

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 -

平成28年8月26日
北海道電力株式会社

1. 検討概要	P.4
2. 敷地周辺の活断層調査	P.11
2.1 敷地周辺の活断層調査のまとめ	P.12
2.2 敷地前面海域における調査結果	P.14
3. 積丹半島の形成に関する検討	P.22
3.1 積丹半島の形成に関する検討のまとめ	P.23
3.2 積丹半島の形成について	P.24
3.3 更新世以降の構造運動について	P.29
3.4 積丹半島周辺の重力異常について	P.30
4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討	P.37
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.38
4.2 検討結果	P.39
5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討	P.52
5.1 積丹半島の段丘分布高度に関する検討のまとめ	P.53
5.2 積丹半島西岸の段丘分布高度	P.54
5.3 積丹半島北・東部の段丘分布高度	P.56
5.4 広域の隆起沈降傾向について	P.59

6. 積丹半島の隆起要因に関する検討	P.61
6.1 積丹半島の隆起要因に関する検討のまとめ	P.62
6.2 積丹半島の隆起速度	P.63
6.3 広域隆起に関する文献レビュー	P.64
6.4 広域隆起に関する検討	P.68
7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討	P.76
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.77
7.2 調査計画	P.78
7.3 調査結果(測線H26-1)	P.90
7.4 調査結果(測線H26-2, 3)	P.98
8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討	P.102
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.103
8.2 海岸地形の概要	P.104
8.3 海岸地形高度の定量化	P.105
8.4 多段化に関する検討	P.107
9. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価	P.120
10. 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討	P.122
参考文献	P.152

1. 検討概要

1. 検討概要

- 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。
- 検討は、「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド(平成25年6月 原子力規制委員会)」に準拠し、実施した。

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</p> <p>【調査目的】</p> <p>○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。</p> <p>【調査内容】</p> <p>○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。</p> <p>【調査結果】</p> <p>○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。</p> <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。</p>	敷地周辺	<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> <p>地球物理学的調査</p>
<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。</p> <p>○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</p> <p>【検討目的】</p> <p>○積丹半島の大局的な形成・構造運動を把握する。</p> <p>【検討内容】</p> <p>○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。</p> <p>【検討結果】</p> <p>○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。</p> <p>○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。</p> <p>○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。)</p> <p>○積丹半島周辺の重力異常は地質分布と、重力異常の急変域は地質境界と概ね整合的である。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島周辺は、約8Ma以降から東西圧縮が徐々に始まり、NW-SE方向の褶曲運動が開始したが、第四系下部～中部更新統の野塚層及び岩内層の露頭がほぼ水平に堆積している状況から、更新世には、褶曲運動は終焉していたものと推定される。</p>	積丹半島周辺	<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> <p>地球物理学的調査</p>

1. 検討概要

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）～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、構造性のものではなく、海進・海退の影響を受けた堆積構造と推定される。 ○汀線際海域の地形は、陸域の海岸地形との間に小崖が認められるが、以降は沖合いに向かい緩勾配を呈しており、顕著な高度不連続は認められない。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島西岸近傍海域には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造は認められない。</p>	<p>積丹半島西岸 近傍海域 (調査エリア1)</p>	<p>変動地形学的調査</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。 		<p>地球物理学的調査</p>
<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様に隆起させる汀線と平行な活構造を示唆する特徴（積丹半島の東西において隆起速度に差が認められる。）の有無を確認する。</p> <p>【検討内容】 ○小池・町田編（2001）「日本の海成段丘アトラス」に示されたMIS5eの海成面を含む範囲においてボーリング調査、地表地質踏査等を実施し、海成段丘及び河成段丘高度から、隆起速度について検討する。</p> <p>【検討結果】 ○積丹半島西岸のMm1段丘高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であると評価される。 ○積丹半島西岸における隆起速度は、旧汀線高度から、約0.2m/千年と推定される。 ○積丹半島北・東岸においては、Mm1段丘堆積物の確認地点は限られるが、Mm1段丘堆積物の分布高度は、西岸と同様である。 ○積丹半島北・東部における隆起速度は、Mf1段丘高度とLf2段丘高度の比高（TT値）から、約0.2m/千年と推定される。 ○積丹半島の東西において隆起速度に差は認められない。 ○本検討において推定された積丹半島の隆起速度は、藤原ほか（2005）に示された隆起速度と整合的である。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島の東西において隆起速度に差は認められないことから、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。</p>	<p>積丹半島西岸 及び北・東部 (調査エリア2)</p>	<p>変動地形学的調査</p>
		<p>地質調査</p>

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上で、旧汀線の最低値から海面変化量を除いた値を採用することで、過大評価することなく見積もることができる。 ○東北日本弧北部における広域隆起運動は、列島規模の底上げの隆起運動（最低でも0.1mm/年）に、日本海側（内弧）をより隆起させる波長100～150kmほどの地殻変動も加味される。</p> <p>○積丹半島のMIS5e海成段丘分布高度は、東北日本弧北部日本海側において最低レベルとなることから、当該地域の広域隆起を示すものと考えられる。 ○積丹半島のMIS5e海成段丘の分布高度には、地震性隆起が報告されている地域のように、分布高度が相対的に高く、高度不連続を示すような状況は認められない。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島のMm1段丘を隆起させる要因としては、広域隆起の可能性も考えられる。</p>	<p>東北日本弧北部 日本海側（内弧）</p>	<p>既存文献の調査</p> <p>変動地形学的調査</p>
<p>○積丹半島の東西において隆起速度に差は認められない。 ○このため、積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一樣に隆起させる汀線と平行な活構造は認められないものと考えられる。 ○積丹半島のMm1段丘を隆起させる要因としては、広域隆起の可能性も考えられる。 ○しかし、以下の指摘も踏まえ、更なる検討を実施する。</p> <p>・汀線と平行な活断層が汀線際に存在した場合、活断層は南方の岩内平野まで連続するものと考えられることから、岩内平野において活断層の有無を確認すること。</p>		
<p>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、海上音波探査未実施範囲※の汀線際に存在した場合、その規模から、活構造は南方の岩内平野まで連続するものと考えられることから、岩内平野において活構造の有無を確認する。 <small>※汀線際には第四系更新統が分布しないことが推定されることから、海上音波探査を実施していない。</small></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>

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法
<p>○更なる検討の結果、積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造は認められないものと判断される。 ○しかし、念のため、海岸地形についても検討を実施する。</p>		
<p>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（積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差が認められる。）の有無を確認する。 【検討内容】 ○DEMデータによる海岸地形高度の定量化を実施し、海岸地形の分布状況について検討する。 【検討結果】 ○積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸、北・東岸ともに同様な傾向を示し、潮間帯より標高の高い地形の割合は、いずれも20%程度である。 ○積丹半島西岸の海岸地形には、地震性隆起を示唆する特徴である、汀線直交方向への多段化が汀線方向に連続する状況は認められない。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差は認められないこと等から、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。 <small>※積丹半島の海岸地形の形成要因については、別途検討を実施する。</small></p>	<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> <hr/> <p>変動地形学的調査</p>
<p>【9. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価】 ○敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造（震源として考慮する活断層）は認められないものと判断される。</p>		

【別途検討】

調査・検討項目	調査・検討範囲	調査・検討手法
<p>10. 積丹半島の海岸地形の形成要因に関する検討 【検討目的】 ○積丹半島の海岸地形の形成要因についての考察を行う。 【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等について検討する。 ○海岸地形に関する文献レビューを行い、文献における海岸地形の状況と積丹半島で認められる海岸地形の状況との比較を行う。 ○海岸地形前面の海底地形状況についても確認し、海岸地形と同様に、文献における海底地形の状況との比較を行う。 【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相関が認められる。 ○なお、積丹半島の西岸と北・東岸において認められる、海岸地形及び海成段丘の発達程度の差異は、地質分布が異なることに起因するものと考えられる。 ○積丹半島の海岸地形及び前面の海底地形の状況は、文献に示された状況と概ね調和的である。</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>○積丹半島の海岸地形及び前面の海底地形は、波食又は風化作用によって形成された現成の地形と考えられる。</p>	<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> <hr/> <p>変動地形学的調査</p>

1. 検討概要

調査エリア2 (5. 積丹半島の段丘分布高度に関する検討)

○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一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。

○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。

調査エリア4 (8. 積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討)

○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一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海岸地形分布高度に差が認められる。)の有無を確認。

○積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差は認められないこと等から、積丹半島西岸を一樣に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。

調査エリア1 (4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討)

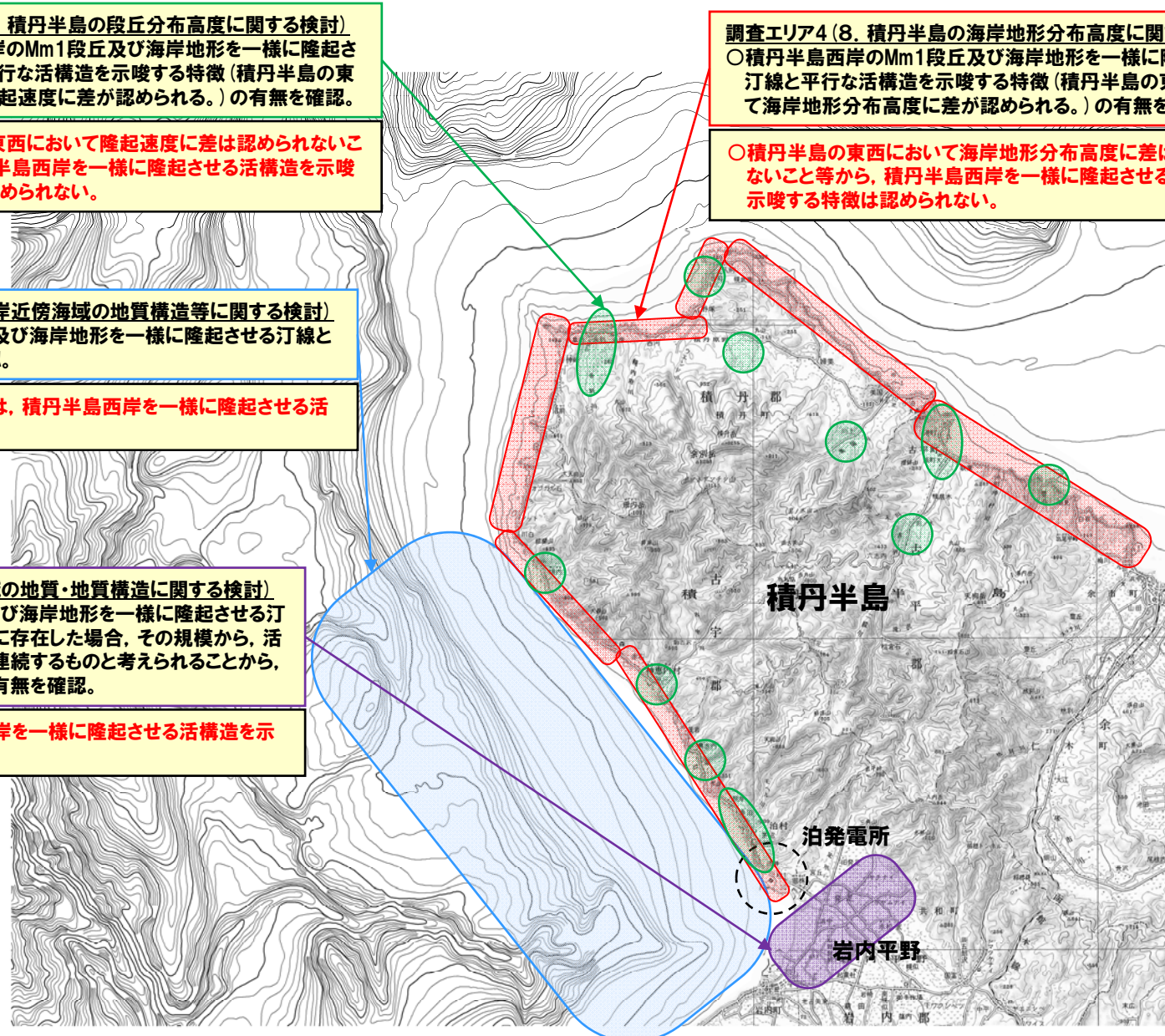
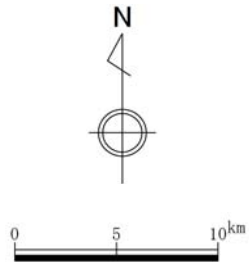
○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一樣に隆起させる汀線と平行な活構造の有無を確認。

○積丹半島西岸近傍海域には、積丹半島西岸を一樣に隆起させる活構造は認められない。

調査エリア3 (7. 敷地近傍陸地の地質・地質構造に関する検討)

○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一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。

○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。



検討位置図(積丹半島周辺)

余白

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。

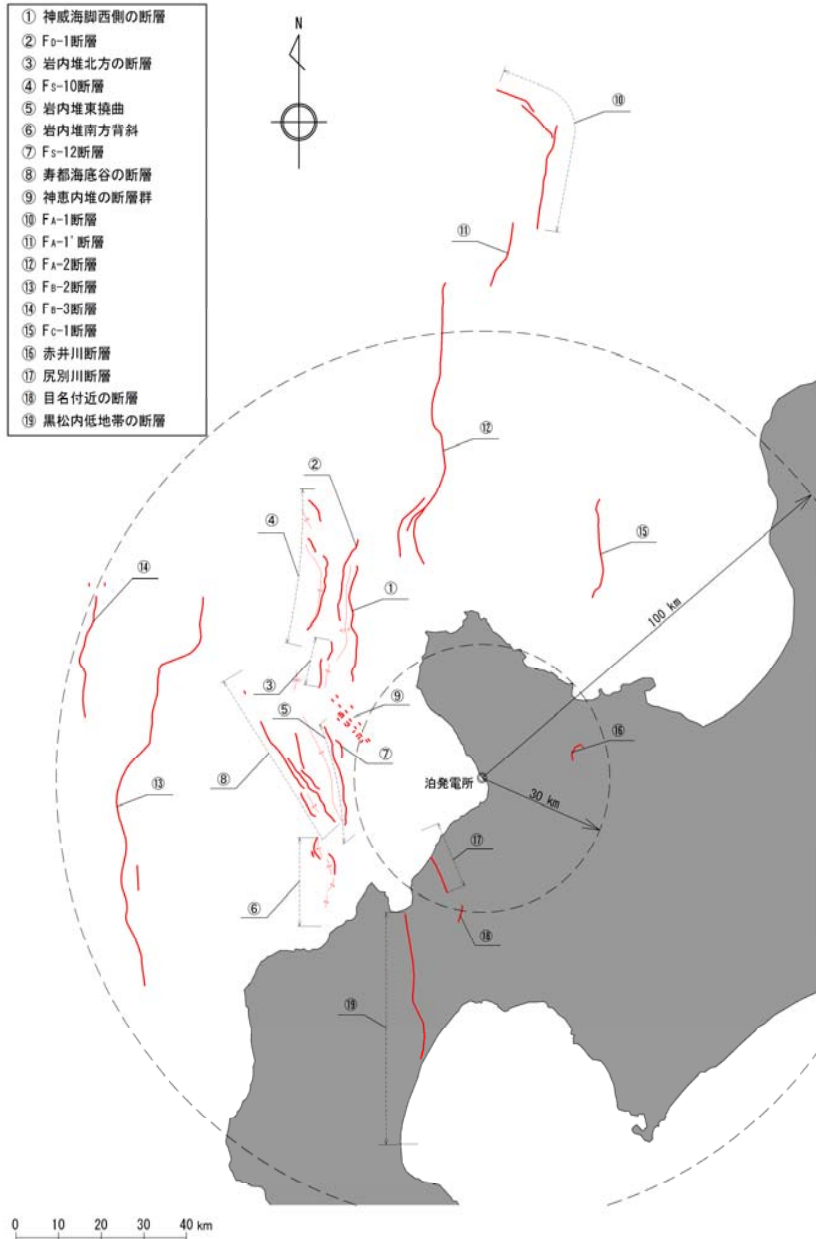
【調査結果】

- 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。

2.1 敷地周辺の活断層調査のまとめ

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

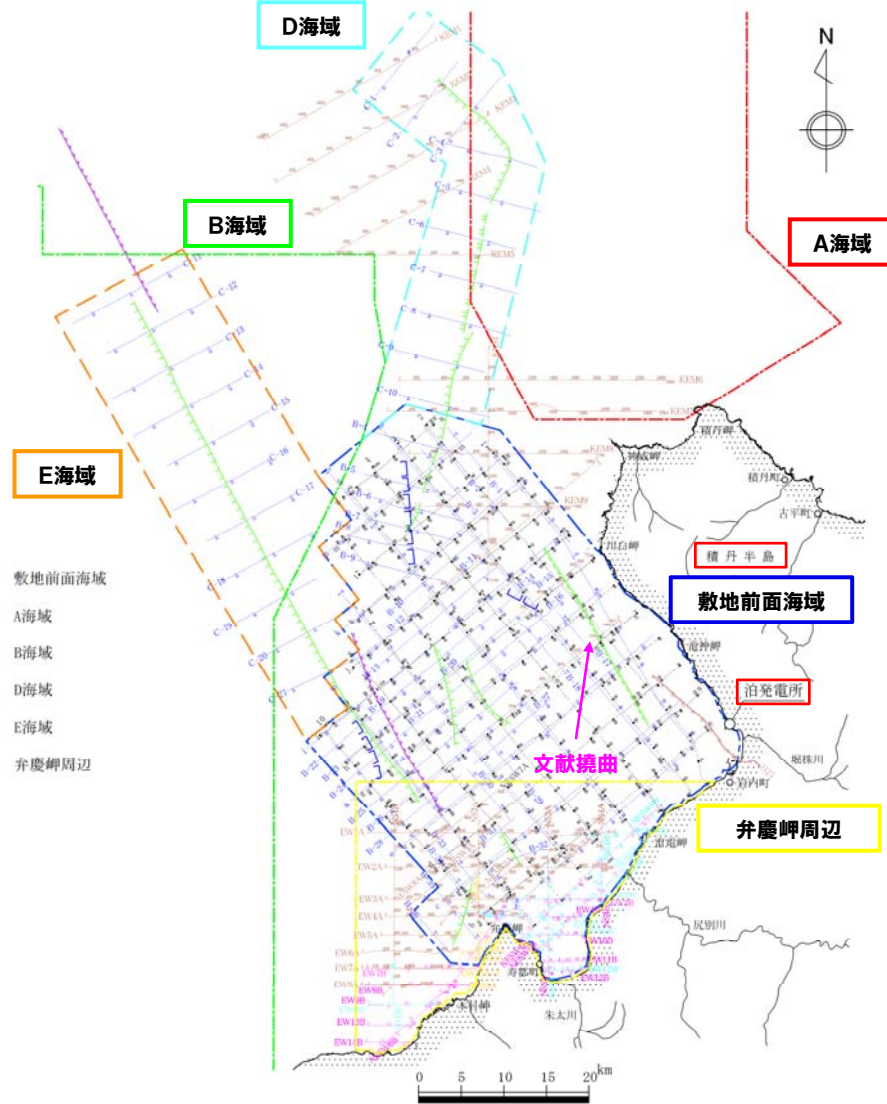
2.2 敷地前面海域における調査結果

①敷地前面海域の文献断層分布

一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 敷地前面海域では、文献断層を含む全範囲を網羅するように海上音波探査測線を配置し、震源として考慮する活断層評価を実施している。
- 積丹半島西方沖には、活断層研究会編(1991)に活撓曲が示されており、海上音波探査記録から活構造は認められないことを確認しているが、文献撓曲位置は敷地に近接していることから、評価結果を次頁以降に示す。

凡 例	
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)
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)
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)
EW7SA	音波探査測線 (北海道電力, 2012年) (エアガン(沿岸部), マルチチャンネル)
EW4W	音波探査測線 (北海道電力, 2012年) (ウォーターガン, マルチチャンネル)
EW3B	音波探査測線 (北海道電力, 2012年) (プーマー, 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)
	海上保安庁水路部 海底地質構造図による断層
	活断層研究会 「[新編]日本の活断層」による活断層 1:確定 2:推定
	活断層研究会 「[新編]日本の活断層」による活撓曲
	徳山ほか (2001) 「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史」による断層 矢の向きは、断層面の傾斜方向を表す

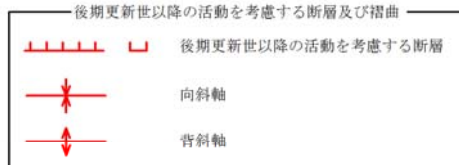
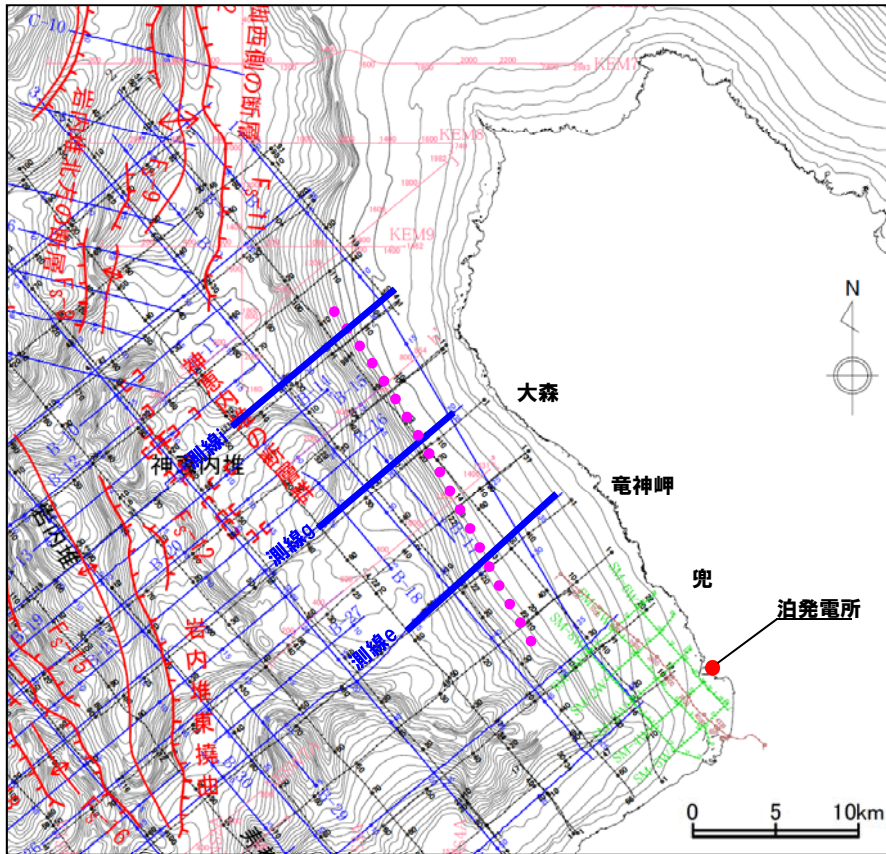


敷地前面海域の文献断層分布図

2.2 敷地前面海域における調査結果

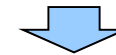
②-1 文献撓曲の評価結果【まとめ】

一部修正 (H27/10/9審査会合)



- 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)
- SM-1W 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2006年) (ウォーターガン, マルチチャンネル)
- 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 (北海道電力㈱, 2013年) (ウォーターガン, 油圧インパクト, マルチチャンネル)

- 積丹半島西方沖には、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。
- 当該範囲を含む海底地形について検討した。
- また、文献撓曲位置を横断する海上音波探査記録について検討した。
- なお、当該範囲を含む敷地前面海域の地質層序については、別添の「泊発電所 敷地前面海域の地質層序(補足説明資料)」を参照。



- 文献撓曲位置付近を含む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) と調和的である。
- 文献撓曲位置付近では、II層 (上部更新統) ~ III層 (下部~中部更新統) に変位・変形及び層厚変化は認められないことから、後期更新世以降の活動を考慮する活構造 (震源として考慮する活断層) は認められないものと判断される。

凡例

- : 活断層研究会編「[新編]日本の活断層」による活撓曲

位置図

2.2 敷地前面海域における調査結果

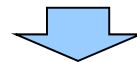
②-2 文献撓曲の評価結果【積丹半島周辺の海底地形】(-1/2-)

【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している。
- 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】

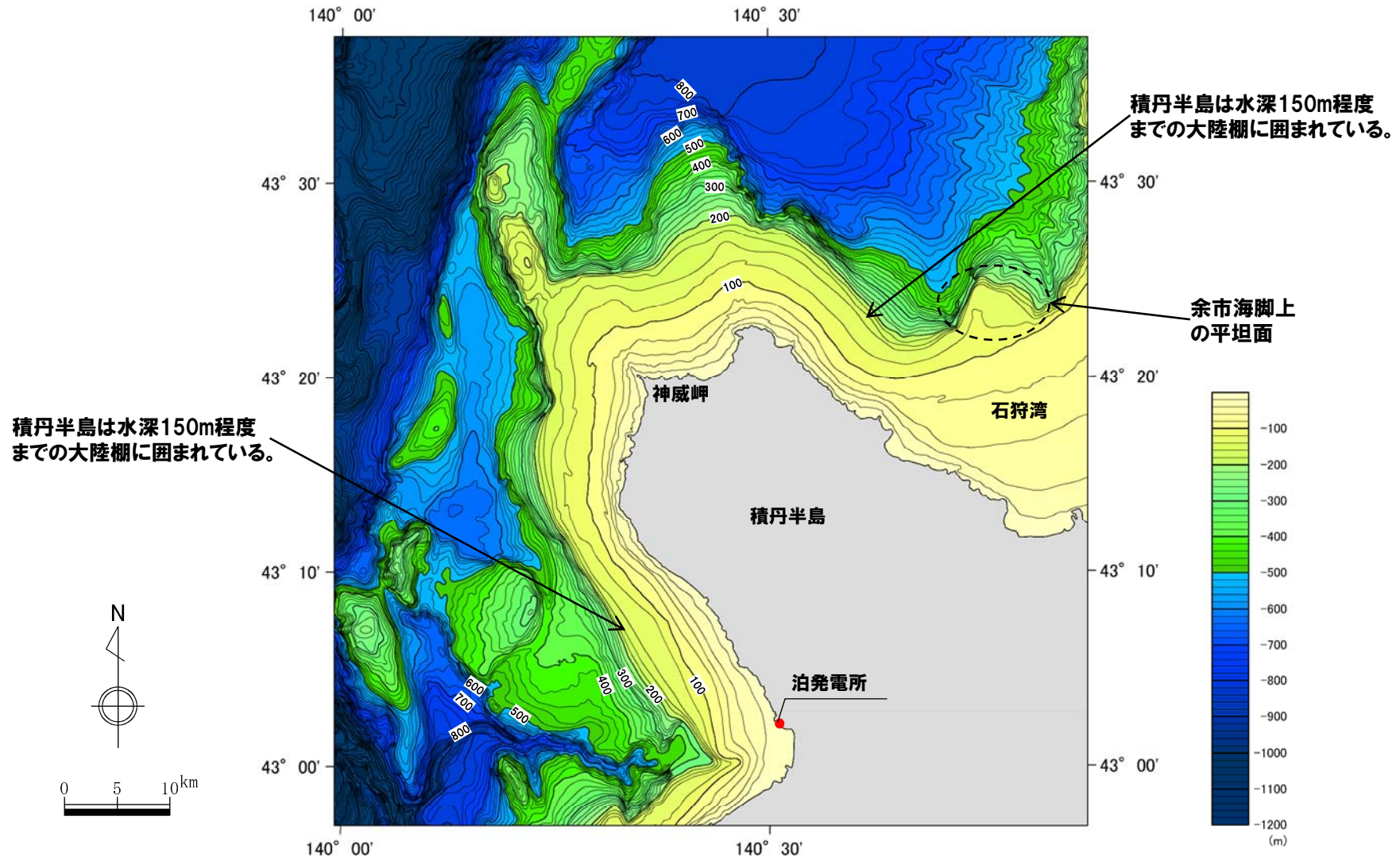
- 小疇ほか(2003)によれば、積丹半島両側の地形断面では水深150m付近に大陸棚外縁の傾斜変換点が認められるとされている。
- 佐藤・茂木(1982)によれば、石狩湾の大陸棚においては、最も深い平坦面は余市海脚上の120~155mであるとされ、外縁深度はこの地域から神威岬周辺にかけて140m~160mであるとされている。
- 海上保安庁水路部(1996)「20万分の1海底地形図 石狩湾西方」によれば、積丹半島は水深150m程度までの大陸棚に囲まれており、大陸棚外縁は、石狩湾まで連続している状況が認められる。



- 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)と調和的である。
- 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と考えられる。

2.2 敷地前面海域における調査結果

②-2 文献撓曲の評価結果【積丹半島周辺の海底地形】(-2/2-)



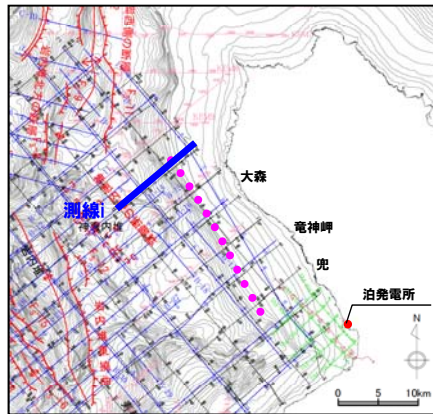
積丹半島周辺の20万分の1海底地形図
(海上保安庁水路部(1996)に加筆)

2.2 敷地前面海域における調査結果

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線i】

一部修正 (H27/10/9審査会合)

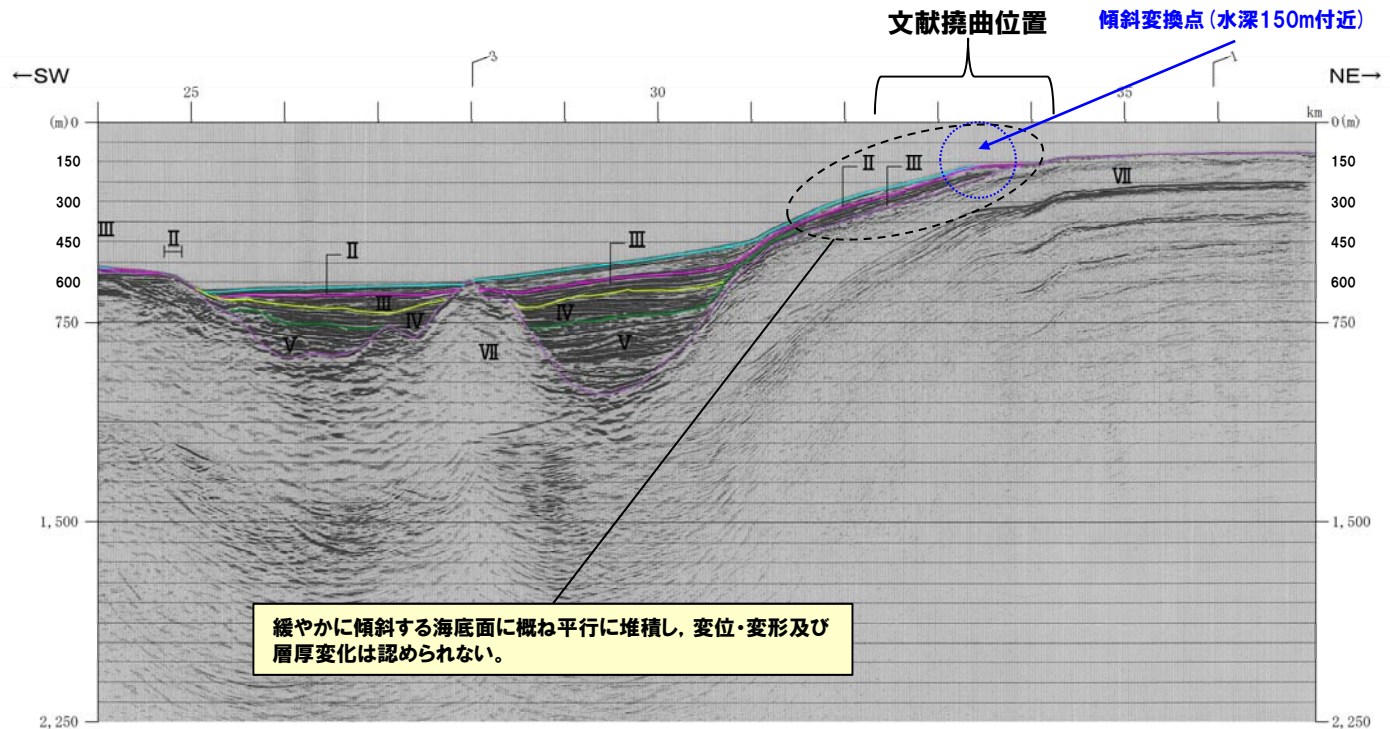
- 文献撓曲北部の地質断面図を示す。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。
- 文献撓曲位置付近のII~III層は緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。



位置図

凡例

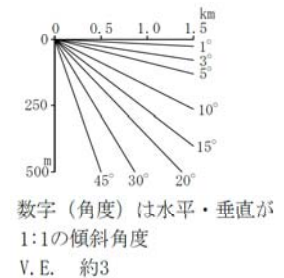
●●●●● : 活断層研究会編「新編」日本の活断層」による活撓曲



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。

- 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

音源: エアガン

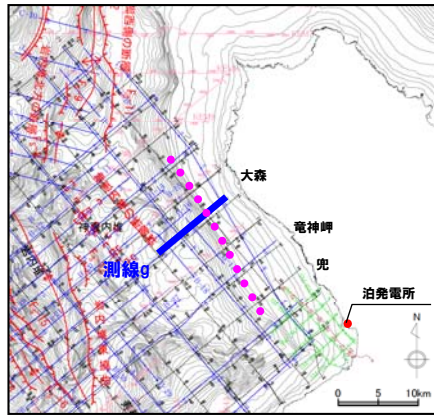


2.2 敷地前面海域における調査結果

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線g】

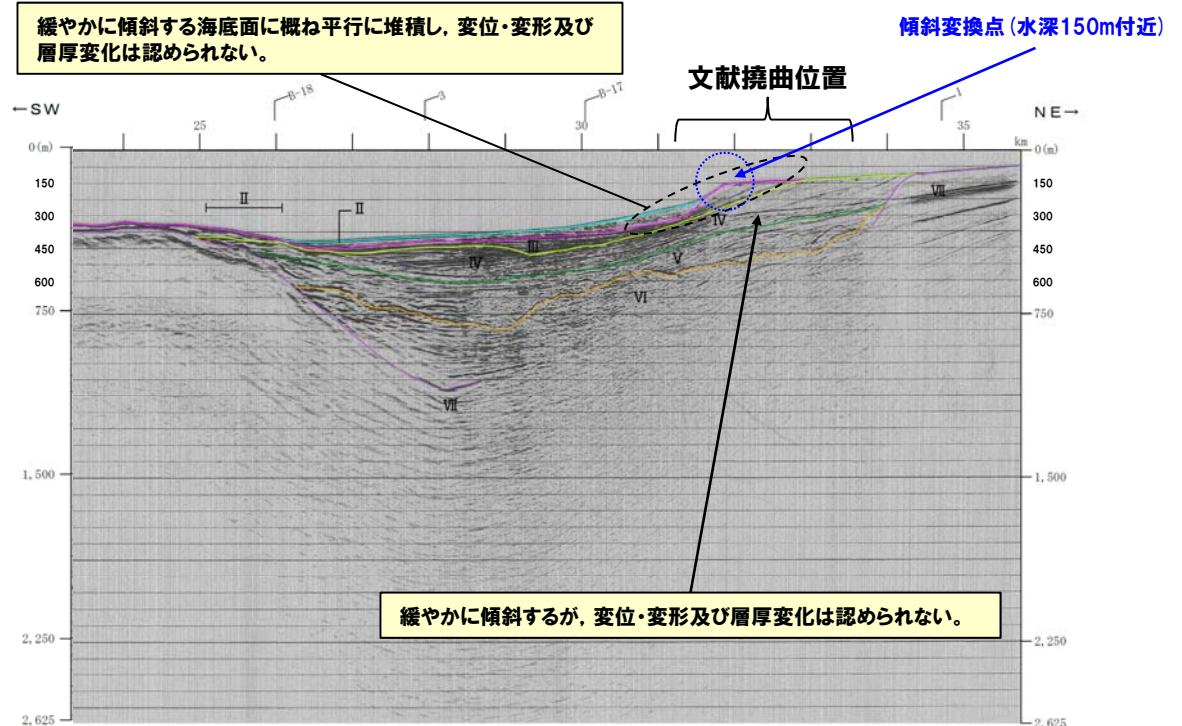
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲中央部の地質断面図を示す。
- 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。
- 文献撓曲位置付近のII～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。
- 文献撓曲位置付近の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。

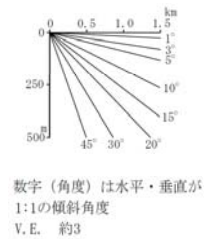


位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編「新編」日本の活断層」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

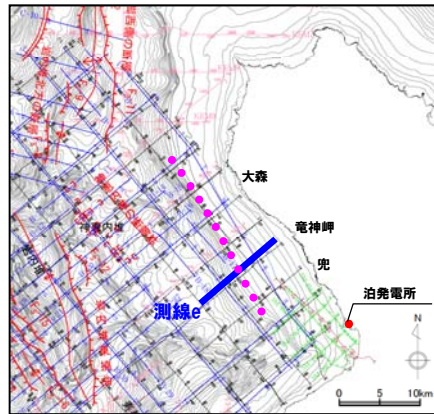


2.2 敷地前面海域における調査結果

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線e】

一部修正 (H27/10/9審査会合)

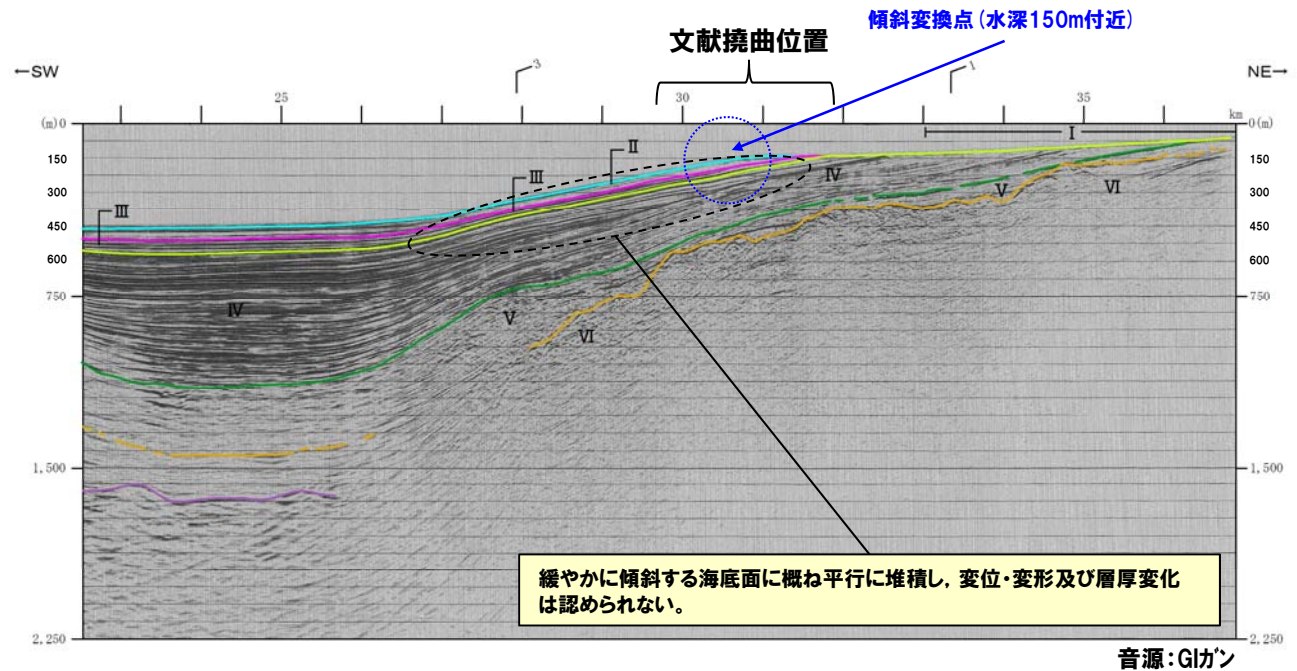
- 文献撓曲南部の地質断面図を示す。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。
- 文献撓曲位置付近のII~IV層上部は緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。



位置図

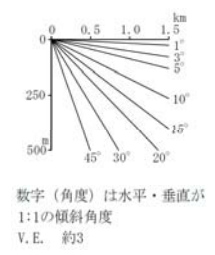
凡例

●●●●● : 活断層研究会編「新編」日本の活断層」による活撓曲



音源:G1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



余白

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】

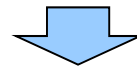
○積丹半島の大局的な形成・構造運動を把握する。

【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。



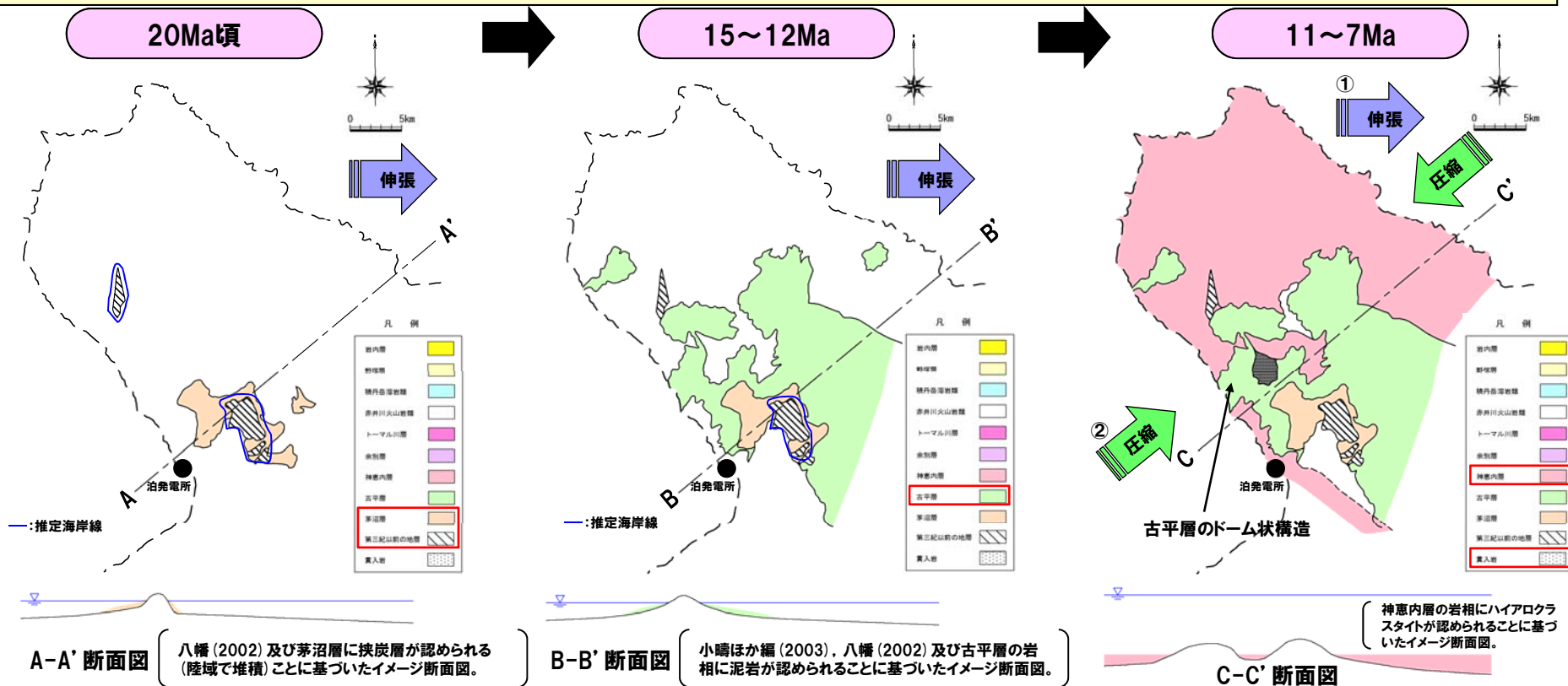
- 積丹半島周辺は, 約8Ma以降から東西圧縮が徐々に始まり, NW-SE方向の褶曲運動が開始したが, 第四系下部～中部更新統の野塚層及び岩内層の露頭がほぼ水平に堆積している状況から, 更新世には, 褶曲運動は終焉していたものと推定される。

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。

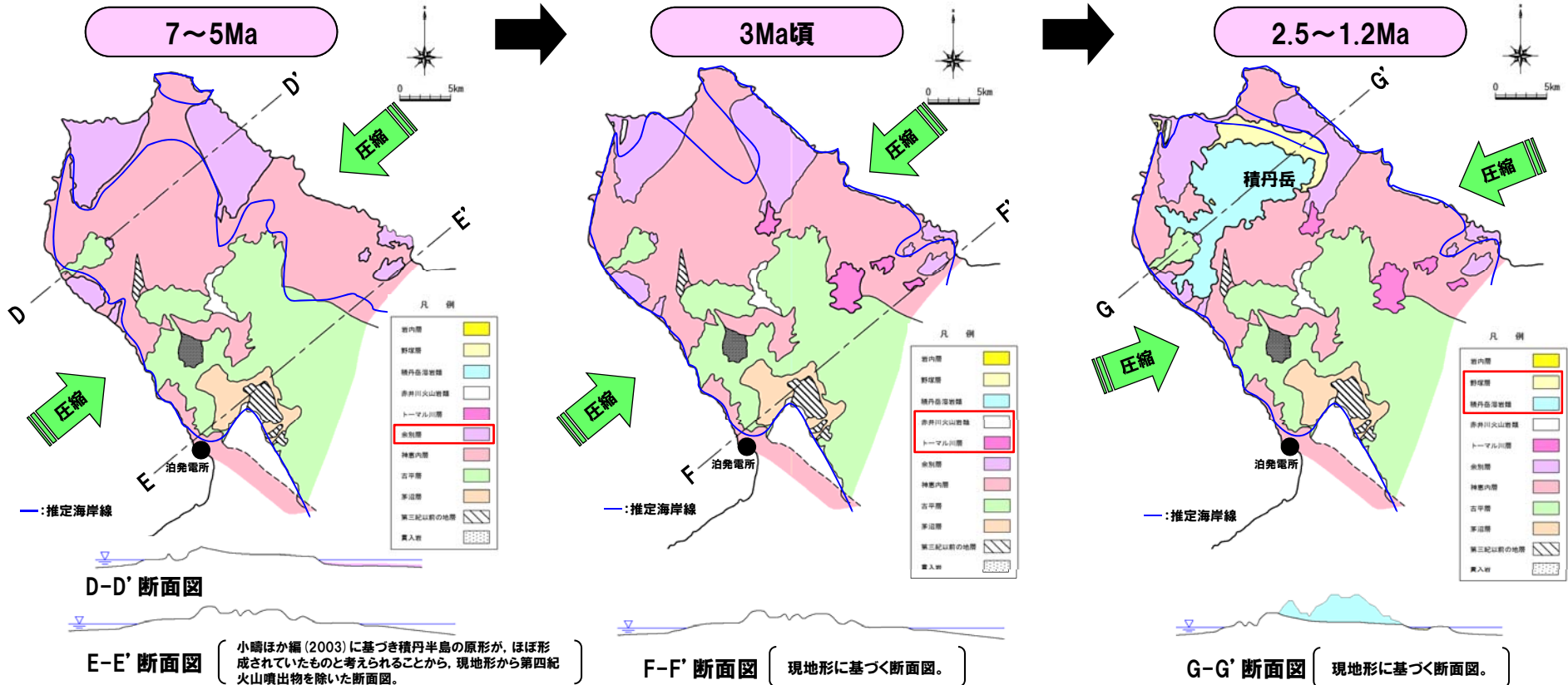


年代	20Ma頃	15~12Ma	11~7Ma
広域応力場 (東北日本)	伸張 (小池ほか編, 2005)	伸張⇒中立的 (小池ほか編, 2005)	中立的⇒弱圧縮 (小池ほか編, 2005)
積丹半島周辺の応力場	・日本海拡大に伴う伸張による陸域から浅海が分布。 (八幡, 2002)	・日本海拡大に伴う伸張による沈降及び海進に伴う深海化。 (小嶋ほか編, 2003), (八幡, 2002)	・①伸張⇒②圧縮。 (八幡, 2002) ・約8Ma以降, 弱圧縮応力場となり, 東西圧縮が徐々に始まりNW-SE方向の褶曲運動が開始。 (八幡, 1989, 2002)
地質・地質構造	・茅沼層が陸域～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, 静穏期を繰り返す。	・沈降しながら, 古平層が半深海から深海に堆積。	・神意内層が半深海～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 (現地形に基づく断面図。)

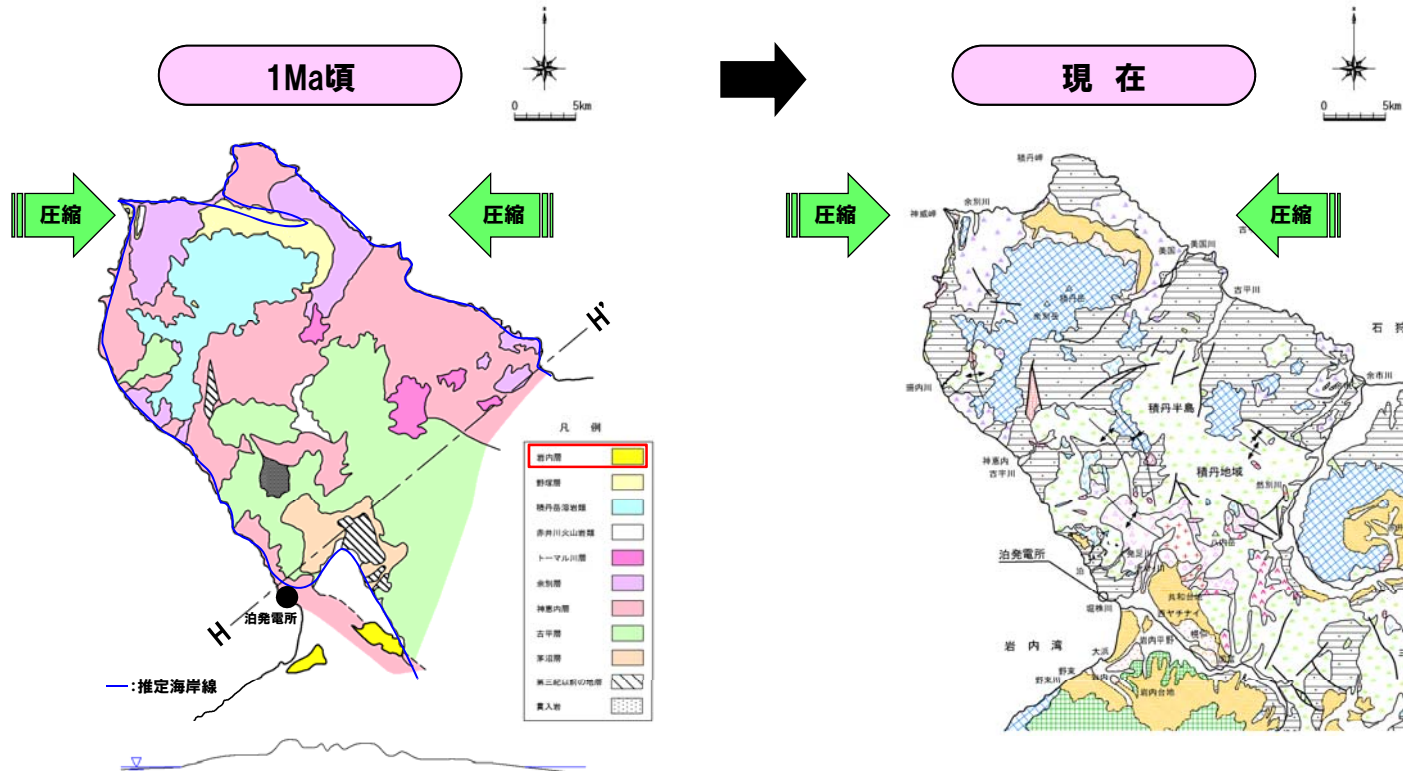
G-G' 断面図 (現地形に基づく断面図。)

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	更新世 沖積層 ニセコ火山噴出物等 洞窟火砕流堆積物 段丘堆積物等 野塚層・岩内層
	鮮新世 余別層
新第三紀	神恵内層 古平層
	茅沼層
古第三紀	漸新世～始新世 茅沼層
	白堊紀 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

※トーマル川層及び積丹島層岩類は、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	<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)
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> ・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。

3.2 積丹半島の形成について

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)

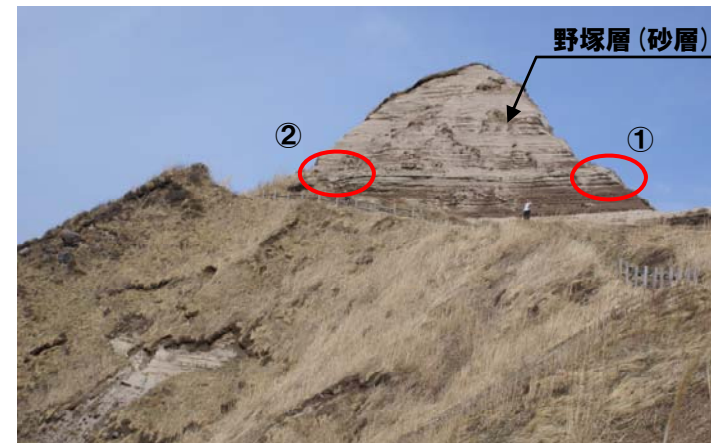


写真1 神威岬の野塚層露頭



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

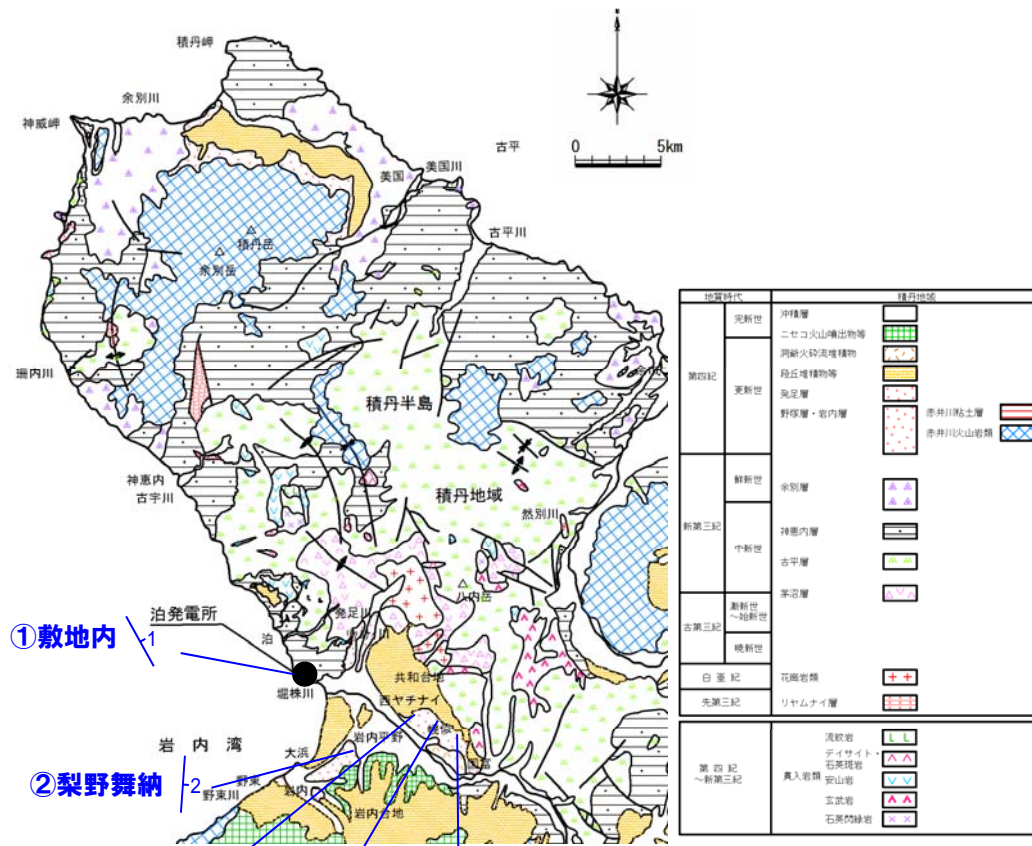
③岩内層の堆積状況

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

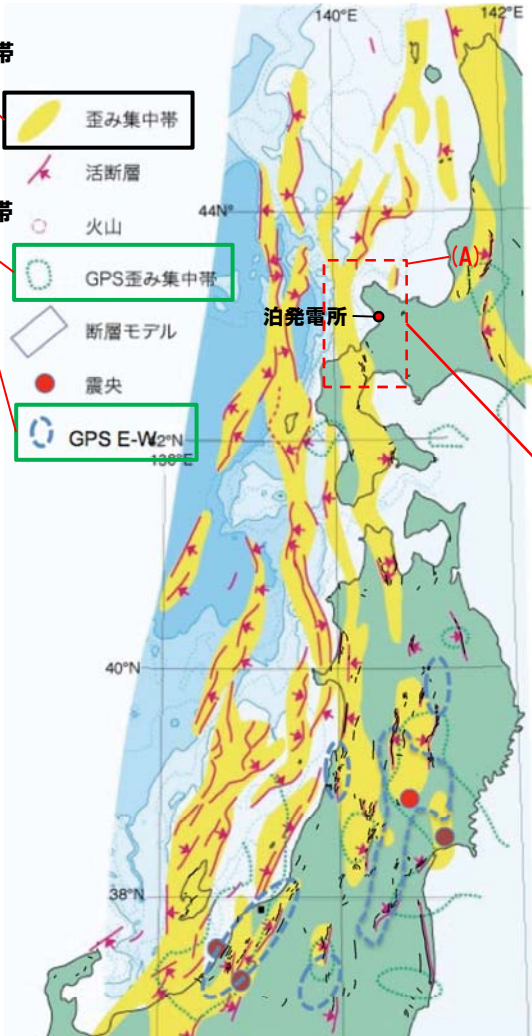
3.3 更新世以降の構造運動について

①更新世以降の構造運動に関する検討

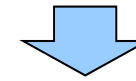
一部修正 (H26/11/28審査会合)

地質学的
ひずみ集中帯

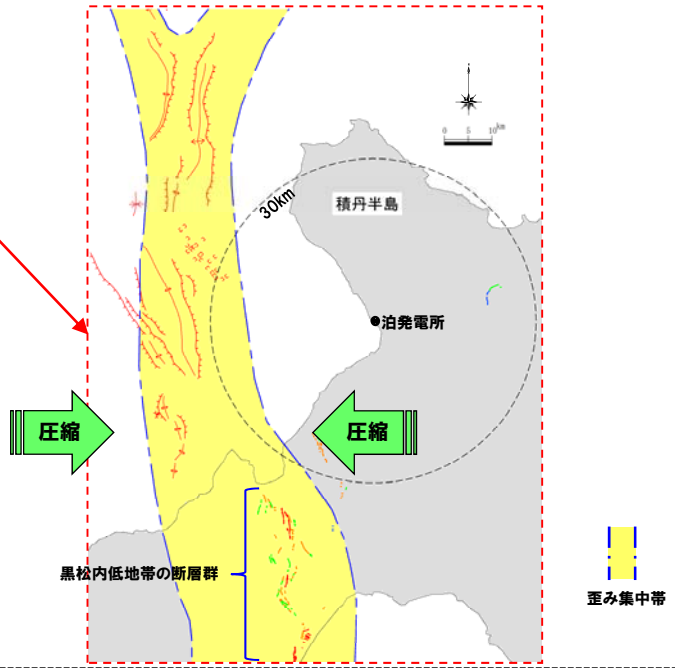
測地学的
ひずみ集中帯



- 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・測地学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)

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

- 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)
- 測地学的ひずみ集中帯 : 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

3.4 積丹半島周辺の重力異常について

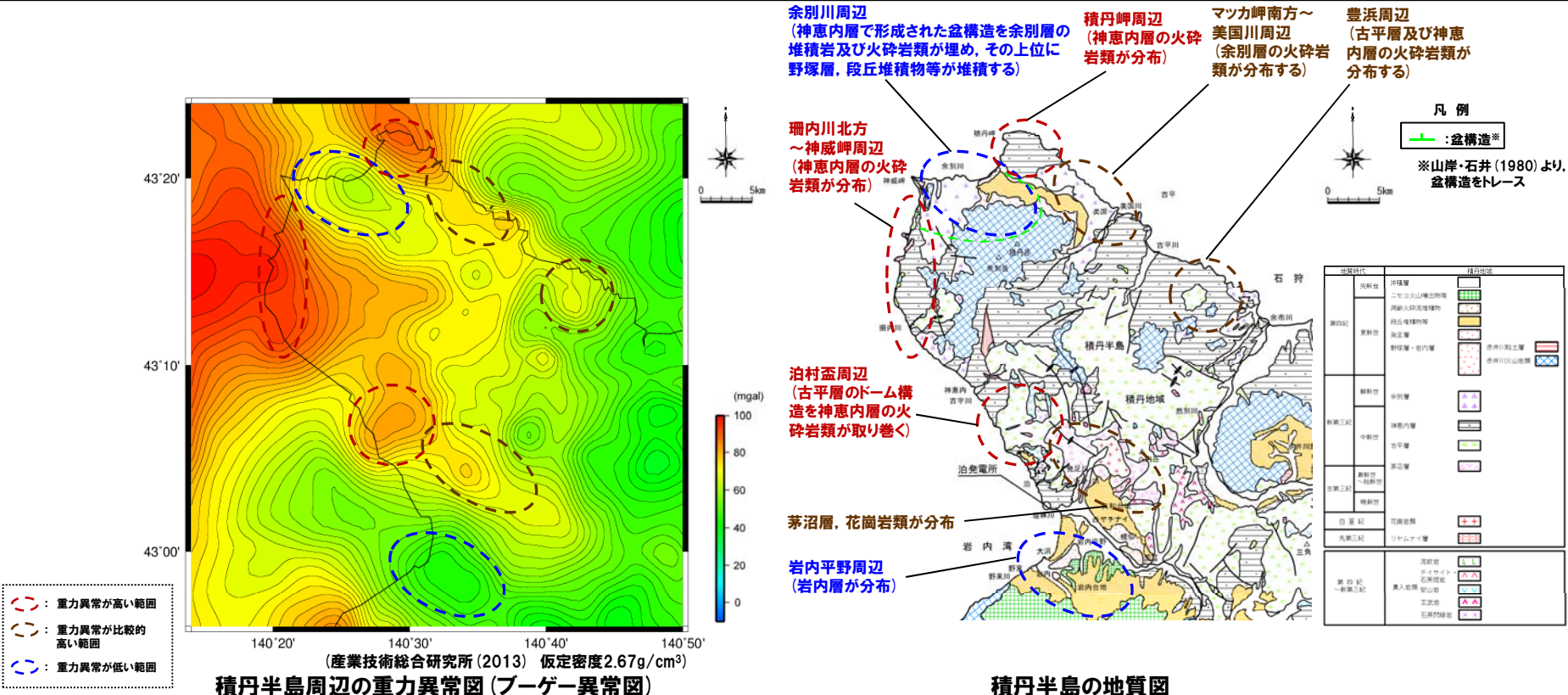
①積丹半島周辺の重力異常(ブーゲー異常図)

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

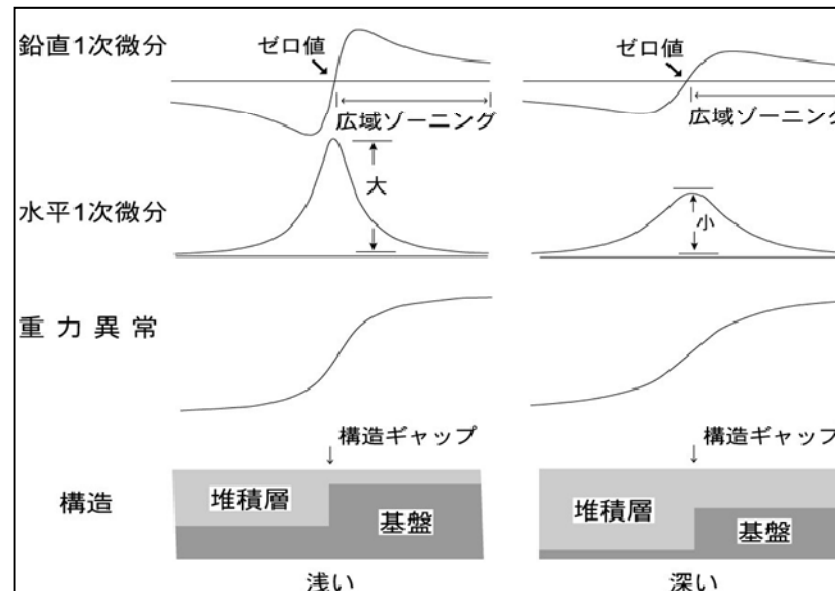
- 重力異常は、断層等に伴う基盤の落差や異なる岩体の密度差による構造境界を境に変化する。
- 物理探査学会編(1998)では、重力異常から有為な情報を抽出し、定性的な解析・解釈を進めるのに有効な手法としてフィルタリングを挙げ、特に断層等の構造境界の抽出には、水平微分や鉛直微分によるフィルタリングが有効であるとしている。

【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。

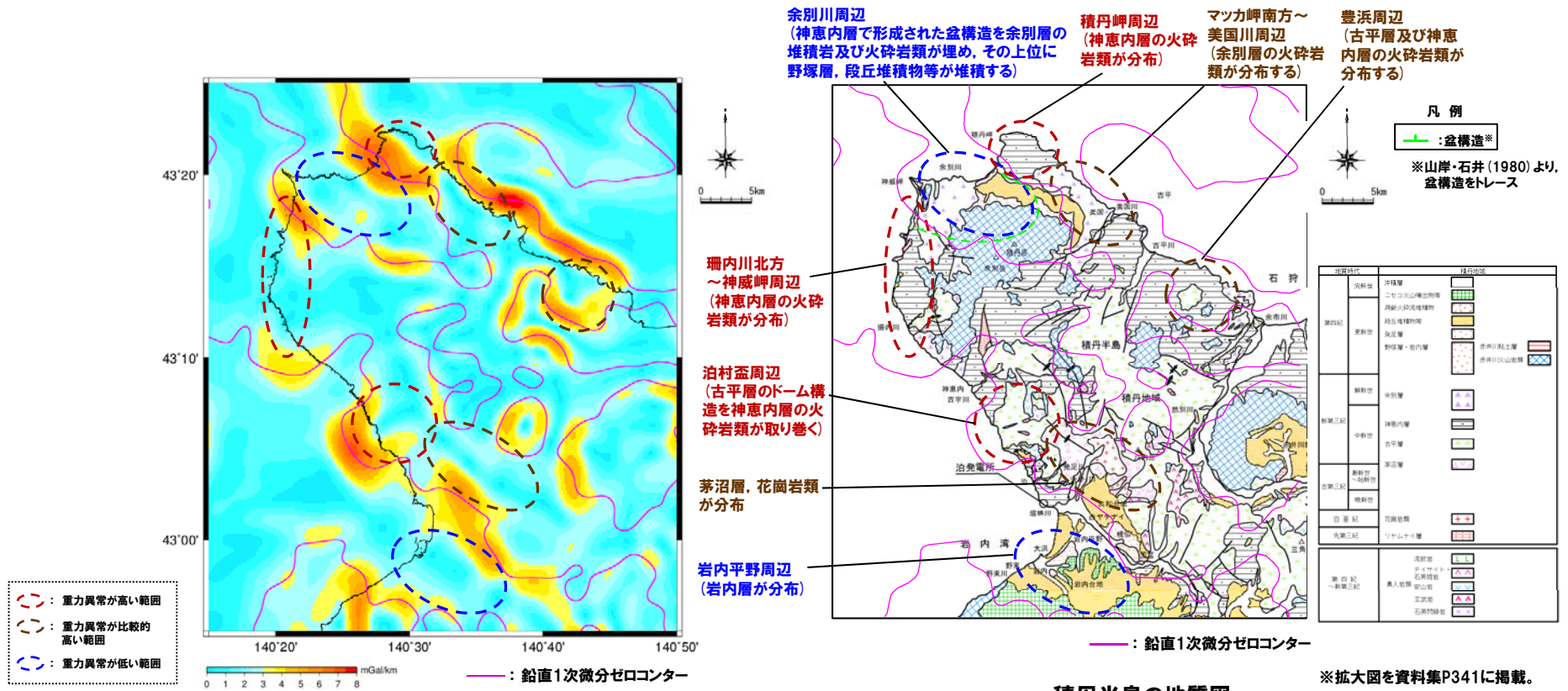
3.4 積丹半島周辺の重力異常について

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

- 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 (P30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。



- : 重力異常が高い範囲
- : 重力異常が比較的高い範囲
- : 重力異常が低い範囲

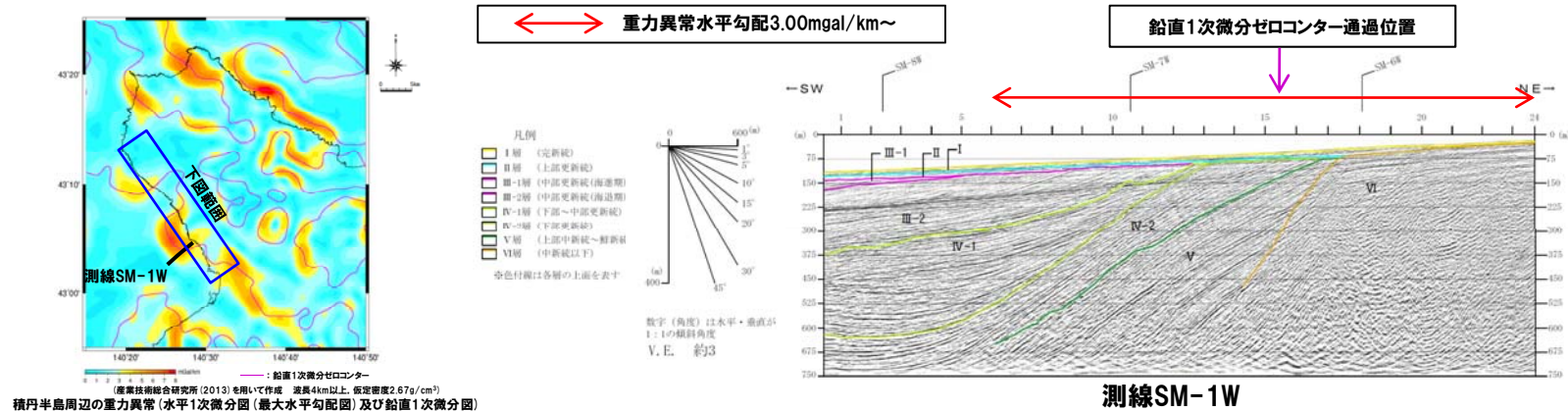
積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (最大水平勾配図) 及び鉛直1次微分図) (産業技術総合研究所 (2013) を用いて作成 波長4km以上、仮定密度2.67g/cm³) (左図より鉛直1次微分ゼロコンターをトレース)

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

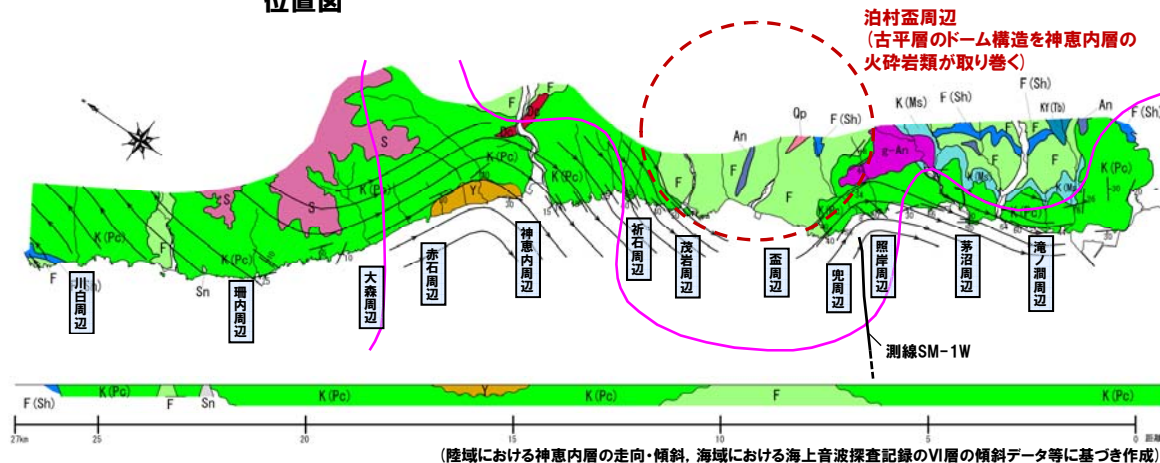
- 泊村盃周辺においては、古平層のドーム構造を神恵内層の火砕岩類が取り巻く状況が認められる。
- 当社は、泊村盃周辺近傍において海上音波探査 (測線SM-1W) を実施していることから、近傍海域の地質構造についても確認した。
- 測線SM-1Wは、神恵内層の火砕岩類が分布する範囲の前面に位置し、陸域との連続性からVI層は神恵内層に対比される。
- 測線SM-1Wでは、VI層 (神恵内層相当) と上位層との境界付近に鉛直1次微分ゼロコンターが通過する状況が認められる。

○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の地質境界の影響も反映しているものと考えられる。



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)

位置図



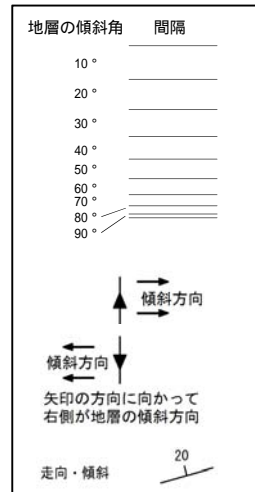
積丹半島西岸の走向線図

凡例(地質)

地質時代	地層名	凡例
第四紀	更新世	
	中世	
	前期	新期溶岩類 (S)
第三紀	鮮新世	余別層 (Y)
	中新世	神恵内層 (K(Po) (火砕岩層), K(Ms) (凝灰質泥岩層))
白垩紀	中期	古平層 (F (火砕岩層), F(Sh) (堆積岩層))
	前期	茅沼層 (Ky(Tb) (火砕岩層))
真入岩類	ガラス質安山岩 (G-An)	
	デイサイト (Ds)	
	安山岩 (An)	
	石英斑岩 (Qp)	

— : 鉛直1次微分ゼロコンター

凡例(走向線)



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)

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。

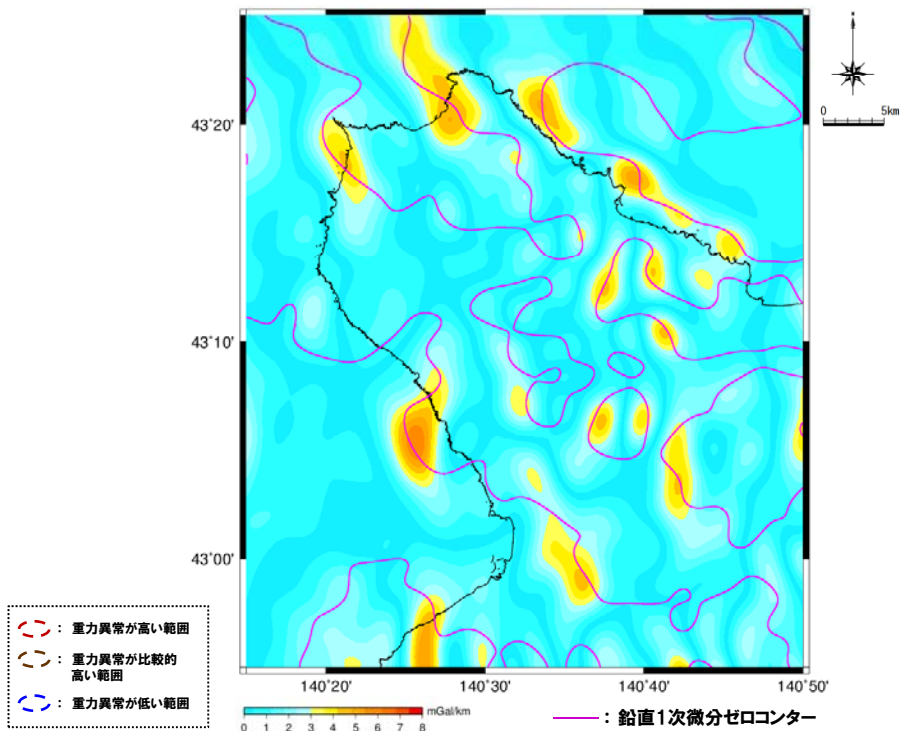
【水平1次微分図 (NW-SE直交方向)】

○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。

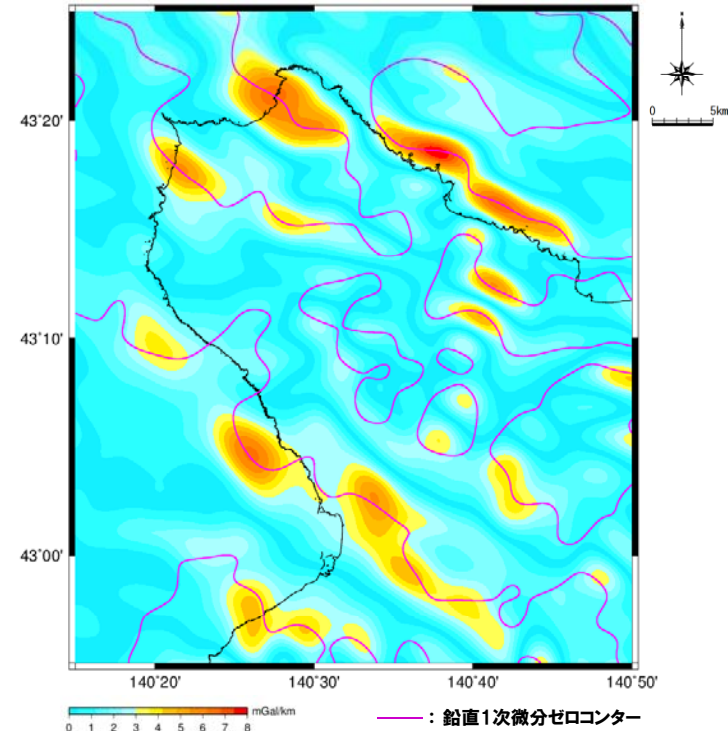
※現在の敷地周辺の褶曲運動は、敷地前面海域における主にN-S方向の活構造及び黒松内低地帯の断層群が分布する範囲に認められるため、東西方向について重力変化を確認する。



○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。



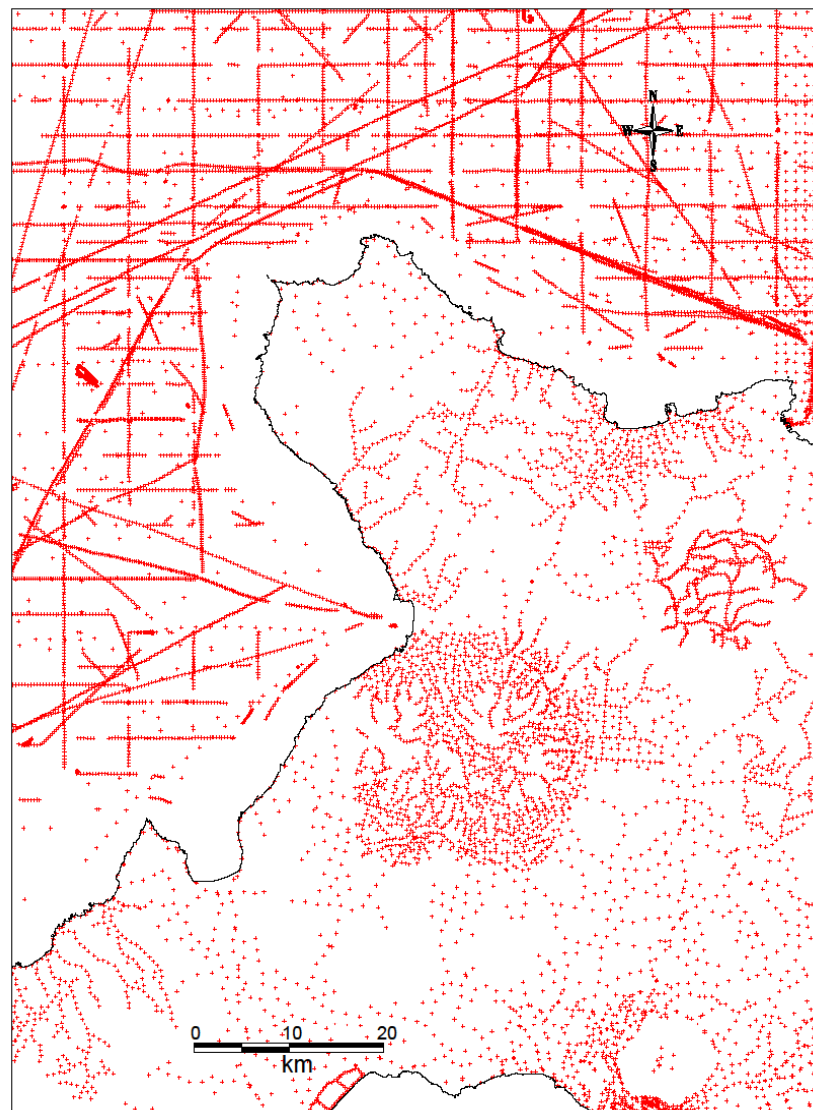
積丹半島周辺の重力異常 (水平1次微分図 (東西方向) 及び鉛直1次微分図)



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)

3.4 積丹半島周辺の重力異常について

(参考) 重力異常測点分布図 (産業技術総合研究所,2013)



重力異常測点分布図 (産業技術総合研究所,2013)

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】

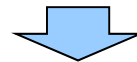
○積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造の有無を確認する。

【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）～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。

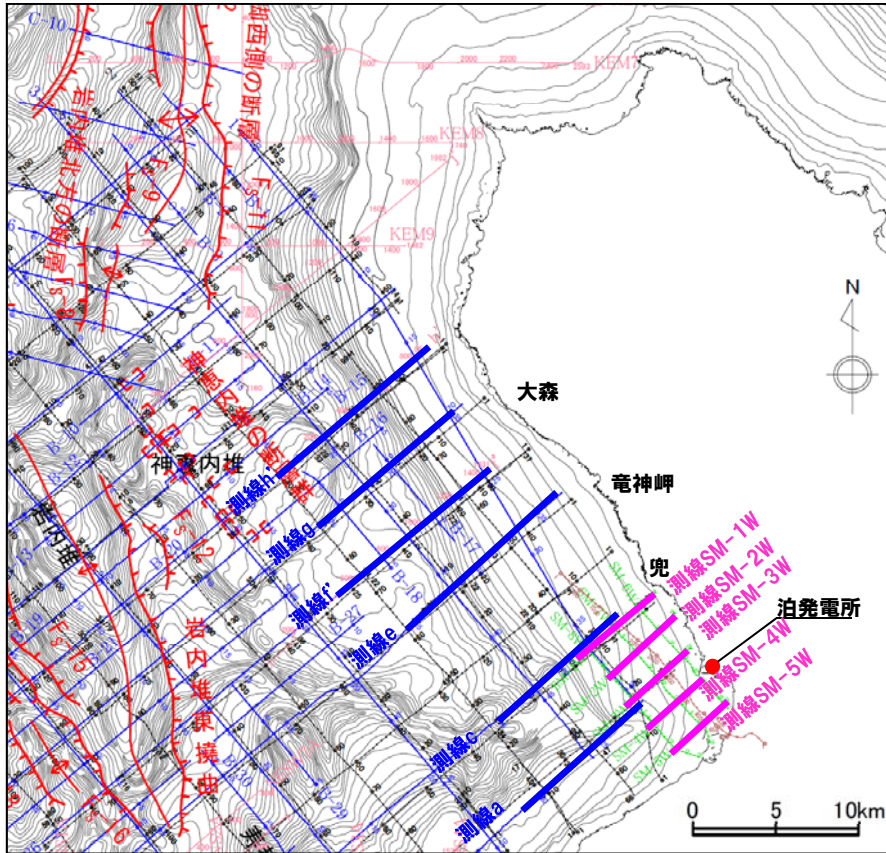


○積丹半島西岸近傍海域には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造は認められない。

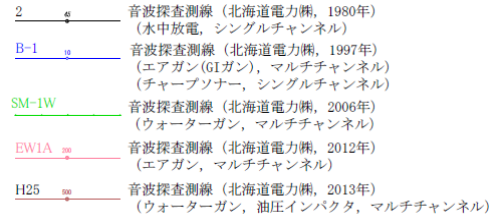
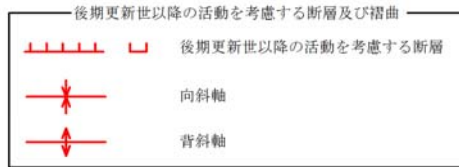
4.2 検討結果

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、検討に当たっては、汀線直交方向の測線を用いた。
- なお、検討測線の探査仕様は、以下のとおりである。
 測線h'及びf':エアガン・マルチチャンネル
 測線g, e, c及びa:GIガン・マルチチャンネル
 測線SM-1W~SM-5W:ウォーターガン・マルチチャンネル

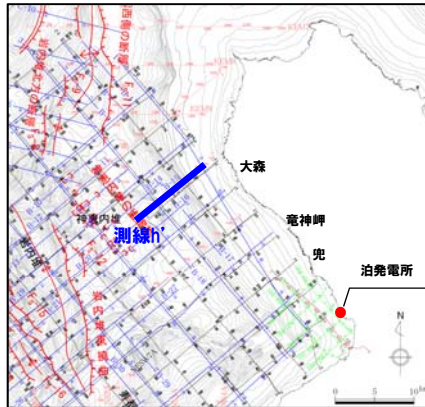


検討位置

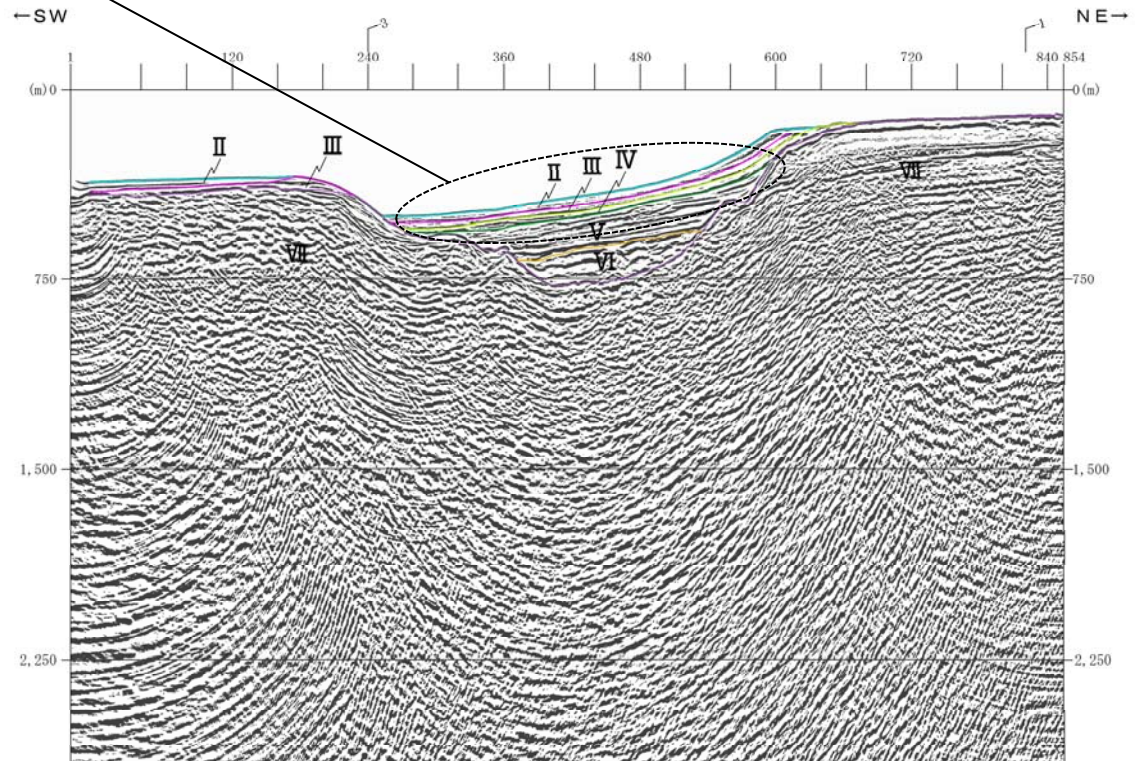
4.2 検討結果

②測線h'

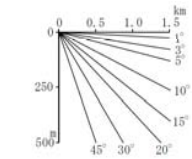
一部修正 (H26/11/28審査会合)



海盆内で海底面と概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。



- 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)



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
- Fa-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

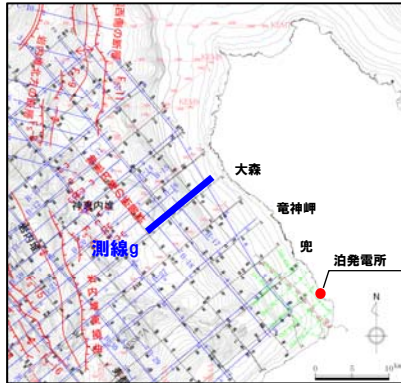
音源:エアガン

○II～IV層は、海盆内で海底面と概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

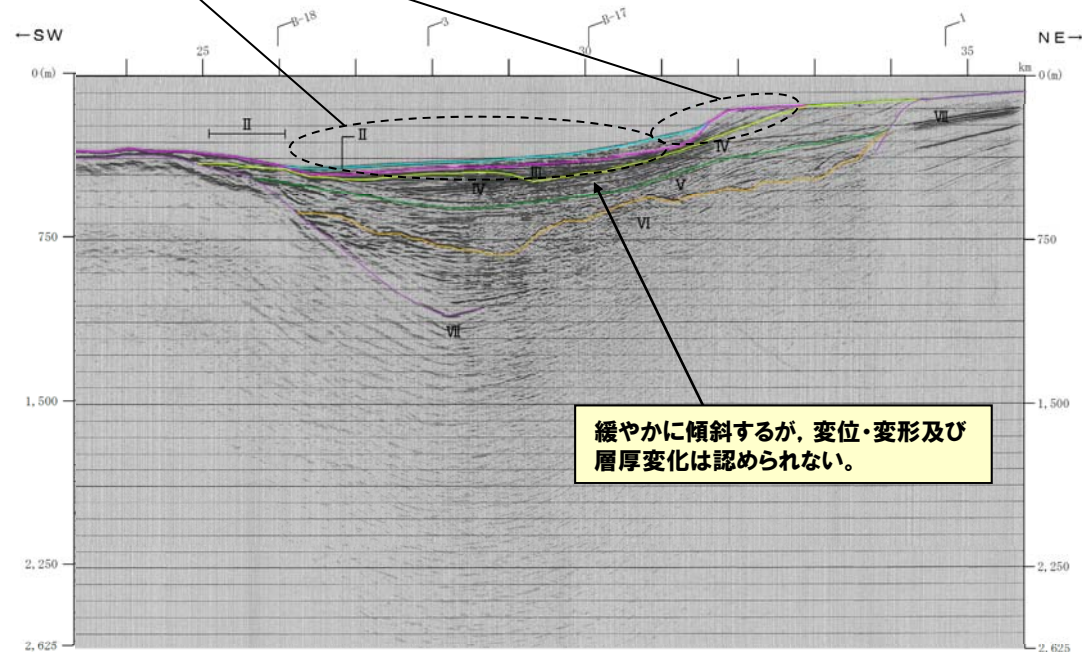
4.2 検討結果

③測線g

一部修正 (H26/11/28審査会合)



海盆内ではほぼ水平に堆積し、大陸斜面で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。



緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

音源:G1カン

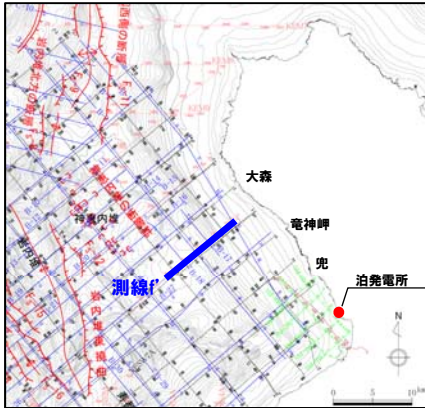


- II層及びIII層は、海盆内ではほぼ水平に堆積し、大陸斜面では緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- IV層は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

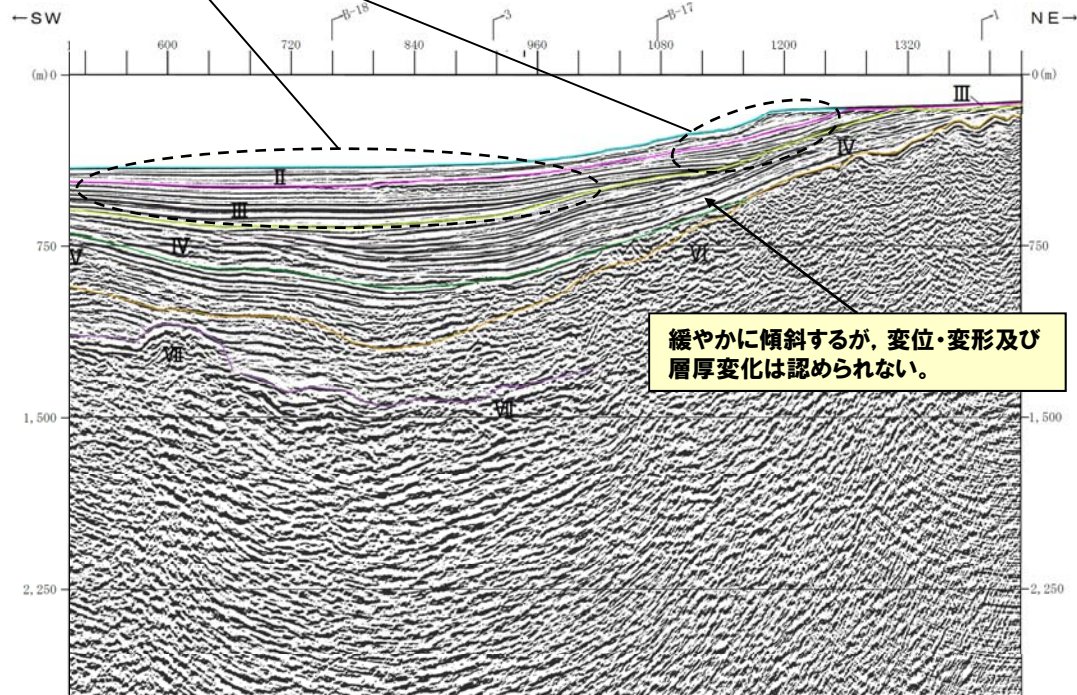
4.2 検討結果

④測線f'

一部修正 (H26/11/28審査会合)



海盆内ではほぼ水平に堆積し、大陸斜面で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

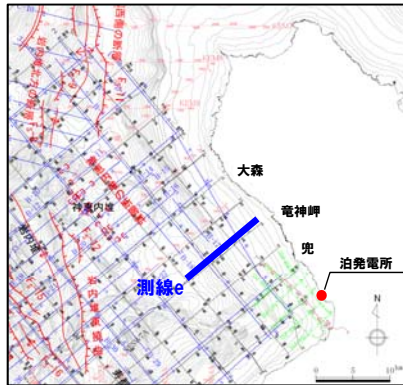
- I層 (完新統)
 - II層 (上部更新統)
 - III層 (下部～中部更新統)
 - IV層 (下部更新統)
 - V層 (上部中新統～鮮新統)
 - VI層 (中新統以下)
 - VII層 (始新統以下)
 - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す
- Fa-10 断層及び断層番号
 - - Fa-10 断層運動に関連する変形
 - ┌┐ 連続しない断層
 - ↕ 背斜軸
 - ↗ 向斜軸
- 数字 (角度) は水平・垂直が1:1の傾斜角度
V. E. 約3

- II層及びIII層は、海盆内ではほぼ水平に堆積し、大陸斜面で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。
- 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。

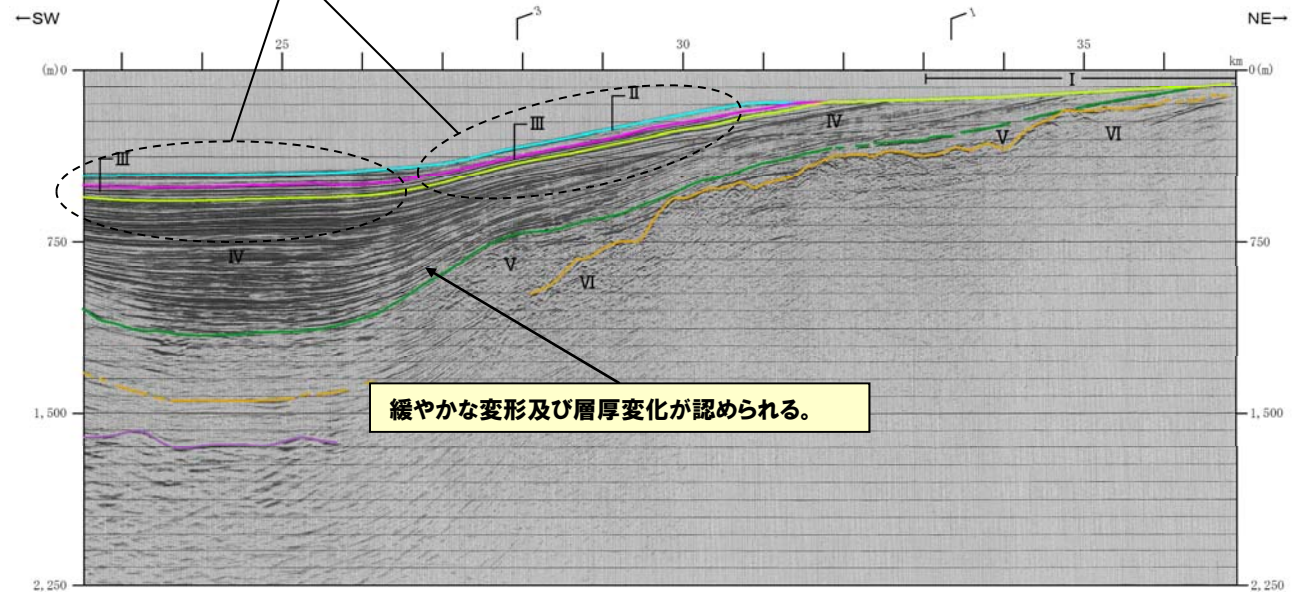
4.2 検討結果

⑤測線e

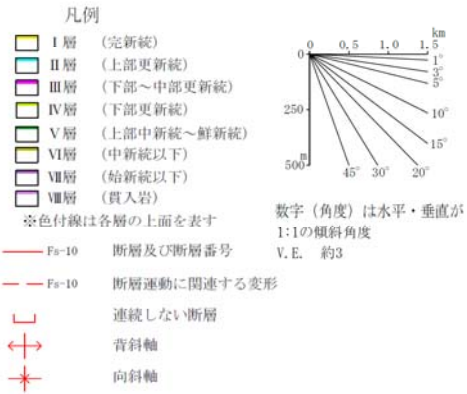
一部修正 (H26/11/28審査会合)



海盆内ではほぼ水平に堆積し、大陸斜面で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。



音源:Glifan

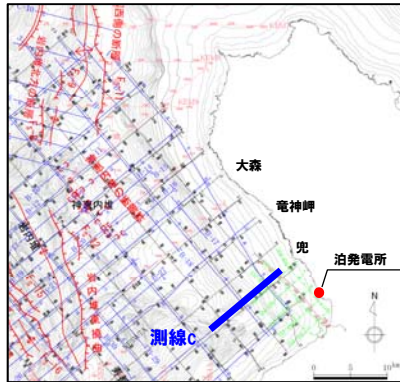


- II層, III層及びIV層上部は、海盆内ではほぼ水平に堆積し、大陸斜面では緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- IV層下部には、緩やかな変形及び層厚変化が認められる。

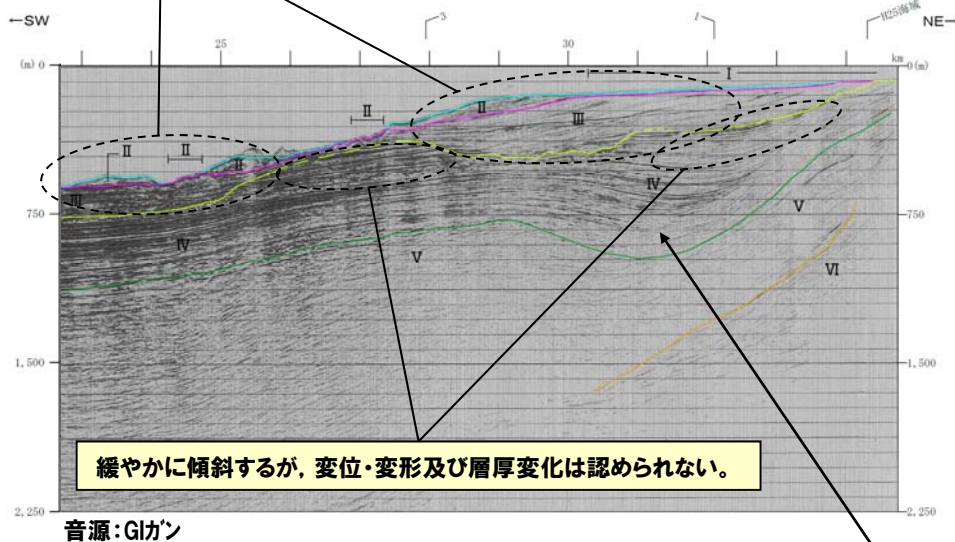
4.2 検討結果

⑥測線c (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



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。
傾斜には、下位層との系統性及び累積性は認められない。



緩やかな変形及び層厚変化が認められる。

- 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)
 - ※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

- II層及びIII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。
- 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。
- IV層下部には、緩やかな変形及び層厚変化が認められる。

4.2 検討結果

⑥測線c (-2/2-)

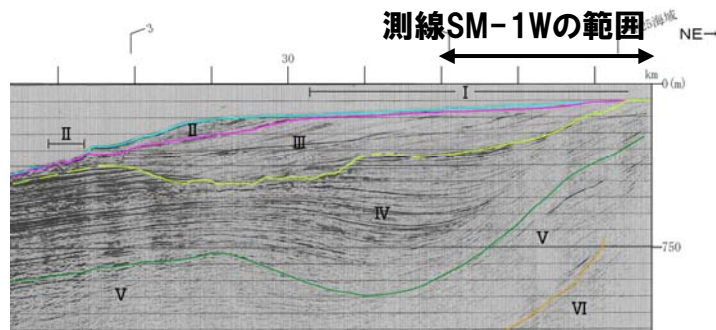
一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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。

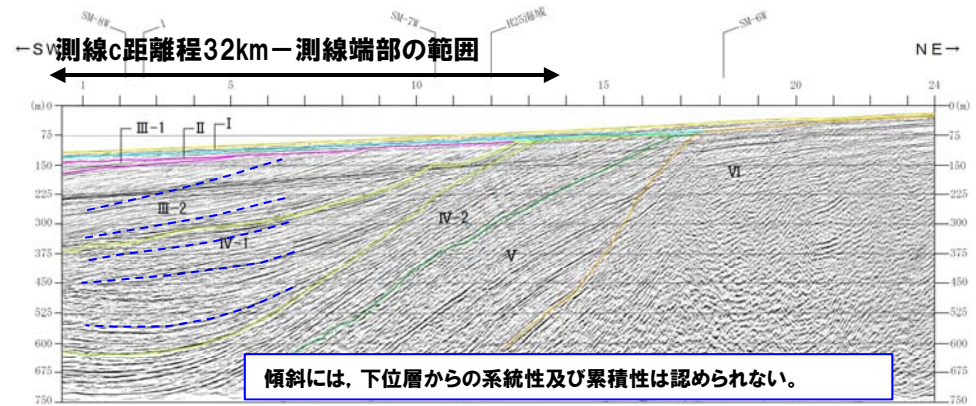
※測線SM-2W, SM-4W及びSM-5Wの検討結果については、資料集P10~P12参照。



- 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。

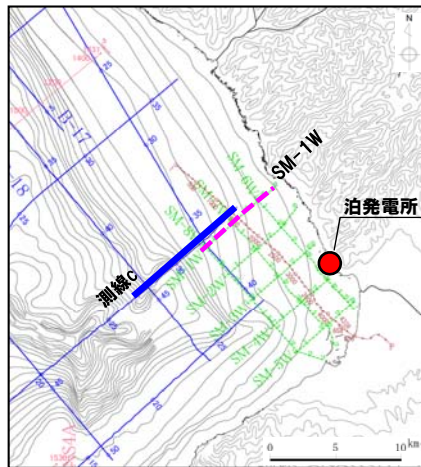


測線c

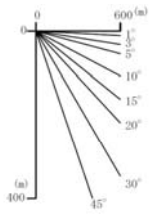


測線SM-1W

音源:ウォーターガン



- 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



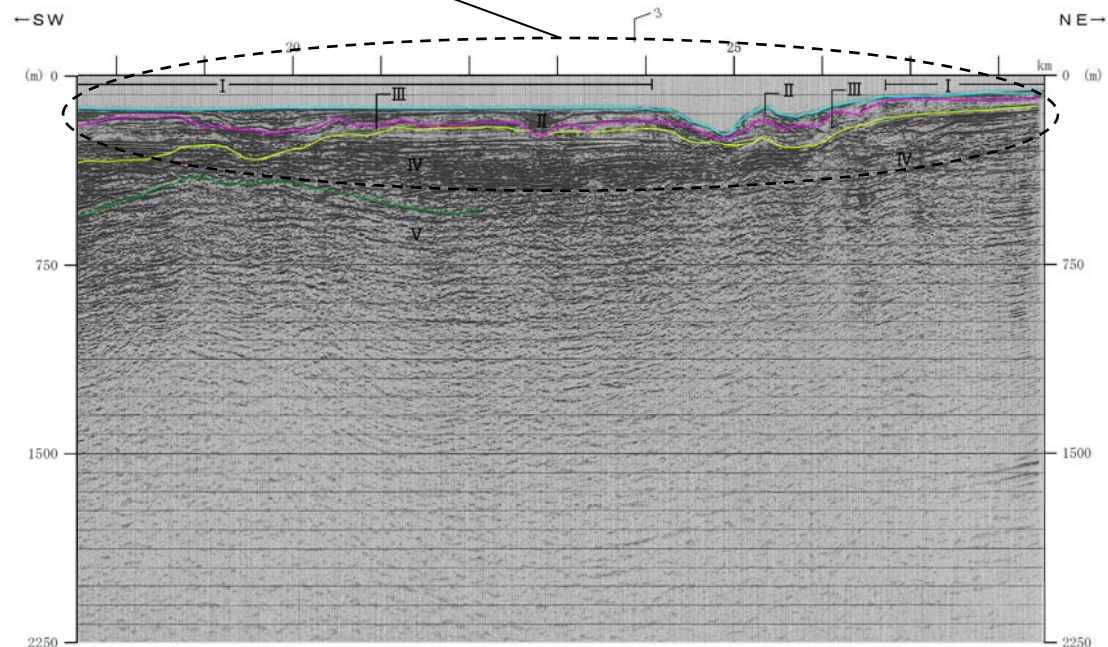
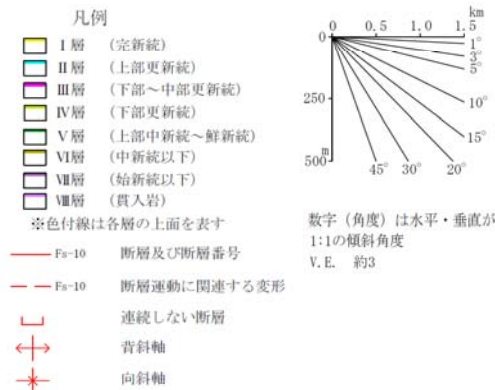
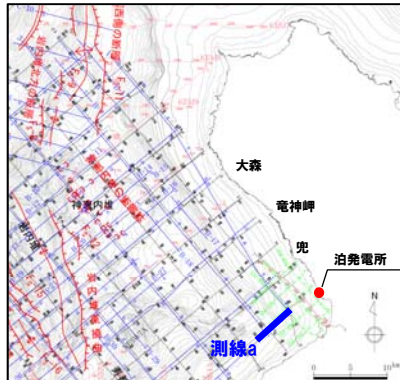
数字 (角度) は水平・垂直が 1:1の傾斜角度 V. E. 約3

4.2 検討結果

⑦測線a (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

海底面と概ね平行に堆積しており、変位・変形及び層厚変化は認められない。



音源:G1ガン

○II層, III層及びIV層は海底面と概ね平行に堆積しており、変位・変形及び層厚変化は認められない。

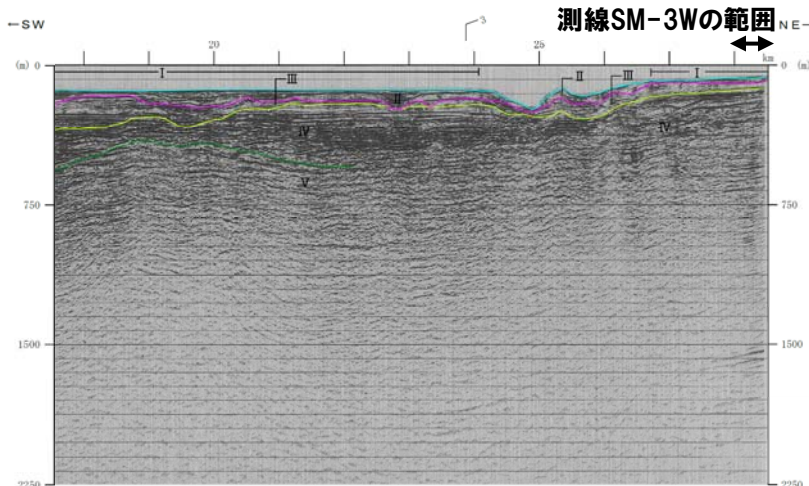
4.2 検討結果

⑦測線a (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

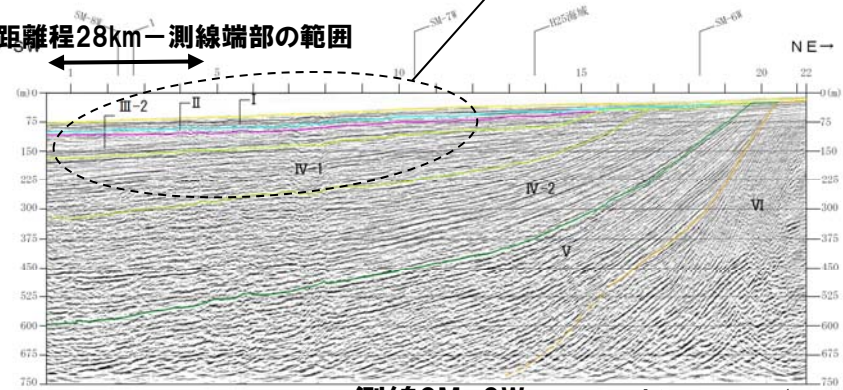
- 測線a陸側付近の地質構造を確認するため、測線SM-3Wについて検討した。
- II～IV-1層は海底面と概ね平行に堆積しており、変位・変形及び層厚変化は認められない。

※測線SM-2W, SM-4W及びSM-5Wの検討結果については、資料集P10～P12参照。



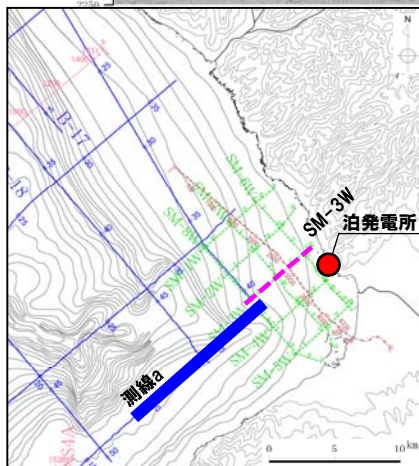
海底面と概ね平行に堆積しており、変位・変形及び層厚変化は認められない。

測線a距離程28km—測線端部の範囲



測線SM-3W

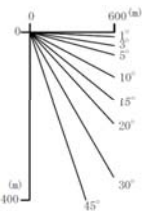
音源:ウォーターガン



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

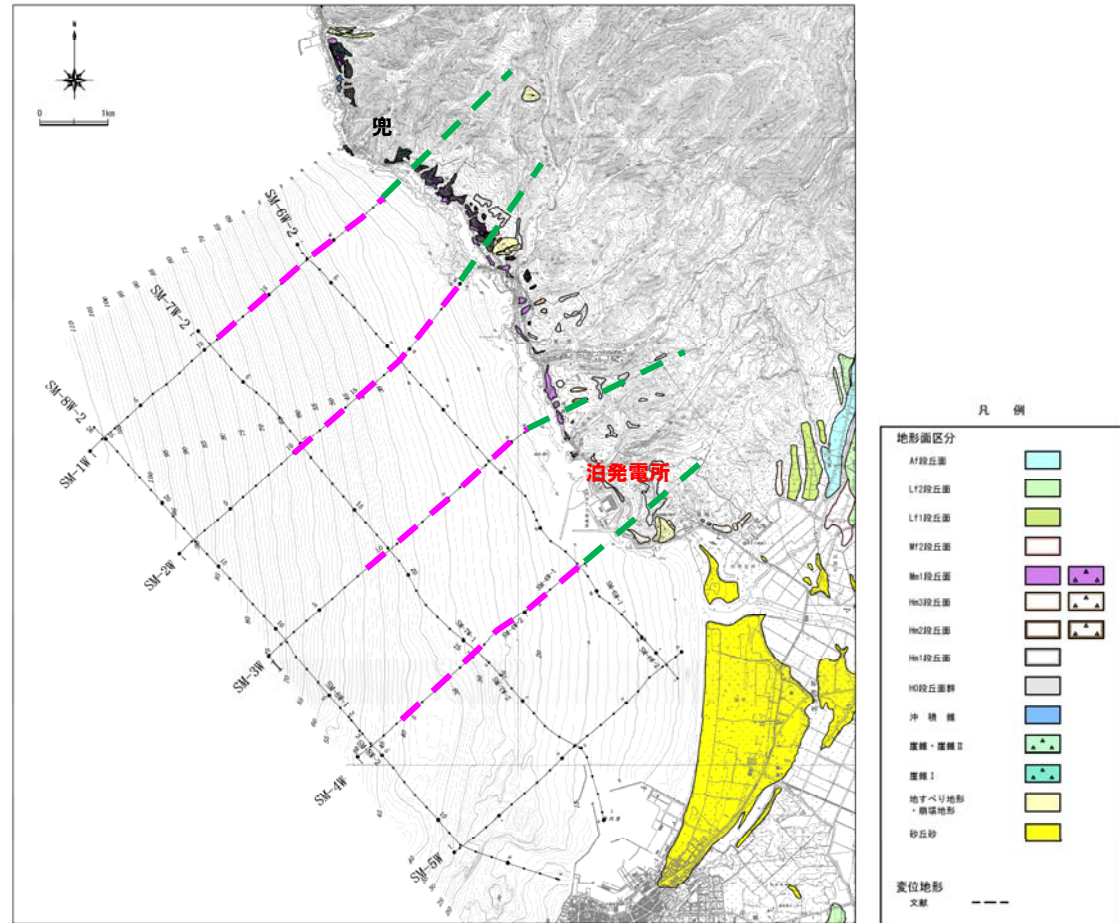
⑧-1 陸域の地形との連続性(検討測線)

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※1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。

※2 測線SM-2W及びSM-4Wと陸域の地形との連続性の検討結果については、資料集P13～P21参照。



— : 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))

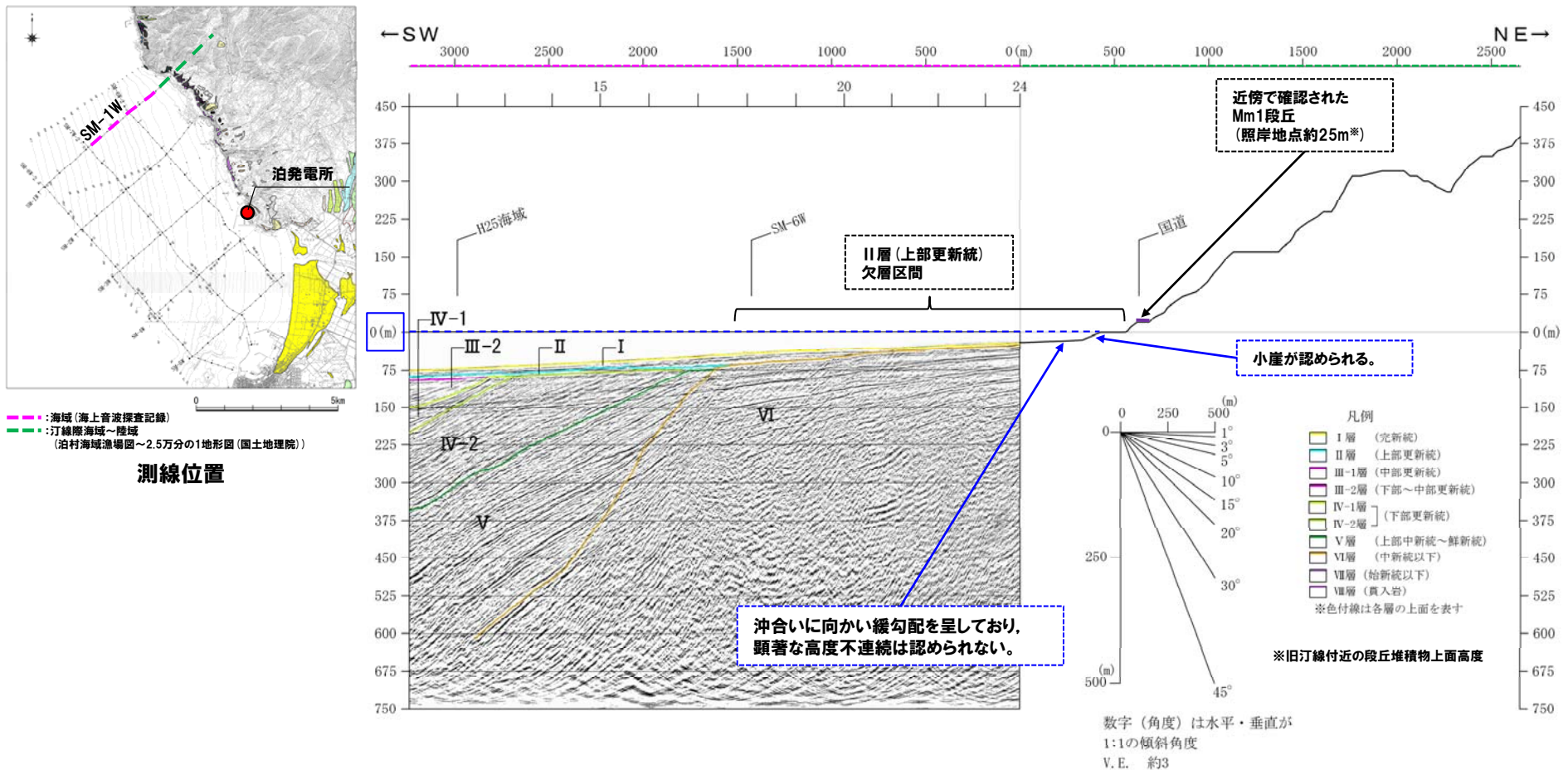
検討位置図

4.2 検討結果

⑧-2 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 (汀線際の地形の形成要因については、P136~P141を参照)。
- 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。



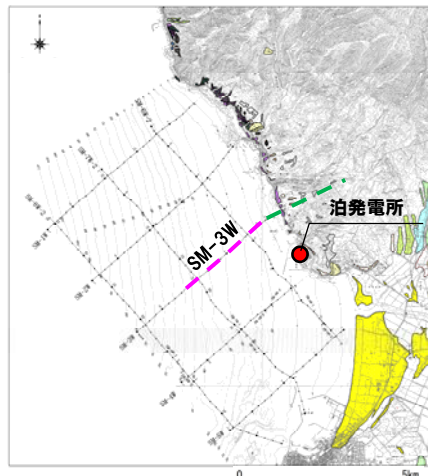
測線SM-1W+陸域断面図

4.2 検討結果

⑧-3 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 (汀線際の地形の形成要因については、P136~P141を参照。)
- 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。



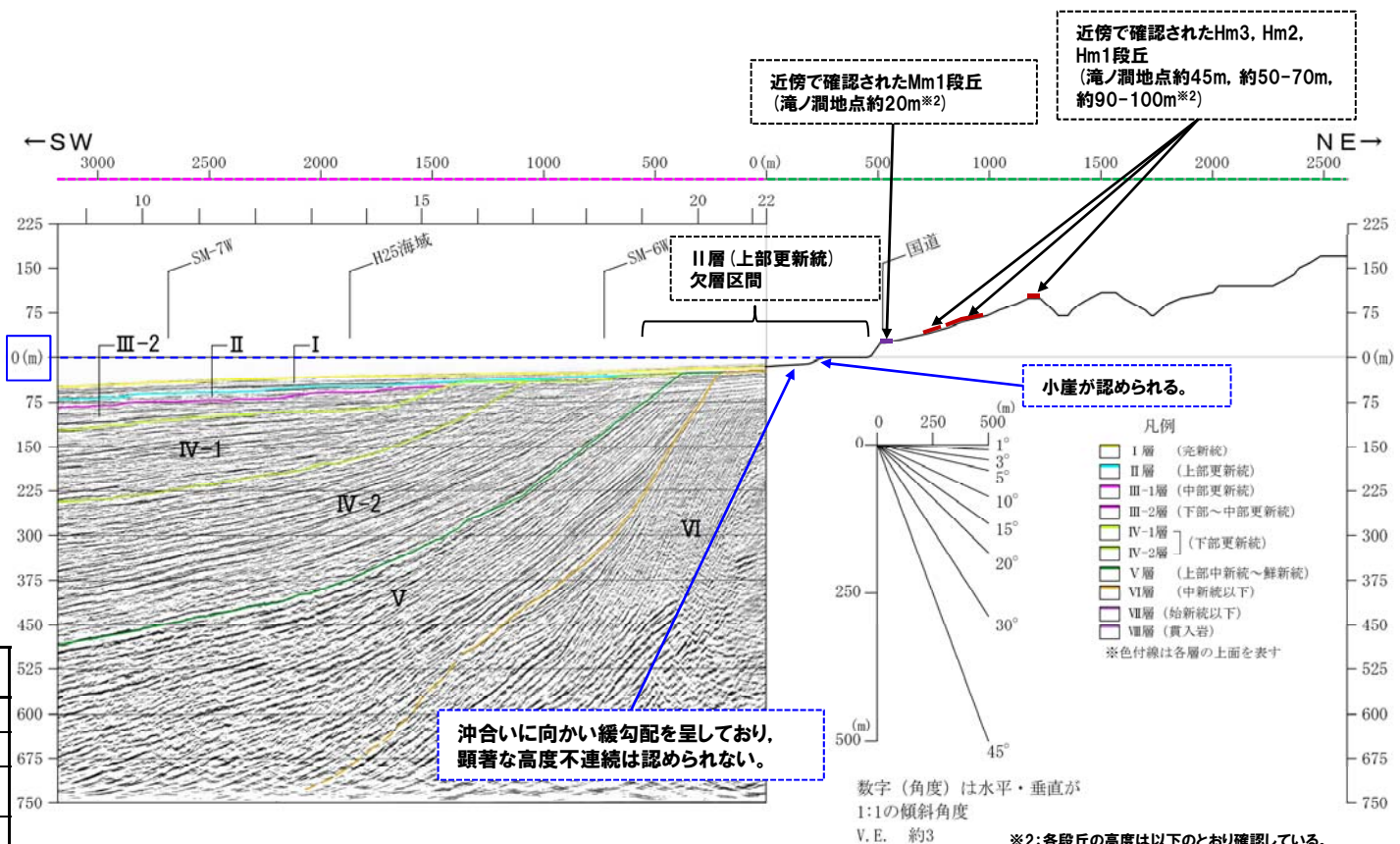
● : 海域 (海上音波探査記録)
 ● : 汀線際海域~陸域 (泊村海域漁場図~2.5万分の1地形図 (国土地理院))

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)	確認機軸
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



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: 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地形面
 Hm1段丘: 空中写真判読で抽出した地形面

測線SM-3W+陸域断面図

余白

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】

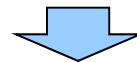
- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造を示唆する特徴（積丹半島の東西において隆起速度に差が認められる。）の有無を確認する。

【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。

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。
- 積丹半島西岸における隆起速度は、旧汀線高度から、約0.2m/千年((25m-5m(MIS5eの海水準))/約125千年)と推定される。

【照岸地点(ボーリング)】

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

【古宇川右岸地点(ボーリング及び露頭)】

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

【滝ノ潤地点(露頭)】

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

【泊地点(露頭)】

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

【盃地点(露頭)】

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

【古宇川左岸地点(ボーリング及び露頭)】

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

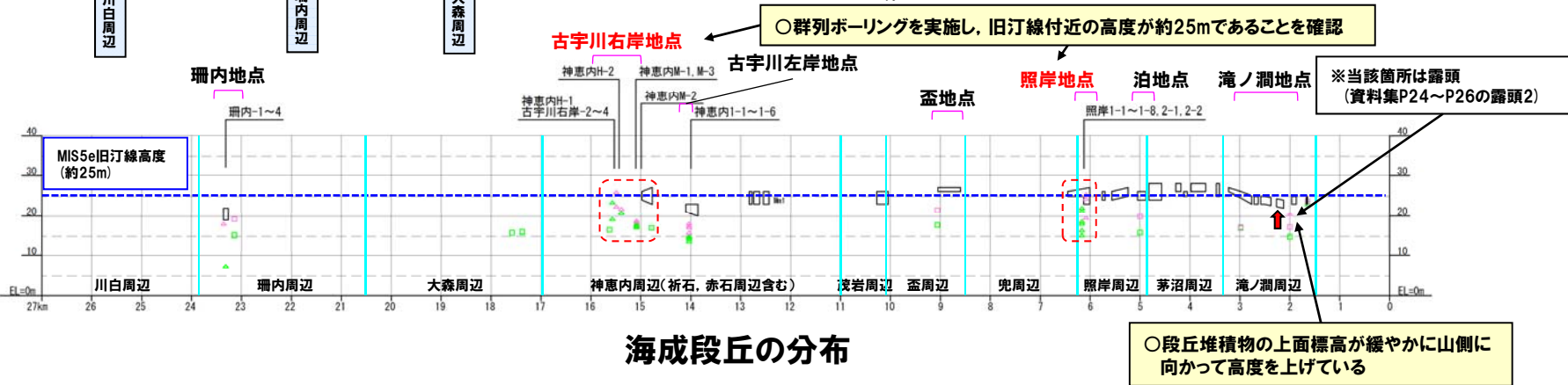
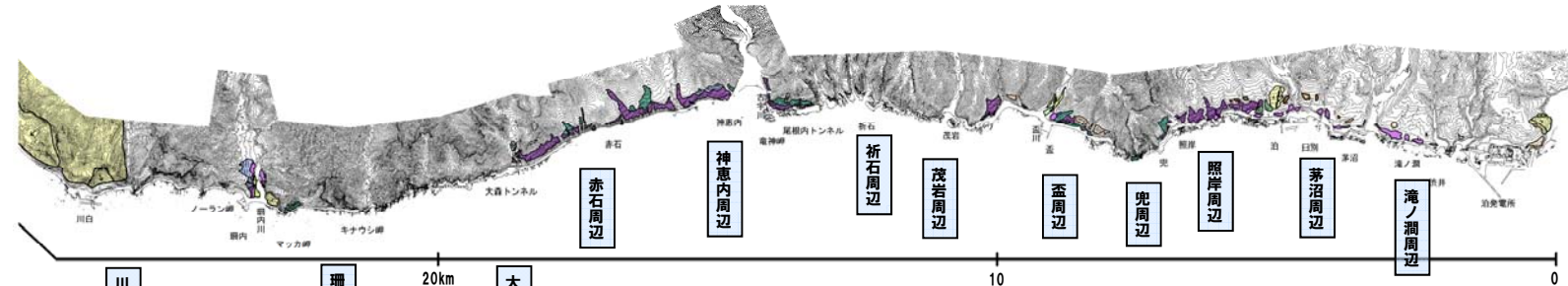
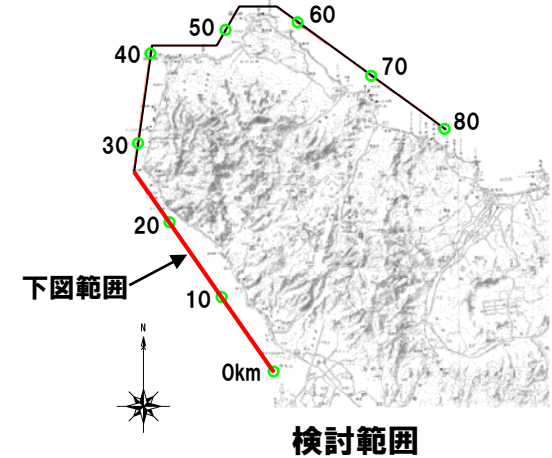
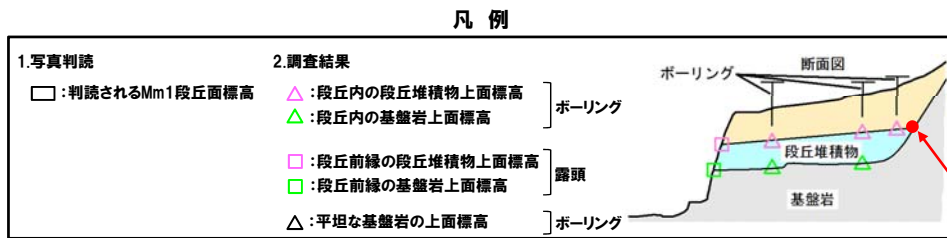
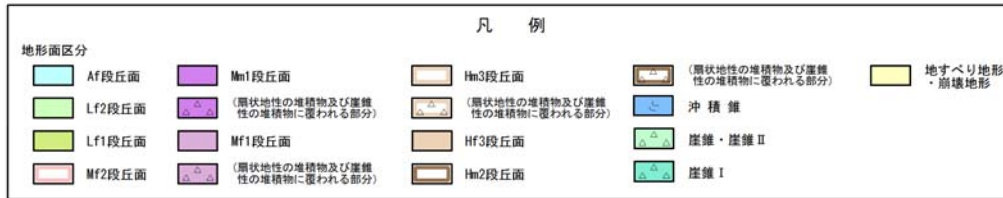
【珊内地点(ボーリング及び露頭)】

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

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)



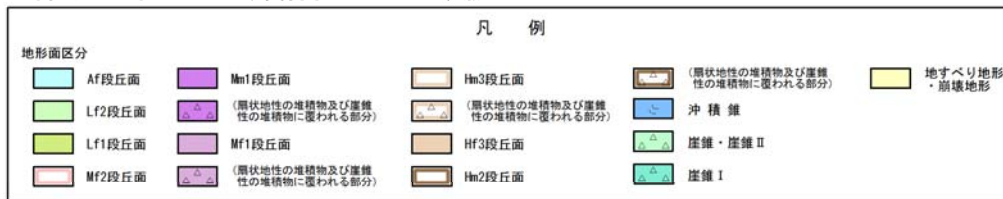
海成段丘の分布

5.3 積丹半島北・東部の段丘分布高度

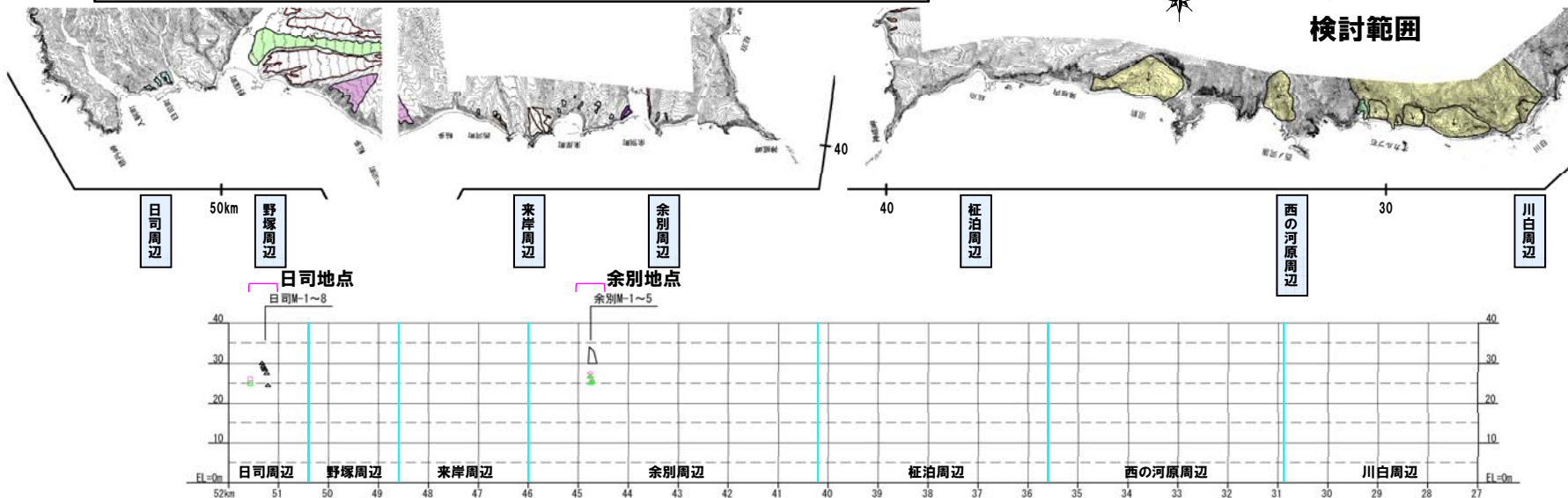
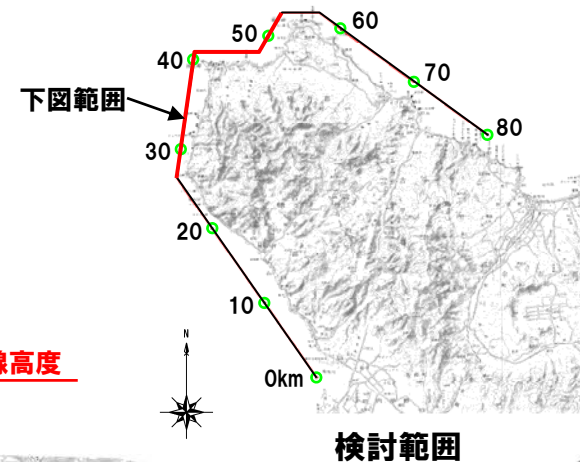
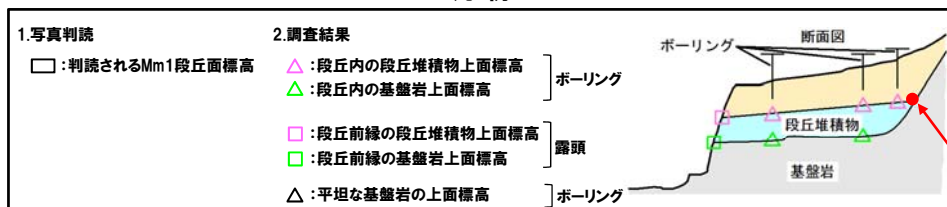
①海成段丘 (-1/2-)

○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、P154～P163参照。

※各地点の詳細調査結果については、資料集P50～P116参照。



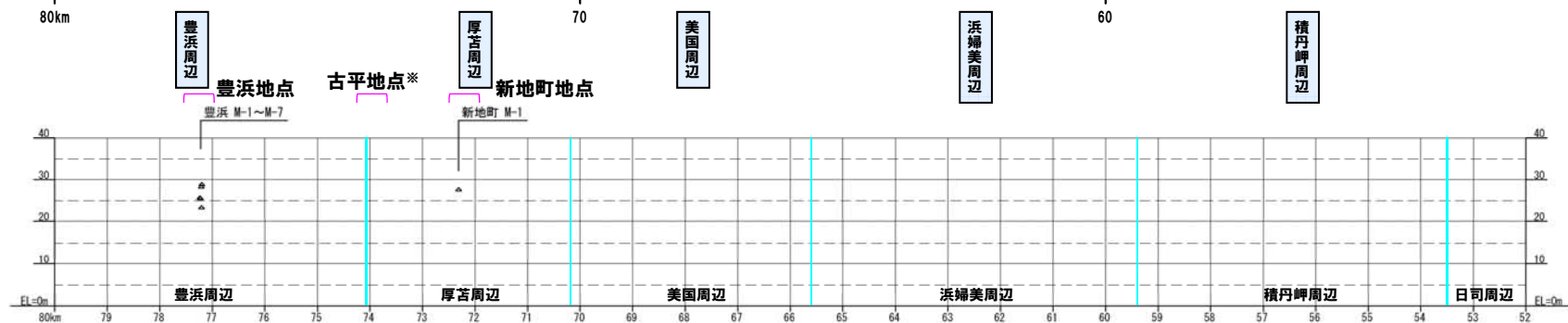
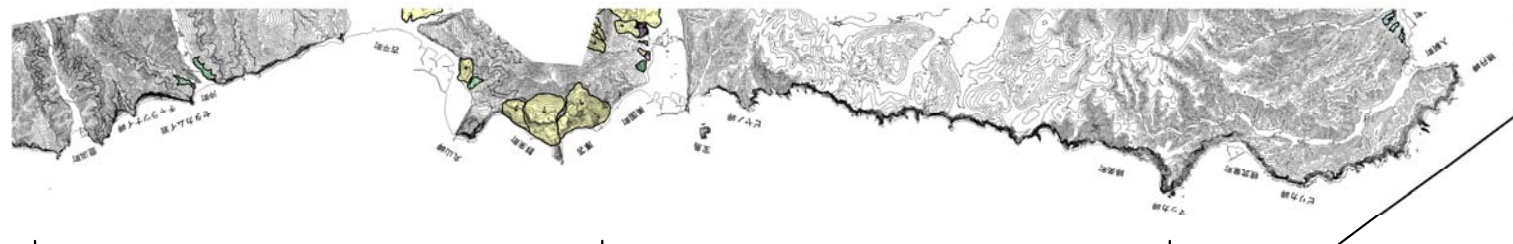
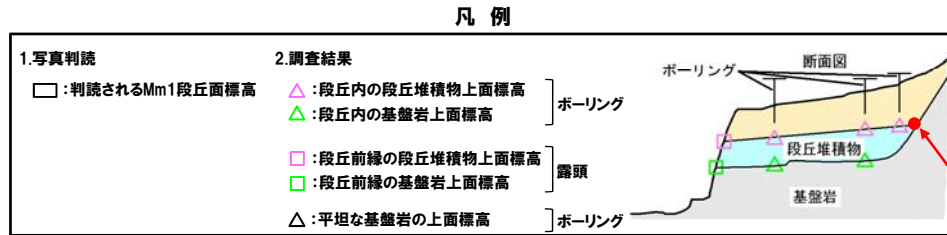
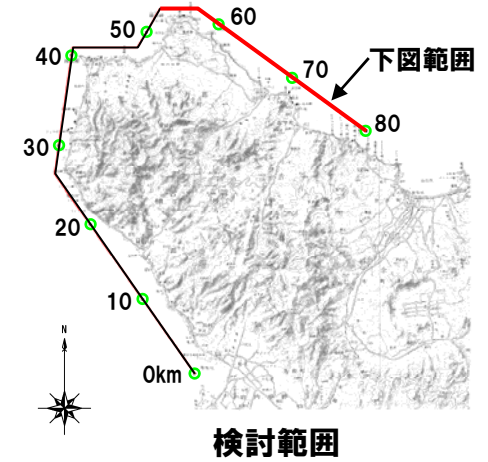
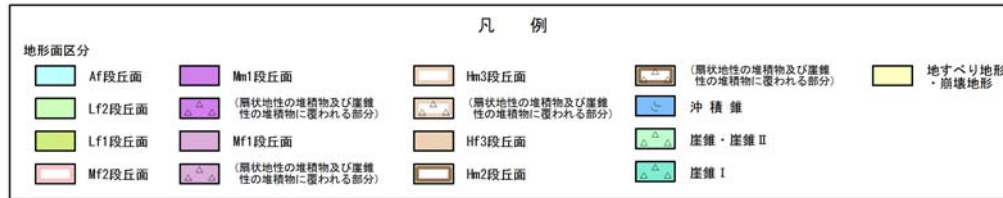
凡例



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-)



※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

③河成段丘

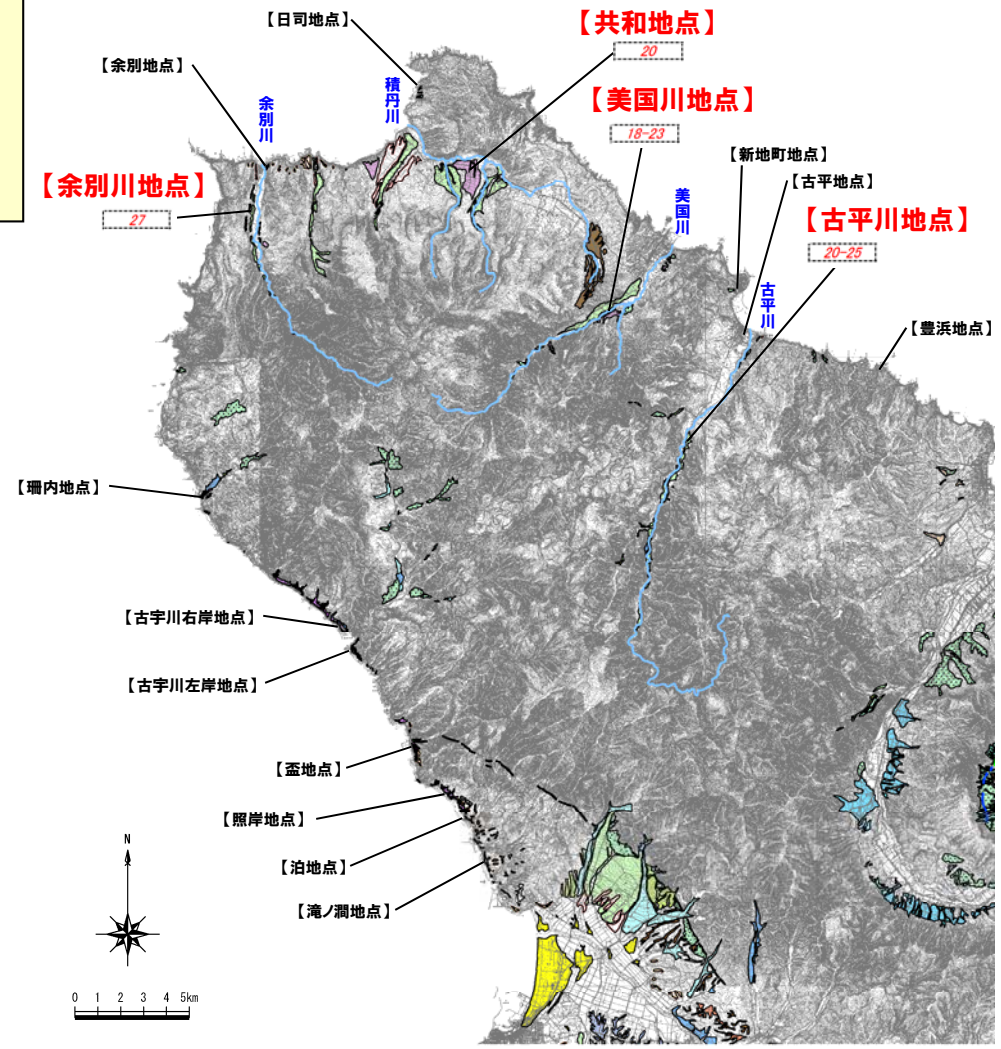
一部修正 (H26/11/28審査会合)

○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
Mn1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)	
沖積堆	
崖線・崖線II	
崖線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)

※各地点の詳細調査結果については、資料集P50~P116参照。

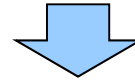
積丹半島北・東部のTT値

5.4 広域の隆起沈降傾向について

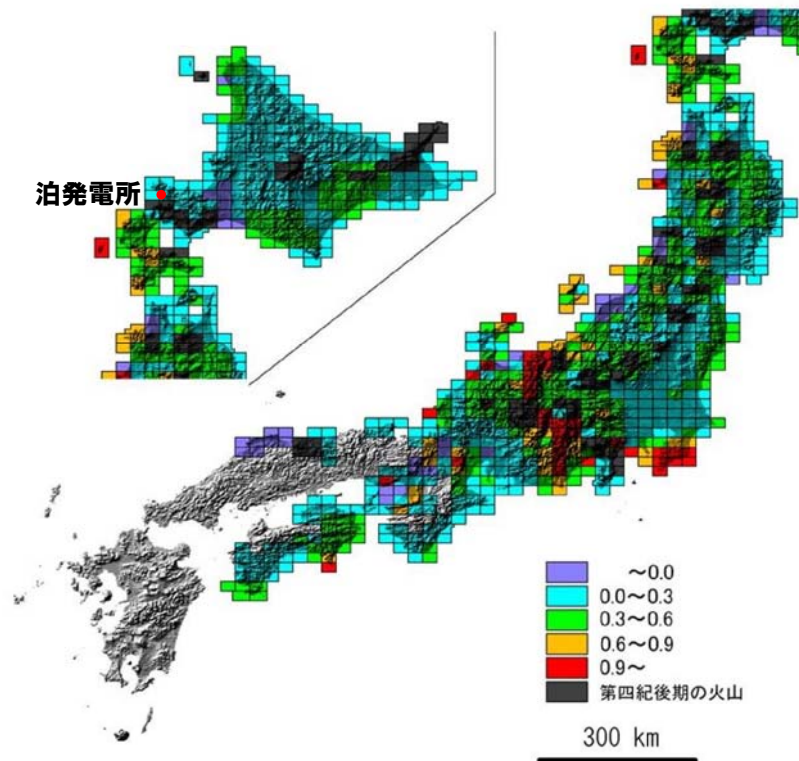
① 藤原ほか (2005)

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】

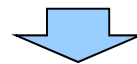
○積丹半島のMm1段丘を隆起させる、地震に伴う間欠的隆起以外の要因についての考察を行う。

【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】

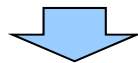
- 日本列島の上下方向の地殻運動には、列島規模の広域隆起運動が存在する。
- 広域隆起運動とは、非傾動運動であり、地震を伴わずに常時進行している連続的運動である。
- 広域隆起量は、より広めの地域を設定した上で、旧汀線の最低値から海面変化量を除いた値を採用することで、過大評価することなく見積もることができる。
- 東北日本弧北部における広域隆起運動は、列島規模の底上げ的隆起運動（最低でも0.1mm/年）に、日本海側（内弧）をより隆起させる波長100～150kmほどの地殻変動も加味される。
- 積丹半島のMIS5e海成段丘分布高度は、東北日本弧北部日本海側において最低レベルとなることから、当該地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。



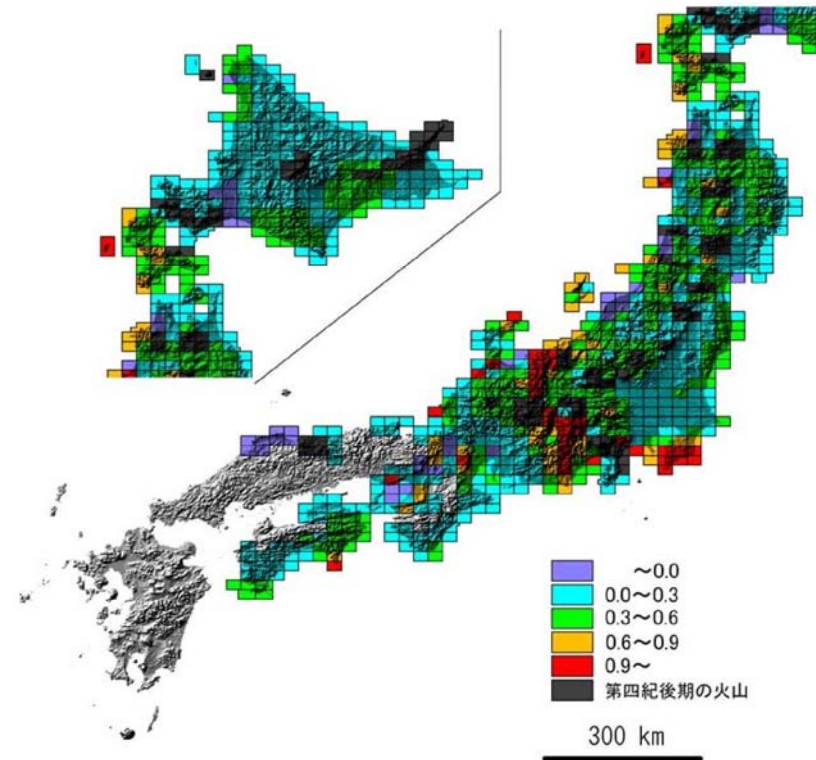
○積丹半島のMm1段丘を隆起させる要因としては、広域隆起の可能性も考えられる。

① 積丹半島の隆起速度

- 「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】

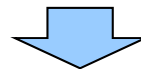
- ① 地殻運動は基本的には、地震に伴う急性の地殻運動 (間欠的急性に生ずる脆性破壊) と、その前後の比較的長時間の弾性変形との組み合わせである。
- ② 日本列島における地殻運動には、加えて、より長期的な、より広域的な非弾性変形も加わっていると思われる。
- ③ たとえば、上下方向の地殻変動の復元にしばしば用いられる旧汀線高度は、以下のように表すことができる。

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

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。

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。

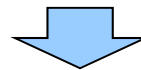
【a. 地震隆起海岸での旧汀線隆起量と土地傾動量の不調和】

- 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)

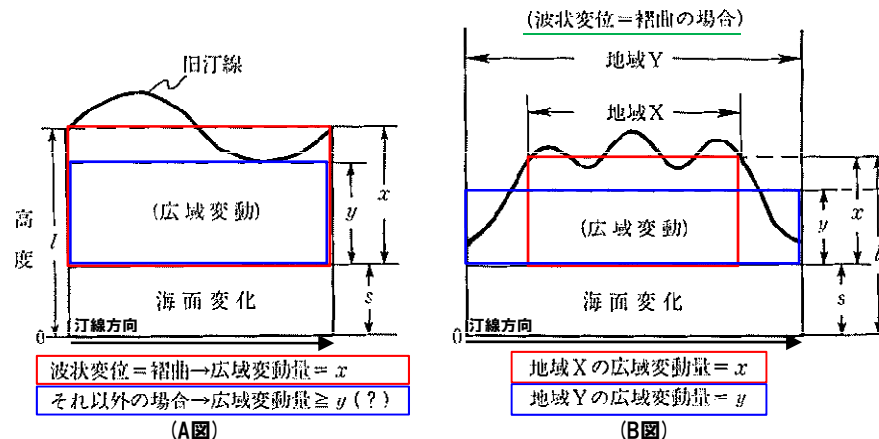
○宮内(1991)では、東北日本弧北部における旧汀線高度の地殻変動成分の分析法について、以下のように示されている。

【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。



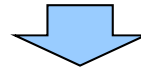
波状隆起における広域変動の捉え方(宮内, 1991に加筆)

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

③宮内(1991) (-2/2-)

○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。



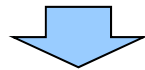
○東北日本弧北部における広域隆起運動は、列島規模の底上げ的隆起運動(最低でも0.1mm/年)に、日本海側(内弧)をより隆起させる波長100~150kmほどの地殻変動も加味される。

6.4 広域隆起に関する検討

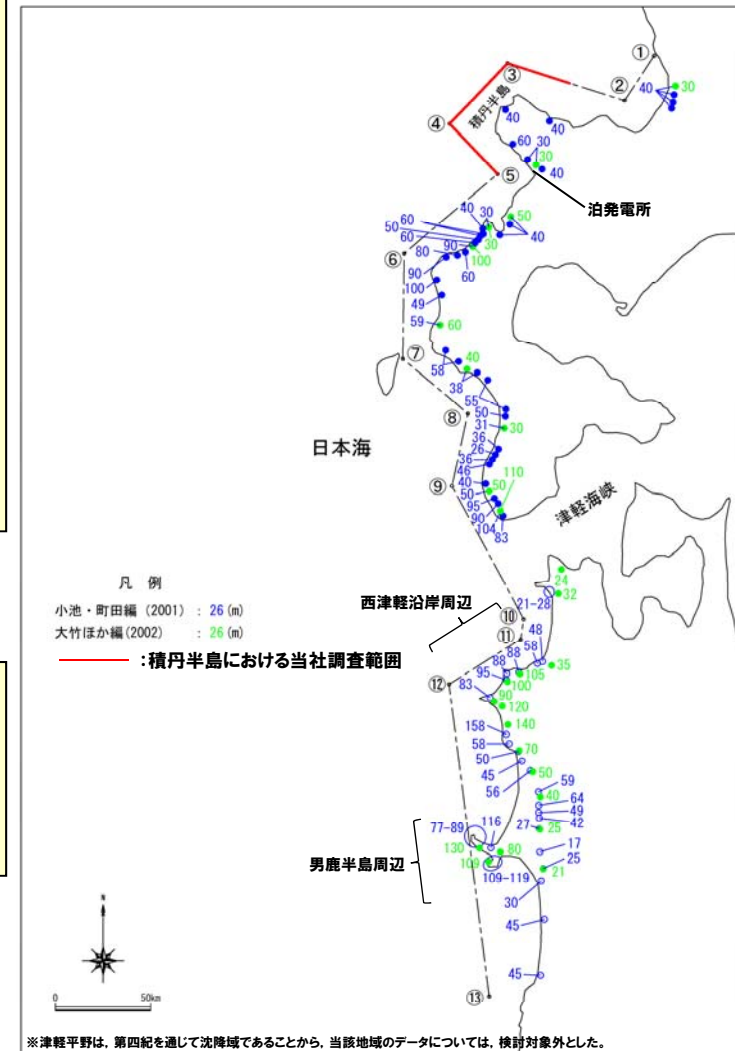
①東北日本弧北部日本海側（内弧）のMIS5e海成段丘高度に関する検討

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(詳細はP70～P75参照)。
- また、積丹半島周辺から秋田県付近のうち、西津軽沿岸周辺は檜垣ほか(2011)、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

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。

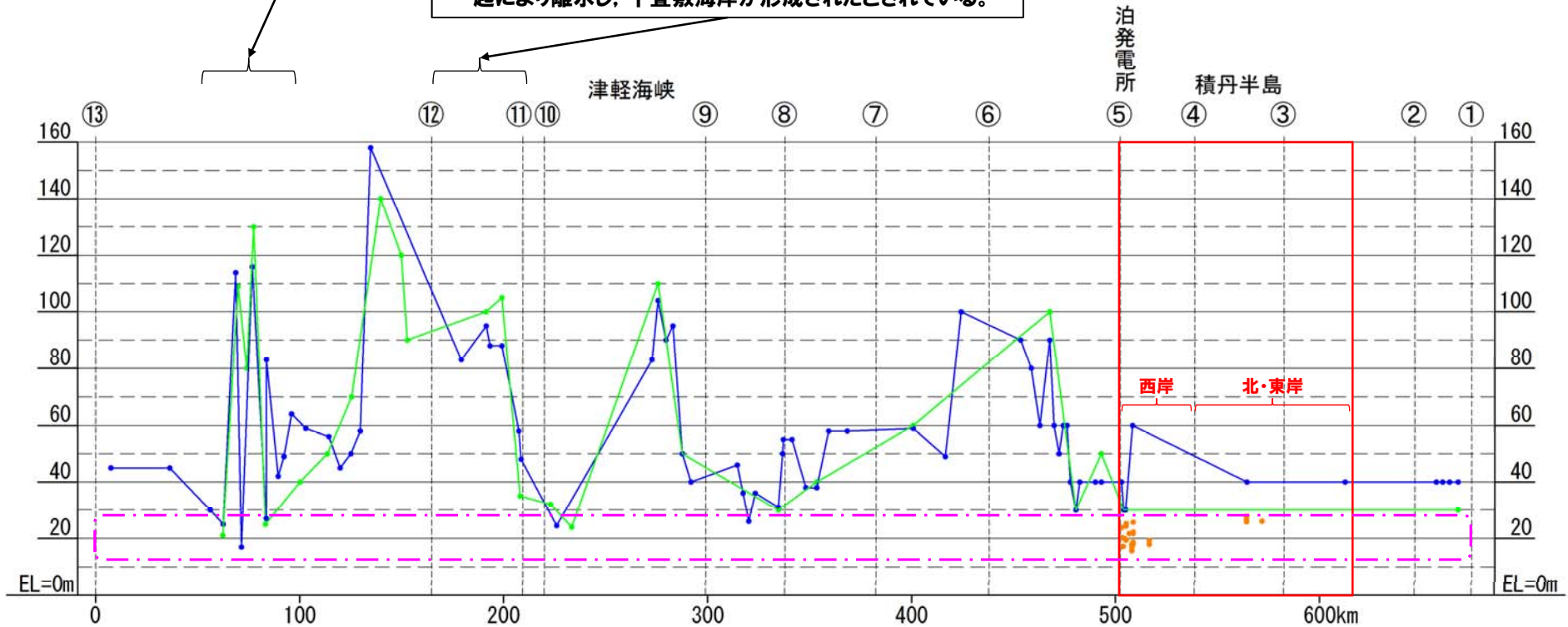
○西津軽沿岸周辺

- ・檜垣ほか(2011)により地震性隆起が報告されている。
- ・檜垣ほか(2011)によれば、1793年西津軽地震時の隆起により離水し、千畳敷海岸が形成されたとされている。

凡例

- 当社調査結果 : ● (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



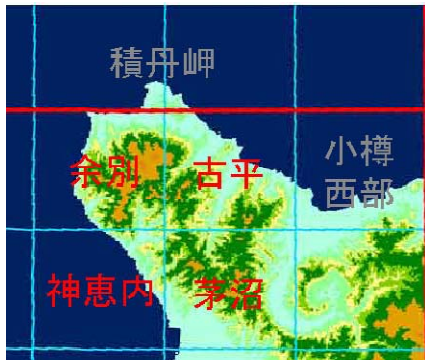
※小池・町田編(2001)と当社調査結果との差異については、P70~P75参照。

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)

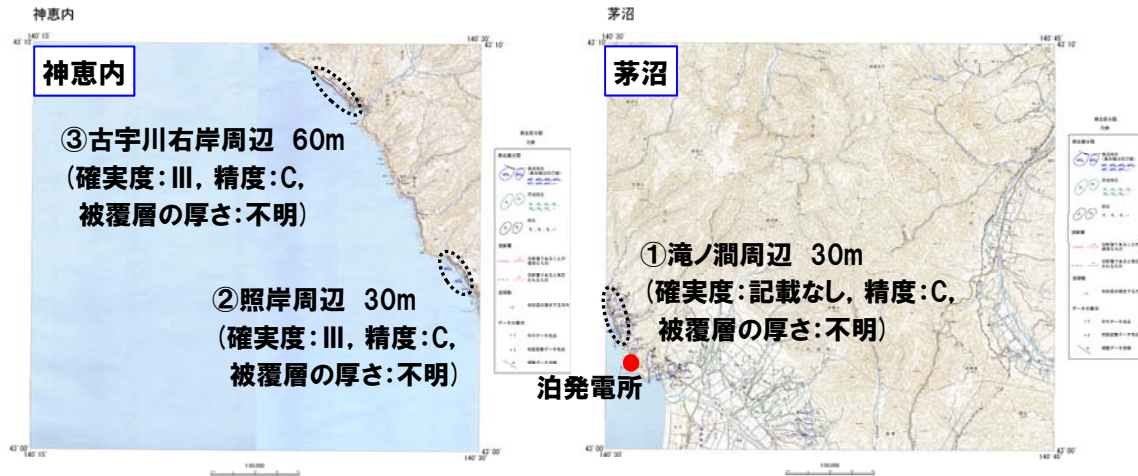
6.4 広域隆起に関する検討

②小池・町田編(2001)におけるMIS5e海成段丘面との対比(-1/6-)

- 小池・町田編(2001)では、積丹半島沿岸のMIS5e海成段丘面(以下、文献記載のMIS5e海成段丘面について「mT_{5e}」という。)を認定しており、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。
- 積丹半島西岸の旧汀線アングルは、30m~60mの高度変化を伴う状況が認められる。
- しかし、当社は、当該箇所についてボーリング調査、地表地質踏査等を実施し、旧汀線高度は約25mであると評価している。
- 小池・町田編(2001)との差異は、被覆層の厚さによるものと判断される。



積丹半島周辺図幅(小池・町田編, 2001)



mT_{5e} 標高(旧汀線アングル)
(小池・町田編, 2001に加筆)

小池・町田編(2001)における段丘編年の妥当性の定義

段丘編年の妥当性 (確実度)	内容
確実度Ⅰ	<ul style="list-style-type: none"> 年代既知のテフラが段丘堆積物に狭在あるいは段丘を直接覆う場合 段丘堆積物中あるいは直上の試料を用いて行われた年代測定結果から段丘の形成年代を推定した場合など、直接的に形成年代を推定したもの
確実度Ⅱ	<ul style="list-style-type: none"> 段丘堆積物が風成ロームに覆われるとき、風成ローム層の堆積速度を一定と仮定して、狭在するテフラの年代値から外挿して推定した場合 隆起速度が一定と仮定して、既知の段丘の年代値から外挿して推定したものなど、間接的に形成年代を推定した場合
確実度Ⅲ	<ul style="list-style-type: none"> 地形発達順序関係に基づいて推定したものなど、推定の根拠が曖昧な場合

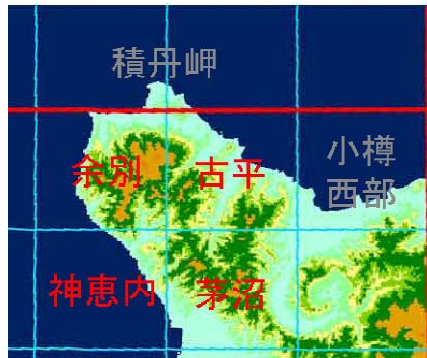
小池・町田編(2001)における高度に関する精度の定義

高度に関する精度	内容
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(1/25,000地形図からの読みとりなど)

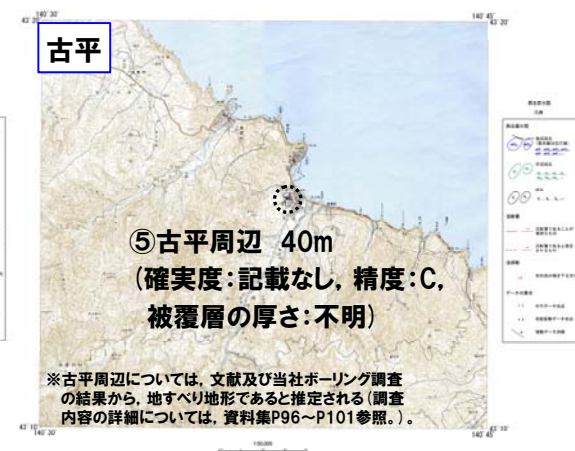
6.4 広域隆起に関する検討

②小池・町田編(2001)におけるMIS5e海成段丘面との対比(-2/6-)

- 積丹半島北・東岸の旧汀線アングルは40mである。
- しかし、当社は、当該箇所についてボーリング調査を実施し、Mm1段丘堆積物の上面標高が約26m~28mであることを確認している。
- 小池・町田編(2001)との差異は、被覆層の厚さによるものと判断される。



積丹半島周辺図幅(小池・町田編, 2001)



mT_{5e} 標高(旧汀線アングル)
(小池・町田編, 2001に加筆)

小池・町田編(2001)における段丘編年の妥当性の定義

段丘編年の妥当性 (確実度)	内容
確実度Ⅰ	<ul style="list-style-type: none"> ・年代既知のテフラが段丘堆積物に狭在あるいは段丘を直接覆う場合 ・段丘堆積物中あるいは直上の試料を用いて行われた年代測定結果から段丘の形成年代を推定した場合など、直接的に形成年代を推定したもの
確実度Ⅱ	<ul style="list-style-type: none"> ・段丘堆積物が風成ロームに覆われるとき、風成ローム層の堆積速度を一定と仮定して、狭在するテフラの年代値から外挿して推定した場合 ・隆起速度が一定と仮定して、既知の段丘の年代値から外挿して推定したものなど、間接的に形成年代を推定した場合
確実度Ⅲ	<ul style="list-style-type: none"> ・地形発達順序関係に基づいて推定したものなど、推定の根拠が曖昧な場合

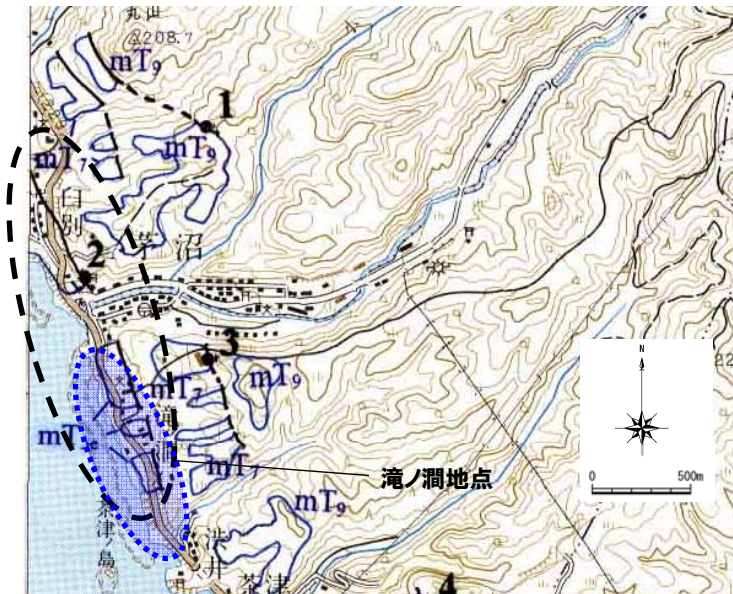
小池・町田編(2001)における高度に関する精度の定義

高度に関する精度	内容
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(1/25,000地形図からの読みとりなど)

6.4 広域隆起に関する検討

②小池・町田編(2001)におけるMIS5e海成段丘面との対比(-3/6-)

【①滝ノ澗周辺】

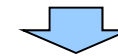


①滝ノ澗周辺(小池・町田編, 2001に加筆)

- 凡例
- () : 小池・町田編(2001)におけるmT_{5e}
 - : 当社地質調査地点

小池・町田編(2001)	<ul style="list-style-type: none"> ○mT_{5e}高度 30m ○mT_{5e}旧汀線アングル 30m(被覆層厚さ不明)
当社地質調査結果 (滝ノ澗地点)	<ul style="list-style-type: none"> ○Mm1段丘堆積物上面標高 約17~20m(露頭調査) ○以下のことから, 旧汀線高度は約25mであると評価される。 <ul style="list-style-type: none"> ・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。

※調査内容の詳細については, 資料集P24~P26参照。

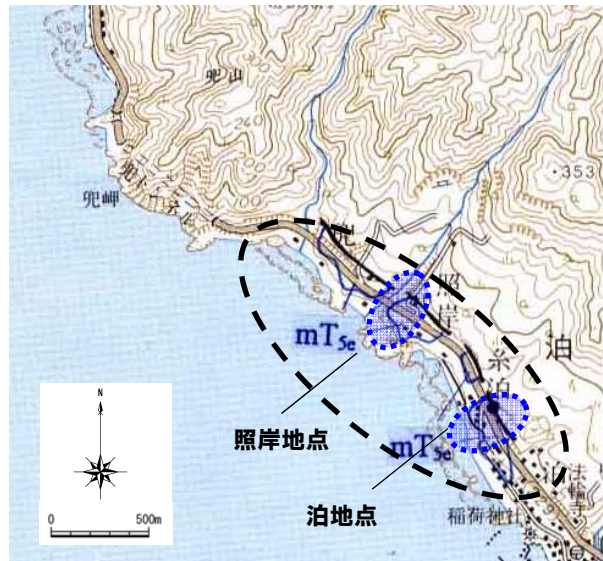


○小池・町田編(2001)との差異は, 被覆層の厚さによるものと判断される。

6.4 広域隆起に関する検討

②小池・町田編(2001)におけるMIS5e海成段丘面との対比(-4/6-)

【②照岸周辺】



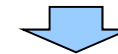
②照岸周辺(小池・町田編, 2001に加筆)

凡例

- : 小池・町田編(2001)におけるmT_{5e}
- : 当社地質調査地点

小池・町田編(2001)	<ul style="list-style-type: none"> ○mT_{5e}高度 30m ○mT_{5e}旧汀線アングル 30m(被覆層厚さ不明)
当社地質調査結果 (泊地点)	<ul style="list-style-type: none"> ○Mm1段丘前面における段丘堆積物上面標高 約20m(露頭調査) ○以下のことから、旧汀線高度は約25mであると評価される。 <ul style="list-style-type: none"> ・近接する滝ノ瀬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。
当社地質調査結果 (照岸地点)	<ul style="list-style-type: none"> ○Mm1段丘堆積物上面標高 約19~25m(群列ボーリング調査) ○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。

※調査内容の詳細については、資料集P28~P32参照。

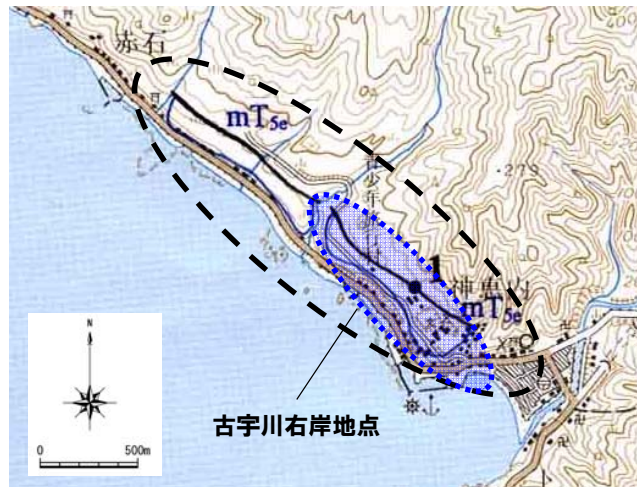


○小池・町田編(2001)との差異は、被覆層の厚さによるものと判断される。

6.4 広域隆起に関する検討

②小池・町田編(2001)におけるMIS5e海成段丘面との対比(-5/6-)

【③古宇川右岸周辺】

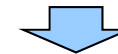


③古宇川右岸周辺(小池・町田編, 2001に加筆)

凡例	
	: 小池・町田編(2001)におけるmT _{5e}
	: 当社地質調査地点

小池・町田編(2001)	○mT _{5e} 高度 60m ○mT _{5e} 旧汀線アングル 60m(被覆層厚さ不明)
当社地質調査結果 (古宇川右岸地点)	○Mm1段丘堆積物上面標高 約18~26m(群列ボーリング調査) ○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。

※調査内容の詳細については, 資料集P40~P44参照。



○小池・町田編(2001)との差異は, 被覆層の厚さによるものと判断される。



6.4 広域隆起に関する検討

②小池・町田編(2001)におけるMIS5e海成段丘面との対比(-6/6-)

【④余別周辺】

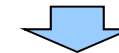


④余別周辺(小池・町田編, 2001に加筆)

凡例	
	: 小池・町田編(2001)におけるmT _{5e}
	: 当社地質調査地点

小池・町田編(2001)	○mT _{5e} 高度 40m ○mT _{5e} 旧汀線アングル 40m(被覆層厚さ不明)
当社地質調査結果 (余別地点)	○Mm1段丘堆積物上面標高 約26~28m(群列ボーリング調査)

※調査内容の詳細については、資料集P50~P56参照。



○小池・町田編(2001)との差異は、被覆層の厚さによるものと判断される。

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】

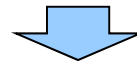
- 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造が汀線際に存在した場合、その規模から、活構造は南方の岩内平野まで連続するものと考えられることから、岩内平野において活構造の有無を確認する。

【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。



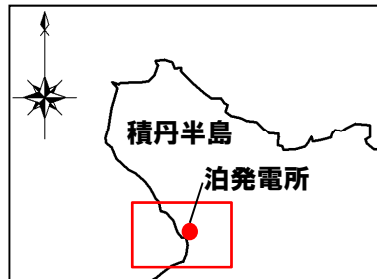
- 岩内平野には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。

7.2 調査計画

①調査位置

一部修正 (H27/5/29審査会合)

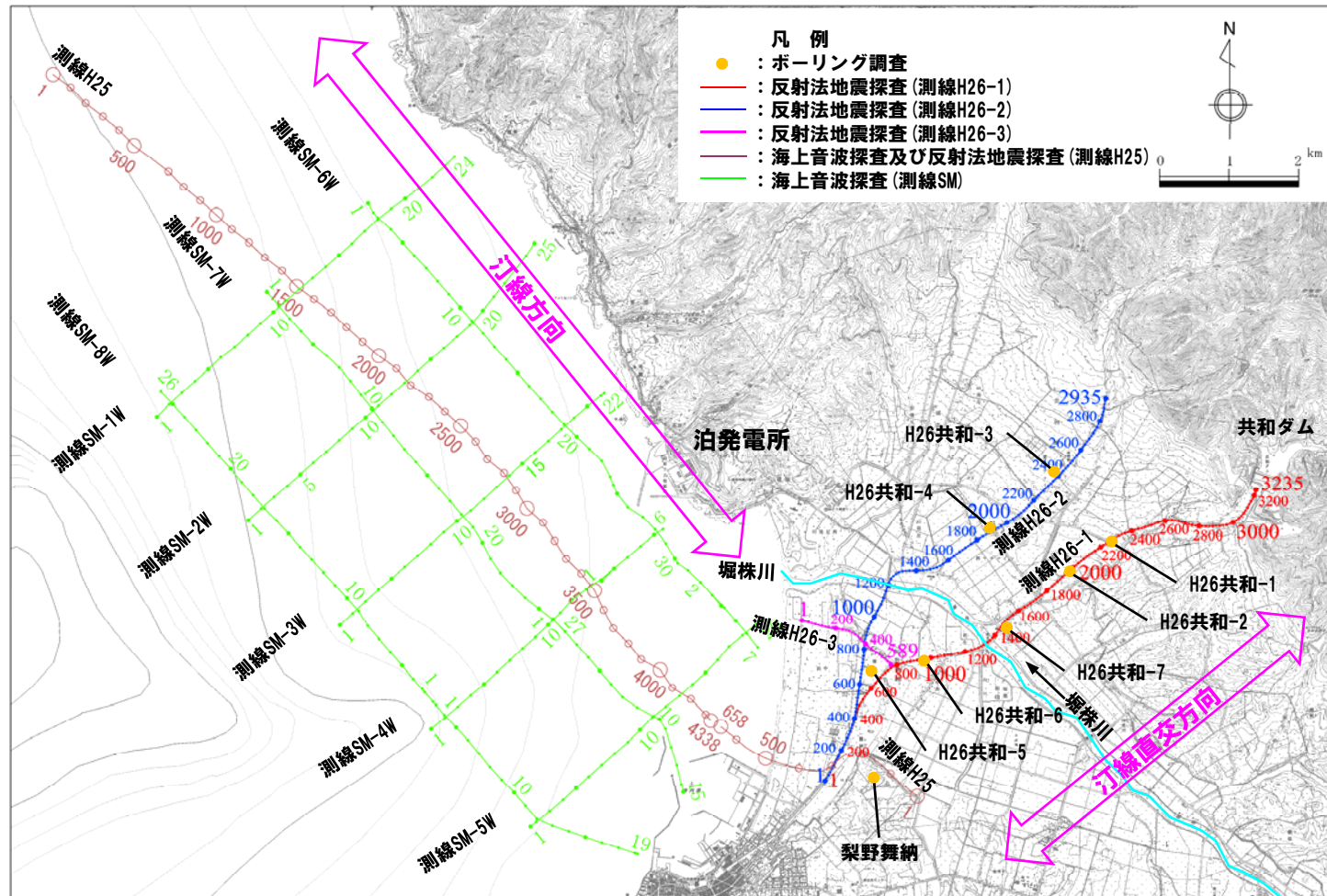
- 反射法地震探査は、積丹半島西岸における汀線方向の構造を確認するため、敷地南方の岩内平野において汀線直交方向に測線を設定した。
- ボーリング調査位置は、反射法地震探査測線沿いとした。



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

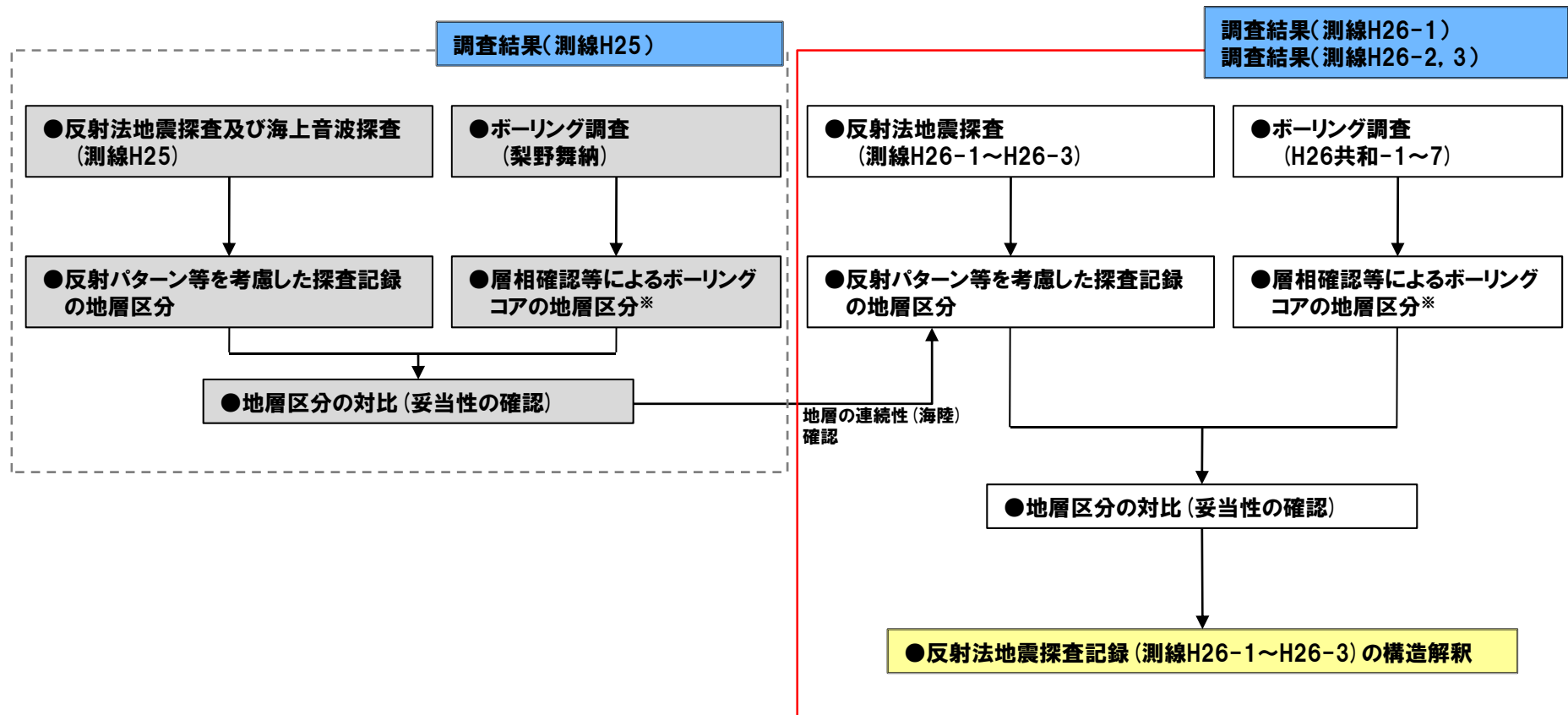
※堀株川周辺は、反射法地震探査記録の重合数が相対的に少ない範囲となることから、反射法地震探査記録における堀株川右左岸の地層区分の精緻化を図ることを目的に実施している。

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。



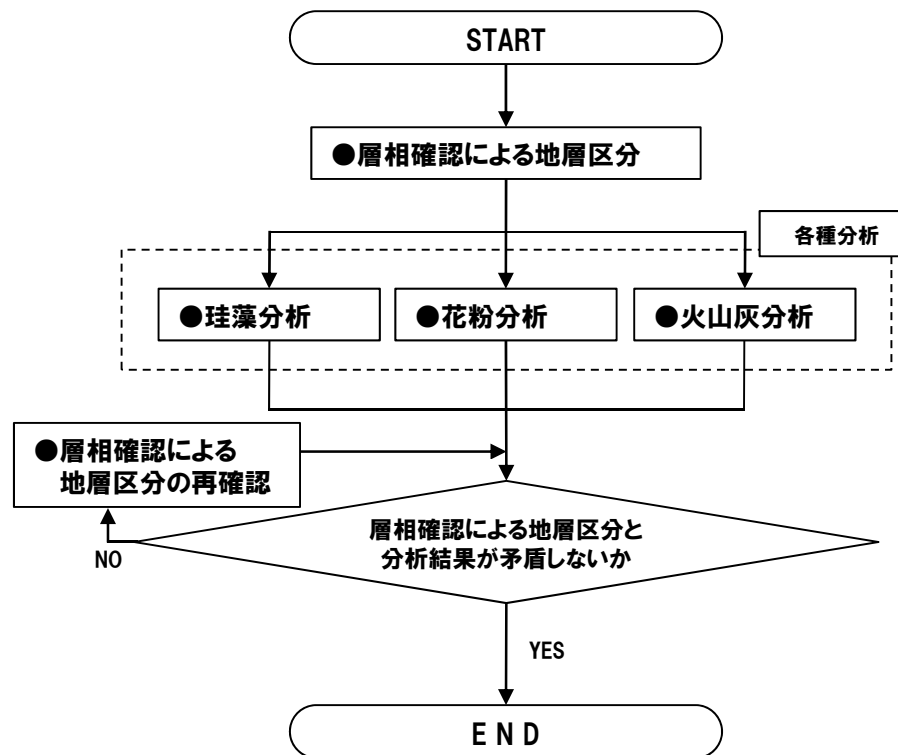
※1 ボーリングコアの地層区分方法については、次頁参照

※2 反射パターン等を考慮した探査記録の地層区分、層相確認等によるボーリングコアの地層区分及び地層区分の対比結果については、資料集P121~P269参照。

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	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 扇状地II堆積物	低位段丘堆積物	低位火山麓扇状地堆積物 扇状地I堆積物	低位段丘堆積物	低位火山麓扇状地堆積物 扇状地II堆積物	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	
		中期	中位段丘堆積物	扇状地I堆積物	中位段丘堆積物	扇状地II堆積物	中位段丘堆積物	扇状地I堆積物	礫・砂・粘土	礫・砂・粘土	
	前期	野塚層	岩内層	三和層	鮎川層	瀬棚層	歌島層	砂・礫	礫・砂・粘土	礫・砂	
第三紀	鮮新世	余別層	赤井川粘土層 赤井川火山岩類	尻別川層	雷電岬火山角礫岩層	黒松内層	水豊層	安山岩質火砕岩 砂岩・礫岩・泥岩	礫岩・砂岩・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	後期	神恵内層	磯谷層	二股層	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	安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩
		中期	古平層	北層群	八雲層	折川層	安山岩溶岩及び同質火砕岩・デイサイト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		安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩	砂岩・泥岩・安山岩質火砕岩	泥岩
	漸新世	茅沼層		訓縫層		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					
白亜紀	始新世										
	晩新世										
先白亜紀		花崗岩類		花崗岩類		花崗岩類		花崗閃緑岩		花崗閃緑岩	頁岩・粘土 緑色岩類・石灰岩
		リヤムナイ層		泊川層群							

~~~~~ : 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)

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、砂層中の凝灰岩を対象とした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】

- 積丹地域全域に分布する砂、礫等からなる地層であり、主に神威岬及び積丹岳北麓に分布する。
- 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)

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      | 礫・砂・粘土                             | 礫・砂・粘土     | 礫・砂・粘土             | 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      | 低位火山麓部状地堆積物 | 扇状地II堆積物   | 低位段丘堆積物  | 低位火山麓部状地堆積物 | 扇状地II堆積物   | 低位段丘堆積物 | 低位火山麓部状地堆積物 | 扇状地II堆積物                           | 低位段丘堆積物    | 低位火山麓部状地堆積物        | 扇状地II堆積物   | 低位段丘堆積物            | 低位火山麓部状地堆積物 | 扇状地II堆積物           |
|      | 中期   | 中位段丘堆積物      | ニシノコ火山噴出物   | 扇状地I堆積物    | 中位段丘堆積物  | 扇状地I・II堆積物  | 扇状地I・II堆積物 | 中位段丘堆積物 | 扇状地I・II堆積物  | 扇状地I・II堆積物                         | 中位段丘堆積物    | 扇状地I・II堆積物         | 扇状地I・II堆積物 | 中位段丘堆積物            | 扇状地I・II堆積物  | 扇状地I・II堆積物         |
|      | 前期   | 高位段丘堆積物及び発見層 | 高位火山麓部状地堆積物 | 扇状地I・II堆積物 | 高位段丘堆積物  | 高位火山麓部状地堆積物 | 扇状地I・II堆積物 | 高位段丘堆積物 | 高位火山麓部状地堆積物 | 扇状地I・II堆積物                         | 高位段丘堆積物    | 高位火山麓部状地堆積物        | 扇状地I・II堆積物 | 高位段丘堆積物            | 高位火山麓部状地堆積物 | 扇状地I・II堆積物         |
| 第三紀  | 漸新世  | 野塚層          | 赤井川粘土層      | 赤井川火山岩類    | 鮎川層      | 三和層         | 如來山層       | 上部層     | 歌島層         | 砂・礫                                | 礫・砂・粘土     | 砂・粘土               | 砂・粘土       | 砂・粘土               | 砂・粘土        | 砂・粘土               |
|      | 中新世  | 余別層          | 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   | 黒松内層       | 中部層     | 永豊層         | 安山岩質火砕岩                            | 砂・礫・泥岩     | 砂・粘土               | 砂・粘土       | 砂・粘土               | 砂・粘土        | 砂・粘土               |
|      | 後期   | 神恵内層         | 俱知安層群       | 俱知安層群      | 磯谷層      | 北前岩類        | 二股層        | 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    | 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    | 安山岩質火砕岩     | 安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩    |
|      | 中期   | 二平層          | 二平層         | 二平層        | 二平層      | 二平層         | 二平層        | 二平層     | 二平層         | 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    | 安山岩質火砕岩    | 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    |
| 古第三紀 | 漸新世  | 茅沼層          | 茅沼層         | 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・安山岩質火砕岩 | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩 | 泥岩・安山岩質火砕岩 | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩 | 泥岩・安山岩質火砕岩  | 泥岩・安山岩溶岩及び同質火砕岩・泥岩 |
|      | 始新世  | 二平層          | 二平層         | 二平層        | 二平層      | 二平層         | 二平層        | 二平層     | 二平層         | 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    | 安山岩質火砕岩    | 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    |
| 白亜紀  | 白亜紀  | 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        | 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 | リヤムナイ層       | リヤムナイ層      | リヤムナイ層     | リヤムナイ層   | 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      | 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: 積丹地域全域に分布

~~~~~ : 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(次頁参照)。

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。

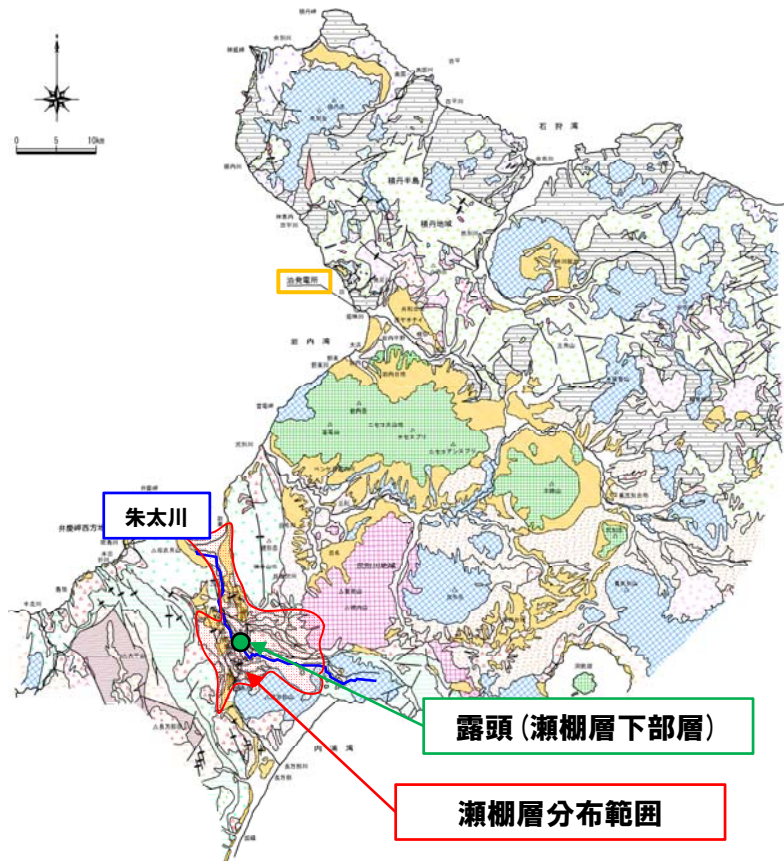
※3つの着目点を複合的に考慮し、岩内層と野塚層(下部層相当)の地層区分を実施する。

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)

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)

再掲(H27/5/29審査会合)

| 地質時代 | | 凡 例 | | | |
|--------------|---------------|--|--|--|---------------|
| | | 種丹地区 | 扇形川地域 | 扇形川内低地帯地域 | 扇形川高方地域 |
| 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 | 黄老山火山岩類 | 黒松内層
黒松内層火砕岩類 | 永豊層 |
| | 更新世 | 余別層 | 花崗岩類 | 二股層
八雲層
訓祿層 | 折川層・硬質頁岩 |
| 新第三紀 | 中新世 | 神恵内層
古平層 | 磯谷層・泥岩
磯谷層・凝灰角礫岩 | | |
| | 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 | LL | | | |
| | デイサイト
石英斑岩 | AA | | | |
| | 真入岩類
安山岩 | VV | | | |
| | 玄武岩 | AA | | | |
| | 石英閃緑岩 | XX | | | |

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)

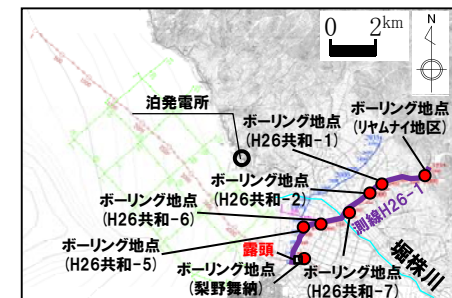
①地質・地質構造 (-1/3-)

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

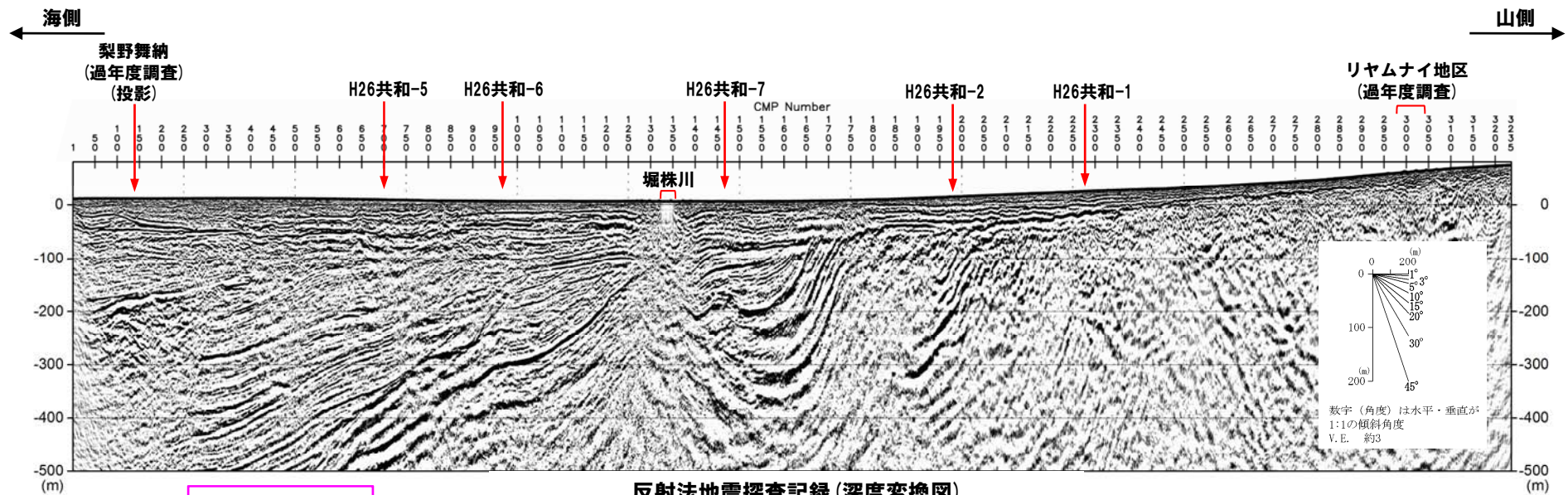


露頭近景(岩内層) N4° W/2° E

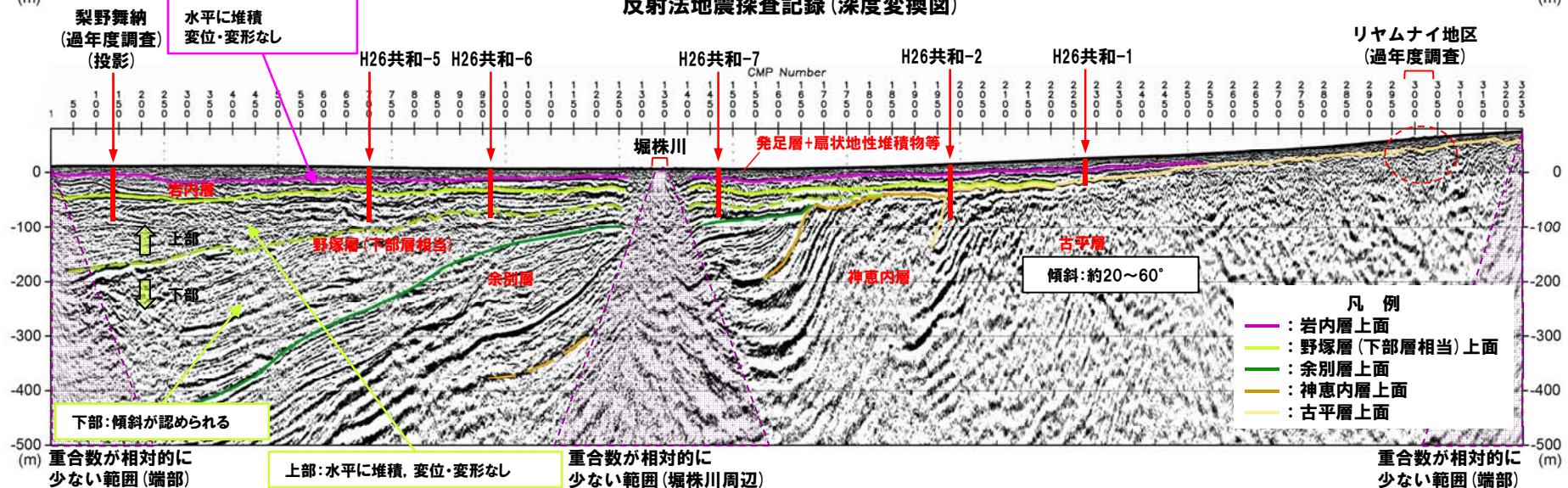
7.3 調査結果(測線H26-1)

①地質・地質構造 (-2/3-)

再掲 (H27/5/29審査会合)



反射法地震探査記録 (深度変換図)



地質断面図 (深度変換図)

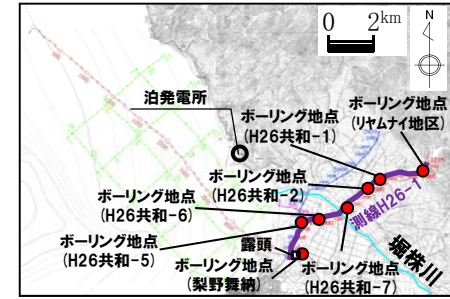
余白

7.3 調査結果(測線H26-1)

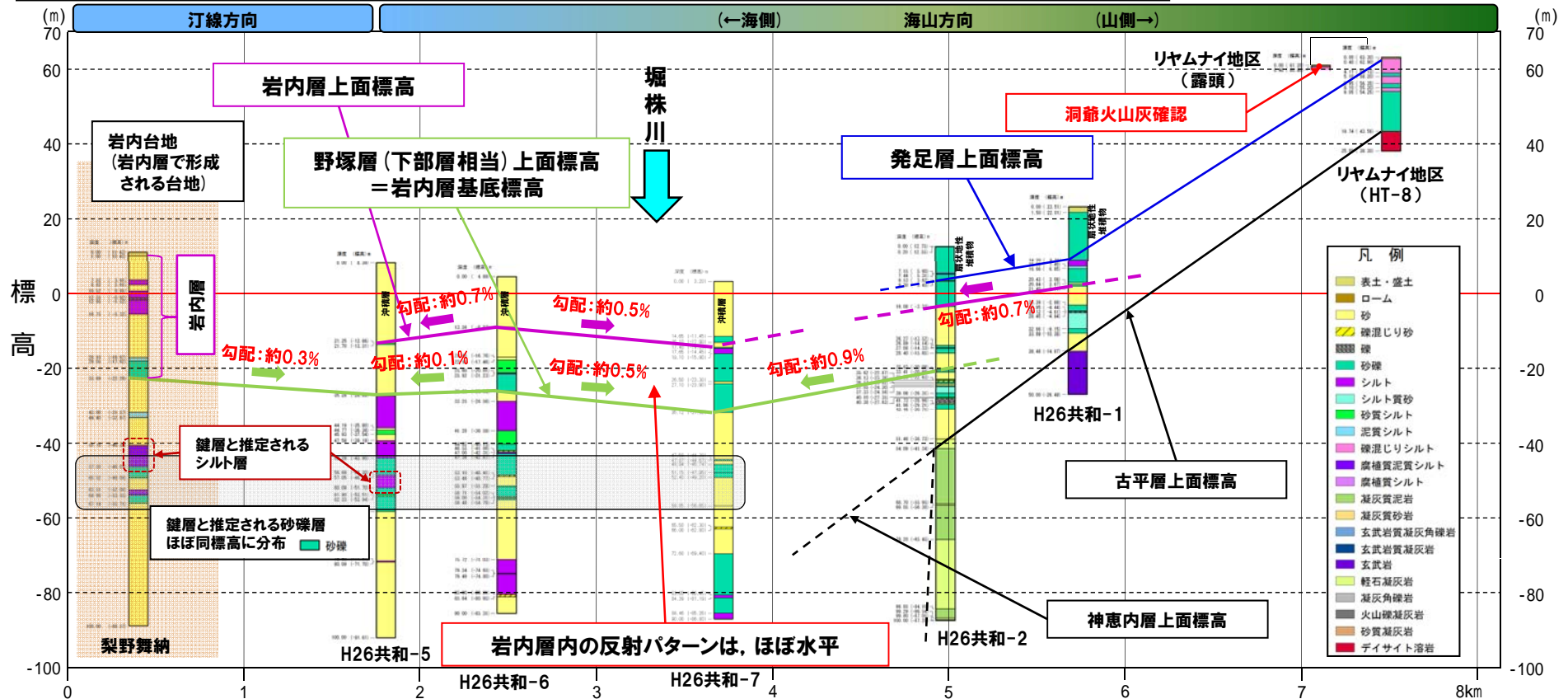
①地質・地質構造 (-3/3-)

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)

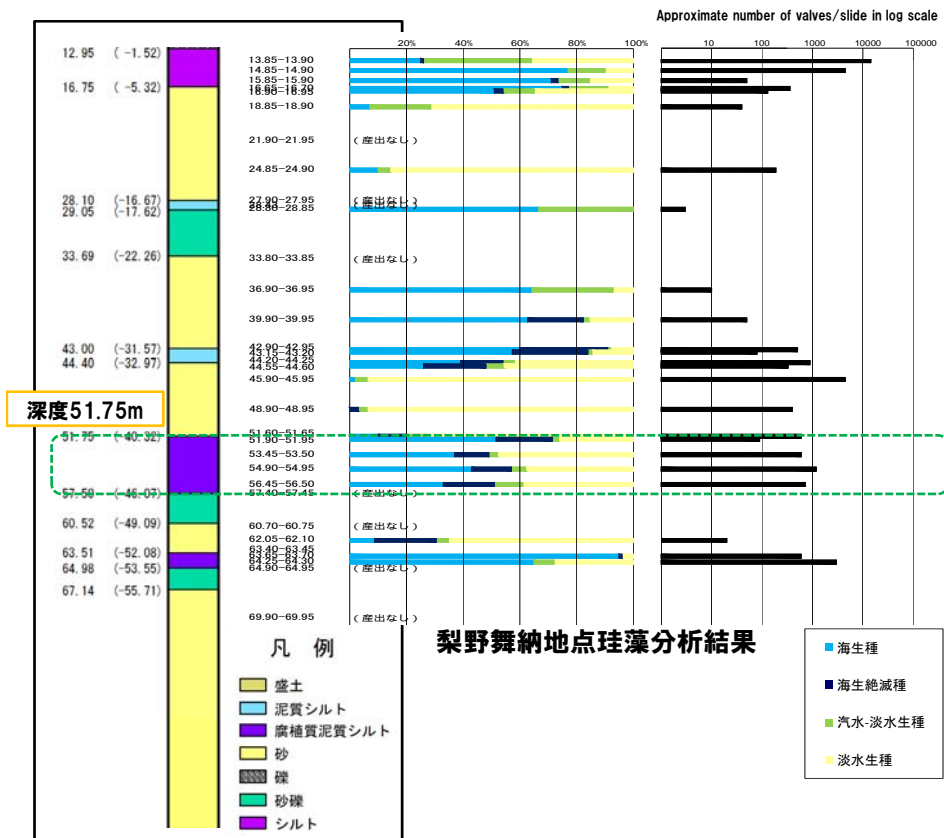
②珪藻分析結果

再掲 (H27/5/29審査会合)

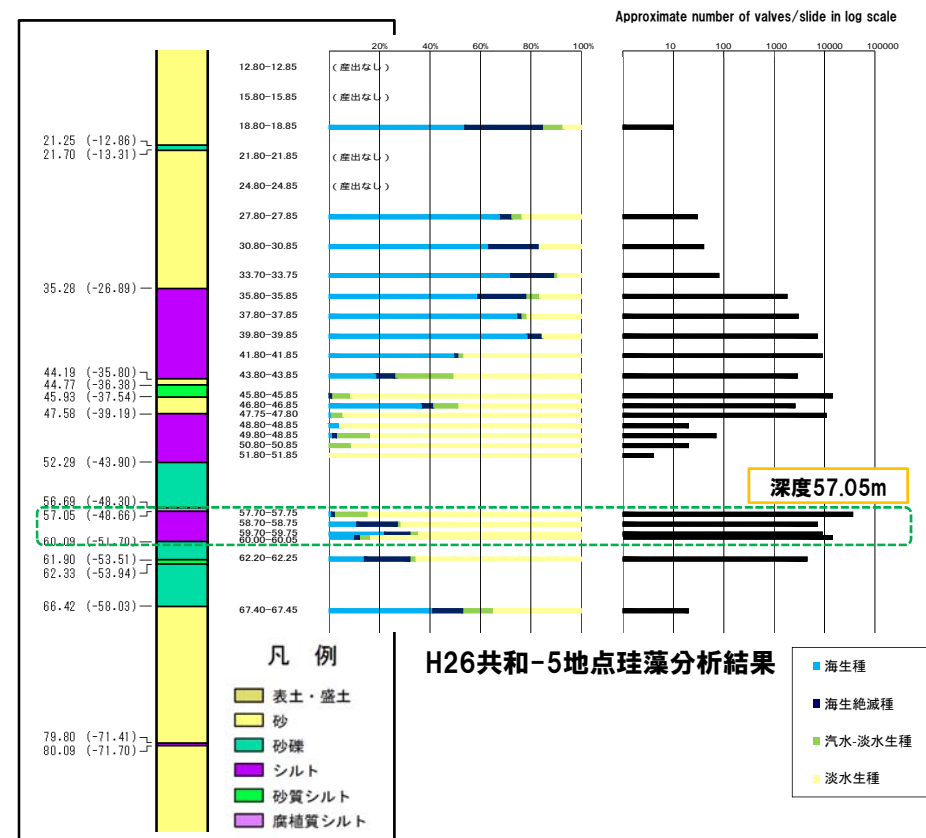
- 梨野舞納地点及びH26共和-5地点において、野塚層(下部層相当)の鍵層と推定されるシルト層について、珪藻分析結果を確認した。
- 梨野舞納地点における深度51.75m~57.50mの腐植質泥質シルト層及びH26共和-5地点における深度57.05m~60.09mのシルト層では、両地点とも海生種、新第三系鮮新統・中新統からの海生絶滅種(再堆積)、汽水-淡水生種及び淡水生種を含む。



○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)

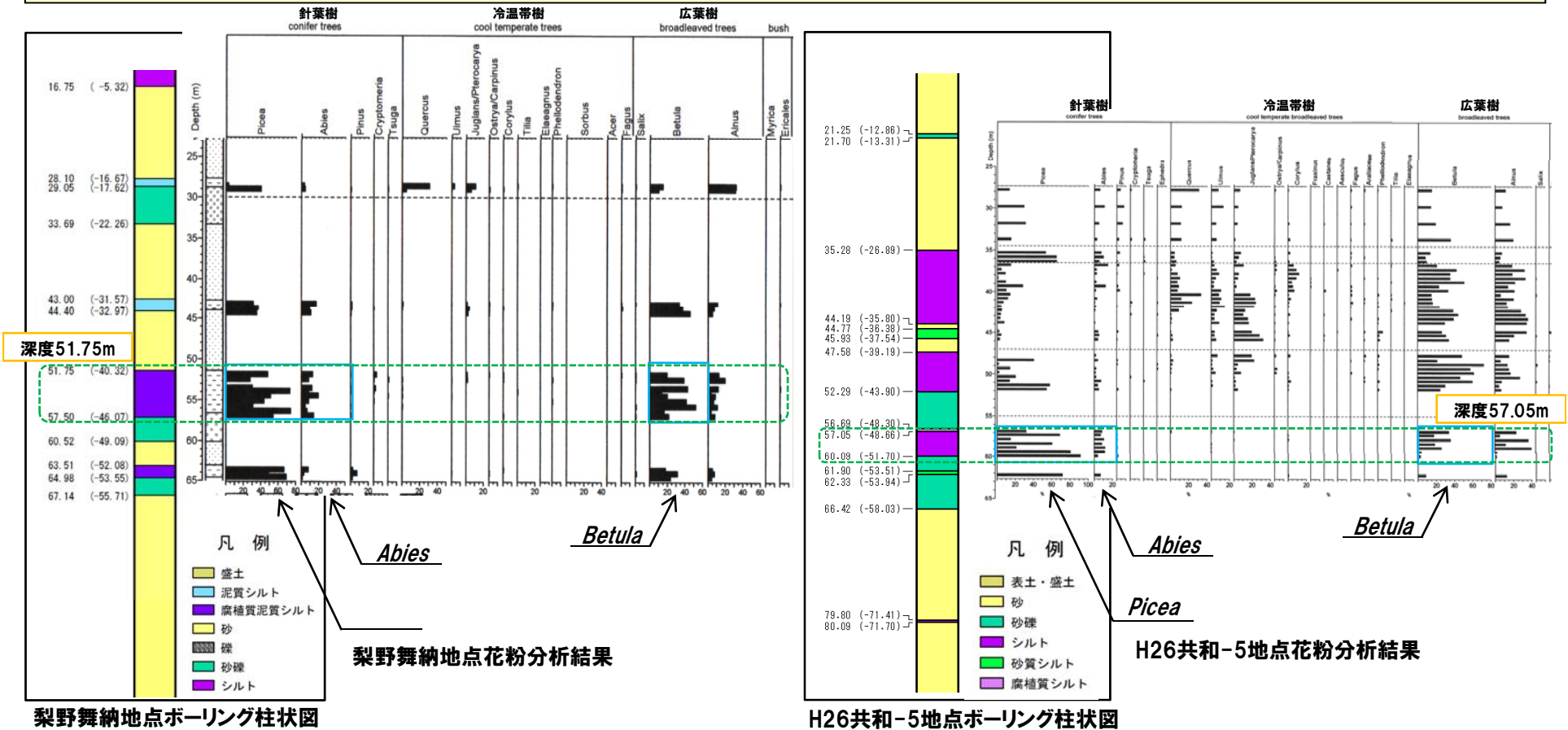
③花粉分析結果

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。



7.3 調査結果(測線H26-1)

④まとめ(-1/2-)

一部修正 (H27/5/29審査会合)

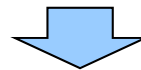
- 岩内層等の第四紀層が確認されている敷地南方の岩内平野において、測線H26-1を設定し、反射法地震探査を実施した。
- 地質層序の確認及び反射法地震探査結果との対比等を行うため、H26共和-1、H26共和-2、H26共和-5、H26共和-6及びH26共和-7地点においてボーリング調査を実施した。

【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。

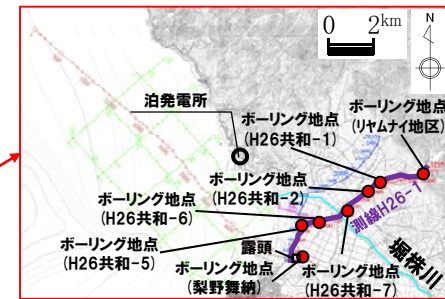
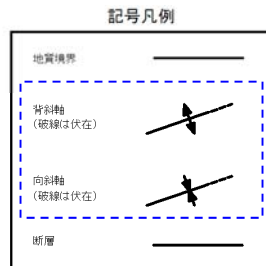


- 下部更新統の野塚層(下部層相当)の上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 下部～中部更新統の岩内層の基底標高は1%以下の勾配であり、岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 「3. 積丹半島の形成に関する検討」において、積丹半島周辺は、更新世には、NW-SE方向の褶曲運動は終焉していたものと推定したが、野塚層(下部層相当)の下部に傾斜が認められることから、岩内平野においては、前期更新世の初期までは褶曲運動が継続していた可能性も考えられる。

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 | 新新世 | 沖別層 | |
| | | 神恵内層 | |
| | 中新世 | 古平層 | |
| | | 茅沼層 | |
| 古第三紀 | 漸新世～始新世 | | |
| | 晩新世 | | |
| 白堊紀 | 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 | | |



積丹半島の地質図

7.4 調査結果(測線H26-2, 3)

①地質・地質構造 (-1/3-)

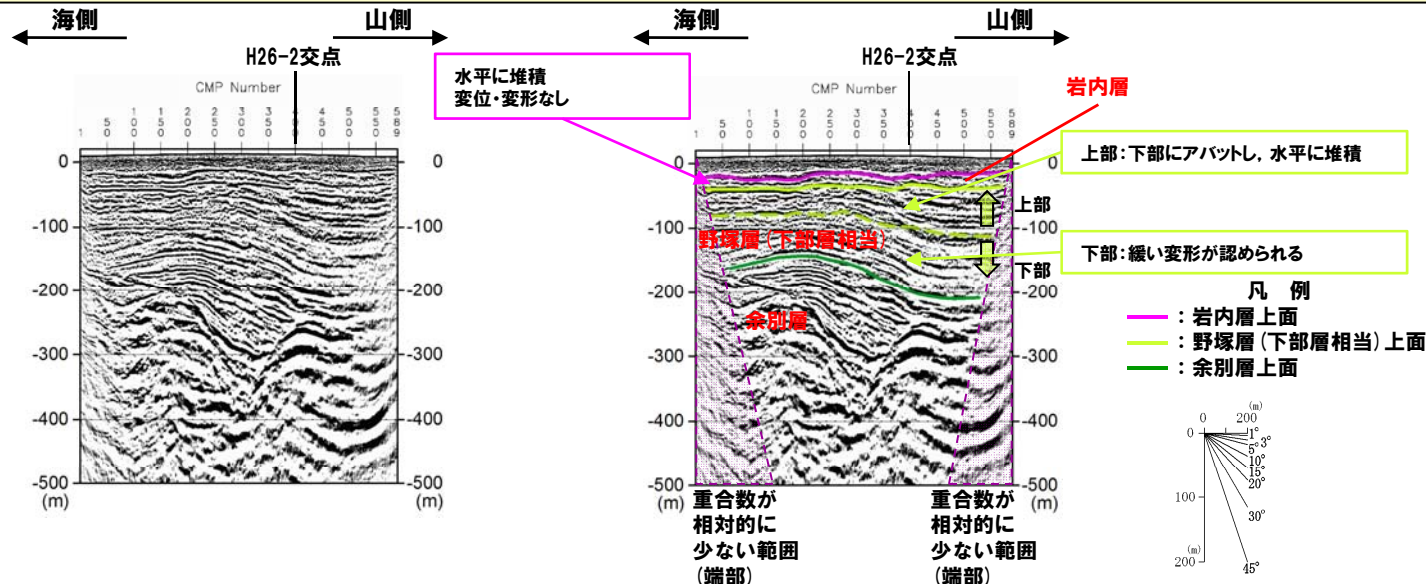
再掲 (H27/5/29審査会合)

(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)

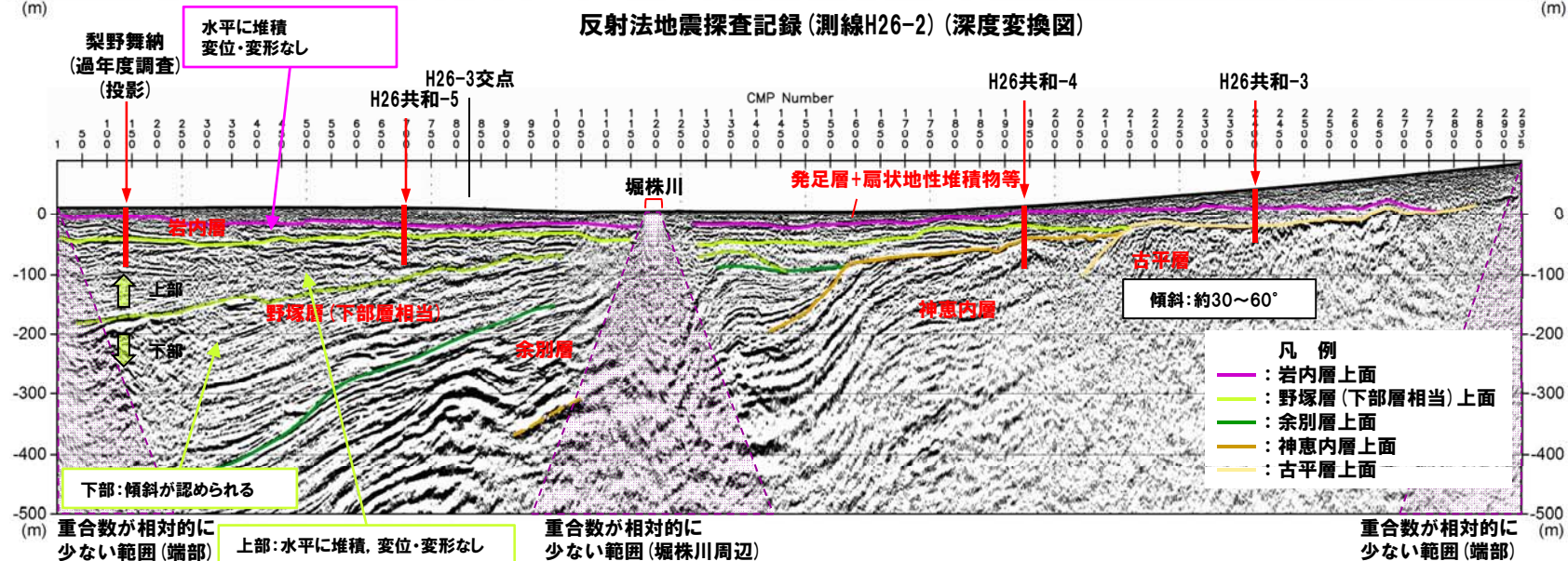
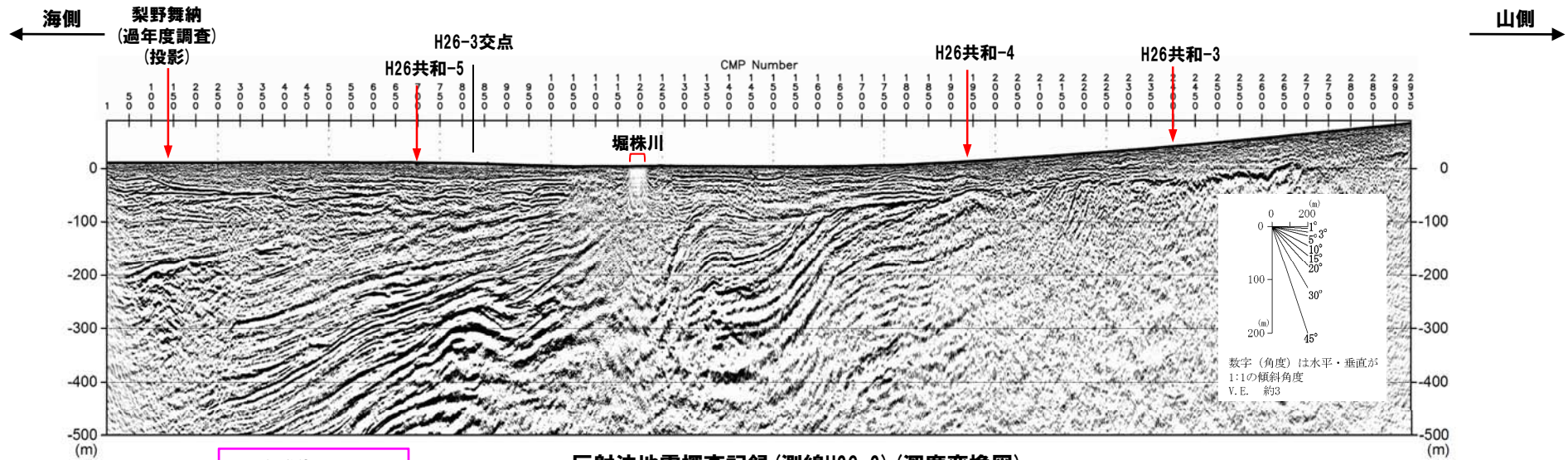
地質断面図(測線H26-3)(深度変換図)

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)



重合数が相対的に少ない範囲(端部)

上部: 水平に堆積, 変位・変形なし

重合数が相対的に少ない範囲(掘株川周辺)

重合数が相対的に少ない範囲(端部)

7.4 調査結果(測線H26-2, 3)

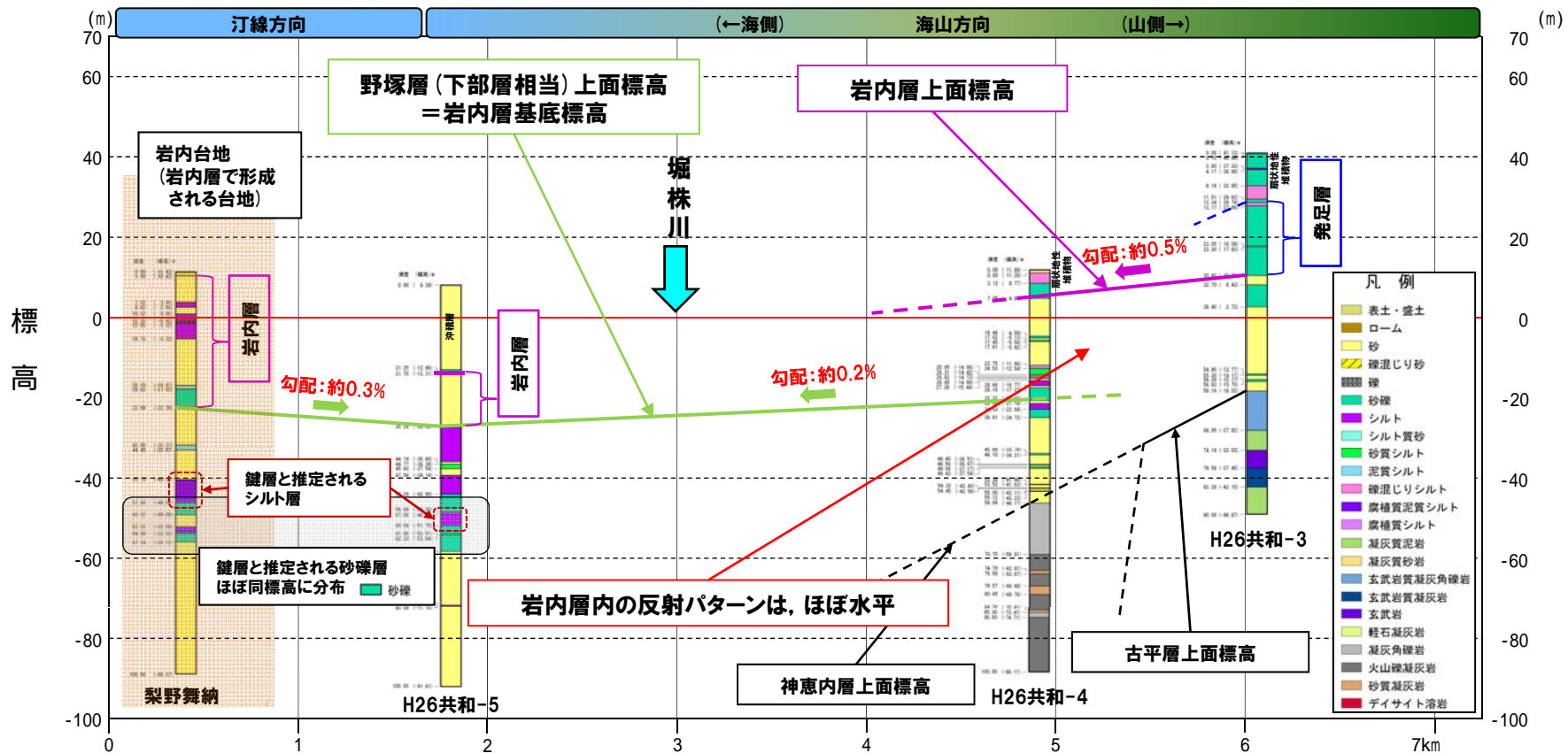
①地質・地質構造 (-3/3-)

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



②まとめ

一部修正 (H27/5/29審査会合)

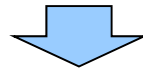
- 岩内層等の第四紀層が確認されている敷地南方の岩内平野において、測線H26-2,3を設定し、反射法地震探査を実施した。
- 地質層序の確認及び反射法地震探査結果との対比等を行うため、H26共和-3、H26共和-4及びH26共和-5地点においてボーリング調査を実施した。

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

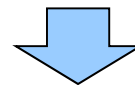
【検討内容】

○DEMデータによる海岸地形高度の定量化等を実施し、海岸地形の分布状況について検討する。

【検討結果】

○積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸、北・東岸ともに同様な傾向を示し、潮間帯より標高の高い地形の割合は、いずれも20%程度である。

○積丹半島西岸の海岸地形には、地震性隆起を示唆する特徴である、汀線直交方向への多段化が汀線方向に連続する状況は認められない。



○積丹半島の東西において海岸地形分布高度に差は認められないこと等から、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められない。

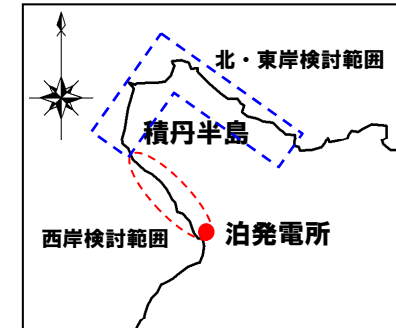
8.2 海岸地形の概要

①海岸地形及び海象

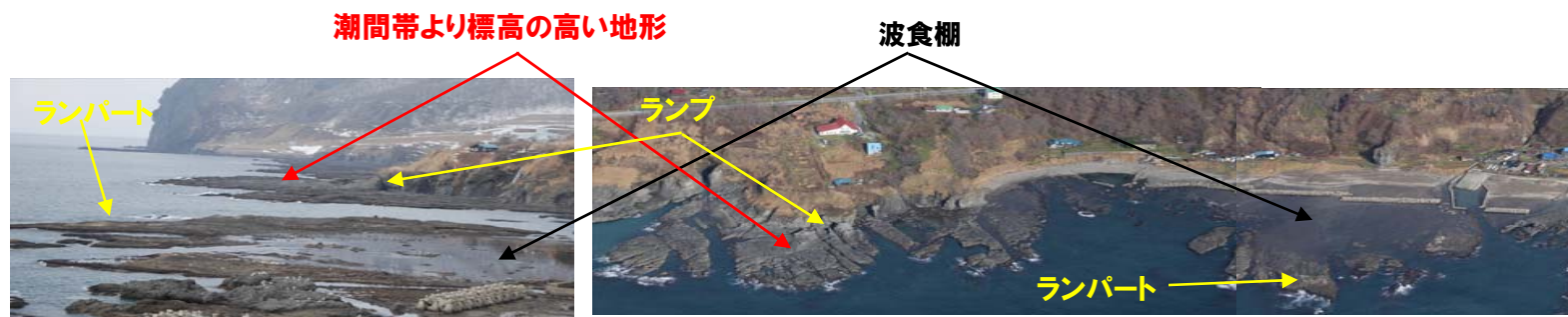
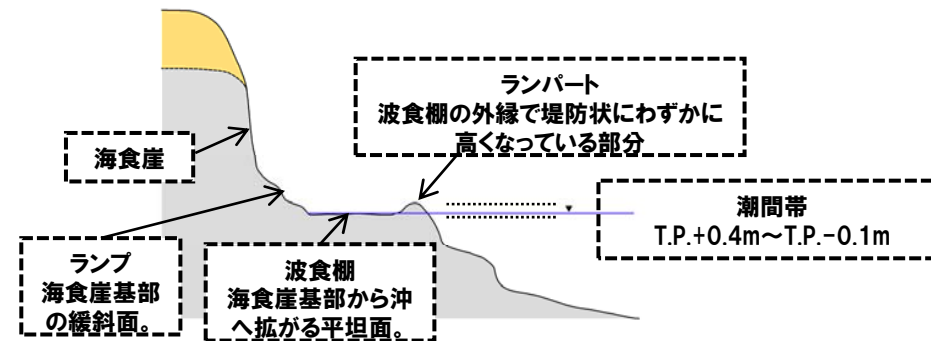
一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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。

※潮位は、岩内港における至近10ヶ年の観測結果から求めている。詳細は資料集P277参照。



検討範囲



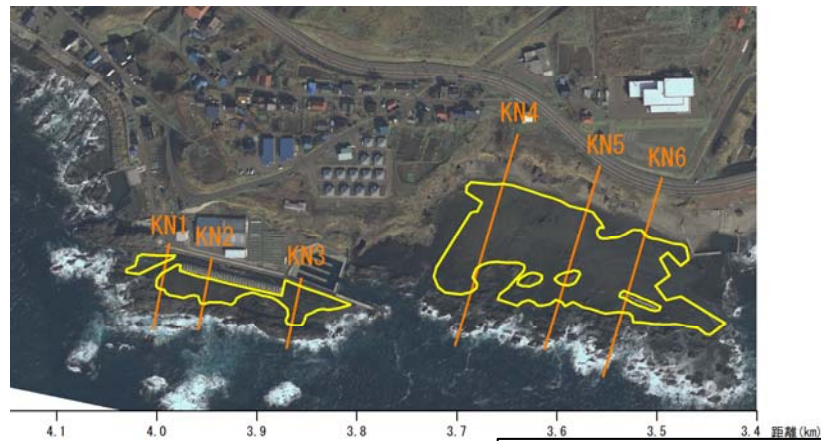
積丹半島の海岸地形状況

8.3 海岸地形高度の定量化

①方法

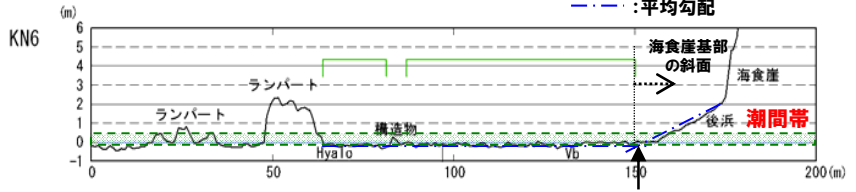
一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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「滝ノ澗周辺」～「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。

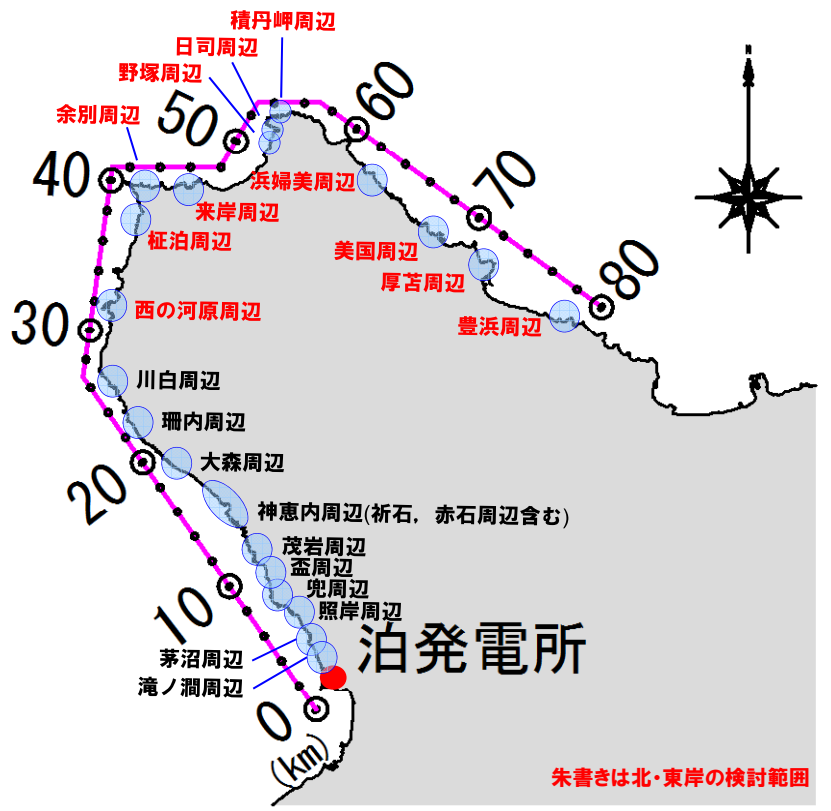


抽出範囲(例)
 □ : 高度データ抽出範囲
 — : 高度データ抽出範囲の代表断面

□ : 高度データ抽出範囲
 — : 平均勾配



断面図(例, KN6) 勾配変化点



朱書きは北・東岸の検討範囲

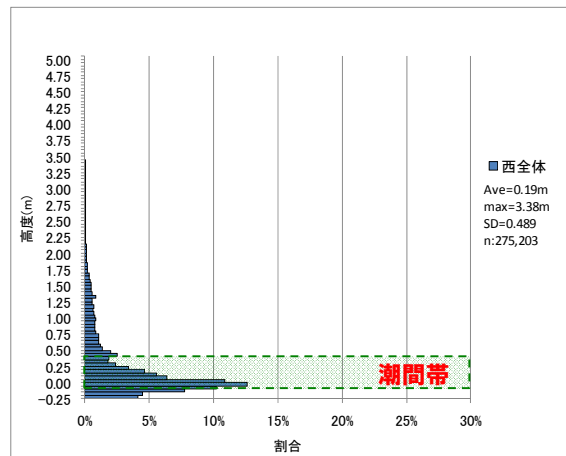
検討範囲

②結果(全体)

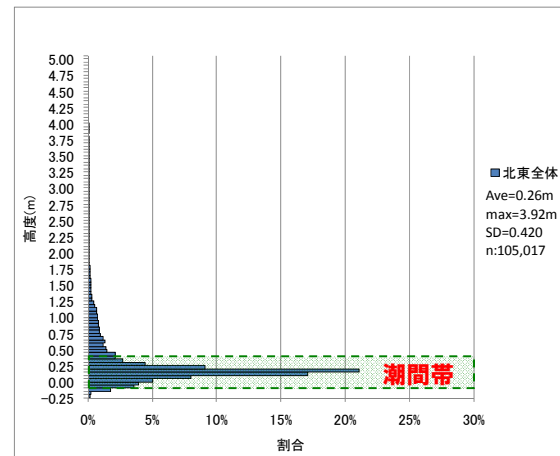
一部修正 (H26/11/28審査会合)

○積丹半島の海岸地形の分布高度は、西岸、北・東岸ともに同様な傾向を示し、潮間帯より標高の高い地形の割合は、いずれも20%程度である。

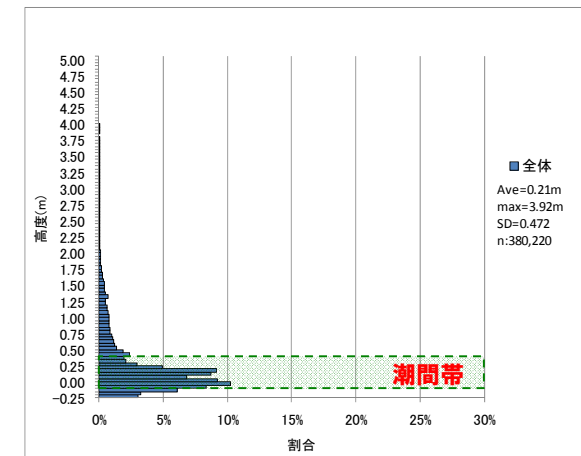
※各検討範囲における定量化結果については、資料集P284～P329参照。
各岩種・岩相における定量化結果については、資料集P331～P337参照。



積丹半島西岸高度分布
(滝ノ瀬周辺～川白周辺)



積丹半島北・東岸高度分布
(西の河原周辺～豊浜周辺)



積丹半島全体高度分布
(滝ノ瀬周辺～豊浜周辺)

※平均高度が潮間帯 (T.P.+0.4m～T.P.-0.1m) 以下の場合は朱書き

| 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%) |

①目的

- 地震性隆起を示唆する海岸地形の特徴として、汀線直交方向への多段化が挙げられる。
- 多段化が認められる房総半島南東岸に関する文献レビューを行ったうえで、積丹半島西岸の海岸地形について、その特徴の有無を確認した。

8.4 多段化に関する検討

②文献レビュー(茅根・吉川, 1986) (-1/2-)

○筆者らは、房総半島南東岸において、現成の浸食海岸地形を調査しており、以下に文献レビュー結果を示す。

【隆起ベンチ】

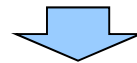
- 高潮位以上に分布するベンチは、波の荒い時をのぞけば表面がおおむね乾いているとされている。
- このベンチは、房総半島の北から南に向かってしだいに高度を増し、その平均海面からの高度は、測地的に求められた大正関東地震の際の隆起量にほぼ等しいとされている。
- これらの事実から、高潮位以上に分布するベンチは、平均海面に対応して形成されたベンチが、大正関東地震の際の地殻変動によって隆起したものであると判断するとされている。
- このベンチを大正ベンチ(bt)と呼ぶとされている。
- なお、茅根ほか(1987)によれば、旧汀線の指標となるヤッコカンザシ化石群が大正ベンチに認められ、大正汀線の高度と化石群の上限高度から推定した旧汀線高度はよく一致しており、化石群が大正関東地震の際に離水したものであることを示しているとされている。

【現成ベンチ】

- 大正ベンチの海側に分布する2段のベンチは、どこでも平均海面とそれより約50cm低い低潮位の2水準にあるとされている。
- このことから、両ベンチはいずれも大正関東地震以降、離水した大正ベンチを浸食して形成され、現在もなお形成されつつある現成ベンチであると判断したとされている。
- 平均海面・低潮位に対応して形成されるベンチを、それぞれ中潮位ベンチ(bm)・低潮位ベンチ(bl)と呼ぶとされている。
- 大正関東地震の際の隆起量が大きかった房総半島南部では、中潮位ベンチが広く(次頁のF断面, G断面)、隆起量が小さかった北部では、低潮位ベンチが発達している(次頁のA断面)とされている。

【地質】

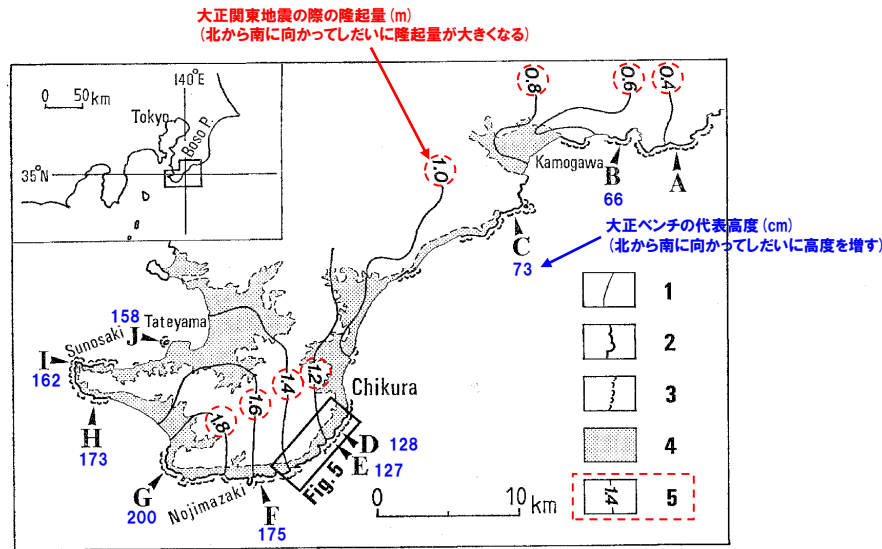
- 調査地域の海岸のうち、やや湾入する鴨川・千倉北部・館山などでは砂浜が卓越するが、その他は主として岩石海岸で、浸食海岸地形が卓越するとされている。
- 基盤は、新第三系三浦層群の泥岩・砂岩・凝灰岩の互層からなるとされている。



- 基盤が泥岩、砂岩、凝灰岩等の場合、地震性隆起に伴う離水ベンチを侵食し、現成ベンチを形成しやすいことから、汀線直交方向に多段化(海側の方が高度が低い)したベンチを形成し、汀線方向に連続する。

8.4 多段化に関する検討

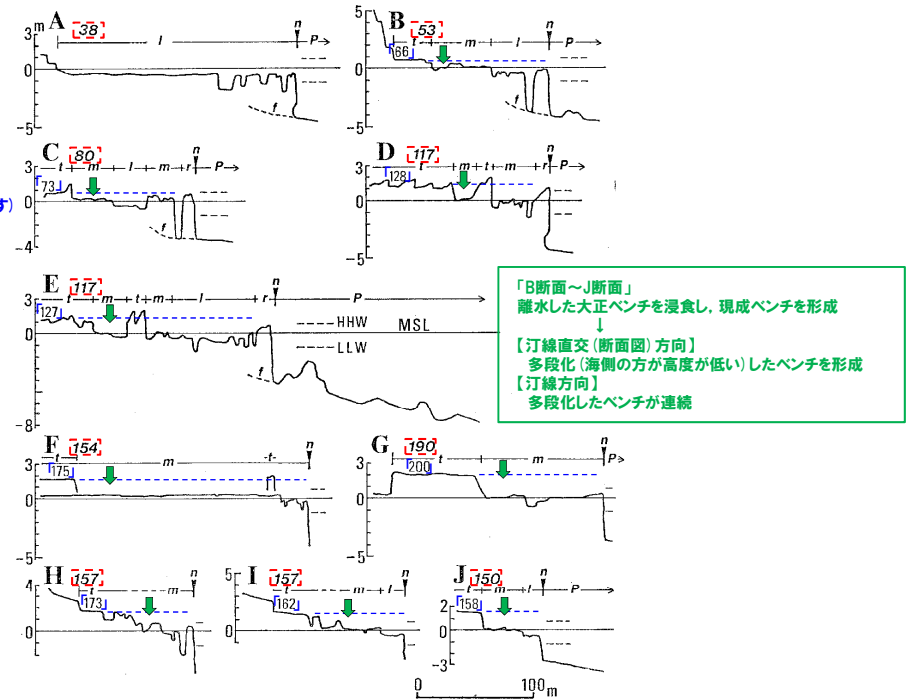
②文献レビュー(茅根・吉川, 1986) (-2/2-)



第1図 調査地域

1. 砂浜海岸 2. 岩石海岸 3. 現成ベンチ 4. 完新世海成段丘 5. 大正関東地震の際の隆起量 (m) A~J: 地形断面の測量位置 (第2図)

調査地域及び地形断面位置 (茅根・吉川, 1986に加筆)



第2図 現成浸食海岸の地形断面
t: 大正ベンチ(bt) m: 中潮位ベンチ(bm) l: 低潮位ベンチ(bl) n: 小崖
p: 海食台 r: ランパード f: 遊食溝
117: 大正関東地震の際の隆起量 (cm) 1127: 大正ベンチの高度の代表値 (cm)

地形断面図 (茅根・吉川, 1986に加筆)

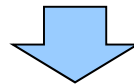
余白

③-1 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比

- 積丹半島西岸のうち、「照岸周辺～兜周辺」、「茂岩周辺～神恵内周辺（祈石、赤石周辺含む）」及び「大森周辺」には、潮間帯より標高の高い地形が断続的に認められる。
- 積丹半島西岸の海岸地形は、以下に示すとおり房総半島南東岸の状況とは異なるが、1つの試みとして、文献レビューとの対比を行った。
 - ・当該範囲には、新第三系上部中新統の神恵内層のハイアロクラスタイト及び火砕岩が分布する。
 - ・積丹半島西岸には、地震性隆起を示唆する離水した生物化石※は認められない。

※生物化石については、資料集P338～P339参照。

- 「照岸周辺～兜周辺」には、汀線直交方向に多段化（海側の方が高度が低い）した海岸地形が、汀線方向に連続する状況は認められない。
- 「茂岩周辺～神恵内周辺」には、汀線直交方向に多段化（海側の方が高度が低い）した海岸地形が、汀線方向に連続する状況は認められない。
- 「大森周辺」には、汀線直交方向に多段化（海側の方が高度が低い）した海岸地形が、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には、地震性隆起を示唆する特徴である、汀線直交方向への多段化が汀線方向に連続する状況は認められない。

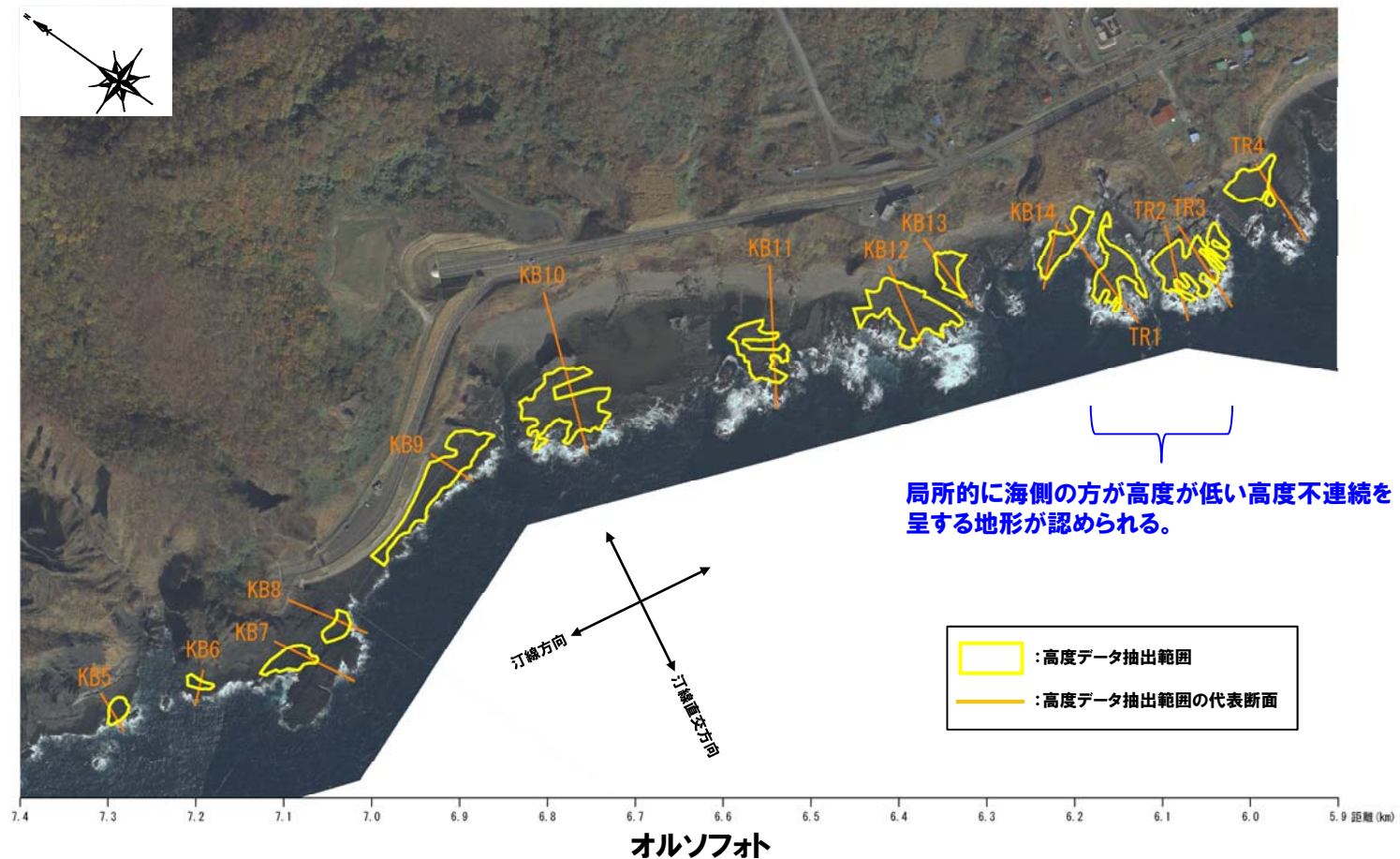
8.4 多段化に関する検討

③-2 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比 (照岸周辺～兜周辺)

○「照岸周辺～兜周辺」には、汀線直交方向に多段化 (海側の方が高度が低い) した海岸地形が、汀線方向に連続する状況は認められない。

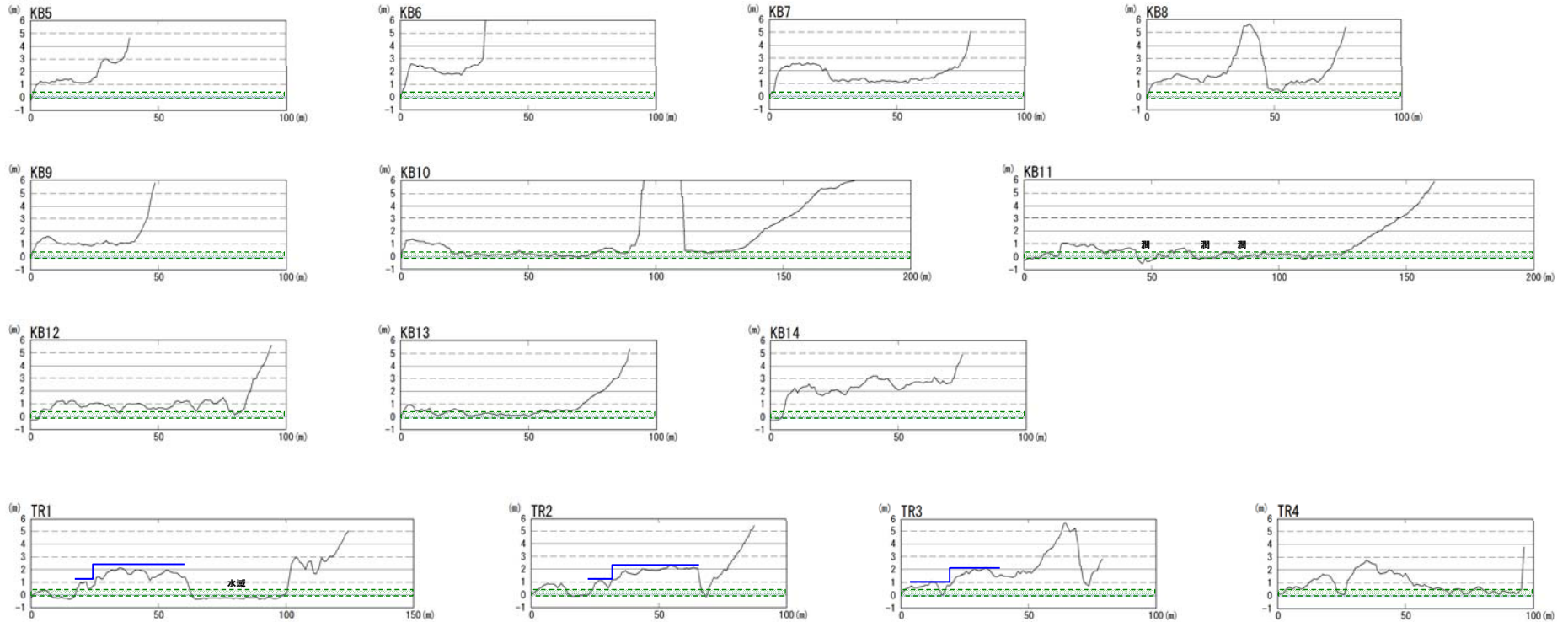


位置図



8.4 多段化に関する検討

③-2 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比 (照岸周辺～兜周辺)



潮間帯 (T.P.+0.4m~T.P.-0.1m)

海側の方が高度が低い高度不連続を呈する地形

海岸地形断面図

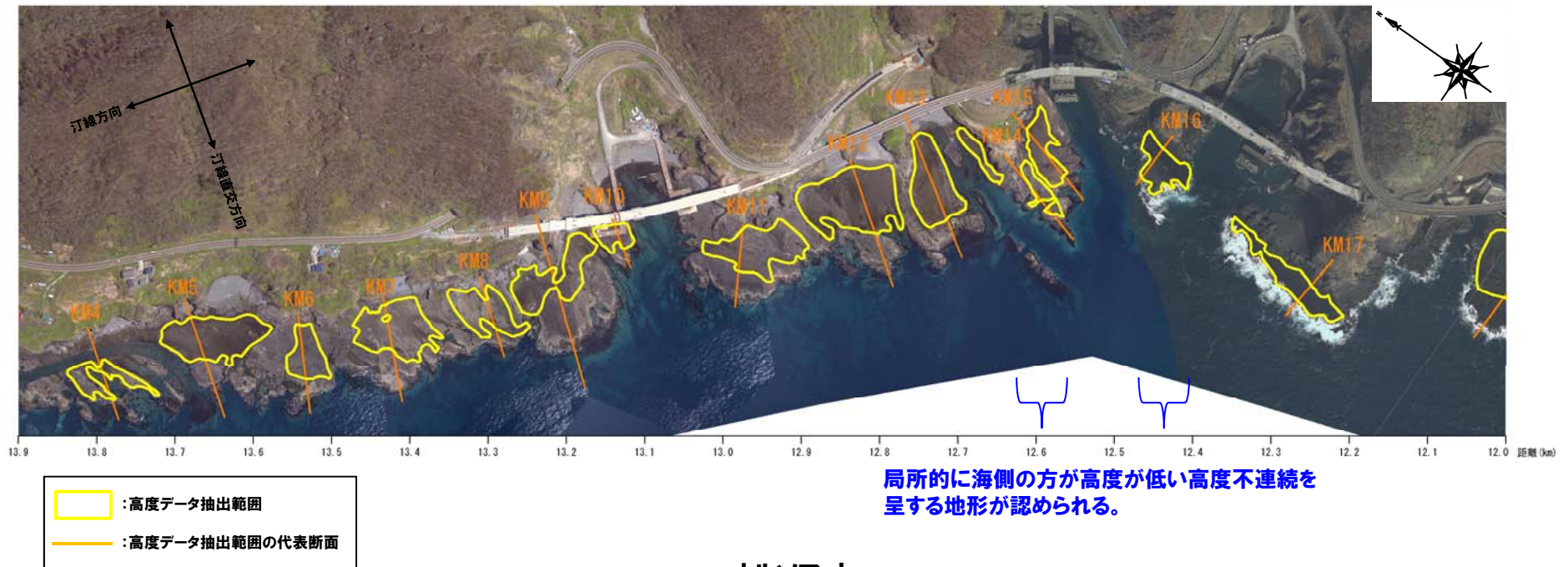
8.4 多段化に関する検討

③-3 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比 (茂岩周辺～神恵内周辺)

○「茂岩周辺～神恵内周辺」には、汀線直交方向に多段化（海側の方が高度が低い）した海岸地形が、汀線方向に連続する状況は認められない。



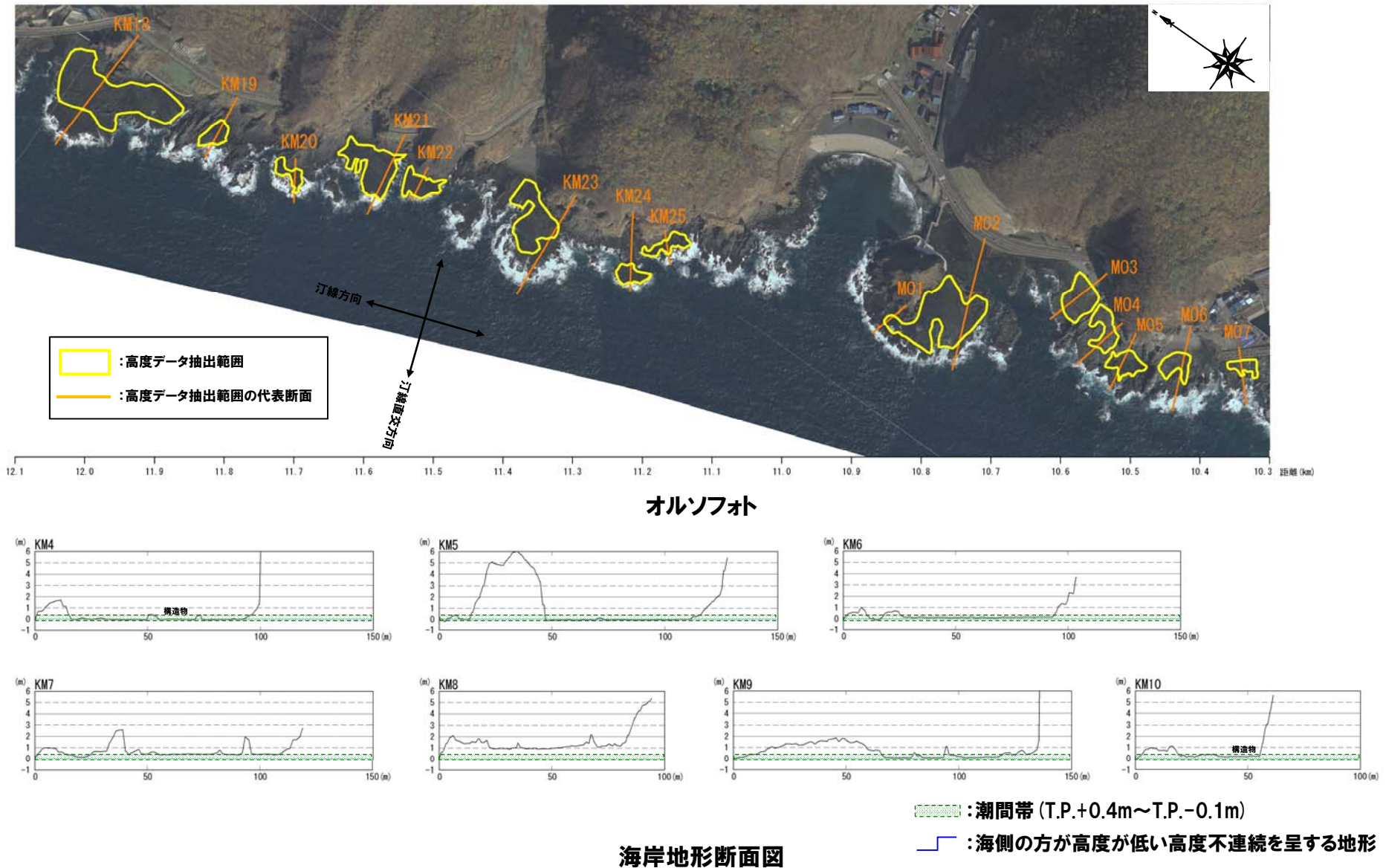
位置図



オルソフォト

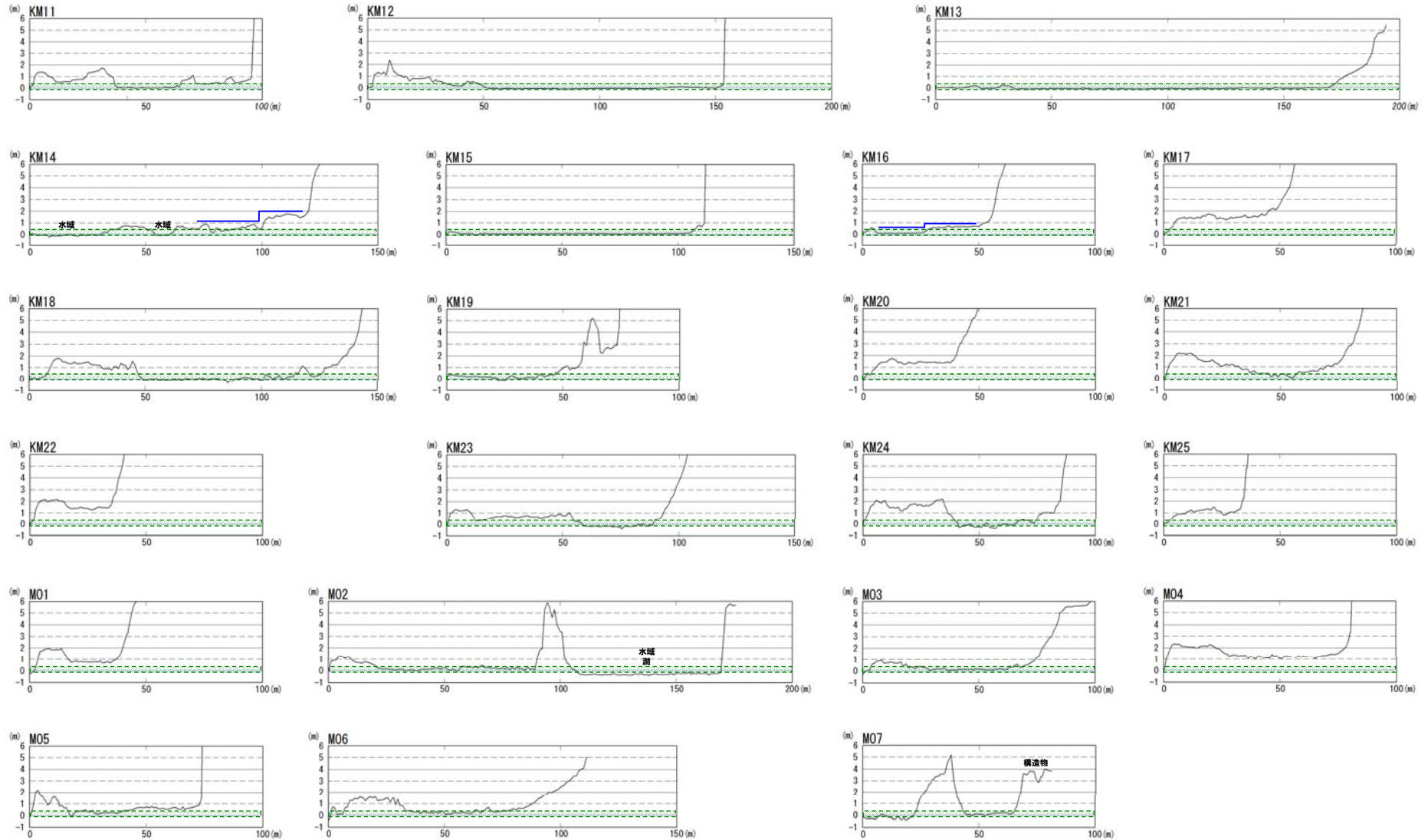
8.4 多段化に関する検討

③-3 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比 (茂岩周辺～神恵内周辺)



8.4 多段化に関する検討

③-3 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比 (茂岩周辺～神恵内周辺)



海岸地形断面図

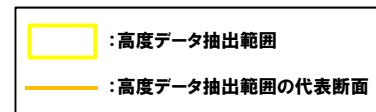
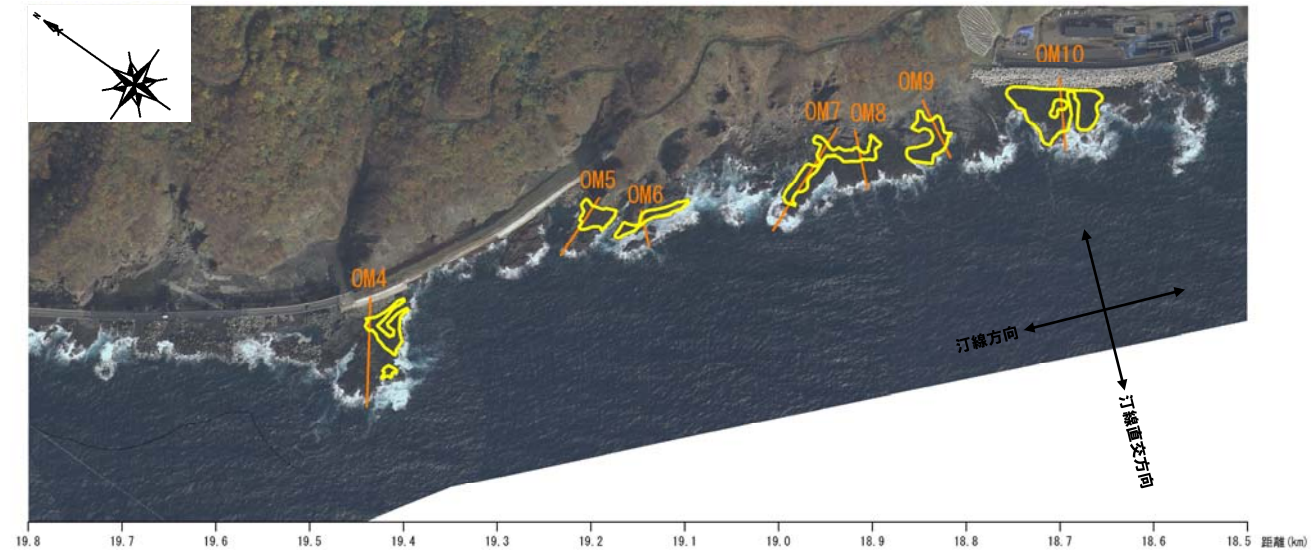
余白

③-4 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比(大森周辺)

○「大森周辺」には、汀線直交方向に多段化(海側の方が高度が低い)した海岸地形が、汀線方向に連続する状況は認められない。

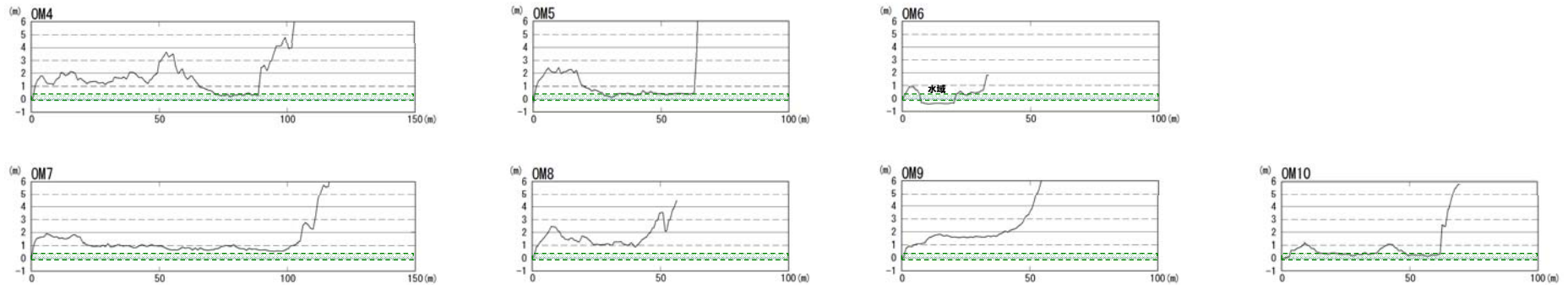


位置図



オルソフォト

③-4 積丹西岸の海岸地形と文献レビューとの対比 (大森周辺)



 : 潮間帯 (T.P.+0.4m~T.P.-0.1m)

 : 海側の方が高度が低い高度不連続を呈する地形

海岸地形断面図

9. 積丹半島西岸の地形及び地質・地質構造に関する評価

- 敷地周辺の地質・地質構造に関する調査を行い、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。

○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（「積丹半島の形成に関する検討」及び「積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討」）を実施した。

- ・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。

○また、その後の指摘等に基づき、更なる検討（「積丹半島の段丘分布高度に関する検討」、「積丹半島の隆起要因に関する検討」、「敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討」及び「積丹半島の海岸地形分布高度に関する検討」）も実施した。

【評価】

- 詳細な検討の結果、敷地及び敷地近傍を含む積丹半島西岸には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造（震源として考慮する活断層）は認められないものと判断される。

10. 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の考察を行う。

【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等について検討する。

○海岸地形に関する文献レビューを行い、文献における海岸地形の状況と積丹半島で認められる海岸地形の状況との比較を行う。

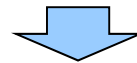
○海岸地形前面の海底地形状況についても確認し、海岸地形と同様に、文献における海底地形の状況との比較を行う。

【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相関が認められる。

○なお、積丹半島の西岸と北・東岸において認められる、海岸地形及び海成段丘の発達の程度の差異は、地質分布が異なることに起因するものと考えられる。

○積丹半島の海岸地形及び前面の海底地形の状況は、文献に示された状況と概ね調和的である。



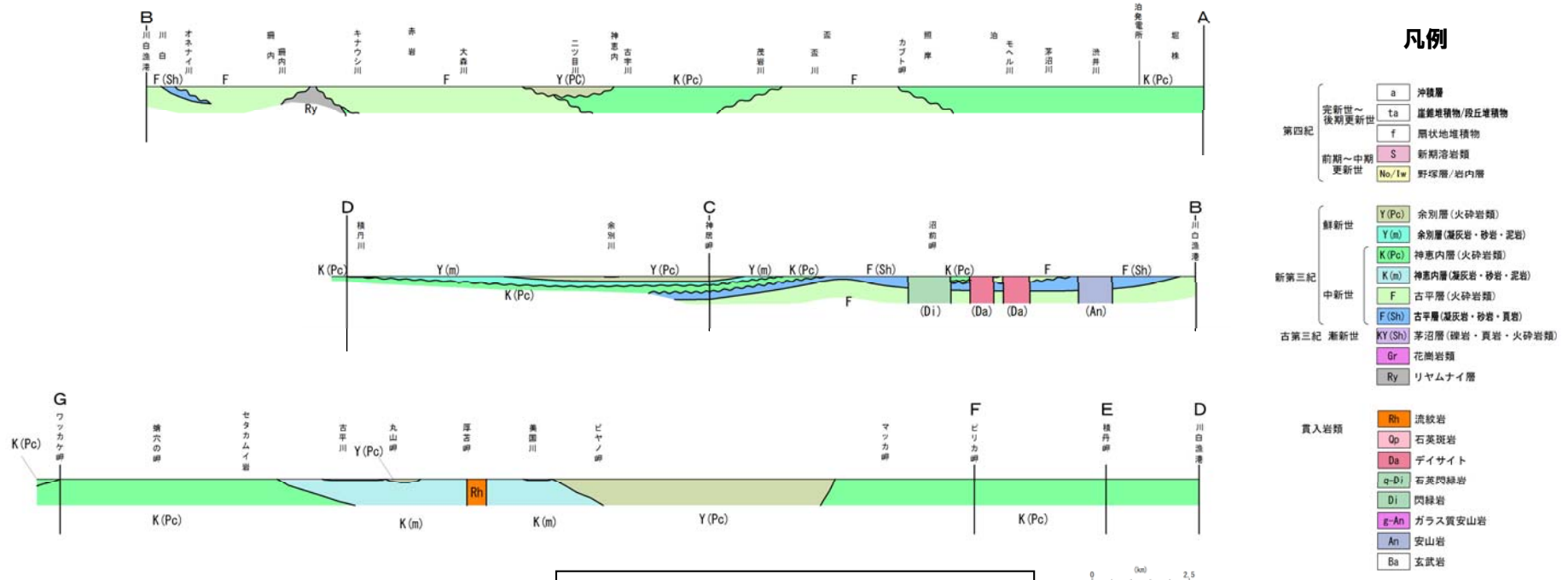
○積丹半島の海岸地形及び前面の海底地形は、波食又は風化作用によって形成された現成の地形と考えられる。

10.2 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を余別層が埋めるように堆積している。
- 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。



地質断面図 (沿岸部の概念図)

②岩種・岩相と地形 (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 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。

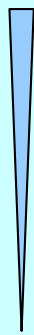
| 地層 | 岩種 | 岩相と海岸地形の標高との関係 | 地形の高低 | |
|------|--|---|--|------|
| 神恵内層 | 貫入岩 | ・侵食抵抗が相対的に最も強く、高まりを形成しやすい(写真1)。 | <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright; margin-right: 5px;">高</div>  <div style="writing-mode: 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
(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)。 | | 礫:少 |
| | 堆積岩
(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:少 |
| | | | 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。

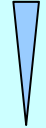
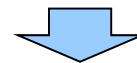
| 地層 | 岩種 | 岩相と海岸地形の標高との関係 | 地形の高低 |
|-----|------------------|---|---|
| 古平層 | 貫入岩 | <ul style="list-style-type: none"> ・侵食抵抗が相対的に最も強く、高まりを形成しやすい(写真5)。 ・岩脈に挟まれた部分が1つの単位として地形を作る場合がある。 | 高

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。 | |
| | 砂岩・泥岩 | <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



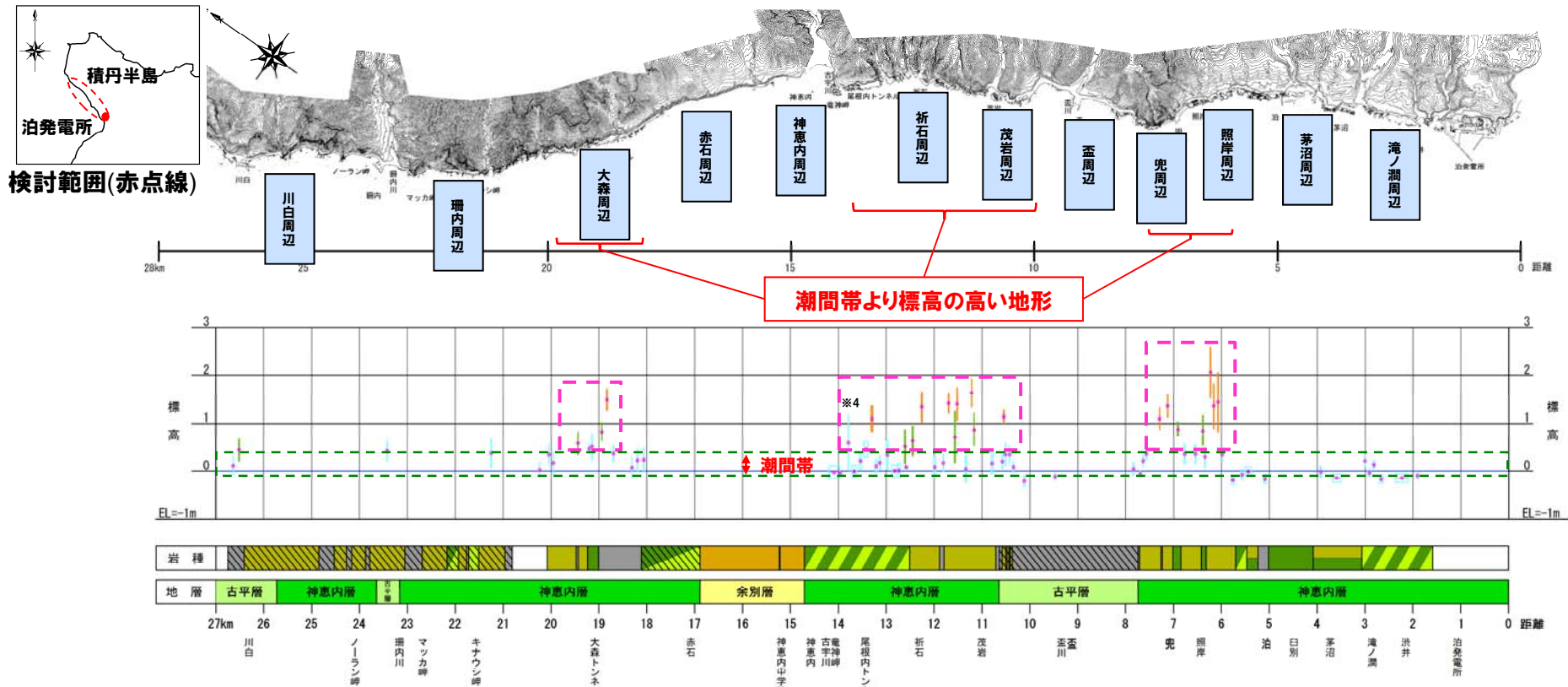
- 積丹半島の海岸地形には、岩種・岩相の違いによる侵食抵抗の強弱を反映した分布標高の差が認められる。

10.3 海岸地形高度の定量化

①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の定量化を実施し、海岸地形各ブロックにおける高度と岩種・岩相の関係を確認した。
- 相対的に侵食抵抗が強い岩種・岩相が分布する箇所においては、潮間帯より標高の高い地形を形成しており、標準偏差(ばらつき)が大きい傾向が認められる。
- 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相関が認められる。



検討範囲(赤点線)

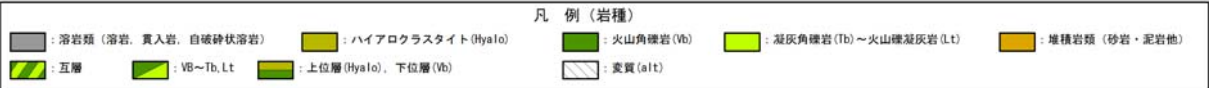
潮間帯より標高の高い地形

潮間帯

凡例(グラフ)



※3 拡大図を資料集P343~P345に掲載。
 ※4 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(詳細は資料集P301参照)。



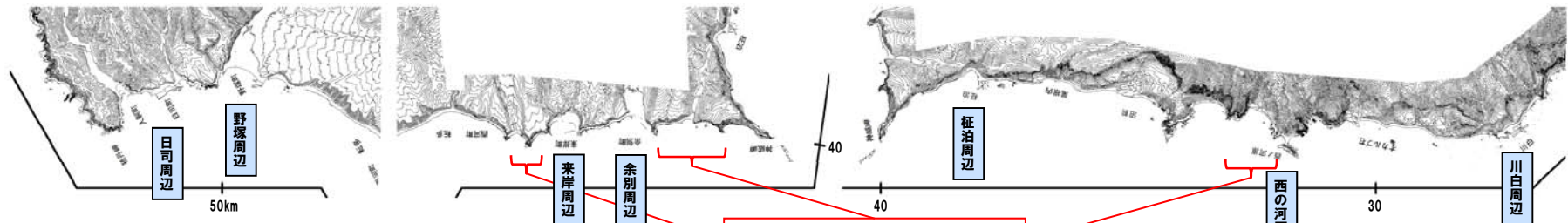
※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している(資料集P280~P283参照)。 ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。

10.3 海岸地形高度の定量化

②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)

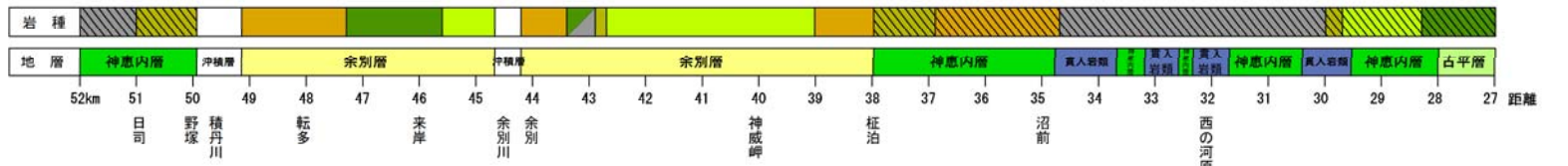
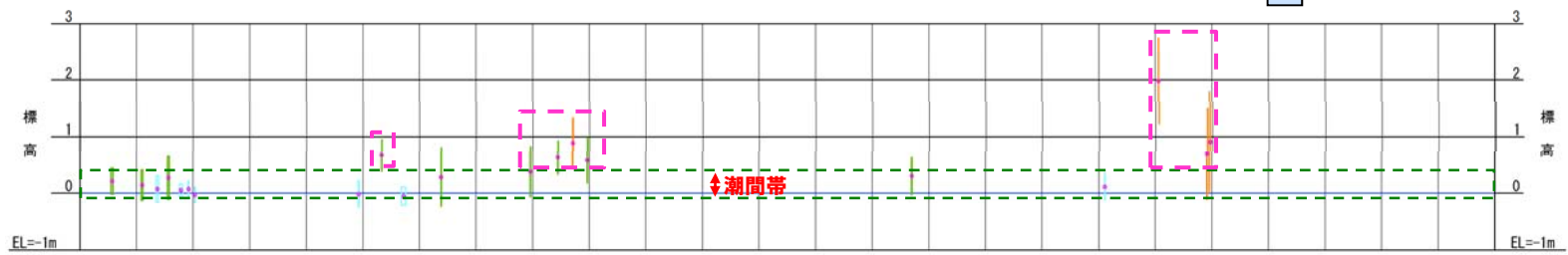
- DEMデータによる海岸地形高度の定量化を実施し、海岸地形各ブロックにおける高度と岩種・岩相の関係を確認した。
- 相対的に侵食抵抗が強い岩種・岩相が分布する箇所においては、潮間帯より標高の高い地形を形成しており、標準偏差(ばらつき)が大きい傾向が認められる。
- 積丹半島北・東岸の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には相関が認められる。



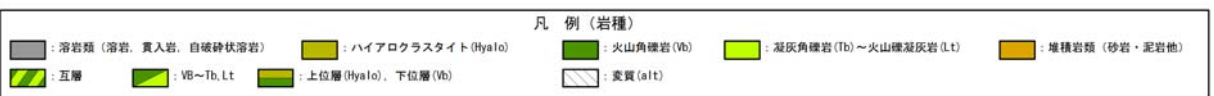
潮間帯より標高の高い地形



検討範囲(赤点線)



※3 拡大図を資料集P343~P345に掲載。



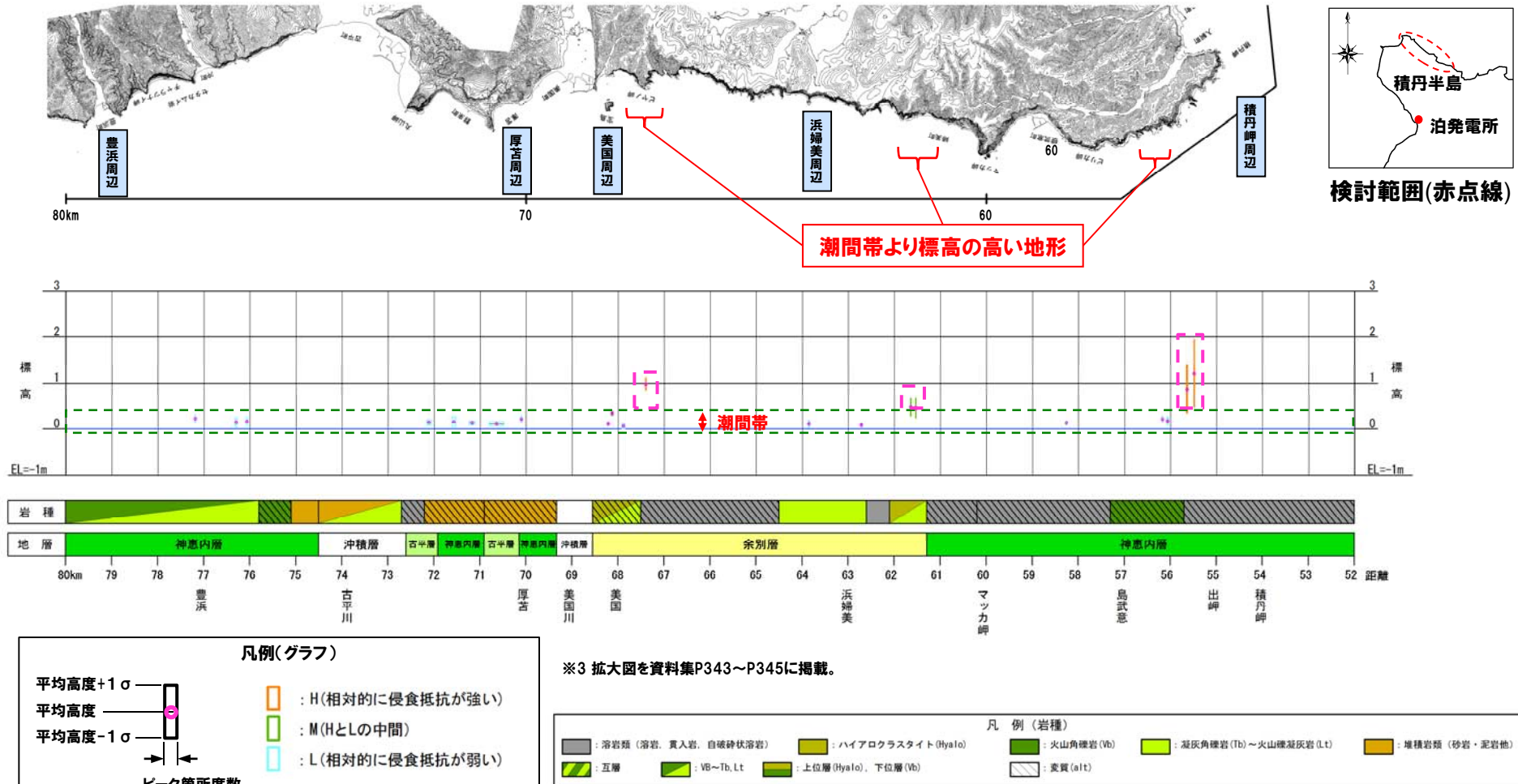
※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している(資料集P280~P283参照)。 ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。

10.3 海岸地形高度の定量化

②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の定量化を実施し、海岸地形各ブロックにおける高度と岩種・岩相の関係を確認した。
- 相対的に侵食抵抗が強い岩種・岩相が分布する箇所においては、潮間帯より標高の高い地形を形成しており、標準偏差(ばらつき)が大きい傾向が認められる。
- 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相関が認められる。



※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(資料集P280~P283参照)。 ※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。

① 考察方法

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

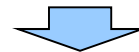
- 海岸地形高度の定量化の結果、積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には相関が認められることが確認された。
- 海岸地形に関する文献レビューを行い、文献における海岸地形の状況と積丹半島で認められる海岸地形の状況について、比較・考察を行った。
- また、海岸地形前面の海底地形状況についても確認し、海岸地形と同様に、文献における海底地形の状況との比較・考察を行った。

10.4 海岸地形の形成について

②-1 海岸地形の状況 (文献レビュー)

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

| 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
⇒波食棚面上に水磨き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、水磨き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 | |



- 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。

②-2 海岸地形の状況 (比較・考察)

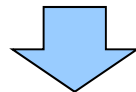
一部修正 (H26/11/28審査会合)

【文献レビュー結果 (前頁再掲)】

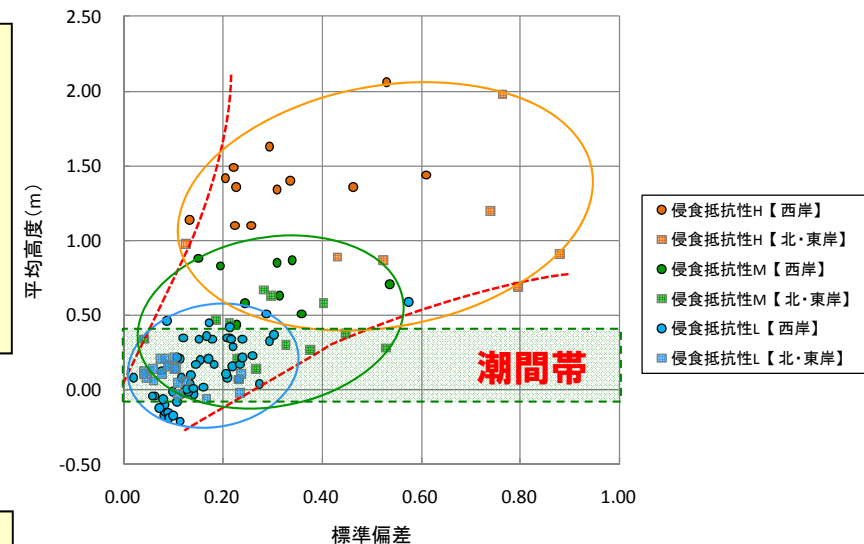
- 波食棚には複数の分類があり、潮間帯に位置しているものと潮間帯よりも標高の高いものが存在する。
- 波食棚の形状は、岩質の差異、岩石の強度の差異等が反映されている。
- 波食棚形成の主な営力は、波食及び風化作用 (岩石の乾湿の交代による風化が主要) である。

【積丹半島の海岸地形】

- 侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相においては「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。
- 「潮間帯より標高の高い地形」において、比較的広がりを持った面を有する高度の最大値はT.P.+2.0m程度 (兜周辺) であり、暴風時に波が到達する高度である (次頁参照)。



- 積丹半島の海岸地形の状況は、海岸地形に関する文献に示された状況と調和的である。

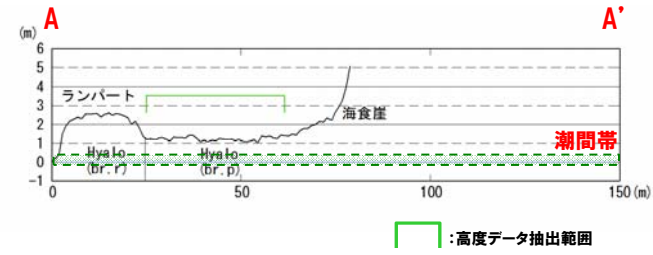
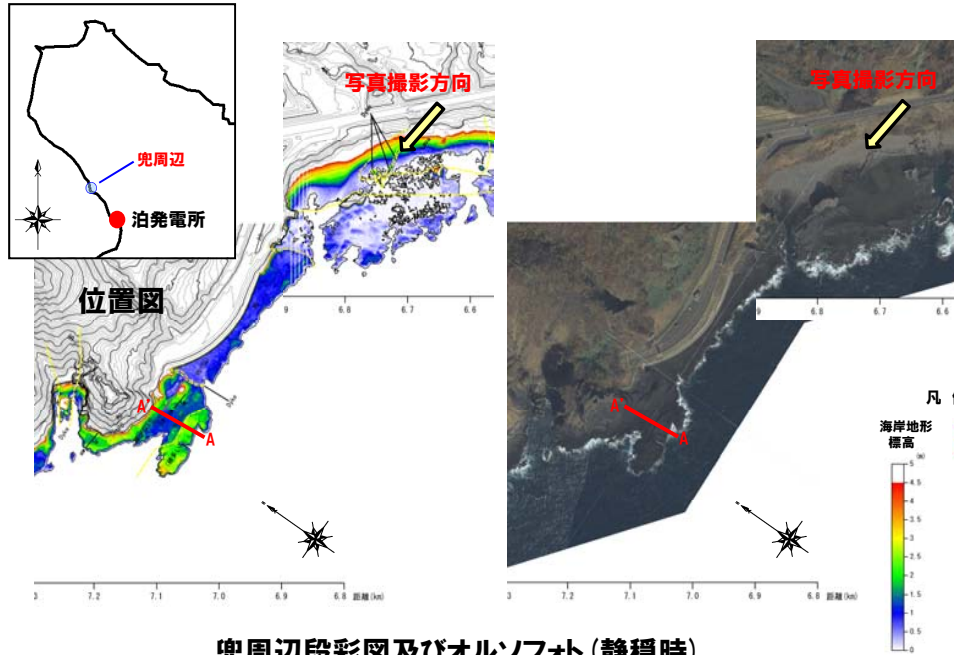


積丹半島における海岸地形の平均高度と標準偏差の関係

10.4 海岸地形の形成について

②-3 海岸地形の状況 (敷地周辺の波浪 (兜周辺))

一部修正 (H26/11/28審査会合)



○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、資料集P279参照。

兜周辺段彩図及びオルソフォト (静穏時)



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)

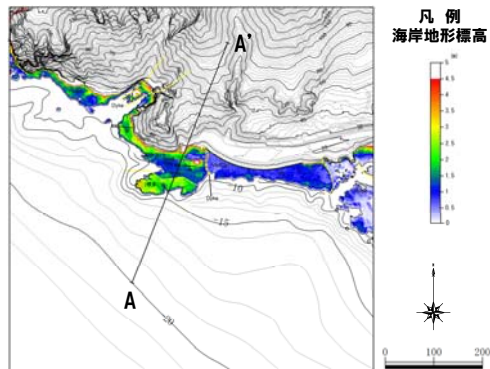
余白

③-1 海底地形の状況(兜周辺)(-1/2-)

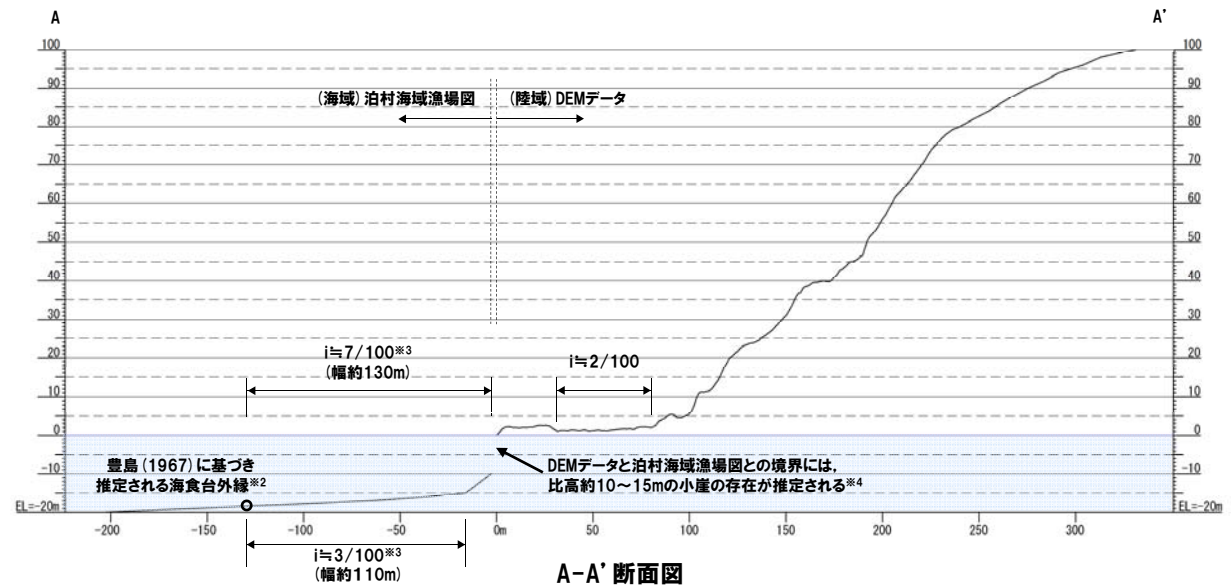
- 潮間帯より標高の高い地形が認められる兜周辺において、当該地形前面の海底地形状況について確認した。
- 陸域の地形についてはDEMデータを、海底地形については泊村海域漁場図^{※1}を用いた。
- 潮間帯より標高の高い地形の前面には、比高約10~15mの小崖の存在が推定され、その前方には勾配約3/100~7/100の海食台と推定される海底地形が幅約110~130mで連続している状況が認められる。



位置図



段彩図(兜周辺)



※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、水深50mまでは±1m以内である。

※2 豊島(1967)では、海食崖の上の上部斜面の延長線に海食台外縁の小崖が連続する場合が多いとされている。

※3 海食台の勾配は、海食台外縁と推定される箇所と小崖の基部と推定される箇所の比高から算出した。

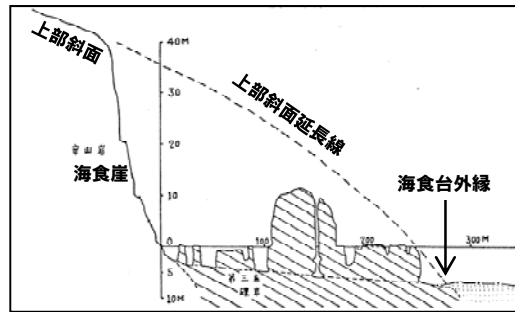
※4 積丹半島西岸のMm1段丘及び海岸地形を一様に隆起させる汀線と平行な活構造が当該範囲に存在した場合、その規模から、活構造は南方の岩内平野まで連続するものと考えられるが、反射法地震探査及びボーリング調査の結果、岩内平野には、積丹半島西岸を一様に隆起させる活構造を示唆する特徴は認められないことを確認している(「7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討」参照)。

10.4 海岸地形の形成について

③-1 海底地形の状況 (兜周辺) (-2/2-)

【文献レビュー】

- 豊島 (1967) では、波食棚の末端はやや急な小崖があって、下位の海食台に移ることが知られているとし、吉川ほか編 (1973) では、岩石海岸の一般的な縦断面形として、波食棚の前面に小崖があり、その下に海食台が発達する様子を示している。
- 豊島 (1967) では、潮差が少なく、鳥取地震による地盤変動を受けていない鳥取県東部及び中部の岩石海岸について海底地形の断面測量を行っており、海食台の平均勾配は花崗岩地域で約4/100 (平均幅員107.8m)、安山岩・玄武岩地域で約11/100 (平均幅員34.8m)とされている。また、柔らかい岩質ほど勾配は緩く、海食台の幅は広いとされている。



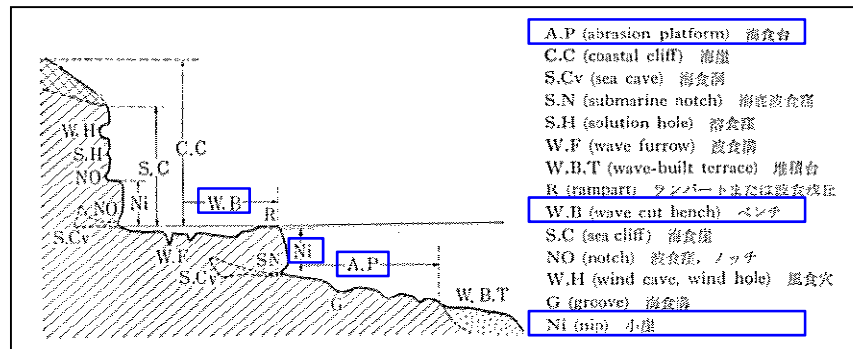
海岸縦断面の一例 (豊島,1967に加筆)

海食台の形状値と構成岩石の性状 (豊島,1967より作成)

| | 海食台の形状値 | |
|-----------|-----------------------|--------|
| | 勾配 | 幅員 |
| 第三系礫岩地域 | 1.9×10^{-2} | 194.2m |
| 花崗岩地域 | 4.2×10^{-2} | 107.8m |
| 安山岩・玄武岩地域 | 11.0×10^{-2} | 34.8m |

堆積岩地域

溶岩地域



岩石海岸の縦断面形の模式図と用語 (吉川ほか編,1973に加筆)

- 兜周辺の海底地形状況は、一般的な海岸地形の縦断面形 (波食棚の前面に小崖があり、その下に海食台が発達) と調和的である。
- 兜周辺の海食台の勾配 (約3/100~7/100) は、豊島 (1967) の溶岩地域と概ね調和的であるが、幅員 (約110~130m) はやや大きい状況である。
- 兜周辺の主要な岩種はハイアロクラスタイトであり、侵食抵抗が溶岩よりも弱いことがその要因であると考えられる。

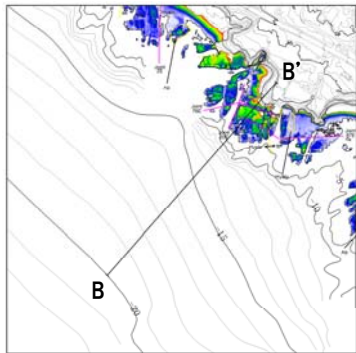
10.4 海岸地形の形成について

③-2 海底地形の状況 (照岸周辺)

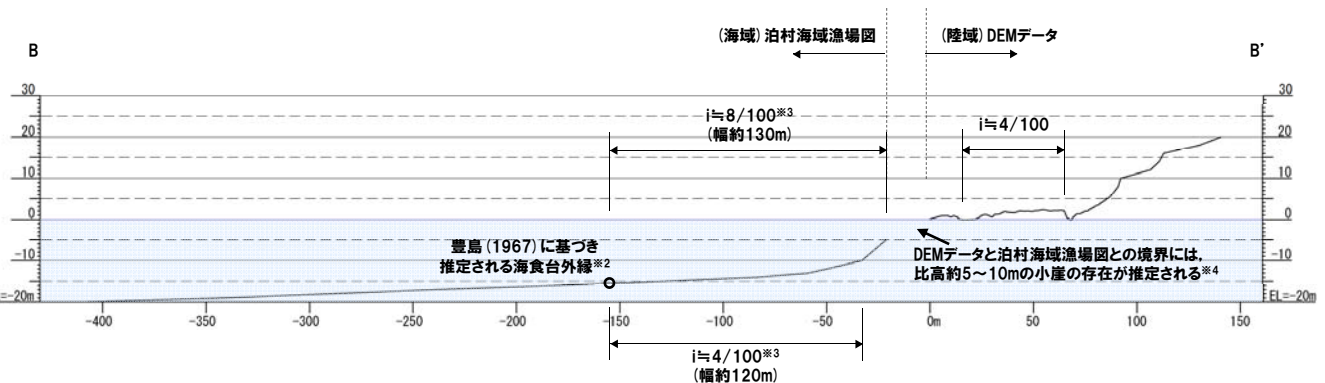
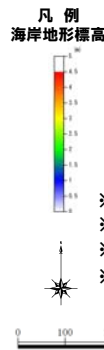
- 潮間帯より標高の高い地形が認められる照岸周辺において、当該地形前面の海底地形状況について確認した。
- 陸域の地形についてはDEMデータを、海底地形については泊村海域漁場図^{※1}を用いた。
- 潮間帯より標高の高い地形の前面には、比高約5~10mの小崖の存在が推定され、その前方には勾配約4/100~8/100の海食台と推定される海底地形が幅約120~130mで連続している状況が認められる。



位置図



段彩図(照岸周辺)



B-B'断面図

- ※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、水深50mまでは±1m以内である。
- ※2 豊島(1967)では、海食崖の上の上部斜面の延長線に海食台外縁の小崖が連続する場合が多いとされている。
- ※3 海食台の勾配は、海食台外縁と推定される箇所と小崖の基部と推定される箇所の比高から算出した。
- ※4 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当該範囲に存在した場合、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が、反射法地震探査及びボーリング調査の結果、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ことを確認している(「7. 敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討」参照)。

海食台の形状値と構成岩石の性状(再掲)
(豊島,1967より作成)

| | 海食台の形状値 | | |
|-----------|-----------------------|--------|-------|
| | 勾配 | 幅員 | |
| 第三系礫岩地域 | 1.9×10^{-2} | 194.2m | 堆積岩地域 |
| 花崗岩地域 | 4.2×10^{-2} | 107.8m | 溶岩地域 |
| 安山岩・玄武岩地域 | 11.0×10^{-2} | 34.8m | |

- 照岸周辺の海底地形状況は、一般的な海岸地形の縦断面形(波食棚の前面に小崖があり、その下に海食台が発達)と調和的である。
- 照岸周辺の海食台の勾配(約4/100~8/100)は、豊島(1967)の溶岩地域と概ね調和的であるが、幅員(約120~130m)はやや大きい状況である。
- 照岸周辺の主要な岩種はハイアロクラスタイトであり、侵食抵抗が溶岩よりも弱いことがその要因であると考えられる。

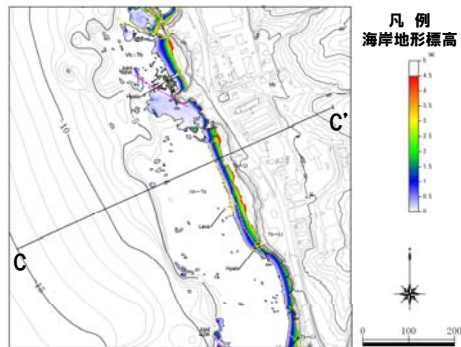
10.4 海岸地形の形成について

③-3 海底地形の状況 (滝ノ潤周辺)

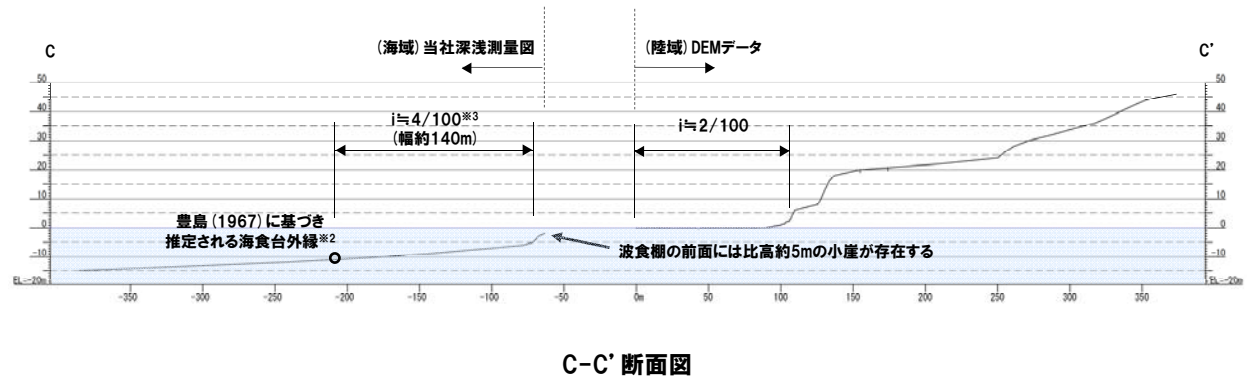
- 波食棚が認められる滝ノ潤周辺において、当該地形前面の海底地形状況について確認した。
- 陸域の地形についてはDEMデータを、海底地形については当社深淺測量図※1を用いた。
- 波食棚の前面には、比高約5mの小崖があり、その前方には勾配約4/100の海食台と推定される海底地形が幅約140mで連続している状況が認められる。



位置図

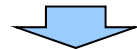


段彩図(滝ノ潤周辺)



C-C'断面図

- ※1 当社深淺測量図は、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、水深50mまでは±1m以内である。
- ※2 豊島(1967)では、海食崖の上の上部斜面の延長線に海食台外縁の小崖が連続する場合が多いとされている。
- ※3 海食台の勾配は、海食台外縁と推定される箇所と小崖の基部と推定される箇所の比高から算出した。



- 滝ノ潤周辺の海底地形状況は、一般的な海岸地形の縦断面形(波食棚の前面に小崖があり、その下に海食台が発達)と調和的である。
- 滝ノ潤周辺の海食台の勾配(約4/100)は、豊島(1967)の溶岩地域と概ね調和的であるが、幅員(約140m)はやや大きい状況である。
- 滝ノ潤周辺の主要な岩種は火山角礫岩及び凝灰角礫岩であり、侵食抵抗が溶岩よりも弱いことがその要因であると考えられる。

海食台の形状値と構成岩石の性状(再掲)
(豊島,1967より作成)

| | 海食台の形状値 | |
|-----------|-----------------------|--------|
| | 勾配 | 幅員 |
| 第三系礫岩地域 | 1.9×10^{-2} | 194.2m |
| 花崗岩地域 | 4.2×10^{-2} | 107.8m |
| 安山岩・玄武岩地域 | 11.0×10^{-2} | 34.8m |

堆積岩地域

溶岩地域

10.4 海岸地形の形成について

③-4 海底地形の状況 (海岸地形前面に発達する小崖について) (-1/2-)

○海岸地形前面に発達する小崖について、茅根・吉川(1986)(1923年大正関東地震により隆起・離水したベンチが認められる房総半島南東岸)と豊島(1967)(1943年鳥取地震による地殻変動を受けていない鳥取県東部及び中部)の海岸縦断形を比較し、その形成要因についても考察した。

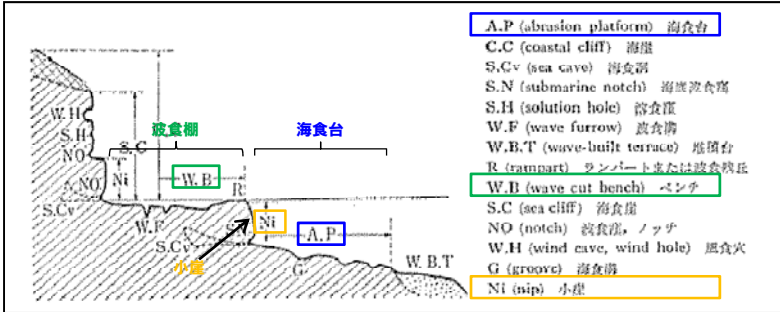
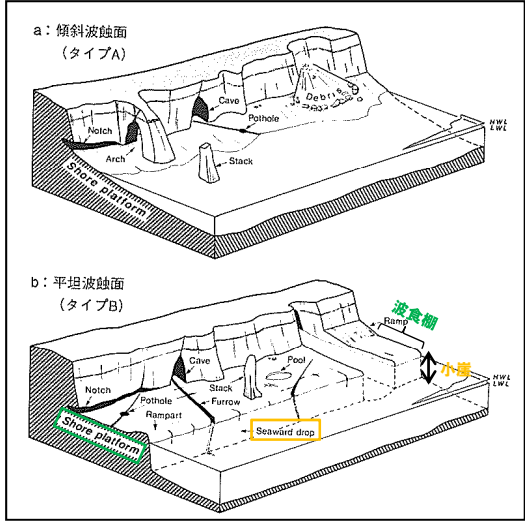
| 項目 | 茅根・吉川(1986) | 豊島(1967) | |
|------|--|--|---|
| 調査地域 | <ul style="list-style-type: none"> ○房総半島南東岸 ○平均潮差1.5m程度 ○1703年元禄関東地震、1923年大正関東地震の史実あり ○大正関東地震の際の地殻変動によって隆起・離水したベンチ(大正ベンチ)が認められる。 | <ul style="list-style-type: none"> ○鳥取県東部及び中部 ○山陰地方は潮差が少なく、平均潮差20cm程度 ○1943年鳥取地震による地盤変動を受けていない地域 | |
| 地質 | ○新第三系三浦層群の泥岩・砂岩・凝灰岩の互層 | ○安山岩、玄武岩、花崗岩及び第三系礫岩 | |
| 内容 | <ul style="list-style-type: none"> ○現海面に対応して形成される平坦な浸食面にはベンチと海食台とがあり、両者は小崖によって隔てられている。 ○ベンチと海食台は成因が異なる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ベンチ：海面における風化作用と波食によって形成される。 ・海食台：波食だけによって形成される。 ○小崖は、海食台の形成に伴って現成ベンチ前面が波食を受けて形成された現成の地形であろう。 | <ul style="list-style-type: none"> ○波食棚の末端はやや急な小崖があって、下位の岩床(海食台)に移ることが知られている。 ○海食台と波食棚は、異質の地形であり、両者は形態的にも形成営力の点でも異なる。 <ul style="list-style-type: none"> ・波食棚：海水におおわれた水準より上の風化作用と波の合力で形成される。 ・海食台：砂礫を道具とした削磨作用が主営力でstormのときに主に形成される。 ○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しており、小崖の比高も次第に大になる状況が図示されている。 | |
| 縦断面形 | <p>第3図 現成浸食海岸の模式地形断面図
 m: 水元ベンチ hm: 中間位ベンチ bl: 低位位ベンチ e: ランパード
 n: 小崖 p: 海食台 f: 波食溝</p> <p>現成浸食海岸の模式地形断面図
 (茅根・吉川,1986に加筆)</p> | <p>岩石海岸の縦断面形の模式図と各部名称
 (豊島,1967に加筆)</p> | <p>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)</p> <p>*A₁-A₂断面は内湾側～E₁-E₂断面は外洋側の縦断面を示す。</p> |

○近年の地震による影響の有無に関わらず、海岸縦断形は、波食棚-小崖-海食台の一連の地形が認められる。

10.4 海岸地形の形成について

③-4 海底地形の状況 (海岸地形前面に発達する小崖について) (-2/2-)

○海岸地形前面に発達する小崖について、一般的な海岸縦断形を示した文献をレビューした。

| 項目 | 吉川ほか編(1973) | 鈴木(1998) |
|------|--|---|
| 内容 | <p>○海食崖下の平坦面は、主に潮間帯にある波食棚と、常に海面下にある海食台とに分かれ、両者は小崖で隔てられることもあるが、ベンチを欠いて海食崖下にすぐ海食台がひろがることもしばしばである。</p> <p>○豊島(1967)を引用し、ベンチの主な形成営力は風化と波の作用であるのに対し、海食台は、波によってベンチの外縁や海食崖下において岩塊を切り崩す作用と、砂礫を道具としての削磨作用によって形成されるものと考えられる。</p> | <p>○岩石海岸の海成侵食面は、a.傾斜波食面、b.平坦波食面の2種類の縦断形に大別される。</p> <p>a.傾斜波食面</p> <ul style="list-style-type: none"> 海食崖の基部から波浪侵食限界までほぼ連続的に、しだいに緩傾斜になる平滑な波食面である。 抵抗力の相対的に小さな岩盤で海岸及び海底が構成されている場合に形成される。 <p>b.平坦波食面</p> <ul style="list-style-type: none"> 潮間帯に発達し、ほぼ平坦な岩量であって、その沖側の縁に小崖を伴い、その小崖の基部から沖にむかって緩傾斜になっているものである。 このような階段状の波食面は、傾斜波食面の場合よりも相対的に抵抗力の大きい岩盤で構成されている。 通常の波の攻撃力のみでは容易に侵食されず、乾湿風化などによって岩盤の抵抗力が小さくなりうる潮間帯でのみ侵食され、常に海面下にあるため岩盤風化の進まない小崖およびそれより深い海底では容易に侵食されない。そのために階段状の縦断形が生じるのである。 |
| 縦断面形 |  <p>岩石海岸の縦断面形の模式図と用語 (吉川ほか編,1973に加筆)</p> <ul style="list-style-type: none"> A.P (abrasion platform) 海食台 C.C (coastal cliff) 海崖 S.Cv (sea cave) 海食洞 S.N (submarine notch) 海底波食溝 S.H (solution hole) 溶食窪 W.F (wave furrow) 波食溝 W.B.T (wave-built terrace) 波積台 R (rampart) ランパートまたは波食残丘 W.B (wave cut bench) ベンチ S.C (sea cliff) 海食崖 NO (notch) 波食窪、ノッチ W.H (wind cave, wind hole) 風食穴 G (groove) 海食溝 Ni (nisp) 小崖 |  <p>a: 傾斜波食面 (タイプA)</p> <p>b: 平坦波食面 (タイプB)</p> <p>岩石海岸の海成侵食地形 (鈴木,1998に加筆)</p> |

○海岸地形前面に発達する小崖は、波食棚や海食台と同様に、岩石海岸における一般的な地形であると考えられる。

○小崖は、現海面に対応して形成される波食棚及び海食台の形成要因の差異に伴い生じる地形であると考えられる。

10.5 海岸地形と海成段丘の関係

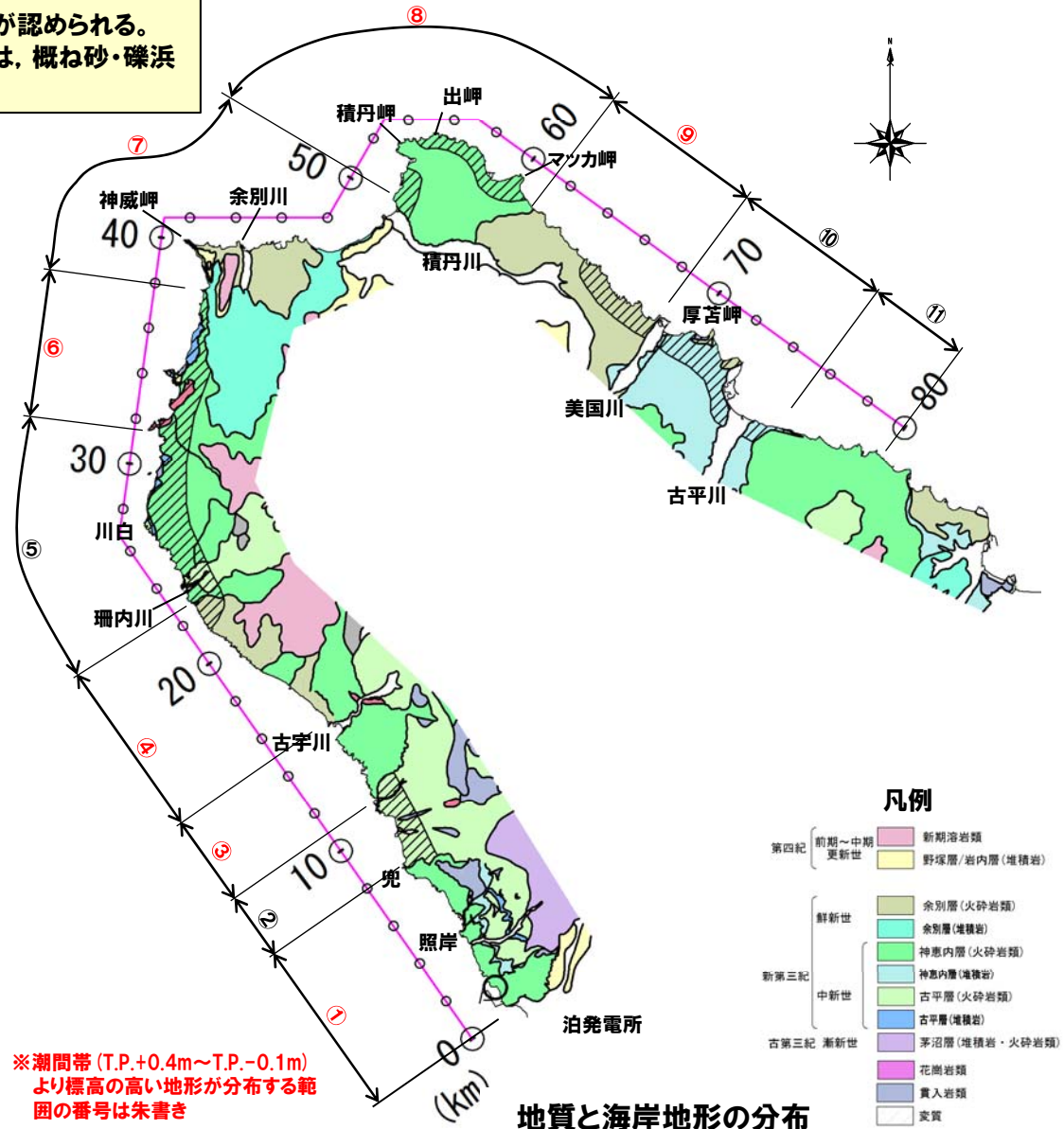
①地質と海岸地形分布高度 (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島の海岸地形高度と岩種・岩相の侵食抵抗には相関が認められる。
- また、堆積岩類が分布する範囲、変質を伴う範囲等においては、概ね砂・礫浜が分布する状況が認められる。

地質と海岸地形の分布

| 番号 | 範囲 | 地質・岩種 | 海岸地形の分布状況 |
|----|-----------|-------------------|------------------------------------|
| ① | 泊発電所～兜 | 神恵内層
火砕岩類 | ・波食棚を形成。
・兜、照岸で潮間帯より標高の高い地形を形成。 |
| ② | 兜～茂岩 | 古平層
変質火砕岩類 | ・礫浜を形成し、局所的に波食棚が点在。 |
| ③ | 茂岩～古宇川 | 神恵内層
火砕岩類 | ・波食棚を形成。
・潮間帯より標高の高い地形が散在。 |
| ④ | 古宇川～珊内 | 余別層
堆積岩、火砕岩類 | ・砂浜、礫浜を形成し、潮間帯より標高の高い地形が点在。 |
| ⑤ | 珊内～西の河原 | 古平層
変質火砕岩類 | ・局所的に波食棚が点在。 |
| ⑥ | 西の河原～神岬 | 古平層
堆積岩、変質火砕岩類 | ・局所的に潮間帯より標高の高い地形が点在。 |
| ⑦ | 神岬～野塚町 | 余別層
堆積岩 | ・礫浜、砂浜を形成し、余別川付近で潮間帯より標高の高い地形が点在。 |
| ⑧ | 野塚町～浜婦美 | 古平層
堆積岩、変質火砕岩類 | ・局所的に潮間帯より標高の高い地形が点在。 |
| ⑨ | 浜婦美～美国川 | 余別層
変質火砕岩類 | ・局所的に潮間帯より標高の高い地形が点在。 |
| ⑩ | 美国川～古平川右岸 | 神恵内層
堆積岩 | ・砂浜を形成し、局所的に波食棚が点在。 |
| ⑪ | 古平川右岸～豊浜 | 神恵内層
変質火砕岩類 | ・礫浜、砂浜を形成し、局所的に波食棚が点在。 |

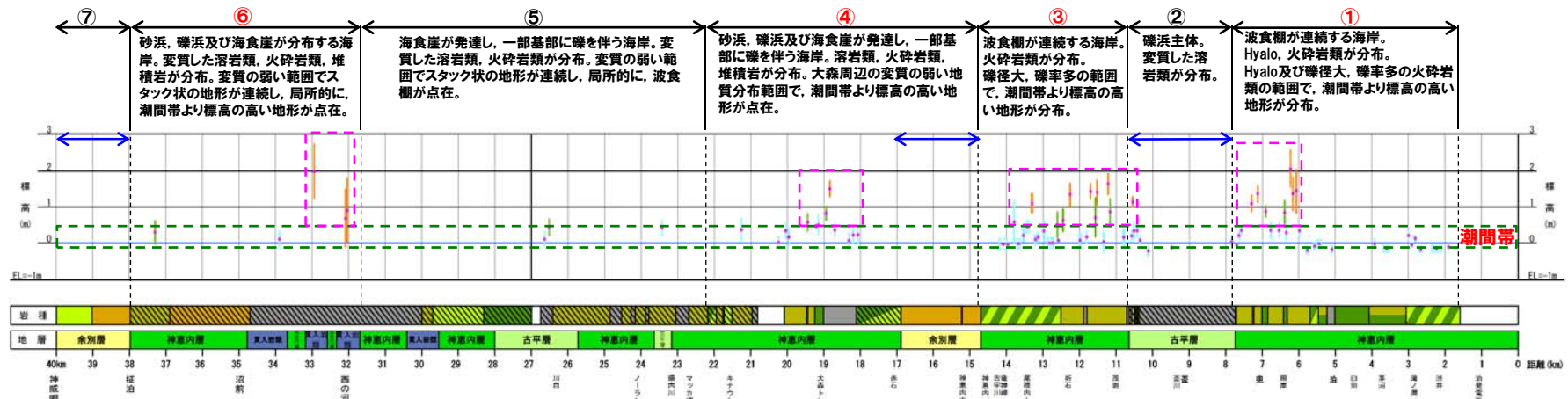
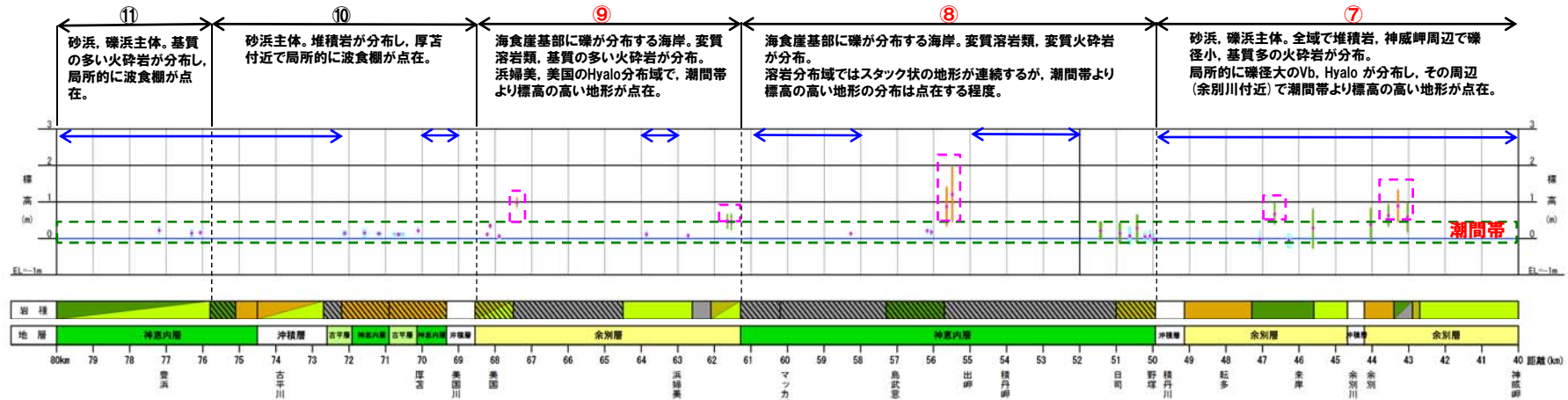


- 凡例
- 第四紀
 - 前期～中期 新期溶岩類
 - 更新世 野塚層/岩内層(堆積岩)
 - 鮮新世
 - 余別層(火砕岩類)
 - 余別層(堆積岩)
 - 新第三紀
 - 神恵内層(火砕岩類)
 - 神恵内層(堆積岩)
 - 中新世
 - 古平層(火砕岩類)
 - 古平層(堆積岩)
 - 古第三紀 漸新世
 - 茅沼層(堆積岩・火砕岩類)
 - 花崗岩類
 - 貫入岩類
 - 変質

10.5 海岸地形と海成段丘の関係

①地質と海岸地形分布高度 (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



※潮間帯 (T.P.+0.4m~T.P.-0.1m) より標高の高い地形が分布する範囲の番号は朱書き



〓: 潮間帯より標高の高い地形
↔: 砂・礫浜



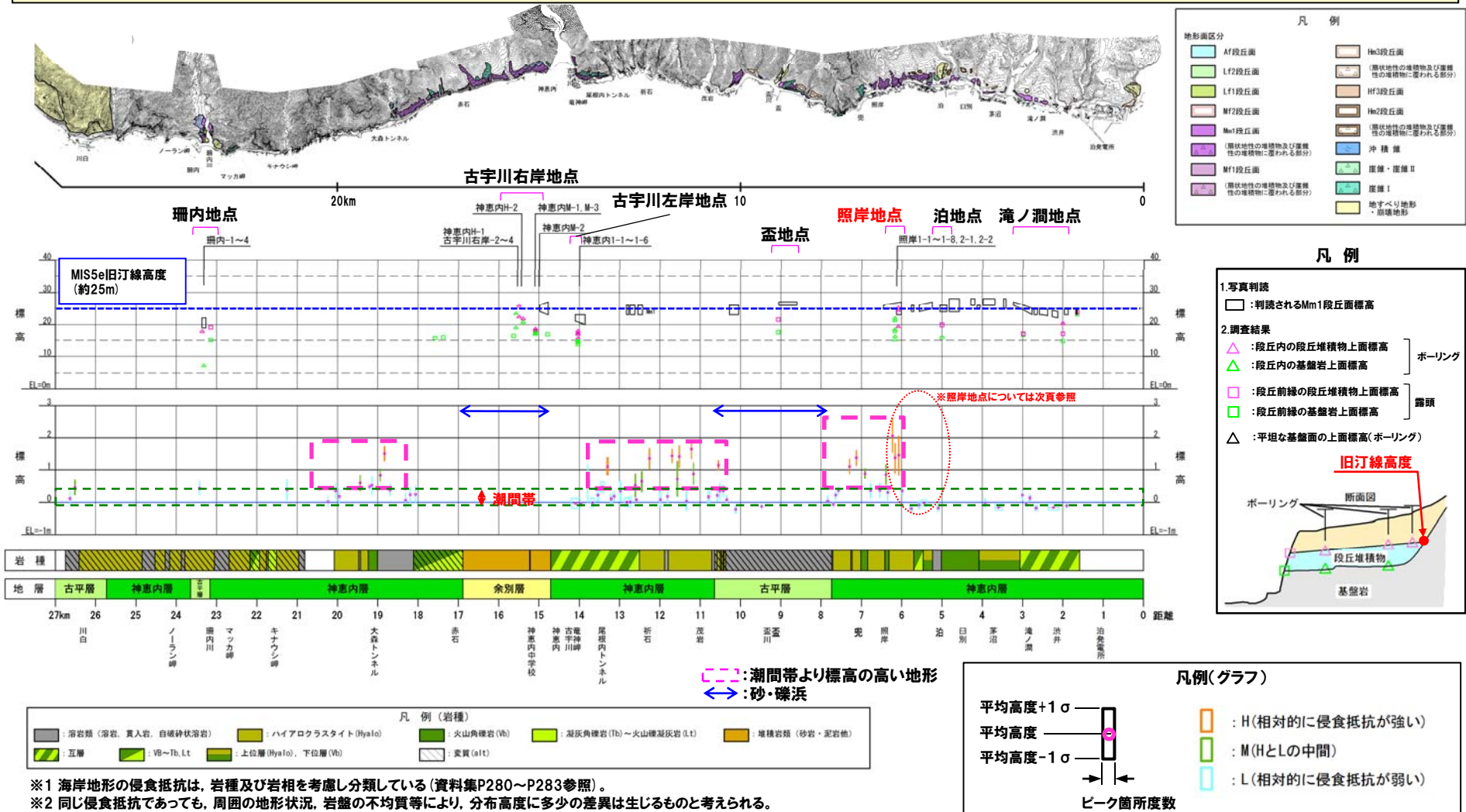
※1 海岸地形の侵食抵抗は、岩種及び岩相を考慮し分類している(資料集P280~P283参照)。 ※2 同じ侵食抵抗であっても、周囲の地形状況、岩盤の不均質等により、分布高度に多少の差異は生じるものと考えられる。

10.5 海岸地形と海成段丘の関係

②-1 海岸地形とMm1段丘の分布(西岸)

再掲(H26/11/28審査会合)

- 積丹半島西岸の海岸地形とMm1段丘の関係を確認した。
- Mm1段丘は、沿岸部において波食棚又は砂・礫浜を形成している範囲の背後に認められる(照岸地点については、一部、潮間帯よりも標高の高い地形が認められる。照岸地点の状況については、次頁参照)。
- なお、潮間帯より標高の高い地形が認められる範囲において、Mm1段丘面及び段丘堆積物上面標高が顕著に高い状況は認められない。



※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(資料集P280~P283参照)。
 ※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。

10.5 海岸地形と海成段丘の関係

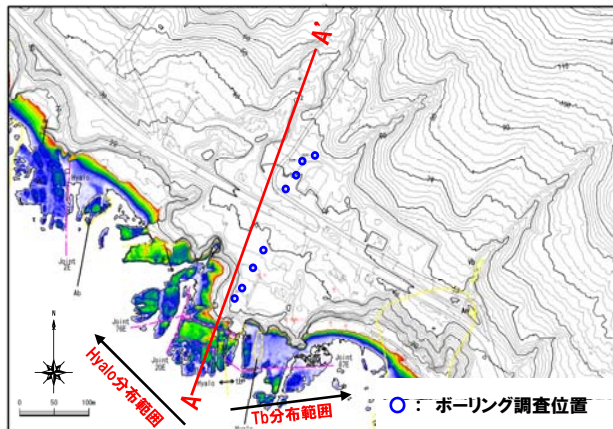
②-1 海岸地形とMm1段丘の分布 (西岸, 照岸地点)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

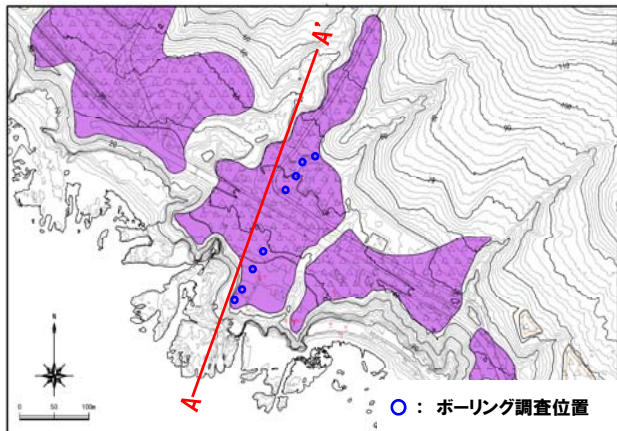
- 照岸地点におけるMm1段丘基盤は凝灰角礫岩 (Tb) である。
- 沿岸部においては, A-A' 断面付近に岩種境界が存在し, 北西側には侵食抵抗が相対的に強いハイアロクラスタイト (Hyalo) が分布し, 潮間帯より標高の高い地形を形成している。
- 一方, 南東側には侵食抵抗が相対的に弱い凝灰角礫岩 (Tb) が分布し, 波食棚を形成している。

凡例

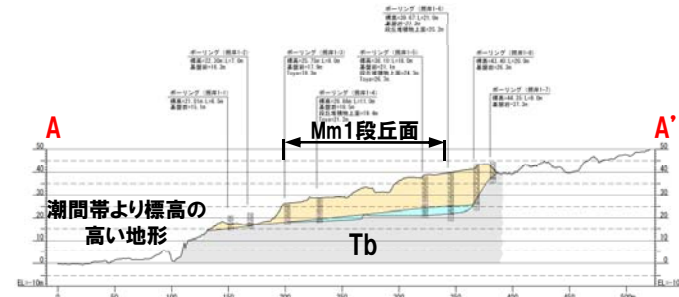
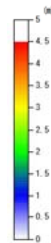
| | | | | | |
|-------|------------|--------------|-----------|------------|------------|
| ジョイント | Lava: 溶岩 | P lava: 枝状溶岩 | Tb: 凝灰角礫岩 | Vca: 火山性礫岩 | g-Ss: 含礫砂岩 |
| 岩種境界 | Ab: 自破砕状溶岩 | Hyalo: 水砕砕岩 | Lt: 火山凝灰岩 | Cg: 礫岩 | Ho: 角閃石 |
| 地質境界 | Dyke: 貫入岩 | Vb: 火山角礫岩 | Tf: 凝灰岩 | Ss: 砂岩 | ait: 変質 |



段彩図



地形分類図



断面図



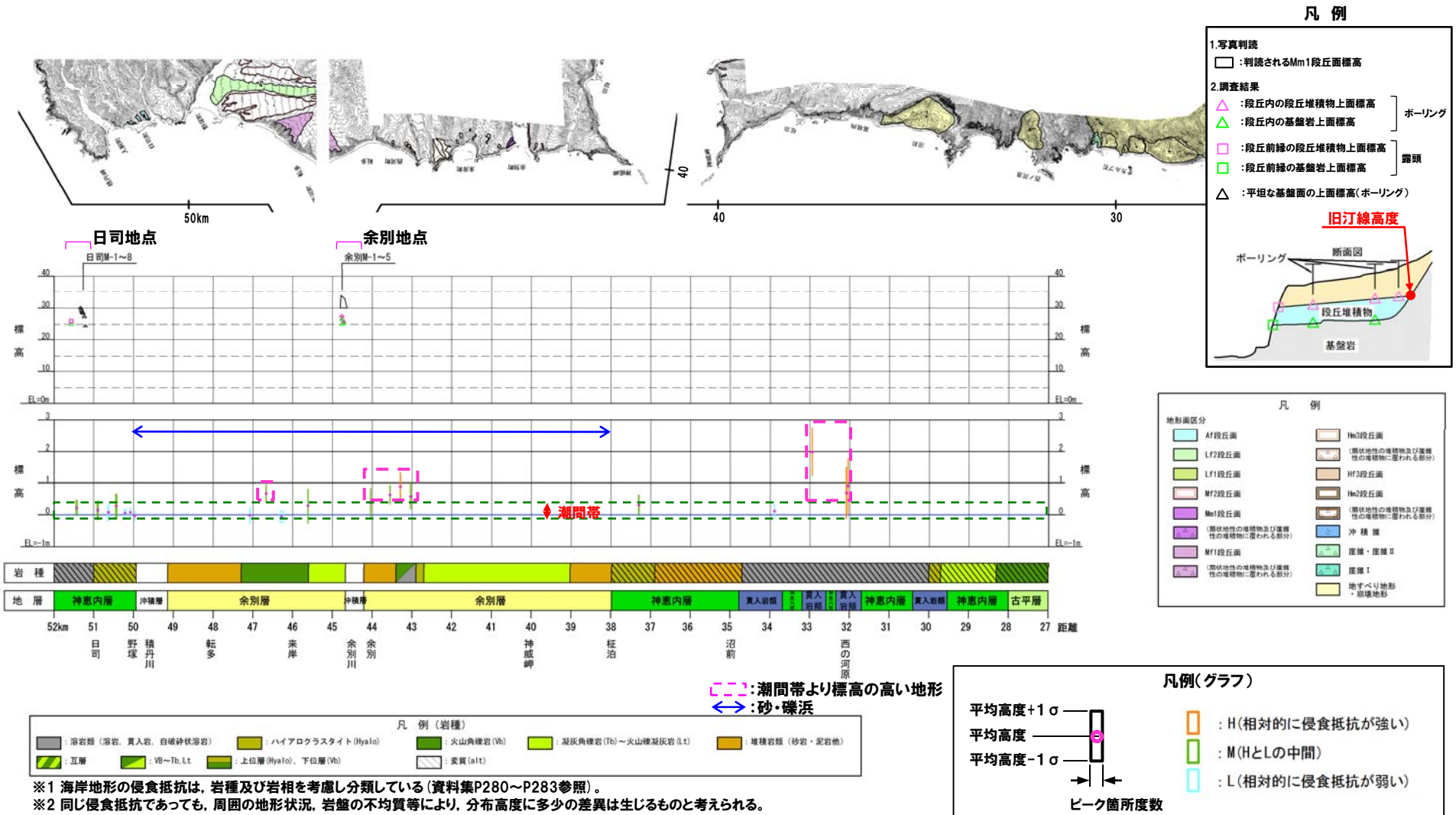
オルソフォト

10.5 海岸地形と海成段丘の関係

②-2 海岸地形とMm1段丘の分布(北・東岸) (-1/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島北・東岸の海岸地形とMm1段丘の関係を確認した。
- Mm1段丘は、沿岸部において波食棚又は砂・礫浜を形成している範囲の背後に認められる。

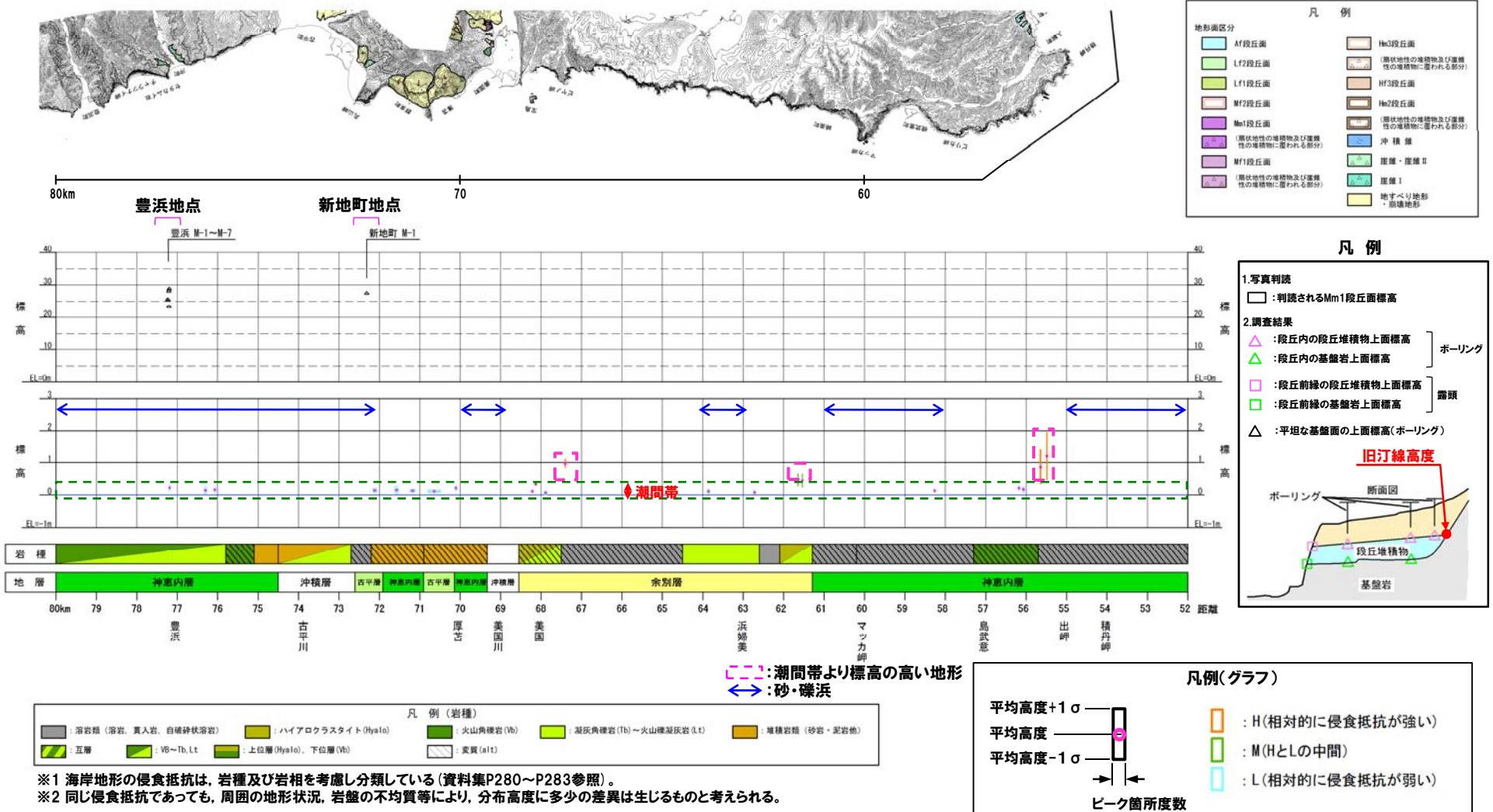


10.5 海岸地形と海成段丘の関係

②-2 海岸地形とMm1段丘の分布(北・東岸) (-2/2-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

- 積丹半島北・東岸の海岸地形とMm1段丘の関係を確認した。
- Mm1段丘は認められない。



②-3 海岸地形とMm1段丘の分布(まとめ) (-1/4-)

一部修正(H26/11/28審査会合)

- 積丹半島における海岸地形とMm1段丘の分布から、海成段丘の形成過程については、下表に示すケースが推定される。
- 積丹半島は、西岸と北・東岸において地質分布が異なる(地質積丹半島西岸は、Case1の分布が多く、積丹半島北・東岸は、Case3の分布が多い)ことから、海岸地形及び海成段丘の発達の様子が異なるものと考えられる。

海成段丘の模式的な形成過程

| ケース | | 海岸地形 | 海成段丘 |
|-------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Case1 | 積丹半島において、侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相の場合 | 波食棚が形成されやすい | 形成されやすい |
| Case2 | 積丹半島において、侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相の場合 | 波食棚が形成されにくく、潮間帯より標高の高い地形が形成される | 形成されにくい |
| Case3 | 積丹半島において、侵食抵抗が相対的に弱い堆積岩又は強い変質を伴う岩相の場合 | 波食棚が形成されにくく、砂・礫浜が形成される | 砂・礫浜の規模と侵食速度の関係によって、形成される場合がある。 |

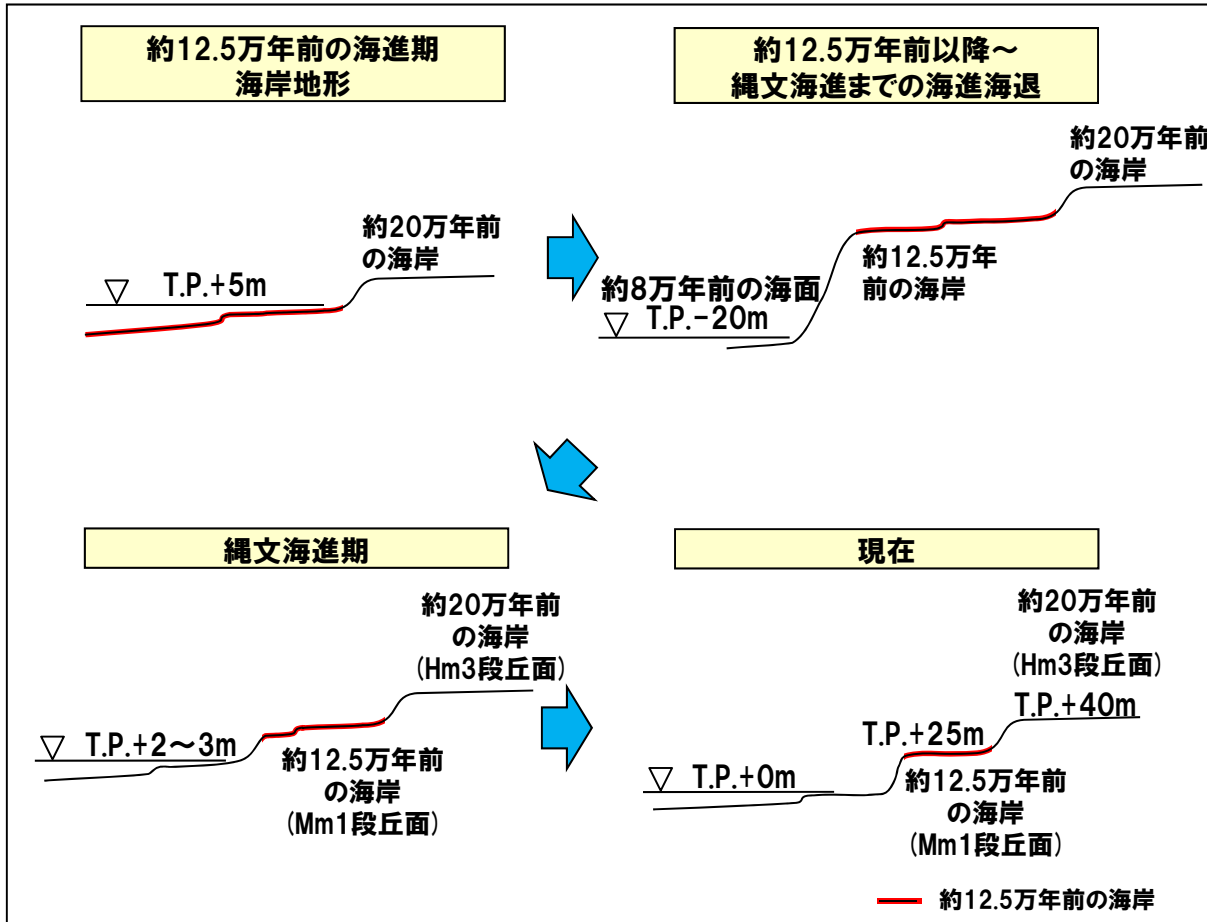
10.5 海岸地形と海成段丘の関係

②-3 海岸地形とMm1段丘の分布 (まとめ) (-2/4-)

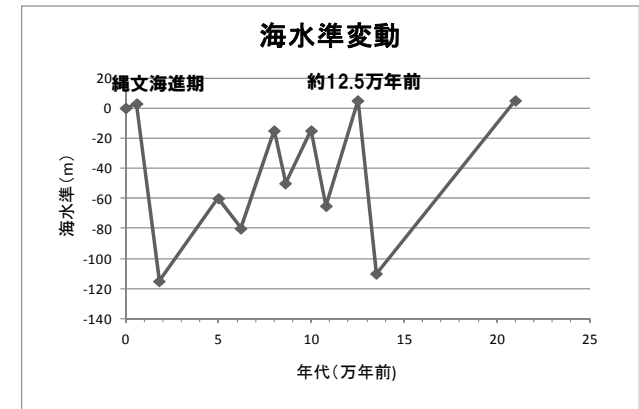
一部修正 (H26/11/28審査会合)

【Case1: 積丹半島において、侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相の場合】
○波食棚が形成されやすく、海成段丘も形成されやすい。

Case1



海成段丘の模式的な形成過程
(積丹半島において、侵食抵抗が相対的に弱い岩種・岩相の場合)



※小池・町田編(2001)に加筆

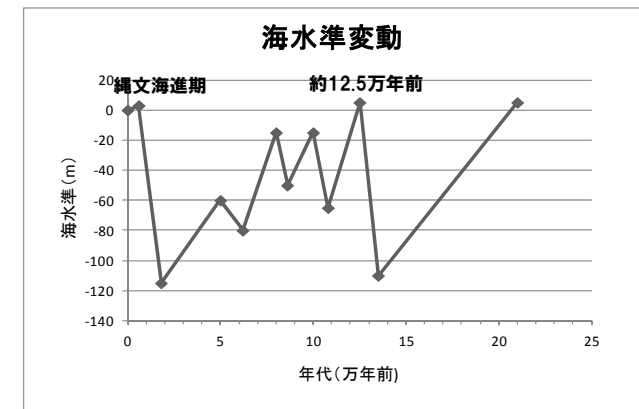
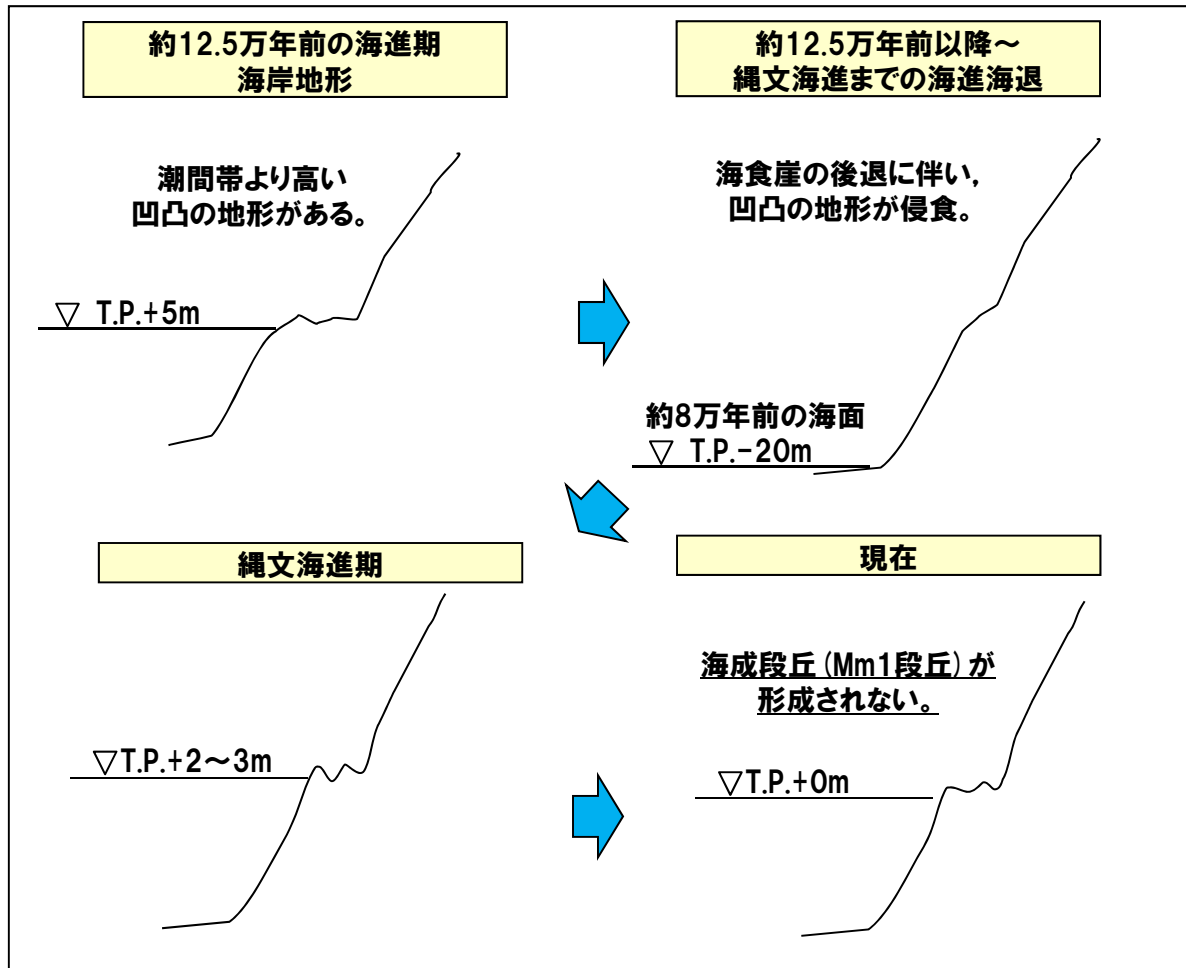
10.5 海岸地形と海成段丘の関係

②-3 海岸地形とMm1段丘の分布 (まとめ) (-3/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【Case2: 積丹半島において、侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相の場合】
 ○波食棚が形成されにくく、潮間帯よりも標高の高い地形が形成され、海成段丘は形成されにくい。

Case2



※小池・町田編 (2001) に加筆

海成段丘の模式的な形成過程 (積丹半島において、侵食抵抗が相対的に強い岩種・岩相の場合)

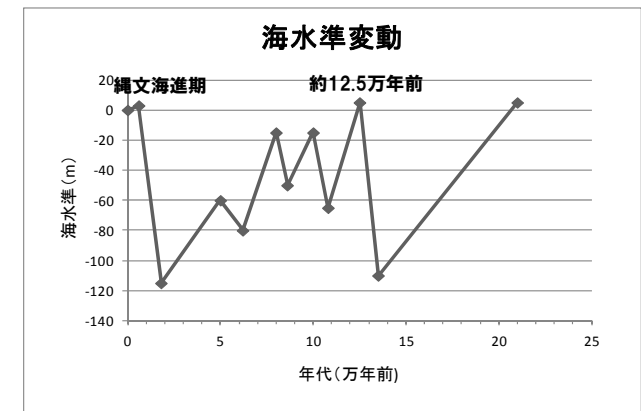
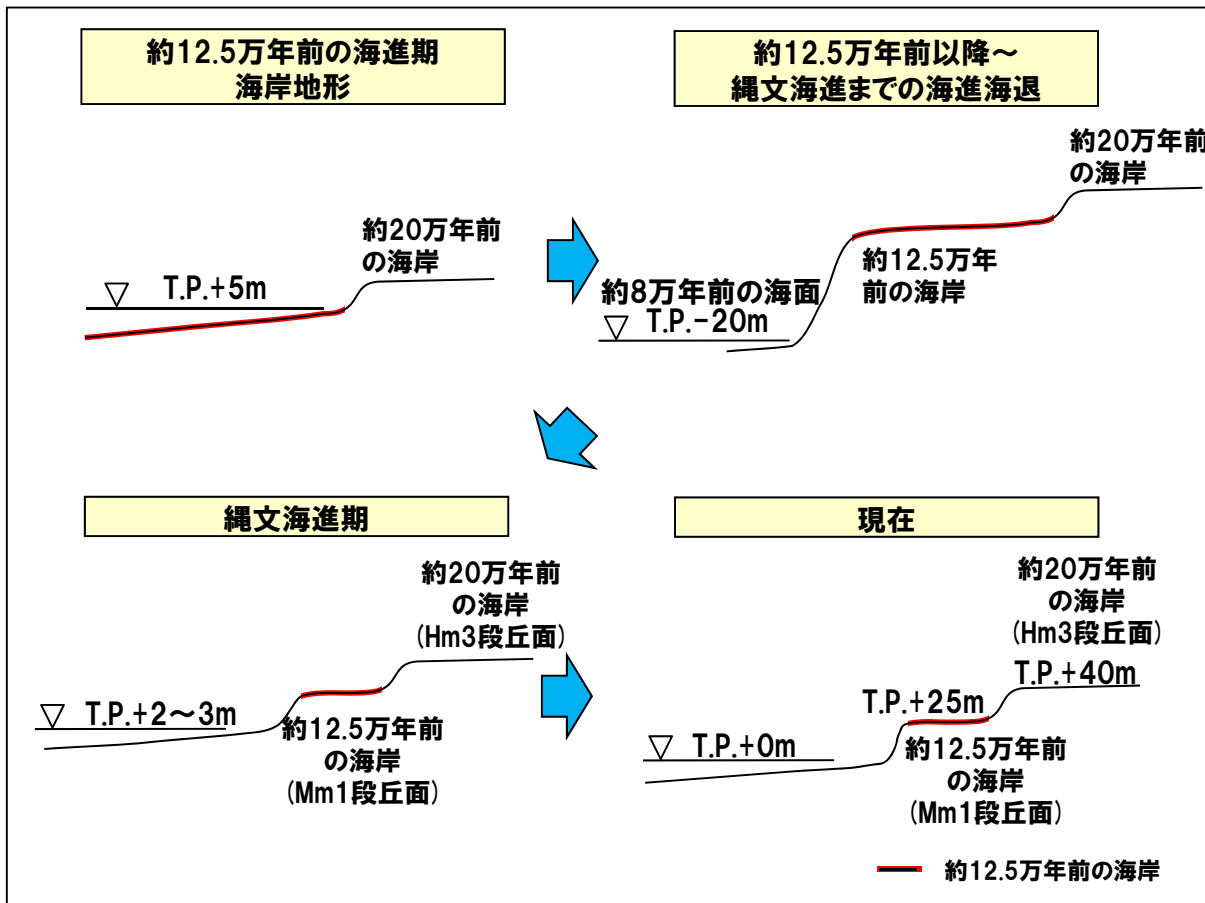
10.5 海岸地形と海成段丘の関係

②-3 海岸地形とMm1段丘の分布 (まとめ) (-4/4-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)

【Case3: 積丹半島において、侵食抵抗が相対的に弱い堆積岩又は強い変質を伴う岩相の場合】
 ○波食棚は形成されにくく、砂・礫浜が形成され、砂・礫浜の規模と侵食速度の関係によって、海成段丘が形成される場合がある。

Case3



※小池・町田編 (2001) に加筆

海成段丘の模式的な形成過程

(積丹半島において、侵食抵抗が相対的に弱い堆積岩又は強い変質を伴う岩相の場合)

- (1) 海上保安庁水路部 (1975) : 20万分の1海底地質構造図「積丹半島付近」.
- (2) 海上保安庁水路部 (1979) : 5万分の1海底地質構造図「神威岬」.
- (3) 海上保安庁水路部 (1972) : 20万分の1海底地質構造図「武蔵堆」.
- (4) 活断層研究会編 (1991) : 日本の活断層, 東京大学出版会.
- (5) 徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壮・阿部寛信・坂井真一・向山健二郎 (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, Vol.13, No.1, pp.27-53.
- (6) 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.
- (7) 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.
- (8) 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.
- (9) 海上保安庁水路部 (1996) : 20万分の1海底地形図「石狩湾西方」
- (10) 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.
- (11) 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.
- (12) 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.
- (13) 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.
- (14) 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.
- (15) 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.
- (16) 産業技術総合研究所 (2013) : 日本重力データベースDVD版.
- (17) 物理探査学会編 (1998) : 物理探査ハンドブック, 手法編第8章.
- (18) 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.
- (19) 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.
- (20) 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.
- (21) 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.
- (22) 今泉俊文 (1977) : 男鹿半島の地殻変動と地震, 東北地理, Vol.29, No.1, pp.35-44.
- (23) 檜垣大助・白石睦弥・古澤和之 (2011) : 1793寛政西津軽地震に関する一考察 (その2), 歴史地震, 第26号, p.111.
- (24) 小池一之・町田 洋編 (2001) : 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会.
- (25) 鷹澤好博 (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.
- (26) 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.

- (27) 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.
- (28) 亀尾浩司・佐藤時幸 (1999) : 石灰質ナ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.
- (29) 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.
- (30) 茅根創・吉川虎雄 (1986) : 房総半島南東岸における現成・離水浸食海岸地形の比較研究, 地理学評論, Vol.59 (Ser.A) -1, pp.18-36.
- (31) 茅根創・山室真澄・松本英二 (1987) : 房総半島南東岸における旧汀線の指標としてのヤッコカンザシ, 第四紀研究, 26 (1), pp.47-57.
- (32) 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.
- (33) 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.
- (34) Sunamura T (1992) : Geomorphology of Rocky Coasts. John Wiley & Sons, Chichester. pp.302.
- (35) 吉川虎雄・杉村新・貝塚爽平・太田陽子・阪口豊編 (1973) : 新編 日本地形論, 東京大学出版会.
- (36) 鈴木隆介 (1998) : 建設技術者のための地形図読図入門 第2巻, 古今書院.