

**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**

**平成29年3月10日**  
**北海道電力株式会社**

1. コメント回答方針 .....	P.3
1.1 指摘事項 .....	P.4
1.2 指摘事項の位置付け .....	P.10
1.3 指摘事項に関する回答方針 .....	P.16
2. 積丹半島西岸の海岸地形状況について .....	P.17
2.1 積丹半島西岸の海岸地形状況についてのまとめ .....	P.18
2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度 .....	P.19
2.3 積丹半島西岸の海成段丘分布高度 .....	P.28
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検討について .....	P.30
3.1 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検討についてのまとめ .....	P.32
3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー .....	P.35
3.3 地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討 .....	P.82
3.4 青森県大戸瀬周辺の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討 .....	P.85
3.5 新潟県佐渡島小木半島の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討 .....	P.99
3.6 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較 .....	P.124
参考資料 .....	P.130
参考文献 .....	P.146

# 1. コメント回答方針

# 1.1 指摘事項

## H28年9月20日ヒアリング

No	指摘事項	回答時期
1	現地調査におけるコメント回答と積丹半島西岸にかかるコメント回答を分けるとともに積丹半島西岸にかかるコメント回答の趣旨が明確になるように構成を見直すこと。	H28年9月26日 ヒアリング H28年9月30日 審査会合
2	積丹半島西岸と北・東岸の海岸地形高度の差異において、定量化結果の記載を適正化すること。	H28年9月26日 ヒアリング H28年9月30日 審査会合
3	敷地近傍海域の地質構造におけるV層の高まりについて、その原因について敷地の地形・地質との関係も考慮して説明を加えること。	H29年4月予定
4	海岸地形の平坦度において、平坦度の閾値についての説明を充実すること。	H28年9月26日 ヒアリング H28年9月30日 審査会合
5	磁気異常が火山砕屑岩分布の説明性の向上に利用できないか検討すること。	H29年4月予定
6	敷地前面及び周辺海域の地質層序の説明において、説明の流れの点から構成を工夫すること。	H28年9月26日 ヒアリング H28年9月30日 審査会合
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検討に際して、比較検討地点選定表で比較対象外とした地域の理由を適切に示すこと。	H28年9月26日 ヒアリング H28年9月30日 審査会合
8	段彩図及びオルソフォトマップにおいて、海岸地形標高の凡例の表現を改善すること。	H28年9月26日 ヒアリング H28年9月30日 審査会合

: 既回答

# 1.1 指摘事項

## H28年9月26日ヒアリング

No	指摘事項	回答時期
1	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の結果表示において、水平距の縮尺表示を入れること。また、平坦度の悪い所がどのような所か考察を加えること。	H28年9月30日 審査会合
2	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の地震性隆起地域の比較検討地点選定において、比較選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫するとともに、選定から落としたものについても記載を参考資料に入れられるものがあれば入れること。	H29年3月1日 ヒアリング H29年3月10日 審査会合
3	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の地震性隆起地域の比較検討地点において、海岸地形の他に海成段丘など比較できるものがあればそれらを利用してできるだけ多面的に比較すること。	H28年9月30日 審査会合
4	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の地震性隆起地域の比較検討において、青森県大戸瀬と秋田県岩館の例については、それぞれ至近の地震断層のみならず相互の地震断層の海岸地形への影響についても考察すべきではないか。	H28年9月30日 審査会合
5	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の海岸地形の平坦度において、高度データの抽出範囲の基準をより丁寧に説明するとともに、抽出範囲の選び方に揺らぎが無いかチェックすること。	H28年9月30日 審査会合

: 既回答

H28年9月30日審査会合

No	指摘事項	回答時期
1	積丹半島の海岸地形については、西岸の神恵内周辺を境として、海岸地形の発達程度が異なる。この差異について、海底地形も含めた断面図を作成すること等によって説明すること。また、海岸地形高度と海岸線の形状の観点についても補足すること。	H28年10月12日 ヒアリング H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
2	日本海側における地震性隆起地域の文献については、隆起ベンチの計測方法、計測箇所(旧汀線の指標)等に詳述がないものもあるが、可能な範囲で北電の解釈も含めた記載の充実を図ること。	H28年10月12日 ヒアリング H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
3	日本海側における地震性隆起地域の文献レビュー一覧については、これらの詳細なレビューを提示すること。	H29年3月1日 ヒアリング H29年3月10日 審査会合

: 既回答

# 1.1 指摘事項

## H28年10月12日ヒアリング

No	指摘事項	回答時期
1	海食洞の一覧表において、他の文献の結果についても適切に引用するとともに結果の表示を適正化すること。	H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
2	海食洞について、海食洞およびその周辺を段彩地形図で示すとともに、海食洞を通して海岸に直交するような地形断面を示すなど資料を充実し、その成因についての説明性を向上させること。	H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
3	海食洞の推定基盤高度について、Mm1段丘との関係などを系統性や隆起量の視点で整理してまとめること。	H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
4	海岸地形の説明において、積丹半島全域を対象として、ノッチの分布をまとめられないか検討すること。	H29年4月予定
5	能津登～歌棄地域の海成段丘分布高度について、高度の議論の流れがわかるように考察するとともに記載を充実すること。	H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
6	積丹半島西岸の海底地形において、小崖の有無について考察を加えるとともに提示された結論が導けるようにデータを整理すること。	H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合
7	海岸地形の平坦度において、湾状/岬状の地形が平坦度に及ぼす影響についてわかりやすく説明すること。	H28年10月17日 ヒアリング H28年10月21日 審査会合

: 既回答

# 1.1 指摘事項

## H28年10月17日ヒアリング

No	指摘事項	回答時期
1	海底地形状況及び海岸地形の分布状況の地形断面及び海食洞の状況確認の地形断面において、断面線の引き方を適正化するとともにその考え方を示すこと。	H28年10月21日 審査会合
2	海底地形断面の波蝕面及び海成段丘の標高などの説明において、しばしば例外的とした地域（たとえば前者においては厚苔、後者においては珊瑚）があるが、これらの要因について補足説明するとともに他地域の説明との整合性を確認すること。	H28年10月21日 審査会合
3	海食洞の状況確認結果一覧表において、備考欄の記述を適正化するとともに他文献からの引用データを適切に表示すること。	H28年10月21日 審査会合
4	尻別川断層の運動センス、傾斜などの情報を補足するとともに「選択侵食」などのやや一貫しない用語の使い方及び地形標高分布にかかる「系統性は認められない」のような論旨と整合しない表現を適正化すること。	H28年10月21日 審査会合
5	海成段丘、海食洞、海岸地形及び岩種岩相の分布図をはじめとして、これらの各対象にかかる説明が横方向（海岸方向）の個々の説明のみでこれらの間の関連性が理解し難いので、各対象相互の関係に留意して矛盾の無いようにまとめること。	H28年10月21日 審査会合
6	海成段丘、海食洞、海岸地形及び岩種岩相の分布図に海岸地形の平坦度の図を追加すること。また、同様な図を積丹半島の北・東岸についても西岸との比較のために提示すること。	H29年4月予定

: 既回答

# 1.1 指摘事項

## H28年10月21日審査会合

No	指摘事項	回答時期
1	積丹半島西岸と地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。	H29年3月1日 ヒアリング H29年3月10日 審査会合
2	積丹半島の海岸地形に言及した大谷(1999)についてレビューすること。	H29年4月予定
3	積丹半島に分布する海食洞及びノッチについては、分布状況の整理・検討が必要である。	H29年4月予定
4	海成段丘、海食洞、海岸地形及び岩種・岩相の分布の関係について、各対象相互の関係に留意し、矛盾のないようにまとめること。	H29年4月予定
5	海食洞の形成要因については、縄文海進の可能性について更に検討すること。	H29年4月予定
6	積丹半島西岸及び北・東岸の海底地形状況については、より多くの断面を示したうえで、特徴の差異について考察すること。また、神恵内を境に南北で海岸地形の発達に差異が認められることについても補足すること。	H29年4月予定
7	海食洞の汀線方向への平坦面の広がりについて確認するため、縦断面図が現汀線方向となっていないものについては、現汀線方向断面も示すこと。	H29年4月予定
8	敷地付近の海岸地形については高度データが不足していることから、建設当時の地形図、測量記録等を用いて拡充すること。	H29年4月予定
9	川上ほか(2016)において津波堆積物の可能性があると言われている地点と当該地点に近接する北電調査地点を比較し、北電調査結果の解釈の変更の有無について検討すること。また、地震の観測記録、北海道の調査において津波堆積物の存否が確認できていない期間等について、例えば一覧表にする等して、わかりやすく整理すること。	H29年4月予定

# 1.2 指摘事項の位置付け

一部修正 (H28/8/26審査会合)

- 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する検討概要を以降に示す。  
 ○検討概要には、「1.1 指摘事項」における各指摘が、どの調査・検討項目に関係するものかも併せて示す。

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法
<p><b>2. 敷地周辺の活断層調査</b>            【調査目的】            ○敷地周辺(敷地周辺陸域, 敷地前面及び周辺海域並びに敷地近傍)において, 震源として考慮する活断層の評価を行う。            【調査内容】            ○敷地周辺において, 文献調査, 地形調査及び地質調査(地表地質踏査, ボーリング調査, 海上音波探査, 反射法地震探査等)を実施する。            【調査結果】            ○19条の断層について, 後期更新世以降の活動を考慮し, 震源として考慮する活断層と評価した。            ○敷地近傍においては, 震源として考慮する活断層は認められないと評価した。</p>	敷地周辺	既存文献の調査 変動地形学的調査 地質調査 地球物理学的調査
<p>○敷地近傍においては, 震源として考慮する活断層は認められないと評価した。            ○しかし, 以下の議論等を踏まえ, 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, 詳細な検討を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地層が局所的に急傾斜している場所については, その地下に活断層が存在する可能性があるのではないか。</li> <li>・積丹半島西岸のMm1段丘に高度差は認められないが, 汀線と平行な活構造があれば説明できるのではないか。</li> <li>・積丹半島西岸には, 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, 地震性隆起の可能性があるのではないか。</li> </ul>		
<p><b>3. 積丹半島の形成に関する検討</b>            【検討目的】            ○積丹半島の大局的な形成・構造運動を把握する。            【検討内容】            ○応力場に関する文献, 当社地表地質踏査結果等を整理する。            【検討結果】            ○積丹半島周辺は, 約8Ma(後期中新世)以降から弱圧縮応力場となり, 東西圧縮が徐々に始まり, NW-SE方向の褶曲運動が開始したとされている。            ○第四系下部～中部更新統の野塚層及び岩内層の露頭はほぼ水平に堆積していることから, 構造運動の影響は認められない。            ○現在の敷地周辺の褶曲運動は, 敷地前面海域における主にN-S方向の活構造及び黒松内低地帯の断層群が分布する範囲に認められる(これらの断層は, 当社調査結果に基づき, 震源として考慮する活断層として適正に評価している。)            ○積丹半島周辺の重力異常は地質分布と, 重力異常の急変域は地質境界と概ね整合的である。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島周辺は, 約8Ma以降から東西圧縮が徐々に始まり, NW-SE方向の褶曲運動が開始したが, 第四系下部～中部更新統の野塚層及び岩内層の露頭がほぼ水平に堆積している状況から, 更新世には, 褶曲運動は終焉していたものと推定される。</p>	積丹半島周辺	既存文献の調査 変動地形学的調査 地質調査 地球物理学的調査

# 1.2 指摘事項の位置付け

一部修正 (H28/8/26審査会合)

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法
<p><b>4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討</b></p> <p>【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の有無を確認する。</p> <p>【検討内容】 ○積丹半島西岸近傍海域において海上音波探査等を実施し、活構造の有無について検討する。</p> <p>【検討結果】 ○積丹半島西岸近傍海域のII層（上部更新統）～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。 ○II層及びIII層は、一部緩やかに傾斜するが、下位層からの系統性及び累積性は認められないことから、構造的なものではなく、海進・海退の影響を受けた堆積構造と推定される。 ○汀線際海域の地形は、陸域の海岸地形との間に小崖が認められるが、以降は沖合いに向かい緩勾配を呈しており、顕著な高度不連続は認められない。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○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。</p>	積丹半島西岸 近傍海域 (調査エリア1)	変動地形学的調査
<p>○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。 ○しかし、以下の指摘も踏まえ、更なる検討を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・積丹半島全体の隆起傾向を把握するため、積丹半島北・東部の段丘高度データの拡充を行うこと。</li> <li>・積丹半島西岸のMm1段丘高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であるが、隆起要因を地震性隆起でないとするならば、そのメカニズムについて説明が必要である。</li> </ul>		地球物理学的調査
<p><b>5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討</b></p> <p>【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（積丹半島の東西において隆起速度に差が認められる。）の有無を確認する。</p> <p>【検討内容】 ○小池・町田編（2001）「日本の海成段丘アトラス」に示されたMIS5eの海成面を含む範囲においてボーリング調査、地表地質踏査等を実施し、海成段丘及び河成段丘高度から、隆起速度について検討する。</p> <p>【検討結果】 ○積丹半島西岸のMm1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る。 ○積丹半島西岸における隆起速度は、旧汀線高度から、約0.2m/千年と推定される。 ○積丹半島北・東岸においては、Mm1段丘堆積物の確認地点は限られるが、Mm1段丘堆積物の分布高度は、西岸と同様である。 ○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。 ○本検討において推定された積丹半島の隆起速度は、藤原ほか（2005）に示された隆起速度と整合的である。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○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。</p>	積丹半島西岸 及び北・東部 (調査エリア2)	変動地形学的調査
		地質調査

# 1.2 指摘事項の位置付け

一部修正 (H28/8/26審査会合)

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法
<p><b>6. 積丹半島の隆起要因に関する検討</b>  <b>【検討目的】</b>                      ○積丹半島のMm1段丘を隆起させる、地震に伴う間欠的隆起以外の要因についての考察を行う。  <b>【検討内容】</b>                      ○広域隆起に関する文献レビュー及び検討を実施する。  <b>【検討結果】</b>                      ○日本列島の上下方向の地殻運動には、列島規模の広域隆起運動が存在する。                      ○広域隆起運動とは、非傾動運動であり、地震を伴わずに常時進行している連続的運動である。                      ○広域隆起量は、より広めの地域を設定した上で、旧汀線の最低値から海面変化量を除いた値を採用することで、過大評価することなく見積もることができる。                      ○東北日本弧北部における広域隆起運動は、列島規模の底上げの隆起運動(最低でも0.1mm/年)に、日本海側(内弧)をより隆起させる波長100~150kmほどの地殻変動も加味される。</p> <p>○積丹半島のMIS5e海成段丘分布高度は、東北日本弧北部日本海側において最低レベルとなることから、当該地域の広域隆起を示すものと考えられる。                      ○積丹半島のMIS5e海成段丘の分布高度には、地震性隆起が報告されている地域のように、分布高度が相対的に高く、高度不連続を示すような状況は認められない。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島のMm1段丘を隆起させる要因としては、広域隆起の可能性も考えられる。</p>	<p>東北日本弧北部 日本海側(内弧)</p>	<p>既存文献の調査</p> <p>変動地形学的調査</p>
<p>○積丹半島の東西において隆起速度に差は認められない。                      ○このため、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は認められないものと考えられる。                      ○積丹半島のMm1段丘を隆起させる要因としては、広域隆起の可能性も考えられる。                      ○しかし、以下の指摘も踏まえ、更なる検討を実施する。</p> <p>・汀線と平行な活断層が汀線際に存在した場合、活断層は南方の岩内平野まで連続するものと考えられることから、岩内平野において活断層の有無を確認すること。</p>		
<p><b>7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討</b>  <b>【検討目的】</b>                      ○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が、海上音波探査未実施範囲※の汀線際に存在した場合、その規模から、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ことから、岩内平野において活構造の有無を確認する。  <small>※汀線際には第四系更新統が分布しないことが推定されることから、海上音波探査を実施していない。</small>  <b>【検討内容】</b>                      ○第四紀層が確認されている岩内平野において、反射法地震探査及びボーリング調査を実施し、活構造の有無について検討する。  <b>【検討結果】</b>                      ○下部更新統の野塚層(下部層相当)の上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。                      ○下部~中部更新統の岩内層の基底標高は1%以下の勾配であり、岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。                      ○「3. 積丹半島の形成に関する検討」において、積丹半島周辺は、更新世には、NW-SE方向の褶曲運動は終焉していたものと推定したが、野塚層(下部層相当)の下部に傾斜が認められることから、岩内平野においては、前期更新世の初期までは褶曲運動が継続していた可能性も考えられる。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○岩内平野には、積丹半島西岸を一樣に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。</p>	<p>敷地近傍陸域 (岩内平野) (調査エリア3)</p>	<p>地質調査</p> <p>地球物理学的調査</p>

# 1.2 指摘事項の位置付け

一部修正 (H28/8/26審査会合)

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法								
<p>○更なる検討の結果、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は認められないものと判断される。 ○しかし、念のため、海岸地形についても検討を実施する。</p>										
<p><b>8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討</b>  <b>【検討目的】</b>                  ○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(積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差が認められる。)の有無を確認する。  <b>【検討内容】</b>                  ○DEMデータによる海岸地形高度の定量化を実施し、海岸地形の分布状況について検討する。  <b>【検討結果】</b>                  ○積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸、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、いずれも20%程度である。                  ○積丹半島西岸の海岸地形には、地震性隆起を示唆する特徴である、汀線直交方向への多段化が汀線方向に連続する状況は認められない。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島の東西において海岸地形分布高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。                  ※積丹半島の海岸地形の形成要因については、別途検討を実施する。</p> <table border="1" data-bbox="235 810 1415 981"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>指摘事項 ( <span style="color: green;">■</span> :H28年9月26日ヒアリング <span style="color: yellow;">■</span> :H28年9月30日審査会合 <span style="color: blue;">■</span> :H28年10月21日審査会合)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">2</td> <td>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の地震性隆起地域の比較検討地点選定において、比較選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫するとともに、選定から落としたものについても記載を参考資料に入れられるものがあれば入れること。</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">3</td> <td>日本海側における地震性隆起地域の文献レビュー一覧については、これらの詳細なレビューを提示すること。</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">1</td> <td>積丹半島西岸と地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。</td> </tr> </tbody> </table>	No	指摘事項 ( <span style="color: green;">■</span> :H28年9月26日ヒアリング <span style="color: yellow;">■</span> :H28年9月30日審査会合 <span style="color: blue;">■</span> :H28年10月21日審査会合)	2	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の地震性隆起地域の比較検討地点選定において、比較選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫するとともに、選定から落としたものについても記載を参考資料に入れられるものがあれば入れること。	3	日本海側における地震性隆起地域の文献レビュー一覧については、これらの詳細なレビューを提示すること。	1	積丹半島西岸と地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。	積丹半島西岸 及び北・東岸 (調査エリア4)	<p style="text-align: center;">既存文献の調査</p> <hr/> <p style="text-align: center;">変動地形学的調査</p>
No	指摘事項 ( <span style="color: green;">■</span> :H28年9月26日ヒアリング <span style="color: yellow;">■</span> :H28年9月30日審査会合 <span style="color: blue;">■</span> :H28年10月21日審査会合)									
2	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の地震性隆起地域の比較検討地点選定において、比較選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫するとともに、選定から落としたものについても記載を参考資料に入れられるものがあれば入れること。									
3	日本海側における地震性隆起地域の文献レビュー一覧については、これらの詳細なレビューを提示すること。									
1	積丹半島西岸と地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。									
<p><b>【9. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価】</b>                  ○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(震源として考慮する活断層)は認められないものと判断される。</p>										

一部修正 (H28/8/26審査会合)

【別途検討】

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法
<p><b>10. 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討</b></p> <p>【検討目的】</p> <p>○積丹半島の海岸地形の形成要因についての考察を行う。</p> <p>【検討内容】</p> <p>○DEMデータによる海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗の関係等について検討する。</p> <p>○海岸地形に関する文献レビューを実施し、文献における海岸地形の状況と積丹半島で認められる海岸地形の状況との比較を行う。</p> <p>○海岸地形前面の海底地形状況についても確認し、海岸地形と同様に、文献における海底地形の状況との比較を行う。</p> <p>【検討結果】</p> <p>○積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には相関が認められる。</p> <p>○なお、積丹半島の西岸と北・東岸において認められる、海岸地形及び海成段丘の発達の程度の差異は、地質分布が異なることに起因するものと考えられる。</p> <p>○積丹半島の海岸地形及び前面の海底地形の状況は、文献に示された状況と概ね調和的である。</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>○積丹半島の海岸地形及び前面の海底地形は、波食又は風化作用によって形成された現成の地形と考えられる。</p>	積丹半島西岸及び北・東岸(調査エリア4)	<p>既存文献の調査</p> <hr/> <p>変動地形学的調査</p>

# 1.2 指摘事項の位置付け

再掲 (H28/8/26審査会合)

## 調査エリア2 (5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討)

○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 (積丹半島の東西において隆起速度に差が認められる。)の有無を確認。

○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。

## 調査エリア4 (8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討)

○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 (積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差が認められる。)の有無を確認。

○積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差は認められないこと等から、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。

## 調査エリア1 (4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討)

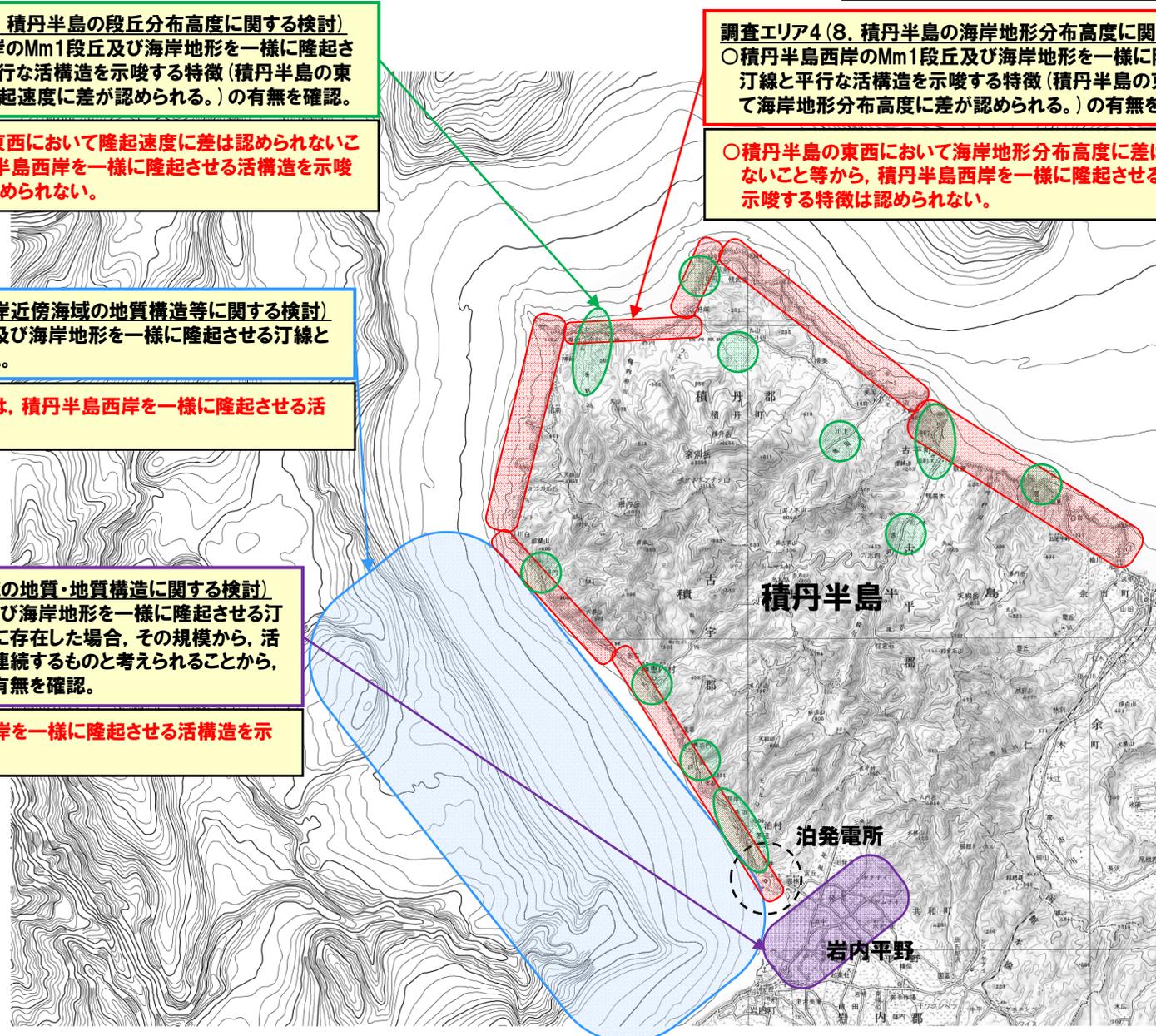
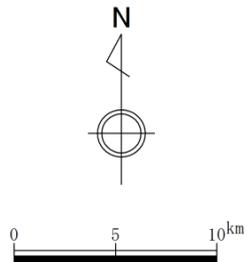
○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造の有無を確認。

○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。

## 調査エリア3 (7. 敷地近傍陸地の地質・地質構造に関する検討)

○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が汀線際に存在した場合、その規模から、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ことから、岩内平野において活構造の有無を確認。

○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。



検討位置図 (積丹半島周辺)

# 1.3 指摘事項に関する回答方針

## 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討関連

  :H28年9月26日ヒアリング
   :H28年9月30日審査会合
   :H28年10月21日審査会合

No	指摘事項	回答方針
2	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の地震性隆起地域の比較検討地点選定において、比較選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫するとともに、選定から落としたものについても記載を参考資料に入れられるものがあれば入れること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫した。</li> <li>・選定されない地域を含む日本海沿岸における地震性隆起地域8地域（青森県大戸瀬周辺，秋田県岩館周辺，秋田県男鹿半島，秋田県象潟周辺，新潟県粟島，新潟県佐渡島小木半島，石川県関野鼻周辺及び島根県浜田周辺）の海岸地形に関する文献について、レビューを提示した。</li> <li>・回答内容は、「当資料」P36～P81に掲載。</li> </ul>
3	日本海側における地震性隆起地域の文献レビュー一覧については、これらの詳細なレビューを提示すること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本海沿岸における地震性隆起地域8地域（青森県大戸瀬周辺，秋田県岩館周辺，秋田県男鹿半島，秋田県象潟周辺，新潟県粟島，新潟県佐渡島小木半島，石川県関野鼻周辺及び島根県浜田周辺）の海岸地形に関する文献について、レビューを提示した。</li> <li>・回答内容は、「当資料」P39～P81に掲載。</li> </ul>
1	積丹半島西岸と地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積丹半島西岸と同様、DEMデータを用いた海岸地形の検討を実施した。</li> <li>・回答内容は、「当資料」P82～P129に掲載。</li> </ul>

## 2. 積丹半島西岸の海岸地形状況について

**【検討目的】**

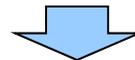
- 積丹半島西岸に認められる海岸地形の平坦度等を確認する。

**【検討内容】**

- DEMデータを用いて、統計的に海岸地形の平坦度を定義した。
- 海岸地形の平坦度及び分布高度が視認可能な図を作成し、両者の関係について検討を実施した。
- 併せて、積丹半島西岸のMm1段丘高度について、既往の検討結果を整理した。

**【検討結果】**

- 平坦度の良い海岸地形は、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。
- 当該範囲は、その周辺と比較して岬状の地形を呈している。
- 積丹半島西岸のMm1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る。

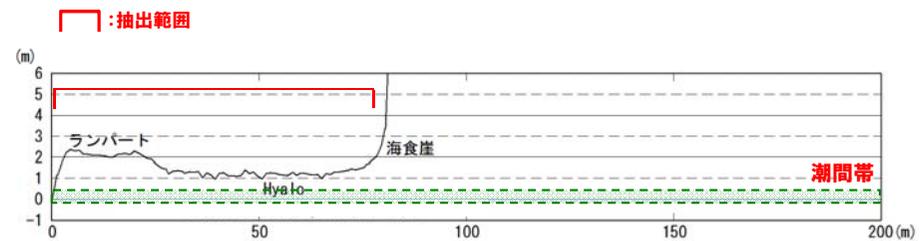
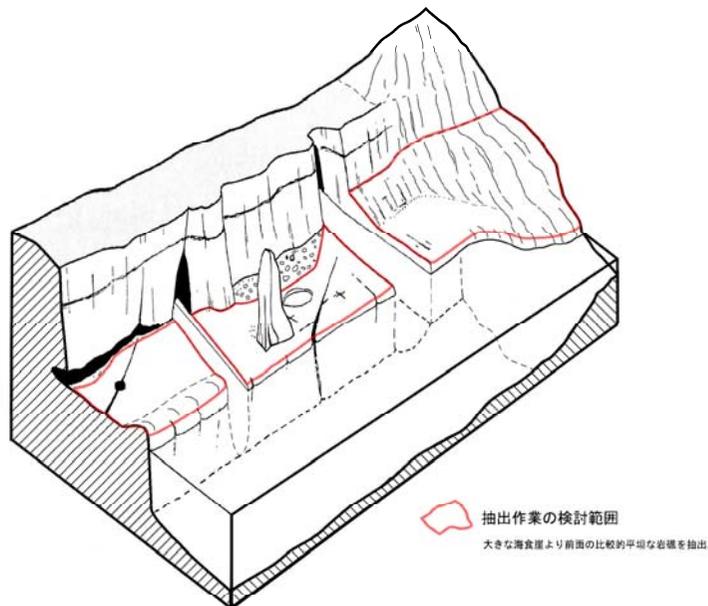


- 平坦度の良い海岸地形は、その多くが潮間帯以下に認められ、平坦度の良い海岸地形の高度が系統的に変化する状況及び潮間帯より標高の高い範囲で平坦度の良い海岸地形が汀線方向に連続する状況は認められない。
- 積丹半島西岸のMm1段丘高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価される。

## ① 高度データ抽出範囲

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 高度抽出範囲は、判読者による抽出範囲のばらつき等を解消することを目的に、下図に示すとおり、「波食棚前縁のランバート～海食崖基部の勾配変化点（遷緩線）」とした。
- また、離岸した地形についても、より広い範囲を抽出対象する観点から、オルソフォトマップを確認し、浅海において陸側から連続している可能性が考えられるもの及び漁港等の人工改変に伴い陸側からの連続性が不明瞭なものについても、抽出範囲とした。



抽出範囲断面模式図

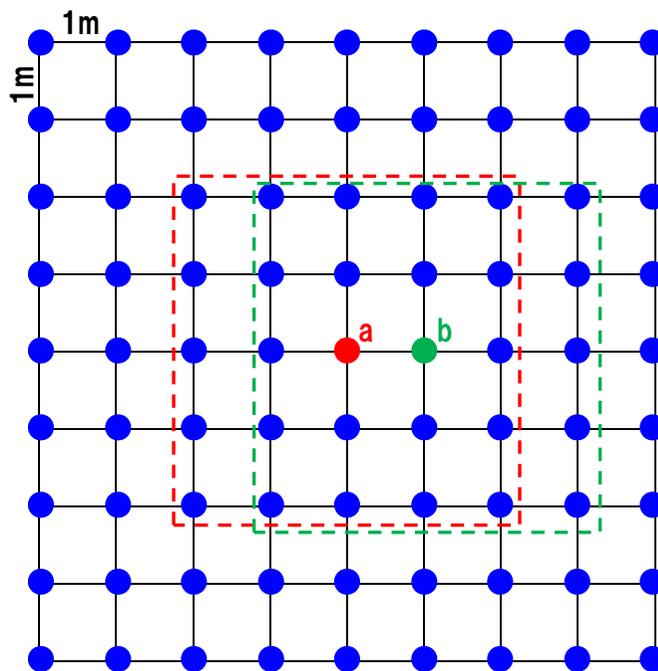
抽出範囲模式図 (Sunamura, 1992に加筆)

## 2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度

### ②平坦度の考え方

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 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

--- : 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】

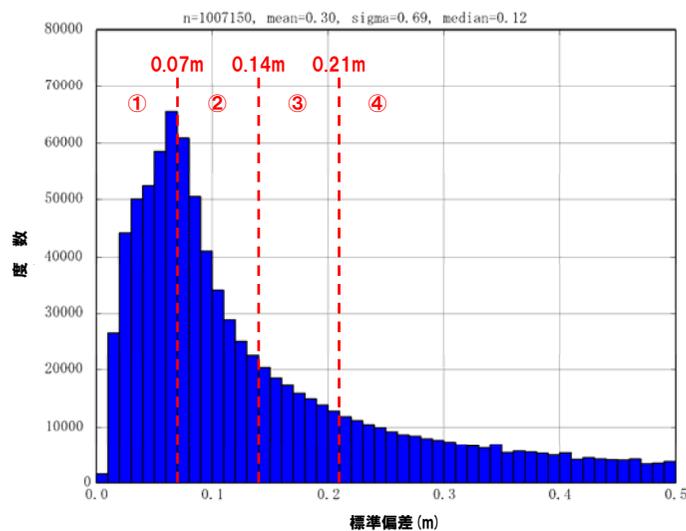
- 航空レーザー計測を実施し、航空機から地表までの高さ並びに航空機の位置及び高さを取得した。
  - ・計測期間: 積丹半島西岸 2010年5月5日~5月23日, 北・東岸 2014年5月11日~5月23日, 8月1日
  - ・計測データの欠測率\*: 積丹半島西岸 約3.2%, 北・東岸 約3.3%
- 上記計測データより、データ間隔1mの高度データ (DEMデータ) を作成した。

\* 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%以下を標準とするとされている。

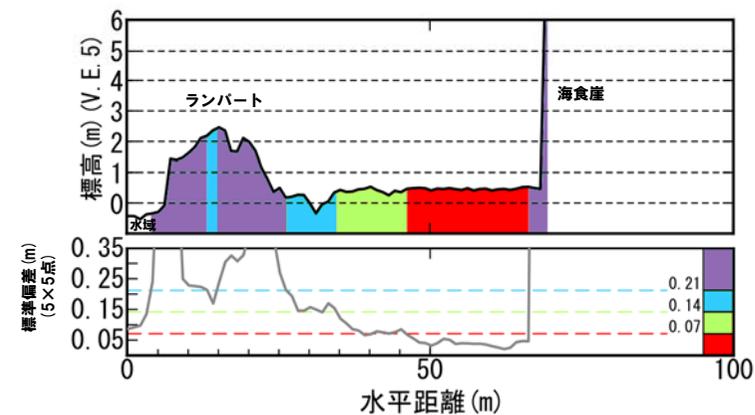
## ③平坦度の閾値

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 「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、潮間帯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 $\leq$ 0.07m: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



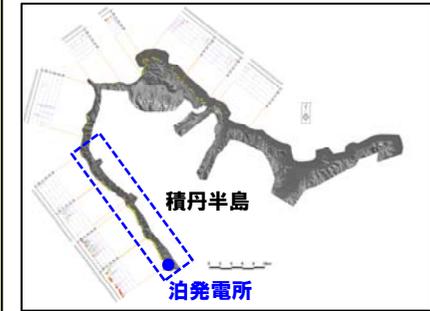
海岸地形断面における平坦度区分の例

# 2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度

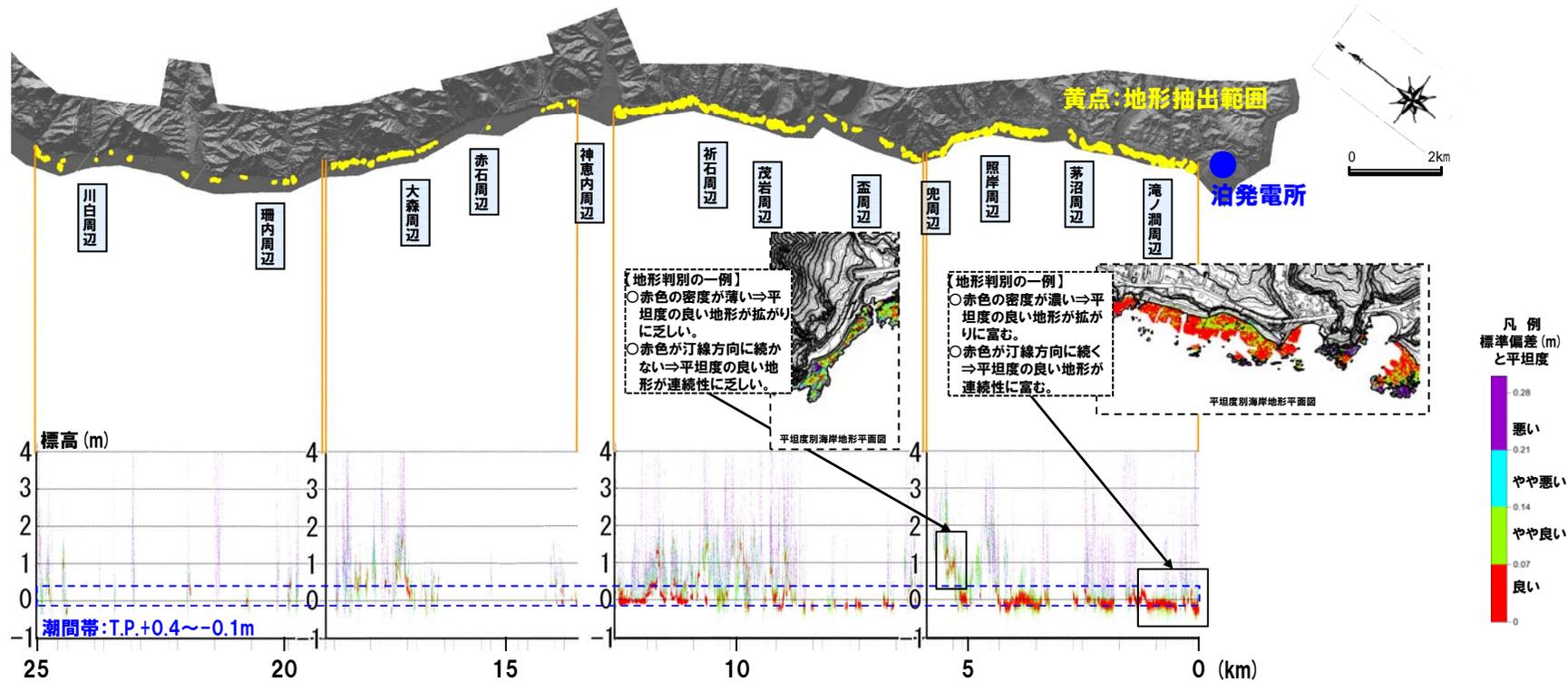
## ④検討結果(全体)

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。
- 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。
- 当該範囲は、その周辺と比較して岬状の地形を呈している。



検討範囲図



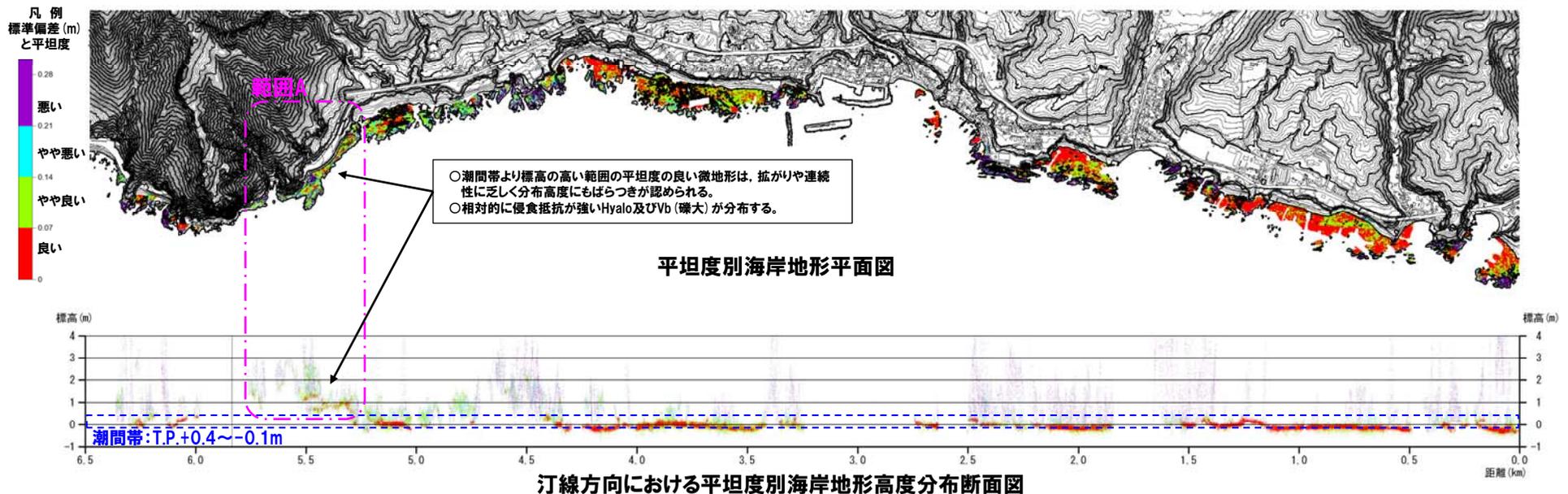
汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

## 2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度

### ⑤ 検討結果 (滝ノ潤周辺～兜周辺)

再掲 (H28/9/30審査会合)

- 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。
- 兜周辺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 (範囲A)。
- 範囲Aには、相対的に侵食抵抗が強いHyalo及びVb (礫大) が分布する。
- 範囲A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。
- 範囲Aは、その周辺と比較して岬状の地形を呈している。

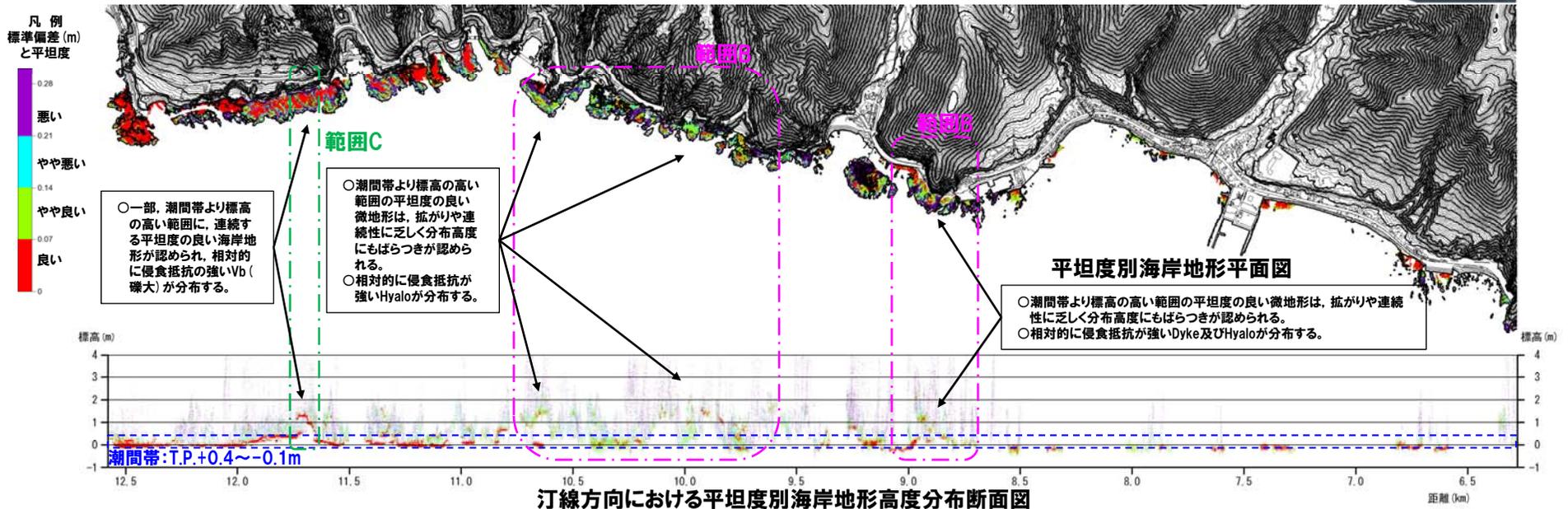


# 2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度

## ⑥検討結果 (盃周辺～神恵内周辺 (祈石, 赤石周辺含む))

再掲 (H28/9/30審査会合)

- 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。
- 茂岩周辺～神恵内周辺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 (範囲B)。
- 範囲Bには, 相対的に侵食抵抗が強いDyke及びHyaloが分布する。
- 範囲B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。
- 範囲Bは, その周辺と比較して岬状の地形を呈している。
- 神恵内周辺には, 一部, 潮間帯より標高の高い範囲に, 連続する平坦度の良い海岸地形が認められ, 相対的に侵食抵抗の強いVb (礫大) が分布する (範囲C)。
- 範囲C周辺では, Vb及びTbが汀線と直交方向の走向で互層を形成していることから, Vb (礫大) の部分が選択的に取り残されたものと考えられる。

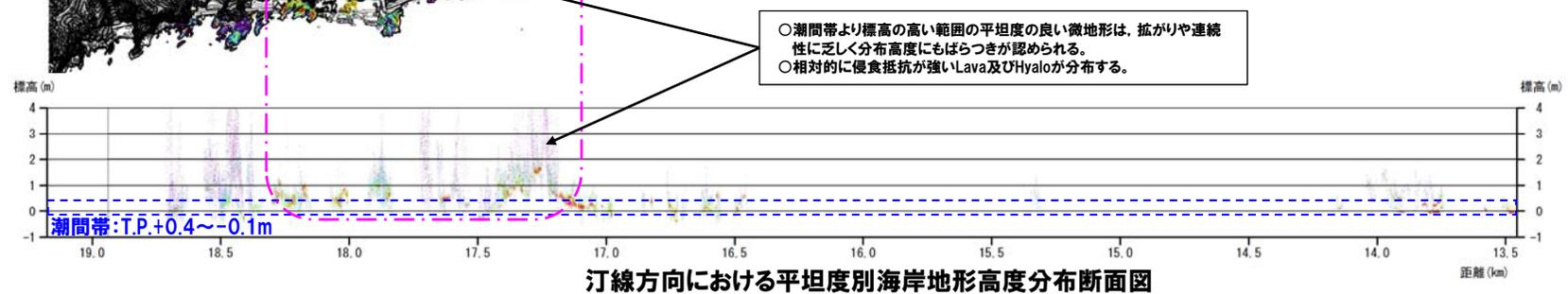
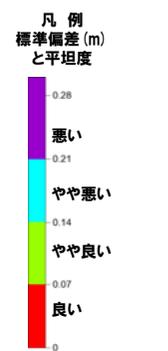
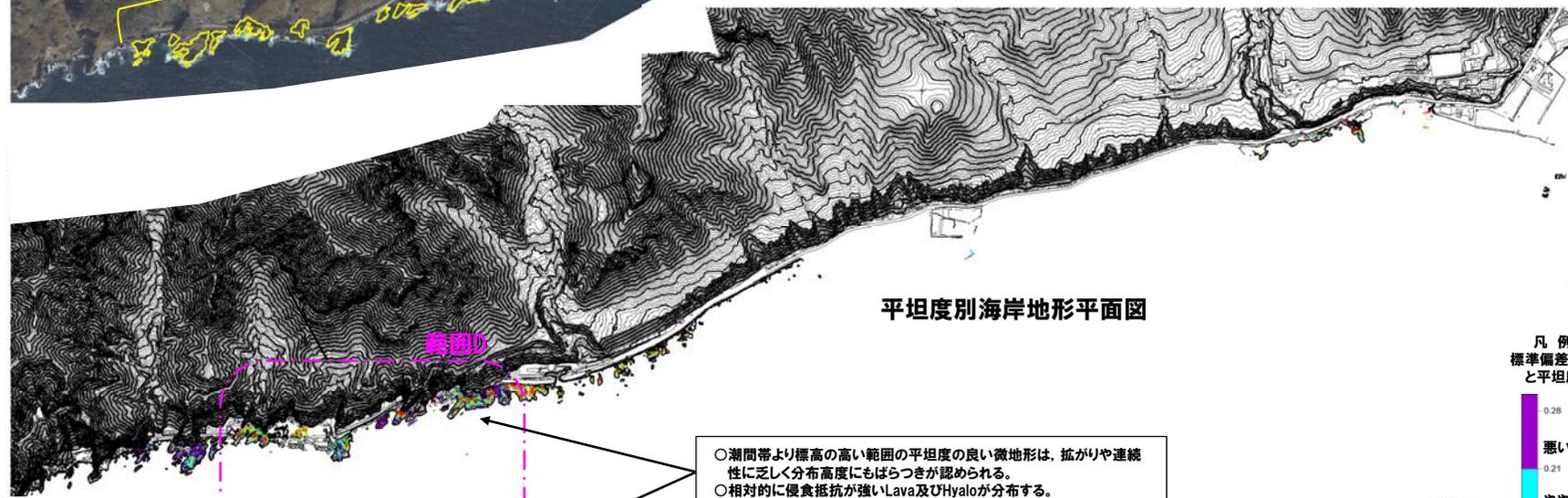


## 2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度

### ⑦検討結果 (神恵内周辺 (折石, 赤石周辺含む) ~大森周辺)

再掲 (H28/9/30審査会合)

- 大森周辺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 (範囲D)。
- 範囲Dには、相対的に侵食抵抗が強いLava及びHyaloが分布する。
- 範囲D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。
- 範囲Dは、その周辺と比較して岬状の地形を呈している。



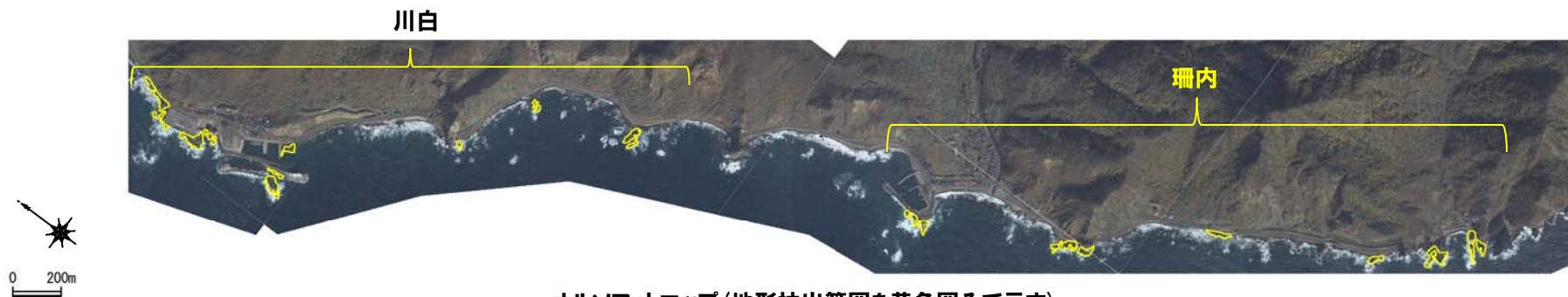
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形は、拡がりや連続性に乏しく分布高度にもばらつきが認められる。
- 相対的に侵食抵抗が強いLava及びHyaloが分布する。

## 2.2 積丹半島西岸の海岸地形の平坦度

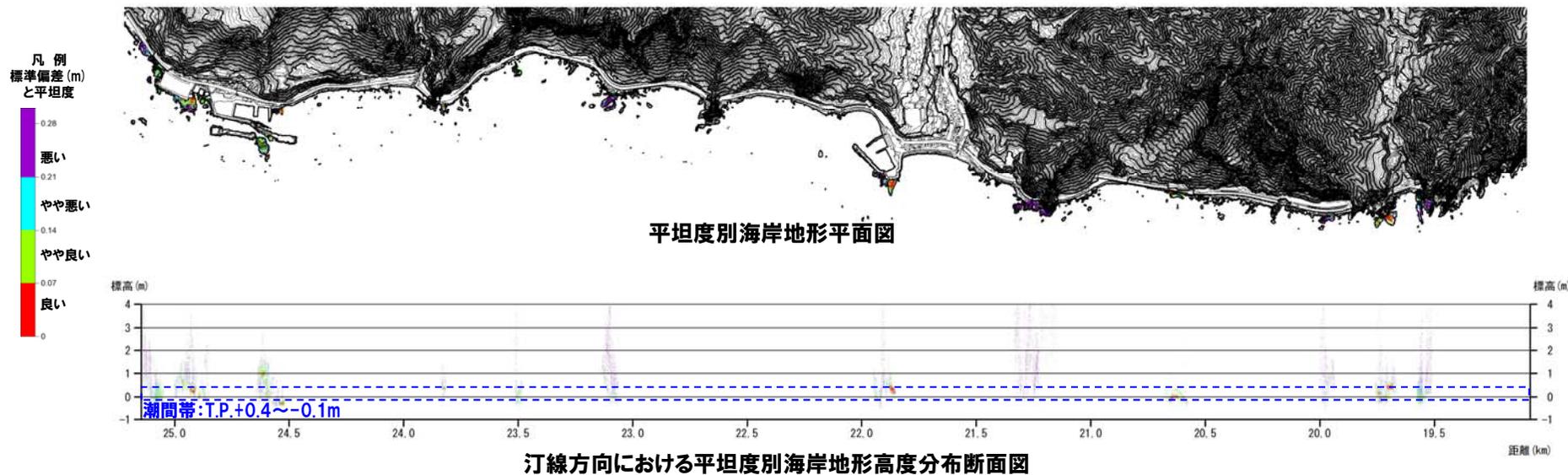
### ⑧検討結果 (珊内周辺～川白周辺)

再掲 (H28/9/30審査会合)

○平坦度の良い又はやや良い海岸地形 (赤色又は緑色凡例) は、その多くが潮間帯以下に認められる。



オルソフォトマップ (地形抽出範囲を黄色囲みで示す)



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図

余白

## ①積丹半島西岸の海成段丘(-1/2-)

一部修正(H26/11/28審査会合)

- 積丹半島西岸のMm1段丘高度は、以下に示す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(段丘堆積物が旧海食崖にすりつく高度)付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価される。
- 積丹半島西岸における隆起速度は、旧汀線高度から、約0.2m/千年((25m-5m(MIS5eの海水準))/約125千年)と推定される。

## 【照岸地点(ボーリング)】

- 群列ボーリングを実施し、旧汀線付近の高度が約25mであることを確認している。

## 【古宇川右岸地点(ボーリング及び露頭)】

- 群列ボーリングを実施し、旧汀線付近の高度が約25mであることを確認している。

## 【滝ノ潤地点(露頭)】

- 段丘堆積物の上面標高が緩やかに山側に向かって高度を上げていることを確認している。
- Mm1段丘面標高が群列ボーリングを実施した照岸地点及び古宇川右岸地点と同程度である。
- これらのことから、旧汀線高度は約25mであると評価される。

## 【泊地点(露頭)】

- 近接する滝ノ潤地点及び照岸地点の段丘堆積物上面標高が緩やかに山側に向かって高度を上げていることから、当該地点についても同様の状況が推定される。
- Mm1段丘面標高が群列ボーリングを実施した照岸地点及び古宇川右岸地点と同程度である。
- これらのことから、旧汀線高度は約25mであると評価される。

## 【盃地点(露頭)】

- 近接する照岸地点の段丘堆積物上面標高が緩やかに山側に向かって高度を上げていることから、当該地点についても同様の状況が推定される。
- Mm1段丘面標高が群列ボーリングを実施した照岸地点及び古宇川右岸地点と同程度である。
- これらのことから、旧汀線高度は約25mであると評価される。

## 【古宇川左岸地点(ボーリング及び露頭)】

- 群列ボーリングを実施し、旧汀線付近の高度が約20mであることを確認している。
- 照岸地点及び古宇川右岸地点と比較して旧汀線高度は僅かに低いが、大きな差異はないものと考えられる。
- 当該調査地点は、その周辺と比較して海岸地形が湾状を呈しており、波食棚も認められない(海岸地形高度が相対的に低い)。
- 現海岸地形の状況から、段丘堆積物の堆積時にも基盤高度(当時の海岸地形高度)が相対的に低く、このため、段丘堆積物の上面標高も相対的に低くなったものと推定される。

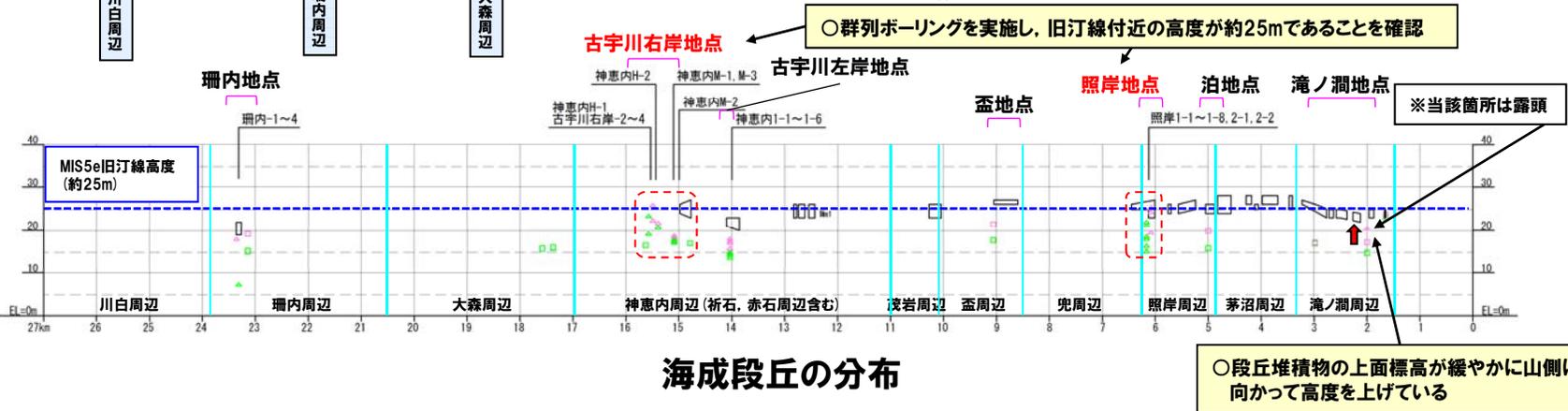
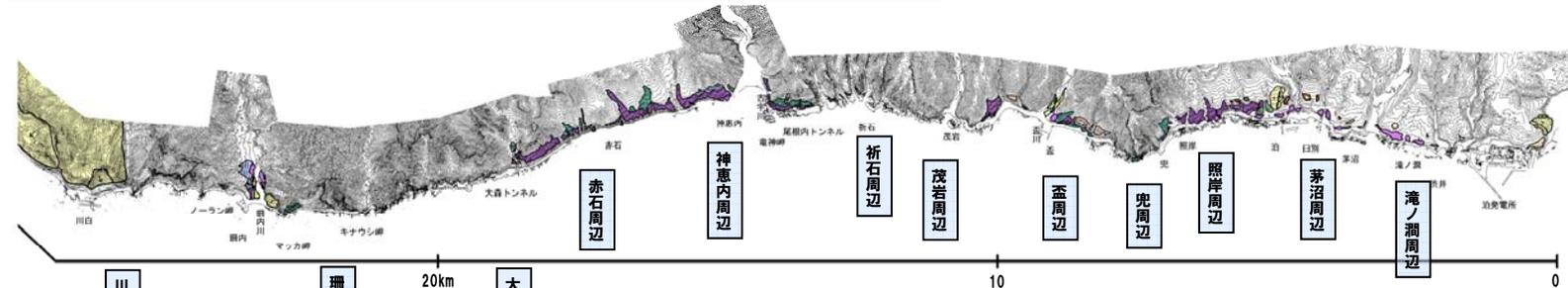
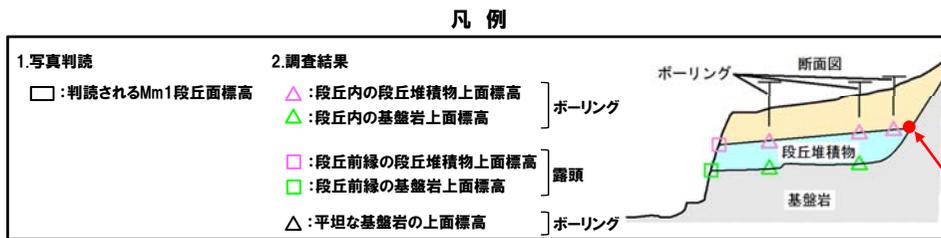
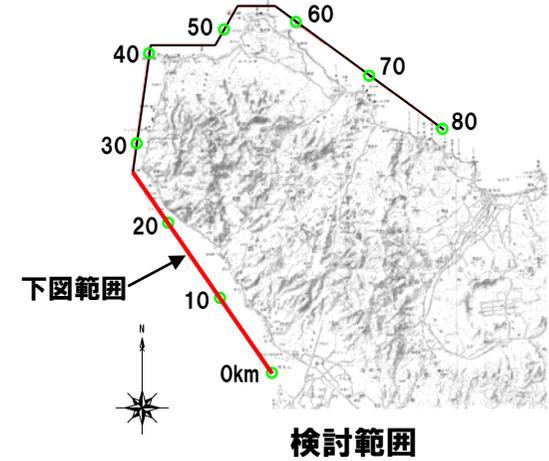
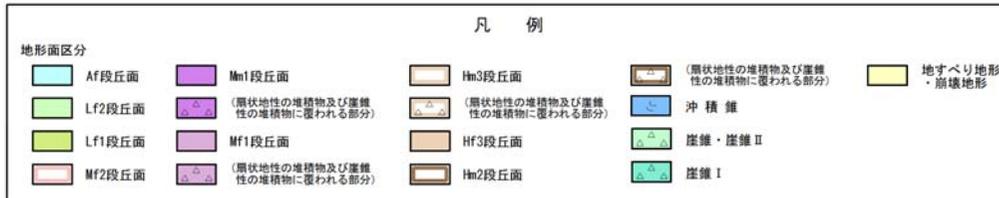
## 【珊内地点(ボーリング及び露頭)】

- 珊内川河口付近に位置することから、河川の侵食の影響により、一部、基盤岩高度が低い状況等が認められるが、段丘堆積物上面標高は、他地点と比較して大きな差異は認められない。

# 2.3 積丹半島西岸の海成段丘分布高度

## ①積丹半島西岸の海成段丘 (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



### **3. 日本海沿岸における地震性隆起地域の 海岸地形との比較検討について**

### 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討関連

:H28年9月26日ヒアリング
  :H28年9月30日審査会合
  :H28年10月21日審査会合

No	指摘事項	回答方針
2	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の地震性隆起地域の比較検討地点選定において、比較選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫するとともに、選定から落としたものについても記載を参考資料に入れられるものがあれば入れること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・選定した地域の代表性がわかるように表現を工夫した。</li> <li>・選定されない地域を含む日本海沿岸における地震性隆起地域8地域（青森県大戸瀬周辺，秋田県岩館周辺，秋田県男鹿半島，秋田県象潟周辺，新潟県粟島，新潟県佐渡島小木半島，石川県関野鼻周辺及び島根県浜田周辺）の海岸地形に関する文献について、レビューを提示した。</li> <li>・回答内容は、「当資料」P36～P81に掲載。</li> </ul>
3	日本海側における地震性隆起地域の文献レビュー一覧については、これらの詳細なレビューを提示すること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日本海沿岸における地震性隆起地域8地域（青森県大戸瀬周辺，秋田県岩館周辺，秋田県男鹿半島，秋田県象潟周辺，新潟県粟島，新潟県佐渡島小木半島，石川県関野鼻周辺及び島根県浜田周辺）の海岸地形に関する文献について、レビューを提示した。</li> <li>・回答内容は、「当資料」P39～P81に掲載。</li> </ul>
1	積丹半島西岸と地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積丹半島西岸と同様、DEMデータを用いた海岸地形の検討を実施した。</li> <li>・回答内容は、「当資料」P82～P129に掲載。</li> </ul>

**【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した。

○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した。

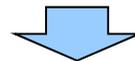
○比較対象適地について、積丹半島西岸と海岸地形を比較し、特徴の差異について検討を実施した。

**【検討結果】**

○文献レビューの結果、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。

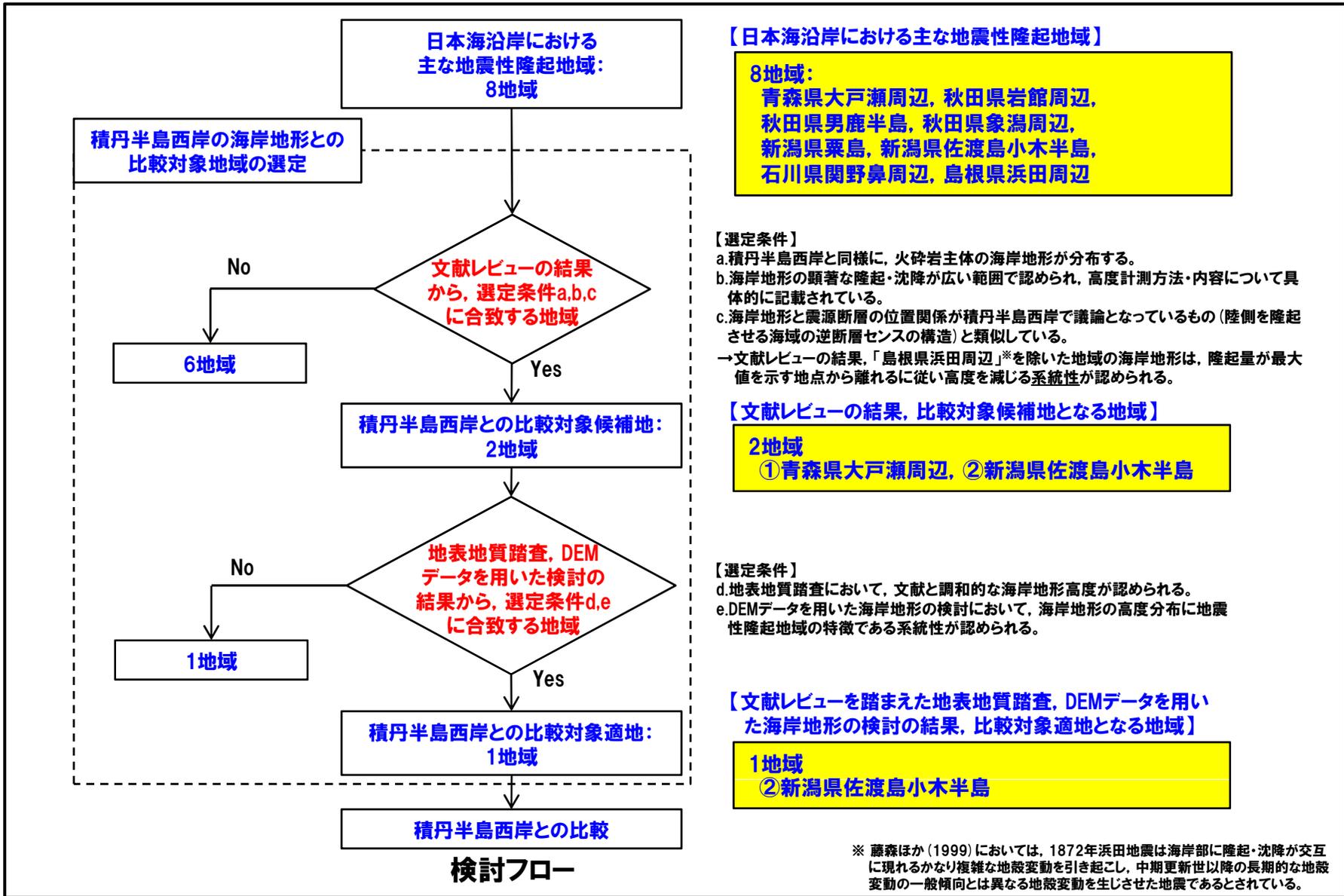
○上記2地域について、地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討の結果、比較対象適地として、新潟県佐渡島小木半島を選定した。

○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。



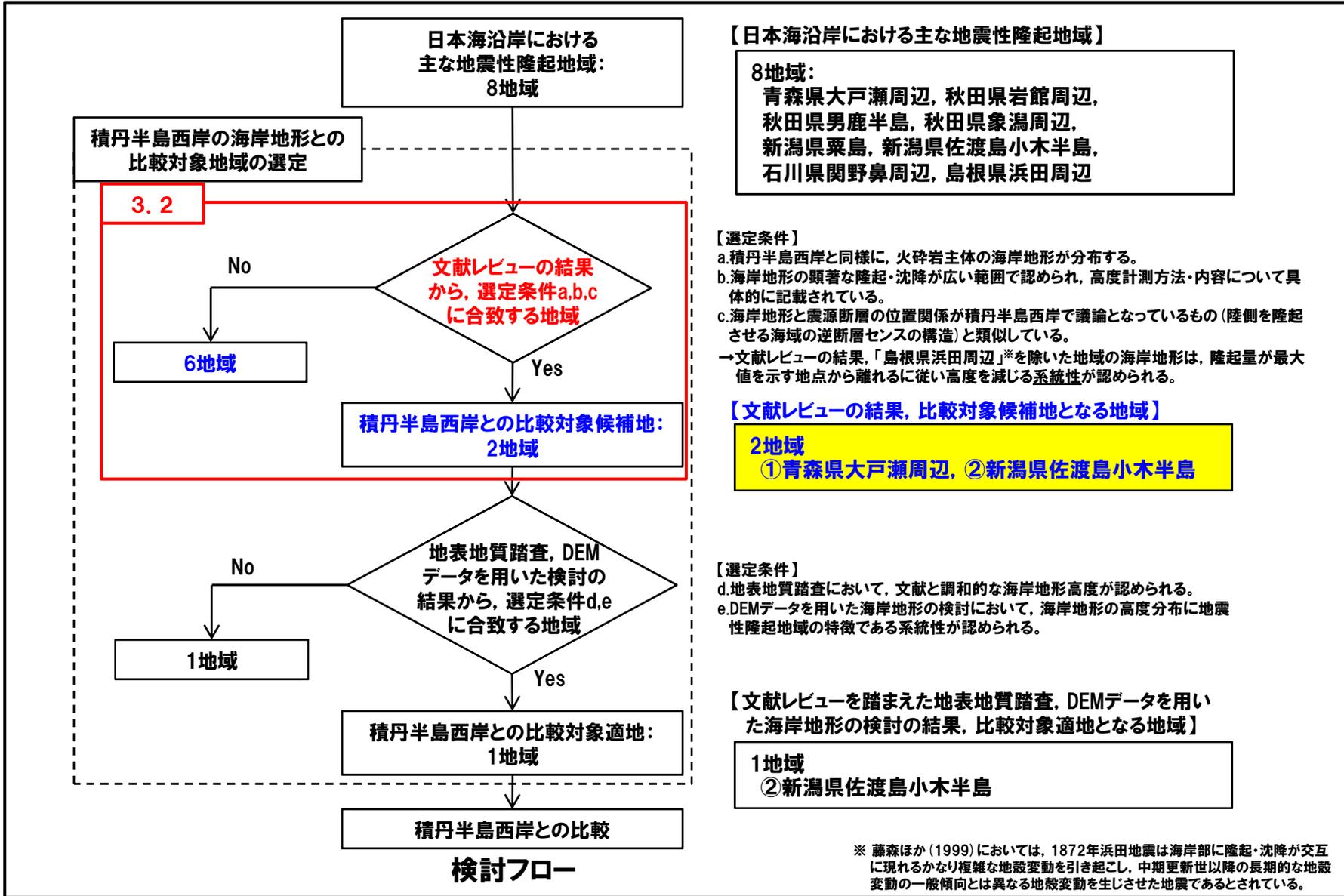
○積丹半島西岸の海岸地形は、日本海側における地震性隆起地域の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。

検討フロー



余白

#### 検討フロー



## ①比較対象候補地選定(まとめ) (-1/2-)

一部修正(H28/9/30審査会合)

- 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。
- このうち、主な地域について文献レビューを実施し、以下の観点から、積丹半島西岸との比較対象候補地を選定した。
  - ・積丹半島西岸と同様に、火砕岩主体の海岸地形が分布する。
  - ・海岸地形の顕著な隆起・沈降が広い範囲で認められ、高度計測方法・内容について具体的に記載されている。
  - ・海岸地形と震源断層の位置関係が積丹半島西岸で議論となっているもの(陸側を隆起させる海域の逆断層センスの構造)と類似している。



日本海沿岸における地震性隆起の主な地域

日本海沿岸における地震性隆起の主な地域と隆起要因となった近年の地震

地域	近年の地震
青森県大戸瀬周辺	1793年 西津軽地震
秋田県岩館周辺	1704年 羽後岩館地震
秋田県男鹿半島	1939年 男鹿地震
秋田県象潟周辺	1804年 象潟地震
新潟県粟島	1964年 新潟地震
新潟県佐渡島小木半島	1802年 佐渡小木地震
石川県関野鼻周辺	2007年 能登半島地震
島根県浜田周辺	1872年 浜田地震

○文献レビューの結果、「島根県浜田周辺」※1を除いた地域の海岸地形は、隆起量が最大値を示す地点から離れるに従い高度を減じる系統性が認められる※2。

## 【比較対象候補地の選定結果】

○文献レビューの結果、下表に基づき、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(各地域の文献レビューの結果はP39～P81参照)。

※1: 藤森ほか(1999)においては、1872年浜田地震は海岸部に隆起・沈降が交互に現れるかなり複雑な地殻変動を引き起こし、中期更新世以降の長期的な地殻変動の一般傾向とは異なる地殻変動を生じさせた地震であるとされている。

※2: 青森県大戸瀬周辺については、文献により海岸地形の高度分布の記載に差異が認められる(P42～P47参照)ものの、当該地域全域を調査対象としたNakata et al.(1976)において隆起量に系統性が認められる。

## 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

### ①比較対象候補地選定(まとめ) (-2/2-)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

積丹半島西岸及び日本海沿岸における地震性隆起の主な地域の海岸地形

地域	【選定条件a】海岸地形の状況 (青色ハッチング:火砕岩主体の海岸地形が分布する地域)		【選定条件b】海岸地形に関する知見 (青色ハッチング:海岸地形の顕著な隆起・沈降が広い範囲で認められ、高度計測方法・内容について具体的に記載されている地域)			【選定条件c】震源断層の推定状況 (青色ハッチング:海岸地形と震源断層との位置関係が積丹半島西岸で議論となっているもの(隆起を隆起させる海域の逆断層センスの構造)と類似している地域)
	沿岸部の地質※1	海岸地形の分布状況	計測方法・内容	計測範囲※2	計測された隆起・沈降量※3	
積丹半島西岸	火砕岩主体	○波食棚と潮間帯より標高の高い地形が混在して、断続的に分布する。	○DEMデータ(1m間隔)を用いて、海岸地形高度の定量化を実施。			○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一緒に隆起させる汀線と平行な活構造の有無について議論となっている。
①青森県大戸瀬周辺	火砕岩、溶岩、堆積岩(大沢・三村, 1993及び大沢1978)	○千量敷をはじめ、海拔1~2mの波食台が岩礁状に海岸線を縁取っており、これは1793年西津軽地震で隆起した旧波食棚と言われている。(平山・上村, 1985)	○海岸線1kmごとの隆起ベンチ高度を測定し、海岸線の垂直変位量を報告している。(Nakata et al., 1976)※4 ○ハンドレベルを用いた測量により、大戸瀬周辺9測線の隆起ベンチの縦断面型を作成している。(高橋, 1967)(古川, 1976)※4	約30km以上 (Nakata et al., 1976)	~250cm	○地殻変動から、大戸瀬沖に隆起側上りの逆断層が推定されている。(福留, 1993)
②新潟県佐渡島小木半島	火砕岩、溶岩(角, 1990)	○小木地震は顕著な海岸隆起を伴ったことで知られており、隆起ベンチは主に小木半島南岸及び北西岸に分布する。(太田ほか, 1976)	○隆起ベンチの分布を1万分の1実測図で報告している。(徳重, 1936) ○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年の旧汀線高度を報告している。(太田ほか, 1976)	約15km(半島全体) (太田ほか, 1976)	28~213cm	○南岸を中心とする土地の隆起と北への傾斜は、走向ほぼ東西で北へ傾斜する断層が小木半島南岸沿いに存在しそれに沿って逆断層運動が生じたとして説明することができる。(太田ほか, 1976)
③秋田県岩館周辺	火砕岩、溶岩、堆積岩(大沢, 1978)	○1704年羽後岩館地震により隆起したベンチが広範囲に広がる。(Nakata et al., 1976)	○海岸線1kmごとの隆起ベンチ高度を測定し、海岸線の垂直変位量を報告している。(Nakata et al., 1976)	約30km以上 (Nakata et al., 1976)	~200cm	○沿岸に東傾斜の逆断層が推定される。(福留, 1993)
④秋田県男鹿半島	火砕岩、溶岩、堆積岩(大沢, 1980)	○男鹿半島西岸の6地点において、旧汀線痕跡が認められるとされているものの、ベンチ、ノッチ等の具体的な記載はされていない。(今村, 1941)	○男鹿半島西岸について、旧汀線痕跡より、6地点の隆起量を報告している。(今村, 1941)	約20km (半島西岸のみ) (今村, 1941)	20~50cm	○男鹿半島西部における断層(逆断層)の変動(東上がり)によるものと推定される。(今泉, 1977)
⑤秋田県象潟周辺	砂、岩屑なだれ堆積物、溶岩(大沢, 1988)	○地震性隆起が確認されている沿岸部のうち、一部(小砂川以南)にノッチ・隆起ベンチが断片的に分布する。(平野ほか, 1979)	○ハンドレベルを用いた測量により、小砂川以南3地点の隆起ベンチ高度について報告している。(平野ほか, 1979)	約8km (小砂川以南のみ) (平野ほか, 1979)	90~110cm	○震源断層は象潟にごく近い海底にあり、海岸線にはほぼ平行する走向をもち、東へ傾斜する逆断層と推定される。(平野ほか, 1979)
⑥新潟県粟島	溶岩、堆積岩(土谷ほか, 1999)	○1964年新潟地震により島全域に分布する波食棚が離水し、粟島全体が北西方に傾動隆起した。(中村ほか, 1964)	○ポケットコンパスにより、1964年新潟地震時に離水した汀線付近に生息する生物遺骸の高度を島全周囲22地点で測定し、隆起量を報告している。(中村ほか, 1964) ○テイルディングレベルを用いた測量により、60測線の海岸縦断面を作成し、その形態を報告している。(高橋, 1965)	約20km(島全体) (中村ほか, 1964)	80~150cm	○粟島は大陸棚の縁辺部を占める一つの大きな地塊の一部であり、この地塊は東側に断層を持つ傾動地塊である。(茂木, 1977)
⑦石川県関野鼻周辺	火砕岩、溶岩、堆積岩(坂本・松井, 1962及び坂本ほか, 1967)	○完新世に離水したと思われる波食棚・ノッチなどの海岸地形が認められるが、地形単元は小さい。(浜田ほか, 2007)	○地震前後の航空レーザ計測による鉛直地殻変動より沿岸部の隆起・沈降量を報告している。(浜田ほか, 2007) ○カキの付着上限高度を指標とし、23地点の隆起・沈降量を報告している。(山本ほか, 2007)	約80km (山本ほか, 2007)	-10~+40cm	○能登半島西方沖の北東-南西方向に伸びる長さ約20kmの南東傾斜の逆断層の一部が関連した可能性が高い。(地農調査研究推進本部地震調査委員会, 2007)
⑧島根県浜田周辺	火砕岩、溶岩、堆積岩(鹿野ほか, 1988)	○壘ヶ浦の広く平滑な波食棚は1872年浜田地震の際、海底より隆起したものとされている。(豊島, 1978) ○海岸には、新期海成堆積物、離水波食棚、離水ノッチ、離水海食洞などの旧汀線の指標となる地形や堆積物がみられる。(藤森ほか, 1990)	○壘ヶ浦の隆起ベンチ1測線の縦断面を作成している※5。(豊島, 1978) ○ハンドレベル及び光波測距儀を用いた測量により、離水した13地点の波食棚・潮間帯生物化石の高度測定を行い、沿岸部の隆起・沈降量を報告している。(藤森ほか, 1990)	約25km (藤森ほか, 1990)	-120~+180cm	○1872年浜田地震は海岸部に隆起・沈降が交互に現れるかなり複雑な地殻変動を引き起こし、中期更新世以降の長期的な地殻変動の一般傾向とは異なる地殻変動を生じさせた地震であるとし、隆起に断層を推定している。(藤森ほか, 1990)

① : 比較対象候補地として選定した地域

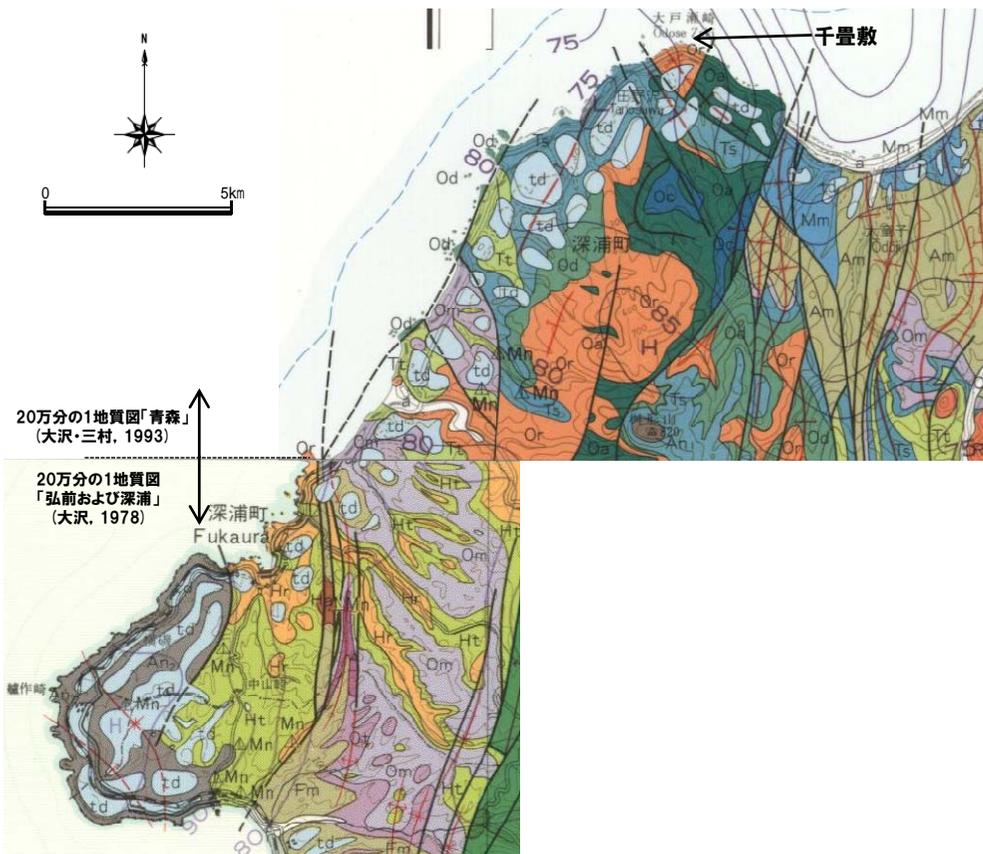
※1 20万分の1地質図 ※2 隆起・沈降したとされる海岸地形が分布する範囲の汀線距離を採取。 ※3 隆起・沈降量は、計測範囲に記載の文献に基づく。  
 ※4 青森県大戸瀬周辺については、文献により海岸地形の高度分布の記載に差異が認められる(P42~P47参照)ものの、当該地域全域を調査対象としたNakata et al.(1976)において隆起量に系統性が認められる。  
 ※5 豊島(1978)では、壘ヶ浦も含む山陰海岸の3地点(壘ヶ浦以外の2地点は近年の地震による地殻変動は報告されていない。)について縦断面を作成し、平均海面上約2mの離水した波食棚が認められることから、縄文海進期以降、2~2.5m程度の海水準期が続いたとしている。

余白

#### 【① 青森県大戸瀬周辺】大沢・三村(1993) 及び大沢(1978)

再掲(H28/9/30審査会合)

○大沢・三村(1993) 及び大沢(1978) においては、青森県大戸瀬周辺の沿岸部には、多様な岩種(火砕岩、溶岩及び堆積岩) が分布するとされている。



青森県大戸瀬周辺の地質  
(大沢・三村, 1993及び大沢, 1978に加筆)

#### 20万分の1地質図「青森」凡例 海岸部抜粋 (大沢・三村, 1993に加筆)

第四紀	段丘堆積物 Terrace deposits	td	泥、砂及び礫 Mud, sand and gravel
更新世	A 大戸瀬層 Maito Formation	Mm	シルト岩、砂岩及び酸性凝灰岩を伴う Siltstone, with sandstone and acidic tuff
	A 赤石層 Akaishi Formation	Am	暗灰色泥岩、酸性凝灰岩を伴う Dark grey mudstone, with acidic tuff
中新世中期-後期	A 大瀬子層 Odeji Formation	Om	硬質泥岩、酸性凝灰岩を伴う Hard mudstone, with acidic tuff
	田野沢層 Tanosawa Formation	Ts	砂岩・礫岩及び泥岩、流紋岩-安山岩火砕岩を伴う Sandstone, conglomerate and mudstone, with rhyolite-andesite volcanoclastic rocks
Tt		流紋岩-安山岩火砕岩、泥岩を伴う Rhyolite-andesite volcanoclastic rocks, with mudstone	
中新世前期-中期	大戸瀬層上部 Upper part of Odoe Formation	Od	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and volcanoclastic rock
		Or	黒雲母流紋岩-デイサイト溶岩及び火砕岩 Biotite rhyolite-dacite lavas and volcanoclastic rocks
A 大戸瀬層下部 Lower part of Odoe Formation	Oa	(かんらん石)輝石安山岩溶岩及び火砕岩、まれに(輝石)かんらん石玄武岩を伴う (Olivine-pyroxene andesite lavas and volcanoclastic rocks with rarely pyroxene) olivine basalt	
	Oc	砂岩及び礫岩、安山岩火砕岩及び泥岩を伴う Sandstone and conglomerate, with andesite volcanoclastic rock and mudstone	

#### 20万分の1地質図「弘前および深浦」凡例 海岸部抜粋 (大沢, 1978に加筆)

第四紀	砂丘堆積物 Sand dune deposits	sc	砂 Sand
更新世	段丘堆積物 Terrace deposits	td	泥・砂および礫 Mud, sand and gravel
中新世	粗角輝岩層・赤流里安山岩など Soma Agglomerate Formation, Subaru Andesites, etc.	An2	(角閃石)輝石安山岩火砕岩(溶岩を伴う) (Hornblende-) pyroxene andesites pyroclastic rock (with lava)
	早川層・大高層・阿仁合層上部・花輪層など Hayaguchigawa Formation, Okuzu Formation, Upper part of Anaii Formation, Hanawa Formation, etc.	Ht	酸性火砕岩(泥岩・砂岩などを伴う) Acid pyroclastic rock (with mudstone, sandstone, etc.)
Hr		流紋岩溶岩および流紋岩溶結凝灰岩(石英安山岩溶岩を伴う) Rhyolite lava and rhyolite welded tuff (with dacite lava)	
Ha	輝石安山岩溶岩および火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock		
	Hb	(輝石)橄欖石玄武岩溶岩および火砕岩 (Pyroxene-) olivine basalt lava and pyroclastic rock	

## 【① 青森県大戸瀬周辺】平山・上村(1985) (-1/2-)

○平山・上村(1985)においては、5万分の1地質図幅「鰺ヶ沢」の説明書として、青森県西部鰺ヶ沢地域の地形、活構造等について解説されている。

## 【地形】

- この地域には海成段丘が広く発達し、地質図には連続性の良い4段の段丘面が図示されている。
- このほか、海拔200-230m付近に開析された段丘面が断続的に分布し、海岸沿いに海拔5-10mの段丘(約6,000年前の縄文海進の段丘面に対比されている)が発達するが、幅が非常に小さいので地質図には示されていない。
- 田野沢付近の千畳敷をはじめ、海拔1-2mの波食台が岩礁状に北金ヶ沢付近から塩見崎付近まで海岸線を縁取っているが、これは1793年西津軽大地震で隆起した旧波食台と言われている。
- 海岸線に沿って、鳥居崎・塩見崎などの岬が突出するが、これらは新第三系中新統大戸瀬層上部の小浜館沢安山岩部層で構成されている。

## 【地質】

## ○新第三系中新統大戸瀬層:

- ・主として、安山岩の溶岩と火砕岩から構成され、一部に流紋岩-デイサイトの溶岩・火砕岩のほか、植物化石や海棲貝化石を含む碎屑岩を伴う。
- ・小浜館沢安山岩部層:鳥居崎-塩見崎間の西海岸沿い等に分布する。西海岸沿いのものは断層で田野沢層と接する。
- ・本部層は安山岩の溶岩と火砕岩を主とする安山岩相と流紋岩-デイサイト質の火砕岩と溶岩を主とする流紋岩相とから構成され、全体として安山岩が卓越する。
- ・吾妻川流紋岩部層:追良瀬川下流を初め母沢・黒崎沢などの上流部に典型的な露出が見られ、千畳敷付近の海食台には、本層中の火砕岩の好露出が見られる。
- ・本部層は流紋岩-デイサイトの溶岩と火砕岩から構成されるが、全体として溶岩が卓越する。
- ・火砕岩は、主として軽石凝灰岩・火山礫凝灰岩・凝灰岩からなり、一部に凝灰角礫岩を伴う。

## ○新第三系中新統田野沢層:

- ・砂岩・礫岩・泥岩を主体とし一部に火砕岩を伴うが、卓越する岩石の組合せによって砂岩・礫岩相、泥岩相、安山岩火山礫凝灰岩相、凝灰質砂岩・泥岩相に区分される。
- ・田野沢付近から貝良木(かいらぎ)を経て追良瀬川河口にかけての海岸沿いに模式的に発達する。

## ○海成段丘堆積物:

- ・鰺ヶ沢地域には海岸線から山地に向かって海岸段丘が良く発達し、高位から順に第Ⅰ段丘～第Ⅳ段丘の各堆積物に分ける。
- ・第Ⅱ段丘はおおよそ130,000年前、第Ⅲ段丘はおおよそ90,000年前にそれぞれ形成された。
- ・大戸瀬崎付近の隆起海食台地と大戸瀬崎から晴山付近にかけて前記海食台地より5-7m高位に狭い平坦面が認められ、これらは完新世に形成された段丘面と考えられる。

## 【活構造】

- 大戸瀬崎と轟木(とどろき)間、大戸瀬崎と鰺ヶ沢間で段丘面が一様に曲隆している。
- 大戸瀬崎から晴山付近には、現在の汀線より6-9m及び1-2m高位に平坦面が認められ、前者は比高から、完新世の後半に隆起した段丘と見られ、後者は1793年西津軽地震によって隆起した海食台地であり、その分布は段丘面が曲隆している地域に限られている。
- この地域には鳥居崎断層(西傾斜)が活断層として発見されており、断層の西側には鳥居崎、風合瀬付近の岬など大戸瀬層の火山岩類が分布し、東側には海岸段丘の下位に田野沢層が分布している。



- 田野沢付近の千畳敷をはじめ、海拔1-2mの波食台が岩礁状に北金ヶ沢付近から塩見崎付近まで海岸線を縁取っているが、これは1793年西津軽大地震で隆起した旧波食台と言われている。
- 鳥居崎、風合瀬付近の岬には大戸瀬層の火山岩類が分布し、千畳敷には大戸瀬層の火砕岩が分布する。
- 田野沢付近から貝良木を経て追良瀬川河口にかけての海岸沿いに、砂岩・礫岩・泥岩を主体とし一部に火砕岩を伴う田野沢層が分布する。



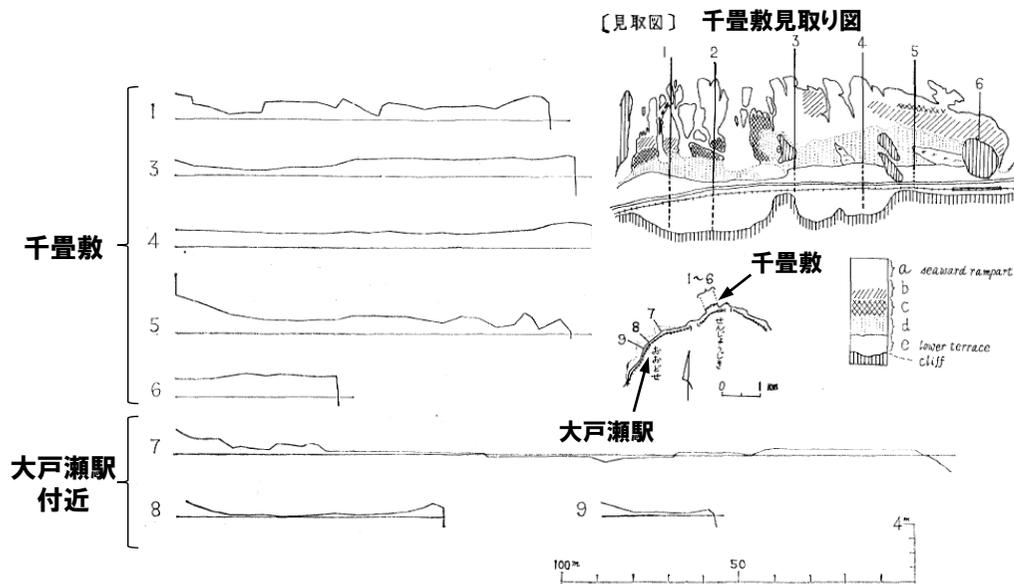
## 【① 青森県大戸瀬周辺】高橋(1967) (-1/2-)

- 高橋(1967)においては、汀線より高い位置に分布する隆起ベンチについての事例(青森県大戸瀬海岸、島根県唐鐘海岸の他5地点)を取り上げ、その形態的特徴を記載し、縦断面のパターンと波食面に現在働いている削剥営力との関係について考察している。
- 【青森県大戸瀬海岸】
- 青森県大戸瀬海岸は、地震により2m以上隆起したことが伝えられているが、隆起量に関する信頼できる記録を見出していない。
- ハンドレベルにより略測した縦断面形を2つに類別し0-I型及び0-II型として示す(下図)。
- 0-I型(千畳敷)の断面型は海側からa~eの5つの部分に分けられ、eの基盤面の高さはaのランパートとほぼ同高で、bからdにかけての部分が低下している形状を示している。
- aの部分のランパートは、常時しぶきをかぶって絶えず湿潤で乾湿の日変化による風化の下限がやや高いはずでそのために他の部分より高く残される可能性が考えられる。
- 波や降水がこれらの面を洗う場合、その流れは入江や波蝕溝にむかうか、それとも陸側にむかってdの部分から入江や波蝕溝の奥で集水されるか、そのいずれかであると考えられ、凸部は削剥し残したか、または遅れている部分と見ることができる。
- 0-II型(大戸瀬駅付近)の隆起ベンチは、海に向かって傾下するもので、全体的にはややくぼんでおり、ランパートを欠き、ベンチ前半部は全く平坦で平滑であるか、またはランパートはあっても顕著ではない。
- この面は大部分が潮間帯にあり、高潮時には水没する。
- 【まとめと今後の課題】
- ベンチ面の縦断面の傾斜によって、緩傾斜のものと急傾斜のものに大まかに類別でき、この類別は、岩質と地質構造とに、ほぼ対応しうるようである。
- 緩傾斜のものについて波蝕棚面の位置が、それぞれ高潮面以上のもの(0-I型)と潮間帯のもの(0-II型)に分けてみると、この両者は縦断面形の特徴、ランパート面のおう凸などの点で相対的性格を異にするようである。
- 大戸瀬や唐鐘の場合、隆起前の面の位置は海面下にあったから現在営力として働いている削剥の開始時は、この隆起の時であると仮定して、隆起ベンチ面のおう凸からその最大削剥の平均深さを求めると、大戸瀬および唐鐘の隆起ベンチ面の年最大削剥量は、大戸瀬0.6cm/年、唐鐘0.3cm/年と換算される。
- この削剥の速さの違いが何に起因するか、まだ解明の諸口はつかめない。

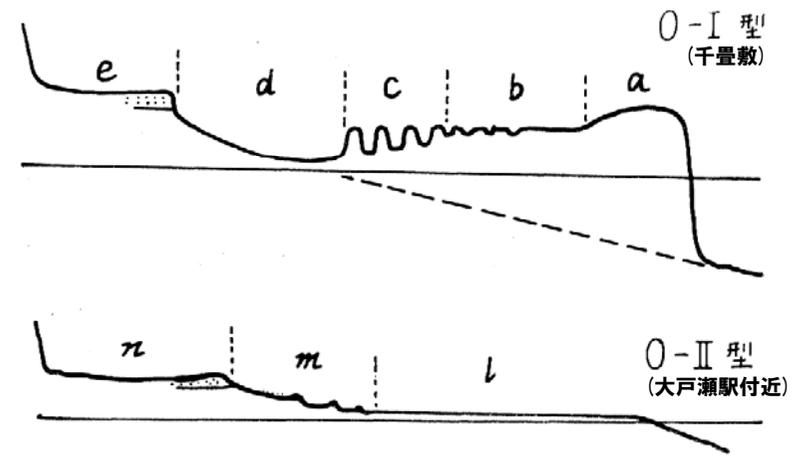


- 青森県大戸瀬海岸は、地震により2m以上隆起したことが伝えられているが、隆起量に関する信頼できる記録を見出していない。
- 千畳敷においては、隆起ベンチ(0-I型)が高潮面より高い位置に広く分布し、大戸瀬駅付近においては、潮間帯にベンチ(0-II型)が分布している。
- 高橋(1967)に記載されたベンチ面の高さは、Nakata et al.(1976)によるベンチ面の高さ(千畳敷において最大値(2.5m)を示し、東方向及び南西方向に向かって系統的に減少する(大戸瀬駅付近では標高1.6m程度。)とは異なる状況である。
- 大戸瀬について、隆起前の面の位置は海面下にあったから現在営力として働いている削剥の開始時は、この隆起の時であると仮定して、隆起ベンチ面のおう凸からその最大削剥の平均深さを求めると、大戸瀬の隆起ベンチ面の年最大削剥量は、大戸瀬0.6cm/年と換算される。

【① 青森県大戸瀬周辺】高橋 (1967) (-2/2-)



大戸瀬海岸の隆起ベンチの縦断面  
(高橋, 1967に加筆)



大戸瀬海岸の隆起ベンチの類型  
(高橋, 1967に加筆)

## 【① 青森県大戸瀬周辺】古川(1976) (-1/2-)

○古川(1976)においては、青森県大戸瀬周辺に認められる隆起ベンチについて、観察及び縦断面図作成により、形態的分類(右下表)を行い、ベンチの形態と現在のベンチに働いている営力との関係について考察している。

## 【地質】

○調査地域は新第三系中新統の大戸瀬層及び田野沢層に広く覆われている。

○大戸瀬層は千畳敷に分布し、安山岩・流紋岩及び集塊岩・凝灰岩等の火山碎屑岩を主とし、中下部のものは変質の著しい堅硬な淡緑色凝灰岩よりなる。

○田野沢層は大戸瀬駅付近に分布し、流紋岩質凝灰岩と凝灰質砂岩との互層及び流紋岩質集塊岩及び同質凝灰岩を挟在した中粒砂岩～凝灰質シルト岩・泥岩よりなる。

## 【ベンチの形態】

○隆起ベンチは、北金ヶ沢から鳥居崎に至るまで連続的に認められるが、形態は場所によって差異が認められる。

・北金ヶ沢～大戸瀬崎においては、安山岩類を主とした顕礁海岸であり、幅の広いベンチは認められない。

・千畳敷においては、塊状の淡緑色凝灰岩を主とした隆起ベンチが高潮面より高い位置に広く分布している。

・田野沢～下晴山においては、凝灰岩、凝灰質砂岩、泥岩等の岩石からなるベンチが潮間帯に広く分布している。

○調査地域のベンチについて、ハンドレベルを用いた測量により、大戸瀬周辺9測線の隆起ベンチの縦断面型を作成し、ベンチ面の高さ、勾配等により、分類(千畳敷タイプ(S型)及び大戸瀬駅付近タイプ(O型))を行った。

## 【ベンチの形成営力】

○ベンチの形成営力は、風化作用、波浪及び岩石の抵抗性の違いの相互作用である。

・S型のベンチにおいては、ランパート部分は絶えず波しぶきを受けることから、乾湿交代による風化作用の下限が高く、他の部分より高く取り残されたと考えられる。

・O型のベンチにおいては、大部分が潮間帯にあり、乾湿交代及び温度変化による風化作用が影響を及ぼしていると考えられる。

・また、ほぼ平坦であるが、岩質の相違により多少の凹凸が認められる。



○千畳敷においては、隆起ベンチ(S型)が高潮面より高い位置に広く分布し、田野沢～下晴山においては、潮間帯にベンチ(O型)が広く分布している。

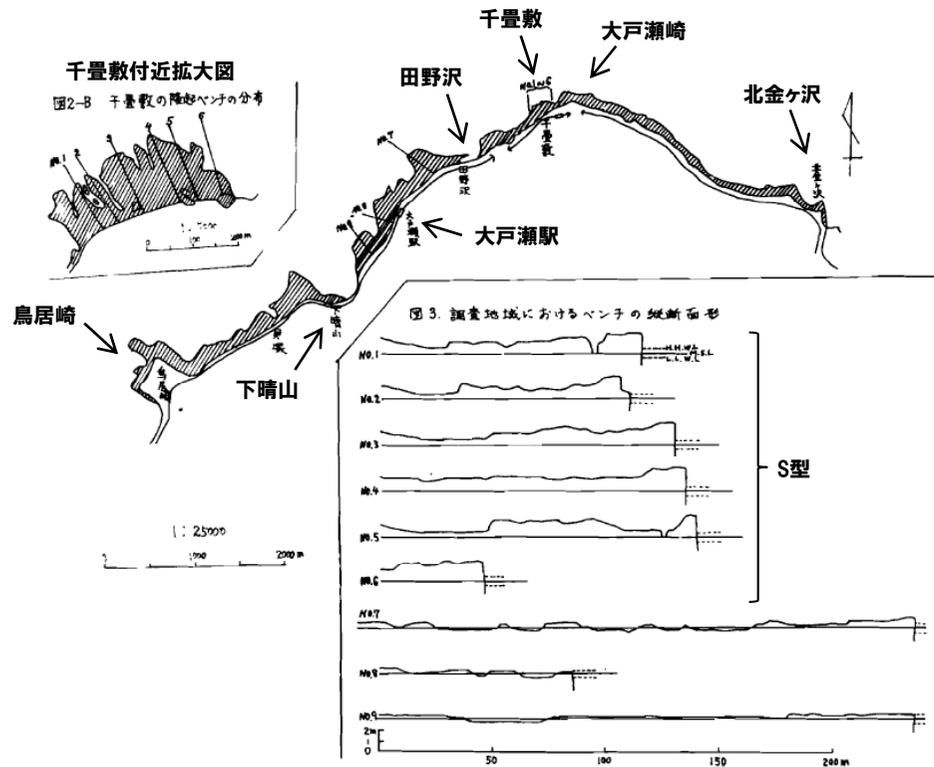
○古川(1976)に記載されたベンチ面の高さは、Nakata et al.(1976)によるベンチ面の高さ(千畳敷において最大値(2.5m)を示し、東方向及び南西方向に向かって系統的に減少する(大戸瀬駅付近では標高1.6m程度。))とは異なる状況である。

○千畳敷タイプのベンチの形成においては、ランパート部分は絶えず波しぶきを受けることから、乾湿交代による風化作用の下限が高く、他の部分より高く取り残されたと考えられる。

○大戸瀬駅付近タイプのベンチの形成においては、大部分が潮間帯にあり、乾湿交代及び温度変化による風化作用及び岩質の相違が影響を及ぼしていると考えられる。

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【① 青森県大戸瀬周辺】古川 (1976) (-2/2-)



S型とO型のベンチの分類 (古川, 1976)

	S型 (千畳敷)	O型 (大戸瀬駅付近)
縦断面形	S. L	S. L
岩質	淡緑色凝灰岩	凝灰岩、凝灰質砂岩、泥岩
縦断面の特徴	緩傾斜で、やや concave 状逆傾斜もある。面の凹凸はかなり激しい。	ほぼ平坦で、多少 concave 状。面の凹凸はきわめて少ない。
面の高さ	高潮面以上にある。	潮間帯にある。
seaward rampart	著しい	きわめて小さい。

隆起ベンチの分布及び縦断面形 (古川, 1976に加筆)

## 【① 青森県大戸瀬周辺】Nakata et al. (1976) (-1/2-)

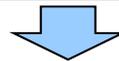
○Nakata et al. (1976) においては、青森県西部から秋田県北部に跨る西津軽海岸を調査し、表層の地震帯における地震性地殻変動と第四紀後期における構造的な地殻変動との関係について考察している。

## 【海成段丘】

- 西津軽海岸には明瞭な海成段丘(空中写真判読及び現地踏査から、上位よりH1, H2, M1, M2, M3, 完新世とする。)が分布する。
- M1段丘は比較的厚い海成堆積物に覆われ、周辺では最も広がりを持ち、MIS5eの海成段丘に対比される。
- H2段丘, M1段丘, M2段丘及びM3段丘は同じように曲隆しており、北海岸では大戸瀬崎付近、南海岸では須郷岬付近でそれぞれ最大標高を示す。
- 地殻変動の波長は北海岸では24~30km, 南海岸では24~28kmを持つことが推定される。
- 南北両海岸において、より高位の段丘がより大きな勾配を示しており、後期更新世を通して同様な地殻変動の累積を受けているとされている。

## 【歴史地震による地殻変動】

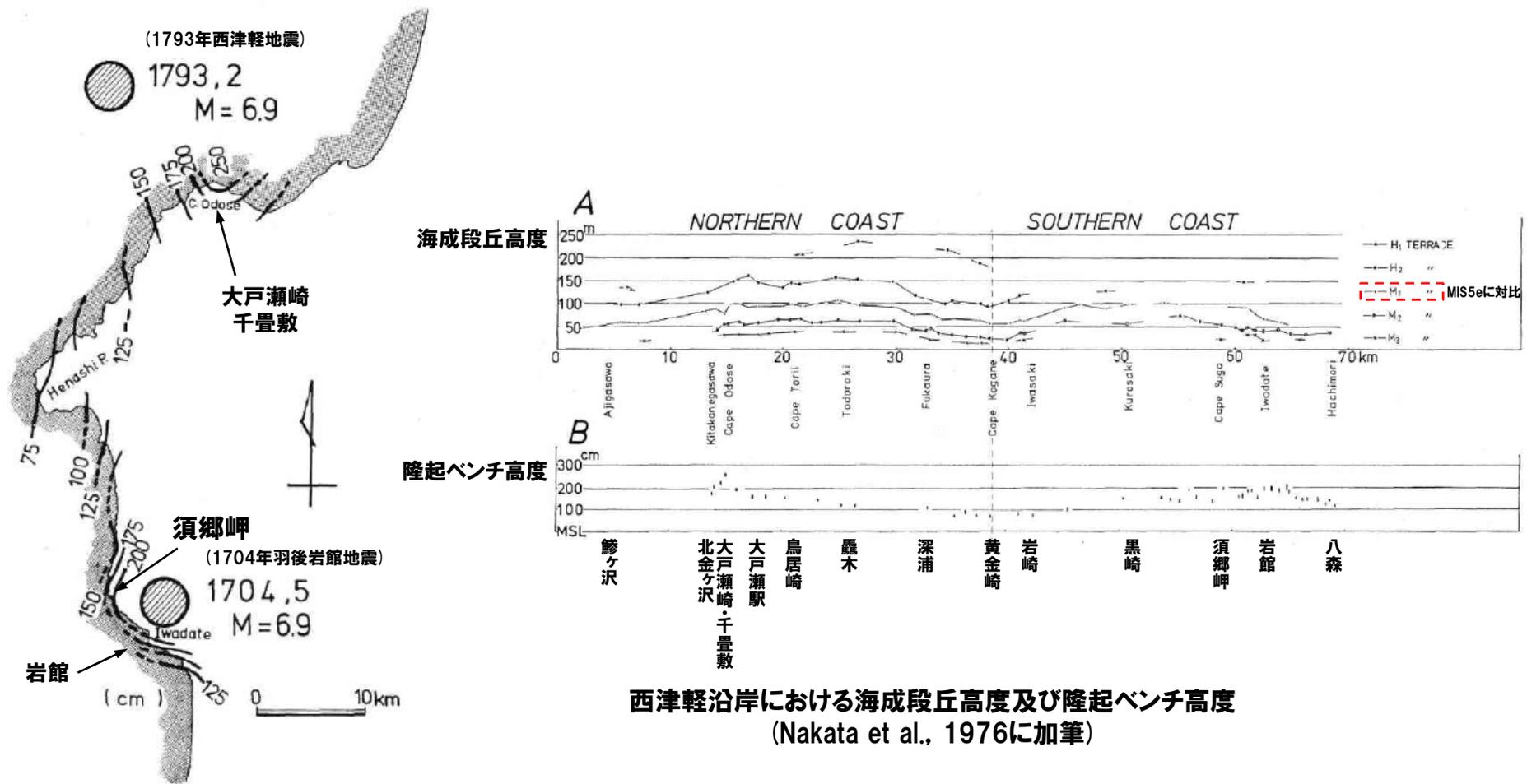
- 1704年羽後岩館地震により、南海岸では広範囲で隆起し、崩山の崩壊により十二湖が形成された。
- 1793年西津軽地震は津波を伴い、北海岸では千畳敷のような顕著な隆起を示した。
- これらの地震によって生じた隆起ベンチは、海岸沿いに岩石ベンチとして広く認められる。
- 海岸線1kmごとの隆起ベンチ高度を測定し、1704年羽後岩館地震及び1793年西津軽地震時の海岸線の垂直変位量を推定している。
- 南海岸における垂直変位量は、岩館付近が最も高く(2.0m程度)、北及び南東に向かって減少する。
- 北海岸における垂直変位量は、千畳敷付近が最も高く(2.5m程度)、東及び南西に向かって減少する。
- 南北の隆起ベンチの勾配は、海成段丘から推定される勾配よりも大きい値を示す。



- 西津軽海岸に分布するH2段丘, M1段丘, M2段丘及びM3段丘は同じように曲隆しており、北海岸では大戸瀬崎付近、南海岸では須郷岬付近でそれぞれ最大標高を示す。
- 1793年西津軽地震によって生じた隆起ベンチは、海岸沿いに岩石ベンチとして広く認められる。
- 青森県大戸瀬周辺における垂直変位量は、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系統性が認められる。
- Nakata et al. (1976) に記載されたベンチ面の高さは、高橋(1967)及び古川(1976)によるベンチ面の高さ(千畳敷において高潮面より高い位置に広く分布し、大戸瀬駅付近では潮間帯に広く分布する。)とは異なる状況である。

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【① 青森県大戸瀬周辺】Nakata et al. (1976) (-2/2-)



西津軽沿岸における海成段丘高度及び隆起ベンチ高度 (Nakata et al., 1976に加筆)

1704年羽後岩館地震及び  
1793年津西津軽地震による隆起量  
(Nakata et al., 1976に加筆)

## 【① 青森県大戸瀬周辺】福留 (1993)

○福留 (1993) においては、秋田県沿岸に被害をもたらした歴史地震及び活断層研究の現状を概観し、近い将来大きな災害をもたらすような地震の可能性について述べている。

## 【地震テクトニクスからみた秋田県沿岸部】

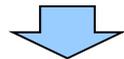
- 東北日本弧の日本海側を含む日本海東縁部は、ユーラシアプレートが東北日本 (北米プレート) に沈み込んでいる活動的な場所であり、日本でも有数の地震多発地帯 (日本海東縁変動帯) となっている。
- 日本海東縁変動帯を地震テクトニクスの細かく見ると4つのゾーン (東から、①東北脊梁帯、②出羽帯、③奥尻帯、④佐渡帯、右上図) に分けることができ、各ゾーンはいずれも第四紀に活発化した隆起帯に一致する。
- 地震はこの隆起帯の両縁ないし片縁を画する逆断層群の運動によって起こっており、隆起帯の形成は逆断層運動による垂直変位の累積の結果である。

## 【1793年西津軽地震】

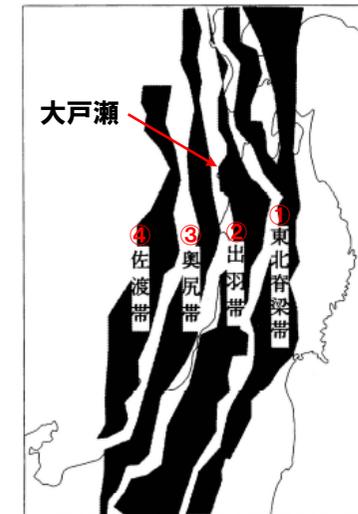
- ②出羽帯に位置する大戸瀬を中心に約12kmの海岸が最大3.5m隆起した (深浦20cm, 黒崎沢北方160cm, 風合瀬鳥井崎170cm, 大戸瀬350cm, 北金ヶ沢弁天崎150cm, 今村 (1920) による)。
- この地震では小さな津波を伴ったらしい。
- このことと、地殻変動から、本地震は陸側上がりの逆断層運動によるもので、震央は大戸瀬崎沖と推定されている。
- Nakata et al. (1976) による隆起量をもとに求められた断層モデルによると、断層の長さ25km, 幅15km, 傾斜45°, 変位3.5mである。

## 【秋田市近傍を震源とする直下型地震の可能性】

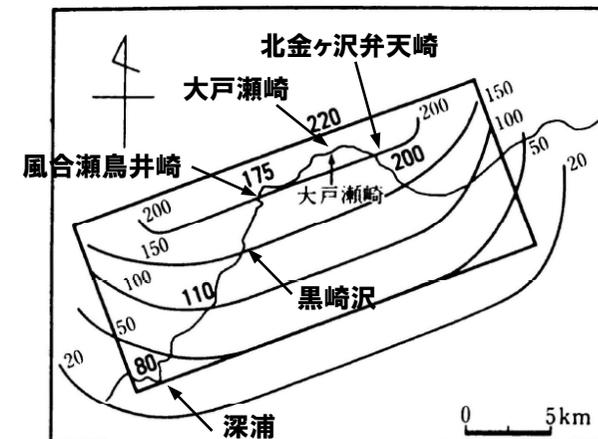
- ②出羽帯及び③奥尻帯において、主な被害地震の震源域を並べると、秋田市北方及び男鹿半島南岸～本荘沖に空白域が存在する。
- この空白域は、近い将来被害地震の発生が予見される区域である。



- 1793年西津軽地震により、大戸瀬を中心に約12kmの海岸が最大3.5m隆起し、深浦 (南西) 方向へ高度を減じている系統性が認められる。
- 地殻変動から、本地震は大戸瀬沖に陸側上がりの逆断層が推定され、断層の長さ25km, 幅15km, 傾斜45°, 変位3.5mである。



日本海東縁変動帯の地震区  
(福留, 1993に加筆)

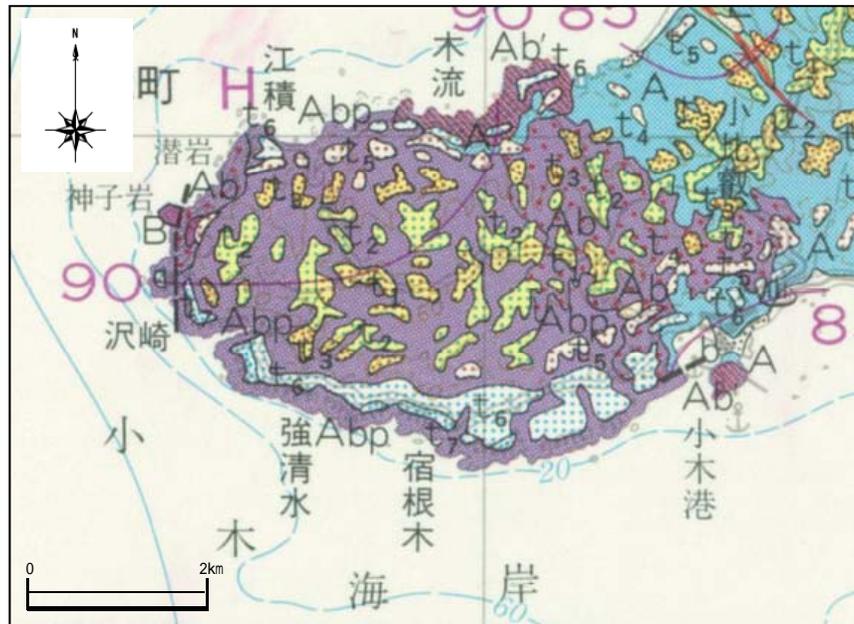


1793年西津軽地震の断層モデル  
(数字は隆起量 (観測値及び計算値))  
(福留, 1993に加筆)

## 【② 新潟県佐渡島小木半島】角 (1990)

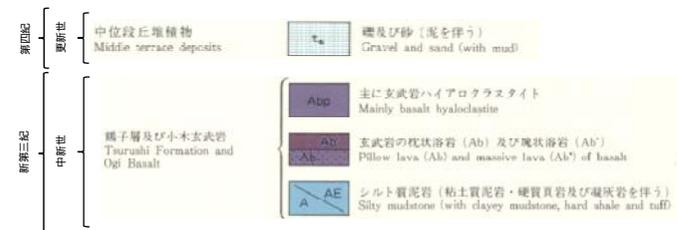
一部修正 (H28/9/30審査会合)

○角 (1990) においては、新潟県佐渡島小木半島の沿岸部には、新第三系中新統の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。



佐渡島小木半島周辺の地質 (角, 1990に加筆)

## 20万分の1地質図「相川及び長岡の一部 (佐渡島)」凡例 海岸部抜粋 (角, 1990に加筆)



## 【② 新潟県佐渡島小木半島】太田ほか(1976) (-1/2-)

○1802年小木地震は顕著な海岸隆起を伴ったことで知られており、太田ほか(1976)においては、隆起海食台の海拔高度を測定して(隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点を重点的に、1802段丘は28地点)小木地震に伴う土地隆起の分布パターンを明らかにし、それ以前の第四紀後期の海成段丘の高度分布とを比較して、第四紀における小木付近の地震の性質やその造地形運動における意義が考察されている。

## 【旧汀線高度の測定法】

○1802年段丘および完新世段丘については、ハンドレベルおよびオートレベルを用い、海面を基準として箱尺を用いて測定し、cmの単位まで読みとった。

## 【1802年段丘の高度分布】

○1802年段丘は主に、小比叡川の東から沢崎鼻にいたる小木半島南岸、およびそこから田野浦に至る半島北西岸に分布する。

○段丘面の内縁には隆起海食洞やノッチを伴うことも多い。

○1802年段丘は小木半島南岸中央の宿根木付近で最も高く現水面上約2.2m、北微東方向に低下して北岸の田野浦では約0.28mであり、半島の南北両海岸間に約2mの高度差がある。

## 【完新世段丘の高度分布】

○1802年段丘のすぐ上に、それより一段高い海成段丘が小木半島の海岸沿いに断続的に分布している。

○この段丘は後氷期の海進(縄文海進、約6000年前)によって形成されたものと考えられる。

## 【更新世段丘の高度分布】

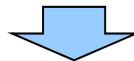
○小木半島の最高所も海成面(第1段丘)であり、その周辺に順次低位の海成段丘がふちどっている。第5段丘の外側に完新世段丘(第6段丘)と1802年段丘が分布する。完新世段丘より古い段丘を更新世段丘とよぶ。

○1802年の小木地震のようなタイプの地震が海成段丘の形成期である第四紀後半に繰返して生じ、古い段丘ほど同じ様式の変位が累積したことを思わせる。

## 【1802年小木地震について】

○宿根木を中心とする土地の隆起と北への傾動は、走行ほぼ東西で北へ傾斜する断層が小木半島南岸沿いに存在し、それに沿って逆断層運動が生じたとして説明することができる。

○小木半島は1802年の小木地震のような北方への傾動運動の累積した地震性地殻変動区であって、小木半島の基部にあるヒンジライン(hinge line)以北の小佐渡主体部とは異なるタイプの変動を示している。

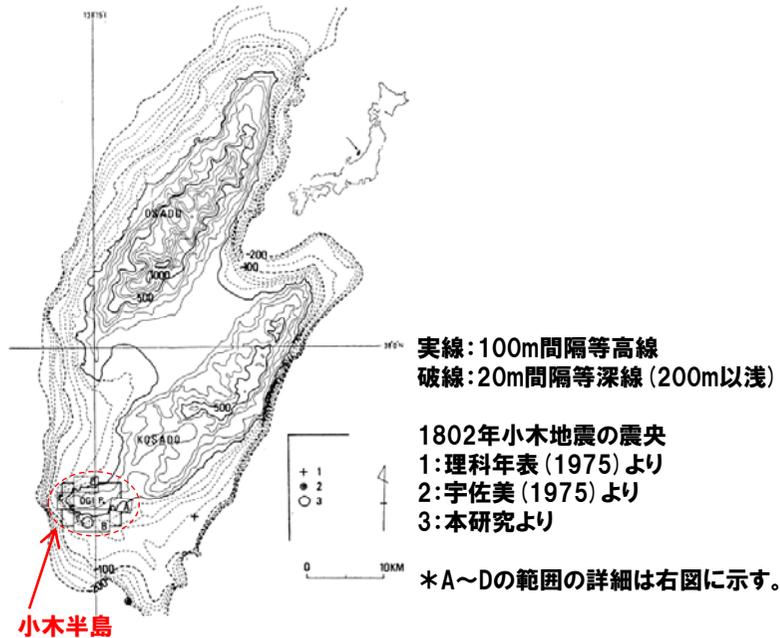


○1802年小木地震は顕著な海岸隆起を伴ったことで知られており、隆起ベンチは主に小木半島南岸及び北西岸に分布する。

○1802年段丘は小木半島南岸の宿根木付近で最も高く現水面上約2.2m、北岸の田野浦では約0.28m、半島の南北両海岸間に約2mの高度差があり、相対的に南岸の方が高度が高い系統性が認められる。

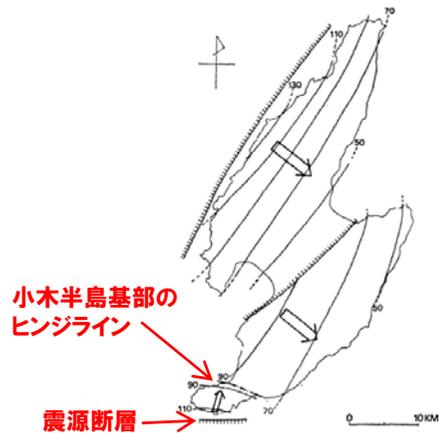
○宿根木を中心とする土地の隆起と北への傾動は、走行ほぼ東西で北へ傾斜する断層が小木半島南岸沿いに存在し、それに沿って逆断層運動が生じたとして説明することができる。

【② 新潟県佐渡島小木半島】太田ほか(1976) (-2/2-)



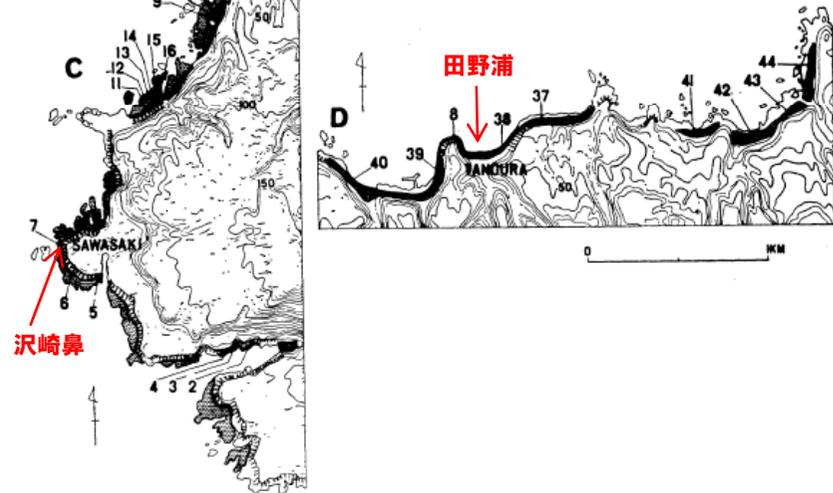
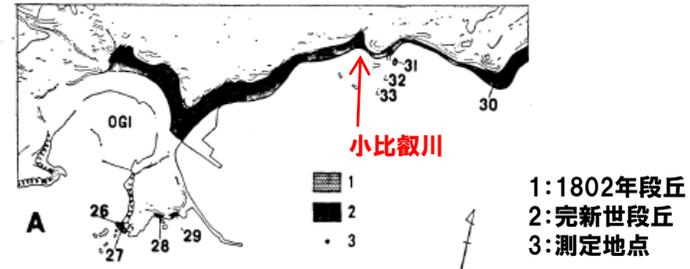
小木半島

佐渡島の地形図及び小木半島の位置図  
(太田ほか, 1976に加筆)



※最終間氷期の海進期(日本で言うと  
下末吉海進, 約12万年前)に形成

第3段丘\*の高度に基づく  
更新世後期の地殻変動の模式図  
(太田ほか, 1976に加筆)



1802年段丘及び完新世段丘の分布図  
(太田ほか, 1976に加筆)

## 【② 新潟県佐渡島小木半島】徳重 (1936)

○徳重(1936)においては、佐渡小木海岸が天然記念物及び名勝として指定されるに先立って、実地の調査を行って縮尺1万分の1実測図を作製し、小木地方の地質学的全貌を明らかにしようとしている。

## 【小木海岸景観の特質】

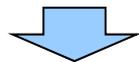
- 海岸線の櫛比著しく一見直ちにリアス式海岸の特性を認むべし。
- 立体景観としては鮮やかに三段階地形を認むべし。
- 侵蝕景観として多くの洞穴、洞門及甌穴を有す。
- 侵蝕景観として、波蝕痕或は風蝕痕あり、又隆起床上の波状突起、屏風岩、鉾岩等あり。
- 小木の西部海岸の枕石浦は、神子岩を中心にその南及北には段丘崖下に隆起床蜿蜒と連亘実に豪壮なる海岸景観を展開せるが、本海岸は殆んど枕状熔岩により構成。

## 【虫谷-琴浦の海岸地形】

- 本図全域の基盤は小木熔岩にして段丘崖および隆起床に全面的に裸出せり。
- 虫谷より西方500米の間打続く青海浦は比較的単調なるも琴浦段丘崖に蜿蜒と連なる幅員最長60米に及べる隆起床に小木式景観の特異性を味ひ得べし。この隆起床を青海床と名付けたり。

## 【新谷岬-宿根木-日暮崎の海岸地形】

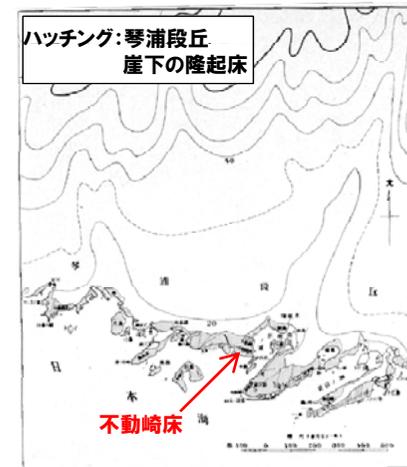
- 本図全域の基盤は小木熔岩にして段丘崖および隆起床に全面的に裸出せり。
- 不動崎の隆起床は中央に於て南方より北微西へ湾入せる破間により断続せるも平均幅員100米に近き美事なる隆起床段丘崖下に南東々より北西々へ280米連亘せり、これを不動崎床と呼べり。



○佐渡島小木半島の海岸には隆起ベンチが分布しており、例として、青海床(延長500m, 最大幅員60m)や不動崎床(延長280m, 平均幅員100m)が挙げられる。



小木海岸実測図  
(徳重, 1936に加筆)



新谷-日暮崎海岸実測図  
(徳重, 1936に加筆)



虫谷-琴浦海岸実測図  
(徳重, 1936に加筆)

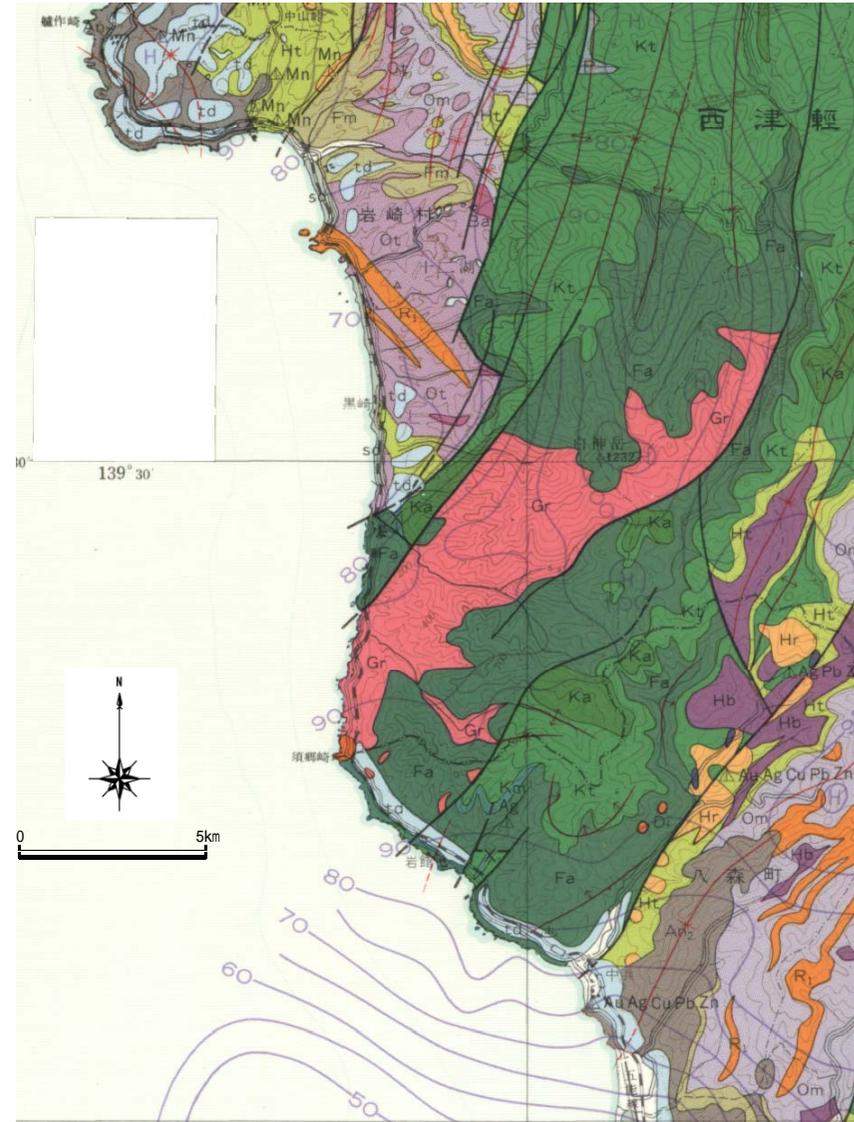
### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【③ 秋田県岩館周辺】大沢 (1978)

○大沢 (1978) においては、秋田県岩館周辺の沿岸部には、多様な岩種 (火砕岩, 溶岩及び堆積岩) が分布するとされている。

20万分の1地質図「弘前および深浦」凡例 海岸部抜粋 (大沢, 1978に加筆)

第四紀 更新世	砂丘堆積物 Sand dune deposits	sd	砂 Sand	
	段丘堆積物 Terrace deposits	td	泥・砂および礫 Mud, sand and gravel	
	船川層・赤石層など Funakawa	Fm	暗灰色泥岩 (砂岩および酸性凝灰岩を伴う) Dark grey mudstone (with sandstone and acid tuff)	
	相馬集塊岩層・素波里安山岩など Soma Agglomerate Formation, Subaru Andesites, etc.	An <sub>2</sub>	(角閃石)輝石安山岩火砕岩 (帯岩を伴う) (Hornblende-) pyroxene andesite pyroclastic rock (with lava)	
	女川層・大童子層など Onnagawa Formation, Ōdōji Formation, etc.	Om	硬質泥岩 (砂岩および酸性凝灰岩を伴う) Hard mudstone (with sandstone and acid tuff)	
		Ot	酸性凝灰岩 (流紋岩帯岩を伴う) Acid tuff (with rhyolite lava)	
		R <sub>1</sub>	流紋岩帯岩 Rhyolite lava	
		Do	粗粒玄武岩 Dolerite	
	第三紀 中新世	Tertiary Granites	Di	石英閃緑岩・花崗閃緑岩・閃緑岩など Quartz diorite, granodiorite, diorite, etc.
			Ht	酸性火砕岩 (泥岩・砂岩などを伴う) Acid pyroclastic rock (with mudstone, sandstone, etc.)
早口川層・大島層・阿仁合層上部・花輪層など Hayaguchigawa Formation, Ōkuzu Formation, Upper part of Aniai Formation, Hanawa Formation, etc.		Hr	流紋岩帯岩および流紋岩溶結凝灰岩 (石英安山岩帯岩を伴う) Rhyolite lava and rhyolite welded tuff (with dacite lava)	
		Ha	輝石安山岩帯岩および火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock	
		Kt	安山岩火砕岩 (泥岩・砂岩・礫岩・酸性火砕岩などを伴う) Andesite pyroclastic rock (with mudstone, sandstone, conglomerate, acid pyroclastic rock, etc.)	
黒石沢層・阿仁合層下部など Kuroishizawa Formation, Lower part of Aniai Formation, etc.		Km	泥岩・砂岩および酸性火砕岩 Mudstone, sandstone and acid pyroclastic rock	
		Kr	流紋岩帯岩 Rhyolite lava	
		Ka	(橄欖石)輝石安山岩帯岩 (橄欖石玄武岩帯岩などを伴う) (Olivine-) pyroxene andesite lava (with olivine basalt lava, etc.)	
藤倉川層 Fujikuragawa Formation		Fa	(橄欖石)輝石安山岩帯岩および火砕岩 (橄欖石玄武岩帯岩・輝石玄武岩帯岩・粗面玄武岩帯岩などを伴う) (Olivine-) pyroxene andesite lava and pyroclastic rock (with olivine basalt lava, pyroxene basalt lava, trachy basalt, etc.)	
白亜紀 Cretaceous		Gr	角閃石黒雲母花崗閃緑岩 Hornblende-biotite granodiorite	
二叠紀-中生代前期 Permian-Early Mesozoic	P	粘板岩・チャート・砂岩および千枚岩 (安山岩火砕岩・玄武岩火砕岩などを伴う) Clayslate, chert, sandstone and phyllite (with andesite pyroclastic rock, basalt pyroclastic rock, etc.)		



秋田県岩館周辺の地質 (大沢, 1978に加筆)

## 【③ 秋田県岩館周辺】Nakata et al. (1976) (-1/2-)

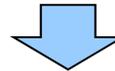
○Nakata et al. (1976)においては、青森県西部から秋田県北部に跨る西津軽海岸を調査し、表層の地震帯における地震性地殻変動と第四紀後期における構造的な地殻変動との関係について考察している。

## 【海成段丘】

- 西津軽海岸には明瞭な海成段丘(空中写真判読及び現地踏査から、上位よりH1, H2, M1, M2, M3, 完新世とする。)が分布する。
- M1段丘は比較的厚い海成堆積物に覆われ、周辺では最も広がりを持ち、MIS5eの海成段丘に対比される。
- H2段丘, M1段丘, M2段丘及びM3段丘は同じように曲隆しており、北海岸では大戸瀬崎付近、南海岸では須郷岬付近でそれぞれ最大標高を示す。
- 地殻変動の波長は北海岸では24~30km, 南海岸では24~28kmを持つことが推定される。
- 南北両海岸において、より高位の段丘がより大きな勾配を示しており、後期更新世を通して同様な地殻変動の累積を受けているとされている。

## 【歴史地震による地殻変動】

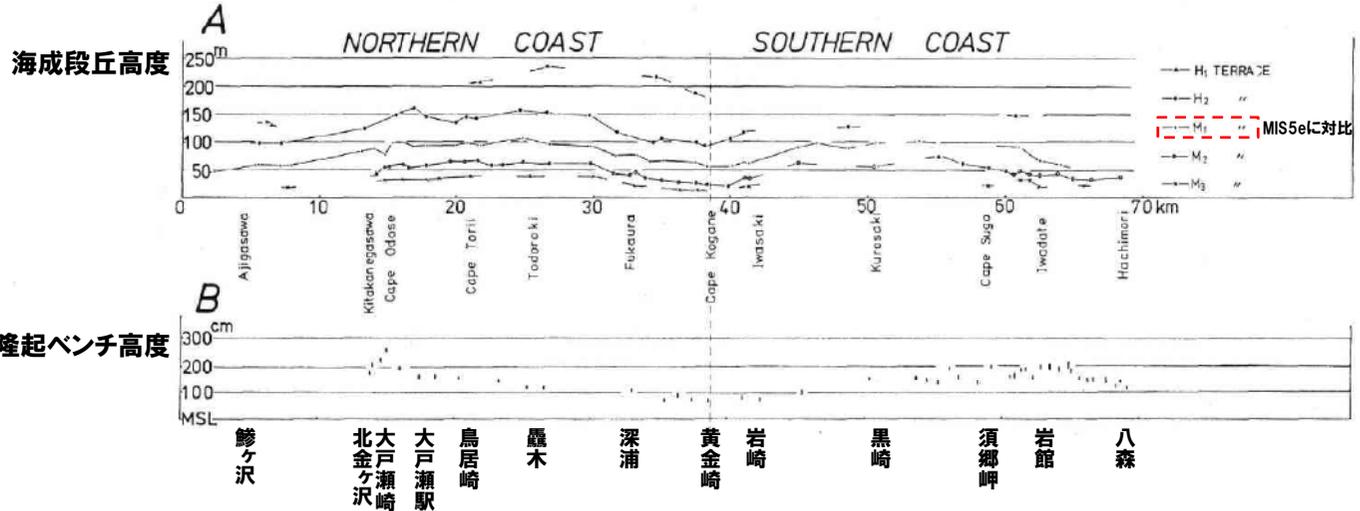
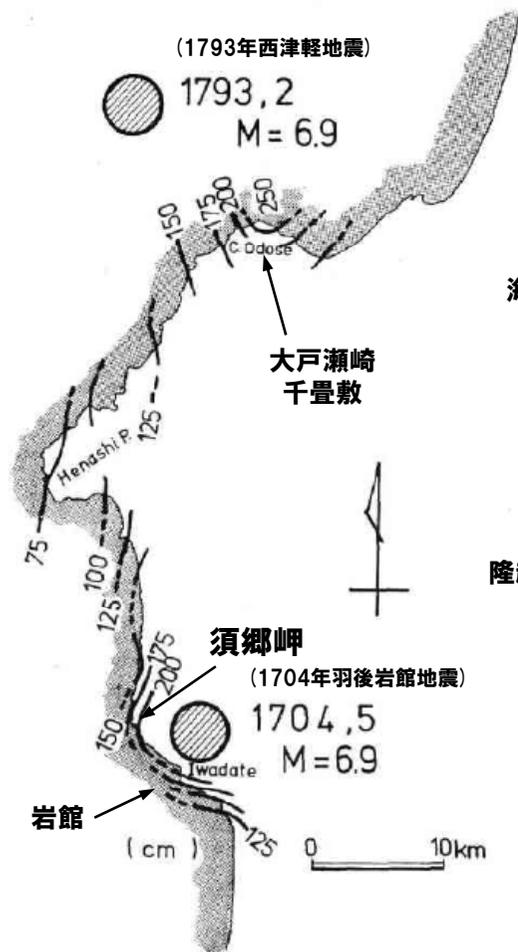
- 1704年羽後岩館地震により、南海岸では広範囲で隆起し、崩山の崩壊により十二湖が形成された。
- 1793年西津軽地震は津波を伴い、北海岸では千畳敷のような顕著な隆起を示した。
- これらの地震によって生じた隆起ベンチは、海岸沿いに岩石ベンチとして広く認められる。
- 海岸線1kmごとの隆起ベンチ高度を測定し、1704年羽後岩館地震及び1793年西津軽地震時の海岸線の垂直変位量を推定している。
- 南海岸における垂直変位量は、岩館付近が最も高く(2.0m程度)、北及び南東に向かって減少する。
- 北海岸における垂直変位量は、千畳敷付近が最も高く(2.5m程度)、東及び南西に向かって減少する。
- 南北の隆起ベンチの勾配は、海成段丘から推定される勾配よりも大きい値を示す。



- 西津軽海岸に分布するH2段丘, M1段丘, M2段丘及びM3段丘は同じように曲隆しており、北海岸では大戸瀬崎付近、南海岸では須郷岬付近でそれぞれ最大標高を示す。
- 1704年羽後岩館地震によって生じた隆起ベンチは、海岸沿いに岩石ベンチとして広く認められる。
- 秋田県岩館周辺における垂直変位量は、岩館付近において最大値(2.0m程度)を示し、北方向及び南東方向に向かって、減少する系統性が認められる。

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【③ 秋田県岩館周辺】Nakata et al. (1976) (-2/2-)



西津軽沿岸における海成段丘高度及び隆起ベンチ高度 (Nakata et al., 1976に加筆)

1704年羽後岩館地震及び1793年津西津軽地震による隆起量 (Nakata et al., 1976に加筆)

## 【③ 秋田県岩館周辺】福留 (1993)

○福留 (1993) においては、秋田県沿岸に被害をもたらした歴史地震及び活断層研究の現状を概観し、近い将来大きな災害をもたらすような地震の可能性について述べている。

## 【地震テクトニクスからみた秋田県沿岸部】

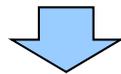
- 東北日本弧の日本海側を含む日本海東縁部は、ユーラシアプレートが東北日本 (北米プレート) に沈み込んでいる活動的な場所であり、日本でも有数の地震多発地帯 (日本海東縁変動帯) となっている。
- 日本海東縁変動帯を地震テクトニクスの細かく見ると4つのゾーン (東から、①東北脊梁帯、②出羽帯、③奥尻帯、④佐渡帯) に分けることができ、各ゾーンはいずれも第四紀に活発化した隆起帯に一致する。
- 地震はこの隆起帯の両縁ないし片縁を画する逆断層群の運動によって起こっており、隆起帯の形成は逆断層運動による垂直変位の累積の結果である。

## 【1704年羽後岩館地震】

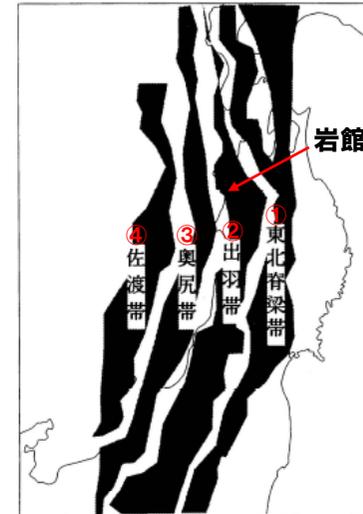
- ②出羽帯に位置する能代から深浦に至る海岸において隆起があり、隆起量は岩館付近で190cm、大間越で45~60cmであった (今村 (1920) による)。
- 白神山地北西部では山崩れが多く発生し、十二湖沼群はこの時できた。
- 地殻変動から、八森~岩崎沖の沿岸に東傾斜の逆断層が推定され、Nakata et al. (1976) による隆起量をもとに求められた断層モデルによると、断層の長さ28km、幅14km、傾斜45°、変位3.5mである。

## 【秋田市近傍を震源とする直下型地震の可能性】

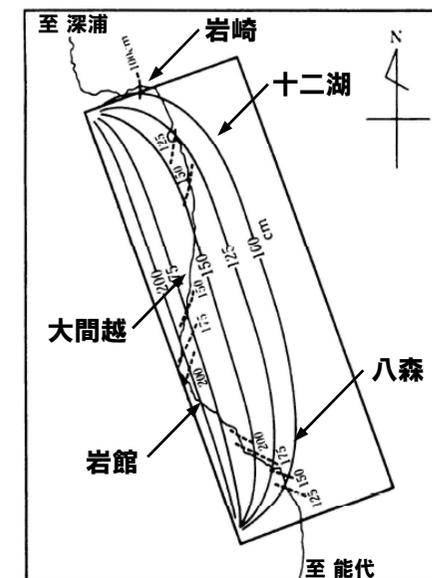
- ②出羽帯及び③奥尻帯において、主な被害地震の震源域を並べると、秋田市北方及び男鹿半島南岸~本荘沖に空白域が存在する。
- この空白域は近い将来被害地震の発生が予見される区域である。



- 1704年羽後岩館地震により、能代から深浦に至る海岸において隆起があり、隆起量は岩館付近で190cm、大間越で45~60cmであり、岩館から遠ざかるに従い高度を減じている系統性が認められる。
- 地殻変動から、八森~岩崎沖の沿岸に東傾斜の逆断層が推定され、断層の長さ28km、幅14km、傾斜45°、変位3.5mである。



日本海東縁  
変動帯の地震区  
(福留, 1993に加筆)

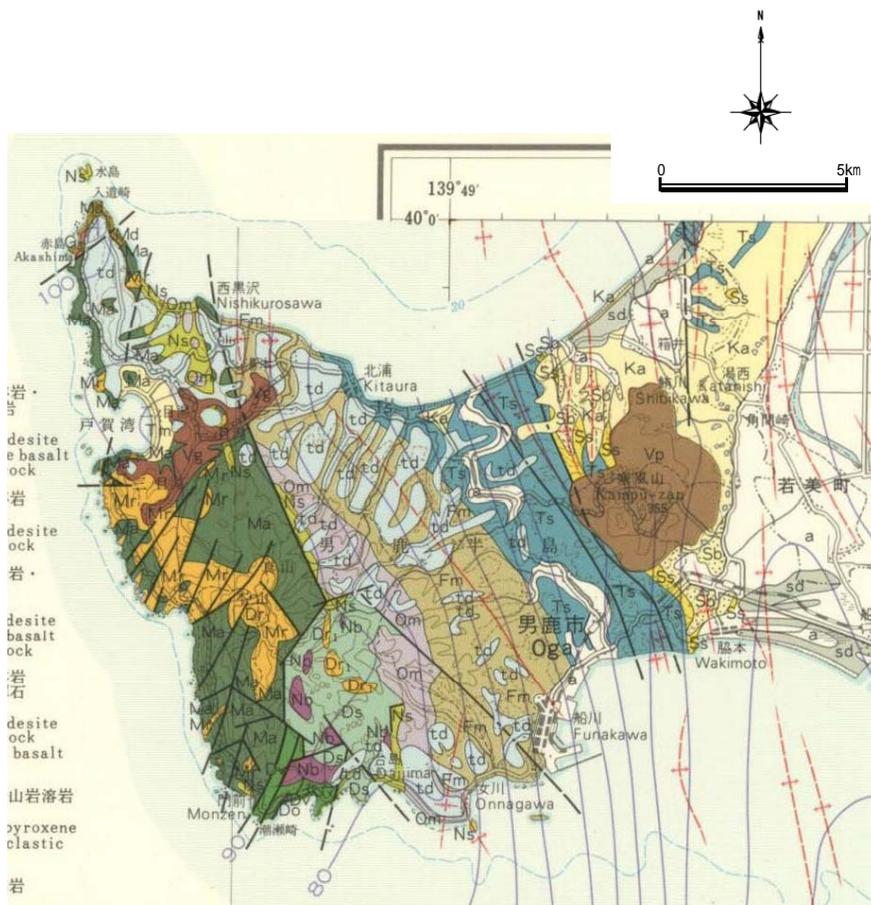


1704年羽後岩館地震の断層モデル  
(数字は隆起量 (観測値及び計算値))  
(福留, 1993に加筆)

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【④ 秋田県男鹿半島】大沢 (1980)

○大沢 (1980) においては、秋田県男鹿半島の沿岸部には、多様な岩種 (火砕岩、溶岩及び堆積岩) が分布するとされている。



秋田県男鹿半島の地質  
(大沢, 1980に加筆)

20万分の1地質図幅「秋田及び男鹿」凡例 男鹿半島周辺海岸部抜粋 (大沢, 1980に加筆)

更新世	砂丘堆積物 Sand dune deposits	sd	砂 Sand
更新世～ 完新世	目黒火山 Megata Volcano	Vg	玄武岩火砕岩など Basalt pyroclastic rock, etc.
	寒風火山 Kampū Volcano	Vp	(角閃石かんらん石)輝石安山岩溶岩 及び火砕岩 (Hornblende-olivine-) pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
更新世	段丘堆積物 Terrace deposits	td	泥・砂及び礫 Mud, sand and gravel
更新世	洞西層 (Ka)・戸賀軽石層 (Tm) など Katanishi Formation (Ka), Toga Pumice Bed (Tm), etc.	Ka-Tm	礫・砂及び泥 (Ka), 軽石凝灰岩 (Tm) Gravel, sand and mud (Ka), pumice tuff (Tm)
	袖川層・高岡層など Shibikawa and Takaoka Formations, etc.	Sb	砂岩及び砂 (酸性凝灰岩・礫・重炭などを伴う) Sandstone and sand (with acid tuff, gravel, lignite, etc.)
鮮新世	天徳寺層・北浦層など Tentokuji and Kitaura Formations, etc.	Ts	シルト岩及び砂岩 (礫岩及び酸性凝灰岩を伴う) Siltstone and sandstone (with conglomerate and acid tuff)
	本畑層 Motohata Formation	Ms	砂岩・礫岩及びシルト岩 (酸性凝灰岩及び重炭を伴う) Sandstone, conglomerate and siltstone (with acid tuff and lig)
中新世後期	船川層 Funakawa Formation	Fm	暗灰色泥岩 (砂岩及び酸性凝灰岩を伴う) Dark grey mudstone (with sandstone and acid tuff)
	女川層 Onnagawa Formation	Om	硬質泥岩 (砂岩及び酸性凝灰岩を伴う) Hard mudstone (with sandstone and acid tuff)
		Ds	(輝石)かんらん石ドレライト (=玄武岩) (Pyroxene-) olivine dolerite (=basalt)
中新世前期・中期		Ns	砂岩・泥岩・酸性火砕岩及び礫岩 (安山岩-玄武岩火砕岩を伴う) Sandstone, mudstone, acid pyroclastic rock and conglomerate (with andesite-basalt pyroclastic rock)
	西黒沢層・阿仁合層上部・ 砂子河層・権現山層・須郷田層など	Nb	(輝石)かんらん石玄武岩溶岩・輝石玄武岩溶岩及び火砕岩 (輝石安山岩火砕岩・泥岩・(輝石)かんらん石ドレライトなどを伴う) (Pyroxene-) olivine basalt lava, pyroxene basalt lava and pyroclastic rock (with pyroxene andesite pyroclastic rock, mudstone, (pyroxene-) olivine dolerite, etc.)
	台島層上部・阿仁合層中部・ 畑村層など	Ds	砂岩・酸性火砕岩及び泥岩 (安山岩 (=玄武岩) 火砕岩・礫岩などを伴う) Sandstone, acid pyroclastic rock and mudstone (with andesite (=basalt) pyroclastic rock, conglomerate, etc.)
	台島層下部・阿仁合層下部・ 萩形層・飯沢層・鹿ノ爪層など	Dv	(かんらん石)輝石安山岩溶岩・(輝石)かんらん石玄武岩溶岩及び凝灰岩- 凝灰角礫岩 (溶結凝灰岩などを伴う) (Olivine-) pyroxene andesite lava, (pyroxene-) olivine basalt lava and tuff-breccia (with welded tuff, etc.)
漸新世・中新世前期		Dr <sub>1</sub>	流紋岩溶岩 Rhyolite lava
		Mr	流紋岩溶岩及び火砕岩 Rhyolite lava and pyroclastic rock
	西男鹿群・ 大又層・ 山内層など Nishioga Group, Omata and Yamauchi Formations,	Ma	輝石安山岩溶岩及び凝灰岩-凝灰角礫岩 (酸性凝灰岩・溶結凝灰岩・デイサイト溶岩・ 玄武岩溶岩・玄武岩凝灰岩-凝灰角礫岩 などを伴う) Pyroxene andesite lava and tuff-tuff breccia (with acid tuff, welded tuff, dacite lava, basalt lava, basalt tuff-tuff breccia, etc.)

## 【④ 秋田県男鹿半島】今村(1941) (-1/2-)

○今村(1941)においては、測地学的方法により男鹿半島周辺の地殻変動を調査し、1939年男鹿地震に伴って生じた隆起、津波等の異変について全体像を明らかにしようとしている。

## 【調査方法】

- 地変を精細に知るには、測地学的方法に依る外はないのであるが、精密水準線路は遠く八郎潟の東岸を通過してあるだけであるから、三角測量によるのが、残された唯一の方法であった。
- 各測点の水平移動を計測するには、半島より最も遠い一等点幟山(一等点男鹿島より北東概ね45km)及び姫ヶ岳(一等点男鹿島より東北東概ね45km)の二点を結んだ基線を不動と仮定して、順次に他の測点の新位置を計測し、その結果を第一回実測の結果に比較して、各測点の移動を決定したのである。
- 各測点の垂直移動の計測に関しては、先づ三等点森崎を不動と仮定し、各測点間の高度を前回測量の結果に比較して垂直の移動量を計算したのである。

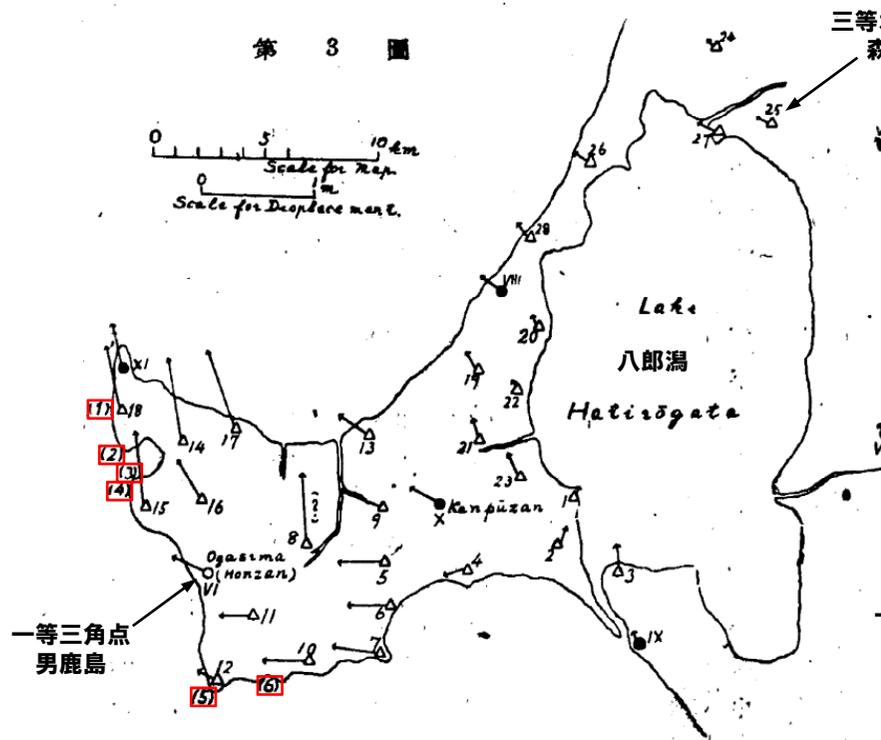
## 【地殻変動】

- 半島の頸部を貫いて現はれた地裂線の東方地区に於ては水平移動が寧ろ軽微であるが、反対に其の以西に於ては、移動が大きく、西に行けば行く程、さうである。
- この西部の移動を更に詳細に見ると、其の北部は概して北々西の方向に70纏程移動し、南部は概して西方へ40纏程の移動をなしたのである。
- 一見して気付かれることは、半島の頸部に現はれた地裂線並びに其の引長線に近く位している諸点に於ては、垂直変動が最も軽微なことである。
- 其処から東に在る諸点は、概して軽微な隆起又は沈降を示し、一見不規則ではなるが、八郎湖畔に近づくに従ひ、隆起の傾向が顕著になってゐる。
- 上記の軸線から西に在る諸点は、概して西するに従つて次第に隆起し、西海岸に於ては最も高く、最大44纏に及んでゐる。
- 半島の西海岸を巡り、(1)乃至(6)の場処に於て、表に示すやうな高さに旧汀線の痕跡を見出した。
- 此等の汀線は、其の鮮明な度合から見ても、文化時代を代表するもののやうである。

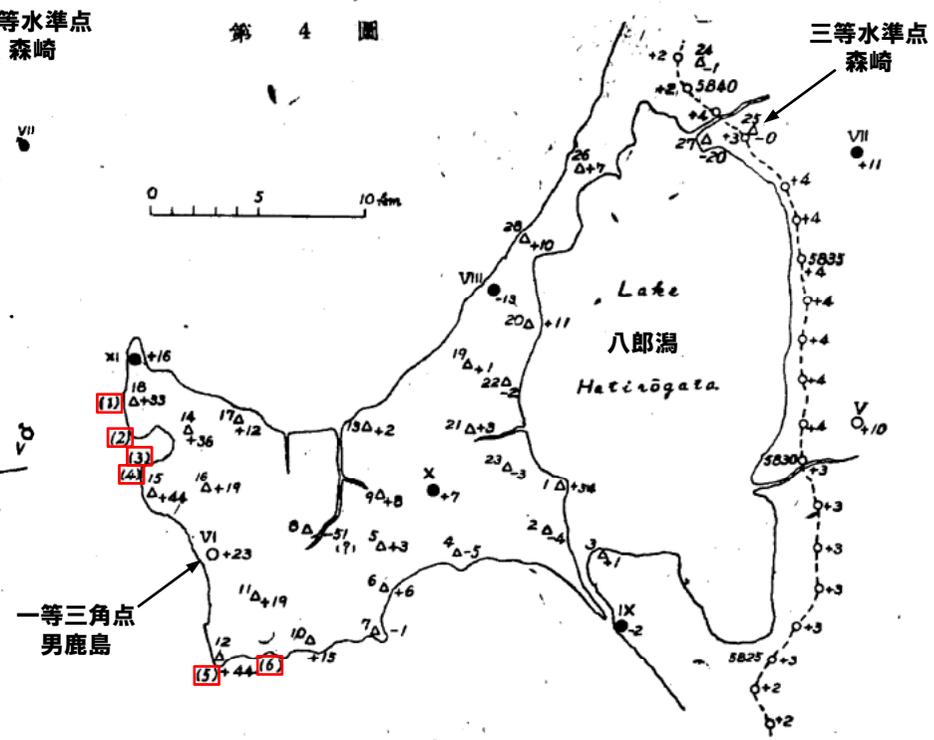


- 1939年男鹿地震による地殻変動は、男鹿半島の西側に向かって隆起量及び水平移動量が増加している系統性が認められる。
- 海岸地形については、男鹿半島の西海岸において、文化時代(1810年文化男鹿地震)の旧汀線が認められるとされている。
- 次頁表中に記載された高度の差分から、1939年男鹿地震において20~50cm程度の隆起が認められるものの、旧汀線指標に関してベンチ、ノッチ等の具体的な記載はされていない。

【④ 秋田県男鹿半島】今村(1941) (-2/2-)



□: 下表に記載の地点  
男鹿半島周辺の水平変位量(今村1941に加筆)



□: 下表に記載の地点  
男鹿半島周辺の垂直変位量(今村, 1941に加筆)

1810年文化男鹿地震以前の旧汀線痕跡(今村, 1941に加筆)

番 号 <sup>※1</sup>	地 名	現平均海面上	14 年地震前海面上 <sup>※2</sup>
(1)	潜 岩	220	180
(2)	辨 天 崎 (戸 賀)	160	120
(3)	鹽 戸	170	120
(4)	ゲ ト 鼻 ノ 岬	220	170
(5)	鹽 濃 崎	180	140
(6)	椿	130	100

○1810年文化男鹿地震以前の旧汀線について、1939年男鹿地震前後の海面からの高度が記載されている。  
1939年男鹿地震時の隆起量 = 「現平均海面上」 - 「14年地震前海面上」

※1: 番号は上図に記載の地点に対応  
※2: 昭和14年(1939年)

## 【④ 秋田県男鹿半島】今泉(1977) (-1/2-)

- 今泉(1977)においては、地震時の地殻変動と、海成段丘の高度分布から知られる地殻変動の傾向について調査し、第四紀後半の地震性地殻変動との関連性について考察している。
- 【海成段丘と地殻変動】
- 北浦から安全寺付近に発達する段丘面を高度差によってT<sub>I</sub>面、T<sub>II</sub>面、T<sub>III</sub>面、T<sub>IV</sub>面の4面に区分し、これらの4面について航空写真を用いて、面の発達、連続性、開析程度、高度等をもとに、半島全域について区分、対比をおこなった(次頁上左図)。
- 旧汀線が明瞭でかつ連続する半島西部～中央部では旧汀線の高度を測定したが、半島北東部南東部では、段丘の発達は良いが、孤立して分布したり、旧汀線の認定が困難なところでは、段丘面の平坦部で最高の地点を読んだ。
- 測定には高度計(気圧計)を用い、m単位まで読んだ。
- T<sub>II</sub>面、T<sub>III</sub>面、T<sub>IV</sub>面(T<sub>I</sub>面は省略)の旧汀線高度分布パターンは、いずれもよく類似しており、地殻変動の様式は、半島南西側の隆起が北東側より大きく、北東方向へ傾いている。
- 最大傾斜の方向はT<sub>II</sub>面、T<sub>III</sub>面、T<sub>IV</sub>面ともにだいたいN30° E方向であり、T<sub>II</sub>面 $4.6 \times 10^{-3}$  (15.8'), T<sub>III</sub>面 $3.0 \times 10^{-3}$  (10.3'), T<sub>IV</sub>面 $1.9 \times 10^{-3}$  (6.3')であり古い面になるに従ってその傾きは大きく、これは段丘形成後の地殻変動の累積を示すものと考えられる。
- 【1939年男鹿地震と地殻変動】
- 1939年男鹿地震時における地殻変動様式とうまく対応するような断層モデルとして、各パラメーター(震源要素)を表のように定めた。
- 断層の位置は震源地から半島西側と推定され、地形的にも海底の急崖がこの可能性を支持しているものといえよう。
- 1939年男鹿地震は、半島西部における断層の変動によるものと推定され、断層の上盤に位置する男鹿半島は下盤に対して相対的にずり上がり、西側で最も隆起し、北東方向へ傾動したと考えられよう。
- 【考察】
- 1939年男鹿地震時の地殻変動(次頁上中央図)の様式と海成段丘の旧汀線高度分布から求められる地殻変動の様式(次頁上右図)とを比較すると、多少の相違はあるものの、いずれの場合にも、半島西側程隆起量は大きく半島中央部から北東ないし東側へ傾斜するという傾向は認められる。
- このことは、更新世の段丘の変位が地震性地殻変動を十分に反映している可能性を示していると考えられる。
- 段丘面の傾きについて見てみると、地震性地殻変動の累積は、十分に考えられるようであるが、段丘面の高度は、地震時の傾動隆起の累積からだけでは説明できない。
- このことは、当時の海面の高度を考慮しても、地震性地殻変動の外にさらにより広域的な隆起を及ぼすような非地震性的地殻変動を示唆しているように思われる。



- 1939年男鹿地震は、男鹿半島西岸へ向かって系統的に海成段丘高度が増加している状況から、半島西部における断層(逆断層)の変動(東上がり)によるものと推定される。
- 男鹿半島における段丘面の傾きは、地震時の傾動隆起の累積からだけでは説明できないことから、地震性地殻変動の外に、より広域的な隆起を及ぼすような非地震性的地殻変動を受けていると考えられる。

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【④ 秋田県男鹿半島】今泉 (1977) (-2/2-)

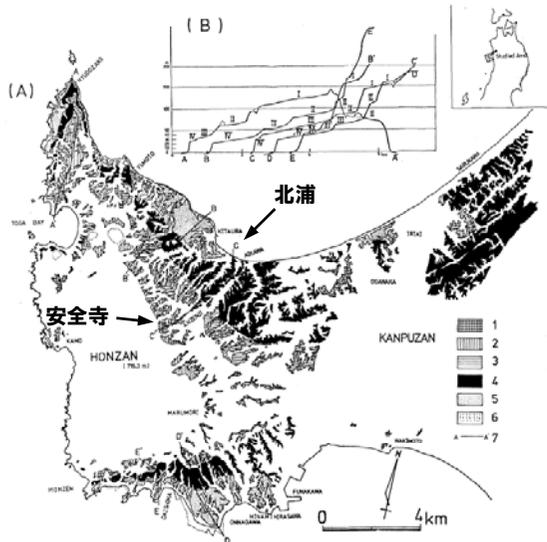
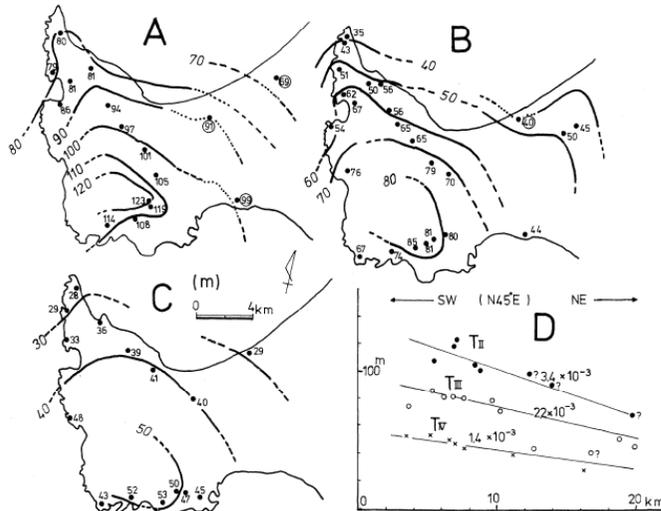
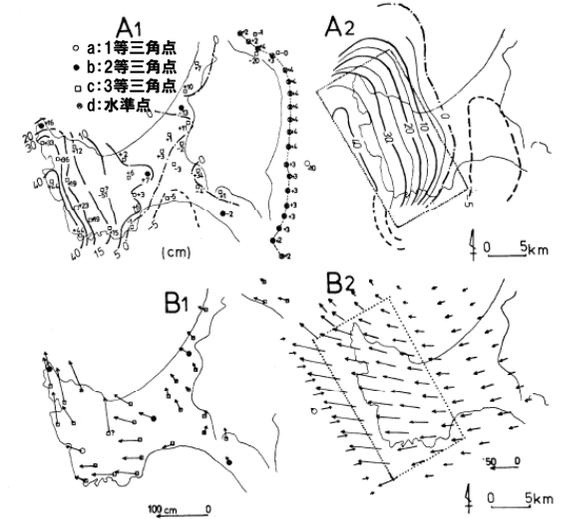


Fig. 3-1 A 男鹿半島の段丘区分  
1. T<sub>I</sub>面 2. T<sub>II</sub>面 3. T<sub>III</sub>面 4. T<sub>IV</sub>面 5. T<sub>V</sub>面 6. 河成面 7. 地形断面の位置  
B 主要地形断面

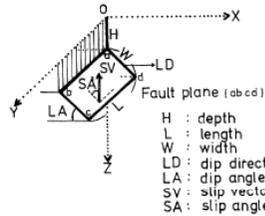
男鹿半島の段丘分布  
(今泉, 1977に加筆)



A: T<sub>I</sub>面の旧汀線高度分布 B: T<sub>II</sub>面の旧汀線高度分布  
C: T<sub>III</sub>面の旧汀線高度分布 D: N45° E方向の傾き  
男鹿半島の旧汀線高度分布と傾き (今泉, 1977)

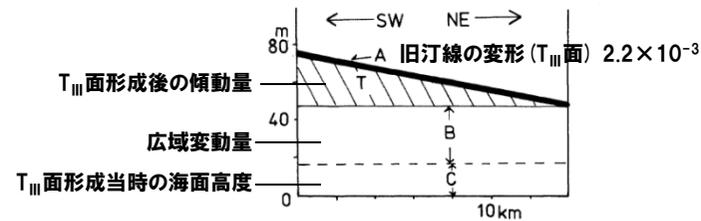


A<sub>1</sub>: 垂直変動量 (観測値) A<sub>2</sub>: 垂直変動量 (計算値)  
B<sub>1</sub>: 水平変動量 (観測値) B<sub>2</sub>: 水平変動量 (計算値)  
1939年男鹿地震時の地殻変動 (今泉, 1977に加筆)



OGA	Earthquake
1939_5_1	H=0
L × W	24 km × 16 km
LD	N 60° E
LA	45°
SA	30°
Reverse Fault	

1939年男鹿地震の断層モデルとパラメーター (今泉, 1977)



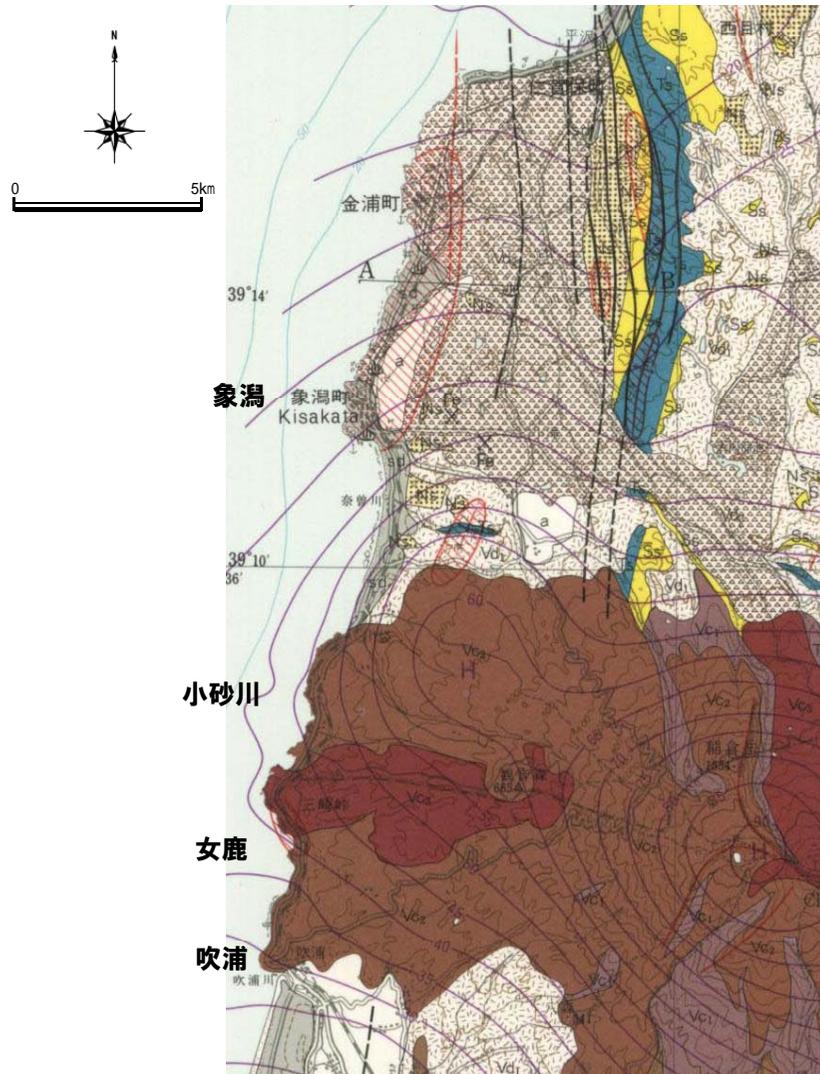
※T<sub>III</sub>面: 下末吉面 (12~13万年前) に対比されるとされている。

男鹿半島における地震性地殻変動と広域変動の関係  
(今泉, 1977に加筆)

余白

## 【⑤ 秋田県象潟周辺】大沢 (1988)

○大沢 (1988) においては、秋田県象潟周辺の沿岸部には、多様な岩種 (砂, 岩屑なだれ堆積物及び溶岩) が分布するとされている。



20万分の1地質図幅「新庄及び酒田」凡例 象潟周辺海岸部抜粋 (大沢, 1988に加筆)

完新世	砂丘堆積物 Sand dune deposits	sd	砂 Sand
	象潟岩屑なだれ堆積物 Kisakata debris avalanche deposits	Vc3	火山岩塊・火山礫・火山砂及び火山灰 Volcanic block, volcanic lapilli, volcanic sand and ash
更新世中期～完新世	鳥海火山 Chōkai Volcano	ステージ III Stage III	Vc3 (かんらん石) 輝石安山岩溶岩 (火砕岩を伴う) (Olivine-) pyroxene andesite lava (with pyroclastic rock)
		ステージ II Stage II	Vc2 (角閃石) かんらん石輝石安山岩溶岩 (輝石かんらん石玄武岩溶岩及び火砕岩を伴う) (Hornblende-) olivine-pyroxene andesite lava (with pyroxene-olivine basalt lava and pyroclastic rock)
	西目層及び庄内層群 Nishime Formation and Shōnai Group	Ns	砂 (礫などを伴う) Sand (with gravel etc.)
	笹岡層及び観音寺層 Sasaoka and Kannonji Formations	Ss	砂岩及び砂 Sandstone and sand
鮮新世	天徳寺層・楯山層及び丸山層 Tentokuji, Tateyama and Maruyama Formations	Ts	シルト岩 (泥岩・砂岩及び酸性凝灰岩を伴う) Siltstone (with mudstone, sandstone and acid tuff)

秋田県象潟周辺の地質 (大沢, 1988に加筆)

## 【⑤ 秋田県象潟周辺】平野ほか(1979) (-1/2-)

○平野ほか(1979)においては、1804年象潟地震に伴う地形変化に関する既往の研究は必ずしも十分ではなかったとされ、地表地質踏査、トレンチ調査等により、地形変化の様式を明らかにしようと試みている。

## 【調査方法】

- 象潟町川袋(かわふくろ)以北についての調査は、空中写真判読から、地震隆起以前の海岸線、象潟湖の湖岸線の予図を作成した。
- 現地において微地形ならびに表層地質の調査を行い、旧汀線の認定にあたった。
- 表層地質の調査には、主としてボーリングステッキ(1.5m)、ハンドオーガー(5m)を用い、場所によりトレンチを掘った。
- 象潟町川袋以南の地域では、地震隆起の痕跡と思われるベンチやノッチ等の海岸地形の高度分布を調査した。
- 旧汀線高度の測定は、海岸付近ではハンドレベルを用い、海岸から離れた内陸部(象潟湖)ではレベルにより、海面からの高度をcm単位で測量し、金浦港を潮位基準港として海面補正を行った。

## 【地震隆起に伴う地形変化】

- 象潟市街地付近の旧汀線の位置は現在の海岸線より200~500m内陸側に位置し、旧汀線高度は180cm前後である。
- 川袋以南では、地震前の海水準を示すと思われるノッチ・ベンチが断片的に残り、地震隆起があったことを示している。
- 川袋に近い小砂川では、ベンチは110cm、265cm、300cmに出現するが、川袋の貝遺骸の高度から考えて最下位のベンチが地震直前の海水準を示すと思われる。
- 女鹿(めが)では90~100cmとなり、吹浦では不明瞭ながら90cmの値が得られる。
- 隆起域は南北25km以上にわたっており、推定隆起量は、象潟付近の海岸部で最大となり180cmとなる。
- 隆起汀線の南北方向への傾きは、象潟を中心に北へ0.8%、南へ0.83%となり、ほぼ南北に対称的な隆起パターンを示す。

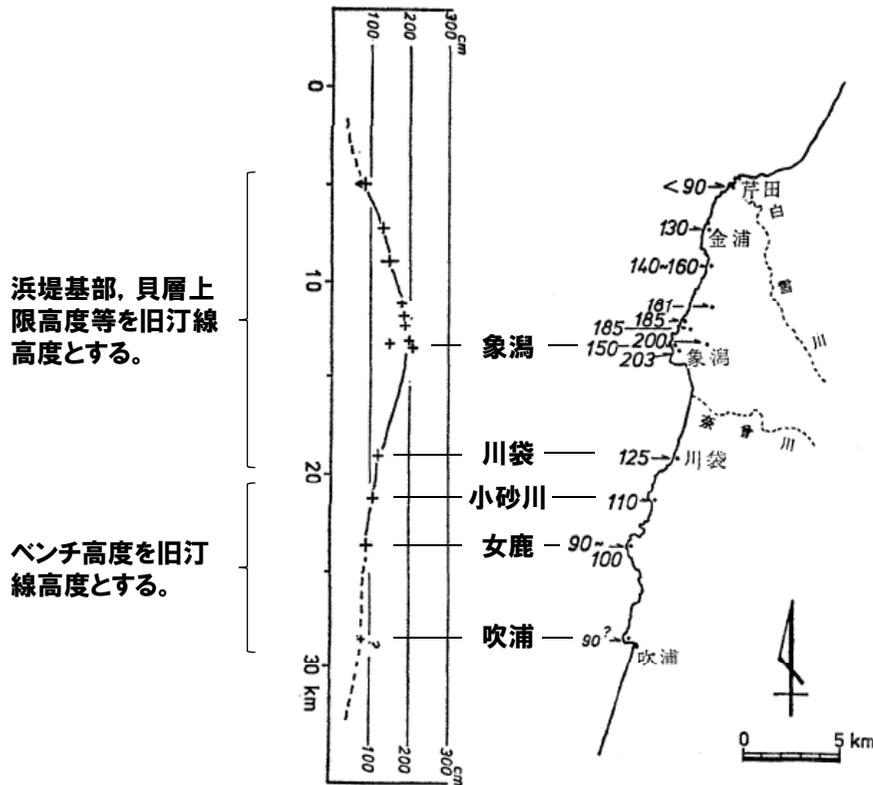
## 【推定される震央位置】

- 地震隆起パターンから判断すると、震央は隆起の中心であった象潟付近にあったと考えられる。
- 海岸付近の陸上には、震源断層と考えられる変位地形は認められなかった。
- したがって、震源断層は津波の発生なども勘案すると、象潟にごく近い海底にあったと思われる。
- また、海岸方向に顕著な変形域や、対称的な隆起パターンから、震源断層は海岸線にほぼ平行する走向(北北東-南南西)を持つと考えられる。
- 東北地方の内陸部の同じ走向を持つ活断層や地震断層が逆断層であり、1964年の新潟地震の震源断層も同性格のものであることから、隆起域の分布も考慮すると象潟地震の震源断層は東に傾斜する逆断層と推定される。

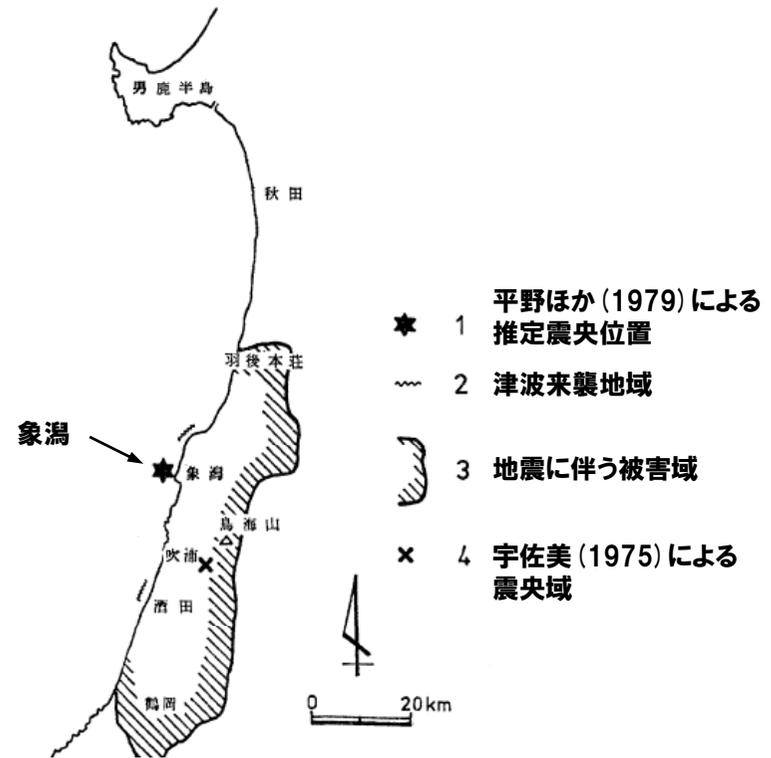


- 1804年象潟地震により隆起した旧汀線高度は、最も隆起した象潟付近(180cm)を中心に南北へ向かって減少する系統性が認められる。
- 地震性隆起が確認されている沿岸部のうち、小砂川以南には隆起ベンチが断片的に分布し、象潟から離れる方向(南)に向かって高度を減じている(110→90cm)。
- 震源断層は、津波の発生なども勘案すると、象潟にごく近い海底にあったと思われる、海岸方向に顕著な変形域や、対称的な隆起パターンから、震源断層は海岸線にほぼ平行する走向を持つ東傾斜の逆断層と考えられる。

【⑤ 秋田県象潟周辺】平野ほか(1979) (-2/2-)



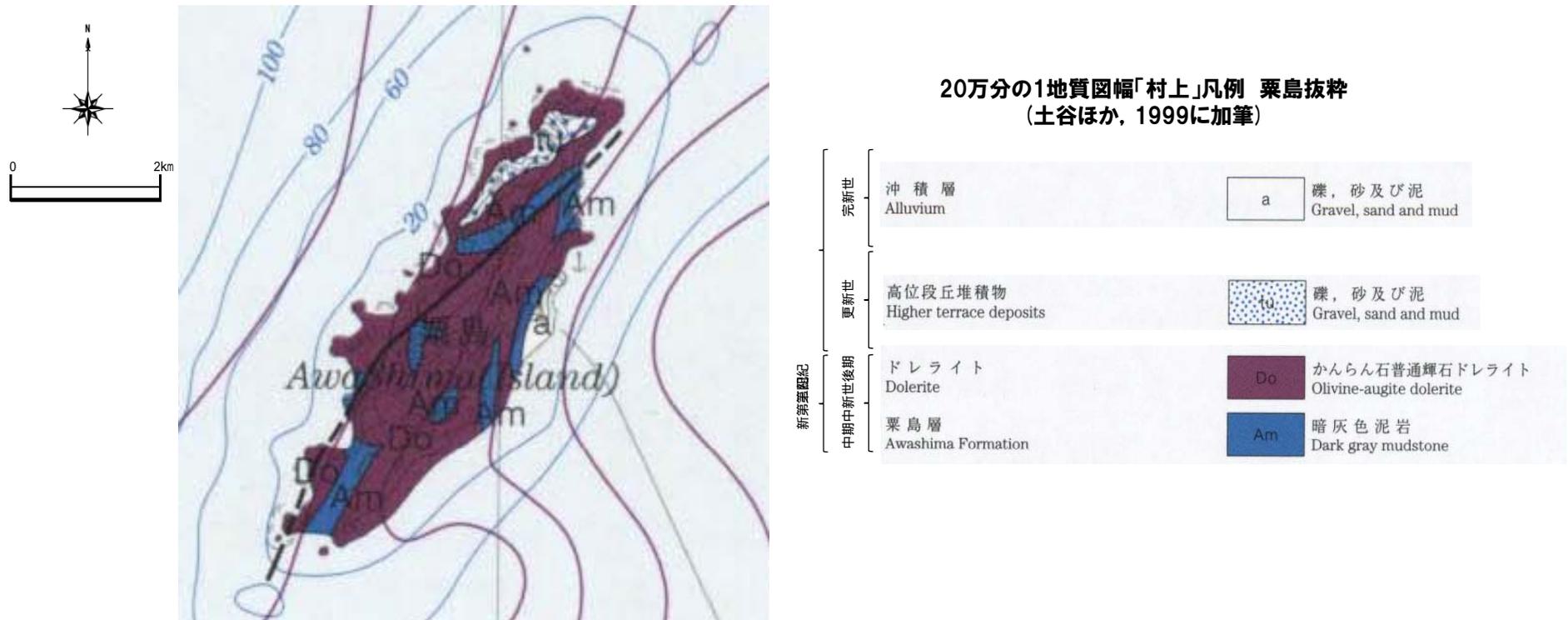
1804年象潟地震に伴う隆起量 (cm)  
(平野ほか, 1979に加筆)



1804年象潟地震に伴う被害の広がり及び震央  
(平野ほか, 1979に加筆)

## 【⑥ 新潟県粟島】土谷ほか(1999)

○土谷ほか(1999)においては、新潟県粟島には、主に、溶岩及び堆積岩が分布するとされている。



新潟県粟島の地質  
(土谷ほか, 1999に加筆)

## 【⑥ 新潟県粟島】中村ほか(1964)

○中村ほか(1964)においては、1964年新潟地震による粟島の地変、特に、隆起量の測定(22地点)及び新たに生じた断層の観察を行っている。

## 【粟島の地質】

○粟島は、主に、第三紀層の泥岩と、それを貫く粗粒玄武岩岩床から成っている。

## 【測定方法】

○海面下から隆起した岩礁や巨礫の表面には、水平な縞模様が見られる。この縞模様のうち、肉眼的に最も認めやすい、茶黒色に変色した海藻類の上限と、その場所での海面との比高を、ポケットコンパスで測定し、後にこれを補正するという方法をとった。

○5~10mのミズ糸を水平に張り、コンパスの高さとミズ糸の比高を、4cmきざみの尺で読み取った。

## 【粟島の地変】

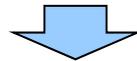
○粟島およびその附近は地震直後に0.8~1.5mの隆起を示した。

○第一近似としては隆起部分は剛体のように傾動した。その走向はN約25° E、傾斜はNWに約55°である。

○より細かくみると、隆起量の大きいところほど(東南部ほど)傾斜が大きい傾向がある。また南部と北部では一般走向および傾斜が異なり南部のほうが走向は南北方向に近く傾斜がやや急である。東海岸には明瞭な隆起の不連続があり、それ以南の隆起が著しい。

○この東海岸における不連続区間から内陸側に、実際に、東側沈下の断層(内浦断層とよぶ。最大落差70cm)が見出された。

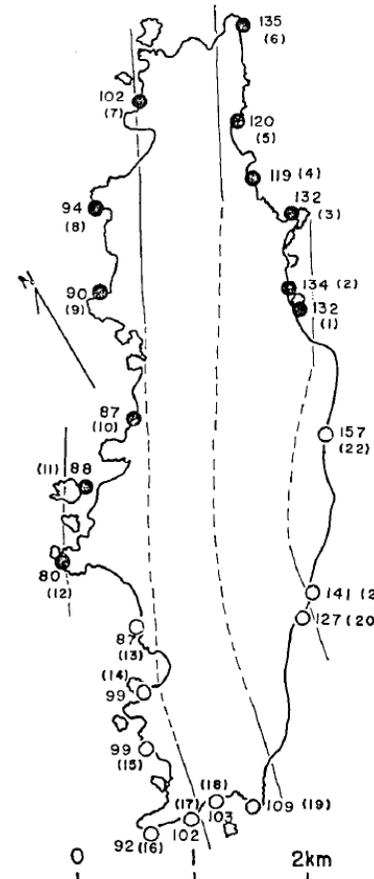
○内浦断層の一般走向は、約N30° Eで、島の長軸にほぼ平行し、北東方に変位量を減少し、内陸で消失する。



○1964年新潟地震により、粟島全体が北西方に傾動隆起し、島全域に分布する波食棚が離水した。

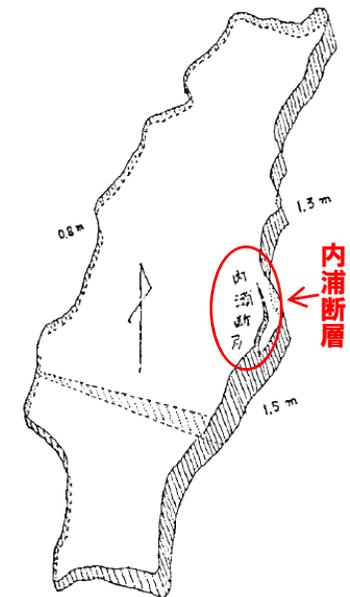
○粟島の地震直後の隆起量は、東岸で1.5m、西岸で0.8mを示し、相対的に東岸の方が高度が高い系統性が認められる。

○東海岸の隆起量に不連続の見られる地点から内陸側に、内浦断層が生じた。



単位はcm  
( )内は地点番号  
等隆起線間隔は20cm

粟島の隆起量  
(中村ほか, 1964に加筆)



粟島の隆起と  
内浦断層を示す概念図  
(中村ほか, 1964に加筆)

## 【⑥ 新潟県粟島】高橋(1965) (-1/2-)

○高橋(1965)においては、1964年新潟地震に伴う粟島東岸で1.5m、西岸で0.8mの傾動的隆起により、従来観察し難かった旧汀線付近の浅い海蝕面が露出して観察が可能となったことから、海岸縦断面形の測量を行い、断面形の解析を主体として粟島の海岸微地形を解明しようとしている。

## 【粟島の地質】

○島の地質は主として、第三紀の泥岩と、それを貫く粗粒玄武岩とからなる。

## 【測量方法】

○海岸縦断面測量は、60ヶ点(No.38を除く)を任意に選んで、次のような方法で行った。海岸線の一般方向に直角に測線を取り、海蝕崖基部または、海岸植物帯下限から海側にむかってティルディングレベルを用い、距離はテープによって2m間隔にポールをたてて、高距をcm単位で読みとった。

## 【粟島の海岸地形】

○得られた断面形から、比高を主な基準として、次のように分類した。

Ⅰ面：隆起したストームベンチ

Ⅱ面：隆起した旧海水準付近の波蝕棚

Ⅲ面：隆起した旧干潮面下の浅い波蝕面

○Ⅰ面は主として西岸に認められ、その多くは岬、突出部の荒磯であって近づくことが困難であり、測量例は乏しいがNo.30がその例である。

○Ⅱ面・Ⅲ面の断面形は、顕著な傾斜の変換点をもっている。変換点の高さは、泥岩の面では旧海水準付近の高さであり、粗粒玄武岩の面では旧海水準よりやや高いものが多い。その変換点を境に海蝕崖基部にむかって傾斜を増している。基部は東岸では砂礫もしくは巨礫で構成されているものが多く、西岸では侵蝕面が露出しているところが比較的多い。

○断面形を典型的に区分すると、次頁の図「粟島の海岸縦断面形の類型Ⅰ」のように分類しうる。

○A型・B型は主として西岸にみられる型であり、C型・D型は東岸に多く認められるもので、D型は東岸以外でも入江部で多く見られる。

○東西両岸の断面形にみられる著しい差異は、A型・B型にみられる基部の急傾は地層の一般傾斜と近似であり、基部の面は地層の傾斜に順応しており、島の地質構造に由来するものであると判断しうる。

○東西両岸に作用する波の営力の相違も考察しなければならないが、それについての研究はまだ進んでいない。

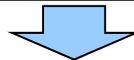
○岬や突出部は主として粗粒玄武岩で構成され、Ⅱ面に分類しうる波蝕棚が存在する。Ⅱ面とⅢ面との関係は、岬の部分では不連続であり、小急崖で画され、入江の方向に漸移するにつれて崖高を減じ、やがて連続的になる場合が認められる。その断面形は、次頁の図「粟島の海岸縦断面形の類型Ⅱ」に典型的に示されるように岬から漸移部さらに入江の奥にかけて変化していく。

4-a：岬部では先端に逆傾斜をなす部分が認められることが多い。

4-b：漸移部では面の比高は岬において高く、入江に向うに従って低くなる傾向をもつ。

4-c：入江部の断面形。よりgraded profile(平衡縦断面)に近い状態である。

○岬と入江部との形態的な相違を類型化し、波蝕棚面は岬で高く、入江で低いこと、入江部の断面形はよりgraded profile(平衡縦断面)に近いことを知った。

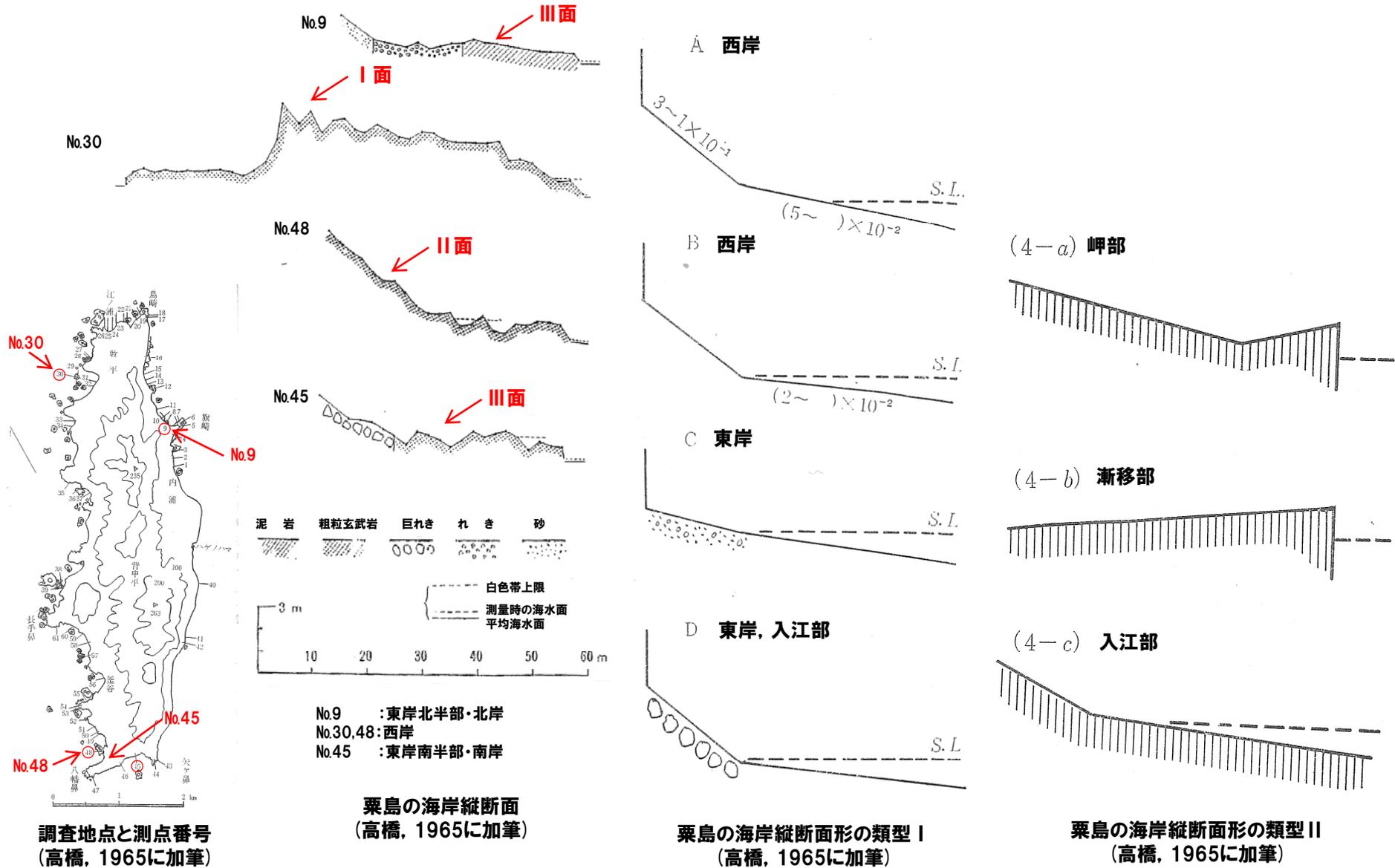


○東西両岸の断面形に形態的な差異が認められ、西岸において基部の傾斜が地層の傾斜と近似しており、その差異は地質構造の反映と判断された。

○東西両岸に作用する波の営力の相違も考察しなければならないが、それについての研究はまだ進んでいない。

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【⑥ 新潟県粟島】高橋(1965) (-2/2-)



## 【⑥ 新潟県粟島】茂木 (1977)

○茂木(1977)においては、海上保安庁水路部(現在の海上保安庁海洋情報部)で測量した精密な各種の等深浅図を使って斜め投影に置き換え、立体的な描画を加える方法で日本近海の海底俯瞰図を作成し、各海域について解説している。

## 【佐渡島周辺の海底】

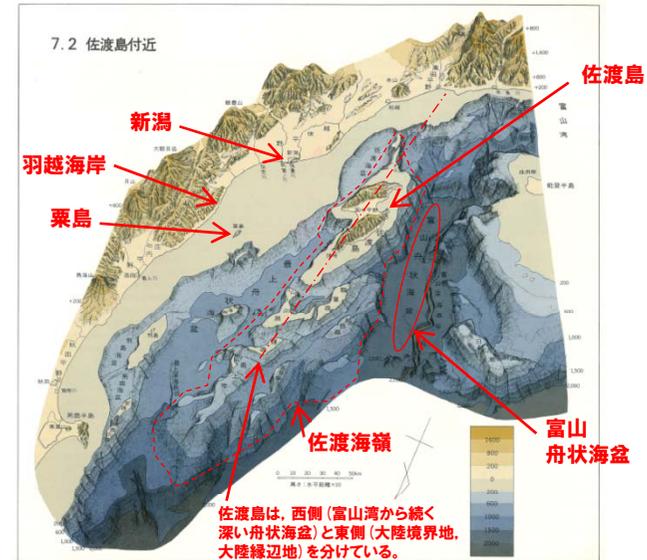
- 富山から秋田に至る日本海岸は、山地が海岸まで迫る美しい岩石海岸と広々とした田園風景の広がる平野海岸とが織りなす、変化に富んだ海岸である。
- 佐渡島は、富山湾から続く深い舟状海盆によって特徴づけられた西側と、continental borderland(大陸境界地、大陸縁辺地)と呼ばれる山岳と盆地のさくそうした東側とを分けている。
- 佐渡海嶺全体が、東側の断層を境に隆起した、大きな地背斜と考えることができる。

## 【日本海岸の大陸棚と1964年新潟地震】

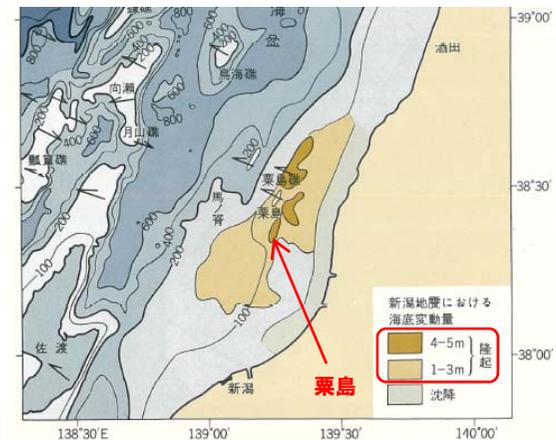
- 震源近くの粟島が、約2m隆起し、しかも島全体が西方に傾いたのである。
- 粟島は大陸棚の縁辺部を占める一つの大きな地塊の一部にすぎず、今回の地震によって隆起したのは粟島だけではなく、この地塊全体であったこと、その隆起は、最大5mに達したことがわかった。
- 粟島を乗せた大陸棚外縁部は、東側に断層をもった傾動地塊であって、羽越(うえつ)海岸の傾動山地に接しており、ちょうど佐渡海嶺の翼部に発達していた傾動地塊群と、似た状態にあったと考えられる。



- 1964年新潟地震時に伴い、震源近くの粟島が約2m隆起し、島全体が西方に傾く系統性が認められる。
- 粟島は大陸棚の縁辺部を占める一つの大きな地塊の一部であり、この地塊は東側に断層を持つ傾動地塊である。



佐渡島付近の海底俯瞰図  
(茂木, 1977に加筆)

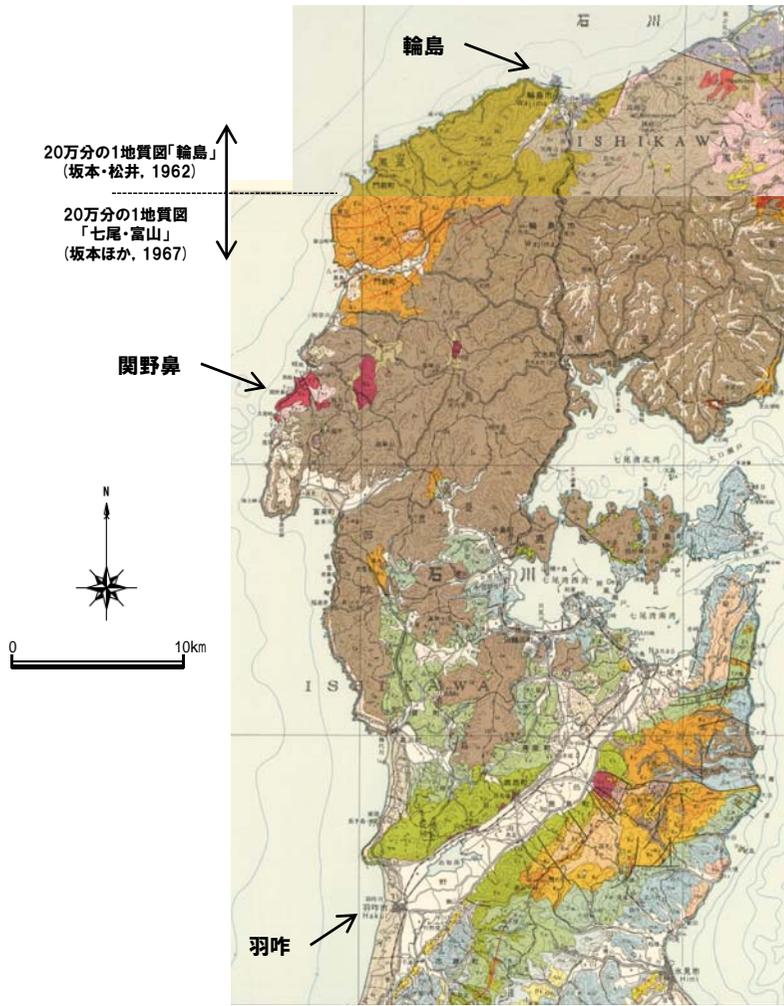


佐渡海嶺諸堆の傾動方向と新潟地震による地殻変動  
(茂木, 1977に加筆)

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

#### 【⑦ 石川県関野鼻周辺】坂本・松井（1962）及び坂本ほか（1967）

○坂本・松井（1962）及び坂本ほか（1967）においては、石川県関野鼻周辺の沿岸部のうち、北側の輪島周辺には堆積岩、関野鼻周辺には火砕岩及び溶岩、南側の羽咋（はくい）周辺には砂丘層が主に分布するとされている。



石川県関野鼻周辺の地質  
(坂本・松井, 1962及び坂本ほか, 1967に加筆)

20万分の1地質図「輪島」凡例 海岸部抜粋  
(坂本・松井, 1962に加筆)

第四紀	Recent	沖積層	Alluvium
新第三紀	中新世	陸揚土灰岩 (輪島層・兼田層)	Discontinuous mudstone (Iwaka and Iida members)
		黒色泥岩 (南志見層)	Black mudstone (Najimi member)
		礫岩砂岩泥岩互層 (東田内層)	Alternation of conglomerate, sandstone and mudstone (Higashi-izumi member)
		礫岩砂岩泥岩互層	Alternation of conglomerate, sandstone and mudstone
		石炭山岳岩および同質凝灰岩 (小島の玄武岩を伴う)	Dacite and dacitic tuff (with basalt)
元来層	元来層	安山岩および同質火砕岩 (小島の玄武岩・石炭山岳岩および同質凝灰岩を伴う)	Andesite and andesitic tuff-breccia (with basalt, dacite and dacitic tuff)

20万分の1地質図「七尾・富山」凡例 海岸部抜粋  
(坂本ほか, 1967に加筆)

第四紀	Recent	沖積層	Alluvium
		砂丘層	Dune sand
更新世	Pleistocene	中更新世層および未区分沖積層	Middle Pleistocene and undivided Pleistocene deposits
		下更新世層	Lower Pleistocene deposits
新第三紀	中新世	安山岩溶岩および安山岩火山噴出物	Andesite lava and andesite lapilli tuff
		石灰質砂岩	Calcareous sandstone
		砂岩	Sandstone
		礫岩	Conglomerate
		礫岩および礫岩砂岩泥岩互層	Conglomerate and alternation of conglomerate, sandstone and mudstone
羽咋層	羽咋層	安山岩溶岩および安山岩凝灰岩	Andesite lava and andesite tuff-breccia
時代未詳	Hida metamorphic rocks	片岩および片麻岩	Schist and gneiss

## 【⑦ 石川県関野鼻周辺】浜田ほか(2007) (-1/2-)

○浜田ほか(2007)においては、更新世海成段丘の旧汀線高度分布、完新世離水地形の高度分布と2007年能登半島地震に伴う地殻変動量を比較し、2007年能登半島地震の特徴について検討している。

## 【2007年能登半島地震に伴う地殻変動】

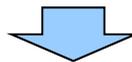
- 能登半島地震に伴う地表の地殻変動量については、地震前後の航空レーザー計測による1m-DEMの差分値を用いた。
- 海岸線付近の隆起量は、海士(あま)岬以南ではほとんど検出されないが、海士岬から北に向かうほど増大し、関野鼻で最高値の0.45mを示し、赤神までは約0.3m以上であり、さらに北方の鹿磯(かいそ)にかけては急激に減少し、鹿磯以北ではほとんど検出されない。

## 【第四紀後期海成段丘について】

- 千の浦(ちのうら)付近の標高10~25mには、開析はほとんど進まず明瞭な平坦面を示す地形面が広く分布し、旧海食崖下で勾配変換点が認められ、北に向って連続して追跡することができる。この勾配変換点は旧汀線であると判断でき、千の浦付近では標高20mであり、北に向かうほど標高が高くなり、赤崎付近では標高40mとなる。
- 能登半島西岸のうち、特に輪島市から門前、そして震源断層が通過したとされる鹿磯から南方の千の浦付近までには、少なくとも2つのレベルに完新世に離水したと思われる波食棚・ノッチなどの海岸地形が認められる。完新世離水海岸地形と判断される地形単元は小さい。
- 中位段丘の旧汀線高度は、滝町から福浦港北方までの区間と海士岬から赤神までの区間では、振幅が大きく異なる2つの波状変位が存在していると考えられ、海士岬以北は北から南へ高度を減ずる傾動隆起を示しているようである。

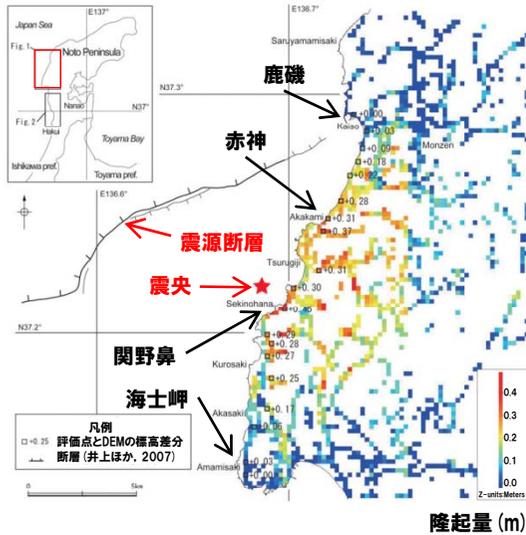
## 【2007年能登半島地震性地殻変動とその累積性】

- 海岸部における能登半島地震に伴う鉛直地殻変動の様式は、中位段丘の旧汀線高度分布から分かる変動様式と極めて調和的である。
- 今回の地震と同様の地殻変動が地震のたびに繰り返すと仮定した場合、中位段丘が形成された12.5万年前以降、83回(37m÷0.45m)の地震が発生したこととなり、その平均活動間隔は1,500年前後と推定される。

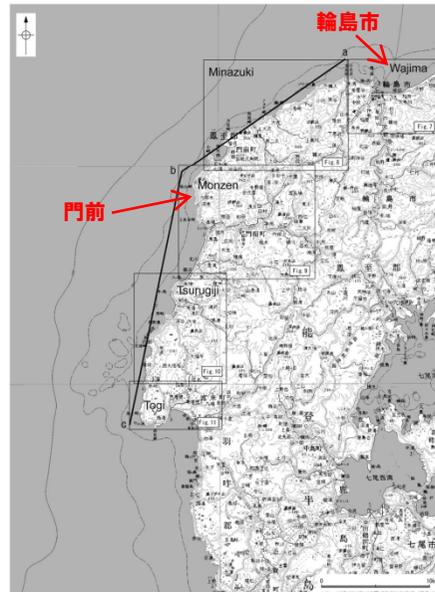


- 2007年能登半島地震に伴う地表の地殻変動量については、海士岬から北に向かって増大し、関野鼻で最高値の0.45mを示し、赤神までは約0.3m以上であり、北方の鹿磯にかけて急激に減少する系統性が認められる。
- 中位段丘の旧汀線高度分布は、滝町から福浦港北方までは標高約30mで緩やかな波状を示し、海士岬付近の標高26mから関野鼻付近で一度標高が減少するものの、赤神の標高63mまで徐々に高度が上昇する系統性が認められる。
- 2007年能登半島地震に伴う海士岬から鹿磯にかけての海岸部の鉛直地殻変動の様式は、中位段丘の旧汀線高度分布から分かる変動様式と極めて調和的な系統性が認められる。
- 能登半島西岸(特に、輪島市~門前、鹿磯~千の浦付近)には、少なくとも2つのレベルに完新世に離水したと思われる波食棚・ノッチなどの海岸地形が認められるが、完新世離水海岸地形と判断される地形単元は小さい。

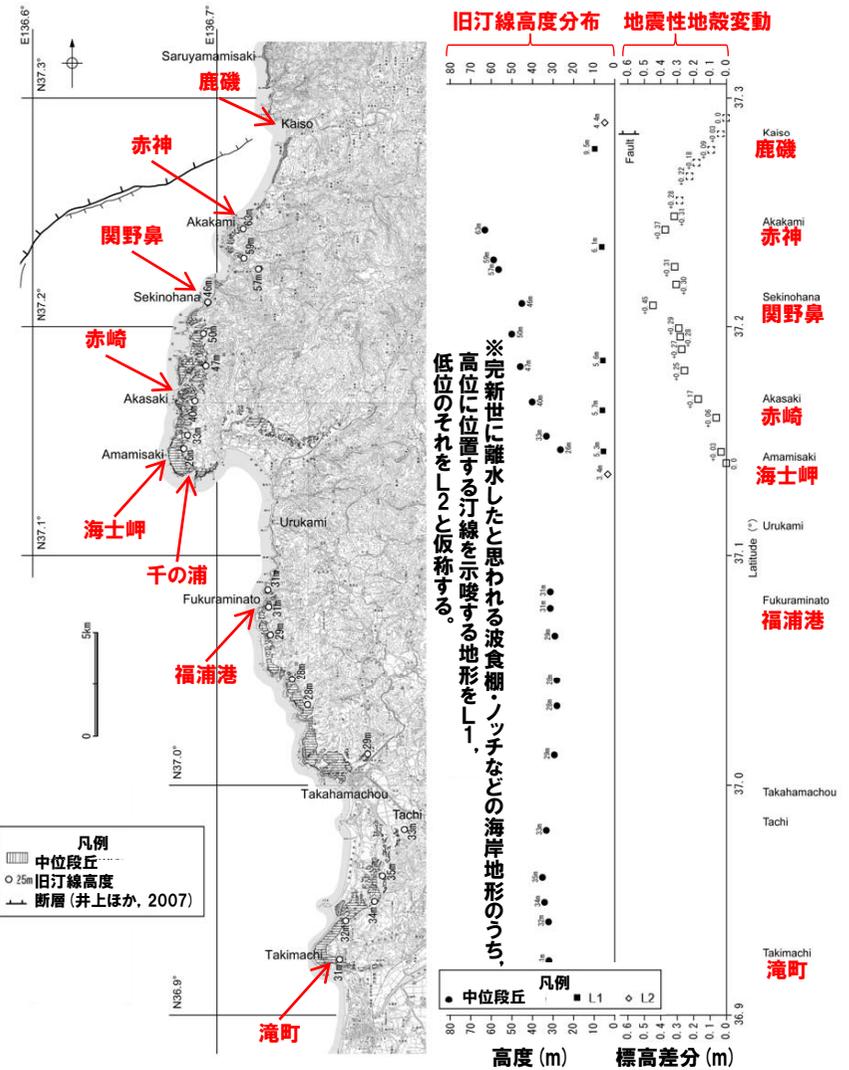
【⑦ 石川県関野鼻周辺】浜田ほか(2007) (-2/2-)



海士岬～鹿磯の鉛直地殻変動図  
(浜田ほか, 2007に加筆)



調査位置図  
(浜田ほか, 2007に加筆)



旧汀線高度分布と2007年能登半島地震性地殻変動  
(浜田, 2007に加筆)

## 【⑦ 石川県関野鼻周辺】山本ほか(2007) (-1/2-)

○山本ほか(2007)においては、おもにカキの付着上限を示標として、2007年能登半島地震に伴う海岸部での隆起・沈降量の測定を行い、国土地理院が地震後実施した水準測量結果と比べ、その有効性について考察している。また生物指標から求めた隆起・沈降量と地震を引き起こした震源断層との関連について推察している。

## 【震源域周辺の地質】

- 震源域周辺では基盤岩をなす飛騨片麻岩類が志賀町鹿頭(ししず)やその東側の大福寺周辺に、また船津花崗岩類が門前町剣地(つるぎじ)の東にわずかに露出している。
- これを不整合に覆う第三系は、門前南から志賀付近にかけて前期中新世の火山岩類が、またその北側の門前から輪島にかけて、および南側の志賀から羽咋(はくい)にかけては前・中期中新世の堆積岩類が分布している。

## 【隆起・沈降量の測定方法】

- 使用する生物指標としては、広範囲に分布していること、指標となる高度が明瞭に読み取れること、地震後、しばらくはそのまま残っていること(移動しないこと、剥落しないこと)が不可欠である。今回の能登半島での調査では、主に港内の岸壁に付着しているカキの上限を指標として用いた。
- 測定範囲は震源域を挟み、北は輪島市輪島崎町にある輪島港から南は羽咋市柴垣町長手島にある柴垣漁港までの南北約50kmの範囲であり、小さな漁港を中心に23地点で測定を行った。

## 【測定結果と国土地理院の水準測量結果との比較】

- 隆起量は赤崎(12)付近から急激に大きくなり、赤崎(12)から輪島市門前町の黒島(17)にかけて+23~+40cmの隆起量(剣地(14)では最大の+40cm)が求められた。海域で明らかとなっているF14断層の陸側延長部付近に位置する輪島市門前町鹿磯(かいそ)の小さな漁港(鹿磯(18))では隆起量はやや少なくなり、+19~+24cm、その北の深見南(19)では、セツカイソウから-4cmと沈降を示し、深見(20)では-7~-12cmと最大の沈降となった。
- 国土地理院が地震後行った水準測量結果と比べたところ、±5cm程度の精度で隆起量を求めることが可能であることが明らかとなった。

## 【隆起・沈降量と震源断層との関連】

- この地震により10cmを超える明確な隆起が認められたのは輪島市門前町鹿磯から志賀町赤崎付近までの南北15kmの範囲であり、最大で約40cmの隆起となっていた。また門前町鹿磯から深見では、隆起域から沈降域へと急激に変化しており、今回の地震を引き起こした震源断層が鹿磯付近に延びている可能性が高いことが明らかとなった。



- 2007年能登半島地震により南北15kmの範囲で10cmを超える明確な隆起が認められ、最大で約40cmの隆起となった隆起範囲中央の剣地から南北に向かって低くなる系統性が認められる。
- 今回の地震を引き起こした震源断層が、隆起範囲北端の鹿磯付近に延びている可能性が高い。

### 3.2 日本海沿岸における地震性隆起地域に関する文献レビュー

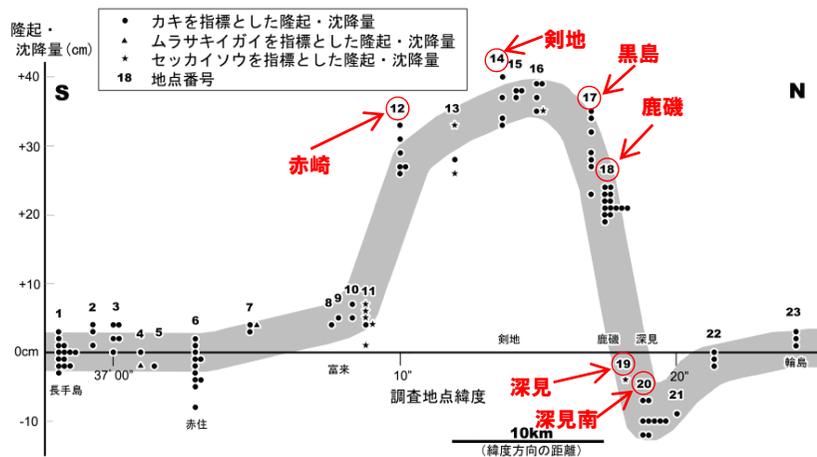
#### 【⑦ 石川県関野鼻周辺】山本ほか(2007) (-2/2-)



能登半島周辺の活断層、能登半島地震の震央および調査範囲 (山本ほか, 2002に加筆)



生物指標による隆起・沈降量の測定地点と変動量, および国土地理院が地震後行った水準測量結果 (山本ほか, 2002に加筆)



カキ, ムラサキイガイ, セツカイソウを指標として求められた 能登半島地震による隆起・沈降量 (山本ほか, 2002に加筆)

## 【⑦ 石川県関野鼻周辺】地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2007)

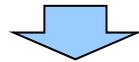
○地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2007) においては、2007年能登半島地震とそれに伴う地殻変動について評価している。

## 【2007年能登半島地震の評価】

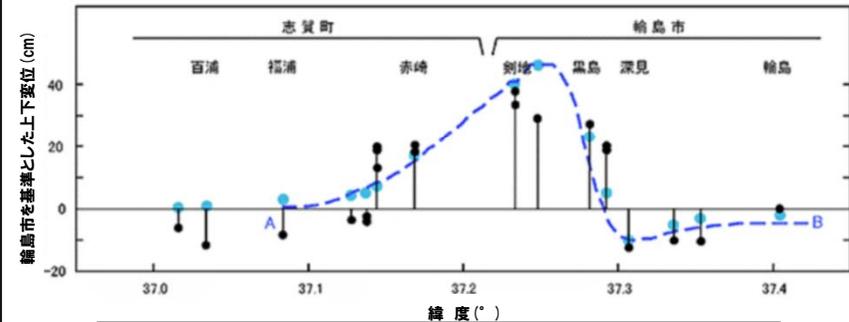
- 3月25日9時42分頃に能登半島西岸付近の深さ約10kmでマグニチュード (M) 6.9の地震が発生し、石川県で最大震度6強を観測した。
- この地震により、珠洲市長橋で高さ22cm、金沢で高さ18cmなど、北陸地方で微弱な津波を観測した。
- 本震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ成分を持つ逆断層型であった。
- 能登半島西方沖には、北東-南西方向に延びる長さ約20kmの南東傾斜の逆断層が活断層として確認されている。この断層の一部が今回の地震に関連した可能性が高い。

## 【2007年能登半島地震に伴う地殻変動】

- GPS観測の結果によると、本震の発生に伴って、志賀町富来 (しかまちとぎ) 観測点 (石川県羽咋郡 (はくいぐん)) が南西方向へ約21cmの移動と約7cmの隆起、穴水 (あなみず) 観測点 (石川県鳳珠郡 (ほうすぐん)) で北西方向へ約12cmの移動と約2cmの沈降など能登半島を中心に地殻変動が観測された。
- 地質学的な現地調査によると、輪島市門前町から志賀町にかけての能登半島北西岸で最大隆起量約40cm、最大沈降量約10cmの上下変位が確認された。

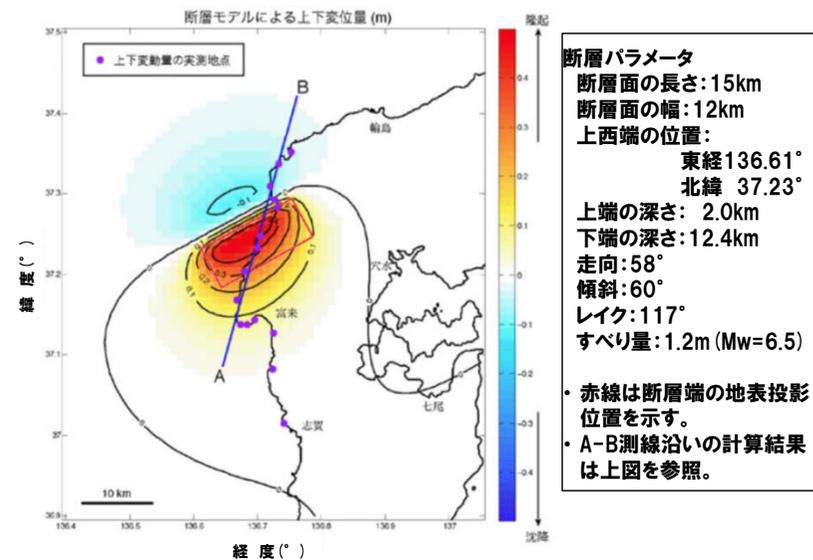


- 2007年能登半島地震は、能登半島西方沖の北東-南西方向に伸びる長さ約20kmの南東傾斜の逆断層の一部に関連した可能性が高い。
- 地質学的な現地調査により、能登半島北西岸の剣地付近で最大隆起量約40cmが確認され、南北方向に減少する系統性が認められる。



- ・カキの分布上限を指標とし、輪島港に対する相対的な上下変位量を示す。
- ・各地点の変位量は、概ね5点での計測値の平均。
- ・青丸は下図に示す断層モデルによる各地点での計算値。
- ・青破線は下図に示す断層モデルによるA-B測線での計算値を投影。

能登半島地震に伴う半島北西岸の海岸線の上下変位量  
(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2007に加筆)



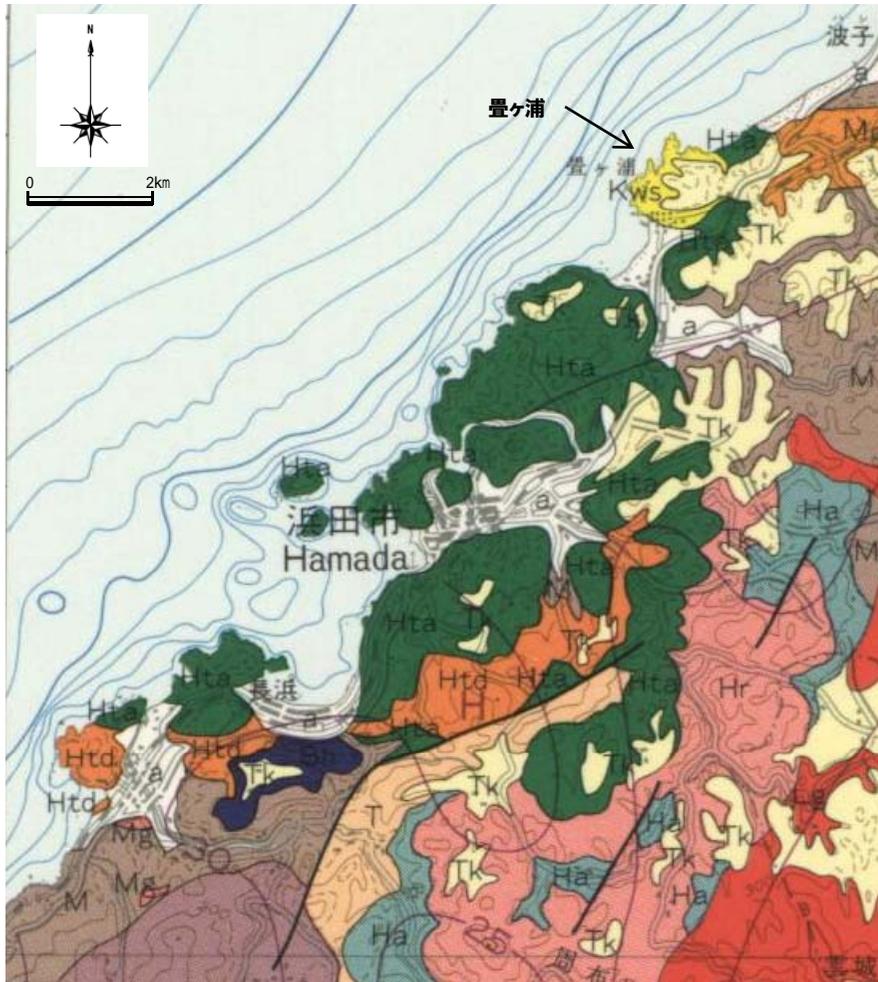
- 断層パラメータ
- 断層面の長さ: 15km
  - 断層面の幅: 12km
  - 上西端の位置:  
東経 136.61°  
北緯 37.23°
  - 上端の深さ: 2.0km
  - 下端の深さ: 12.4km
  - 走向: 58°
  - 傾斜: 60°
  - レイク: 117°
  - すべり量: 1.2m (Mw=6.5)

- ・赤線は断層端の地表投影位置を示す。
- ・A-B測線沿いの計算結果は上図を参照。

断層モデルによる上下変位量  
(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2007に加筆)

## 【⑧ 島根県浜田周辺】鹿野ほか(1988)

○鹿野ほか(1988)においては、島根県浜田周辺の沿岸部には、主に、火砕岩、溶岩、堆積岩、礫・砂及び泥が分布し、隆起ベンチが認められる畳ヶ浦には、堆積岩が分布する。



島根県浜田周辺の地質  
(鹿野ほか, 1988に加筆)

20万分の1地質図「浜田」凡例 海岸部抜粋  
(鹿野ほか, 1988に加筆)

第四紀	完新世	沖積層、海浜堆積物及び崖錐・扇状地堆積物 Alluvium, beach deposits, and talus and fan deposits	a	礫・砂及び泥 Gravel, sand and mud
	鮮新世 末期	郡野津層群及び甲立礫層 Tsunozu Group and Kōtachi Gravel Bed	Tk	礫・砂及び泥 Gravel, sand and mud
新第三紀	後期	浜田のアルカリ玄武岩 Alkali basalt of Hamada	ab	アルカリかんらん石玄武岩・霞石玄武岩などの溶岩 Lavas of alkali olivine basalt, nepheline basalt and others
		川合層 Kawai Formation	Kws	砂岩及び礫岩 Sandstone and conglomerate
	前期	波多層及び相当層 Hata Formation and its equivalent	Htd	デイサイトー流紋岩火砕岩及び同溶岩 Dacite-rhyolite pyroclastic rocks and their lavas
			Hta	安山岩溶岩及び同火砕岩 Andesite lava and its pyroclastic rock
シヨウ紀 又は それ以前		三郡変成岩類 Sangun Metamorphic Rocks	Mc	珪質片岩 Sillaceous schist
			M	泥質片岩 Pelitic schist

## 【⑧ 島根県浜田周辺】豊島(1978) (-1/2-)

○豊島(1978)においては、山陰沿岸の広い範囲にわたり、波食棚・ノッチなどの海食微地形、離水浜・浜堤などの海成堆積地形の測量、また海岸平野の内部から発掘された多くの考古学的遺物・遺跡とその包含地層の観察を行い、山陰海岸における完新世海面変化を総合的に判定している。

## 【波食棚の特性について】

○断面Aは、浜田市壺ヶ浦の縦断面形で、構成岩石は第三系泥岩で、ゆるやかに沖側に傾いている。この広く平滑な波食棚は明治5年の浜田地震の際、海底より隆起したものとされている。

## [断面Aの状況]

- ・平均海面上190cmの面が小面積ながら残存している。これに相当する面は、すぐ付近の「馬の脊※」にもみられる。
- ・この下位にノジュールの頂面をつないだり、ランパートとして残っている面などから想定される平均海面上70cmの面がある。
- ・最も平滑で、広い面積を占める海面上50cmの面が図の最下位にある。
- ・海面下に海底波食窪や広い海食台が発達していることが確認されている。

○相互にかなりの距離でへだてられ、地質も環境条件も異なるにもかかわらず、A・B・Cの縦断面形に共通の特長が認められる。

- ・平均海面上約2mの高位波食棚が共通してみられること
- ・他の2つのベンチの高さは多少の差はあるものの、開析度・平滑性などの地形特性が類似し、相互に対比できそうなこと

## 【海面変化の推論】

○縄文前期前半の海拔5m以上の高海面期は、波食棚を欠いていることからみて、ごく短期間であったと推論できる。このあと、かなり長期間にわたって海拔2～2.5m程度の水準に海面が停滞し、2～2.5mの波食棚を形成したと思われる。

○山陰海岸では、縄文前期の海進の他、縄文後期と平安期にも強弱の差はあれ、海進が認められ、その間、縄文中期の西灘海退、弥生・土師期海退等が認められた。

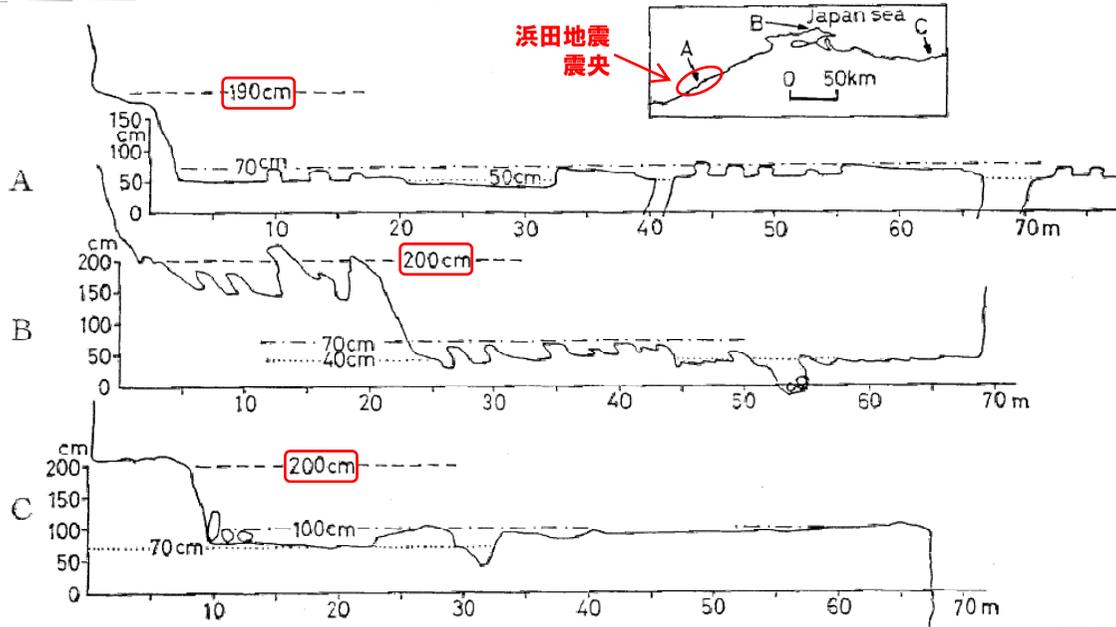
※:千畳敷の中ほどにあり、周囲の砂岩層より硬いために小高い丘として残ったもの。



○1872年浜田地震の震央付近に位置する浜田市壺ヶ浦では、浜田地震の際、海底より隆起したものとされている平均海面上70cmの面の他に、平均海面上190cmの面が小面積ながら残存している。

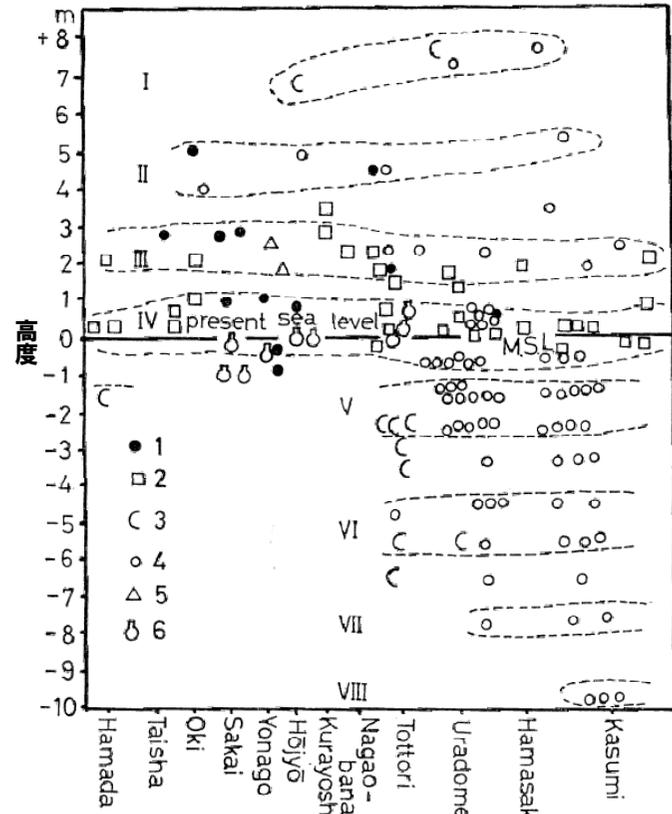
○壺ヶ浦から100km以上離れた海岸においても、平均海面上約2mの高位波食棚が共通して認められ、縄文海進期に形成されたものと推定される。

【⑧ 島根県浜田周辺】豊島 (1978) (-2/2-)



A: 浜田市壘カ浦  
B: 島根半島沖の島  
C: 鳥取県岩戸

主な波食棚の縦断面形  
(豊島, 1978に加筆)



- 1. 離水浜
- 2. ベンチ
- 3. ノッチ
- 4. 海食洞
- 5. 貝殻
- 6. 先史遺跡

山陰海岸の沈水・離水地形の高度分布  
(豊島, 1978に加筆)

## 【⑧ 島根県浜田周辺】藤森ほか(1990) (-1/2-)

○藤森ほか(1990)においては、1872年に発生した浜田地震が地形形成とどのような関わりを持つかを明らかにするために、浜田周辺の波子(はし)から周布(すふ)に至る約19kmの海岸地域の地形調査を行い、浜田地震との関係、とくにその累積性、隆起・沈降分布の成因を考察している。

## 【現地調査】

○空中写真の判読結果の確認のために地形・地質の現地調査と、海岸部の離水地形・化石の分布の確認および高度測定を行なった。離水地形・化石の高度は、ハンドレベルおよび光波測距儀を用いて測量した。

## 【研究対象地域の地形・地質】

○浜田周辺の海岸地形は、岬状に突出した岩石海岸と、その間の砂浜海岸によって特色づけられる。岩石海岸には海食崖が発達し、第三系堆積岩の唐鐘累層からなる赤鼻周辺を除き、石英閃緑岩ないしは安山岩が露出している。

## 【海岸部の離水地形・化石】

○本地域の海岸には、新期海成堆積物、離水波食棚、離水ノッチ、離水海食洞などの旧汀線の示標となる地形や堆積物がみられる。また、海食洞のうち5ヵ所で、潮間帯生物(貝、ヤッコカンザシ、フジツボなど)の化石を見出した。

○浜田周辺地域は、完新世において少なくとも2つの相対的高海水準期を示す離水地形・化石が存在している。下位のものは、浜田地震によるもので、上位のものは、それより前の相対的高海面期に形成されたものである。

## 【調査結果と浜田地震の関係】

○浜田地震は、浜田周辺の海岸部に隆起・沈降が交互に現われるかなり複雑な地殻変動を引き起こした。

○浜田周辺には少なくとも2段の更新世海成段丘がみられるが、その高度分布は浜田地震時の隆起・沈降の傾向と対応していない。

○浜田地震前の完新世の離水地形が少なくとも1段みられるが、その高度分布も浜田地震時の隆起・沈降の傾向と対応していない。

○浜田地震は本地域の中期更新世以来の長期的な地殻変動の一般傾向とは異なる地殻変動を生じさせた地震である。

○更新世海成段丘および完新世の旧汀線示標高度からみれば、本地域はきわめて緩慢ながらも長期的には隆起傾向にある。

○浜田地震時の隆起・沈降の分布は、濃尾地震などで示された横ずれ断層による隆起・沈降分布に似ていることから断層の横ずれ変位の結果である可能性がある。

○断層の可能性のあるリニアメントが7本認められる。7本のリニアメントの走向は北東-南西ないし東北東-西南西で、大きくみれば当地域の海岸線の方に平行している。



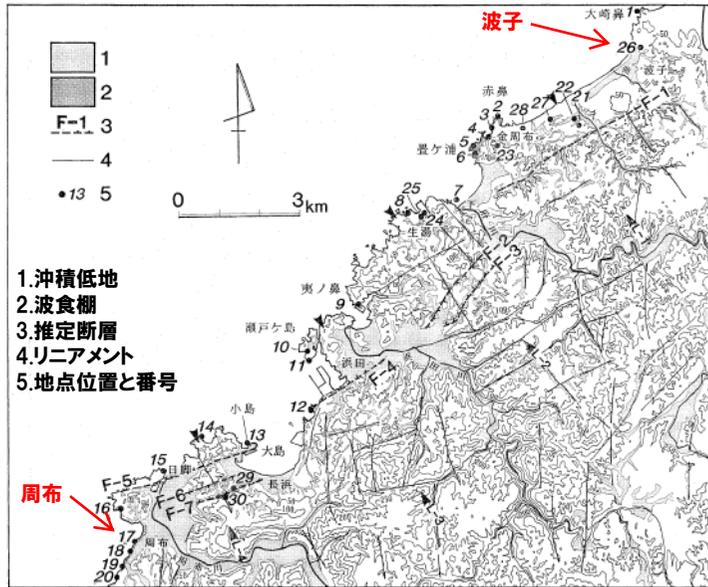
○浜田周辺地域は、完新世において少なくとも2つの相対的高海水準期を示す離水地形・化石が存在している。下位のものは、浜田地震によるもので、上位のものは、それより前の相対的高海面期に形成されたものである。

○浜田地震は本地域の中期更新世以来の長期的な地殻変動の一般傾向とは異なる地殻変動を生じさせた地震である。

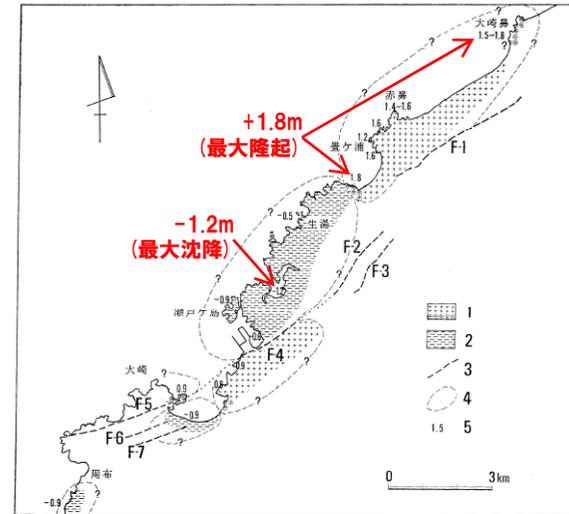
○浜田地震時の隆起・沈降の分布は、濃尾地震などで示された横ずれ断層による隆起・沈降分布に似ていることから断層の横ずれ変位の結果である可能性がある。

○当地域で認められる海岸線の方に平行しているリニアメントから、陸域に7本の推定断層を設定している。

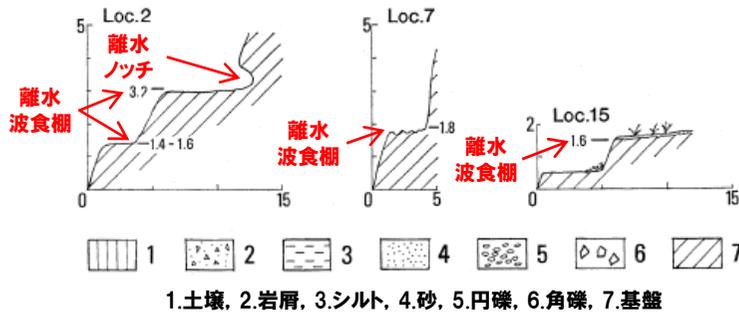
#### 【⑧ 島根県浜田周辺】藤森ほか(1990) (-2/2-)



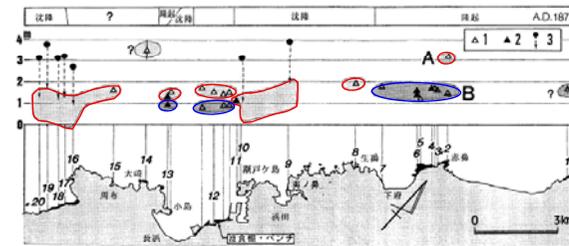
離水地形および推定断層の分布図  
(藤森ほか, 1990に加筆)



浜田地震時の隆起・沈降および推定断層分布図  
(藤森ほか, 1990に加筆)



離水波食棚と完新世段丘の縦断面図  
(藤森ほか, 1990に加筆)

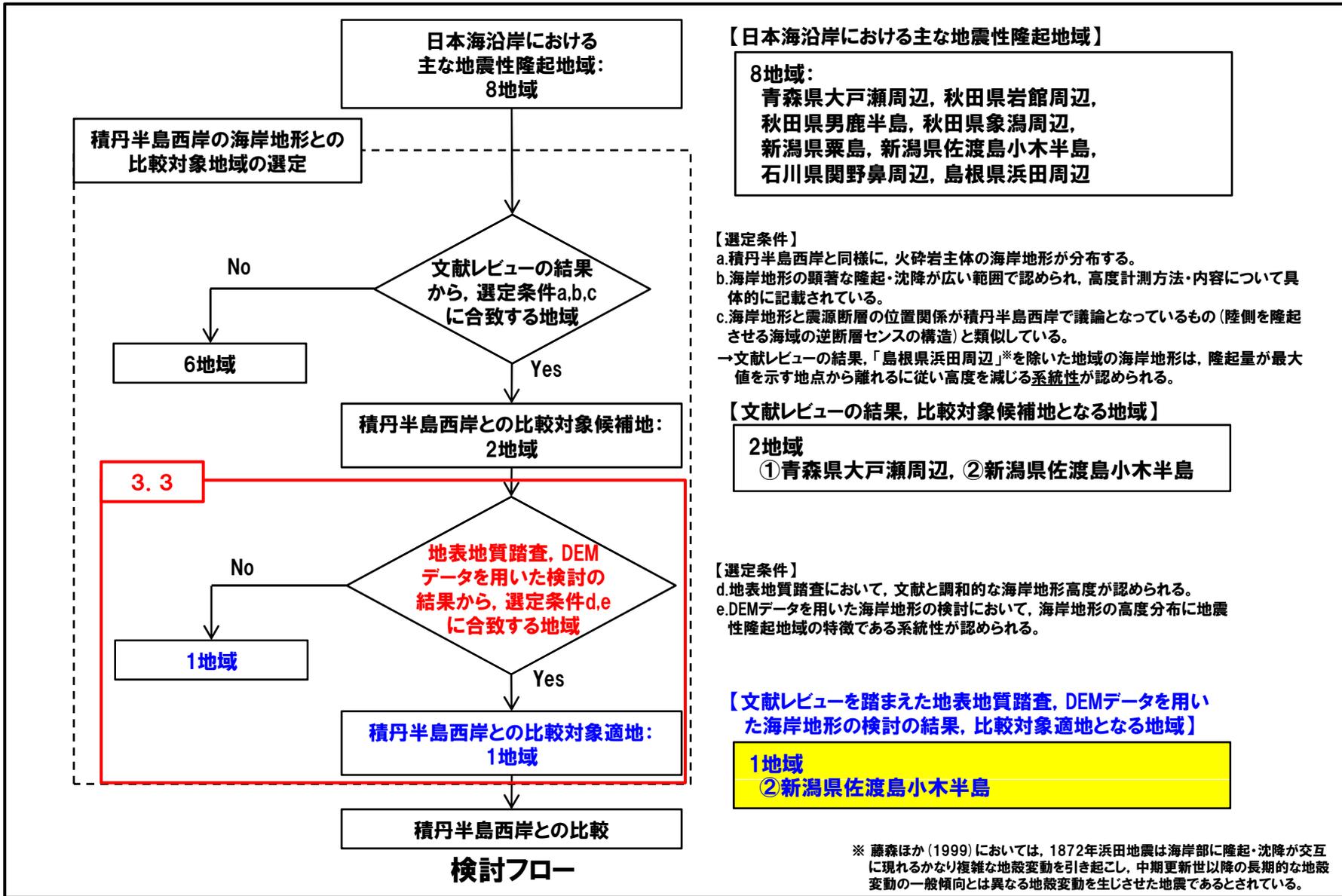


A: 浜田地震以前の旧汀線示標の現高度  
旧汀線示標が波食棚および潮間帯生物の化石である場合にはその高度を旧汀線高度とした。それが海成(海浜)堆積物上限である場合は、その高度より2~3m引いた値を旧汀線高度とした(矢印先端は、約2m引いたときの高度)。

B: 浜田地震による土地隆起量  
1. 波食棚  
2. 潮間帯生物の化石(上限)  
3. 海成(海浜)堆積物上限(大きい黒丸)とそれより推定される旧海面の位置

完新世離水地形および化石の高度分布図  
(藤森ほか, 1990に加筆)

#### 検討フロー



## ① 地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討 (まとめ)

- 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	・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。	・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。
	地質	・沿岸部には、火砕岩、溶岩及び堆積岩が分布する。	・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。
	文献との比較	・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。	・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。
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	・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。 ・平坦度の良い海岸地形の高度分布に、Nakata et al. (1976) に示されるような系統性は確認されない。	・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、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。
その他		・当社地形判読によれば、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。	・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。

## 【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。
- なお、青森県大戸瀬周辺については、海岸地形の比較対象適地として選定されないものの、海成段丘の高度分布に系統性が認められることから、積丹半島西岸のMm1段丘 (MIS5eの海成段丘) 高度が、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定である (P28～P29参照) 状況とは異なる。

余白

## ①-1 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (検討結果)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

## 【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・三村 (1993) 及び大沢 (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。

## ①-2 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (文献レビュー) (-1/3-)

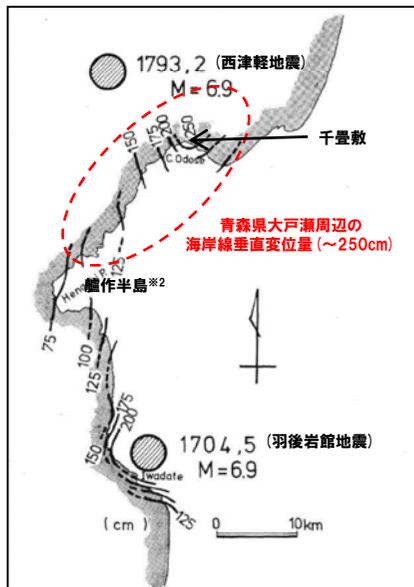
一部修正 (H28/9/30審査会合)

## 【海岸地形高度】

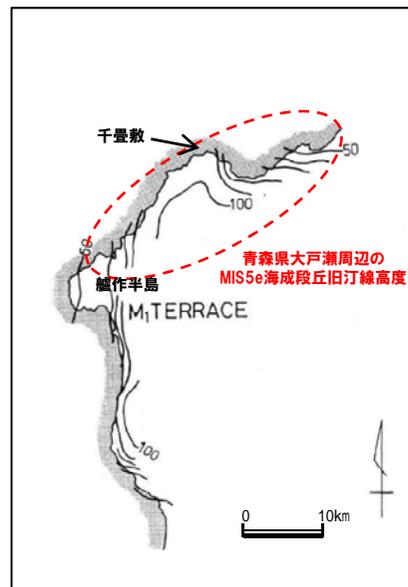
- Nakata et al. (1976) においては、海岸線1kmごとの隆起ベンチ高度を測定し※1、1793年西津軽地震時の海岸線の垂直変位量を推定しており、垂直変位量は、大戸瀬の千畳敷において最大値(2.5m程度)を示し、東方向及び南西方向に向かって減少するとされている。
- 古川 (1976) においては、ハンドレベルを用いた測量により、大戸瀬の千畳敷及び南西方向に2km程度離れた大戸瀬駅周辺のベンチの縦断面を作成しており、千畳敷においては、隆起ベンチが高潮面より高い位置に広く分布しているとされ、大戸瀬駅付近においては潮間帯にベンチが広く分布するとされている。

## 【MIS5e海成段丘高度】

- Nakata et al. (1976) においては、MIS5e海成段丘旧汀線高度は大戸瀬崎付近において最大となり、東方向及び南西方向に向かって減少しており、後期更新世を通して同様な地殻変動の累積を受けているとされている。
- 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標高88m、南西方向に15km程度離れた行合崎周辺北側で標高88m、南側で標高85m及び95m、黄金崎付近では標高66m及び88mとされている (P96～P97参照)。



青森県大戸瀬周辺の  
海岸線垂直変位 (cm)  
(Nakata et al., 1976に加筆)



青森県大戸瀬周辺の  
MIS5e海成段丘旧汀線高度 (m)  
(Nakata et al., 1976に加筆)

※1 Nakata et al. (1976) では、隆起ベンチ高度の測定について、その測定方法や詳細な測定位置に関する記載はないものの、海岸地形高度を測定した文献では、ハンドレベル等を用いた測量が一般的であるため、Nakata et al. (1976) の隆起ベンチ高度の測定方法も他文献と同様に、ハンドレベル等を用いたものと推定される。



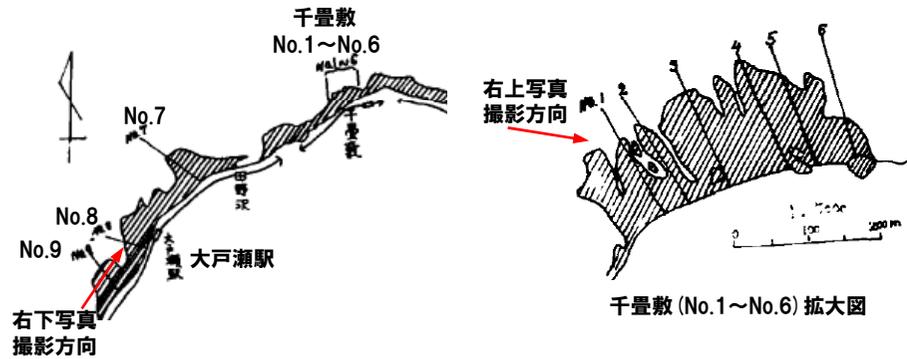
写真1 1793年の地震時に隆起した青森県大戸瀬・千畳敷の離水波食棚 [1988年9月八木浩司撮影] 背後の更新世段丘群の保存もよい。

※3 小池・町田編 (2001) では、大戸瀬の千畳敷背後の海成段丘面はMIS5cとされ、旧汀線高度は54mとされている。

青森県大戸瀬の千畳敷 (小池ほか編, 2005)

※2 艦作 (へなし) 半島付近は1704年羽後岩館地震及び1793年西津軽地震の両方の影響を受けている可能性がある。しかし、少なくとも艦作半島北方の青森県大戸瀬周辺では、千畳敷から汀線方向約20kmにわたり、海岸地形高度は南西方向に向かって250cm～100cmに減少する傾向が認められる。

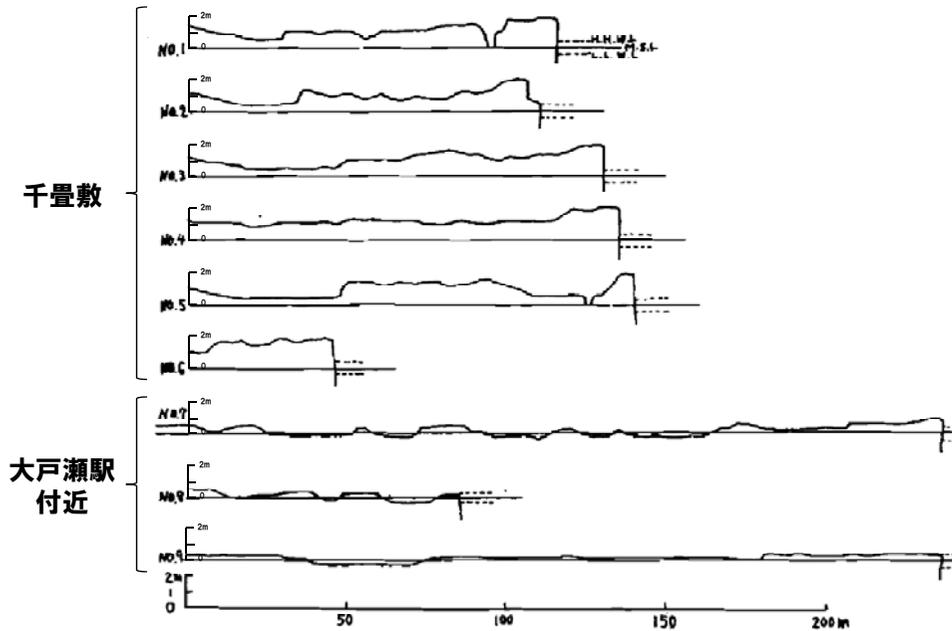
#### ①-2 文献レビューを踏まえた地表地質踏査(文献レビュー) (-2/3-)



縦断面位置図(古川, 1976に加筆)



千畳敷隆起ベンチ状況



調査地域におけるベンチの縦断面形(古川, 1976に加筆)



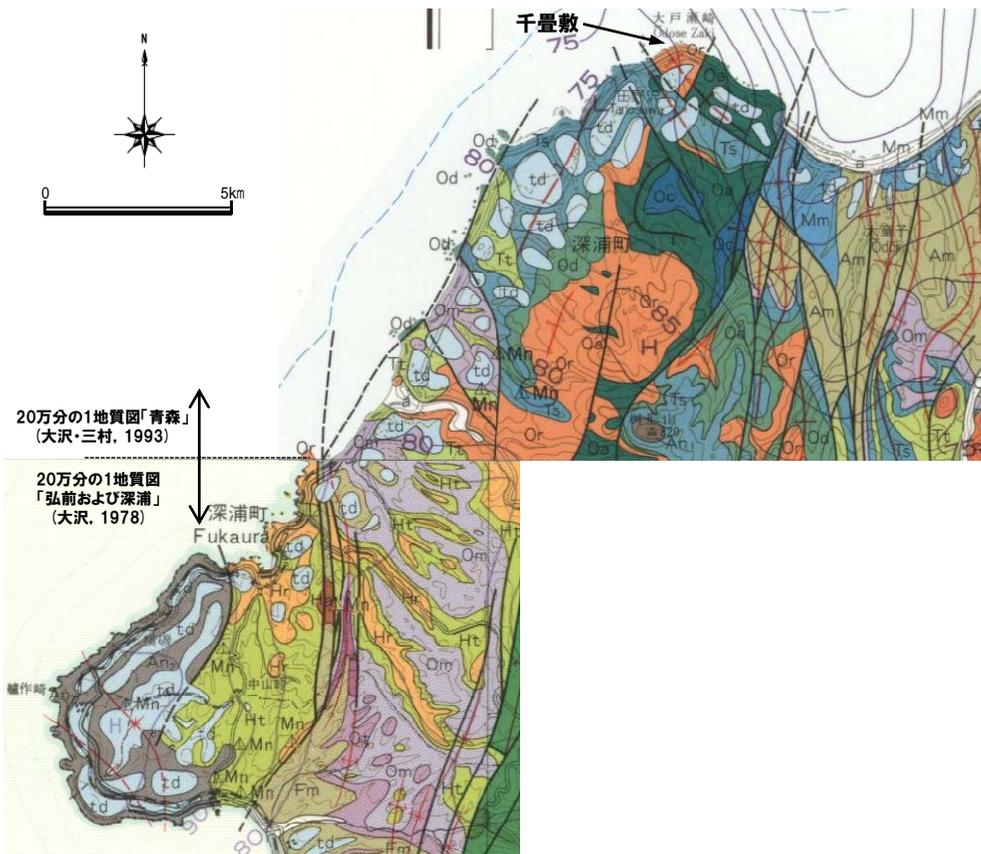
大戸瀬駅付近ベンチ状況

### 3.4 青森県大戸瀬周辺の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ①-2 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (文献レビュー) (-3/3-)

再掲 (H28/9/30審査会合)

【20万分の1地質図「青森」(大沢・三村, 1993) 及び20万分の1地質図「弘前および深浦」(大沢, 1978)】  
○沿岸部には, 火砕岩, 溶岩及び堆積岩が分布する。



青森県大戸瀬周辺の地質  
(大沢・三村, 1993及び大沢, 1978に加筆)

#### 20万分の1地質図「青森」凡例 海岸部抜粋 (大沢・三村, 1993に加筆)

第四紀	段丘堆積物 Terrace deposits	td	泥、砂及び礫 Mud, sand and gravel
更新世	A 舞戸層 Maito Formation	Mm	シルト岩、砂岩及び酸性凝灰岩を伴う Siltstone, with sandstone and acidic tuff
	A 赤石層 Akaishi Formation	Am	暗灰色泥岩、酸性凝灰岩を伴う Dark grey mudstone, with acidic tuff
中新世	A 大瀬子層 Ôdôji Formation	Om	硬質泥岩、酸性凝灰岩を伴う Hard mudstone, with acidic tuff
	田野沢層 Tanosawa Formation	Ts	砂岩・礫岩及び泥岩、流紋岩-安山岩火砕岩を伴う Sandstone, conglomerate and mudstone, with rhyolite-andesite volcanoclastic rocks
		Tt	流紋岩-安山岩火砕岩、泥岩を伴う Rhyolite-andesite volcanoclastic rocks, with mudstone
	A 大戸瀬層上部 Upper part of Ôdose Formation	Oo	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and volcanoclastic rock
Or		黒雲母流紋岩-デイサイト溶岩及び火砕岩 Biotite rhyolite-dacite lavas and volcanoclastic rocks	
A 大戸瀬層下部 Lower part of Ôdose Formation	Ob	(かんらん石)輝石安山岩溶岩及び火砕岩、まれに(輝石)かんらん石玄武岩を伴う (Olivine-pyroxene andesite lavas and volcanoclastic rocks with rarely pyroxene) olivine basalt	
	Oc	砂岩及び礫岩、安山岩火砕岩及び泥岩を伴う Sandstone and conglomerate, with andesite volcanoclastic rock and mudstone	

#### 20万分の1地質図「弘前および深浦」凡例 海岸部抜粋 (大沢, 1978に加筆)

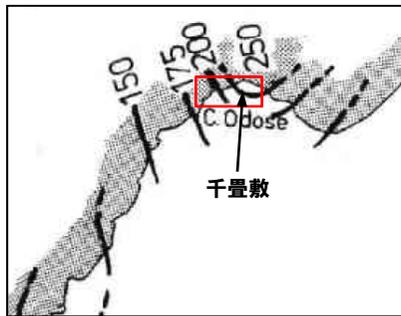
第四紀	砂丘堆積物 Sand dune deposits	sd	砂 Sand
更新世	段丘堆積物 Terrace deposits	td	泥・砂および礫 Mud, sand and gravel
中新世	粗角輝岩層・素波里安山岩など Soma Agglomerate Formation, Subaru Andesites, etc.	An <sub>2</sub>	(角閃石)輝石安山岩火砕岩(溶岩を伴う) (Hornblende-) pyroxene andesites pyroclastic rock (with lava)
	早川層・大高層・阿仁合層上部・花輪層など Hayaguchigawa Formation, Ôkuzu Formation, Upper part of Anai Formation, Hanawa Formation, etc.	Ht	酸性火砕岩(泥岩・砂岩などを伴う) Acid pyroclastic rock (with mudstone, sandstone, etc.)
		Hr	流紋岩溶岩および流紋岩溶結凝灰岩(石英安山岩溶岩を伴う) Rhyolite lava and rhyolite welded tuff (with dacite lava)
		Ha	輝石安山岩溶岩および火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock
	Hb	(輝石)橄欖石玄武岩溶岩および火砕岩 (Pyroxene-) olivine basalt lava and pyroclastic rock	

## ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査(地表地質踏査)(-1/3-)

一部修正(H28/9/30審査会合)

## 【千畳敷】

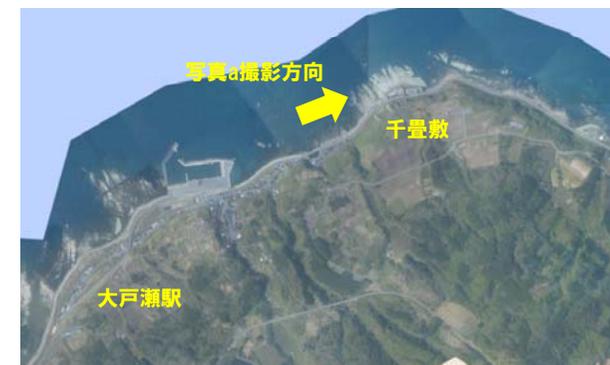
- 隆起ベンチが汀線方向に300m程度連続して分布しており、0.2~1m程度の凹凸が認められる部分及び比較的平坦な部分が認められる。
- 比較的平坦な部分における海岸地形高度の当社測定値は、103~221cmであり、文献に記載された状況と調和的である。
- 当該地形は、淡緑色凝灰岩からなる。
- 海岸地形の基部は、一部、護岸等による改変が認められる。



航空写真範囲①  
(Nakata et al., 1976に加筆)



航空写真範囲②(大沢・三村, 1993に加筆)



航空写真(国土地理院撮影の空中写真(2004年以降撮影)に加筆)



写真a. 千畳敷隆起ベンチ状況



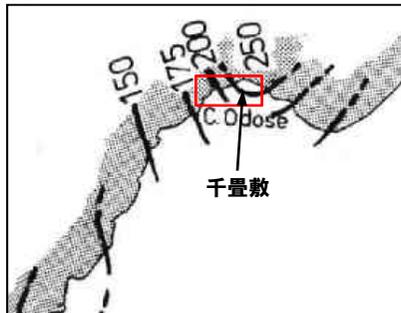
写真b. 千畳敷の地質(淡緑色凝灰岩類)

## ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-2/3-)

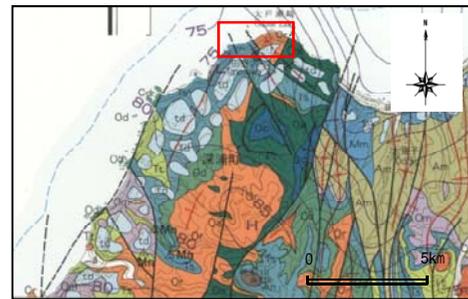
一部修正 (H28/9/30審査会合)

## 【大戸瀬駅付近】

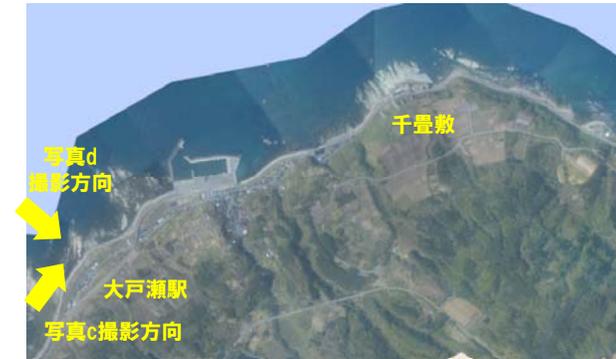
- ベンチが汀線方向に1km程度連続して分布する。
- 当該地形における海岸地形高度の当社測定値は64cm及び99cmであり、古川 (1976) において潮間帯にベンチが広く分布するとされている状況と調和的であるものの、Nakata et al. (1976) に示される隆起ベンチの高度分布において1.7m程度とされている状況とは差異が認められる。
- 当該地形は、砂岩及び泥岩からなり、潮位よりも高い範囲は砂岩が主体となっている。
- 海岸地形の基部は、護岸による改変が認められる。



航空写真範囲①  
(Nakata et al., 1976に加筆)



航空写真範囲② (大沢・三村, 1993に加筆)



航空写真 (国土地理院撮影の空中写真 (2004年以降撮影) に加筆)



写真c. 大戸瀬駅付近ベンチ状況 (砂岩)

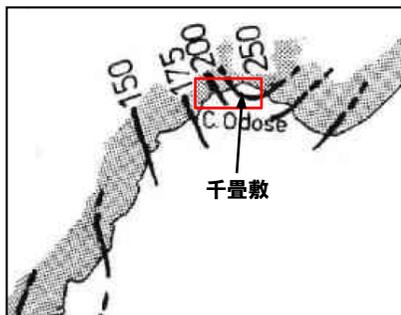


写真d. 大戸瀬駅付近ベンチ状況 (砂岩)

## ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-3/3-)

## 【千畳敷東側】

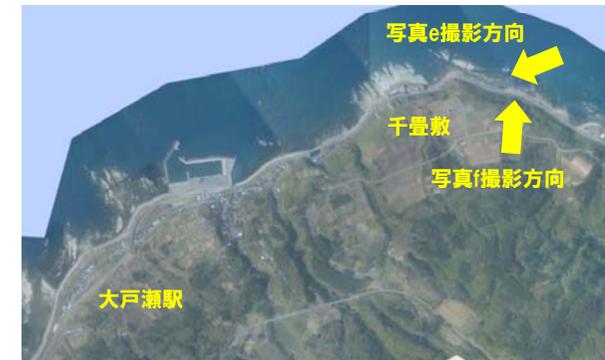
- 岩礁及び幅の狭いベンチが汀線方向に500m程度連続して分布し、古川(1976)において顕礁海岸であり幅の広いベンチは認められないとされている状況と調和的である。
- スタック基部における当社測定値は62cmであり、Nakata et al.(1976)に示される隆起ベンチの高度分布において1.8~2.1m程度とされている状況とは差異が認められる。
- 当該地形は、緑色凝灰岩からなる。
- 海岸地形の基部は、護岸による改変が認められる。



航空写真範囲①  
(Nakata et al., 1976に加筆)



航空写真範囲② (大沢・三村, 1993に加筆)



航空写真 (国土地理院撮影の空中写真(2004年以降撮影)に加筆)



写真e. 千畳敷東側海岸地形状況



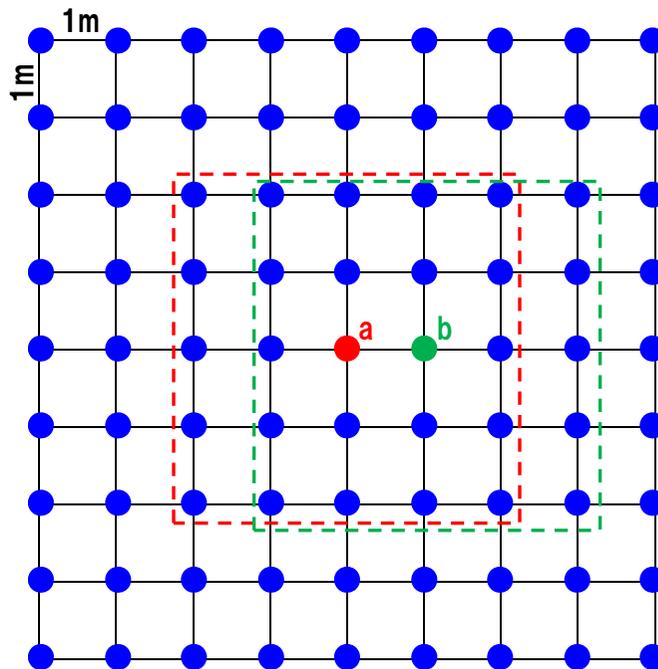
写真f. 千畳敷東側海岸地形状況



黄枠部近景 (緑色凝灰岩)

## ②-1 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

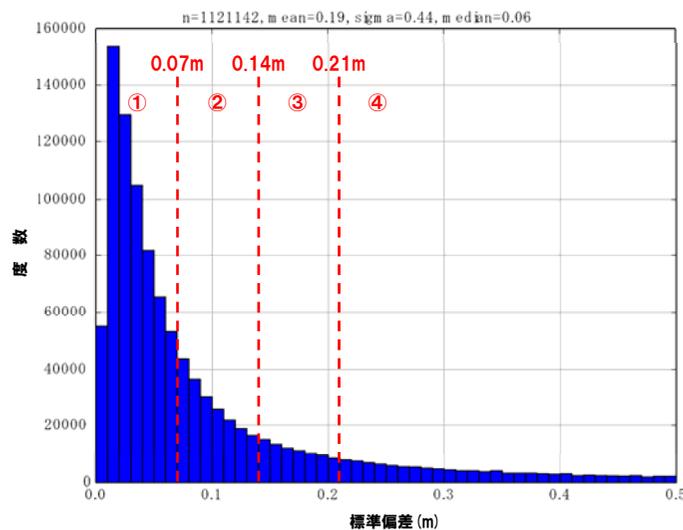
## 【DEMデータの作成】

- 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。

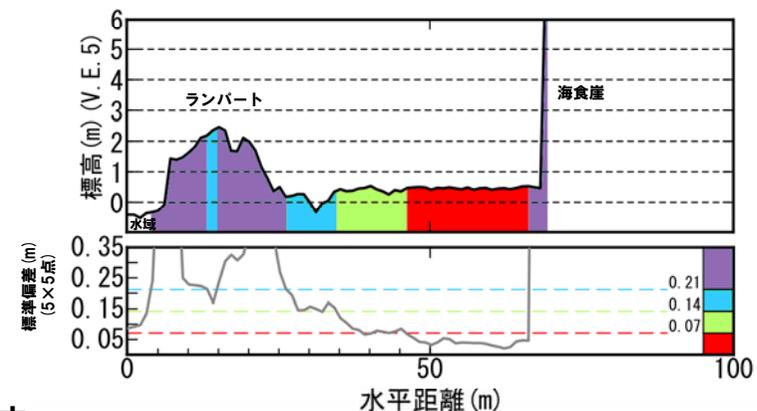
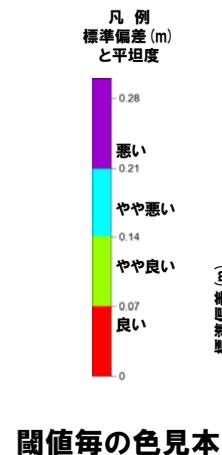
※ 国土交通省(2016)「作業規則の準則」によれば、欠測率は各格子間隔が1mを超える場合は10%以下、1m以下の場合は15%以下を標準とするとされている。

## ②-2 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, P21及びP111参照)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 $\leq$ 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

### 3.4 青森県大戸瀬周辺の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ②-3 DEMデータを用いた検討(検討結果:全体) (-1/2-)

- 青森県大戸瀬周辺の海岸地形分布高度及び平坦度について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,各地域の平坦度別海岸地形高度分布断面図はP132~P139参照)は,北金ヶ沢(きたかねがさわ)周辺~田野沢(たのさわ)周辺では標高0.2~2.1m程度,大戸瀬駅周辺~黒崎沢周辺では0.2~2.2m程度,塩見崎周辺~深浦周辺では標高0.2~0.8m程度,入前崎(にゅうまいざき)周辺~黄金崎(こがねざき)周辺では標高0.2~1.3m程度に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形は,主に大戸瀬崎周辺(千畳敷付近),大戸瀬駅周辺及び入前崎周辺に認められる。
- 上記地域においては,潮間帯より高い範囲に平坦度の良い海岸地形が,それぞれ300m,200m,1,600m程度連続する状況が認められる。
- Nakata et al.(1976)においては,1793年西津軽地震の際に隆起した隆起ベンチ高度を測定しており,隆起量\*は大戸瀬崎周辺で最大値(2.5m程度)を示し,南西方向(黄金崎,0.7m程度)に向かって減少する系統性が認められるものの,測定箇所\*付近の海岸地形には,基部が護岸等により改変された箇所も認められる。
- なお,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(P96~P97参照)。



- 大戸瀬周辺においては,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。
- 上記の状況は,積丹半島において潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形が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状況とは異なる。
- 海岸地形には,基部が改変された箇所も認められ,Nakata et al.(1976)に示されるような海岸地形の高度分布の系統性については確認されない。
- 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。
- 上記の状況は,積丹半島西岸のMm1段丘(MIS5eの海成段丘)高度が,旧汀線付近で約25mであり,ほぼ一定である(P28~P29参照)状況とは異なる。

#### 【大戸瀬周辺の潮間帯】

- 大戸瀬周辺の潮間帯については,気象庁,国土地理院等による潮位観測箇所のうち,最も近接している深浦のデータを用いた。
- 深浦の5年間(2011~2015年)の期望平均潮位(期望満潮位:T.P.+50.6cm,期望干潮位:T.P.+6.9cm)を勘案し,大戸瀬周辺の潮間帯をT.P.+0.5~0.0mと定義した。

\* Nakata et al.(1976)に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所については,文献中のグラフから読み取りを行った。

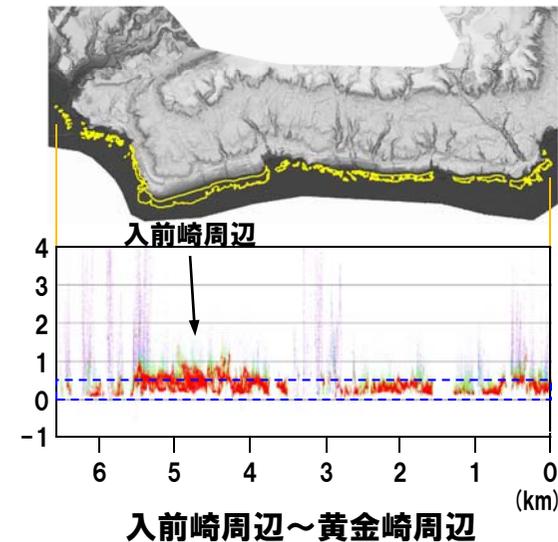
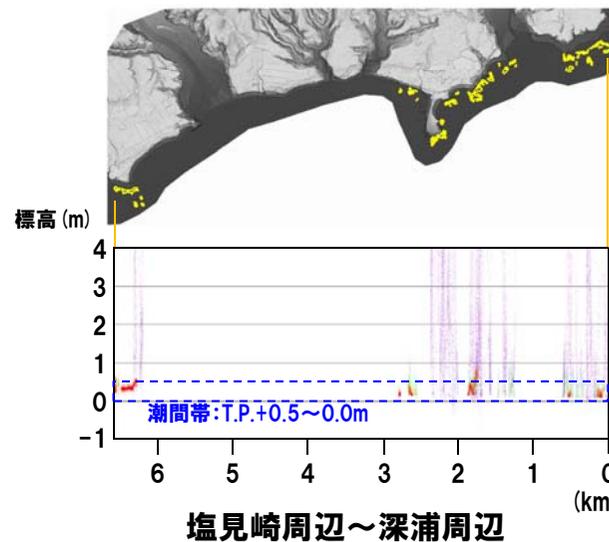
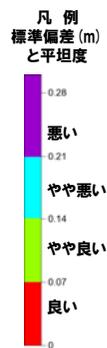
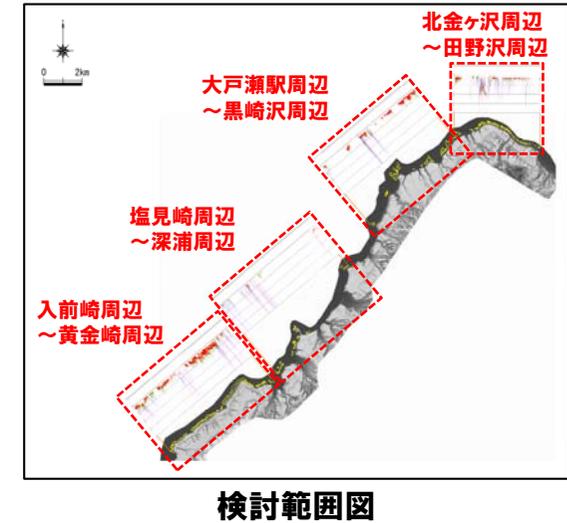
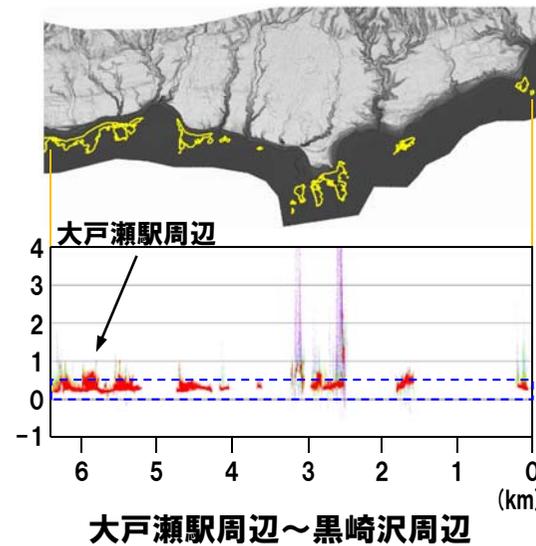
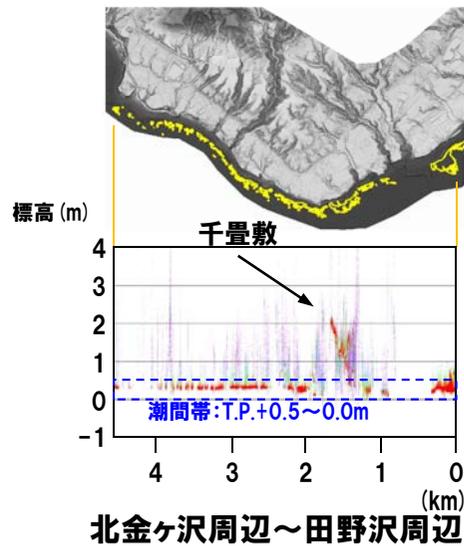
深浦の期望平均潮位(気象庁HPより作成)

	深浦の5年間(2011~2015年)の期望平均潮位	
	期望満潮位(cm)	期望干潮位(cm)
潮位(観測基準面上)	180.4	136.7
T.P.換算潮位(観測基準面の標高で補正 深浦:-129.8cm)	50.6	6.9



東北地方北部の潮汐観測地点(気象庁HPに加筆)

②-3 DEMデータを用いた検討(検討結果:全体) (-2/2-)



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図(各地域の高度分布図はP132～P139参照)

## ②-4 海成段丘の分布高度(検討結果:全体) (-1/2-)

- 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(各地域の地形分類図はP142～P145参照)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)。

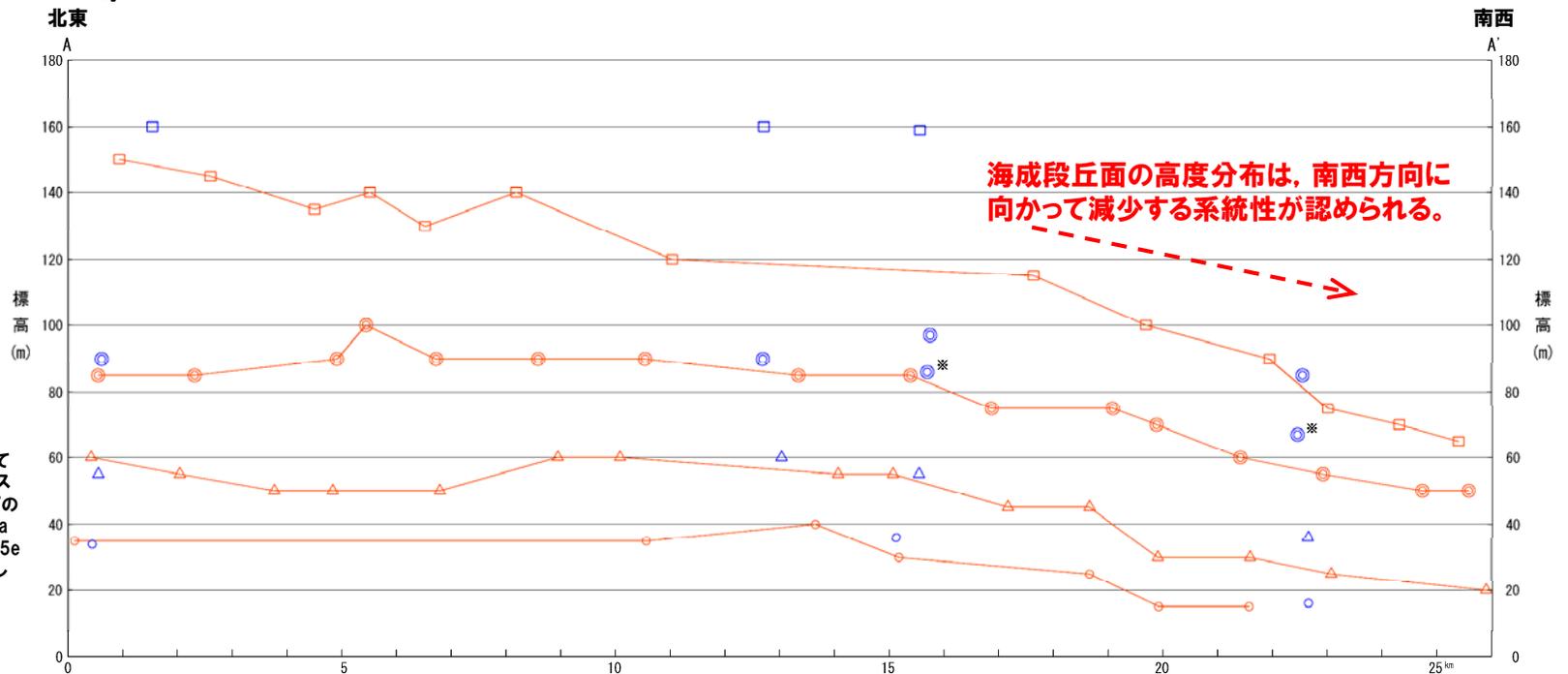
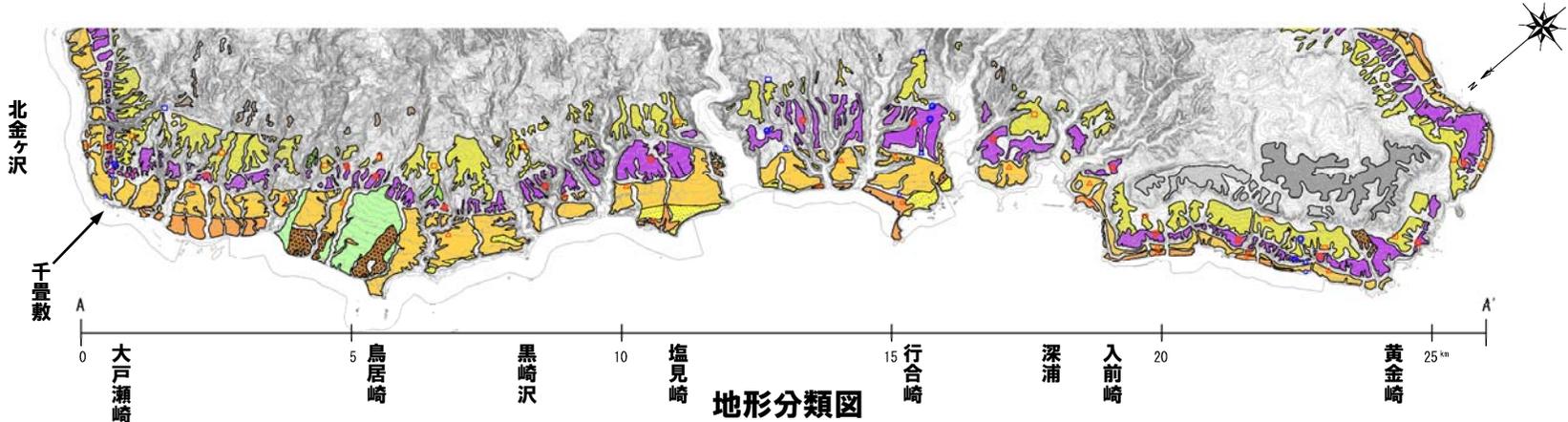


- 大戸瀬周辺のMIS5eの海成段丘面の高度分布は、鳥居崎で最大値100mを示し、北東方向(大戸瀬崎, 85m)及び南西方向(黄金崎, 55m)に向かって減少する系統性が認められる。
- 積丹半島西岸のMm1段丘(MIS5eの海成段丘)高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価され(P28～P29参照)、大戸瀬周辺のMIS5eの海成段丘面の高度分布のように、系統的に変化する状況は認められない。

- ※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)

### 3.4 青森県大戸瀬周辺の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ②-4 海成段丘の分布高度 (検討結果:全体) (-2/2-)



- 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」
    - MIS7M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。

段丘面分布高度  
(各地域の地形分類図はP142~P145参照)

余白

## ①-1 文献レビューを踏まえた地表地質踏査(検討結果)

## 【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(1990)によれば、小木半島沿岸部には新第三系中新統の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、その背後に海蝕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。

### 3.5 新潟県佐渡島小木半島の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ①-2 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (文献レビュー) (-1/2-)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

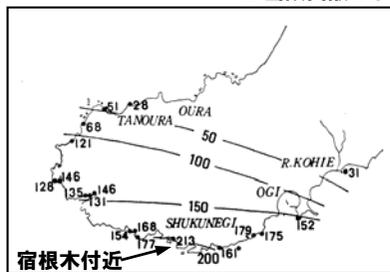
##### 【海岸地形高度】

- 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海成段丘高度】

- 太田ほか (1976) においては、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るとされ、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。
- 小池・町田編 (2001) では、佐渡島小木半島のMIS5e海成段丘旧汀線高度について、太田ほか (1976) を引用している。
- 積丹半島西岸のMm1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る (P28~29参照)。

\*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。



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)



傾斜変換線 (1802年旧汀線)



傾斜変換線 (1802年旧汀線)

上写真:宿根木付近の隆起ベンチ  
下写真:隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換線 (1802年旧汀線)  
(太田ほか,1976に加筆)

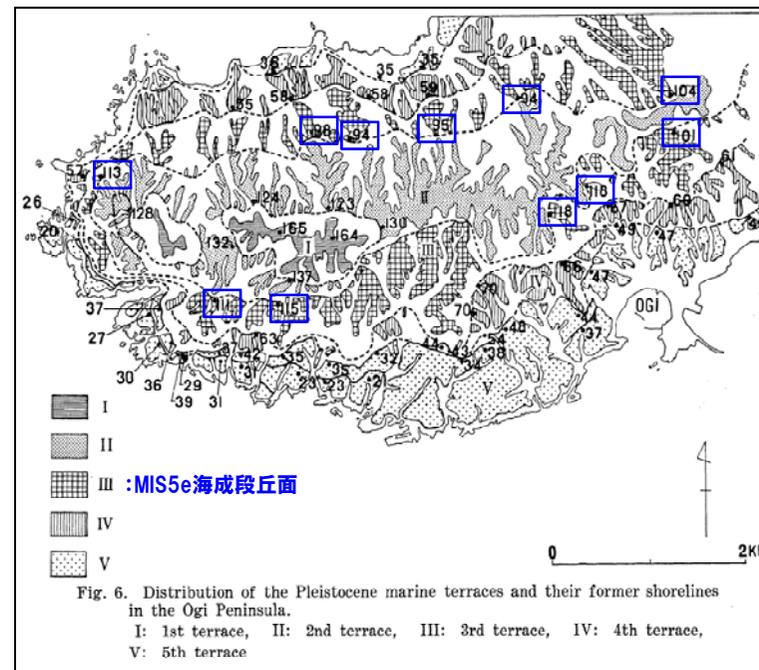


Fig. 6. Distribution of the Pleistocene marine terraces and their former shorelines in the Ogi Peninsula.  
I: 1st terrace, II: 2nd terrace, III: 3rd terrace, IV: 4th terrace, V: 5th terrace

□ : MIS5e海成段丘旧汀線高度 (m)

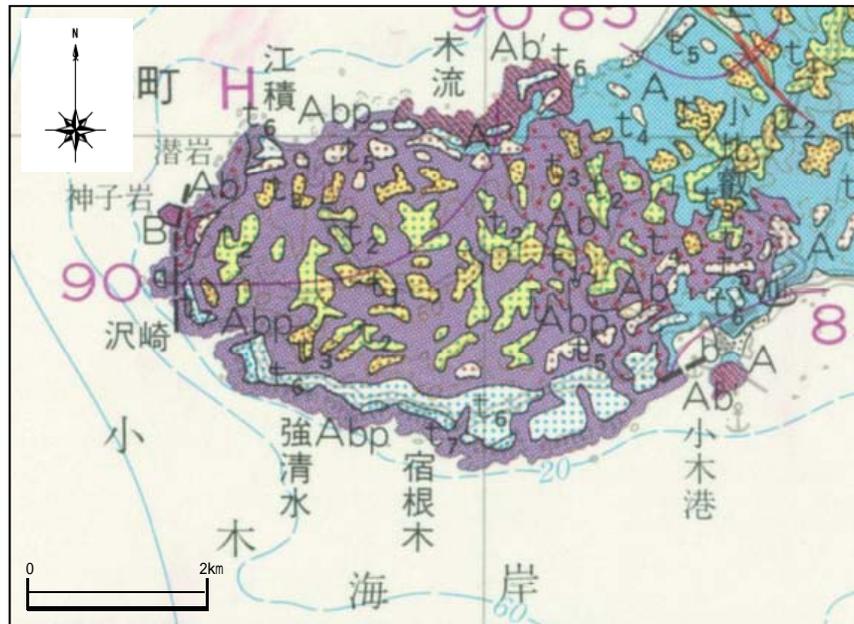
佐渡島小木半島におけるMIS5e海成段丘旧汀線高度 (m)  
(太田ほか,1976に加筆)

①-2 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (文献レビュー) (-2/2-)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

【20万分の1地質図「相川及び長岡の一部 (佐渡島)」(角, 1990)】

○小木半島沿岸部には、新第三系中新統の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。



佐渡島小木半島周辺の地質 (角, 1990に加筆)

20万分の1地質図「相川及び長岡の一部 (佐渡島)」凡例 海岸部抜粋 (角, 1990に加筆)

第四紀	更新世	中位段丘堆積物 Middle terrace deposits	礫及び砂 (泥を伴う) Gravel and sand (with mud)
	中新世	鶴子層及び小木玄武岩 Tsurushi Formation and Ogi Basalt	Abp 主に玄武岩ハイアロクラスタイト Mainly basalt hyaloclastite Ab 玄武岩の枕状溶岩 (Ab) 及び塊状溶岩 (Ab') Pillow lava (Ab) and massive lava (Ab') of basalt AE シルト質泥岩 (粘土質泥岩・硬質頁岩及び凝灰岩を伴う) Silty mudstone (with clayey mudstone, hard shale and tuff)

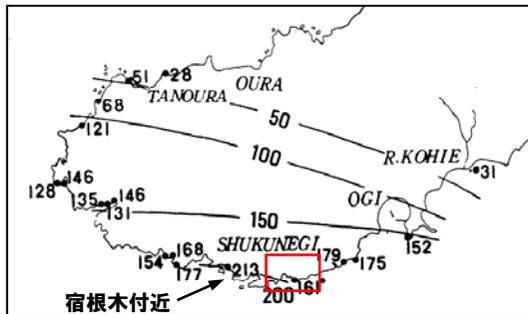
### 3.5 新潟県佐渡島小木半島の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-1/8-)

**【琴浦東側付近】**

- 隆起海食洞が認められ、隆起海食洞内でわずかではあるが生物遺骸 (オオヘビガイ) の付着が認められる。
- 太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度は、隆起海食洞内部に付着している貝殻の測定値で129~179cm※とされており、当社が測定した生物遺骸 (オオヘビガイ) の上限高度128cmと調和的である。
- 当該地形は、玄武岩質ハイアロクラスタイトからなる。

※太田ほか (1976) に示される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



航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真 (琴浦東側付近)  
(国土地理院撮影の空中写真 (2007年以降撮影) に加筆)



写真a.琴浦東側周辺の隆起海食洞状況



写真b. 写真a隆起海食洞内の生物遺骸 (オオヘビガイ)

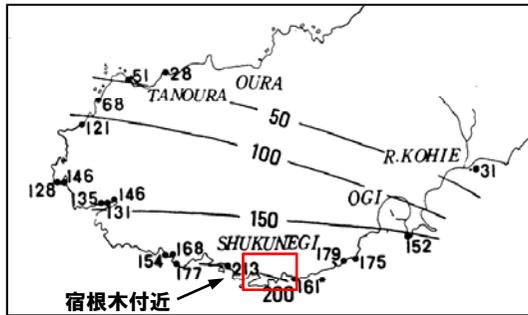


写真c. 琴浦東側付近の地質 (Hyalo)

①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-2/8-)

【琴浦西側付近】

- 隆起ベンチが汀線方向に200m程度連続して分布し、隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点が認められる。
- 当該地形は、玄武岩質ハイアロクラスタイト及び一部枕状熔岩からなり、ハイアロクラスタイトは相対的に基質が多いものと礫が多いものが分布する。



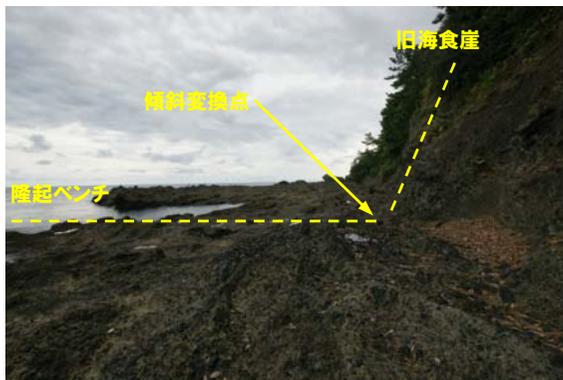
航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真 (琴浦西側付近)  
(国土地理院撮影の空中写真 (2007年以降撮影) に加筆)



写真d. 琴浦付近隆起ベンチ状況①



写真e. 写真d隆起ベンチの地質  
(Hyalo, 礫多)



写真f. 琴浦付近隆起ベンチ状況②  
(地質はHyalo, 基質多)

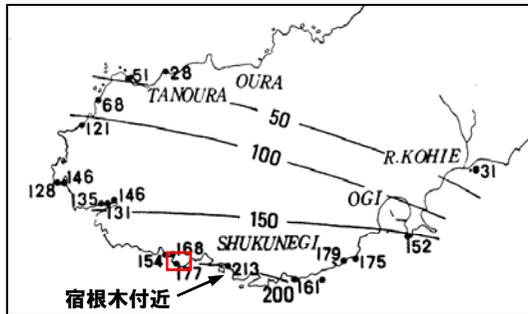


①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-4/8-)

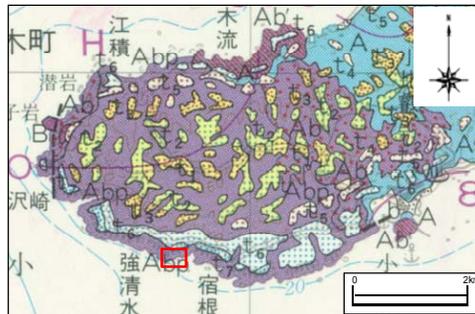
【強清水付近】

- 隆起ベンチが汀線方向に300m程度連続して分布し、隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点が認められる。
- 太田ほか(1976)に示される1802年段丘の旧汀線高度は、隆起ベンチ上のスタック基部の測定値で190cm\*とされており、測定箇所と考えられるスタックでの当社測定値208cmと調和的である。
- 当該地形は、玄武岩質ハイアロクラスタイトからなり、一部にスタックが認められる。
- 上記の隆起ベンチより一段高い位置(当社測定値334cm)にベンチ状の地形が認められ、完新世段丘の可能性が推定される。

\*太田ほか(1976)に示される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



航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真(強清水付近)  
(国土地理院撮影の空中写真(2007年以降撮影)に加筆)



写真j. 強清水付近隆起ベンチ状況①



写真k. 写真j隆起ベンチの地質  
(Hyalo)

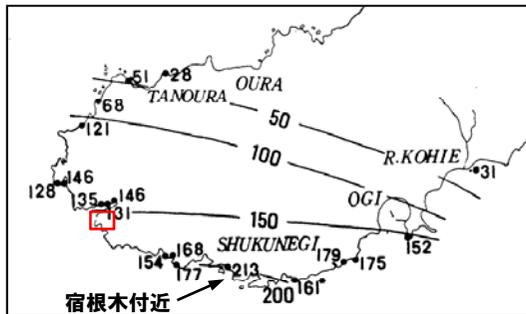


写真l. 強清水付近隆起ベンチ状況②  
(地質はHyalo)

## ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-5/8-)

## 【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。
- 当該地形は、玄武岩質ハイアロクラスタイトからなる。
- コンクリート敷設による一部改変が認められる。
- 上記の隆起ベンチより一段高い位置 (3~4m程度) にベンチ状の地形が認められ、完新世段丘の可能性が推定される。



航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真 (深浦付近)  
(国土地理院撮影の空中写真 (2007年以降撮影) に加筆)



写真m. 深浦付近隆起ベンチ状況



写真n. 写真m隆起ベンチの地質  
(Hyalo)



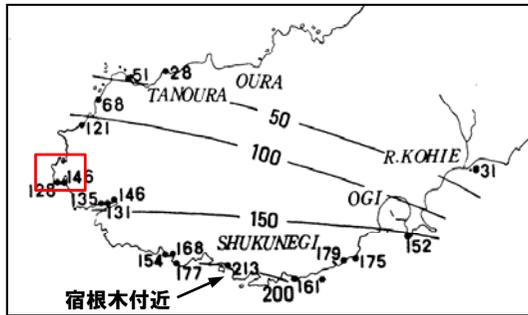
写真o. 深浦付近改変状況  
(コンクリート敷設跡)

①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-6/8-)

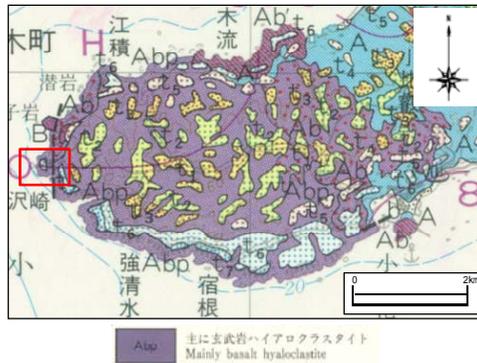
【沢崎付近】

- 隆起ベンチが汀線方向に200m程度連続して分布し、隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点が認められる。
- 太田ほか(1976)に示される1802年段丘の旧汀線高度は、隆起ベンチの傾斜変換点の測定値で164cm\*とされており、測定箇所と考えられる傾斜変換点での当社測定値183cmと調和的である。
- 当該地形は、玄武岩質ハイアロクラスタイトからなり、相対的に礫が多いものが分布する。
- コンクリート敷設による一部改変が認められる。

\*太田ほか(1976)に示される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



航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真(沢崎付近)  
(国土地理院撮影の空中写真(2007年以降撮影)に加筆)



写真p. 沢崎付近隆起ベンチ状況



写真q. 写真p隆起ベンチの地質(Hyalo, 礫多)



写真r. 沢崎付近改変状況  
(コンクリート敷設)

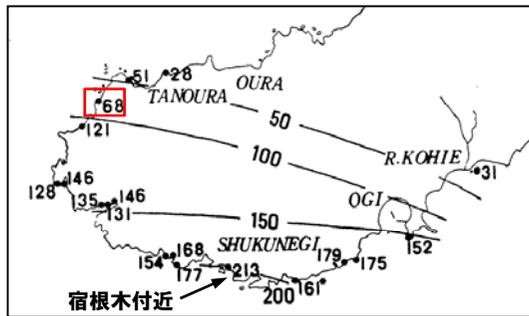
### 3.5 新潟県佐渡島小木半島の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-7/8-)

**【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)に示される1802年段丘の旧汀線高度は、ベンチの傾斜変換点の測定値で86cm\*及びベンチ上のスタック(潜岩)基部の測定値で51cm\*とされており、測定箇所と考えられるスタック基部での当社測定値54cmと調和的である。
- 当該地形は、玄武岩質枕状溶岩からなる。
- コンクリート敷設による一部改変が認められる。

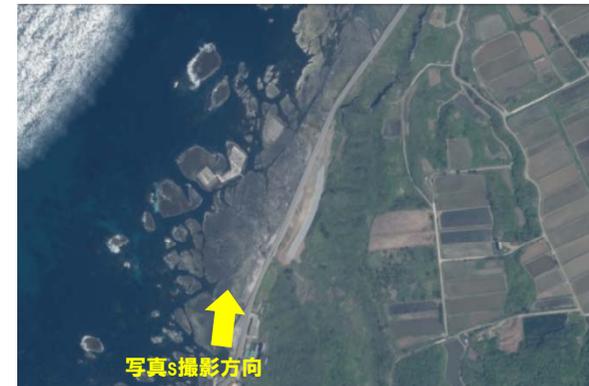
\*太田ほか(1976)に示される1802年段丘の旧汀線高度を柏崎の平均潮位(1956~1975年:T.P.+0.18m)で補正



航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真(三ツ屋付近)  
(国土地理院撮影の空中写真(2007年以降撮影)に加筆)



写真s. 三ツ屋付近隆起ベンチ状況



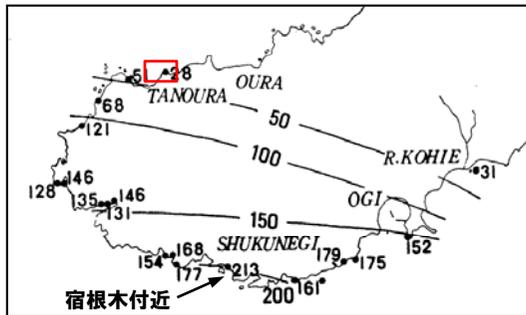
写真t. 写真r隆起ベンチの地質(溶岩)

## ①-3 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 (地表地質踏査) (-8/8-)

## 【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)に示される1802年段丘の旧汀線高度は、ベンチの傾斜変換点の測定値で46cm※(最小値)とされており、測定箇所と考えられる傾斜変換点が道路及び防波堤の設置により改変されて存在しない。参考に、ベンチでの当社測定値は24cmであり、調和的である。
- 当該地形は、玄武岩質ハイアロクラスタイトからなり、相対的に基質が多いものが分布する。
- 潮位付近の転石に生物遺骸(カンザシゴカイ類)の付着が認められることから、これらの生物の生息が推定される。

※太田ほか(1976)に示される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



航空写真範囲①  
(太田ほか,1976に加筆)



航空写真範囲②  
(角, 1990に加筆)



航空写真(田野浦付近)  
(国土地理院撮影の空中写真(2007年以降撮影)に加筆)



写真u. 田野浦付近隆起ベンチ状況



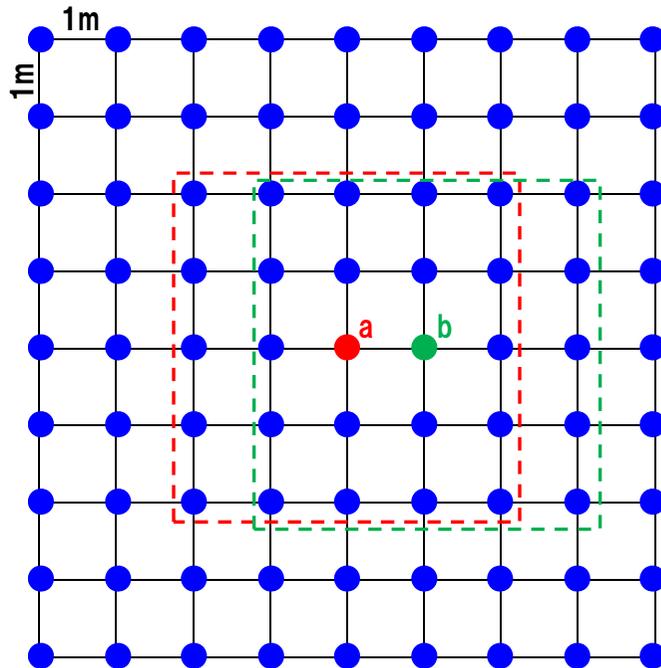
写真v. 写真t隆起ベンチの地質  
(Hyalo, 基質多)



写真w. 潮間帯の転石の生物遺骸  
(カンザシゴカイ類)

## ②-1 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】

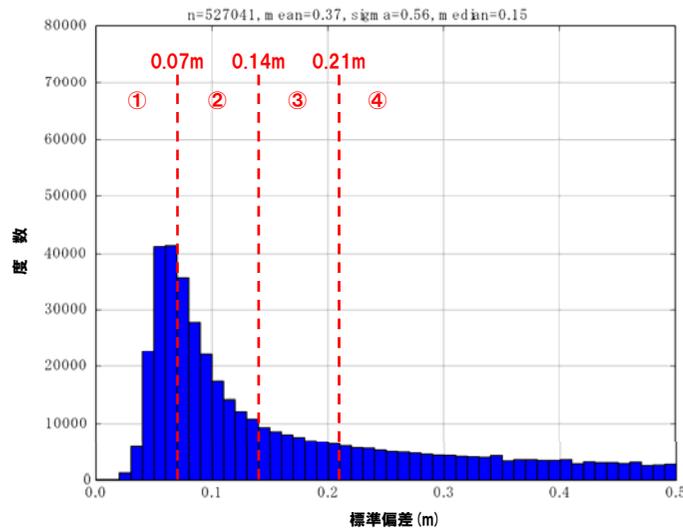
- 国土交通省(2014)のDEMデータは、当社が作成した積丹半島のDEMデータと同様に、データ間隔が1mであることから、これを使用することとした。

## 国土交通省(2014)の情報

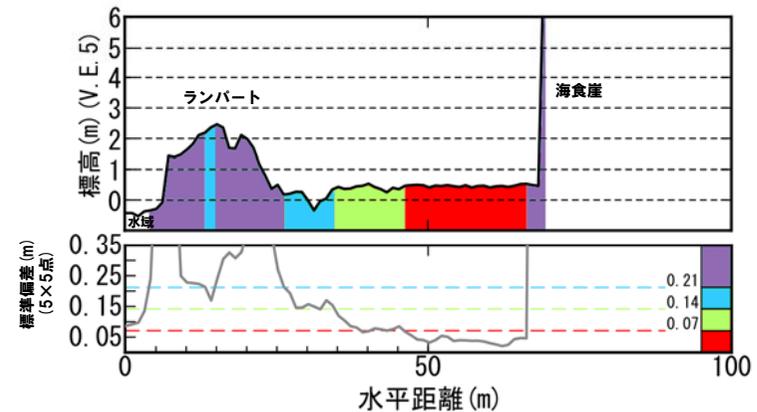
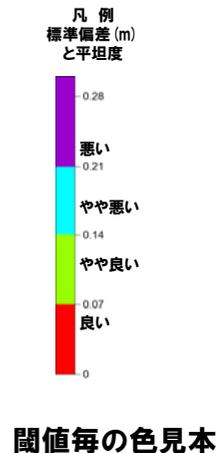
助言番号	平25北公第158号
計画機関名称	北陸地方整備局 湯沢砂防事務所
測量目的	防災計画立案基礎資料作成のため
測量地域	新潟県佐渡市
測量期間	2013年10月17日~2014年3月20日
作業量	284km <sup>2</sup>

## ②-2 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

### 3.5 新潟県佐渡島小木半島の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

#### ②-3 DEMデータを用いた検討（検討結果：全体）（-1/2-）

- 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）

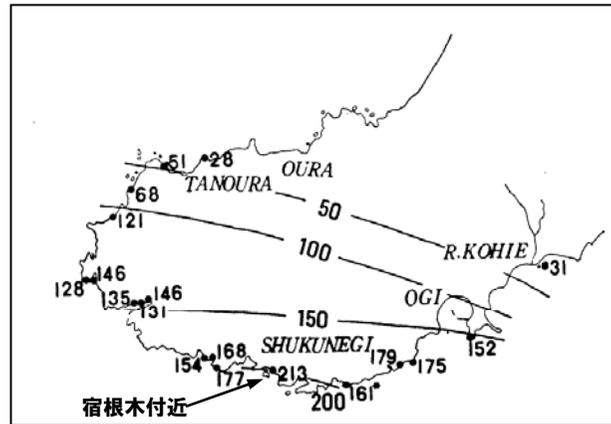
	佐渡の5年間 (2011～2015年)の 朔望平均潮位 (気象庁HPより作成)		柏崎の 1956～1975年の 平均潮位 (m) (国土地理院HPより 作成)
	朔望満潮位 (cm)	朔望干潮位 (cm)	
潮位 (観測基準面上)	178.8	135.8	1.460
T.P.換算潮位  (観測基準面の 標高で補正 佐渡:-152.4cm 柏崎:-128.0cm)	26.4	-16.6	0.180



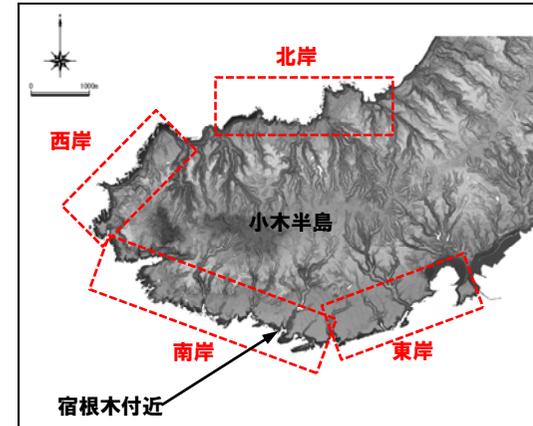
北陸地方東部の潮汐観測地点  
(気象庁HPに加筆)

3.5 新潟県佐渡島小木半島の地表地質踏査及びDEMデータを用いた検討

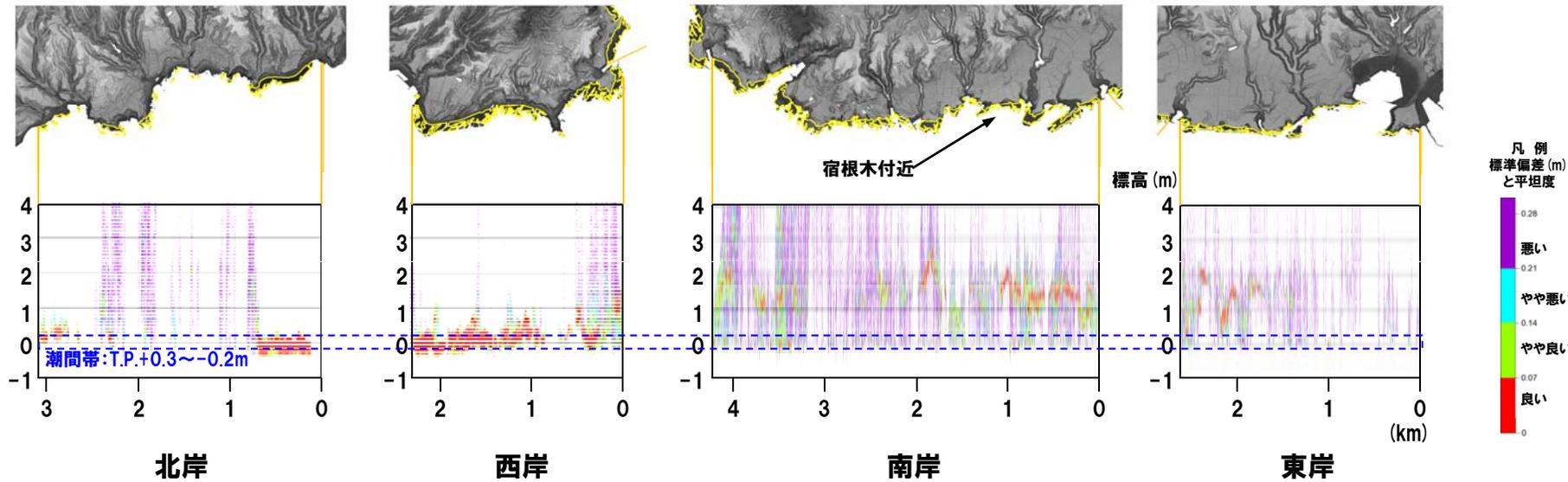
②-3 DEMデータを用いた検討(検討結果:全体) (-2/2-)



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

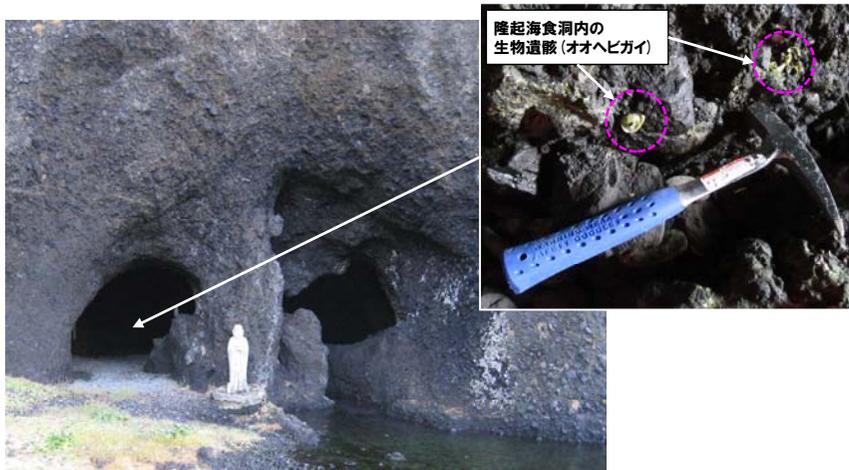


汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

## ②-4 DEMデータを用いた検討(検討結果:東岸) (-1/2-)

- 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程度の潮間帯より標高の高い範囲に多く認められる。
- 平坦度の良い海岸地形は、汀線方向に100m程度連続する状況が認められる。
- 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(城山:170cm, 元小木:193, 197cm, 琴浦:129~179cm)\*と概ね調和的である。
- なお、太田ほか(1976)に示される測定箇所のうち城山及び琴浦については、当社地表地質踏査等によって以下の状況が認められる。
  - ・城山(170cm)\*の測定箇所と考えられる隆起ベンチの傾斜変換点は、海岸線を一周する遊歩道の設置により、改変が認められる。
  - ・琴浦(129~179cm)\*は、隆起ベンチの傾斜変換点ではなく、隆起海食洞内部に付着している貝殻の測定値とされており、当社が測定した生物遺骸(オオヘビガイ)の上限高度128cmと調和的である。

\*太田ほか(1976)に示される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



琴浦周辺の隆起海食洞と生物遺骸(オオヘビガイ)



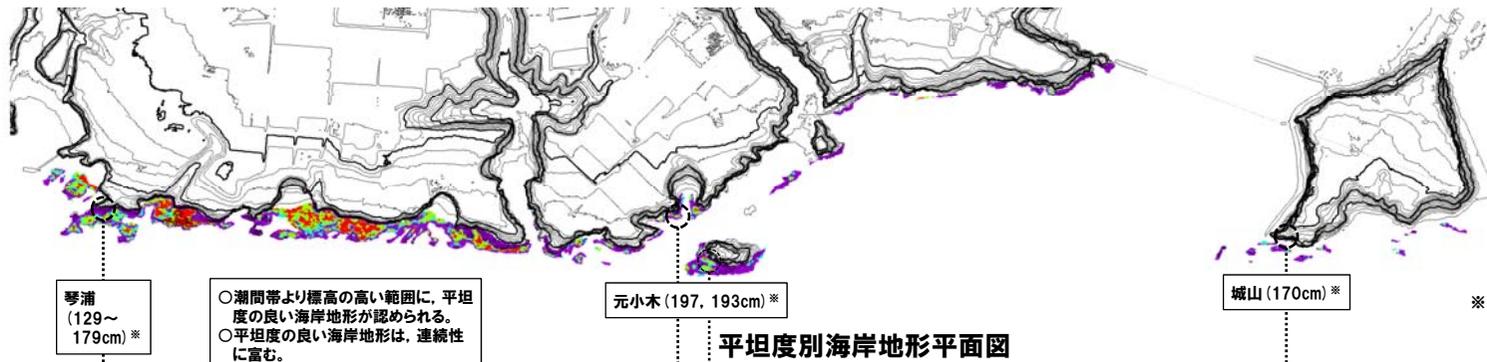
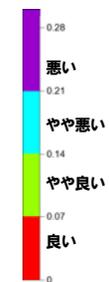
城山周辺の航空写真  
(国土地理院撮影の空中写真に加筆)

②-4 DEMデータを用いた検討(検討結果:東岸) (-2/2-)



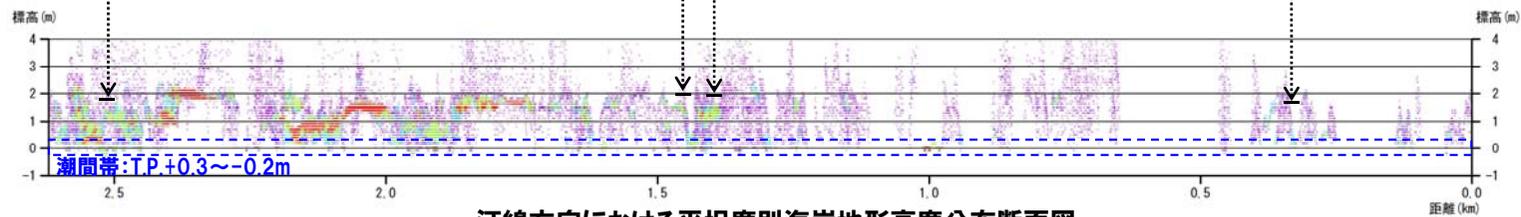
オルソフォトマップ(地形抽出範囲を黄色囲みで示す)

凡例  
標準偏差(m)  
と平坦度



平坦度別海岸地形平面図

\* 太田ほか(1976)に示される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



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図

## ②-5 DEMデータを用いた検討(検討結果:南岸1) (-1/2-)

- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、南岸1では、標高1.3~2.4m程度の潮間帯より標高の高い範囲に多く認められる。
- 平坦度の良い海岸地形は、汀線方向に100m程度連続する状況が認められ、宿根木周辺には300m程度連続するものも認められる。
- 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(宿根木:231cm, 強清水:195, 186, 172cm)\*と概ね調和的である。
- なお、太田ほか(1976)に示される測定箇所については、当社地表地質踏査等によって以下の状況が認められる。
  - ・宿根木(231cm)\*及び強清水(195cm)\*については、測定箇所と考えられる隆起ベンチの傾斜変換点で当社も測定を実施し、概ね同様な値(宿根木:231cm, 強清水:208cm)であった。
  - ・強清水(186cm)\*の測定箇所と考えられる隆起ベンチの傾斜変換点は、港灣の設置により、改変が認められる。
- 宿根木周辺には、塩田場及び石切場が存在したとされており、一部改変が認められる。

\*太田ほか(1976)に示される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



強清水周辺の航空写真  
(国土地理院撮影の空中写真に加筆)

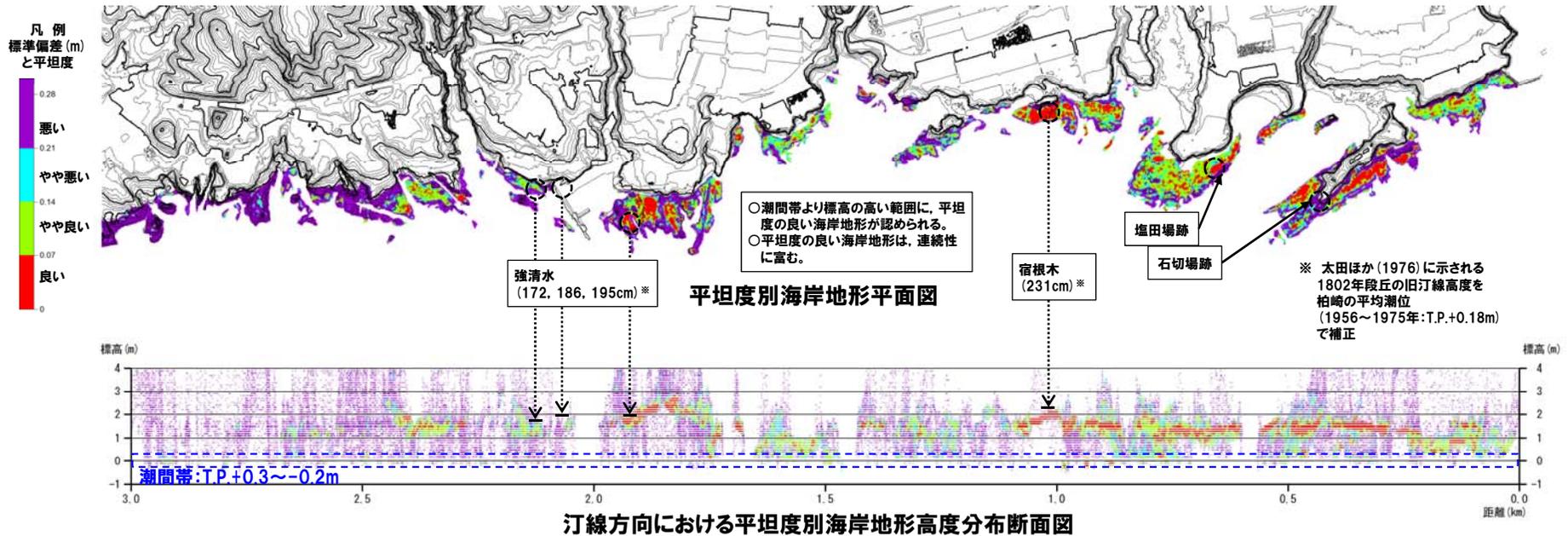


宿根木周辺の案内図  
(塩田場及び石切場)

②-5 DEMデータを用いた検討 (検討結果:南岸1) (-2/2-)



オルソフォトマップ (地形抽出範囲を黄色囲みで示す)



## ②-6 DEMデータを用いた検討(検討結果:南岸2) (-1/2-)

- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、南岸2では、標高1.1~1.9m程度の潮間帯より標高の高い範囲に多く認められる。
- 平坦度の良い海岸地形は、汀線方向に100m程度連続する状況が認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形の高度は、太田ほか(1976)に示される1802年段丘の旧汀線高度(深浦:164, 149, 153cm)※と概ね調和的である。
- 範囲Aには、コンクリート敷設による一部改変が認められる。
- 範囲Aは、上述の隆起ベンチよりも標高の一段高い位置の平坦面(標高3~4m)の分布が卓越しており、太田ほか(1976)において「宿根木-元小木付近で4m余、市振岬-大浦付近で2m」とされている、完新世段丘である可能性が推定される。

※太田ほか(1976)に示される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



範囲Aの状況

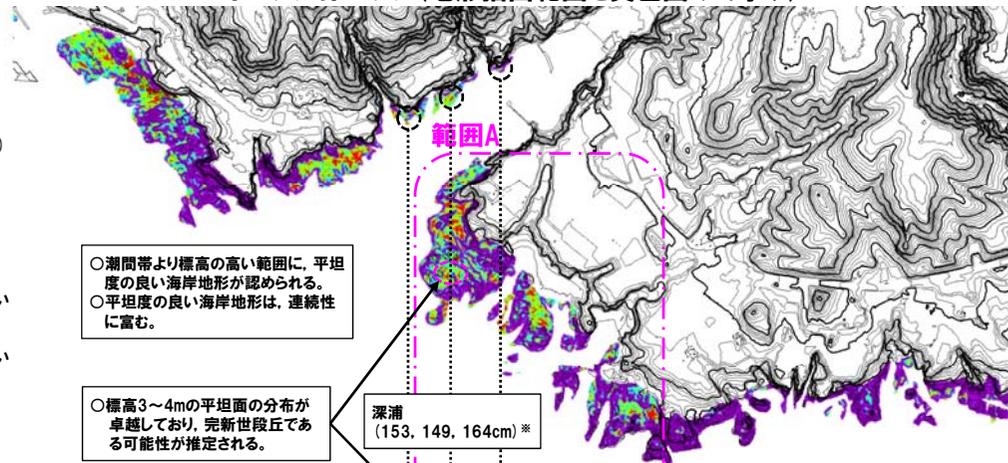
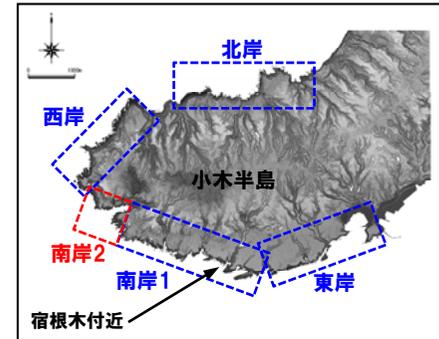


範囲Aの状況  
(コンクリート敷設跡)

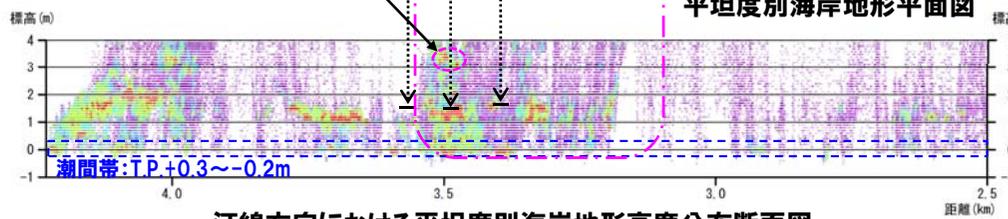
②-6 DEMデータを用いた検討 (検討結果:南岸2) (-2/2-)



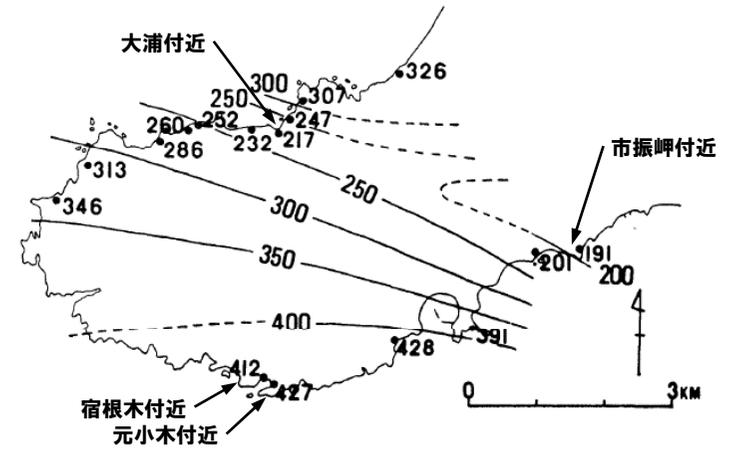
オルソフォトマップ (地形抽出範囲を黄色囲みで示す)



平坦度別海岸地形平面図



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図



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

※ 太田ほか (1976) に示される 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

## ②-7 DEMデータを用いた検討(検討結果:西岸) (-1/2-)

- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、西岸では、標高-0.3~+1.2m程度の範囲に多く認められ、そのうちの範囲Bでは、その多くが潮間帯より標高の高い範囲に認められるが、範囲Cでは、その多くが潮間帯以下に認められる。
- 範囲Bのうち、平坦度の良い海岸地形は、汀線方向に100m程度連続する状況が認められる。
- 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(沢崎:164, 146cm, 白木:139cm, 三ツ屋:86cm, 江積:69cm)\*と概ね調和的である。
- なお、太田ほか(1976)に示される測定箇所については、当社地表地質踏査等によって以下の状況が認められる。
  - ・沢崎(164cm)\*及び三ツ屋(86cm)\*については、測定箇所と考えられる隆起ベンチの傾斜変換点で当社も測定を実施し、概ね同様な値(沢崎:183cm, 三ツ屋:54cm)であった。
- 範囲B及び範囲Cには、コンクリート敷設による一部改変が認められる。

\*太田ほか(1976)に示される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

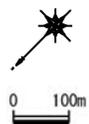
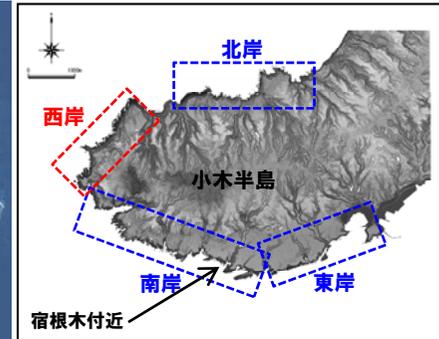
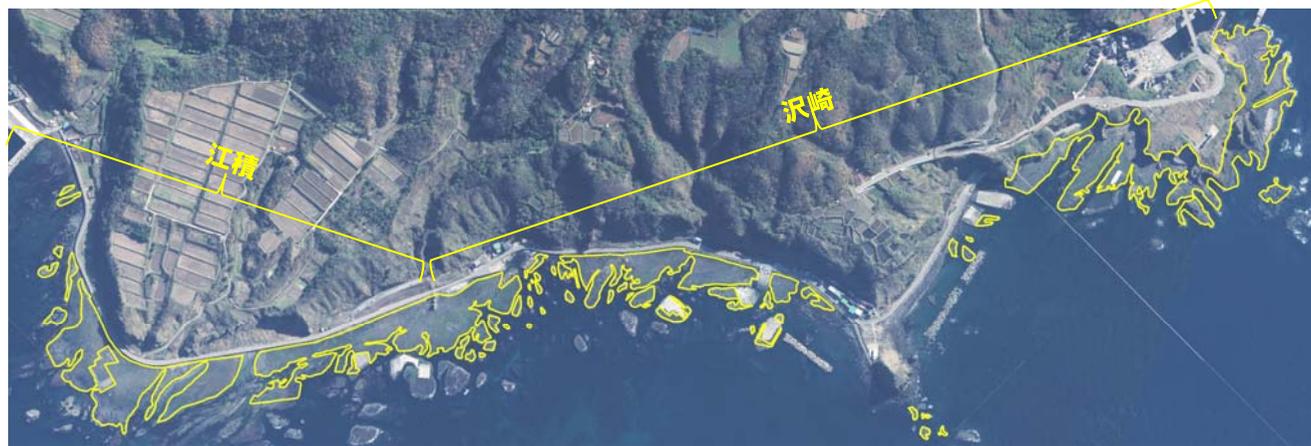


範囲Cの状況  
(コンクリート敷設)

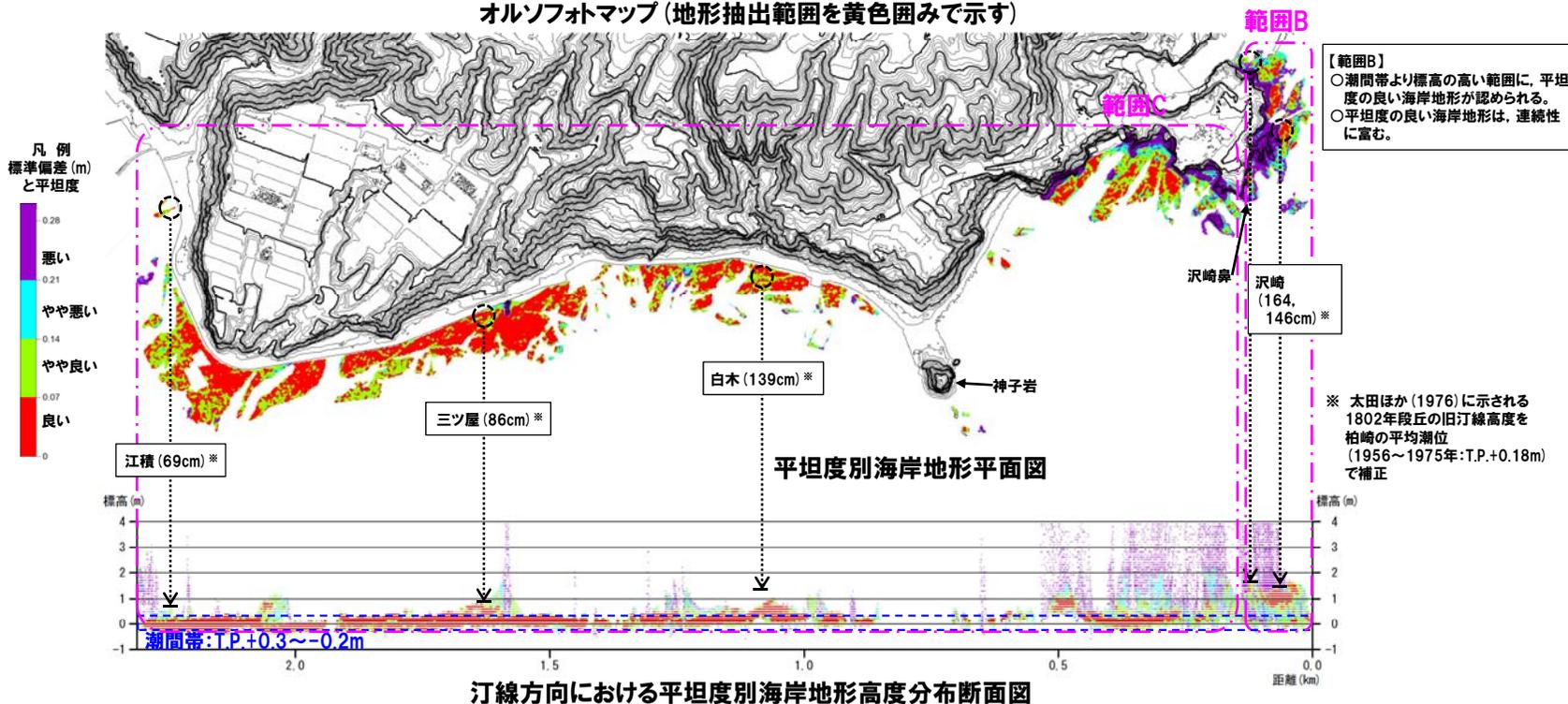


範囲Bの状況  
(コンクリート敷設)

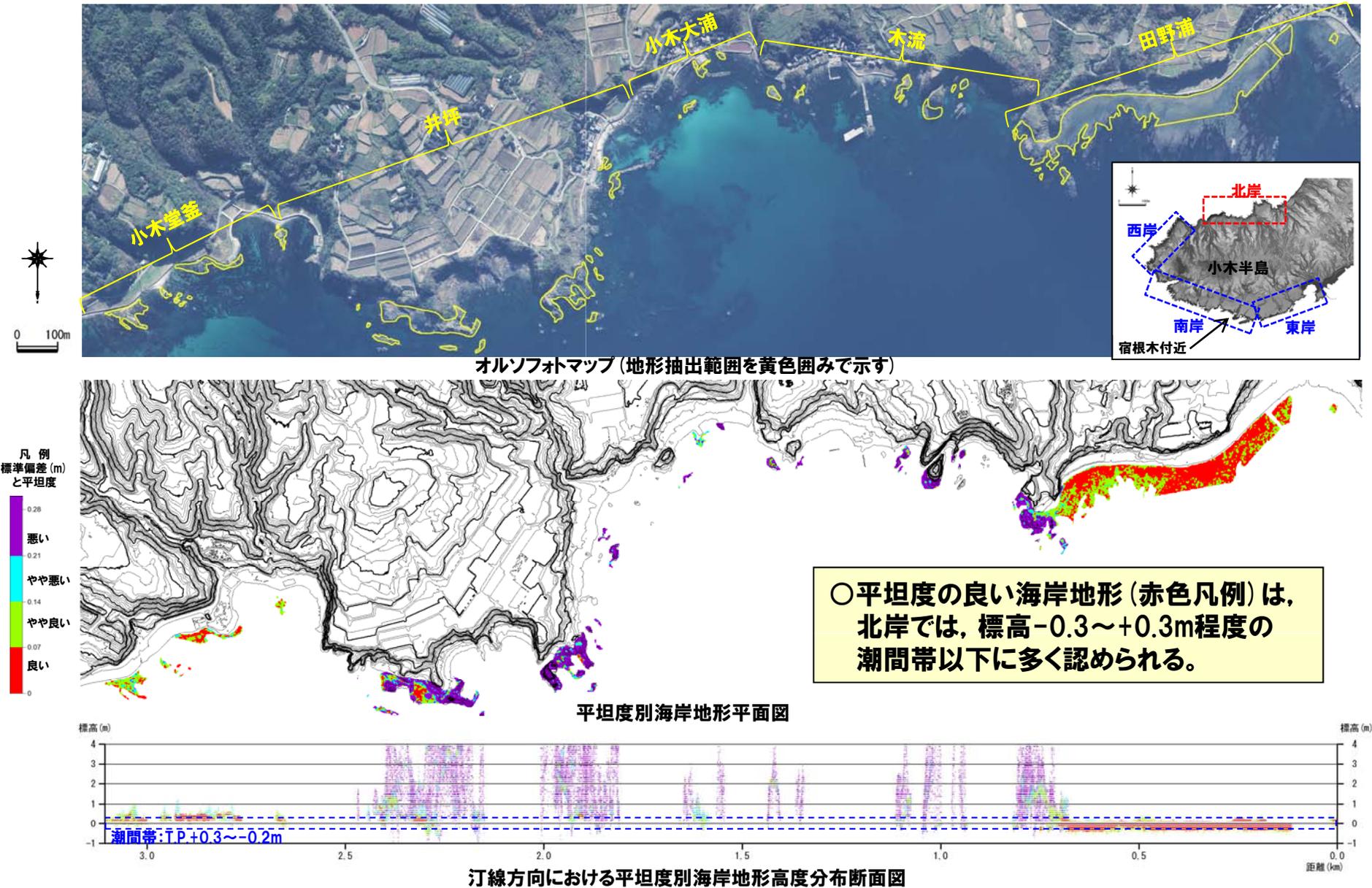
②-7 DEMデータを用いた検討(検討結果:西岸) (-2/2-)



オルソフォトマップ(地形抽出範囲を黄色囲みで示す)



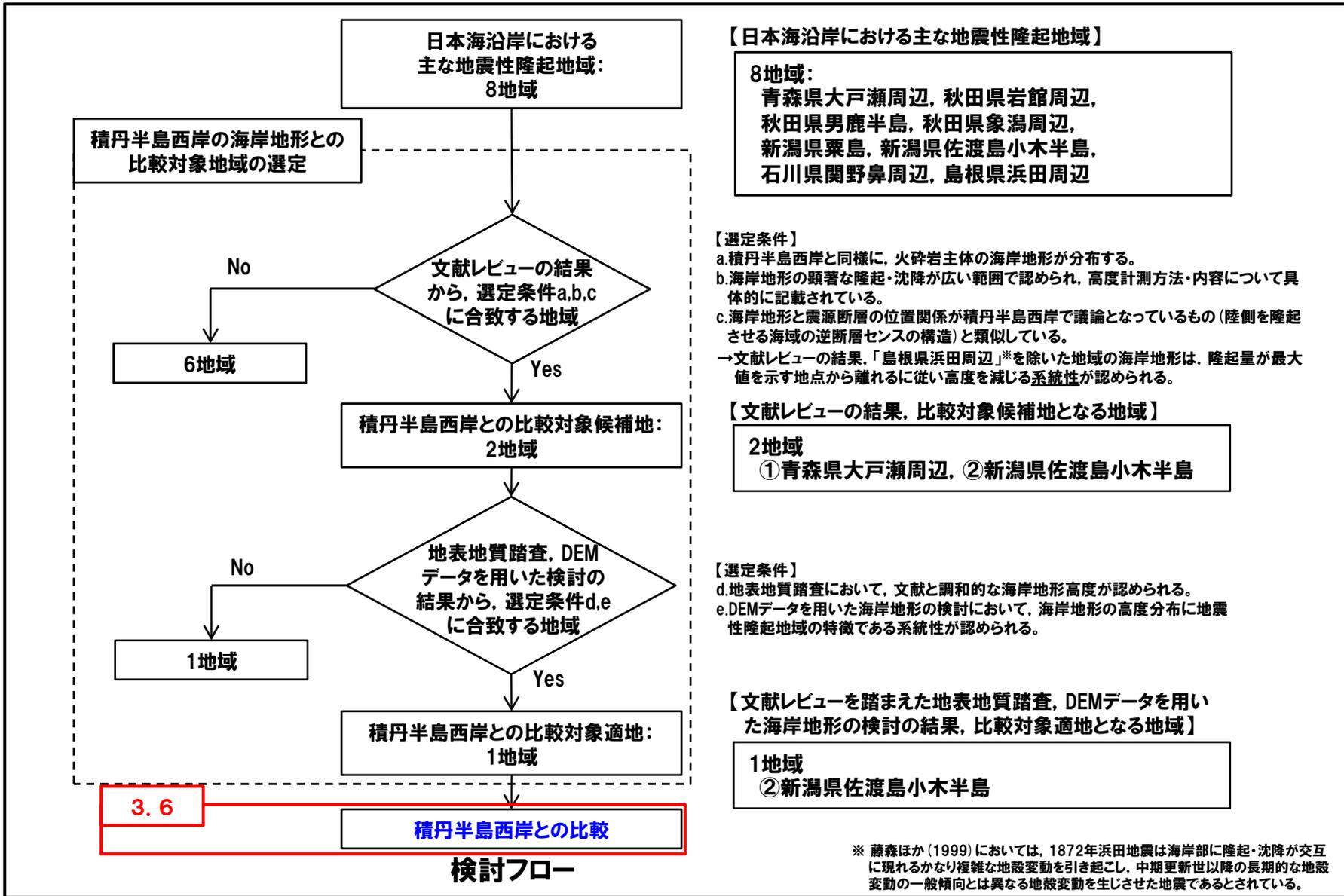
## ②-8 DEMデータを用いた検討 (検討結果:北岸)



余白

### 3.6 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較

#### 検討フロー



### 3.6 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較

#### ①-1 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較(まとめ)

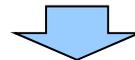
- 文献レビューを踏まえた地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討の結果、比較対象適地には、新潟県佐渡島小木半島を選定した。
- 新潟県佐渡島小木半島について、積丹半島西岸の海岸地形と比較し、特徴の差異について検討を実施した。

#### 【新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況(P110~P122参照)】

- 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。

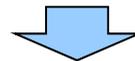
#### 【積丹半島西岸の海岸地形の状況(P19~P26参照)】

- 平坦度の良い海岸地形は、その多くが潮間帯以下に認められ、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。
- 連続する平坦度の良い海岸地形の高度が、系統的に変化する状況は認められない。



#### 【新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較結果】

- 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、平坦度の良い海岸地形の高度が系統的に変化する状況及び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。

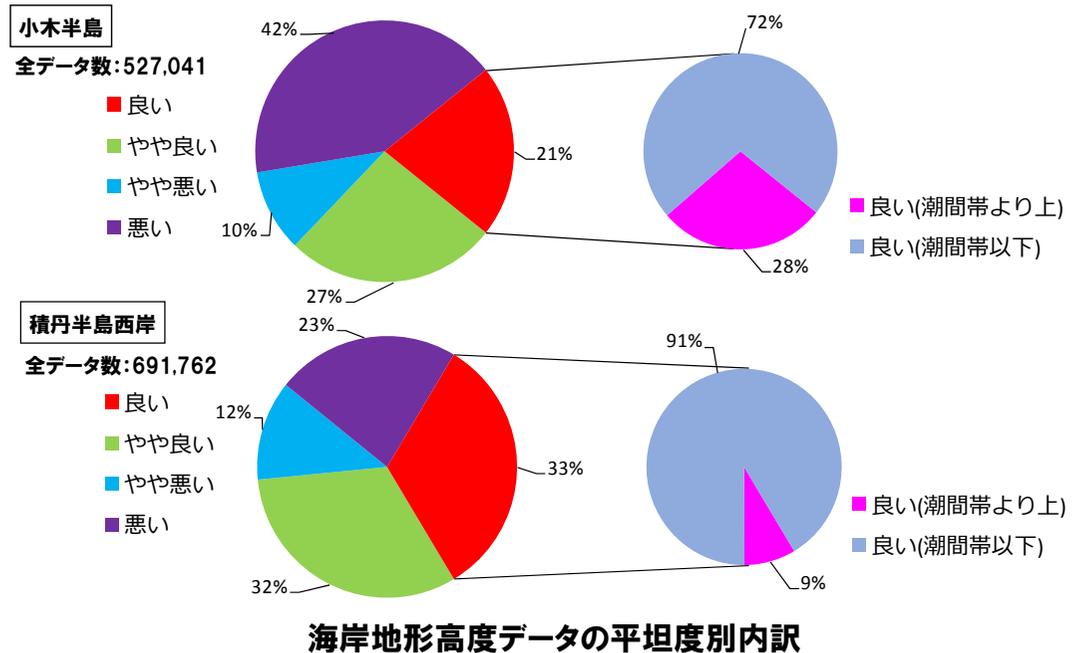


- 積丹半島西岸の海岸地形は、日本海側における地震性隆起地域の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。

#### ①-2 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較 (全体) (-1/2-)

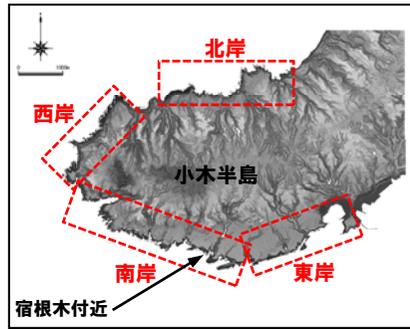
- 新潟県佐渡島小木半島では、平坦度の良い海岸地形 (赤色凡例) は、東岸では標高0.7~2.0m程度、南岸では標高1.1~2.4m程度、西岸では標高-0.3~+1.2m程度、北岸では標高-0.3~+0.3m程度に多く認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に100m程度連続する状況が南岸を中心に多く認められる。
- 連続する平坦度の良い海岸地形の高度が、南岸から北岸に向かって減少する系統性が認められる。
- 沿岸部には、岩相が多様なHyaloが分布しており、潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形についても多くはHyaloからなる。
- 積丹半島西岸では、平坦度の良い海岸地形は、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。
- 連続する平坦度の良い海岸地形の高度が、系統的に変化する状況は認められない。
- 火砕岩主体の海岸地形が分布しており、一部にHyaloが分布 (次頁範囲A) している。
- 主にHyaloが分布する範囲においても、平坦度の良い海岸地形が潮間帯より標高の高い範囲で汀線方向に連続する状況又は系統的に高度変化する状況は認められない。

- 新潟県佐渡島小木半島及び積丹半島西岸の海岸地形状況について、統計的に確認した。
- 小木半島における平坦度の良い海岸地形は、3割程度が潮間帯より標高の高い範囲で認められる。
- 積丹半島西岸における平坦度の良い海岸地形は、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海岸地形の割合が、積丹半島西岸と比較して小木半島の方が大きい状況は、小木半島が地震性隆起の影響を受けていることを定量的に示唆しているものと考えられる。

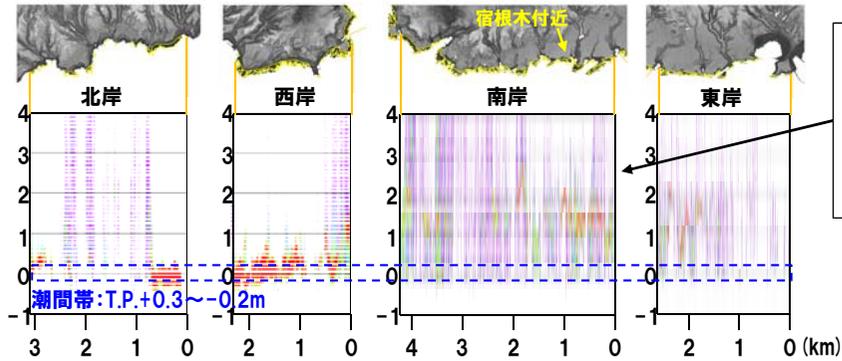


### 3. 6 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較

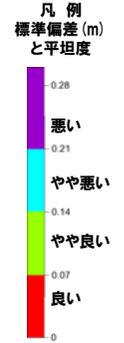
#### ①-2 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較 (全体) (-2/2-)



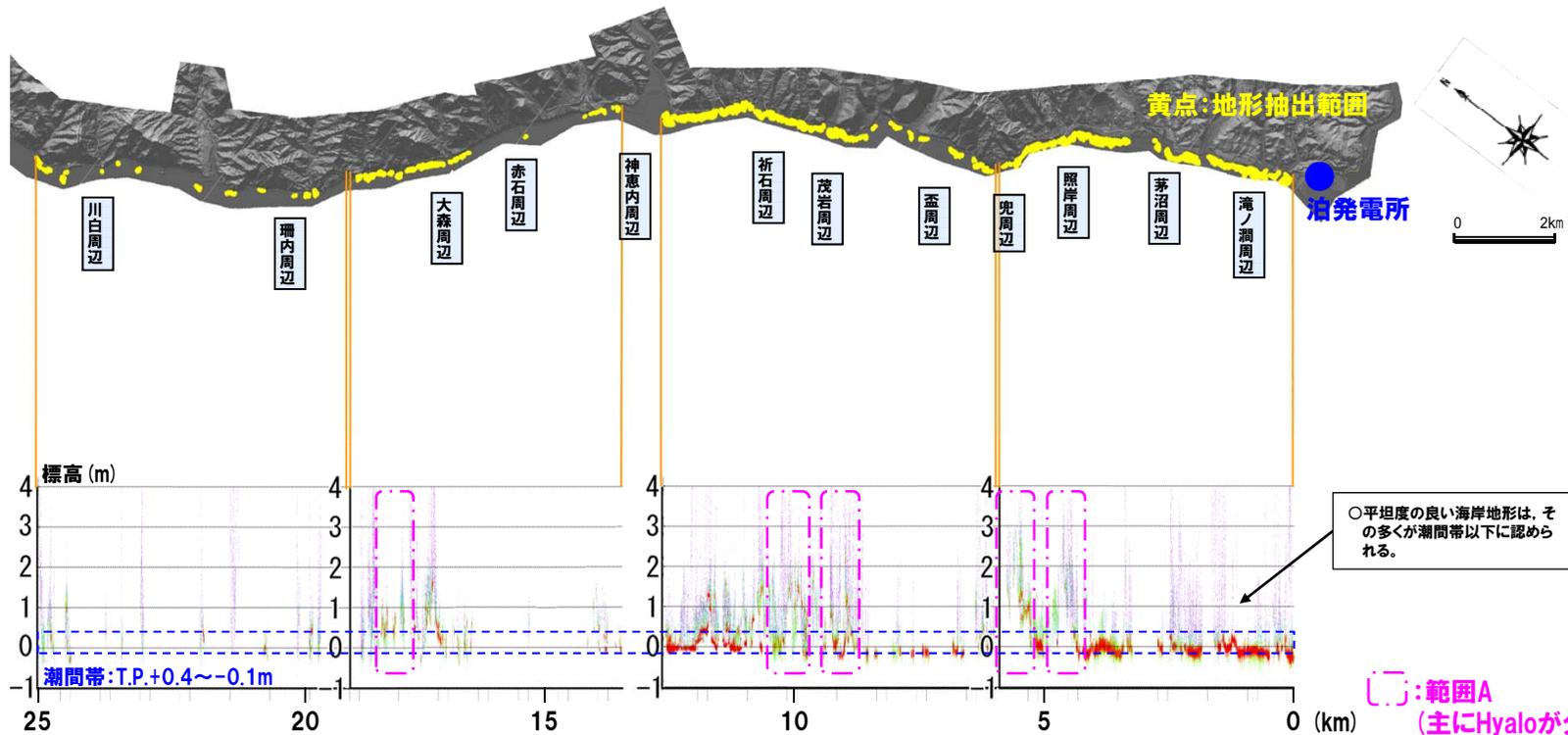
検討範囲図



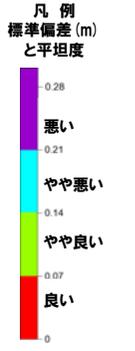
○潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に100m程度連続する状況が南岸を中心に多く認められる。  
○連続する平坦度の良い海岸地形の高度が、南岸から北岸に向かって減少する系統性が認められる。



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図 (新潟県佐渡島小木半島)



○平坦度の良い海岸地形は、その多くが潮間帯以下に認められる。



[ ]: 範囲A (主にHyaloが分布する範囲)

汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図 (積丹半島西岸)

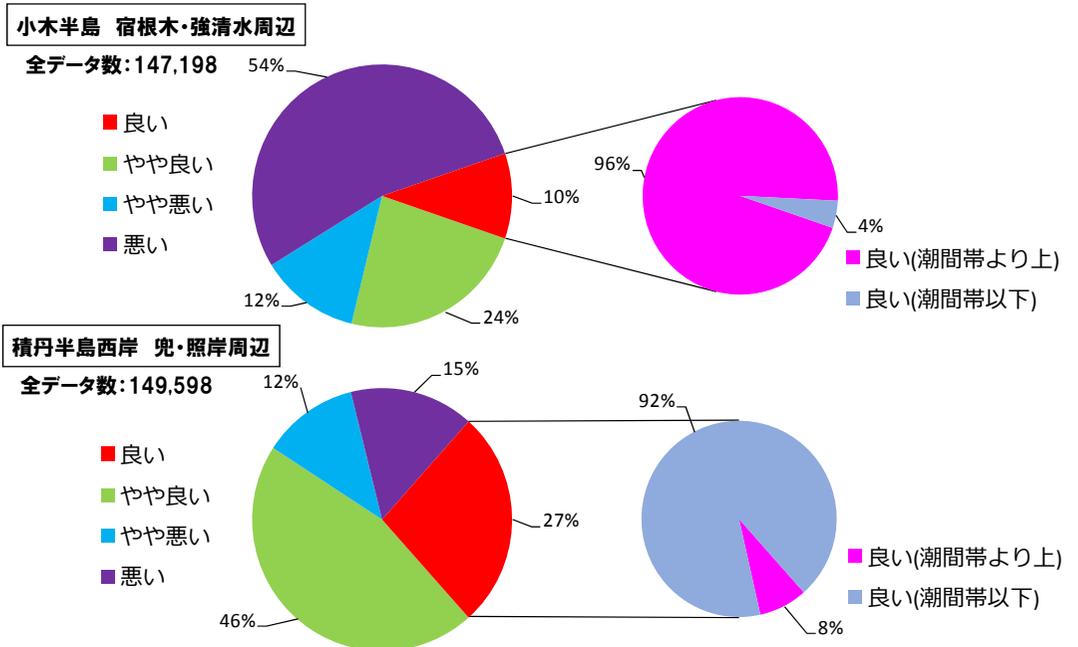
### 3.6 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較

#### ①-3 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較(詳細) (-1/2-)

- 小木半島及び積丹半島西岸について、海岸地形が特徴的な範囲を以下の観点で抽出し、海岸地形の比較を実施した。
  - ・小木半島のうち、1802年段丘の旧汀線高度が最大値(231m<sup>\*</sup>)を示す宿根木付近及びそれに隣接して2m弱<sup>\*</sup>を示す強清水付近を含む範囲
  - ・積丹半島西岸のうち、海岸地形高度が1~2m程度と相対的に高い兜周辺及び照岸周辺を含む範囲
- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、宿根木・強清水周辺では潮間帯より標高の高い範囲に多く認められるものの、兜・照岸周辺ではその多くが潮間帯以下に認められる。
- 宿根木・強清水周辺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海岸地形は、汀線方向に100m程度連続する状況が認められ、宿根木周辺には300m程度連続するものも認められる(範囲B)。
- 兜・照岸周辺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(範囲C)。

※太田ほか(1976)に示される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

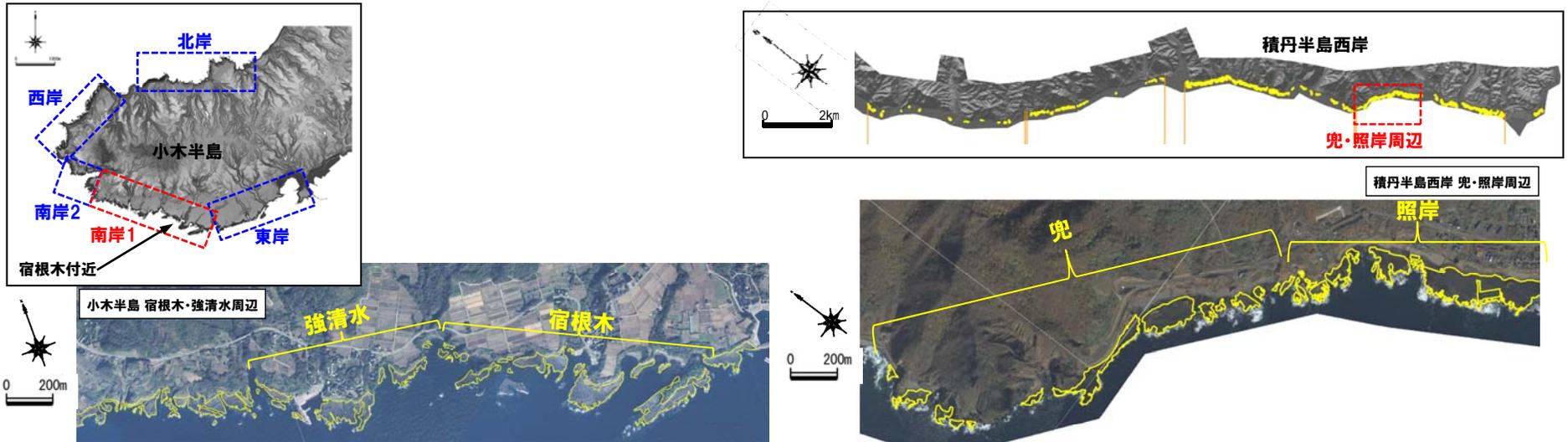
- 宿根木・強清水周辺及び兜・照岸周辺について、統計的に確認した。
- 統計的に確認する対象範囲は、上記範囲をそれぞれ含む延長3kmとした。
- 宿根木・強清水周辺における平坦度の良い海岸地形は、9割以上が潮間帯より標高の高い範囲で認められる。
- 兜・照岸周辺における平坦度の良い海岸地形は、その多くが潮間帯以下に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形の割合が、兜・照岸周辺と比較して宿根木・強清水周辺の方が大きい状況は、宿根木・強清水周辺が地震性隆起の影響を受けていることを定量的に示唆しているものと考えられる。



海岸地形高度データの平坦度別内訳

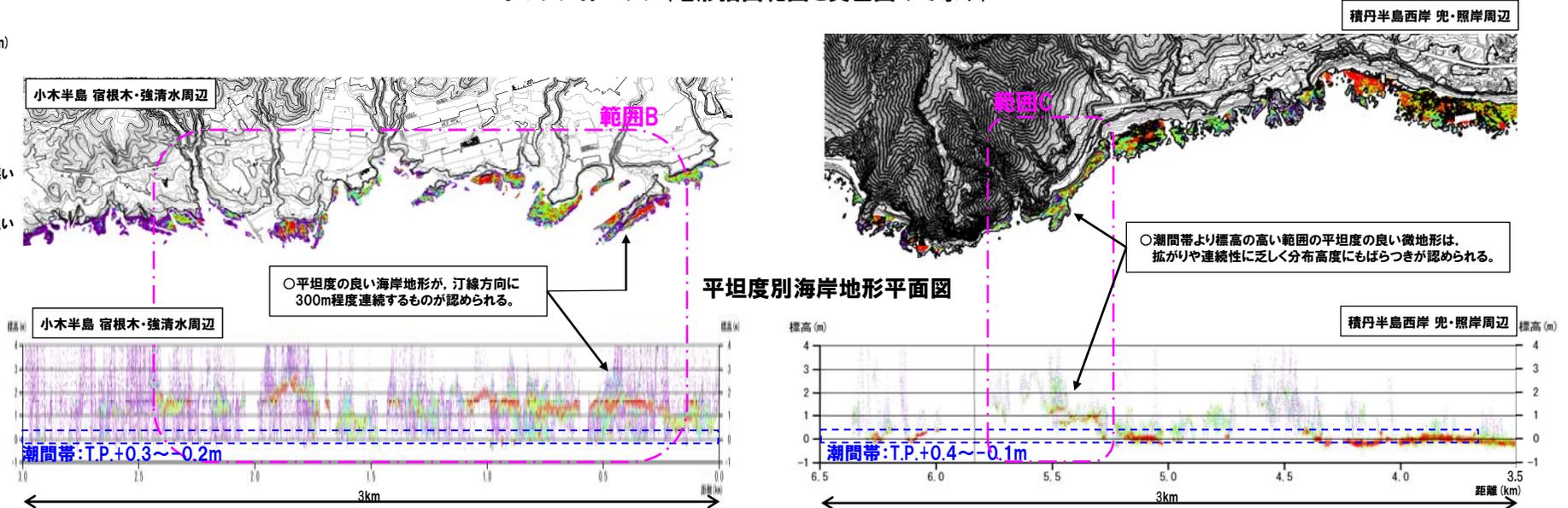
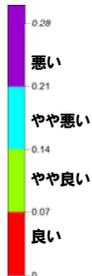
### 3. 6 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較

#### ①-3 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較 (詳細) (-2/2-)



オルソフォトマップ (地形抽出範囲を黄色囲みで示す)

凡例  
標準偏差 (m)  
と平坦度



○平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に300m程度連続するものが認められる。

○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。

汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図

## ①-1 DEMデータを用いた検討(検討結果:全体) (-1/2-)

- 青森県大戸瀬周辺の海岸地形分布高度及び平坦度について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、北金ヶ沢(きたかねがさわ)周辺～田野沢(たのさわ)周辺では標高0.2～2.1m程度、大戸瀬駅周辺～黒崎沢周辺では0.2～2.2m程度、塩見崎周辺～深浦周辺では標高0.2～0.8m程度、入前崎(にゅうまいざき)周辺～黄金崎(こがねざき)周辺では標高0.2～1.3m程度に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形は、主に大戸瀬崎周辺(千畳敷付近)、大戸瀬駅周辺及び入前崎周辺に認められる。
- 上記地域においては、潮間帯より高い範囲に平坦度の良い海岸地形が、それぞれ300m、200m、1,600m程度連続する状況が認められる。
- Nakata et al. (1976)においては、1793年西津軽地震の際に隆起した隆起ベンチ高度を測定しており、隆起量\*は大戸瀬崎周辺で最大値(2.5m程度)を示し、南西方向(黄金崎、0.7m程度)に向かって減少する系統性が認められるものの、測定箇所\*付近の海岸地形には、基部が護岸等により改変された箇所も認められる。
- なお、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(P96～P97参照)。



- 大戸瀬周辺においては、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。
- 上記の状況は、積丹半島において潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形が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状況とは異なる。
- 海岸地形には、基部が改変された箇所も認められ、Nakata et al. (1976)に示されるような海岸地形の高度分布の系統性については確認されない。
- 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。
- 上記の状況は、積丹半島西岸のMm1段丘(MIS5eの海成段丘)高度が、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定である(P28～P29参照)状況とは異なる。

## 【大戸瀬周辺の潮間帯】

- 大戸瀬周辺の潮間帯については、気象庁、国土地理院等による潮位観測箇所のうち、最も近接している深浦のデータを用いた。
- 深浦の5年間(2011～2015年)の朔望平均潮位(朔望満潮位:T.P.+50.6cm、朔望干潮位:T.P.+6.9cm)を勘案し、大戸瀬周辺の潮間帯をT.P.+0.5～0.0mと定義した。

\* Nakata et al. (1976)に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。

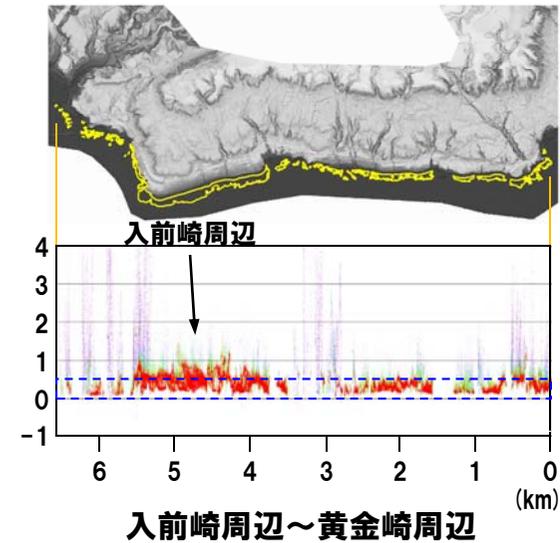
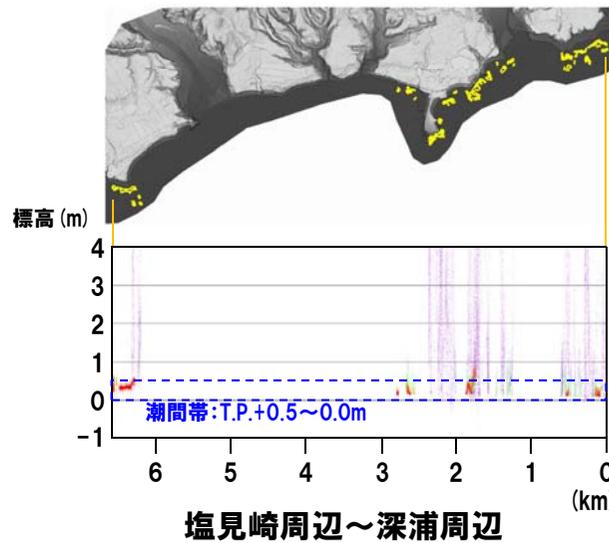
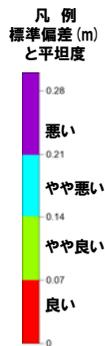
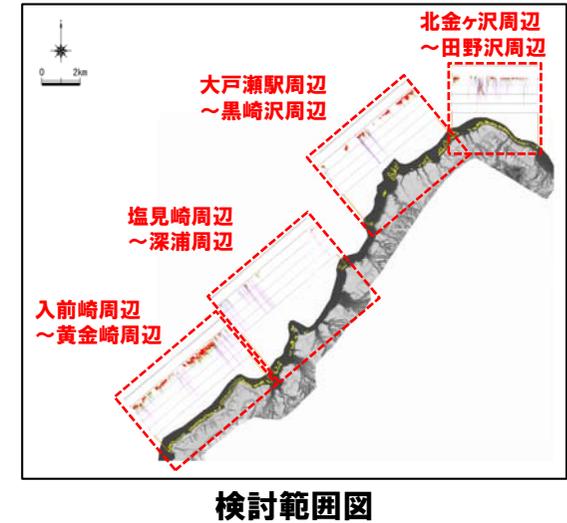
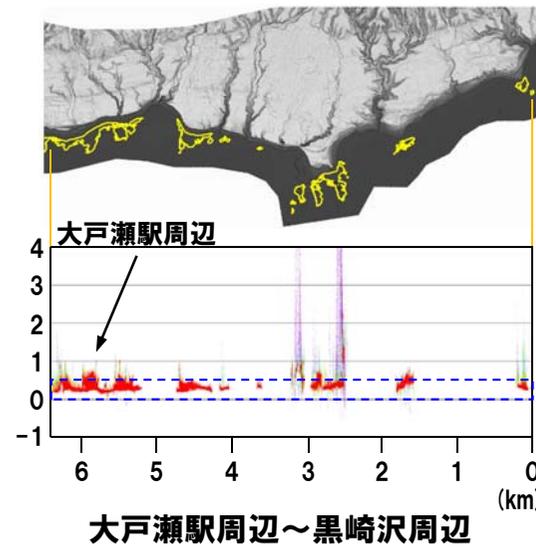
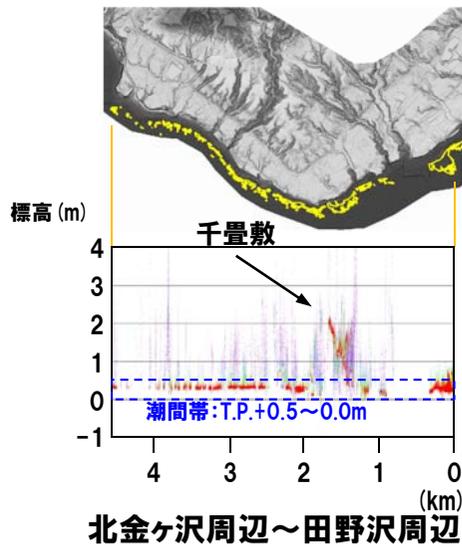
## 深浦の朔望平均潮位(気象庁HPより作成)

	深浦の5年間(2011～2015年)の朔望平均潮位	
	朔望満潮位(cm)	朔望干潮位(cm)
潮位(観測基準面上)	180.4	136.7
T.P.換算潮位(観測基準面の標高で補正 深浦:-129.8cm)	50.6	6.9



東北地方北部の潮汐観測地点(気象庁HPに加筆)

①-1 DEMデータを用いた検討(検討結果:全体) (-2/2-)

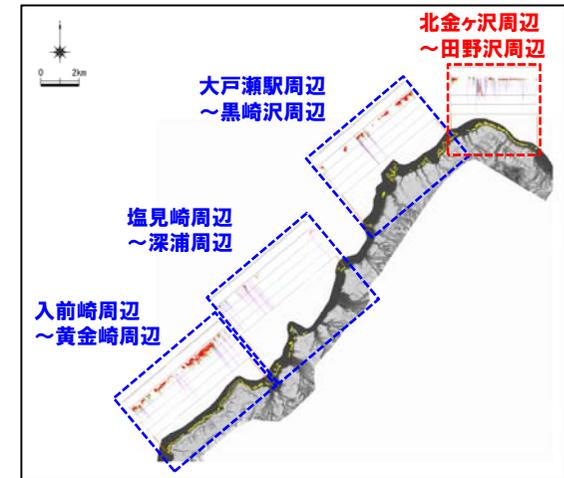


汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

①-2 DEMデータを用いた検討 (検討結果:北金ヶ沢周辺～田野沢周辺) (-1/2-)

- 平坦度の良い海岸地形 (赤色凡例) は、北金ヶ沢周辺～田野沢周辺では、標高0.2～2.1m程度に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形は、範囲Aにおいては汀線方向に300m程度連続する状況が認められ、千畳敷と呼称されている。
- Nakata et al. (1976) においては、北金ヶ沢周辺～田野沢周辺において、隆起ベンチの旧汀線高度※は1.8～2.5m程度とされている。
- Nakata et al. (1976) に示される1793年西津軽地震による隆起ベンチの旧汀線高度測定箇所※のうち、大戸瀬崎1 (2.3m程度)※及び田野沢 (1.9m程度)※における海岸地形の基部は、埋め立て等により改変が認められる。

※: Nakata et al. (1976) に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所。なお、隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。



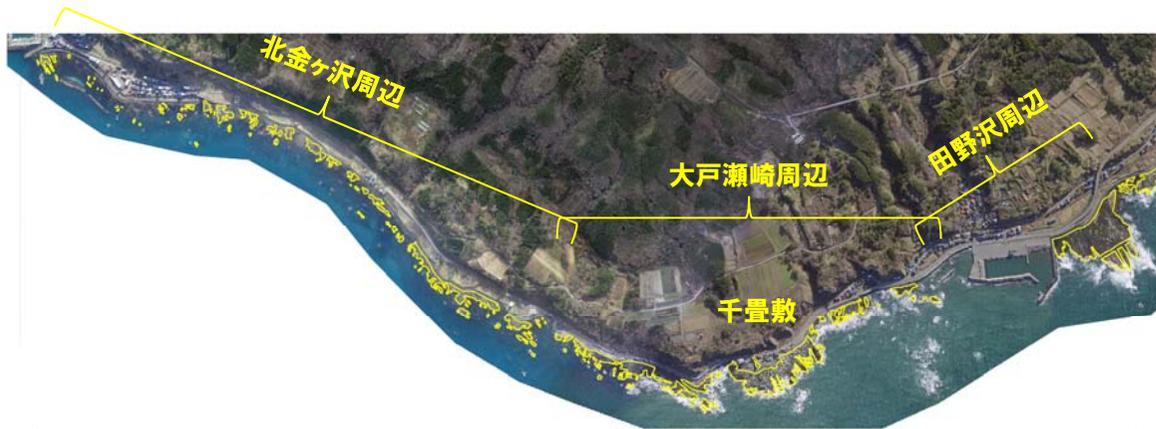
大戸瀬崎周辺の航空写真 (国土地理院撮影の空中写真に加筆)

検討範囲図

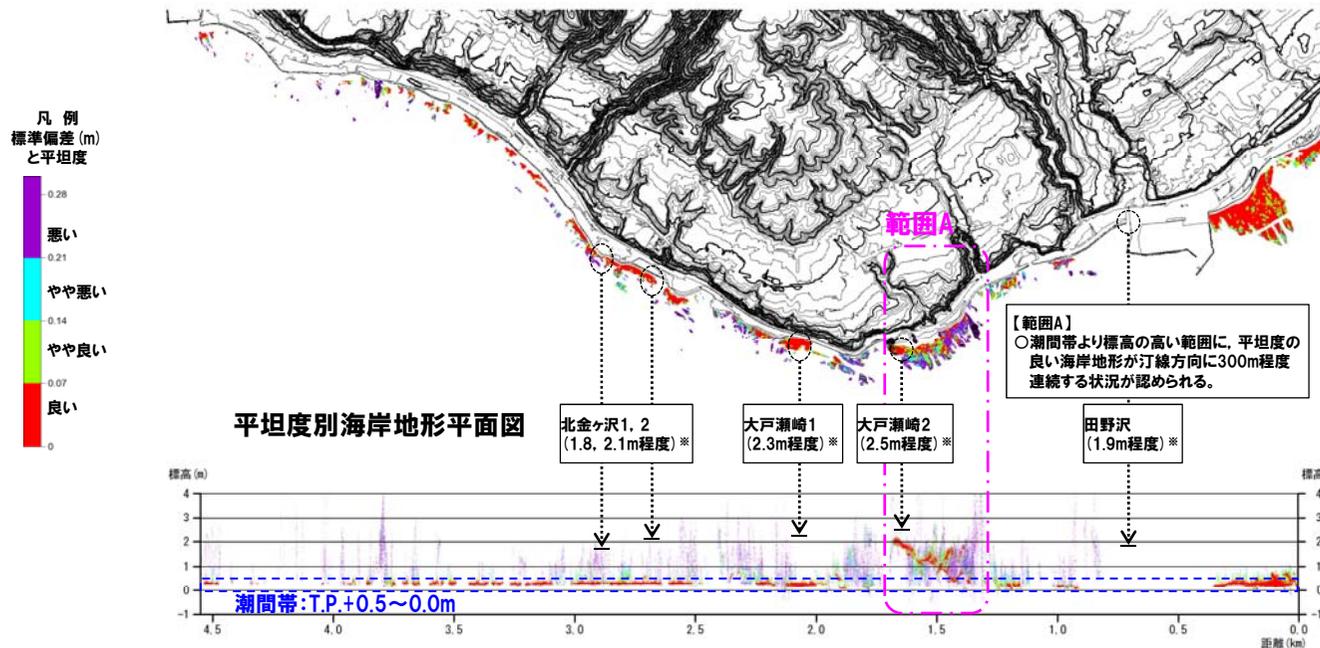


田野沢周辺の航空写真 (国土地理院撮影の空中写真に加筆)

①-2 DEMデータを用いた検討 (検討結果:北金ヶ沢周辺～田野沢周辺) (-2/2-)



オルソフォトマップ (地形抽出範囲を黄色囲みで示す)



平坦度別海岸地形平面図

汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図

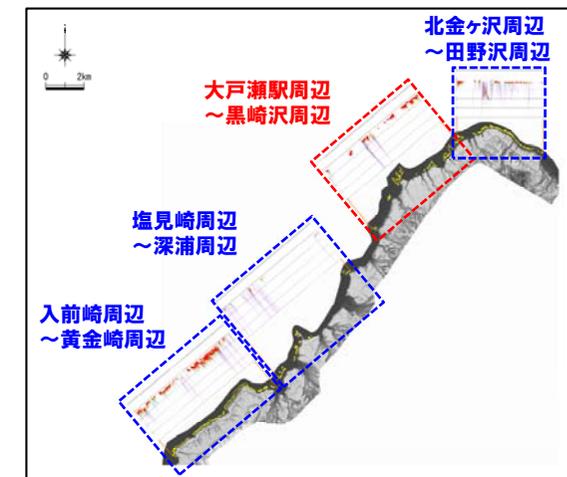
【範囲A】  
○潮間帯より標高の高い範囲に、平坦度の良い海岸地形が汀線方向に300m程度連続する状況が認められる。

※: Nakata et al. (1976) に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所。なお、隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。

## ①-3 DEMデータを用いた検討(検討結果:大戸瀬駅周辺～黒崎沢周辺) (-1/2-)

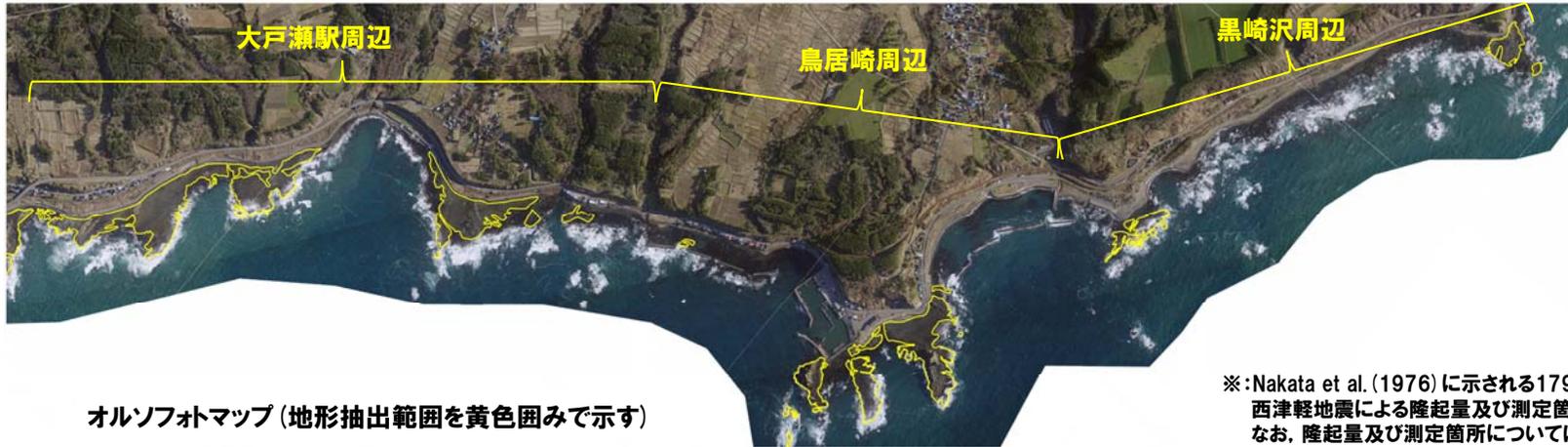
- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、大戸瀬駅周辺～黒崎沢周辺では、標高0.2～2.2m程度に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形は、範囲Bにおいては汀線方向に200m程度、範囲C及びDにおいては汀線方向に100m程度連続する状況が認められる。
- Nakata et al.(1976)においては、大戸瀬駅周辺～黒崎沢周辺において、隆起ベンチの旧汀線高度※は1.6～1.7m程度とされている。

※:Nakata et al.(1976)に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所。なお、隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。

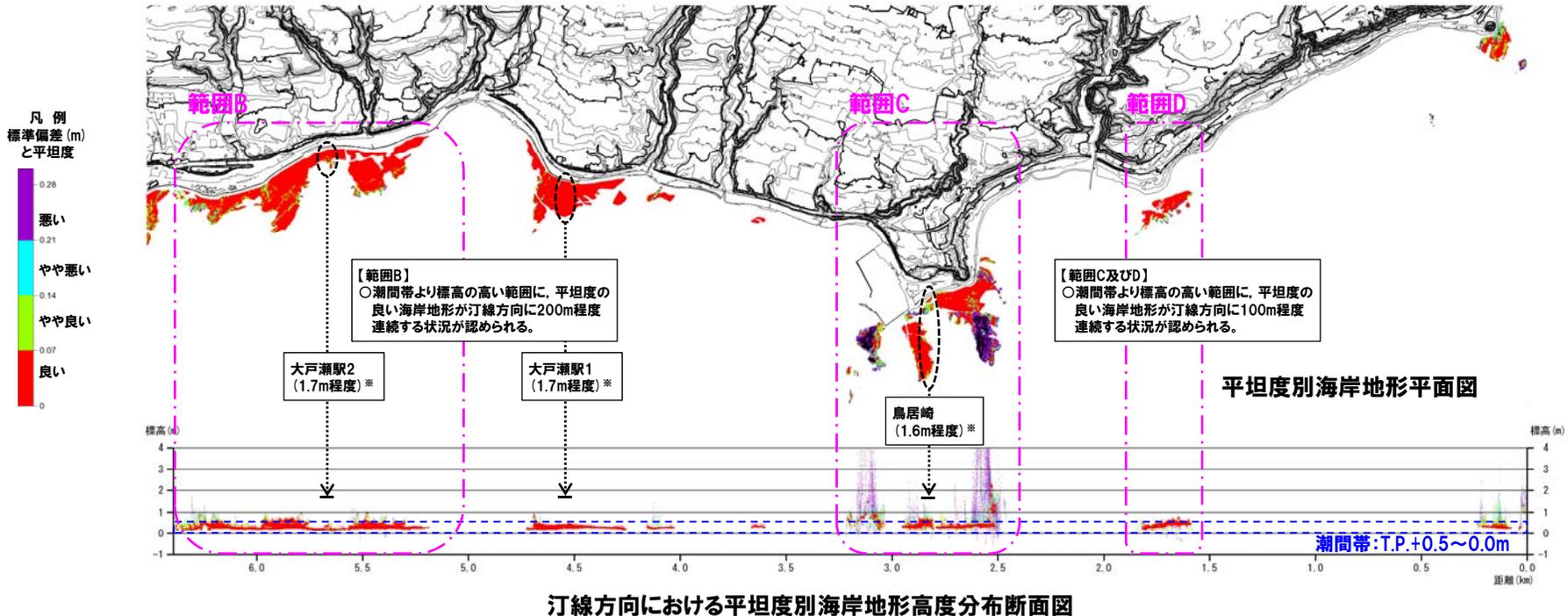


検討範囲図

①-3 DEMデータを用いた検討(検討結果:大戸瀬駅周辺～黒崎沢周辺) (-2/2-)

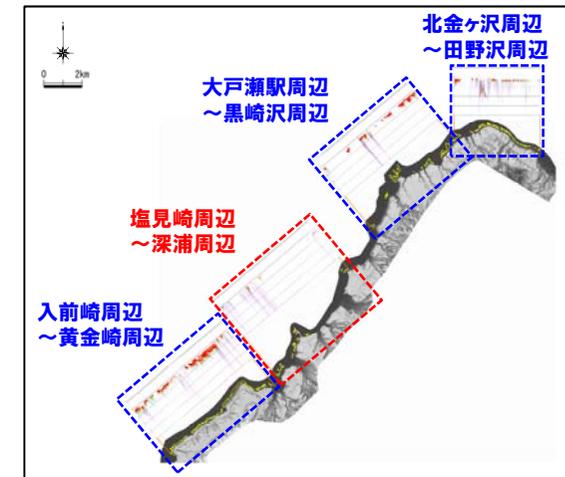


※:Nakata et al.(1976)に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所。なお、隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。



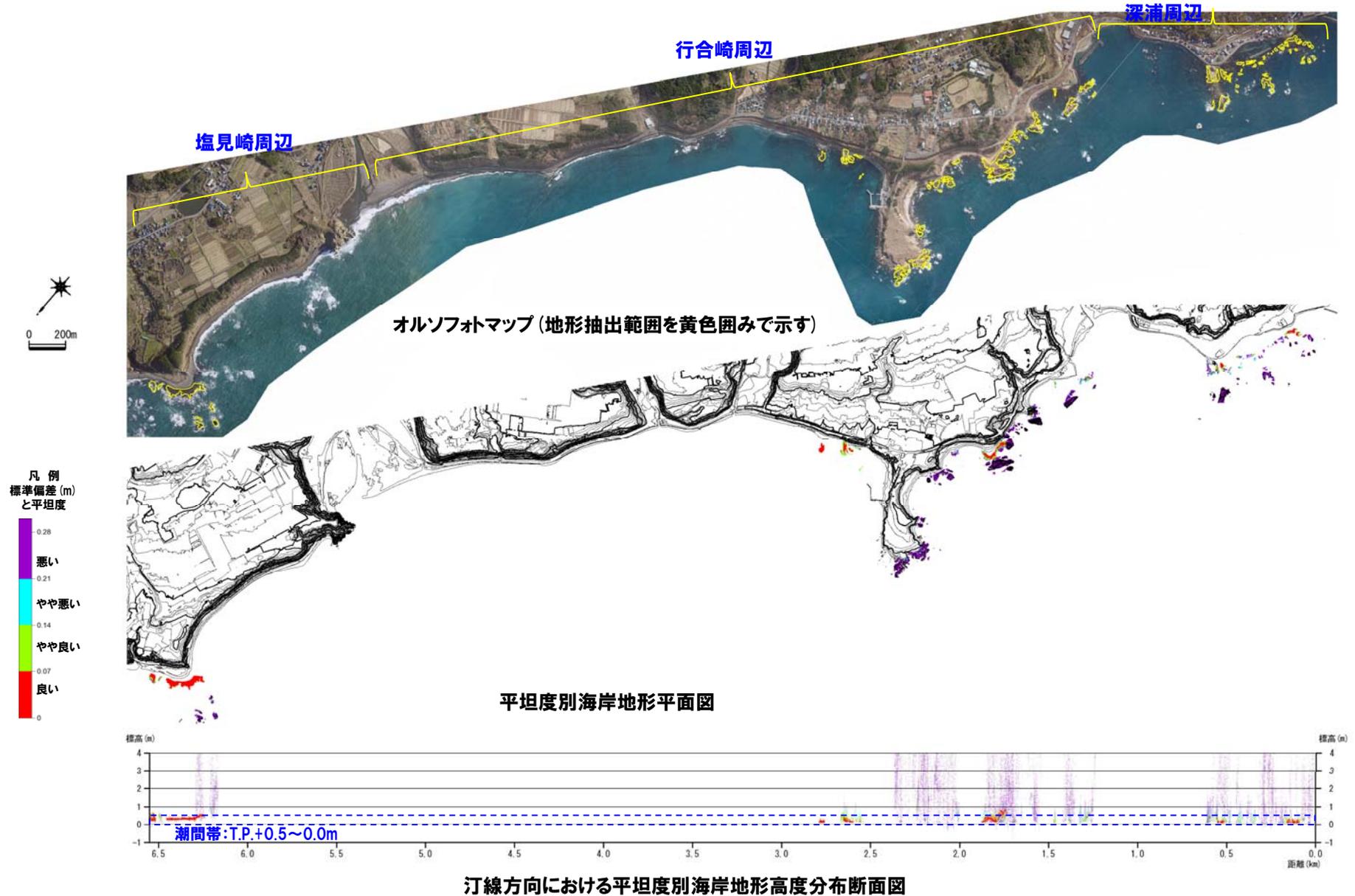
## ①-4 DEMデータを用いた検討(検討結果:塩見崎周辺～深浦周辺) (-1/2-)

○平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、塩見崎周辺～深浦周辺では、標高0.2～0.8m程度に認められる。



検討範囲図

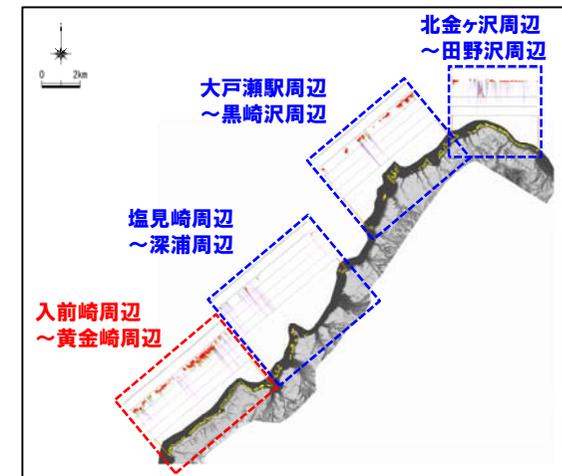
## ①-4 DEMデータを用いた検討 (検討結果:塩見崎周辺～深浦周辺) (-2/2-)



## ①-5 DEMデータを用いた検討(検討結果:入前崎周辺～黄金崎周辺) (-1/2-)

- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、入前崎周辺～黄金崎周辺では、標高0.0～1.3m程度に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形は、範囲Eにおいては汀線方向に1,600m程度連続する状況が認められる。
- Nakata et al.(1976)においては、入前崎周辺～黄金崎周辺において、隆起ベンチの旧汀線高度※は0.7～1.1m程度とされている。

※:Nakata et al.(1976)に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所。なお、隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。



検討範囲図

①-5 DEMデータを用いた検討(検討結果:入前崎周辺～黄金崎周辺) (-2/2-)

入前崎周辺

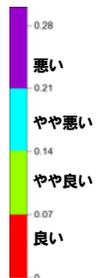
横磯周辺

黄金崎周辺

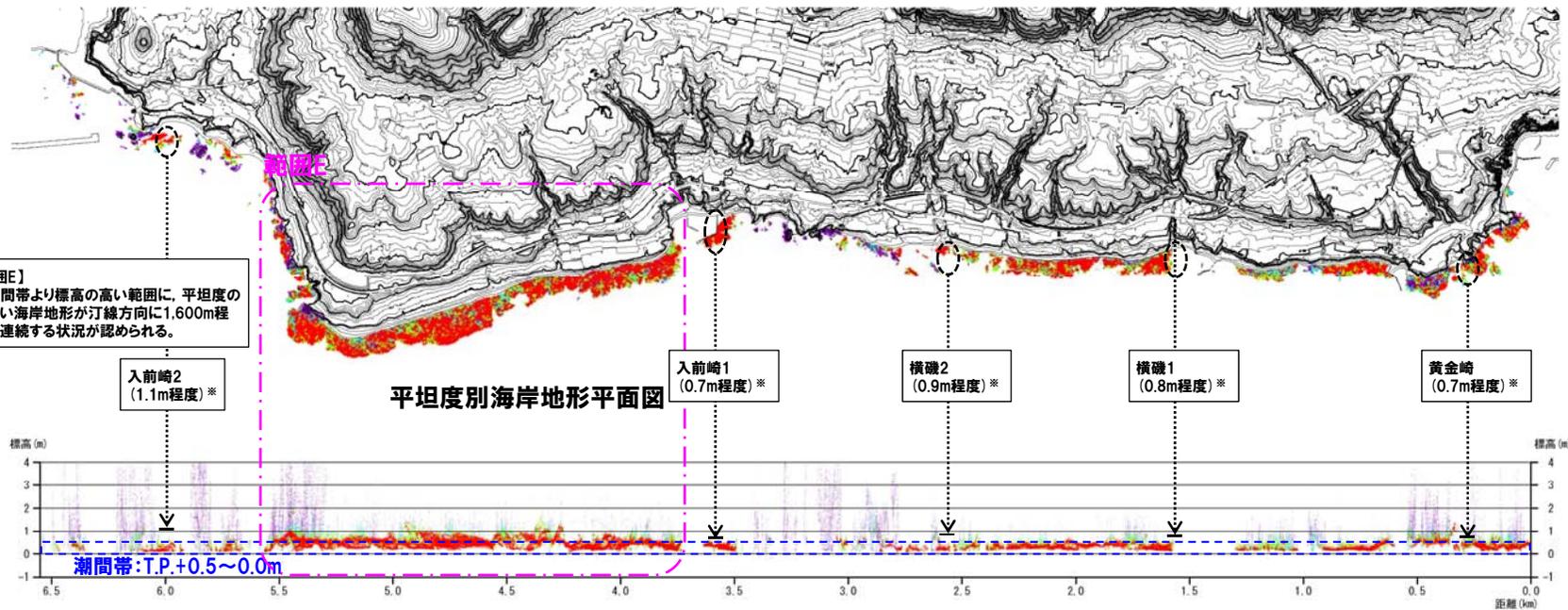


オルソフォトマップ(地形抽出範囲を黄色囲みで示す)

凡例  
標準偏差(m)  
と平坦度



【範囲E】  
○潮間帯より標高の高い範囲に、平坦度の良い海岸地形が汀線方向に1,600m程度連続する状況が認められる。



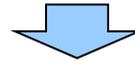
平坦度別海岸地形平面図

汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図

※: Nakata et al. (1976) に示される1793年西津軽地震による隆起量及び測定箇所。なお、隆起量及び測定箇所については、文献中のグラフから読み取りを行った。

**①-1 海成段丘の分布高度 (検討結果:全体) (-1/2-)**

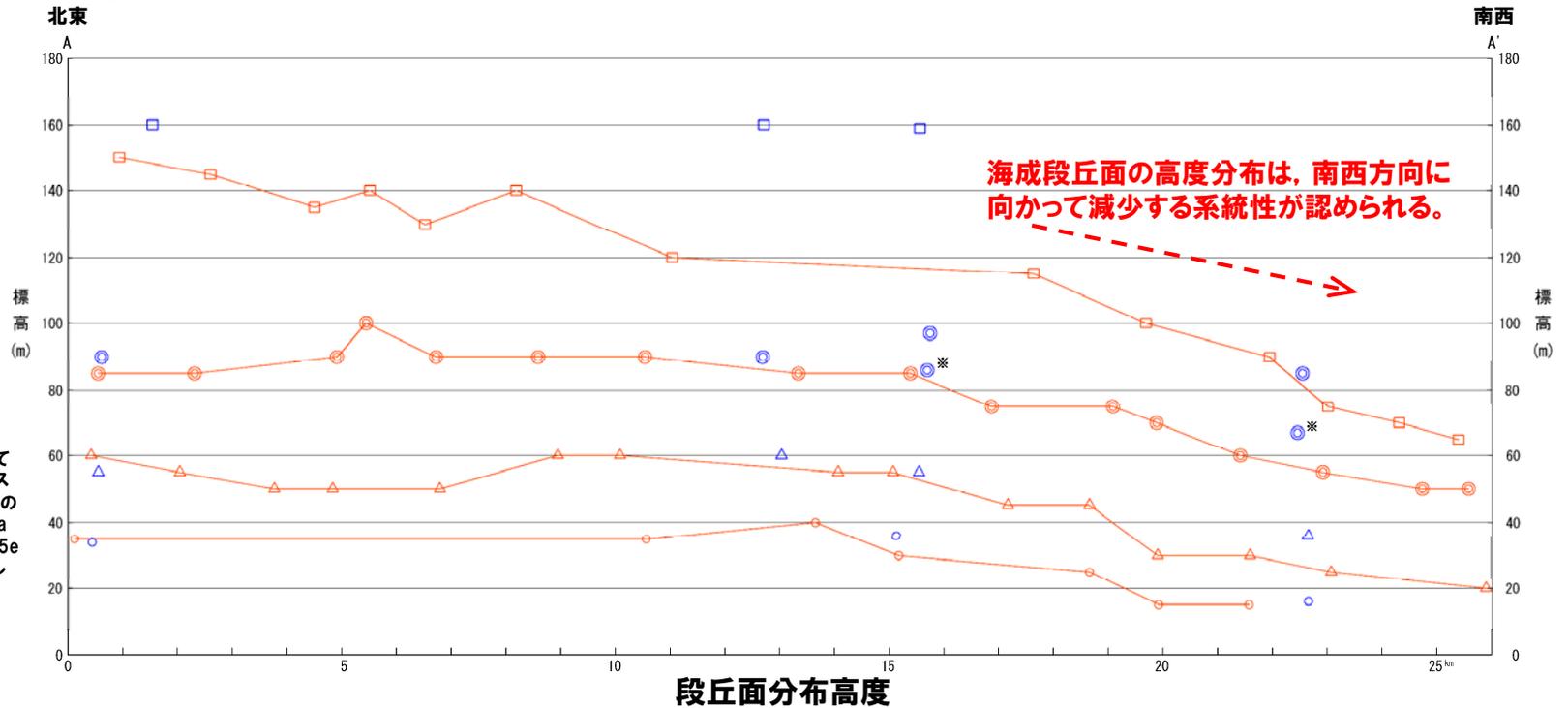
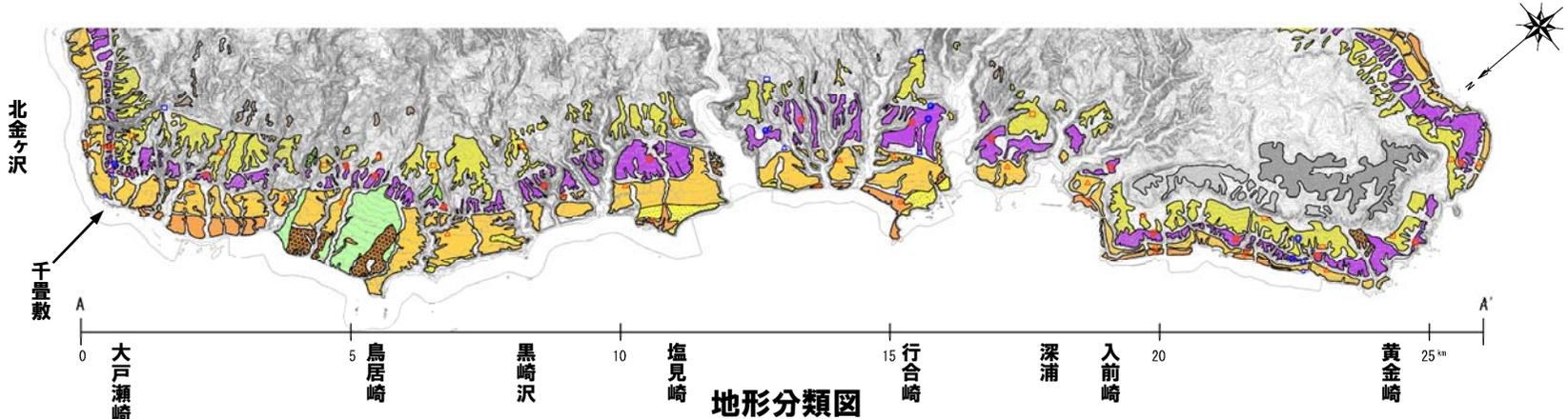
- 青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた平坦度の整理では、系統性は確認されないことから、地震性地殻変動の影響がより累積している海成段丘の分布高度について検討を実施した。
- 検討にあたっては、大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度について地形判読を実施した※1。
- MIS5eの海成段丘面の分布高度は、北金ヶ沢周辺～鳥居崎周辺では標高85～100m程度、黒崎沢周辺～塩見崎周辺では標高90m程度、行合崎周辺～深浦周辺では標高75～85m程度、入前崎周辺～黄金崎周辺では標高55～70m程度に認められる。
- MIS5eを含む海成段丘面の高度分布は、南西方向に向かって減少する系統性が認められる。
- 小池・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



- 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(P28～P29参照)、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。

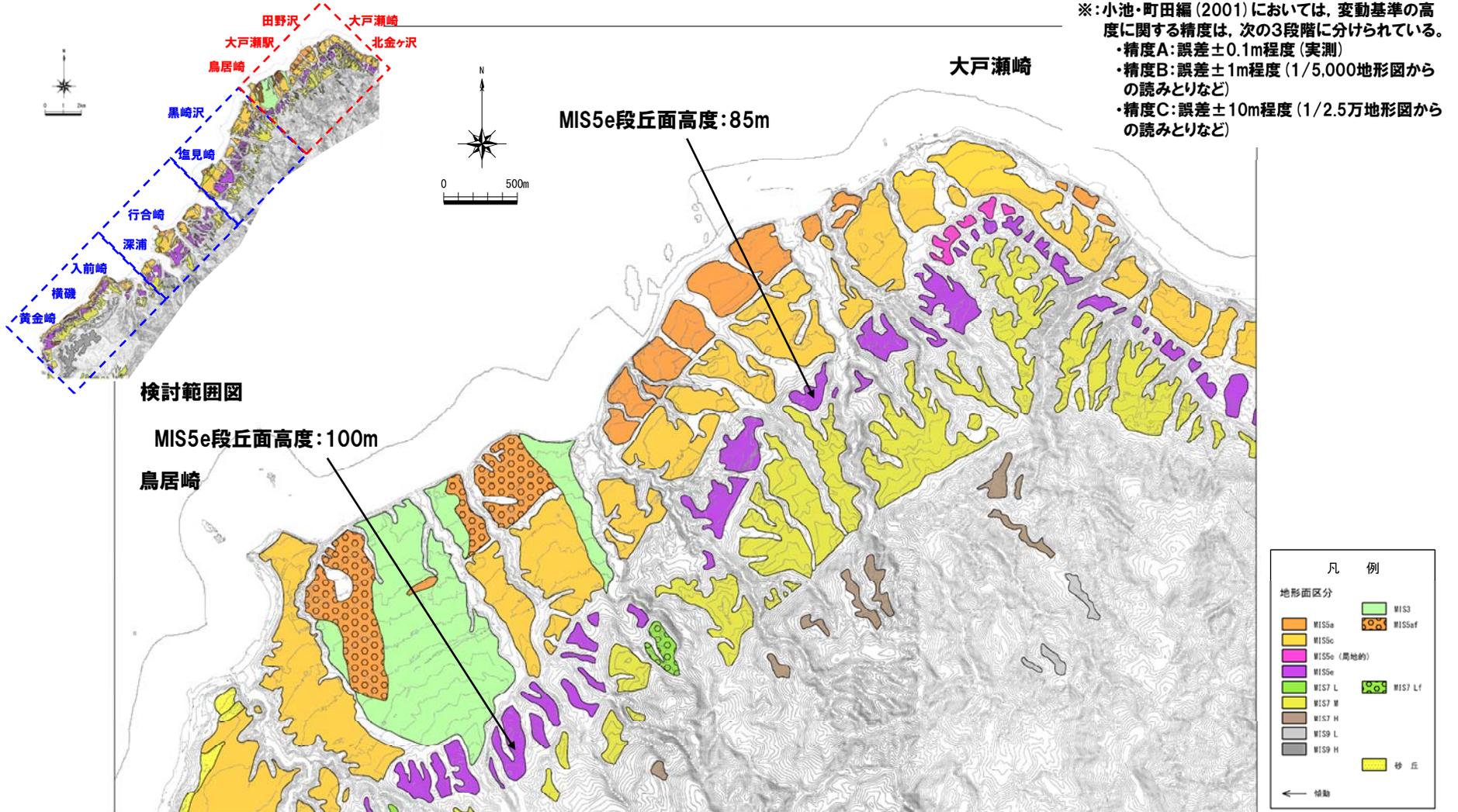
- ※1:地形判読にあたっては、データ間隔5m又は10mのDEMデータ(航空レーザー測量, 1/2.5万地形図に相当)を用いた。
- ※2:小池・町田編(2001)においては、変動基準の高度に関する精度は、次の3段階に分けられている。
- ・精度A:誤差±0.1m程度(実測)
  - ・精度B:誤差±1m程度(1/5,000地形図からの読みとりなど)
  - ・精度C:誤差±10m程度(1/2.5万地形図からの読みとりなど)

## ①-1 海成段丘の分布高度 (検討結果:全体) (-2/2-)



## ①-2 海成段丘の分布高度 (検討結果:北金ヶ沢周辺～鳥居崎周辺)

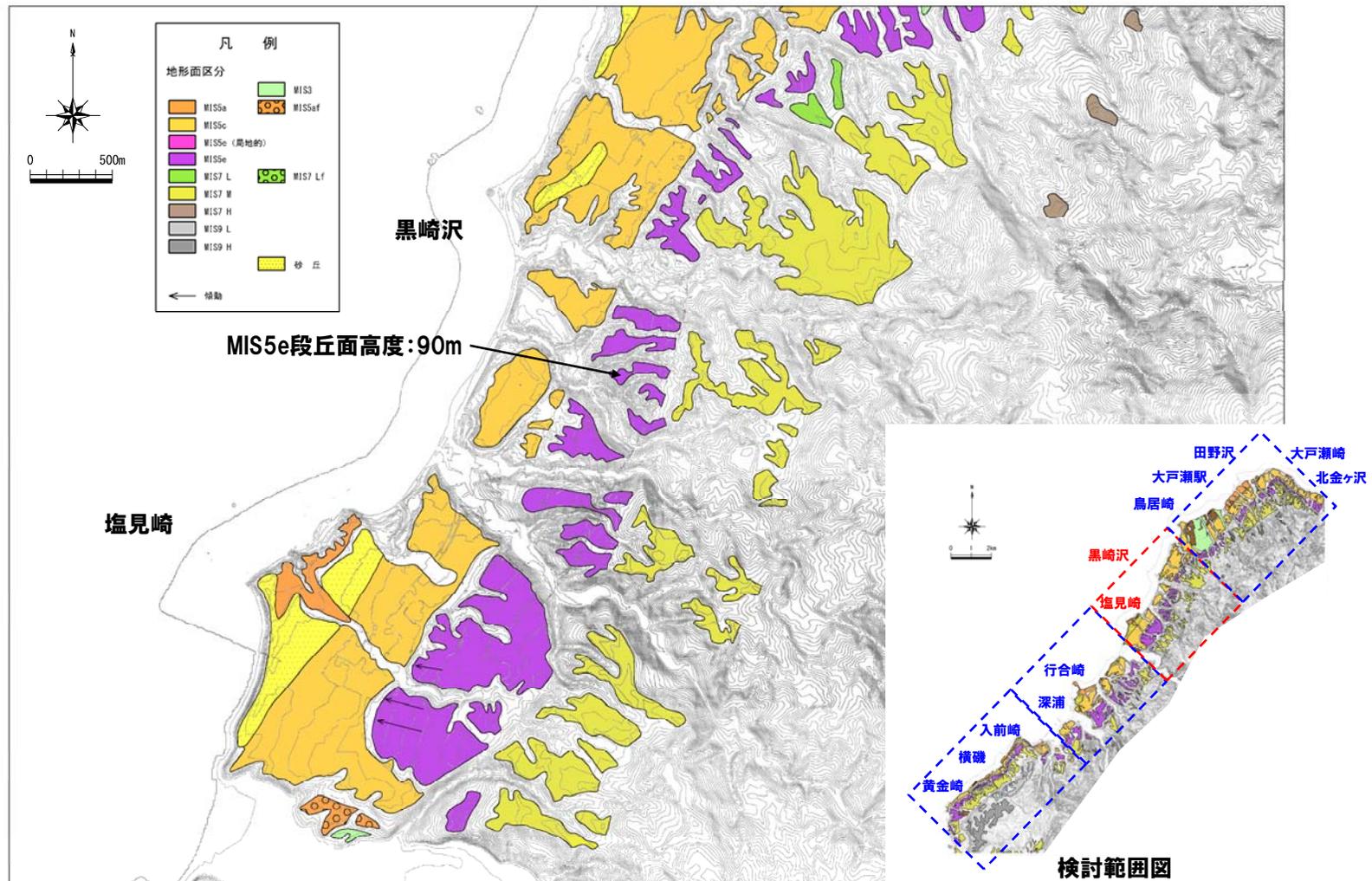
- MIS5eの海成段丘面の分布高度は、大戸瀬崎周辺では標高85m程度、鳥居崎周辺では標高100m程度に認められる。
- 小池・町田編(2001)においては、MIS5eの旧汀線高度は大戸瀬崎周辺では標高88m(精度:C※)とされている。



地形分類図(北金ヶ沢周辺～鳥居崎周辺)

## ①-3 海成段丘の分布高度 (検討結果: 黒崎沢周辺～塩見崎周辺)

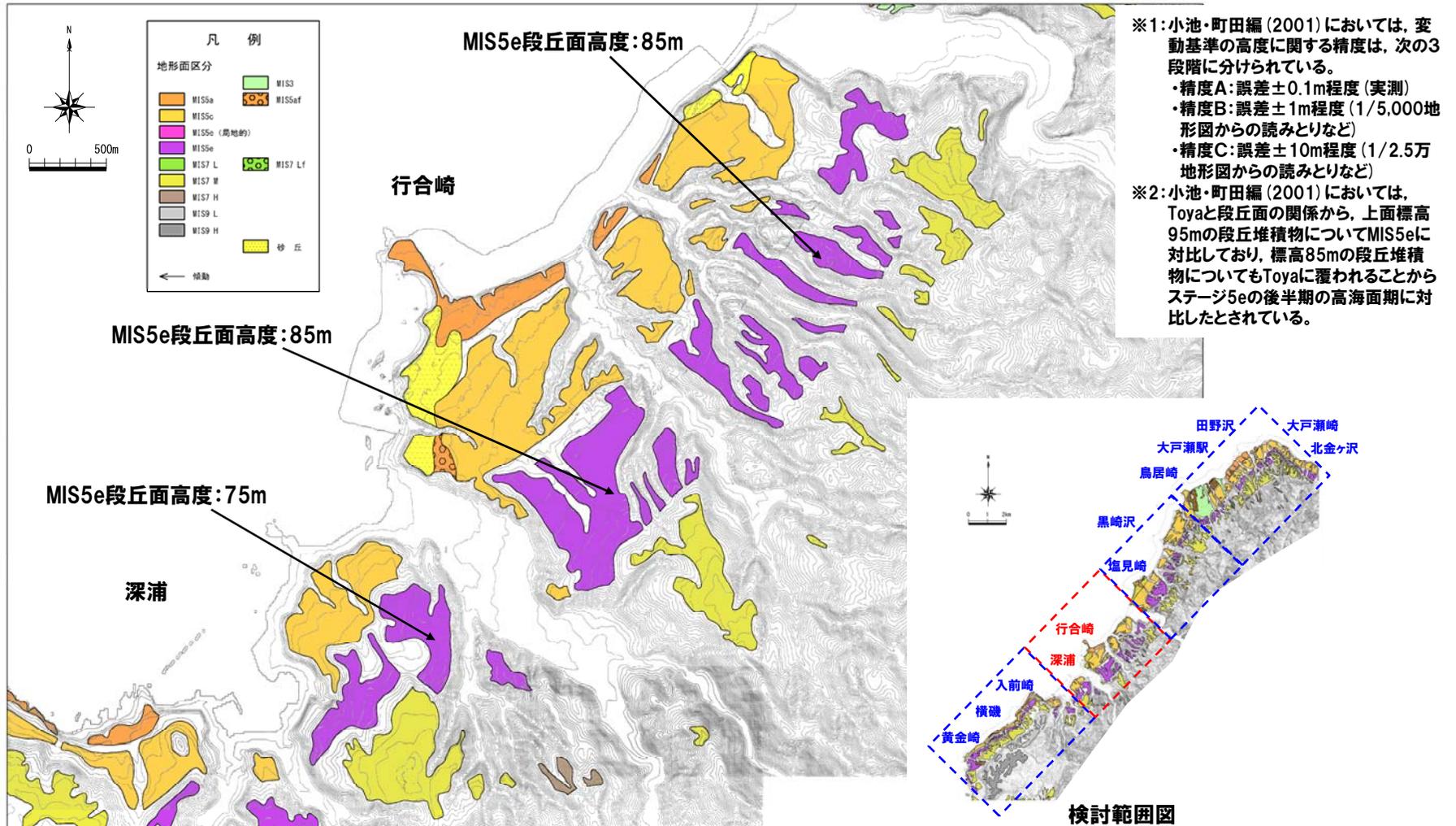
○MIS5eの海成段丘面の分布高度は、黒崎沢周辺では標高90m程度に認められる。



地形分類図 (塩見崎周辺～黒崎沢周辺)

## ①-4 海成段丘の分布高度 (検討結果: 行合崎周辺～深浦周辺)

- MIS5eの海成段丘面の分布高度は、行合崎周辺では標高85m程度、深浦周辺では標高75m程度に認められる。
- 小池・町田編(2001)においては、MIS5eの旧汀線高度は行合崎周辺北側では標高88m(精度:C※1)、南側では標高85m及び95m※2(精度:C※1)とされている。



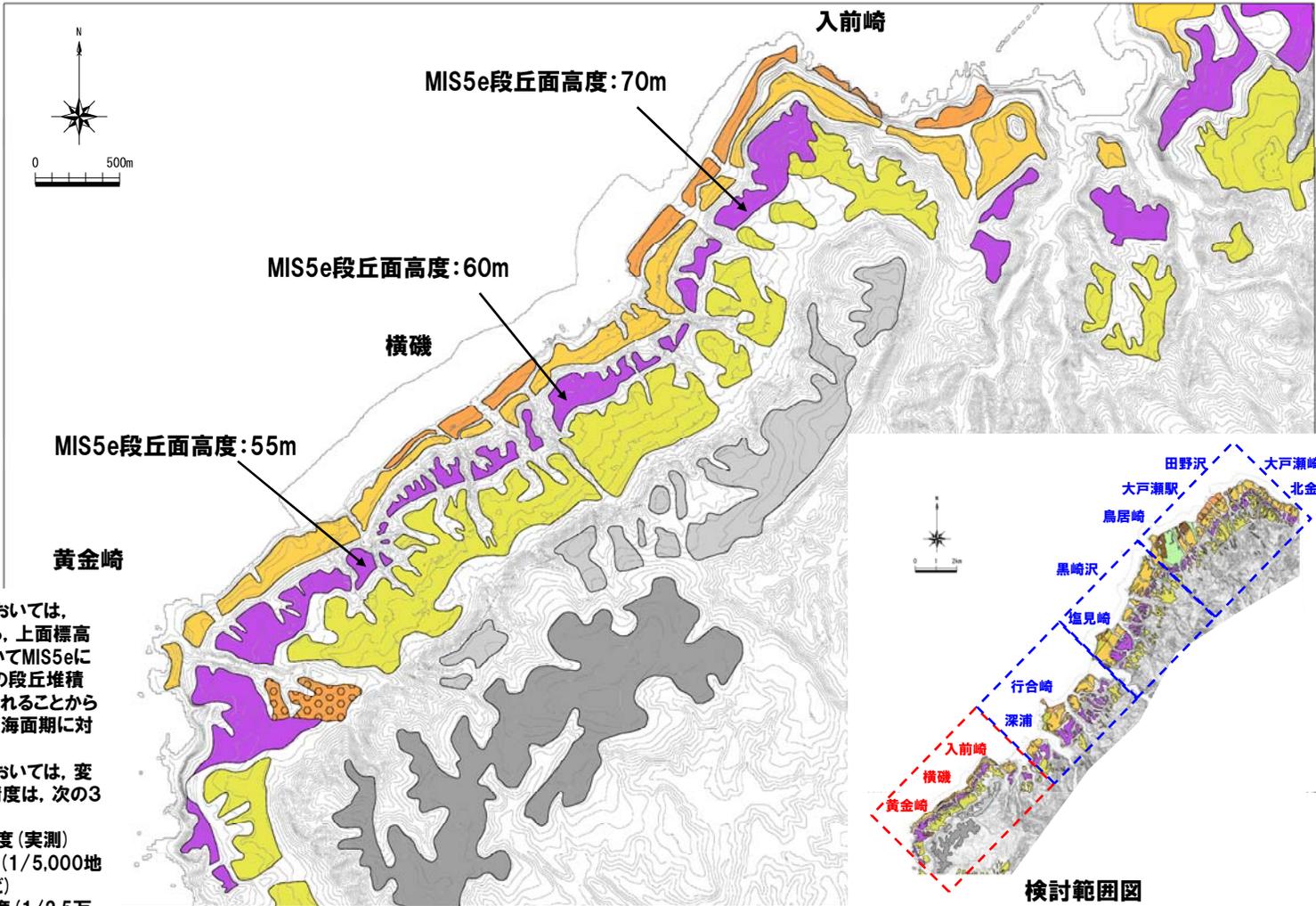
地形分類図 (深浦周辺～行合崎周辺)

検討範囲図

①-5 海成段丘の分布高度 (検討結果:入前崎周辺～黄金崎周辺)

- MIS5eの海成段丘面の分布高度は、入前崎周辺では標高70m程度、横磯周辺では標高60m程度、黄金崎周辺では標高55m程度に認められる。
- 小池・町田編(2001)においては、MIS5eの旧汀線高度は黄金崎周辺では標高66m及び83m※1(精度:C※2)とされている。

凡 例	
地形区分	
MIS5a	MIS3
MIS5c	MIS5af
MIS5e (局地的)	
MIS5e	MIS7 Lf
MIS7 L	
MIS7 M	
MIS7 H	
MIS9 L	
MIS9 H	砂丘
← 傾動	



※1:小池・町田編(2001)においては、Toyaと段丘面の関係から、上面標高83mの段丘堆積物についてMIS5eに対比しており、標高66mの段丘堆積物についても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。

※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)

地形分類図(黄金崎周辺～入前崎周辺)

検討範囲図

- (1) 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.
- (2) 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.
- (3) 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.
- (4) 大沢穠・三村弘二 (1993) :20万分の1地質図「青森」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (5) 大沢穠 (1978) :20万分の1地質図「弘前および深浦」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (6) 平山次郎・上村不二雄 (1985) :鱒ヶ沢地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所.
- (7) 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.
- (8) 高橋達郎 (1967) :隆起ベンチの形態に関する若干の考察, 東北地理 19 (2), pp.53-60.
- (9) 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.
- (10) 福留高明 (1993) :秋田県沿岸部における直下型地震と活断層, 秋田大学鉱山学部 鉱業博物館 (25), pp.26-52.
- (11) 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.
- (12) 徳重英助 (1936) :佐渡小木海岸の地質学的意義, 新潟県史蹟名勝天然記念物調査報告 (6), pp.1-66.
- (13) 大沢穠 (1980) :20万分の1地質図「秋田及び男鹿」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (14) 今村明恒 (1941) :昭和14年の男鹿地震に伴える陸地変形, 地震 (13), pp.207-215.
- (15) 今泉俊文 (1977) :男鹿半島の地殻変動と地震, 東北地理 (29), pp.35-44.
- (16) 大沢穠 (1988) :20万分の1地質図「新庄及び酒田」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (17) 平野信一・中田高・今泉俊文 (1979) :象潟地震 (1804年) に伴う地殻変形, 第四紀研究 (18), pp.17-30.
- (18) 土谷信之・高橋浩・柳沢幸夫・山元孝広・久保和也 (1999) :20万分の1地質図「村上」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (19) 中村一明・笠原慶一・松田時彦 (1964) :新潟地震による粟島の地変, 震研速報 (8), pp.73-94.
- (20) 高橋達郎 (1965) :新潟県粟島における海岸縦断面形について, 梅花短大紀要 (14), pp.63-72.

- (21) 茂木昭夫 (1977) : 日本近海海底地形誌—海底俯瞰図集, 東京大学出版会.
- (22) 角靖夫 (1990) : 20万分の1地質図「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.
- (23) 坂本亨・今井功・角靖夫・野沢保・盛谷智之 (1967) : 20万分の1地質図「七尾・富山」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (24) 坂本亨・松井和典 (1962) : 20万分の1地質図「輪島」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (25) 浜田昌明・野口猛雄・穴田文浩・野原幸嗣・宮内崇裕・渡辺和樹・山中弘幸・佐藤比呂志 (2007) : 2007年能登半島地震に伴う地殻変動と能登半島の海成段丘, 地震研究所彙報 (82), pp.345-359.
- (26) 山本博文・奥山大嗣・江戸慎吾 (2007) : 生物指標からみた平成19年(2007年)能登半島地震における海岸隆起, 福井大学地域環境研究教育センター研究紀要「日本海地域の自然と環境」(14), pp.33-46.
- (27) 鹿野和彦・松浦浩久・服部仁・山田直利・東元定雄 (1988) : 20万分の1地質図「浜田」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (28) 豊島吉則 (1978) : 山陰海岸における完新世海面変化, 地理学評論 51 (2), pp.147-157.
- (29) 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.
- (30) 今村明恒 (1920) : 奥羽西部の地震帯, 震災予防調査会報告, 95, pp.1-102.
- (31) 小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦編 (2005) : 日本の地形3東北, 東京大学出版会.

(WEB)

- (32) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2007) : 平成19年(2007年)能登半島地震の評価.  
([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07apr\\_noto/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07apr_noto/index.htm))

(航空レーザー測量データ)

- (33) 国土交通省 (2014) : 平25北公第158号 新潟県佐渡市.