

泊発電所3号炉

津波評価について(資料2)

令和5年12月26日
北海道電力株式会社

○資料2においては、資料1にて説明する「残された論点9」及び「指摘事項27」に関連するまとめ資料の該当箇所について、過去の審査会合で説明した内容に加え、最新知見を反映した一連の内容を整理し、ご説明する。

1. 申請時からの主な変更内容

2. 既往津波の検討	3
2.1 既往津波の文献調査	5
2.2 津波堆積物調査	9
2.3 既往津波の再現解析	19

3. 地震に伴う津波

4. 地震以外の要因に伴う津波	25
4.1 火山による山体崩壊に伴う津波	27
4.2 海底地すべりに伴う津波	34
4.3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	39
4.4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	48
4.5 地震以外の要因に伴う津波(まとめ)	53

5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ

6. 基準津波策定

7. 行政機関による津波評価	55
7.1 国の検討会モデルによる検討	57
7.2 地方自治体モデルによる検討	62
7.3 行政機関による津波評価(まとめ)	71

参考文献	73
------	----

2. 既往津波の検討

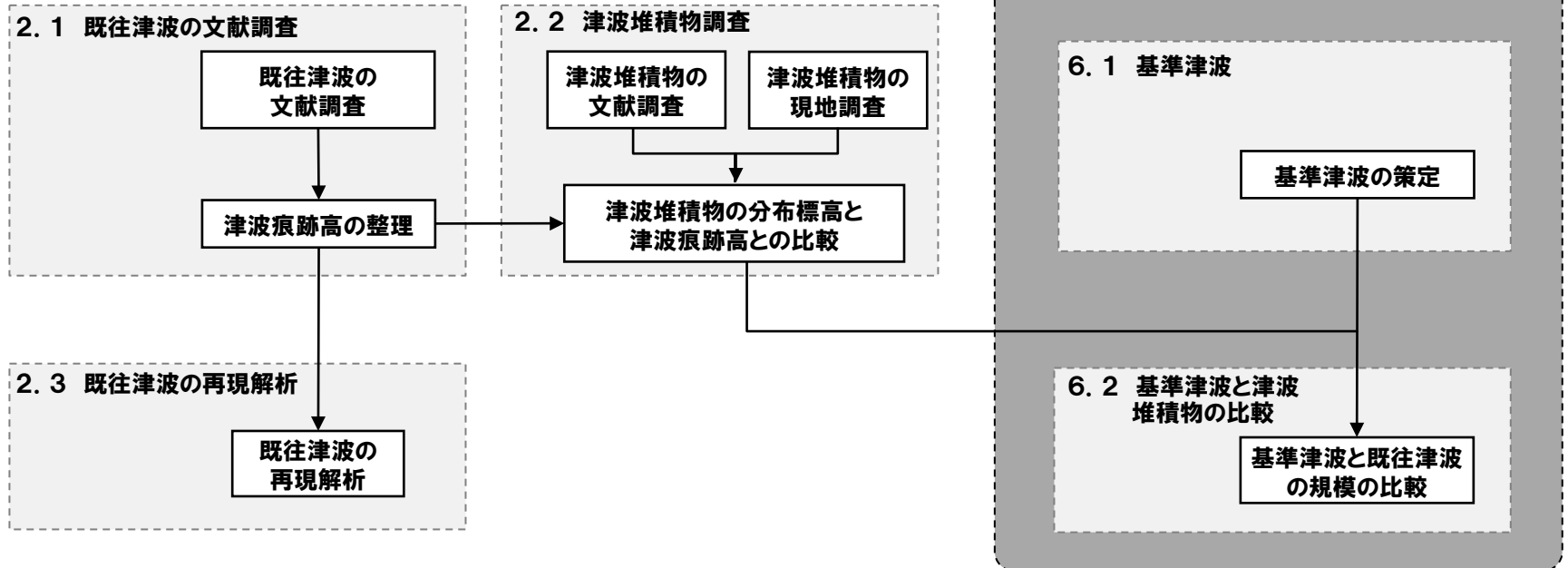
1. 申請時からの主な変更内容
2. **既往津波の検討**
 - 2.1 既往津波の文献調査
 - 2.2 津波堆積物調査
 - 2.3 既往津波の再現解析
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

2. 既往津波の検討

検討概要

- 2.1章において、基準津波の策定に当たり適切な規模の津波波源を考慮するため、泊発電所の敷地周辺に來襲した可能性のある既往津波の調査を行い、その津波痕跡高を整理する。
- 2.2章において、泊発電所の敷地周辺及び地域特性を考慮した調査範囲における津波堆積物調査を実施する。既往津波の津波痕跡高との比較により、調査結果が整合していることを確認する。
- 2.3章において、基準津波の策定に用いる数値シミュレーションの地形モデル、計算手法等が妥当であることを確認するため、既往津波の再現解析を行う。
- また、2章で確認した津波堆積物等の地質学的証拠や歴史的記録等から推定される既往津波による敷地周辺における津波高さを、6章において策定する基準津波による敷地周辺における津波高さと比較することにより、基準津波選定の妥当性を示す(今後説明予定)。



2. 1 既往津波の文献調査

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
 2. 1 既往津波の文献調査
 2. 2 津波堆積物調査
 2. 3 既往津波の再現解析
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

2.1 既往津波の文献調査

既往津波の文献調査 概要

【目的】

- 基準津波の策定に当たり適切な規模の津波波源を考慮するため、泊発電所の敷地周辺に来襲した可能性のある既往津波の事例を調査する。

【既往津波の文献調査】

- 泊発電所の敷地周辺に来襲した可能性のある既往津波として、「日本海を波源域とし、北海道から本州に来襲した既往津波」を対象に、発生時期、規模、発生要因等についての文献調査を実施し、できるだけ過去に遡ってとりまとめる。
 - 全36件の既往津波をとりまとめた。
- とりまとめた結果を踏まえ、特に泊発電所の敷地周辺への影響が大きかったと考えられる既往津波として、「波源域から泊発電所までの距離が短く、泊発電所の敷地周辺を含む北海道西岸（稚内から松前）にて津波規模の大きい既往津波」を抽出する。
 - 日本海東縁部を波源域とする、以下5件の既往津波を抽出した。
 - 1741年（渡島西岸）津波
 - 1792年（後志）地震津波
 - 1940年積丹半島沖地震津波
 - 1983年日本海中部地震津波
 - 1993年北海道南西沖地震津波

【津波痕跡高の整理】

- 既往津波の調査結果を踏まえ、抽出した既往津波を対象に、津波痕跡高についての文献調査を実施し、泊発電所を含む北海道西岸における津波痕跡高を整理する。
- 津波痕跡高の整理結果を踏まえ、泊発電所の敷地周辺に最も影響を与えた既往津波として、「泊発電所の敷地周辺で津波痕跡高が最も大きい既往津波」を抽出する。
 - 泊発電所の敷地周辺に最も影響を与えた既往津波として、「1993年北海道南西沖地震津波」を抽出した。
 - 「1993年北海道南西沖地震津波」の津波痕跡高は、泊村で3.04m、岩内町で3.56mであった。

2.1 既往津波の文献調査

既往津波の文献調査

- 泊発電所の敷地周辺に来襲した可能性のある既往津波として、「日本海を波源域とし、北海道から本州に来襲した既往津波」を対象に文献調査を実施し、全36件の既往津波をとりまとめた。(資料3の2.1「既往津波の文献調査」参照)
- 特に泊発電所の敷地周辺への影響が大きかったと考えられる既往津波として、「波源域から泊発電所までの距離が短く、泊発電所の敷地周辺を含む北海道西岸(稚内から松前)にて津波規模の大きい既往津波」を対象に、日本海東縁部を波源域とする以下5件の既往津波を抽出した。

発生年月日 元号	波源域※1	震央※2		地震規模※2 (M)	津波規模※3 (m)	地震津波の概要※4	発電所近傍の 痕跡高※5 (m)
		経度(°E)	緯度(°N)				
1741年8月29日 寛保1年	北海道南西沖	41.6°	139.4°	6.9	<3.5>	・渡島大島のこの月の下旬より活動。13日に噴火した。19日早朝に津波。北海道で死1467、流出家屋729、船1521破壊。津波で田畑の損も多く、流失潰家約100、死37。佐達・能登・若狭にも津波。 ・江川の河口(島根県江津市)で1~2mの津波が観測された。(羽鳥・片山(1977)(12)) ・津波地震によるものか、火山噴火に伴うものか、あるいは他の現象(たとえば海底地すべり)によるものか不明。江津(島根県)でも津波の影響があった。津波の高さは1~2mである。(渡辺(1998)) ・渡島大島の山体崩壊によって生じたとされている。(佐竹・加藤(2002)(13))	記録なし
1792年6月13日 寛政4年	北海道西方沖	43 3/4°	140.0°	≒7.1	—	・津波があった。忍路で港頭の岸壁が崩れ、海岸に引き上げていた夷船漂流、出漁中の夷人5人溺死。英国でも溺死若干。	記録なし
1940年8月2日 昭和15年	北海道西方沖 「積丹半島沖地震」	44° 22'	139° 49'	7.5	2	・被害はほとんどなく、津波による被害が大きかった。波高は、羽機・天塩2m、利尻3m、金沢・宮津1m、天塩河口で溺死10。	岩内:1.7 泊:(1.2)
1983年5月26日 昭和58年	秋田・青森県沖 「日本海中部地震」	40° 21.6'	139° 04.7'	7.7	3	・被害は秋田県で最も多く、青森・北海道がこれに次ぐ。日本全体で死104(うち津波によるもの100)、傷163(同104)、建物全壊934、半壊2115、流失52、一部破壊損3258、船沈没255、流失451、破損 1187。津波は早い所で津波警報発令以前に沿岸に到達した。石川・京都・島根など遠方の府県にも津波による被害が発生した。	岩内:0.6、1.21 泊:1.29、1.39
1993年7月12日 平成5年	北海道南西沖 「北海道南西沖地震」	42° 46.9'	139° 10.8'	7.8	3	・地震に加えて津波による被害が大きく、死202、不明28、傷323。特に地震後間もなく津波に襲われた奥尻島の被害は甚大で、島南端の青苗地区は火災もあって壊滅状態。夜10時すぎの間のなかで多くの人命、家屋等が失われた。津波の高さは青苗の市街地で10mを越えたとある。 ・津波は日本海沿岸の各地に達した。船の転覆沈没は新潟県で24、石川県24、島根県70隻で島根では床下浸水50世帯を出した。(宇佐美ほか(2013))	岩内:2.27~3.56 泊:2.62、3.04

※1: 渡辺(1998)、羽鳥(1984a)、及び宇佐美ほか(2013)を参照。

※2: 宇佐美ほか(2013)を参照。

※3: 宇佐美ほか(2013)を参照。但し、<>は羽鳥(1984a)、()は羽鳥(1996)の値。

各文献で値が異なる場合は、最も大きな値を記載。

津波規模mについて、羽鳥(1986)は下式で表し、規模階級は0.5間隔で区分できるとした。

$$m = 2.7 \log H + 2.7 \log \Delta - 4.3 \quad (\text{単位} H: \text{m}, \Delta: \text{km})$$

H: 津波の高さ, Δ: 距離(震央から観測点までの海洋上の最短距離)

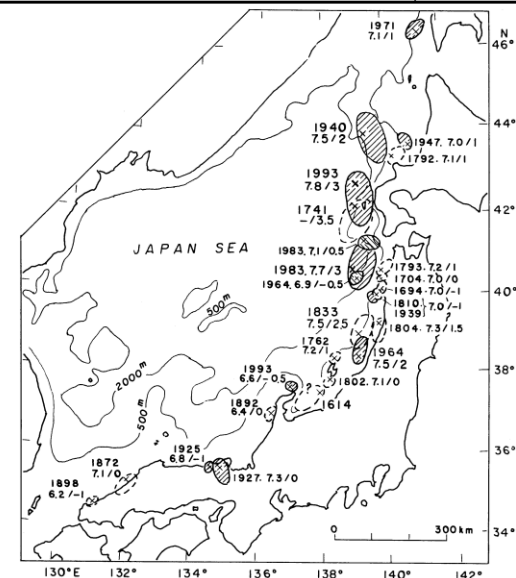
また各津波規模の概況について、宇佐美ほか(2013)は、下表のように示した。

※4: 地震・津波の概要に出典の記載がないものは国立天文台編(2016)による。

※5: 東北大学・原子力規制庁(2014)を参照。信頼度Aの値を記載。

津波規模 m ※3	概況 ※3
-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。

日本海で発生した地震と津波波源域
(羽鳥(1995)より引用)

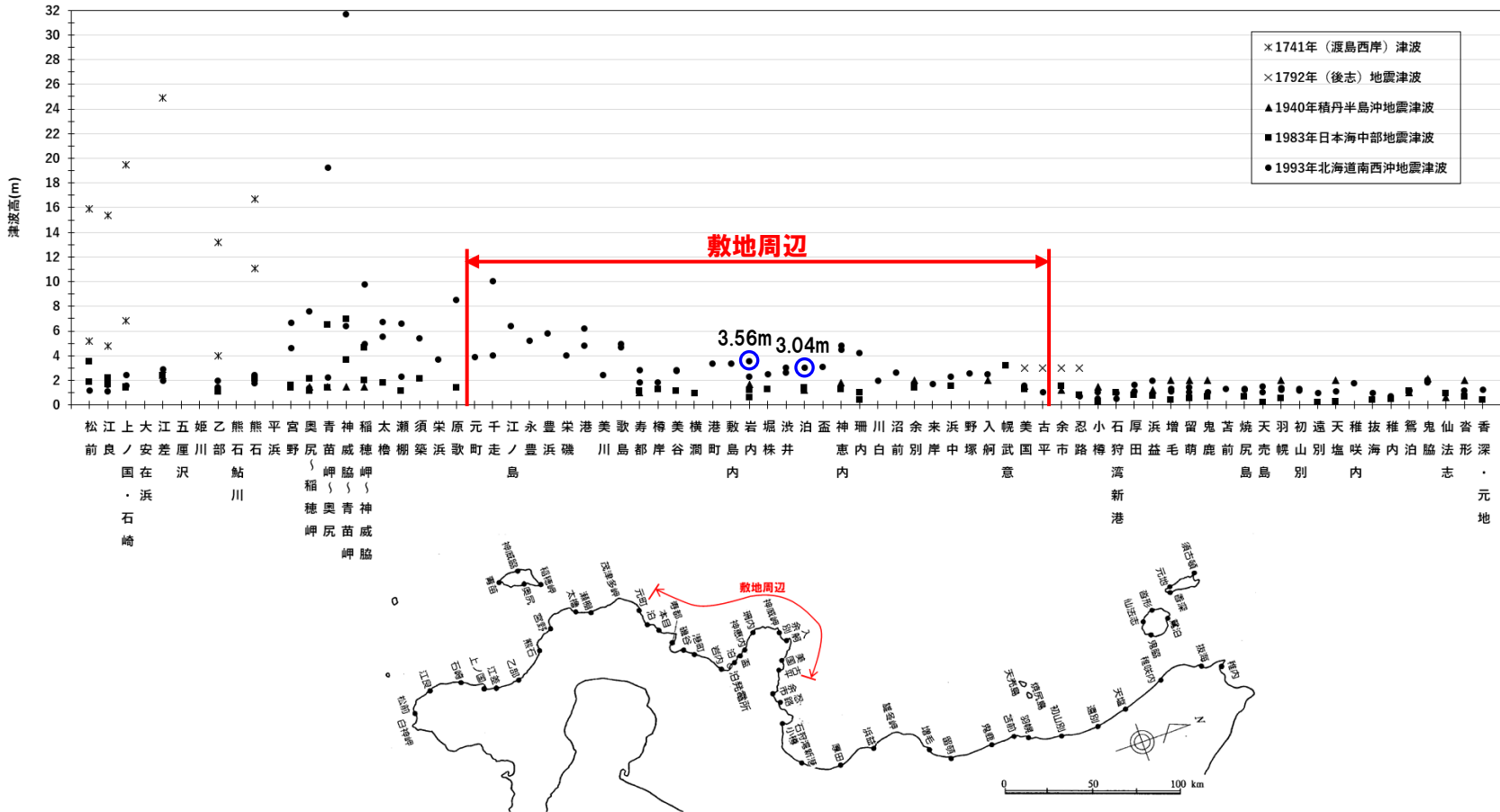


2.1 既往津波の文献調査

津波痕跡高の整理

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 既往津波の調査結果を踏まえ、抽出した5件の既往津波を対象に、津波痕跡高についての文献調査を実施し、泊発電所を含む北海道西岸における津波痕跡高を以下に整理した。
- 津波痕跡高の整理結果から、泊発電所の敷地周辺における津波痕跡高が最も高かったのは1993年北海道南西沖地震津波であり、その津波痕跡高は泊村及び岩内町において、それぞれ、3.04m及び3.56mである。



○「泊発電所の敷地周辺に最も影響を与えた既往津波」として1993年北海道南西沖地震津波を選定する。

2.2 津波堆積物調査

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
 - 2.1 既往津波の文献調査
 - 2.2 津波堆積物調査**
 - 2.3 既往津波の再現解析
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

2.2 津波堆積物調査

津波堆積物調査 概要

【目的】

- 基準津波の策定に当たり適切な規模の津波波源を考慮するため、泊発電所の敷地周辺及び地域特性を考慮した調査範囲における津波堆積物調査を実施する。

【津波堆積物の文献調査】

- 「2.1 既往津波の文献調査」における津波痕跡高の整理結果を踏まえ、1993年北海道南西沖地震津波の津波痕跡高が大きかった「泊発電所の敷地周辺を含む北海道南西部西岸（古平町から松前町）及び奥尻島」を対象に、津波堆積物の有無、広域的な分布、供給源、津波の発生時期及び規模（津波高、浸水域等）等についての文献調査を実施し、結果をとりまとめる。
 - 文献調査の結果、津波堆積物は泊発電所の敷地周辺では確認されず、泊発電所より南方約100km以遠の8地点において確認された。文献調査結果に基づき地点毎の津波堆積物の分布標高を整理した。

【津波堆積物の現地調査】

- 泊発電所の敷地周辺における津波堆積物の有無を詳細に確認するため、泊発電所から約30km圏内である神威岬から尻別川河口の沿岸部で地表地質踏査を実施するとともに、特に発電所敷地近傍の低地であり泥炭層が厚い岩内平野においてはボーリング調査を実施する。
 - 地表地質踏査結果より、陸成層である黒土や崖錐堆積物中に海成層が挟在するような、津波堆積物の可能性を示唆する堆積物が認められる露頭は確認できなかった。
 - 北海道（2013）及び当社が実施した岩内平野におけるボーリング調査の結果、少なくとも約7,000年前以降について、津波堆積物を示唆するような地層は確認されなかった。

【津波堆積物の分布標高と津波痕跡高との比較】

- 以上の調査結果から津波堆積物の分布標高を整理し、「2.1 既往津波の文献調査」における津波痕跡高の整理結果と比較・考察する。
 - 比較の結果、津波堆積物の分布標高が津波痕跡高の整理結果と整合していることを確認した。

2.2 津波堆積物調査

津波堆積物の文献調査

- 「泊発電所の敷地周辺を含む北海道南西部西岸（古平町から松前町）及び奥尻島」を対象に行った文献調査の結果、津波堆積物は泊発電所の敷地周辺では確認されず、南方約100km以遠の8地点（せたな町平浜～上ノ国町大安在浜及び奥尻島）において確認された（資料3の2.2「津波堆積物調査」参照）。
- 文献調査結果に基づき、地点毎の津波堆積物の分布標高を整理するとともに、奥尻島のイベントと対比して6イベントに整理した。

地域		渡島半島樺山地域				奥尻島			
地点名		上ノ国町 大安在浜	江差町 五厘沢	乙部町 姫川	八雲町 熊石點川	せたな町 平浜	奥尻町 奥尻～稲穂岬	奥尻町 青苗岬～奥尻	奥尻町 神威脇～青苗岬
1993年北海道南西沖地震津波								約9.6m I	
1741年(渡島西岸)津波		6.88m I 約6.9m II 7m III I, II, III	約5.5m～ 約6.5m(Ey-1) II	1.95m～2.4m(Oh-1) I, II	約2.4m～ 約2.7m(Ku-2) IV	約4.0m(Th-1) IV	約7.3m(Ok-1) I	約9.3m I	
14～15世紀頃			4.8m～7.1m I						
12世紀	13～15世紀						約7.1m(Ok-2) I		
	11～13C頃					約4.3m～ 約4.7m(Ow-1) I			
	13世紀頃			約1.0m(Oh-2) I, II		約5.4m～ 約5.6m(Oa-1) I			
	12世紀, 12世紀頃	6.4m～ 6.9mの間 II	約4.8m～ 約6.2m(Ey-2) II			約3.5m(Th-2) IV			
BC110 ～3世紀	紀元前100年～ 4世紀						約6.9m(Ok-3) I		
	BC110～3世紀					約4.9m～ 約5.2m(Oa-2) I			
	1～3C頃					約4.1m～ 約4.3m(Ow-2) I			
2500年前頃	2000年前頃					約4.2m(Ow-3) I			
	2500年前頃				約4.8m(Th-3) IV	約3.6m～ 約4.1m(Ow-4) 約4.3m(Oa-3) I			
3000年前頃						約3.2m～ 約3.7m(Ow-5) I			
3100年前頃						約3.0m～ 約3.6m(Ow-6) I			
年代不詳		5.1m～8.5m I	5m I						

奥尻の津波イベント

奥尻1
1993年北海道南西沖地震津波

奥尻2
1741年(渡島西岸)津波

奥尻3*1
11～15世紀

奥尻4
BC110～4世紀

奥尻5
2500年前

奥尻6*2
2.8～3.1ka

※1: 江差町五厘沢の14～15世紀頃の堆積物は、Ok-2と同様の年代であることから奥尻3と同一イベントと解釈した。

※2: Ow-5 Ow-6はKawakami et al. (2017) の奥尻6 (2.8～3.1ka) と同一イベントと解釈した。

I : 川上ほか (2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴: 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書

II : Kawakami et al. (2017b) : Stratigraphic record tsunami along the Japan Sea, southwest Hokkaido, northern Japan

III : 川上ほか (2017a) : 日本海東縁の津波とイベント堆積物

IV : 東大地震研 (2017) : 平成29年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書

凡例

上段	津波堆積物の標高
下段	引用文献 I～IV

2.2 津波堆積物調査

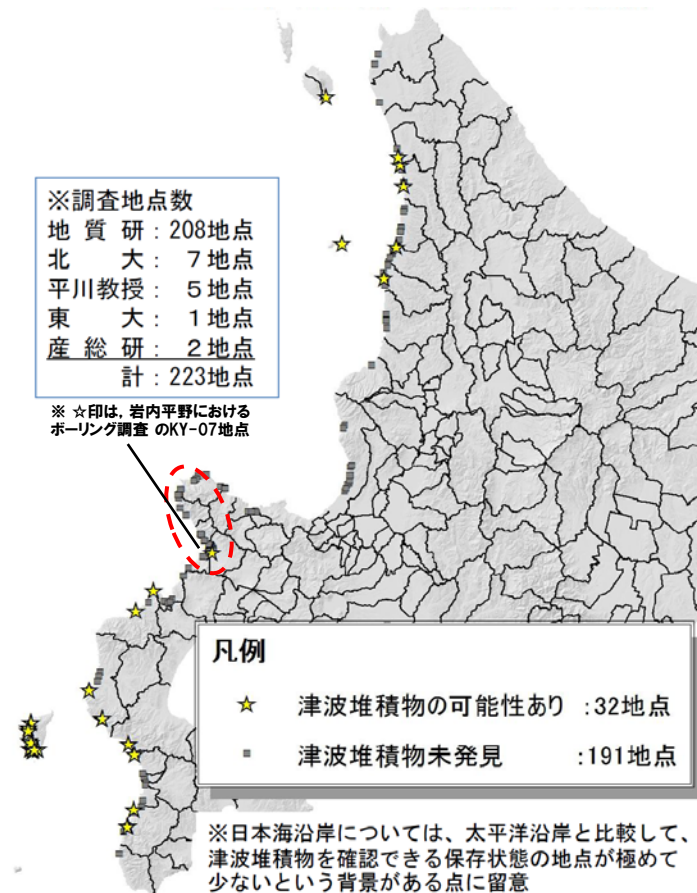
津波堆積物の現地調査: 地表地質踏査結果

一部修正 (H26/1/29審査会合)

- 泊発電所の敷地周辺における津波堆積物の有無を詳細に確認するため、泊発電所から約30km圏内である神威岬から尻別川河口の沿岸部において、地表地質踏査を実施した。
- 踏査結果より、陸成層である黒土や崖錐堆積物中に海成層が挟在するような、津波堆積物の可能性を示唆する堆積物が認められる露頭は確認できなかった。
- なお、行政機関の調査(北海道, 2013)においても、当該範囲の沿岸部においては津波堆積物が未発見とされている。



地表地質踏査範囲



日本海側における津波堆積物調査地点
(北海道(2013)に加筆)

2.2 津波堆積物調査

津波堆積物の現地調査:ボーリング調査結果(北海道, 2013)

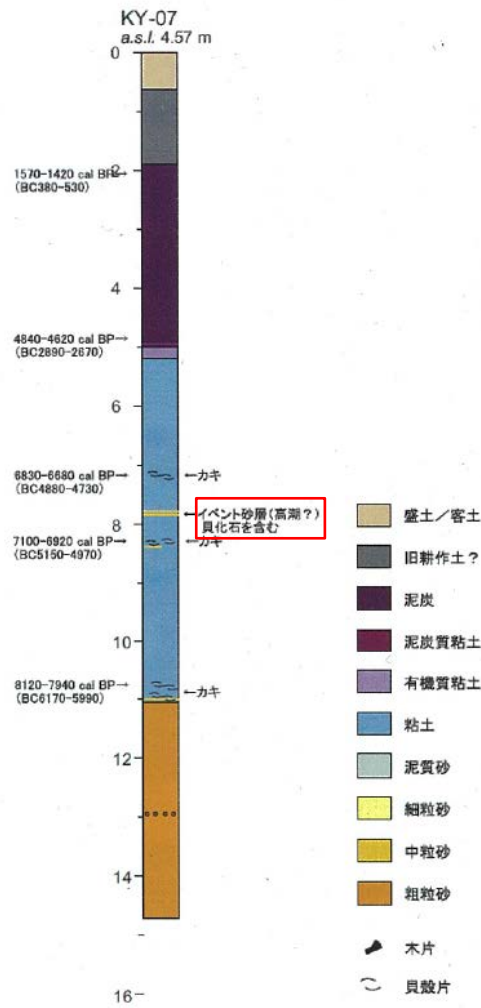
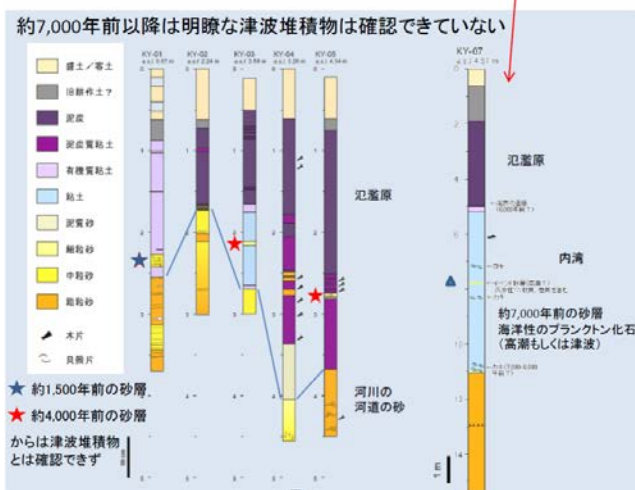
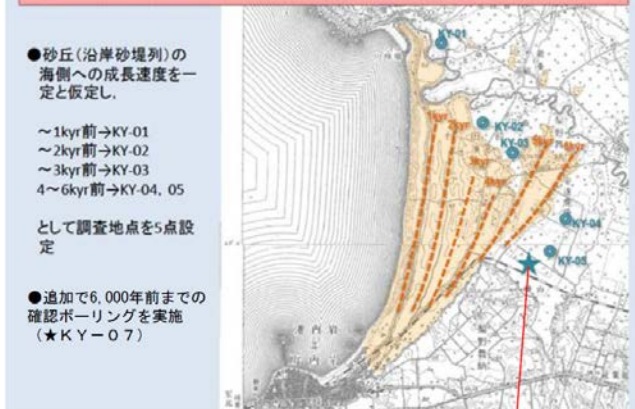
一部修正 (H26/1/29審査会合)

- 発電所敷地近傍の低地であり泥炭層が厚い岩内平野において、ボーリング調査に基づく津波堆積物の確認を実施する。
- 北海道(2013)による岩内平野におけるボーリング調査の結果を以下に整理する。

(参考1-4) ボーリング等による調査

岩内平野の津波堆積物調査

泥炭層が厚い地点で、古い時代の津波堆積物の有無を確認



- KY-07地点のコア観察結果より、深度7.8m付近に薄い砂層(イベント砂層)が2枚挟まれており、周辺深度のカキの貝殻片の¹⁴C年代測定結果より、イベント砂層の年代は約7,000年前と推定している。
- 現段階では、イベント砂層は、津波堆積物の可能性を示唆するものではあるが、高潮起源である可能性を完全に否定することはできず、津波起源であったとしても著しく大きな津波であったかどうかの判断はできないとしている。
- 周辺で実施した地層引き抜き調査(KY-01~KY-05)では、約1,600年前または約4,000年前の地層の層準で、イベント砂層が認められる場合があったが、珪藻分析等の結果から、河川の洪水起源によるものと考えられ、現在のところ津波起源の明瞭な証拠は得られてはいないとしている。
- 北海道の調査では、約1,600年前以前の最新期の地層データが欠如しており、その時代の堆積物の確認について、課題の1つとして抽出している。

※北海道(2013)より

2.2 津波堆積物調査

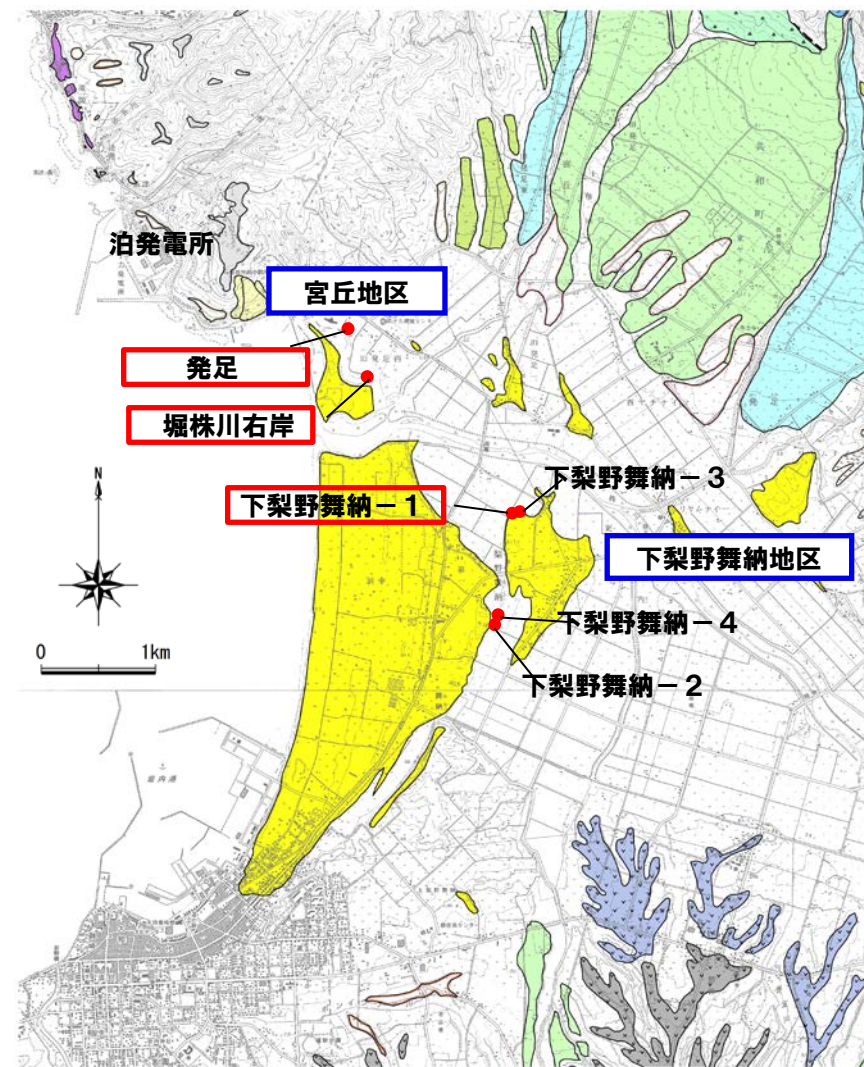
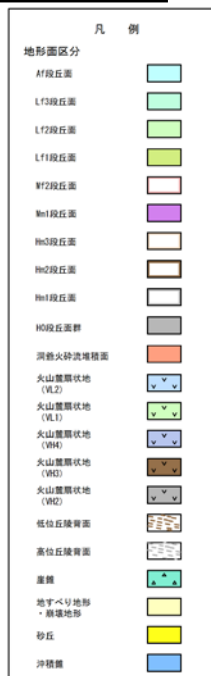
津波堆積物の現地調査：ボーリング調査結果（当社）（1/2）

一部修正（H26/1/29審査会合）

- 北海道（2013）の調査では、岩内平野内で相当数の掘削調査を行っているが、人工改変等の影響により、約1,600年前以降の地層データがほとんど得られていないとされている。
- 上記を踏まえ、北海道の調査結果を補完する目的で、岩内平野内で湿地性堆積物（腐植質シルト層）、内湾性堆積物（シルト層）が堆積している可能性がある海岸部に発達する沿岸砂丘背後の低地、及び砂丘を横切って広がる氾濫原においてボーリング調査を実施した。
- ボーリング調査結果より、津波堆積物の可能性のあるイベント堆積物が推定される地層を、発足、堀株川右岸、下梨野舞納において抽出した（資料3の2.2「津波堆積物調査」参照）。
- イベント堆積物が推定される地層について、年代測定、珪藻分析を実施した。結果は次頁に示す。

ボーリング調査内容一覧

地区名	ボーリング名	坑口標高	掘削深度	14C法年代測定	珪藻分析
宮丘地区	発足	3.39m	12m	1試料	23試料
	堀株川右岸	1.74m	18m	3試料	39試料
下梨野舞納地区	下梨野舞納-1	3.04m	6m	3試料	32試料
	下梨野舞納-2	4.30m	10m	—	—
	下梨野舞納-3	2.98m	9m	—	—
	下梨野舞納-4	4.34m	9m	2試料	—



津波堆積物の可能性のある地層が抽出されたボーリング地点

ボーリング調査位置図

2.2 津波堆積物調査

津波堆積物の現地調査：ボーリング調査結果（当社）（2/2）

- イベント堆積物が推定される地層について年代測定、珪藻分析を実施した結果、津波堆積物を示す明瞭な根拠は確認できなかった。
- 以上より、北海道の調査において課題とされた約1,600年前以降の最新期の地層について、当社が実施したボーリング調査によりイベント堆積物が推定される地層を一部確認することができ、その結果、明瞭な津波堆積物は確認できなかった。

地区名	ボーリング名	坑口 標高	掘削 深度	14C法年代測定			珪藻分析			評価
				試料数	深度 (m)	年代値	試料数	深度 (m)	分析結果	
宮丘地区	発足	3.39m	12m	1試料	5.8	5170±30yBp (BC3250~ BC3190)	23試料	3.5~4.9	主に河川性の堆積物 または氾濫原堆積物 を確認	分析結果より津波起源を示すよ うな明瞭な証拠は得られない。
	堀株川右岸	1.74m	18m	3試料	1.38-1.40	190±20yBP (AD1740-AD1780)	39試料	1.3~5.6	主に河川性の堆積物 または氾濫原堆積物 を確認	分析結果より津波起源を示すよ うな明瞭な証拠は得られない。
					2.08-2.10	780±20BP (AD1150-AD1190)				
9.75					6430±30yBP (BC4510-BC4450)					
下梨野舞納 地区	下梨野舞納 -1	3.04m	6m	3試料	0.94-0.95	450±20yBP (AD1480-AD1520)	32試料	2.0~4.8	主に河川性の堆積物 または氾濫原堆積物 を確認	分析結果より津波起源を示すよ うな明瞭な証拠は得られない。
					2.14-2.15	640±20yBP (AD1290-AD1330)				
					2.73-2.74	4950±30yBP (BC3030-BC2970)				
	下梨野舞納 -2	4.30m	10m	—	—	—	—	—	津波起源を示すようなイベン堆積 物の層準は確認されない。	
	下梨野舞納 -3	2.98m	9m	—	—	—	—	—	津波起源を示すようなイベン堆積 物の層準は確認されない。	
下梨野舞納 -4	4.34m	9m	2試料	0.65-0.68	2120±30yBP (BC200-BC140)	—	—	—	津波起源を示すようなイベン堆積 物の層準は確認されない。	
2.08-2.10				3340±30yBP (BC1420-BC1360)						

2.2 津波堆積物調査

津波堆積物の現地調査:まとめ

一部修正 (H26/1/29審査会合)

① 地表地質踏査

神威岬から尻別川河口の沿岸部において、陸成層である黒土や崖錐堆積物中に挟在する海成層の有無に着目した踏査を実施。



津波堆積物の可能性を示唆する堆積物が認められる露頭は確認できなかった。



② ボーリング調査

空中写真判読結果、地表地質踏査結果、北海道による津波堆積物調査結果等を踏まえ、北海道の調査データを補完する目的で、津波堆積物が分布する可能性が考えられる岩内平野においてボーリング調査を行った。



3地点においてイベント堆積物が推定される地層を抽出した。



③ 年代測定、珪藻分析

ボーリング調査結果より、抽出された地層について年代測定、珪藻化石分析を実施。



抽出した地層では、津波堆積物を示す明瞭な証拠は得られなかった。



④ 堆積物の評価

①～③の調査結果を踏まえ、北海道の津波堆積物調査結果を考慮して、津波堆積物の分布について評価を行った。



ボーリング調査結果より、津波堆積物の可能性を示唆するような地層は確認できなかった。
また、北海道におけるボーリング調査のKY-07地点で確認される地層に対比される地層は確認できなかった。

現地調査結果(自社)及び北海道(2013)の調査結果では、少なくとも約7,000年前以降について、岩内平野に津波堆積物を示唆するような地層は確認されていない。

2.2 津波堆積物調査

津波堆積物の分布標高と津波痕跡高の比較

- ・文献調査で整理した津波堆積物の分布標高と「2.1 既往津波の文献調査」における津波痕跡高の調査結果を比較した。
- ・比較対象とする津波痕跡高の範囲は、津波堆積物の調査範囲と同様に北海道南西部西岸及び奥尻島とした。

津波痕跡高データベースの地点数

対象範囲	北海道南西部西岸及び奥尻島
出典	東北大学・原子力規制庁(2014) ^{※1, ※4, ※5} , 羽島・片山(1977) ^{※2} , 宮部(1941) ^{※3} , 中央気象台(1940) ^{※3} , 渡辺(1998) ^{※3} , 斎藤(1941) ^{※3} , 気象庁(1984) ^{※4} , 後藤他(1994) ^{※5} ,
信頼度	A~C(東北大学・NRA, 2014 後藤他, 1994)
地点数	※1:1741年 渡島西岸津波 6地点 ※2:1792年 後志地震津波 5地点 ※3:1940年 積丹半島沖地震津波 20地点 ※4:1983年 日本海中部地震津波 43地点 ※5:1993年 北海道南西沖地震津波 49地点

信頼度の判断基準

項目	判断基準
信頼度	A 信頼大なるもの。 痕跡明瞭にして、測量誤差もつとも小なるもの。
	B 信頼度中なるもの。 痕跡不明につき、聞き込みにより、周囲の状況から信頼ある水位を知るもの。測量誤差小。
	C 信頼度小なるもの。 その他砂浜などで異常に波が這い上がったと思われるもの、あるいは測点が海辺より離れ測量誤差が大なるもの。
	D 信頼度極小なるもの。 高潮、台風などの影響で痕跡が重複し、不明瞭なもの、等。
	Z カタログ類と分類された場合:カタログ作成の元になった原文献に戻って判定すべきもの。 重複及びその地区(かなり広い範囲)の値を総括した値と思われるもの 浸水計算の確認に利用できる定性的な情報

東北大学・原子力規制庁(2014):津波痕跡データベース, <http://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/>

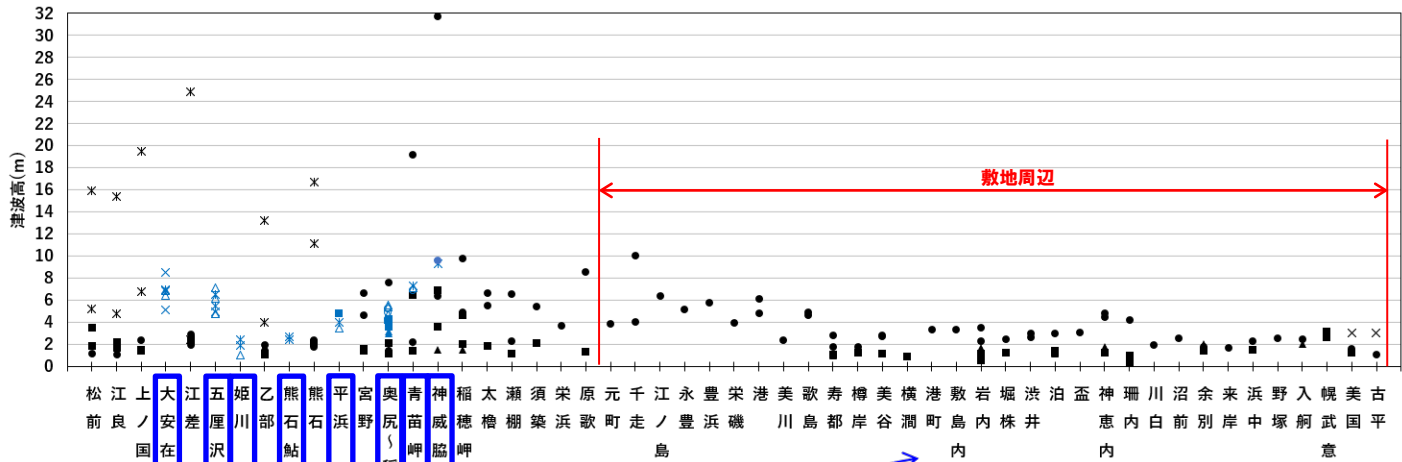
2.2 津波堆積物調査

津波堆積物の分布標高と津波痕跡高の比較

○文献調査結果に基づき確認された津波堆積物の分布標高及び「2.1 既往津波の文献調査」にて確認した津波痕跡高を下図に整理した。

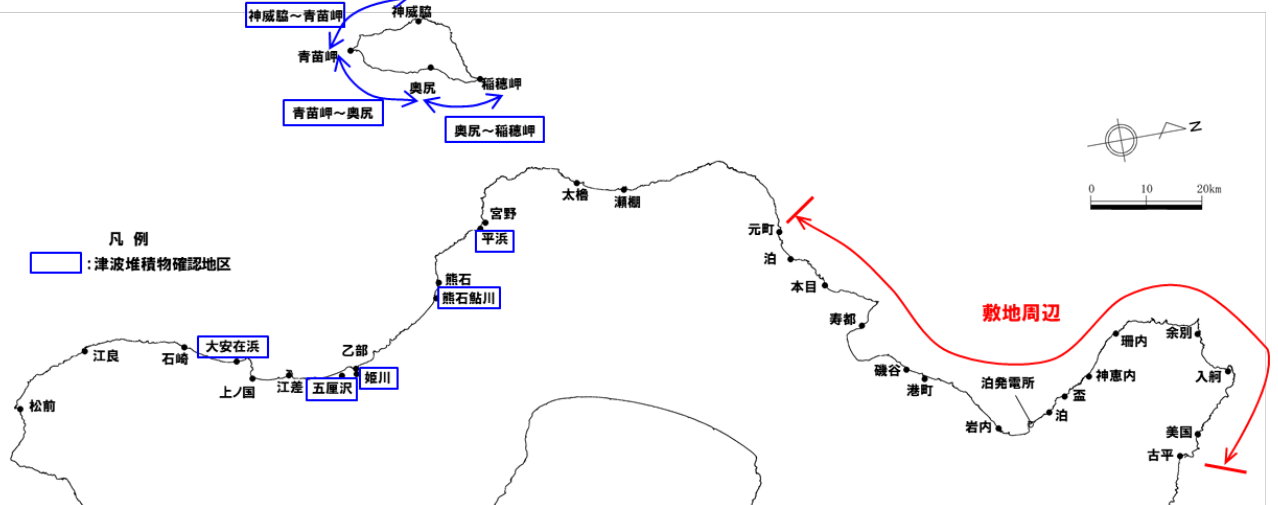
○津波堆積物は泊発電所の敷地から100km以上南方の檜山地域沿岸のせたな町平浜～上ノ国大安在浜、奥尻島の8地点（下図に青枠で示す地点）において確認されており、下図に示すとおり、津波堆積物が確認されている範囲において、津波堆積物の分布標高は該当する津波イベントの津波痕跡高よりも小さく、調査結果が整合していることを確認した。

○今後、基準津波の策定段階において、下図に示す津波痕跡高及び津波堆積物の分布標高と、基準津波の計算津波高との比較を実施する。



- 津波痕跡高**
- × 1741年（渡島西岸）津波
 - × 1792年（後志）地震津波
 - ▲ 1940年積丹半島沖地震津波
 - 1983年日本海中部地震津波
 - 1993年北海道南西沖地震津波

- 津波堆積物**
- 奥尻の津波イベント
- × 年代不詳
 - ▲ 2.8～3.1ka
 - 2500年前頃
 - BC110～4世紀
 - △ 11～15世紀頃
 - × 堆積物1741年（渡島西岸）津波
 - 堆積物1993年北海道南西沖地震津波



津波堆積物の分布標高と津波痕跡高の比較

2.3 既往津波の再現解析

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
 - 2.1 既往津波の文献調査
 - 2.2 津波堆積物調査
 - 2.3 既往津波の再現解析
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

2.3 既往津波の再現解析

既往津波の再現解析 概要

一部修正 (H26/12/5審査会合)

【目的】

○基準津波の策定に用いる水位変動の数値シミュレーションについて、地形モデル、計算手法等が妥当であることを確認するため、既往津波を対象に数値シミュレーションによる再現解析を実施する。

【既往津波の再現解析】

○「2.1 既往津波の文献調査」において抽出された「泊発電所の敷地周辺に最も影響を与えた既往津波」である1993年北海道南西沖地震津波について、津波痕跡高が大きかった「泊発電所の敷地周辺を含む北海道西南部西岸(古平町から松前町)及び奥尻島」を対象に、数値シミュレーションによる解析結果(計算津波高)と津波痕跡高との比較を実施し、相田(1977)による幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ を用いて、再現性を確認する。再現性の目安としては、土木学会(2016)を参考にする。

➢「1993年北海道南西沖地震津波」について再現性を確認した結果、相田(1977)による幾何平均値 K 及び幾何標準偏差 κ は土木学会(2016)に示される再現性の目安を満足しており、数値シミュレーションが妥当であることを確認した。

相田(1977)による幾何平均値 K と幾何標準偏差 κ

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

ここで、

R_i : i 番目の地点の観測値 (既往津波高)

H_i : 計算値 (計算津波高)

n : 既往津波高の個数

再現性の目安 (土木学会, 2016)

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

2.3 既往津波の再現解析

既往津波の再現解析

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 1993年北海道南西沖地震津波について、数値シミュレーションによる解析を行う(地形モデル及び計算条件は資料3の2.3「既往津波の再現解析」参照)。
- 計算津波高との比較対象とする津波痕跡地点は、東北大学・原子力規制庁(2014)の津波痕跡地点とする。
- 計算津波高と津波痕跡高との比較を網羅的に行うため、対象範囲における全ての津波痕跡高データを用いた。
- なお、対象範囲における津波痕跡高データに信頼度Xのものはなく、大部分が信頼度A又はBである。

津波痕跡高データベースの地点数

対象範囲	北海道南西部西岸及び奥尻島
出典	東北大学・原子力規制庁(2014)
信頼度	A~Z
地点数	北海道南西沖地震津波 151地点(209データ)

信頼度の判断基準

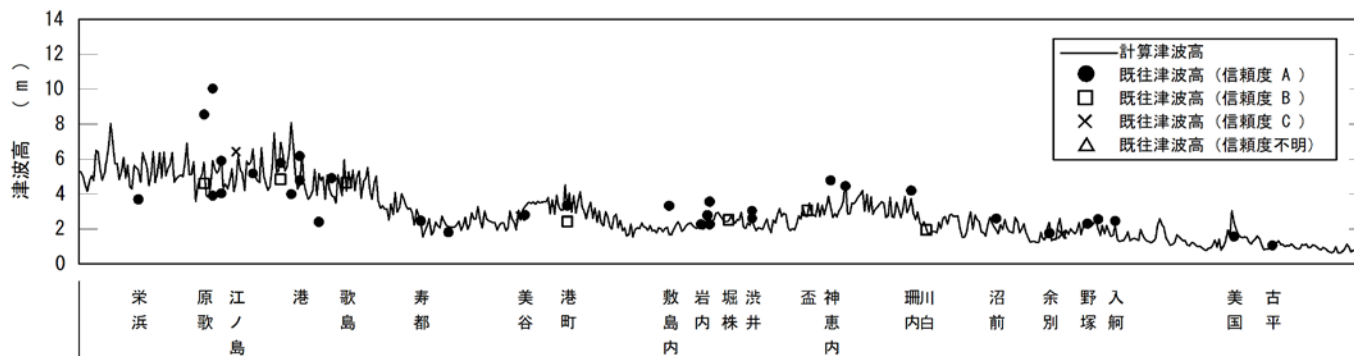
項目	判断基準
信頼度	A 信頼大なるもの。 痕跡明瞭にして、測量誤差もつとも小なるもの。
	B 信頼度中なるもの。 痕跡不明につき、聞き込みにより、周囲の状況から信頼ある水位を知るもの。測量誤差小。
	C 信頼度小なるもの。 その他砂浜などで異常に波が這い上がったと思われるもの、あるいは測点が海辺より離れ測量誤差が大なるもの。
	D 信頼度極小なるもの。 高潮、台風などの影響で痕跡が重複し、不明瞭なもの、等。
	X 明らかに引用の間違い、記載間違いであるもの。 利用すべきでないもの、除外すべきもの。 歴史津波の場合で、古文書史料などの精査により文献信頼度を×と判定したもの。
	Z カタログ類と分類された場合:カタログ作成の元になった原文献に戻って判定すべきもの。 重複及びその地区(かなり広い範囲)の値を総括した値と思われるもの 浸水計算の確認に利用できる定性的な情報

2.3 既往津波の再現解析

既往津波の再現解析結果 (北海道南西部西岸1/2)

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 再現性確認の結果、再現性を示すK, κ について比較範囲全体では $K=0.992$, $\kappa=1.364$ を示し、土木学会 (2016) の目安である $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$ を満たしている。
- 北海道南西部西岸では $K=0.934$, $\kappa=1.320$ で、土木学会 (2016) で示される目安をおおむね満たしている。

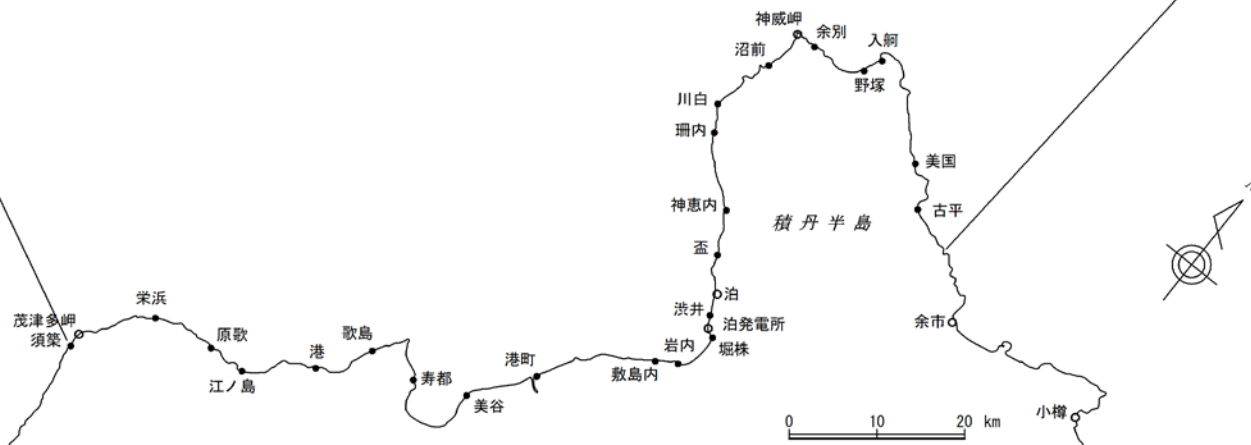


再現性の指標

全体	K=	0.992
	κ =	1.364
	n=	151
北海道南西部西岸	K=	0.934
	κ =	1.320
	n=	69

n: 津波痕跡高地点数

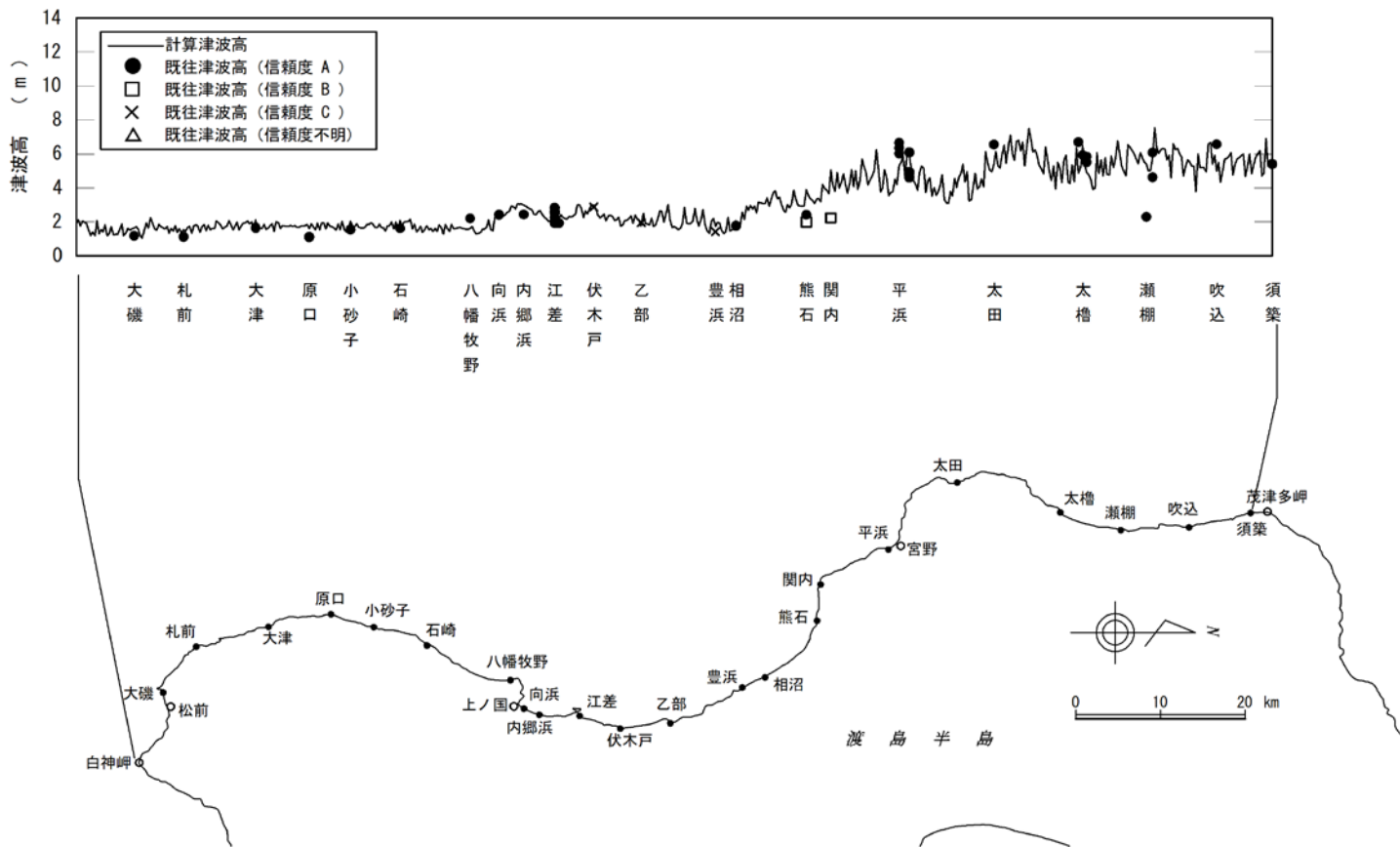
本頁では、北海道南西部西岸のうち、泊発電所の敷地周辺におけるグラフを抜粋した。栄浜以南 (須築から松前町) のグラフは次頁参照。



2.3 既往津波の再現解析

既往津波の再現解析結果（北海道南西部西岸2/2）

一部修正（H26/12/5審査会合）



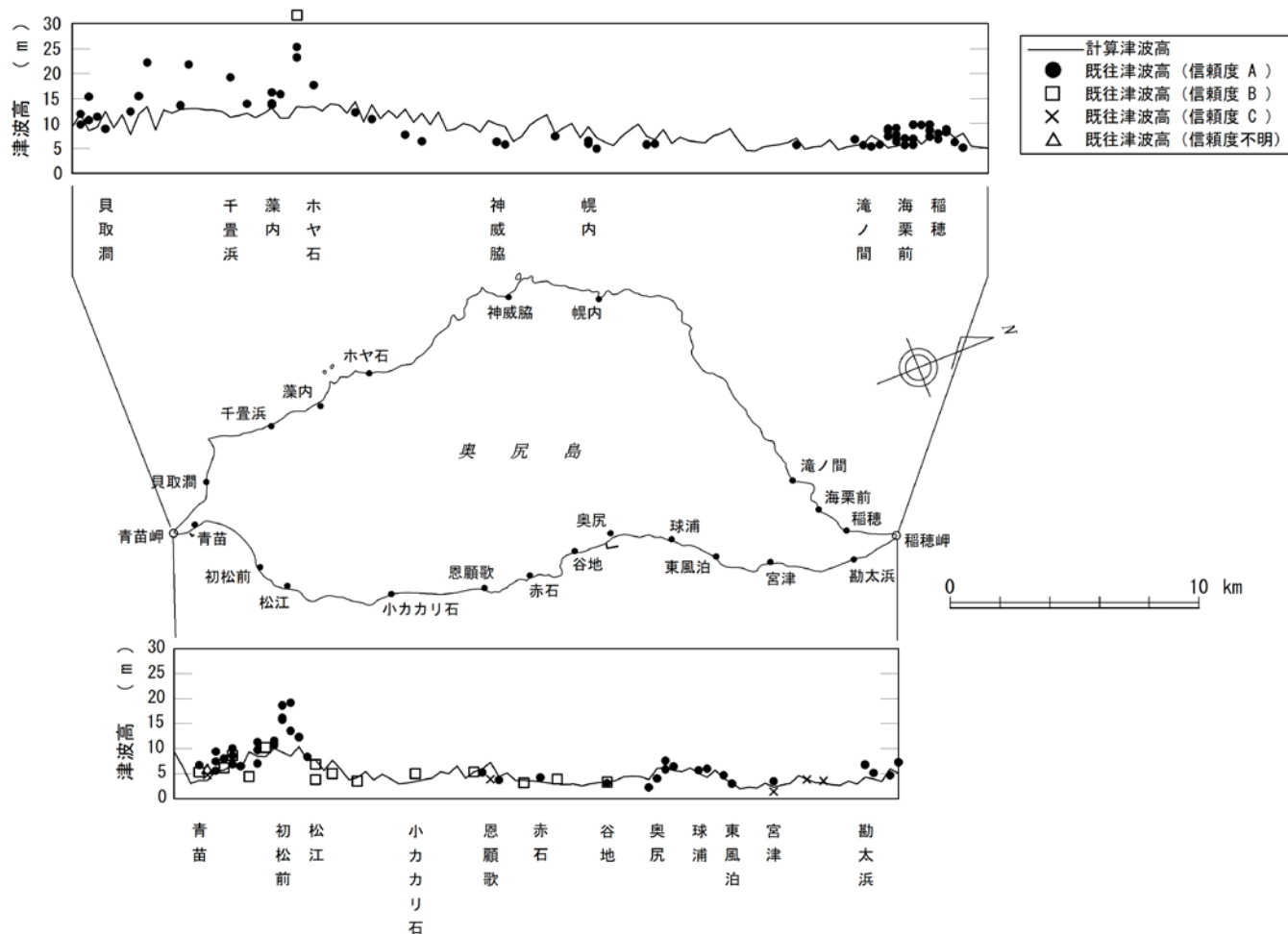
北海道南西部西岸における既往津波の津波痕跡高と計算津波高の比較 - 1993年北海道南西沖地震津波 -

2.3 既往津波の再現解析

既往津波の再現解析結果 (奥尻島)

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 再現性確認の結果, 再現性を示すK, κ について比較範囲全体では $K=0.992$, $\kappa = 1.364$ を示し, 土木学会 (2016) の目安である $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$ を満たしている。
- 奥尻島では $K=1.043$, $\kappa = 1.387$ で, 土木学会 (2016) で示される目安を満たしている。



再現性の指標

全体	K=	0.992
	κ =	1.364
	n=	151
奥尻島	K=	1.043
	κ =	1.387
	n=	82

n: 津波痕跡高地点数

奥尻島における既往津波の津波痕跡高と計算津波高の比較 - 1993年北海道南西沖地震津波 -

4. 地震以外の要因に伴う津波

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
- 4. 地震以外の要因に伴う津波**
 - 4.1 火山による山体崩壊に伴う津波
 - 4.2 海底地すべりに伴う津波
 - 4.3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波
 - 4.4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波
 - 4.5 地震以外の要因に伴う津波(まとめ)
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

4. 地震以外の要因に伴う津波

検討概要

- 地震以外の要因に伴う津波として、火山による山体崩壊に伴う津波、海底地すべりに伴う津波、陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波及び陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波について検討した。
- 敷地周辺における各事象の既往津波の記録及び敷地周辺に影響を与える可能性のある各事象について文献調査を実施し、事象毎に評価対象の抽出・選定を行った。
- 事象毎に数値シミュレーションを実施し、その結果から最大ケースとなる波源として、陸上地すべり（川白）を津波発生要因の組合せの検討対象波源とした。

火山による山体崩壊

海底地すべり

陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）

陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）

敷地周辺における各事象による既往津波の調査

評価対象の抽出・選定

海上保安庁（2022）より
⇒渡島大島を抽出・選定地形判読より
⇒海底地すべりA～Kを抽出防災科学研究所（2010）より
⇒「川白」、「兜岩」、「堀株」、「二つ岩」及び「弁慶岩」を抽出北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩
落検討委員会（2000）及び地形解析結果を
参考にしたうえで、地形判読より
⇒35地点を抽出概略体積より
⇒海底地すべりEを選定空中写真判読、地形判読、地表地質踏査、
ボーリング調査及び開析度の検討より
⇒「川白」、「堀株」、「弁慶岩」を選定敷地との位置関係より
⇒「兜岬付近」及び「ピンノ岬付近」を選定

津波の数値シミュレーション※

※ Kinematic landslideモデル及び
二層流モデルによる津波シミュ
レーションの比較検討を実施し、
安全側の評価となる手法を用いる。渡島大島
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデル海底地すべりE
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデル川白
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデル堀株
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデル弁慶岩
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデル兜岬付近
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデルピンノ岬付近
数値シミュレーション
Kinematic landslideモデル

津波発生要因の組合せの検討対象

【参考】
渡島大島
数値シミュレーション結果※海底地すべりE
数値シミュレーション結果川白
数値シミュレーション結果ピンノ岬付近
数値シミュレーション結果※ 火山噴火に伴う事象であり、
地震事象とは独立した事象であるため、
地震に伴う津波との組合せの検討対象と
しない。

津波発生要因の組合せの検討対象：川白

4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波
 4. 2 海底地すべりに伴う津波
 4. 3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波
 4. 4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波
 4. 5 地震以外の要因に伴う津波(まとめ)
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

検討方針

一部修正 (H27/5/15審査会合)

○敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある火山現象について、以下のフローで検討を実施した。

全体検討フロー

【検討1】：敷地周辺における火山現象による既往津波の確認

・文献調査により、敷地周辺において火山現象による既往津波の記録の有無及び敷地周辺に影響を与える可能性がある火山現象を確認する

【検討2】：検討対象火山の抽出 (海域火山・陸域火山)

○海域火山

・海上保安庁 (2022) の海域火山データベースにて日本海に分布しているもの
 ・敷地から半径160km以内にある第四紀火山のうち、日本海に分布しているもの
 ⇒上記のうち、完新世に活動があるか、将来の活動の可能性があるものを抽出

○陸域火山

・敷地から半径160km以内にある第四紀火山のうち、日本海沿岸に面した火山
 ⇒上記のうち、完新世に活動があるか、将来の活動の可能性があるもので、敷地との距離・位置関係を考慮して山体崩壊等により津波が発生する可能性があるものを抽出

【検討3】：崩壊規模の評価

・検討2で抽出した火山現象から、過去に発生した山体崩壊と今後発生する可能性のある山体崩壊を比較し、崩壊規模がより大きくなる条件を選定する

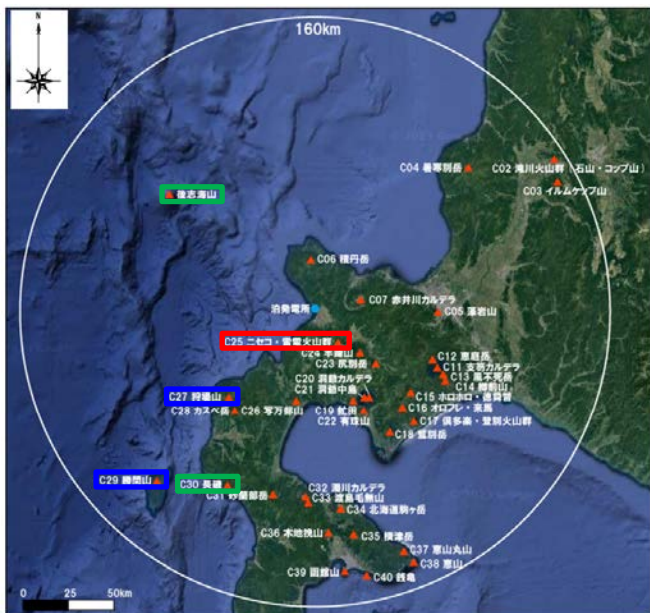
【検討4】：数値シミュレーションの実施

・数値シミュレーションにより敷地への影響を評価
 (二層流モデル及びkinematic landslideモデルを比較した上で、安全側の評価手法を用いる)

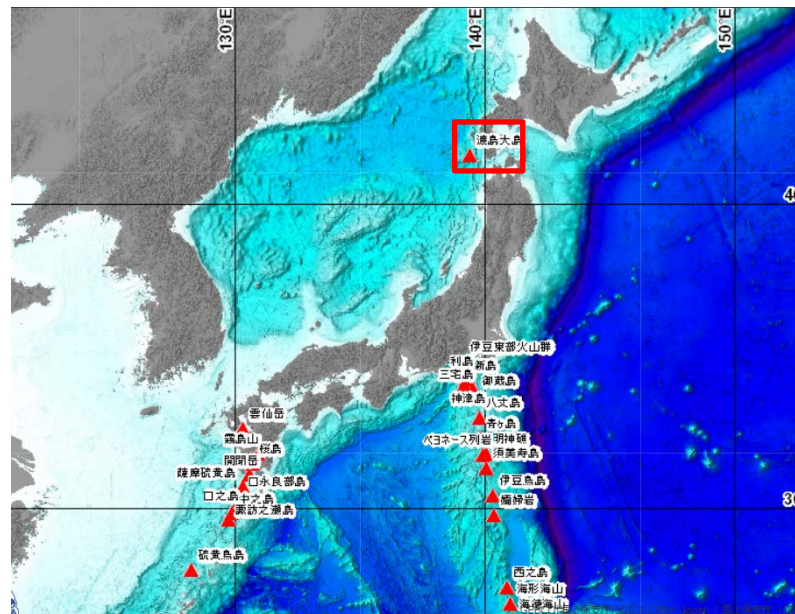
4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

検討対象抽出・選定

- 文献調査の結果、敷地周辺において火山現象による歴史津波の記録はなかった。
- 火山事象に起因する津波の敷地への影響が想定される第四紀火山のうち、敷地から半径160km以内の範囲かつ日本海に分布する火山として、産業技術総合研究所の日本の火山 (DB) 及び西来ほか編 (2012) より、ニセコ・雷電火山群、狩場山、勝間山、長磯及び後志海山を抽出した。
- また、日本海に分布する海底火山として、海上保安庁 (2022) の海域火山データベースより、渡島大島を抽出した。
- 上記のうち、第四紀以降の火山であり、完新世に活動がある又は将来の活動の可能性があるものとして「渡島大島」を選定した。
※抽出した火山のうち条件を満たすニセコ・雷電火山群、狩場山及び勝間山については火山活動に伴う大規模崩壊が発生する可能性は小さいことから敷地への影響が想定される火山として選定しない (資料3の4.1「火山による山体崩壊に伴う津波」参照)



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図
(第四紀火山の位置は産業技術総合研究所「日本の火山 (DB)」に基づく。
地質図Navi (ver.1.2.1.20230302) を基に作成)



海上保安庁 (2022) : 海域火山データベース

- 完新世に活動がある
- 将来の活動の可能性があるもの
- 将来の活動の可能性が十分小さい

4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

評価対象の選定

一部修正 (H27/5/15審査会合)

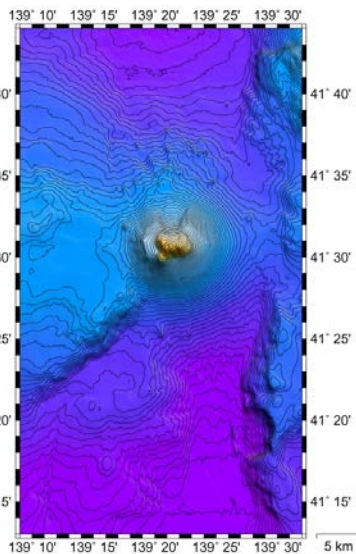
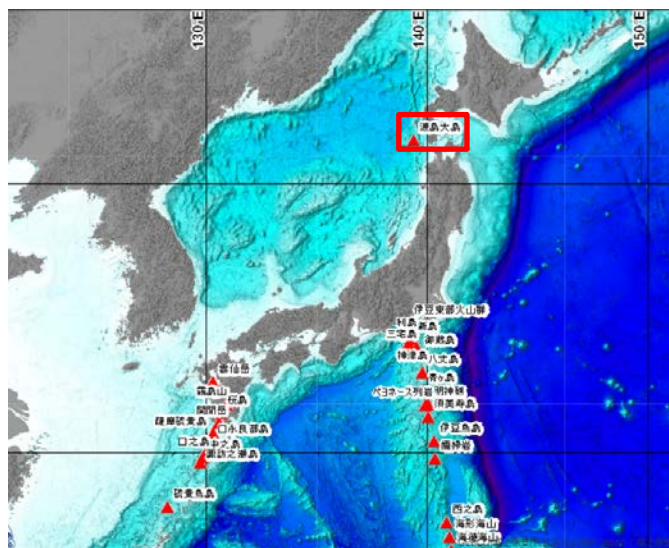
○ 敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある火山現象として、文献から渡島大島の山体崩壊を選定した。

○位置

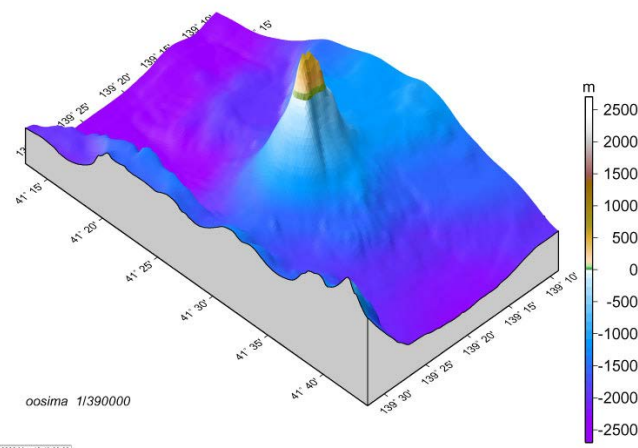
緯度	経度	標高	点名	出典
41° 30' 36"N	139° 22' 02"E	732m	江良岳 (三角点・大島)	日本各火山総覧 (第4版), 世界測地系

○概要

火山名	概要	火山地形	年代
渡島大島 (松前大島)	溶岩流堆積物 (70 cu.km) 火砕流堆積物 (0.1 cu.km以下) 降下テフラ堆積物 (10 cu.km)	主要な山体 (SC) 山体と主に構成 (LF) まれ (LD) 馬蹄形カルデラ (DA)	更新世末期 or 完新世～1790年 噴火記録:1741～1742, 1759, 1786, 1790



海底地形図



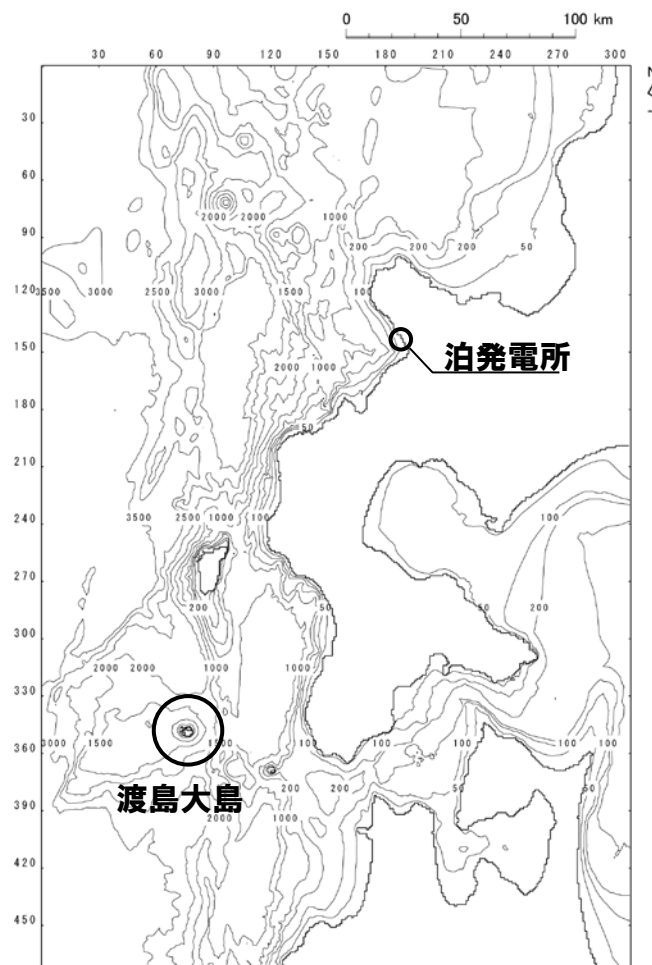
海上保安庁 (2022) : 海底火山データベース

4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

津波の数値シミュレーション (渡島大島) (1/3) 検討方針

一部修正 (H27/5/15審査会合)

○ 渡島大島の山体崩壊に伴う津波の影響を確認する目的で, Satake (2007) に基づく1741年 (渡島西岸) 津波の再現計算を実施する。



渡島大島位置図

4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

津波の数値シミュレーション (渡島大島) (2/3) 計算条件

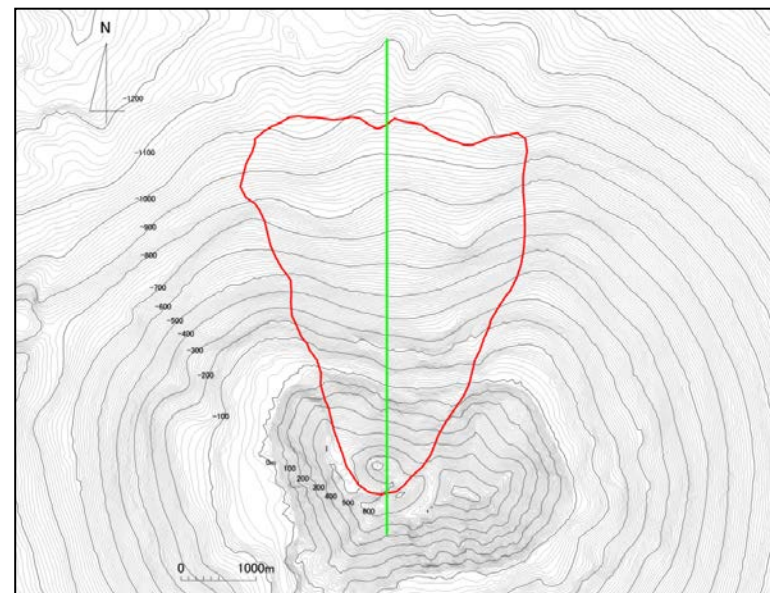
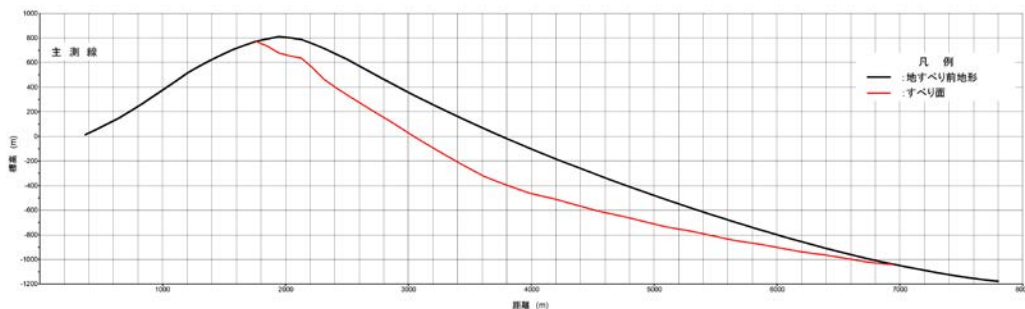
一部修正 (H27/8/21 審査会合)

○Satake (2007) に示されている渡島大島周辺の測深図に基づく地形変化から推定された1741年山体崩壊の地形変化量分布を用いて、Kinematic landslideモデル及び二層流モデルによる津波シミュレーションの比較検討を実施し、安全側の評価となるKinematic landslideモデルの手法を用いた (津波シミュレーションの比較検討は資料3の4.1「火山による山体崩壊に伴う津波」参照)。

【津波シミュレーション (Kinematic landslideモデル)】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	3	
比高変化 (m)	最大388	Satake (2007) による崩壊前後の地形を基に設定。
鉛直変位ライズタイム (s)	120	Satake (2007) に基づき設定。
変動伝播速度 (m/s)	40	Satake (2007) に基づき設定。

渡島大島 (Satake2007)



Stake (2007) に基づき設定した
地形変化量分布

4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

津波の数値シミュレーション（渡島大島）（3/3） 数値シミュレーション結果

一部修正（H27/8/21審査会合）

○火山による山体崩壊（渡島大島）の数値シミュレーション結果は、以下のとおりである。

火山による山体崩壊（渡島大島）の数値シミュレーション結果

区分	火山による山体崩壊 （渡島大島）※
	評価値
防潮堤前面 （上昇側）	1.59m
3号炉 取水口 （上昇側）	1.32m
1, 2号炉 取水口 （上昇側）	1.22m
放水口 （上昇側）	1.13m
3号炉 取水口 （下降側）	1.01m
「貯留堰を 下回る時間」	0s

※火山噴火に伴う事象であり、地震事象とは独立した事象であるため、地震に伴う津波との組合せの検討対象としない。

4. 2 海底地すべりに伴う津波

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波
 4. 2 海底地すべりに伴う津波
 4. 3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波
 4. 4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波
 4. 5 地震以外の要因に伴う津波(まとめ)
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

4.2 海底地すべりに伴う津波

海底地すべりに起因する津波の検討フロー

一部修正 (H26/12/5審査会合)

○敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべりについて、以下のフローで検討を実施した。

全体検討フロー

【検討1】：敷地周辺における海底地すべりによる既往津波の確認

・文献調査により、敷地周辺において海底地すべりによる既往津波の記録の有無及び敷地周辺に影響を与える可能性がある海底地すべりを確認する

【検討2】：敷地前面海域の海底地すべり地形の抽出

・海底地形データを用いた海底地形判読を実施し、さらに音波探査記録により海底地すべりの有無について確認して、海底地すべり地形を抽出

【検討3】：発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形の抽出

・検討2で抽出した海底地すべり地形のうち発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形を以下の基本方針として抽出
・隣接する海底地すべりについては、安全評価上、同時崩壊するものとする

【検討4】：検討対象海底地すべり地形の選定

・検討3で抽出した発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形から、崩壊規模、敷地との距離・位置関係等を考慮して敷地への影響が最も大きくなる海底地すべり地形を検討対象海底地すべり地形として選定する

【検討5】：数値シミュレーションの実施

・数値シミュレーションにより敷地への影響を評価
(二層流モデル及びkinematic landslideモデルを比較した上で、安全側の評価手法を用いる)

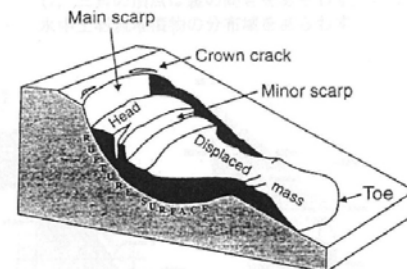


図-1 海底地すべりの模式図 (Varnes, 1978を改変した Hampton et al., 1996による)

○海底地すべり地形の特徴
馬蹄形あるいはコの字型の滑落崖があり、これに対をなして、その下方に舌状の傾斜面の土塊がある。

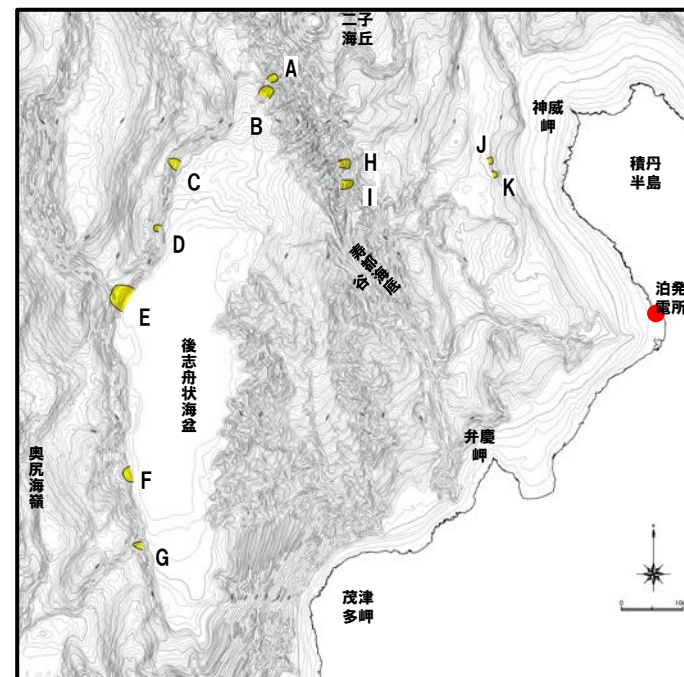
4.2 海底地すべりに伴う津波

評価対象の選定

一部修正 (H26/12/5審査会合)

- 広域的概査として文献調査の結果、敷地周辺において海底地すべりによる既往津波の記録はなかった。
- また、敷地周辺海域には、海底地すべり地形は認められなかった。
- 局地的精査として敷地前面海域は、日本水路協会のM7000シリーズ海底地形データを用いた。
- 海底地形図による地形判読及び海上音波探査記録により、以下の観点から、海底地すべりの可能性がある地形として、海底地すべりA～Kを抽出した。
 - 馬蹄形、半円形及びコの字形などの平面形で、凹地を呈する滑落崖状、抜け跡状の地形。
 - 下方に地すべり土塊（台地状、扇状地状の地形）がある。
 - 下方の地すべり土塊は、薄く広がる特徴がある。
- 抽出した海底地すべりA～Kについて、概略体積を算出した。

海底地すべり	長さ (m)	幅 (m)	高低差 (m)	推定厚さ (m)	長さ×推定厚さ (m ²)	概略体積 (m ³)	敷地からの距離 (km)
A	2,000	1,200	180	56	111,000	44,000,000	72
B	2,200	2,000	230	61	134,000	90,000,000	71
C	2,000	1,600	280	56	111,000	59,000,000	80
D	1,000	1,000	260	28	28,000	9,000,000	81
E	3,000	3,100	350	83	250,000	258,000,000	87
F	1,400	2,200	140	39	54,000	40,000,000	89
G	1,700	1,000	280	47	80,000	27,000,000	91
H	1,600	1,400	420	44	71,000	33,000,000	55
I	1,700	1,400	480	47	80,000	37,000,000	54
J	700	1,000	120	19	14,000	5,000,000	37
K	900	1,000	130	25	23,000	8,000,000	35



- 海底地すべりA～Kのうち、概略体積が最も大きくなるのは海底地すべりEであることから、敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある津波として、海底地すべりEを選定した。

4.2 海底地すべりに伴う津波

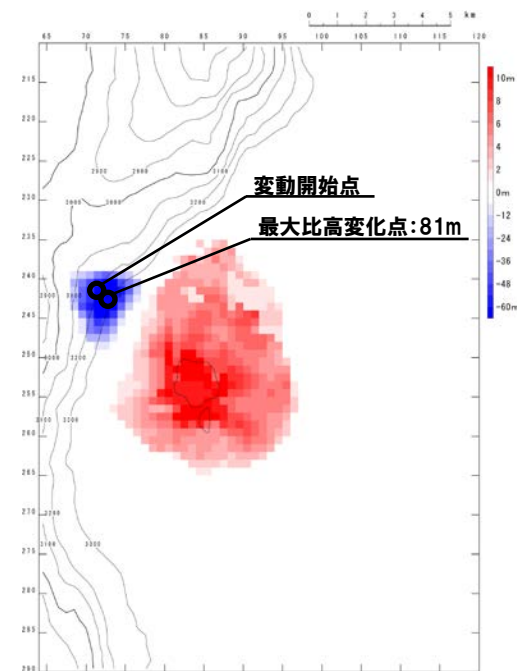
津波の数値シミュレーション(海底地すべりE) (1/2) 計算条件

一部修正 (H27/8/21審査会合)

○FLOW-3Dによる10分後の地形変化量分布を用いて、Kinematic landslideモデル及び二層流モデルによる津波シミュレーションの比較検討を実施し、安全側の評価となるKinematic landslideモデルの手法を用いた(津波シミュレーションの比較検討は資料3の4.2「海底地すべりに伴う津波」参照)。

【津波シミュレーション(Kinematic landslideモデル)】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 Δt (s)	0.1	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間(時間)	3	
比高変化 (m)	最大81	FLOW-3Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズタイム (s)	240	FLOW-3Dによる鉛直方向の変化率から安全側の評価として設定。
変動伝播速度 (m/s)	8	FLOW-3Dによる最大速度から安全側の評価として設定。



FLOW-3Dによる10分後の地形変化量分布

4.2 海底地すべりに伴う津波

津波の数値シミュレーション(海底地すべりE) (2/2) 数値シミュレーション結果

一部修正 (H27/8/21審査会合)

○海底地すべりEの数値シミュレーション結果は、以下のとおりである。

海底地すべりEの数値シミュレーション結果

区分	海底地すべりE
	評価値
防潮堤前面 (上昇側)	0.24m
3号炉 取水口 (上昇側)	0.22m
1, 2号炉 取水口 (上昇側)	0.22m
放水口 (上昇側)	0.24m
3号炉 取水口 (下降側)	0.16m
「貯留堰を 下回る時間」	0s

4. 3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. **地震以外の要因に伴う津波**
 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波
 4. 2 海底地すべりに伴う津波
 4. 3 **陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波**
 4. 4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波
 4. 5 地震以外の要因に伴う津波（まとめ）
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に起因する津波の検討フロー

一部修正（H27/5/15審査会合）

○敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）について、以下のフローで検討を実施した。

全体検討フロー

【検討1】：敷地周辺における陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）による既往津波の確認

- ・文献調査により、敷地周辺において陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）による既往津波の記録の有無及び敷地周辺に影響を与える可能性がある陸上地すべりを確認する。

【検討2】：敷地周辺の地すべり地形の確認

- ・防災科学技術研究所（2010）の地すべり地形分布図データベースに示されている地すべり地形のうち、敷地から半径30km程度の範囲かつ沿岸部に分布する地すべり地形を確認する。

【検討3】：発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形の抽出

- ・検討2で確認した地すべり地形のうち発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形を空中写真判読、地表地質踏査等により抽出。

【検討4】：評価対象地すべり地形の選定

- ・検討3で抽出した発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形を以下を基本方針として選定。
- ・地すべりブロックについては、安全側の評価として同時崩壊するものとする。

【検討5】：数値シミュレーションの実施

- ・数値シミュレーションにより敷地への影響を評価。
(二層流モデル及びkinematic landslideモデルを比較した上で、安全側の評価手法を用いる)

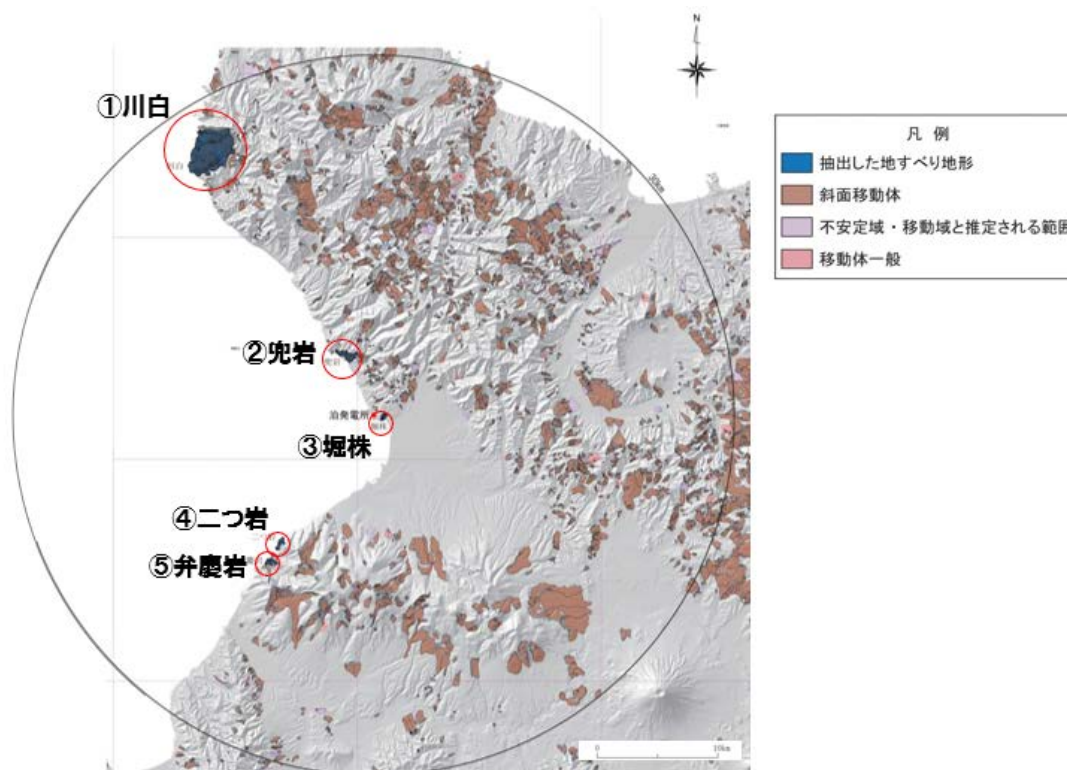
4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

評価対象の選定

一部修正 (H27/5/15審査会合)

- 文献調査の結果、敷地周辺において陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）による既往津波の記録はなかった。
- 防災科学研究所（2010）に示される地すべり地形のうち、敷地から半径30km程度の沿岸に分布する地すべり地形として、「川白」、「兜岩」、「堀株」、「二つ岩」及び「弁慶岩」を確認した。
- 空中写真判読、地表地質踏査及びボーリング調査結果から発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある地すべり地形として「川白」、「堀株」※及び「弁慶岩」を抽出した。

※空中写真判読の結果、発電所に影響のある津波を発生させる可能性はないと考えられるが、敷地までの距離を考慮し抽出した。



地すべり地形位置図

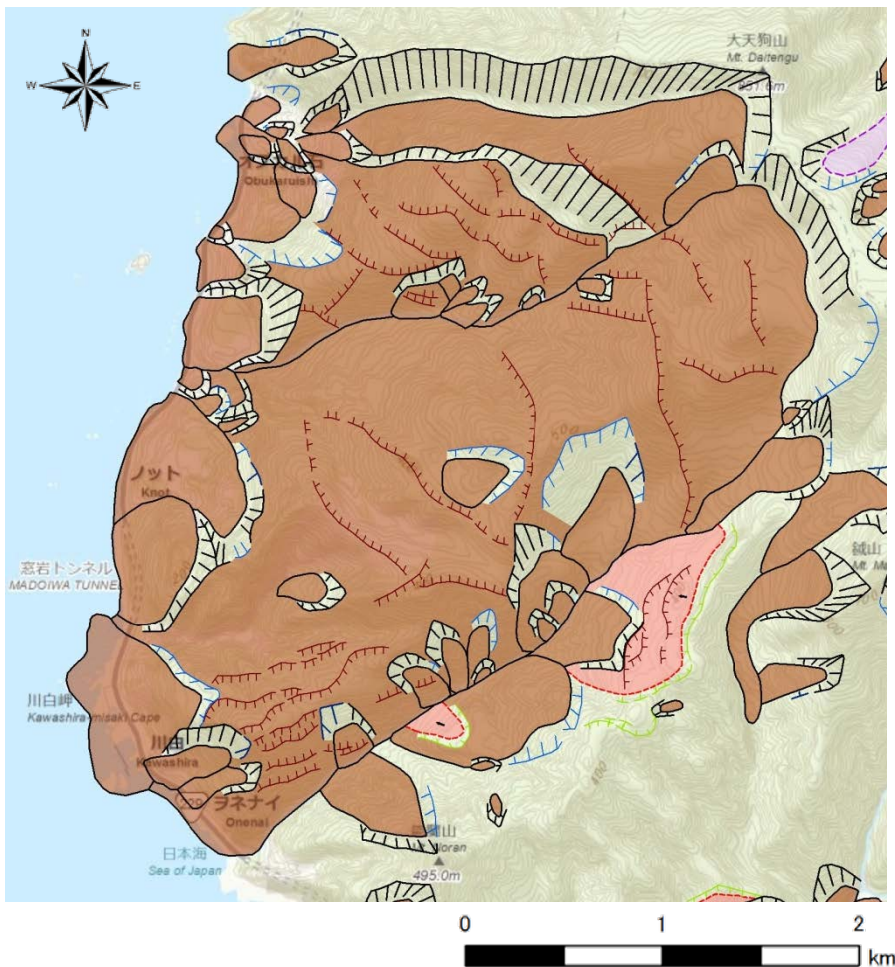
(防災科学研究所 地すべり地形分布図データベースに一部加筆)

4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

評価対象地すべり地形の選定（1/4） 川白（1/2）

一部修正（H27/5/15審査会合）

○防災科学研究所（2010）では、川白地点において多数のブロックからなる地すべり地形が示されている。



地すべり地形位置図（川白）
（防災科学研究所（2010）より引用）

- I. 輪郭構造 Boundary Structures
- A. 滑落崖と側方崖 Main scarp and lateral scarp (flank)
1. 新鮮なまたは開析されていない冠頂をもつ滑落崖
Main and/or lateral scarp of which crown is fresh or not dissected.
 2. 部分的に開析されている冠頂をもつ滑落崖
Partially dissected crown.
 3. 冠頂が著しく開析された滑落崖
Mostly dissected crown.
 4. 冠頂が丸味をおびて不明瞭になった滑落崖
Roundedly subaead and vague crown.
 5. 開析されて無くなってしまった冠頂・滑落崖の推定復元位置
The missing part of the scarp and crown by dissection.
 6. 共通の冠頂をもち、互いに反対方向を向く滑落崖
Joint crown which divides two main scarps throwing opposite slope directions.
 7. 中・細粒の流れ懸すべり崖が地表に露出し、滑落崖にある急崖を呈しない斜面。冠頂は複数の反対側斜面とすべり崖との交線
Exposed of the surface without sharp scarp; dip of the slide surface is mostly gentle (25°). The crown is defined by the intersection between the opposite slope and the slide surface.
 8. 後方崖、多重稜線等
Lunar or crown cracks, multiple scarps and ridges.
- B. 移動体の輪郭・境界 Margin of moving mass
1. 後方に滑落崖があり、移動体の輪郭が明確ない判定可能
Definite and probable margin of the moving mass with a main scarp at the backward or upper slope.
 2. 後方の滑落崖は不明瞭であるが、移動体の輪郭の判定が困難
The questionable part of the margin. (Brown outline)
 3. 滑落崖はほとんど開析してしましたが、過去の移動体の一部（不安定土塊）が残存している
Moving mass margin without main scarp and crown symbols: The scarp has been almost eroded away. (Grey outline)
 4. ほかの移動体や堆積物におおわれた部分
A part of margin overlain by another moved mass or deposits.
 5. 斜面体の移動体の初期状態、甚だから分離していないとしても不安定域、移動域と推定される範囲
Margin of a mass movement at the initial stage from the original slope. Probable boundary of an area inferred as an unstable or quasi-moving mass without clear detachment structures between the mass and bedrocks.
 6. 斜面移動体かどうか判定できない山体・小丘
A mountain or hill difficult to identify whether mass is moving or not.

- II. 内部構造 Interior Structures
1. 二次・小滑落崖、崖線の解析程度に応じて輪郭構造の場合と同様に表わす
Secondary scarp: The crown is similarly shown in a main scarp.
 2. サブユニットの境界、内部（二次）移動体輪郭
Boundary between sub-units or an interior moving mass.
 3. 移動体内の小尾根
Ridge (interior).
 4. 幅の広い溝状凹地、亀裂
Wide trench or open crack.
 5. 幅の狭い溝状凹地、亀裂
Narrow trench or open crack.
 6. 雁行亀裂
Echelon cracks.
 7. 線状窪地・小谷底線
Linear depression or valley floor line. Arrow shows the downstream.

4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

評価対象地すべり地形の選定（2/4） 川白（2/2）

一部修正（H27/5/15審査会合）

○各ブロックを対象に、空中写真判読、地表地質踏査及び開析度の検討を実施し、不安定ブロックの可能性を評価した。

不安定ブロックの可能性の評価

地すべりブロック	空中写真判読※1	地表地質踏査※1	開析度の検討※2	不安定ブロックの可能性の評価※3
1	○	△	×	不安定ブロックである可能性を否定できない。
2	△	○	—	不安定ブロックである可能性を否定できない。
3	×	×	×	不安定ブロックである。
4	×	×	○	不安定ブロックではない。
5	×	×	—	不安定ブロックである可能性が大きい。
6	×	×	—	不安定ブロックである可能性が大きい。
7	×	×	—	不安定ブロックである可能性が大きい。
8	△	○	×	不安定ブロックである可能性を否定できない。
9	△	○	○	不安定ブロックではない。
10	△	△	×	不安定ブロックである可能性が大きい。
11	△	△	—	不安定ブロックである可能性が大きい。
12	×	×	—	不安定ブロックである可能性が大きい。
13	○	○	○	不安定ブロックではない。
14	○	○	○	不安定ブロックではない。
15	○	○	○	不安定ブロックではない。
16	○	○	○	不安定ブロックではない。
17	○	○	○	不安定ブロックではない。

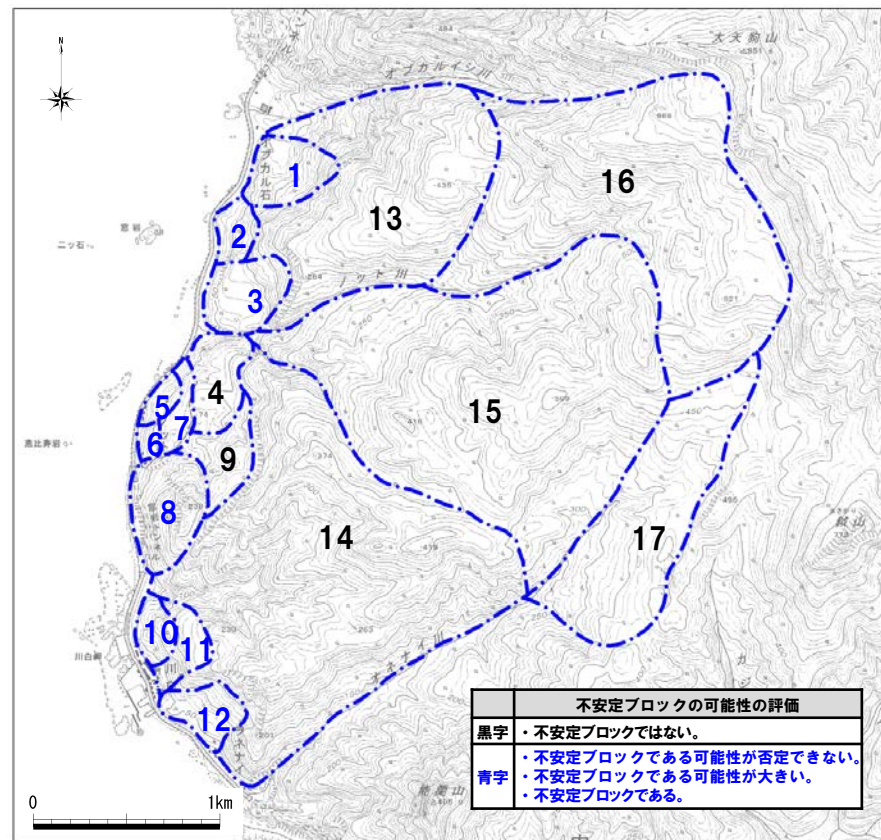
※1 ○：不安定ブロックではない。若しくは、不安定ブロックである可能性を否定できない。
△：不安定ブロックである可能性が大きい。

×：不安定ブロックである。

※2 ○： $F_s \geq 1.10$ である。

×： $F_s < 1.10$ である。

※3 空中写真判読、地表地質踏査及び開析度の検討より総合的に評価している。



地すべりブロック図

○不安定ブロックの可能性を評価結果を踏まえると、ブロック1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12の崩壊が想定されることから、敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある津波として、川白を選定した。

○なお、安全側の評価としてブロック1～17が一括崩壊した場合を想定した。

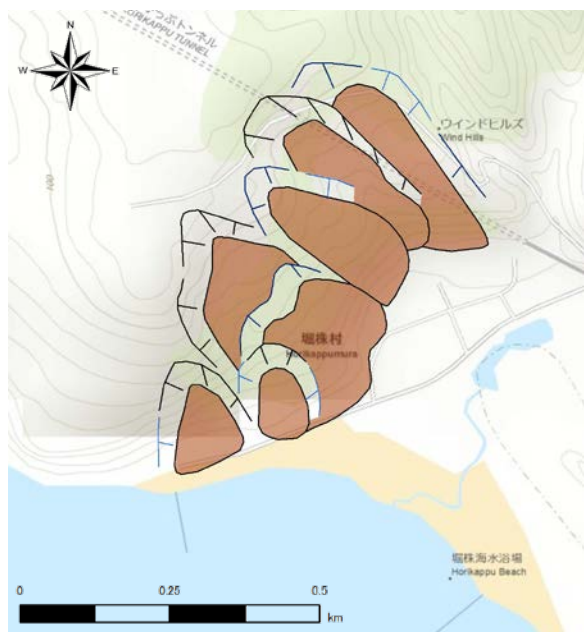
4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

評価対象地すべり地形の選定（3/4） 堀株

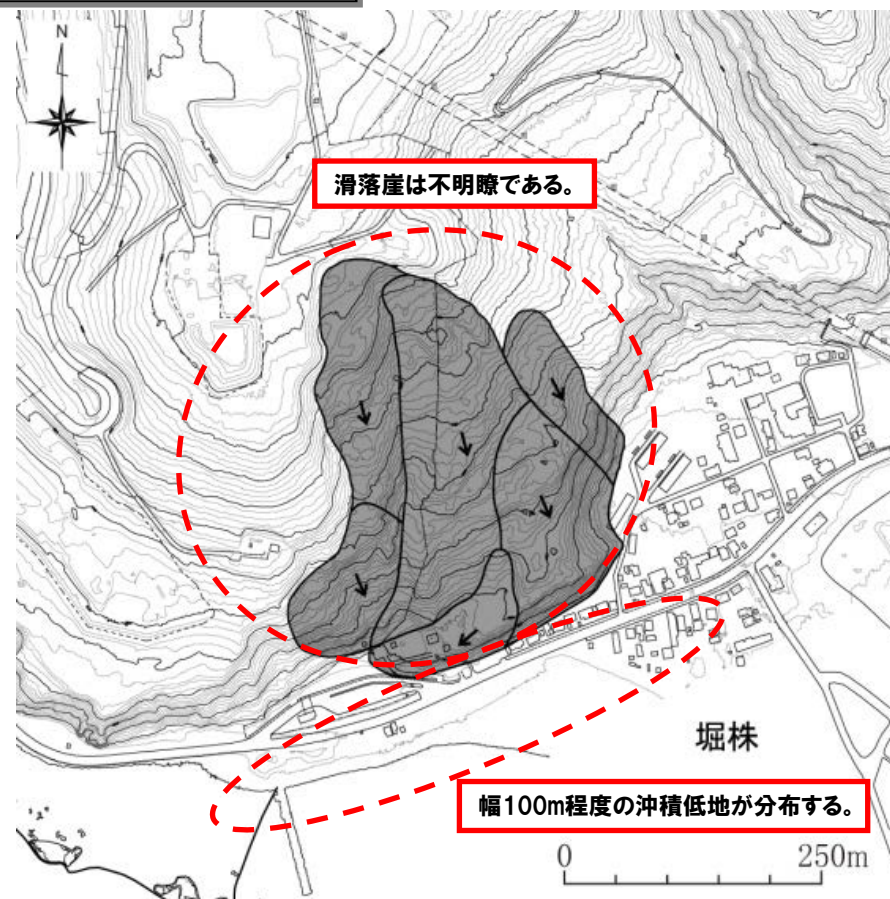
一部修正（H27/5/15審査会合）

【空中写真判読結果】

- 地すべり地形は、三角形に近い馬蹄形を呈し、滑落崖の比高は数mと推定されるが、不明瞭である。
- 幅100m程度の沖積低地が分布することから、これらの堆積物の滑動による津波を起こす恐れはないと評価した。



地すべり地形位置図（堀株）
（防災科学研究所（2010）より引用）



空中写真判読結果（堀株）

- 空中写真判読結果を踏まえると、敷地に影響のある津波を発生させる可能性はないと考えられるが、敷地までの距離を考慮し、堀株を選定した。

4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

評価対象地すべり地形の選定（4/4） 弁慶岩

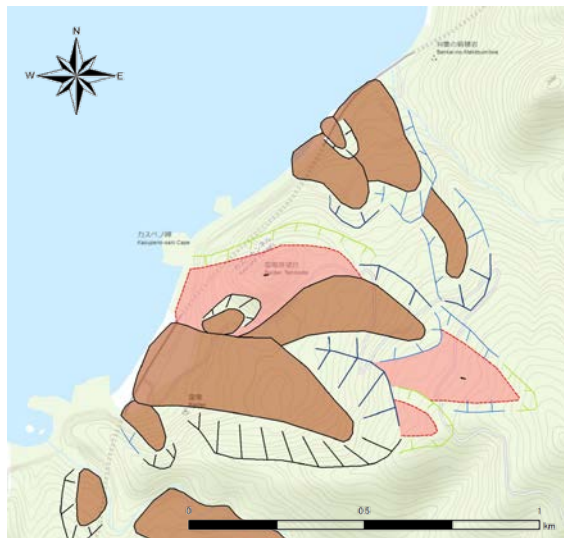
一部修正（H27/5/15審査会合）

【空中写真判読結果】

- 地すべり地形は4箇所のブロックから構成される。
- 滑落崖は、開析されて不明瞭であり、地すべり方向に系統性はない。

【地表地質踏査結果】

- ブロック2及びブロック4は、海岸部に堅硬な火砕岩類が連続して分布し、地すべりを示唆する状況は認められない。
- ブロック1及びブロック3は、地すべり地形の特徴を確認した。



地すべり地形位置図（弁慶岩）
（防災科学研究所（2010）より引用）



空中写真判読結果（弁慶岩）

- 空中写真判読結果及び地表地質踏査を踏まえ、ブロック1及びブロック3の崩壊を想定し、敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある津波として、弁慶岩を選定した。
- なお、安全側の評価としてブロック1及びブロック3が一括崩壊した場合を想定した。

4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

津波の数値シミュレーション（陸上地すべり）（1/2） 計算条件

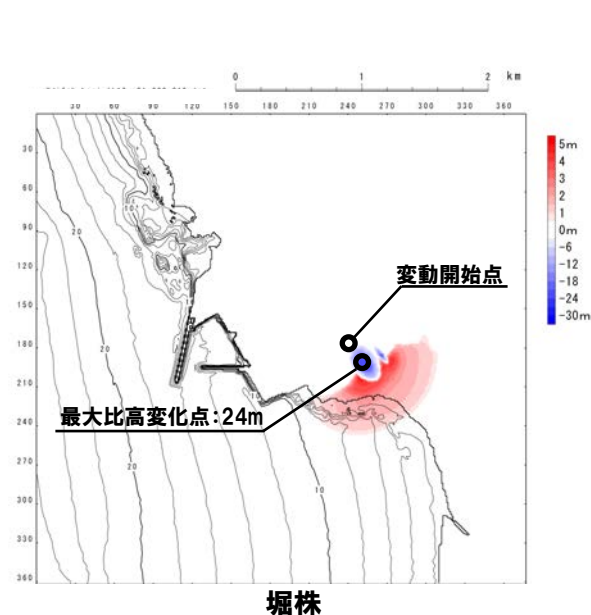
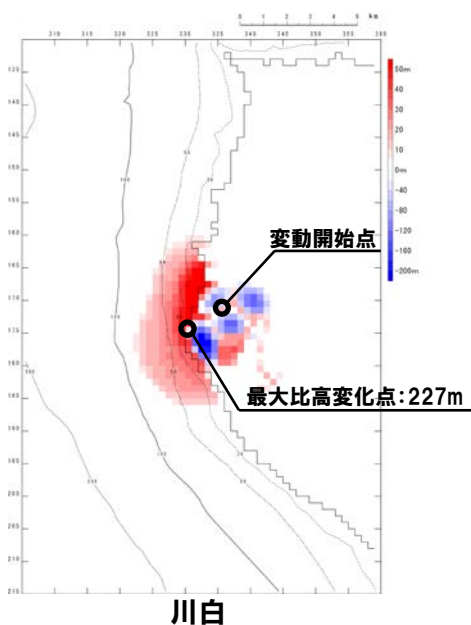
一部修正（H27/8/21審査会合）

○陸上地すべり（川白、堀株及び弁慶岩）を対象とし、TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布を用いて、Kinematic landslideモデル※による津波の数値シミュレーションを実施した。

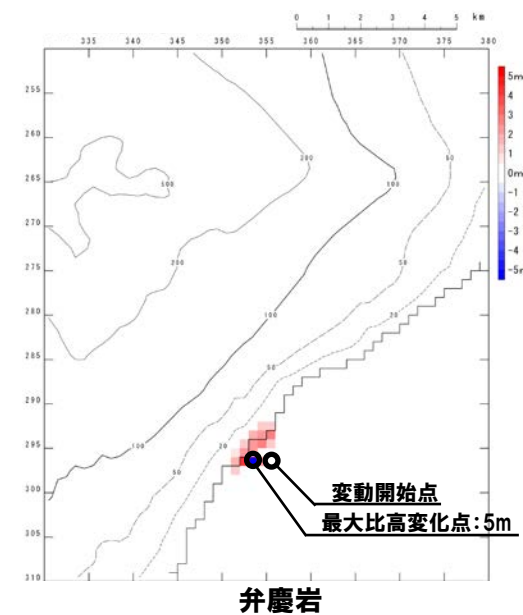
※陸上地すべり（川白）の二層流モデルによる津波シミュレーションとの比較検討結果は資料3の4.3「陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波」参照

【津波シミュレーション（Kinematic landslideモデル）】

入力データ	入力値			備考
	川白	堀株	弁慶岩	
計算時間間隔 Δt (s)	0.1			計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	3			
比高変化 (m)	最大227	最大24	最大5	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライスタイム (s)	60	240	120	TITAN2Dによる鉛直方向の変化率から安全側の評価として設定。
変動伝播速度 (m/s)	13	3	6	TITAN2Dによる最大速度から安全側の評価として設定。



TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布



4. 3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波

津波の数値シミュレーション（陸上地すべり）（2/2） 数値シミュレーション結果

一部修正（H27/8/21審査会合）

- 陸上地すべり（川白，堀株及び弁慶岩）の数値シミュレーションを実施した結果，川白が最大ケースであった。
- 津波発生要因の組合せの検討対象として，陸上地すべり（川白）を選定する。

陸上地すべり（川白，堀株及び弁慶岩）の数値シミュレーション結果

区分	陸上地すべり		
	川白	堀株	弁慶岩
	評価値	評価値	評価値
防潮堤前面 （上昇側）	4.92m	0.07m	0.21m
3号炉 取水口 （上昇側）	3.45m	0.04m	0.12m
1, 2号炉 取水口 （上昇側）	3.64m	0.03m	0.12m
放水口 （上昇側）	5.91m	0.01m	0.07m
3号炉 取水口 （下降側）	4.18m	0.03m	0.14m
「貯留堰を 下回る時間」	38s	0s	0s

※黄ハッチングは評価項目の最大ケースである。

4. 4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. **地震以外の要因に伴う津波**
 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波
 4. 2 海底地すべりに伴う津波
 4. 3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波
 4. 4 **陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波**
 4. 5 地震以外の要因に伴う津波（まとめ）
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

4.4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に起因する津波の検討フロー

一部修正（H27/8/21審査会合）

○敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）について、以下のフローで検討を実施した。

全体検討フロー

【検討1】：敷地周辺における陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）による既往津波の確認

- ・文献調査により、敷地周辺において陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）による既往津波の記録の有無及び敷地周辺に影響を与える可能性がある岩盤崩壊を確認する。

【検討2】：評価対象の抽出

- ・文献調査による崩壊事例を参考に、地形解析により岩盤崩壊の可能性がある急傾斜地を抽出する。

【検討3】：評価対象の選定

- ・抽出された地形のうち、敷地への影響が大きいと想定される地点において地形判読を行い、崩壊地形を設定する。
- ・崩壊地形として設定した地点について、概略体積を算出する。

【検討4】：数値シミュレーションの実施

- ・数値シミュレーションにより敷地への影響を評価。
（陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）の検討結果から、安全側の評価となるモデルの手法を用いる）

4.4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

評価対象の選定

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 文献調査の結果、敷地周辺において陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）による既往津波の記録はなかった。
- 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会（2000）を参考に、大規模な急傾斜地が存在する川白～ピンノ岬付近の範囲で地形判読を実施した結果、崩壊地形として35地点を抽出し、その概略体積を算出した。

崩壊地点の概略体積

No.	幅 (m)	長さ (m)	厚さ (m)	概略体積 (m ³)
1	50	80	10	1.33×10 ⁴
2	20	20	40	5.33×10 ²
3	80	30	16	1.28×10 ⁴
4	40	40	8	4.27×10 ³
5	30	40	6	2.40×10 ³
6	20	20	4	5.33×10 ²
7	90	20	18	1.08×10 ⁴
8	180	50	26	7.80×10 ⁴
9	80	10	16	4.27×10 ³
10	20	20	4	5.33×10 ²
11	110	30	16	1.76×10 ⁴
12	50	40	10	6.67×10 ³
13	100	100	20	6.67×10 ⁴
14	110	50	16	2.93×10 ⁴
15	210	80	30	1.68×10 ⁵
16	140	50	20	4.67×10 ⁴
17	60	20	12	4.80×10 ³
18	200	50	29	9.67×10 ⁴

No.	幅 (m)	長さ (m)	厚さ (m)	概略体積 (m ³)
19	140	90	20	8.40×10 ⁴
20	130	60	88	4.94×10 ⁴
21	110	80	89	4.69×10 ⁴
22	170	80	24	1.09×10 ⁵
23	170	90	24	1.22×10 ⁵
24	400	270	40	1.44×10 ⁶
25	610	310	61	3.85×10 ⁶
26	460	260	46	1.83×10 ⁶
27	620	150	62	1.92×10 ⁶
28	420	340	42	2.00×10 ⁶
29	360	470	36	2.03×10 ⁶
30	320	310	32	1.06×10 ⁶
31	180	240	26	3.74×10 ⁵
32	110	150	16	8.80×10 ⁴
33	200	150	29	2.90×10 ⁵
34	150	200	21	2.10×10 ⁵
35	260	70	37	2.24×10 ⁵

□ : 兜岬付近

□ : ピンノ岬付近



崩壊地形箇所

- 崩壊地形として抽出した35地点のうち、敷地に影響のある津波を発生させる可能性がある斜面崩壊（岩盤崩壊）の地点として、敷地との距離が近い兜岬付近及びピンノ岬付近を選定した。
- なお、安全側の評価としてそれぞれ隣接する崩壊範囲が一括崩壊した場合を想定した。

4.4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

津波の数値シミュレーション（岩盤崩壊）（1/2） 計算条件

一部修正（H27/8/21審査会合）

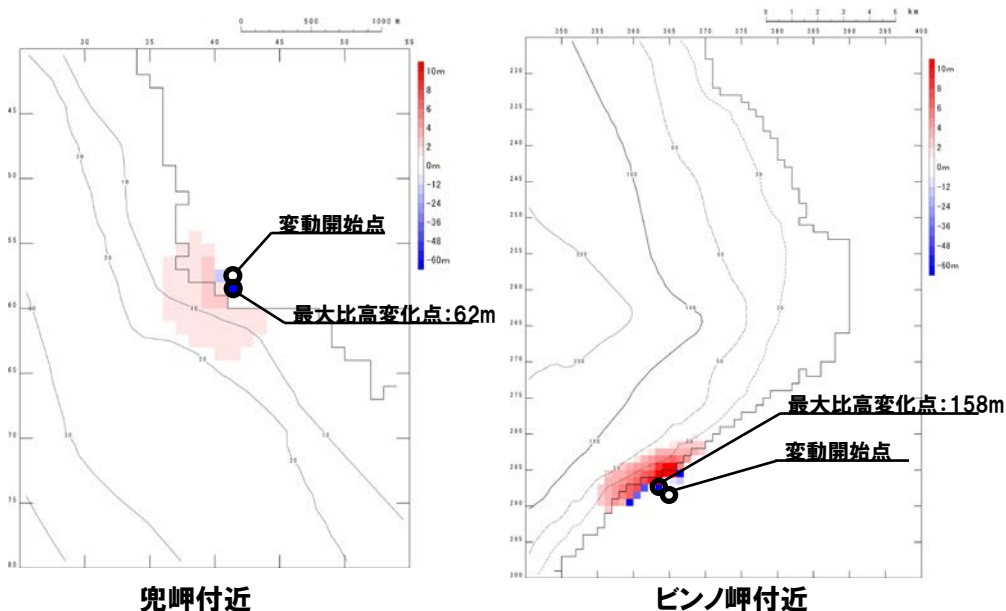
○岩盤崩壊（兜岬付近及びピンノ岬付近）を対象とし、TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布を用いて、Kinematic landslideモデル※による津波の数値シミュレーションを実施した。

○なお、その他の計算条件は日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の計算条件と同様とし、健全地形モデルを用いた。

※陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）の検討結果から、安全側の評価となるKinematic landslideモデルの手法を用いる

【津波シミュレーション（Kinematic landslideモデル）】

入力データ	入力値		備考
	兜岬付近	ピンノ岬付近	
計算時間間隔 Δt (s)	0.1		計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	3		
比高変化 (m)	最大62	最大158	TITAN2Dによる10分後の地形変化量から設定。
鉛直変位ライズタイム (s)	60	60	TITAN2Dによる鉛直方向の変化率から安全側の評価として設定。
変動伝播速度 (m/s)	21	29	TITAN2Dによる最大速度から安全側の評価として設定。



TITAN2Dによる10分後の地形変化量分布

4.4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波

津波の数値シミュレーション（岩盤崩壊）（2/2） 数値シミュレーション結果

一部修正（H27/8/21審査会合）

- 岩盤崩壊（兜岬付近及びピンノ岬付近）の数値シミュレーションを実施した結果、ピンノ岬付近が最大ケースであった。
- 津波発生要因の組合せの検討対象として、岩盤崩壊（ピンノ岬付近）を選定する。

岩盤崩壊（兜岬付近及びピンノ岬付近）の数値シミュレーション結果

区分	岩盤崩壊	
	兜岬付近	ピンノ岬付近
	評価値	評価値
防潮堤前面 （上昇側）	0.19m	2.41m
3号炉 取水口 （上昇側）	0.09m	1.53m
1, 2号炉 取水口 （上昇側）	0.08m	1.41m
放水口 （上昇側）	0.15m	1.71m
3号炉 取水口 （下降側）	0.19m	1.57m
「貯留堰を 下回る時間」	0s	0s

※黄ハッチングは評価項目の最大ケースである。

4.5 地震以外の要因に伴う津波（まとめ）

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. **地震以外の要因に伴う津波**
 - 4.1 火山による山体崩壊に伴う津波
 - 4.2 海底地すべりに伴う津波
 - 4.3 陸上の斜面崩壊（陸上地すべり）に伴う津波
 - 4.4 陸上の斜面崩壊（岩盤崩壊）に伴う津波
 - 4.5 **地震以外の要因に伴う津波（まとめ）**
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価

参考文献

4.5 地震以外の要因に伴う津波 (まとめ)

組合せ対象 地震以外の要因に伴う津波

一部修正 (R4/7/1審査会合)

○地震以外の要因に伴う津波の数値シミュレーション結果は、以下のとおりである。

地震以外の要因に伴う津波 数値シミュレーション結果

評価項目	【参考】 火山による山体崩壊 (渡島大島)※	海底地すべりE	陸上地すべり (川白)	岩盤崩壊 (ピンノ岬付近)
	評価値	評価値	評価値	評価値
防潮堤前面 (上昇側)	1.59m	0.24m	4.92m	2.41m
3号炉取水口 (上昇側)	1.32m	0.22m	3.45m	1.53m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	1.22m	0.22m	3.64m	1.41m
放水口 (上昇側)	1.13m	0.24m	5.91m	1.71m
3号炉取水口 (下降側)	1.01m	0.16m	4.18m	1.57m
「貯留堰を下回る時間」	0s	0s	38s	0s

※火山噴火に伴う事象であり、地震事象とは独立した事象であるため、地震に伴う津波との組合せの検討対象としない。



○組合せ対象 (地震以外の要因に伴う津波)として、評価値 (水位上昇量, 貯留堰を下回る時間) が大きい陸上地すべり (川白) を選定する。

7. 行政機関による津波評価

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. **行政機関による津波評価**
 - 7.1 国の検討会モデルによる検討
 - 7.2 地方自治体モデルによる検討
 - (1) 秋田県の断層モデルによる検討
 - (2) 北海道の断層モデルによる検討
 - 7.3 行政機関による津波評価(まとめ)

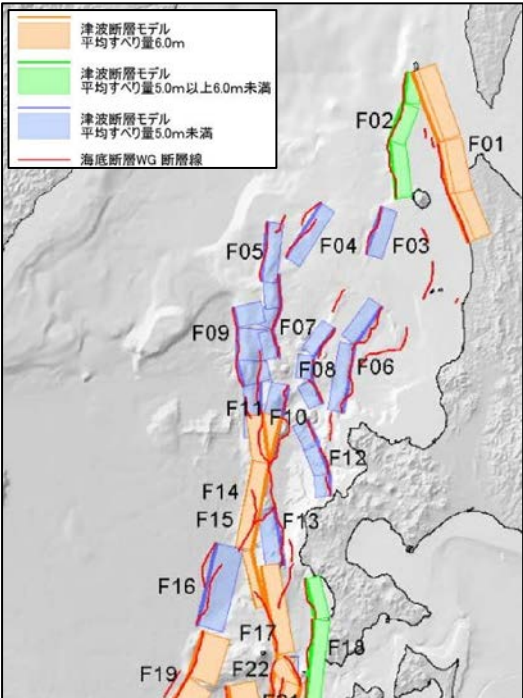
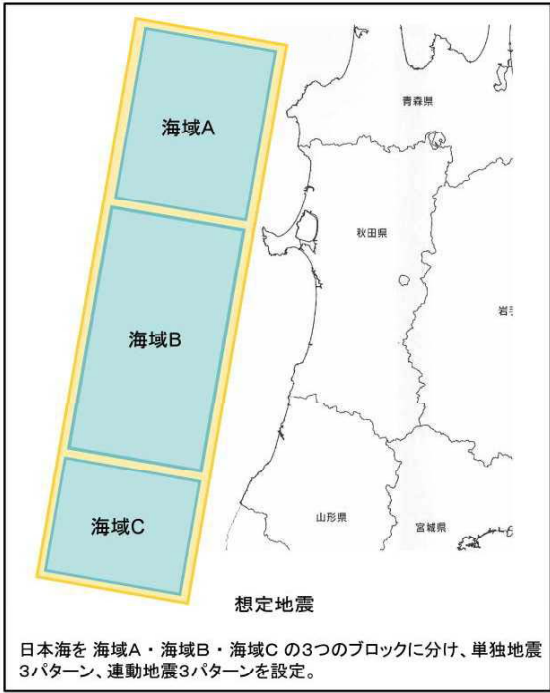
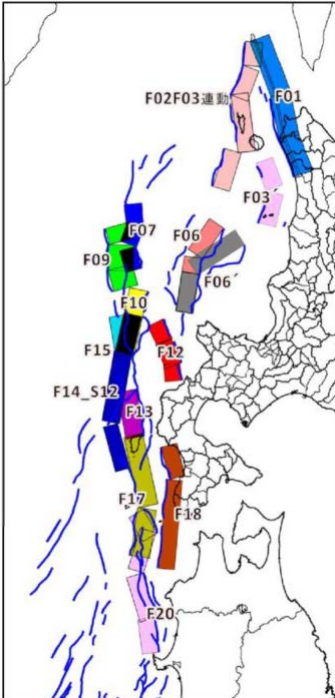
参考文献

7. 行政機関による津波評価

検討方針

一部修正 (R4/7/1審査会合)

- 行政機関における津波評価について、必要な科学的・技術的知見を基準津波策定に反映するため、泊発電所の敷地周辺への影響が大きいと考えられる「日本海を波源域とした津波評価」を実施している行政機関（国の検討会モデル1件、地方自治体モデル11件（資料3の7.2「地方自治体モデルによる検討」参照））のうち、想定している断層モデルの泊発電所との距離及び規模の大きさを考慮し、下表に示す3件の断層モデルを用いた津波の数値シミュレーションを実施し、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波（当社評価結果）との比較を行う。
- 計算条件は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波と同様とする。

	国の検討会モデルによる検討	日本海を波源域とした地方自治体モデルによる検討	
	国交省ほか (2014)	秋田県 (2013)	北海道 (2017)
断層モデル	F12断層, F14断層及びF15断層	海域A+B+C連動モデル	F12断層, F14断層及びF15断層
選定理由	泊発電所に近い位置に断層モデルを想定している。	最も地震規模の大きい断層モデル (M_w 8.69, 断層長さ350km) を想定している。	泊発電所に近い位置に断層モデルを想定している。
断層モデル位置	 <p>(国交省ほか (2014) に一部加筆)</p>	 <p>日本海を 海域A・海域B・海域C の3つのブロックに分け、単独地震3パターン、連動地震3パターンを設定。</p> <p>(秋田県 (2013) より引用)</p>	 <p>(北海道 (2017) より引用)</p>

7. 1 国の検討会モデルによる検討

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価
 7. 1 国の検討会モデルによる検討
 7. 2 地方自治体モデルによる検討
 - (1) 秋田県の断層モデルによる検討
 - (2) 北海道の断層モデルによる検討
 7. 3 行政機関による津波評価(まとめ)

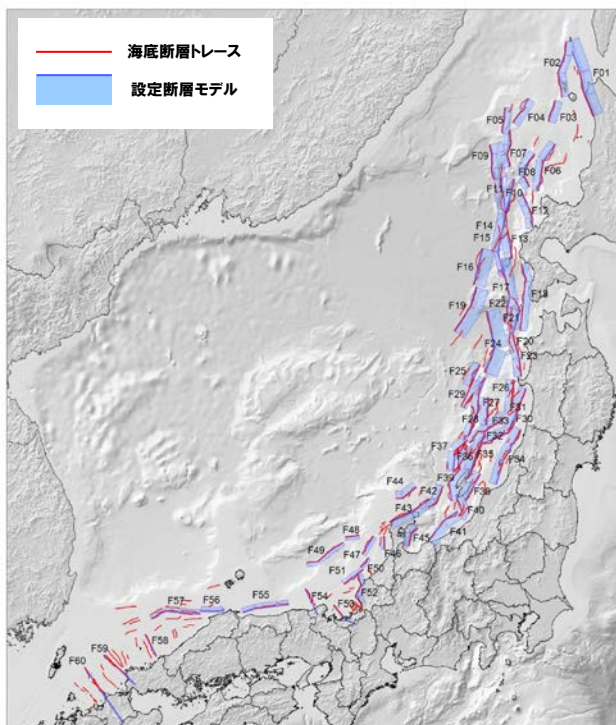
参考文献

7.1 国の検討会モデルによる検討

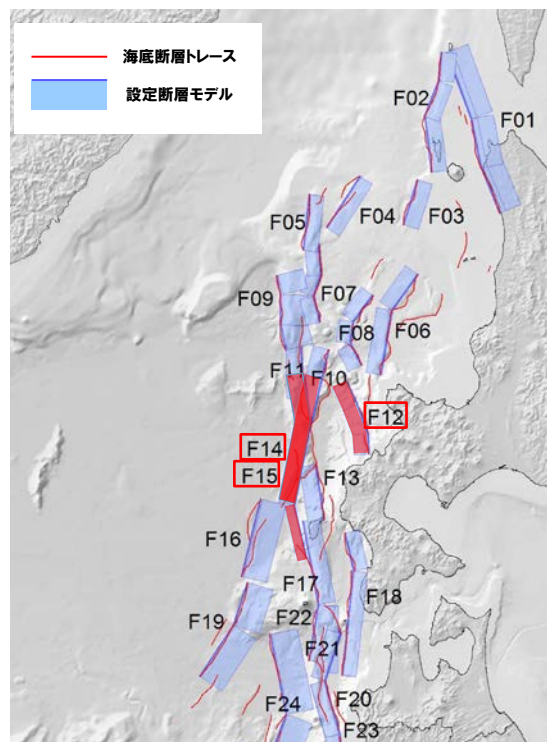
国交省ほか(2014)の断層モデルによる検討(1/4) 検討方針

一部修正(H26/12/5審査会合)

- 国交省ほか(2014)では、複数のセグメントからなる断層モデルを設定しており、セグメント毎に大すべり域の位置の不確かさを考慮している。
- 以上を踏まえ、国交省ほか(2014)より公表された断層モデルのうち、泊発電所に近い位置に断層モデルであるF12断層、F14断層及びF15断層を用いて、大すべり域の位置の不確かさを考慮した津波の数値シミュレーションを実施する。

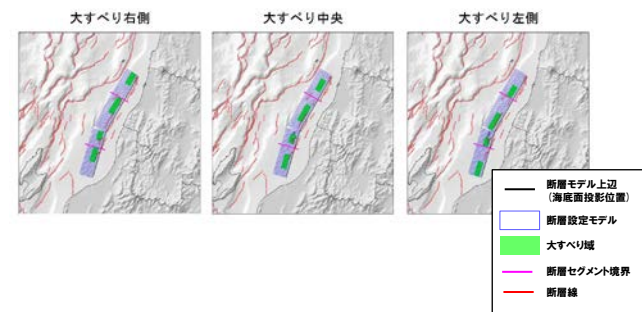


津波断層モデル位置

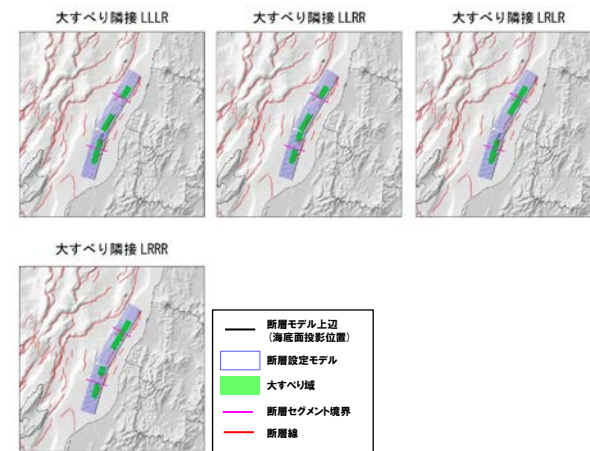


抽出した津波断層モデル(北海道)

(国交省ほか(2014)に一部加筆)



大すべり域の位置の基本ケース(設定例)



大すべり域の位置の隣接ケース(4セグメントの場合の設定例)

7.1 国の検討会モデルによる検討

国交省ほか(2014)の断層モデルによる検討(2/4) 断層モデル(1/2)

一部修正(H26/12/5審査会合)

○国交省ほか(2014)より断層モデル諸元を下表のとおり設定した。

[断層モデル諸元]

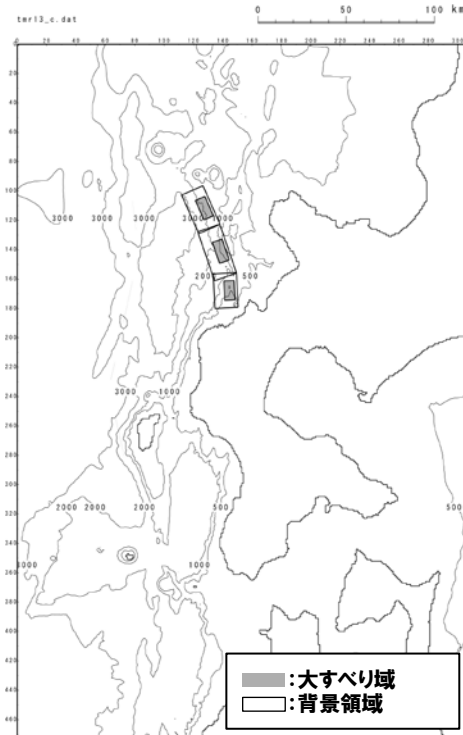
断層パラメータ	F12断層			F14断層				F15断層			
	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント④	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント④
モーメント マグニチュード M_w	7.4			7.8				7.8			
合計断層長さ L	73.0m			175.0km				177.0km			
断層長さ	24.0km	29.3km	19.7km	43.3km	57.1km	22.5km	51.9km	45.2km	57.1km	22.5km	51.9km
断層幅 W	18.7km	18.7km	18.7km	20.3km	20.3km	20.3km	16.6km	20.1km	20.1km	20.1km	16.4km
平均すべり量 D	3.71m			6.00m				6.00m			
すべり量(背景領域)	2.65m	2.84m	2.49m	4.36m	4.36m	4.24m	4.31m	4.67m	4.36m	4.24m	4.31m
すべり量(大すべり域)	7.42m	7.42m	7.42m	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m
断層面上縁深さ d	1.0km			1.0km				1.0km			
走向 θ	156°	161°	177°	195°	192°	192°	167°	173°	192°	192°	167°
傾斜角 δ	45°	45°	45°	45°	45°	45°	60°	45°	45°	45°	60°
すべり角 λ	62°	65°	79°	99°	111°	111°	105°	97°	111°	111°	105°

※断層パラメータは、国交省ほか(2014)より設定。

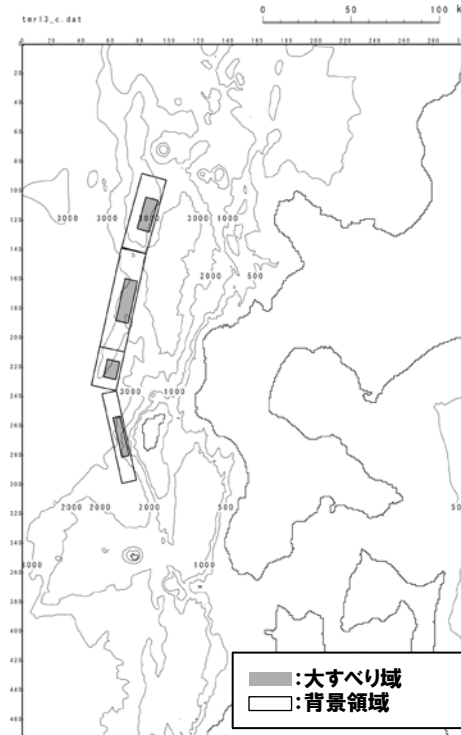
7.1 国の検討会モデルによる検討

国交省ほか(2014)の断層モデルによる検討(3/4) 断層モデル(1/2)

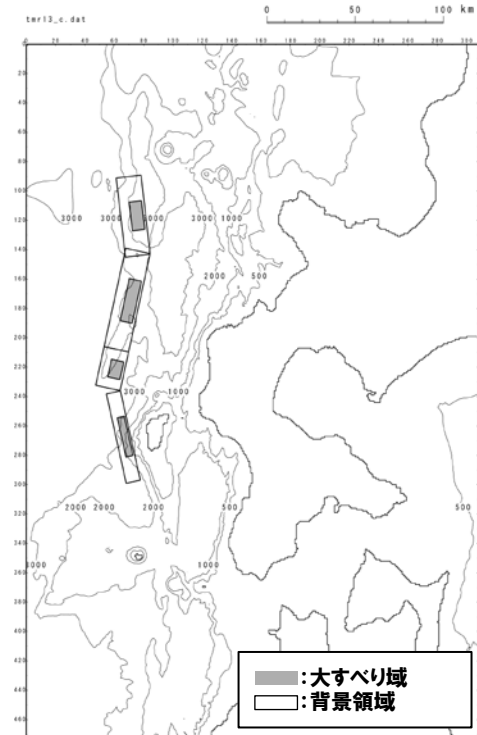
一部修正(H26/12/5審査会合)



F12断層



F14断層



F15断層

※記載例:大すべり域中央。

7.1 国の検討会モデルによる検討

国交省ほか(2014)の断層モデルによる検討(4/4) 断層モデル(1/2)

一部修正(H26/12/5審査会合)

○国交省ほか(2014)の断層モデル(F12断層, F14断層及びF15断層)の数値シミュレーション結果は, 以下のとおりである

国交省ほか(2014)の断層モデル(F12断層, F14断層及びF15断層)の数値シミュレーション結果

区分	国交省ほか(2014)						【参考】 日本海東縁部に 想定される地震に伴う津波 (当社評価結果) 評価値
	F12断層		F14断層		F15断層		
	評価値	大すべり域の位置	評価値	大すべり域の位置	評価値	大すべり域の位置	
防潮堤前面 (上昇側)	4.05m	大すべり域隣接LRR	4.29m	大すべり域隣接LRRR	4.87m	大すべり域隣接LRRR	10.20m
3号炉取水口 (上昇側)	2.47m	大すべり域隣接LRR	3.49m	大すべり域中央	3.37m	大すべり域右側	8.50m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	2.50m	大すべり域隣接LRR	3.44m	大すべり域右側	3.37m	大すべり域右側	8.63m
放水口 (上昇側)	2.57m	大すべり域隣接LLR	3.54m	大すべり域隣接LRLR	3.13m	大すべり域隣接LRLR	9.20m
3号炉取水口 (下降側)	2.50m	大すべり域中央	2.74m	大すべり域隣接LLRR	3.33m	大すべり域隣接LRLR	9.11m (参考値)
「貯留堰を 下回る時間」	0s	—	0s	—	0s	—	706s

※黄ハッチングは評価項目の最大ケースである。

○国交省ほか(2014)の断層モデル(F12断層, F14断層及びF15断層)の数値シミュレーション結果は, 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(当社評価結果)を上回らないことを確認した。

7. 2 地方自治体モデルによる検討

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価
 7. 1 国の検討会モデルによる検討
 7. 2 地方自治体モデルによる検討
 - (1) 秋田県の断層モデルによる検討
 - (2) 北海道の断層モデルによる検討
 7. 3 行政機関による津波評価(まとめ)

参考文献

7.2 地方自治体モデルによる検討

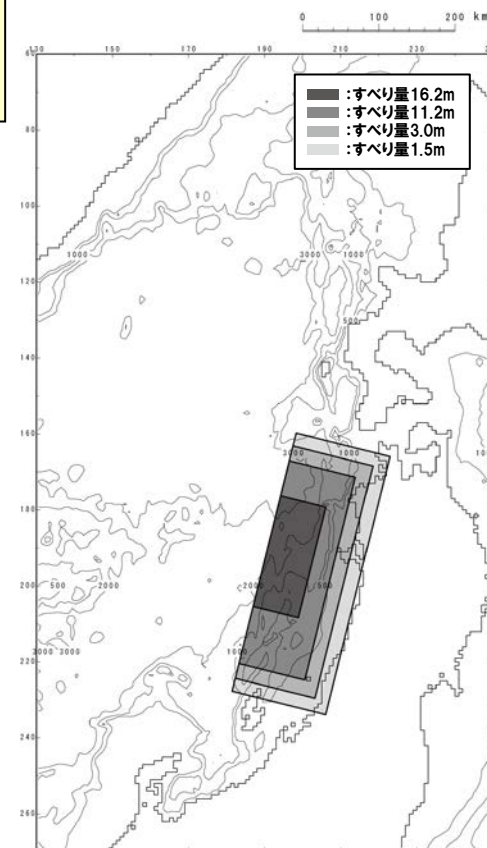
(1) 秋田県の断層モデルによる検討

秋田県(2013)の断層モデルによる検討(1/2) 断層モデル

- 秋田県(2013)では、連動地震として3領域の同時破壊を想定した断層モデルを設定している。
- 秋田県(2013)より公表された断層モデル(海域A+B+C連動モデル)を用いて、津波の数値シミュレーションを実施する。

[断層モデル諸元]

断層パラメータ	海域A+B+C 連動モデル	備考
モーメントマグニチュード M_w	8.69	秋田県(2013)より設定。
断層長さ L	350km	秋田県(2013)より設定。
断層幅 W	135km	秋田県(2013)より設定。
すべり量 D	8.1m	秋田県(2013)より設定。
断層面上縁深さ d	0km	秋田県(2013)より設定。
走向 θ	14°	秋田県(2013)より設定。
傾斜角 δ	20°	秋田県(2013)より設定。
すべり角 λ	90°	秋田県(2013)より設定。



海域A+B+C連動

7.2 地方自治体モデルによる検討

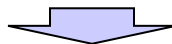
(1) 秋田県の断層モデルによる検討

秋田県(2013)の断層モデルによる検討(2/2) 数値シミュレーション結果

○秋田県(2013)の断層モデル(海域A+B+C連動モデル)の数値シミュレーション結果は、以下のとおりである

秋田県(2013)の断層モデル(海域A+B+C連動モデル)の数値シミュレーション結果

区分	秋田県(2013)	【参考】 日本海東縁部に 想定される地震に伴う津波 (当社評価結果)
	海域A+B+C 連動モデル 評価値	評価値
防潮堤前面 (上昇側)	2.53m	10.20m
3号炉取水口 (上昇側)	2.15m	8.50m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	2.15m	8.63m
放水口 (上昇側)	1.78m	9.20m
3号炉取水口 (下降側)	2.07m	9.11m (参考値)
「貯留堰を 下回る時間」	0s	706s



○秋田県(2013)の断層モデル(海域A+B+C連動モデル)の数値シミュレーション結果は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(当社評価結果)を上回らないことを確認した。

7.2 地方自治体モデルによる検討

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価
 - 7.1 国の検討会モデルによる検討
 - 7.2 地方自治体モデルによる検討
 - (1) 秋田県の断層モデルによる検討
 - (2) 北海道の断層モデルによる検討
 - 7.3 行政機関による津波評価(まとめ)

参考文献

7.2 地方自治体モデルによる検討

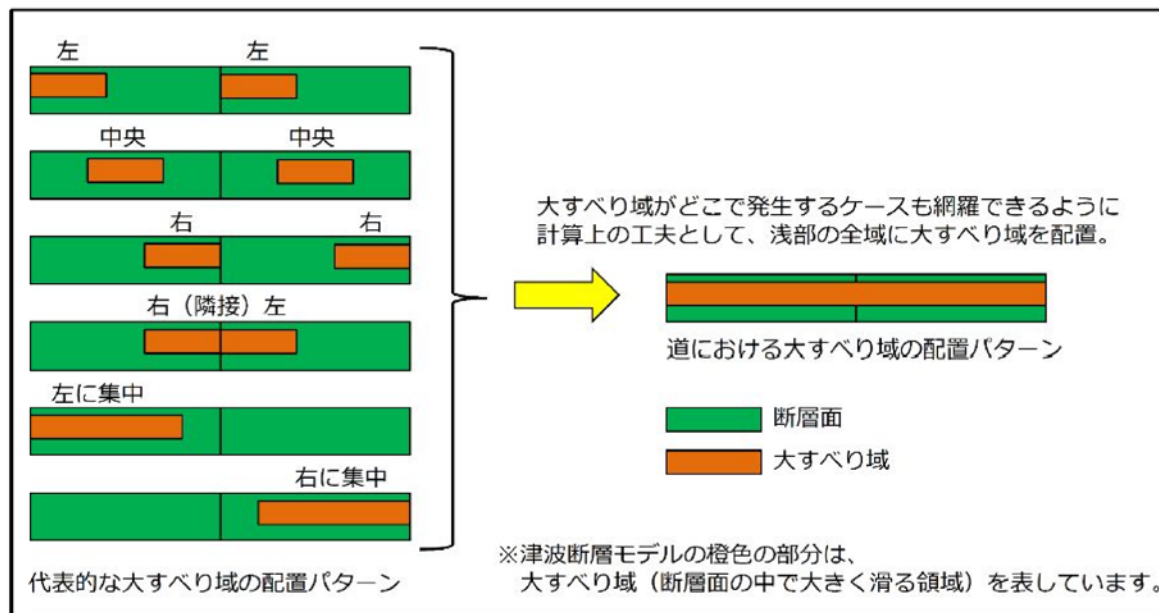
(2) 北海道の断層モデルによる検討

北海道(2017)の断層モデルによる検討(1/5) 検討方針(1/2)

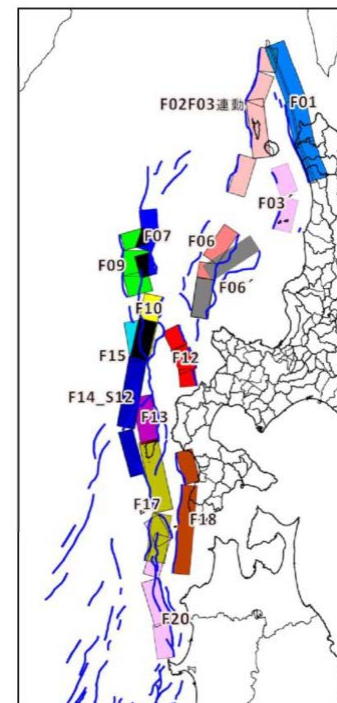
○北海道(2017)では、国交省ほか(2014)における大すべり域の位置の不確かさを考慮した断層モデルに対して、大すべり域を浅部の全域に配置した断層モデルとしている。

○以上を踏まえ、北海道(2017)より公表された断層モデルのうち、泊発電所に近い位置に断層モデルであるF12断層、F14断層*及びF15断層を用いて、浅部の大すべり域を全域に配置した津波の数値シミュレーションを実施する。

*F14断層については、北海道(2017)の検討を踏まえ、南部のセグメント全体に大すべり域を配置した津波の数値シミュレーションを実施する(詳細は次頁参照)。



大すべり域の配置の考え方



津波断層モデル位置

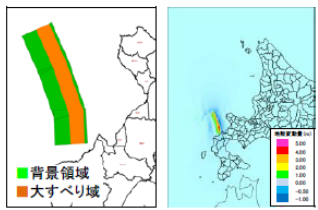
(北海道(2017)より引用)

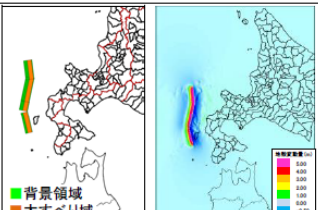
7.2 地方自治体モデルによる検討

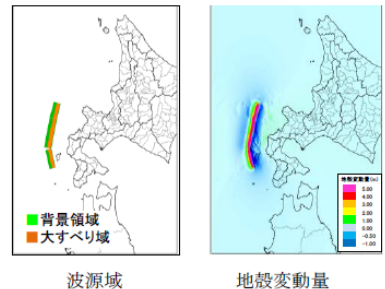
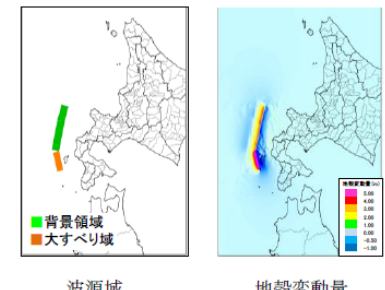
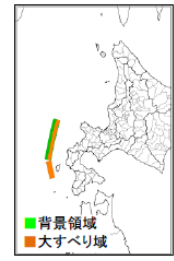
(2) 北海道の断層モデルによる検討

北海道(2017)の断層モデルによる検討(2/5) 検討方針(2/2)

- F12断層, F14断層①及びF15断層は, 浅部の大すべり域を全域に配置した断層モデルを設定する。
- 上記に加え, F14断層②は, 南部のセグメント全体に大すべり域を配置した断層モデル※を設定する。
- ※北海道南西沖地震の既存研究の再現性の高いモデルでは, 南部のセグメント全体が大すべり域であることを踏まえ, 設定したモデル。

対象地震	F12
想定地震の規模	モーメントマグニチュード 7.4 ※
概要	説明 国の報告書により設定された津波断層モデル F12 モデルをベースに、大すべり域を1つに繋げたモデルを設定
	波源域と地殻変動量 

対象地震	F15
想定地震の規模	モーメントマグニチュード 7.8 ※
概要	説明 国の報告書により設定された津波断層モデル F15 モデルをベースに、大すべり域を1つに繋げたモデルを設定
	波源域と地殻変動量 

対象地震	F14_S12
想定地震の規模	モーメントマグニチュード 7.9
概要	説明 国の報告書により設定された津波断層モデル F14 モデルをベースに、大すべり域を1つに繋げたモデル ① 北海道南西沖地震の既存研究の再現性の高いモデルでは、南部のセグメント全体が大すべり域であることから、国が示した F14 モデルの南側のセグメント全体を大すべり域として配置したモデル ② これら2つの津波シミュレーション結果を重ね合せ設定
	波源域と地殻変動量 ①大すべり域を一つに繋げたモデル  F14断層① ②南側セグメント全体を大すべり域としたモデル  F14断層② 2つの津波シミュレーション結果を重ね合せたモデル  F14_S12

(2) 北海道の断層モデルによる検討

北海道(2017)の断層モデルによる検討(3/5) 断層モデル(1/2)

○北海道(2017)より断層モデル諸元を下表のとおり設定した。

[断層モデル諸元]

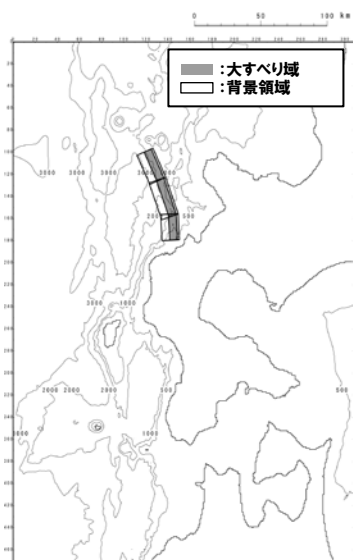
断層パラメータ	F12断層			F14断層①				F14断層②				F15断層			
	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント④	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント④	セグメント①	セグメント②	セグメント③	セグメント④
モーメント マグニチュード M_w	7.50			7.92				7.89				7.92			
合計断層長さ L	73.0m			175.0km				175.0km				177.0km			
断層長さ	24.0km	29.3km	19.7km	43.3km	57.1km	22.5km	51.9km	43.3km	57.1km	22.5km	51.9km	45.2km	57.1km	22.5km	51.9km
断層幅 W	18.7km	18.7km	18.7km	20.3km	20.3km	20.3km	16.6km	20.3km	20.3km	20.3km	16.6km	20.1km	20.1km	20.1km	16.4km
平均すべり量 D	4.8m			8.2m				7.5m				8.2m			
すべり量(背景領域)	2.65m	2.84m	2.49m	4.36m	4.36m	4.24m	4.31m	6.00m	6.00m	6.00m	12.00m	4.67m	4.36m	4.24m	4.31m
すべり量(大すべり域)	7.42m	7.42m	7.42m	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m	—	—	—	—	12.00m	12.00m	12.00m	12.00m
断層面上縁深さ d	1.0km			1.0km				1.0km				1.0km			
走向 θ	156°	161°	177°	195°	192°	192°	167°	195°	192°	192°	167°	173°	192°	192°	167°
傾斜角 δ	45°	45°	45°	45°	45°	45°	60°	45°	45°	45°	60°	45°	45°	45°	60°
すべり角 λ	62°	65°	79°	99°	111°	111°	105°	99°	111°	111°	105°	97°	111°	111°	105°

※断層パラメータは、北海道(2017)より設定。

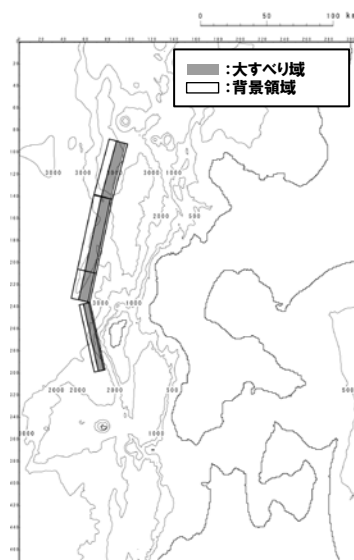
7.2 地方自治体モデルによる検討

(2) 北海道の断層モデルによる検討

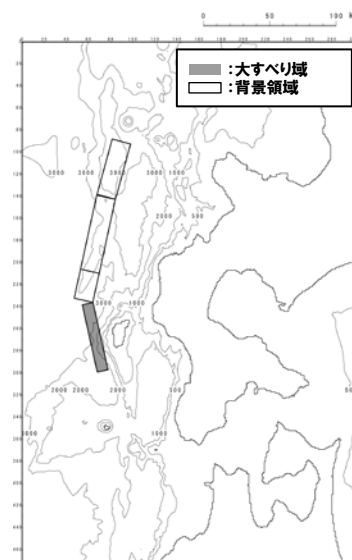
北海道(2017)の断層モデルによる検討(4/5) 断層モデル(2/2)



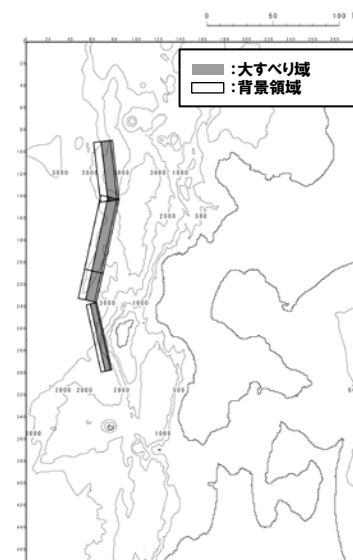
F12断層



F14断層①



F14断層②



F15断層

(2) 北海道の断層モデルによる検討

北海道(2017)の断層モデルによる検討(5/5) 数値シミュレーション結果

○北海道(2017)の断層モデル(F12断層, F14断層①, F14断層②及びF15断層)の数値シミュレーション結果は、以下のとおりである

北海道(2017)の断層モデル(F12断層, F14断層①, F14断層②及びF15断層)の数値シミュレーション結果

区分	北海道(2017)				【参考】 日本海東縁部に 想定される地震に伴う津波 (当社評価結果)
	F12断層	F14断層①	F14断層②	F15断層	
	評価値	評価値	評価値	評価値	評価値
防潮堤前面 (上昇側)	4.76m	4.72m	3.92m	5.62m	10.20m
3号炉取水口 (上昇側)	2.78m	3.70m	3.81m	3.82m	8.50m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	2.58m	3.77m	3.55m	3.76m	8.63m
放水口 (上昇側)	2.59m	3.95m	2.66m	3.35m	9.20m
3号炉取水口 (下降側)	2.81m	3.40m	2.54m	4.07m	9.11m (参考値)
「貯留堰を 下回る時間」	0s	0s	0s	16s	706s

※黄ハッチングは評価項目の最大ケースである。

○北海道(2017)の断層モデル(F12断層, F14断層①, F14断層②及びF15断層)の数値シミュレーション結果は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(当社評価結果)を上回らないことを確認した。

7.3 行政機関による津波評価(まとめ)

1. 申請時からの主な変更内容
2. 既往津波の検討
3. 地震に伴う津波
4. 地震以外の要因に伴う津波
5. 地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ
6. 基準津波策定
7. 行政機関による津波評価
 - 7.1 国の検討会モデルによる検討
 - 7.2 地方自治体モデルによる検討
 - (1) 秋田県の断層モデルによる検討
 - (2) 北海道の断層モデルによる検討
 - 7.3 行政機関による津波評価(まとめ)

参考文献

7.3 行政機関による津波評価(まとめ)

行政機関による津波評価(まとめ)

一部修正 (H26/12/5審査会合)

○行政機関による津波評価として、国交省ほか(2014)、秋田県(2013)及び北海道(2017)による津波の数値シミュレーション結果は下表のとおりであり、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(当社評価結果)^{※1}との比較を行った。

※1:「地震に伴う津波と地震以外の要因に伴う津波の組合せ」の結果ではなく、「地震に伴う津波」としての影響の大きさを比較する観点から、「日本海東縁部に想定される地震に伴う津波」と比較した。

行政機関による津波評価に基づく津波の数値シミュレーション結果

区分	国交省ほか(2014)			秋田県(2013)	北海道(2017)				【参考】 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (当社評価結果) 評価値
	F12断層	F14断層	F15断層	海域A+B+C 連動モデル	F12断層	F14断層①	F14断層②	F15断層	
	評価値	評価値	評価値	評価値	評価値	評価値	評価値	評価値	
防潮堤前面 (上昇側)	4.05m	4.29m	4.87m	2.53m	4.76m	4.72m	3.92m	5.62m	10.20m
3号炉取水口 (上昇側)	2.47m	3.49m	3.37m	2.15m	2.78m	3.70m	3.81m	3.82m	8.50m
1, 2号炉取水口 (上昇側)	2.50m	3.44m	3.37m	2.15m	2.58m	3.77m	3.55m	3.76m	8.63m
放水口 (上昇側)	2.57m	3.54m	3.13m	1.78m	2.59m	3.95m	2.66m	3.35m	9.20m
3号炉取水口 (下降側)	2.50m	2.74m	3.33m	2.07m	2.81m	3.40m	2.54m	4.07m	9.11m (参考値)
「貯留堰を 下回る時間」	0s	0s	0s	0s	0s	0s	0s	16s	706s

(黄色ハッチング:行政機関による津波評価に基づく水位変動量の最大ケース)



○行政機関による津波の数値シミュレーション結果は、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(当社評価結果)を上回らないことを確認した。

参考文献

- ・ 渡辺偉夫 (1998) : 日本被害津波総覧 [第2版], 東京大学出版会, 238p.
- ・ 羽鳥徳太郎 (1984a) : 北海道渡島沖津波 (1741年) の挙動の再検討, 東京大学地震研究所彙報, 59, pp.115-125.
- ・ 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, 694p.
- ・ 羽鳥徳太郎 (1996) : 日本近海における津波マグニチュードの特性, 津波工学研究報告, Vol.13, pp.17-26.
- ・ 羽鳥徳太郎 (1986) : 津波の規模階級の区分, 東京大学地震研究所彙報, Vol.61, pp.503-515.
- ・ 国立天文台編 (2016) : 理科年表, 平成28年版, 丸善出版.
- ・ 羽鳥徳太郎 (1995) : 日本海沿岸における津波エネルギー分布, 地震, 第2輯, 第48巻, pp.229-233.
- ・ 北海道 (2013) : 平成24年度日本海沿岸の津波浸水想定の特検・見直し報告書, 北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワーキンググループ.
- ・ 川上源太郎・仁科健二・加瀬善洋・廣瀬亘・田近淳・渡邊達也・石丸聡・嵯峨山積・林圭一・高橋良・深見浩司・田村慎・輿水健一・岡崎紀俊・大津直 (2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴: 充填研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書, 北海道地質研究所調査研究報告, 第42号, pp1-218.
- ・ 川上源太郎・加瀬善洋・卜部厚志・高清水康博・仁科健二 (2017a) : 日本海東縁の津波とイベント堆積物, 地質学雑誌, 第123巻, 第10号, pp.857-877.
- ・ Gentaro Kawakami, Kenji Nishina, Yoshihiro Kase, Jun Tajika, Keiichi Hayashi, Wataru Hirose, Tsumoru Sagayama, Tatsuya Watanabe, Satoshi Ishimaru, Ken'ichi Koshimizu, Ryo Takahashi and Kazuomi Hirakawa. (2017b) : Stratigraphic record tsunami along the Japan Sea, southwest Hokkaido, northern Japan, Island Arc, Volume26, Issue4, p.18.
- ・ 東大地震研 (2017) : 平成29年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書.
- ・ 北海道立総合研究機構 (2013) : 平成24年度津波堆積物調査研究業務報告書.
- ・ 羽鳥徳太郎・片山通子 (1977) : 日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, pp.49-70.
- ・ 宮部直巳 (1941) : 昭和15年8月2日日本海に起つた津浪, 東京帝國大學地震研究所彙報, pp.104-114.
- ・ 中央气象台 (1940) : 「気象要覧」, 第492号, pp.954-956.
- ・ 斎藤博英 (1941) : 北海道西岸を襲ひし津浪, 北海道気象要報, 第1巻, 第3号, pp.107-125.
- ・ 気象庁 (1984) : 昭和58年 (1983年) 日本海中部地震調査報告, 気象庁技術報告, 第106号, p.254.
- ・ 後藤章夫・高橋浩晃・宇津木充・小野忍・大島弘光・笠原稔・竹中博士・齊田智治 (1994) : 北海道南西沖地震に伴う津波-小樽から礼文島まで, 月刊海洋, 号外No.7, pp.153-158.
- ・ 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, pp.71-101.
- ・ 土木学会 (2016) : 「原子力発電所の津波評価技術」, 土木学会原子力土木委員会津波評価部会.

参考文献

- 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編 (2012) : 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース.
- 産業技術総合研究所 (2013) : 日本の火山 (第3版).
- 兼岡一郎・井田喜朗 (1997) : 火山とマグマ, 東京大学出版社.
- 中村浩之・井上公夫・土屋智・石川芳治 (2000) : 地震砂防, 古今書院.
- 太田一也 (1987a) : 眉山大崩壊のメカニズムと津波, 月刊地球, 9巻4号, pp.214-220.
- 小嶋尚・野上道男・小野有五・平川一臣 (2003) : 日本の地形2 北海道, 東京大学出版会.
- 児玉浩・宇井忠英・中川光弘 (1998b) : ニセコ火山群の火山活動史, 日本岩石鉱物鉱床学会 平成9年度学術講演会予稿集, p.8.
- 勝井義雄・岡田弘・中川光弘 (2007) : 北海道の活火山, 北海道新聞社.
- 気象庁 (2013) : 日本活火山総覧 (第4版).
- 奥野充 (2003) : ニセコ・イワオヌプリ, 大雪山・旭岳, 屈斜路・アトサヌプリにおける最新噴火の年代学的研究, 文部省科学研究費重点領域研究 北海道における完新世火山の火山活動特性の評価研究成果報告書, pp.13-23.
- 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会: 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書, 平成12年10月.
- 気象庁 (2011) : 地震年報.
- Kaneoka Ichiro, Hiromitsu Yamagishi and Masahiro Yahata (1987) : K-Ar Ages of the Neogene Submarine Volcanic Rocks and Overlying Quaternary Subaerial Lavas from the Mt.karibayama Area, Southwest Hokkaido, Bujl. Volcanol. Soc. Japan, Ser.2, Vol, 32 (1987) No. 4, pp. 329-333.
- 秦光男・佐藤博之・須田芳朗・小川健三 (1979) : 20万分の1地質図「久遠」, 工業技術院地質調査所.
- 井口隆 (2006) : 日本の第四紀火山で生じた山体崩壊・岩屑なだれの特徴-発生状況・規模と運動形態・崩壊地形・流動堆積状況・発生原因について-, Journal of the Japan Landslide Society, Vol.42, No.5 (2006) January, pp.409-420.
- 雁沢好博 (1992) : 西南北海道渡島半島の第三系層序と古地理, 地理学論集, No.37, pp.11-23.
- 玉生志郎 (1978) : ガラスによるフィッション・トラック年代測定, 日本地質学会第85年学術大会講演要旨, p.288.
- 宇井忠英・中川光弘 (1999) : 第四紀火山カタログ委員会編 日本の第四紀火山カタログ1999, 日本火山学会.
- Satake,K. (2007) : Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol.59, pp.381-390.
- 秦光男・瀬川秀良・矢島淳吉 (1982) : 奥尻島北部及び南部地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅) 地質調査所, p.83.
- 鹿野和彦・吉村洋平・石山大三・Geoffrey J.Orton・大口健志 (2006) : 北海道奥尻島 勝間山火山の噴出物と構造, 火山, 第51巻 (2006), 第4号, pp.211-229.

参考文献

- 高速道路調査会(1985):地すべり地形の安定度評価に関する研究報告書, p.36.
- Kawamata,K., K.Takaoka, K.Ban, F.Imamura, S.Yamaki, and E.Kobayashi (2005): Model of tsunami generation by collapse of volcanic eruption: The 1741 Oshima-Oshima Tsunami, Tsunamis, Vol23, pp.79-96.
- Hampton and Lee (1996): SUBMARINE LANDSLIDES, Reviews of Geophysics, Volume 34, Issue 1, pp.33-59.
- 鈴木博・長嶋昭(1980):高圧力下における海水の粘性係数, 日本機械学会論文集(B編), 46巻, 408号, pp.1574-1582.
- 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株)(2006):設計要領第一集土工編:pp.1-44.
- 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株)(2007):設計要領第二集橋梁建設編:pp.4-8.
- 高橋保・小林幸一郎(1993):粘性土石流の流動機構に関する研究, 京都大学防災研究所年報第36号B-2, pp.433-449.
- 地盤工学会(2009):地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-, 丸善, p.55.
- 日本機械学会(2006):機械工学便覧基礎編α4 流体力学, 丸善, p.84.
- 土木学会(1999):水理公式集(平成11年版), p.245, pp.374-376.
- 水山高久・吉松弘行・鈴木浩之(1985):湛水した砂防ダムに流入する土石流の影響, 第29回水理講演会論文集, pp.639-644.
- 道上正規・檜谷浩・木戸 正二(1996):貯水池内での土砂流入に伴う水面波に関する実験的研究.
- 松村和樹・高濱淳一郎・嶋大尚・村上正人・道上正規・檜谷浩・哇森雅樹・北栄雅人(1997):土塊が水域に突入することによる段波の形成過程に関する実験的研究.
- 松本智裕・橋和正・今村文彦・首藤伸夫(1998):土石流による津波発生・伝播モデルの開発, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.346-350.
- 土木学会(2002):「原子力発電所の津波評価技術」, 土木学会原子力土木委員会津波評価部会.
- 山岸宏光・石井正之(1979):5万分の1地質図幅説明書「余別および積丹岬」北海道立地下資源調査所.
- 藤原明敏(1970):地すべり調査と解析, pp.148-149.
- 稲垣秀輝・大久保拓郎・長谷川修一・矢田部龍一(2005):古期地すべりの安定性, 土と基礎, Vol.53, No.2, pp.17-19.
- 柳田誠・長谷川修一(2000):地すべり地形の年齢-地すべり地形の形成から消失までの時間-, 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.591-594.
- 国土交通省(2008):地すべり防止技術指針及び同解説, 平成20年4月, 国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所, p.52.
- 森脇寛(1987):崩土の到達距離予測, 日本地すべり学会誌, 地すべり, 第24巻, 第2号, pp.10-16.
- 山田剛二・渡正亮・小橋澄治(1971):地すべり・斜面崩壊の実態と対策, pp.310-325.
- 土木学会(1997):大規模岩盤崩壊に関する技術検討委員会報告書.
- 川本眺万(1975):岩盤力学, p.161.
- 国土交通省・内閣府・文部科学省(2014):日本海における大規模地震に関する調査検討会 報告書, 平成26年9月日本海における大規模地震に関する調査検討会.
- 地震本部(2003):日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 地震調査研究推進本部, p.62

参考文献

(WEB)

- 東北大学・原子力規制庁 (2014) : 津波痕跡データベース.
<https://tsunami-db.irides.tohoku.ac.jp/tsunami/mainframe.php>
- 海上保安庁海域火山データベース: <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm>
- 気象庁 火山活動解説資料: http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.htm
- (独) 防災科学技術研究所 地すべり地形分布図データベース: <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>
- (独) 産業技術総合研究所地質調査総合センター 日本の火山: <https://gbank.gsj.jp/volcano/>
- 秋田県 (2013) : 「地震被害想定調査」に係る津波関連データについて.
<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/6779>
- 北海道 (2017) : 北海道日本海沿岸における津波浸水想定公表について.
https://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/sbs/nihonkai_tsunami-sinnsuisoutei.html
- 青森県 (2015) : 津波浸水想定設定.
<https://www.pref.aomori.lg.jp/kotsu/build/tunami-sinnsuisoutei.html>
- 山形県 (2014) : 山形県津波浸水想定, 被害想定検討委員会について.
<https://www.pref.yamagata.jp/020072/bosai/kochibou/bousaijouhou/jishintsunami/tsunami/shinnsuisoutei/tsunamiinkai.html>
- 新潟県 (2014) : 新潟県地域防災計画.
<https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/bosaikikaku/sec-bousaikikaku-chiikibousaieikaku.html>
- 富山県 (2012) : 津波浸水想定公表について.
<https://www.pref.toyama.jp/1900/bousaianzen/bousai/suigai/kj00017580.html>
- 石川県 (2012) : 石川県津波浸水想定区域図の作成について.
https://www.pref.ishikawa.lg.jp/bousai/kikikanri_g/tsunami_info.html
- 福井県 (2012) : 福井県における津波シミュレーション結果の公表について.
<https://www.pref.fukui.lg.jp/doc/kikitaisaku/kikitaisaku/tunami-soutei.html>
- 鳥取県 (2012) : 鳥取県津波対策検討委員会.
<https://www.pref.tottori.lg.jp/273953.htm>
- 島根県 (2012) : 島根県津波浸水想定区域マップ.
https://web-gis.pref.shimane.lg.jp/bousai_shiryu/tsunamishinsui_souteizuH29.html
https://www.pref.shimane.lg.jp/bousai_info/bousai/bousai/bosai_shiryu/tsunamishinsui_souteizuH29.html
- 山口県 (2015) : 山口県津波浸水想定図.
<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/soshiki/6/12640.html>