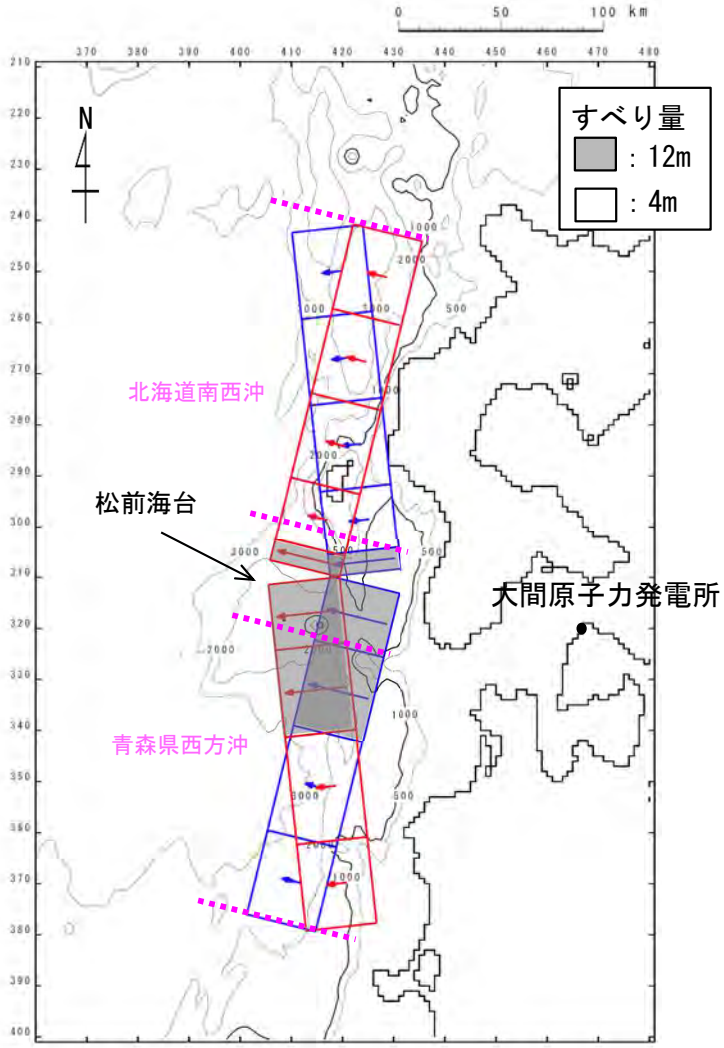
第962回審査会合
資料1-1 P. 2. 2-58再掲

- 走向を変化させる検討を実施した。
- 走向の変動は，土木学会（2002）[77]の既往の断層モデルにおける走向のばらつきに関する標準偏差に基づき±10°とした。
- 断層長が340kmと超大であり，既往地震においても走向は必ずしも一定でないことを考慮して，既往地震の空白域である松前海台付近で南北に２分割（L=170km×２）し，分割した断層がそれぞれ異なる走向を有しながら連動することを想定した。

海域大区分	海域小区分		萩原マップで対応する海域区分	解析対象データ	データ数	走向(°)		すべり方向(°)		すべり角(°)		傾斜角(°)	
						平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
日本海溝・千島海溝（南部）	千島海溝南部	41°N以北	G1	プレート間逆断層地震のハーバード解	43	222.3	14.1	304.3	10.8			21.7	6.4
	日本海溝北部	38～41°N	G2		29	185.4	12.1	295.0	7.7			16.0	5.7
	日本海溝南部	35.3～38°N	G3		14	204.2	13.5	292.3	12.2			21.1	5.1
日本海東縁部	北部	40°N以北	F	断層モデル	6(3)	−2.7	9.6			91.7	11.3	43.3	14.0
	南部	40°N以南138°E以東			5(3)	25.2	6.3			96.0	13.4	57.0	6.7

（注）・日本海溝および千島海溝（南部）沿い海域では，ハーバードCMTによる発震機構解（1976年1月～2000年1月に発生したM_w6.0以上，深さ60km以下の地震）を解析対象とした。
・日本海東縁部では，発震機構解の節面の特定が困難であるため，津波の痕跡高を説明できる断層モデルのパラメータを用いてばらつきを評価した。
・「すべり方向」は，スリップベクトルの水平投影が真北から時計回りになす角度である。
・日本海東縁部のデータ数のうち括弧内の値は，走向に対して適用した１枚断層換算のモデル数である。
・日本海東縁部（南部）の新潟地震モデルにはNoguera and Abe（1992）を採用している。天保山形沖地震（1833）は沖合・沿岸近くの両モデルを採用している。
・萩原マップは萩原尊禮編(1991)による。

土木学会（2002）[77]に一部加筆



詳細パラメータスタディ
走向変化ケース（例示）

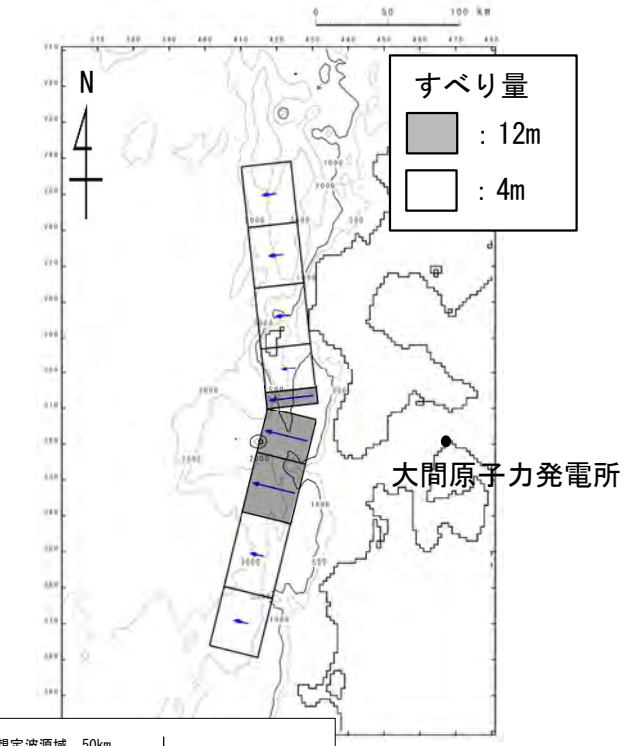
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（５９／６６）

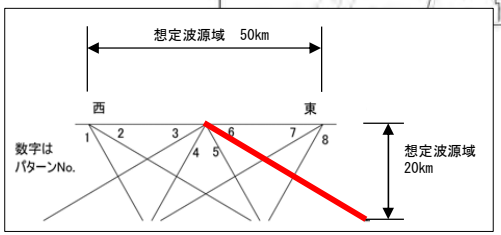
詳細パラメータスタディ（２／８）：（ｉ）走向変化ケースの検討結果

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-59再掲

詳細パラメータスタディの検討結果（走向変化ケース）は以下のとおりである。

例示ケース
東西方向中央，東傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋dを北方へ10km移動，北－10°，南＋10°





例示ケースの波源モデル

詳細パラメータスタディ結果一覧
（走向変化ケース）

概略パラスタ	アスペリティ位置	東西位置，傾斜パターン	傾斜角	走向	最大水位上昇量	最大水位下降量	備考
上昇側	cdを北方へ10km移動	6	30°	北+10° 南-10°	4.53m	－3.62m	
				北±0° 南±0°	5.59m	－3.72m	P.2.2-57参照
				北-10° 南+10°	5.50m	－3.71m	例示ケース
下降側	cd	7	30°	北+10° 南-10°	4.52m	－3.70m	
				北±0° 南±0°	5.28m	－3.76m	P.2.2-58参照
				北-10° 南+10°	5.29m	－3.72m	

：詳細パラスタ（走向変化ケース）　最大水位上昇ケース

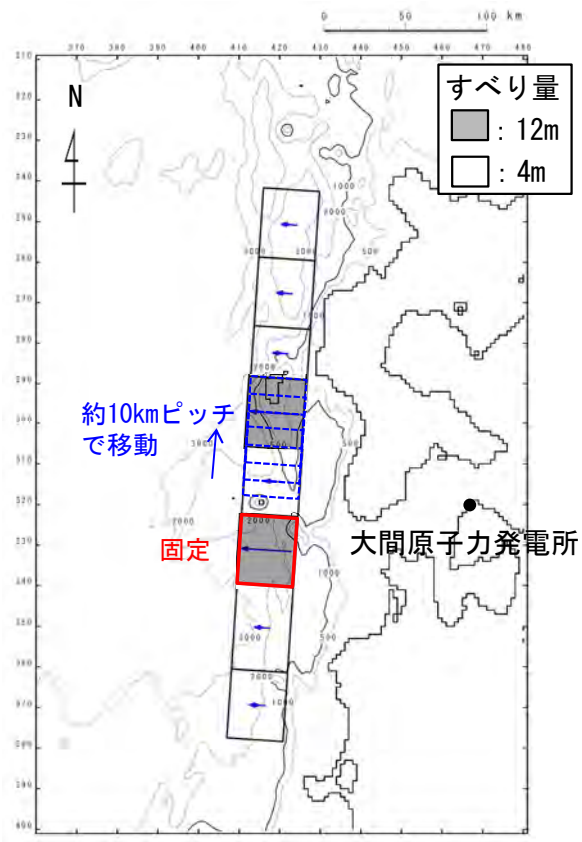
：詳細パラスタ（走向変化ケース）　最大水位下降ケース

2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６０／６６）

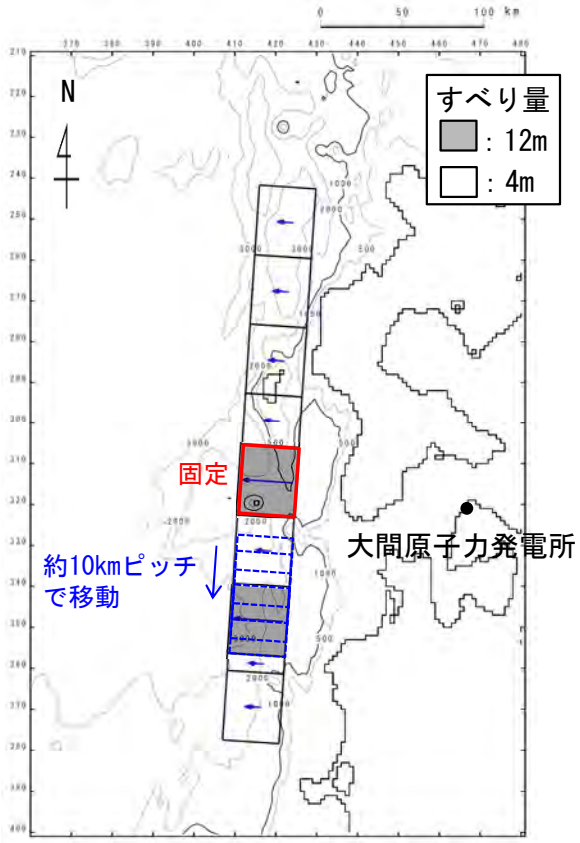
詳細パラメータスタディ（３／８）：（ⅱ）アスペリティ数及び位置の変化ケース

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-60再掲

- アスペリティの数及び位置に関する不確かさとして，アスペリティが２つのケースについて検討を実施した。
- アスペリティを南北に２分割し，片方のアスペリティ位置を固定して，もう片方を北方及び南方へ約10km～40km（約10kmピッチ）移動させた場合の検討を実施した。



詳細パラメータスタディ
アスペリティ数及び位置の変化ケース
（例：北側を北方へ移動）



詳細パラメータスタディ
アスペリティ数及び位置の変化ケース
（例：南側を南方へ移動）

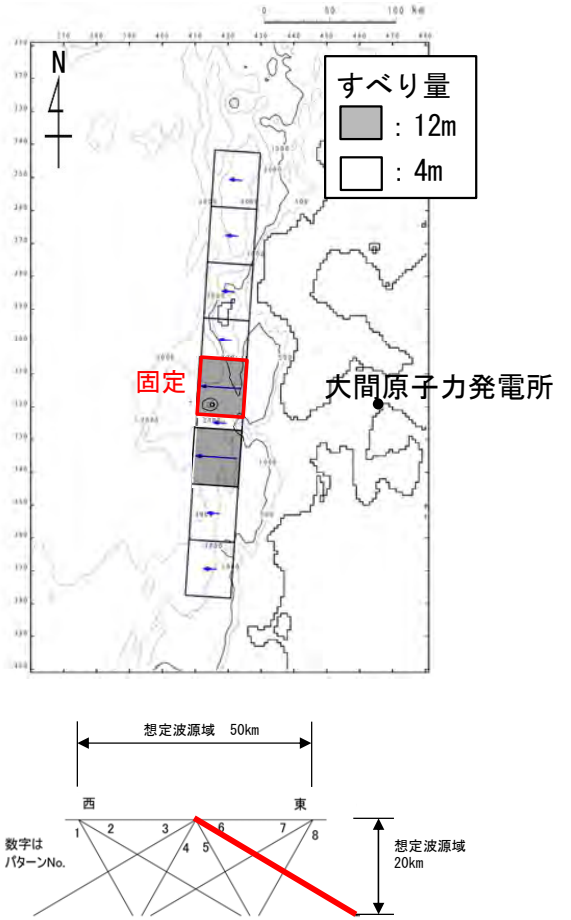
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６１／６６）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-61再掲

詳細パラメータスタディ（４／８）：（ⅱ）アスペリティ数及び位置の変化ケース検討結果

詳細パラメータスタディの検討結果（アスペリティ数及び位置の変化ケース）は以下のとおりである。

例示ケース
東西方向中央，東傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置は基準（c＋dを北方へ10km移動）の南側を南方へ10km移動



例示ケースの波源モデル

詳細パラメータスタディ結果一覧
（アスペリティ数及び位置の変化ケース）

概略パラスタ	東西位置，傾斜パターン	傾斜角	アスペリティ位置 北側	アスペリティ位置 南側	最大水位上昇量	最大水位下降量	備考
上昇側	6	30°	北方へ40km	基準	3.83m	－3.00m	
			北方へ30km		3.94m	－3.03m	
			北方へ20km		4.46m	－3.30m	
			北方へ10km		5.12m	－3.66m	
			基準		5.59m	－3.72m	P.2.2-57参照
				南方へ10km	5.28m	－3.70m	例示ケース
				南方へ20km	5.03m	－3.69m	
				南方へ30km	4.73m	－3.67m	
				南方へ40km	4.05m	－3.65m	
下降側	7	30°	北方へ40km	基準	3.95m	－2.99m	
			北方へ30km		4.15m	－3.48m	
			北方へ20km		4.64m	－3.68m	
			北方へ10km		5.18m	－3.73m	
			基準		5.28m	－3.76m	P.2.2-58参照
				南方へ10km	5.26m	－3.73m	
				南方へ20km	5.01m	－3.72m	
				南方へ30km	4.43m	－3.71m	
				南方へ40km	3.74m	－3.69m	

：詳細パラスタ（アスペリティ数及び位置の変化ケース） 最大水位上昇ケース

：詳細パラスタ（アスペリティ数及び位置の変化ケース） 最大水位下降ケース

2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６２／６６）

詳細パラメータスタディ（５／８）：(iii)上縁深さ変化ケース

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-62再掲

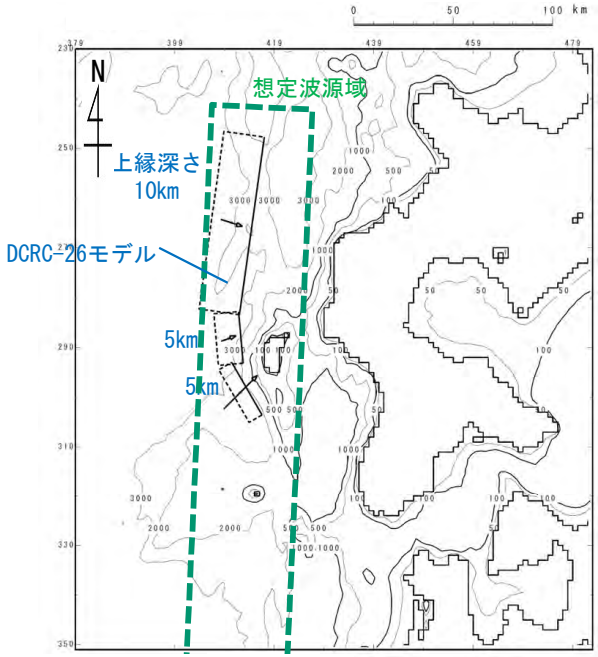
- 想定波源域の設定において，深さ方向の想定波源域（地震発生層）は海底下20kmの範囲と設定した。（P.2.2-29照）
- 断層幅は，傾斜角を考慮の上で，この想定波源域を飽和するように設定しており，断層下端を海底下20km以深に設定する必要はないと考えられるが，上縁深さの違いが津波水位に与える影響を考慮することを目的とし，上縁深さを変化させる検討を実施した。
- 上縁深さの変動幅は，土木学会（2016）[39]の再現性が確認されている断層モデルの上縁深さ及び断層下端深さを参照し，０km～５km（１kmピッチ）を考慮した。下記の２点により，これ以上のパラスタ検討は不要と判断する。
  - ✓ 既往津波の再現性が確認されている断層モデルの上縁深さは，おおむね０km～５kmである。
  - ✓ 既往津波の再現性が確認されている断層モデルのうち，上縁深さが10kmとされている1993年北海道南西沖地震津波に関するDCRC-26モデルの北側断層の断層下端深さは海底下24.34kmであり，パラスタで上縁深さ５kmを考慮することでこの断層下端深さよりも深部の海底下25kmまで検討することになる（P.2.2-80参照）。

既往津波の再現性が確認されている断層モデルの上縁深さ

対象津波	モデル M_w	面積 (km²)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ (度)	δ (度)	λ (度)	データ数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	土木学会(2002) (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	土木学会(2002)(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	土木学会(2002) (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	—	—	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	—	—	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				

L:断層長さ，W:断層幅，D:すべり量，d:上縁深さ，θ:走向，δ:傾斜角，λ:すべり角，K:幾何平均値，κ:幾何標準偏差

土木学会（2016）[39]に一部加筆



1993年北海道南西沖地震波源モデル
（DCRC-26モデル）と想定波源域

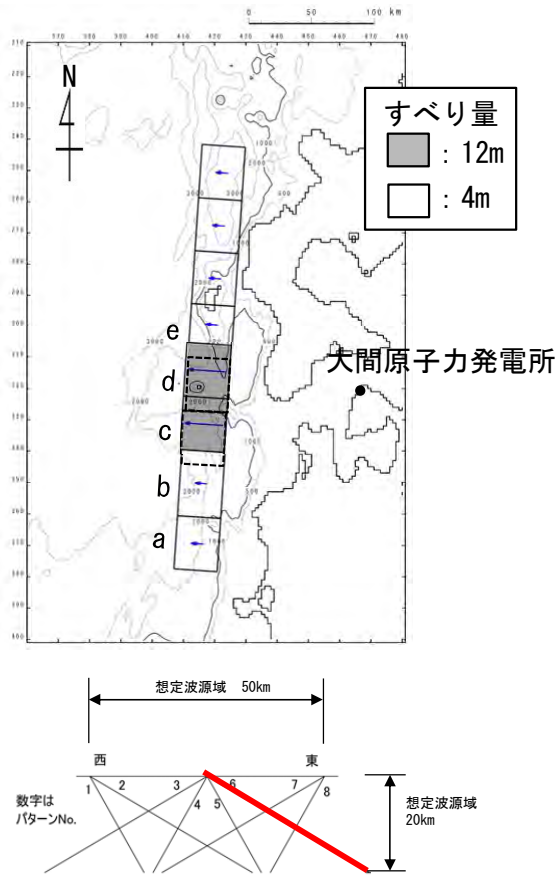
2－2．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６３／６６）

詳細パラメータスタディ（６／８）：（iii）上縁深さ変化ケース検討結果

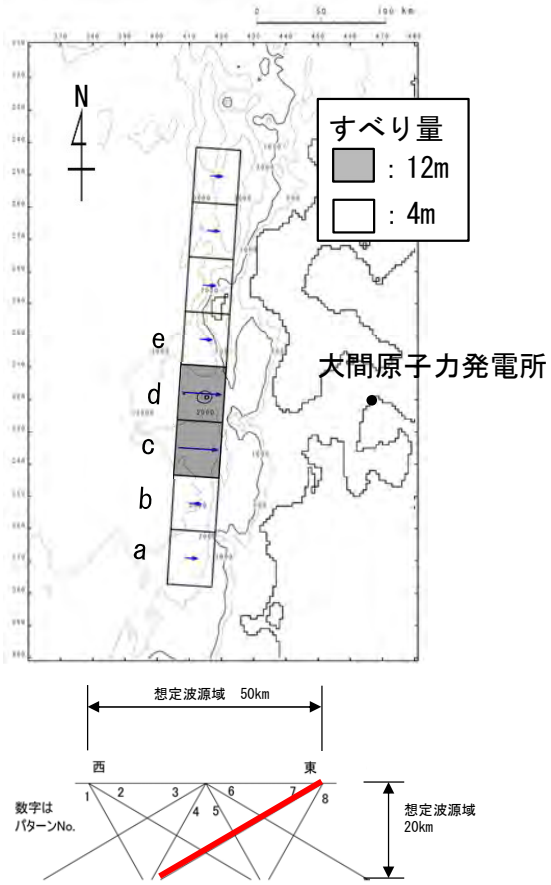
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-63再掲

詳細パラメータスタディ結果（上縁深さ変化ケース）は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
東西方向中央，東傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋d
を北方へ10km移動，上縁深さ５km



最大水位下降ケース
東西方向東端，西傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋d
上縁深さ４km



最大ケースの波源モデル

詳細パラメータスタディ結果一覧
（上縁深さ変化ケース）

概略パラスタ	傾斜パターン	傾斜角	上縁深さ	最大水位上昇量	最大水位下降量	備考
上昇側	6	30°	0 km	5.32m	－3.71m	
			1 km	5.59m	－3.72m	P.2.2-57参照
			2 km	5.59m	－3.72m	
			3 km	5.69m	－3.73m	
			4 km	5.77m	－3.73m	
			5 km	5.85m	－3.73m	
下降側	7	30°	0 km	5.14m	－3.75m	
			1 km	5.28m	－3.76m	P.2.2-58参照
			2 km	5.48m	－3.78m	
			3 km	5.63m	－3.78m	
			4 km	5.74m	－3.78m※	
			5 km	5.82m	－3.77m	

※：小数第３位まで考慮すると，上縁深さ４kmで最大。

：詳細パラスタ（上縁深さ変化ケース） 最大水位上昇ケース

：詳細パラスタ（上縁深さ変化ケース） 最大水位下降ケース

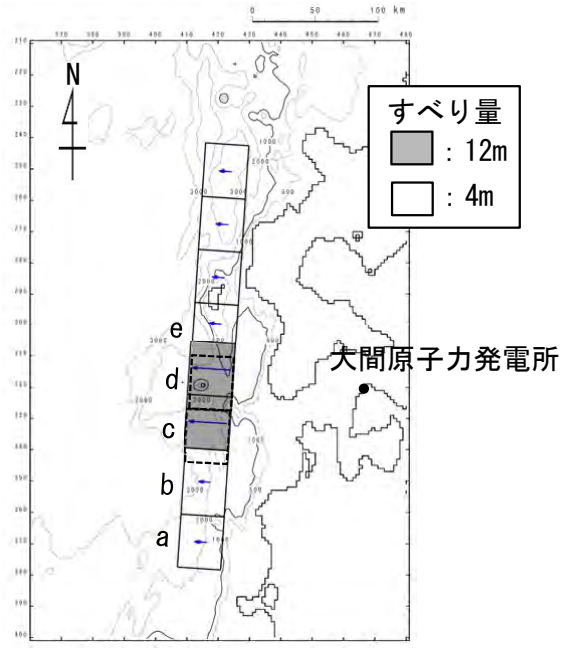
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６４／６６）

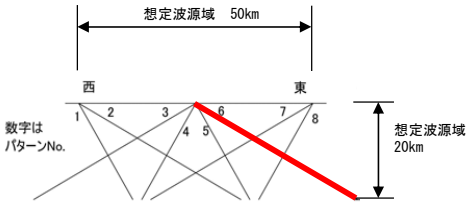
詳細パラメータスタディ（７／８）：最大水位上昇ケース検討結果

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-64再掲

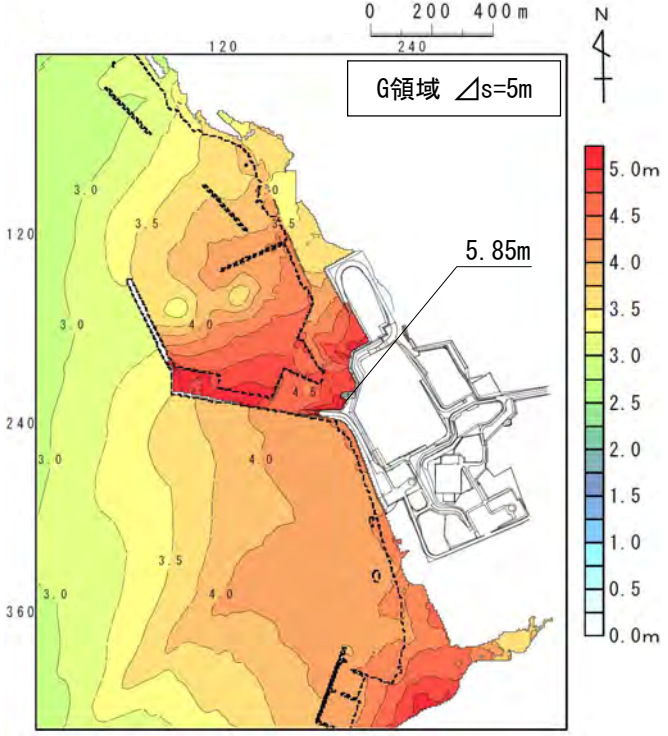
敷地における詳細パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
東西方向中央，東傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋dを北方へ10km移動，上縁深さ５km

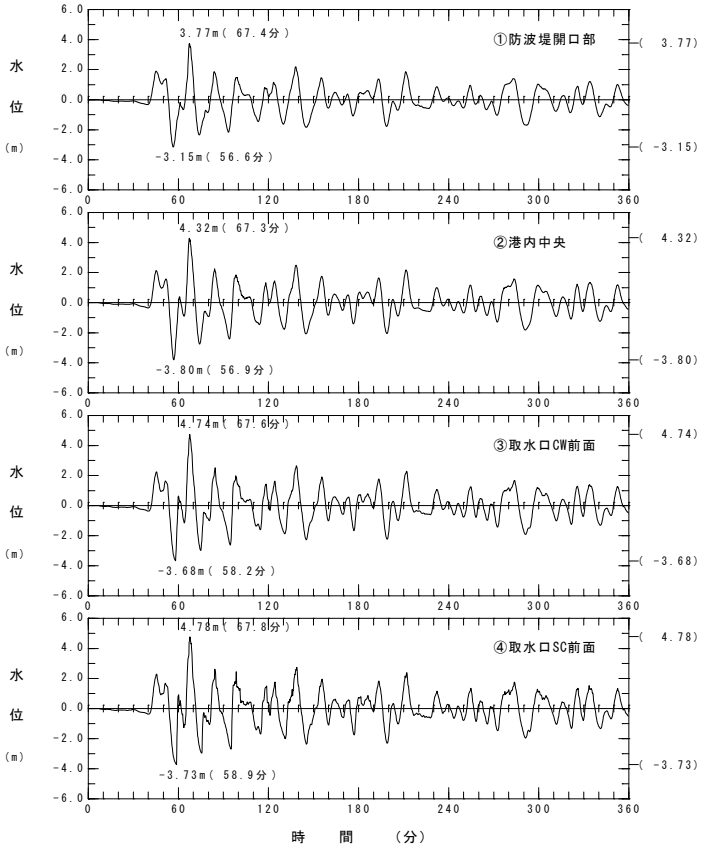




波源モデル



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

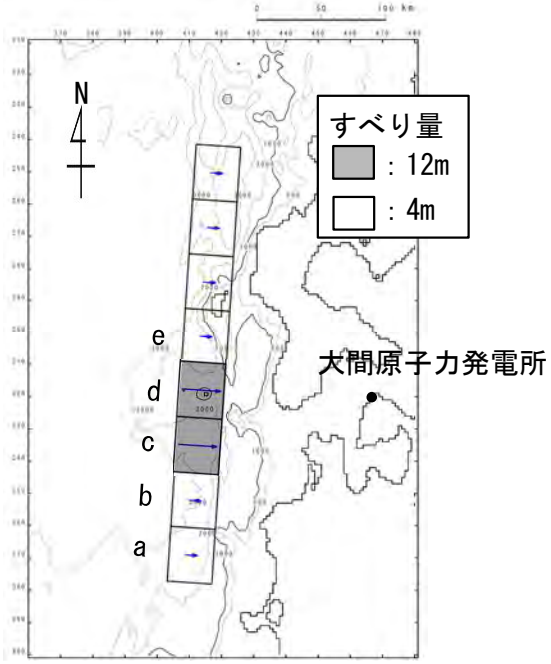
2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６５／６６）

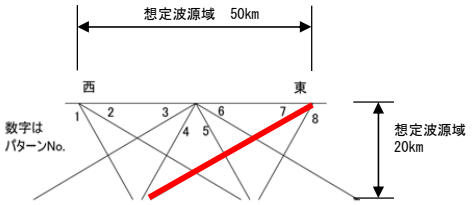
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-65再掲

詳細パラメータスタディ（８／８）：最大水位下降ケース検討結果

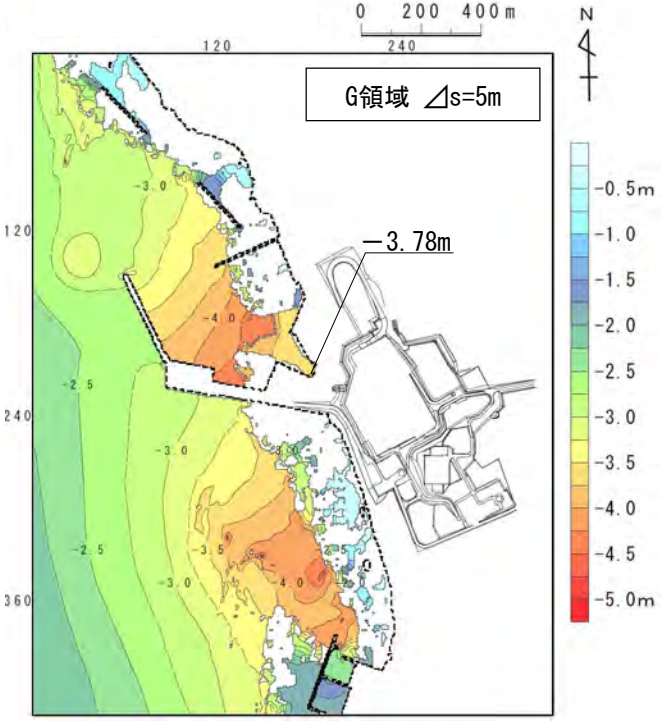
取水口スクリーン室前面における詳細パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

最大水位下降ケース
東西方向東端，西傾斜（δ=30°）の
W=40.0km，アスペリティ位置c＋d
上縁深さ４km

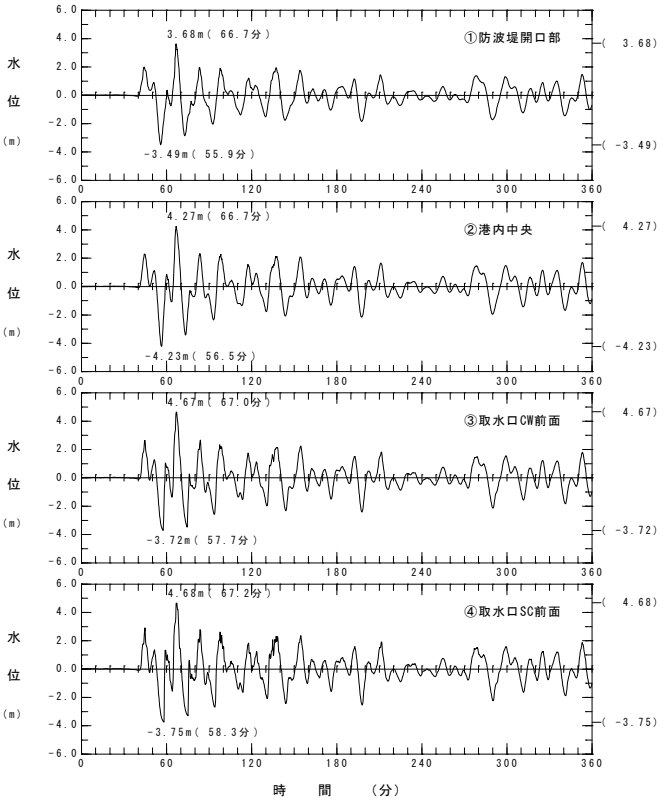




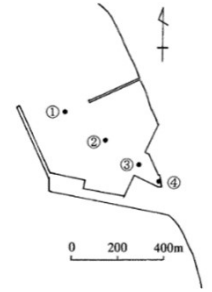
波源モデル



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形



2-2.日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（６６／６６）

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波検討結果

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-66再掲

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討結果は下表のとおりである。

各パラメータスタディの最大ケース一覧表

	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
概略パラメータスタディ	5.59m	－3.76m
詳細パラメータスタディ （上縁深さ変化ケース）	5.85m	－3.78m

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（１／９）

検討方針

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-67再掲

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討で実施したパラメータスタディについて，敷地への影響が最も大きくなるケースを網羅的に検討していることを確認するため，概略パラメータスタディ評価因子及び詳細パラメータスタディ評価因子のそれぞれが津波水位に与える影響について分析する。
- 分析は，概略パラメータスタディが津波水位に対して支配的因子で行われていること，詳細パラメータスタディが津波水位に対して従属的因子で行われていることを確認することにより実施する。

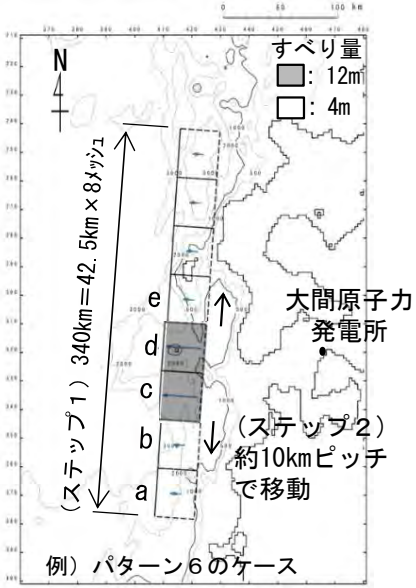
- さらにその上で，津波水位に最も影響を与える因子の変動に対する津波伝播への影響についても比較検討を実施する。

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（２／９）

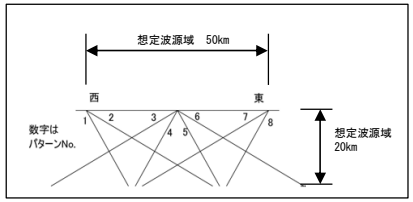
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-68再掲

概略パラメータスタディ評価因子の分析

- 概略パラメータスタディ因子は，「東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向」，「アスペリティ位置」である。これらが津波水位に与える影響について分析した。
- 津波水位に与える影響は，最大水位変動量の変動幅によると上昇側，下降側共に，アスペリティ位置が大きい。
  - ➢ 東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向の変動幅（上昇側：1.89m，下降側：0.40m）
  - ➢ アスペリティの位置の変動幅（上昇側：3.42m，下降側1.39m）



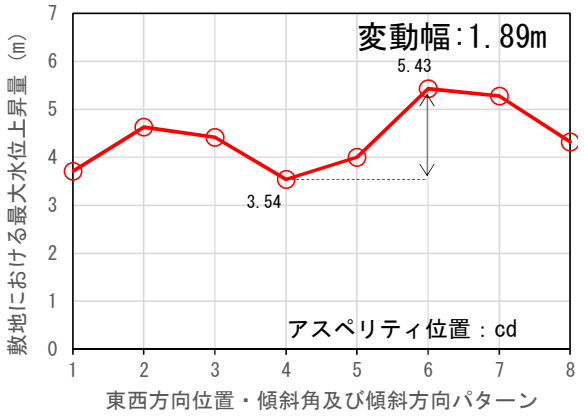
波源モデル



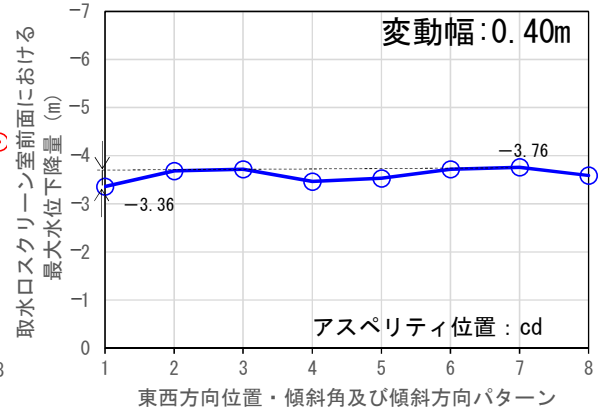
東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向パターン
土木学会（2016）[39]に一部加筆

概略パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向	東西幅50kmの中で８ケース	8	計32
アスペリティ位置（ステップ１）	ab, bc, cd, deの４ケース（約40kmﾋﾟｯﾁで移動）	4	
アスペリティ位置（ステップ２）	cd（ステップ1），cdを北方及び南方へ約10km～30km（約10kmﾋﾟｯﾁ）移動	7	計14

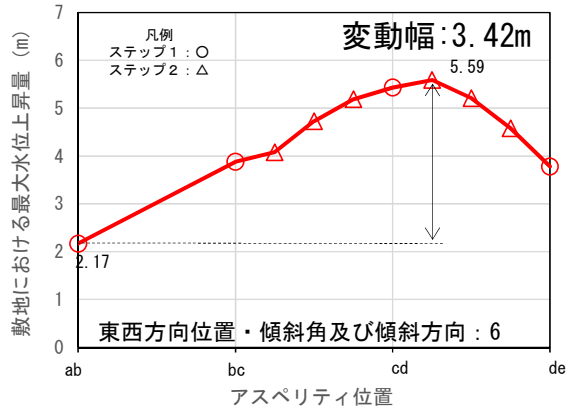


上昇側

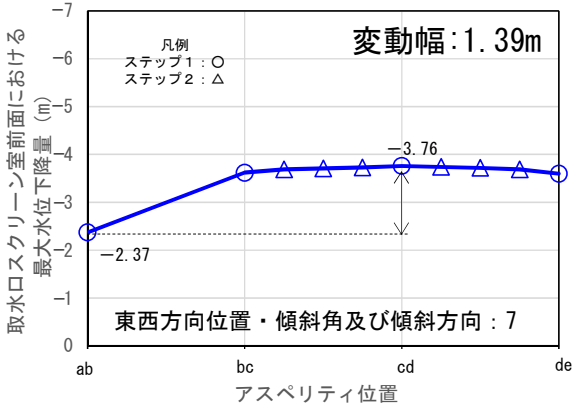


下降側

東西方向位置・傾斜角及び傾斜方向の影響



上昇側



下降側

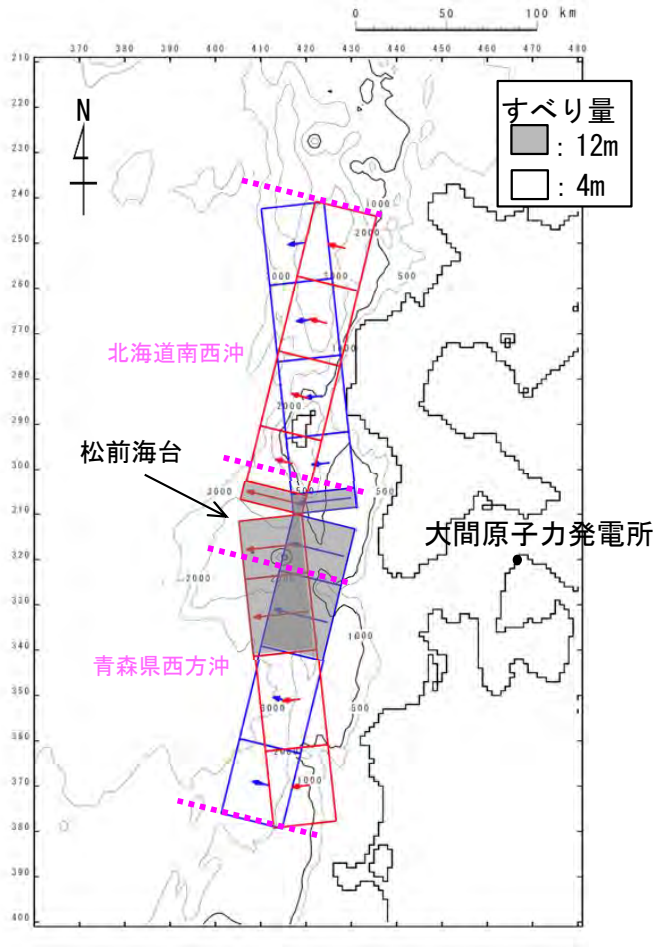
アスペリティ位置の影響

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（３／９）

詳細パラメータスタディ評価因子の分析（１／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-69再掲

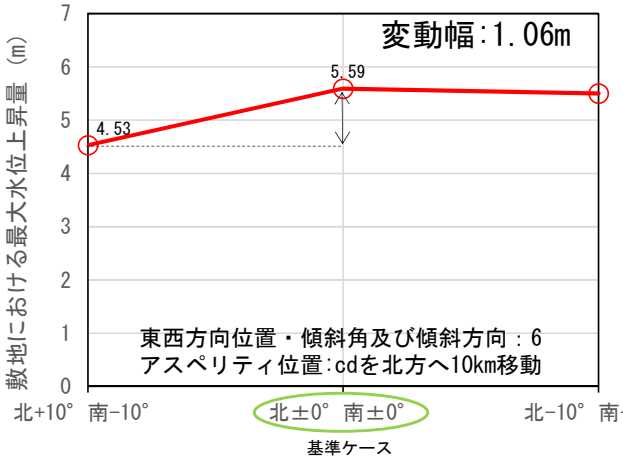
- 詳細パラメータスタディ因子（走向）が津波水位に与える影響について分析した。
- 走向を変化させたケースは基準ケースに比べ敷地の最大水位変動量が小さくなる。また，その水位の変動幅（上昇側：1.06m，下降側：0.06m）は概略パラメータスタディの変動幅（上昇側：3.42m，下降側：1.39m）に比べて小さい。



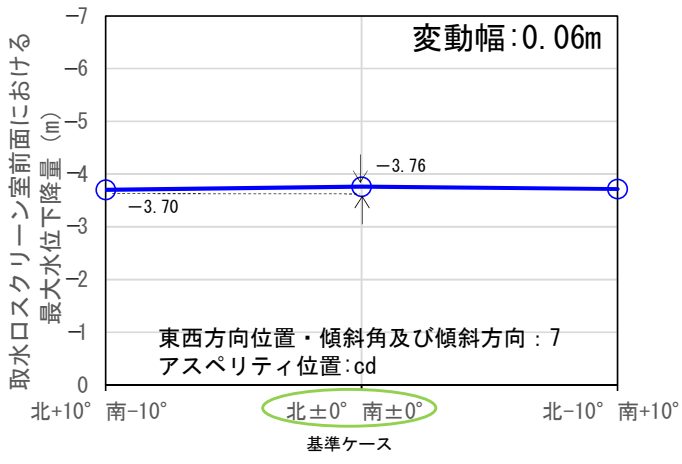
詳細パラメータスタディ
走向変化ケース（例示）

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
走向	断層を南北に２分割し，分割した断層が独立し連動する 基準（概略パラスタケース），基準±10°	3	計 36
アスペリティ数及び位置	概略パラスタケース，アスペリティを南北に２分割し，片方を固定して，もう片方を移動（北方及び南方へ約10km～40km（約10kmﾋﾟｯﾁ））	9	
上縁深さ	0km，1km（基準：概略パラスタケース），2km，3km，4km，5km	6	



上昇側



下降側

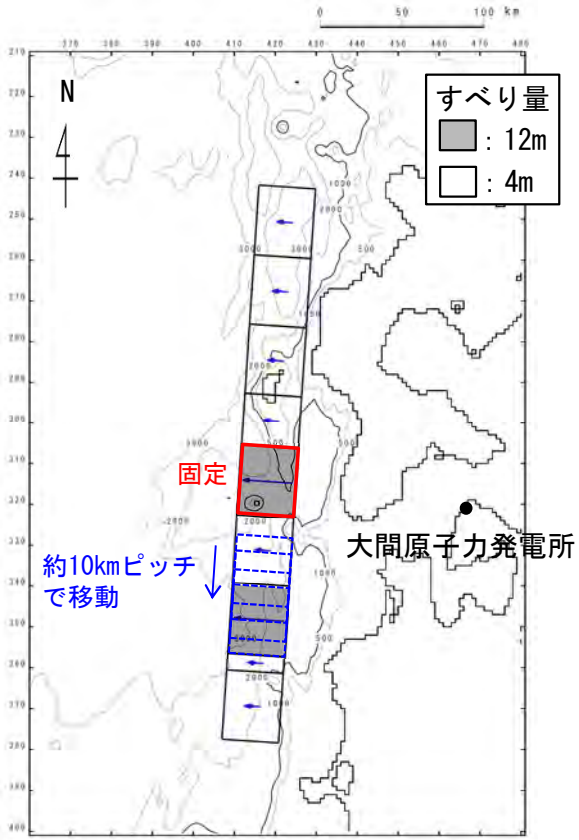
走向の影響

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（４／９）

詳細パラメータスタディ評価因子の分析（２／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-70再掲

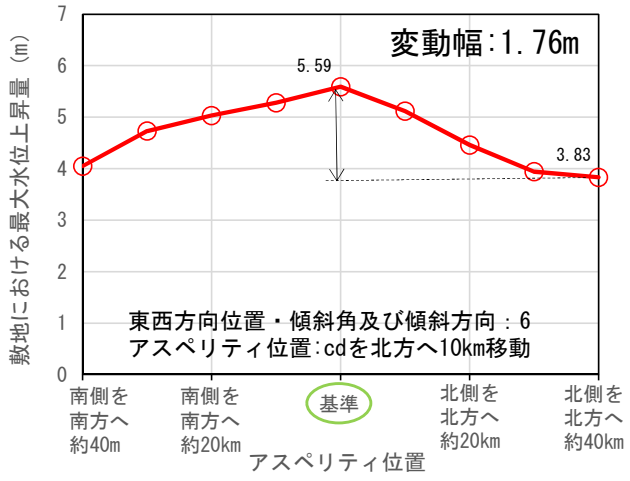
- 詳細パラメータスタディ因子（アスペリティ数及び位置）が津波水位に与える影響について分析した。
- アスペリティを２個としたケースは，アスペリティを１個に集中させた基準ケースに比べ敷地の水位変動量が小さくなる。また，その水位の変動幅（上昇側：1.76m，下降側：0.77m）は概略パラメータスタディの変動幅（上昇側：3.42m，下降側：1.39m）に比べて小さい。



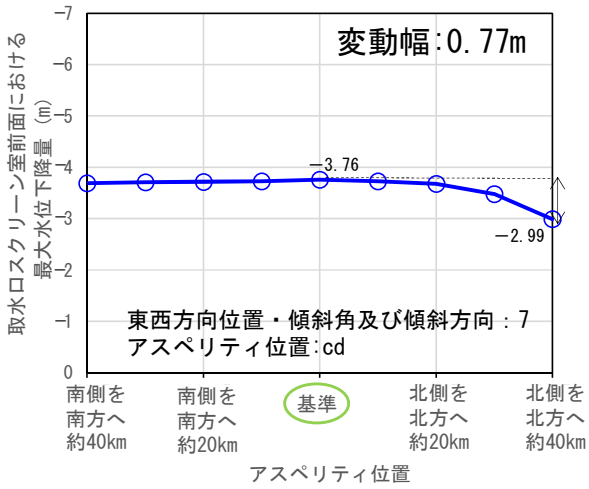
詳細パラメータスタディ
アスペリティ数及び位置の変化ケース
（例示：南側を南方へ移動）

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
走向	断層を南北に２分割し，分割した断層が独立し連動する 基準（概略パラスタケース），基準±10°	3	計36
アスペリティ数及び位置	概略パラスタケース，アスペリティを南北に２分割し，片方を固定して，もう片方を移動（北方及び南方へ約10km～40km（約10kmﾋﾟｯﾁ））	9	
上縁深さ	0km，1km（基準：概略パラスタケース），2km，3km，4km，5km	6	



上昇側



下降側

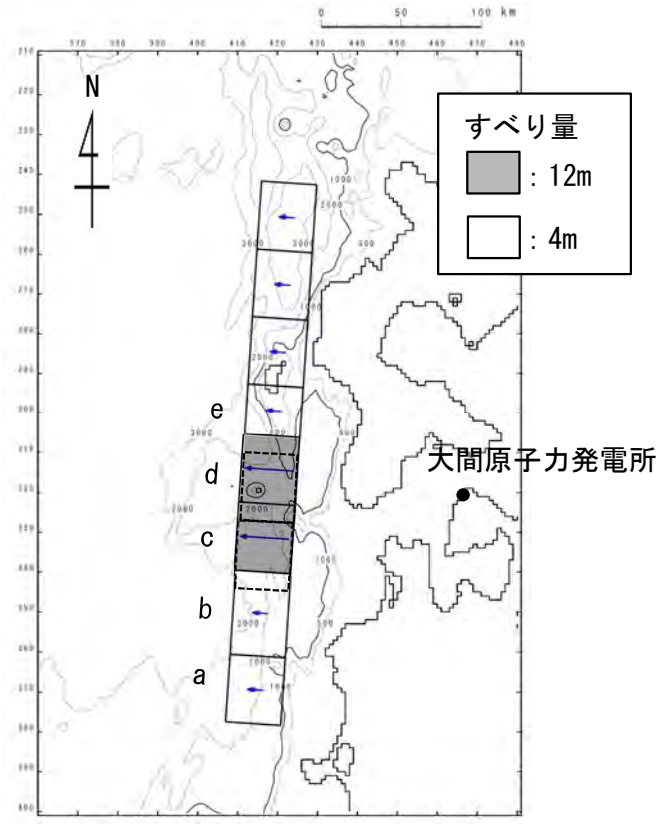
アスペリティ数と位置の影響

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（５／９）

詳細パラメータスタディ評価因子の分析（３／３）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-71再掲

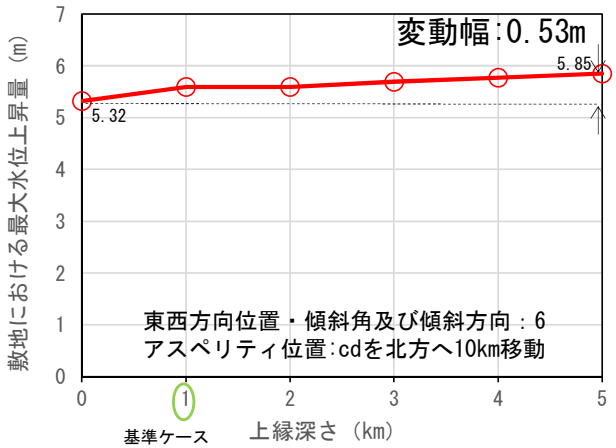
- 詳細パラメータスタディ因子（上縁深さ）が津波水位に与える影響について分析した。
- 上縁深さを変化させたケースの水位の変動幅（上昇側：0.53m，下降側：0.03m）は他のパラメータスタディに比べて小さい。



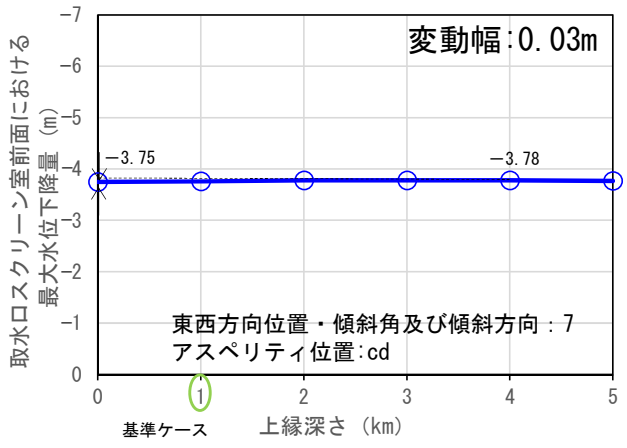
詳細パラメータスタディ
上縁深さ変化ケース（例示）

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
走向	断層を南北に２分割し，分割した断層が独立し連動する 基準（概略パラスタケース），基準±10°	3	計36
アスペリティ数及び位置	概略パラスタケース，アスペリティを南北に２分割し，片方を固定して，もう片方を移動（北方及び南方へ約10km～40km（約10kmﾋﾟｯﾁ））	9	
上縁深さ	０km，１km（基準：概略パラスタケース），２km，３km，４km，５km	6	



上昇側



下降側

上縁深さの影響

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（６／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-72再掲

パラメータスタディ評価因子の分析：まとめ

- 概略パラメータスタディ評価因子及び詳細パラメータスタディ評価因子のそれぞれが津波水位に与える影響について分析した結果は以下のとおり。
  - 概略パラメータスタディ因子である「アスペリティの位置」が，津波水位に与える影響が最も大きい。
  - 詳細パラメータスタディ因子である「走向」，「アスペリティ数及び位置」及び「上縁深さ」は，概略パラメータスタディ因子に比べて津波水位への影響は小さい。
- 概略パラメータスタディは津波水位に対して支配的因子で行われていること，詳細パラメータスタディは従属的因子で行われていることが確認できた。

パラメータスタディ変動幅一覧

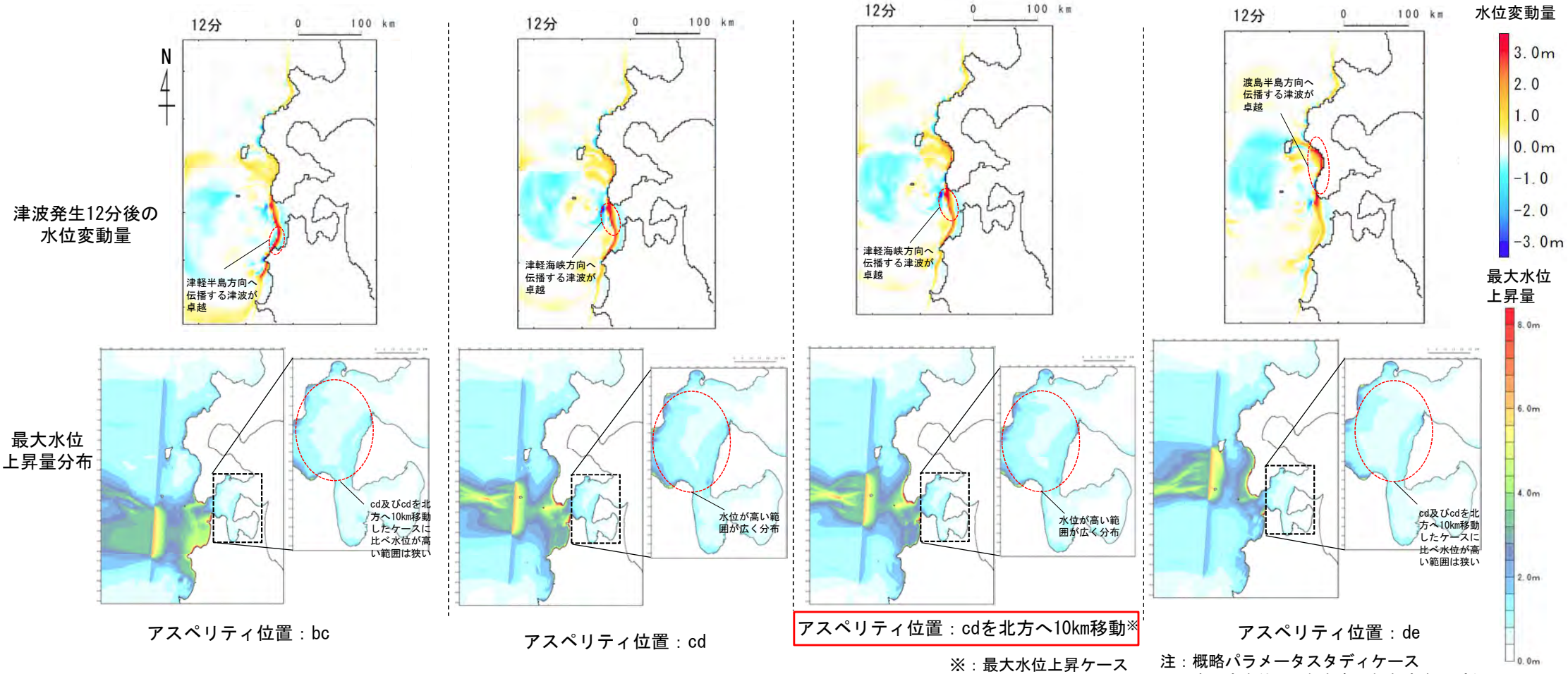
パラメータスタディ	評価因子	水位の変動幅（m）		備考
		上昇側	下降側	
概略 パラメータスタディ	東西方向位置・傾斜角及び 傾斜方向パターン	1.89	0.40	—
	アスペリティ位置	3.42	1.39	—
詳細 パラメータスタディ	走向	1.06	0.06	基準ケース（概略パラスタケース） の水位変動量を上回るケースは無い
	アスペリティ数及び位置	1.76	0.77	基準ケース（概略パラスタケース） の水位変動量を上回るケースは無い
	上縁深さ	0.53	0.03	—

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（７／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-73再掲

アスペリティ位置の影響分析：津波伝播状況の比較（１／３）

- 津波水位に与える影響が最も大きい因子であるアスペリティ位置（bc, cd，cdを北方へ10km移動及びde)について，津波の伝播状況を比較した。
- 津波発生12分後の水位変動量より，アスペリティをcdに配置したケース及びcdを北方へ10km移動したケースは，他ケースに比べ津軽海峡方向へ伝播する津波が卓越する。
- 最大水位上昇量分布の比較より，アスペリティをcdに配置したケース及びcdを北方へ10km移動したケースは，他ケースに比べ津軽海峡内で水位が高くなる範囲が広く分布する。



※：最大水位上昇ケース

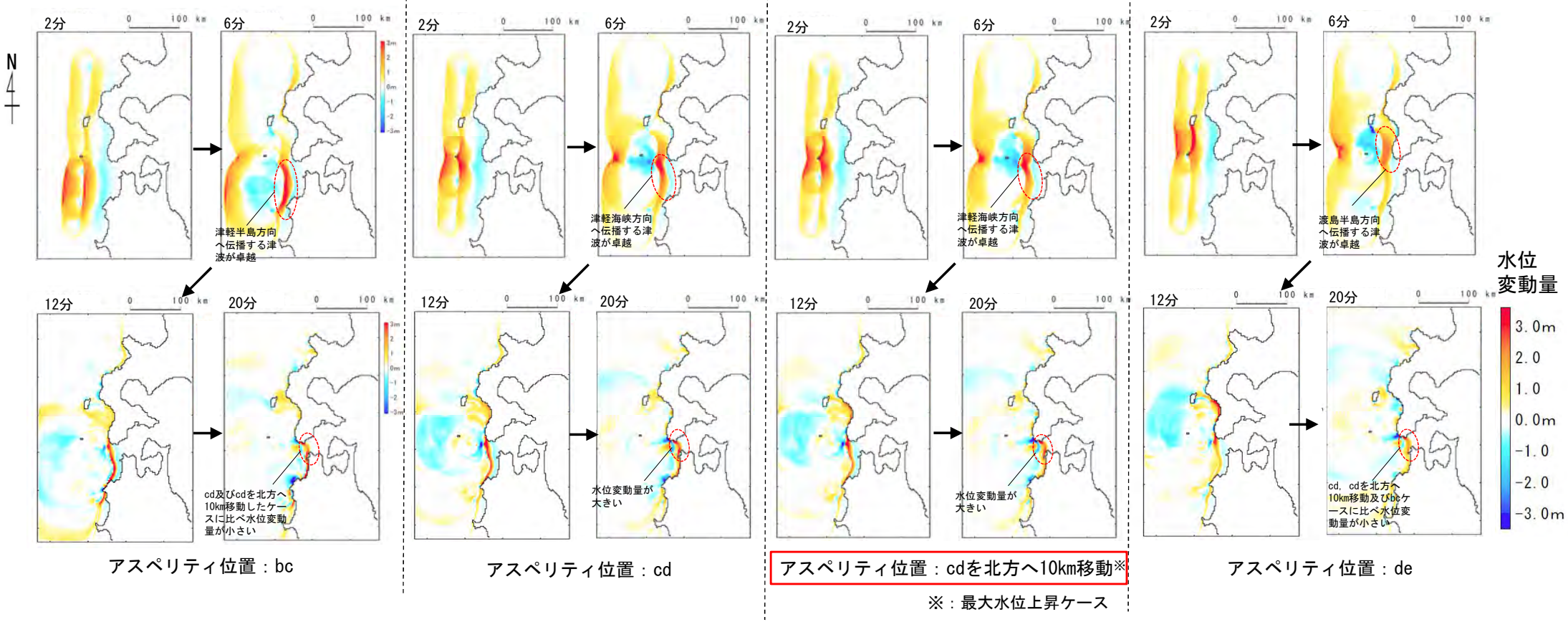
注：概略パラメータスタディケース
東西方向位置・傾斜角・傾斜方向はパターン６

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（８／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-74再掲

アスペリティ位置の影響分析：津波伝播状況の比較（２／３）

- アスペリティ位置の違いに伴う，地震発生～20分後までの津波伝播の状況をスナップショットにより比較をした。
- アスペリティをcdに配置したケース及びcdを北方へ10km移動したケースは他ケースに比べ，津軽海峡方向へ伝播する津波が卓越する。



スナップショット⊿s＝2500m領域（地震発生～20分後）

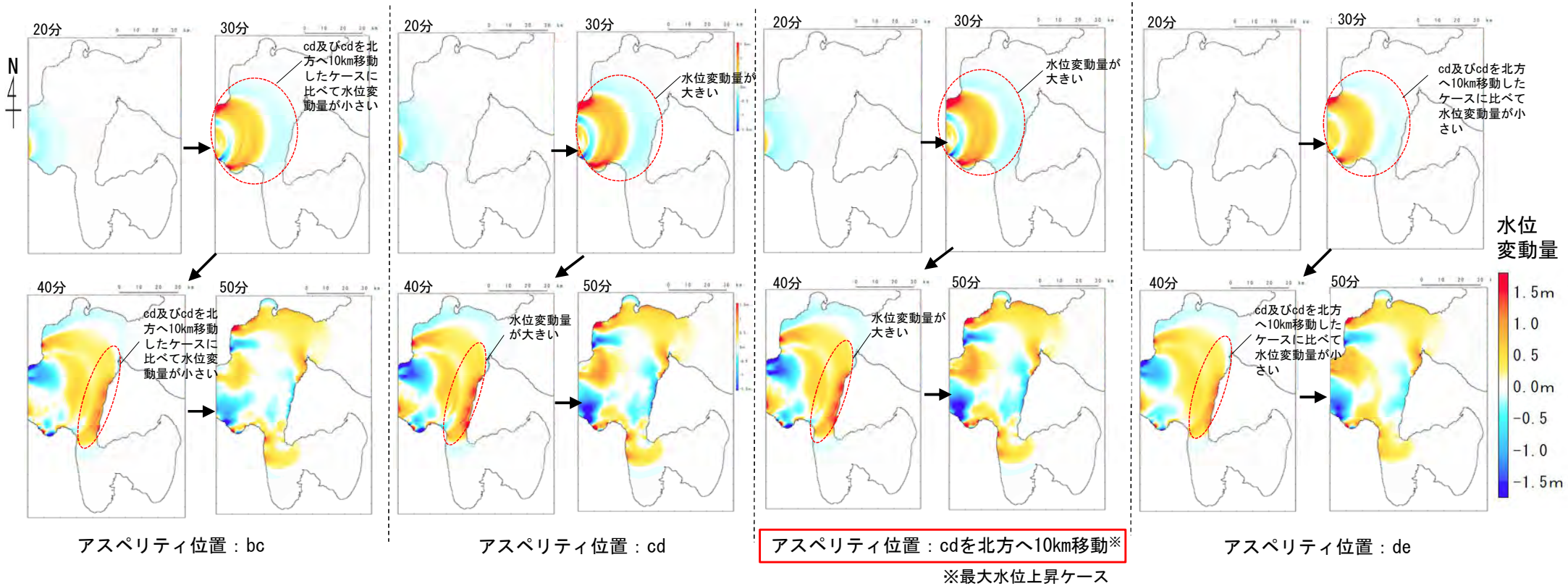
注：概略パラメータスタディケース
東西方向位置・傾斜角・傾斜方向はパターン６

（補足１）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析（９／９）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-75再掲

アスペリティ位置の影響分析：津波伝播状況の比較（３／３）

- アスペリティ位置の違いに伴う，地震発生20分後～50分後までの津波伝播の状況をスナップショットにより比較をした。
- アスペリティをcdに配置したケース及びcdを北方へ10km移動したケースは他ケースに比べ，津軽海峡内での水位変動量は大きい。



※最大水位上昇ケース

スナップショット⊿s＝278m領域（地震発生20分後～50分後）

注：概略パラメータスタディケース
東西方向位置・傾斜角・傾斜方向はパターン６

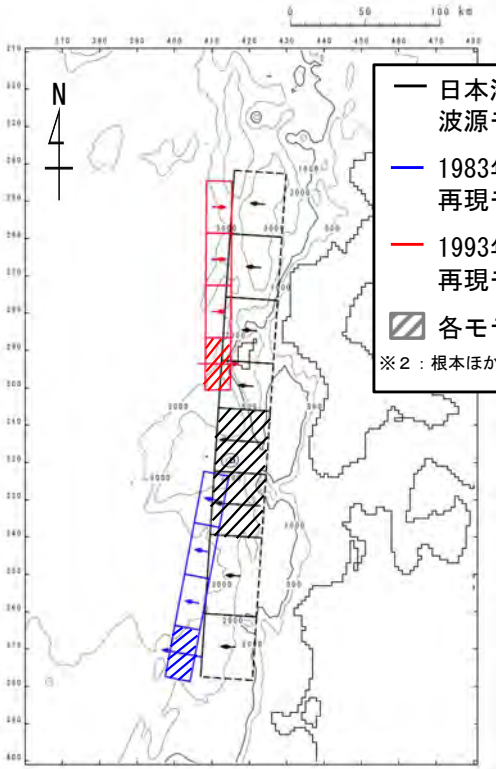
（補足２）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認（１／２）

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-76再掲

日本海東縁部の地震に伴う津波の妥当性確認

- 日本海東縁部の地震に伴う津波の妥当性を確認することを目的として，計算津波高※１（上昇側最大ケース）と既往津波高等※１との比較を実施した。
- その結果，大間原子力発電所が位置する津軽海峡内の沿岸では，日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の計算津波高が既往津波高等を上回ることを確認した。

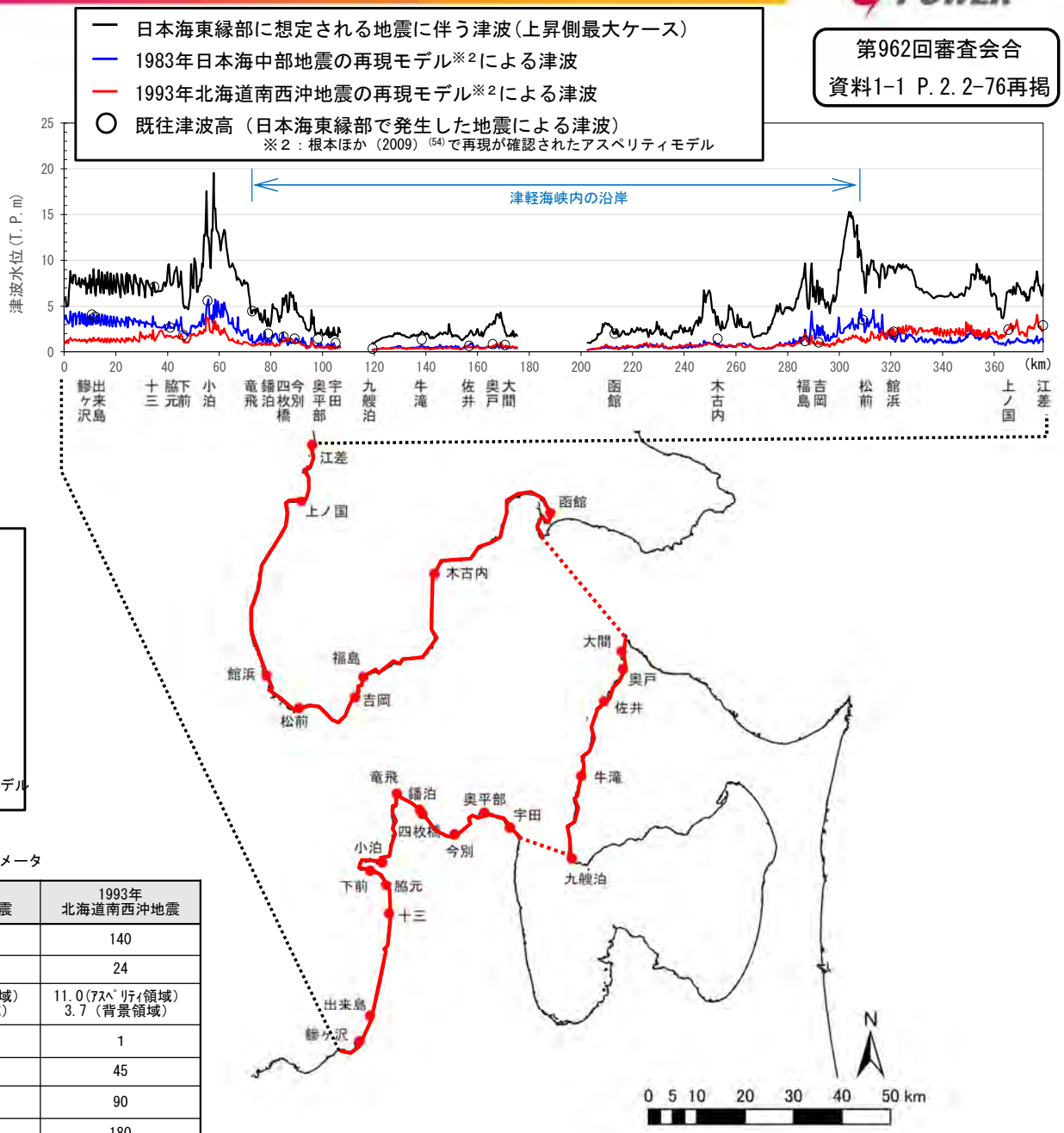
※１：計算津波高と既往津波高はP.2.2-78に示すとおり。



波源モデル

再現モデルのパラメータ

項　目	1983年 日本海中部地震	1993年 北海道南西沖地震
長さ　L　(km)	140	140
幅　W　(km)	24	24
すべり量D　(m)	11.0(ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ領域) 3.7（背景領域）	11.0(ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ領域) 3.7（背景領域）
上縁深さ　d　(km)	1	1
傾斜角　δ　(°)	45	45
すべり角　λ　(°)	90	90
走向　θ　(°)	10	180



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の計算津波高と既往津波高等との比較

（補足２）日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認（２／２）

（参考）日本海東縁部の地震に伴う津波の妥当性確認：既往津波高＆計算津波高

沿岸区分		地点	既往津波高等			計算津波高（m）
			既往最大津波高※（m）	計算津波高（m）（根本ほか（2009）(54)モデル）		
				1983年日本海中部地震の再現モデルによる津波	1993年北海道南西沖地震の再現モデルによる津波	日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（上昇側最大ケース）
北海道	津軽海峡外	江差	2.89	1.15	2.36	7.37
		上ノ国	2.43	1.37	2.47	6.64
		館浜	2.19	1.89	2.53	9.32
		松前	3.50	3.56	1.21	8.81
	津軽海峡内	吉岡	1.03	1.76	0.87	5.23
		福島	1.20	2.46	2.04	9.69
		木古内	1.45	0.89	0.67	3.89
		函館	2.00	0.47	0.41	2.21
青森		大間	0.75	0.52	0.63	2.18
		奥戸	0.85	0.53	0.66	3.04
		佐井	0.65	0.77	0.50	1.95
		牛滝	1.35	0.76	0.55	2.26
		九艘泊	0.35	0.23	0.25	1.02
		宇田	0.96	0.60	0.51	1.89
		奥平部	1.45	0.82	0.52	2.09
		今別	1.45	1.08	0.95	4.64
		四枚橋	1.65	0.99	0.86	3.28
		鐙泊	2.00	1.44	0.80	3.66
	津軽海峡外	竜飛	4.45	1.86	0.68	4.21
		小泊	5.59	5.22	3.62	12.67
		下前	1.83	2.10	1.30	5.30
		脇元	2.66	2.61	1.77	7.57
		十三	7.10	3.08	1.30	7.08
		出来島	3.82	3.22	1.23	6.50
		鰺ヶ沢	4.06	4.39	1.38	8.07

※：各地点における既往津波高の最大値

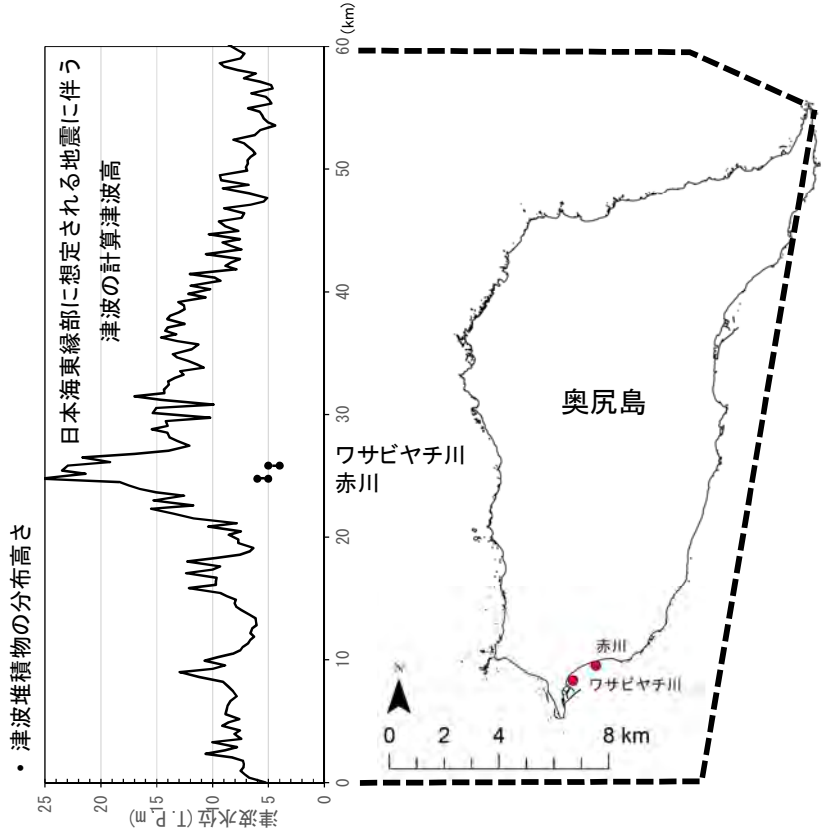
（補足３）Ioki et al.（2019）の検討と日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の比較

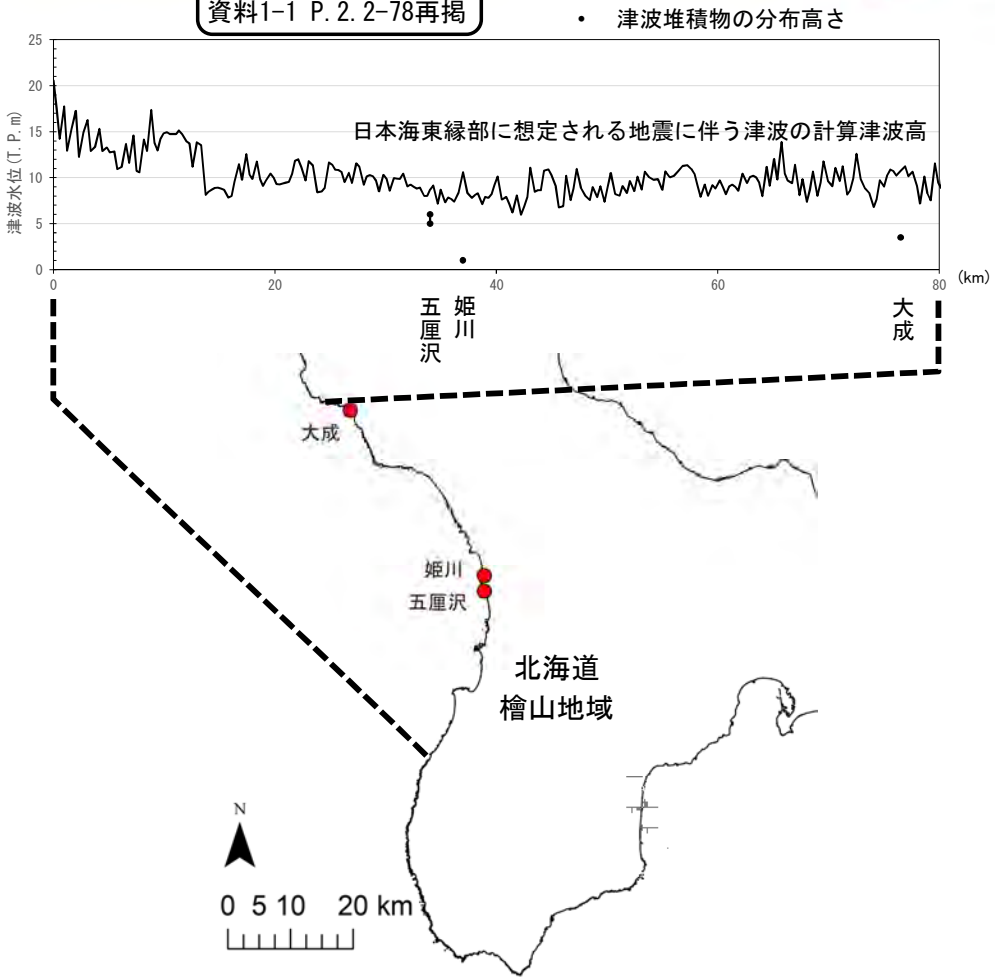
第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-78再掲

Ioki et al.（2019）について

- Ioki et al.（2019）[70]の検討と日本海東縁部に想定される地震に伴う津波とのレベル感の比較を実施した。
- その結果，奥尻島及び檜山地域の日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の計算津波高（基準津波を策定する過程で行うパラメータスタディを含めた計算津波高を包絡する水位）（P.2.2-52～P.2.2-66参照）は，Ioki et al.（2019）[70]による津波堆積物の分布高さを上回ることを確認した。

以上から，12世紀の津波に対しても日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討は，Ioki et al.（2019）[70]の検討に比べ同等以上に保守的な設定であることが確認できた。





計算津波高と津波堆積物の分布高さ比較表

地点	Ioki et al.（2019）[70]の津波堆積物の分布高さ※	計算津波高最大値
ワサビヤチ川	4～5m	22.96m
赤川	5～6m	25.44m
大成	3.5m	10.77m
姫川	1m	10.61m
五厘沢	5～6m	8.70m

※：参照文献を含め妥当性を確認の上設定

（補足４）上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性について

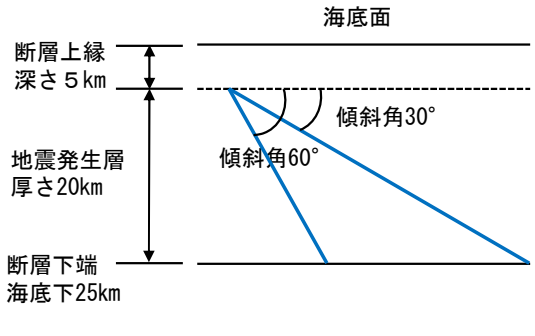
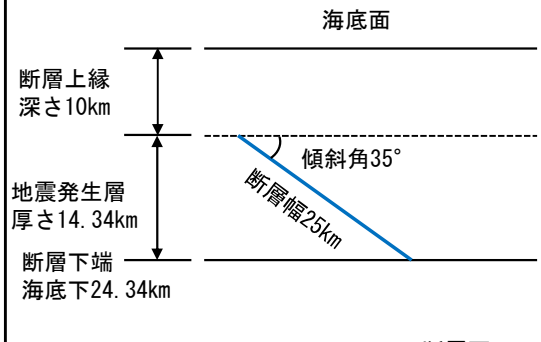
DCRC-26の北側断層と上縁深さのパラスタケースとの比較

第962回審査会合
資料1-1 P.2.2-79再掲

- 上縁深さのパラスタ検討範囲（０km～５km）の妥当性について，上縁深さが顕著に大きく10kmと設定されている高橋ほか（1995）(46)のDCRC-26モデル（1993年北海道南西沖地震津波の再現モデル）の北側断層配置と上縁深さのパラスタ断層配置とを比較し検討する。

- 両ケースの断層配置比較は下表のとおりであり，パラスタケースで考慮する断層下端の最深部は海面下25km，DCRC-26モデルの北側断層の断層下端深さは海面下24.34kmである。
- 以上から，パラスタケースで考慮する深さ方向の範囲は，DCRC-26モデルの北側断層の断層下端深さを包絡していることが確認できたため，本検討における上縁深さのパラスタ検討範囲（０km～５km）は妥当であると判断する。

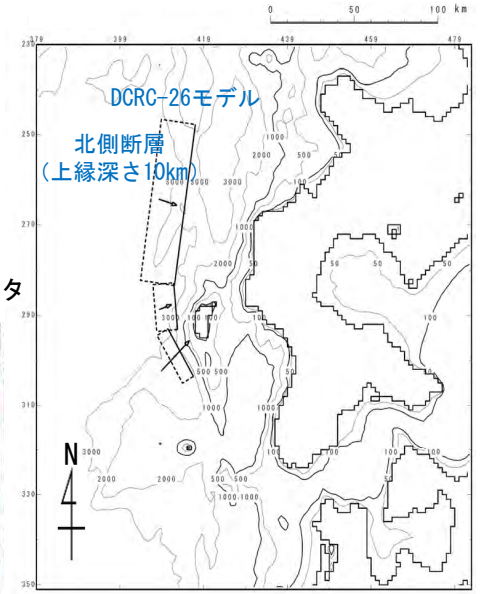
断層配置比較

	上縁深さパラスタ 断層配置	DCRC-26モデル 北側断層配置
上縁深さ	最大値５km （０km～５kmの１kmﾋﾟｯﾁ）	10km
鉛直面内の断層概要図		

DCRC-26モデル北側断層パラメータ

Fault	north
Width (km)	25.0
Length (km)	90.0
Strike (°)	188
Dip Angle (°)	35
Slip Angle (°)	80
Depth (km)	10
Dislocation (m)	5.71
M_0 ($\times 10^{27}$ dyne·cm)	3.85

高橋ほか（1995）(46)に一部加筆



1993年北海道南西沖地震波源モデル
（DCRC-26モデル）と想定波源域

目　次

１．　既往津波の検討
　１－１．既往津波の文献調査
　１－２．津波堆積物調査
　１－３．既往津波の計算条件
　１－４．既往津波の再現計算
　１－５．既往津波の検討のまとめ
２．　地震による津波
　２－１．地震による津波の計算条件
　２－２．日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
　２－３．三陸沖から根室沖に想定される地震に伴う津波
　　２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
　　２－３－２．三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波
　２－４．チリ沖に想定される地震に伴う津波
　２－５．海域活断層に想定される地震に伴う津波
　２－６．行政機関が想定する波源モデルによる津波
　２－７．地震による津波のまとめ
　２－８．防波堤等の影響検討
３．　地震以外の要因による津波
　３－１．地震以外の要因による津波の計算条件
　３－２．陸上の斜面崩壊に起因する津波
　３－３．海底地すべりに起因する津波
　３－４．火山現象に起因する津波
　３－５．地震以外の要因による津波のまとめ
　３－６．防波堤等の影響検討
４．　津波発生要因の組合わせに関する検討
５．　基準津波の策定
　５－１．基準津波の選定
　５－２．基準津波選定結果の検証
　　５－２－１．既往津波との比較
　　５－２－２．行政機関による既往評価との比較
６．　基準津波

：本資料でのご説明範囲

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（1／135）

本章における変更点

- 本章では，2021年2月19日 第949回審査会合のコメント回答について説明する。
- 本コメント回答の検討において，「テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル」に関する検討を前段で実施し，「大間の立地特性を考慮したモデル」に関する検討を後段で実施するよう資料構成を見直したことに伴い，第949回審査会合※まで提示していた基準波源モデルの呼称を下表のとおり変更することとした。
- さらに，同資料構成の見直しに伴い，想定波源域の検討に係るプロセスの一部が変更となったことを踏まえ，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖も検討対象波源域として採用することとした（詳細は，P. 2. 3. 1-29～P. 2. 3. 1-40参照）。
- これにより，下表に示す十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に設定する基準波源モデル①－２を新たに設定することとなった。
- なお，基準波源モデル①－２を追加してパラメータスタディを実施した結果，他のケースを上回らないことが確認され，三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の検討結果に変更は生じなかった。

	第949回審査会合まで		今回	備考
テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル	基準波源モデル⑥	→	基準波源モデル①－１	―
	―	→	基準波源モデル①－２	十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源
	基準波源モデル⑤	→	基準波源モデル②	―
	基準波源モデル③	→	基準波源モデル③	変更なし
	基準波源モデル④	→	基準波源モデル④	変更なし
大間の立地特性を考慮したモデル	基準波源モデル①	→	基準波源モデル⑤	―
	基準波源モデル②	→	基準波源モデル⑥	―

※「三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波」に係る至近の審査会合

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（2／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-2一部修正

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の検討フロー

- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波については，2011年東北地方太平洋沖地震を踏まえて，破壊領域の連動やすべりの不均質性を考慮の上，以下のフローを基本として検討を実施した。

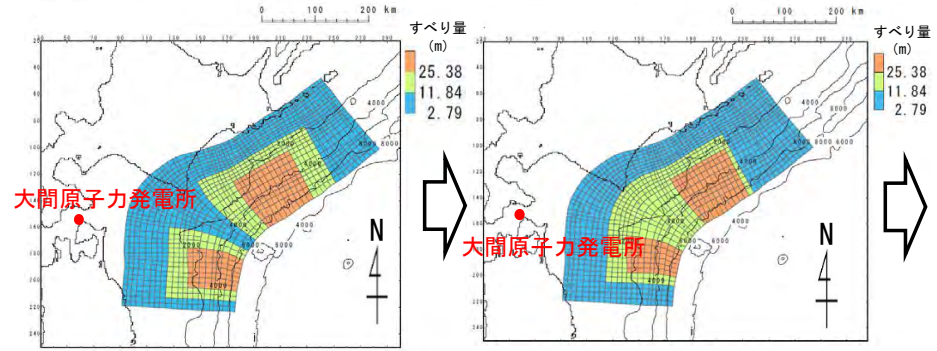
三陸沖から根室沖のプレート間地震

・東北地方太平洋沖地震津波の知見を参照し，プレート間地震と津波地震との連動型地震を考慮する。

・津波地震の波源は本波源に包含される。

基準波源モデルの設定

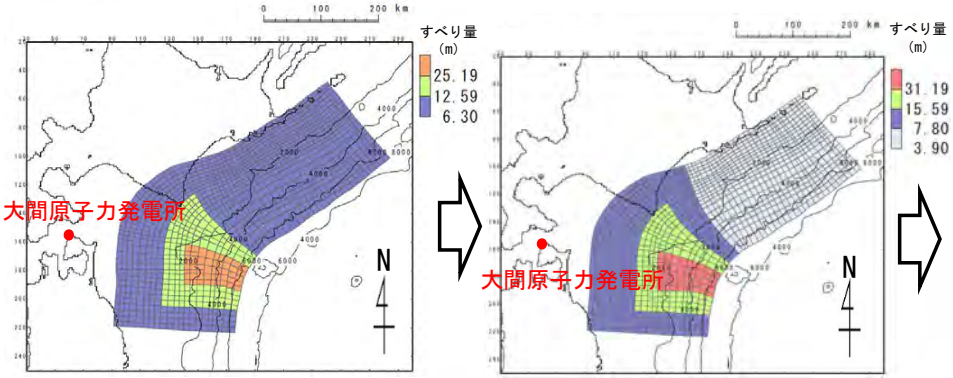
広域津波痕跡高の再現性を考慮（P.2.3.1-6参照）



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

基準波源モデル①－１

沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮（P.2.3.1-6参照）



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

基準波源モデル②，③，④のうち基準波源モデル③を代表例として記載

概略パラメータスタディ

変動パラメータ※

・アスペリティの位置
（青森県東方沖及び岩手県北部の超大すべり域，十勝沖及び根室沖のそれぞれ，基準配置を10kmﾋﾟｯﾁで移動）

変動パラメータ※

・アスペリティの位置
（日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように基準配置を10kmﾋﾟｯﾁで移動）

詳細パラメータスタディ

概略パラメータスタディにおいて最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを，詳細パラメータスタディの検討対象とする。

変動パラメータ※
- ・破壊開始点
- ・破壊伝播速度
- ・ライズタイム

概略パラメータスタディにおいて最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを，詳細パラメータスタディの検討対象とする。

変動パラメータ※
- ・破壊開始点
- ・破壊伝播速度
- ・ライズタイム

※：変動幅は敷地への影響及び科学的知見を考慮し設定。

２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（3／１３５）

コメントNo.S5-40

三陸沖から根室沖のプレート間について

- 日本海溝は，日本列島が位置する北米プレートの下方に，東方から太平洋プレートが沈み込んでいるプレート境界であるとされている。千島海溝は，日本列島が位置する北米プレートの下方に，南東方から太平洋プレートが沈み込んでいるプレート境界であるとされている。
- プレート境界が固着していることにより，沈み込みに伴って，両プレートの境界にはひずみが蓄積されており，過去にはＭ９クラスの2011年東北地方太平洋沖地震やＭ８クラスの1896年明治三陸地震，1968年十勝沖地震等このひずみを解放する巨大地震及び津波が発生しているとされている。

地震調査研究推進本部（2019，2017a）(78)，(79)等による

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（4／135）

コメントNo.S5-40

基準波源モデルの設定（基本方針）

- 2011年東北地方太平洋沖地震（以下「3.11地震」という。）や世界のＭ９クラスの超巨大地震に関する科学的知見を検討※１の上，すべりの不均質性を考慮した「**特性化波源モデル**」※２を基準波源モデルとして設定する。

- 想定波源域については，地震調査研究推進本部（2019，2017a）(78)，(79)の評価対象領域を基本とし，固着と蓄積されるひずみに関する分析，及び破壊伝播の検討を踏まえ，3.11地震を踏まえた破壊領域の連動を考慮して設定する。
- 基準波源モデルのパラメータに関しては，世界のＭ９クラスの超巨大地震を対象としたスケーリング則等の科学的知見を検討の上設定する。主な考え方は以下のとおり。
  - ✓ プレート境界が明瞭であるため，波源断層面はプレート境界面とする。
  - ✓ すべり量の設定については，3.11地震を含む世界のＭ９クラスの超巨大地震を参照して平均応力降下量を保守的に設定した上で，地震モーメントと波源断層面積の経験的関係を用いて地震モーメントを推定することで算定する。
  - ✓ すべりの不均質性の設定については，3.11地震を含む世界のＭ９クラスの超巨大地震のすべり量分布を参照して設定する。

- また，基準波源モデルは，「テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル」に加え，大間原子力発電所の立地特性を踏まえた保守的観点を考慮して「大間の立地特性を考慮したモデル」についても設定する。

※１：補足説明資料「３．2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見」参照。
※２：波源の特性を主要なパラメータで表したモデル

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（5／135）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-5一部修正

コメントNo.S5-47

基準波源モデル策定の手順及び考え方

特性化モデル

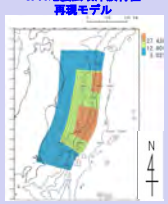
すべり量・面積比設定

世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見（3.11地震含む）

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

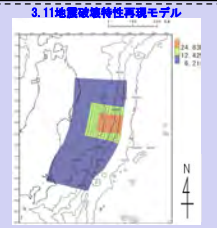
杉野ほか（2014）[80]の知見（P. 2. 3. 1-60参照）
- 背景領域：平均すべり量の0. 33倍，全体面積の60%程度
- 大すべり域：平均すべり量の1. 4倍，全体面積の25%程度
- 超大すべり域：平均すべり量の3倍，全体面積の15%程度

知見を反映



3. 11地震の広域の津波特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-60参照）

内閣府（2012）[81]の知見
- 大すべり域　：平均すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：平均すべり量の４倍，全体面積の５%程度



3. 11地震における破壊特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-87参照）

知見を反映

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

Ｍ９クラス地震の知見を分析・検討し，背景領域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量を１：２：４となるような特性化を検討（P. 2. 3. 1-87参照）
- 背景領域：基本すべり量，全体面積の80%程度
- 大すべり域：基本すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：基本すべり量の４倍，全体面積の５%程度

すべり領域の配置

テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル

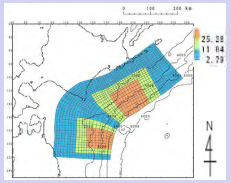
すべり量・面積比・すべり領域の配置反映

すべり量・面積比反映

大間の立地特性を考慮したモデル

3.11津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように，大すべり域，超大すべり域を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル（P. 2. 3. 1-60参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓青森県北部～茨城県南部にわたる既往津波高

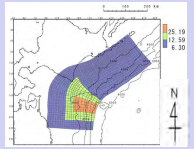


岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映

3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）

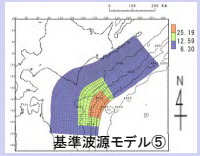
- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域等を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における破壊特性を再現したモデル（P. 2. 3. 1-87参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓波源域の地殻変動量（内閣府との比較）
- ✓沖合等の観測津波波形



3. 11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）

- 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- 3. 11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し，津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置
  →比較的短周期の波が卓越するため，津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や，専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。（P. 2. 3. 1-122 ，P. 2. 3. 1-156 ～ P. 2. 3. 1-164 参照）



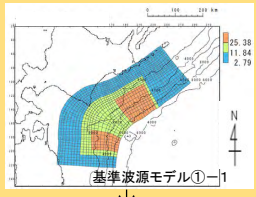
分岐断層・海底地すべりの考慮

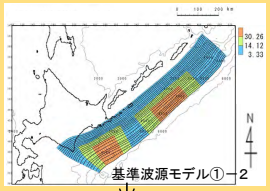
配置は同様に設定

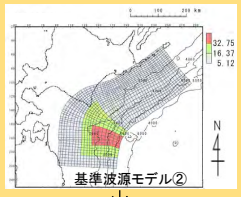
すべり量割り増し

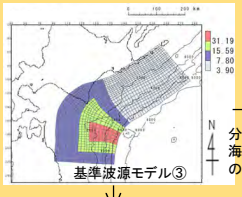
島弧会合部に大すべり域を配置

・十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル※1は，上記モデルの考え方を反映すると共に，色丹島沖及び択捉島沖の大すべり域は，領域西端に配置して設定。

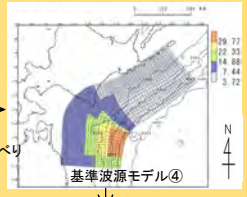


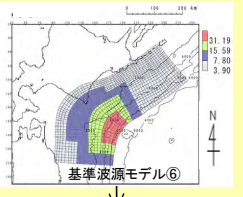






分岐断層海底地すべりの考慮





3.11地震を踏まえた更なる保守性考慮

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において，各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

詳細パラスタ

詳細パラスタ※3

詳細パラスタ※3

不確かさの考慮

※１：十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，基準波源モデル①－２と同じであるため記載省略。

注：津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル⑤⑥）と3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル①～④）との関連性についてはP. 2. 3. 1-156～P. 2. 3. 1-164参照。

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

※２：大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動

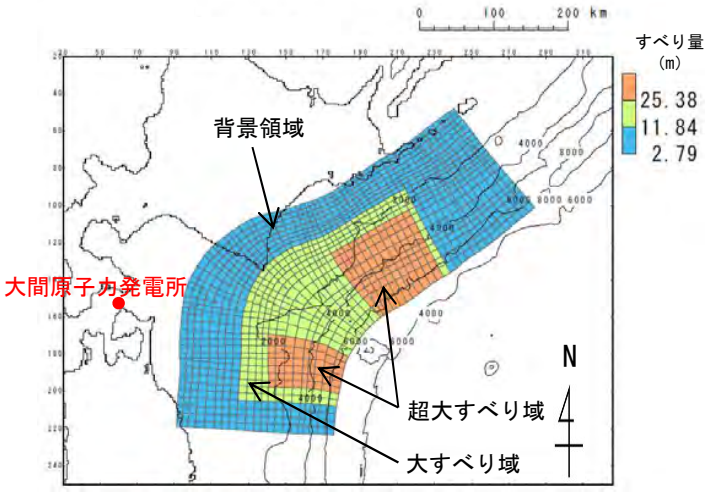
※３：波源特性（破壊開始点，破壊伝播速度，ライズタイム）の不確かさの考慮

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（6／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-11一部修正

基準波源モデルの設定
（設定方法 その１）
＜基準波源モデル①＞

- 右のフロー及び設定根拠に基づき，3.11地震・津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）した岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の基準波源モデルを設定した。（基準波源モデル①－１）
- なお，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の基準波源モデルについても同様に，右のフロー及び設定根拠に基づき設定した。（基準波源モデル①－２）



3.11地震・津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）した基準波源モデル

3.11地震・津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）した基準波源モデル（P.2.3.1-6参照）の設定フロー

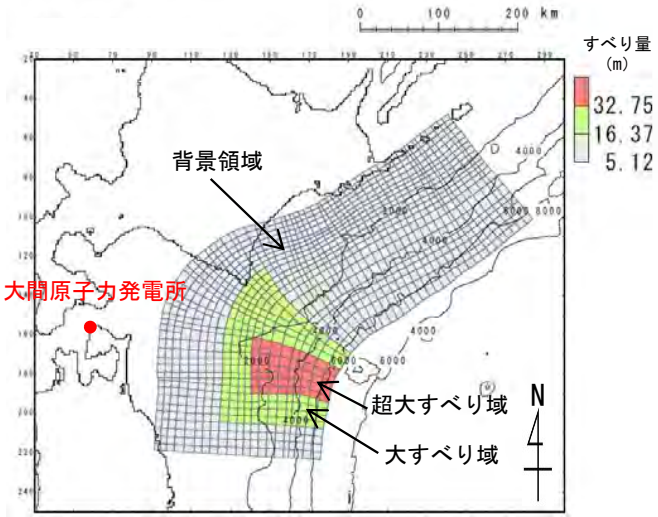
	設定根拠
想定波源域の設定	既往地震，固着及び破壊伝播に関する検討に基づき，青森県東方沖及び岩手県沖北部から根室沖に設定 →後述P.2.3.1-11～P.2.3.1-40
プレート境界面形状，断層面積：Sの設定	地震調査研究推進本部（2004，2012）(9)，(8)の微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線より，地震発生域の深さの下限（60km）から海溝軸までを考慮 →後述P.2.3.1-47，P.2.3.1-48
平均応力降下量：⊿σ（3.1MPa）の設定	杉野ほか(2014)(80)に基づき，平均応力降下量3.1MPaを考慮
剛性率：μの設定	
平均すべり量：Dの算定 地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの式から算定 $M_0 = 16/\left(7\cdot\pi^{3/2}\right)\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$ $D = M_0/(\mu\cdot S)$ Mo ：地震モーメント（N・m） D ：平均すべり量(m) ⊿σ ：平均応力降下量（Pa） S ：断層面積（m²） μ ：剛性率(N/m²)	
大すべり域，超大すべり域の設定 ・大すべり域：平均すべり量の1.4倍，全体面積の25%程度 ・超大すべり域 ：平均すべり量の３倍，全体面積の15%程度	地震波速度や密度に関する既往研究に基づき5.0×10^{10}N/m²に設定（土木学会（2016）(39)等） →後述P.2.3.1-49，P.2.3.1-50
すべり量設定 平均応力降下量が約3.1MPaとして，大すべり域，超大すべり域のすべり量が，それぞれ平均すべり量の1.4倍，３倍となるようにすべり量を設定し，各すべり域のすべり量を設定	杉野ほか(2014)(80)に基づき設定 →後述P.2.3.1-60
すべり角：λの設定	すべり角は，陸側プレートのずれの向きに基づいて設定（中央防災会議（2006）(10)） →後述P.2.3.1-51
モーメントマグニチュード：Mwの算定 Mw=(logMo-9.1)/1.5 ここで，Mo=μＳＤ	
ライズタイム：τの設定	平均的に利用されている値を参考に3.11地震の解析結果も踏まえ60sに設定 （内閣府（2012）(81)） →後述P.2.3.1-52

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（7／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-10再掲

基準波源モデルの設定
（設定方法 その２）
＜基準波源モデル②＞

右のフロー及び設定根拠に基づき，3.11地震・津波の知見を反映した基準波源モデルを設定した。



3.11地震・津波の知見を反映した基準波源モデル

3.11地震・津波の知見を反映した
基準波源モデル（P.2.3.1-6参照）の設定フロー

設定根拠

想定波源域の設定
→ 既往地震，固着及び破壊伝播に関する検討に基づき，青森県東方沖及び岩手県沖北部から根室沖に設定
→後述P.2.3.1-11～P.2.3.1-40

プレート境界面形状，断層面積：Sの設定
→ 地震調査研究推進本部（2004，2012）[9]，[8]の微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線より，地震発生域の深さの下限（60km）から海溝軸までを考慮
→後述P.2.3.1-47，P.2.3.1-48

平均応力降下量：⊿σ（３MPa)の設定
→ 3.11地震を含む世界の巨大地震のばらつきを考慮した平均応力降下量３MPaを考慮（内閣府(2012)[81]等）
→後述P.2.3.1-91，P.2.3.1-92

剛性率：μの設定
→ 地震波速度や密度に関する既往研究に基づき5.0×10^{10}N/m^{2}に設定（土木学会（2016）[39]等）
→後述P.2.3.1-49，P.2.3.1-50

平均すべり量：Dの算定
地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの式から算定

$$M_0 = 16/\left(7\cdot\pi^{3/2}\right)\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$$
$$D = M_0/(\mu\cdot S)$$

Mo ：地震モーメント（N・m）
D ：平均すべり量(m)
⊿σ ：平均応力降下量（Pa）
S ：断層面積（m^2）
μ ：剛性率(N/m^2)

大すべり域，超大すべり域の設定
・大すべり域：平均すべり量の２倍，全体面積の20%程度※1
・超大すべり域 ：平均すべり量の４倍，全体面積の５%程度
※１：超大すべり域を含む
→ 3.11地震を含む世界の巨大地震の大すべり域を参照して設定（内閣府(2012)[81]）
→補足説明資料P.3.1-18，P.3.2-21参照

すべり量設定
平均応力降下量が約３MPaとして，大すべり域，超大すべり域のすべり量が，それぞれ平均すべり量の２倍，４倍となるようにすべり量を設定し，各すべり域のすべり量を設定

すべり角：λの設定
→ すべり角は，陸側プレートのずれの向きに基づいて設定（中央防災会議（2006）[10]）
→後述P.2.3.1-51

モーメントマグニチュード：Mwの算定
Mw=(logMo-9.1)/1.5
ここで，Mo=μＳＤ

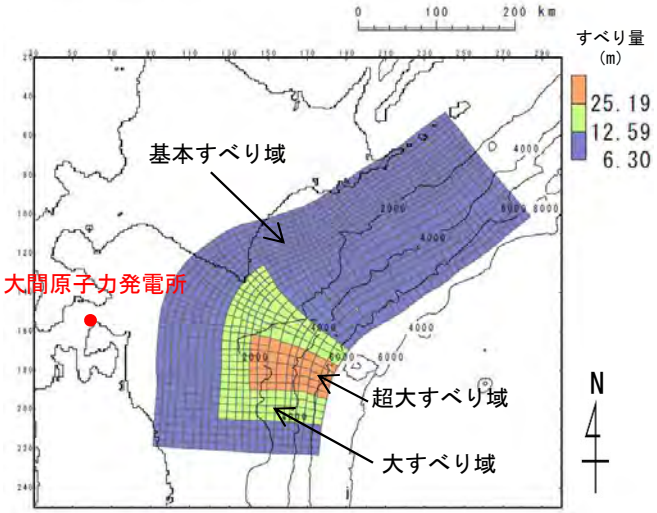
ライズタイム：τの設定
→ 平均的に利用されている値を参考に3.11地震の解析結果も踏まえ60sに設定（内閣府（2012）[81]）
→後述P.2.3.1-52

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（8／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-9再掲

基準波源モデルの設定
（設定方法 その３）
＜基準波源モデル③，④＞

右のフロー及び設定根拠に基づき，3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）した波源モデルを設定した。



3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）した波源モデル

※１：基本すべり域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量が１：２：４となるように設定した基本すべり域のすべり量（D_1）

基本すべり量（D_1）は，以下の関係式を満足する条件として設定した。

$Mo=Mo_1+Mo_2+Mo_4$
- 地震モーメント（$Mo_1=\mu \cdot S_1 \cdot D_1$，$Mo_2=\mu \cdot S_2 \cdot D_2$，$Mo_4=\mu \cdot S_4 \cdot D_4$）
- 断層面積（S_1，S_2，S_4）
- すべり量（D_1，D_2（$2 \cdot D_1$），D_4（$4 \cdot D_1$））

ここで，下付き数字1は基本すべり域，2は大すべり域，4は超大すべり域を表す。

3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）した波源モデル（P.2.3.1-6参照）の設定フロー

想定波源域の設定

プレート境界面形状，断層面積：Sの設定

平均応力降下量：⊿σ（３MPa）の設定

剛性率：μの設定

平均すべり量：Dの算定

地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの式から算定

$$M_0=16/\left(7\cdot\pi^{3/2}\right)\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$$
$$D=M_0/(\mu\cdot S)$$

Mo ：地震モーメント（N・m）
D ：平均すべり量(m)
⊿σ ：平均応力降下量（Pa）
S ：断層面積（m^2）
μ ：剛性率(N/m^2)

大すべり域，超大すべり域の設定

・大すべり域：基本すべり量※１の２倍，全体面積の20%程度※２
・超大すべり域 ：基本すべり量※１の４倍，全体面積の５%程度

※２：超大すべり域を含む

すべり量設定

平均応力降下量が約３MPaとして，大すべり域，超大すべり域のすべり量が，それぞれ基本すべり域のすべり量の２倍，４倍となるようにすべり量を設定し，各すべり域のすべり量を設定

すべり角：λの設定

モーメントマグニチュード：Mwの算定

Mw=(logMo-9.1)/1.5
ここで，Mo=μＳＤ

ライズタイム：τの設定

設定根拠

既往地震，固着及び破壊伝播に関する検討に基づき，青森県東方沖及び岩手県沖北部から根室沖に設定
→後述P.2.3.1-11～P.2.3.1-40

地震調査研究推進本部（2004，2012）[9]，[8]の微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線より，地震発生域の深さの下限（60km）から海溝軸までを考慮
→後述P.2.3.1-47， P.2.3.1-48

3.11地震を含む世界の巨大地震のばらつきを考慮した平均応力降下量３MPaを考慮（内閣府(2012)[81]等）
→後述P.2.3.1-91，P.2.3.1-92

地震波速度や密度に関する既往研究に基づき$5.0\times10^{10}N/m^2$に設定（土木学会（2016）[39]等）
→後述P.2.3.1-49，P.2.3.1-50

3.11地震を含む世界の巨大地震の大すべり域を参照して設定
（内閣府(2012)[81]ほか）
→補足説明資料P.3.1-18，P.3.2-21参照

すべり角は，陸側プレートのずれの向きに基づいて設定（中央防災会議（2006）[10]）
→後述P.2.3.1-51

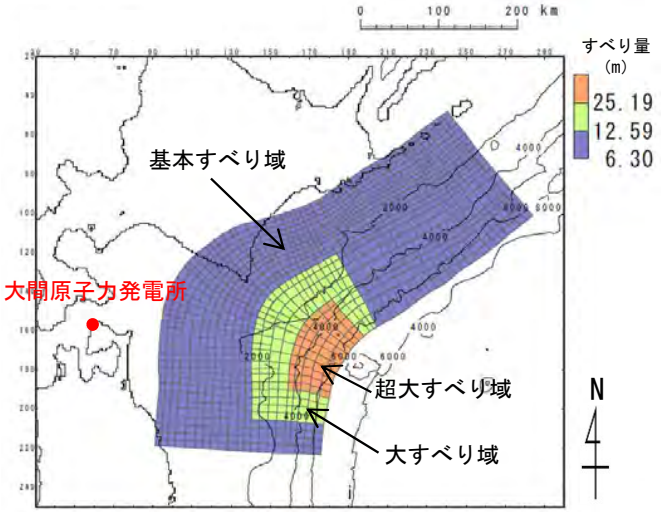
平均的に利用されている値を参考に3.11地震の解析結果も踏まえ60sに設定
（内閣府（2012）[81]）
→後述P.2.3.1-52

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（9／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-8再掲

基準波源モデルの設定
（設定方法 その４）
＜基準波源モデル⑤，⑥＞

右のフロー及び設定根拠に基づき，3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）した基準波源モデルを設定した。



3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）した基準波源モデル

※１：基本すべり域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量が１：２：４となるように設定した基本すべり域のすべり量（D_1）

基本すべり量（D_1）は，以下の関係式を満足する条件として設定した。

$Mo=Mo_1+Mo_2+Mo_4$
- 地震モーメント（$Mo_1=\mu \cdot S_1 \cdot D_1$，$Mo_2=\mu \cdot S_2 \cdot D_2$，$Mo_4=\mu \cdot S_4 \cdot D_4$）
- 断層面積（S_1，S_2，S_4）
- すべり量（D_1，D_2（$2 \cdot D_1$），D_4（$4 \cdot D_1$））

ここで，下付き数字1は基本すべり域，2は大すべり域，4は超大すべり域を表す。

3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）した基準波源モデル（P.2.3.1-6参照）の設定フロー

想定波源域の設定

プレート境界面形状，断層面積：Sの設定

平均応力降下量：⊿σ（３MPa）の設定

剛性率：μの設定

平均すべり量：Dの算定

地震の規模に関するスケーリング則と地震モーメントの式から算定

$$M_0=16/\left(7\cdot\pi^{3/2}\right)\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$$
$$D=M_0/(\mu\cdot S)$$

Mo ：地震モーメント（N・m）
D ：平均すべり量(m)
⊿σ ：平均応力降下量（Pa）
S ：断層面積（m^2）
μ ：剛性率(N/m^2)

大すべり域，超大すべり域の設定

・大すべり域：基本すべり量※１の２倍，全体面積の20%程度※２
・超大すべり域 ：基本すべり量※１の４倍，全体面積の５%程度

※２：超大すべり域を含む

すべり量設定

平均応力降下量が約３MPaとして，大すべり域，超大すべり域のすべり量が，それぞれ基本すべり域のすべり量の２倍，４倍となるようにすべり量を設定し，各すべり域のすべり量を設定

すべり角：λの設定

モーメントマグニチュード：Mwの算定

$Mw=(\log Mo-9.1)/1.5$

ここで，$Mo=\mu S D$

ライズタイム：τの設定

設定根拠

既往地震，固着及び破壊伝播に関する検討に基づき，青森県東方沖及び岩手県沖北部から根室沖に設定
→後述P.2.3.1-11～P.2.3.1-40

地震調査研究推進本部（2004，2012）(9)，(8)の微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線より，地震発生域の深さの下限（60km）から海溝軸までを考慮
→後述P.2.3.1-47， P.2.3.1-48

3.11地震を含む世界の巨大地震のばらつきを考慮した平均応力降下量３MPaを考慮（内閣府(2012)(81) 等）
→後述P.2.3.1-91，P.2.3.1-92

地震波速度や密度に関する既往研究に基づき$5.0\times10^{10}N/m^2$に設定（土木学会（2016）(39)等）
→後述P.2.3.1-49，P.2.3.1-50

3.11地震を含む世界の巨大地震の大すべり域を参照して設定
（内閣府(2012)(81)ほか）
→補足説明資料P.3.1-18，P.3.2-21参照

すべり角は，陸側プレートのずれの向きに基づいて設定（中央防災会議（2006）(10)）
→後述P.2.3.1-51

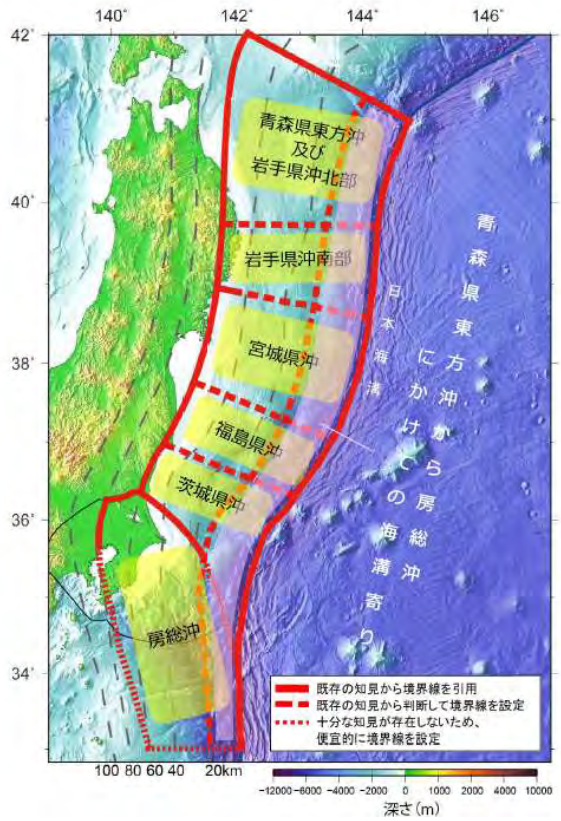
平均的に利用されている値を参考に3.11地震の解析結果も踏まえ60sに設定（内閣府（2012）(81)）
→後述P.2.3.1-52

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（10／135）

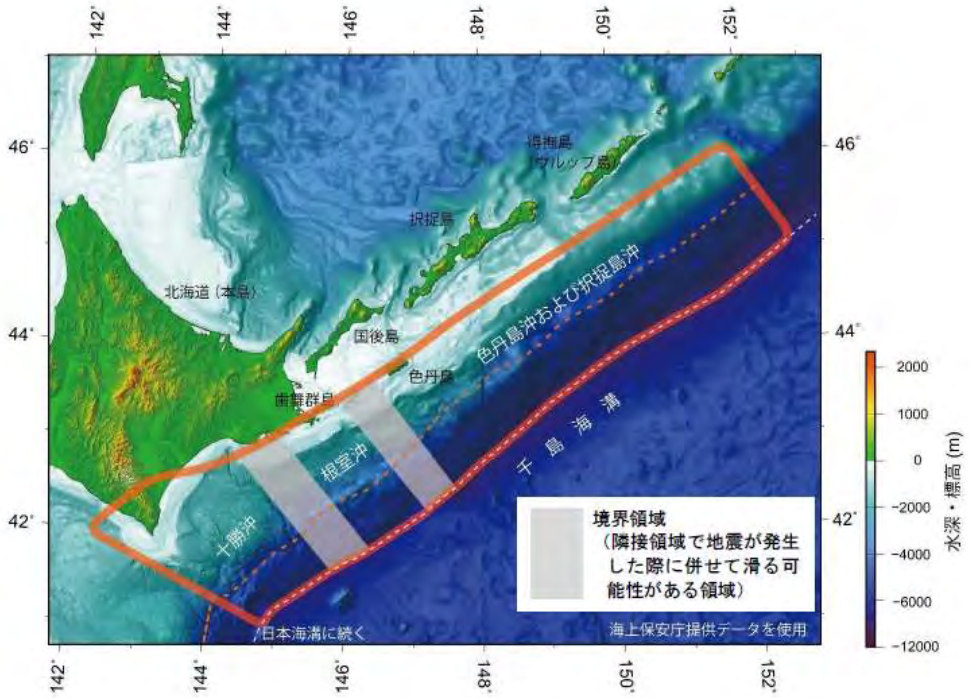
コメントNo.S5-40

想定波源域の設定（1／30）：基本方針

想定波源域は，地震・津波に対する防災の観点から，地震に関する調査や研究を政府として一元的に推進するために設置された政府の特別機関である地震調査研究推進本部が整理した，地震調査研究推進本部（2019，2017a）(78)，(79)の評価対象領域を基本とし，この評価対象領域に係る既往研究を参照（次ページ参照）して設定する。



三陸沖から房総沖にかけての評価対象領域の区分け
地震調査研究推進本部（2019）(78)



千島海溝沿いの評価対象領域
地震調査研究推進本部（2017a）(79)

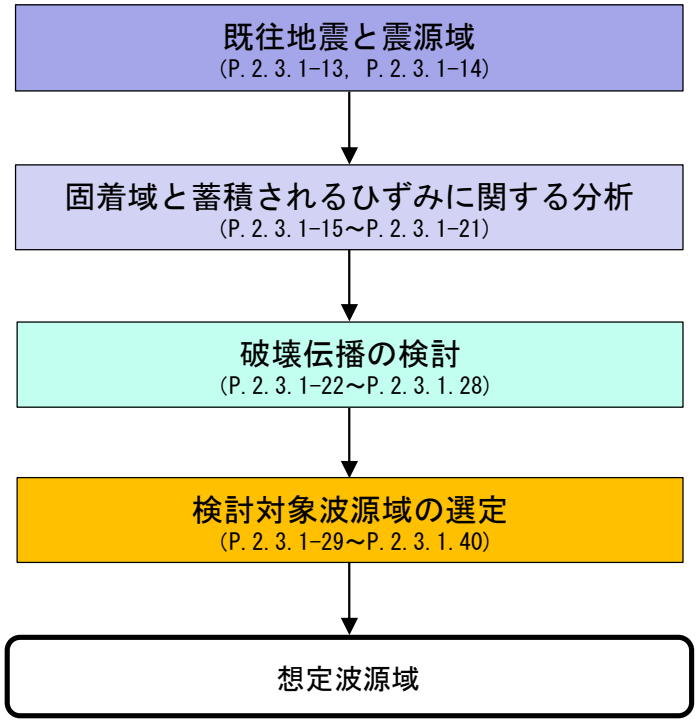
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（11／135）

コメントNo.S5-40

想定波源域の設定（２／３０）：既往研究

想定波源域の設定に関わり参照する既往研究に関する内容，考え方及び検討イメージは以下のとおり。

- ✓ 既往地震と震源域（P. 2. 3. 1-13，P. 2. 3. 1-14）：既往地震発生範囲，地震調査研究推進本部の評価対象領域等の確認
- ✓ 固着域と蓄積されるひずみに関する分析（P. 2. 3. 1-15～P. 2. 3. 1-21）：地震発生箇所及び地震規模に係るひずみの蓄積状況の確認
- ✓ 破壊伝播の検討（P. 2. 3. 1-22～P. 2. 3. 1-28）：地震発生範囲に係る破壊の境界に関する情報の確認
- ✓ 検討対象波源域の選定（P. 2. 3. 1-29～P. 2. 3. 1-40）：敷地への影響を考慮した破壊領域の連動を考慮



想定波源域設定の検討イメージ

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（12／135）

想定波源域の設定（3／30）：既往地震と震源域（1／2）

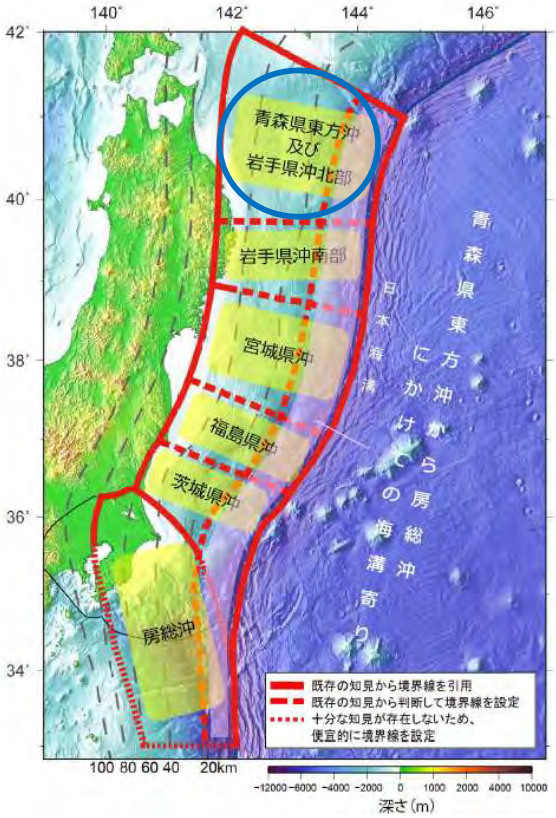
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-12一部修正

三陸沖から房総沖

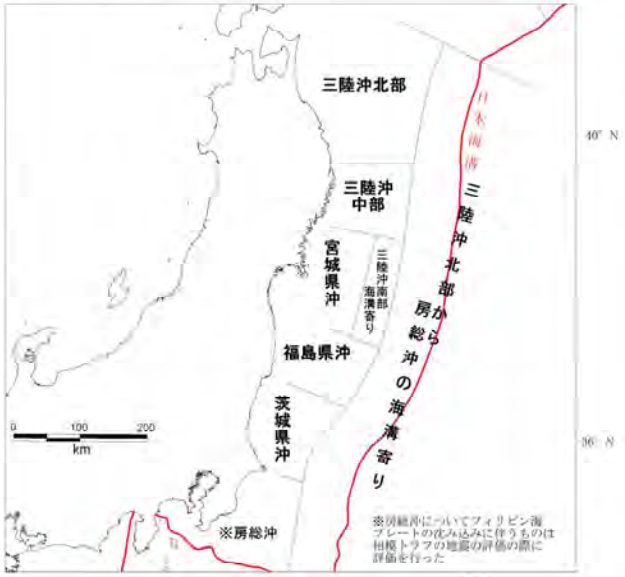
青森県東方沖及び岩手県沖北部ではM８クラスのプレート間地震が平均97年間隔で発生している
地震調査研究推進本部（2019）(78)



三陸沖から房総沖にかけての主な地震と主な震源域
地震調査研究推進本部（2012）(8)



三陸沖から房総沖にかけての評価対象領域の区分け
地震調査研究推進本部（2019）(78)に一部加筆



（参考）三陸沖から房総沖にかけての評価対象領域の区分け
地震調査研究推進本部（2012）(8)

・地震調査研究推進本部（2019）(78)では，既往地震の震源域等を根拠とし，三陸沖から房総沖の震源域を上図（中央）のような領域に分けて設定されており，青森県東方沖及び岩手県沖北部では，Ｍ８クラスの地震が平均97年間隔で発生しているとされている。

・2011年東北地方太平洋沖地震は，岩手県沖南部～茨城県沖にかけての領域が連動したＭ９クラスの地震であり，おおむねその震源域は青森県東方沖及び岩手県沖北部には達していない。

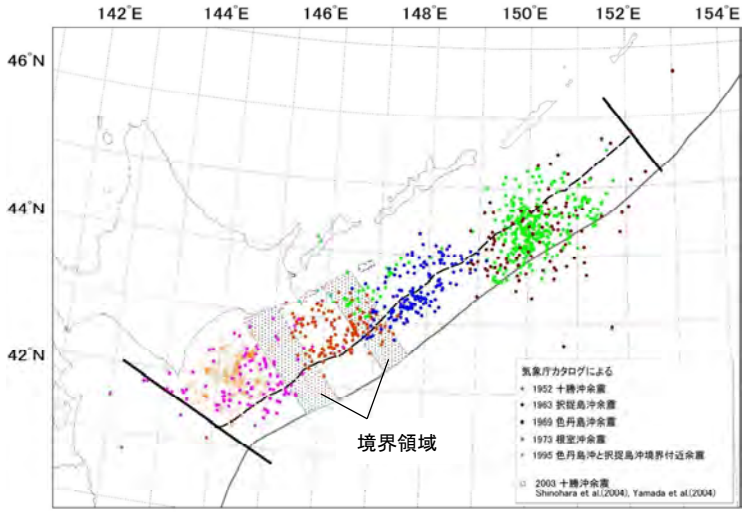
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１３／１３５）

想定波源域の設定（４／３０）：既往地震と震源域（２／２）

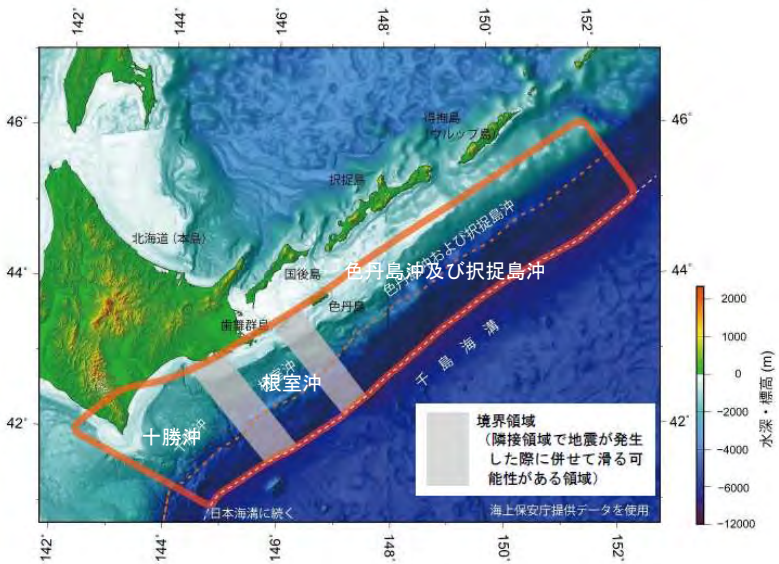
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-13一部修正

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖

プレート間巨大地震の発生間隔
十勝沖：80.3年
根室沖：65.1年
色丹島沖及び択捉島沖：35.5年
地震調査研究推進本部（2017a）(79)

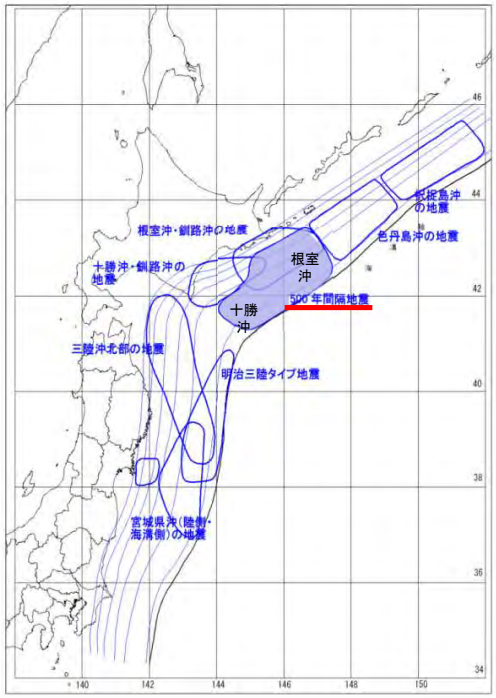


近年のプレート間巨大地震の余震分布
地震調査研究推進本部（2017a）(79)に一部加筆



千島海溝沿いの評価対象領域※
地震調査研究推進本部（2017a）(79)に一部加筆

※地震調査研究推進本部（2017a）(79)では，過去の地震の震源域の多様性を考慮し，十勝沖・根室沖・色丹島沖及び択捉島沖が連動する「超巨大地震（17世紀型）」を評価している。



津波を発生させる断層領域の模式図
中央防災会議（2006）(10)に一部加筆

・地震調査研究推進本部（2017a）(79)では，既往地震の巨大地震の震源域等を根拠とし，十勝沖，根室沖，及び色丹島沖及び択捉島沖の震源域を上図（中央）のような領域に分けて設定されており，Ｍ８程度の地震が十勝沖・根室沖では約65年～80年間隔で発生しており，色丹島沖及び択捉島沖では約35年間隔で発生しているとされている。

以上から，十勝沖・根室沖では，連動型地震である“500年間隔地震”の間で，Ｍ８程度の地震が約65年～80年間隔で発生しており，中央防災会議（2006）(10)に示されるような“ 500年間隔地震”規模の地震を引き起こす連動型地震が存在すると考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１４／１３５）

想定波源域の設定（５／３０）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（１／７）

青森県東方沖及び岩手県沖北部（固着度）

- アスペリティ分布の解析から，青森県東方沖及び岩手県沖北部のアスペリティ（右図：ＡとＢ）のうち，1968年の地震と1994年の地震の共通アスペリティ（右図：Ｂ）のカップリング率はほぼ100%であるとされている。また，個々のアスペリティが単独で動けばＭ７クラスの地震（=1994年）を，連動するとＭ８クラスの地震（=1968年）を引き起こすとされている。
  Yamanaka and Kikuchi (2004) [82]，永井ほか（2001）[83]による
- 上記知見を引用し，3.11地震が青森県東方沖及び岩手県沖北部の手前で破壊が止まったのは，この領域では過去の大地震でひずみをほとんど解放してしまったためと考えれば説明可能とされている。　地震調査研究推進本部（2012）[8]による

以上から，Ｍ９クラスの巨大地震を発生させる宮城県沖の固着度と比較して，青森県東方沖及び岩手県沖北部の固着度は大きくないと考えられる。

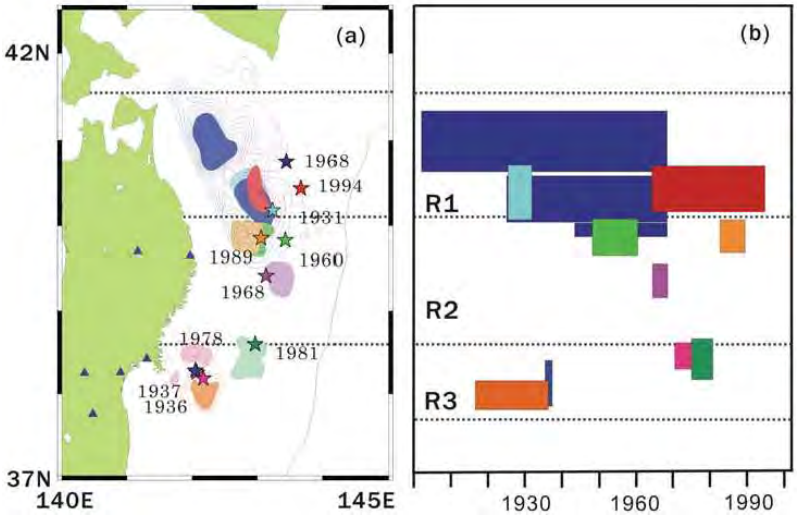


Figure 10. (a) Asperity map. (b) Space-time distribution of the seismic moment release based on the slip-predictable model. The width of the rectangle indicates the moment accumulation given by time D_a/V_{plate}, where D_a is the average seismic slip in asperities and V_{plate} = 0.1 m yr^{-1}.

（a）アスペリティ位置　　（b）プレートの沈み込み速度から推定される地震モーメント解放量
Yamanaka and Kikuchi (2004) [82]

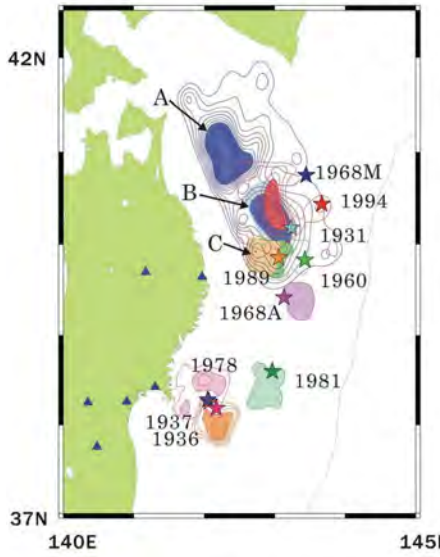


Figure 6. Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan. Stars show the main shock epicenters. Contour lines show the moment release distribution. The interval of the contour lines is 0.5 m. Each earthquake is distinguished by color. We painted the area within the value of half the maximum slip as an asperity.

アスペリティの活動パターンと地震規模の関係
Yamanaka and Kikuchi (2004) [82]，永井ほか（2001）[83]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（15／135）

想定波源域の設定（6／30）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（2／7）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-14一部修正

青森県東方沖及び岩手県沖北部（蓄積されるひずみの量・すべり量）

【平均発生間隔】
・青森県東方沖及び岩手県沖北部の
M８クラスのプレート間地震

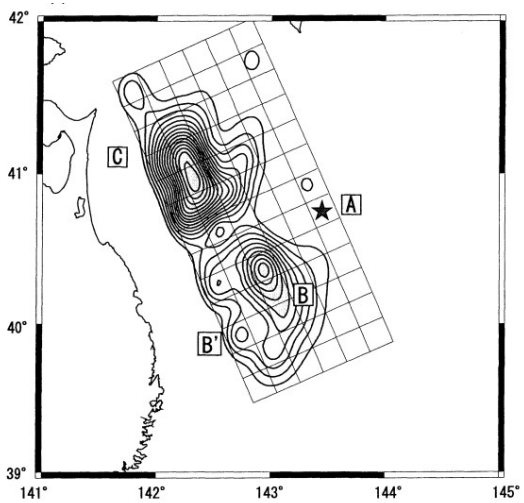
対象地震及び発生領域	地震発生日時	地震の平均発生間隔等	地震規模注1 M	Mt	Mw
青森県東方沖及び岩手県沖北部のプレート間巨大地震	1677/ 4/13	平均発生間隔は97.0年	7.9 (7 3/4～8.0)注9	7.7	
	1763/ 1/29		7.4 (7.9)注9	7.9	
	1856/ 8/23		7.5 (7.8～8.0)注9	7.6	
	1968/ 5/16 09:48		7.9	8.2	8.2

注9:宇佐美・他(2013)によれば、津波の記録等から、1677年、1763年、1856年のいずれの地震も1968年十勝沖地震に似ており、()内のMとなる可能性があることを指摘している。

※注1の解説については省略

地震調査研究推進本部（2019）(78)に一部加筆

【1968年地震のすべり量】
・最大すべり量6.5～9.3m



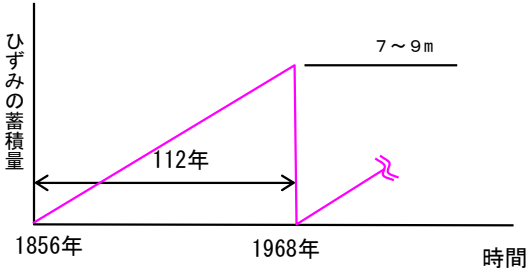
Contour of the moment release. The contour increment is 3×10^{16} Nm/km^2. The source mainly consists of two asperities, the southwestern region B, and the northwestern region C.

1968年地震の応力解放量分布
永井ほか（2001）(83)

【ひずみの蓄積量】
①プレートの沈み込み速度：6.2-8.1cm/年（McCaffrey, 2008）(84)

②カップリング係数：1.0（地震学的）
(Yamanaka and Kikuchi(2004))(82)

③ひずみの蓄積量：①（6.2-8.1cm/年）×112年（1968-1856）
×②（1.0）＝**7～9m**



P.2.3.1-22で当該領域で蓄積されるひずみの量を中程度としているのは，カップリング係数が大きくても，プレートの沈み込み速度と地震の発生間隔との関係で，蓄積されるひずみの量が中程度になると考えられるため。

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部の領域におけるプレート間巨大地震のうち最大規模の地震は，1968年の地震Mw8.2であるため，当該地震を検討対象とするとされている。
  地震調査研究推進本部（2019）(78) による
- 1968年地震のインバージョン解析結果から，1968年地震の北側のアスペリティの最大すべり量は9.3m，南側のアスペリティの最大すべり量は6.5mであるとされている。
  永井ほか（2001）(83)による

以上から，平均発生間隔・既往地震の最大すべり量の関係と，地震のプレートの沈み込み速度・カップリング係数・既往地震の発生間隔から算定されるひずみの蓄積量（７～９m）には調和的な関係があると考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（16／135）

想定波源域の設定（7／30）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（3／7）

青森県東方沖及び岩手県沖北部（付加体の幅とすべり量）

- 3.11地震ではプレート境界浅部でもすべりが発生したことに着目し，地震探査で得られた宮城県沖の地震波速度構造を模した沈み込みプレート境界モデルを用いた２次元動的破壊シミュレーションを実施して，付加体の幅の違いがプレート境界浅部のすべり量に与える影響を検討し，付加体の幅が小さいほどプレート境界浅部のすべり量が増大する傾向があるとされている。
  Kozdon and Dunham(2013) [85]による
- 日本海溝の沈み込み帯におけるマルチチャネル反射法地震探査結果から，青森県東方沖及び岩手県沖北部の付加体（P波速度：3～4km/s以下の領域）の幅は宮城県沖よりも広いとされている。
  Tsuru et al.(2002) [86]による

以上から，青森県東方沖及び岩手県沖北部においてダイナミックオーバーシュート（補足説明資料P.3.1-6，P.3.1-7参照）が発生したとしても，そのすべり量は3.11地震のすべり量よりも小さいと考えられる。

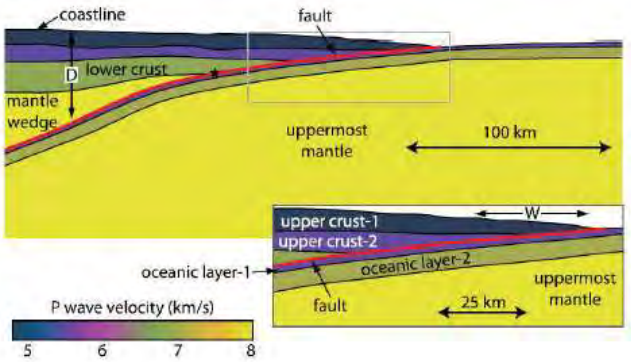


Figure 2. (a) *P*-wave velocity structure for the dynamic rupture simulations (no vertical exaggeration). The geometry and piecewise constant material properties are derived from Miura *et al.* (2001, 2005). The velocity-weakening region ($b - a > 0$) starts updip at horizontal distance W from the trench and ends downdip at depth D below sea level. The nucleation location for all simulations is indicated with the black star. The inset shows the velocity structure near the trench axis, where the dip angle is 6° from horizontal and 7° from the seafloor.

宮城県沖のプレート境界モデル
（２次元動的破壊シミュレーションモデル）
Kozdon and Dunham（2013）[85]

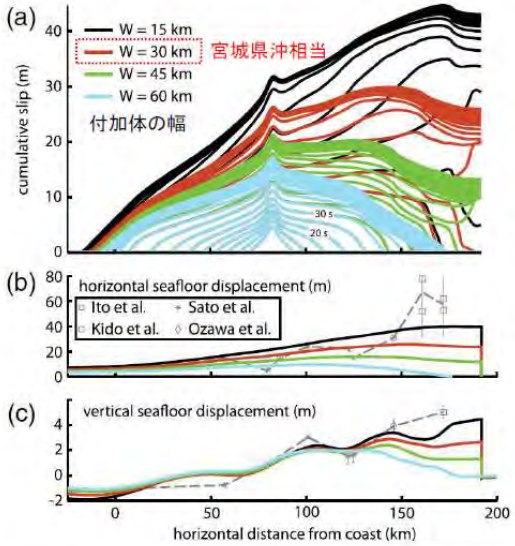


Figure 11. (a) Influence of horizontal extent W of shallow velocity-strengthening region on cumulative slip (plotted every 5 s). Shown for maximum effective normal stress $\bar{\sigma}_{max} = 40$ MPa and seismogenic depth $D = 45$ km. (b) Horizontal and (c) vertical seafloor displacement compared with various observations (dashed line). The color version of this figure is available only in the electronic edition.

動的破壊シミュレーションによる付加体の幅と
断層すべり量，水平・上下変位の関係
Kozdon and Dunham（2013）[85]に一部加筆

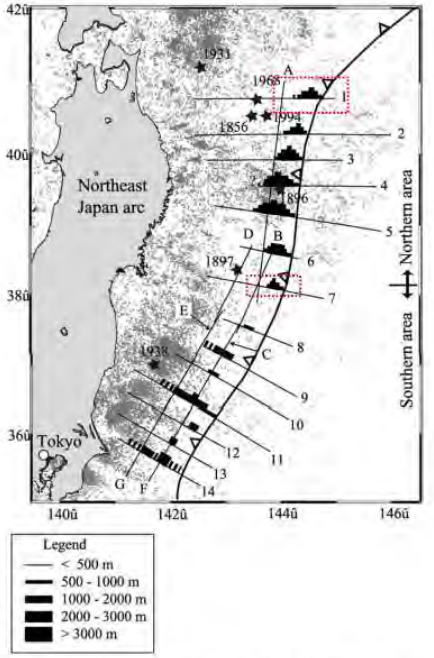


Figure 17. Map view of the low velocity sedimentary units observed on MCS sections in the Japan Trench margin. Small dots represent background seismicity taken from *JMA (Japan Meteorological Agency) HypoCatalog*.

日本海溝沿いにおける付加体（低速度堆積物）の分布
Tsuru et al.（2002）[86]に一部加筆

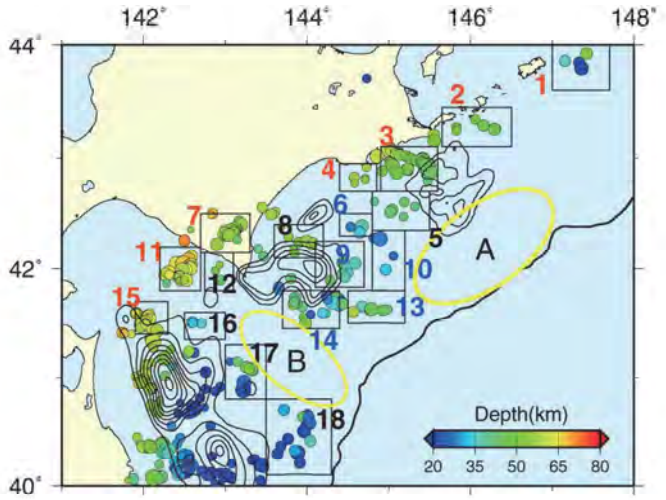
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（17／135）

想定波源域の設定（8／30）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（4／7）

十勝沖・根室沖（固着度）

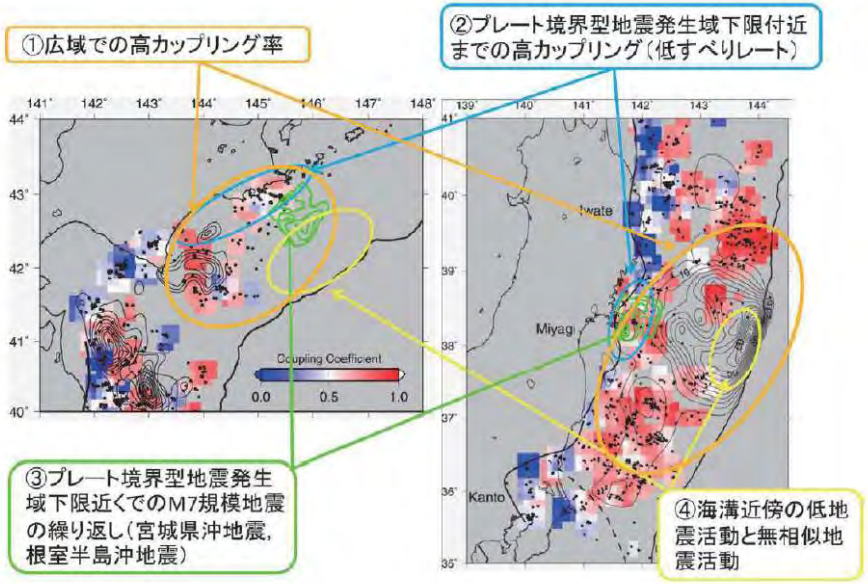
- 小繰り返し地震（相似地震）の活動及びそれから推定されるプレート間地震すべりについて，3.11地震で大きなすべりを生じた宮城県沖における特徴との類似性から，十勝沖・根室沖で巨大地震が発生する可能性があるとされている。
- また，日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の低地震活動（左図：空白域B）は，プレートの折れ曲がりが影響している可能性も考えられるとされている。

東北大学（2012）[87]による



第1図．北海道南東沖の小繰り返し地震グループの分布（丸印）．丸の色はグループの地震の平均の深さを示す．コンターはYamanaka and Kikuchi (2004)[6]による M7 以上の地震のすべり量分布．矩形は第3図で平均の積算すべりを推定した領域を示す．　黄色楕円は繰り返し地震活動が低い場所．

東北大学（2012）[87]



第2図．北海道南東沖（左）および東北地方東方沖（右）の繰り返し地震分布（黒丸）およびそれにより推定したプレート間カップリング率（カラー）の比較。カップリング率は0.3° ×0.3° のグリッドごとに，3つ以上の小繰返し地震グループが存在する場所について推定した。緑および黒のコンターはM7以上の地震すべり量分布。関東地方の沖の破線は，フィリピン海プレートの北東限。

東北大学（2012）[87]

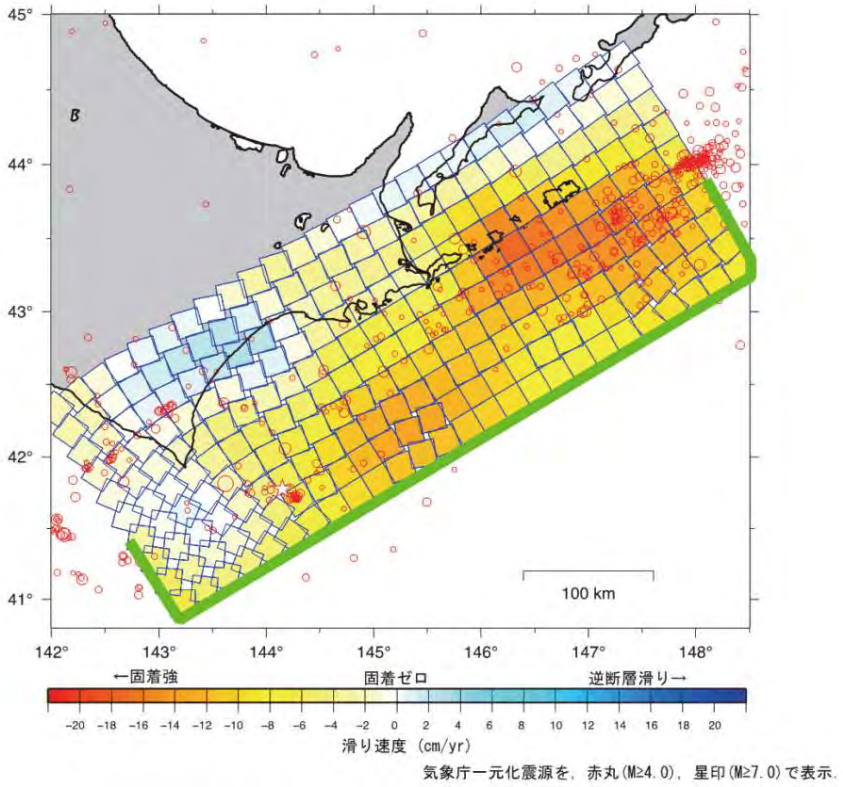
【宮城県沖における特徴】
特徴①：大すべり域を中心とする広域で高いカップリング率が推定される。
特徴②：プレート境界型地震の発生域下限付近まで高カップリング領域が存在。
特徴③：プレート境界型地震の発生下限付近でのM７クラスの地震（の繰り返し）が存在。
特徴④：海溝近傍の低地震活動と低繰り返し地震活動。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（18／135）

想定波源域の設定（9／30）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（5／7）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-15一部修正

十勝沖・根室沖（蓄積されるひずみの量）



すべり欠損分布（2007年3月～2011年2月）

国土地理院（2012）(88)

- GNSS連続観測結果による北海道地方の地殻変動から推定される北海道南東沖（十勝沖・根室沖）のすべり欠損速度（固着）の分析結果から，特に十勝沖～釧路沖の海溝寄りと根室沖の陸寄りにすべり欠損の大きな領域が存在しているとされている。これより，当該領域の固着は相対的に強く，大きなひずみが蓄積されていると推定されるとされている。

国土地理院（2012）(88)による

以上から，十勝沖・根室沖の領域は，500年間隔地震の震源域に相当すると考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（19／135）

想定波源域の設定（10／30）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（6／7）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-16一部修正

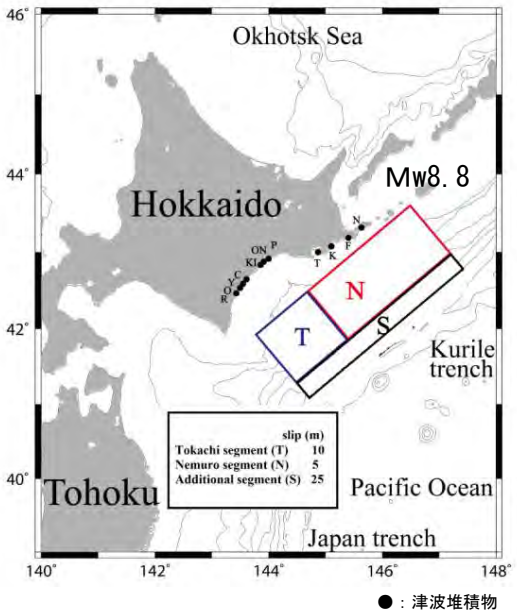
十勝沖・根室沖（蓄積されるひずみの量・すべり量）

【平均発生間隔】
・十勝沖～根室沖の連動型地震
・約500年

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.)	
津波1	17世紀初頭			津波1
		400～500		
津波2	12～13世紀			津波2
		300～400		
津波3	9世紀			津波3
		500		
津波4	1630-(4世紀？)		1430+	津波4
		(300+)	？	津波5
津波5	AD/BC？		1930+	津波6
		(500+)	？	津波7，8
津波6	2590-		2440+	津波9
		300+		
津波7	2870～2920			津波10
		400+		津波11
津波8	3220～3460		3340+	津波12
		400		
津波9	3690～3720		3830+	津波13
		500+		
津波10	4200+		4300+	津波14
		300～350		
津波11	4580		4700+	津波15
		300		
津波12	4860+		4930+	津波16
		100		
津波13	5000-		4980+	津波17
		>600		
津波14	5640+		？	津波18
		600		
津波15	6370-			

中央防災会議（2005）(89)

【17世紀の地震のすべり量分布】
・最大すべり量25m

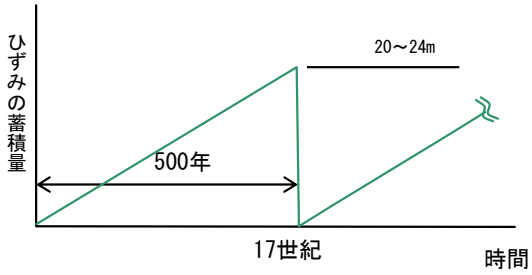


文部科学省（2013）(90)

【ひずみの蓄積量】

①プレートの沈み込み速度：6.9-8.2cm/年（McCaffrey, 2008）(84)
②カップリング係数：0.59（地震学的）（Scholz and Campos, 2012）(91)

③ひずみの蓄積量：①（6.9-8.2cm）×500年
×②（＝0.59）＝**20～24m**



P.2.3.1-22で当該領域で蓄積されるひずみの量を大としているのは，カップリング係数が0.6程度でも，プレートの沈み込み速度と地震の発生間隔との関係で，蓄積されるひずみの量が大となると考えられるため。

- 前ページの検討を踏まえ，十勝沖・根室沖連動型地震である“500年間隔地震”のひずみに関する検討を行った。

以上から，文部科学省（2013）(90)による500年間隔地震の最大すべり量（25m）と，プレートの沈み込み速度・カップリング係数・地震の発生間隔から算定されるひずみの蓄積量（20～24m）には調和的な関係があると考えられる。

２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２０／１３５）

想定波源域の設定（１１／３０）：固着域と蓄積されるひずみに関する分析（７／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-17再掲

まとめ

◎青森県東方沖及び岩手県沖北部
・Ｍ８クラスのプレート間地震が平均97年間隔で発生する。
・プレートの沈み込み速度・カップリング係数・平均発生間隔から推定されるひずみの蓄積量は７～９m程度である。なお，津波地震との連動の有無やスーパーサイクルの存在に関する知見は得られていない。

◎十勝沖・根室沖
・500年間隔の連動地震（Mw8.8）の間に，Ｍ８クラスの地震が平均65～80年間隔で発生していると考えられる。
・プレートの沈み込み速度・カップリング係数・平均発生間隔から推定されるひずみの蓄積量は20～24m程度である。

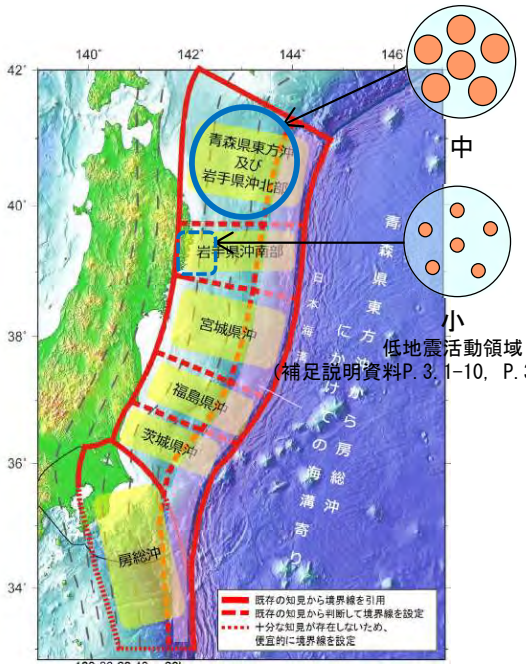
◎色丹島沖及び択捉島沖
・Ｍ８クラスの地震が平均35年間隔で発生する。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２１／１３５）

想定波源域の設定（１２／３０）：破壊伝播の検討（１／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-18再掲

青森県東方沖及び岩手県沖北部・十勝沖・根室沖・色丹島沖及び択捉島沖

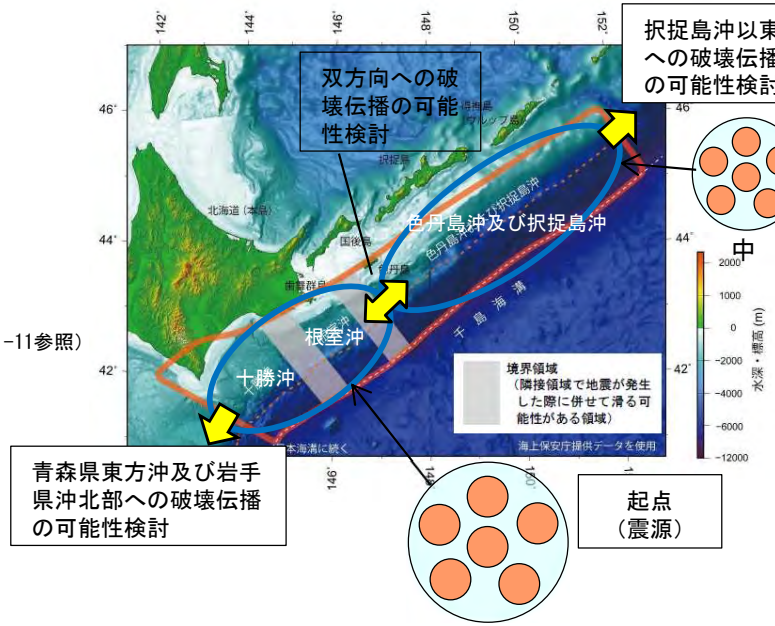


地震調査研究推進本部（2019）[78]に一部加筆

中

小

低地震活動領域
（補足説明資料P.3.1-10，P.3.1-11参照）

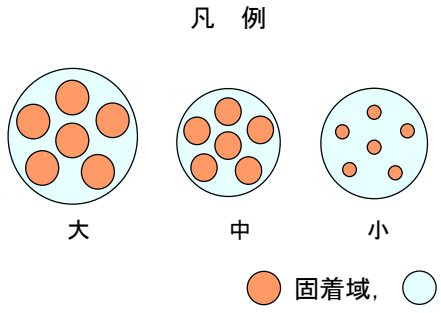


地震調査研究推進本部（2017a）[79]に一部加筆

中

大

M８クラスの地震が平均35年間隔で発生しており，蓄積されるひずみ量は十勝沖・根室沖に比べ小さいため「中」とした。



蓄積されるひずみ量のイメージ
Seno（2014）[92]を参考に作成

青森県東方沖及び岩手県沖北部，十勝沖・根室沖，色丹島沖及び択捉島沖に蓄積されるひずみの分析結果

- 3.11地震及び世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見より，固着と破壊伝播が関連していると考えられることより（補足説明資料P.3.3-2参照），青森県東方沖及び岩手県沖北部，十勝沖・根室沖及び色丹島沖・択捉島沖の固着（蓄積されるひずみの量）について検討する。
- 前述（P.2.3.1-15～P.2.3.1-21）の青森県東方沖及び岩手県沖北部，十勝沖・根室沖及び色丹島沖・択捉島沖に対する固着域と蓄積されるひずみに関する分析結果から，青森県東方沖及び岩手県沖北部，色丹島沖・択捉島沖は，十勝沖・根室沖に比べ蓄積されるひずみ量が相対的に小さいと評価する。
- 岩手県沖南部には低地震活動領域が存在するためひずみは蓄積されにくく（補足説明資料P.3.1-10，P.3.1-11参照），また，2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の北端がおおむね岩手県沖南部であることを踏まえると，青森県東方沖及び岩手県沖北部からの破壊が南方の岩手県沖南部に伝播することはないと考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２２／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-19一部修正

想定波源域の設定（１３／３０）：破壊伝播の検討（２／７）

青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部（１／２）

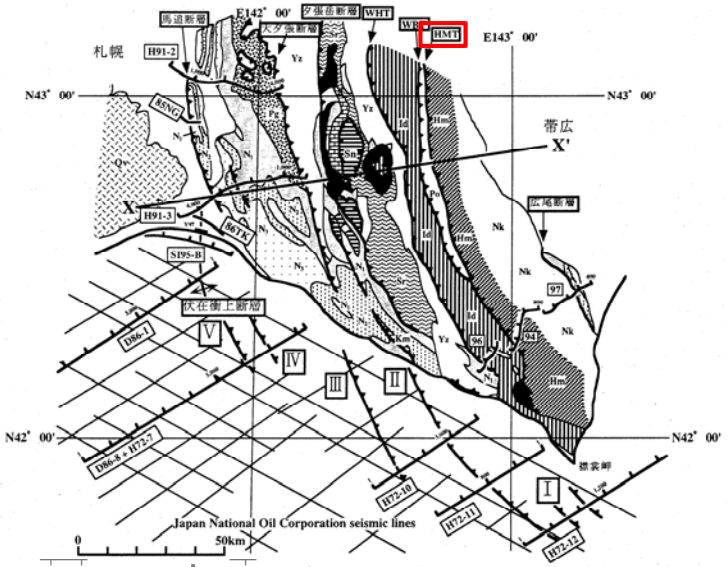


図１　日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地質概略と主な反射法地震探査測線図。X—X'は図２の断面位置を示す。伊藤ら（1999）を改変。
【地質】主として，地質調査所（1982，1996）による。Nk：中の川層群，Hm：日高変成岩類（主帯），Po：ポロシリ・オフィオライト（西帯），Id：イドンナップ帯，Yz：蝦夷層群，Sr：空知層群，Km：神威古潭変成岩類，Sn：沙流川層—ニセウ層，Pg：古第三系，N1～N3：地質調査所（1982）に同じ。Qv：第四紀火山岩類。HMT：日高主衝上断層，WBT：西縁衝上断層，WHT：日高西部断層群
【測線】86・96・97：日高深部構造反射法探査，85NG・86TK：浅野ら（1990），Y97：佐藤ら（1998），その他の測線は石油公団（1973，1987，1993，1996）。

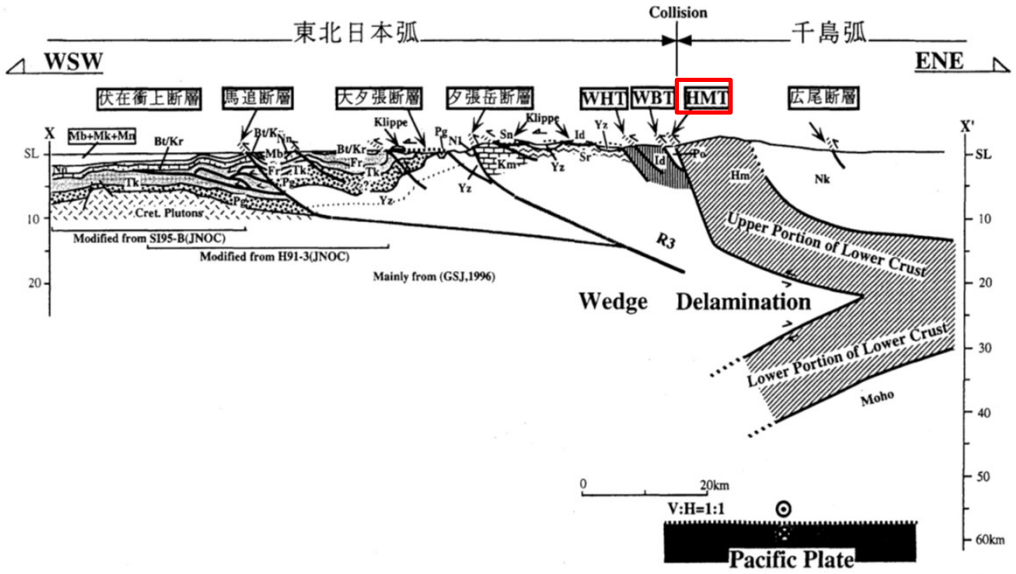


図２　日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地下構造断面図。
断面線の位置は図１の X—X'。断面図下に主要な出典を示した。略称は図１に同じ。Ito *et al.*（1998）および伊藤ら（1999）を改変。

伊藤(2000)[93]に一部加筆

- 3.11地震及び世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見より，構造境界と破壊伝播が関連していると考えられることより（補足説明資料P.3.3-2参照），青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部について検討した。
- 千島海溝南西端は，日本海溝との島弧会合部に位置し，その会合部（衝突帯）では，日高山脈が形成されているとされている（日高造山運動）。

  木村（2002）[94]による
- 千島弧はその下部地殻内で上下に裂けて分離（デラミネーション）するとともに，上部地殻を含めて上半分は日高主衝上断層によって西側に衝上し，上部マントルを含めて下半分は下降する。一方，東北日本弧側はデラミネーションした千島弧のなかに楔（ウェッジ）状に突入するとされている。

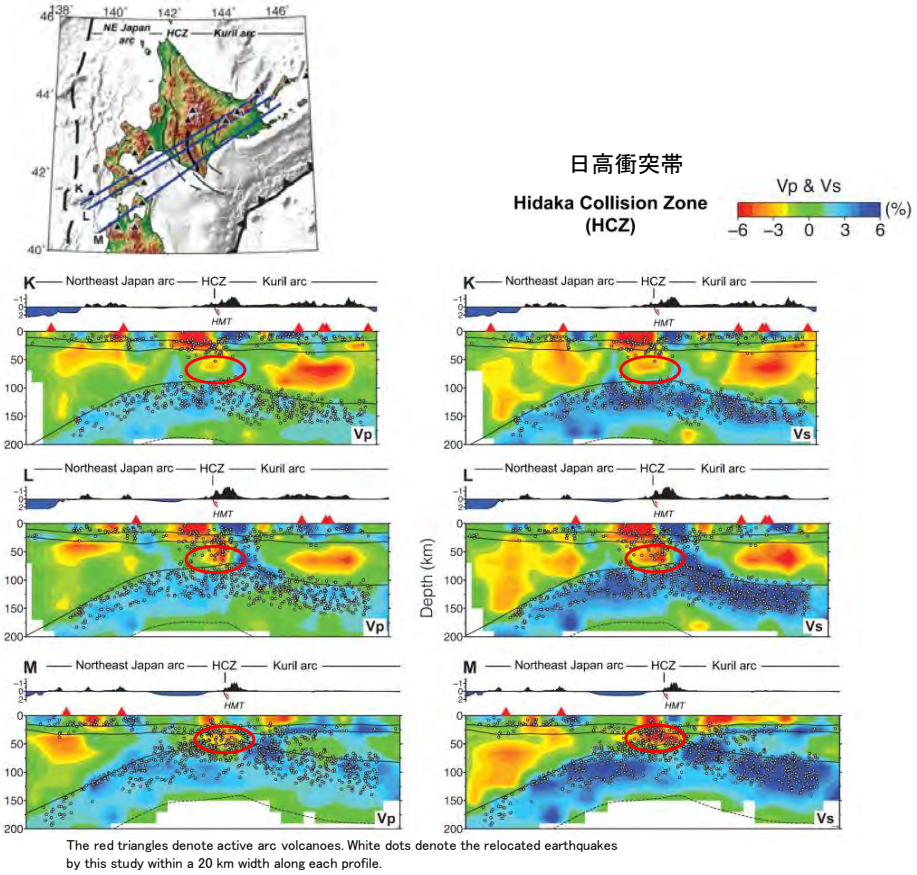
  伊藤（2000）[93]による

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２３／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-20一部修正

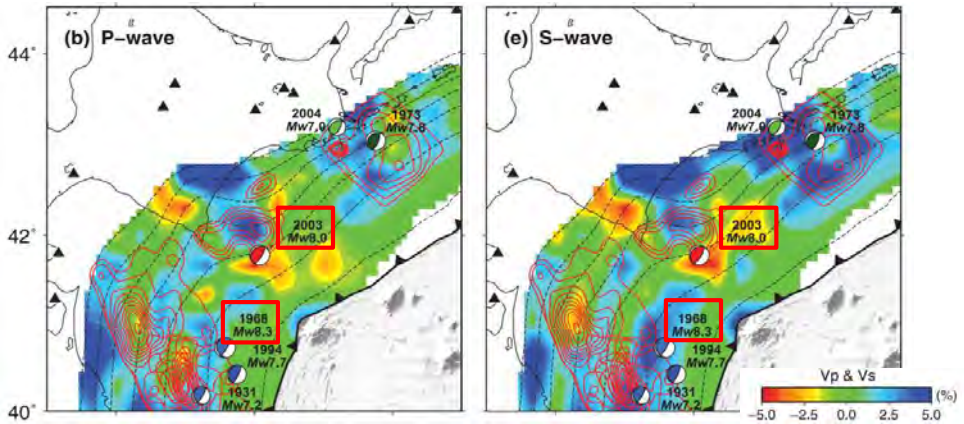
想定波源域の設定（１４／３０）：破壊伝播の検討（３／７）

青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部（２／２）



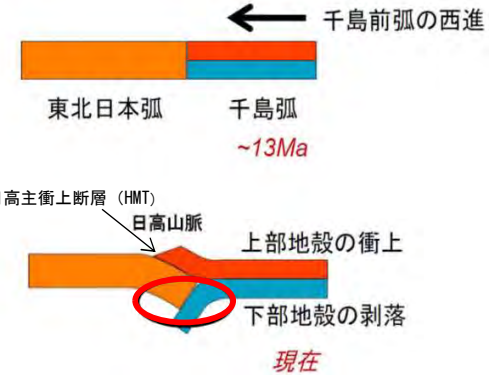
The red triangles denote active arc volcanoes. White dots denote the relocated earthquakes by this study within a 20 km width along each profile.

日高衝突帯おける地震波トモグラフィ鉛直分布
（HMT：Hidaka main thrust）　Liu et al.（2013）[95]



日本海溝・千島海溝島弧改造部付近の地震波トモグラフィと既往地震発生域の関係
Liu et al.（2013）[95]に一部加筆

The red contour lines in (b) and (e) denote the coseismic slip distributions of the megathrust earthquakes in 1931, 1968 and 1994 (Nagai et al. 2001; Yamanaka & Kikuchi 2004), in 2003 (Yamanaka & Kikuchi 2003),and in 1973 and 2004 (Katsumata & Yamanaka 2006; Yamanaka 2006). The inner contour lines denote larger slips.



千島弧の前弧スリバーの西進，東北日本弧との衝突による日高山脈形成過程の模式図　日野ほか（2008）[96]に一部加筆

- 千島弧と東北日本弧が衝突する日高衝突帯では，地震波速度の高速度域が，低速度域に押し付けられている形状を呈する。
- 千島弧と東北日本弧の衝突により，剥落した千島弧の地殻下部物質の剥落に相当する低速度領域（左図赤〇部）がプレート境界面と接している。
- 1968年十勝沖地震と2003年十勝沖地震の震源は，この接触領域によって隔てられている。

- 地震波トモグラフィによる青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部付近の３次元地殻不均質構造の分析と既往地震発生履歴の関係から，日高衝突帯における下部地殻の剥落に相当する低速度領域が，破壊（地震）の構造境界になる可能性があるとされている。

Liu et al.（2013）[95]，日野ほか（2008）[96]による

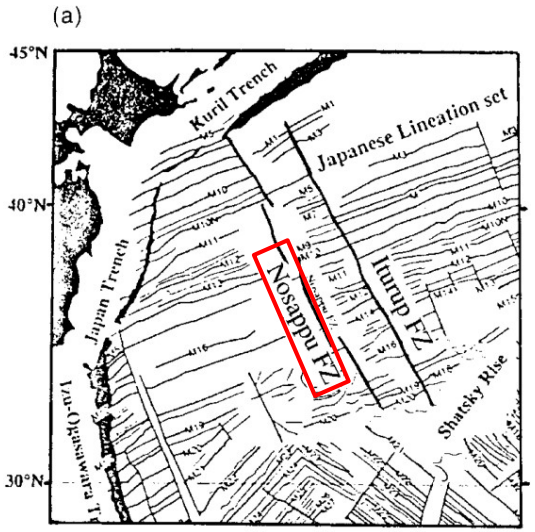
前ページ及び以上から，青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との間に位置する島弧会合部は，破壊伝播の境界になる可能性があると考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２４／１３５）

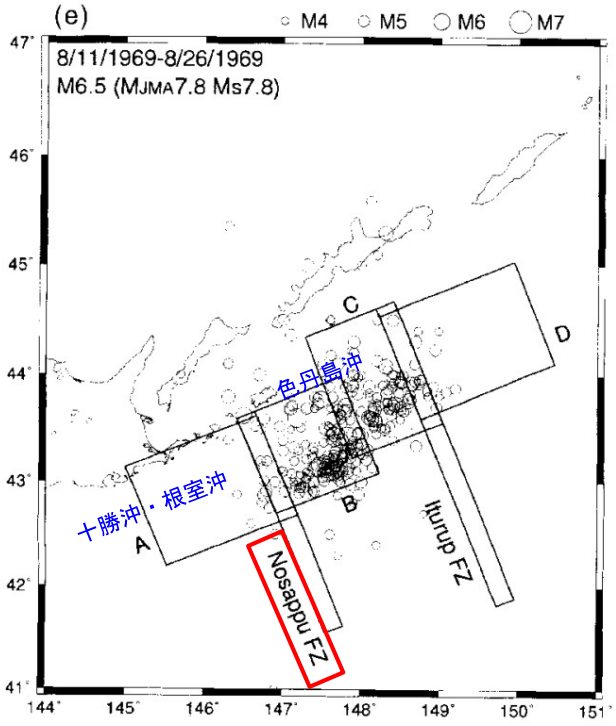
想定波源域の設定（１５／３０）：破壊伝播の検討（４／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-21一部修正

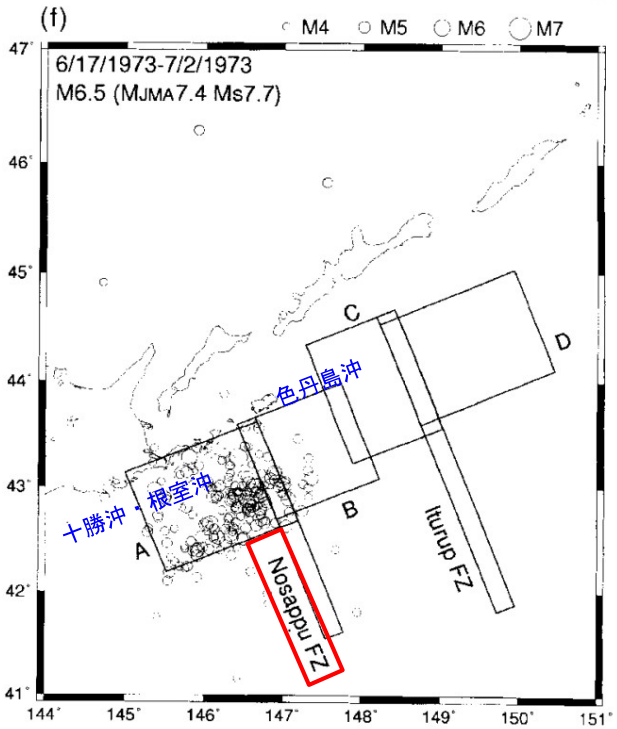
南千島沖（１／２）



地磁気異常
Kasahara et al.（1997）[97]に一部加筆



1969年南千島沖地震の余震域



1973年根室沖地震の余震域

Kasahara et al.（1997）[97]に一部加筆

- 3.11地震及び世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見より，構造境界と破壊伝播が関連していると考えられることより（補足説明資料P.3.3-2参照），南千島沖の構造境界について検討した。

- 南千島沖の太平洋プレート上には地磁気異常の縞模様に明瞭な食い違いがあり，その食い違い境界に存在する納沙布断裂帯と呼ばれる断裂帯を挟んで両側で重力・地殻構造・堆積物の厚さが明瞭に変化しているとされている。また，この構造線の海溝側への延長線は最近数十年間に色丹島沖～択捉島沖に起きた地震活動のブロック境界と一致しており，古い海洋プレートの構造が現在の地震活動ブロック構造を支配する原因の一つと考えられるとされている。

Kasahara et al.（1997）[97]による

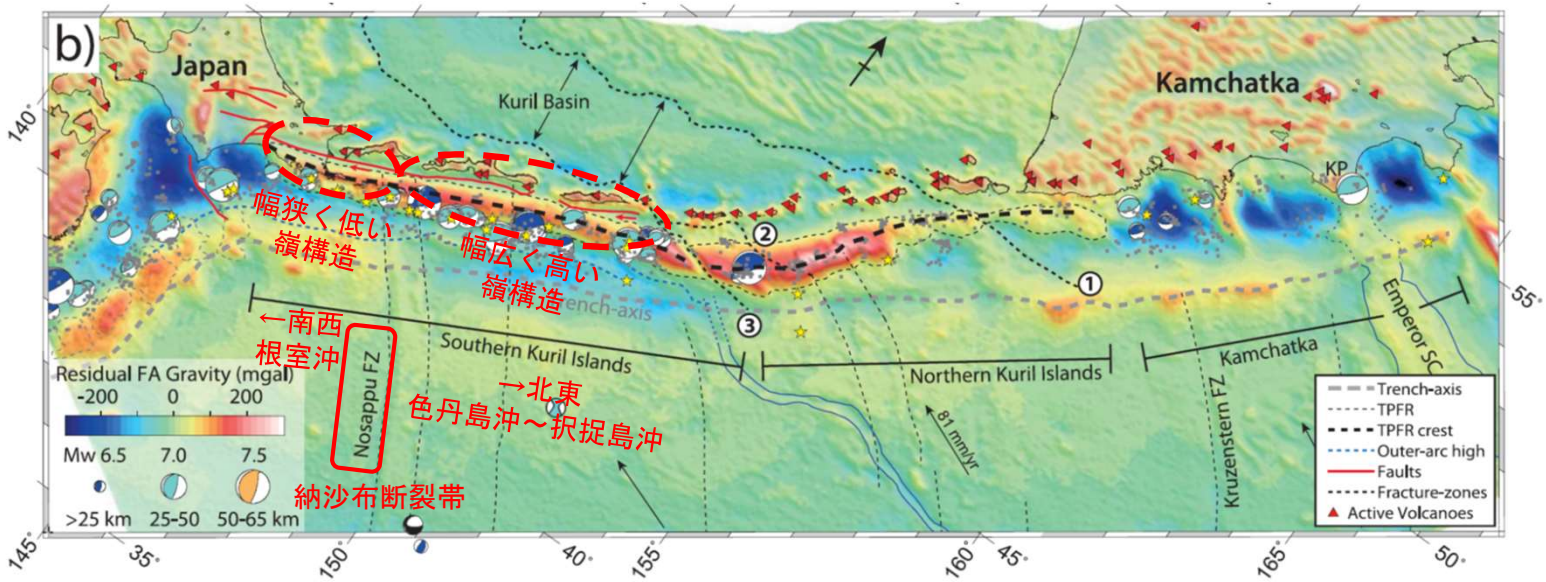
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２５／１３５）

想定波源域の設定（１６／３０）：破壊伝播の検討（５／７）

南千島沖（２／２）

- Bassett and Watts (2015)[98]では，「納沙布断裂帯が前弧地形の変化位置にあたり，以下のとおり，納沙布断裂帯の南西側で海溝軸に平行な嶺構造（TPFR)の重力異常が狭く小さくなることや地震の分布を考慮すると，納沙布断裂帯の位置にテクトニックなセグメンテーションが生じているとみられる」とされている。
  - ✓ 海溝軸に平行な嶺構造(TPFR)はプレート間の摩擦特性を反映しているため，長期的な地震活動に関する海溝軸方向の１次的なセグメンテーションに対応する。
  - ✓ そのうえで，納沙布断裂帯が（１）前弧地形の変化位置にあたり，（２）南西側でTPFRの重力異常が狭く弱くなることや，（３）地震の分布に差異があることを考慮すると，２次的なセグメンテーション構造を形成している。

前ページ及び以上から，納沙布断裂帯は，十勝沖・根室沖で発生する地震の破壊領域の東の境界になると考えられる。



Bassett and Watts(2015)[98]に一部加筆

千島～カムチャッカ沈み込み帯

（コンターは重力異常の短波長成分，黒破線はTPFRの嶺，灰色破線は海溝軸を表す。）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２６／１３５）

想定波源域の設定（１７／３０）：破壊伝播の検討（６／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-22一部修正

千島前弧スリバー

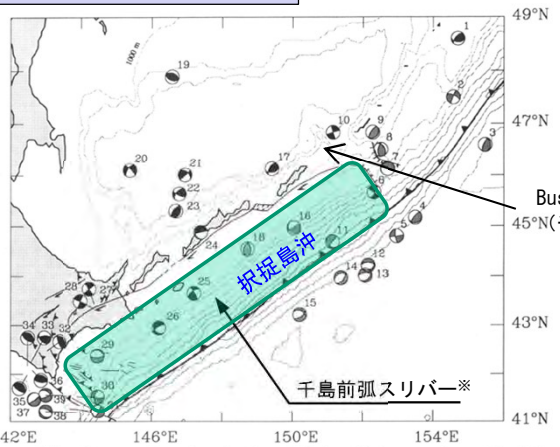
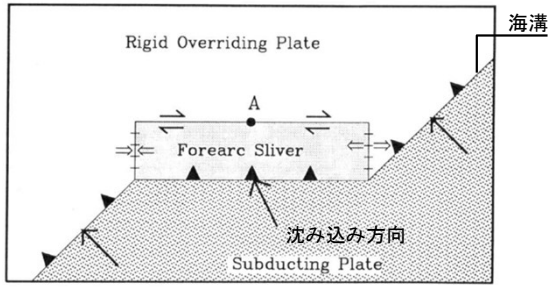
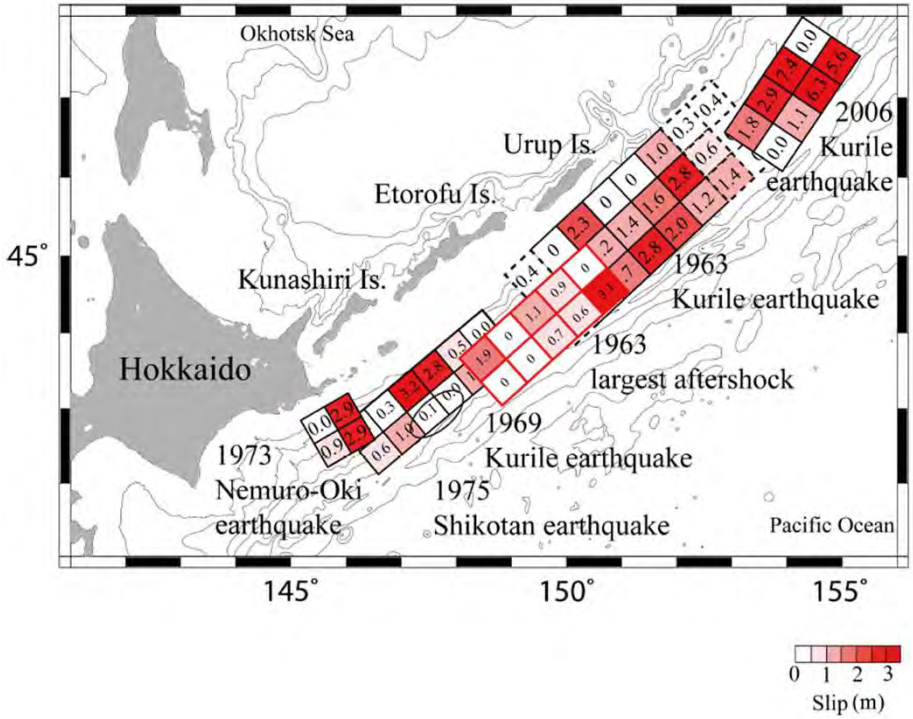


Fig. 6. Bathymetry and nonsubduction earthquakes in the vicinity of the southern Kuril forearc sliver. Epicentral parameters are given in Table 2. All published focal mechanisms for shallow nonthrust earthquakes are shown. Focal mechanisms with solid quadrants are believed to have occurred within the upper plate. Focal mechanisms with graytone quadrants record deformation with a less certain origin. Bathymetric contour intervals are 1000 m. All fault locations are taken from *Le Pichon et al.* [1984] and *Kimura* [1986].

千島前弧スリバー（Demets(1992)[99]に一部加筆）



斜め沈み込み帯におけるプレート運動（概要図）
（Demets(1992)[99]に一部加筆）



津波波形インバージョンにより推定した根室半島沖～中千島沖で発生した地震のすべり分布

文部科学省（2013）[90]

※前弧スリバー：　島弧あるいは陸弧の前弧部分が，背弧およびそれから後方のプレートと独立して運動する部分。
地学団体研究会編（2000）[100]

- 太平洋プレートは，千島海溝で斜めに沈み込んでおり，それに伴いBussol海峡～十勝沖の範囲において千島前弧スリバーが形成され，背弧側とは別の剛体運動をしているとされている。　Demets(1992)[99]による
- 千島前弧スリバーの北東端位置は，1963年の地震と2006年の地震の境界に一致するとされている。　文部科学省（2013）[90]による

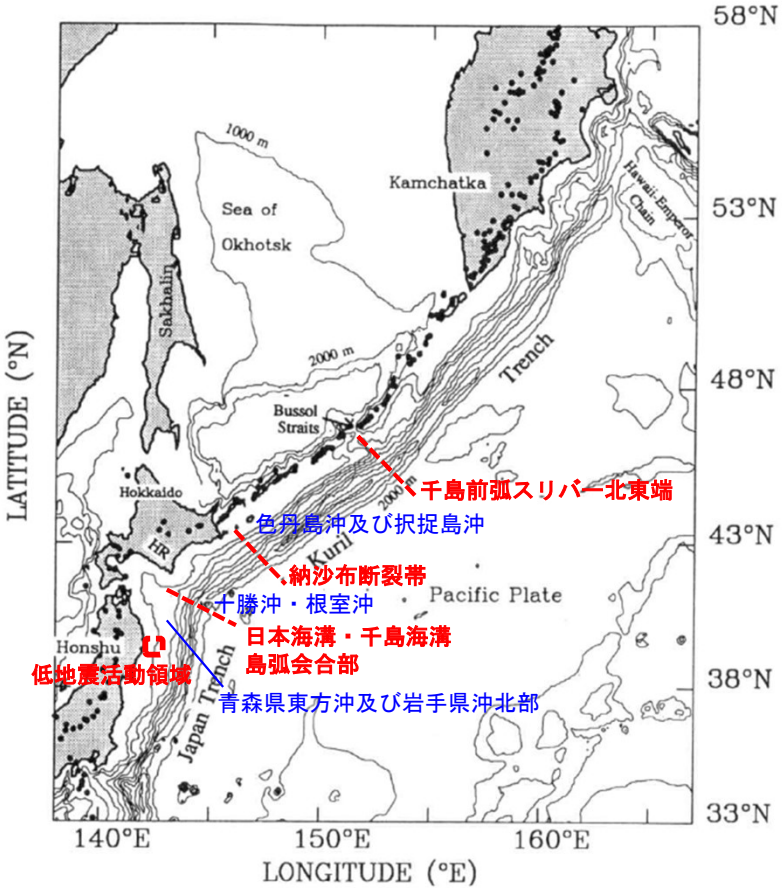
以上から，千島前弧スリバー北東端は択捉島沖で発生する地震の破壊領域の北東の境界になると考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２７／１３５）

想定波源域の設定（１８／３０）：破壊伝播の検討（７／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-23再掲

まとめ



青森県東方沖から千島海溝沿いにおける構造的特徴（破壊のバリア）に関する検討結果

Demets(1992)[99]に一部加筆

◎青森県東方沖及び岩手県沖北部は，Ｍ８クラスの地震で蓄積するひずみを解消すると考えられ，蓄積されるひずみの量は，十勝沖・根室沖に比べ小さい。また，さらに南方の岩手県沖南部では，ひずみは蓄積されにくく（低地震活動領域：補足説明資料P.3.1-10，P.3.1-11），2011年東北地方太平洋沖地震の破壊域であることを踏まえると，青森県東方沖及び岩手県沖北部の破壊がさらに南方の岩手県沖南部に伝播することはないと考えられるため，青森県東方沖及び岩手県沖北部と岩手県沖南部の境界を想定波源域の南の境界とする。

◎日本海溝と千島海溝の島弧会合部付近には地殻構造の不連続による破壊のバリアが存在すると考えられるため，青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖との境界は，破壊の境界となり得ると考えられる。

◎十勝沖・根室沖と色丹島沖及び択捉島沖との境界に存在する納沙布断裂帯は破壊の伝播を規制した破壊のバリアと考えられるため，納沙布断裂帯は，破壊の境界となると考えられる。

◎色丹島沖及び択捉島沖の北東に存在する千島前弧スリバーの北東端は破壊の伝播を規制した破壊のバリアと考えられるため，破壊の境界となると考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２８／１３５）

想定波源域の設定（１９／３０）：検討対象波源域の選定（１／１２）

検討概要

【検討対象波源域の検討方針】（第949回審査会合から変更なし）

- 基準波源モデルの設定に先立ち，検討対象とする海域を選定する目的で，検討対象波源域を検討する。ここでは，以下の２つの領域の連動を考慮したＭ９クラスの地震を考慮（P. 2. 3. 1-31参照）。
  - ✓ 青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動
  - ✓ 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動

【検討手順】

- 敷地へ及ぼす影響の大きい海域（想定波源域）を選定するため，特性化モデルによる津波数値シミュレーションを実施する。（第949回審査会合から変更なし）
- ここで，「テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル」に関する検討を基本とするように資料構成を見直したことに伴い，検討対象とする特性化モデルは以下の２種類とする（P. 2. 3. 1-32参照）。
  - ✓ 広域の津波特性を考慮した特性化モデル：超大すべり域が２つのモデル（第949回審査会合から追加）
  - ✓ 大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデル：超大すべり域が１つのモデル

（第949回審査会合から対象とする特性化モデルを変更※）

【検討結果】

- 超大すべり域が２つのモデルを対象とした想定波源域（P. 2. 3. 1-36）
  - ➢ 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖（下降側水位より選定：P. 2. 3. 1-35）
  - ➢ 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖（上昇側水位より選定：P. 2. 3. 1-35）（第949回審査会合から追加）
- 超大すべり域が１つのモデルを対象とした想定波源域（P. 2. 3. 1-40）
  - ➢ 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖（上昇側・下降側水位より選定：P. 2. 3. 1-39）

※第949回審査会合までは，大間の立地特性を考慮した特性化モデルを検討対象モデルとしていた。第949回審査会合で提示した検討資料をP. 2. 3. 1-175～P. 2. 3. 1-179に示す。

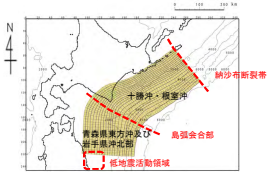
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（２９／１３５）

想定波源域の設定（２０／３０）：検討対象波源域の選定（２／１２）

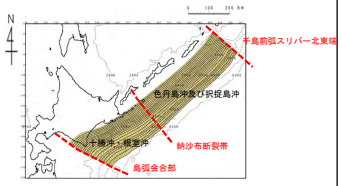
第949回審査会合と本検討との比較

【第949回審査会合】

○検討対象とする連動領域



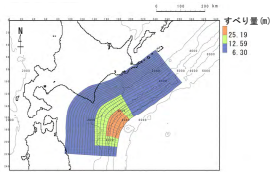
青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動



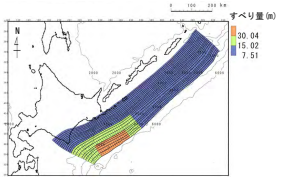
十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動

大間の立地特性を考慮

○検討対象特性化モデル



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の大間の立地特性を考慮した特性化モデル

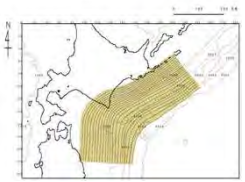


十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の大間の立地特性を考慮した特性化モデル

○敷地への影響検討（津波数値シミュレーション）

✓ 上昇側，下降側共，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の津波の影響が大きい。

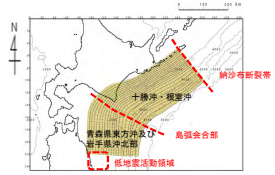
○検討対象波源域の選定



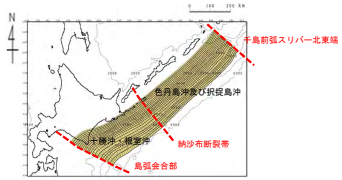
岩手県沖北部から十勝沖・根室沖

【本検討】

○検討対象とする連動領域



青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動

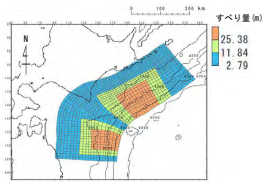


十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動

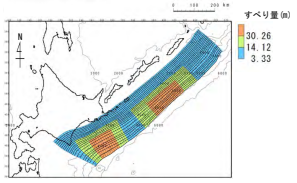
広域の津波特性を考慮

破壊特性を考慮

○検討対象特性化モデル（超大すべり域が２つ）

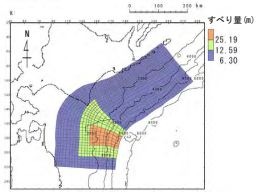


岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

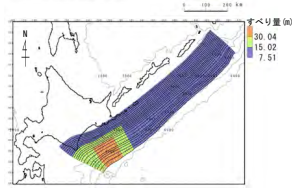


十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

○検討対象特性化モデル（超大すべり域が１つ）



岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル

○敷地への影響検討（津波数値シミュレーション）

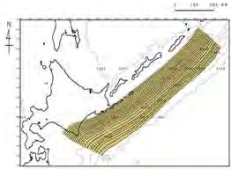
✓ 超大すべり域が２つのモデルでは，上昇側は十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の津波の影響が大きく，下降側は岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の津波の影響が大きい。

✓ 超大すべり域が１つのモデルでは，上昇側，下降側共，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の津波の影響が大きい。

○検討対象波源域の選定（超大すべり域が２つ）



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖

○検討対象波源域の選定（超大すべり域が１つ）

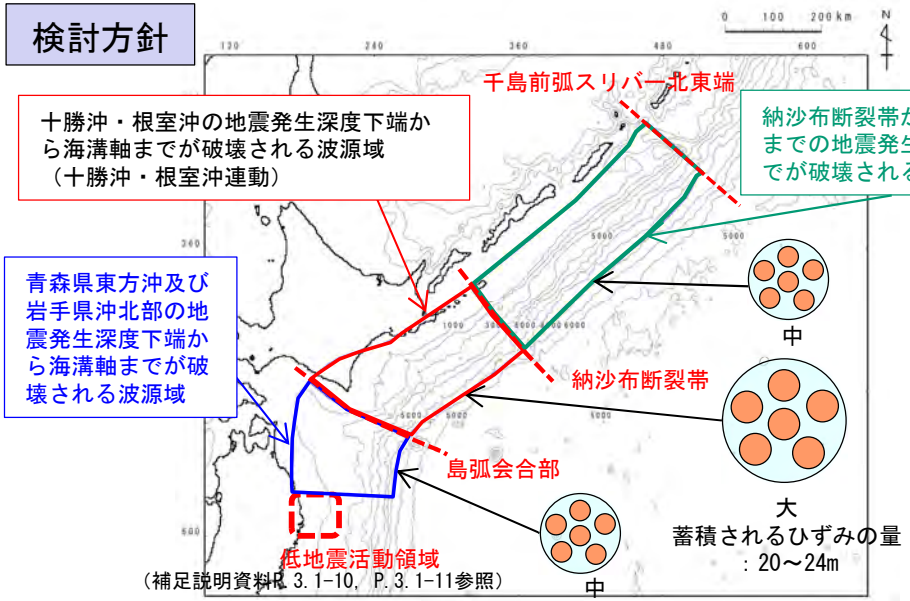


岩手県沖北部から十勝沖・根室沖

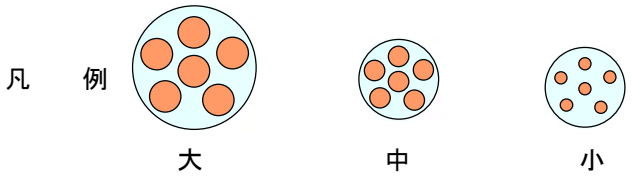
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３０／１３５）

想定波源域の設定（２１／３０）：検討対象波源域の選定（３／１２）

検討方針



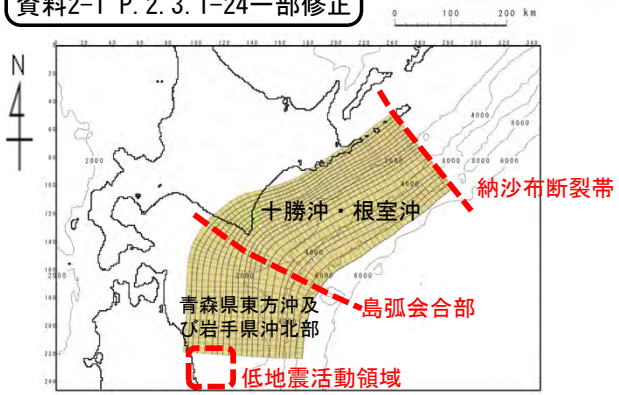
既往の知見を踏まえた波源領域とひずみ量



蓄積されるひずみ量のイメージ
Seno（2014）(92)を参考に作成

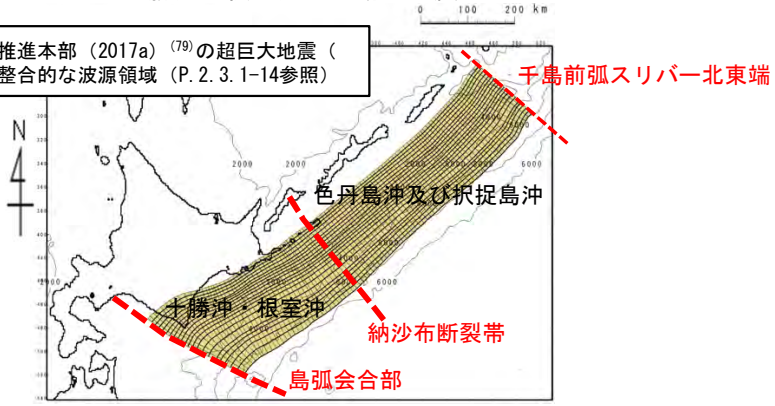
青森県東方沖及び岩手県沖北部～色丹島沖・択捉島沖に亘る領域は，左図のとおり３つの波源域に分割できると考えられるが，安全評価上，右図のように破壊伝播の可能性が低いと評価される波源域の境界を一つ跨ぐ２つの領域の連動を考慮したＭ９クラス地震を考慮

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-24一部修正



青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震

地震調査研究推進本部（2017a）(79)の超巨大地震（17世紀型）と整合的な波源領域（P.2.3.1-14参照）



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震
安全評価上の波源領域

- 巨大地震想定に当たり，安全評価上の波源領域として以下のとおり想定することとした。
  - ✓ 青森県東方沖及び岩手県沖北部と十勝沖・根室沖の間に位置する島弧会合部付近には地殻構造の不連続による破壊のバリアが存在すると考えられ，この境界を跨ぐ破壊伝播の可能性は低いと評価されるが，青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖が一連の波源域として連動することを想定したＭ９クラスの波源を設定する。
  - ✓ 十勝沖・根室沖と色丹島沖及び択捉島沖との境界に存在する納沙布断裂帯は破壊の伝播を規制した破壊のバリアと考えられ，この境界を跨ぐ破壊伝播の可能性は低いと評価されるが，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖が一連の波源域として連動することを想定したＭ９クラスの波源を設定する。
  - ✓ なお，3.11地震では，津波地震の領域である付加体での大きなすべりが高い津波を発生させたことを踏まえ，プレート間地震と津波地震の連動を考慮する。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３１／１３５）

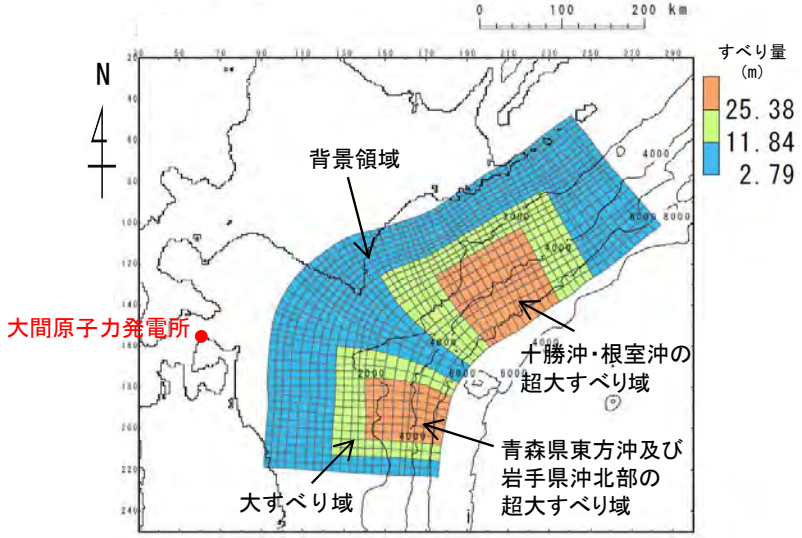
想定波源域の設定（２２／３０）：検討対象波源域の選定（４／１２）

検討対象モデル

- 大間の基準波源モデル策定に係り，津波水位への影響が大きいすべり分布の観点では，超大すべり域の数が２つのモデルと１つのモデルとの２つのグループに分けることができる。
- 検討対象波源域の選定に係り，超大すべり域の数の影響を加味するため，以下の２種類のモデルを検討対象モデルに選定し，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖にも，これらのモデルの設定の考え方を反映した特性化モデルを設定することとする。
  - ✓ 超大すべり域が２つのモデル：「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル」
    （P. 2. 3. 1-33～P. 2. 3. 1-36，P. 2. 3. 1-53～P. 2. 3. 1-68参照）
  - ✓ 超大すべり域が１つのモデル：「岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」※
    （P. 2. 3. 1-37～P. 2. 3. 1-40，P. 2. 3. 1-87～P. 2. 3. 1-93参照）

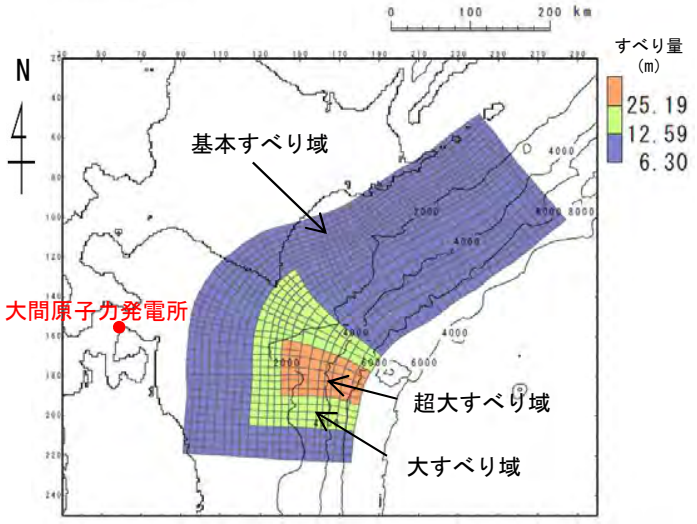
※：「青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」と「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」の領域比較を明確にするために，ここ「検討対象波源域の選定」では「3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル」を「岩手県沖から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」と称する。

【超大すべり域が２つのモデル】



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の
広域の津波特性を考慮した特性化モデル

【超大すべり域が１つのモデル】



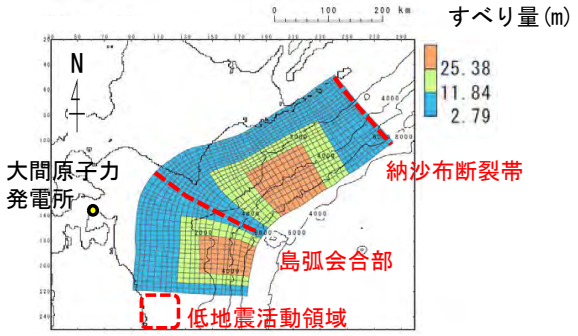
岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊
特性を考慮した特性化モデル

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３２／１３５）

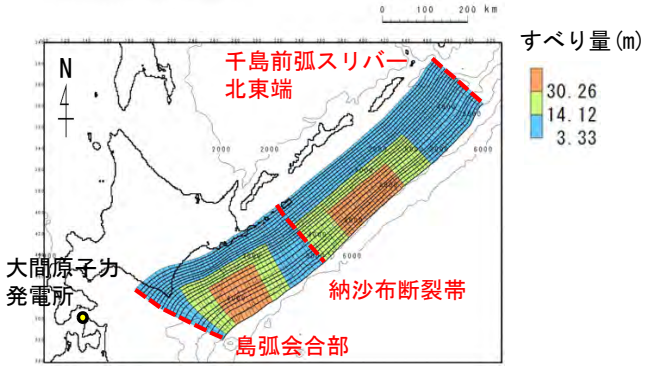
想定波源域の設定（２３／３０）：検討対象波源域の選定（５／１２）

超大すべり域が２つのモデル（１／４）：特性化モデル設定方針

- 検討対象波源域の選定に関する超大すべり域が２つのモデルを対象とした検討は，「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル」及び十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に，このモデルの設定の考え方を反映した特性化モデル「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル」を比較することで実施した。（各モデルの設定の考え方は，P.2.3.1-67，P.2.3.1-68参照）。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の
広域の津波特性を考慮した特性化モデル



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖
の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

		岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.06	9.05
面積　S　(km²)		110,472	—
平均応力降下量　⊿σ　(MPa)		3.27	3.1
剛性率　μ　(N/m²)		5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		4.93×10^{22}	4.67×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		8.93	8.46
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	2.79（64,419km², 58.3%）	2.79（66,283km², 60%）
すべり量	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	11.84（26,782km², 24.2%）	11.84（27,618km², 25%）
すべり量	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.38（19,271km², 17.5%）	25.38（16,571km², 15%）
ライズタイム　τ　(s)		60	—

		十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.21	9.20
面積　S　(km²)		157,100	—
平均応力降下量　⊿σ　(MPa)		3.19	3.1
剛性率　μ　(N/m²)		5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		8.15×10^{22}	7.92×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		10.38	10.09
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	3.33（92,651km², 59.0%）	3.33（94,260km², 60%）
すべり量	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	14.12（38,911km², 24.8%）	14.12（39,275km², 25%）
すべり量	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.26（25,538km², 16.2%）	30.26（23,565km², 15%）
ライズタイム　τ　(s)		60	—

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３３／１３５）

想定波源域の設定（２４／３０）：検討対象波源域の選定（６／１２）

超大すべり域が２つのモデル（２／４）：特性化モデル詳細パラメータ

詳細パラメーター覧

			岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw			9.06	9.05
平均応力降下量 ⊿σ　(MPa)			3.27	3.1
剛性率　μ　(N/m^2)			5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)			4.93×10^{22}	4.67×10^{22}
平均すべり量　D　(m)			8.93	8.46
青森県東方沖及び岩手県沖北部	面積　S　(km^2)		40,959	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	2.79（23,827km^2, 58.2%）	2.79（24,575km^2, 60%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	11.84（9,971km^2, 24.3%）	11.84（10,240km^2, 25%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.38（7,161km^2, 17.5%）	25.38（6,144km^2, 15%）
十勝沖・根室沖	面積　S　(km^2)		69,513	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	2.79（40,592km^2, 58.4%）	2.79（41,708km^2, 60%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	11.84（16,812km^2, 24.2%）	11.84（17,378km^2, 25%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.38（12,109km^2, 17.4%）	25.38（10,427km^2, 15%）
波源全体	面積　S　(km^2)		110,472	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	2.79（64,419km^2, 58.3%）	2.79（66,283km^2, 60%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	11.84（26,782km^2, 24.2%）	11.84（27,618km^2, 25%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.38（19,271km^2, 17.5%）	25.38（16,571km^2, 15%）

			十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw			9.21	9.20
平均応力降下量 ⊿σ　(MPa)			3.19	3.1
剛性率　μ　(N/m^2)			5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)			8.15×10^{22}	7.92×10^{22}
平均すべり量　D　(m)			10.38	10.09
十勝沖・根室沖	面積　S　(km^2)		69,513	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	3.33（40,592km^2, 58.4%）	3.33（41,708km^2, 60%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	14.12（16,812km^2, 24.2%）	14.12（17,378km^2, 25%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.26（12,109km^2, 17.4%）	30.26（10,427km^2, 15%）
色丹島沖及び択捉島沖	面積　S　(km^2)		87,587	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	3.33（52,059km^2, 59.5%）	3.33（52,552km^2, 60%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	14.12（22,099km^2, 25.2%）	14.12（21,897km^2, 25%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.26（13,429km^2, 15.3%）	30.26（13,138km^2, 15%）
波源全体	面積　S　(km^2)		157,100	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	3.33（92,651km^2, 59.0%）	3.33（94,260km^2, 60%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	14.12（38,911km^2, 24.8%）	14.12（39,275km^2, 25%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.26（25,538km^2, 16.2%）	30.26（23,565km^2, 15%）

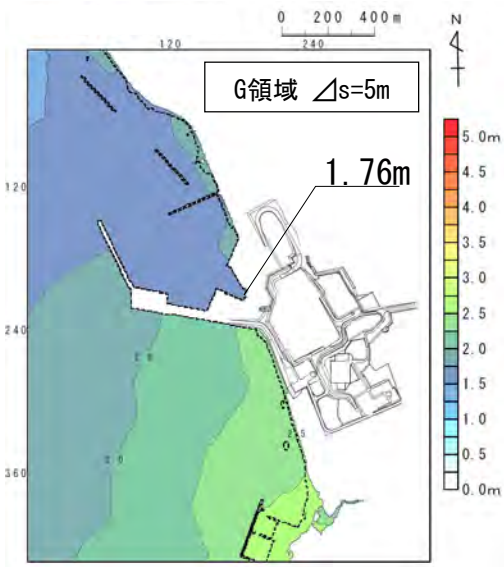
注：各領域における面積比率は，その領域に対する面積比率を記載。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３４／１３５）

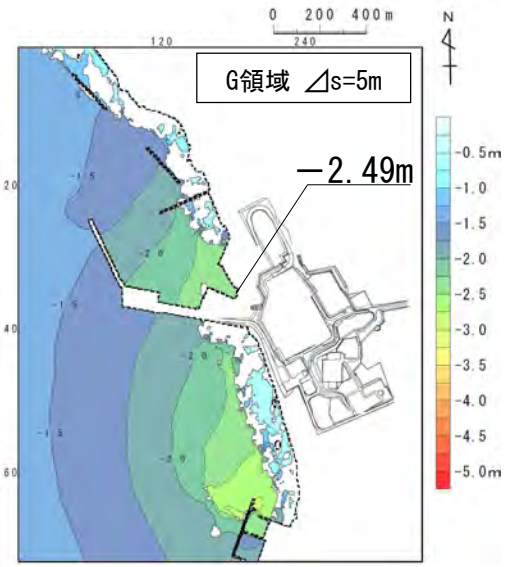
想定波源域の設定（２５／３０）：検討対象波源域の選定（７／１２）

超大すべり域が２つのモデル（３／４）：検討結果

- 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源域について，超大すべり域が２つのモデルを対象に大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果，以下のとおり，上昇側は，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの影響が大きく，下降側は，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの影響が大きい。

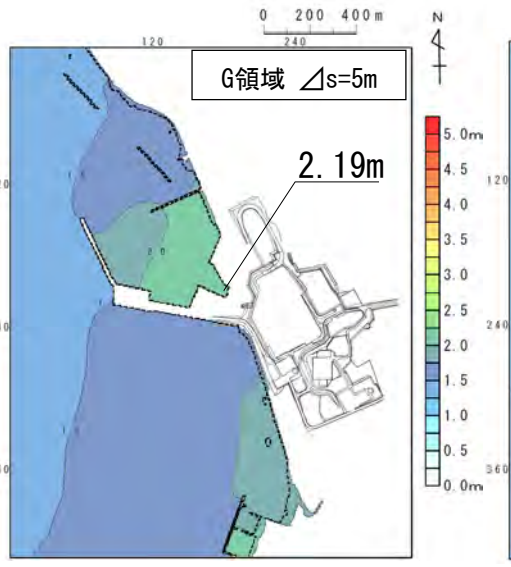


最大水位上昇量分布

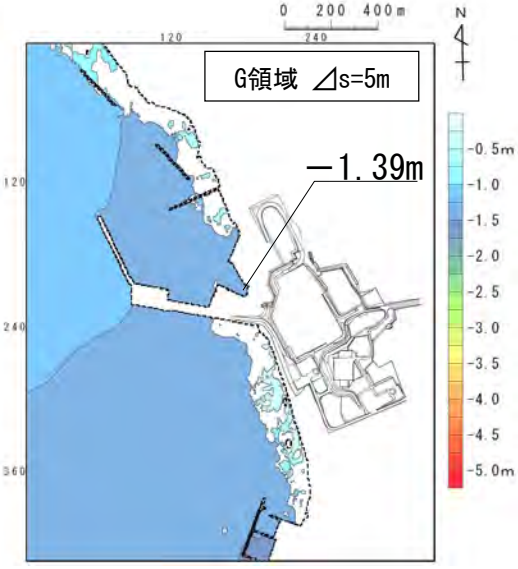


最大水位下降量分布

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の
広域の津波特性を考慮した特性化モデル



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖
の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

結果一覧

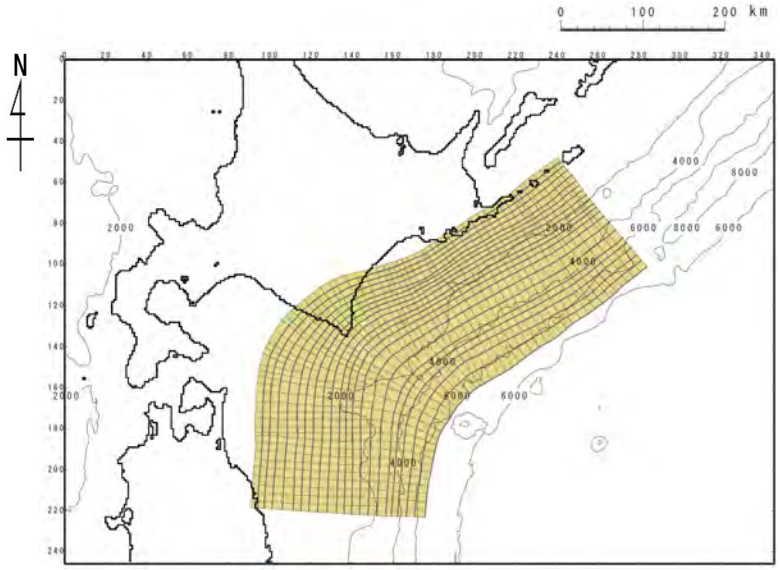
モデル	敷地における最大水位上昇量	取水口スクリーン室前面における最大水位下降量
岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル	1.76m	－2.49m
十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル	2.19m	－1.39m

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３５／１３５）

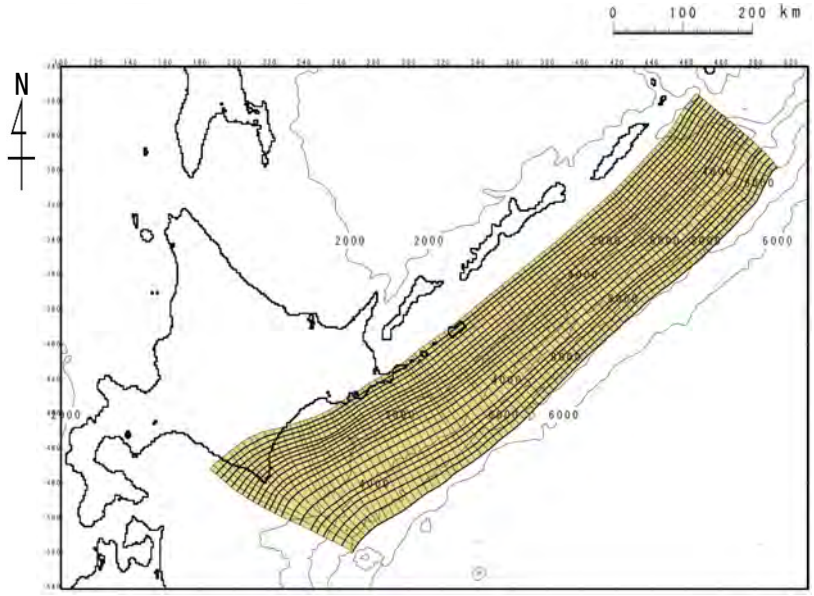
想定波源域の設定（２６／３０）：検討対象波源域の選定（８／１２）

超大すべり域が２つのモデル（４／４）：まとめ

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源域について，超大すべり域が２つのモデルを対象に大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果，上昇側は，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの影響が大きく，下降側は，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの影響が大きいことが確認された（P. 2. 3. 1-35）ことから，超大すべり域が２つのモデルを対象とした基準波源モデルの想定波源域は，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の双方とする。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖

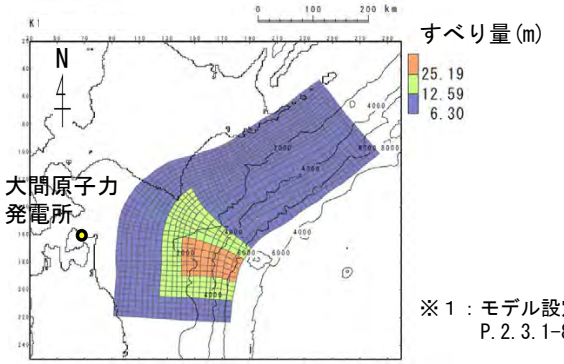
基準波源モデルの想定波源域
【超大すべり域が２つのモデル】

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３６／１３５）

想定波源域の設定（２７／３０）：検討対象波源域の選定（９／１２）

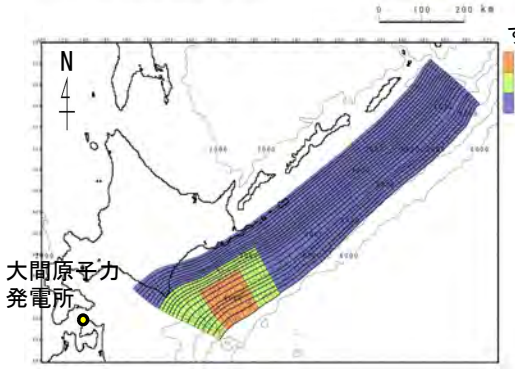
超大すべり域が１つのモデル（１／４）：特性化モデル設定方針

- 検討対象波源域の選定に関する超大すべり域が１つのモデルを対象とした検討は，「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」及び十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に，このモデルの設定の考え方を反映した特性化モデル「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル」を比較することで実施した。



※１：モデル設定の考え方は，
P.2.3.1-87～P.2.3.1-93参照

岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※１



※２：超大すべり域の位置は，敷地に近い十勝沖・根室沖の地震学的，測地学的知見を踏まえて設定。

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※２

		岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.04	9.04
面積 S （km²）		110,472	—
平均応力降下量 ⊿σ （MPa）		3.05	3
剛性率 μ （N/m²）		5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.59×10^{22}	4.52×10^{22}
平均すべり量 D （m）		8.31	8.19
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（87,732km²，79.4%）	6.30（88,377km²，80%）
すべり量	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（16,438km²，14.9%）	12.59（16,571km²，15%）
すべり量	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（6,302km²，5.7%）	25.19（5,524km²，５%）
ライズタイム τ （s）		60	—

		十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.20	9.19
面積 S （km²）		157,100	—
平均応力降下量 ⊿σ （MPa）		3.10	3
剛性率 μ （N/m²）		5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		7.93×10^{22}	7.67×10^{22}
平均すべり量 D （m）		10.10	9.76
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（125,126km²，79.6%）	7.51（125,680km²，80%）
すべり量	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（20,878km²，13.3%）	15.02（23,565km²，15%）
すべり量	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（11,096km²，7.1%）	30.04（7,855km²，５%）
ライズタイム τ （s）		60	—

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３７／１３５）

想定波源域の設定（２８／３０）：検討対象波源域の選定（１０／１２）

超大すべり域が１つのモデル（２／４）：特性化モデル詳細パラメータ

詳細パラメーター覧

			岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード Mw			9.04	9.04
平均応力降下量 ⊿σ （MPa）			3.05	3
剛性率 μ （N/m^2）			5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo （N・m）			4.59×10^{22}	4.52×10^{22}
平均すべり量 D （m）			8.31	8.19
波源全体	面積 S （km^2）		110,472	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（87,732km^2，79.4%）	6.30（88,377km^2，80%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（16,438km^2，14.9%）	12.59（16,571km^2，15%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（6,302km^2，5.7%）	25.19（5,524km^2，５%）
青森県東方沖及び岩手県沖北部	面積 S （km^2）		40,959	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（23,789km^2，58.1%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（10,868km^2，26.5%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（6,302km^2，15.4%）	—
十勝沖・根室沖	面積 S （km^2）		69,513	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（63,943km^2，92.0%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（5,570km^2，8.0%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（0km^2，0.0%）	—

			十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード Mw			9.20	9.19
平均応力降下量 ⊿σ （MPa）			3.10	3
剛性率 μ （N/m^2）			5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo （N・m）			7.93×10^{22}	7.67×10^{22}
平均すべり量 D （m）			10.10	9.76
波源全体	面積 S （km^2）		157,100	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（125,126km^2，79.6%）	7.51（125,680km^2，80%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（20,878km^2，13.3%）	15.02（23,565km^2，15%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（11,096km^2，7.1%）	30.04（7,855km^2，５%）
十勝沖・根室沖	面積 S （km^2）		69,513	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（37,539km^2，54.0%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（20,878km^2，30.0%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（11,096km^2，16.0%）	—
色丹島沖及び択捉島沖	面積 S （km^2）		87,587	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（87,587km^2，100.0%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（0km^2，0.0%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（0km^2，0.0%）	—

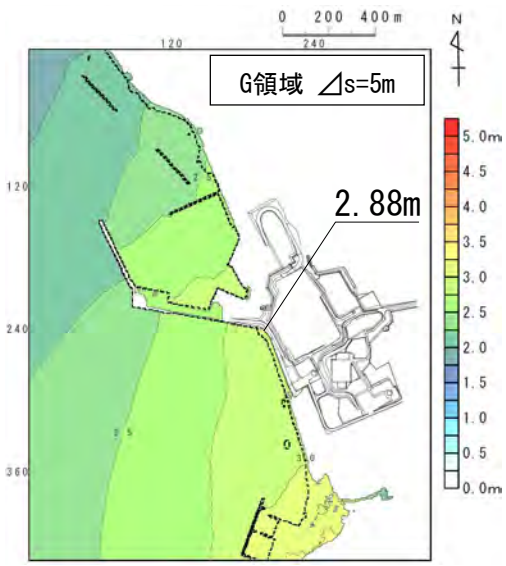
注：波源全体として大すべり域及び超大すべり域を設定したため，設計値は波源全体として記載した。
モデル化後の値は，青森県東方沖及び岩手県沖北部，十勝沖・根室沖，色丹島沖及び択捉島沖とに分けて記載した。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３８／１３５）

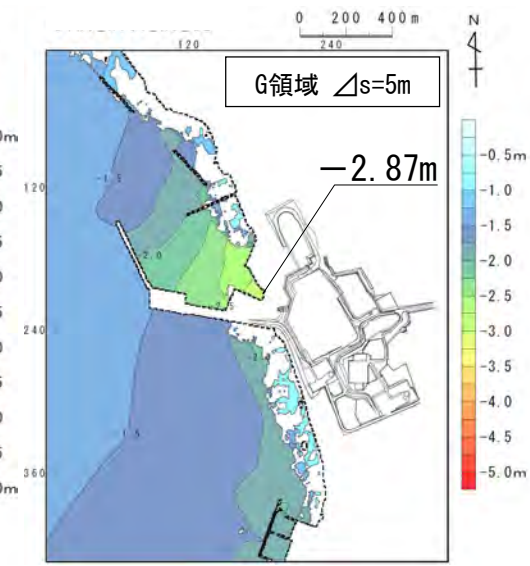
想定波源域の設定（２９／３０）：検討対象波源域の選定（１１／１２）

超大すべり域が１つのモデル（３／４）：検討結果

- 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源域について，超大すべり域が１つのモデルを対象に大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果，以下のとおり，上昇側・下降側共，岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデルの影響が大きい。

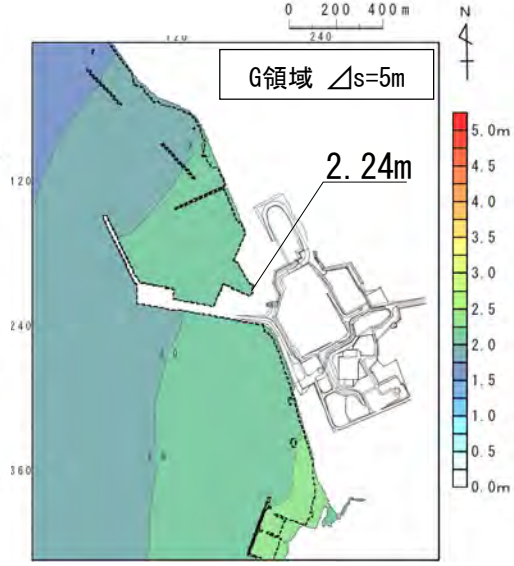


最大水位上昇量分布

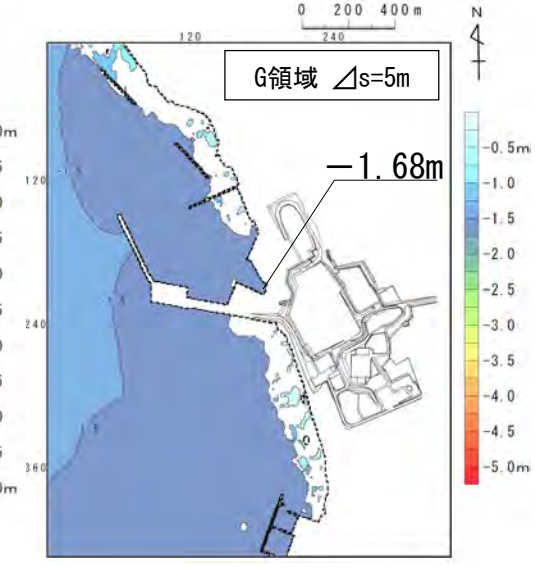


最大水位下降量分布

岩手県沖北部から青森県東方沖の
破壊特性を考慮した特性化モデル



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖
の破壊特性を考慮した特性化モデル

結果一覧

モデル	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
岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデル	2.88m	－2.87m
十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の破壊特性を考慮した特性化モデル	2.24m	－1.68m

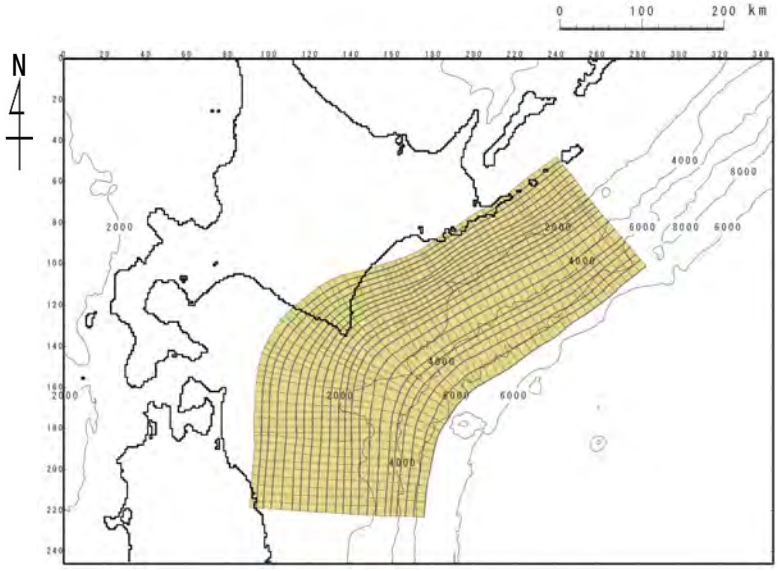
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（３９／１３５）

想定波源域の設定（３０／３０）：検討対象波源域の選定（１２／１２）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-29再掲

超大すべり域が１つのモデル（４／４）：まとめ

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源域について，超大すべり域が１つのモデルを対象に大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果，上昇側・下降側共，岩手県沖北部から青森県東方沖の破壊特性を考慮した特性化モデルの影響が大きいことが確認された（P.2.3.1-39）ことから，超大すべり域が１つのモデルを対象とした基準波源モデルの想定波源域は，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖とする。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖

基準波源モデルの想定波源域
【超大すべり域が１つのモデル】

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４０／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-53一部修正

3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデルの検討

特性化モデル

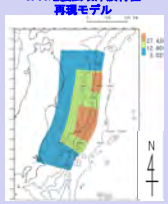
すべり量・面積比設定

世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見（3.11地震含む）

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

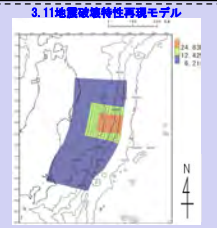
杉野ほか（2014）[80]の知見（P. 2. 3. 1-60参照）
- 背景領域：平均すべり量の0.33倍，全体面積の60%程度
- 大すべり域：平均すべり量の1.4倍，全体面積の25%程度
- 超大すべり域：平均すべり量の3倍，全体面積の15%程度

知見を反映



3.11地震の広域の津波特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-60参照）

内閣府（2012）[81]の知見
- 大すべり域　：平均すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：平均すべり量の４倍，全体面積の５%程度



3.11地震における破壊特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-87参照）

知見を反映

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

Ｍ９クラス地震の知見を分析・検討し，背景領域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量を１：２：４となるような特性化を検討（P. 2. 3. 1-87参照）
- 背景領域：基本すべり量，全体面積の80%程度
- 大すべり域：基本すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：基本すべり量の４倍，全体面積の５%程度

すべり領域の配置

テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル

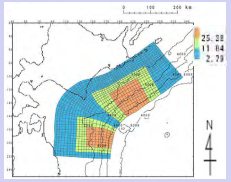
すべり量・面積比反映

すべり量・面積比・すべり領域の配置反映

大間の立地特性を考慮したモデル

3.11津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように，大すべり域，超大すべり域を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル（P. 2. 3. 1-60参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓青森県北部～茨城県南部にわたる既往津波高

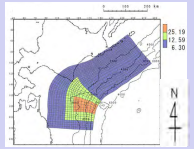


岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映

3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）

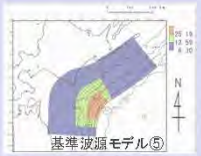
- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域等を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における破壊特性を再現したモデル（P. 2. 3. 1-87参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓波源域の地殻変動量（内閣府との比較）
- ✓沖合等の観測津波波形



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）

- 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- 3.11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し，津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置
- 一比較的短周期の波が卓越するため，津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や，専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。（P. 2. 3. 1-122，P. 2. 3. 1-156～P. 2. 3. 1-164 参照）



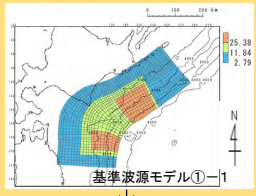
分岐断層・海底地すべりの考慮

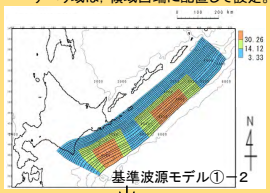
島弧会合部に大すべり域を配置

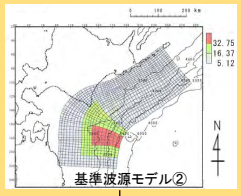
・十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル※1は，上記モデルの考え方を反映すると共に，色丹島沖及び択捉島沖の大すべり域は，領域西端に配置して設定。

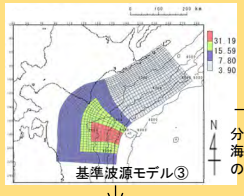
配置は同様に設定

すべり量割り増し

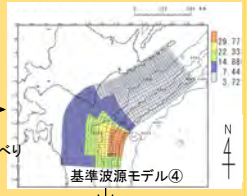


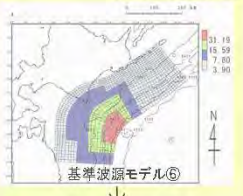






分岐断層海底地すべりの考慮





すべり量割り増し

3.11地震を踏まえた更なる保守性考慮

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において，各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

詳細パラスタ※3

詳細パラスタ※3

不確かさの考慮

※１：十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，基準波源モデル①－２と同じであるため記載省略。

注：津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル⑤⑥）と3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル①～④）との関連性についてはP. 2. 3. 1-156～P. 2. 3. 1-164参照。

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

※２：大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動

※３：波源特性（破壊開始点，破壊伝播速度，ライズタイム）の不確かさの考慮

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４１／１３５）

コメントNo.S5-43

特性化モデルの検討

基本方針＆反映すべき3.11地震・津波等の知見

【基本方針】

- 基準波源モデルの設定に先立ち，3.11地震及び津波等から得られた以下の知見を踏まえて特性化モデルを設定する※。

【3.11地震・津波等の知見】

- 3.11地震及び津波の杉野ほか（2013）[101]等による再現モデルから得られた知見を整理した結果（P.2.3.1-43～P.2.3.1-45参照），3.11地震の地震特性を再現するモデル（震源断層モデル），津波特性を再現するモデル（津波波源モデル）の比較等から，特性化モデルの設定にあたって反映が必要な知見として，以下２点が挙げられる。

ⅰ．地震特性（＝破壊メカニズム）を再現するモデルと，津波特性（＝広域沿岸部の痕跡高）を再現するモデルは異なる。（P.2.3.1-43参照）
杉野ほか（2013）[101]による

ⅱ．広域に亘って，時間的・空間的に複雑なすべり分布の不均一性が見られたが，沿岸の津波高さに大きな影響を及ぼしたのは，正対する海域で生じた大きなすべり領域である。（P.2.3.1-44，P.2.3.1-45参照）
Satake et al.(2013)[102]，杉野ほか（2013）[101]による

- 三陸沖から十勝沖・根室沖等のプレート間地震に係る特性化モデルの検討に資する地震学的知見等が得られている。

⇒特性化モデルの設定には，これらの知見を反映する。

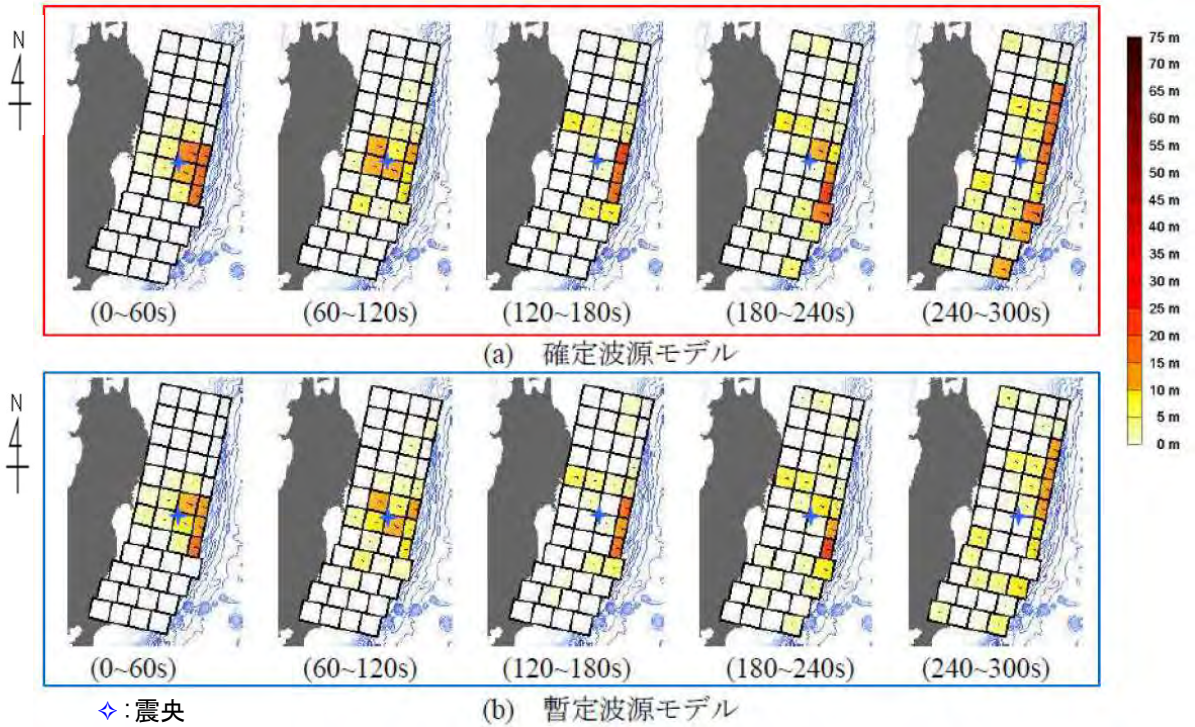
※：広域の津波特性を考慮した検討については，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖に加えて，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖も想定波源域とするが，特性化モデルの設定にあたっては，敷地に近く，参照できる知見が多い岩手県沖北部から十勝沖・根室沖を対象として検討を実施し，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の特性化モデルは，これらの知見を参考に保守的観点を加味して設定することとした。（P.2.3.1-68参照）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４２／１３５）

コメントNo.S5-43

特性化モデルの検討：3.11地震・津波の知見ｉ

- 杉野ほか（2013）[101]では，沿岸の痕跡高（広域の津波特性）を再現するモデル（＝確定波源モデル） と3.11地震の破壊メカニズム（地震特性）が現れる沖合いの観測波形及び観測地殻変動量をターゲットとしたインバージョン解析により求められたモデル（＝暫定波源モデル）とを得ており，前者のモデルのすべり量は後者のモデルのすべり量の1.2倍とされている。
- 杉野ほか（2013）[101]では，両者のモデルの意義を以下のとおり整理されている。
  - 確定波源モデルは，波源想定等の工学的側面において意義がある。
  - 暫定波源モデルは，実現象に近い破壊メカニズムを表していると考えられ，理学的側面において意義がある。
  - 理学・工学の両方の観点から全ての現象（プレート境界の破壊，津波伝播，津波遡上）を共通のモデルでより良く説明・再現できることが理想であるが，両モデルの差を埋めるのは，今後検討すべき課題である。



■確定波源モデル

沿岸の痕跡高（広域の津波特性）を再現するため破壊メカニズムを再現する暫定波源モデルのすべり量を1.2倍したモデル

■暫定波源モデル

破壊メカニズム（地殻変動量，沖合いの観測波形） を再現するモデル

3.11地震を再現する津波波源モデルのすべり分布の経時変化
杉野ほか（2013）[101]に一部加筆

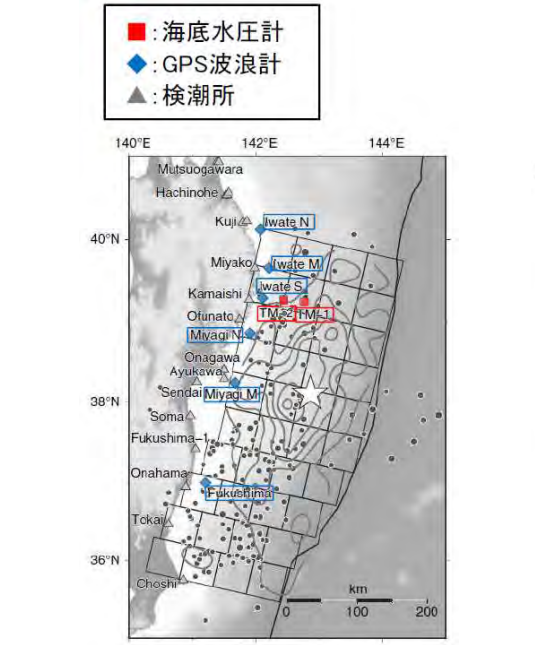
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４３／１３５）

コメントNo.S5-43

特性化モデルの検討：3.11地震・津波の知見 ii （１／２）

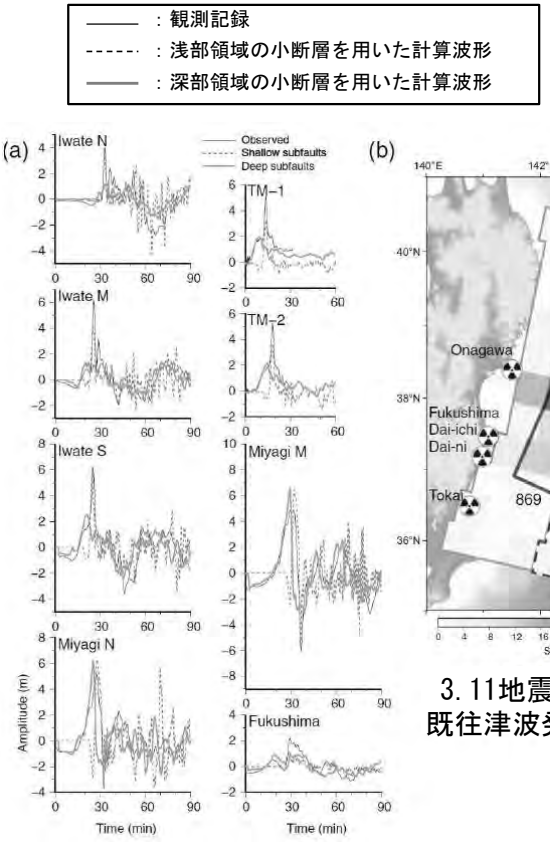
- 津波波形インバージョン解析から推定された断層モデルを用いて，宮城県沿岸，三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域の分析を実施し，宮城県沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は，869年貞観地震に伴う津波の発生領域であり，三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は，1896年明治三陸地震津波の発生領域であったとされている。

  Satake et al.(2013)[102]による

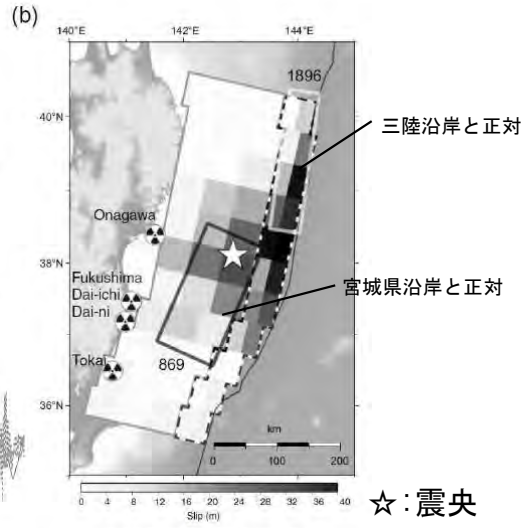


Aftershocks within one day located by JMA (solid circles) and the locations of OBP gauges (squares), GPS wave gauges (diamonds), and coastal tide or wave gauges (triangles)

津波波形の比較位置



観測波形と計算波形の比較
3.11地震に伴う津波特性の分析
Satake et al.(2013)[102]に一部加筆



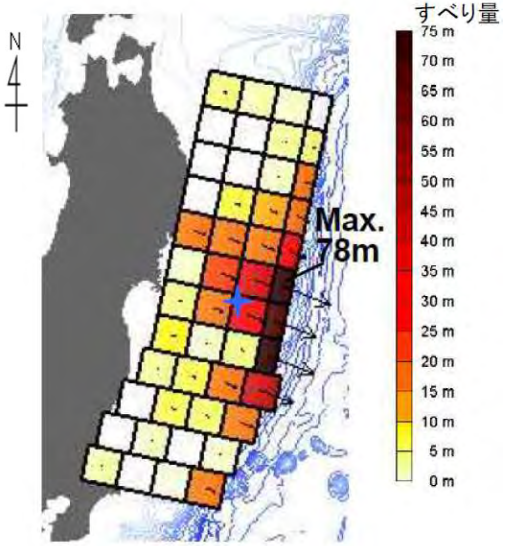
3.11地震に伴う津波と
既往津波発生領域の比較

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４４／１３５）

コメントNo.S5-43

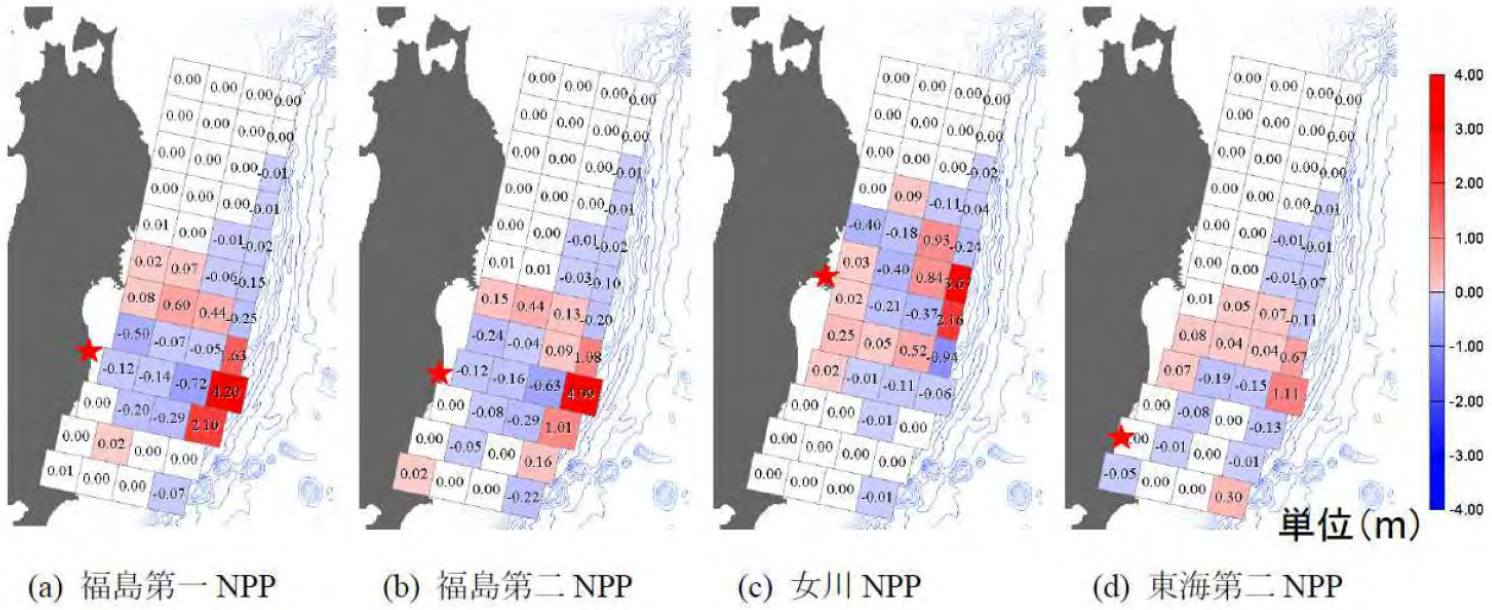
特性化モデルの検討：3.11地震・津波の知見 ii （２／２）

- 杉野ほか（2013）(101)は，観測津波波形，観測地殻変動データ等を用いたジョイントインバージョン解析から推定された津波波源モデルを用いて，原子力サイト沖合150m水深点の最大津波高に寄与した3.11地震のすべり領域の分析を実施し，各サイトの津波高さに寄与したすべり領域は，ほぼ正対する海域のすべり領域であったことを示している。



✧：震央

津波波源モデル
杉野ほか（2013）(101)



★：原子力サイト

原子力サイトの沖合150m水深点の最大波高における小断層の波高内訳
杉野ほか（2013）(101)

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４５／１３５）

コメントNo.S5-43

特性化モデルの検討： 3.11地震・津波等の知見の反映方針

- 特性化モデルの設定には，以下の知見を反映する。

【地震調査研究推進本部，内閣府等の知見の反映】

✓ プレート境界面の形状，剛性率，すべり角，ライズタイム（P. 2. 3. 1-47～P. 2. 3. 1-52）

【杉野ほか（2013）等の知見の反映】

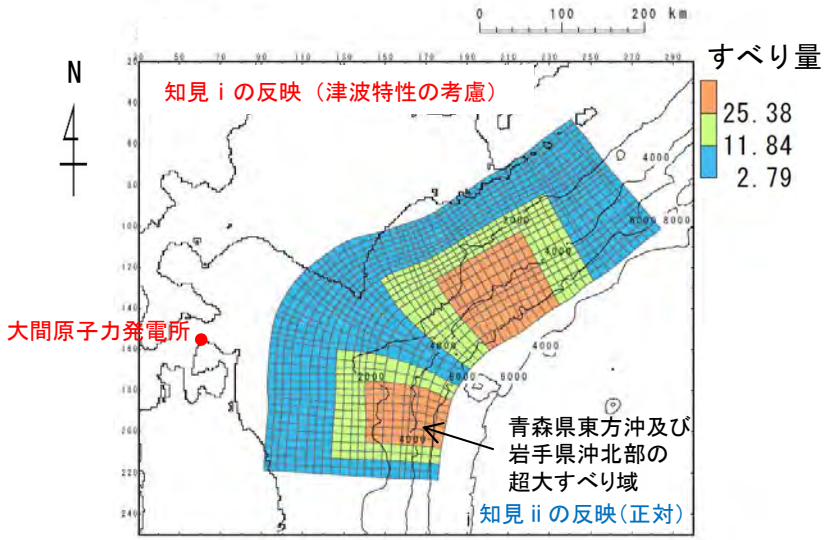
✓ 知見ｉの反映

次の２つのモデルを基本として設定する。

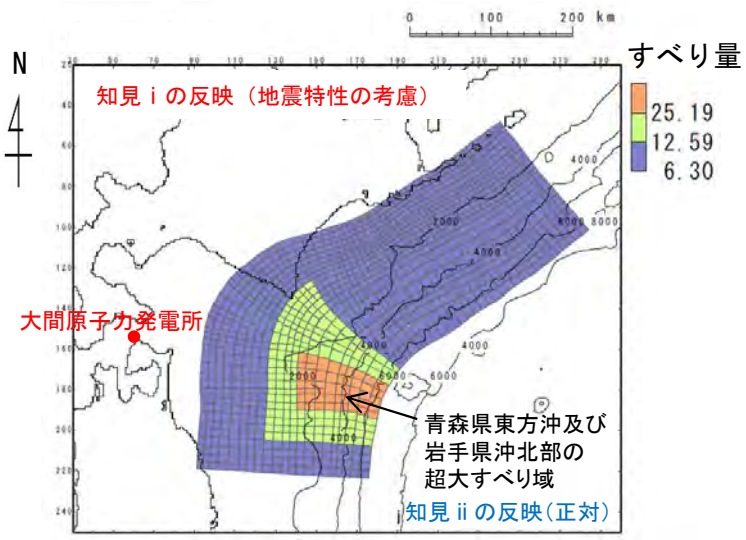
- 津波特性の考慮：広域の津波特性（沿岸部の痕跡高）を考慮した特性化モデル（P. 2. 3. 1-53～P. 2. 3. 1-68）
- 地震特性の考慮：大すべり域（アスペリティ，固着等）の破壊特性を考慮した特性化モデル（P. 2. 3. 1-87～P. 2. 3. 1-93）

✓ 知見ⅱの反映

青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は，津軽海峡開口部前面とほぼ正対し，津軽海峡内に位置する発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえて設定する。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル（P. 2. 3. 1-67）



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（P. 2. 3. 1-93）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４６／１３５）

特性化モデルの検討： 波源因子（１／６）

プレート境界面形状（プレート間地震の下限深さ）

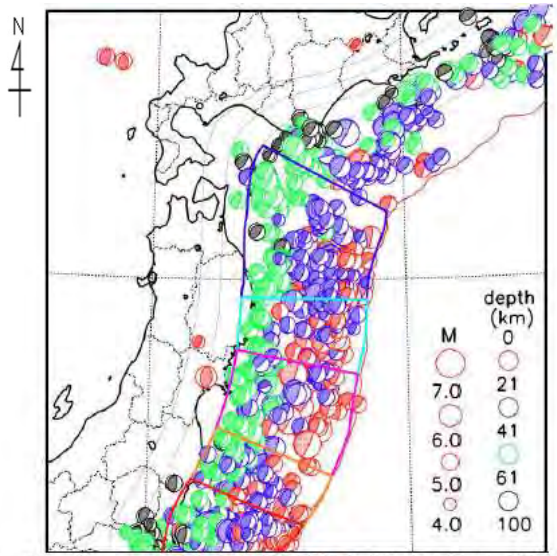


図４－２　プレート境界付近の低角逆断層型地震の分布（気象庁資料）
震源データとしてGlobal CMTを用いた。1977年1月から2016年7月までの地震について、太平洋プレート上面深さ±10kmの範囲で発生したものをプロットした。赤線は海溝軸、灰色線は横田・他（2017）による太平洋プレート上面の等深線（20km間隔）

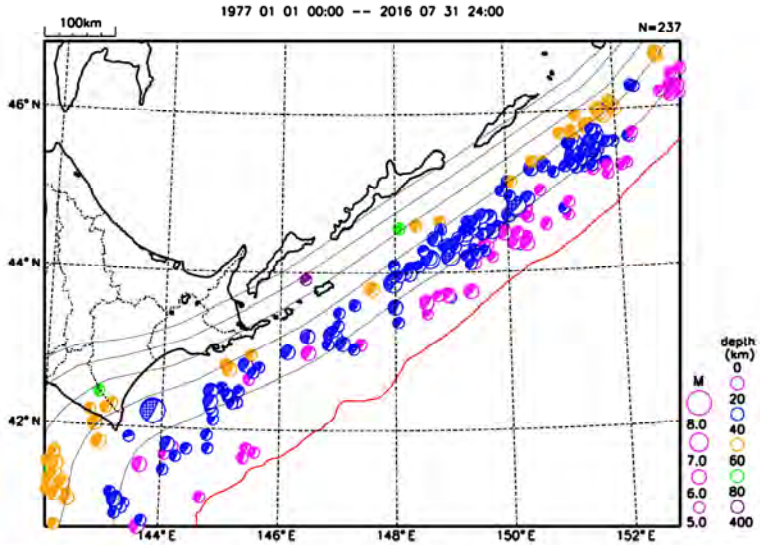


図 4-1　プレート境界付近の低角逆断層型地震の分布。1977年1月から2016年7月までのMw5.0以上の地震について、太平洋プレートの上面深度から±10kmの範囲で発生したものをプロットした。震源球のサイズはM、色は震源の深さを表す。赤線は海溝軸、黒線は太平洋プレート上面の等深線（20km間隔）を示す。使用したプレートモデルは横田・他（2017）による（気象庁作成）。

低角逆断層型地震の分布（1977年～2016年）

地震調査研究推進本部（2019）(78)

地震調査研究推進本部（2017a）(79)

- 地震調査研究推進本部(2017a，2019) (79)，(78)では，「深さ60km以深で発生した低角逆断層地震がわずかであるとの知見に基づき，プレート間地震が60kmより深い場所で発生する可能性は低いと考え，太平洋プレート上面の深さ60kmの等深線を深さ下限の境界」とされている。

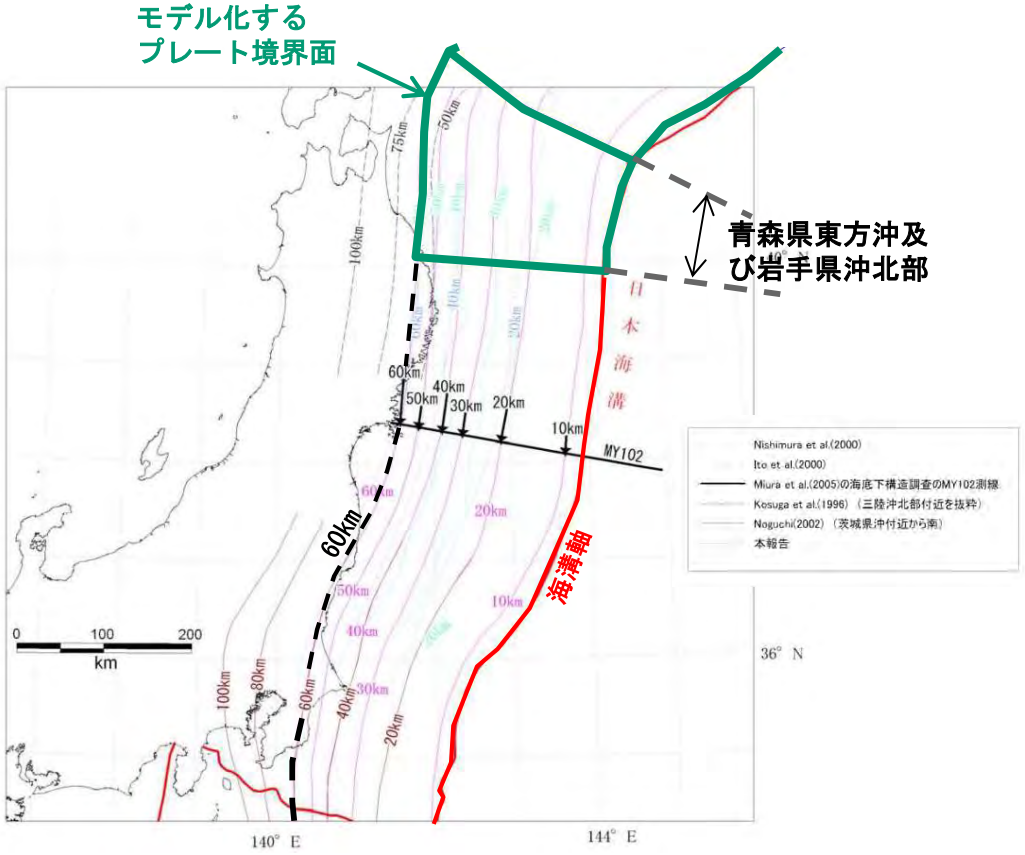
以上から，三陸沖～択捉島沖のプレート間地震の下限深さは60km程度と考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４７／１３５）

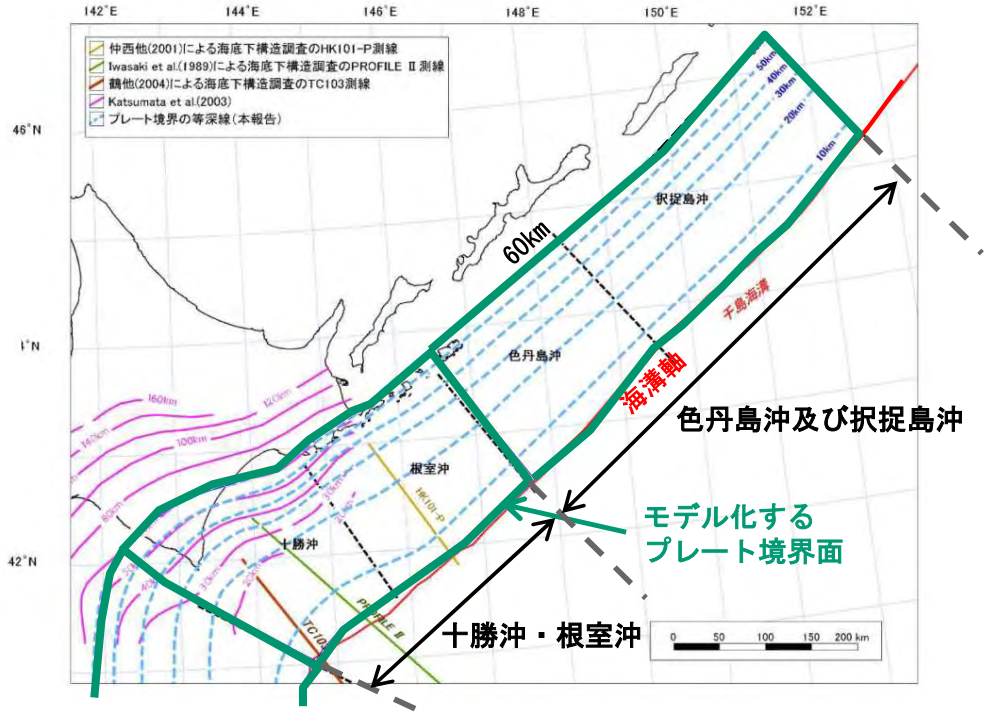
特性化モデルの検討： 波源因子（２／６）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-31一部修正

プレート境界面形状，断層面積の設定



微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線（三陸沖～房総沖）
地震調査研究推進本部（2012）[8]に一部加筆



微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線（十勝沖～根室沖）
地震調査研究推進本部（2004）[9]に一部加筆

・地震調査研究推進本部（2004，2012）[9]，[8]が示している微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線をプレート境界面の形状として，地震発生域の深さの下限（60km）から海溝軸までを波源域として考慮した。

・これを基にモデル化し，断層面積を算出・設定した。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４８／１３５）

特性化モデルの検討： 波源因子（３／６）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-33一部修正

剛性率の設定（１／２）

- 土木学会（2016）[39]では，「地震波速度や密度に関する既往研究に基づき，海域毎に標準値が設定されており，断層全体が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合の剛性率は5.0×10^{10}N/m^2」とされている。

震源付近の媒質の剛性率の標準値

海　域	根　拠	剛性率
・西南日本陸側プレート内 ・日本海東縁部 ・プレート境界浅部（断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合）	Vp=6.0km/s Vp/Vs=1.6～1.7 ρ=2.7～2.8g/cm^3 とすれば， μ=3.36×10^{10}～3.94×10^{10} N/m^2 となる。この中間的値とする。	3.5×10^{10} N/m^2 (3.5×10^{11} dyne/cm^2)
・海洋プレート内 ・プレート境界深部（断層面全体が深さ20km以深に存在する場合）	Vp=8.0～8.1km/s Vp/Vs=1.75～1.80 ρ=3.2～3.5g/cm^3 とすれば， μ=6.31×10^{10}～7.50×10^{10} N/m^2 となる。この中間的値とする。	7.0×10^{10} N/m^2 (7.0×10^{11} dyne/cm^2)
・プレート境界中央部（断層面が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合）	浅部と深部の中間的値とする。	5.0×10^{10} N/m^2 (5.0×10^{11} dyne/cm^2)

土木学会（2016）[39]に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（４９／１３５）

特性化モデルの検討： 波源因子（４／６）

剛性率の設定（２／２）

- 地震調査研究推進本部（2017b）[103]「津波レシピ」では，「全国１次地下構造モデル（暫定版）（地震調査委員会，2012）の物性に基づく日本周辺のプレート境界周辺の媒質の剛性率を記載しており，断層全体が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合の剛性率は5.0×10^{10}N/m^2」とされている。

前ページ及び以上から，想定した波源域は深さ20km以浅の浅部と以深の深部とを跨ぐことより，剛性率は5.0×10^{10}N/m^{2}と設定した。

日本周辺のプレート境界周辺の媒質の剛性率

深さ（土木学会，2016の分類を参考）	全国１次地下構造モデル（暫定版）の物性値	剛性率
断層面全体が深さ20km以浅に存在する場合	上部地殻の物性値 $\beta=3.4$ km/s $\rho=2.7$ g/cm^3 $\Rightarrow \mu=3.12\times10^{10}$ N/m^2 下部地殻の物性値 $\beta=3.8$ km/s $\rho=2.8$ g/cm^3 $\Rightarrow \mu=4.04\times10^{10}$ N/m^2 この中間的値とする。	3.5×10^{10} N/m^2
断層面全体が深さ20km以深に存在する場合	マントルの物性値 $\beta=4.5$ km/s $\rho=3.2$ g/cm^3 $\Rightarrow \mu=6.48\times10^{10}$ N/m^2	6.5×10^{10} N/m^2
断層面全体が深さ20km以浅と以深にまたがって存在する場合	上記の中間的な値とする。	5.0×10^{10} N/m^2

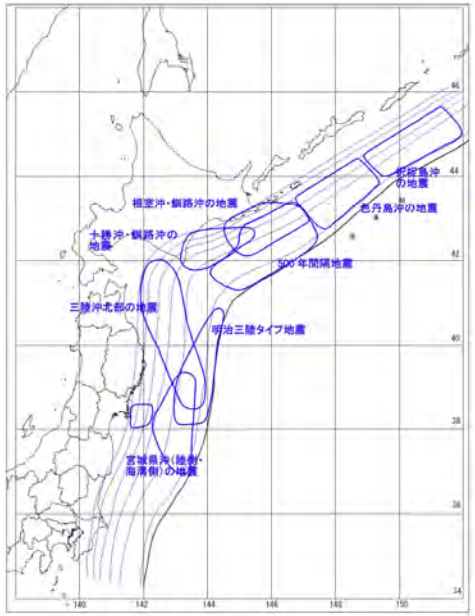
地震調査研究推進本部（2017b）[103]に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５０／１３５）

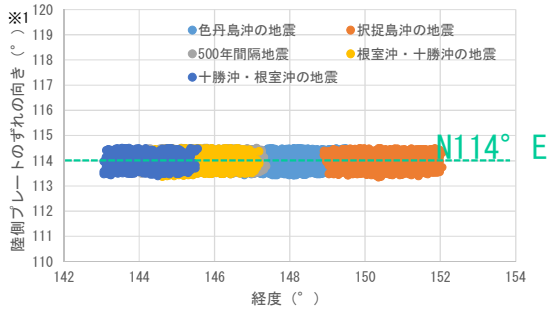
特性化モデルの検討： 波源因子（５／６）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-38一部修正

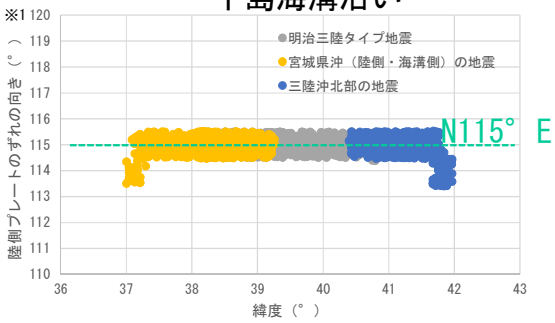
すべり角の設定



津波を発生させる断層領域（津波の断層域）の模式図
中央防災会議（2006）[10]

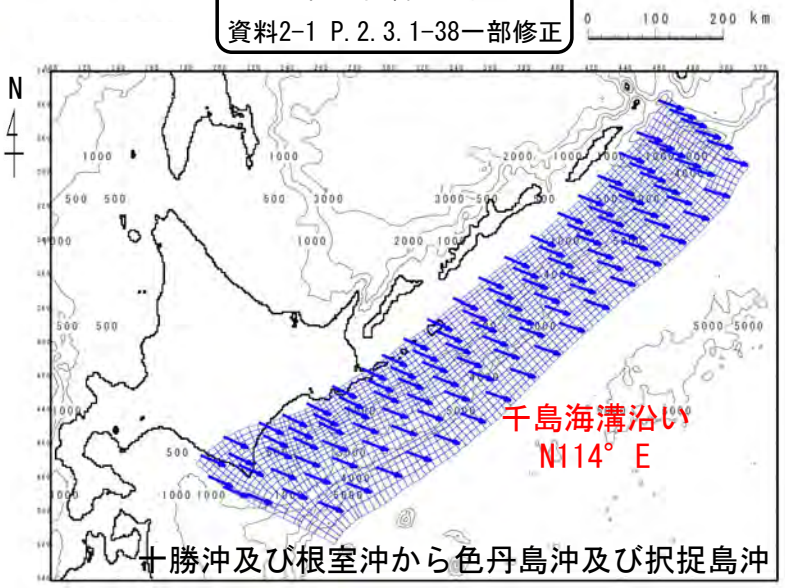


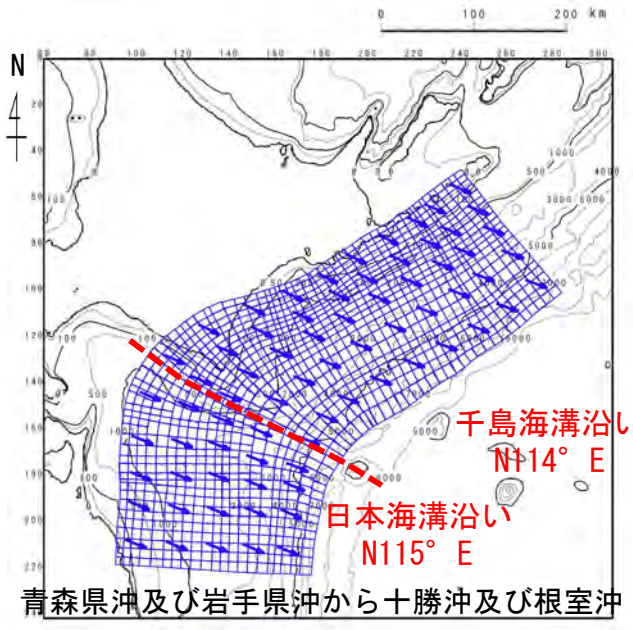
千島海溝沿い



日本海溝沿い

各断層モデルの陸側プレート（北米プレート）のずれの向きの分布
中央防災会議（2006）[10]のデータを使用
※1：縦軸の角度は北から時計周り





基準波源モデル設定で考慮する
陸側プレートのずれの向き ※2

※2：ずれの方向ベクトルは40km～60km間隔程度で表示

- 中央防災会議（2006）[10]では，日本海溝，千島海溝沿いの大きな地震（Ｍ７程度以上）について，インバージョン手法によって波源モデルを設定しており，各波源モデルのすべり角はGPS観測によるプレート相対運動方向（陸側プレートのずれの向き：千島海溝沿いN114° E，日本海溝沿いN115° E）と整合するように設定されている。

以上から，千島海溝沿い及び日本海溝沿いの陸側プレート（北米プレート）のずれの向きを，それぞれN114° E及びN115° Eに設定した。

基準波源モデルの各要素のすべり角は，プレートの傾斜に応じて，陸側のプレートのずれの向きと整合するように設定した。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５１／１３５）

特性化モデルの検討： 波源因子（６／６）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-39再掲

ライズタイムの設定

- 内閣府(2012) [81] を参考に，ライズタイムは60秒間を基本とした。

○破壊伝播速度及びライズタイム：

破壊伝播速度及びライズタイムについては、平均的に利用されている値を参考に、東北地方太平洋沖地震の解析結果も踏まえ、次のとおりに設定する。なお、東北地方太平洋沖地震では、海溝沿いの破壊伝播速度は、それよりも深い場所に比べ遅いとの解析結果もあるが、トラフ沿いの領域の幅が狭く、５秒程度の差しか見込めないことから、今回の解析では、破壊速度は全域で同じとする。

破壊速度　　：　2.5km/s
ライズタイム　：　１分

内閣府（2012）[81]に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（52／135）

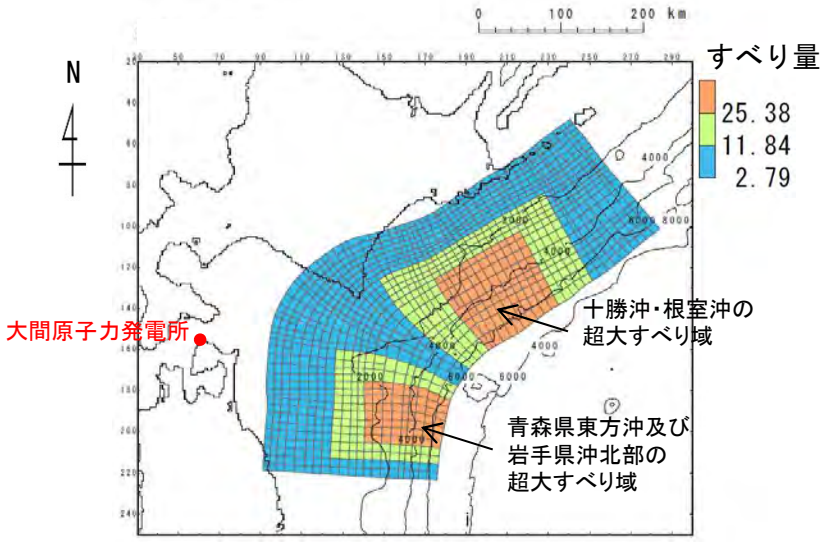
コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（1／6）

基本方針

- 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定に係り，同海域では過去に「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震」が発生した記録が無いことから，まず，同領域でＭ９クラスの巨大地震が発生した場合の津波の影響範囲と超大すべり域の配置の関係を整理するため，
  - ✓「3.11地震に伴う津波の影響範囲と超大すべり域位置の関係」（P.2.3.1-54参照）
  - ✓「岩手県沖北部から根室沖で確認されている津波堆積物及びそれを再現する津波波源」（P.2.3.1-55～P.2.3.1-57参照）

  に関する知見を収集し，超大すべり域の配置を検討する（P.2.3.1-58参照）。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の
広域の津波特性を考慮した特性化モデル

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５３／１３５）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（２／６）

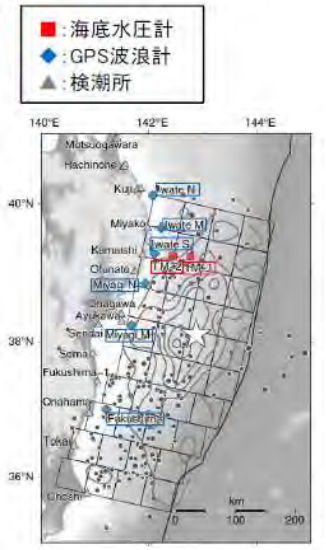
3.11地震に伴う津波の影響範囲と超大すべり域位置の関係

- 津波波形インバージョン解析から推定された断層モデルを用いて，宮城県沿岸，三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域の分析を実施し，宮城県沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は，869年貞観地震に伴う津波の発生領域であり，三陸沿岸の津波高さに寄与したすべり領域は，1896年明治三陸地震津波の発生領域であったとされている。

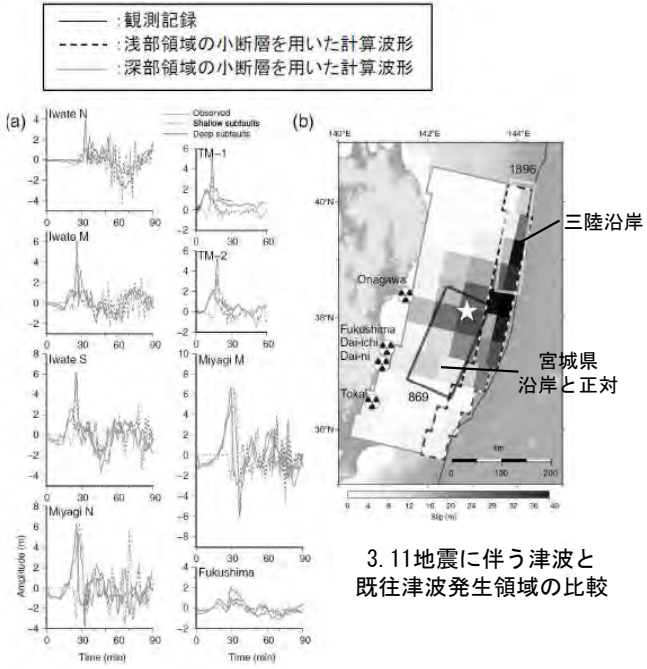
Satake et al.(2013)[102]による

- 杉野ほか（2013）[101]は，観測津波波形，観測地殻変動データ等を用いたジョイントインバージョン解析から推定された津波波源モデルを用いて，原子力サイト沖合150m水深点の最大津波高に寄与した3.11地震のすべり領域の分析を実施し，各サイトの津波高さに寄与したすべり領域は，ほぼ正対する海域のすべり領域であったことを示している。

以上から，3.11地震に伴う津波の沿岸の津波高さに影響を及ぼすすべり領域は，正対する海域で生じる大きなすべり領域であると考えられる。

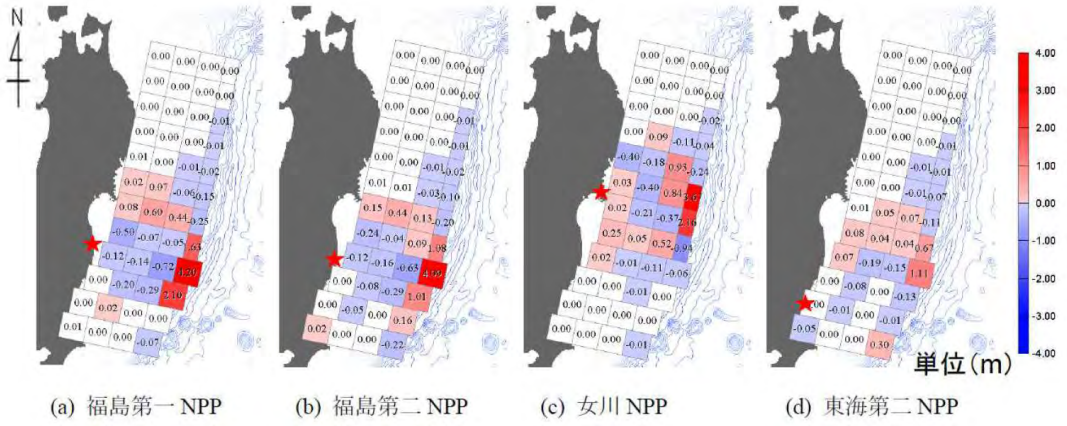


Aftershocks within one day located by JMA (solid circles) and the locations of OBP gauges (squares), GPS wave gauges (diamonds), and coastal tide or wave gauges (triangles)



観測波形と計算波形の比較
3.11地震に伴う津波特性の分析
Satake et al.(2013)[102]に一部加筆

3.11地震に伴う津波と
既往津波発生領域の比較



(a) 福島第一 NPP　(b) 福島第二 NPP　(c) 女川 NPP　(d) 東海第二 NPP

★:原子力サイト

原子力サイトの沖合150m水深点の最大波高における
小断層の波高内訳
杉野ほか（2013）[101]

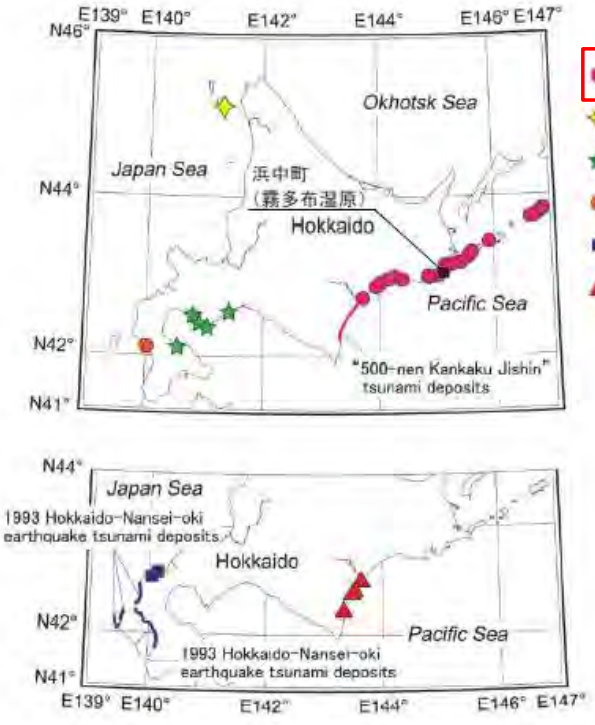
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５４／１３５）

コメントNo.S5-43

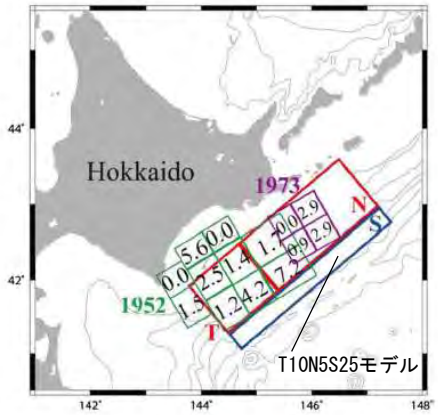
広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（３／６）

17世紀に発生した超巨大地震に伴う津波の津波堆積物及び再現モデル（十勝沖・根室沖）

- 17世紀の津波（500年間隔地震津波）の津波堆積物分布を説明する断層モデルは複数提案されているが，地震調査研究推進本部（2017a）(79)，佐竹（2017）(104)は，津波堆積物の平面的な分布及び十勝海岸の津波高さを再現する波源モデルは，Ioki and Tanioka（2016）(105)が提案するプレート間地震と津波地震の連動を考慮した波源モデル（T10N5S25モデル）であるとしている。



北海道沿岸における津波堆積物の分布
高清水（2013）(106)に一部加筆



17世紀に発生した超巨大地震に伴う津波の再現モデル
（Ioki and Tanioka（2016）(105)によるT10N5S25モデル）
地震調査研究推進本部（2017a）(79) に一部加筆

17世紀に発生した超巨大地震に伴う津波の再現モデルの断層パラメータ
Ioki and Tanioka（2016）(105)

Table 1
Fault models and their parameters of the 17th century great earthquake

Fault model	Length (km)	Width (km)	Depth (km)	Strike (deg)	Dip (deg)	Rake (deg)	Slip (m)
T	100	100	14	228	15	90	10
N	200	100	14	228	15	90	5
S	300	30	6.7	228	15	90	0-35

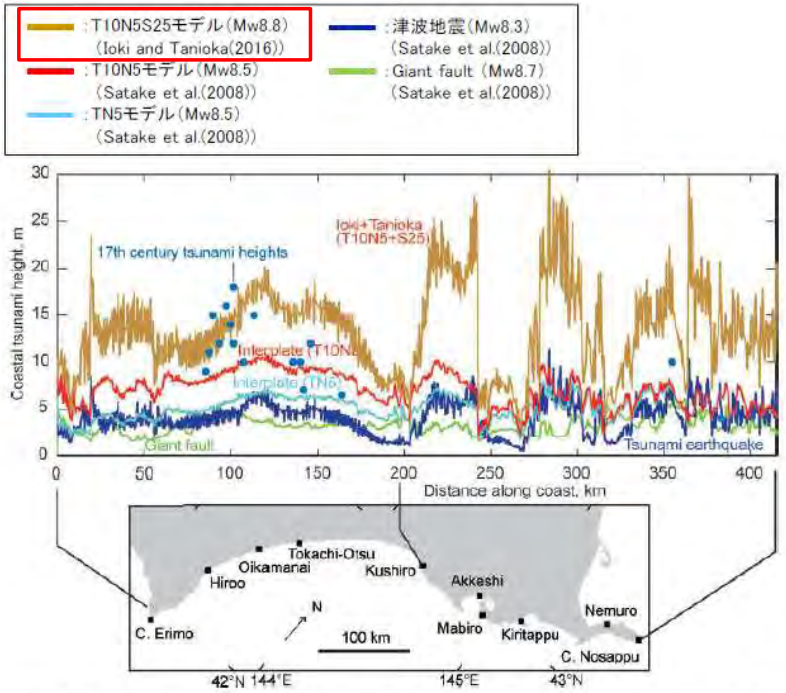


Fig. 12. Tsunami heights along the Pacific coast of Hokkaido (Satake *et al.*, 2008; Ioki and Tanioka, 2016) from combined model of interplate and tsunami earthquakes (brown), giant fault (green), interplate earthquakes (red for T10N5, light blue for TN5) and tsunami earthquake model (dark blue). Coastal tsunami heights by Hirakawa *et al.* (2000) are also shown.

既往再現モデルによる北海道南東部沿岸での津波高さ
佐竹（2017）(104)に一部加筆

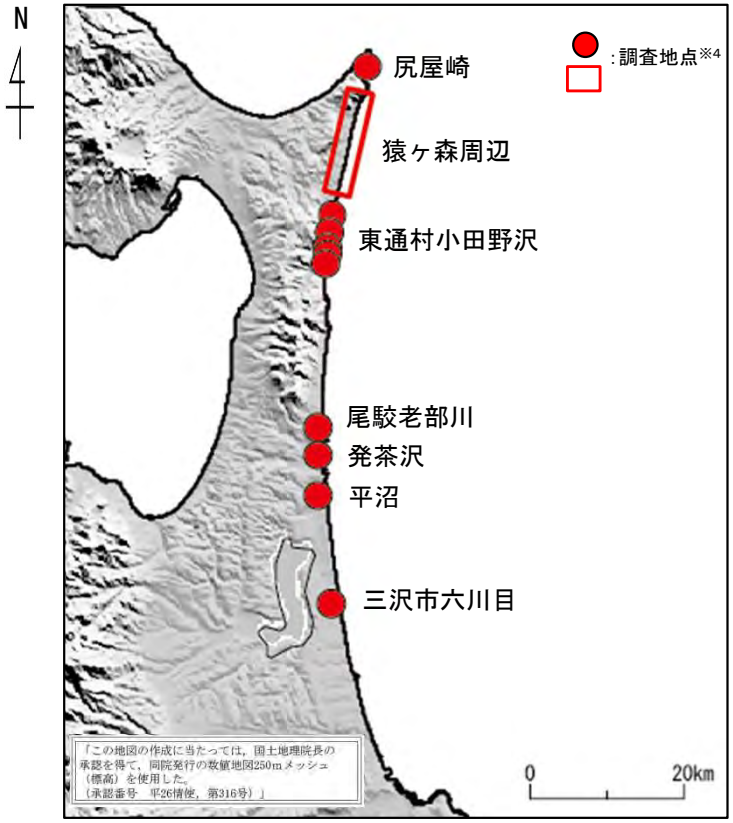
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５５／１３５）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（４／６）

青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物（イベント堆積物）

- 文献調査結果によると，青森県北部太平洋沿岸を対象に実施された津波堆積物調査により，広範囲にわたり，津波起因の可能性があるイベント堆積物が確認されている。



津波堆積物調査結果（文献調査）

青森県北部太平洋沿岸で確認された津波起因の可能性があるイベント堆積物

調査地点			イベント堆積物	
			有無	基底標高（T.P.）
尻屋崎			有	約8.1m※1
猿ヶ森周辺			有	約6.8m～約11.8m※1，2
東通村小田野沢	小田野沢		有	約4m※3
	東京電力敷地内		有	約7.4m※3
	東北電力敷地内	A測線	有	約6.1m※3
		B測線	人工改変	／
		C測線	有	約8.6m※3
		D測線	有	約8.4m※3
尾駮老部川			有	約1.9m※3
発茶沢			有	約6.2m※3
平沼			有	約1.6m※3
三沢市六川目			有	約2.5m※3

※1：高橋ほか（2018）(36)によるイベント堆積物の基底標高
※2：猿ヶ森周辺の基底標高の最小値～最大値（6.8m，7.6m，7.6m，11.0m，11.8m）
※3：東北電力株式会社（2014）(18)によるイベント堆積物の基底標高
※4：調査地点は，東北電力株式会社（2014）(18)及び高橋ほか（2018）(36)から推定して記載

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（56／135）

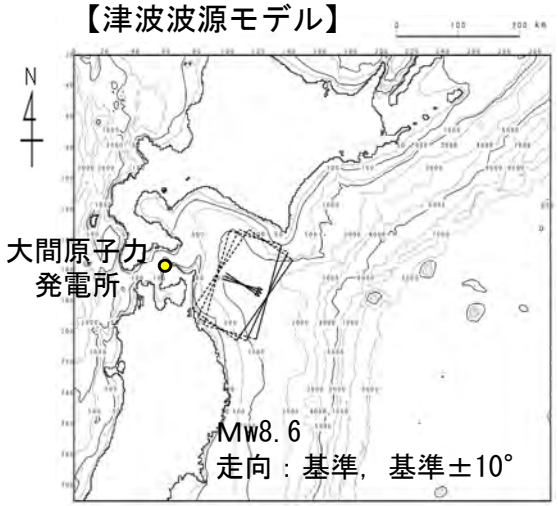
コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（5／6）

青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物（イベント堆積物）を再現する波源モデル

- 三陸沖から根室沖で発生した既往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1856年青森県東方沖津波の再現モデル（Mw8.35）※1及び同モデルを基本に地震規模の不確かさを考慮した津波波源モデル（①②）を設定して，±10°の走向の不確かさを考慮した数値シミュレーションを実施した結果，K，κの値から青森県北部太平洋沿岸に分布する津波堆積物（イベント堆積物）の分布をおおむね再現できることを確認した。

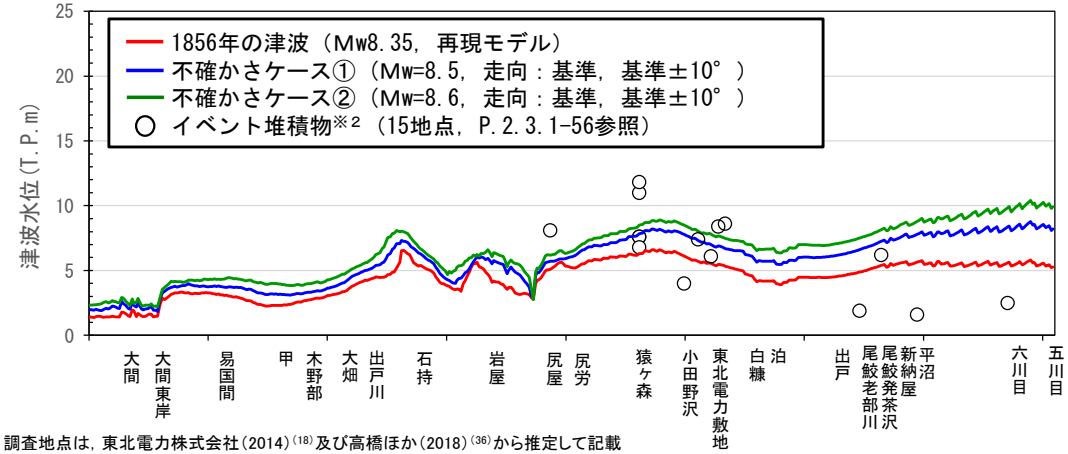
【津波波源モデル】



波源位置

主な断層パラメータ

断層パラメータ		1856年の津波【再現モデル】	1856年の津波の不確かさケース①【基準】	1856年の津波の不確かさケース②【基準】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ	Mw	8.35	8.5	8.6
長さ	L(km)	120	143	160
幅	W(km)	70	83	93
走向	θ(°)	205	205	205
断層上縁深さ	d(km)	26	26	26
傾斜角	δ(°)	20	20	20
すべり角	λ(°)	90	90	90
すべり量	D(m)	10.0	11.90	13.35



※2：調査地点は，東北電力株式会社(2014)[18]及び高橋ほか(2018)[36]から推定して記載

再現性の確認結果

波源モデル	K	κ	n
1856年の津波の再現モデル	1.00	1.76	15
1856年の津波の不確かさケース①（不確かさを考慮した想定津波群）	0.78	1.85	
1856年の津波の不確かさケース②（不確かさを考慮した想定津波群）	0.71	1.88	

K：幾何平均，κ：幾何標準偏差，n：イベント堆積物の個数

海岸線位置における不確かさを考慮した想定津波群（空間格子間隔278m）とイベント堆積物の比較

※1：再現モデルの再現性の確認結果は，P.1.4-8参照。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５７／１３５）

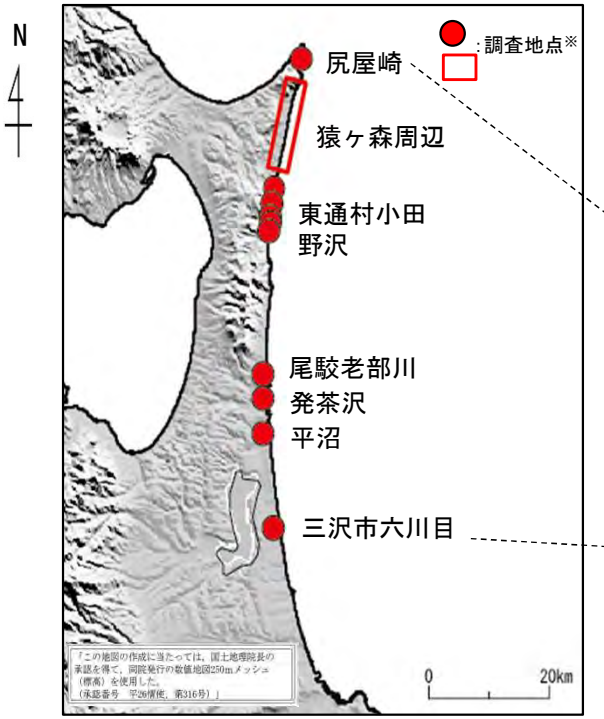
コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域の配置（６／６）

まとめ

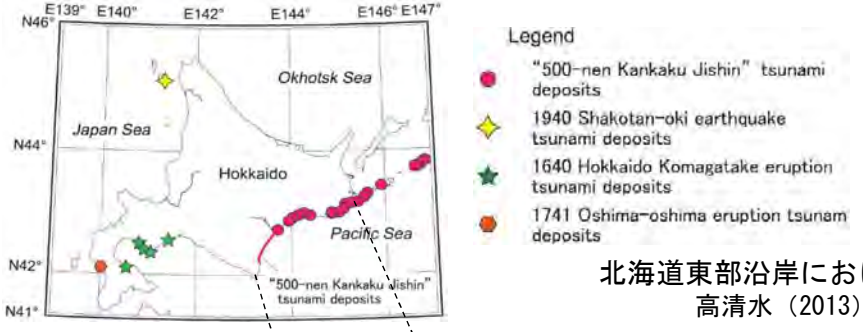
- Ｍ９クラスの巨大地震が発生した場合の津波の影響範囲と超大すべり域の配置の関係を整理するため，「3.11地震に伴う津波の影響範囲と超大すべり域位置の関係」，「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖で確認されている津波堆積物及びそれを再現する津波波源」に関する知見を収集した。
- 3.11地震に伴う津波は広範囲に影響を及ぼしたが沿岸部の津波高さに大きく寄与したのは，正対する海域の大きなすべりであるとともに，北海道東部沿岸，青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物の分布を再現する津波波源は，3.11地震と同様に，正対する海域で発生した津波によるものであることを確認した。

以上から，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの超大すべり域は，青森県東方沖及び岩手県沖北部，十勝沖・根室沖の各領域に配置する。

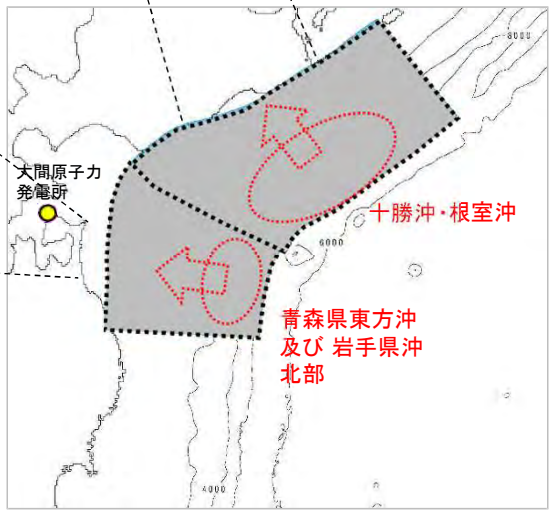


津波堆積物調査結果（文献調査）

※：調査地点は，東北電力株式会社(2014)[18]及び高橋ほか(2018)[36]から推定して記載



北海道東部沿岸における津波堆積物の分布
高清水（2013）[106]に一部加筆



（余白）

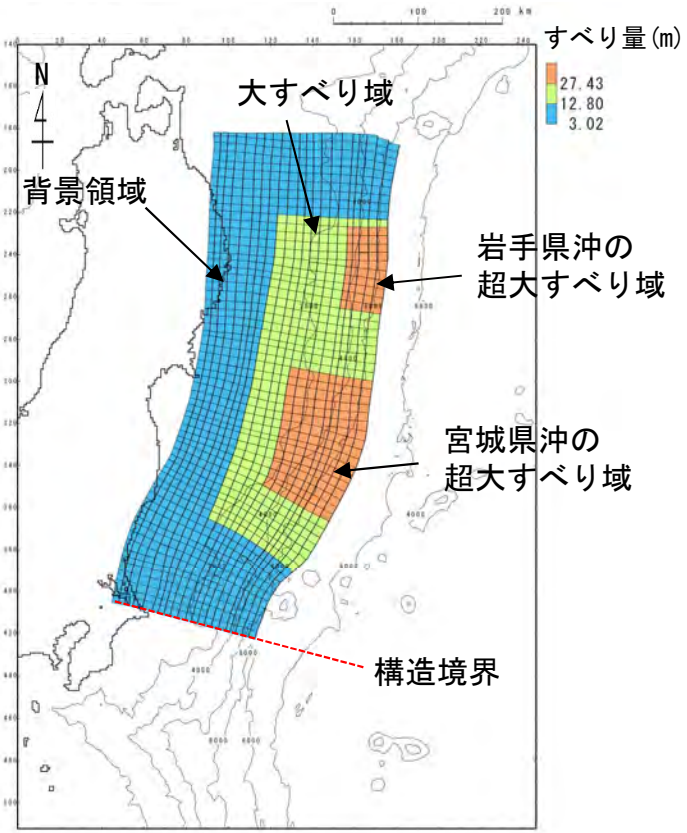
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（58／135）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（1／9）

設定方針

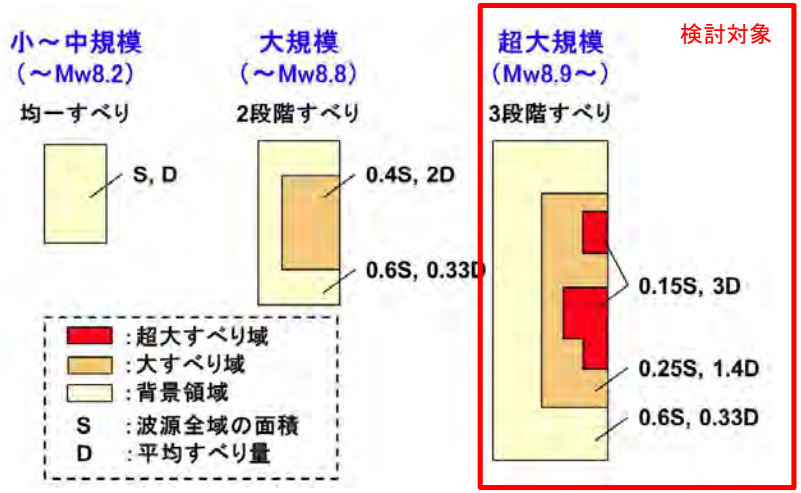
- 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，3.11地震における広域の津波特性（痕跡高）を考慮した特性化モデル※から得られた下記の知見，及び3.11地震における大すべりの発生形態から得られた知見（P.2.3.1-64参照）を反映して設定する。



3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデル※

【3.11地震における広域の津波特性（痕跡高）を考慮した特性化モデルから得られた知見の反映】

- 超大すべり域の位置の設定に反映
  超大すべり域を複数配置することで広域の津波痕跡を再現でき，その位置はアスペリティ，固着等の地震学的・測地学的知見を踏まえて配置する。
- 大すべり域・超大すべり域のすべり量の設定に反映
  杉野ほか（2014）(80)に示されるすべり量比率，面積比率を踏まえて設定する。



微視的波源特性に係る波源領域内の空間的すべり分布の設定方法
杉野ほか（2014）(80)に一部加筆

※補足説明資料「4－1.2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認」参照

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（５９／１３５）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（２／９）

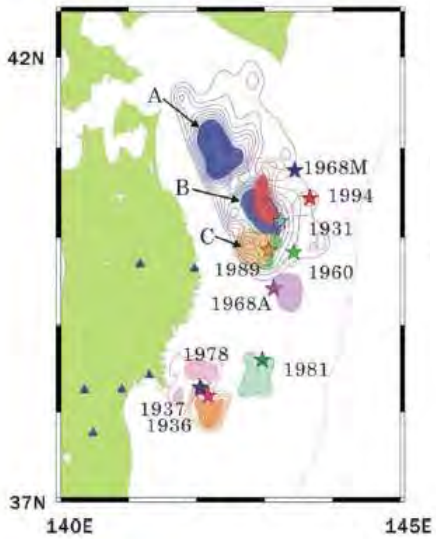
超大すべり域の位置：十勝沖・根室沖，青森県東方沖及び岩手県沖北部におけるアスペリティと地震活動パターン

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部について，アスペリティ分布の解析から，アスペリティ（左図：ＡとＢ）のうち，1968年の地震と1994年の地震の共通アスペリティＢのカップリング率はほぼ100%に近く，個々のアスペリティが単独で動けばＭ７クラスの地震（=1994年）を，連動するとＭ８クラスの地震（=1968年）を引き起こすとされている。

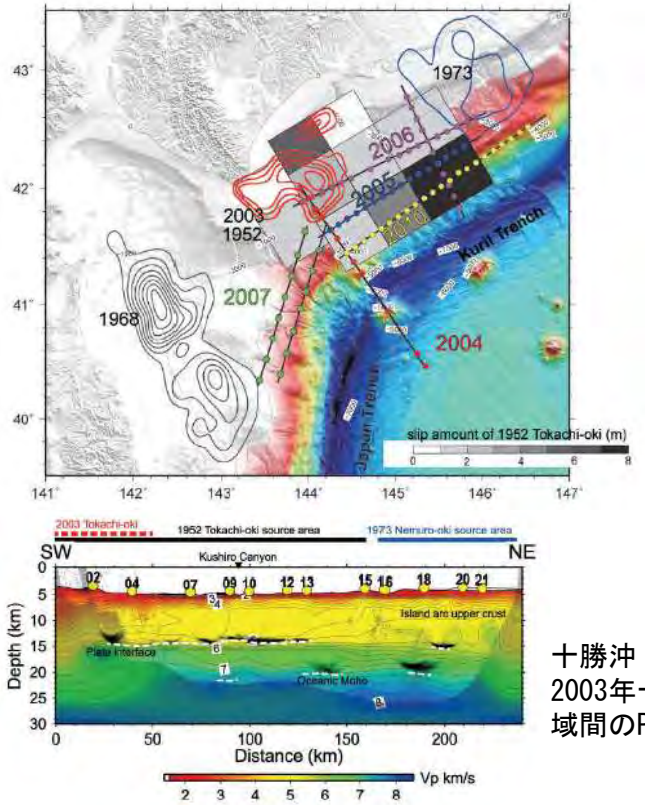
  Yamanaka and Kikuchi (2004) [82]，永井ほか（2001）[83]による

- 十勝沖・根室沖について，2003年十勝沖と1973年根室沖の両地震の地震時すべり域，両震源域間の空白域（1952年十勝沖地震震源域）の各領域のP波速度構造から，プレート境界面からの反射波が2003年と1973年のアスペリティ内で観測されず，空白域で強反射が観測されたことから，この領域のすべり様式は，地震時に特定の条件下で十勝沖または根室沖のアスペリティに同期してすべるが，地震間は基本的に単独では地震性すべりを起こさない条件付き安定すべり域である可能性が示唆されるとされている。

  Azuma et al.（2012）[107]，東（2012）[108]による



青森県東方沖及び岩手県沖北部における
アスペリティの活動パターンと地震規模の関係
Yamanaka and Kikuchi (2004) [82]，永井ほか（2001）[83]



十勝沖・根室沖におけるアスペリティと
2003年十勝沖～1973年根室沖の震源
域間のP波速度構造（2010年測線）
東（2012）[108]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６０／１３５）

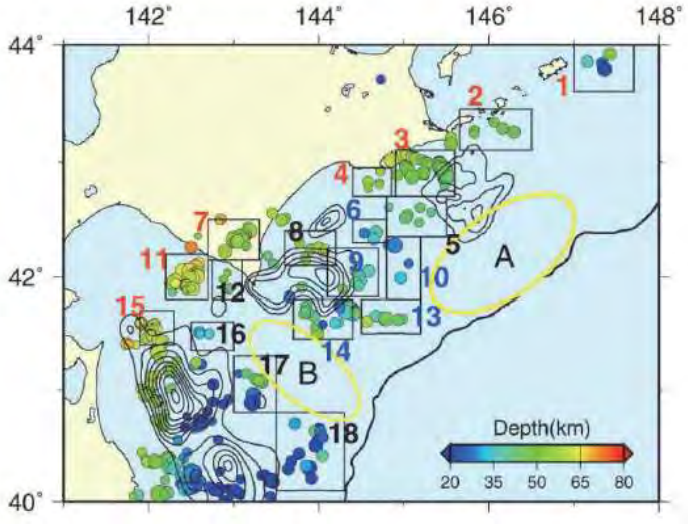
コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（３／９）

超大すべり域の位置：十勝沖・根室沖における地震学的見地

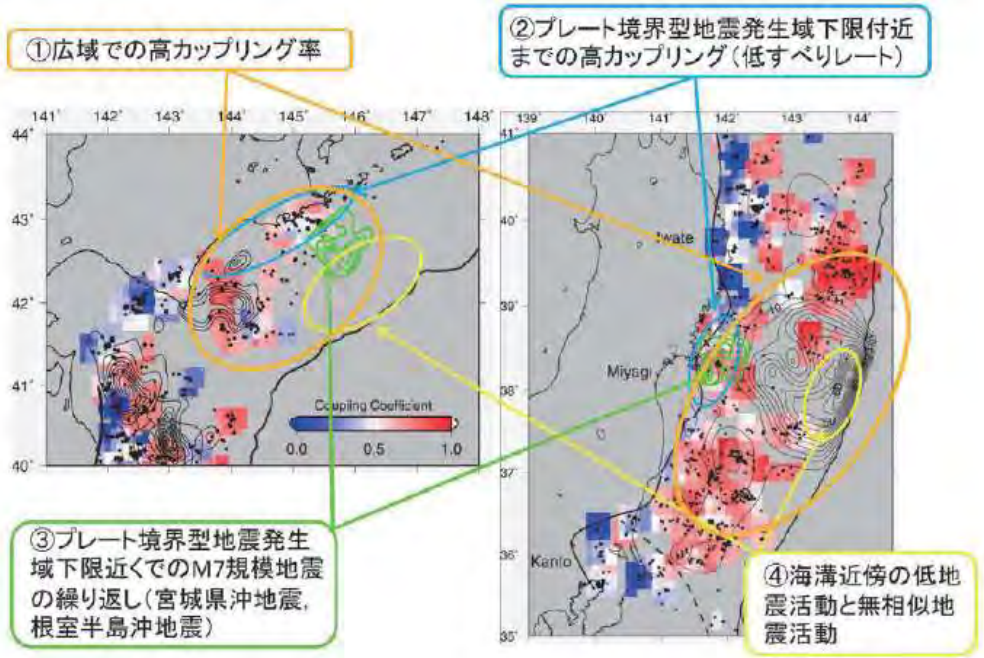
- 小繰り返し地震（相似地震）の活動及びそれから推定されるプレート間地震すべりについて，3.11地震で大きなすべりを生じた宮城県沖における特徴との類似性から，十勝沖・根室沖で巨大地震が発生する可能性があるとされている。

東北大学（2012）[87]による



第1図. 北海道南東沖の小繰り返し地震グループの分布（丸印）. 丸の色はグループの地震の平均の深さを示す。
コンターはYamanaka and Kikuchi (2004) [82]によるM7以上の地震すべり量分布。
矩形は第3図で平均の積算すべりを推定した領域を示す. 黄色楕円は繰り返し地震活動が低い場所。

東北大学(2012) [87]



第2図. 北海道南東沖（左）および東北地方東方沖（右）の繰り返し地震分布（黒丸）およびそれにより推定したプレート間カップリング率（カラー）の比較。カップリング率は0.3° ×0.3° のグリッドごとに，3つ以上の小繰返し地震グループが存在する場所について推定した。緑および黒のコンターはM7以上の地震すべり量分布。
関東地方の沖の破線は，フィリピン海プレートの北東限。

東北大学(2012) [87]

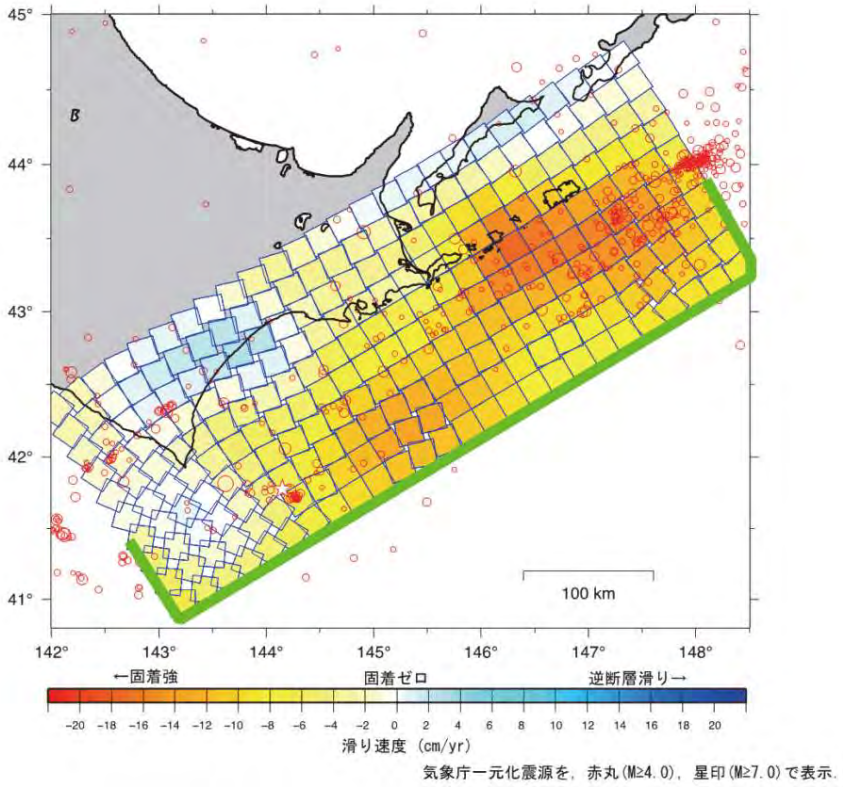
【宮城県沖における特徴】
特徴①：大すべり域を中心とする広域で高いカップリング率が推定される。
特徴②：プレート境界型地震の発生域下限付近まで高カップリング領域が存在。
特徴③：プレート境界型地震の発生域下限付近でのM７クラスの地震（の繰り返し）が存在。
特徴④：海溝近傍の低地震活動と低繰り返し地震活動。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６１／１３５）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（４／９）

超大すべり域の位置：十勝沖・根室沖における測地学的見地



すべり欠損分布（2007年3月～2011年2月）

国土地理院（2012）(88)

- GNSS連続観測結果による北海道地方の地殻変動から推定される北海道南東沖（十勝沖・根室沖）のすべり欠損速度（固着）の分析結果から，特に十勝沖～釧路沖の海溝寄りと根室沖の陸寄りにすべり欠損の大きな領域が存在している。これより，当該領域の固着は相対的に強く，大きなひずみが蓄積されていると推定される。　国土地理院（2012）(88)による
- この領域は，500年間隔地震の震源域とほぼ同じと考えられる。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６２／１３５）

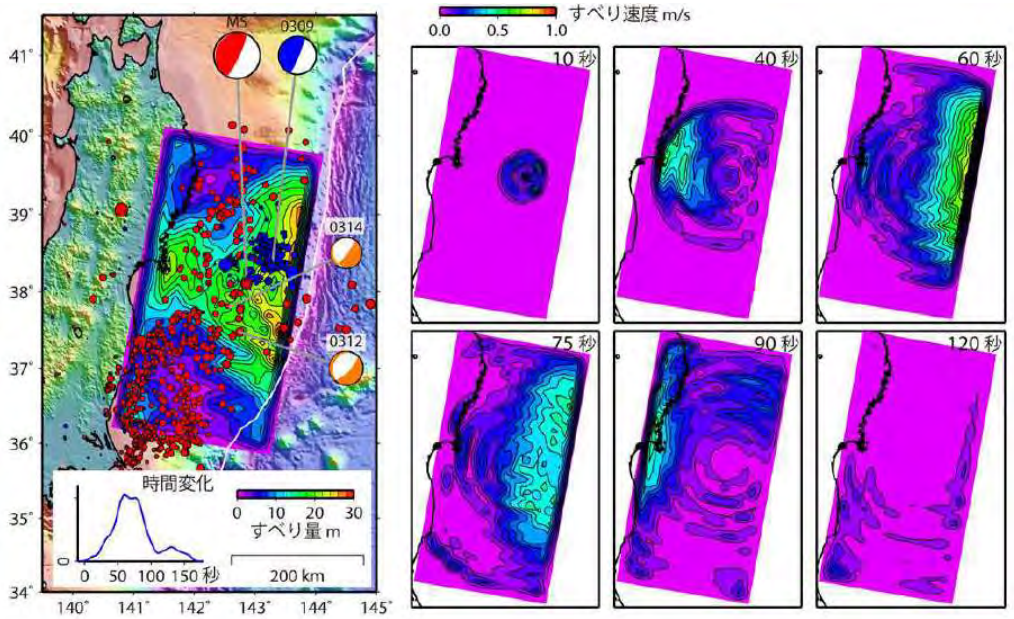
コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（５／９）

3.11地震における大すべりの発生形態に係る知見

- 岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定に反映する3.11地震における大すべりの発生形態に係る知見は以下のとおり。

  ✓ 超大すべり域のすべり量分布の設定に反映する知見
  - ➢ 宮城県沖における浅部領域の大きなすべりの発生要因である深部の破壊を起点としたダイナミックオーバーシュート（下図及び補足説明資料P.3.1-6，P.3.1-7参照）を踏まえた，3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルのうち宮城県沖のすべり量分布
  - ➢ 十勝沖・根室沖，青森県東方沖及び岩手県沖北部の地震学的・測地学的知見（アスペリティ，固着等）



（左図）コンター：総すべり量の分布，0309：前震（Mw7.3）のメカニズム，MS：本震のメカニズム，0312及び0314：余震（それぞれMw6.5，Mw6.1）のメカニズム，青点：前震の震央，赤点：余震の震央，グラフ：地震モーメントの放出速度の推移
（右図）すべり速度分布のスナップショット

Ide et al.(2011)[109]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６３／１３５）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（６／９）

大すべりの発生形態を踏まえた超大すべり域の位置

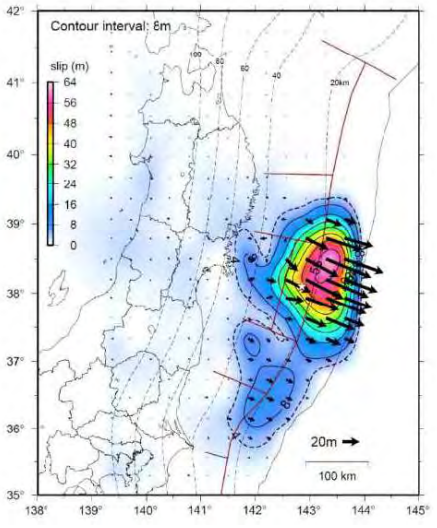
- 青森県東方沖及び岩手県沖北部で発生している既往地震の震源深さ（約20km）は，3.11地震時に宮城県沖の浅部領域をオーバーシュートさせた（破壊の起点となった）震源深さと同程度である。

地震調査研究推進本部（2012）(8)，Yamanaka and Kikuchi(2004)(82)による

- 十勝沖・根室沖における高カップリング領域及び小繰り返し地震（相似地震）の活動領域は，3.11地震で大きなすべりを生じた宮城県沖における特徴と類似する。

東北大学（2012）(87)による

以上から，3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルにおける宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布位置を各領域に設定する。



3.11地震時の震源位置とすべり分布
地震調査研究推進本部（2012）(8)

星印は本震の震央，点線はプレート境界面の深さ，ベクトル(→)は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

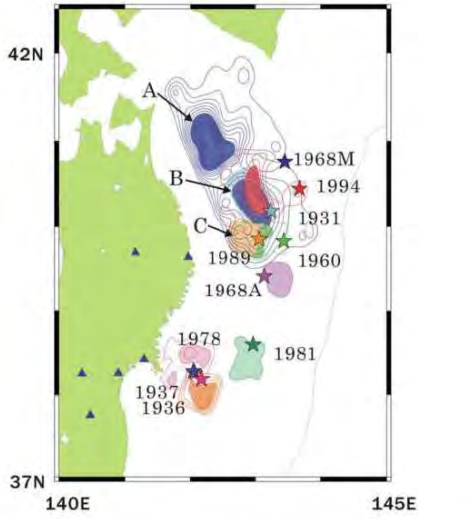
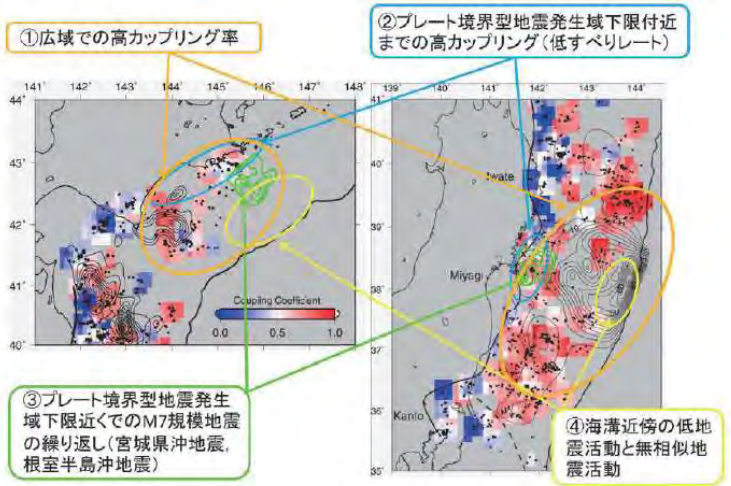


Figure 6. Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan. Stars show the main shock epicenters. Contour lines show the moment release distribution. The interval of the contour lines is 0.5 m. Each earthquake is distinguished by color. We painted the area within the value of half the maximum slip as an asperity.

青森県東方沖及び岩手県沖北部におけるアスペリティ分布，既往地震の震源
Yamanaka and Kikuchi(2004)(82)



第2図. 北海道南東沖(左)および東北地方東方沖(右)の繰り返し地震分布(黒丸)およびそれにより推定したプレート間カップリング率(カラー)の比較. カップリング率は0.3° ×0.3° のグリッドごとに，3つ以上の小繰返し地震グループが存在する場所について推定した. 緑および黒のコンターはM7以上の地震すべり量分布。関東地方の沖の破線は，フィリピン海プレートの北東限。

【宮城県沖における特徴】
特徴①：大すべり域を中心とする広域で高いカップリング率が推定される。
特徴②：プレート境界型地震の発生域下限付近まで高カップリング領域が存在。
特徴③：プレート境界型地震の発生域下限付近でのＭ７クラスの地震（の繰り返し）が存在。
特徴④：海溝近傍の低地震活動と低繰り返し地震活動。

十勝沖・根室沖と宮城県沖のカップリング領域及び地震活動の比較
東北大学（2012）(87)

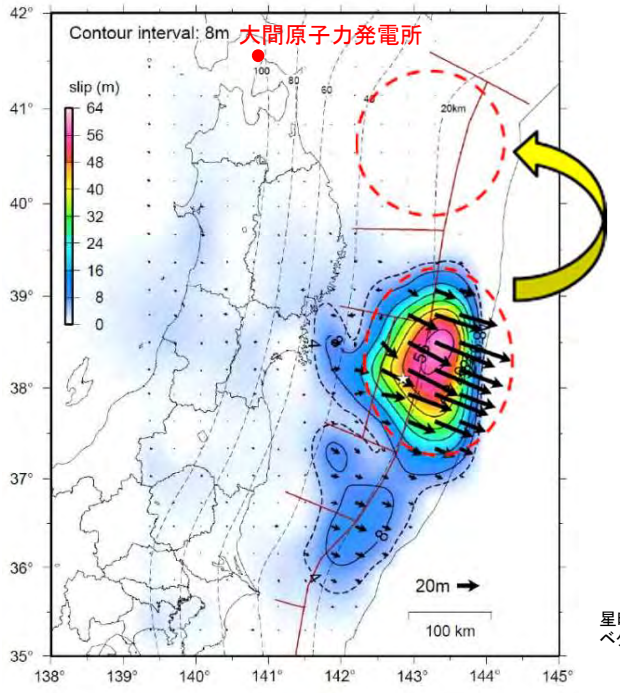
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６４／１３５）

コメントNo.S5-43

広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（７／９）

超大すべり域のすべり量：青森県東方沖及び岩手県沖北部

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部については，1968年十勝沖地震に伴うすべり量（７ｍ～９ｍ程度）が最大規模と評価される（P.2.3.1-15，P.2.3.1-16参照）　。
- しかし，津軽海峡開口部前面とほぼ正対する青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は，発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ，最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりとして，3.11地震時における宮城県沖のすべりと同規模のすべりを考慮する。



3.11地震における宮城県沖のすべりと同規模のすべり量考慮

星印は本震の震央，点線はプレート境界面の深さ，
ベクトル（→）は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

3.11地震時のすべり分布
地震調査研究推進本部（2012）[8]に一部加筆

大すべり域・超大すべり域の設定（概念）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６５／１３５）

コメントNo.S5-43

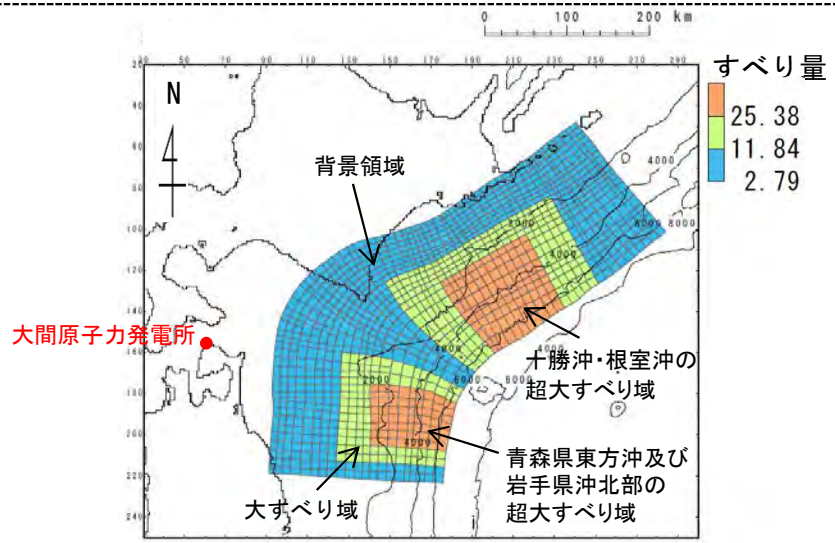
広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（８／９）

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の特性化モデル

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデル及び3.11地震における大すべりの発生形態から得られた知見を踏まえて，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの大すべり域及び超大すべり域については以下のとおり設定した。

【青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域・超大すべり域】
- 超大すべり域の位置：アスペリティ分布及び1968年十勝沖地震の震源位置を踏まえて設定。
- 超大すべり域のすべり量：1968年十勝沖地震に伴うすべりが最大規模と評価されるが，津軽海峡開口部前面の超大すべり域は発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ，保守的に3.11地震時における宮城県沖と同規模のすべりを考慮。すべり量は杉野ほか（2014）(80)を踏まえて設定。
- 超大すべり域のすべり量分布：3.11地震の震源深さとの類似性を考慮し，3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布を参考に設定。
- 大すべり域・超大すべり域の面積：青森県東方沖及び岩手県沖北部の断層面積を基に，杉野ほか（2014）(80)に示される面積比率を踏まえて設定。

【十勝沖・根室沖の大すべり域・超大すべり域】
- 超大すべり域の位置：地震学的，測地学的知見を踏まえて設定。
- 超大すべり域のすべり量：すべり量は杉野ほか（2014）(80)を踏まえて設定。500年間隔地震を再現するモデルのすべり量と同等であることを確認(P.2.3.1-20参照）。
- 超大すべり域のすべり量分布：宮城県沖の高カップリング領域及び小繰り返し地震（相似地震）の活動領域との類似性を考慮し，3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布を参考に設定。
- 大すべり域・超大すべり域の面積：十勝沖から根室沖の断層面積を基に，杉野ほか（2014）(80)に示される面積比率を踏まえて設定。



岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の
広域の津波特性を考慮した特性化モデル

		岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw		9.06	9.05
面積　S　(km^2)		110,472	—
平均応力降下量　$\Delta\sigma$　(MPa)		3.27	3.1
剛性率　μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)		4.93×10^{22}	4.67×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		8.93	8.46
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	2.79（64,419km^2, 58.3%）	2.79（66,283km^2, 60%）
すべり量	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	11.84（26,782km^2, 24.2%）	11.84（27,618km^2, 25%）
すべり量	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.38（19,271km^2, 17.5%）	25.38（16,571km^2, 15%）
ライズタイム　τ　(s)		60	—

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６６／１３５）

コメントNo.S5-43

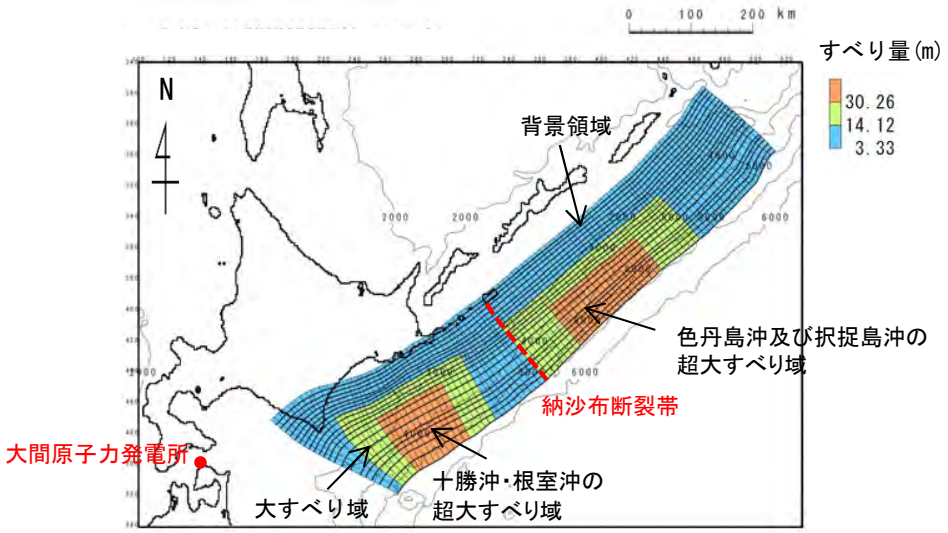
広域の津波特性を考慮した特性化モデルの設定（９／９）

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の特性化モデル

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの大すべり域及び超大すべり域については，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル（P.2.3.1-67参照）を参考に保守的観点を加味して以下のとおり設定することとした。

【十勝沖・根室沖の大すべり域・超大すべり域】
- 超大すべり域の位置：地震学的，測地学的知見を踏まえて設定。
- 超大すべり域のすべり量：すべり量は杉野ほか（2014）[80]を踏まえて設定。 500年間隔地震を再現するモデルのすべり量と同等であることを確認(P.2.3.1-20参照）。
- 超大すべり域のすべり量分布：宮城県沖の高カップリング領域及び小繰り返し地震（相似地震）の活動領域との類似性を考慮し，3.11地震の広域の津波特性を考慮した特性化モデルの宮城県沖の超大すべり域のすべり量分布を参考に設定。
- 大すべり域・超大すべり域の面積：十勝沖から根室沖の断層面積を基に，杉野ほか（2014）[80]に示される面積比率を踏まえて設定。

【色丹島沖及び択捉島沖の大すべり域・超大すべり域】
- 超大すべり域の位置：保守的観点から大すべり域が敷地に近くなるように想定波源域の西端に設定し，そのほぼ中央に配置。
- 超大すべり域のすべり量：十勝沖・根室沖と同様に設定。
- 超大すべり域のすべり量分布：十勝沖・根室沖と同様に設定。
- 大すべり域・超大すべり域の面積：色丹島沖及び択捉島沖の断層面積を基に，杉野ほか（2014）[80]に示される面積比率を踏まえて設定。



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

		十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw		9.21	9.20
面積　S　(km^2)		157,100	—
平均応力降下量　$\Delta\sigma$　(MPa)		3.19	3.1
剛性率　μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)		8.15×10^{22}	7.92×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		10.38	10.09
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	3.33（92,651km^2, 59.0%）	3.33（94,260km^2, 60%）
	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	14.12（38,911km^2, 24.8%）	14.12（39,275km^2, 25%）
	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.26（25,538km^2, 16.2%）	30.26（23,565km^2, 15%）
ライズタイム　τ　(s)		60	—

（余白）

２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６７／１３５）

基準波源モデル①

基本方針

- 基準波源モデル①は，広域の津波特性を考慮した特性化モデルに対し保守性を考慮して設定することを基本とする。
- 広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，「岩手県沖北部から十勝沖・根室沖」（P.2.3.1-67参照）及び「十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖」（P.2.3.1-68参照）の２つの海域を対象として設定しているため，基準波源モデル①についても以下のとおり２ケース検討する。
  - ✓ 基準波源モデル①－１：岩手県沖北部から十勝沖・根室沖に設定する基準波源モデル（P.2.3.1-71～P.2.3.1-84）
  - ✓ 基準波源モデル①－２：十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖に設定する基準波源モデル

（P.2.3.1-85，P.2.3.1-86）

２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６８／１３５）

コメントNo.S5-43

基準波源モデル①－１：（１／１３）

設定方針

- 3.11地震時に大きなすべりが生じた宮城県沖のテクトニクス的背景及び地震学的知見等から，大きなすべりが生じる構造的特徴を整理し(P.2.3.1-72～P.2.3.1-76），日本海溝・千島海溝島弧会合部のテクトニクス的背景等の類似性及び地震学的見地から，同領域で3.11地震時で見られた大きなすべりが発生する可能性を検討する（P.2.3.1-77～P.2.3.1-82）。
- 上記検討から得られた知見を踏まえ，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルに保守性を考慮した基準波源モデル①－１を設定する。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（６９／１３５）

コメントNo.S5-43

基準波源モデル①－１（２／１３）：大きなすべりが生じる構造的特徴（１／５）

付加体の幅

- 3.11地震ではプレート境界浅部でもすべりが発生したことに着目し，地震探査で得られた宮城県沖の地震波速度構造を模した沈み込みプレート境界モデルを用いた２次元動的破壊シミュレーションを実施して，付加体の幅の違いがプレート境界浅部のすべり量に与える影響を検討し，付加体の幅が小さいほどプレート境界浅部のすべり量が増大する傾向があるとされている。 Kozdon and Dunham（2013）(85)による
- 日本海溝の沈み込み帯におけるマルチチャンネル反射法地震探査結果から，3.11地震で大きなすべりが発生した宮城県沖における付加体（P波速度：3～4km/s以下の領域）の幅は，他領域と比べて狭いとされている。 Tsuru et al.（2002）(86)による

以上から，付加体の幅が狭いほど大きなすべりが発生すると考えられる。

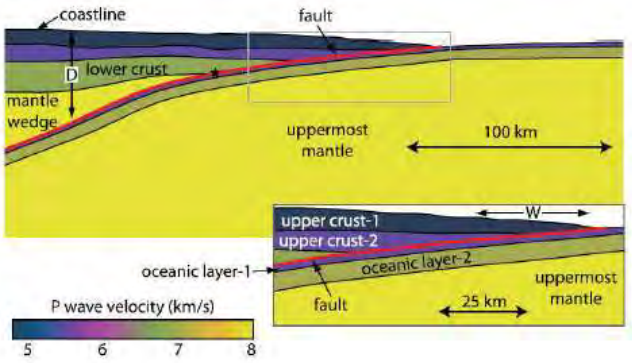


Figure 2. (a) *P*-wave velocity structure for the dynamic rupture simulations (no vertical exaggeration). The geometry and piecewise constant material properties are derived from Miura *et al.* (2001, 2005). The velocity-weakening region ($b - a > 0$) starts updip at horizontal distance W from the trench and ends downdip at depth D below sea level. The nucleation location for all simulations is indicated with the black star. The inset shows the velocity structure near the trench axis, where the dip angle is 6° from horizontal and 7° from the seafloor.

宮城県沖のプレート境界モデル
（２次元動的破壊シミュレーションモデル）
Kozdon and Dunham（2013）(85)

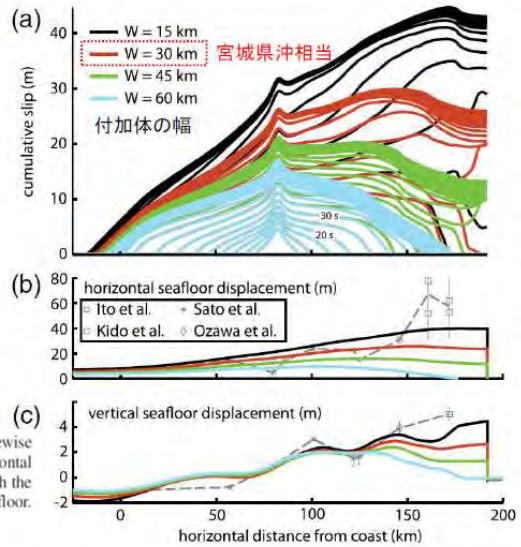


Figure 11. (a) Influence of horizontal extent W of shallow velocity-strengthening region on cumulative slip (plotted every 5 s). Shown for maximum effective normal stress $\bar{\sigma}_{max} = 40$ MPa and seismogenic depth $D = 45$ km. (b) Horizontal and (c) vertical seafloor displacement compared with various observations (dashed line). The color version of this figure is available only in the electronic edition.

動的破壊シミュレーションによる付加体の幅と
断層すべり量，水平・上下変位の関係
Kozdon and Dunham（2013）(85)に一部加筆

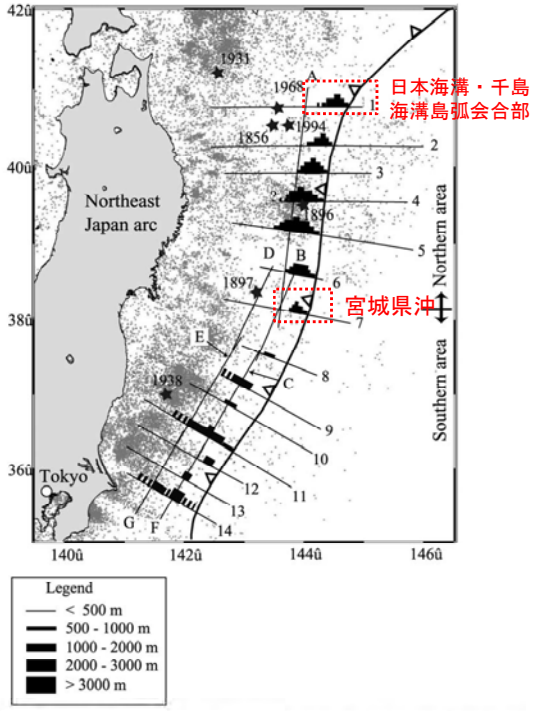


Figure 17. Map view of the low velocity sedimentary units observed on MCS sections in the Japan Trench margin. Small dots represent background seismicity taken from *JMA* (*Japan Meteorological Agency*) *HypoCatalog*.

日本海溝沿いにおける付加体（低速度堆積物）の分布
Tsuru et al.（2002）(86)に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７０／１３５）

コメントNo.S5-43

基準波源モデル①－１（３／１３）：大きなすべりが生じる構造的特徴（２／５）

海溝軸付近における島弧地殻の地震波速度

- 地震波トモグラフィーの結果から，3.11地震で大きなすべりが発生した宮城県沖に顕著な高速度域があることを確認し，海溝軸付近に比較的高速度域の島弧地殻が分布することと3.11地震の大きなすべりには関連があるとされている。

Liu and Zhao（2018）(110) による

以上から，海溝軸付近に比較的高速度域の島弧地殻が分布する箇所で大きなすべりが発生すると考えられる。

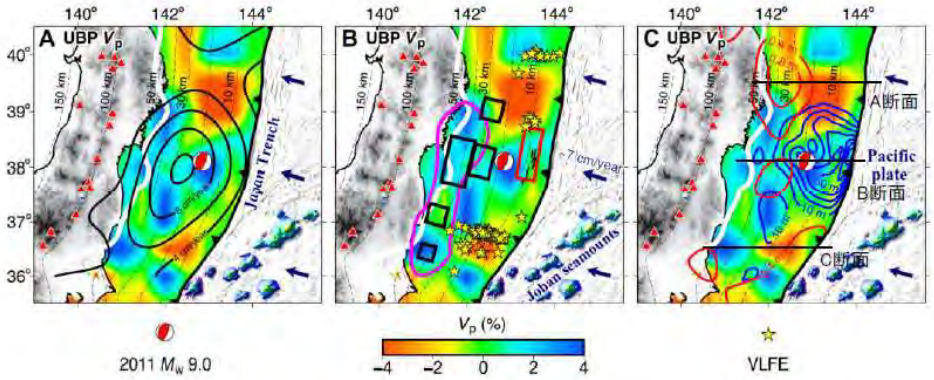


Fig. 4. V_p tomography and characteristics of the 2011 Tohoku-oki earthquake. The colors in (**A** to **C**) show V_p tomography along the UBP obtained by this study. Black bold contour lines in (A) denote the back-slip rate (*5*). In (B), the yellow stars mark epicenters of very low frequency earthquakes (VLFEs) (*24*); the red rectangle denotes a slow slip event (*22*) preceding the 2011 Tohoku-oki earthquake; the black rectangles show locations of coseismic strong ground motions (*39*); the magenta contour line marks the site of coseismic high-frequency P-wave radiation with a relatively low seismic moment during the 2011 Tohoku-oki earthquake (*40*); and the black short lines near the trench indicate seafloor traces of normal faults (*34*). The blue and red contour lines in (C) denote the coseismic slip (*1*) and the afterslip (*43*), respectively. The other labeling is the same as that in Fig. 2.

P波速度分布と3.11地震のすべり量分布等との関係
Liu and Zhao（2018）(110) に一部加筆

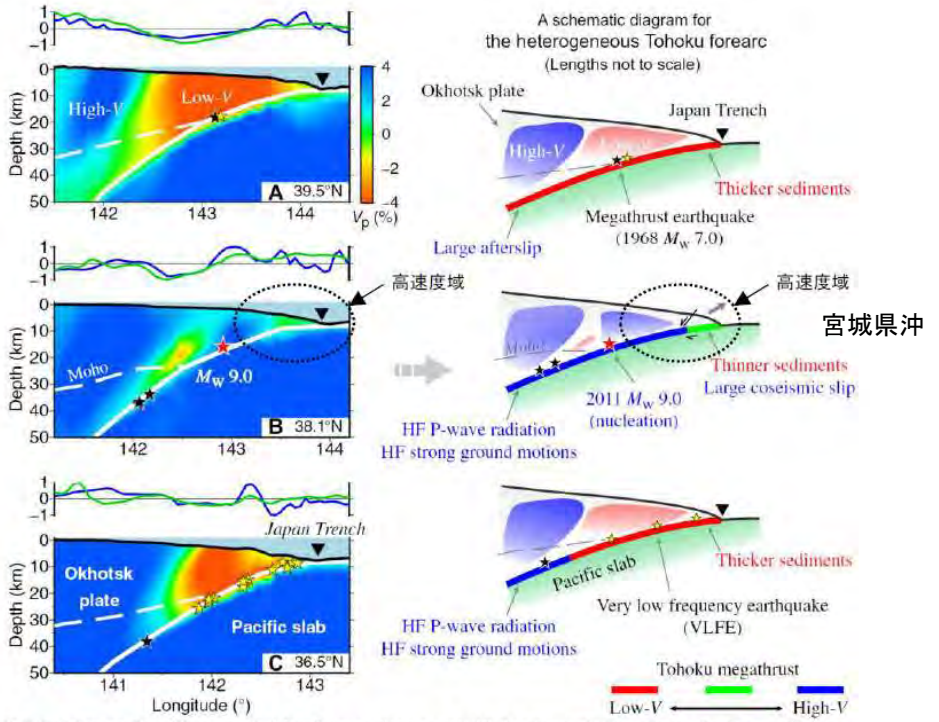


Fig. 5. Vertical cross sections of V_p tomography (left) and corresponding cartoons (right). The east-west vertical cross sections are along the three profiles shown in Fig. 1C. The normalized residual topography (blue line) and gravity (green line) along each profile are shown atop each cross section. The red and blue colors in (**A** to **C**) denote low and high V_p perturbations, respectively, whose scale is shown beside (A). The white bold and dashed lines in (A) to (C) denote the UBP and the forearc Moho, respectively. The red star denotes the mainshock hypocenter of the 2011 Tohoku-oki earthquake (M_w 9.0). The black and yellow stars indicate other megathrust earthquakes (M_w 7.0 to 8.0) during 1917 to 2017 and the VLFEs (*24*) within a 40-km width of each profile, respectively. Note that the hypocenters of the VLFEs and the megathrust earthquakes are set on the UBP, because their accurate focal depths are unclear for most of them. The reverse triangle denotes the Japan Trench axis. HF, high-frequency. In the right panels, the red, green, and blue lines denote low-, normal-, and high-V_p anomalies atop the subducting Pacific plate, respectively, according to the tomographic results of this study. The gray dashed line denotes the forearc Moho.

プレート境界におけるP波速度分布とそのイメージ
Liu and Zhao（2018）(110) に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７１／１３５）

コメントNo.S5-43

基準波源モデル①－１（４／１３）：大きなすべりが生じる構造的特徴（３／５）

プレート境界の構造的特徴

- 機器観測された全ての巨大地震は，滑らかな地形が沈み込む海域で発生し，起伏の激しい地形を伴うプレート境界ではクリープしており，超巨大地震は発生していないとされている。
- また，沈み込む海山は，起伏の激しい地形の典型例であり，海山が沈み込む領域では中小規模の地震を伴うが，大地震を発生する証拠は得られておらず，3.11地震の破壊の南側の停止は，フィリピン海プレートが下盤となる位置ではなく，海山が沈み込む領域で生じたとされている。

Wang and Bilek（2014）[111] による

以上から，プレート境界が滑らかな形状を呈する沈み込む海域で大きなすべりが発生すると考えられる。

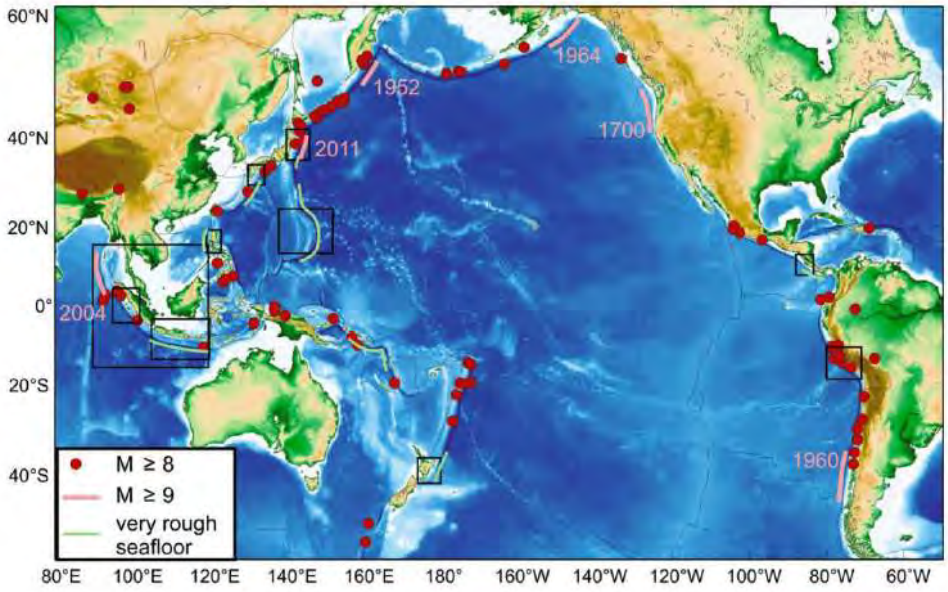


Fig. 1. World map showing general lack of correlation between rugged subducting seafloor and great megathrust earthquakes and showing locations of map areas of Fig. 2 through 10 at 14. Rupture extents of giant ($M_w \geq 9$) events are indicated with pink lines. Epicentre locations of other great ($M_w \geq 8$) events are from the USGS/NOAA catalogue for the time period 1903–2012.

起伏の激しい海底と巨大地震の発生位置の分布
Wang and Bilek（2014）[111]

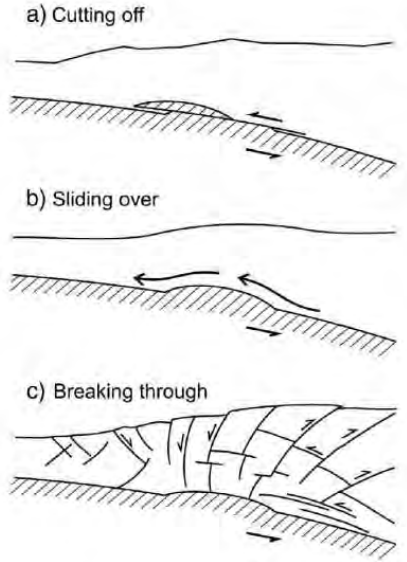


Fig. 11. Scenarios of seamount subduction seen in the literature. (a) "Cutting off": The top part of or the entire seamount is sheared off. (b) "Sliding over": The upper plate frictionally slides over the seamount without severe internal damage. (c) "Breaking through": The seamount forces its way through by severely damaging its surrounding and itself (modified from Wang and Bilek (2011)). We consider (a) unlikely and (b) mechanically impossible. Scenario (c) is supported by field observations and sandbox experiments.

沈み込む海山とプレート境界上盤のシナリオ
Wang and Bilek（2014）[111]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（72／135）

コメントNo.S5-43

基準波源モデル①－1（5／13）：大きなすべりが生じる構造的特徴（4／5）

スロー地震活動域

- 防災科学技術研究所のS-netによる地震記録や，その他の地震学的及び測地学的な観測記録を使用して，日本海溝沿いで発生している地震現象（テクトニック微動，超低周波地震，スロースリップ，群発地震，小繰り返し地震）の空間分布から，スロー地震多発域（三陸沖北部，茨城県沖）と3.11地震の破壊が停止した領域が一致する一方で，3.11地震で大きなすべりが生じた宮城県沖のスロー地震活動は低調であったとされている。
- また，スロー地震が多発している茨城県沖は，沈み込む海山等の不均質な地質構造に対応していることから，同領域は周囲との摩擦特性が異なり，2012年にコスタリカで発生した地震（Mw7.6）や2016年にエクアドルで発生した地震（Mw7.8）のように，地震の破壊を妨げる領域の可能性があるとされている。　Nishikawa et al.（2019）(112) による

以上から，スロー地震が低調である箇所で大きなすべりが発生すると考えられる。

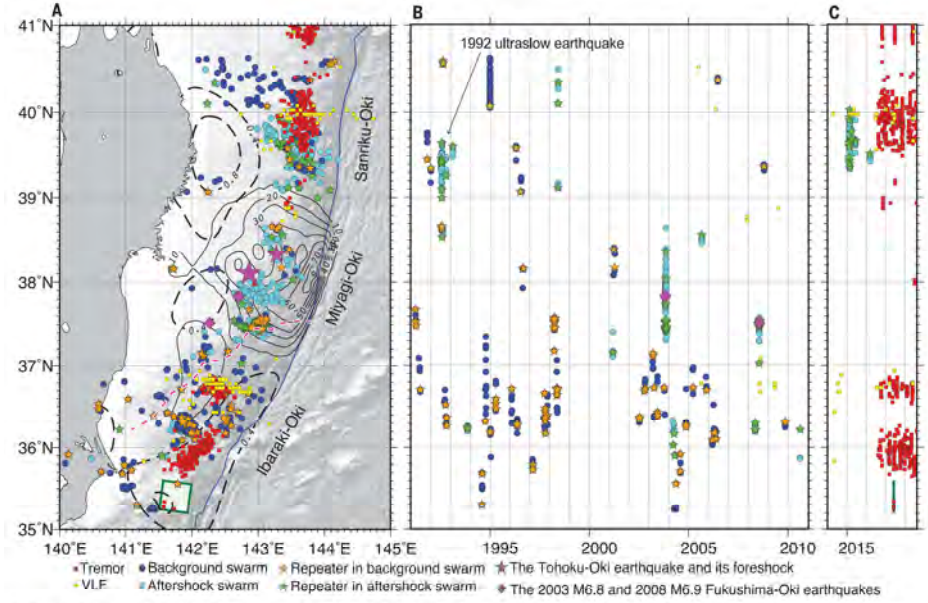


Fig. 3. Slow earthquake activity in the Japan Trench. (**A**) Epicenters of the tectonic tremors, VLFs, and earthquake swarms containing repeaters. Red squares indicate tremors with a duration of 80 s or longer. Yellow squares denote VLFs. Blue circles represent events of background swarms containing repeaters (orange stars). Cyan circles are events of aftershock swarms containing repeaters (green stars). The green square denotes the June 2017 SSE. Magenta diamonds indicate the 2003 *M* 6.8 and 2008 *M* 6.9 Fukushima-Oki earthquakes. Magenta large stars denote the epicenters of the Tohoku-Oki earthquake and its largest foreshock (M_w 7.3). The solid and dashed black contours indicate the coseismic slip (*17*) and afterslip (*20*) distributions of the Tohoku-Oki earthquake at 10-m and 0.4-m intervals, respectively. The magenta dashed line indicates the forearc segment boundary (*24*). (**B** and **C**) Space-time distributions of the tectonic tremors, VLFs, and earthquake swarms containing repeaters during the 1991–2010 and 2014–2018 time periods, respectively.

日本海溝におけるスロー地震活動
Nishikawa et al.（2019）(112)

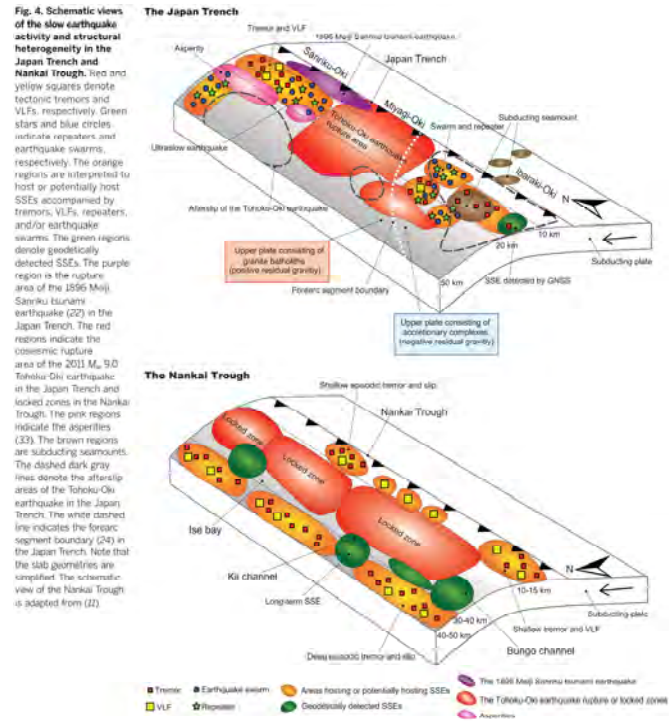


Fig. 4. Schematic views of the slow earthquake activity and structural heterogeneity in the Japan Trench and Nankai Trough. Red and yellow squares denote tectonic tremors and VLFs, respectively. Green stars and blue circles indicate repeaters and earthquake swarms, respectively. The orange regions are interpreted to host or potentially host SSEs accompanied by tremors, VLFs, repeaters, and/or earthquake swarms. The green regions denote geodetically detected SSEs. The purple region is the rupture area of the 1896 Meiji Sanriku tsunami earthquake (*27*) in the Japan Trench. The red regions indicate the coseismic rupture area of the 2011 M_w 9.0 Tohoku-Oki earthquake in the Japan Trench and locked zones in the Nankai Trough. The pink regions indicate the asperities (*33*). The brown regions are subducting seamounts. The dashed dark gray lines denote the afterslip areas of the Tohoku-Oki earthquake in the Japan Trench. The white dashed line indicates the forearc segment boundary (*24*) in the Japan Trench. Note that the slab geometries are simplified. The schematic view of the Nankai Trough is adapted from (*11*).

日本海溝および南海トラフにおけるスロー地震活動と構造的不均質性の関係（概略図）
Nishikawa et al.（2019）(112)

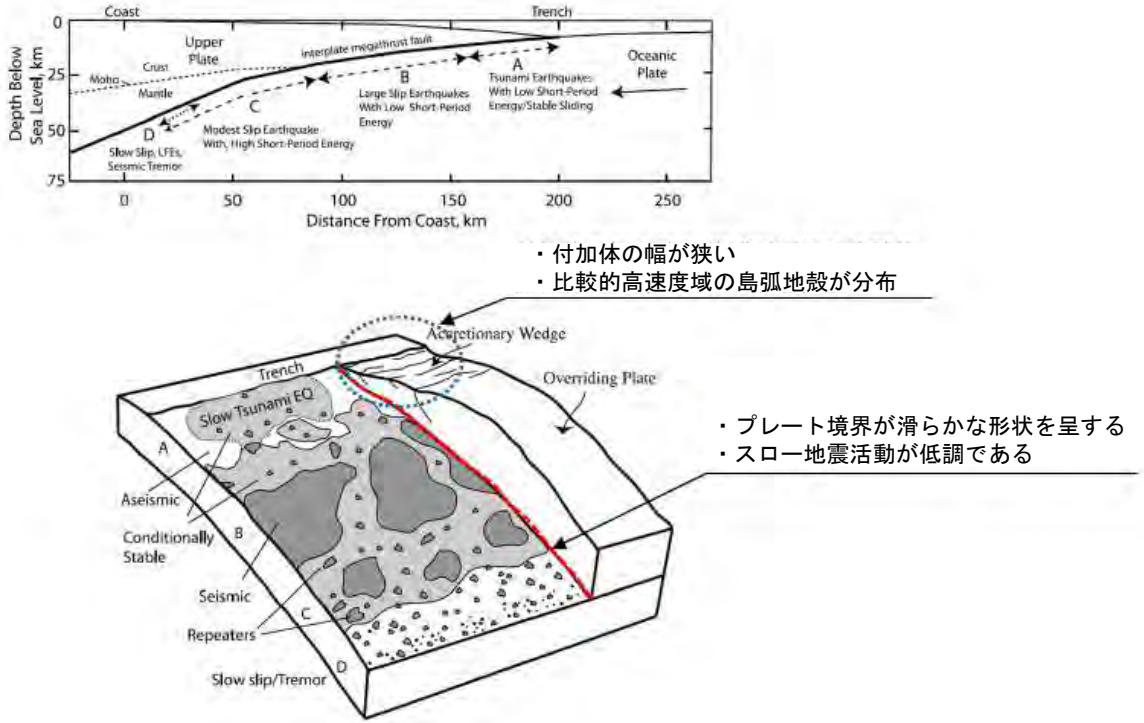
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７３／１３５）

コメントNo.S5-43

基準波源モデル①－１（６／１３）：大きなすべりが生じる構造的特徴（５／５）

まとめ

- 3.11地震時に大きなすべりが生じた宮城県沖のテクトニクス的背景及び地震学的見地等から，大きなすべりが生じるプレート境界は以下の構造的特徴を有するものと考えられる。
  - ✓ 付加体の幅が狭い。(P. 2. 3. 1-72)
  - ✓ 海溝軸付近には比較的高速度域の島弧地殻が分布する。(P. 2. 3. 1-73)
  - ✓ プレート境界が滑らかな形状を呈する。(P. 2. 3. 1-74)
  - ✓ スロー地震活動が低調である。(P. 2. 3. 1-75)



大きなすべりを発生させるプレート境界の構造的特徴※

※：Lay et al.（2012）[113] によるプレート境界の領域区分図を引用

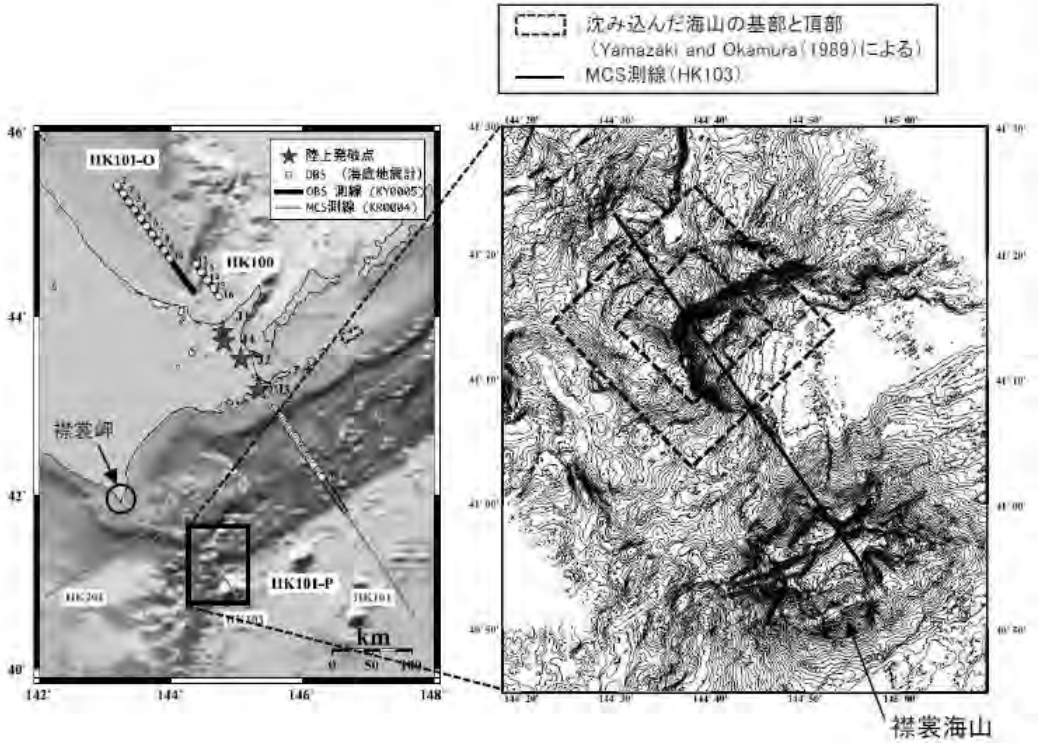
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７４／１３５）

基準波源モデル①－１（７／１３）：日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性（１／６）

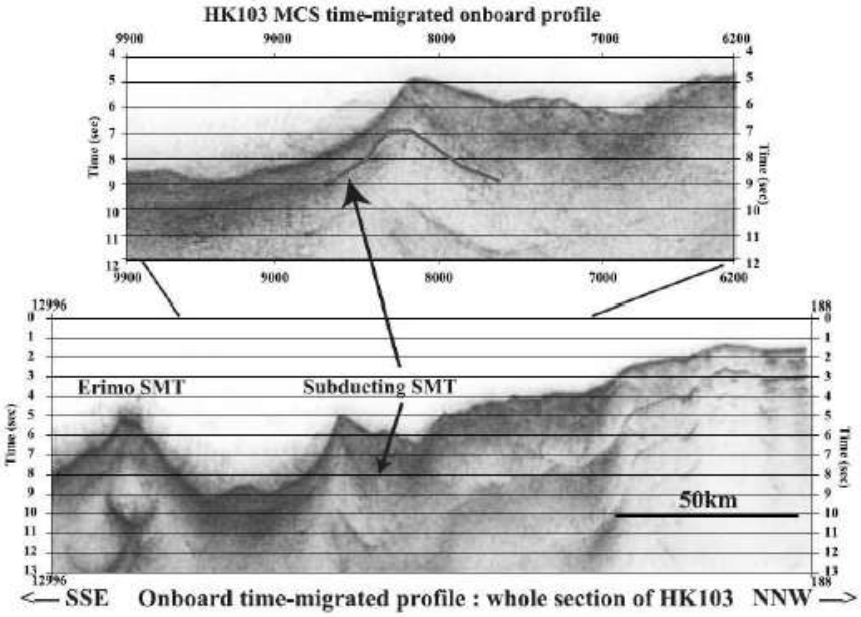
襟裳岬沖の沈み込む海山

コメントNo.S5-43

- 襟裳岬沖の海溝軸海側には襟裳海山が存在し，その陸側斜面下には，地磁気異常から沈み込んだ海山が存在するとされている。
  Yamazaki and Okamura（1989）(114) による
- 襟裳海山周辺を対象としたマルチチャンネル反射法探査，海底地形精査・地磁気・重力異常探査を実施し，海底地形図（下：中央図），襟裳海山及び沈み込む海山直上を北西-南東に横切るMCS処理記録（下：右図）から，沈み込む海山を明瞭にイメージングされている。
  木戸ほか（2002）(115) による



沈み込んだ海山付近の海底地形
木戸ほか（2002）(115) に一部加筆



襟裳海山及び沈み込む海山直上のプロファイル
（MCS処理記録（測線：HK103））
木戸ほか（2002）(115)

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７５／１３５）

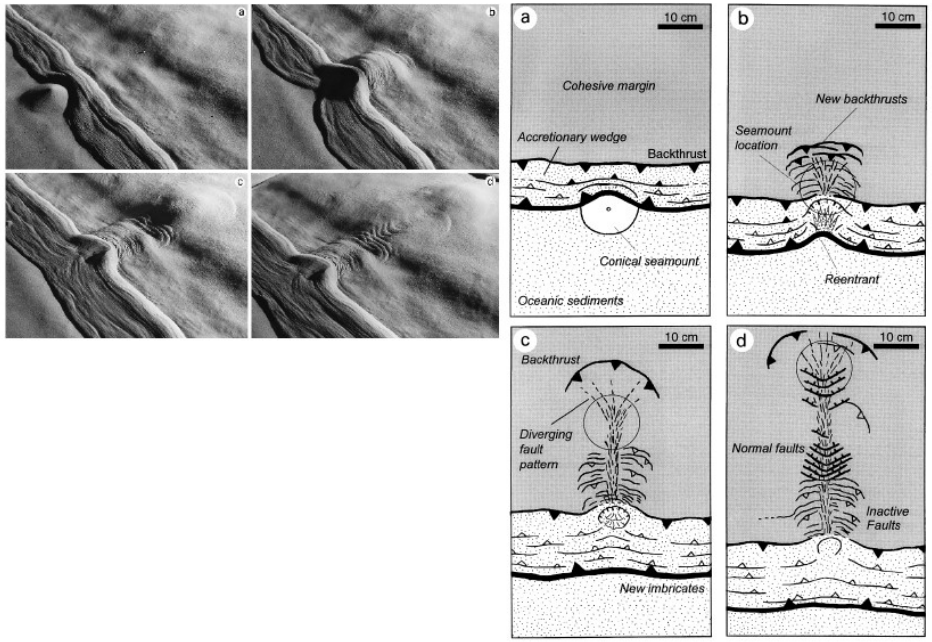
基準波源モデル①－１（８／１３）：日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性（２／６）

沈み込む海山と上盤プレートの相互作用

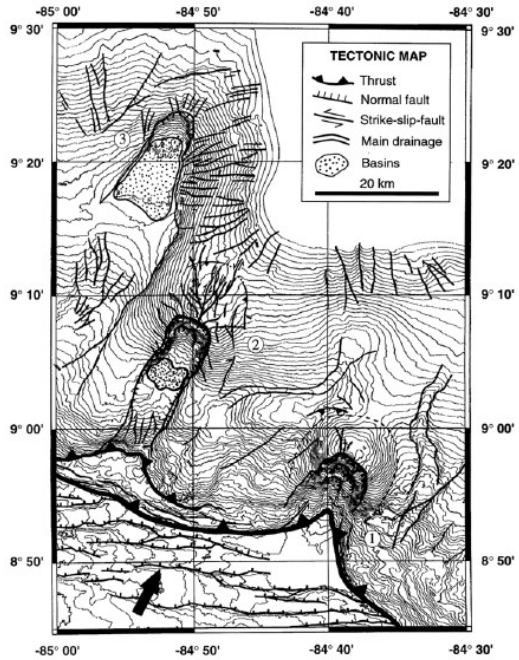
コメントNo.S5-43

- Dominguez et al.（1998）[116]は，海山の沈み込みによる陸側斜面の構造的特徴について，海山の沈み込みを模した砂箱実験とコスタリカ沖中米海溝陸側斜面の実地形との比較から，次のとおり整理している。
  - ✓ 沈み込んでいく海山の前面には，海側に傾斜するバックスラストが形成され，海山の進行とともに新たに陸側に形成されるとともに，沈み込んでいる海山の頂上付近から陸側のバックスラストへ発散していく横ずれ断層のネットワークが形成される。
  - ✓ 海山が完全に沈み込み，海山の海側で再び付加体が形成され始め，沈み込む堆積物の底付けが行われるようになると，海山の海側には陸側に傾斜する正断層群が形成される。

前頁及び以上から，日本海溝・千島海溝島弧会合部付近には襟裳岬沖に沈み込む海山が存在し，この海側で付加帯が形成されると考えられる。



砂箱を用いた実験に基づく沈み込む海山による陸側斜面の変形構造（左：実験，右：模式図）
Dominguez et al.（1998）[116]



コスタリカ沖の海底地形図（○数字：沈み込む海山位置）
Dominguez et al.（1998）[116]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７６／１３５）

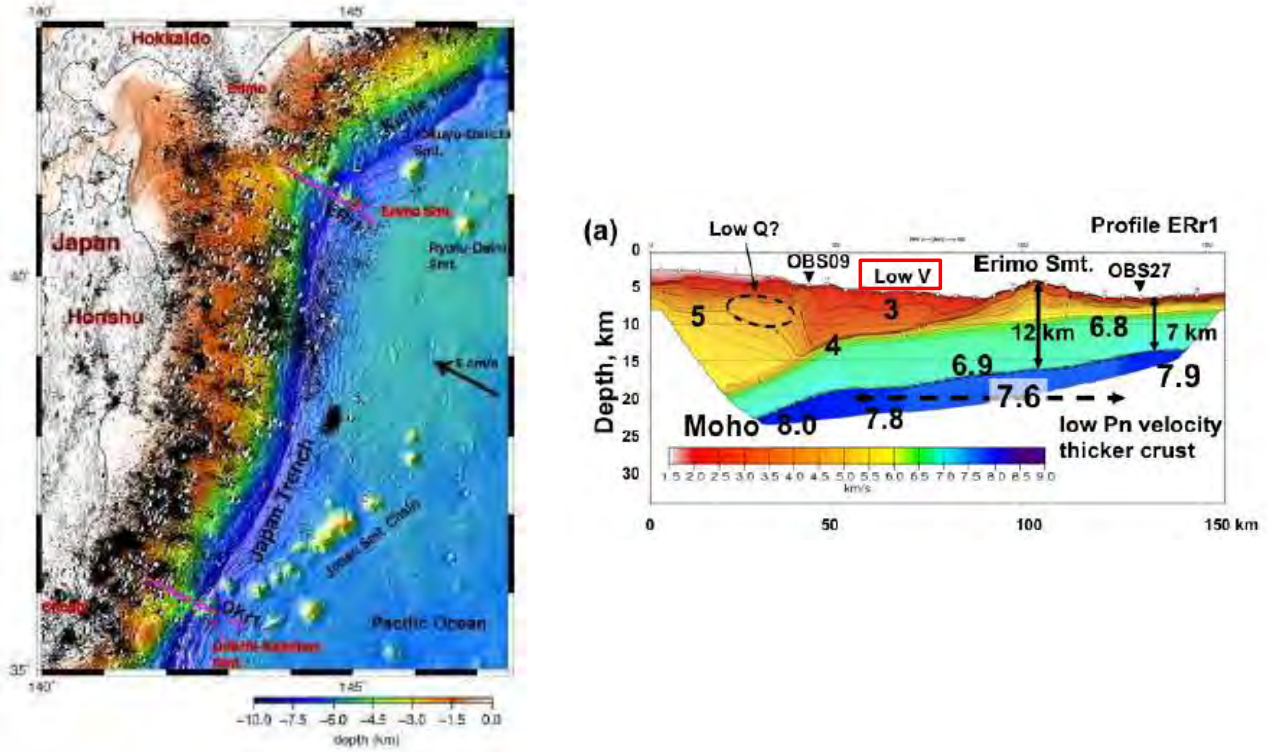
基準波源モデル①－１（９／１３）：日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性（３／６）

襟裳岬沖の沈み込む海山付近の地殻構造

コメントNo.S5-43

- 襟裳海山とその陸側に沈み込む海山を横切る地震波トモグラフィーから，典型的なプレート境界の構造と比較して，襟裳海山は地殻が厚く，海溝軸付近の陸側のプレートについては，沈み込む海山の影響により低速度の島弧地殻が分布するとされている。
  Nishizawa et al.（2009）[117] による

以上から，日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の海溝軸付近の陸側のプレートには沈み込む海山の影響による低速度の島弧地殻が分布すると考えられる。



襟裳海山（ａ）とその陸側に沈み込む海山を
横切る地震波トモグラフィー（Vp）
Nishizawa et al.（2009）[117]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７７／１３５）

基準波源モデル①－１（１０／１３）：日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性（４／６）

コメントNo.S5-43

島弧会合部のテクトニクス的背景

- 千島海溝南西端は，日本海溝との島弧会合部に位置し，その会合部（衝突帯）では，日高山脈が形成されている（日高造山運動）。
  木村（2002）(94)による
- 千島弧はその下部地殻内で上下に裂けて分離（デラミネーション）するとともに，上部地殻を含めて上半分は日高主衝上断層によって西側に衝上し，上部マントルを含めて下半分は下降する。一方，東北日本弧側はデラミネーションした千島弧のなかに楔（ウェッジ）状に突入する。
  伊藤（2000）(93)による

以上から，日本海溝・千島海溝島弧会合部付近のプレート境界は複雑な形状を呈すると考えられる。

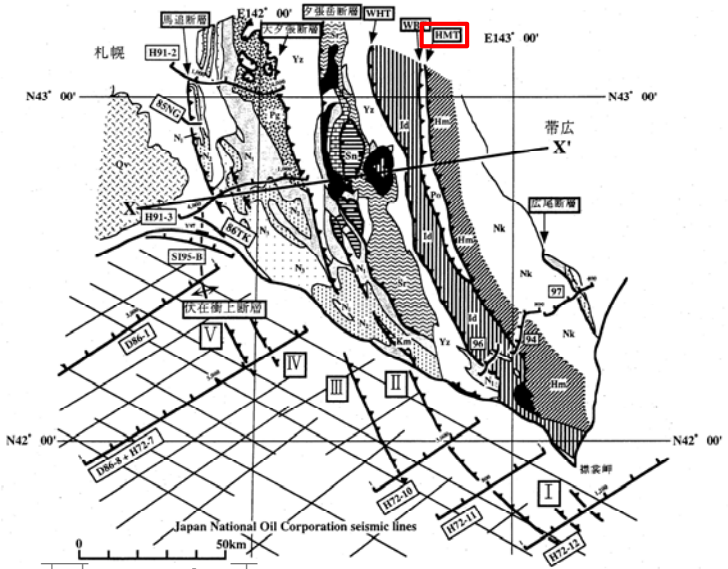


図１　日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地質概略と主な反射法地震探査測線図。X—X′は図２の断面位置を示す。伊藤ら（1999）を改変。
【地質】主として，地質調査所（1982，1996）による。Nk：中の川層群，Hm：日高変成岩類（主帯），Po：ポロシリ・オフィオライト（西帯），Id：イドンナップ帯，Yz：蝦夷層群，Sr：空知層群，Km：神威古潭変成岩類，Sn：沙流川層—ニセウ層，Pg：古第三系，N1～N3：地質調査所（1982）に同じ。Qv：第四紀火山岩類。HMT：日高主衝上断層，WBT：西縁衝上断層，WHT：日高西部断層群
【測線】86・98・97：日高深部構造反射法探査，85NG・86TK：浅野ら（1990），Y97：佐藤ら（1998），その他の測線は石油公団（1973，1987，1993，1996）。

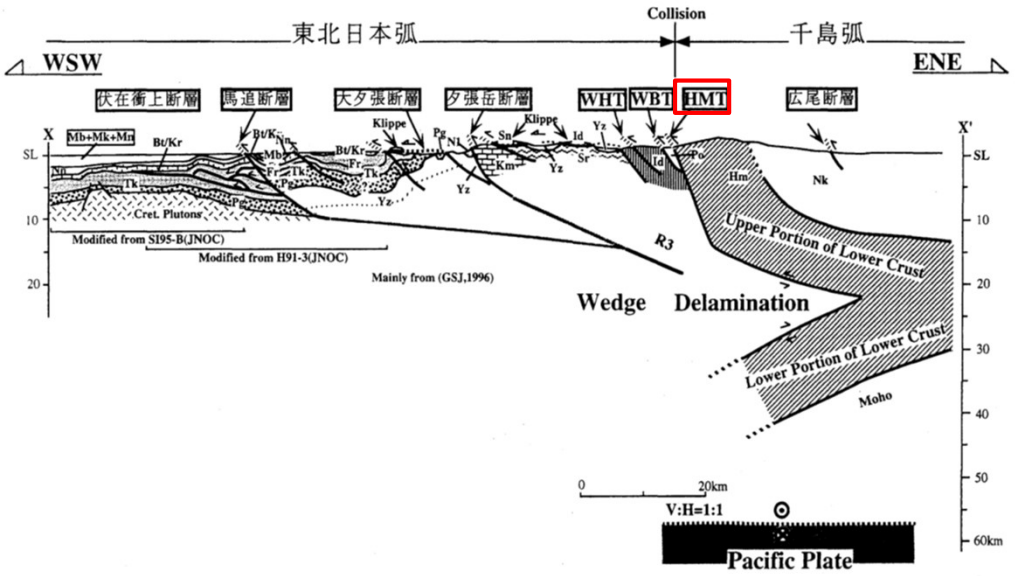


図２　日高衝突帯ならびに前縁褶曲・衝上断層帯の地下構造断面図。
断面線の位置は図１の X—X′。断面図下に主要な出典を示した。略称は図１に同じ。Ito *et al.*（1998）および伊藤ら（1999）を改変。
伊藤(2000)(93)に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７８／１３５）

基準波源モデル①－１（１１／１３）：日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性（５／６）

スロー地震活動域

コメントNo.S5-43

- 防災科学技術研究所のS-netによる地震記録から日本海溝及び千島海溝（南部）沿いで発生している地震現象を整理し，島弧会合部付近における浅部領域（深さ約20km以浅）にスロー地震活動域が存在するとされている。

  Nishikawa et al.（2019）[112]，Tanaka et al.（2019）[118]による

以上から，日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の浅部領域にスロー地震活動域が存在すると考えられる。

●～●：スロー地震発生位置
☆：超低周波地震，地震（M＞4.5）発生位置

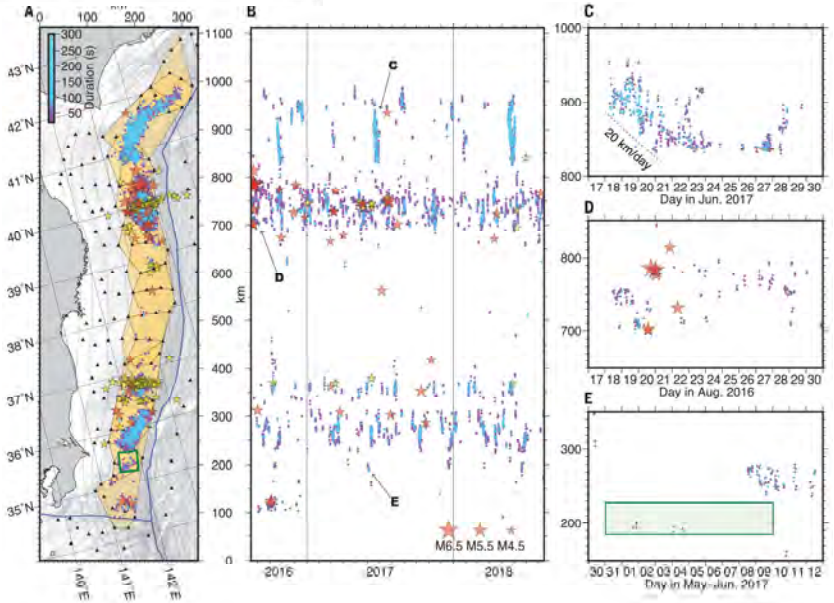


Fig. 1. Tremor activity in the Japan Trench. (**A**) Epicenters of the tectonic tremors. Dots indicate the epicenters of the tremors, which are colored according to their duration (see the color scale). Yellow and red stars are VLFs and $M > 4.5$ ordinary earthquakes, respectively, with the ordinary earthquake epicenters taken from the Japan Meteorological Agency (JMA) catalog. Black triangles are S-net observatories. The green square denotes the June 2017 SSE that was detected by our GNSS analysis. The orange shaded polygons indicate the 18 overlapping subregions used for our tremor detection. The top of the Pacific Plate is indicated by the black contours at 10-km depth intervals. (**B**) Space-time distribution of the tectonic tremors. We used Japanese Standard Time (JST; UTC + 9 hours). The vertical lines indicate 1 January 2017 and 1 January 2018. (**C** to **E**) Enlarged views of (B). The green shaded region in (E) denotes the spatiotemporal extent of the June 2017 SSE.

日本海溝及び千島海溝（南部）のスロー地震活動
Nishikawa et al.（2019）[112]

○：テクトニック微動活動発生位置
◆，×：超低周波地震発生位置
＋：観測機器設置位置
—：1968年十勝沖地震のアスペリティ
—：1994年三陸沖地震のアスペリティ
○：余震
—：2003年十勝沖地震のアスペリティ
☆：各地震の震央

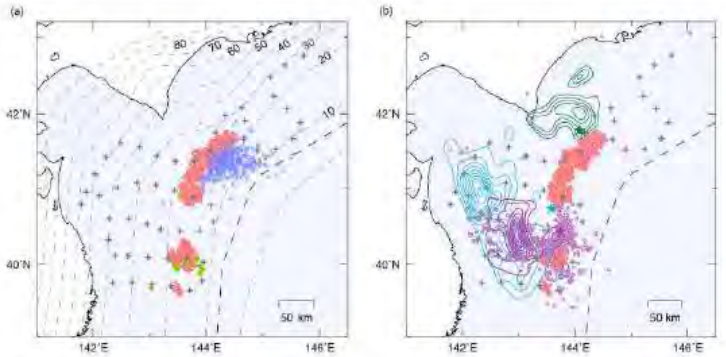


Figure 3. Locations of tremor sources determined in this study (red circles). (a) Comparison with locations of very low frequency earthquakes determined by an array signal processing method (blue crosses; Asano et al., 2008) and a cross-correlation analysis (light green diamonds; Matsuzawa et al., 2015) using land-based stations. Broken lines indicate contours of the depths to the plate interface at 10-km intervals defined by Kita et al. (2010) and Nakajima and Hasegawa (2006). (b) Comparison with the epicenters (stars) and slip distributions (contours) of the 1968 Tokachi-Oki (light blue; Yamanaka & Kikuchi, 2004), 1994 Sanriku-Oki (purple; Nagai et al., 2001), and 2003 Tokachi-Oki earthquakes (green; Yamanaka & Kikuchi, 2003). Purple circles denote 7-day aftershocks ($M \geq 3.0$) of the 1994 Sanriku-Oki earthquake listed in the Japan Meteorological Agency earthquake catalog. Plus signs indicate the stations used in the analysis.

島弧会合部付近におけるスロー地震活動域と
既往地震のアスペリティ分布の比較
Tanaka et al.（2019）[118]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（７９／１３５）

基準波源モデル①－１（１２／１３）：日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性（６／６）

まとめ

コメントNo.S5-43

- 日本海溝・千島海溝島弧会合部における大きなすべりの発生可能性について検討した結果，日本海溝・千島海溝島弧会合部付近は，そのテクトニクス的背景及び地震学的見地から，大すべりが発生するプレート境界の構造的特徴を有していないことから，3.11地震時に見られたような大すべりが発生する可能性は極めて低いと考えられる。

大きなすべりが生じる 3.11地震等のプレート境界の構造的特徴 (P.2.3.1-76)	比較 ⇔	日本海溝・千島海溝島弧会合部付近の テクトニクス的背景及び地震学的見地
• 付加体の幅が狭い。	整合しない	• 付加体の幅が広い。(P.2.3.1-72) • 襟裳岬沖に沈み込む海山が存在し，この海側で付加帯が形成される。（P.2.3.1-77，P.2.3.1-78）
• 海溝軸付近には比較的高速度域の島弧地殻が分布する。	整合しない	・海溝軸付近の陸側のプレートには沈み込む海山の影響による低速度の島弧地殻が分布する。 (P.2.3.1-79)
• プレート境界が滑らかな形状を呈する。	整合しない	・プレート境界は複雑な形状を呈する。（P.2.3.1-80）
• スロー地震活動が低調である。	整合しない	・浅部領域にスロー地震活動域が存在する。 (P.2.3.1-81)

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８０／１３５）

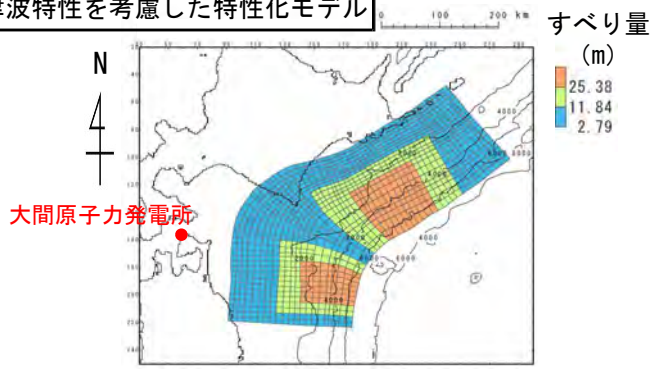
基準波源モデル①－１（１３／１３）：まとめ

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-58一部修正

コメントNo.S5-43

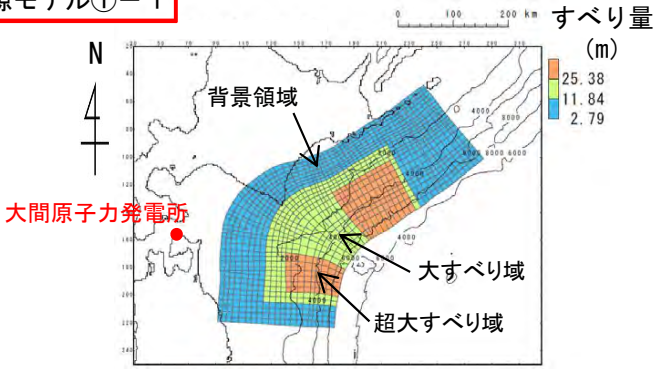
- 基準波源モデル①－１は，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル（P.2.3.1-67参照）に対し，以下の保守性を考慮して設定する。
  - ✓ 日本海溝・千島海溝島弧会合部は，そのテクトニクス的背景及び地震学的見地から，3.11地震で見られた大きなすべりが発生する可能性は極めて低いと考えられるため超大すべり域は配置しないが，保守的観点から同領域に大すべり域を設定する。なお，この際，杉野ほか（2014）(80)の面積比率を保持する位置に超大すべり域及び大すべり域を移動させた。

岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル



保守性を考慮

基準波源モデル①－１



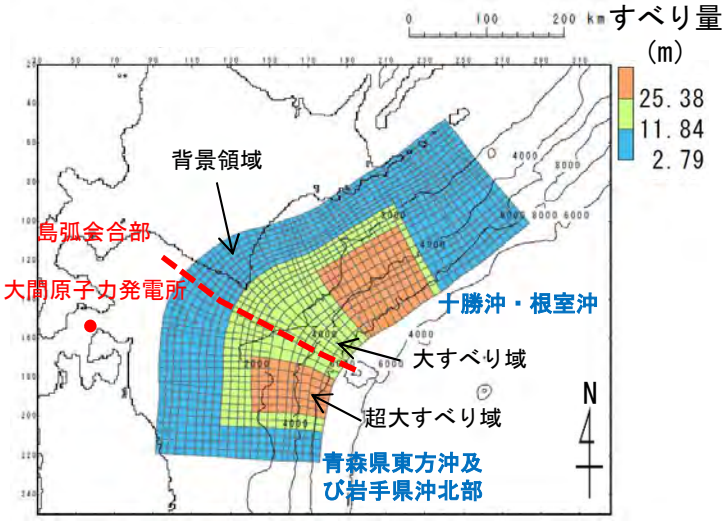
基準波源モデル①－１のパラメータ

項　目		基準波源モデル①－１【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.06	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.05
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
断層面積 S （km^2）		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ （MPa）		3.26	杉野ほか（2014）(80)（設計値3.1MPa）	3.1
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.92×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.67×10^{22}
平均すべり量 D （m）		8.90	D=Mo/(μ・S)	8.46
すべり量	背景領域 （m）（面積及び面積比率）	2.79（63,895km^2，57.8%）	杉野ほか（2014）(80)	2.79（66,283km^2，60%）
	大すべり域 （m）（面積及び面積比率）	11.84（27,829km^2，25.2%）		11.84（27,618km^2，25%）
	超大すべり域 （m）（面積及び面積比率）	25.38（18,748km^2，17.0%）		25.38（16,571km^2，15%）
すべり角 λ （°）		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム τ （s）		60	内閣府（2012）(81)	—

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（81／135）

基準波源モデル①－１：まとめ（補足）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-59一部修正



基準波源モデル①－１

基準波源モデル①－１の詳細パラメータ

			基準波源モデル①－１ 【モデル化後の値】	備　考 【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw			9.06	9.05
平均応力降下量　⊿σ　(MPa)			3.26	3.1
剛性率　μ　(N/m^2)			5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)			4.92×10^{22}	4.67×10^{22}
平均すべり量　D　(m)			8.90	8.46
波源全体	面積　S　(km^2)		110,472	—
	すべり量	背景領域(m) (面積及び面積比率)	2.79 (63,895km^2, 57.8%)	2.79 (66,283km^2, 60%)
		大すべり域(m) (面積及び面積比率)	11.84 (27,829km^2, 25.2%)	11.84 (27,618km^2, 25%)
		超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	25.38 (18,748km^2, 17.0%)	25.38 (16,571km^2, 15%)
青森県東方沖及び岩手県沖北部	面積　S　(km^2)		40,959	—
	すべり量	背景領域(m) (面積及び面積比率)	2.79 (23,789km^2, 58.1%)	2.79 (24,575km^2, 60%)
		大すべり域(m) (面積及び面積比率)	11.84 (10,531km^2, 25.7%)	11.84 (10,240km^2, 25%)
		超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	25.38 (6,639km^2, 16.2%)	25.38 (6,144km^2, 15%)
十勝沖・根室沖	面積　S　(km^2)		69,513	—
	すべり量	背景領域(m) (面積及び面積比率)	2.79 (40,106km^2, 57.7%)	2.79 (41,708km^2, 60%)
		大すべり域(m) (面積及び面積比率)	11.84 (17,298km^2, 24.9%)	11.84 (17,378km^2, 25%)
		超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	25.38 (12,109km^2, 17.4%)	25.38 (10,427km^2, 15%)

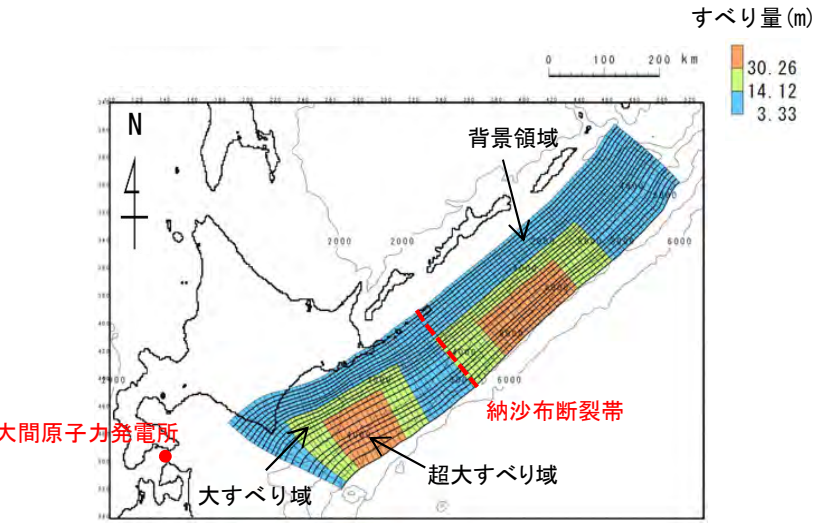
注：各領域における面積比率はその領域面積に対する比率を記載

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（82／135）

基準波源モデル①－２

設定方針

- 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した基準波源モデルとして基準波源モデル①－２を設定する。
- 十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，既に色丹島沖及び択捉島沖の西端に大すべり域を配置し保守性を考慮済みであるため，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルを基準波源モデル①－２とする。



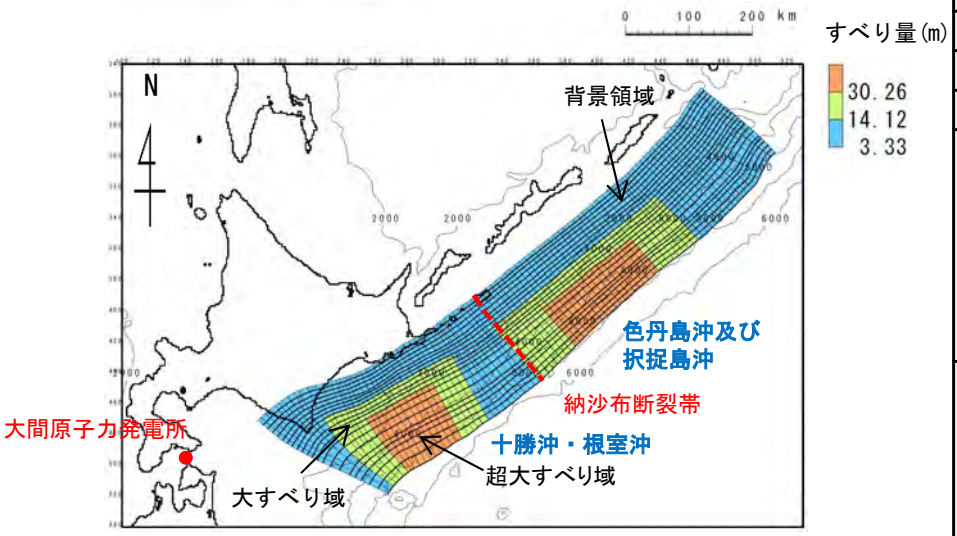
基準波源モデル①－２
（十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル）

基準波源モデル①－２のパラメータ

項　目		基準波源モデル①－２【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.21	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.20
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a, 2019）(79), (78)	—
断層面積　S　(km^2)		157,100	十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖	—
平均応力降下量　$\Delta\sigma$　(MPa)		3.19	杉野ほか（2014）(80)（設計値3.1MPa）	3.1
剛性率　μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		8.15×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	7.92×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		10.38	D=Mo/(μ・S)	10.09
すべり量	背景領域　(m)（面積及び面積比率）	3.33 (92,651km^2, 59.0%)	杉野ほか（2014）(80)	3.33 (94,260km^2, 60%)
すべり量	大すべり域　(m)（面積及び面積比率）	14.12 (38,911km^2, 24.8%)	杉野ほか（2014）(80)	14.12 (39,275km^2, 25%)
すべり量	超大すべり域　(m)（面積及び面積比率）	30.26 (25,538km^2, 16.2%)	杉野ほか（2014）(80)	30.26 (23,565km^2, 15%)
すべり角　λ　(°)		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム　τ　(s)		60	内閣府（2012）(81)	—

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（83／135）

基準波源モデル①－２（補足）



基準波源モデル①－２

基準波源モデル①－２の詳細パラメータ

			基準波源モデル①－２ 【モデル化後の値】	備　考 【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw			9.21	9.20
平均応力降下量 $\Delta\sigma$　(MPa)			3.19	3.1
剛性率 μ　(N/m^2)			5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)			8.15×10^{22}	7.92×10^{22}
平均すべり量 D　(m)			10.38	10.09
波源全体	面積 S　(km^2)		157,100	—
	すべり量	基本すべり域(m) (面積及び面積比率)	3.33 (92,651km^2, 59.0%)	3.33 (94,260km^2, 60%)
		大すべり域(m) (面積及び面積比率)	14.12 (38,911km^2, 24.8%)	14.12 (39,275km^2, 25%)
		超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	30.26 (25,538km^2, 16.2%)	30.26 (23,565km^2, 15%)
十勝沖・根室沖	面積 S　(km^2)		69,513	69,513
	すべり量	基本すべり域(m) (面積及び面積比率)	3.33 (40,592km^2, 58.4%)	3.33 (41,708km^2, 60%)
		大すべり域(m) (面積及び面積比率)	14.12 (16,812km^2, 24.2%)	14.12 (17,378km^2, 25%)
		超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	30.26 (12,109km^2, 17.4%)	30.26 (10,427km^2, 15%)
色丹島沖及び択捉島沖	面積 S　(km^2)		87,587	87,587
	すべり量	基本すべり域(m) (面積及び面積比率)	3.33 (52,059km^2, 59.5%)	3.33 (52,552km^2, 60%)
		大すべり域(m) (面積及び面積比率)	14.12 (22,099km^2, 25.2%)	14.12 (21,897km^2, 25%)
		超大すべり域(m) (面積及び面積比率)	30.26 (13,429km^2, 15.3%)	30.26 (13,138km^2, 15%)

注：各領域における面積比率はその領域面積に対する比率を記載

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８４／１３５）

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（１／７）

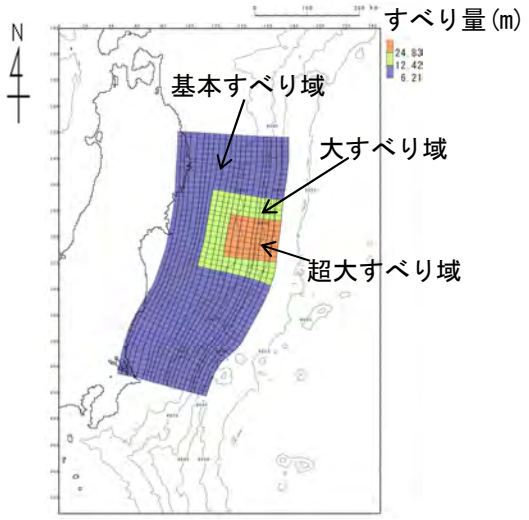
設定方針

コメントNo.S5-43

- 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル※から得られた知見，及び3.11地震における大すべりの発生形態から得られた知見（＝広域の津波特性を考慮した特性化モデルと共通）（P.2.3.1-64参照）を踏まえ，青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルを設定する。
- なお，青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ，保守性を確保する観点から，最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりを考慮して特性化モデルを設定する。

【3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルから得られた知見】

- 大すべり域・超大すべり域のすべり量等：内閣府（2012）[81]に示されるすべり量，面積比率を踏まえて設定する。
  - ✓ 大すべり域：津波断層の基本すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
  - ✓ 超大すべり域：津波断層の基本すべり量の４倍，全体面積の５%程度
- 大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整方法：3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現するためには，波源領域全体でMwを調整する必要がある。



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのパラメータ

		宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化波源モデル【モデル化後の値】	備　考【設計値】
モーメントマグニチュード　Mw		9.04	9.02
面積　S　(km^2)		107,357	—
平均応力降下量　⊿σ　(MPa)		3.13	3
剛性率　μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	—
地震モーメントMo　(N・m)		4.52×10^{22}	4.33×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		8.43	8.07
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.21（85,165km^2, 79.3%）	6.21（85,885km^2, 80%）
	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.42（14,114km^2, 13.2%）	12.42（16,104km^2, 15%）
	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	24.83（8,078km^2, 7.5%）	24.83（5,368km^2, ５%）
ライズタイム　τ　(s)		60	—

※補足説明資料「４－１．2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認」参照

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８５／１３５）

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（２／７）

大すべり域・超大すべり域の位置
（基準波源モデル①－１のうち青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域の設定方針と共通）

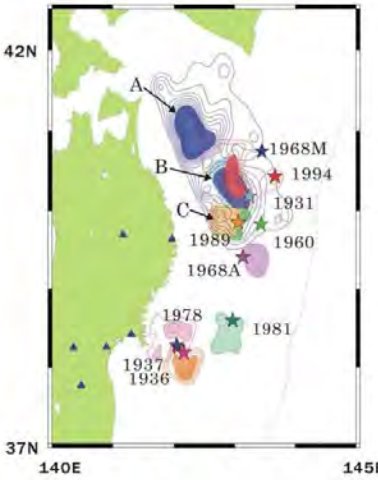
コメントNo.S5-43

- アスペリティ分布の解析から，青森県東方沖及び岩手県沖北部のアスペリティ（下図：ＡとＢ）のうち，1968年の地震と1994年の地震の共通アスペリティ（下図：Ｂ）のカップリング率はほぼ100%であるとされている。また，個々のアスペリティが単独で動けばＭ７クラスの地震（=1994年）を，連動するとＭ８クラスの地震（=1968年）を引き起こすとされている。
  Yamanaka and Kikuchi(2004)[82]，永井ほか（2001）[83]による

以上の地震学的見地を踏まえ，大すべり域・超大すべり域を配置する。

【超大すべり域が１つのケースの位置の設定について】

- 広域の津波特性を考慮した特性化モデル（P.2.3.1-67）については，超大すべり域が２つであるため，北海道東部沿岸と青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物を考慮し，これらに正対する海域にそれぞれ超大すべり域を設定した。
- 一方，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定する特性化モデル（P.2.3.1-93）は，超大すべり域が１つであり，日本海溝・千島海溝島弧会合部を跨がずに設定するものであるため，北海道東部沿岸と青森県北部太平洋沿岸の津波堆積物のうち，敷地に与える影響が大きい沿岸に正対する位置に配置する。
- 島弧会合部は，北海道の襟裳岬から東南東方の海域へ続いていることを考慮すると，津軽海峡開口部（津軽海峡への入り口）が位置する海域と同じ海域である青森県東部沿岸に正対する海域に超大すべり域を配置することが，大間地点の敷地へ及ぼす津波高の影響が大きくなると考えられる。
- なお，P.2.3.1-149に示すとおり，超大すべり域の形状はやや異なるものの，青森県東部沿岸の沖合から北海道東部沿岸の沖合に超大すべり域の位置を移動させた場合の，敷地に及ぼす津波高の検討を行った結果，青森県東部沿岸の沖合に超大すべり域を配置（S1配置）したケースのスペクトル強度がほぼ全ての周期で上回っており，超大すべり域を青森県東部沿岸の沖合いに配置することは妥当と考えられる。



青森県東方沖及び岩手県沖北部における
アスペリティの活動パターンと地震規模の関係
Yamanaka and Kikuchi(2004)[82]，永井ほか（2001）[83]

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８６／１３５）

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（３／７）

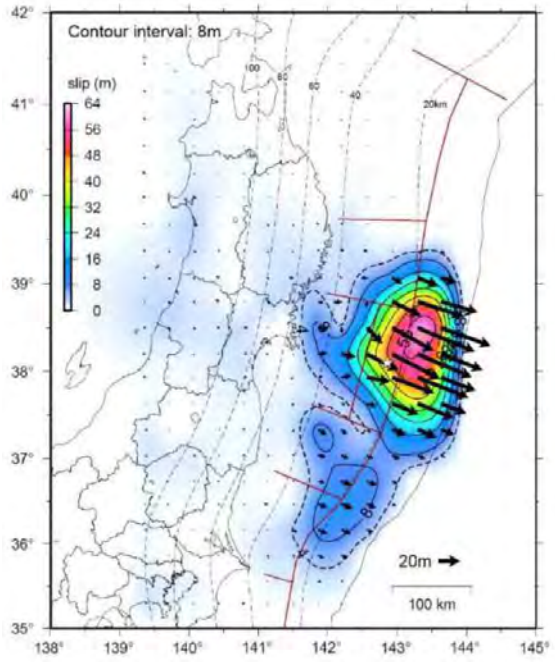
大すべり域・超大すべり域のすべり量分布
（基準波源モデル①－１のうち青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域の設定方針と共通）

コメントNo.S5-43

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部で発生している既往地震の震源深さ（約20km）は，3.11地震時に宮城県沖の浅部領域をオーバーシュートさせた（破壊の起点となった）震源深さと同程度である。

地震調査研究推進本部（2012）[8]，Yamanaka and Kikuchi(2004)[82]による

以上から，3.11地震における宮城県沖の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量分布を設定する。



星印は本震の震央，点線はプレート境界面の深さ，ベクトル(→)は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

3.11地震時の震源位置とすべり分布
地震調査研究推進本部（2012）[8]

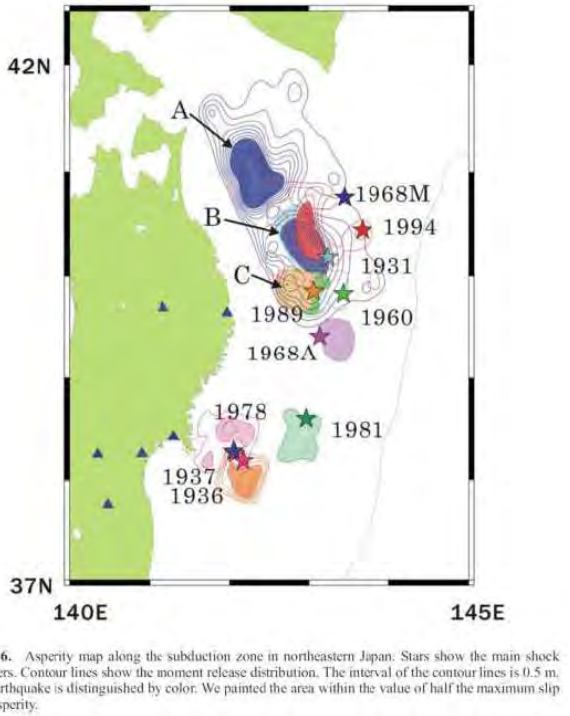


Figure 6. Asperity map along the subduction zone in northeastern Japan. Stars show the main shock epicenters. Contour lines show the moment release distribution. The interval of the contour lines is 0.5 m. Each earthquake is distinguished by color. We painted the area within the value of half the maximum slip as an asperity.

青森県東方沖及び岩手県沖北部における
アスペリティ分布，既往地震の震源
Yamanaka and Kikuchi(2004)[82]

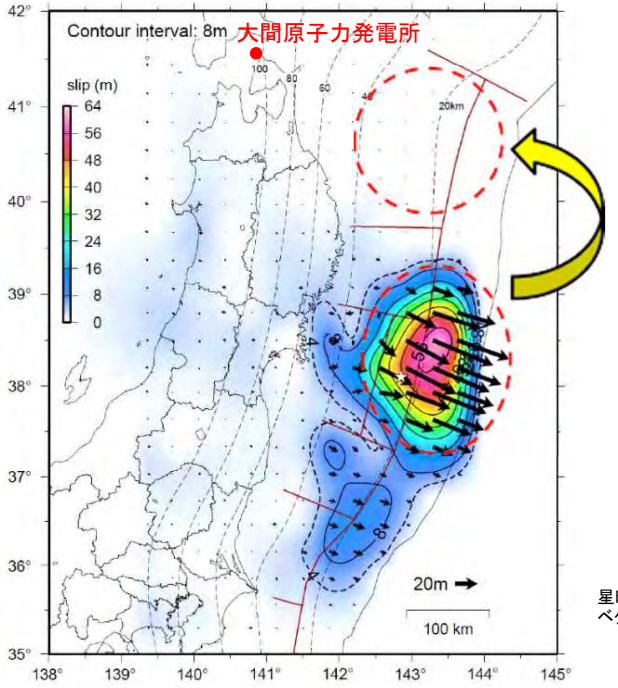
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８７／１３５）

コメントNo.S5-43

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（４／７）

大すべり域・超大すべり域のすべり量
（基準波源モデル①－１のうち青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域の設定方針と共通）（P.2.3.1-66再掲）

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部については，1968年十勝沖地震に伴うすべり量（７ｍ～９ｍ程度）が最大規模と評価される（P.2.3.1-15，P.2.3.1-16参照）　。
- しかし，津軽海峡開口部前面とほぼ正対する青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は，発電所の津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ，保守性確保の観点から最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりとして，3.11地震時における宮城県沖のすべり量と同規模のすべり量を考慮する。



3.11地震における宮城県沖のすべりと同規模のすべり量考慮

星印は本震の震央，点線はプレート境界面の深さ，
ベクトル（→）は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

3.11地震時のすべり分布
地震調査研究推進本部（2012）[8]に一部加筆

大すべり域・超大すべり域の設定（概念）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８８／１３５）

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（５／７）

平均応力降下量（１／２）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-32一部修正

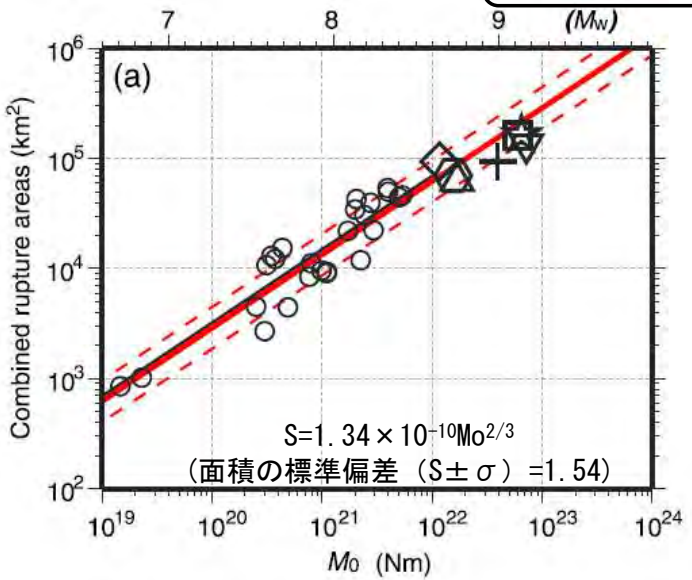
津波観測データを用いた解析による平均応力降下量の整理

Earthquake	Reference	data	M0 (N m)	Mw	S (km2)	σ (MPa)	log10(⊿σ)	地震別中央値
2003 Tokachi-oki	Tanioka et al. (2004)	Tu	1.00E+21	8	9600	2.6	0.41	0.41
1946 Nankai	Satake (1993)	Tu, G	3.90E+21	8.3	59400	0.7	-0.15	-0.05
	Kato and Ando (1997)	Tu, G	4.00E+21	8.3	54000	0.8	-0.10	
	Tanioka and Satake (2001a)	Tu	5.30E+21	8.4	52650	1.1	0.04	
	Baba et al. (2002)	Tu	4.90E+21	8.4	52650	1	0.00	
1944 Tonankai	Satake (1993)	Tu, G	2.00E+21	8.1	48600	0.5	-0.30	-0.22
	Kato and Ando (1997)	Tu, G	2.80E+21	8.2	43200	0.8	-0.10	
	Tanioka and Satake (2001b)	Tu	2.00E+21	8.1	42525	0.6	-0.22	
東北地方太平洋沖地震	内閣府	Tsunami+GPS	4.21E+22	9.0	1.20E+05	2.5	0.39	0.39
2010年チリ地震	Lorito et al.(2011)	GPS+Tsunami+InSAR	1.55E+22	8.8	130000	0.8	-0.08	-0.08
2004年スマトラ地震	Lorito et al.(2010)	GPS+Tsunami+衛星	6.63E+22	9.15	315000	0.9	-0.03	0.07
	Fujii and Satake	Tsunami+衛星	6.00E+22	9.12	220000	1.5	0.16	

M0：地震モーメント，Mw：モーメントマグニチュード，S：断層面積，σ：応力降下量

	中央値の平均値
log(⊿σ)	0.09
⊿σ	1.2
+標準偏差	2.2

内閣府(2012)[81]に一部加筆



破壊領域（S）とMoの関係
Murotani et al.（2013）[119]に一部加筆

平均応力降下量⊿σ=1.57MPa
S＋σ時の平均応力降下量⊿σ=0.82MPa
S－σ時の平均応力降下量⊿σ=3.00MPa

- 内閣府(2012)[81]では，「巨大地震の津波断層モデルの平均応力降下量の平均値は1.2MPaであり，平均値に標準偏差を加えた値は2.2MPaであること等を踏まえ保守的に，南海トラフにおける巨大地震の津波断層モデルで用いる平均応力降下量として3.0MPa」を採用されている。
- Murotani et al.（2013）[119]よる日本付近で発生したＭ７～８クラスの11個のプレート境界地震及び７つの巨大地震※1の津波断層モデルを説明するスケーリング則において，円形破壊面を仮定したスケーリング則※2から，S-Moの関係式の平均応力降下量⊿σを算定すると1.57MPaであり，面積の標準偏差（S±σ）を考慮すると，平均応力降下量⊿σは最大で3.0MPa程度となる。

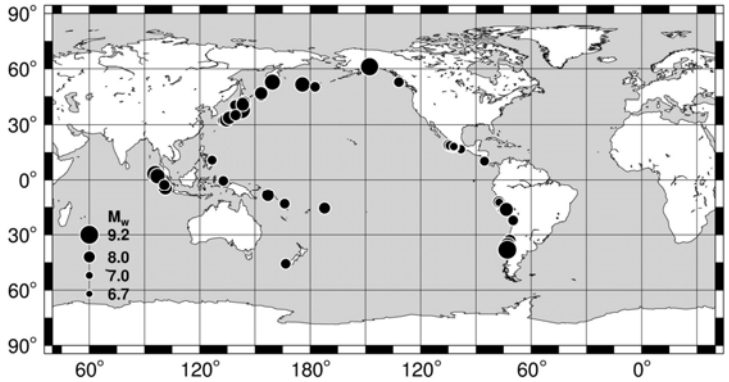
※1：2011年東北地方太平洋沖地震，2010年チリ地震，2004年スマトラ地震，1964年アラスカ・アリューシャン地震，1960年チリ地震，1957年アリューシャン地震，1952年カムチャツカ地震

※2：$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（８９／１３５）

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（６／７）

平均応力降下量（２／２）



分析に使用した地震の発生位置

導出した回帰係数及び既往文献との比較

Table 3

Self-Similar Scaling Relations, Regression Coefficients, and Standard Deviations

	M_0-Rupture Area (S)		M_0-Average Slip (D)		M_0-Total Asperity Area (S_a)		$S-S_a$		M_0-D_{max}	
	c_2	σ	c_1	σ	c_2	σ	C_1	σ	c_2	σ
Present study	1.77×10^{-10}	1.498	1.23×10^{-07}	1.527	4.16×10^{-11}	1.613	0.24	1.40	5.00×10^{-07}	1.508
Murotani *et al.* (2013)	1.34×10^{-10}	1.540	1.66×10^{-07}	1.640	2.81×10^{-11}	1.720	0.20	1.41	—	—
Murotani *et al.* (2008)	1.48×10^{-10}	1.610	1.48×10^{-07}	1.720	2.89×10^{-11}	1.780	0.20	1.41	—	—
Somerville *et al.* (2002)	2.41×10^{-10}	—	1.14×10^{-07}	—	5.62×10^{-11}	—	0.25	—	—	—

The equations used in the regressions are $\log(D)=\log(c_1)+\frac{1}{3}\log(M_0)$, $\log(S)=\log(c_2)+\frac{2}{3}\log(M_0)$.

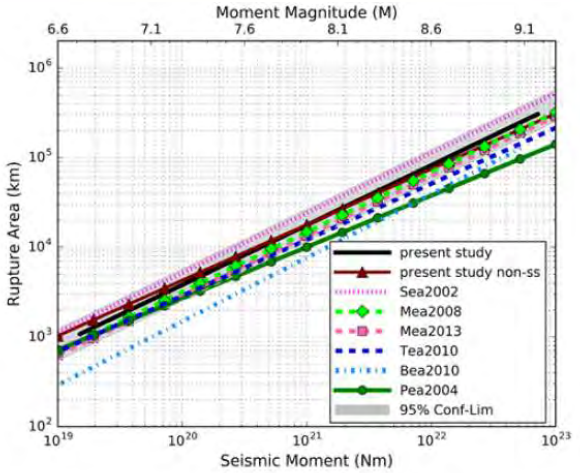


Figure 6. Scaling relations of the rupture area from various studies with respect to seismic moment (Sea2002, Somerville *et al.*, 2002; Mea2013, Murotani *et al.*, 2013; Mea2008, Murotani *et al.*, 2008; Tea2010, Strasser *et al.*, 2010; Bea2010, Blaser *et al.*, 2010; and Pea2004, Papazachos *et al.*, 2004). The shaded area indicates the ±1 standard deviation limits of this study's self-similar model. The color version of this figure is available only in the electronic edition.

破壊領域(S)とM_0の関係

Skarlatoudis et al.(2016)[120]

平均応力降下量⊿σ=1.03MPa
S+σ時の平均応力降下量⊿σ=0.56MPa
S−σ時の平均応力降下量⊿σ=1.90MPa

- Skarlatoudis et al.(2016)[120]では，世界の沈み込み帯で発生したプレート間地震44個（Mw6.75-9.1)の不均質断層モデルを分析し，地震動及び津波の予測に用いるためのスケーリング関係を導出されている。
- ここで得られたS-M_0関係に円形破壊面を仮定したスケーリング則※を適用すると，面積の標準偏差（±σ）の範囲で，平均応力降下量⊿σは最大で1.9MPa程度となり，Murotani et al.(2013)[119]で求められた応力降下量より小さい（P.2.3.1-91参照）。

前ページ及び以上から，平均応力降下量は，保守的設定として3.0MPaに設定した。

※：$M_o=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９０／１３５）

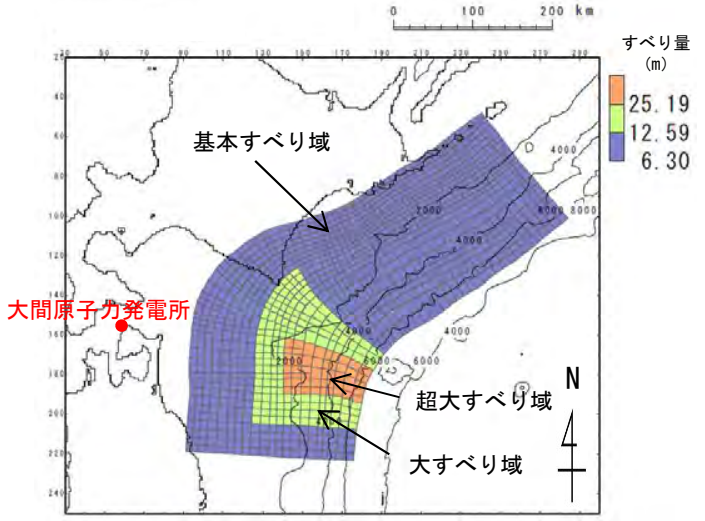
3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（７／７）

第627回審査会合
資料1-1　P.157一部修正

- 3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデルは，最新の科学的・技術的知見から想定されるすべり量を上回る規模のすべり量を考慮することとし，大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整は，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に波源領域全体で実施して設定する。

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した
特性化モデルを参考に設定した特性化モデルのパラメータ

項　目		3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.04
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
断層面積 S　(km^2)		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$　(MPa)		3.05	内閣府（2012）(81)等（設計値３MPa）	3
剛性率 μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)等	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		4.59×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.52×10^{22}
平均すべり量 D　(m)		8.31	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	8.19
すべり量	基本すべり域　(m)（面積及び面積比率）	6.30（87,732km^2，79.4%）	3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル	6.30（88,377km^2，80%）
すべり量	大すべり域　(m)（面積及び面積比率）	12.59（16,438km^2，14.9%）		12.59（16,571km^2，15%）
すべり量	超大すべり域　(m)（面積及び面積比率）	25.19（6,302km^2，5.7%）		25.19（5,524km^2，５%）
すべり角 λ　(°)		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム τ　(s)		60	内閣府（2012）(81)	—



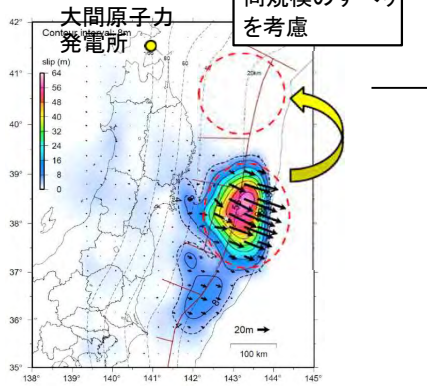
3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９１／１３５）

基準波源モデル②，③，④

設定概要

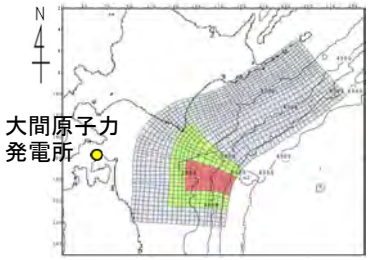
- 青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域の破壊特性を考慮した特性化モデルとして，青森県東方沖及び岩手県沖北部の大すべり域は津波高さに与える影響が大きいことを踏まえ，最新の科学的・技術的知見から想定されるすべりを上回る規模のすべりを考慮する。基準波源モデルは，大すべり域・超大すべり域のすべり量，すべり分布が異なる複数の波源モデルを設定することとし，内閣府（2012）[81]の知見を踏まえた基準波源モデル②，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現する特性化モデルを参考に設定した特性化モデルを基に，すべり量を約20%割増した基準波源モデル③及び杉野ほか（2013）[101]を参考に，短周期の波の発生要因を考慮した基準波源モデル④を設定した。
- なお，岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の各基準波源モデルの超大すべり域の位置は，アスペリティ分布及び1968年の地震の震源位置を踏まえて設定した（基準波源モデル①－１と同様）。



3.11地震時の震源位置とすべり分布
地震調査研究推進本部（2012）[8]に一部加筆

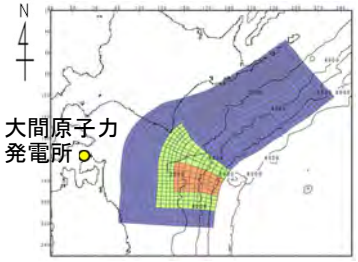
大すべり域・超大すべり域の設定に伴う
地震モーメントの調整方法

内閣府（2012）[81]を踏まえ背景領域で調整



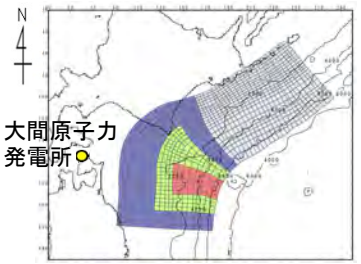
基準波源モデル②※

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を再現する特性化モデルを参考にMwを波源領域全体で調整



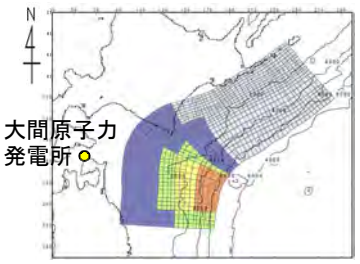
3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル※

3.11地震の津波波源モデルと震源断層モデルの面積の違いを考慮し，大すべり・超大すべり域等のすべり量を約20%割増し



基準波源モデル③※

杉野ほか（2013）[101]を参考に，短周 期波の発生要因を考慮するため 海溝沿いのすべり量を強調



基準波源モデル④

※：大すべり域・超大すべり域のすべり分布及び面積は同一。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（92／135）

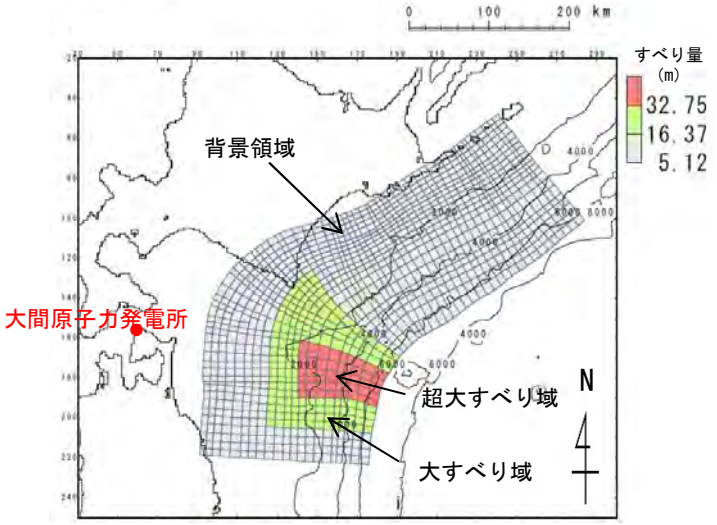
第627回審査会合
資料1-1　P.159一部修正

基準波源モデル②

- 基準波源モデル②は，最新の科学的・技術的知見から想定されるすべり量を上回る規模のすべり量を考慮することとし，大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整は，内閣府（2012）(81)を踏まえ，背景領域で実施して設定する。

基準波源モデル②のパラメータ

項　目		基準波源モデル② 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考 【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.04
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
断層面積 S　(km^2)		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$　(MPa)		3.07	内閣府（2012）(81)等（設計値３MPa）	3
剛性率 μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)等	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		4.62×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.52×10^{22}
平均すべり量 D　(m)		8.37	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	8.19
すべり量	背景領域　(m) （面積及び面積比率）	5.12 ($87,732km^2$，79.4%)	内閣府（2012）(81)	5.12 ($88,377km^2$，80%)
すべり量	大すべり域　(m) （面積及び面積比率）	16.37 ($16,438km^2$，14.9%)		16.37 ($16,571km^2$，15%)
すべり量	超大すべり域　(m) （面積及び面積比率）	32.75 ($6,302km^2$，5.7%)		32.75 ($5,524km^2$，５%)
すべり角 λ　(°)		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム τ　(s)		60	内閣府（2012）(81)	—



基準波源モデル②

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９３／１３５）

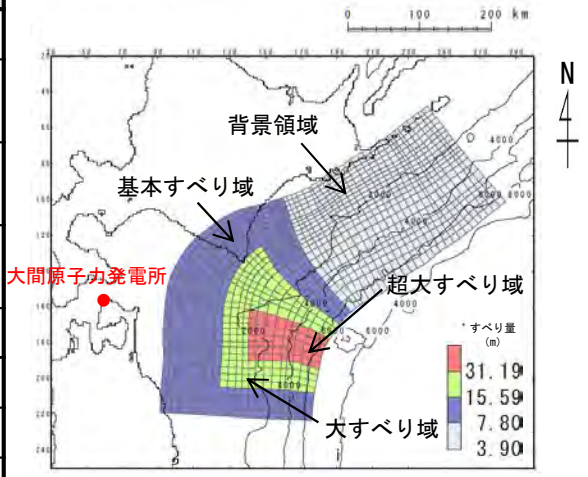
第627回審査会合
資料1-1　P.158一部修正

基準波源モデル③（１／２）

- 基準波源モデル③は，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル（P.2.3.1-93）に対し，すべりの不確かさを踏まえ，より保守側の設定として大すべり域・超大すべり域等のすべり量が約20%割増し（P.2.3.1-97参照）になるように，背景的領域にすべり量が小さな領域として，基本すべり域のすべり量の半分のすべり量を全体面積の50%に対して考慮し設定する。

基準波源モデル③のパラメータ

項　目		基準波源モデル③ 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考 【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.05	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.04
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
断層面積　S　(km^2)		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量　$\Delta\sigma$　(MPa)		3.14	内閣府（2012）(81)等（設計値３MPa）	3
剛性率　μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)等	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		4.73×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.52×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		8.57	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	8.19
すべり量	基本すべり域　(m) （全体面積の30%）	7.80 (38,853km^2，35.2%)	すべりの不確かさを踏まえ，より保守側の設定として超大すべり域等のすべり量が約20%割増し（P.2.3.1-97参照）になるように，背景的領域にすべり量が小さな領域として，基本すべり域のすべり量の半分のすべり量を全体面積の50%に対して考慮し設定	7.80 (33,141km^2，30%)
	背景領域　(m) （基本すべり域のすべり量の0.5倍，全体面積の50%程度）	3.90 (48,879km^2，44.2%)		3.90 (55,236km^2，50%)
	大すべり域　(m) （基本すべり域のすべり量の２倍，全体面積の15%程度）	15.59 (16,438km^2，14.9%)		15.59 (16,571km^2，15%)
	超大すべり域　(m) （基本すべり域のすべり量の４倍，全体面積の5%程度）	31.19 (6,302km^2，5.7%)		31.19 (5,524km^2，５%)
すべり角　λ　(°)		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム　τ　(s)		60	内閣府（2012）(81)	—

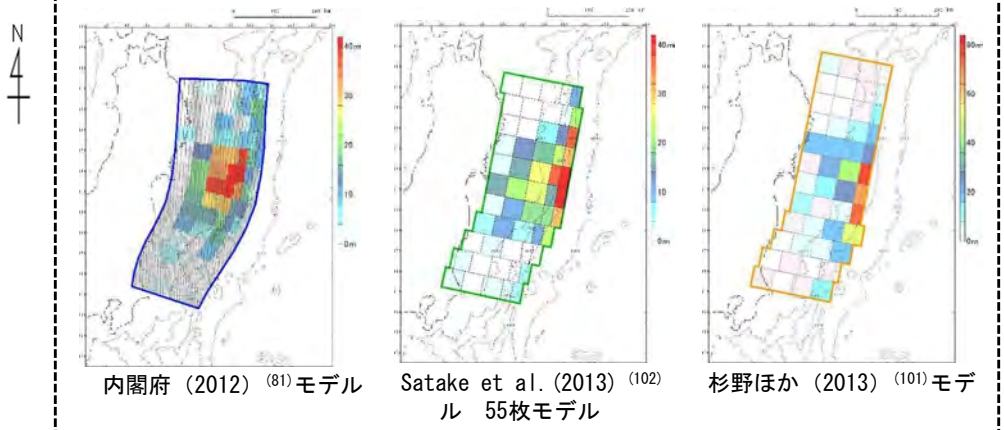


基準波源モデル③

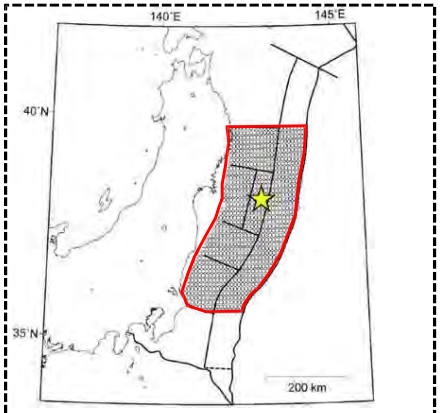
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９４／１３５）

基準波源モデル③（２／２）：すべり量の割増しに係る3.11地震・津波の知見

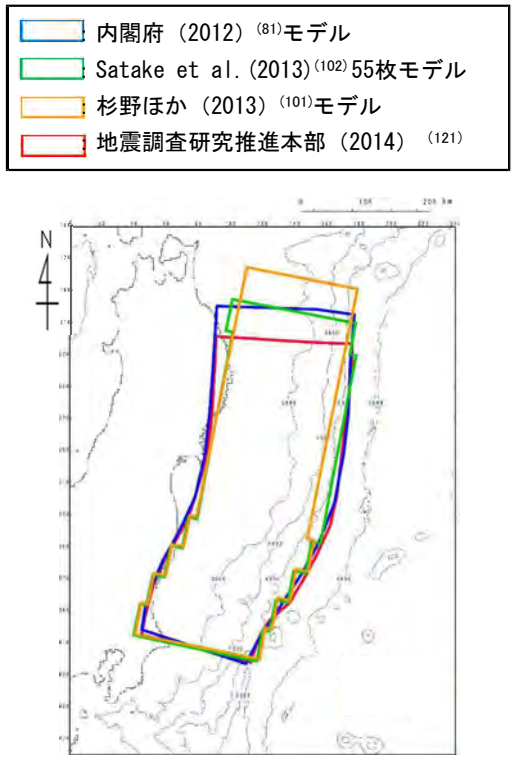
- 3.11地震に伴う津波を広域に再現するモデルの断層面積は，地震調査研究推進本部（2014）[121]が評価した「東北地方太平洋沖型の地震」の断層面積と比較して約10%～20%大きい。
- 断層面積の違いは，発電所の津波高さに大きな影響を与える大すべり域・超大すべり域等のすべり量の算定に直接的に関係することを踏まえ，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデルの大すべり域・超大すべり域等のすべり量を約20%割増しする。



3.11地震に伴う津波を再現する津波波源モデル



「東北地方太平洋沖型の地震」の断層面
地震調査研究推進本部（2014）[121]



波源領域の比較

3.11地震・津波特性を再現する断層モデルのモーメントマグニチュード及び面積

モデル	Mw	断層面積
内閣府(2012)[81]モデル	9.0	119,974(km²)
Satake et al.(2013)[102] 55枚モデル	9.0	110,000(km²)
杉野ほか(2013)[101]モデル	9.1	112,000(km²)
地震調査研究推進本部(2014)[121]	9.0	約10万(km²)

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９５／１３５）

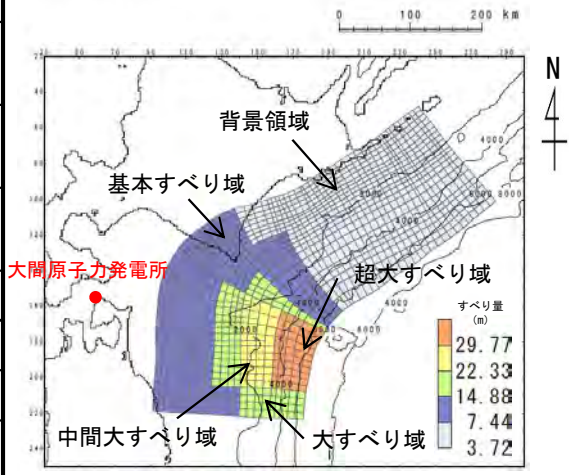
第627回審査会合
資料1-1　P.158一部修正

基準波源モデル④（１／２）

- 基準波源モデル④は，基準波源モデル③（P.2.3.1-96）に対し，海底地すべりや分岐断層の影響（P.2.3.1-99参照）を考慮して設定した。

基準波源モデル④のパラメータ

項　目		基準波源モデル④ 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考 【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.04
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）[79]，[78]	—
断層面積　S　（km^2）		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量　$\Delta\sigma$　（MPa）		3.08	内閣府（2012）[81]等（設計値３MPa）	3
剛性率　μ　（N/m^2）		5.0×10^{10}	土木学会（2016）[39]等	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　（N・m）		4.65×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.52×10^{22}
平均すべり量　D　（m）		8.42	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	8.19
すべり量	基本すべり域　（m）（全体面積の30%）	7.44（35,022km^2，31.7%）	基準波源モデル③に対し，海底地すべりや分岐断層の影響を考慮し，浅部海溝軸沿いに超大すべり域を配置。また，超大すべり域と大すべり域の間に中間大すべり域を配置。	7.44（33,141km^2，30%）
	背景領域　（m）（基本すべり域のすべり量の0.5倍，全体面積の50%程度）	3.72（52,259km^2，47.3%）		3.72（55,236km^2，50%）
	大すべり域　（m）（基本すべり域のすべり量の２倍，全体面積の10%程度）	14.88（11,477km^2，10.4%）		14.88（11,047km^2，10%）
	中間大すべり域　（m）（基本すべり域のすべり量の３倍，全体面積の5%程度）	22.33（6,018km^2，5.4%）		22.33（5,524km^2，５%）
	超大すべり域　（m）（基本すべり域のすべり量の４倍，全体面積の5%程度）	29.77（5,696km^2，5.2%）		29.77（5,524km^2，５%）
すべり角　λ　（°）		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）[10]	—
ライズタイム　τ　（s）		60	内閣府（2012）[81]	—



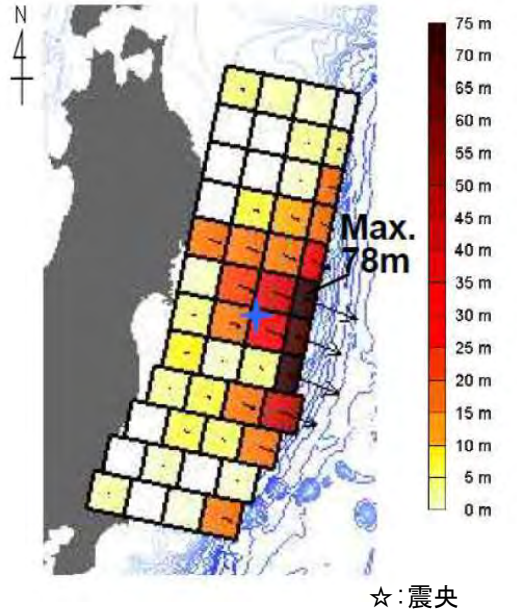
基準波源モデル④

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９６／１３５）

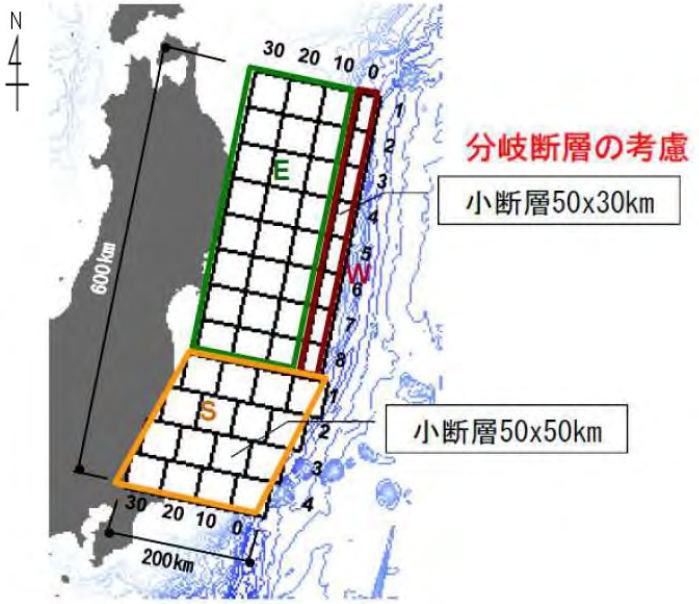
基準波源モデル④（２／２）　：3.11地震から得られた知見の反映

- 杉野ほか（2013）[101]では，3.11地震に伴う津波の沖合い観測波形に見られた短周期と長周期の異なる性質の波の発生要因を分岐断層の活動によるものと仮定して，浅部海溝軸沿いに分岐断層を考慮する大きなすべり領域を配置した津波波源モデルを設定している※。

※「ただし，最新の調査によるとこの部分ではプレート境界が滑ったとする報告があり，分岐断層によるものではない可能性もあることを付け加えておく。」とも記載されている。



すべり量分布（合計）



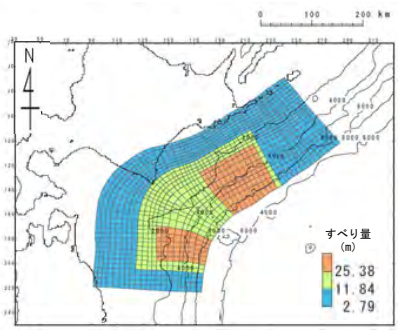
津波波源モデルの小断層の配置

杉野ほか（2013）[101]モデル

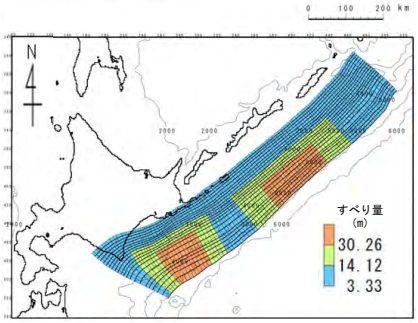
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９７／１３５）

3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル

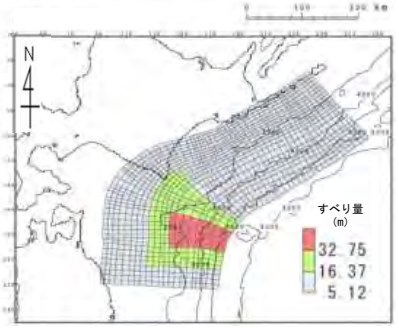
- 設定した3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル（基準波源モデル①～④）は以下のとおり。



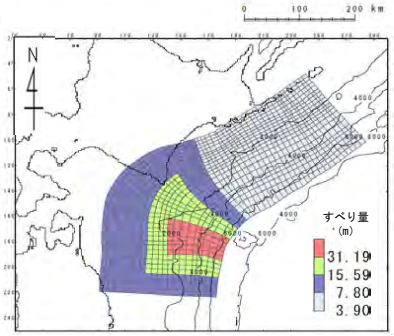
基準波源モデル①－１



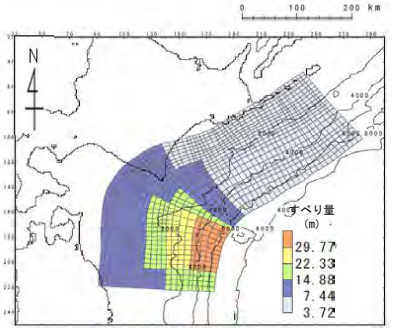
基準波源モデル①－２



基準波源モデル②



基準波源モデル③



基準波源モデル④

基準波源モデル①～④のパラメータ

諸元		基準波源モデル①－１	基準波源モデル①－２	基準波源モデル②	基準波源モデル③	基準波源モデル④
モーメントマグニチュード（Mw）		9.06	9.21	9.04	9.05	9.04
断層面積（S）		110,472（km^2）	157,100（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）
平均応力降下量（⊿σ）		3.26（MPa）	3.19（MPa）	3.07（MPa）	3.14（MPa）	3.08（MPa）
地震モーメント（Mo）		4.92×10^{22}（N・m）	8.15×10^{22}（N・m）	4.62×10^{22}（N・m）	4.73×10^{22}（N・m）	4.65×10^{22}（N・m）
すべり量	背景領域（背景的領域）（面積及び面積比率）	2.79（m）（63,895（km^2），57.8%）	3.33（m）（92,615（km^2），59.0%）	5.12（m）（87,732（km^2），79.4%）	3.90（m）（48,879（km^2），44.2%）	3.72（m）（52,259（km^2），47.3%）
	基本すべり域（面積及び面積比率）				7.80（m）（38,853（km^2），35.2%）	7.44（m）（35,022（km^2），31.7%）
	大すべり域（面積及び面積比率）	11.84（m）（27,829（km^2），25.2%）	14.12（m）（38,911（km^2），24.8%）	16.37（m）（16,438（km^2），14.9%）	15.59（m）（16,438（km^2），14.9%）	14.88（m）（11,477（km^2），10.4%）
	中間大すべり域（面積及び面積比率）					22.33（m）（6,018（km^2），5.4%）
	超大すべり域（面積及び面積比率）	25.38（m）（18,748（km^2），17.0%）	30.26（m）（25,538（km^2），16.2%）	32.75（m）（6,302（km^2），5.7%）	31.19（m）（6,302（km^2），5.7%）	29.77（m）（5,696（km^2），5.2%）
	平均すべり量	8.90（m）	10.38（m）	8.37（m）	8.57（m）	8.42（m）

注：表中の値はモデル化後の値

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９８／１３５）

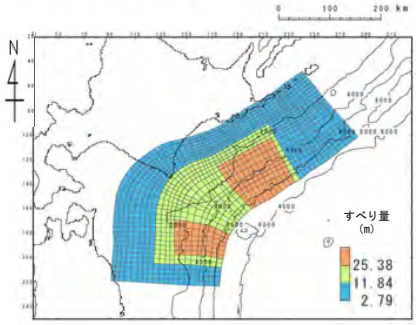
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-60一部修正

コメントNo.S5-43

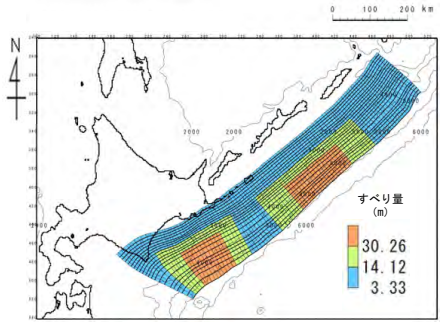
パラメータスタディ：基準波源モデル①～④

○パラメータスタディは，概略と詳細の２段階で実施するものとし，概略パラスタは津波水位に対して支配的因子，詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである。パラスタ詳細は以下のとおり。

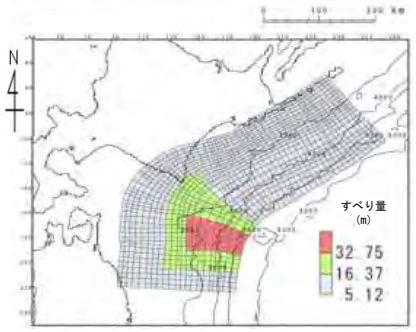
- 概略パラスタのステップとして，各基準波源モデルに対しアスペリティの位置を変化させる検討を実施した。
- 詳細パラスタとして，概略パラスタにおける最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを対象に，破壊様式の不確かさの考慮として，破壊開始点，破壊伝播速度及びライズタイムを組合せた検討を実施した。



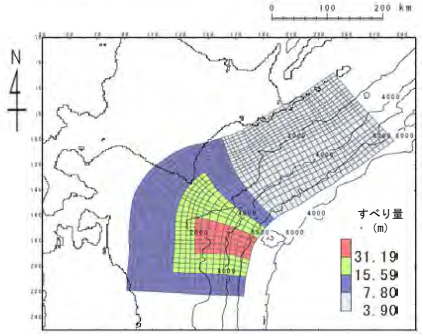
基準波源モデル①－１



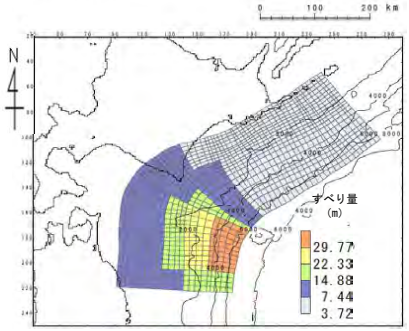
基準波源モデル①－２



基準波源モデル②



基準波源モデル③



基準波源モデル④

概略パラメータスタディ

基準波源モデル	変動範囲	ケース数
基準波源モデル①－１	両方の超大すべり域に対し基準を10kmピッチで移動。移動範囲は，青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域：北方へ10km（N1），20km(N2)，南方へ10km（S1)。十勝沖及び根室沖の超大すべり域：東方へ10km（E1），西方へ10km（W1)，20km（W2)。	16
基準波源モデル①－２	十勝沖及び根室沖の超大すべり域に対し，基準を10kmピッチで移動。移動範囲は，東方へ10km（E1)～150km（E15)，西方へ10km(W1)，20km（W2)。	18
基準波源モデル②	基準を10kmピッチで移動。移動範囲は，北方へ10km（N1）～50km（N5），南方へ10km（S1）～50km（S5）。	11
基準波源モデル③	基準を10kmピッチで移動。移動範囲は，北方へ10km（N1）～50km（N5），南方へ10km（S1）～50km（S5）。	11
基準波源モデル④	基準を10kmピッチで移動。移動範囲は，北方へ10km（N1）～50km（N5），南方へ10km（S1）。	7

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
破壊開始点	大すべり域の南端，北端，中央部（超大すべり域深部下端に相当）及び超大すべり域中央部	4	計１３
破壊伝播速度	1.0km/s，2.0km/s，2.5km/s， ∞※（基準：概略パラスタケース） ※∞は全域同時に破壊開始	4	
ライズタイム	60s（基準：概略パラスタケース）	1	

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（９９／１３５）

基準波源モデル①の諸元及びパラメータスタディ整理表

基準波源モデル①の各パラメータに対し，パラスタ実施の考え方について以下のとおり整理した。

項　目		基準波源モデル①－１ （基準波源モデル①－１を代表とする）		パラメータスタディ		
		諸元 【設計値】	主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変 動 幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.05	Mw=(logMo-9.1)/1.5	—	—	他諸元からの算定値
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a, 2019）(79)，(78)	—	—	各調査により地震発生域が明確
断層面積 S （km^2）		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—	—	安全評価上，２つの領域の連動を考慮
平均応力降下量 $\Delta\sigma$（MPa）		3.1	杉野ほか（2014）(80)	—	—	既往巨大地震の応力降下量に保守性を考慮。杉野ほか（2014）(80) を考慮。
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)	—	—	既往の地下構造情報を基に設定
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.67×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	—	—	他諸元からの算定値
平均すべり量 D （m）		8.46	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	—	—	他諸元からの算定値
すべり量	背景領域（m） （面積及び面積比率）	2.79 （66,283km^2, 60%）	杉野ほか（2014）(80)	—	—	すべり量： 既往研究による知見を反映した他諸元からの設定値 面積： 安全評価上，２つの領域の連動を考慮した上で，既往研究による設定値を考慮
	大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	11.84 （27,618km^2, 25%）				
	超大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	25.38 （16,571km^2, 15%）				
すべり角 λ （°）		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—	—	観測データを基に設定
ライズタイム τ （s）		60	内閣府（2012）(81) 等	—	—	感度解析により保守的設定であることを確認（補足説明資料「４－３．ライズタイムの影響検討」参照）
アスペリティの位置		下北半島太平洋沖 北海道東部太平洋沖	両海域のアスペリティ分布等を踏まえて配置	概略パラスタ	10kmﾋﾟｯﾁ	10kmﾋﾟｯﾁで位置の影響がほぼ無いことを確認。（P.2.3.1-145参照）
破壊開始点		—	—	—	—	概略パラスタで，基準波源モデル②～④に比べて，影響が小さいことを確認
破壊伝播速度		∞	—	—	—	

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１００／１３５）

基準波源モデル②③④の諸元及びパラメータスタディ整理表

基準波源モデル②③④の各パラメータに対し，パラスタ実施の考え方について以下のとおり整理した。

項　目		基準波源モデル②③④ （基準波源モデル③を代表とする）		パラメータスタディ		
		諸元 【設計値】	主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変 動 幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	—	—	他諸元からの算定値
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a, 2019）(79)，(78)	—	—	各調査により地震発生域が明確
断層面積 S （km^2）		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—	—	安全評価上，２つの領域の連動を考慮
平均応力降下量 $\Delta\sigma$（MPa）		3	内閣府（2012）(81) 等	—	—	既往巨大地震の応力降下量に保守性を考慮
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)	—	—	既往の地下構造情報を基に設定
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.52×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	—	—	他諸元からの算定値
平均すべり量 D （m）		8.19	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	—	—	他諸元からの算定値
すべり量	基本すべり域 （m） （面積及び面積比率）	7.80 (33,141km^2, 30%)	内閣府（2012）(81)，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル等	—	—	すべり量： 既往研究による知見を反映した他諸元からの設定値 面積： 安全評価上，２つの領域の連動を考慮した上で，既往研究による設定値を考慮
	背景領域（m） （面積及び面積比率）	3.90 (55,236km^2, 50%)				
	大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	15.59 (16,517km^2, 15%)				
	超大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	31.19 (5,524km^2, 5%)				
すべり角 λ （°）		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—	—	観測データを基に設定
ライズタイム τ （s）		60	内閣府（2012）(81) 等	—	—	感度解析により保守的設定であることを確認（補足説明資料「４－３．ライズタイムの影響検討」参照）
アスペリティの位置		下北半島太平洋沖	青森県東方沖及び岩手県沖北部のアスペリティ分布を踏まえて配置	概略パラスタ	10kmﾋﾟｯﾁ	10kmﾋﾟｯﾁで位置の影響がほぼ無いことを確認。（P.2.3.1-145参照）
破壊開始点		—	—	詳細パラスタ	大すべり域周辺に配置	プレート境界面深度，大すべり域の配置を考慮
破壊伝播速度		∞	—	詳細パラスタ	1.0，2.0，2.5km/s	既往巨大津波研究

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０１／１３５）

基準波源モデル①～④　パラスタ因子の妥当性について

- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波に関するパラメータスタディ検討因子は，土木学会（2016）[39]におけるパラメータスタディを原則実施する因子ともおおむね整合する。

注）P.2.3.1-125に示す基準波源モデル⑤⑥のパラスタ因子についても同様。

表3.1−1　パラメータスタディの因子（○：パラメータスタディを原則実施する因子）

	静的パラメータ							動的パラメータ		
海域または地震のタイプ	位置	大すべり領域位置	走向	傾斜角	傾斜方向	すべり角	上縁深さ	破壊開始点	破壊伝播速度	ライズタイム
プレート間逆断層地震と津波地震の連動 プレート間逆断層地震 （不均質モデルの場合）	○※1	○	－	－	－	○※2	－	○	○	○
プレート間逆断層地震 （均質モデルの場合）	○※1	－	○	○	－	○※2	○	－	－	－
日本海溝沿い （プレート内正断層）	○	－	○	○	－	－ （270度固定）	○	－	－	－
日本海溝沿い（津波地震） （均質モデルの場合）	○	－	○	○	－	○※2	○	－	－	－
日本海東縁部 （地殻内地震）	○	○	○	○	○※4	－ （90度固定）	○	－	－	－
海域活断層 （上部地殻内地震）	－	○※5	－	○※5	○※6	○※3	○	－	－	－

※1 基本断層モデルを地震活動域全体に設定する場合を除く
※2 すべり方向のばらつきを考慮して走向に連動
※3 応力場のばらつきを考慮して傾斜角に連動
※4 西傾斜，東傾斜
※5 調査により明確な場合は固定
※6 不明な断層は両方向

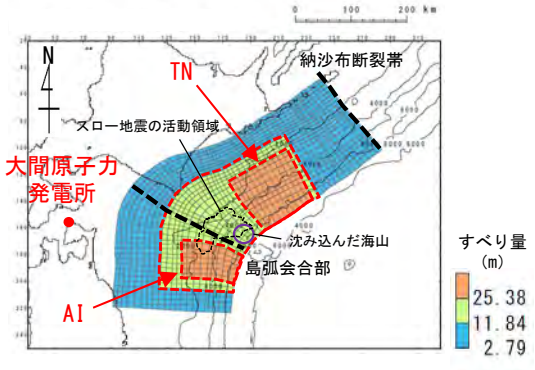
土木学会（2016）[39]に一部加筆

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０２／１３５）

コメントNo.S5-43

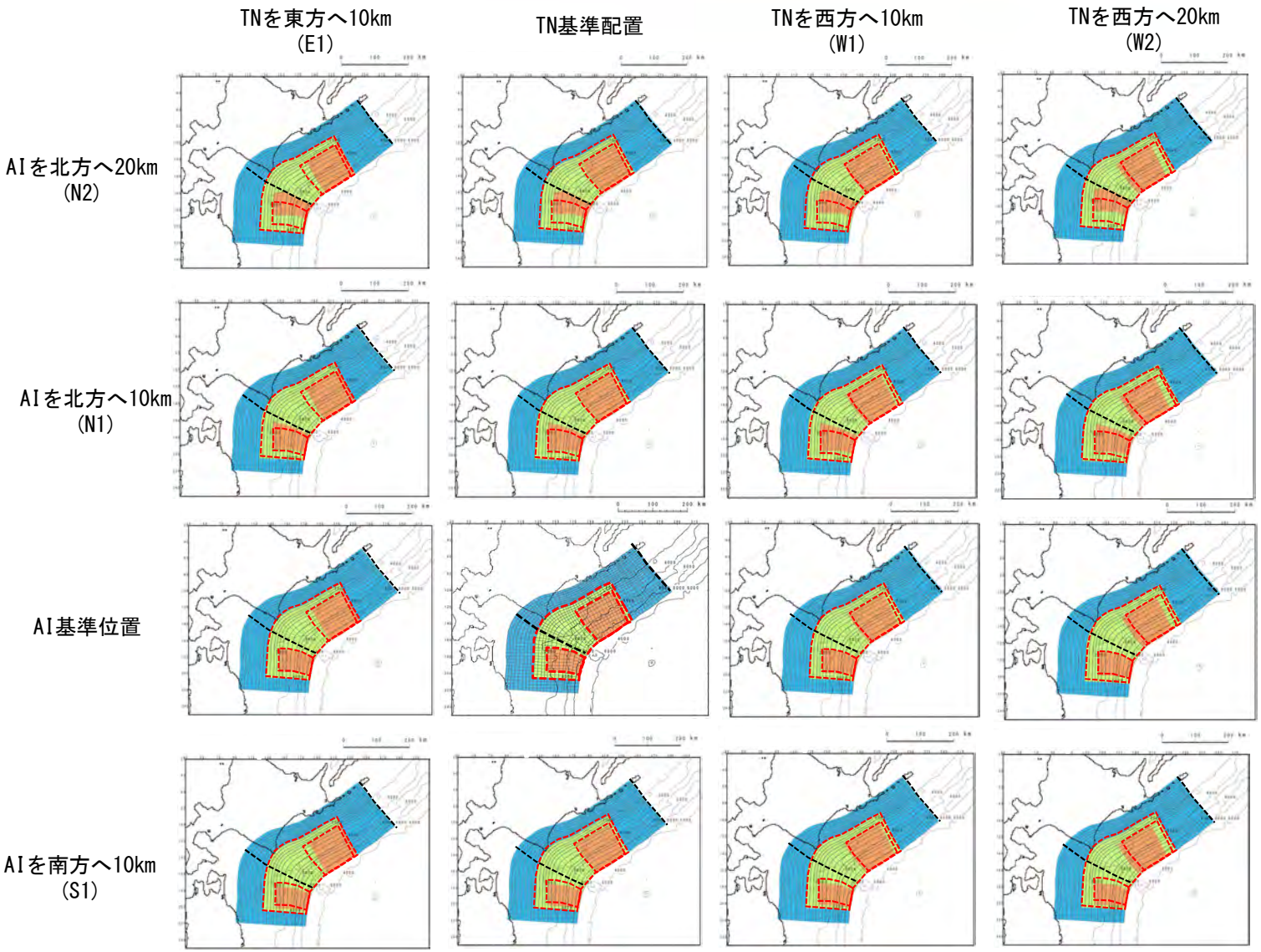
概略パラメータスタディ（１／９）：アスペリティ位置の不確かさ＜基準波源モデル①－１＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-64一部修正



基準波源モデル①－１
基準配置

AI：青森県東方沖及び岩手県沖北部の超大すべり域
TN：十勝沖及び根室県沖の超大すべり域



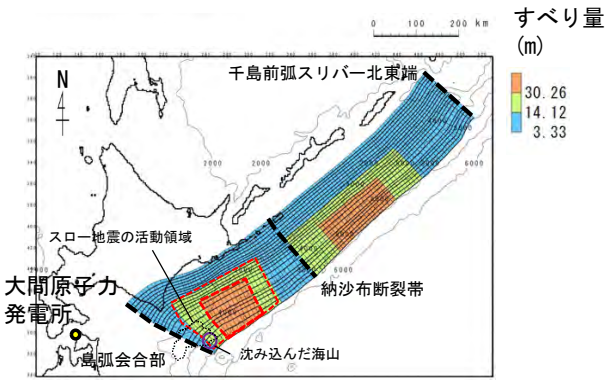
超大すべり域等の位置の不確かさの考慮

：基準配置のアスペリティ位置

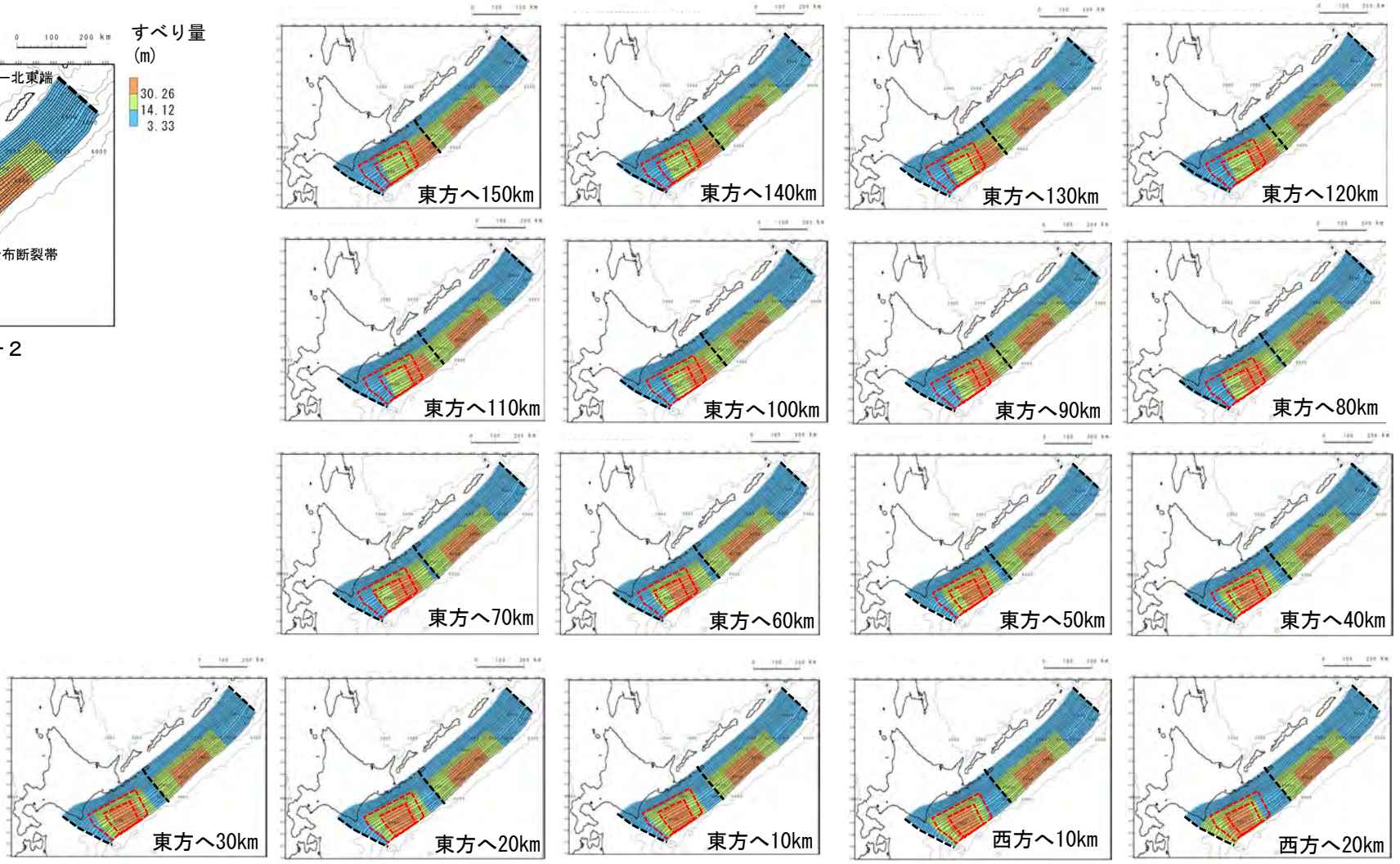
- 概略パラメータスタディとして，超大すべり域の位置の不確かさの考慮のため，基準波源モデル①－１に対して，十勝沖・根室沖の超大すべり域の位置を固定せず，位置のパラメータスタディ（16パターン）を実施した。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０３／１３５）

概略パラメータスタディ（２／９）：アスペリティ位置の不確かさ＜基準波源モデル①－２＞



基準波源モデル①－２
基準配置



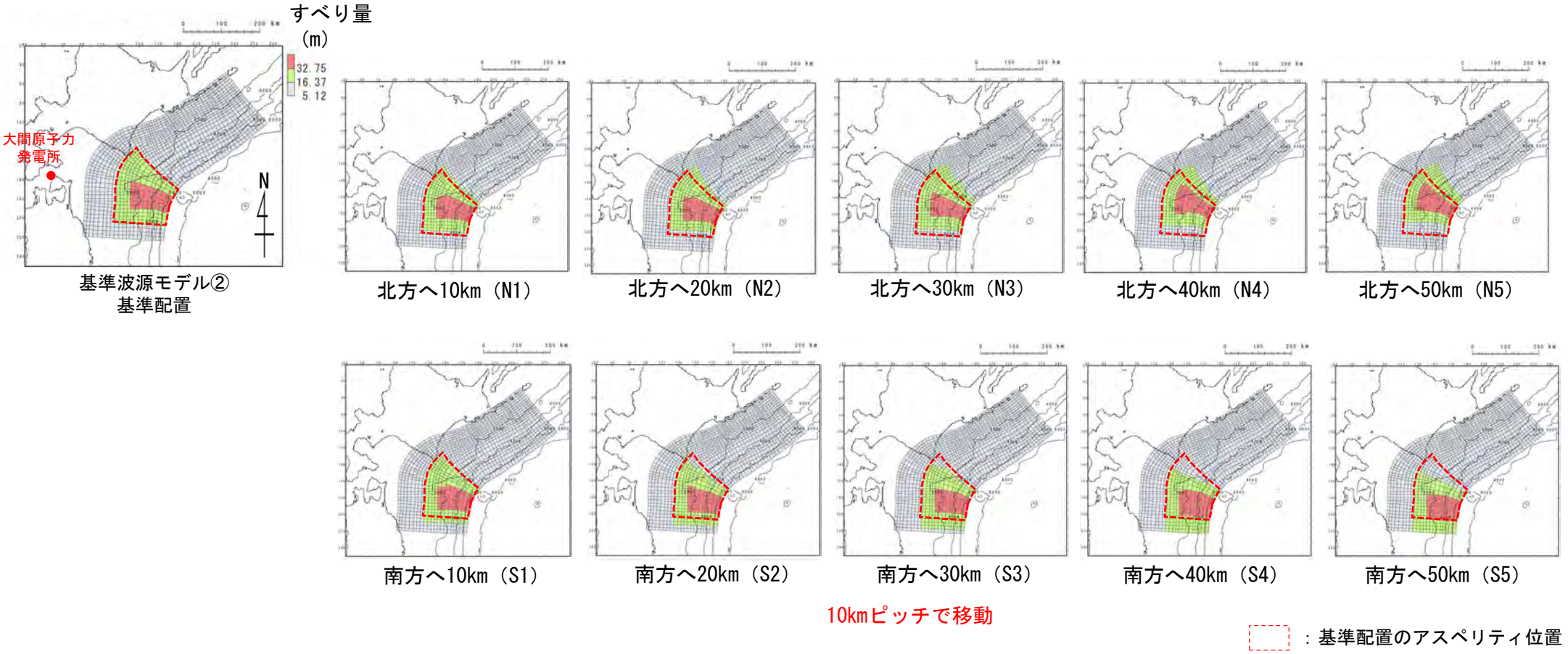
：基準配置のアスペリティ位置

- 概略パラメータスタディとして，超大すべり域の位置の不確かさの考慮のため，基準波源モデル①－２に対して，位置のパラメータスタディ（18パターン）を実施した。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０４／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-63一部修正

概略パラメータスタディ（３／９）：アスペリティ位置の不確かさ＜基準波源モデル②＞

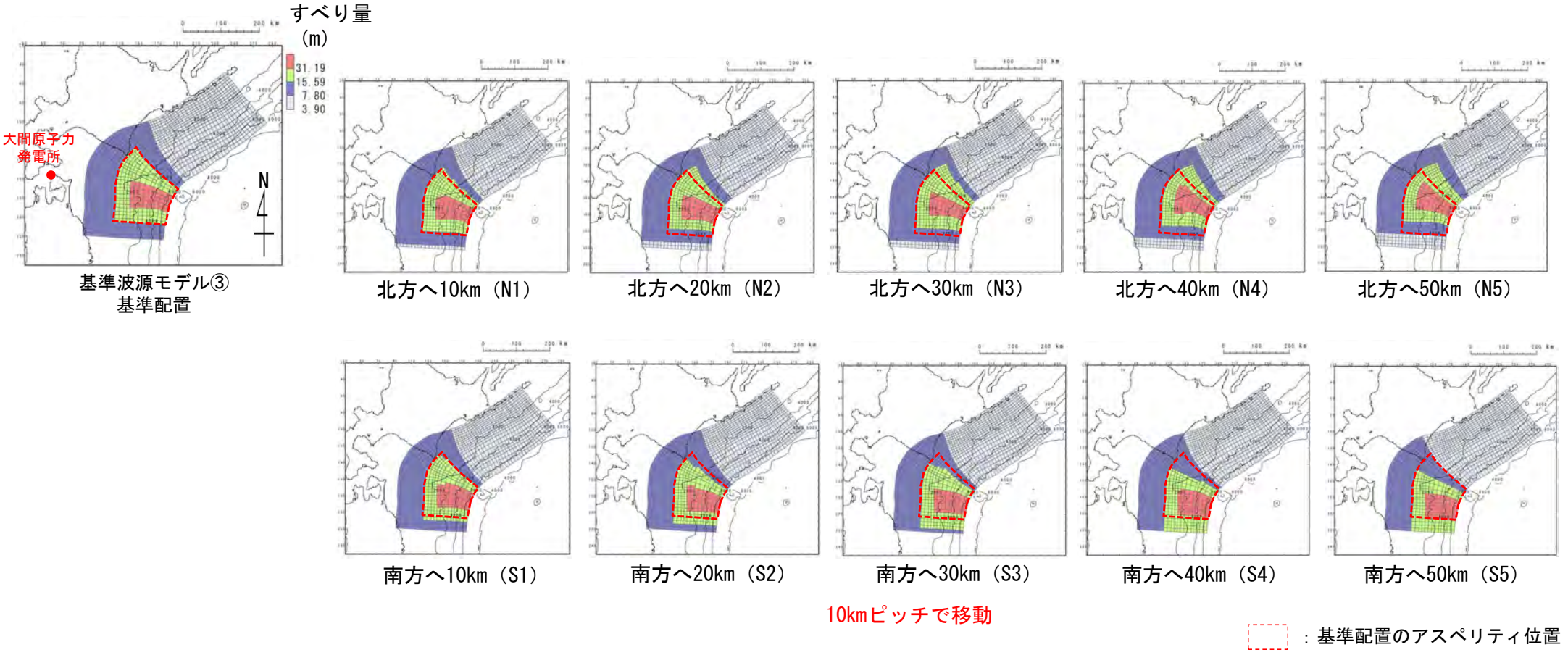


- 概略パラメータスタディとして，大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため，基準波源モデル②に対して，位置のパラメータスタディ（11パターン）を実施した。

2-3-1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（105／135）

概略パラメータスタディ（4／9）：アスペリティ位置の不確かさ＜基準波源モデル③＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-61再掲

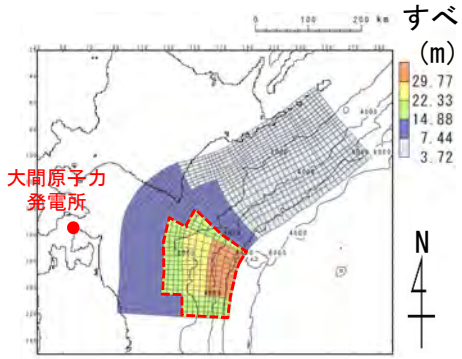


- 概略パラメータスタディとして，大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため，基準波源モデル③に対して，位置のパラメータスタディ（11パターン）を実施した。

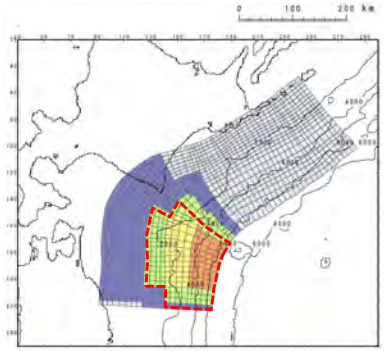
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０６／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-62再掲

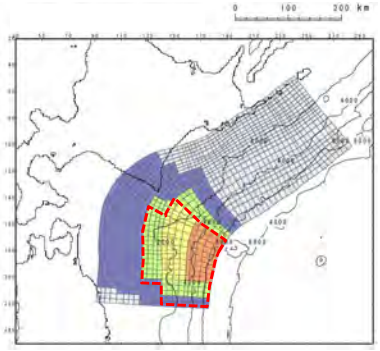
概略パラメータスタディ（５／９）：アスペリティ位置の不確かさ＜基準波源モデル④＞



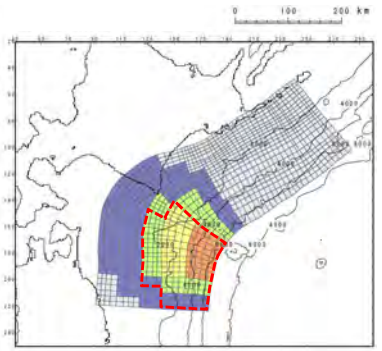
基準波源モデル④
基準配置



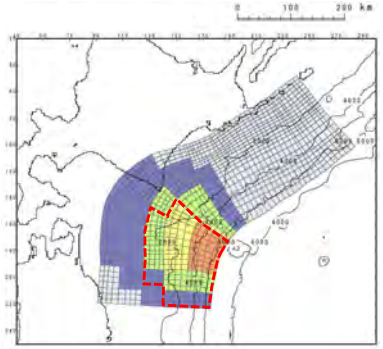
北方へ10km（N1）



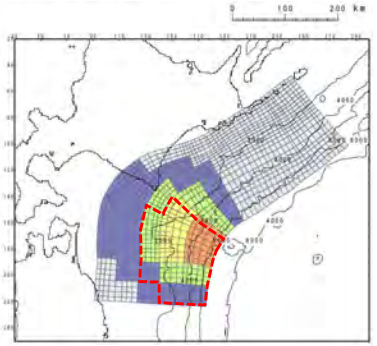
北方へ20km（N2）



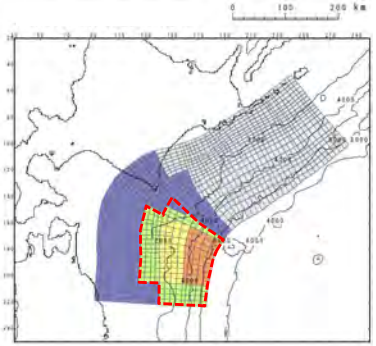
北方へ30km（N3）



北方へ40km（N4）



北方へ50km（N5）



南方へ10km（S1）

10kmピッチで移動

：基準配置のアスペリティ位置

- 概略パラメータスタディとして，大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため，基準波源モデル④に対して，位置のパラメータスタディ（７パターン）を実施した。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０７／１３５）

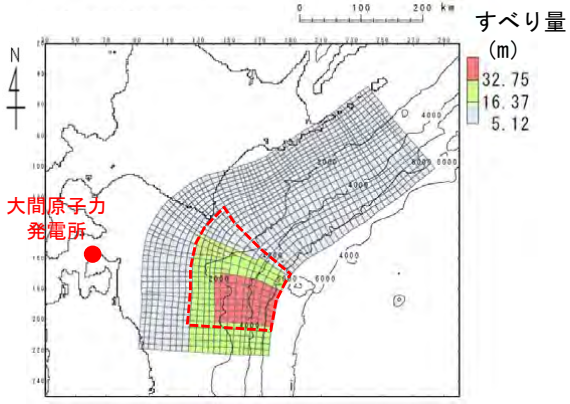
概略パラメータスタディ（６／９）：検討結果＜基準波源モデル①～④＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-65一部修正

コメントNo.S5-43

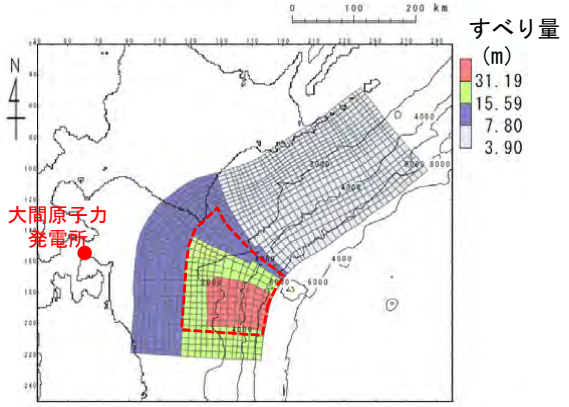
- 基準波源モデル①～④に対する概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
・基準波源モデル②
・アスペリティ位置：南方へ40km移動



（基準波源モデル②）

最大水位下降ケース
・基準波源モデル③
・アスペリティ位置：南方へ40km移動



（基準波源モデル③）

最大ケースの波源モデル

：基準配置のアスペリティ位置

概略パラメータスタディ結果一覧

基準波源モデル	アスペリティの位置※ AI	アスペリティの位置※ TN	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル①－１	北方へ約20km	東方へ10km	2.43m	－2.07m
		基準位置	2.49m	－1.88m
		西方へ10km	2.55m	－1.80m
		西方へ20km	2.53m	－1.92m
	北方へ約10km	東方へ10km	2.30m	－2.00m
		基準位置	2.39m	－1.97m
		西方へ10km	2.50m	－2.04m
		西方へ20km	2.51m	－2.15m
	基準位置	東方へ10km	2.15m	－1.96m
		基準位置	2.26m	－1.92m
		西方へ10km	2.30m	－1.95m
		西方へ20km	2.29m	－2.03m
	南方へ約10km	東方へ10km	2.06m	－2.05m
		基準位置	2.17m	－1.92m
		西方へ10km	2.07m	－2.00m
		西方へ20km	2.22m	－2.07m
基準波源モデル①－２	東方へ150km		1.48m	－1.32m
	東方へ140km		1.44m	－1.33m
	東方へ130km		1.39m	－1.37m
	東方へ120km		1.33m	－1.40m
	東方へ110km		1.36m	－1.54m
	東方へ100km		1.46m	－1.58m
	東方へ90km		1.55m	－1.58m
	東方へ80km		1.44m	－1.64m
	東方へ70km		1.46m	－1.68m
	東方へ60km		1.52m	－1.64m
	東方へ50km		1.70m	－1.55m
	東方へ40km		1.92m	－1.41m
	東方へ30km		2.06m	－1.38m
	東方へ20km		2.02m	－1.33m
	東方へ10km		2.07m	－1.34m
	基準位置		2.19m	－1.39m
	西方へ10km		2.07m	－1.61m
	西方へ20km		2.20m	－1.95m

基準波源モデル	アスペリティの位置※	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル②	北方へ50km	2.98m	－2.22m
	北方へ40km	3.18m	－2.24m
	北方へ30km	3.43m	－2.70m
	北方へ20km	3.49m	－2.81m
	北方へ10km	3.50m	－2.90m
	基準位置	3.52m	－3.01m
	南方へ10km	3.48m	－2.95m
	南方へ20km	3.50m	－3.01m
	南方へ30km	3.55m	－3.01m
	南方へ40km	3.62m	－3.04m
	南方へ50km	3.57m	－2.93m
基準波源モデル③	北方へ50km	3.08m	－2.33m
	北方へ40km	3.15m	－2.63m
	北方へ30km	3.22m	－2.92m
	北方へ20km	3.29m	－3.09m
	北方へ10km	3.29m	－3.24m
	基準位置	3.33m	－3.36m
	南方へ10km	3.50m	－3.43m
	南方へ20km	3.57m	－3.41m
	南方へ30km	3.56m	－3.44m
	南方へ40km	3.50m	－3.49m
	南方へ50km	3.34m	－3.28m
基準波源モデル④	北方へ50km	3.17m	－3.36m
	北方へ40km	3.34m	－3.35m
	北方へ30km	3.48m	－3.37m
	北方へ20km	3.55m	－3.47m
	北方へ10km	3.57m	－3.38m
	基準位置	3.57m	－3.24m
	南方へ10km	3.57m	－3.26m

：概略パラスタ　最大水位上昇ケース

：概略パラスタ　最大水位下降ケース

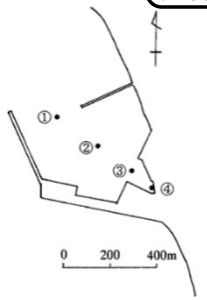
※：アスペリティの位置についてはP.2.3.1-105～P.2.3.1-109に示す。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０８／１３５）

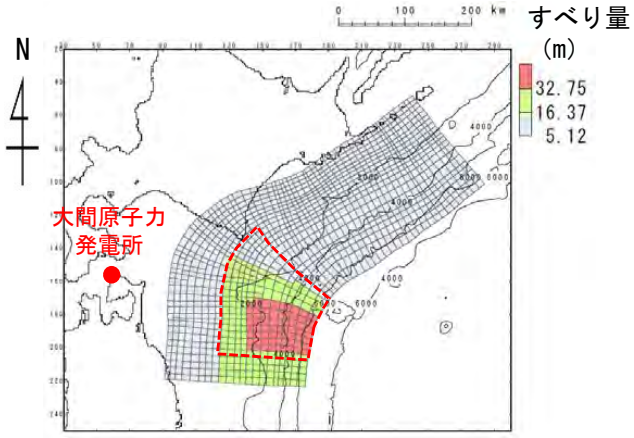
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-66一部修正

概略パラメータスタディ（７／９）：最大水位上昇ケース検討結果＜基準波源モデル①～④＞

- 基準波源モデル①～④に対する敷地における概略パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

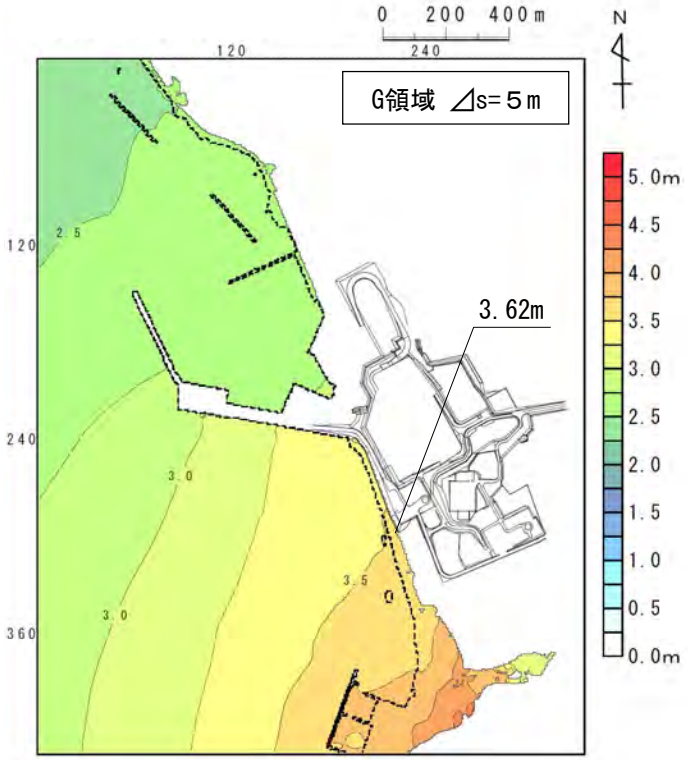


最大水位上昇ケース
・基準波源モデル②
・アスペリティ位置：南方へ40km移動

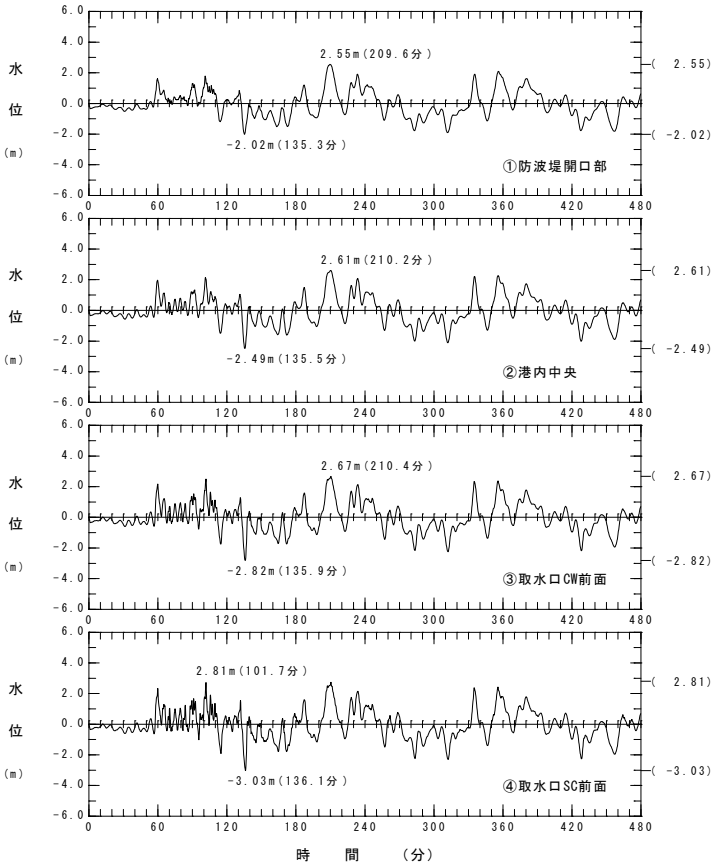


最大水位上昇ケースの波源モデル

：基準配置のアスペリティ位置



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

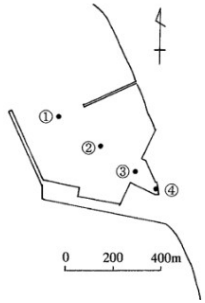
最大水位上昇ケース
（基準波源モデル②）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１０９／１３５）

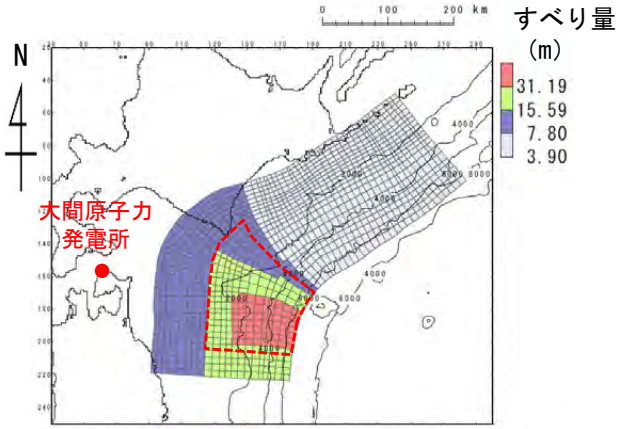
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-67一部修正

概略パラメータスタディ（８／９）：最大水位下降ケース検討結果＜基準波源モデル①～④＞

- 基準波源モデル①～④に対する取水口スクリーン室前面における概略パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

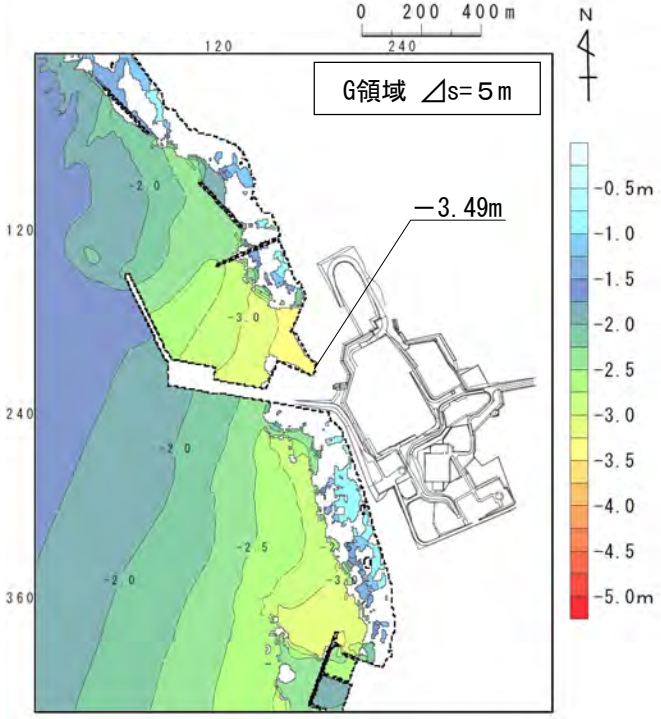


最大水位下降ケース
・基準波源モデル③
・アスペリティ位置：南方へ40km移動

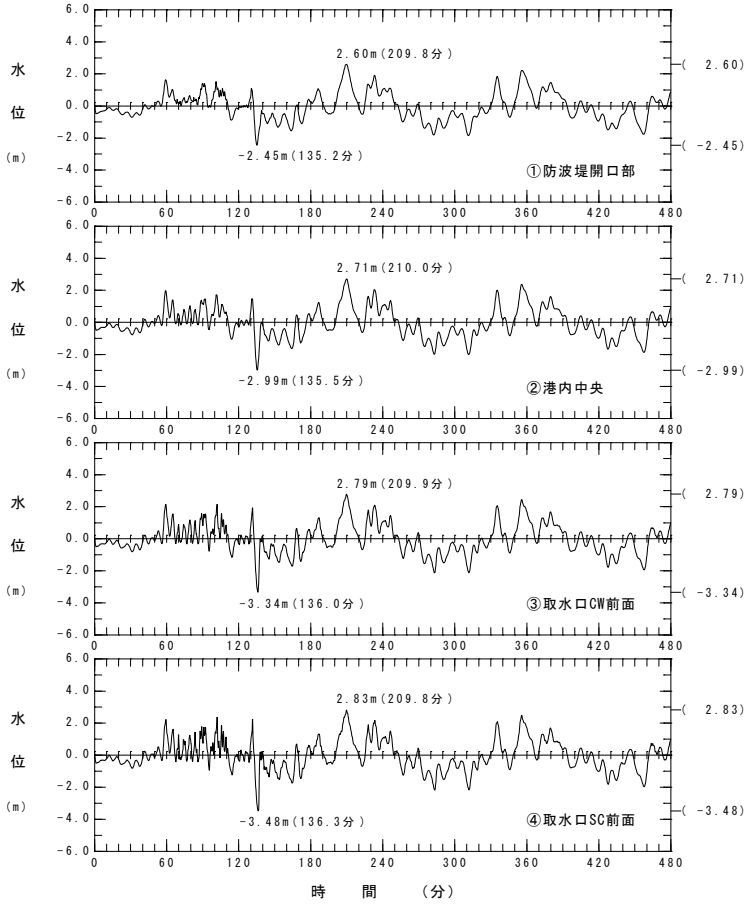


最大水位下降ケースの波源モデル

：基準配置のアスペリティ位置



最大水位下降量分布



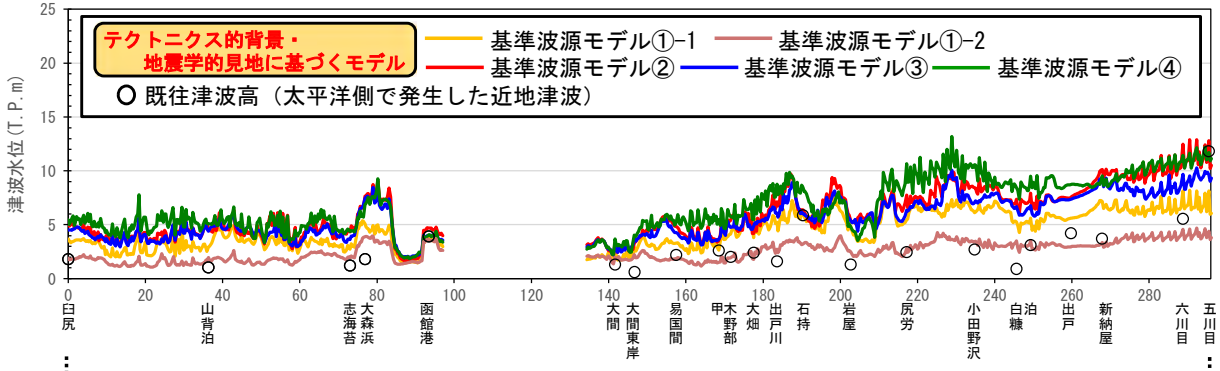
水位時刻歴波形

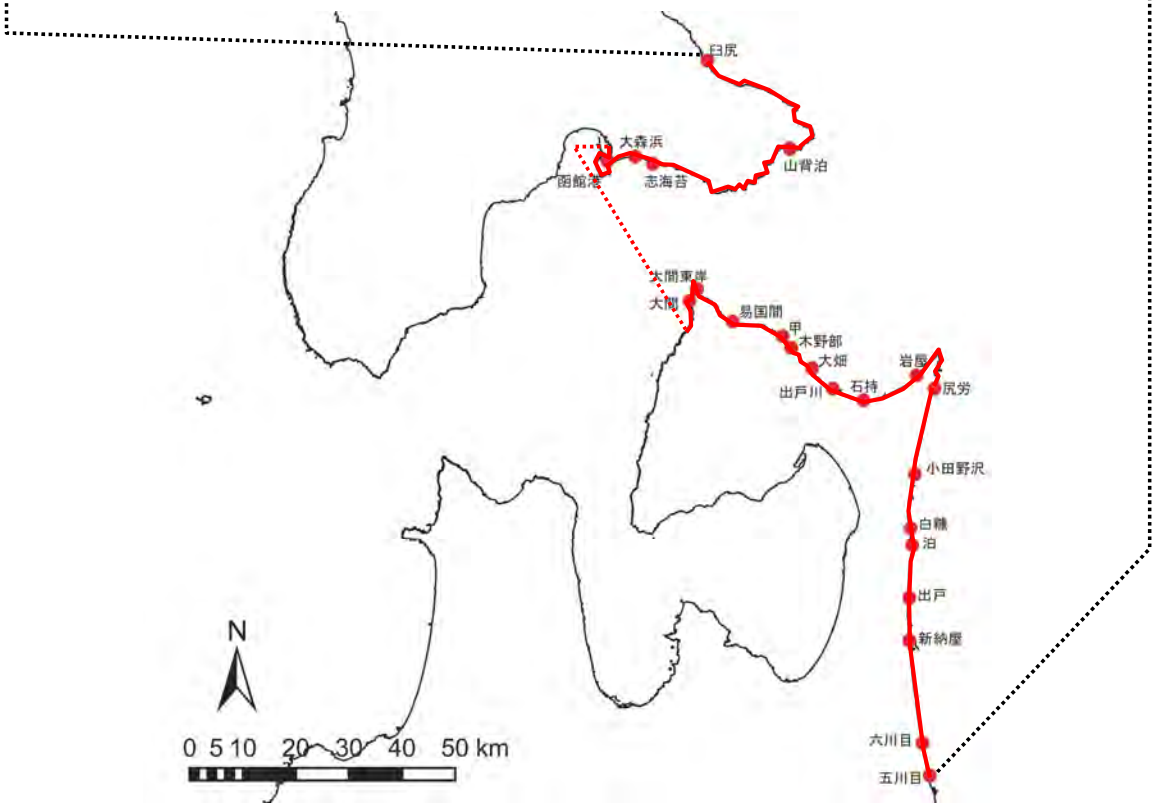
最大水位下降ケース
（基準波源モデル③）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１０／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-68一部修正

概略パラメータスタディ（９／９）：基準波源モデル①～④の比較

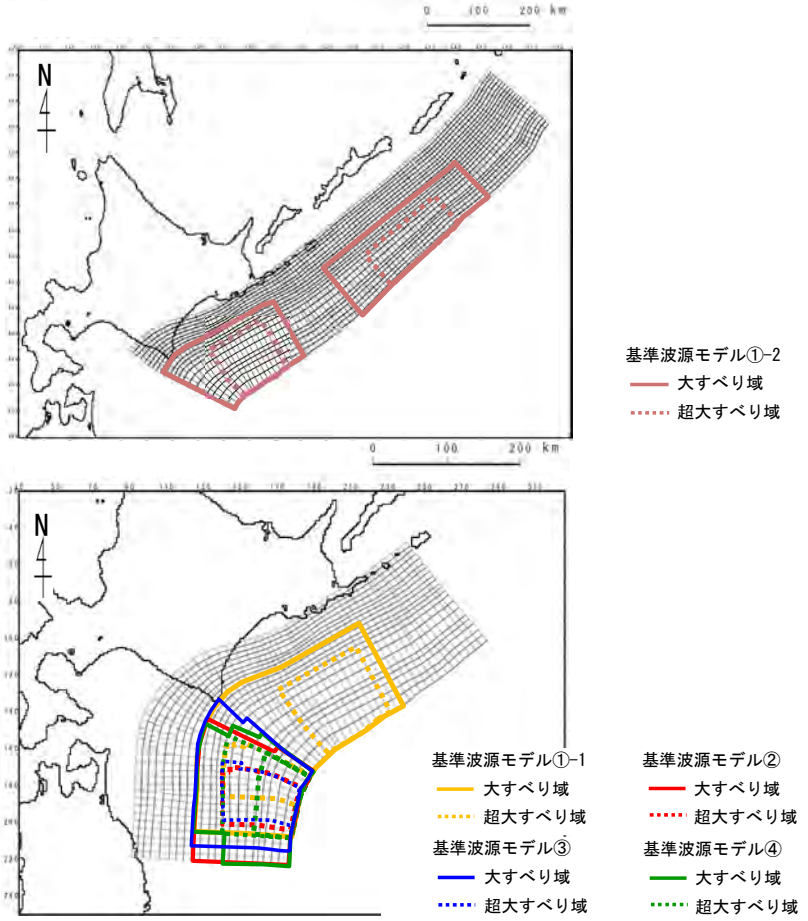




基準波源モデル①～④の計算津波高と
太平洋側既往津波高との比較

- 波源モデル選定の妥当性確認として，津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル①～④の計算津波高※（概略パラメータスタディ上昇側最大ケース）と既往津波高※との比較を行った。
- 基準波源モデル①～④の計算津波高は，おおむね既往津波高を上回ることを確認した。

※：計算津波高と既往津波高はP. 2. 3. 1-114に示すとおり。



概略パラメータスタディで上昇側最大ケースとなった
各基準波源モデルの大すべり域等の位置図

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１１／１３５）

（参考）基準波源モデル①～④の比較：既往津波高及び計算津波高

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-69一部修正

沿岸区分		地点	既往最大津波高（m）	計算津波高（m）				
				テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル				
				基準波源モデル①-1（上昇側最大ケース）	基準波源モデル①-2（上昇側最大ケース）	基準波源モデル②（上昇側最大ケース）	基準波源モデル③（上昇側最大ケース）	基準波源モデル④（上昇側最大ケース）
北海道	津軽海峡外	臼尻	1.80	3.69	1.91	5.10	4.54	5.46
	津軽海峡内	山背泊	1.05	2.95	1.98	4.67	4.40	5.06
		志海苔	1.20	2.75	1.93	4.36	3.64	4.38
		大森浜	1.80	5.09	3.91	7.67	7.47	6.89
		函館港	3.90	3.93	3.61	4.71	4.03	4.07
青森県		大間	1.30	2.37	2.00	3.33	3.11	3.67
		大間東岸	0.60	2.92	2.21	3.31	3.73	4.05
		易国間	2.20	3.29	1.84	4.84	4.27	5.19
		甲	2.60	2.98	1.60	3.73	3.55	5.96
		木野部	2.00	4.14	1.92	5.40	4.75	5.77
		大畑	2.40	3.80	1.79	4.20	4.87	5.48
		出戸川	1.60	5.27	2.93	6.81	6.35	8.13
		石持	5.88	5.98	3.22	6.38	6.00	8.45
		岩屋	1.30	4.87	2.48	5.40	5.37	4.83
	津軽海峡外	尻労	2.46	5.47	2.79	7.74	6.36	10.66
		小田野沢	2.70	6.11	3.43	8.43	7.08	10.59
		白糠	0.90	5.27	3.49	7.38	6.70	8.43
		泊	3.10	5.63	3.54	7.93	6.76	9.51
		出戸	4.20	5.60	2.96	7.56	7.37	8.72
		新納屋	3.70	7.14	3.35	10.12	9.24	9.54
		六川目	5.56	8.15	4.59	12.47	9.68	11.45
		五川目	11.83	8.13	4.39	12.80	9.63	11.70

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１２／１３５）

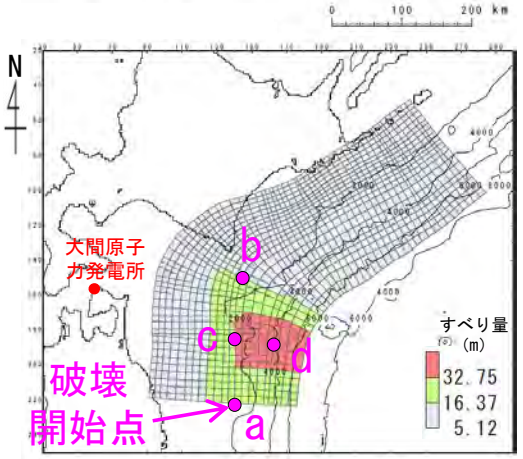
詳細パラメータスタディ（１／４）：破壊開始点・破壊伝播速度・ライズタイム＜基準波源モデル①～④＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-70一部修正

- 基準波源モデル①～④に対し，以下に示す破壊開始点，破壊伝播速度及びライズタイムを組合せた検討を実施した。

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	備考
破壊開始点	✓プレート境界面深度20kmを基本として，大すべり域の「南端:a」，「北端:b」，「中央部:c」（超大すべり域深部下端に相当）の３箇所配置 ✓不確かさ考慮として，「超大すべり域中央部：d」に1箇所配置	右図のとおり設定（P.2.3.1-116参照）
破壊伝播速度	・1.0km/s ・2.0km/s ・2.5km/s ・∞※（基準：概略パラスタケース） ※：∞は全域同時に破壊開始	1.0km/s：Fujii and Satake（2007）[122]による2004年インド洋津波を再現する最適値 2.0km/s：Satake et al.（2013）[102]による2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル 2.5km/s：内閣府（2012）[81]の南海トラフ大地震モデル
ライズタイム	・60s（基準：概略パラスタケース）	世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られたライズタイムに関する知見及びそれらを踏まえた影響検討を考慮して60秒固定とした。 （補足説明資料「４－３.ライズタイムの影響検討」参照）

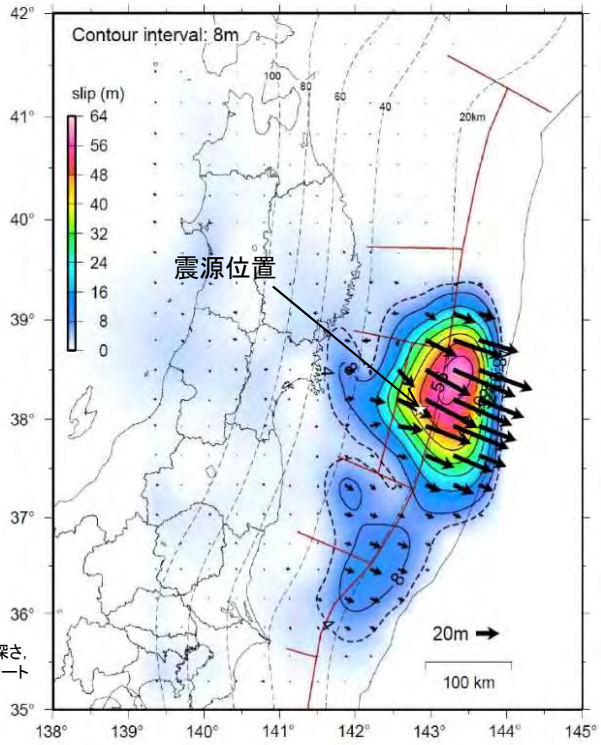


基準波源モデル①～④
概略パラスタ最大ケース
（基準波源モデル②）
※代表として上昇側を例示

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１３／１３５）

詳細パラメータスタディ（２／４）：破壊開始点の不確かさ

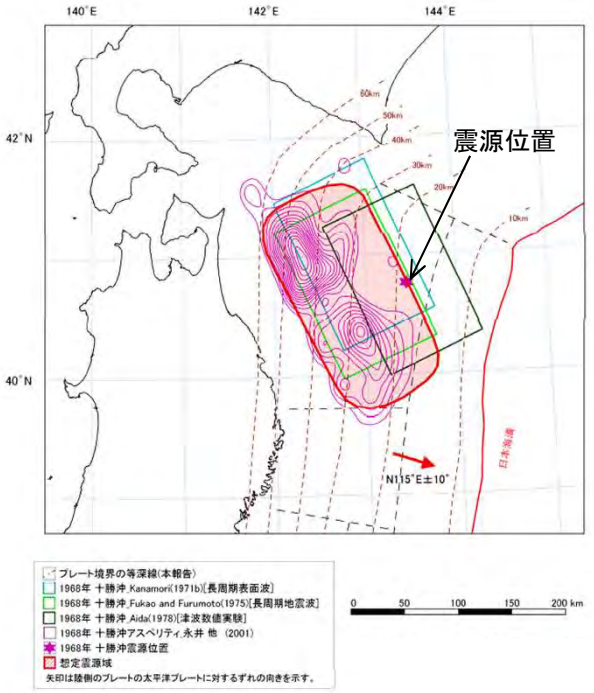
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-51再掲



星印は本震の震央，点線はプレート境界面の深さ，ベクトル（→）は計算によって求めた地下のプレート境界面上でのすべりを示す。

東北地方太平洋沖地震の震源域

地震調査研究推進本部（2012）[8]に一部加筆



青森県東方沖及び岩手県沖北部の想定震源域

地震調査研究推進本部（2012）[8]に一部加筆

- 2011年東北地方太平洋沖地震の震源位置はプレート境界面等深線20km付近である。
- 1968年十勝沖地震の震源位置はプレート境界面等深線20km付近である。

  地震調査研究推進本部（2012）[8]による
- プレート境界面等深線20kmに破壊開始点を設定することを基本として，不確かさの考慮として破壊開始点を複数ケース設定した。

２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１４／１３５）

詳細パラメータスタディ（３／４）：破壊伝播速度の不確かさ

・破壊伝播速度の設定は，以下に示すＭ９クラスの地震を対象に設定された津波モデルの破壊伝播速度を参照して，1.0km/s，2.0km/s及び2.5km/sを検討対象に設定した。

Ｍ９クラスの地震を対象として設定された破壊伝播速度

地震	文献	破壊伝播速度 (km/s)	設定根拠
2004年 スマトラ～アンダマン地震	Fujii and Satake.(2007) (122)	1.0	津波波形を用いたインバージョン
2011年 東北地方太平洋沖地震	Satake et al. (2013) (102)	2.0	津波波形等を用いたインバージョン
南海トラフ巨大地震	内閣府（2012） (81)	2.5	平均的に利用されている値を参考に，東北地方太平洋沖地震の解析結果も踏まえて設定。

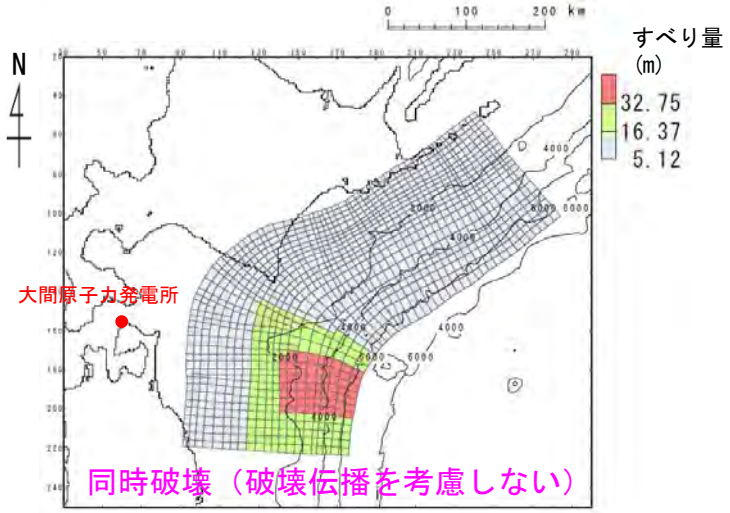
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１５／１３５）

詳細パラメータスタディ（４／４）：検討結果＜基準波源モデル①～④＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-71一部修正

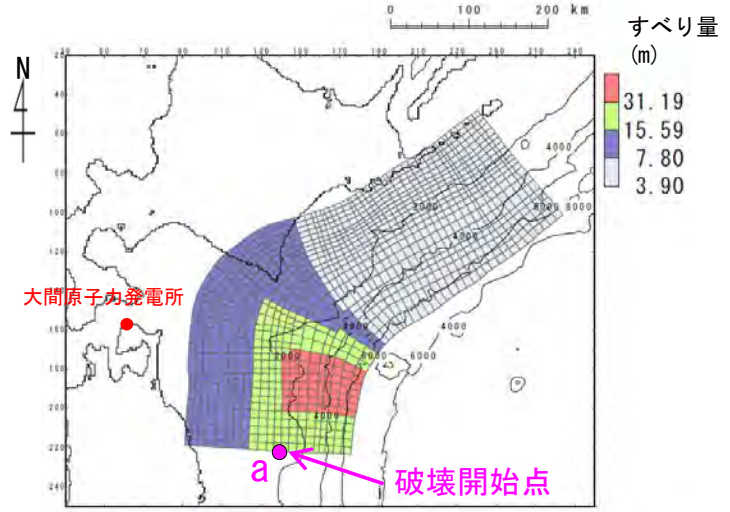
- 基準波源モデル①～④に対する詳細パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

上昇側



基準波源モデル②

下降側



基準波源モデル③

最大ケースの波源モデル

詳細パラメータスタディ結果一覧

上昇側

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル②	基準配置を南方へ40km	60s	1.0km/s	a	3.22m	－2.89m
				b	3.10m	－2.48m
				c	3.12m	－2.83m
				d	3.36m	－2.38m
			2.0km/s	a	3.48m	－2.99m
				b	3.37m	－2.68m
				c	3.31m	－2.86m
				d	3.53m	－2.33m
			2.5km/s	a	3.50m	－3.00m
				b	3.39m	－2.74m
				c	3.39m	－2.86m
				d	3.56m	－2.48m
		－	∞	－	3.62m	－3.04m

下降側

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル③	基準配置を南方へ40km	60s	1.0km/s	a	3.25m	－3.42m
				b	3.00m	－2.74m
				c	3.04m	－3.06m
				d	3.31m	－2.36m
			2.0km/s	a	3.47m	－3.53m
				b	3.28m	－3.13m
				c	3.32m	－3.26m
				d	3.44m	－3.11m
			2.5km/s	a	3.49m	－3.52m
				b	3.34m	－3.21m
				c	3.35m	－3.29m
				d	3.47m	－3.21m
		－	∞	－	3.50m	－3.49m

：上昇側・下降側最大ケース

基準波源モデル⑤⑥の詳細パラメータスタディとの比較はP.2.3.1-135, P.2.3.1-136参照。

（余白）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（116／135）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-40一部修正

津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデルの検討

特性化モデル

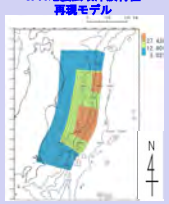
すべり量・面積比設定

世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見（3.11地震含む）

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

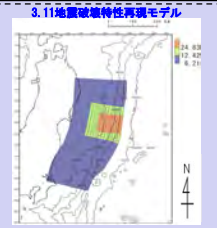
杉野ほか（2014）[80]の知見（P. 2. 3. 1-60参照）
- 背景領域：平均すべり量の0. 33倍，全体面積の60%程度
- 大すべり域：平均すべり量の1. 4倍，全体面積の25%程度
- 超大すべり域：平均すべり量の3倍，全体面積の15%程度

知見を反映



3.11地震の広域の津波特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-60参照）

内閣府（2012）[81]の知見
- 大すべり域　：平均すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：平均すべり量の４倍，全体面積の５%程度



3.11地震における破壊特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-87参照）

知見を反映

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

Ｍ９クラス地震の知見を分析・検討し，背景領域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量を１：２：４となるような特性化を検討（P. 2. 3. 1-87参照）
- 背景領域：基本すべり量，全体面積の80%程度
- 大すべり域：基本すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：基本すべり量の４倍，全体面積の５%程度

すべり領域の配置

テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル

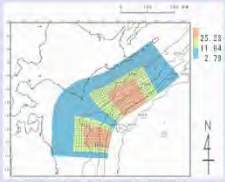
すべり量・面積比・すべり領域の配置反映

すべり量・面積比反映

大間の立地特性を考慮したモデル

3.11津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように，大すべり域，超大すべり域を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル（P. 2. 3. 1-60参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓青森県北部～茨城県南部にわたる既往津波高

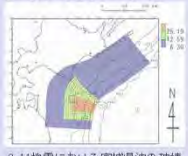


岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映

3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）

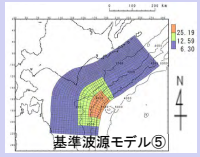
- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域等を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における破壊特性を再現したモデル（P. 2. 3. 1-87参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓波源域の地殻変動量（内閣府との比較）
- ✓沖合等の観測津波波形



3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

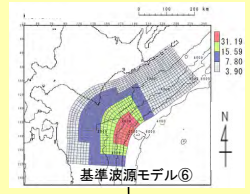
3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）

- 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- 3.11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し，津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置
→比較的短周期の波が卓越するため，津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や，専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。（P. 2. 3. 1-122 ，P. 2. 3. 1-156 ～ P. 2. 3. 1-164 参照）



分岐断層・海底地すべりの考慮

すべり量割り増し



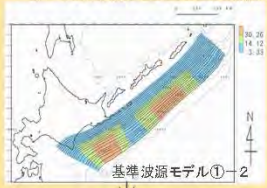
配置は同様に設定

すべり量割り増し

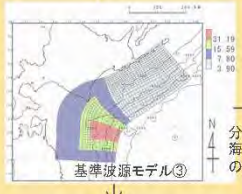
島弧会合部に大すべり域を配置

・十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル※1は，上記モデルの考え方を反映すると共に，色丹島沖及び択捉島沖の大すべり域は，領域西端に配置して設定。

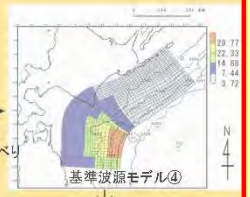








分岐断層海底地すべりの考慮



3.11地震を踏まえた更なる保守性考慮

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において，各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ最大ケース ⇒ 基準波源モデル（再定義）

概略パラスタ最大ケース ⇒ 基準波源モデル（再定義）

詳細パラスタ※3

詳細パラスタ※3

不確かさの考慮

※1：十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，基準波源モデル①－２と同じであるため記載省略。

注：津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル⑤⑥）と3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル①～④）との関連性についてはP. 2. 3. 1-156～P. 2. 3. 1-164参照。

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

※2：大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動

※3：波源特性（破壊開始点，破壊伝播速度，ライズタイム）の不確かさの考慮

２－３－１．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１７／１３５）

津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデルの設定（１／２）

基本方針

- 大間原子力発電所の立地特性を踏まえた保守的観点を考慮して，津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデルを設定する。

【大間の立地特性】：津軽海峡内に位置する。

ⅰ：太平側から伝播してくる津波は津軽海峡開口部から津軽海峡内に侵入する。

ⅱ：津軽海峡は，北海道と本州に挟まれたほぼ閉じた海域であるため，陸奥湾を含む海峡内の反射等により局所的に津波水位が増幅する可能性がある（補足説明資料P.10.3-2参照）　。

【大間の立地特性を踏まえた保守的観点】：すべり領域を保守的な位置に配置する。

ⅰ：津波高さに与える影響が大きい大すべり域等を津軽海峡前面（津軽海峡開口部に正対する位置）に配置する。

ⅱ：津軽海峡及び大間専用港湾の津波挙動並びに3.11地震・津波の知見を踏まえて，超大すべり域を浅部海溝軸沿いに配置する（詳細次頁参照）。

- なお，基準波源モデル①～④の検討において，敷地への影響が，3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルを参考に設定したモデルに比べて，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定したモデルの方が大きかったことを踏まえ，すべり量・面積比については3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比を反映することとする。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１１８／１３５）

津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデルの設定（２／２）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-6一部修正

すべり領域の配置

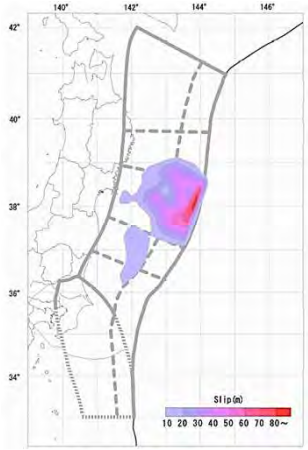
- 以下の知見及び検討結果を反映して，津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデルのすべり領域の配置を設定する。

【津軽海峡及び大間専用港湾の津波挙動】
- 基準津波策定位置では，周期30分の波に水位の増幅が認められる（補足説明資料P.10.3-3参照）。
- 取水口スクリーン室前面では，周期７分及び10分の波に顕著な水位の増幅が認められる（補足説明資料P.10.3-3参照）。

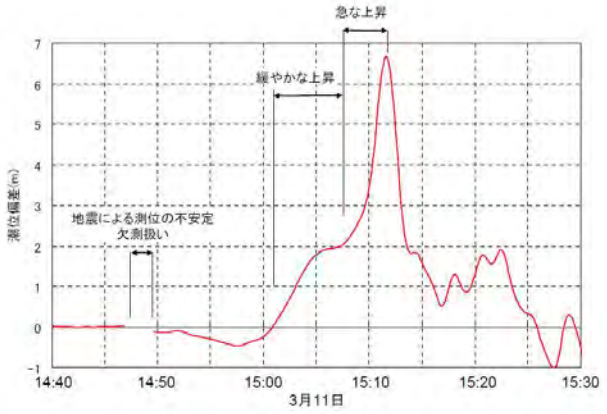
【3.11地震・津波の知見】
- 3.11地震で大きなすべりは浅部海溝軸沿いにも分布する（左図）。
- 岩手県南部沖GPS波浪計では，まず長周期の津波波形が観測され，その後に短周期で高い水位の津波が観測された（右図）。

⇒ 上記より，以下の２点を考慮して大間の立地特性を踏まえた保守的観点から，超大すべり域を浅部海溝軸沿いに配置する。
- ✓ 津軽海峡内及び大間専用港湾の津波挙動を念頭に，比較的短周期の津波を考慮する。
- ✓ 3.11地震において岩手県南部沖GPS波浪計では，まず長周期の津波波形が観測されたものの，その後に短周期で高い津波が観測されたことから，大間の立地特性を考慮して短周期の波に着目する。

【3.11地震の知見】



東北地方太平洋沖地震の地震時のすべり量の分布
地震調査研究推進本部（2019）(78)



岩手南部沖GPS波浪計が捉えた津波の第一波
港湾空港技術研究所（2011）(123)

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（119／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-41一部修正

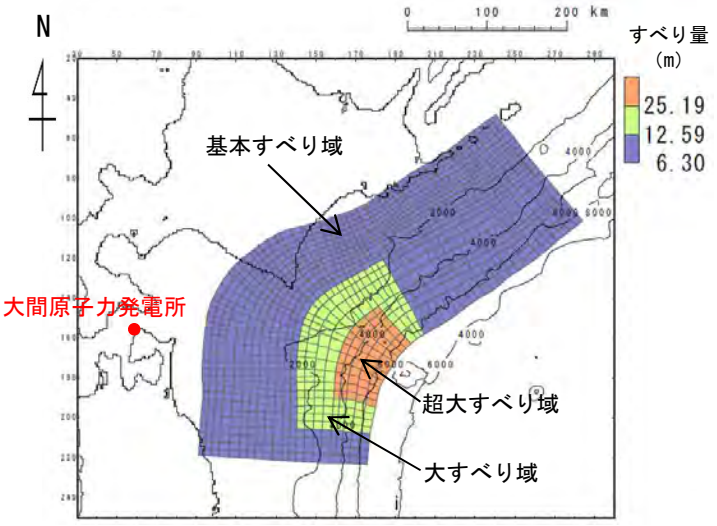
基準波源モデル⑤

- 基準波源モデル⑤は，3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比※1を反映し，すべり領域の配置は，大間原子力発電所の立地特性を踏まえた保守的観点で配置（P.2.3.1-121，P.2.3.1-122参照）して設定する。
- なお，超大すべり域を浅部海溝軸沿いに配置し比較的短周期の波を卓越させることにより，未知なる海溝軸付近の海底地すべりや分岐断層※2の影響も考慮されている。

※1：大すべり域・超大すべり域の設定に伴う地震モーメントの調整は，波源領域全体で実施。
※2：補足説明資料「４－２．分岐断層に関する検討」参照。

基準波源モデル⑤のパラメータ

項　目		基準波源モデル⑤ 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考 【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.04
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
断層面積 S （km^2）		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ （MPa）		3.08	内閣府（2012）(81)等	3
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)等	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.64×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.52×10^{22}
平均すべり量 D （m）		8.41	D=Mo/(μ・S)	8.19
すべり量	基本すべり域 （m） （面積及び面積比率）	6.30 （87,616km^2，79.3%）	3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル	6.30 （88,377km^2，80%）
すべり量	大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	12.59 （15,790km^2，14.3%）		12.59 （16,571km^2，15%）
すべり量	超大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	25.19 （7,066km^2，6.4%）		25.19 （5,524km^2，５%）
すべり角 λ （°）		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム τ （s）		60	内閣府（2012）(81)	—



基準波源モデル⑤

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（120／135）

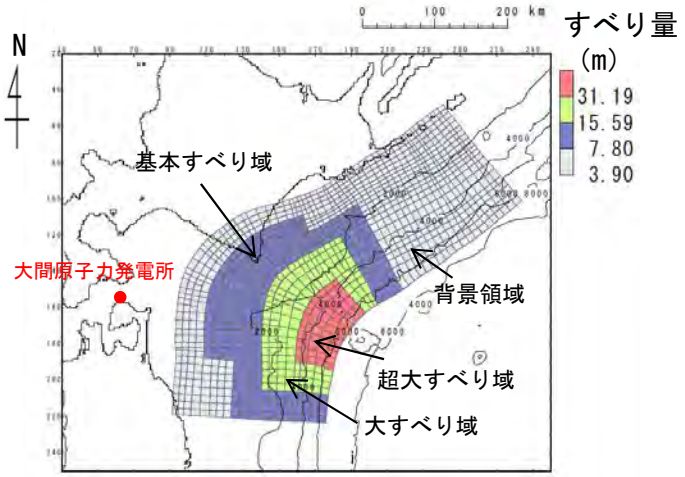
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-42一部修正

基準波源モデル⑥

- 基準波源モデル⑥は，基準波源モデル⑤（P.2.3.1-123）に対し，すべりの不確かさを踏まえ，より保守側の設定として大すべり域・超大すべり域等のすべり量が約20%割増し（P.2.3.1-97参照）になるように，背景的領域にすべり量が小さな領域として，基本すべり域のすべり量の半分のすべり量を全体面積の50%に対して考慮し設定する。

基準波源モデル⑥のパラメータ

項　目		基準波源モデル⑥ 【モデル化後の値】	主な設定根拠	備　考 【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ　Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	9.04
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
断層面積　S　(km^2)		110,472	地震調査研究推進本部（2017a，2019）(79)，(78)	—
平均応力降下量　$\Delta\sigma$　(MPa)		3.08	内閣府（2012）(81)等 （設計値３MPa）	3
剛性率　μ　(N/m^2)		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)等	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo　(N・m)		4.64×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	4.52×10^{22}
平均すべり量　D　(m)		8.40	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	8.19
すべり量	基本すべり域　(m) （全体面積の30%）	7.80 (30,619km^2，27.7%)	すべりの不確かさを踏まえ，より保守側の設定として超大すべり域等のすべり量が約20%割増し（P.2.3.1-97参照）になるように，背景的領域にすべり量が小さな領域として，基本すべり域のすべり量の半分のすべり量を全体面積の50%に対して考慮し設定	7.80 (33,141km^2，30%)
	背景領域　(m) （基本すべり域のすべり量の0.5倍，全体面積の50%程度）	3.90 (56,997km^2，51.6%)		3.90 (55,236km^2，50%)
	大すべり域　(m) （基本すべり域のすべり量の２倍，全体面積の15%程度）	15.59 (15,790km^2，14.3%)		15.59 (16,571km^2，15%)
	超大すべり域　(m) （基本すべり域のすべり量の４倍，全体面積の5%程度）	31.19 (7,066km^2，6.4%)		31.19 (5,524km^2，５%)
すべり角　λ　(°)		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—
ライズタイム　τ　(s)		60	内閣府（2012）(81)	—



基準波源モデル⑥

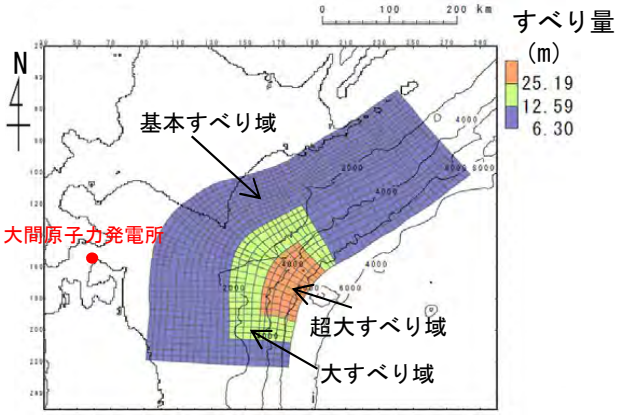
2-3-1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（121／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-43一部修正

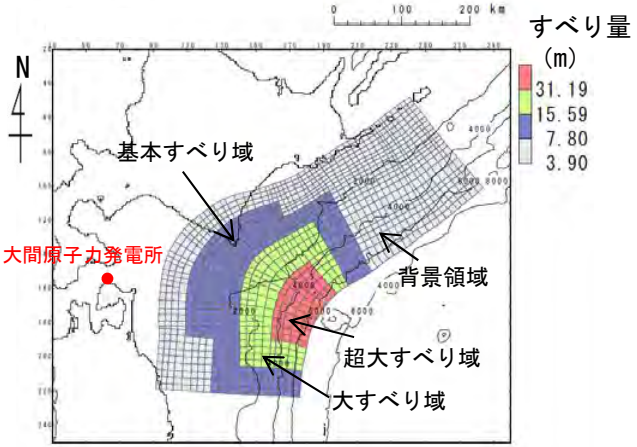
パラメータスタディ：基準波源モデル⑤⑥

○パラメータスタディは，概略と詳細の２段階で実施するものとするものとし，概略パラスタは津波水位に対して支配的因子，詳細パラスタは津波水位に対して従属的因子の位置づけである（P.2.3.1-144～P.2.3.1-148 参照） 。パラスタ詳細は以下のとおり。

- 概略パラスタのステップ１として，各基準波源モデルに対しアスペリティの位置を変化させる検討を実施した。
- 概略パラスタのステップ２として，ステップ１における各基準波源モデル毎の最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを対象に，アスペリティをさらに細かく移動させた検討を実施した。
- 詳細パラスタとして，概略パラスタにおける最大水位上昇ケース及び最大水位下降ケースとなる２つの波源モデルを対象に，破壊様式の不確かさの考慮として，破壊開始点，破壊伝播速度，ライズタイムを組合せた検討を実施した。



基準波源モデル⑤



基準波源モデル⑥

概略パラメータスタディ（ステップ１）

項目	変動範囲	ケース数	
アスペリティの位置	基準，北方へ40km（N1），80km(N2)，200km(N3)，南方へ40km(S1)	5	計 5

概略パラメータスタディ（ステップ２）

項目	変動範囲	ケース数	
アスペリティの位置	S1(ステップ1），S1を北方へ約10km，20km，30km移動（約10kmﾋﾟｯﾁで移動）	4	計 4

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
破壊開始点	大すべり域深部の南端，北端，超大すべり域背後及び日本海溝と千島海溝の境界上大すべり域中央部	5	計 １６
破壊伝播速度	1.0km/s，2.0km/s，2.5km/s， ∞※（基準：概略パラスタケース） ※：∞は全域同時に破壊開始	4	
ライズタイム	60s（基準：概略パラスタケース）	1	

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２２／１３５）

基準波源モデル⑤⑥の諸元及びパラメータスタディ整理表

基準波源モデル⑤⑥の各パラメータに対し，パラスタ実施の考え方について以下のとおり整理した。

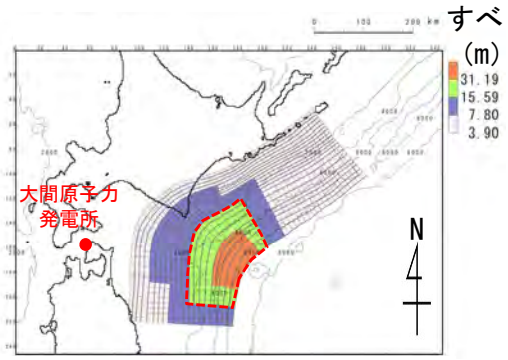
項　目		基準波源モデル⑤⑥ （基準波源モデル⑤を代表とする）		パラメータスタディ		
		諸元 【設計値】	主な設定根拠	概略/ 詳細パラスタ	変 動 幅	根拠又は パラスタ未実施の理由
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.04	Mw=(logMo-9.1)/1.5	—	—	他諸元からの算定値
地震発生深さ		海溝軸～深さ60km	地震調査研究推進本部（2017a, 2019）(79)，(78)	—	—	各調査により地震発生域が明確
断層面積 S （km^2）		110,472	青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖	—	—	安全評価上，２つの領域の連動を考慮
平均応力降下量 $\Delta\sigma$（MPa）		3	内閣府（2012）(81) 等	—	—	既往巨大地震の応力降下量に保守性を考慮
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	土木学会（2016）(39)	—	—	既往の地下構造情報を基に設定
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.52×10^{22}	$Mo=16/(7\cdot\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$	—	—	他諸元からの算定値
平均すべり量 D （m）		8.19	$D=Mo/(\mu\cdot S)$	—	—	他諸元からの算定値
すべり量	基本すべり域 （m） （面積及び面積比率）	6.30 (88,377km^2, 80%)	3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデル	—	—	すべり量： 既往研究による知見を反映した他諸元からの設定値 面積： 安全評価上，２つの領域の連動を考慮した上で，既往研究による設定値を考慮
	大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	12.59 (16,571km^2, 15%)				
	超大すべり域 （m） （面積及び面積比率）	25.19 (5,524km^2, ５%)				
すべり角 λ （°）		陸側プレートのずれの向きに基づいて設定	中央防災会議（2006）(10)	—	—	観測データを基に設定
ライズタイム τ （s）		60	内閣府（2012）(81) 等	—	—	感度解析により保守的設定であることを確認（補足説明資料「４－３．ライズタイムの影響検討」参照）
アスペリティの位置		津軽海峡前面に配置	敷地への影響が大きな位置	概略パラスタ	200km～10kmﾋﾟｯﾁ	10kmﾋﾟｯﾁで位置の影響がほぼ無いことを確認。（P.2.3.1-145参照）
破壊開始点		—	—	詳細パラスタ	大すべり域周辺に配置	プレート境界面深度，大すべり域の配置を考慮
破壊伝播速度		∞	—	詳細パラスタ	1.0，2.0，2.5km/s	既往巨大津波研究

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２３／１３５）

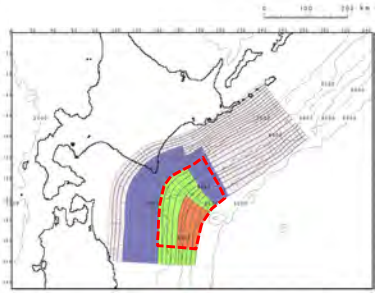
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-44一部修正

概略パラメータスタディ（１／５）：アスペリティ位置の不確かさ＜基準波源モデル⑤⑥＞

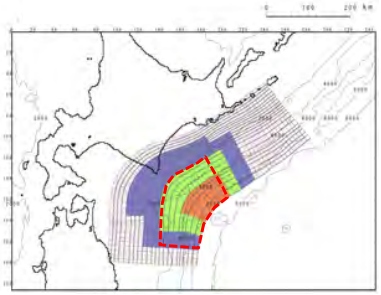
ステップ１



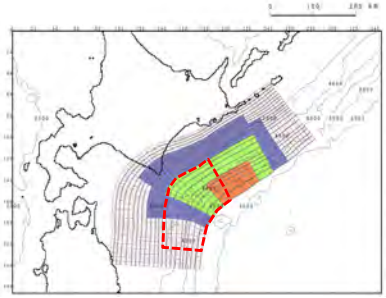
基準波源モデル⑥
基準配置



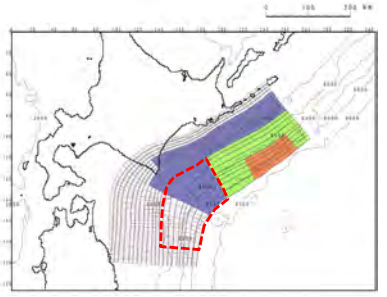
南方へ40km（S1）



北方へ40km（N1）



北方へ80km（N2）

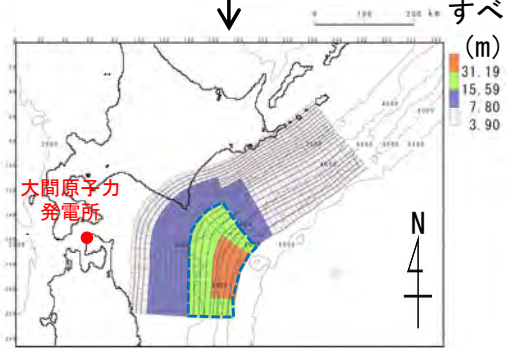


北方へ200km（N3）

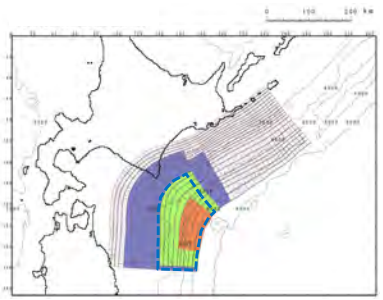
40～120kmﾋﾟｯﾁで移動

：基準配置の
アスペリティ位置

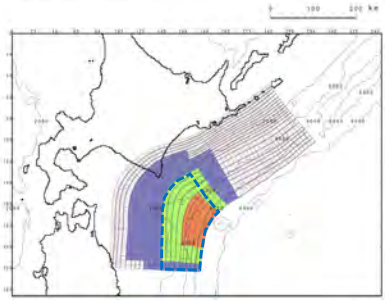
ステップ２



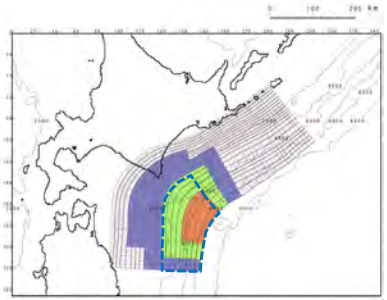
基準波源モデル⑥
ステップ1基準配置から南方へ40km（S1）



S1を北方へ10km



S1を北方へ20km



S1を北方へ30km

10kmﾋﾟｯﾁで移動

：S1の
アスペリティ位置

注：基準波源モデル⑥を代表例として記載

- 概略パラメータスタディ（ステップ１）として，大すべり域等の位置の不確かさの考慮のため，各基準波源モデルに対して，位置のパラメータスタディ（各５パターン）を実施した。
- 概略パラメータスタディ（ステップ２）として，ステップ１における各基準波源モデル毎の最大水位変動ケースの波源モデルを対象に，最大となったアスペリティ位置S1を北方へ約10kmピッチで移動させた場合の検討を実施した※。

※：アスペリティ位置の影響に関わる周期特性の検討をP.2.3.1-149，P.2.3.1-150に示す。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２４／１３５）

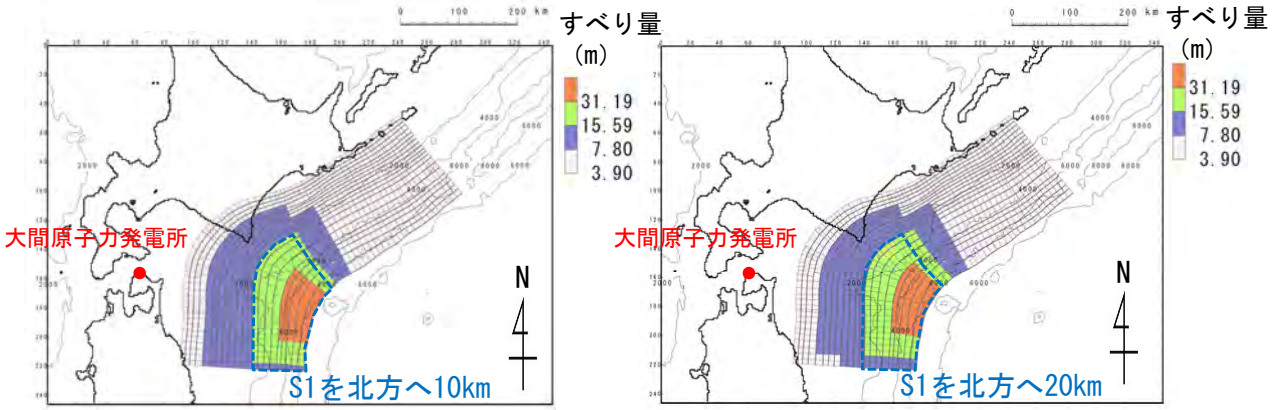
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-45一部修正

概略パラメータスタディ（２／５）：検討結果＜基準波源モデル⑤⑥＞

基準波源モデル⑤⑥に対する概略パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
・基準波源モデル⑥
・ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ位置：S1を北方へ10km移動

最大水位下降ケース
・基準波源モデル⑥
・ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ位置：S1を北方へ20km移動



最大ケースの波源モデル
（基準波源モデル⑥）

S1の
アスペリティ位置

概略パラメータスタディ（ステップ１）結果一覧

	アスペリティの位置※1	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル⑤	北方へ200km(N3)	1.59m	－1.38m
	北方へ80km(N2)	1.53m	－1.54m
	北方へ40km(N1)	2.04m	－2.26m
	基準	2.83m	－2.88m
	南方へ40km(S1)	3.47m	－2.55m
基準波源モデル⑥	北方へ200km(N3)	1.36m	－1.21m
	北方へ80km(N2)	1.47m	－1.51m
	北方へ40km(N1)	2.18m	－2.24m
	基準	3.21m	－2.74m
	南方へ40km(S1)	3.50m	－2.91m

概略パラメータスタディ（ステップ２）結果一覧

	アスペリティの位置※1	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル⑥	S1を北方へ30km	3.44m	－2.94m
	S1を北方へ20km	3.55m	－2.94m※2
	S1を北方へ10km	3.59m	－2.82m
	S1	3.50m	－2.91m

：概略パラスタ（ステップ１） 最大水位上昇／下降ケース
：概略パラスタ（ステップ２） 最大水位上昇ケース
：概略パラスタ（ステップ２） 最大水位下降ケース

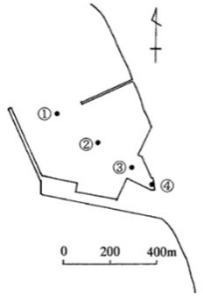
※1：アスペリティの位置についてはP.2.3.1-127に示す。
※2：小数第３位まで考慮すると，S1を北方へ20kmで最大。

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２５／１３５）

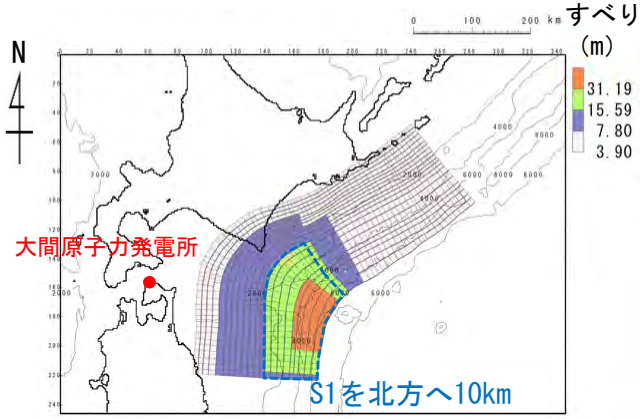
概略パラメータスタディ（３／５）：最大水位上昇ケース検討結果＜基準波源モデル⑤⑥＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-46一部修正

基準波源モデル⑤⑥に対する敷地における概略パラメータスタディの最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

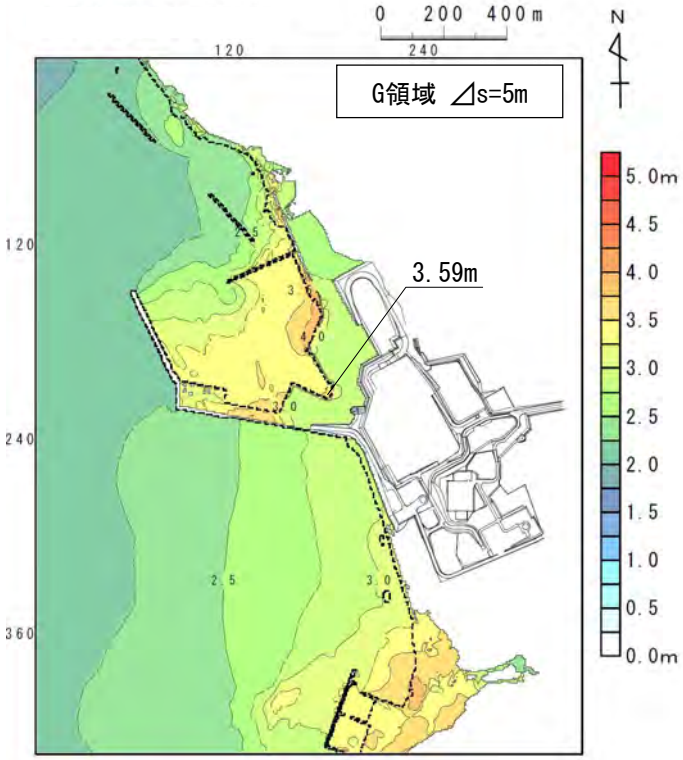


最大水位上昇ケース
・基準波源モデル⑥
・ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ位置：S1を北方へ10km移動

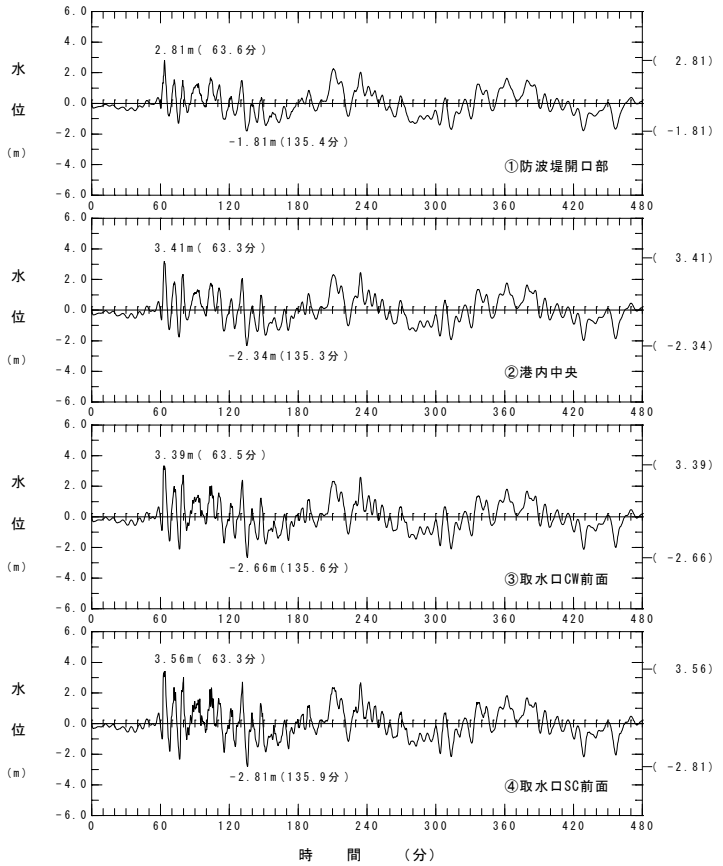


波源モデル

S1の
：アスペリティ位置



最大水位上昇量分布



水位時刻歴波形

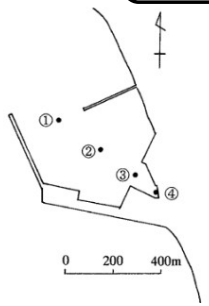
最大水位上昇ケース
（基準波源モデル⑥）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２６／１３５）

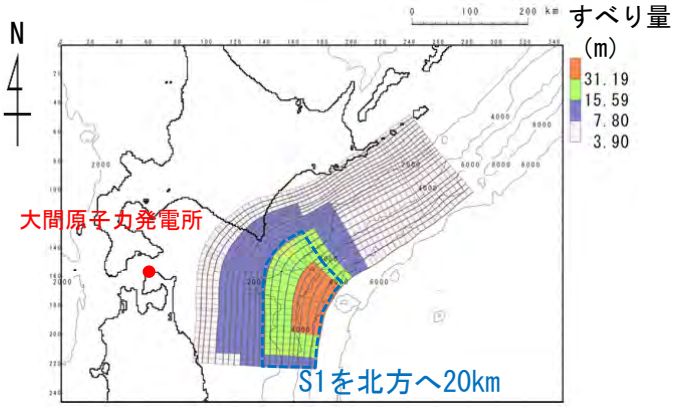
概略パラメータスタディ（４／５）：最大水位下降ケース検討結果＜基準波源モデル⑤⑥＞

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-47一部修正

- 基準波源モデル⑤⑥に対する取水口スクリーン室前面における概略パラメータスタディの最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

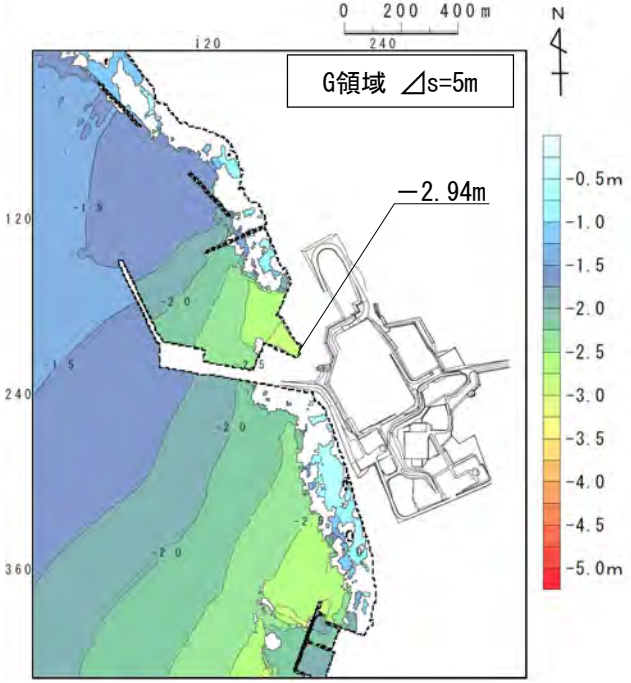


最大水位下降ケース
・基準波源モデル⑥
・ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ位置：S1を北方へ20km移動

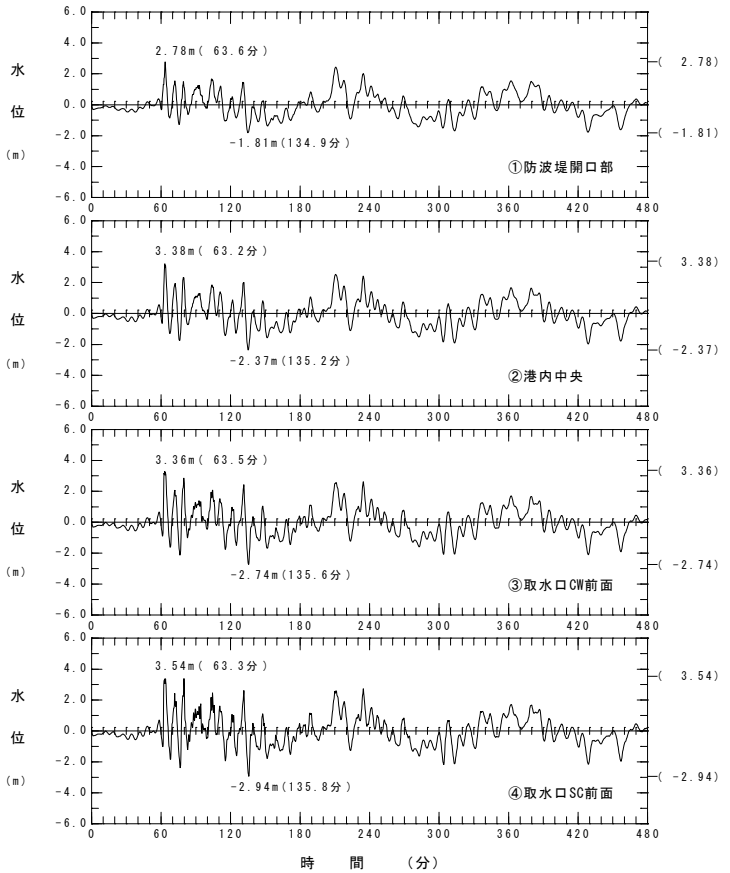


波源モデル

S1の
：アスペリティ位置



最大水位下降量分布



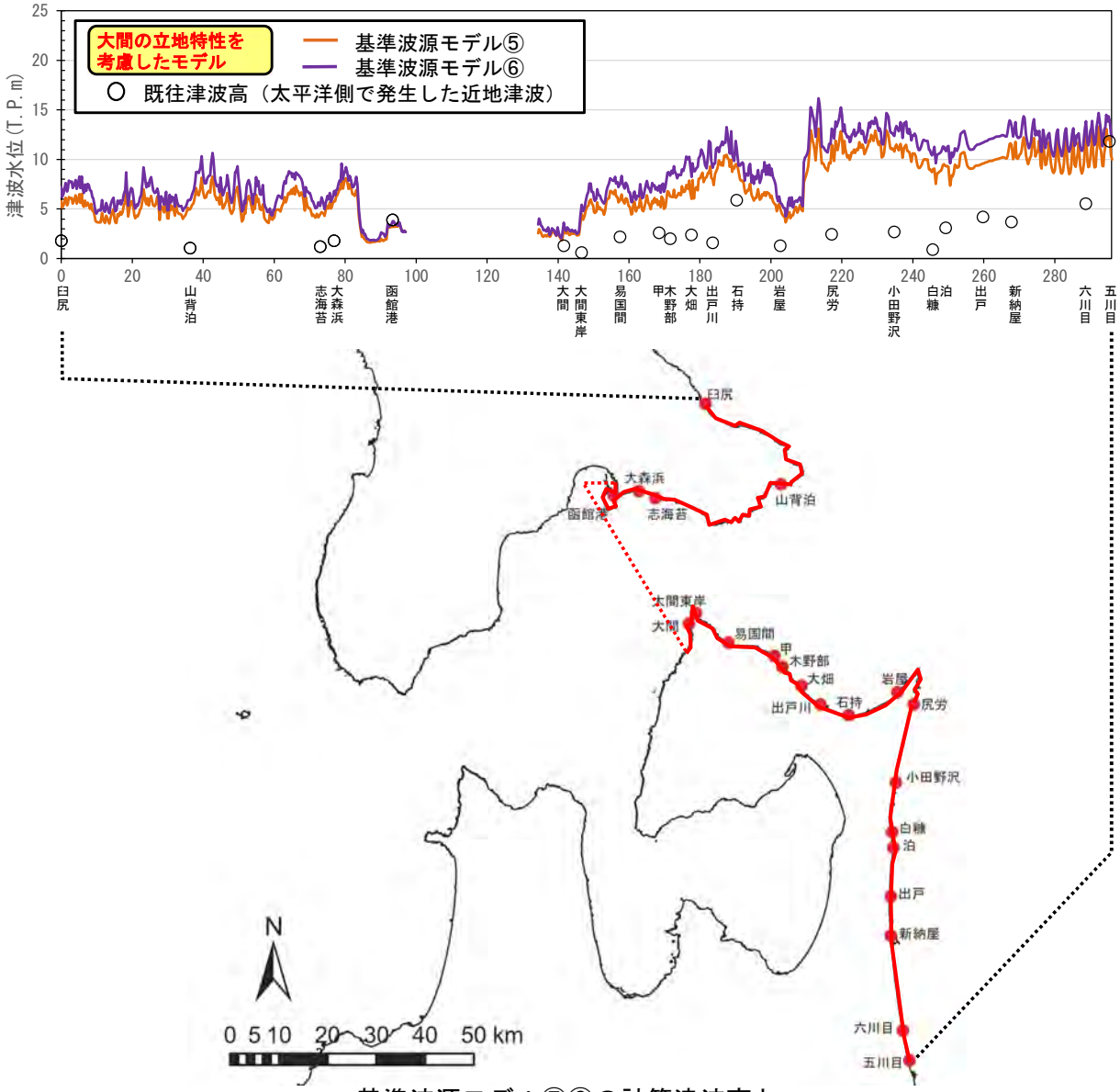
水位時刻歴波形

最大水位下降ケース
（基準波源モデル⑥）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２７／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-48一部修正

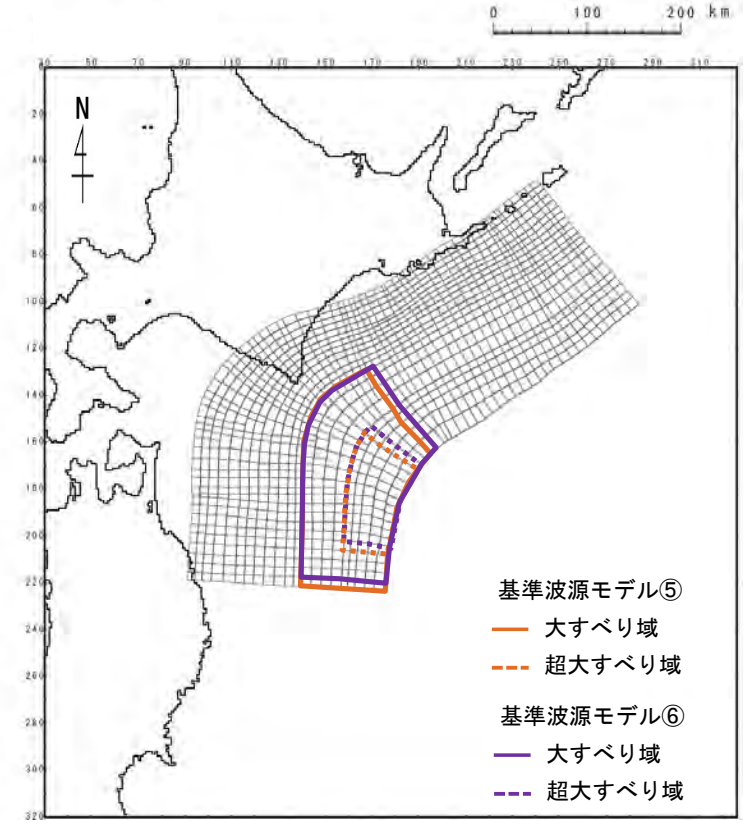
概略パラメータスタディ（５／５）：基準波源モデル⑤⑥の比較



基準波源モデル⑤⑥の計算津波高と
太平洋側既往津波高との比較

- 波源モデル選定の妥当性確認として，津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル⑤⑥の計算津波高※１（概略パラメータスタディ上昇側最大ケース）と既往津波高※１との比較を行った。
- 基準波源モデル⑤⑥の計算津波高は，おおむね既往津波高を上回ることを確認した 。

※１：計算津波高と既往津波高はP. 2. 3. 1-132に示すとおり。



概略パラメータスタディで上昇側最大ケースとなった
各基準波源モデルの大すべり域等の位置図

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２８／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-49一部修正

（参考）基準波源モデル⑤，⑥の比較：既往津波高及び計算津波高

沿岸区分		地点	既往最大津波高(m)	計算津波高(m)	
				大間の立地特性を考慮したモデル	
				基準波源モデル⑤（上昇側最大ケース）	基準波源モデル⑥（上昇側最大ケース）
北海道	津軽海峡外	臼尻	1.80	5.78	7.21
	津軽海峡内	山背泊	1.05	4.97	5.92
		志海苔	1.20	4.43	5.31
		大森浜	1.80	5.83	6.83
		函館港	3.90	3.21	3.76
青森県		大間	1.30	3.08	3.63
		大間東岸	0.60	4.51	5.44
		易国間	2.20	5.92	7.56
		甲	2.60	6.12	7.39
		木野部	2.00	6.27	8.38
		大畑	2.40	6.02	8.25
		出戸川	1.60	8.67	10.35
		石持	5.88	9.53	11.24
		岩屋	1.30	4.98	5.64
	津軽海峡外	尻労	2.46	11.49	13.13
		小田野沢	2.70	10.81	12.37
		白糠	0.90	9.02	10.58
		泊	3.10	9.33	10.84
		出戸	4.20	9.59	11.70
		新納屋	3.70	11.44	13.39
		六川目	5.56	12.67	13.85
		五川目	11.83	12.23	13.83

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１２９／１３５）

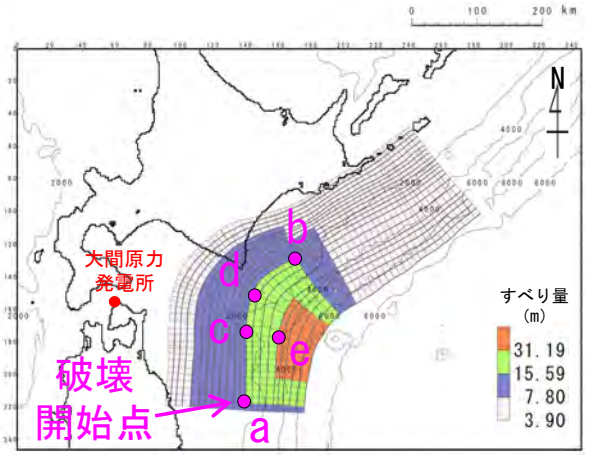
詳細パラメータスタディ（１／２）：破壊開始点・破壊伝播速度・ライズタイム＜基準波源モデル⑤，⑥＞

- 基準波源モデル⑤，⑥に対し，以下に示す破壊開始点，破壊伝播速度及びライズタイムを組合せた検討を実施した。

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-50一部修正

詳細パラメータスタディ

項目	変動範囲	備考
破壊開始点	✓プレート境界面深度20km（大すべり域深部下端に相当）を基本として，大すべり域深部下端の「南端:a」，「北端:b」，「超大すべり域背後:c」，「日本海溝と千島海溝の境界上:d」の４箇所配置 ✓不確かさ考慮として，「大すべり域中央部：e」に1箇所（超大すべり域深部下端に相当）配置	右図のとおり設定（P.2.3.1-116参照）
破壊伝播速度	・1.0km/s ・2.0km/s ・2.5km/s ・∞※（基準：概略パラスタケース） ※：∞は全域同時に破壊開始	1.0km/s：Fujii and Satake（2007）(122)による2004年インド洋津波を再現する最適値 2.0km/s：Satake et al.（2013）(102)による2011年東北地方太平洋沖地震再現モデル 2.5km/s：内閣府（2012）(81)の南海トラフ大地震モデル
ライズタイム	・60s（基準：概略パラスタケース）	世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られたライズタイムに関する知見及びそれらを踏まえた影響検討を考慮して60秒固定とした。 （補足説明資料「４－３.ライズタイムの影響検討」参照）



基準波源モデル⑤，⑥
概略パラスタ最大ケース
（基準波源モデル⑥）
※代表として上昇側を例示

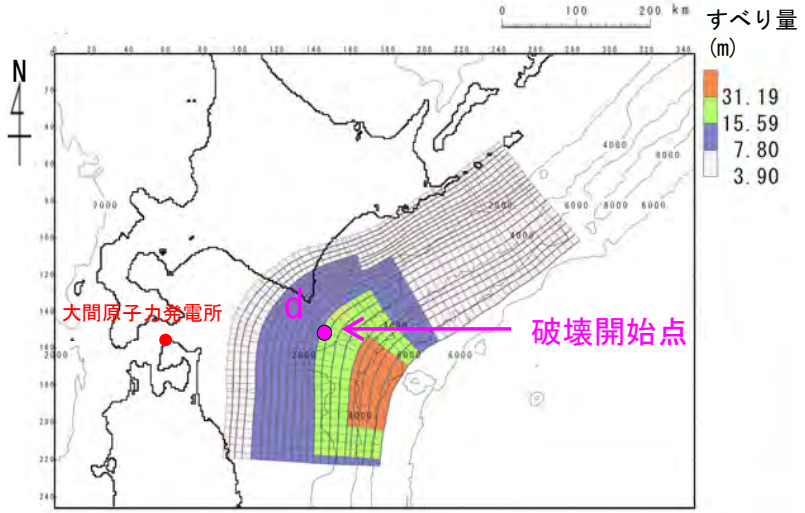
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（130／135）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-52一部修正

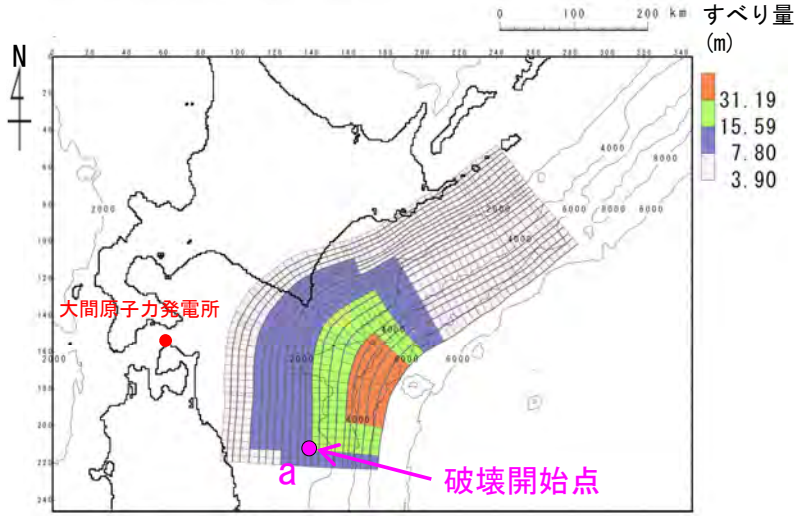
詳細パラメータスタディ（2／2）：検討結果＜基準波源モデル⑤，⑥＞

基準波源モデル⑤，⑥に対する詳細パラメータスタディの結果は以下のとおりである。

上昇側



下降側



最大ケースの波源モデル
（基準波源モデル⑥）

詳細パラメータスタディ結果一覧

上昇側

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル⑥	S1を北方へ10km	60s	1.0km/s	a	3.22m	−3.13m
				b	3.38m	−2.10m
				c	3.36m	−2.32m
				d	3.11m	−2.22m
				e	2.98m	−2.69m
			2.0km/s	a	3.46m	−3.03m
				b	3.63m	−2.31m
				c	3.63m	−2.56m
				d	3.69m	−2.39m
				e	3.53m	−2.70m
			2.5km/s	a	3.47m	−2.99m
				b	3.57m	−2.40m
				c	3.60m	−2.61m
				d	3.67m	−2.47m
				e	3.54m	−2.72m
			∞	−	3.59m	−2.82m

下降側

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル⑥	S1を北方へ20km	60s	1.0km/s	a	2.97m	−3.00m
				b	3.61m	−2.26m
				c	3.22m	−2.45m
				d	3.28m	−2.35m
				e	3.03m	−2.78m
			2.0km/s	a	3.36m	−3.11m※
				b	3.50m	−2.60m
				c	3.61m	−2.74m
				d	3.63m	−2.67m
				e	3.53m	−2.81m
			2.5km/s	a	3.41m	−3.11m※
				b	3.46m	−2.67m
				c	3.59m	−2.79m
				d	3.61m	−2.73m
				e	3.54m	−2.83m
			∞	−	3.55m	−2.94m

：上昇側・下降側最大ケース

※：小数第３位まで考慮すると2.0km/sで最大。

基準波源モデル①～④の詳細パラメータスタディとの比較はP.2.3.1-135，P.2.3.1-136参照。

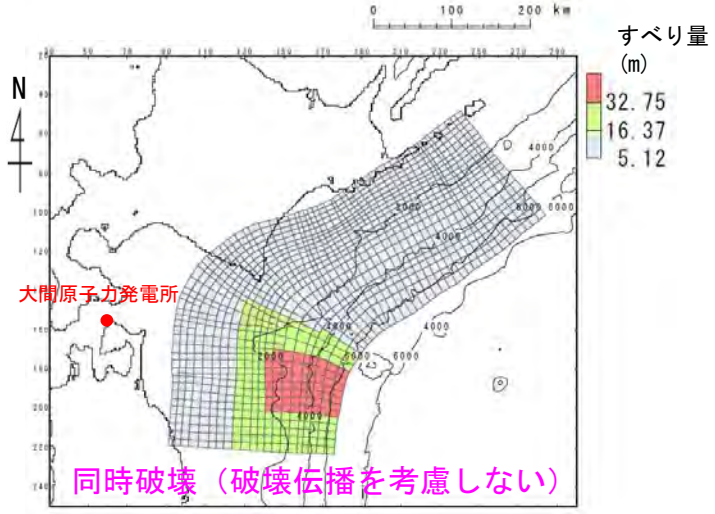
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１３１／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-72一部修正

まとめ（１／４）：最大水位上昇ケースの選定

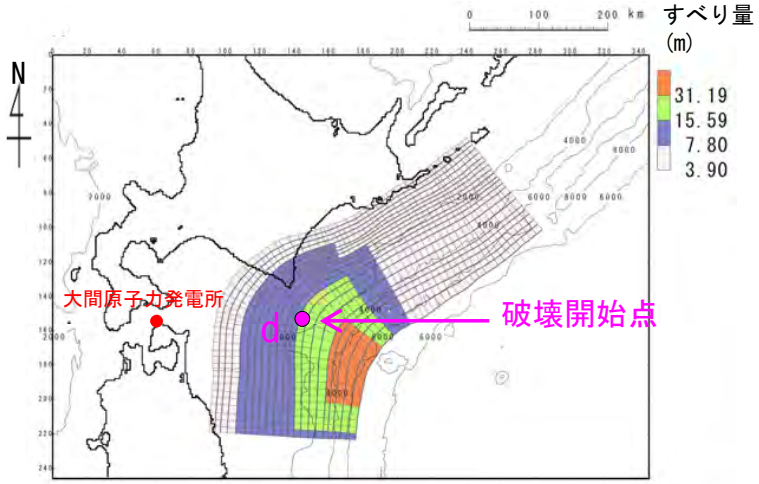
最大水位上昇ケースを選定するために，基準波源モデル①～④と基準波源モデル⑤，⑥の上昇側の詳細パラメータスタディ結果を比較した。

基準波源モデル①～④に対する最大水位上昇ケース



（基準波源モデル②）

基準波源モデル⑤，⑥に対する最大水位上昇ケース



（基準波源モデル⑥）

上昇側詳細パラメータスタディ結果一覧

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル②	基準配置を南方へ40km	60s	1.0km/s	a	3.22m	−2.89m
				b	3.10m	−2.48m
				c	3.12m	−2.83m
				d	3.36m	−2.38m
			2.0km/s	a	3.48m	−2.99m
				b	3.37m	−2.68m
				c	3.31m	−2.86m
				d	3.53m	−2.33m
			2.5km/s	a	3.50m	−3.00m
				b	3.39m	−2.74m
				c	3.39m	−2.86m
				d	3.56m	−2.48m
			∞	−	3.62m	−3.04m

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル⑥	S1を北方へ10km	60s	1.0km/s	a	3.22m	−3.13m
				b	3.38m	−2.10m
				c	3.36m	−2.32m
				d	3.11m	−2.22m
				e	2.98m	−2.69m
			2.0km/s	a	3.46m	−3.03m
				b	3.63m	−2.31m
				c	3.63m	−2.56m
				d	3.69m	−2.39m
				e	3.53m	−2.70m
			2.5km/s	a	3.47m	−2.99m
				b	3.57m	−2.40m
				c	3.60m	−2.61m
				d	3.67m	−2.47m
				e	3.54m	−2.72m
			∞	−	3.59m	−2.82m

：基準波源モデル①～④の最大水位上昇ケース

：基準波源モデル①～⑥の最大水位上昇ケース

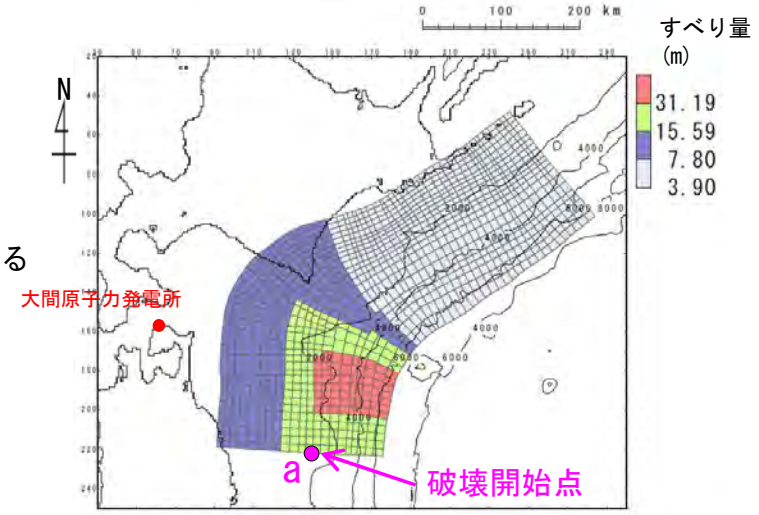
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１３２／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-73一部修正

まとめ（２／４）：最大水位上昇ケースの選定

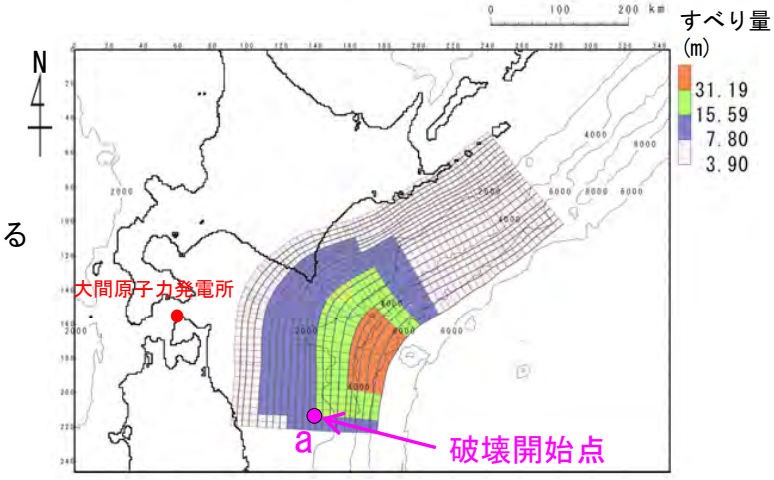
最大水位下降ケースを選定するために，基準波源モデル①～④と基準波源モデル⑤⑥の下降側の詳細パラメータスタディ結果を比較した。

基準波源モデル①～④に対する最大水位下降ケース



（基準波源モデル③）

基準波源モデル⑤⑥に対する最大水位下降ケース



（基準波源モデル⑥）

下降側詳細パラメータスタディ結果一覧

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル③	基準配置を南方へ40km	60s	1.0km/s	a	3.25m	－3.42m
				b	3.00m	－2.74m
				c	3.04m	－3.06m
				d	3.31m	－2.36m
			2.0km/s	a	3.47m	－3.53m
				b	3.28m	－3.13m
				c	3.32m	－3.26m
				d	3.44m	－3.11m
			2.5km/s	a	3.49m	－3.52m
				b	3.34m	－3.21m
				c	3.35m	－3.29m
				d	3.47m	－3.21m
			∞	－	3.50m	－3.49m

タイプ	アスペリティの位置	ライズタイム	破壊伝播速度	破壊開始点	最大水位上昇量	最大水位下降量
基準波源モデル⑥	S1を北方へ20km	60s	1.0km/s	a	2.97m	－3.00m
				b	3.61m	－2.26m
				c	3.22m	－2.45m
				d	3.28m	－2.35m
				e	3.03m	－2.78m
			2.0km/s	a	3.36m	－3.11m※
				b	3.50m	－2.60m
				c	3.61m	－2.74m
				d	3.63m	－2.67m
				e	3.53m	－2.81m
			2.5km/s	a	3.41m	－3.11m※
				b	3.46m	－2.67m
				c	3.59m	－2.79m
				d	3.61m	－2.73m
				e	3.54m	－2.83m
			∞	－	3.55m	－2.94m

※：小数第３位まで考慮すると2.0km/sで最大。

：基準波源モデル①～⑥の最大水位下降ケース

：基準波源モデル⑤⑥の最大水位下降ケース

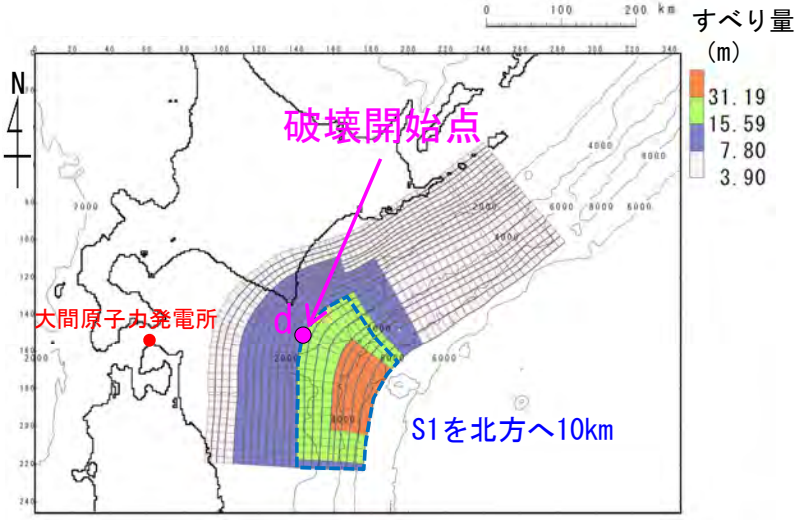
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１３３／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-74一部修正

まとめ（３／４）：最大水位上昇ケース

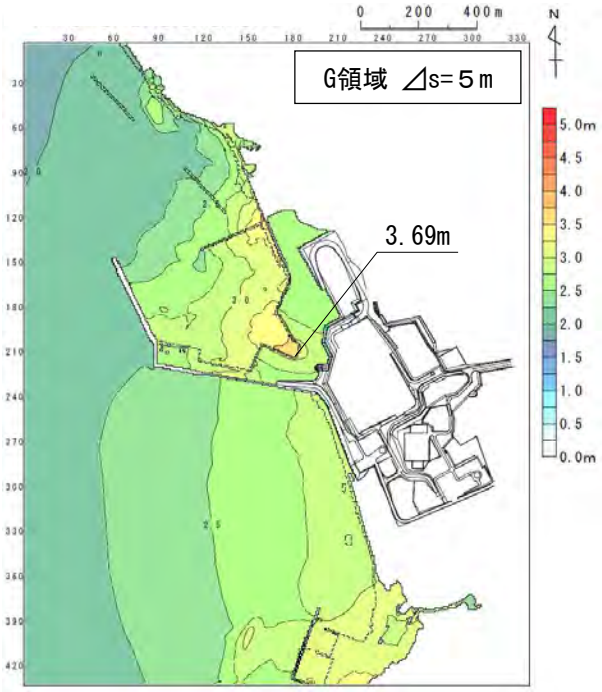
敷地における最大水位上昇ケース検討結果は以下のとおりである。

最大水位上昇ケース
- 基準波源モデル⑥
- ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ位置：S1を北方へ10km移動
- 破壊開始点d
- ライズタイム60s
- 破壊伝播速度2.0km/s

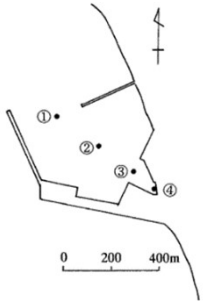


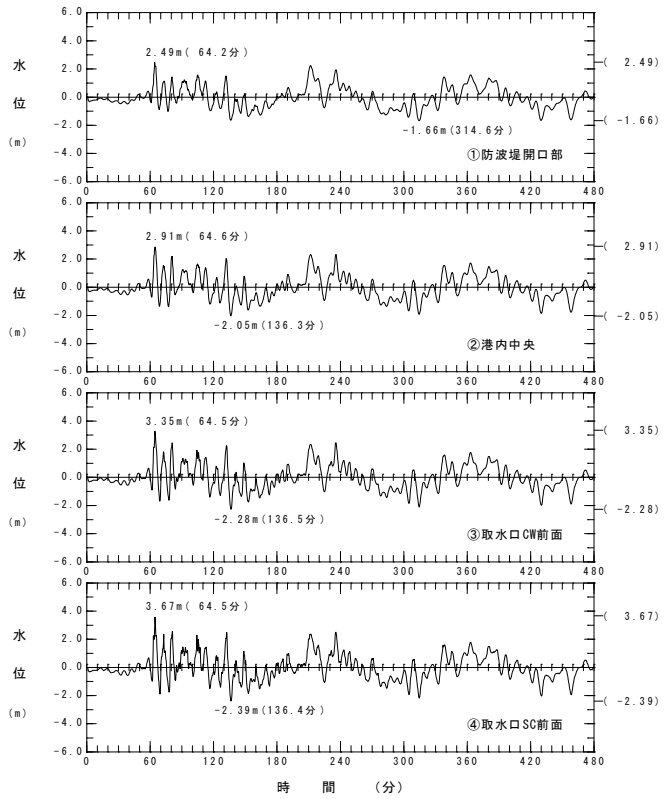
波源モデル

：S1の
アスペリティ位置



最大水位上昇量分布





水位時刻歴波形

最大水位上昇ケース
（基準波源モデル⑥）

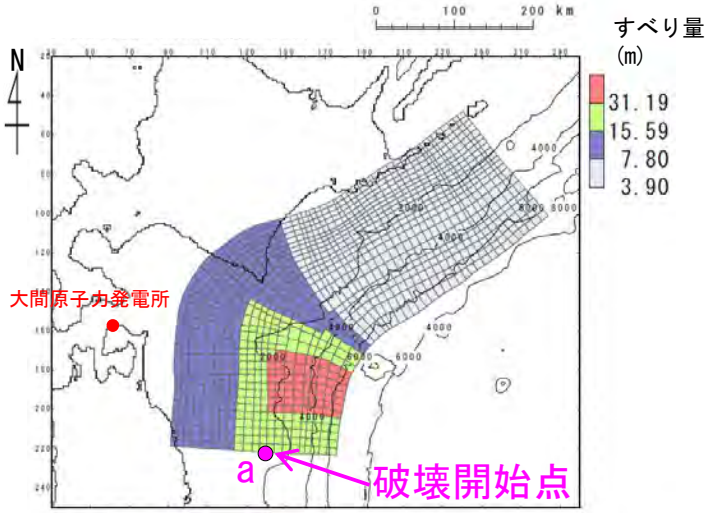
2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１３４／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-75再掲

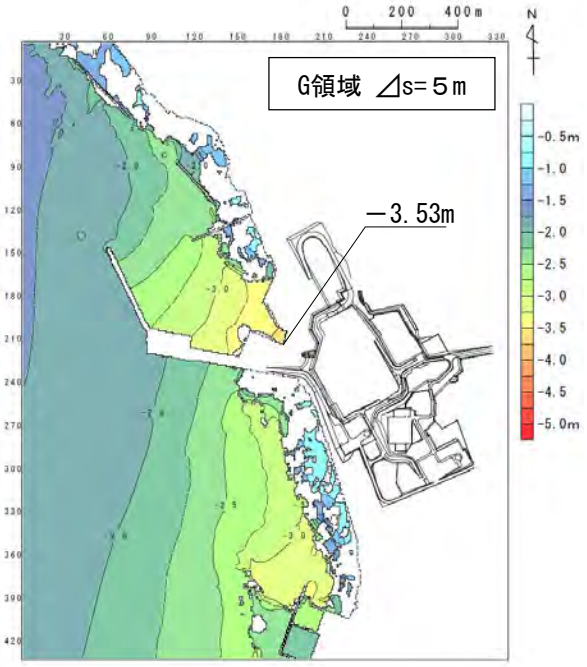
まとめ（４／４）：最大水位下降ケース

取水口スクリーン室前面における最大水位下降ケース検討結果は以下のとおりである。

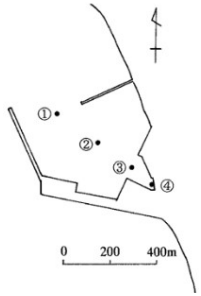
最大水位下降ケース
- 基準波源モデル③
- ｱｽﾍﾟﾘﾃｨ位置：基準配置を南方へ40km移動
- 破壊開始点a
- ライズタイム60s
- 破壊伝播速度2.0km/s

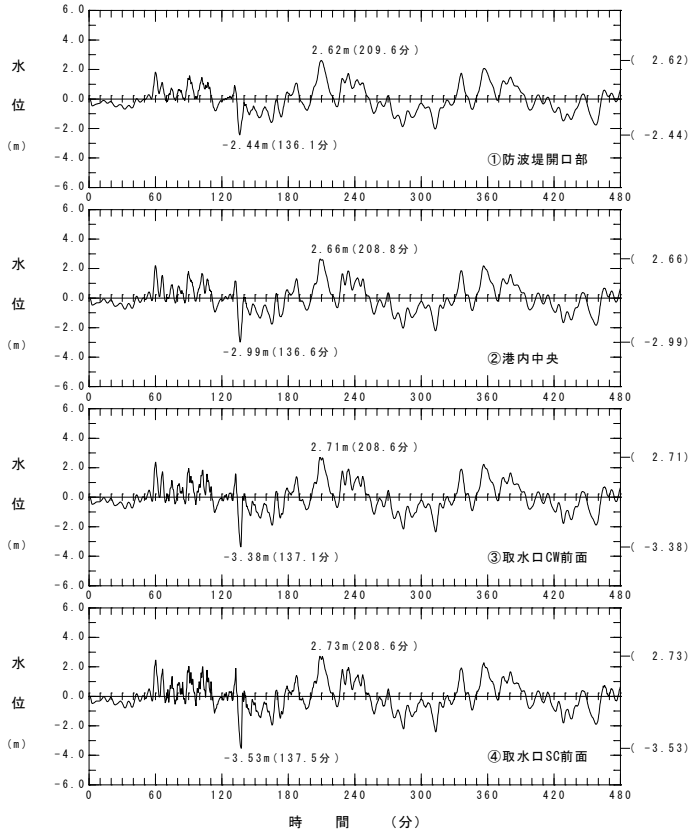


波源モデル



最大水位下降量分布





水位時刻歴波形

最大水位下降ケース
（基準波源モデル③）

2－3－1．三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波（１３５／１３５）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-76一部修正

コメントNo.S5-44
コメントNo.S5-46

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波検討結果

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の検討結果は下表のとおりである。

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波検討結果

モデル	パラメータスタディ	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
3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル（基準波源モデル①②③④）	概略パラメータスタディ※	3.62m	－3.49m
	詳細パラメータスタディ	3.62m	－3.53m（基準波源モデル③）
津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデル（基準波源モデル⑤⑥）	概略パラメータスタディ※	3.59m	－2.94m
	詳細パラメータスタディ	3.69m（基準波源モデル⑥）	－3.11m

※・評価水位抽出位置における水位分布の比較を（P.2.3.1-141）に示す。
・内閣府（2020a）[124]等との比較を（P.2.3.1-142）に示す。

（余白）

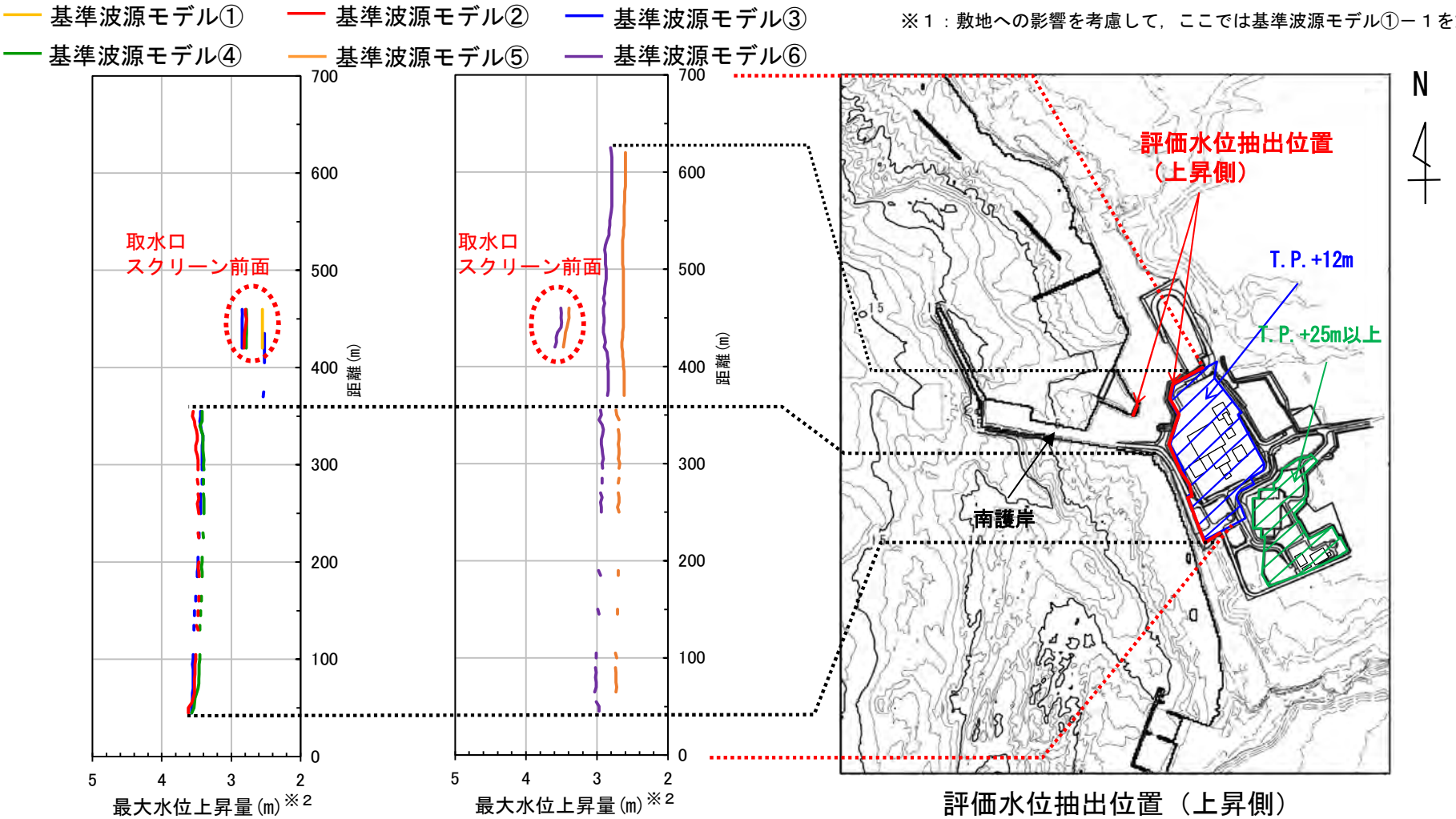
（補足１）基準波源モデル①～⑥の水位分布比較

コメントNo.S5-46

評価水位抽出位置（上昇側）における水位の分布

- 基準波源モデル①※１～⑥の概略パラメータスタディ水位上昇最大ケースを対象に評価水位抽出位置における水位の分布を比較した結果は以下のとおり。
  - ✓ 南護岸を境界に，基準波源モデル②～④は南護岸南側の水位が，基準波源モデル⑤⑥は専用港湾側の水位がそれぞれ高くなる。
  - ✓ 基準波源モデル①は陸上への浸水が無く，評価水位抽出位置（上昇側）では取水口スクリーン室前面のみ水位が抽出される。

※１：敷地への影響を考慮して，ここでは基準波源モデル①－１を対象にした。



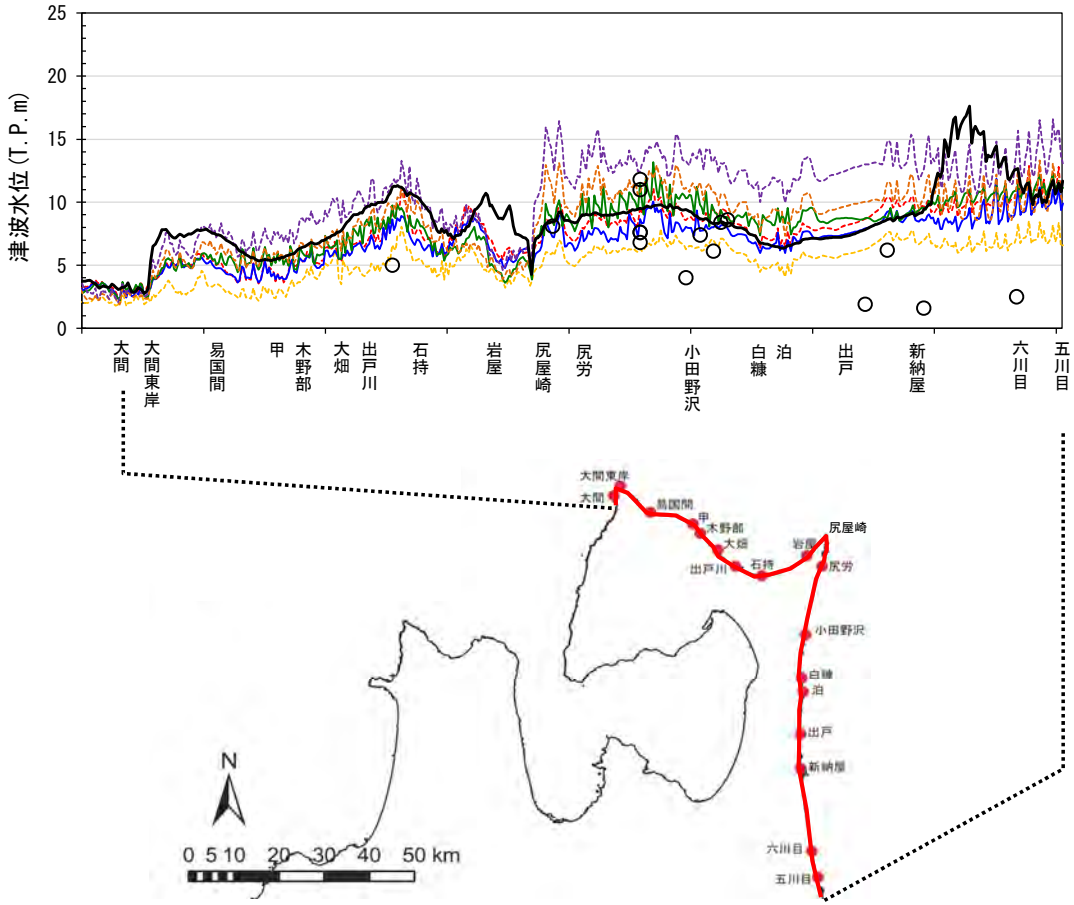
※２：線が無い箇所には津波が到達していない。

（補足２）基準波源モデル③④と内閣府（2020）等との水位分布比較

コメントNo.S5-44

津軽海峡開口部付近沿岸における想定津波群の比較

- プレート間地震に伴う津波の敷地への影響確認として，津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル①※１～⑥の想定津波群（概略パラメータスタディ）及び内閣府（2020a）(124)日本海溝（三陸・日高沖）モデル※２の想定津波群を比較した。
- その結果，基準波源モデル③及び④については，超大すべり域に正対する青森県北部太平洋沿岸では，津波堆積物が分布する沿岸に正対する海域で水位が高くなっている。また，基準波源モデル③に対し，海底地すべりや分岐断層の影響を考慮して設定した基準波源モデル④の計算水位は，津波堆積物を上回るように設定された内閣府（2020a）(124)の計算水位をおおむね上回ることが確認され，基準波源モデル③及び④の設定は妥当であると判断する。



青森県北部太平洋沿岸の海岸線位置における基準波源モデル①～⑥と
内閣府(2020)による日本海溝(三陸・日高沖)モデルの想定津波群との比較

※１：敷地への影響を考慮して，ここでは基準波源モデル①－１を対象にした。

※２：詳細は「２－６.行政機関が想定する波源モデルによる津波」参照。

- 基準波源モデル①の想定津波群
- 基準波源モデル②の想定津波群
- 基準波源モデル③の想定津波群
- 基準波源モデル④の想定津波群
- 基準波源モデル⑤の想定津波群
- 基準波源モデル⑥の想定津波群
- 内閣府(2020a)(124)の想定津波群
- イベント堆積物※

※:調査地点は，東北電力株式会社(2014)(18)及び高橋ほか(2018)(36)から推定して記載

（余白）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-77一部修正

検討方針

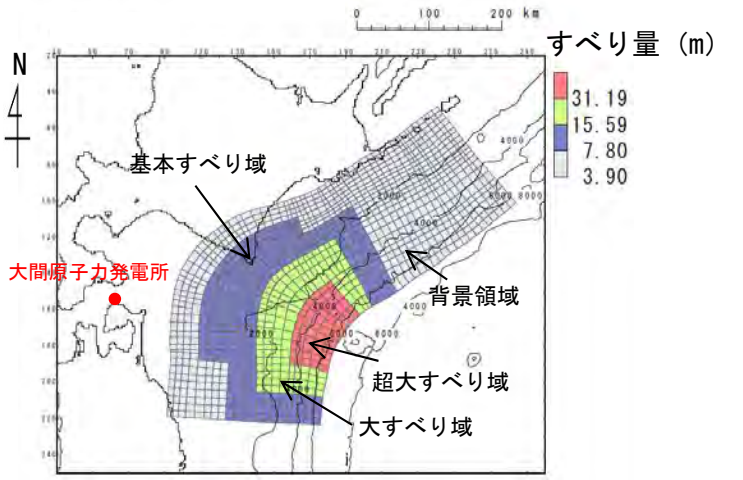
- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の検討で実施したパラメータスタディについて，敷地への影響が最も大きくなるケースを網羅的に検討していることを確認するため，概略パラメータスタディ評価因子及び詳細パラメータスタディ評価因子のそれぞれが津波水位に与える影響について分析する。
- 分析は，概略パラメータスタディが津波水位に対して支配的因子で行われていること，詳細パラメータスタディが津波水位に対して従属的因子で行われていることを確認することにより実施する。
- なお，本検討の検討対象ケースは以下のとおりとした。
  - ➢概略パラメータスタディ評価因子の分析
    - ✓アスペリティ位置の変動範囲を広く考慮（変動範囲約240km，P.2.3.1-127参照）した基準波源モデル⑥
  - ➢詳細パラメータスタディ評価因子の分析
    - ✓ 最大水位上昇ケースとなる基準波源モデル⑥
    - ✓ 最大水位下降ケースとなる基準波源モデル③

- さらにその上で，津波水位に最も影響を与える因子の変動に対する津波伝播への影響についても比較検討を実施する。

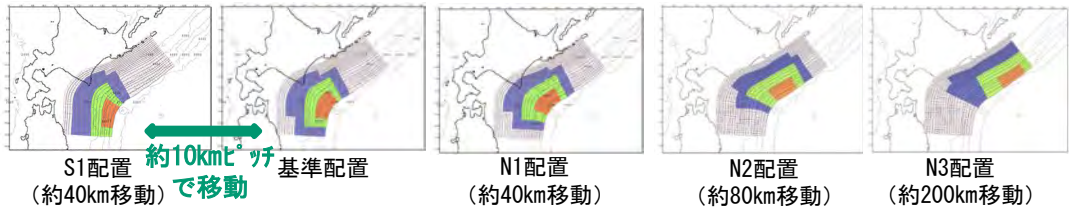
概略パラメータスタディ評価因子の分析

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-78一部修正

- 概略パラメータスタディ因子は，「アスペリティの位置」である。これが津波水位に与える影響について分析した。
- アスペリティの位置の変化による水位の変動幅は，上昇側：2.23m，下降側：1.73mである。



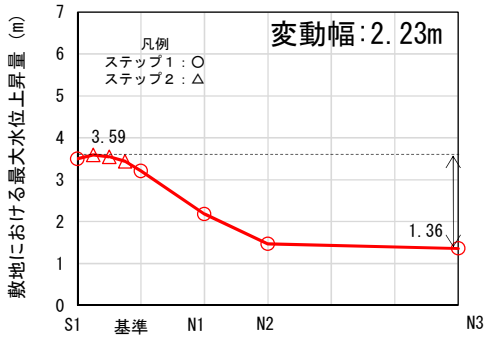
基準波源モデル⑥
（アスペリティ位置基準配置）



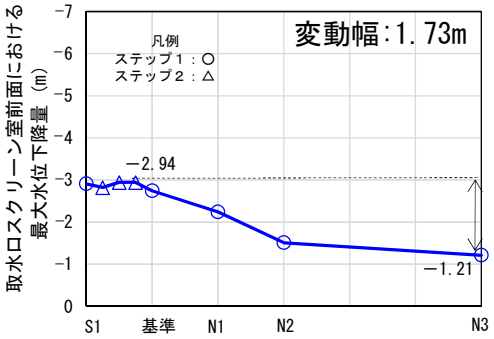
アスペリティの位置パラスタケース

概略パラメータスタディ

項目	変動範囲	ケース数	
アスペリティの位置	基準，北方へ40km（N1），80km（N2），200km（N3），南方へ40km（S1） S1を北方へ10km，20km，30km移動	11	計11



上昇側
（基準波源モデル⑥）



下降側
（基準波源モデル⑥）

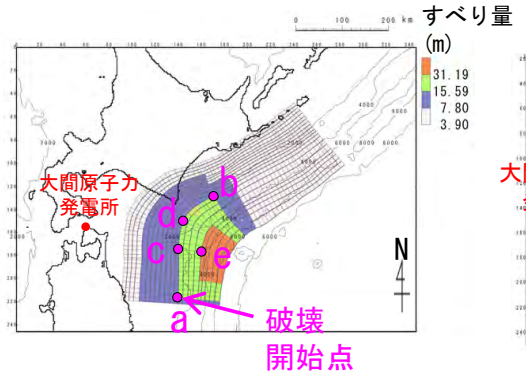
アスペリティの位置の影響

（補足３）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析（３／１０）

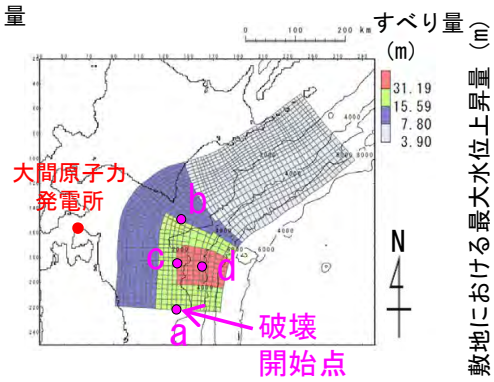
詳細パラメータスタディ評価因子の分析（１／２）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-79一部修正

- 詳細パラメータスタディ因子（破壊開始点）が津波水位に与える影響について分析した。
- 破壊開始点の変化による水位の変動幅（上昇側：0.23m，下降側：0.42m）は概略パラメータスタディの変動幅（上昇側：2.23m，下降側：1.73m）に比べて小さい。

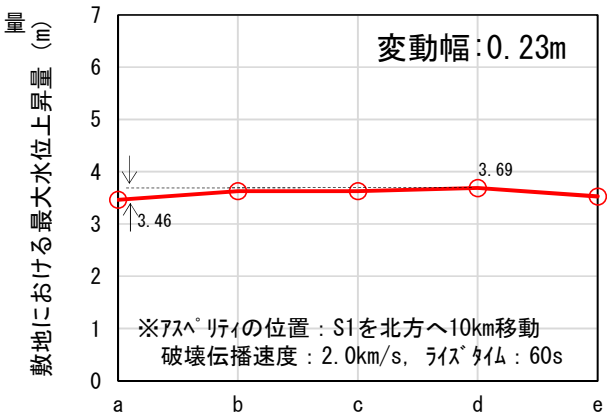


上昇側
（基準波源モデル⑥）

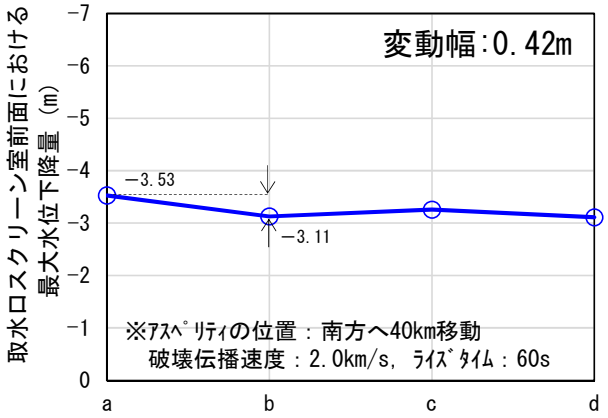


下降側
（基準波源モデル③）

破壊開始点の位置
詳細パラメータスタディ



破壊開始点の位置
上昇側
（基準波源モデル⑥）



破壊開始点の位置
下降側
（基準波源モデル③）

破壊開始点の位置の影響

項目		変動範囲	ケース数	
破壊開始点	上昇側	大すべり域深部下端（プレート境界面深度20km）の南端，北端，超大すべり域背後及び日本海溝と千島海溝の境界上 大すべり域中央部	5	計 16（上昇側） 13（下降側）
	下降側	大すべり域（プレート境界面深度20km）の南端，北端及び中央部 超大すべり域中央部	4	
破壊伝播速度		1.0km/s，2.0km/s，2.5km/s， ∞※1（基準：概略パラスタケース） ※1：∞は全域同時に破壊開始	4	

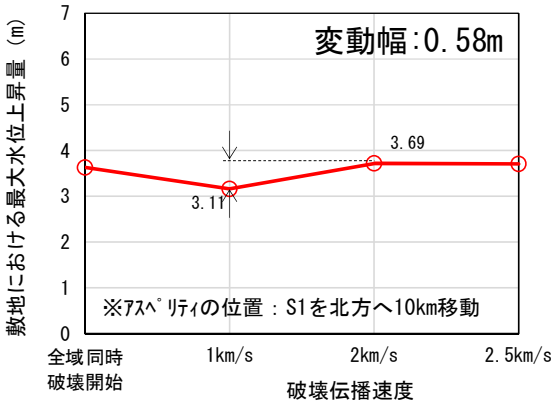
詳細パラメータスタディ評価因子の分析（２／２）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-80一部修正

- 詳細パラメータスタディ因子（破壊伝播速度）が津波に与える影響について分析した。
- 破壊伝播速度の変化による水位の変動幅（上昇側：0.58m，下降側：0.11m）は概略パラメータスタディの変動幅（上昇側：2.23m，下降側：1.73m）に比べて小さい。

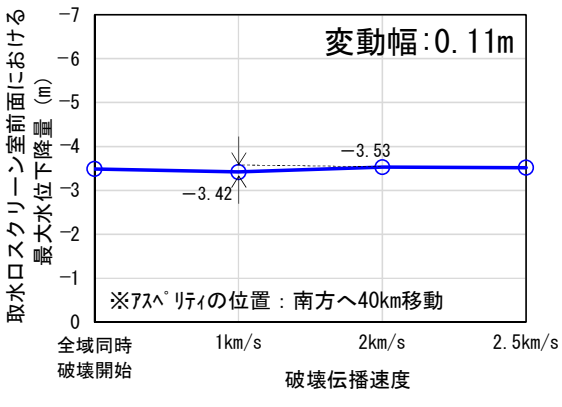
詳細パラメータスタディ

項目		変動範囲	ケース数	
破壊開始点	上昇側	大すべり域深部下端（プレート境界面深度20km）の南端，北端，超大すべり域背後及び日本海溝と千島海溝の境界上 大すべり域中央部	５	計 16（上昇側） 13（下降側）
	下降側	大すべり域（プレート境界面深度20km）の南端，北端及び中央部 超大すべり域中央部	４	
破壊伝播速度		1.0km/s，2.0km/s，2.5km/s，∞※1（基準：概略パラスタケース） ※1：∞は全域同時に破壊開始	４	



※全域同時破壊開始以外は，
破壊開始点d，ライズタイム60s

上昇側
（基準波源モデル⑥）



※全域同時破壊開始以外は，
破壊開始点a，ライズタイム60s

下降側
（基準波源モデル③）

破壊伝播速度の影響

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-81再掲

パラメータスタディ評価因子の分析：まとめ

- 概略パラメータスタディ評価因子及び詳細パラメータスタディ評価因子のそれぞれが津波水位に与える影響について分析した結果は以下のとおり。
  - 概略パラメータスタディ因子である「アスペリティの位置」が，津波水位に与える影響が最も大きい。
  - 詳細パラメータスタディ因子である「破壊開始点」及び「破壊伝播速度」は，概略パラメータスタディ因子に比べて津波水位への影響は小さい。
- 概略パラメータスタディは津波水位に対して支配的因子で行われていること，詳細パラメータスタディは従属的因子で行われていることが確認できた。

パラメータスタディ変動幅一覧

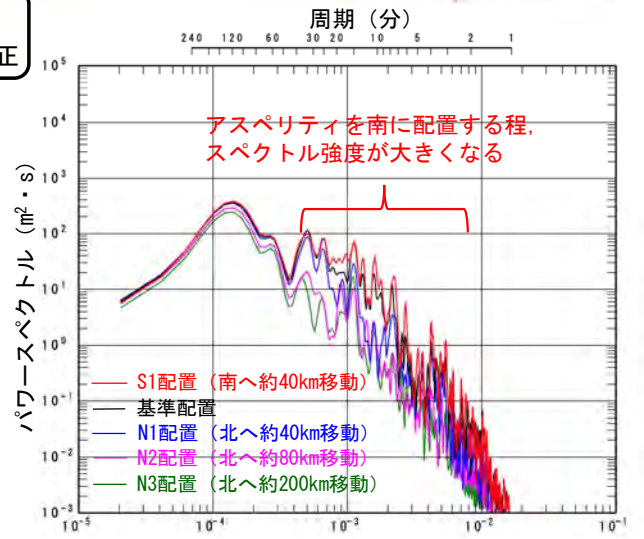
パラメータスタディ	評価因子	水位の変動幅（m）		備考
		上昇側	下降側	
概略 パラメータスタディ	アスペリティの位置	2.23	1.73	—
詳細 パラメータスタディ	破壊開始点	0.23	0.42	—
	破壊伝播速度	0.58	0.11	—

（補足３）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析（６／１０）

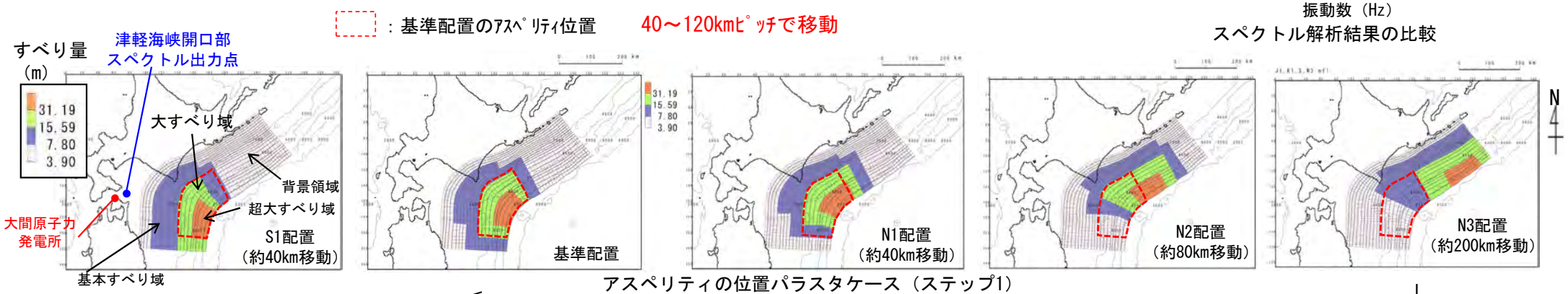
アスペリティ位置の影響：周期特性（１／２）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-82一部修正

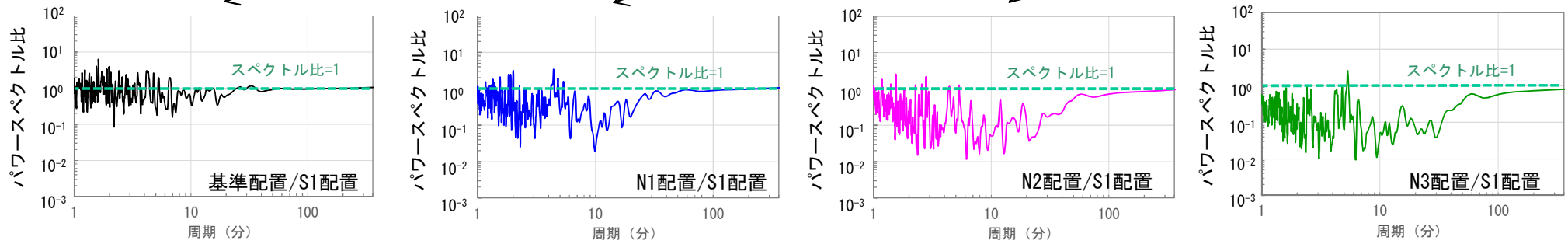
- アスペリティ位置の変動による津波への影響を把握するため，基準波源モデル⑥のアスペリティ位置に対するパラメータスタディ（ステップ１）のそれぞれの波源を対象として，津軽海峡開口部における津波波形のスペクトル解析を実施し，津波の周期特性を比較した。
- その結果，アスペリティを南に配置したS1配置のスペクトル強度がほぼ全ての周期で最も大きくなることが確認できた。
- また，S1配置に対する各配置のパワースペクトル比から，アスペリティを北に配置したケースほど大部分の周期帯でパワースペクトルは小さくなっていることが確認された。



スペクトル解析結果の比較



アスペリティの位置パラスタケース（ステップ1）



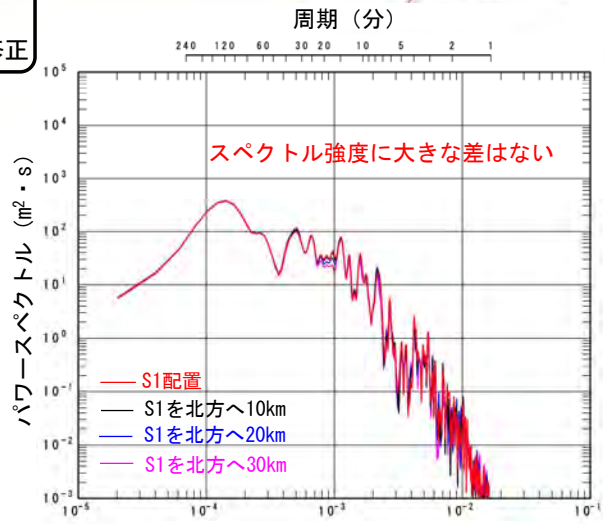
S1配置に対する各配置のパワースペクトル比

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-83一部修正

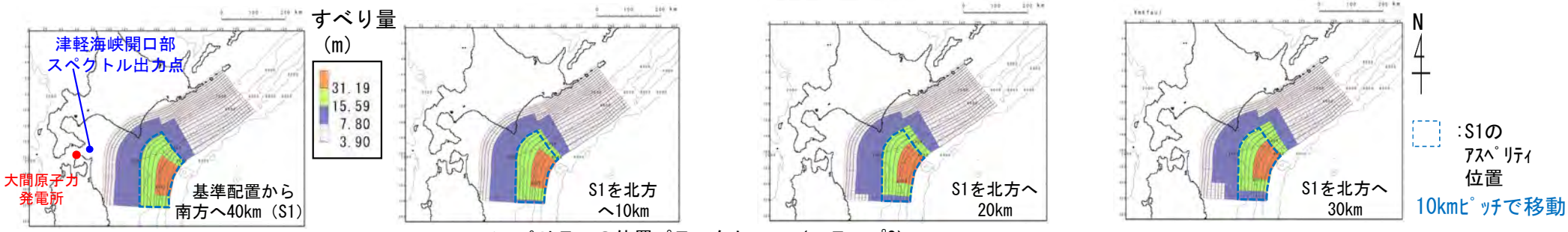
アスペリティ位置の影響：周期特性（２／２）

- 基準波源モデル⑥に対するステップ１の検討（P.2.3.1-149）を踏まえ，津軽海峡へ津波がより入射し易い位置に対するパラメータスタディ（ステップ２）のそれぞれの波源を対象として，津軽海峡開口部における津波波形のスペクトル解析を実施し，津波の周期特性を比較した。
- その結果，これらのスペクトル強度に大きな差はないことが確認できた。

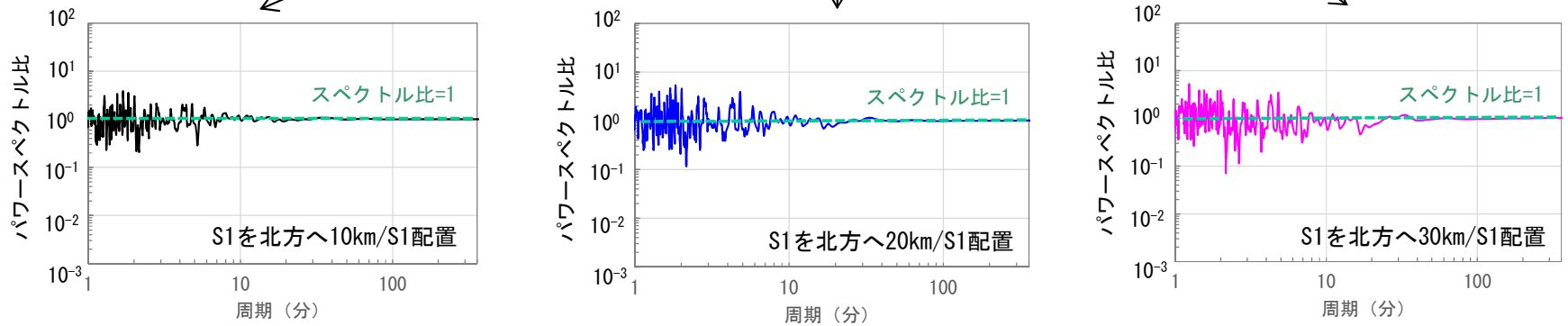
以上より，パラメータスタディ（ステップ２）におけるアスペリティ位置の違いが津軽海峡へ入射する津波の周期に及ぼす影響は殆どないこと，また，ステップ１の検討とステップ２の検討より，ステップ２のパラスタを行うことで，津波の周期特性を十分に反映した検討を行えることが確認できた。



スペクトル解析結果の比較



アスペリティの位置パラスタケース（ステップ2）

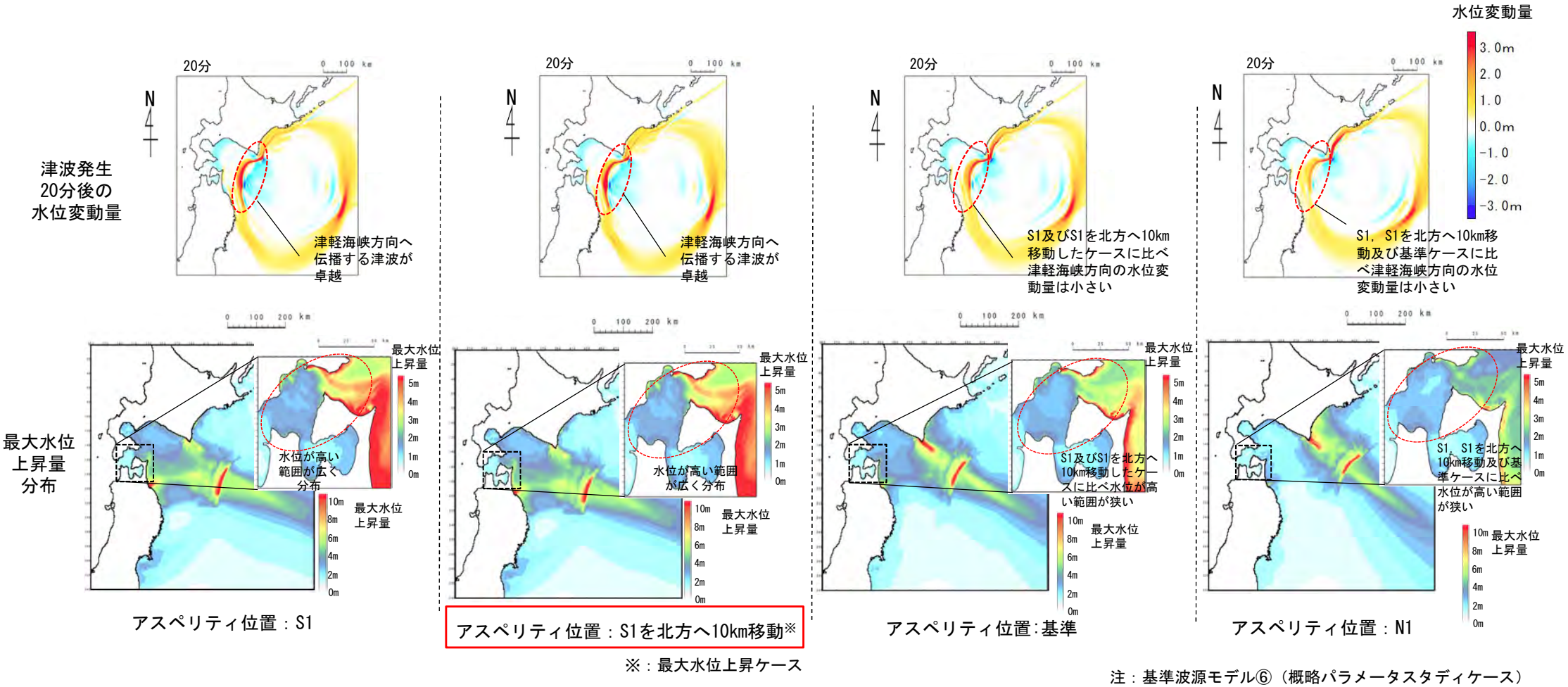


S1配置に対する各配置のパワースペクトル比

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-84一部修正

アスペリティ位置の影響：津波伝播状況の比較（１／３）

- 水位の変動幅が最も大きくなる変動因子であるアスペリティ位置（S1，S1を北方へ10km移動，基準及びN1）について，津波の伝播状況を比較した。
- 津波発生20分後の水位変動量より，アスペリティをS1に配置したケース及びS1を北方へ10km移動したケースは他ケースに比べ，津軽海峡方向へ伝播する津波が卓越する。
- 最大水位上昇量分布の比較より，アスペリティをS1に配置したケース及びS1を北方へ10km移動したケースは他ケースに比べ，津軽海峡内で水位が高くなる範囲が広く分布する。



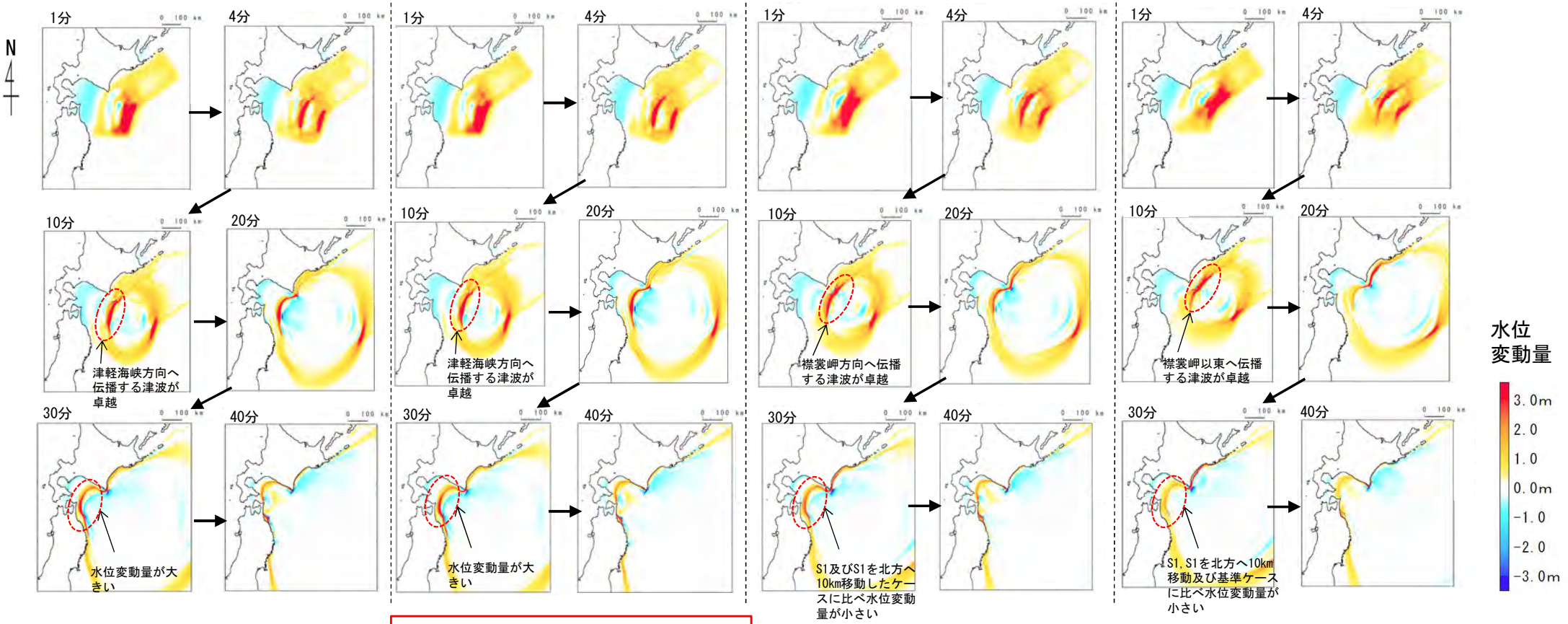
※：最大水位上昇ケース

注：基準波源モデル⑥（概略パラメータスタディケース）

アスペリティ位置の影響：津波伝播状況の比較（２／３）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-85一部修正

- アスペリティ位置の違いに伴う，地震発生～40分後までの津波伝播の状況をスナップショットにより比較をした。
- アスペリティをS1に配置したケース及びS1を北方へ10km移動したケースは他ケースに比べ，津軽海峡方向へ伝播する津波が卓越する。



アスペリティ位置：S1

アスペリティ位置：S1を北方へ10km移動※

アスペリティ位置：基準

アスペリティ位置：N1

※最大水位上昇ケース

スナップショット⊿s=2500m領域（地震発生～40分後）

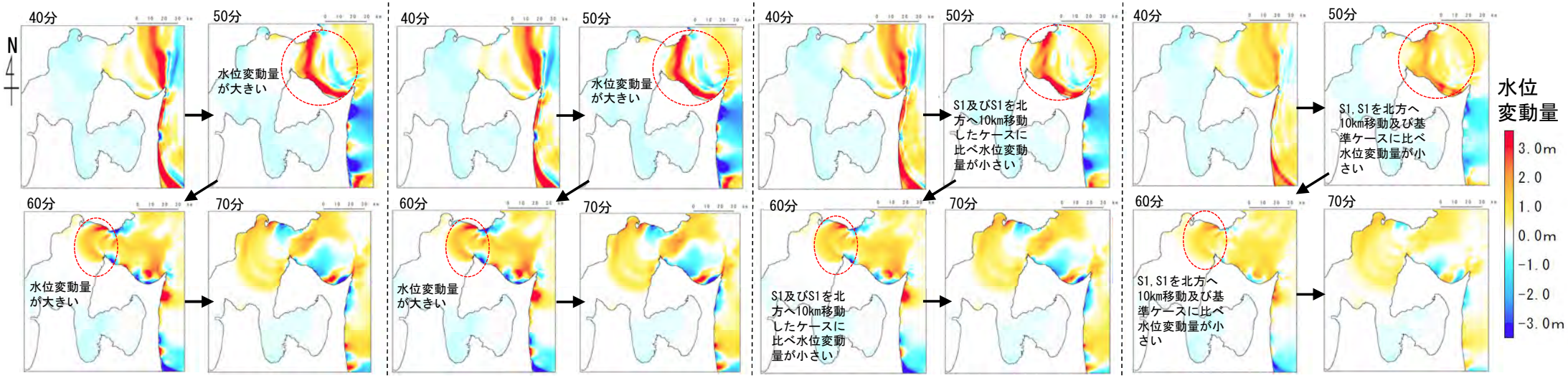
注：基準波源モデル⑥（概略パラメータスタディケース）

（補足３）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析（１０／１０）

アスペリティ位置の影響：津波伝播状況の比較（３／３）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-86一部修正

- アスペリティ位置の違いに伴う，地震発生40分後～70分後までの津波伝播の状況をスナップショットにより比較をした。
- アスペリティをS1に配置したケース及びS1を北方へ10km移動したケースは他ケースに比べ，津軽海峡内での水位変動量は大きい。



アスペリティ位置：S1

アスペリティ位置：S1を北方へ10km移動※

※：最大水位上昇ケース

アスペリティ位置：基準

アスペリティ位置：N1

スナップショット⊿s=278m領域（地震発生40分後～70分後）

注：基準波源モデル⑥（概略パラメータスタディケース）

（余白）

（余白）

（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（１／８）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-89一部修正

検討方針

・取水口スクリーン室前面において特徴的な水位の増幅が認められる津波周期は７分～10分であり，基準津波策定位置において特徴的な水位の増幅が認められる津波周期は30分であることを示した。（補足説明資料P.10.3-3参照）
・ここでは，津軽海峡入口における基準波源モデル①※～⑥の津波の周期特性について，上記の水位の増幅が認められる周期に着目した比較・分析を行い，基準波源モデル⑤⑥（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮したモデル）と基準波源モデル①～④（3.11地震・津波の再現性等を考慮したモデル）との関連性について整理し，基準波源モデル⑤⑥の妥当性を示す。

※：ここでは，検討対象領域を合わせるため，基準波源モデル①－１を検討対象とする。

【前提条件】

・基準波源モデル⑥は基準波源モデル⑤のすべり量を割り増ししたモデルとして位置づけられ，基準波源モデル④は基準波源モデル③に分岐断層・海底地すべりを考慮したモデルと位置づけられる（P.2.3.1-6参照）。
・なお，基準波源モデル⑥と基準波源モデル③は，すべり量等のパラメータ諸元がほぼ同等である（P.2.3.1-164参照）。

【検討概要】

１．基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル③④との比較（P.2.3.1-157）

・ステップ１として，基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④との津軽海峡入口における周期特性の違いを分析する。分析は，上記前提条件を踏まえて，基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル③④とを抽出し実施する。

２．基準波源モデル③と基準波源モデル①②との比較（P.2.3.1-158）

・ステップ２として，基準波源モデル①～④の津軽海峡入口における周期特性の類似性等を分析する。分析は，基準波源モデル③と基準波源モデル①②とを比較することにより実施する。

３．基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④との比較結果（P.2.3.1-159）

・上記の検討結果から，基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④との比較結果を整理する。

・基準波源モデル⑤⑥が基準波源モデル①に対して保守的であることを確認する。（P.2.3.1-161，P.2.3.1-162参照）

４．まとめ（P.2.3.1-163）

・基準波源モデル⑤⑥（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮したモデル）と基準波源モデル①～④（3.11地震・津波の再現性等を考慮したモデル）との関連性及び基準波源モデル⑤⑥の妥当性を示す。

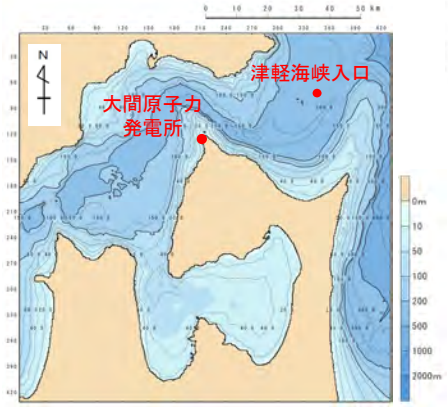
（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（２／８）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-90一部修正

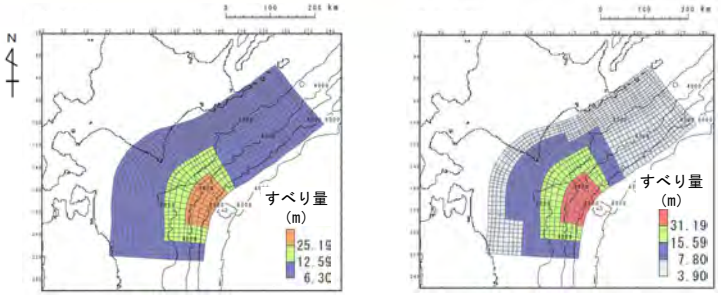
１．基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル③④との比較

基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル③④について，津軽海峡入口における周期特性の違いを把握するため，取水口スクリーン室前面及び基準津波策定位置でそれぞれ特徴的な水位増幅を示す周期７分～10分及び30分（補足説明資料P. 10. 3-3参照）の水位変動に着目しスペクトルの比較を行った。

- 周期７分～10分付近の津波のパワースペクトルは，基準波源モデル⑤⑥が基準波源モデル③に比べて大きい。一方，超大すべり域の形状が近い※ため基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル④とはほぼ同等程度である。
  ⑤⑥＞③，⑤⑥≒④　※：浅部海溝軸沿いに広く配置。
- 周期30分付近の津波のパワースペクトルは，基準波源モデル③④が，基準波源モデル⑤⑥に比べて大きい。
  ⑤⑥＜③④

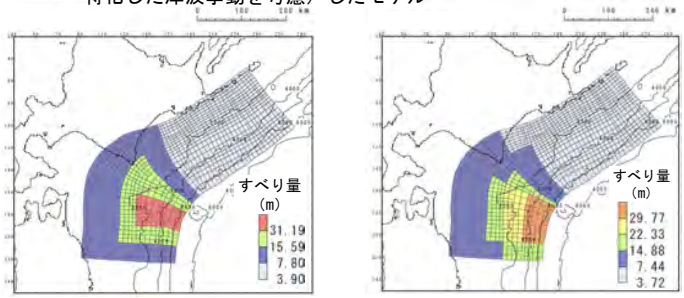


C領域（⊿s=278m）



基準波源モデル⑤　基準波源モデル⑥

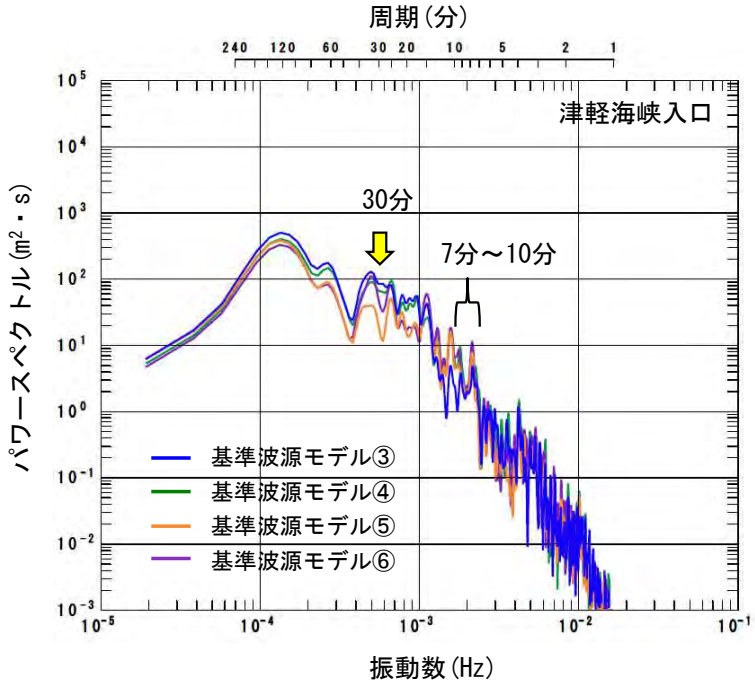
3. 11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）したモデル



基準波源モデル③　基準波源モデル④

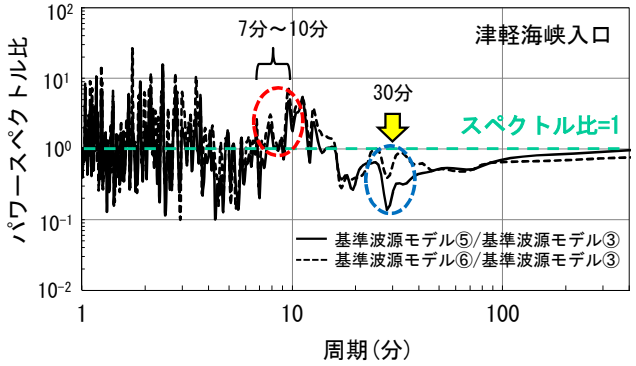
3. 11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）したモデル

評価地点

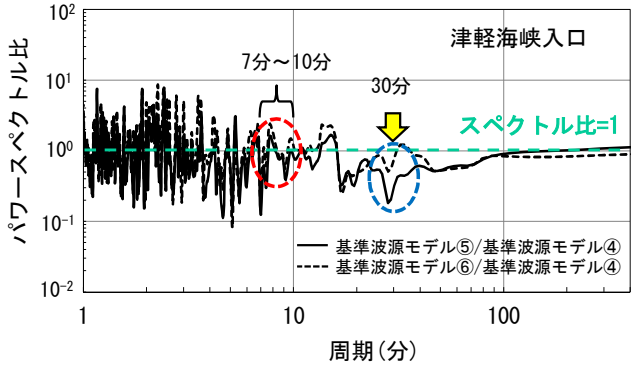


津軽海峡入口におけるスペクトル解析結果の比較

波源モデル



基準波源モデル③と基準波源モデル⑤⑥との比較



基準波源モデル④と基準波源モデル⑤⑥との比較

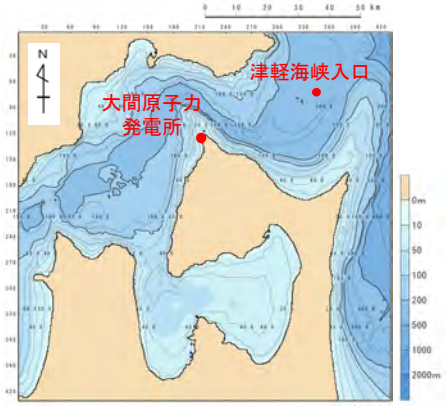
（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（３／８）

２．基準波源モデル③と基準波源モデル①②との比較

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-91一部修正

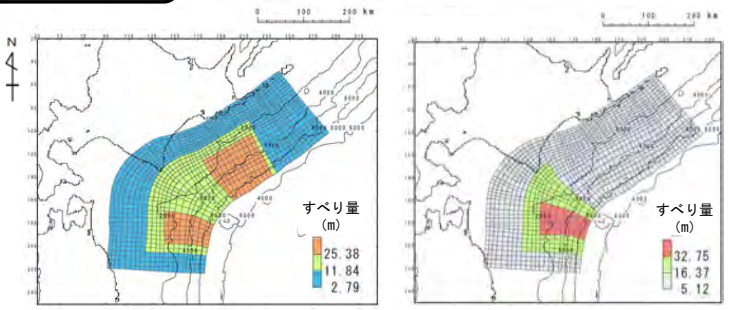
基準波源モデル①②③について，津軽海峡入口における周期特性を把握するため，取水口スクリーン室前面及び基準津波策定位置でそれぞれ特徴的な水位増幅を示す周期７分～10分及び30分（補足説明資料P.10.3-3参照）の水位変動に着目しスペクトルの比較を行った。

- 周期７分～10分付近の津波のパワースペクトルは，基準波源モデル③が基準波源モデル①②に比べて大きい。
  ③＞①②
- 周期30分付近の津波のパワースペクトルは，基準波源モデル①②③共ほぼ同等程度である。（パワースペクトル比が１に近い。）
  ③≒①②



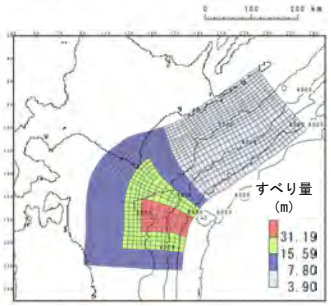
C領域（⊿s=278m）

評価地点



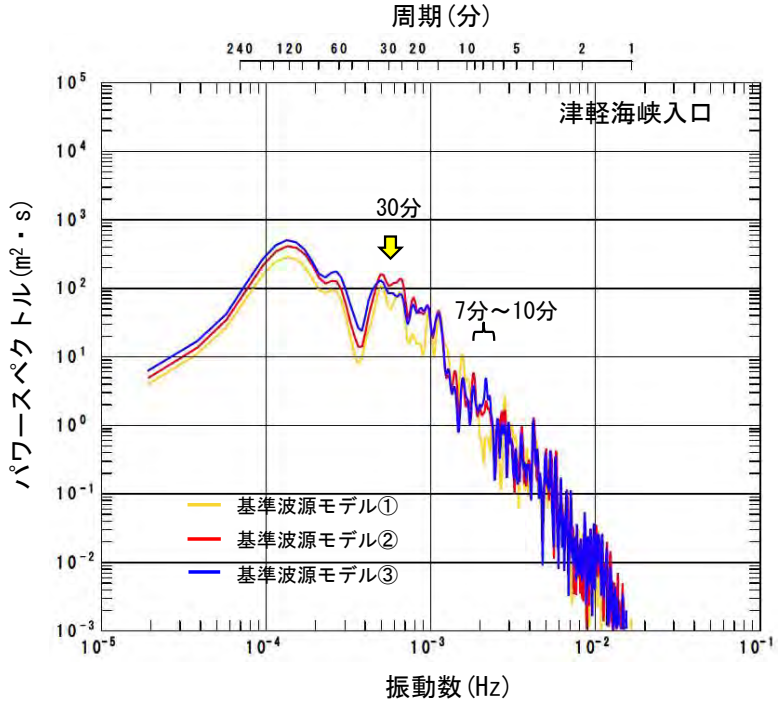
基準波源モデル①　基準波源モデル②

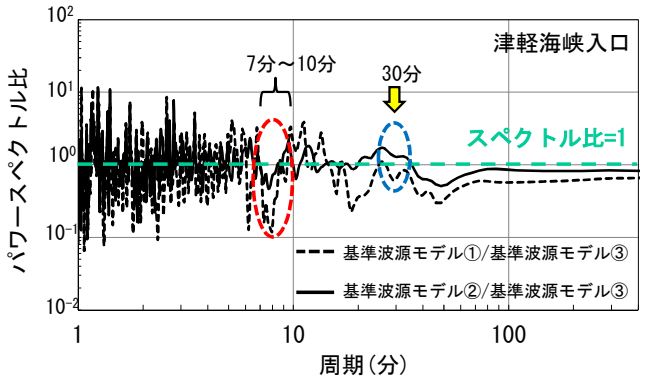
3.11地震・津波の再現性等を考慮したモデル



基準波源モデル③

波源モデル





基準波源モデル③と基準波源モデル①②との比較

津軽海峡入口におけるスペクトル解析結果の比較

（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（４／８）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-92一部修正

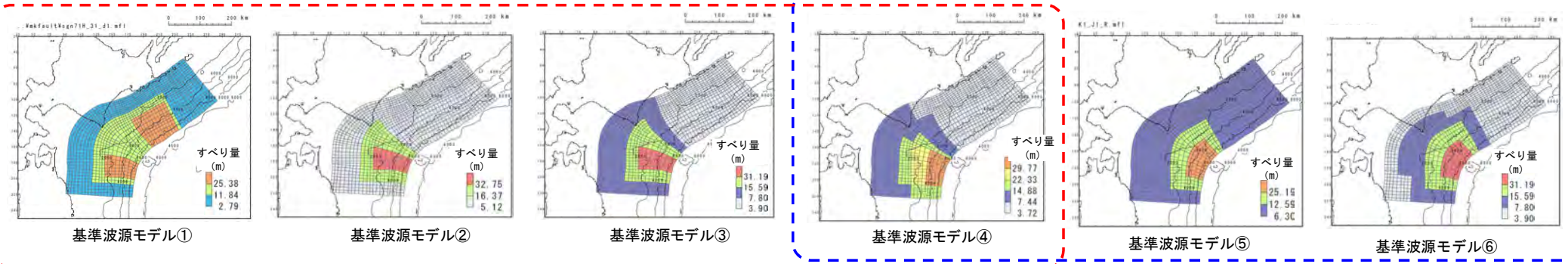
３．基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④との比較結果

- 基準波源モデル①～⑥を対象とした津軽海峡入口における周期特性の比較結果（P. 2. 3. 1-157, P. 2. 3. 1-158）は以下のとおりであり，基準波源モデル⑤⑥は基準波源モデル①～④に比べて，周期７分～10分付近の成分が相対的に卓越し，周期30分付近の成分は下回る結果となった。
  - ✓ 周期７分～10分付近の津波のパワースペクトル　④⑤⑥＞③＞①②
  - ✓ 周期30分付近のパワースペクトル　⑤⑥＜①②③④

以上から，基準波源モデル①～⑥は，「周期７分～10分のパワースペクトルが大きいグループ」（基準波源モデル④⑤⑥）と「周期30分程度のパワースペクトルが大きいグループ」（基準波源モデル①～④）に分類・整理することができる。

周期30分のパワースペクトルが大きい

周期７分～10分のパワースペクトルが大きい



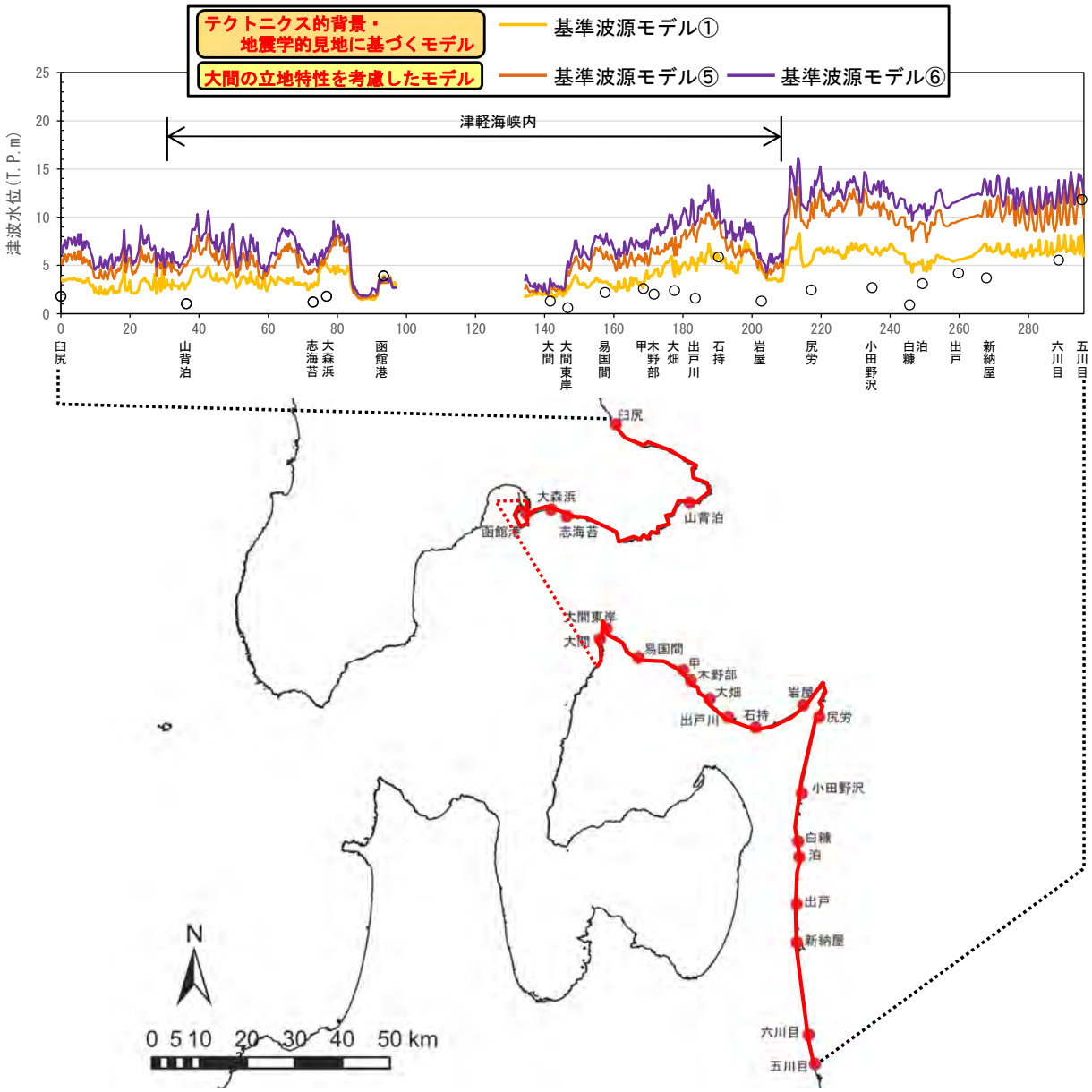
基準波源モデル①　基準波源モデル②　基準波源モデル③　基準波源モデル④　基準波源モデル⑤　基準波源モデル⑥

（余白）

（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（５／８）

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-94一部修正

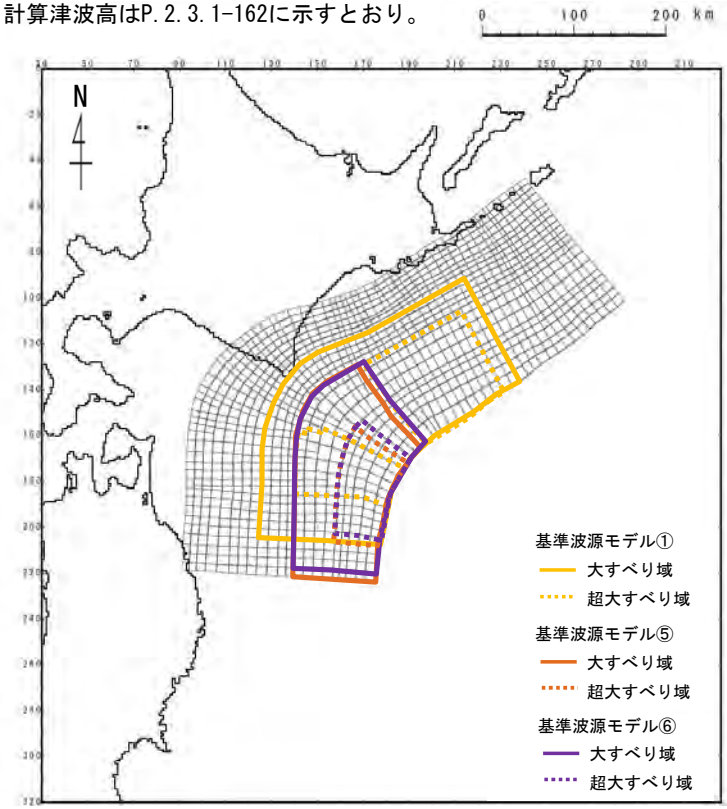
基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①の比較



基準波源モデル①⑤⑥の計算津波高の比較

- 津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル①⑤⑥の計算津波高※（概略パラメータスタディ上昇側最大ケース）の比較を行った。
- 津軽海峡開口部付近においては，基準波源モデル⑤⑥が，広域の津波痕跡高の再現性を考慮し設定した基準波源モデル①を上回っている。なお，津軽海峡内等の周期特性を考慮して設定した基準波源モデル⑤⑥は基準波源モデル①に比べて津軽海峡内において保守的なモデルであると位置づけられる。

※：計算津波高はP. 2. 3. 1-162に示すとおり。



アスペリティの位置を変化させる概略パラメータスタディで
上昇側最大ケースとなった各基準波源モデルの大すべり域等の位置図

（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（６／８）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-95一部修正

計算津波高

沿岸区分		地点	計算津波高(m)		
			テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル	大間の立地特性を考慮したモデル	
			基準波源モデル①（上昇側最大ケース）	基準波源モデル⑤（上昇側最大ケース）	基準波源モデル⑥（上昇側最大ケース）
北海道	津軽海峡外	臼尻	3.69	5.78	7.21
	津軽海峡内	山背泊	2.95	4.97	5.92
		志海苔	2.75	4.43	5.31
		大森浜	5.09	5.83	6.83
		函館港	3.93	3.21	3.76
青森県		大間	2.37	3.08	3.63
		大間東岸	2.92	4.51	5.44
		易国間	3.29	5.92	7.56
		甲	2.98	6.12	7.39
		木野部	4.14	6.27	8.38
		大畑	3.80	6.02	8.25
		出戸川	5.27	8.67	10.35
		石持	5.98	9.53	11.24
		岩屋	4.87	4.98	5.64
	津軽海峡外	尻労	5.47	11.49	13.13
		小田野沢	6.11	10.81	12.37
		白糠	5.27	9.02	10.58
		泊	5.63	9.33	10.84
		出戸	5.60	9.59	11.70
		新納屋	7.14	11.44	13.39
		六川目	8.15	12.67	13.85
		五川目	8.13	12.23	13.83

（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（７／８）

４．まとめ

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-96一部修正

- 津軽海峡入口における基準波源モデル①～⑥の津波の周期特性を分析し，基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④とを相対比較した結果を以下に示す。
  - ✓ 3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル①～④は，基準津波策定位置において特徴的な水位の増幅が認められる周期30分の周期特性を有する津波である。
  - ✓ 津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮した基準波源モデル⑤⑥は，取水口スクリーン室前面で特徴的な水位の増幅が認められる周期７分～10分の周期特性を有する津波※1であると関連付けられる。

※１：基準波源モデル④も同様の特徴を有する津波と言えるが，基準波源モデル⑤，⑥を主眼に記載するため，ここでの記載を割愛した。

- 津軽海峡開口部付近において，基準波源モデル①⑤⑥の水位を比較した結果を以下に示す。
  - ✓ 基準波源モデル⑤⑥による津波水位は，基準波源モデル①（広域で3.11地震による津波水位を再現したモデル）による津波水位を上回っている。なお，津軽海峡内等の周期特性を考慮して設定した基準波源モデル⑤⑥は基準波源モデル①に比べて津軽海峡内において保守的なモデルであると位置づけられる。

- まとめ
  - ✓ 基準波源モデル⑤⑥は，取水口スクリーン室前面で特徴的な水位の増幅が認められる周期７分～10分の周期特性を有する津波であり，また，これらの津波水位は基準波源モデル①（広域で3.11地震による津波水位を再現したモデル）による津波水位を上回っており保守的なモデルと位置づけられるため，基準波源モデル⑤⑥の設定は妥当である。

（補足４）基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性（８／８）

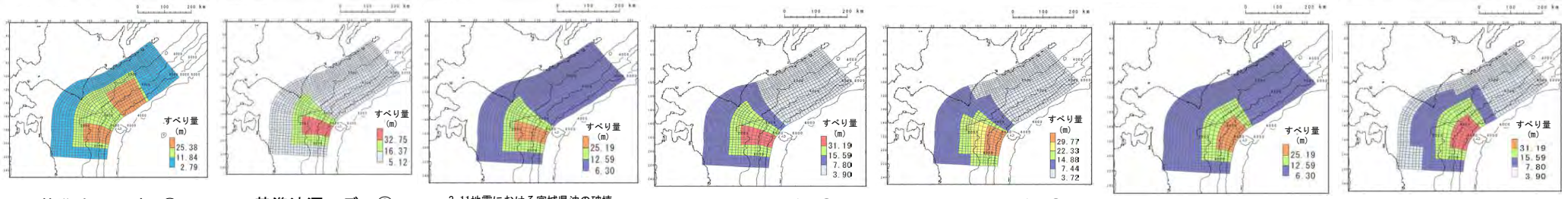
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-97一部修正

（参考）基準波源モデルのパラメータの整理

各基準波源モデルのパラメータは以下のとおり。

3.11地震・津波の再現性等を考慮した基準波源モデル

津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した
津波挙動を考慮した基準波源モデル



基準波源モデル①　基準波源モデル②　3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル　基準波源モデル③　基準波源モデル④　基準波源モデル⑤　基準波源モデル⑥

基準波源モデルのパラメータ

諸元		基準波源モデル①	基準波源モデル②	3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル	基準波源モデル③	基準波源モデル④	基準波源モデル⑤	基準波源モデル⑥
モーメントマグニチュード（Mw）		9.06	9.04	9.04	9.05	9.04	9.04	9.04
断層面積（S）		110,472（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）	110,472（km^2）
平均応力降下量（⊿σ）		3.26（MPa）	3.07（MPa）	3.05（MPa）	3.14（MPa）	3.08（MPa）	3.08（MPa）	3.08（MPa）
地震モーメント（Mo）		4.92×10^{22}（N・m）	4.62×10^{22}（N・m）	4.59×10^{22}（N・m）	4.73×10^{22}（N・m）	4.65×10^{22}（N・m）	4.64×10^{22}（N・m）	4.64×10^{22}（N・m）
すべり量	背景領域（背景的領域） （面積及び面積比率）	2.79（m） （63,895（km^2），57.8%）	5.12（m） （87,732（km^2），79.4%）		3.90（m） （48,879（km^2），44.2%）	3.72（m） （52,259（km^2），47.3%）		3.90（m） （56,997（km^2），51.6%）
	基本すべり域 （面積及び面積比率）			6.30（m） （87,732（km^2），79.4%）	7.80（m） （38,853（km^2），35.2%）	7.44（m） （35,022（km^2），31.7%）	6.30（m） （87,616（km^2），79.3%）	7.80（m） （30,619（km^2），27.7%）
	大すべり域 （面積及び面積比率）	11.84（m） （27,829（km^2），25.2%）	16.37（m） （16,438（km^2），14.9%）	12.59（m） （16,438（km^2），14.9%）	15.59（m） （16,438（km^2），14.9%）	14.88（m） （11,477（km^2），10.4%）	12.59（m） （15,790（km^2），14.3%）	15.59（m） （15,790（km^2），14.3%）
	中間大すべり域 （面積及び面積比率）					22.33（m） （6,018（km^2），5.4%）		
	超大すべり域 （面積及び面積比率）	25.38（m） （18,748（km^2），17.0%）	32.75（m） （6,302（km^2），5.7%）	25.19（m） （6,302（km^2），5.7%）	31.19（m） （6,302（km^2），5.7%）	29.77（m） （5,696（km^2），5.2%）	25.19（m） （7,066（km^2），6.4%）	31.19（m） （7,066（km^2），6.4%）
	平均すべり量	8.90（m）	8.37（m）	8.31（m）	8.57（m）	8.42（m）	8.41（m）	8.40（m）

注：表中の値はモデル化後の値

（余白）

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（１／７）

検討方針

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-99再掲

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の伝播傾向を把握することを目的とし，津軽海峡入射前と津軽海峡入射後に分け，基準波源モデル①※～⑥それぞれの解析結果を比較・検討する。

※：敷地への影響を考慮して，ここでは基準波源モデル①－１を対象にした。

【検討概要】

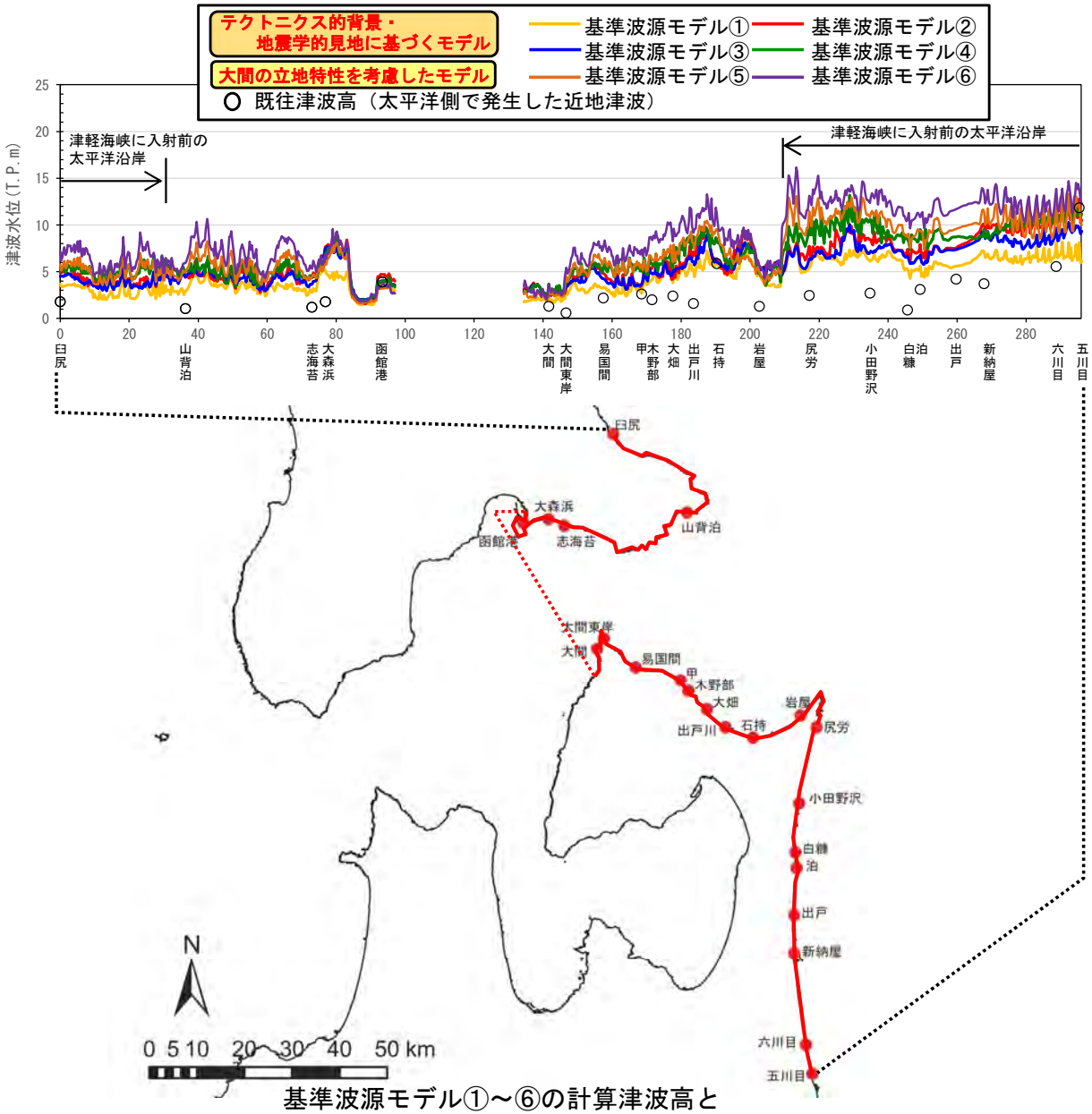
[津軽海峡入射前]
- 津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル①～⑥の計算津波高の分布傾向を比較する。（P.2.3.1-167，P.2.3.1-168）
- 各波源から津軽海峡までの伝播特性（最大水位上昇量分布）について検討する。（P.2.3.1-169）

[津軽海峡入射後]
- 津軽海峡内の伝播特性（最大水位上昇量分布等）について検討する。（P.2.3.1-170，P.2.3.1-171）

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（２／７）

第949回審査会合 資料2-1 P.2.3.1-100一部修正

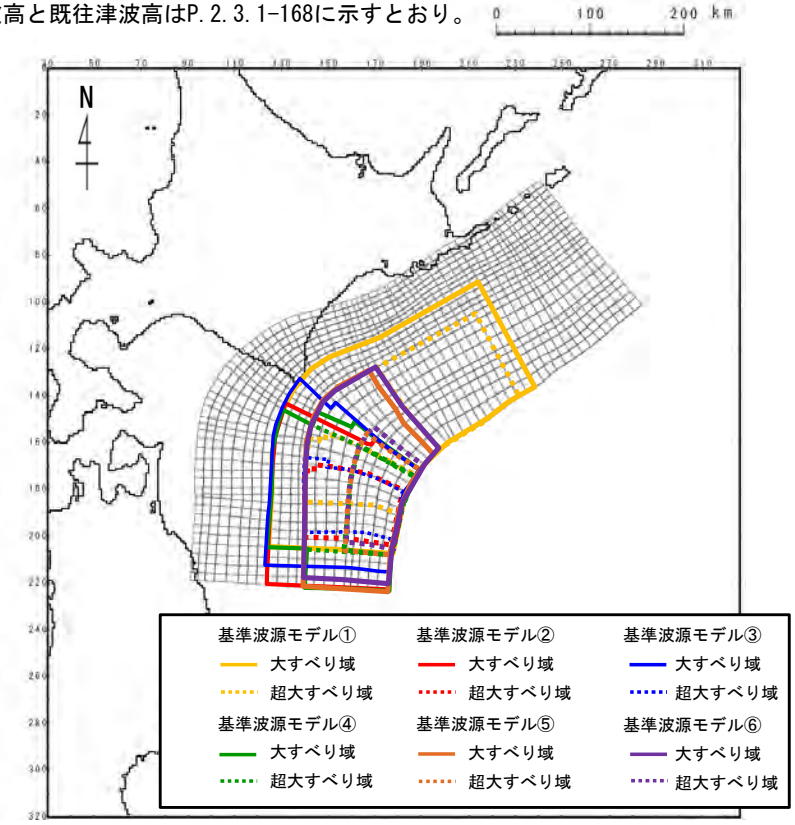
津軽海峡入射前の傾向（１／３）：計算津波高の比較



基準波源モデル①～⑥の計算津波高と
太平洋側既往津波高との比較

- 津軽海峡入射前の伝播特性を把握することを目的とし，津軽海峡開口部付近の沿岸における基準波源モデル①～⑥の計算津波高※（概略パラメータスタディ上昇側最大ケース）と既往津波高※との比較を行った。
- その結果，津軽海峡に入射前の太平洋沿岸においては，基準波源モデル①～⑥の計算津波高は，おおむね既往津波高を上回ることを確認した。これより，基準波源モデル①～⑥の設定は妥当であると判断される。
- また，当該範囲では，水位に差は認められるものの，特異な増幅特性を示すモデルは認められず，伝播形態に大きな差はないことを確認した。

※：計算津波高と既往津波高はP.2.3.1-168に示すとおり。



概略パラメータスタディで上昇側最大ケースとなった
各基準波源モデルの大すべり域等の位置図

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（３／７）

津軽海峡入射前の傾向（２／３）：既往津波高及び計算津波高

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-101一部修正

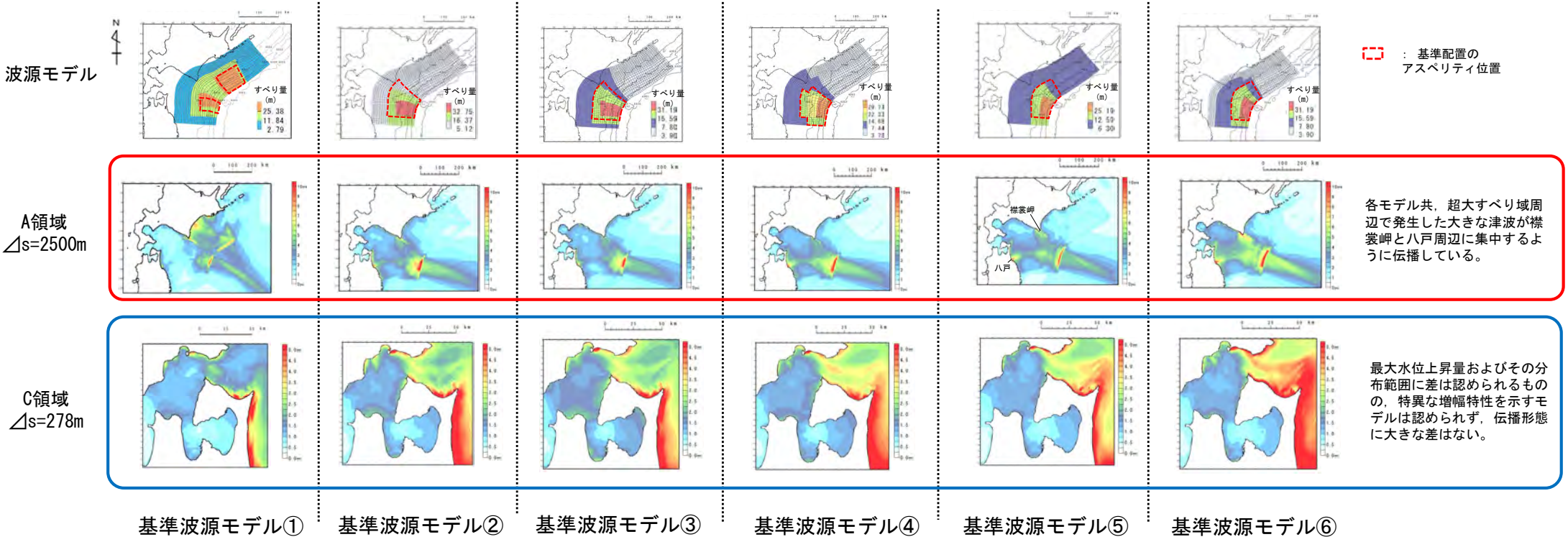
沿岸区分		地点	既往最大津波高(m)	計算津波高(m)（上昇側最大ケース）					
				テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル				大間の立地特性を考慮したモデル	
				基準波源モデル①	基準波源モデル②	基準波源モデル③	基準波源モデル④	基準波源モデル⑤	基準波源モデル⑥
北海道	津軽海峡外	臼尻	1.80	3.69	5.10	4.54	5.46	5.78	7.21
青森県	津軽海峡内	山背泊	1.05	2.95	4.67	4.40	5.06	4.97	5.92
		志海苔	1.20	2.75	4.36	3.64	4.38	4.43	5.31
		大森浜	1.80	5.09	7.67	7.47	6.89	5.83	6.83
		函館港	3.90	3.93	4.71	4.03	4.07	3.21	3.76
		大間	1.30	2.37	3.33	3.11	3.67	3.08	3.63
		大間東岸	0.60	2.92	3.31	3.73	4.05	4.51	5.44
		易国間	2.20	3.29	4.84	4.27	5.19	5.92	7.56
		甲	2.60	2.98	3.73	3.55	5.96	6.12	7.39
		木野部	2.00	4.14	5.40	4.75	5.77	6.27	8.38
		大畑	2.40	3.80	4.20	4.87	5.48	6.02	8.25
		出戸川	1.60	5.27	6.81	6.35	8.13	8.67	10.35
		石持	5.88	5.98	6.38	6.00	8.45	9.53	11.24
		岩屋	1.30	4.87	5.40	5.37	4.83	4.98	5.64
	津軽海峡外	尻労	2.46	5.47	7.74	6.36	10.66	11.49	13.13
		小田野沢	2.70	6.11	8.43	7.08	10.59	10.81	12.37
		白糠	0.90	5.27	7.38	6.70	8.43	9.02	10.58
		泊	3.10	5.63	7.93	6.76	9.51	9.33	10.84
		出戸	4.20	5.60	7.56	7.37	8.72	9.59	11.70
		新納屋	3.70	7.14	10.12	9.24	9.54	11.44	13.39
		六川目	5.56	8.15	12.47	9.68	11.45	12.67	13.85
		五川目	11.83	8.13	12.80	9.63	11.70	12.23	13.83

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（４／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-102一部修正

津軽海峡入射前の傾向（３／３）：最大水位上昇量分布

- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の津軽海峡入射前の伝播傾向を把握することを目的とし，各波源から津軽海峡までの伝播特性（最大水位上昇量分布）について検討した。その結果以下のことが確認できた。
  - ✓ A領域では，各モデルの大すべり域等の形状の違いによる水位の差は認められるものの，各モデル共，超大すべり域周辺で発生した大きな津波が襟裳岬と八戸周辺に集中するように伝播している。
  - ✓ C領域では，各モデル間で水位差は認められるものの波源に直面する太平洋沿岸の水位が高く，増幅特性等の伝播形態に大きな差は認められない。



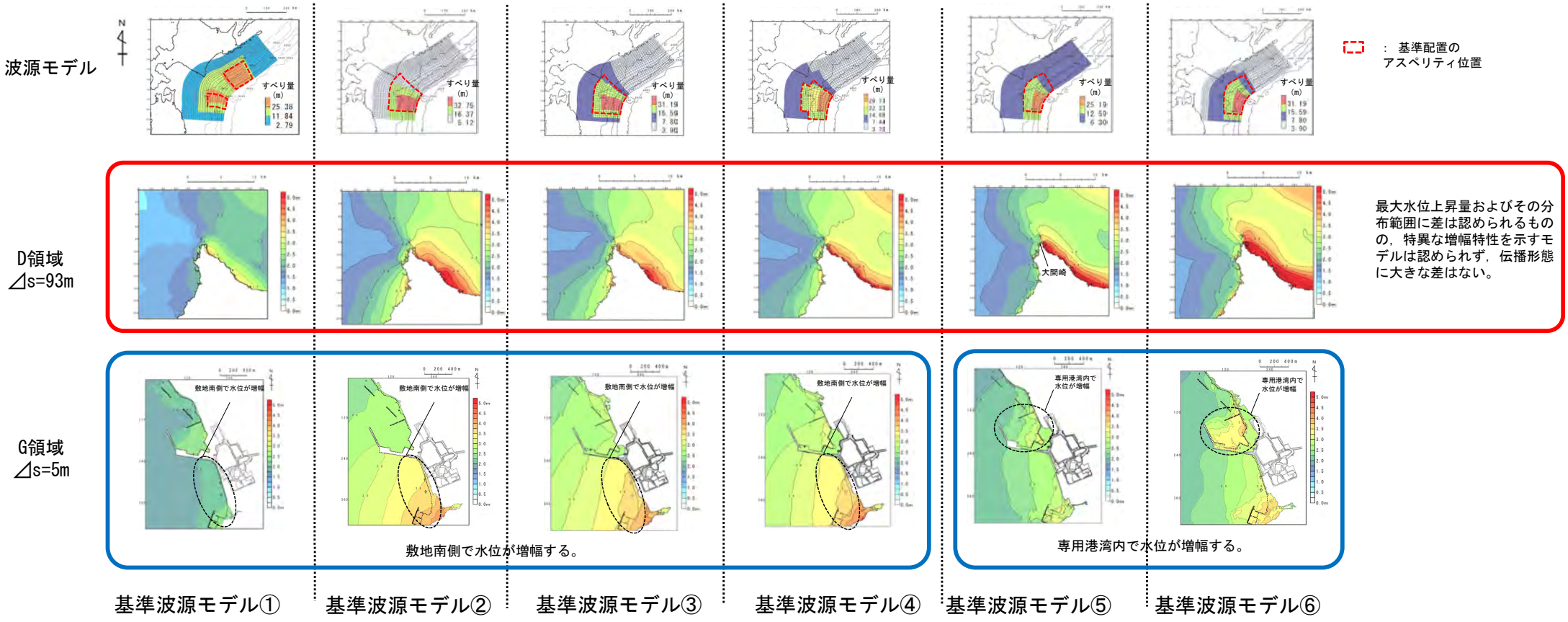
概略パラメータスタディ上昇側最大ケースの最大水位上昇量分布

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（５／７）

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-103一部修正

津軽海峡入射後の傾向（１／２）：最大水位上昇量分布

- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の津軽海峡入射後の伝播傾向を把握することを目的とし，津軽海峡内の伝播特性（最大水位上昇量分布）について検討した。その結果以下のことが確認できた。
  - ✓ D領域では，各モデル間で水位差は認められるものの大間崎よりも太平洋側の水位が高く，増幅特性等の伝播形態に大きな差は認められない。
  - ✓ G領域では，基準波源モデル⑤⑥は専用港湾内において水位の増幅が認められる。一方，基準波源モデル①～④は敷地南側の海域で水位の増幅が認められる。これは，「各基準波源モデルの周期特性」及び「津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」とも整合的である（次頁参照）。



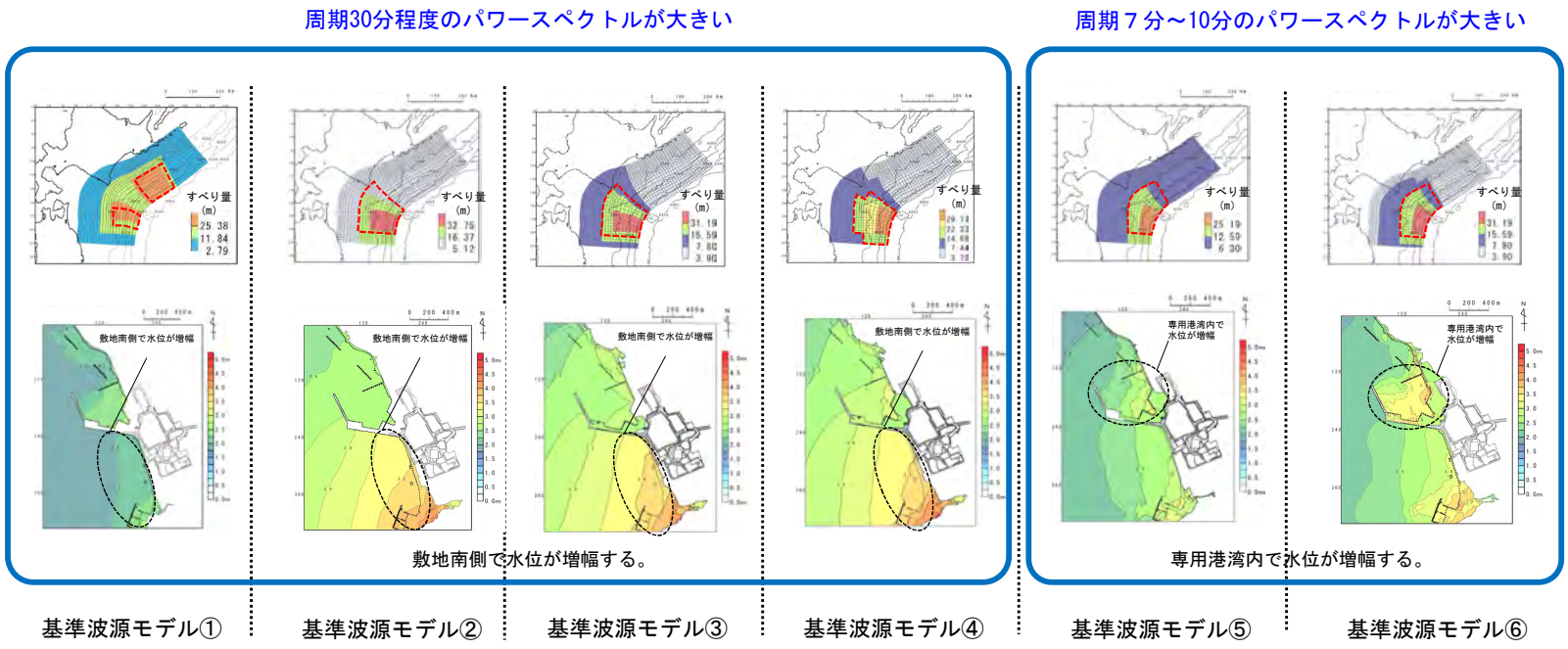
概略パラメータスタディ上昇側最大ケースの最大水位上昇量分布

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（６／７）

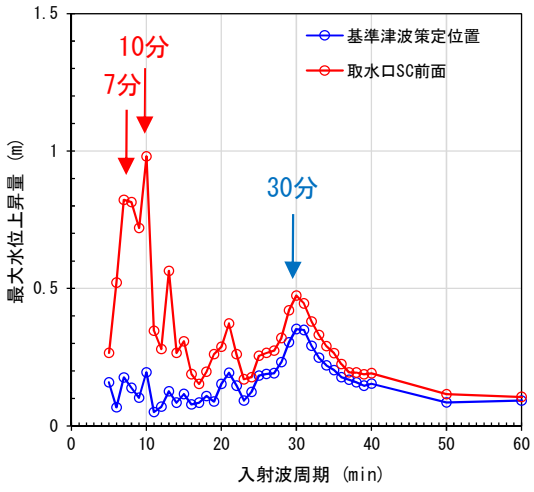
第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-104一部修正

津軽海峡入射後の傾向（２／２）：周期特性との関係

- 基準波源モデル⑤⑥では専用港湾内で水位が高くなっており，基準波源モデル①～④では敷地南側の海域で水位が高くなっているのは，以下の周期特性に係る検討結果と整合的である。
  - ✓ 基準波源モデル①～⑥の６つの基準波源モデルは，「周期７分～10分のパワースペクトルが大きいグループ」（基準波源モデル⑤⑥）と「周期30分程度のパワースペクトルが大きいグループ」（基準波源モデル①～④）に分類できる（P.2.3.1-159参照）。
  - ✓ 一方，発電所専用港湾周辺における正弦波解析から，取水口スクリーン室前面では周期７分及び10分で，基準津波策定位置では周期30分でそれぞれ水位増幅特性が認められる。



概略パラメータスタディ上昇側最大ケースの最大水位上昇量分布



発電所専用港湾周辺における
正弦波入射波周期と
最大水位上昇量の関係
（補足説明資料P.10.3-3参照）

（補足５）三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握（７／７）

まとめ

第949回審査会合
資料2-1 P.2.3.1-105一部修正

- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の伝播傾向を把握することを目的とし，津軽海峡入射前と津軽海峡入射後に分け，それぞれの基準波源モデルによる解析結果を比較・検討した結果，以下の傾向が確認できた。

  ✓ 基準波源モデル①～⑥の計算津波高は，おおむね既往津波高を上回ることを確認した。これより，基準波源モデル①～⑥の設定は妥当であると判断される。(P.2.3.1-167)

  ✓ 津軽海峡入射前の傾向（P.2.3.1-167～P.2.3.1-169）
  - 基準波源モデル①～⑥のいずれのケースでも，波源に直面する太平洋沿岸の水位が高く，増幅特性等の伝播形態に大きな差は認められない。

  ✓ 津軽海峡入射後の傾向（P.2.3.1-170，P.2.3.1-171）
  - 基準波源モデル①～④：敷地南側で水位が高くなる。
    これは基準波源モデル①～④の津波は周期30分のパワースペクトルが大きいこと及び基準津波策定位置では周期30分で水位増幅特性が認められることと整合的である。
  - 基準波源モデル⑤⑥：専用港湾内で水位が高くなる。
    これは基準波源モデル⑤⑥の津波は周期７分～10分のパワースペクトルが大きいこと及び取水口スクリーン室前面では周期７分及び10分で水位増幅特性が認められることと整合的である。

（参考１）基準波源モデル策定の手順及び考え方（1／2）

変更前
第949回審査会合でご説明

第949回審査会合
資料2-1　P. 2. 3. 1-5再掲

基準波源モデル策定の手順及び考え方

特性化モデル

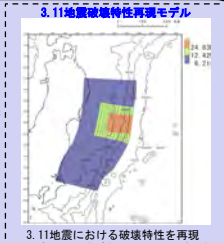
すべり量・面積比設定

世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見（3.11地震含む）

3.11地震における破壊特性を考慮したモデルのすべり量・面積比

Ｍ９クラス地震の知見を分析･検討し，背景領域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量を１：２：４となるような特性化を検討(P. 2. 3. 1-35参照)
- 背景領域：基本すべり量，全体面積の80%程度
- 大すべり域：基本すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：基本すべり量の４倍，全体面積の５%程度

知見を反映



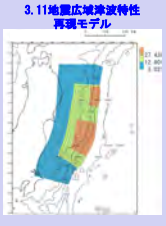
3.11地震における破壊特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-7参照）

内閣府（2012）[58]の知見（P. 2. 3. 1-35参照）
- 大すべり域：平均すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：平均すべり量の４倍，全体面積の５%程度

3.11地震における広域の津波痕跡高を考慮したモデルのすべり量・面積比

杉野ほか（2014）[59]の知見(P. 2. 3. 1-36参照)
- 背景領域：平均すべり量の0. 33倍，全体面積の60%程度
- 大すべり域：平均すべり量の1. 4倍，全体面積の25%程度
- 超大すべり域：平均すべり量の3倍，全体面積の15%程度

知見を反映



3.11地震の広域の津波特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-7参照）

基準波源モデル

すべり領域の配置

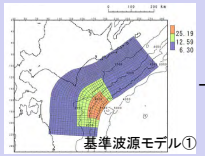
津波工学的な観点に基づくモデル

すべり量･面積比反映

3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）

- 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- 3.11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し，津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置

→比較的短周期の波が卓越するため，津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や，専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。（P. 2. 3. 1-6，P. 2. 3. 1-89～P. 2. 3. 1-98 参照）

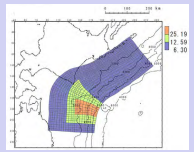


分岐断層･海底地すべりの考慮

すべり量･面積比･すべり領域の配置反映

3.11地震･津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域等を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における破壊特性を再現したモデル（P. 2. 3. 1-7参照）のすべり領域の配置を参照
  - ✓ 波源域の地殻変動量（内閣府との比較）
  - ✓ 沖合等の観測津波波形



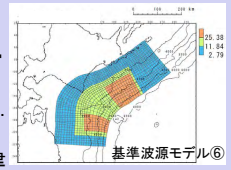
基準波源モデル③④のﾍﾞｰｽﾓﾃﾞﾙ

3.11地震･津波の知見を反映

テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル

3.11津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように超大すべり域を配置※3
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル（P. 2. 3. 1-7参照）のすべり領域の配置を参照
  - ✓ 青森県北部～茨城県南部にわたる既往津波高

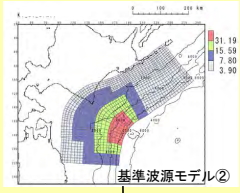


※3：大すべり域・超大すべり域は以下の考えに基づき，配置した。
- 3.11地震による広域の津波特性を考慮した特性化モデルの大すべり域は１箇所，超大すべり域は２箇所（P. 2. 3. 1-7参照）
- 超大すべり域は破壊のバリアと考えられる島弧会合部を跨がない配置とする

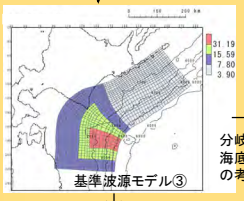
配置は同様に設定

3･11地震を踏まえた更なる保守性考慮

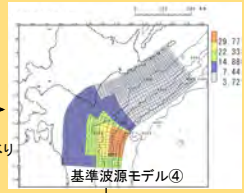
すべり量割り増し

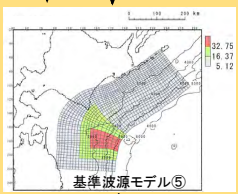


すべり量割り増し



分岐断層海底地すべりの考慮





概略パラスタ

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

概略パラスタ※1

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において，各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

詳細パラスタ

詳細パラスタ※2

詳細パラスタ※2

不確かさの考慮

※1：大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動

※2：波源特性（破壊開始点，破壊伝播速度，ライズタイム）の不確かさの考慮

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

注：津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル①②）と3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル③～⑥）との関連性についてはP. 2. 3. 1-89～P. 2. 3. 1-98参照。

（参考１）基準波源モデル策定の手順及び考え方（２／２）

変更後
今回ご説明

第949回審査会合
資料2-1 P. 2. 3. 1-5一部修正

基準波源モデル策定の手順及び考え方

特性化モデル

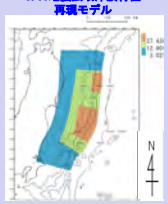
すべり量・面積比設定

世界のＭ９クラスの超巨大地震から得られた知見（3.11地震含む）

3.11地震における広域の津波特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

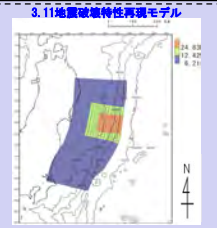
杉野ほか（2014）[80]の知見（P. 2. 3. 1-60参照）
- 背景領域：平均すべり量の0. 33倍，全体面積の60%程度
- 大すべり域：平均すべり量の1. 4倍，全体面積の25%程度
- 超大すべり域：平均すべり量の3倍，全体面積の15%程度

知見を反映



3. 11地震の広域の津波特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-60参照）

内閣府（2012）[81]の知見
- 大すべり域　：平均すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：平均すべり量の４倍，全体面積の５%程度



3. 11地震における破壊特性を再現できることを確認（P. 2. 3. 1-87参照）

知見を反映

3.11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルのすべり量・面積比

Ｍ９クラス地震の知見を分析・検討し，背景領域，大すべり域及び超大すべり域のすべり量を１：２：４となるような特性化を検討（P. 2. 3. 1-87参照）
- 背景領域：基本すべり量，全体面積の80%程度
- 大すべり域：基本すべり量の２倍，全体面積の20%程度（超大すべり域を含む）
- 超大すべり域：基本すべり量の４倍，全体面積の５%程度

すべり領域の配置

テクトニクス的背景・地震学的見地に基づくモデル

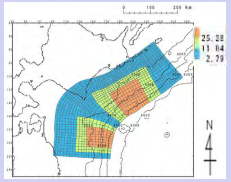
すべり量・面積比・すべり領域の配置反映

すべり量・面積比反映

大間の立地特性を考慮したモデル

3.11津波の知見を反映（広域津波痕跡高の再現性を考慮）

- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように，大すべり域，超大すべり域を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における広域の津波痕跡高を再現したモデル（P. 2. 3. 1-60参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓青森県北部～茨城県南部にわたる既往津波高

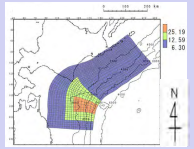


岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映

3.11地震・津波の知見を反映（沖合等の観測津波波形等の再現性を考慮）

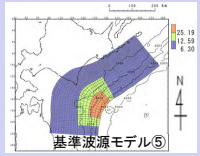
- 日本海溝と千島海溝の島弧会合部を跨がないように大すべり域等を配置
- 三陸沖から根室沖にはＭ９クラスの地震・津波の痕跡がないため，3.11地震における破壊特性を再現したモデル（P. 2. 3. 1-87参照）のすべり領域の配置を参照
- ✓波源域の地殻変動量（内閣府との比較）
- ✓沖合等の観測津波波形



3. 11地震における宮城県沖の破壊特性を考慮した特性化モデルを参考に設定した特性化モデル

3.11地震・津波の知見を反映（津軽海峡内及び大間専用港湾に特化した津波挙動を考慮）

- 津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して大すべり域等を津軽海峡前面に配置
- 3. 11地震で浅部海溝軸沿いにも大きなすべりが観測されたこと及び大間専用港湾では短周期の波で顕著な水位増幅特性が認められることを考慮し，津波工学的観点から超大すべり域を海溝軸沿い浅部のみに配置
  →比較的短周期の波が卓越するため，津軽海峡内の反射等による津波挙動の特徴や，専用港湾における水位増幅特性が現れやすい配置。（P. 2. 3. 1-122 ，P. 2. 3. 1-156 ～ P. 2. 3. 1-164 参照）



分岐断層・海底地すべりの考慮

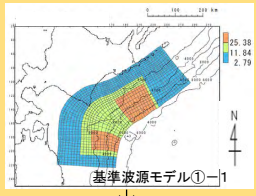
島弧会合部に大すべり域を配置

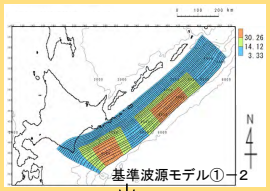
・十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデル※1は，上記モデルの考え方を反映すると共に，色丹島沖及び択捉島沖の大すべり域は，領域西端に配置して設定。

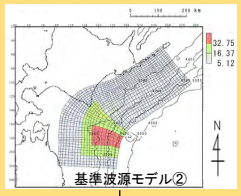
配置は同様に設定

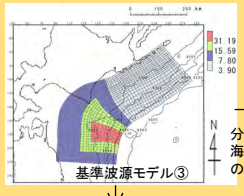
すべり量割り増し

すべり量割り増し

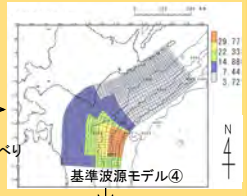


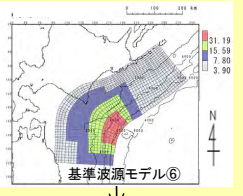






分岐断層海底地すべりの考慮





3.11地震を踏まえた更なる保守性考慮

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

概略パラスタ※2

津軽海峡開口部付近の太平洋沿岸において，各基準波源モデルの計算津波高と既往津波高等とを比較

概略パラスタ

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

概略パラスタ最大ケース
⇒ 基準波源モデル（再定義）

詳細パラスタ

詳細パラスタ※3

詳細パラスタ※3

不確かさの考慮

※１：十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の広域の津波特性を考慮した特性化モデルは，基準波源モデル①－２と同じであるため記載省略。

注：津軽海峡の津波特性を念頭に3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル⑤⑥）と3.11地震・津波の知見を反映したモデル（基準波源モデル①～④）との関連性についてはP. 2. 3. 1-156～P. 2. 3. 1-164参照。

基準津波の策定

設定した波源モデルによる計算津波高が津軽海峡沿岸の既往津波高等を上回っていることを確認

※２：大すべり域・超大すべり域の位置を南北約10km単位で移動

※３：波源特性（破壊開始点，破壊伝播速度，ライズタイム）の不確かさの考慮

（参考２）第949回審査会合で示した検討対象波源域の選定について（１／５）

第949回審査会合
資料2-1　P.2.3.1-25再掲

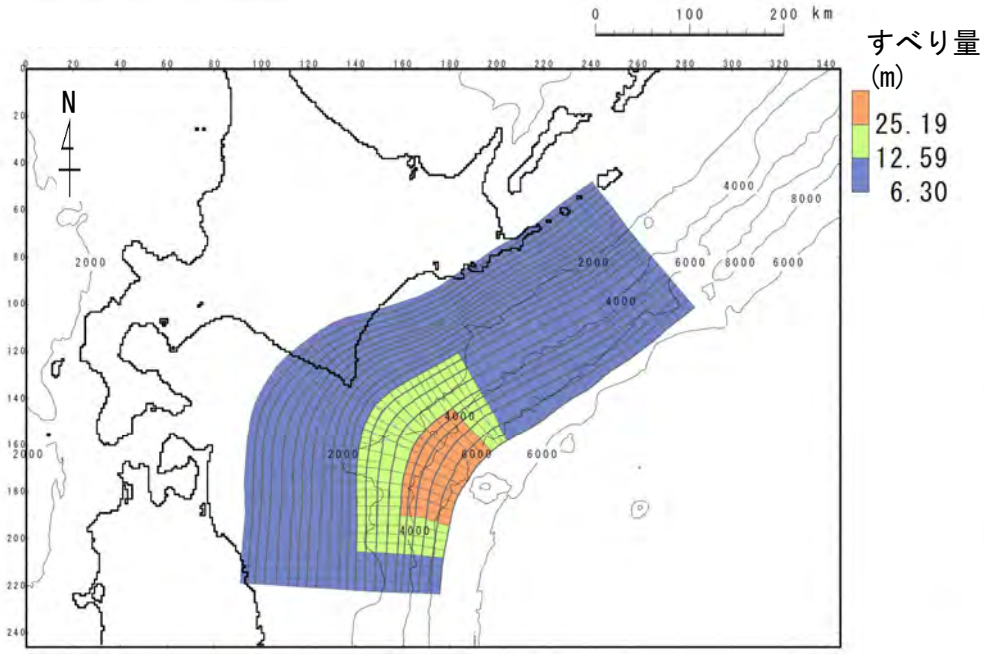
検討対象波源域の選定

特性化モデル（１／３）

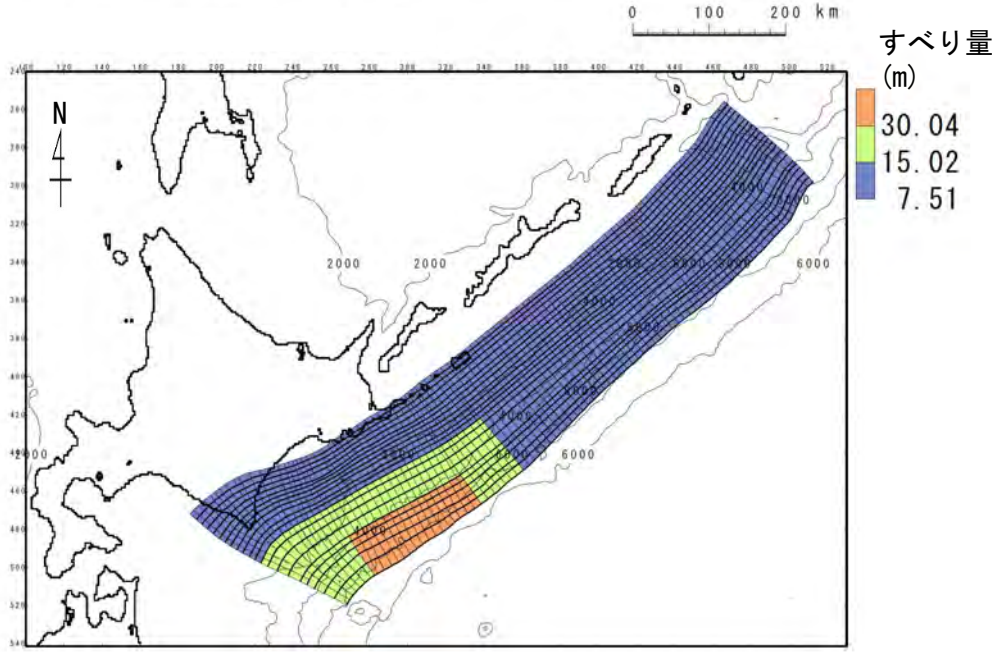
- 青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源域について，大間原子力発電所への津波の影響を比較するため，以下の方針で特性化モデルを作成し，敷地への影響を比較した。

  ✓ 大すべり・超大すべり域のすべり分布は，津軽海峡内及び大間専用港湾の津波挙動への影響を考慮して基準波源モデルの設定（設定方法 その１）（P.2.3.1-8）を代表ケースに採用した。
  （設定パラメータをP.2.3.1-26，P.2.3.1-27に示す。）

  ✓ アスペリティの位置は，津軽海峡内の津波挙動への影響を考慮して以下のとおり設定。
  ・青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖：津軽海峡前面に設定
  ・十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖：津軽海峡寄りに設定



青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震
（基準波源モデル①）



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震

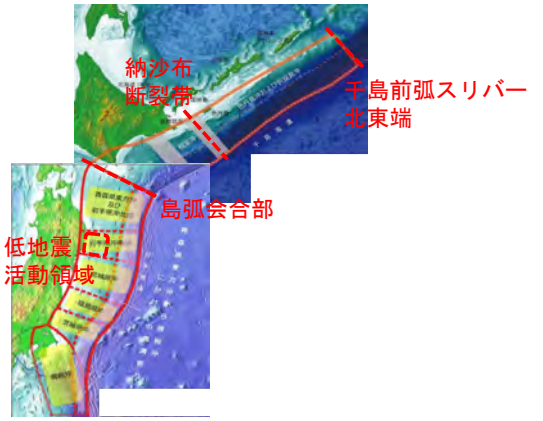
（参考２）第949回審査会合で示した検討対象波源域の選定について（2／5）

第949回審査会合
資料2-1　P.2.3.1-26再掲

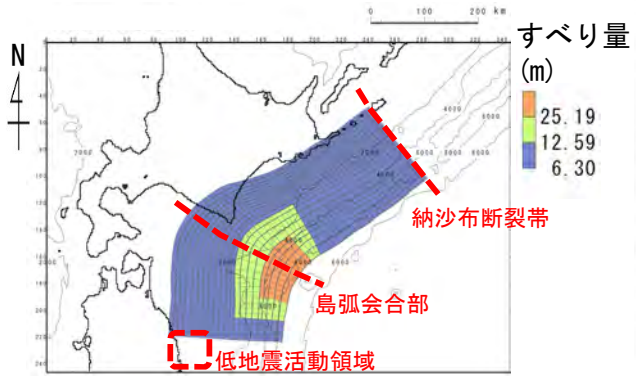
検討対象波源域の選定

特性化モデル（２／３）

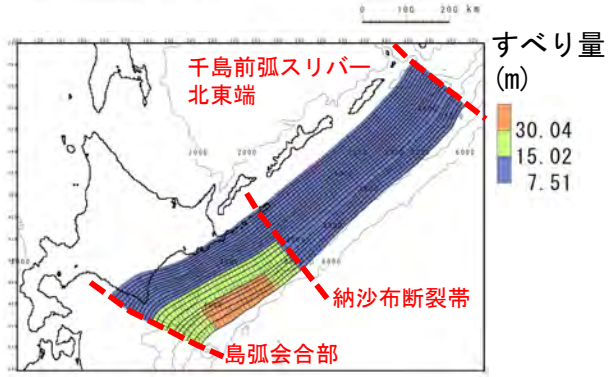
- 大間原子力発電所への津波の影響を比較するために設定した特性化モデルのパラメータは以下のとおり。



日本海溝・千島海溝沿いにおける構造的特徴（破壊のバリア）
地震調査研究推進本部（2017a[79]，2019[78]）に一部加筆



青森県東方沖及び岩手県沖北部から
十勝沖・根室沖の連動型地震



十勝沖・根室沖から色丹島沖及び
択捉島沖の連動型地震

		青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.04	9.04
面積 S （km^2）		110,472	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ （MPa）		3.08	3
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		4.64×10^{22}	4.52×10^{22}
平均すべり量 D （m）		8.41	8.19
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（87,616km^2, 79.3%）	6.30（88,377km^2, 80%）
	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（15,790km^2, 14.3%）	12.59（16,571km^2, 15%）
	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（7,066km^2, 6.4%）	25.19（5,524km^2, ５%）
ライズタイム τ （s）		60	—

		十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw		9.20	9.19
面積 S （km^2）		157,100	—
平均応力降下量 $\Delta\sigma$ （MPa）		3.08	3
剛性率 μ （N/m^2）		5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）		7.87×10^{22}	7.67×10^{22}
平均すべり量 D （m）		10.01	9.76
すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（123,522km^2, 78.6%）	7.51（125,680km^2, 80%）
	大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（24,168km^2, 15.4%）	15.02（23,565km^2, 15%）
	超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（9,410km^2, 6.0%）	30.04（7,855km^2, ５%）
ライズタイム τ （s）		60	—

（参考２）第949回審査会合で示した検討対象波源域の選定について（３／５）

第949回審査会合
資料2-1　P.2.3.1-27再掲

検討対象波源域の選定

特性化モデル（３／３）

詳細パラメーター一覧

			青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw			9.04	9.04
平均応力降下量 ⊿σ （MPa）			3.08	3
剛性率 μ （N/m^2）			5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）			4.64×10^{22}	4.52×10^{22}
平均すべり量 D （m）			8.41	8.19
波源全体	面積 S （km^2）		110,472	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（87,616km^2, 79.3%）	6.30（88,377km^2, 80%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（15,790km^2, 14.3%）	12.59（16,571km^2, 15%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（7,066km^2, 6.4%）	25.19（5,524km^2, ５%）
青森県東方沖及び岩手県沖北部	面積 S （km^2）		40,959	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（29,245km^2, 71.4%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（8,004km^2, 19.5%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（3,710km^2, 9.1%）	—
十勝沖・根室沖	面積 S （km^2）		69,513	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	6.30（58,371km^2, 84.0%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	12.59（7,786km^2, 11.2%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	25.19（3,356km^2, 4.8%）	—

			十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震【モデル化後の値】	備　考【設計値】
ﾓｰﾒﾝﾄﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ Mw			9.20	9.19
平均応力降下量 ⊿σ （MPa）			3.08	3
剛性率 μ （N/m^2）			5.0×10^{10}	—
地震ﾓｰﾒﾝﾄMo （N・m）			7.87×10^{22}	7.67×10^{22}
平均すべり量 D （m）			10.01	9.76
波源全体	面積 S （km^2）		157,100	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（123,522km^2, 78.6%）	7.51（125,680km^2, 80%）
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（24,168km^2, 15.4%）	15.02（23,565km^2, 15%）
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（9,410km^2, 6.0%）	30.04（7,855km^2, ５%）
十勝沖・根室沖	面積 S （km^2）		69,513	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（35,935km^2, 51.7%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（24,169km^2, 34.8%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（9,410km^2, 13.5%）	—
色丹島沖及び択捉島沖	面積 S （km^2）		87,587	—
	すべり量	基本すべり域(m)（面積及び面積比率）	7.51（87,587km^2, 100.0%）	—
		大すべり域(m)（面積及び面積比率）	15.02（0km^2, 0.0%）	—
		超大すべり域(m)（面積及び面積比率）	30.04（0km^2, 0.0%）	—

注：安全評価上，波源全体として大すべり域及び超大すべり域を設定したため，設計値は波源全体として記載した。
モデル化後の値は，青森県東方沖及び岩手県沖北部，十勝沖・根室沖，色丹島沖及び択捉島沖とに分けて記載した。

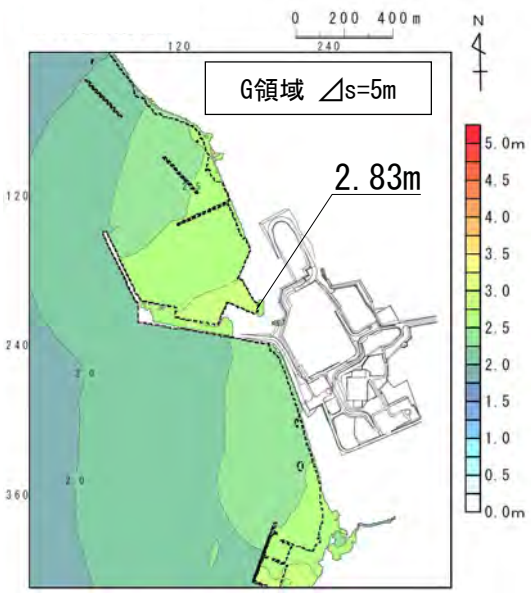
（参考２）第949回審査会合で示した検討対象波源域の選定について（4／5）

第949回審査会合
資料2-1　P.2.3.1-28再掲

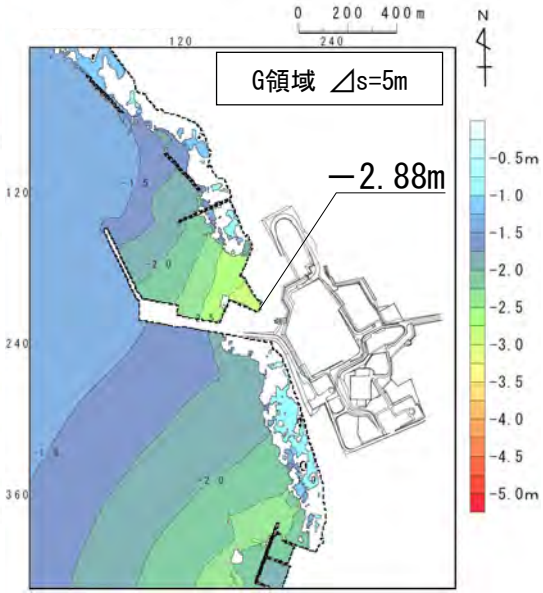
検討対象波源域の選定

検討結果

- 青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖，十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の波源域について，大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果，以下のとおり，敷地においては青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震に伴う津波の方が影響が大きい。

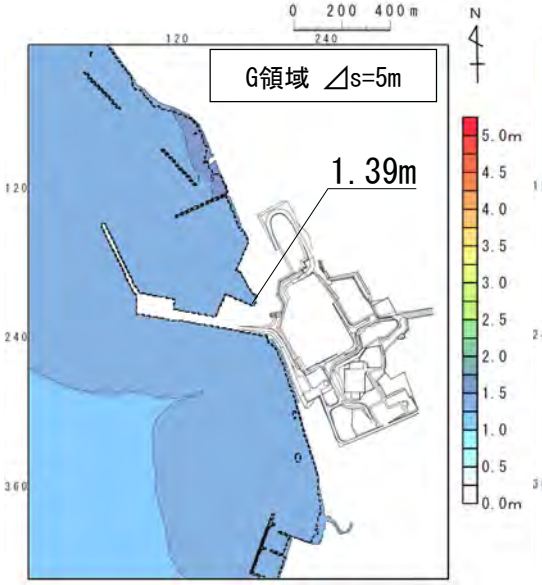


最大水位上昇量分布

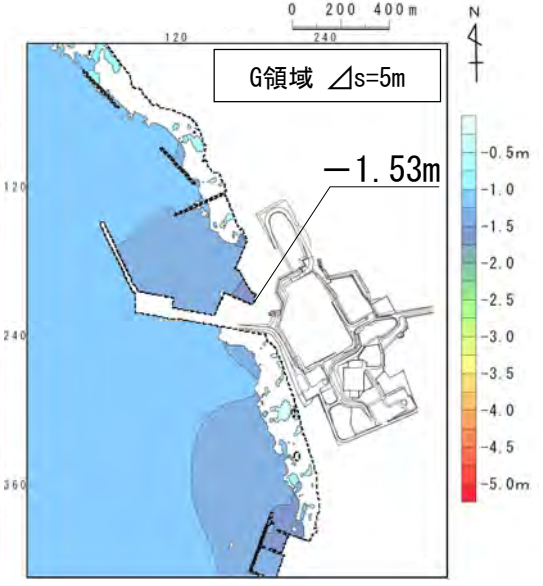


最大水位下降量分布

青森県東方沖及び岩手県沖北部から
十勝沖・根室沖の連動型地震



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布

十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震

結果一覧

	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
青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震	2.83m	−2.88m
十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖の連動型地震	1.39m	−1.53m

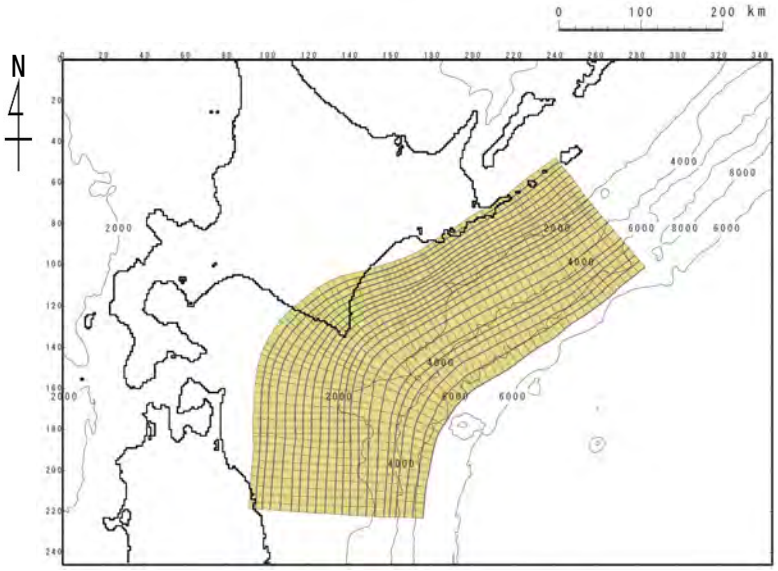
（参考２）第949回審査会合で示した検討対象波源域の選定について（5／5）

第949回審査会合
資料2-1　P.2.3.1-29再掲

検討対象波源域の選定

まとめ

青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖と十勝沖・根室沖から色丹島沖及び択捉島沖との波源域について，大間原子力発電所への津波の影響を検討した結果，敷地においては青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震に伴う津波の方が影響が大きいことが確認された（P.2.3.1-28）ことから，基準波源モデルの想定波源域は，青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖に設定する。



青森県東方沖及び岩手県沖北部から十勝沖・根室沖の連動型地震

基準波源モデルの想定波源域

（余白）