

余白

## ① まとめ

一部修正 (H26/11/28審査会合)

## 【検討目的】

- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造を示唆する特徴(積丹半島西岸,北・東岸において海岸地形分布高度等に差が認められる。)の有無を確認する。
- 日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域と積丹半島西岸の海岸地形を比較する。

## 【検討内容】

- (1) DEMデータによる海岸地形高度及び平坦度の定量化を実施し,海岸地形の分布状況を確認する。
- (2) 海岸地形に加え,海岸地形に連続する海底地形の状況,周囲に分布する海食洞の状況について,文献レビュー,地表地質踏査結果を用いて確認する。
- (3) 日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域と積丹半島西岸の海岸地形について,文献レビュー,地表地質踏査結果,DEMデータによる海岸地形高度の定量化により比較・検討を実施し,特徴の差異について検討する。

## 【検討結果】

## (1) 海岸地形の分布状況

- 積丹半島の海岸地形の分布高度は,西岸及び北・東岸ともに同様な傾向を示し,潮間帯より標高の高い地形の割合は20%程度である(次頁～P246参照)。
- 積丹半島西岸と比較し,北・東岸は,海岸地形の高度データの母数が少ないことから,海岸地形の発達が少ない(次頁～P246参照)。
- 積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には,大局的に相関関係が認められる(P247参照)。
- 積丹半島の海岸地形のうち,平坦度の良いものは,西岸及び北・東岸ともに,その多くが潮間帯以下に認められる(P248～P250参照)。
- 積丹半島西岸と比較し,北・東岸は,海岸地形の発達が乏しく,潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形には,拡がりや連続性が認められない。

## (2) 海底地形及び海食洞の状況

- 積丹半島の海岸地形に連続する海底地形の状況は,西岸及び北・東岸ともに,文献において,海岸地形高度は小崖の比高と相関が認められるとされている状況と,概ね調和的である。
- 積丹半島西岸と比較し,北・東岸は,潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所の小崖の比高が小さいものと推定される。
- 積丹半島における海食洞の分布高度は,西岸及び北・東岸ともに,主に6m程度以下の範囲に分布し,最大値も同様な値を示す。
- 積丹半島西岸と比較し,北・東岸は,海食洞の分布が乏しい状況が認められる。

## (3) 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較

- 積丹半島西岸と新潟県佐渡島小木半島との比較の結果,積丹半島西岸の海岸地形には,新潟県佐渡島小木半島に認められるような,海岸地形の高度が系統的に変化する状況,潮間帯より標高の高い範囲で平坦度の良い海岸地形が汀線方向に連続する状況は認められない(P252～P267参照)。
- 青森県大戸瀬周辺においては,文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが,当社調査結果からは,明瞭な系統性は認められない(P252～P267参照)。

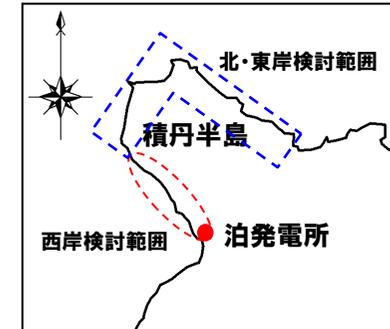


- 積丹半島の西岸及び北・東岸には,海岸地形の分布高度,平坦度,海底地形状況及び海食洞の分布高度には顕著な差異は認められない。
- 一方,海岸地形の分布状況,海底地形における小崖の比高,海食洞の分布状況の観点においては,特徴に差異が認められる。
- 積丹半島西岸の海岸地形は,日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域のうち,新潟県佐渡島小木半島の海岸地形が,系統的に高度変化が認められることに対し,このような状況は認められないことから,特徴が異なるものと判断される。
- しかし,青森県大戸瀬周辺においては,系統的に高度変化する状況は認められないことから,海岸地形高度の系統性の有無が,必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。

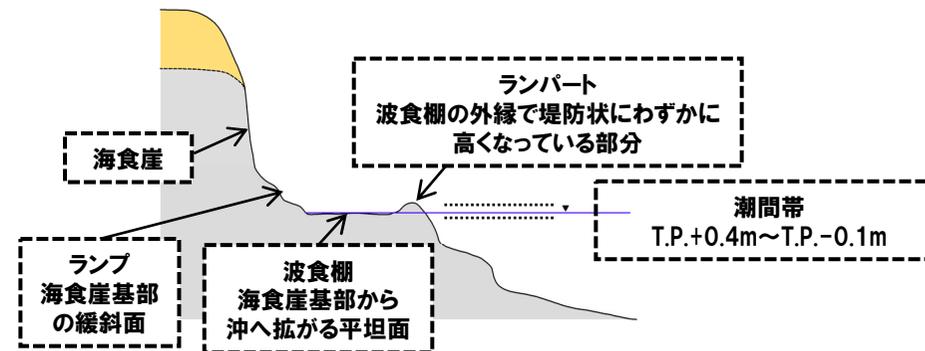
## ② 海岸地形及び海象

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島の海岸地形は、岩石海岸が卓越し、全般的に海食崖が発達しており、海食作用による斜面後退が顕著である。
- 朔望平均満潮位はT.P.+0.34m、月最高平均潮位はT.P.+0.44mである。
- 朔望平均干潮位はT.P.-0.09m、月最低平均潮位はT.P.-0.16mである。
- 潮間帯は、朔望平均満・干潮位及び月最高・最低平均潮位を勘案し、T.P.+0.4m～T.P.-0.1mと定義する。
- 沿岸部には、波食棚が断続的に分布する。
- 波食棚は、潮間帯 (T.P.+0.4m ~ T.P.-0.1m) 付近で認められる。
- 波食棚と混在して、潮間帯より標高の高い地形が断続的に認められる。



検討範囲



潮間帯より標高の高い地形

波食棚

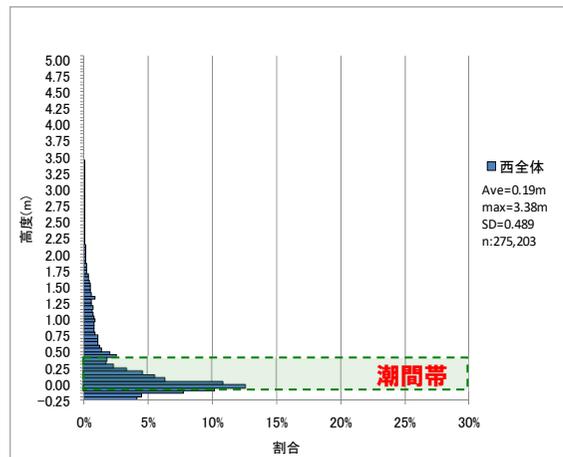


積丹半島の海岸地形状況

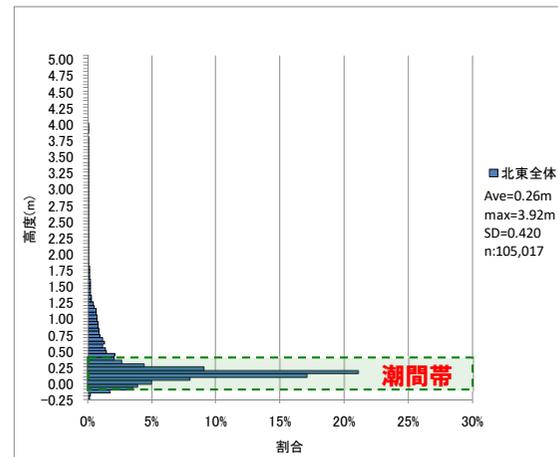
## ③-1 海岸地形高度の定量化 (積丹半島の海岸地形高度)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

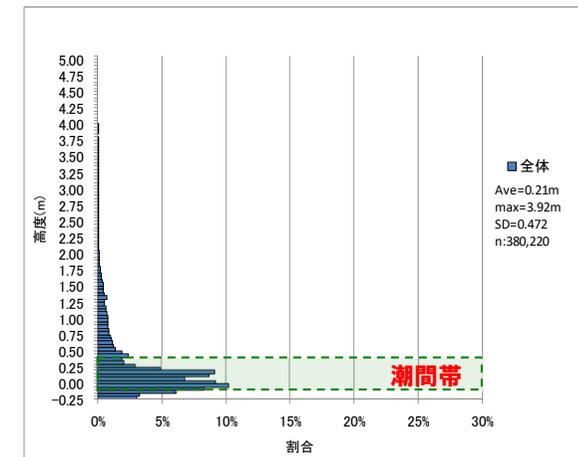
- 積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに同様な傾向を示し、潮間帯より標高の高い地形の割合は20%程度である。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海岸地形の高度データの母数が少ないことから、海岸地形の発達が少ない。



積丹半島西岸高度分布  
(滝ノ瀬周辺～川白周辺)



積丹半島北・東岸高度分布  
(西の河原周辺～豊浜周辺)



積丹半島全体高度分布  
(滝ノ瀬周辺～豊浜周辺)

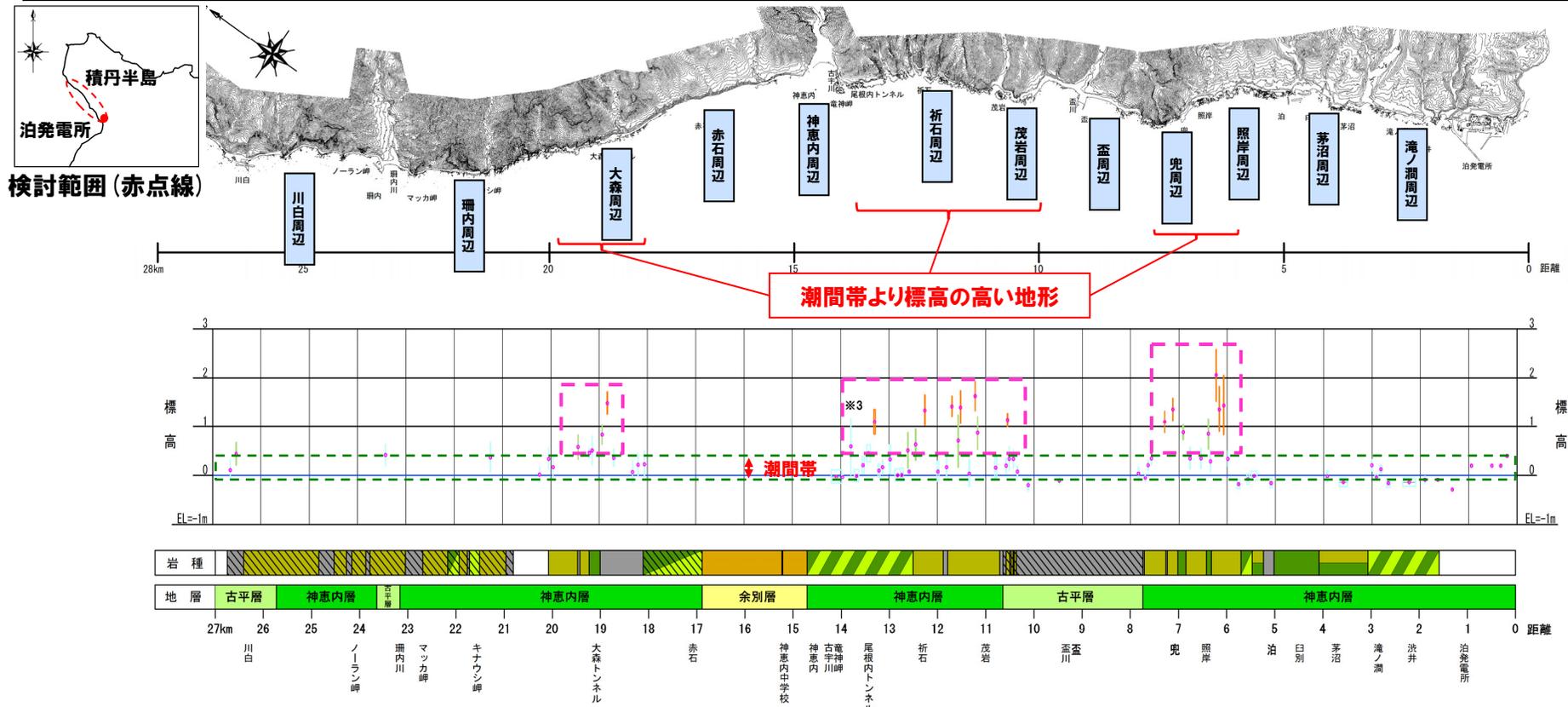
項目	西岸	北・東岸	全体
平均高度 (m)	0.19	0.26	0.21
潮間帯より標高の高い地形の割合 (%)	21.5	18.7	20.7
標準偏差 (m)	0.49	0.42	0.47
母数 ( ) 内は全体に占める割合	275,203 (72%)	105,017 (28%)	380,220 (100%)

# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

## ③-2 海岸地形高度の定量化 (積丹半島西岸における海岸地形高度)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- DEMデータによる海岸地形高度と岩種・岩相の関係を確認した。
- 潮間帯より標高の高い地形は、概ね相対的に侵食抵抗が強い岩種・岩相が分布する箇所に認められる。
- 積丹半島西岸の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には、大局的に相関関係が認められる。



※3 当該箇所の岩種はTbが主体であることから侵食抵抗をLとしているが、一部侵食抵抗が相対的に強いVbも認められるため、ばらつきが大きい状況である。



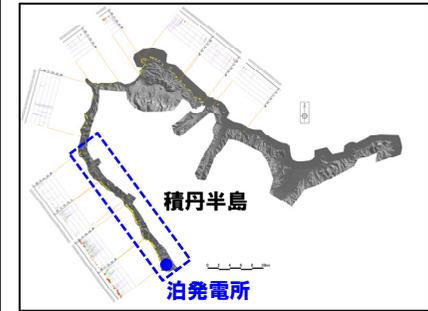
※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している。 ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。

# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

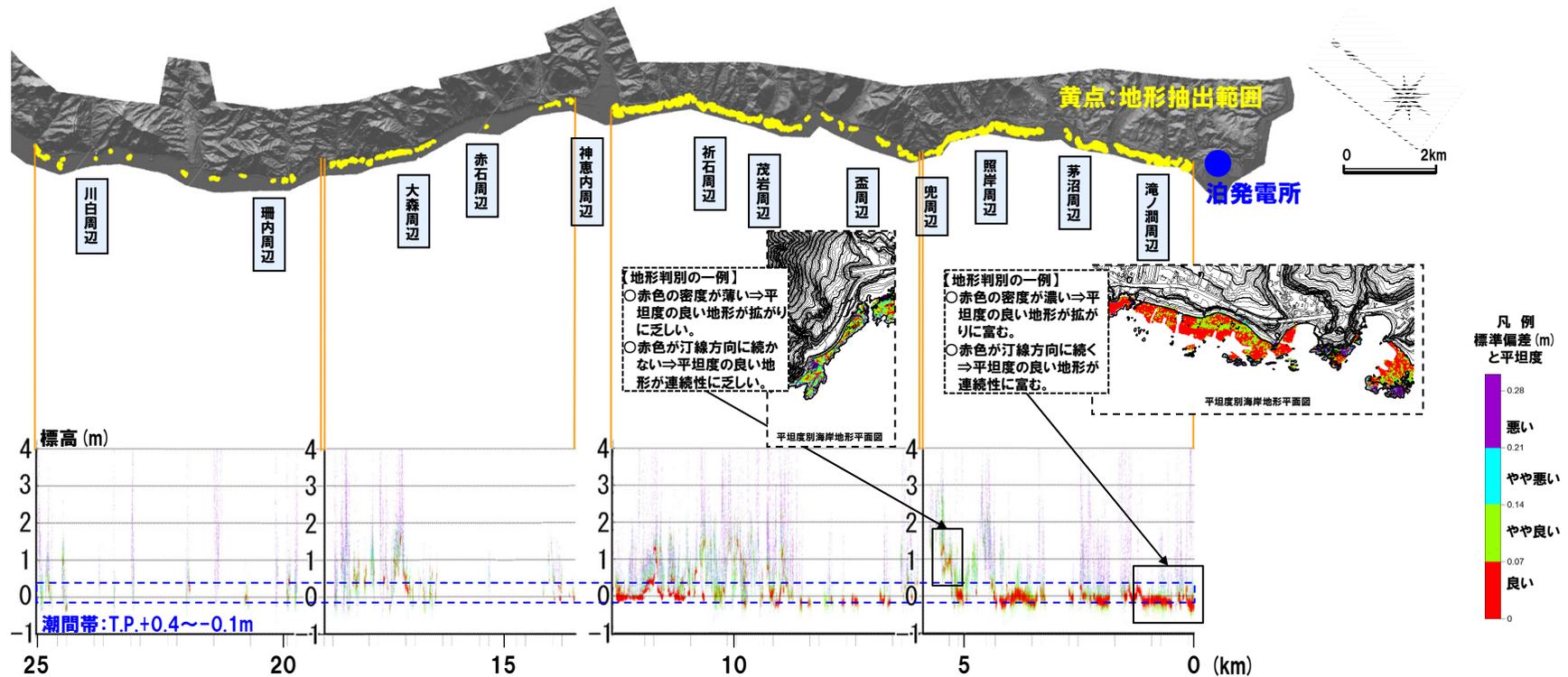
## ④ 海岸地形の平坦度 (検討結果【全体:積丹半島西岸】)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 積丹半島西岸の海岸地形分布高度を整理した(詳細については、H29.7.28審査会合補足説明資料「泊発電所 地盤(敷地周辺の地質・地質構造)について 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関するコメント回答(資料集)」2章参照)。
- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、その多くが潮間帯以下に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形は、拡がりや連続性に乏しく分布高度にもばらつきが認められる。
- 当該範囲には、相対的に侵食抵抗が強いLava, Hyalo等が分布する。
- 当該範囲の海岸地形は、大局的には、平坦度が悪いものと考えられる。



検討範囲図

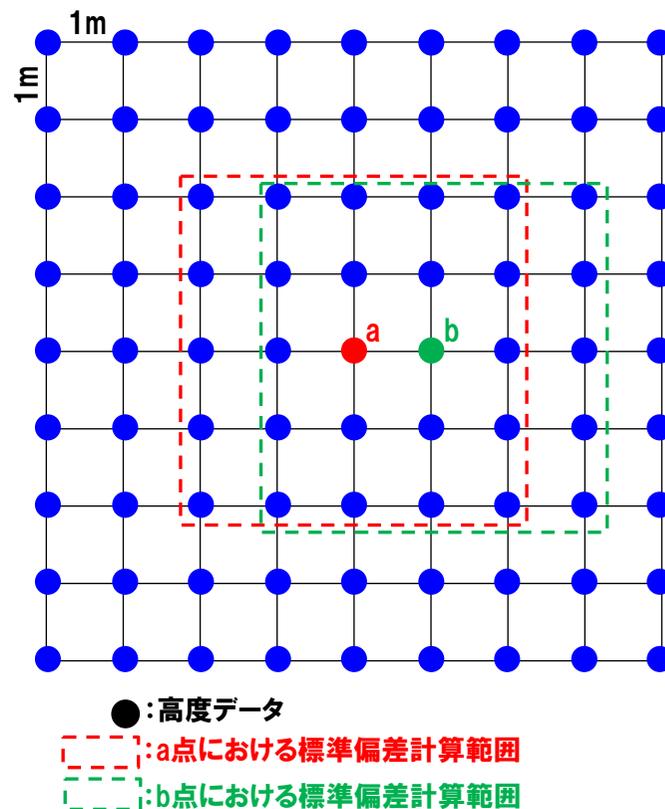


汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

潮間帯:T.P.+0.4~-0.1m

## (参考) 海岸地形の平坦度の考え方

- 各高度データ付近の地形状況を表す指標として、「平坦度」を定義した。
- ある点aの「平坦度」は、その周囲の5×5点 (a点も含む) の高度データの標準偏差 (ばらつき) が代表するものとした。
- 同様の作業を、積丹半島の高度データ抽出範囲におけるn=約100万点について実施した。
- なお、DEMは1m間隔でデータを有していることから、3×3点がばらつきを整理する最小単位となるが、ある程度の拡がりを有している地形状況を「平坦度」で仕分けることを鑑み、5×5点で整理することとした。



高度データ (DEMデータ) の模式図

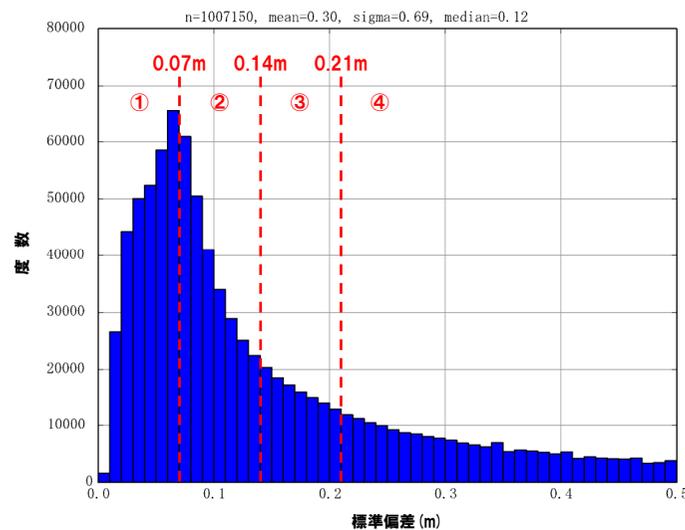
## 【DEMデータの作成】

- 航空レーザ計測を実施し、航空機から地表までの高さ並びに航空機の位置及び高さを取得した。
  - ・計測期間: 積丹半島西岸 2010年5月5日~5月23日, 北・東岸 2014年5月11日~5月23日, 8月1日
  - ・計測データの欠測率\*: 積丹半島西岸 約3.2%, 北・東岸 約3.3%
- 上記計測データより、データ間隔1mの高度データ (DEMデータ) を作成した。

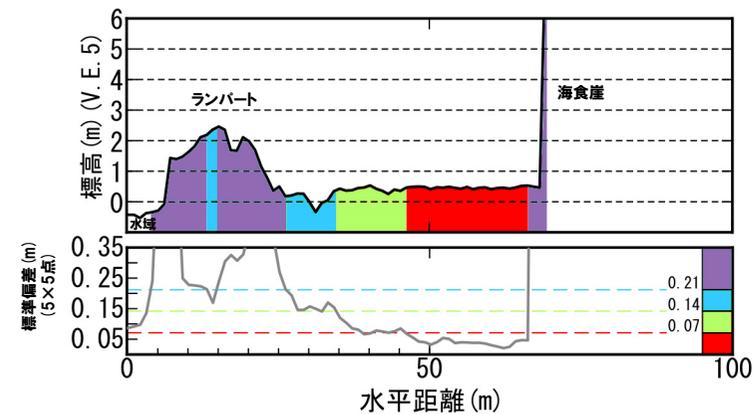
\*国土交通省 (2016) 「作業規則の準則」によれば、欠測率は各格子間隔が1mを超える場合は10%以下、1m以下の場合は15%以下を標準とされている。

## (参考) 海岸地形の平坦度の閾値

- 「平坦度」について閾値を設定するため、各点で求めた標準偏差のヒストグラムを作成した(左下図参照)。
- 標準偏差は、0.07mがピークを示すことから、当該値が、積丹半島に分布する平坦度の良い、波食棚等の地形状況を表しているものと考えられる。
- このため、「平坦度」については、以下のとおり閾値を設定した。
  - ①標準偏差 $\leq 0.07$ m:平坦度が良い(赤色)
  - ② $0.07$ m $<$ 標準偏差 $\leq 0.14$ m:平坦度がやや良い(緑色)
  - ③ $0.14$ m $<$ 標準偏差 $\leq 0.21$ m:平坦度がやや悪い(水色)
  - ④標準偏差 $> 0.21$ m:平坦度が悪い(紫色)
- 海岸地形分布高度の図化に当たっては、汀線方向の断面図に高度データを投影することとし、その際に、「平坦度」に応じて上記のとおり色分けを行った。



各点で求めた標準偏差のヒストグラム



海岸地形断面における平坦度区分の例

余白

## ⑤-1 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (まとめ)

一部修正 (H29/3/10審査会合)

## 【検討目的】

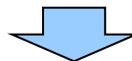
- 日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域と積丹半島西岸の海岸地形を比較する。

## 【検討内容】

- 日本海沿岸においては、史実により地震性隆起が生じたとされる地域が存在することから、主な地域について、文献レビューを実施し、比較対象候補地を選定する。
- 比較対象候補地について、文献レビューを踏まえた地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討を実施し、比較対象適地を選定する。
- 比較対象適地について、積丹半島西岸と海岸地形を比較し、特徴の差異について検討を実施する。

## 【検討結果】

- 文献レビューの結果、日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域の比較対象候補地として、青森県大戸瀬周辺及び新潟県佐渡島小木半島を選定した。
- 上記2地域について、地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討の結果、比較対象適地として、新潟県佐渡島小木半島を選定した。
- 青森県大戸瀬周辺においては、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められないことから、比較対象適地として選定されない。
- 積丹半島西岸と新潟県佐渡島小木半島との比較の結果、積丹半島西岸の海岸地形には、新潟県佐渡島小木半島に認められるような、海岸地形の高度が系統的に変化する状況、潮間帯より標高の高い範囲で平坦度の良い海岸地形が汀線方向に連続する状況は認められない。

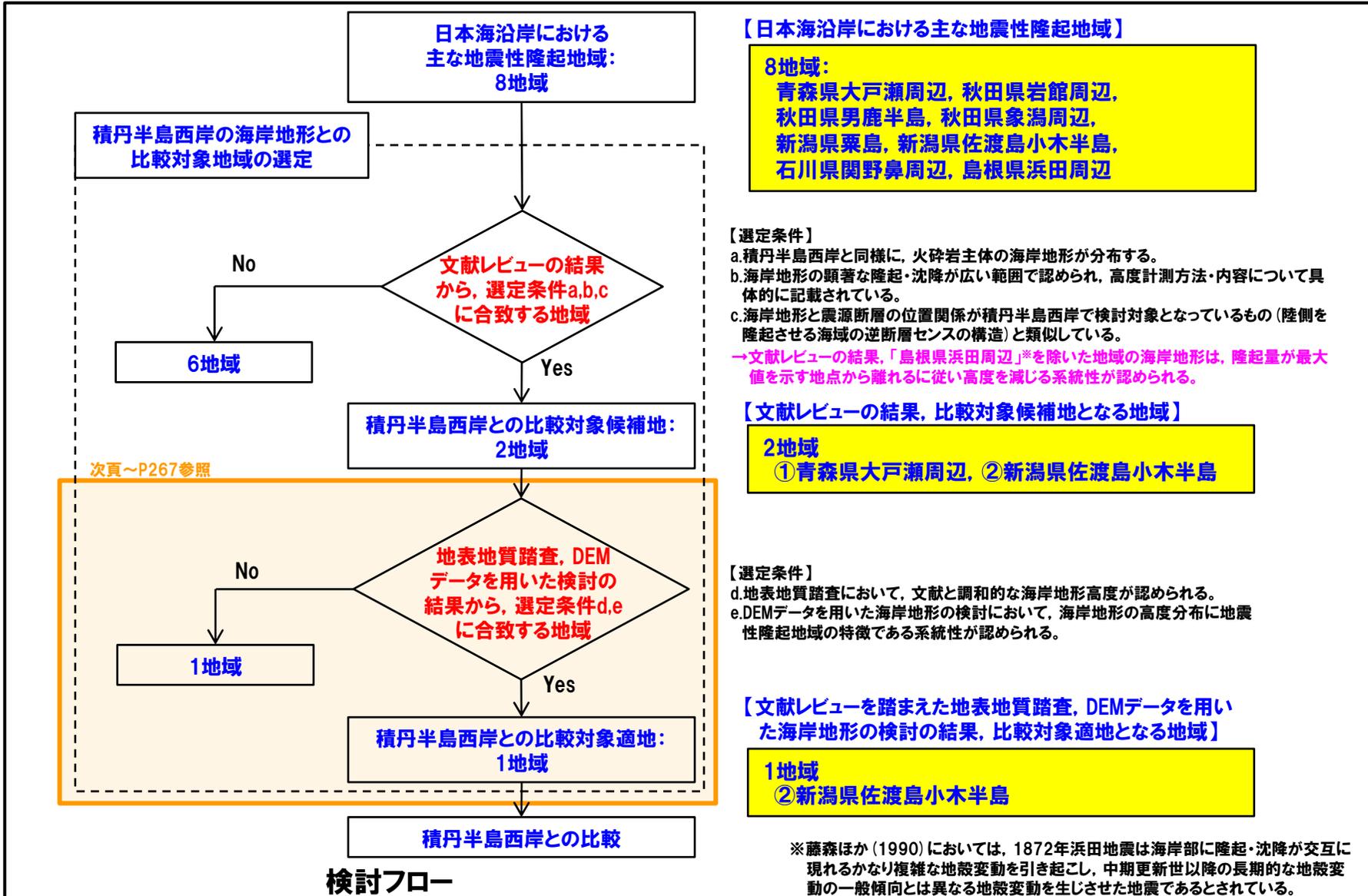


- 積丹半島西岸の海岸地形は、日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域のうち、新潟県佐渡島小木半島の海岸地形が、系統的に高度変化が認められることに対し、このような状況は認められないことから、特徴が異なるものと判断される。
- しかし、青森県大戸瀬周辺においては、系統的に高度変化する状況は認められないことから、海岸地形高度の系統性の有無が、必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。

# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

## ⑤-2 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (検討フロー)

一部修正 (H29/3/10審査会合)



## 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-3 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較（地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討）

一部修正（H28/3/10審査会合）

- 文献レビューの結果、積丹半島西岸との比較対象候補地として、青森県大戸瀬周辺及び新潟県佐渡島小木半島を選定した。
- 上記2地域について、文献レビューを踏まえた地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討を実施し、以下の観点から、積丹半島西岸との比較対象適地を選定した。
  - ・地表地質踏査において、文献と調和的な海岸地形高度が認められる
  - ・DEMデータを用いた海岸地形の検討において、海岸地形の高度分布に地震性隆起地域の特徴である系統性が認められる
- DEMデータを用いた海岸地形の検討については、積丹半島西岸と同様に、海岸地形分布高度及び平坦度を整理し、実施した。

### 【青森県大戸瀬周辺及び新潟県佐渡島小木半島の海岸地形等の状況】

検討項目		青森県大戸瀬周辺	新潟県佐渡島小木半島
文献レビューを踏まえた 地表地質踏査	海岸地形状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海岸地形が存在する状況は、積丹半島西岸と類似している</li> <li>・海岸地形の基部は、一部、護岸等による改変も認められる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海岸地形が存在し、その背後に海食崖が発達する状況は、積丹半島西岸と地形的に類似している</li> </ul>
	地質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿岸部には、火砕岩、溶岩及び堆積岩が分布する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿岸部には、岩相が多様なハイアロクラスタイトが分布する</li> </ul>
	文献との比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Nakata et al. (1976) に示される海岸地形の高度分布と当社測定値は、一部、差異が認められるものの、1793年西津軽地震時の隆起量が最も大きいとされる千畳敷における隆起ベンチ高度と当社測定値は調和的である</li> <li>・古川 (1976) は大戸瀬周辺のうち一部についてのみ海岸地形高度を示しており、その高度と当社測定値は調和的である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太田ほか (1976) に示される1802年佐渡小木地震による隆起ベンチ（1802年段丘と呼称している。）の旧汀線高度と、当社測定値は調和的である</li> </ul>
DEMデータを用いた 海岸地形の検討	海岸地形高度分布の系統性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に200m以上連続する状況が千畳敷付近等において認められる</li> <li>・Nakata et al. (1976) において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に100m程度連続する状況が南岸を中心に多く認められる</li> <li>・連続する平坦度の良い海岸地形の高度分布は、南岸から北岸に向かって減少する系統性が認められ、太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度と概ね調和的である</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当社地形判読によると、大戸瀬周辺のMIS5eを含む海成段丘面の高度分布は、南西方向に向かって減少する系統性が認められる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・太田ほか (1976) によれば、MIS5e海成段丘旧汀線高度は南側が北側よりも高く、北方への傾動が認められ、1802年佐渡小木地震と同様の地殻変動の累積を受けているとされている</li> </ul>	



### 【比較対象適地の選定結果】

- 文献レビューを踏まえた地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討の結果、比較対象適地として、新潟県佐渡島小木半島を選定した。
- 青森県大戸瀬周辺においては、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められないことから、比較対象適地として選定されない。

## 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-4 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (青森県大戸瀬周辺の文献レビューを踏まえた地表地質踏査)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

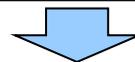
### 【青森県大戸瀬周辺の文献レビューを踏まえた地表地質踏査】

#### (文献レビュー)

- Nakata et al. (1976) においては、海岸線1kmごとの隆起ベンチ高度を測定し、1793年西津軽地震時の海岸線の垂直変位量を推定しており、垂直変位量は、大戸瀬の千畳敷において最大値 (2.5m程度) を示し、東方向及び南西方向に向かって減少するとされている。
- 古川 (1976) においては、ハンドレベルを用いた測量により、大戸瀬の千畳敷及び南西方向に2km程度離れた大戸瀬駅周辺のベンチの縦断面を作成しており、千畳敷においては、隆起ベンチが高潮面より高い位置に広く分布しているとされ、大戸瀬駅付近においては潮間帯にベンチが広く分布するとされている。
- 大沢ほか (1993) 及び大沢・須田 (1978) によれば、沿岸部には、火砕岩、溶岩及び堆積岩が分布するとされている。

#### (地表地質踏査)

踏査地点	海岸地形		地質	その他
	地形	高度		
千畳敷	<ul style="list-style-type: none"> <li>隆起ベンチが汀線方向に300m程度連続して分布する</li> <li>0.2～1m程度の凹凸が認められる部分及び比較的平坦な部分が認められる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nakata et al. (1976) の隆起ベンチ高度2.5m程度及び古川 (1976) の「隆起ベンチが高潮面より高い位置に広く分布」は、当社測定値103～221cmと調和的である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>淡緑色凝灰岩</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸地形の基部は、一部、護岸等による改変が認められる</li> </ul>
大戸瀬駅付近 (千畳敷南西方2km)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベンチが汀線方向に1km程度連続して分布する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nakata et al. (1976) の隆起ベンチ高度1.7m程度は、当社測定値64cm及び99cmと差異が認められる</li> <li>古川 (1976) の「潮間帯にベンチが広く分布」は、当社測定値と調和的である</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>砂岩及び泥岩 (潮位よりも高い範囲は砂岩が主体)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸地形の基部は、護岸による改変が認められる</li> </ul>
千畳敷東側 (千畳敷東方1km)	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩礁及び幅の狭いベンチが汀線方向に500m程度連続して分布する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nakata et al. (1976) の隆起ベンチ高度1.8～2.1m程度は、当社測定値62cmとの間に差異が認められる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緑色凝灰岩</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海岸地形の基部は、護岸による改変が認められる</li> </ul>



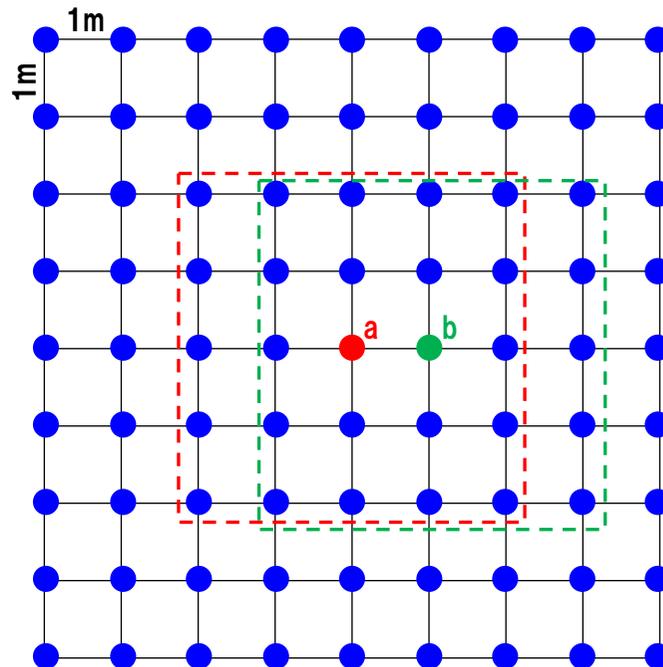
- 青森県大戸瀬周辺において、海岸地形が存在する状況は、積丹半島西岸と類似している。
- 海岸地形の基部は、一部、護岸等による改変も認められる。
- 沿岸部には、火砕岩、溶岩及び堆積岩が分布する。
- Nakata et al. (1976) に示される海岸地形の高度分布と当社測定値は、一部、差異が認められるものの、1793年西津軽地震時の隆起量が最も大きいとされる千畳敷における隆起ベンチ高度と当社測定値は調和的である。
- 古川 (1976) は大戸瀬周辺のうち一部についてのみ海岸地形高度を示しており、その高度と当社測定値は調和的である。

⑤-5 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討) (1/4)

再掲 (H29/3/10審査会合)

【青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討 (平坦度の考え方)】

- 大戸瀬周辺のDEMデータは、積丹半島と同様の仕様 (データ間隔: 1m) のものが取得できないことから、当社が測定したものを使用する。
- 各高度データ付近の地形状況を表す指標として、「平坦度」を定義した。
- ある点aの「平坦度」は、その周囲の5×5点 (a点も含む) の高度データの標準偏差 (ばらつき) が代表するものとした。
- 同様の作業を、大戸瀬周辺の高度データ抽出範囲におけるn=約110万点について実施した。
- なお、DEMは1m間隔でデータを有していることから、3×3点がばらつきを整理する最小単位となるが、ある程度の拡がりを有している地形状況を「平坦度」で仕分けることを鑑み、5×5点で整理することとした。



●: 高度データ

---: a点における標準偏差計算範囲

---: b点における標準偏差計算範囲

高度データ (DEMデータ) の模式図

【DEMデータの作成】

- 航空レーザー計測を実施し、航空機から地表までの高さ並びに航空機の位置及び高さを取得した。
  - ・計測期間: 2016年12月3日～12月5日
  - ・計測データの欠測率※: 約0.1%
- 上記計測データより、データ間隔1mの高度データ (DEMデータ) を作成した。

※国土交通省 (2016) 「作業規則の準則」によれば、欠測率は各格子間隔が1mを超える場合は10%以下、1m以下の場合は15%以下を標準とするとされている。

# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

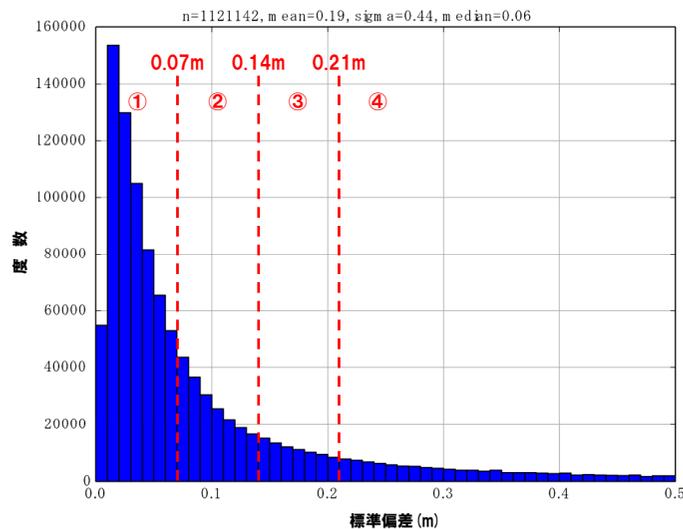
⑤-5 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討) (2/4)

再掲 (H29/3/10審査会合)

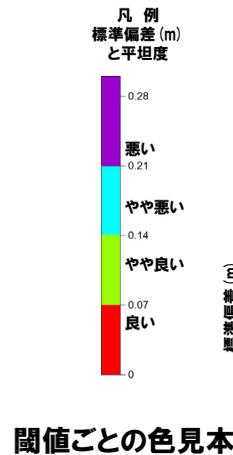
## 【青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討 (平坦度の閾値)】

- 各点で求めた標準偏差のヒストグラムを作成した (左下図参照)。
- 当該ヒストグラムが、大戸瀬周辺に分布する海岸地形状況を表しているものと考えられ、標準偏差は、積丹半島及び小木半島 (標準偏差のピーク:0.07m, P265参照) よりも小さく、0.02mでピークを示している。
- 大戸瀬周辺は、積丹半島及び小木半島よりも、相対的に平坦な海岸地形が分布しているものと考えられる。
- 「平坦度」については、積丹半島と同じ基準で整理するため、以下のとおり閾値を設定した。
  - ①標準偏差 ≤ 0.07m: 平坦度が良い (赤色)
  - ②0.07m < 標準偏差 ≤ 0.14m: 平坦度がやや良い (緑色)
  - ③0.14m < 標準偏差 ≤ 0.21m: 平坦度がやや悪い (水色)
  - ④標準偏差 > 0.21m: 平坦度が悪い (紫色)

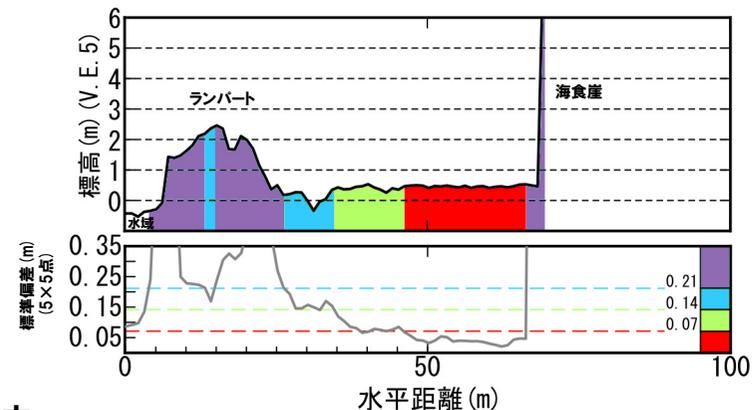
○海岸地形分布高度の図化に当たっては、汀線方向の断面図に高度データを投影することとし、その際に、「平坦度」に応じて上記のとおり色分けを行った。



各点で求めた標準偏差のヒストグラム



閾値ごとの色見本



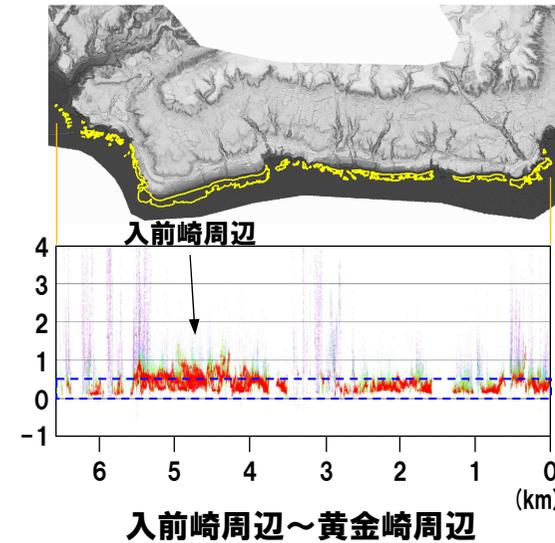
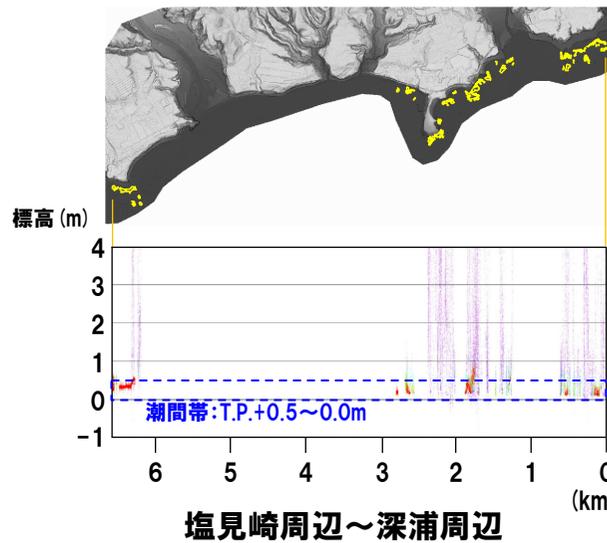
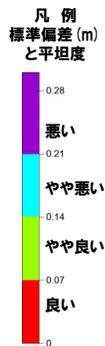
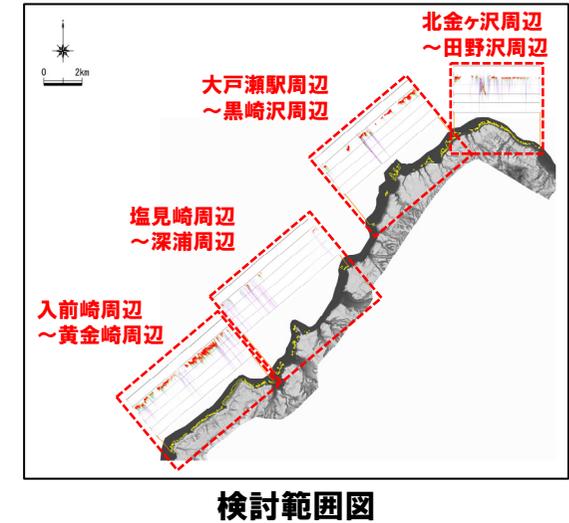
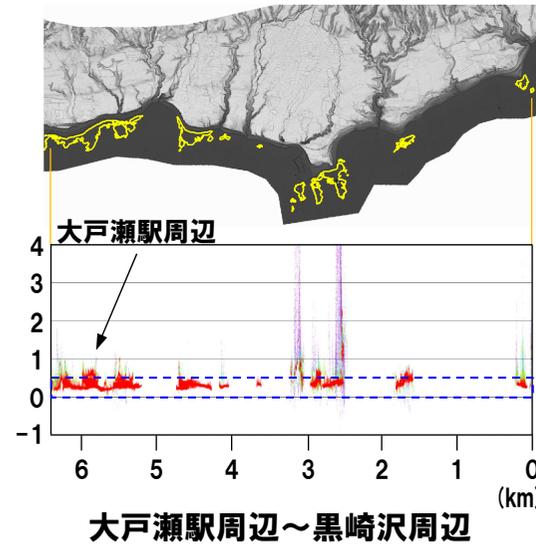
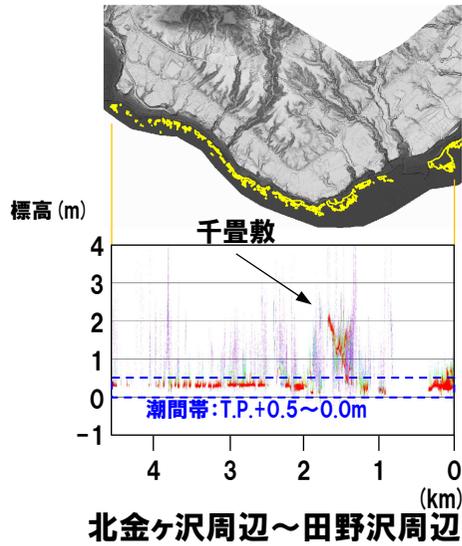
海岸地形断面における平坦度区分の例



# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-5 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討) (4/4)

再掲 (H29/3/10審査会合)



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

⑤-6 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較(青森県大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度)(1/2)

再掲(H29/3/10審査会合)

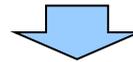
**【青森県大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度(検討結果:全体)】**

- 青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた平坦度の整理では、系統性は確認されないことから、地震性地殻変動の影響がより累積している海成段丘の分布高度について検討を実施した。
- 検討にあたっては、大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度について地形判読を実施した※1。
- MIS5eの海成段丘面の分布高度は、北金ヶ沢周辺～鳥居崎周辺では標高85～100m程度、黒崎沢周辺～塩見崎周辺では標高90m程度、行合崎周辺～深浦周辺では標高75～85m程度、入前崎周辺～黄金崎周辺では標高55～70m程度に認められる。
- MIS5eを含む海成段丘面の高度分布は、南西方向に向かって減少する系統性が認められる。
- 小池・町田編(2001)においては、MIS5eの旧汀線高度は大戸瀬崎周辺では標高88m、行合崎周辺北側では標高88m、南側では標高85m及び95m、黄金崎付近では標高66m及び88mとされている(精度※2:C, 被覆層厚:1～2m)。

※1 地形判読にあたっては、データ間隔5m又は10mのDEMデータ(航空レーザー測量, 1/2.5万地形図に相当)を用いた。

※2 小池・町田編(2001)においては、変動基準の高度に関する精度は、次の3段階に分けられている。

- ・精度A:誤差±0.1m程度(実測)
- ・精度B:誤差±1m程度(1/5,000地形図からの読みとりなど)
- ・精度C:誤差±10m程度(1/2.5万地形図からの読みとりなど)

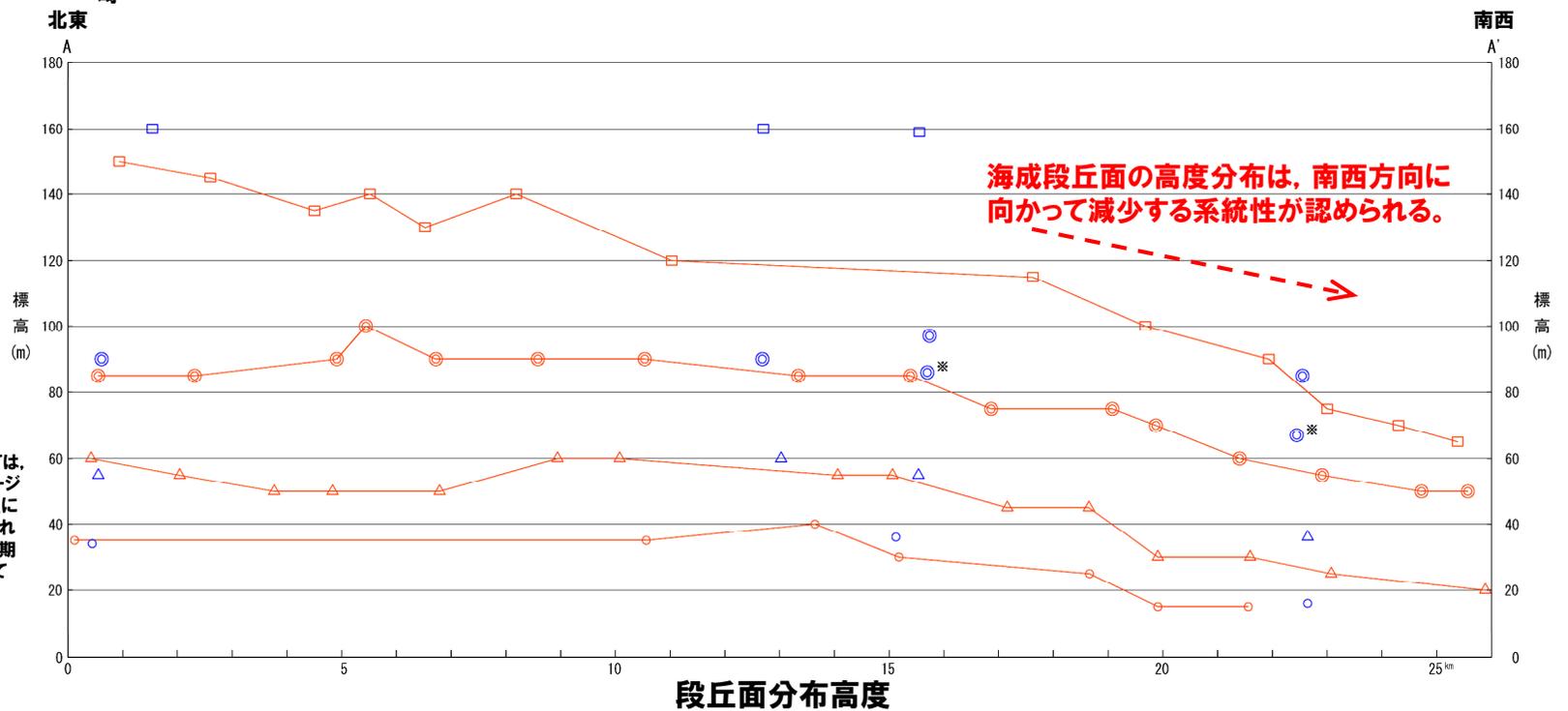
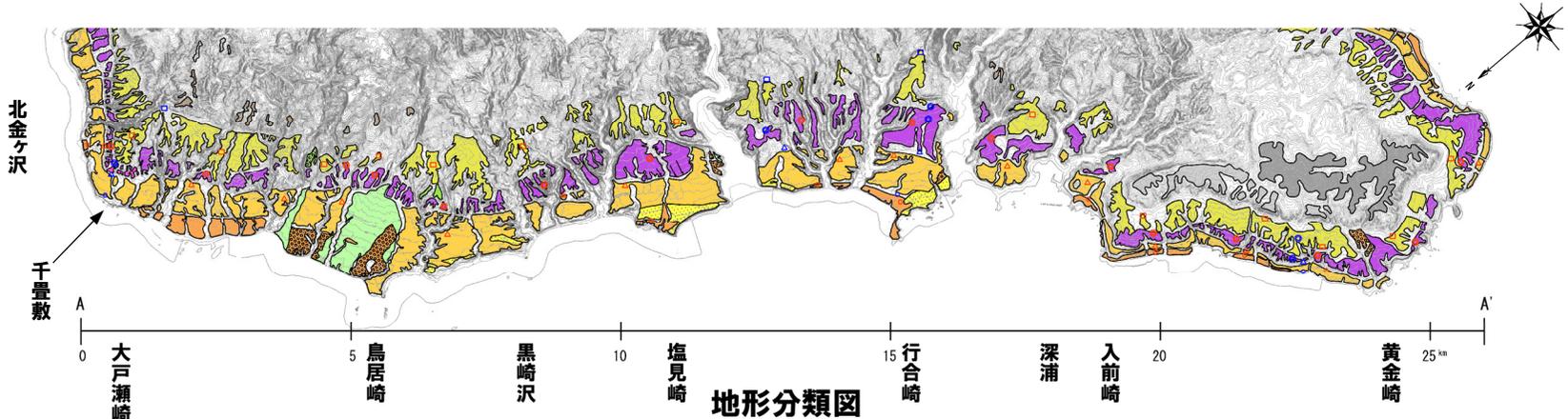


- 大戸瀬周辺のMIS5eの海成段丘面の高度分布は、鳥居崎で最大値100mを示し、北東方向(大戸瀬崎, 85m)及び南西方向(黄金崎, 55m)に向かって減少する系統性が認められる。
- 積丹半島西岸のMm1段丘(MIS5eの海成段丘)高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価され、大戸瀬周辺のMIS5eの海成段丘面の高度分布のように、系統的に変化する状況は認められない。

# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-6 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (青森県大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度) (2/2)

再掲 (H29/3/10審査会合)



凡 例

- ・当社地形判読結果
  - MIS7Mの段丘面高度
  - MIS5eの段丘面高度
  - △ MIS5cの段丘面高度
  - MIS5aの段丘面高度
- ・小池・町田編 (2001)
  - 「日本の海成段丘アトラス」
  - MIS7の旧汀線高度
  - MIS5eの旧汀線高度
  - △ MIS5cの旧汀線高度
  - MIS5aの旧汀線高度

※小池・町田編 (2001) においては、Toyaとの被覆関係から、ステージ5eに対比される段丘面の低位に位置する段丘面もToyaに覆われることから、ステージ5eの後半期の高海面期に対比したとされている。

余白

## 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-7 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (新潟県佐渡島小木半島の文献レビューを踏まえた地表地質踏査)

一部修正 (H29/3/10審査会合)

### 【文献レビュー】

- 太田ほか (1976) においては、ハンドレベル及びオートレベルを用いた測量により、隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点高度を28地点で測定し、1802年小木地震による隆起ベンチ (1802年段丘と呼称している。) の旧汀線高度を報告している。
- 太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度は、宿根木付近において最大値 (231cm) \*を示し、半島を北方向に向かって減少するとされている。
- MIS5e海成段丘旧汀線高度は、南側が北側よりも高く、北方への傾動が認められ、1802年佐渡小木地震と同様の地殻変動の累積を受けているとされている。
- 角ほか (1990) によれば、小木半島沿岸部には新第三系中新統小木玄武岩が分布し、地質は大部分がハイアロクラスタイトであり、一部西岸において枕状溶岩及び塊状溶岩であるとされている。

### 【地表地質踏査】

踏査地点	海岸地形		地質	その他
	地形	高度		
琴浦東側付近	・隆起海食洞が認められる	・太田ほか (1976) の旧汀線高度129~179cm*は、当社測定値128cmと調和的である	・玄武岩質ハイアロクラスタイト	・隆起海食洞内で生物遺骸 (オオヘビガイ) の付着が認められる
琴浦西側付近	・隆起ベンチが汀線方向に200m程度連続して分布する ・傾斜変換点が認められる		・玄武岩質ハイアロクラスタイト (相対的に基質多と礫多が分布)、一部枕状溶岩	
宿根木付近	・隆起ベンチが汀線方向に300m程度連続して分布する ・傾斜変換点が認められる	・太田ほか (1976) の旧汀線高度231cm*は、当社測定値231cm及び204cmと調和的である	・玄武岩質ハイアロクラスタイト (相対的に基質多と礫多が分布)	
強清水付近	・隆起ベンチが汀線方向に300m程度連続して分布する ・傾斜変換点が認められる	・太田ほか (1976) の旧汀線高度190cm*は、当社測定値208cmと調和的である	・玄武岩質ハイアロクラスタイト	・一段高い位置 (当社測定値334cm) にベンチ状の地形が認められる
深浦付近	・隆起ベンチが汀線方向に200m程度連続して分布する		・玄武岩質ハイアロクラスタイト	・コンクリート敷設による一部改変が認められる。 ・一段高い位置 (3~4m程度) にベンチ状の地形が認められる
沢崎付近	・隆起ベンチが汀線方向に200m程度連続して分布する ・傾斜変換点が認められる	・太田ほか (1976) の旧汀線高度164cm*は、当社測定値183cmと調和的である	・玄武岩質ハイアロクラスタイト (相対的に礫多が分布)	・コンクリート敷設による一部改変が認められる
三ツ屋付近	・潮位付近の高度のベンチが汀線方向に800m程度連続して分布する	・太田ほか (1976) の旧汀線高度86cm*及び51cm*は、当社測定値54cmと調和的である	・玄武岩質枕状溶岩	・コンクリート敷設による一部改変が認められる
田野浦付近	・潮位付近の高度のベンチが汀線方向に300m程度連続して分布する	・太田ほか (1976) の旧汀線高度46cm*は、付近での当社測定値24cmと調和的である。	・玄武岩質ハイアロクラスタイト (相対的に基質多が分布)	・潮間帯の転石に生物遺骸 (カンザシゴカイ類) の付着が認められる

※当該文献では柏崎の潮位を基準として海面補正を行っているため、1802年段丘の旧汀線高度を柏崎の平均潮位 (1956~1975年:T.P.+0.18m) で補正した。

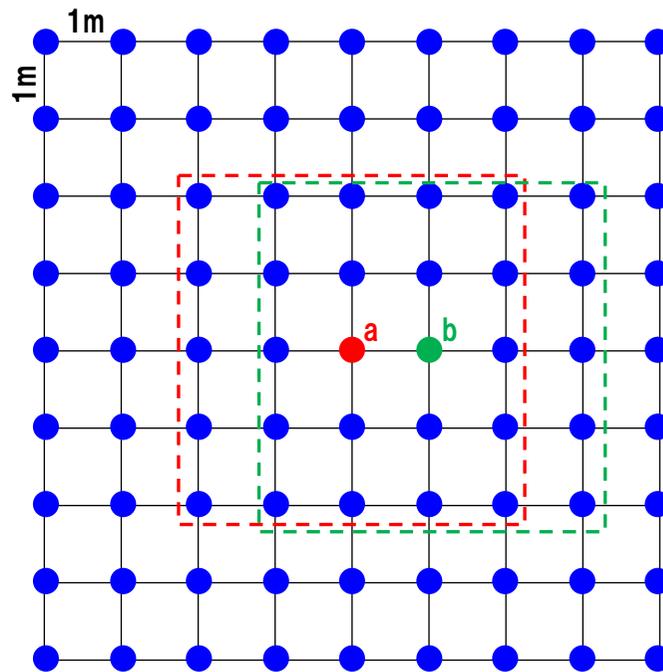
- 新潟県佐渡島小木半島には、海岸地形が存在し、その背後に海食崖が発達する状況は、積丹半島西岸と地形的に類似している。
- 沿岸部には、岩相が多様なハイアロクラスタイトが分布する。
- 太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度と、当社測定値は調和的である。
- MIS5e海成段丘旧汀線高度は南側が北側よりも高く、北方への傾動が認められ、1802年佐渡小木地震と同様の地殻変動の累積を受けているとされている。

⑤-8 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討) (1/4)

一部修正 (H28/3/10審査会合)

【新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討 (平坦度の考え方)】

- 小木半島のDEMデータ及びオルソフォトデータは、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データ (国土交通省, 2014) を使用する (国地応環第67号にて使用承諾済み)。
- 各高度データ付近の地形状況を表す指標として、「平坦度」を定義した。
- ある点aの「平坦度」は、その周囲の5×5点 (a点も含む) の高度データの標準偏差 (ばらつき) が代表するものとした。
- 同様の作業を、小木半島の高度データ抽出範囲におけるn=約50万点について実施した。
- なお、DEMは1m間隔でデータを有していることから、3×3点がばらつきを整理する最小単位となるが、ある程度の拡がりをもっている地形状況を「平坦度」で仕分けることを鑑み、5×5点で整理することとした。



●: 高度データ

---: a点における標準偏差計算範囲

---: b点における標準偏差計算範囲

高度データ (DEMデータ) の模式図

【使用するDEMデータ】

- 国土交通省 (2014) のDEMデータは、当社が作成した積丹半島のDEMデータと同様に、データ間隔が1mであることから、これを使用することとした。

国土交通省 (2014) の情報

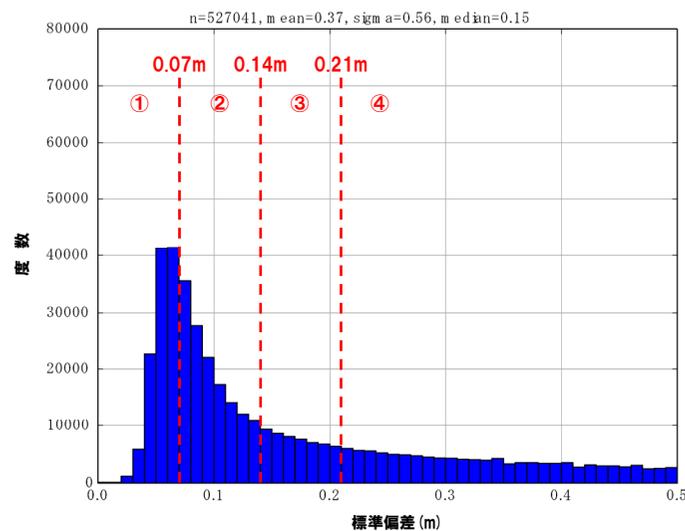
助言番号	平25北公第158号
計画機関名称	北陸地方整備局 湯沢砂防事務所
測量目的	防災計画立案基礎資料作成のため
測量地域	新潟県佐渡市
測量期間	2013年10月17日~2014年3月20日
作業量	284km <sup>2</sup>

⑤-8 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較(新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討)(2/4)

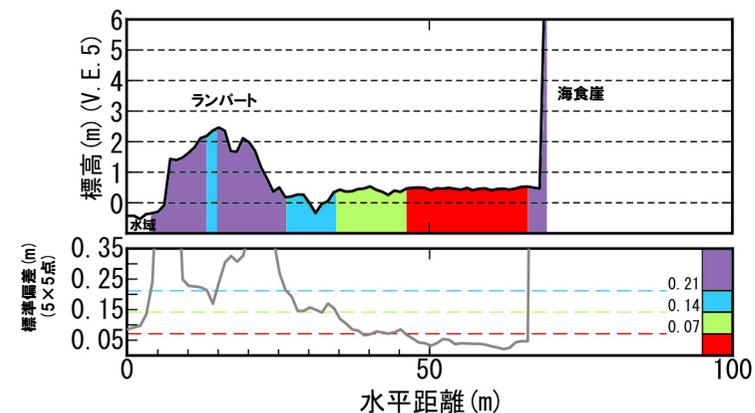
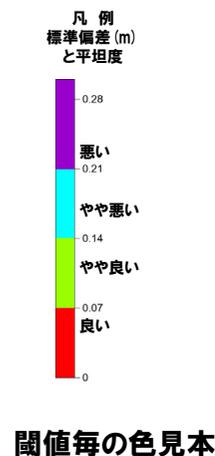
一部修正(H28/3/10審査会合)

【新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討(平坦度の閾値)】

- 各点で求めた標準偏差のヒストグラムを作成した(左下図参照)。
- 当該ヒストグラムが、小木半島に分布する海岸地形状況を表しているものと考えられ、標準偏差は、積丹半島と同じく0.07mでピークを示している。
- 「平坦度」については、積丹半島と同じ基準で整理するため、以下のとおり閾値を設定した。
  - ①標準偏差 $\leq$ 0.07m:平坦度が良い(赤色)
  - ②0.07m<標準偏差 $\leq$ 0.14m:平坦度がやや良い(緑色)
  - ③0.14m<標準偏差 $\leq$ 0.21m:平坦度がやや悪い(水色)
  - ④標準偏差 $>$ 0.21m:平坦度が悪い(紫色)
- 海岸地形分布高度の図化に当たっては、汀線方向の断面図に高度データを投影することとし、その際に、「平坦度」に応じて上記の通り色分けを行った。



各点で求めた標準偏差のヒストグラム



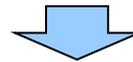
海岸地形断面における平坦度区分の例

## 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-8 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討) (3/4)

再掲 (H28/3/10審査会合)

- 新潟県佐渡島小木半島の海岸地形分布高度について、DEMデータを用いて整理した。
- 平坦度の良い海岸地形 (赤色凡例) は、東岸では標高0.7~2.0m程度、南岸では標高1.1~2.4m程度、西岸では標高-0.3~+1.2m程度、北岸では標高-0.3~+0.3m程度に多く認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に100m程度連続する状況が南岸を中心に多く認められる。
- 連続する平坦度の良い海岸地形の高度分布は、南岸から北岸に向かって減少する系統性が認められる。
- 太田ほか (1976) に示される1802年小木地震による隆起ベンチ (1802年段丘と呼称している。) の旧汀線高度※は、主に隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点高度を測定しており、当社のDEMデータを用いた海岸地形分布高度の整理とは手法や対象は異なるものの、両者の高度は概ね調和的である。



※当該文献では柏崎の潮位を基準として海面補正を行っているため、1802年段丘の旧汀線高度を柏崎の平均潮位 (1956~1975年:T.P.+0.18m) で補正した。

- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に100m程度連続する状況が南岸を中心に多く認められる。
- 連続する平坦度の良い海岸地形の高度分布は、南岸から北岸に向かって減少する系統性が認められる。
- 平坦度の良い海岸地形の高度は、太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度と概ね調和的である。

**【小木半島の潮間帯】**

- 小木半島の潮間帯については、小木及び両津は朔望平均潮位の記録がないため、朔望平均潮位の記録がある佐渡のデータを用いた。
- 佐渡の5年間 (2011~2015年) の朔望平均潮位 (朔望満潮位:T.P.+26.4cm, 朔望干潮位:T.P.-16.6cm) を勘案し、T.P.+0.3~-0.2mと定義した。

佐渡及び柏崎の平均潮位 (気象庁HP及び国土地理院HPより作成)

	佐渡の5年間 (2011~2015年)の 朔望平均潮位 (気象庁HPより作成)		柏崎の 1956~1975年の 平均潮位 (m) (国土地理院HPより 作成)
	朔望満潮位 (cm)	朔望干潮位 (cm)	
潮位 (観測基準面上)	178.8	135.8	1.460
T.P.換算潮位 (観測基準面の 標高で補正 佐渡:-152.4cm 柏崎:-128.0cm)	26.4	-16.6	0.180

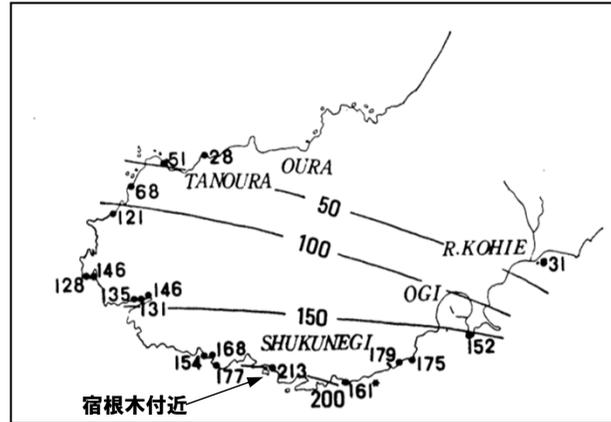


北陸地方東部の潮汐観測地点  
(気象庁HPに加筆)

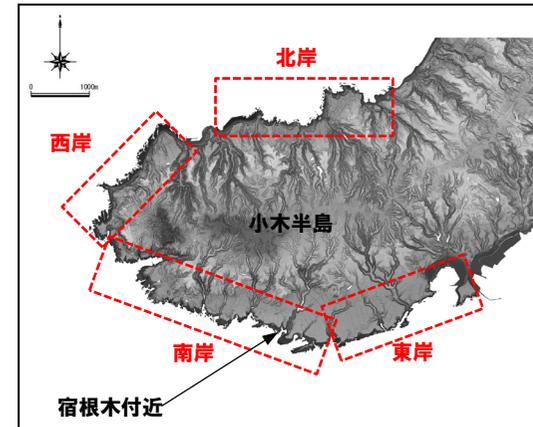
# 4.5 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

⑤-8 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較 (新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討) (4/4)

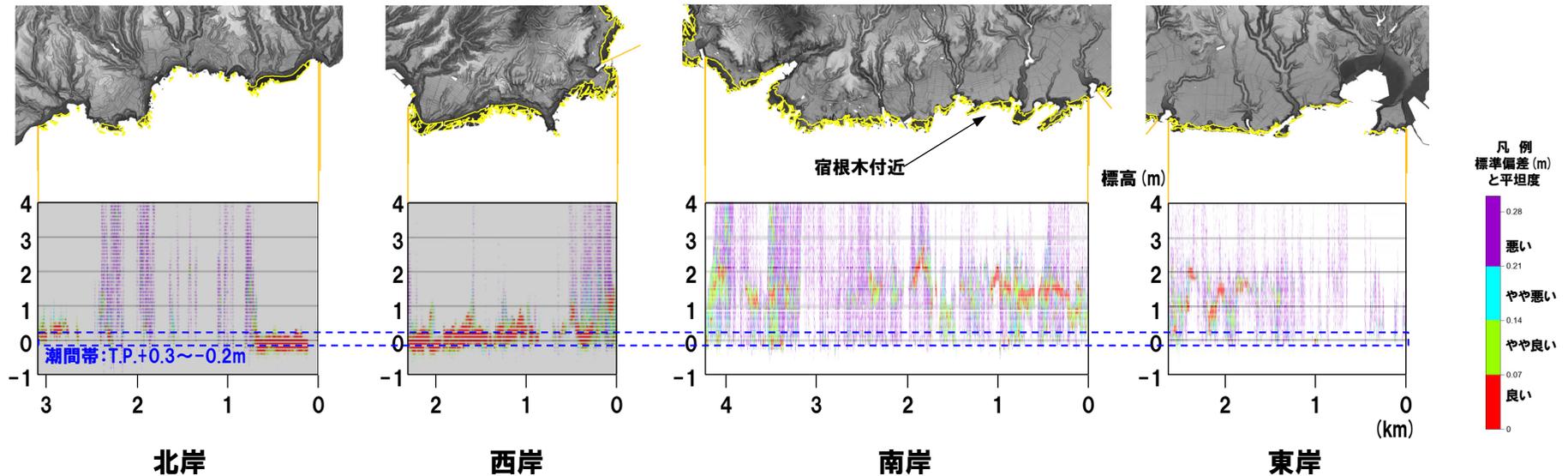
再掲 (H28/3/10審査会合)



佐渡島小木半島における1802年段丘の旧汀線高度 (cm)  
(太田ほか, 1976に加筆)



検討範囲図



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

余白

## 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

### ① まとめ

- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造の有無について、様々な観点から調査・検討を実施し、総合的に評価を行った。
- 積丹半島周辺は、更新世には褶曲運動が終焉していたものと推定され、複数の弾性波探査において活構造を示唆する特徴は認められず、積丹半島の東西で隆起速度に差は認められないこと等から、敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられる。
- しかし、潮間帯よりも標高の高い海岸地形が、波食又は風化作用によって形成された可能性も考えられるが、形成要因の特定には至っておらず、また、海岸地形高度の系統性の有無では、地震性隆起地域との比較検討は困難であることを踏まえると、海岸地形の観点において、活構造を示唆する特徴の有無、位置の特定に関する考察を行うことは難しい。
- 活構造の存在する可能性は十分小さいと考えられるが、海岸地形の観点は、活構造評価における明確な判断指標になり得ないこと、潮間帯よりも標高の高い海岸地形の存在は、汀線と平行な活構造の有無に関する調査・検討の起点であったことに鑑み、安全側の判断として、活断層を仮定することとし、その仮定位置についての検討を実施した。

- 活断層の仮定位置の検討を行うに当たって、これまで当社が実施してきた各種調査・検討結果を整理した(次頁～P271参照)。

- 積丹半島西岸に分布するMm1段丘高度は、各地点のボーリング調査、地表地質踏査結果等より、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価されることを踏まえると、活断層を仮定した場合、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な規模の大きい活断層が仮定されるが、各種調査・検討結果と整合しない。

※日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域である青森県大戸瀬周辺は、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない。

- 当社の各種調査・検討結果に基づけば、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な活断層を仮定し得る状況は認められない。

- また、短い活断層を仮定する場合においても、その位置を設定することは難しい。
- このため、地球物理学的な知見の観点から、当社調査結果等も踏まえ、仮定位置の検討を実施することとした(詳細はP272参照)。
- 地球物理学的な知見としては、重力異常の急変域及び露岩域の分布とし、以下を用いることとした。
  - ・産業技術総合研究所(2013)の重力異常図を用いて作成した1次微分図
  - ・片山ほか(2012)の表層堆積図
- また、付近の微小地震の分布状況も確認することとした。

- 本検討を実施するに当たり、積丹半島西岸における検討領域を選定した。
- 検討領域については、潮間帯より標高の高い海岸地形が存在する位置に着目し、当該地形が認められる【A照岸周辺～兜周辺】、【B茂岩周辺～祈石周辺】及び【C大森周辺】の前面海域とした。

- A 照岸周辺～兜周辺の前面海域には、活断層を仮定し得る状況は認められない(P273参照)。

- B 茂岩周辺～祈石周辺の前面海域には、活断層を仮定し得る状況は認められない(P274参照)。

- C 大森周辺の前面海域の北端からさらに北方にかけて露岩域が分布し、露岩域の西縁の下に凸状の海底面形状が認められること等から、安全側の判断として、積丹半島北西沖に活断層を仮定(「積丹半島北西沖の断層」と呼称する)し、この断層による地震動を想定することとする(P275～P277参照)。

- 下に凸状の海底面形状が認められる位置に積丹半島北西沖の断層を仮定する(P278参照)。

## ② 各種調査・検討結果の整理 (1/2)

○活断層を仮定した検討を行うに当たって、これまで当社が実施してきた各種調査・検討結果を整理した。

## 【各種調査・検討結果の整理】

## (積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討) (次頁及びP209～P227参照)

○海上音波探等の結果、積丹半島西岸近傍海域には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造は認められない。

## (積丹半島の段丘分布高度に関する検討) (次頁及びP229～P234参照)

○積丹半島西岸における隆起速度は、Mm1段丘の旧汀線高度から、約0.2m/千年と推定される。

○積丹半島北・東部における隆起速度は、Mf1段丘高度とLf2段丘高度の比高(TT値)から、約0.2m/千年と推定される。

○積丹半島の東西において隆起速度に差は認められないことから、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。

## (敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討) (次頁及びP235～P242参照)

○海上音波探査未実施範囲である汀線際に活構造が存在した場合、活構造は南方の岩内平野まで連続するものと考えられるが、反射法地震探査の結果、岩内平野には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。

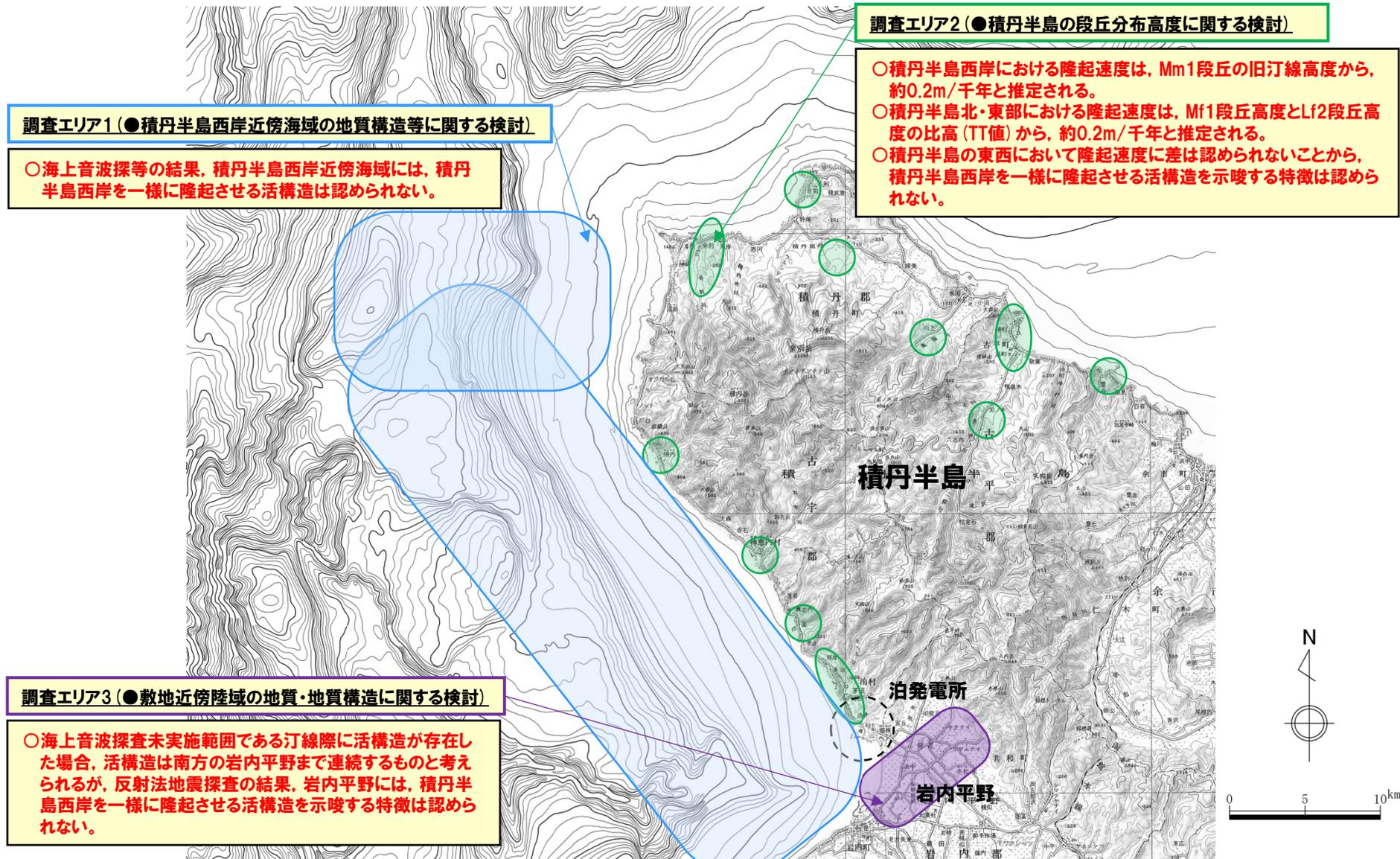
○積丹半島西岸に分布するMm1段丘高度は、各地点のボーリング調査及び地表地質踏査結果等より、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価される(P231参照)ことを踏まえると、活断層を仮定した場合、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な規模の大きい活断層が仮定されるが、各種調査・検討結果と整合しない。



○当社の各種調査・検討結果に基づけば、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な活断層を仮定し得る状況は認められない。

## ② 各種調査・検討結果の整理 (2/2)

一部修正 (H28/8/26審査会合)



検討位置図 (積丹半島周辺)

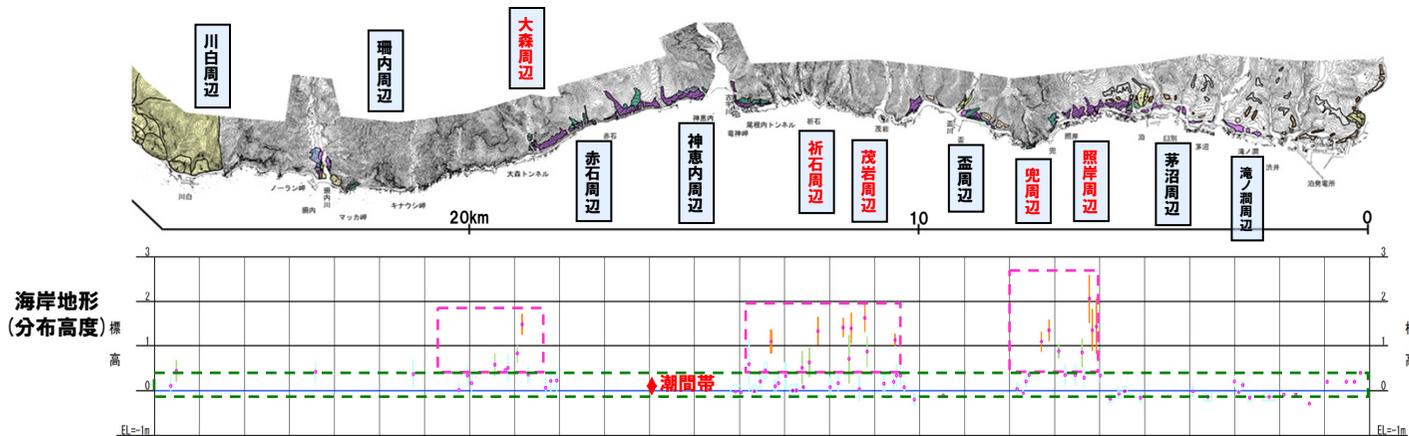
# 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

## ③-1 活断層を仮定した場合の検討

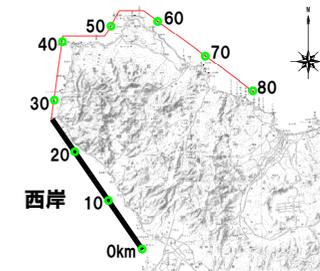
一部修正 (H29/7/28審査会合)

- 当社の各種調査・検討結果に基づけば、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な活断層を仮定し得る状況は認められない。
- また、短い活断層を仮定する場合においても、その位置を設定することは難しい。
- このため、地球物理学的な知見の観点から、当社調査結果等も踏まえ、仮定位置の検討を実施することとした。
- 地球物理学的な知見は、重力異常の急変域及び露岩域の分布とし、以下を用いることとした。
  - ・産業技術総合研究所(2013)の重力異常図を用いて作成した1次微分図
  - ・片山ほか(2012)の表層堆積図
- なお、露岩域の存在は、必ずしも活断層の存在を示唆するものではないが、文献レビュー※を踏まえると、活断層との関連が認められる事例もあることから、活断層の仮定において参考になるものと考えられる。
- また、付近の微小地震の分布状況も確認することとした。
- 本検討を実施するに当たり、積丹半島西岸における検討領域を選定した。
- 検討領域については、潮間帯より標高の高い海岸地形が存在する位置に着目し、【A照岸周辺～兜周辺】(次頁参照)、【B茂岩周辺～折石周辺】(P274参照)及び【C大森周辺】(P275～P277参照)の前面海域とした。
- 本検討は、敷地への影響に鑑み、敷地に近い範囲から順次、検討を実施した。

※地震予知総合研究振興会(2011)によれば、福井平野東縁断層帯のうち、海域に分布する加賀市沖の断層南方の精密海底地形調査において、露岩域のほぼ南西側の縁に北東側が上昇する断層の存在が認められたとされている。



積丹半島西岸における海岸地形の分布高度



## 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

## ③-2 活断層を仮定した場合の検討(A照岸周辺～兜周辺)

一部修正 (H29/7/28審査会合)

○照岸周辺～兜周辺の前面海域における検討結果を下表に示す。

活断層の仮定に当たっての着目点	仮定される活断層	当社調査結果等に基づく考察
重力異常の急変域	○照岸周辺～祈石周辺の前面海域に、重力異常の急変域(鉛直1次微分のゼロコンター)が認められることから、 <u>短い活断層が仮定される。</u>	<p>【海上音波探査(P220参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○測線c及び測線SM-1Wにおいて、III層(下部更新統～中部更新統)は緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。</li> <li>○III層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。</li> <li>○III層の緩やかな傾斜は、堆積構造と推定される。</li> </ul> <p>【Mm1段丘高度(P231参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○近傍陸域には、照岸地点、盃地点及び古宇川左岸地点が位置するが、その他地点と比較して、高度不連続は認められない。</li> </ul> <p>【微小地震の分布】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○マグニチュード1～2の地震が分布する状況が認められる。</li> </ul> <p>○周辺の海域に、重力異常の急変域が認められるが、海上音波探査において、III層(下部更新統～中部更新統)には、変位・変形及び層厚変化が認められないこと等から、当社調査結果と整合せず、活断層を仮定し得る状況は認められない。</p>
露岩域の分布	○露岩域が分布しないことから、検討対象外。	—

## 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

## ③-3 活断層を仮定した場合の検討 (B茂岩周辺～祈石周辺)

一部修正 (H29/7/28審査会合)

- 照岸周辺～兜周辺の前面海域には、活断層を仮定し得る状況は認められないことから、茂岩周辺～祈石周辺の前面海域についても同様な検討を実施した。
- 茂岩周辺～祈石周辺の前面海域における検討結果を下表に示す。

活断層の仮定に当たっての着目点	仮定される活断層	当社調査結果等に基づく考察
重力異常の急変域	○照岸周辺～祈石周辺の前面海域に、重力異常の急変域(鉛直1次微分のゼロコンター)が認められることから、 <u>短い活断層が仮定される。</u>	<p>【海上音波探査(P219～P220参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○測線c及び測線SM-1Wにおいて、Ⅲ層(下部更新統～中部更新統)は緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。</li> <li>○Ⅲ層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。</li> <li>○Ⅲ層の緩やかな傾斜は、堆積構造と推定される。</li> <li>○近接する測線eにおいて、Ⅱ層(上部更新統)及びⅢ層(下部更新統～中部更新統)に変位・変形及び層厚変化は認められない。</li> </ul>
		<p>【Mm1段丘高度(P231参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○近傍陸域には、照岸地点、盃地点及び古宇川左岸地点が位置するが、その他地点と比較して、高度不連続は認められない。</li> </ul> <p>【微小地震の分布】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○マグニチュード1～2の地震が分布する状況が認められる。</li> </ul> <p>○周辺の海域に、重力異常の急変域が認められるが、海上音波探査において、Ⅲ層(下部更新統～中部更新統)には、変位・変形及び層厚変化が認められないこと等から、当社調査結果と整合せず、活断層を仮定し得る状況は認められない。</p>
露岩域の分布	○露岩域が分布しないことから、検討対象外。	—

## 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

### ③-4 活断層を仮定した場合の検討 (C大森周辺) (1/3)

一部修正 (H29/7/28審査会合)

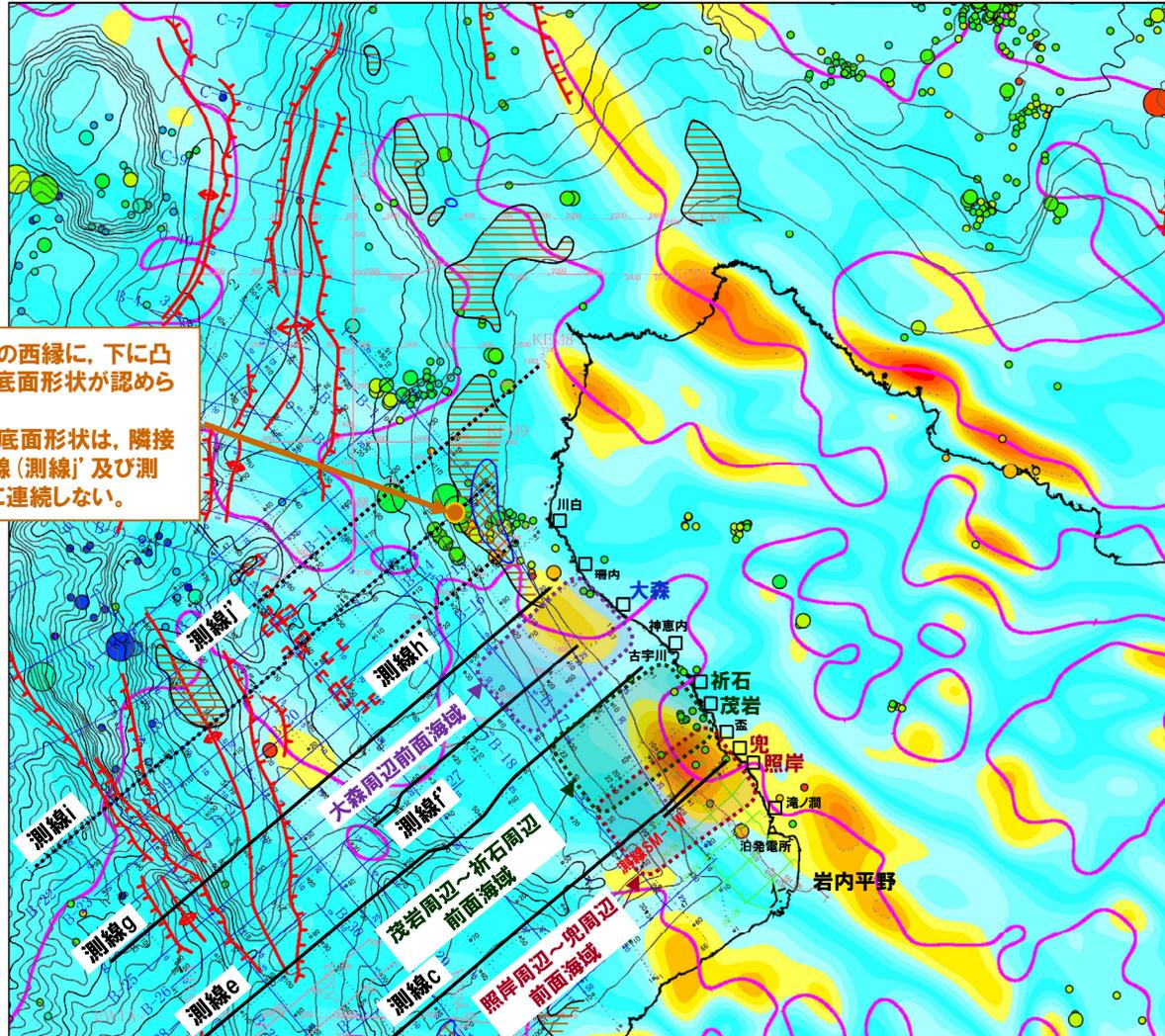
- 茂岩周辺～祈石周辺の前面海域には、活断層を仮定し得る状況は認められないことから、大森周辺の前面海域についても同様な検討を実施した。
- 大森周辺の前面海域における検討結果を下表に示す。

活断層の仮定に当たっての着目点	仮定される活断層	当社調査結果等に基づく考察
重力異常の急変域	○大森周辺～珊内周辺の前面海域に、重力異常の急変域(鉛直1次微分のゼロコンター)が認められることから、 <u>短い活断層が仮定される(次頁参照)</u> 。	<p>【海上音波探査 (P217～P218参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○測線gにおいて、II層(上部更新統)及びIII層(下部更新統～中部更新統)に変位・変形及び層厚変化は認められない。</li> <li>○近接する測線f'において、II層(上部更新統)及びIII層(下部更新統～中部更新統)に変位・変形及び層厚変化は認められない。</li> </ul> <p>【Mm1段丘高度 (P231参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○近傍陸域には、珊内地点が位置するが、南方の地点と比較して、高度不連続は認められない。</li> </ul> <p>【微小地震の分布 (次頁参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ほとんど分布しない。</li> </ul>
		<p>○<b>周辺の海域に、重力異常の急変域が認められるが、海上音波探査において、III層(下部更新統～中部更新統)には、変位・変形及び層厚変化が認められないこと等から、当社調査結果と整合せず、活断層を仮定し得る状況は認められない。</b></p>
露岩域の分布	○大森周辺の前面海域の北端からさらに北方にかけて露岩域(音響的層相1-1含む)が分布し、 <u>露岩域の西縁に沿う活断層が仮定される(次頁参照)</u> 。	<p>【海上音波探査 (P277参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○隣接する測線には連続しないが、大森周辺の前面海域の北方に位置する測線iにおいて、露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められる。</li> <li>○当該箇所は、音響基盤(VII層(始新統以下))であることから、地質構造も不明瞭である。</li> </ul> <p>【Mm1段丘高度 (P231参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○近傍陸域には、珊内地点が位置するが、南方の地点と比較し、高度不連続は認められない。</li> <li>○また、珊内地点より北方には、Mm1段丘が認められない。</li> <li>○これらのことから、仮に活断層が存在したとしても、珊内地点より北方に位置するものと考えられる。</li> </ul> <p>【微小地震の分布 (次頁参照)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○大森周辺の前面海域北方に位置する測線i付近には、主に、マグニチュード2～4の地震が分布する状況が認められる。</li> </ul>
		<p>○<b>周辺の前面海域の北端からさらに北方にかけて露岩域が分布し、海上音波探査において、露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められる。</b></p> <p>○<b>当該箇所の地質構造は不明瞭であること等から、安全側の判断として、積丹半島北西沖に活断層を仮定(「積丹半島北西沖の断層」と呼称する)し、この断層による地震動を想定することとする。</b></p>

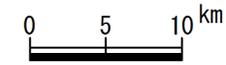
# 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

## ③-4 活断層を仮定した場合の検討 (C大森周辺) (2/3)

一部修正 (H29/7/28審査会合)



○露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められる。  
 ○当該海底面形状は、隣接する測線(測線j'及び測線h')に連続しない。



凡例(積丹半島付近表層堆積図)

- 露岩域
- 音響的層相1-1分布域

凡例(微小地震分布)(気象庁地震カタログを用いて作成)

- M1-2
  - M2-3
  - M3-4
- 震源深さ:30km以浅  
対象期間:1983年1月1日~2011年12月31日

- 後期更新世以降の活動を考慮する断層及び褶曲
- 後期更新世以降の活動を考慮する断層
  - 向斜軸
  - 背斜軸

- 音波探査測線(北海道電力, 1980年)(水中放電, シングルチャンネル)
- B-1 音波探査測線(北海道電力, 1997年)(エアガン(GIガン), マルチチャンネル)(チャープソナー, シングルチャンネル)
- SM-1W 音波探査測線(北海道電力, 2006年)(ウォーターガン, マルチチャンネル)(ブーマー, マルチチャンネル)
- EW1A 音波探査測線(北海道電力, 2012年)(エアガン, マルチチャンネル)
- H25 音波探査測線及び反射法地震探査測線(北海道電力, 2013年)(油圧インパクト及びウォーターガン, マルチチャンネル)



(産業技術総合研究所(2013)を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm<sup>3</sup>)  
 積丹半島周辺の重力異常(水平1次微分図(NW-SE直交方向)及び鉛直1次微分図)

# 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

## ③-4 活断層を仮定した場合の検討 (C大森周辺) (3/3)

一部修正 (H27/10/9審査会合)

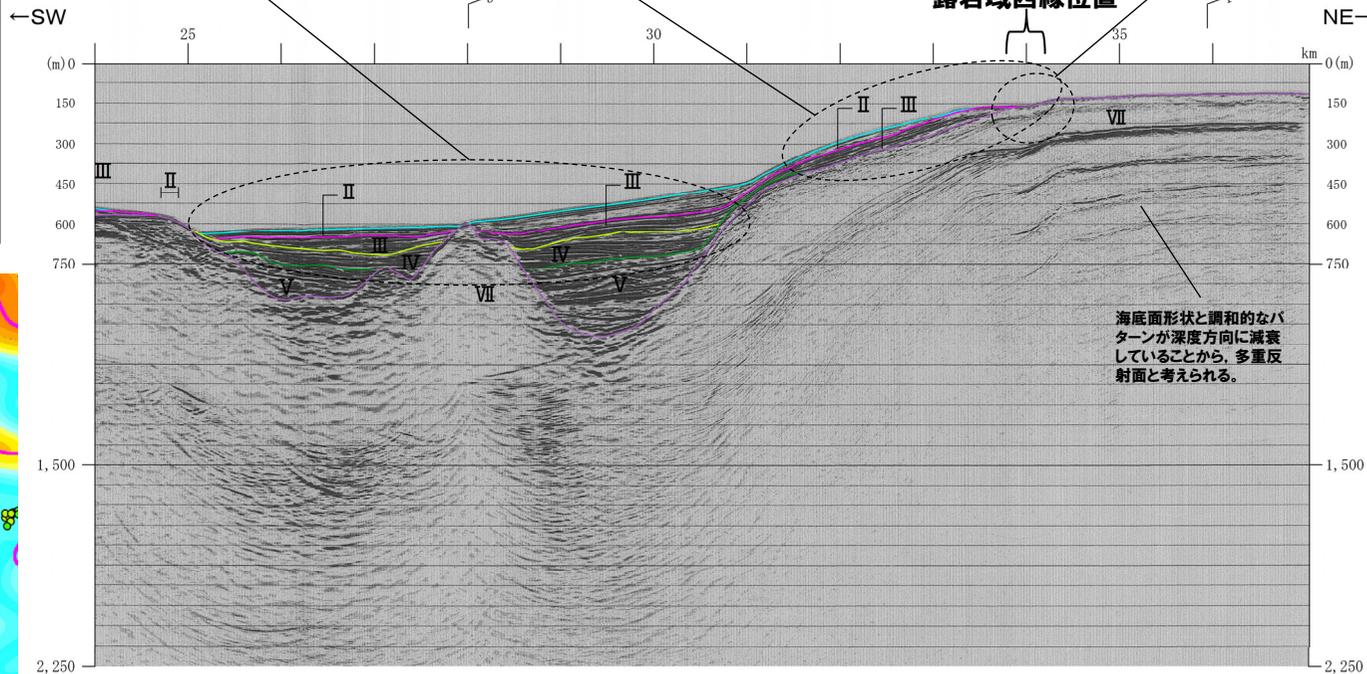
- 大陸斜面付近のII層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層～IV層は、海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められるが、隣接する測線に連続していない。

海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

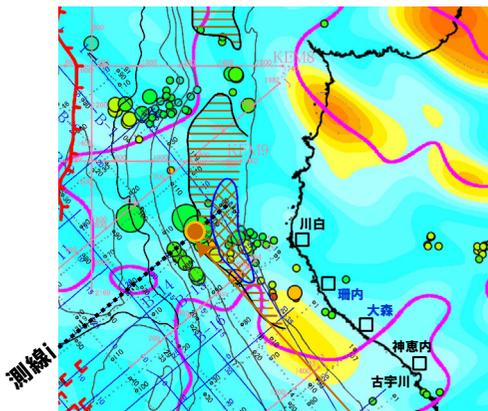
緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められるが、隣接する測線(北方:測線j', 南方:測線h')に連続していない。

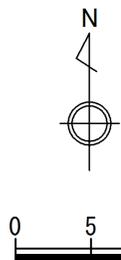
露岩域西縁位置



海底面形状と調和的なパターンが深度方向に減衰していることから、多重反射面と考えられる。



○露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められる。



0 2 4 6 8 mGal/km

— : 鉛直1次微分ゼロコンター

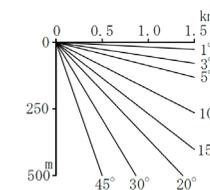
凡例

- I層 (完新統)
- II層 (上部更新統)
- III層 (下部～中部更新統)
- IV層 (下部更新統)
- V層 (上部中新統～鮮新統)
- VI層 (中新統以下)
- VII層 (始新統以下)
- VIII層 (貫入岩)

- Fs-10 断層及び断層番号
- Fs-10 断層運動に関する変形
- 連続しない断層
- ←→ 背斜軸
- \* 向斜軸

※色付線は各層の上面を表す

音源: GIガン



数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度  
V. E. 約3

(産業技術総合研究所(2013)を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm<sup>3</sup>)

積丹半島北西沖の重力異常(水平1次微分図(NW-SE直交方向)及び鉛直1次微分図)

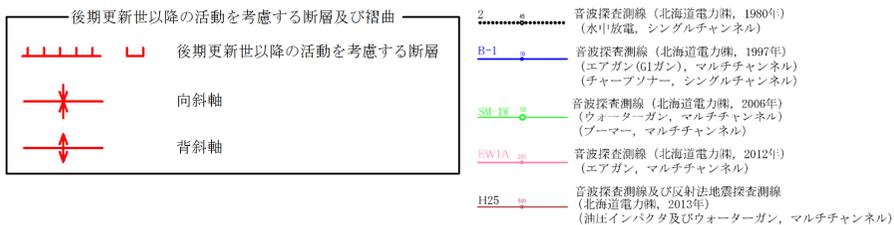
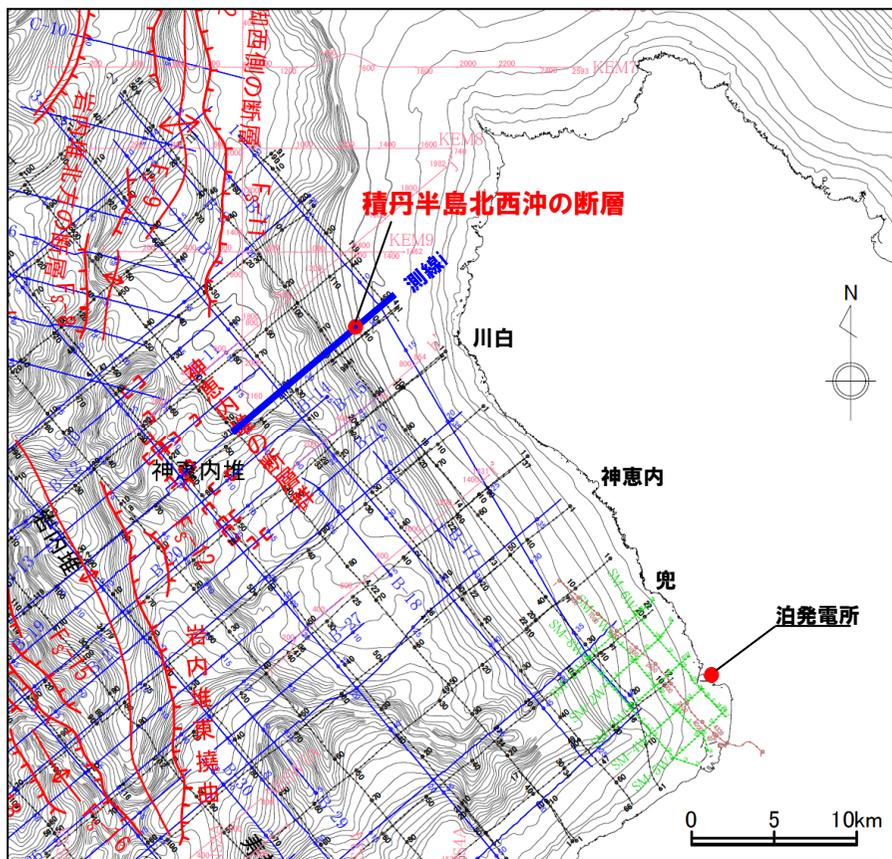
測線i

# 4.6 積丹半島北西沖に仮定する活断層

## ④ 積丹半島北西沖の断層の仮定

一部修正 (H29/7/28審査会合)

○海上音波探査(測線i)において、下に凸状の海底面形状が認められる位置に積丹半島北西沖の断層を仮定する。



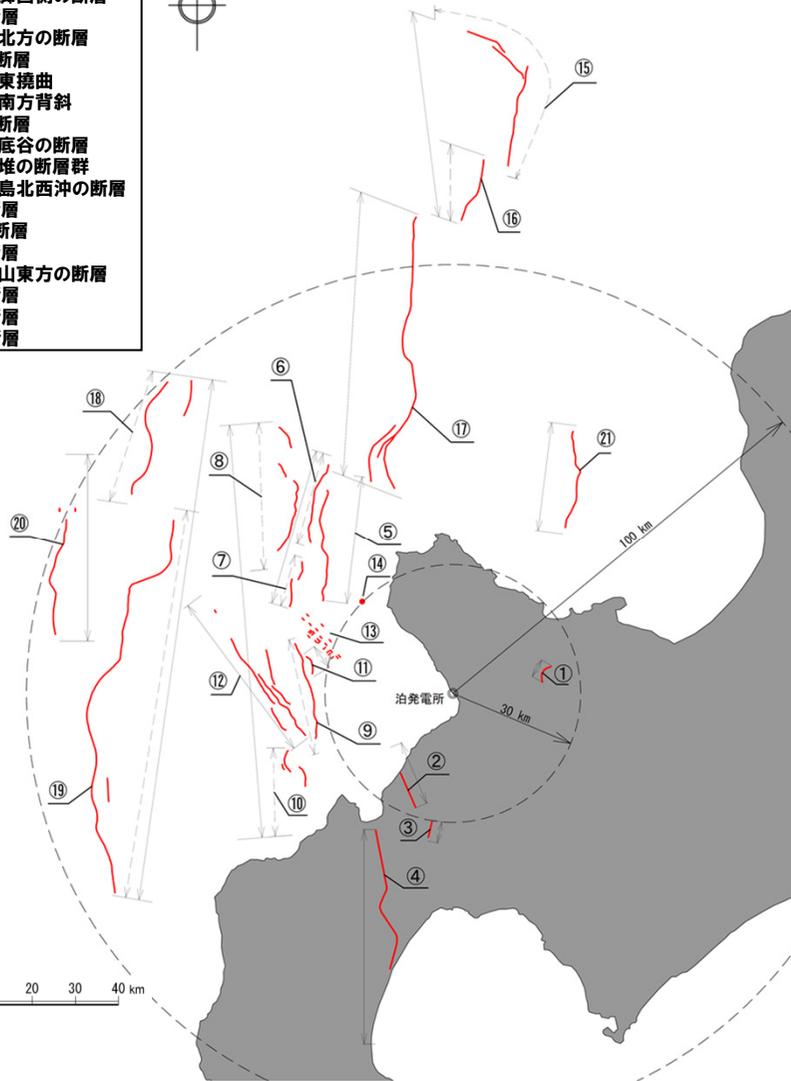
位置図

## 5. 震源として考慮する活断層一覧

# 5. 震源として考慮する活断層一覧

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- ① 赤井川断層
- ② 尻別川断層
- ③ 目名付近の断層
- ④ 黒松内低地帯の断層
- ⑤ 神威海脚西側の断層
- ⑥ F<sub>D</sub>-1断層
- ⑦ 岩内堆北方の断層
- ⑧ F<sub>S</sub>-10断層
- ⑨ 岩内堆東撓曲
- ⑩ 岩内堆南方背斜
- ⑪ F<sub>S</sub>-12断層
- ⑫ 寿都海底谷の断層
- ⑬ 神恵内堆の断層群
- ⑭ 積丹半島北西沖の断層
- ⑮ F<sub>A</sub>-1断層
- ⑯ F<sub>A</sub>-1'断層
- ⑰ F<sub>A</sub>-2断層
- ⑱ 後志海山東方の断層
- ⑲ F<sub>B</sub>-2断層
- ⑳ F<sub>B</sub>-3断層
- ㉑ F<sub>C</sub>-1断層



震源として考慮する活断層

震源として考慮する活断層一覧

	断層番号	断層名	断層長さ
敷地周辺陸域	①	赤井川断層	約5km <sup>※3</sup>
	②	尻別川断層	約16km <sup>※3</sup>
	③	目名付近の断層	約5km <sup>※3</sup>
	④	黒松内低地帯の断層	約51km
敷地前面海域	⑤	神威海脚西側の断層 (F <sub>D</sub> -2断層, F <sub>S</sub> -11断層)	約31.5km
	⑥	F <sub>D</sub> -1断層	約39km <sup>※1</sup>
	⑦	岩内堆北方の断層 (F <sub>S</sub> -8断層, F <sub>S</sub> -9断層)	
	⑧	F <sub>S</sub> -10断層 (F <sub>S</sub> -10断層, f1断層)	約98km <sup>※2</sup>
	⑨	岩内堆東撓曲	
	⑩	岩内堆南方背斜	
	⑪	F <sub>S</sub> -12断層	約6.7km <sup>※3</sup>
	⑫	寿都海底谷の断層 (F <sub>S</sub> -15断層~F <sub>S</sub> -19断層)	約42km
	⑬	神恵内堆の断層群	— <sup>※3</sup>
	⑭	積丹半島北西沖の断層	— <sup>※3</sup>
敷地周辺海域	⑮	F <sub>A</sub> -1断層	約48km <sup>※1</sup>
	⑯	F <sub>A</sub> -1'断層	
	⑰	F <sub>A</sub> -2断層	約65km
	⑱	後志海山東方の断層	約124km <sup>※2</sup>
	⑲	F <sub>B</sub> -2断層	
	⑳	F <sub>B</sub> -3断層	約45km
	㉑	F <sub>C</sub> -1断層	約27km

※1 地質構造上の関連が考慮されることから、一括評価

※3 孤立した短い活断層として評価

※2 安全評価上、運動を考慮する断層として評価

## **申請時 (H25.7.8) からの主な変更内容**

## 積丹半島北西沖の断層について

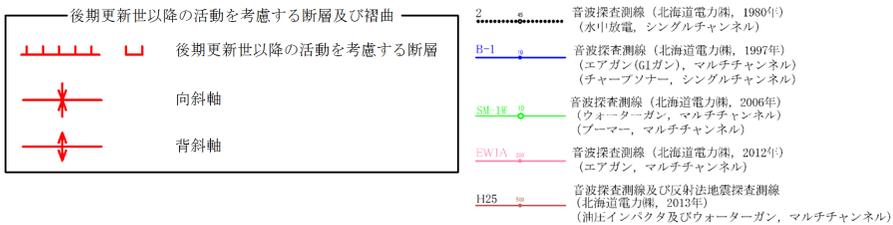
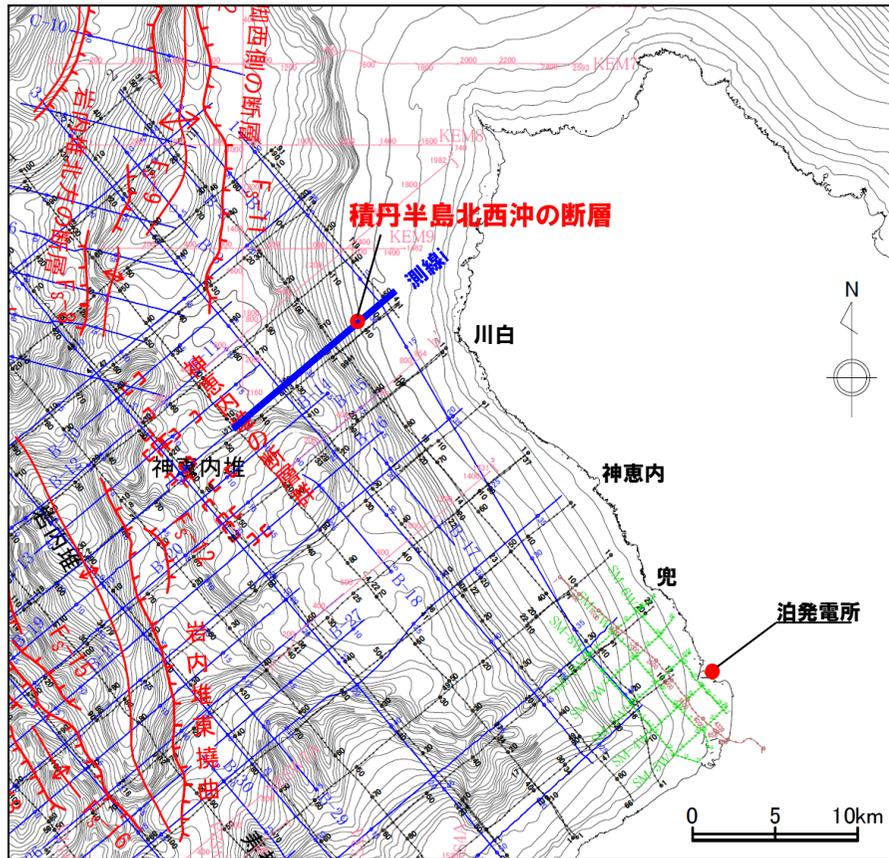
申請時の評価	申請後の検討事項 (審査会合での主な議論)	最終評価	該当頁
<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造は認められない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積丹半島西岸のMm1段丘に高度差は認められないが、潮間帯よりも標高の高い海岸地形が認められることから、積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一樣に隆起させる汀線と平行な活構造の有無について、詳細な検討※1を実施。</li> </ul> <p>※1 以下の検討等を実施。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>積丹半島西岸近傍海域の地質構造等</li> <li>積丹半島の段丘分布高度</li> <li>敷地近傍陸域の地質・地質構造</li> <li>積丹半島の海岸地形分布高度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積丹半島周辺は、更新世には褶曲運動が終焉していたものと推定され、複数の弾性波探査において活構造を示唆する特徴は認められず、積丹半島の東西で隆起速度に差は認められないこと等から、敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられる。</li> <li>しかし、潮間帯よりも標高の高い海岸地形が、波食又は風化作用によって形成された可能性も考えられるが、形成要因の特定には至っておらず、また、海岸地形高度の系統性の有無では、地震性隆起地域との比較検討は困難であることを踏まえると、海岸地形の観点において、活構造を示唆する特徴の有無、位置の特定に関する考察を行うことは難しい。</li> <li>活構造の存在する可能性は十分小さいと考えられるが、海岸地形の観点は、活構造評価における明確な判断指標になり得ないこと、潮間帯よりも標高の高い海岸地形の存在は、本検討の起点であったことに鑑み、安全側の判断として、活断層を仮定した。</li> <li>測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置に積丹半島北西沖の断層を仮定し、当該断層について「孤立した短い活断層」として地震動を評価する。</li> </ul>	本資料 4章※2

※2 「積丹半島西岸の地形、地質・地質構造の検討」は、積丹半島西岸に認められるMm1段丘と海岸地形の分布状況を踏まえた検討であり、これらの地形は敷地近傍に分布するものであるが、本検討は敷地近傍を越えた広範囲を対象に実施しており、検討の結果、敷地前面海域である積丹半島北西沖に活断層を仮定していることから、別途、「4. 積丹半島西岸の地形、地質・地質構造」に掲載している。

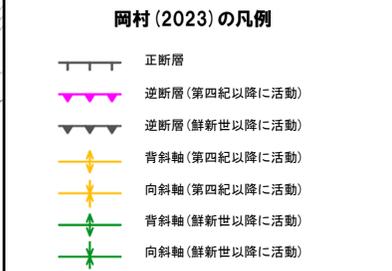
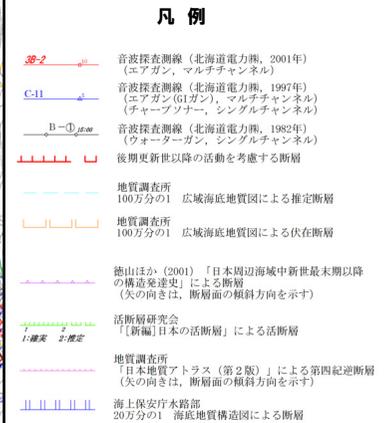
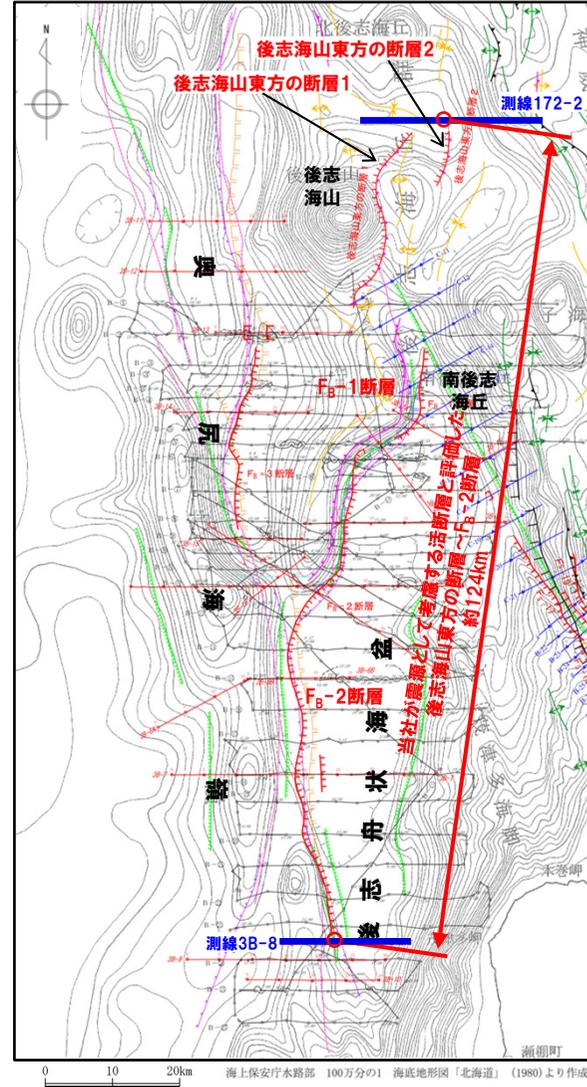
## 後志海山東方の断層について

申請時の評価	申請後の検討事項 (審査会合での主な議論)	最終評価	該当頁
<ul style="list-style-type: none"> <li>文献に図示されていない断層である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>岡村(2023)において、当社が震源として考慮する活断層と評価しているF<sub>B</sub>-2断層の北方に、概ね同走向(N-S走向)かつ離隔距離が比較的近い断層(「後志海山東方の断層※3」と呼称する)が示されていることから、F<sub>B</sub>-2断層との連動について検討を実施。</li> </ul> <p>※3 後志海山の東側に位置する地形の高まりの周辺に示されている、2条の概ねN-S走向で東傾斜の逆断層。このうち、地形の高まりの西側のものを「後志海山東方の断層1」、東側のものを「後志海山東方の断層2」とそれぞれ呼称する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>後志海山東方の断層は、第四紀以降に活動したと考えられること及び当社は当該断層を評価するための音波探査記録を有しておらず後期更新世以降の活動について評価できないことから、後期更新世以降の活動を考慮する断層と評価する。</li> <li>F<sub>B</sub>-2断層と後志海山東方の断層は、断層の傾斜方向が異なること、断層の位置する地形が異なること、重力異常との対応関係が異なることといった相違点等が認められるが、これらの断層は、いずれも走向が概ねN-S走向であることに加え、当社は、後志海山東方の断層を評価するための音波探査記録を有していないことを踏まえると、これらの断層の連動の可能性は否定できないことから、安全評価上、連動を考慮し、「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層」を震源として考慮する活断層として評価する。</li> <li>「後志海山東方の断層～F<sub>B</sub>-2断層」の断層長さは、後志海山東方の断層2の北方の測線172-2から、F<sub>B</sub>-2断層南方の測線3B-8までの約124kmと評価する。</li> </ul>	本資料 P167～P181

# 申請時 (H25.7.8) からの主な変更内容



積丹半島北西沖の断層の位置図



後志海山東方の断層及びF<sub>B</sub>-2断層の位置図

- (1) 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層, 東京大学出版会.
- (2) 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編(2002):第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会.
- (3) 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高編(2018):活断層詳細デジタルマップ新編, 東京大学出版会.
- (4) 土木学会(1985):「原子力発電所地質・地盤の調査・試験法および地盤の耐震安定性の評価手法」報告書第2編 地質調査法.
- (5) 中田高・今泉俊文編(2002):活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会.
- (6) 地震調査委員会(2005):黒松内低地断層帯長期評価について.
- (7) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2005):全国主要活断層活動確率地図.
- (8) 杉山雄一・内田康人・村上文敏・津久井朗太(2011):黒松内低地断層帯南方延長部(内浦湾)の地質構造と活動性, 活断層・古地震研究報告, 11, pp.21-53.
- (9) 北海道開発庁(1968):特定鉱床開発促進調査報告-噴火湾海底砂鉄鉱床-昭和43年3月, 北海道開発庁.
- (10) 海上保安庁水路部(1975):20万分の1海底地質構造図「積丹半島付近」.
- (11) 海上保安庁水路部(1979):5万分の1海底地質構造図「神威岬」.
- (12) 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壮・阿部寛信・坂井真一・向山健二郎(2001):日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, Vol.13, No.1, pp.27-53.
- (13) 岡村行信(2023):積丹半島付近海底地質図, 海洋地質図 no.94, 産業技術総合研究所 地質総合調査センター.
- (14) 海上保安庁水路部(1980):100万分の1海底地形図「北海道」.
- (15) 海上保安庁水路部(1972):20万分の1海底地質構造図「武蔵堆」.
- (16) 工業技術院地質調査所(1992):日本地質アトラス 第2版, 朝倉書店.
- (17) 工業技術院地質調査所(1979):100万分の1海洋地質図「北海道周辺日本海及びオホーツク海域広域海底地質図」.
- (18) 佐藤太一(2023):20万分の1積丹半島付近重力異常図・磁気異常図説明書, 海洋地質図, 産業技術総合研究所 地質総合調査センター.
- (19) 国土地理院(2006):2.5万分の1地形図「神恵内」.
- (20) 国土地理院(1988):2.5万分の1地形図「稲倉石(熊追山)」.
- (21) 国土地理院(2000):2.5万分の1地形図「茅沼」.
- (22) 国土地理院(2006):2.5万分の1地形図「岩内」.
- (23) 泊村(1991):泊村海域漁場図.
- (24) 小池一之・町田洋編(2001):日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会.
- (25) 海上保安庁水路部(1996):20万分の1海底地形図「石狩湾西方」.
- (26) 小疇尚・野上道男・小野有五・平川一臣編(2003):日本の地形2 北海道, 東京大学出版会.

- (27) 大森昌衛・茂木昭夫・星野通平 (1971) : 海洋科学基礎講座7, 浅海地質学, 東海大学出版会.
- (28) 佐藤任弘・茂木昭夫 (1982) : 海底地形からみた日本海の海水準変化, 第四紀研究 21 (3), pp.203-210.
- (29) 藤原治・柳田誠・三箇智二・守屋俊文 (2005) : 地層処分からみた日本列島の隆起・侵食に関する研究, 原子力バックエンド研究 11(2), pp.113-124.
- (30) 国土交通省 (2016) : 作業規定の準則, 国土交通省告示第413号, 平成20年3月31日全部改正, 平成28年3月31日一部改正.
- (31) 藤森孝俊・蒔苗耕司・山口勝・川口隆・太田陽子 (1990) : 島根県浜田地震 (1872年) の地形学的検討, 地学雑誌99 (2), pp.44-59.
- (32) 太田陽子・松田時彦・長沼和雄 (1976) : 佐渡小木地震 (1802年) による土地隆起量の分布とその意義, 地震II輯 (29), pp.55-70.
- (33) Nakata T., Imaizumi T., Matsumoto H. (1976) : Late Quaternary tectonic movements on the Nishi-tsugaru Coast, with reference to seismic crustal deformation. Sci. Rep. Tohoku Univ., 7th ser. (26), pp.101-112.
- (34) 古川光啓 (1976) : 青森県西津軽地方の海岸地形について: 特に隆起ベンチを中心にして, 弘大地理 (12), pp.5-9.
- (35) 大沢穠・三村弘二・広島俊男 (1993) : 20万分の1地質図幅「青森」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (36) 大沢穠・須田芳朗 (1978) : 20万分の1地質図幅「弘前および深浦」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (37) 角靖夫・広島俊男・須田芳朗 (1990) : 20万分の1地質図幅「相川及び長岡の一部 (佐渡島)」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (38) 産業技術総合研究所 (2013) : 日本重力データベースDVD版.
- (39) 片山肇・井内美郎・池原研 (2012) : 積丹半島付近表層堆積図 説明書.
- (40) 地震予知総合研究振興会 (2011) : 沿岸海域における活断層調査 福井平野東縁断層帯 (海域部) 成果報告書.
- (41) 気象庁地震カタログ (2011) : 地震年報.

(WEB)

(42) 国土地理院HP 地理院地図・空中写真.

(<http://maps.gsi.go.jp/>)

(43) 気象庁HP 潮位表.

(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/index.php>)

(航空レーザー測量データ)

(44) 国土交通省(2014):平25北公第158号新潟県佐渡市.