

再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設 津波評価について

令和2年7月13日



日本原燃株式会社

津波評価結果(概要)

【津波評価概要】

- 申請時(H26.1.7)の評価
 - 再処理施設、廃棄物管理施設及びMOX燃料加工施設の耐震重要施設は、標高約55m、海岸からの距離約5kmの地点に位置しており、施設の立地的特徴、敷地周辺における過去の津波痕跡、青森県海岸津波対策検討会の検討結果を踏まえると、津波によって各施設の安全機能が損なわれる恐れはないとともに、海洋放出管から津波が流入する可能性はないものと考えられることから、津波に対する設計は考慮しない。
- 補正申請時(再処理施設:H26.11.28、廃棄物管理施設:H28.2.22、MOX燃料加工施設:H26.12.26)の評価
 - 地震及び地震以外の要因に起因する津波について評価を行った結果、評価位置における最高水位が最大となる、プレート間地震の連動型地震のすべり量割増モデルを南に約100km移動させ、破壊開始点をP6に設定したケースを基準津波として選定。本ケースにおいて、評価位置における最高水位はT.M.S.L.+4.00mであることから、標高約55mの敷地高さまで津波が到達する可能性はない。
 - 海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性について検討した結果、到達する最大位置高さは12.84mであることから、海洋放出管を経路として標高約55mの敷地高さまで津波が到達する可能性はない。
 - 以上のことから、各施設の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設については、津波に対する設計は考慮しない。



- 補正申請以降に実施した検討
 - 補正申請時の評価結果と当社施設の立地的特徴を踏まえると、当社施設について津波に対するリスクは相当程度低いと考えられることから、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討を行い、津波が耐震重要施設等※¹、常設重大事故等対処施設※¹及び安全上重要な施設等※²の設置される敷地に到達する可能性がないことの確認を行なった。
 - 津波の周期が尾駱沼内の固有周期と重なって増幅することがないかを確認するため、尾駱沼の固有周期に係る検討を実施し、また、その結果を踏まえて、数値シミュレーションで設定している空間格子間隔の妥当性について検証した。



- 最終評価
 - すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討の結果、津波が耐震重要施設等※¹、常設重大事故等対処施設※¹及び安全上重要な施設等※²の設置される敷地に到達する可能性はない。
 - 海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性について検討した結果においても、津波が海洋放出管を経路として各施設の設置される敷地に到達する可能性はない。
 - 以上のことから、各施設の耐震重要施設等※¹、常設重大事故等対処施設※¹及び安全上重要な施設等※²について、津波に対する設計は考慮しない。

※1:再処理施設及びMOX燃料加工施設に該当する施設

「耐震重要施設等」は、耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物(波及的影響を確認する施設を含む(MOX除く。))

「常設重大事故等対処施設」は、常設重大事故等対処設備を支持する建物・構築物

※2:廃棄物管理施設に該当する施設

「安全上重要な施設等」は、耐震設計上の重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物(波及的影響を確認する施設を含む。)

上記については、以下同様とする。

目次



1. 評価概要	4
1.1 施設の立地的特徴	
1.2 津波評価方針	
1.3 評価概要	
2. 既往津波に関する検討	8
2.1 文献調査	
2.2 既往津波の再現性の確認	
3. 既往知見を踏まえた津波の評価	26
3.1 評価位置の選定	
3.2 地震に起因する津波の評価	
3.2.1 プレート間地震に起因する津波の評価	
3.2.2 海洋プレート内地震に起因する津波の評価	
3.2.3 海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の評価	
3.2.4 まとめ	
3.3 地震以外の要因に起因する津波の評価	
3.3.1 地すべり等に起因する津波の評価	
3.3.2 火山現象に起因する津波の評価	
3.3.3 まとめ	
3.4 まとめ	
4. 施設の安全性評価	78
4.1 すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討	
4.2 海洋放出管に係る評価	
4.3 まとめ	

参考資料

参考文献一覧

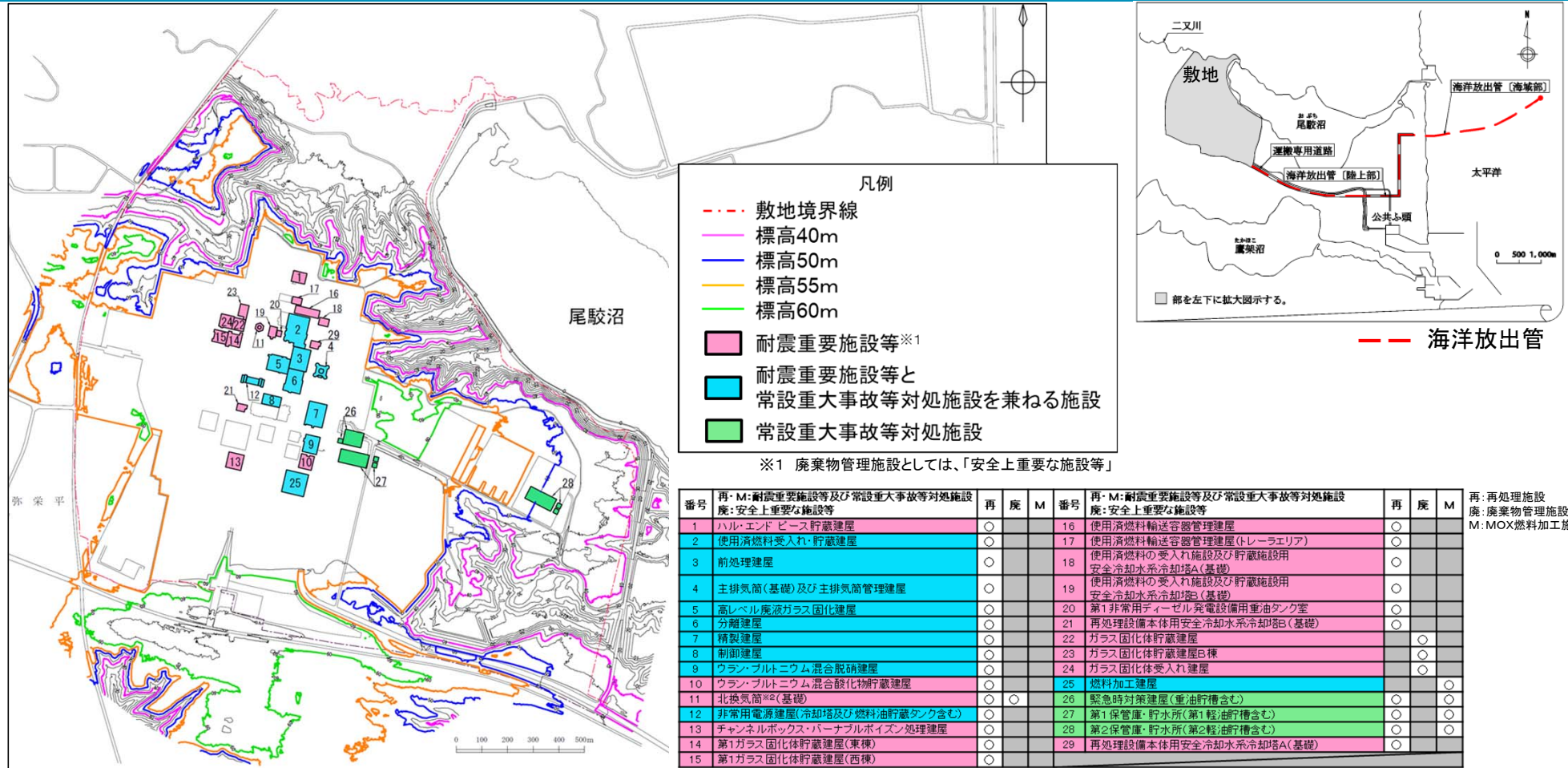
余白

1. 評価方針

- 1. 1 施設の立地的特徴
- 1. 2 津波評価方針
- 1. 3 評価概要

1. 評価方針

1.1 施設の立地的特徴



※2 廃棄物管理施設では、「北換気筒(ガラス固化体受入れ・貯蔵建屋換気筒)」という名称

【施設の立地的特徴】

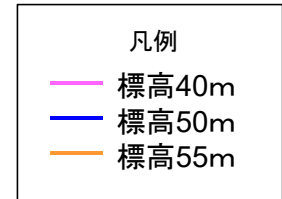
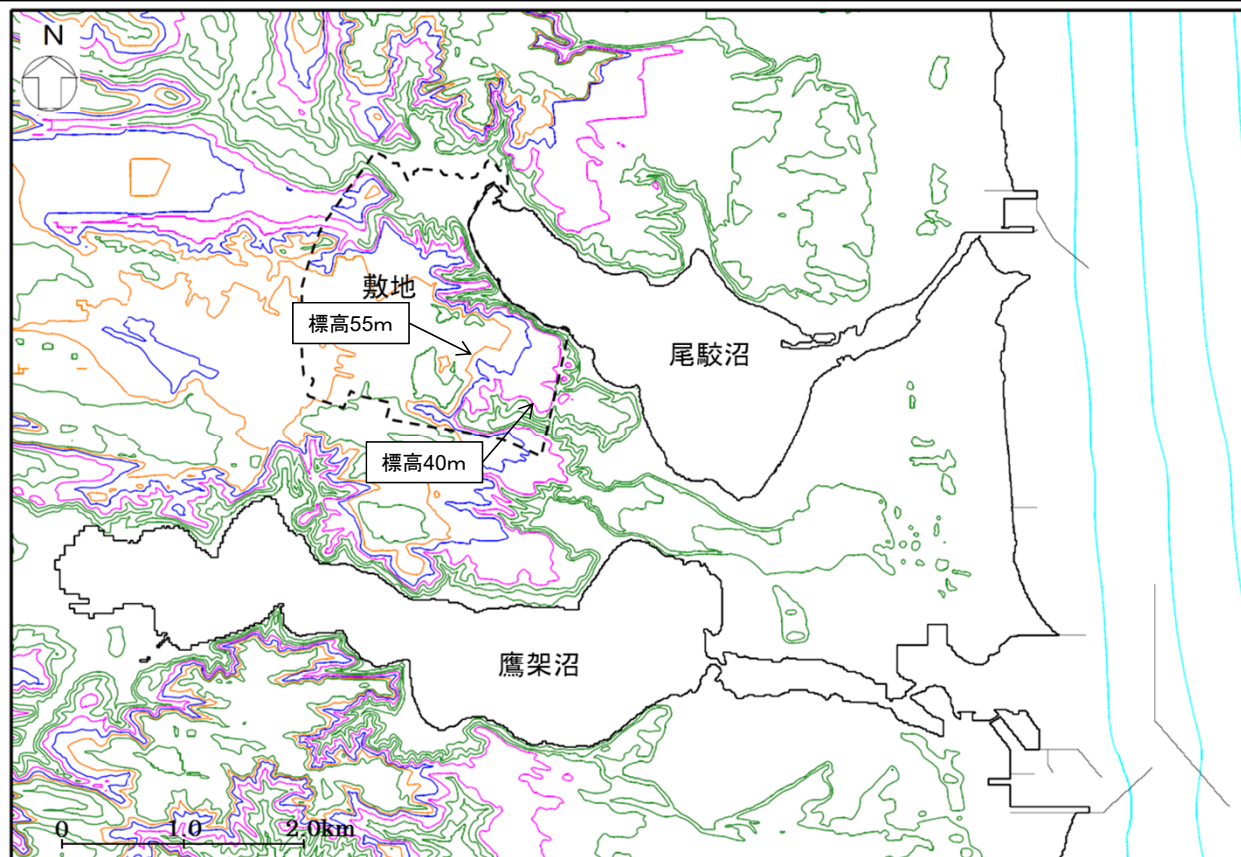
- 評価対象施設は、耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等とする。
- 耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等のうち、設置位置の標高が最も低い第2保管庫・貯水所(軽油貯蔵タンク含む)は標高50m付近のエリアに位置し、それ以外の施設は標高約55mの地点に位置している。
- 標高約55mの敷地から沖合い約3km離れた海中に設置する海洋放出口まで延長約11km(陸地約8km、海中約3km)の海洋放出口が埋設されている。
- 太平洋側沿岸及び敷地の接する尾駱沼沿いにおいて、耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等に該当する取水設備は設置していない。

1.2 津波評価方針



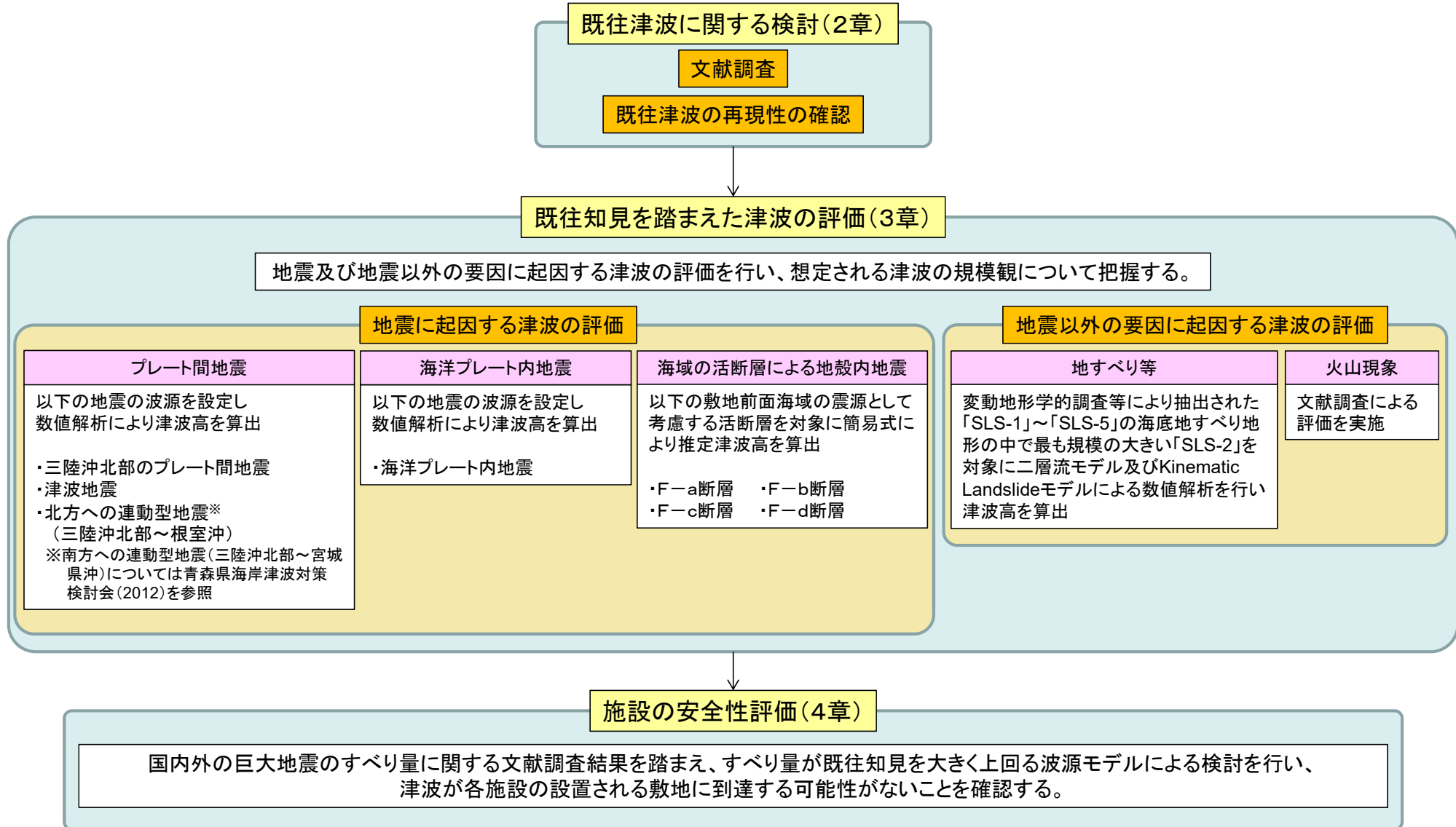
【津波評価方針】

- 太平洋側沿岸及び尾駮沼沿いに耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等に該当する取水設備は設置していないことを踏まえ、上昇側の津波評価のみを行う。
 - 敷地は尾駮沼と鷹架沼に挟まれた台地に位置している。尾駮沼は敷地に接しているのに対し、鷹架沼は最短でも1km程度離れていることから、解析にあたっては、尾駮沼からの遡上を考慮できるモデルを設定する。
 - 尾駮沼入り口及び鷹架沼入り口の前面には防波堤があることから、防波堤を考慮した検討を行う。
 - 上昇側の津波評価にあたって、到達可能性を検討する敷地高さは、耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等の設置位置の標高を踏まえ、それぞれ以下の通りとする。
 - ◆ 再処理施設及びMOX燃料加工施設：保守的に標高40m
 - ◆ 廃棄物管理施設：標高55m
- ※津波評価結果と対比する観点から、以降においては標高に係る記載を「T.M.S.L.」に統一する。
- 到達可能性の検討にあたっては、まず、「既往知見を踏まえた津波の評価」を行い、想定される津波の規模観について把握した上で、「施設の安全性評価」として、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討を行い、津波が各施設の設置される敷地に到達する可能性がないことを確認する。



* 緑色及び水色のコンター線は、10mピッチで表示

1.3 評価概要

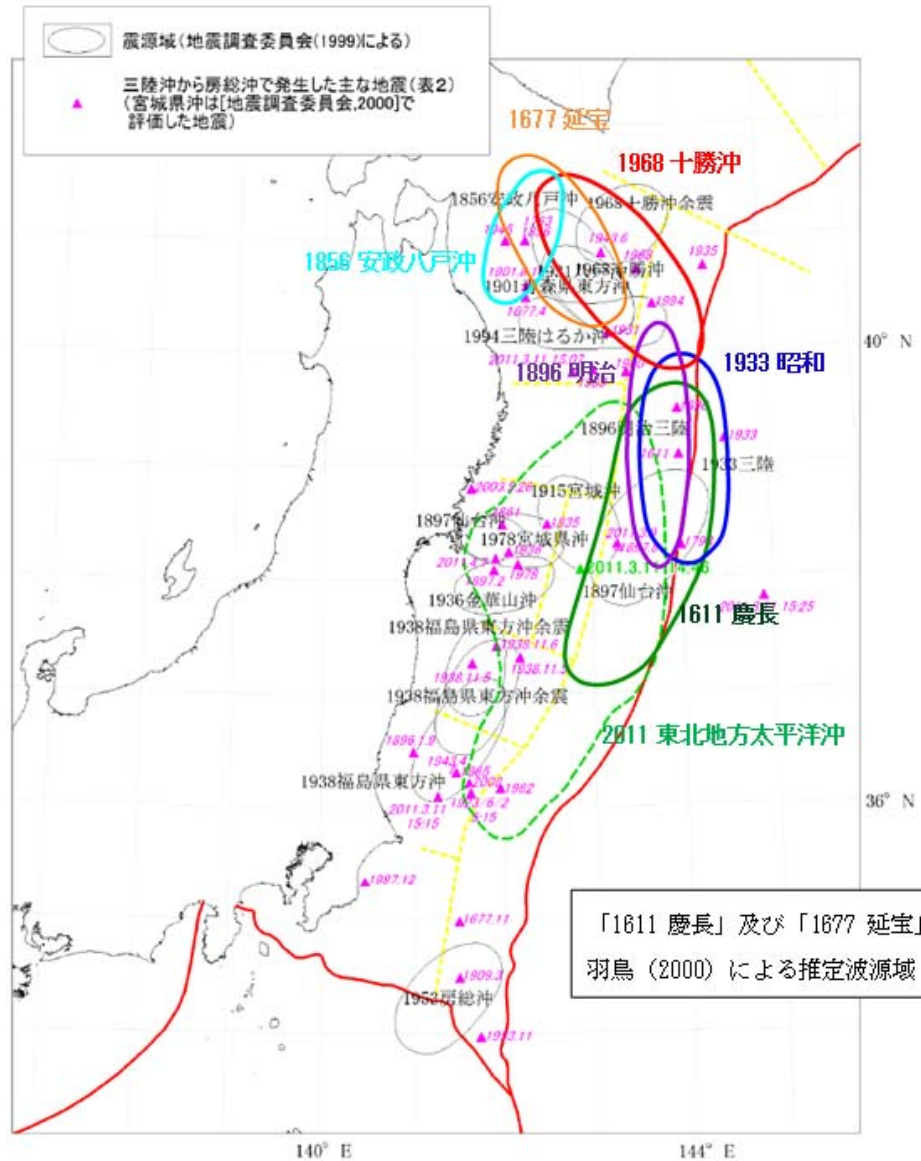


2. 既往津波に関する検討

2. 1 文献調査

2. 2 既往津波の再現性の確認

文献調査結果①

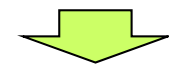


地震調査委員会(2012)より抜粋・一部加筆

青森県東方沖から三陸沖で発生した津波の推定波源域

【文献調査の検討概要】

- 敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる既往津波について、宇佐美ほか(2013)、渡辺(1998)等により文献調査を実施した。
- 敷地は太平洋側に位置していることから、敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる津波として、まず、津波規模 m が2以上の日本海溝沿い及び千島海溝沿いで発生した近地津波について抽出を行った。また、遠地津波については、宇佐美ほか(2013)の『[付表2]外国沿岸の地震による津波のうち、日本およびその付近に被害を及ぼした津波について』を参照し抽出した。
- 抽出された津波について、津波の大きさ、波源からの伝播距離及び津波による被害の大きさを考慮し、敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波として以下の7つの津波を抽出した。
- なお、津波の伝播特性に係る検討の結果(参考資料参照)、敷地から見て太平洋側への伝播が卓越しており、このことから、敷地周辺に大きな影響を及ぼす既往津波は、日本海溝沿い及び千島海溝沿いで発生する津波であると考えられる。

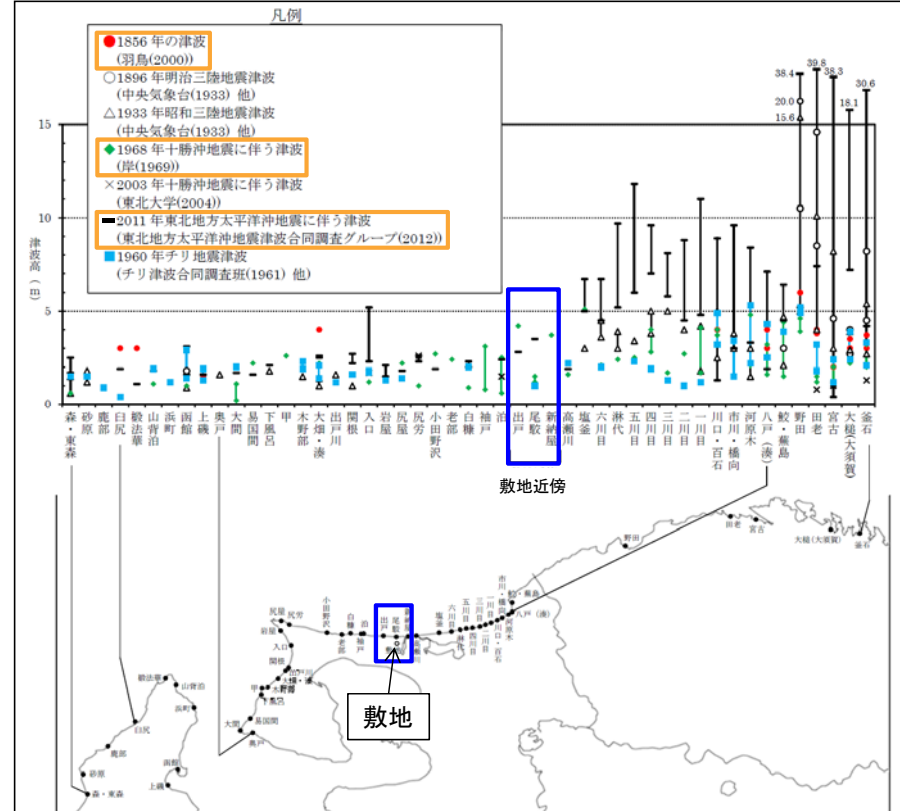


【敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波】

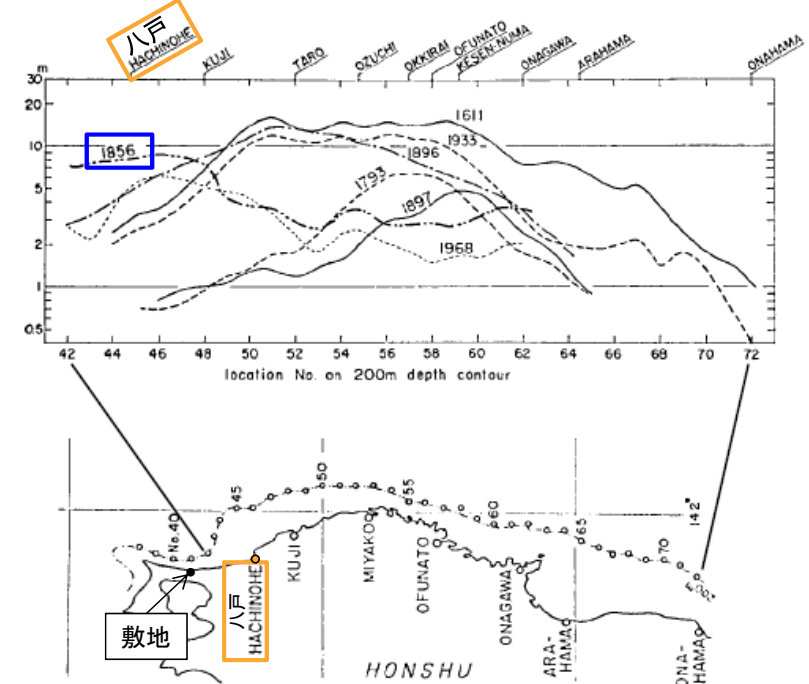
- ◆ 1611年の津波
- ◆ 1677年の津波
- ◆ 1856年の津波
- ◆ 1896年明治三陸地震津波
- ◆ 1933年昭和三陸地震津波
- ◆ 1968年十勝沖地震に伴う津波
- ◆ 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波

2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

文献調査結果②



主な既往津波高とその位置



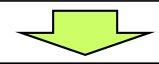
相田(1977)より抜粋・一部加筆
既往津波の波高分布比較

【近地津波】

- 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波以前では、敷地南方においては1968年十勝沖地震に伴う津波が、敷地北方においては1856年の津波が、他の津波に比較して大きい。さらに、相田(1977)では、数値シミュレーションによる200m等深線上の波高をもとにした海岸での平均的な津波高が示されており、これによると、八戸付近より北方においては、1856年の津波が最大となっている。
- 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の津波高は、敷地近傍の出戸から新納屋の範囲においては、1968年十勝沖地震に伴う津波とほぼ同等の津波高である。
- 以上のことから、敷地近傍に大きな影響を及ぼしたと考えられる近地津波は、1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波と評価した。

【遠地津波】

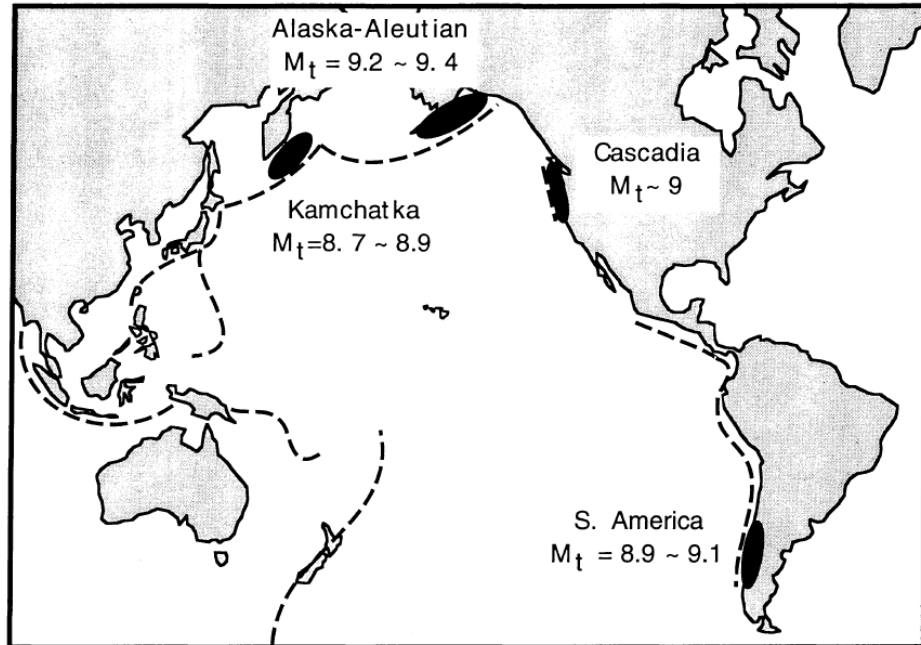
- 敷地周辺に襲った遠地津波の中では、1960年チリ地震津波が最大であり、敷地近傍の出戸から新納屋の範囲の津波高は、尾駈で1.0mが記録されている。
- 以上のことから、敷地近傍に影響を及ぼしたと考えられる遠地津波は、1960年チリ地震津波であるが、近地津波の津波高を上回るものではないと評価した。



敷地近傍に大きな影響を及ぼしたと考えられる既往津波は、1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波と評価した。

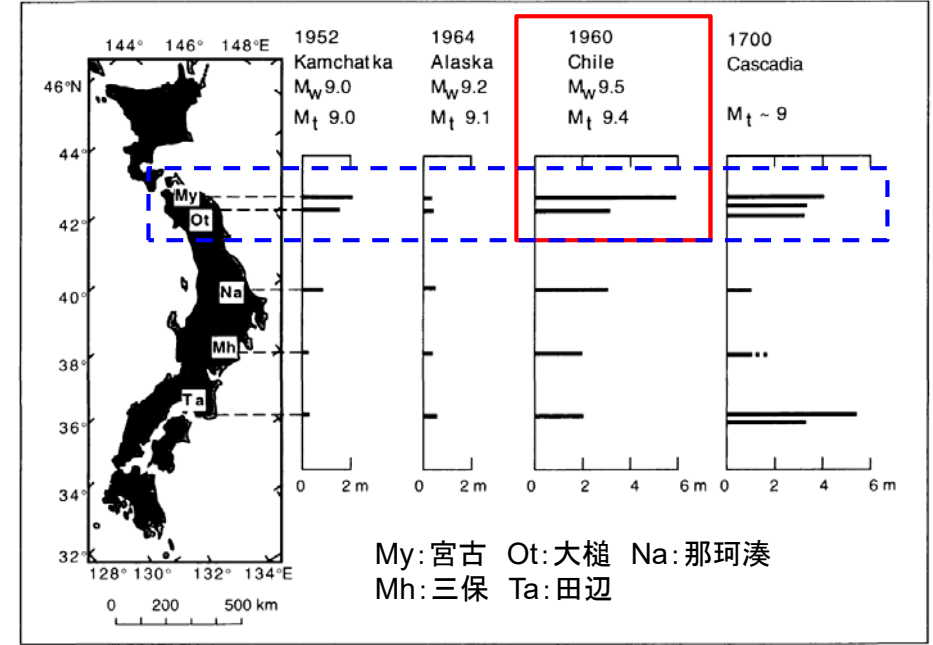
<参考>遠地津波に係る文献調査①

過去に世界で発生したM9クラスの巨大地震のうち三陸沿岸に最も影響を及ぼした遠地津波は、1960年チリ地震に伴う津波である。



都司ほか(1998)より抜粋

M9クラスの巨大地震発生位置



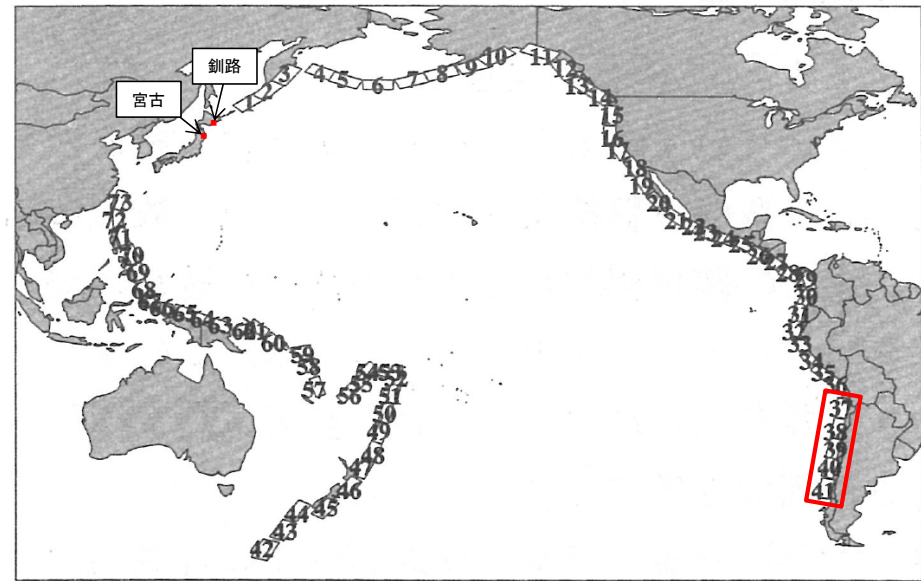
都司ほか(1998)より抜粋・一部加筆

三陸沿岸に影響を及ぼしたM9クラスの巨大地震に伴う津波高さの比較

2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考>遠地津波に係る文献調査②

- 河田ほか(1998)は、環太平洋地震帯上の各地に断層モデルを系統的に想定して、数値計算によって日本沿岸部に来襲する遠地津波の最大高さや到達時間などの伝播特性を定量的に評価している。
- 北海道・東北における最大水位は、チリからの津波が最も大きくなる傾向がある。



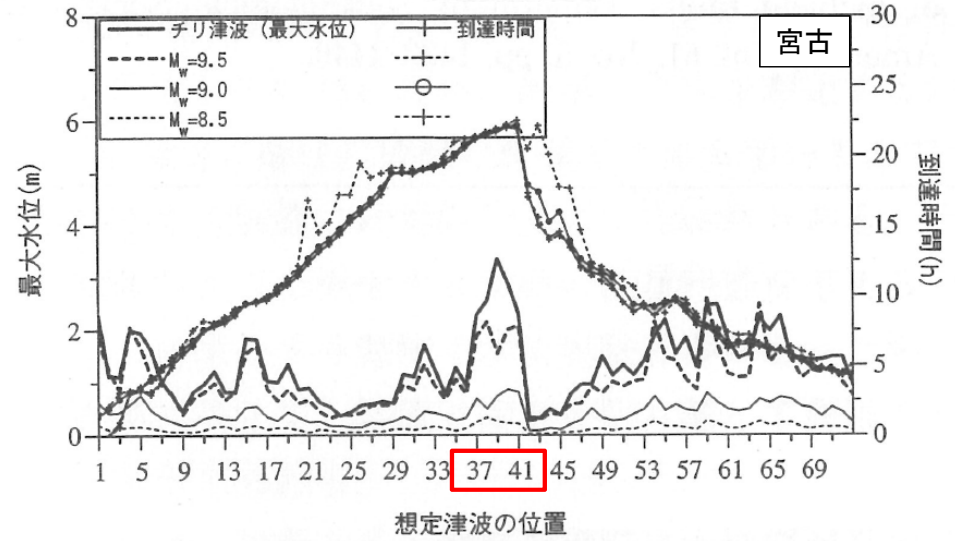
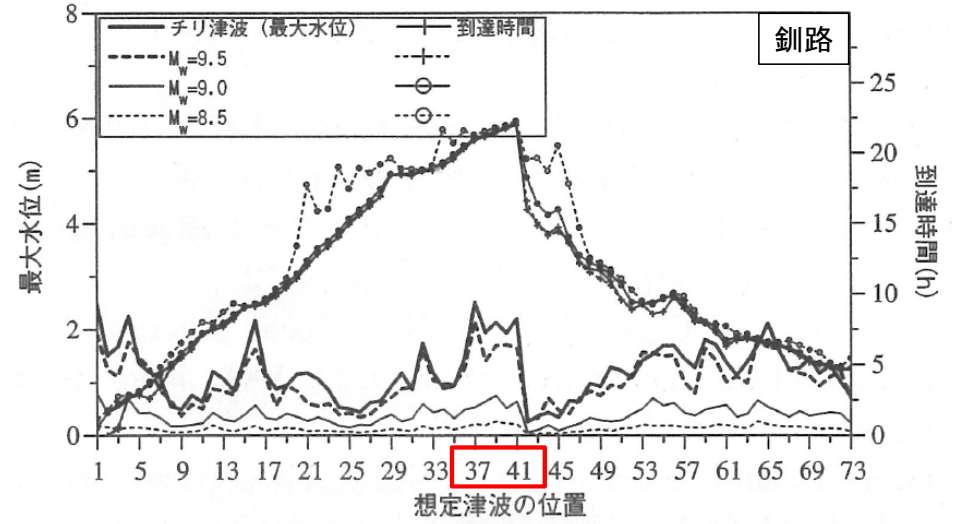
河田ほか(1998)より抜粋・一部加筆

想定津波モデルの位置

想定津波モデルの断層の大きさ

	長さ (km)	幅 (km)	変位 (m)
チリ津波	800	200	24.0
$M_w=9.5$	655	328	20.7
$M_w=9.0$	369	184	11.7
$M_w=8.5$	207	104	6.6

河田ほか(1998)より抜粋



河田ほか(1998)より抜粋・一部加筆

遠地津波の到達時間と最大水位



2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考> 文献調査結果(主な既往の近地津波①)

主な既往の近地津波(1/2)

発生年月日	発生場所	地震規模 M	津波規模 m	地震・津波の概要
869.7.13 (貞観11)	三陸沖	8.3 ±1/4	4	三陸沿岸：城郭・倉庫・門櫓・垣壁等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。
1611.12.2 (慶長16)	三陸沖	≒8.1	4	三陸沿岸及び北海道東岸：三陸地方で強震。震害は軽く、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。1933年の三陸地震津波に似ている。
1640.7.31 (寛永17)	渡島地方東部	—	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。
1677.4.13 (延宝5)	青森県 東方沖	7 ¹ / ₄ ~ 7 ¹ / ₂	2	陸中：八戸に震害あり。震後約1時間で津波来たり。家屋流潰約70軒。余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ている。
1763.1.29 (宝暦12)	青森県 東方沖	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。
1793.2.17 (寛政5)	三陸沖	8.0~ 8.4	2 [2.5]	陸前・陸中・磐城：仙台領内で家屋損壊1千余、死12。沿岸に津波が来て、大槌・両石で流潰家71、死9、気仙沼で流失家300余。余震が多かった。
1843.4.25 (天保14)	釧路沖	≒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。
1856.8.23 (安政3)	青森県 東方沖	≒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等。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。
1894.3.22 (明治27)	根室半島 南西沖	7.9	2 [2.5]	根室沖：根室・厚岸で家屋・土蔵に被害。死1、家屋潰12、津波は宮古4.0m、大船渡1.5m等。
1896.6.15 (明治29)	三陸沖	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。家屋流失全半潰8~9千以上、船の被害約7千。波高は、吉浜24.4m、綾里38.2m、田老14.6m等。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の。
1933.3.3 (昭和8)	三陸沖	8.1	3 [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、倒潰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。

※「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)による。
「発生場所」及び「地震規模 M」は、次の値を示している。
1922年以前の地震、2011年の地震：宇佐美ほか(2013)
1923年以降の地震(2011年の地震を除く)：気象庁(1951-2010)による。
「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)による。
ただし、[]は羽島による値(宇佐美ほか(2013)により引用)、()は渡辺(1998)による値、< >は国立天文台(2014)による値で、宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。
「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)及び国立天文台(2014)を参照している。



2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考> 文献調査結果(主な既往の近地津波②)

主な既往の近地津波(2/2)

発生年月日	発生場所	地震規模 M	津波規模 m	地震・津波の概要
1952.3.4 (昭和27)	十勝沖	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。
1958.11.7 (昭和33)	択捉島 南東沖	8.1	1 [2] (2)	択捉島付近: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。
1963.10.13 (昭和38)	択捉島 南東沖	8.1	2 [3]	択捉島付近:津波があり、三陸沿岸で軽微な被害。花咲で1.2m, 八戸で1.3m等。
1963.10.20 (昭和38)	択捉島 南東沖	6.7	2 [2]	ウルップ島沖:10月13日エトロフ島沖地震の余震。津波の高さはウルップで10~15m, 択捉島で8m。
1968.5.16 (昭和43)	青森県 東方沖	7.9	2 [2.5]	『1968年十勝沖地震』:青森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も多かった。津波があり、三陸沿岸3~5m, 襟裳岬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立った。
1969.8.12 (昭和44)	北海道 東方沖	7.8	0 [2.5] (1)	北海道東方沖:津波により北海道東部に軽い被害あり。津波の高さは花咲129cm, 釧路93cm, 八戸109cm。
1973.6.17 (昭和48)	根室半島 南東沖	7.4	0 [2] (1) <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。
1994.10.4 (平成6)	北海道 東方沖	8.2	[3] (2) <2>	『平成6年(1994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, 住家全壊61, 半壊348。津波は花咲で173cm。震源に近い択捉島では死・不明10等, 地震と津波で大きな被害。
2003.9.26 (平成15)	十勝沖	8.0	[2.5] <2>	『平成15年(2003年)十勝沖地震』:太平洋プレート上面の逆断層型プレート境界地震で1952年とほぼ同じ場所。死1, 不明1, 傷849, 住家全壊116, 半壊368。最大震度6弱(道内9町村), 北海道及び本州の太平洋岸に最大4m程度の津波。
2011.3.11 (平成23)	東北沖	Mw 9.0	[4] <4>	『平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震』:震源域は岩手県から福島県までの東側沖合で南北に長さ400kmにおよび、日本海溝付近から沿岸部近くまで太平洋プレートと陸側プレートの境界面で東西に200kmと広がった。主として大津波によって、死者・行方不明者1万8,000余と明治三陸津波に次ぐ被害が生じた。

※「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)による。

「発生場所」及び「地震規模 M」は、次の値を示している。

1922年以前の地震, 2011年の地震:宇佐美ほか(2013)

1923年以降の地震(2011年の地震を除く):気象庁(1951-2010)による。

「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)による。

ただし、[]は羽鳥による値(宇佐美ほか(2013)により引用)、()は渡辺(1998)による値、< >は国立天文台(2014)による値で、宇佐美ほか(2013)と異なる場合のみ示している。

「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)及び国立天文台(2014)を参照している。

2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考> 文献調査結果(主な既往の遠地津波①)

主な既往の遠地津波(1/2)

発生年月日	発生場所	地震規模 M [Mt] <Ms>	津波規模 m	地震・津波の概要
1586.7.10 (天正14)	ペルー リマ沖	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。
1687.10.20 (貞享4)	ペルー カヤオ沖	7.6	3	カヤオ, チャシカイ, ピスコで津波。この津波は日本沿岸にも波及し, 塩釜で高さ1.5~1.6尺(約50cm), 12~13回押し寄せた。沖縄でも3回津波が押し寄せた。
1700.1.26 (元禄12)	北米北西部沖 (カスケード地帯)	9クラス [9?]	3~4	米国やカナダの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。宮古と田辺で津波の被害があったという。
1730.7.8 (享保15)	チリ バルパライソ沖	8.7	4	バルパライソは浸水が激しく, 港は破壊された。コンセプション全滅。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。
1751.5.25 (宝暦1)	チリ コンセプション沖	8.5	3	古いコンセプションは全滅。津波は日本沿岸へ襲来, 三陸沿岸の大槌, 牡鹿及び気仙沼で床まで浸水した。
1780.6.29 (安永9)	千島列島 ウルップ島南東沖	7.5	3	ウルップ島で津波の高さ10~12m。同島東岸(ワニノフ)に停泊中のロシア船山上に打ち上げられた。津波は北海道東岸へ襲来した。
1837.11.7 (天保8)	チリ 南部沖	8.0 [9 ¹ / ₄]	3	コンセプション, バルデビアで大津波。津波によりハワイ諸島で大被害。三陸沿岸陸前の気仙沼湾, 本吉, 牡鹿及び宮城の3郡で潮溢れる。
1868.8.13 (慶応4)	チリ北部 アリカ沖	8.5 [9.0]	4	『アリカ地震』:チリ北部(当時ペルー領)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人ともいわれている。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。
1877.5.10 (明治10)	チリ イキケ沖	8.3 [9.0]	4	『イキケ地震』:1868年以上のチリ大地震。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があった。また房総半島で死者を含む被害があった。
1918.9.7 (大正7)	千島列島 ウルップ島東方沖	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。
1922.11.11 (大正11)	チリ アタカマ沖	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等。大船渡で家屋30棟が波に洗われた(高さ1~2mか)。

※「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)による。ただし、1586年の地震、1700年の地震及び1780年の地震については、渡辺(1998)による。

「発生場所」、「地震規模 M[Mt]<Ms>」及び「津波規模m」は、次の値を示している。

2010年の地震: 国立天文台(2014)による。ただし、「津波規模m」は宇佐美ほか(2013)による。

2010年以外の地震: 渡辺(1998)による。

Mtは津波マグニチュードを, Msは表面波マグニチュードを示す。

「地震・津波の概要」は、次を参照している。

2010年の地震: 今村ほか(2010)及び都司ほか(2010)による。

2010年以外の地震: 渡辺(1998)による。



2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考> 文献調査結果(主な既往の遠地津波②)

主な既往の遠地津波(2/2)

発生日月	発生場所	地震規模 M [Mt] <Ms>	津波規模 m	地震・津波の概要
1946.4.1 (昭和21)	アリューシャン列島東部	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灯台で30.5m, ハワイ諸島で0.5~17mの高さとなる等太平洋沿岸各地にかなりの津波が襲来した。日本沿岸の津波の最大全振幅は鮎川56cm, 八戸20cm等。
1952.11.4 (昭和27)	カムチャツカ半島 南東沖	8.5 [9.0]	3	『カムチャツカ津波』:カムチャツカ半島で1~15mの津波。ハワイ諸島で10.4mに達する等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0.5~3.0m程度。北海道, 三陸沿岸, 下田, 尾鷲等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。
1960.5.22 (昭和35)	チリ 南部沖	8.5 [9.4]	4	『チリ地震津波』:チリのイスラ・モチャで20~25mの津波。太平洋沿岸各地に波及し, ハワイ諸島で10.5mに達する。日本沿岸での波高は三陸沿岸で0.8~8.1m, その他で0.6~4.2m。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。
1964.3.28 (昭和39)	アラスカ湾	9.2 [9.1] <8.4>	4	『アラスカ地震津波』:アラスカのバルディーズで6.1~30m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。
1965.2.4 (昭和40)	アリューシャン列島	8.7 [8.6] <8.2>	3	アリューシャンで0.2~10mの津波。三陸沿岸の浅海漁業施設に僅かの被害があった。
1996.2.17 (平成8)	インドネシア イリアン・ジャヤ沖	<8.1>	3	インドネシアのピアック島で最大7.7m(津波到達時の潮位上)に達した。日本沿岸の津波の最大全振幅は, 父島で195cm, 串本で170cm。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。
2010.2.27 (平成22)	チリ 中部沖	8.5	[3]	チリ沿岸は平均5~9mの津波(遡上高さ)。最大は28m(遡上高さ)。日本沿岸での最大は気仙沼湾奥で3.0m(全振幅)。

※「発生日月」は、宇佐美ほか(2013)による。
「発生場所」、「地震規模 M[Mt]<Ms>」及び「津波規模m」は、次の値を示している。
2010年の地震: 国立天文台(2014)による。ただし、「津波規模m」は羽鳥による値(宇佐美ほか(2013)により引用)。
2010年以外の地震: 渡辺(1998)による。
Mtは津波マグニチュードを, Msは表面波マグニチュードを示す。
「地震・津波の概要」は、次を参照している。
2010年の地震: 今村ほか(2010)及び都司ほか(2010)による。
2010年以外の地震: 渡辺(1998)による。



2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考> 文献調査結果(主な既往の近地津波の津波高)

主な既往の近地津波の津波高 (単位:m)											
市町村名	地名	1611年 慶長16 三陸沖	1677年 延宝5 青森県東方沖	1763年 宝暦12 青森県東方沖	1856年 安政3 青森県東方沖	1896年 明治29 三陸沖	1933年 昭和8 三陸沖	1952年 昭和27 十勝沖	1968年 昭和43 青森県東方沖	2003年 平成15 十勝沖	2011年 平成23 東北沖
森町	森・東森						0.6~1.5		0.6		1.7~2.5
	砂原						1.2~1.8				
鹿部町	鹿部										
	白尻				3						1.9
函館市	椴法華				3						1.1
	山背泊								1.1		1.8
	浜町										
	函館			1~2	3	1.8	0.9	0.3	1.0		1.6~3.1
北斗市	上磯				1.5					1.6	
大間町	奥戸						1.6				
	大間								0.2~1.1		1.7
風間浦村	易国間								2.2		1.6
	下風呂						1.8				2.1
むつ市	甲								2.6		
	木野部						1.5				
	大畑・湊				4		1.0~1.4		2.2		2.5~2.6
	出戸川						1.6				
東通村	関根						1.0				2.2~2.7
	入口								1.2	1.7	2.3~5.2
	岩屋								1.3		1.5~2.1
	尻屋								2.2		1.8
	尻労								1.0	2.6	2.3~2.6
	小田野沢								2.7		1.9
	老部								2.4		
六ヶ所村	白糠								0.9		2.0~2.3
	袖戸								0.8~3.1		
	泊								0.6~2.5	1.5	2.4
	出戸								4.2		2.8
	尾駮								1.2~1.5		3.5
三沢市	新納屋								3.7		
	高瀬川								1.6		1.9
	塩釜						3.0		5.1		5.0~6.7
	六川目						3.6~4.5		2.1		4.5~6.7
	淋代						3.0~3.9		2.4		5.2~9.7
	五川目						3.4		2.5		6.0~11.8
	四川目						3.8~5.0		2.8~4.0		7.0~9.6
三川目						5.0		1.7		5.8~8.1	
おいらせ町	二川目						4.0		2.7		4.5~8.8
	一川目						1.8~4.2		1.7~4.1		4.8~11.0
	川口・百石				4		2.5~5.0		3.7~4.0		1.3~8.9
八戸市	市川・橋向						3.0~3.8				3.0~9.6
	河原木						1.5~3.0		2.1~4.8		3.3~8.4
	八戸(湊)			1~3	3~4			2.0	1.6~3.2		1.9~7.1
	鮫・蕨島					3	2.1~4.7		1.5~4.4		4.5~6.4
野田村	野田		4~5	6	10.5~20.0	5.0~15.6	2.2	3.9~4.6		5.2~38.4	
宮古市	田老	15~21	2~3		3.8~4	8.5~14.6	4.0~10.1	1.0	1.2~1.5	0.8	7.4~39.8
	宮古	6~8	2~3	1~2	2	4.6	3.0~8.2	0.7~1.3	1.2~2.0	1.0~1.1	0.4~38.3
大槌町	大槌(大須賀)	5~10	2.8~4		3~3.5	2.7~4.0	2.9~3.9	2.2~2.3		7.2~18.1	
釜石市	釜石			1	3~3.7	4.5~8.2	2.7~5.4	2	2.0~3.2	1.3	4.2~30.6
文献		羽鳥 (2000)	羽鳥 (2000)	羽鳥 (2000)	羽鳥 (2000)	中央気象台 (1933) 他	中央気象台 (1933) 他	渡辺 (1998)	岸 (1969)	東北大学 (2004)	東北地方太平洋沖 地震津波合同調査 グループ(2012)



2. 既往津波に関する検討 2.1 文献調査

<参考> 文献調査結果(主な既往の遠地津波の津波高)

主な既往の遠地津波の津波高 (単位:m)					
市町村名	地名	1868年 慶応4 チリ北部アリカ沖	1877年 明治10 チリのイキケ沖	1952年 昭和27 カムチャツカ半島南東沖	1960年 昭和35 チリ南部沖
森町	森・東森				1.5
	砂原				1.5
鹿部町	鹿部				0.9
	臼尻				0.4
函館市	楡法華				
	山背泊				1.9
	浜町				1.2
北斗市	函館	2	2.4	0.5~1.5	1.4~2.9
大間町	上磯				1.3~1.9
	奥戸				
風間浦村	大間				2.0
	易国間				
むつ市	下風呂				
	甲				
	木野部				1.9~2.3
	大畑・湊				1.4~2.1
	出戸川				1.2
東通村	関根				1.6
	入口				1.7~1.8
	岩屋				1.3
	尻屋				1.4
	尻勞				
	小田野沢				
六ヶ所村	老部				2.0
	白糠				
	袖戸				
	泊				
	出戸				
三沢市	尾駁				1.0
	新納屋				
	高瀬川				2.2
	塩釜				
	六川目				2.0
三沢市	淋代				
	五川目				2.3
	四川目				1.9
	三川目				1.3
おいらせ町	二川目				1.0
	一川目				1.2
	川口・百石				3.2~4.9
八戸市	市川・橋向				1.5~3.4
	河原木				2.2~5.3
	八戸(湊)				2.5~4.3
	鮫・蕪島			1.8	3.9
野田村	野田				4.9~5.2
宮古市	田老			2.2	1.8~3.2
	宮古			0.4~1.8	1.2~2.4
大槌町	大槌(大須賀)			1.5	2.4~3.9
釜石市	釜石		3		2.1~3.3
文献		渡辺 (1998)	渡辺 (1998)	渡辺 (1998)	チリ津波合同調査班 (1961) 他

検討方針

- 解析モデル及び計算方法の妥当性確認のため、既往津波について数値シミュレーションを行い、計算結果と実際の津波痕跡高との比較による既往津波の再現性の検討を実施した。
- 対象とした既往津波については、過去に敷地近傍に大きな影響を及ぼしたと考えられる津波である、1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波を対象とした。
- 再現性の評価の指標としては、相田(1977)による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値K及びばらつきを表す指標 κ を用い、土木学会(2016)に示される「 $0.95 < K < 1.05$ 、 $\kappa < 1.45$ 」を再現性の目安とした。
- 数値シミュレーションにあたっては、右の表に示す計算条件を設定した。

空間格子間隔 Δs (m)	1440	480 (1440/3)	160 (1440/9)	80 (1440/18)	40 (1440/36)	20 (1440/72)	10 (1440/144)	5 (1440/288)
時間格子間隔 Δt (s)	0.1							
基礎方程式	後藤・小川(1982)の非線形長波式							
沖側境界条件	自由透過	外側の格子領域と水位・流量を接続						
陸側境界条件	完全反射			小谷ほか(1998)の遡上境界条件				
越流境界条件	—※						本間(1940)の越流境界条件	
初期海面変動	地震断層モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える							
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 $n=0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ (土木学会(2016)より)							
水平渦動粘性係数	考慮しない							
潮位条件	T.M.S.L. $\pm 0.0\text{m}$							
計算再現時間	地震発生後4時間							

※空間格子間隔 $\Delta s = 1440\text{m} \sim 20\text{m}$ の領域には防波堤は考慮していない

【再現性の指標】

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i$$

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

n : 地点数
 $K_i = R_i / H_i$
 R_i : i 番目の地点での痕跡高
 H_i : i 番目の地点での計算値

土木学会(2016)より抜粋

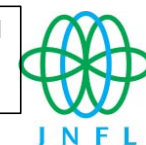
基礎方程式：非線形長波 [浅水理論] の連続式及び運動方程式

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

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

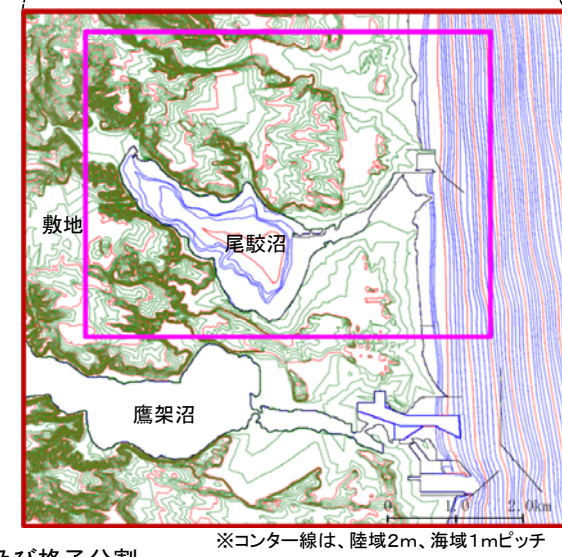
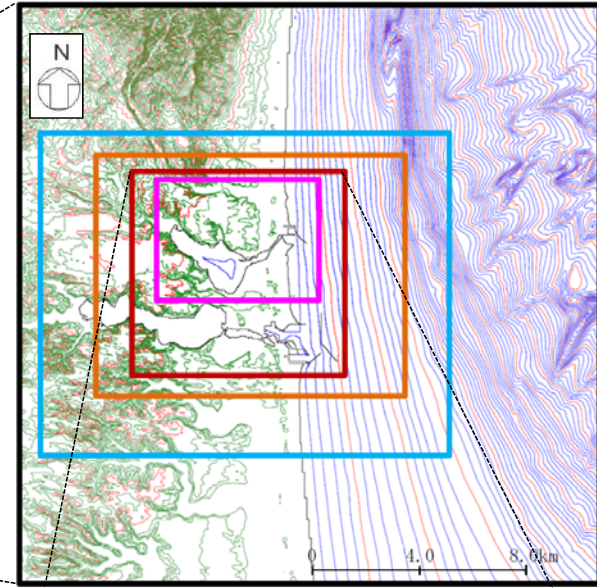
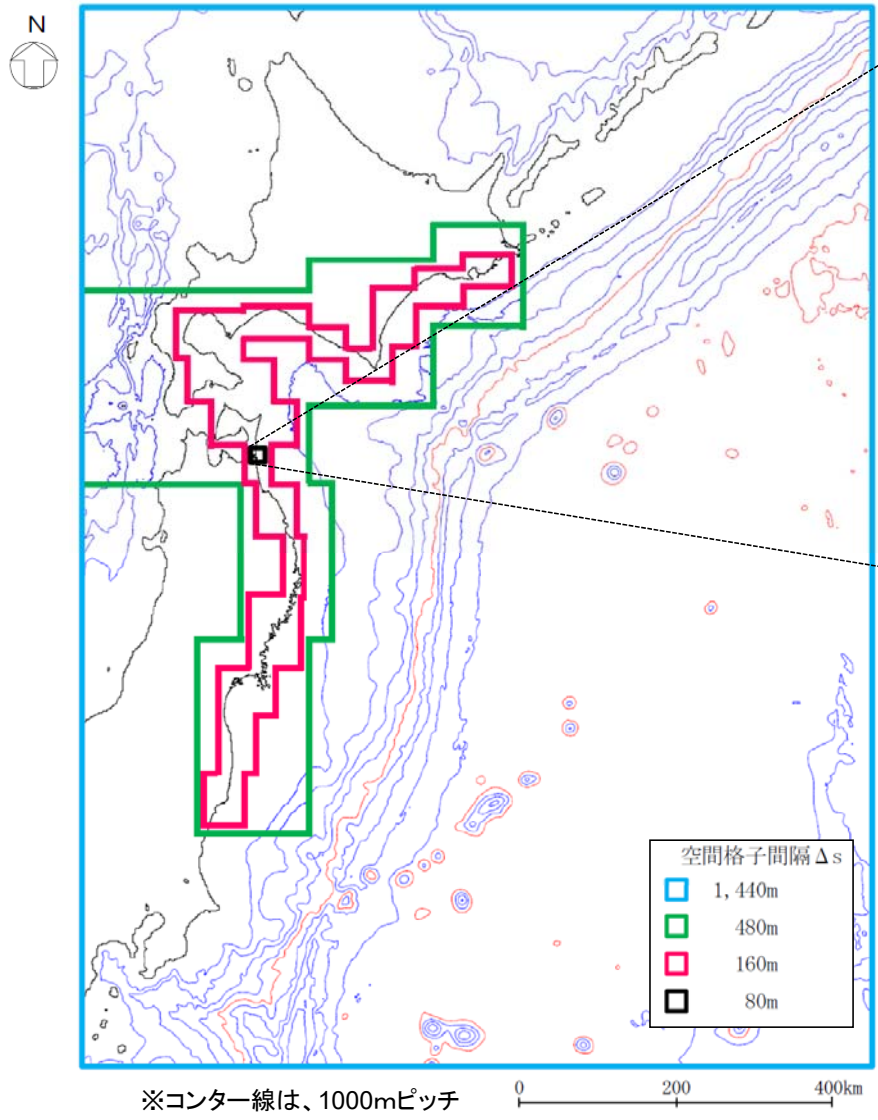
$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0$$

ここで、 x, y : 水平座標 (m) t : 時間 (s)
 Q_x, Q_y : x, y 方向の単位幅当たりの流量 (=流速×全水深) (m^2/s)
 η : 静水面からの水位 (m) D : 全水深 (= $h + \eta$) (m)
 h : 静水深 (m) g : 重力加速度 (m/s^2)
 n : マニングの粗度係数 ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)



数値シミュレーションにおける計算領域、水深及び格子分割

海底地形のモデル化にあたっては、日本水路協会の海底地形データM7000シリーズ等を用いて、土木学会(2016)を参考とし、水深と津波の周期から推定される津波の波長を基に、計算格子分割を設定した。

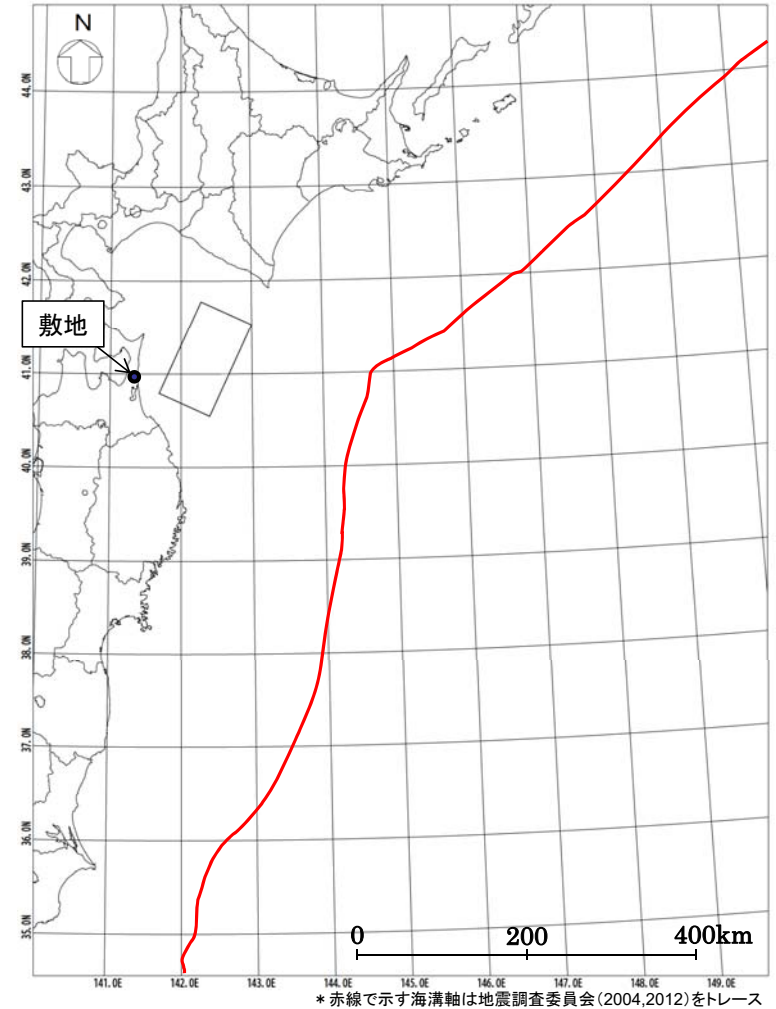


数値シミュレーションに用いた計算領域(東西約1,000km、南北約1,300km)、水深及び格子分割

2. 既往津波に関する検討 2.2 既往津波の再現性の確認

既往津波の再現性の検討結果(1856年の津波)

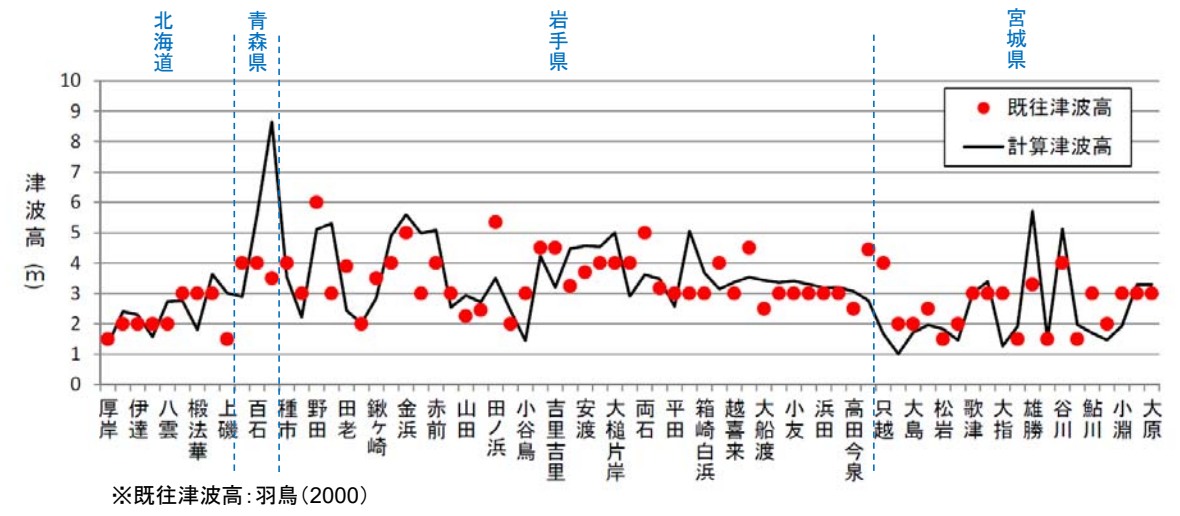
○波源モデルの位置及び諸元



波源モデルの位置
諸元
(土木学会(2002)の諸元を補正)

モーメント マグニチュード Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.32	120	70	205	26	20	90	5.0×10^{10}	9.00

○再現性の確認結果



既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較

1856年の津波の再現性検討結果

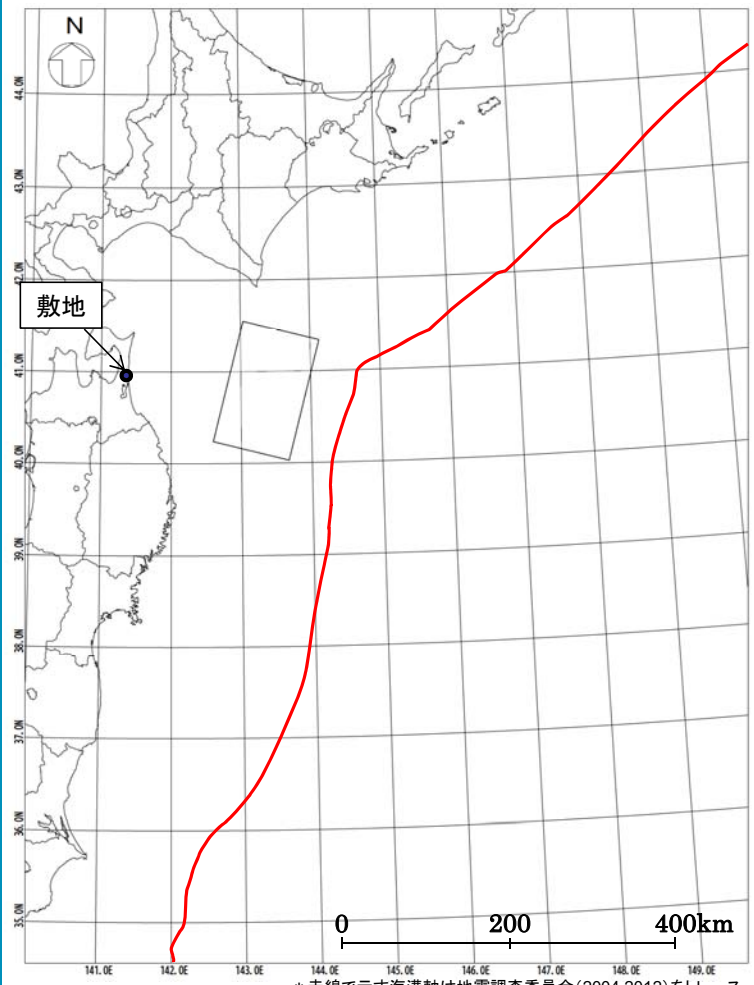
比較地域	地点数n	K	κ
厚岸～大原	71	1.01	1.42

1856年の津波の再現性について検討した結果、 $K=1.01$ 、 $\kappa=1.42$ の結果が得られ、土木学会(2016)の目安を満足していることを確認した。

2. 既往津波に関する検討 2.2 既往津波の再現性の確認

既往津波の再現性の検討結果(1968年十勝沖地震に伴う津波)

○波源モデルの位置及び諸元



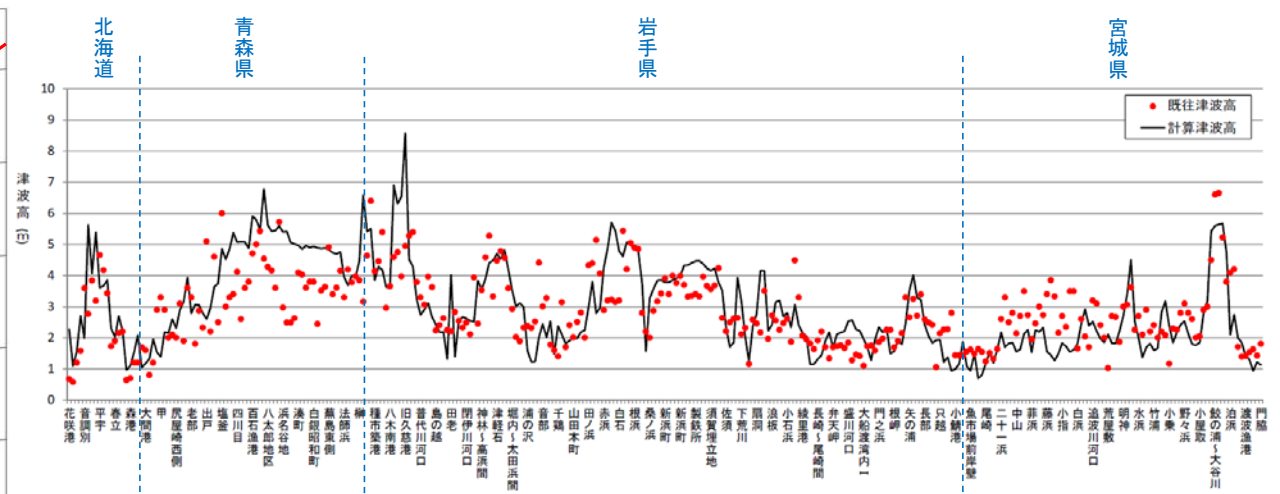
波源モデルの位置

諸元

(土木学会(2002)を補正)

モーメント マグニチュード Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ ($^{\circ}$)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ ($^{\circ}$)	すべり角 λ ($^{\circ}$)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.36	150	100	195	12	20	76	5.0×10^{10}	5.90

○再現性の確認結果



※既往津波高: 岸(1969)

既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較

1968年十勝沖地震に伴う津波の再現性検討結果

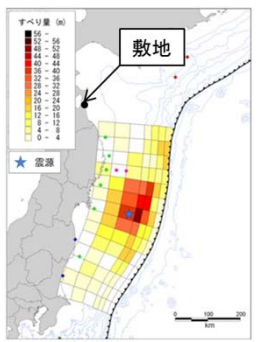
比較地域	地点数n	K	κ
花咲港～門脇	313	0.99	1.44

1968年十勝沖地震に伴う津波の再現性について検討した結果、 $K=0.99$ 、 $\kappa=1.44$ の結果が得られ、土木学会(2016)の目安を満足していることを確認した。

2. 既往津波に関する検討 2.2 既往津波の再現性の確認

既往津波の再現性の検討結果(2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波)

○波源モデルの位置及び諸元



内閣府(2012)より抜粋・一部加筆

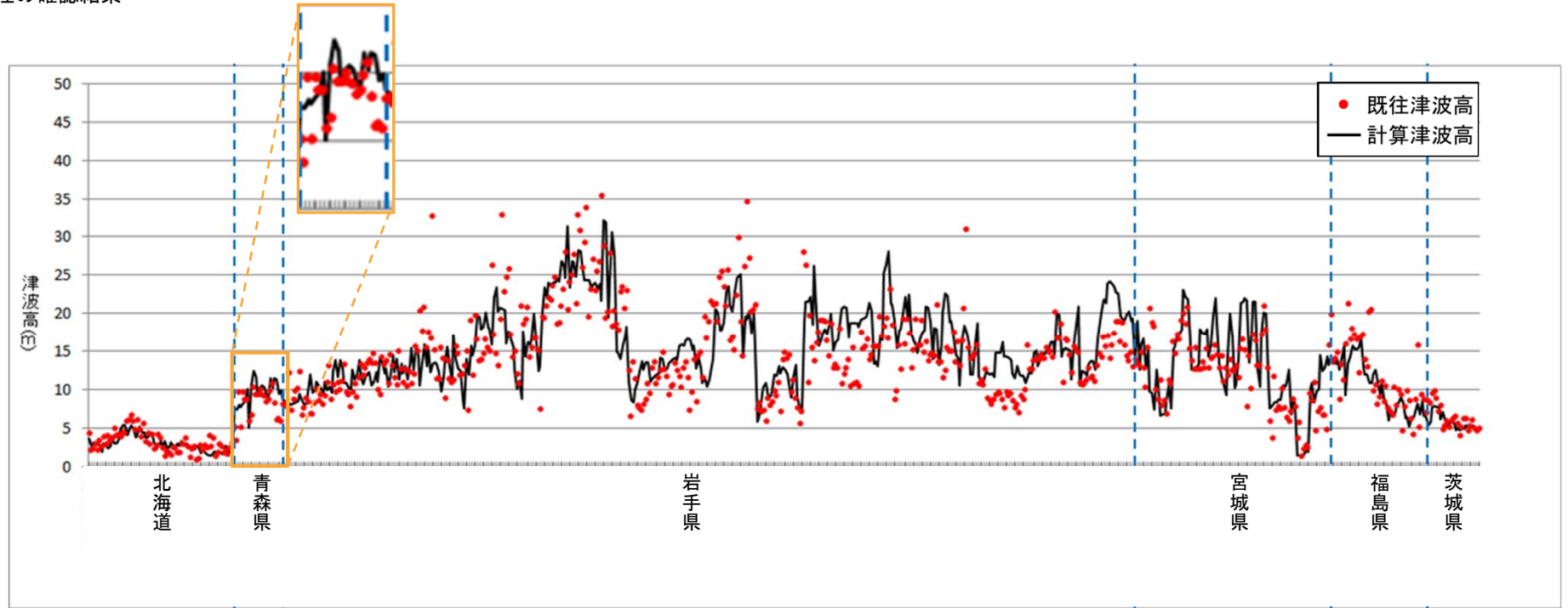
諸元	
Mw	面積(km ²)
9.0	119,974

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現性検討結果

比較地域	地点数n	K	κ
根室市～日立市	660	0.952	1.36

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現性について検討した結果、 $K=0.952$ 、 $\kappa=1.36$ の結果が得られ、土木学会(2016)の目安を満足していることを確認した。

○再現性の確認結果



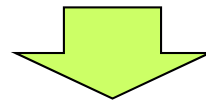
※既往津波高:東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2012)の調査結果のうち、遡上距離および海岸からの距離が500m未満の地点で得られた信頼度B以上の遡上高を使用
既往津波高と数値シミュレーションによる津波高の比較

まとめ

解析モデル及び計算方法の妥当性確認のため、1856年の津波、1968年十勝沖地震に伴う津波及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波を対象として再現性について検討した結果を下表に示す。

既往津波の再現性検討結果

対象とする既往津波	比較地域	地点数n	K	κ
1856年の津波	厚岸～大原	71	1.01	1.42
1968年十勝沖地震に伴う津波	花咲港～門脇	313	0.99	1.44
2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波	根室市～日立	660	0.952	1.36



土木学会(2016)の目安を満足していることから、解析モデル及び計算手法の妥当性を確認した。

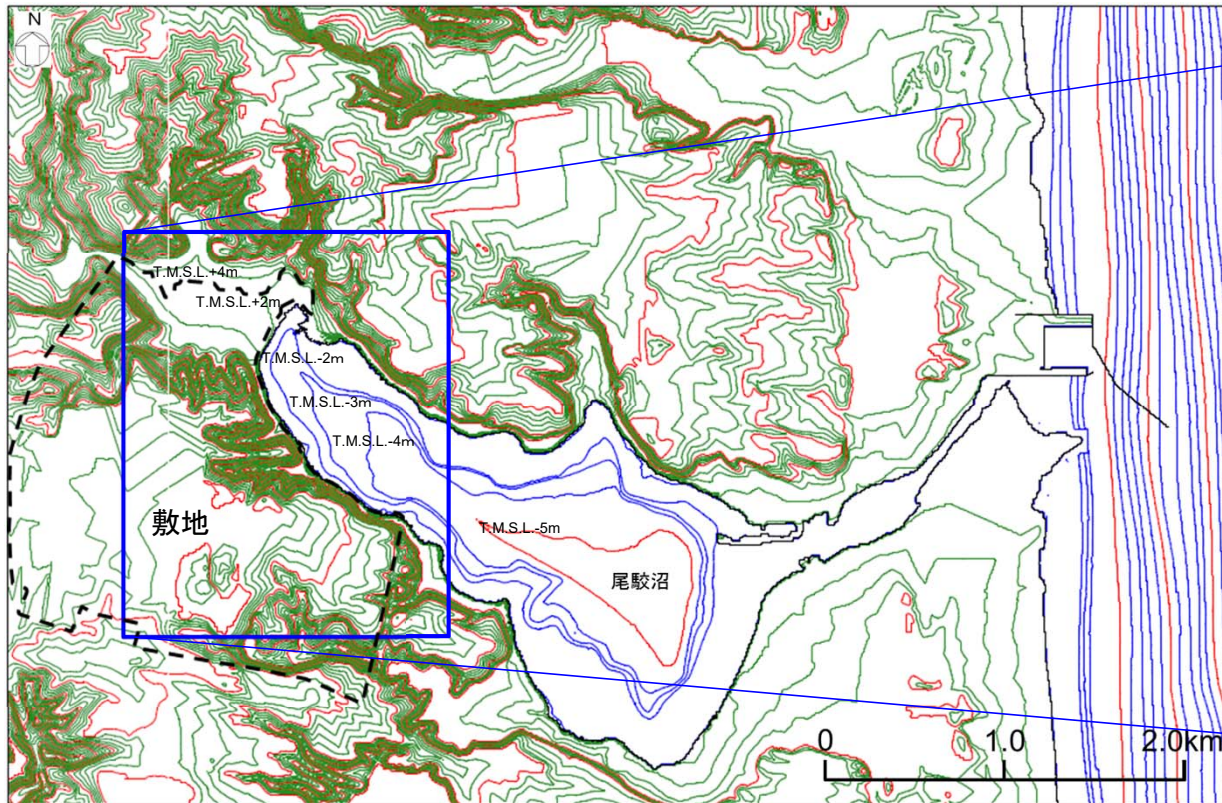
余白

3. 既往知見を踏まえた津波の評価

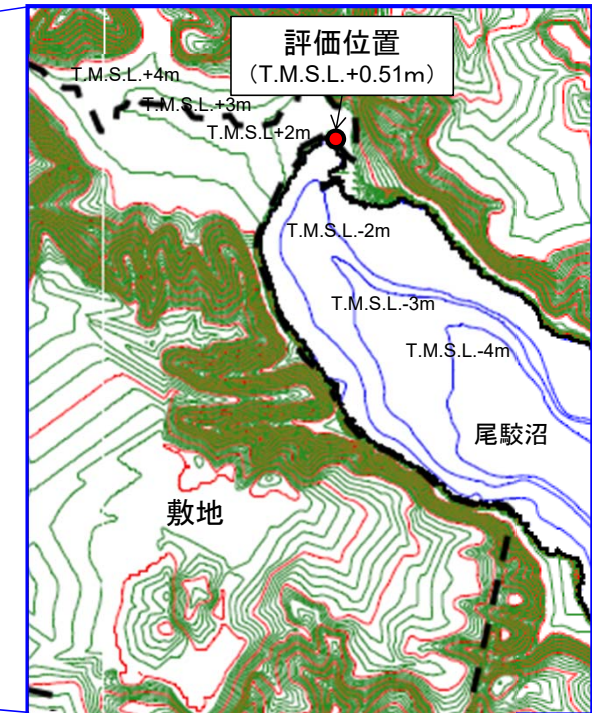
- 3. 1 評価位置の選定
- 3. 2 地震に起因する津波の評価
- 3. 3 地震以外の要因に起因する津波の評価
- 3. 4 まとめ

3.1 評価位置の選定①

- 当社の評価においては、1章に記載の通り、各施設の設置される敷地への到達可能性について検討する方針であるが、各波源モデルの津波高を比較するにあたり、尾駈沼内の地形形状を踏まえ、津波高が高くなると想定される尾駈沼奥の地点を評価位置として選定した。
- 津波による影響を評価するにあたっては、朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮した津波高について評価した。



尾駈沼付近のコンター図



※コンター線は、陸域、海域ともに1mピッチ

拡大図

潮位*

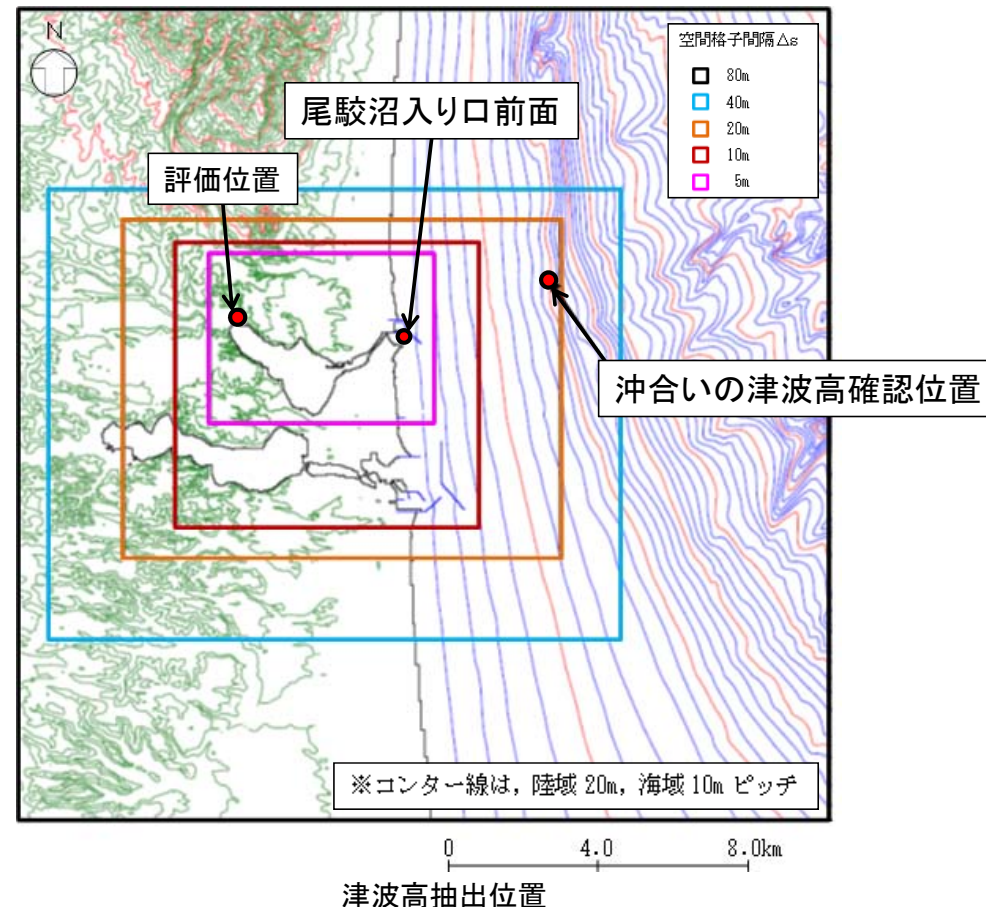
* 国土交通省港湾局験潮所「むつ小川原港」におけるデータ(観測期間:2008年4月~2013年3月)を整理

・最高潮位	T.M.S.L.+1.00m
・朔望平均満潮位	T.M.S.L.+0.67m
・平均潮位	T.M.S.L.+0.05m
・朔望平均干潮位	T.M.S.L.-0.77m
・最低潮位	T.M.S.L.-1.04m

3. 既往知見を踏まえた津波の評価

3.1 評価位置の選定②

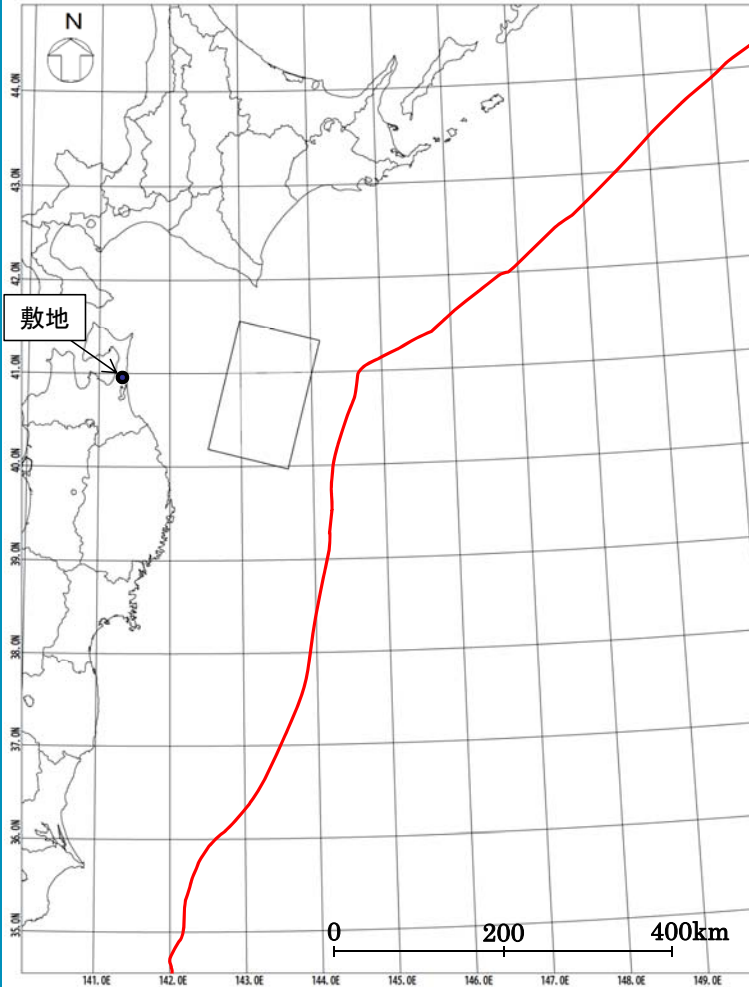
- 各波源モデルの津波高の比較にあたっては、前頁に記載の通り、尾駈沼奥の地点を評価位置として選定したが、津波の規模観の把握のための参考値として、尾駈沼外側の位置の津波高についても抽出することとした。
- 津波高抽出位置については、下図に示す、尾駈沼入り口前面及び沖合いの津波高確認位置の2点とした。
- 沖合いの津波高確認位置は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、反射波の影響が微少となるよう、沖合いに約4km離れた位置(水深100m)とした。本地点における津波高については、地震に起因する津波の評価の中で評価位置における津波高が最も高いケースでの津波高を確認することとした。
- 尾駈沼入り口前面における津波高については、地震に起因する津波の評価における各波源モデルの全てのケースで確認することとした(参考資料参照)。





三陸沖北部のプレート間地震に起因する津波波源モデルの解析結果

○波源モデルの位置及び諸元



* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

波源モデルの位置

諸元

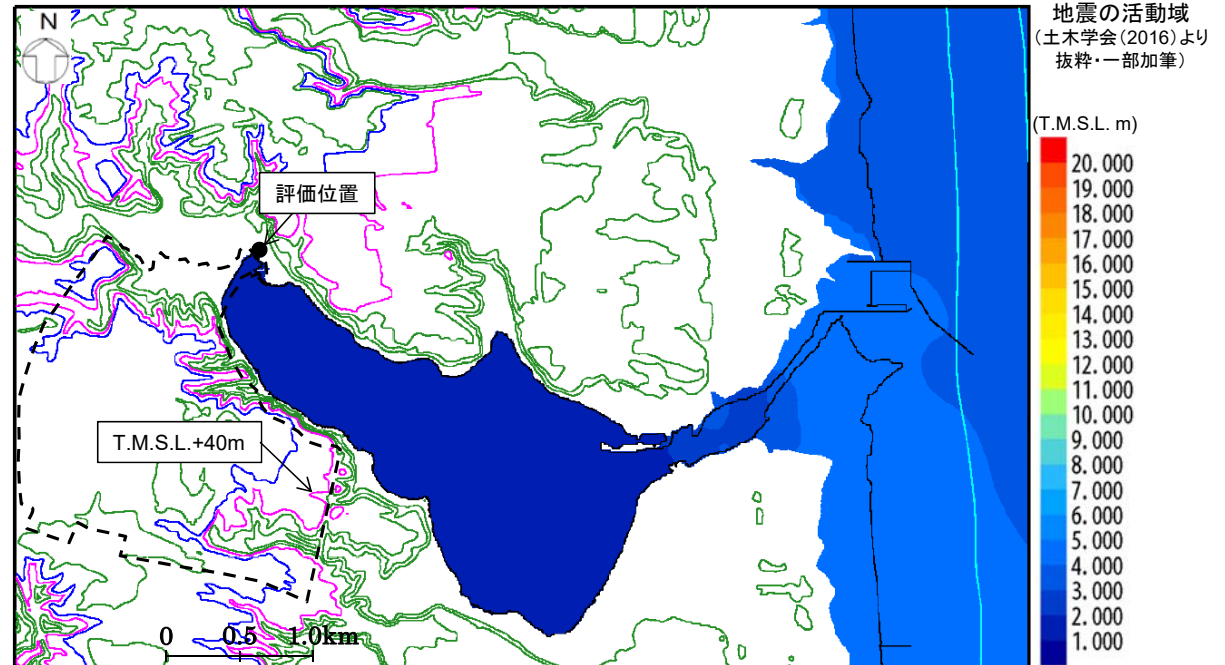
(1968年十勝沖地震に伴う津波を再現する波源モデル(P22)の諸元を補正)

モーメント マグニチュード Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.4	157	104	195	12	20	76	5.0×10^{10}	6.16

三陸沖北部のプレート間地震の波源モデルは、1968年十勝沖地震に伴う津波を再現する波源モデル(P22)をもとに、地震規模が既往最大のMw8.4となるようにスケーリング則に基づき設定した。

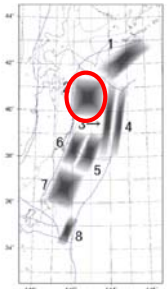
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+1.38m*

※朔望平均満潮位及び地殻変動量(0.075m沈降)を考慮

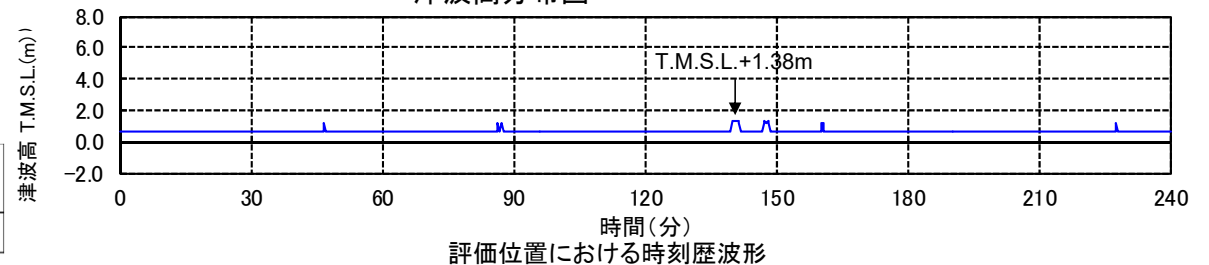


津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



地震の活動域
(土木学会(2016)より
抜粋・一部加筆)

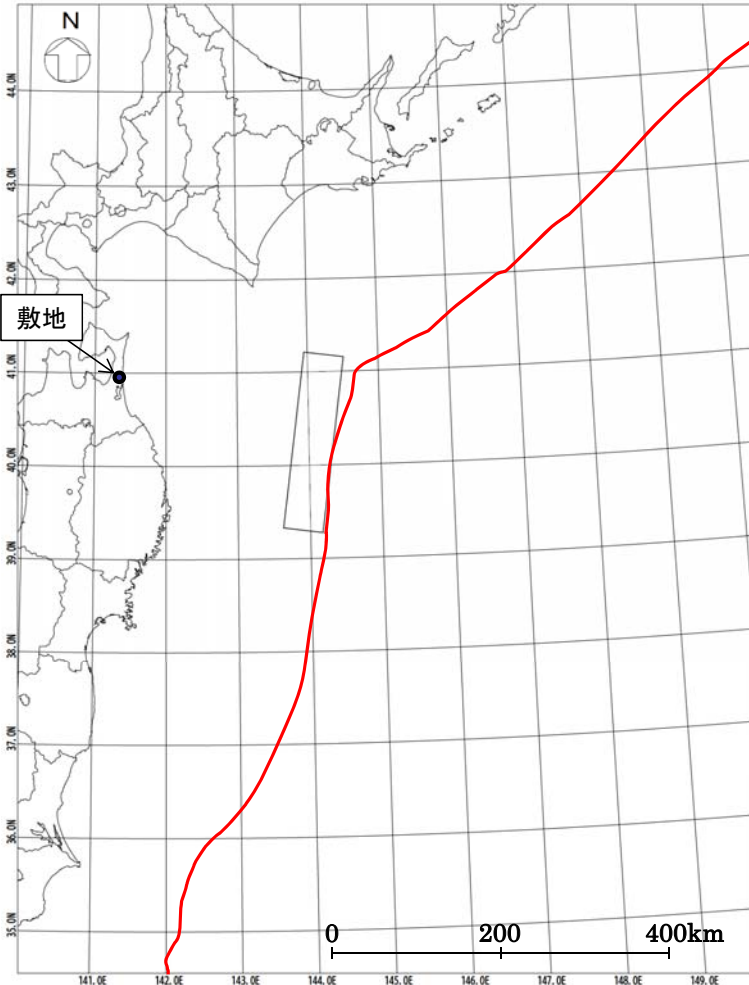


評価位置における時刻歴波形



津波地震に起因する津波波源モデルの解析結果

○波源モデルの位置及び諸元



波源モデルの位置

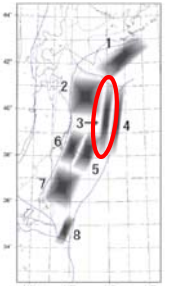
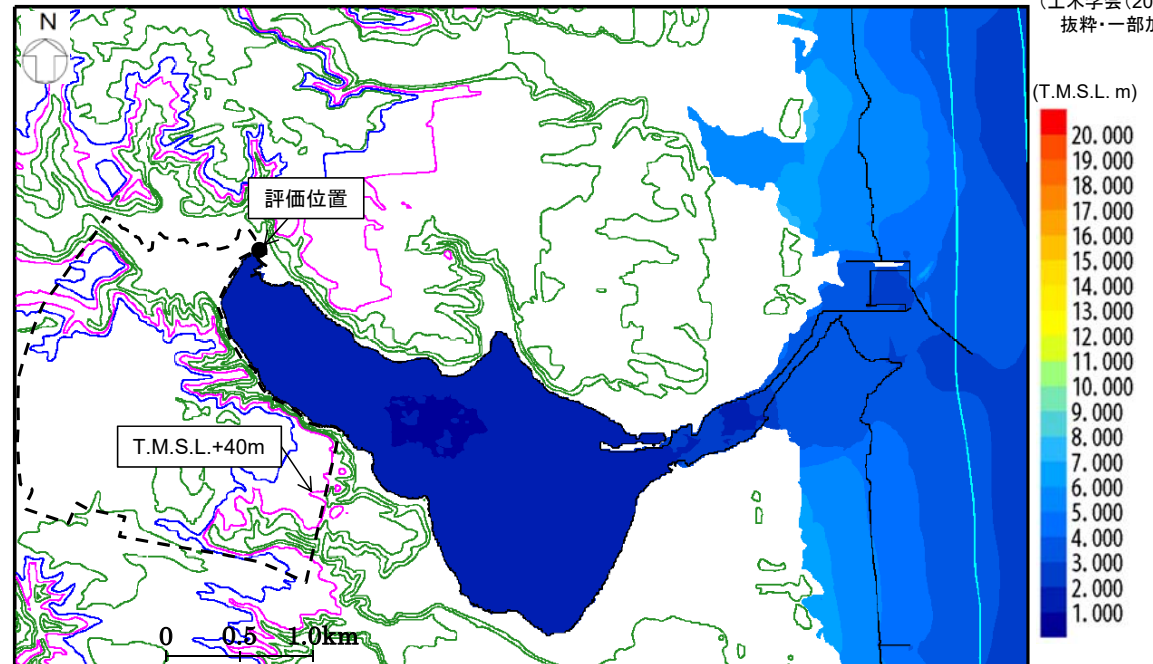
諸元 (土木学会(2002)の諸元)

モーメント マグニチュード Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.3	210	50	188	1	20	75	3.5×10^{10}	9.70

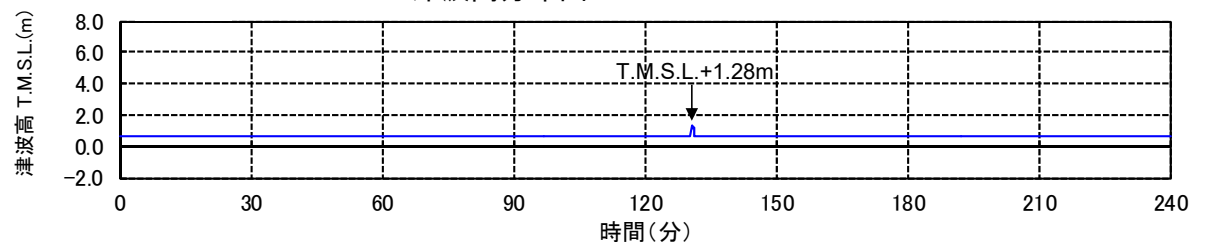
津波地震の波源モデルは、土木学会(2002)で示されている1896年明治三陸地震津波の波源モデル(地震規模は既往最大のMw8.3)を設定した。

【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+1.28m*

※期望平均満潮位を考慮。ただし、地殻変動量については隆起側(0.025m)のため考慮しない



地震の活動域
(土木学会(2016)より
抜粋・一部加筆)

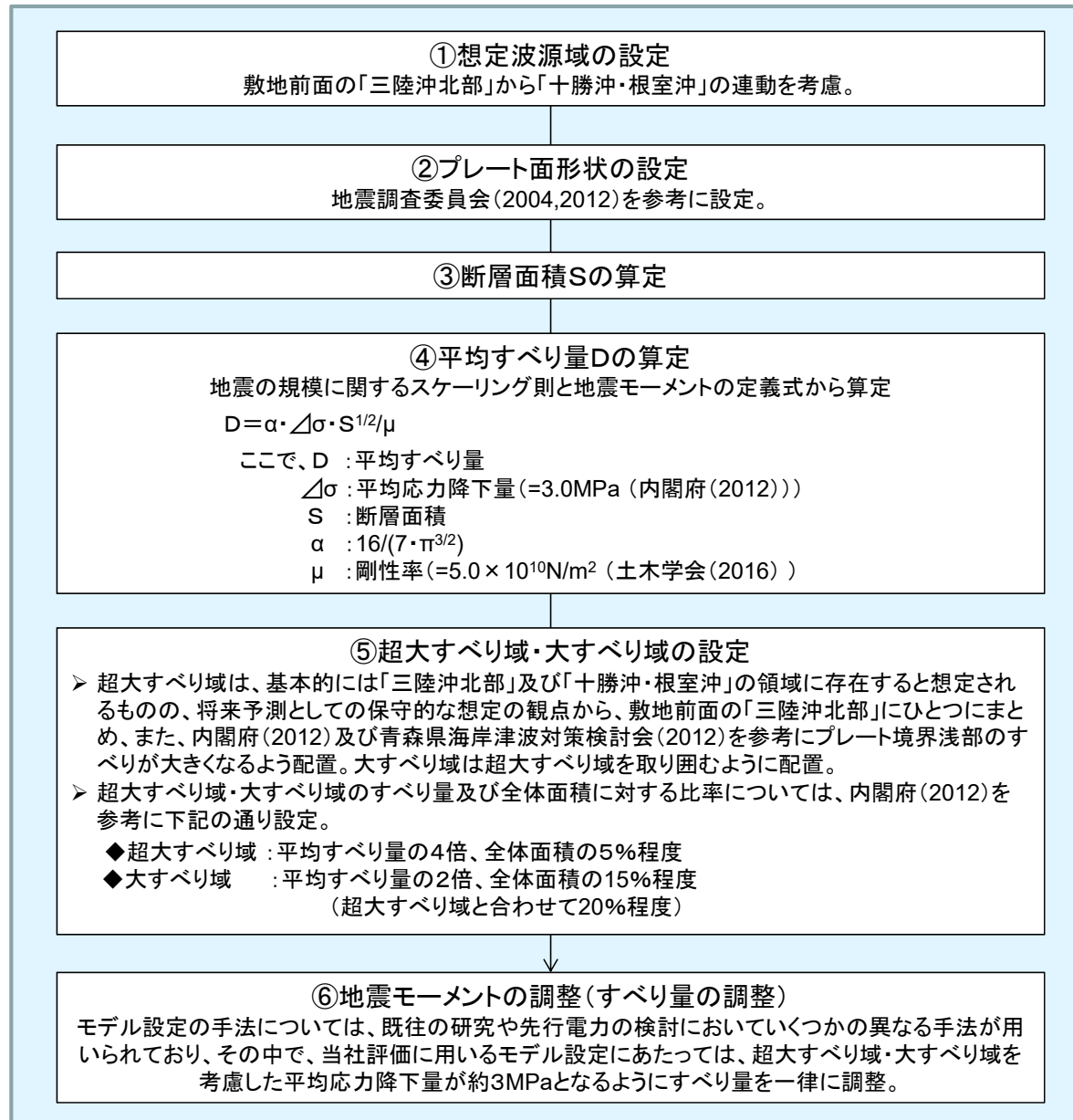


評価位置における時刻歴波形

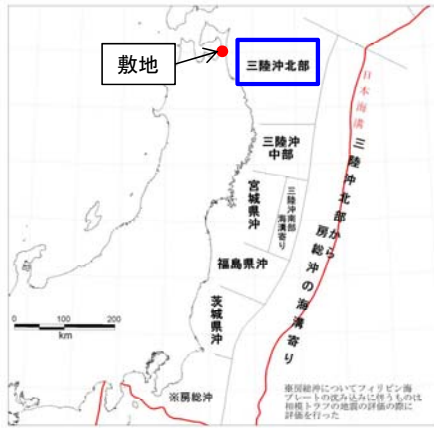
連動型地震の津波波源モデルの設定(1/8)



【連動型地震の波源モデルの設定フロー】

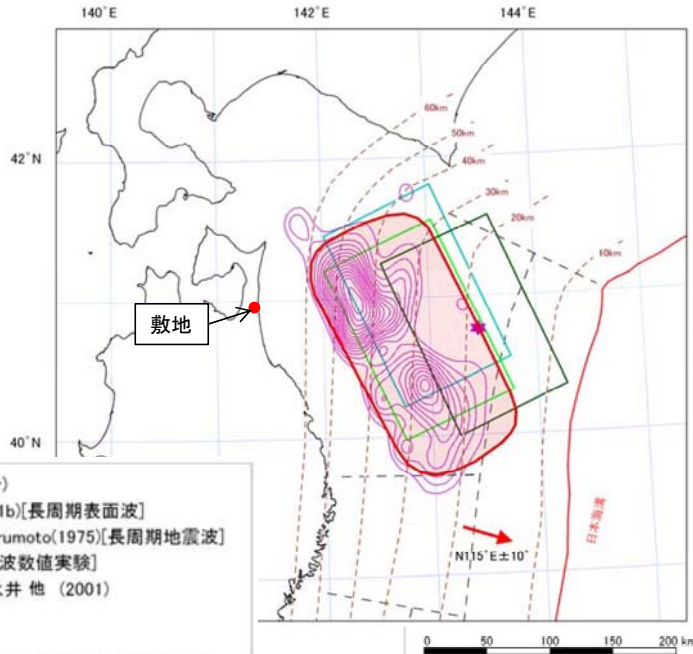


連動型地震の津波波源モデルの設定(2/8)



地震調査委員会(2012)より
抜粋・一部加筆

三陸沖北部から房総沖にかけての評価対象領域の区分け



- プレート境界の等深線(本報告)
 - 1968年 十勝沖 Kanamori(1971b)[長周期表面波]
 - 1968年 十勝沖 Fukao and Furumoto(1975)[長周期地震波]
 - 1968年 十勝沖 Aida(1978)[津波数値実験]
 - 1968年 十勝沖アスベリティ永井他(2001)
 - 1968年 十勝沖震源位置
 - 想定震源域
- 矢印は陸側のプレートの太平洋プレートに対するずれの向きを示す。

地震調査委員会(2012)より
抜粋・一部加筆

三陸沖北部の想定震源域

- 想定波源域設定にあたっての基本方針として、まず、敷地前面海域である三陸沖北部の領域に波源を設定する。
- 三陸沖北部においては、1600年以降、M8クラスの地震が4回発生しており、地震調査研究推進本部(2012)は、これらの地震を、平均発生間隔約97.0年で繰り返し発生する地震と評価している。


三陸沖北部の繰り返し発生するプレート間地震の発生領域、震源域の形態、発生間隔等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 ^{注1}
(1)地震の発生領域の目安	図2-2の塗りつぶした領域。	震源域は、1968年の「十勝沖地震」についてのアスベリティモデル(永井他, 2001)、過去の他の震源モデル、余震分布等を参照して、総合的に判断した。	A
(2)震源域の形態	陸側のプレートと太平洋プレートの境界面。低角逆断層型。		
(3)震源域	図2-2(深さは、沿岸寄りでは約60km、日本海溝寄りでは約10km。)		
(4)地震時における陸のプレートの震源断層面における平均的なずれの向き	約N115°E±10°(陸側のプレートの太平洋プレートに対するずれの向き)	太平洋プレートの陸側のプレートに対する相対運動方向(瀬野, 1993; Seno <i>et al.</i> , 1996)から推定した。	
(5)発生間隔等	平均発生間隔 約97.0年 (BPT分布モデルを仮定した場合におけるばらつきαは0.11)	1677年・1763年・1856年・1968年に当該領域において発生した、津波被害を伴った地震について、平均発生間隔を算術平均で求めた。	
	最新発生時期(1968年5月16日)から2012年1月1日現在までの経過時間 43.6年		

地震調査委員会(2012)より抜粋

連動型地震の津波波源モデルの設定(3/8)

- 三陸沖北部と隣り合う領域が連動しM9クラスの巨大地震が発生した記録はないが、将来予測としての保守的な想定観点から、2011年東北地方太平洋沖地震が複数の領域に跨って連動した地震であるという知見を踏まえ、三陸沖北部と隣り合う領域の連動を考慮することとする。
- 三陸沖北部と隣り合う領域の連動については、北方の千島海溝沿いの領域への連動を考慮した連動型地震(以下「北方への連動型地震」という。)及び南方の日本海溝沿いの領域への連動を考慮した連動型地震(以下「南方への連動型地震」という。)が考えられるが、南方への連動型地震については、青森県海岸津波対策検討会(2012)において、三陸沖北部から宮城県沖までの領域を波源域とするモデル(Mw9.0)を設定し検討が行われていることから、ここでは北方への連動型地震の波源モデルを設定して検討を実施し、南方への連動型地震については青森県海岸津波対策検討会(2012)の結果を参照することとした。

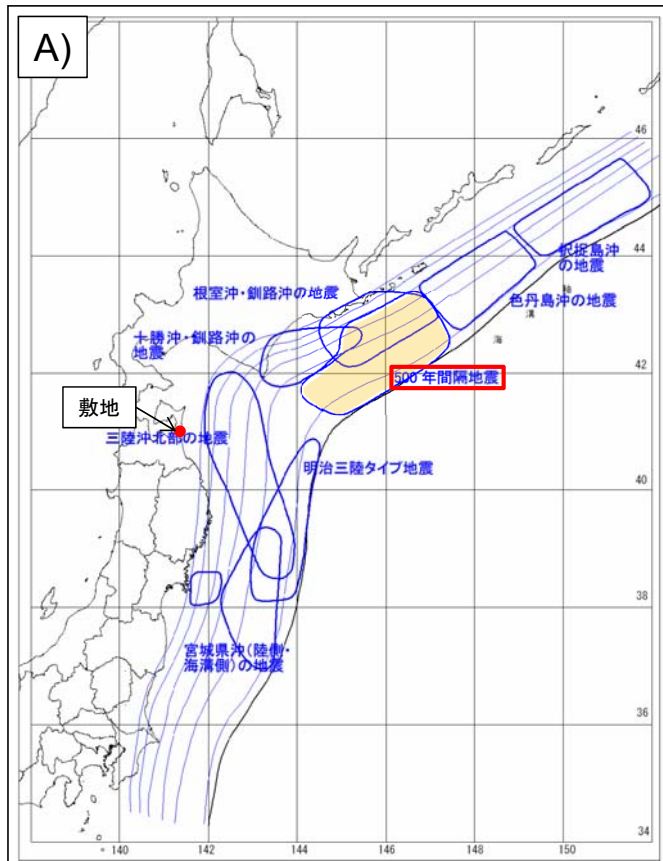
対象津波		H24 青森県太平洋側想定地震津波
マグニチュード		Mw = 9.0
使用モデル		H24 青森県太平洋側独自断層モデル
概要	説明	中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」で平成17年6月22日に検討された「三陸沖北部の地震」と「明治三陸タイプ地震」を網羅する津波断層領域を想定した地震。
	震源域	

青森県海岸津波対策検討会(2012)より抜粋
南方への連動型地震の想定波源域

連動型地震の津波波源モデルの設定(4/8)-北方への連動型地震-

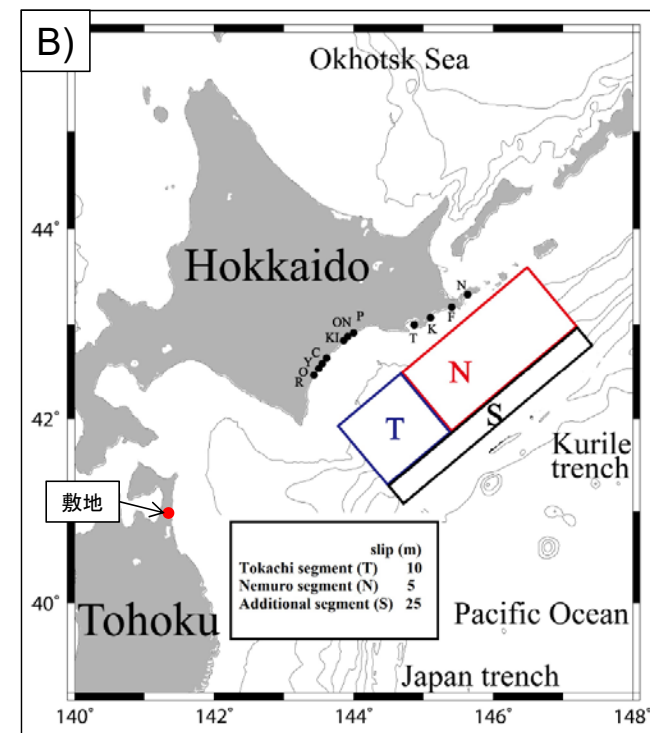
【千島海溝沿いの巨大地震に関する文献調査】

- A) 三陸沖北部と隣り合う千島海溝沿いの領域においては、根室沖から十勝沖の領域に跨って連動するプレート間地震が繰り返し発生しており、内閣府中央防災会議(2006)はこの地震を「500年間隔地震」と定義している。
- B) 文部科学省(2014)では、平成24年度に推定した17世紀の巨大地震の断層モデルについて、平成25年度までに実施した津波堆積物調査結果(調査地点:浦幌、キナシベツ、音別、厚岸、根室、釧路、根室海峡沿岸の別海)を含めて評価を行った結果、当該断層モデルで津波堆積物調査結果が説明でき、当該断層モデルを補強する結果が得られたとしている。



内閣府中央防災会議(2006)より抜粋・一部加筆

津波を発生させる断層領域(津波の断層域)の模式図



文部科学省(2014)より抜粋・一部加筆

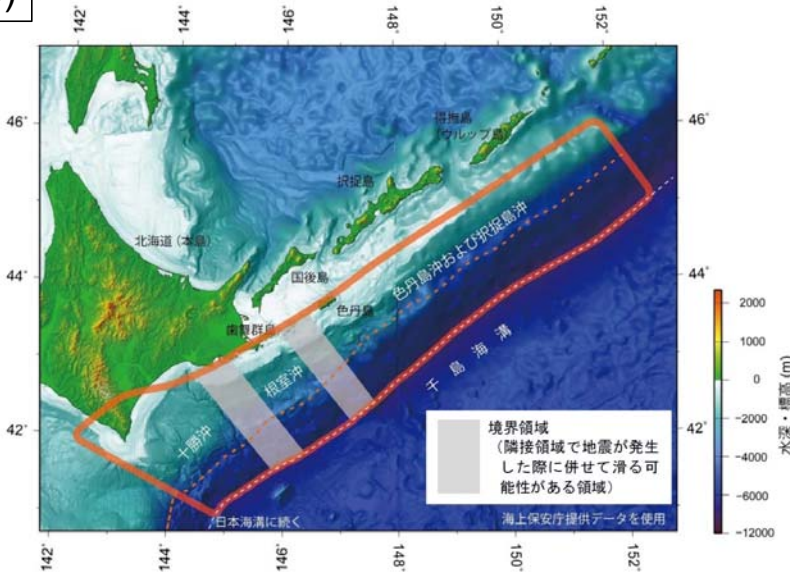
津波堆積物調査結果から推定した北海道太平洋沖で発生した17世紀巨大地震の断層モデル

連動型地震の津波波源モデルの設定(5/8)-北方への連動型地震-



【千島海溝沿いの巨大地震に関する文献調査】

C)



地震調査委員会(2017)より抜粋

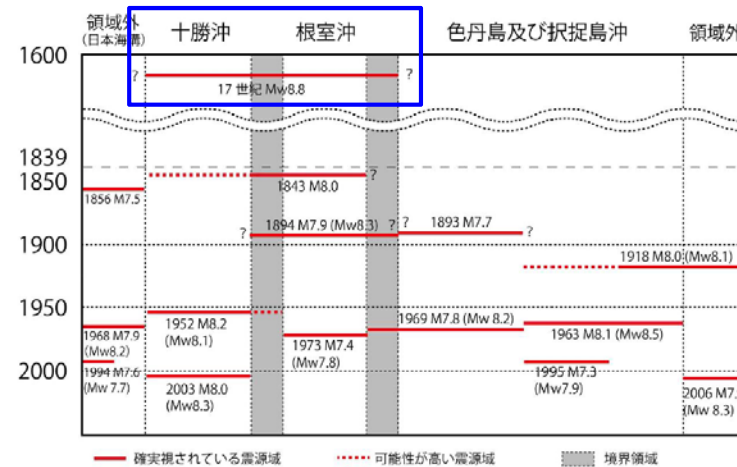
千島海溝沿いの評価対象領域

超巨大地震(17世紀型)の発生領域、震源域の形態、発生間隔等

項目	特性	根拠
(1) 地震の発生領域の目安	図1. 具体的な地域は特定できないが、根室沖を含む可能性が高い。	当該地域の津波堆積物の空間分布を参考にして判断した。
(2) 震源域の形態	陸側のプレートと太平洋プレートの境界面。低角逆断層型。	
(3) 震源域	長さ 300km 以上。深さは、60km 程度以浅。海溝寄りの領域も連動する。	
(4) 震源断層面での平均的なずれの向き	約 N114° E (陸側のプレートの太平洋プレートに対する動きの向き)	根室沖と同じ値を使用した。
(5) 発生間隔等	発生頻度 約 340~380 年に 1 回 (過去の地震の推定発生間隔 約 100~800 年)	北海道東部(厚岸郡)において調査された津波堆積物のうち、巨大大津波を発生させたと推定される津波堆積物の数や年代推定結果から推定した。

地震調査委員会(2017)より抜粋

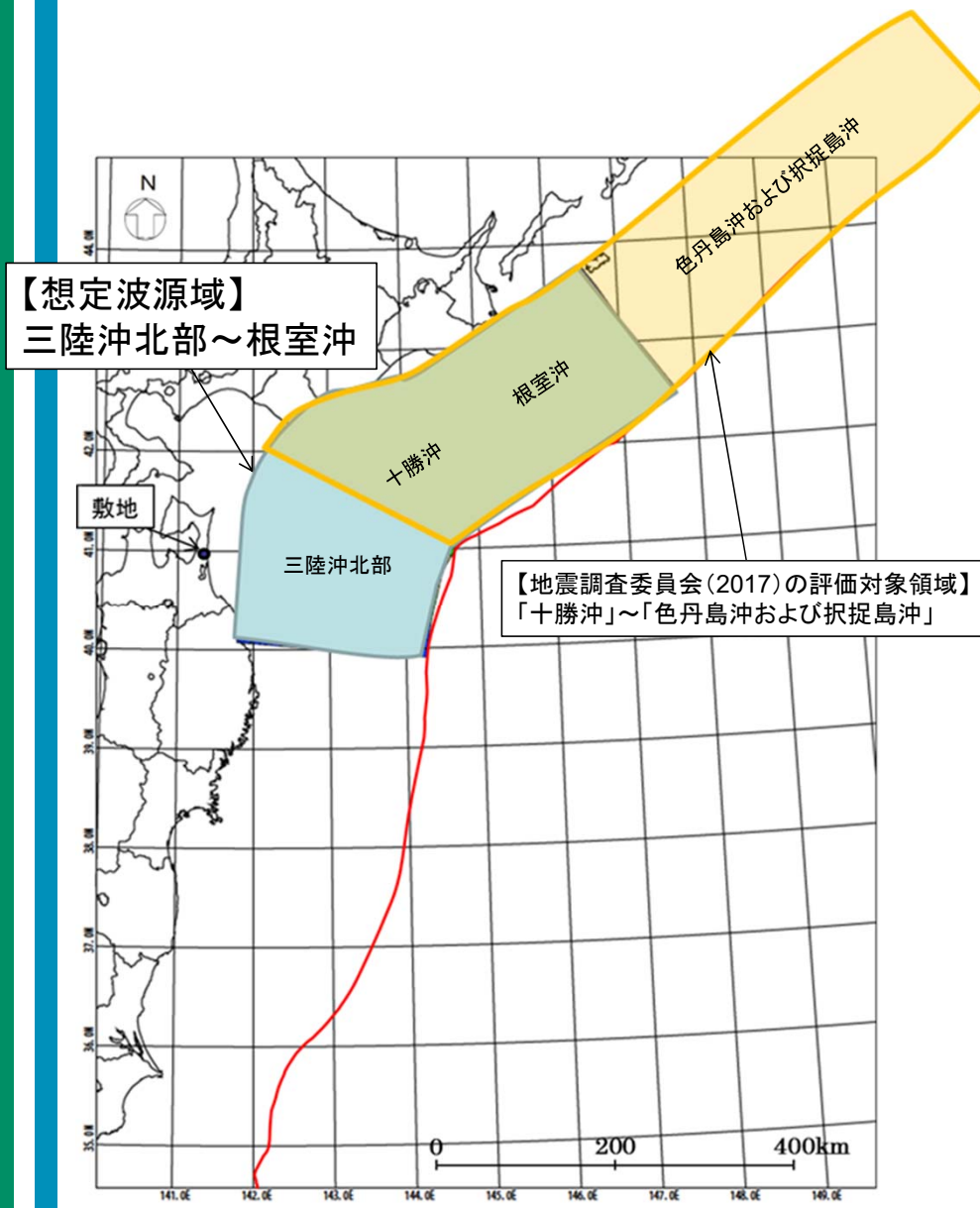
- C) 地震調査委員会(2017)によると、以下のような内容が記載されている。
- 千島海溝沿いのうち、十勝沖・根室沖・色丹島沖及び択捉島沖を主な対象とし、長期的な観点で地震発生の可能性、震源域の形態等についての評価をとりまとめたものである。
 - 千島海溝沿いでは、大きな津波をもたらした地震が17世紀に発生したことが知られていて、北海道東部に巨大な津波をもたらすような地震を「超巨大地震(17世紀型)」と呼ぶ。
 - 「超巨大地震(17世紀型)」について、北海道東部における津波堆積物調査結果から、17世紀に1952年の十勝沖地震をはるかに超える規模の津波が発生し、現在の海岸線から1~4km程度内陸まで浸水したと推定されており、この津波を発生させた地震は両領域が海溝寄りの領域を含んで破壊する2011年東北地方太平洋沖地震と同様の特性を持ち、規模はMw8.8に達する地震であった可能性が指摘されている。
 - 現時点で解明されている知見の中で最大の地震は17世紀の地震(Mw8.8)であるが、北方領土における津波堆積物の分布が不明瞭であり、規模が大きくなる可能性がある。したがって、この地震の規模の上限の設定は困難と考え、M8.8程度以上と評価した。
 - 東北地方太平洋沿岸では、八戸藩や盛岡藩の藩日記などに江戸時代前半からの地震が連続的に記録されているものの(Satake,2004)、いずれも震源・波源は千島海溝以外に推定され(渡辺,1998)、該当する文書記録が見当たらない。以上のことから千島海溝で発生した17世紀の津波は、三陸海岸には顕著な被害をもたらさない程度であったとみなされている。



地震調査委員会(2017)より抜粋・一部加筆

千島海溝沿いで近年発生したプレート間巨大地震と超巨大地震(17世紀型)の震源域の時空間分布

連動型地震の津波波源モデルの設定(6/8)-北方への連動型地震-



- 北方への連動型地震については、敷地前面の「三陸沖北部」から、日本海溝・千島海溝会合部を跨いで千島海溝沿いの領域までの連動を考慮するものであり、連動を考慮する領域は、A)～C)も踏まえ、「三陸沖北部」から、17世紀に発生した巨大地震の震源域であったとされている「十勝沖」・「根室沖」までの領域とした。
- なお、地震調査委員会(2017)においては、評価対象領域として「十勝沖」から「色丹島沖および択捉島沖」までの領域が示されているが、「千島海溝で発生した17世紀の津波は、三陸海岸には顕著な被害をもたらさない程度であったとみなされている」とされている。このことを踏まえると、千島海溝沿いのみの領域である地震調査委員会(2017)の評価対象領域よりも、敷地前面の「三陸沖北部」に波源のある北方への連動型地震の想定波源域の方が、敷地近傍の津波高は高くなるものと想定される。

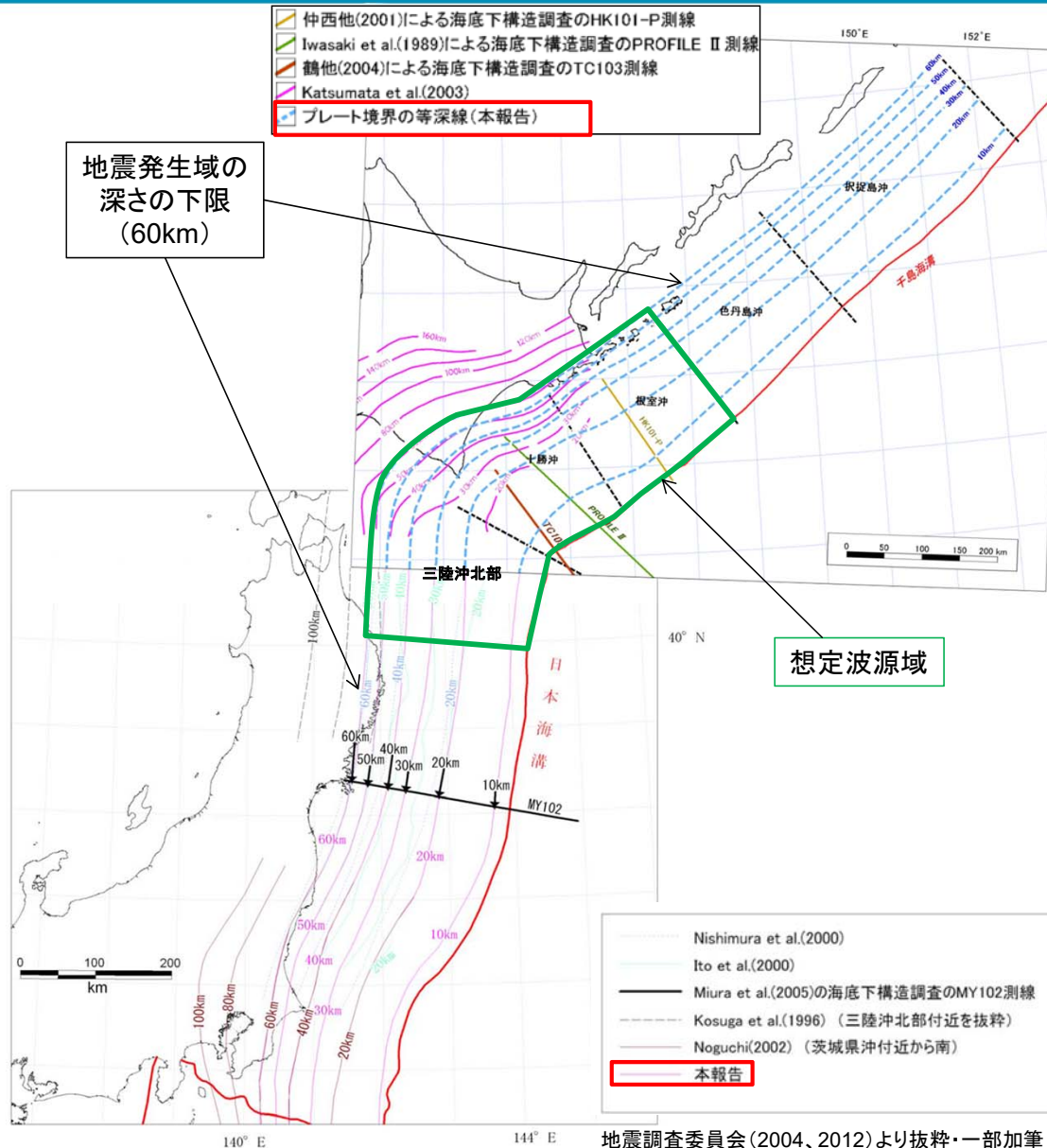
* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

想定波源域のイメージ

3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.2 地震に起因する津波の評価

3.2.1 プレート間地震に起因する津波の評価

連動型地震の津波波源モデルの設定(7/8)-北方への連動型地震-

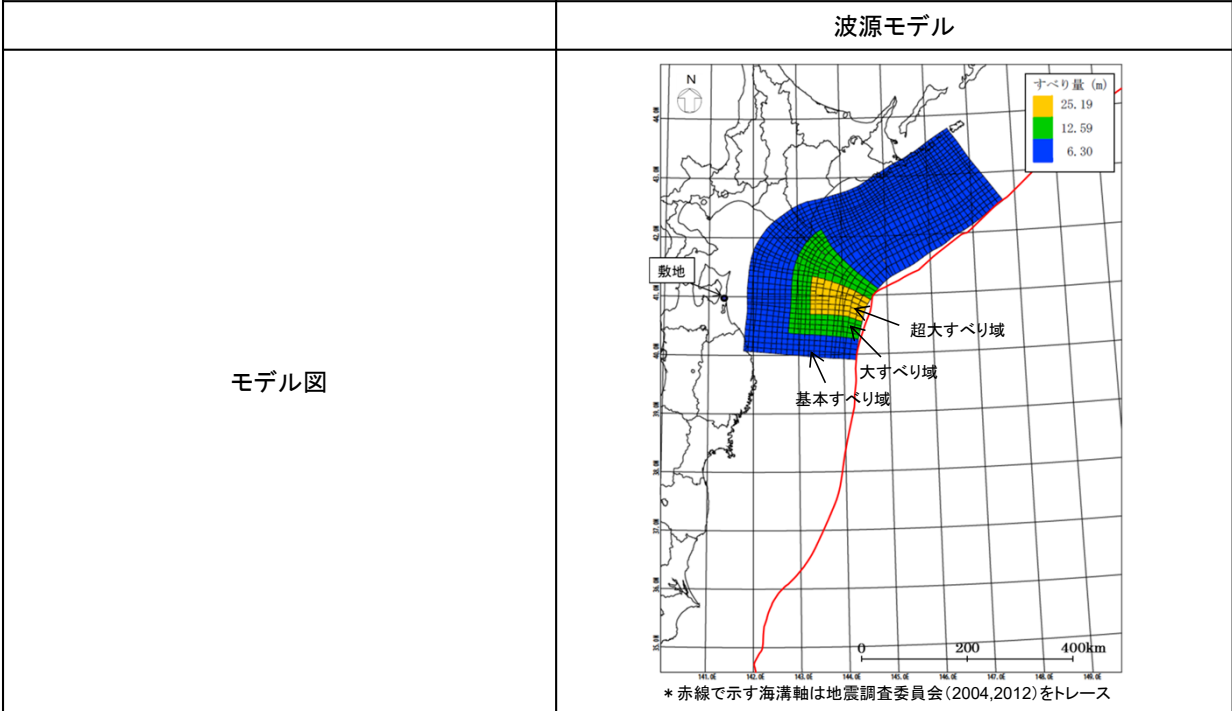


【プレート面形状の設定】
地震調査委員会(2004、2012)が示している微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線(左図の『本報告』)をプレート境界面の形状として、地震発生域の深さの下限(60km)から海溝軸までを波源域として考慮した。

地震調査委員会(2004、2012)より抜粋・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図

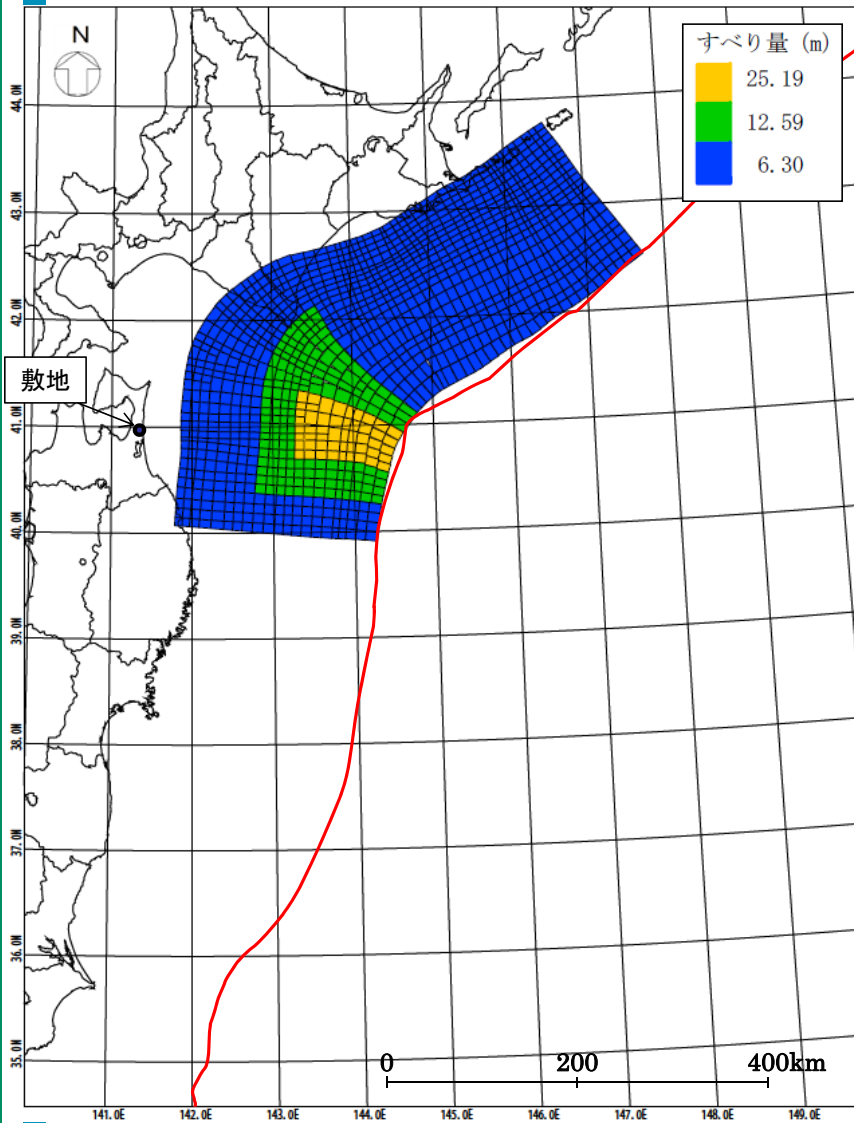
連動型地震の津波波源モデルの設定(8/8)-北方への連動型地震-

波源モデルの設定フローに基づき、下記のモデルを設定した。



諸元	モーメントマグニチュード(Mw)		9.04		
	断層面積(S)		110,472km ²		
	剛性率(μ)		5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²		
	すべり量調整後	すべり量	超大すべり域(面積、面積比率)	25.19m(6,302km ² 、5.7%)	(22,740km ² 、20.6%)
			大すべり域(面積、面積比率)	12.59m(16,438km ² 、14.9%)	
			基本すべり域(面積、面積比率)	6.30m(87,732km ² 、79.4%)	
		地震モーメント(Mo)		4.59 × 10 ²² Nm	
		断層全体の平均すべり量		8.31m	
	平均応力降下量		3.05MPa		
	ライズタイム		60s		

北方への連動型地震の津波波源モデルの解析結果

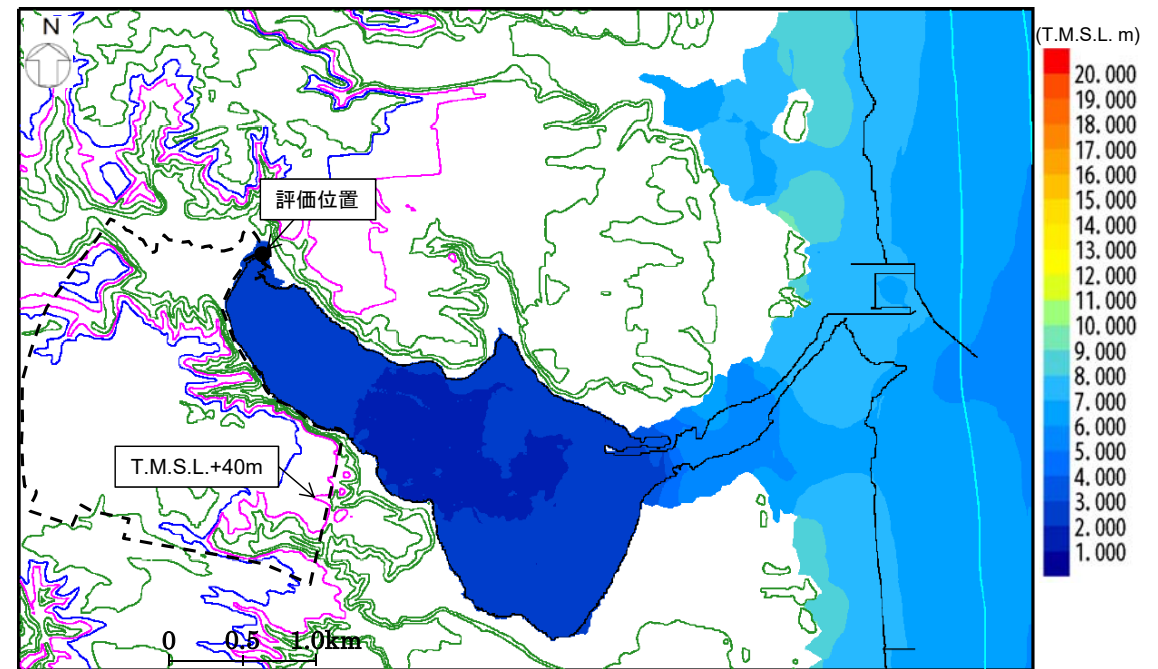


波源モデルの位置

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

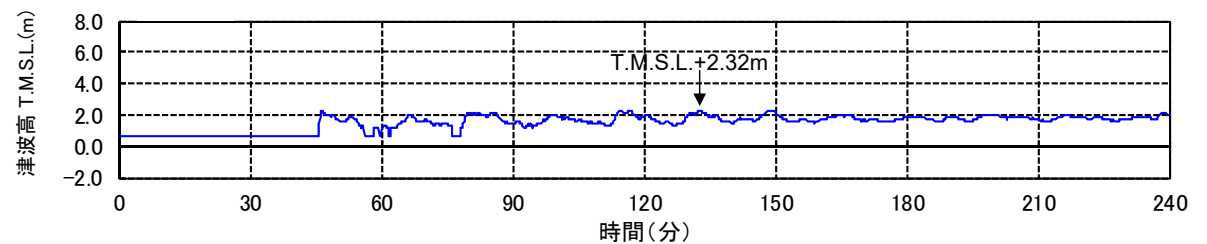
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+2.32m※

※ 朔望平均満潮位及び地殻変動量(0.66m沈降)を考慮。



津波高分布図

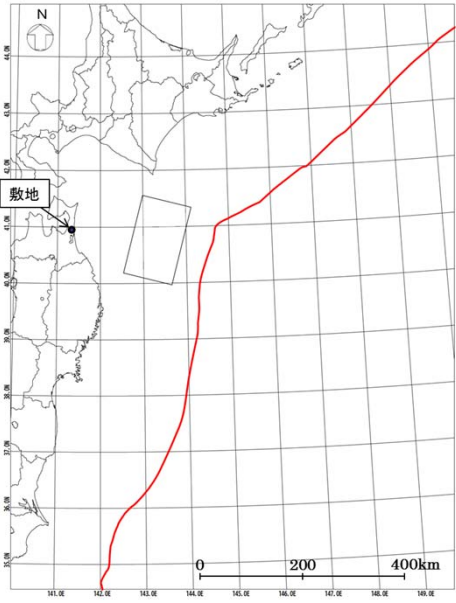
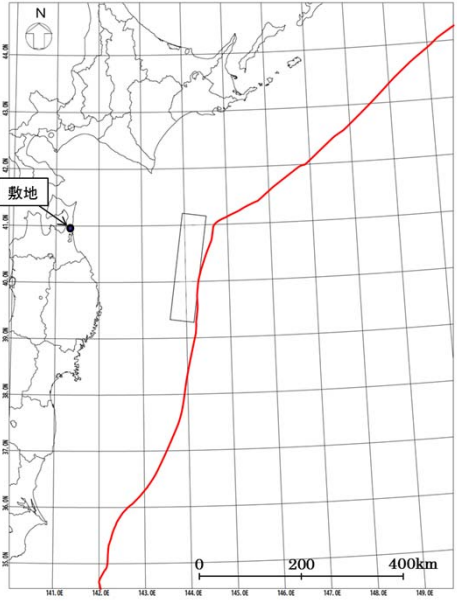
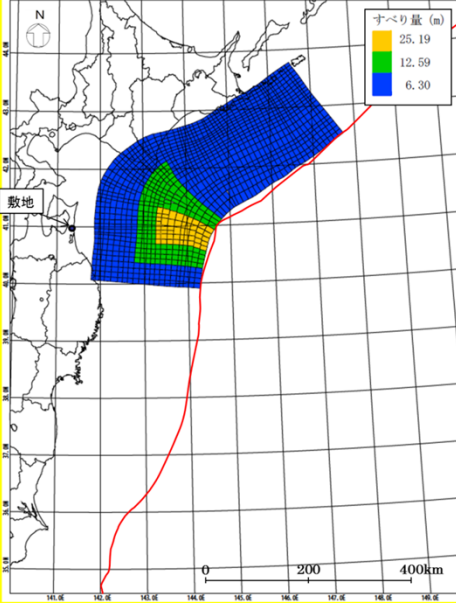
※コンター線は10mピッチ



評価位置における時刻歴波形

不確かさの考慮を行う津波波源の選定

プレート間地震の津波波源モデルの解析結果

地震タイプ	三陸沖北部のプレート間地震	津波地震	北方への連動型地震
波源モデル			
津波高※ (評価位置)	T.M.S.L.+1.38m	T.M.S.L.+1.28m	T.M.S.L.+2.32m

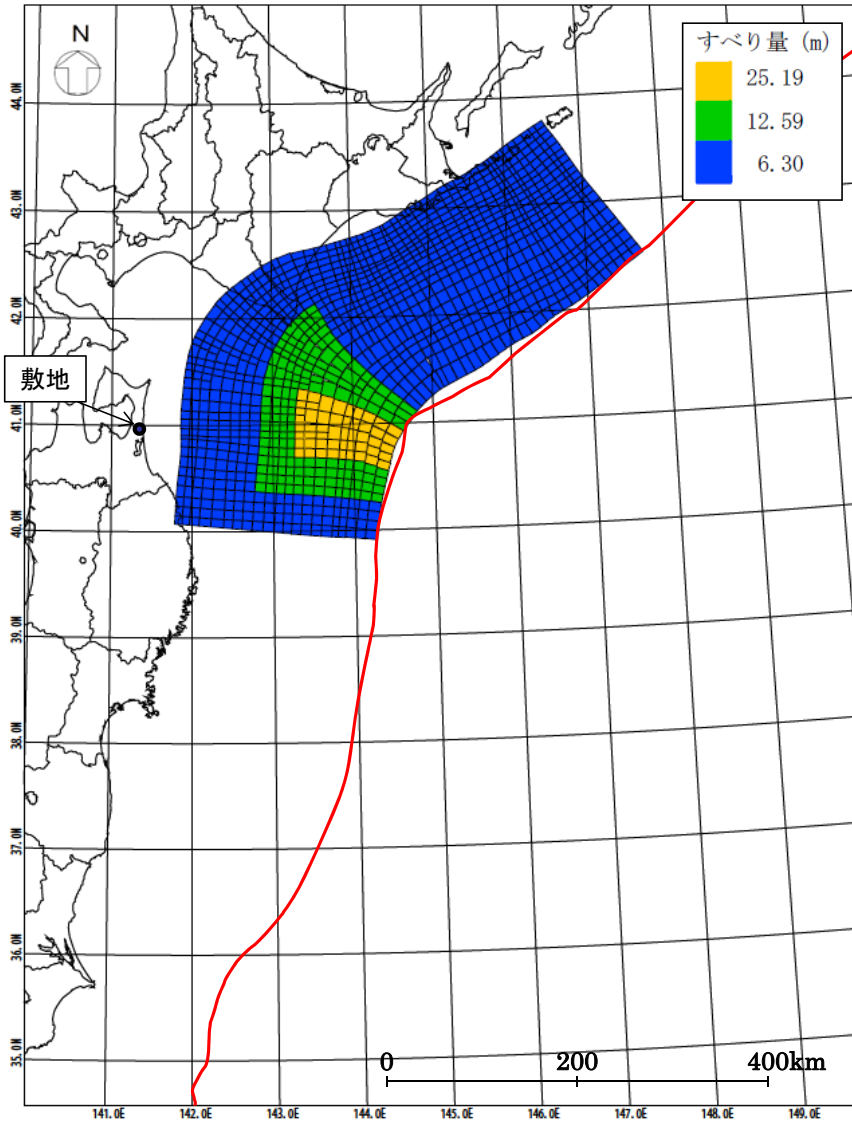
※朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

3タイプのプレート間地震の津波波源モデルの解析結果について比較を行った結果、評価位置における津波高が最も高いのは北方への連動型地震の津波波源モデルであったことから、本波源モデルについて不確かさを考慮した検討を実施することとした。



不確かさの考慮に係る検討フロー



波源モデルの位置

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

不確かさについて考慮するにあたり、下記のフローに基づき検討を実施した。

【①波源特性の不確かさ】

変動させるパラメータ	すべり量及びすべり分布
検討実施ケース	すべり量割増モデル
	海溝側強調モデル



【②波源位置の不確かさ】

変動させるパラメータ	基準位置からの距離	
検討実施ケース	北	約50km
	南	約50km
		約100km
		約150km



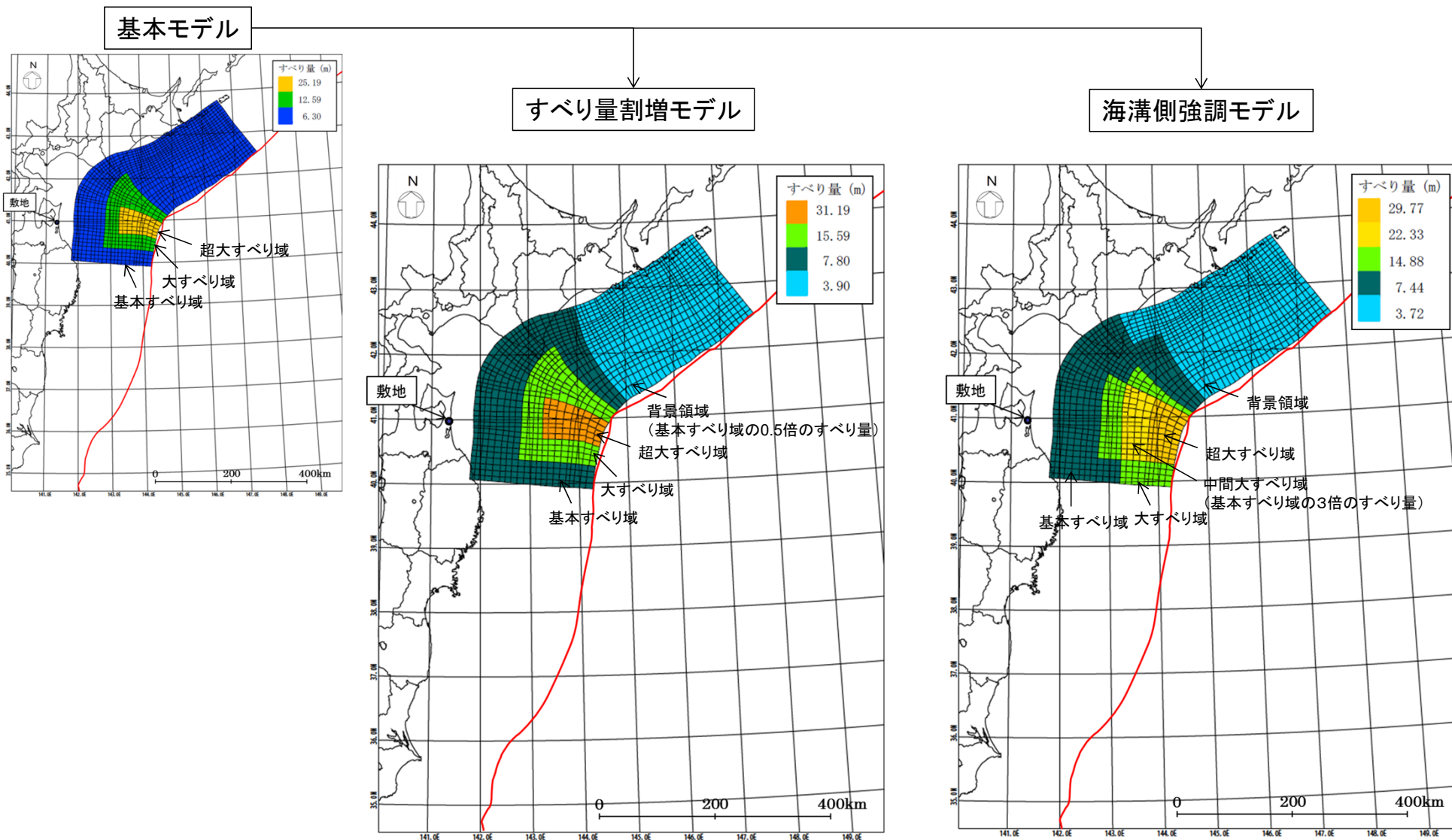
②までの検討で最大となるケースを選定し、③の検討を実施する。

【③破壊開始点の不確かさ】

変動させるパラメータ	破壊開始点位置
検討実施ケース	複数設定

波源特性の不確かさ(検討概要)

波源特性の不確かさとして、すべり量の不確かさを考慮し超大すべり域及び大すべり域のすべり量を割増した「すべり量割増モデル」及び割増したすべり分布を海溝側に集中させた「海溝側強調モデル」を設定し、結果に与える影響について検討する。



* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

波源特性の不確かさ(波源モデル)



モデル図		波源特性の不確かさ検討モデル				
		すべり量割増モデル	海溝側強調モデル			
モーメントマグニチュード(Mw)		9.04				
断層面積(S)		110,472km ²				
剛性率(μ)		5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²				
諸元	すべり量調整後	超大すべり域(面積、面積比率)	31.19m(6,302km ² 、5.7%)	29.77m(5,696km ² 、5.2%)	(23,191km ² 、21.0%)	
		中間大すべり域(面積、面積比率)	(22,740km ² 、20.6%)			22.33m(6,018km ² 、5.4%)
		大すべり域(面積、面積比率)	15.59m(16,438km ² 、14.9%)	14.88m(11,477km ² 、10.4%)		
		基本すべり域(面積、面積比率)	7.80m(38,854km ² 、35.2%)	7.44m(35,022km ² 、31.7%)		
		背景領域(面積、面積比率)	3.90m(48,878km ² 、44.2%)	3.72m(52,259km ² 、47.3%)		
	地震モーメント(Mo)		4.73 × 10 ²² Nm		4.65 × 10 ²² Nm	
	断層全体の平均すべり量		8.57m		8.42m	
	平均応力降下量		3.14MPa		3.08MPa	
	ライズタイム		60s		60s	

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.2 地震に起因する津波の評価

3.2.1 プレート間地震に起因する津波の評価

すべり量の調整方法の違いによるモデルの比較

H30.10.31
資料1-6
p44 再掲

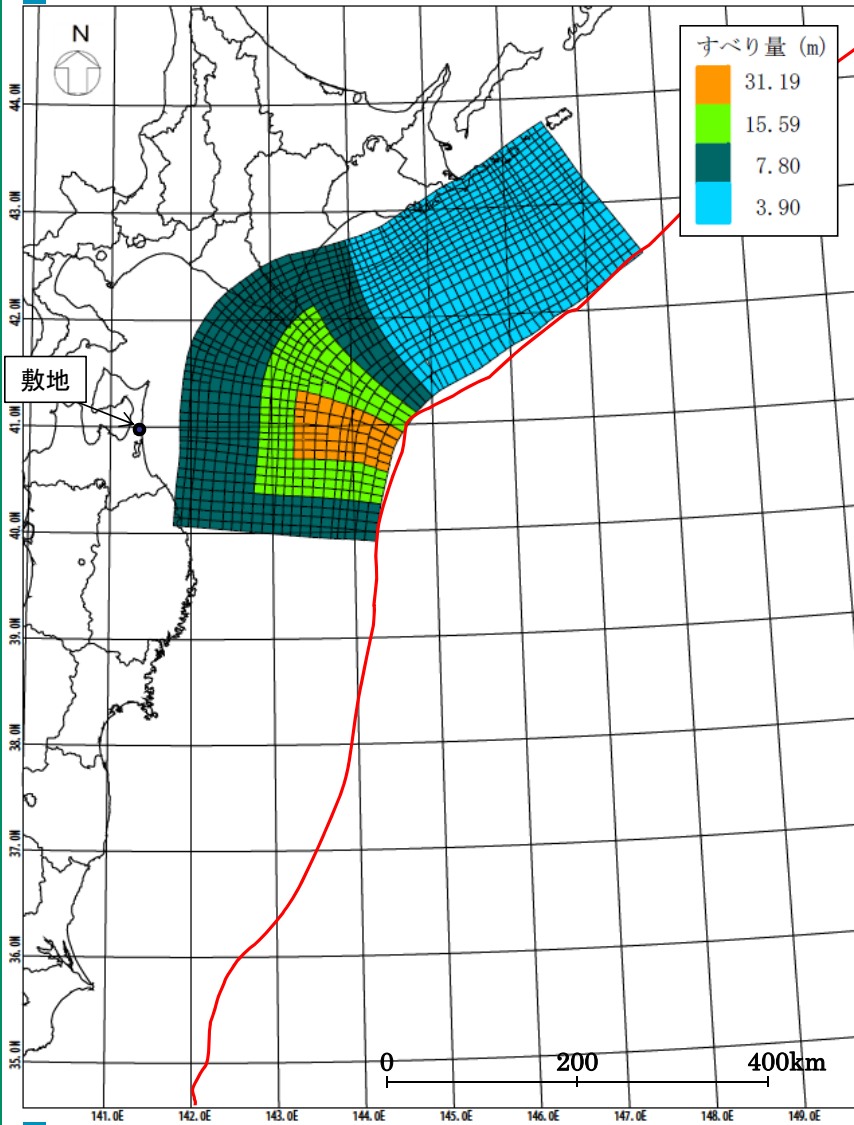


断層モデル		①すべり量を一律に調整したモデル (当社のすべり量の調整方法)				②基本すべり域のすべり量のみを調整したモデル (内閣府(2012)の超大すべり域・大すべり域の 設定方法に着目したすべり量の調整方法)				
		基本モデル	すべり量割増モデル	海溝側強調モデル	基本すべり域のみ調整	超大すべり域・大すべり域のみ調整	超大すべり域・大すべり域のみ調整	超大すべり域・大すべり域のみ調整		
すべり量の調整方法		超大すべり域・大すべり域を考慮した平均応力降下量が約3MPaとなるようにすべり量を一律に調整				超大すべり域・大すべり域を考慮した平均応力降下量が約3MPaとなるように基本すべり域のすべり量のみを調整				
モーメントマグニチュード [*] (Mw)		9.04								
断層面積(s)		110,472km ²								
剛性率(μ)		5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²								
すべり量 (面積、面積比率)	超大すべり域	25.19m [*] (6,302km ² , 5.7%)	(22,740km ² , 20.6%)	31.19m [*] (6,302km ² , 5.7%)	(22,740km ² , 20.6%)	29.77m [*] (5,696km ² , 5.2%)	(23,191km ² , 21.0%)	32.75m (6,302km ² , 5.7%)	(22,740km ² , 20.6%)	
	中間大すべり域									
	大すべり域	12.59m [*] (16,438km ² , 14.9%)		15.59m [*] (16,438km ² , 14.9%)		14.88m [*] (11,477km ² , 10.4%)		16.37m (16,438km ² , 14.9%)		
	基本すべり域	6.30m [*] (87,732km ² , 79.4%)		7.80m [*] (38,854km ² , 35.2%)		7.44m [*] (35,022km ² , 31.7%)		5.12m [*] (87,732, km ² , 79.4%)		
	背景領域			3.90m [*] (48,878km ² , 44.2%)		3.72m [*] (52,259km ² , 47.3%)				
地震モーメント(Mo)		4.59 × 10 ²² Nm [*]		4.73 × 10 ²² Nm [*]		4.65 × 10 ²² Nm [*]		4.62 × 10 ²² Nm [*]		
断層全体の平均すべり量		8.31m [*]		8.57m [*]		8.42m [*]		8.37m [*]		
平均応力降下量		3.05MPa [*]		3.14MPa [*]		3.08MPa [*]		3.07MPa [*]		

※すべり量調整後の値

- すべり量の調整方法の違いによる諸元の違いについて比較を行った。
- ②のすべり量の調整方法によるモデルの諸元について、超大すべり域・大すべり域のすべり量は①の基本モデルに対して30%程度大きい値であるが、地震モーメント、断層全体の平均すべり量及び平均応力降下量については、①の基本モデルとほとんど変わらない。
- また、①の当社評価のモデルにおいては、基本モデルに対し波源特性の不確かさを考慮したすべり量割増モデル及び海溝側強調モデルを設定しており、②のモデルの超大すべり域・大すべり域のすべり量は、すべり量割増モデルに対して約5%、海溝側強調モデルに対して約10%大きい程度であるが、地震モーメント、断層全体の平均すべり量及び平均応力降下量についてもほとんど変わらない値であり、モデルの規模として同程度のモデルを設定しているものと考えられる。

波源特性の不確かさ(すべり量割増モデルの解析結果)

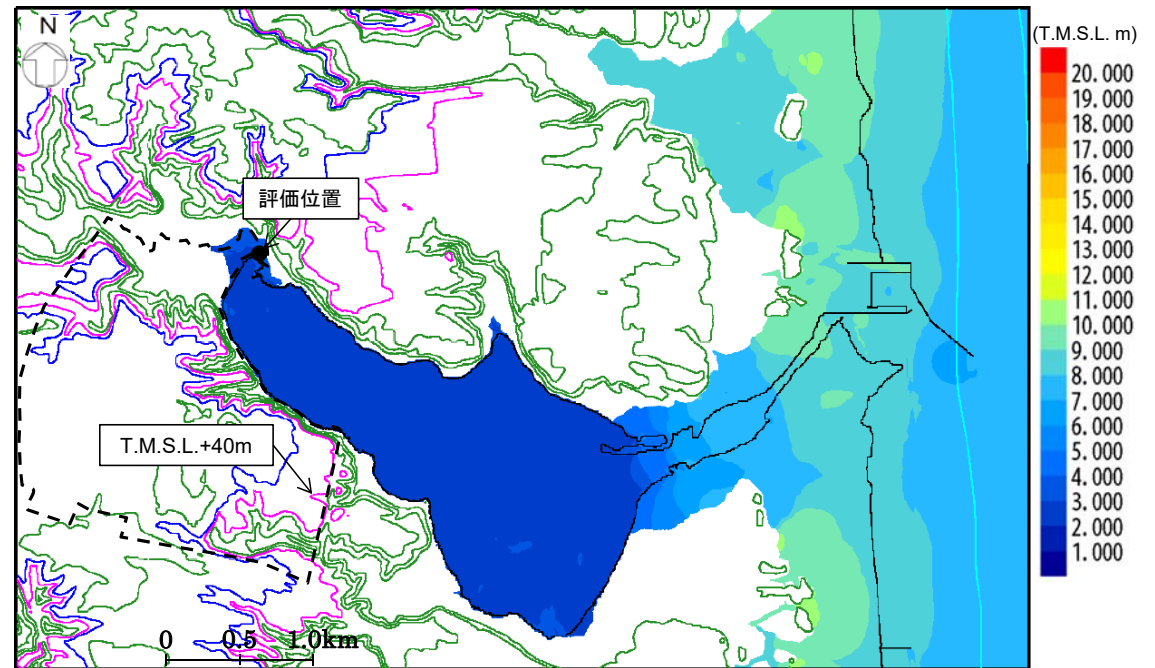


* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

波源モデルの位置

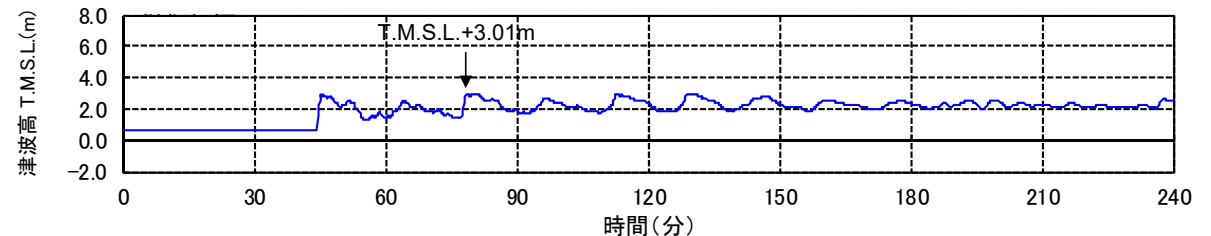
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+3.01m*

※朔望平均満潮位及び地殻変動量(0.80m沈降)を考慮



津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



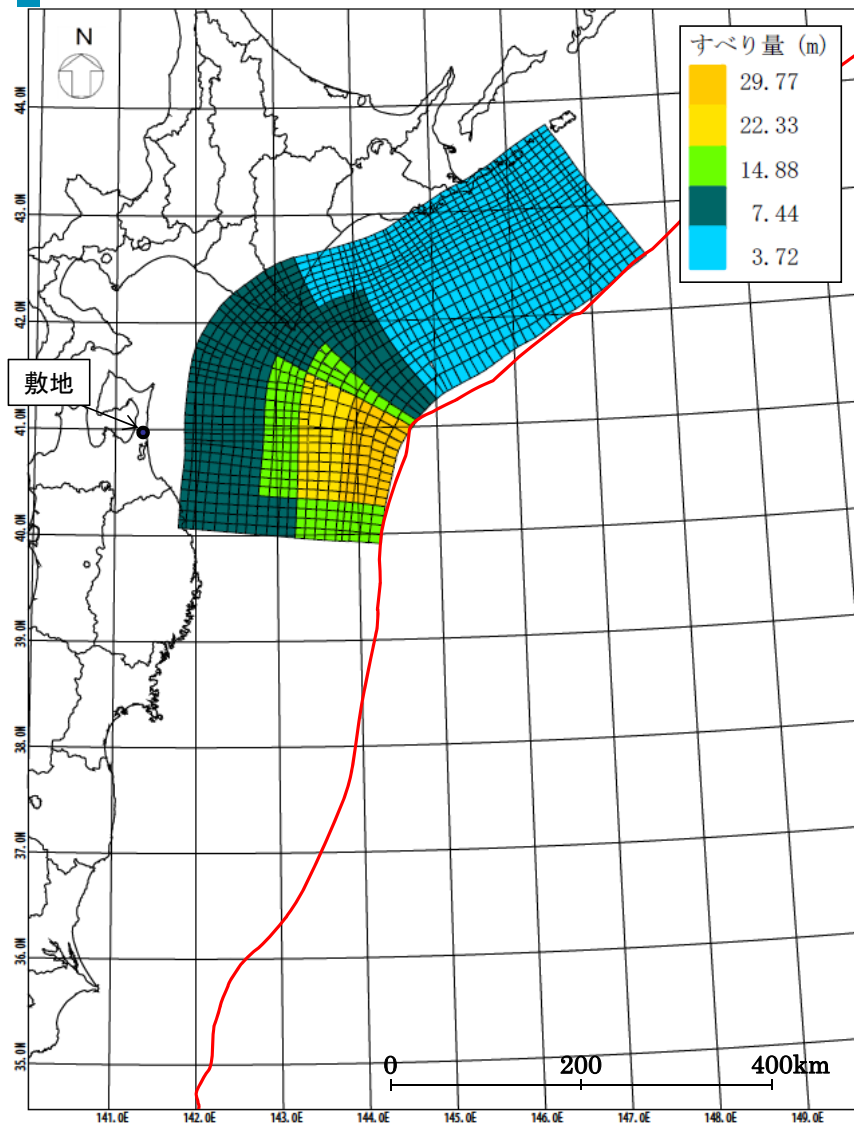
評価位置における時刻歴波形

波源特性の不確かさ(海溝側強調モデルの解析結果)

【評価位置における津波高】

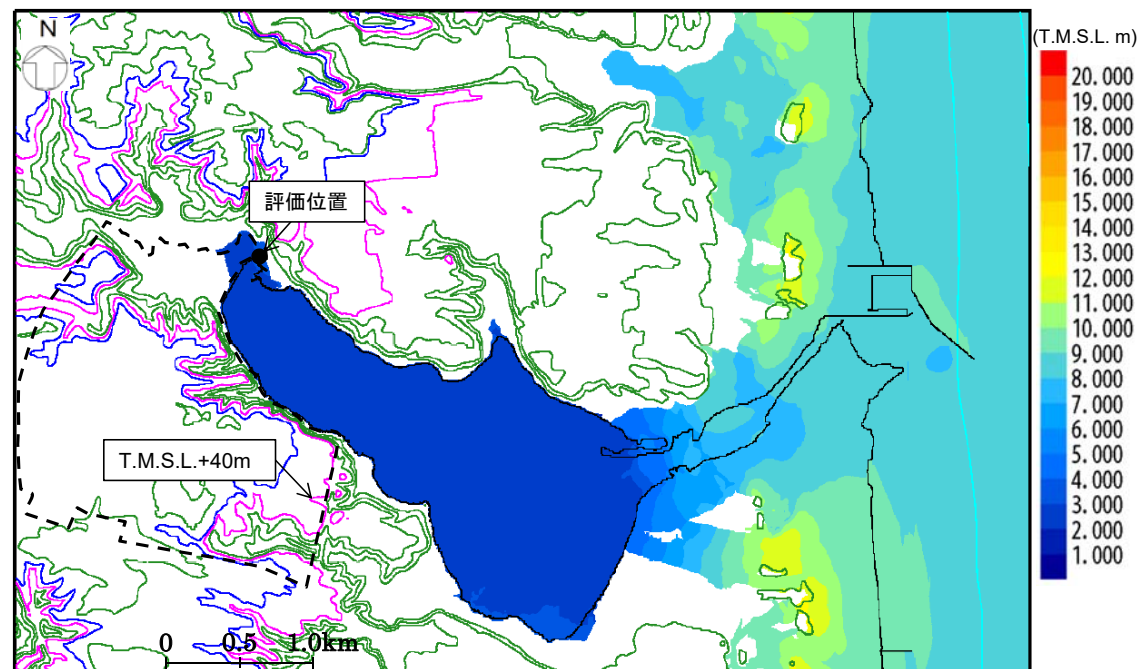
T.M.S.L.+3.00m※

※朔望平均満潮位及び地殻変動量(0.75m沈降)を考慮



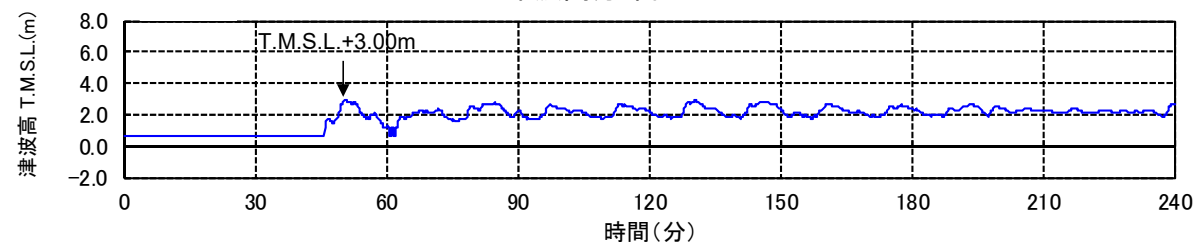
波源モデルの位置

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース



津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



評価位置における時刻歴波形

波源特性の不確かさ(まとめ)



波源特性の不確かさに係る検討結果

モデルタイプ	基本モデル	すべり量割増モデル	海溝側強調モデル
波源モデル			
津波高※ (評価位置)	T.M.S.L.+2.32m	T.M.S.L.+3.01m	T.M.S.L.+3.00m

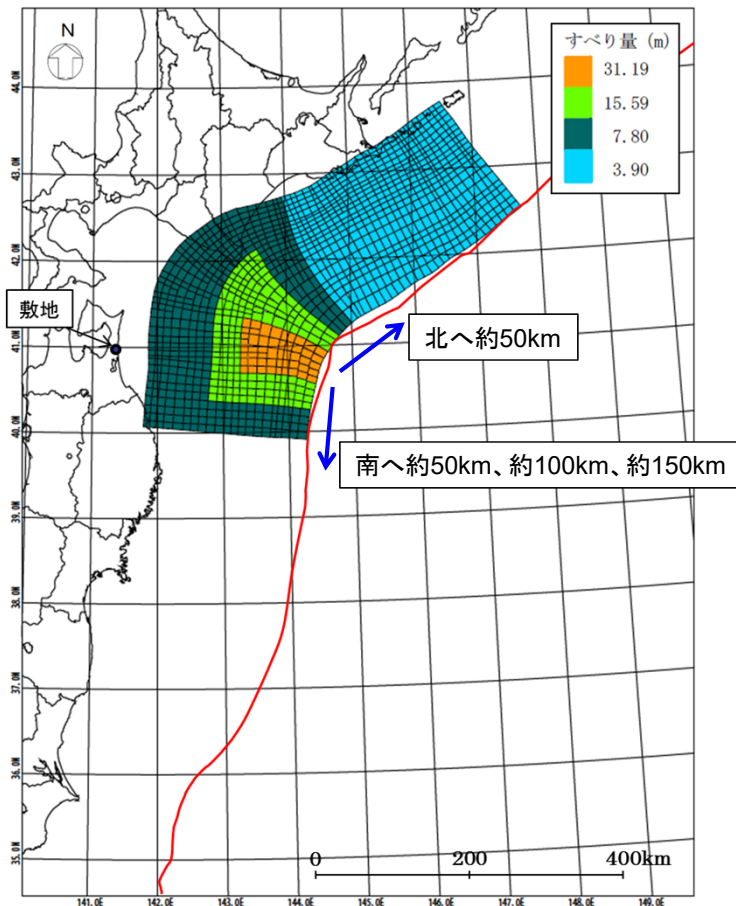
※期望平均満潮位及び地殻変動量を考慮

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

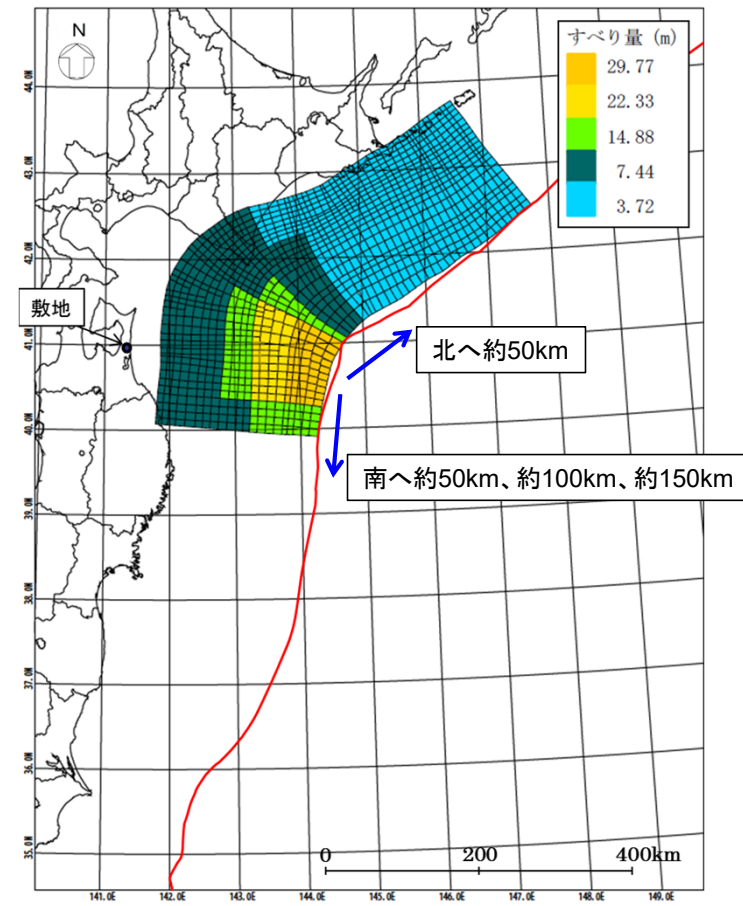
波源特性の不確かさについて検討した結果、「すべり量割増モデル」及び「海溝側強調モデル」について、評価位置における津波高がほぼ同程度である。

波源位置の不確かさ(検討概要)

波源位置の不確かさについて検討するため、すべり量割増モデル及び海溝側強調モデルについて、基準位置から北へ約50km、南へ約50km、100km、150km移動させたモデルで数値シミュレーションを実施した。



すべり量割増モデル



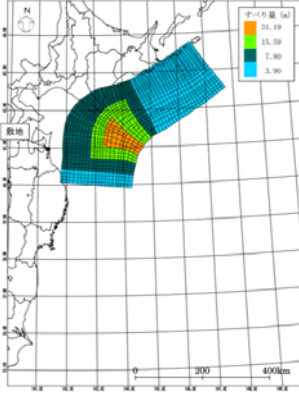
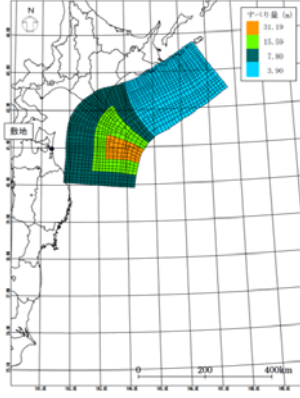
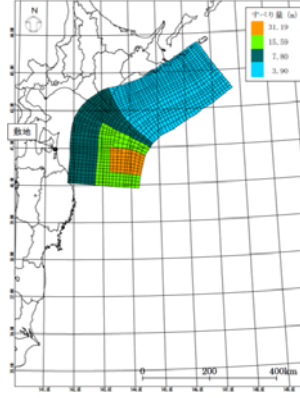
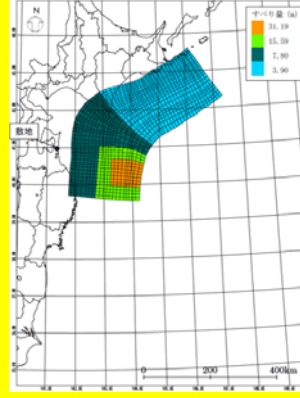
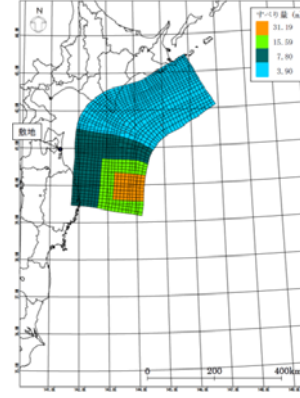
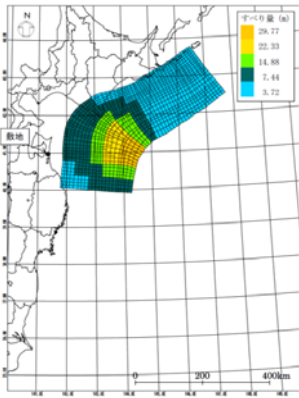
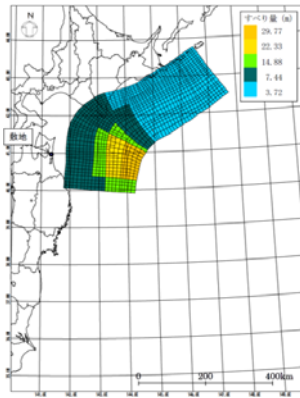
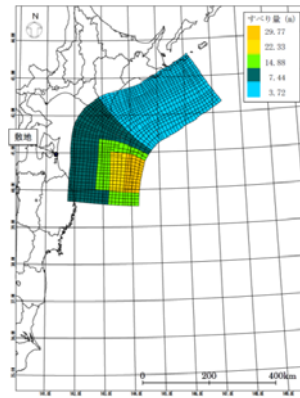
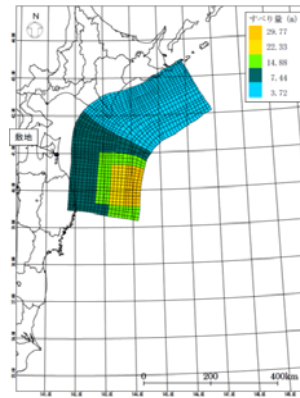
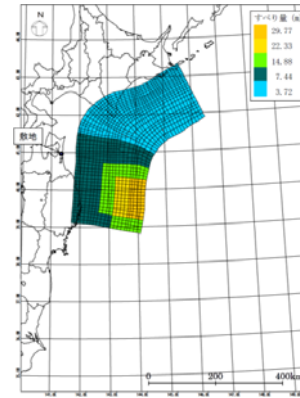
海溝側強調モデル

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.2 地震に起因する津波の評価

3.2.1 プレート間地震に起因する津波の評価

波源位置の不確かさ(検討結果)

位置	北へ約50km移動	基準位置	南へ約50km移動	南へ約100km移動	南へ約150km移動
すべり量 割増モデル					
津波高※ (評価位置)	T.M.S.L.+2.35m	T.M.S.L.+3.01m	T.M.S.L.+3.07m	T.M.S.L.+3.65m	T.M.S.L.+3.45m
位置	北へ約50km移動	基準位置	南へ約50km移動	南へ約100km移動	南へ約150km移動
海溝側 強調モデル					
津波高※ (評価位置)	T.M.S.L.+2.52m	T.M.S.L.+3.00m	T.M.S.L.+3.17m	T.M.S.L.+3.16m	T.M.S.L.+2.87m

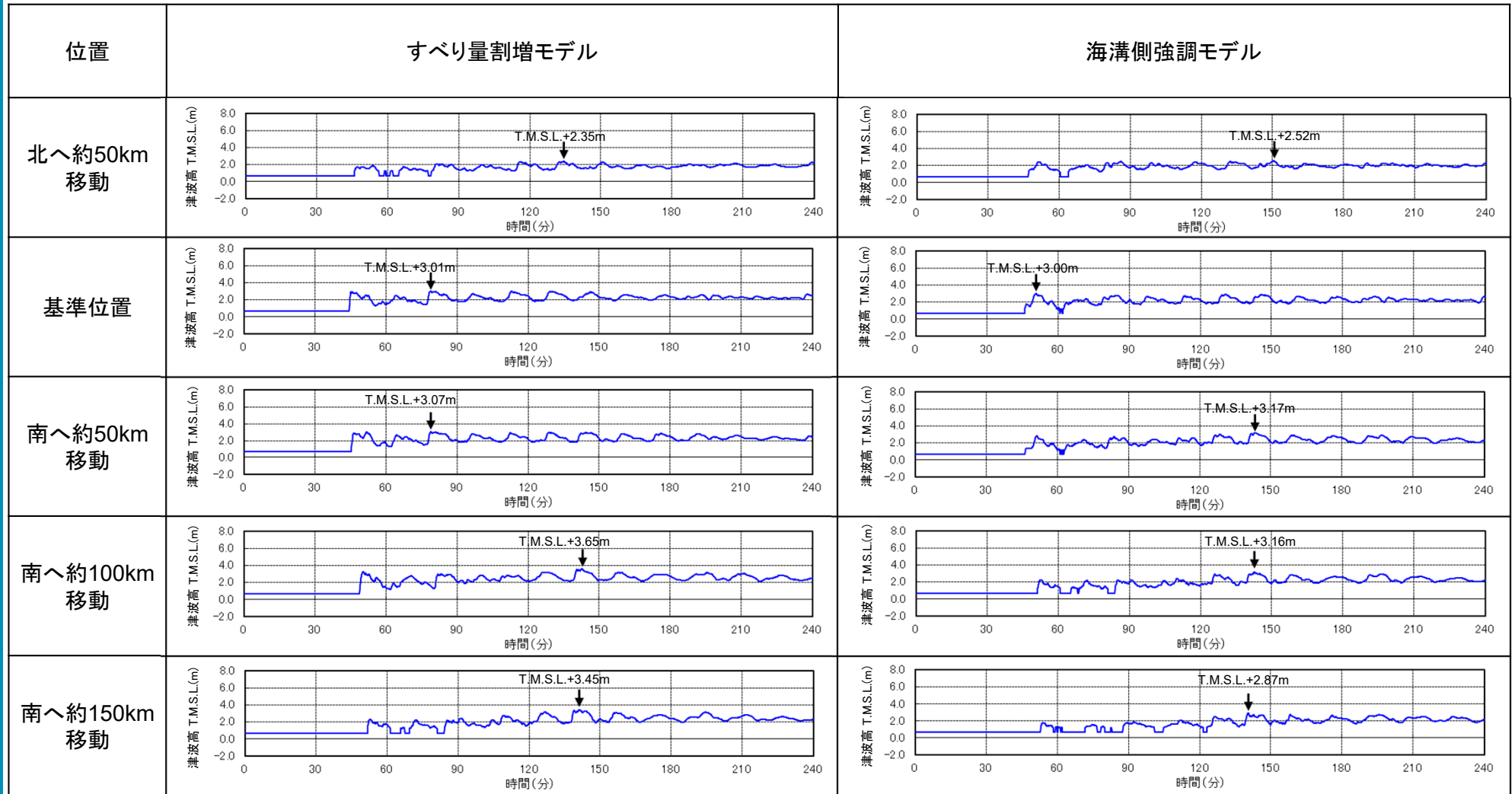
※朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮

波源位置の不確かさに係る検討を実施した結果、最大となるのはすべり量割増モデルを南に約100km移動させたケースであった。



波源位置の不確かさ(時刻歴波形)

評価位置における時刻歴波形

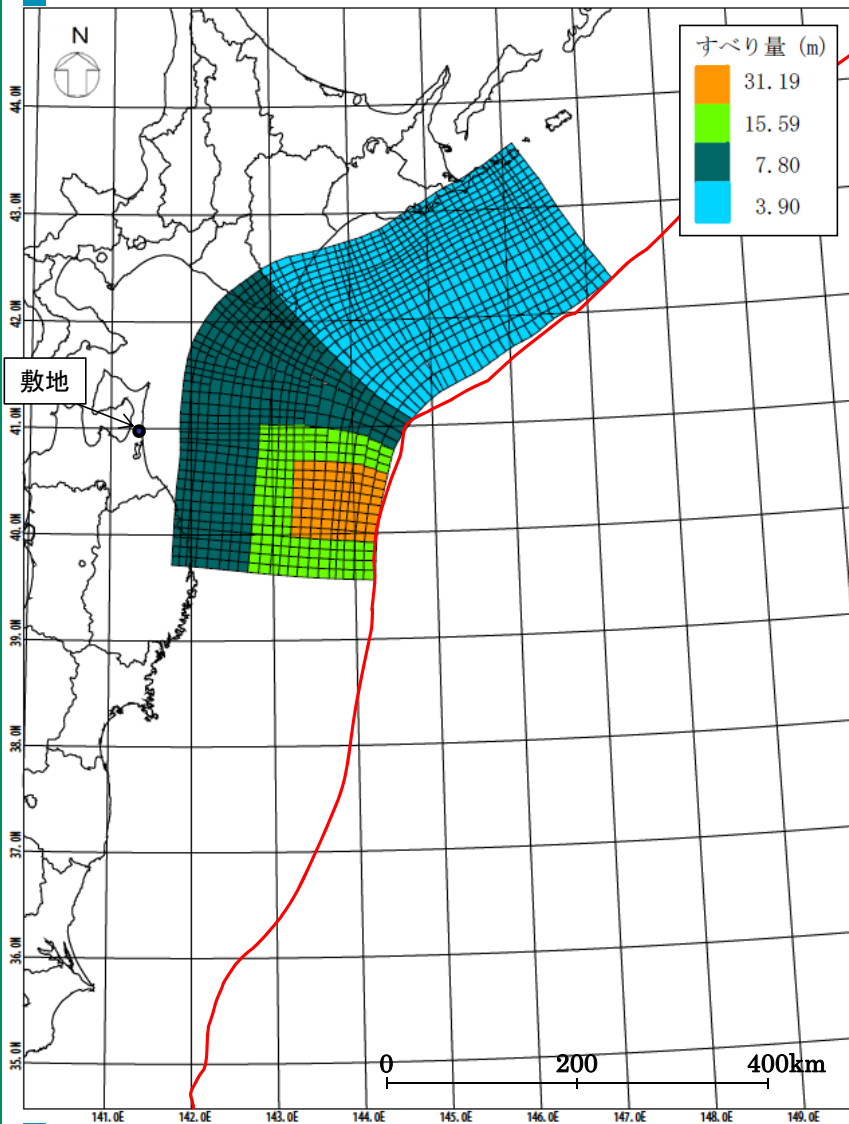


余白

波源位置の不確かさ(まとめ)

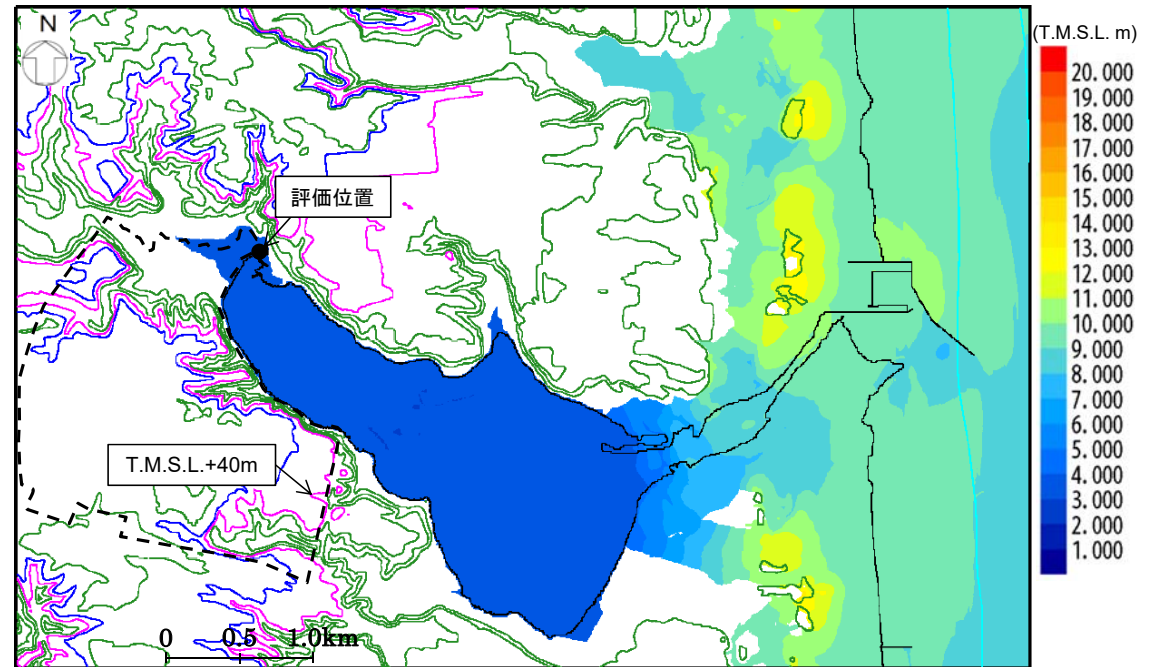
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+3.65m*

※期望平均満潮位及び地殻変動量(0.82m沈降)を考慮



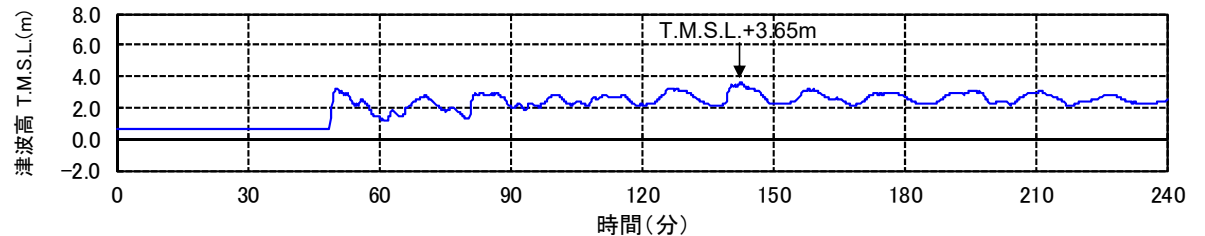
波源モデルの位置

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース



津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



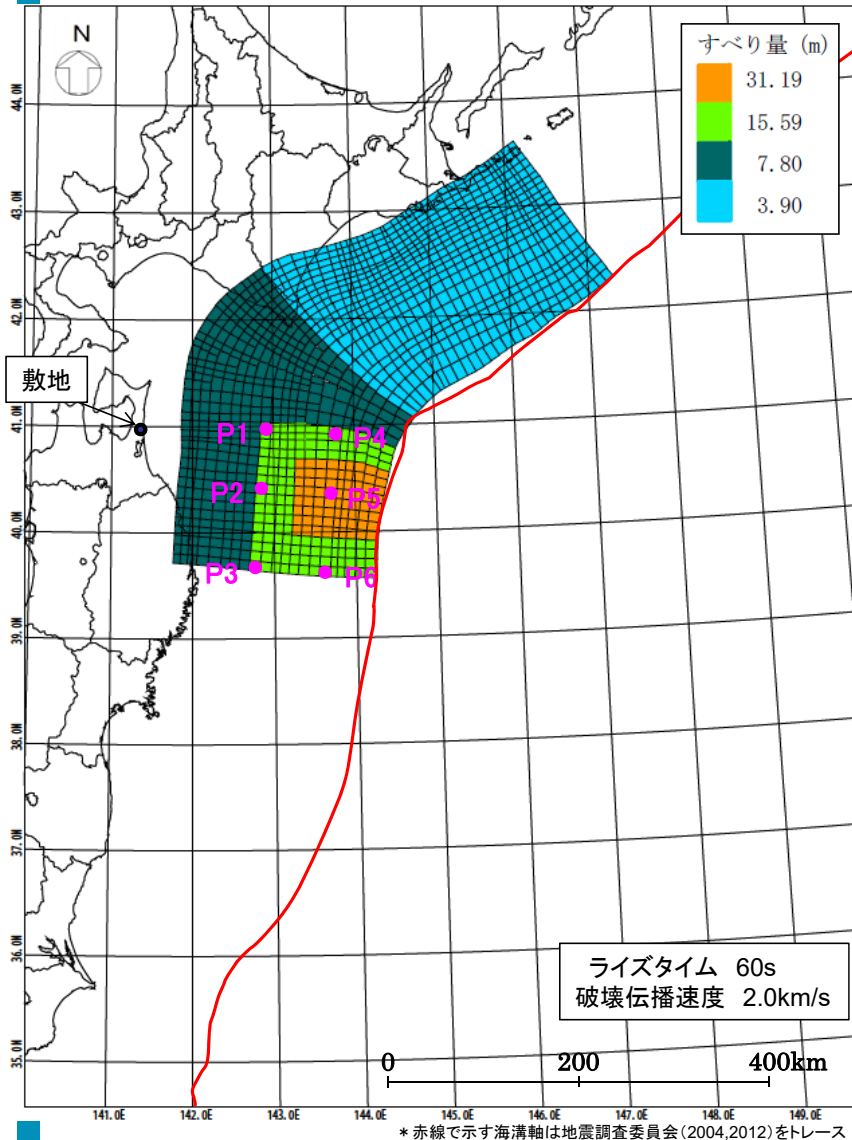
評価位置における時刻歴波形

波源位置の不確かさに係る検討の結果、評価位置における津波高が最大となる「すべり量割増モデル」を基準位置から南に約100km移動させたケースについて、破壊開始点の不確かさに係る検討を実施した。



破壊開始点の不確かさ(検討概要及び検討結果)

破壊開始点の不確かさについて検討するため、内閣府(2012)等を参考に破壊開始点を複数設定し、数値シミュレーションを実施した。

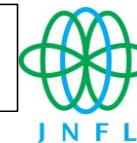


破壊開始点の設定位置

破壊開始点位置	評価位置における津波高*	評価位置における時刻歴波形
なし	T.M.S.L.+3.65m	
P1	T.M.S.L.+3.13m	
P2	T.M.S.L.+3.14m	
P3	T.M.S.L.+3.30m	
P4	T.M.S.L.+3.41m	
P5	T.M.S.L.+3.59m	
P6	T.M.S.L.+4.00m	

※期望平均満潮位及び地殻変動量を考慮

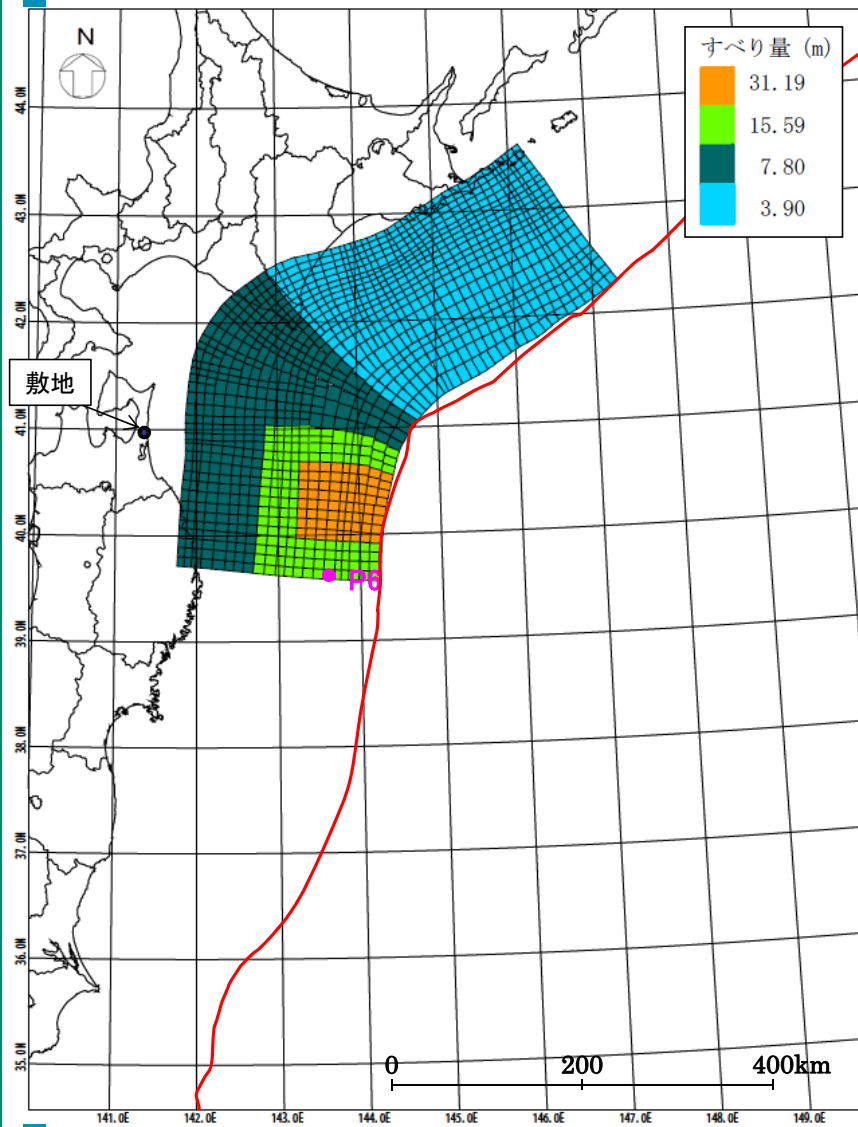
破壊開始点の不確かさ(まとめ)



破壊開始点の不確かさの検討を実施した結果、評価位置における津波高が最大となるのは、破壊開始点をP6と設定したケースであった。

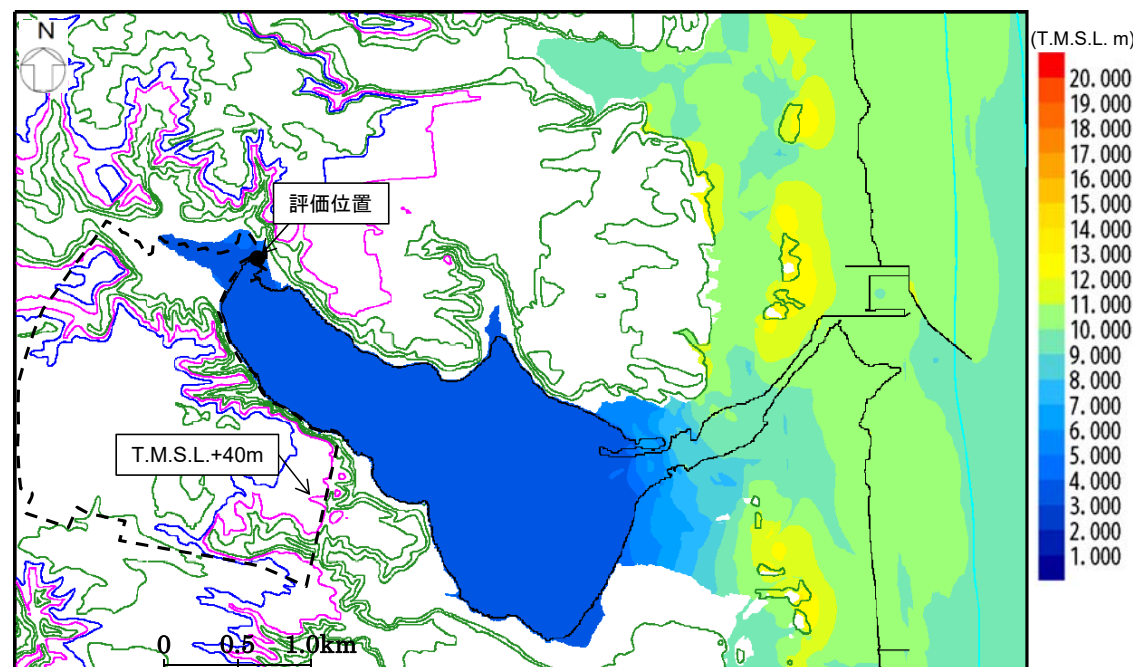
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+4.00m*

※朔望平均満潮位及び地殻変動量(0.82m沈降)を考慮



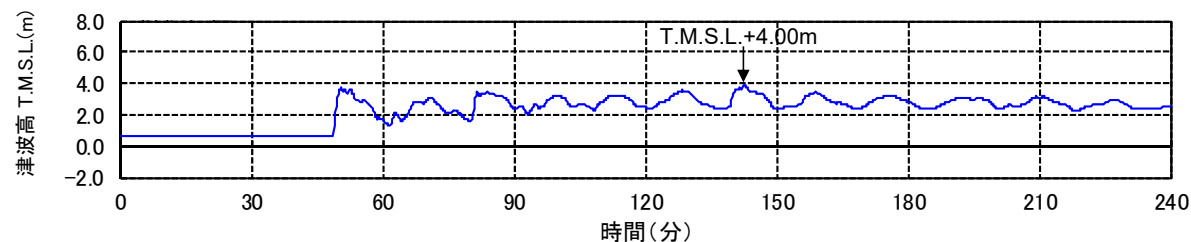
波源モデルの位置

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース



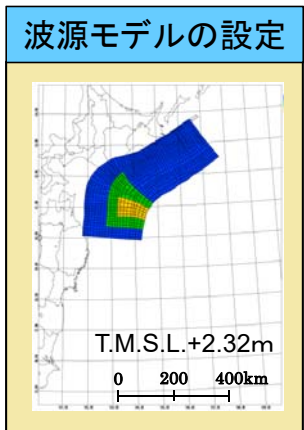
津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



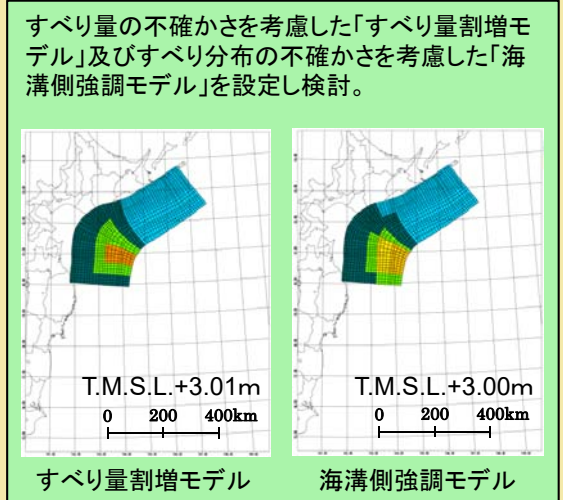
評価位置における時刻歴波形

北方への連動モデルに係るまとめ

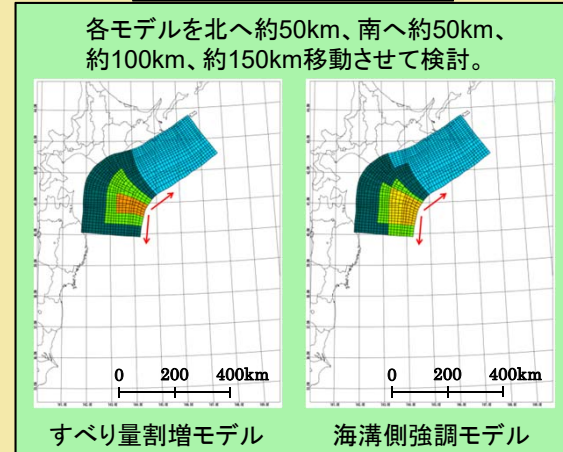


不確かさの検討

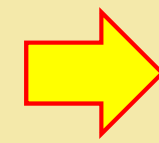
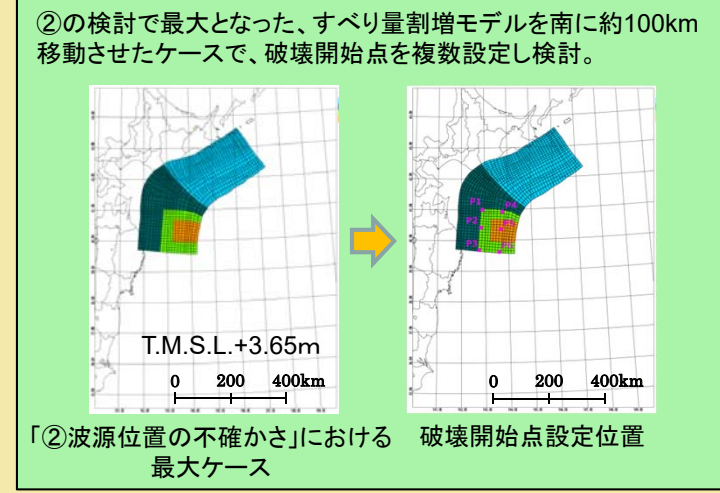
①波源特性の不確かさ



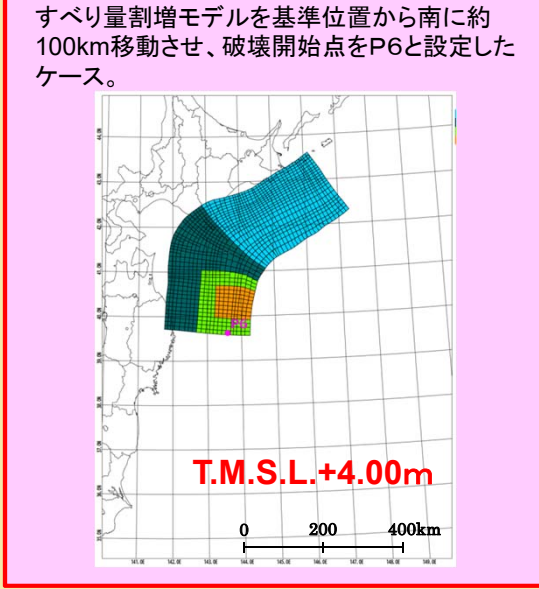
②波源位置の不確かさ



③破壊開始点の不確かさ



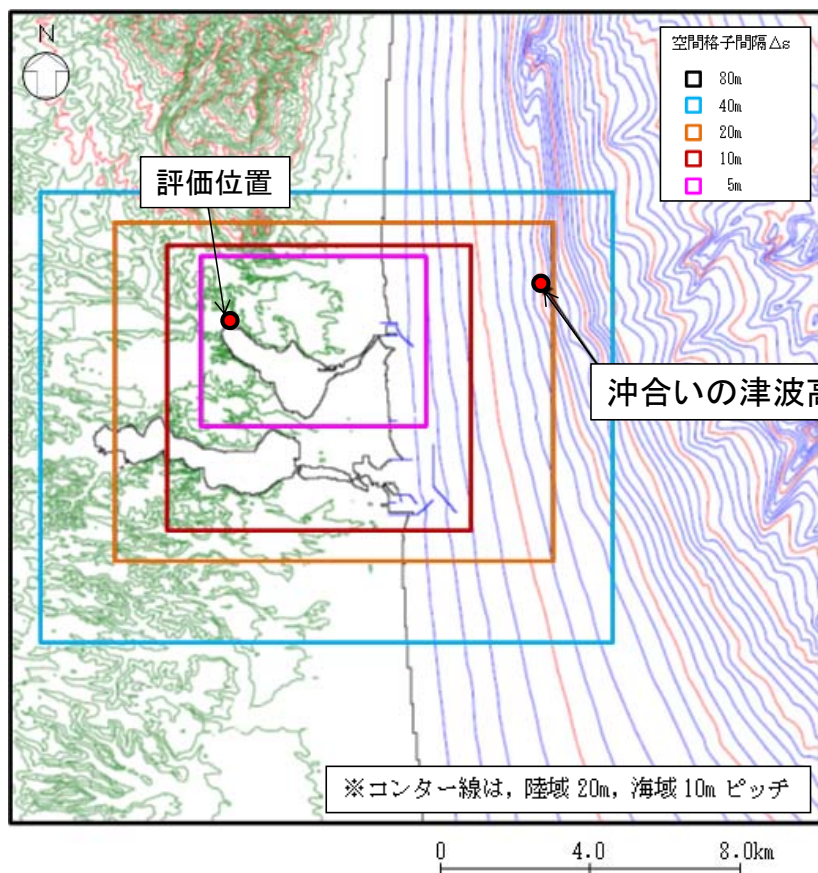
【最大ケース】



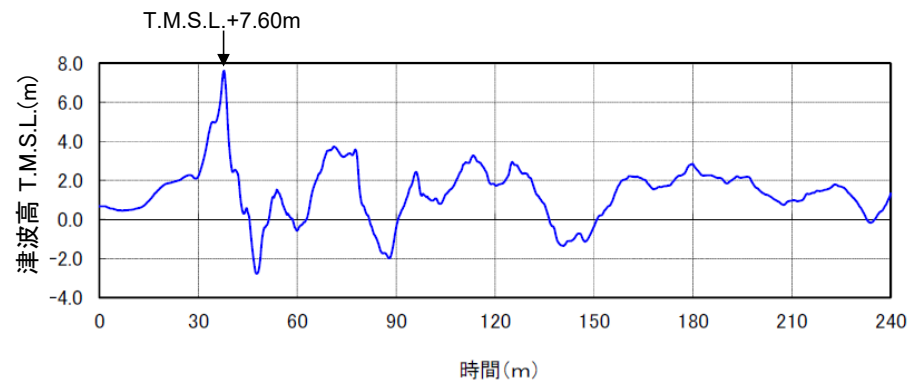
※図中に記載の津波高は、評価位置における津波高(朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮)

沖合いの津波高確認位置における津波高

- 想定した津波の規模観の把握のため、沖合い地点の津波高の確認を行った。
- 沖合いの津波高確認位置における津波高はT.M.S.L.+7.60mである。

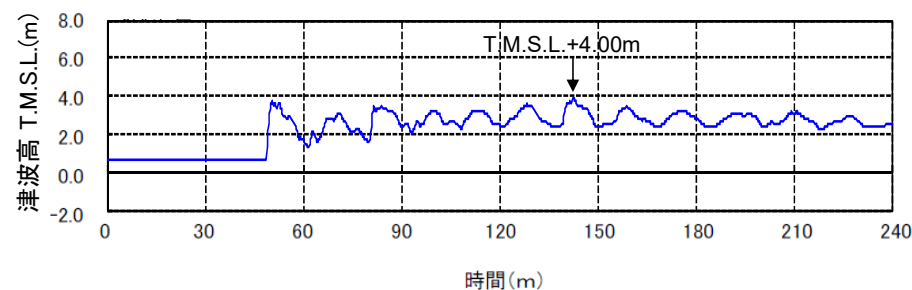


沖合いの津波高確認位置



※期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.67m)、地殻変動量(-0.74m)を考慮

沖合いの津波高確認位置の時刻歴波形




※期望平均満潮位(T.M.S.L.+0.67m)、地殻変動量(-0.82m)を考慮

評価位置の時刻歴波形

南方への連動型地震(青森県海岸津波対策検討会(2012)の検討概要①)

- 南方への連動型地震については、前述のとおり、青森県海岸津波対策検討会(2012)の検討を参照した。
- 青森県は、2012年に青森県海岸津波対策検討会を設置し、青森県太平洋沿岸に最も影響を及ぼす最大クラスの津波を想定し検討を実施している。

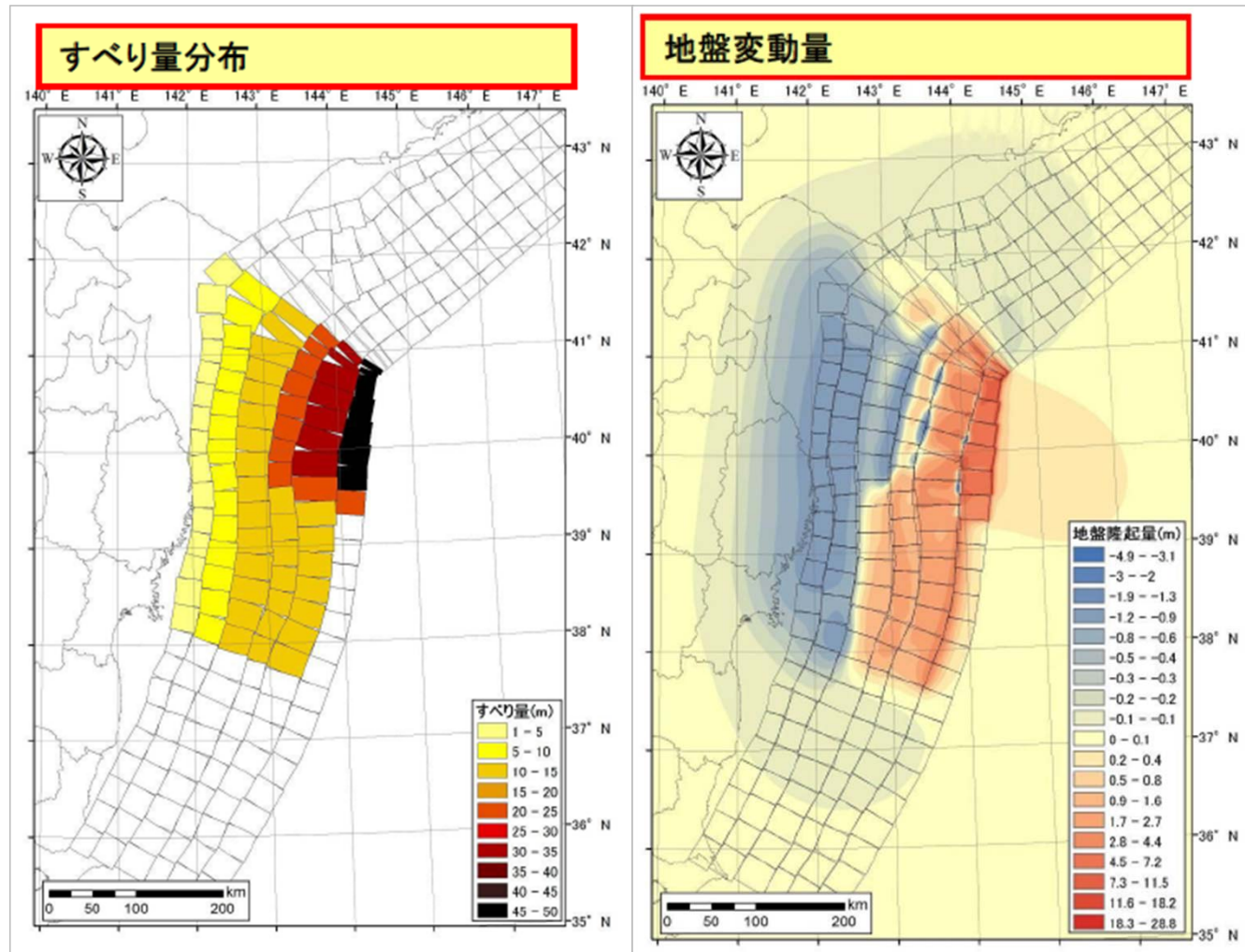
対象津波		H24 青森県太平洋側想定地震津波
マグニチュード		Mw = 9.0
使用モデル		H24 青森県太平洋側独自断層モデル
概要	説明	中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」で平成17年6月22日に検討された「三陸沖北部の地震」と「明治三陸タイプ地震」を網羅する津波断層領域を想定した地震。
	震源域	

青森県海岸津波対策検討会(2012)より抜粋

青森県海岸津波対策検討会(2012)の想定する震源域

南方への連動型地震(青森県海岸津波対策検討会(2012)の検討概要②)

2011年東北地方太平洋沖地震の知見を踏まえ、三陸沖北部の海溝沿いに、大すべり域と超大すべり域を設定。



青森県海岸津波対策検討会(2012)より抜粋

青森県海岸津波対策検討会(2012)の設定したH24青森県太平洋側想定地震の津波断層モデル

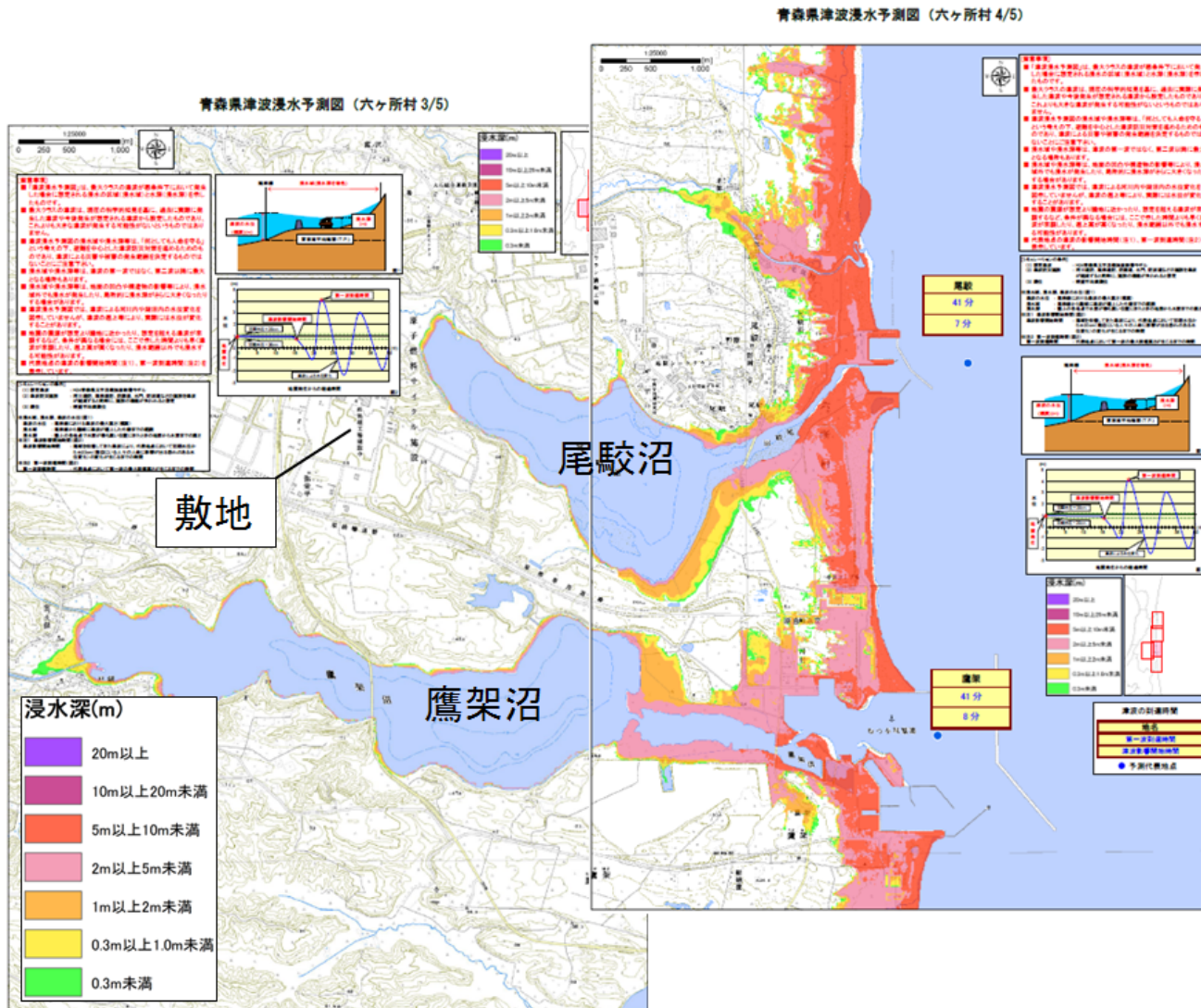
余白

3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.2 地震に起因する津波の評価

3.2.1 プレート間地震に起因する津波の評価

南方への連動型地震(青森県海岸津波対策検討会(2012)の検討結果①)

H30.10.31
資料1-6
p60 再掲



青森県海岸津波対策検討会(2012)より抜粋・一部加筆

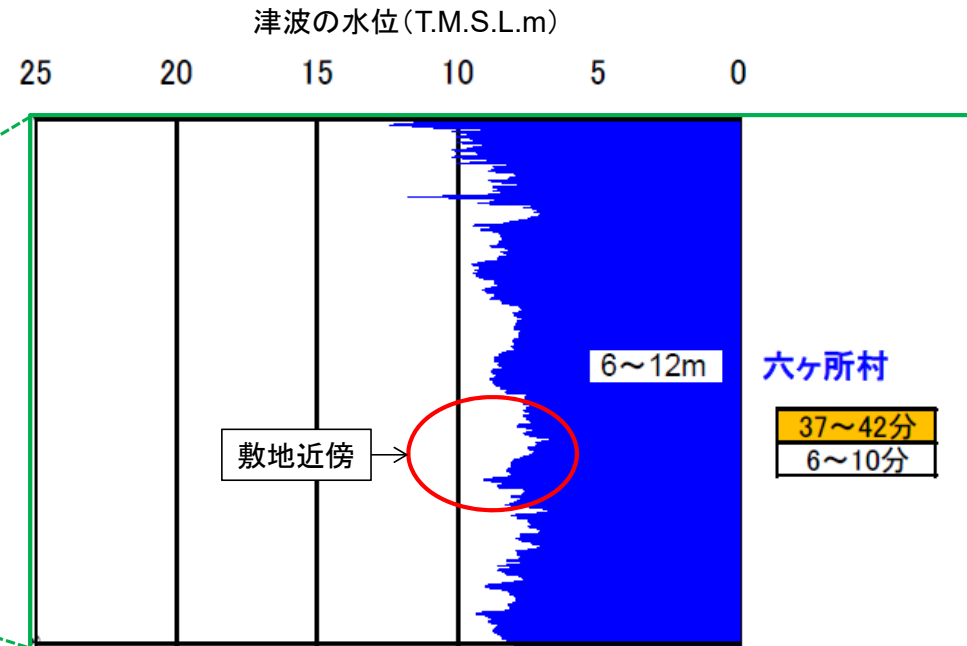
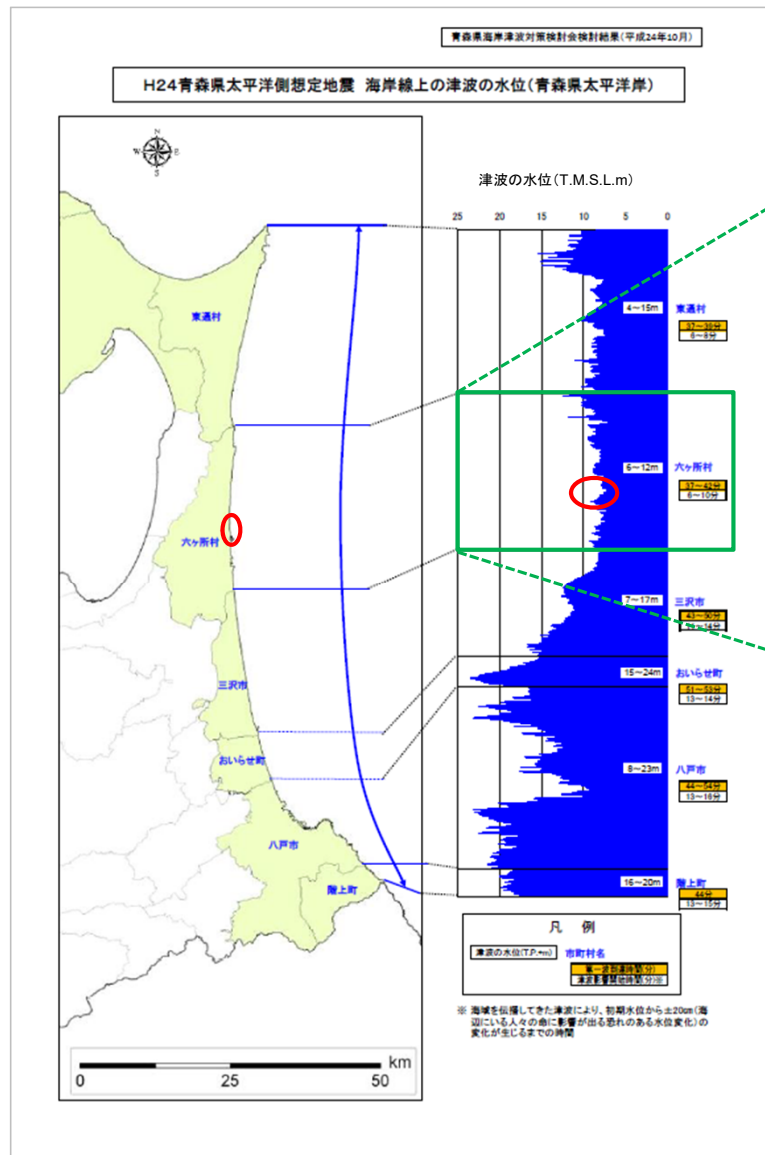
浸水予測図

3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.2 地震に起因する津波の評価

3.2.1 プレート間地震に起因する津波の評価

南方への連動型地震(青森県海岸津波対策検討会(2012)の検討結果②)

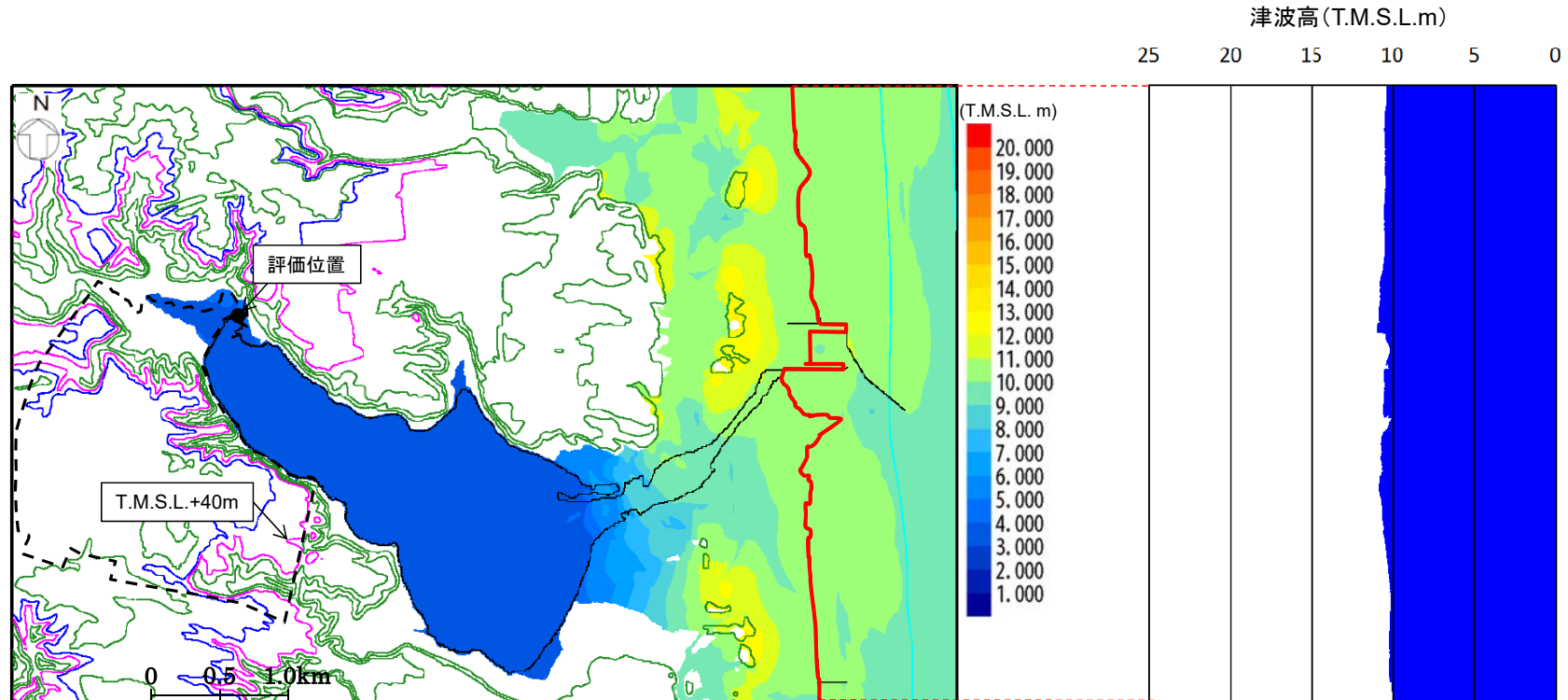
H30.10.31
資料1-6
p61 加除修正



- 南方への連動型地震においては、六ヶ所村沿岸における津波高は6~12mとの結果が得られており、敷地近傍で見るとT.M.S.L.+10mに達していない。
- 北方への連動型地震の波源モデルの中で津波高が最も高いケースにおいて、敷地近傍の海岸線上における津波高は、次頁に示すとおりT.M.S.L.+10m以上であり、北方への連動型地震に起因する津波が南方への連動型地震に起因する津波を上回る結果となっている。

青森県海岸津波対策検討会(2012)より抜粋・一部加筆
海岸線上の津波の水位

北方への連動型地震の波源モデルの検討結果(海岸線上の津波高)



※コンター線は10mピッチ(赤線は津波高の抽出位置)

北方への連動型地震の波源モデルの中で津波高が最も高いケースにおける津波高分布図

3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.2 地震に起因する津波の評価

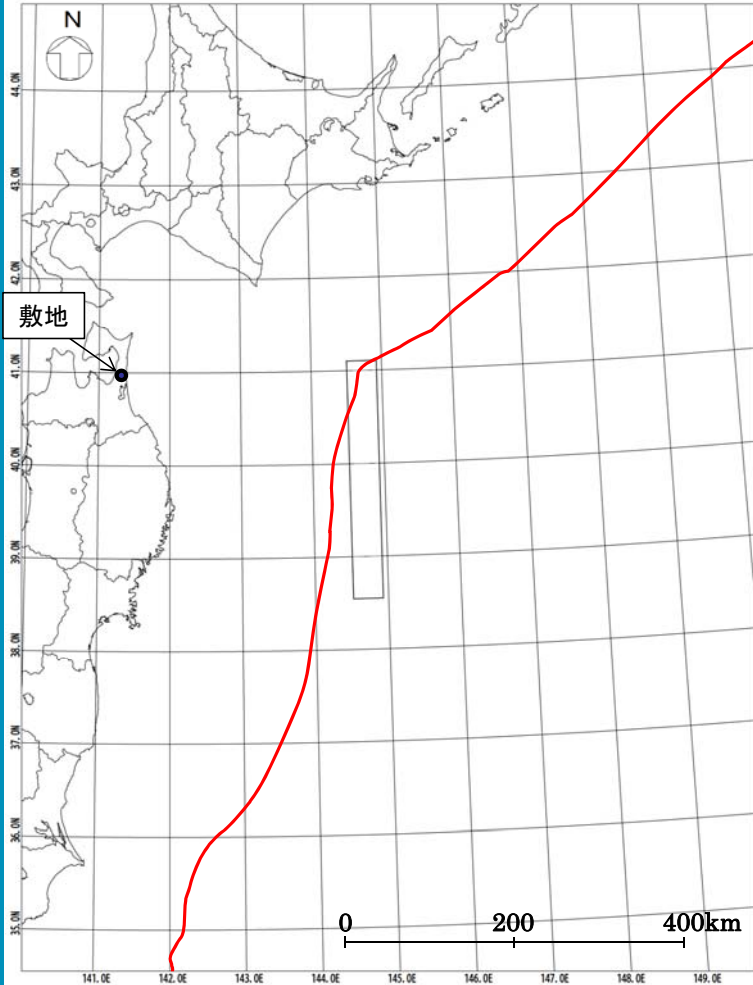
3.2.2 海洋プレート内地震に起因する津波の評価

海洋プレート内地震に起因する津波波源モデルの解析結果

H30.10.31
資料1-6
p63 加除修正



○波源モデルの位置及び諸元



波源モデルの位置
諸元
(土木学会(2002)の諸元を補正)

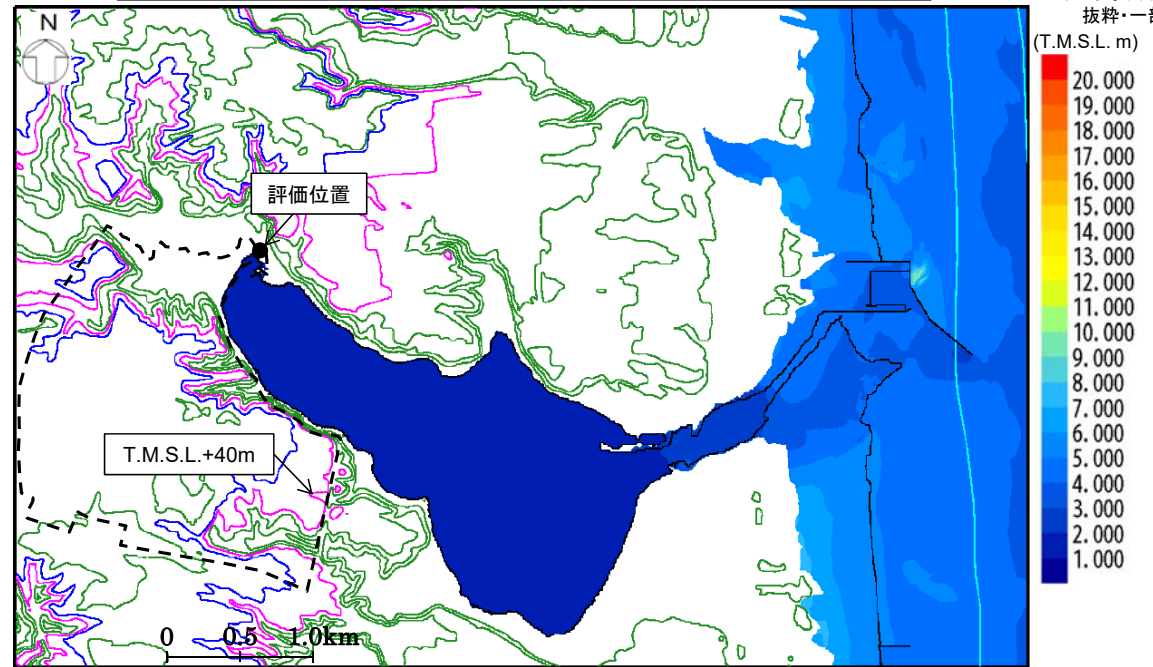
モーメント マグニチュード Mw	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	走向 θ (°)	上縁深さ d (km)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)	剛性率 μ (N/m ²)	すべり量 D (m)
8.6	283	50	180	1	45	270	7.0×10^{10}	10.10

海洋プレート内地震の波源モデルは、土木学会(2002)で示されている1933年昭和
三陸地震津波の波源モデルをもとに、地震規模が既往最大のMw8.6となるように
スケーリング則に基づき設定した。

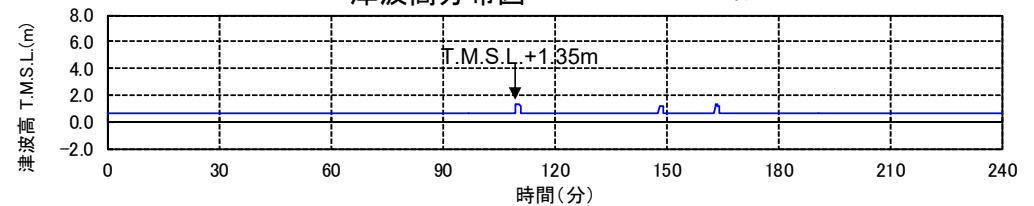
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+1.35m*

※期望平均満潮位及び地殻変動量(0.018m沈降)を考慮

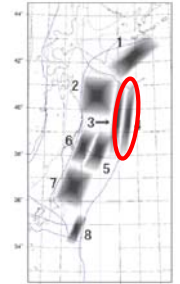
プレート間地震に起因する津波を上回るものではない。



津波高分布図 ※コンター線は10mピッチ



評価位置における時刻歴波形



地震の活動域
(土木学会(2016)より
抜粋・一部加筆)



<参考>不確かさの考慮に係る考え方について

プレート間地震及び海洋プレート内地震の津波波源モデルの解析結果

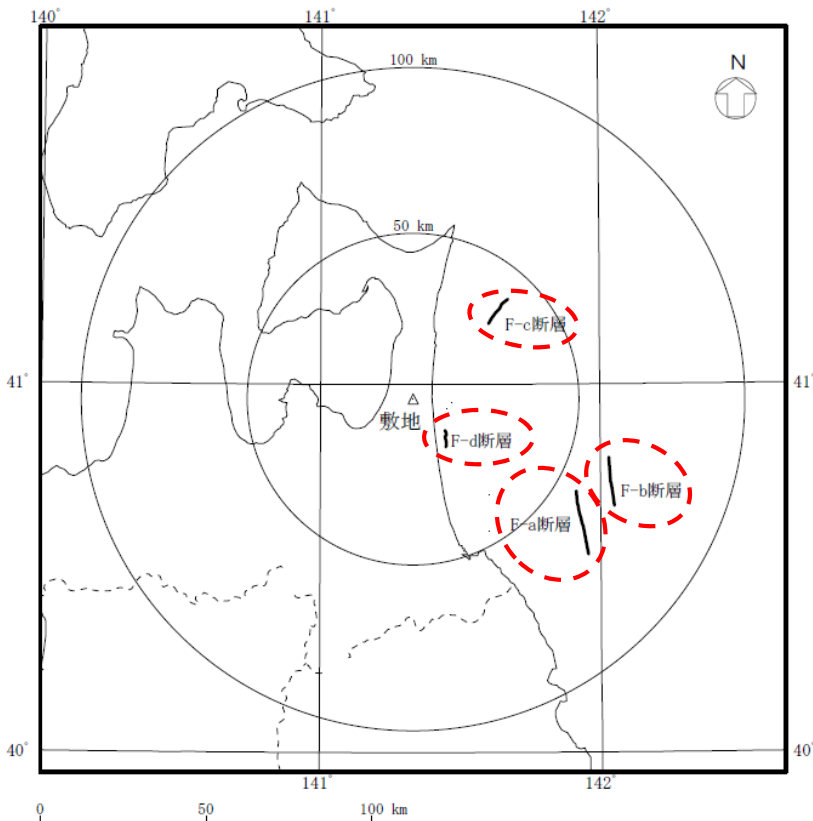
地震タイプ		プレート間地震			海洋プレート内地震
		三陸沖北部のプレート間地震	津波地震	北方への連動型地震	
波源モデル					
津波高*	評価位置	T.M.S.L.+1.38m	T.M.S.L.+1.28m	T.M.S.L.+2.32m	T.M.S.L.+1.35m
	尾駁沼入り口 前面	T.M.S.L.+4.06m	T.M.S.L.+3.10m	T.M.S.L.+6.75m	T.M.S.L.+3.94m
	沖合いの 津波高確認位置	T.M.S.L.+3.31m	T.M.S.L.+2.43m	T.M.S.L.+5.50m	T.M.S.L.+2.50m

※朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

- ▶ 各地震タイプの波源を比較すると、北方への連動型地震が他の地震に比べて波源域が広く、規模もMw9.04であり最大のモデルとなっている。
- ▶ 各地震タイプの解析結果を比較すると、三陸沖北部のプレート間地震、津波地震及び海洋プレート内地震の津波高は、北方への連動型地震の津波高に対して、評価位置で6割程度、尾駁沼入り口前面及び沖合いの津波高確認位置で5割程度の高さに過ぎない。
- ▶ 以上を踏まえると、仮に北方への連動型地震以外の地震タイプの波源モデルに不確かさを考慮したとしても、北方への連動型地震の波源モデルに不確かさを考慮した結果を上回る結果となることは考えにくい。各施設の設置される敷地への到達可能性の観点から、北方への連動型地震以外の地震タイプの波源モデルについて不確かさを考慮した検討は不要であると判断した。

阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高



敷地周辺海域の活断層分布

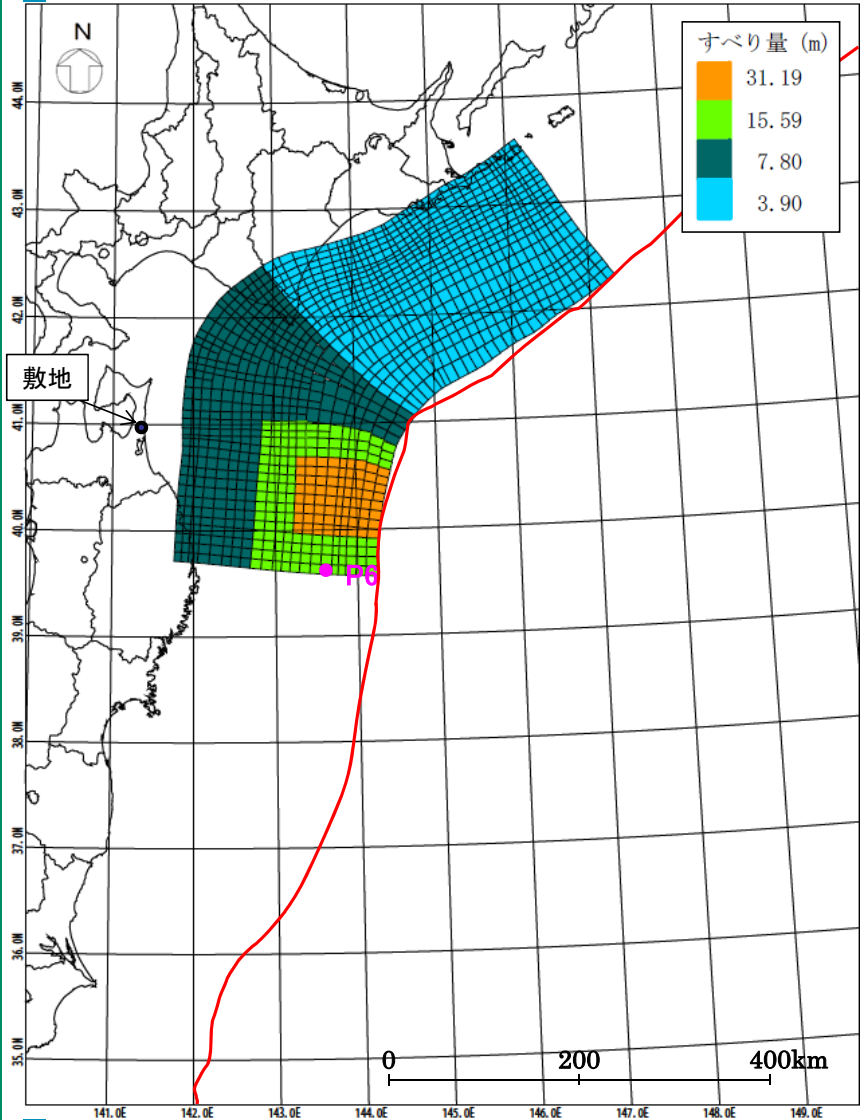
- 海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の影響について検討するため、敷地周辺海域の活断層について、阿部(1989)の簡易予測式により推定津波高を算出した。
- 推定津波高は最大でも0.3mであり、プレート間地震に起因する津波と比べて影響は非常に小さい。

海域の活断層による地殻内地震に起因する津波の推定津波高

海域活断層	断層長 L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	地震 モーメント Mo(N·m)	モーメント マグニチュード Mw	津波の 伝播距離 Δ(km)	推定 津波高 Ht(m)
F-a断層	20	12.0	2.11	1.75×10^{19}	6.8	63	0.3
F-b断層	15	10.0	1.58	8.18×10^{18}	6.5	64	0.2
F-c断層	15	10.0	1.58	8.18×10^{18}	6.5	38	0.3
F-d断層	6	4.0	0.63	5.24×10^{17}	5.7	15	0.2



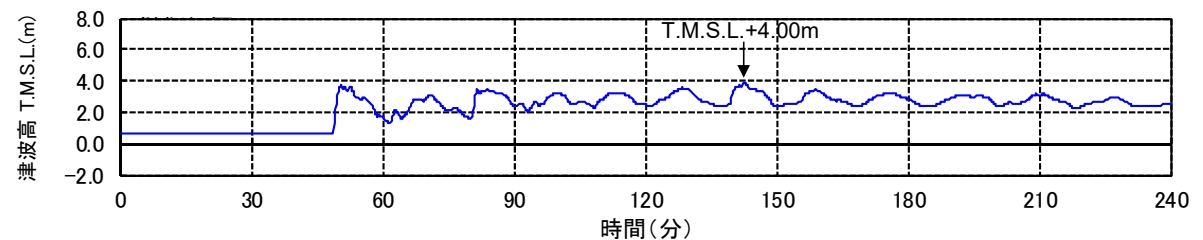
3. 2. 4 まとめ



* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース
最大ケース

- 地震に起因する津波の影響について評価するにあたり、プレート間地震、海洋プレート内地震及び海域の活断層による地殻内地震について検討を実施した。
- 検討の結果、評価位置における津波高が最も高くなるのは、プレート間地震のうち北方への連動型地震の津波波源モデルであった。
- 北方への連動型地震の津波波源モデルに不確かさを考慮した結果、すべり量割増モデルを南に約100km移動させ、破壊開始点をP6と設定したケースが最大であり、評価位置における津波高はT.M.S.L.+4.00m*である。

※ 朔望平均満潮位及び地殻変動量(0.82m沈降)を考慮



評価位置における時刻歴波形

地すべり等に係る調査結果①

【既往津波】

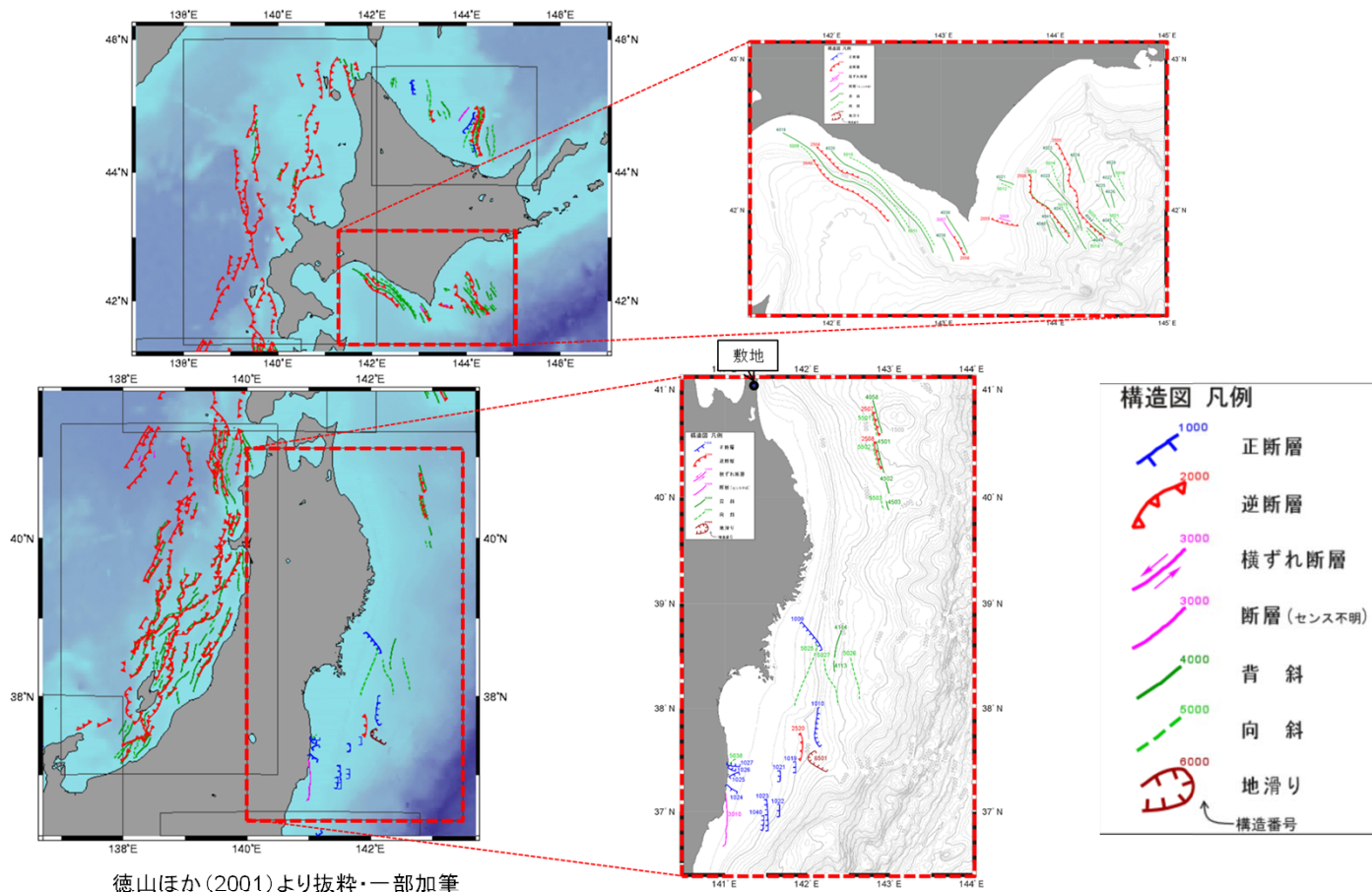
文献調査によると、敷地周辺における陸上及び海底の地すべり並びに斜面崩壊等による歴史津波の記録は知られていない。

【陸上地すべり】

防災科学技術研究所(2009,2013)によると、敷地周辺陸域の海岸付近において、大規模な地すべり地形は認められない。
(地すべり地形分布図については参考資料参照)

【海底地すべり】

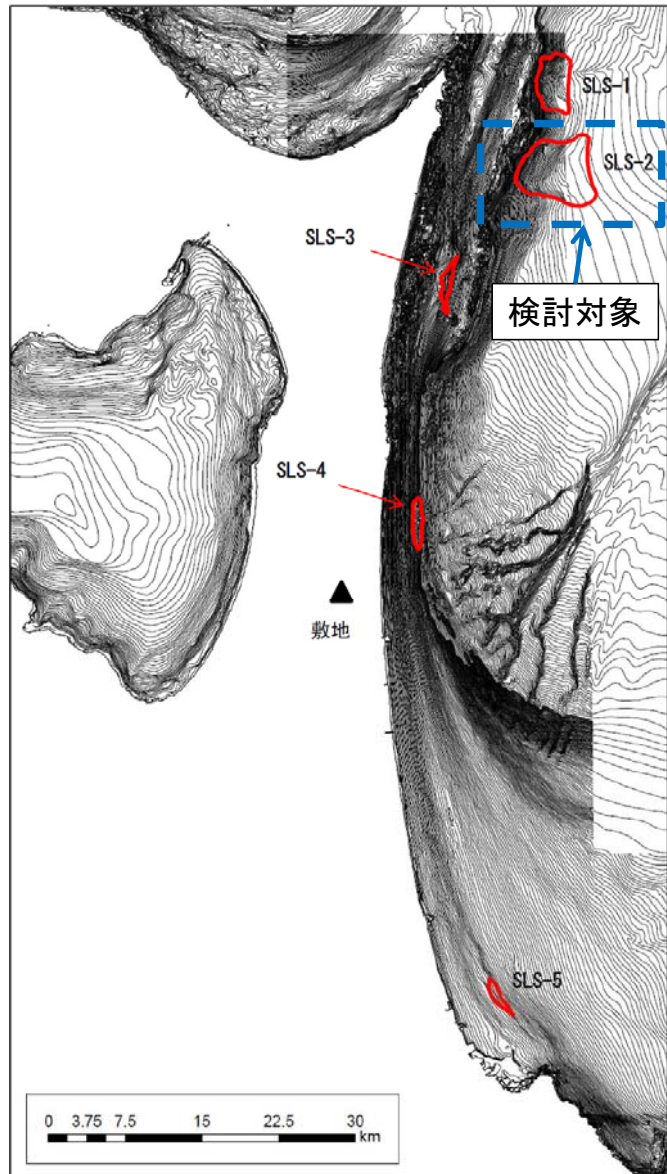
徳山ほか(2001)において、敷地周辺海域には海底地すべり地形は認められない。



徳山ほか(2001)より抜粋・一部加筆

「日高十勝沖」及び「三陸常磐沖」の地質構造図

地すべり等に係る調査結果②



海底地すべり地形分布図

- 下北半島太平洋側前面海域の大陸棚部付近を対象に、日本水路協会の海底地形データM7000シリーズ及び東京電力(株)^{※1}、東北電力(株)、リサイクル燃料貯蔵(株)及び当社の下北4事業者で実施した海底地形調査結果を用い検討を実施した結果、大陸棚部付近において複数の地すべり地形が抽出された。
- 抽出された地すべり地形のうち、地すべり地形の崩壊規模が最も大きい海底地すべり(SLS-2)を対象に数値シミュレーションを実施した。
- 数値シミュレーションは、二層流モデル(Maeno and Imamura(2007))及びKinematic Landslideモデル(佐竹・加藤(2002))の2つの手法で実施した。

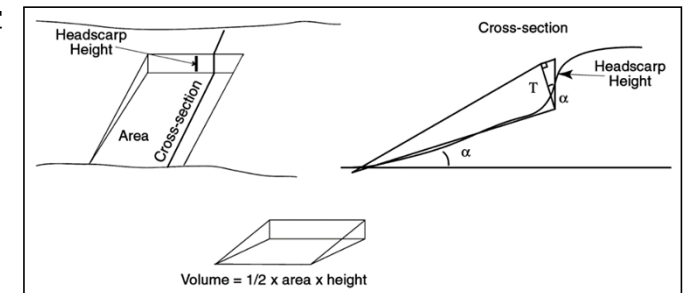
※1 現 東京電力ホールディングス(株)

抽出された海底地すべりの規模

地すべり	長さ (m)	幅 (m)	比高 (m)	厚さ (m)	傾斜 (°)	面積 (km ²)	体積 ^{※2} (km ³)
SLS-1	3000	5350	300	50	5.7	15.4	0.52
SLS-2	6000	5000	300	50	2.9	36.5	1.00
SLS-3	1200	5000	20	5	1.0	3.2	0.008
SLS-4	1000	5100	100	20	5.7	3.8	0.038
SLS-5	1000	4250	7	3	0.4	2.2	0.003

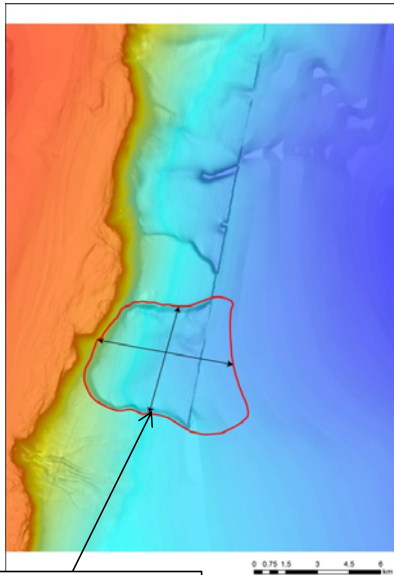
※2 体積の算出方法

SLS-1及びSLS-2: 現地形と復元地形の差分から算定
SLS-3 ~SLS-5: McAdoo et al.(2000)を参考に算定

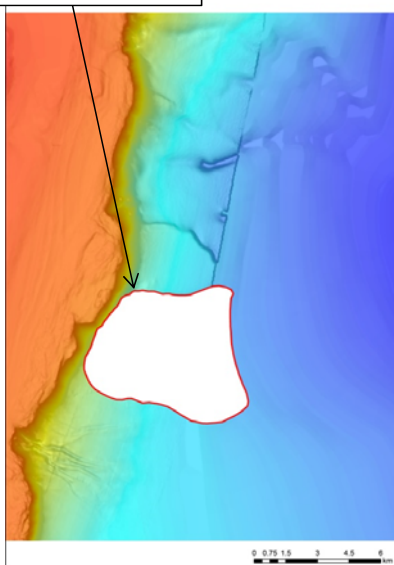


McAdoo et al.(2000)より抜粋

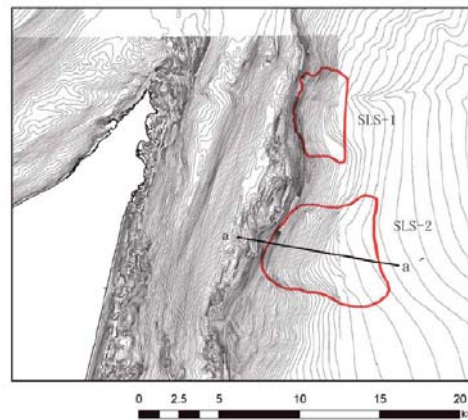
海底地すべりに起因する津波の評価(二層流モデルの解析条件)



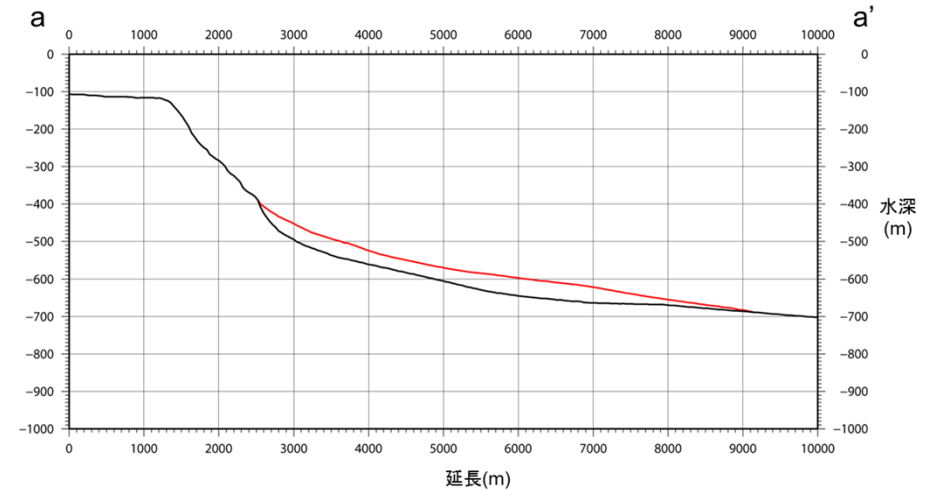
地すべり崩壊域



標高段彩陰影図



断面図位置



海底地すべり地形の断面図
(黒線:現地形、赤線:復元地形)

SLS-2の規模

長さ (m)	幅 (m)	比高 (m)	厚さ (m)	傾斜 (°)	面積 (km ²)	体積 (km ³)
6000	5000	300	50	2.86	36.5	1.00

【復元地形の作成】

- 地すべり規模の大きい「SLS-2」について二層流モデルでの検討を行うにあたり、地すべり前の地形の復元を行った。
- 復元地形については、佐竹・加藤(2002)の手法を参考に、現況地形の地すべり崩壊地形と推定される領域を地すべり崩壊域として定義し、当該領域をblank(左図の白色部)にしてから、周辺地形の標高値を用いて内挿し海底地すべり前の地形を復元し、作成した。

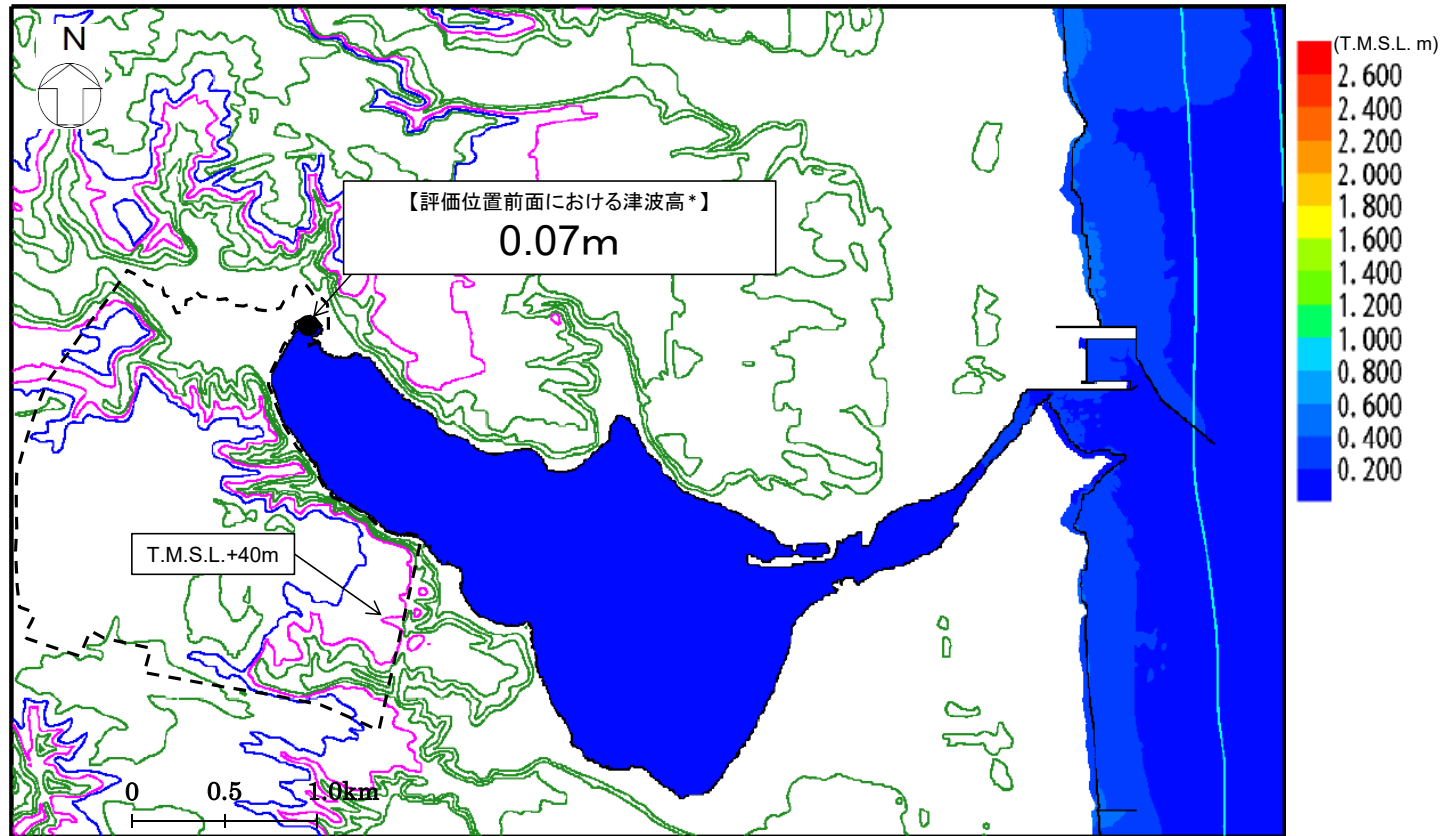
【地すべり規模の算出】

- 「長さ」および「幅」については、平面図における矢印の位置でGIS(Geographic Information System: 地理情報システム)で計測を行い、「比高」および「厚さ」については、断面図から読み取った。「傾斜」については、「比高」および「長さ」から算出した。
- 「面積」については、左図の赤線の領域について、GISで面積計測を行った。
- 「体積」については、復元地形と現地形の差分をとった。

主な計算条件

計算格子間隔 Δt (s)	計算時間 (h)	密度 (g/cm ³)		海底摩擦係数 (マニングの粗度係数) n (m ^{1/3} /s)		界面抵抗係数 f_{int}	水平渦動粘性 係数 ν (m ² /s)
		上層 ρ_1	下層 ρ_2	上層	下層		
0.15	3	1.03	1.724	0.03	0.40	0.0	考慮しない

海底地すべりに起因する津波の評価(二層流モデルによる検討結果)



※コンター線は10mピッチ

二層流モデルにおける津波高*分布

二層流モデルの数値シミュレーションにより検討した結果、評価位置前面における津波高*は0.07mであった。

* 朔望平均満潮位は考慮していない

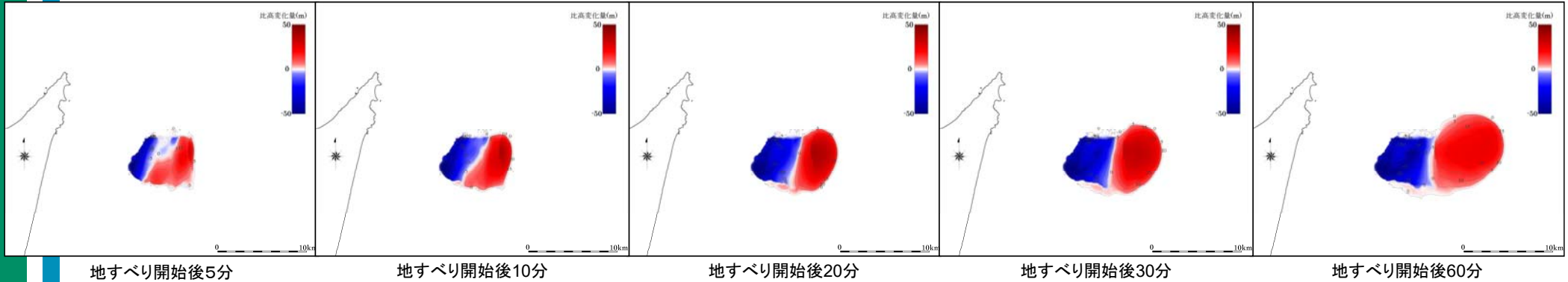
3. 既往知見を踏まえた津波の評価 3.3 地震以外の要因に起因する津波の評価

3.3.1 地すべり等に起因する津波の評価

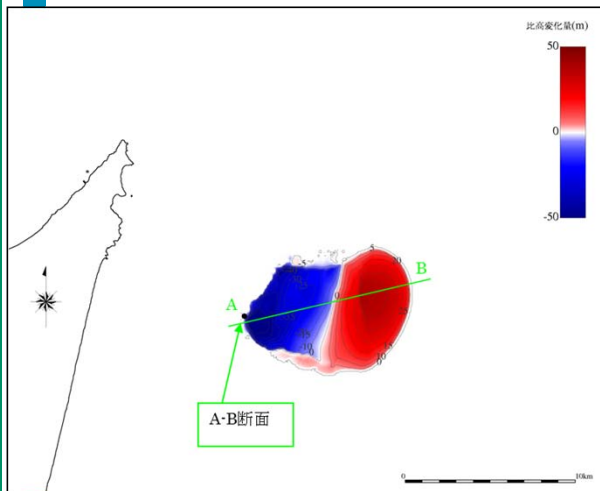
海底地すべりに起因する津波の評価 (Kinematic Landslideモデルの解析条件①)

【Kinematic Landslideモデルの計算条件①】

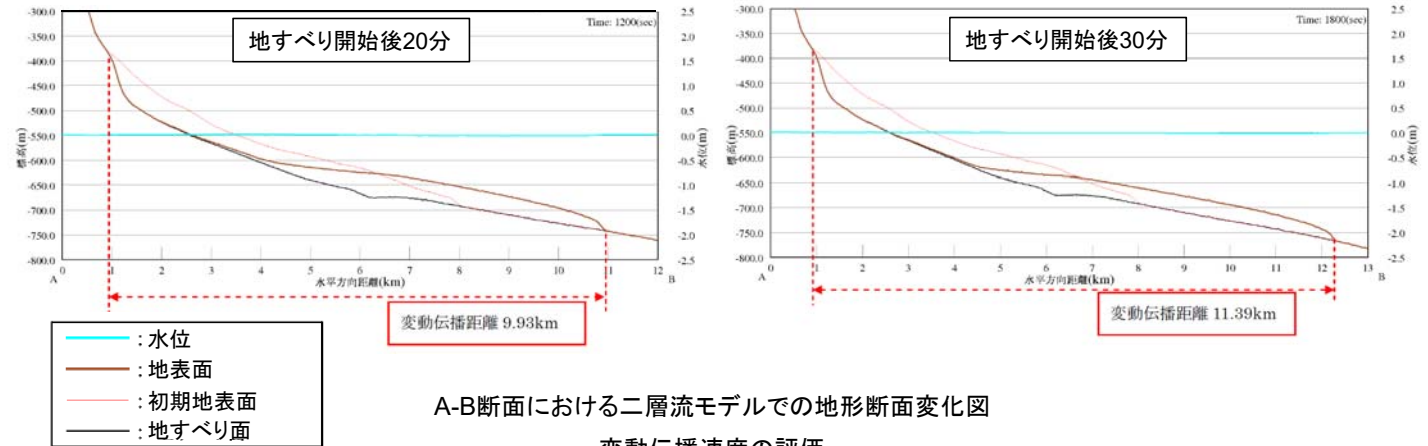
- 比高変化量は、二層流モデルの解析結果から、地すべり伝播速度を設定する上で保守的となるよう地すべり発生後20分と地すべり前の地形の差分とした。
- 地すべり発生20分後の変動伝播距離を基に、地すべり伝播速度を10m/sとした。地すべり変動開始点からの距離を地すべり伝播速度で除した値をその位置の比高変化開始時刻として設定した。



二層流モデルでの比高変化量分布図



二層流モデルでの地すべり開始後20分のA-B断面位置



A-B断面における二層流モデルでの地形断面変化図

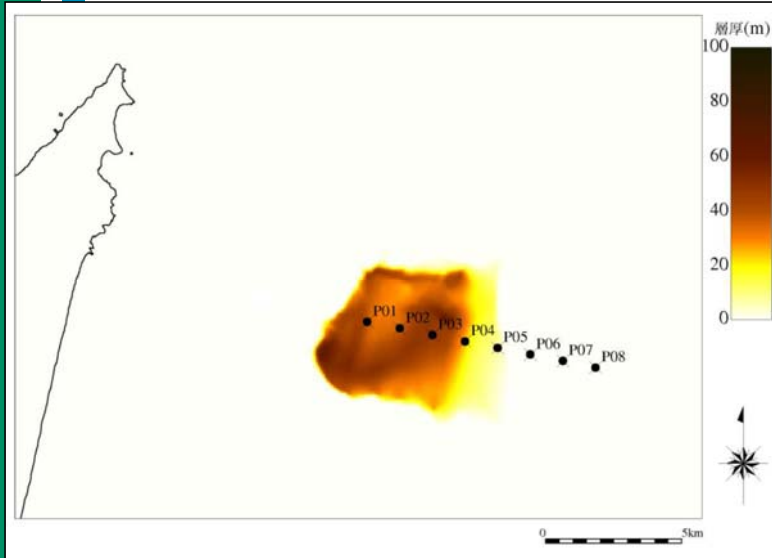
変動伝播速度の評価

	20分後	30分後
変動伝播距離(km)	9.93	11.39
伝播時間(s)	1200	1800
地すべりの伝播速度(m/s)	8.3	6.3
解析上での地すべりの伝播速度(m/s)	10	—

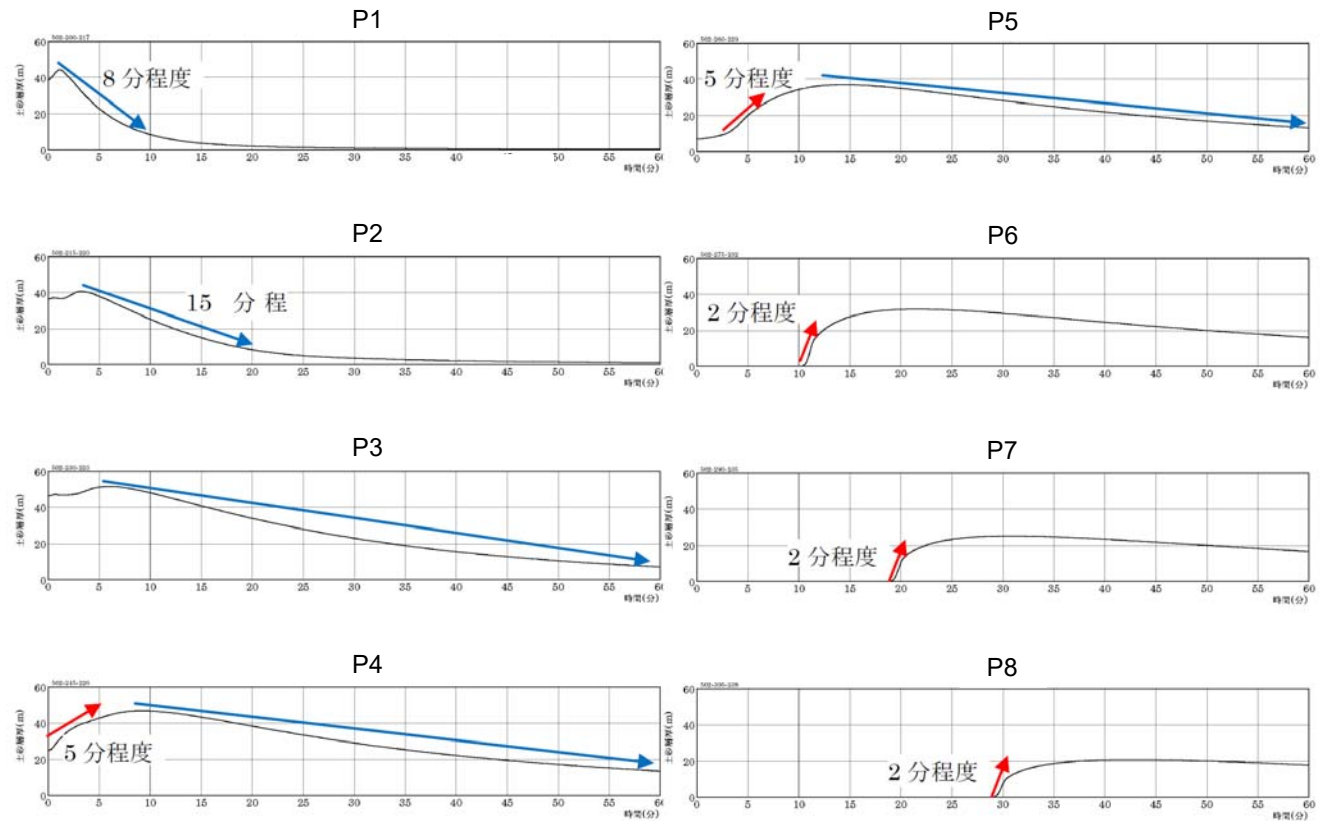
海底地すべりに起因する津波の評価(Kinematic Landslideモデルの解析条件②)

【Kinematic Landslideモデルの計算条件②】

崩壊域では10分以上変動が継続し、堆積域では概ね2分以上で立ち上がり5~10分でピークに達するため、ライズタイムは保守的に2分と設定した。



地塊層厚時系列抽出位置

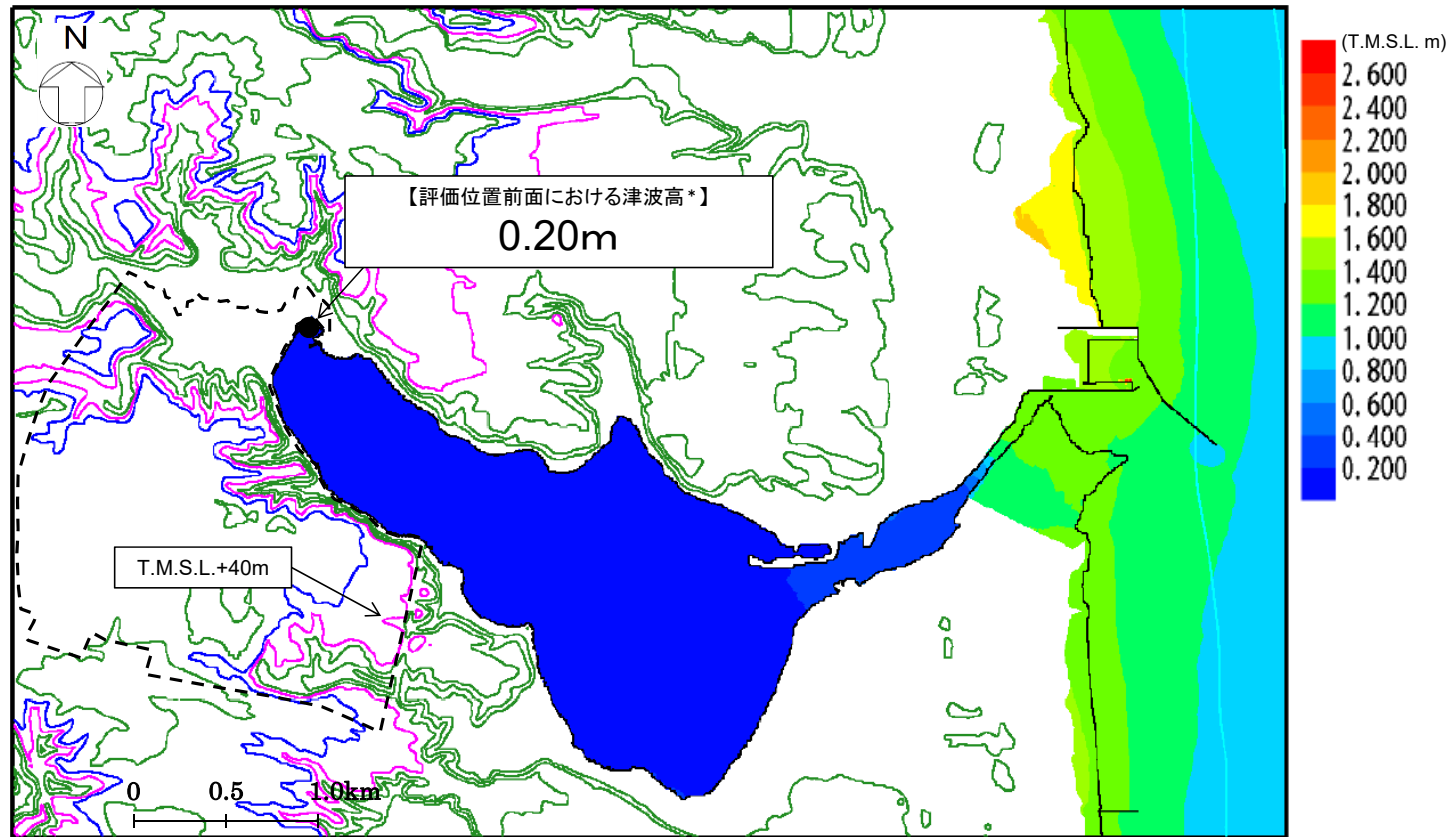


抽出位置における地塊層厚時系列

主な計算条件

計算格子間隔 Δt (s)	計算時間 (h)	ライズタイム (s)	変動伝播速度 (m/s)
0.15	3	120	10

海底地すべりに起因する津波の評価(Kinematic Landslideモデルによる検討結果)



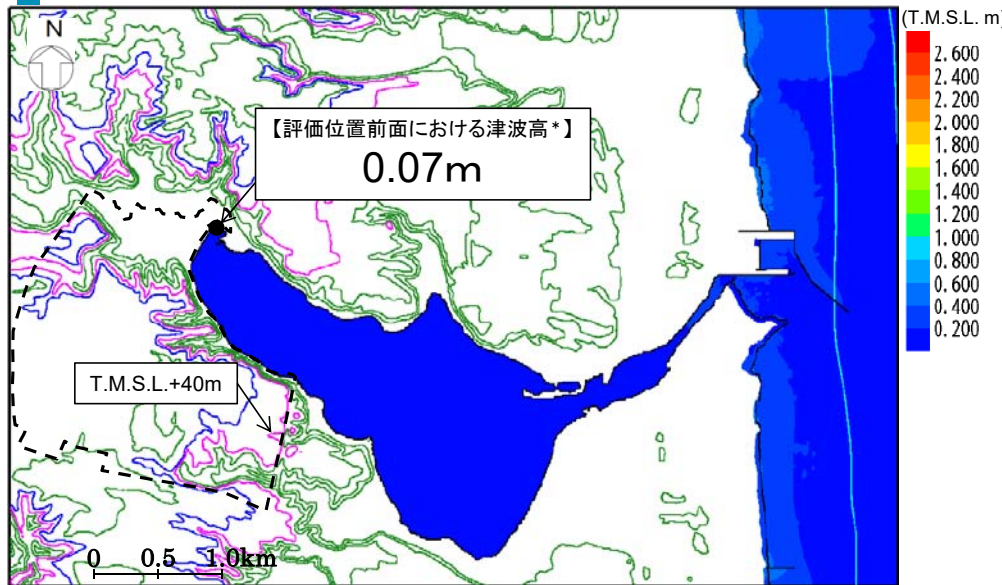
※コンター線は10mピッチ

Kinematic Landslideモデルにおける津波高*分布

Kinematic Landslideモデルの数値シミュレーションにより検討した結果、評価位置前面における津波高*は0.20mであった。

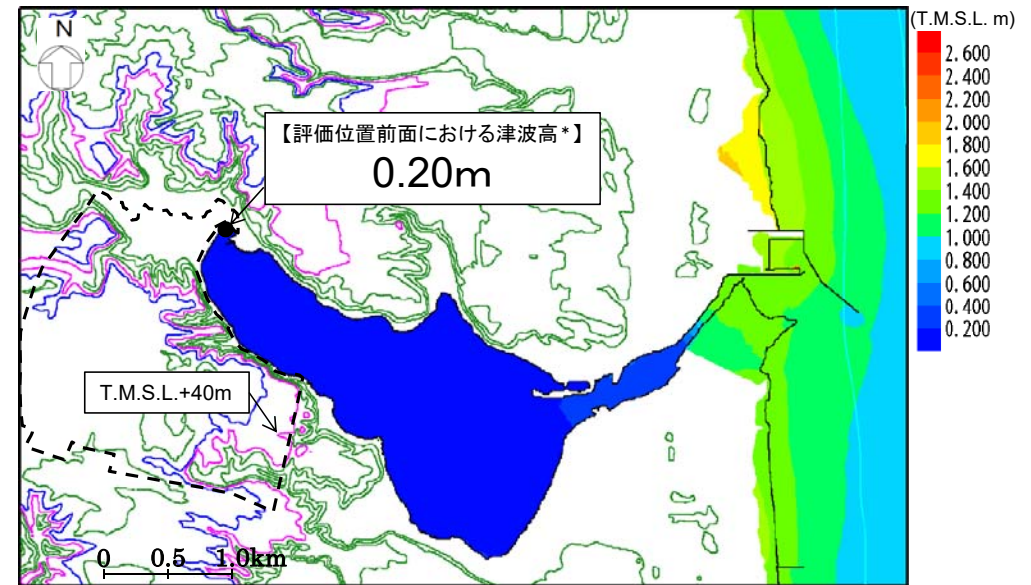
* 朔望平均満潮位は考慮していない

海底地すべりに起因する津波の評価(まとめ)



※コンター線は10mピッチ

二層流モデルにおける津波高*分布



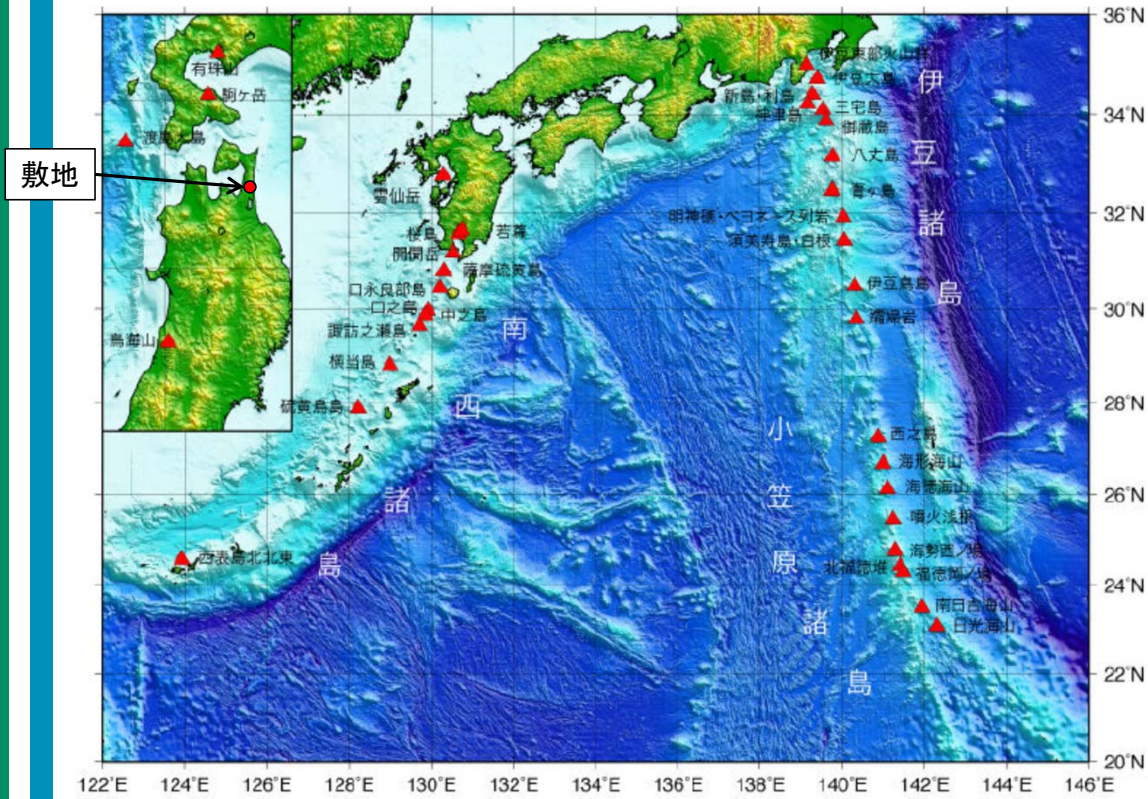
※コンター線は10mピッチ

Kinematic Landslideモデルにおける津波高*分布

- 海底地すべりに起因する津波の影響について、数値シミュレーションにより検討した結果、評価位置前面における津波高*は、二層流モデルで0.07m、Kinematic Landslideモデルで0.20mであり、プレート間地震に起因する津波と比べて影響は非常に小さい。
- 評価位置前面における津波高*は最大でも0.20mと非常に小さな値であり、各施設の設置される敷地への到達可能性の観点から考えると、仮に地震に起因する津波との重畳を考慮したとしても影響は非常に小さいと考えられることから、地震に起因する津波と海底地すべりに起因する津波の重畳については考慮しないものとする。

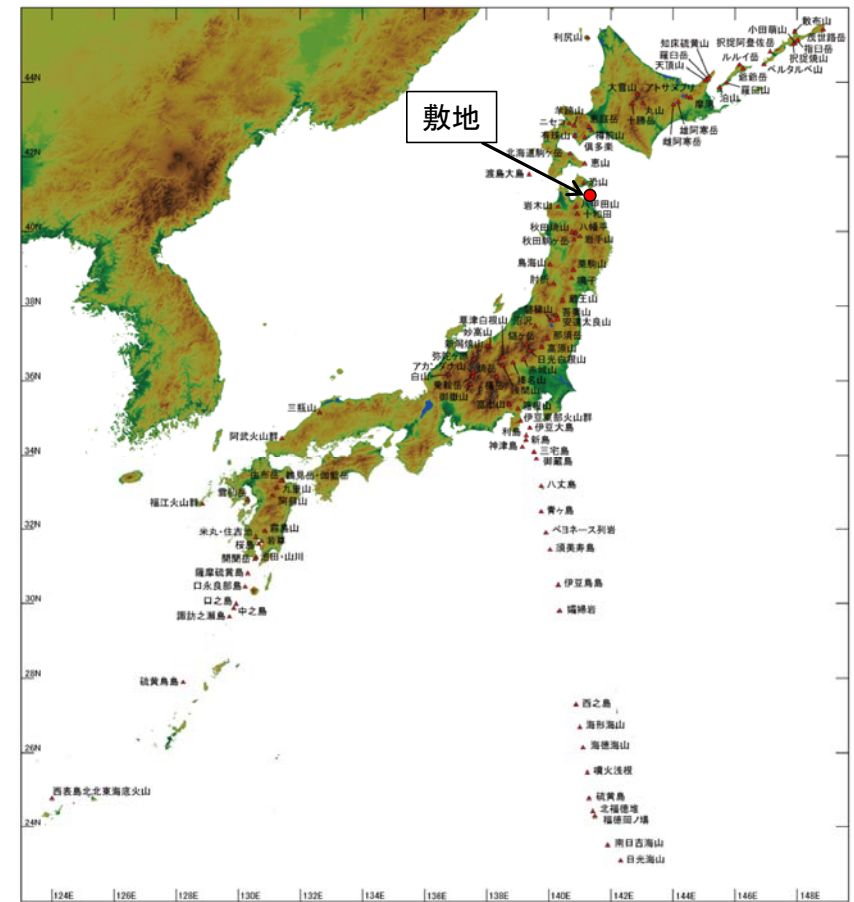
* 朔望平均満潮位は考慮していない

文献調査による評価



海上保安庁(2014)より抜粋・一部加筆

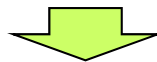
海域の火山



気象庁(2013)より抜粋・一部加筆

活火山分布図

文献調査の結果、敷地周辺に大きな影響を及ぼした火山現象に起因する歴史津波の記録は知られていない。



火山現象に起因する津波については、敷地への影響は極めて小さいと評価する。

3.3.3 まとめ

【地すべり等に起因する津波の評価】

- 文献調査によると、敷地周辺における陸上及び海底の地すべり並びに斜面崩壊等による歴史津波の記録は知られていない。
- 防災科学技術研究所(2009,2013)によると、敷地周辺陸域の海岸付近において、大規模な地すべり地形は認められない。
- 徳山ほか(2001)において、敷地周辺海域には海底地すべり地形は認められない。
- 海底地形調査を踏まえた検討において、抽出された海底地すべり地形の中で最も規模の大きいものを対象として数値シミュレーションを実施した結果、評価位置前面における津波高*は、最大でも0.20mであり、プレート間地震に起因する津波と比べて影響は非常に小さい。

【火山現象に起因する津波の評価】

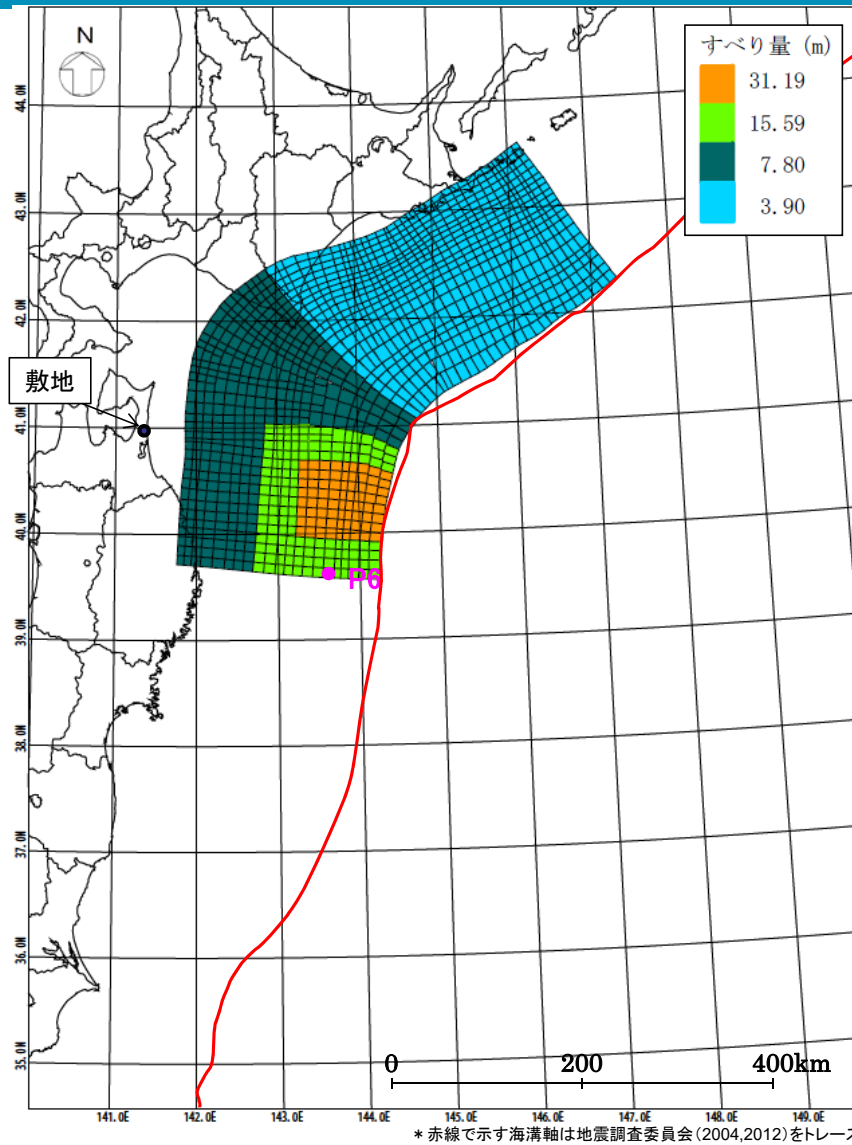
- 文献調査によると、敷地周辺に大きな影響を及ぼした火山現象に起因する歴史津波の記録は知られていない。

* 朔望平均満潮位は考慮していない



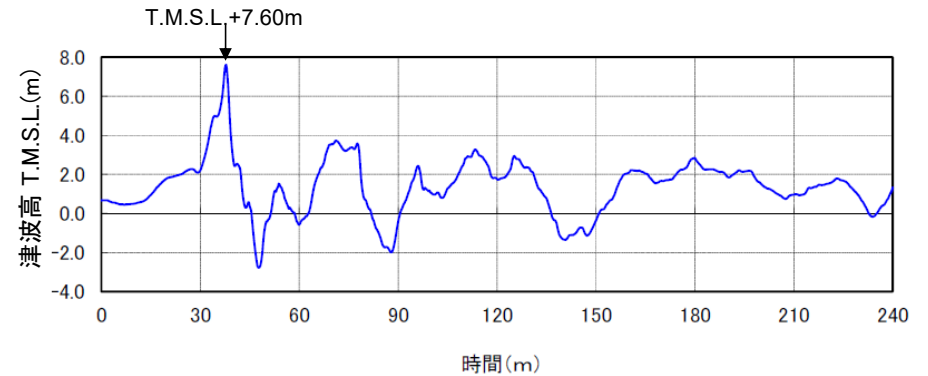
地震以外の要因に起因する津波については、敷地への影響は極めて小さく、地震に起因する津波との重畳については考慮しないものとする。

3.4 まとめ



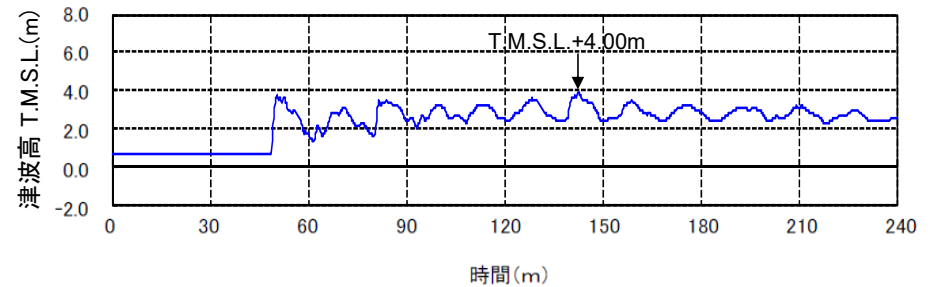
波源モデル

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース



※朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.67m)、地殻変動量(-0.74m)を考慮

沖合いの津波高確認位置の時刻歴波形



※朔望平均満潮位(T.M.S.L.+0.67m)、地殻変動量(-0.82m)を考慮

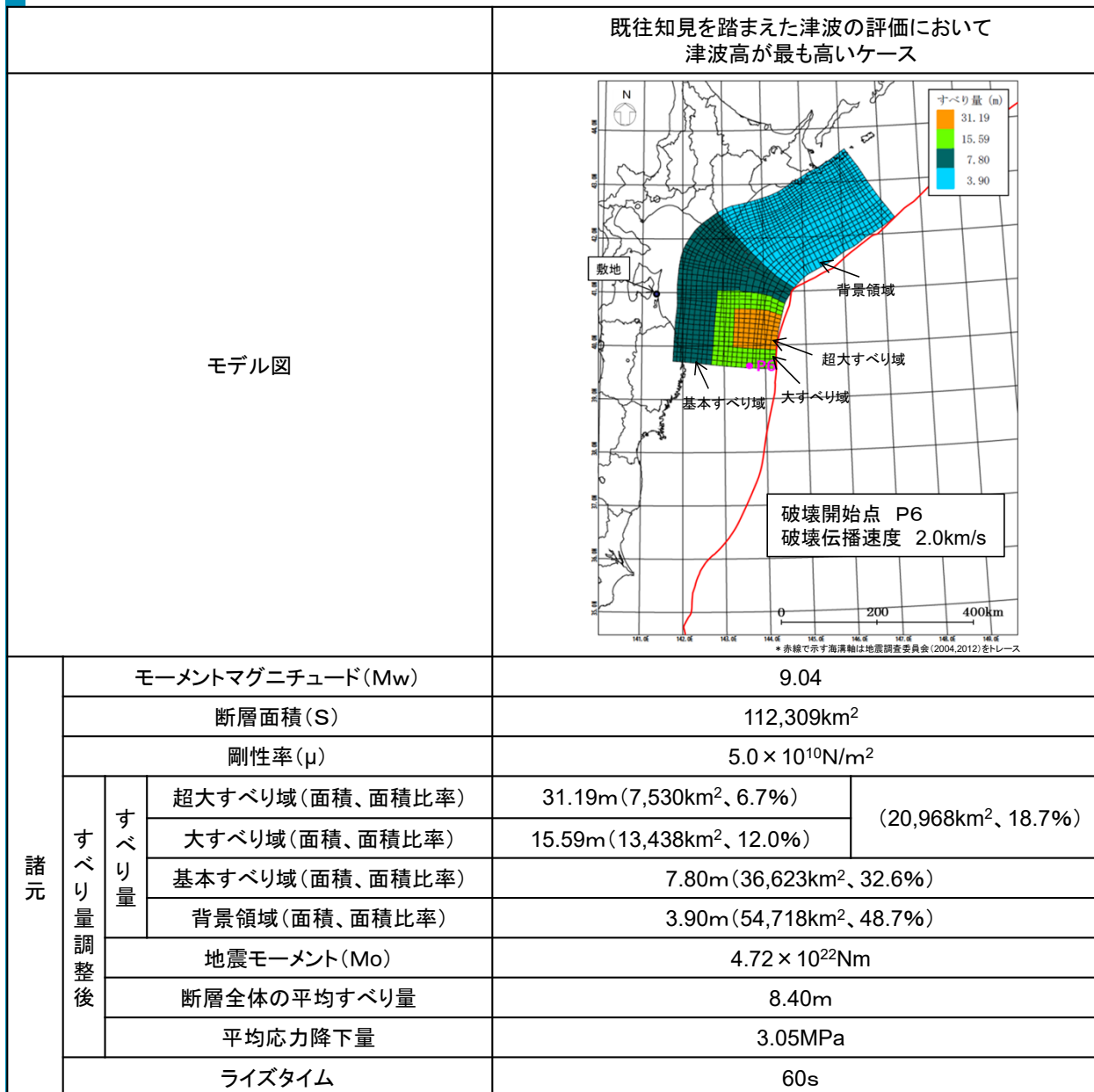
評価位置の時刻歴波形

- 既往知見を踏まえた津波の評価の結果、津波の規模観は評価位置においてT.M.S.L.+4.00m程度であった。
- なお、本ケースにおいて、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ設定した沖合いの津波高確認位置における津波の規模観はT.M.S.L.+7.60m程度であった。

4. 施設の安全性評価

- 4. 1 すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討
- 4. 2 海洋放出管に係る評価
- 4. 3 まとめ

検討概要



- 既往知見を踏まえた津波の評価(3章)の結果、津波の規模観は評価位置において T.M.S.L.+4.00m程度であり、来襲しうる津波の規模観を把握できた。
- 仮に、異なるすべり量の調整方法、現状評価している不確かさ以外の不確かさ等を考慮したモデルを設定した場合には、上記の結果を多少上回ると考えられるが、ここではすべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる津波高を確認することで、耐震重要施設等、常設重大事故等対応施設及び安全上重要な施設等の設置される敷地に津波が到達しえないことを定量的に示すこととした。
- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定にあたっては、国内外の巨大地震のすべり量に関する文献調査を実施し、それらの知見に対して過大な設定となるようモデルを検討した。
- なお、本検討については、既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースにおいて防波堤の有無による影響に係る検討を行った結果(参考資料参照)、防波堤を考慮しない場合の方が津波高が若干高くなる結果が得られたことを踏まえ、防波堤を考慮せずに検討を実施した。

4. 施設の安全性評価 4.1 すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討 巨大地震のすべり量に関する文献調査①

○2011年東北地方太平洋沖型地震のモデル(杉野ほか(2014))

表5 東北地震津波の特性化波源モデルの各諸元

領域	小断層の数	面積(km ²)	すべり量(m)	モーメントマグニチュードMw
波源全体	5147	134593	10.4(平均)	9.1
内訳	超大すべり域	792	31.2	—
	大すべり域	1312	14.6	—
	背景すべり域	3043	80756	3.5

【杉野ほか(2014)における検討】
 ▶平均すべり量は10.4m
 ▶超大すべり域のすべり量は31.2m

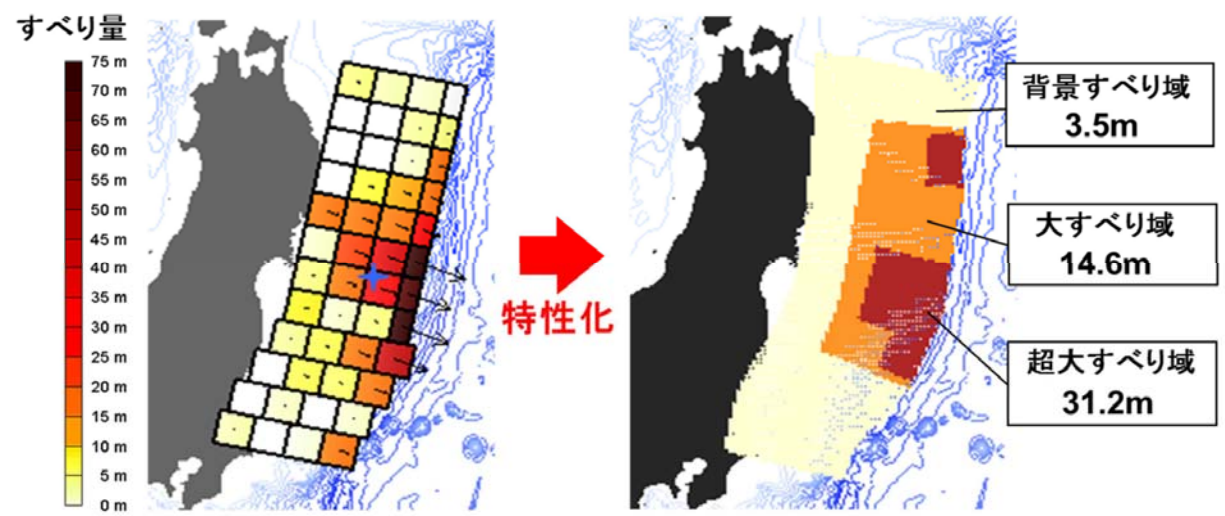
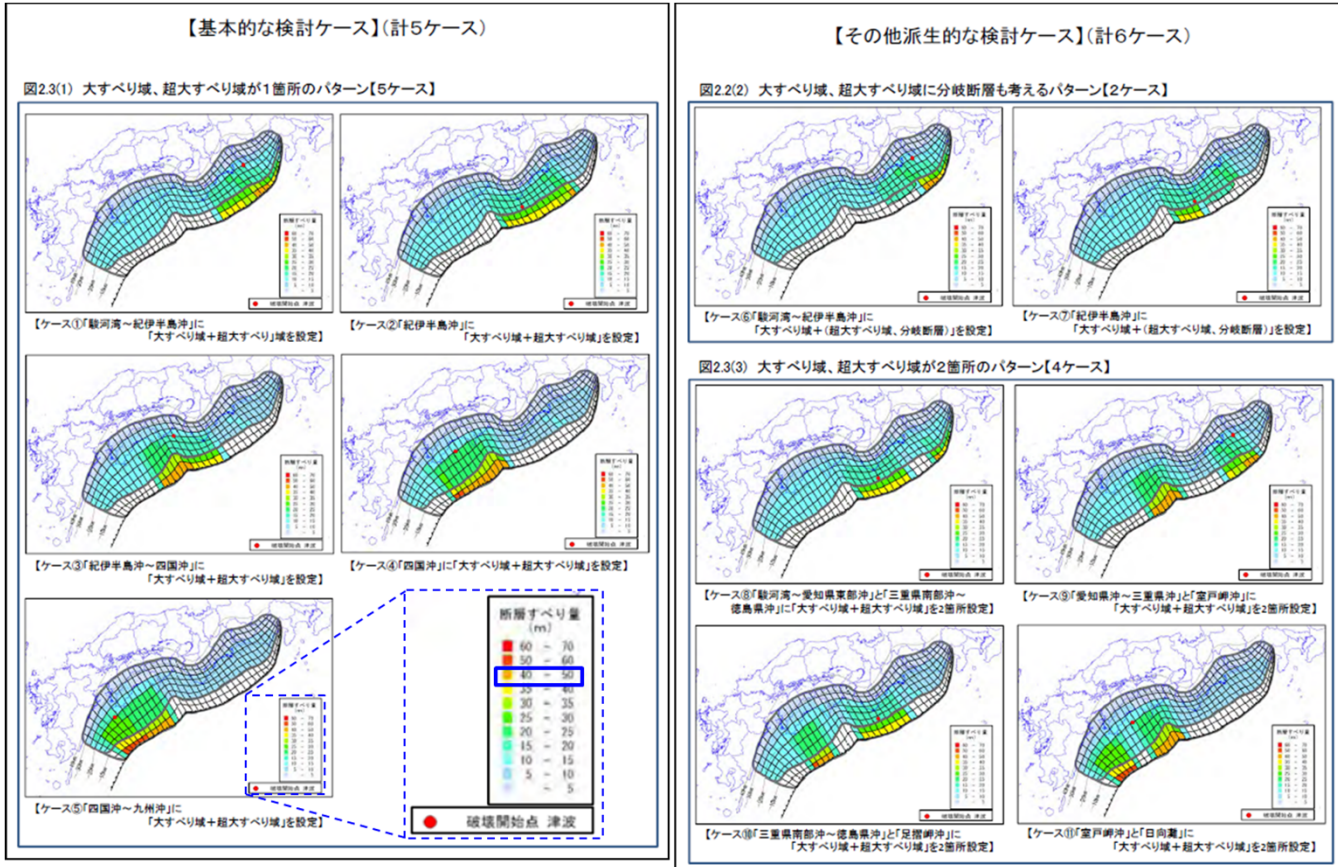


図8 東北地震津波の再現用波源モデル(左)と特性化波源モデル(右)

杉野ほか(2014)より抜粋

4. 施設の安全性評価 4.1 すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討 巨大地震のすべり量に関する文献調査②

○南海トラフの巨大地震の津波断層モデル(内閣府(2012))



内閣府(2012)より抜粋・一部加筆

内閣府(2012)より抜粋

【内閣府(2012)における検討】

- ▶平均すべり量は8.8～11.3m
- ▶最大すべり量は、最大で「60-70m」(図読)

表2.1.1 各ケースの地震モーメント及びマグニチュード等(基本的な検討ケース)

ケース	面積 (m ²)	Mo(Nm)	Mw	換算Δσ (MPa)	平均すべり量 (m)
ケース①	1.4 × 10 ¹¹	6.1 × 10 ²²	9.1	2.72	10.3
ケース②	1.4 × 10 ¹¹	6.3 × 10 ²²	9.1	2.82	10.7
ケース③	1.4 × 10 ¹¹	6.4 × 10 ²²	9.1	2.86	10.9
ケース④	1.4 × 10 ¹¹	6.4 × 10 ²²	9.1	2.84	10.8
ケース⑤	1.4 × 10 ¹¹	6.3 × 10 ²²	9.1	2.80	10.7

内閣府(2012)より抜粋

表2.1.2 各ケースの地震モーメント及びマグニチュード等(その他派生的な検討ケース)

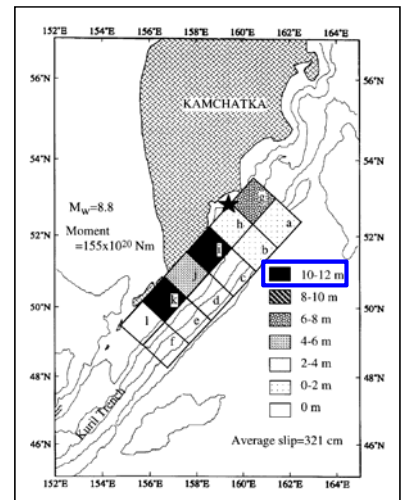
ケース	面積 (m ²)	Mo(Nm)	Mw	換算Δσ (MPa)	平均すべり量 (m)
ケース⑥	1.4 × 10 ¹¹	5.4 × 10 ²²	9.1	2.33	9.0
ケース⑦	1.4 × 10 ¹¹	5.3 × 10 ²²	9.1	2.30	8.8
ケース⑧	1.4 × 10 ¹¹	6.2 × 10 ²²	9.1	2.74	10.4
ケース⑨	1.4 × 10 ¹¹	6.7 × 10 ²²	9.1	2.97	11.3
ケース⑩	1.4 × 10 ¹¹	6.4 × 10 ²²	9.1	2.84	10.8
ケース⑪	1.4 × 10 ¹¹	6.6 × 10 ²²	9.1	2.94	11.2

内閣府(2012)より抜粋

4. 施設の安全性評価 4.1 すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討 巨大地震のすべり量に関する文献調査③

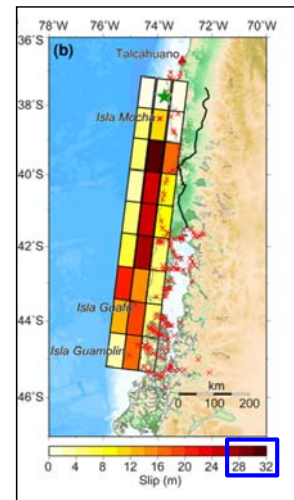
○世界のMw9.0クラスの巨大津波

①1952年カムチャッカ地震津波



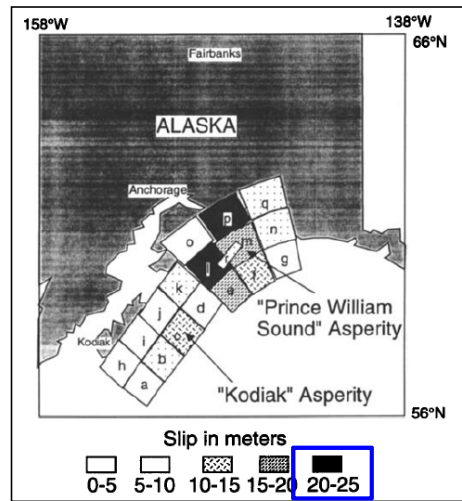
Johnson and Satake(1999)より
抜粋・一部加筆

②1960年チリ地震津波



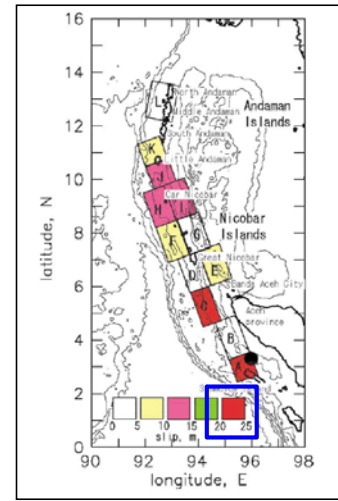
Fujii and Satake(2012)より
抜粋・一部加筆

③1964年アラスカ地震津波



Johnson and Satake(1996)より
抜粋・一部加筆

④2004年スマトラ沖地震津波



Tanioka et al.(2006)より
抜粋・一部加筆

- ①1952年カムチャッカ地震津波
 - 平均すべり量は3.2m
 - 最大すべり量は「10-12m」(図読)
- ②1960年チリ地震津波
 - 平均すべり量は11m
 - 最大すべり量は「28-32m」(図読)
- ③1964年アラスカ地震津波
 - 平均すべり量は8.6m
 - 最大すべり量は「20-25m」(図読)
- ④2004年スマトラ沖地震津波
 - 平均すべり量は不明
 - 最大すべり量は「20-25m」(図読)



- 平均すべり量は大きいもので11m
- 最大すべり量は大きいもので「28-32m」



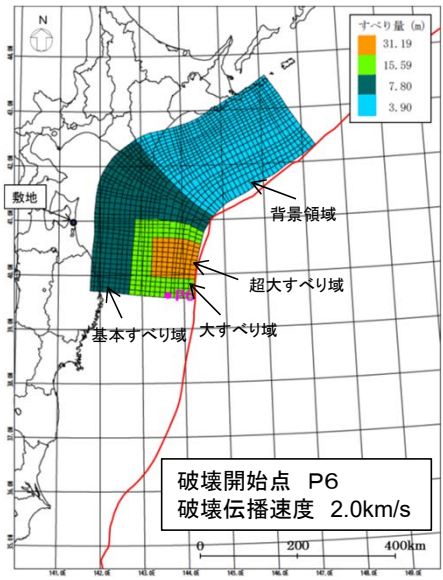
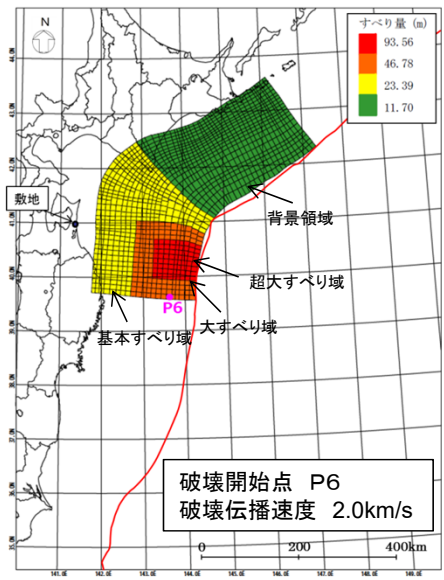
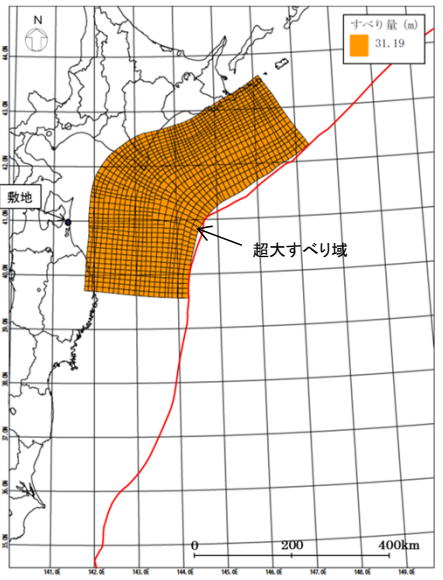
巨大地震のすべり量に関する文献調査結果を踏まえたモデル設定

検討モデルと文献調査結果との比較

	当社のモデル		巨大地震のすべり量に関する文献調査結果			
	既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースの波源モデル	すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデル		2011年東北地方太平洋沖型地震のモデル <杉野ほか(2014)>	南海トラフの巨大地震の津波断層モデル <内閣府(2012)>	世界のMw9.0クラスの巨大津波
		検討モデルA (すべり量3倍)	検討モデルB (全域超大すべり域)			
平均すべり量	8.40m	25.20m	31.19m	10.4m	8.8-11.3m	大きいもので11m
最大すべり量	31.19m	93.56m	31.19m	31.2m	最大のモデルで「60-70m」	大きいもので「28-32m」

- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定にあたり、国内外の巨大地震のすべり量に関する文献調査を実施した。
- 既往の巨大地震及び将来予測のモデルにおける最大すべり量については、50mを超えるすべり量等が報告されているが、内閣府(2012)の最大のモデルでも「60-70m」程度である。
⇒すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルとして、超大すべり域のすべり量が既往知見の最大すべり量を上回るよう、既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースの波源モデルの各領域のすべり量を3倍にしたモデルを設定する(超大すべり域のすべり量:31.19m⇒93.56m)。本モデルを検討モデルAとする。
- また、既往の巨大地震及び将来予測のモデルにおけるすべり分布を見ると、超大すべり域のようなすべりの大きな領域は波源域全体には分布しておらず、全体のうち一部の領域のみである。
⇒検討モデルAとは別の観点から、波源域全体を超大すべり域としたモデルを設定する(超大すべり域の全体面積に対する割合:6.7%⇒100%)。本モデルを検討モデルBとする。
- 上記の通り設定した検討モデルA及び検討モデルBによる解析を行い、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルを設定した場合でも、津波が各施設の設置される敷地に到達することがないか確認を行った。

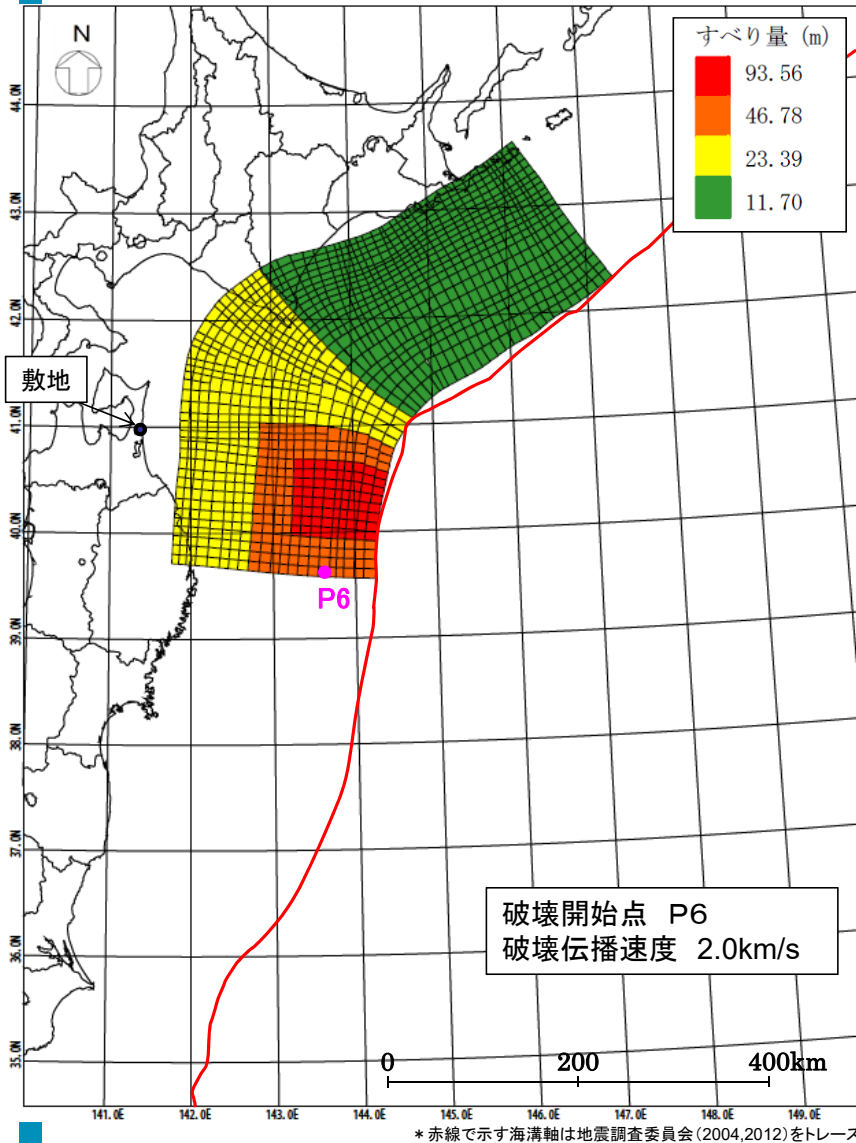
4. 4. 施設の安全性評価 4. 1 すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討
検討モデルの諸元

モデル図		既往知見を踏まえた津波の評価において 津波高が最も高いケースの波源モデル		すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデル		
				検討モデルA(すべり量3倍)		検討モデルB(全域超大すべり域)
						
モーメントマグニチュード(Mw)		9.04		9.37		9.43
断層面積(S)				112,309km ²		
剛性率(μ)				5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²		
すべり量	超大すべり域(面積、面積比率)	31.19m(7,530km ² 、6.7%)	(20,968km ² 、18.7%)	93.56m(7,530km ² 、6.7%)	(20,968km ² 、18.7%)	31.19m(112,309km ² 、100%)
	大すべり域(面積、面積比率)	15.59m(13,438km ² 、12.0%)		46.78m(13,438km ² 、12.0%)		
	基本すべり域(面積、面積比率)	7.80m(36,623km ² 、32.6%)		23.39m(36,623km ² 、32.6%)		
	背景領域(面積、面積比率)	3.90m(54,718km ² 、48.7%)		11.70m(54,718km ² 、48.7%)		
地震モーメント(Mo)		4.72 × 10 ²² Nm		1.41 × 10 ²³ Nm		1.75 × 10 ²³ Nm
断層全体の平均すべり量		8.40m		25.20m		31.19m
平均応力降下量		3.05MPa		9.16MPa		11.34MPa
ライズタイム				60s		

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース



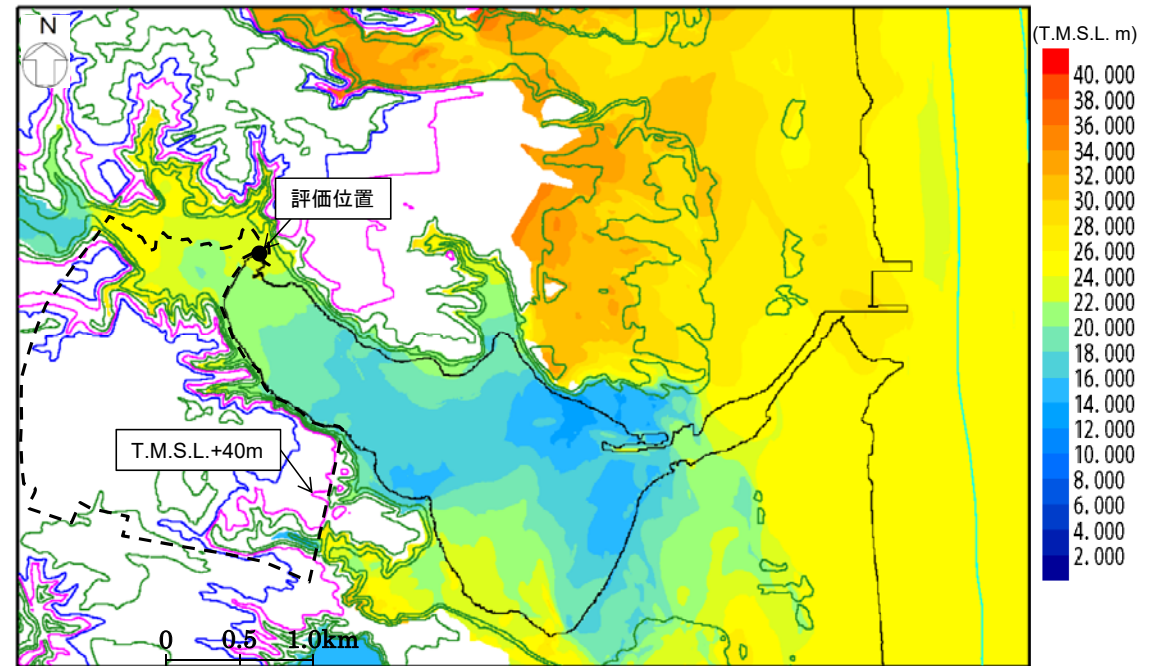
検討モデルAの解析結果



波源モデルの位置

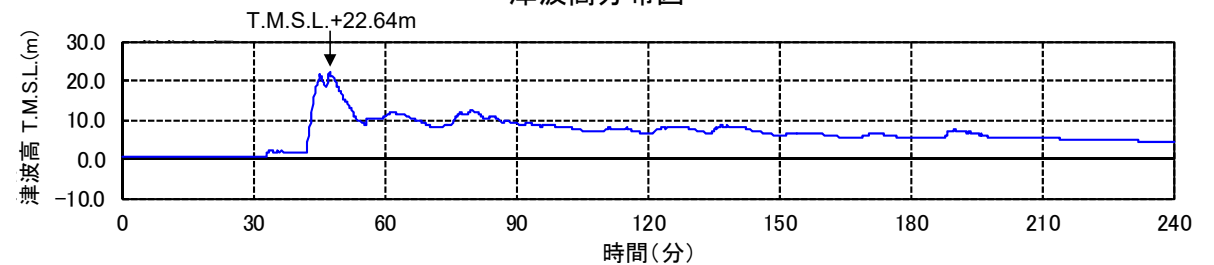
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+22.64m※

※朔望平均満潮位及び地殻変動量(2.45m沈降)を考慮



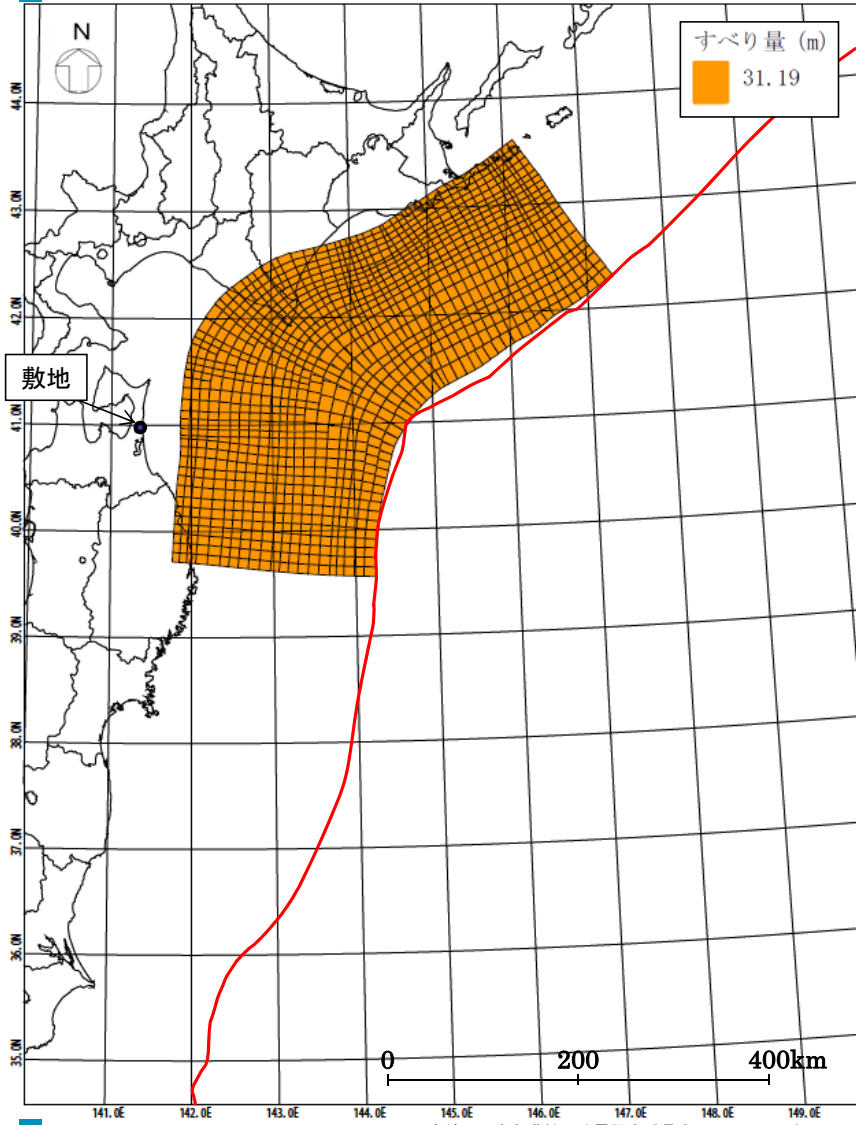
津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



評価位置における時刻歴波形

検討モデルBの解析結果

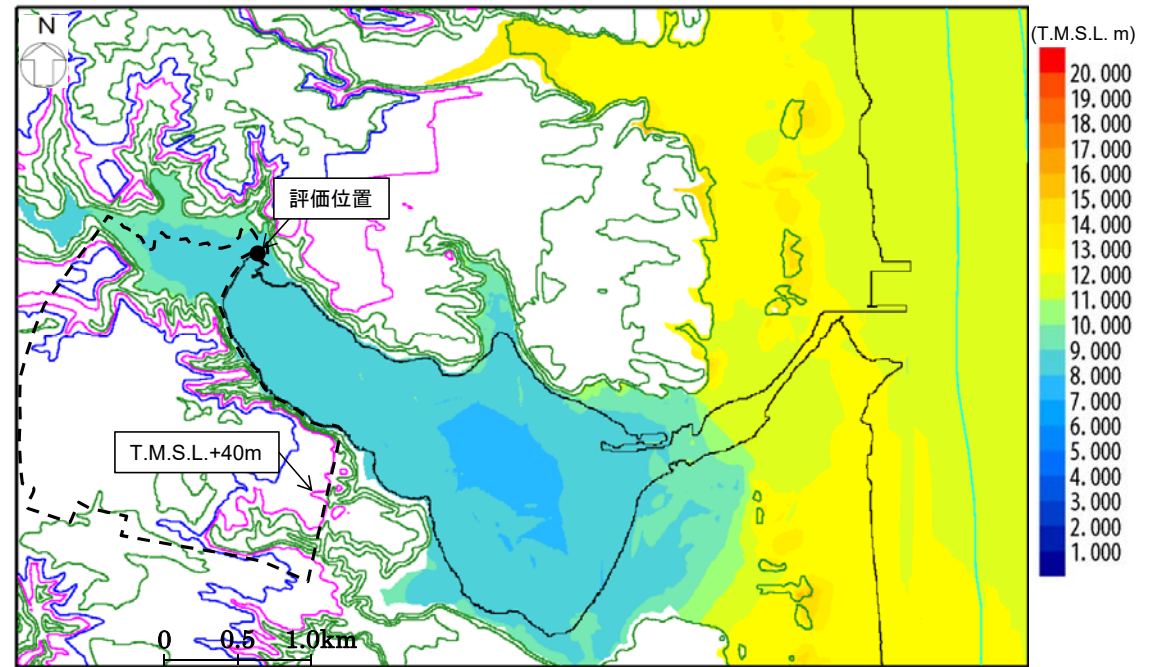


波源モデルの位置

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

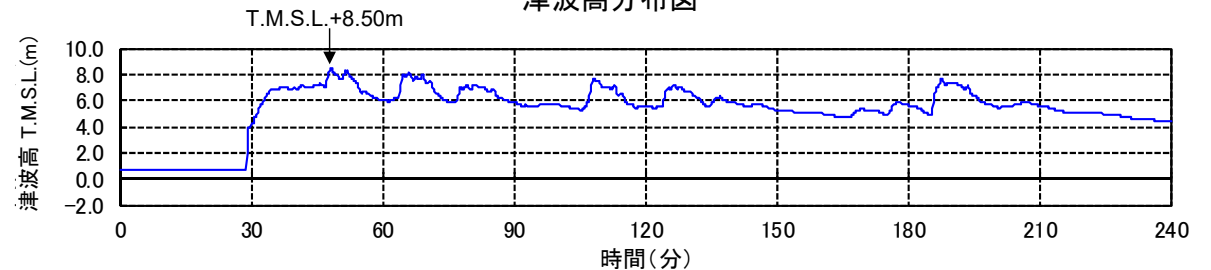
【評価位置における津波高】
T.M.S.L.+8.50m*

※ 期望平均満潮位及び地殻変動量(3.32m沈降)を考慮



津波高分布図

※コンター線は10mピッチ



評価位置における時刻歴波形



まとめ

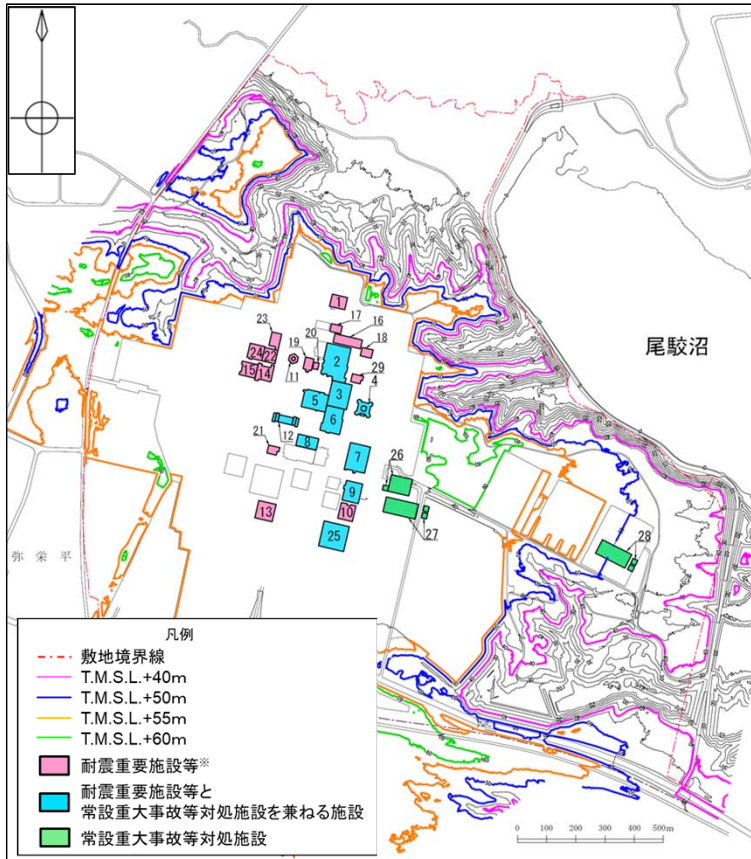
解析結果一覧

モデル		既往知見を踏まえた 津波の評価において 津波高が最も高い ケースの波源モデル	すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデル	
			検討モデルA (すべり量3倍)	検討モデルB (全域超大すべり域)
津波高* (T.M.S.L.m)	評価位置	4.00	22.64	8.50
	尾駁沼入り口前面	9.86	24.82	11.59
	沖合いの津波高確認位置	7.60	20.61	10.84

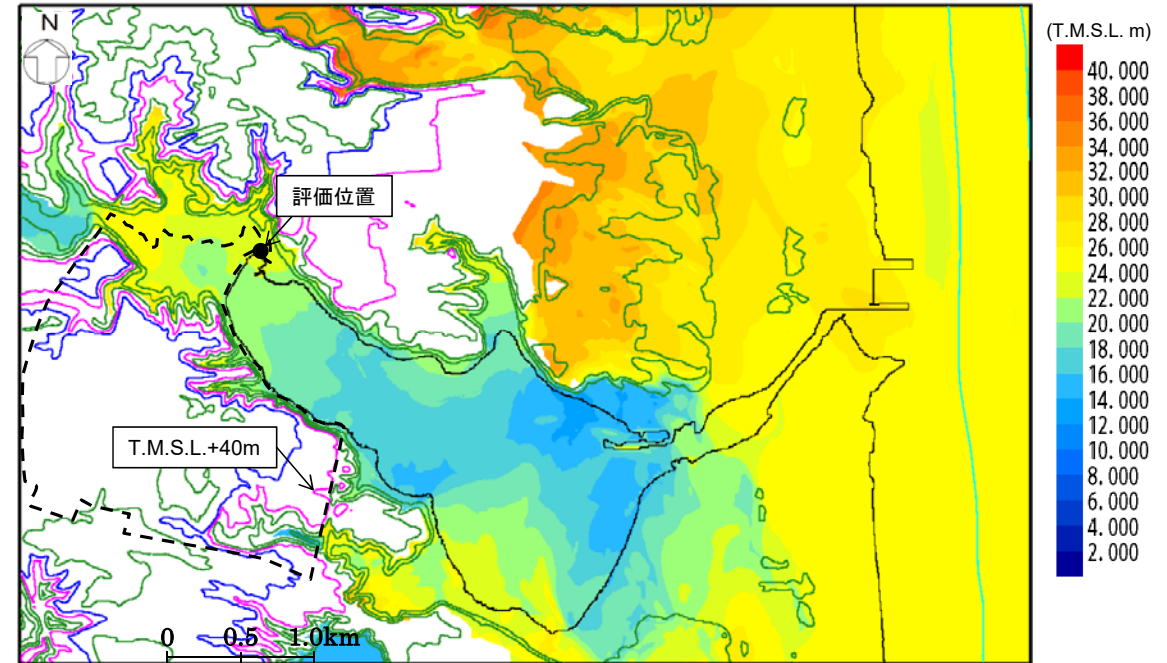
* 朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮した各地点における津波高を記載

すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討の結果、津波はT.M.S.L.+40mには到達していないことから、津波が各施設の設置される敷地に到達する可能性はない。

4. 施設の安全性評価 4.2 海洋放出管に係る評価 敷地への到達可能性



※廃棄物管理施設としては、「安全上重要な施設等」と定義
敷地内平面図



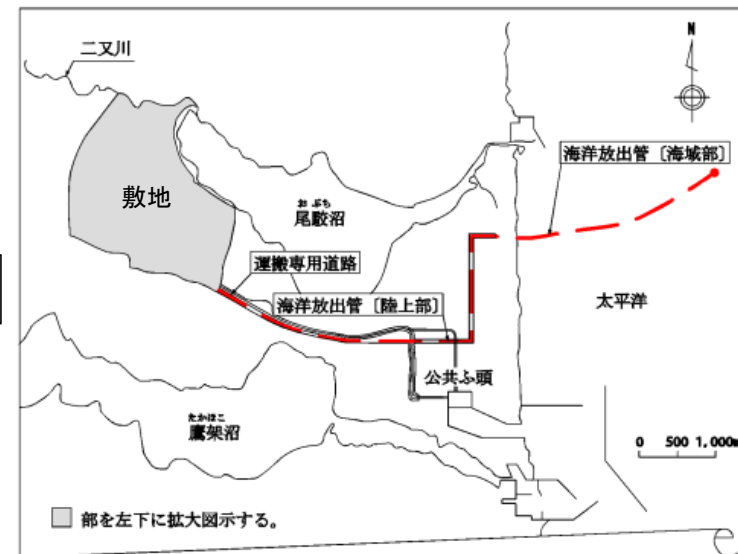
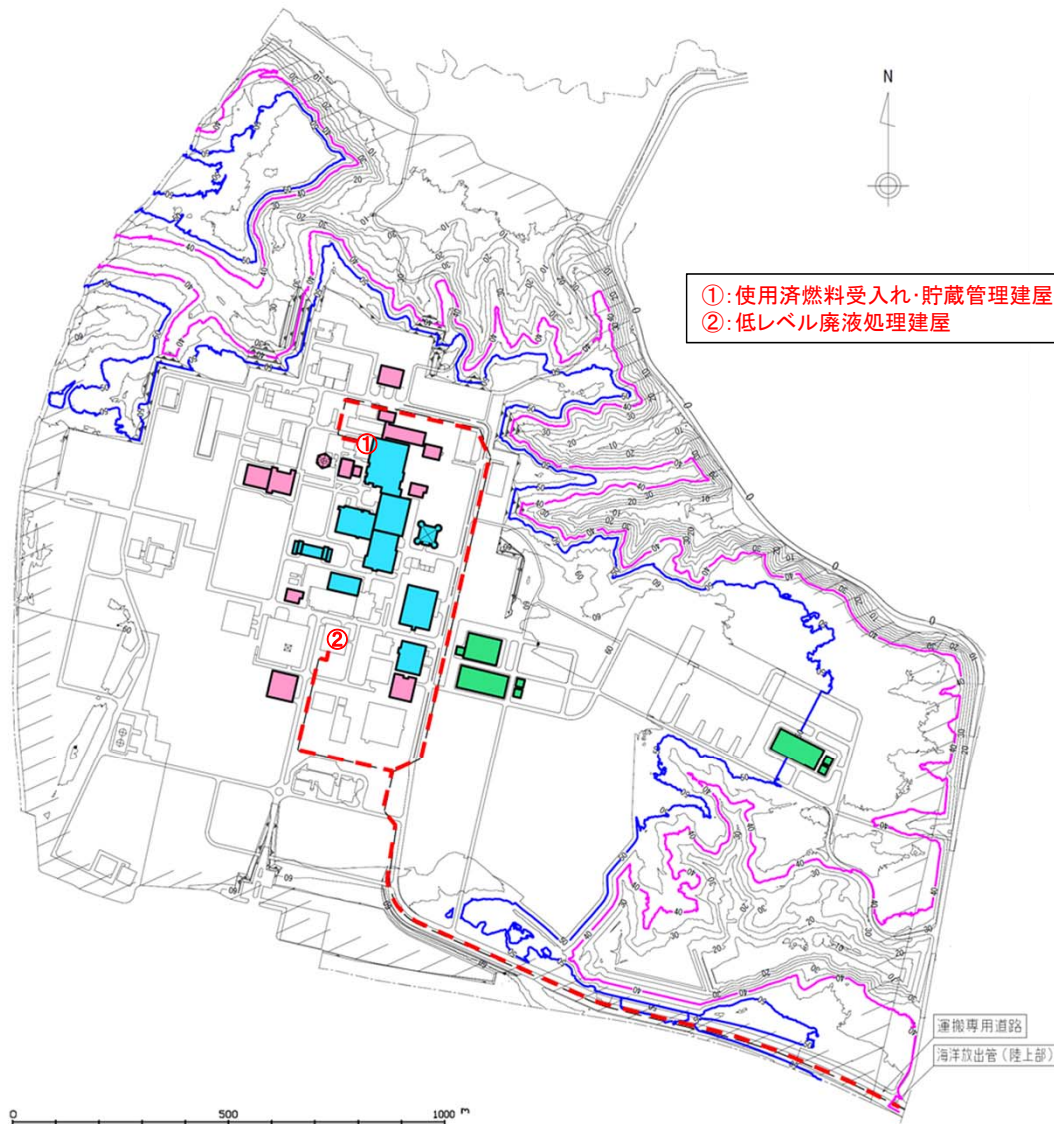
津波高分布図 *コンター線は10mピッチ

すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの検討モデルAにおける津波高分布図

- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討の結果、津波はT.M.S.L.+40mには到達していないことから、津波が各施設の設置される敷地に到達する可能性はない。
- 一方、再処理施設から海中に設置する海洋放出口まで延長約11km(陸地約8km、海中約3km)の海洋放出管が埋設されており、施設の安全性について評価するためには、この海洋放出管を経路として津波が遡上する可能性の有無についても検討する必要がある。
- 以上のことから、次頁以降において海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性に係る検討を実施した。

海洋放出管の概要①

再処理施設で発生した低レベル廃液は、使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋または低レベル廃液処理建屋で処理した後、海洋放出管にて交互に海洋放出口より海洋放出される。



凡例

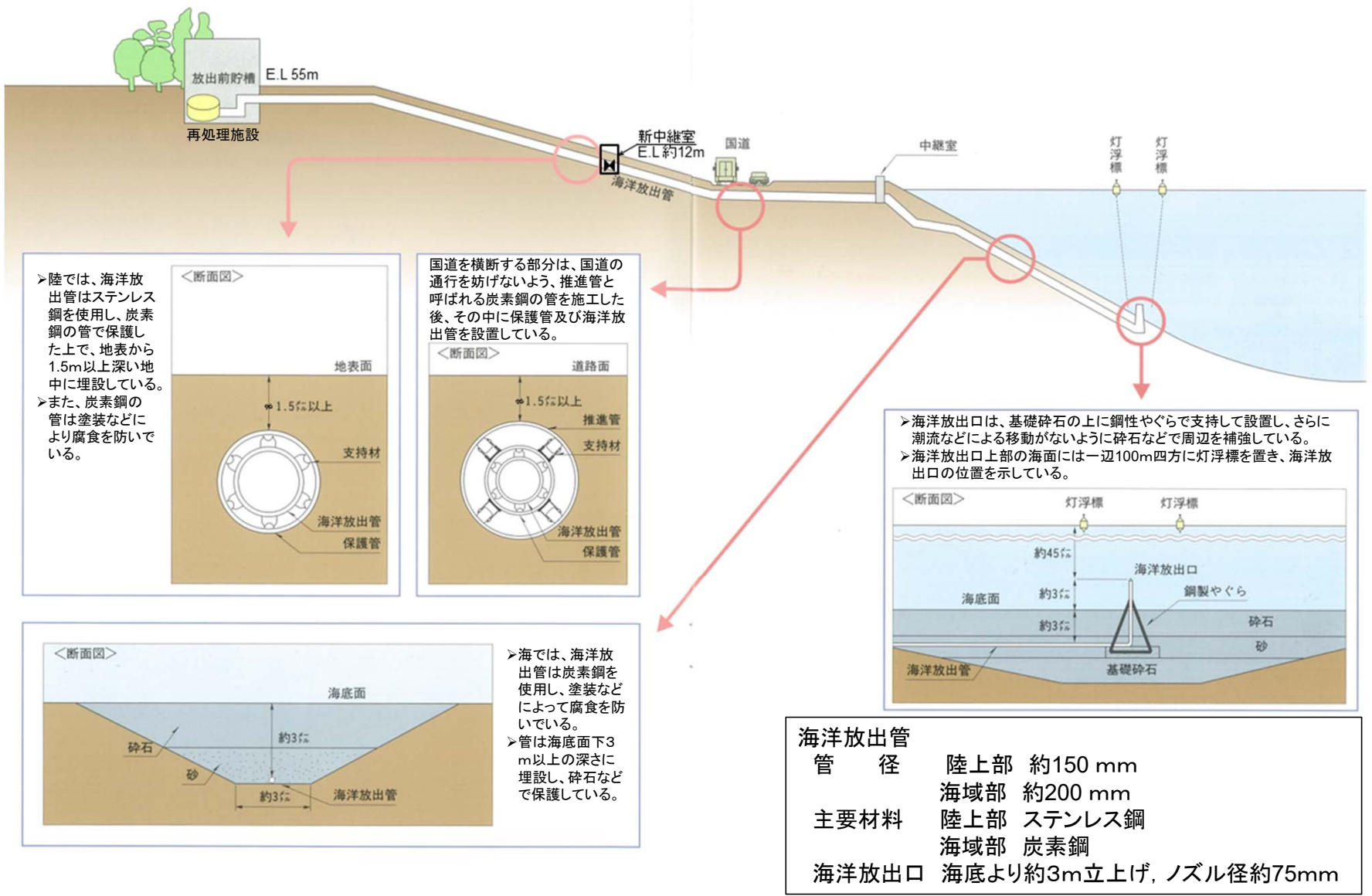
---	海洋放出管
—	標高40m
—	標高50m
■	耐震重要施設等
■	耐震重要施設等と 常設重大事故等対処施設を兼ねる施設
■	常設重大事故等対処施設

海洋放出管	
管 径	陸上部 約150mm 海域部 約200mm
主要材料	陸上部 ステンレス鋼 海域部 炭素鋼
海洋放出口	海底より約3m立上げ、ノズル径約75mm

再処理施設の敷地の概況図

海洋放出管の概要②

海洋放出管は、再処理施設から海中に設置する海洋放出口まで延長約11km(陸地約8km、海中約3km)の埋設管である。





海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性に係る検討①

【概要】

- 海洋放出管(耐震Bクラス)が地震により海域部若しくは陸上部で破断し、遡上した津波が破断部を直撃した際に、海洋放出管を通じて、敷地内海洋放出管へ到達する可能性について評価した。
- なお、海洋放出管には中継弁等が設置され、海洋放出時のみ当該弁を開放して放出しており、太平洋沿岸に津波注意報等が発令された場合は海洋放出を延期(放出中は停止)することから、通常時は閉止状態であり、津波の遡上は考えられないが、耐震Bクラスであることを考慮し、当該弁を考慮しない評価とする。

【前提条件】

- 海洋放出管の破断位置は図に示す①～③の中継室周辺とする。
- 破断位置における津波の津波高及び流速は、それぞれの最大の値を用いる。
- 津波は保守的にX方向、Y方向の速度合成成分が海洋放出管の破断面に垂直方向に作用するものとする。
- 海洋放出管の破断面における海水の流速は上記の合成速度とする。
- 海洋放出管入口に作用するエネルギーは、運動エネルギー及び水位による位置エネルギーとし、保守的に全エネルギーが位置エネルギーに変換されるモデルとする。
- 保護管については中継弁等の前後において縁切りされていることから評価対象外とする。

【検討】

ベルヌーイの式より

$$\frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 = \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1$$

$P_1 = P_2 = P_A$ (大気圧) であるため、

$$\frac{v_2^2}{2} + gz_2 = \frac{v_1^2}{2} + gz_1$$

$$z_2 = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + z_1$$

P_1 : 海洋放出管破断面位置における圧力

v_1 : 海洋放出管破断面位置における流速

z_1 : 海洋放出管破断面位置における水位

P_2 : 遡上する最大位置における圧力

v_2 : 遡上する最大位置における流速

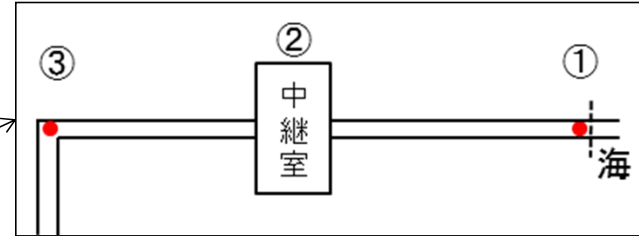
z_2 : 遡上する最大位置水位

ρ : 流体の密度

g : 重力加速度



海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性に係る検討②



破断想定位置における津波高※1及び流速※2

位置	標高 (T.M.S.L.m)	津波高※1 (T.M.S.L.m)	X方向流速※2 (m/s)	Y方向流速※2 (m/s)	合成速度 (m/s)
①0mポイント	0.63	24.63	6.15	1.86	6.43
②(中継室)	2.56	24.41	6.31	1.88	6.58
③4mポイント	3.99	24.47	7.02	1.73	7.23

※1：朔望平均満潮位及び地殻変動量を考慮

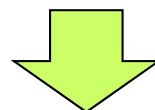
※2：津波高が最大となった時刻のX方向流速及びY方向流速

- 到達可能性の評価であることから流速(v_2)=0と考え、最大位置水位(z_2)を算出する。
- 上図①～③における海水の流速の合成速度は、上表に示すとおり③で最大であることから、破断面位置における流速(v_1)を7.23m/sとする。
- また、破断面位置における津波高は、上表に示すとおり①で最大であることから、破断面位置における津波高(z_1)を24.63mとする。

$$\frac{7.23^2 - 0^2}{2 \times 9.80} + 24.63 \approx 27.30(\text{m})$$

- 海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性に係る検討の結果、遡上する最大位置水位は、各施設の設置される敷地よりも十分に低い
ため、遡上することはない。

- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討の結果、津波はT.M.S.L.+40mには到達していないことから、津波が耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等の設置される敷地に到達する可能性はない。
- 海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性について検討した結果においても、津波が海洋放出管を経路として耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等の設置される敷地に到達する可能性はない。



再処理施設、廃棄物管理施設及びMOX燃料加工施設の耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等については、津波に対する設計は考慮しない。