

廃棄物埋設施設における
許可基準規則への適合性について

第五条 津波による損傷の防止

(1号、2号及び3号廃棄物埋設施設)

2020年5月

日本原燃株式会社

目 次

1. 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第五条及びその解釈.....	1
2. 廃棄物埋設施設の安全機能について.....	2
3. 設計対象施設.....	2
4. 許可基準規則への適合のための設計方針.....	3
5. 許可基準規則への適合性説明.....	3
(1) 廃棄物埋設地の立地的特徴.....	3
(2) 津波影響に対する評価フロー.....	6
6. 既往津波に関する検討.....	7
(1) 文献調査結果.....	7
(2) 文献調査結果による既往津波高の評価.....	9
7. 既往知見を踏まえた津波の評価.....	19
(1) プレート間地震に起因する津波の評価.....	19
(2) 北方への連動型地震の津波波源モデルの解析結果.....	22
(3) 南方への連動型地震の津波波源モデルの設定～行政機関による津波シミュレーション結果～	24
(4) 南方への連動型地震の津波波源モデルの解析結果～行政機関による津波シミュレーション結 果～.....	25
(5) 既往知見を踏まえた津波の評価まとめ.....	27
8. 廃棄物埋設地の安全性評価.....	28
(1) すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定.....	28
(2) すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる評価結果.....	31
9. 参考文献.....	32

1. 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則 第五条及びその解釈

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

(津波による損傷の防止)

第五条 安全機能を有する施設は、その供用中に当該安全機能を有する施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

第5条(津波による損傷の防止)

1 第5条に規定する「大きな影響を及ぼすおそれがある津波」は、敷地及びその周辺地域における過去の記録、現地調査の結果、行政機関等が実施した津波シミュレーションの結果及び最新の科学的・技術的知見等を踏まえ、影響が最も大きいものとする。

2 第5条に規定する「安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない」を満たすために、前項の津波に対する廃棄物埋設施設の設計に当たっては、以下のいずれかの方針によること。

一 安全機能を有する施設は、津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。

二 津波による遡上波が到達する高さにある場合には、遡上波によって安全機能を損なうおそれがないこと。「安全機能を損なうおそれがないこと」とは、遡上波による安全機能への影響を評価し、施設の一部の機能が損なわれることがあっても、廃棄物埋設施設全体として安全性が確保されることをいう。なお、「安全機能を損なうおそれがないこと」には、防潮堤等の津波防護施設及び浸水防止設備を設置して、遡上波の到達又は流入を防止することを含む。

3 前項の遡上波の到達防止に当たっては、実用炉設置許可基準解釈別記3第5条第3項第1号②の方針を準用すること。

4 本規定第5条第2項第2号の津波防護施設及び浸水防止設備並びに津波監視設備

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

を設置する場合には、実用炉設置許可基準解釈別記3第5条第3項第2号及び第5号から第7号までの方針を準用すること。この場合において、これら規定中「発電所」とあるのは「廃棄物埋設施設」と読み替えるものとする。

2. 廃棄物埋設施設の安全機能について

安全機能については、第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(以下「許可基準規則」という。)第二条第2項第一号に「安全機能」とは、廃棄物埋設施設の安全性を確保するために必要な機能であって、その機能の喪失により公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるものをいう。」とある。

したがって、安全機能に対する考え方としては、許可基準規則第二条第2項第一号を考慮し、安全機能を「放射性物質の漏出を防止する機能」、「移行抑制機能^{*1}」、「遮蔽機能」とし、その機能の維持期間及び考え方を第1表にまとめる。

第1表 ピット処分における安全機能

安全機能	廃止措置の開始前		廃止措置の開始後
	放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	覆土完了から廃止措置の開始まで	
放射性物質の漏出を防止する機能	○	-	-
移行抑制機能	-	○	△
遮蔽機能	○	○	△

○：安全機能を維持する
 △：必要な安全機能を期待出来るよう設計する
 -：考慮しない

*1：本資料では、放射性物質の漏出を低減する機能及び生活環境への移行を抑制する機能を「移行抑制機能」という。

ここで、廃棄物埋設施設のうち安全機能を有する設備は、埋設設備、排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層及び覆土である。

3. 設計対象施設

許可基準規則第五条の設計対象は、1号埋設設備7,8群、3号埋設設備並びに1号、2号及び3号覆土とする。

なお、ポーラスコンクリート層は埋設設備に一体となるよう設置することから、設計対象とはしない。

4. 許可基準規則への適合のための設計方針

安全機能を有する施設は、敷地及びその周辺地域における過去の記録、現地調査の結果、行政機関等が実施した津波シミュレーションの結果及び最新の科学的・技術的知見を踏まえ、影響が最も大きい津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置し、安全機能を損なわない設計とする。

なお、設計に当たっては、当社再処理施設が検討及び確認している津波影響評価を参考にした。

5. 許可基準規則への適合性説明

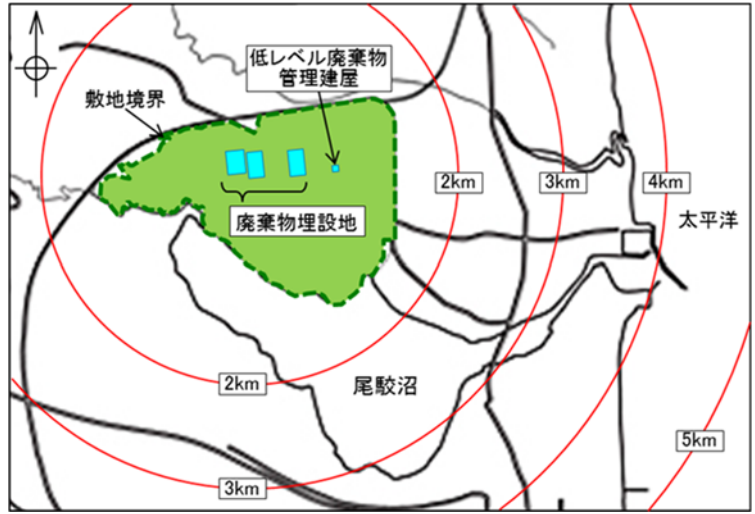
許可基準規則の適合性の説明に当たり、廃棄物埋設地の立地的特徴を踏まえ、既往津波の敷地への到達実績及び既往知見を踏まえた津波の評価結果から、安全機能を有する施設の安全機能に対する津波の影響を評価した。津波の影響評価に当たっては、1号、2号及び3号廃棄物埋設地が標高30m以上の台地上に位置することから、1号、2号及び3号廃棄物埋設地を含めた敷地全体に対する影響を評価した。

(1) 廃棄物埋設地の立地的特徴

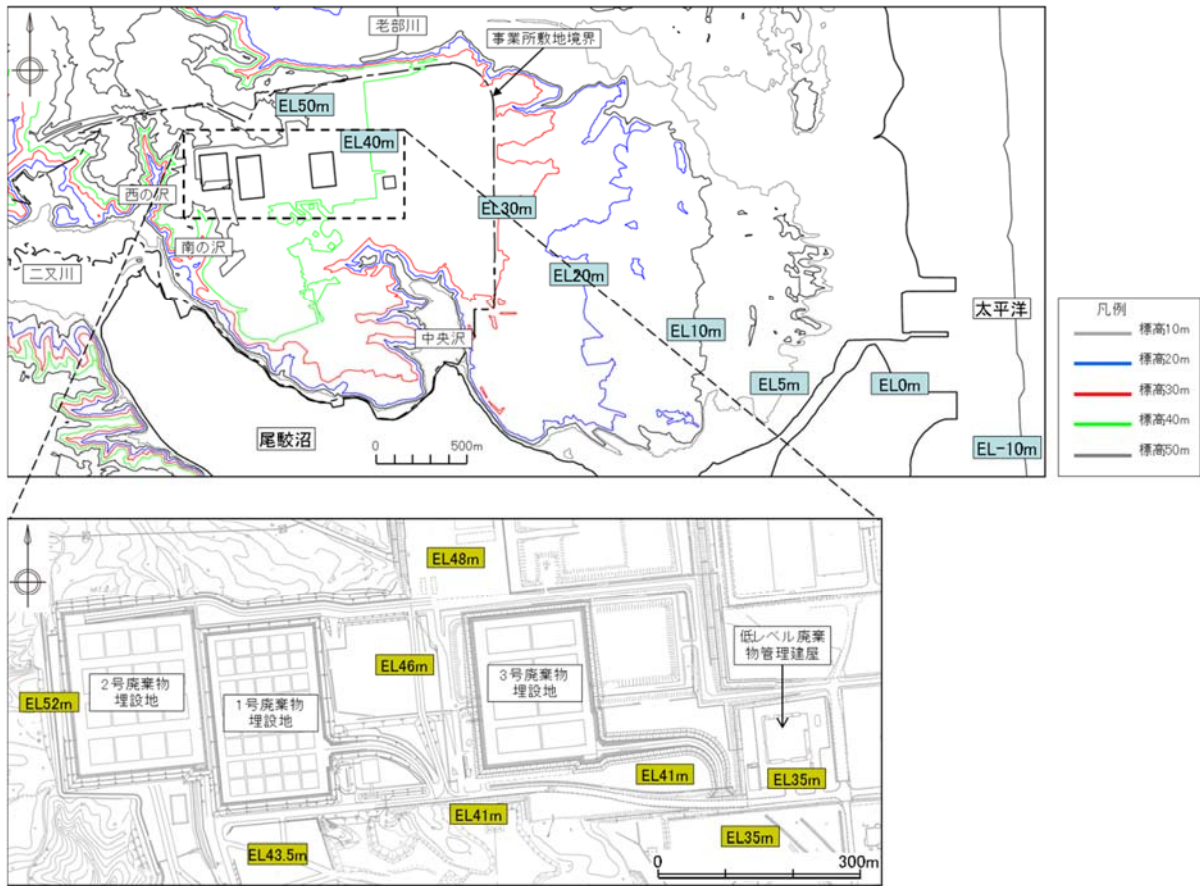
廃棄物埋設地は、海岸から約3km離れた標高30m以上の台地に位置するものとし、取水設備はない。

埋設設備は、標高41m～52mの造成面を掘り下げて設置し、覆土後は造成前の標高へ近づけるものとしている。

廃棄物埋設地の位置を第1図、標高を第2図に示す。



第 1 図 廃棄物埋設地の位置図



*1：標高 (ELm) は造成面標高を示す。

第2図 廃棄物埋設地付近の標高

(2) 津波影響に対する評価フロー

評価フローについては、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」(平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306193 号 原子力規制委員会決定)及び当社再処理施設が検討並びに確認している津波影響評価を参考とし、まず、文献調査により既往津波の規模観を把握し、廃棄物埋設地が位置する敷地に津波が到達した履歴がないことを確認する。次に、既往知見を踏まえた津波の評価として、敷地に影響を与える可能性が最も大きい地震に起因する津波の評価を行い、想定される津波の規模観について把握する。以上の結果を踏まえて、本施設の安全性評価として、津波が廃棄物埋設施設に到達する可能性がないことを確認する。評価フローの詳細については第 3 図に示す。

6. 既往津波に関する検討*¹

文献調査より既往津波の規模観を把握し、
廃棄物埋設地が位置する敷地に到達した履歴がないことを確認する。



7. 既往知見を踏まえた津波の評価*¹

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する。

- ・敷地に影響を与える可能性が最も大きかったプレート間地震に起因する津波の評価を行う。
- ・プレート間地震に起因する津波の評価として、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。)について検討を行う。
- ・北方への連動型地震については当社再処理施設が検討及び確認している津波影響評価を参照し、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、2015)⁽¹⁾⁽²⁾の結果を参照した。



8. 廃棄物埋設地の安全性評価*¹

既往知見を踏まえて想定された津波の規模観が敷地に与える影響について評価する。

すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルについて検討を行い、津波が廃棄物埋設地の位置に到達する可能性がないことを確認する。

*1：フローの項目は本資料における章タイトルに対応する。

第 3 図 廃棄物埋設地への影響評価フロー

6. 既往津波に関する検討

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)⁽³⁾、渡辺(1998)⁽⁴⁾等により、文献調査を行った。

(1) 文献調査結果

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、津波規模*1が2以上の主な既往の津波を抽出した。

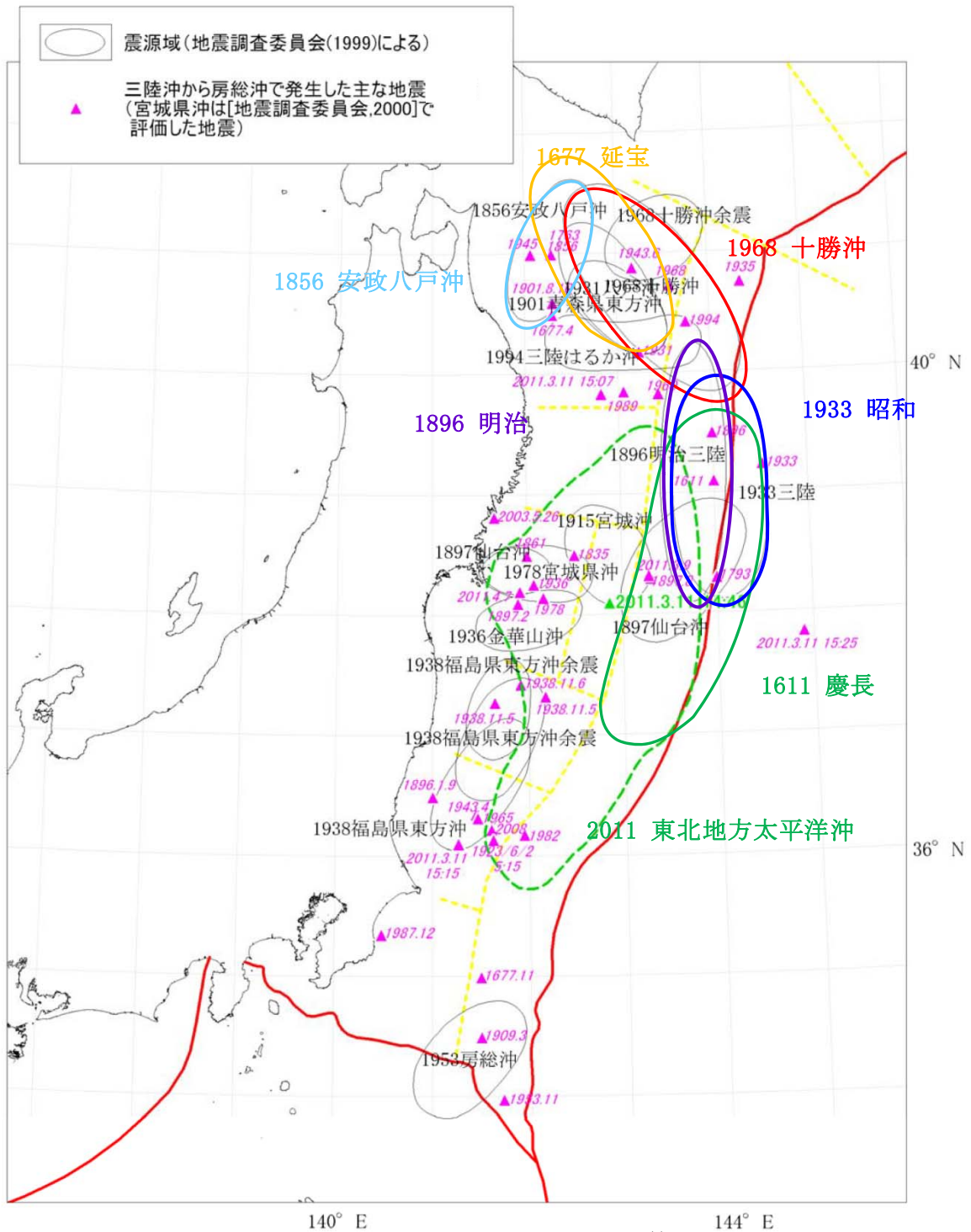
また、抽出された津波について、津波の大きさ、波源からの伝播距離及び津波による被害の大きさを考慮し、敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波として以下の7つの津波を抽出した。

- 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

抽出した津波の推定波源域については第4図に示す。

*1：津波規模については宇佐美ほか(2013)⁽³⁾より抜粋。

[津波規模]	被害程度
[-1]	波高 50cm 以下、無被害。
[0]	波高 1m 前後で、ごくわずかの被害がある。
[1]	波高 2m 前後で、海岸の家屋を損傷し船艇をさらう程度。
[2]	波高 4～6m で、家屋や人命の損失がある。
[3]	波高 10～20m で 400km 以上の海岸線に顕著な被害がある。
[4]	最大波高 30m 以上で、500km 以上の海岸線に顕著な被害がある。



*1: 地震調査研究推進本部(2012)⁽⁵⁾より抜粋・一部加筆、「1611 慶長」及び「1677 延宝」の震源域は羽鳥(2000)⁽⁶⁾による。

第4図 青森県東方沖から三陸沖で発生した津波の推定波源域

(2) 文献調査結果による既往津波高の評価

文献調査結果から、近地津波及び遠地津波に分類し、既往津波高の評価を行った。

主な既往津波の津波高とその位置を第5図に、既往津波の波高分布比較を第6図に示す。

【近地津波】

敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる津波規模 m (宇佐美ほか(2013)⁽³⁾) が2以上の主な既往の近地津波を第2表に、敷地周辺における主な既往の近地津波の津波高を第3表に示す。また、主な既往津波高とその位置を第5図に示す。

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波以前の津波高について、敷地近傍を含む鮫・蕪島より北方の範囲で比較する。

敷地北方の記録においては、1856年の津波が、むつ市大畑・湊で津波高4m、函館市函館で津波高3mであり、他の津波と比較して大きい。一方、敷地南方の記録においては、1968年十勝沖地震に伴う津波が、三沢市塩釜で5.1m、八戸市河原木で最大で4.8mであり、他の津波と比較して大きい。この津波による尾駁の記録は、1.2m～1.5mである。さらに、相田(1977)⁽⁷⁾によれば、第6図に示すように、数値シミュレーションによる200m等深線上の波高を基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(相田(1977)⁽⁷⁾以降の津波を除く)。

また、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の津波高は、第3表及び第5図に示すとおり、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。この津波による尾駁の記録は、3.5mである。

以上より、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(むつ市大畑・湊：4m)、1968年十勝沖地震に伴う津波(尾駁：1.2m～1.5m)及び2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波(尾駁：3.5m)であり、津波高は10mにも達していないと評価した。

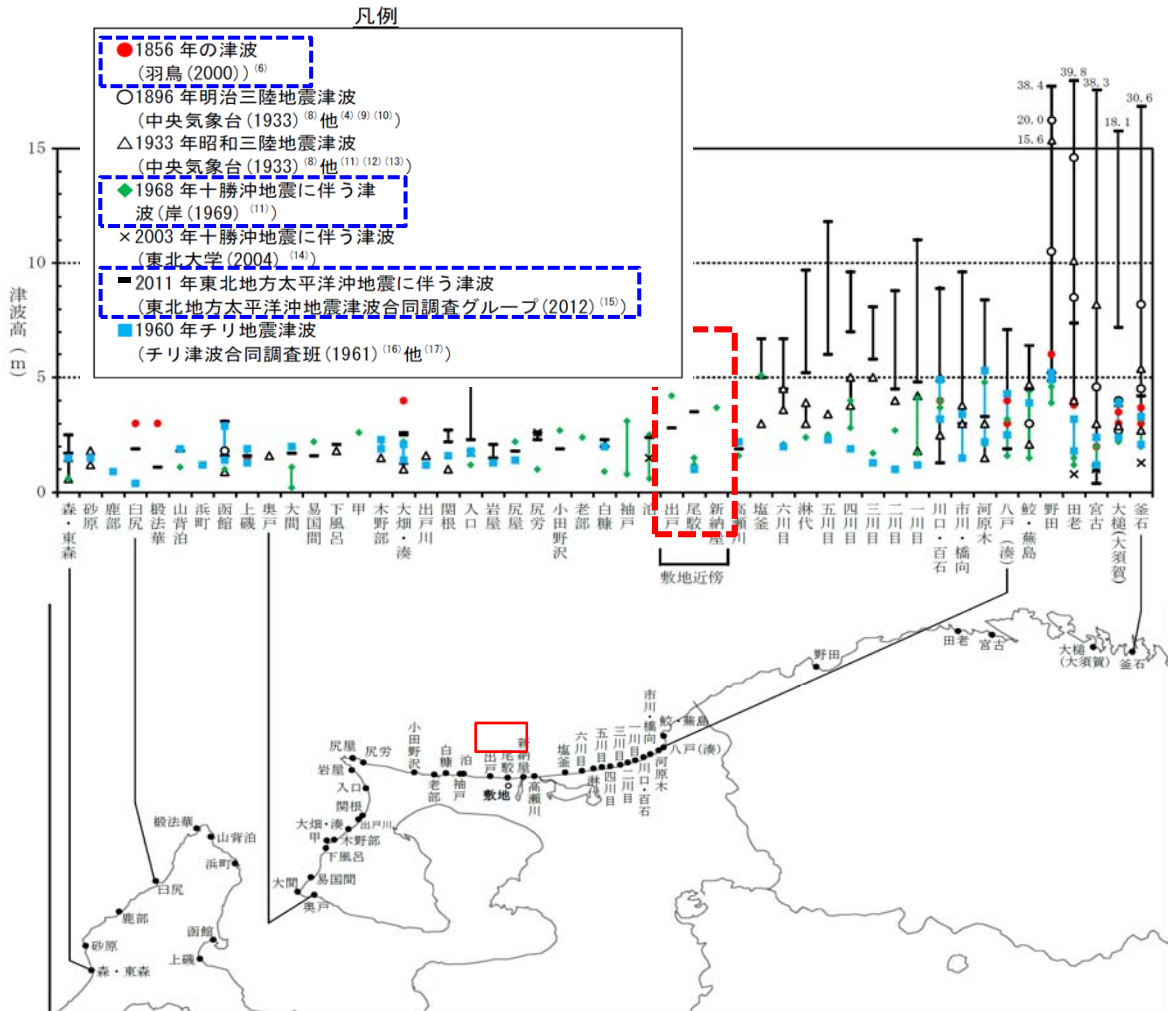
【遠地津波】

敷地周辺に影響を及ぼした主な既往の遠地津波を第4表に、敷地周辺における主な既往の遠地津波の津波高を第5表に示す。

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り、敷地近傍の出戸から新納屋の範囲における津波高は、尾駁で1.0mが記録されている。

そのため、近地津波の津波高を上回るものではないと評価する。

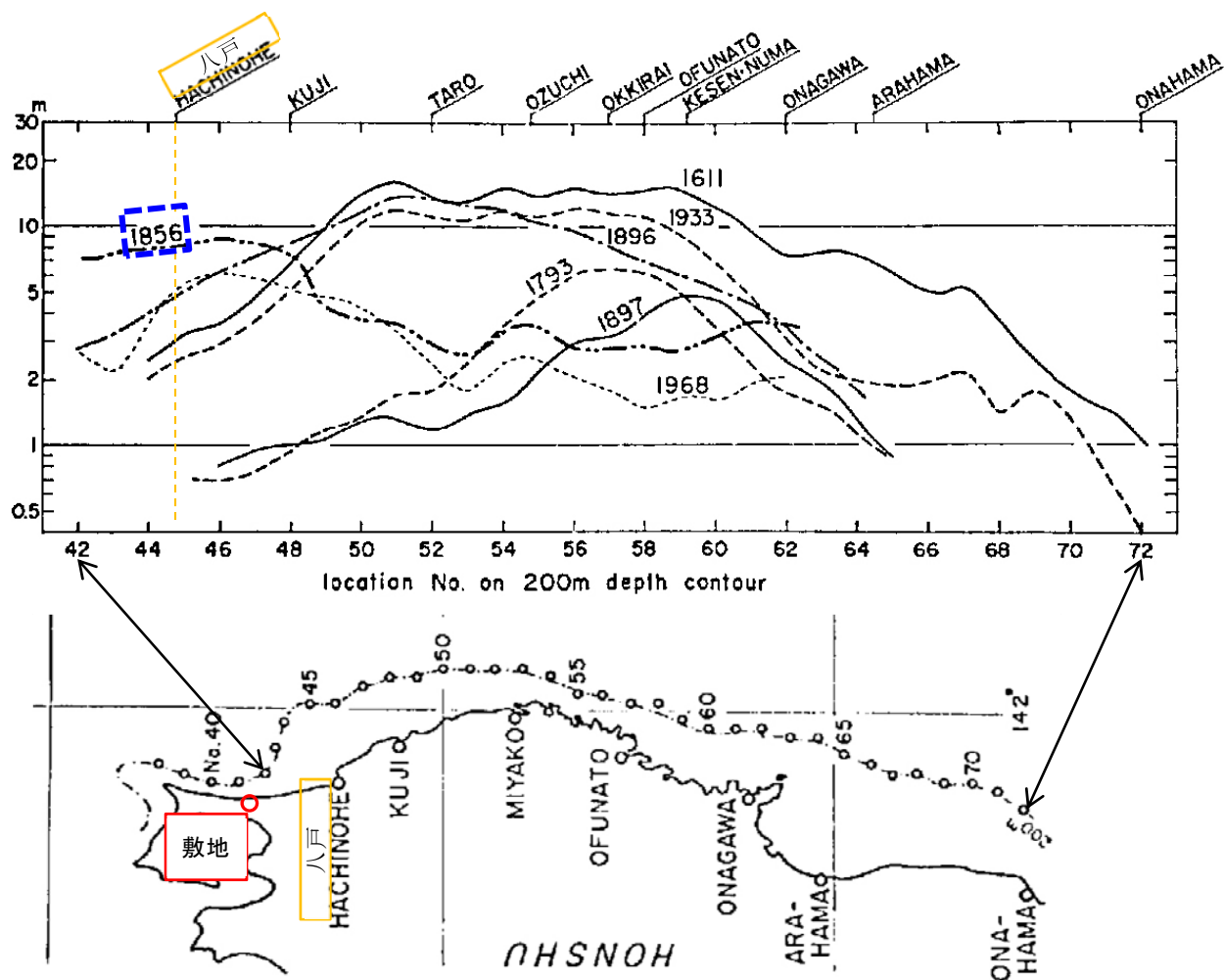
既往津波について調査を実施した結果、津波高は敷地近傍において10mにも達していないことを確認した。



*1：赤線の破線は敷地近傍を示す。

*2：青線の破線は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を示す。

第5図 主な既往津波高とその位置



*1: 相田(1977)⁽⁷⁾より抜粋・一部加筆。

第6図 既往津波の波高分布比較

第2表 主な既往の近地津波(1/3)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要
869年 7月13日 (貞観11年)	三陸沖 φ = 37.5~39.5° N λ = 143~145° E	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年 12月2日 (慶長16年)	三陸沖 φ = 39.0° N λ = 144.4° E	≒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1,783、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年 7月31日 (寛永17年)	渡島地方東部 φ = 42.1° N λ = 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。
1677年 4月13日 (延宝5年)	青森県東方沖 φ = 41.0° N λ = 142 ¹ / ₄ ° E	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年 1月29日 (宝暦12年)	青森県東方沖 φ = 41.0° N λ = 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。
1793年 2月17日 (寛政5年)	三陸沖 φ = 38.5° N λ = 144.5° E	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年 4月25日 (天保14年)	釧路沖 φ = 42.0° N λ = 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。
1856年 8月23日 (安政3年)	青森県東方沖 φ = 41.0° N λ = 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年 3月22日 (明治27年)	根室半島南西沖 φ = 42 ¹ / ₂ ° N λ = 146° E	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年 6月15日 (明治29年)	三陸沖 φ = 39 ¹ / ₂ ° N λ = 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3,452、北海道6、岩手18,158。家屋流失全半潰8千~9千以上、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。

第2表 主な既往の近地津波(2/3)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要
1933年 3月3日 (昭和8年)	三陸沖 φ = 39° 07.7' N λ = 145° 07.0' E	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 3,064、家屋流失 4,034、倒潰 1,817、浸水 4,018。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。
1952年 3月4日 (昭和27年)	十勝沖 φ = 41° 42.3' N λ = 144° 09.0' E	8.2	2 [2.5]	『十勝沖地震』: 北海道南部・東北部に被害があり、津波が関東地方に及ぶ。波高は北海道で 3m 前後、三陸沿岸で 1m~2m。死 28、不明 5、家屋全壊 815、半壊 1,324、流失 91。
1958年 11月7日 (昭和33年)	択捉島南東沖 φ = 44° 18.0' N λ = 148° 30.0' E	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年 10月13日 (昭和38年)	択捉島南東沖 φ = 44° 02.9' N λ = 149° 49.5' E	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年 10月20日 (昭和38年)	択捉島南東沖 φ = 44° 05.6' N λ = 150° 00.3' E	6.7	2 [2]	ウルップ島沖: 10月13日択捉島沖地震の余震。津波の高さはウルップで 10m~15m、択捉島で 8m。
1968年 5月16日 (昭和43年)	青森県東方沖 φ = 40° 41.9' N λ = 143° 35.7' E	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 3,004。青森県下で道路損壊も多かった。津波があり、三陸沿岸 3m~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年 8月12日 (昭和44年)	北海道東方沖 φ = 43° 22.6' N λ = 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い被害あり。津波の高さは花咲 129cm、釧路 93cm、八戸 109cm。
1973年 6月17日 (昭和48年)	根室半島南東沖 φ = 43° 03.5' N λ = 145° 58.2' E	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年 10月4日 (平成6年)	北海道東方沖 φ = 43° 22.5' N λ = 147° 40.4' E	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年 9月26日 (平成15年)	十勝沖 φ = 41° 46.7' N λ = 144° 04.7' E	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。

第2表 主な既往の近地津波(3/3)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要
2011年 3月11日 (平成23年)	東北沖 φ = 38° 06.2' N λ = 142° 51.7' E	Mw9.0	[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。

*1: 「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)⁽³⁾による。

*2: 「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、2011年の地震: 宇佐美ほか(2013)⁽³⁾。

1923年以降の地震(2011年の地震を除く): 気象庁(1951-2010)⁽²⁶⁾による。

*3: 「津波規模 m」は、宇佐美ほか(2013)⁽³⁾による。

ただし、[]は羽鳥(2000)⁽⁶⁾による値(宇佐美ほか(2013)⁽³⁾により引用)、()は渡辺(1998)⁽⁴⁾による値、
〈 〉は国立天文台(2014)⁽²⁷⁾による値で、宇佐美ほか(2013)⁽³⁾と異なる場合のみ示している。

*4: 「地震・津波の概要」は、宇佐美ほか(2013)⁽³⁾及び国立天文台(2014)⁽²⁷⁾を参照している。

第3表 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*1	2003年 平成15 十勝沖	2011年 平成23 東北沖
森町	森・東森 砂原						0.6~1.5 1.2~1.8		0.6		1.7~2.5
鹿部町	鹿部										
函館市	白尻 榎法華 山背泊 浜町 函館				3 3				1.1		1.9 1.1 1.8
北斗市	上磯			1~2	3	1.8	0.9	0.3	1.0		1.6~3.1
大間町	奥戸 大間						1.6		0.2~1.1		1.7
風間浦村	易国間 下風呂 甲						1.8		2.2 2.6		1.6 2.1
むつ市	木野部 大畑・湊 出戸川 関根				4		1.5 1.0~1.4 1.6 1.0		2.2		2.5~2.6 2.2~2.7
東通村	入口 岩屋 尻屋 尻労 小田野沢 老部 白糠								1.2 1.3 2.2 1.0 2.7 2.4 0.9	1.7 2.6	2.3~5.2 1.5~2.1 1.8 2.3~2.6 1.9 2.0~2.3
六ヶ所村	袖戸 泊 出戸 尾駮 新納屋 高瀬川								0.8~3.1 0.6~2.5 4.2 1.2~1.5 3.7 1.6	1.5	2.4 2.8 3.5 1.9
三沢市	塩釜 六川目 淋代 五川目 四川目 三川目						3.0 3.6~4.5 3.0~3.9 3.4 3.8~5.0 5.0		5.1 2.1 2.4 2.5 2.8~4.0 1.7		5.0~6.7 4.5~6.7 5.2~9.7 6.0~11.8 7.0~9.6 5.8~8.1
おいらせ町	二川目 一川目 川口・百石				4		4.0 1.8~4.2 2.5~5.0		2.7 1.7~4.1 3.7~4.0		4.5~8.8 4.8~11.0 1.3~8.9
八戸市	市川・橋向 河原木 八戸(湊) 鮫・蕪島			1~3	3~4		3.0~3.8 1.5~3.0 2.1~4.7	2.0	2.1~4.8 1.6~3.2 1.5~4.4		3.0~9.6 3.3~8.4 1.9~7.1 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 宮古	15~21 6~8	2~3 2~3	1~2	3.8~4 2	8.5~14.6 4.6	4.0~10.1 3.0~8.2	1.0 0.7~1.3	1.2~1.5 1.2~2.0	0.8 1.0~1.1	7.4~39.8 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) ⁽⁶⁾	羽鳥 (2000) ⁽⁶⁾	羽鳥 (2000) ⁽⁶⁾	羽鳥 (2000) ⁽⁶⁾	中央 気象台 (1933) ⁽⁸⁾ 他 ⁽²⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾	中央 気象台 (1933) ⁽⁸⁾ 他 ⁽¹⁰⁾⁽¹²⁾ (13)	渡辺 (1998) ⁽⁴⁾	岸 (1969) ⁽¹¹⁾	東北 大学 (2004) ⁽¹⁴⁾	東北地方 太平洋沖 地震津波 合同調査 グループ (2012) ⁽¹⁵⁾

*1：1968年十勝沖地震と同じものとして扱う。

第4表 主な既往の遠地津波(1/2)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M [Mt] (Ms)	津波 規模 m	地震・津波の概要
1586年 7月10日 (天正14年)	ペルーのリマ沖 φ = 12.3° S λ = 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。
1687年 10月20日 (貞享4年)	ペルーのカヤオ沖 φ = 15.2° S λ = 75.9° W	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尺～1.6尺(約50cm)、12回～13回押し寄せた。沖縄でも3回津波が押し寄せた。
1700年 1月26日 (元禄12年)	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5m～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年 7月8日 (享保15年)	チリのバルパライソ沖 φ = 33.1° S λ = 71.6° W	8.7	4	バルパライソは浸水が激しく、港は破壊された。コンセプション全滅。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年 5月25日 (宝暦1年)	チリのコンセプション沖 φ = 36.8° S λ = 71.6° W	8.5	3	古いコンセプションは全滅。津波は日本沿岸へ襲来、三陸沿岸の大槌、牡鹿及び気仙沼で床まで浸水した。
1780年 6月29日 (安永9年)	千島列島 ウルップ島南東沖 φ = 46.0° N λ = 151.0° E	7.5	3	ウルップ島で津波の高さ10m～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年 11月7日 (天保8年)	チリ南部沖 φ = 39.8° S λ = 73.2° W	8.0 [9 ¹ / ₄]	3	コンセプション、バルデビアで大津波。津波によりハワイ諸島で大被害。三陸沿岸陸前の気仙沼湾、本吉、牡鹿及び宮城の3郡で潮溢れる。
1868年 8月13日 (慶応4年)	チリ北部アリカ沖 φ = 18.5° S λ = 70.4° W	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年 5月10日 (明治10年)	チリのイキケ沖 φ = 19.6° S λ = 70.2° W	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1.2m～24m。ハワイ諸島で1.2m～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年 9月7日 (大正7年)	千島列島 ウルップ島東方沖 φ = 45.5° N λ = 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。

第4表 主な既往の遠地津波(2/2)

発生年月日	発生場所 緯度φ 経度λ	地震 規模 M [Mt] <Ms>	津波 規模 m	地震・津波の概要
1922年 11月11日 (大正11年)	チリのアタカマ沖 φ=28.5° S λ=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等。大船渡で家屋30棟が波に洗われた(高さ1~2mか)。
1946年 4月1日 (昭和21年)	アリューシャン列 島東部 φ=52.8° N λ=162.5° W	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0.5m~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年 11月4日 (昭和27年)	カムチャツカ半島 南東沖 φ=52.3° N λ=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1m~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0.5m~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年 5月22日 (昭和35年)	チリ南部沖 φ=39.5° S λ=74.5° W	8.5 [9.4]	4	『チリ地震津波』:チリのイスラ・モチャで20m~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0.8m~8.1m、その他で0.6m~4.2m。日本全体で死・不明142(うち沖縄で3)、家屋全壊1,500余、半壊2千余。
1964年 3月28日 (昭和39年)	アラスカ湾 φ=61.1° N λ=147.5° W	9.2 [9.1] <8.4>	4	『アラスカ地震津波』:アラスカのパルディーズで6.1m~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年 2月4日 (昭和40年)	アリューシャン列 島 φ=51.3° N λ=178.6° E	8.7 [8.6] <8.2>	3	アリューシャンで0.2m~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年 2月17日 (平成8年)	インドネシアのイ リアン・ジャヤ沖 φ=0.950° S λ=137.016° E	<8.1>	3	インドネシアのピアック島で最大7.7m(津波到達時の潮位上)に達した。日本沿岸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年 2月27日 (平成22年)	チリ中部沖 φ=36.12° S λ=72.90° W	8.5	[3]	チリ沿岸は平均5m~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)。

*1: 「発生年月日」は、宇佐美ほか(2013)⁽³⁾による。

*2: 「発生場所、緯度、経度」、「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)⁽²⁷⁾による。ただし、「津波規模 m」は宇佐美ほか(2013)⁽³⁾による。

2010年以外の地震: 渡辺(1998)⁽⁴⁾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。

*3: 「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)⁽²⁸⁾及び都司ほか(2010)⁽²⁹⁾による。

2010年以外の地震: 渡辺(1998)⁽⁴⁾による。

第5表 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 砂原				1.5 1.5
鹿部町	鹿部				0.9
函館市	臼尻 椴法華 山背泊 浜町 函館	2	2.4	0.5~1.5	0.4 1.9 1.2 1.4~2.9
北斗市	上磯				1.3~1.9
大間町	奥戸 大間				2.0
風間浦村	易国間 下風呂 甲				
むつ市	木野部 大畑・湊 出戸川 関根				1.9~2.3 1.4~2.1 1.2 1.6
東通村	入口 岩屋 尻屋 尻労 小田野沢 老部 白糠				1.7~1.8 1.3 1.4 2.0
六ヶ所村	袖戸 泊 出戸 尾駸 新納屋 高瀬川				1.0 2.2
三沢市	塩釜 六川目 淋代 五川目 四川目 三川目				2.0 2.3 1.9 1.3
おいらせ町	二川目 一川目 川口・百石				1.0 1.2 3.2~4.9
八戸市	市川・橋向 河原木 八戸(湊) 鮫・燕島			1.8	1.5~3.4 2.2~5.3 2.5~4.3 3.9
野田村	野田				4.9~5.2
宮古市	田老 宮古			2.2 0.4~1.8	1.8~3.2 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) ⁽⁴⁾	渡辺(1998) ⁽⁴⁾	渡辺(1998) ⁽⁴⁾	チリ津波 合同調査班 (1961) ⁽¹⁶⁾ 他 ⁽¹⁷⁾

7. 既往知見を踏まえた津波の評価

敷地に影響を与える可能性がある津波の波源として、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数値シミュレーション及び簡易予測式を用いて検討を行った結果、影響を与える可能性が最も大きかったプレート間地震に起因する津波の評価について以下に示す。

(1) プレート間地震に起因する津波の評価

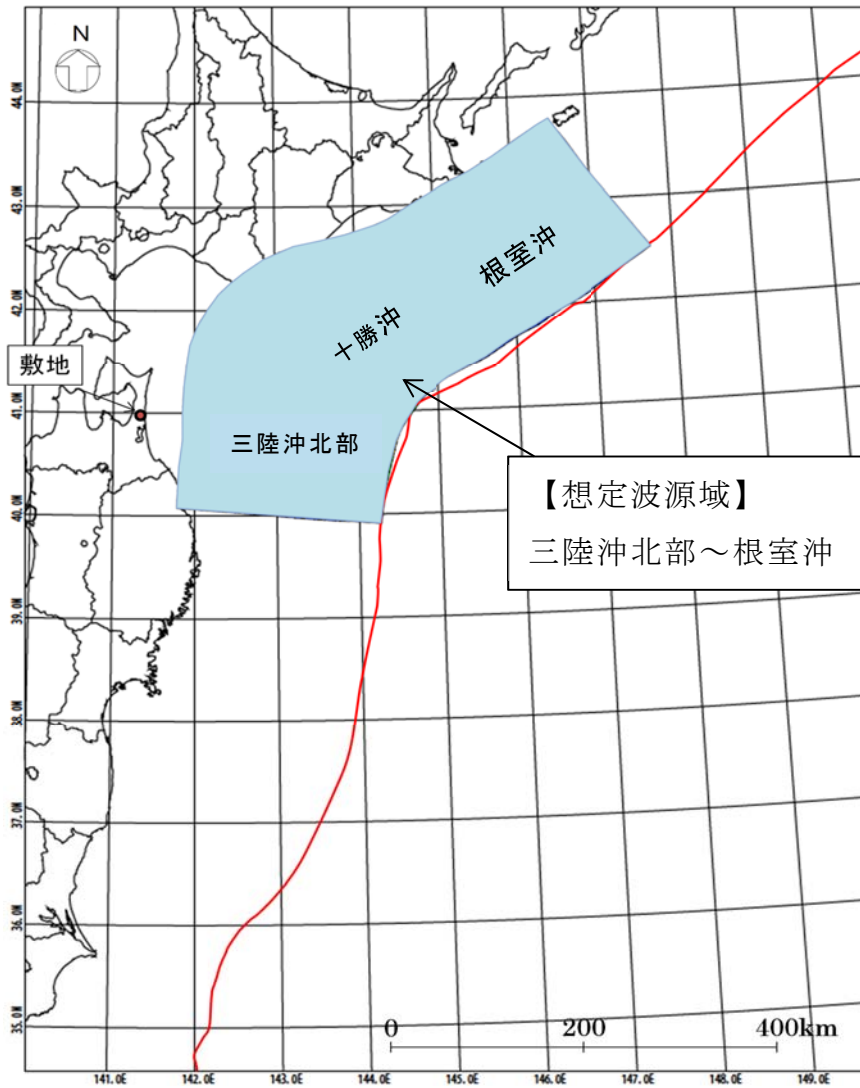
プレート間地震は、地震調査委員会(2012)⁽⁵⁾で示されている三陸沖北部のプレート間地震、津波地震及び2011年東北地方太平洋沖地震で得られた、発生領域、震源域の形態及び発生間隔に関する知見を踏まえ、三陸沖北部と隣り合う領域の連動を考慮した連動型地震について検討した。

三陸沖北部と隣り合う領域の連動については、北方への連動型地震及び南方への連動型地震が考えられるが、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、2015)⁽¹⁾⁽²⁾の結果を参照した。

なお、解析における評価位置として、当社で実施した北方への連動型地震においては、尾駈沼内の地形形状を踏まえ、津波高が最も高くなると想定される尾駈沼奥の地点を選定し、青森県海岸津波対策検討会(2012、2015)⁽¹⁾⁽²⁾による南方への連動型地震においては、敷地近傍の海岸線上の結果を参照した。


北方への連動型地震の想定波源域を第7図、南方への連動型地震の想定波源域を第8図に示す。

基本モデルとして、三陸沖北部のプレート間地震の波源モデル、津波地震の波源モデル及び北方への連動型地震の波源モデルについて数値シミュレーションを実施した結果、北方への連動型地震が評価位置において津波高が最大となった。



*1: 赤線で示す海溝軸は地震調査研究推進本部(2004、2012)⁽¹⁸⁾⁽⁵⁾をトレース。

第7図 北方への連動型地震の想定波源域

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	

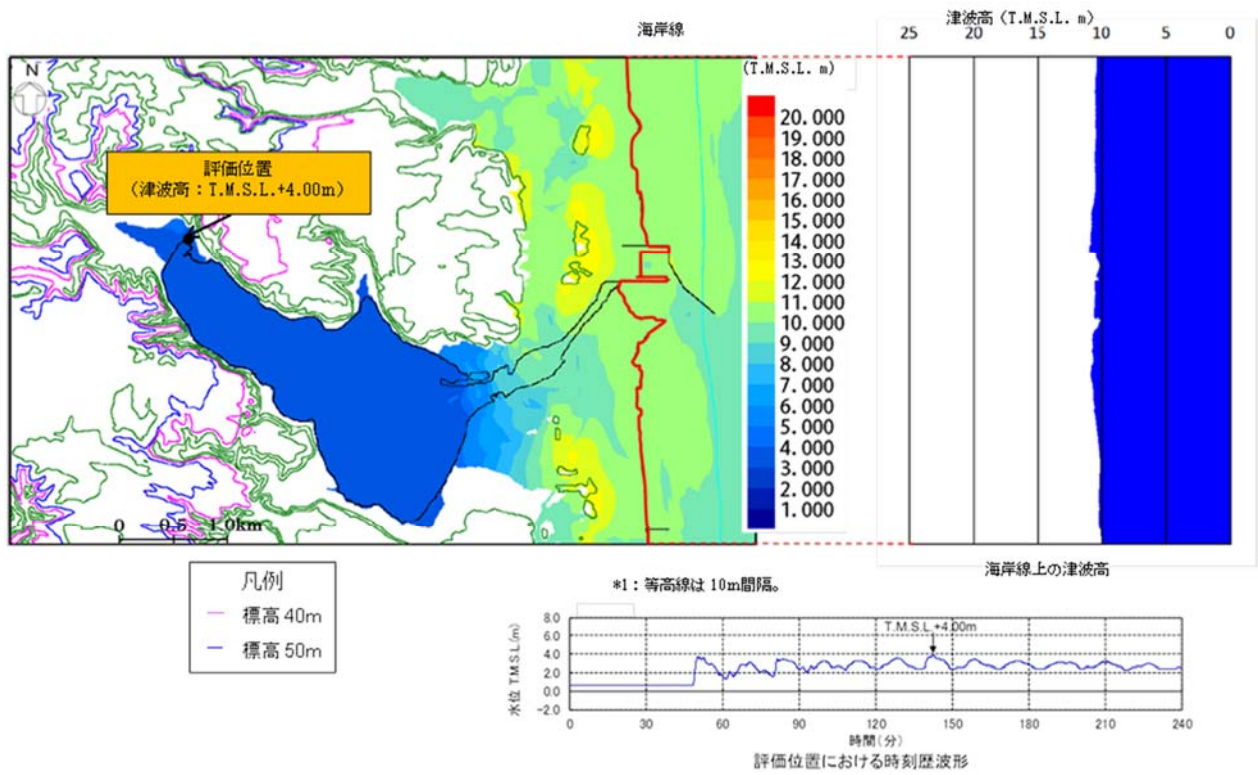
*1：青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽¹⁾より抜粋、一部加筆。

第8図 南方への連動型地震の想定波源域

(2) 北方への連動型地震の津波波源モデルの解析結果

評価位置における津波高が最大となる北方への連動型地震について、波源特性、波源位置及び破壊開始点の不確かさを考慮し評価を実施した結果、評価位置における津波高は T. M. S. L. (東京湾平均海面)+4.00m であった。不確かさを考慮した解析の結果を第 9 図に示す。

廃棄物埋設地への遡上経路としては中央沢が考えられるが、中央沢入口での津波高は評価位置の津波高と同程度であり、廃棄物埋設地まで到達していないことが確認できる(第 9 図参照)。また、第 9 図に示すとおり、北方への連動型地震の敷地近傍の海岸線上における津波高は、T. M. S. L. +10.00m 以上であった。

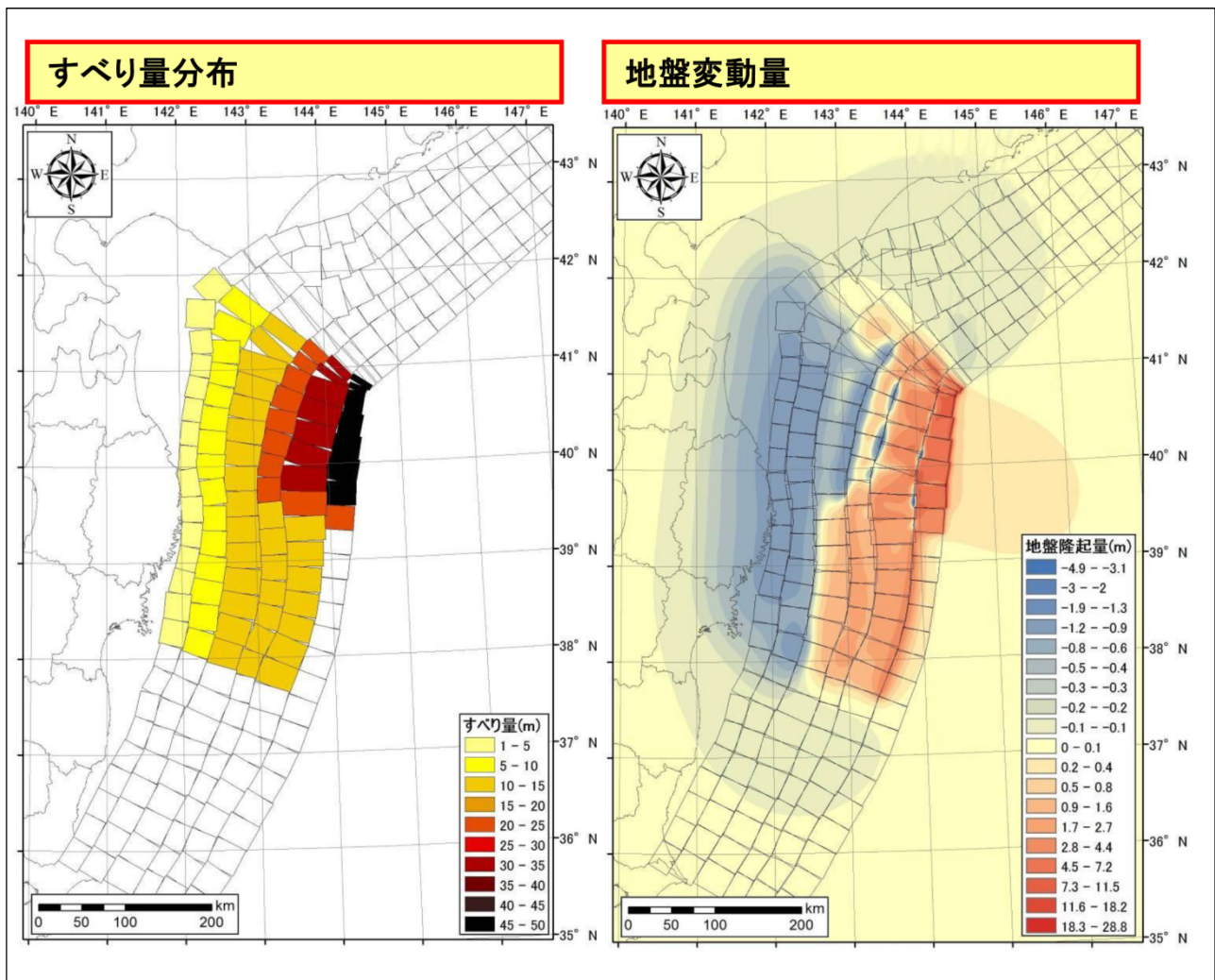


第 9 図 北方への連動型地震に起因する津波の最大ケースの津波高分布

(3) 南方への連動型地震の津波波源モデルの設定～行政機関による津波シミュレーション結果～

青森県海岸津波対策検討会(2012、2015)⁽¹⁾⁽²⁾では、不確実性を考慮した青森県太平洋沿岸に最も影響を及ぼす最大クラス(L2津波)の津波を想定し、検討を実施している。また、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している。設定した波源モデルを第10図に示す。

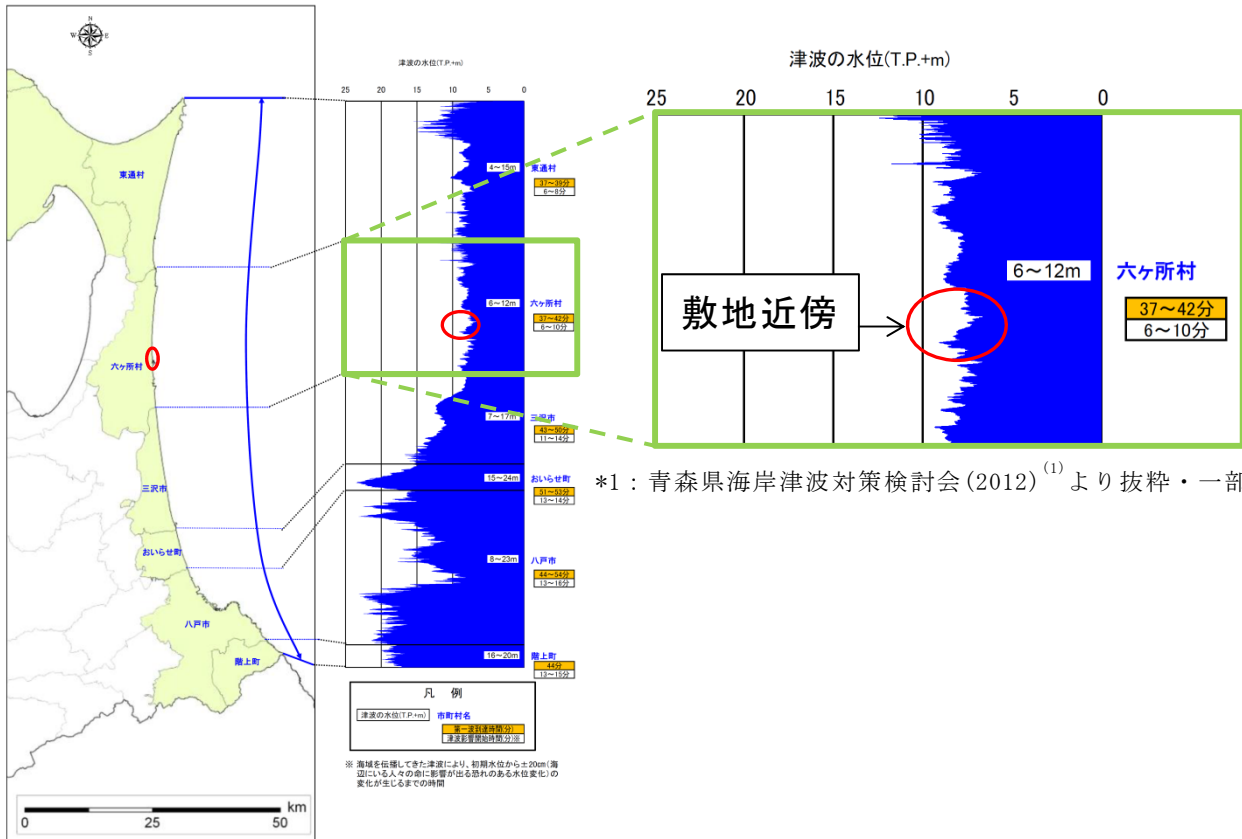
ここで内閣府(2011)⁽¹⁹⁾より、L2津波とは、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で想定する津波であり、発生頻度は極めて低いものの、発生すれば甚大な被害をもたらす最大クラスの津波としている。



*1: 青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽¹⁾より抜粋。

第10図 青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽¹⁾による最大クラスの津波断層モデル(すべり量分布及び地盤変動量)

H24青森県太平洋側想定地震 海岸線上の津波の水位(青森県太平洋岸)



*1: 青森県海岸津波対策検討会(2012)⁽¹⁾より抜粋・一部加筆。

第 12 図 南方への連動型地震の津波波源モデルに起因する海岸線上の津波の水位

(5) 既往知見を踏まえた津波の評価まとめ

既往知見を踏まえた津波の評価として、敷地に影響を与える可能性が最も大きいプレート間地震に起因する津波について評価を行った結果、廃棄物埋設地が設置される高さに津波が到達する可能性は無いと評価した。

8. 廃棄物埋設地の安全性評価

既往知見を踏まえた津波の評価の結果、廃棄物埋設地は海岸線から約 3km 離れた標高 30m 以上の台地に設置するため、敷地周辺の津波の規模観を踏まえても、廃棄物埋設地の設置される高さに津波が到達する可能性はなく、安全機能に影響を及ぼす可能性はないと評価した。

なお、廃棄物埋設地の設置される高さに津波が到達する可能性がないことを確認するため、再処理施設で検討されたすべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる確認も実施している。

再処理施設における検討は、廃棄物埋設設備の潜在的な危険性を鑑みると、検討条件として過大な設定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ついては参考的な位置付けである。

(1) すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定

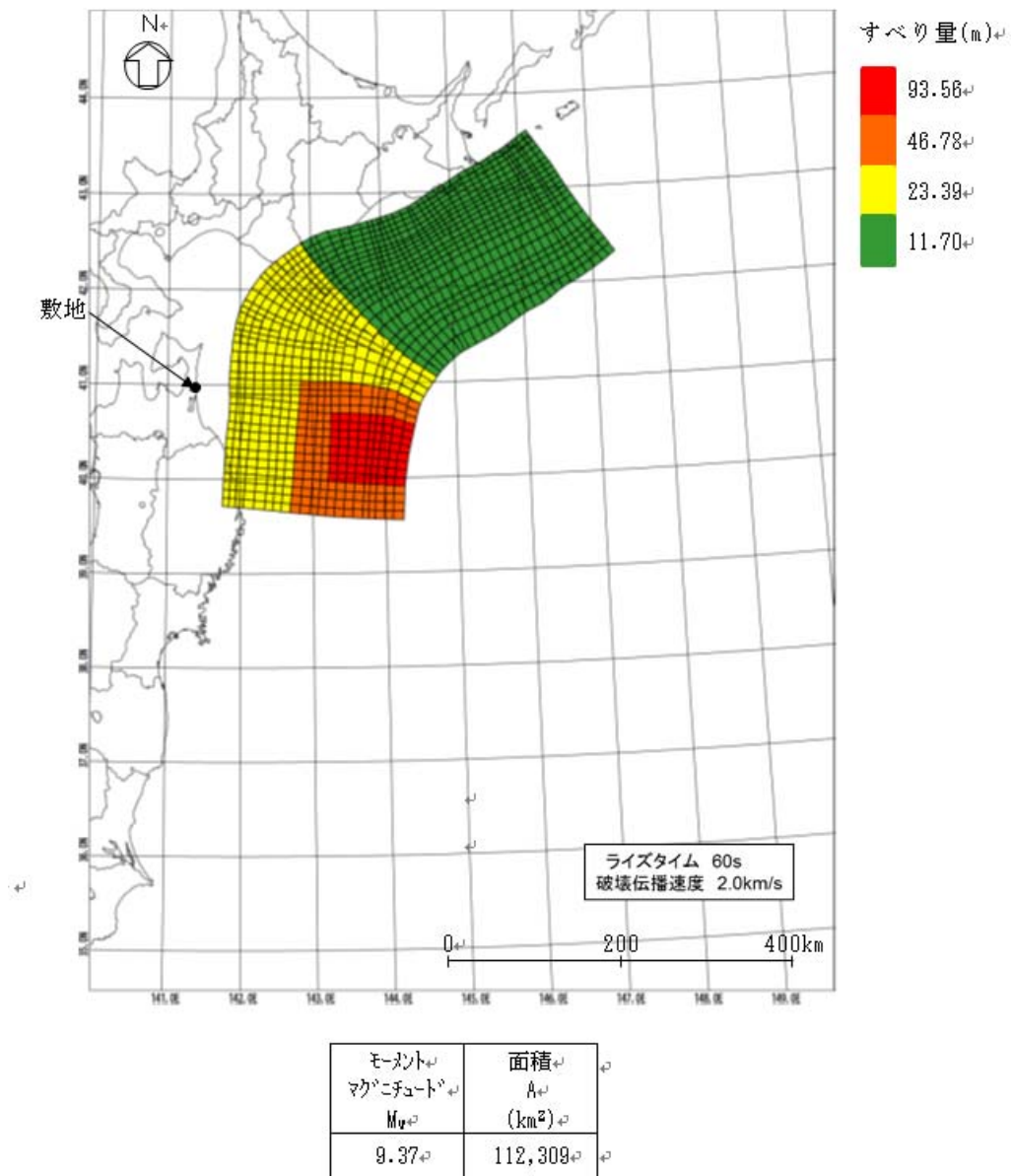
すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定に当たっては、国内外の巨大地震のすべり量に関する文献調査を実施した。

内閣府(2012)⁽²⁰⁾、杉野ほか(2014)⁽²¹⁾等^{(22)~(25)}による文献調査の結果、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、内閣府(2012)⁽²⁰⁾の最大のモデルで 60m~70m 程度であった。

そこで、本評価においては、すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルとして、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(以下「すべり量 3 倍モデル」という。)を設定した。既往知見とすべり量 3 倍モデルのすべり量を比較した結果を第 6 表に、すべり量 3 倍モデルの波源モデルの位置及び諸元を第 13 図に示す。

第6表 既往知見とすべり量3倍モデルのすべり量の比較

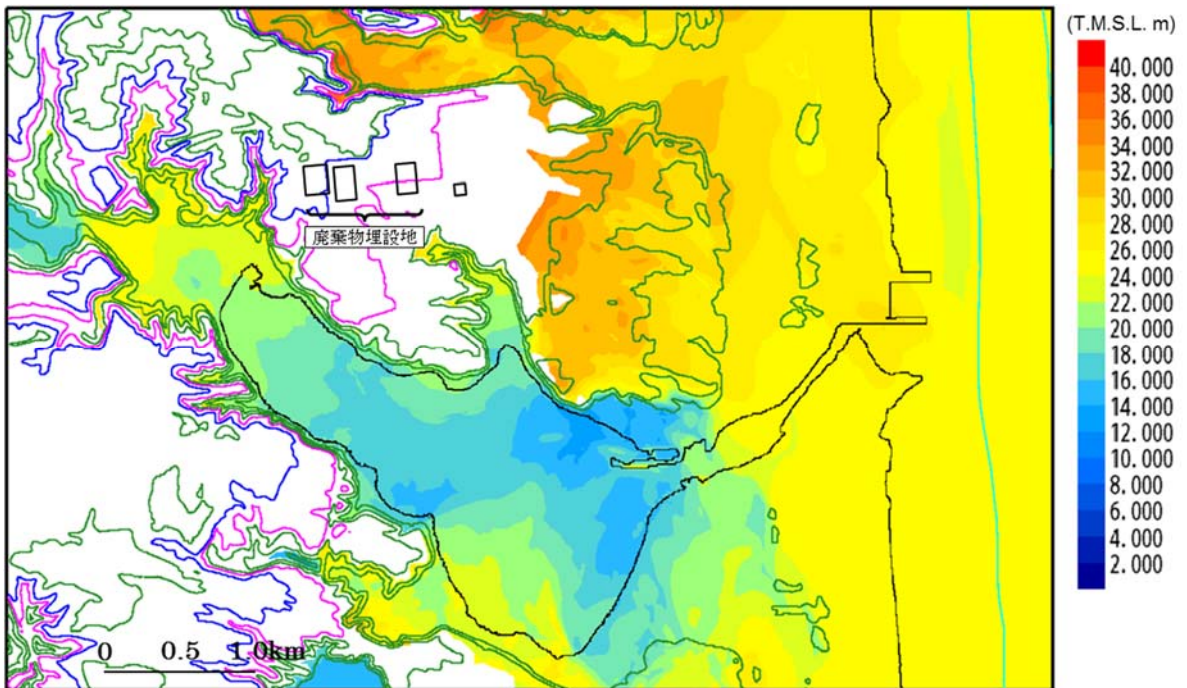
	評価モデル		巨大地震のすべり量に関する文献調査結果		
	既往知見を踏まえた津波の評価モデル	すべり量3倍モデル	2011年東北地方太平洋沖型地震モデル (杉野ほか(2014) ⁽²¹⁾)	南海トラフの巨大地震の津波断層モデル (内閣府(2012) ⁽²⁰⁾)	世界のM _w 9.0クラスの巨大津波 (M. Johnson and Satake(1999) ⁽²²⁾ 等 ⁽²³⁾ ~ ⁽²⁵⁾)
平均すべり量	8.40m	25.20m	10.4m	8.8m~11.3m	大きいもので11m
最大すべり量	31.19m	93.56m	31.2m	最大のモデルで「60m~70m」	大きいもので「28m~32m」



第13図 すべり量3倍モデルの波源モデルの位置及び諸元

(2) すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる評価結果

すべり量3倍モデルによるシミュレーション結果を第14図に示す。第14図より、
廃棄物埋設地は、海岸線から約3km離れた標高30m以上の台地に設置し、断層のすべり量が既往知見を大きく上回る波源を想定した場合でも、廃棄物埋設地に津波が到達する可能性はないことを確認した。



第14図 すべり量3倍モデルによる検討結果

9. 参考文献

- (1) 青森県海岸津波対策検討会(2012)：第4回青森県海岸津波対策検討会資料、青森県庁県土整備部河川砂防課、
<http://www.pref.aomori.lg.jp/kotsu/build/tunami-kentokai.html>
- (2) 青森県海岸津波対策検討会(2015)：第7回青森県海岸津波対策検討会資料、青森県庁県土整備部河川砂防、
<https://www.pref.aomori.lg.jp/kotsu/build/tunami-kentokai.html>
- (3) 宇佐美龍夫、石井寿、今村隆正、武村雅之、松浦律子(2013)：日本被害地震総覧 599-2012、東京大学出版会
- (4) 渡辺偉夫(1998)：日本被害津波総覧 [第2版]、東京大学出版会
- (5) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012)：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について、
http://www.jishin.go.jp/main/chousa/11nov_sanriku/
- (6) 羽鳥徳太郎(2000)：三陸沖歴史津波の規模の再検討、津波工学研究報告 17、pp. 39-48
- (7) 相田勇(1977)：三陸沖の古い津波のシミュレーション、東京大学地震研究所彙報、Vol. 52、No. 1、pp. 71-101
- (8) 中央气象台(1933)：昭和八年三月三日三陸沖強震及津波報告、驗震時報、Vol. 7、No. 2 別冊
- (9) 伊木常誠(1897)：三陸地方津浪實況取調報告(参照第一)、震災予防調査会報告、Vol. 11、pp. 4-34
- (10) 松尾春雄(1933)：三陸津浪調査報告、内務省土木試験所報告、Vol. 24、pp. 83-112
- (11) 岸力(1969)：1968年十勝沖地震調査報告、津波－北海道東北沿岸－、1968年十勝沖地震調査委員会編『1968年十勝沖地震調査報告』、pp. 207-256
- (12) 松尾春雄(1934)：三陸津浪調査報告(追加)、内務省土木試験所報告、Vol. 27
- (13) 地震研究所(1934)：昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告、東京帝国大学地震研究所彙報、別冊第1号
- (14) 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター(2004)：2003年十勝沖地震津波調査報告、津波工学研究報告、Vol. 21、No. 2

- (15) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：調査情報、東北地方太平洋沖地震津波情報、<http://www.coastal.jp/ttjt/>
- (16) チリ津波合同調査班(1961)：“津波の高さの測定方法及び基準並びに最高波来襲時刻について” 1960年5月24日チリ地震津波に関する論文および報告、東京大学地震研究所
- (17) 気象庁(1961)：昭和35年5月24日チリ地震津波調査報告、気象庁技術報告、Vol.8
- (18) 地震調査研究推進本部(2004)：千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第二版)について、https://www.jishin.go.jp/main/chousa/kaikou_pdf/chishima.pdf
- (19) 内閣府中央防災会議(2011)：「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」
- (20) 内閣府(2012)：“南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)津波断層モデル編-津波断層モデルと津波高・浸水域等について”、内閣府ホームページ、<http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/model/index.html>
- (21) 杉野英治、岩渕洋子、橋本紀彦、松末和之、蛭澤勝三、亀田弘行、今村文彦(2014)：“プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案”、日本地震工学会論文集、2014、第14巻、第5号
- (22) Jean M. Johnson, Kenji Satake(1999)：“Asperity Distribution of the 1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka”, Pure and Applied Geophysics, 1999, 154
- (23) Yushiro Fujii, Kenji Satake(2012)：“Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data”, Pure and Applied Geophysics, 2012, 170
- (24) Jean M. Johnson, Kenji Satake, Sanford R. Holdahl, Jeanne Sauber(1996)：“The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data”. Journal of Geophysical Research, 1996, vol.101, No. B1
- (25) Yuichiro Tanioka, Yudhicara, Tomohiro Kususose, S. Kathioli, Yuichi

Nishimura, Sin-Iti Iwasaki, Kenji Satake(2006): “Rupture process of the 2004 great Sumatra-Andaman earthquake estimated from tsunami waveforms”. Earth Planets Space, 2006, 58

- (26) 気象庁(1951～2010)：地震月報ほか、
- (27) 国立天文台編(2014)：理科年表平成 27 年、丸善出版
- (28) 今村文彦、高橋重雄、藤間功司、富田孝史、有川太郎：2010 年チリ地震津波の被害調査報告、土木学会附属土木図書館ホームページ 震災報告デジタルアーカイブ、
http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol13/13/20100227chile_report2.pdf
- (29) 都司嘉宣、大年邦雄、中野晋、西村裕一、藤間功司、今村文彦、柿沼太郎、中村有吾、今井健太郎、後藤和久、行谷佑一、鈴木進吾、城下英行、松崎義孝(2010)：2010 年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol.66、No. 1、pp.1346-1350