

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7月28日
北海道電力株式会社

1. コメント回答方針	P.6
1.1 指摘事項	P.7
1.2 指摘事項に関する回答方針	P.14
1.3 検討概要	P.18
2. 敷地周辺の活断層調査	P.27
2.1 敷地周辺の活断層調査のまとめ	P.28
3. 積丹半島の形成に関する検討	P.30
3.1 積丹半島の形成に関する検討のまとめ	P.31
3.2 積丹半島の形成について	P.32
3.3 更新世以降の構造運動について	P.37
3.4 積丹半島周辺の重力異常について	P.38
3.5 積丹半島周辺の磁気異常について	P.43
4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討	P.48
4.1 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討のまとめ	P.49
4.2 検討結果	P.50
5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討	P.72
5.1 積丹半島の段丘分布高度に関する検討のまとめ	P.73
5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度	P.74
5.3 積丹半島北・東部の段丘分布高度	P.80
5.4 広域の隆起沈降傾向について	P.83

6. 積丹半島の隆起要因に関する検討	P.85
6.1 積丹半島の隆起要因に関する検討のまとめ	P.86
6.2 積丹半島の隆起速度	P.87
6.3 広域隆起に関する文献レビュー	P.88
6.4 広域隆起に関する検討	P.92
7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討	P.94
7.1 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討のまとめ	P.95
7.2 調査計画	P.96
7.3 調査結果(測線H26-1)	P.108
7.4 調査結果(測線H26-2, 3)	P.116
8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討	P.120
8.1 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討のまとめ	P.121
8.2 海岸地形の概要	P.122
8.3 海岸地形高度の定量化	P.123
8.4 海岸地形の平坦度	P.129
8.5 海底地形状況	P.136
8.6 海食洞の分布状況	P.142
8.7 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	P.156

9. 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討	P.180
9.1 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討のまとめ	P.181
9.2 地質及び地形概要	P.182
9.3 海岸地形の形成要因	P.186
9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係	P.191
10. 積丹半島周辺における地震の痕跡に関する検討	P.218
10.1 積丹半島周辺における地震の痕跡に関する検討のまとめ	P.219
10.2 地震を示唆する痕跡	P.222
11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価	P.233
参考文献	P.257

余白

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	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
4	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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
5	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
6	日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較検討に際して、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
7	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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
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用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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合

 : 既回答

1.1 指摘事項

H28年10月21日審査会合①

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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合

: 既回答

1.1 指摘事項

H28年10月21日審査会合②

No	指摘事項	回答時期
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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
9	川上ほか(2016)において津波堆積物の可能性があるとさ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7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合

1.1 指摘事項

H28年10月27～28日現地調査①

No	指摘事項	回答時期
1	各地点の中でも岩種・岩相が異なっており、代表岩種を示すだけではなく、岩種・岩相の違いが地形にどのように表れているかが面的にわかるように表現等を工夫すること。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
2	兜地点については、大谷(1999)に示される潮間帯に存在する現成ベンチの状況、現地調査で確認した波食溝の状況、標高1.5m程度に認められる平坦な地形の形成メカニズム等について説明すること。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
3	余別地点では、スタックの高まりの基部にノッチが存在し、その下に潮間帯よりも標高の高い平坦面が存在することから、当該箇所の確認をすることが望ましい。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
4	神恵内地点(古宇川左岸地点)では、MIS5e段丘面の前縁部の基盤標高が10m程度と低い状況である。当該地形に関する見解を示すこと。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
5	美国地点に認められる岩石について、文献の記載と異なっていることから、岩種、分布等について詳細観察を実施すること。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合
6	美国地点の岩種は変質に伴い硬質化していることから、変質の有無と侵食抵抗の区分について整理すること。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合

1.1 指摘事項

H28年10月27～28日現地調査②

No	指摘事項	回答時期
7	茶津ゲート付近に洞門が認められるが、天然のものか人工物かについて確認すること。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合

H29年3月10日審査会合

No	指摘事項	回答時期
1	敷地前面海域における文献撓曲と音波探査測線との交点付近において、下に凸状の海底面形状が認められること、当該箇所付近に露岩域、微小地震の発生等も認められることから、地震性隆起の可能性は否定できない。	H29年7月4日 ヒアリング H29年7月13日 ヒアリング H29年7月28日 審査会合

1.2 指摘事項に関する回答方針

積丹半島の形成に関する検討関連

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年9月20日 ヒアリング	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・積丹半島周辺の磁気異常について、極磁力図を作成し、地質分布との関係性について検討した。 ・回答内容は、「当資料」P43～P46に掲載。

積丹半島の段丘分布高度に関する検討関連

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年10月27～ 28日 現地調査	神恵内地点(古宇川左岸地点)では、MIS5e段丘面の前縁部の基盤標高が10m程度と低い状況である。当該地形に関する見解を示すこと。	<ul style="list-style-type: none"> ・古宇川左岸地点周辺の海岸地形の分布高度の観点から、MIS5e段丘の基盤高度が相対的に低い要因について考察した。 ・回答内容は、「当資料」P76～P79に掲載。

積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討関連①

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年10月12日 ヒアリング	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・ノッチについては、調査対象とする規模の定義が困難であることから、同様な侵食地形である海食洞で代表させることとした。 ・回答内容は、「当資料」P142～P155及び「資料集」P65～P173に掲載。

1.2 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②

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年10月21日 審査会合	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所建設前の空中写真及び地形図を用いて、敷地付近の海岸地形高度を算出し、データ拡充した。 ・回答内容は、「当資料」P125及びP128に掲載。
	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・海底地形断面を追加し、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所と波食棚が認められる箇所前面の海底地形状況（小崖の比高）の差異について考察するとともに、積丹半島西岸と北・東岸における海底地形状況の差異について考察した。 ・回答内容は、「当資料」P136～P140及び「資料集」P26～P63に掲載。
	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・積丹半島に認められる海食洞について、地表地質踏査（分布状況、岩種・岩相等の確認）を実施し、積丹半島西岸と北・東岸における海食洞の分布高度の差異及び形成時期・形成要因を考察した。 ・ノッチについては、調査対象とする規模の定義が困難であることから、同様な侵食地形である海食洞で代表させることとした。 ・回答内容は、「当資料」P142～P155及び「資料集」P65～P173に掲載。
	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・文献レビュー及び地表地質踏査を実施し、海食洞の分布高度、縄文海進時の海水準及び波浪の影響の観点から、縄文海進時に形成された可能性について検討した。 ・回答内容は、「当資料」P142～P155に掲載。
	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。	<ul style="list-style-type: none"> ・奥行き方向断面に加え、現汀線方向断面も示した。 ・回答内容は、「資料集」P66、P96、P98、P152及びP164に掲載。
H28年10月27～ 28日 現地調査	余別地点では、スタックの高まりの基部にノッチが存在し、その下に潮間帯よりも標高の高い平坦面が存在することから、当該箇所の確認をすることが望ましい。	<ul style="list-style-type: none"> ・当該箇所の地表地質踏査（岩種・岩相、ノッチの確認、潮間帯より標高の高い地形の標高計測）を実施し、地形状況について考察した。 ・回答内容は、「資料集」P16～20に掲載。
	茶津ゲート付近に洞門が認められるが、天然のものか人工物かについて確認すること。	<ul style="list-style-type: none"> ・現地確認の結果、道路トンネルとして利用されていたことから、変更されている可能性が高いが、変更前の原地形が海食洞様の地形を呈していたかは不明である。 ・回答内容は、「資料集」P166～P168に掲載。

1.2 指摘事項に関する回答方針

積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討関連

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年10月17日 ヒアリング	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。	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸部に発達する各地形の当社検討結果（平坦度含む）に基づき、比較・検討を実施した。 回答内容は、「当資料」P191～P216に掲載。
H28年10月21日 審査会合	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。	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸部に発達する各地形の当社検討結果に基づき、相互の関係を検討した。 回答内容は、「当資料」P191～P216に掲載。
	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。	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸部に発達する各地形の当社検討結果及び文献レビューに基づき、海岸地形の分布状況の差異と要因について検討した。 回答内容は、「当資料」P186～P216に掲載。
	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。	<ul style="list-style-type: none"> 大谷（1999）に示される海岸地形状況を確認するため、地表地質踏査を実施した。 回答内容は、「資料集」P182～P185に掲載。
H28年10月27～ 28日 現地調査	各地点の中でも岩種・岩相が異なっており、代表岩種を示すだけでなく、岩種・岩相の違いが地形にどのように表れているかが面的にわかるように表現等を工夫すること。	<ul style="list-style-type: none"> 海岸地形が多く認められる地点において、代表ブロックを選定し、微視的な観点で考察した。 回答内容は、「当資料」P182～P185及び「資料集」P174～P211に掲載。
	美国地点に認められる岩石について、文献の記載と異なっていることから、岩種、分布等について詳細観察を実施すること。	<ul style="list-style-type: none"> 海岸地形を形成する岩石について薄片観察を実施した。 回答内容は、「資料集」P204～P208に掲載。
	美国地点の岩種は変質に伴い硬質化していることから、変質の有無と侵食抵抗の区分について整理すること。	<ul style="list-style-type: none"> 変質による硬質化について、薄片観察結果に基づく岩種・岩相の侵食抵抗と海岸地形高度の関係を整理した。 回答内容は、「資料集」P204～P208に掲載。
	兜地点については、大谷（1999）に示される潮間帯に存在する現成ベンチの状況、現地調査で確認した波食溝の状況、標高1.5m程度に認められる平坦な地形の形成メカニズム等について説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> 大谷（1999）に示される海岸地形状況を確認するため、地表地質踏査を実施した。 地形の形成要因について、兜地点の地形的特徴、岩種・岩相、室内試験等から考察した。 回答内容は、「資料集」P180～P191に掲載。

1.2 指摘事項に関する回答方針

積丹半島周辺における地震の痕跡に関する検討関連

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年10月21日 審査会合	川上ほか(2016)において津波堆積物の可能性があるとさ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。	<ul style="list-style-type: none"> 川上ほか(2016)を含む北海道等による津波堆積物調査についての文献レビュー及び当社調査結果について、再整理を実施した。 岩内を含む後志～石狩地域の津波履歴も含めた整理を実施している北海道立総合研究機構地質研究所(2015)及び近年の津波履歴が記載されている北海道防災会議(2017)等をレビューした。 回答内容は、「当資料」P224～P231に掲載。

積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価関連

指摘時期	指摘事項	回答方針
H28年3月10日 審査会合	敷地前面海域における文献撓曲と音波探査測線との交点付近において、下に凸状の海底面形状が認められること、当該箇所付近に露岩域、微小地震の発生等も認められることから、地震性隆起の可能性は否定できない。	<ul style="list-style-type: none"> 安全側の判断として、積丹半島北西沖の活断層による地震動を想定することとした。 回答内容は、「当資料」P233～P256に掲載。

1.3 検討概要

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>2. 敷地周辺の活断層調査 【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"> ・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。 ・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。 ・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。 						
<p>3. 積丹半島の形成に関する検討 【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。 ○積丹半島周辺の磁気異常は、地質分布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				
		地質調査				
		地球物理学的調査				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>指摘時期</th> <th>指摘事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H28年9月20日 ヒアリング</td> <td>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。</td> </tr> </tbody> </table>	指摘時期	指摘事項	H28年9月20日 ヒアリング	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。		
指摘時期	指摘事項					
H28年9月20日 ヒアリング	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。					

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>4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討</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）及びIII層（下部更新統～中部更新統）に、変位・変形及び層厚変化は認められない。 ○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。 ○積丹半島西岸近傍海域における、活断層研究会編（1991）に示された活撓曲位置を含む大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線付近の水深（150m程度）は、文献における平均的な水深（140～160m）と調和的であり、積丹半島の東西においても明瞭な差異は認められない。</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)	<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> <hr/> <p style="text-align: center;">地球物理学的調査</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。 ○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"> ・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。 ・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。 		

1.3 検討概要

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>5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討</p> <p>【検討目的】 ○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> <table border="1" data-bbox="224 810 1402 906"> <thead> <tr> <th>指摘時期</th> <th>指摘事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H28年10月27~28日 現地調査</td> <td>神恵内地点(古宇川左岸地点)では、MIS5e段丘面の前縁部の基盤標高が10m程度と低い状況である。当該地形に関する見解を示すこと。</td> </tr> </tbody> </table>	指摘時期	指摘事項	H28年10月27~28日 現地調査	神恵内地点(古宇川左岸地点)では、MIS5e段丘面の前縁部の基盤標高が10m程度と低い状況である。当該地形に関する見解を示すこと。	積丹半島西岸 及び北・東部 (調査エリア2)	<p>既存文献の調査</p> <hr/> <p>変動地形学的調査</p> <hr/> <p>地質調査</p>
指摘時期	指摘事項					
H28年10月27~28日 現地調査	神恵内地点(古宇川左岸地点)では、MIS5e段丘面の前縁部の基盤標高が10m程度と低い状況である。当該地形に関する見解を示すこと。					

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>6. 積丹半島の隆起要因に関する検討</p> <p>【検討目的】 ○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。</p> <p>【検討内容】 ○広域隆起に関する文献レビュー及び検討を実施する。</p> <p>【検討結果】 ○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うえで、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>7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討</p> <p>【検討目的】 ○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。</p> <p>【検討内容】 ○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。</p> <p>【検討結果】 ○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>

1.3 検討概要

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、海岸地形の分布高度及び形成要因についても検討を実施する。 ○また、積丹半島周辺における地震の痕跡に関する検討も実施する。</p>		
<p>8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討 【検討目的】 ○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造を示唆する特徴(積丹半島西岸、北・東岸において海岸地形分布高度等に差が認められる。)の有無を確認する。 ○日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域と積丹半島西岸の海岸地形を比較する。 【検討内容】 ○DEMデータによる海岸地形高度及び平坦度の定量化を実施し、海岸地形の分布状況を確認する。 ○海岸地形に加え、海岸地形に連続する海底地形の状況、周囲に分布する海食洞の状況について確認するため、文献レビュー、地表地質踏査を実施する。 ○日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域と積丹半島西岸の海岸地形について、文献レビュー、地表地質踏査、DEMデータによる海岸地形高度の定量化により比較・検討を実施し、特徴の差異について検討する。 【検討結果】 ○積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに同様な傾向を示し、潮間帯より標高の高い地形の割合は20%程度である。 ○積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海岸地形の分布が少ない状況が認められる。 ○積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には、大局的に相関関係が認められる。 ○積丹半島の海岸地形のうち、平坦度の良いものは、西岸及び北・東岸ともに、その多くが潮間帯以下に認められる。 ○積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海岸地形の分布が少なく、潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形には、拡がりや連続性が認められない。 ○積丹半島の海岸地形に連続する海底地形の状況は、西岸及び北・東岸ともに、文献において、海岸地形高度は小崖の比高と相関が認められるとされている状況と、概ね調和的である。 ○積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所の小崖の比高が小さいものと推定される。 ○積丹半島における海食洞の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに、主に6m程度以下の範囲に分布し、最大値も同様な値を示す。 ○積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海食洞の分布が少ない状況が認められる。 ○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。 ○青森県大戸瀬周辺においては、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない。 ↓ ○積丹半島の西岸及び北・東岸には、海岸地形の分布高度、平坦度、海底地形状況及び海食洞の分布高度には顕著な差異は認められないが、海岸地形の分布の多少、海底地形における小崖の比高、海食洞の分布の多少の観点においては、特徴に差異が認められる。 ○積丹半島西岸の海岸地形は、日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域のうち、新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。 ○しかし、青森県大戸瀬周辺の検討結果を踏まえると、海岸地形高度の系統性の有無が、必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。</p>	<p>積丹半島西岸及び北・東岸並びに日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域(調査エリア4)</p>	<p>既存文献の調査</p> <p>変動地形学的調査</p> <p>地質調査</p>

1.3 検討概要

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
指摘時期	指摘事項	指摘時期	指摘事項	積丹半島西岸 及び北・東岸並びに日本 海沿岸において地震性隆 起が確認されている地域 (調査エリア4)	既存文献の調査
H28年10月12日 ヒアリング	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。	H28年10月21日 審査会合	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。		変動地形学的調査
H28年10月21日 審査会合	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。		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。		
	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。	H28年10月27～ 28日 現地調査	余別地点では、スタックの高まりの基部にノッチが存在し、その下に潮間帯よりも標高の高い平坦面が存在することから、当該箇所の確認をすることが望ましい。		地質調査
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。	茶津ゲート付近に洞門が認められるが、天然のものか人工物かについて確認すること。				

1.3 検討概要

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>9. 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討</p> <p>【検討目的】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○積丹半島の海岸地形の形成要因について考察を行う。 ○積丹半島の海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係について考察を行う。 <p>【検討内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○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について検討する。 ○文献レビューに基づく海岸地形状況と、当社調査結果に基づく積丹半島の海岸地形状況との比較を行い、海岸地形の形成要因について検討する。 ○海岸地形、海成段丘及び海食洞に関する当社調査結果に基づき、分布高度、発達程度等の関係について検討する。 <p>【検討結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には、大局的に相関関係が認められる。 ○積丹半島の海岸地形は、文献において、岩質の差異等が高度を含む形状に反映され、波食又は風化作用により形成されるとされている状況と概ね調和的である。 ○積丹半島西岸及び北・東岸並びに西岸における神恵内以北及び神恵内以南において認められる海岸地形の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。 ○積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じて、形成されやすさが異なるものと考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相が分布する「波食棚」の背後には海成段丘が形成されやすく、また、砂・礫浜の背後には海成段丘が形成される場合もある。 ・侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相が分布する「潮間帯より標高の高い地形」の背後には海成段丘が形成されにくい。 ・急崖地形の背後には海成段丘が形成されない。 ○積丹半島の海成段丘の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。 ○積丹半島の海食洞は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることにより形成されると考えられることから、海岸地形高度等との相関は認められない。 <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> ○積丹半島の海岸地形は、波食又は風化作用によって形成された可能性も考えられる。 ○積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じた形成過程をたどり、海食洞は独立した形成過程をたどるものと考えられる。 ○積丹半島の海岸地形及び海成段丘の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。 		<p>積丹半島西岸 及び北・東岸 (調査エリア4)</p>	<p>既存文献の調査</p>										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">指摘時期</th> <th style="width: 35%;">指摘事項</th> <th style="width: 15%;">指摘時期</th> <th style="width: 35%;">指摘事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">H28年10月17日 ヒアリング</td> <td>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。</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">H28年10月27～28日 現地調査</td> <td>各地点の中でも岩種・岩相が異なっており、代表岩種を示すだけでなく、岩種・岩相の違いが地形にどのように表れているかが面的にわかるように表現等を工夫すること。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H28年10月21日 審査会合</td> <td>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。 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。 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。</td> <td>美国地点の砂岩は変質に伴い硬質化していることから、その辺りを明確にした、侵食抵抗性の強弱の区分を整理すること。 美国地点に認められる砂岩及び流紋岩は、見分けることが難しいことから、詳細観察を実施すること。また、流紋岩と砂岩の接触面についても明確化すること。 兜地点については、大谷(1999)に示される潮間帯に存在する現成ベンチの状況、現地調査で確認した波食溝の状況、標高1.5m程度に認められる平坦な地形の形成メカニズム等について説明すること。</td> </tr> </tbody> </table>			指摘時期	指摘事項	指摘時期	指摘事項	H28年10月17日 ヒアリング	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。	H28年10月27～28日 現地調査	各地点の中でも岩種・岩相が異なっており、代表岩種を示すだけでなく、岩種・岩相の違いが地形にどのように表れているかが面的にわかるように表現等を工夫すること。	H28年10月21日 審査会合	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。 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。 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。	美国地点の砂岩は変質に伴い硬質化していることから、その辺りを明確にした、侵食抵抗性の強弱の区分を整理すること。 美国地点に認められる砂岩及び流紋岩は、見分けることが難しいことから、詳細観察を実施すること。また、流紋岩と砂岩の接触面についても明確化すること。 兜地点については、大谷(1999)に示される潮間帯に存在する現成ベンチの状況、現地調査で確認した波食溝の状況、標高1.5m程度に認められる平坦な地形の形成メカニズム等について説明すること。
指摘時期	指摘事項	指摘時期	指摘事項										
H28年10月17日 ヒアリング	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。	H28年10月27～28日 現地調査	各地点の中でも岩種・岩相が異なっており、代表岩種を示すだけでなく、岩種・岩相の違いが地形にどのように表れているかが面的にわかるように表現等を工夫すること。										
H28年10月21日 審査会合	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。 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。 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。		美国地点の砂岩は変質に伴い硬質化していることから、その辺りを明確にした、侵食抵抗性の強弱の区分を整理すること。 美国地点に認められる砂岩及び流紋岩は、見分けることが難しいことから、詳細観察を実施すること。また、流紋岩と砂岩の接触面についても明確化すること。 兜地点については、大谷(1999)に示される潮間帯に存在する現成ベンチの状況、現地調査で確認した波食溝の状況、標高1.5m程度に認められる平坦な地形の形成メカニズム等について説明すること。										
				<p>地質調査</p>									

1.3 検討概要

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>10. 積丹半島周辺における地震の痕跡に関する検討</p> <p>【検討目的】 ○積丹半島周辺において、液状化等、地震を示唆する痕跡の有無について確認する。</p> <p>【検討内容】 ○一般的な地震を示唆する痕跡について確認する。 ○敷地近傍における液状化痕の有無について、文献調査を実施する。 ○敷地周辺における津波堆積物について、文献レビュー及び当社の津波堆積物の調査結果の確認を実施する。</p> <p>【検討結果】 ○敷地近傍における遺跡発掘調査報告書においては、液状化痕に関する記載等は認められない。 ○北海道等の津波堆積物調査の結果、積丹半島が含まれる北海道の日本海沿岸中部（後志（しりべし）～石狩）においては、確実度の高い津波堆積物は存在せず、津波履歴は不明である。 ○当社地表地質踏査の結果、神威岬～尻別川河口において、黒土や崖錐堆積物中に海成層が挟在するような、津波堆積物の可能性を示唆する露頭は認められない。 ○当社ボーリング調査の結果、岩内平野において、3地点で、イベント堆積物の可能性のある区間が抽出されたが、珪藻分析の結果、これらは、河川性堆積物又は氾濫原堆積物と推定される。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○敷地近傍には、大規模な地震の発生を示唆する液状化痕は認められない。 ○積丹半島が含まれる北海道の日本海沿岸中部には、津波起源と結論づけ得る堆積物は認められないことから、津波堆積物に基づく津波履歴は不明な状況である。</p> <table border="1" data-bbox="224 877 1400 997"> <thead> <tr> <th>指摘時期</th> <th>指摘事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H28年10月21日 審査会合</td> <td>川上ほか(2016)において津波堆積物の可能性があるとさ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。</td> </tr> </tbody> </table>	指摘時期	指摘事項	H28年10月21日 審査会合	川上ほか(2016)において津波堆積物の可能性があるとさ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。	<p>積丹半島周辺</p>	<p>既存文献の調査</p> <p>地質調査</p>
指摘時期	指摘事項					
H28年10月21日 審査会合	川上ほか(2016)において津波堆積物の可能性があるとさ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。					

<p>11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価</p> <p>○敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、これまで当社が実施してきた各調査・検討結果を総合的に踏まえると、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）を示唆する特徴は認められないことから、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられる。</p> <p>○しかし、青森県大戸瀬周辺の検討結果※を踏まえると、積丹半島西岸の海岸地形の分布高度のみでは、必ずしも活構造の存在を否定できず、活構造の位置の特定も難しい。 ※日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域である青森県大戸瀬周辺は、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない。</p> <p>○このため、安全側の判断を行う観点で、活断層を仮定した場合の検討を実施した。</p> <p>○検討の結果、積丹半島北西沖には、活断層を仮定し得る状況が認められることから、安全側の判断として、積丹半島北西沖の活断層による地震動を想定することとする。</p> <p>○積丹半島北西沖の活断層の走向はN-S、長さは約11kmとする。</p> <table border="1" data-bbox="224 1380 1400 1484"> <thead> <tr> <th>指摘時期</th> <th>指摘事項</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H28年3月10日 審査会合</td> <td>敷地前面海域における文献撓曲と音波探査測線の交点付近において、下に凸の海底面形状が認められること、当該箇所付近に露岩域、微小地震の発生等も認められることから、地震性隆起の可能性は否定できない。</td> </tr> </tbody> </table>		指摘時期	指摘事項	H28年3月10日 審査会合	敷地前面海域における文献撓曲と音波探査測線の交点付近において、下に凸の海底面形状が認められること、当該箇所付近に露岩域、微小地震の発生等も認められることから、地震性隆起の可能性は否定できない。
指摘時期	指摘事項				
H28年3月10日 審査会合	敷地前面海域における文献撓曲と音波探査測線の交点付近において、下に凸の海底面形状が認められること、当該箇所付近に露岩域、微小地震の発生等も認められることから、地震性隆起の可能性は否定できない。				

一部修正 (H28/8/26審査会合)

調査エリア2 (●積丹半島の段丘分布高度に関する検討)

- 積丹半島の東西の隆起速度に差は認められないことから、積丹半島西岸を一樣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 (●積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討)

- 積丹半島西岸を一樣隆起させる活構造は認められない。

調査エリア4 (●積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討)

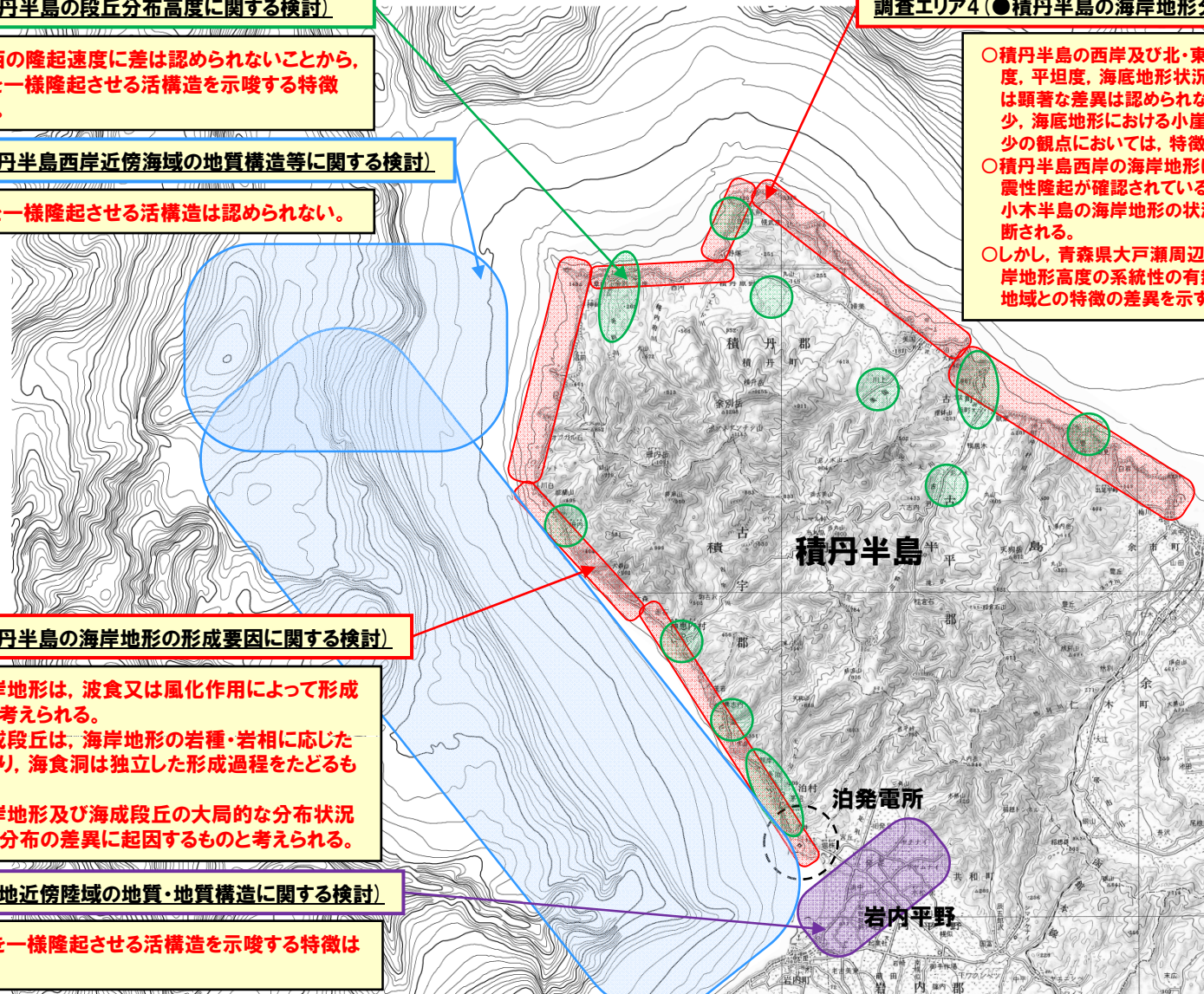
- 積丹半島の西岸及び北・東岸には、海岸地形の分布高度、平坦度、海底地形状況及び海食洞の分布高度には顕著な差異は認められないが、海岸地形の分布の多少、海底地形における小崖の比高、海食洞の分布の多少の観点においては、特徴に差異が認められる。
- 積丹半島西岸の海岸地形は、日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域のうち、新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。
- しかし、青森県大戸瀬周辺の検討結果を踏まえると、海岸地形高度の系統性の有無が、必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。

調査エリア4 (●積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討)

- 積丹半島の海岸地形は、波食又は風化作用によって形成された可能性も考えられる。
- 積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じた形成過程をたどり、海食洞は独立した形成過程をたどるものと考えられる。
- 積丹半島の海岸地形及び海成段丘の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。

調査エリア3 (●敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討)

- 積丹半島西岸を一樣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)

2. 敷地周辺の活断層調査

再掲 (H28/8/26審査会合)

【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】

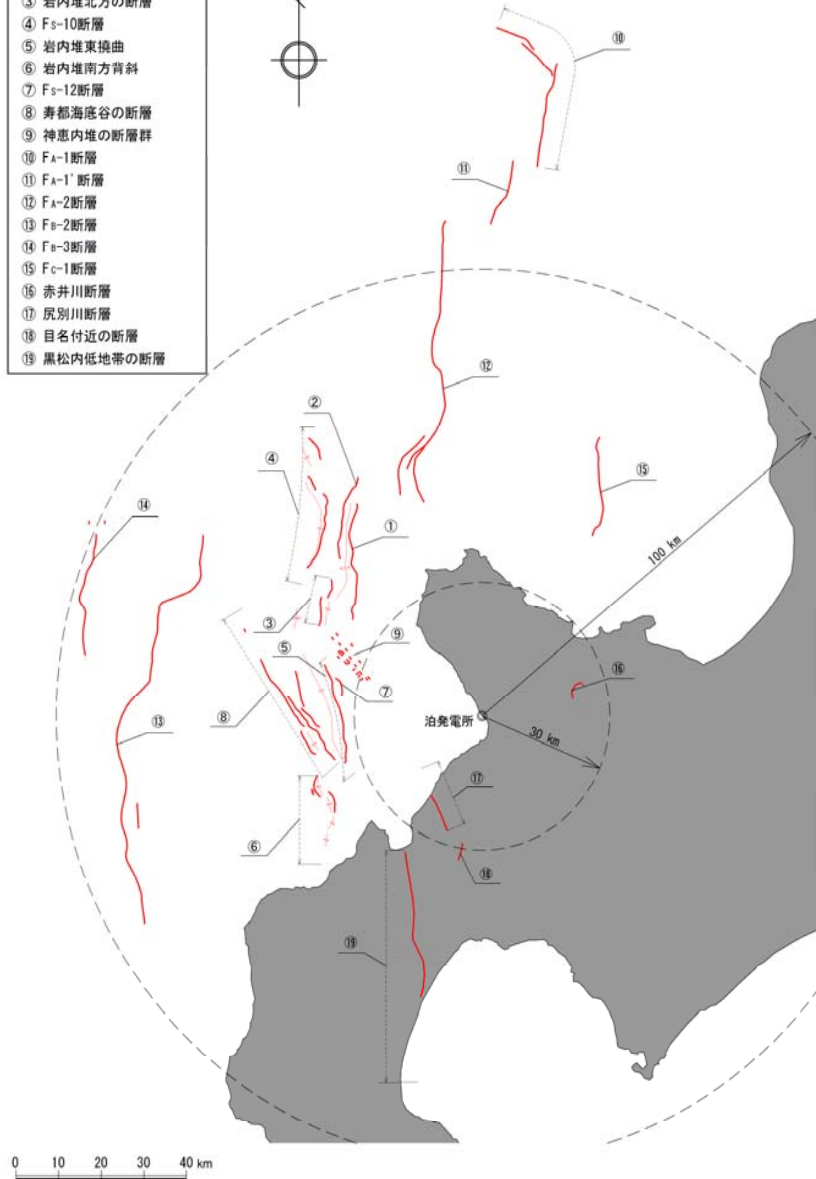
- 敷地周辺において, 文献調査, 地形調査及び地質調査(地表地質踏査, ボーリング調査, 海上音波探査, 反射法地震探査等)を実施する。

【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。

2.1 敷地周辺の活断層調査のまとめ

- ① 神威海脚西側の断層
- ② F_D-1断層
- ③ 岩内堆北方の断層
- ④ F_S-10断層
- ⑤ 岩内堆東撓曲
- ⑥ 岩内堆南方背斜
- ⑦ F_S-12断層
- ⑧ 寿都海底谷の断層
- ⑨ 神恵内堆の断層群
- ⑩ F_A-1断層
- ⑪ F_A-1'断層
- ⑫ F_A-2断層
- ⑬ F_B-2断層
- ⑭ F_B-3断層
- ⑮ F_C-1断層
- ⑯ 赤井川断層
- ⑰ 尻別川断層
- ⑱ 目名付近の断層
- ⑲ 黒松内低地帯の断層



再掲 (H27/10/9審査会合)

震源として考慮する活断層一覧

	断層番号	断層名	断層長さ (km)
敷地前面海域	①	神威海脚西側の断層 (F _D -2断層, F _S -11断層)	約31.5km
	②	F _D -1断層	約39km ^{※1}
	③	岩内堆北方の断層 (F _S -8断層, F _S -9断層)	
	④	F _S -10断層 (F _S -10断層, f1断層)	約98km ^{※2}
	⑤	岩内堆東撓曲	
	⑥	岩内堆南方背斜	
	⑦	F _S -12断層	約6.7km ^{※3}
	⑧	寿都海底谷の断層 (F _S -15断層~F _S -19断層)	約42km
	⑨	神恵内堆の断層群	- ^{※3}
敷地周辺海域	⑩	F _A -1断層	約48km ^{※1}
	⑪	F _A -1'断層	
	⑫	F _A -2断層	約65km
	⑬	F _B -2断層	約101km
	⑭	F _B -3断層	約45km
	⑮	F _C -1断層	約27km
敷地周辺陸域	⑯	赤井川断層	約5km ^{※3}
	⑰	尻別川断層	約16km ^{※3}
	⑱	目名付近の断層	約5km ^{※3}
	⑲	黒松内低地帯の断層	約51km

※1 地形及び地質構造の連続性を考慮し、一括評価

※2 運動を考慮する断層として評価

※3 孤立した短い活断層として評価

3. 積丹半島の形成に関する検討

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【検討目的】

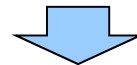
○積丹半島の大局的な形成・構造運動を把握する。

【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。
- 積丹半島周辺の磁気異常は, 地質分布と概ね調和的である。



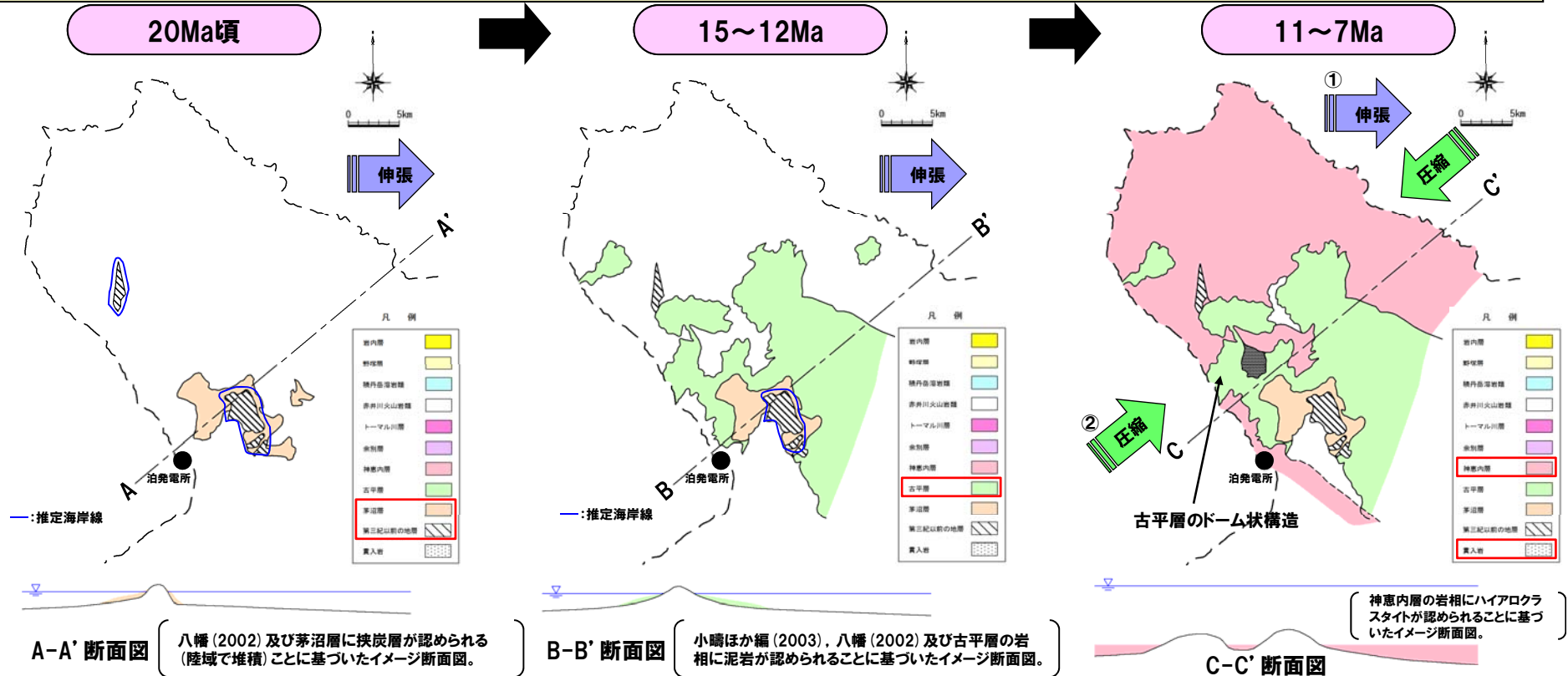
○積丹半島周辺は, 約8Ma以降から東西圧縮が徐々に始まり, NW-SE方向の褶曲運動が開始したが, 第四系下部～中部更新統の野塚層及び岩内層の露頭がほぼ水平に堆積している状況から, 更新世には, 褶曲運動は終焉していたものと推定される。

3.2 積丹半島の形成について

① 積丹半島の形成史 (-1/3-)

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

○ 積丹半島の形成・構造運動については、小池ほか編 (2005), 小嶋ほか編 (2003), 八幡 (1989, 2002) 等に基づき整理した。

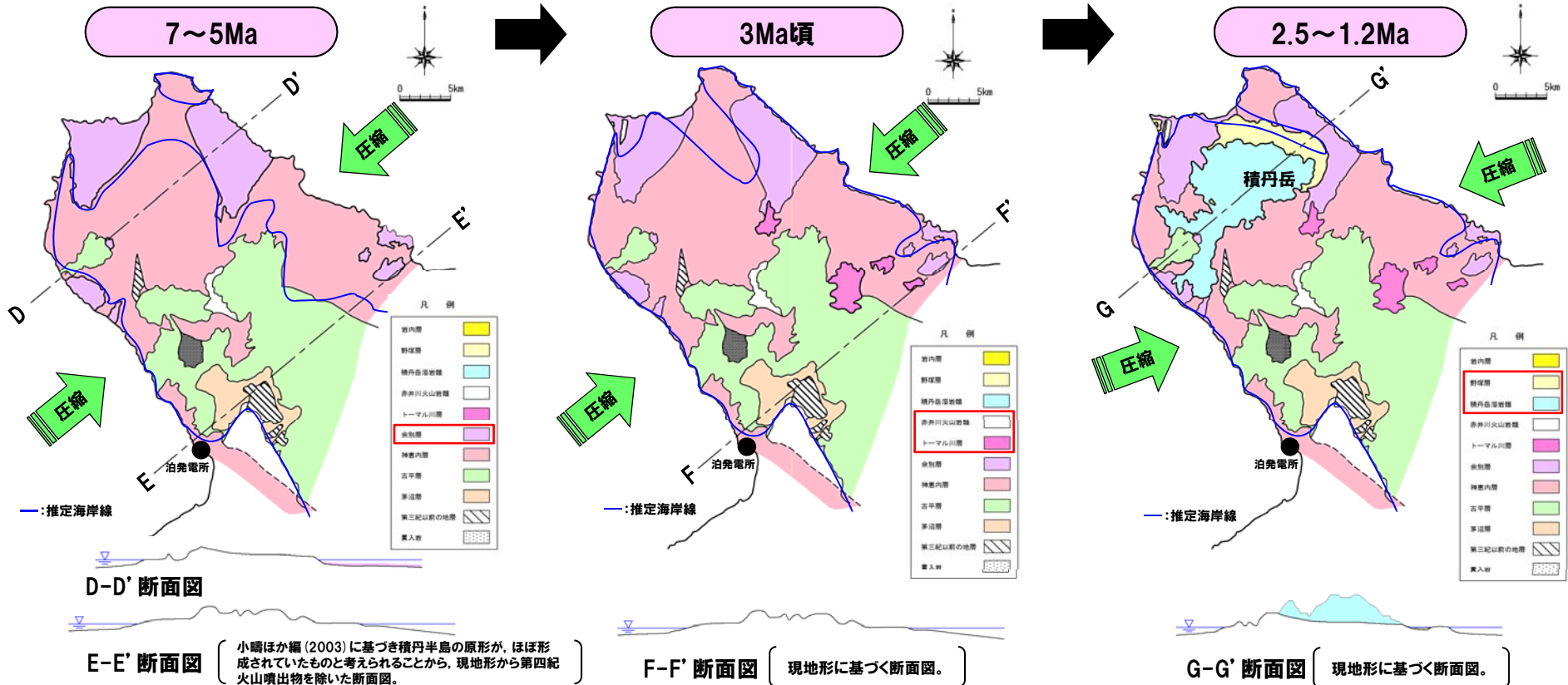


年代	20Ma頃	15~12Ma	11~7Ma
広域応力場 (東北日本)	伸張 (小池ほか編, 2005)	伸張⇒中立的 (小池ほか編, 2005)	中立的⇒弱圧縮 (小池ほか編, 2005)
積丹半島周辺の応力場	・日本海拡大に伴う伸張による陸域から浅海が分布。 (八幡, 2002)	・日本海拡大に伴う伸張による沈降及び海進に伴う深海化。 (小嶋ほか編, 2003), (八幡, 2002)	・①伸張⇒②圧縮。(八幡, 2002) ・約8Ma以降, 弱圧縮応力場となり, 東西圧縮が徐々に始まりNW-SE方向の褶曲運動が開始。(八幡, 1989, 2002)
地質・地質構造	・茅沼層が陸域～浅海に堆積。 ・陸域の湿地では, 挟炭層が堆積。 ・その後, 火山噴火, 静穏期を繰返す。	・沈降しながら, 古平層が半深海から深海に堆積。	・神恵内層が半深海～深海に堆積。 ・初期は静穏で泥岩種が堆積。 ・一部には, ドーム状構造が形成され, 10Ma頃から大規模な火山活動により積丹半島全体に火砕岩類が堆積。

3.2 積丹半島の形成について

①積丹半島の形成史 (-2/3-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



E-E' 断面図 (小嶋ほか編(2003)に基づき積丹半島の原形が、ほぼ形成されていたものと考えられることから、現地地形から第四紀火山噴出物を除いた断面図。)

F-F' 断面図 (現地地形に基づく断面図。)

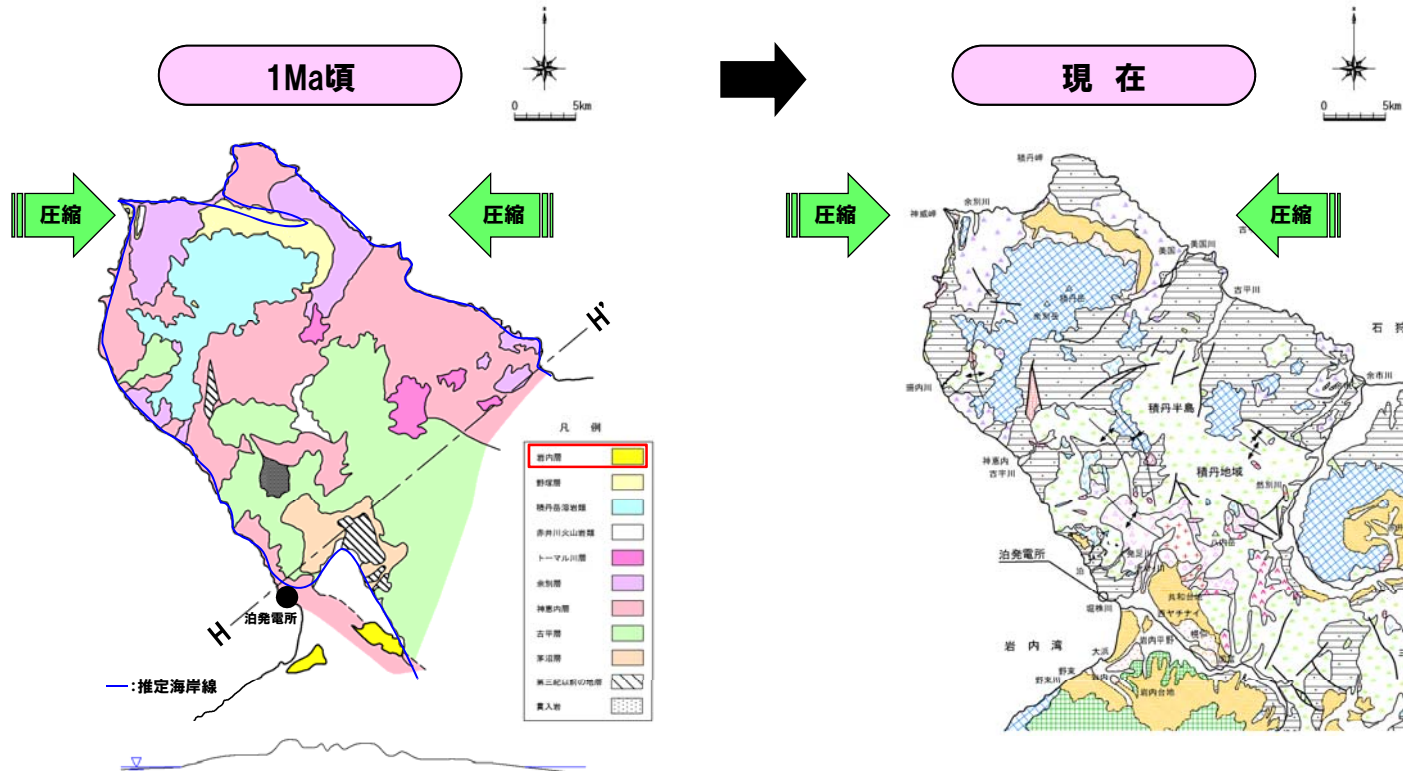
G-G' 断面図 (現地地形に基づく断面図。)

年代	7~5Ma	3Ma頃	2.5~1.2Ma
広域応力場 (東北日本)	弱圧縮 (小池ほか編, 2005)	弱圧縮 (小池ほか編, 2005)	弱圧縮⇒強圧縮 (小池ほか編, 2005)
積丹半島周辺の応力場	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮。(小嶋ほか編, 2003) ・NW-SE方向の褶曲運動により積丹半島の方向が形成。(小嶋ほか編, 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮。(小嶋ほか編, 2003) ・日本海東縁の褶曲運動が始まる。(小嶋ほか編, 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮。(小嶋ほか編, 2003) ・日本海東縁の褶曲運動が主体。(小嶋ほか編, 2003) ・積丹半島は、ほぼ陸化。(小嶋ほか編, 2003)
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> ・余別層が浅海に堆積。 ・余別層は下位の神恵内層を傾斜不整合に覆うこと、分布が沿岸域に限られることから、積丹半島の原形が、ほぼ形成されていたものと考えられる。 ・余別層は上部ほど構造が緩く、分布範囲も限られることから、褶曲運動は徐々に弱まっていたものと推定される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・局所的にトーマル川層が堆積。 	<ul style="list-style-type: none"> ・野塚層が局所的な内湾部に堆積。 ・積丹岳の火山活動により、噴出物が堆積。 ・野塚層の露頭は、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。

3.2 積丹半島の形成について

①積丹半島の形成史 (-3/3-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



地層時代	積丹地域	
第四紀	沖積層	[Symbol]
	ニセコ火山噴出物等 洞爺火砕流堆積物 段丘堆積物等	[Symbol]
更新世	野塚層・岩内層	[Symbol]
	赤井川粘土層 赤井川火山岩類	[Symbol]
新第三紀	余別層	[Symbol]
	神恵内層	[Symbol]
	古平層	[Symbol]
中新世	茅沼層	[Symbol]
	漸新世～始新世	[Symbol]
古第三紀	花崗岩類	[Symbol]
	リヤムナイ層	[Symbol]
白堊紀		
先第三紀		
第四紀～新第三紀	流紋岩	[Symbol]
	デイサイト	[Symbol]
	石英斑岩	[Symbol]
	安山岩	[Symbol]
	玄武岩 石英閃緑岩	[Symbol]

※トーマル川層及び積丹岳溶岩類は、赤井川火山岩類に含まれる。

H-H' 断面図 (現地地形に基づく断面図。)

年代	1Ma頃
広域応力場 (東北日本)	強圧縮 (小池ほか編, 2005)
積丹半島周辺の応力場	・圧縮。(小嶋ほか編, 2003) ・日本海東縁の褶曲運動が主体。(小嶋ほか編, 2003)
地質・地質構造	・褶曲運動はほぼ終焉し、向斜軸に沿った凹地及び褶曲軸翼部の内湾に岩内層が堆積。 ・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。

- 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。
- 褶曲運動は、余別層が堆積する鮮新世には、徐々に弱まっていたものと推定される。
- 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。

②野塚層の堆積状況

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島北部に位置する神威岬では、第四系下部～中部更新統の野塚層の砂層が新第三系を不整合に覆って分布し、ほぼ水平な構造を示している。
- 野塚層の傾斜はほぼ水平 (1° 以下) であり、構造運動は認められない。



神威岬周辺状況 (オルソフォトマップ)

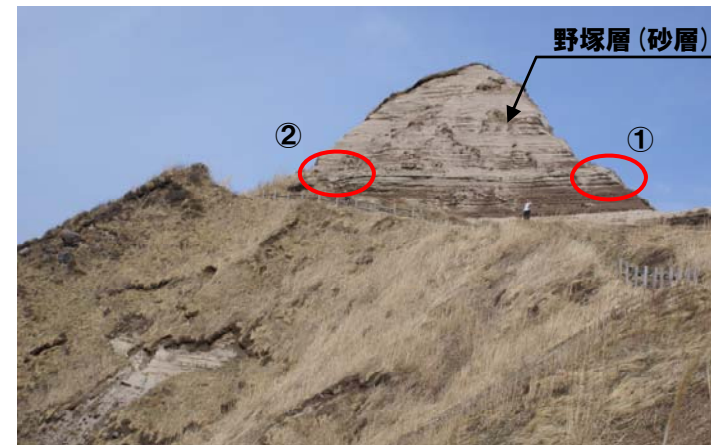


写真1 神威岬の野塚層露頭



写真2 神威岬の野塚層露頭 (拡大)



写真3 神威岬の野塚層露頭 (拡大)

野塚層の走向・傾斜

測定位置	走向・傾斜
①	NS/ 1° W
②	水平

3.2 積丹半島の形成について

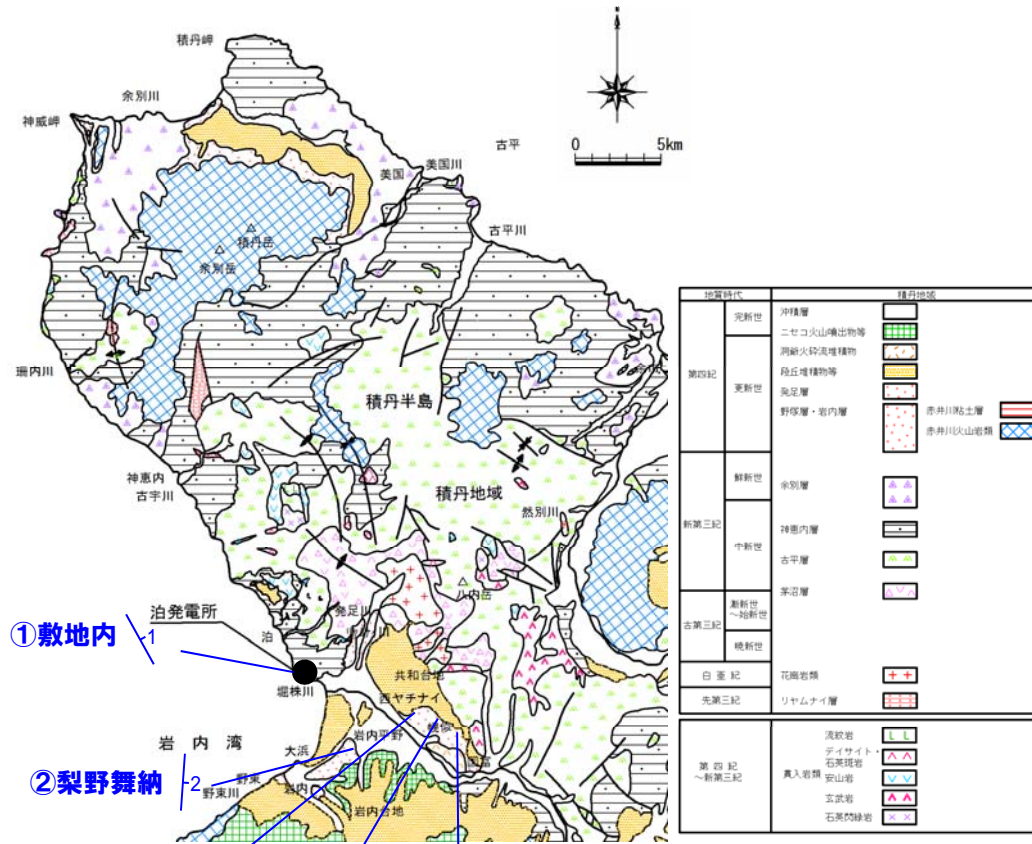
③岩内層の堆積状況

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島南西基部に位置する岩内平野では、第四系下部～中部更新統の岩内層の砂層が広く分布し、ほぼ水平な構造を示している。
- 岩内層の傾斜はほぼ水平 (4° 以下) であり、構造運動は認められない。

岩内層の走向・傾斜

地点名	走向・傾斜
①敷地内	N29° W/1° E
②梨野舞納	N4° E/2° E
③西ヤチナイ	N70° E/4° W
④幌似1	ほぼ水平
⑤幌似2	N4° E/3° E



岩内層露頭状況 (②梨野舞納)



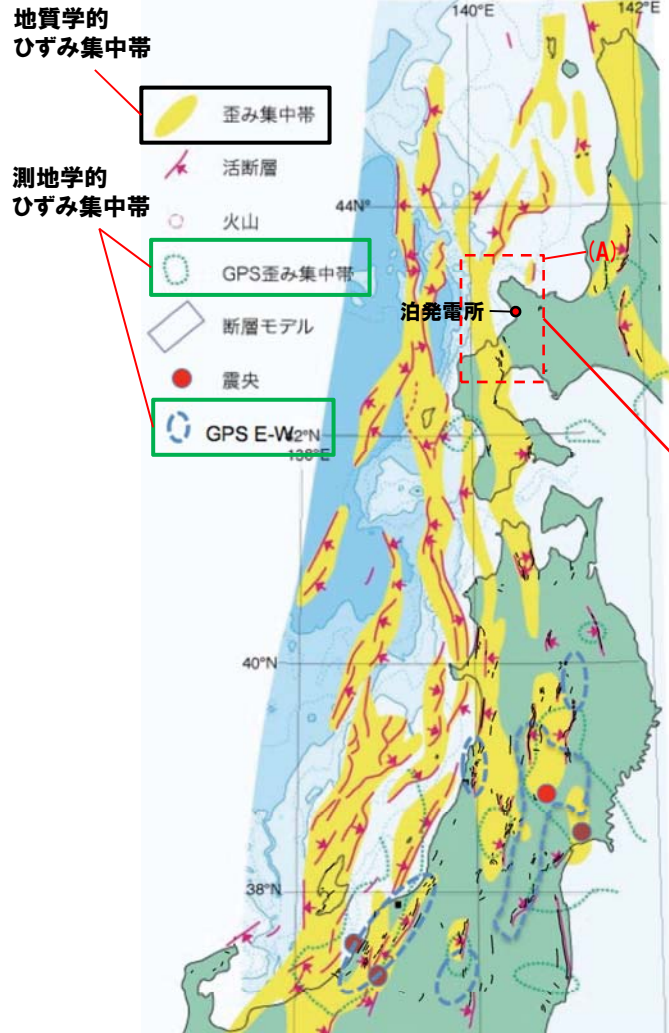
岩内層露頭状況 (③西ヤチナイ)

積丹半島の地質図

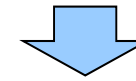
3.3 更新世以降の構造運動について

①更新世以降の構造運動に関する検討

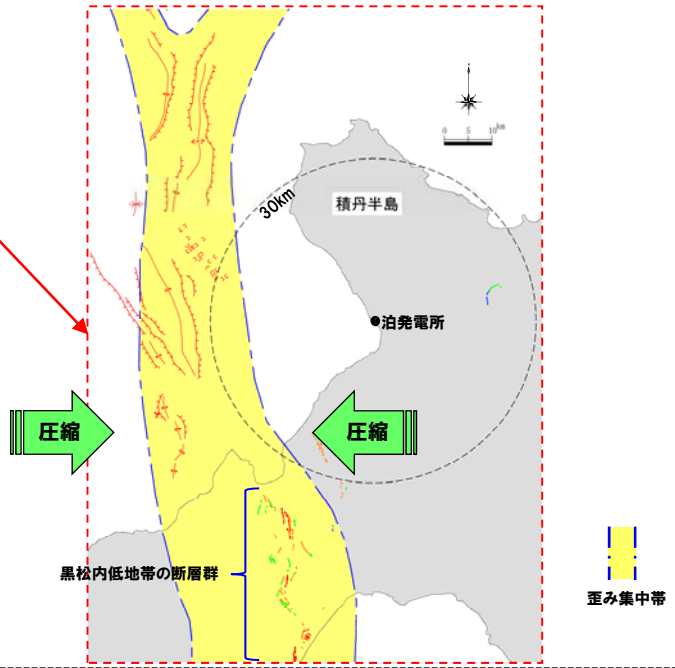
一部修正 (H26/11/28審査会合)



○約8Ma以降, 積丹半島周辺の応力場は「圧縮」であるが, 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状況である。
 ○このため, 更新世以降の積丹半島周辺の褶曲運動について, 産業技術総合研究所 (2009) の地質学的・測地的ひずみ集中帯の分布図を用いて検討した。



○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。



ひずみ集中帯等分布図
 (産業技術総合研究所, 2009に加筆)

- 地質学的ひずみ集中帯 : 地形・地質の観点から想定されたひずみ集中帯 (大竹ほか編, 2002より)
- 測地的ひずみ集中帯 : 下記のGPS観測により想定されたひずみ集中帯
 - ・GPSひずみ集中帯 : 面積ひずみが大きい地域 (大竹ほか編, 2002より)
 - ・GPS E-W : 東西短縮ひずみ (Miura et al., 2004) が大きい領域

引用 地震地体構造区分:垣見ほか (2003), 活断層®:活断層研究会編 (1991)
 ※敷地周辺は後期更新世以降の活動を考慮する活断層をトレース

3.4 積丹半島周辺の重力異常について

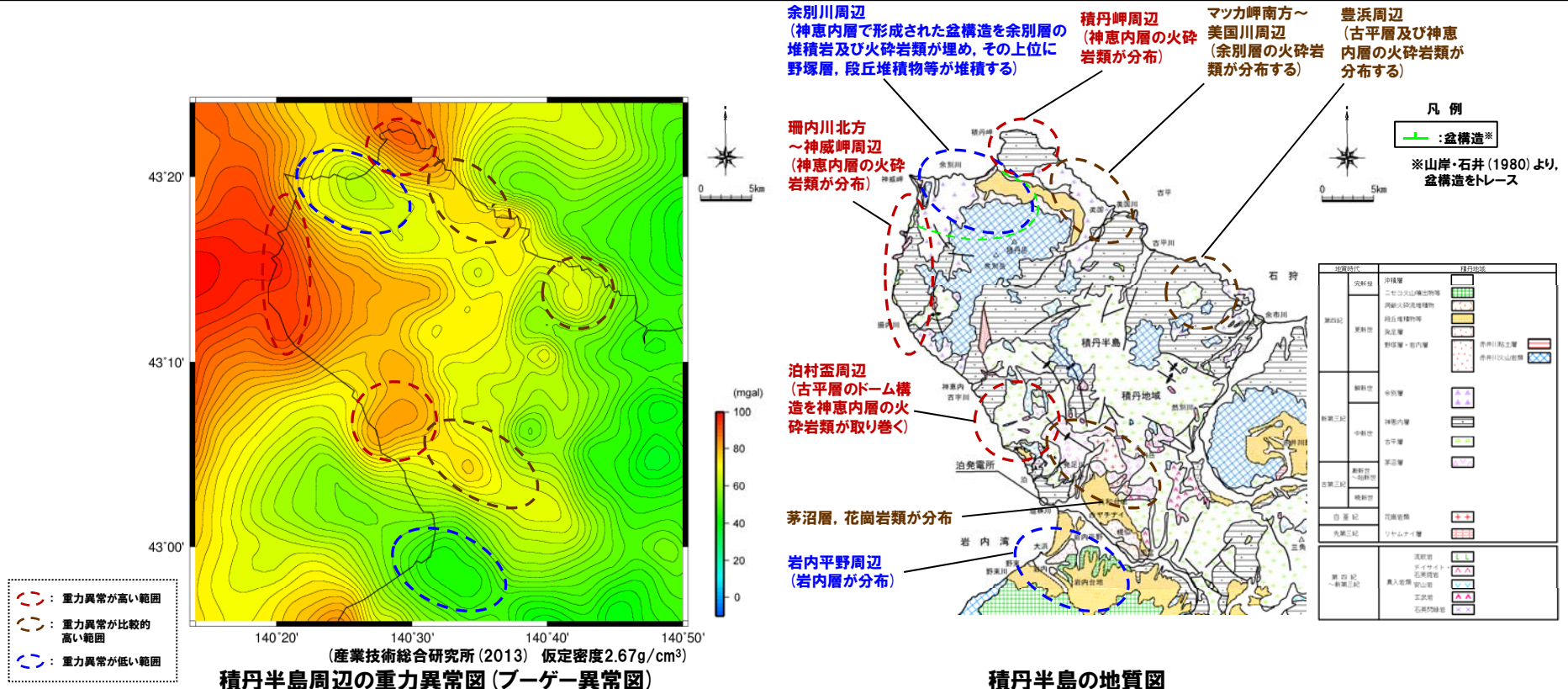
①積丹半島周辺の重力異常（ブーゲー異常図）

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島周辺の重力異常について検討した。
- 積丹半島周辺では、大局的に西岸～北岸に高重力異常域が分布する。
- 西岸～北岸では、泊村盃周辺、珊内川北方～神威岬周辺及び積丹岬周辺に高重力異常が認められ、古平層及び神恵内層の火砕岩類の分布と調和的である。
- 東岸では、マツカ岬南方～美国川周辺及び豊浜周辺に比較的重力異常の高い範囲が認められ、余別層の火砕岩類並びに古平層及び神恵内層の火砕岩類の分布と調和的である。
- 余別川周辺には、低重力異常が認められ、神恵内層で形成された盆構造を埋める余別層の堆積岩等の分布と調和的である。
- 岩内平野周辺には、低重力異常が認められ、岩内層の分布と調和的である。



○積丹半島周辺の重力異常は地質分布と概ね整合的である。



②-1 重力異常と1次微分の関係

再掲 (H28/8/26審査会合)

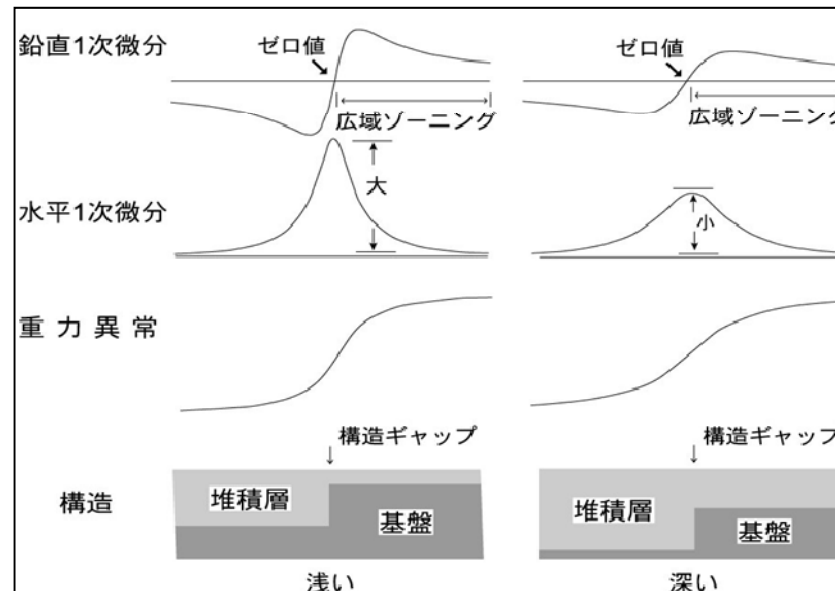
- 重力異常は、断層等に伴う基盤の落差や異なる岩体の密度差による構造境界を境に変化する。
- 物理探査学会編(1998)では、重力異常から有為な情報を抽出し、定性的な解析・解釈を進めるのに有効な手法としてフィルタリングを挙げ、特に断層等の構造境界の抽出には、水平微分や鉛直微分によるフィルタリングが有効であるとしている。

【水平1次微分分布の性質】

- 構造境界において水平1次微分(水平勾配)は大きくなり、その値は構造の深度に依存する。
(「構造深度が浅い ⇒ 水平勾配は大きい、構造深度が深い ⇒ 水平勾配は小さい」の関係がある。)

【鉛直1次微分分布の性質】

- 構造深度に関係なく、構造境界において値がゼロ(鉛直1次微分のゼロコンター)になる。
- 断層面が傾斜している逆断層や正断層の場合にも、そのゼロコンターが断層面の中央直上に位置する。



重力異常と1次微分の関係(構造の落差が同じで深度が異なる場合)
(物理探査学会編,1998)



- 積丹半島周辺の重力異常について、定性的な解釈をする目的として、水平1次微分及び鉛直1次微分によるフィルタリングを実施した。

3.4 積丹半島周辺の重力異常について

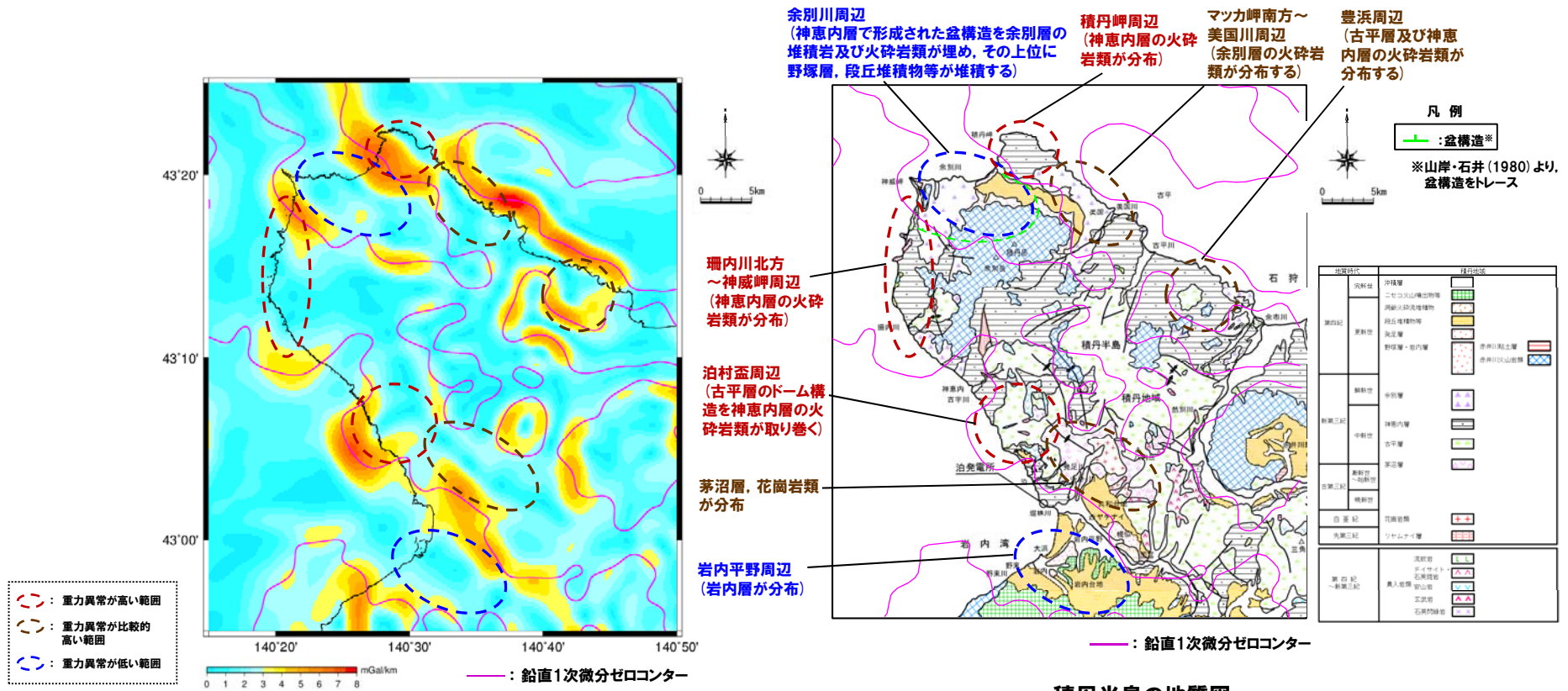
②-2 積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (最大水平勾配図) 及び鉛直微分図) (-1/2-)

再掲 (H28/8/26審査会合)

- 高重力異常域と低重力異常域の境界に、重力異常の鉛直1次微分のゼロコンターが通過する状況が認められる。
- 高重力異常域と低重力異常域の境界のうち、重力異常コンターが特に狭い箇所では、重力異常の水平勾配値が大きい状況 (重力異常の急変域) が認められる (P38ブーゲー異常図参照)。
- 重力異常は地質分布と概ね整合的であり、高重力異常域と低重力異常域の境界は地質境界と概ね整合している。



○積丹半島周辺の重力異常の急変域は、地質境界と概ね整合的である。



積丹半島の地質図 (左図より鉛直1次微分ゼロコンターをトレース)
 (産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上、仮定密度2.67g/cm³)
 積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (最大水平勾配図) 及び鉛直1次微分図)

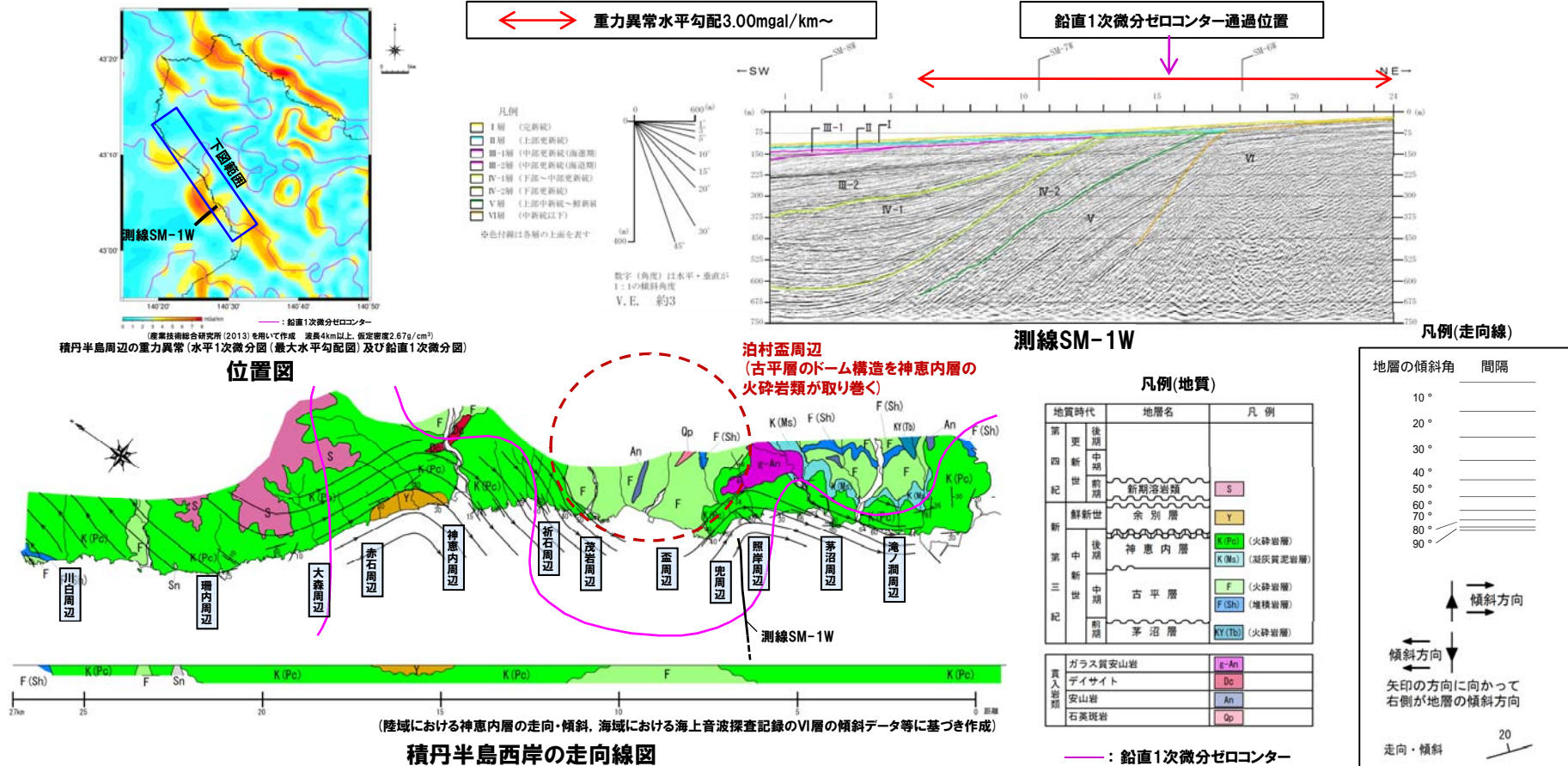
3.4 積丹半島周辺の重力異常について

②-2 積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (最大水平勾配図) 及び鉛直微分図) (-2/2-)

一部修正 (H28/8/26審査会合)

- 泊村盃周辺においては、古平層のドーム構造を神恵内層の火砕岩類が取り巻く状況が認められる。
- 当社は、泊村盃周辺近傍において海上音波探査(測線SM-1W)を実施していることから、近傍海域の地質構造についても確認した。
- 測線SM-1Wは、神恵内層の火砕岩類が分布する範囲の前面に位置し、陸域との連続性からVI層は神恵内層に対比される。
- 測線SM-1Wでは、VI層(神恵内層相当)が海底面付近に認められる箇所とVI層に上位層が厚く堆積する箇所との境界部を鉛直1次微分ゼロコンターが通過する状況が認められる。

○泊村盃周辺の重力異常の急変域は、古平層と神恵内層の地質境界に加え、神恵内層とその上位層が厚く堆積する箇所との境界部の影響も反映しているものと考えられる。



3.4 積丹半島周辺の重力異常について

②-3 積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (東西方向, NW-SE直交方向) 及び鉛直微分図)

再掲 (H28/8/26審査会合)

重力変化が卓越する方向を確認するため、東西方向*及び積丹半島の伸長方向 (NW-SE方向) と直交する方向について水平1次微分図を作成した。

【水平1次微分図 (東西方向)】

○重力異常の水平1次微分値の大きい箇所 (重力異常の急変域) は、断続的に分布する。

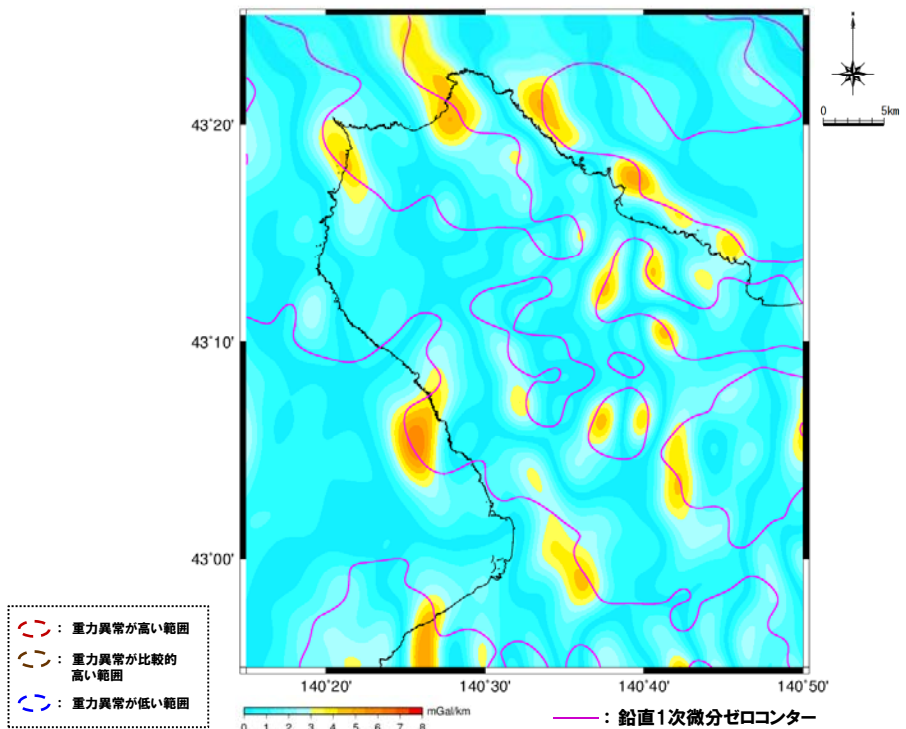
【水平1次微分図 (NW-SE直交方向)】

○重力異常の水平1次微分値の大きい箇所 (重力異常の急変域) は、最大水平勾配図と同様に地質境界と概ね整合的に分布する。

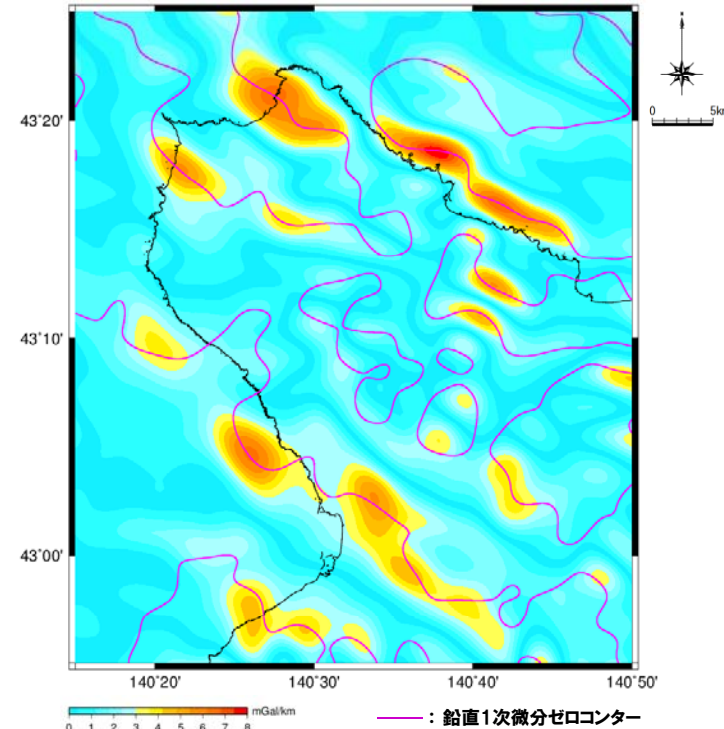
※現在の敷地周辺の褶曲運動は、敷地前面海域における主にN-S方向の活構造及び黒松内低地帯の断層群が分布する範囲に認められるため、東西方向について重力変化を確認する。



○積丹半島周辺の重力異常の水平1次微分値はNW-SE方向に卓越する。これは、積丹半島の形成時期のNW-SE方向の褶曲運動に関わる地質・地質構造を反映したものと推定される。



積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (東西方向) 及び鉛直1次微分図)

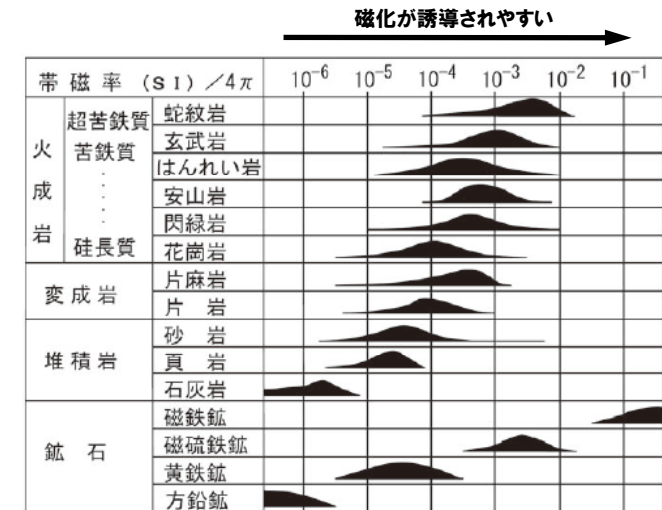


積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (NW-SE直交方向) 及び鉛直1次微分図)

①磁気異常について

- 積丹半島周辺の磁気異常について検討した。
- 磁気異常の検討においては、磁性岩体の分布範囲・伸張方向等を抽出する定性解析として、極磁力変換を実施した（極磁力変換についてはP46参照）。

- 磁気異常は、標準の地磁気に対する、磁性岩体によって発生した磁場によるずれを示したものである。
- 物理探査学会編（2016）に基づけば、磁気異常は以下のような性質を持っている。
 - ・観測された磁場と大局的な地磁気との差を磁気異常という。
 - ・磁気異常は地下を構成する岩体の持つ磁気的な性質（残留磁化、誘導磁化等）の影響を受ける。
 - 残留磁化：永久磁石としての性質であり、中でも火成岩類が冷却過程で獲得する熱残留磁化の影響が強い。
 - 熱残留磁化は獲得時における地磁気の向きにより磁化の方向が決まる。
 - 誘導磁化：磁性岩体が磁場中におかれたとき、その磁場の方向に誘導される磁化であり、大きさは岩体の帯磁率（右図）に比例する。
 - 帯磁率：磁化の誘導されやすさを示し、磁鉄鉱など磁性鉱物の含有量による。
 - ・磁性岩体は、磁場中でひとつの磁石として振舞うため、磁気異常分布を示した全磁力異常図においては、大局的な地磁気を強める部分（正異常）と弱める部分（負異常）が現われる。
 - ・全磁力異常図においては、上記の磁気異常の性質が複雑に関係しているため、検討目的に応じた変換操作がそれぞれ必要となる。

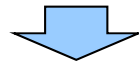


岩石・鉱物の帯磁率
(中塚, 2012に加筆)

3.5 積丹半島周辺の磁気異常について

②積丹半島周辺の磁気異常(極磁力図)(-1/2-)

- 積丹半島周辺では大局的に西岸南部に正の磁気異常域が分布し、北・東岸に負の磁気異常域が分布する。
- 磁気異常のピークはニセコ・雷電火山群、神威岬周辺等に認められ、周辺箇所て採取された岩石試料のK-Ar年代値が報告されている(広瀬ほか(2000), Watanabe(1990)及びNEDO(1986))。
- 文献におけるK-Ar年代値及び極磁力図における磁気異常は、分析における誤差も考慮すると、地磁気極性年代尺度における磁極期と概ね調和的である。
- また、兜地点の北東側に認められる正の磁気異常域は、安山岩、石英閃緑岩等の貫入岩類の分布と調和的である。

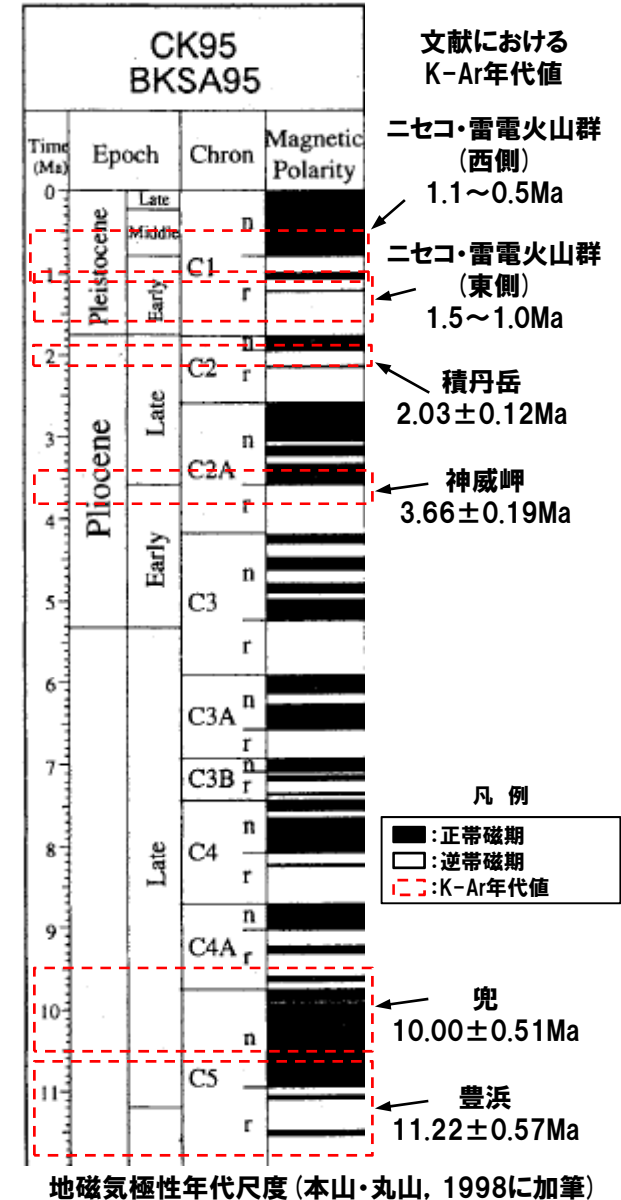


○積丹半島周辺の磁気異常は、地質分布と概ね調和的である。

文献における年代値、極磁力図及び地磁気極性年代尺度

試料採取箇所	地層	文献におけるK-Ar年代値		極磁力図		地磁気極性年代尺度	
		年代値(Ma)	岩石試料*	磁気異常	磁極	下限~上限(Ma)	
神威岬	余別層	3.66±0.19 (広瀬ほか, 2000)	Opx-Cpx-Hb An.	負	逆磁極期	4.18~3.58	
積丹岳	赤井川火山岩類 (積丹岳溶岩)	2.03±0.12 (Watanabe, 1990)	Ol-Opx-Cpx An.	負	逆磁極期	2.14~1.95	
豊浜	神恵内層	11.22±0.57 (広瀬ほか, 2000)	Cpx-Opx An.	負	逆磁極期	11.94~10.95	
兜	神恵内層	10.00±0.51 (広瀬ほか, 2000)	Ol-Opx-Cpx An.	負	逆磁極期	9.74~9.03	
ニセコ・雷電火山群(西側)	ニセコ火山噴出物等	1.1~0.5 (NEDO, 1986)	岩内岳噴出物 目国内岳噴出物	正	正磁極期	1.07~0.99 0.78~	
ニセコ・雷電火山群(東側)	ニセコ火山噴出物等	1.5~1.0 (NEDO, 1986)	ワイスホルン噴出物	負	逆磁極期	1.77~1.07	

* Opx:斜方輝石, Cpx:単斜輝石, Hb:普通角閃石, Ol:かんらん石, An:安山岩

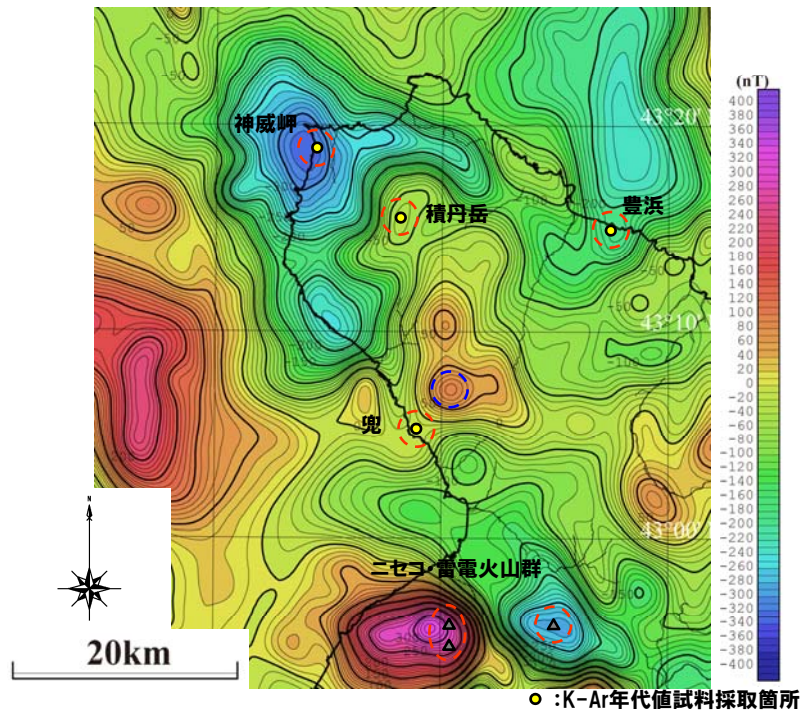


3.5 積丹半島周辺の磁気異常について

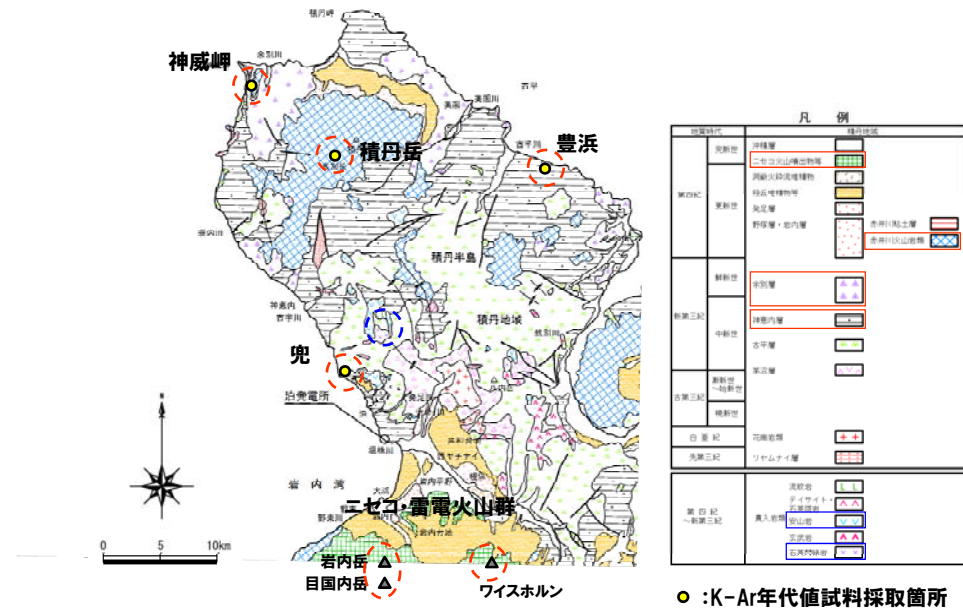
② 積丹半島周辺の磁気異常 (極磁力図) (-2/2-)

文献におけるK-Ar年代値及び極磁力図における磁気異常は、分析における誤差も考慮すると、地磁気極性年代尺度における磁極期と概ね調和的である。

兜地点の北東側に認められる正の磁気異常域は、安山岩、石英閃緑岩等の貫入岩類の分布と調和的である。



積丹半島周辺の極磁力図 (中塚・大熊, 2009を基に作成)



積丹半島の地質図

(参考) 極磁力変換

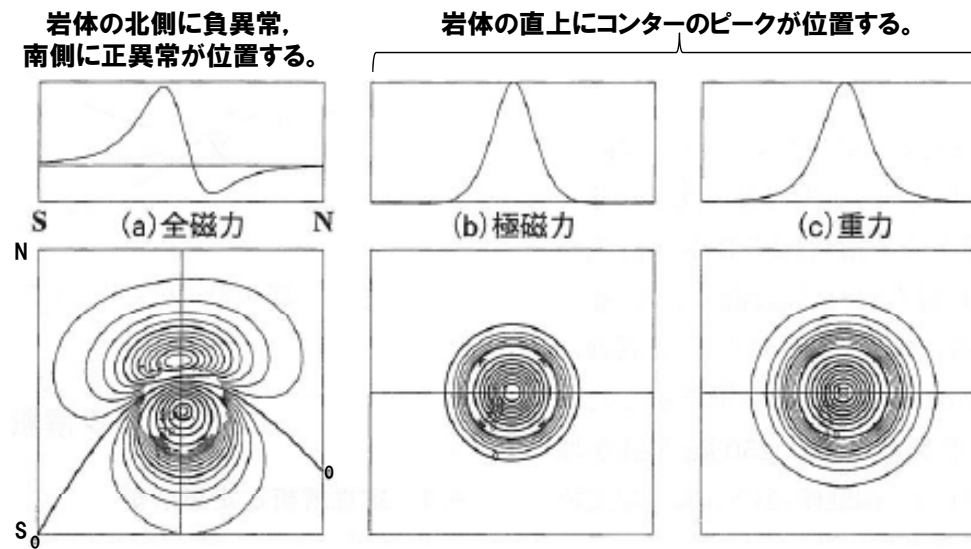
○物理探査学会編(2016)では、観測された磁気異常分布(全磁力異常)から磁性岩体の分布範囲・伸張方向等を抽出する定性解析として、極磁力変換等を挙げている。

【全磁力異常】

- ・観測点における磁力の大きさを示す。
- ・単一の単純な形状のソースによる磁気異常が、中緯度で正負の双極異常となって現われる(下図(a))。
- ・磁性岩体による磁場が地磁気と同じ方向に発生すれば正異常となり、逆方向に発生すれば負異常となることから、中緯度において、単一の磁性岩体による磁気異常は正負の双極異常として現れることから、磁性岩体の分布位置と対応させにくい。

【極磁力異常】

- ・磁性岩体の磁化方向と外部磁場方向が共に鉛直を向いたときに期待される全磁力異常を表すことから、重力異常図(ブーゲー異常図, 下図(c))と同様に磁性岩体の直上にコンターのピークが位置する(下図(b))。
- ・極磁力変換には外部磁場及び磁性岩体の磁化の方向が必要であり、現在の地磁気の方角(積丹半島周辺の極磁力図は、伏角 57° 、偏角 -9° で作成)で仮定する。



全磁力異常と極磁力異常との関係(ソース位置は各図に共通)
(物理探査学会編, 2016に加筆)

余白

4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【検討目的】

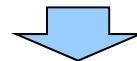
○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造の有無を確認する。

【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。

【検討結果】

- 積丹半島西岸近傍海域のII層（上部更新統）及びIII層（下部更新統～中部更新統）に、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 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。
- 積丹半島西岸近傍海域における、活断層研究会編（1991）に示された活撓曲位置を含む大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線付近の水深（150m程度）は、文献における平均的な水深（140～160m）と調和的であり、積丹半島の東西においても明瞭な差異は認められない。

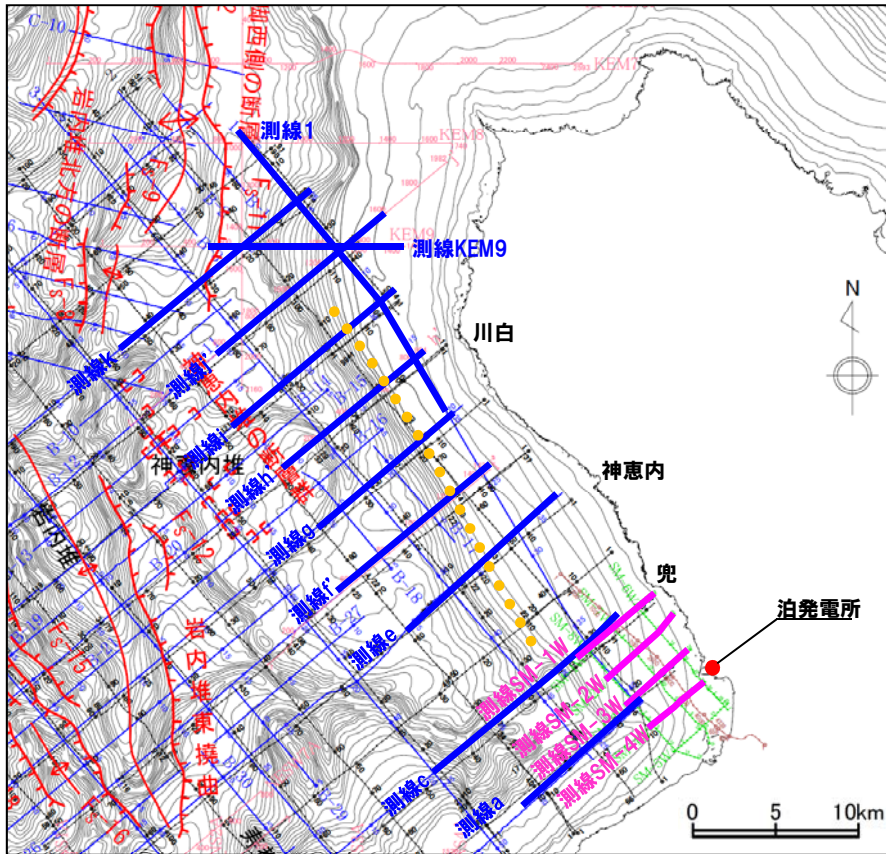


○積丹半島西岸近傍海域には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造は認められない。

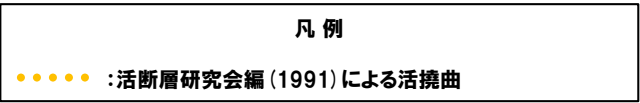
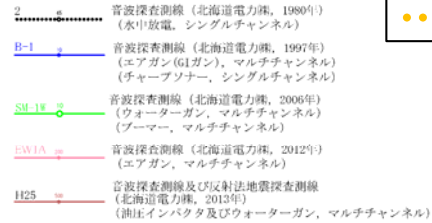
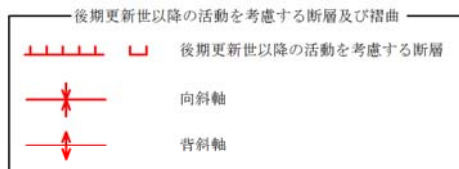
4.2 検討結果

①検討測線

一部修正 (H26/11/28審査会合)



- 積丹半島西岸近傍海域における汀線方向の構造を確認するため、主に汀線直交方向の測線を用いて検討を実施した。
- 検討測線の探査仕様は、以下のとおりである。
 - ・測線KEM9, j', h' 及びb' :エアガン・マルチチャンネル
 - ・測線1, k, i, g, e, c及びa:GIガン・マルチチャンネル
 - ・測線SM-1W~SM-4W:ウォーターガン・マルチチャンネル
- なお、積丹半島西岸近傍海域には、活断層研究会編(1991)において、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線付近に東側隆起の活撓曲が示されている。
- 文献撓曲位置及び文献撓曲延長位置付近の海底地形についても検討を実施した。

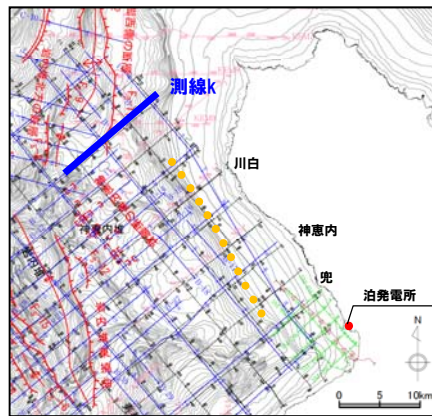


位置図

②測線k

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲延長位置付近のII層～IV層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲延長位置の西方には、F_S-11断層が認められる。



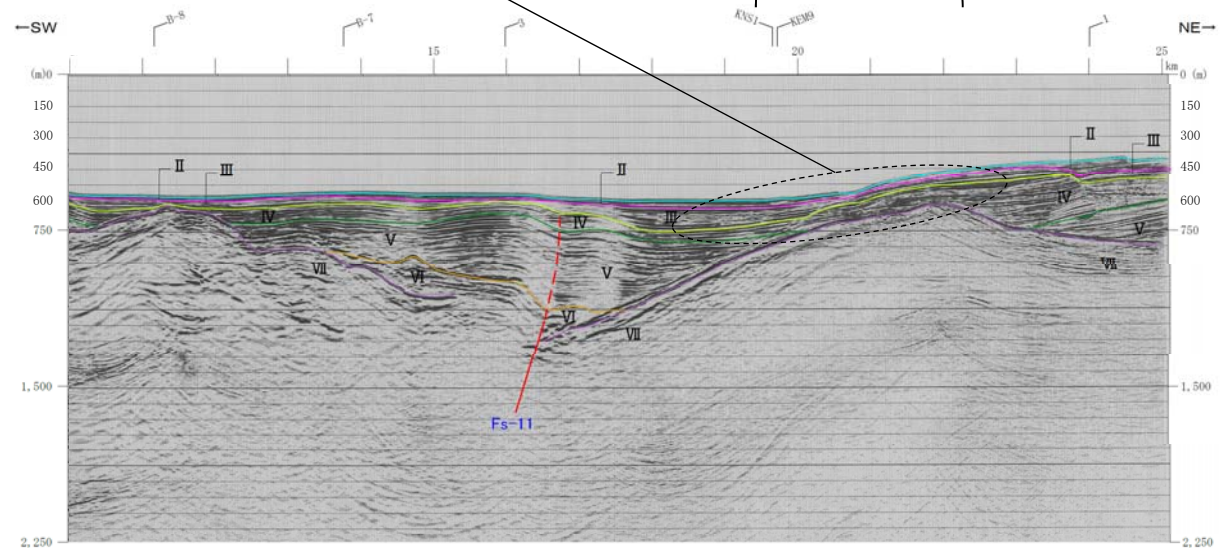
位置図

凡例

●●●●● : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

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

文献撓曲延長位置



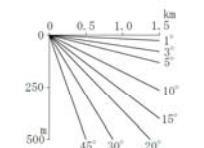
音源: G1カン

凡例

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

※色付線は各層の上面を表す

- Fs-10 断層及び断層番号
- Fs-10 断層運動に関連する変形
- 連続しない断層
- 背斜軸
- 向斜軸



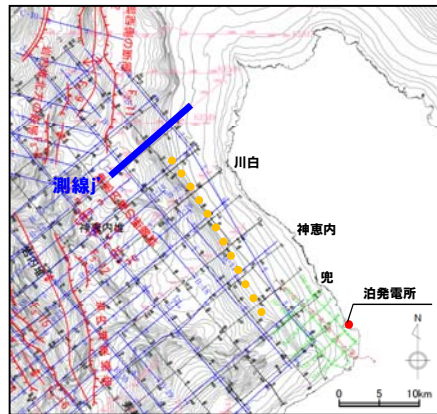
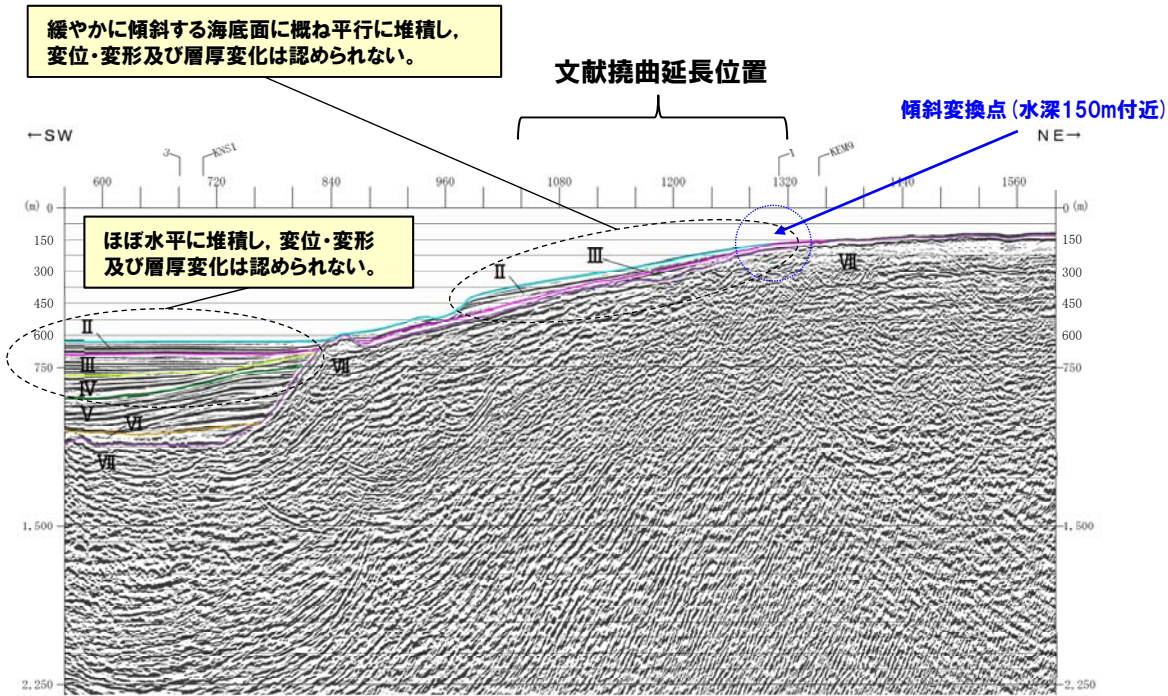
数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度
V.E. 約3

4.2 検討結果

③測線j

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲延長位置付近のII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層～IV層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。

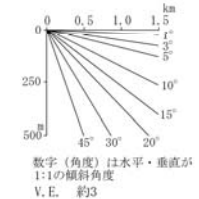


位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲

- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す
- Fs-10 断層及び断層番号
 - - - Fs-10 断層運動に関連する変形
 - ┌┐ 連続しない断層
 - ↔ 背斜軸
 - ✳ 向斜軸

音源: エアガン

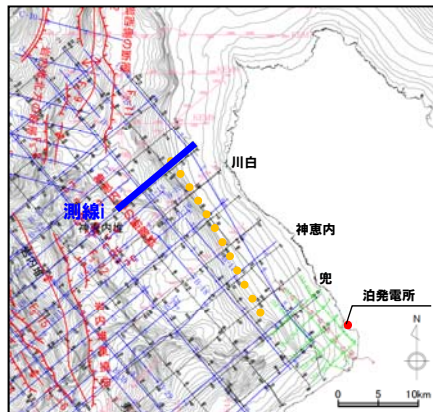
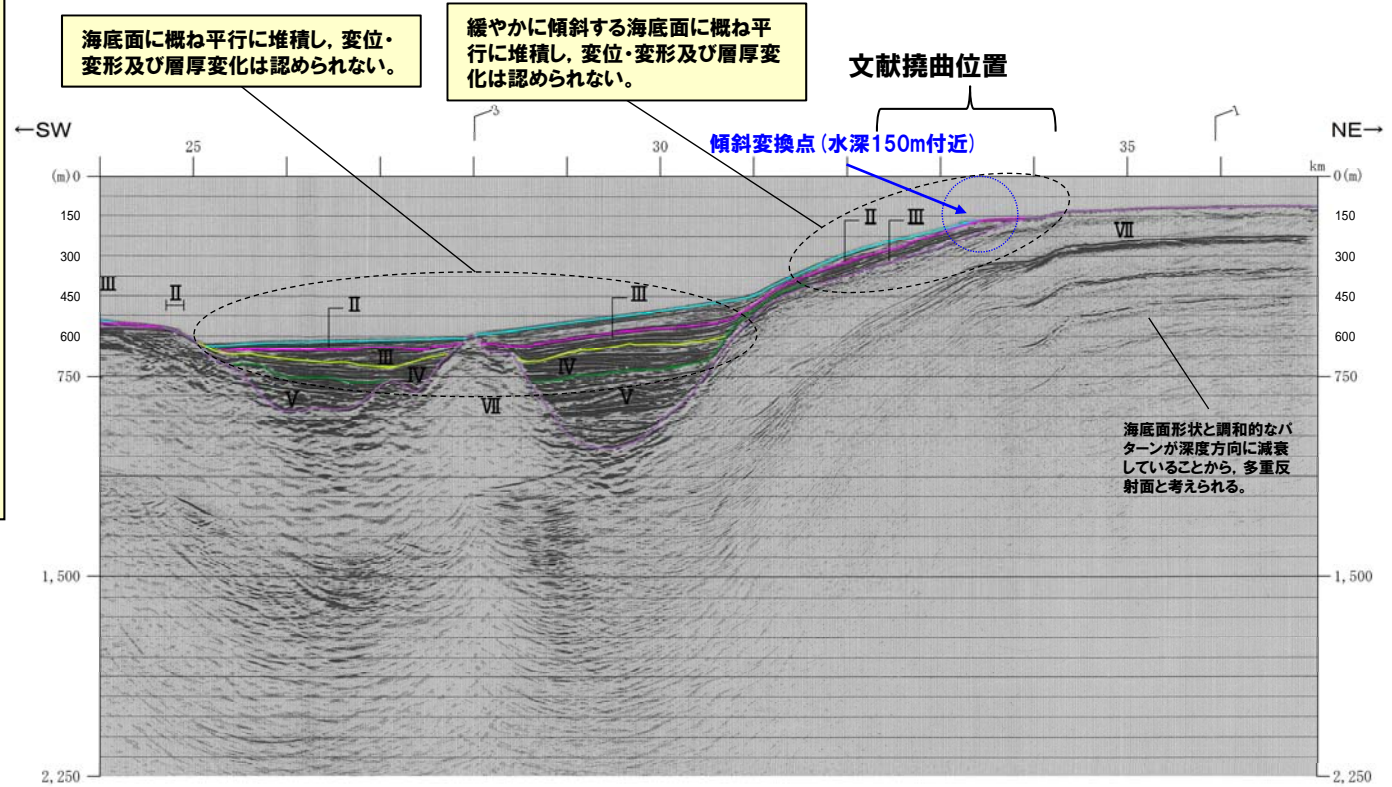


4.2 検討結果

④測線i

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲位置付近のII層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層～IV層は、海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。



位置図

凡例

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

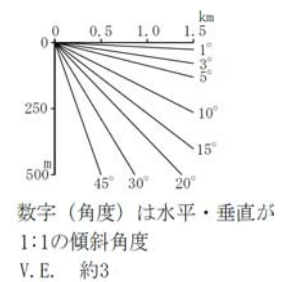
※色付線は各層の上面を表す

- 断層及び断層番号
- 断層運動に関する変形
- 連続しない断層
- 背斜軸
- 向斜軸

凡例

- : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

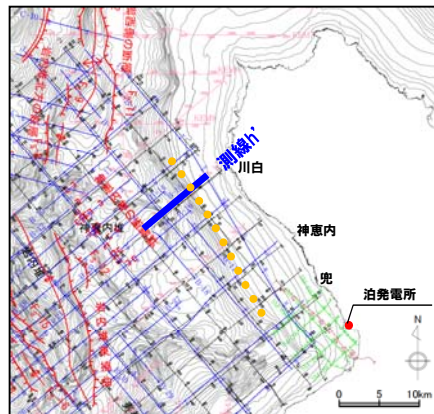
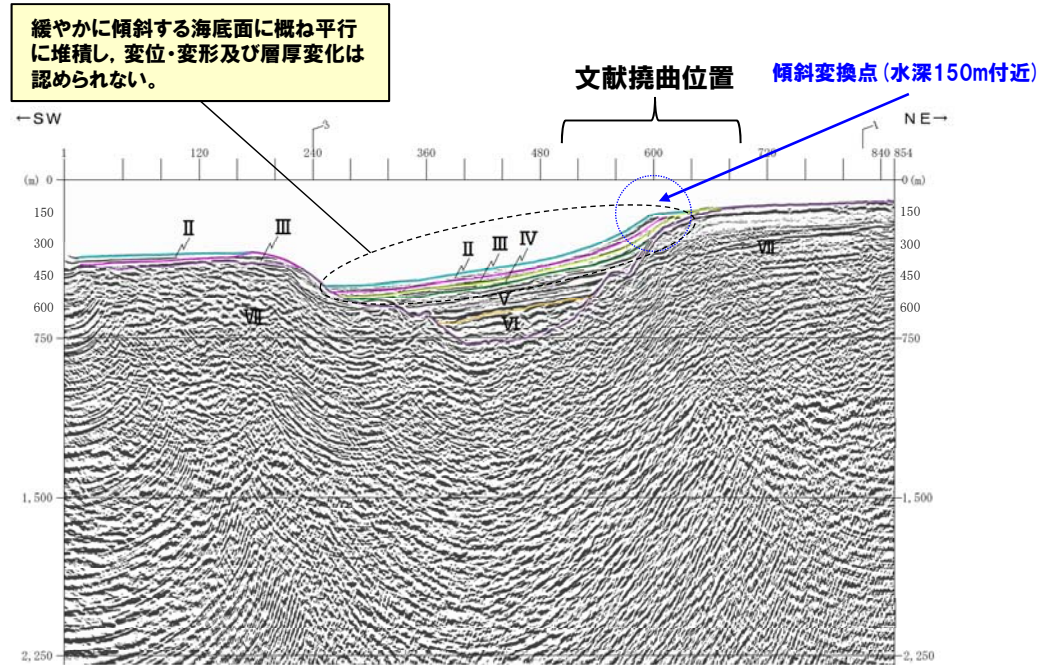
音源:G1ガン



⑤測線h'

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 文献撓曲位置付近及び海盆内のII層～IV層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。



位置図

凡例

●●●●● : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

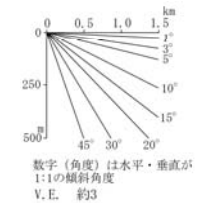
凡例

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

※色付線は各層の上面を表す

- Fs-10 断層及び断層番号
- Fs-10 断層運動に関連する変形
- 連続しない断層
- 背斜軸
- 向斜軸

音源:エアガン



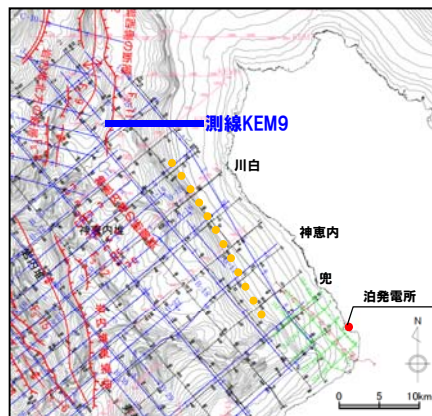
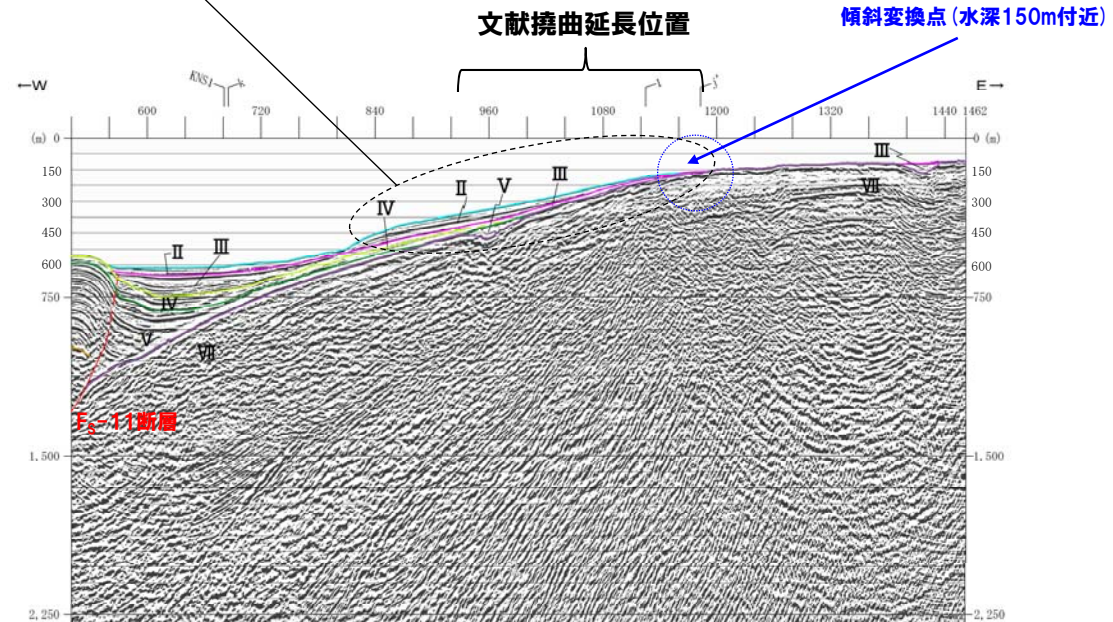
4.2 検討結果

⑥測線KEM9

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲延長位置付近のII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲延長位置の西方には、F_S-11断層が認められる。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。

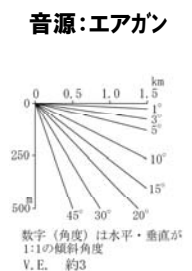
緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。



位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲

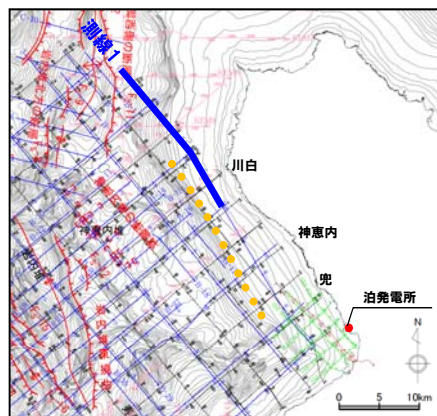
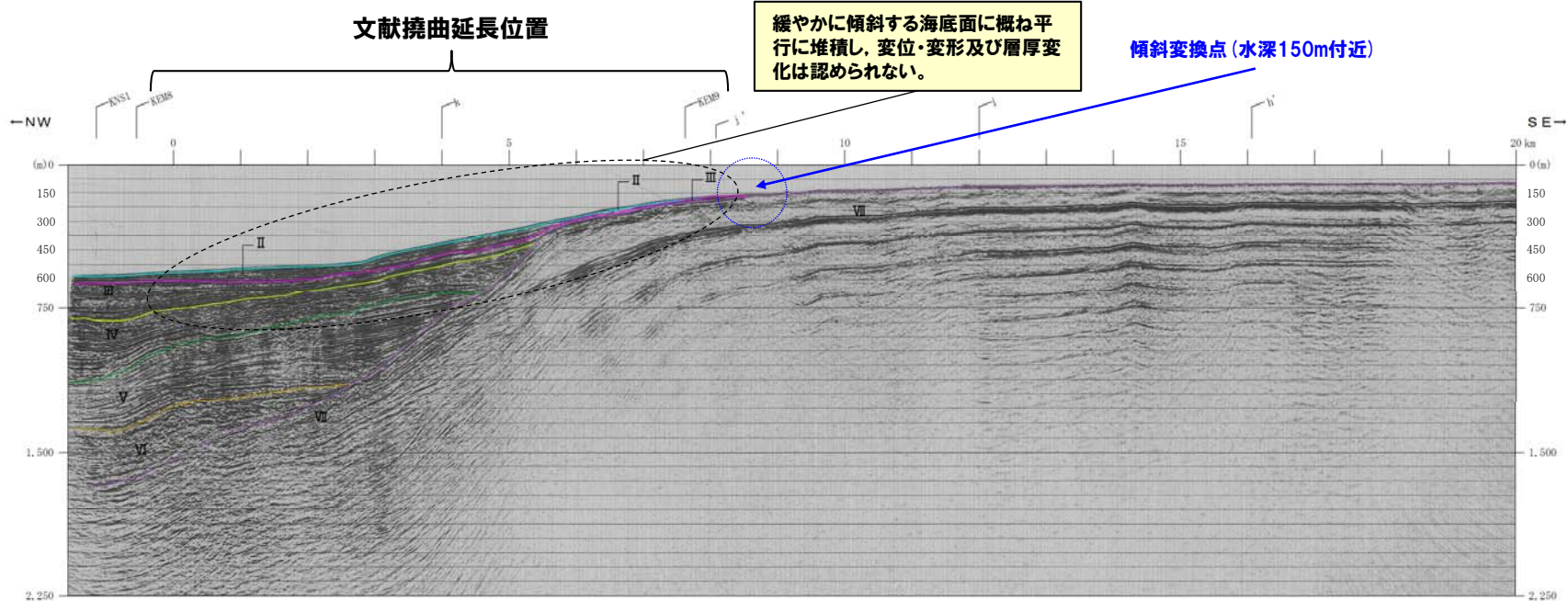
- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部-中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統~鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す



- F_S-10 断層及び断層番号
- F_S-10 断層運動に関連する変形
- ┌┐ 連続しない断層
- ↔ 背斜軸
- ✱ 向斜軸

4.2 検討結果

⑦測線1



位置図

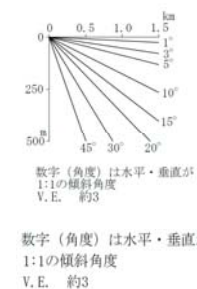
- 文献撓曲延長位置付近のII層～IV層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。

凡例

●●●●● : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す
- Fs-10 断層及び断層番号
 - Fs-10 断層運動に関連する変形
 - 連続しない断層
 - 背斜軸
 - 向斜軸

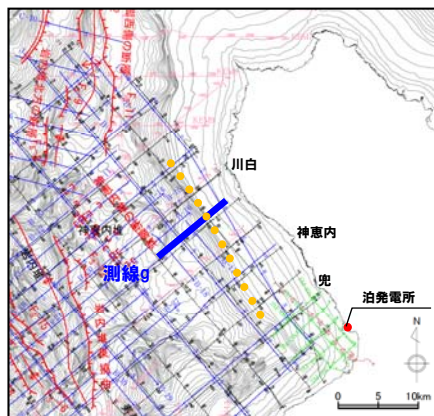
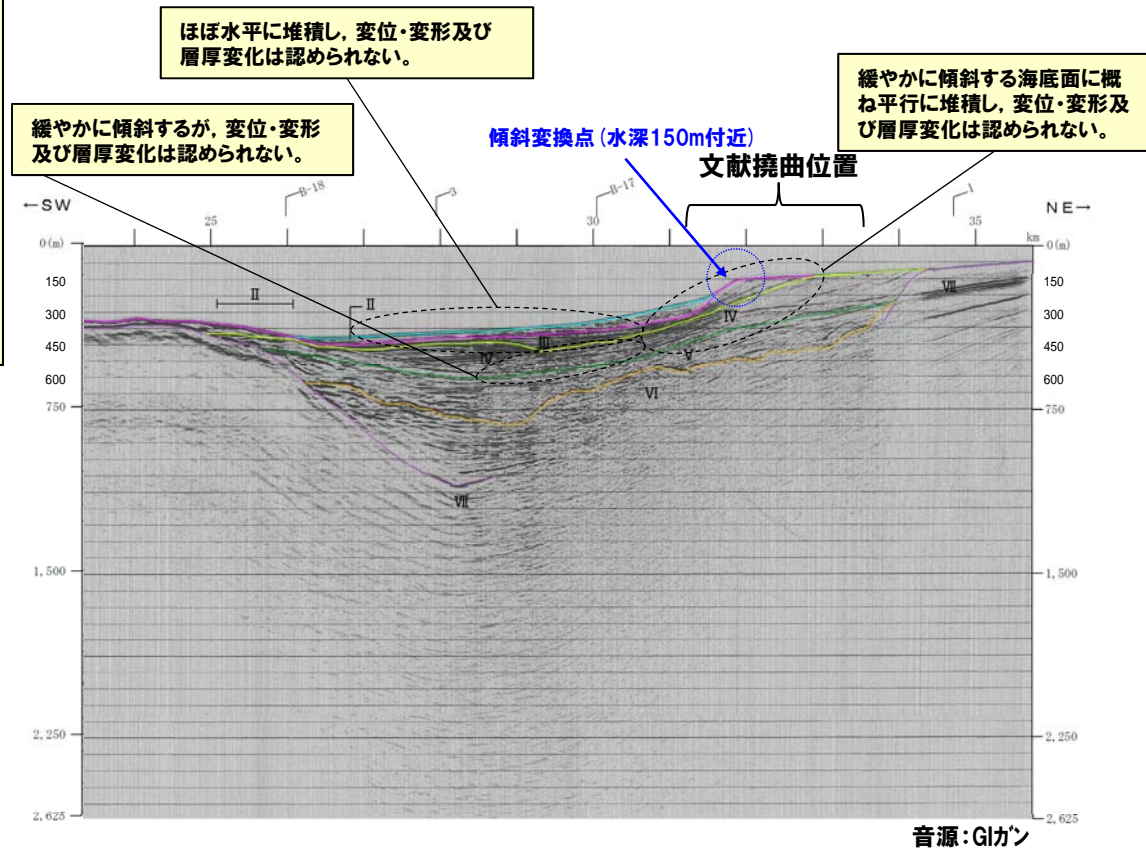
音源:Glガン



⑧測線g

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲位置付近のII層～IV層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層及びIII層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるIV層は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。

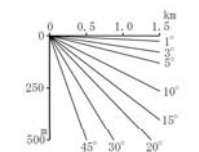


位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

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

- Fs-10 断層及び断層番号
- Fa-10 断層運動に関連する変形
- 連続しない断層
- 背斜軸
- 向斜軸



数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

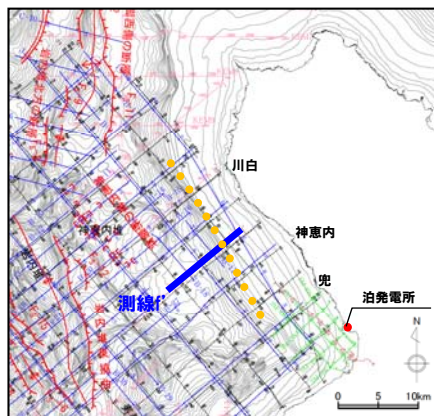
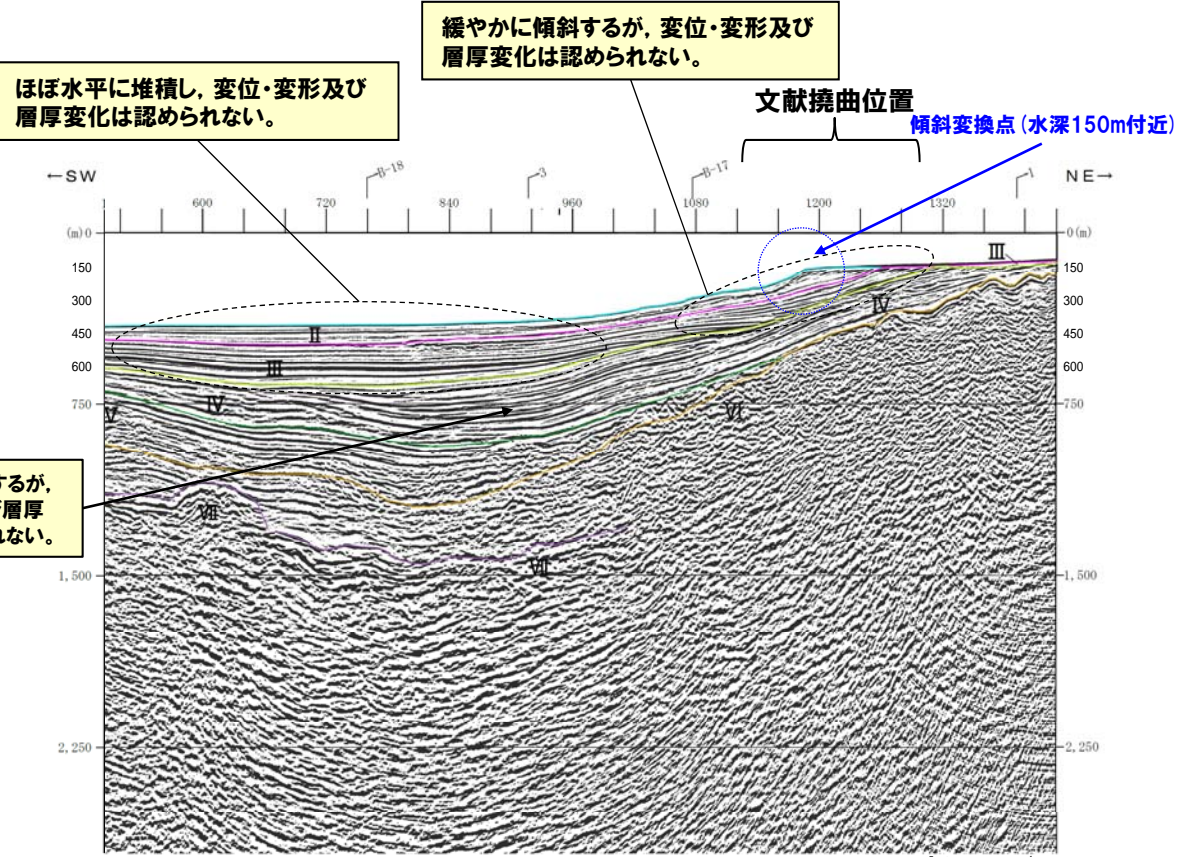
※色付線は各層の上面を表す

4.2 検討結果

⑨測線f'

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 文献撓曲位置付近のII層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層及びIII層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- IV層は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。

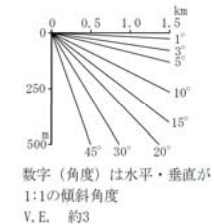


位置図

緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

- 凡例
- : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲

- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- Fs-10 断層及び断層番号
 - - - Fs-10 断層運動に関連する変形
 - ┌┐ 連続しない断層
 - ↕ 背斜軸
 - ↗ 向斜軸
- ※色付線は各層の上面を表す

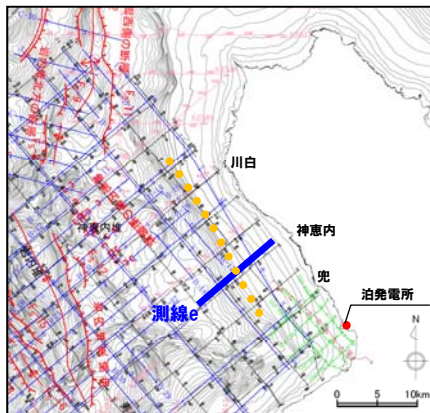
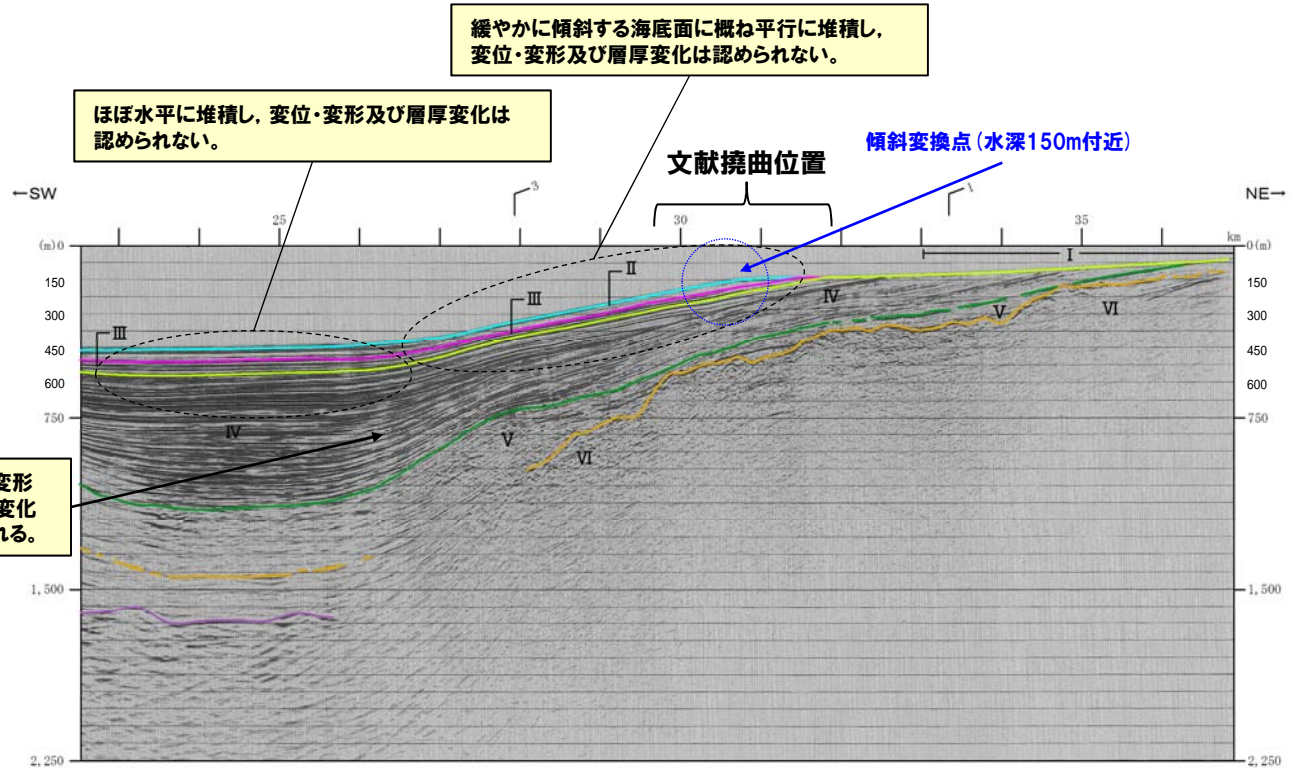


4.2 検討結果

⑩測線e

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲位置付近のII層～IV層上部は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層～IV層上部は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- IV層下部には、緩やかな変形及び層厚変化が認められる。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。



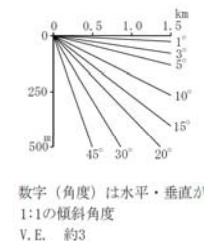
位置図

緩やかな変形及び層厚変化が認められる。

- 凡例
- : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

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

- Fs-10 断層及び断層番号
- - - Fs-10 断層運動に関連する変形
- [] 連続しない断層
- ↕ 背斜軸
- ↗ 向斜軸



※色付線は各層の上面を表す

4.2 検討結果

⑪測線c (-1/2-)

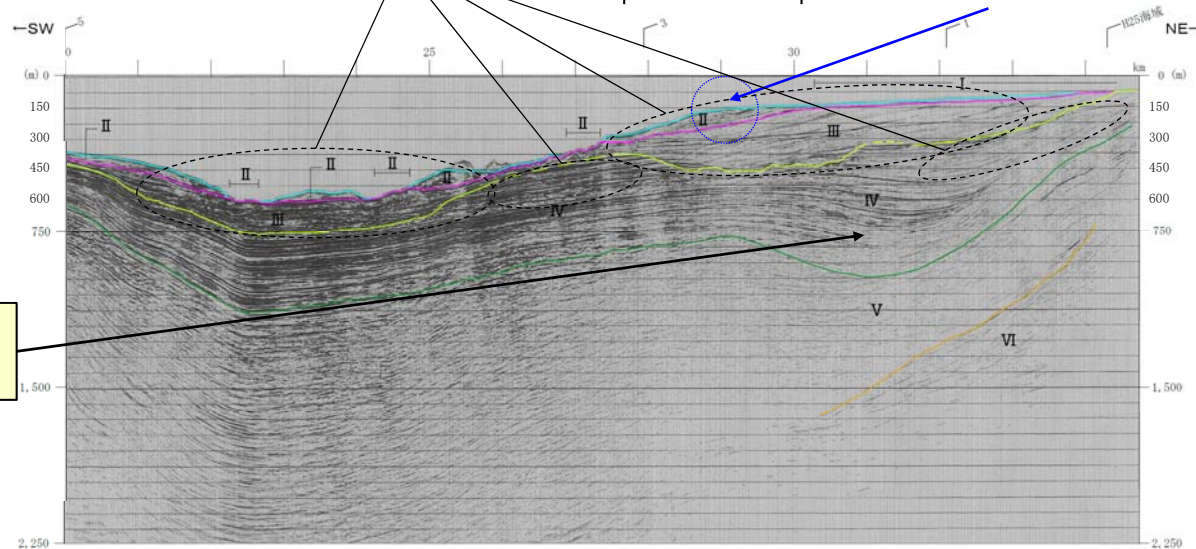
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲延長位置付近及び海盆内におけるII層～IV層上部は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- II層及びIII層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。
- IV層下部には、緩やかな変形及び層厚変化が認められる。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。

緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
II層及びIII層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。

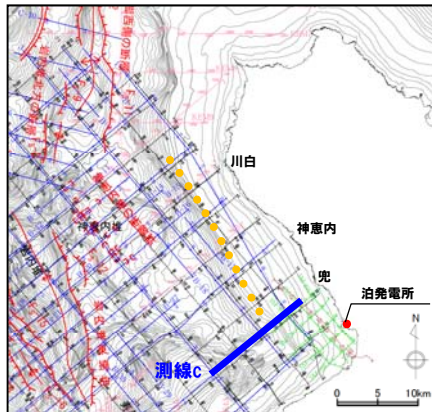
文献撓曲延長位置

傾斜変換点(水深150m付近)



音源:GIガン

緩やかな変形
及び層厚変化
が認められる。

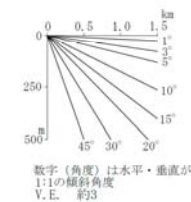


位置図

凡例

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

- Fs-10 断層及び断層番号
- - - Fs-10 断層運動に関連する変形
- ┌┐ 連続しない断層
- ↔ 背斜軸
- ✱ 向斜軸



※色付線は各層の上面を表す

凡例

- :活断層研究会編(1991)による活撓曲

数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

4.2 検討結果

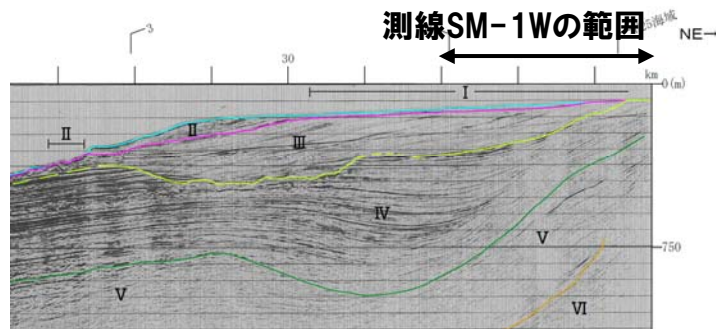
⑪測線c (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

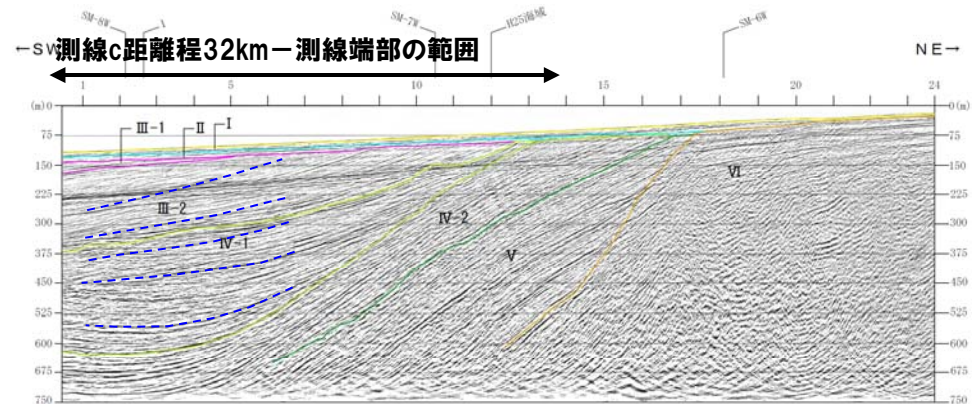
- 測線cに認められるIII層の緩やかな傾斜構造について、測線c陸側付近の測線である、測線SM-1Wについても検討した。
- III層 (III-1層及びIII-2層) は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- III層 (III-1層及びIII-2層) の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。



○測線SM-1Wの検討結果から、測線cに認められるIII層の緩やかな傾斜は、構造的なものではなく、大陸棚付近で海進・海退の影響を受けた堆積構造と推定される。



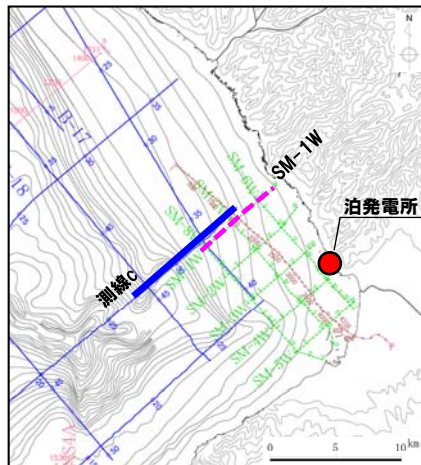
測線c



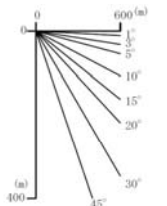
傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。

音源：ウォーターガン

測線SM-1W



- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III-1層 (中部更新統)
 - III-2層 (下部～中部更新統)
 - IV-1層 (下部更新統)
 - IV-2層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す



数字 (角度) は水平・垂直が 1 : 1 の傾斜角度 V. E. 約3

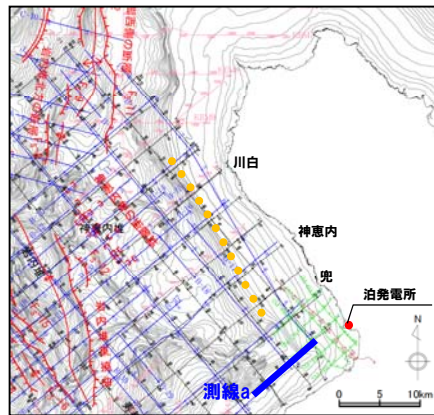
4.2 検討結果

⑫測線a (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

○文献撓曲延長位置付近におけるII層～IV層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

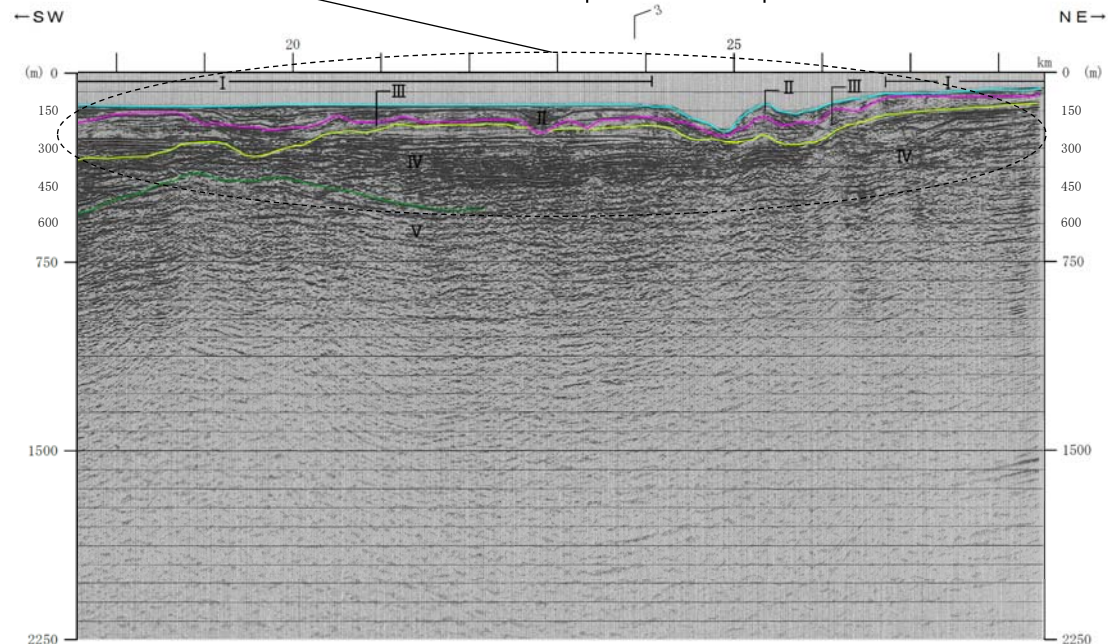
ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。 文献撓曲延長位置



位置図

凡例

●●●●● : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

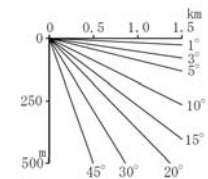


音源:GIガン

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

※色付線は各層の上面を表す

- Fs-10 断層及び断層番号
- - - Fs-10 断層運動に関連する変形
- ┌ 連続しない断層
- ↕ 背斜軸
- ✳ 向斜軸



数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

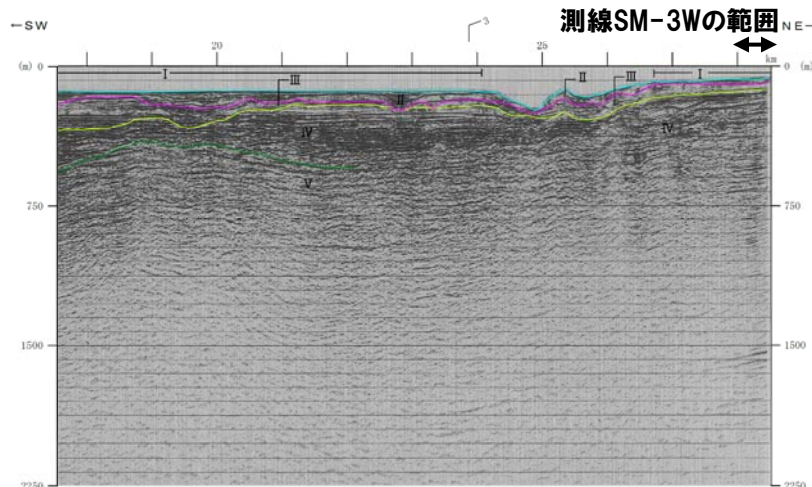
4.2 検討結果

⑫測線a (-2/2-)

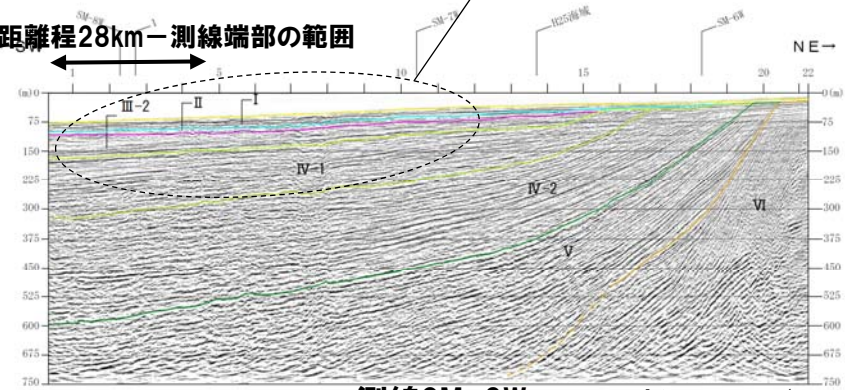
一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 測線a陸側付近の地質構造を確認するため、測線SM-3Wについて検討した。
- II層～IV-1層はほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

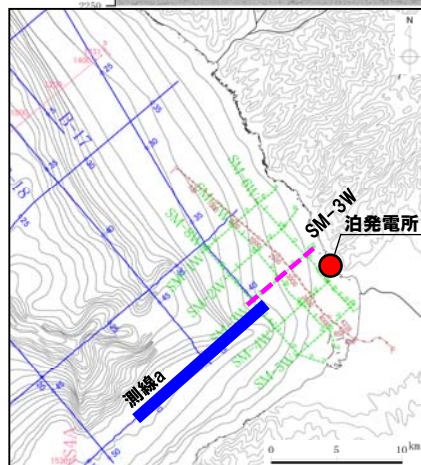


測線a距離程28km—測線端部の範囲



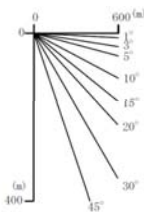
測線SM-3W

音源:ウォーターガン



測線a

- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III-1層 (中部更新統)
 - III-2層 (下部～中部更新統)
 - IV-1層 (下部更新統)
 - IV-2層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す



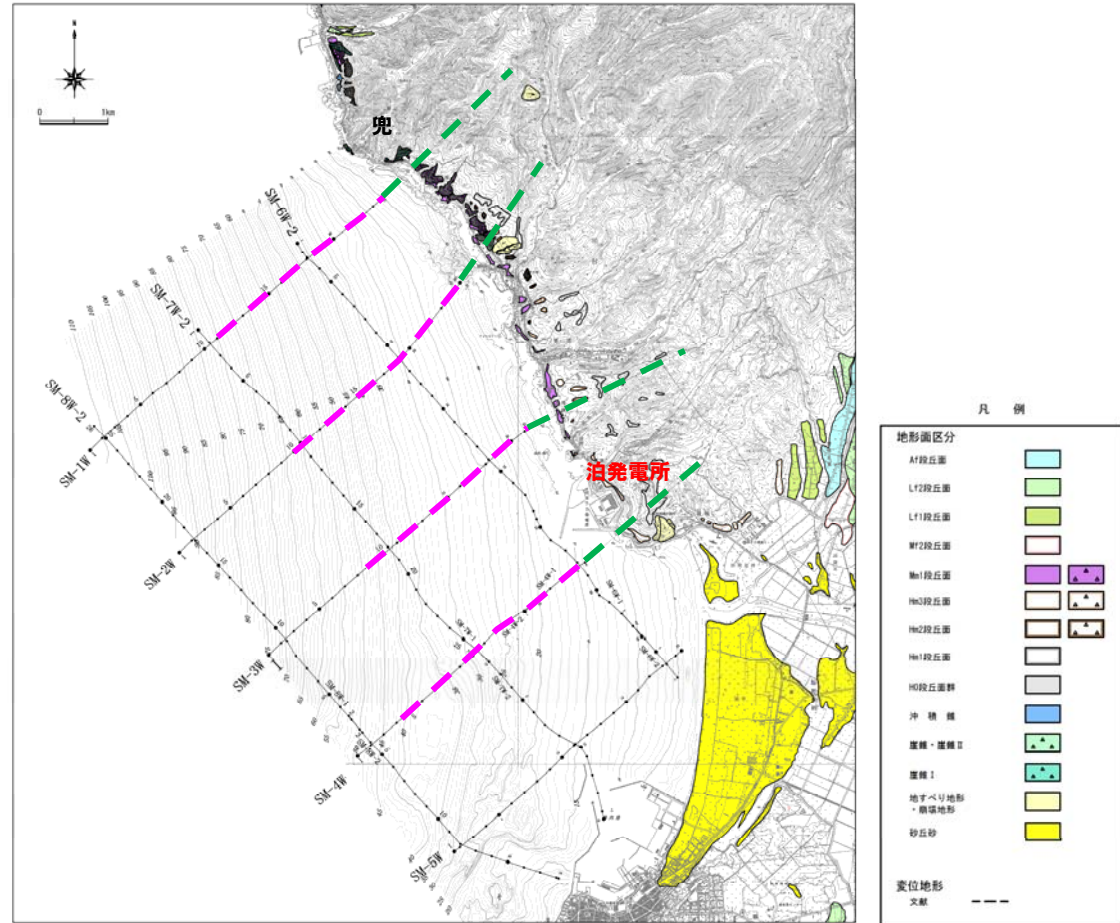
数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度
V. E. 約3

⑬-1 陸域の地形との連続性(検討測線)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 敷地近傍に位置する測線SM-1W～SM-4Wと陸域の地形との連続性について検討した。
- 検討に当たっては、海域の地形は当社海上音波探査記録、陸域の地形は国土地理院の2.5万分の1地形図、海上音波探査未実施範囲である汀線際海域の地形については、泊村海域漁場図※を用いて断面図を作成した。

※1 泊村海域漁場図は、音響測深による測量を実施しており、1m間隔の等深線で作成されている。深度の精度は、今回用いた水深50m程度までは±1m以内である。



— : 海域(海上音波探査記録)
 - - : 汀線際海域～陸域(泊村海域漁場図～2.5万分の1地形図(国土地理院))

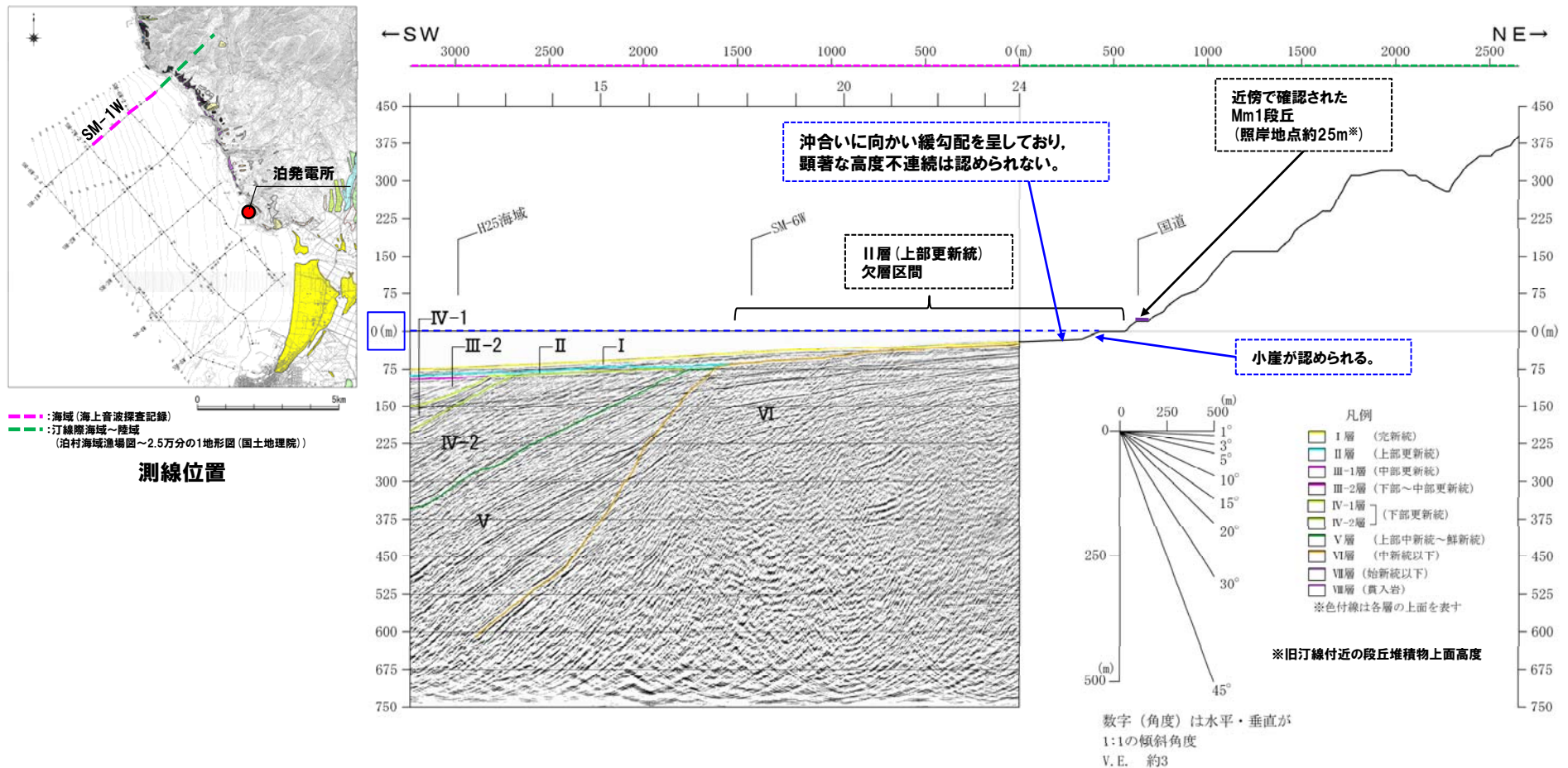
検討位置図

4.2 検討結果

⑬-2 陸域の地形との連続性 (測線SM-1W~陸域)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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 (汀線際の地形の形状についてはP138~P142参照)。
- 汀線際周辺には、上部更新統の地層が分布しない区間があり、これは最終間氷期以降の海進・海退等における侵食作用によるものと推定される。



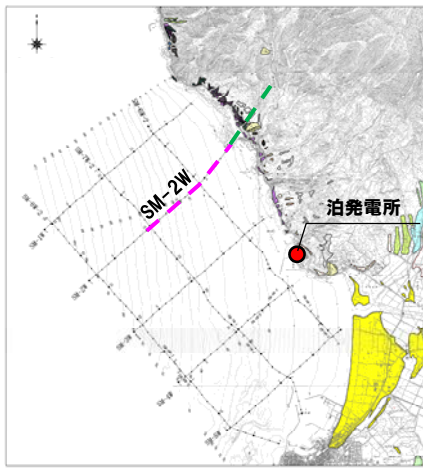
測線SM-1W+陸域断面図

4.2 検討結果

⑬-3 陸域の地形との連続性 (測線SM-2W~陸域)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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 (汀線際の地形の形状についてはP138~P142参照)。
- 海成段丘の分布高度から算出される陸起速度は、いずれも約0.2m/千年である。
- 汀線際周辺には、上部更新統の地層が分布しない区間があり、これは最終間氷期以降の海進・海退等における侵食作用によるものと推定される。



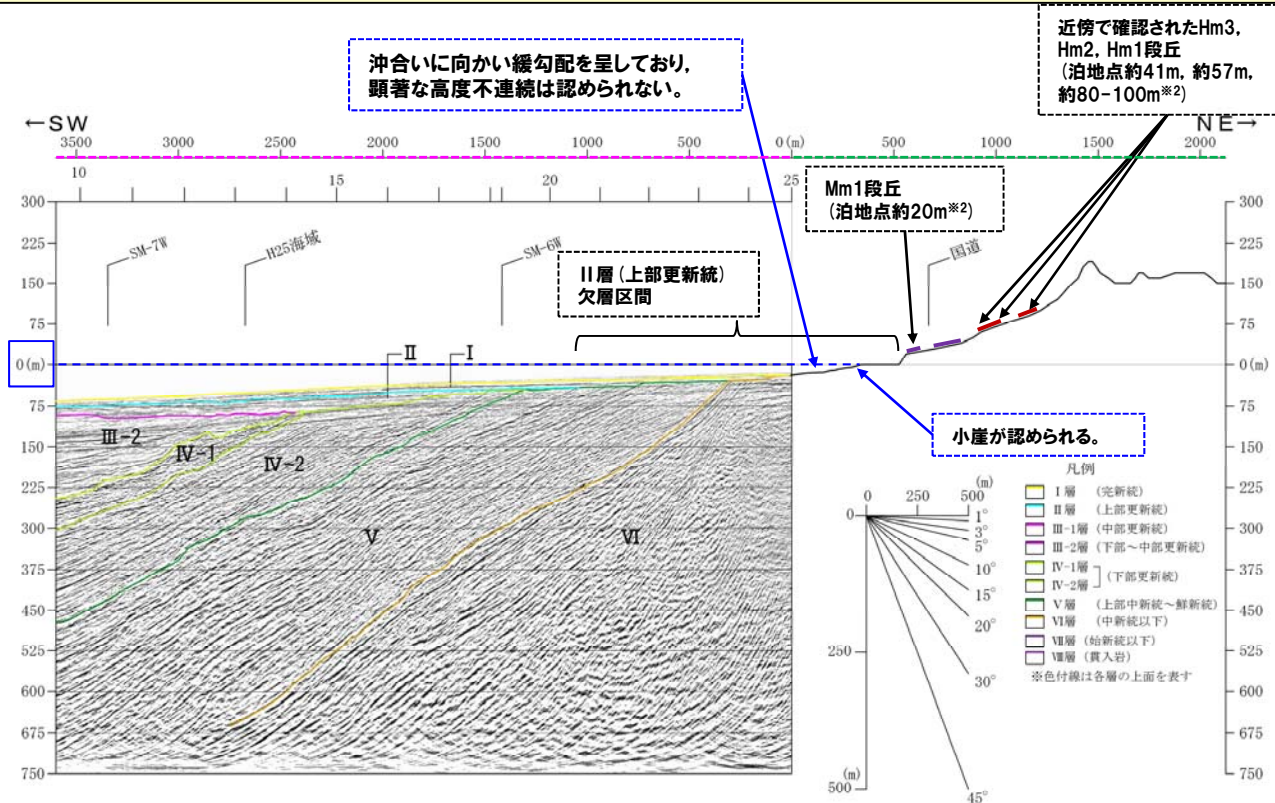
●: 海域 (海上音波探査記録)
 ●: 汀線際海域~陸域 (泊村海域漁場図~2.5万分の1地形図 (国土地理院))

測線位置

測線SM-2W周辺陸域の段丘高度

段丘	MIS	年代値*1 (万年前)	高度 (m)	確認根拠
Mm1	5e	12.5	約20	露頭
Hm3	7	21.4	約41	ボーリング
Hm2	9	32.8	約57	ボーリング
Hm1	11	40.6	約80-100	空中写真判読

*1: 小池・町田編 (2001) より



数字 (角度) は水平・垂直が
 1:1の傾斜角度
 V.E. 約3

※2: 各段丘の高度は以下のとおり確認している。
 Mm1段丘: 海食崖での段丘堆積物上面高度
 Hm3段丘: ボーリング調査における段丘堆積物上面高度
 Hm2段丘: ボーリング調査における段丘堆積物上面高度
 Hm1段丘: 空中写真判読で抽出した段丘面

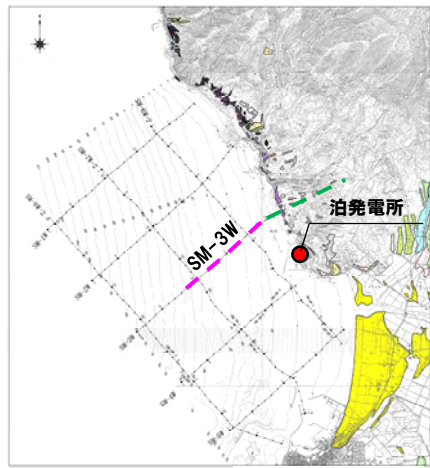
測線SM-2W+陸域断面図

4.2 検討結果

⑬-4 陸域の地形との連続性 (測線SM-3W~陸域)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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 (汀線際の地形の形状についてはP138~P142参照)。
- 海成段丘の分布高度から算出される陸起速度は、いずれも約0.2m/千年である。
- 汀線際周辺には、上部更新統の地層が分布しない区間があり、これは最終間氷期以降の海進・海退等における侵食作用によるものと推定される。



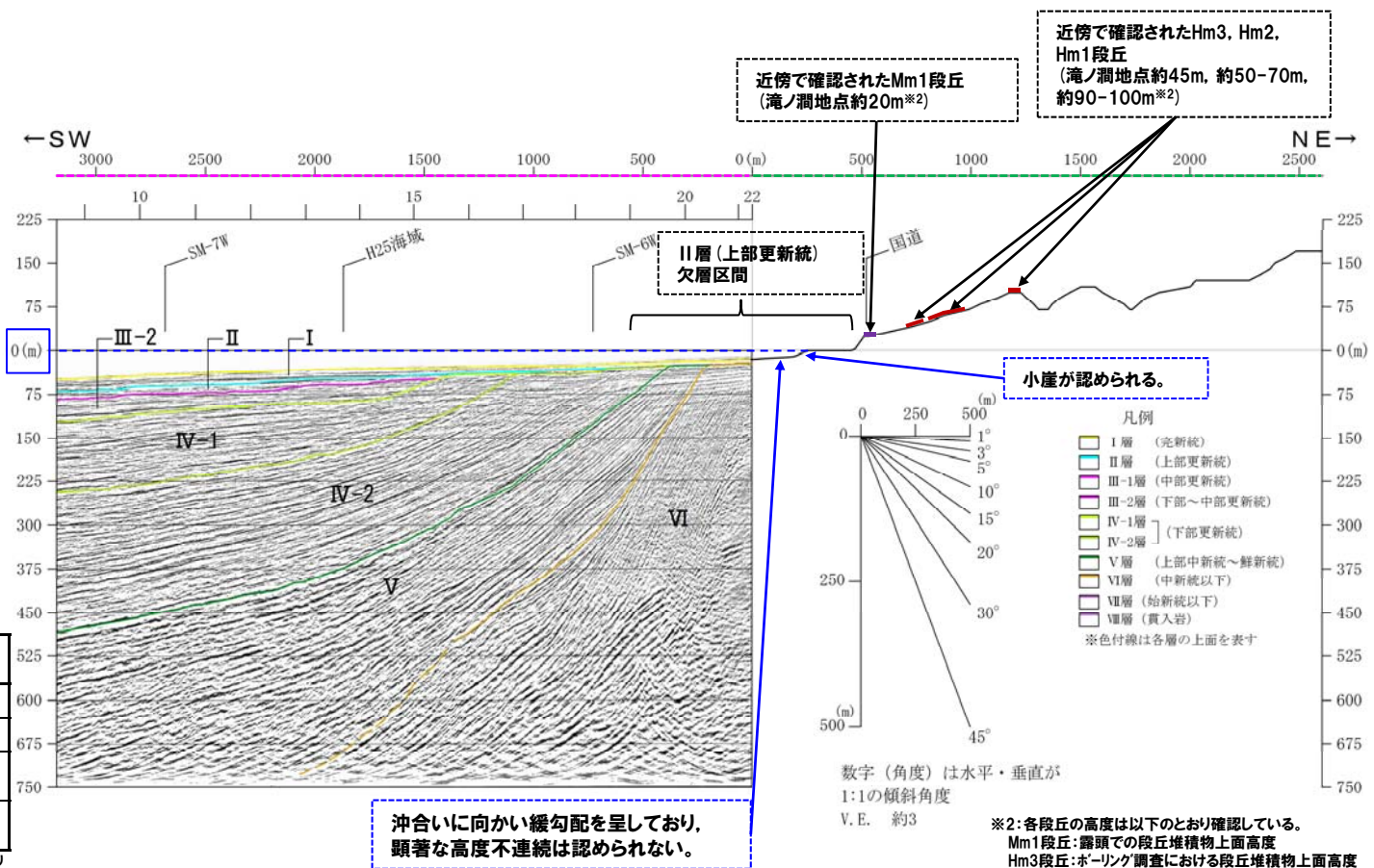
● : 海域 (海上音波探査記録)
 ● : 汀線際海域~陸域 (泊村海域漁場図~2.5万分の1地形図 (国土地理院))

測線位置

測線SM-3W周辺陸域の段丘高度

段丘	MIS	年代値 ^{※1} (万年前)	高度 (m)	確認根拠
Mm1	5e	12.5	約20	露頭
Hm3	7	21.4	約45	ボーリング
Hm2	9	32.8	約50-70	空中写真判読
Hm1	11	40.6	約90-100	空中写真判読

※1: 小池・町田編 (2001) より



測線SM-3W+陸域断面図

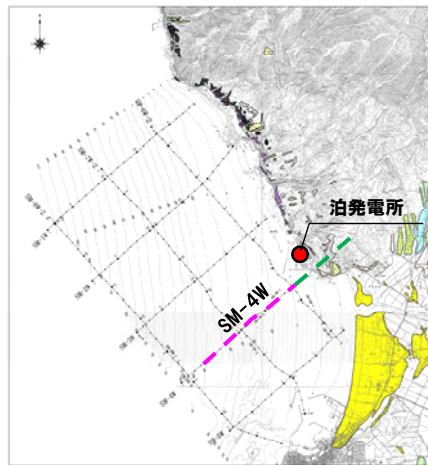
※2: 各段丘の高度は以下のとおり確認している。
 Mm1段丘: 露頭での段丘堆積物上面高度
 Hm3段丘: ボーリング調査における段丘堆積物上面高度
 Hm2段丘: 空中写真判読で抽出した段丘面
 Hm1段丘: 空中写真判読で抽出した段丘面

4.2 検討結果

⑬-5 陸域の地形との連続性 (測線SM-4W~陸域)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 汀線際陸域及び海域の地形は、発電所に位置し、改変されているが、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 (汀線際の地形の形状についてはP138~P142参照)。
- 海成段丘の分布高度から算出される隆起速度は、いずれも約0.2m/千年である。
- 汀線際周辺には、上部更新統の地層が分布しない区間があり、これは最終間氷期以降の海進・海退等における侵食作用によるものと推定される。
- 汀線際海域には、V層の高まりを示す地質構造が認められる (当該構造に関する検討は資料集P3~P8参照)。



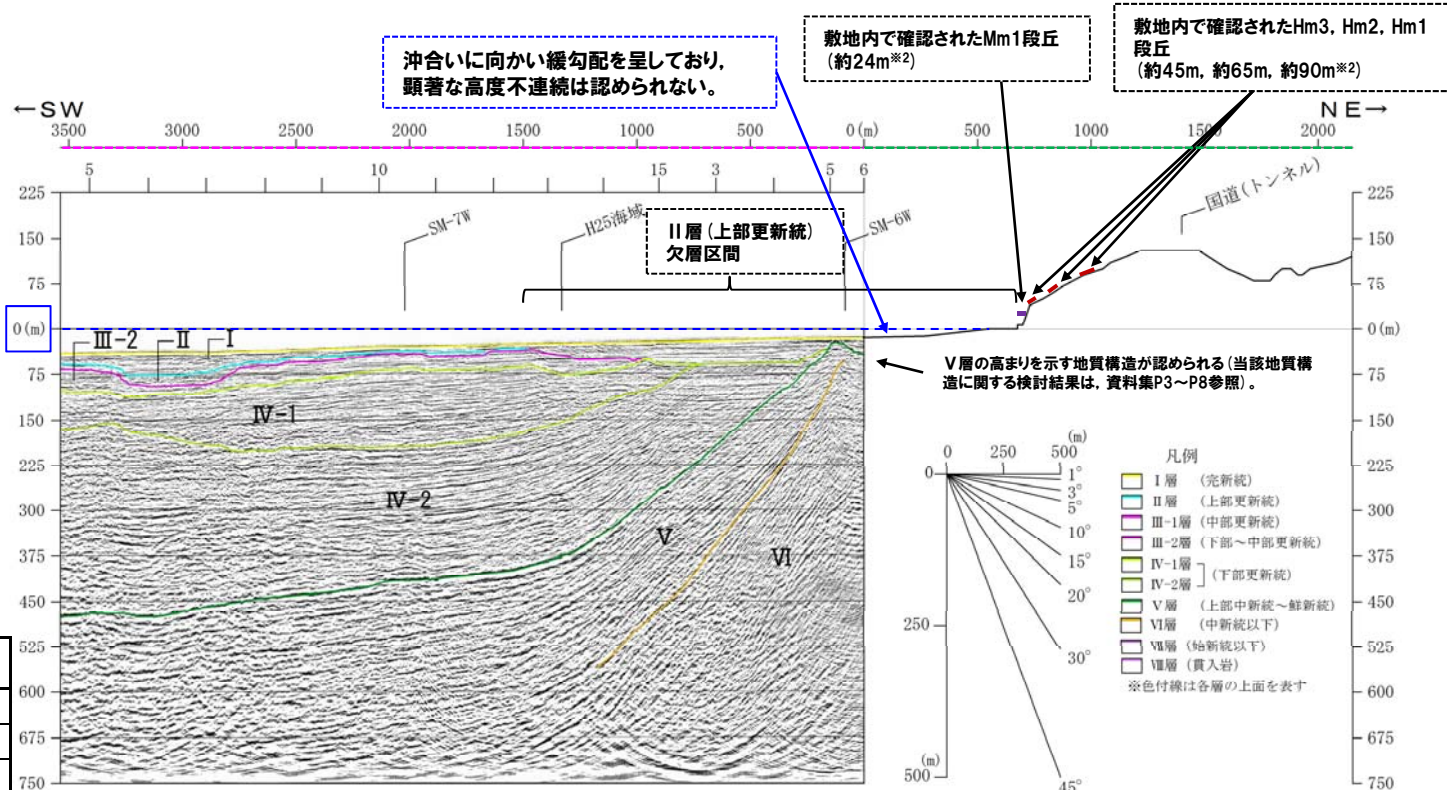
● : 海域 (海上音波探査記録)
 ● : 汀線際海域~陸域 (泊村海域漁場図~2.5万分の1地形図 (国土地理院))

測線位置

測線SM-4W周辺陸域の段丘高度

段丘	MIS	年代値 ^{※1} (万年前)	高度 (m)	確認根拠
Mm1	5e	12.5	約24	ピット
Hm3	7	21.4	約45	ボーリング
Hm2	9	32.8	約65	ボーリング ・開削
Hm1	11	40.6	約90	ボーリング

※1:小池・町田編 (2001)より



数字 (角度) は水平・垂直が1:1の傾斜角度

※2:各段丘の高度は以下のとおり確認している。
 Mm1段丘:ピット調査での段丘堆積物上面高度
 Hm3段丘:ボーリング調査における基礎岩上面高度
 Hm2段丘:ボーリング・開削調査における基礎岩上面高度
 Hm1段丘:ボーリング調査における基礎岩上面高度

測線SM-4W+陸域断面図

余白

⑭文献撓曲位置の海底地形に関する検討(-1/2-)

一部修正(H28/9/30審査会合)

- 積丹半島西岸近傍海域における海上音波探査の結果、文献撓曲位置及び文献撓曲延長位置付近には、水深150m付近に傾斜変換点が認められる。
- 当該箇所は、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点である。
- 当該箇所の海底地形について、文献レビューに基づく検討を実施した。

【大陸棚の定義・特徴】

- 大森ほか(1971)によれば、低潮線から深海に向かって傾斜が急に増大し大陸斜面となるまでの海域を大陸棚というとされている。
- 佐藤・茂木(1982)によれば、大陸棚には複数の平坦面が認められるとされており、そのうち最も深い平坦面は最終氷期の最大海水準低下に対応した海食面または堆積面であり、その外縁が大陸棚外縁であるとされている。
- 大森ほか(1971)によれば、日本近海の大陸棚の外縁水深は、平均140~160mであるとされ、外縁水深が小さいところは断層の結果とみられるとされている。

【積丹半島周辺の海底地形】

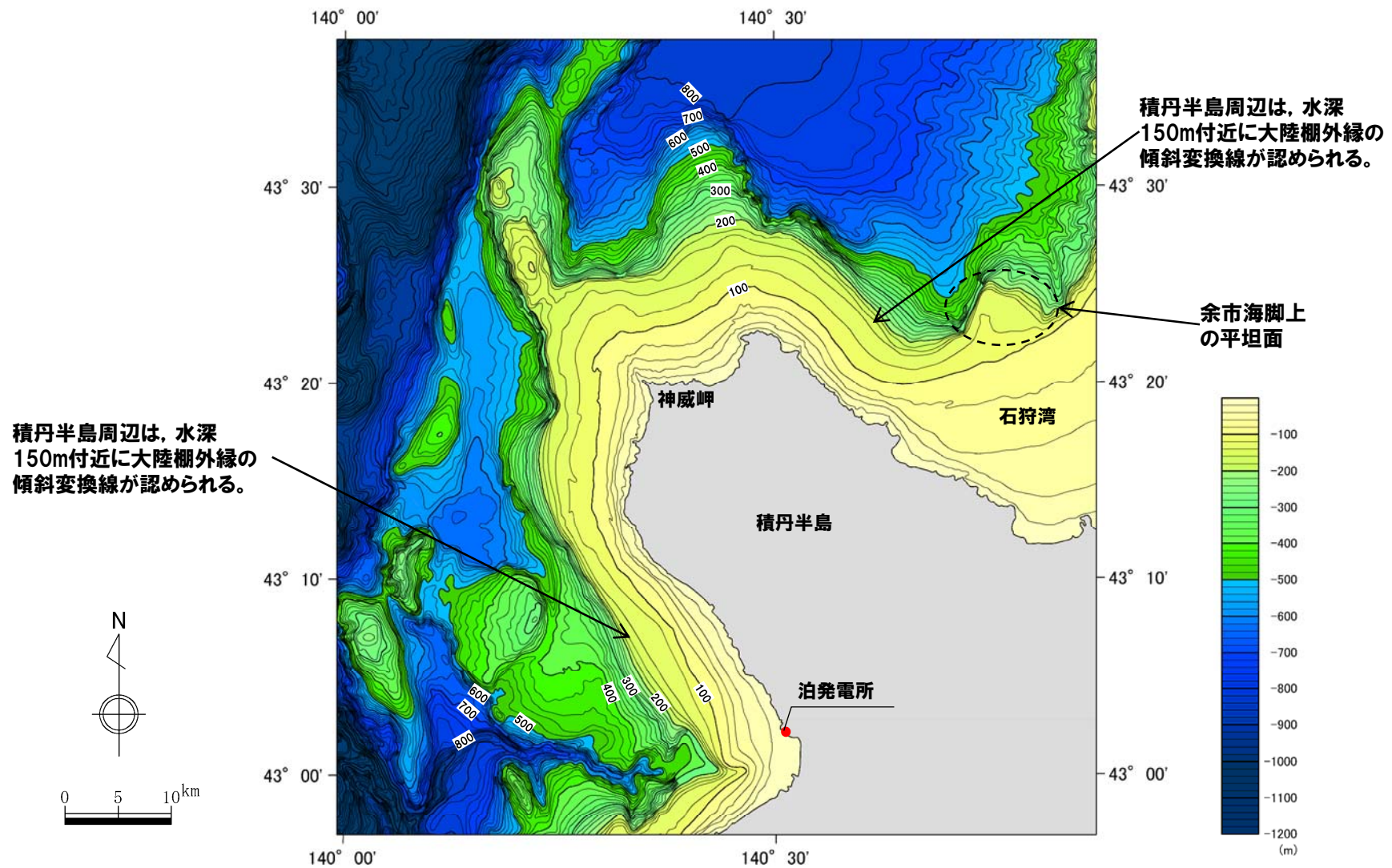
- 小疇ほか(2003)によれば、積丹半島両側の地形断面では水深150m付近に大陸棚外縁の傾斜変換点が認められるとされている。
- 佐藤・茂木(1982)によれば、石狩湾の大陸棚においては、最も深い平坦面は余市海脚上の水深120~155mであるとされ、外縁深度はこの地域から神威岬周辺にかけて140~160mであるとされている。
- 海上保安庁水路部(1996)「20万分の1海底地形図 石狩湾西方」によれば、積丹半島周辺は、水深150m付近に大陸棚外縁の傾斜変換線が認められ、石狩湾まで連続している状況が認められる(次頁参照)。



- 積丹半島西岸近傍海域における、活断層研究会編(1991)に示された活撓曲位置を含む大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線付近の水深(150m程度)は、文献における平均的な水深(140~160m)と調和的であり、積丹半島の東西においても明瞭な差異は認められない。
- 積丹半島周辺の大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線は、最終氷期における最大海水準低下により形成されたものと考えられる。

⑭文献撓曲位置の海底地形に関する検討 (-2/2-)

一部修正 (H28/9/30審査会合)



5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【検討目的】

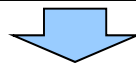
- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造を示唆する特徴（積丹半島の東西において隆起速度に差が認められる。）の有無を確認する。

【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。

【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。



- 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。

5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度

①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。
- 照岸地点及び古宇川右岸地点は、群列ボーリングにより旧汀線付近の高度を直接的に確認しており、いずれも同様な値を示す。
- 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、旧汀線付近の高度は約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、旧汀線付近の高度は約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、旧汀線付近の高度は約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付近の高度が低い状況が認められる。
- 段丘堆積物は、侵食により層厚を減じ、旧汀線付近の高度が低下した可能性が考えられる。

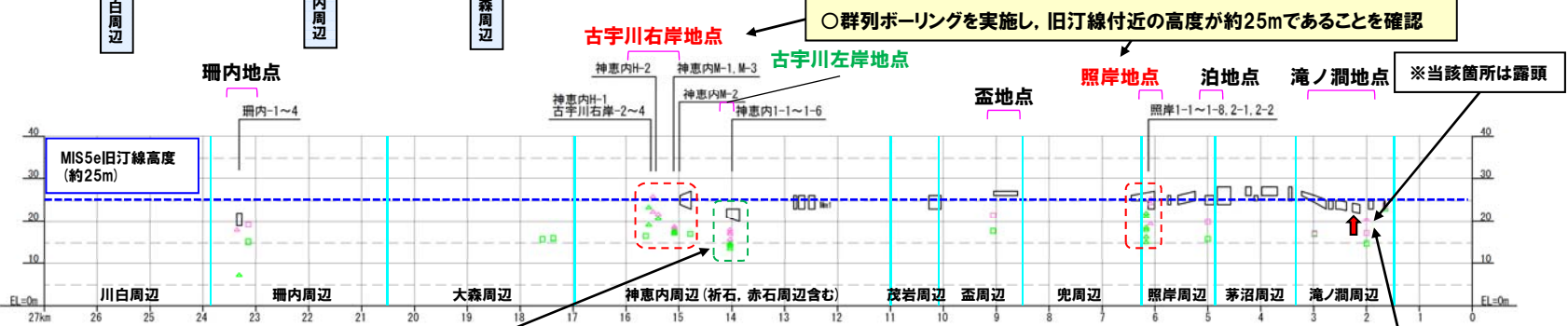
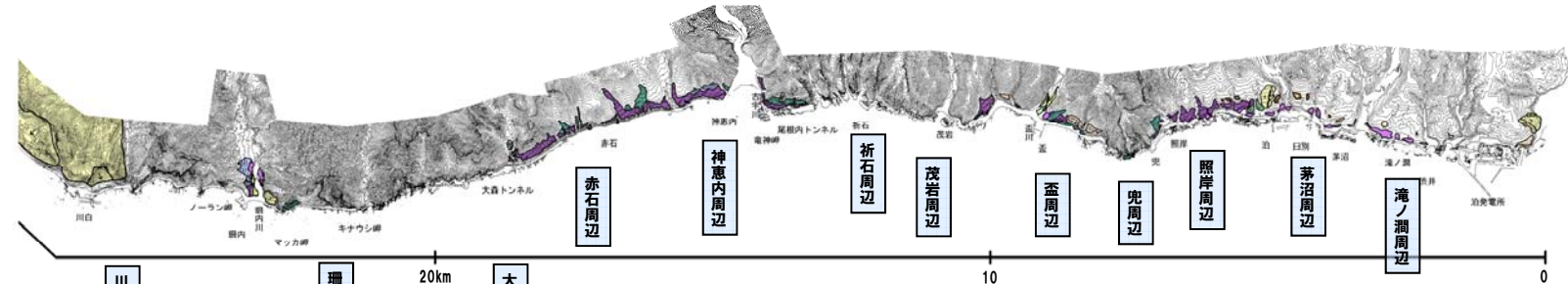
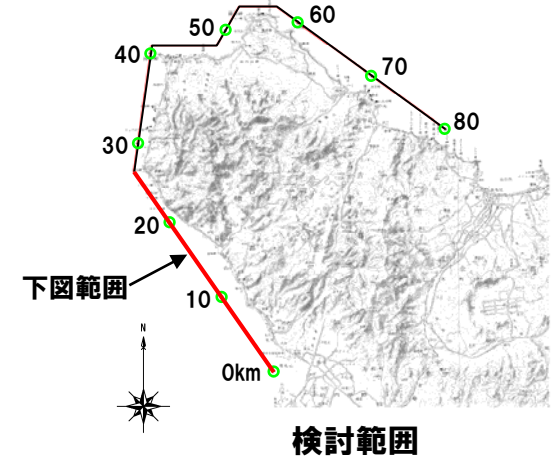
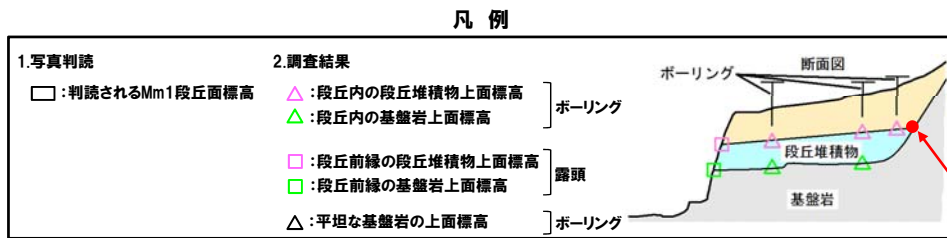
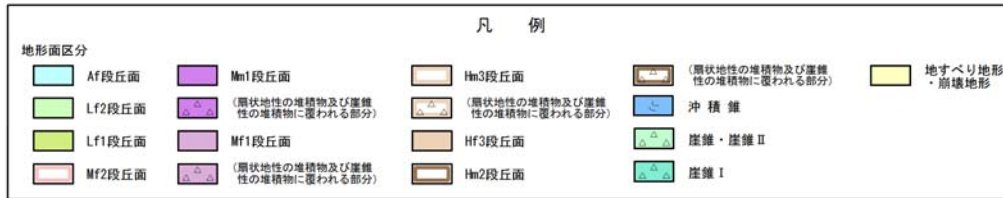
【珊内地点（ボーリング及び露頭）】

- 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。

5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度

①海成段丘 (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



○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
 ○段丘堆積物は、侵食により層厚を減じ、旧汀線付近の高度が低下した可能性が考えられる (P76~P79参照)

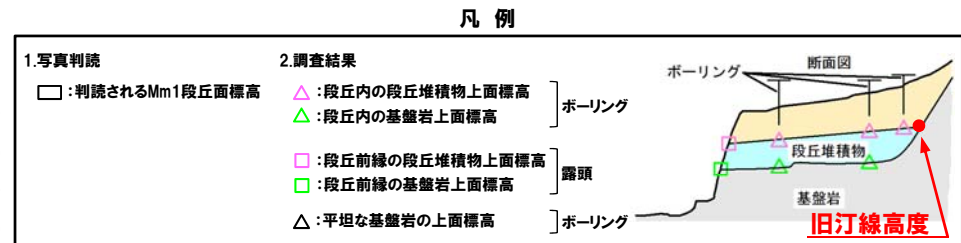
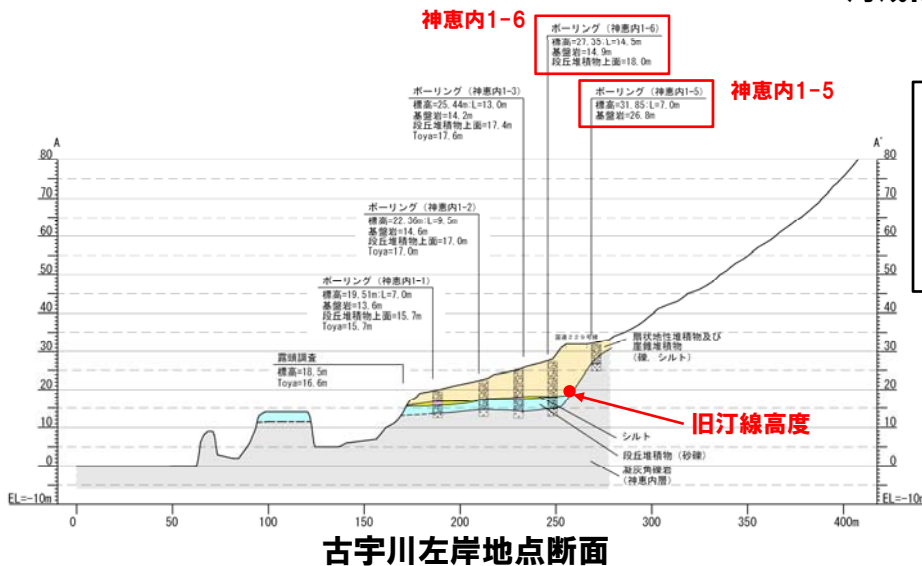
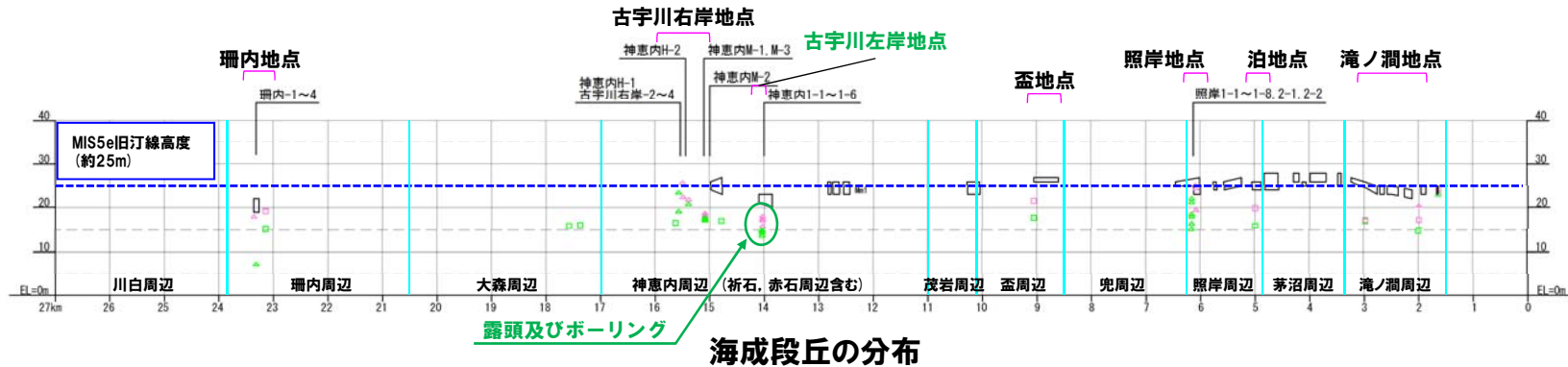
海成段丘の分布

○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

5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度

②古宇川左岸地点の海成段丘高度 (-1/4-)

- 空中写真判読で抽出したMm1段丘面において露頭調査，ボーリング調査等を実施し，基盤岩の上に段丘堆積物の分布を確認した。
- 調査結果から，段丘堆積物の上面の標高は，旧汀線付近で約20mであることを確認した。
- また，露頭調査及びボーリング調査において段丘堆積物の上位に洞爺火山灰を確認した。
- 当該調査地点の基盤岩及び段丘堆積物上面の標高は，同様に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比較して低い状況が認められることから，周辺の地形状況を含めて確認した。

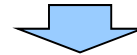


5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度

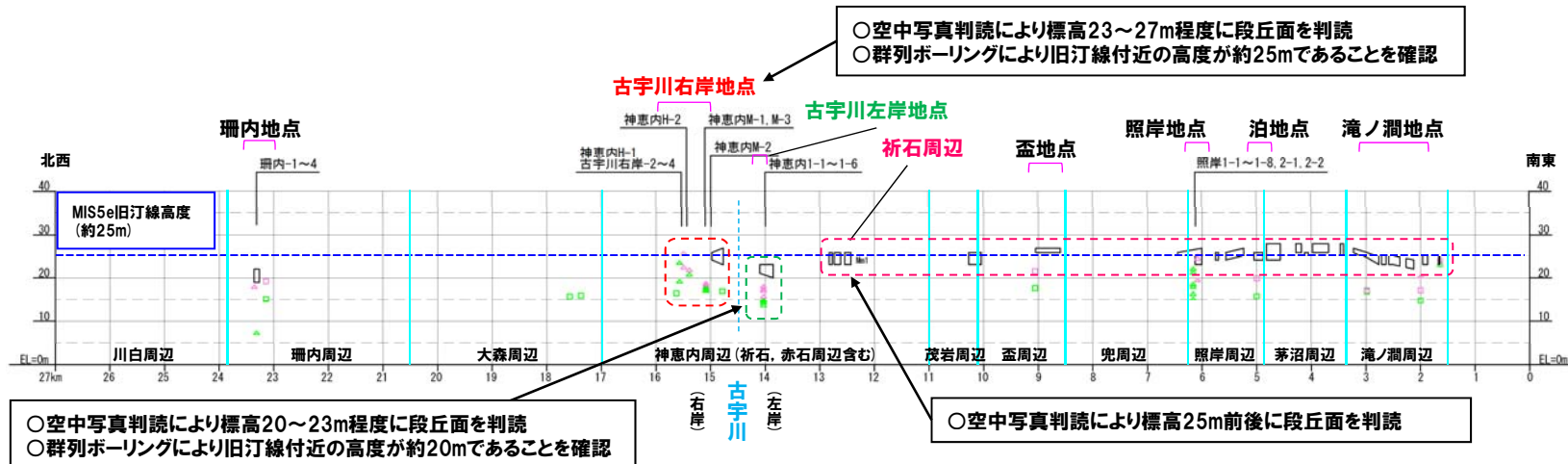
②古宇川左岸地点の海成段丘高度 (-2/4-)

【古宇川左岸地点周辺のMm1段丘状況】

- 当該調査地点(群列ボーリング実施箇所)周辺のMm1段丘状況について確認した。
- 当該調査地点では、空中写真判読により標高20~23m程度に段丘面を判読し、群列ボーリングにより旧汀線付近の高度が約20mであることを確認している。
- 北西方に1~2km程度離れた古宇川右岸地点では、空中写真判読により標高23~27m程度に段丘面を判読し、群列ボーリングにより旧汀線付近の高度が約25mであることを確認している。
- 古宇川の右左岸では、旧汀線付近の高度に5m程度の差異が認められる。



- 旧汀線付近の高度の差異が古宇川に沿う活断層等の構造運動によるものとした場合、右岸が隆起側、左岸が沈降側となるが、古宇川左岸地点の南東方に位置する折石周辺及び折石周辺以南のMm1段丘面標高は、概ね25m前後であり、古宇川右岸地点と同様である。
- このため、古宇川左岸地点の基盤岩及び段丘堆積物上面標高が低い要因は、局所的な営力によるものであると考えられる。



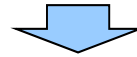
海成段丘の分布
(凡例は前頁参照)

5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度

②古宇川左岸地点の海成段丘高度 (-3/4-)

【古宇川左岸地点周辺の海岸地形状況】

- 当該調査地点周辺及び前面の海岸地形状況について確認した。
- 周辺の海岸地形には、凝灰角礫岩又は火山角礫岩が認められ、波食棚又は潮間帯より標高の高い地形を形成している。
- 前面の海岸地形には、凝灰角礫岩が認められ、湾状を呈しており、潮間帯以下の高度である。



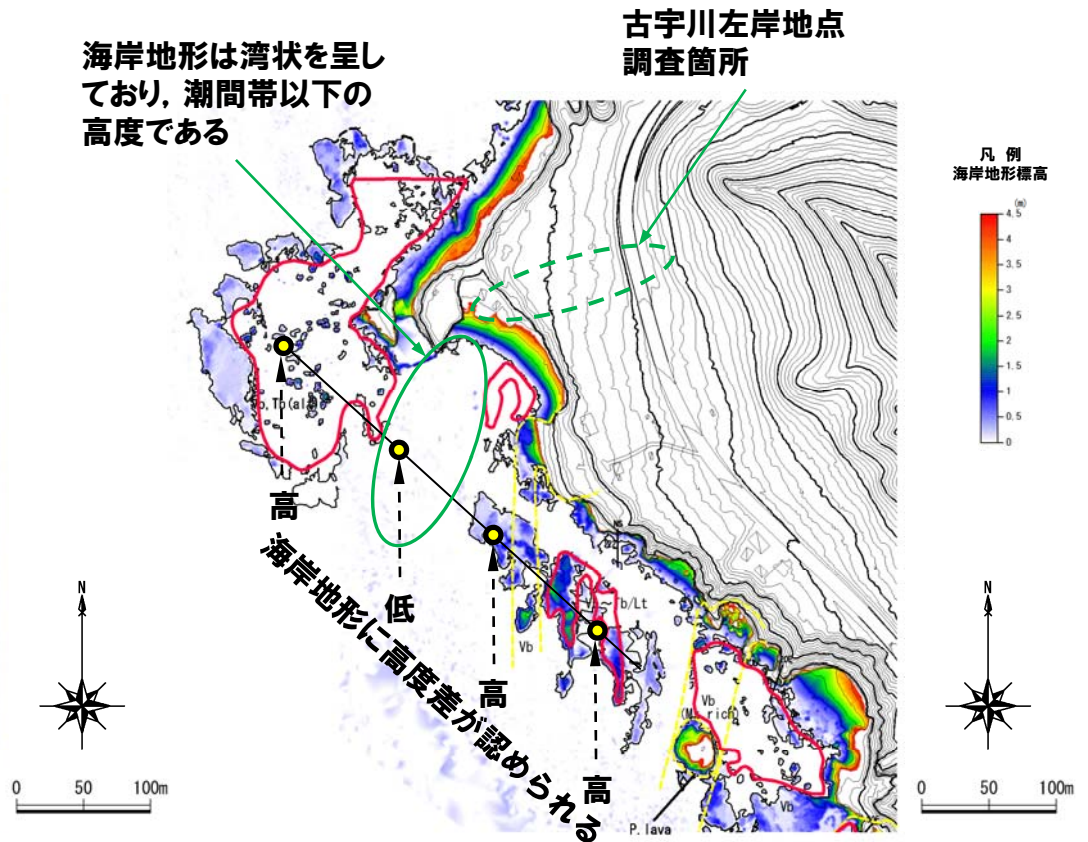
- 当該調査地点前面の海岸地形は、周辺と同様な岩種が認められるものの、高度が低いことから、相対的に侵食の営力が大きい状況が推定される。
- 当該調査地点の基盤岩についても、前面の海岸地形と同様な侵食状況にあり、基盤岩上面標高(MIS5eの海岸地形高度)が相対的に低かったものと考えられる。
- 当該調査地点の段丘堆積物は、基盤岩上面標高が低いことから、MIS5eの海水準程度まで厚く堆積していたものと推定されるが、他のMm1段丘調査地点における段丘堆積物の層厚(数m程度)と同程度である。
- 段丘堆積物の層厚及び侵食の営力が大きいと推定される状況から、段丘堆積物についても離水後の侵食により層厚を減じ、旧汀線付近の高度が低下した可能性が考えられる。
- なお、ボーリング調査において段丘堆積物の上位に洞爺火山灰、その上位に崖錐堆積物等が確認されていることから、洞爺火山灰堆積以降は、背後山地の岩盤崩壊、降雨出水等により生成・供給された崖錐堆積物等により、段丘堆積物及び洞爺火山灰は覆われたものと考えられる。

5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度

②古宇川左岸地点の海成段丘高度 (-4/4-)



古宇川左岸地点付近のオルソフォトマップ



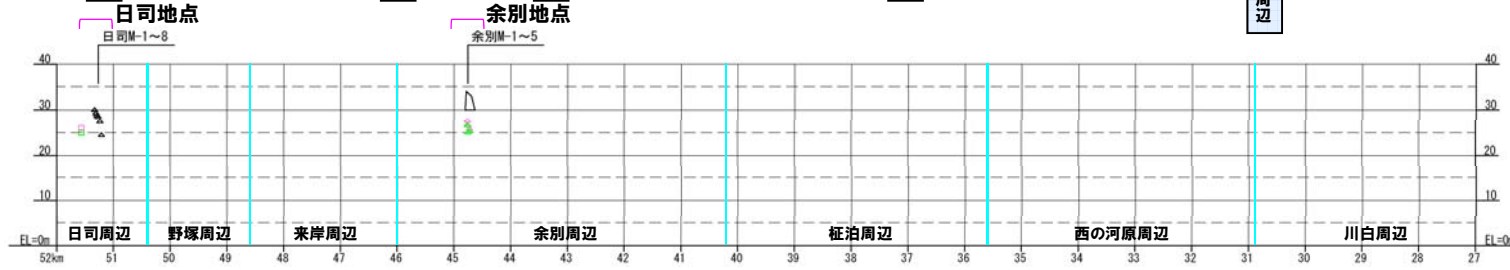
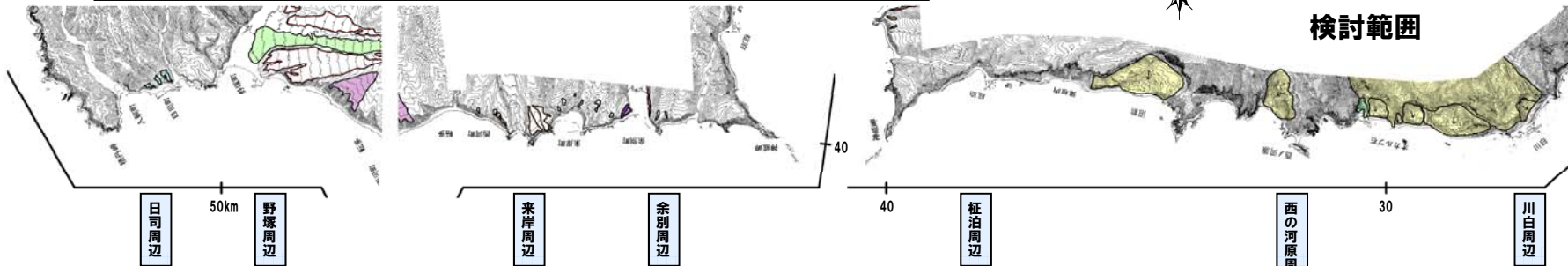
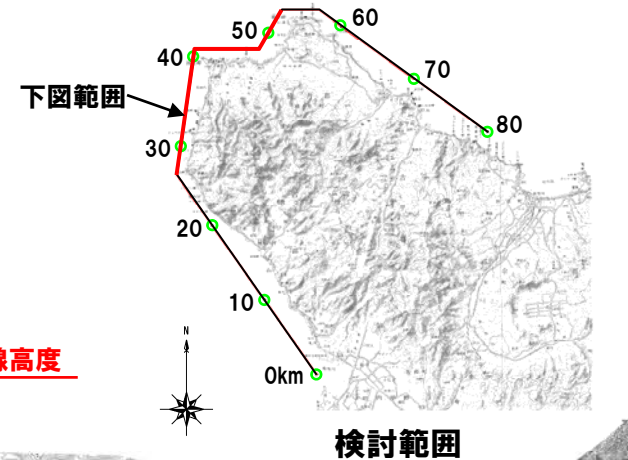
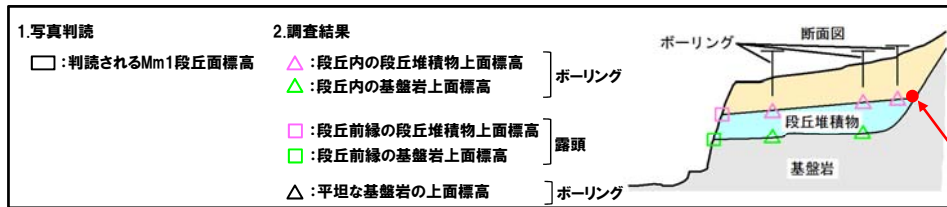
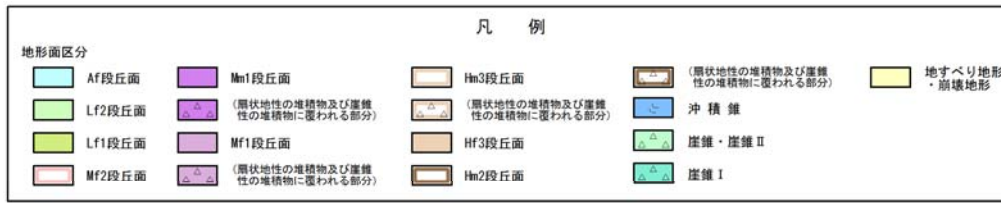
古宇川左岸地点付近の段彩図

5.3 積丹半島北・東部の段丘分布高度

①海成段丘 (-1/2-)

再掲 (H28/8/26審査会合)

○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。
 ○なお、積丹半島北・東岸が、西岸と比較して海成段丘の発達程度が異なる要因については、P191～P216参照。

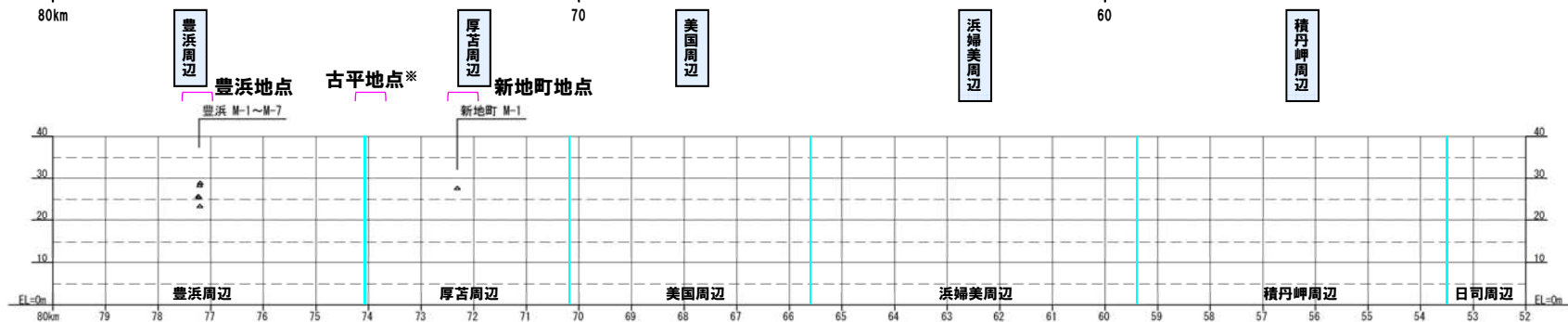
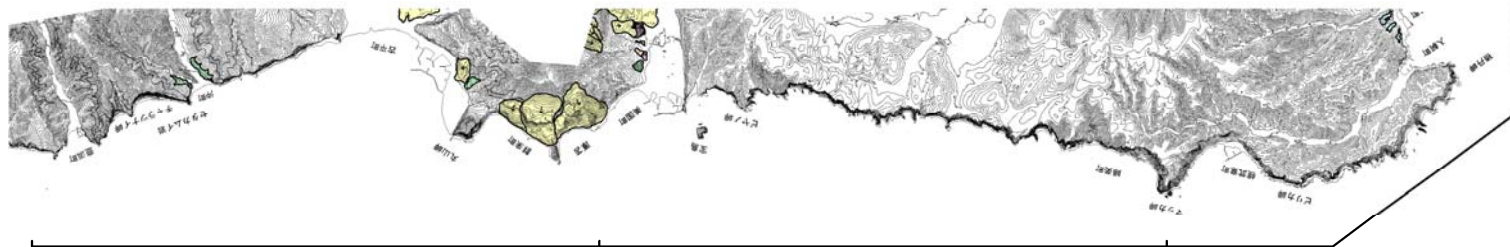
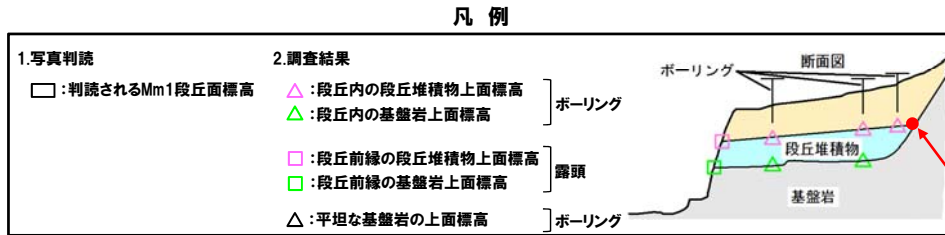
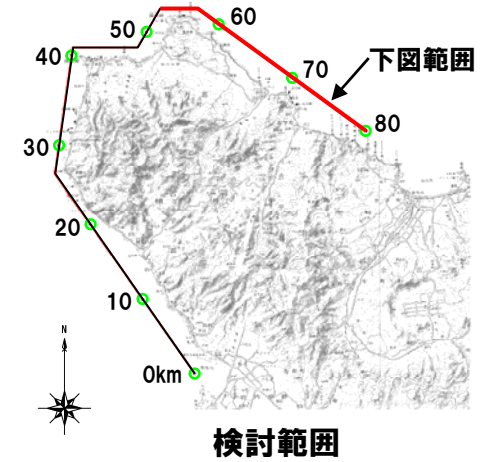
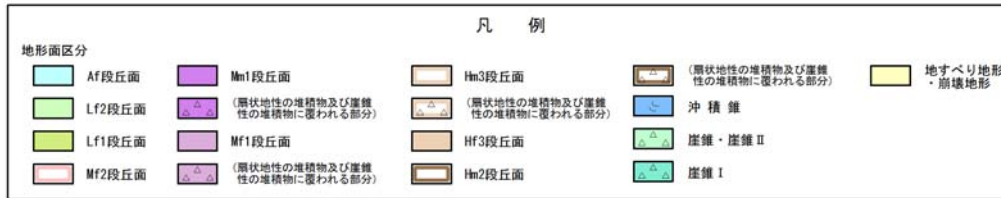


海成段丘の分布

5.3 積丹半島北・東部の段丘分布高度

①海成段丘 (-2/2-)

再掲 (H28/8/26審査会合)



※ボーリング調査の結果、地すべり地形であると推定される。

海成段丘の分布

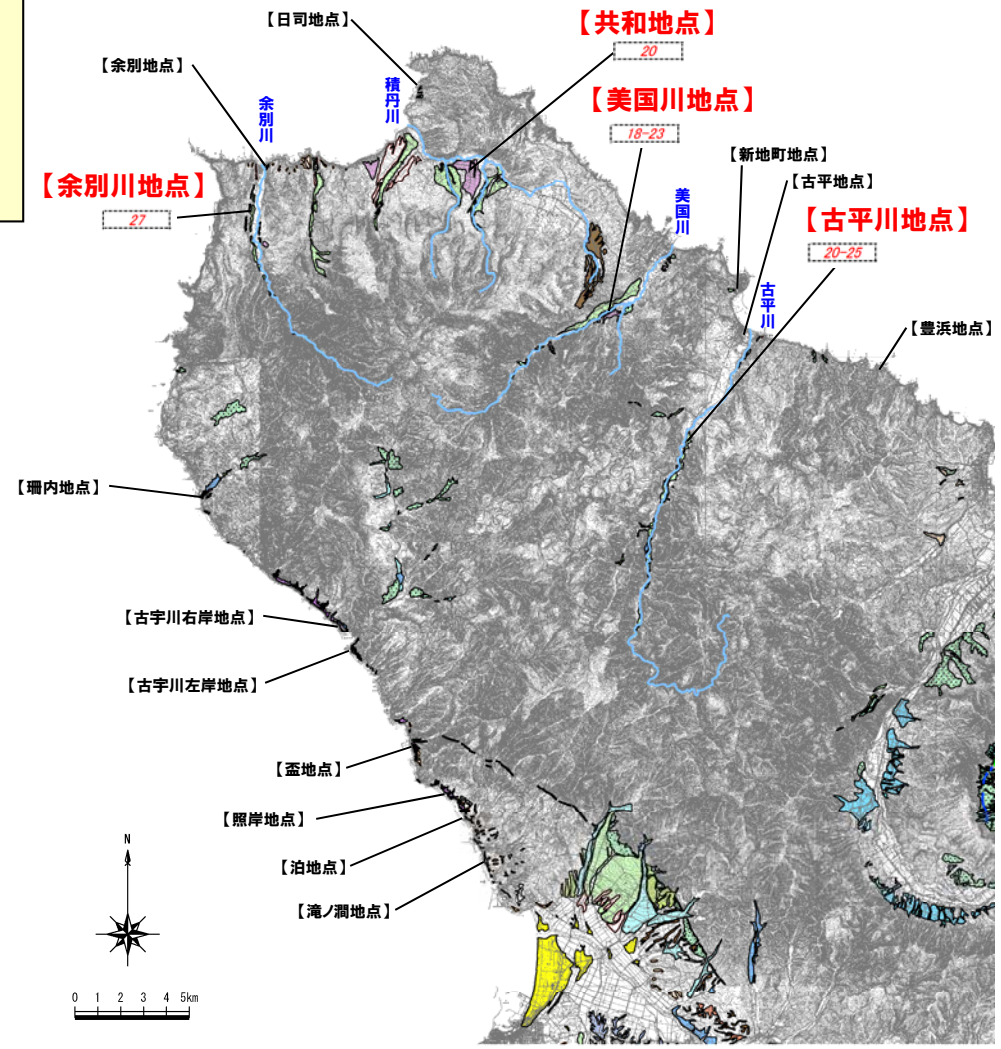
5.3 積丹半島北・東部の段丘分布高度

②河成段丘

一部修正 (H26/11/28審査会合)

○積丹半島北・東部における、ボーリング調査結果等より求めたMf1段丘堆積物(MIS6)上面高度とLf2段丘堆積物(MIS2)上面高度の比高(TT値)を右図に示す(朱書き地点(黒字地点は、海成段丘調査地点))。
 ○積丹半島北・東部における隆起速度は、TT値から、約0.2m/千年(TT値/(約150千年-約20千年))と推定される。

凡 例	
地形面区分	変位地形
Af段丘面	I
Lf2段丘面	II
Lf1段丘面	III
Mf2段丘面	IV
Mm1段丘面	V
Mf1段丘面	文献
Hm3段丘面	傾 動
Hf3段丘面	
Hm2段丘面	
Hf2段丘面	
Hm1段丘面	
H0段丘面群	
洞爺火砕流二次堆積面	
火山麓扇状地(低位2)	
火山麓扇状地(低位1)	
火山麓扇状地(高位4)	
火山麓扇状地(高位3)	
火山麓扇状地(高位2)	
沖積錐	
崖錐・崖錐II	
崖錐I	
砂丘砂	



25-15 Mf1段丘堆積物(MIS6)上面高度とLf2段丘堆積物(MIS2)上面高度の比高(TT値)(m)

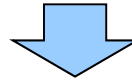
積丹半島北・東部のTT値

5.4 広域の隆起沈降傾向について

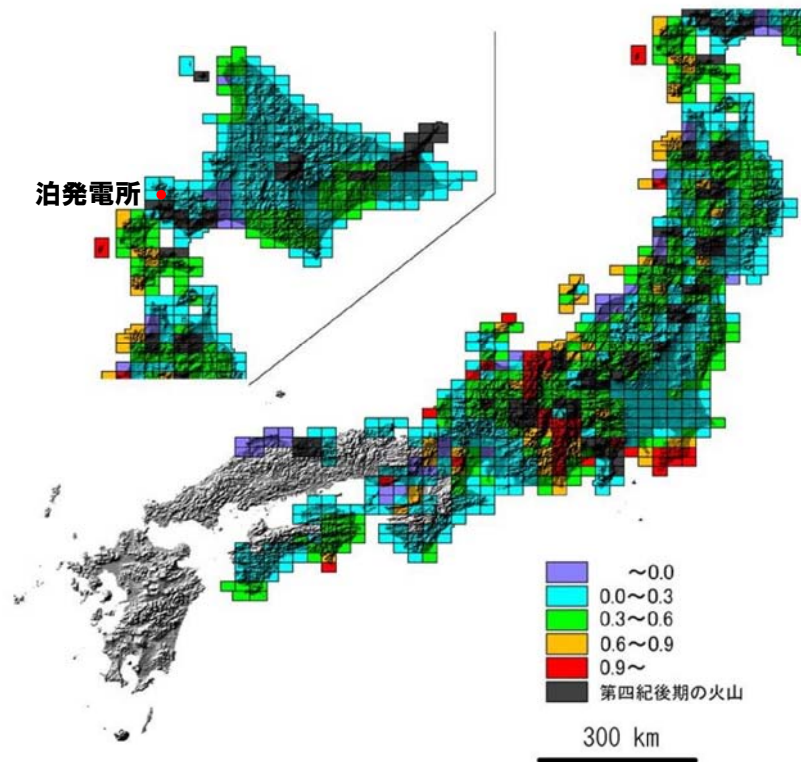
① 藤原ほか (2005)

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

- 藤原ほか (2005) では、MIS5eの海成段丘高度とTT値等の地形学的な手法によるデータを統合して、最近約10万年間の隆起沈降分布図を作成している。
- 積丹半島周辺の隆起速度は0~0.3m/千年となっており、最低レベルの隆起速度の地域に属する。



- 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。



地形学的データによる日本の最近十万年間の隆起量分布図 (藤原ほか, 2005)

余白

6. 積丹半島の隆起要因に関する検討

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【検討目的】

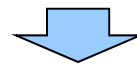
○積丹半島のMm1段丘を隆起させる、地震に伴う間欠的隆起以外の要因についての考察を行う。

【検討内容】

○広域隆起に関する文献レビュー及び検討を実施する。

【検討結果】

- 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うえで、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、列島規模の底上げ的隆起運動（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。
- 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。

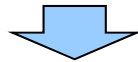


○積丹半島のMm1段丘を隆起させる要因としては、広域隆起の可能性も考えられる。

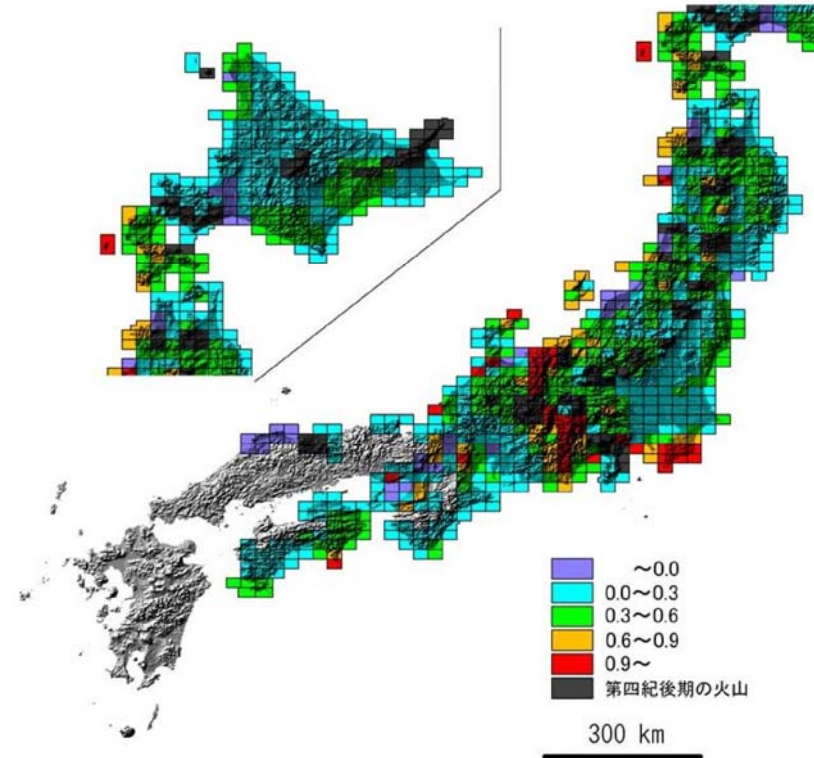
① 積丹半島の隆起速度

再掲 (H28/8/26審査会合)

- 「5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討」の結果、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（(25m-5m (MIS5eの海水準)) / 約125千年）と推定される。
- 積丹半島北・東部における隆起速度は、Mf1段丘高度とLf2段丘高度の比高 (TT値) から、約0.2m/千年 (TT値 / (約150千年-約20千年)) と推定される。
- 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。



- 積丹半島の隆起速度は、約0.2m/千年と推定される。



地形学的データによる日本の最近十万年間の隆起量分布図 (藤原ほか, 2005)

①松田・衣笠 (1988)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

○松田・衣笠 (1988) では、第四紀テクトニクスの特徴や日本列島における地殻運動の種類について以下のように示されている。

【第四紀テクトニクスの特徴】

- ① 第四紀の地殻運動はそれ以前の第三紀後期にはみられなかったほど活発であり極めて個性的である。
- ② 第四紀の日本列島が概して東西 (ないし西北西-東南東) 方向に短縮されていることは、第四紀断層や活褶曲の性質などから知られている。
- ③ 圧縮テクトニクスがとくに活発な地域 (南部フォッサマグナ~東北日本の日本海側一帯, 西南日本東部, 伊豆半島北縁, 北海道南部, など) は、いずれも日本周辺プレートの収束境界-衝突境界とみなされている地域かその近傍である。

【地殻運動の成分】

- ① 地殻運動は基本的には、地震に伴う急性の地殻運動 (間欠的急性に生ずる脆性破壊) と、その前後の比較的長時間の弾性変形との組み合わせである。
- ② 日本列島における地殻運動には、加えて、より長期的な、より広域的な非弾性変形も加わっていると思われる。
- ③ たとえば、上下方向の地殻変動の復元にしばしば用いられる旧汀線高度は、以下のように表すことができる。

$$\text{旧汀線高度} = \text{海水面変動} + a) \text{地震に伴う間欠的隆起量} + b) \text{長期的連続的変動量}$$

その場合のb) は、以下のようにみることができる。

$$b) \text{長期的連続的変動量} = (b1) \text{地震間の静穏期における弾性変形 (いわゆる 逆もどり運動)} \\ + (b2) \text{非弾性的な、より長期・広域的な運動}$$

- ④ 日本列島規模の第四紀における広域陸化・隆起現象は、(b2) の広域的な非弾性運動によるものであろう。
- ⑤ 日本列島は、以下の地殻運動を考えることができる。
 - ・短波長 (数10km以下) の地震性地殻運動
 - ・地震性地殻運動前後の期間にみられる弾性変形による運動
 - ・上記と一応無関係な中波長の変形 (波長数10km-100kmの“造盆地・造山地運動”ないし“曲隆・曲窪”)
 - ・これらに加えて、長波長 (数100km-1,000km以上) の日本列島の全域に共通する列島規模の、いわば「上げ底的隆起運動」 (次頁の文献に詳述)



○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。

6.3 広域隆起に関する文献レビュー

②松田・今泉(1988)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

○松田・今泉(1988)では、第四紀の地殻運動において、日本列島全体が一様に隆起するような底上げ的な広域隆起運動が存在するとされており、「広域隆起運動」を以下のように示されている。

【広域隆起運動について】

- ①波長100km程度の造盆地・造山運動よりも、はるかに長波長(1,000km以上)のものである。したがって、非傾動広域隆起運動である。
- ②広域隆起運動は、地震を伴わずに常時進行している連続的運動である。
- ③これは、日本列島の第四紀圧縮テクトニクスの一つの表れであろう。
- ④この種の地殻運動を考慮すると、各地の旧汀線高度は次式で表される。

$$\text{旧汀線高度}H = A(\text{海水面変動量}) + B(\text{地震性隆起量, “逆戻り量”を含む}) + C_1(\text{造盆地運動に伴う上下変動量}) + C_2(\text{広域非傾動隆起運動に伴う上下変動量})$$

○このような広域非傾動隆起運動の存在は、次の点に示されているとしている。

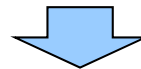
【a. 地震隆起海岸での旧汀線隆起量と土地傾動量の不調和】

- 佐渡小木半島・男鹿半島などの地震隆起海岸では、旧汀線高度から推定される第四紀後期の地震回数は、その旧汀線の内陸への傾動量から推定される地震回数より多い。
- つまり傾動を伴わない隆起運動を仮定する必要がある。

【b. 第四紀後期旧汀線の広域上昇】

- 日本列島沿岸での下末吉期汀線の現在高度は、その後の海水面低下量(5m±3m)を考慮に入れても、優位に高い(多くの地域で海拔20~100m)。
- それは、地震隆起の考えられない地域(例えば北海道北東部; 奥村, 1986*)でも、造盆地運動による平野部でも、そうである。
- このことは、造盆地運動とは別に、底上げ的な隆起運動の存在を示している。

※オホーツク海沿岸中部のM1面(MIS5e)の旧汀線高度15~20mを指す。



○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。

③宮内(1991) (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

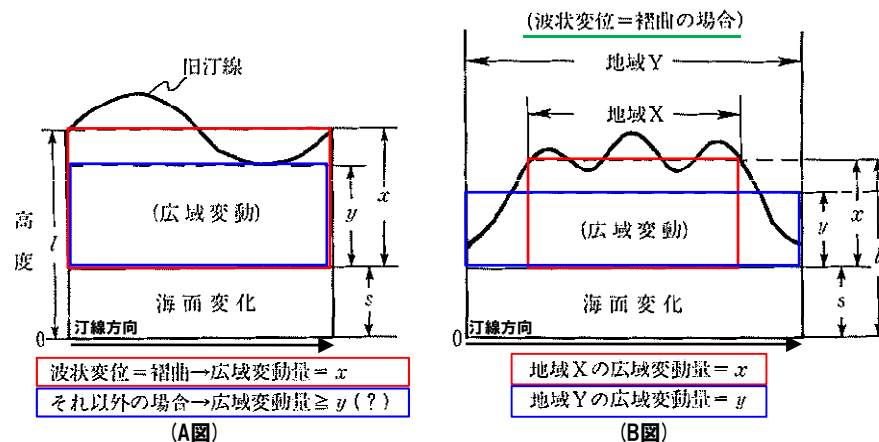
○宮内(1991)では、東北日本弧北部における旧汀線高度の地殻変動成分の分析法について、以下のように示されている。

【形成メカニズムを考慮した場合(下図A参照)】

- ①ある時代の旧汀線にみられる、ある波長の波状変位はサインカーブに近似することができる。
- ②波状変位が褶曲運動による場合、変位を元に戻すと旧汀線はカーブの中央線に一致し、その地域全体の高度は中央線の値(l)に代表される。
- ③中央線の高度(l)から海面変化量(s)を除いて求まる値(x)が、波状変位(褶曲)では説明できない変動量として、**その地域を一様に隆起させた広域変動(その地域を包含するより広い地域を一様に隆起させる非地震性の運動)の成分とみなすことができる。**
- ④また、波状変位の形成メカニズムが特定できない場合(褶曲以外も含む場合)には、広域変動量を求めるには混迷するが、旧汀線の最低値から海面変化量(s)を除いた値を期待される広域変動量の最小値(y)として代表させることもできる。

【地域設定を考慮した場合(下図B参照)】

- ①海成段丘に限られた一つの地塊とともに動いている場合と違って、旧汀線が広い地域にわたって連続的に波状変位を示している場合には、地域設定の範囲によって広域変動量が異なる。
- ②波状変位のメカニズムが褶曲によるものでも、地域を X と Y に設定する場合には中央線の高度の位置が変わり、広域変動量は $x \rightarrow y$ へ変わる。
- ③地域区分の基準がはっきりしない以上、連続する旧汀線高度が極小から極大を経て極小となる、より広めの地域を設定しておけば広域変動量を過大に評価することはない。



波状隆起における広域変動の捉え方(宮内, 1991に加筆)

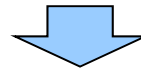
○広域隆起量は、より広めの地域を設定したうえで、旧汀線の最低値から海面変化量を除いた値を採用することで、過大評価することなく見積もることができる。

③宮内(1991) (-2/2-)

再掲(H28/8/26審査会合)

○宮内(1991)では、東北日本弧北部における旧汀線高度の成分分析から知られる広域地殻変動について、以下のように示されている。

- ①広域変動量が西から東に向かって小さくなるという傾向がある。
- ②広域変動量が連続的に変化しているとみれば、波長100~150kmほどの褶曲変位が地殻変動の一つの様式として想定される。
- ③その背斜軸(広域変動の極大域)がちょうど日本海岸沿いにあらわれている。このような変動こそが、太平洋側(外弧)に対し日本海側(内弧)をより隆起せしめた原因の一つと理解することができる。
- ④東北日本弧北部の海岸地帯は、M₁面形成後最低でも10mほど隆起したことになる。第四紀後期に海岸平野や山間盆地において、断層運動によって著しく沈降した場所はほとんど知られていない。これらのことは東北日本弧北部全体が広域に隆起する運動を暗示しているといえよう。
- ⑤その広域隆起速度は最低でも0.1mm/年である。松田・今泉(1988)はこのような広域隆起を底上げ的隆起運動と呼び、その運動が日本列島全体に及んでいる可能性を述べている。



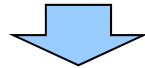
○東北日本弧北部における広域隆起運動は、列島規模の底上げ的隆起運動(最低でも0.1mm/年)に、日本海側(内弧)をより隆起させる波長100~150kmほどの地殻変動も加味される。

6.4 広域隆起に関する検討

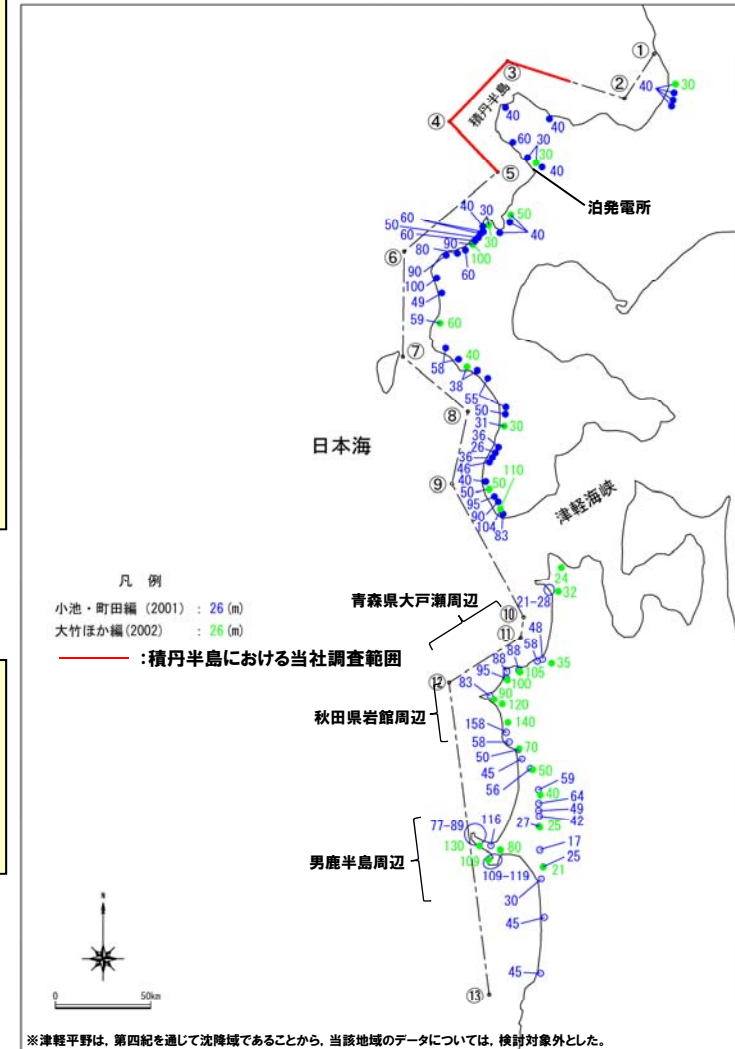
①東北日本弧北部日本海側（内弧）のMIS5e海成段丘高度に関する検討（-1/2-）

一部修正（H26/11/28審査会合）

- 宮内（1991）の文献レビューに基づき、東北日本弧北部日本海側（内弧）の広域隆起量を推定するため、積丹半島周辺から秋田県付近（延長約700km）までの地形学的データ及び当社調査結果を用いて、MIS5e海成段丘の分布高度を整理した。
- 当社調査結果に基づけば、積丹半島のMIS5e海成段丘の分布高度は、検討範囲の中で最低レベルの地域となる。
- 小池・町田編（2001）では、積丹半島のMIS5e海成段丘の分布高度は、30m～60mの高度変化を伴う状況が認められるが、当該箇所は、被覆層の厚さを不明としたうえで、「海成段丘面高度=旧汀線アングル」としていることから、当社調査結果との差異は、被覆層によるものと判断される。
- また、積丹半島周辺から秋田県付近のうち、青森県大戸瀬周辺は平山・上村（1985）、秋田県岩館周辺は福留（1993）、男鹿半島周辺は今泉（1977）により地震性隆起が報告されており、MIS5e海成段丘の分布高度は、相対的に高く、高度不連続が認められる。



- 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。



東北日本弧北部日本海側（内弧）のMIS5e海成段丘の分布高度

6.4 広域隆起に関する検討

①東北日本弧北部日本海側(内弧)のMIS5e海成段丘高度に関する検討 (-2/2-)

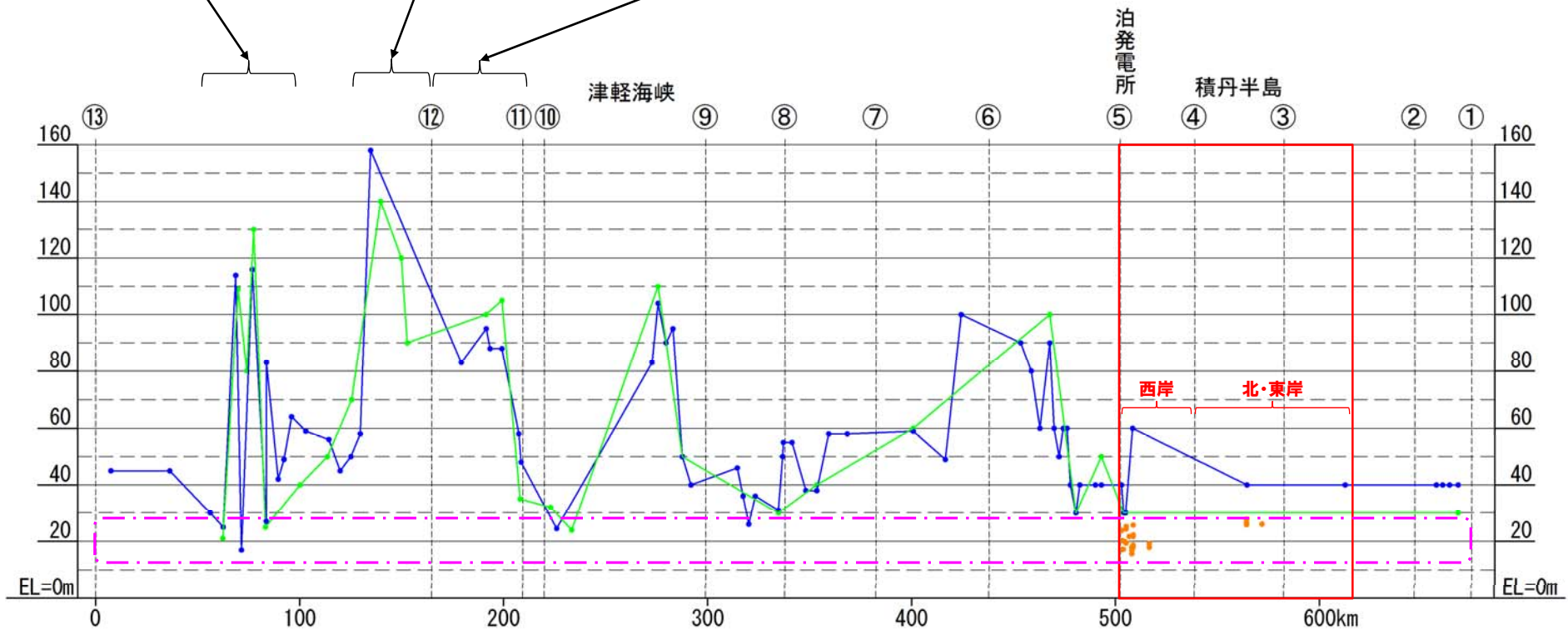
一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 男鹿半島周辺
 - ・今泉(1977)により地震性隆起が報告されている。
 - ・今泉(1977)によれば、1939年男鹿地震時の地殻変動や海成段丘の傾きから半島中央部から北東ないし東側へ傾動する傾向が認められるとされている。
- 秋田県岩館周辺
 - ・福留(1993)により地震性隆起が報告されている。
- 青森県大戸瀬周辺
 - ・平山・上村(1985)により地震性隆起が報告されている。
 - ・平山・上村(1985)によれば、千畳敷をはじめ、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。

凡例

- (Mm1段丘堆積物上面高度(m))
- (小池・町田編(2001))
- (大竹ほか編(2002))

積丹半島における当社調査範囲



日本海北部におけるMIS5e海成段丘の分布高度縦断面図(投影)

7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討

一部修正 (H27/5/29審査会合)

【検討目的】

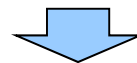
- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造が汀線際に存在した場合、その規模から、活構造は南方の岩内平野まで連続するものと考えられることから、岩内平野において活構造の有無を確認する。

【検討内容】

- 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。

【検討結果】

- 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。



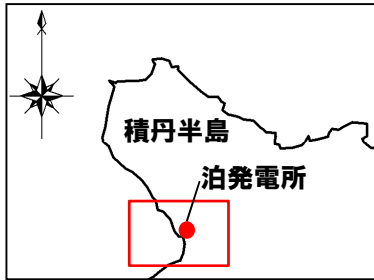
- 岩内平野には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。

7.2 調査計画

①調査位置

一部修正 (H27/5/29審査会合)

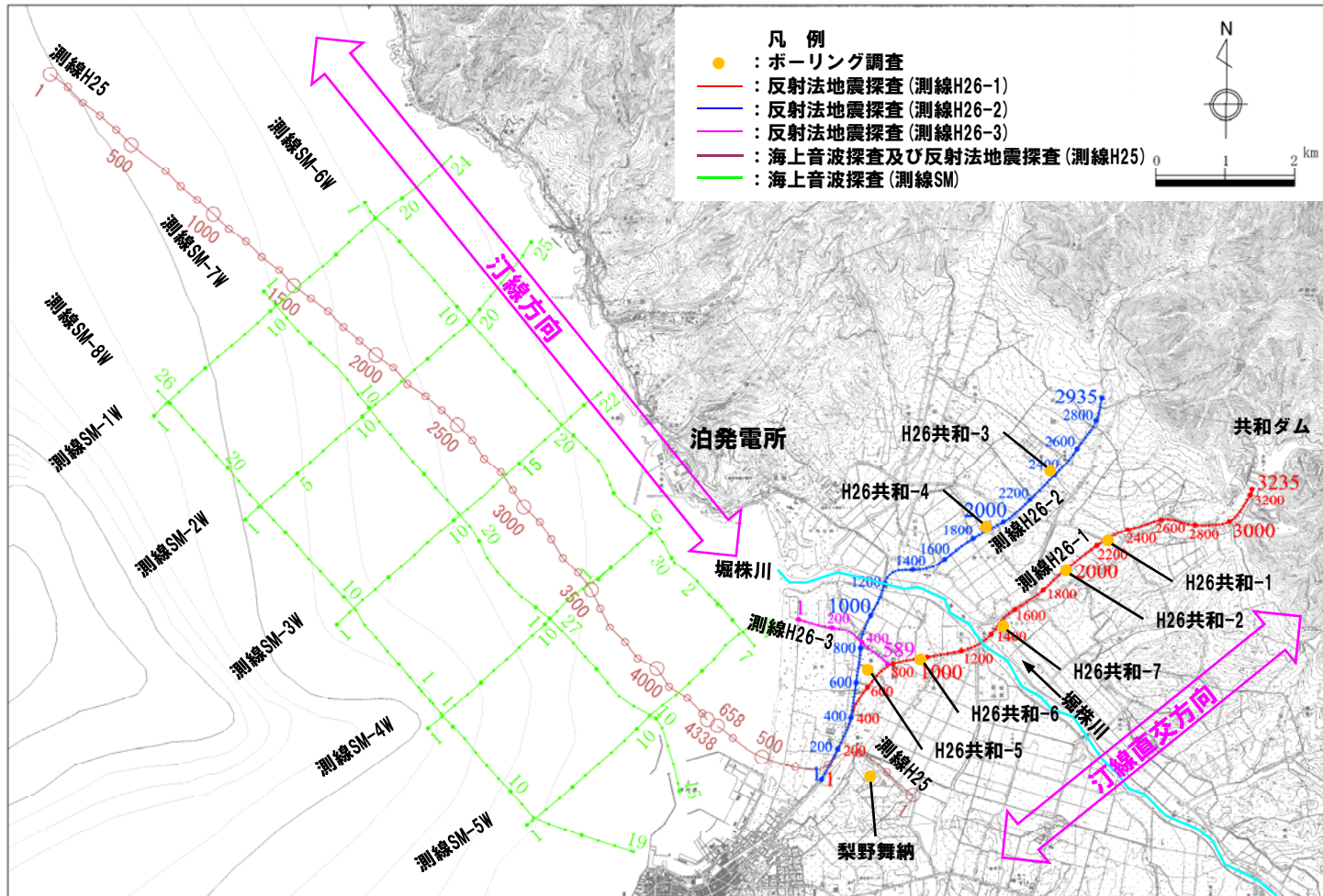
- 反射法地震探査は、積丹半島西岸における汀線方向の構造を確認するため、敷地南方の岩内平野において汀線直交方向に測線を設定した。
- ボーリング調査位置は、反射法地震探査測線沿いとした。



調査範囲

測線長

測線	延長 (km)
H26-1	約8.1
H26-2	約7.3
H26-3	約1.5



②調査仕様

一部修正 (H27/5/29審査会合)

- 反射法地震探査及びボーリング調査の仕様を以下に示す。
- 反射法地震探査は、調査目的が第四紀層の分布及び連続性の確認であることから、これまでの当社調査結果を勘案し、目標探査深度を400m程度とした。
- また、平成25年度に実施した陸域から海域に連続する探査(測線H25)及びボーリング調査(梨野舞納)の仕様も併せて以下に示す。

反射法地震探査仕様(測線H25)

【陸域】	
震源 (発震間隔)	油圧インパクト JIM200II (10m) ウォーターガン 15inch ³ (10m)
受振 (設置間隔)	ジオフォン (10m) ベイケーブル (48ch, 10m)
CMP間隔	5m

反射法地震探査仕様(測線H26-1~3)

【陸域】	
震源 (発震間隔)	油圧インパクト JIM200II (5m)
受振 (設置間隔)	ジオフォン (10m)
CMP間隔	2.5m

ボーリング調査(孔径86mm)

地点名	深 度	孔口標高
梨野舞納	100m	11.43m
H26共和-1	50m	23.51m
H26共和-2	100m	12.75m
H26共和-3	90m	41.13m
H26共和-4	100m	11.89m
H26共和-5	100m	8.39m
H26共和-6*	90m	4.69m
H26共和-7*	90m	3.20m

海上音波探査仕様(測線H25)

【海域】	
震源 (発震間隔)	ウォーターガン 15inch ³ (6.25m)
受振 (受振間隔)	ストリーマケーブル (20ch, 6.25m)
CMP間隔	3.125m



震源車(油圧インパクト) 全幅: 1.9m 全長: 4.8m
全高: 2.8m 重量: 6.0t

震源車

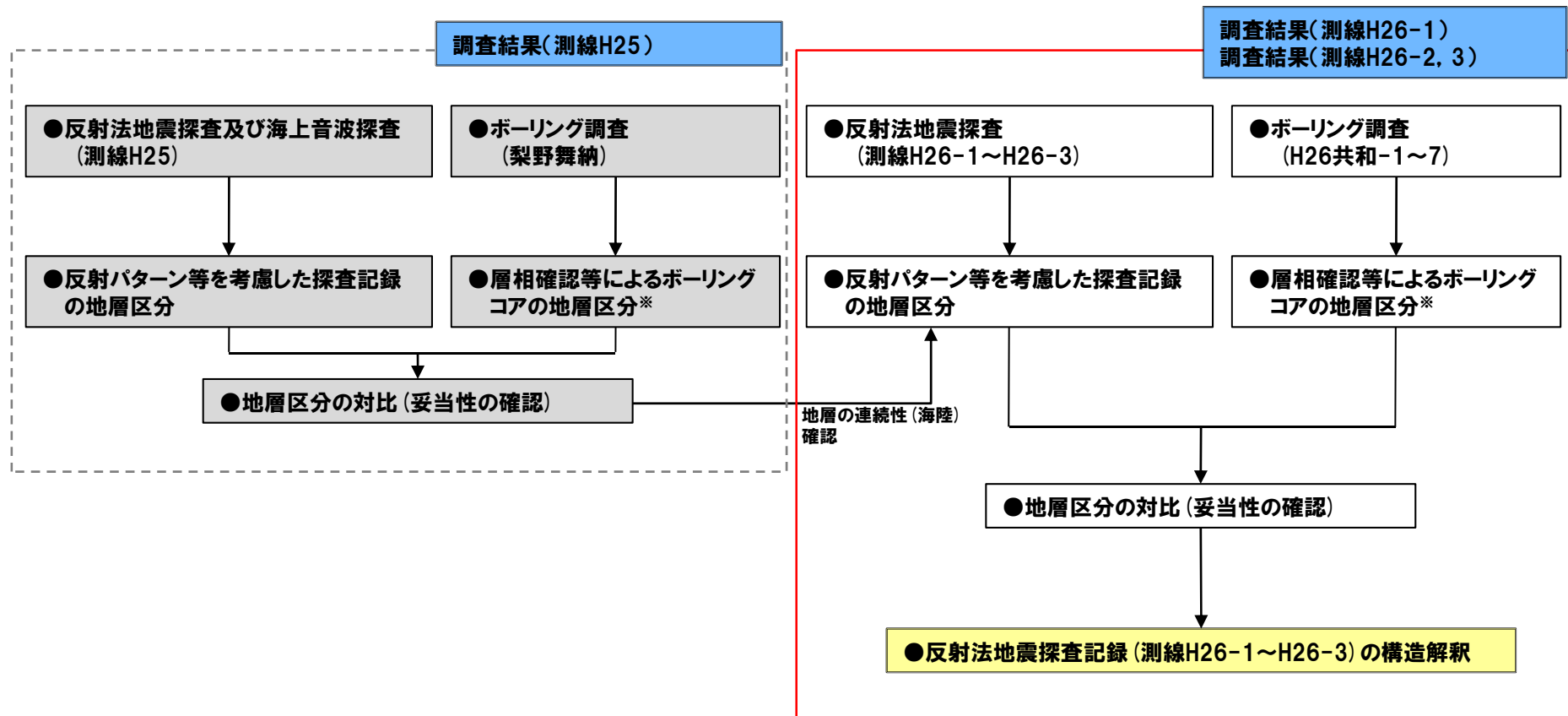
※堀株川周辺は、反射法地震探査記録の重合数が相対的に少ない範囲となることから、反射法地震探査記録における堀株川右左岸の地層区分の精緻化を図ることを目的に実施している。

7.2 調査計画

③調査フロー

一部修正 (H27/5/29審査会合)

○本調査フローを以下に示す。

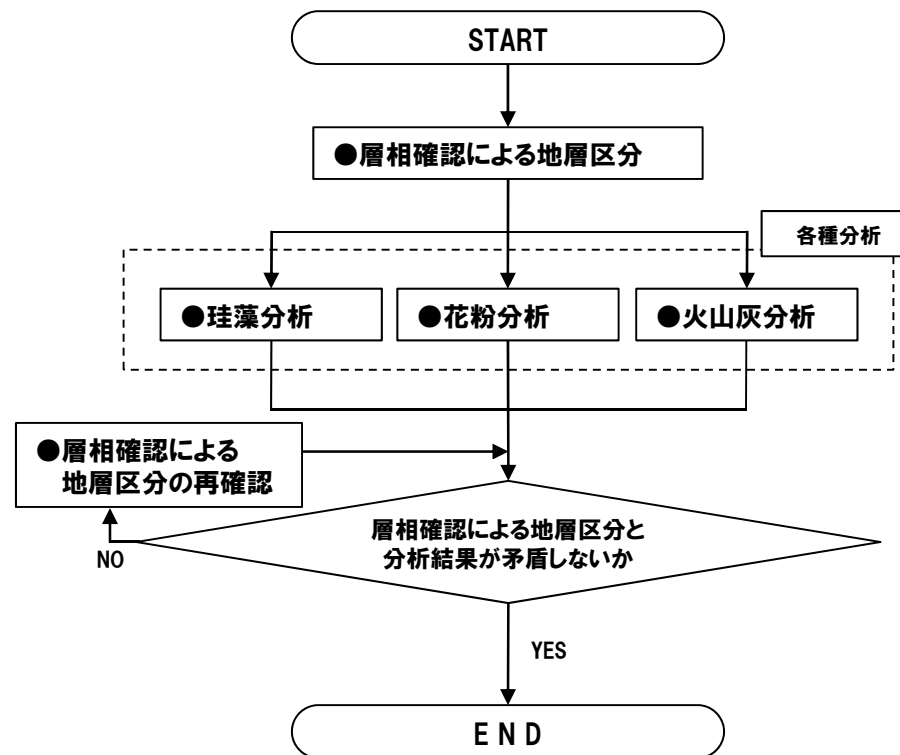


※ ボーリングコアの地層区分方法については、次頁参照

④-1 ボーリングコアの地層区分

再掲 (H27/5/29審査会合)

- ボーリングコアの地層区分は、以下のフローに基づき実施した。
- 泊発電所が位置する積丹地域においては、第四系下部～中部更新統の岩内層及び野塚層が分布しており、層相が類似するものと考えられることから、これらの地層について整理した。



本調査でのボーリングコアの地層区分フロー

7.2 調査計画

④-2 ボーリングコアの地層区分(敷地周辺における下部～中部更新統)

一部修正 (H27/5/29審査会合)

○敷地周辺には、下部～中部更新統の以下の地層が分布しており、層相は粘土(シルト)、砂及び礫を主体とする。

- ①積丹地域:野塚層, 岩内層
- ②尻別川地域:三和(みつわ)層, 鮎川層, 尻別川層
- ③黒松内低地帯地域:知来川(ちらいがわ)層, 瀬棚層
- ④弁慶岬西方地域:歌島(うたじま)層

○層相に加え、鷹澤(1992)及び小嶋ほか編(2003)によれば、敷地周辺は、前期～中期更新世には、広い範囲で海域主体の堆積環境であったことが推定される。

敷地周辺の地質層序表

地質時代	地層名									
	積丹地域		尻別川地域		黒松内低地帯地域		弁慶岬西方地域			
第四紀更新世	完新世	沖積層	沖積層	沖積層	沖積層	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	
	後期	低位段丘堆積物	低位火山麓扇状地堆積物	低位火山麓扇状地堆積物	低位火山麓扇状地堆積物	低位段丘堆積物	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土
		中位段丘堆積物	扇状地II堆積物	扇状地I堆積物	扇状地I堆積物	中位段丘堆積物	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土
	中期	高位段丘堆積物及び発足層	高位火山麓扇状地堆積物	高位火山麓扇状地堆積物	高位火山麓扇状地堆積物	高位段丘堆積物	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土
前期	野塚層	岩内層	赤井川粘土層	赤井川火山岩類	鮎川層	三和層	瀬棚層	歌島層	砂・礫	
	余別層	赤井川火山岩類	赤井川火山岩類	赤井川火山岩類	尻別川層	雷電岬火山角礫岩層	知来川層	写部山火山岩類	砂・礫	
第三紀中新世	後期	神恵内層	俱知安層群	磯谷層	北層岩類	二股層	二股層	安山岩質火砕岩・砂岩・泥岩	安山岩質火砕岩・砂岩・泥岩	
	中期	古平層	古平層	八雲層	折川層	八雲層	折川層	安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩	安山岩質火砕岩	
		前期	茅沼層	茅沼層	訓縫層	訓縫層	訓縫層	訓縫層	安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩	
	漸新世	茅沼層	茅沼層	茅沼層	茅沼層	茅沼層	茅沼層	泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・流紋岩溶岩及び同質火砕岩	泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・流紋岩溶岩及び同質火砕岩	
白亜紀	始新世	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	
	晩新世	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	花崗岩類	
先白亜紀	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	リヤムサイ層	

~~~~~ : 不整合

余白

## ④-3 ボーリングコアの地層区分(積丹地域における下部～中部更新統) (-1/2-)

一部修正(H27/5/29審査会合)

○積丹地域には、下部～中部更新統の岩内層及び野塚層が分布している。

## 【岩内層】

- 岩内平野に分布し、砂、礫等からなる。
- 本層の形成年代に関しては、砂層中の火山灰質シルトを対象としたFT法年代測定値約1.2Maが得られている。
- 本層は層相及び層位的に尻別川地域の鮎川層、黒松内低地帯地域の瀬棚層の中部～上部、弁慶岬西方地域の歌島層に対比される。

## 【野塚層】

- 主に神威岬及び積丹岳北麓に分布し、砂、礫等からなる地層である。
- 資源エネルギー庁(1985)によれば、本層の暗灰色シルト岩中に石灰質ナノ化石の*Gephyrocapsa oceanica*\*が報告されている。
- 資源エネルギー庁(1985)によれば、本層は広義の瀬棚層に対比され、鮮新世～更新世(2009年の国際地質科学連合(IUGS)批准によって定められた第四紀の定義に基づくと更新世に該当)に属すると推定されるとされている。
- 岩内層は本層の上部層相当に対比され、同時異相である。

## 【岩内平野における岩内層及び野塚層の位置付け】

- 今回調査範囲である岩内平野においては、岩内層が分布することから、岩内層下位の砂・礫等からなる下部更新統の地層を便宜的に「野塚層(下部層相当)」と呼称する。

\**Gephyrocapsa oceanica* は、Okada and Bukry(1980)のCN13b亜帯を産出下限とし、亀尾・佐藤(1999)によれば、産出下限は1.65Maとされる。

# 7.2 調査計画

## ④-3 ボーリングコアの地層区分(積丹地域における下部~中部更新統) (-2/2-)

一部修正 (H27/5/29審査会合)

敷地周辺の地質層序表

| 地質時代 | 地 層 名 |              |          |           | 主 な 岩 相 |                                    |                  |                    |                  |
|------|-------|--------------|----------|-----------|---------|------------------------------------|------------------|--------------------|------------------|
|      | 積丹地域  | 尻別川地域        | 黒松内低地帯地域 | 弁慶岬西方地域   | 積丹地域    | 尻別川地域                              | 黒松内低地帯地域         | 弁慶岬西方地域            |                  |
| 第四紀  | 更新世   | 沖積層          | 沖積層      | 沖積層       | 沖積層     | 礫・砂・粘土                             | 礫・砂・粘土           | 礫・砂・粘土             | 礫・砂・粘土           |
|      | 後期    | 低位段丘堆積物      | 低位段丘堆積物  | 低位段丘堆積物   | 低位段丘堆積物 | 礫・砂・粘土                             | 礫・砂・粘土           | 礫・砂・粘土             | 礫・砂・粘土           |
|      | 中期    | 中位段丘堆積物      | 中位段丘堆積物  | 中位段丘堆積物   | 中位段丘堆積物 | 礫・砂・粘土                             | 礫・砂・粘土           | 礫・砂・粘土             | 礫・砂・粘土           |
|      | 前期    | 高位段丘堆積物及び発見層 | 高位段丘堆積物  | 高位段丘堆積物   | 高位段丘堆積物 | 礫・砂・粘土                             | 礫・砂・粘土           | 礫・砂・粘土             | 礫・砂・粘土           |
| 第三紀  | 漸新世   | 野塚層          | 赤井川粘土層   | 三和層       | 如來山層    | 砂・礫                                | 砂・礫              | 砂・礫                | 砂・礫              |
|      | 中新世   | 岩内層          | 赤井川火山岩類  | 鮎川層       | 瀬棚層     | 砂・礫                                | 砂・礫              | 砂・礫                | 砂・礫              |
|      | 後期    | 余別層          | 赤井川火山岩類  | 尻別川層      | 中部層     | 砂・礫                                | 砂・礫              | 砂・礫                | 砂・礫              |
|      | 前期    | 神恵内層         | 赤井川火山岩類  | 雷電岬火山角礫岩層 | 下部層     | 砂・礫                                | 砂・礫              | 砂・礫                | 砂・礫              |
| 古第三紀 | 漸新世   | 俱知安層群        | 俱知安層群    | 磯谷層       | 黒松内層    | 安山岩質火砕岩・砂岩・礫岩・泥岩                   | 安山岩質火砕岩・砂岩・礫岩・泥岩 | 安山岩質火砕岩・砂岩・礫岩・泥岩   | 安山岩質火砕岩・砂岩・礫岩・泥岩 |
|      | 中新世   | 二平層          | 二平層      | 北前岩類      | 二股層     | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩                    | 安山岩質火砕岩          | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩    | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩  |
|      | 後期    | 二平層          | 二平層      | 八雲層       | 折川層     | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・玄武岩溶岩及び同質火砕岩・礫岩・砂岩・泥岩 | 安山岩質火砕岩          | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩    | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩  |
|      | 前期    | 二平層          | 二平層      | 訓縫層       | 訓縫層     | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・玄武岩溶岩及び同質火砕岩・礫岩・砂岩・泥岩 | 安山岩質火砕岩          | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩    | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩  |
| 白堊紀  | 漸新世   | 茅沼層          | 茅沼層      | 茅沼層       | 茅沼層     | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・流紋岩溶岩及び同質火砕岩       | 泥岩・安山岩質火砕岩       | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・砂岩 | 泥岩・安山岩質火砕岩       |
|      | 始新世   | 二平層          | 二平層      | 二平層       | 二平層     | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・流紋岩溶岩及び同質火砕岩       | 泥岩・安山岩質火砕岩       | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・砂岩 | 泥岩・安山岩質火砕岩       |
| 先白堊紀 | 白堊紀   | 花崗岩類         | 花崗岩類     | 花崗岩類      | 花崗岩類    | 花崗岩類                               | 花崗岩類             | 花崗岩類               | 花崗岩類             |
|      | 先白堊紀  | リヤムナイ層       | リヤムナイ層   | リヤムナイ層    | リヤムナイ層  | 頁岩・砂岩                              | 頁岩・砂岩            | 頁岩・砂岩              | 頁岩・砂岩            |

岩内層:岩内平野(今回調査範囲)に分布

岩内平野では、便宜的に「野塚層(下部層相当)」と呼称

野塚層:積丹地域に分布

~~~~~ : 不整合

④-4 ボーリングコアの地層区分(岩内層の特徴)

再掲(H27/5/29審査会合)

- ボーリングコアにおける岩内層及び野塚層(下部層相当)の地層区分を実施するに当たり、岩内層に認められる特徴を文献レビュー及び当社地表地質踏査結果に基づき整理した。
- 岩内層の特徴から、岩内層の層相を以下のように解釈し、野塚層(下部層相当)との地層区分の着目点とした。

岩内層の特徴

【文献】

- 広川・村山(1955)「5万分の1地質図幅 岩内」によれば、岩内層は、「岩内砂層」と呼称され、主要岩質は砂とされている。
- 岩内砂層は、岩内東方に分布し、ところどころに厚さ10数mの崖をつくって露出しているとされている。

【当社地表地質踏査結果】

- 岩内平野において、厚さ10数mの砂層主体の岩内層の露頭を確認している。
- 野塚層(下部層相当)と同時期に堆積した黒松内低地帯地域の瀬棚層下部層(前期更新世)の露頭における固結度は、岩内層の露頭における固結度と比較して大きい状況が認められる(P106~P107参照)。

岩内層の層相解釈

(=野塚層(下部層相当)との地層区分の着目点)

【着目点①】

岩内層は、砂層主体の層(浅海~陸域の堆積環境)が連続するものと推定される。

【着目点②】

岩内層の固結度は、野塚層(下部層相当)と比較して、小さいものと推定される。

【着目点③】

層相が砂層主体から変化する範囲に、岩内層と野塚層(下部層相当)の地層境界が存在するものと推定される。

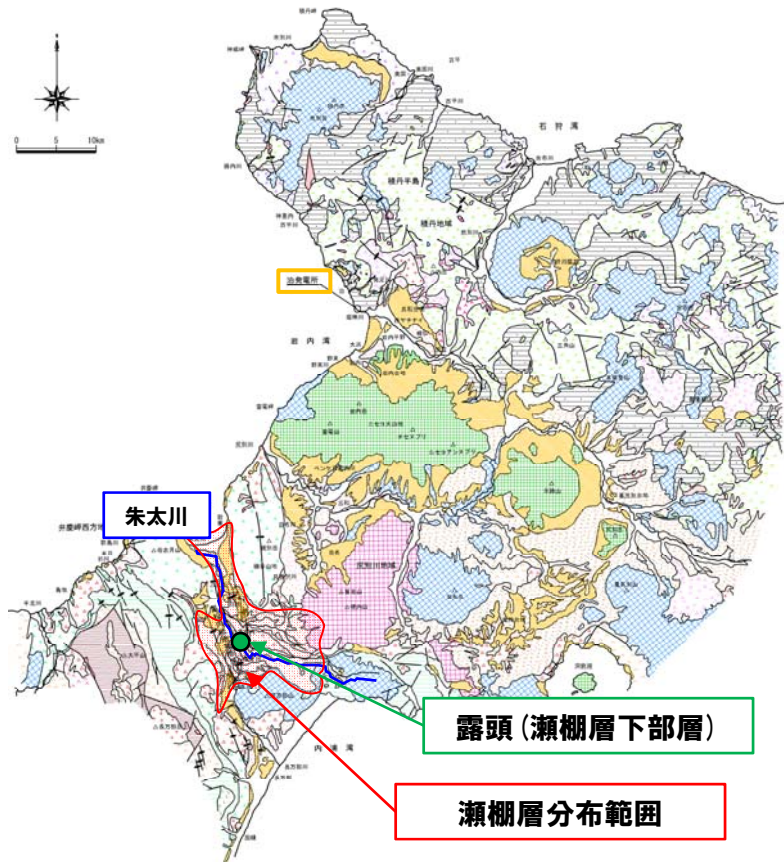
※3つの着目点を複合的に考慮し、岩内層と野塚層(下部層相当)の地層区分を実施する。

余白

④-5 ボーリングコアの地層区分(瀬棚層下部層の露頭) (-1/2-)

一部修正(H27/5/29審査会合)

- 下部更新統～中部更新統の瀬棚層は、黒松内低地帯地域に分布し、「礫及び砂を主体とする下部層」、「砂及び粘土を主体とする中部層」並びに「礫及び粘土を主体とする上部層」に区分される。
- 本層は、下位の黒松内層を不整合で覆い、上位の知来川層に不整合で覆われる。
- 岩内層は瀬棚層の中部～上部に対比されることから、野塚層(下部層相当)は瀬棚層の下部に対比される。
- 当社地表地質踏査の結果、朱太川(しゅぶとがわ)沿いにおいて、野塚層(下部層相当)に対比される瀬棚層下部層(前期更新世)の露頭を確認しており、岩内層の露頭と比較して、固結度が大きい状況が認められる。



敷地周辺陸域の地質図



瀬棚層下部層の露頭状況(砂層)

7.2 調査計画

④-5 ボーリングコアの地層区分(瀬棚層下部層の露頭) (-2/2-)

再掲(H27/5/29審査会合)

| 地質時代 | | 凡 例 | | | |
|--------------|-------------|--|--|--|-----------------|
| | | 種丹地域 | 扇形川地域 | 扇形内低地帯地域 | 扇形内高地方地域 |
| 第四紀 | 更新世 | 沖積層
ニセコ火山噴出物等
洞爺火砕流堆積物
段丘堆積物等 | 沖積層
ニセコ火山噴出物等
洞爺火砕流堆積物
段丘堆積物等 | 沖積層
洞爺火砕流堆積物
段丘堆積物等
知来川層
蘇祖層 | 沖積層
段丘堆積物等 |
| | 更新世 | 免足層
野塚層・岩内層 | 三和層
鮎川層
雷電岬火山角礫岩層
辰別川層 | 蘇祖層
蘇方嶺火山岩類 | 歌島層
狩場山礫岩 |
| | 更新世 | 赤井川粘土層
赤井川火山岩類 | 黄志山火山岩類 | 黒松内層
黒松内層火砕岩類 | 永豊層 |
| | 更新世 | 余別層 | 礫谷層・泥岩
礫谷層・凝灰角礫岩 | 二股層
八雲層
訓祿層 | 二股層
折川層・硬質頁岩 |
| 新第三紀 | 中新世 | 神恵内層
古平層 | 花崗岩類 | | |
| | 中新世 | 茅沼層 | | | |
| 古第三紀 | 漸新世
～始新世 | | | | |
| | 漸新世 | | | | |
| 白堊紀 | 花崗岩類 | | 花崗岩類 | | |
| 先第三紀 | リヤムナイ層 | | | 沼川層群 | |
| 第四紀
～新第三紀 | 流紋岩 | 流紋岩 | 流紋岩 | 流紋岩 | 流紋岩 |
| | デイサイト | デイサイト | デイサイト | デイサイト | デイサイト |
| | 石英斑岩 | 石英斑岩 | 石英斑岩 | 石英斑岩 | 石英斑岩 |
| | 真入岩類 | 安山岩 | 安山岩 | 安山岩 | 安山岩 |
| | 玄武岩 | 玄武岩 | 玄武岩 | 玄武岩 | 玄武岩 |
| 石英閃緑岩 | 石英閃緑岩 | 石英閃緑岩 | 石英閃緑岩 | 石英閃緑岩 | |

記号凡例

| | |
|----------------|----|
| 地質境界 | —— |
| 背斜軸
(破線は伏在) | |
| 向斜軸
(破線は伏在) | |
| 断層 | —— |

敷地周辺陸域の地質図 凡例

7.3 調査結果(測線H26-1)

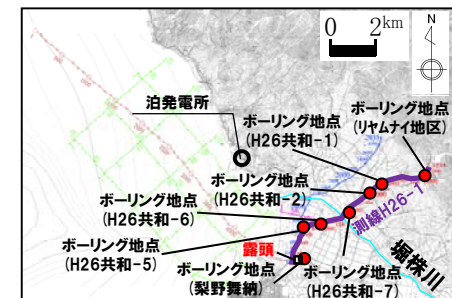
①地質・地質構造 (-1/3-)

一部修正 (H27/5/29審査会合)

- 測線H26-1の山側には新第三系下部～上部中新統の古平層が分布している。
- 当該地域の古平層は、玄武岩質溶岩及び同質火砕岩主体のため、反射法地震探査記録に認められる構造は不明瞭であるが、泥岩及び凝灰岩が確認されているH26共和-2地点付近では、約20～60°の傾斜構造が認められ、ポアホールテレビ画像から確認した傾斜と整合的である。
- 野塚層(下部層相当)の下部には傾斜が認められるものの、上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層の地質構造は、岩内平野の地表地質踏査で確認された岩内層の露頭が、ほぼ水平に堆積している状況と調和的である。



露頭遠景 (岩内層)



位置図

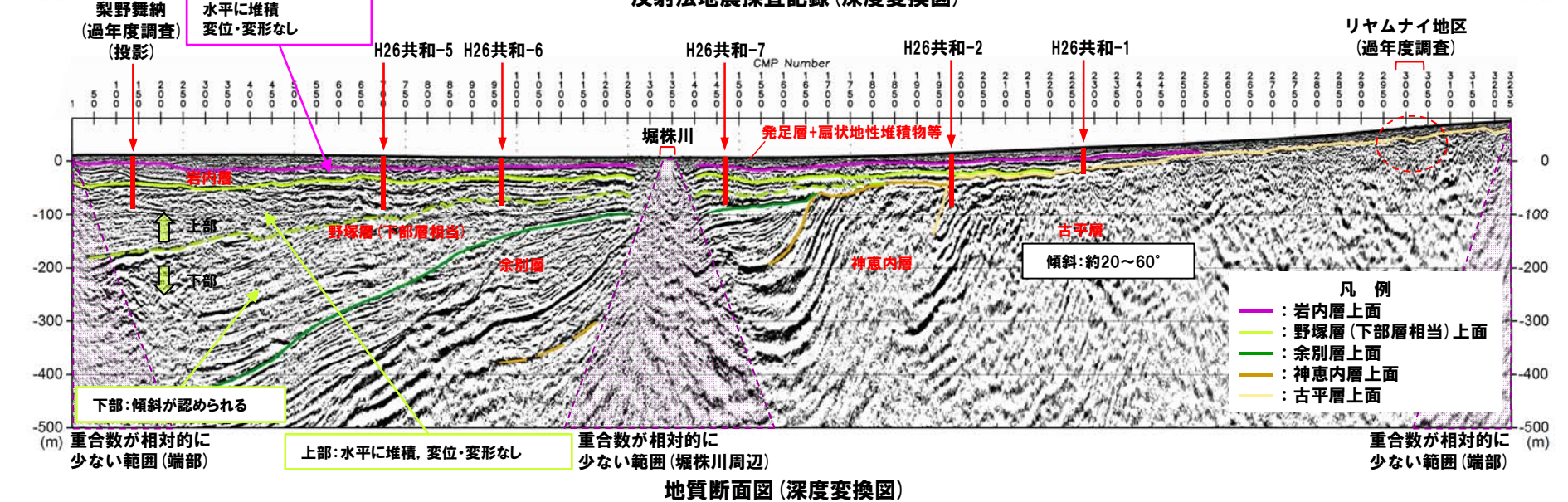
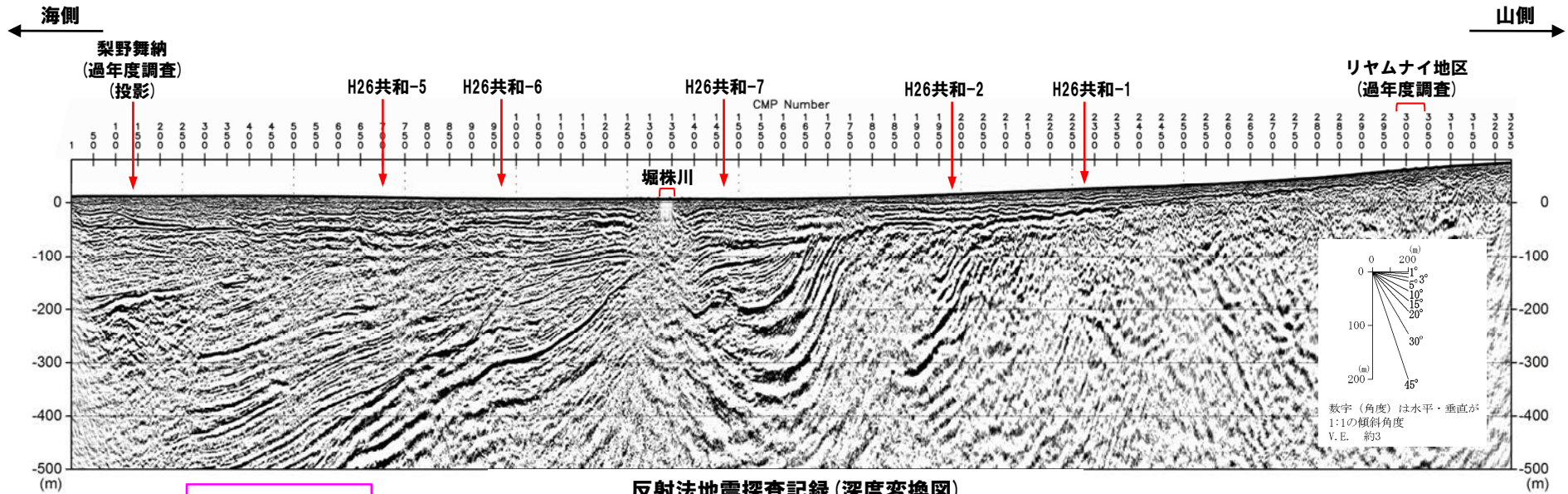


露頭近景(岩内層) N4° W/2° E

7.3 調査結果(測線H26-1)

①地質・地質構造 (-2/3-)

再掲 (H27/5/29審査会合)



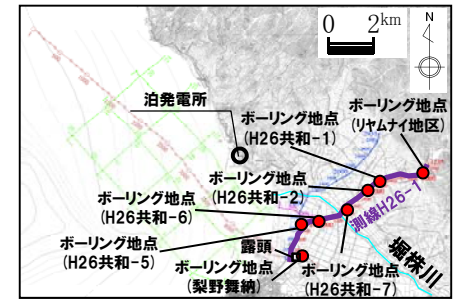
余白

7.3 調査結果(測線H26-1)

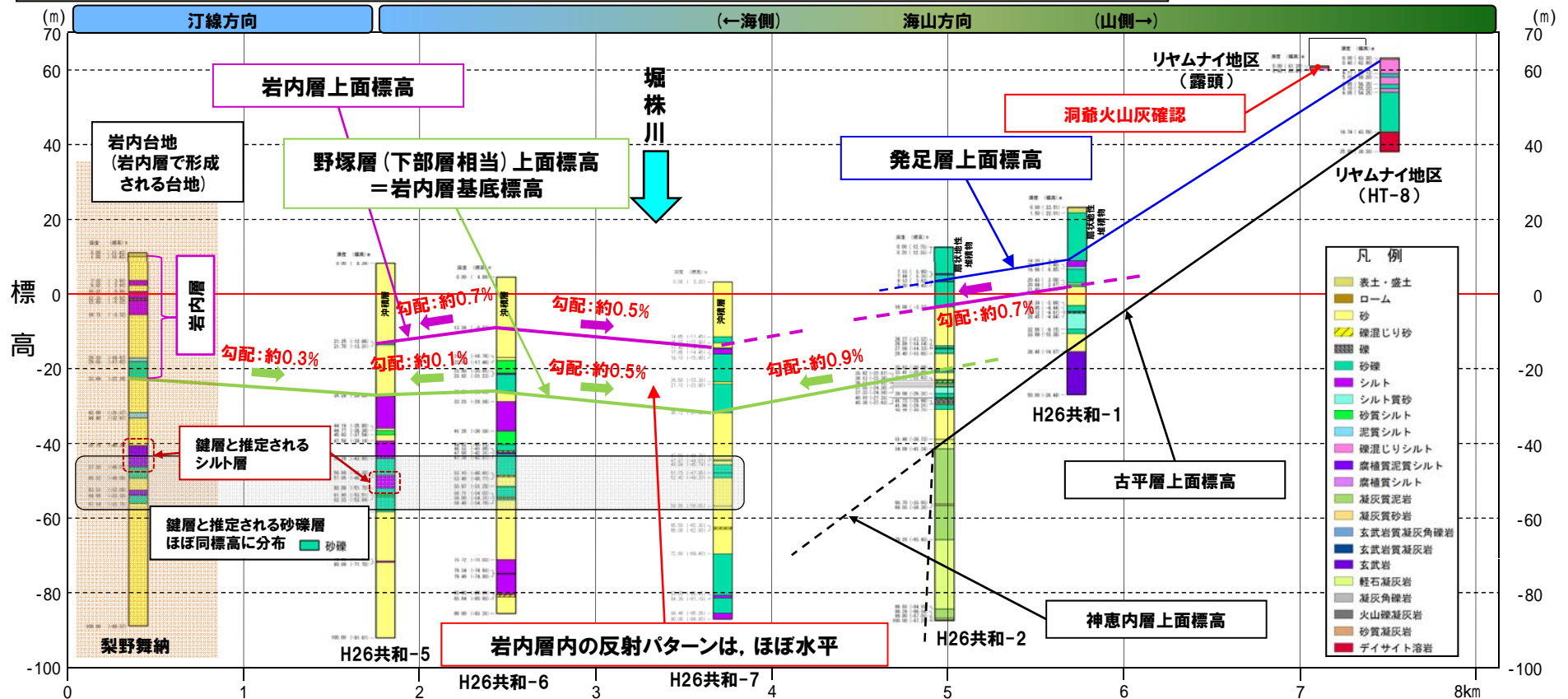
①地質・地質構造 (-3/3-)

再掲 (H27/5/29審査会合)

- 測線H26-1沿いのボーリングコアより、岩内層及び野塚層(下部層相当)の堆積状況を確認した。
- 岩内層の基底及び上面標高は、現地地形同様、大局的には山側から海側に向かって、緩やかに高度を下けている状況が認められる。
- 岩内層の基底勾配及び上面勾配は、いずれも1%以下である。
- 岩内層内の反射法地震探査記録には、ほぼ水平な反射パターンが認められる。
- 岩内層堆積以降は、山側のH26共和-1及びH26共和-2では、扇状地性堆積物(発足層含む)が堆積し、海側のH26共和-5~H26共和-7地点では、沖積層(砂層)が堆積している状況が認められる。
- 梨野舞納地点は、H26共和-5地点同様、海側であるものの、堀株川から離隔があることから、岩内層堆積以降、相対的に侵食作用の影響が小さく、岩内台地(岩内層で形成される台地)として保存されたため、岩内層の標高が高いものと推定される。
- 梨野舞納地点及びH26共和-5~H26共和-7地点では、野塚層(下部層相当)の鍵層と推定される砂礫層が、ほぼ同標高に分布している状況が認められる。
- 梨野舞納地点及びH26共和-5地点では、野塚層(下部層相当)の鍵層と推定されるシルト層において、珪藻及び花粉それぞれ同様な結果が得られており、また、ほぼ同標高に分布している状況が認められる。
- リヤムナイ地区の露頭において、発足層を覆う風成ローム層の下位において洞爺火山灰を確認している。



位置図



7.3 調査結果(測線H26-1)

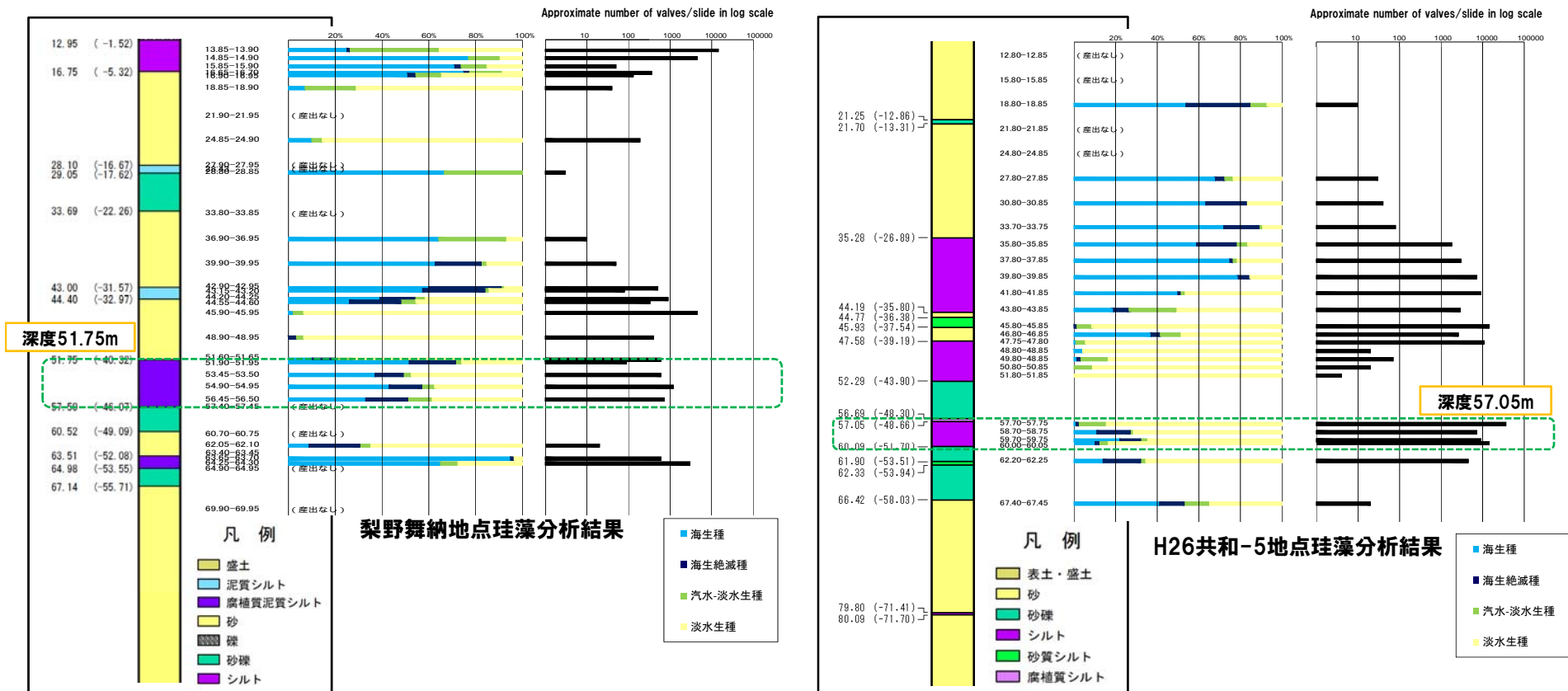
②珪藻分析結果

再掲 (H27/5/29審査会合)

- 梨野舞納地点及びH26共和-5地点において、野塚層(下部層相当)の鍵層と推定されるシルト層について、珪藻分析結果を確認した。
- 梨野舞納地点における深度51.75m~57.50mの腐植質泥質シルト層及びH26共和-5地点における深度57.05m~60.09mのシルト層では、両地点とも海生種、新第三系鮮新統・中新統からの海生絶滅種(再堆積)、汽水-淡水生種及び淡水生種を含む。



○珪藻分析結果から、梨野舞納地点における深度51.75m~57.50mの腐植質泥質シルト層及びH26共和-5地点における深度57.05m~60.09mのシルト層では、同様な堆積環境が推定される。



梨野舞納地点ボーリング柱状図

H26共和-5地点ボーリング柱状図

7.3 調査結果(測線H26-1)

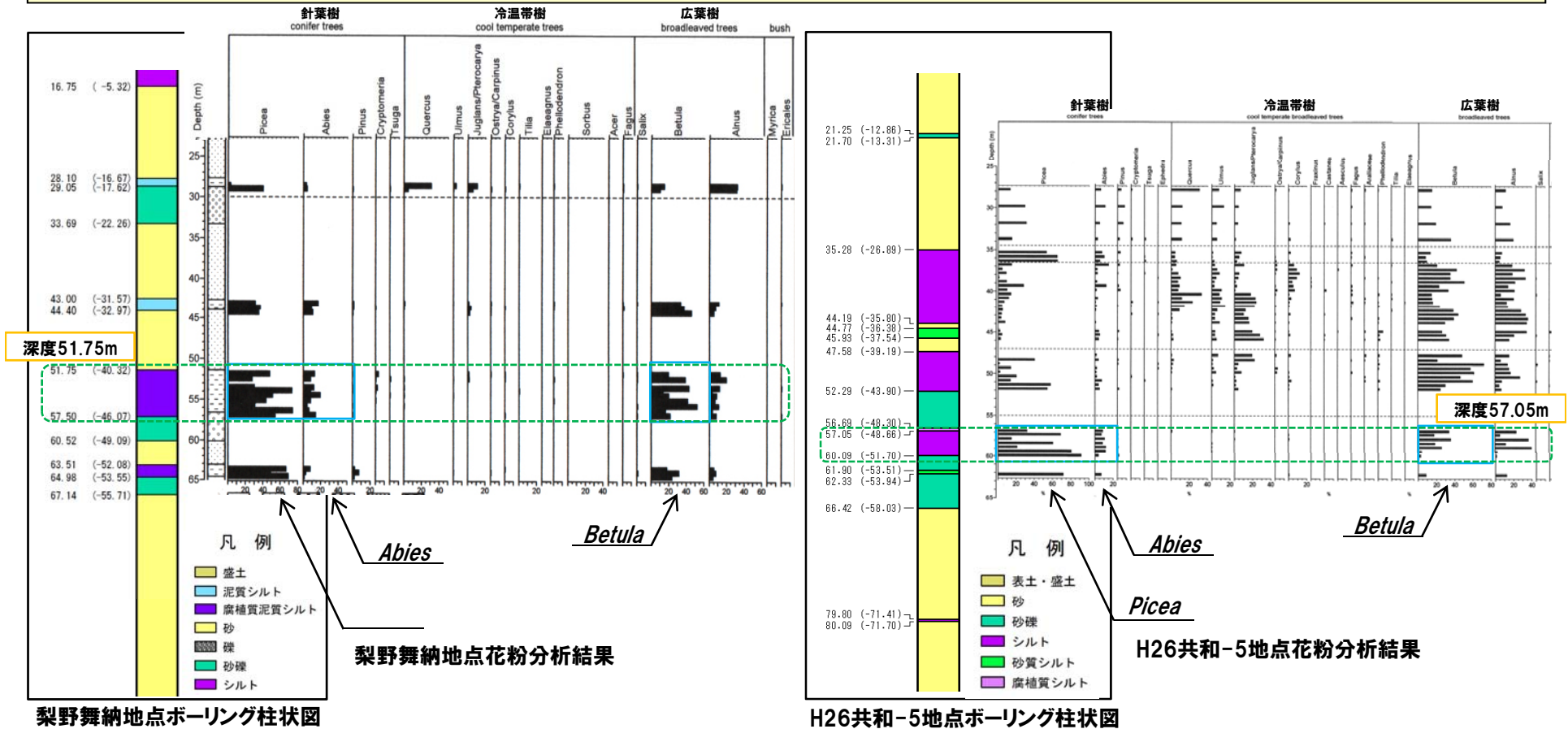
③花粉分析結果

再掲 (H27/5/29審査会合)

- 梨野舞納地点及びH26共和-5地点において、野塚層(下部層相当)の鍵層と推定されるシルト層について、花粉分析結果を確認した。
- 梨野舞納地点における深度51.75m~57.50mの腐植質泥質シルト層及びH26共和-5地点における深度57.05m~60.09mのシルト層では、両地点とも亜寒帯針葉樹(*Picea*(トウヒ属), *Abies*(モミ属))及び亜寒帯広葉樹(*Betula*(カバノキ属))の花粉を多産する。



- 花粉分析結果から、梨野舞納地点における深度51.75m~57.50mの腐植質泥質シルト層及びH26共和-5地点における深度57.05m~60.09mのシルト層では、同様な堆積環境が推定される。



④まとめ(-1/2-)

一部修正(H27/5/29審査会合)

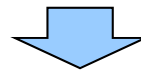
- 岩内層等の第四紀層が確認されている敷地南方の岩内平野において、測線H26-1を設定し、反射法地震探査を実施した。
- 地質層序の確認及び反射法地震探査結果との対比等を行うため、H26共和-1、H26共和-2、H26共和-5、H26共和-6及びH26共和-7地点においてボーリング調査を実施した。

【反射法地震探査記録】

- 野塚層(下部層相当)の下部には傾斜が認められるものの、上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層の地質構造は、岩内平野の地表地質踏査で確認された岩内層の露頭が、ほぼ水平に堆積している状況と調和的である。

【ボーリング調査】

- 岩内層の基底及び上面標高は、現地形同様、大局的には山側から海側に向かって、緩やかに高度を下けている状況が認められる。
- 岩内層の基底勾配及び上面勾配は、いずれも1%以下である。
- 梨野舞納地点及びH26共和-5～H26共和-7地点では、野塚層(下部層相当)の鍵層と推定される砂礫層が、ほぼ同標高に分布している状況が認められる。
- リヤムナイ地区の露頭において、発足層を覆う風成ローム層の下位において洞爺火山灰を確認していることから、発足層より下位の地層は中期更新世以前の堆積物と判断される。

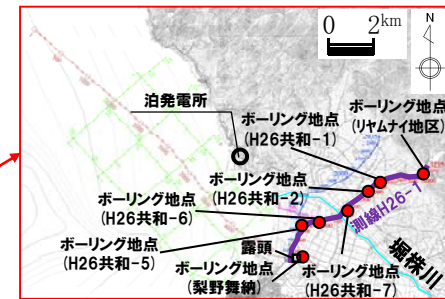
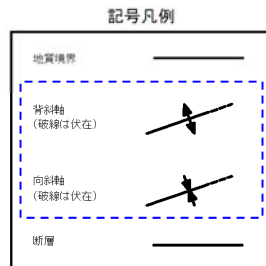


- 下部更新統の野塚層(下部層相当)の上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 下部～中部更新統の岩内層の基底標高は1%以下の勾配であり、岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 「3. 積丹半島の形成に関する検討」において、積丹半島周辺は、更新世には、NW-SE方向の褶曲運動は終焉していたものと推定したが、野塚層(下部層相当)の下部に傾斜が認められることから、岩内平野においては、前期更新世の初期までは褶曲運動が継続していた可能性も考えられる。

7.3 調査結果(測線H26-1)

④まとめ (-2/2-)

| 地質時代 | | 積丹地域 | |
|----------|------------|-----------|--|
| 第四紀 | 更新世 | 沖積層 | |
| | 更新世 | ニセコ火山噴出物等 | |
| | | 扇状地・砂流堆積物 | |
| | | 段丘堆積物等 | |
| 更新世 | 免足層 | | |
| | 野原層・岩内層 | | |
| 新第三紀 | 沖積層 | 赤井川粘土層 | |
| | | 赤井川火山岩類 | |
| | 神恵内層 | | |
| | 古平層 | | |
| 中新世 | 茅沼層 | | |
| | 新第三紀～始新世 | | |
| 古第三紀 | 花崗岩類 | | |
| | 先第三紀 | リヤムナイ層 | |
| 第四紀～新第三紀 | 流紋岩 | | |
| | デイサイト・石英斑岩 | | |
| | 真入岩類 | | |
| | 安山岩 | | |
| | 玄武岩 | | |
| | | 石英閃緑岩 | |



7.4 調査結果(測線H26-2, 3)

①地質・地質構造 (-1/3-)

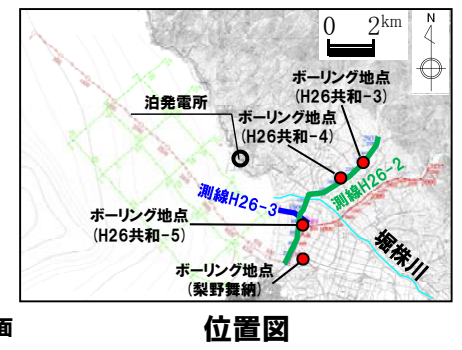
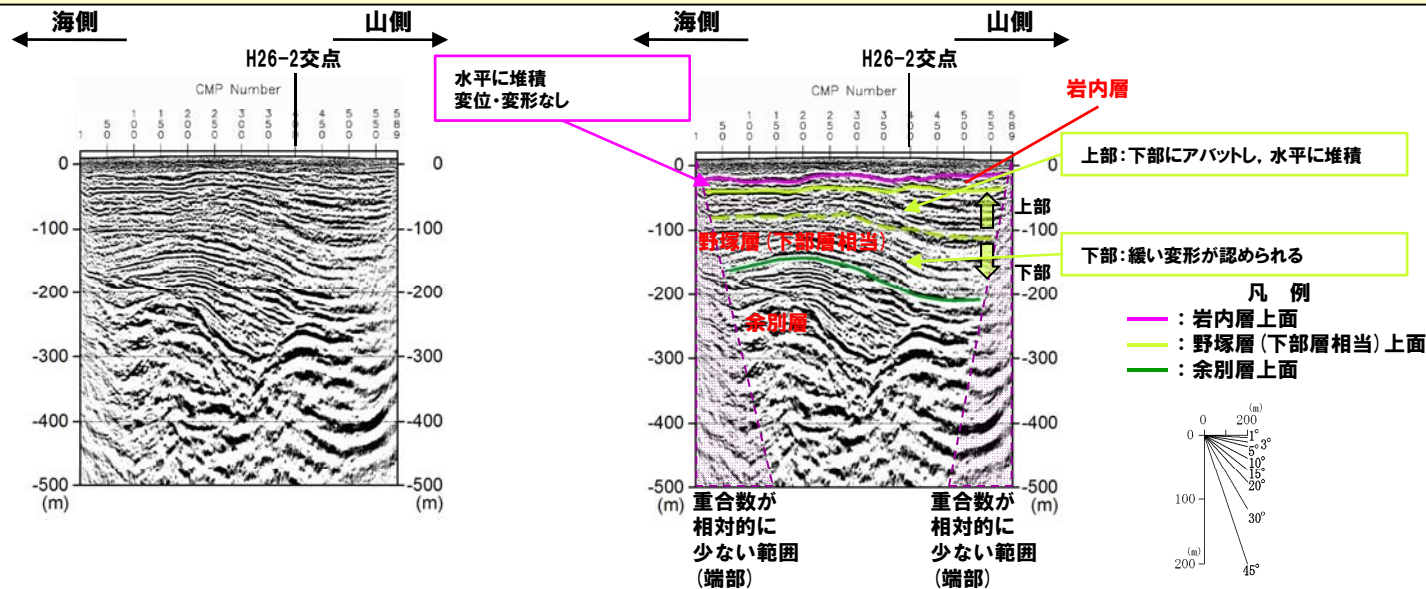
再掲 (H27/5/29審査会合)

(1) 測線H26-2

- 測線H26-2の山側には古平層が分布している。
- 当該地域の古平層は、玄武岩質溶岩及び同質火砕岩主体のため、反射法地震探査記録に認められる構造は不明瞭であるが、H26共和-3地点におけるボアホールテレビ画像から確認した傾斜は、約30~60°であり、敷地内及び測線H26-1に認められる基盤の傾斜構造と調和的である。
- 野塚層(下部層相当)の下部には、傾斜が認められるものの、上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層の地質構造は、岩内平野の地表地質踏査で確認された岩内層の露頭が、ほぼ水平に堆積している状況と調和的である。

(2) 測線H26-3

- 野塚層(下部層相当)の下部は、緩い変形が認められるものの、野塚層(下部層相当)の上部では下部にアバットしてほぼ水平に堆積している。
- 岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。



位置図

反射法地震探査記録(測線H26-3)(深度変換図)

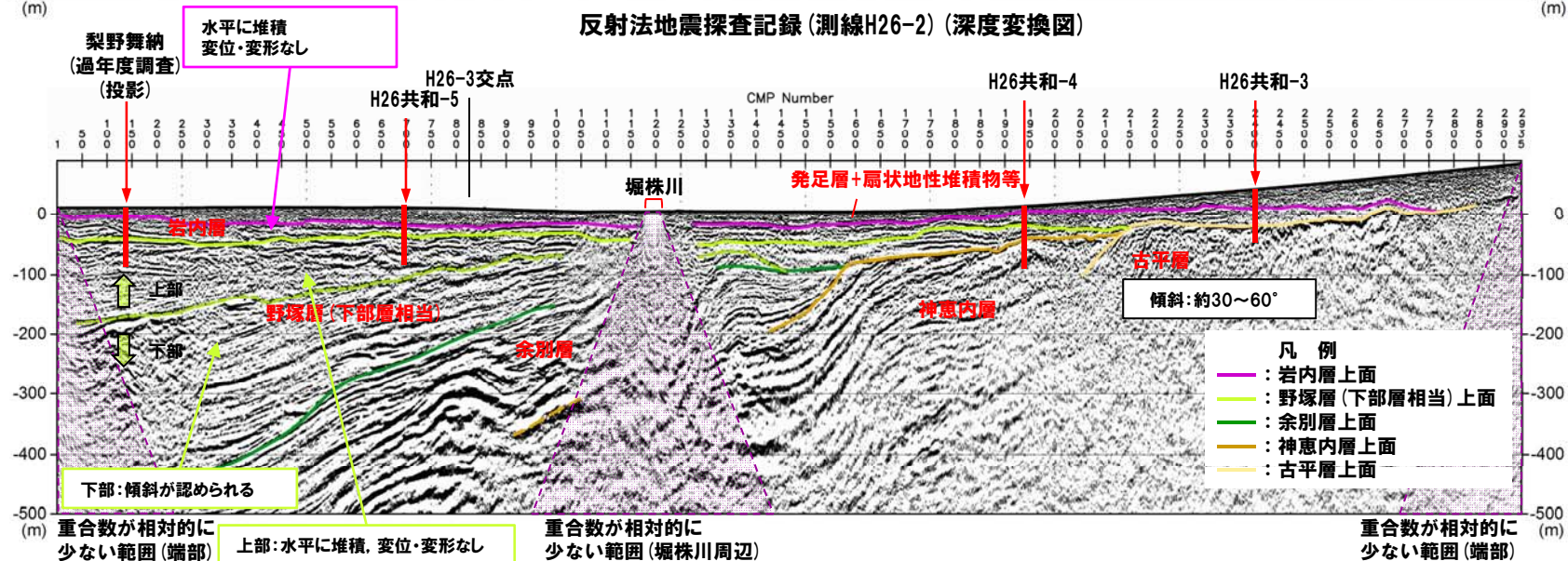
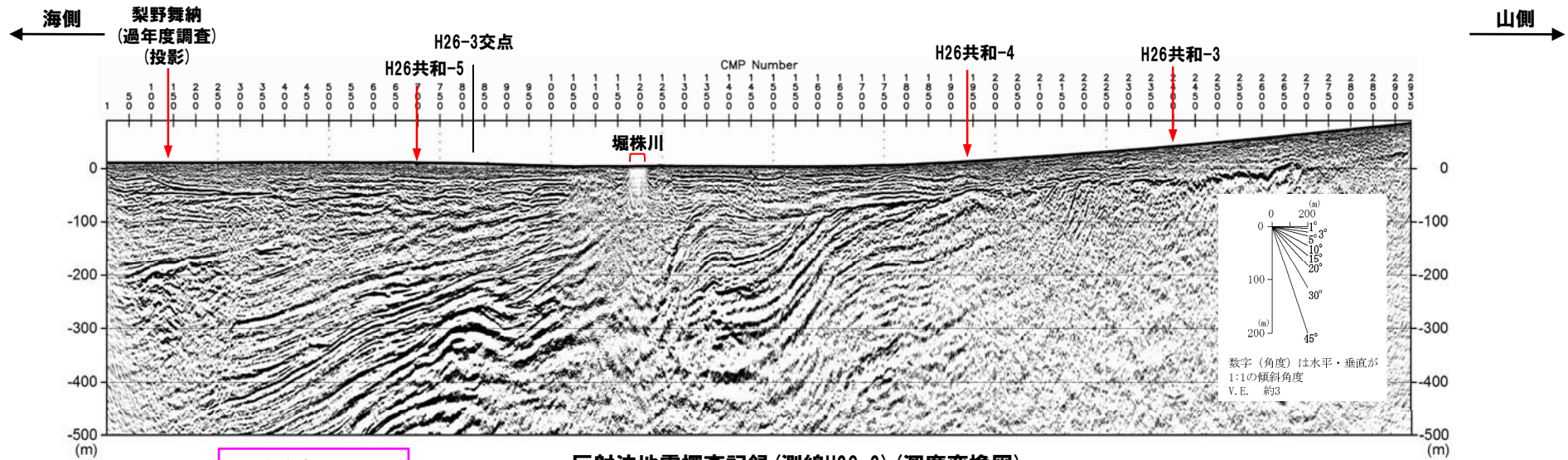
地質断面図(測線H26-3)(深度変換図)

数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

7.4 調査結果(測線H26-2, 3)

①地質・地質構造 (-2/3-)

再掲 (H27/5/29審査会合)



7.4 調査結果(測線H26-2, 3)

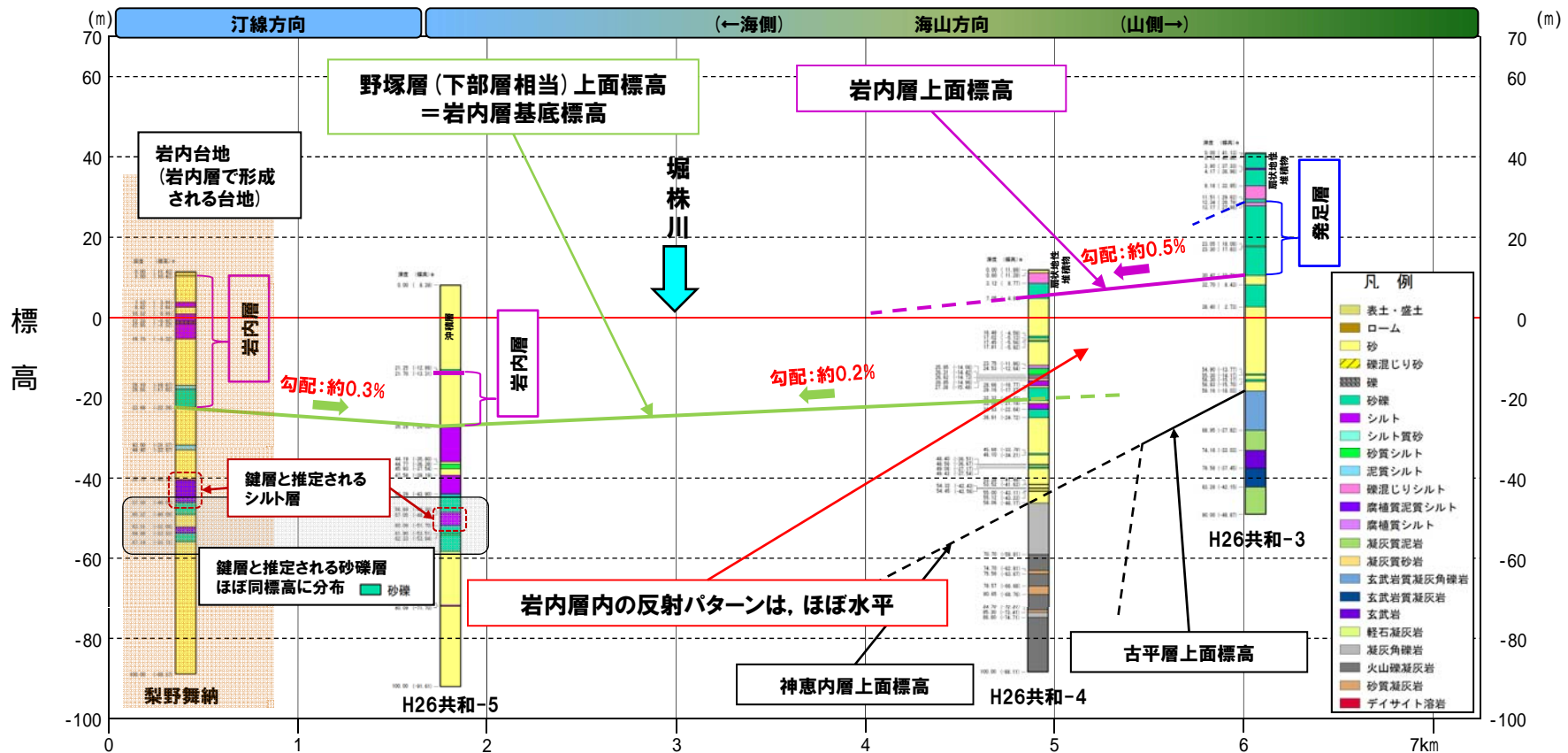
①地質・地質構造 (-3/3-)

再掲 (H27/5/29審査会合)

- 測線H26-2沿いのボーリングコアより、岩内層及び野塚層(下部層相当)の堆積状況を確認した。
- 測線H26-1沿いと比較して、ボーリング数が少ないものの、岩内層の基底及び上面標高は、現地形同様、大局的には山側から海側に向かって、緩やかに高度を下けている状況が推定される。
- 岩内層堆積以降は、山側のH26共和-3及びH26共和-4では、扇状地性堆積物(発足層含む。H26共和-4では発足層は欠層)が堆積し、海側のH26共和-5地点では、沖積層(砂層)が堆積している状況が認められる。



位置図



7.4 調査結果(測線H26-2, 3)

②まとめ

一部修正 (H27/5/29審査会合)

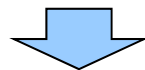
- 岩内層等の第四紀層が確認されている敷地南方の岩内平野において、測線H26-2及び測線H26-3を設定し、反射法地震探査を実施した。
- 地質層序の確認及び反射法地震探査結果との対比等を行うため、H26共和-3、H26共和-4及びH26共和-5地点においてボーリング調査を実施した。

【反射法地震探査記録】

- 測線H26-2においては、野塚層(下部層相当)の下部は、傾斜が認められるものの、上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 測線H26-3においては、野塚層(下部層相当)の下部は、緩い変形が認められるものの、野塚層(下部層相当)の上部では下部にアバットしてほぼ水平に堆積している。
- 測線H26-2及び測線H26-3においては、岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 岩内層の地質構造は、岩内平野の地表地質踏査で確認された岩内層の露頭がほぼ水平に堆積している状況と調和的である。

【ボーリング調査】

- 岩内層の基底及び上面標高は、現地形同様、大局的には山側から海側に向かって、緩やかに高度を下けている状況が推定される。



- 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。



位置図

8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【検討目的】

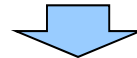
- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造を示唆する特徴(積丹半島西岸, 北・東岸において海岸地形分布高度等に差が認められる。)の有無を確認する。
- 日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域と積丹半島西岸の海岸地形を比較する。

【検討内容】

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

【検討結果】

- 積丹半島の海岸地形の分布高度は, 西岸及び北・東岸ともに同様な傾向を示し, 潮間帯より標高の高い地形の割合は20%程度である。
- 積丹半島西岸と比較し, 北・東岸は, 海岸地形の分布が少ない状況が認められる。
- 積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には, 大局的に相関関係が認められる。
- 積丹半島の海岸地形のうち, 平坦度の良いものは, 西岸及び北・東岸ともに, その多くが潮間帯以下に認められる。
- 積丹半島西岸と比較し, 北・東岸は, 海岸地形の分布が少なく, 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形には, 拡がりや連続性が認められない。
- 積丹半島の海岸地形に連続する海底地形の状況は, 西岸及び北・東岸ともに, 文献において, 海岸地形高度は小崖の比高と相関が認められるとされている状況と, 概ね調和的である。
- 積丹半島西岸と比較し, 北・東岸は, 潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所の小崖の比高が小さいものと推定される。
- 積丹半島における海食洞の分布高度は, 西岸及び北・東岸ともに, 主に6m程度以下の範囲に分布し, 最大値も同様な値を示す。
- 積丹半島西岸と比較し, 北・東岸は, 海食洞の分布が少ない状況が認められる。
- 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。
- 青森県大戸瀬周辺においては, 文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが, 当社調査結果からは, 明瞭な系統性は認められない。



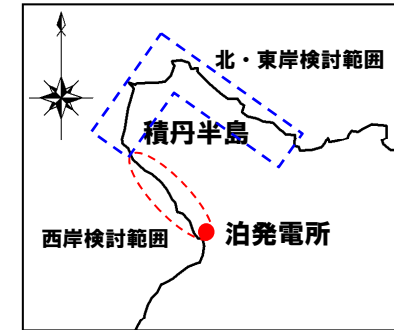
- 積丹半島の西岸及び北・東岸には, 海岸地形の分布高度, 平坦度, 海底地形状況及び海食洞の分布高度には顕著な差異は認められないが, 海岸地形の分布の多少, 海底地形における小崖の比高, 海食洞の分布の多少の観点においては, 特徴に差異が認められる。
- 積丹半島西岸の海岸地形は, 日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域のうち, 新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。
- しかし, 青森県大戸瀬周辺の検討結果を踏まえると, 海岸地形高度の系統性の有無が, 必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。

8.2 海岸地形の概要

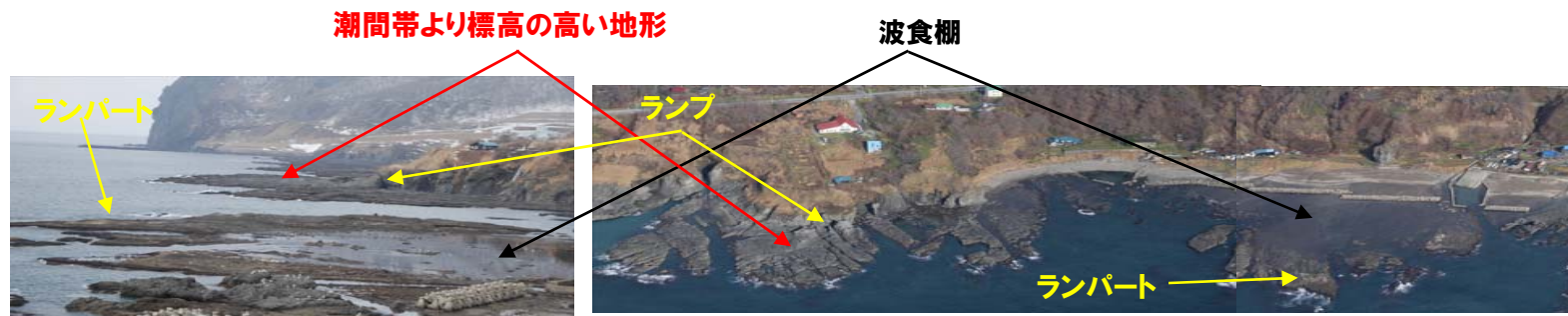
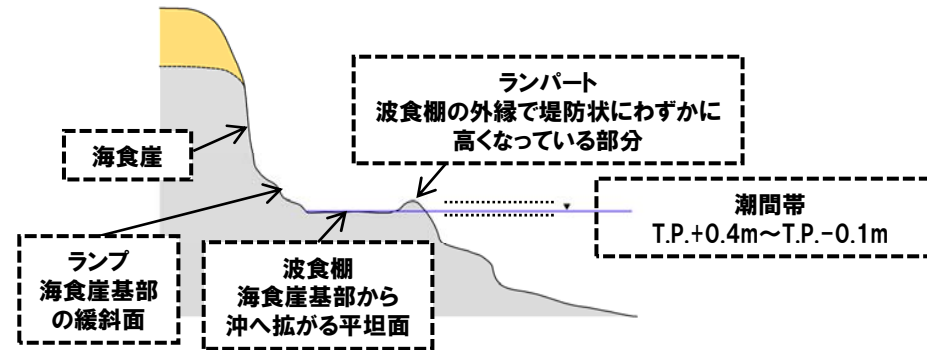
① 海岸地形及び海象

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

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



検討範囲



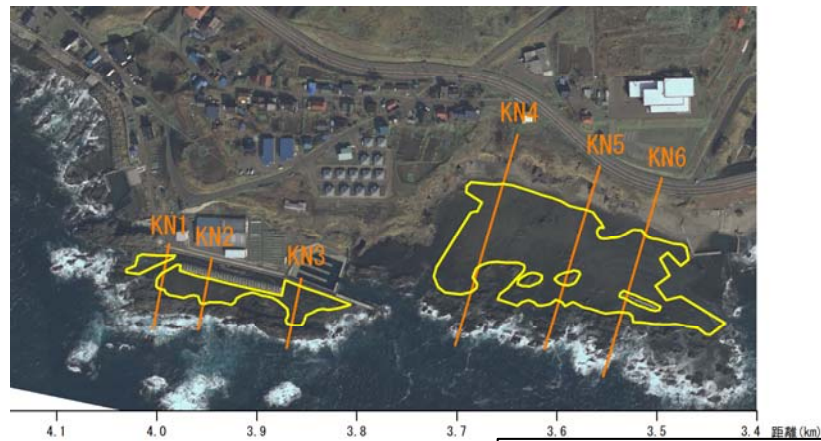
積丹半島の海岸地形状況

8.3 海岸地形高度の定量化

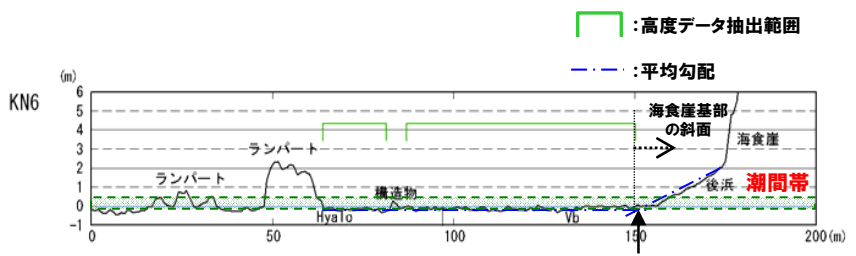
①方法

一部修正 (H26/11/28審査会合)

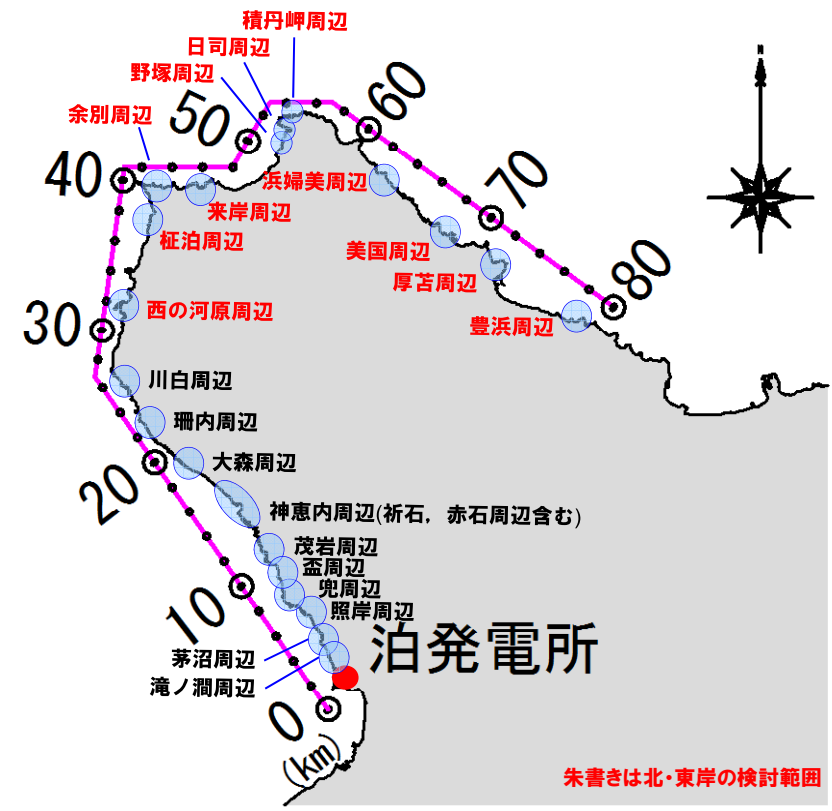
- 積丹半島の海岸地形（潮間帯付近に認められる波食棚及び潮間帯より標高の高い地形）について、高度の定量化を実施した。
- DEMデータを用いて「滝ノ潤周辺」～「豊浜周辺」における分布高度を整理した。
- データ間隔は、1m間隔である。
- 高度データは、以下の点を考慮して抽出した。
 - ・空中写真判読及び地表地質踏査により、「ランパート」、「スタック（陸地と切り離された孤立岩、又は、孤立岩ではないが尖った高まり）」、「海食崖基部の斜面」等を除外した範囲を対象とした。
 - ・「海食崖基部の斜面」は、基部周辺の平均勾配の勾配変化点までを基本とした。
- また、敷地付近の海岸地形については、発電所建設前の空中写真及び地形図から、海岸地形の高度データを抽出した（P128参照）。



抽出範囲(例)
 □ : 高度データ抽出範囲
 — : 高度データ抽出範囲の代表断面



断面図(例, KN6) 勾配変化点



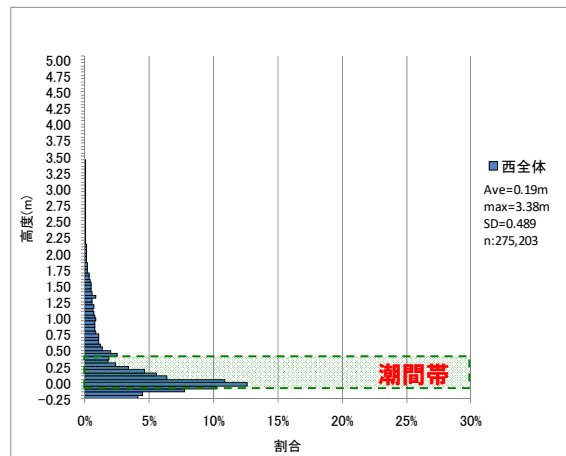
朱書きは北・東岸の検討範囲

検討範囲

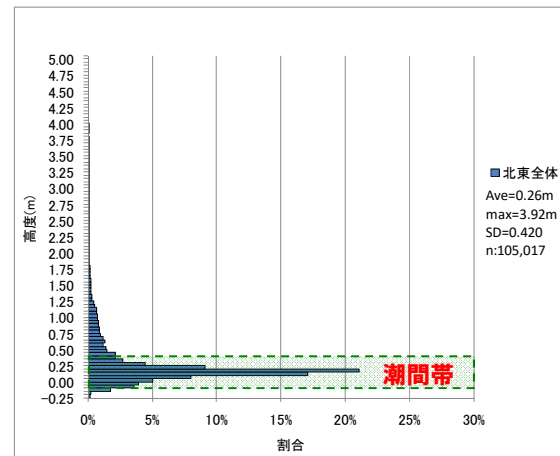
②積丹半島の海岸地形高度

一部修正 (H26/11/28審査会合)

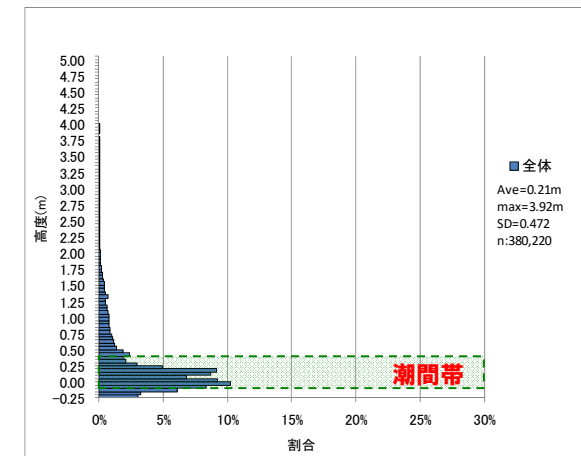
- 積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに同様な傾向を示し、潮間帯より標高の高い地形の割合は20%程度である。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海岸地形の分布が少ない状況が認められる。



積丹半島西岸高度分布
(滝ノ潤周辺～川白周辺)



積丹半島北・東岸高度分布
(西の河原周辺～豊浜周辺)



積丹半島全体高度分布
(滝ノ潤周辺～豊浜周辺)

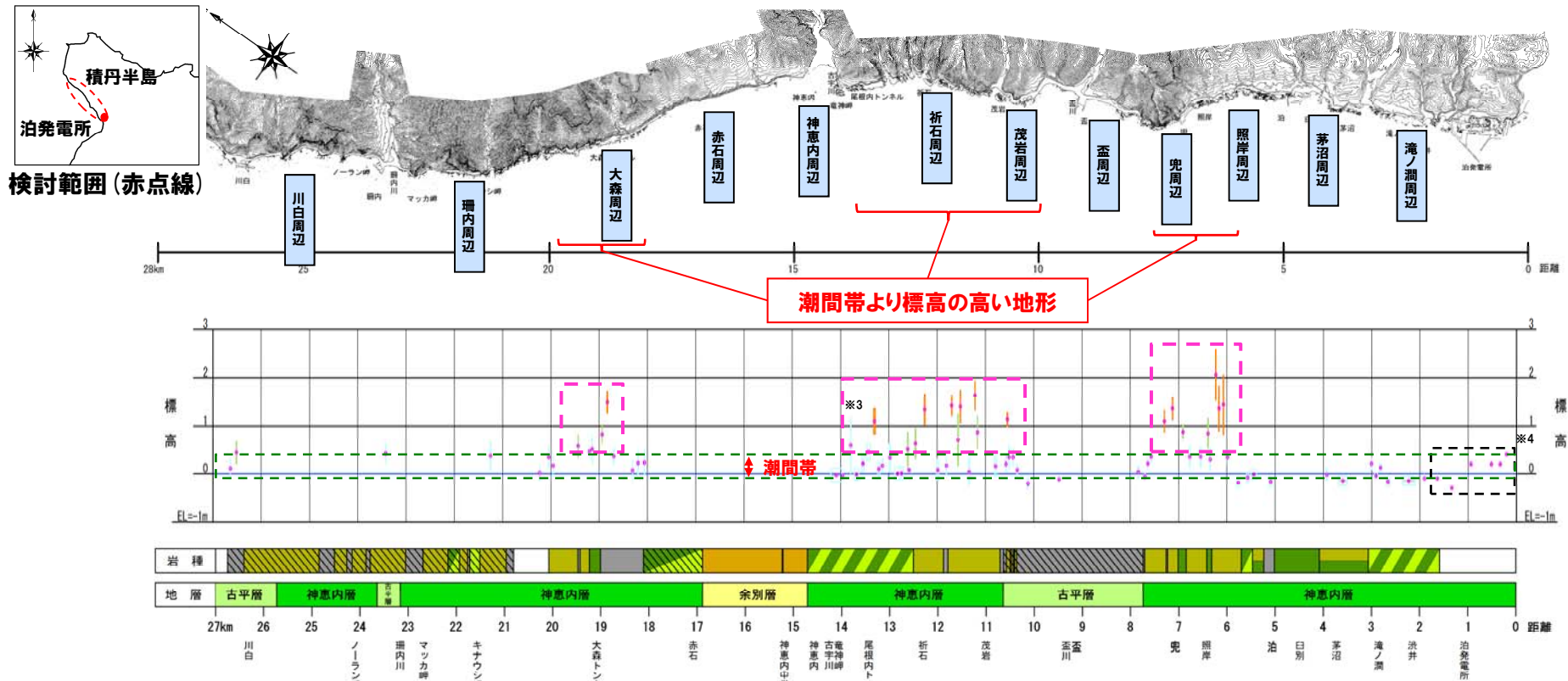
| 項目 | 西岸 | 北・東岸 | 全体 |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| 平均高度 (m) | 0.19 | 0.26 | 0.21 |
| 潮間帯より標高の高い地形の割合 (%) | 21.5 | 18.7 | 20.7 |
| 標準偏差 (m) | 0.49 | 0.42 | 0.47 |
| 母数 () 内は全体に占める割合 | 275,203 (72%) | 105,017 (28%) | 380,220 (100%) |

8.3 海岸地形高度の定量化

③ 積丹半島西岸における海岸地形高度

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

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



検討範囲 (赤点線)

凡例 (グラフ)



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

※4 敷地付近の海岸地形については、発電所建設前の空中写真及び地形図から算出した平均高度を記載している (P128参照)。

凡例 (岩種)



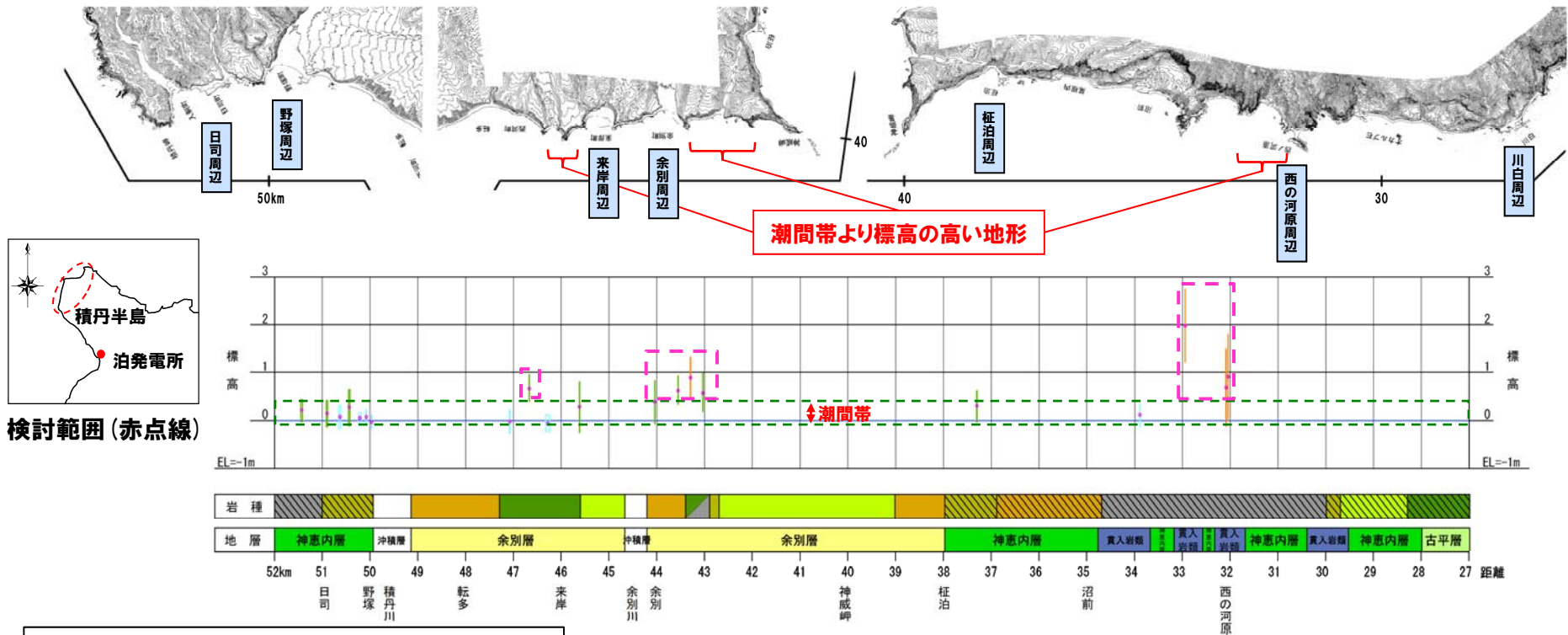
※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している。 ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。

8.3 海岸地形高度の定量化

④積丹半島北・東岸における海岸地形高度(-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

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



凡例 (岩種)

| | | | |
|---|--|---|--|
| : 溶岩類 (溶岩, 貫入岩, 自壊砕状溶岩) | : ハイアロクラスタイト (Hyalo) | : 火山角礫岩 (Vb) | : 凝灰角礫岩 (Tb) ~ 火山機凝灰岩 (Lt) |
| : 互層 | : VB~Tb, Lt | : 上位層 (Hyalo), 下位層 (Vb) | : 変質 (alt) |
| : 堆積岩類 (砂岩・泥岩他) | | | |

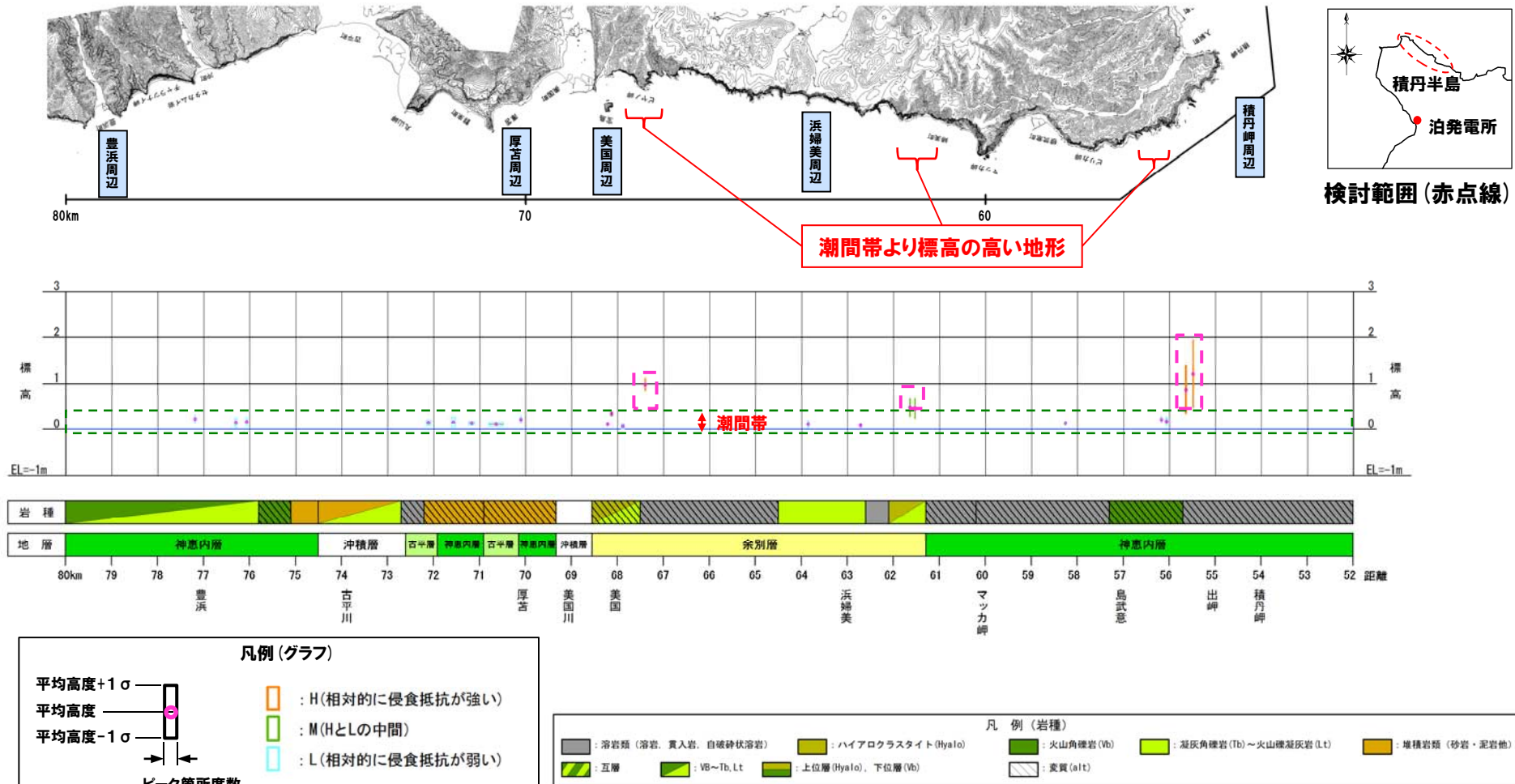
※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している。 ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。

8.3 海岸地形高度の定量化

④積丹半島北・東岸における海岸地形高度 (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

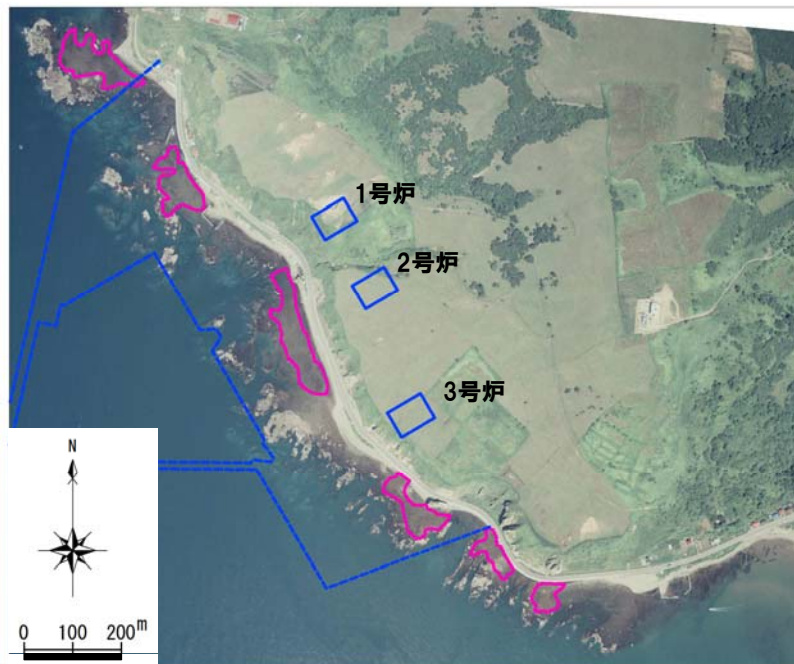
- DEMデータによる海岸地形高度と岩種・岩相の関係を確認した。
- 潮間帯より標高の高い地形は、概ね相対的に侵食抵抗が強い岩種・岩相が分布する箇所に認められる。
- 積丹半島北・東岸の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には、大局的に相関関係が認められる。



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

⑤敷地付近の海岸地形

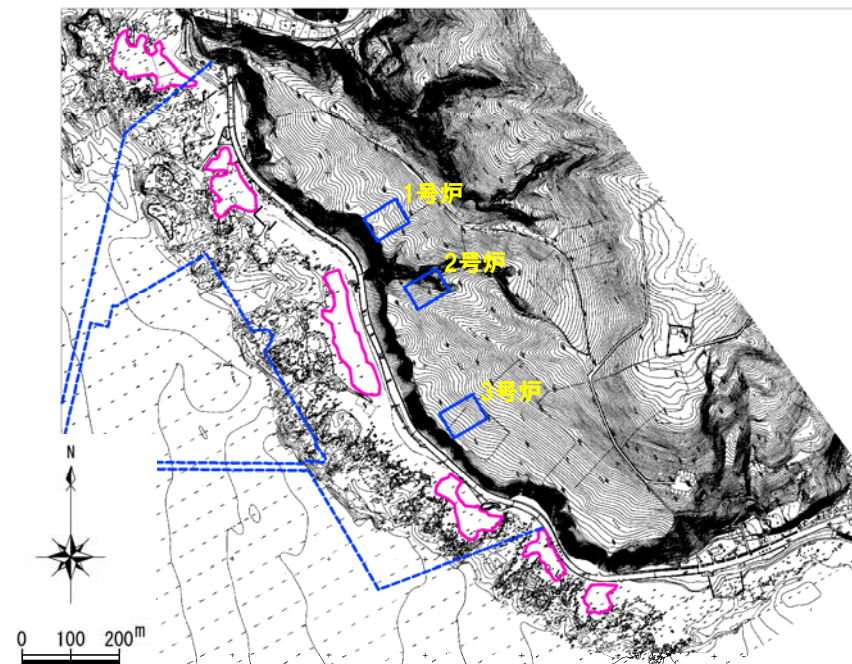
- 敷地付近の海岸地形について、発電所建設前の空中写真及び地形図から、海岸地形の高度データを抽出した。
- 海岸地形の範囲は、「滝ノ澗周辺」～「豊浜周辺」と同様に以下の点を考慮して抽出した。
 - ・空中写真判読により、「ランパート」、「スタック（陸地と切り離された孤立岩、又は、孤立岩ではないが尖った高まり）」、「海食崖基部の斜面」等を除外した範囲を対象とした。
 - ・「海食崖基部の斜面」は、基部周辺の平均勾配の勾配変化点までを基本とした。
- 海岸地形の高度は、地形図中の海岸地形抽出範囲に記載された標高値（0.1m単位）を平均して算出した（0.1m単位）。
- 敷地付近の海岸地形は、敷地の地質調査結果から、凝灰角礫岩が分布していたと考えられる。
- 抽出された敷地付近の海岸地形の平均高度は、概ね潮間帯であることから、隣接する滝ノ澗周辺と同様に、波食棚を形成していたと考えられる。



□：海岸地形抽出範囲

発電所建設前の空中写真

(国土地理院撮影の空中写真(1974年～1978年撮影)に加筆)



□：海岸地形抽出範囲

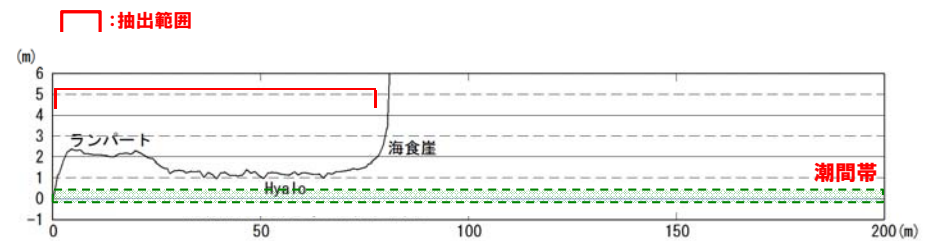
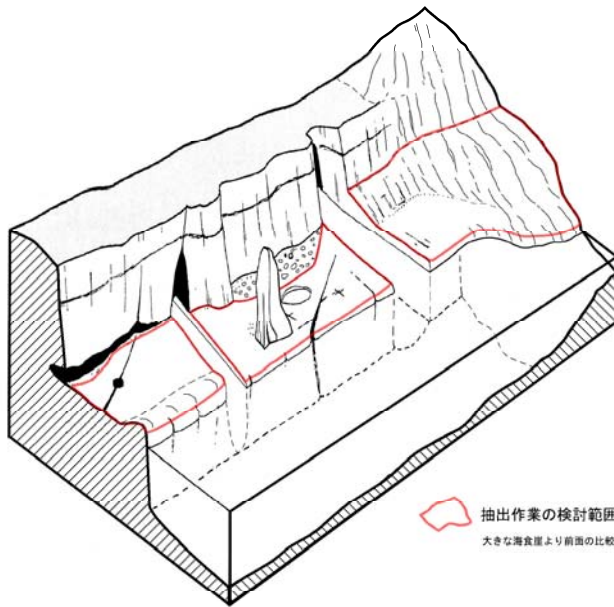
発電所建設前の地形図

(当社航空測量により作成)

① 高度データ抽出範囲

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 海岸地形の平坦度について検討するため、高度データを抽出した。
- 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、「波食棚前縁のランパート～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

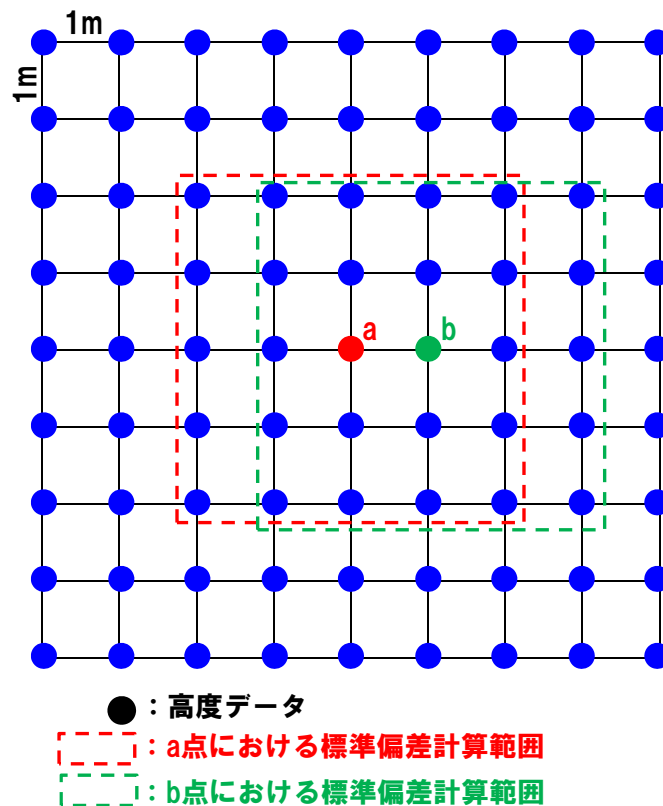
抽出範囲模式図 (Sunamura, 1992に加筆)

8.4 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 (DEMデータ) の模式図

【DEMデータの作成】

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

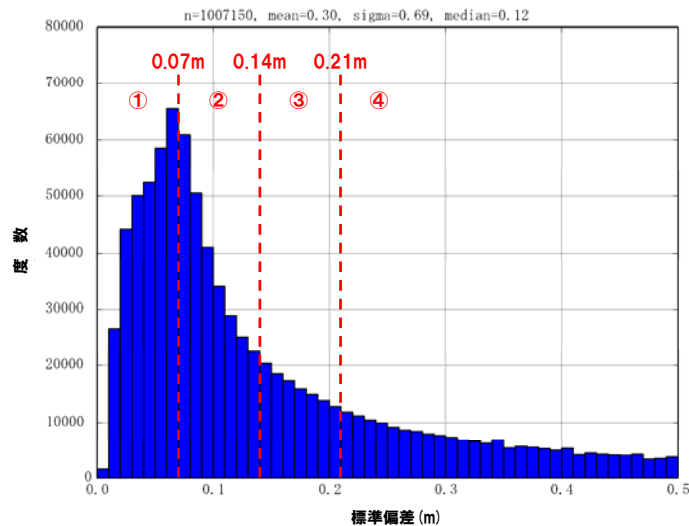
* 国土交通省 (2016) 「作業規則の準則」によれば、欠測率は各格子間隔が1mを超える場合は10%以下、1m以下の場合は15%以下を標準とするとされている。

8.4 海岸地形の平坦度

③平坦度の閾値

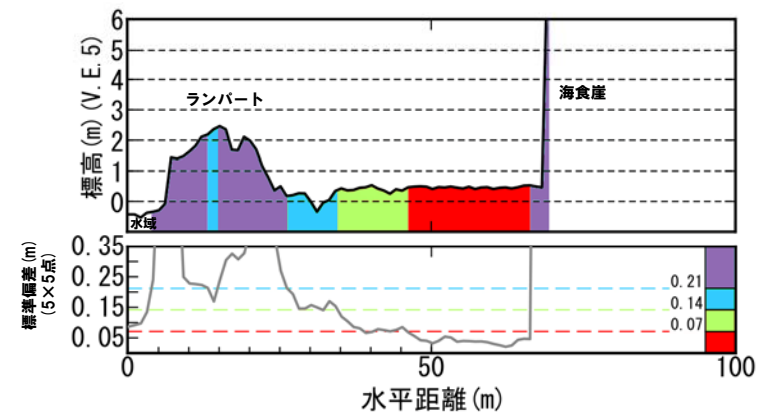
一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 「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、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 ≤ 0.07 m: 平坦度が良い(赤色)
 - ② 0.07 m $<$ 標準偏差 ≤ 0.14 m: 平坦度がやや良い(緑色)
 - ③ 0.14 m $<$ 標準偏差 ≤ 0.21 m: 平坦度がやや悪い(水色)
 - ④標準偏差 > 0.21 m: 平坦度が悪い(紫色)
- 海岸地形分布高度の図化に当たっては、汀線方向の断面図に高度データを投影することとし、その際に、「平坦度」に応じて上記のとおり色分けを行った。



各点で求めた標準偏差のヒストグラム

閾値毎の色見本



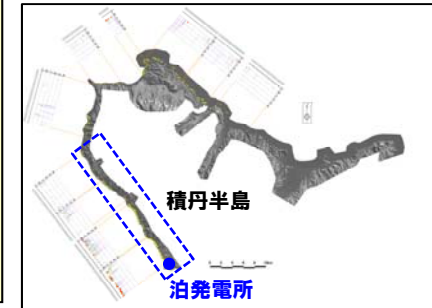
海岸地形断面における平坦度区分の例

8.4 海岸地形の平坦度

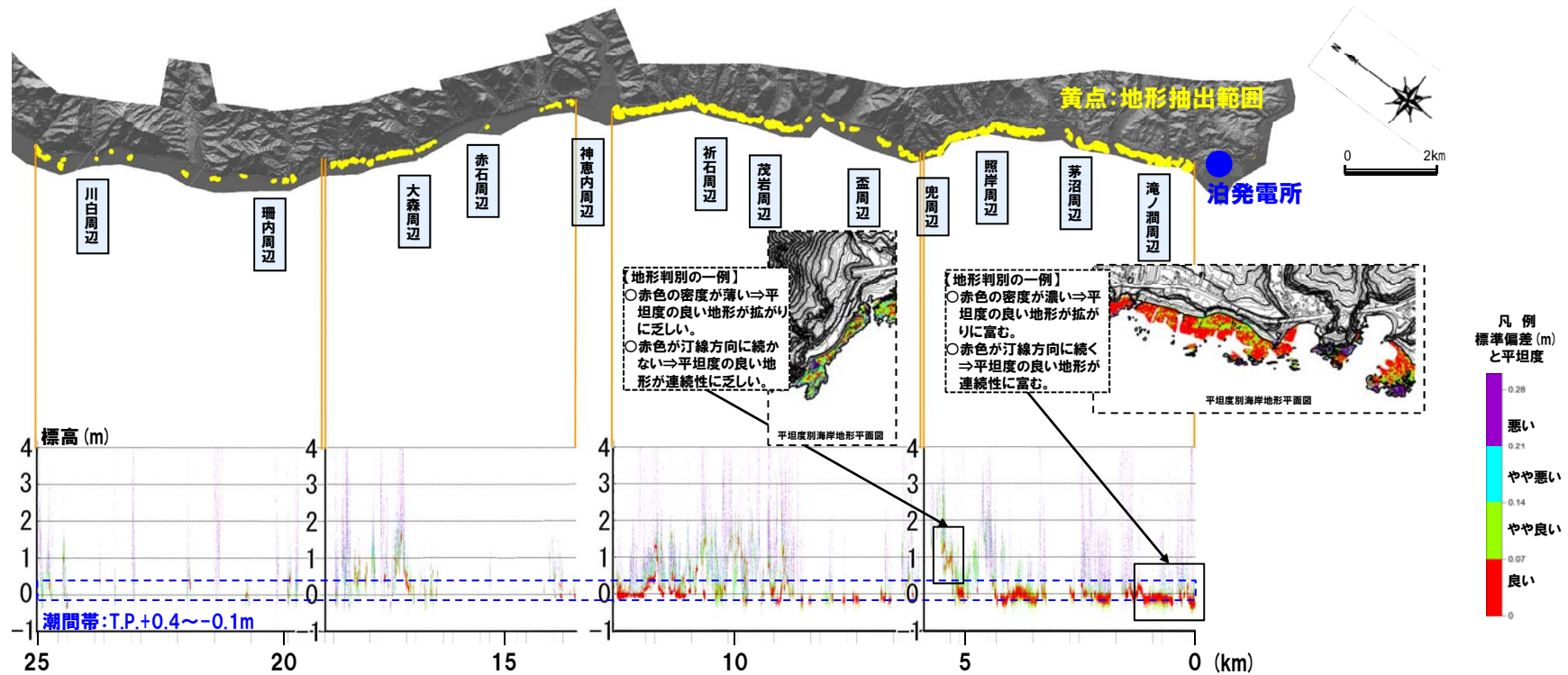
④-1 検討結果 (全体:積丹半島西岸)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 積丹半島西岸の海岸地形分布高度を整理した(詳細については、資料集P11~P14参照)。
- 平坦度の良い海岸地形(赤色凡例)は、その多くが潮間帯以下に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い微地形は、拡がりや連続性に乏しく分布高度にもばらつきが認められる。
- 当該範囲には、相対的に侵食抵抗が強いLava, Hyalo等が分布する。
- 当該範囲の海岸地形は、大局的には、平坦度が悪いものと考えられる。



検討範囲図



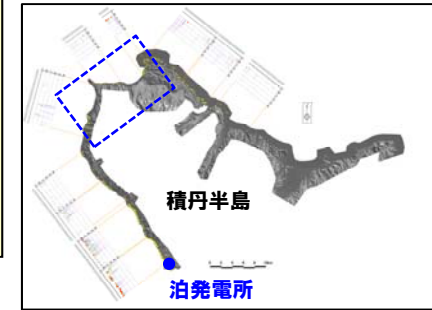
汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

8.4 海岸地形の平坦度

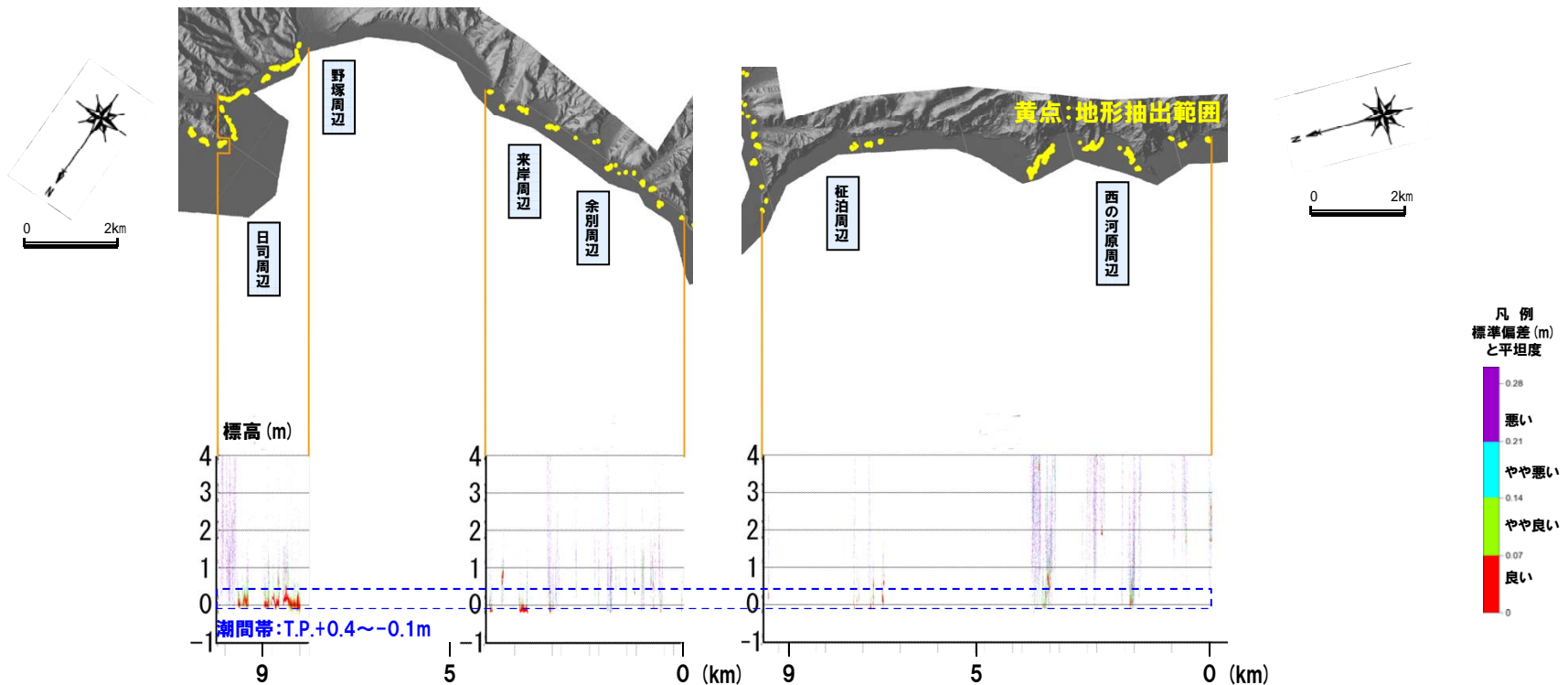
④-2 検討結果 (全体:積丹半島北・東岸) (-1/2-)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 積丹半島北・東岸の海岸地形分布高度を整理した(詳細については、資料集P15~P24参照)。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海岸地形の分布が少ない状況が認められる。
- 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には、拡がりや連続性が認められない。
- 当該範囲には、相対的に侵食抵抗が強いLava等が分布する。
- 当該範囲の海岸地形は、大局的には、平坦度が悪いものと考えられる。



検討範囲図



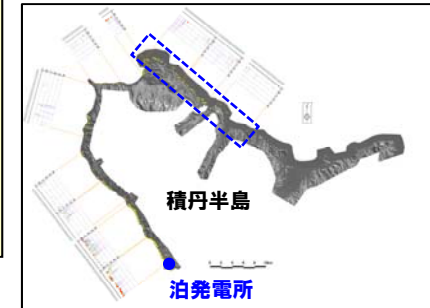
汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

8.4 海岸地形の平坦度

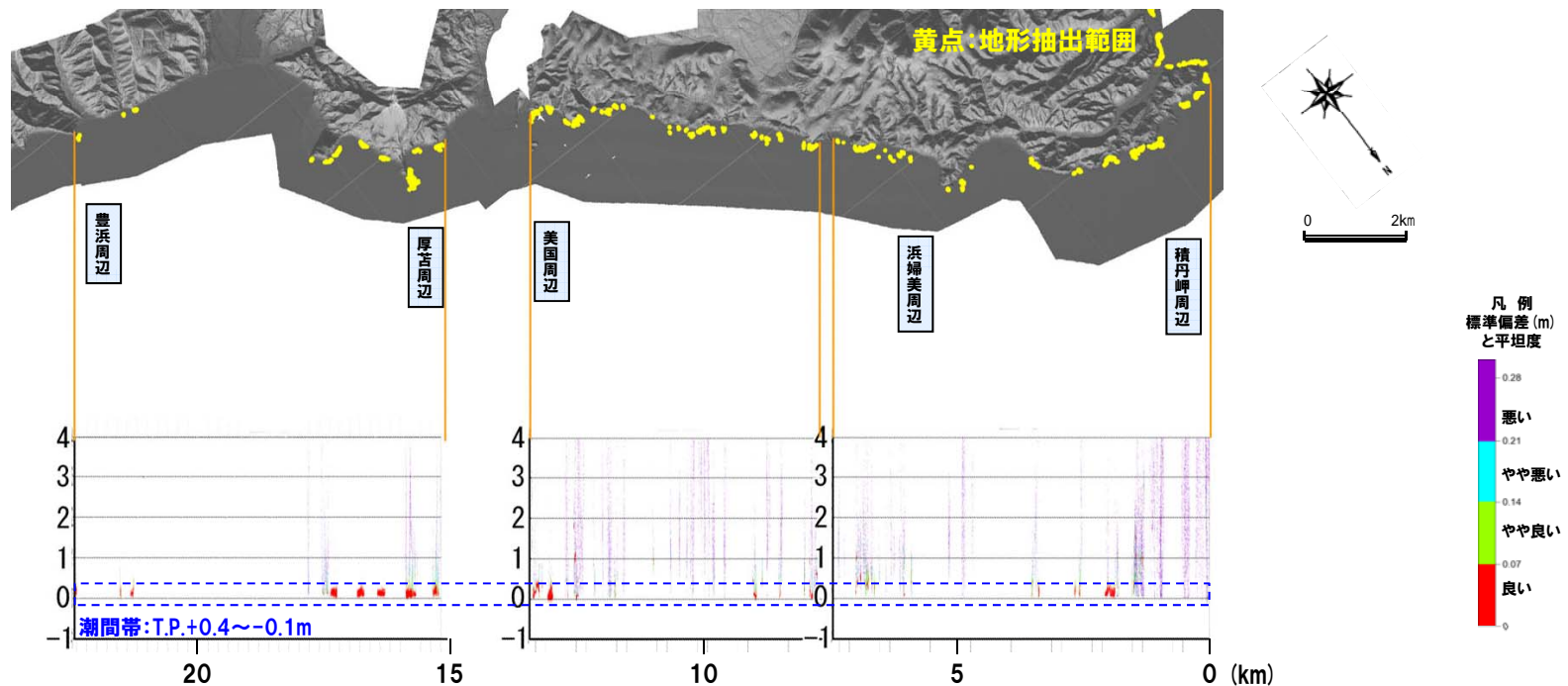
④-2 検討結果 (全体:積丹半島北・東岸) (-2/2-)

一部修正 (H28/9/30審査会合)

- 積丹半島北・東岸の海岸地形分布高度を整理した(詳細については,資料集P15~P24参照)。
- 積丹半島西岸と比較し,北・東岸は,海岸地形の分布が少ない状況が認められる。
- 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には,拡がりや連続性が認められない。
- 当該範囲には,相対的に侵食抵抗が強いLavaが分布する。
- 当該範囲の海岸地形は,大局的には,平坦度が悪いものと考えられる。



検討範囲図



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

余白

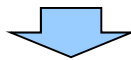
① 積丹半島の海底地形状況 (まとめ) (-1/2-)

一部修正 (H28/10/21 審査会合)

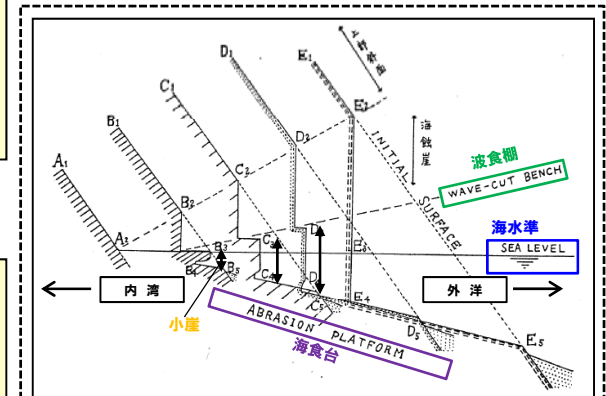
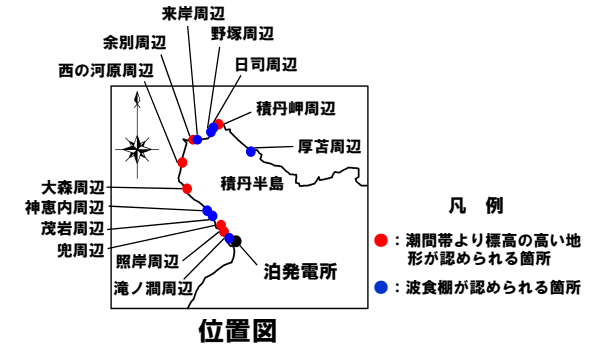
- 積丹半島の海岸地形に連続する海底地形の状況について検討するため、潮間帯より標高の高い地形及び波食棚の前面の海底地形について地形断面図を作成した。
- 地形断面図の作成においては、陸域は当社DEMデータ、海域は各地域の漁場図又は当社深淺測量図を用いた。
- 地形断面図作成箇所は、漁場図等が入手可能な地点のうち、海岸地形が多く認められる箇所から選定した (選定箇所はP138~P140参照、各断面図は資料集P26~P63参照)。

【結果】

- 積丹半島の海岸地形に連続する海底地形は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所と波食棚が認められる箇所では、概ね前者の方が推定される小崖の比高が大きく、豊島 (1967) における海岸縦断面発達模式図 (右図) の外洋側の状況を呈する。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所において推定される小崖の比高が小さい傾向を示す。



- 積丹半島の海岸地形に連続する海底地形の状況は、西岸及び北・東岸ともに、文献において、海岸地形高度は小崖の比高と相関が認められるとされている状況と、概ね調和的である。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所の小崖の比高が小さいものと推定される。



内湾から外洋にむかう海岸縦断面発達の様式図※ (豊島, 1967に加筆)

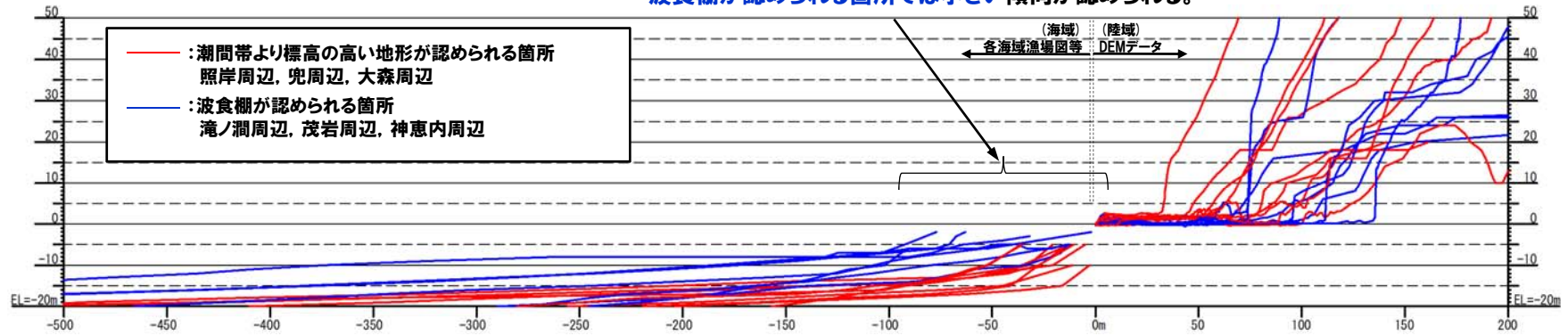
※A₁-A₂断面は内湾側~E₁-E₅断面は外洋側の縦断面を示す。

○ 豊島 (1967) によれば、内湾から外洋にかけて、海食崖や波食棚の高度は次第に大となり、海食台の外縁の水深も大となるとされており、様式図 (上図) では、小崖の比高も次第に大になる状況が図示されている。

① 積丹半島の海底地形状況 (まとめ) (-2/2-)

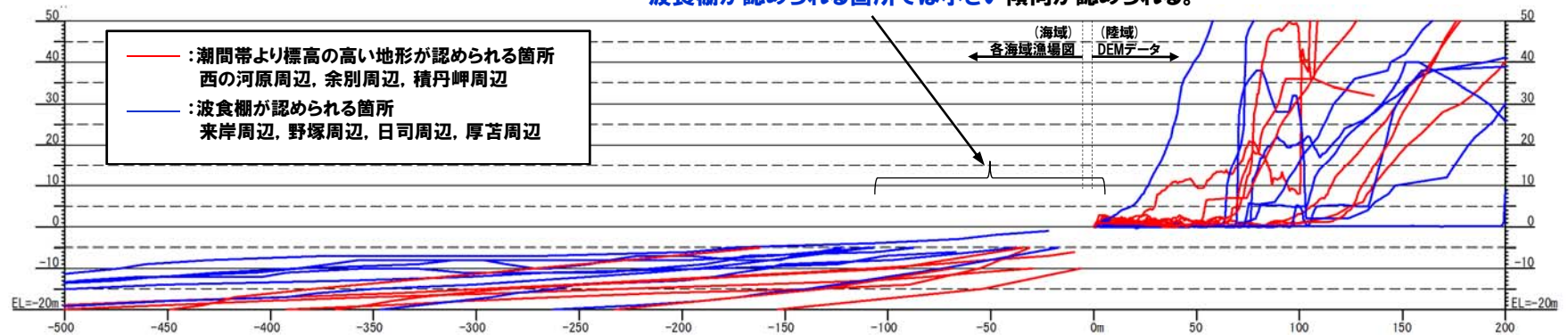
一部修正 (H28/10/21 審査会合)

推定される小崖の比高は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所では大きく、
波食棚が認められる箇所では小さい傾向が認められる。



積丹半島西岸における地形断面図

推定される小崖の比高は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所では大きく、
波食棚が認められる箇所では小さい傾向が認められる。



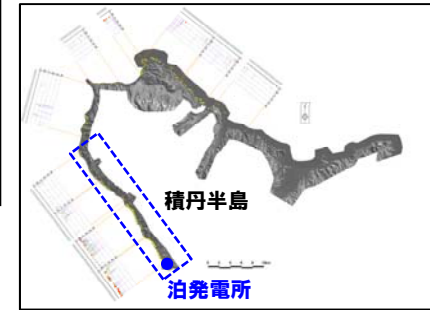
積丹半島北・東岸における地形断面図

8.5 海底地形状況

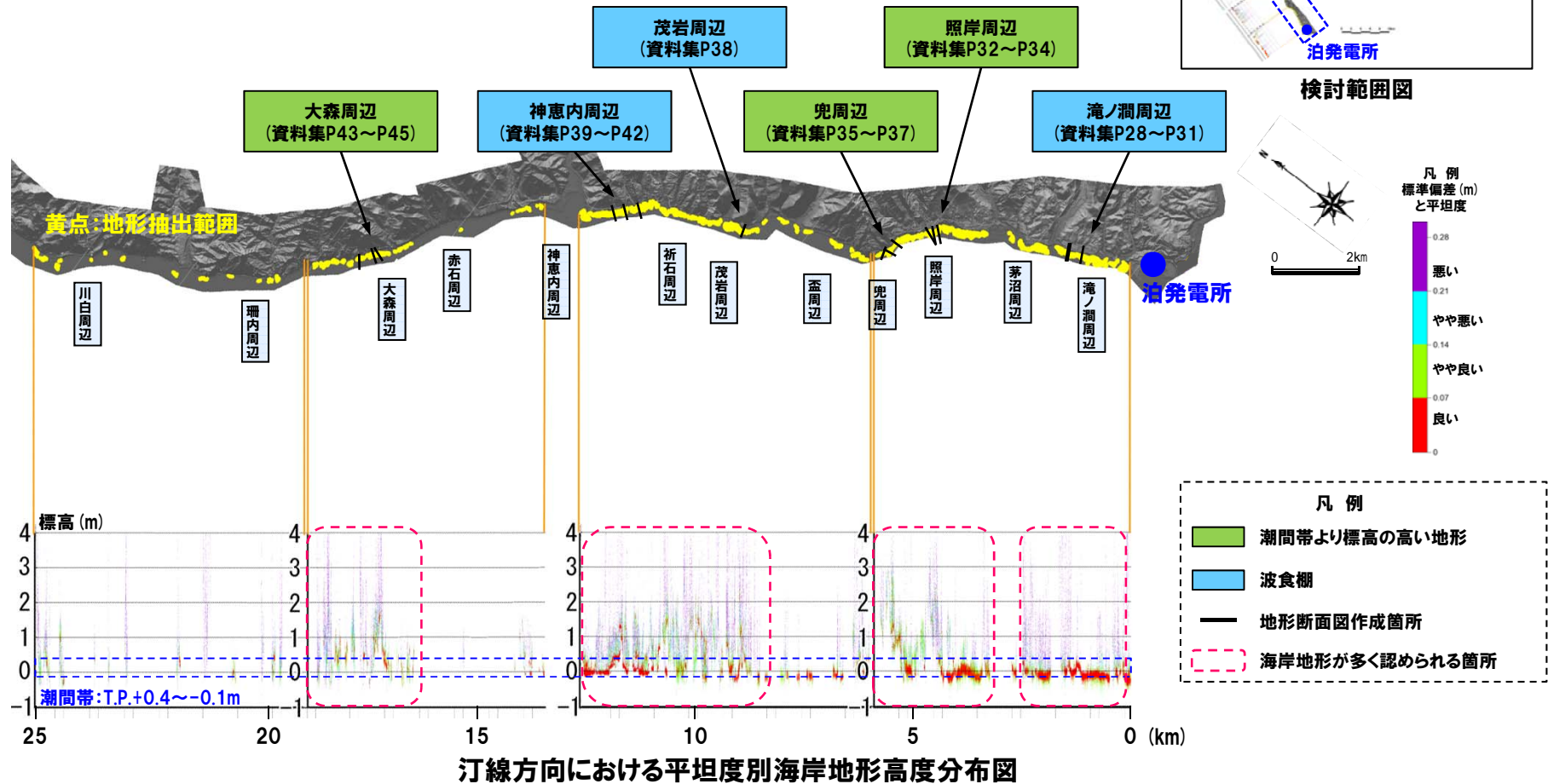
②海底地形状況の検討箇所(積丹半島西岸)

一部修正 (H28/10/21審査会合)

- 積丹半島西岸の海岸地形に連続する海底地形の状況について検討するため、下図に示す潮間帯より標高の高い地形及び波食棚の前面の海底地形について地形断面図を作成した。
- 地形断面図作成箇所は、漁場図等が入手可能な地点のうち、海岸地形が多く認められる箇所から選定した(各断面図については資料集P27~P45参照)。
- 地形断面図は、概ね汀線と直交する方向で作成した。



検討範囲図

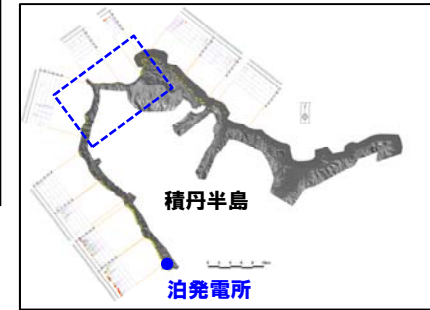


8.5 海底地形状況

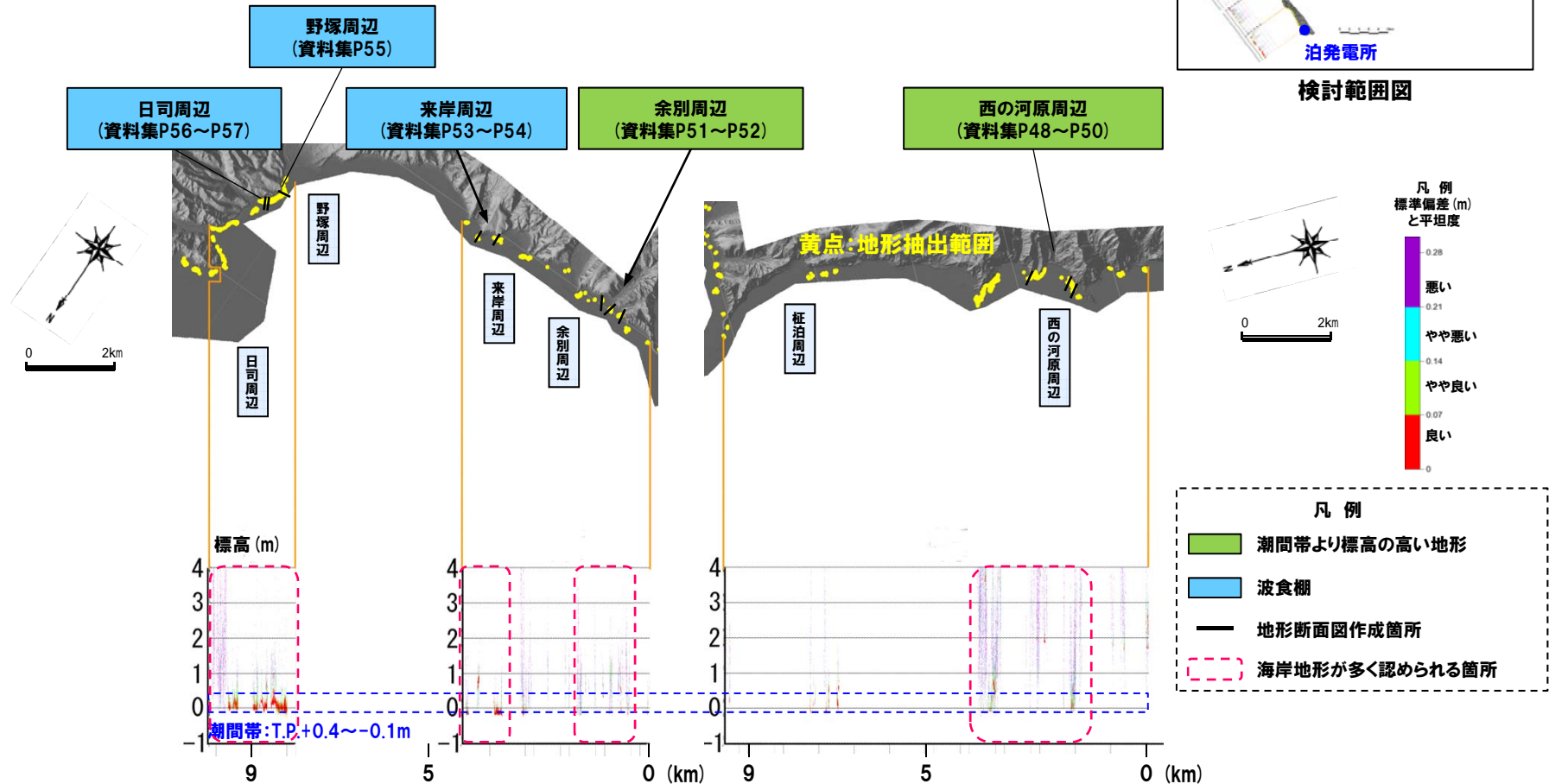
③海底地形状況の検討箇所(積丹半島北・東岸)(-1/2-)

一部修正(H28/10/21審査会合)

- 積丹半島北・東岸の海岸地形に連続する海底地形の状況について検討するため、下図に示す潮間帯より標高の高い地形及び波食棚の前面の海底地形について地形断面図を作成した。
- 地形断面図作成箇所は、漁場図が入手可能な地点のうち、海岸地形が多く認められる箇所から選定した(各断面図については資料集P46~P63参照)。
- 地形断面図は、概ね汀線と直交する方向で作成した。



検討範囲図



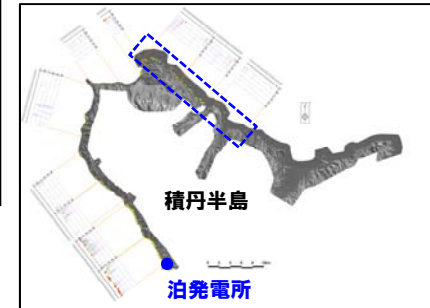
汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

8.5 海底地形状況

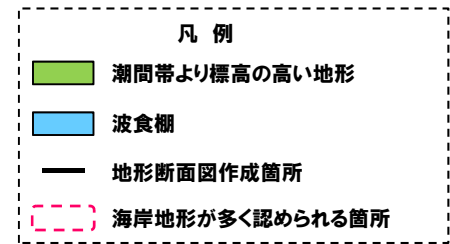
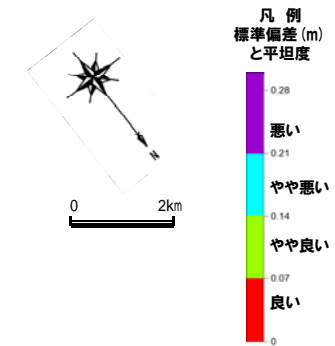
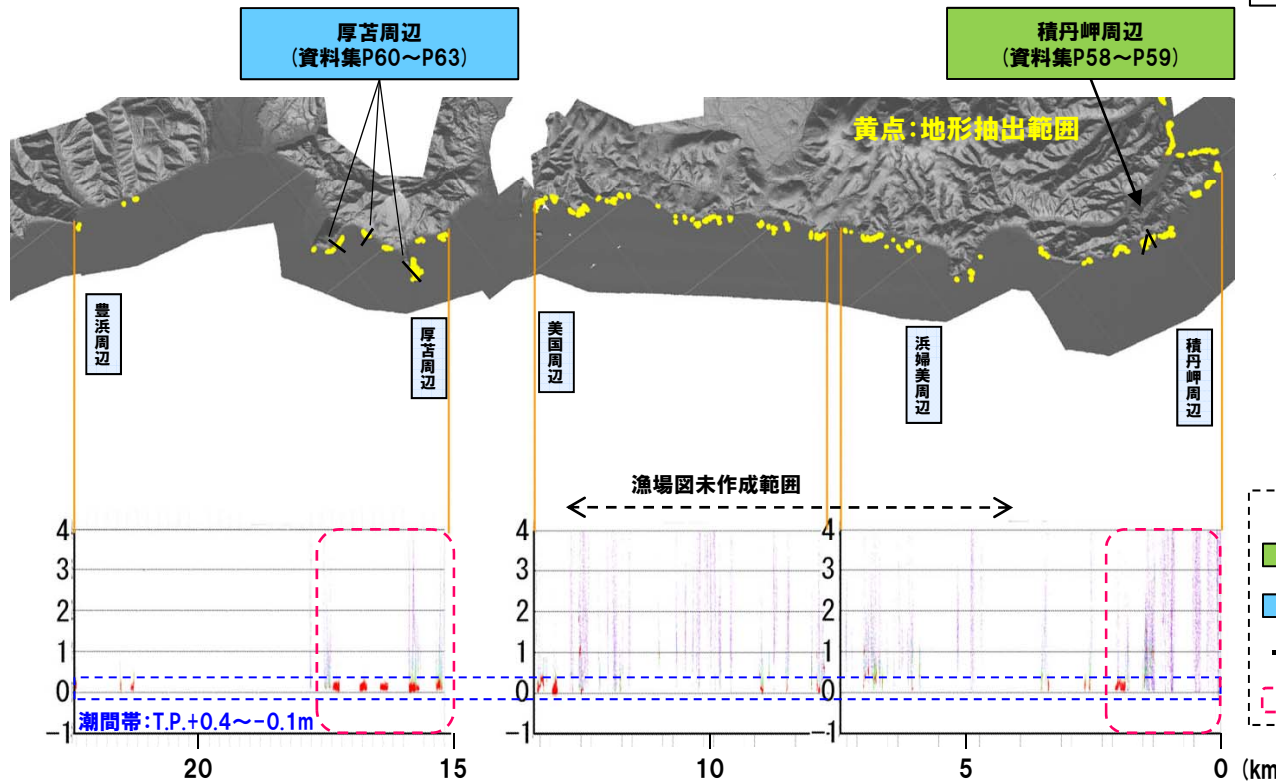
③海底地形状況の検討箇所(積丹半島北・東岸)(-2/2-)

一部修正(H28/10/21審査会合)

- 積丹半島北・東岸の海岸地形に連続する海底地形の状況について検討するため、下図に示す潮間帯より標高の高い地形及び波食棚の前面の海底地形について地形断面図を作成した。
- 地形断面図作成箇所は、漁場図が入手可能な地点のうち、海岸地形が多く認められる箇所から選定した(各断面図については資料集P46~P63参照)。
- 地形断面図は、概ね汀線と直交する方向で作成した。



検討範囲図



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

余白

8.6 海食洞の分布状況

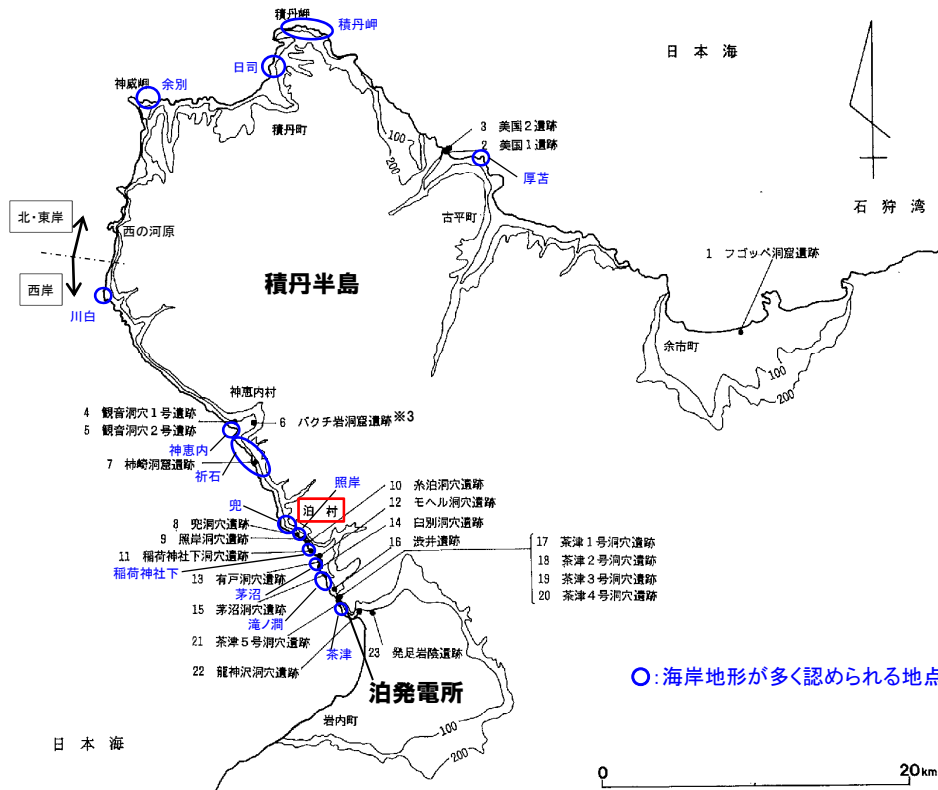
① 調査範囲

一部修正 (H28/10/21 審査会合)

- 積丹半島の海岸地形の周囲に分布する海食洞の状況を確認するため、地表地質踏査を実施した。
- 調査対象範囲は、海岸地形が多く認められる地点とした。
- また、右代ほか(1992)に示される洞窟・岩陰遺跡※¹(以降、海食洞という。)についても調査対象とした。
- なお、右代ほか(1992)に示される海食洞のうち、泊村に位置するものについては、高橋ほか(2003)※²も参考にした。

※¹ 右代ほか(1992)によれば、日本海沿岸には洞窟・岩陰遺跡が数多く存在し、そのうち積丹半島には下図及び右表に示す23遺跡が認められるとされている。
 ※² 高橋ほか(2003)は、右代ほか(1992)に示される海食洞のうち、泊村に位置する海食洞とその周辺の踏査を行い、洞窟遺跡の位置の確認と現状の簡単な計測を行っている。

積丹半島の洞窟・岩陰遺跡諸元 (右代ほか, 1992より作成)



積丹半島の洞窟・岩陰遺跡分布及び海食洞の調査範囲 (右代ほか, 1992に加筆)

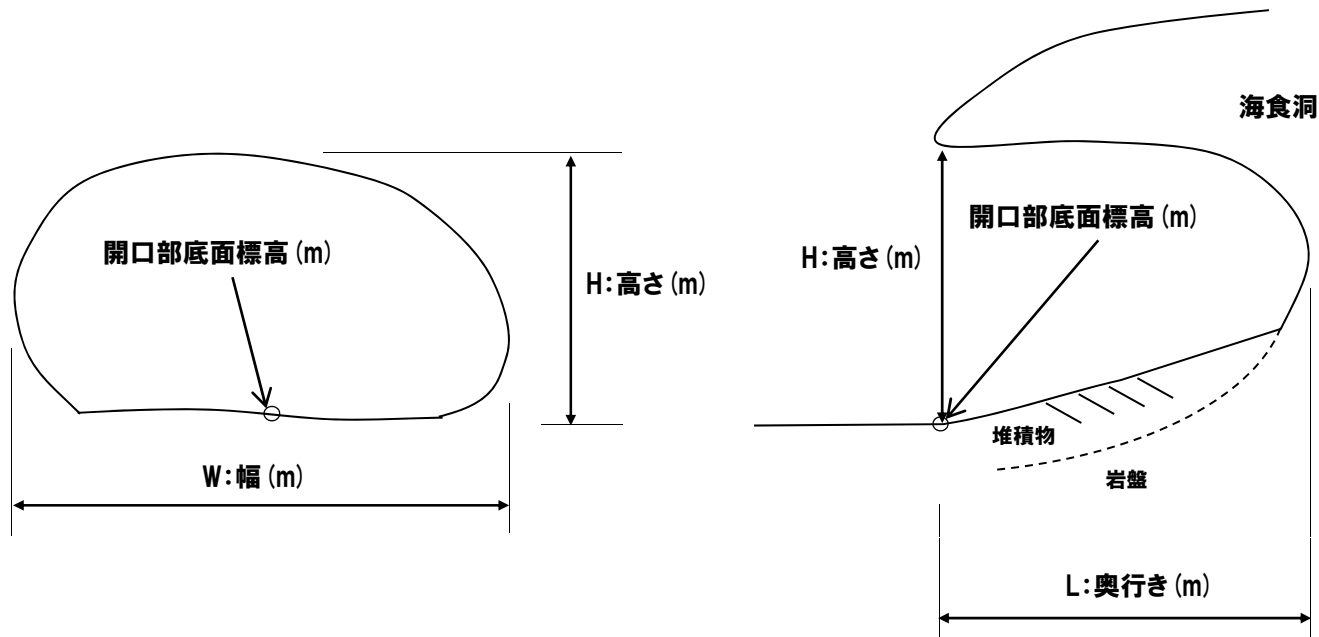
| 遺跡名 | 所在地 | 主体となる文化期 | 標高 | 推定される基底高度 | 海岸までの距離 | 洞窟の規模 (W×L×H) |
|---------------------|------|-----------------------|------|-----------|---------|---------------------------------------|
| フゴッペ洞窟 | 余市町 | 縄縄文、擦文 | 4.6m | 0.9m | 215m | 6m×15m×7m |
| 美国1 | 積丹町 | 縄文晩期
縄縄文、擦文 | 3.5m | — | 50m | 20m×15m×— |
| 美国2 | 積丹町 | 縄縄文 | 4.0m | — | 50m | — |
| 観音洞穴1号 | 神恵内村 | 縄文後・晩期、縄縄文
擦文、中・近世 | 5.0m | 2.4m | 30m | 7m×5m×— |
| 観音洞穴2号 | 神恵内村 | 縄文後・晩期、縄縄文
擦文、中・近世 | 5.0m | 2.5m | 35m | 5m×8m×4m |
| バクチ岩 ※ ³ | 神恵内村 | 縄縄文 | 50m | — | 800m | 2m×7m×— |
| 柿崎洞窟 | 神恵内村 | 擦文? | 3.0m | — | 20m | — |
| 兜洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 2.0m | — | 25m | 7m×13m×8m |
| 照岸洞穴 | 泊村 | 縄文後・晩期
縄縄文、擦文 | 4.0m | 2.5m | 60m | 15m×5m×4m |
| 糸泊洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 5.0m | — | 50m | 8m×4m×3m |
| 稲荷神社下洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 3.0m | — | 5m | 8m×3m×2m
1.5m×4m×5m |
| モヘル洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 20m | — | 80m | — |
| 有戸洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 20m | — | 40m | — |
| 白別洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 20m | — | 40m | 3m×8m×2m |
| 茅沼洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 2.0m | — | 8m | — |
| 洗井 | 泊村 | 時期不明 | 20m | — | 110m | — |
| 茶津1号洞穴 | 泊村 | 縄文晩・後期
縄縄文、擦文 | 5.2m | 3.7m | 22m | 3.7m×7.3m×3m
(27m ²) |
| 茶津2号洞穴 | 泊村 | 縄文晩・後期
縄縄文、擦文 | 5.4m | 4.2m | 25m | 6m×4.6m×4m
(25m ²) |
| 茶津3号洞穴 | 泊村 | 縄縄文 | 5.6m | 4.4m | 30m | 1.8m×3m×5m
(5.4m ²) |
| 茶津4号洞穴 | 泊村 | 縄縄文 | 8m | 4.5m | 56m | 8.2m×7.6m×5m
(49.2m ²) |
| 茶津5号洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 20m | — | 25m | 6m×2m×— |
| 龍神沢洞穴 | 泊村 | 時期不明 | 16m | — | 500m | 6m×2m×— |
| 発足岩陰 | 共和町 | 縄文後・晩期
縄縄文、擦文 | 9.0m | 4.0m | 70m | 8m×5m×2.5m |

※³「標高」及び「海岸までの距離」が他の海食洞と著しく異なることから、調査対象外とした。

②調査方法

一部修正 (H28/10/21 審査会合)

- 確認された海食洞について、岩種・岩相及び底面の状況確認を行うとともに、開口部底面標高及び規模の計測を実施した。
- 開口部底面標高は、開口部底面において、GNSS受信機及びレーザー距離計を用いて計測した。
- 規模は、開口部位置における幅 (W) 及び高さ (H) 並びに開口部位置から海食洞最奥部までの奥行き (L) を計測した。



標高及び規模の計測位置模式図

8.6 海食洞の分布状況

③調査結果及び考察 (-1/4-)

【調査結果】

○海食洞の調査結果一覧表をP150～P154に示す(各海食洞の詳細については、資料集P65～P173参照)。

(分布状況)

- 調査範囲において、西岸(茶津～川白)では71箇所、北・東岸(西の河原～余市)では14箇所、合計85箇所の海食洞が認められる。
- 川白周辺及び厚苦周辺では認められない。
- 右代ほか(1992)に示される海食洞については、高橋(2003)に示される位置も参考にしたが、西岸のモヘル洞穴、有戸洞穴、渋井洞穴及び茶津5号洞穴並びに北・東岸の美国2の5箇所については、改変等により状況を確認できない。

(開口部底面標高)

- 開口部底面標高の分布図を次頁に示す。
- 開口部底面標高は、水没しているものから、最も高いもので約14mのものが確認され、そのうちの多くが、6m程度以下に認められる。

(岩種・岩相)

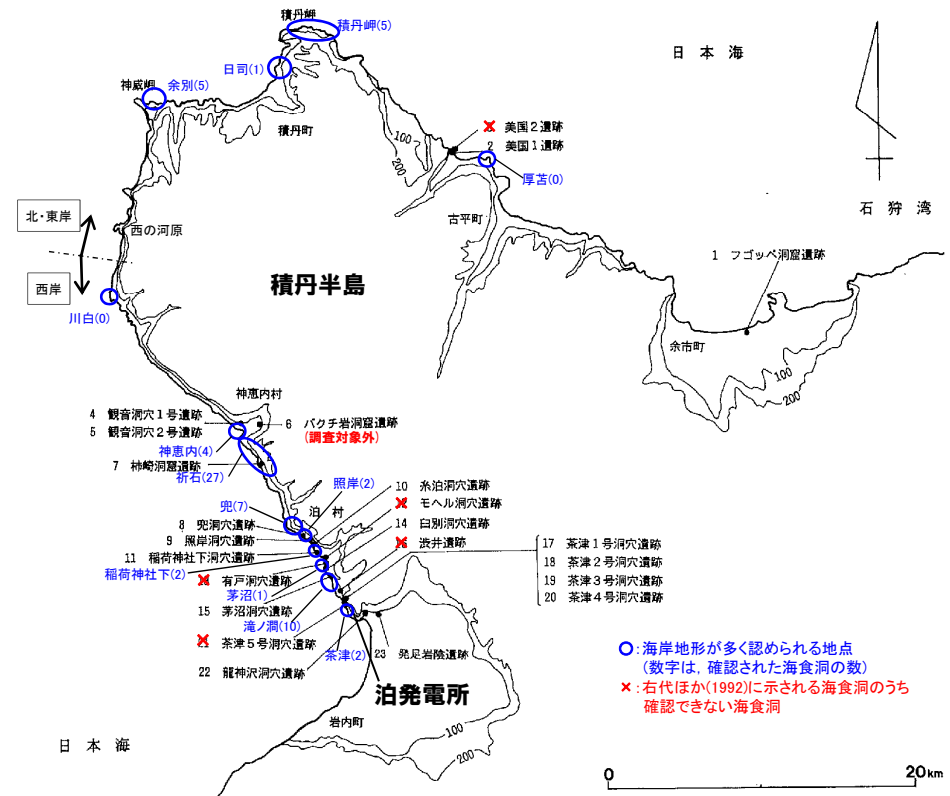
- 調査範囲全域に、火砕岩類(火山角礫岩、凝灰角礫岩等)が多く認められる。
- 西岸では、折石周辺及び兜周辺にハイアロクラスタイトも認められ、北・東岸では、積丹岬周辺に溶岩類も認められる。
- 多くの海食洞において、節理及び層理が認められる。
- 節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食され、海食洞が発達している状況が認められる。

(底面の状況)

- 円礫、扁平礫、角礫、崩石、粗粒砂等が堆積しているもの、露岩しているもの等、様々な状況が認められる。

(規模) (P155参照)

- 幅は、14m程度以下のものが多い。
- 奥行きは、12m程度以下のものが多い。
- 高さは、8m程度以下のものが多い。



積丹半島の洞窟・岩陰遺跡分布及び海食洞の調査範囲(右代ほか, 1992に加筆)

凡例(海食洞)

開口部底面標高の当社調査結果

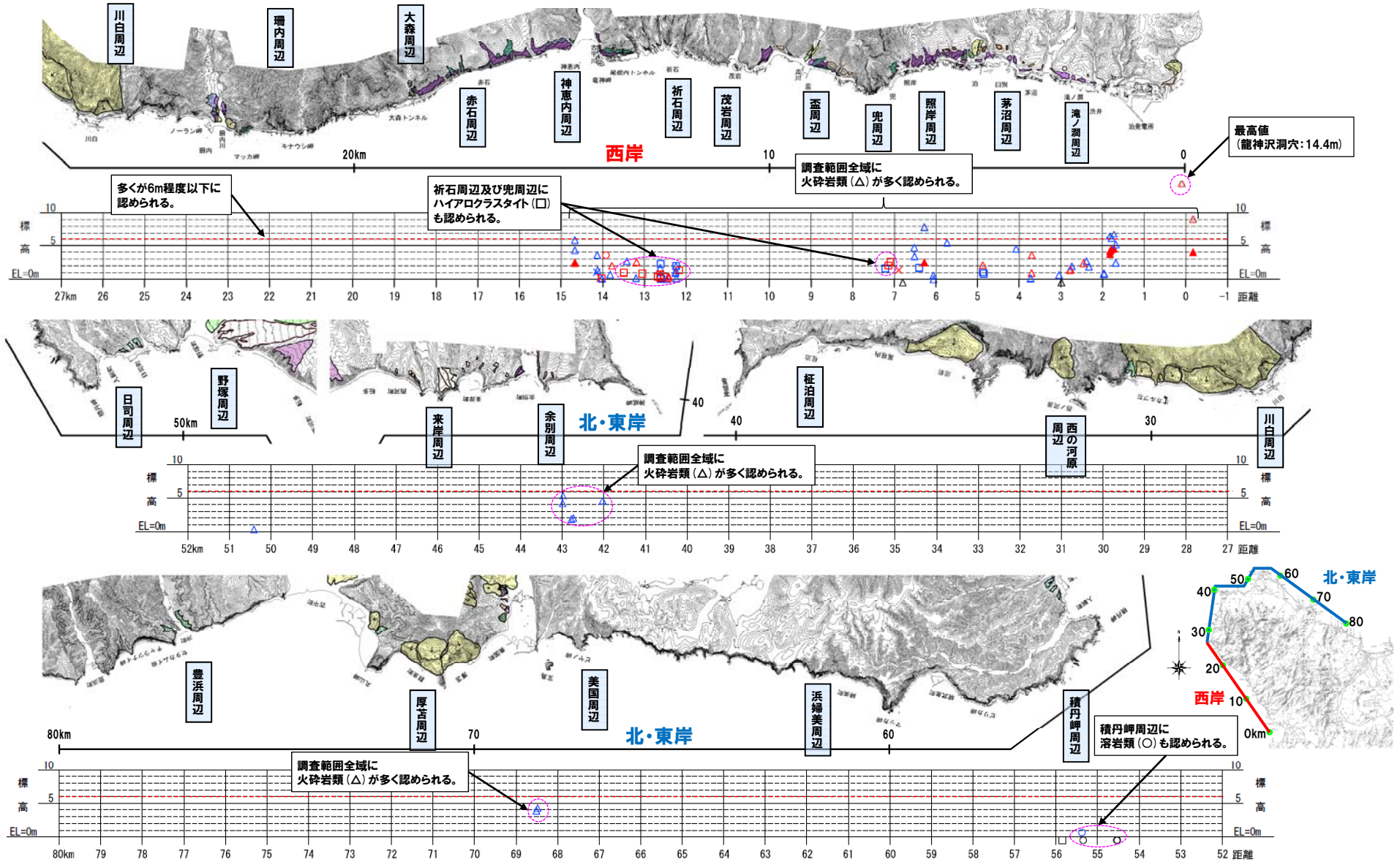
- : 溶岩類(安山岩、デイサイト等)
- : ハイアロクラスタイト
- △: 火砕岩類(火山角礫岩、凝灰角礫岩等)
- ×: 堆積岩類

・海食洞底面の状況が露岩しているものは赤、堆積物で覆われているものは青で示す。
 ・水没のため不明なものは、標高0mの下に黒で示す。

▲: 右代ほか(1992)に示される推定基盤高度

8.6 海食洞の分布状況

③ 調査結果及び考察 (-2/4-)



積丹半島における海食洞の分布(開口部底面標高) ※凡例は前頁参照

③調査結果及び考察 (-3/4-)

一部修正 (H28/10/21 審査会合)

○海食洞の調査結果に基づき、分布高度及び形成要因・形成時期について考察を行った。

(分布高度)

- 積丹半島における海食洞の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに、開口部底面標高が、主に6m程度以下の範囲に分布する状況が認められる。
- 積丹半島西岸における海食洞の開口部底面標高の最大値は6.8m、北・東岸における開口部底面標高の最大値は5.7mである。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海食洞の分布が少ない状況が認められる。
- なお、一部、開口部底面標高が高いものについては、以下の状況であることから、本考察の対象外とした。
 龍神沢洞穴 (14.4m) : 沢沿いに位置することから、河川侵食により形成された可能性が考えられる (資料集P170～P171参照)。
 発足岩陰 (9.1m) : 奥行き (L=1.5m) が、右代ほか (1992) の値 (L=5.0m) と比較して短いこと及び付近の状況から、改変に伴い底面が消失している可能性が考えられ、改変前の開口部底面標高は不明である (資料集P172～P173参照)。
 照岸洞穴 (7.9m) : 底面が崩積土に覆われていること及び右代ほか (1992) に示される標高 (4.0m) との差が大きいことから、近年の崩落等により開口部底面標高が高くなった可能性が考えられる (資料集P126～P127参照)。

(形成要因・形成時期)

- 多くの海食洞において、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食され、海食洞が発達している状況が認められる。
- 積丹半島における海食洞の分布高度については、以下の理由から、旧汀線指標として扱う (形成時期を特定する) ことは難しいものと考えられる。
 - ・海食洞は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食され、発達していることから、分布高度は節理等の分布に依存する。
 - ・豊島 (1978) によれば、海食洞は、ベンチ状微地形を伴う時には、旧汀線の有効な指示者となるとされているが、積丹半島の海岸地形の岩種・岩相は多様であり、それに伴う侵食抵抗の相対的な強弱によって、海岸地形高度にも差異が生じている。
 - ・積丹半島においては、有効な旧汀線指標とされる生物遺骸が認められない。
- 上記のような状況であるものの、形成時期については、以下に分類し、考察を行った。

【①開口部底面標高が1m未満の海食洞】

- 敷地周辺における波高 (1.0m以上の有義波高の発生頻度: 約30%) 及び岩内港・忍路 (おしよ) 湾の潮位 (各地点の朔望満潮位の平均値: T.P.+0.34m及びT.P.+0.30m) を考慮すると (P149参照), 明らかに現在の波浪による侵食を受けていることから、形成時期は、現世の可能性が高いと考えられる。

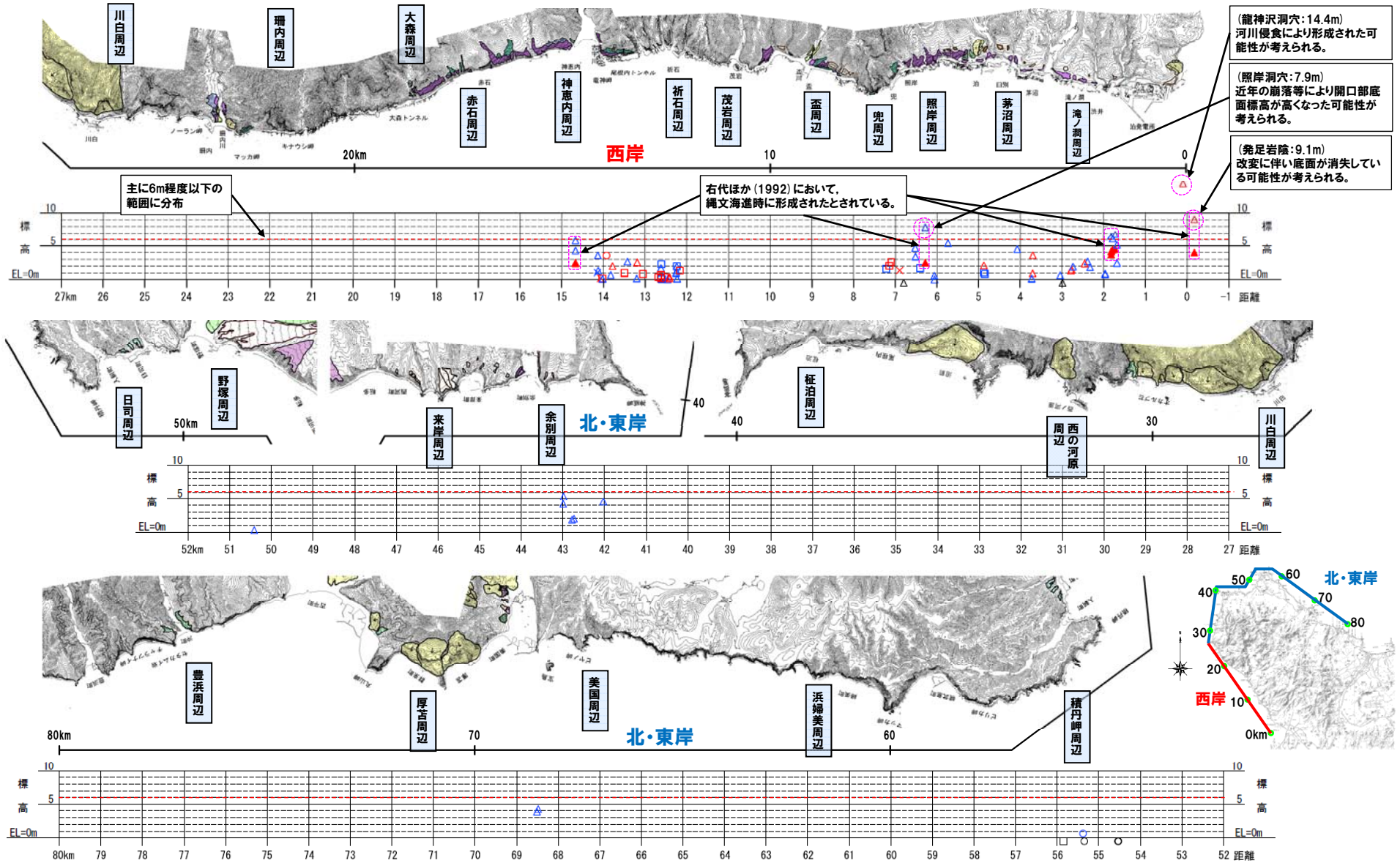
【②開口部底面標高が1m以上の海食洞】

- 以下を考慮すると、形成時期は、縄文海進時、現世等の可能性が考えられ、時期を特定することは難しいものと考えられる。
 - ・右代ほか (1992) によれば、発掘調査から推定される海食洞の推定基盤高度は、照岸周辺及び神恵内周辺 (祈石、赤石周辺含む) においては、標高2.4～2.5m、滝ノ潤周辺においては標高3.7～4.5mとされており、多少の高度差は認められるものの、いずれも縄文海進時 (約6,000年前～5,500年前) に形成されたとされている。
 - ・赤松 (1969) によれば、北海道における縄文海進の海水準の上昇量を3m±と推定し、高いとしても5mを超えないとされており、右代ほか (1992) に示される、縄文海進時に形成されたとされる海食洞の推定基盤高度と調和的である (P148参照)。
 - ・北海道泊村教育委員会 (1989) 及び竹田ほか (1962) によれば、敷地近傍の海食洞 (茶津2号洞穴) は、縄文後期 (約4,500年前～3,300年前) 以前に形成され、形成時の汀線は標高3～4m程度と推定されることから、右代ほか (1992) に示される、縄文海進時に形成されたとされる海食洞の推定基盤高度と調和的である (P148参照)。
 - ・日本海沿岸においては、冬期に高波浪が発生することから (P149参照), 海岸地形に連続している海食洞は、現在も波浪による侵食を受けている可能性が高い。

- 積丹半島における海食洞の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに、主に6m程度以下の範囲に分布し、最大値も同様な値を示す。
- 積丹半島西岸と比較し、北・東岸は、海食洞の分布が少ない状況が認められる。
- 積丹半島の海食洞の形成要因は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることによるものと考えられるが、形成時期を特定することは難しいものと考えられる。

8.6 海食洞の分布状況

③ 調査結果及び考察 (-4/4-)



積丹半島における海食洞の分布 (開口部底面標高) ※凡例はP144参照

8.6 海食洞の分布状況

④縄文海進に関する文献レビュー

一部修正 (H26/3/19審査会合)

○赤松 (1969)

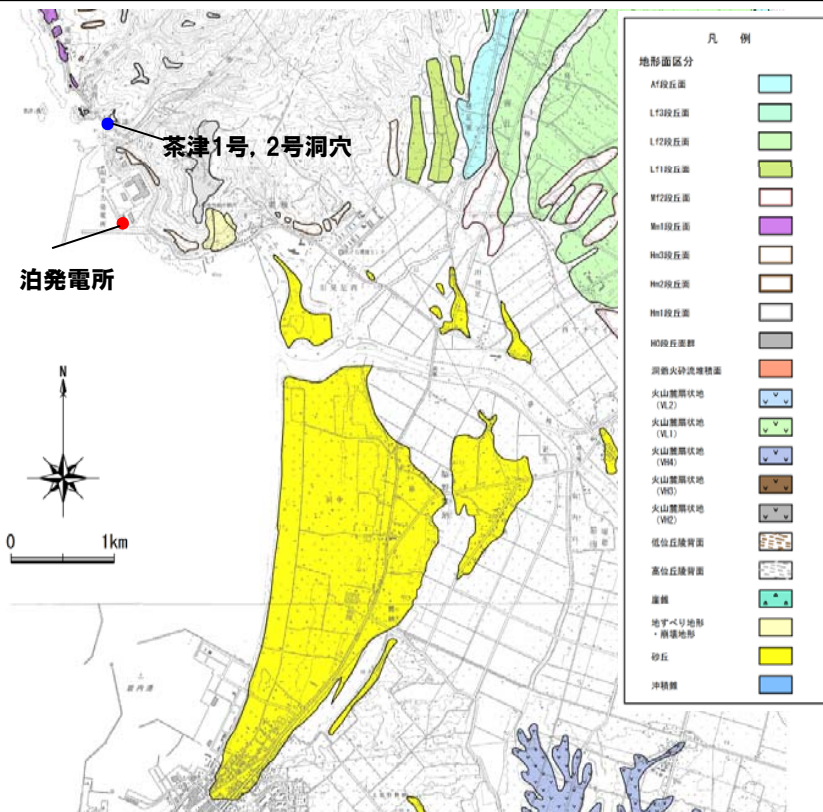
北海道内(函館, 常呂, 浜頓別, 石狩川河口)の自然貝殻層及び貝塚の分布から, 北海道における完新世海進高潮期の海水準の上昇量は3m±と推定され, 高いとしても5mを超えないとされている。

○北海道泊村教育委員会 (1989)

茶津1号洞穴及び茶津2号洞穴から確認された土器は, 縄文後期・晩期・続縄文時代に属するとされている。

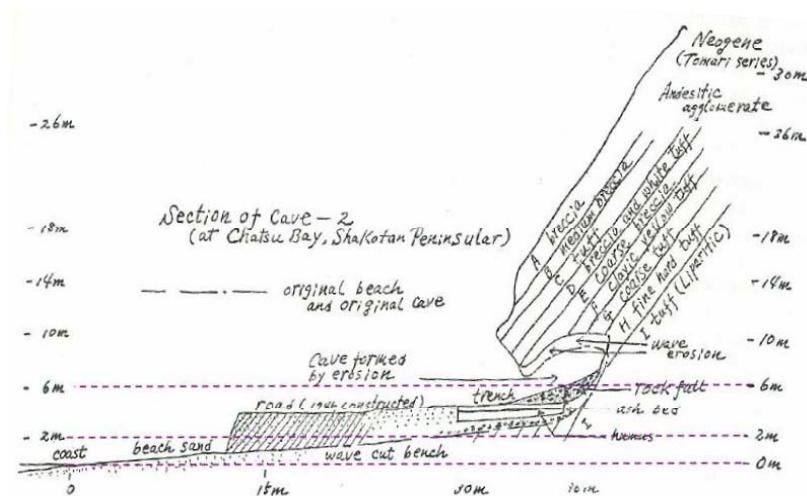
○竹田ほか (1962)

茶津2号洞穴については, 深さ75cm~1.6m(標高3~4m程度)で砂層及び砂利層が確認され, 基盤の砂利, 海砂及びその中に含まれている貝類の存在から, かつての汀線付近で生成されたとされている(右下図参照)。



調査位置図

○北海道泊村教育委員会 (1989) 及び竹田ほか (1962) によれば, 敷地近傍の海食洞(茶津2号洞穴)は, 縄文後期(約4,500年前~3,300年前)以前に形成され, 形成時の汀線は標高3~4m程度と推定される。



茶津2号洞穴断面図 (竹田ほか, 1962に加筆)

8.6 海食洞の分布状況

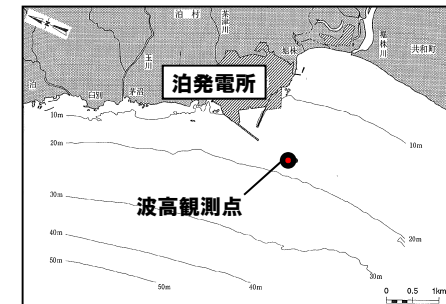
⑤ 波浪及び潮位の状況

- 敷地周辺における1年間の有義波高分布によると、1.0m以上の波高の発生頻度は約30%である。
- 1月及び3月においては、4.0m以上の高波浪も認められる。
- 岩内港及び忍路湾における10ヶ年(2003年1月～2012年12月)の潮位観測結果によると、各地点の朔望満潮位の平均値は、T.P.+0.34m及びT.P.+0.30mである。

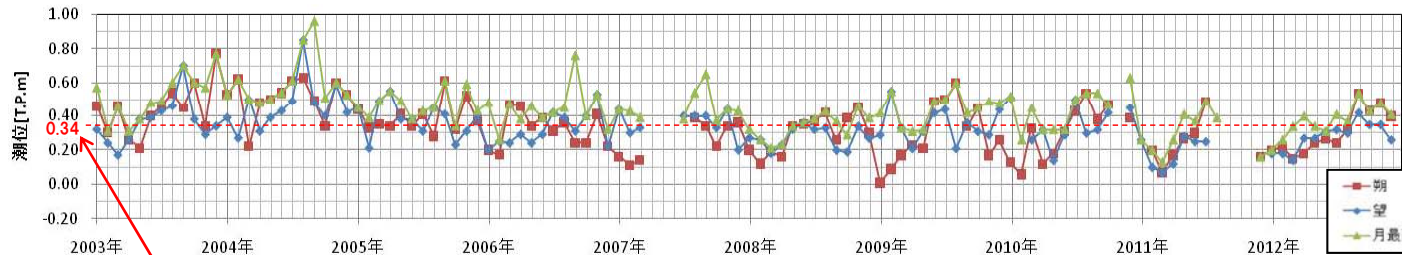
泊発電所近傍の有義波高分布

| 有義波高(m) | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 年間 | 比率 | 累計 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|--------|--------|
| 0.0～0.49 | 87 | 95 | 92 | 312 | 421 | 605 | 361 | 502 | 429 | 200 | 478 | 110 | 3,692 | 43.7% | 100.0% |
| 0.50～0.99 | 232 | 190 | 202 | 226 | 223 | 113 | 158 | 202 | 158 | 198 | 169 | 132 | 2,203 | 26.0% | 56.3% |
| 1.00～1.49 | 155 | 228 | 161 | 96 | 80 | 2 | 86 | 39 | 91 | 177 | 42 | 128 | 1,285 | 15.2% | 30.3% |
| 1.50～1.99 | 74 | 91 | 78 | 26 | 17 | | 36 | 1 | 13 | 74 | 7 | 157 | 574 | 6.8% | 15.1% |
| 2.00～2.49 | 69 | 36 | 63 | 23 | 3 | | 2 | | 5 | 48 | | 67 | 316 | 3.7% | 8.3% |
| 2.50～2.99 | 52 | 18 | 42 | 15 | | | | | 4 | 20 | | 16 | 167 | 2.0% | 4.6% |
| 3.00～3.49 | 38 | 8 | 27 | 19 | | | | | 1 | 1 | | 3 | 97 | 1.1% | 2.6% |
| 3.50～3.99 | 21 | 6 | 32 | 2 | | | | | | | | 2 | 63 | 0.7% | 1.5% |
| 4.00以上 | 15 | | 46 | | | | | | | | | | 61 | 0.7% | 0.7% |
| 合計 | 743 | 672 | 743 | 719 | 744 | 720 | 643 | 744 | 701 | 718 | 696 | 615 | 8,458 | 100.0% | |

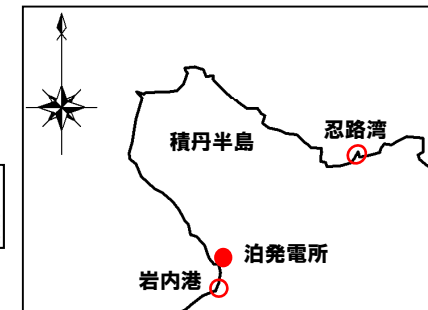
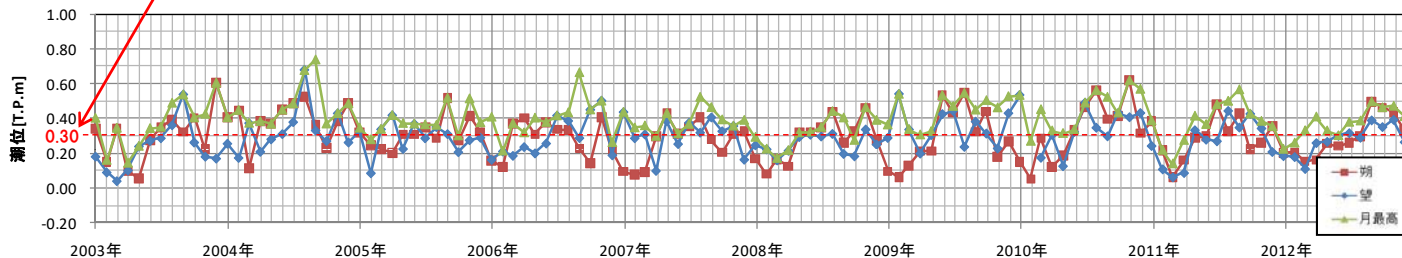
観測期間：1997年1月1日～12月31日の毎正時データ
 ※泊発電所(3号機)環境影響評価書より抜粋



波高観測点の位置図



朔望満潮位の平均値



潮位観測点の位置図

至近10力年の各月の朔望満潮位及び月最高潮位(上図：岩内港, 下図：忍路湾)

8.6 海食洞の分布状況

⑥海食洞調査結果一覧表 (-1/5-)

北・東岸

| 海食洞 | 項目 | 当社の状況確認 | | 右代ほか(1992) | 高橋ほか(2003) | 当社の状況確認 | | | | 右代ほか(1992) | 備考 |
|-----|-----------------|---------------|-------|------------|------------|-------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| | | 開口部底面標高(m) | 標高(m) | 推定基盤高度(m) | 標高(m) | 規模(m) | 岩種 | 岩相 | 底面の状況 | 出土した遺物の年代 | |
| 1 | フゴッベ洞窟 | 5.69 | 4.6 | 0.9 | | W6.0, L7.0, H5.0 | 凝灰質砂岩, 凝灰角礫岩 | 節理, 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が散在する。 | 縄縄文, 擦文 | 詳細は, 資料集P66~P67に記載。 |
| 2 | 美国1 (びくに) | 東側 | 3.5 | - | | W5.2, L29.0, H1.5 | 火山角礫岩, 凝灰質砂岩 | 節理, 層理が認められる。 | 崩積土が堆積する。 | 縄文晩期, 縄縄文, 擦文 | 詳細は, 資料集P68~P69に記載。 |
| 3 | | 西側 | | | | W-*1, L29.0, H-*1 | 火山角礫岩, 凝灰質砂岩 | 層理が認められる。 | 崩積土が堆積する。 | | |
| 4 | 美国2 (びくに) | (改変等により確認できず) | 4.0 | - | | (改変等により確認できず) | | | | 縄縄文 | 詳細は, 資料集P70~P71に記載。 |
| 5 | 積丹岬① (しゃこたんみさき) | (水没のため不明) | | | | (水没のため不明) | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | (水没のため不明) | | 詳細は, 資料集P72~P73に記載。 |
| 6 | 積丹岬② (しゃこたんみさき) | 0.64 | | | | W9.0, L5.5, H4.0 | 安山岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P72~P73に記載。 |
| 7 | 積丹岬③ (しゃこたんみさき) | (水没のため不明) | | | | W5.5, L-, H5.0 | 安山岩 | 節理が認められる。 | (水没のため不明) | | 詳細は, 資料集P72~P73に記載。 |
| 8 | 積丹岬④ (しゃこたんみさき) | (水没のため不明) | | | | (水没のため不明) | デイサイト | 節理が認められる。 | (水没のため不明) | | 詳細は, 資料集P74に記載。 |
| 9 | 積丹岬⑤ (しゃこたんみさき) | (水没のため不明) | | | | (水没のため不明) | デイサイト | 節理が認められる。 | (水没のため不明) | | 詳細は, 資料集P74に記載。 |
| 10 | 日司① (ひつか) | 0.30 | | | | W6.8, L6.7, H6.7 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P76~P77に記載。 |
| 11 | 余別① (よべつ) | 4.19 | | | | W11.5, L-, H3.4 | 火山角礫岩 | 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P78~P79に記載。 |
| 12 | 余別② (よべつ) | 5.34 | | | | W5.0, L-, H6.2 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円-垂角礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P78~P79に記載。 |
| 13 | 余別③ (よべつ) | 1.83 | | | | W5.0, L5.0, H8.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P80に記載。 |
| 14 | 余別④ (よべつ) | 1.98 | | | | W11.8, L8.0, H5.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円-垂角礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P80に記載。 |
| 15 | 余別⑤ (よべつ) | 4.57 | | | | W4.6, L3.0, H2.5 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円-角礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P82~P83に記載。 |

: 開口部底面標高が1m未満の海食洞
 : 開口部底面標高が1m以上の海食洞
 : 右代ほか(1992)に示される海食洞のうち, 状況を確認できない海食洞

W: 開口部の幅
 L: 開口部からの奥行き
 H: 開口部の底面から天端までの高さ

※1: 周辺岩盤との境界が不明瞭のため計測不可。

8.6 海食洞の分布状況

⑥海食洞調査結果一覧表 (-2/5-)

西岸1

| 海食洞 | 項目 | 当社の状況確認 | | | 高橋ほか(2003) | 当社の状況確認 | | | | 右代ほか(1992) | 備考 |
|-----|------------------|------------|-------|-----------|--------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------|----|
| | | 開口部底面標高(m) | 標高(m) | 推定基盤高度(m) | | 規模(m) | 岩種 | 岩相 | 底面の状況 | 出土した遺物の年代 | |
| 16 | 観音洞穴1号
(かんのん) | 4.31 | 5.0 | 2.4 | W9.7, L9.5, H6.8 | 火山角礫岩 | 植生・法面保護工のため不明 | 崩積土が堆積する。 | 続縄文, 擦文, 中-近世 | 詳細は, 資料集P84~P85に記載。 | |
| 17 | 観音洞穴2号
(かんのん) | 5.83 | 5.0 | 2.5 | W2.8, L8.1, H3.3 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が散在する。 | 続縄文, 擦文, 中-近世 | 詳細は, 資料集P86~P87に記載。 | |
| 18 | 神恵内①
(かもえない) | 3.57 | | | W1.9, L3.5, H2.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P88~P89に記載。 | |
| 19 | 神恵内②
(かもえない) | 1.01 | | | W5.7, L5.3, H1.6 | 含礫凝灰質砂岩,
火山角礫岩の互層 | 節理, 層理が認められる。 | 円-亜円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P88~P89に記載。 | |
| 20 | 神恵内③
(かもえない) | 1.33 | | | W13.6, L5.9, H1.8 | 火山角礫岩 | 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P90~P91に記載。 | |
| 21 | 神恵内④
(かもえない) | 0.18 | | | W5.5, L2.6, H3.3 | 含礫凝灰質砂岩,
火山角礫岩の互層 | 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P90~P91に記載。 | |
| 22 | 祈石北①
(いのりいし) | 0.13 | | | W1.9, L6.2, H4.2 | ハイアロクラスタイト,
凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P92~P93に記載。 | |
| 23 | 祈石北②
(いのりいし) | 0.08 | | | W13.2, L15.0, H4.2 | 火山礫凝灰岩,
凝灰角礫岩 | 節理, 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P92~P93に記載。 | |
| 24 | 祈石北③
(いのりいし) | 3.55 | | | W25.0, L2.9, H3.8 | 自破砕状溶岩,
火山礫凝灰岩 | 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P92~P93に記載。 | |
| 25 | 祈石北④
(いのりいし) | 0.67 | | | W3.6, L5.4, H7.5 | 火山角礫岩,
凝灰質砂岩 | 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P94~P95に記載。 | |
| 26 | 祈石北⑤
(いのりいし) | 1.98 | | | W4.8, L3.8, H6.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P94~P95に記載。 | |
| 27 | 祈石北⑥
(いのりいし) | 0.98 | | | W4.2, L5.6, H4.7 | ハイアロクラスタイト | 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P96~P97に記載。 | |
| 28 | 祈石北⑦
(いのりいし) | 2.65 | | | W22.4, L9.2, H2.6 | 火山角礫岩,
ハイアロクラスタイト | 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は, 資料集P96~P97に記載。 | |
| 29 | 祈石北⑧
(いのりいし) | 0.15 | | | W23.0, L7.2, H4.0 | 火山角礫岩,
ハイアロクラスタイト | 節理, 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積し,
垂角礫が点在する。 | | 詳細は, 資料集P98~P99に記載。 | |
| 30 | 祈石北⑨
(いのりいし) | 2.55 | | | W21.7, L25.7, H9.5 | 火山角礫岩 | 節理, 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P98~P99に記載。 | |
| 31 | 祈石北⑩
(いのりいし) | 0.83 | | | W2.9, L2.8, H6.6 | ハイアロクラスタイト,
自破砕状溶岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は, 資料集P98~P99に記載。 | |

: 開口部底面標高が1m未満の海食洞
 : 開口部底面標高が1m以上の海食洞
 : 右代ほか(1992)に示される海食洞のうち, 状況を確認できない海食洞

W: 開口部の幅
 L: 開口部からの奥行き
 H: 開口部の底面から天端までの高さ

8.6 海食洞の分布状況

⑥海食洞調査結果一覧表 (-3/5-)

西岸2

| 海食洞 | 項目 | 当社の状況確認 | | | 当社の状況確認 | | | | 右代ほか(1992) | 備考 | |
|-----|-----------------|------------|-------|-----------|---------|--------------------|------------------------|-----------|--------------|-----|----------------------|
| | | 開口部底面標高(m) | 標高(m) | 推定基盤高度(m) | 標高(m) | 規模(m) | 岩種 | 岩相 | 底面の状況 | | 出土した遺物の年代 |
| 32 | 祈石南①
(いのりいし) | 0.37 | | | | W2.7, L2.4, H4.0 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P100～P101に記載。 |
| 33 | 祈石南②
(いのりいし) | 0.62 | | | | W4.5, L8.2, H2.9 | ハイアロクラスタイト、
凝灰質砂岩挟在 | 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P100～P101に記載。 |
| 34 | 祈石南③
(いのりいし) | 0.23 | | | | W21.0, L5.7, H4.3 | ハイアロクラスタイト | 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P100～P101に記載。 |
| 35 | 祈石南④
(いのりいし) | 0.32 | | | | W6.5, L1.6, H3.7 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 角-亜角礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P102～P103に記載。 |
| 36 | 祈石南⑤
(いのりいし) | 0.25 | | | | W5.6, L4.0, H3.6 | 自破砕状溶岩、
安山岩 | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P102～P103に記載。 |
| 37 | 祈石南⑥
(いのりいし) | 0.07 | | | | W4.6, L11.9, H7.0 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P102～P103に記載。 |
| 38 | 祈石南⑦
(いのりいし) | 1.67 | | | | W6.0, L2.8, H4.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 粗粒砂、崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P104～P105に記載。 |
| 39 | 祈石南⑧
(いのりいし) | 2.27 | | | | W3.5, L6.6, H3.5 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 粗粒砂、崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P104～P105に記載。 |
| 40 | 祈石南⑨
(いのりいし) | 0.37 | | | | W1.2, L4.5, H1.8 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P106～P107に記載。 |
| 41 | 祈石南⑩
(いのりいし) | 0.02 | | | | W4.5, L-, H2.5 | 凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫、扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P106～P107に記載。 |
| 42 | 祈石南⑪
(いのりいし) | 0.16 | | | | W5.5, L-, H4.0 | 凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P108～P109に記載。 |
| 43 | 祈石南⑫
(いのりいし) | 0.38 | | | | W7.6, L-, H8.0 | 凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P108～P109に記載。 |
| 44 | 柿崎洞窟
(かきざき) | 1.93 | 3.0 | — | | W16.7, L10.8, H3.2 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫、粗粒砂が堆積する。 | 擦文? | 詳細は、資料集P110～P111に記載。 |
| 45 | 祈石南⑬
(いのりいし) | 1.25 | | | | W2.7, L-, H5.8 | 火山角礫岩 | 層理が認められる。 | 円礫、扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P112～P113に記載。 |
| 46 | 祈石南⑭
(いのりいし) | 0.97 | | | | W2.0, L-, H2.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫、扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P112～P113に記載。 |
| 47 | 祈石南⑮
(いのりいし) | 1.99 | | | | W1.6, L4.2, H1.8 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 円礫、粗粒砂が堆積する。 | | 詳細は、資料集P112～P113に記載。 |
| 48 | 祈石南⑯
(いのりいし) | 0.11 | | | | W3.5, L10.0, H4.5 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫、扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P114～P115に記載。 |
| 49 | 祈石南⑰
(いのりいし) | 1.33 | | | | W9.8, L6.7, H5.0 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P114～P115に記載。 |

: 開口部底面標高が1m未満の海食洞
 : 開口部底面標高が1m以上の海食洞
 : 右代ほか(1992)に示される海食洞のうち、状況を確認できない海食洞

W: 開口部の幅
 L: 開口部からの奥行き
 H: 開口部の底面から天端までの高さ

8.6 海食洞の分布状況

⑥海食洞調査結果一覧表 (-4/5-)

西岸3

| 海食洞 | 項目 | 当社の状況確認 | | | | 当社の状況確認 | | | | 右代ほか(1992) | 備考 |
|-----|--------------------|---------------|-------|-----------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| | | 開口部底面標高(m) | 標高(m) | 推定基盤高度(m) | 高橋ほか(2003)標高(m) | 規模(m) | 岩種 | 岩相 | 底面の状況 | 出土した遺物の年代 | |
| 50 | 兜①(かぶと) | 1.57 | | | | W2.0, L-, H4.0 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P116~P117に記載。 |
| 51 | 兜②(かぶと) | 2.05 | | | | W2.3, L1.7, H1.8 | ハイアロクラスタイト | 節理, 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P116~P117に記載。 |
| 52 | 兜③(かぶと) | 2.57 | | | | W4.5, L-※1, H-※1 | ハイアロクラスタイト | 節理, 層理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P118~P119に記載。 |
| 53 | 兜④(かぶと) | 1.36 | | | | W18.3, L4.0, H7.0 | 含礫砂岩, 火山角礫岩, 溶岩の互層 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P120~P121に記載。 |
| 54 | 兜⑤(かぶと) | (水没のため不明) | | | | W5.0, L-, H3.4 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | (水没で不明) | | 詳細は、資料集P120~P121に記載。 |
| 55 | 兜⑥(かぶと) | 4.67 | | | | W3.0, L2.1, H1.2 | 凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P122~P123に記載。 |
| 56 | 兜洞穴(かぶと) | 3.40 | 2.0 | - | ほぼ海面と同レベル | W3.8, L5.5, H7.5 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 崩積土が堆積する。 | 不明 | 詳細は、資料集P124~P125に記載。 |
| 57 | 兜⑦(かぶと) | 1.67 | | | | W1.8, L4.8, H3.0 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P122~P123に記載。 |
| 58 | 照岸洞穴(てるきし) | 7.93 | 4.0 | 2.5 | 4.0 | W12.0, L9.5, H3.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩積土が堆積する。 | 縄文後期末, 縄文晩期, 続縄文, 推定 | 詳細は、資料集P126~P127に記載。 |
| 59 | 照岸①(てるきし) | 0.57 | | | | W2.1, L-, H5.4 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P128~P129に記載。 |
| 60 | 照岸②(てるきし) | 0.00 | | | | W7.0, L5.2, H7.3 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩石が堆積する。 | | 詳細は、資料集P128~P129に記載。 |
| 61 | 糸泊洞穴(いとどまり) | 5.42 | 5.0 | - | - | W10.6, L4.8, H3.3 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩積土等が堆積する。 | 不明 | 詳細は、資料集P130~P131に記載。 |
| 62 | 稲荷神社下①(いなりじんじゃした) | 1.05 | | | | W2.5, L-, H4.2 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P132~P133に記載。 |
| 63 | 稲荷神社下洞穴(いなりじんじゃした) | 2.05 | 3.0 | - | - | W8.0, L2.5, H2.6 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | 不明 | 詳細は、資料集P134~P135に記載。 |
| 64 | 稲荷神社下②(いなりじんじゃした) | 0.80 | | | | W5.0, L-, H3.3 | ハイアロクラスタイト | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P132~P133に記載。 |
| 65 | モヘル洞穴 | (改変等により確認できず) | 20 | - | 6 | (改変等により確認できず) | | | 不明 | | 詳細は、資料集P136に記載。 |
| 66 | 有戸洞穴(ありと) | (改変等により確認できず) | 20 | - | 6 | (改変等により確認できず) | | | 不明 | | 詳細は、資料集P137に記載。 |
| 67 | 日別洞穴(うすべつ) | 4.54 | 20 | - | 6※2 | W4.1, L5.3, H1.8 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫等が堆積する。 | 不明 | 詳細は、資料集P138~P139に記載。 |
| 68 | 茅沼①(かやぬま) | 0.13 | | | | W5.8, L7.8, H7.8 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 円礫, 扁平礫が堆積する。 | | 詳細は、資料集P140~P141に記載。 |
| 69 | 茅沼洞穴[上の穴](かやぬま) | 3.59 | 2.0 | - | ほぼ海面と同レベル | W2.3, L1.8, H1.8 | 火山角礫岩 | 比較的基質が優勢な部分に位置する。 | 露岩 | 不明 | 詳細は、資料集P142~P143に記載。 |
| 70 | 茅沼洞穴[下の穴](かやぬま) | 0.87 | | | | W2.6, L3.1, H3.0 | 火山角礫岩 | 比較的基質が優勢な部分に位置する。 | 露岩 | | 詳細は、資料集P144~P145に記載。 |

: 開口部底面標高が1m未満の海食洞
 : 開口部底面標高が1m以上の海食洞
 : 右代ほか(1992)に示される海食洞のうち、状況を確認できない海食洞

W: 開口部の幅
 L: 開口部からの奥行き
 H: 開口部の底面から天端までの高さ

※1: 天井がないため計測不可。
 ※2: 当社調査においては、右代ほか(1992)に示される位置には認められないものの、高橋ほか(2003)に示される位置に認められる。

8.6 海食洞の分布状況

⑥海食洞調査結果一覧表 (-5/5-)

西岸4

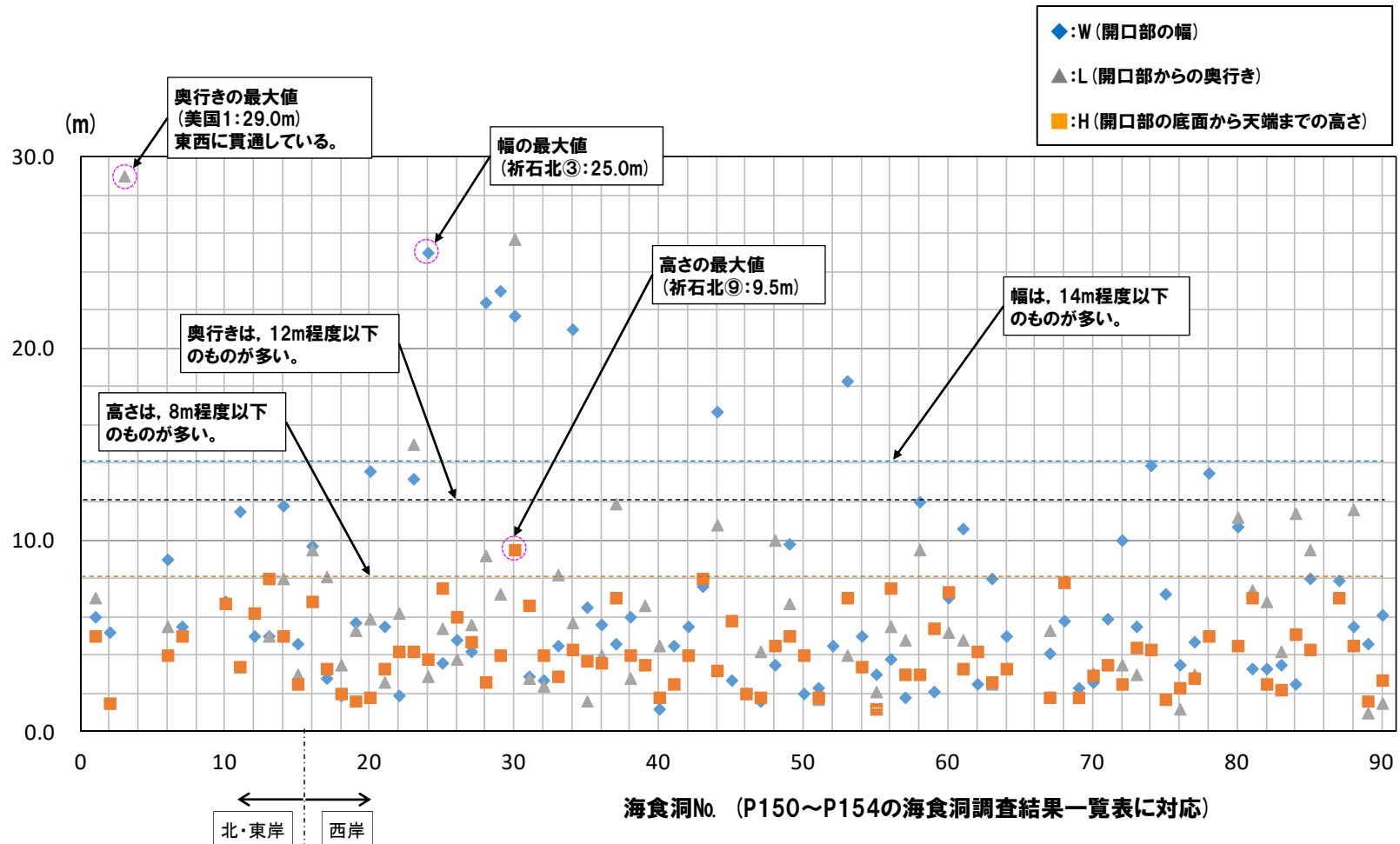
| 海食洞 | 項目 | 右代ほか(1992) | | | 高橋ほか(2003) | | | | 当社の状況確認 | | | 右代ほか(1992) | 備考 |
|-----|--------------------|---------------|-------|-----------|------------|--------------------|----------------------|----------------|---------------------------|-----------|------------------------|-----------------------|----|
| | | 開口部底面標高(m) | 標高(m) | 推定基盤高度(m) | 標高(m) | 規模(m) | 岩種 | 岩相 | 底面の状況 | 出土した遺物の年代 | | | |
| 71 | 滝ノ洞①
(たきのま) | 0.64 | | | | W5.9, L-, H3.5 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 垂角礫, 扁平礫が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P146~P147に記載。 | |
| 72 | 滝ノ洞②
(たきのま) | (水没のため不明) | | | | W10.0, L3.5, H2.5 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | (水没のため不明) | | | 詳細は, 資料集P146~P147に記載。 | |
| 73 | 滝ノ洞③
(たきのま) | 1.31 | | | | W5.5, L3.0, H4.4 | 火山角礫岩,
ハイアロクラストイト | 節理が認められる。 | 露岩 | | | 詳細は, 資料集P148~P149に記載。 | |
| 74 | 滝ノ洞④
(たきのま) | 1.52 | | | | W13.9, L-, H4.3 | 火山角礫岩,
ハイアロクラストイト | 節理が認められる。 | 露岩 | | | 詳細は, 資料集P148~P149に記載。 | |
| 75 | 滝ノ洞⑤
(たきのま) | 1.91 | | | | W7.2, L-, H1.7 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 扁平礫が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P148~P149に記載。 | |
| 76 | 滝ノ洞⑥
(たきのま) | 2.38 | | | | W3.5, L1.2, H2.3 | 火山角礫岩,
凝灰角礫岩 | 節理, 層理が認められる。 | 露岩 | | | 詳細は, 資料集P150~P151に記載。 | |
| 77 | 滝ノ洞⑦
(たきのま) | 2.66 | | | | W4.7, L3.0, H2.8 | 火山礫凝灰岩,
凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 扁平礫が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P150~P151に記載。 | |
| 78 | 滝ノ洞⑧
(たきのま) | 1.82 | | | | W13.5, L-, H5.0 | 火山角礫岩,
安山岩, 凝灰角礫岩 | 節理, 層理が認められる。 | 扁平礫が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P150~P151に記載。 | |
| 79 | 波井洞穴
(しぶい) | (植生等により確認できず) | 20 | - | 14※1 | (植生等により確認できず) | | | | 不明 | | 詳細は, 資料集P152~P153に記載。 | |
| 80 | 滝ノ洞⑨
(たきのま) | 0.86 | | | | W10.7, L11.2, H4.5 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 扁平礫が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P154~P155に記載。 | |
| 81 | 滝ノ洞⑩
(たきのま) | 0.77 | | | | W3.3, L7.4, H7.0 | 火山角礫岩 | 節理が認められる。 | 扁平礫が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P154~P155に記載。 | |
| 82 | 茶津1号洞穴
(ちゃつ) | 6.51 | 5.2 | 3.7 | - | W3.3, L6.8, H2.5 | 凝灰角礫岩,
凝灰岩 | 海側傾斜の層理が認められる。 | 崩積土が堆積する。 | | 縄文後期末, 縄文晩期,
続縄文 | 詳細は, 資料集P156~P157に記載。 | |
| 83 | 茶津2号洞穴
(ちゃつ) | 6.54 | 5.4 | 4.2 | - | W3.5, L4.2, H2.2 | 凝灰角礫岩,
凝灰岩 | 海側傾斜の層理が認められる。 | 崩積土が堆積する。 | | 縄文後期末, 縄文晩期,
続縄文 | 詳細は, 資料集P158~P159に記載。 | |
| 84 | 茶津3号洞穴
(ちゃつ) | 6.06 | 5.6 | 4.4 | - | W2.5, L11.4, H5.1 | 凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 崩積土が堆積し,
円礫, 扁平礫が散在する。 | | 続縄文 | 詳細は, 資料集P160~P161に記載。 | |
| 85 | 茶津4号洞穴
(ちゃつ) | 6.84 | 8.0 | 4.5 | - | W8.0, L9.5, H4.3 | 凝灰角礫岩,
凝灰岩 | 海側傾斜の層理が認められる。 | 崩積土が堆積し,
円礫, 扁平礫が散在する。 | | 続縄文, 撥文 | 詳細は, 資料集P162~P163に記載。 | |
| 86 | 茶津5号洞穴
(ちゃつ) | (崩積土により確認できず) | 20 | - | - | (崩積土により確認できず) | | | | 不明 | | 詳細は, 資料集P164~P165に記載。 | |
| 87 | 茶津①
(ちゃつ) | 5.14 | | | | W7.9, L-, H7.0 | 火山角礫岩
砂質凝灰岩挟在 | 節理, 層理が認められる。 | 角-円礫が散在する。 | | | 詳細は, 資料集P166~P168に記載。 | |
| 88 | 茶津②
(ちゃつ) | 2.43 | | | | W5.5, L11.6, H4.5 | 火山角礫岩
砂質凝灰岩挟在 | 層理が認められる。 | 円礫, 扁平礫, 粗粒砂が堆積する。 | | | 詳細は, 資料集P166~P167に記載。 | |
| 89 | 龍神沢洞穴
(りゅうじんざわ) | 14.39 | 16 | - | - | W4.6, L1.0, H1.6 | 凝灰角礫岩 | 節理, 層理が認められる。 | 露岩 | | 不明 | 詳細は, 資料集P170~P171に記載。 | |
| 90 | 発足岩陰
(はつたり) | 9.09 | 9.0 | 4.0 | | W6.1, L1.5, H2.7 | 凝灰角礫岩 | 節理が認められる。 | 露岩 | | 縄文後期, 縄文晩期,
続縄文, 撥文 | 詳細は, 資料集P172~P173に記載。 | |

: 開口部底面標高が1m未満の海食洞
 : 開口部底面標高が1m以上の海食洞
 : 右代ほか(1992)に示される海食洞のうち, 状況を確認できない海食洞

W: 開口部の幅
 L: 開口部からの奥行き
 H: 開口部の底面から天端までの高さ

※1: 高橋ほか(2003)においては, 右代ほか(1992)により波井洞穴とされているものとは, 異なるものを指している可能性があるとしてされている。

⑦海食洞の規模の計測結果



①日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較(まとめ)

一部修正(H29/3/10審査会合)

【検討目的】

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

【検討内容】

○日本海沿岸においては、史実により地震性隆起が生じたとされる地域が存在することから、主な地域について、文献レビューを実施し、比較対象候補地を選定する。

○比較対象候補地について、文献レビューを踏まえた地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討を実施し、比較対象適地を選定する。

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

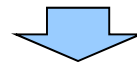
【検討結果】

○文献レビューの結果、日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域の比較対象候補地として、青森県大戸瀬周辺及び新潟県佐渡島小木半島を選定した。

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

○青森県大戸瀬周辺においては、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められないことから、比較対象適地として選定されない。

○積丹半島西岸と新潟県佐渡島小木半島との比較の結果、積丹半島西岸の海岸地形には、新潟県佐渡島小木半島に認められるような、海岸地形の高度が系統的に変化する状況、潮間帯より標高の高い範囲で平坦度の良い海岸地形が汀線方向に連続する状況は認められない。

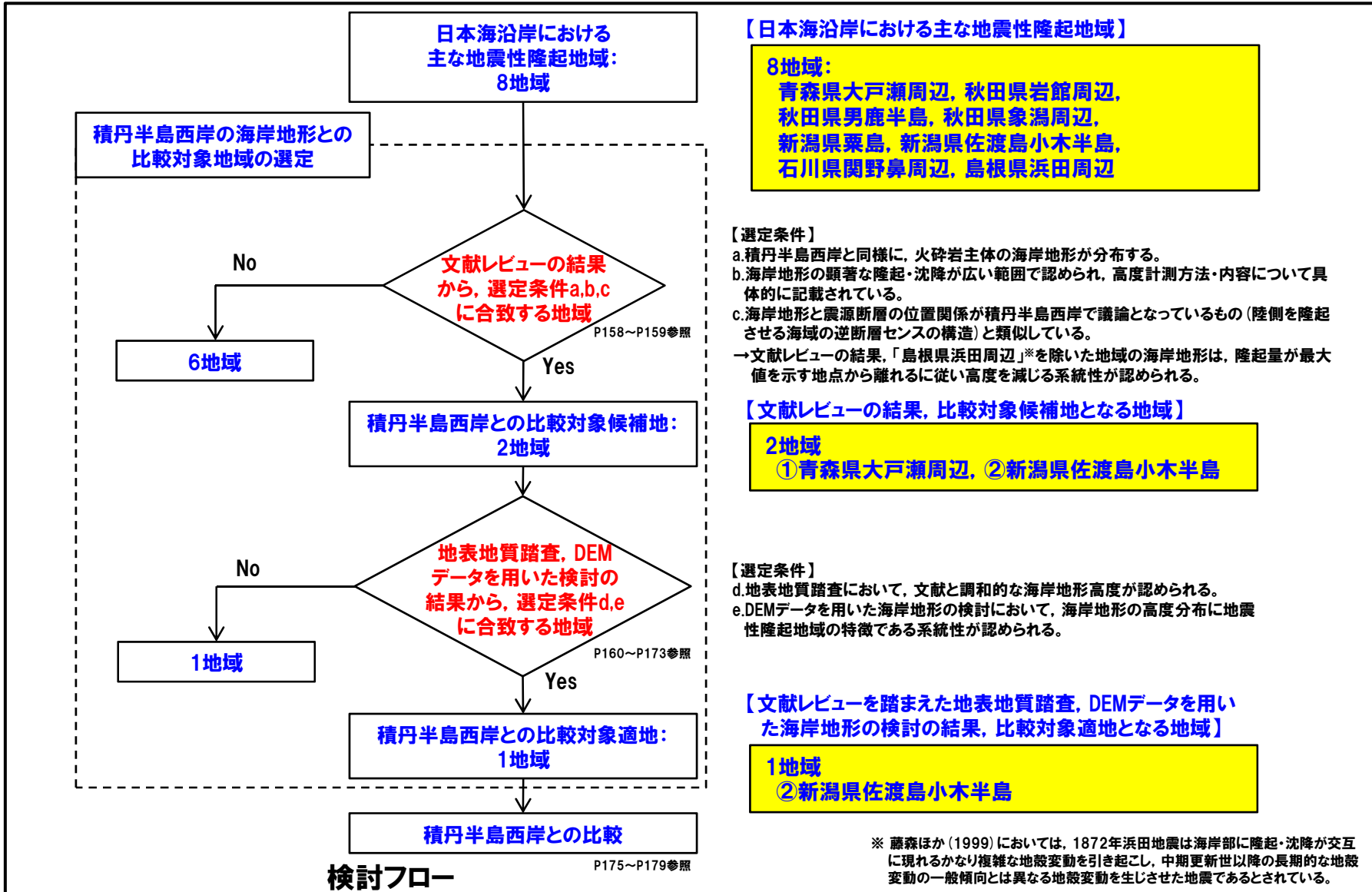


○積丹半島西岸の海岸地形は、日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域のうち、新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。

○しかし、青森県大戸瀬周辺の検討結果を踏まえると、海岸地形高度の系統性の有無が、必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。

②検討フロー

一部修正 (H28/3/10審査会合)

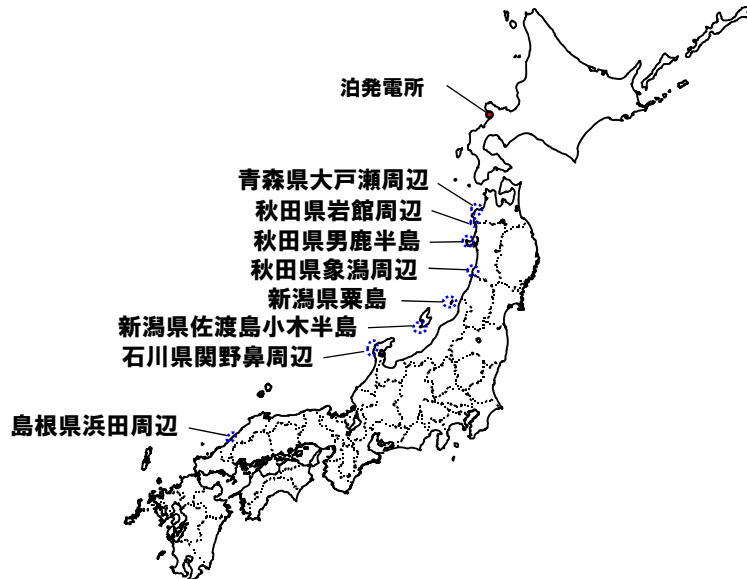


8.7 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較

③比較対象候補地選定 (-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。

※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。

8.7 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

③比較対象候補地選定 (-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青森県大戸瀨周辺 | 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、大戸瀨周辺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、大戸瀨沖に陸側上りの逆断層が推定されている。(佐藤, 1980) (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。(佐藤, 1980) (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)
○ティルテ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石川県開野鼻周辺 | 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。(地震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、陸域に断層を推定している。(藤森ほか, 1990) |

①②③④⑤⑥⑦⑧ : 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 青森県大戸瀨周辺については、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もの、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。

④ 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)

一部修正 (H28/3/10審査会合)

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

【青森県大戸瀬周辺及び新潟県佐渡島小木半島の海岸地形等の状況】

| 検討項目 | | 青森県大戸瀬周辺 | 新潟県佐渡島小木半島 |
|-------------------|---|---|--|
| 文献レビューを踏まえた地表地質踏査 | 海岸地形状況 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・沿岸部には、火砕岩、溶岩及び堆積岩が分布する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。 ・Nakata et al. (1976) において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない。 | <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。 | <ul style="list-style-type: none"> ・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。
- 青森県大戸瀬周辺においては、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められないことから、比較対象適地として選定されない。

⑤-1 青森県大戸瀬周辺の文献レビューを踏まえた地表地質踏査

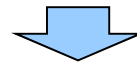
一部修正 (H28/9/30審査会合)

【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"> 隆起ベンチが汀線方向に300m程度連続して分布する。 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 淡緑色凝灰岩 | <ul style="list-style-type: none"> 海岸地形の基部は、一部、護岸等による改変が認められる。 |
| 大戸瀬駅付近
(千畳敷南西方2km) | <ul style="list-style-type: none"> ベンチが汀線方向に1km程度連続して分布する。 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 砂岩及び泥岩
(潮位よりも高い範囲は砂岩が主体) | <ul style="list-style-type: none"> 海岸地形の基部は、護岸による改変が認められる。 |
| 千畳敷東側
(千畳敷東方1km) | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 | <ul style="list-style-type: none"> 緑色凝灰岩 | <ul style="list-style-type: none"> 海岸地形の基部は、護岸による改変が認められる。 |

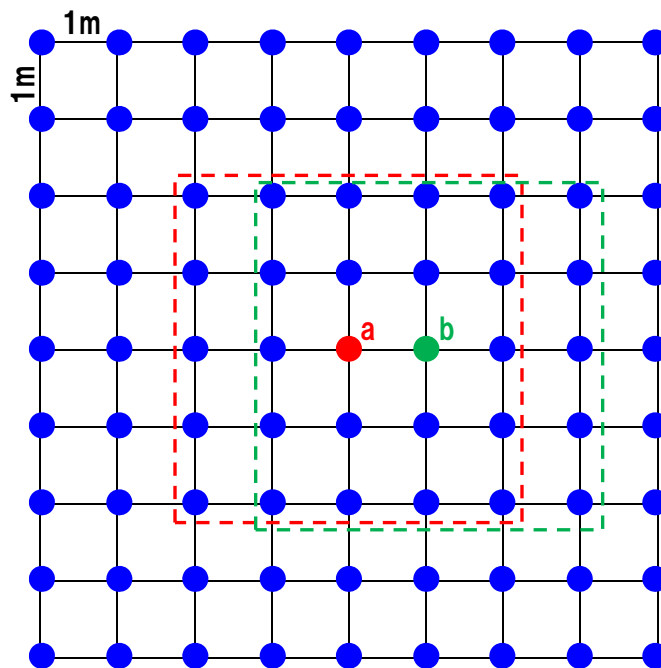


- 青森県大戸瀬周辺において、海岸地形が存在する状況は、積丹半島西岸と類似している。
- 海岸地形の基部は、一部、護岸等による改変も認められる。
- 沿岸部には、火砕岩、溶岩及び堆積岩が分布する。
- Nakata et al. (1976) に示される海岸地形の高度分布と当社測定値は、一部、差異が認められるものの、1793年西津軽地震時の隆起量が最も大きいとされる千畳敷における隆起ベンチ高度と当社測定値は調和的である。
- 古川(1976)は大戸瀬周辺のうち一部についてのみ海岸地形高度を示しており、その高度と当社測定値は調和的である。

⑤-2 青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討(平坦度の考え方)

再掲(H28/3/10審査会合)

- 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】

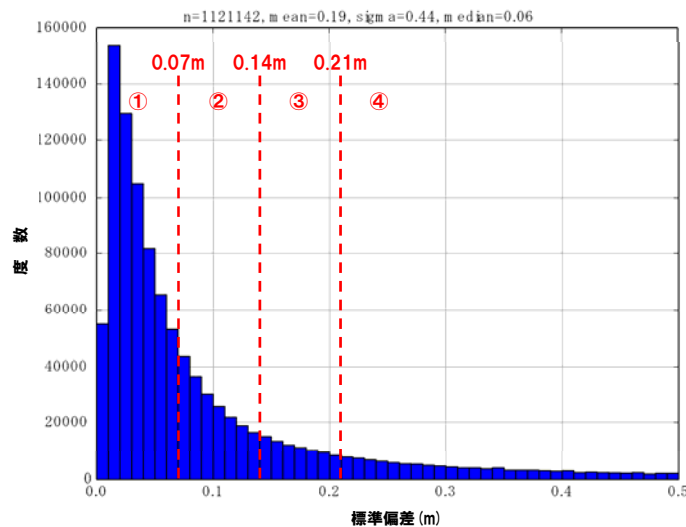
- 航空レーザー計測を実施し、航空機から地表までの高さ並びに航空機の位置及び高さを取得した。
 - ・計測期間:2016年12月3日~12月5日
 - ・計測データの欠測率※:約0.1%
- 上記計測データより、データ間隔1mの高度データ(DEMデータ)を作成した。

※ 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。

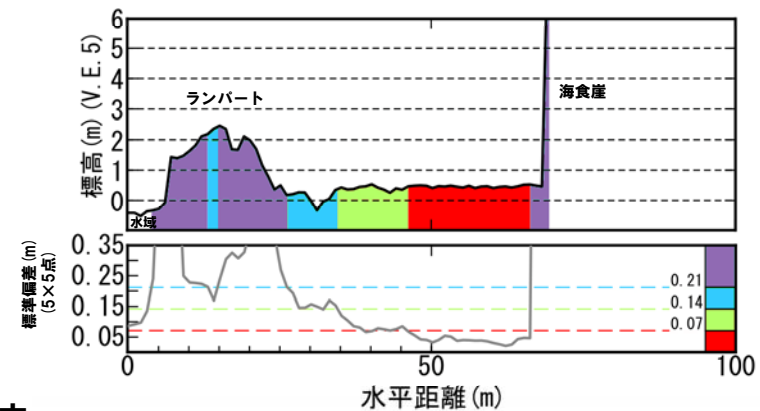
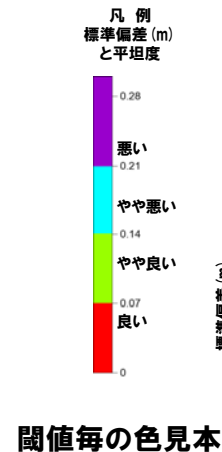
⑤-3 青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討(平坦度の閾値)

再掲(H28/3/10審査会合)

- 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, P131及びP171参照)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

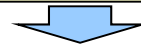


海岸地形断面における平坦度区分の例

⑤-4 青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討(検討結果:全体) (-1/2-)

一部修正(H28/3/10審査会合)

- 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(P166～P167参照)。



- 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。
- 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)

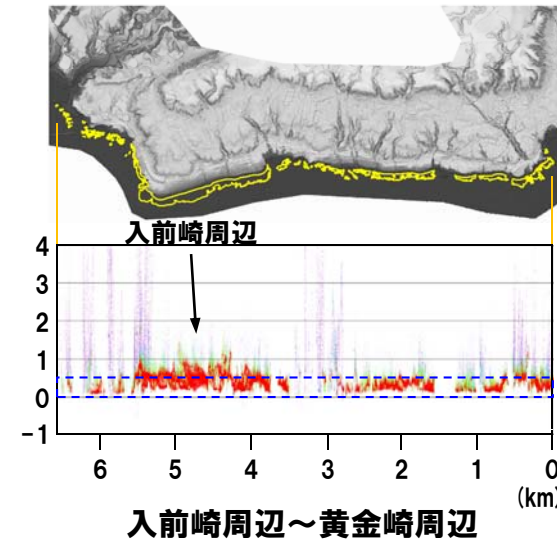
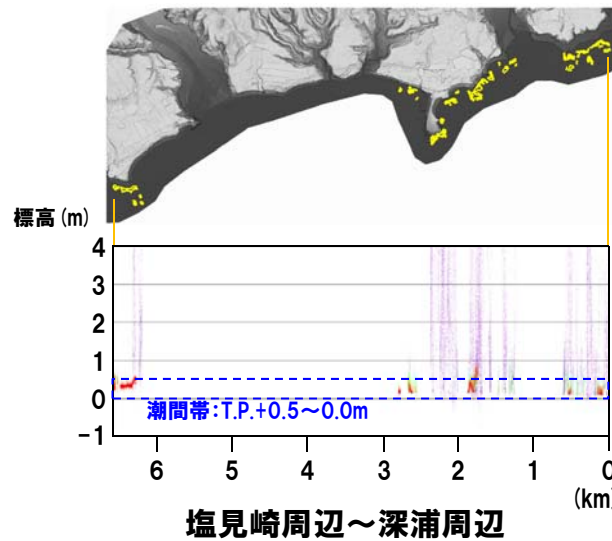
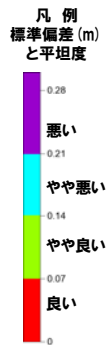
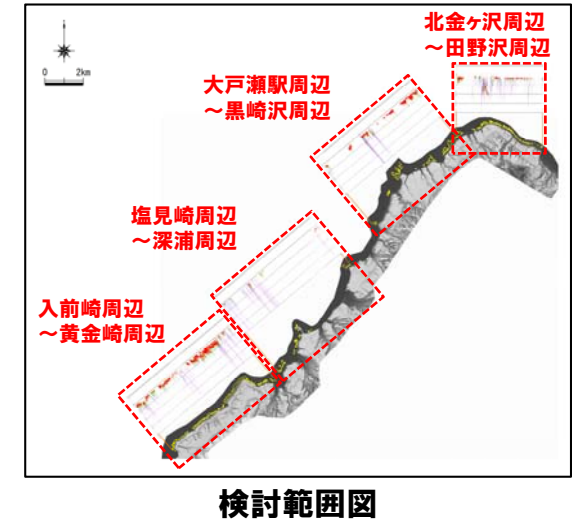
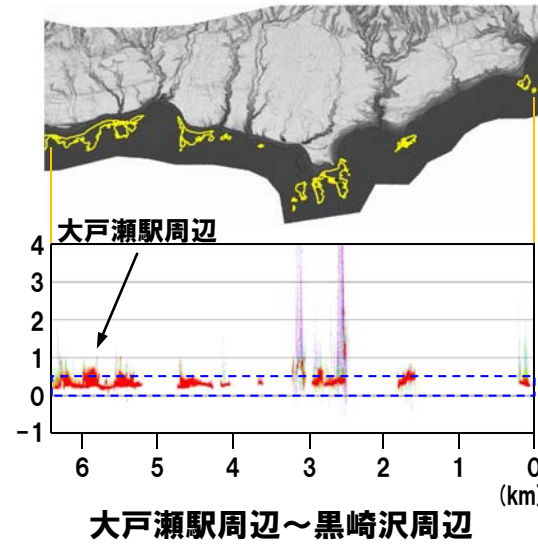
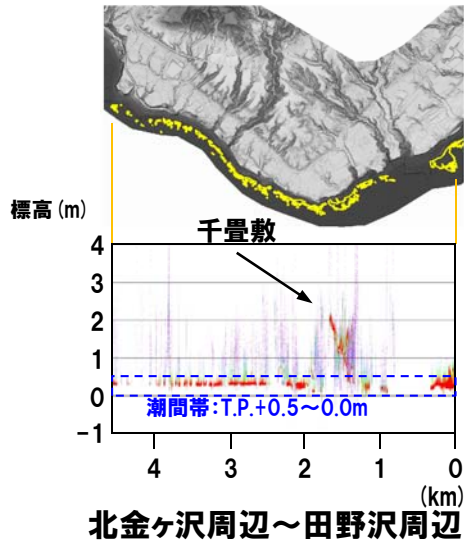
| | 深浦の5年間(2011～2015年)の期望平均潮位 | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|
| | 期望満潮位(cm) | 期望干潮位(cm) |
| 潮位(観測基準面上) | 180.4 | 136.7 |
| T.P.換算潮位(観測基準面の標高で補正 深浦:-129.8cm) | 50.6 | 6.9 |



東北地方北部の潮汐観測地点(気象庁HPに加筆)

⑤-4 青森県大戸瀬周辺のDEMデータを用いた検討 (検討結果:全体) (-2/2-)

再掲 (H28/3/10審査会合)

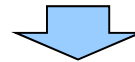


汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

⑤-5 青森県大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度(検討結果:全体) (-1/2-)

再掲(H28/3/10審査会合)

- 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)。



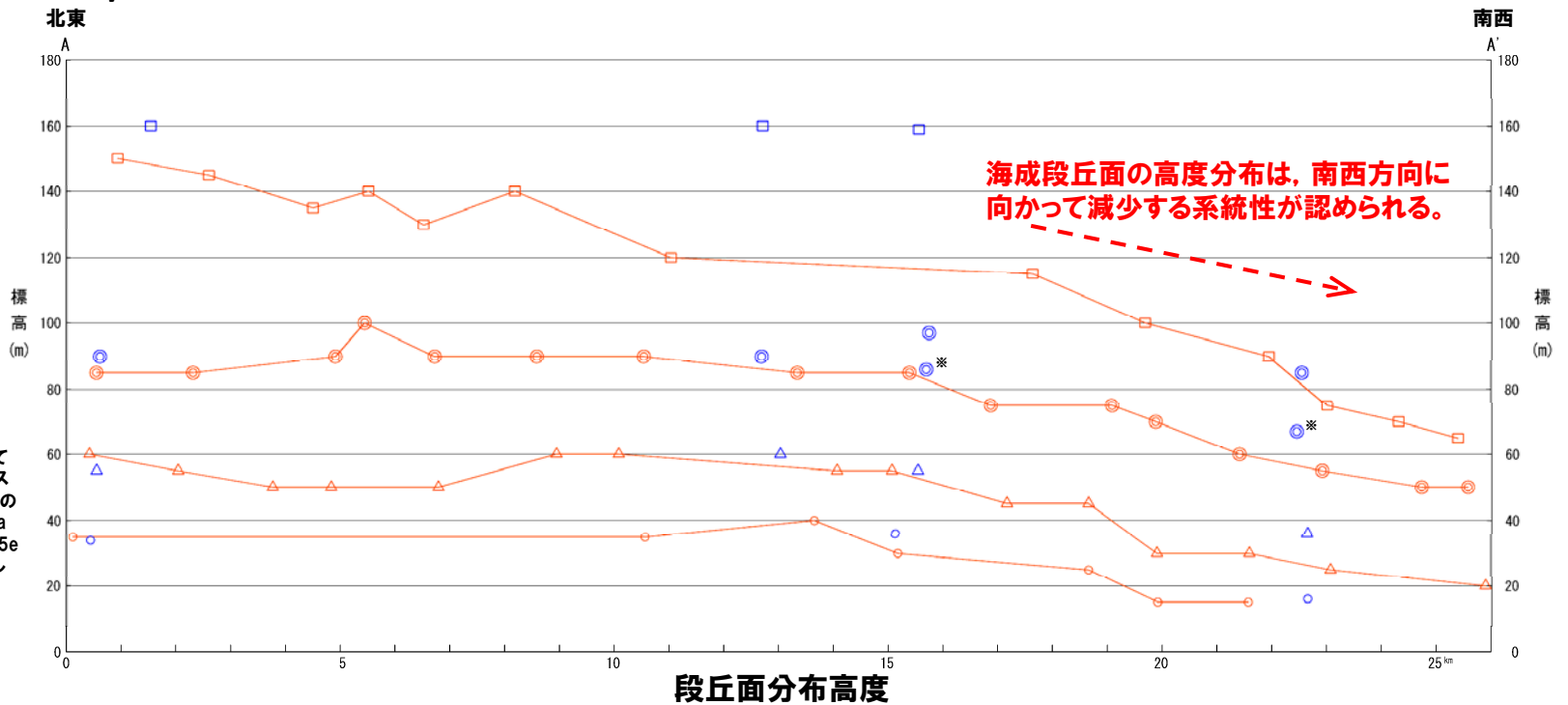
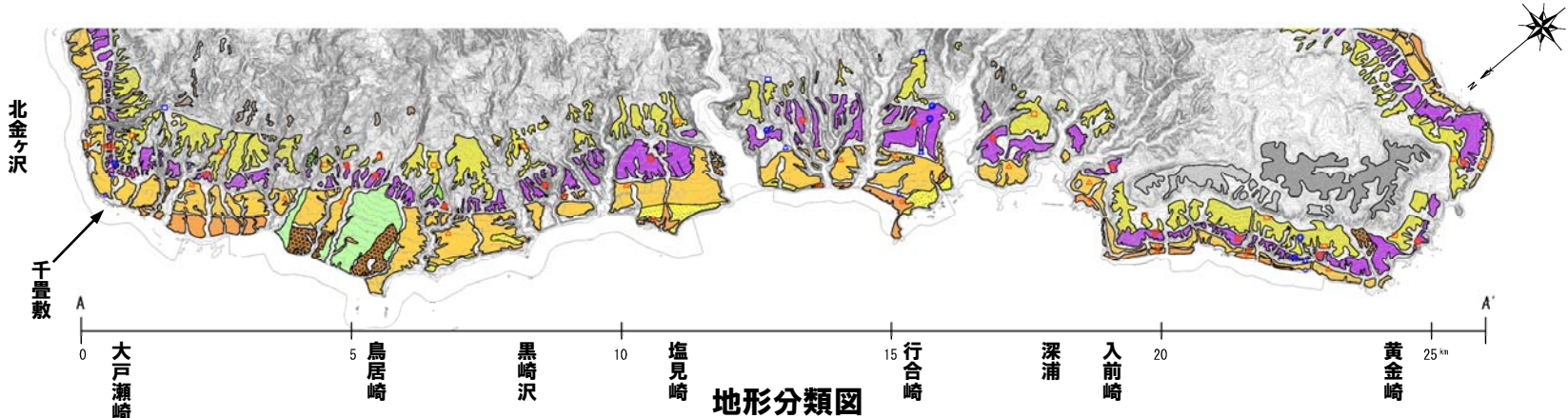
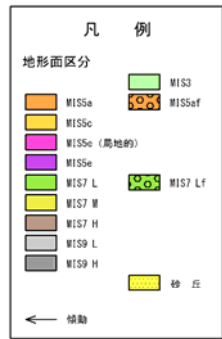
- 大戸瀬周辺のMIS5eの海成段丘面の高度分布は、鳥居崎で最大値100mを示し、北東方向(大戸瀬崎, 85m)及び南西方向(黄金崎, 55m)に向かって減少する系統性が認められる。
- 積丹半島西岸のMm1段丘(MIS5eの海成段丘)高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価され、大戸瀬周辺のMIS5eの海成段丘面の高度分布のように、系統的に変化する状況は認められない。

- ※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)

8.7 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

⑤-5 青森県大戸瀬周辺の海成段丘の分布高度 (検討結果:全体) (-2/2-)

再掲 (H28/3/10審査会合)



凡例

- 当社地形判読結果
 - MIS7Mの段丘面高度
 - MIS5eの段丘面高度
 - MIS5cの段丘面高度
 - MIS5aの段丘面高度

- 小池・町田編 (2001) 「日本の海成段丘アトラス」
 - MIS7の旧汀線高度
 - MIS5eの旧汀線高度
 - MIS5cの旧汀線高度
 - MIS5aの旧汀線高度

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

余白

⑥-1 新潟県佐渡島小木半島の文献レビューを踏まえた地表地質踏査

再掲 (H28/3/10審査会合)

【文献レビュー】

- 太田ほか (1976) においては、ハンドレベル及びオートレベルを用いた測量により、隆起ベンチと旧海食崖との傾斜変換点高度を28地点で測定し、1802年小木地震による隆起ベンチ (1802年段丘と呼称している。) の旧汀線高度を報告している。
- 太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度は、宿根木付近において最大値 (231cm) ※を示し、半島を北方向に向かって減少するとされている。
- MIS5e海成段丘旧汀線高度は、南側が北側よりも高く、北方への傾動が認められ、1802年佐渡小木地震と同様の地殻変動の累積を受けているとされている。
- 角 (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。 |

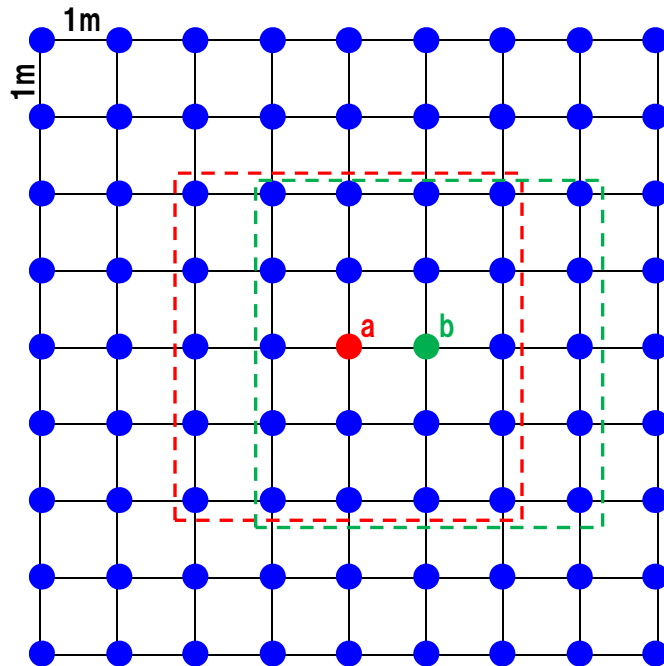
※当該文献では柏崎の潮位を基準として海面補正を行っているため、1802年段丘の旧汀線高度を柏崎の平均潮位 (1956~1975年:T.P.+0.18m) で補正した。

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

⑥-2 新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討(平坦度の考え方)

再掲(H28/3/10審査会合)

- 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

[red dashed box] : a点における標準偏差計算範囲

[green dashed box] : 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。

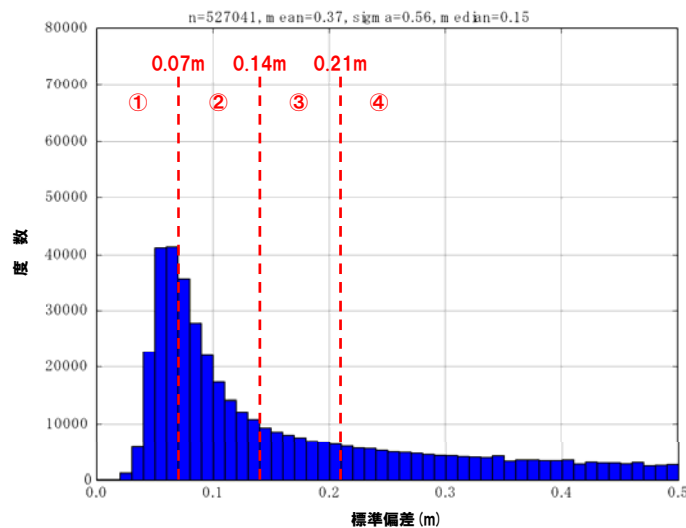
国土交通省(2014)の情報

| | |
|--------|------------------------|
| 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 ² |

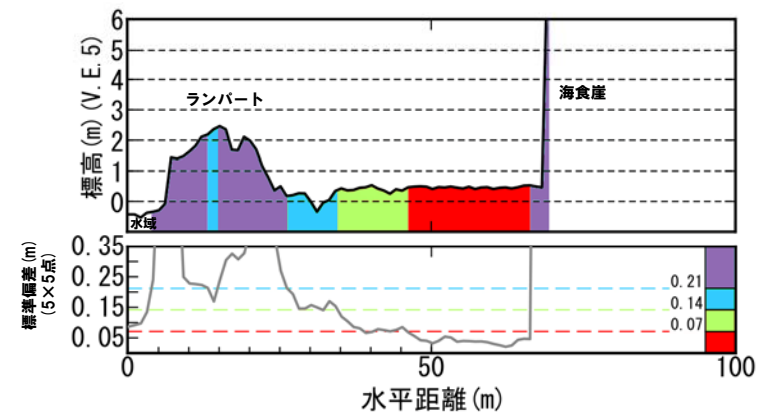
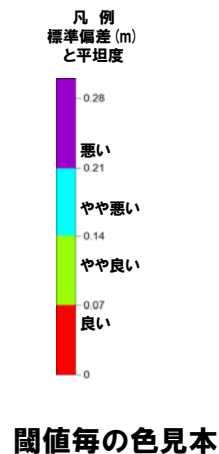
⑥-3 新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討 (平坦度の閾値)

再掲 (H28/3/10審査会合)

- 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(P131参照)。
- 「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

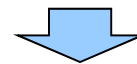


海岸地形断面における平坦度区分の例

⑥-4 新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討 (検討結果:全体) (-1/2-)

再掲 (H28/3/10審査会合)

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



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

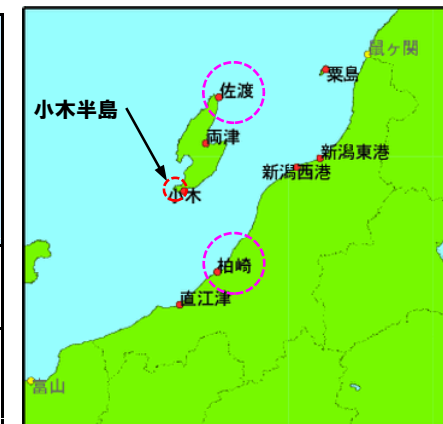
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形が、汀線方向に100m程度連続する状況が南岸を中心に多く認められる。
- 連続する平坦度の良い海岸地形の高度分布は、南岸から北岸に向かって減少する系統性が認められる。
- 平坦度の良い海岸地形の高度は、太田ほか (1976) に示される1802年段丘の旧汀線高度と概ね調和的である。

【小木半島の潮間帯】

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

佐渡及び柏崎の平均潮位 (気象庁HP及び国土地理院HPより作成)

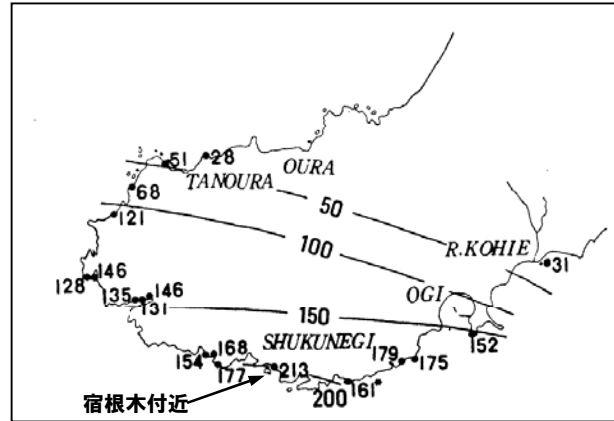
| | 佐渡の5年間
(2011~2015年)の
朔望平均潮位
(気象庁HPより作成) | | 柏崎の
1956~1975年の
平均潮位 (m)
(国土地理院HPより
作成) |
|---|--|---------------|---|
| | 朔望満潮位
(cm) | 朔望干潮位
(cm) | |
| 潮位
(観測基準面上) | 178.8 | 135.8 | 1.460 |
| T.P.換算潮位
(観測基準面の
標高で補正
佐渡:-152.4cm
柏崎:-128.0cm) | 26.4 | -16.6 | 0.180 |



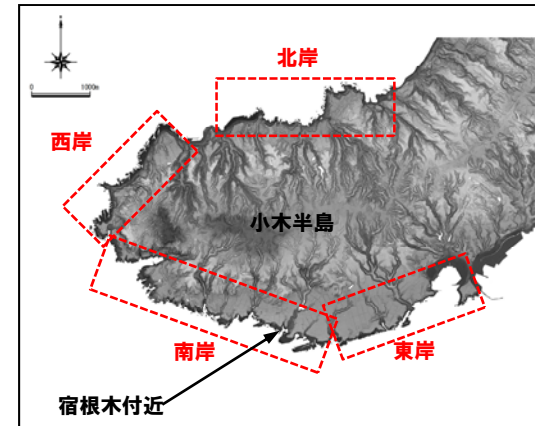
北陸地方東部の潮汐観測地点
(気象庁HPに加筆)

⑥-4 新潟県佐渡島小木半島のDEMデータを用いた検討 (検討結果:全体) (-2/2-)

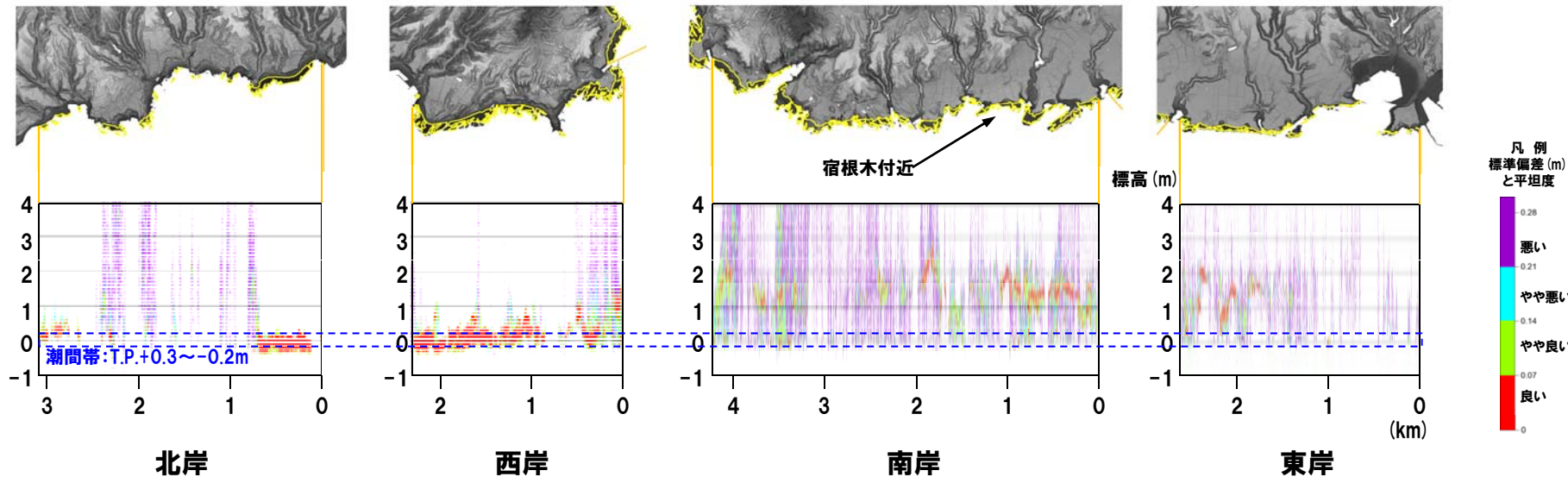
再掲 (H28/3/10審査会合)



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



検討範囲図



汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布図

余白

⑦-1 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)

再掲(H28/3/10審査会合)

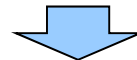
- 文献レビューを踏まえた地表地質踏査及びDEMデータを用いた海岸地形の検討の結果、比較対象適地には、新潟県佐渡島小木半島を選定した。
- 新潟県佐渡島小木半島について、積丹半島西岸の海岸地形と比較し、特徴の差異について検討を実施した。

【新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況】

- 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。

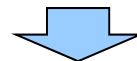
【積丹半島西岸の海岸地形の状況】

- 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。



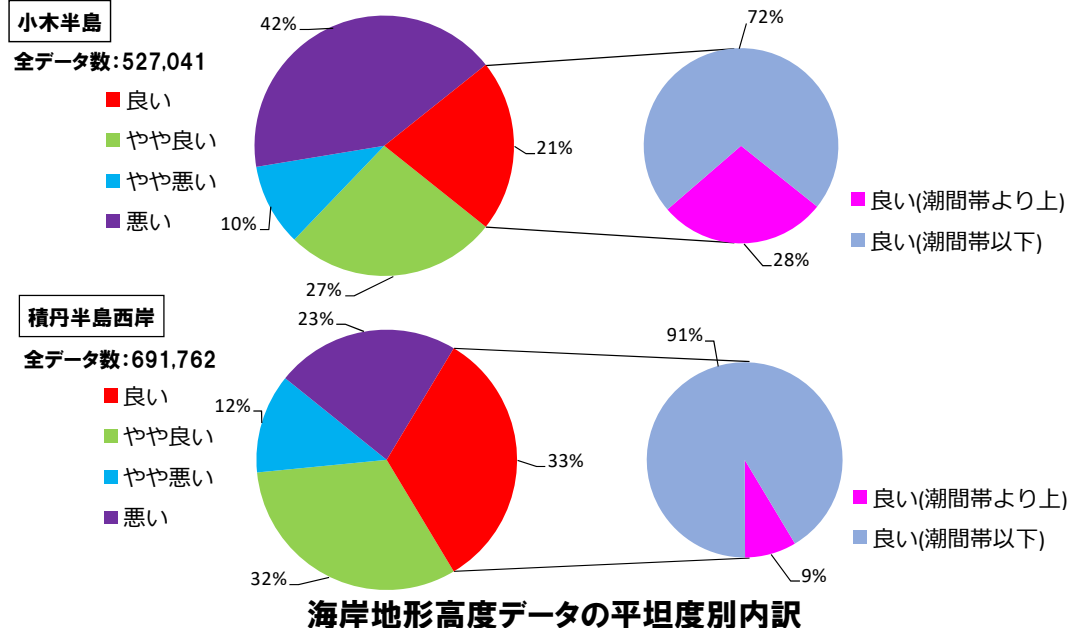
- 積丹半島西岸の海岸地形は、日本海側における地震性隆起地域のうち、当社が比較対象適地として選定した、新潟県佐渡島小木半島の海岸地形の状況とは特徴が異なるものと判断される。

⑦-2 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-)

再掲(H28/3/10審査会合)

- 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。

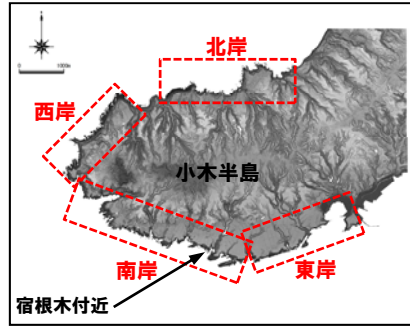
- 新潟県佐渡島小木半島及び積丹半島西岸の海岸地形状況について、統計的に確認した。
- 小木半島における平坦度の良い海岸地形は、3割程度が潮間帯より標高の高い範囲で認められる。
- 積丹半島西岸における平坦度の良い海岸地形は、その多くが潮間帯以下に認められる。
- 潮間帯より標高の高い範囲の平坦度の良い海岸地形の割合が、積丹半島西岸と比較して小木半島の方が大きい状況は、小木半島が地震性隆起の影響を受けていることを定量的に示唆しているものと考えられる。



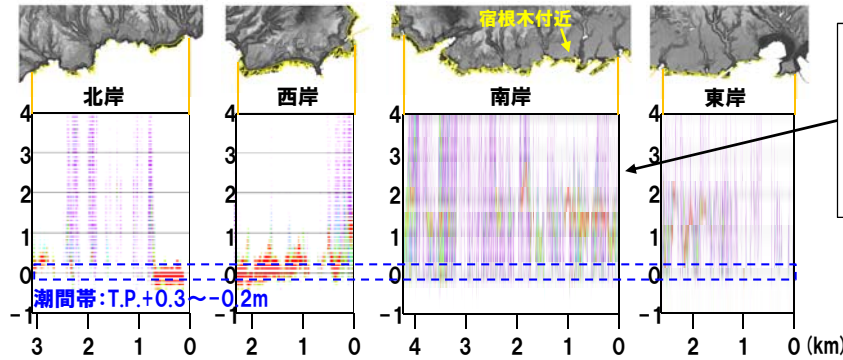
8.7 日本海沿岸における地震性隆起地域の海岸地形との比較

⑦-2 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-)

再掲(H28/3/10審査会合)

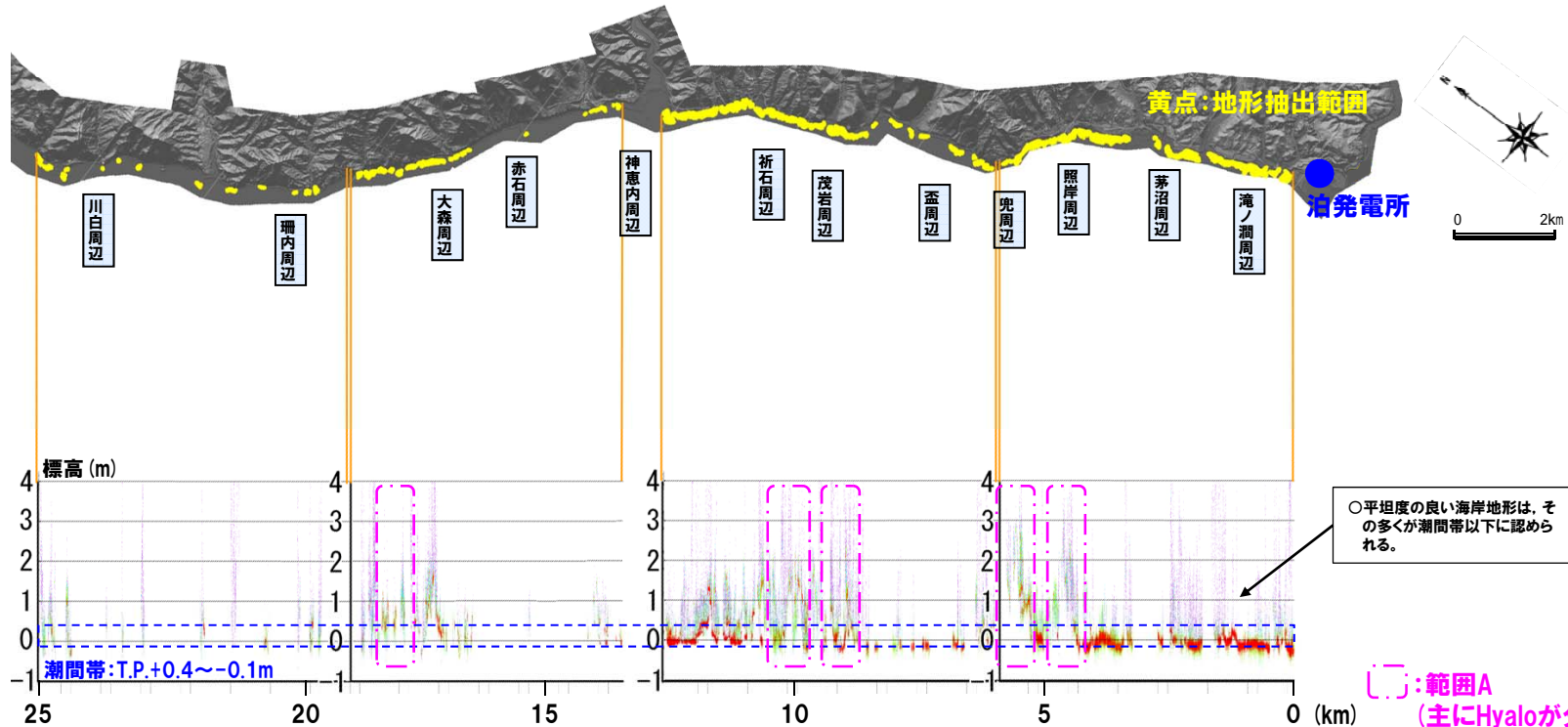


検討範囲図



○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)



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)

〔 〕: 範囲A (主にHyaloが分布する範囲)

8.7 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

⑦-3 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-)

再掲(H28/3/10審査会合)

- 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(231cm^{*})を示す宿根木付近及びそれに隣接して2m弱^{*}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(次頁範囲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(次頁範囲C)。

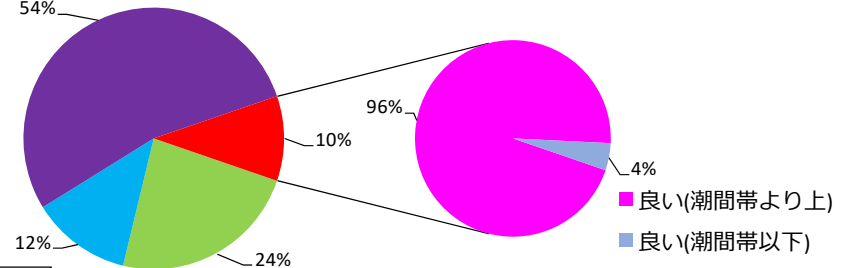
※太田ほか(1976)に示される1802年段丘の旧汀線高度を柏崎の平均潮位(1956~1975年:T.P.+0.18m)で補正

- 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。

小木半島 宿根木・強清水周辺

全データ数:147,198

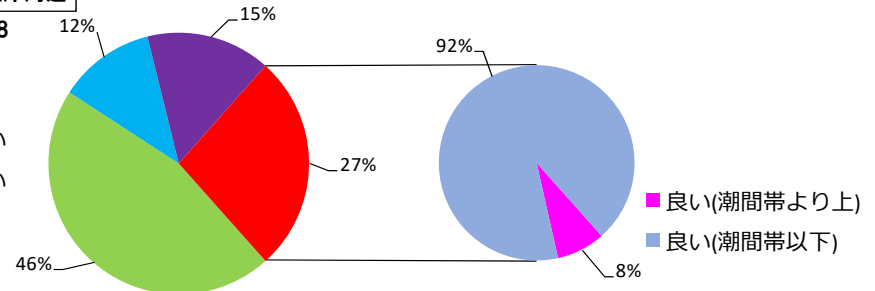
- 良い
- やや良い
- やや悪い
- 悪い



積丹半島西岸 兜・照岸周辺

全データ数:149,598

- 良い
- やや良い
- やや悪い
- 悪い

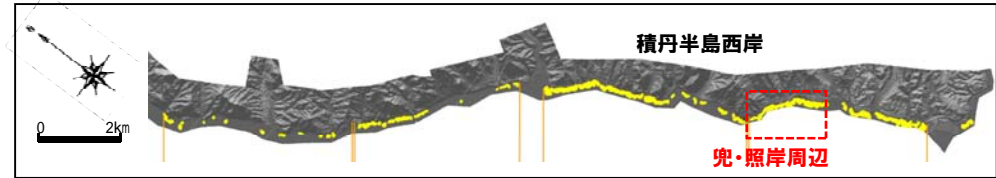
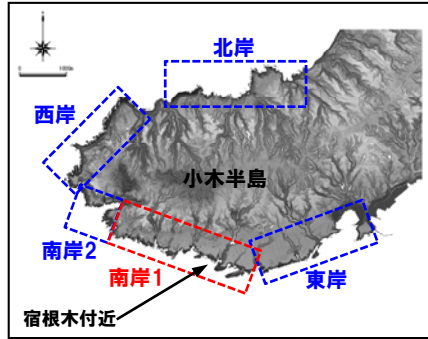


海岸地形高度データの平坦度別内訳

8.7 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

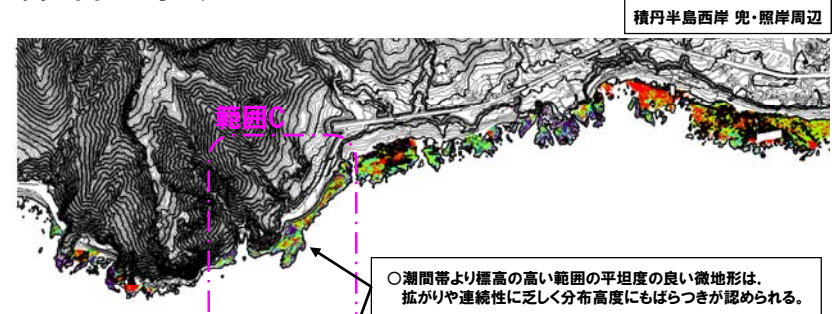
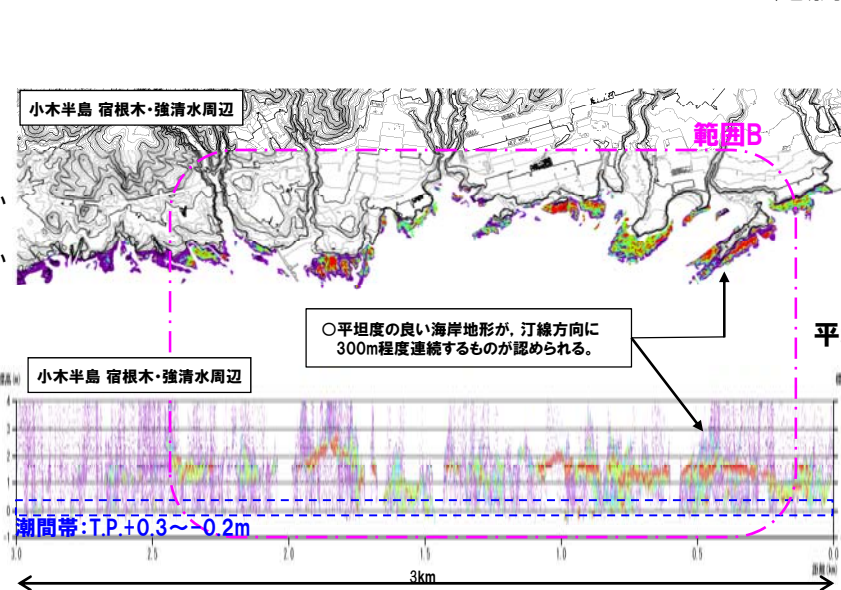
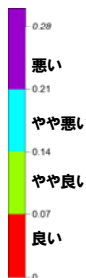
⑦-3 新潟県佐渡島小木半島と積丹半島西岸の海岸地形の比較(詳細) (-2/2-)

再掲(H28/3/10審査会合)



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

汀線方向における平坦度別海岸地形高度分布断面図

9. 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【検討目的】

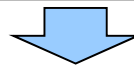
- 積丹半島の海岸地形の形成要因について考察を行う。
- 積丹半島の海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係について考察を行う。

【検討内容】

- 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について検討する。
- 文献レビューに基づく海岸地形状況と、当社調査結果に基づく積丹半島の海岸地形状況との比較を行い、海岸地形の形成要因について検討する。
- 海岸地形、海成段丘及び海食洞に関する当社調査結果に基づき、高度、分布状況等の関係について検討する。

【検討結果】

- 積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には、大局的に相関関係が認められる。
- 積丹半島の海岸地形は、文献において、岩質の差異等が高度を含む形状に反映され、波食又は風化作用により形成されるとされている状況と概ね調和的である。
- 積丹半島西岸及び北・東岸並びに西岸における神恵内以北及び神恵内以南において認められる海岸地形の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。
- 積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じて、形成されやすさが異なるものと考えられる。
 - ・侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相が分布する「波食棚」の背後には海成段丘が形成されやすく、また、砂・礫浜の背後には海成段丘が形成される場合もある。
 - ・侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相が分布する「潮間帯より標高の高い地形」の背後には海成段丘が形成されにくい。
 - ・急崖地形の背後には海成段丘が形成されない。
- 積丹半島の海成段丘の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。
- 積丹半島の海食洞は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることにより形成されると考えられることから、海岸地形高度等との相関は認められない。



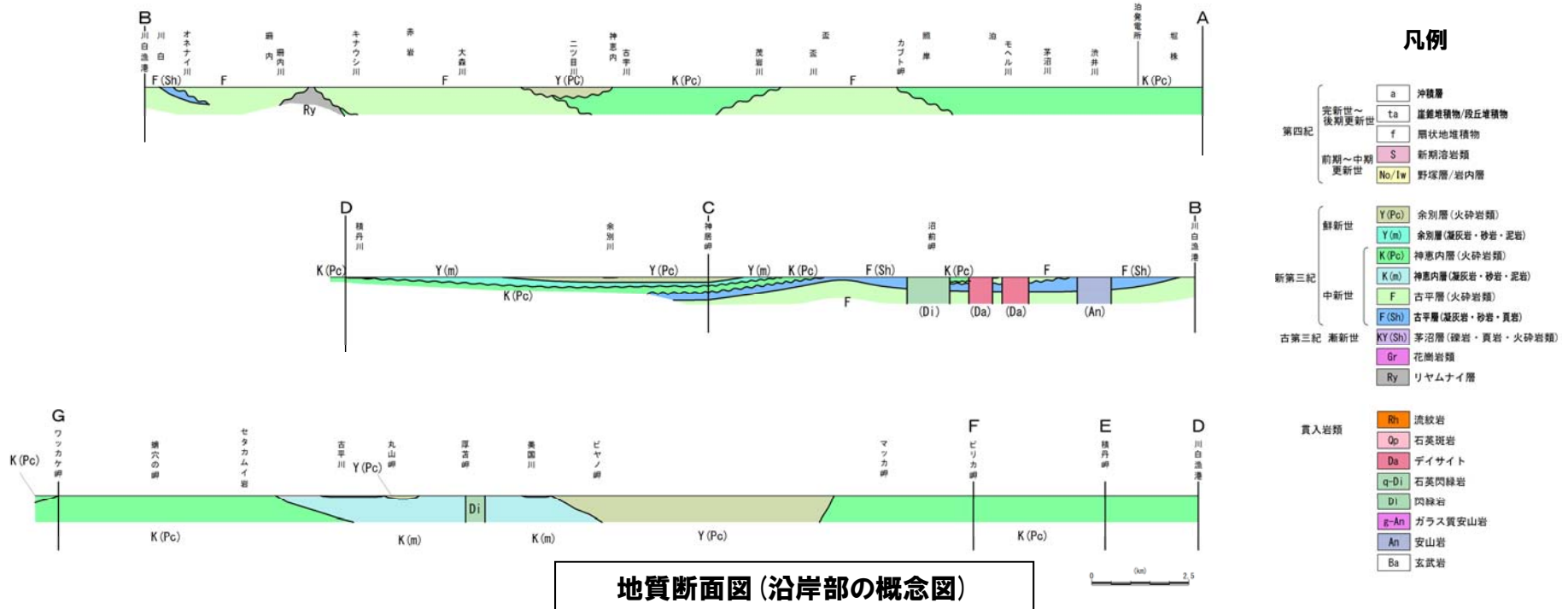
- 積丹半島の海岸地形は、波食又は風化作用によって形成された可能性も考えられる。
- 積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じた形成過程をたどり、海食洞は独立した形成過程をたどるものと考えられる。
- 積丹半島の海岸地形及び海成段丘の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。

9.2 地質及び地形概要

①積丹半島の地質分布 (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

- 積丹半島の沿岸部には、下位より新第三系下部～上部中新統の古平層、上部中新統の神恵内層、上部中新統～鮮新統の余別層及び貫入岩の流紋岩、閃緑岩、デイサイトが分布する。
- 積丹半島の大局的な地質分布および構造は、NW-SE方向に特徴づけられ、神恵内層形成時の褶曲運動に伴う盆構造等を余別層が覆っている。
- 古平層は西岸寄りにNW-SE方向の背斜構造を形成しながら分布し、盃周辺では、ドーム構造が認められる。
- 神恵内層は古平層を整合、一部不整合で覆い、NW-SE方向で内陸から沿岸傾斜で分布する。西岸においては火砕岩類が全域に分布し、盃周辺では古平層のドーム構造を取り巻くような構造が認められる。北岸においては積丹岬周辺に火砕岩類が分布し、東岸においては火砕岩類及び堆積岩類が分布する。東岸に分布する火砕岩類は、西岸と比較して凝灰角礫岩や凝灰岩が主体となる。
- 余別層は、西岸の神恵内層周辺及び北岸の余別川周辺においては、神恵内層形成時の盆構造や縁辺部を埋めるように堆積岩類が分布し、東岸においては火砕岩類が分布する。火砕岩類は凝灰角礫岩や凝灰岩が主体となる。



9.2 地質及び地形概要

①積丹半島の地質分布 (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

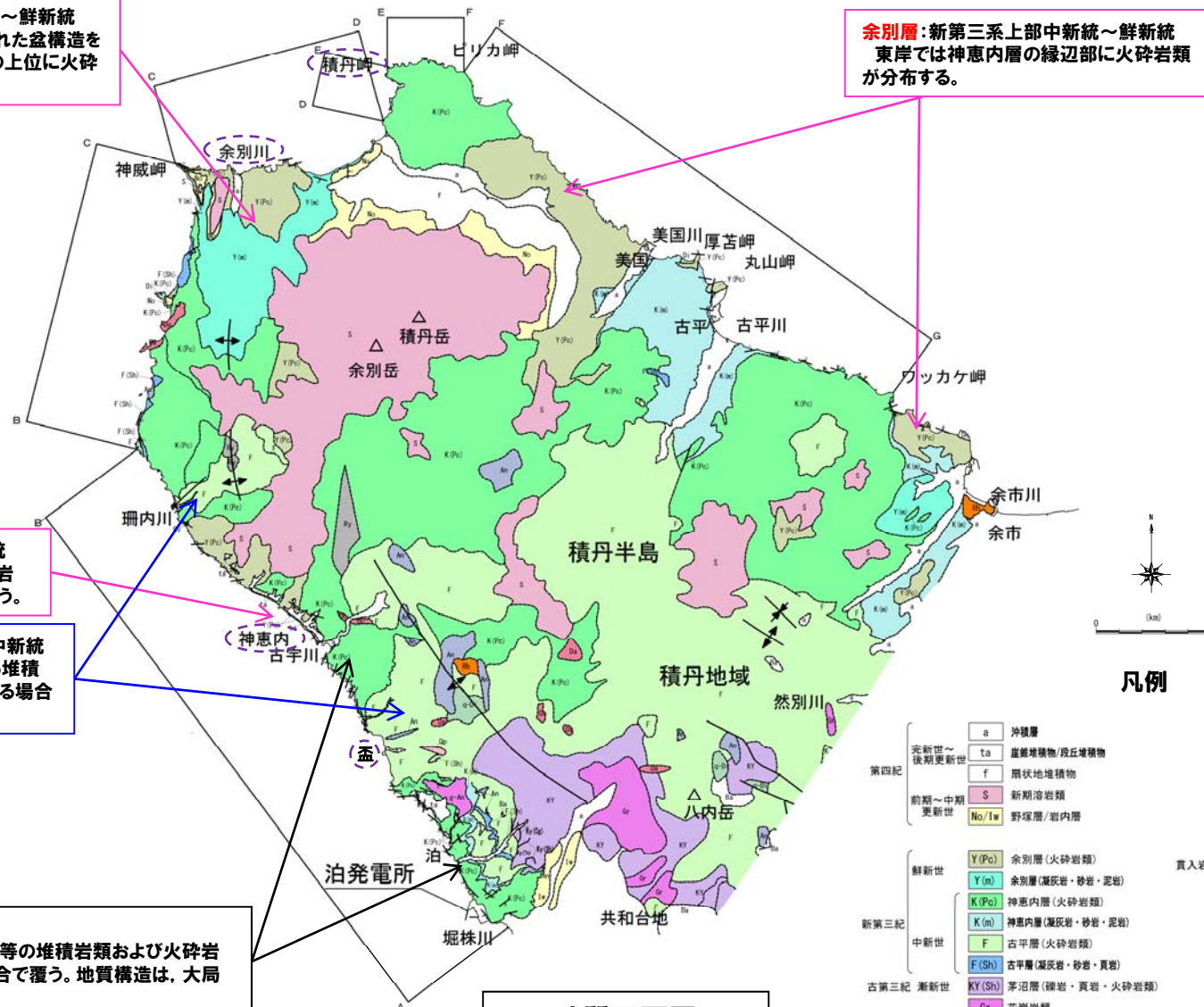
余別層: 新第三系上部中新統～鮮新統
北岸では神恵内層で形成された盆構造を埋めるように堆積岩類が、その上位に火砕岩が分布する。

余別層: 新第三系上部中新統～鮮新統
東岸では神恵内層の縁辺部に火砕岩類が分布する。

余別層: 新第三系上部中新統～鮮新統
西岸で局所的に砂岩・礫岩等の堆積岩類が分布する。神恵内層を不整合で覆う。

古平層: 新第三系下部中新統～上部中新統
積丹半島の軸部～西岸に分布する堆積岩類及び火砕岩類、強変質を受けている場合が多い。

神恵内層: 新第三系上部中新統
調査範囲のほぼ全域に分布する泥岩等の堆積岩類および火砕岩類で、下位の古平層を整合・一部不整合で覆う。地質構造は、大局的には内陸から沿岸傾斜を示す。



地質平面図

9.2 地質及び地形概要

②岩種・岩相と地形 (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島の沿岸部における岩種・岩相と地形の関係を確認するため、地表地質踏査を実施した。
- 神恵内層は、侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相が、標高の高い海岸地形を形成している状況が認められる。

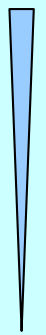
| 地層 | 岩種 | 岩相と海岸地形の標高との関係 | 地形の高低 | |
|------|---|---|--|------|
| 神恵内層 | 貫入岩 | ・侵食抵抗が相対的に最も強く、高まりを形成しやすい(写真1)。 | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;">高</div>  <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-left: 5px;">低</div> </div> | |
| | 溶岩 | ・侵食抵抗が相対的に強く、高まりを形成しやすい。 | | |
| | 自破碎状溶岩 | ・自破碎状溶岩は、溶岩に比べ侵食抵抗が弱い(写真2)。 | | |
| | ハイアロクラスタイト | ・礫径が大きく、礫が多いほど、侵食抵抗が相対的に強く、高まりを形成しやすい(写真3)。 | | 礫:多 |
| | 火砕岩類
(凝灰岩(Tf)、火山礫凝灰岩(Lt)、
凝灰角礫岩(Tb)、火山角礫岩(Vb)等) | ・基質が少ない岩相ほど、侵食抵抗が相対的に強く、高まりを形成しやすい(写真4)。 | | 基質:少 |
| | 堆積岩類
(砂岩(Ss)、泥岩(Ms)等) | ・侵食抵抗が相対的に弱く、高まりを形成しづらい。 | | 基質:多 |



写真1 神恵内層 貫入岩



写真2 神恵内層 溶岩



写真3 神恵内層
ハイアロクラスタイト



写真4 神恵内層 火砕岩

②岩種・岩相と地形 (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 古平層は、侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相が、標高の高い海岸地形を形成している状況が認められる。
- 余別層は、堆積岩類を主体とすること等から、概ね潮間帯に波食棚を形成している状況が認められる。

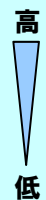
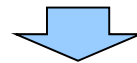
| 地層 | 岩種 | 岩相と海岸地形の標高との関係 | 地形の高低 |
|-----|-----------------------------|---|---|
| 古平層 | 貫入岩 | <ul style="list-style-type: none"> ・侵食抵抗が相対的に最も強く、高まりを形成しやすい(写真5)。 ・岩脈に挟まれた部分が1つの単位として地形を作る場合がある。 | 高

低 |
| | 溶岩
ハイアロクラスタイト | <ul style="list-style-type: none"> ・ほぼ一様に侵食される特徴があり、変質が強いほど侵食の影響を受けやすい傾向が認められる(写真6)。 ・溶岩類よりハイアロクラスタイトの方が侵食を受けやすい。 | |
| | 堆積岩類
(砂岩 (Ss), 泥岩 (Ms)等) | <ul style="list-style-type: none"> ・侵食抵抗が相対的に弱く、高まりを形成しづらい。 | |



写真5 古平層 貫入岩



写真6 古平層 変質部



- 積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には、大局的に相関関係が認められる。(海岸地形が多く認められる箇所の代表的なブロックにおける岩種・岩相と海岸地形の関係は、資料集P174～P211参照)。

①海岸地形の形成要因 (-1/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

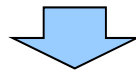
○文献レビューに基づく海岸地形状況と、当社調査結果に基づく積丹半島の海岸地形状況との比較を行い、海岸地形の形成要因について検討した。

【文献レビュー】(文献レビューの結果は次頁参照)

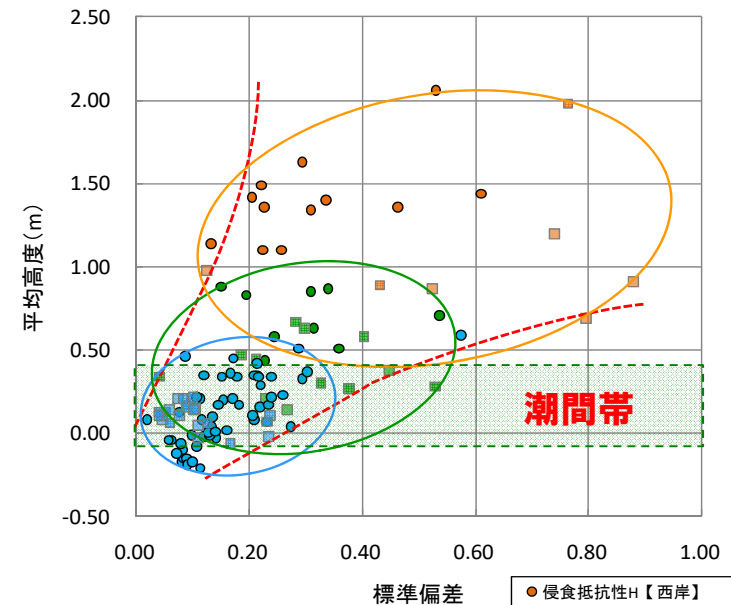
- 波食棚には複数の分類があり、潮間帯に位置しているものと潮間帯よりも標高の高いものが存在する。
- 波食棚の形状は、岩質の差異、岩石の強度の差異等が反映されている。
- 波食棚形成の主な営力は、波食及び風化作用(岩石の乾湿の交代による風化が主要)である。

【当社調査結果】

- 積丹半島における海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗の関係を確認するため、海岸地形高度の定量化を行った(P188参照)。
- 積丹半島西岸及び北・東岸における、侵食抵抗に応じた海岸地形の平均高度と標準偏差の関係を示す。
- 侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相においては、概ね「潮間帯より標高の高い地形」を形成し、侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相においては、概ね潮間帯に「波食棚」を形成している。
- 侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相は、標準偏差(ばらつき)が大きい。
- 西岸と比較し、北・東岸は海岸地形の分布が少ない状況ではあるが、上記の傾向は、積丹半島西岸及び北・東岸いずれにおいても認められる。
- 「潮間帯より標高の高い地形」において、平均高度の最大値は標高2.0m程度(兜周辺)であるが、これは暴風時に波が到達する高度である(P189参照)。



- 積丹半島の海岸地形は、文献において、岩質の差異等が高度を含む形状に反映され、波食又は風化作用により形成されるとされている状況と概ね調和的である。



積丹半島における海岸地形の平均高度と標準偏差の関係

①海岸地形の形成要因 (-2/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

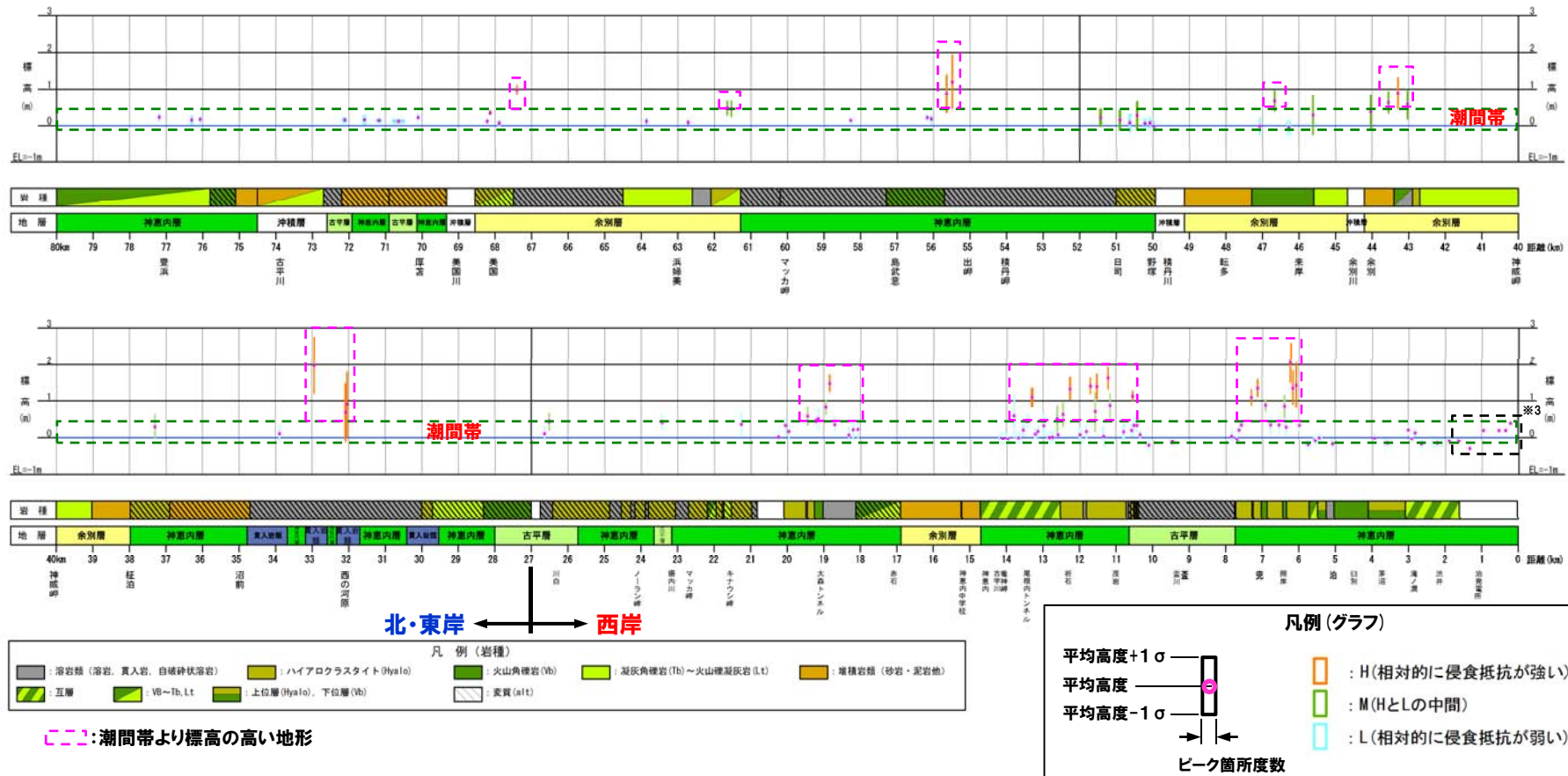
海岸地形に関する文献レビュー結果

| 項目 | 豊島(1967) | 高橋(1972) | Sunamura(1992) |
|---------|---|--|--|
| 調査地域 | <ul style="list-style-type: none"> ・鳥取県東部及び中部の岩石海岸 ・山陰地方は潮差が少なく、平均潮差は20cm程度 ・鳥取地震による地盤変動を受けていない地域 | <ul style="list-style-type: none"> ・長崎県平戸島における岩石海岸 ・平均潮差は1.6m程度 ・島の主軸方向(北北東-南南西)を軸とし、西に下る傾動があったと思われる | <ul style="list-style-type: none"> ・波食棚に2つのタイプ(潮間帯ベンチ、高潮位ベンチ)が存在する原因を、岩石の強度と破碎波の侵食力の比によって説明 |
| 波食棚の分類 | <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>storm bench</u>
⇒海面上2~3mまでの高度
⇒相対的に幅が狭い
⇒波食棚表面は、節理などの構造に支配された起伏がある ・ <u>old hat型</u>
⇒海面すれすれの高度
⇒相対的に幅が広い
⇒波食棚表面は平滑 | <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>潮間帯波食棚</u>
⇒潮間帯に位置し、高潮時には、ほとんどが水没
⇒波食棚面上に水磨された礫がのっていることがある ・ <u>高潮位波食棚</u>
⇒波食棚面の大部分が平均高潮位付近に位置
⇒波食棚面上には、水磨された礫はほとんど認められない ・ <u>暴風波波食棚</u>
⇒平均高潮位以上の高さに認められる小規模な棚状の面
⇒暴風波時に波しぶきを受ける | |
| 形成メカニズム | <ul style="list-style-type: none"> ・波食棚形成の主な営力は、風化作用(岩石の乾湿の交代による風化が主要)と波の合力 ・波食棚形成の水準(高度)は、波の到達・遡上水準に対応 ・海食地形は、岩質の差異が反映されている | <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>潮間帯波食棚</u>
⇒海水面風化だけではなく、砂礫を研磨の道具とする波食 ・ <u>高潮位波食棚</u>
⇒海水面風化が主要な役割 ・ <u>暴風波波食棚</u>
⇒暴風波によって洗われる | |
| 地質 | <ul style="list-style-type: none"> ・安山岩、玄武岩、花崗岩及び第三系礫岩 | <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>潮間帯波食棚</u>
⇒角礫凝灰岩、火山角礫岩、礫岩、軟質砂岩など ・ <u>高潮位波食棚</u>
⇒凝灰角礫岩、火山角礫岩など ・ <u>暴風波波食棚</u>
⇒玄武岩、安山岩の溶岩など | |

9.3 海岸地形の形成要因

①海岸地形の形成要因 (-3/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



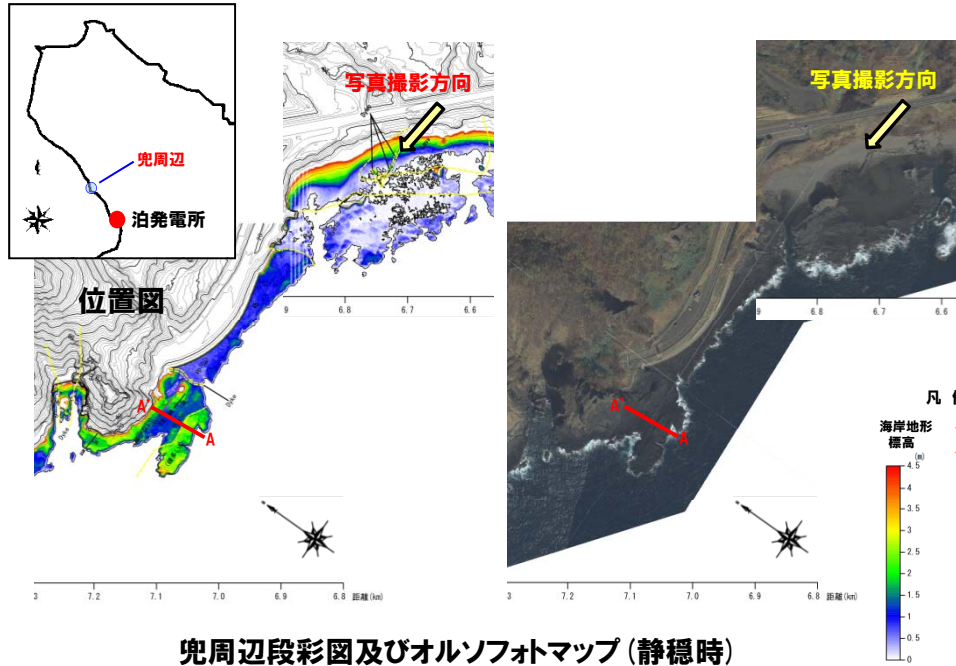
- ※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している。
- ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。
- ※3 敷地付近の海岸地形については、発電所建設前の空中写真及び地形図から算出した平均高度を記載している (P128参照)。

積丹半島における海岸地形の岩種・岩相及び分布高度

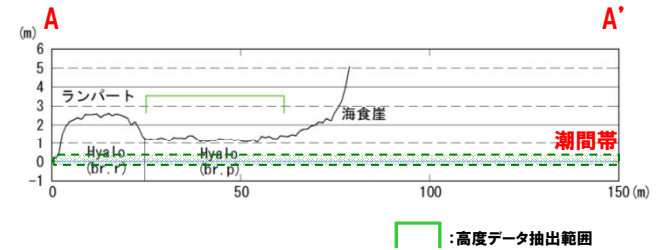
9.3 海岸地形の形成要因

①海岸地形の形成要因 (-4/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

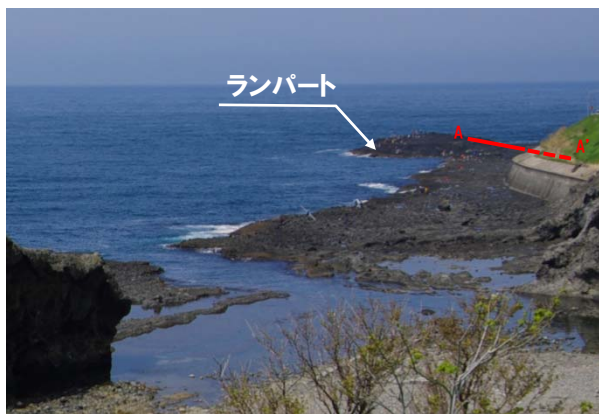


兜周辺段彩図及びオルソフォトマップ (静穏時)



- 年間約50%の頻度で0.5m以上の波高が発生する。
⇒ (下中央写真: 波浪時状況) T.P.+1.0m程度以上まで波が到達している。
- 年間約30%の頻度で1.0m以上の波高が発生する。
⇒ (右下写真: 高波浪時状況) T.P.+3.0m程度以上まで波が到達している。

※敷地周辺の波浪の詳細については、P149参照。



兜周辺静穏時状況 (H21.10.24撮影)



兜周辺波浪時状況 (H26.10.25撮影)

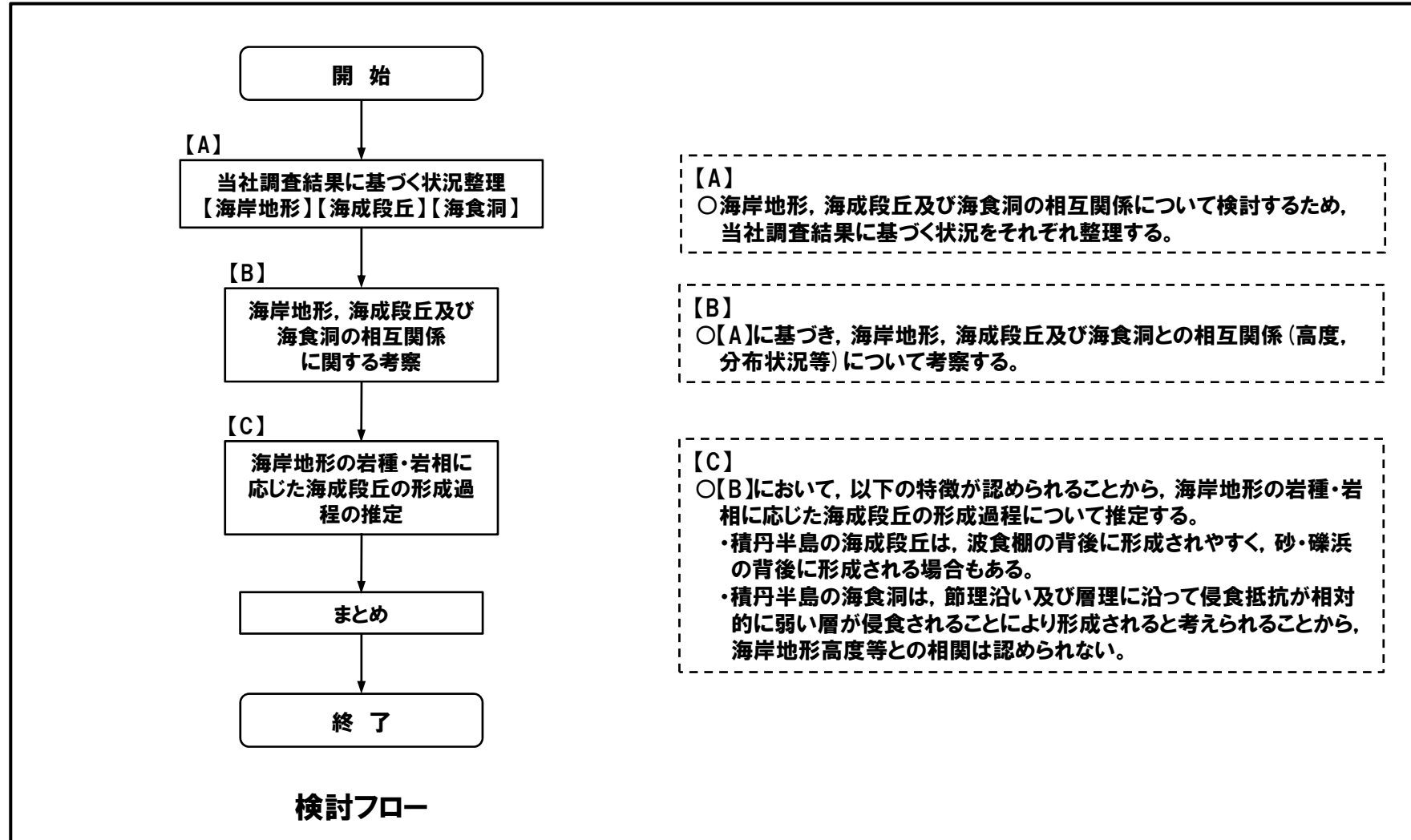


兜周辺高波浪時状況 (H22.4.14撮影)

余白

①海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係（検討フロー）

○積丹半島の海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係について、下記フローにより、検討を実施した。



9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

②-1 当社調査結果に基づく状況整理【海岸地形】(-1/5-)

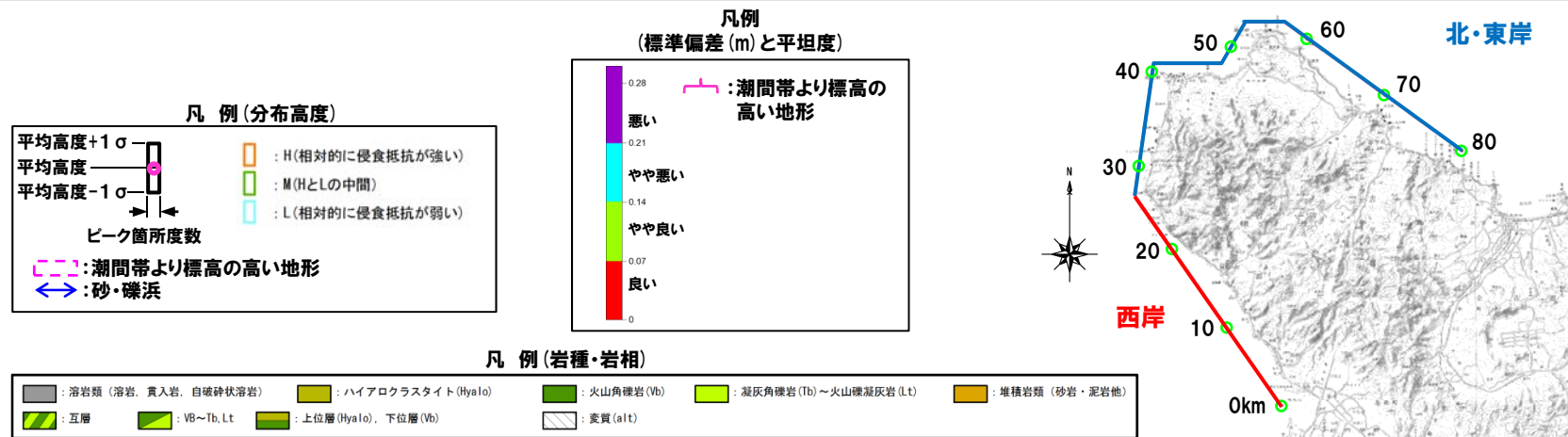
○積丹半島における海岸地形状況について整理した。

- ・海岸地形の大局的な分布は、北・東岸は、西岸と比較して少ない。
- ・また、西岸においては、神恵内以北は、神恵内以南と比較して少ない(次頁①)。
- ・侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相(溶岩類、ハイアロクラスタイト等)の分布範囲では、概ね潮間帯より標高の高い地形が形成される(P193~P195②)。
- ・また、潮間帯より標高の高い地形が分布する範囲には、平坦度の良い微地形が認められるが、西岸においては、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、北・東岸においては、拡がりや連続性が認められない(P193~P195②)。
- ・侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相(火砕岩類、堆積岩類等)の分布範囲では、概ね波食棚又は砂・礫浜※が形成される。
- ・また、波食棚が分布する範囲には、平坦度の良い海岸地形が認められる。
- ・変質を伴う岩相の分布範囲では、主に急崖地形が形成される。
- ・米田ほか(2002)によれば(P196参照)、積丹半島沿岸部には急崖地形が広く分布し、西岸における神恵内以北及び北・東岸において、多くの岩盤崩落が発生しているとされており、当社調査結果(P193~P195参照)における変質を伴う岩相の分布範囲と概ね調和的である。

※砂・礫浜は、周辺河川又は沢からの堆積物の供給が多い地形・地質条件の場合に形成されるものと考えられる。

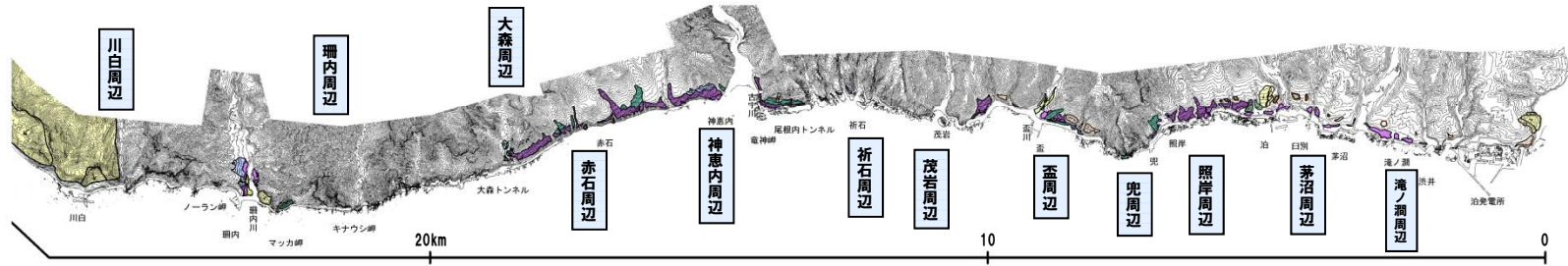


○積丹半島西岸及び北・東岸並びに西岸における神恵内以北及び神恵内以南において認められる海岸地形の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。

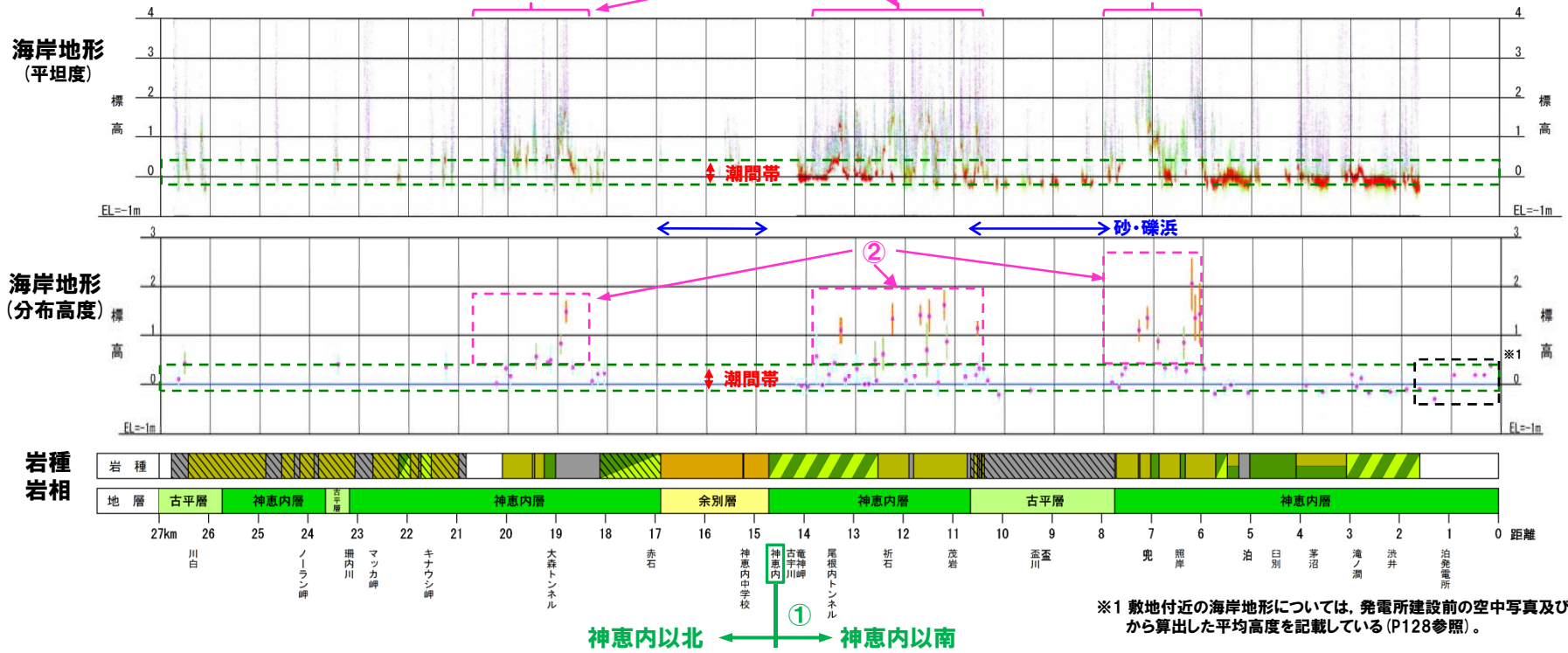


9.4 海岸地形，海成段丘及び海食洞の相互関係

②-1 当社調査結果に基づく状況整理【海岸地形】(-2/5-)



【西岸】

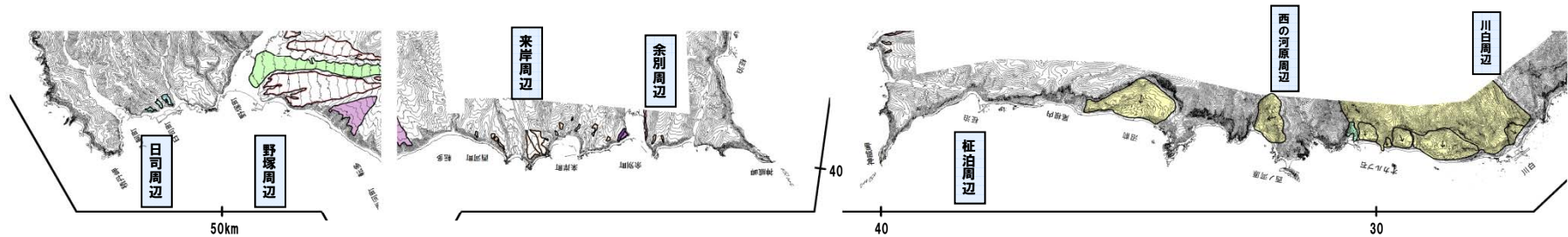


※1 敷地付近の海岸地形については、発電所建設前の空中写真及び地形図から算出した平均高度を記載している (P128参照)。

積丹半島西岸における海岸地形の岩種・岩相，分布高度及び平坦度の分布 (凡例は前頁参照)

9.4 海岸地形，海成段丘及び海食洞の相互関係

②-1 当社調査結果に基づく状況整理【海岸地形】(-3/5-)

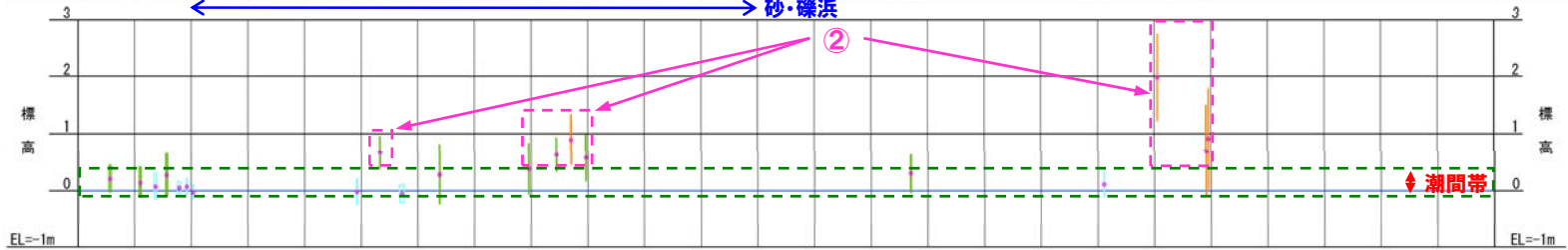


【北・東岸】

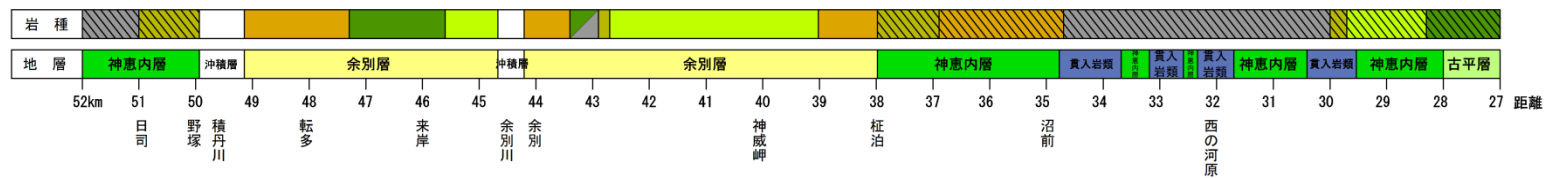
海岸地形
(平坦度)



海岸地形
(分布高度)



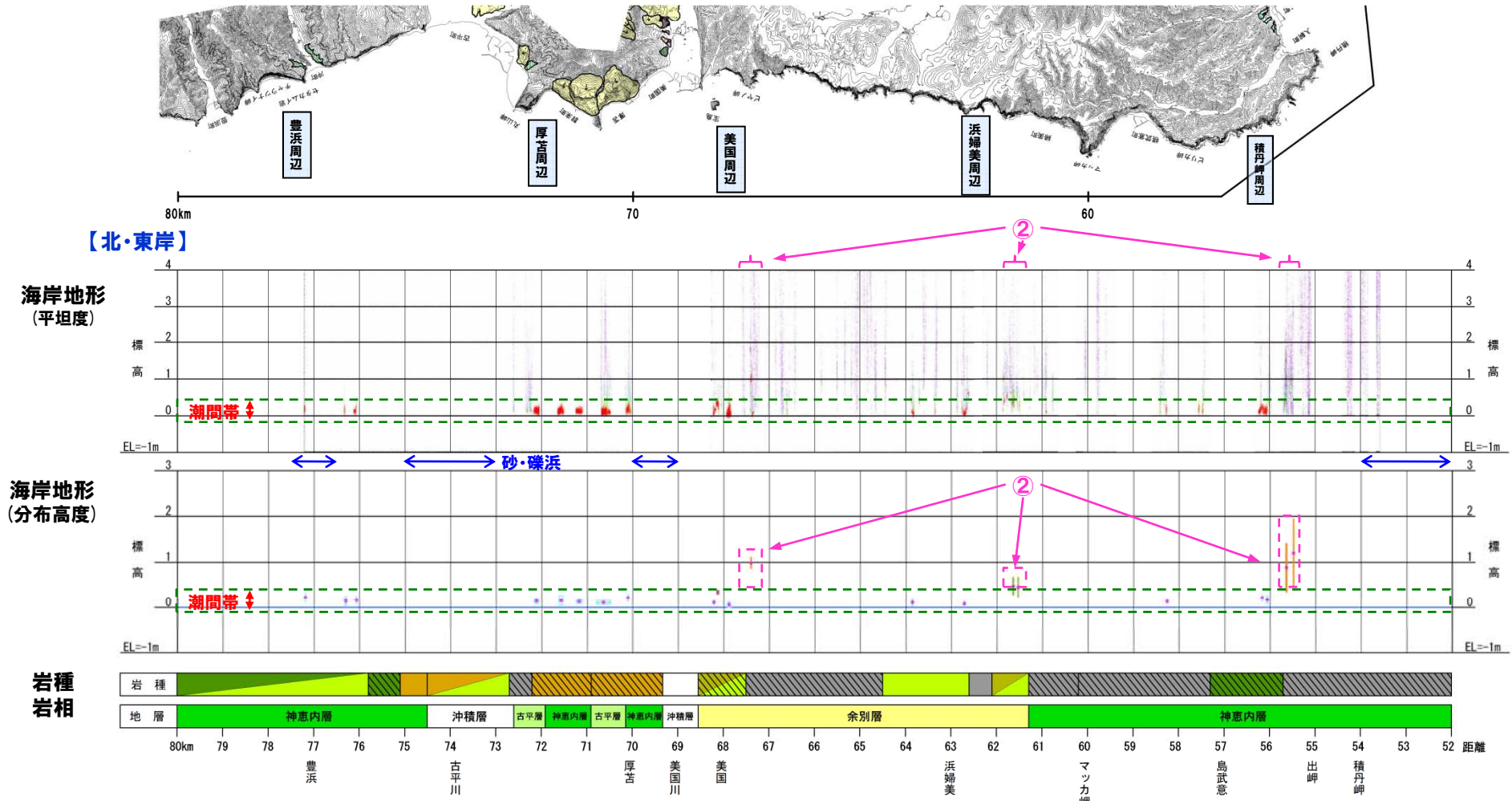
岩種
岩相



積丹半島北・東岸における海岸地形の岩種・岩相，分布高度及び平坦度の分布
(凡例はP192参照)

9.4 海岸地形，海成段丘及び海食洞の相互関係

②-1 当社調査結果に基づく状況整理【海岸地形】(-4/5-)



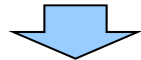
積丹半島北・東岸における海岸地形の岩種・岩相，分布高度及び平坦度の分布 (凡例はP192参照)

9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

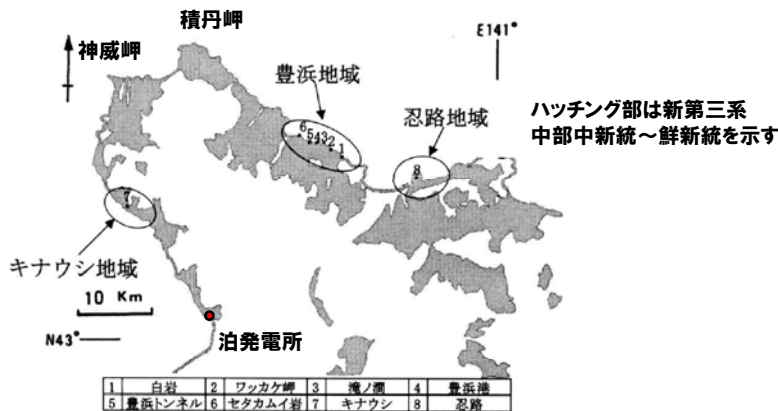
②-1 当社調査結果に基づく状況整理【海岸地形】(-5/5-)

【米田ほか(2002)】

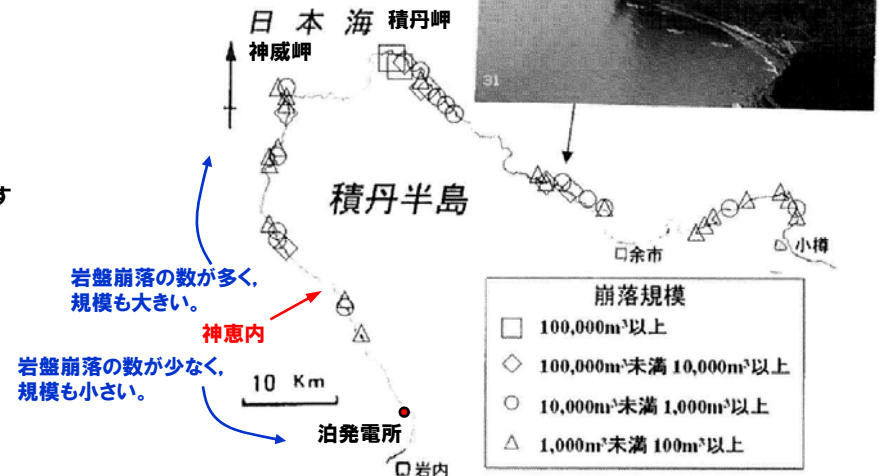
- ・積丹半島沿岸部には、新第三系中部中新統～鮮新統の火砕岩類で構成された比高50～100mを越す急崖地形が広く分布している(左下図)。
- ・積丹半島の海岸線では、発生時期が不明なものも含めて大規模～小規模の岩盤崩落の発生が知られている(右下図)。
- ・積丹半島沿岸部から広く採取した火砕岩試料のほぼすべてにおいて、変質鉱物としてスメクタイトが認められ、海食に対する耐久性や抵抗性の劣化・減少の促進要因となることも考えられる。



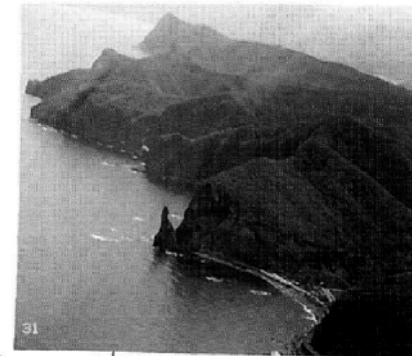
○積丹半島沿岸部には急崖地形が広く分布し、西岸における神恵内以北及び北・東岸において、多くの岩盤崩落が発生しているとされており、当社調査結果(P193～P195参照)における変質を伴う岩相の分布範囲と概ね調和的である。



積丹半島付近における火砕岩層の分布図(米田ほか, 2002に加筆)



積丹半島付近における岩盤崩落分布図(米田ほか, 2002に加筆)



余白

9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

②-2 当社調査結果に基づく状況整理【海成段丘】(-1/2-)

- 積丹半島における海成段丘 (Mm1段丘) の状況について整理した。
 - ・Mm1段丘の大局的な分布は海岸地形と同様に、北・東岸は、西岸と比較して少ない。
 - ・また、西岸においても海岸地形と同様に、神恵内以北は、神恵内以南と比較して少ない(下図①)。
 - ・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。
 - ・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、西岸と同程度である。
 - ・Mm1段丘の基盤岩は、侵食抵抗の相対的に弱い火砕岩類、堆積岩類等が分布する。

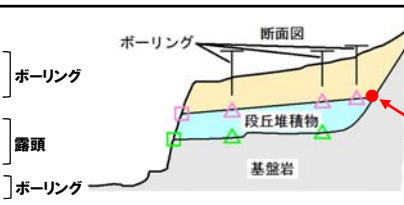
凡例

1.写真判読

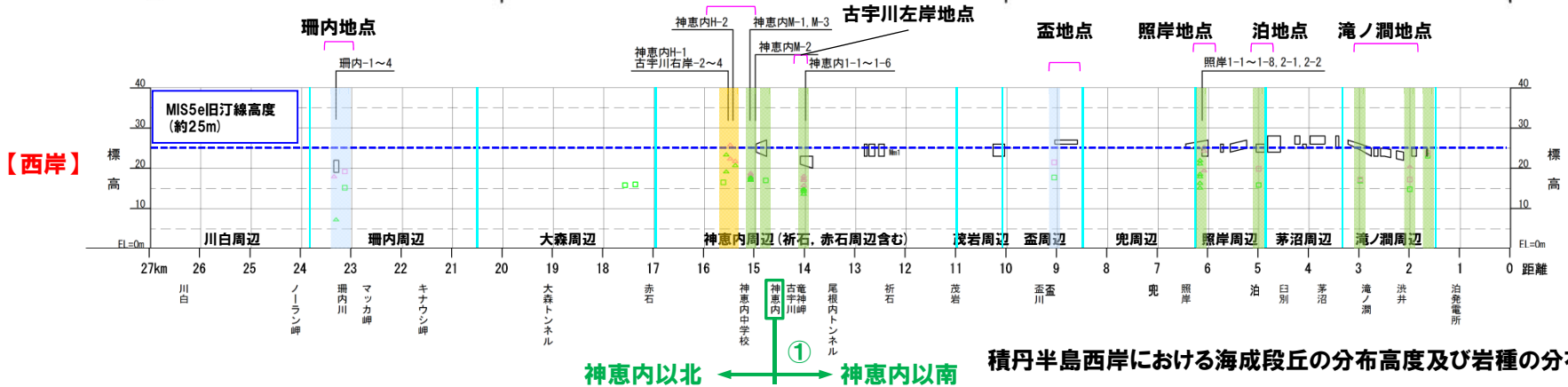
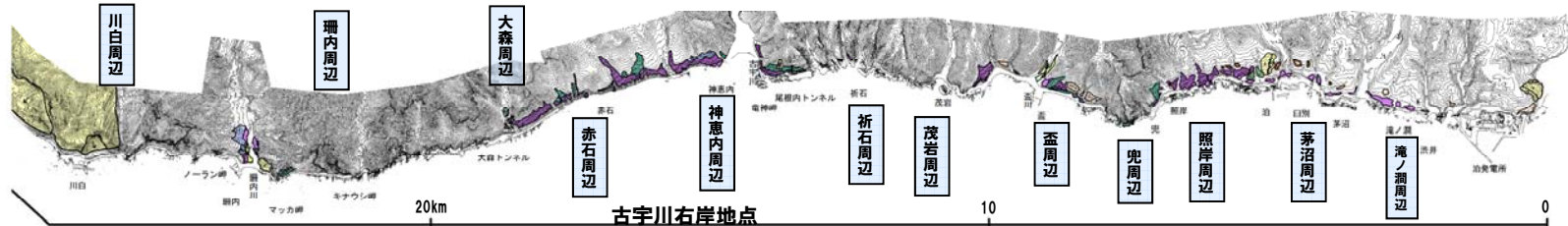
- : 判読されるMm1段丘面標高
- : 凝灰角礫岩
- : 火山礫凝灰岩
- : 安山岩
- : 砂岩・泥岩

2.調査結果

- △ : 段丘内の段丘堆積物上面標高
- △ : 段丘内の基盤岩上面標高
- : 段丘前線の段丘堆積物上面標高
- : 段丘前線の基盤岩上面標高
- △ : 平坦な基盤岩の上面標高



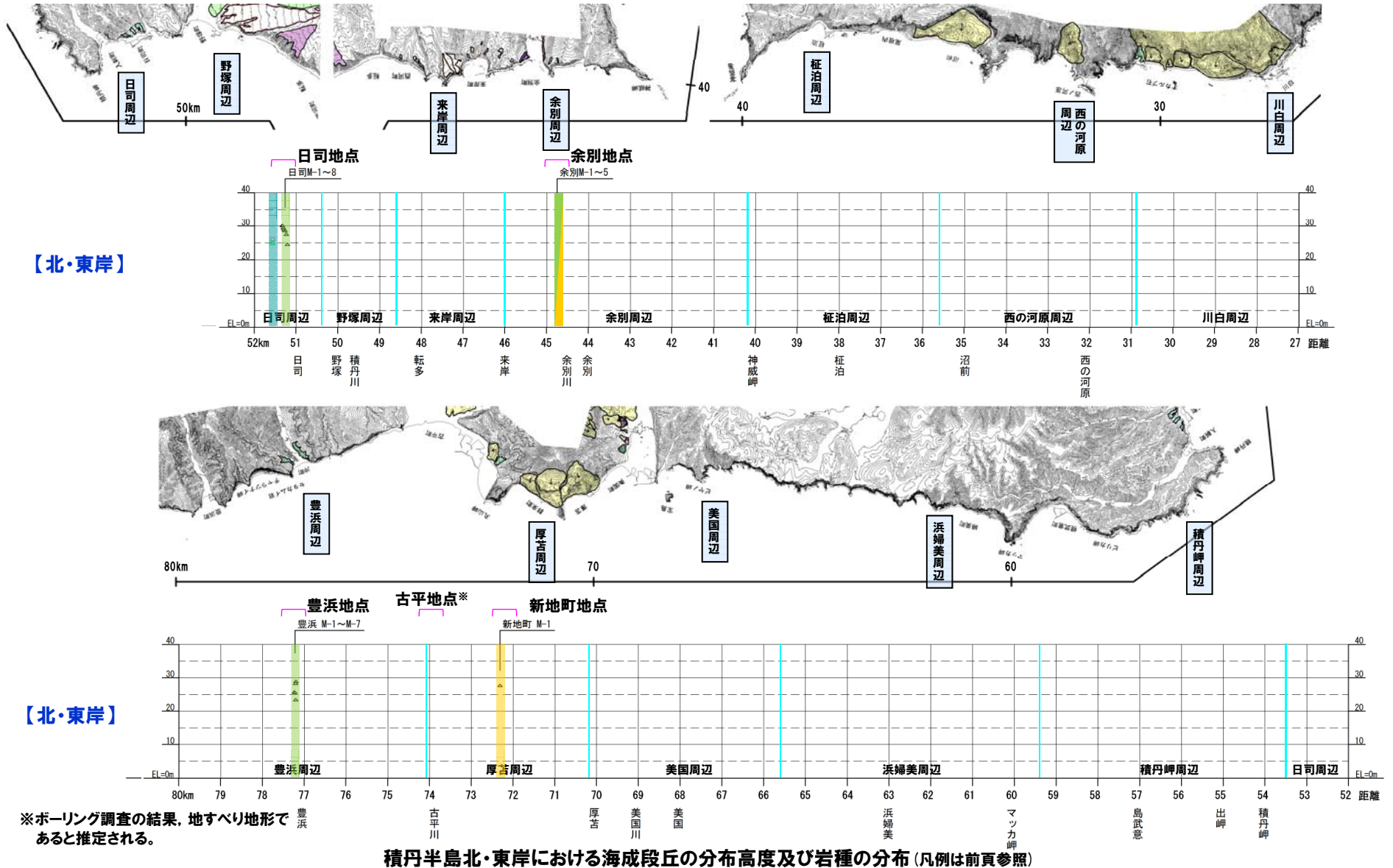
旧汀線高度



積丹半島西岸における海成段丘の分布高度及び岩種の分布

9.4 海岸地形, 海成段丘及び海食洞の相互関係

②-2 当社調査結果に基づく状況整理【海成段丘】(-2/2-)



②-3 当社調査結果に基づく状況整理【海食洞】(-1/2-)

○積丹半島における海食洞の状況について整理した。

- ・海食洞の分布高度は、西岸及び北・東岸ともに、主に6m程度以下の範囲に分布し、最大値も同様な値を示す。
- ・西岸と比較し、北・東岸は、海食洞の分布が少ない状況が認められる。
- ・海食洞の形成要因は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることによるものと考えられる(P142～P155参照)。

凡例

開口部底面標高の当社調査結果

○：溶岩類(安山岩, デイサイト等)

□：ハイアロクラスタイト

△：火砕岩類(火山角礫岩, 凝灰角礫岩等)

×：堆積岩類

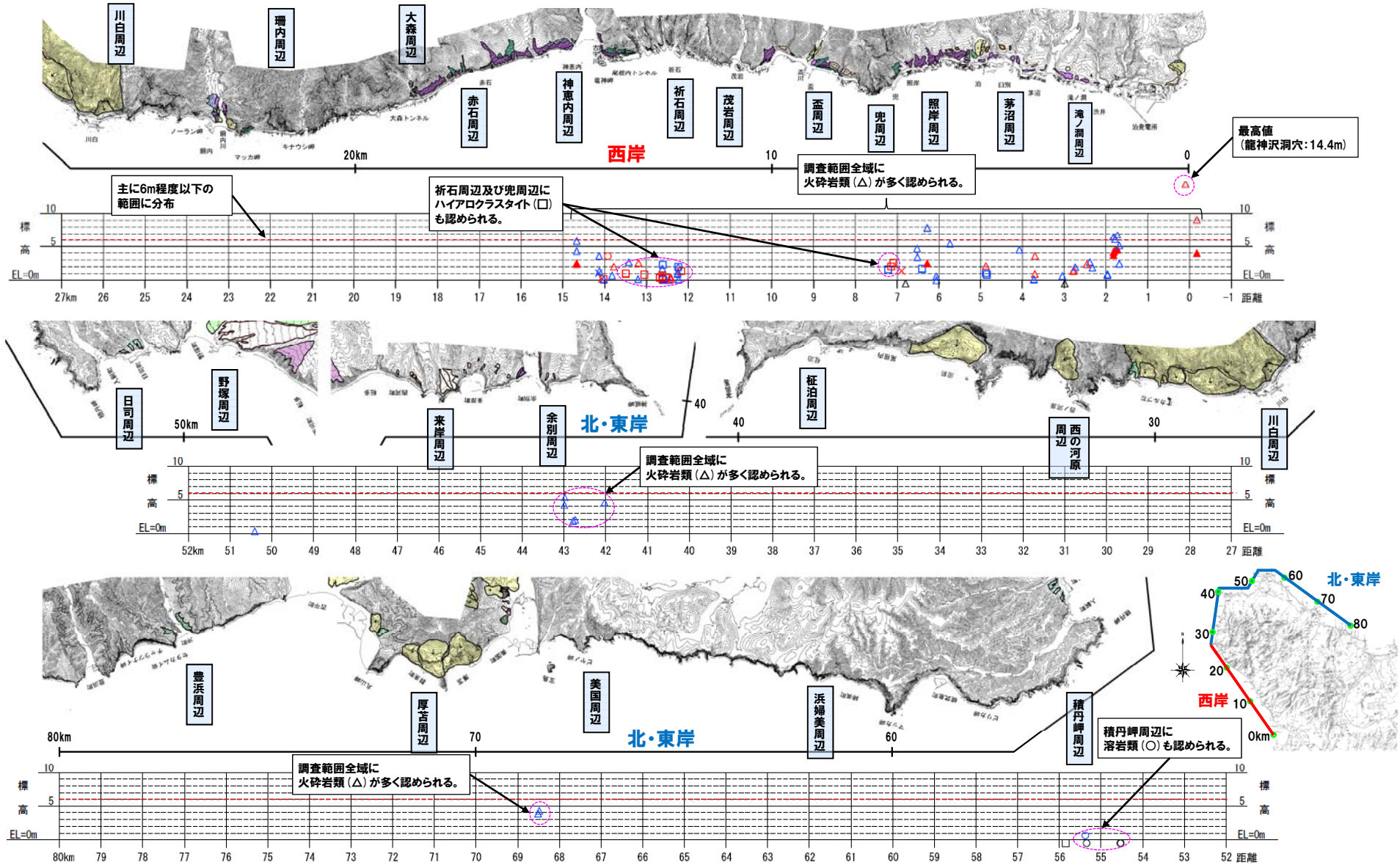
・海食洞底面の状況が露岩しているものは赤, 堆積物で覆われているものは青で示す。

・水没のため不明なものは、標高0mの下に黒で示す。

▲：右代ほか(1992)に示される推定基盤高度

9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

②-3 当社調査結果に基づく状況整理【海食洞】(-2/2-)



積丹半島における海食洞の分布(開口部底面標高)(凡例は前頁参照)

余白

③海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察(-1/7-)

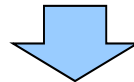
- 積丹半島の海岸地形、海成段丘及び海食洞に関する当社調査結果に基づき、これらの地形の相互関係について以下のとおり考察した。
- 積丹半島西岸における相互関係の確認結果はP204～P206に、北・東岸における確認結果は、P208～P210に示す。

【海岸地形と海成段丘】

- 海成段丘は、侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相が分布する「波食棚」の背後に形成されやすく、また、砂・礫浜の背後において形成される場合もある。
- 海成段丘は、侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相が分布する「潮間帯より標高の高い地形」の背後には形成されにくい。
- 海成段丘は、急崖地形(上記の地形が認められない箇所)の背後には形成されない。

【海岸地形と海食洞】

- 海食洞は、侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相が分布する「波食棚」及び侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相が分布する「潮間帯より標高の高い地形」が認められる箇所のいずれにも形成される。
- 海食洞の開口部底面標高と海岸地形高度との相関は認められない。
- 海食洞の形成要因は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることによるものと考えられる(P142～P155参照)。



- 積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じて、形成されやすさが異なるものと考えられる。
- 積丹半島の海食洞は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることにより形成されることが考えられることから、海岸地形高度等との相関は認められない。

9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

③海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察 (-2/7-)

【西岸】

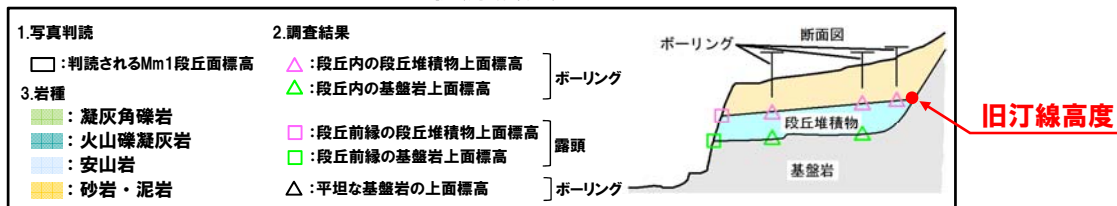
海岸地形と海成段丘

- 海成段丘 (Mm1段丘) は、波食棚が認められる箇所 (滝ノ澗周辺、茅沼周辺等) 及び砂・礫浜が認められる箇所 (盃周辺、神恵内周辺等) の背後に形成される (次頁①)。
- 海成段丘は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所 (兜周辺、大森周辺等) の背後には、形成されない。
- なお、照岸地点においては、潮間帯より標高の高い地形の背後にMm1段丘が形成されているが、Mm1段丘基盤には、海岸地形 (ハイアロクラスタイト) とは異なり、凝灰角礫岩が分布する (P206参照)。

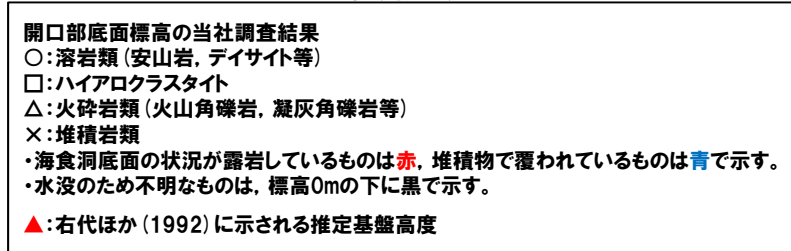
海岸地形と海食洞

- 海食洞は、波食棚が認められる箇所 (滝ノ澗周辺、茅沼周辺等) 及び潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所 (兜周辺、神恵内周辺) のいずれにも形成される。
- 海食洞の開口部底面標高と海岸地形高度との相関は認められない。

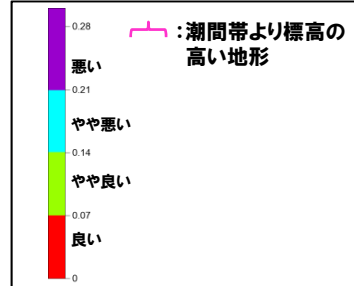
凡例 (海成段丘)



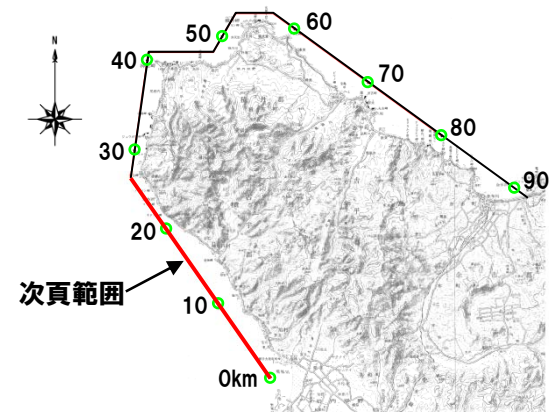
凡例 (海食洞)



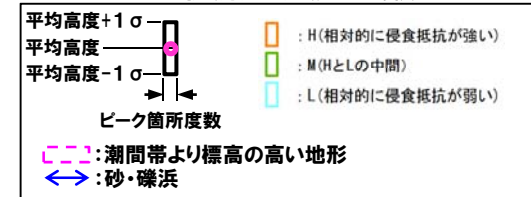
凡例 (海岸地形 (平坦度))



凡例 (岩種・岩相)

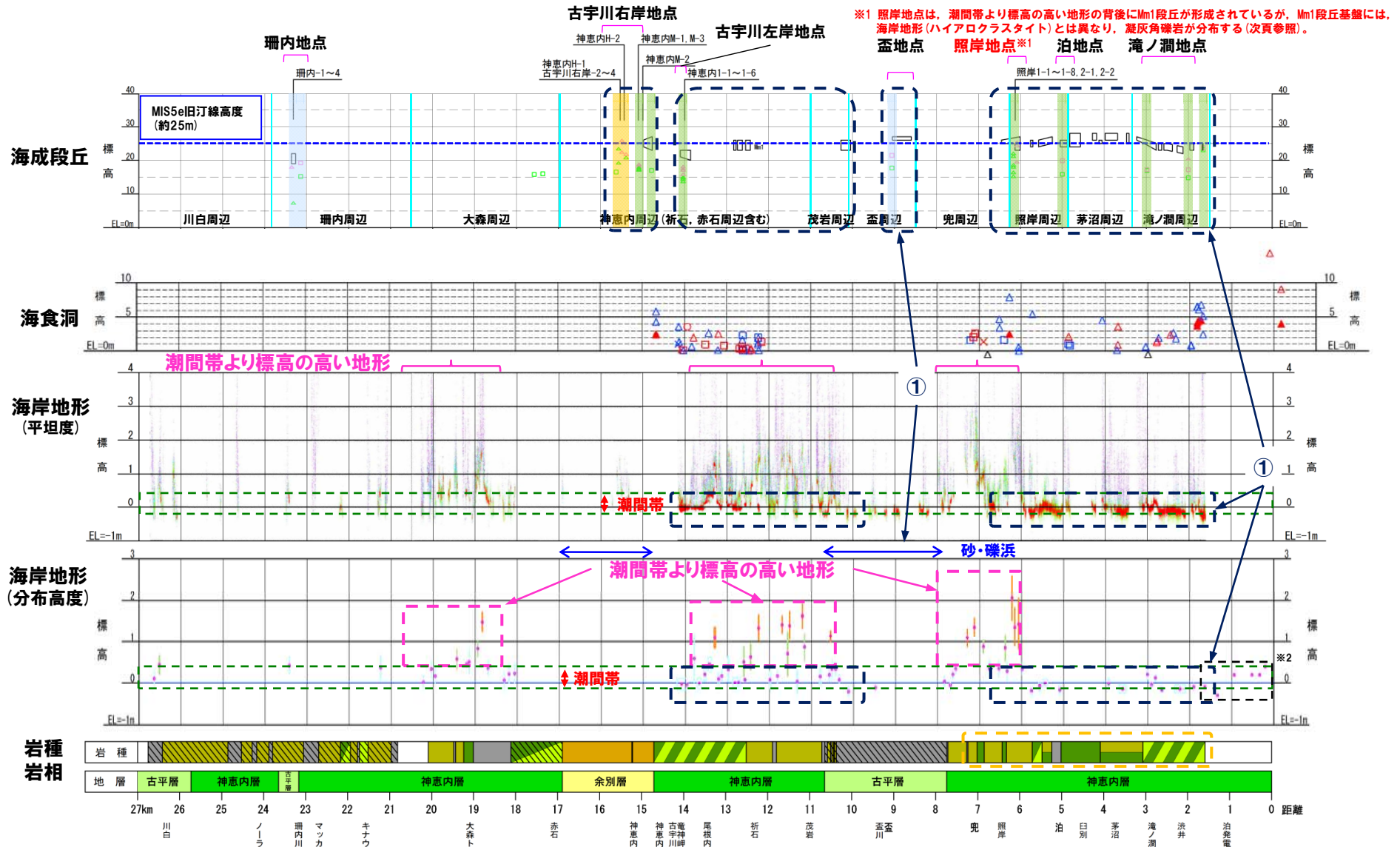


凡例 (海岸地形 (分布高度))



9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

③海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察 (-3/7-)



※2 敷地付近の海岸地形については、発電所建設前の空中写真及び地形図から算出した平均高度を記載している(P128参照)。

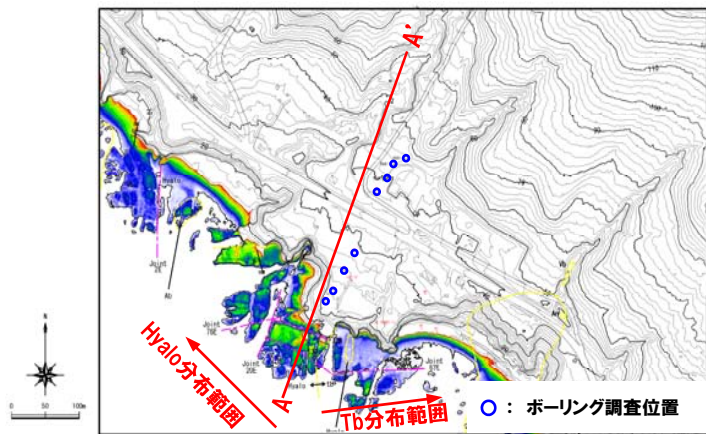
積丹半島西岸における海成段丘、海食洞、海岸地形及び岩種岩相の分布 (凡例は前頁参照)

9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

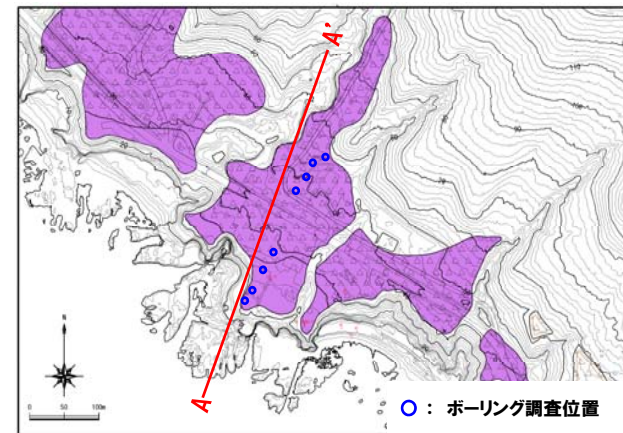
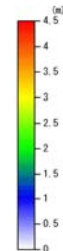
③海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察 (-4/7-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 照岸地点におけるMm1段丘基盤は凝灰角礫岩 (Tb) である。
- 沿岸部においては、A-A' 断面付近に岩種境界が存在し、A-A' 断面を含む北西側には侵食抵抗が相対的に強いハイアロクラスタイト (Hyalo) が分布し、潮間帯より標高の高い地形を形成している。
- 一方、南東側には侵食抵抗が相対的に弱い凝灰角礫岩 (Tb) が分布し、波食棚を形成している。



凡例 海岸地形標高

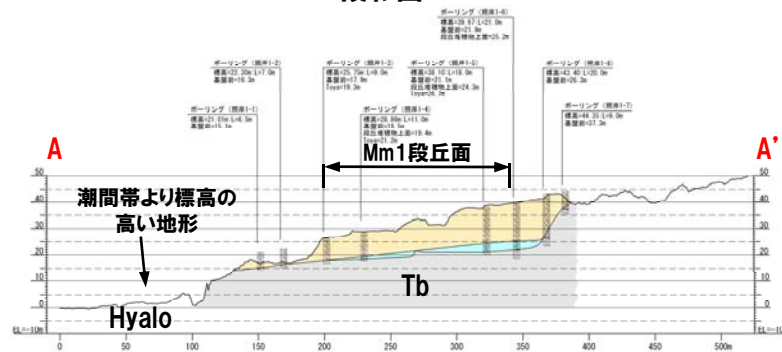


地形分類図

凡例

| | | | | | |
|-------|------------|--------------|------------|------------|------------|
| ジョイント | Lava: 溶岩 | P lava: 枕状溶岩 | Tb: 凝灰角礫岩 | Vog: 火山性礫岩 | e-Ss: 含礫砂岩 |
| 岩種境界 | Ab: 自破砕状溶岩 | Hyalo: 水砕破砕岩 | Lt: 火山礫凝灰岩 | Cg: 礫岩 | Ho: 角閃石 |
| 地質境界 | Dyke: 貫入岩 | Vb: 火山角礫岩 | Tf: 凝灰岩 | Ss: 砂岩 | alt: 実質 |

段彩図



断面図



オルソフォトマップ

余白

9.4 海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

③海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察 (-5/7-)

【北・東岸】

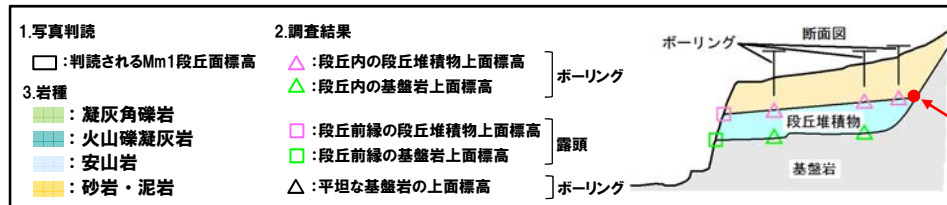
海岸地形と海成段丘

- 海成段丘 (Mm1段丘) は、波食棚が認められる箇所 (日司周辺) 及び砂・礫浜が認められる箇所 (余別周辺) の背後に形成される (次頁①)。
- 海成段丘は、潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所 (西の河原周辺, 積丹岬周辺等) の背後には、形成されない。

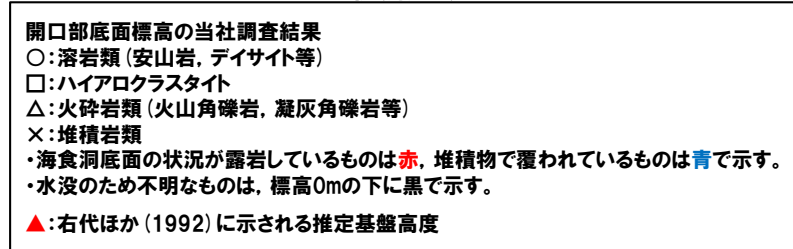
海岸地形と海食洞

- 海食洞は、波食棚が認められる箇所 (日司周辺), 砂・礫浜が認められる箇所 (余別周辺) 及び潮間帯より標高の高い地形が認められる箇所 (積丹岬周辺) のいずれにも形成される。
- 海食洞の開口部底面標高と海岸地形高度との相関は認められない。

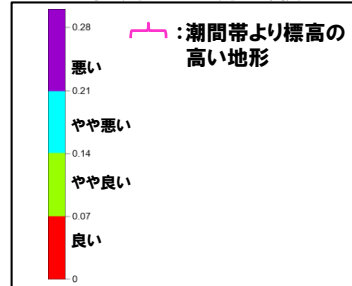
凡例 (海成段丘)



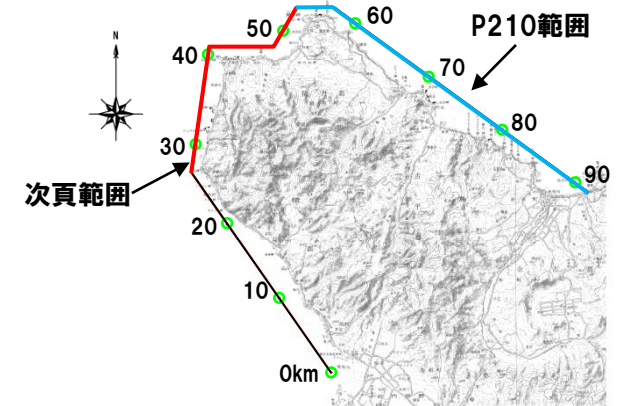
凡例 (海食洞)



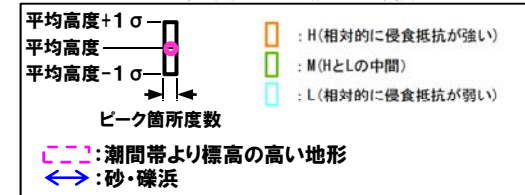
凡例 (海岸地形 (平坦度))



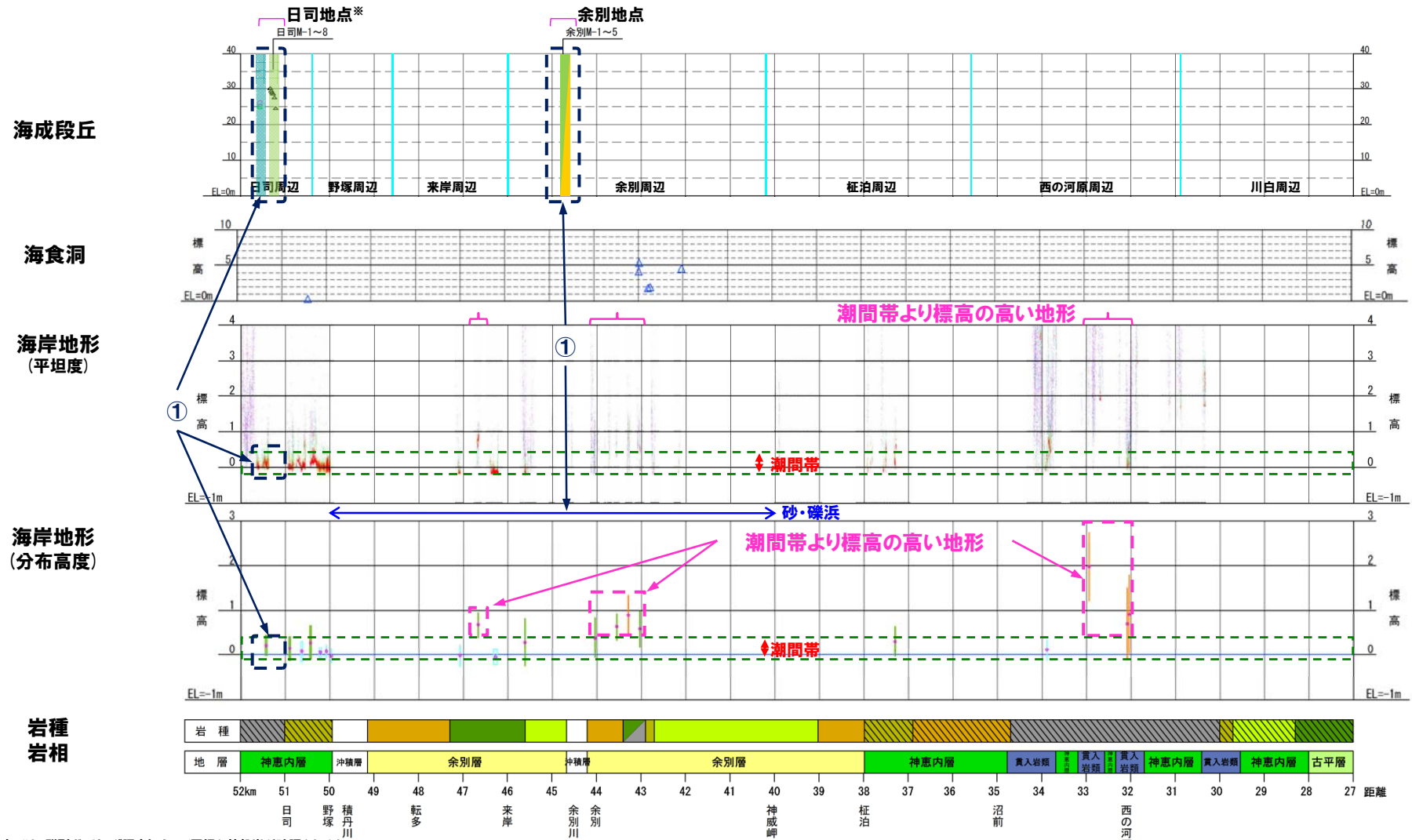
凡例 (岩種・岩相)



凡例 (海岸地形 (分布高度))



③海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察 (-6/7-)

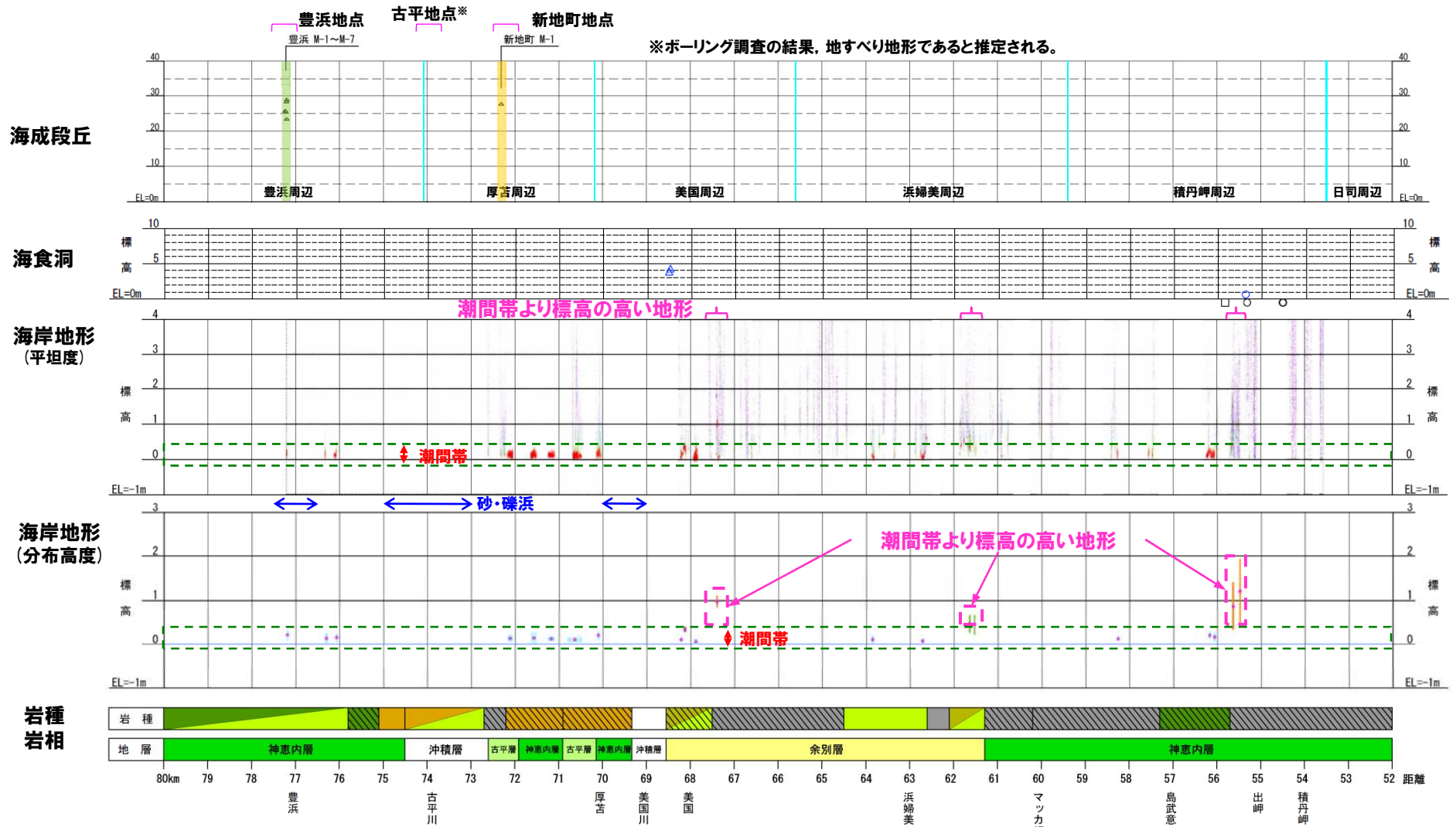


※日司地点では、群れボーリング調査によって平坦な基盤岩が確認されるものの、段丘堆積物は確認されない。しかし、近傍(北方)の露頭において、段丘堆積物を確認している。このことから、ボーリング調査地点のMm1段丘は、形成後に侵食され消失していると推定されることから、本検討の対象として取り扱ったこととした。

積丹半島北・東岸における海成段丘、海食洞、海岸地形及び岩種岩相の分布 (凡例は前頁参照)

9.4 海岸地形，海成段丘及び海食洞の相互関係

③海岸地形，海成段丘及び海食洞の相互関係に関する考察 (-7/7-)



積丹半島北・東岸における海成段丘，海食洞，海岸地形及び岩種岩相の分布 (凡例はP208参照)

④ 海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の形成過程 (-1/5-)

- 積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じて、形成されやすさが異なるものと考えられることから、海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の代表的な形成過程(下表の3ケース)を推定した。
- 形成過程の推定に当たっては、積丹半島の隆起速度(約0.2m/千年, P72~P83参照)を考慮した。

海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の形成過程

| ケース | 海岸地形 | | | 海成段丘 |
|------|--|------------------|---|------------|
| | 岩種・岩相 | 形態分類 | 特徴 | 形成されやすさ |
| ケース1 | 侵食抵抗が相対的に強い
(溶岩類, ハイアロクラスタイト等) | 潮間帯より
標高の高い地形 | ・平坦度が悪い。
・節理・波食溝が多い。 | 形成されにくい |
| ケース2 | 侵食抵抗が相対的に弱い
(火砕岩類, 堆積岩類,
変質を伴う岩相等) | 波食棚 | ・平坦度が良い。
・節理・波食溝が少ない。 | 形成されやすい |
| | | 砂・礫浜 | ・周辺河川からの堆積物の供給
が多い地形条件の場合に形成
されるものと考えられる。 | 形成される場合もある |
| ケース3 | 変質を伴う岩相 | 急崖地形 | ・海岸地形が形成されず, 海食
崖のみ分布する。 | 形成されない |

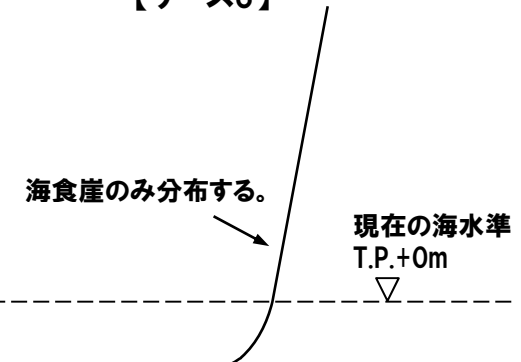
【ケース1】



【ケース2】



【ケース3】



④海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の形成過程 (-2/5-)

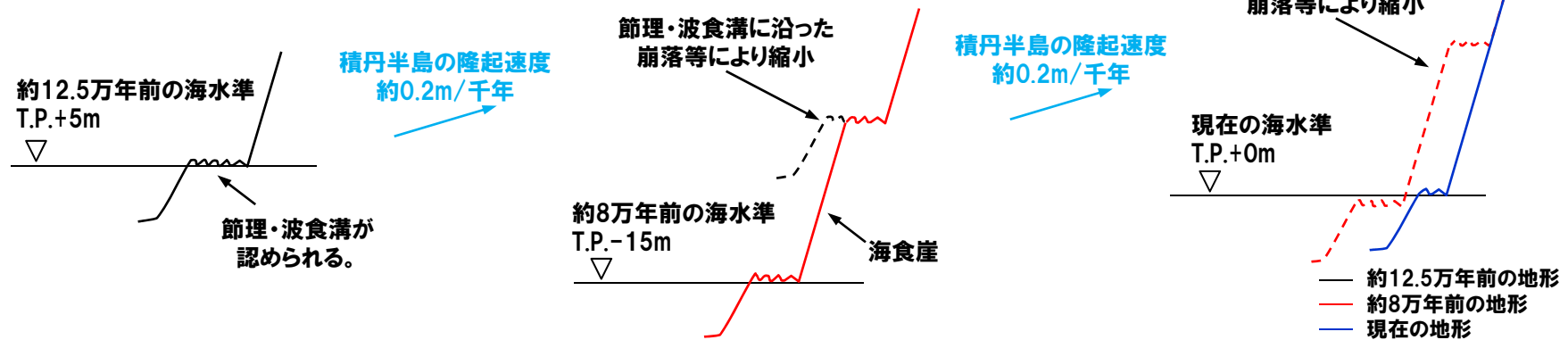
【ケース1: 侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相】

【約12.5万年前の地形状況】
 ・現在の地形状況と同様に、潮間帯より標高の高い地形（平坦度が悪い）が海水準付近に形成されるものと推定される。
 ・当該地形には節理・波食溝※が認められるものと推定される。

※現在の潮間帯より標高の高い地形においては、定向性を持たない節理に沿った波食溝が形成されている状況が認められる（次頁参照）。

【約12.5万年前から現在までの地形状況】
 ・約12.5万年前に形成された潮間帯より標高の高い地形は、海退等に伴い離水する。
 ・波食又は風化作用に伴う節理・波食溝に沿った崩落等により、当該地形は徐々に縮小するものと推定される。
 ・一例としてMIS5a（約8万年前）の状況を下図に示す。

【現在の地形状況】
 ・約12.5万年前に形成された潮間帯より標高の高い地形は、波食又は風化作用に伴う節理・波食溝に沿った崩落等により、縮小又は消失することにより、Mm1段丘は形成されにくいものと推定される。

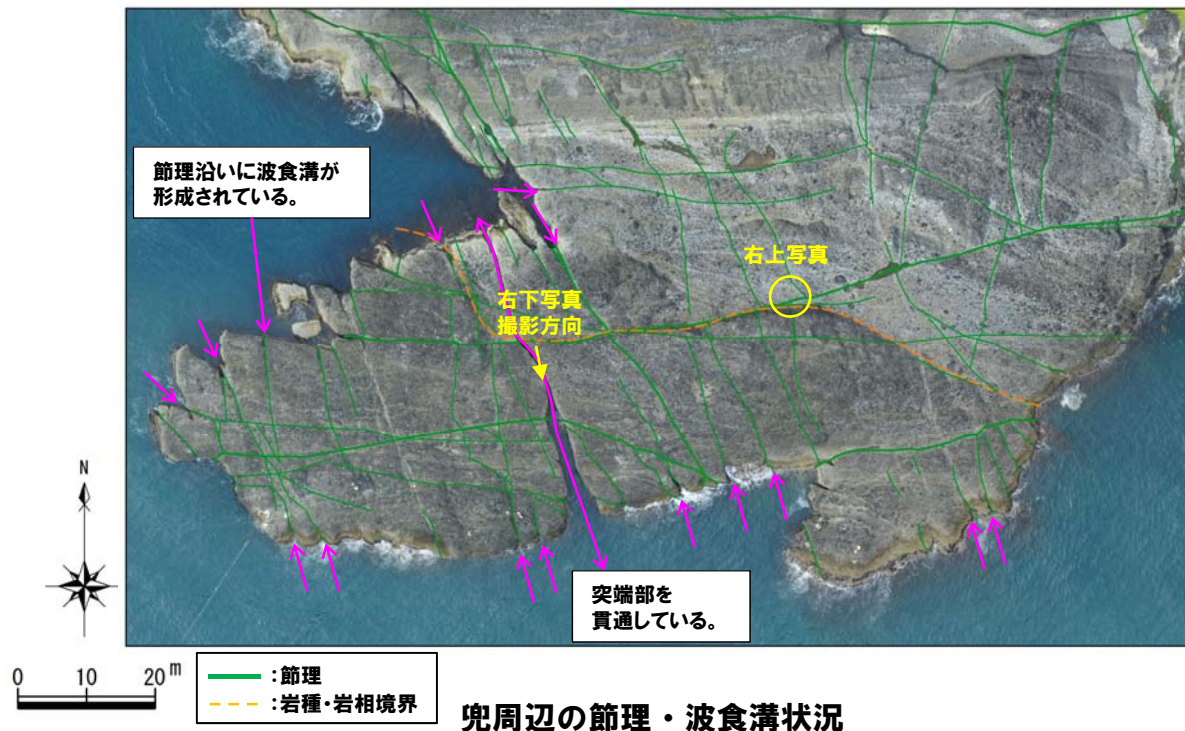


海成段丘の模式的な形成過程

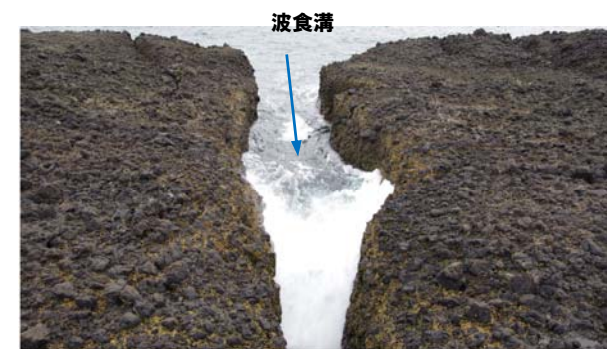
④海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の形成過程 (-3/5-)

【潮間帯より標高の高い地形における節理・波食溝の例：兜周辺】

- ・兜周辺のハイアロクラスタイトには、定向性を持たない節理が認められる。
- ・弱部である節理に沿って、波食溝が形成されている状況が認められる。
- ・突端部を貫通して延長50m程度のものも認められる。



節理状況



波食溝状況

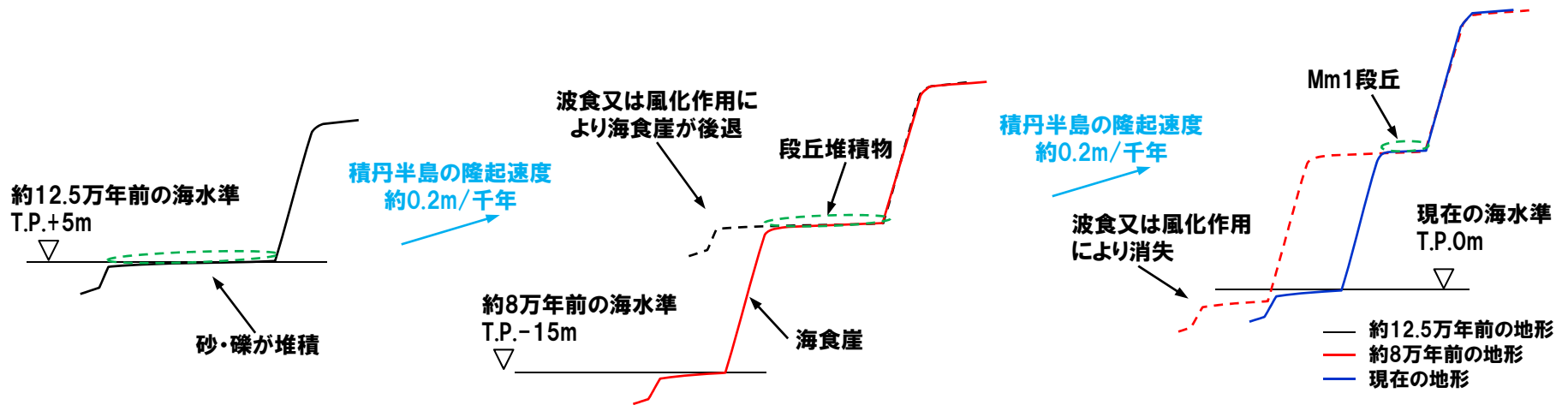
④ 海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の形成過程 (-4/5-)

【ケース2: 侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相】

【約12.5万年前の地形状況】
 ・現在の地形状況と同様に、波食棚又は砂・礫浜※が海水準付近に形成されるものと推定される。
※砂・礫浜は、周辺河川からの堆積物の供給が多い地形条件の場合に形成されるものと考えられる。

【約12.5万年前から現在までの地形状況】
 ・約12.5万年前に形成された波食棚又は砂・礫浜が海退等に伴い離水する。
 ・波食又は風化作用による海食崖の後退に伴い、当該地形は徐々に縮小するものと推定される。
 ・一例としてMIS5a(約8万年前)の状況を下図に示す。

【現在の地形状況】
 ・約12.5万年前に形成された波食棚又は砂・礫浜のうち、波食又は風化作用による侵食を受けながらも残存したものがMm1段丘を形成するものと推定される。



海成段丘の模式的な形成過程

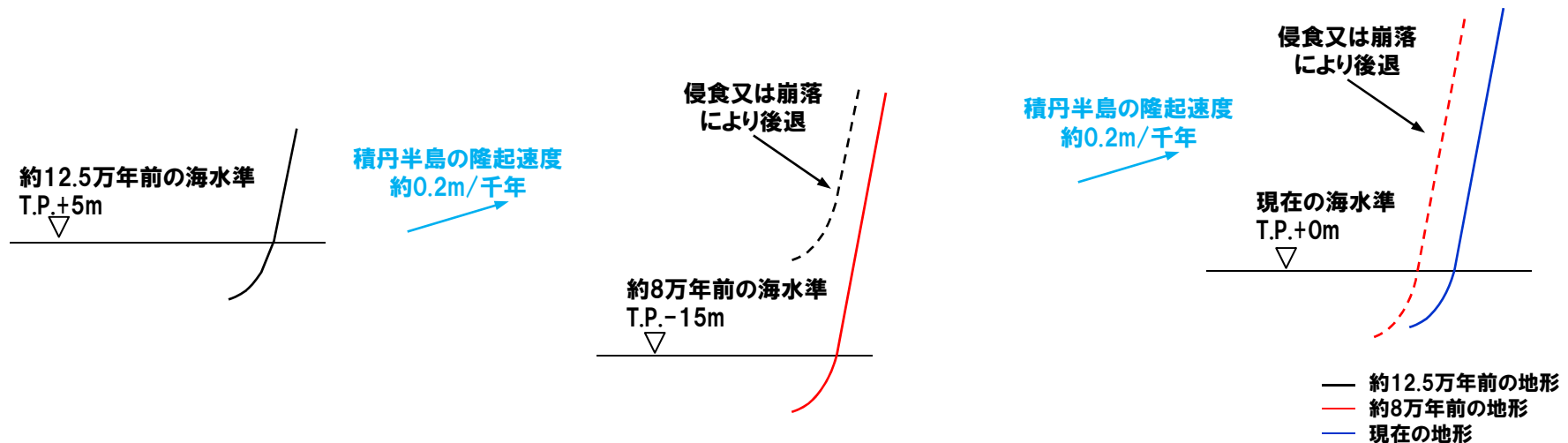
④ 海岸地形の岩種・岩相に応じた海成段丘の形成過程 (-5/5-)

【ケース3: 変質を伴う岩相】

【約12.5万年前の地形状況】
 ・現在の地形状況と同様に、急崖地形が形成されるものと推定される。

【約12.5万年前から現在までの地形状況】
 ・約12.5万年前に形成された海食崖が侵食又は崩落により後退するものと推定される。
 ・一例としてMIS5a(約8万年前)の状況を下図に示す。

【現在の地形状況】
 ・海成段丘の基盤となる地形が形成されないことから、海成段丘は形成されないものと推定される。



海成段丘の模式的な形成過程

⑤まとめ

- 積丹半島の海成段丘は、海岸地形の岩種・岩相に応じて、形成されやすさが異なるものと考えられる。
- 積丹半島の海成段丘の大局的な分布状況の差異は、地質分布の差異に起因するものと考えられる。
- 積丹半島の海食洞は、節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されることにより形成されると考えられることから、海岸地形高度等との相関は認められない。

積丹半島における海岸地形、海成段丘及び海食洞の相互関係

| 海岸地形の岩種・岩相 | 海岸地形の形態分類 | 海成段丘の形成されやすさ | 海食洞の特徴 | 大局的な分布状況
(積丹半島における相対比較) |
|--|---------------|-------------------------|--|--|
| 【ケース1】
侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相
(溶岩類、ハイアロクラスタイト等) | ○潮間帯より標高の高い地形 | ○形成されにくい。 | ○節理沿い及び層理に沿って侵食抵抗が相対的に弱い層が侵食されて形成される。
○海岸地形高度との相関は認められない。 | 【西岸(神恵内以南)】
「ケース1」及び「ケース2」のうち、火砕岩類が波食棚を形成する 경우가多く、海岸地形及び海成段丘の分布が多い。

【西岸(神恵内以北)】
「ケース3」が多く、海岸地形及び海成段丘の分布が少ない。

【北・東岸】
「ケース2」のうち、砂・礫浜を形成する場合及び「ケース3」が多く、海岸地形及び海成段丘の分布が少ない。 |
| 【ケース2】
侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相
(火砕岩類、堆積岩類、変質を伴う岩相等) | ○波食棚※1 | ○波食棚の背後に、形成されやすい。 | | |
| | ○砂・礫浜※2, 3 | ○砂・礫浜の背後に、形成される場合もある※4。 | | |
| 【ケース3】
変質を伴う岩相 | ○急崖地形 | ○形成されない。 | | |

※1 火砕岩類(火山角礫岩、凝灰角礫岩等)は、堆積岩類等と比較して侵食抵抗が強いことから、相対的に波食棚が形成されやすい。

※2 砂・礫浜は、周辺河川からの堆積物の供給が多い地形条件の場合に形成されるものと考えられる。

※3 砂・礫浜は堆積海岸であるため、基盤の岩種・岩相は確認できないが、付近の地質状況から、主に侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相が分布するものと推定される。

※4 基盤岩の岩種・岩相、堆積物(砂及び礫)の層厚等に依存するものと考えられる。

余白

10. 積丹半島周辺における地震の痕跡に関する検討

一部修正 (H28/10/21審査会合)

【検討目的】

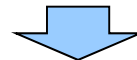
○積丹半島周辺において、液状化等、地震を示唆する痕跡の有無について確認する。

【検討内容】

- 一般的な地震を示唆する痕跡について確認する。
- 敷地近傍における液状化痕の有無について、文献調査を実施する。
- 敷地周辺における津波堆積物について、文献レビュー及び当社の津波堆積物の調査結果の確認を実施する。

【検討結果】

- 敷地近傍における遺跡発掘調査報告書においては、液状化痕に関する記載等は認められない。
- 北海道等の津波堆積物調査の結果、積丹半島が含まれる北海道の日本海沿岸中部（後志（しりべし）～石狩）においては、确实度の高い津波堆積物は存在せず、津波履歴は不明である。
- 当社地表地質踏査の結果、神威岬～尻別川河口において、黒土や崖錐堆積物中に海成層が挟在するような、津波堆積物の可能性を示唆する露頭は認められない。
- 当社ボーリング調査の結果、岩内平野において、3地点で、イベント堆積物の可能性のある区間が抽出されたが、珪藻分析の結果、これらは、河川性堆積物又は氾濫原堆積物と推定される。



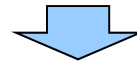
- 敷地近傍には、大規模な地震の発生を示唆する液状化痕は認められない。
- 積丹半島が含まれる北海道の日本海沿岸中部には、津波起源と結論づけ得る堆積物は認められないことから、津波堆積物に基づく津波履歴は不明な状況である。

10.2 地震を示唆する痕跡

①-1 一般的な地震を示唆する痕跡

一部修正 (H28/10/21審査会合)

- 北海道では、文字による歴史記録が残された期間が短く、積丹半島周辺における最も古い被害地震は1792年の地震とされており、当該地震は津波被害（小樽～積丹岬）についても記録されている（宇佐美ほか，2013）。
- 伏島・平川（1996）によれば、歴史記録の少ない北海道においては、古地震を知るためには液状化痕を積極的に観察するべきであるとされている（液状化痕の観察事例は次頁参照）。



- 上記を踏まえ、まず、敷地近傍における液状化痕の有無について、敷地近傍の遺跡発掘調査報告書を確認した。
- 次に、敷地周辺における津波堆積物について、津波堆積物調査に関する北海道等の文献レビュー及び当社の津波堆積物の調査結果の確認を実施した。
- なお、参考として敷地近傍の町村により発行されている町村史（泊村（1967，2001）、共和町（1972，2007）及び岩内町（1966））についても確認したものの、地震又は地震を示唆する記載は認められない。

10.2 地震を示唆する痕跡

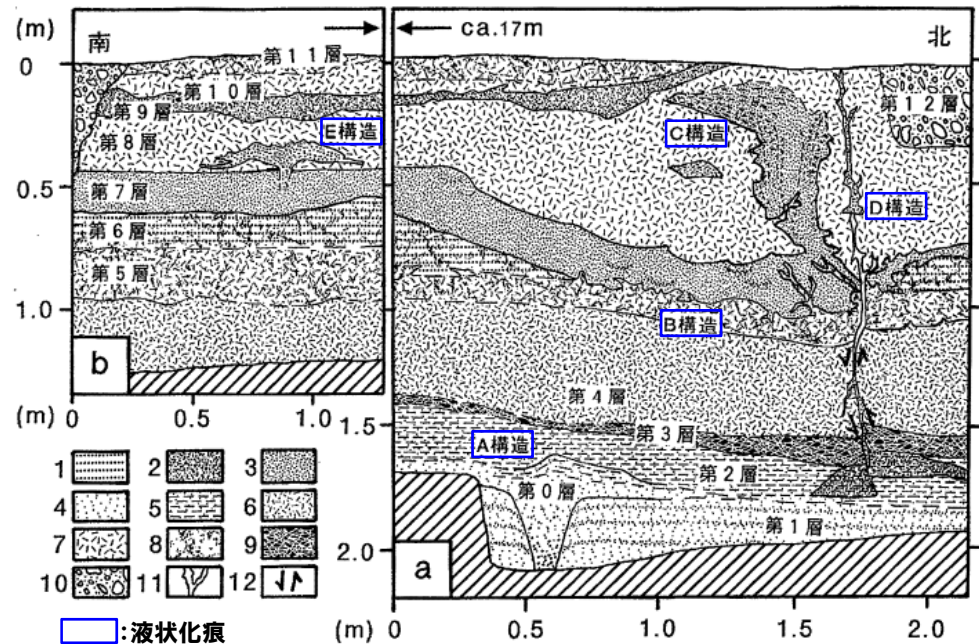
①-2 液状化痕の観察事例

再掲 (H28/10/21審査会合)

- 伏島・平川 (1996) によれば、札幌市内の遺跡発掘現場において、液状化痕と判断される破断、変形及び堆積構造が認められ、3回の大規模地震を解読したとされている。
- 伏島・平川 (1996) によれば、露頭に認められる破断、変形及び堆積構造から液状化痕と判断した根拠として、下表に示す5項目が挙げられている。

液状化痕の判断根拠 (伏島・平川, 1996より作成)

| 項目 | 判断根拠 | 該当する構造 |
|-------------------|--|------------|
| 不十分な淘汰 | 水流によるごく短い距離の運搬・堆積を示唆する。 | A, C, E |
| 上方へ向かう細粒化 | 下方からの流れを示す。 | A, C, D, E |
| ほぼ水平に近いシルトと砂の互層構造 | 液状化した砂質堆積物の地表への噴出・拡散・堆積によって作られたと解釈できる。 | A, C, E |
| 砂のレンズの形態 | 液状化した砂質堆積物の地表への噴出・拡散・堆積によって作られたと解釈できる。 | A, B, E |
| 砂脈の上向きのラツバ状の形態 | 下方からの突き上げに伴う破断によって作られたと理解できる。 | A, E |



第2図 トレンチ壁のスケッチ
 a: トレンチ壁a, b: トレンチ壁b, ともに東に面している。トレンチは斜線上部までほりこまれた。各堆積層の特徴は第1表に記載する。
 1: シルトと細礫の互層, 2: 粗砂, 3: 中粒砂, 4: 細砂, 5: シルト混じり砂, 6: 砂質シルト, 7: シルト, 8: 炭質物, 9: 炭質物を多量に含む粘土, 10: 人工埋積土, 11: 地割れの中の空隙, 12: 断層変位。

開削調査箇所スケッチ (伏島・平川, 1996に加筆)

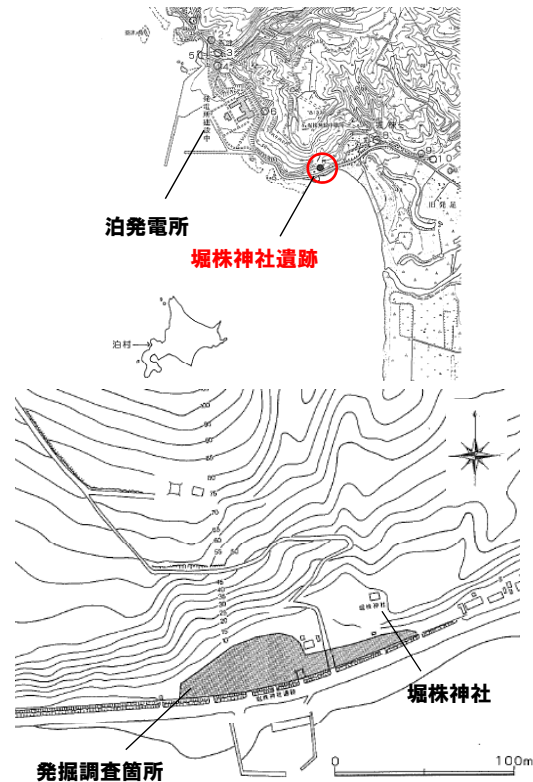
10.2 地震を示唆する痕跡

②-1 遺跡発掘調査【北海道泊村教育委員会（1996）】

一部修正 (H28/10/21審査会合)

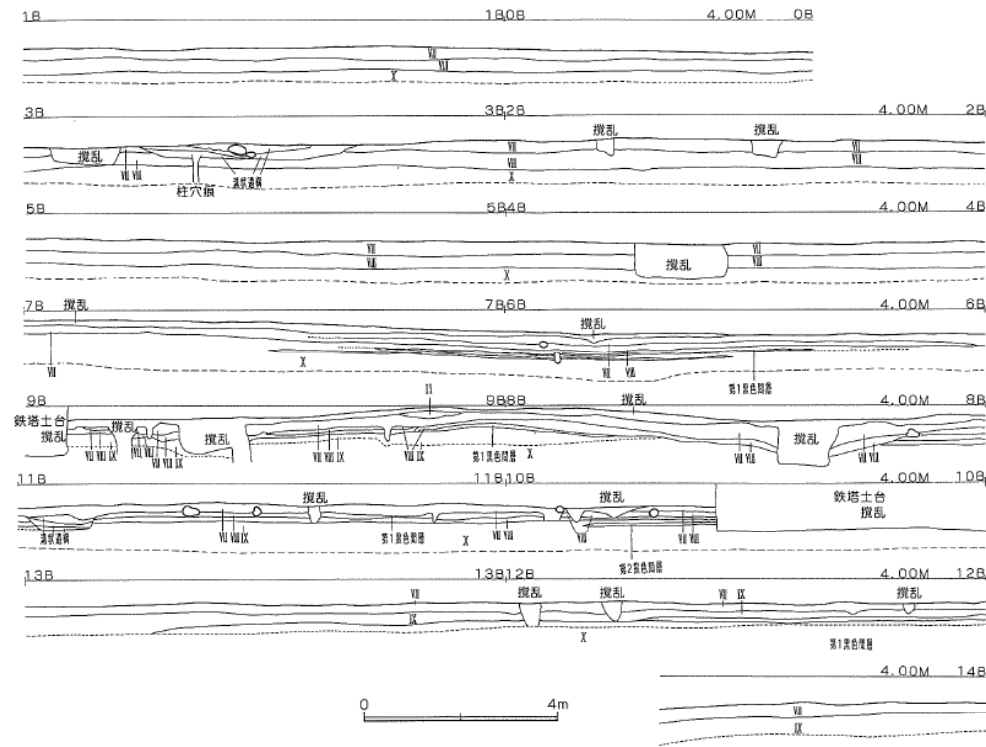
【堀株神社遺跡】

- 敷地の南側に隣接する泊村堀株の海岸沿いにおいて、堀株神社遺跡の発掘調査が行われており、縄文時代後期（約4,500～3,300年前）の土器等が出土したとされている。
- 遺跡発掘現場において認められる各層の層相について報告されているものの、液状化痕に関する記載及び伏島・平川（1996）による液状化の判断根拠となる砂のレンズの形態、砂脈の上向きのラツパ状の形態等（前頁参照）は認められない。
- なお、本遺跡においては完新世海進高潮期以降、5世紀頃までに4回の山崩れが発生したとされているが、発生原因の究明については今後の課題であるとされている。



発掘調査箇所位置図

(北海道泊村教育委員会, 1996に加筆)



- I層: 盛土, 客土等
- II層: 茶褐色～黄褐色の崖錐堆積物
- III-a層: 腐植質の黒色砂質土を挟む礫層
- III-b層: 黒色の砂質土
- IV層: 茶褐色の砂層
- V層: 黄色の砂層
- VI層: 基盤岩
- VII層: 褐色の腐植質砂質土
- VIII層: 褐色の砂層
- IX層: 茶褐色の砂層
- X層: 黄色砂層 (砂丘砂)

発掘区土層断面図 (北海道泊村教育委員会, 1996に加筆)

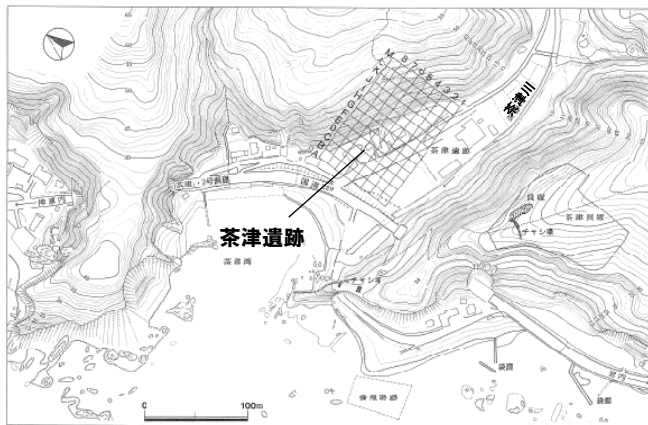
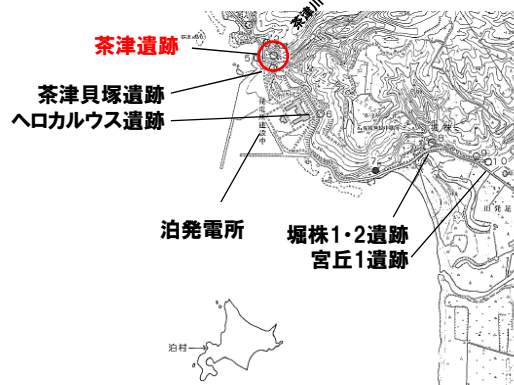
10.2 地震を示唆する痕跡

②-2 遺跡発掘調査【北海道文化財研究所編（1992）】

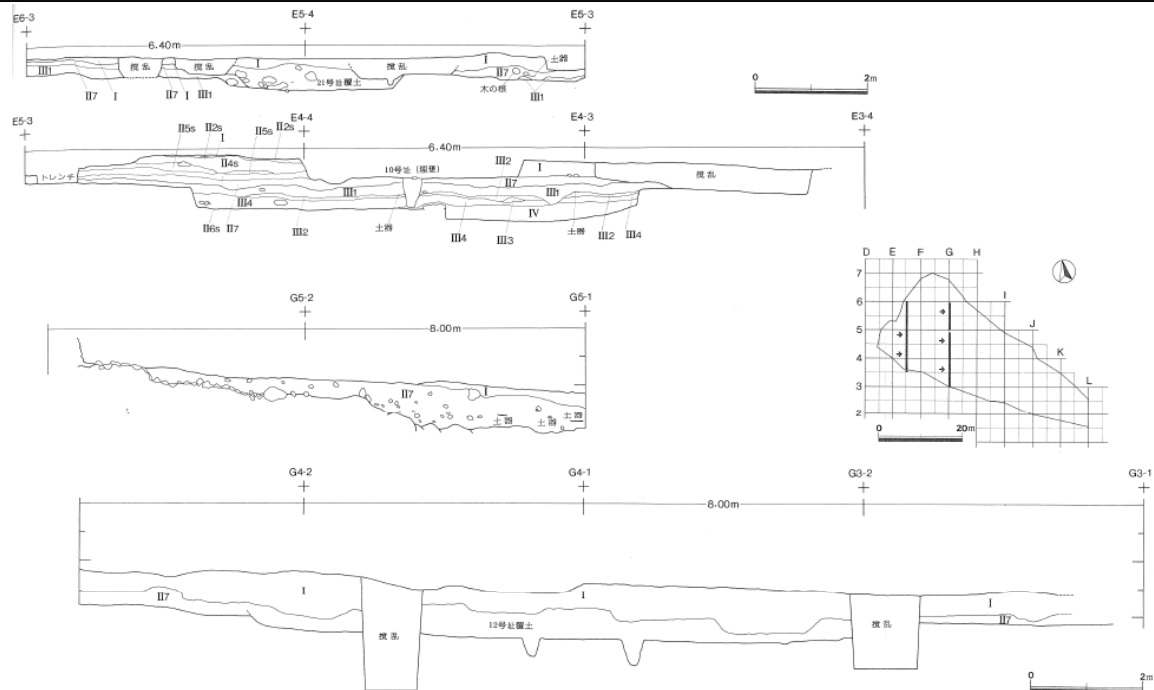
再掲（H28/10/21審査会合）

【茶津遺跡】

- 敷地の北側に隣接する泊村茶津の茶津川沿いの低地において、茶津遺跡の発掘調査が行われており、縄文時代中期（約5,500～4,500年前）の土器等が出土したとされている。
- 遺跡発掘現場において認められる各層の層相について報告されているものの、液状化痕に関する記載及び伏島・平川（1996）による液状化の判断根拠となる砂レンズの形態、砂脈の上向きのラツパ状の形態等（P221参照）は認められない。
- また、北海道文化財研究所により敷地近傍の遺跡4箇所についても報告されているが、いずれも同様な状況であることを確認している。



発掘調査箇所位置図
（北海道文化財研究所編，1992に加筆）



- | | |
|--------------|---------------|
| I層: 黒褐色土 | III1層: 黄褐色粘質土 |
| II1s層: 暗褐色砂 | III2層: 茶褐色土 |
| II2s層: 黄褐色砂 | III3層: 暗赤褐色土 |
| II3層: 暗褐色土 | III4層: 暗褐色粘質土 |
| II4s層: 褐色砂 | IV層: 明黄褐色粘質土 |
| II5s層: 暗黄褐色砂 | |
| II6s層: 暗褐色砂 | |
| II7層: 褐色土 | |

発掘区内の層序（北海道文化財研究所編，1992に加筆）

③-1 北海道等による津波堆積物調査結果(北海道日本海沿岸域)(-1/2-)

一部修正(H26/12/5審査会合)

○2011年東北地方太平洋沖地震の発生を踏まえて、北海道の沿岸域で津波堆積物調査が実施され、北海道(2013)、北海道立総合研究機構地質研究所(2015)、川上ほか(2016)において、調査結果が報告されている。

【北海道(2013)】

○日本海沿岸南部から奥尻島、敷地南方の岩内平野等の223地点において津波堆積物調査を実施し、32地点(岩内平野におけるボーリング調査のKY-07地点を含む)において津波堆積物の可能性のある堆積物が発見されているものの、従来の津波想定の見直しに繋がる十分な津波堆積物データは得られていない。

【北海道立総合研究機構地質研究所(2015)】

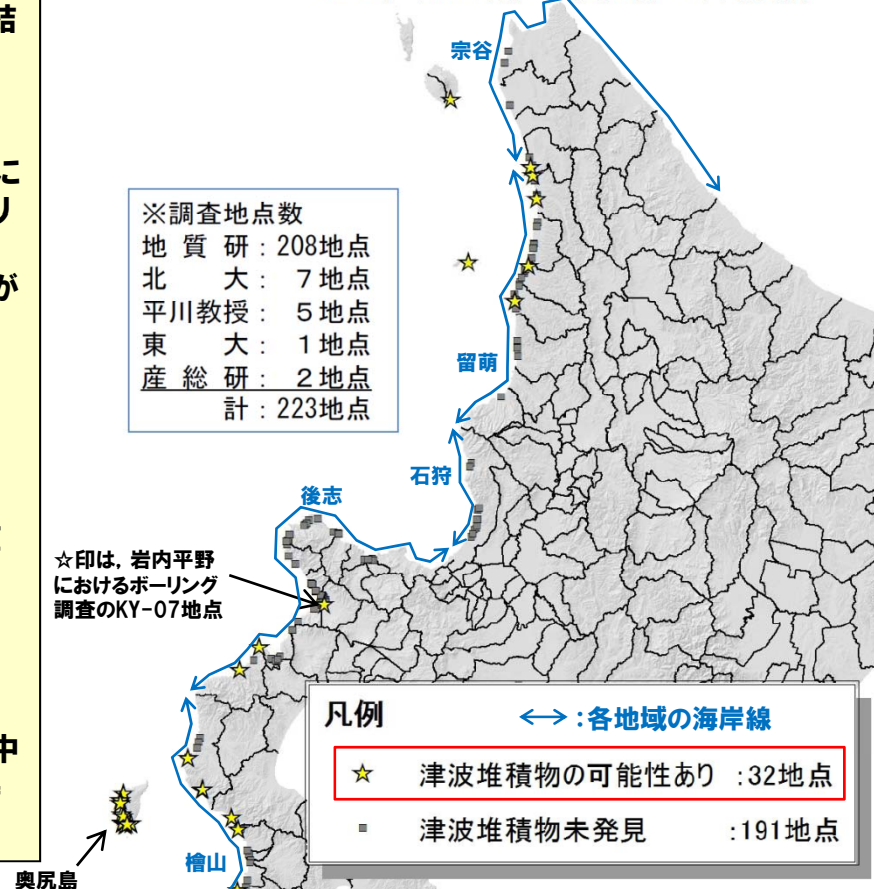
○北海道の日本海沿岸～オホーツク海沿岸域における700地点を超える津波堆積物調査データから、明瞭な津波堆積物が分布するのは北海道南部の檜山沿岸域に限られ、中央部～北部の日本海沿岸及びオホーツク海沿岸域には、確実度の高い津波堆積物は存在しない。

【川上ほか(2016)】

○北海道の日本海沿岸で津波堆積物調査を行い、奥尻島で過去3000年間の津波履歴を明らかにすることができたが、北海道本島では、南部(檜山)で過去1000年の津波履歴を確認したものの、中部(後志～石狩)や北部(留萌～宗谷)では津波起源と結論づけ得る堆積物は確認できておらず、津波履歴は不明である。

北海道日本海側における津波堆積物調査地点

2013年3月8日現在 道総研 地質研究所

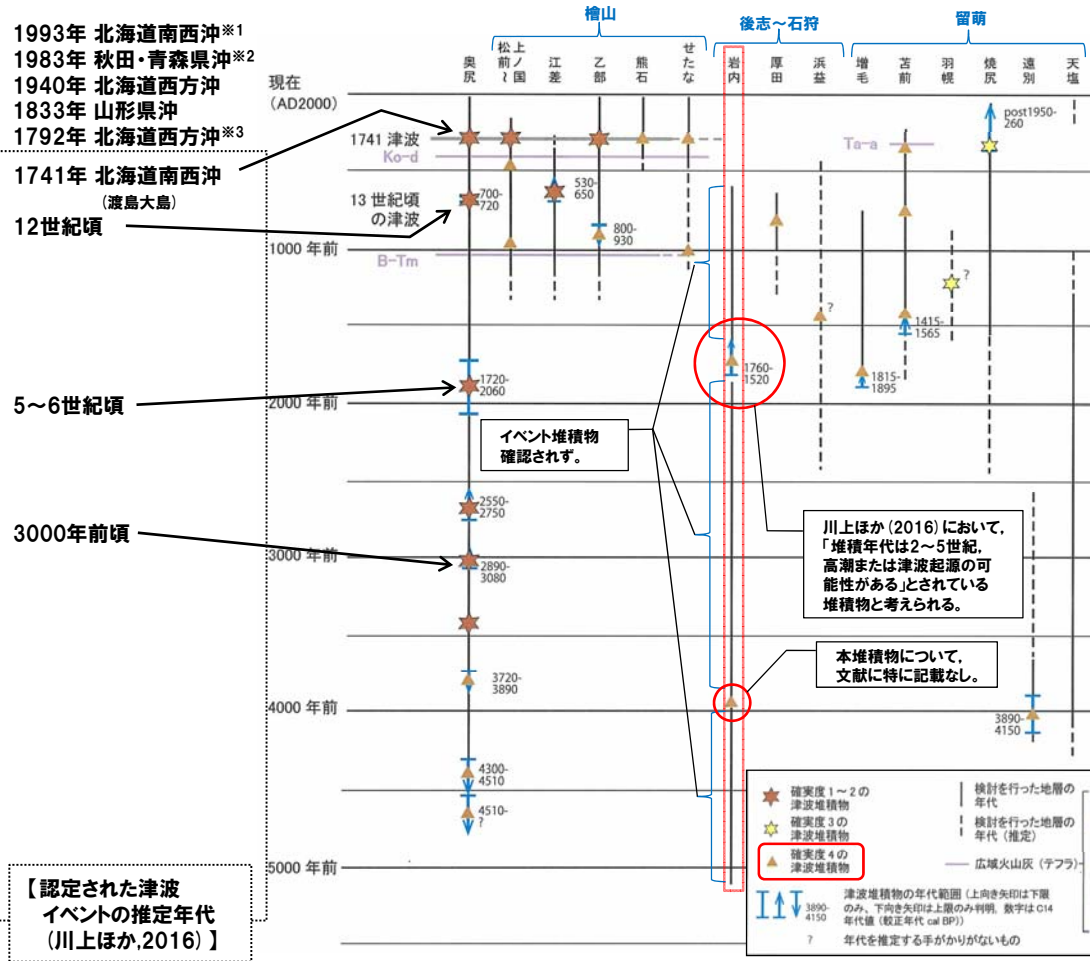


※日本海沿岸については、太平洋沿岸と比較して、津波堆積物を確認できる保存状態の地点が極めて少ないという背景がある点に留意

津波堆積物調査結果の概要
(北海道, 2013に加筆)

10.2 地震を示唆する痕跡

③-1 北海道等による津波堆積物調査結果（北海道日本海沿岸域）（-2/2-）



○北海道立総合研究機構地質研究所 (2015) において、北海道の日本海沿岸で認められたイベント堆積物の履歴が示されている。

○奥尻では、過去3000年間に6回程度 (1993年北海道南西沖の津波を含めると7回) の津波が発生していることが判明しているとされており、川上ほか (2016) においては、認定された津波イベントの年代を推定している。

○敷地南方の岩内が含まれる後志～石狩では、地形条件が津波堆積物の調査に適しておらず、調査密度が他地域に比べやや低い結果となっており、その中で津波堆積物の可能性のあるイベント堆積物を認定したが、いずれも確実度は低く、津波履歴の実態は不明であるとされている。

津波堆積物の確実度に関する判定区分 (北海道立総合研究機構地質研究所, 2015に加筆)

| 確実度 | 説明 | 例 | |
|--------------------------|----|---|---|
| 津波堆積物あり (イベント堆積物を認定した場合) | 1 | 識別基準 (下欄) を複数満たす。 | |
| | 2 | 識別基準 (下欄) のいずれか一つを満たす。 | |
| | 3 | 識別基準 (下欄) を満たさないが、後背斜面や他の給源 (人為含む) から由来した可能性が極めて低いと考えられる場合。 | |
| | 4 | 後背斜面や他の給源 (人為含む) から由来した可能性がある場合。 | 高潮・高波、飛砂、河川洪水や背後の斜面からの供給の可能性もあるもの、人為の可能性もある場合も含む。 |

「津波堆積物の識別基準」
 a: イベント堆積物の分布範囲が広い (高潮や洪水では説明できない範囲、あるいは広域での追跡が可能)
 b: 歴史記録と年代が一致する
 c: 特徴的堆積構造がある (内陸への薄化・細粒化、押し引きを示す古流向とマッドドレープ、級化・逆級化など)
 d: イベント堆積物の前後で地殻変動 (沈降や隆起など) が推定される
 e: 特徴的構成粒子・化学組成 (貝殻・有孔虫・珪藻など海成生物遺骸、硫黄、pH、電気伝導度など)

【認定された津波イベントの推定年代 (川上ほか, 2016)】

※1 北海道南西沖地震
 ※2 日本海中部地震
 ※3 後志地震

北海道の日本海沿岸における津波履歴 (北海道立総合研究機構地質研究所, 2015に加筆)



○北海道等の津波堆積物調査の結果、積丹半島が含まれる北海道の日本海沿岸中部 (後志～石狩) においては、確実度の高い津波堆積物は存在せず、津波履歴は不明である。

③-2 北海道等による津波堆積物調査結果(敷地南方の岩内平野)(-1/2-)

一部修正(H26/12/5審査会合)

○敷地南方の岩内平野における調査結果については、各文献において、以下のとおり報告されている。

【北海道(2013)】

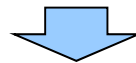
- 露頭・手掘りによる調査を49地点で行っており、そのうち、25地点は地質条件や人工改変により存否を確認できない。
- 24地点で氾濫原の泥炭層、粘土層について掘削調査を行っているが明瞭な痕跡は認められていない。
- ボーリング調査結果(KY-07)では、標高-3.2m付近で海洋性プランクトンの化石を確認しており、高潮もしくは津波による可能性がある。

【北海道立総合研究機構地質研究所(2015)】

- 現在~2,300年前頃の津波堆積物の探索が不十分としながらも、KY-01地点、KY-03地点、KY-04地点及びKY-05地点に認定したイベント堆積物の形成が、珪藻分析の結果から、河川の洪水などによる可能性を示唆する。
- KY-01地点で産出された有孔虫は、塩分濃度の低い汽水環境(河口、ラグーン、塩性湿地環境)に生息するもので、イベント堆積物の形成が、河川の洪水などによる可能性を示唆する。

【川上ほか(2016)】

- 堀株川の旧河口に近接する場所(記載内容から、KY-01地点と推定される。)では、次頁の右下図の囲みの範囲において、有機質粘土層にやや不淘汰な中粒砂層が挟在し、底生有孔虫を産した。
- 当該砂層の堆積年代は、2~5世紀であるとされ、高潮又は津波起源の可能性はある。



- 最新の文献である川上ほか(2016)においては、イベント砂層が津波起源である可能性について記載しているが、調査結果全体としては、岩内平野を含む後志~石狩では、津波起源と結論づけ得る堆積物は確認できておらず、津波履歴は不明であるとしていること(P224参照)及び北海道立総合研究機構地質研究所(2015)以降の新たな調査結果等が示されているものではないことから、岩内平野において津波起源の可能性を積極的に認めるものではないものと考えられる。

10.2 地震を示唆する痕跡

③-2 北海道等による津波堆積物調査結果(敷地南方の岩内平野) (-2/2-)

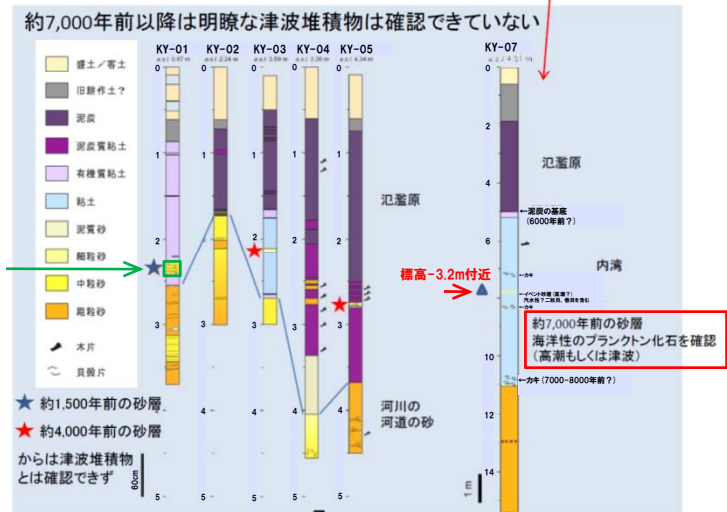
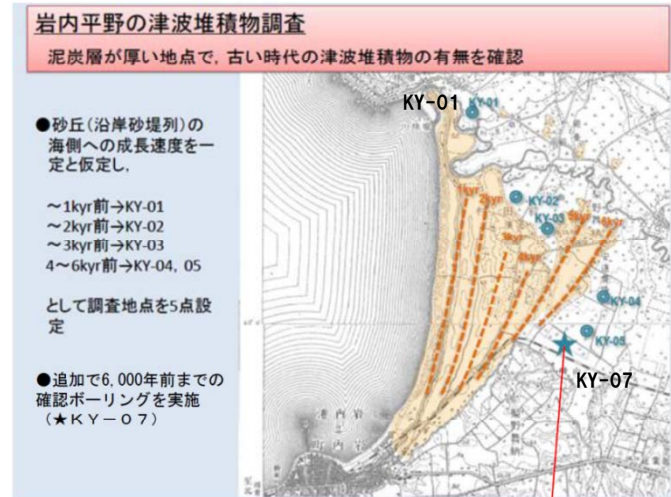
一部修正 (H26/12/5審査会合)

■岩内平野(平成24年5~8月実施) 明瞭な堆積物は見つからなかった



- 6 -

(参考1-4) ボーリング等による調査



- 7 -

岩内平野における津波堆積物調査結果(北海道, 2013に加筆)

10.2 地震を示唆する痕跡

③-3 近年の津波履歴 (-1/2-)

- 北海道等の津波堆積物調査の結果、積丹半島が含まれる北海道の日本海沿岸中部（後志～石狩）においては、确实度の高い津波堆積物は存在せず、津波履歴は不明である。
- このため、参考として、記録が残されている近年の津波についても確認を行った。
- 確認に当たっては以下の資料を選定した。
 - ・北海道防災会議（2017）⇒広範囲の津波履歴の確認
 - ・泊村防災会議（2016）及び岩内町防災会議（2016）⇒積丹半島西岸の津波履歴の確認
（積丹半島西岸の神恵内村及び共和町から公開されている資料も確認したうえで、津波履歴の記載がまとめられている泊村防災会議（2016）及び岩内町防災会議（2016）を選定した。）
- 北海道防災会議（2017）、泊村防災会議（2016）及び岩内町防災会議（2016）には、過去に発生した地震及び地震に伴う津波の履歴と、それらによる各地域における被害状況が記載されている。
- このうち、北海道及び東北地方の日本海側を震央とする地震及び地震に伴う津波による被害状況について整理した（次頁参照）。
- 北海道の日本海側沿岸における被害は複数認められるが、積丹半島西岸における被害について記載されているものは1993年北海道南西沖地震のみである。

10.2 地震を示唆する痕跡

③-3 近年の津波履歴 (-2/2-)

北海道及び東北地方の日本海側を震央とする地震及び地震に伴う津波による被害状況
(北海道防災会議(2017), 泊村防災会議(2016)及び岩内町防災会議(2016)より作成)

| 発生日月 | 震央名 | 北緯 | 東経 | マグニチュード | 被害の要因 | | 北海道における記事 | 泊村及び岩内町における記事 |
|---------------------------------|---------|---------|----------|-----------|-------|----|---|---|
| | | | | | 地震 | 津波 | | |
| 1635.3.11
寛永12年 | 北海道南西沖 | 41.5° | 140.0° | - | ○ | | 松前で強震、火災発生 | |
| 1741.8.28
寛保元年 | 北海道南西沖 | 41.6° | 139.4° | 6.9 | | ○ | 大島噴火、噴火湾津波、死者700名余 | |
| 1766.3.8
明和3年 | 青森県津軽北部 | 40.7° | 140.5° | 7.1/4±1/4 | ○ | | 松前で強震 | |
| 1792.6.13
寛政4年 | 北海道西方沖 | 43.3/4° | 140° | 7.1 | ○ | ○ | 積丹半島東側に津波、死者あり | |
| 1833.12.7
天保4年 | 山形県沖 | 38.9° | 139.1/4° | 7.1/2±1/4 | | ○ | 福山で強震、津波、函館地方浸水 | |
| 1834.2.9
天保5年 | 石狩湾 | 43.3° | 141.4° | 6.4 | ○ | | 石狩にて地割泥吹出、家屋全半壊26 | |
| 1910.9.8
明治43年 | 北海道北西沖 | 44.2° | 141.6° | 5.3 | ○ | | 留萌郡鬼鹿、苫前で家屋小破損 | |
| 1918.5.26
大正7年 | 北海道北西沖 | 44.2° | 141.6° | 5.8 | ○ | | 留萌郡鬼鹿で商品の転倒 | |
| 1940.8.2
昭和15年 | 北海道西方沖 | 44° 22′ | 139° 49′ | 7.5 | ○ | ○ | 日本海沿岸津波、漁船全壊・流出214、天塩で死者10名 | 岩内町：岩内の津波の高さ83cm
被害無し |
| 1947.11.4
昭和22年 | 北海道西方沖 | 43° 55′ | 140° 48′ | 6.7 | | ○ | 小津波、稚内で小舟破損 | 岩内町：岩内の津波の高さ数十cm
被害無し |
| 1953.7.14
昭和28年 | 北海道南西沖 | 42° 05′ | 139° 55′ | 5.1 | ○ | | 熊石で強震、小屋倒壊、水産課工場壁に亀裂 | |
| 1959.11.8
昭和34年 | 北海道西方沖 | 43° 50′ | 140° 38′ | 6.2 | ○ | | 札幌、小樽方面で変電所に軽い被害 | |
| 1983.5.26
昭和58年
「日本海中部地震」 | 秋田県沖 | 40° 22′ | 139° 04′ | 7.7 | | ○ | 渡島、檜山、奥尻島に大津波、漁船沈没流出222、死者4名 | 岩内町：岩内の津波の高さ124cm
被害無し |
| 1983.6.21
昭和58年 | 青森県西方沖 | 41° 16′ | 139° 00′ | 7.1 | | | | 岩内町：岩内の津波の高さ33cm
被害無し |
| 1993.7.12
平成5年
「北海道南西沖地震」 | 北海道南西沖 | 42° 47′ | 139° 11′ | 7.8 | ○ | ○ | 津波による被害大、死者201名、不明28名、住家全半壊1,009、船舶の沈没流出676 | 泊村：漁船破損17隻、イノ舟破損2隻
岩内町：岩内の津波の高さ263cm
地震による一部損壊218戸
津波により漁船8隻損壊 |

③-4 当社による津波堆積物調査結果 (-1/2-)

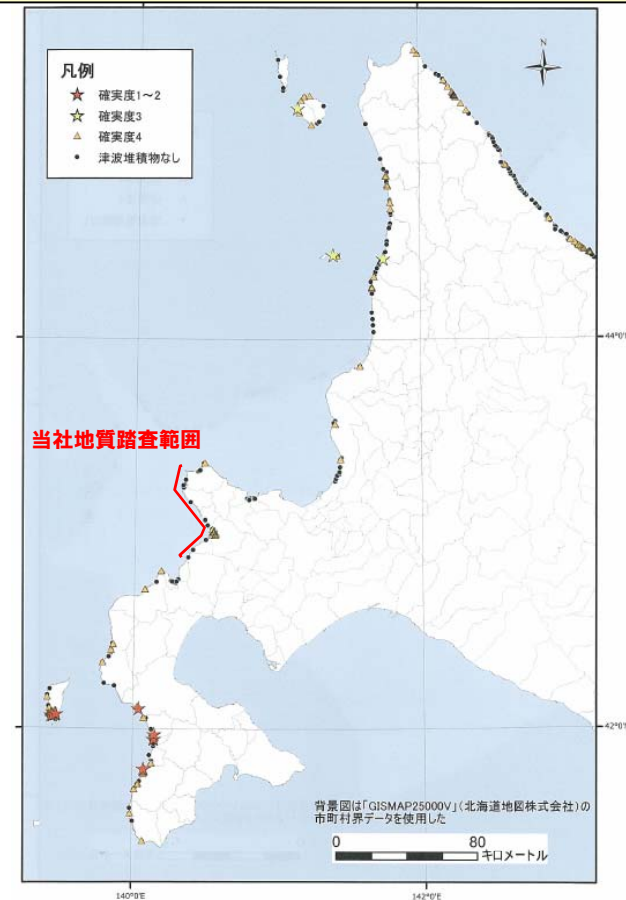
一部修正 (H26/12/5審査会合)

【地表地質踏査】

- 神威岬から尻別川河口の沿岸部において、黒土や崖錐堆積物中に挟在する海成層の有無に着目した地表地質踏査を実施した。
- 地表地質踏査の結果、黒土や崖錐堆積物中に海成層が挟在するような、津波堆積物の可能性を示唆する露頭は認められない。
- なお、北海道等の調査においても、当該地点沿岸部では、確実度の高い津波堆積物は存在せず、津波履歴は不明とされている。



地表地質踏査範囲

日本海側における津波堆積物調査地点
(北海道立総合研究機構地質研究所, 2015に加筆)

10.2 地震を示唆する痕跡

③-4 当社による津波堆積物調査結果 (-2/2-)

一部修正 (H26/12/5審査会合)

【当社ボーリング調査】

- 北海道等の調査を補完する目的で、敷地南方の岩内平野において湿地性堆積物（腐植質シルト層）及び内湾性堆積物（シルト層）が堆積している可能性のある地点でボーリング調査を実施した。
- ボーリング調査の結果、3地点（発足、堀株川右岸及び下梨野舞納-1地点）において、イベント堆積物の可能性のある区間が抽出された。
- 珪藻分析の結果、これらは、河川性堆積物又は氾濫原堆積物と推定される。

【北海道等による調査結果】

北海道立総合研究機構地質研究所 (2015)

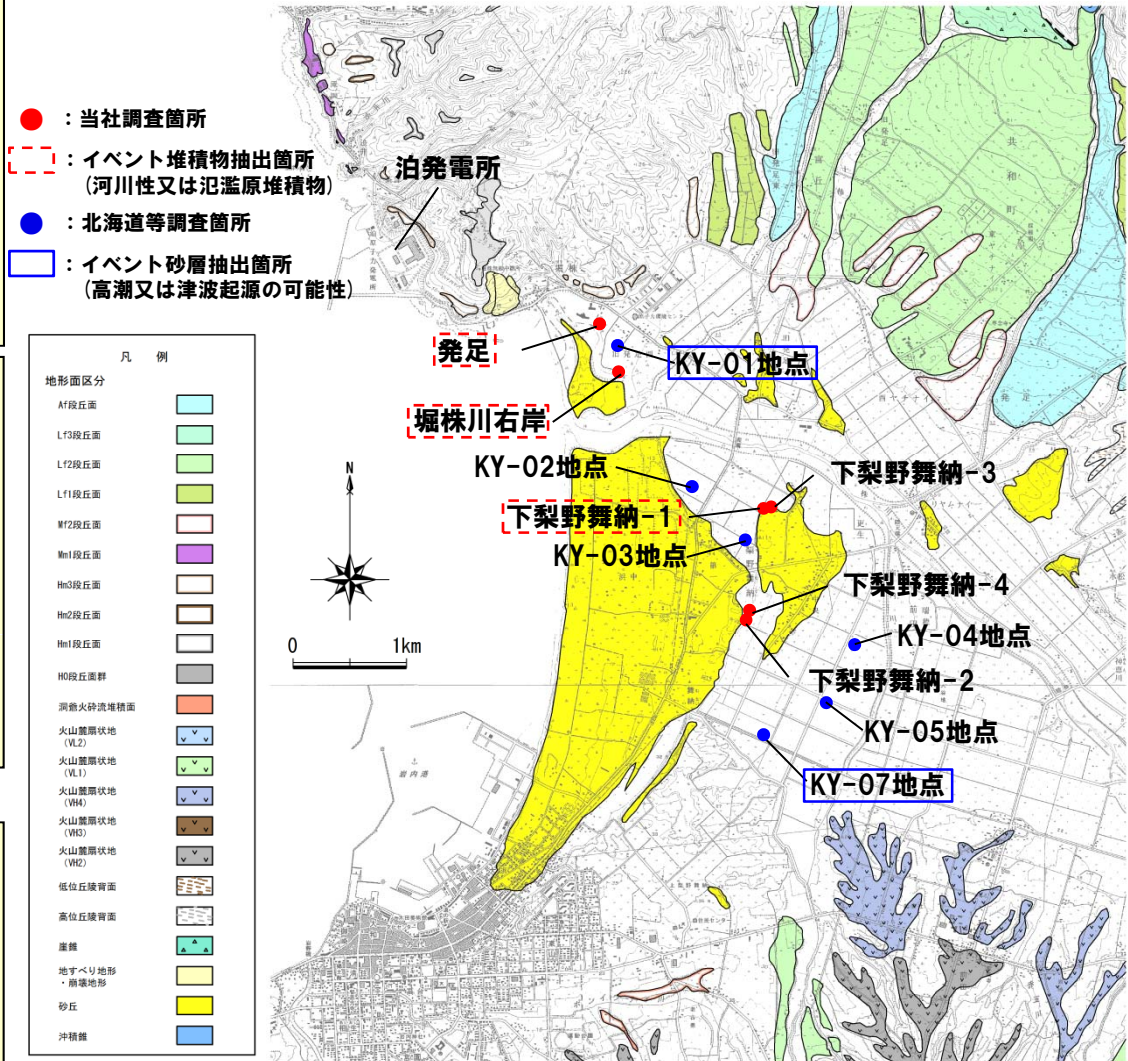
- KY-01地点（当社ボーリング調査地点のうち発足及び堀株川右岸地点に近接）で産出された有孔虫は、塩分濃度の低い汽水環境（河口、ラグーン、塩性湿地環境）に生息するもので、イベント堆積物の形成が、河川の洪水などによる可能性を示唆するとされている。

川上ほか (2016)

- 堀株川の旧河口に近接する場所（記載内容から、KY-01地点と推定）では、中粒砂層中に底生有孔虫を産し、高潮又は津波起源の可能性があるとされている。



- 当社調査結果（珪藻分析結果より、河川性堆積物又は氾濫原堆積物と推定）と北海道等による調査結果は調和的である。
- なお、川上ほか (2016) においては、イベント砂層が津波起源の可能性についても述べているが、北海道立総合研究機構地質研究所 (2015) 以降、新たな調査結果等が示されているものではないことから、津波起源の可能性を積極的に認めるものではないものの、その可能性を否定はできないとの趣旨と考えられる。



調査地点位置図

余白

11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

①これまでの経緯 (-1/2-)

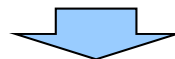
- 審査会合での議論等を踏まえて実施した積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する各種調査・検討の結果、当社は以下の評価を行い、平成27年5月29日の審査会合において説明した。
- ・敷地及び敷地近傍における基盤の傾斜を形成するような構造運動は、下部更新統の野塚層（下部層相当）の上部及び下部～中部更新統の岩内層堆積時以降は継続していない。
 - ・敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造（震源として考慮する活構造）は認められないと判断される。



- 平成28年7月1日に実施された現地調査において、以下の指摘を受けた。
- ・積丹半島の海岸地形については、これまで議論となった点、検討経緯等について分かりやすく資料の整理を図ったうえで再度説明すること。
- このため、現地調査における指摘を踏まえ、これまで実施してきた調査・検討結果を体系的に整理したうえで、平成28年8月26日の審査会合において、当社評価を再度説明し、主に以下の指摘を受けた。
- ・日本海側において地震性隆起が確認されている地域の海岸地形と積丹半島西岸の海岸地形を比較し、特徴の差異について説明すること。
 - ・海食洞の分布範囲・高度について、積丹半島全体で確認すること。

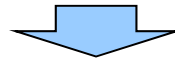


- 指摘を踏まえ、日本海沿岸における地震性隆起地域の文献レビュー、地表地質踏査、海食洞調査等のデータ拡充を継続的に実施し、平成28年9月30日及び10月21日の審査会合並びに同年10月27日～28日に実施された現地調査において、当社評価の説明を行い、主に以下の指摘を受けた。
- ・積丹半島西岸と日本海沿岸において地震性隆起であると言われている地域を同質のデータで比較し、違いを明確にすること。



①これまでの経緯 (-2/2-)

- 指摘を踏まえ、積丹半島西岸と同様、日本海沿岸における地震性隆起地域のDEMデータを取得し、海岸地形の定量的な検討を実施した。
- 検討結果に基づき、積丹半島西岸の海岸地形と地震性隆起地域との特徴の差異について、平成29年3月10日の審査会合で説明し、以下の指摘を受けた。
 - ・文献レビューにおいては、地震性隆起地域の海岸地形は、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としているが、青森県大戸瀬周辺のDEMデータに基づく海岸地形高度には、文献と同様な系統性は認められない。
 - ・海岸地形高度の系統性の有無が、必ずしも地震性隆起地域との特徴の差異を示すこととはならない場合もある。
 - ・加えて、積丹半島北西沖には、下に凸状の海底面形状が認められること、当該箇所付近に露岩域、微小地震の発生等も認められることから、地震性隆起の可能性は否定できない。



【平成28年7月1日の現地調査以降の審査会合での議論等を踏まえた当社評価】

- 敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、これまで当社が実施してきた各調査・検討結果を総合的に踏まえると、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）を示唆する特徴は認められないことから、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられる。
- しかし、青森県大戸瀬周辺の検討結果※を踏まえると、積丹半島西岸の海岸地形の分布高度のみでは、必ずしも活構造の存在を否定できず、活構造の位置の特定も難しい。
※日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域である青森県大戸瀬周辺は、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない。
- このため、安全側の判断を行う観点で、活断層を仮定した場合の検討を実施する。

②-1 活断層を仮定した場合の検討 (-1/4-)

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



各検討・調査結果の整理

○積丹半島西岸には、敷地に最も近い滝ノ潤地点から北西方の珊内地点までの汀線に沿った約20kmの範囲に、Mm1段丘が分布する。
 ○Mm1段丘高度は、各地点のボーリング調査及び地表地質踏査結果等より、旧汀線（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（次頁参照）。
 ○この状況を踏まえ、活断層を仮定した場合、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な規模の大きい活断層が仮定されるが、以下の各調査・検討結果と整合しない。

【積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討】
 (P48～P71参照)

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

【敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討】
 (P94～P119参照)

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

【積丹半島の段丘分布高度に関する検討】
 (P72～P83参照)

○積丹半島西岸における隆起速度は、Mm1段丘の旧汀線高度から、約0.2m/千年と推定される。
 ○積丹半島北・東部における隆起速度は、Mf1段丘高度とLf2段丘高度の比高(TT値)から、約0.2m/千年と推定される。
 ○積丹半島の東西において隆起速度に差は認められないことから、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。



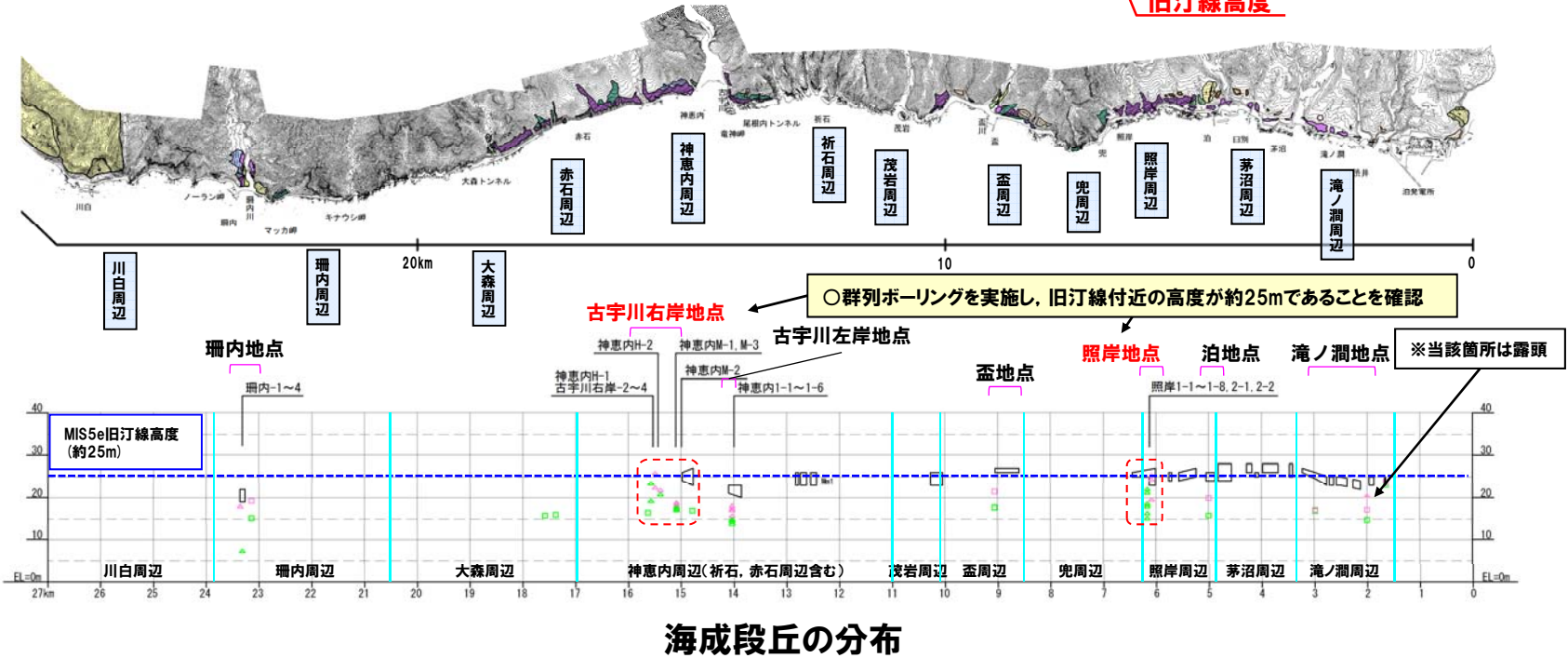
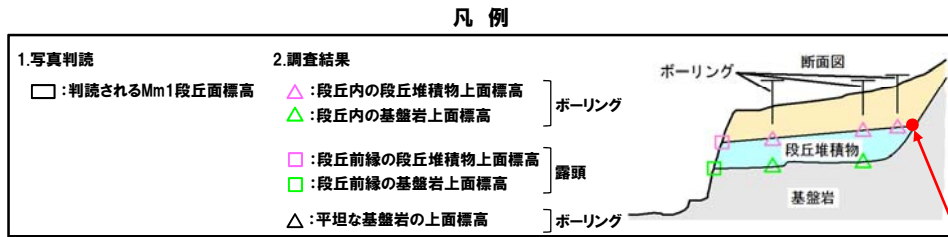
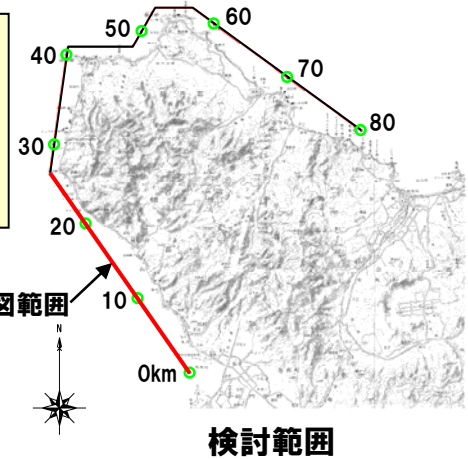
○当社の各調査・検討結果に基づけば、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な活断層を仮定し得る状況は認められない。

11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

②-1 活断層を仮定した場合の検討 (-2/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島西岸のMm1段丘高度は、各地点のボーリング調査及び地表地質踏査結果等より、旧汀線（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。
- 詳細は、「5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討」を参照。

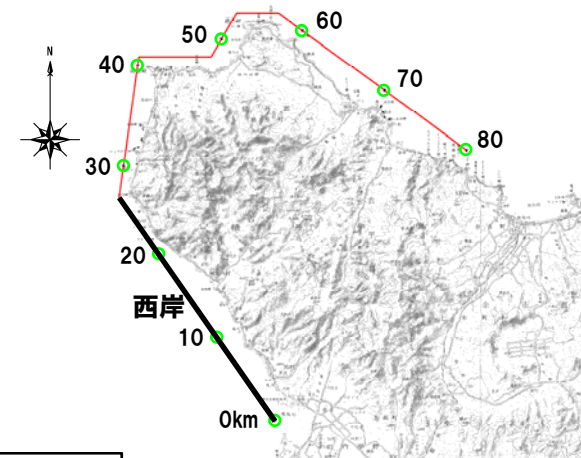
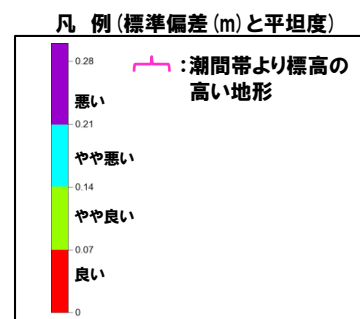
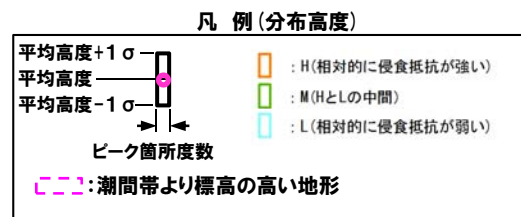


11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

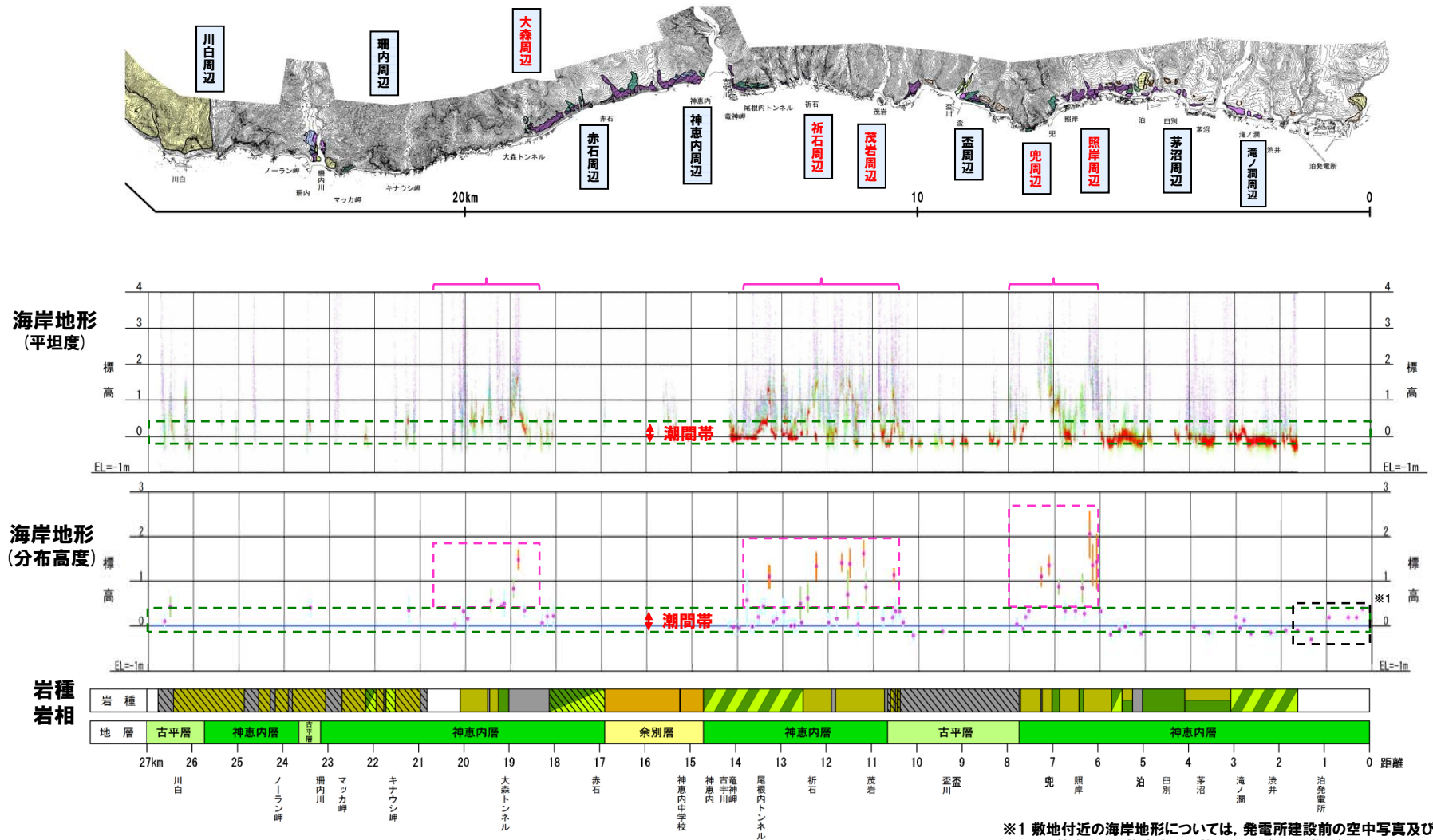
②-1 活断層を仮定した場合の検討 (-3/4-)

- 当社の各調査・検討結果に基づけば、積丹半島西岸のMm1段丘を一様に隆起させる汀線と平行な活断層を仮定し得る状況は認められない。
- このため、次に、地球物理学的な知見の観点から短い活断層を仮定し、当社調査結果等に基づく考察を行うこととした。
- 地球物理学的な知見は、重力異常の急変域及び露岩域の分布とし、以下を用いることとした。
 - ・産業技術総合研究所(2013)の重力異常図を用いて作成した1次微分図
 - ・片山ほか(2012)の表層堆積図
- なお、露岩域の存在は、必ずしも活断層の存在を示唆するものではないが、文献レビュー※を踏まえると、活断層との関連が認められる事例もあることから、活断層の仮定において参考になるものと考えられる。
- また、上記から仮定される活断層については、付近の微小地震の分布状況も確認することとした。
- 本検討を実施するに当たり、積丹半島西岸における検討範囲を選定した。
- 検討範囲は、積丹半島西岸の海岸地形のうち、以下の理由から、【①照岸周辺～兜周辺】、【②茂岩周辺～折石周辺】及び【③大森周辺】の前面海域とした。
 - ・青森県大戸瀬周辺の検討結果を踏まえると、積丹半島西岸の海岸地形の分布高度のみでは、必ずしも活構造の存在を否定できず、活構造の位置の特定も難しいが、検討範囲の設定に当たっては、相対的に標高の高い海岸地形である「潮間帯より標高の高い地形」の分布範囲に着目した。
- 本検討は、敷地への影響を鑑み、敷地に近い範囲から順次、検討を実施した。

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



②-1 活断層を仮定した場合の検討 (-4/4-)



※1 敷地付近の海岸地形については、発電所建設前の空中写真及び地形図から算出した平均高度を記載している (P128参照)。

積丹半島西岸における海岸地形の岩種・岩相, 分布高度及び平坦度の分布 (凡例は前頁参照)

②-2 活断層を仮定した場合の検討 (①照岸周辺～兜周辺) (-1/3-)

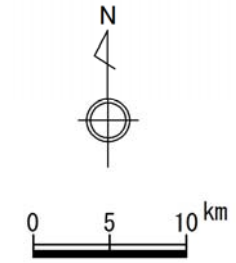
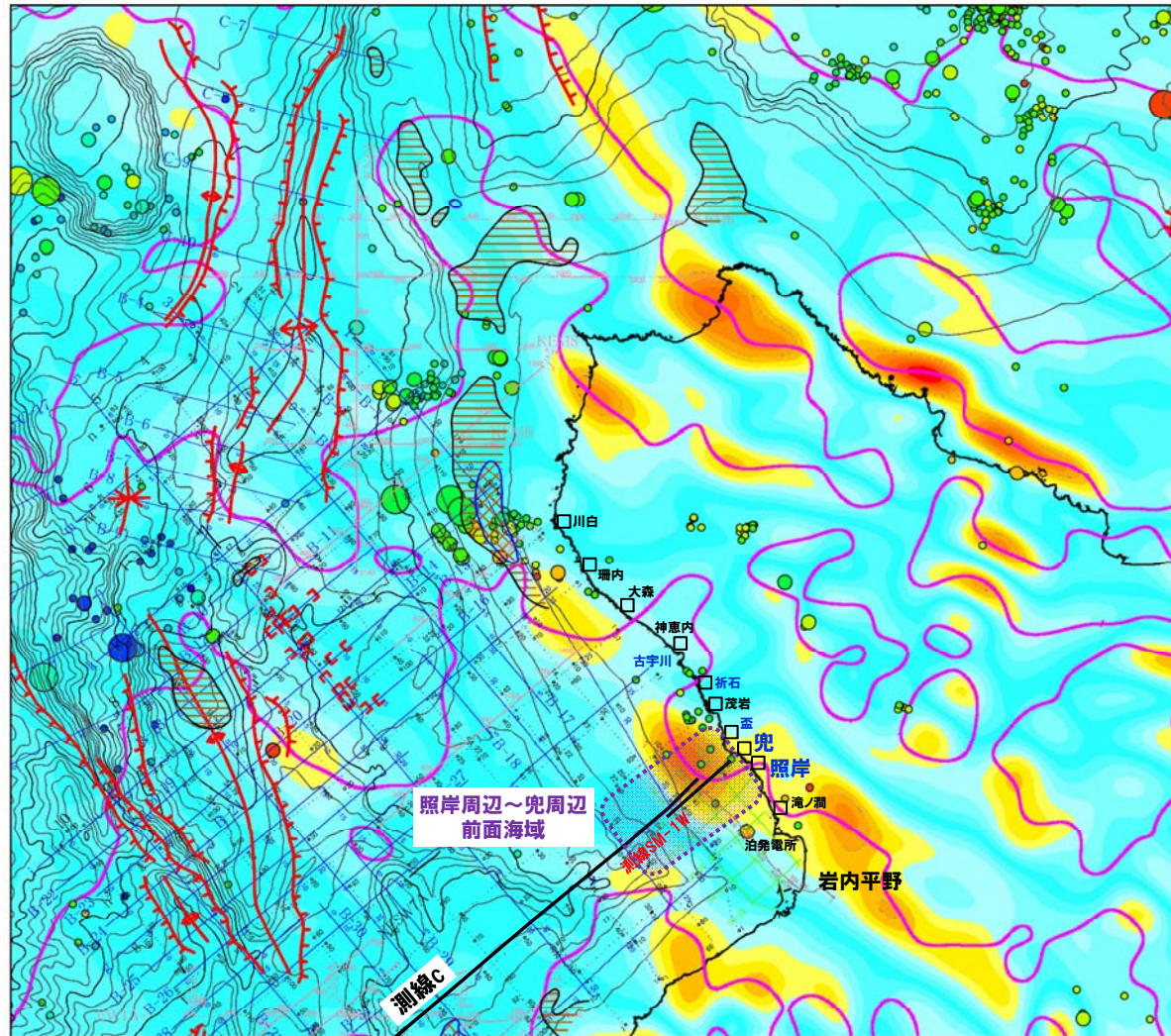
○照岸周辺～兜周辺の前面海域における検討結果を下表に示す。

| 活断層の仮定に当たっての着目点 | 仮定される活断層 | 当社調査結果等に基づく考察 |
|-----------------|---|---|
| 重力異常の急変域 | ○照岸周辺～祈石周辺の前面海域に、重力異常の急変域(鉛直1次微分のゼロコンター)が認められることから、 <u>短い活断層が仮定される。</u> | 【海上音波探査(P242参照)】
○測線c及び測線SM-1Wにおいて、III層(下部更新統～中部更新統)は緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
○III層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。
○III層の緩やかな傾斜は、堆積構造と推定される。 |
| | | 【Mm1段丘高度(P237参照)】
○近傍陸域には、照岸地点、盃地点及び古宇川左岸地点が位置するが、その他地点と比較して、高度不連続は認められない。 |
| | | 【微小地震の分布(次頁参照)】
○マグニチュード1～2の地震が分布する状況が認められる。
○活断層を仮定した場合、当社調査結果と整合しない。 |
| 露岩域の分布 | ○露岩域が分布しないことから、検討対象外。 | — |



○照岸周辺～兜周辺の前面海域には、当社調査結果と整合的な活断層を仮定し得る状況は認められない。

②-2 活断層を仮定した場合の検討 (①照岸周辺～兜周辺) (-2/3-)



凡例 (積丹半島付近表層堆積図)

- 露岩域
- 音響的層相I-1分布域

凡例 (微小地震分布) (気象庁地震カタログを用いて作成)

- M1-2
 - M2-3
 - M3-4
- Depth(km)
0 6 12 18 24 30
- 震源深さ: 30km以浅
対象期間: 1983年1月1日～2011年12月31日

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

- 2 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1980年)
(水中放電, シングルチャンネル)
- B-1 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1997年)
(エアガン (G1ガン), マルチチャンネル)
(チャープソナー, シングルチャンネル)
- SH 1W 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2006年)
(ウォーターガン, マルチチャンネル)
(プーマー, マルチチャンネル)
- FW1A 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2012年)
(エアガン, マルチチャンネル)
- H25 音波探査測線及び反射法地震探査測線
(北海道電力㈱, 2013年)
(油圧インパクト及びウォーターガン, マルチチャンネル)

0 2 4 6 8 mGal/km 〃 : 鉛直1次微分ゼロコンター

(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)
積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (NW-SE直交方向) 及び鉛直1次微分図)

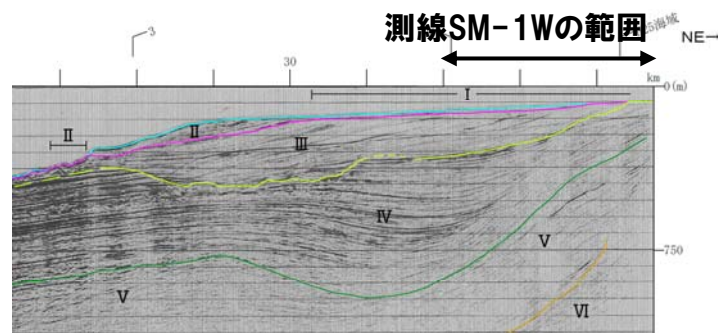
11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

②-2 活断層を仮定した場合の検討 (①照岸周辺～兜周辺) (-3/3-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

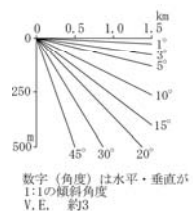
- 測線cにおけるII層～IV層上部は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- II層及びIII層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。
- IV層下部には、緩やかな変形及び層厚変化が認められる。
- 測線cに認められるIII層の緩やかな傾斜構造について、測線c陸側付近の測線である、測線SM-1Wについても検討した。
- III層 (III-1層及びIII-2層) は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- III層 (III-1層及びIII-2層) の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。

○測線SM-1Wの検討結果から、測線cに認められるIII層の緩やかな傾斜は、構造性的なものではなく、大陸棚付近で海進・海退の影響を受けた堆積構造と推定される。

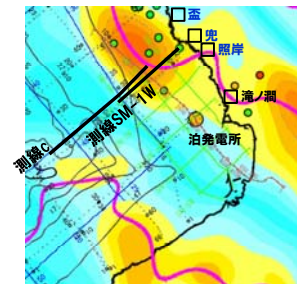


- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)

※色付線は各層の上面を表す

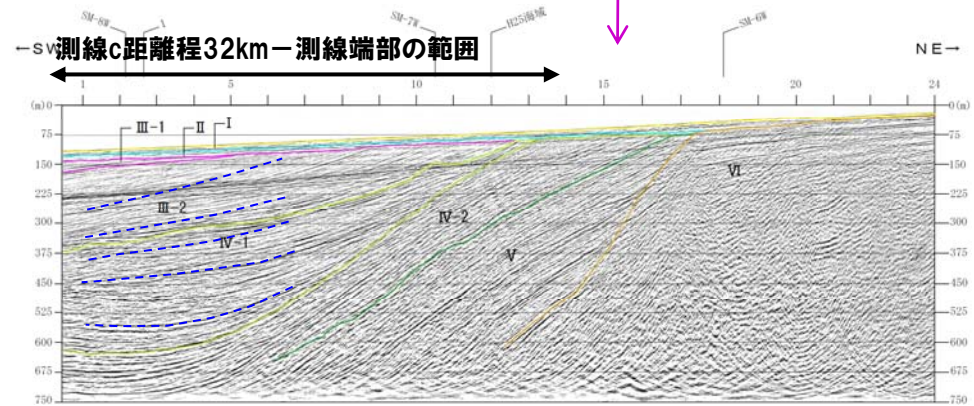


測線c



(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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

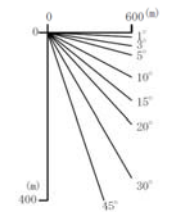


傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。

測線SM-1W

- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III-1層 (中部更新統)
 - III-2層 (下部～中部更新統)
 - IV-1層 (下部更新統)
 - IV-2層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)

※色付線は各層の上面を表す



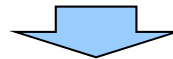
数字 (角度) は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

余白

②-3 活断層を仮定した場合の検討 (②茂岩周辺～祈石周辺) (-1/3-)

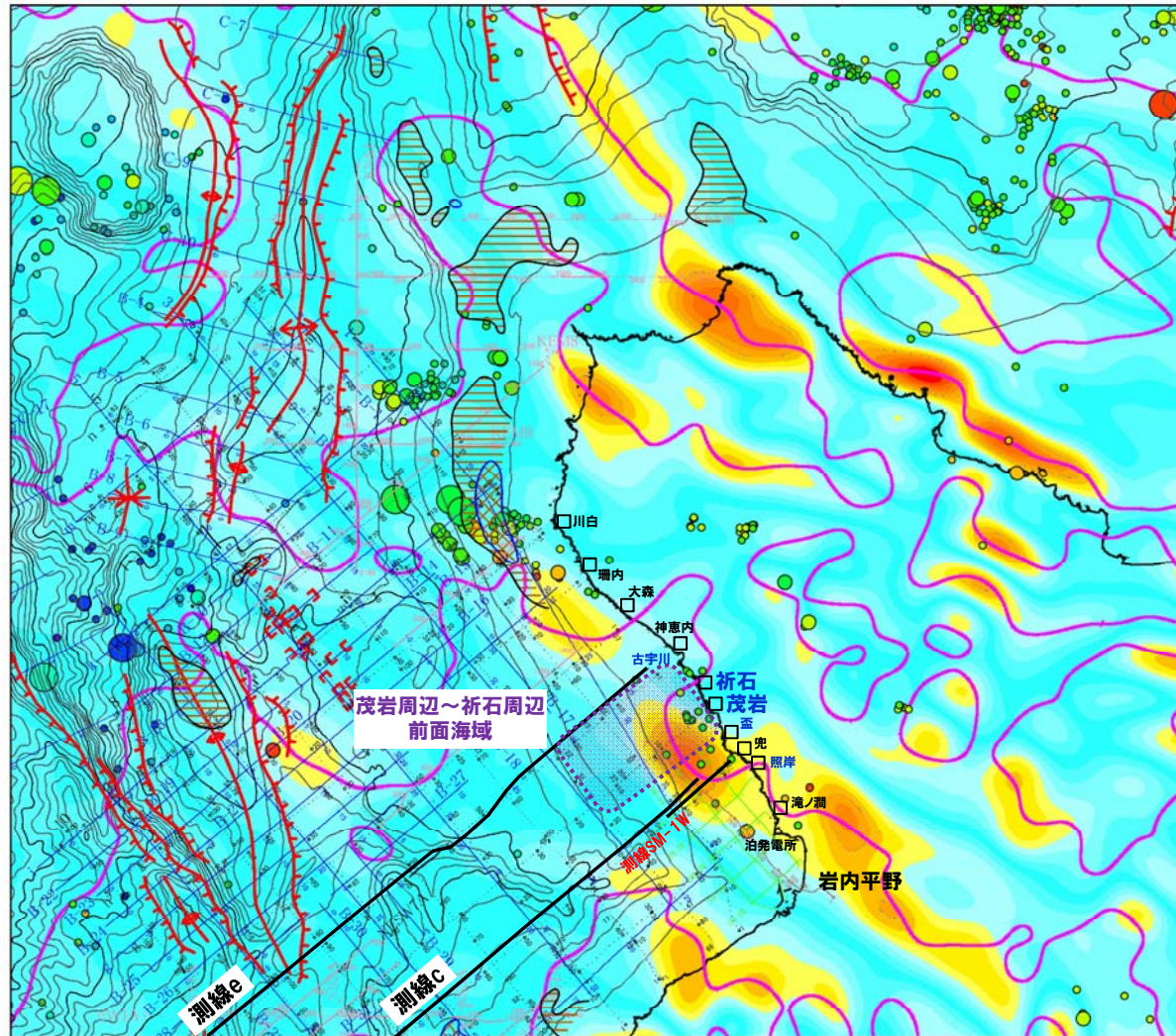
- 照岸周辺～兜周辺の前面海域には、当社調査結果と整合的な活断層を仮定し得る状況は認められないことから、茂岩周辺～祈石周辺の前面海域についても同様な検討を実施した。
- 茂岩周辺～祈石周辺の前面海域における検討結果を下表に示す。

| 活断層の仮定に当たっての着目点 | 仮定される活断層 | 当社調査結果等に基づく考察 |
|-----------------|---|---|
| 重力異常の急変域 | ○照岸周辺～祈石周辺の前面海域に、重力異常の急変域(鉛直1次微分のゼロコンター)が認められることから、 <u>短い活断層が仮定される。</u> | 【海上音波探査(P242及びP246参照)】 |
| | | ○測線c及び測線SM-1Wにおいて、Ⅲ層(下部更新統～中部更新統)は緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。 |
| | | ○Ⅲ層の傾斜には、下位層からの系統性及び累積性は認められない。 |
| | | ○Ⅲ層の緩やかな傾斜は、堆積構造と推定される。 |
| | | ○近接する測線eにおいて、Ⅱ層(上部更新統)及びⅢ層(下部更新統～中部更新統)に変位・変形及び層厚変化は認められない。 |
| | | 【Mm1段丘高度(P237参照)】 |
| | | ○近傍陸域には、照岸地点、盃地点及び古宇川左岸地点が位置するが、その他地点と比較して、高度不連続は認められない。 |
| | | 【微小地震の分布(次頁参照)】 |
| | | ○マグニチュード1～2の地震が分布する状況が認められる。 |
| | | ○ 活断層を仮定した場合、当社調査結果と整合しない。 |
| 露岩域の分布 | ○露岩域が分布しないことから、検討対象外。 | — |



- 茂岩周辺～祈石周辺の前面海域には、当社調査結果と整合的な活断層を仮定し得る状況は認められない。

②-3 活断層を仮定した場合の検討 (②茂岩周辺～祈石周辺) (-2/3-)



凡例 (積丹半島付近表層堆積図)

- 露岩域
- 音響的層相I-1分布域

凡例 (微小地震分布) (気象庁地震カタログを用いて作成)

- M1-2
 - M2-3
 - M3-4
- Depth(km)
0 6 12 18 24 30
- 震源深さ: 30km以浅
対象期間: 1983年1月1日～2011年12月31日

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

- 2 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1980年)
(水中放電, シングルチャンネル)
- B-1 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1997年)
(エアガン (G1ガン), マルチチャンネル)
(チャープソナー, シングルチャンネル)
- SH-1W 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2006年)
(ウォーターガン, マルチチャンネル)
(プーマー, マルチチャンネル)
- EW1A 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2012年)
(エアガン, マルチチャンネル)
- H25 音波探査測線及び反射法地震探査測線
(北海道電力㈱, 2013年)
(油圧インパクト及びウォーターガン, マルチチャンネル)

0 2 4 6 8 mGal/km 〃 : 鉛直1次微分ゼロコンター

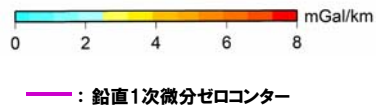
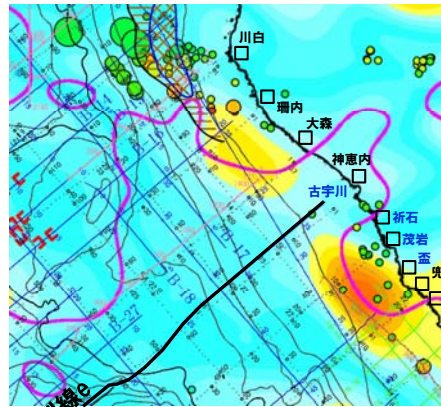
(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)
積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (NW-SE直交方向) 及び鉛直1次微分図)

11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

②-3 活断層を仮定した場合の検討 (②茂岩周辺～折石周辺) (-3/3-)

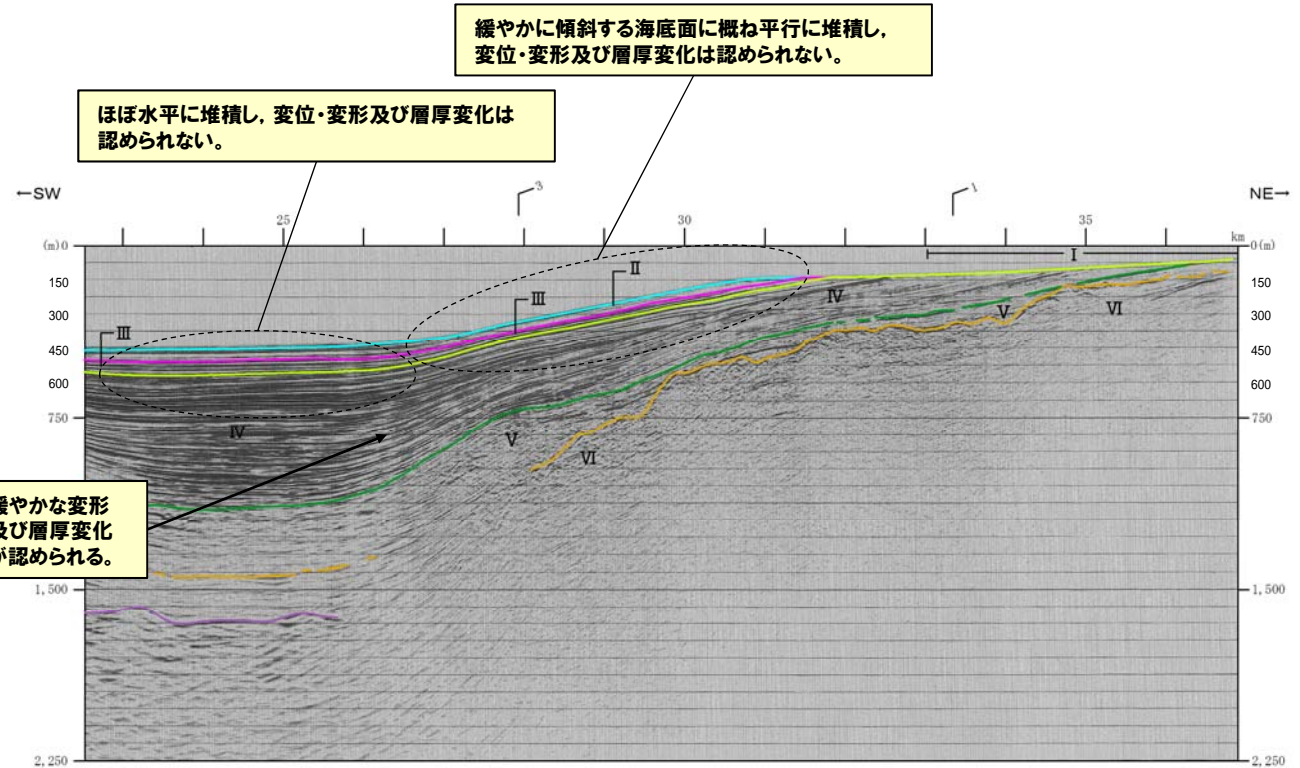
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 大陸斜面付近のII層～IV層上部は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層～IV層上部は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- IV層下部には、緩やかな変形及び層厚変化が認められる。



(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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



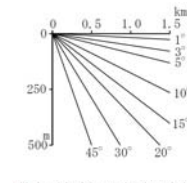
音源: GIガン

凡例

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

※色付線は各層の上面を表す

- 断層及び断層番号
- 断層運動に関する変形
- 連続しない断層
- 背斜軸
- 向斜軸



数字 (角度) は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

測線e

余白

②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-1/7-)

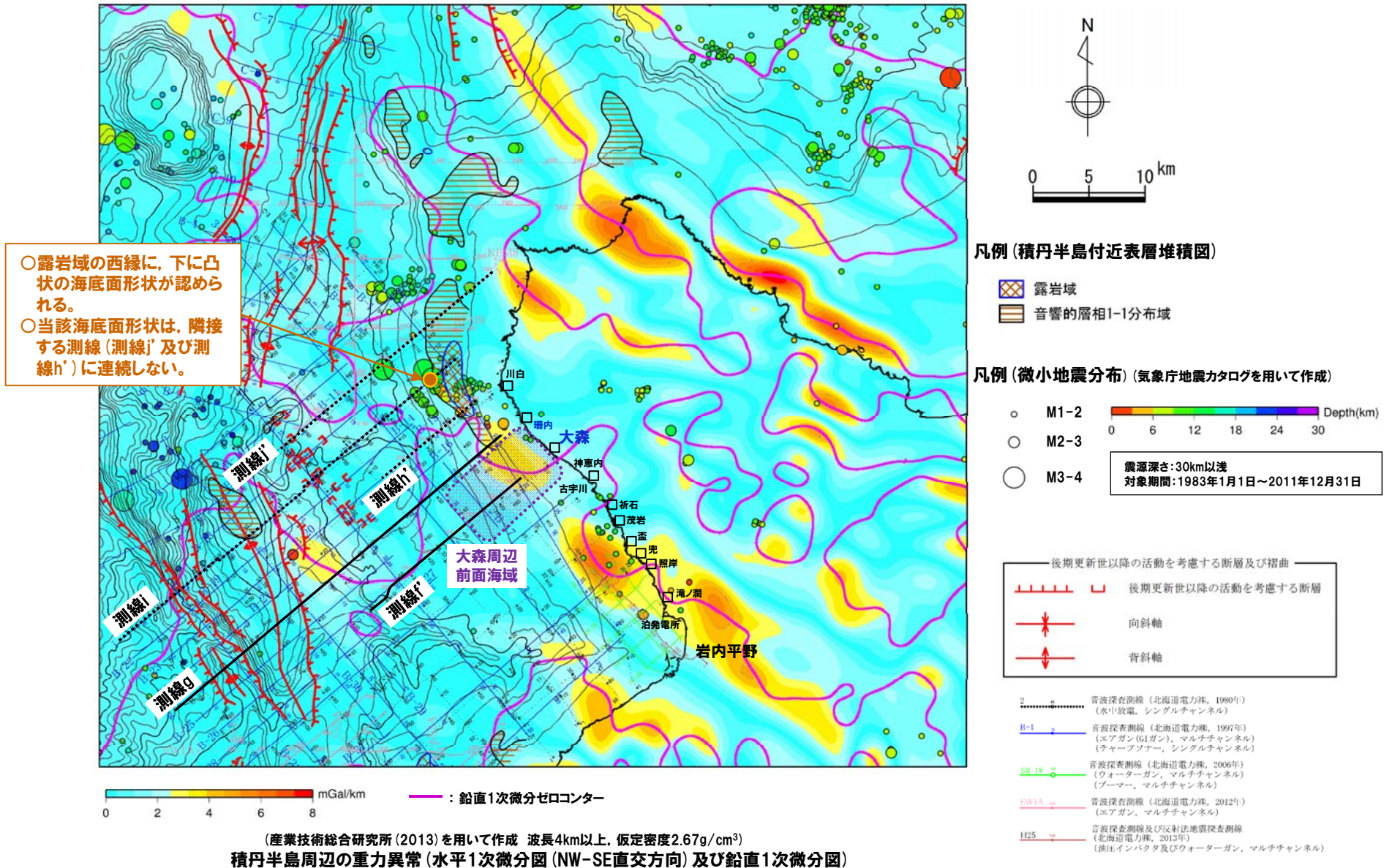
- 茂岩周辺～祈石周辺の前面海域には、当社調査結果と整合的な活断層を仮定し得る状況は認められないことから、大森周辺の前面海域についても同様な検討を実施した。
- 大森周辺の前面海域における検討結果を下表に示す。

| 活断層の仮定に当たっての着目点 | 仮定される活断層 | 当社調査結果等に基づく考察 |
|-----------------|---|---|
| 重力異常の急変域 | ○大森周辺～珊内周辺の前面海域に、重力異常の急変域(鉛直1次微分のゼロコンター)が認められることから、 <u>短い活断層が仮定される。</u> | 【海上音波探査(P250～P251参照)】
○測線gにおいて、II層(上部更新統)及びIII層(下部更新統～中部更新統)に変位・変形及び層厚変化は認められない。
○近接する測線fにおいて、II層(上部更新統)及びIII層(下部更新統～中部更新統)に変位・変形及び層厚変化は認められない。 |
| | | 【Mm1段丘高度(P237参照)】
○近傍陸域には、珊内地点が位置するが、南方の地点と比較して、高度不連続は認められない。
【微小地震の分布(次頁参照)】
○ほとんど分布しない。
○活断層を仮定した場合、当社調査結果と整合しない。 |
| 露岩域の分布 | ○大森周辺の前面海域の北端からさらに北方にかけて露岩域(音響的層相1-1含む)が分布し、 <u>露岩域の西縁に沿う活断層が仮定される。</u> | 【海上音波探査(P252～P254参照)】
○隣接する測線には連続しないが、大森周辺の前面海域の北方に位置する測線iにおいて、露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められる。
○当該箇所は、音響基盤(VII層(始新統以下))であることから、地質構造も不明瞭である。 |
| | | 【Mm1段丘高度(P237参照)】
○近傍陸域には、珊内地点が位置するが、南方の地点と比較し、高度不連続は認められない。
○また、珊内地点より北方には、Mm1段丘が認められない。
○これらのことから、仮に活断層が存在したとしても、珊内地点より北方に位置するものと考えられる。
【微小地震の分布(次頁参照)】
○大森周辺の前面海域北方に位置する測線i付近には、主に、マグニチュード2～4の地震が分布する状況が認められる。
○測線iに認められる下に凸状の海底面形状を中心とした、隣接する測線までの範囲に、規模の小さい活断層を仮定し得る状況が認められる。 |



- 大森周辺の前面海域の北端から北方(積丹半島北西沖)には、活断層を仮定した場合、活断層を仮定し得る状況が認められることから、安全側の判断として、積丹半島北西沖の活断層による地震動を想定することとする。

②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-2/7-)

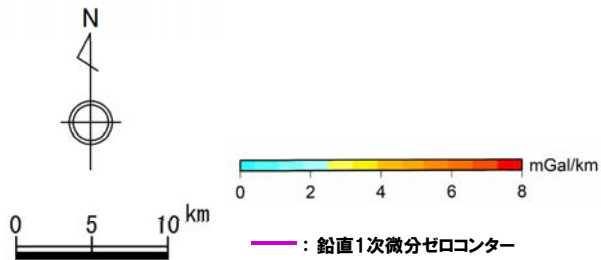
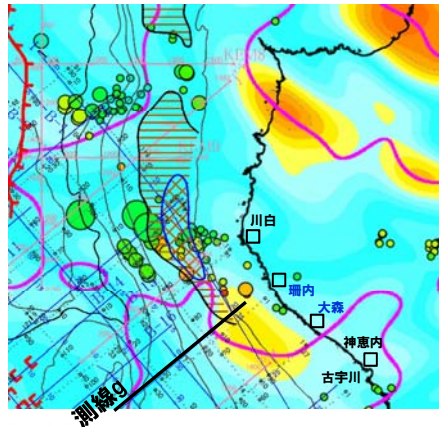


11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-3/7-)

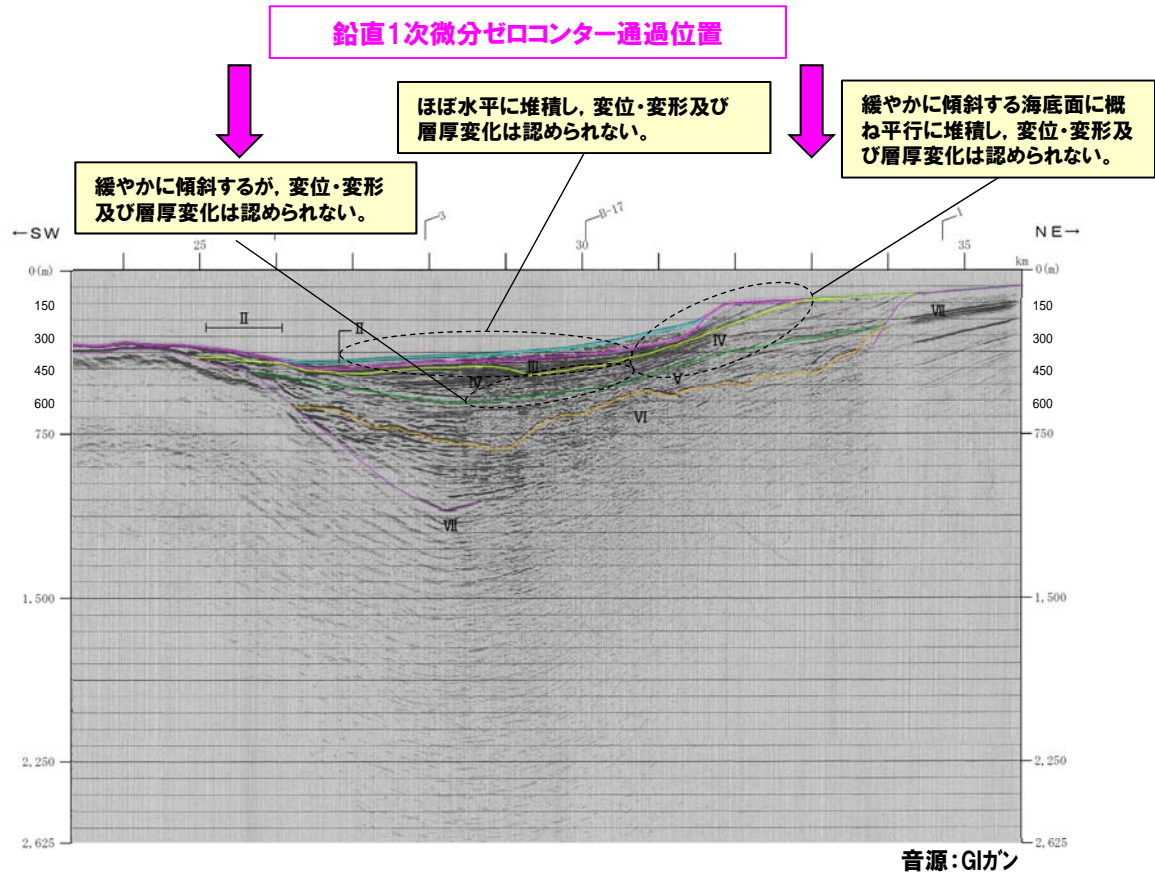
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 測線gにおける、鉛直1次微分ゼロコンター通過位置付近のII層～IV層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層及びIII層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるIV層は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。



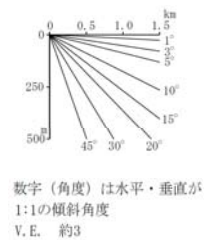
(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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



- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
 - Fs-10 断層及び断層番号
 - Fa-10 断層運動に関連する変形
 - 連続しない断層
 - 背斜軸
 - 向斜軸

※色付線は各層の上面を表す

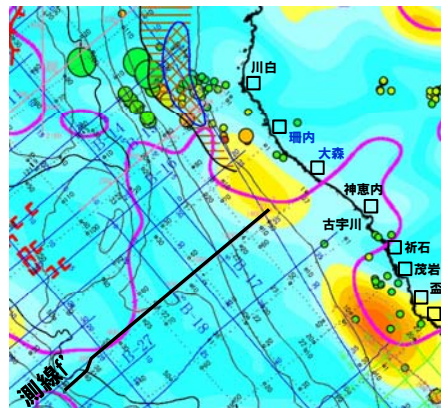


測線g

②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-4/7-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 大陸斜面付近のII層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層及びIII層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- IV層は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

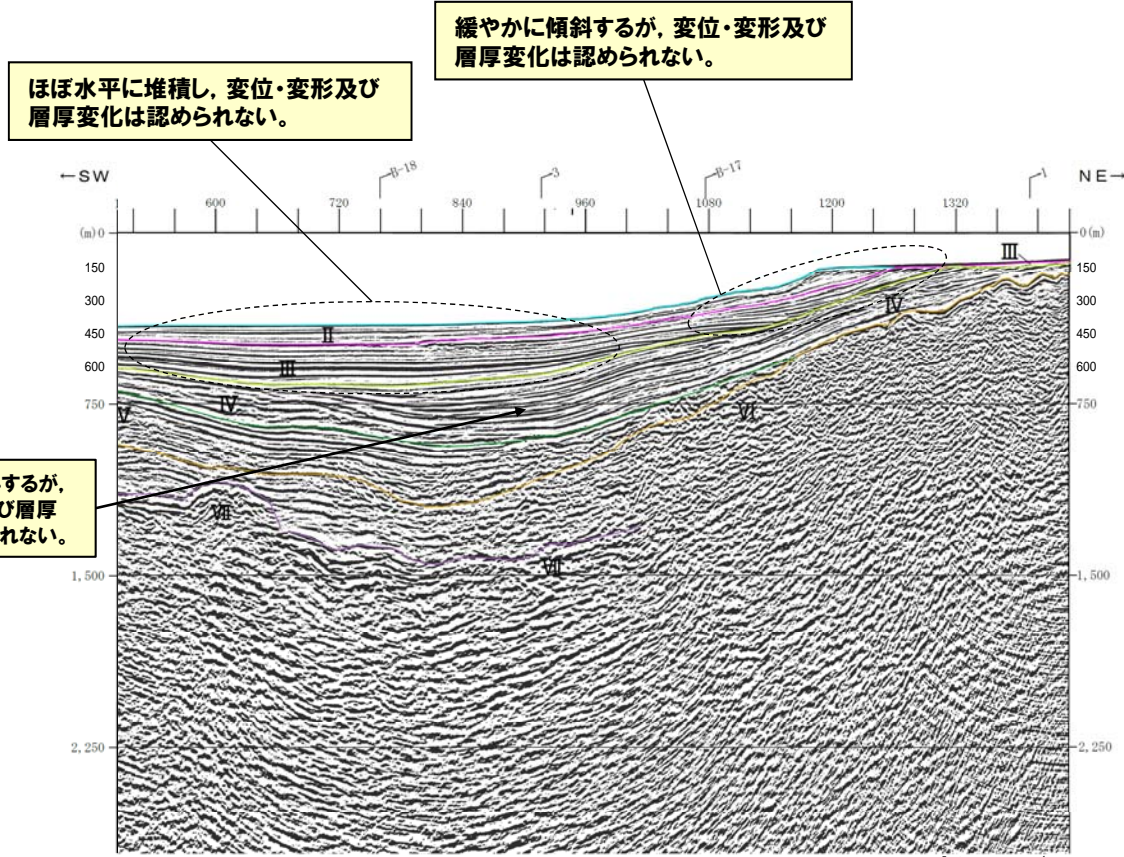


0 2 4 6 8 mGal/km

：鉛直1次微分ゼロコンター

(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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



ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

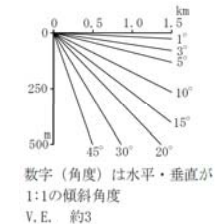
緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

音源:エアガン

- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部~中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統~鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- Fs-10 断層及び断層番号
 - - - Fs-10 断層運動に関連する変形
 - ┌┐ 連続しない断層
 - ↕ 背斜軸
 - ↗ 向斜軸

※色付線は各層の上面を表す



測線f

11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

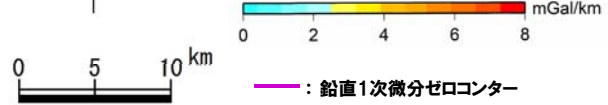
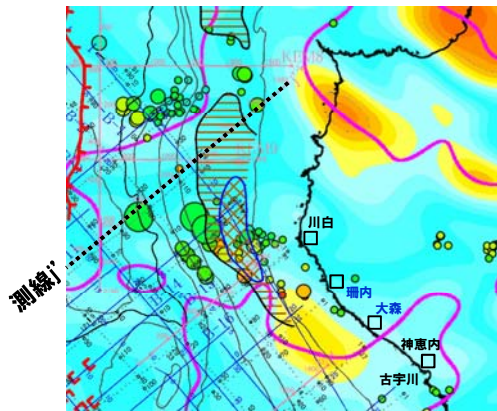
②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-5/7-)

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 大陸斜面付近のII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 海盆内におけるII層～IV層は、ほぼ水平に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

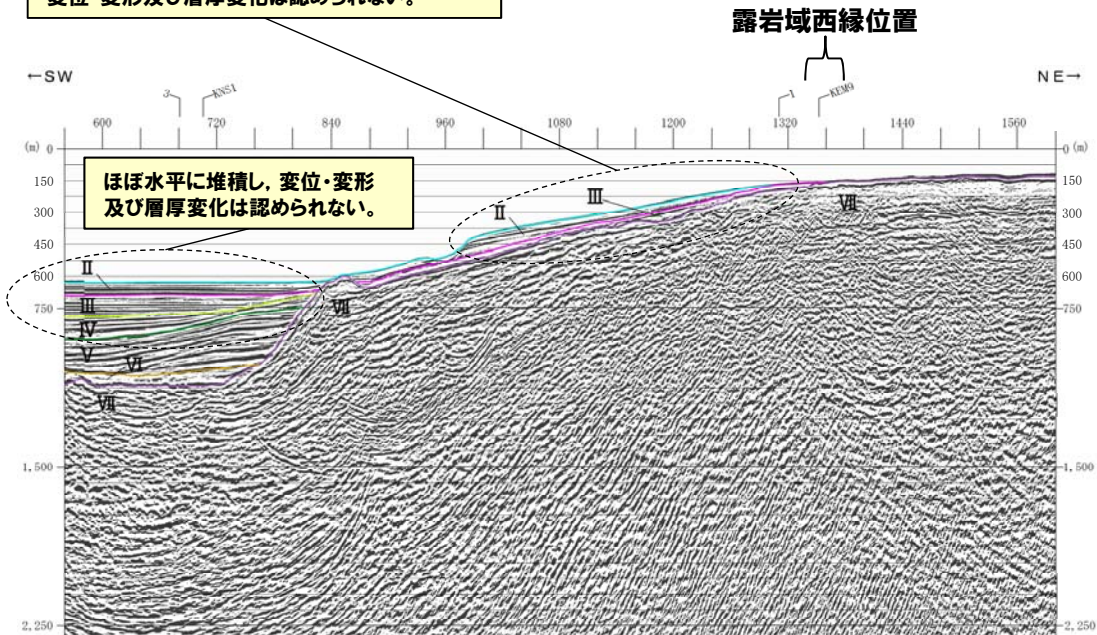
緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、
変位・変形及び層厚変化は認められない。

ほぼ水平に堆積し、変位・変形
及び層厚変化は認められない。



(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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

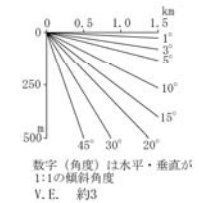


- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)

※色付線は各層の上面を表す

- Fs-10 断層及び断層番号
- - - Fs-10 断層運動に関連する変形
- ┌┐ 連続しない断層
- ↔ 背斜軸
- ✱ 向斜軸

音源: エアガン



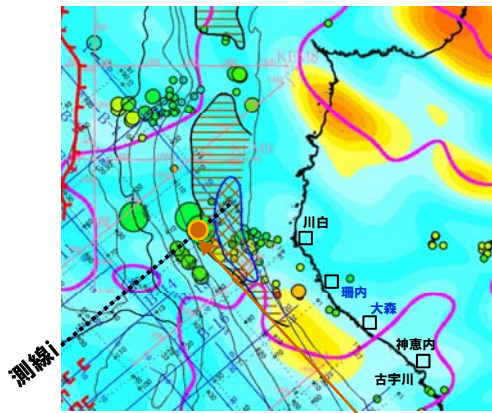
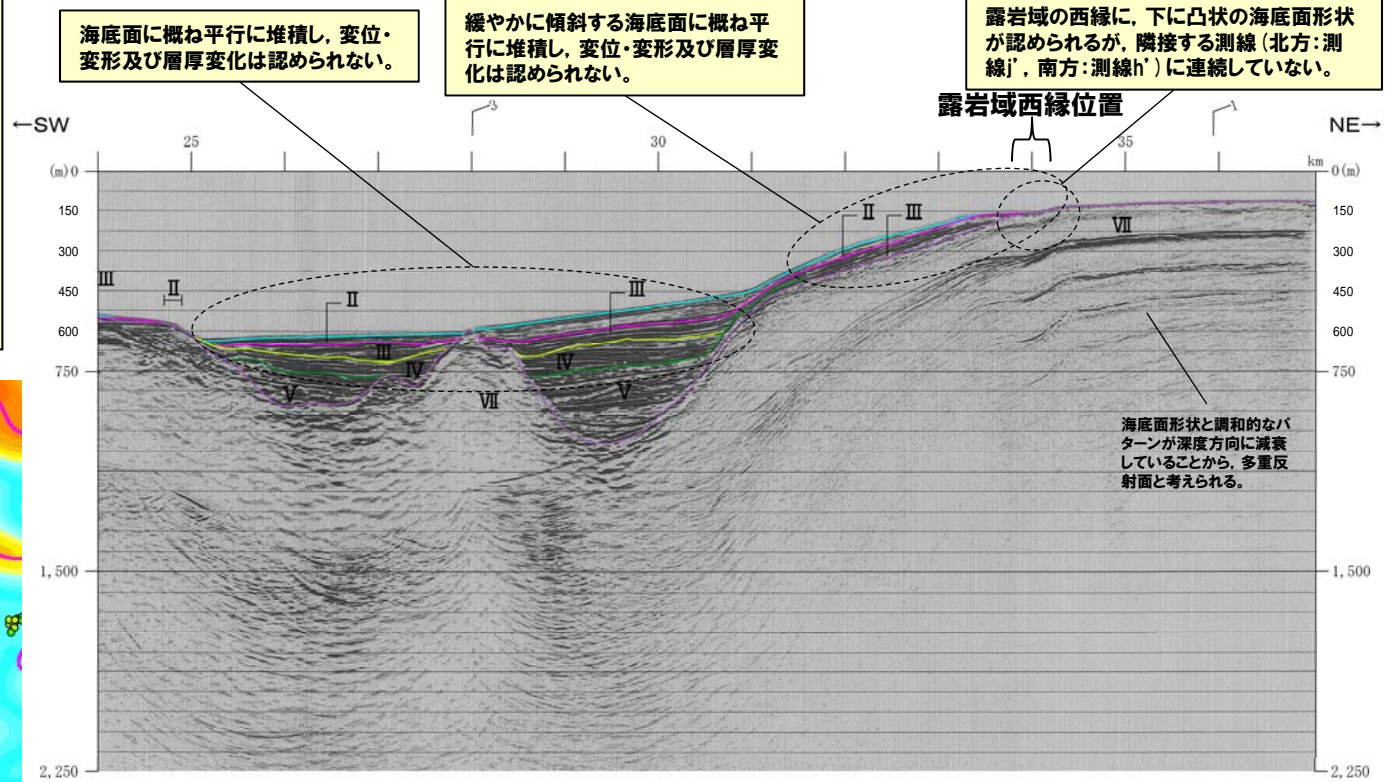
測線J

11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

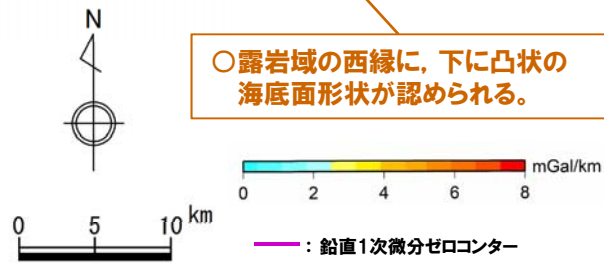
②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-6/7-)

一部修正 (H27/10/9審査会合)

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

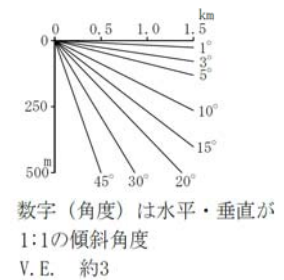


○露岩域の西縁に、下に凸状の海底面形状が認められる。



- 凡例
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- 断層及び断層番号
断層運動に関する変形
連続しない断層
背斜軸
向斜軸
- ※色付線は各層の上面を表す

音源:G1ガン



(産業技術総合研究所(2013)を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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

測線i

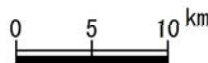
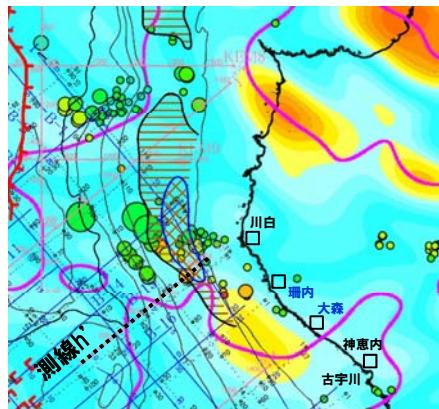
11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

②-4 活断層を仮定した場合の検討 (③大森周辺) (-7/7-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

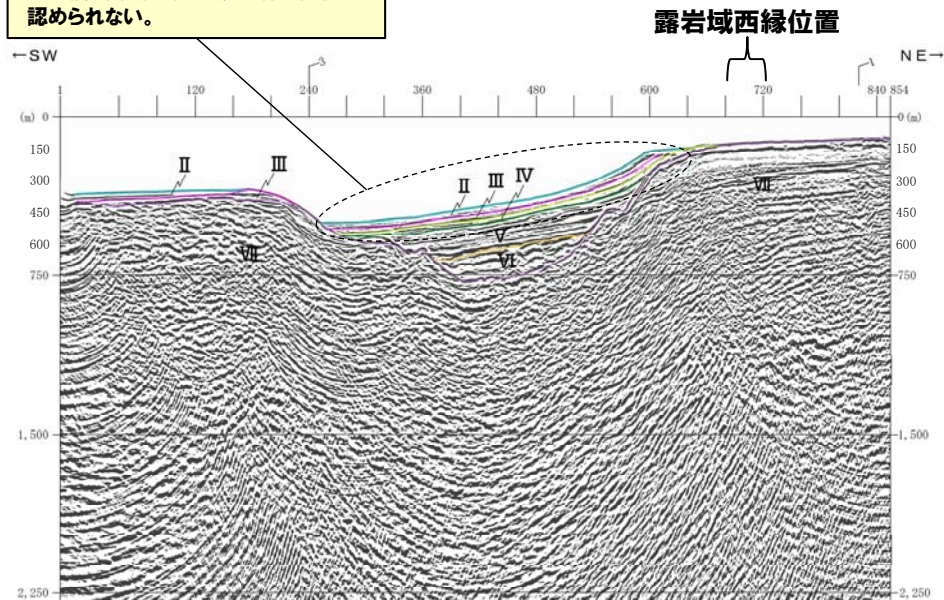
○大陸斜面付近及び海盆内のII層～IV層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

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



0 2 4 6 8 mGal/km

：鉛直1次微分ゼロコンター



露岩域西縁位置

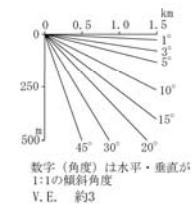
凡例

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

- Fs-10 断層及び断層番号
- - - Fs-10 断層運動に関連する変形
- ┌┐ 連続しない断層
- ↔ 背斜軸
- ✱ 向斜軸

※色付線は各層の上面を表す

音源：エアガン



(産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上, 仮定密度2.67g/cm³)

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

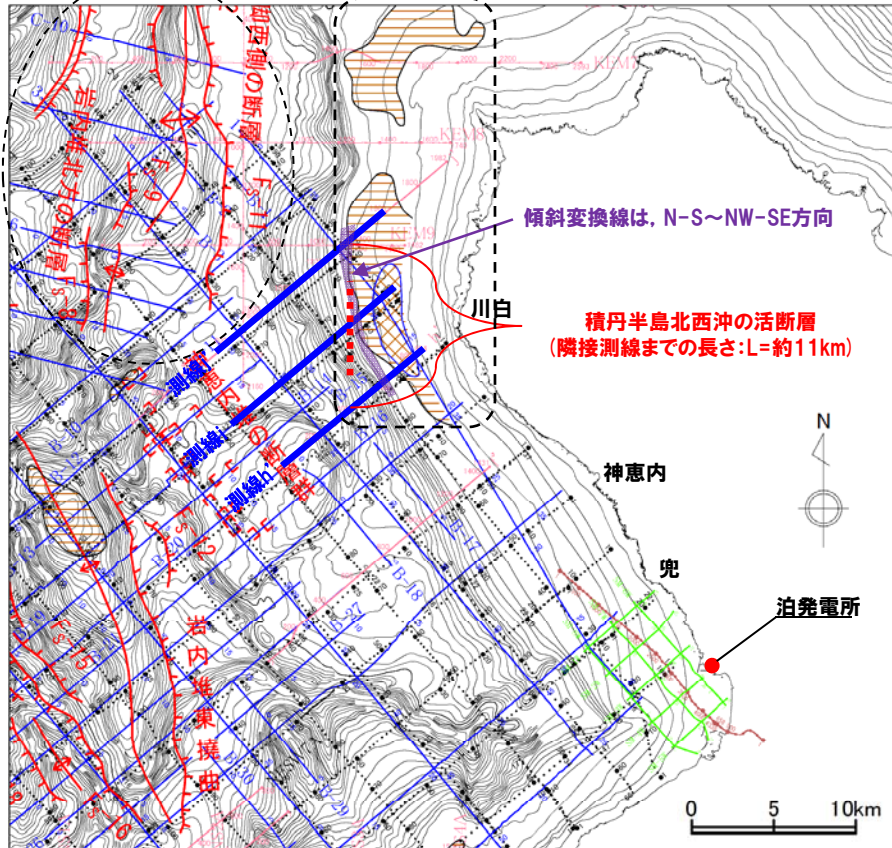
測線h'

11. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

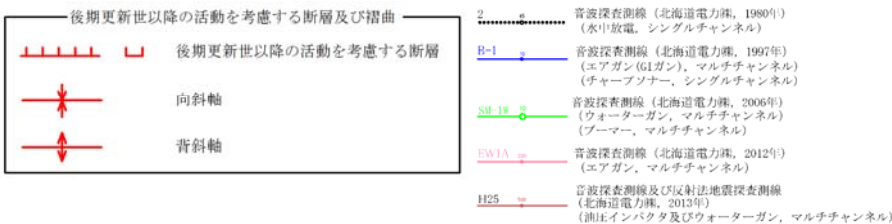
③位置, 走向及び長さの設定

近接する震源として考慮する活断層

大局的にN-S方向に分布



- 積丹半島北西沖の活断層は、測線iにおいて下に凸状の海底面形状が認められる位置とする。
- 走向は、以下を踏まえN-Sとする。
 - ・露岩域は、大局的にN-S方向に分布する。
 - ・近接する震源として考慮する活断層 (F_S-11等) の走向は、概ねN-Sである。
 - ・大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換線は、N-S~NW-SE方向であるが、傾斜変換線の水深は、文献における平均的な水深と調和的であり、積丹半島の東西においても明瞭な差異は認められない (P70~P71参照) ことから、活断層の走向設定には用いないこととした。
 - ・なお、地震動評価においては、NW-SE走向のパラメータスタディも実施しており、N-S走向の地震動がNW-SE走向の地震動と比較して、同等以上の傾向であることを確認している。
- 長さは、下に凸状の海底面形状が、1測線 (測線i) のみに認められることから、最大でも隣接測線までの約11kmである。



位置図

④まとめ

- 敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、これまで当社が実施してきた各調査・検討結果を総合的に踏まえると、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）を示唆する特徴は認められないことから、活構造が存在する可能性は十分小さいと考えられる。
- しかし、青森県大戸瀬周辺の検討結果※を踏まえると、積丹半島西岸の海岸地形の分布高度のみでは、必ずしも活構造の存在を否定できず、活構造の位置の特定も難しい。
※日本海沿岸において地震性隆起が確認されている地域である青森県大戸瀬周辺は、文献において海岸地形の高度が系統的に変化するとされているものもあるが、当社調査結果からは、明瞭な系統性は認められない。
- このため、安全側の判断を行う観点で、活断層を仮定した場合の検討を実施した。
- 検討の結果、積丹半島北西沖には、活断層を仮定し得る状況が認められることから、安全側の判断として、積丹半島北西沖の活断層による地震動を想定することとする。
- 積丹半島北西沖の活断層の走向はN-S、長さは約11kmとする。

- (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) 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.
- (3) 小疇尚・野上道男・小野有五・平川一臣編 (2003) : 日本の地形2 北海道, 東京大学出版会.
- (4) 八幡正弘 (1989) : 西部北海道北部の新生界とその特徴, 地質学論集 (32), pp.7-28.
- (5) 八幡正弘 (2002) : 北海道における後期新生代の鉱化作用および熱水活動の時空変遷, 北海道立地質研究所報告書 (73), pp.151-194.
- (6) 産業技術総合研究所 (2009) : 地質学的歪みと測地学的歪みの集中域と地震との関係, 地震予知連絡会会報 (81), pp.98.
- (7) 大竹政和・平朝彦・大田陽子編 (2002) : 日本海東縁の活断層と地震テクトニクス, 東京大学出版会.
- (8) Satoshi Miura, Toshiya Sato, Akira Hasegawa, Yoko Suwa, Kenji Tachibana and Satoshi Yui (2004) : Strain concentration zone along the volcanic front derived by GPS observations in NE Japan arc, Earth Planets Space, 56, pp.1347-1355.
- (9) 産業技術総合研究所 (2013) : 日本重力データベースDVD版.
- (10) 山岸宏光・石井正之 (1979) : 5万分の1地質図幅説明書「余別および積丹岬」, 北海道立地下資源調査所.
- (11) 物理探査学会編 (1998) : 物理探査ハンドブック, 手法編第8章.
- (12) 物理探査学会編 (2016) : 物理探査ハンドブック 増補改訂版, 物理探査学会.
- (13) 中塚正 (2012) : 物理探査手法紹介 分りやすい物理探査 磁気探査1, 物理探査ニュース第15号, 一般財団法人物理探査学会.
- (14) 広瀬亘・岩崎深雪・中川光弘 (2000) : 北海道中央部～西部の新第三紀火成活動の変遷: K-Ar年代, 火山活動様式および全岩化学組成から見た東北日本弧北端の島弧火成活動の変遷, 地質学雑誌, 106 (2), pp.120-135.
- (15) Watanabe, Y. (1990) : Pliocene to pleistocene volcanism and related vein-type mineralization in Sapporo-Iwanai district, southwest Hokkaido, Japan, Mining Geology, 40 (5), pp.289-298.
- (16) 新エネルギー総合開発機構 (1986) : 昭和60年度全国地熱資源総合調査 (第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ① (ニセコ地域) 調査火山岩分布年代調査報告書要旨.
- (17) 本山功・丸山俊明 (1998) : 中・高緯度北西太平洋地域における新第三紀珪藻・放散虫化石年代尺度, 地磁気極性年代尺度 CK92およびCK95への適合, 地質学雑誌, 194 (3), pp.171-183.
- (18) 中塚正・大熊茂雄 (2009) : 日本空中磁気DBによる対地1,500m平滑面での磁気異常分布データの編集, 地質調査総合センター研究 資料集 (516).
- (19) 活断層研究会編 (1991) : 日本の活断層, 東京大学出版会.
- (20) 国土地理院 (2006) : 2.5万分の1地形図「神恵内」.

- (21) 国土地理院 (1988) : 2.5万分の1地形図「稲倉石 (熊追山)」.
- (22) 国土地理院 (2001) : 2.5万分の1地形図「茅沼」.
- (23) 国土地理院 (2006) : 2.5万分の1地形図「岩内」.
- (24) 泊村 (1991) : 泊村海域漁場図.
- (25) 大森昌衛・茂木昭夫・星野通平 (1971) : 海洋科学基礎講座7, 浅海地質学, 東海大学出版会.
- (26) 佐藤任弘・茂木昭夫 (1982) : 海底地形からみた日本海の海水準変化, 第四紀研究 21 (3), pp.203-210.
- (27) 海上保安庁水路部 (1996) : 20万分の1海底地形図「石狩湾西方」.
- (28) 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.
- (29) 松田時彦・衣笠善博 (1988) : 第四紀テクトニクスの特徴と問題点, 第四紀研究 26 (3), pp.251-254.
- (30) 松田時彦・今泉俊文 (1988) : 第四紀における日本列島の広域隆起, 日本地質学会学術大会講演要旨 (95), pp.461.
- (31) 宮内崇裕 (1991) : 旧汀線高度からみた東北日本弧北部の広域地殻変動, 米倉伸之・岡田篤正・森山昭雄編 変動地形とテクトニクス, 古今書院, pp.157-169.
- (32) 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.
- (33) 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.
- (34) 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.
- (35) 鴈澤好博 (1992) : 西南北海道渡島半島の新第三系層序と古地理, 地質学論集 (37), pp.11-23.
- (36) 通商産業省資源エネルギー庁 (1985) : 広域調査報告書積丹地域.
- (37) Okada, H. and Bukry, D. (1980) : Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973:1975), *Marine Micropaleontology* (5), pp.321-325.
- (38) 亀尾浩司・佐藤時幸 (1999) : 石灰質ナンノ化石層序の最近の知見とその応用-とくに常磐海域坑井の新第三系・第四系層序について-, 石油技術協会誌 64 (1), pp.16-26.
- (39) 広川治・村山正郎 (1955) : 5万分の1地質図幅説明書「岩内」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (40) Sunamura T. (1992) : *Geomorphology of Rocky Coasts*. John Wiley & Sons, Chichester. pp.302.

- (41) 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.
- (42) 豊島吉則 (1967) : 山陰海岸における海蝕地形に関する研究, 鳥取大学教育学部研究報告 第18巻, pp.64-98.
- (43) 右代啓視・赤松守雄・山田悟郎 (1992) : 積丹半島における洞窟・岩陰遺跡とその地質学的意義, 北海道開拓記念館研究報告 (12), pp.93-106.
- (44) 高橋健・福田正宏・佐藤昌俊・笹田朋孝・川島尚宗・塚本浩司 (2003) : 北海道日本海沿岸における考古学的調査 (2001年度), 利尻研究 (22), pp.79-96.
- (45) 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.
- (46) 赤松守雄 (1969) : 北海道における貝塚の生物群集一特に縄文海進に関して一, 地球科学, vol23, no.3, pp.107-116.
- (47) 北海道泊村教育委員会 (1989) : 茶津洞穴遺跡発掘調査報告書.
- (48) 竹田輝雄ほか (1962) : 茶津洞窟遺跡積丹半島調査報告書, 小樽市博物館. (66) 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.
- (49) 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.
- (50) 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.
- (51) 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.
- (52) 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.
- (53) 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.
- (54) 佐藤裕 (1980) : 東北地方北西部 (津軽地方) の歴史地震 (I), 弘前大学理科報告 27 (2), pp.152-165.
- (55) 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.
- (56) 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.
- (57) 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.
- (58) 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.
- (59) 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.
- (60) 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.

- (61) 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.
- (62) 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.
- (63) 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.
- (64) 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.
- (65) 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.
- (66) 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.
- (67) 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.
- (68) 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.
- (69) 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.
- (70) 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.
- (71) 高橋達郎 (1972) : 九州平戸島海岸における波蝕棚の地形, 岡山大学教育学部研究集録, 33, pp.83~99.
- (72) 米田哲郎・林謙二・ダカールゴネス・柏谷公希・金子勝比古 (2002) : 北海道積丹半島における火砕岩の特性と岩盤崩壊の要因について, 地すべり39 (1), pp.14-21.
- (73) 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子 (2013) : 日本被害地震総覧599-2012, 東京大学出版会.
- (74) 伏島祐一郎・平川一臣 (1996) : 北海道大学構内で観察された液状化跡—先史地震と液状化構造形成過程の解読—, 活断層研究 (14), pp.9-18.
- (75) 泊村 (1967) : 泊村史.
- (76) 泊村 (2001) : 泊村史II.
- (77) 共和町 (1972) : 共和町史.
- (78) 共和町 (2007) : 新共和町史.
- (79) 岩内町 (1966) : 岩内町史.
- (80) 北海道泊村教育委員会 (1996) : 堀株神社遺跡発掘調査報告書.

- (81) 北海道文化財研究所編(1992):茶津遺跡泊発電所建設に伴う埋蔵文化財包蔵地の発掘調査,北海道文化財研究所調査報告書第4集.
- (82) 北海道(2013):平成24年度日本海沿岸の津波浸水想定の特検・見直し報告書,北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワーキンググループ.
- (83) 北海道立総合研究機構地質研究所(2015):北海道の日本海・オホーツク海沿岸における津波履歴重点研究「北海道の津波災害履歴の研究－未解明地域を中心に－」成果報告書.
- (84) 川上源太郎・仁科健二・加瀬善洋・林圭一・廣瀬亘(2016):北海道日本海沿岸の津波堆積物と津波履歴.
- (85) 北海道防災会議(2017):北海道地域防災計画.
- (86) 泊村防災会議(2016):泊村地域防災計画.
- (87) 岩内町防災会議(2016):岩内町地域防災計画.
- (88) 片山肇・井内美郎・池原研(2012):積丹半島付近表層堆積図 説明書.
- (89) 気象庁地震カタログ(2011):地震年報.
- (90) 地震予知総合研究振興会(2011):沿岸海域における活断層調査 福井平野東縁断層帯(海域部) 成果報告書.

(WEB)

- (91) 国土地理院HP 地理院地図・空中写真.
(<http://maps.gsi.go.jp/>)
- (92) 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)
- (93) 気象庁HP 潮位表.
(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/suisan/index.php>)
- (94) 国土地理院HP 潮位データ提供.
(http://www.gsi.go.jp/kanshi/tide_furnish.html)

(航空レーザ測量データ)

- (95) 国土交通省(2014):平25北公第158号 新潟県佐渡市.