

# 泊発電所3号炉 津波評価について

(補足説明資料) (資料3)

令和5年12月26日  
北海道電力株式会社

# 目次

## 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	4
2.2 津波堆積物調査	7
2.3 既往津波の再現解析	54

## 3. 地震に伴う津波

4. 地震以外の要因に伴う津波	59
4.1 火山による山体崩壊に伴う津波	60
4.2 海底地すべりに伴う津波	105
4.3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波	126
4.4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波	238

## 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	283
7.1 国の検討会モデルによる検討	284
7.2 地方自治体モデルによる検討	287

参考文献	296
------	-----

## 2. 既往津波の検討

### 1. 計算条件

### 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

## 1. 計算条件

## 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 日本海における既往津波 (1/2)

○日本海を波源域とし、北海道から本州に襲った既往津波の発生状況について文献調査を行った。

発生日元号	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)				
701年5月12日 大宝元年	若狭湾	—	—	—	<2>	・地震うこと3日。若狭湾内の凡海郷が海に没したという「冠島伝説」があるが、疑わしい。	記録なし
850年11月27日 嘉祥3年	山形沖	39.0°	139.7°	≒7.0	<2>	・地裂け、山崩れ、国府の城柵は傾倒し、圧死多数。最上川の岸崩れ、海水は国府から6里のところまで迫った。	記録なし
863年7月10日 貞観5年	新潟沖	—	—	7以上	<2?>	・山崩れ、谷埋まり、水湧き、民家破壊し、圧死多数。直江津付近にあった数個の小島が潰滅したという。	記録なし
887年8月2日 仁和3年	新潟南部沖	—	—	—	<2>	・越後で津波を伴い、溺死者数千という。京都有感。越後に関する史料の信憑性不十分。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1026年6月16日 万寿3年	島根県沖	—	—	—	—	・現益田市高津川河口沖にあった鴨島が大波(あるいは大海嘯)によって崩され、海中に没したという。波は川沿いに16km上流に達したという。被害は50km以上東の黒松(現津江市黒松町)にまで及んだ。口碑および信憑性の低い史料による。その上、これら口碑・史料に「地震」という語は見出せない。(宇佐美ほか(2013)) ・石見(現在の島根県益田市)の海岸に巨大な津波が襲来した。大規模な斜面崩壊による海洋変動が津波発生の原因とされている。(箕浦ほか(2014)(10)) ・影響範囲は山口県の須佐から島根県の江津の間とされている。(飯田(1985)(11)) ⇒島根県に影響があったのは益田市から江津市とされていることから、敷地には津波による影響はなかったと考えられる。	記録なし
1092年9月13日 寛治6年	新潟沖	—	—	—	<2?>	・柏崎〜岩船間の沿岸、海府浦・親不知大津波におそわる。「地震」とある古記もある、地震の状況を記した古記録未発見。疑わしい。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1614年11月26日 慶長19年	新潟南部沖	—	—	—	2	・従来、越後高田の地震とされていたもの。大地震の割に史料が少なく、震源については検討すべきことが多い。京都で家屋・社寺などが倒壊し、死2、傷370という。京都付近の地震とする説がある。	記録なし
1644年10月18日 正保1年	秋田本庄	39.4°	140.0°	6.5±1/4	<1>	・本荘城崩壊し、屋倒れ、死者があった。市街で焼失が多かった。金浦村・石沢村で被害。院内村で地裂け、水が湧出した。	記録なし
1729年8月1日 享保14年	能登近海	37.4°	137.1°	6.6~7.0	<-1?>	・珠洲郡・鳳至郡で損・潰家791、死5、山崩れ1731ヶ所。輪島村で潰家28、能登半島先端で被害が大きかった。	記録なし
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上旬より活動。13日に噴火した。19日早朝に津波、北海道で死1467、流出家屋729、船1521破壊。津軽で田畑の損も多く、流失潰家約100、死37。佐渡・能登・若狭にも津波。 ・江の川河口(島根県津江市)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が、火山噴火に伴うものなのか、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
1762年10月31日 宝暦12年	新潟県沖	38.1°	138.7°	≒7.0	1	・石垣・家屋が破壊、銀山道が崩れ、死者があった。鶴島村で津波により26戸流出。新潟で地割れを生じ、砂と水を噴出。酒田・羽前南村山郡・日光で有感。	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。美国でも溺死若干。	記録なし
1793年2月8日 寛政5年	青森県西方沖	40.85°	139.95°	6.9~7.1	1	・鯉ヶ沢・深浦で激しく、全体で潰家154、死12など。大戸瀬を中心に約12kmの沿岸が最高3.5m隆起した。小津波があり、余震が続いた。	記録なし
1799年6月29日 寛政11年	石川近海	36.6°	136.7°	6.0±1/4	<1>	・上下動が激しく、屋根石が1尺も飛び上がったという。金沢城で石垣破壊、城下で潰家4169。能美・石川・河北郡で潰家1003、潰家964。全体で死21。	記録なし
1802年12月9日 享和2年	佐渡	37.8°	138.35°	6.5~7.0	<0?>	・巳刻の地震で微小被害、未刻の地震は大きく、佐渡3郡全体で焼失328、潰家732、死19。島の西南海岸が最大2m隆起した。鶴岡で強く感じ、米沢・江戸・日光・高山・秋田・弘前で有感。	記録なし
1804年7月10日 文化1年	秋田・山形県境沿岸 「象潟地震」	39.05°	139.95°	7.0±0.1	<1>	・5月より付近で鳴動があった。被害は全体で潰家5千以上、死300以上。象潟湖が隆起して乾陸あるいは沼となった。余震が多かった。象潟・酒田などに津波の記事がある。	記録なし
1810年9月25日 文化7年	男鹿半島沿岸	39.9°	139.9°	6.5±1/4	<-1>	・男鹿半島の東半分5月頃より鳴動し、7月中旬から地震が頻発、27日に大地震。寒風山を中心に被害があり、全潰1003、死57。秋田で強く感じ、角館・大館・鯉ヶ沢・弘前・鶴岡で有感。	記録なし
1833年12月7日 天保4年	山形県沖	38.9°	139.25°	7 1/2±1/4	<2.5>	・庄内地方で特に被害が大きく、潰家475、死42。津波が本庄から新潟に至る海岸と佐渡を襲い、能登で大破流出家約345、死約100。	記録なし
1834年2月9日 天保5年	石狩湾	43.3°	141.4°	≒6.4	<1>	・地割れ、泥噴出。アイヌの家23潰れる。その他、会所などに被害。	記録なし
1872年3月14日 明治5年	島根県沖 「浜田地震」	35.15°	132.1°	7.1±0.2	0	・1週間ほど前から鳴動、当日には前震もあった。全体で全潰約5千、死約550。特に石見東部で被害が多かった。海岸沿いに数尺の隆起・沈降がみられ、小津波があった。	記録なし
1892年12月9日 明治25年	石川県西岸	37.1°	136.7°	6.4	0	・家屋・土蔵の破壊があった。11日にも同程度の地震があり、羽咋郡で全潰2、死1。	記録なし
1894年10月22日 明治27年	山形 「庄内地震」	38.9°	139.9°	7	<-1>	・被害は主として庄内平野に集中した。山形県下で全潰3858、半潰2397、全焼2148、死726。	記録なし

# 2.1 既往津波の文献調査

## 既往津波の文献調査 日本海における既往津波 (2/2)

発生日月 元号	波源域 <sup>※1</sup>	震央 <sup>※2</sup>		地震規模 <sup>※2</sup> (M)	津波規模 <sup>※3</sup> (m)	地震津波の概要 <sup>※4</sup>	発電所近傍の 痕跡高 <sup>※5</sup> (m)
		経度 (° E)	緯度 (° N)				
1898年4月3日 明治31年	山口県見島	34.6°	131.2°	6.2	-1	・見島西部で強く、神社仏閣の損傷・倒潰、石垣の崩壊があった。	記録なし
1927年3月7日 昭和2年	京都府北西部沿岸 「北丹後地震」	35° 38'	134° 56'	7.3	0	・被害は丹後半島の頭部が最も激しく、淡路・福井・岡山・米子・徳島・三重・香川・大阪に及ぶ。全体で死2925、家屋全潰12584(住家 5106、非住家7478)。郷村断層(長さ18km、水平ずれ最大2.7m)とそれに直交する山田断層(長さ7km)を生じた。測量により、地震に伴った地殻の変形が明らかになった。	記録なし
1939年5月1日 昭和14年	男鹿半島沖 「男鹿地震」	39° 57'	139° 47'	6.8	-1	・2分後にもM6.7の地震があった。半島頭部で被害があり、死27、住家全潰479など。軽微な津波があった。半島西部が最大44cm隆起した。	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、羽幌・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)
1947年11月4日 昭和22年	北海道西方沖	43° 55'	140° 48'	6.7	1	・北海道西方沖:北海道の西岸に津波があり、波高は利尻島省形で2m、羽幌付近で0.7m、小被害があった。	記録なし
1964年5月7日 昭和39年	秋田県沖	40° 24'	138° 40'	6.9	-0.5	・青森・秋田・山形3県に民家全壊3などの被害があった。	記録なし
1964年6月16日 昭和39年	新潟県沖 「新潟地震」	38° 22'	139° 13'	7.5	2	・新潟・秋田・山形の各県を中心に被害があり、死26、住家全壊1960、半壊6640、浸水15297、その他船舶・道路の被害も多かった。新潟市内の各所で噴砂がみられ、地盤の液状化による被害が著しかった。石油タンクの火災が発生。津波が日本海沿岸一帯を襲い、波高は新潟県沿岸で4m以上に達した。粟島が約1m隆起した。	記録なし
1964年12月11日 昭和39年	秋田県沖	40° 26'	139° 00'	6.3	-1	・八郎潟干拓堤防約1kmが20cm沈下、亀裂2。津波は深浦で全振幅10cm。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
1971年9月6日 昭和46年	樺太南西沖	46.67	141.38	6.9	-1	・震度は稚内3、北見枝幸2、網走・根室1であったが、樺太全域で有感。震央付近では気象庁震度で5~6で地震による被害があったと思われる(詳細不明)。日本において津波は稚内で最も大きく、検潮記録による津波の波高は64cm。(渡辺(1998))	記録なし
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、一部破損3258、船沈没255、流失451、破損 1187。津波は早い所では津波警報発令以前に沿岸に到達した。石川・京都・鳥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2月7日 平成5年	能登半島沖	37° 39.4'	137° 17.8'	6.6	-0.5	・被害は珠洲市を中心に発生した。火災は130km離れた金沢市で1件発生したという統計もある。輪島に小津波(最大波高26cm)あり、小木港にも小津波があった。住家・非住家の被害には地盤沈下によるものも約20件くらいあった。(宇佐美ほか(2013))	記録なし
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を越えたところがある。 ・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、鳥根県70隻で鳥根では床下浸水50世帯を出した。(宇佐美ほか(2013))	岩内:2.27~3.56 泊:2.62、3.04
2007年3月25日 平成19年	能登地方 「能登半島地震」	37° 13.2'	136° 41.2'	6.9	-1	・海陸境界域の横ずれ成分を含む逆断層型地殻内地震。死1、傷 356、住家全壊686、半壊1740(2009年1月現在)。最大震度6強(石川県3市町)、珠洲と金沢で0.2mの津波。	記録なし
2007年7月16日 平成19年	柏崎沖 「新潟県中越沖地震」	37° 33.4'	138° 36.6'	6.8	-1	・新潟県沿岸海域の逆断層型地殻内地震(深さ17km)。2004年中越地震に近いが余震活動は不活発。震源域内の原子力発電所が被災した初めての例。死15、傷2346、住家全壊1331、半壊5710。最大震度6強(新潟県3市村、長野県1町)、地盤変状・液状化なども目立った。日本海沿岸で最大35cm(柏崎)の津波。	記録なし

※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、右表のように示した。

※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 <sup>※3</sup>	概況 <sup>※3</sup>
-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。

# 2. 2 津波堆積物調査

## 1. 計算条件

## 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

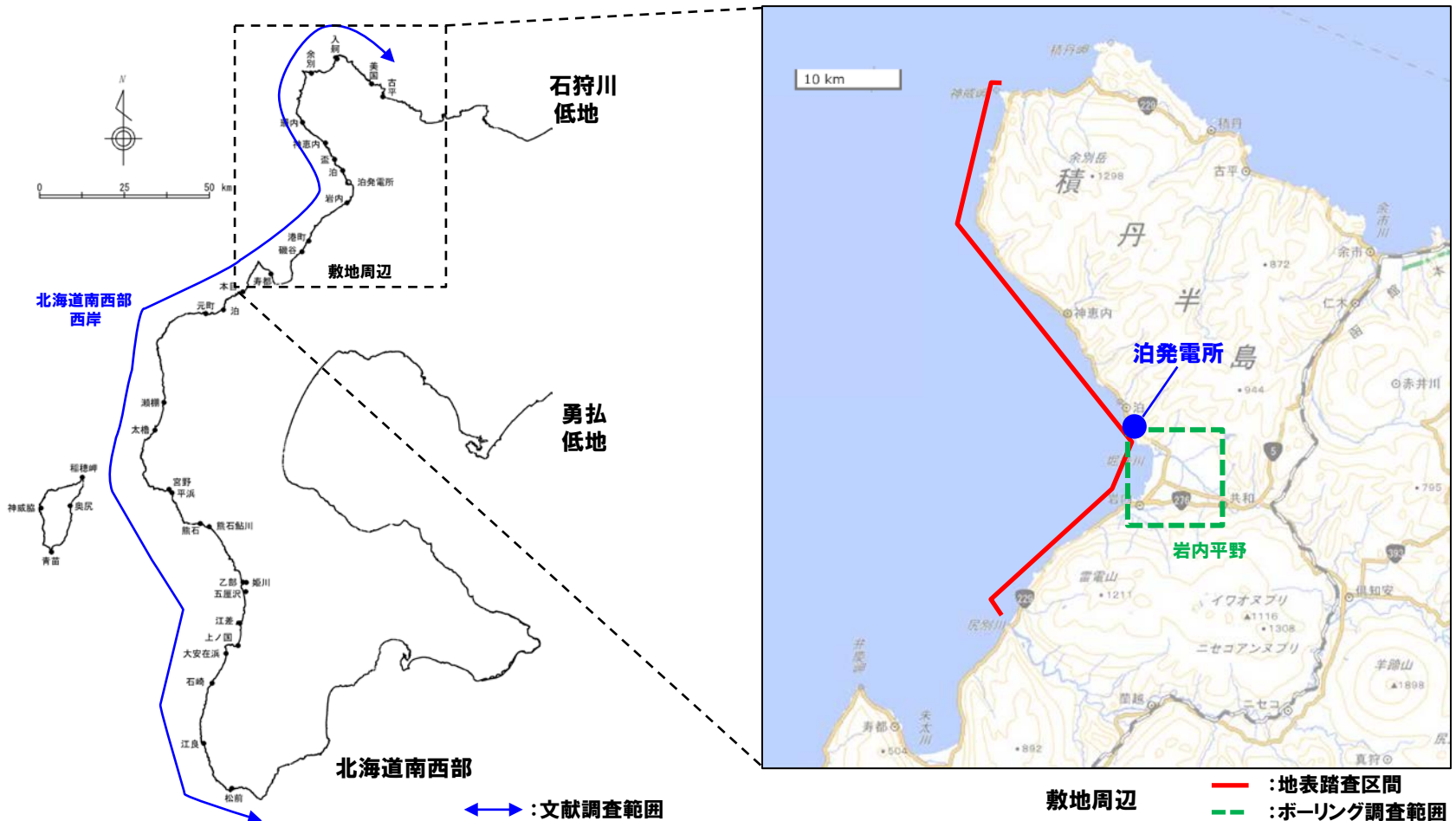
## 7. 行政機関による津波評価

## 参考文献

## 2.2 津波堆積物調査

### 津波堆積物調査及び検討範囲

- 津波堆積物の文献調査調査範囲は、泊発電所の敷地周辺に最も影響を与えた「1993年北海道南西沖地震津波」において津波痕跡高が大きい積丹半島以南の日本海沿岸を対象とした。小畔ほか(2003)では、当該地域を北海道南西部と大区分していることから北海道南西部西岸と呼称した。
- 津波堆積物の地表地質踏査範囲は、泊発電所の敷地周辺として、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を対象とした。特に敷地周辺の低地であり、泥炭層が厚い岩内平野をボーリング調査の対象範囲とした。





## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果(せたな町平浜) (1/3)

#### 【調査概要】

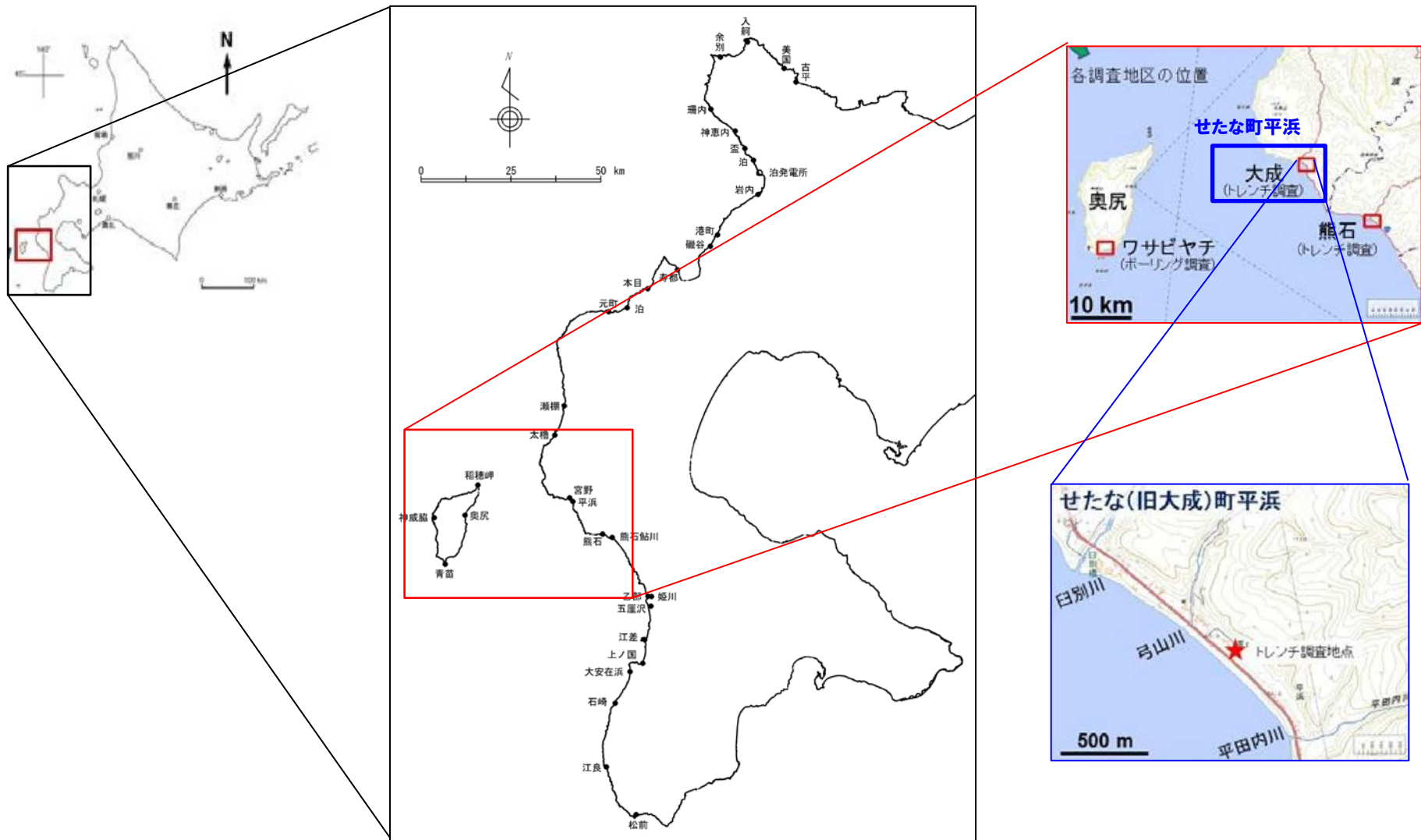
- 文献番号 : IV: 東大地震研(2017): 平成29年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書
- 調査方法 : トレンチ調査(3カ所)

#### 【調査結果】

- イベント堆積物 : Th-1~Th-3
- 津波堆積物 : Th-1~Th-3
- 年代 : Th-1(1741年), Th-2(12世紀), Th-3(2,500年前頃)
- 標高 : Th-1(約4.0m), Th-2(約3.5m), Th-3(約4.8m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・Th-2イベントやTh-3イベントを示す礫は、礫の形状の特徴からあきらかに海浜起源であり、礫の配列から求めた礫の供給方向も海浜方向であるとされている。
  - ・また、Th-2の礫を含む地層は後浜の環境から安定した地表に変化した層相であり、海浜環境ではなく、離水した環境に当時の海浜礫が運搬されたものであるとされている。
  - ・Th-1イベントは1741年の渡島大島の崩壊起源の津波、礫を多く含むTh-2イベントは、12世紀の津波による堆積物であると推定できるとされている。
  - ・Th-3イベントの砂層は、地層から採取した試料の年代では約2,000~2,200年前を示すが、これまでの檜山・奥尻地域における津波堆積物との対比を考慮すると約2,500年前の津波イベントに対比できる可能性が高いとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(せたな町平浜) (2/3)



調査位置(東大地震研, 2017に一部加筆)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(せたな町平浜) (3/3)

せたな町(旧大成町)・平浜トレンチ



図3 せたな町平浜地区でのトレンチ掘削地点の地形と掘削位置

トレンチ位置  
(東大地震研, 2017より)

トレンチ断面(HIM-1)



図4 せたな町平浜地区でのトレンチ1 (HIM-1) の層相  
トレンチ断面図(HIM-1) (東大地震研, 2017より)

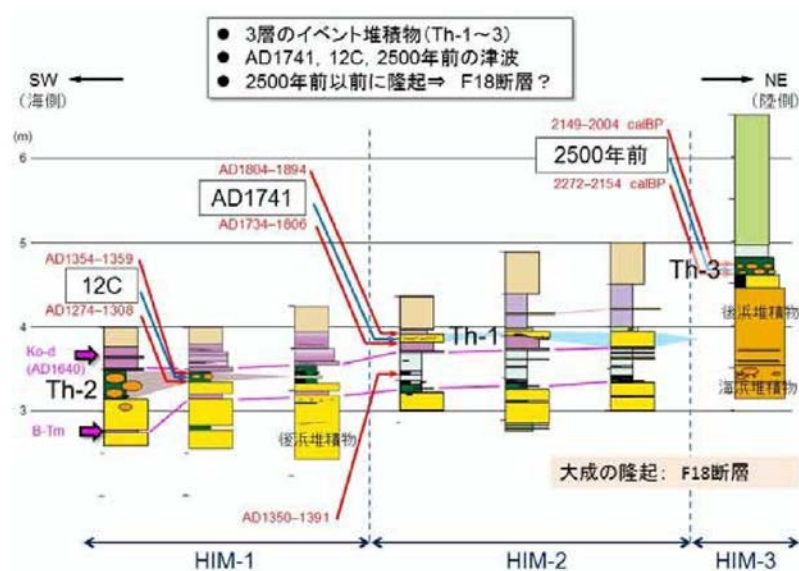


図5 せたな町平浜地区でのトレンチ1~3 (HIM-1~3) の層相対比とイベント堆積物  
柱状図(東大地震研, 2017より)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (八雲町熊石鮎川) (1/3)

### 【調査概要】

- 文献番号 :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
- 調査方法 :トレンチ調査(8ヶ所)

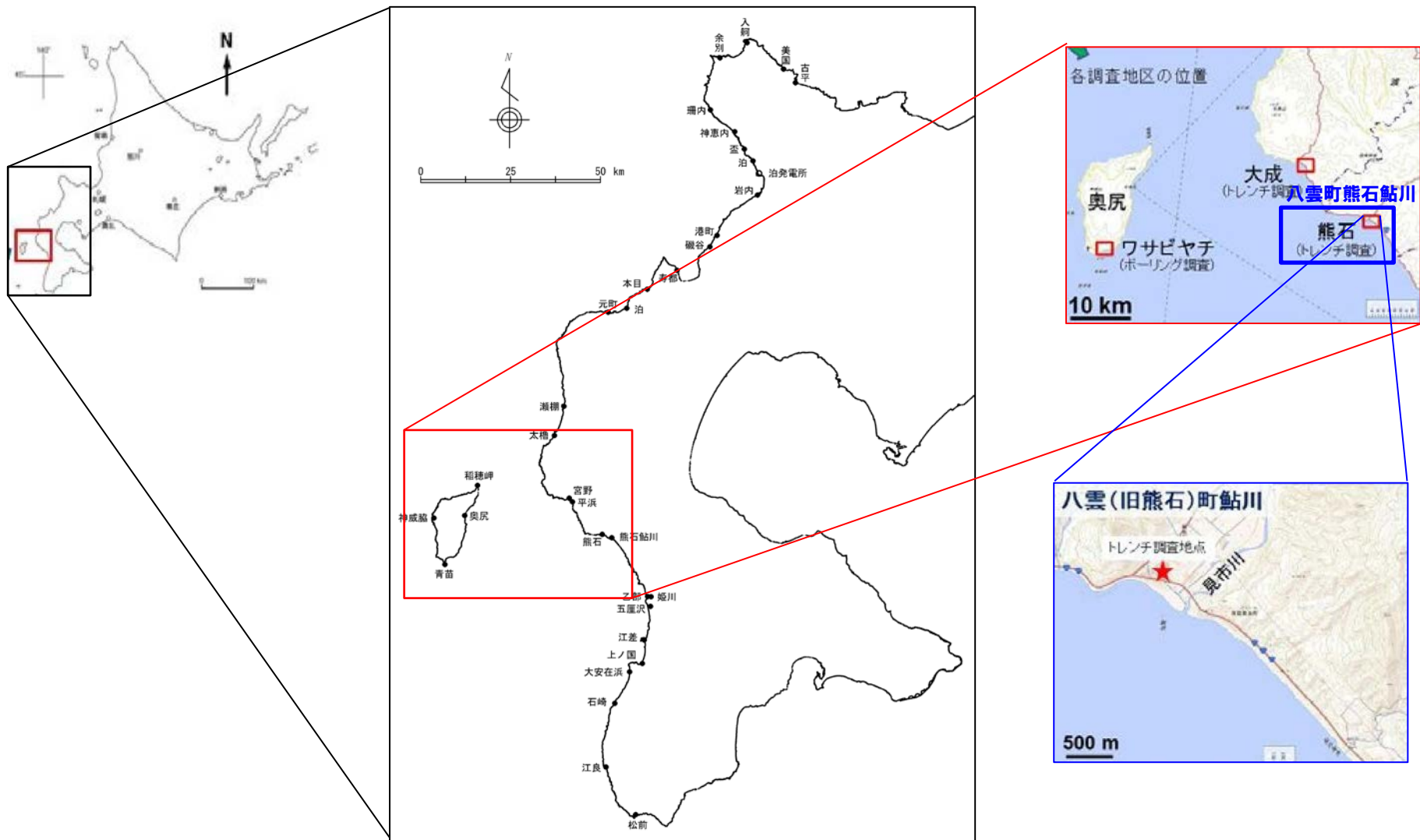
### 【調査結果】

- イベント堆積物 :Ku-1・Ku-2
- 津波堆積物 :Ku-2
- 年代 :Ku-2(1741年)
- 標高 :Ku-2(約2.4m~約2.7m)
- 津波堆積物・年代の根拠:

- ・氾濫原環境を示すシルト層に挟在する粗粒砂層(Ku-1イベント)は、層相から河川起源の砂層である可能性が高いとされている。
- ・Ku-2の浸食面を伴うイベント砂層は、構成する砂層ユニットの古流向から判断すると見市川河口からの遡上と戻り流れの方向を示し、河口から遡上したイベント砂層であることを示唆するとされている。
- ・トレンチ断面から採取した試料の年代とこれまでの檜山・奥尻地域における津波堆積物の年代から推定すると、1741年の渡島大島の崩壊起源の津波による堆積物であると推定できるとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(八雲町熊石鮎川) (2/3)



調査位置(東大地震研, 2017に一部加筆)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(八雲町熊石鮎川)(3/3)

八雲町(旧熊石町)・鮎川トレンチ



図6 八雲町鮎川地区でのトレンチ掘削地点の地形と掘削位置

トレンチ断面(AYU-3)

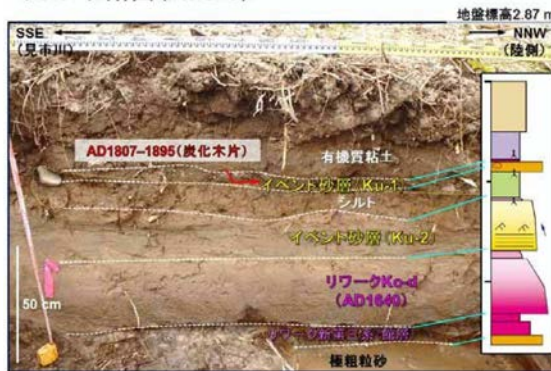
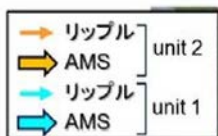


図7 八雲町鮎川地区でのトレンチ3 (AYU-3) の層相

トレンチ位置(東大地震研, 2017より)

トレンチ断面(東大地震研, 2017より)

Ku-2イベント



- 古流向(押し引きの流れ)
  - 層相(内部侵食面や、重鉱物を多く含む)
  - 形成年代(Ko-d上位)
- ⇒1741津波堆積物



図9 八雲町鮎川地区でのKu-2 イベント堆積物の古流向とイベント対比

トレンチ位置(東大地震研, 2017より)

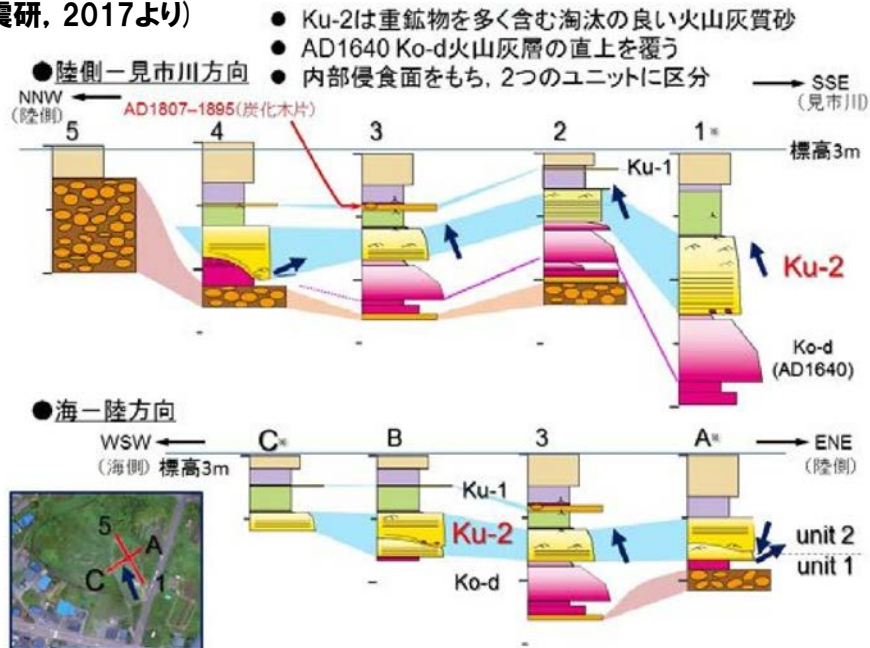


図8 八雲町鮎川地区でのトレンチ1~5、A~C (AYU-1~5、A~C) の層相対比とイベント堆積物

柱状図(東大地震研, 2017より)

## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果(乙部町姫川)(1/3)

#### 【調査概要】

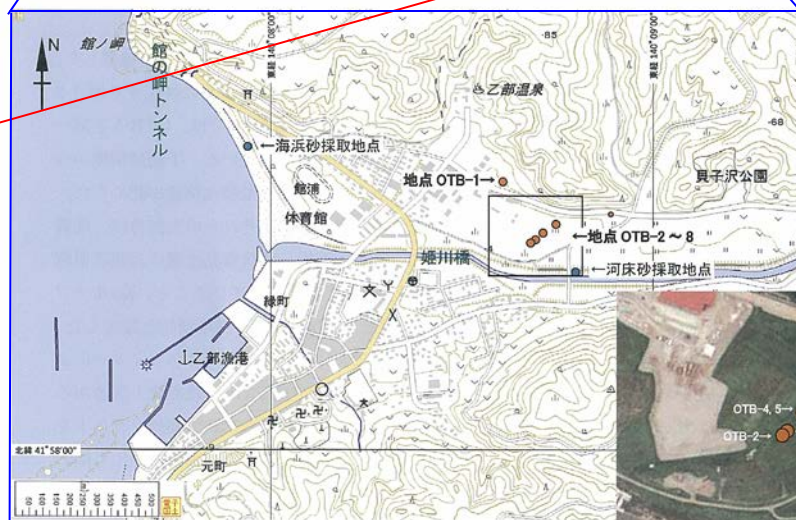
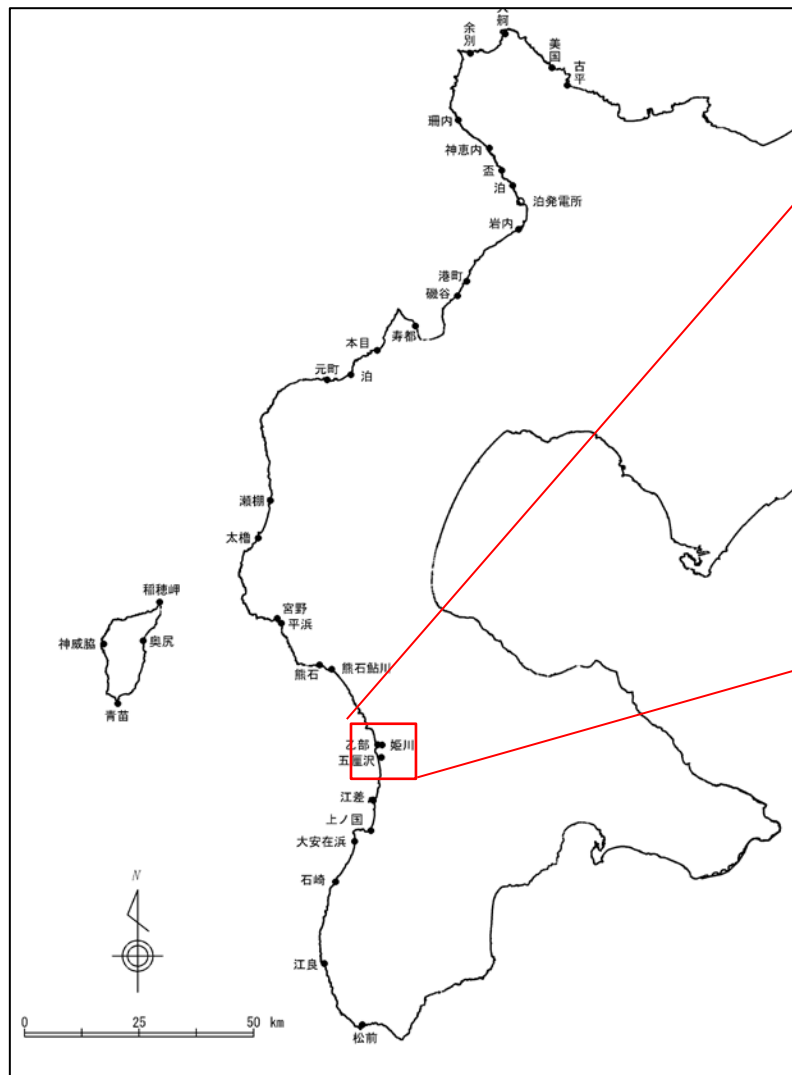
- 文献番号 : I : 川上ほか(2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書  
 II : Kawakami et al. (2017b) : Stratigraphic record tsunami along the Japan Sea, southwest Hokkaido, northern Japan
- 調査方法 : 露頭観察(6ヶ所), ハンディジオスライサー調査(2ヶ所)

#### 【調査結果】

- イベント堆積物 : Oh-1・Oh-2
- 津波堆積物 : Oh-1・Oh-2
- 年代 : Oh-1 (1741年), Oh-2 (13世紀頃)
- 標高 : Oh-1 (1.95m~2.4m), Oh-2 (約1.0m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
- ・Ko-dテフラの上位に1層(Oh-1), Ko-dテフラより下位に1層(Oh-2)のイベント砂層を認定したとされている。
  - ・上下の泥炭~泥炭質粘土層には他に明瞭な砂層が挟まれないこと, 基底に含まれる細礫~極粗粒砂が良く円磨されていること, Ko-dテフラとの関係から, イベント砂層Oh-1は洪水起源ではなく1741年の津波堆積物と推定したとされている。
  - ・OTB-7において, B-TmテフラとKo-dテフラの間に, 奥尻島や江差町五厘沢で認定した13世紀頃のイベントに対応する堆積物は認められないが, 高EC・低pHの幅の広いピークは, 奥尻島や江差町五厘沢で13世紀頃と推定された津波イベントの層準を含む。砂層などは認められないことから, 堆積物を伴わない海水の侵入の痕跡である可能性もあるとされている。
  - ・一方, OTB-4のイベント砂層Oh-2は, C14年代値から奥尻島や江差町五厘沢で認定した13世紀頃のイベント砂層に対比される可能性があるが現時点では詳細は不明であるとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(乙部町姫川)(2/3)

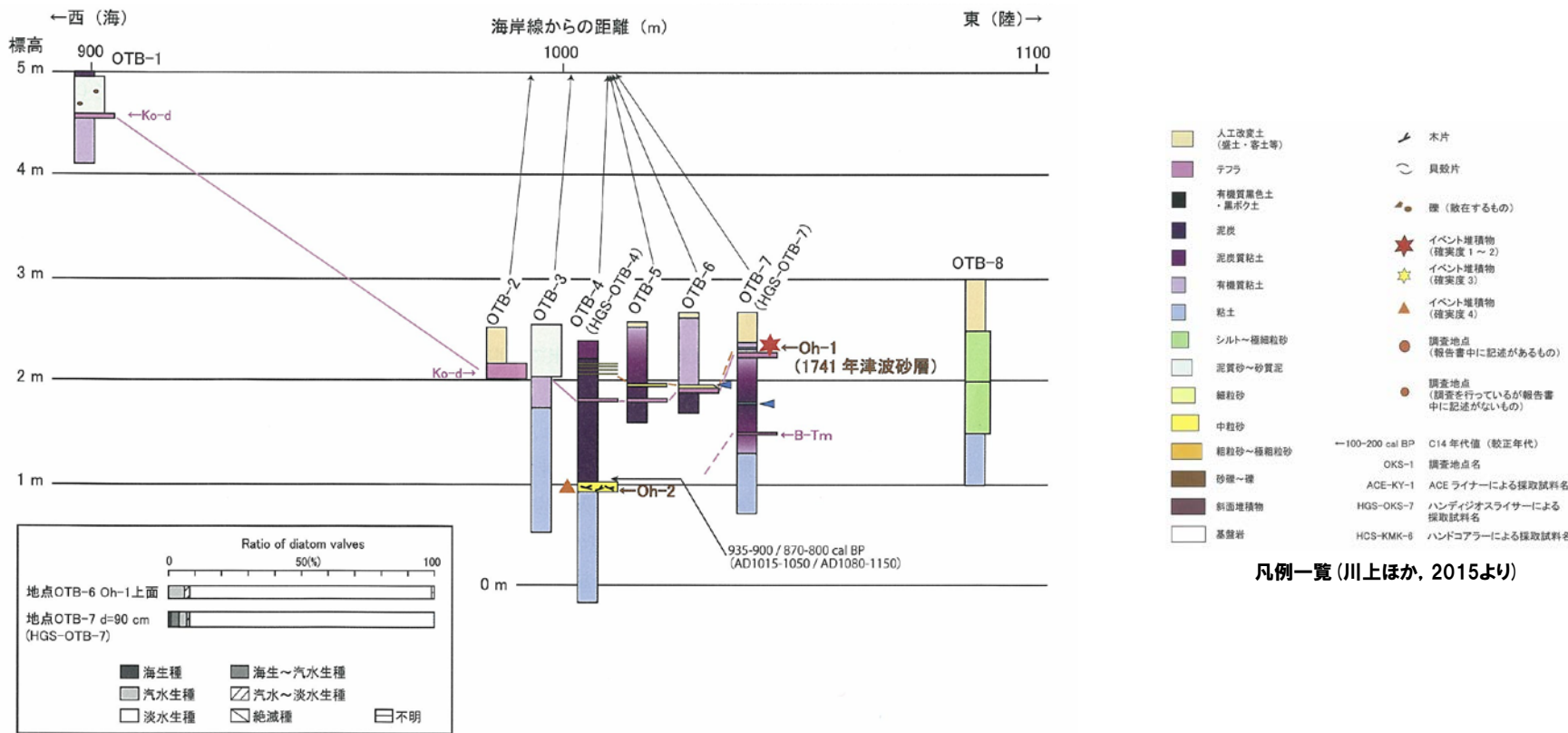


調査位置(川上ほか, 2015に一部加筆)



# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(乙部町姫川)(3/3)



乙部町姫川における調査地点と調査結果. Ko-dテフラの上位(地点 OTB-6では直上)にイベント砂層Oh-1が認められる. Oh-1は不明瞭な級化を示し, 基底には良く円磨された細礫～極粗粒砂を伴う. 上下の泥炭～有機質粘土層に他の砂層が全く挟まないこと, Ko-dテフラとの層序関係などから, 1741年の津波堆積物と判断した. 左下の帯グラフは地点OTB-6の1741年津波砂層, および地点OTB-7の粘土層(青矢印)を試料とした珪藻の分析結果. (川上ほか, 2015より)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(江差町五厘沢)(1/5)

### 【調査概要】

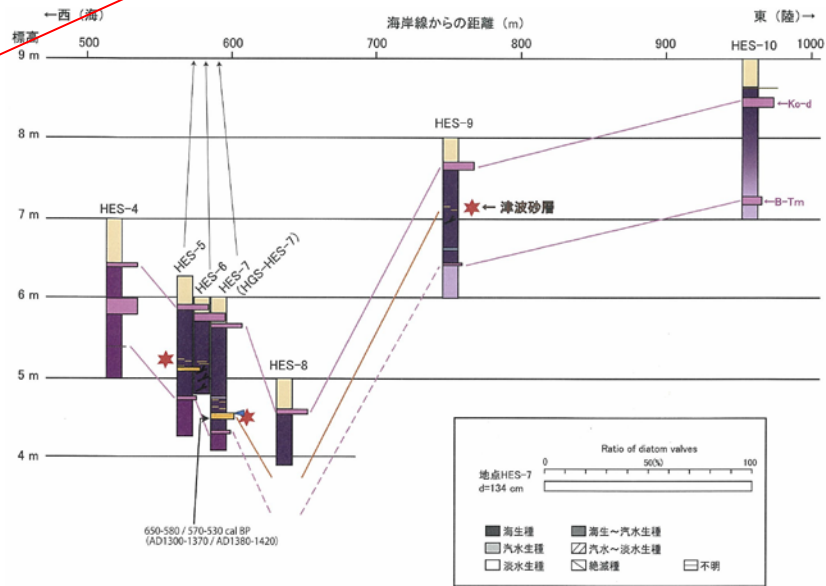
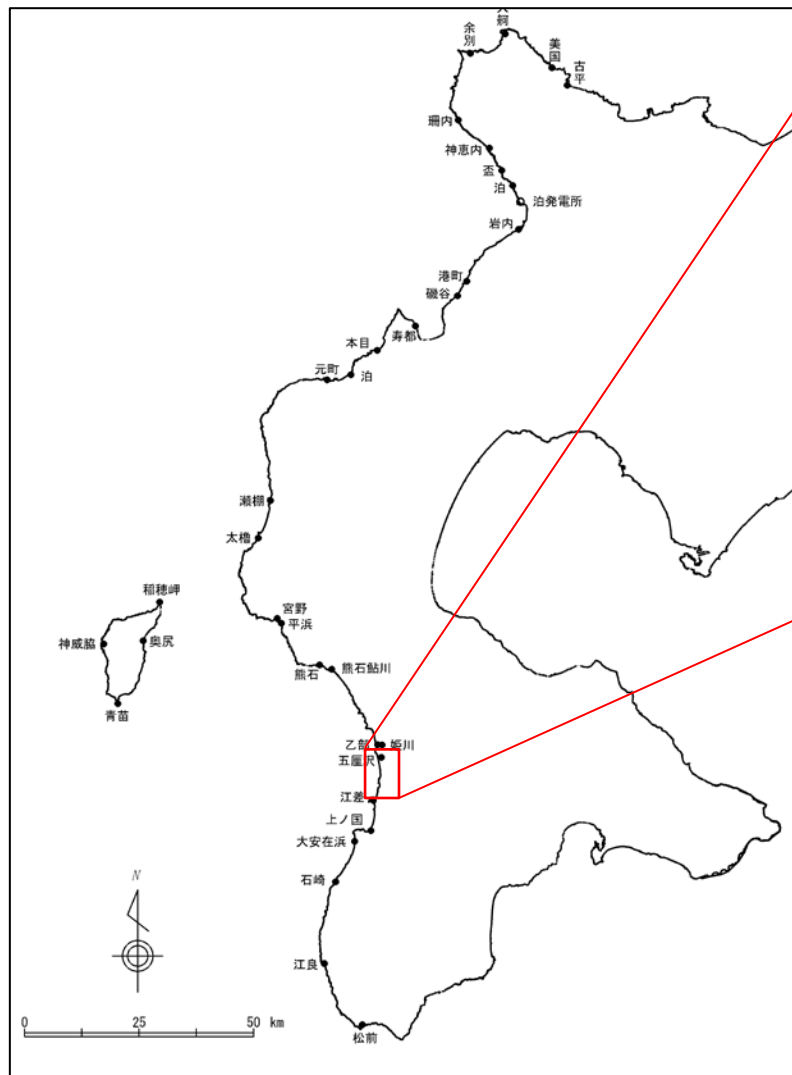
- 文献番号 : 1 : 川上ほか(2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書
- 調査方法 : ハンドコアラー・ハンディジオスライサー調査(7ヶ所)

### 【調査結果】

- イベント堆積物 : 14~15世紀頃・年代不詳
- 津波堆積物 : 14~15世紀頃・年代不詳
- 年代 : 14~15世紀頃・年代不詳
- 標高 : 14~15世紀頃(4.8m~7.1m), 年代不詳(5m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・Ko-dテフラより下位, B-Tmテフラより上位の層準において, 泥炭層中に粗粒砂層が挟在するのを複数地点で確認したとされている。
  - ・砂粒子はよく円磨され淘汰がよく, また前後に他の砂層や粘土層がまったく認められないことから, 河川の洪水起源はなく海浜由来のイベント砂層と認定したとされている。
  - ・本砂層は, 海浜砂と類似する組成, 現海岸線から700mを超える分布, および奥尻島の津波堆積物との同時性(イベントの広域性)などから, 津波起源であると判断され, 14C法年代測定値から14~15世紀頃のものとして推定される津波堆積物とされているとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(江差町五厘沢)(2/5)



調査位置(川上ほか, 2015に一部加筆)

## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果(江差町五厘沢)(3/5)

#### 【調査概要】

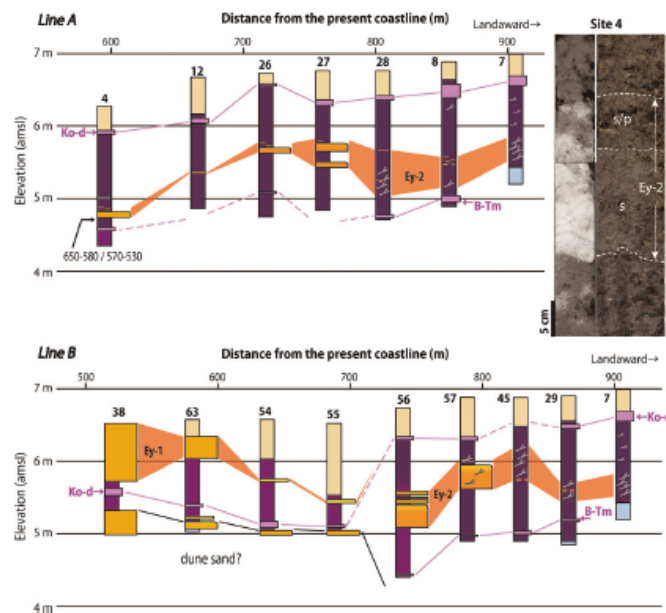
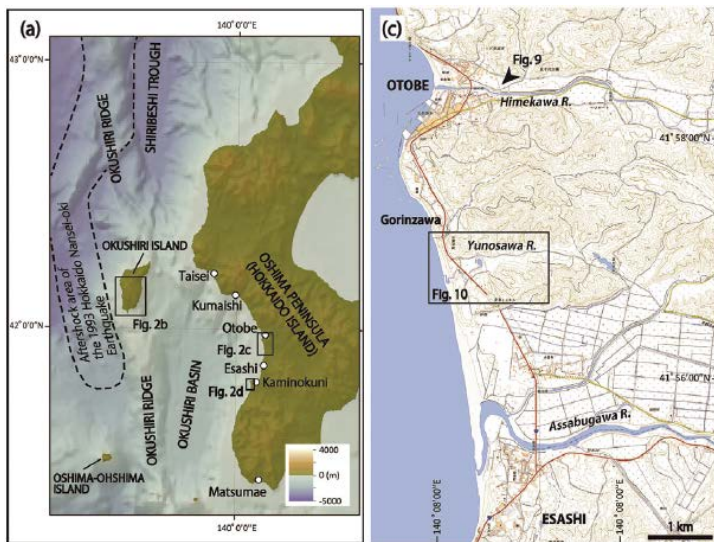
- 文献番号 : II : Kawakami et al. (2017b) : Stratigraphic record tsunami along the Japan Sea, southwest Hokkaido, northern Japan
- 調査方法 : ハンディジオスライサー調査(15ヶ所)

#### 【調査結果】

- イベント堆積物 : Ey-1, Ey-2
- 津波堆積物 : Ey-1, Ey-2
- 年代 : Ey-1(1741年), Ey-2(12世紀)
- 標高 : Ey-1(約5.5m~約6.5m), Ey-2(約4.8m~約6.2m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・泥炭層中に、2層の砂層(Ey-1(上位)及びEy-2(下位))が認められるとされている。
  - ・Ey-1は、Ko-dテフラの上位にある淘汰の良い中粒~粗粒砂で、Ey-2はKo-dとB-Tmテフラの間に認められるよく円磨された粗粒砂からなるとされている。
  - ・Ey-1及びEy-2は現在の沿岸砂と特徴が類似しており、陸側へ長距離輸送されていることから、津波による可能性が高いとされている。
  - ・Ey-1は、Ko-dテフラの上位に位置することから、1741年津波により堆積したものと考えられるとされている。
  - ・Ey-2は、直下の泥炭の14C法年代測定値が14~15世紀を示すが、奥尻島や乙部町姫川で確認された津波堆積物(13~15世紀・13世紀頃・11~13C頃)と同時期に堆積したものであるとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (江差町五厘沢) (4/5)



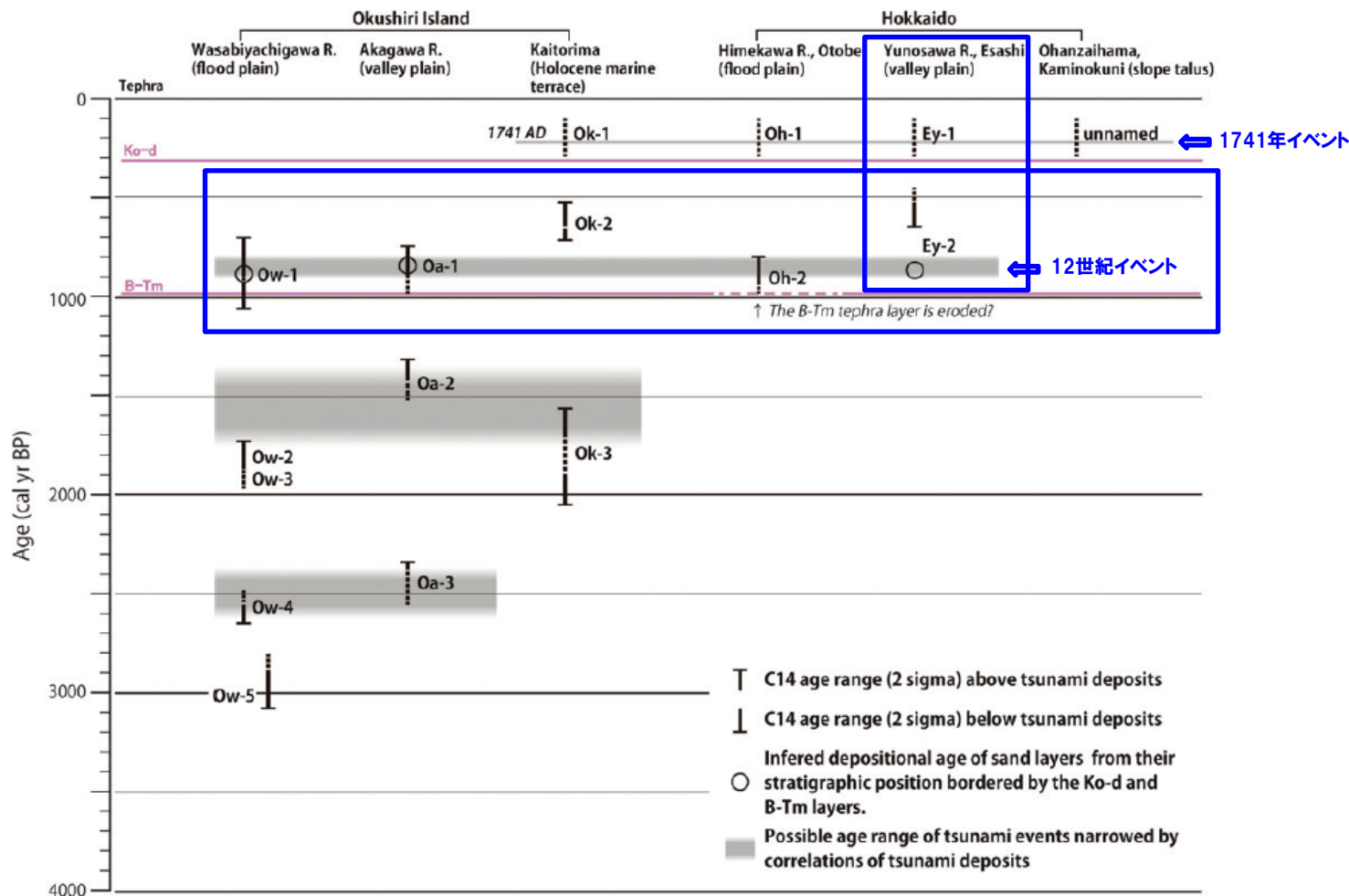
調査位置 (Kawakami et al., 2017より)

FIGURE 10 Trace of tsunami sand beds in a valley plain of the Yunosawa River, Gorinzawa, Esashi. At the inland sites, Ey-2 is predominated by wood fragments interpreted as rafted debris. Photo and soft-x-ray radiograph show Ey-2 at Site 4 (s, sandy part; s/p, sand-peat mixture part). See Figure 4 for legend of the column and Figure 6 for chronostratigraphic correlation with the tsunami deposits at other sites. Inundation limit of the 1993 tsunami is inferred from aerial photos taken by the GSI just after the disaster

調査位置及び柱状図 (Kawakami et al., 2017より)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (江差町五厘沢) (5/5)



北海道南西部の日本海岸沿岸における津波堆積物の層序と年代 (Kawakami et al., 2017に一部加筆)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(上ノ国町大安在浜)(1/6)

### 【調査概要】

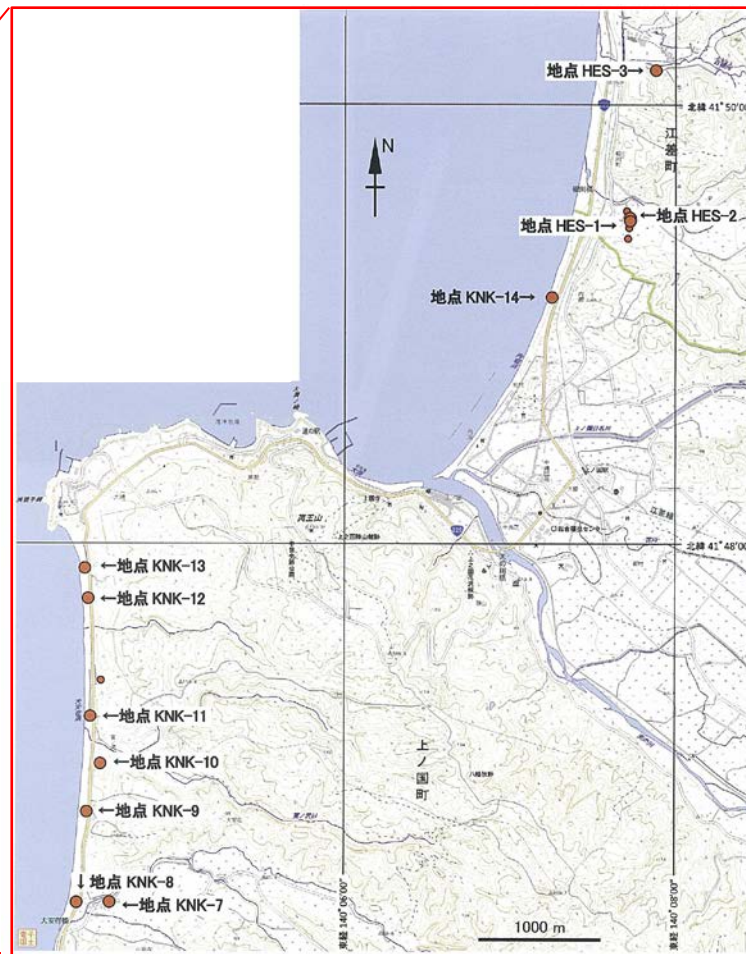
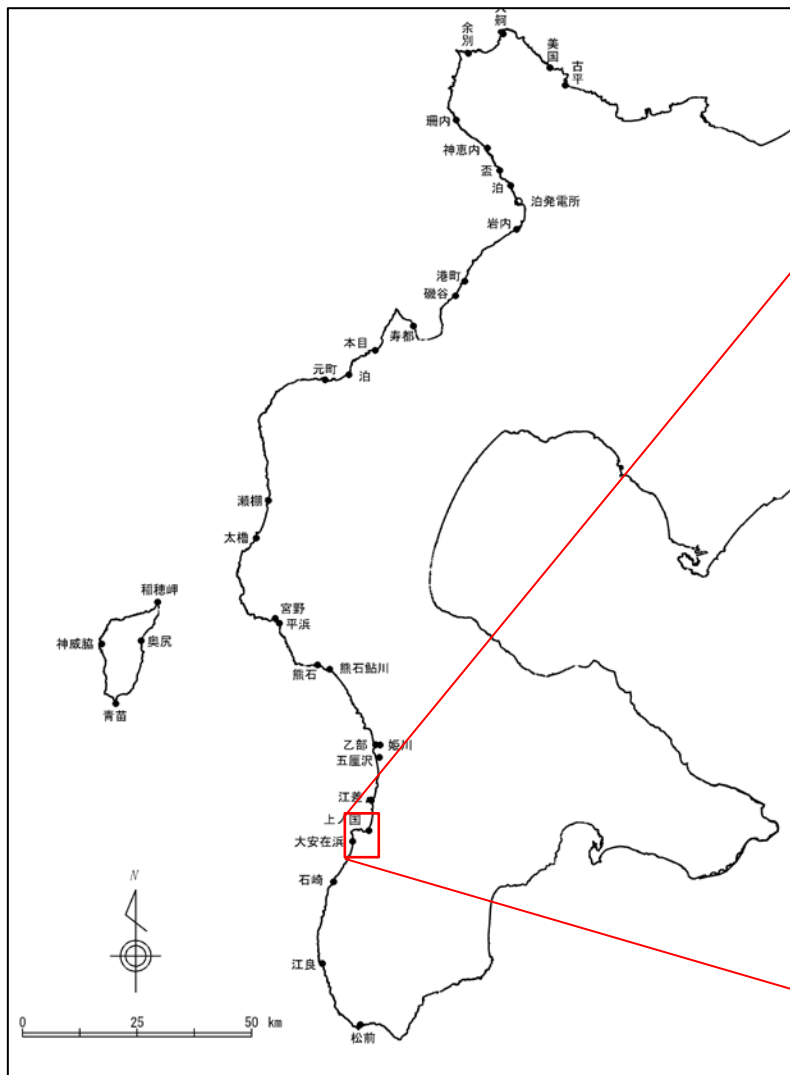
- 文献番号 : 1 : 川上ほか(2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書
- 調査方法 : 露頭観察(7ヶ所)

### 【調査結果】

- イベント堆積物 : 1741年・年代不詳
- 津波堆積物 : 1741年・年代不詳
- 年代 : 1741年・年代不詳
- 標高 : 1741年(6.88m), 年代不詳(5.1m~8.5m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・地点KNK-13では, 前後の層準と比較してかなりオーバーサイズである円磨された大礫(大きいもので長径10cm程度)が, Ko-dテフラの直上に配列するとされている。
  - ・この礫は, 1741年の津波による打ち上げ礫の可能性があるとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(上ノ国町大安在浜)(2/6)

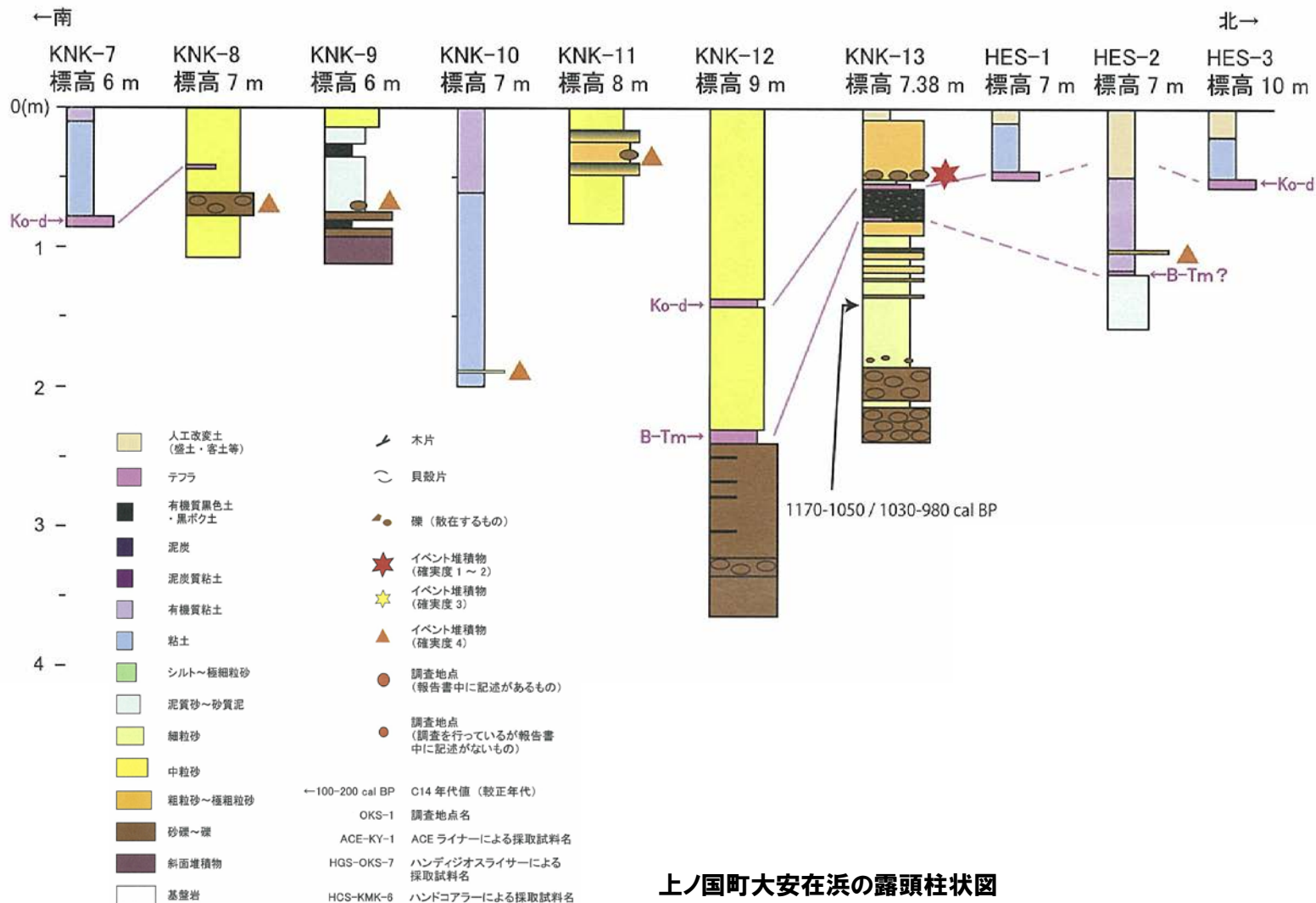


上ノ国町大安在浜の調査位置 (川上ほか, 2015に一部加筆)



# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(上ノ国町大安在浜)(3/6)



上ノ国町大安在浜の露頭柱状図  
(川上ほか, 2015より)

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (上ノ国町大安在浜) (4/6)

### 【調査概要】

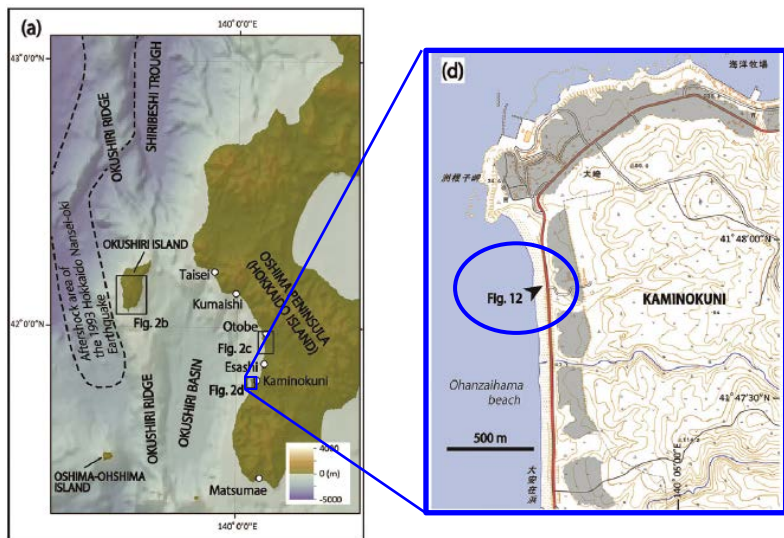
- 文献番号 : II : Kawakami et al. (2017b) : Stratigraphic record tsunami along the Japan Sea, southwest Hokkaido, northern Japan
- 調査方法: 露頭観察 (1ヶ所)

### 【調査結果】

- イベント堆積物 : 12世紀頃・1741年
- 津波堆積物 : 12世紀頃・1741年
- 年代 : 12世紀頃・1741年
- 標高 : 12世紀頃 (6.4m~6.9mの間) , 1741年 (約6.9m)
- 津波堆積物・年代の根拠
  - ・Ko-dテフラ (海拔6.9m) の直上に円磨された大礫を含む礫層があり, Ko-dテフラとB-Tmテフラ (海拔6.4m) の間にも同様なレンズ状の中礫砂層が認められるとされている。
  - ・Ko-dテフラ直上の礫層は, 層相から津波堆積物と判断しており, 歴史記録による1741年の津波高さ (7~10m) と礫層の標高が一致しているとされている。
  - ・下位の中礫砂層は, 同一露頭の上位で認定した津波堆積物と同様の特徴を有することから, 津波堆積物と判断しており, 層位から, 奥尻島, 桧山地方南部西海岸で確認されてる12世紀の津波堆積物に対比される可能性があるとしてされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (上ノ国町大安在浜) (5/6)



露頭調査位置 (Kawakami et al., 2017に一部加筆)



Fig.12 上ノ国町大安在浜の崖錐中の礫質津波堆積物 (Kawakami et al., 2017より)



## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果 (奥尻町神威脇～青苗岬) (1/2)

#### 【調査概要】

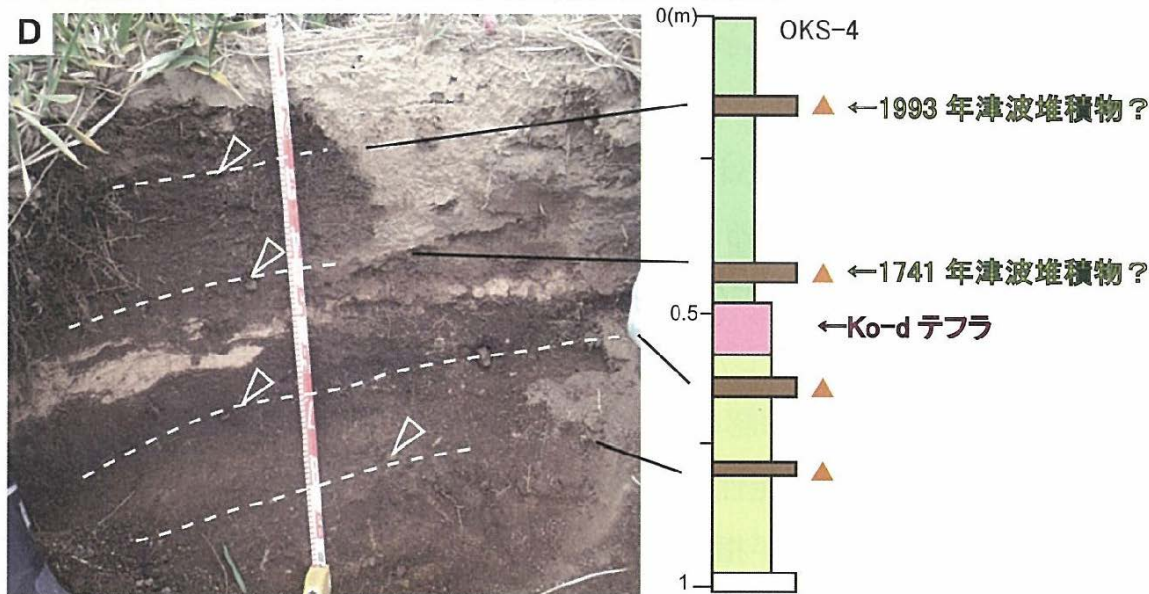
- 文献番号 : 1 : 川上ほか (2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書
- 調査方法 : 露頭観察 (1ヶ所)

#### 【調査結果】

- イベント堆積物 : 1741年・1993年
- 津波堆積物 : 1741年・1993年
- 年代 : 1741年・1993年
- 標高 : 1741年 (約9.3m), 1993年 (約9.6m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・海成段丘に生じた地すべり性凹地 (標高9.7m) に泥質砂・砂質泥が堆積し, Ko-dテフラ, および円礫・角礫を混じえるイベント層を挟むとされている。
  - ・Ko-dテフラ直上のは直径3cmほどの円礫を伴い, 1741年津波堆積物の可能性が考えられるとされている。
  - ・また地表面に近いものは亜円礫を含んでおり, 1993年の津波による可能性が指摘されているとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (奥尻町神威脇～青苗岬) (2/2)



調査位置及び露頭柱状図 (川上ほか, 2015より)

## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果(奥尻町青苗岬～奥尻)(1/2)

#### 【調査概要】

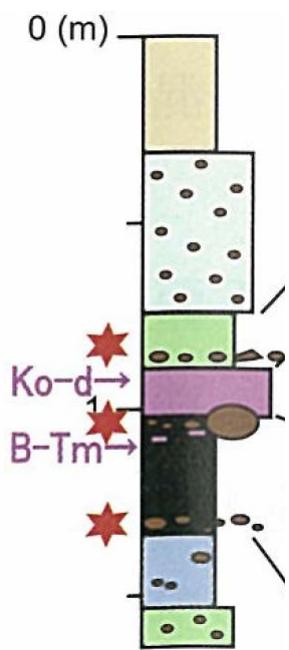
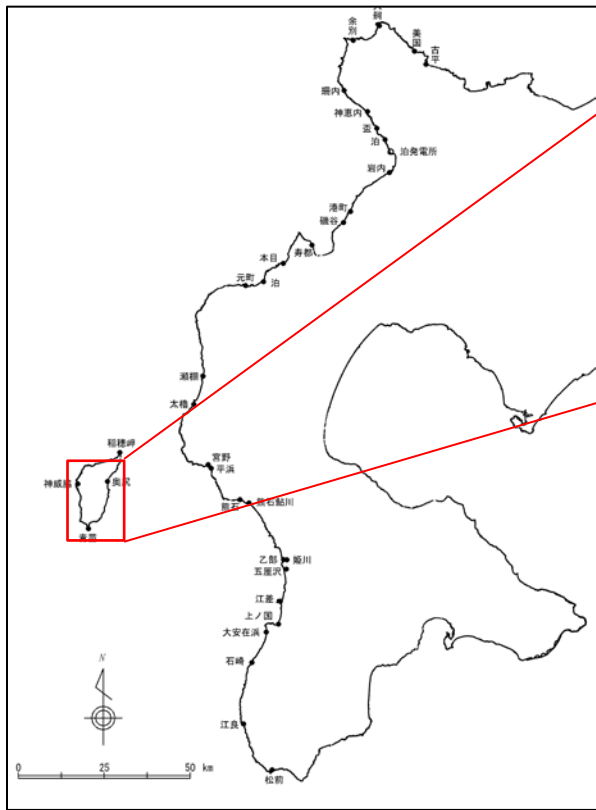
- 文献番号 : 1 : 川上ほか(2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書
- 調査方法 : 露頭観察(1ヶ所)

#### 【調査結果】

- イベント堆積物 : 0k-1～0k-3
- 津波堆積物 : 0k-1～0k-3
- 年代 : 0k-1(1741年), 0k-2(13～15世紀), 0k-3(紀元前100年～4世紀)
- 標高 : 0k-1(約7.3m), 0k-2(約7.1m), 0k-3(約6.9m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・イベント堆積物と認定したのは、完全にリス以後の堆積物と考えられる黒ボク質土壌層の下面(0k-3)および上面付近(0k-2), ならびにKo-dテフラ直上の砂質シルト層に挟まれる礫・砂(0k-1)の3層であるとされている。
  - ・各イベント堆積物は、少なくとも斜面崩壊を示唆するような乱雑・不淘汰な堆積物を伴われないうこと、0k-2の人頭大の巨円礫表面に基質の付着がないことから、現世の海浜礫もしくは下位の段丘礫が、津波の際に限って打ち上げられた可能性が高いと考えたとされているとされている。
  - ・Ko-dテフラ直上の0k-1は1741年の津波堆積物であると判断されるとされている。
  - ・0k-2および0k-3の堆積年代を得るため、上下の土壌層のC14年代測定を行った結果、0k-2が13～15世紀、0k-3が紀元前100年～4世紀となったとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果 (奥尻町青苗岬～奥尻) (2/2)



露頭柱状図 (川上ほか, 2015より)

調査位置及び露頭状況 (川上ほか, 2015より)



## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果(奥尻町奥尻～稲穂岬)(1/4)

#### 【調査概要】

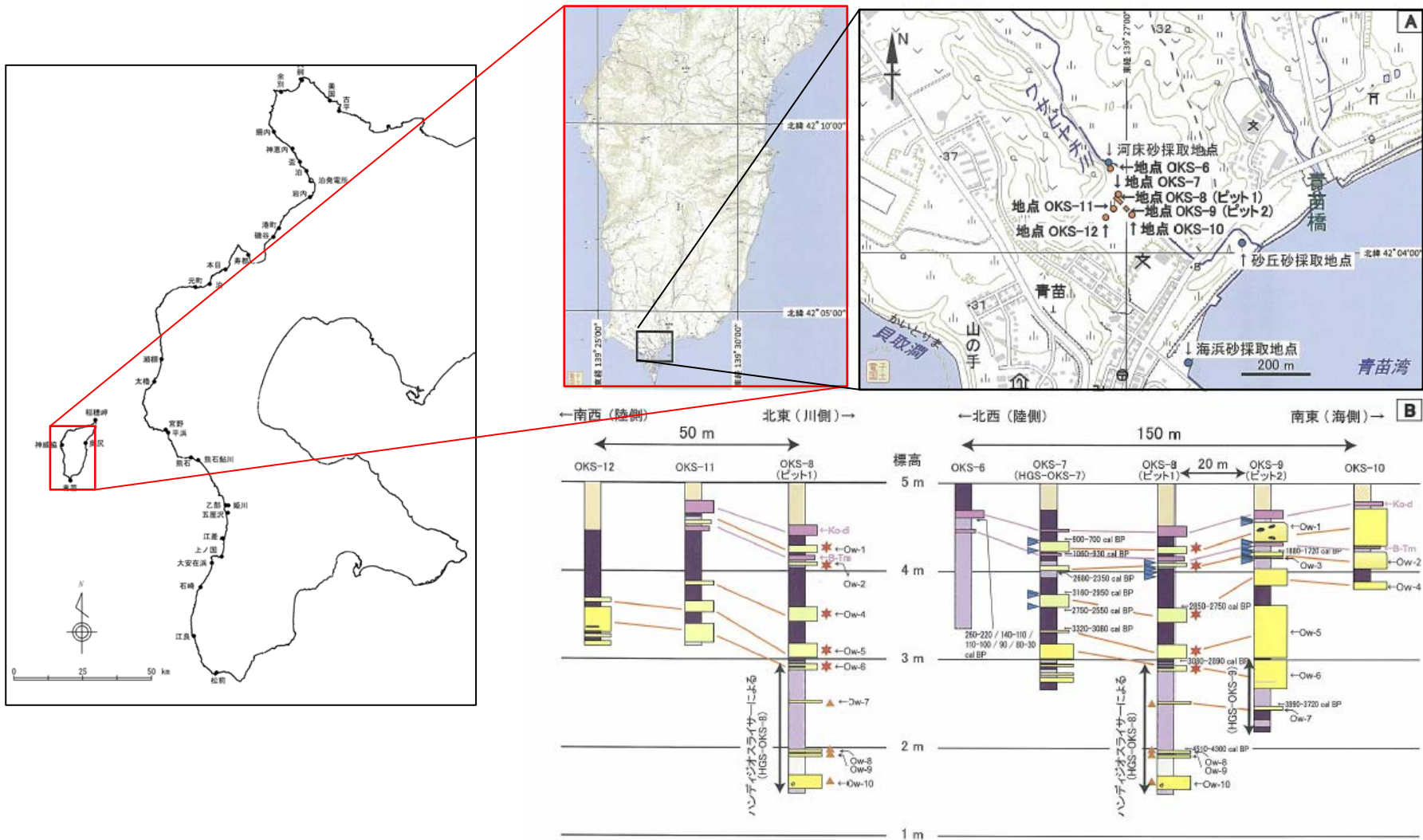
- 文献番号 : 1 : 川上ほか(2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書
- 調査方法 : ピット調査(2ヶ所), ハンドコアラー・ハンディジオスライサー調査(7ヶ所)

#### 【調査結果(ワサビヤチ川)】

- イベント堆積物 : 0w-1～0w-10(10層)
- 津波堆積物 : 0w-1～0w-6(6層)
- 年代 : 0w-1(11～13C頃), 0w-2(1～3C紀頃), 0w-3(2000年前頃), 0w-4(2500年前頃), 0w-5(3000年前頃), 0w-6(3100年前頃)
- 標高 : 0w-1(約4.3m～約4.7m), 0w-2(約4.1m～約4.3m), 0w-3(約4.2m), 0w-4(約3.6m～約4.1m), 0w-5(約3.2m～約3.7m), 0w-6(約3.0m～約3.6m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・イベント砂層は深度2mまで(標高3m以上)の泥炭層中に5層が認められ, それより深いところでは有機質粘土～粘土層および泥炭層と互層するイベント砂層が5層挟在し, 合計10層を確認した(これらを, 上から順に0w-1～0w-10とする。)とされている。
  - ・イベント砂層は, 現海岸線から400m以上離れた河川の氾濫原に堆積しており, とくに0w-1～0w-6は泥炭層中に挟まれることから津波堆積物の可能性が高いとされている。
  - ・0w-1～0w-6は,
    - ①陸側への薄層化・細粒化
    - ②砂層下部で陸側, 上部で海側を示す古流向
    - ③モード組成(河床砂に含まれない花崗閃緑岩期限の碎屑物の存在)
    - ④河口～ごく浅海域を示唆する渦鞭毛藻の産出
 などのいずれかの複数の特徴を合わせもつことから, 津波起源と考えてほぼ間違いないと判断したとされている。
  - ・下位の0w-7～0w-10は粘土層に挟まれており, 河川の洪水起源である可能性が0w-1～6と比べてはるかに高いとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(奥尻町奥尻～稲穂岬)(2/4)



調査位置及び柱状図(川上ほか,2015に一部加筆)

## 2.2 津波堆積物調査

### 文献調査結果(奥尻町奥尻～稲穂岬)(3/4)

#### 【調査概要】

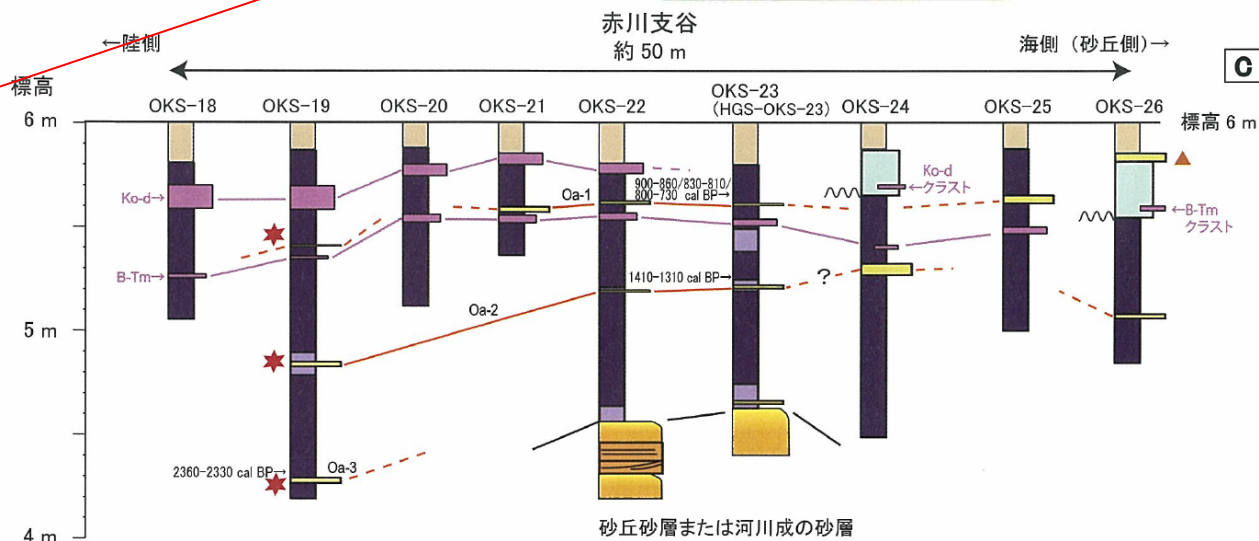
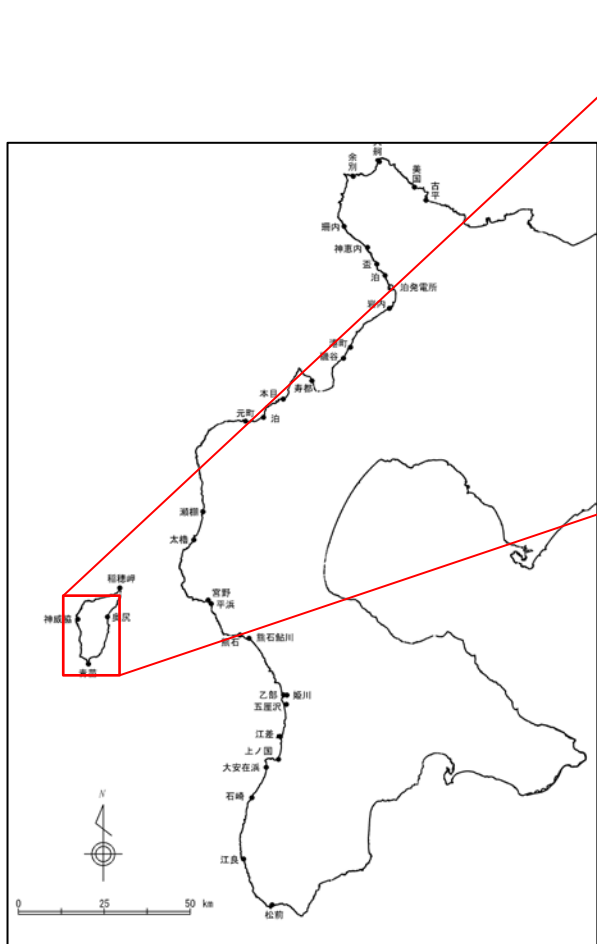
- 文献番号 : 1 : 川上ほか(2015) : 北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴 : 重点研究「北海道の津波災害履歴の研究-未解明地域を中心に-」成果報告書
- 調査方法 : ハンドコアラ-ハンディジオスライサー調査(9ヶ所)

#### 【調査結果(赤谷支谷)】

- イベント堆積物 : 0a-1～0a-3
- 津波堆積物 : 0a-1～0a-3
- 年代 : 0a-1(13世紀頃), 0a-2(BC110～3世紀), 0a-3(2500年前頃)
- 標高 : 0a-1(約5.4m～約5.6m), 0a-2(約4.9m～約5.2m), 0a-3(約4.3m)
- 津波堆積物・年代の根拠:
  - ・赤川支谷では泥炭層が発達しており, イベント砂層の挟在を確認したとされている。
  - ・泥炭層にはKo-dおよびB-Tmテフラが認められ, テフラを鍵として対比するとKo-dテフラとB-Tmテフラの間意に1層(0a-1), B-Tmテフラの10～50cm下位に1層(0a-2, 深度0.8～1.1m付近), 地点OKS-19ではさらに下位の深度1.7m付近に薄い砂層が1層(0a-3)挟在するとされている。
  - ・C14年代を測定した結果, イベント砂層の堆積年代は0a-1が900-730 cal BP以前(11～13世紀), 0a-2が1410-1310 cal BP以前(6～7世紀より前), 0a-3が2360-2330 cal BP以前であるとされている。
  - ・0a-1～0a-3は, 堆積状況, C14年代測定, 奥尻島他地点のイベント堆積物との対比から, それぞれ, 13世紀頃の津波堆積物, BC110-3世紀の津波堆積物及び2500年前頃の津波堆積物と判断しているとされている。

# 2.2 津波堆積物調査

## 文献調査結果(奥尻町奥尻～稲穂岬)(4/4)



図Ⅲ-2-13 奥尻島青苗川および赤川の氾濫原、ならびに青苗砂丘における調査地点と調査結果。(A) 調査地点位置図。(B) 青苗川、青苗砂丘および赤川本流の掘削結果。青苗砂丘では砂層中に3枚のイベント礫層(Oas-1～-3)を認めた。現行ストームによる打ち上げ礫よりも高い位置に存在することから、津波起源であると判断した。(C) 赤川支谷の陸-海方向の群列掘削結果。泥炭層中に挟まれる3枚のイベント堆積物(Oa-1～-3)を認めた。地点 OKS-22 および 23 において泥炭層の下位に認められる砂層は、砂丘砂あるいは河川成の砂層と解釈した。青苗砂丘と赤川支谷におけるイベント堆積物の対応関係は表Ⅲ-2-2を参照。

調査位置及び柱状図(川上ほか,2015に一部加筆)

# 2.2 津波堆積物調査

行政機関による評価 (北海道, 2013) (1/3)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

- 岩内平野では、49地点で調査を行っており、そのうち、25地点は地質条件や人工改変により存否を確認できていないとされている。
- 24地点で氾濫原の泥炭層、粘土層について掘削調査を行っているが約7,000年前以降は、明瞭な津波堆積物は確認できていないとされている。

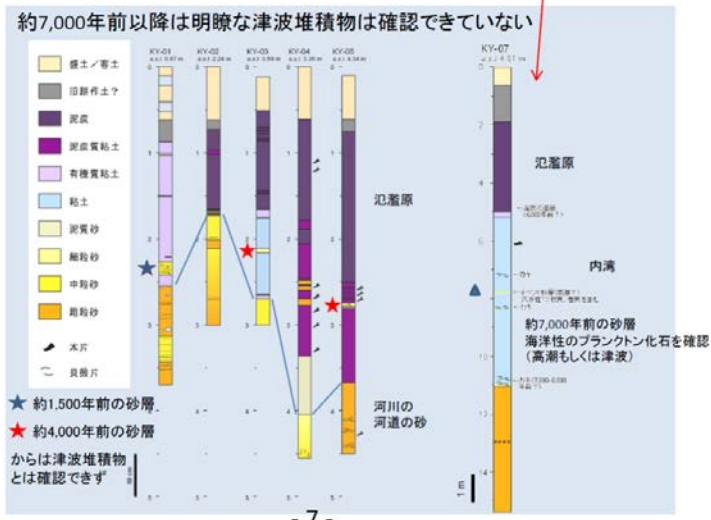
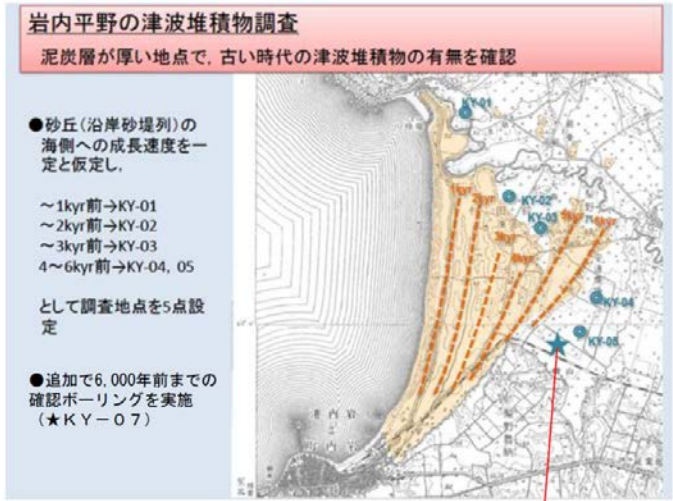
- 岩内平野におけるボーリング調査結果 (KY-07) では、標高-3.2m付近に挟在するイベント砂層に海洋性プランクトンの化石を確認しており、高潮もしくは津波による可能性について記載されている。

※北海道 (2013) より

■岩内平野 (平成24年5~8月実施) 明瞭な堆積物は見つからなかった



(参考1-4) ボーリング等による調査



北海道 (2013) より

# 2.2 津波堆積物調査

## 行政機関による評価 (北海道, 2013) (2/3)

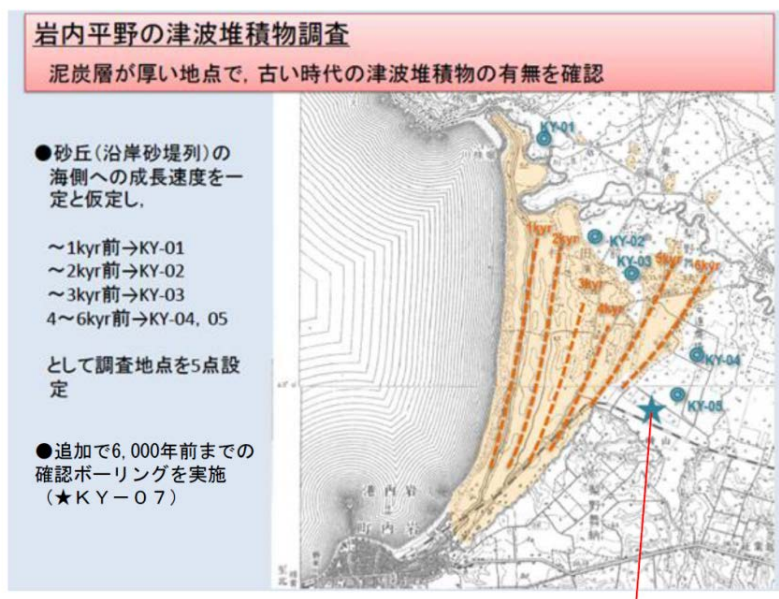
再掲 (H26/1/29審査会合)

### 【KY-07地点の調査結果①】

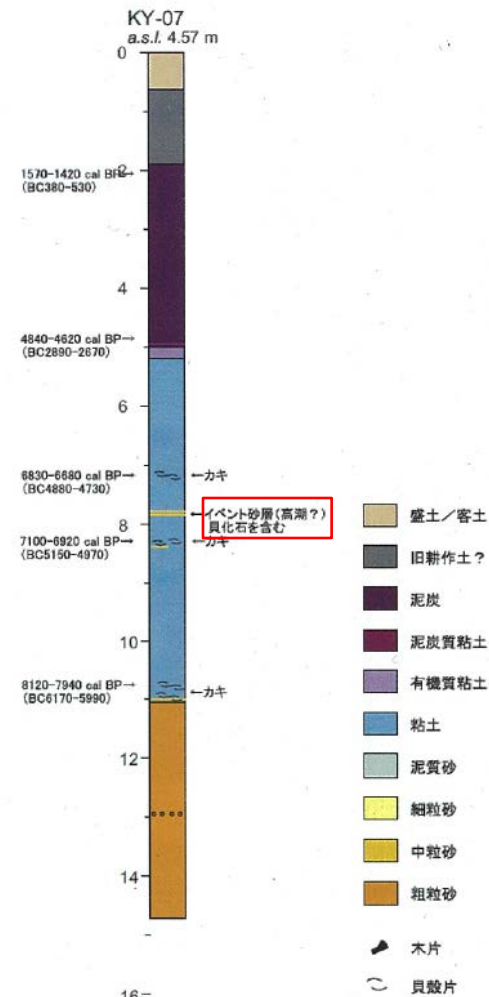
- 調査地点は、沿岸砂堤列背後の泥炭が比較的厚く分布する地点である。
- コア観察結果より、深度11m (標高-6.5m) 以浅を完新世の堆積物と推定している。
- このうち深度7m以深については、軟弱な粘土層がカキ等の2枚貝化石を多く含んでいることから内湾環境で堆積した地層と推定している。
- 一方、7m以浅については、粘土層が泥炭層に向かってやや褐色の色調に変わることから、離水に伴って塩水湿地～湖沼環境に堆積環境が移っていったものと推定している。
- 深度7.8m付近に薄い砂層 (イベント砂層) が2枚挟まれており、周辺深度のカキの貝殻片の<sup>14</sup>C年代測定結果より、イベント砂層の年代は約7,000年前と推定している。

※北海道立総合研究機構 (2013) を引用及び要約

### (参考1-4) ボーリング等による調査



【KY-07地点】



# 2.2 津波堆積物調査

行政機関による評価(北海道, 2013) (3/3)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

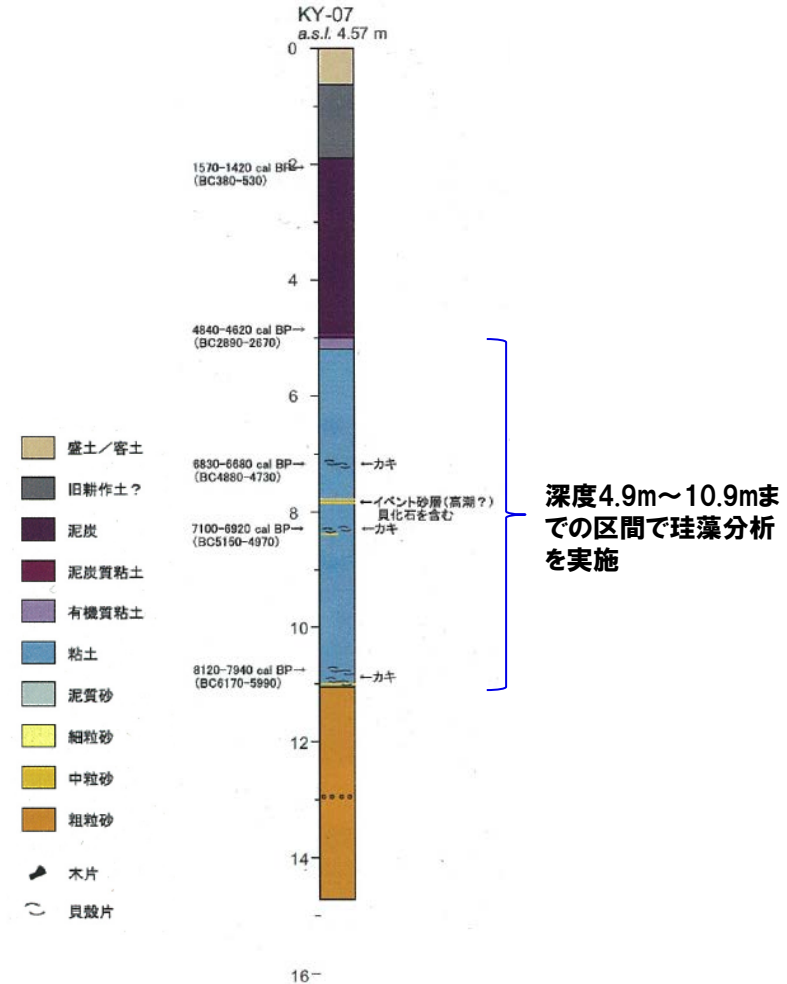
### 【KY-07地点の調査結果②】

- イベント砂層を挟む粘土層等における珪藻分析結果は、以下のとおりとされている。
  - 深度7m以浅では、海生種に乏しく淡水生種が60~70%を占める。
  - 7m以深では淡水生種が50%前後で、海生種が最大25%含まれる。
  - イベント砂層の前後では、珪藻の構成に大きな変化はないとしている。
- イベント砂層を挟む粘土層等の有孔虫分析結果は、以下のとおりとされている。
  - 有孔虫はイベント砂層の上部及びその上位のシルト層で多産し、イベント砂層の下部及びその下位のシルト層では、きわめて少量の個体が見られたのみである。
  - イベント砂層の下位からは、汽水生種から構成され湾奥の環境を示す群集が見られている。
  - イベント砂層の上位からは特定の海水生種を含む、外洋水のある程度の流入があり、かつ淡水の影響が少ないラグーン環境を示す群集が見られている。
  - イベント砂層からは、内湾の汽水生種とともに外洋生の浮遊性種 (Globigerinita uvula, Turborotania quinqueloba) 及び貝形虫類がわずかながら含まれ、外洋側からの運搬作用が働いたことが示唆される。

### <堆積物に関する評価>

- イベント砂層の層準は、縄文海進の高潮期に一致し、内湾であった岩内平野に海水と共に海由来の堆積物が最も流入しやすい条件下にあったと推定されるとされている。
- 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されている。
- 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されている。
- 北海道の調査では、約1,600年前以降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つとされている。

※北海道(2013)より



KY-07地点の珪藻分析結果の概略

# 2.2 津波堆積物調査

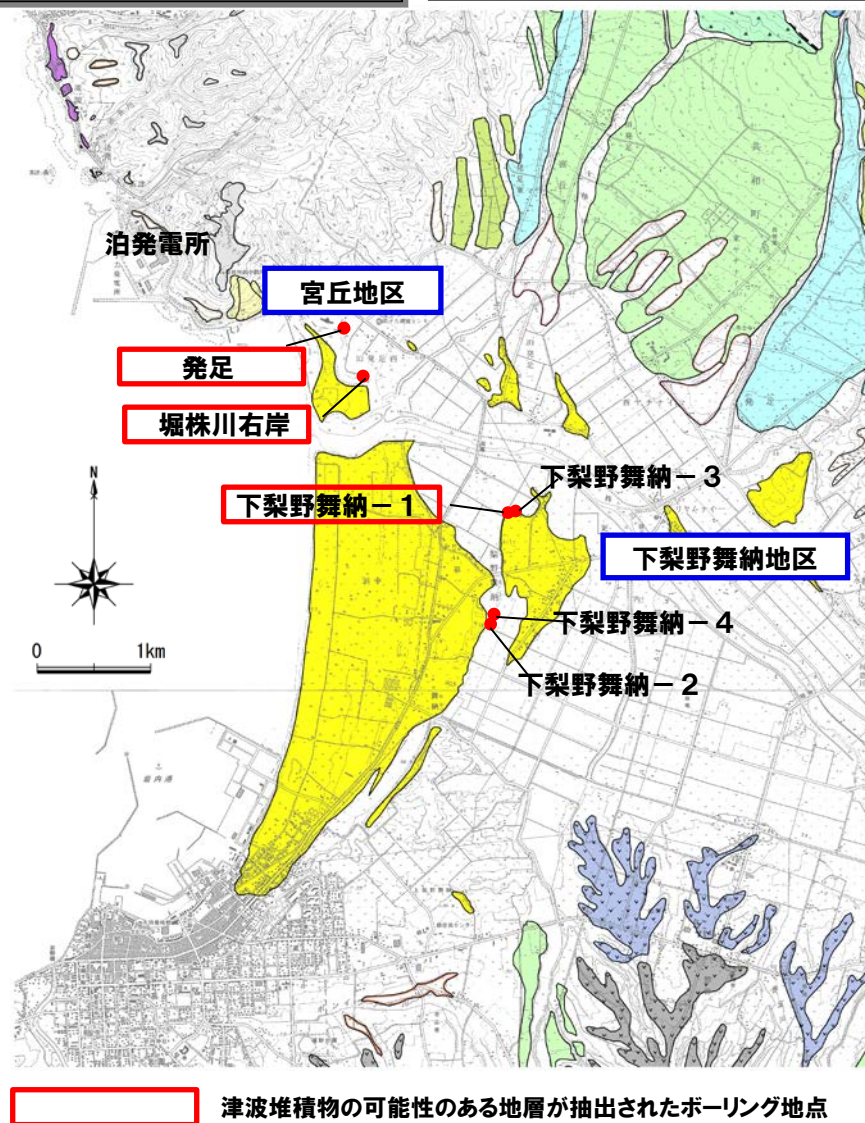
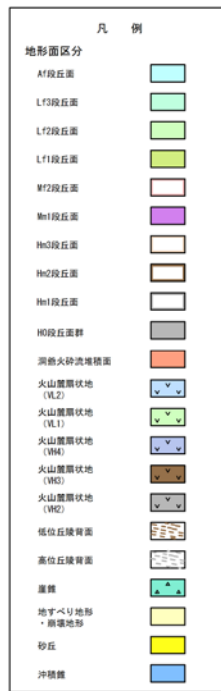
## 当社によるボーリング調査概要 (1/2)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

- 行政機関の調査(北海道, 2013)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(発足, 堀株川右岸, 下梨野舞納)を抽出した。
- イベント堆積物が推定される地層で実施した珪藻分析, 年代測定結果より津波堆積物を示す明瞭な根拠は確認できなかった。
- 以上のボーリング調査結果から, 明瞭な津波堆積物は確認できなかった。

### 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	-



ボーリング調査位置図



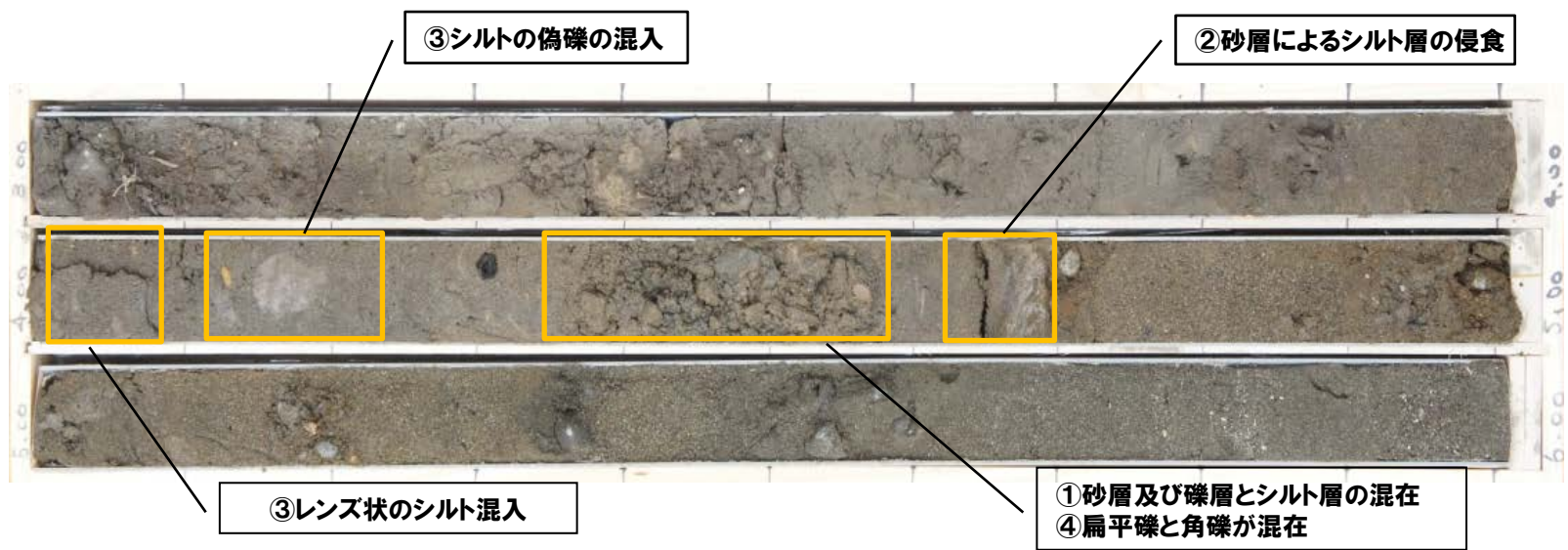
# 2.2 津波堆積物調査

## 当社によるボーリング調査概要 (2/2)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

### 【ボーリングコアにおけるイベント堆積物の可能性のある地層の抽出】

- 抽出に当たっては、ボーリングコア中のシルト層に着目し、侵食や堆積の乱れが認められる地層について、津波堆積物の可能性のあるイベント堆積物として抽出を行った。イベント堆積物の抽出においては川上ほか(2015)を参考にした。
- 川上ほか(2015)ではイベント堆積物を以下の通り定義している。
  - ・定常状態と考えられる過程で形成されている地層(土壌層・粘土層・泥炭層など)に対して、相対的にはるかに強い営力で運搬荒れ体積した、より粗粒な堆積物(砂や礫)を指す。また成因を問わないと言っても、堆積学的・地質学的に見て津波以外の成因であることが明らかな場合はイベント堆積物に含めていない。問題となるのは高潮堆積物や河川の洪水による堆積物など、津波堆積物との識別が難しいものであり、その場合は成因を問わずにイベント堆積物として認定する。
- 川上ほか(2015)に加え砂層においても、顕著な削り込みや腐植質シルト層等の混在が認められる地層についても、抽出を行った。(侵食や堆積の乱れが想定される区間として抽出した例)
  - ①シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる場合
  - ②砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している場合
  - ③腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる場合
  - ④角礫と円礫や扁平礫が混在している場合
- 抽出した地層及びその前後を対象として、珪藻化石分析を行った。



イベント堆積物が推定される地層として抽出した地層の例 (発足 深度3.0m~6.0m)

# 2.2 津波堆積物調査

## 既往津波堆積物調査(当社実施) (1/12)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

### 1. 宮丘地区(発足)



#### <地点概要>

○岩内平野沿岸に発達する砂丘背後の堀株川右岸氾濫源内の湿地。

#### <コア観察結果>

○地表付近は、盛土等に覆われ、深度3.00m～深度3.82mは、植物根や礫が混じる粘土が主体である。その下位は砂主体で、深度5.60m以深では、貝殻片を含む、淘汰のよい砂層であり、海成の堆積物と推定される。

○深度5.80mの貝殻片より、 $5,170 \pm 30yBP$ の $^{14}C$ 法年代測定値が得られている。

○イベント堆積物は、深度3.82m～深度5.60m以浅の砂を主体とする地層内から抽出される。

○イベント堆積物が推定される地層として以下を抽出した。

・深度4.03m～4.08m…層厚0.5mm程度の**レンズ状**のシルトが3層認められる。③

・深度4.12m～4.20m…シルト質砂中に**偽礫状**のシルト、腐植が混入している。③

・深度4.37m～4.57m…扁平礫と角礫が**混在して**認められる。①④

・深度4.67m …砂層が下位のシルト層を侵食して堆積している。②

#### $^{14}C$ 法年代測定結果

深 度(m)	試 料	$^{14}C$ 法年代測定結果
5.80	貝殻片	$5170 \pm 30yBP$ (BC3250-BC3190)

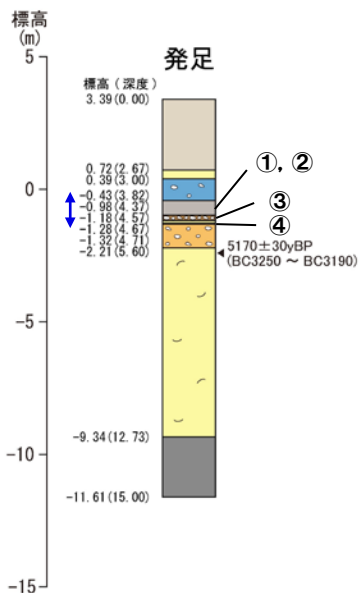
ボーリングコア写真(発足)  
 孔口標高 3.39m  抽出範囲

- ① シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる
- ② 砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している
- ③ 腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる
- ④ 角礫と円礫や扁平礫が混在している

# 2.2 津波堆積物調査

## 既往津波堆積物調査(当社実施) (2/12)

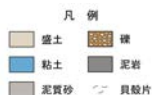
一部修正 (H26/1/29審査会合)



珪藻分析範囲

丸数字: イベント堆積物の可能性がある地層として抽出した範囲

- ① 標高-0.64~-0.69m (深度4.03m~4.08m)
- ② 標高-0.73~-0.81m (深度4.12m~4.20m)
- ③ 標高-0.98~-1.18m (深度4.37m~4.57m)
- ④ 標高-1.28m (深度4.67m)



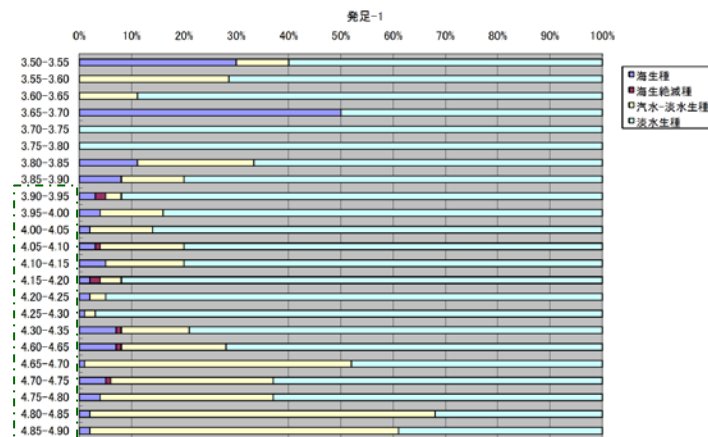
### <珪藻分析結果>

- 深度3.50m~4.90mの範囲で珪藻分析を実施。
- 深度3.90m以浅では、珪藻はわずかししか認められない。
- 深度3.90m~深度4.35mに認められる珪藻化石の80%~95%が淡水生種である。
- 深度4.60m以深は、上位層と対比して泥質の堆積物が認められない範囲である。淡水生種が優勢であるが、深度が深くなるにつれ汽水生種の割合が多くなる。
- 海水生種は、その分布は少なく**中新統からの再堆積**よるものも認められる。
- 海水生種は、上下方向に連続的に検出されるが、わずかでピークは認められない。

⇒主に河川性の堆積物または氾濫原堆積物と考えられ、本結果からは、津波起源を示す明瞭な証拠は得られなかった。

孔名	試料採取深度(m)	海生種	海生絶滅種	汽水-淡水生種	淡水生種	合計
発足-1	3.50-3.55	3	0	1	6	10
	3.55-3.60	0	0	2	5	7
	3.60-3.65	0	0	1	8	9
	3.65-3.70	1	0	0	1	2
	3.70-3.75	0	0	0	5	5
	3.75-3.80	0	0	0	1	1
	3.80-3.85	1	0	2	6	9
	3.85-3.90	2	0	3	20	25
	3.90-3.95	3	2	3	92	100
	3.95-4.00	4	0	12	84	100
	4.00-4.05	2	0	12	86	100
	4.05-4.10	3	1	16	80	100
	4.10-4.15	5	0	15	80	100
	4.15-4.20	2	2	4	92	100
	4.20-4.25	2	0	3	95	100
	4.25-4.30	1	0	2	97	100
	4.30-4.35	7	1	13	79	100
	4.60-4.65	7	1	20	72	100
	4.65-4.70	1	0	51	48	100
	4.70-4.75	5	1	31	63	100
4.75-4.80	4	0	33	63	100	
4.80-4.85	2	0	66	32	100	
4.85-4.90	2	0	59	38	100	

※ 囲みは珪藻を多産する範囲



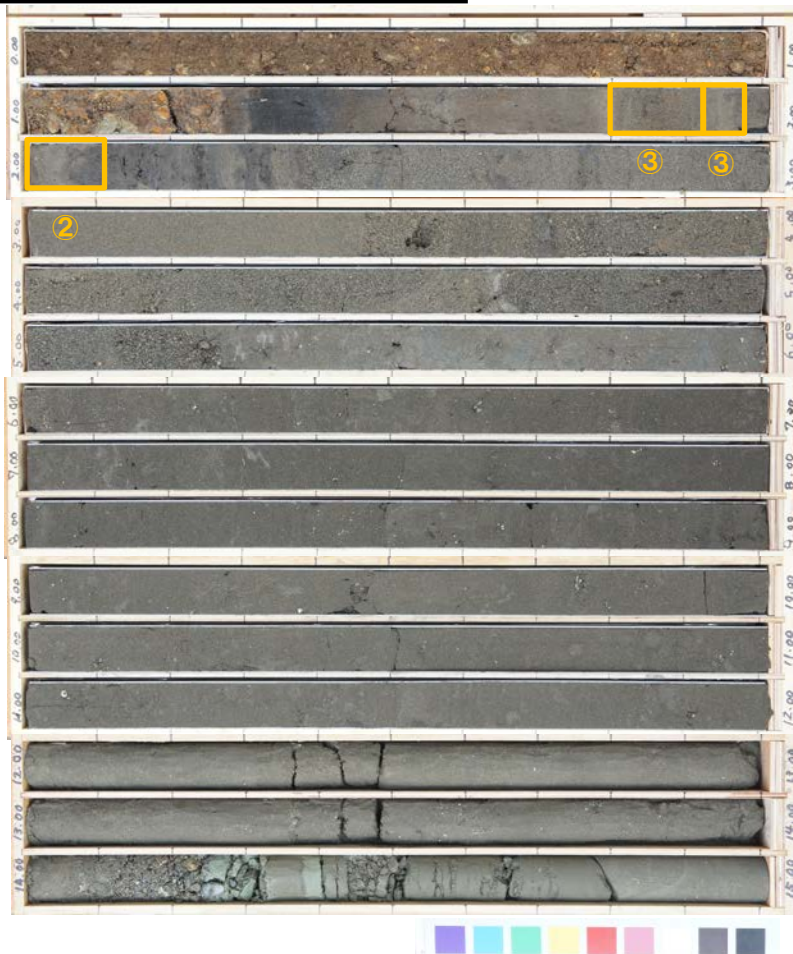
### 珪藻分析結果

# 2.2 津波堆積物調査

既往津波堆積物調査(当社実施) (3/12)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

## 1. 宮丘地区(堀株川右岸)



ボーリングコア写真(堀株川右岸)  
 孔口標高 1.74m    抽出範囲

### <地点概要>

○岩内平野沿岸に発達する砂丘背後の堀株川右岸氾濫源内の湿地。

### <コア観察結果>

- 地表付近は、盛土、旧耕作土等に覆われ、深度1.42m～深度2.33mは、シルト主体で腐植質部、砂質部が混在する。その下位は砂主体で深度5.25m以深では、貝殻片を含む淘汰のよい砂層であり、海成の堆積物と推定される。
- 深度1.40m及び深度2.10mの腐植質シルトより、それぞれ、 $190 \pm 20\text{yBP}$ 、 $780 \pm 20\text{yBP}$ の $^{14}\text{C}$ 法年代測定値が、深度5.25mの貝殻片より、 $6,430 \pm 30\text{yBP}$ の $^{14}\text{C}$ 法年代測定値が得られている。
- イベント堆積物が推定される地層として以下を抽出した。
  - ・深度1.80m～1.93m…砂層中に植物根、腐植質シルト、シルトの混入が認められる。③
  - ・深度1.93m～1.96m…**レンズ状**のシルトが認められる。③
  - ・深度2.05m …円礫混じりの砂層が下位の腐植質シルトを侵食している。②

### $^{14}\text{C}$ 法年代測定結果

深 度(m)	試 料	$^{14}\text{C}$ 法年代測定結果
1. 38-1. 40	腐植質シルト	$190 \pm 20\text{yBP}$ (AD1740-AD1780)
2. 08-2. 10	腐植質シルト	$780 \pm 20\text{yBP}$ (AD1150-AD1190)
9. 75	貝殻片	$6430 \pm 30\text{yBP}$ (BC4510-BC4450)

- ① シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる
- ② 砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している
- ③ 腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる
- ④ 角礫と円礫や扁平礫が混在している

# 2.2 津波堆積物調査

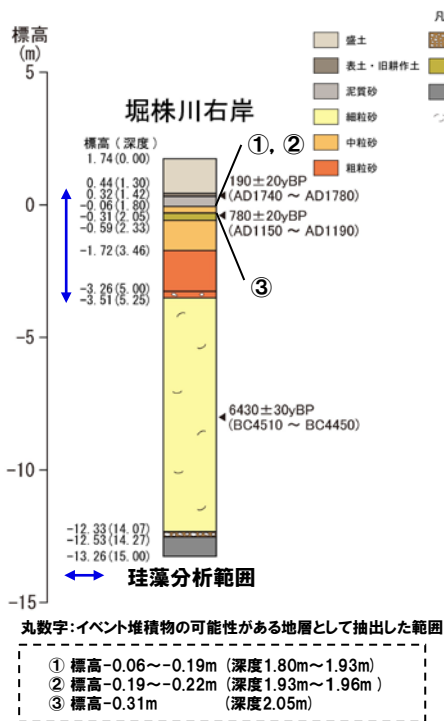
## 既往津波堆積物調査(当社実施) (4/12)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

### <珪藻分析結果>

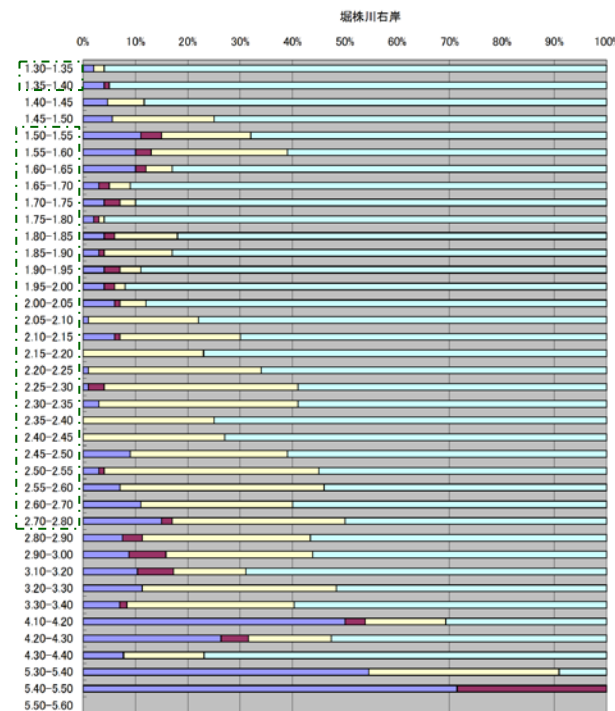
- 深度1.30m~5.60mの範囲で珪藻分析を実施。
- 深度1.50m付近及び深度2.80m以深では、珪藻はわずかしか認められない。
- イベント堆積物が推定される区間として抽出した区間を含む、深度1.6m~2.1mの区間に認められる珪藻化石の80%~95%が淡水生種で、海生種は10%未満で認められる。
- 深度2.10m~2.80mでは、淡水生種が優勢であるが、深度が深くなるにつれ汽水生種の割合が多くなる。
- 海水生種は、その分布は少なく、**保存度は不良である。**
- 海水生種は、上下方向に連続的に検出されるが、わずかでピークは認められない。

⇒主に河川性の堆積物または氾濫原堆積物と考えられ、本結果からは、津波起源を示す明瞭な証拠は得られなかった。



孔名	原料採取深度(m)	海生種	海生絶滅種	汽水-淡水生種	淡水生種	合計
堀株川右岸	1.30-1.35	2	0	2	96	100
	1.35-1.40	4	1	0	95	100
	1.40-1.45	2	0	3	95	100
	1.45-1.50	7	0	7	27	41
	1.50-1.55	11	4	17	68	100
	1.55-1.60	10	3	26	61	100
	1.60-1.65	10	2	5	83	100
	1.65-1.70	3	2	4	91	100
	1.70-1.75	4	3	3	90	100
	1.75-1.80	2	1	1	96	100
	1.80-1.85	4	2	12	82	100
	1.85-1.90	3	1	13	83	100
	1.90-1.95	4	3	4	89	100
	1.95-2.00	4	2	2	92	100
	2.00-2.05	6	1	5	88	100
	2.05-2.10	1	0	21	78	100
	2.10-2.15	6	1	23	70	100
	2.15-2.20	0	0	23	77	100
	2.20-2.25	1	0	33	66	100
	2.25-2.30	1	3	37	59	100
2.30-2.35	3	0	38	59	100	
2.35-2.40	0	0	25	75	100	
2.40-2.45	0	0	27	73	100	
2.45-2.50	9	0	30	61	100	
2.50-2.55	3	1	41	55	100	
2.55-2.60	7	0	39	54	100	
2.60-2.70	11	0	29	60	100	
2.70-2.80	15	2	33	50	100	
2.80-2.90	4	2	17	30	53	
2.90-3.00	5	4	16	32	57	
3.10-3.20	6	4	9	40	59	
3.20-3.30	7	0	23	32	62	
3.30-3.40	5	1	23	43	72	
4.10-4.20	13	1	4	8	26	
4.20-4.30	5	1	3	10	19	
4.30-4.40	1	0	2	10	13	
5.30-5.40	6	0	4	1	11	
5.40-5.50	5	2	0	0	7	
5.50-5.60	0	0	0	0	0	

※ 囲みは珪藻を多産する範囲



### 珪藻分析結果

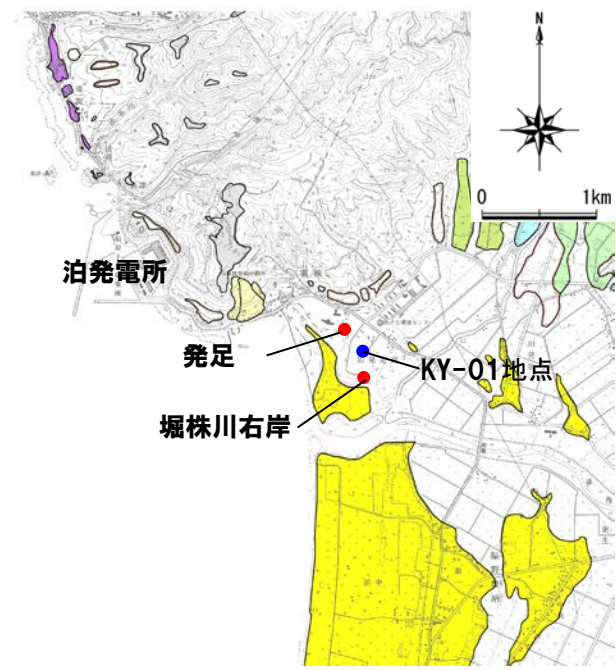
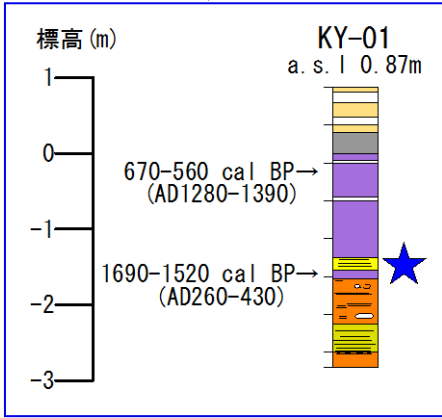
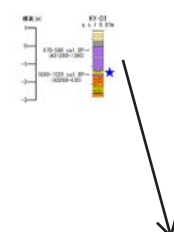
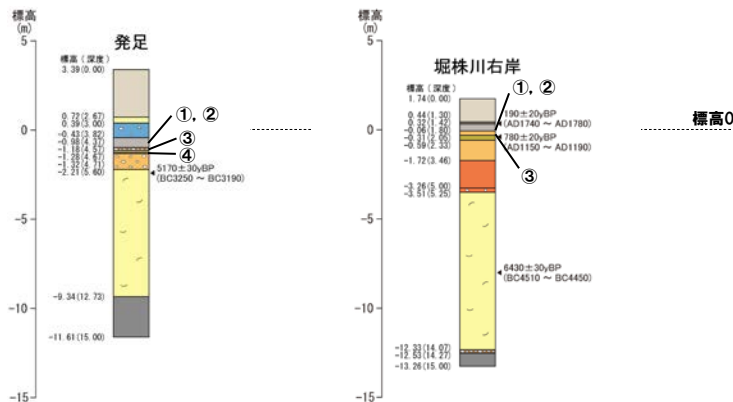
# 2.2 津波堆積物調査

## 既往津波堆積物調査(当社実施) (5/12)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

### 【宮丘における調査結果について】

- 宮丘地区では、2地点でボーリング調査を実施。
- 標高約-4m以深に、海成と考えられる、貝殻片を含む淘汰のよい砂層が分布する。
- 津波堆積物の可能性があるイベント堆積物が推定される区間は、上記砂層の上位の堆積物中より抽出されるが、珪藻分析結果より、河川性堆積物または氾濫原堆積物と推定され、津波起源を示す明瞭な証拠は得られなかった。
- 北海道の調査結果では、調査地点近傍(KY-01地点)にて地層引き抜き調査を実施し、標高-1.5m付近でイベント砂層を確認しているが、珪藻分析及び化学分析の結果から河川の洪水起源のものと考えられ、現段階で津波起源を示すような明瞭な証拠は得られていないとしている。



- 丸数字: イベント堆積物の可能性がある地層として抽出した範囲
- ① 標高-0.64~-0.69m (深度4.03m~4.08m)
  - ② 標高-0.73~-0.81m (深度4.12m~4.20m)
  - ③ 標高-0.98~-1.18m (深度4.37m~4.57m)
  - ④ 標高-1.28m (深度4.67m)

凡例

盛土	粘土	礫
表土・田耕作土	泥質砂	有機質粘土と細粒砂の互層
泥炭	細粒砂	凝灰角礫岩
泥炭質粘土	中粒砂	泥岩
有機質粘土	粗粒砂	貝殻片

宮丘地区における調査結果

KY-01地点の調査結果 (北海道立総合研究機構 (2013) より引用)

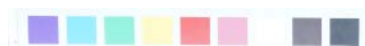
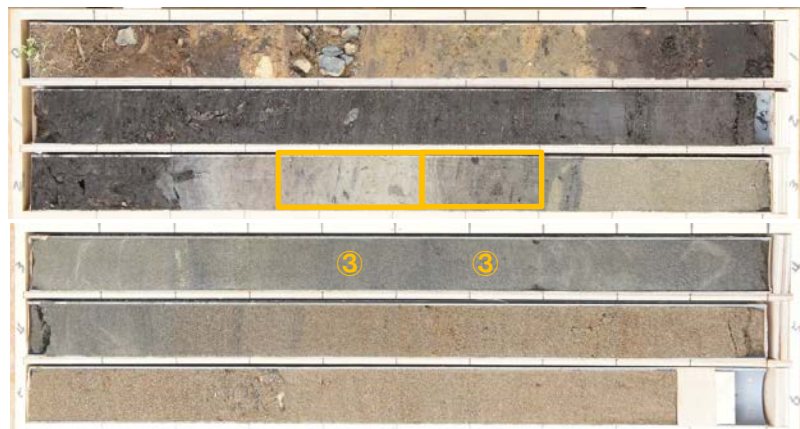
調査地点位置図 (●北海道, ●当社)

## 2.2 津波堆積物調査

既往津波堆積物調査(当社実施) (6/12)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

下梨野舞納地区(下梨野舞納-1)



ボーリングコア写真(下梨野舞納-1)  
 孔口標高3.04m  抽出範囲

### <地点概要>

○岩内平野沿岸に発達する砂丘背後の堀株川左岸の低地。

### <コア観察結果>

- 地表付近は、盛土等に覆われ、深度0.77m～深度2.75mは、有機質または泥炭質のシルトが主体として分布する。深度3.21m以深では、扁平礫を含む淘汰のよい砂層であり、海成の堆積物と推定される。
- 深度0.95m及び深度2.15mの腐植質シルトより、それぞれ、 $450 \pm 20\text{yBP}$ 、 $640 \pm 20\text{yBP}$ の $^{14}\text{C}$ 法年代測定値が、深度2.74mの木片より、 $4,950 \pm 30\text{yBP}$ の $^{14}\text{C}$ 法年代測定値が得られている。
- イベント堆積物が推定される地層として以下を抽出した。
  - ・深度2.35m～2.54m…シルト層中に腐植がレンズ状に混入するのが認められる。③
  - ・深度2.54m～2.70m…層厚1mm～2mm程度のレンズ状のシルトが7層認められる。③

### $^{14}\text{C}$ 法年代測定結果

深 度(m)	試 料	$^{14}\text{C}$ 法年代測定結果
0.94-0.95	腐植質シルト	$450 \pm 20\text{yBP}$ (AD1480-AD1520)
2.14-2.15	腐植質シルト	$640 \pm 20\text{yBP}$ (AD1290-AD1330)
2.73-2.74	木片	$4950 \pm 30\text{yBP}$ (BC3030-BC2970)

- ① シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる
- ② 砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している
- ③ 腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる
- ④ 角礫と円礫や扁平礫が混在している

# 2.2 津波堆積物調査

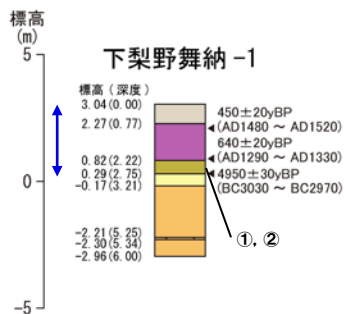
## 既往津波堆積物調査(当社実施) (7/12)

一部修正 (H26/1/29審査会合)

### <珪藻分析結果>

- 深度2.00m~3.20mの範囲で珪藻分析を実施。
- 深度3.30m以深では、珪藻は認められない。
- 深度2.00m~2.70mでは、淡水生種の珪藻化石が卓越する。
- 深度2.70m以深は、汽水生種が主体となり、深くなるにつれて海水生種の割合が増える。
- 海水生種は、その分布は少なく、明らかな再堆積によるものも認められる。
- 海水生種は、上下方向に連続的に検出されるが、ボーリングコアから抽出した区間にピークは認められない。

⇒主に河川性の堆積物または氾濫原堆積物と考えられ、本結果からは、津波起源を示す明瞭な証拠は得られなかった。



### 珪藻分析範囲

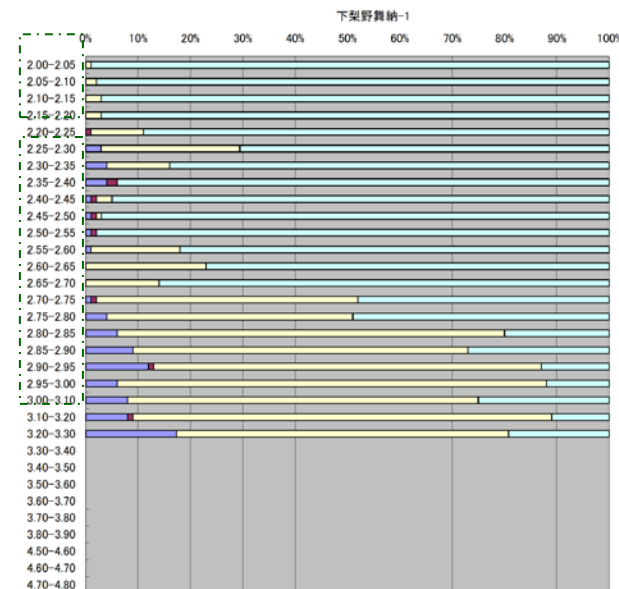
丸数字: イベント堆積物の可能性がある地層として抽出した範囲

- ① 標高0.69~0.45m (深度2.35m~2.54m)
- ② 標高0.45~0.34m (深度2.54m~2.70m)



孔名	試料採取深度(m)	海生種	海生絶滅種	汽水-淡水生種	淡水生種	合計
下梨野舞納-1	2.00-2.05	0	0	1	99	100
	2.05-2.10	0	0	2	98	100
	2.10-2.15	0	0	3	97	100
	2.15-2.20	0	0	3	97	100
	2.20-2.25	0	1	10	89	100
	2.25-2.30	2	0	19	82	100
	2.30-2.35	4	0	12	84	100
	2.35-2.40	4	2	0	94	100
	2.40-2.45	1	1	3	95	100
	2.45-2.50	1	1	1	97	100
	2.50-2.55	1	1	0	98	100
	2.55-2.60	1	0	17	82	100
	2.60-2.65	0	0	23	77	100
	2.65-2.70	0	0	14	86	100
	2.70-2.75	1	1	50	48	100
	2.75-2.80	4	0	47	49	100
	2.80-2.85	6	0	74	20	100
	2.85-2.90	9	0	64	27	100
	2.90-2.95	12	1	74	13	100
	2.95-3.00	6	0	82	12	100
3.00-3.10	8	0	67	25	100	
3.10-3.20	8	1	80	11	100	
3.20-3.30	9	0	33	10	52	
3.30-3.40	0	0	0	0	0	
3.40-3.50	0	0	0	0	0	
3.50-3.60	0	0	0	0	0	
3.60-3.70	0	0	0	0	0	
3.70-3.80	0	0	0	0	0	
3.80-3.90	0	0	0	0	0	
4.50-4.60	0	0	0	0	0	
4.60-4.70	0	0	0	0	0	
4.70-4.80	0	0	0	0	0	

※ 囲みは珪藻を多産する範囲



### 珪藻分析結果



# 2.2 津波堆積物調査

既往津波堆積物調査(当社実施) (8/12)

再掲(H26/1/29審査会合)

下梨野舞納地区(下梨野舞納-3)

<地点概要>

○岩内平野沿岸に発達する砂丘背後の堀株川左岸の低地。

<コア観察結果>

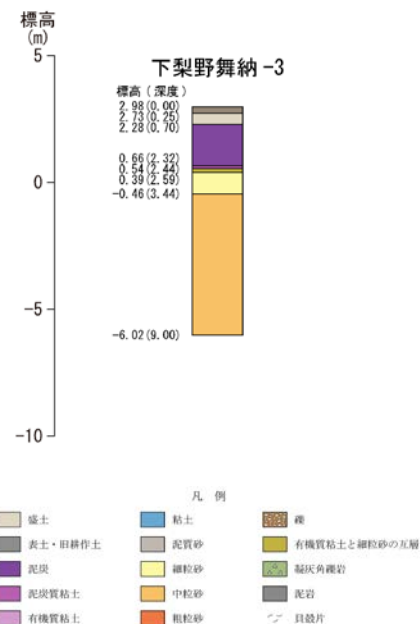
○深度0.70m~2.44mに比較的均質な腐植土, 深度2.44m~2.59mにシルト, 深度2.59m以深に淘汰のよい細~中砂が分布するが, 堆積の乱れや侵食等, イベント堆積物が推定されるような層相(①~④)は認められない。



※ コア採取不良のため, 深度0.0~3.0mについて再ボーリングを実施

ボーリングコア写真(下梨野舞納-3)

孔口標高 2.98m



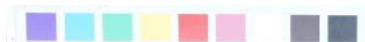
- ① シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる
- ② 砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している
- ③ 腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる
- ④ 角礫と円礫や扁平礫が混在している

# 2.2 津波堆積物調査

既往津波堆積物調査(当社実施) (9/12)

再掲(H26/1/29審査会合)

下梨野舞納地区(下梨野舞納-2)



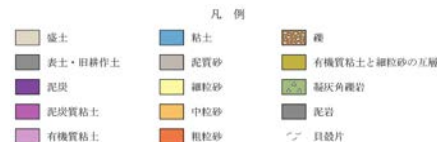
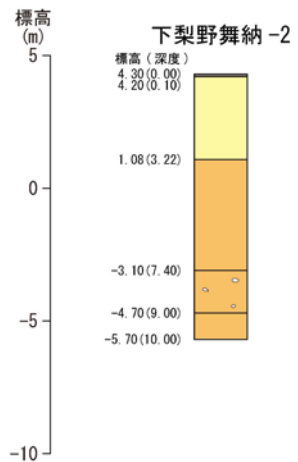
ボーリングコア写真(下梨野舞納-2)  
孔口標高 4.30m

### <地点概要>

○岩内平野沿岸に発達する砂丘背後の堀株川左岸の低地。

### <コア観察結果>

○淘汰のよい中砂及び細砂が主体で、堆積の乱れや侵食等、イベント堆積物が推定されるような層相(①~④)は認められない。



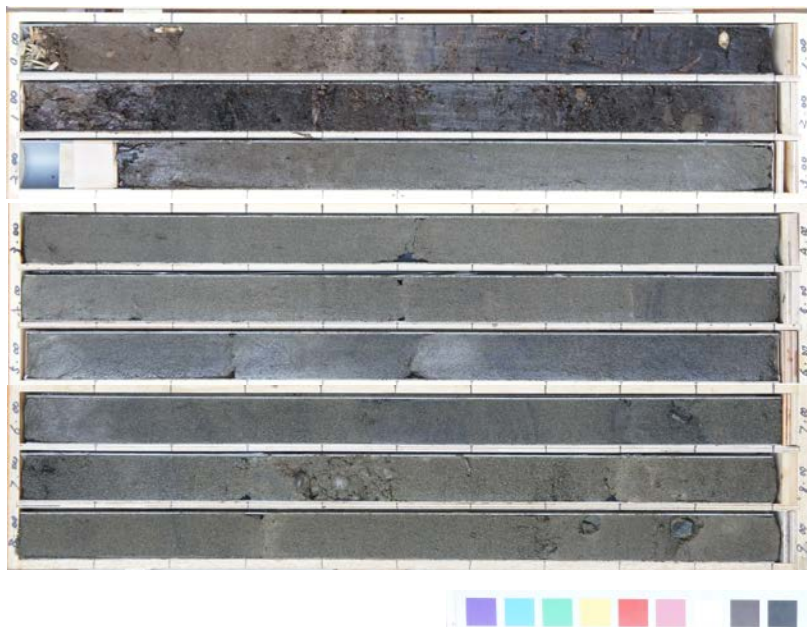
- ① シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる
- ② 砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している
- ③ 腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる
- ④ 角礫と円礫や扁平礫が混在している

# 2.2 津波堆積物調査

既往津波堆積物調査(当社実施) (10/12)

再掲(H26/1/29審査会合)

下梨野舞納地区(下梨野舞納-4)



ボーリングコア写真(下梨野舞納-4)  
孔口標高 4.34m

<sup>14</sup>C法年代測定結果

深度(m)	試料	<sup>14</sup> C法年代測定結果
0.65-0.68	腐植質シルト	2120±30yBP (BG200-BG140)
2.08-2.10	腐植質シルト	3340±30yBP (BC1420-BC1360)

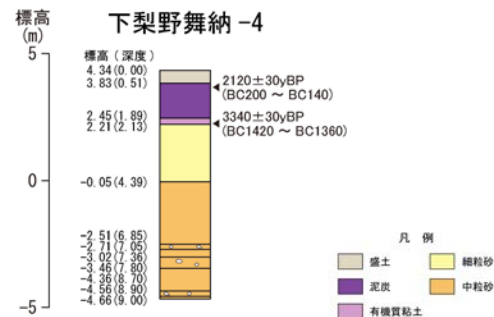
### <地点概要>

○岩内平野沿岸に発達する砂丘背後の堀株川左岸の低地。

### <コア観察結果>

○深度0.51m~2.13mに比較的均質な腐植土、深度2.13m以下に淘汰のよい細~中砂が分布するが、堆積の乱れや侵食等、イベント堆積物が推定されるような層相(①~④)は認められない。

○深度0.68m及び深度2.10mの腐植質シルトより、それぞれ、2,120±30yBP、3,340±30yBPの<sup>14</sup>C法年代測定値が得られている。



- ① シルト層中に砂層・細礫層が認められる。砂層・細礫層とシルト層とが混在して認められる
- ② 砂層・細礫層が下位のシルト層を侵食している
- ③ 腐植質シルト及びシルトが偽礫状またはレンズ状に含まれる
- ④ 角礫と円礫や扁平礫が混在している

# 2.2 津波堆積物調査

## 既往津波堆積物調査(当社実施) (11/12)

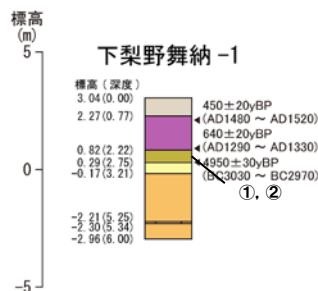
再掲(H26/1/29審査会合)

### 【下梨野舞納地区における調査結果について】

- 下梨野舞納地区では、4地点でボーリング調査を実施した。
- このうち、下梨野舞納-1の標高0~1m付近で津波堆積物の可能性があるイベント堆積物が推定される区間が抽出されたが、珪藻分析結果より、主に河川性の堆積物または氾濫原堆積物と考えられ、本結果からは、津波起源を示す明瞭な証拠は得られなかった。
- 北海道の調査結果では、調査地点近傍にて地層引き抜き調査を実施し、KY-02~KY-05地点において、標高1~2m付近にイベント砂層を確認している。
- 北海道が地層引き抜き調査で確認したイベント砂層は、珪藻分析及び化学分析の結果から河川の洪水起源のものと考えられ、现阶段で津波起源を示すような明瞭な証拠は得られていないとしている。



調査地点位置図 (●北海道, ●当社)

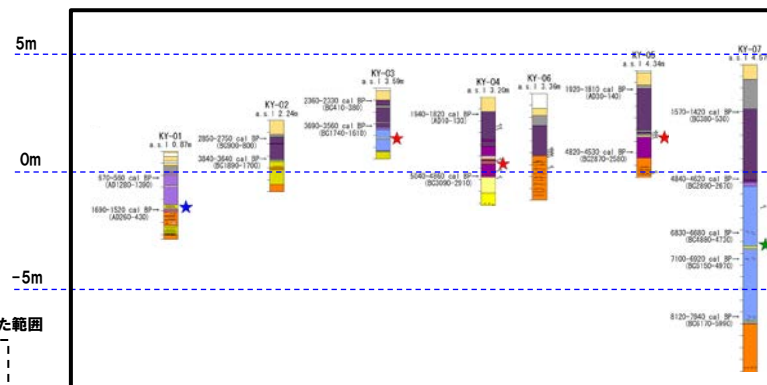


丸数字: イベント堆積物の可能性がある地層として抽出した範囲

- ① 標高0.69~0.45m (深度2.35m~2.54m)
- ② 標高0.45~0.34m (深度2.54m~2.70m)



下梨野舞納-1調査結果



KY-01地点~KY-07地点の調査結果 (北海道立総合研究機構(2013)より引用)

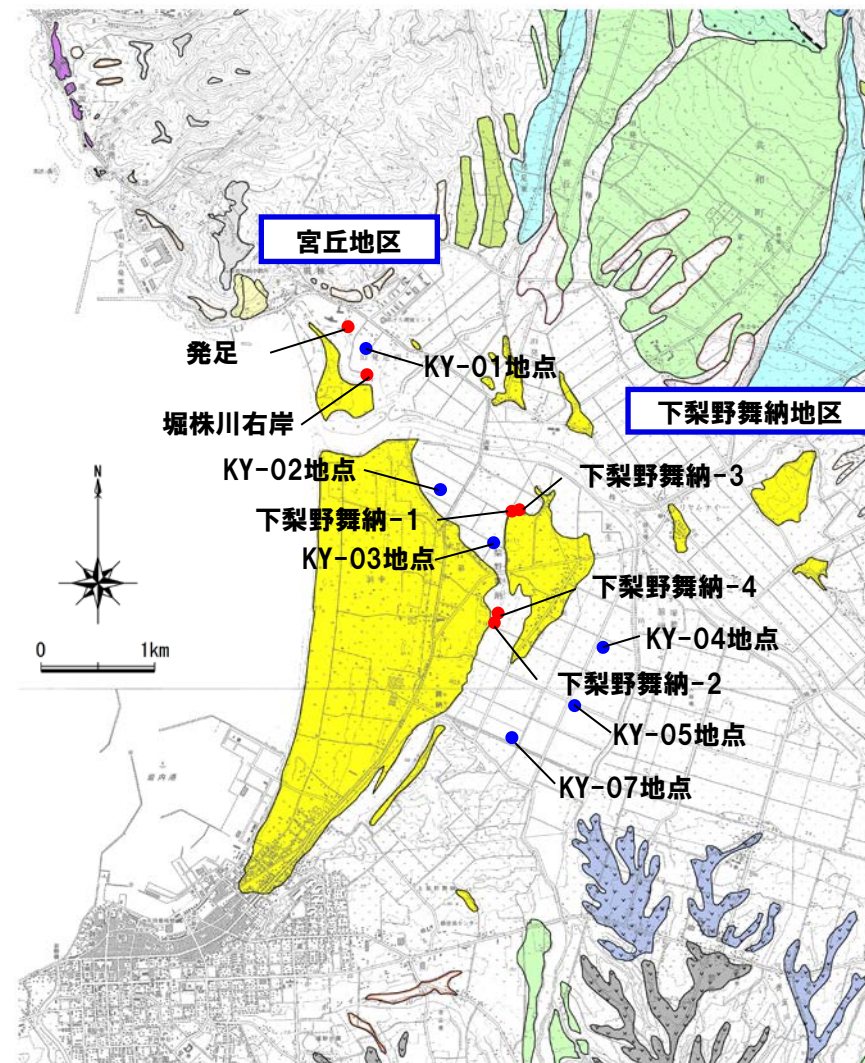
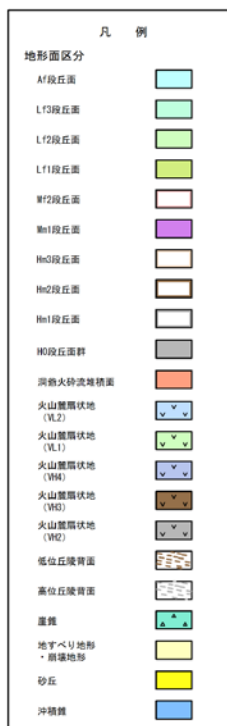
# 2.2 津波堆積物調査

既往津波堆積物調査(当社実施) (12/12)

再掲(H26/1/29審査会合)

### 【津波堆積物調査結果について】

- 岩内平野内で北海道が実施した地層引き抜き調査(KY-01地点~KY-05地点)結果には、一部の地点でイベント砂層が確認されているが、珪藻分析及び化学分析の結果から河川の洪水起源のものと考えられている。
- 当社において宮丘地区及び下梨野舞納地区で実施したボーリング調査では、3地点でイベント堆積物の可能性のある堆積物が推定される区間が抽出されたが、珪藻分析結果より、河川性堆積物または氾濫原堆積物と推定された。
- 北海道が実施したボーリング調査(KY-07地点)では、標高-3.2m付近に約7,000年前のイベント砂層が確認されており、津波または高潮起源によるものの可能性があると評価している。
- 今回の当社の調査では、北海道の調査で確認できていなかった約1,600年前以降の地層について、一部確認することができた。
- 北海道及び当社の調査結果では、岩内平野周辺において、KY-07地点以外に津波堆積物の可能性を示唆する堆積物は確認されておらず、現時点においては、少なくとも、約7,000年前以降について、明瞭な津波堆積物は、確認できていない。



調査地点位置図 (●北海道, ●当社)

## 2. 3 既往津波の再現解析

### 1. 計算条件

### 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

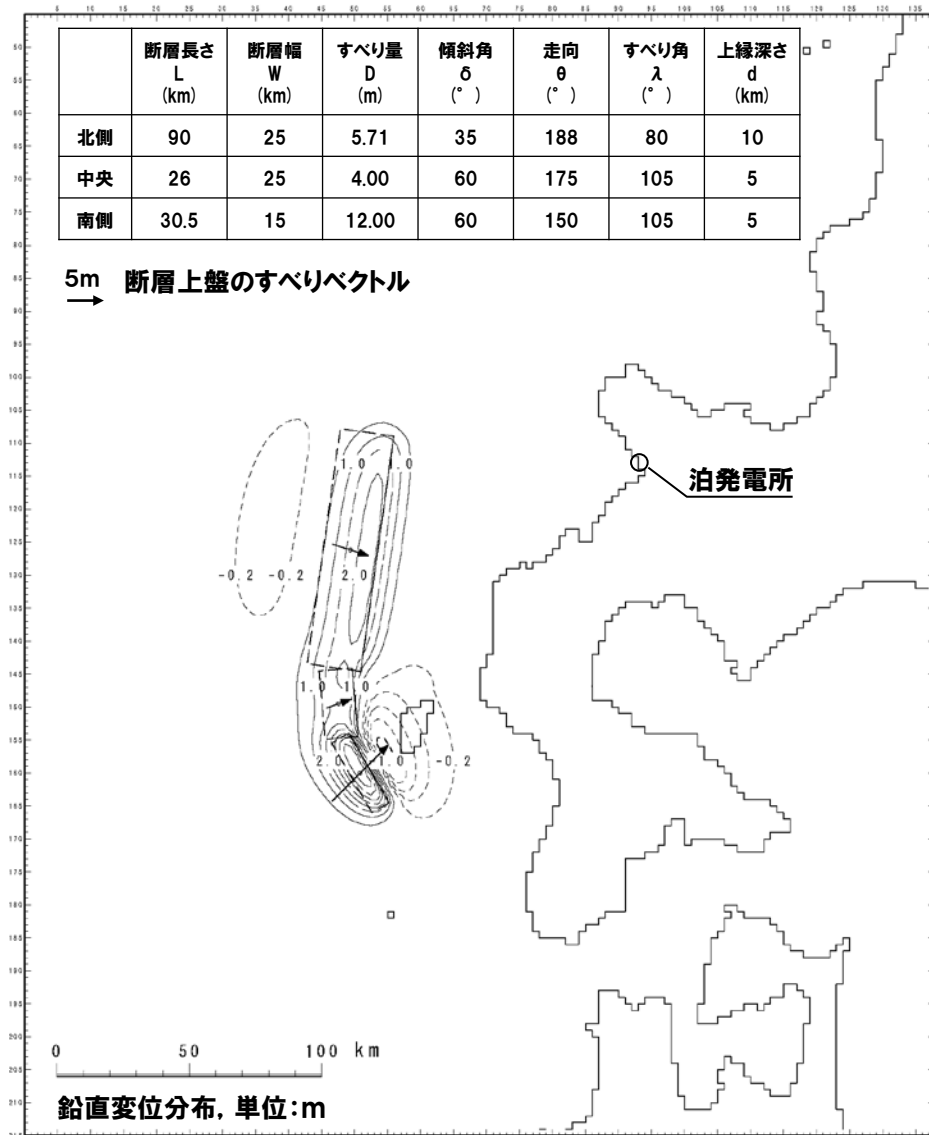
## 既往津波の再現性検討

一部修正 (H26/12/5審査会合)

○既往津波に関する文献調査より、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」を数値シミュレーションの検証の対象として選定。

	断層長さ L (km)	断層幅 W (km)	すべり量 D (m)	傾斜角 $\delta$ ( $^{\circ}$ )	走向 $\theta$ ( $^{\circ}$ )	すべり角 $\lambda$ ( $^{\circ}$ )	上縁深さ d (km)
北側	90	25	5.71	35	188	80	10
中央	26	25	4.00	60	175	105	5
南側	30.5	15	12.00	60	150	105	5

5m 断層上盤のすべりベクトル



鉛直変位分布, 単位:m

1993年北海道南西沖地震津波の断層モデル (DCRC-26)

# 2.3 既往津波の再現解析

## 計算手法及び計算条件

再掲 (H26/12/5審査会合)

○計算は、後藤ほか(1982)に基づき非線形長波の連続式及び運動方程式を基礎方程式とし、計算格子間隔を5kmから5mとした。

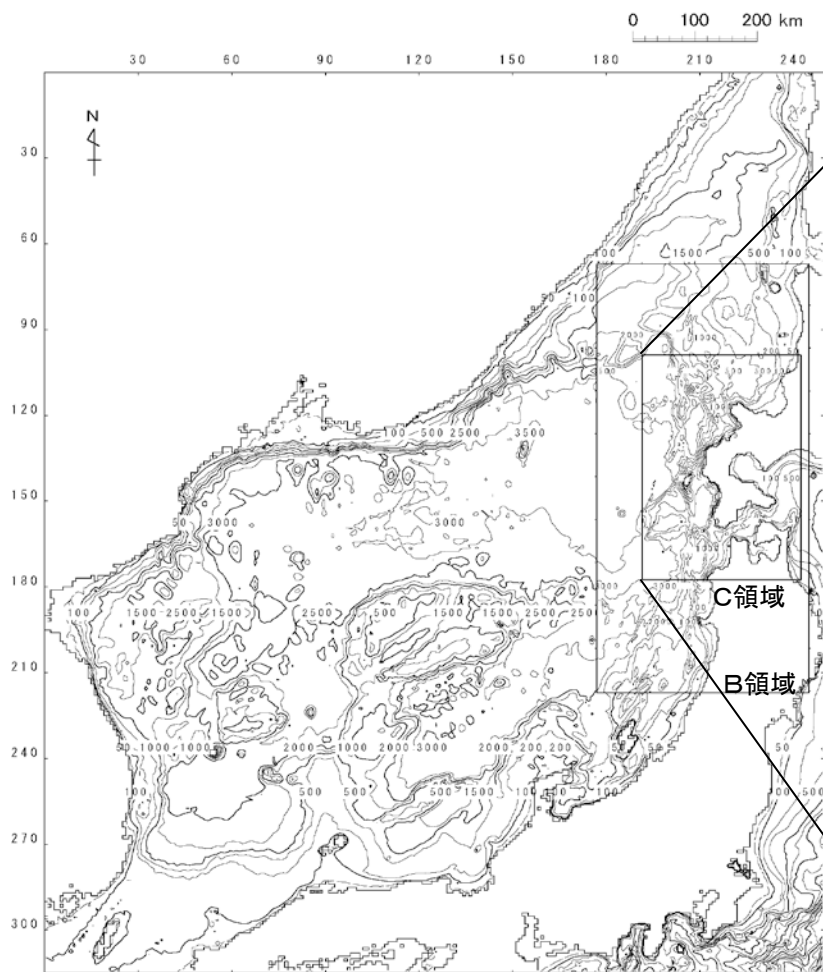
項目 \ 領域	A領域	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
計算領域	日本海全域 (南北約1,500km, 東西約1,200km)							
計算格子間隔 $\Delta s$	5 km	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10 m (2500/243)	5 m (2500/486)
計算時間間隔 $\Delta t$	0.1秒 (計算安定条件より設定)							
基礎方程式	線形長波	非線形長波						
沖合境界条件	自由透過	外側の格子領域と、水位・流量を接続						
陸側境界条件	完全反射				小谷ほか(1998)の 遡上境界条件			
初期条件	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海底地殻変位を初期水位として海面上に与える。							
海底摩擦	考慮しない	マニングの粗度係数 $n=0.03 \text{ m}^{-1/3}\cdot\text{s}$ (土木学会(2002))						
水平渦動粘性	考慮しない	係数 $K_h=1.0\times 10^5 \text{ cm}^2/\text{s}$ (土木学会(2002))						
計算潮位	検証計算:T.P. $\pm$ 0.0m 予測計算:M.S.L.=T.P.+0.21m							
計算時間	地震発生後3時間							



# 2.3 既往津波の再現解析

## 海底地形のモデル化 (1/2)

再掲 (H26/12/5審査会合)



A領域



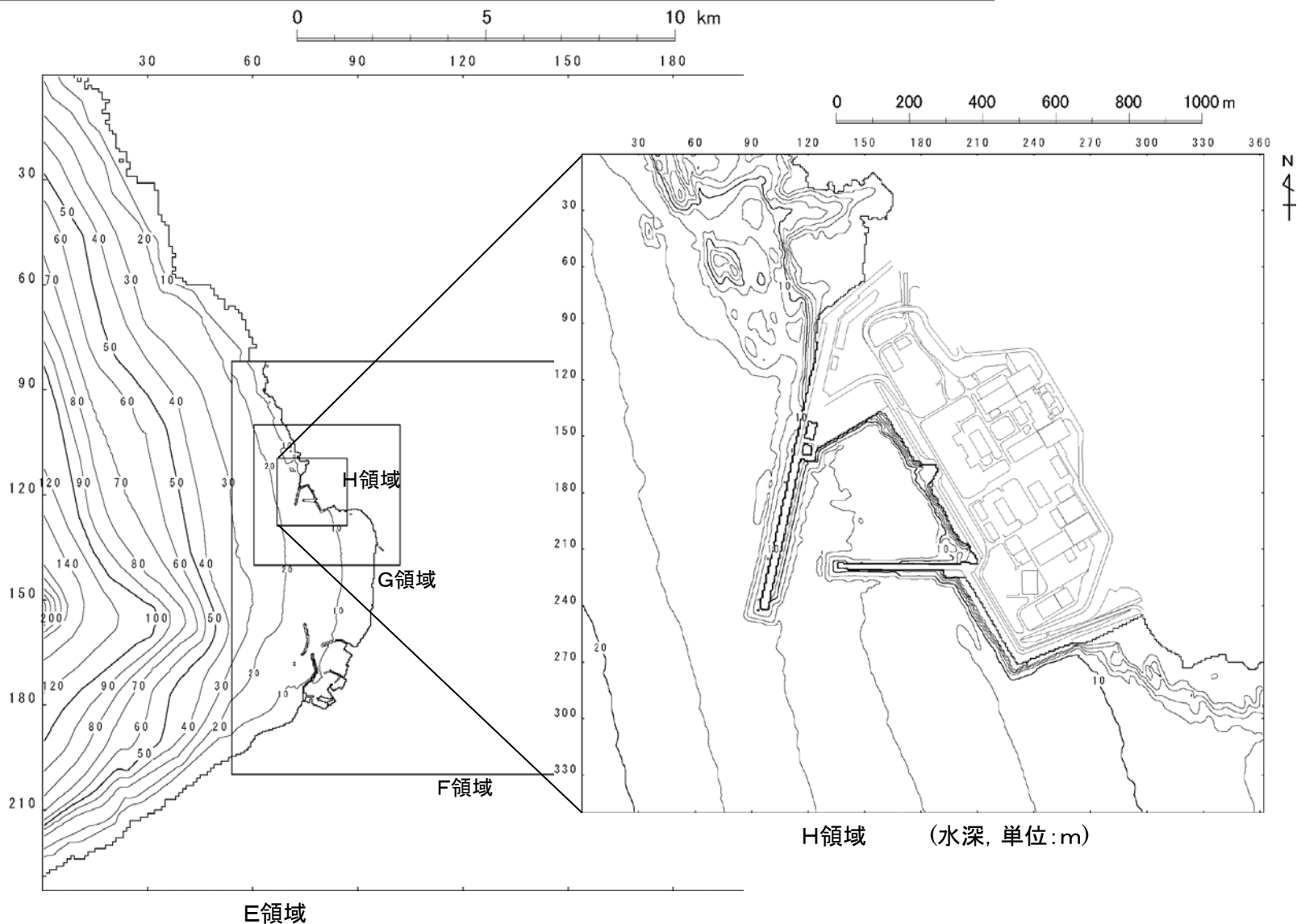
C領域 (水深, 単位:m)

計算領域と水深

# 2.3 既往津波の再現解析

海底地形のモデル化 (2/2)

再掲 (H26/12/5審査会合)



H領域 (水深, 単位:m)

E領域

計算領域と水深

# 4. 地震以外の要因に伴う津波

1. 計算条件
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
    - (1) 対象火山の抽出
    - (2) 地形変化量分布の設定
    - (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響
    - (4) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較
    - (5) 数値シミュレーション結果
  4. 2 海底地すべりに伴う津波
    - (1) 海底地すべり地形の抽出
    - (2) パラメータの設定根拠
    - (3) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較
    - (4) 数値シミュレーション結果
  4. 3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波
    - (1) 川白の調査結果
    - (2) 兜岩の調査結果
    - (3) 二つ岩の調査結果
    - (4) 弁慶岩の調査結果
    - (5) パラメータの設定根拠
    - (6) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較
    - (7) 数値シミュレーション結果
  4. 4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波
    - (1) 文献調査
    - (2) 調査結果
    - (3) パラメータの設定根拠
    - (4) 数値シミュレーション結果
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

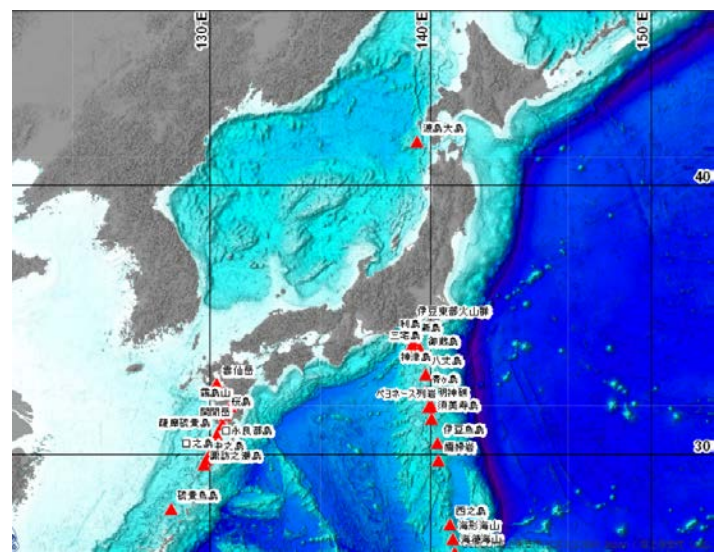
参考文献

# 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

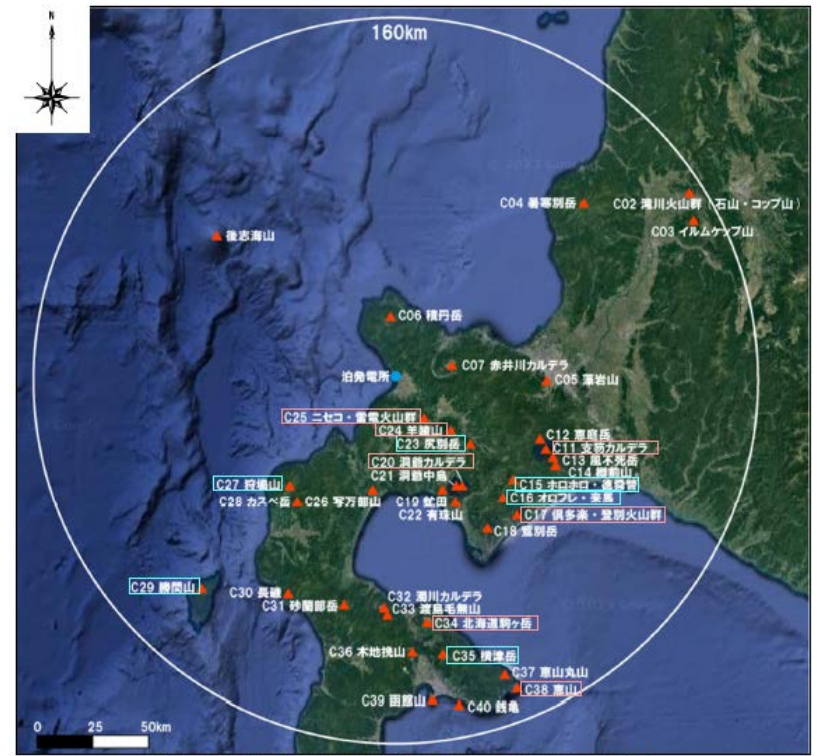
## (1) 対象火山の抽出

### 検討対象抽出 (海域火山)

- 海上保安庁 (2022) の海域火山データベースでは北海道には渡島大島が分布することが示されている。
- また、西来ほか編 (2012) では敷地から半径160km以内の範囲に後志海山が示されている。
- 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のあるものを対象とし、「渡島大島」を選定した。



海上保安庁 (2022) : 海域火山データベース



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)

火山名	活動年代
渡島大島	更新世末期 or 完新世～1790年 噴火記録:1741～1742, 1759, 1786, 1790
後志海山	約90万年前前後 (古くても130万年)

# 4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (1) 対象火山の抽出

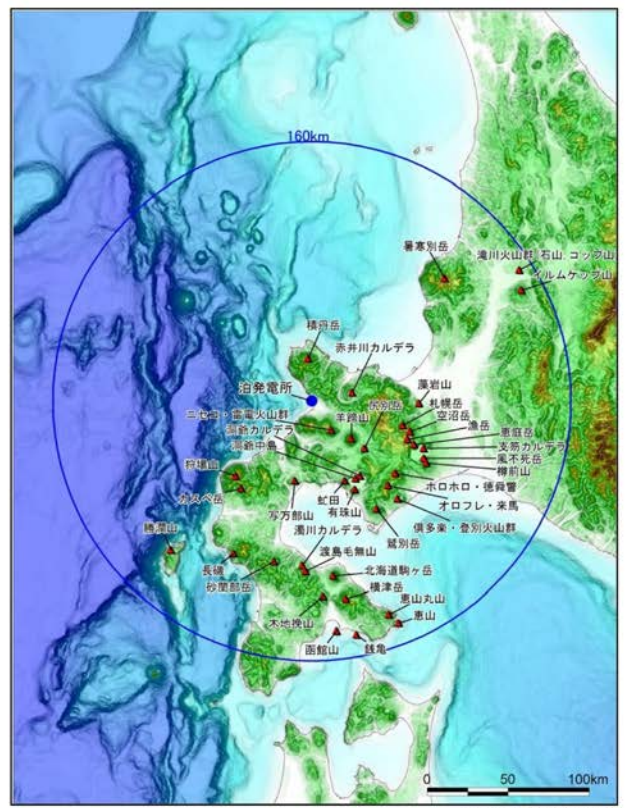
### 検討対象抽出 (陸域火山) (1/3)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

#### 【日本海に面した第四紀陸域火山の抽出結果】

- 敷地に影響を与える可能性のある陸域火山の抽出は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参考に、産業技術総合研究所(2013)「日本の火山(第3版)」に基づき、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を対象とした。
- 山体崩壊等の火山由来の事象は、火山活動に伴って発生することから、上記のうち、完新世に活動があるか、将来の活動の可能性のあるものを対象とした。
- 対象とした火山について、個別に山体崩壊等により津波が発生する可能性を考慮し、津波影響評価対象とする火山の抽出を行った。

#### 検討対象火山の抽出結果：39火山



「日本の火山(第3版)」に基づき作成

#### 検討対象火山の最新活動時期及び敷地からの距離

番号	火山名	最新活動期	敷地からの距離(km)
C02	瀧川火山群(石山,コップ山)	G	151.3
C03	イルムケップ山	G	146.1
C04	霧峰別岳	G	111.5
C05	藻岩山	G	66
C06	積丹岳	G	26.5
C07	赤井川カルデラ	Q1	25.3
C08	札幌岳	Q1	58.1
C09	空沼岳	Q2	63.2
C10	漁岳	G	63.6
C11	支笏カルデラ	Q3	74.8
C12	恵庭岳	H	68.6
C13	風不死岳	H	77.7
C14	樽前山	H	80.2
C15	ホロホロ・徳舜賢	Q2	68
C16	オロフレ・米馬	Q2	70.2
C17	倶多楽・登別火山群	H	80.5
C18	鷲別岳	Q2	77.8
C19	虻田	Q1	53.4
C20	洞爺カルデラ	Q2	54.8
C21	洞爺中島	Q3	55.1
C22	有珠山	H	60.7
C23	尻別岳	Q2	43.6
C24	羊蹄山	H	33.8
C25	ニセコ・雷電火山群	H	21.5
C26	写方部山	G	50.5
C27	狩場山	Q2	66.1
C28	カスベ岳	Q1	69.4
C29	勝淵山	Q2	126.4
C30	長磯	Q1	105.7
C31	砂園部岳	Q1	102.2
C32	瀧川カルデラ	Q3	101.9
C33	渡島毛無山	Q1	105.3
C34	北海道駒ヶ岳	H	109
C35	横津岳	Q1	123.7
C36	木地控山	G	120.6
C37	恵山丸山	Q2	139.9
C38	恵山	H	146.9
C39	函館山	Q1	142.7
C40	銭亀	Q3	146.7

凡例(最新活動期)  
H:完新世  
Q3:後期更新世  
Q2:中期更新世  
Q1:前期更新世後半  
G:前期更新世前半

火山番号は「日本の火山(第3版)」の表記に従う

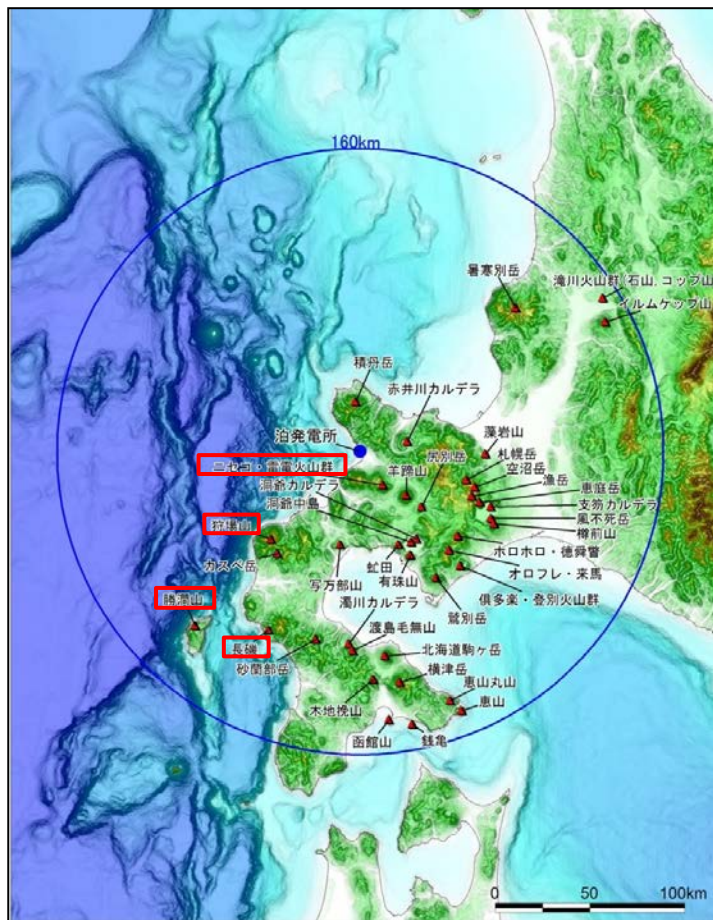
敷地から半径160km以内の検討対象火山の位置

## (1) 対象火山の抽出

## 検討対象抽出(陸域火山)(2/3)

再掲(H27/5/15審査会合)

## 日本海沿岸に面した火山:4火山



「日本の火山(第3版)」に基づき作成

敷地から半径160km以内の検討対象火山の位置

## 検討対象火山の最新活動時期及び敷地からの距離

番号	火山名	最新活動期	敷地からの距離(km)
C02	滝川火山群(石山, コップ山)	G	151.3
C03	イルムケップ山	G	146.1
C04	暑寒別岳	G	111.5
C05	藻岩山	G	66
C06	積丹岳	G	26.5
C07	赤井川カルデラ	Q1	25.3
C08	札幌岳	Q1	58.1
C09	空沼岳	Q2	63.2
C10	漁岳	G	63.6
C11	支笏カルデラ	Q3	74.8
C12	恵庭岳	H	68.6
C13	風不死岳	H	77.7
C14	樽前山	H	80.2
C15	ホロホロ・徳舜警	Q2	68
C16	オロフレ・来馬	Q2	70.2
C17	倶多楽・登別火山群	H	80.5
C18	鷺別岳	Q2	77.8
C19	虹田	Q1	53.4
C20	洞爺カルデラ	Q2	54.8
C21	洞爺中島	Q3	55.1
C22	有珠山	H	60.7
C23	尻別岳	Q2	43.6
C24	羊蹄山	H	33.8
C25	ニセコ・雷電火山群	H	21.5
C26	写方部山	G	50.5
C27	狩場山	Q2	66.1
C28	カスベ岳	Q1	69.4
C29	勝潤山	Q2	126.4
C30	長磯	Q1	105.7
C31	砂蘭部岳	Q1	102.2
C32	濁川カルデラ	Q3	101.9
C33	渡島毛無山	Q1	105.3
C34	北海道駒ヶ岳	H	109
C35	横津岳	Q1	123.7
C36	木地挽山	G	120.6
C37	恵山丸山	Q2	139.9
C38	恵山	H	146.9
C39	函館山	Q1	142.7
C40	銭亀	Q3	146.7

火山番号は「日本の火山(第3版)」の表記に従う

赤色:日本海に面した火山

凡例(最新活動期)  
 H:完新世  
 Q3:後期更新世  
 Q2:中期更新世  
 Q1:前期更新世後半  
 G:前期更新世前半

○日本海沿岸に面した火山として、ニセコ・雷電火山群、狩場山、勝潤山、長磯を抽出する。

## (1) 対象火山の抽出

## 検討対象抽出(陸域火山)(3/3)

再掲(H27/5/15審査会合)

## 【完新世に活動した火山及び将来の活動の可能性がある火山の抽出結果】

- 完新世に活動した火山として、ニセコ・雷電火山群を抽出する。
- 将来の活動の可能性については、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」によれば、最後の活動終了からの期間が、過去の最大休止期間より長い等により判断できるとされている。
- また、兼岡・井田(1997)によれば、日本のような島弧火山は数十万年程度が平均的な活動期間と考えるとよいとされている。
- 以上のことから、将来の活動の可能性がある火山として、最後の活動終了からの期間が、過去の最大休止期間より短い火山として狩場山を、数十万年以降の活動が確認される火山として、勝潤山を抽出する。

検討対象火山の活動時期と最新活動からの経過時間

番号	火山名	活動時期	最新活動からの経過時間	最新活動の新旧
C25	ニセコ・雷電火山群	約40万年前以降。最新の噴火は約6000年前。雷電山は約140-80万年前	約6ka	○
C27	狩場山	約80-25万年前	約0.25Ma	○
C29	勝潤山	30万ないし20万年前	0.2Ma	○
C30	長磯	約220-170万年前	1.72±0.33Ma	×

赤色: 完新世に活動した火山  
 青色: 将来の活動の可能性がある火山

火山番号は「日本の火山(第3版)」の表記に従う

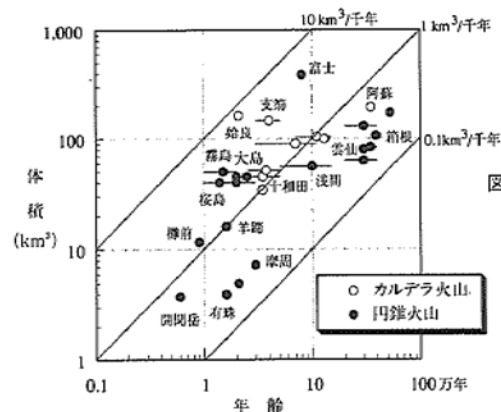


図2.1 日本の代表的な火山の年齢と体積の関係  
 島弧の火山の長期間にわたる平均噴出率は、1000年当たり0.1-10 km<sup>3</sup>のばらつきがある。一般にカルデラ火山の噴出率が高いが、富士山も同程度に噴出率が高い。[守屋以智雄, 1983<sup>2)</sup>などの資料に基づく]

日本の代表的な火山の活動期間(兼岡・井田, 1997)

## (1) 対象火山の抽出

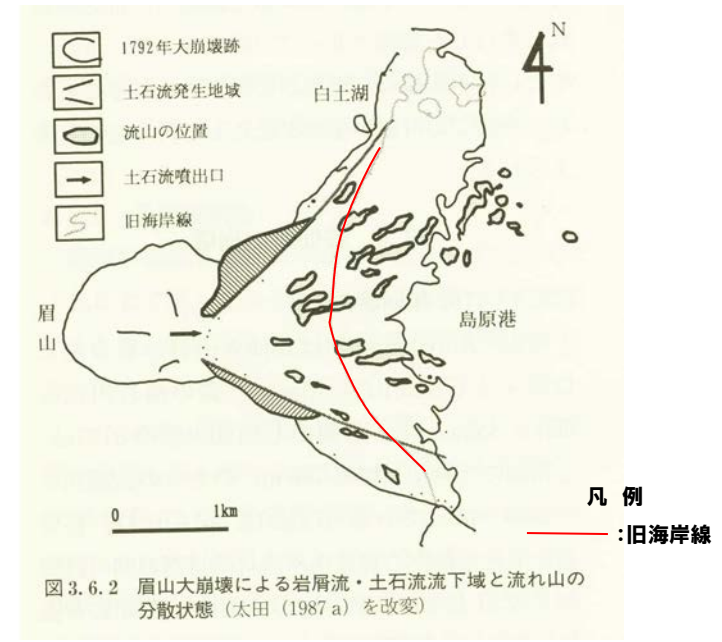
参考 既往の山体崩壊事例 (雲仙眉山崩壊 中村ほか, 2000)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 【概要】**
- 眉山は雲仙火山群の最東端に位置する石英安山岩質の溶岩円頂丘 (Lava dome) で、北部の七面山 (標高819m) と南側の天狗山 (標高708m) の2つの釣鐘状ドームから成っている。
  - 1792年5月21日20時頃 (寛政四年四月一日酉の刻) に、天狗山が山頂部の背後にも達する大崩壊を起こし、さらに有明海に突入した崩土が大津波を誘発して、島原城下をはじめ対岸の肥後をも含めた有明海沿岸の広範囲で、死者行方不明約一万五千人という未曾有の火山災害を発生させた。
  - この崩壊により天狗山は約150m低くなり、幅1,000m、長さ2,000m、深さ170mの馬蹄形の典型的な崩壊跡を残した。
  - 崩壊土量は $3.4 \times 10^8 m^3$ と見積もられ、島原の海岸線は約870m前進し沖合にも数十の小島が誕生した。



雲仙普賢岳周辺の地形分類図 (中村ほか, 2000に一部加筆)



眉山崩壊岩屑流と流れ山の分散状況 (中村ほか, 2000に一部加筆)



## (1) 対象火山の抽出

参考 既往の山体崩壊事例 (雲仙眉山崩壊 中村ほか, 2000; 太田, 1987a)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

### 【崩壊までの経緯】

- 眉山崩壊は、以下のように群発地震の発生から普賢岳の噴火を経て、島原四月朔(さく)地震発生後、崩壊に至っている。
  - 1791年11月3日に島原半島西部の小浜(おばま)付近で地震が発生、それ以後小浜や千々石(ちぢわ)一帯で群発地震が発生する。
  - 1792年2月11日に普賢岳が噴火し、その後3月に溶岩の流出が始まり、島原半島では炭酸泉の湧出、炭酸ガスの噴気、地割れ等が発生(地質の脆弱化)。
  - 群発地震の活動中心が半島西部から東部に移り、4月21日には島原中心に地震が群発し始める(岩盤疲労)。
  - 4月25日には最大規模の地震(島原三月朔地震、震度V~VIが8回)が発生。地割れ等が多数生じ、地下水の上昇も見られる(地下水の異常上昇)。
  - 5月21日17時頃より地震が数回続き、20時頃強い地震(島原四月朔地震、M6.4±0.2)が2回発生した後、眉山が崩壊した(地震の発生)。
  - 崩壊に伴い、3波の津波が発生し、有明海沿岸に大きな被害を与え、最も大きい第2波の高さは、約10mと推定されている。

### 【震源との距離】

○震源は特定されていないが、震源の可能性が高い近傍の千々石断層及び布津断層の距離は、約5kmである。

### 【崩壊の原因】

○崩壊の原因については諸説あったが、太田(1987a)によれば、米国セントヘレンズ火山の山体崩壊や御岳(おんたけ)山の斜面崩壊などの事例から、それまでの諸説を整理したうえで、崩壊は以下のような、熱水の増大と中~小規模の直下型浅発地震との複合作用によるものとされている。

- ① 亀裂の発達が激しく脆弱な地質
- ② 頻発した地震群による岩盤疲労の進行
- ③ 眉山山体内の熱水圧と地下水位の異常上昇
- ④ 直接の誘因として中~小規模の直下型浅発地震の発生

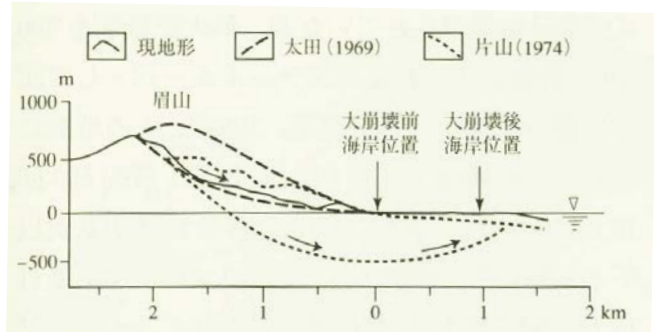


図 3.6.4 眉山大崩壊前後の地形とすべり面の断面図 (太田(1987a)を改変)

断面から推定されるH/L=0.7/3.5=0.2

### 眉山崩壊前後の地形



○文献調査の結果、活動が継続的に認められる火山については、地震により山体崩壊が発生する可能性を考慮し、検討を実施する

## (1) 対象火山の抽出

### ニセコ・雷電火山群の概要

再掲 (H27/8/21審査会合)

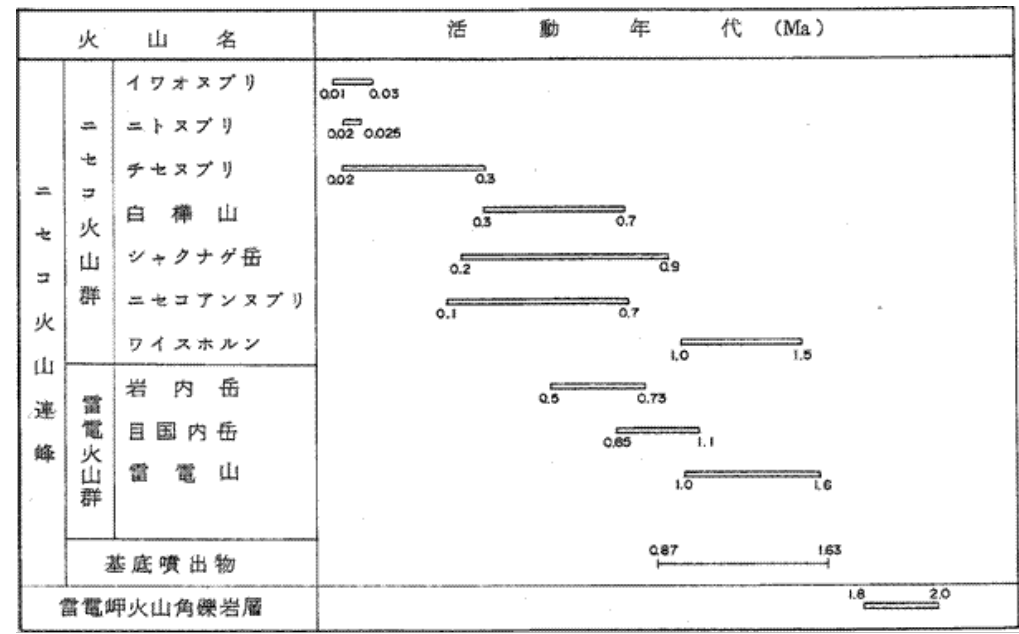
- 位置：敷地の南東方約22km
- 構成：3火山群（ワイスホルン、ニセコ火山群、雷電火山群）（小疇ほか，2003）
- 活動：約160万年前に雷電山、ワイスホルンの活動に始まり、現在まで活動している。活動は3期に分かれ、現在は内陸部のイワオヌブリが小規模に活動している。



「日本の火山(第3版)」に基づき作成

ニセコ・雷電火山群の位置

ニセコ・雷電火山群の各火山の活動年代 (NEDO, 1986による)



- 第1期: 雷電山・ワイスホルン
- 第2期: 目国内岳・岩内岳・ニセコアンヌブリ・ジャクナゲ岳・白樺山
- 第3期: チセヌブリ・ニトヌブリ・イワオヌブリ



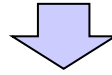
○最新の活動は、内陸部のイワオヌブリである。

## (1) 対象火山の抽出

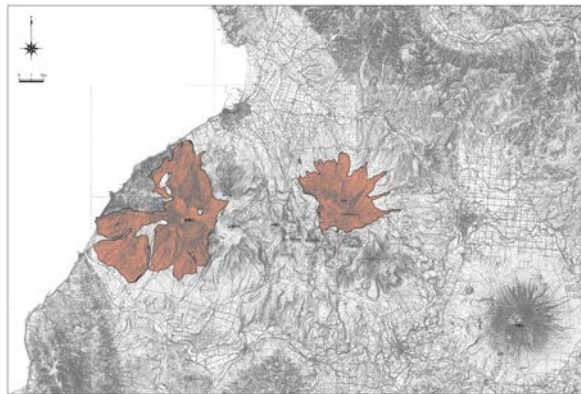
## ニセコ・雷電火山群の活動の変遷

再掲 (H27/8/21審査会合)

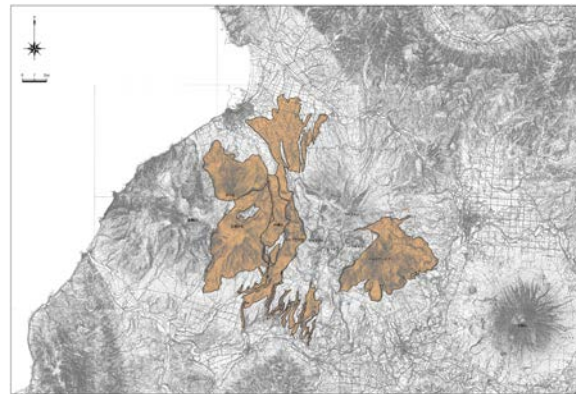
- 児玉ほか (1998b) によれば、ニセコ・雷電火山群の活動は全体として東部に移動しているとされている。
- 勝井ほか (2007) によれば、ニセコ火山の山体形成は、西側からしだいに東側へと波及していき、イワオヌプリの活動が最も新しいとされている。
- 気象庁 (2013) では、江戸時代後半や20世紀初頭にはイワオヌプリ山頂部で噴気活動があったとされている。
- 奥野 (2003) によれば、イワオヌプリから噴出されたスコリア直下の腐植土の<sup>14</sup>C年代測定結果が、若い可能性があるとしながら $6,030 \pm 80$ BPとされており、他のニセコ・雷電火山群の火山噴出物の年代値と比較しても新しい。



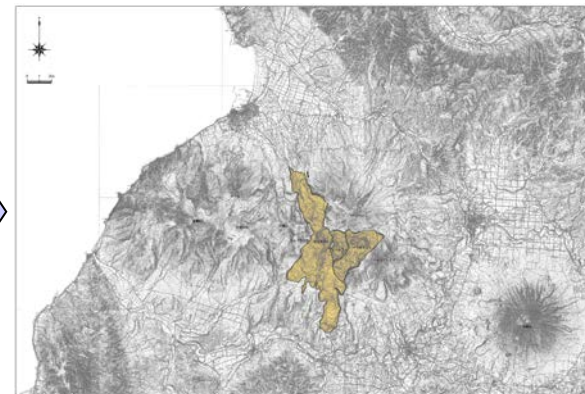
- 活動は大局的に西 (沿岸部) から内陸部へ移動し、ニセコ・雷電火山群において現在活動している火山はイワオヌプリであると考えられる。



第1期 (1.6-1.0Ma)  
雷電山: 1.6-1.0Ma  
ワイスホルン: 1.5-1.0Ma



第2期 (1.1-0.1Ma)  
目国内岳: 1.1-0.65Ma, 岩内岳: 0.73-0.5Ma  
ニセコアンヌプリ: 0.7-0.1Ma, シャクナゲ岳: 0.9-0.2Ma  
白樺山: 0.7-0.3Ma



第3期 (0.3-0.01Ma)  
チセヌプリ: 0.3-0.02Ma  
ニトヌプリ: 0.025-0.02Ma  
イワオヌプリ: 0.03-0.01Ma

## (1) 対象火山の抽出

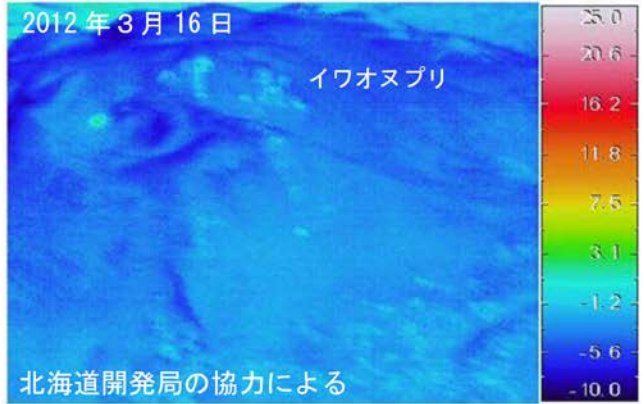
参考 イワオヌプリの状況 (気象庁 火山活動解説資料)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 気象庁では、ニセコ・雷電火山群のうち最新の火山活動が起こっているイワオヌプリについて、平成16年から年に1回程度、火山活動解説資料を報告している。
- 調査項目は、山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測である。
- 近年では、イワオヌプリには噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められないとしている。



イワオヌプリに噴気は認められない (上空から撮影, 気象庁HPより)



イワオヌプリに地熱域は認められない (赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

イワオヌプリに関する火山活動解説資料 (気象庁HP) を整理した表

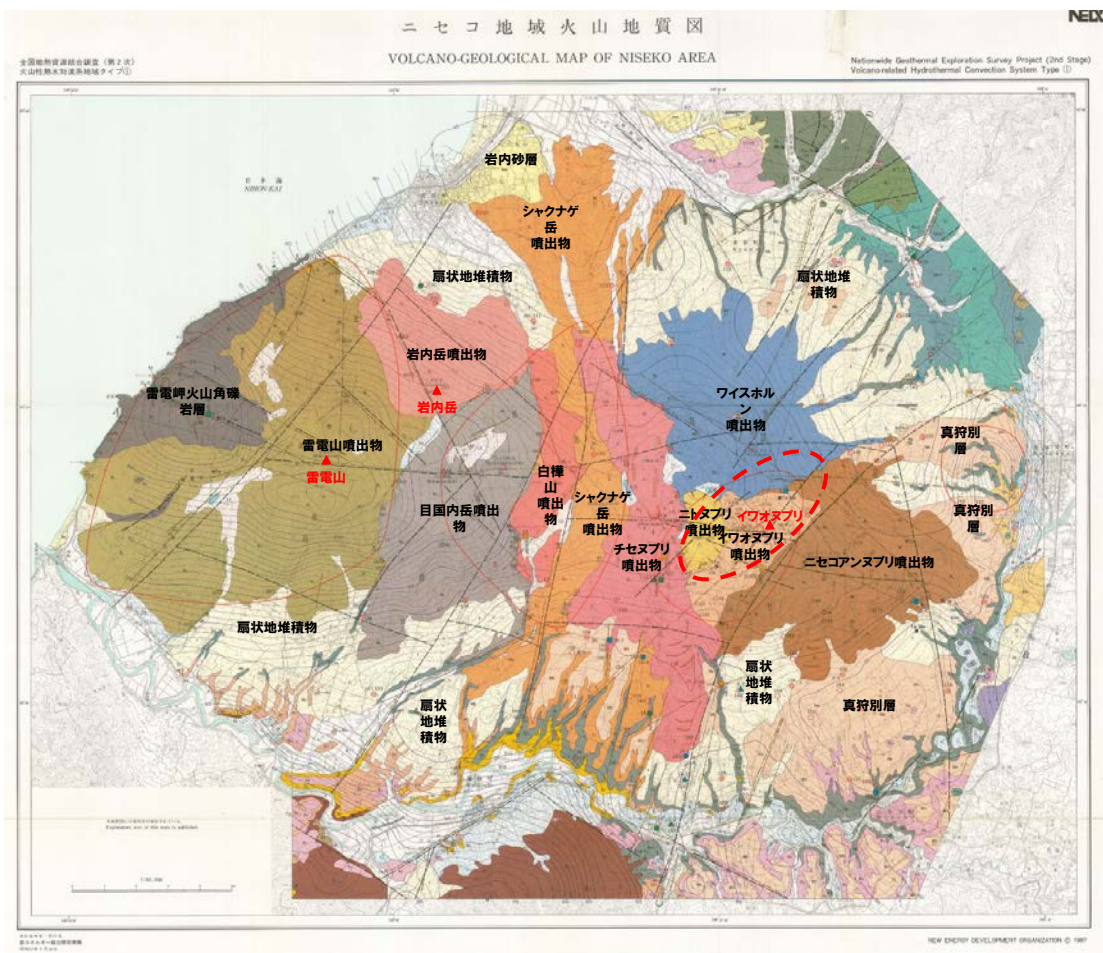
年	月	気象庁の見解(火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H19	5	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19.12.1に噴火予報(正常)を発表
	6	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H23	7	噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H24	3	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H26	9	噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は見られない。	上空からの観測	

## (1) 対象火山の抽出

## ニセコ・雷電火山群の地質 (1/3)

再掲 (H27/8/21審査会合)

- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部には第四系更新統の雷電岬火山角礫岩層が分布している。
- 地表地質踏査結果により、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。

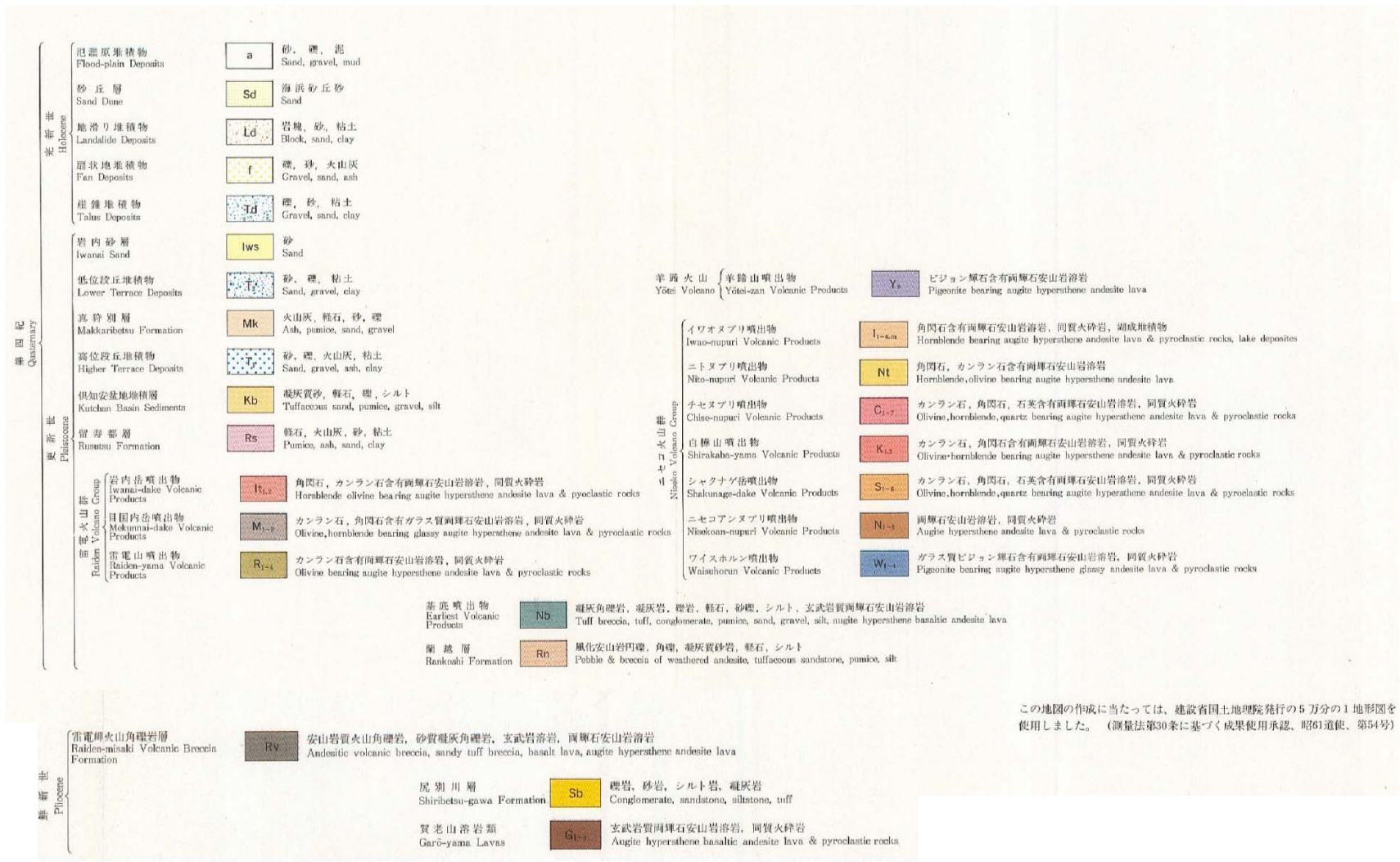


# 4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (1) 対象火山の抽出

### ニセコ・雷電火山群の地質 (2/3)

再掲 (H27/5/15審査会合)



この地図の作成に当たっては、建設省国土地理院発行の5万分の1地形図を使用しました。(測量法第30条に基づく成果使用承認、昭61道使、第54号)

### ニセコ地域火山地質図 (凡例) (NEDO, 1987より抜粋)

# 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (1) 対象火山の抽出

### ニセコ・雷電火山群の地質 (3/3)

再掲 (H27/8/21審査会合)

温泉・鉱泉 Hot and mineral springs

泉質 Water chemistry	泉温 Water temperature (°C)				
	<25	≥25- <42	≥42- <60	≥60- <90	≥90
塩化物泉 Chloride spring	●	●	●	●	●
炭酸水素塩泉 Bicarbonate spring	▲	▲	▲	▲	▲
硫酸塩泉 Sulphate spring	■	■	■	■	■

(地熱調査井・温泉などの番号は説明書第3表及び第6表の番号と同じ)  
Numbers of geothermal exploration wells, hot springs and others correspond to those in Tables 3 and 6 of the text.)

- 先第四系中の推定断層  
Inferred fault in the pro-Quaternary System
- ランドサット画像判読による、連続的で顕著な(強)リニアメント  
Strong Lineaments from Landsat Image
- レーダー画像判読による、主要(1次)リニアメント(顕著なもの)  
Major Lineaments from SAR Image
- 航空写真判読による、明瞭なリニアメント  
Strong Lineaments from Aerial Photograph
- 等重力線(ブーゲー異常), 1ミリガル間隔  $\rho=2.3\text{ g/cm}^3$   
Gravity contour (Bouguer anomaly), 1 milligals interval  $\rho=2.3\text{g/cm}^3$
- 高重力域  
Gravity "High"
- 低重力域  
Gravity "Low"
- 銅  
Copper
- 鉛, 亜鉛  
Lead, Zinc
- 鉄  
Iron
- マンガン  
Manganese
- 硫黄  
Sulphur
- 粘土  
Clay
- 変質帯  
Alteration zone
- 噴気(90°C以上)  
Fumarole (higher than 90°C)
- 冷泉・湧水  
Cold spring
- 地熱調査井(全国地熱資源総合調査関係)  
Geothermal exploration well (Nationwide geothermal exploration survey project)
- 温泉調査井  
Hot spring prospect well
- 磁化方位測定用試料採取位置  
Sample localities of paleomagnetometry
- K-Ar年代測定用試料採取位置  
Sample localities of K-Ar dating
- <sup>14</sup>C年代測定用試料採取位置  
Sample localities of radiocarbon age dating

貫入岩類  
Intrusive Rocks

- A 新期安山岩  
Younger andesite
- An 両輝石安山岩  
Augite hypersthene andesite
- Gr 花崗岩類  
Granitic rocks
- R 流紋岩  
Rhyolite

- 火山山頂  
Peak of volcano
- 火口  
Crater
- 円頂岳  
Lava dome
- 溶岩じわ  
Lava folds
- 溶岩・火砕流堤防  
Lava levees
- 堰止湖  
Dammed lake
- 地滑り崩落地形  
Landslide scar
- フローユニット界  
Flow-unit boundary
- 走向および傾斜  
Strike & dip

この地質図の印刷に当たっては、工業技術院地質調査所発行のカラーチャートを使用しました。(承認番号61地調第666号)

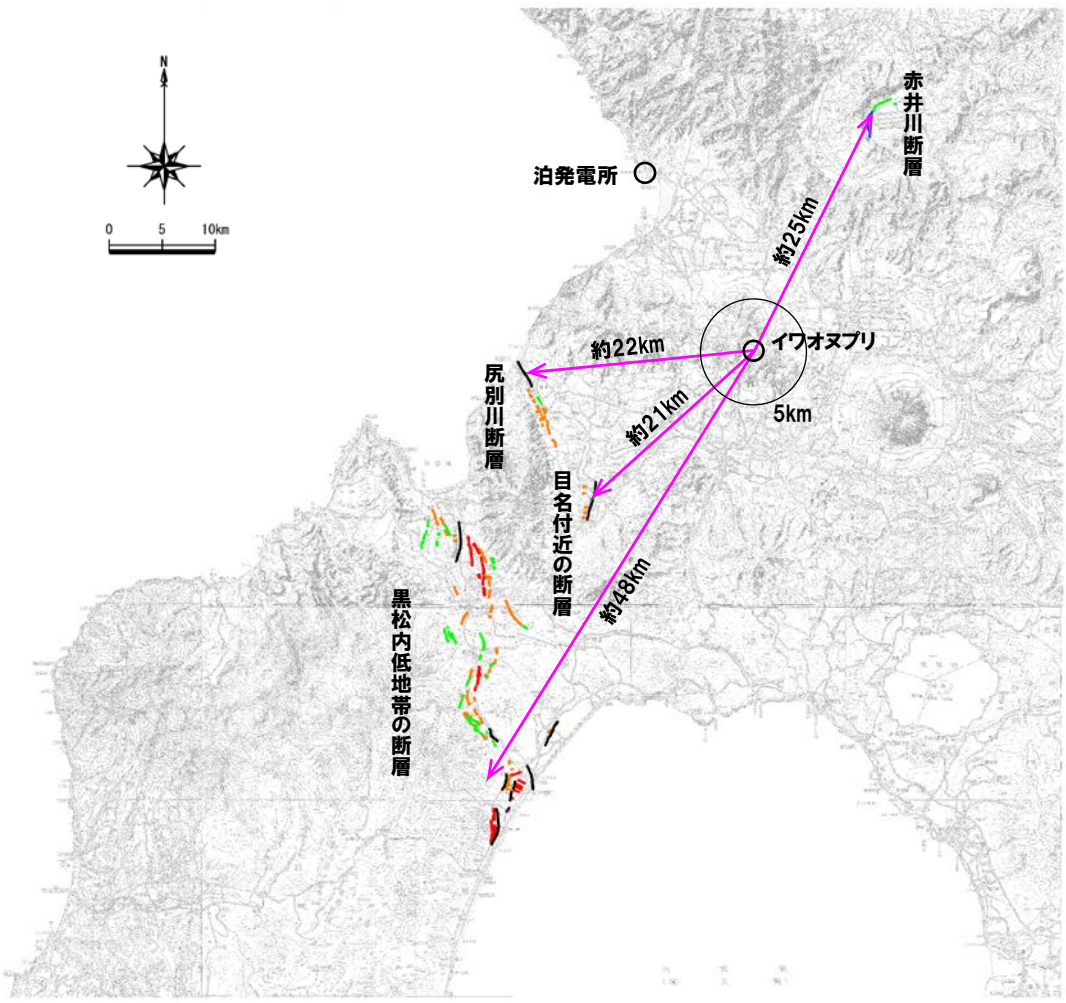
## ニセコ地域火山地質図(凡例)(NEDO, 1987より抜粋)

## (1) 対象火山の抽出

### ニセコ・雷電火山群周辺の地質構造

再掲 (H27/8/21審査会合)

○文献調査及び当社の調査結果によれば、ニセコ・雷電火山群周辺には尻別川断層が認められるが、現在の活動中心であるイワオヌプリから5km以内には震源となる活構造は認められない。



凡 例

変位地形分類基準

— (Red)	区分Ⅰ
— (Orange)	区分Ⅱ
— (Green)	区分Ⅲ
— (Blue)	区分Ⅳ
— (Black)	区分Ⅴ

敷地周辺陸域の変位地形分布図

(泊発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書 (3号発電用原子炉施設の変更), 平成25年7月に一部加筆)



## (1) 対象火山の抽出

### ニセコ・雷電火山群の海岸部の崩壊地形 (1/2)

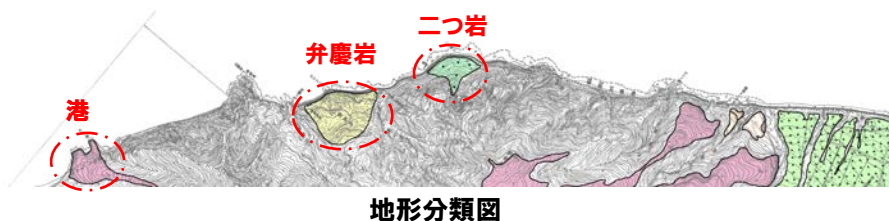
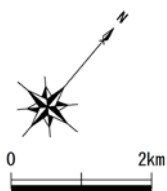
再掲 (H27/8/21 審査会合)

- ニセコ・雷電火山群の海岸部周辺について、空中写真判読を行い、地形分類図を作成した。
- 空中写真判読結果によれば、海域に直接面する地形は、弁慶岩・二つ岩の2箇所(崖錐及び地すべり)及び港付近の1箇所(雷電山起源の溶岩流)である。
- 弁慶岩については、陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)(以下、「陸上地すべり」という。)に伴う津波の検討を行い、敷地への影響は小さいことを確認している。
- 二つ岩については、空中写真判読及び地表地質踏査の結果から、地すべり地形ではないと評価している。
- 港については、雷電山起源の溶岩流が認められるが、空中写真判読結果によれば、地すべり地形は抽出されなかった。

- ニセコ・雷電火山群の海岸部周辺について、地すべり地形DBによる地すべり地形分布図を抽出した。
- 地すべり地形DBで抽出される海域に直接面する地すべりは、弁慶岩及び二つ岩である。
- 弁慶岩については、陸上地すべりに伴う津波の検討を行い、敷地への影響は小さいことを確認している。
- 二つ岩については、空中写真判読及び地表地質踏査の結果から、地すべり地形ではないと評価している。
- なお、港については、地すべり地形の記載はない。

凡 例

1. 地形面区分		
U2段丘面		火山麓扇状地(帯位2)
U1段丘面		火山麓扇状地(帯位1)
W2段丘面		火山麓扇状地(中位)
W3段丘面		火山麓扇状地(帯位2)
W4段丘面		崖錐・崖錐II
洞窟火砕流二次堆積面		地すべり地形・崩壊地形
砂丘部		
2. 火山地形面区分		
白糠山起源の溶岩流		
栗駒山起源の溶岩流		
目黒山起源の溶岩流		
雷電山起源の溶岩流		
津路崖		
崩壊地形		



## (1) 対象火山の抽出

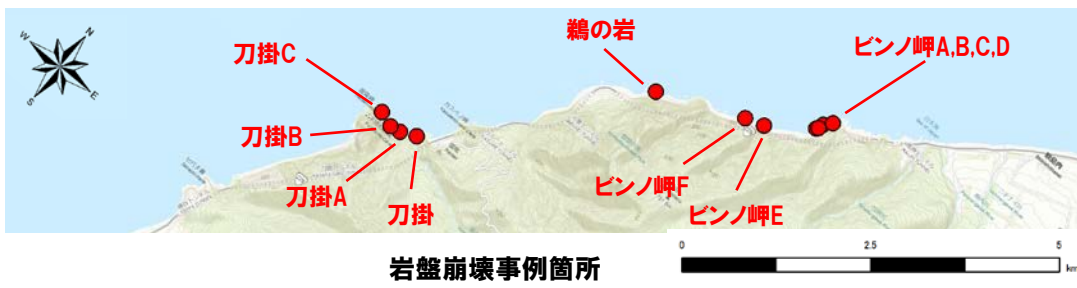
### ニセコ・雷電火山群の海岸部の崩壊地形 (2/2)

再掲 (H27/8/21審査会合)

- 「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」(北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会, 平成12年10月) から, ニセコ・雷電火山群の海岸部における岩盤崩壊の事例を確認した。
- ニセコ・雷電火山群の海岸部における崩壊事例は弁慶岩及びピンノ岬付近に集中する。
  - 確認された急崖の比高は30m~175mである。
  - 敷地まで最短距離の地点はピンノ岬Aで距離は約11km, 規模は約 $5.6 \times 10^2 \text{m}^3$ である。
  - 崩壊規模が最大の地点は刀掛Bで, 距離は約16km, 規模は約 $1.4 \times 10^4 \text{m}^3$ である。
- なお, 岩盤崩壊については, 「3. 陸上の斜面崩壊 (岩盤崩壊) に伴う津波」で詳細な検討を行う。

岩盤崩壊事例

	急崖比高 (m)	崩壊規模 (m <sup>3</sup> )	敷地までの距離 (km)
ピンノ岬A	30	$5.6 \times 10^2$	11
ピンノ岬B	140	$2.0 \times 10^2$	
ピンノ岬C	125	$1.6 \times 10^2$	
ピンノ岬D	100	$1.1 \times 10^2$	
ピンノ岬E	100	$2.7 \times 10^2$	
ピンノ岬F	145	$1.1 \times 10^2$	
鶏の岩	175	$3.2 \times 10^3$	13
刀掛	100	$1.8 \times 10^3$	16
刀掛A	30	$2.0 \times 10^3$	
刀掛B	30	$1.4 \times 10^4$	
刀掛C	50	$2.5 \times 10^3$	



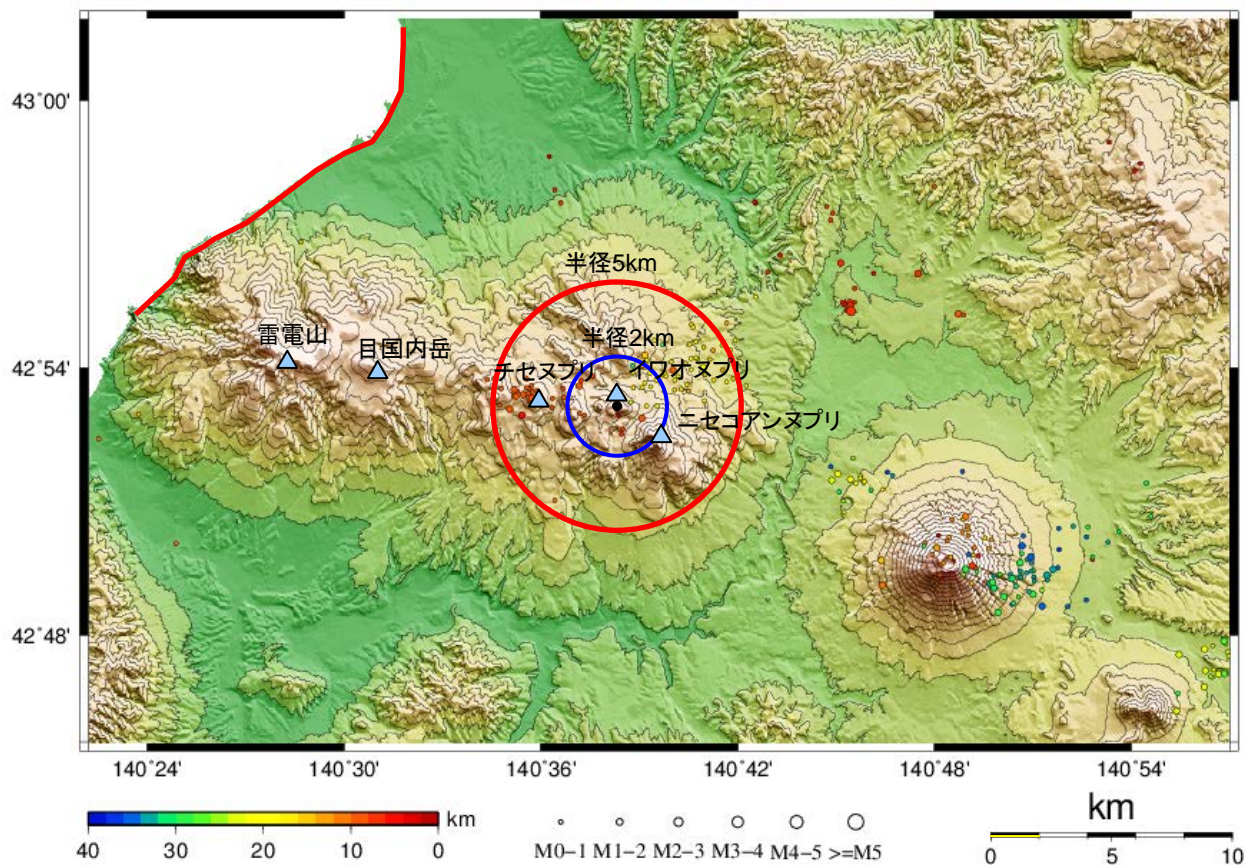
北海道電力が「北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会報告書 (平成12年10月)」を引用し検討

## (1) 対象火山の抽出

## ニセコ・雷電火山群周辺の地震活動

再掲 (H27/8/21審査会合)

- 1996年～2011年のニセコ・雷電火山群周辺の地震活動を確認した。
- 地震活動はイワオヌプリ～チセヌプリ周辺に認められるが、海岸部までの距離は約10km以上である。
- ニセコ・雷電火山群の海岸部において地震活動は認められない。
- 震央のデータは地震年報(気象庁, 2011)を使用した。



ニセコ・雷電火山群周辺の地震活動(1996～2011年)

## (1) 対象火山の抽出

まとめ(ニセコ・雷電火山群の地形、地質・地質構造等)

再掲(H27/8/21審査会合)

## 【地形】

- ニセコ・雷電火山群の海域に直接面する地形は、弁慶岩・二つ岩の2箇所(崖錐及び地すべり)及び港付近の1箇所(雷電山起源の溶岩流)である。
- 弁慶岩については、陸上地すべりに伴う津波の検討を行い、敷地への影響は小さいことを確認している。
- 二つ岩については、空中写真判読及び地表地質踏査の結果から、地すべり地形ではないと評価している。
- 港については、雷電山起源の溶岩流が認められるが、空中写真判読結果によれば、地すべり地形は抽出されない。

## 【地質】

- ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部には第四系更新統の雷電岬火山角礫岩層が分布している。
- 地表地質踏査結果により、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。

## 【地質構造】

- 文献調査及び当社の調査結果では、ニセコ・雷電火山群周辺には尻別川断層が認められるが、現在の活動中心であるイワオヌプリからは5km以内には震源となる活構造は認められない。

## 【火山活動】

- 活動は大局的に西(沿岸部)から内陸部へ移動し、ニセコ・雷電火山群において現在活動している火山はイワオヌプリであると考えられる。
- 近年では、イワオヌプリには噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められないとされている。

## 【地震活動】

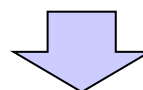
- 1996年～2011年のニセコ・雷電火山群周辺の地震活動はイワオヌプリ～チセヌプリ周辺に認められるが、海岸部までの距離は約10km以上である。
- ニセコ・雷電火山群の海岸部において地震活動は認められない。

## (1) 対象火山の抽出

## まとめ (山体崩壊と地質・地質構造等の関係について)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

	ニセコ・雷電火山群	眉山
地質	○ニセコ・雷電火山群のうち、海岸部には堅硬な火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、未固結の噴出物等が厚く堆積している状況は認められない。	○眉山の崩壊物は眉山溶岩の岩片と細粒の火砕岩からなり、非常に脆い岩相とされている。
地質構造 (断層)	○現在の活動中心であるイワオヌプリから5km以内には震源となる活構造は認められない。	○眉山から千々石断層及び布津断層までの距離は、約5kmである。
火山活動	○ニセコ・雷電火山群は約160万年前の雷電山、ワイスホルンの活動から、大局的に西(沿岸部)から内陸部へ活動を移動し、現在の活動の中心であるイワオヌプリには噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められないとされている。	○眉山が属する雲仙火山群は、火山群全体が現在も活動をしている状況である。
地震活動	○1996年～2011年のニセコ・雷電火山群周辺の地震活動はイワオヌプリ～チセヌプリ周辺に認められるが、海岸部までの距離は約10km以上である。	○2010年～2015年における眉山周辺の地震活動は普賢岳周辺に集中しており、眉山までの距離は5km以内である。
評価	○ニセコ・雷電火山群の海岸部には、火砕岩類が連続して分布していることを確認しており、現在活動中のイワオヌプリ近傍には活構造がないことから、群発地震の発生や、地盤の脆弱化による大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。	○眉山は、激しい火山活動及び近傍に活断層があることによる群発地震により、眉山全体の地盤が脆弱な状態であったため、中規模な地震が誘因となって大規模な山体崩壊が発生した。



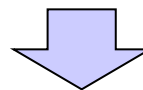
○ニセコ・雷電火山群については、地質・地質構造、火山活動及び地震活動の観点から、眉山において山体崩壊が発生した状況とは異なることから、大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。

## (1) 対象火山の抽出

## ニセコ・雷電火山群の評価(まとめ)

一部修正(H27/8/21審査会合)

- ニセコ・雷電火山群については、地質・地質構造、火山活動及び地震活動の観点から、眉山において山体崩壊が発生した状況とは異なることから、大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。
- 既往の山体崩壊の事例について更なるレビューを行った結果、大部分の事例が、火山活動に伴う山体崩壊を起こしており、火山活動終了、若しくは、休止中の時期に崩壊を起こした事例についても、ニセコ・雷電火山群における状況とは異なることから、大規模な山体崩壊が発生する可能性は小さいものと考えられる。
- 一方、地震による崩壊等の発生について、可能性は小さいながらも否定はできない。



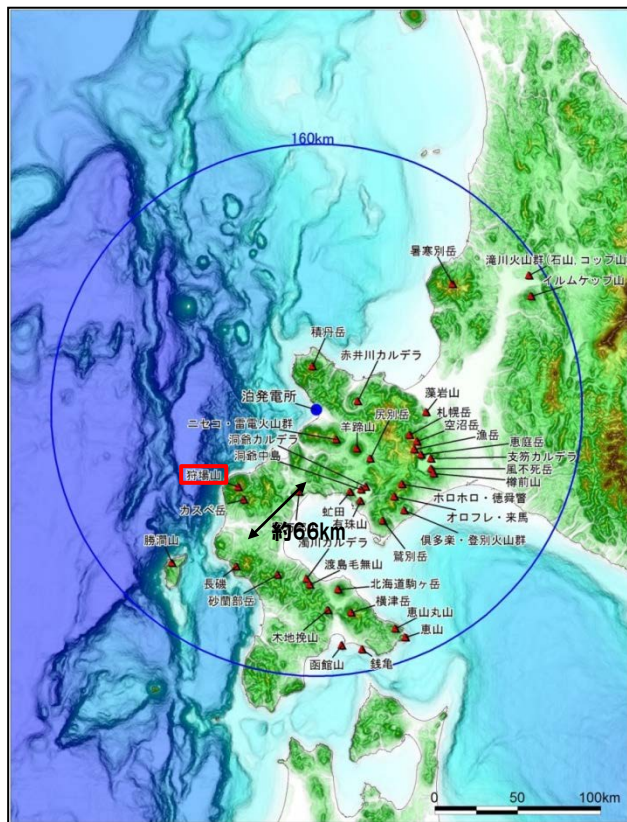
- ニセコ・雷電火山群の海岸部において急斜面が崩壊する可能性については、「3. 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波」で詳細な検討を行う。
- なお、ニセコ・雷電火山群については、敷地から近いことを考慮し、念のため、地殻変動等について、現在の状況から有意な傾向の変化がないことを確認するため、自主的にモニタリングを行うことを計画している。

## (1) 対象火山の抽出

## 狩場山の概要 (1/2)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 位置：敷地の南西方約66km
- 活動：中期更新世 (K-Ar法年代値25-70万年前 Kaneoka et al, 1987) に噴出した溶岩が広く分布



「日本の火山(第3版)」に基づき作成

狩場山の位置

- 狩場山は、気象庁による活火山※に選定されていない(現在、継続的な火山活動は、認められない。)
- 井口(2006)によれば、狩場山は、大規模崩壊の発生は確認されていない。

※2003(平成15)年に火山噴火予知連絡会は、“概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山”を活火山と定義している。

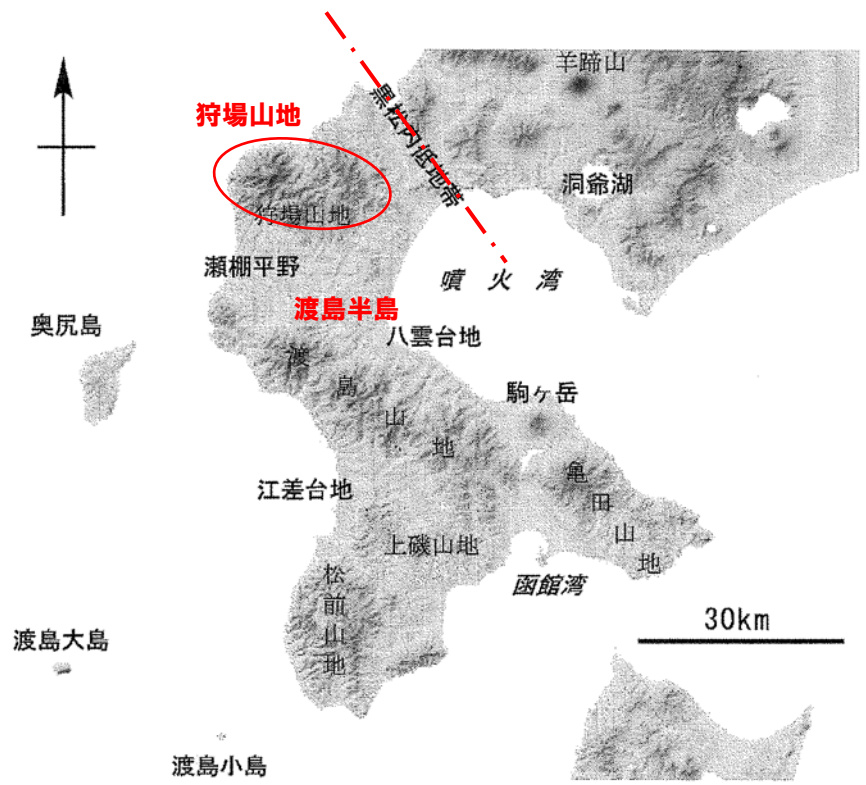
# 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (1) 対象火山の抽出

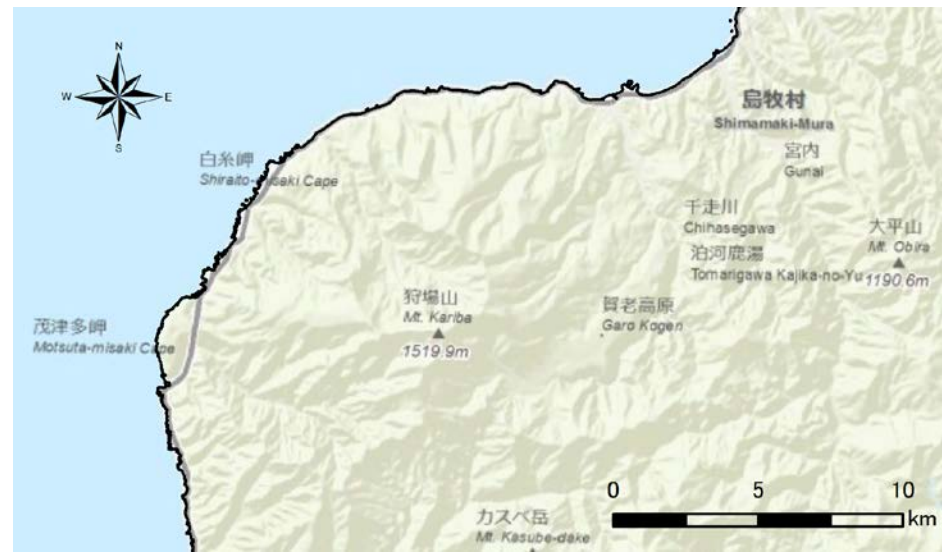
### 狩場山の概要 (2/2)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 狩場山は小疇ほか (2003) によれば、渡島半島北部の日本海に面した地塊山地である狩場山地に位置し、その標高は1,520mである。
- 東西に延びる狩場山地の周辺は谷が深く、中期更新世 (K-Ar法年代値25-70万年前 Kaneoka et al, 1987) に噴出した溶岩が広く分布し、標高1,000m以上で溶岩台地状の比較的平坦な地形をなす、としている。
- 日本の火山 (DB) によれば、火山形態は複成火山で、山体を形成する主な岩石は玄武岩質安山岩を含む安山岩とされている。



渡島半島と地形概略



狩場山遠景 (北東より望む)

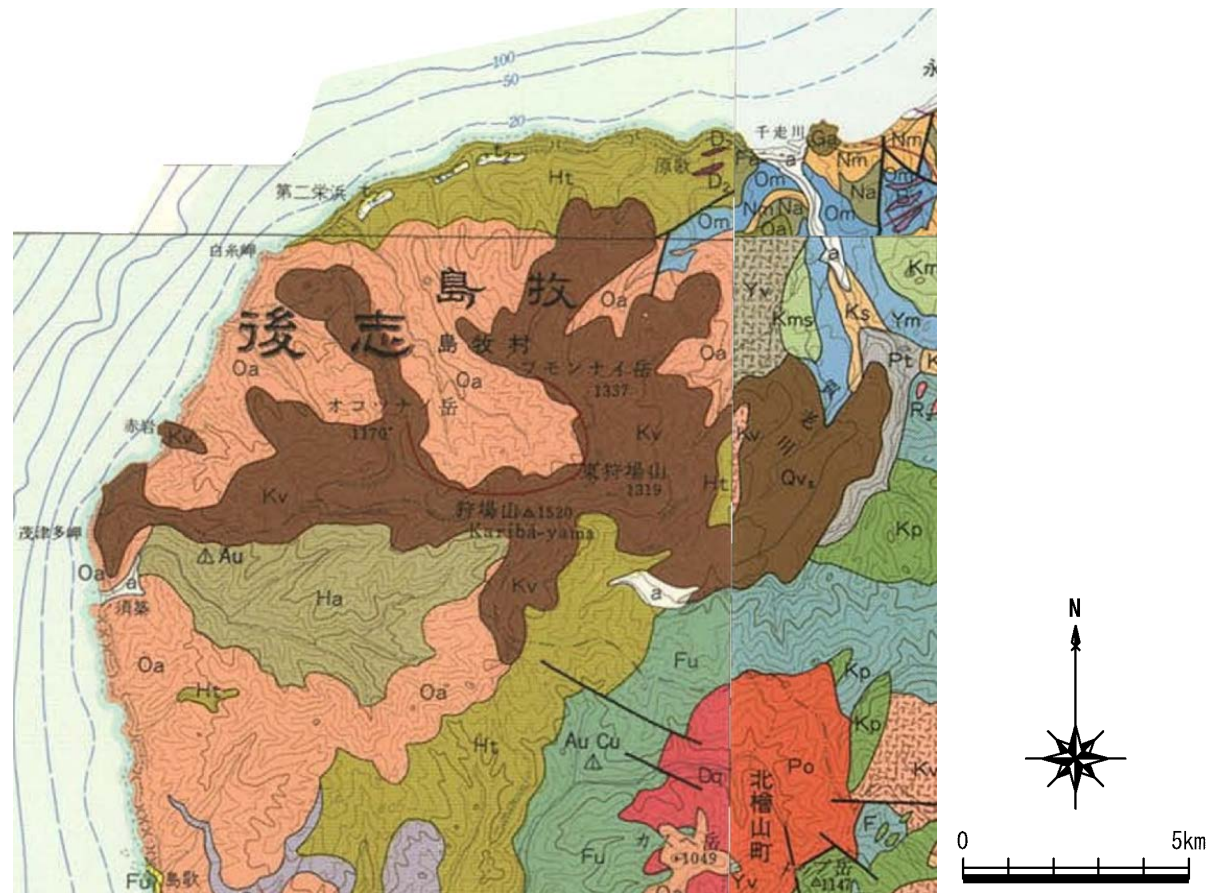


## (1) 対象火山の抽出

### 狩場山の地質 (1/2)

再掲 (H27/5/15審査会合)

○狩場山周辺の地質は、秦ほか(1979)によれば、山頂から更新世の狩場火山(輝石角閃石安山岩溶岩, Kv)が分布し、その下位及び周辺に鮮新世～中新世の北檜山層群の角閃石安山岩火砕岩(Oa), 中新世の左俣川層及び馬場川層の変質安山岩溶岩(Ha)及び安山岩火砕岩(Ht)が分布する。



秦ほか(1979) 地質図幅1/20万 久遠

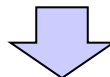


## (1) 対象火山の抽出

## 文献レビューによる山体崩壊等の大規模崩壊の検討(狩場山)

再掲(H27/5/15審査会合)

- 井口(2006)によれば、山体崩壊等の大規模崩壊について以下の記載がある。
  - 確認された大規模崩壊の約7割が、同一火山で複数回発生している。
    - 大規模崩壊は、繰り返し発生しやすいと推定される。
  - 歴史上の大規模崩壊は、火山活動に起因している。
- 狩場山は、気象庁による活火山に選定されていないことから継続的な火山活動は認められないと判断される。
- 井口(2006)では、狩場山において、海域に到達するような大規模崩壊の発生は確認されていない。



- 狩場山は、火山活動に伴う大規模崩壊が発生する可能性は小さい。

## (1) 対象火山の抽出

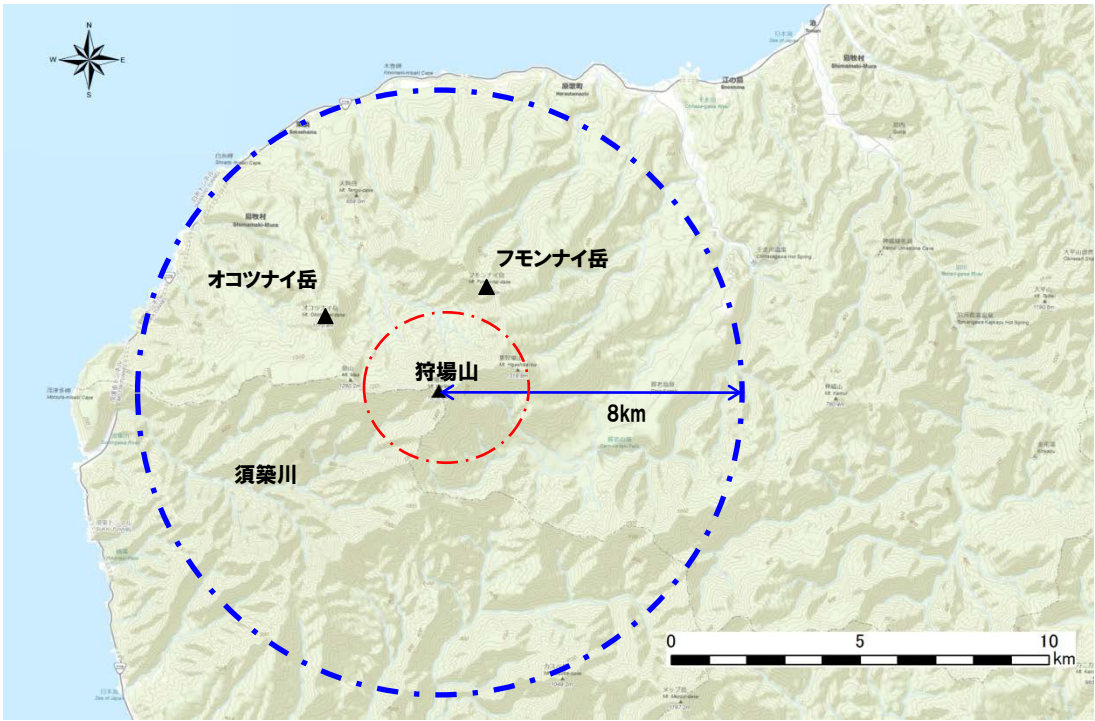
### 狩場山の大規模崩壊の影響範囲の検討

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 沿岸方向には北にフモンナイ岳 (標高1,338m), 西にオコツナイ岳 (標高1,171m) の障壁, 南西方向には河口部が狭く深い須築 (すつき) 川がある。
- 山頂から海岸線までは8km以上ある。
- したがって, 仮に山体崩壊等が発生しても, 土塊が海域に到達する可能性は小さい, 若しくは, 到達してもその規模はわずかと推定される。



○狩場山において, 山体崩壊等により津波が発生する可能性は小さい。



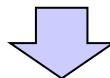
狩場山周辺の地形図

## (1) 対象火山の抽出

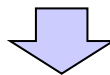
## 狩場山の評価 (まとめ)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 狩場山は、渡島半島北部の日本海側に位置する第四紀火山で、その活動時期は中期更新世(25-70万年前)とされている。
- 火山形態は複成火山で、活動の際に噴出した溶岩が広く分布し、標高1,000m以上では溶岩台地状の比較的平坦な地形をなしている。
- 狩場山と敷地との距離は約66kmである。
- 狩場山は、気象庁による活火山に選定されていないことから継続的な火山活動は認められないと判断される。
- 井口(2006)では、狩場山において、海域に到達するような大規模崩壊の発生は確認されていない。



- 狩場山は、火山活動に伴う山体崩壊等が発生する可能性は小さい。
- 狩場山から海域までの距離、狩場山周辺の地形等を考慮すると、仮に山体崩壊等が発生しても、土塊が海域に到達する可能性は小さいと推定される。



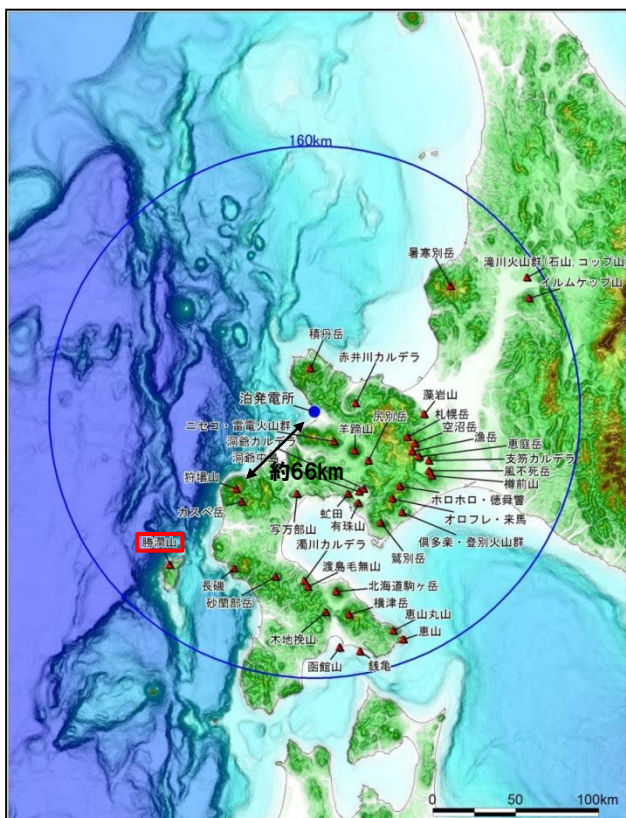
- 狩場山において山体崩壊等により津波が発生する可能性は小さい。

## (1) 対象火山の抽出

## 勝澗山の概要 (1/3)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 位置 : 敷地の南西方約126km
- 活動 : 日本の火山 (DB) によれば, 中期更新世 (30万ないし20万年前)。  
流紋岩溶岩のFT年代測定法結果 $0.20 \pm 0.06\text{Ma}$  (雁沢, 1992), ガラスのFT年代測定法結果 $0.31 \pm 0.09\text{Ma}$  (玉生, 1978)



「日本の火山 (第3版)」に基づき作成

勝澗山の位置

- 勝澗山は, 気象庁による活火山※に選定されていない (現在, 継続的な火山活動は, 認められない)。
- 井口 (2006) では, 勝澗山は, 大規模崩壊発生 of 調査対象となっていない。

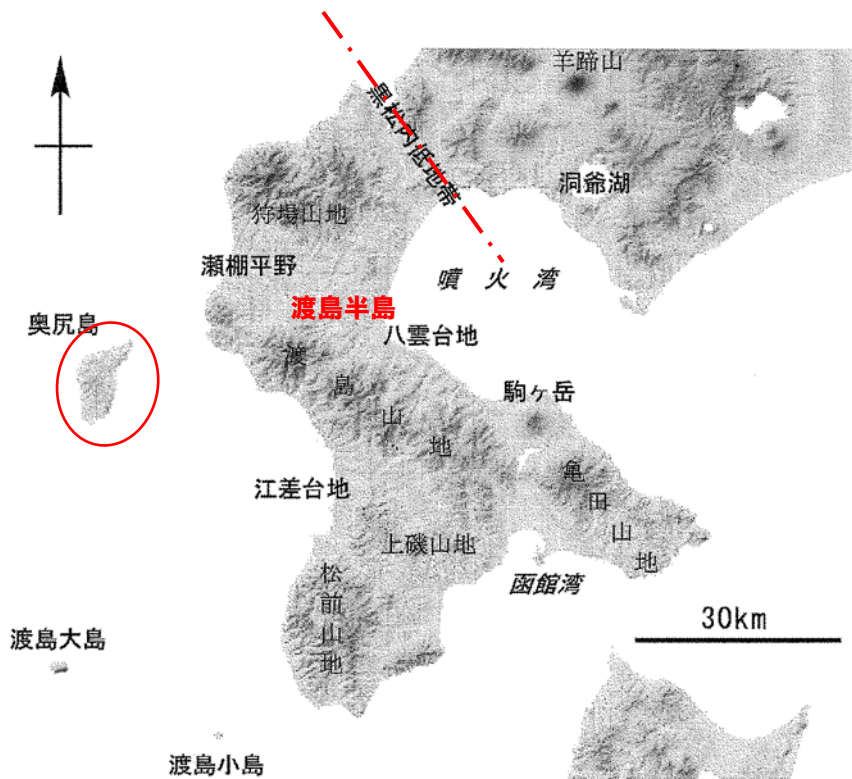
※2003 (平成15) 年に火山噴火予知連絡会は, “概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山”を活火山と定義している。

## (1) 対象火山の抽出

### 勝潤山の概要 (2/3)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 勝潤山は、渡島半島中部、日本海の沖合30～60kmに位置する奥尻島の第四紀火山である。
- 奥尻島は南北20km、東西10kmの奥尻海嶺上の島で、約60km南には渡島大島が位置している。
- 勝潤山(標高428m)は、奥尻島の北部、幌内川上流に位置し、宇井・中川(1999)では、分布面積4km<sup>2</sup>、体積0.2km<sup>3</sup>の流紋岩溶岩からなる小規模な中期更新世の単成火山とされている(Satake, 2007によれば、1741年(渡島西岸)津波における山体崩壊の規模は、面積17km<sup>2</sup>、体積2.4km<sup>3</sup>程度であり、これと比較しても規模は極めて小さい。)



渡島半島と地形概略



奥尻島及び勝潤山位置

## (1) 対象火山の抽出

### 勝潤山の概要 (3/3)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 勝潤山火山は、秦ほか(1982)では勝潤山溶岩の溶岩ドームとされていたが、鹿野ほか(2006)では溶岩ドームよりは複雑で、三つの噴出中心を持ち、勝潤山山頂付近には勝潤山火口(直径740m)と勝潤山西火口(直径180m)が、勝潤山南側、幌内川上流域にはこれらの火口が開口する前に形成された幌内川カルデラが分布する。
- 勝潤山火口からは火砕サージ・火砕流が噴出した後に、流紋岩溶岩が噴出し、勝潤山西火口は勝潤山火口から噴出した流紋岩溶岩上に開口し、火砕サージを噴出している。幌内川カルデラは湖成堆積物に埋積された南北2km、東西1.5kmの盆状構造を呈している。
- 幌内川カルデラの湖成堆積物は、勝潤山火口からの溶岩の貫入により変形していることから、形成時期は勝潤山火口、勝潤山西火口形成以前と考えられるが、カルデラ形成に関連した噴出物は確認できていない。
- 勝潤山の形成年代については、勝潤山を構成する流紋岩溶岩から雁沢(1992)ではFT年代測定法結果 $0.20 \pm 0.06\text{Ma}$ 、玉生(1978)ではガラスのFT年代測定法結果 $0.31 \pm 0.09\text{Ma}$ が得られている。



空中写真

勝潤山河口と幌内川カルデラ付近の地形

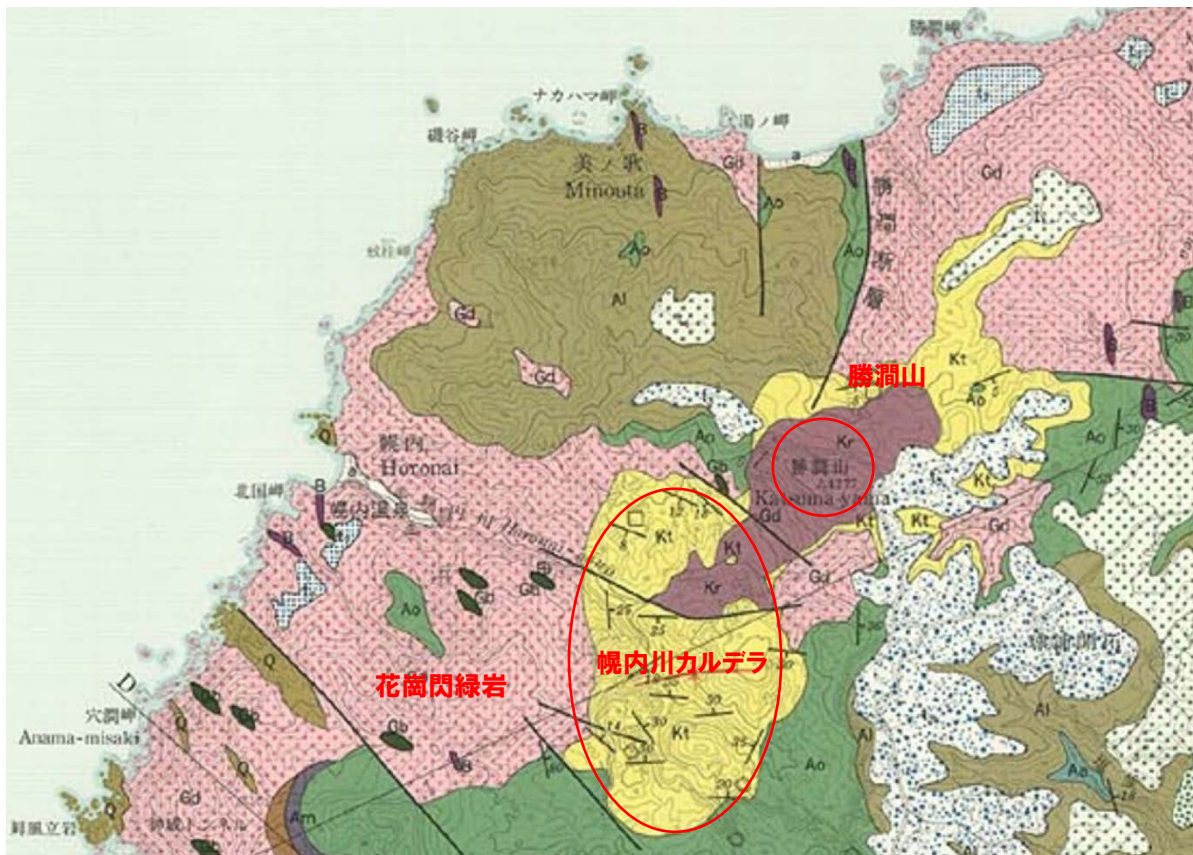


## (1) 対象火山の抽出

### 勝澗山の地質 (1/2)

再掲 (H27/5/15審査会合)

○勝澗山周辺の地質は、秦ほか (1982) によれば、勝澗山山頂周辺には鮮新世の勝澗山流紋岩が、幌内川カルデラには鮮新統の勝澗層 (砂岩・礫岩及び泥岩) が分布するとされ、勝澗層の下位に白亜紀の花崗閃緑岩類が分布するとされている。



秦ほか (1982) 地質図幅1/5万 奥尻北部及び南部地域 (一部加筆)

# 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (1) 対象火山の抽出

### 勝潤山の地質 (2/2)

再掲 (H27/5/15審査会合)

第四紀 Quaternary	砂丘砂 Sand dune		砂 Sand
	沖積層 Alluvium		砂・礫及び粘土 Sand, gravel and clay
更新世 Pleistocene	青森段丘 Aomorisaki Terrace		砂及び泥炭 Sand and peat
	赤石段丘 Akahisamisaki Terrace		礫及び砂 Gravel and sand
	寺尾段丘 Terayashiki Terrace		礫・砂及び粘土 (泥炭を伴う) Gravel, sand and clay (with peat)
	永岡段丘 Yonoka Terrace		礫及び砂 Gravel and sand
	赤石段丘 Akashi Terrace		砂・粘土及び礫 Sand, clay and gravel
	松江II段丘 Matsue II Terrace		礫及び砂 Gravel and sand
	松江I段丘 Matsue I Terrace		礫及び砂 Gravel and sand
	フク沢段丘 Fukuzawaza Terrace		礫・砂及び粘土 (泥炭を伴う) Gravel, sand and clay (with peat)
	青森川段丘 Aomogawa Terrace		礫及び砂 Gravel and sand
	神威山II段丘 Kamuyama II Terrace		礫 Gravel
神威山I段丘 Kamuyama I Terrace		礫及び砂 Gravel and sand	
縄文世 Jomon	勝潤山流紋岩 Katsuruyama Rhyolite		ガラス質流紋岩 Glassy rhyolite lava
	勝潤層 Katsuma Formation		砂岩・礫岩及び泥岩 Sandstone, conglomerate and mudstone
	神威山層 Kamuyama Formation		火山角礫岩・凝灰角礫岩及び輝石安山岩溶岩 Volcanic breccia, tuff breccia and pyroxene andesite lava
	岩盤 Dike		角閃石安山岩及び黒雲母含有角閃石安山岩 Hornblende andesite and biotite-bearing hornblende andesite
	火砕岩部層 Pyroclastic rock member		凝灰角礫岩・火山角礫岩・礫岩・砂岩及びシルト岩 Tuff breccia, volcanic breccia, conglomerate, sandstone and siltstone
	シルト岩部層 Siltstone member		シルト岩及び砂岩 (凝灰岩を伴う) Siltstone and sandstone (with tuff)
	火砕岩部層 Pyroclastic rock member		凝灰角礫岩及び火山内礫岩 Tuff breccia and volcanic conglomerate
	砂岩部層 Sandstone member		凝灰質砂岩及び凝灰岩 (礫岩を伴う) Tuffaceous sandstone and tuff (with lignite)
	岩盤及び岩床 Dike and sheet		普通輝石玄武岩及びかんらん石普通輝石ドレライト Augite basalt and olivine-augite dolerite
	千歳層 Sejū Formation		珪質頁岩及び泥岩 (凝灰岩を伴う) Siliceous shale and mudstone (with tuff)
新第三紀 Neogene	火砕岩部層 Pyroclastic rock member		普通輝石玄武岩輝石安山岩溶岩 Augite-hypersthene andesite lava
	火砕岩部層 Pyroclastic rock member		普通輝石かんらん石玄武岩溶岩 Augite-olivine basalt lava
	火砕岩部層 Pyroclastic rock member		玄武岩角礫岩・スコリア凝灰岩及び砂岩 Basalt tuff breccia, scoria tuff and sandstone
	泥岩部層 Mudstone member		泥岩 Mudstone
	砂岩部層 Sandstone member		砂岩・礫岩及びシルト岩 (凝灰岩及び泥岩を伴う) Sandstone, conglomerate and siltstone (with tuff and lignite)

第四紀 Quaternary	岩盤類 Dike rocks		流紋岩 Rhyolite
			輝石かんらん岩 Pyroxene porphyrite
			石英かんらん岩 Quartz porphyrite
	青森川層 Aomogawa Formation		輝石安山岩及び角閃石安山岩溶岩 Pyroxene andesite and hornblende andesite lava
			火山角礫岩 (砂岩・シルト岩及び礫岩を伴う) Andesite pyroclastic rocks (with sandstone, siltstone and lignite)
			角閃石ドレイライト及び黒雲母角閃石ドレイライト溶岩 Hornblende dacite and biotite-hornblende dacite lava
			ドレイライト及び火山角礫岩 (砂岩・砂岩・泥岩及び礫岩を伴う) Dacite and andesite pyroclastic rocks (with lava, sandstone, mudstone and lignite)
	青森川層 Aomogawa Formation		流紋岩溶岩・凝灰岩及び凝灰質砂岩 (シルト岩及び泥岩を伴う) Rhyolite lava, rhyolite tuff and tuffaceous sandstone (with siltstone and mudstone)
	松江玄武岩層 Matsue Basalt Formation		かんらん石普通輝石玄武岩溶岩 (シルト岩及び礫岩を伴う) Olivine-augite basalt lava (with siltstone and lignite)
	新第三紀 Neogene	流紋岩 Dolerite	
花崗閃緑岩類 Granodiorite			角閃石輝石花崗閃緑岩 Hornblende-biotite granodiorite
ドレイライト岩脈 Dolerite dike			ドレイライト Dolerite
安山岩溶岩 Andesite lava			安山岩溶岩 Andesite lava
凝灰岩溶岩 Magma Welded Tuff			流紋岩溶岩凝灰岩及び同層凝灰岩 Rhyolite welded tuff and rhyolite tuff
奥尻層 Okushiri Formation			流紋岩溶岩・凝灰質砂岩及び泥岩 Rhyolite tuff, tuffaceous sandstone and mudstone
地層の走向及び傾斜 Strike and dip of strata			
背斜軸 Anticlinal axis			
向斜軸 Synclinal axis			
断層 Fault			
伏せ断層 Concealed fault			
軟体動物化石 Molluscan fossil			
有孔虫化石 Foraminiferal fossil			
花粉化石 Pollen fossil			
珪藻化石 Diatom fossil			
温泉 Hot spring			
銅 Copper			
ウラン Uranium			
硫黄 Sulfur			
採石場 Working quarry			
測年試料採取地点 Locality for dating			
化学分析試料採取地点 Locality for chemical analysis			

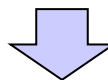
地質図凡例 (秦ほか, 1982に一部加筆)

## (1) 対象火山の抽出

## 文献レビューによる山体崩壊等の大規模崩壊の検討(勝澗山)

再掲(H27/5/15審査会合)

- 井口(2006)によれば、山体崩壊等の大規模崩壊について以下の記載がある。
  - 確認された大規模崩壊の約7割が、同一火山で複数回発生している。
    - 大規模崩壊は、繰り返し発生しやすいと推定される。
  - 歴史上の大規模崩壊は、火山活動に起因している。
- 勝澗山は、気象庁による活火山に選定されていないことから継続的な火山活動は認められないと判断される。
- 井口(2006)では、勝澗山は、大規模崩壊発生への調査対象となっていない。



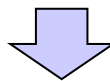
- 勝澗山は、火山活動に伴う大規模崩壊が発生する可能性は小さい。

## (1) 対象火山の抽出

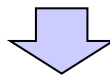
## 勝澗山の評価 (まとめ)

再掲 (H27/5/15審査会合)

- 勝澗山は奥尻島の北部に位置する第四紀火山で、その活動時期は日本の火山 (DB) によれば、中期更新世 (30万ないし20万年前) とされている。
- 宇井・中川 (1999) では、分布面積4km<sup>2</sup>、体積0.2km<sup>3</sup>の流紋岩溶岩からなる小規模な中期更新世の単成火山とされている (Satake, 2007によれば、1741年 (渡島西岸) 津波における山体崩壊の規模は、面積17km<sup>2</sup>、体積2.4km<sup>3</sup>程度であり、これと比較しても規模は極めて小さい。)
- 勝澗山と敷地との距離は約126kmである。
- 勝澗山は、気象庁による活火山に選定されていないことから継続的な火山活動は認められないと判断される。
- 井口 (2006) では、勝澗山は、大規模崩壊発生 of 調査対象となっていない。



- 勝澗山は、火山活動に伴う山体崩壊等が発生する可能性は小さい。
- 勝澗山の規模と敷地までの距離を考慮すると、仮に山体崩壊等が発生しても、敷地に影響を与える可能性は小さいと推定される (規模は、1741年 (渡島西岸) 津波における山体崩壊事例と比較しても極めて小さい。)



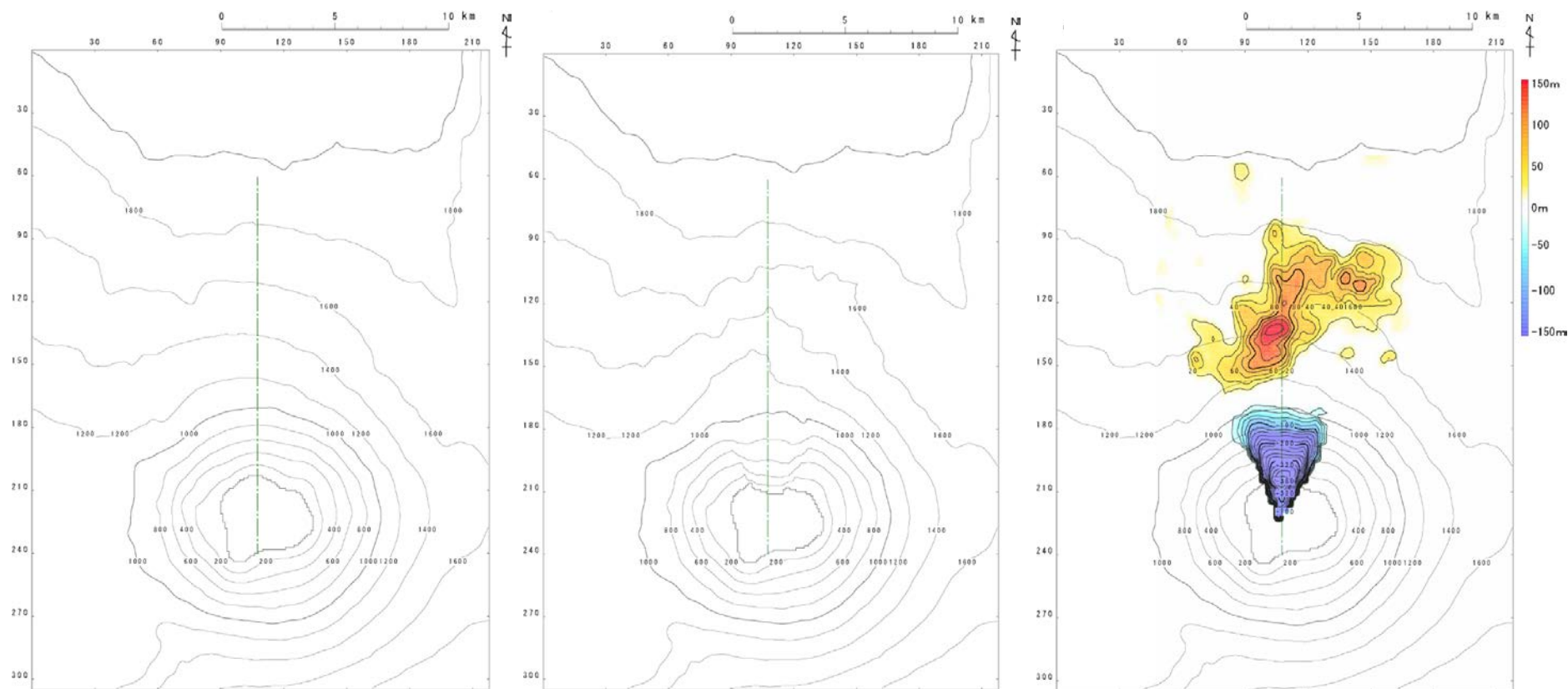
- 勝澗山において山体崩壊等により津波が発生する可能性は小さい。

## (2) 地形変化量分布の設定

Satake (2007) に基づき設定した地形変化量分布

一部修正 (H25/8/14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、山体崩壊の前後の地形変化量分布を設定した。



山体崩壊前地形

山体崩壊後地形

地形変化量分布

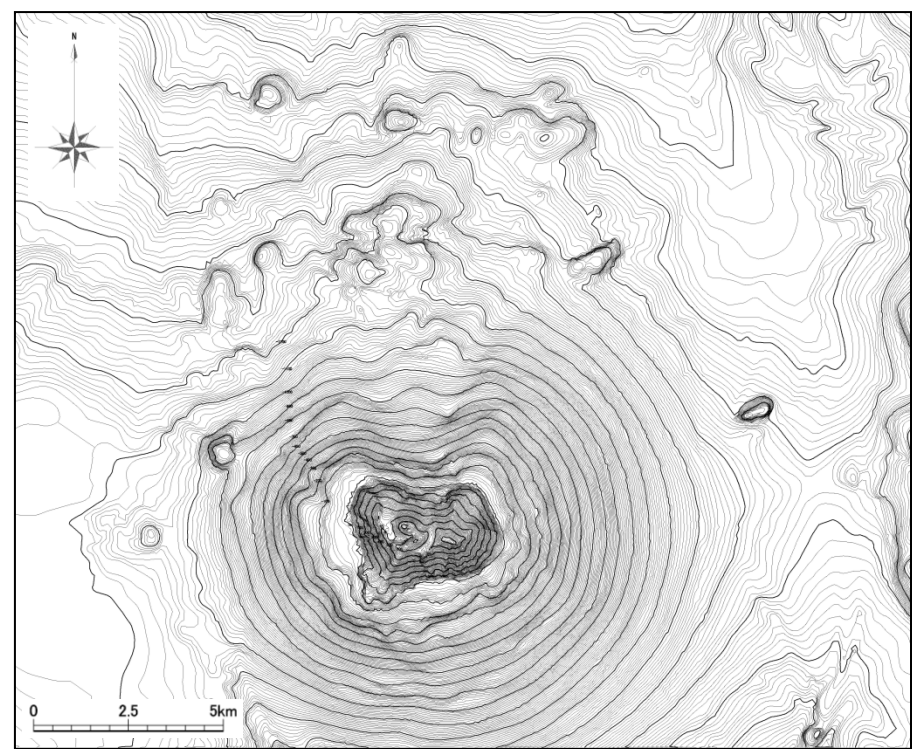
# 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

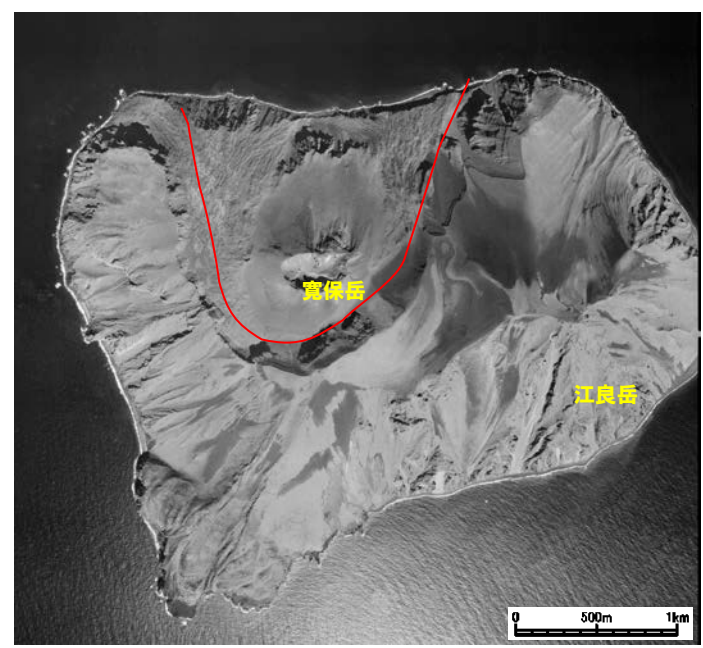
### 渡島大島の今後の火山活動を考慮した山体崩壊の影響 (1/3)

一部修正 (H27/8/21審査会合)


- 渡島大島の今後の火山活動を考慮した山体崩壊の範囲について、現地形及びSatake (2007) を参考に想定し、崩壊量の算出を行う。
- 海底地形図から山腹に側火山等の地形は認められないことから、渡島大島は水深1,000m付近からそびえる典型的な単成海底火山で、活動の中心は陸上部 (渡島大島) と推定される。
- 空中写真から、1741年の山体崩壊地内に後火山とみられる寛保岳が分布し、現在の火山活動の中心となっていると推定される。



渡島大島の海底地形



1741年の山体崩壊の陸上部の崩壊範囲

凡例  
 : 崩壊範囲



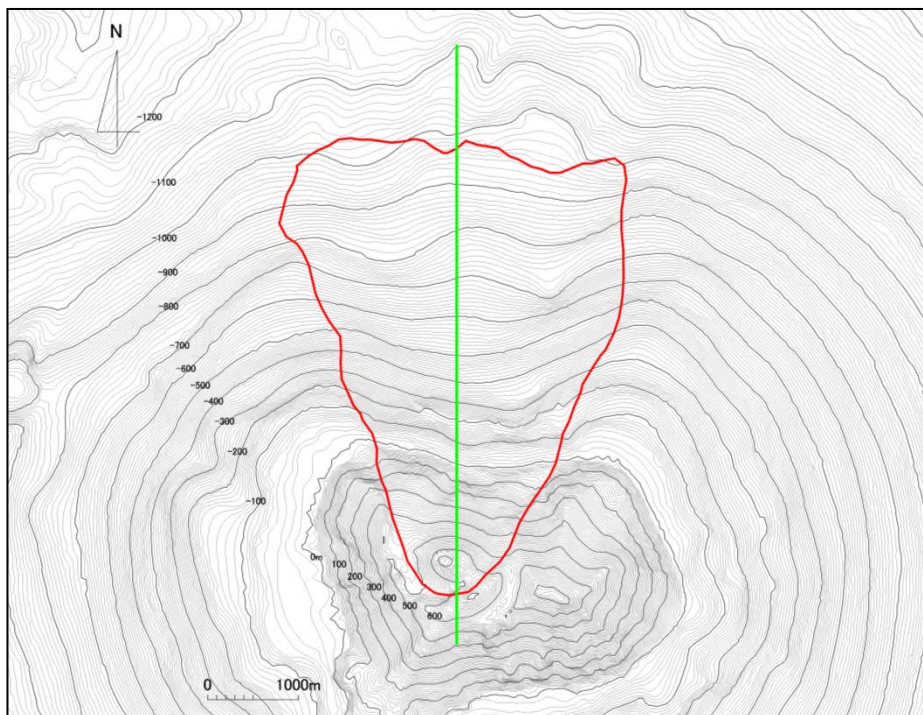
○ 今後の火山活動を考慮した山体崩壊として、寛保岳の活動の活発化によるものを想定すると、1741年の山体崩壊の規模に相当すると考えられる。

## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

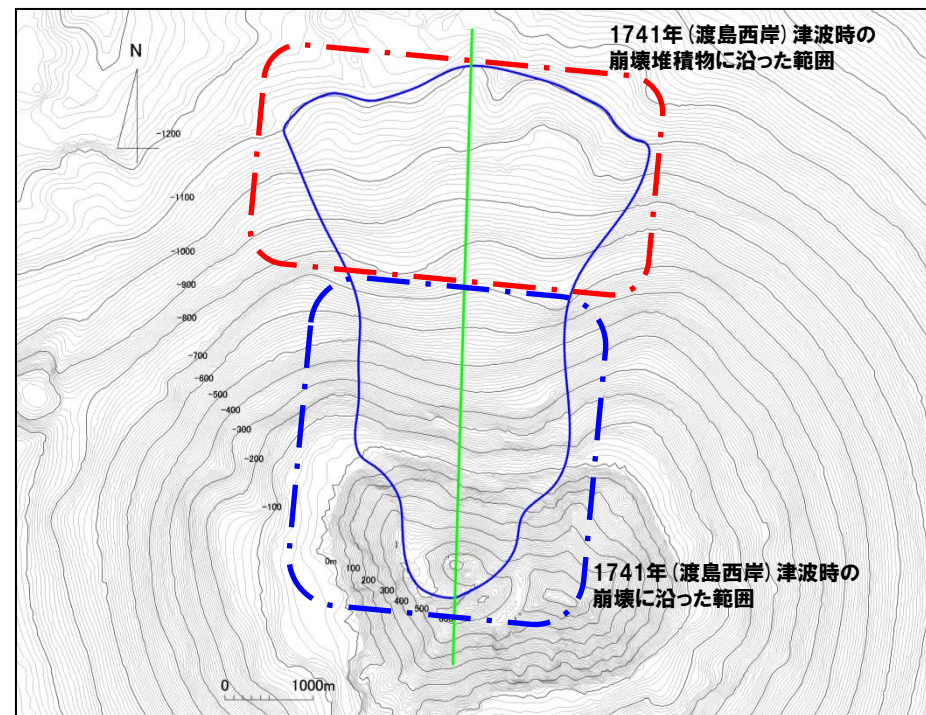
## 渡島大島の今後の火山活動を考慮した山体崩壊の影響 (2/3)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- Satake (2007) に示される1741年(渡島西岸)津波時の山体崩壊範囲を参考に、崩壊堆積物に沿った範囲を想定した。
- 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の範囲は、以下が再度崩壊するものとして設定した。
  - 1741年(渡島西岸)津波時の崩壊に沿った範囲
  - 1741年(渡島西岸)津波時の崩壊堆積物に沿った範囲



Satake (2007) に示される1741年(渡島西岸)津波時の山体崩壊範囲



今後の火山活動を考慮した山体崩壊範囲

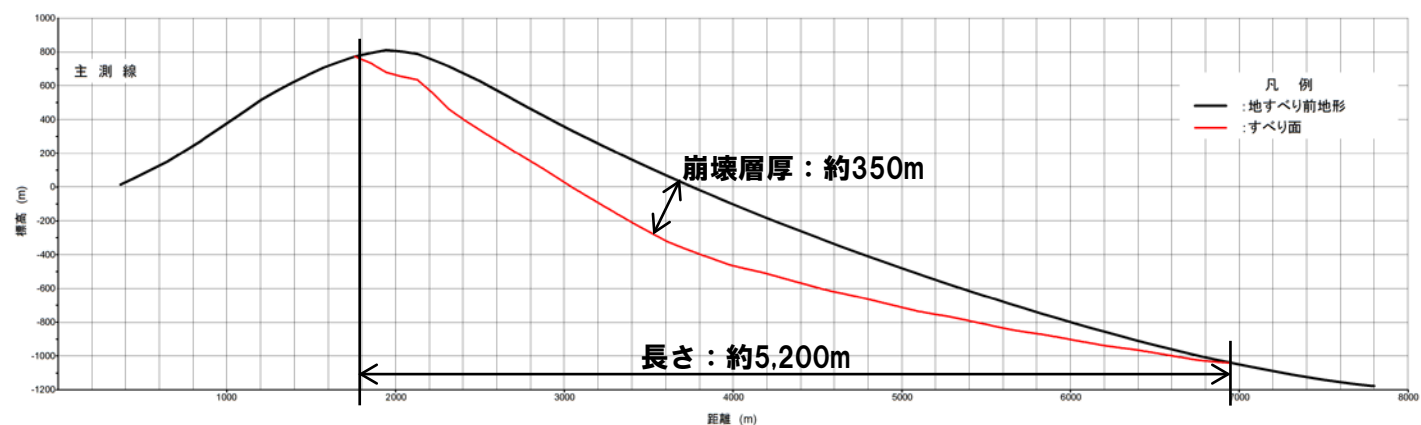
# 4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

### 渡島大島の今後の火山活動を考慮した山体崩壊の影響 (3/3)

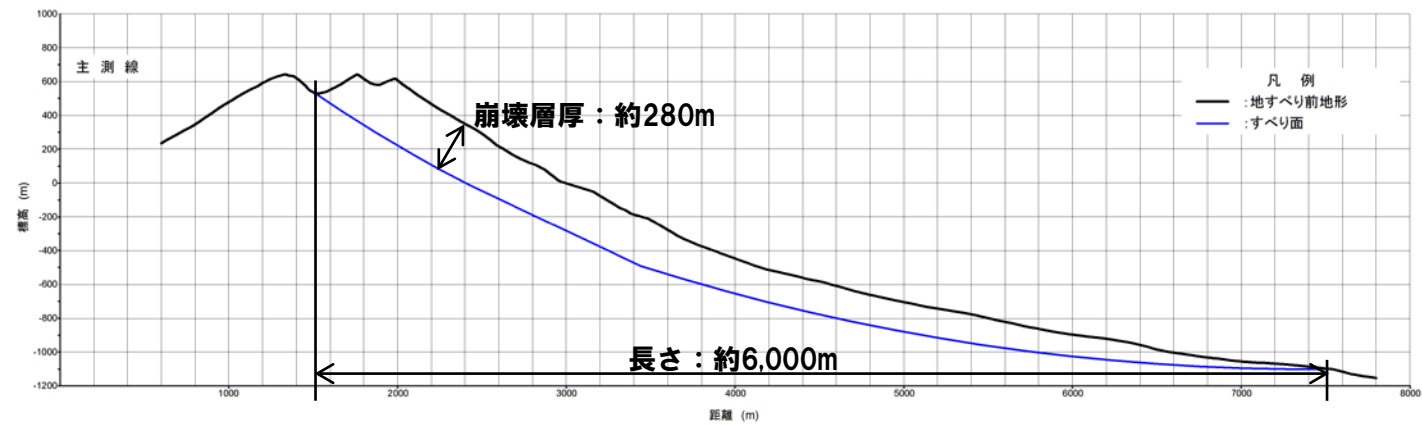
一部修正 (H27/8/21審査会合)

○高速道路調査会(1985)を参考に、崩壊幅から崩壊層厚を設定し、崩壊規模を算出した。



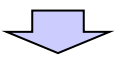
**崩壊規模**  
約 $2.4 \times 10^9$  m<sup>3</sup>

Satake (2007) に示される1741年(渡島西岸)津波時の山体崩壊の縦断面形状



**崩壊規模**  
約 $1.9 \times 10^9$  m<sup>3</sup>

今後の火山活動を考慮した山体崩壊の縦断面形状



○今後の火山活動を考慮した山体崩壊の崩壊規模は、Satake (2007) に示される1741年(渡島西岸)津波時の山体崩壊とほぼ同等である。

○以上のことから、Satake (2007) に示される1741年(渡島西岸)津波時の山体崩壊を想定した計算条件は安全側の評価であることから数値シミュレーションのパラメータとする。



## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

**参考 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の地すべり地形モデル化 (1/4)**

一部修正 (H27/5/15審査会合)

○地すべりシミュレーションは、陸上の土砂の動きを時刻歴で解析することが可能なTITAN2Dを使用する。

## 【地すべりシミュレーション (TITAN2D)】

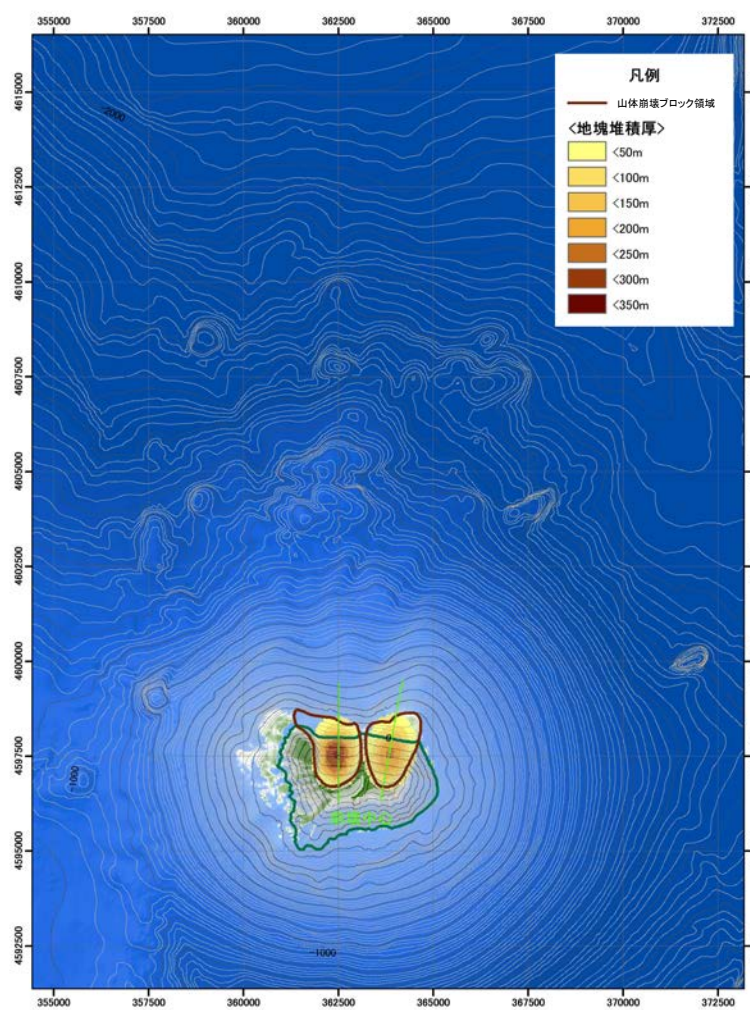
入力データ	入力値	備考
内部摩擦角 $\phi_{int}$ (°)	30.0	想定される地質 (33° 程度) より設定。
底面摩擦角 $\phi_{bed}$ (°)	11.3	森脇 (1987) より設定。

# 4. 1 火山による山体崩壊に伴う津波

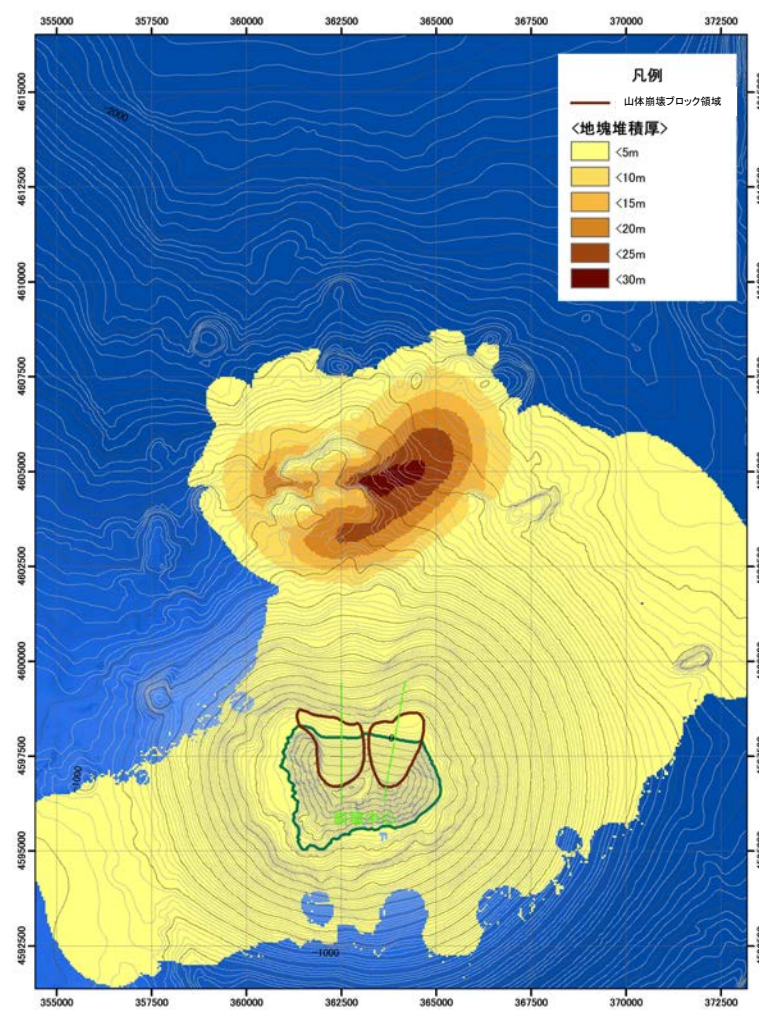
## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

参考 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の地すべり地形モデル化 (2/4)

一部修正 (H27/5/15審査会合)



崩壊前



崩壊後(10分後)

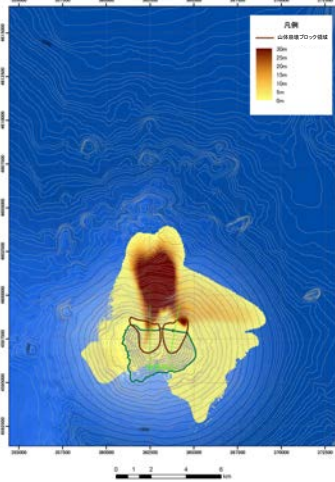
# 4.1 火山による山体崩壊に伴う津波

## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

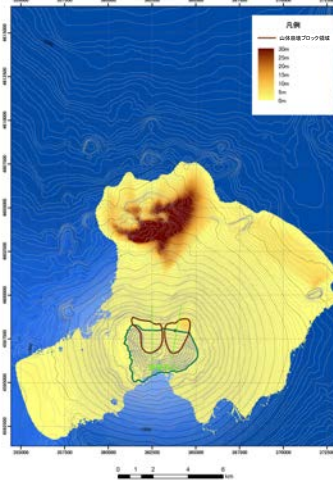
参考 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の地すべり地形モデル化 (3/4)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

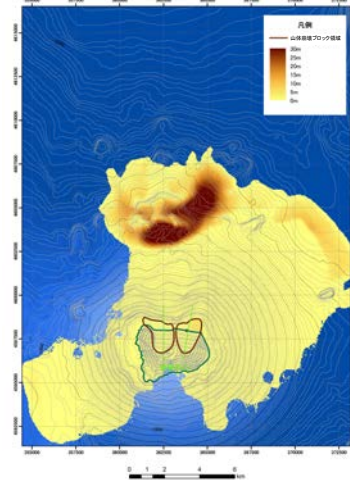
1分後



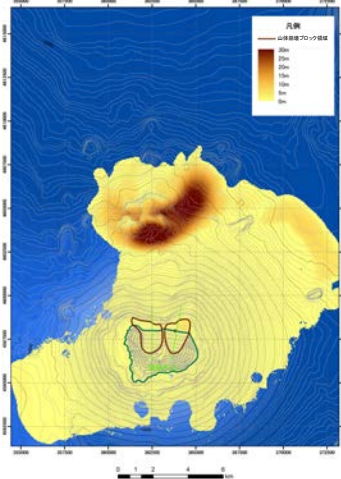
2分後



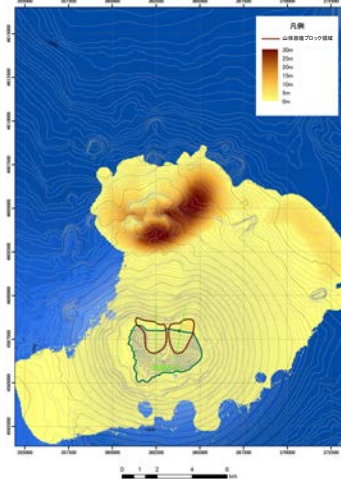
3分後



4分後



5分後

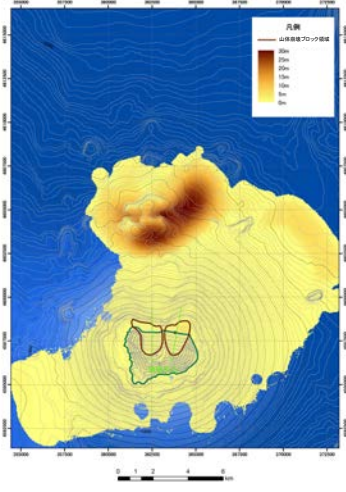


## (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響

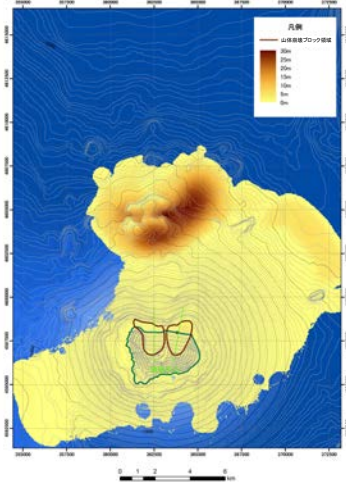
参考 今後の火山活動を考慮した山体崩壊の地すべり地形モデル化 (4/4)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

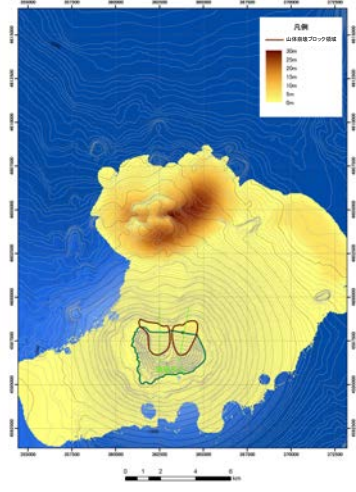
6分後



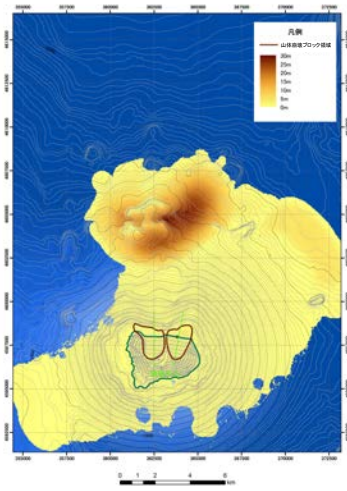
7分後



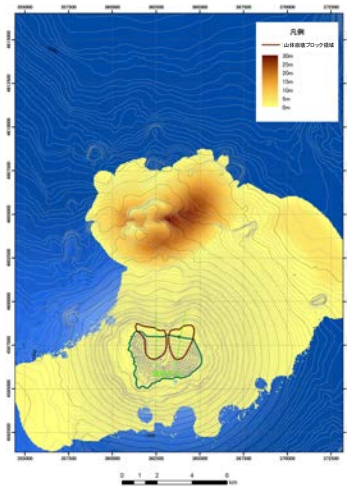
8分後



9分後



10分後



## (4) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較

### Kinematic landslideモデルの評価

一部修正 (H27/5/15審査会合)

○Kinematic landslideモデルが安全側の評価であることを確認する目的で、火山による山体崩壊(渡島大島)を対象に、二層流モデルによる津波の数値シミュレーションを実施した。

#### 【津波シミュレーション(二層流モデル)】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 $\Delta t$ (s)	崩壊後5分まで:0.002秒 崩壊後5分以降:0.2秒	崩壊後5分までは、計算が安定に進むよう $\Delta t$ を小さく設定。 5分以降は、計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (時間)	6	
海水密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1,030	一般値を使用。
崩壊物密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2,000	松本ほか(1998)に基づき設定。
底面粗度係数 $n$ (m <sup>-1/3</sup> ・s)	上層:0.03 下層:0.40	上層は、土木学会(2002)に基づき設定。 下層は、Kawamata et al.(2005)に基づき設定。
界面抵抗係数 $f_{int}$	0.0	Kawamata et al.(2005)に基づき設定。
渦動粘性係数 $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	下層:0.1	Kawamata et al.(2005)に基づき設定。

#### 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)*	
	二層流モデル 評価値	【参考】 Kinematic landslideモデル 評価値
防潮堤前面(上昇側)	1.18m	1.59m
3号炉取水口(上昇側)	0.46m	1.32m
1, 2号炉取水口(上昇側)	0.39m	1.22m
放水口(上昇側)	0.92m	1.13m
3号炉取水口(下降側)	0.49m	1.01m
「貯留堰を下回る時間」	0s	0s

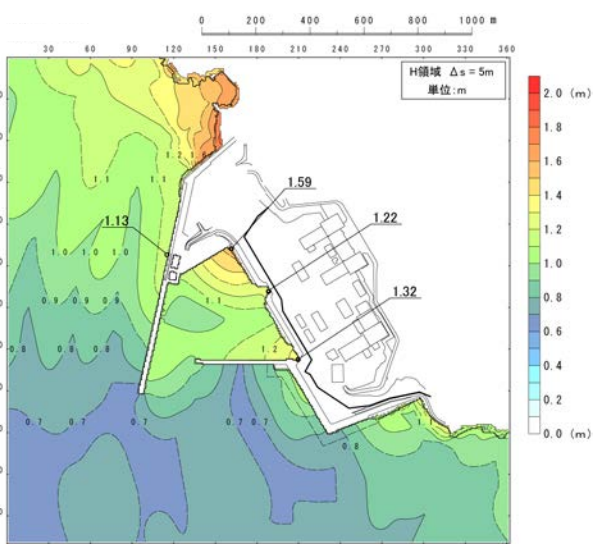
\*火山噴火に伴う事象であり、地震事象とは独立した事象であるため、地震に伴う津波との組合せの検討対象としない。

○数値シミュレーション結果から、二層流モデルと比較して、Kinematic landslideモデルの方が評価上安全側である大きな値となることを確認した。

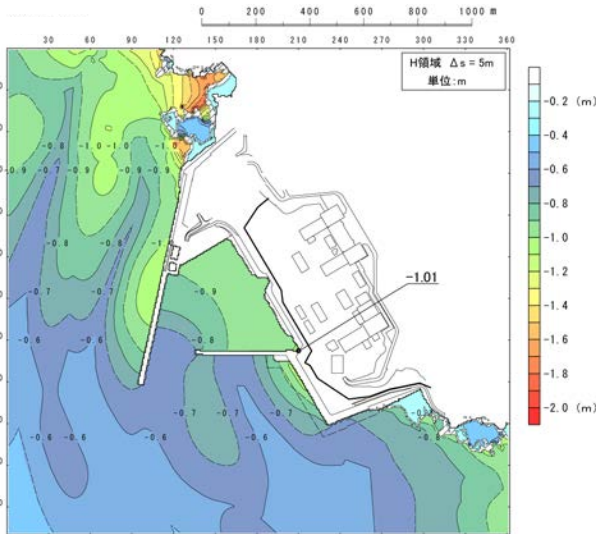
## (5) 数値シミュレーション結果

### 渡島大島 最大水位分布・水位時刻歴波形

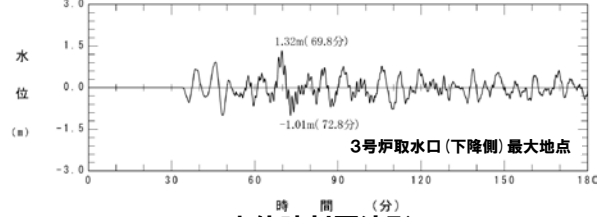
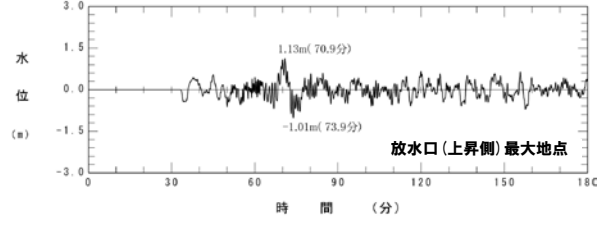
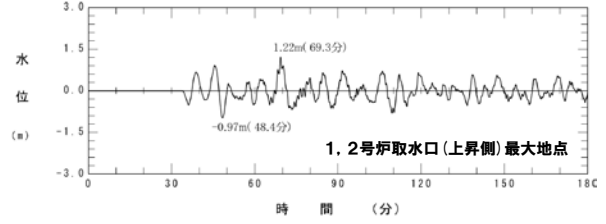
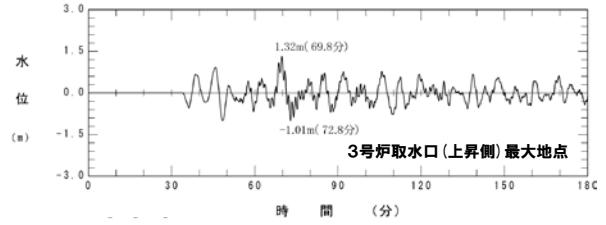
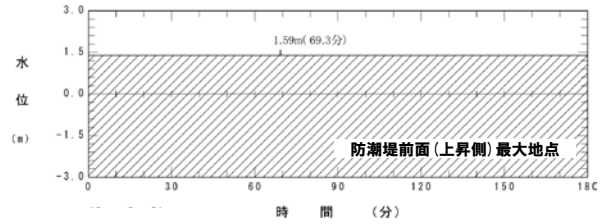
一部修正 (H27/5/15審査会合)



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時刻歴波形

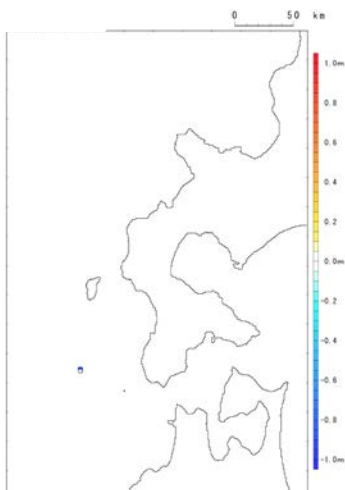
※水位時刻歴波形は水位変動量が最大となる地点から抽出している。

## (5) 数値シミュレーション結果

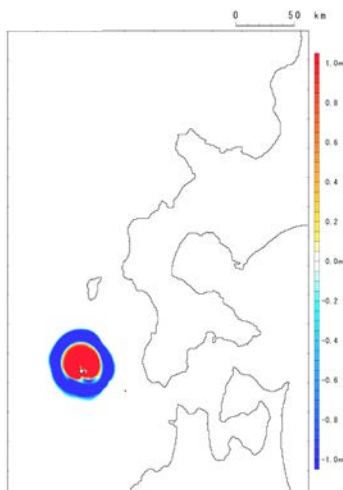
### 渡島大島 津波の伝播状況 (1/2)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

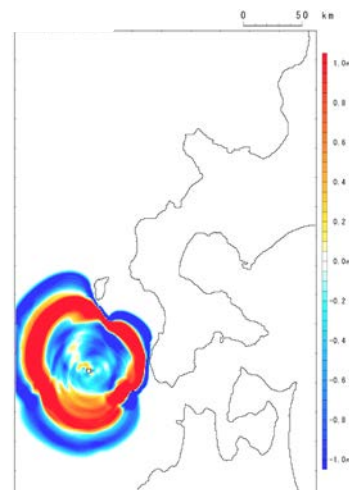
1分後



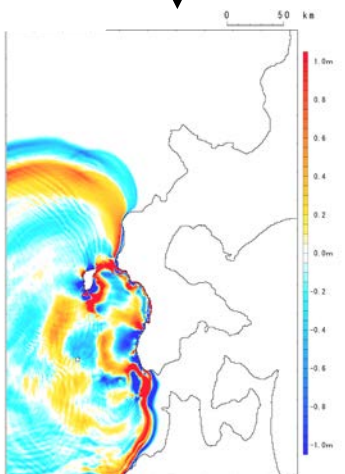
5分後



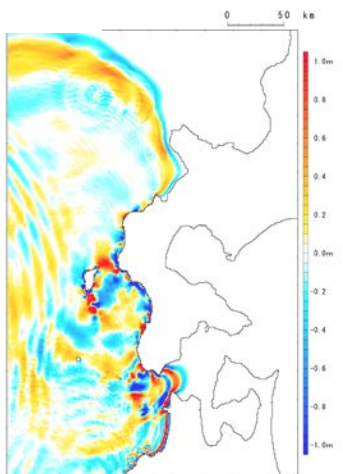
10分後



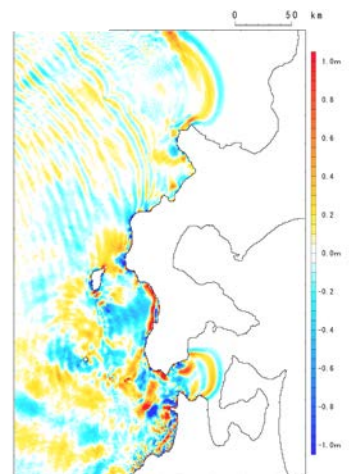
20分後



30分後



40分後

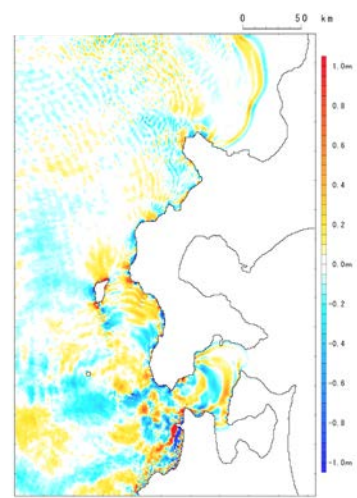


## (5) 数値シミュレーション結果

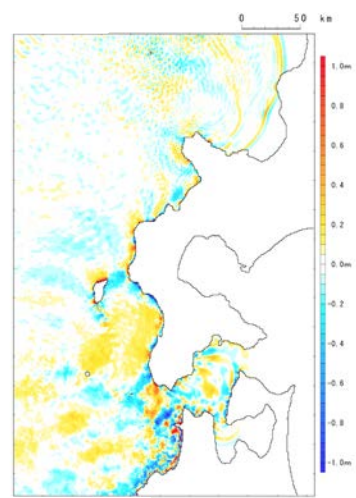
### 渡島大島 津波の伝播状況 (2/2)

一部修正 (H27/5/15審査会合)

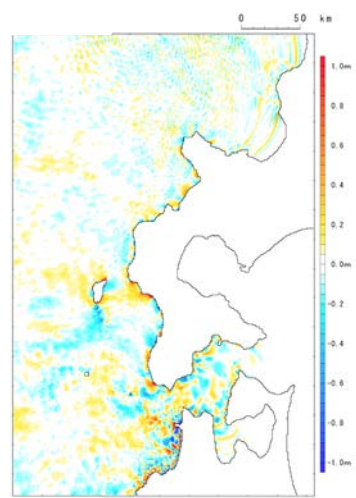
50分後



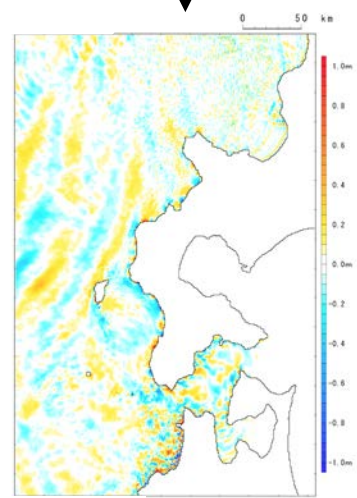
60分後



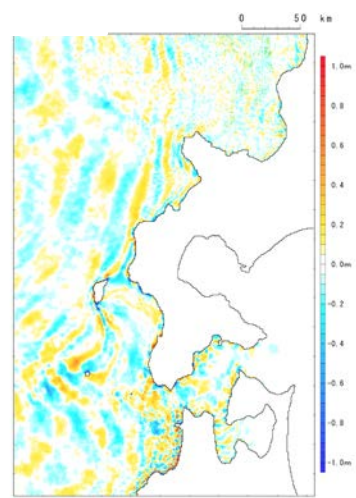
70分後



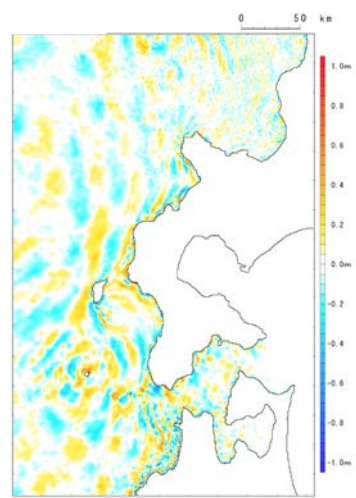
80分後



90分後



100分後





# 4. 2 海底地すべりに伴う津波

1. 計算条件
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
    - (1) 対象火山の抽出
    - (2) 地形変化量分布の設定
    - (3) 火山活動を考慮した山体崩壊の影響
    - (4) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較
    - (5) 数値シミュレーション結果
  4. 2 海底地すべりに伴う津波
    - (1) 海底地すべり地形の抽出
    - (2) パラメータの設定根拠
    - (3) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較
    - (4) 数値シミュレーション結果
  4. 3 陸上の斜面崩壊(陸上地すべり)に伴う津波
    - (1) 川白の調査結果
    - (2) 兜岩の調査結果
    - (3) 二つ岩の調査結果
    - (4) 弁慶岩の調査結果
    - (5) パラメータの設定根拠
    - (6) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較
    - (7) 数値シミュレーション結果
  4. 4 陸上の斜面崩壊(岩盤崩壊)に伴う津波
    - (1) 文献調査
    - (2) 調査結果
    - (3) パラメータの設定根拠
    - (4) 数値シミュレーション結果
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

## (1) 海底地すべり地形の抽出

## 海底地すべり地形判読基準

- 敷地前面海域において、水路協会作成の3秒データ(約90mメッシュのDEM)を用い等深線図を作成し、海底地形図、実態視画像を作成し、海底地すべりの可能性がある地形を判読した。3秒データが無い箇所についてはM7000の等深線図で補った。
- 海底地形図の判読にあたっては、以下の判読基準により海底地すべりの可能性がある地形を抽出した。

## 海底地すべりの可能性がある地形判読基準※

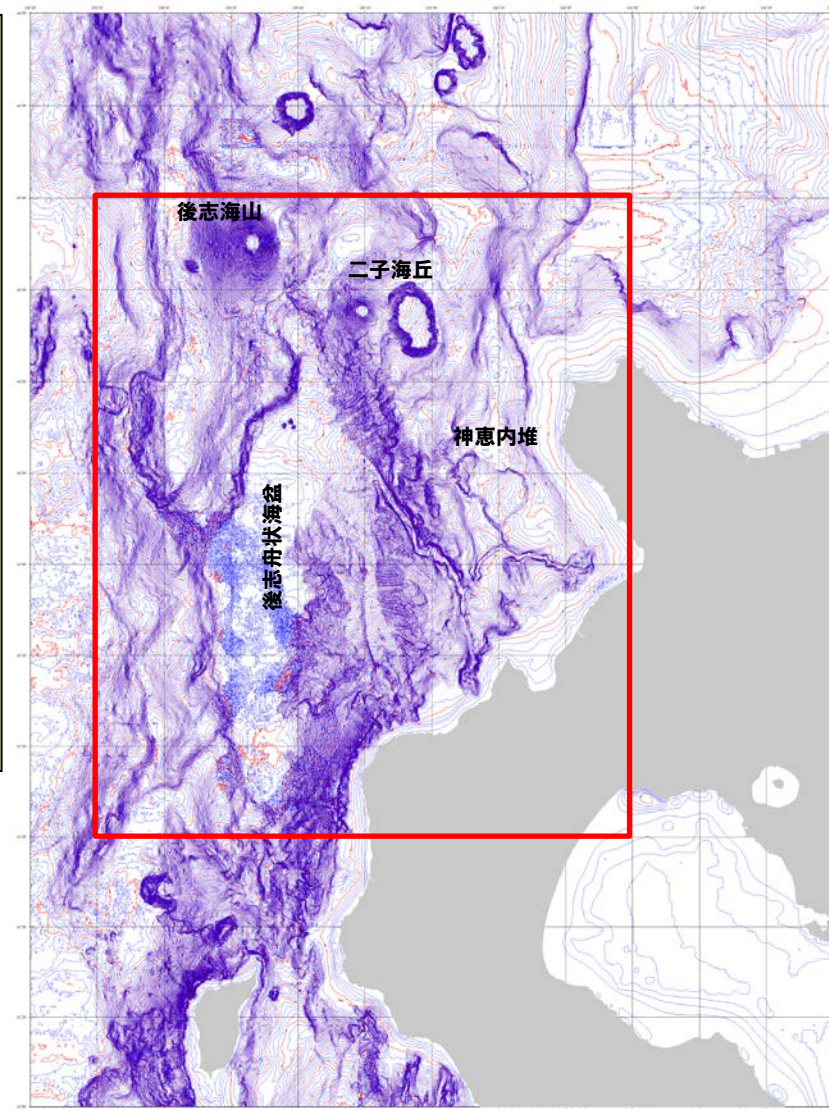
ポイント	典型的特徴
地形	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地すべり地形としては滑落崖とその下部にある地すべり土塊(滑落土塊)が対をなす。</li> <li>• 陸上の地すべりに比べて、大規模、薄く広がる傾向がある。薄く広がるケースでは土塊は認定しにくいので滑落崖だけを認定する。</li> </ul>
滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 馬蹄形、半円形、コの字形の平面形で、斜面下方へ開く急斜面。</li> <li>• 急斜面は平面的に出入りがなくスムーズな形状で、傾斜も一定傾向。</li> <li>• 下方に地すべり土塊が対をなして存在すると確実度が上がる。</li> </ul>
地すべり土塊	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 滑落崖の下部にある扇状地状、舌状の高まり及び台地状を呈す。</li> <li>• 典型的な場合には、土塊の表面に不規則な凹凸、低崖、凹地があり、全体として上に凸形の斜面を呈す。</li> </ul>

※Hampton and Lee (1996) 等を参照し作成。

## (1) 海底地すべり地形の抽出

## 地すべり地の形抽出範囲及び抽出

- 海底地すべり地形の抽出は、水路協会の「3秒グリッド水深データ」をフィルター処理によりノイズを除去し海底地形図を作成した。  
海底地形図のデータソース: マルチナロービーム水深データ (5秒メッシュ), J-BIRD (任意間隔の測量水深データ), J-EGG500 (500mメッシュ水深データ), 国土地理院基盤地図情報 (数値標高モデル: 10mメッシュ)
- 海底地すべり地形の抽出範囲は、発電所前面海域で急斜面の連続する後志舟状海盆周辺及び地質構造を境すると推定される北方の後志海山を北限とした。
- 地すべり地形は判読基準に基づいて抽出するが、特に発電所に近い神恵内堆の周囲および長大急斜面が連続する後志舟状海盆の西縁に土砂の流出した痕跡を抽出した。そのうち、神恵内堆に分布する地層は未固結から半固結の地層であることから、明瞭な土塊の形成が認められないことも考慮して、周辺よりも低い凹地の分布も着目した。
- そして、判読から抽出された地すべり地形について、別途弊社で実施している海上音波探査記録を参考に、地すべりを示唆する堆積構造の不連続・地すべり土塊等の堆積物を確認し確定させた。



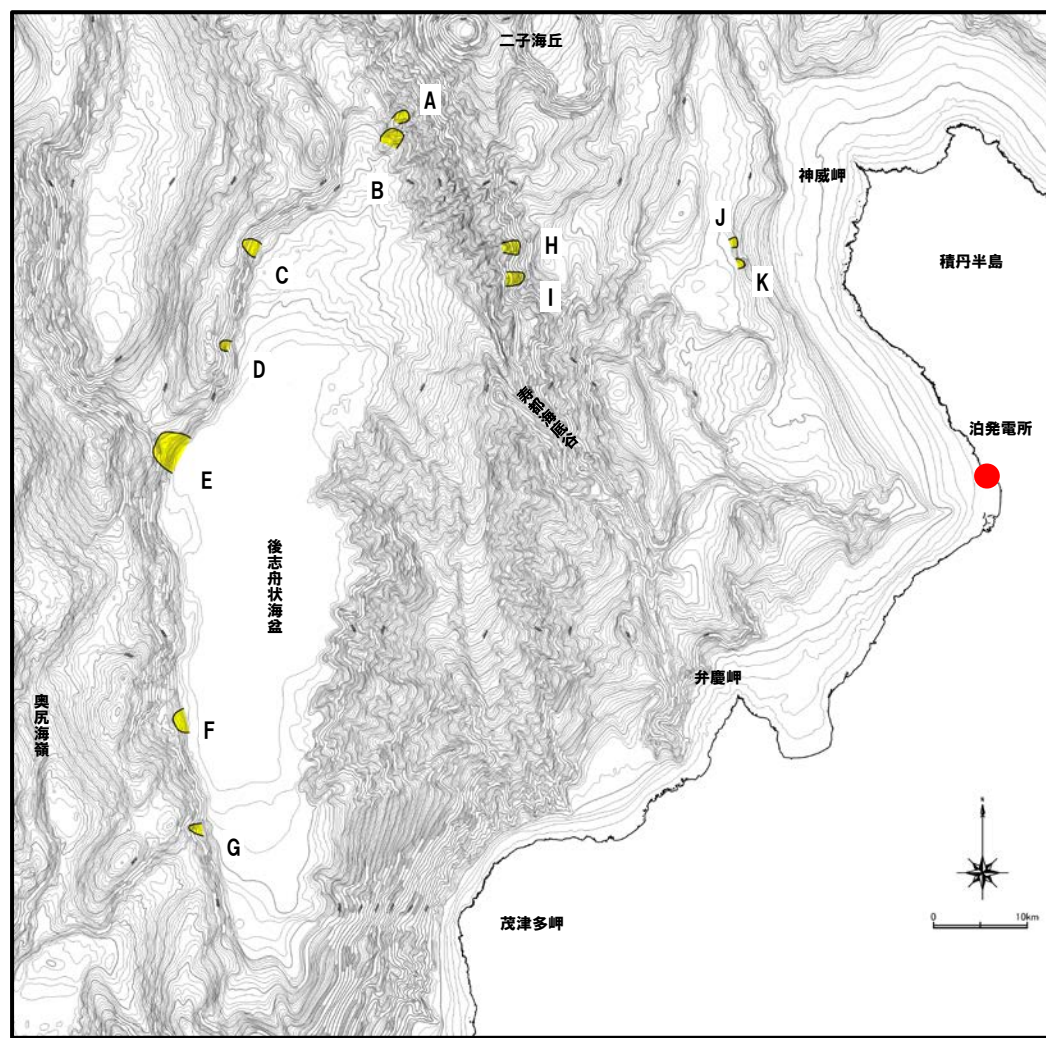
海底地形図及び海底地すべり抽出範囲

## (1) 海底地すべり地形の抽出

### 対象地すべりブロック位置平面図

一部修正 (H26/12/5審査会合)

○地形判読及び海上音波探査記録から11か所の地すべり地形が抽出された。



抽出された地すべり地形位置

## (1) 海底地すべり地形の抽出

## 各地すべりの諸元

一部修正 (H26/12/5審査会合)

○抽出された地すべり地形の諸元を以下に示す。

○後志舟状海盆で抽出された地すべり地形で、規模の大きいものはEで、 $2.58 \times 10^8 \text{m}^3$ 、発電所からの距離は87kmである。

## 各地すべり地形の諸元

地すべり地形	L 長さ (m)	W 幅 (m)	H 高低差 (m)	D 推定厚さ (m)	長さ×厚 さ ( $\text{m}^2$ )	規模の順 位	概略体積 ( $\text{m}^3$ )	体積順位	発電所までの 距離 (km)
A	2,000	1,200	180	56	111,000	3	44,000,000	4	72
B	2,200	2,000	230	61	134,000	2	90,000,000	2	71
C	2,000	1,600	280	56	111,000	3	59,000,000	3	80
D	1,000	1,000	260	28	28,000	9	9,000,000	9	81
E	3,000	3,100	350	83	250,000	1	258,000,000	1	87
F	1,400	2,200	140	39	54,000	8	40,000,000	5	89
G	1,700	1,000	280	47	80,000	5	27,000,000	8	91
H	1,600	1,400	420	44	71,000	7	33,000,000	7	55
I	1,700	1,400	480	47	80,000	5	37,000,000	6	54
J	700	1,000	120	19	14,000	11	5,000,000	11	37
K	900	1,000	130	25	23,000	10	8,000,000	10	35

## (1) 海底地すべり地形の抽出

### 抽出された地すべり地形の特徴 (1/4)

地すべり名称	地すべりブロック状況図	分布状況	規模等主諸元
A		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 23'，東経139° 45' 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し，末端部は概ね一様な勾配を呈する斜面中に位置する。</li> <li>・想定された地すべりブロックは，並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=2.0km</li> <li>・幅W=1.2km</li> <li>・高低差H=180m</li> <li>・概略堆積 V=44,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
B		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 21'，東経139° 44' 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は弱い角形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し，末端部では前面に概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>・想定された地すべりブロックは，弱い沢地形の側面部に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=2.2km</li> <li>・幅W=2.0km</li> <li>・高低差H=230m</li> <li>・概略堆積 V=90,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
C		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 15'，東経139° 33' 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し，末端部では前面に概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>・想定された地すべりブロックは，並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=2.0km</li> <li>・幅W=1.6km</li> <li>・高低差H=280m</li> <li>・概略堆積 V=59,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>

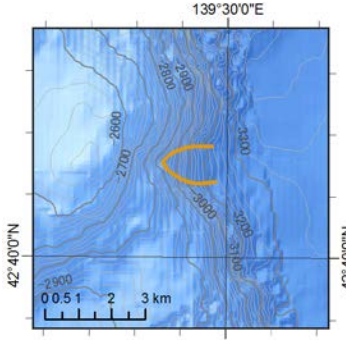
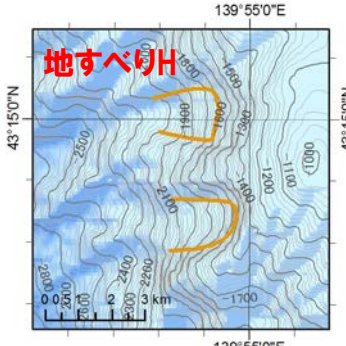
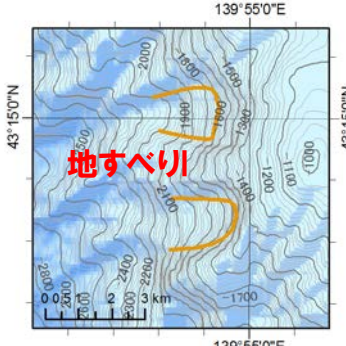
## (1) 海底地すべり地形の抽出

## 抽出された地すべり地形の特徴 (2/4)

地すべり名称	地すべりブロック状況図	分布状況	規模等主諸元
D		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 9′, 東経139° 31′ 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し, 末端部は概ね一様な勾配を呈する斜面中に位置する。</li> <li>・想定された地すべりブロックは, 並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=1.0km</li> <li>・幅W=1.0km</li> <li>・高低差H=260m</li> <li>・概略堆積 V=9,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
E		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 3′, 東経139° 27′ 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部は鞍部付近に位置し, 末端部は前面には概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>・想定された地すべりブロックは, 並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=3.0km</li> <li>・幅W=3.1km</li> <li>・高低差H=350m</li> <li>・概略堆積 V=258,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
F		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯42° 48′, 東経139° 28′ 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し, 末端部では前面に概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>・想定された地すべりブロックは, 並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=1.4km</li> <li>・幅W=2.2km</li> <li>・高低差H=140m</li> <li>・概略堆積 V=40,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>

## (1) 海底地すべり地形の抽出

### 抽出された地すべり地形の特徴 (3/4)

地すべり名称	地すべりブロック状況図	分布状況	規模等主諸元
G		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯42° 42'，東経139° 29' 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し，末端部では前面に概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>・想定された地すべりブロックは，弱い沢地形を呈する斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=1.7km</li> <li>・幅W=1.0km</li> <li>・高低差H=280m</li> <li>・概略堆積 V=27,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
H		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 15'，東経139° 54' 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は角形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し，末端部は概ね一様な勾配を呈する斜面中に位置する。</li> <li>・想定された地すべりブロックは，弱い沢地形中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=1.6km</li> <li>・幅W=1.4km</li> <li>・高低差H=420m</li> <li>・概略堆積 V=33,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
I		<ul style="list-style-type: none"> <li>・北緯43° 13'，東経139° 54' 付近に位置する。</li> <li>・ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>・ブロック頭部はやや不明瞭な遷緩線付近に位置し，末端部は概ね一様な勾配を呈する斜面中に位置する。</li> <li>・想定された地すべりブロックは，弱い沢地形中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長さL=1.70km</li> <li>・幅W=1.4km</li> <li>・高低差H=480m</li> <li>・概略堆積 V=37,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>



## (1) 海底地すべり地形の抽出

### 抽出された地すべり地形の特徴 (4/4)

地すべり名称	地すべりブロック状況図	分布状況	規模等主諸元
J		<ul style="list-style-type: none"> <li>•北緯43° 15′, 東経140° 11′ 付近に位置する。</li> <li>•ブロック形状は弱い角形を呈する。</li> <li>•ブロック頭部はやや不明瞭な遷急線付近に位置し, 末端部では前面に概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>•想定された地すべりブロックは, 並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•長さL=0.7km</li> <li>•幅W=1.0km</li> <li>•高低差H=120m</li> <li>•概略堆積 V=5,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>
K		<ul style="list-style-type: none"> <li>•北緯43° 14′, 東経140° 12′ 付近に位置する。</li> <li>•ブロック形状は馬蹄形を呈する。</li> <li>•ブロック頭部はやや不明瞭な遷急線付近に位置し, 末端部では前面に概ね平坦な地盤が広がっている。</li> <li>•想定された地すべりブロックは, 並行斜面中に見出された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•長さL=0.9km</li> <li>•幅W=1.0km</li> <li>•高低差H=130m</li> <li>•概略堆積 V=8,000,000m<sup>3</sup></li> </ul>

## (2) パラメータの設定根拠

## 地すべり地形のモデル化 (1/2)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

○地すべりシミュレーションは、海中の土砂の動きを時刻歴で解析することが可能なFLOW-3Dを使用する。

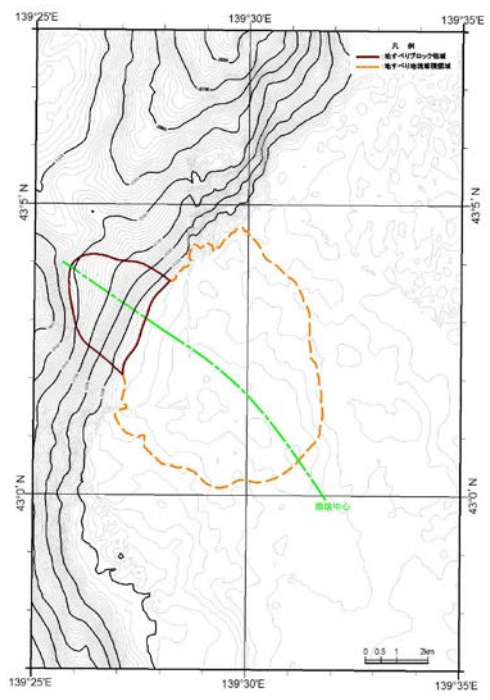
## 【地すべりシミュレーション (FLOW-3D)】

入力データ	入力値	備考
海水の密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1,030	一般値を使用。
海水の粘性係数 (Pa・s)	0.001	鈴木ほか (1980) に基づき設定。
海水の初期水面位置 (m)	T.P. +0.21	予測計算の計算潮位。
地すべり地塊の密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2,000	地すべり時に想定される地塊の土質状態 (砂～礫、礫混り砂状が混在) に対して、東日本高速道路(株)ほか (2006)、東日本高速道路(株)ほか (2007) に基づき設定。
地すべり地塊の粘性係数 (Pa・s)	10	高橋ほか (1993) の実験結果の平均値として設定。
地塊粒子の平均半径 (m)	0.05	地すべり時に想定される地塊の土質状態 (砂～礫、礫混り砂状が混在) に対して、地盤工学会 (2009) に基づき設定。
地塊粒子の抵抗係数	0.5	日本機械学会 (2006) に基づき設定。
計算メッシュ間隔 (m)	100	波源域の海底地形データ精度。
計算時間間隔 (s)	初期値0.01	計算安定条件を満たすように設定。
計算時間 (s)	1,800	地塊の移動速度が十分に緩速になる時間を包絡するように設定。

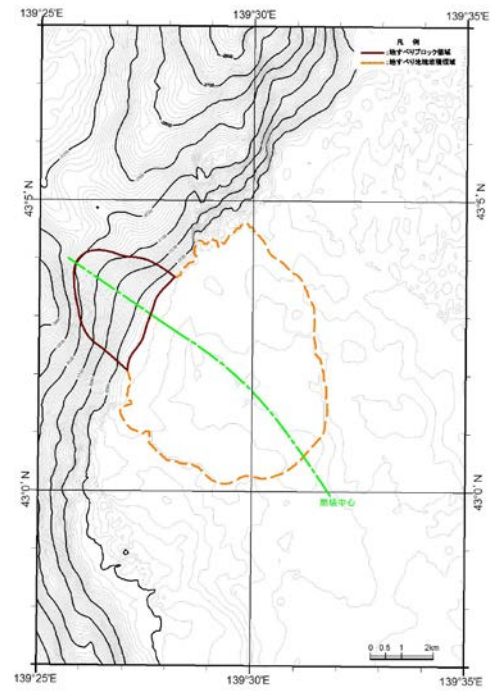
## (2) パラメータの設定根拠

### 地すべり地形のモデル化 (2/2)

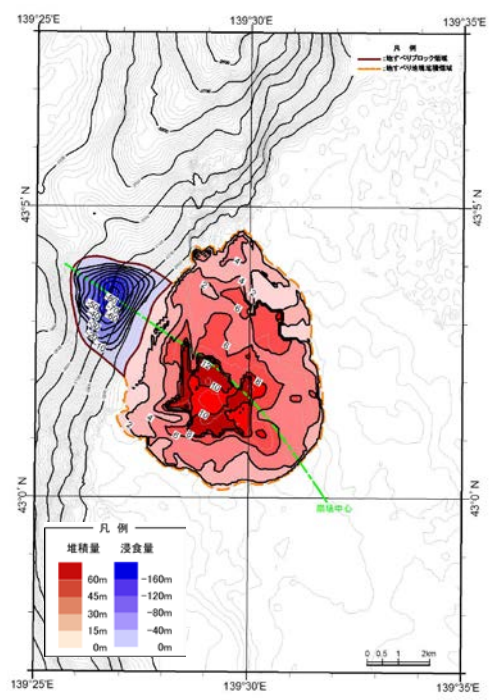
一部修正 (H27/8/21審査会合)



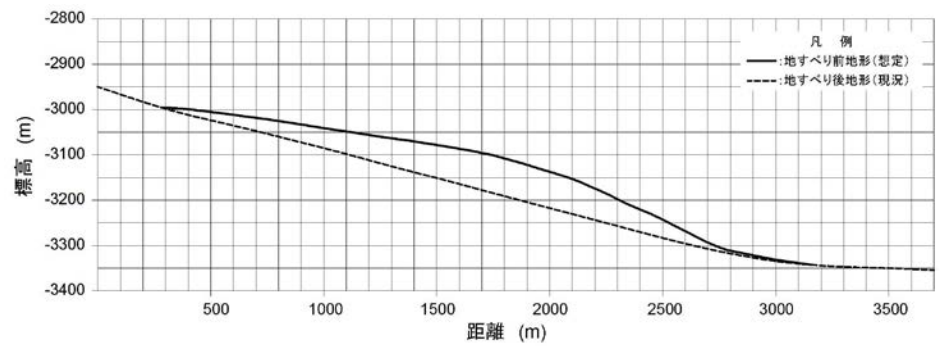
地すべり前地形



地すべり後地形 (10分後)



地すべり前後の地形変化量



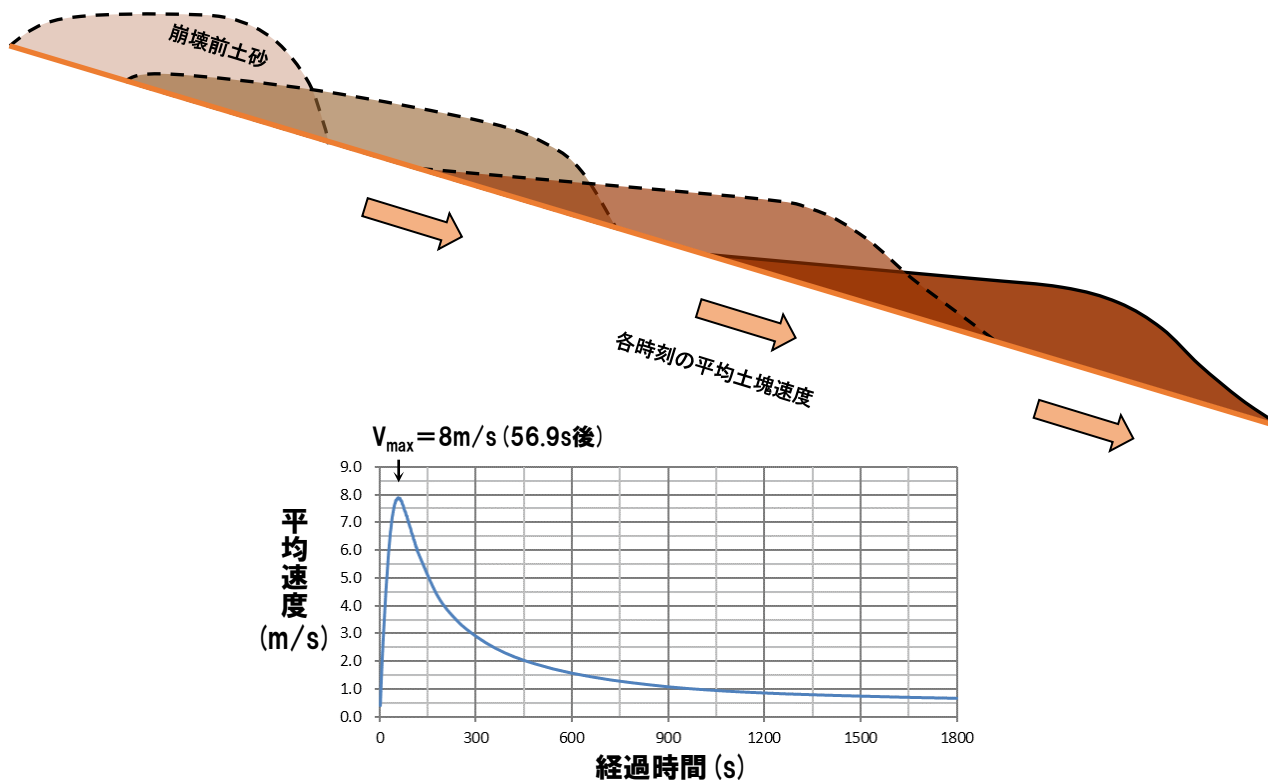
地すべり地形の断面形状

## (2) パラメータの設定根拠

## 変動伝播速度

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 変動伝播速度は、FLOW-3Dによる地すべりシミュレーションで得られる移動土塊の速度を入力値とする。
- 移動土塊の速度は、土塊全体の速度の平均値とし、崩壊開始から崩壊後地形としている崩壊10分後までの間における、各時刻での値を算出する。
- 水山ほか(1985)、道上ほか(1996)及び松村ほか(1997)では、土塊や土砂が湛水池に突入することで生じる波高は、その突入速度が速いほど、高くなるとされている。



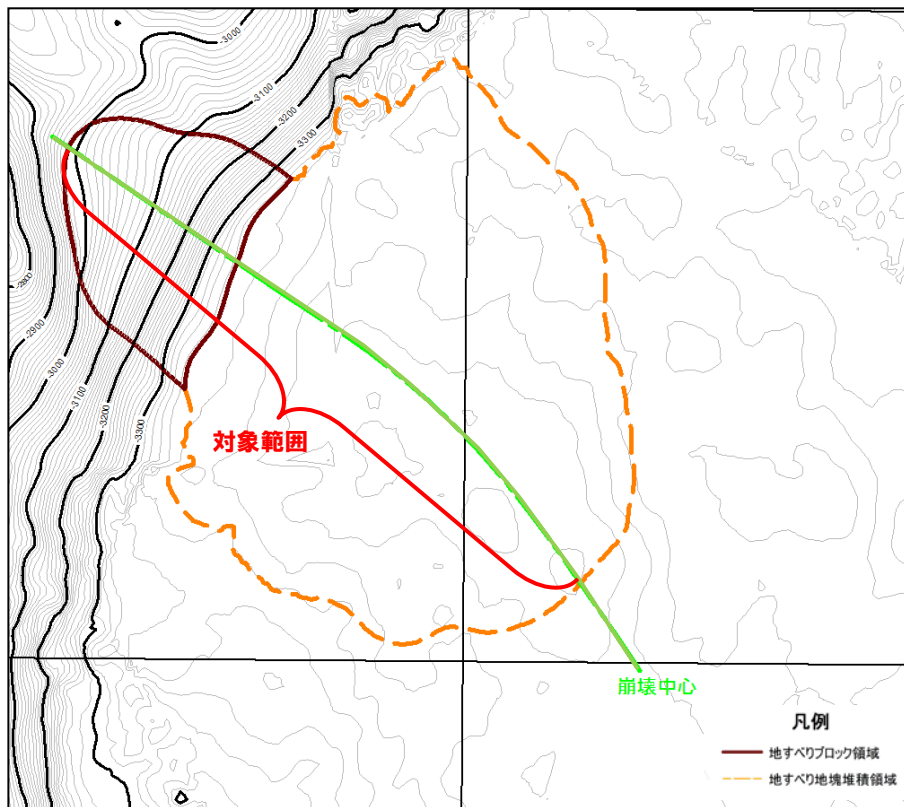
○以上より、変動伝播速度は、安全側の評価となる移動土塊の平均速度の最大値である8m/sに設定した。

## (2) パラメータの設定根拠

### 鉛直変位ライズタイム (1/3)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 鉛直変位ライズタイムは、FLOW-3Dによる地すべりシミュレーションにおける土塊の堆積変化について着目し、現象が開始してから概ね終息したと判断されるまでの時間を算出したうえで設定する。
- 土塊の堆積及び浸食の時間変化については、土塊の崩壊中心線を代表とする。
- 算出に用いる堆積変化の範囲は、崩壊中心線上で崩壊開始後10分までの変化範囲とする。



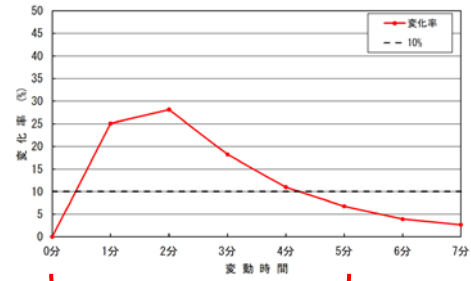
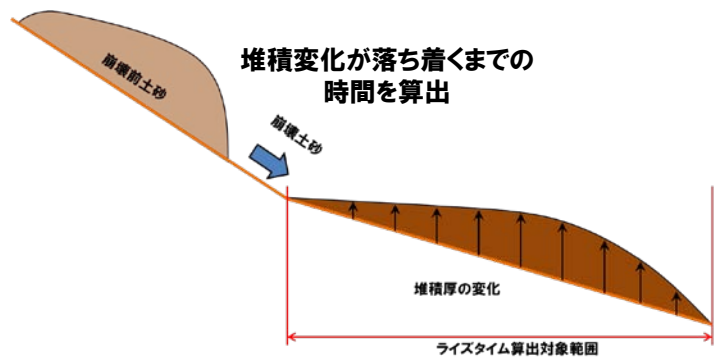
海底地すべりE

## (2) パラメータの設定根拠

### 鉛直変位ライズタイム (2/3)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 地すべり現象が開始してから概ね終息したとの判断は、堆積変化の総量に対する各時刻間における変化率が10%未満となる時間として算出した。
  - 算出方法: 各時間の変化率 = (時間当たり変化量 ÷ 10分間の総変化量) × 100
- 算出に用いる堆積変化の範囲は、崩壊中心線上で崩壊開始後10分までの海域の変化範囲とした。
- 土砂の変化量は、対象範囲の平均値とし、堆積及び浸食を絶対値で評価した。



平均堆積量の変化率が10%未満になるまでの時間

- 海底地すべりのパラメータスタディ結果を踏まえ(次頁参照), 鉛直変位ライズタイムは、安全側の評価となる平均堆積量の変化率が10%未満になるまでの時間から-60sとした時間である240sに設定する。

## (2) パラメータの設定根拠

### 鉛直変位ライズタイム (3/3)

一部修正 (H27/8/21審査会合)

- 鉛直変位ライズタイムは、平均堆積量の変化率が10%未満になるまでの時間である300sを起点とし、±60sを変化させたパラメータスタディ結果より安全側の評価条件になるよう設定する。
- 鉛直変位ライズタイムを、240s、300s、360sに変動させたパラメータスタディを実施した。

#### 【津波シミュレーション (kinematic landslideモデル)】

#### 海底地すべりEの数値シミュレーション結果

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)	240,300,360	パラメータスタディとして検討。
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。

区分	海底地すべりE		
	鉛直変位 ライズタイム 240s	鉛直変位 ライズタイム 300s	鉛直変位 ライズタイム 360s
	評価値	評価値	評価値
防潮堤前面 (上昇側)	0.24m	0.23m	0.22m
3号炉 取水口 (上昇側)	0.22m	0.20m	0.18m
1, 2号炉 取水口 (上昇側)	0.22m	0.20m	0.18m
放水口 (上昇側)	0.24m	0.20m	0.17m
3号炉 取水口 (下降側)	0.16m	0.14m	0.14m
「貯留堰を 下回る時間」	0s	0s	0s

※黄ハッチングは評価項目の最大ケースである。

○以上より、鉛直変位ライズタイムは、安全側の評価として平均堆積量の変化率が10%未満になるまでの時間から-60sとした時間に設定する。

## (3) Kinematic landslideモデルと二層流モデルとの比較

### Kinematic landslideモデルの評価

一部修正 (H27/8/21審査会合)

○Kinematic landslideモデルが安全側の評価であることを確認する目的で、海底地すべりを対象に、二層流モデルモデルによる津波の数値シミュレーションを実施した。

#### 【津波シミュレーション(二層流モデル)】

入力データ	入力値	備考
計算時間間隔 $\Delta t$ (s)	0.05	
計算時間 (時間)	3	
海水密度 (kg/m <sup>3</sup> )	1,030	一般値を使用。
崩壊物密度 (kg/m <sup>3</sup> )	2,000	松本ほか (1998) に基づき設定。
底面粗度係数 $n$ (m <sup>-1/3</sup> ・s)	上層:0.03 下層:0.40	上層は、土木学会 (2002) に基づき設定。 下層は、Kawamata et al. (2005) に基づき設定。
界面抵抗係数 $f_{int}$	0.0	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。
渦動粘性係数 $\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	下層:0.1	Kawamata et al. (2005) に基づき設定。

#### 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	
	二層流モデル 評価値	【参考】 Kinematic landslideモデル 評価値
防潮堤前面 (上昇側)	0.13m	0.24m
3号炉 取水口 (上昇側)	0.05m	0.22m
1, 2号炉 取水口 (上昇側)	0.02m	0.22m
放水口 (上昇側)	0.11m	0.24m
3号炉 取水口 (下降側)	0.05m	0.16m
「貯留堰を 下回る時間」	0s	0s

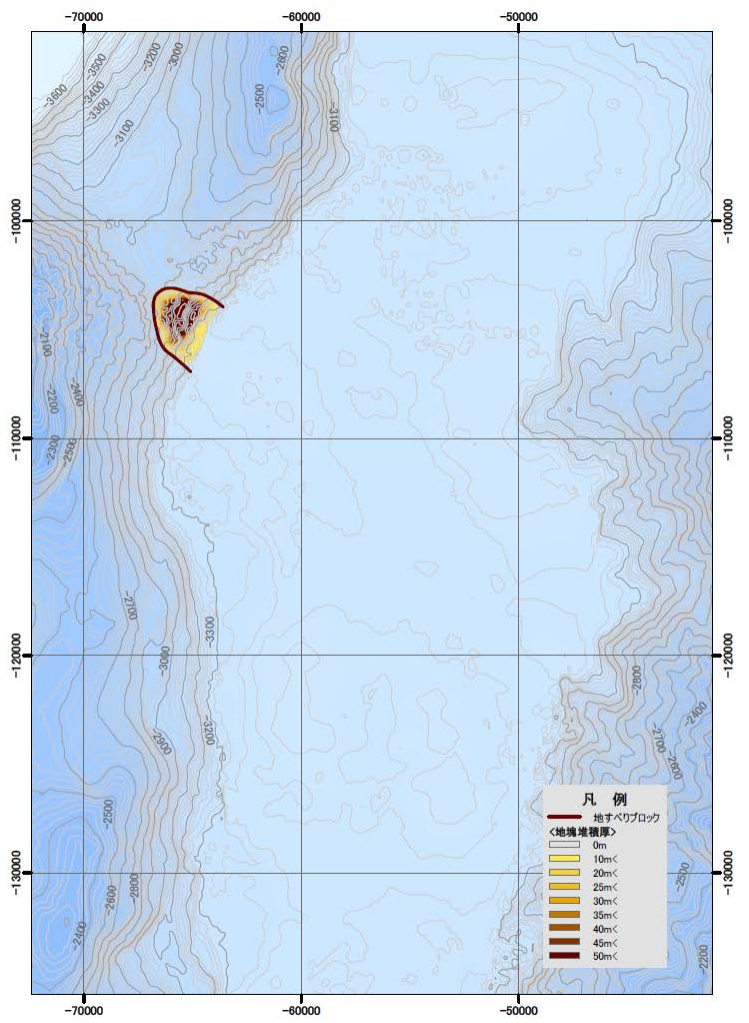
○数値シミュレーション結果から、二層流モデルと比較して、Kinematic landslideモデルの方が評価上安全側である大きな値となることを確認した。



## (4) 数値シミュレーション結果

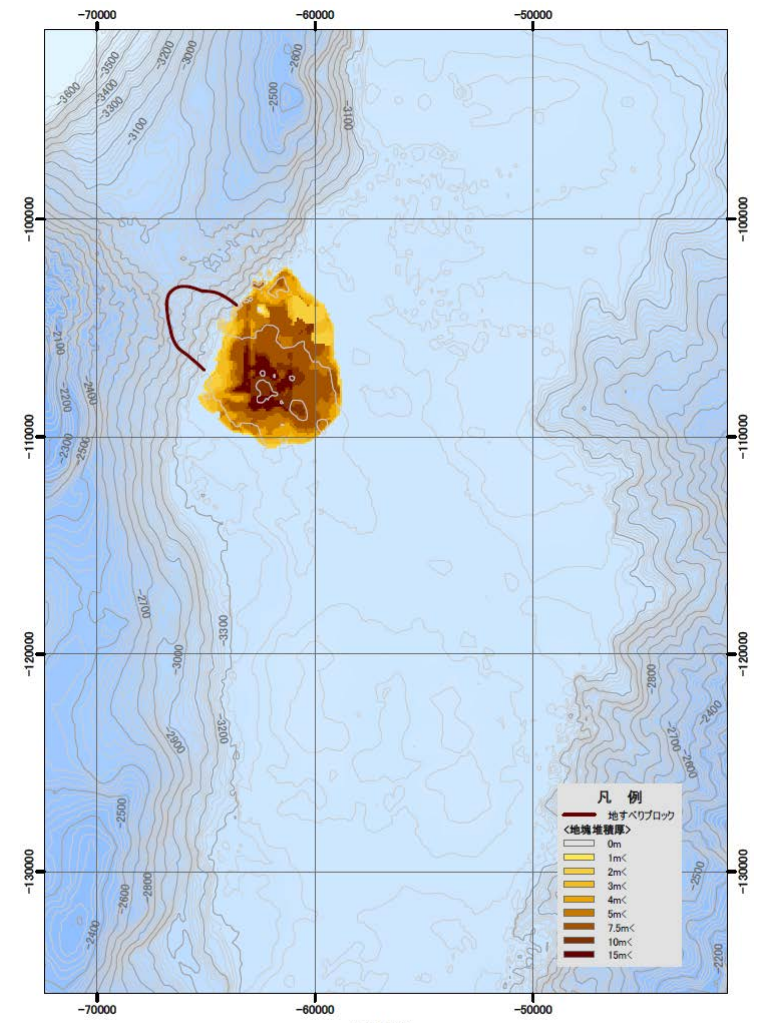
### 海底地すべりE 地すべりシミュレーション (1/3)

再掲 (H26/12/5審査会合)



1:200,000  
0 0.75 1.5 3 4.5 6 km

地すべり前



1:200,000  
0 0.75 1.5 3 4.5 6 km

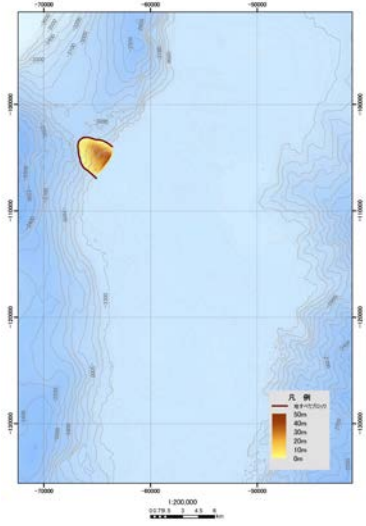
地すべり後 (10分後)

## (4) 数値シミュレーション結果

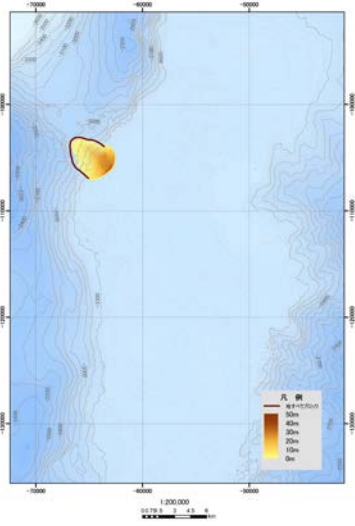
### 海底地すべりE 地すべりシミュレーション (2/3)

再掲 (H26/12/5審査会合)

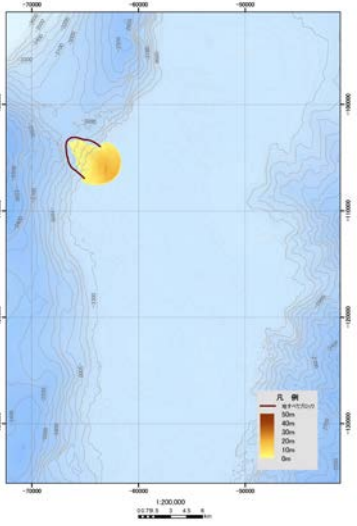
1分後



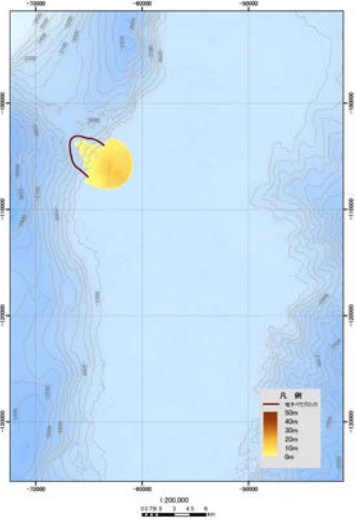
2分後



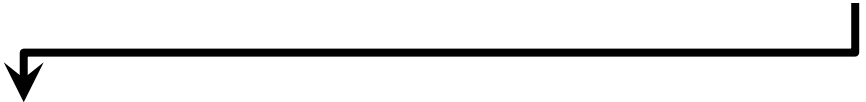
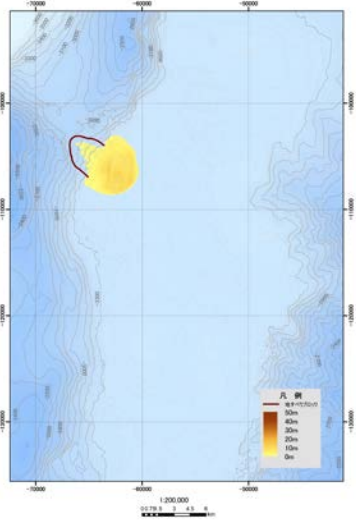
3分後



4分後



5分後

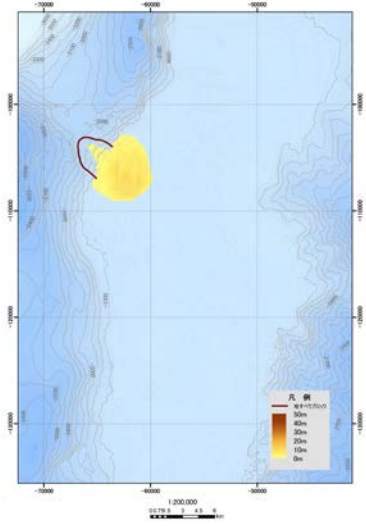


## (4) 数値シミュレーション結果

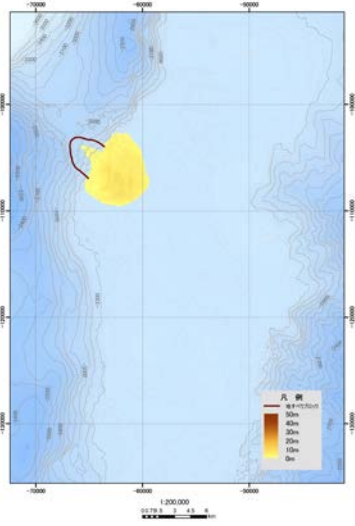
海底地すべりE 地すべりシミュレーション (3/3)

再掲 (H26/12/5審査会合)

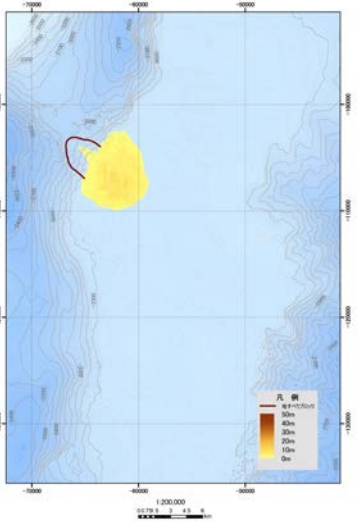
6分後



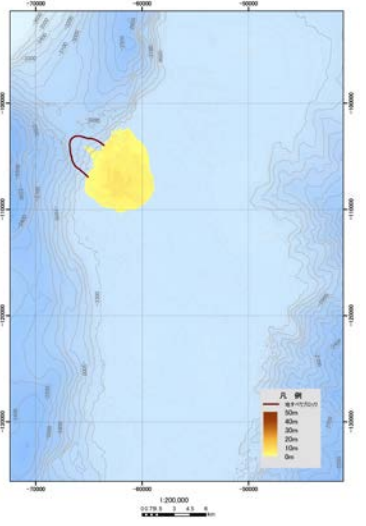
7分後



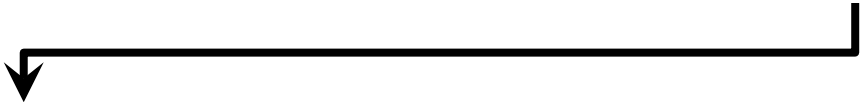
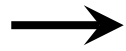
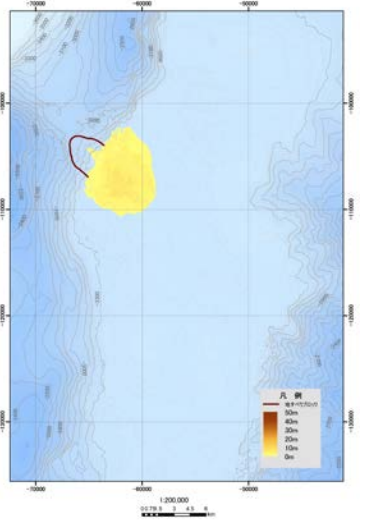
8分後



9分後



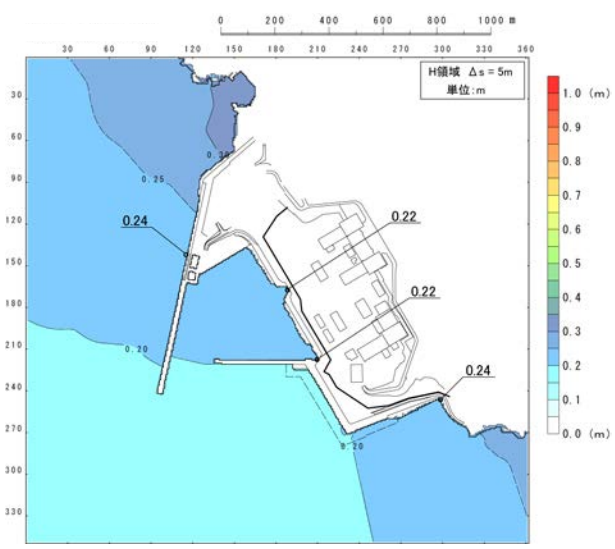
10分後



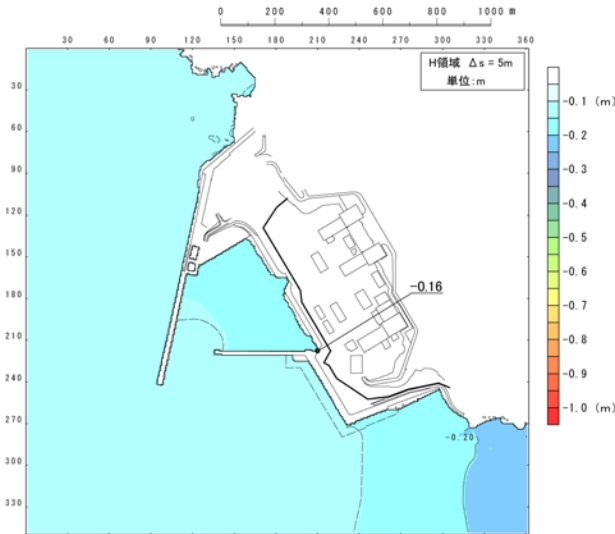
## (4) 数値シミュレーション結果

### 海底地すべりE 最大水位分布・水位時刻歴波形

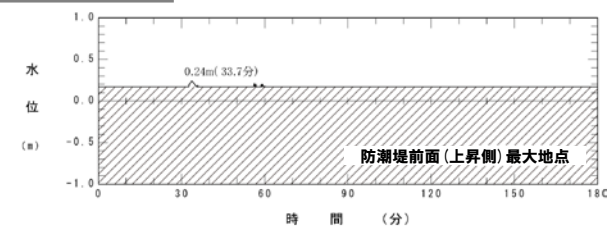
一部修正 (H26/12/5審査会合)



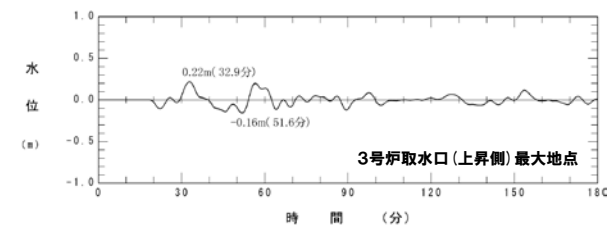
最大水位上昇量分布



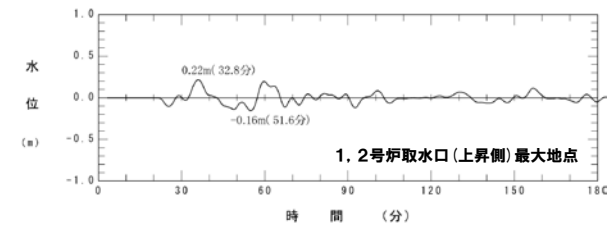
最大水位下降量分布



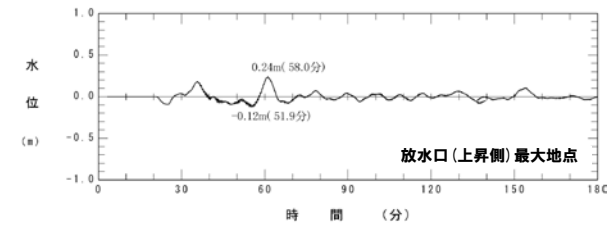
防潮堤前面(上昇側)最大地点



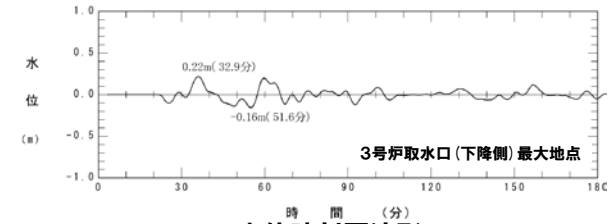
3号炉取水口(上昇側)最大地点



1, 2号炉取水口(上昇側)最大地点



放水口(上昇側)最大地点



3号炉取水口(下降側)最大地点

### 水位時刻歴波形

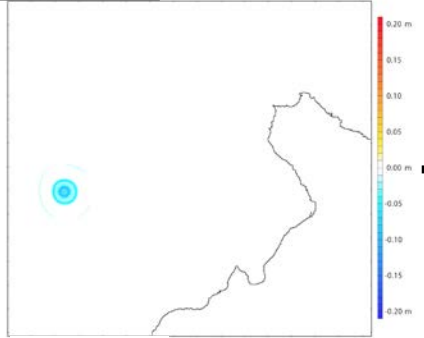
※水位時刻歴波形は水位変動量が最大となる地点から抽出している。

## (4) 数値シミュレーション結果

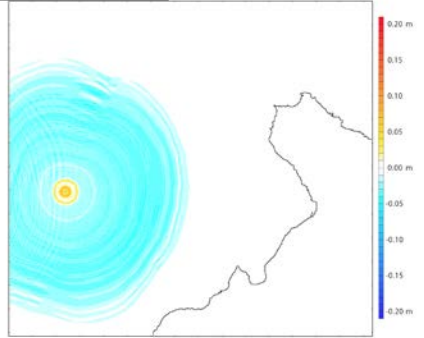
海底地すべりE 津波の伝播状況

一部修正 (H26/12/5審査会合)

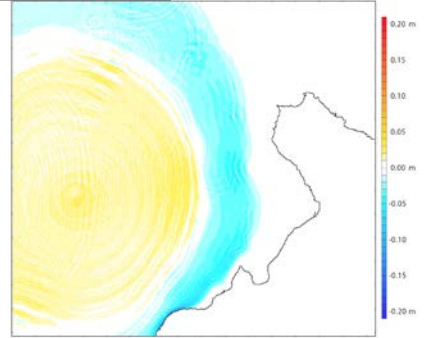
1分後



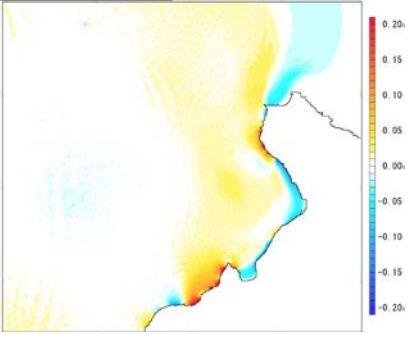
5分後



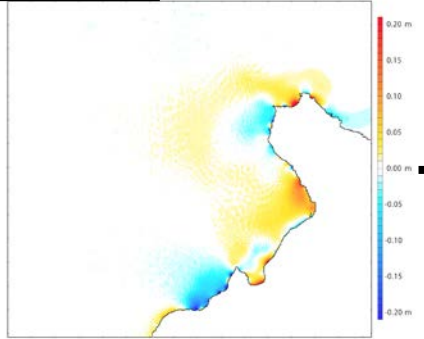
10分後



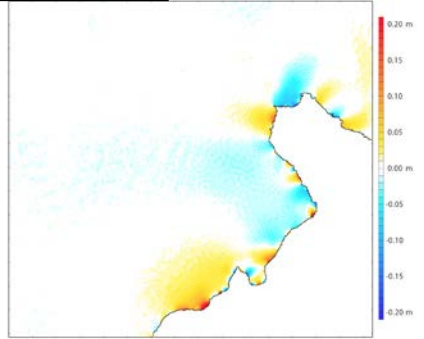
20分後



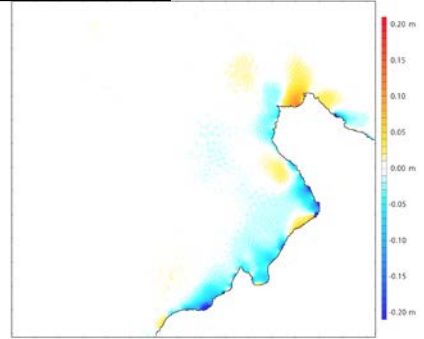
30分後



40分後



50分後



60分後

