

考察方法

- 海岸地形高度の定量化の結果、積丹半島の海岸地形(波食棚及び潮間帯より標高の高い地形)高度は、岩種・岩相の違いによる侵食抵抗の相対的な強弱によって平均高度及び標準偏差(ばらつき)が異なることが確認された。
- 海岸地形の形成に関する文献レビューを行い、文献記載の海岸地形の特徴と積丹半島で認められる海岸地形の特徴について、比較・考察を行った。

3.6 海岸地形の形成に関する考察

海岸地形に関する文献レビュー

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"> storm bench ⇒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 old hat型 ⇒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"> 潮間帯波食棚 ⇒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 高潮位波食棚 ⇒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 暴風波波食棚 ⇒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"> 潮間帯波食棚 ⇒海水面風化だけではなく、砂礫を研磨の道具とする波食 高潮位波食棚 ⇒海水面風化が主要な役割 暴風波波食棚 ⇒暴風波によって洗われる 	
地質	<ul style="list-style-type: none"> 安山岩、玄武岩及び第三系礫岩 	<ul style="list-style-type: none"> 潮間帯波食棚 ⇒角礫凝灰岩、火山角礫岩、礫岩、軟質砂岩など 高潮位波食棚 ⇒凝灰角礫岩、火山角礫岩など 暴風波波食棚 ⇒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。
- 潮間帯よりも標高の高い波食棚は、相対的に節理等の構造に支配された起伏がある。
- 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。
- 岩石の強度と破碎波の侵食力の比によって、形成される波食棚のタイプが異なる。

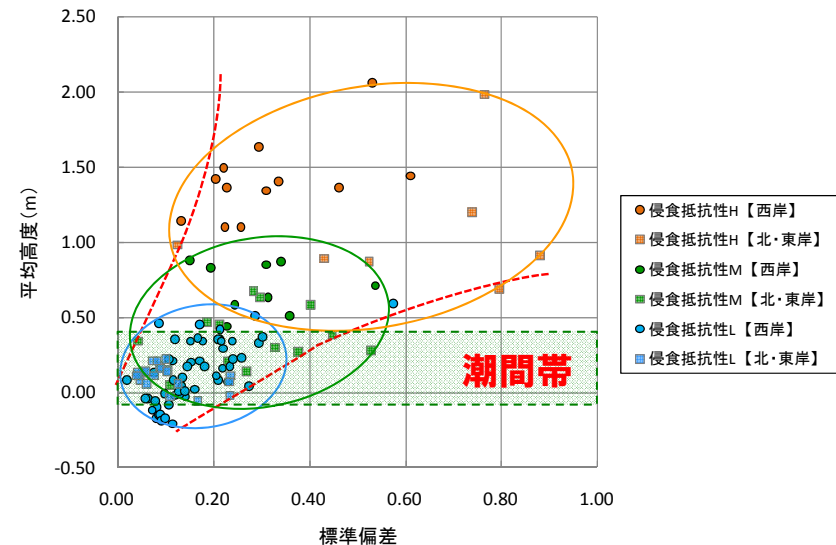
海岸地形の形成に関する考察

【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。
- 潮間帯よりも標高の高い波食棚は、相対的に節理等の構造に支配された起伏がある。
- 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。
- 岩石の強度と破碎波の侵食力の比によって、形成される波食棚のタイプが異なる。

【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)。
- この状況は、文献レビュー結果と調和的である。



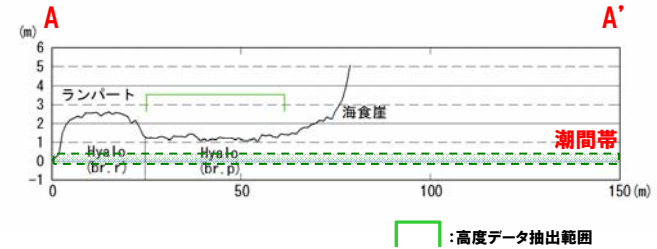
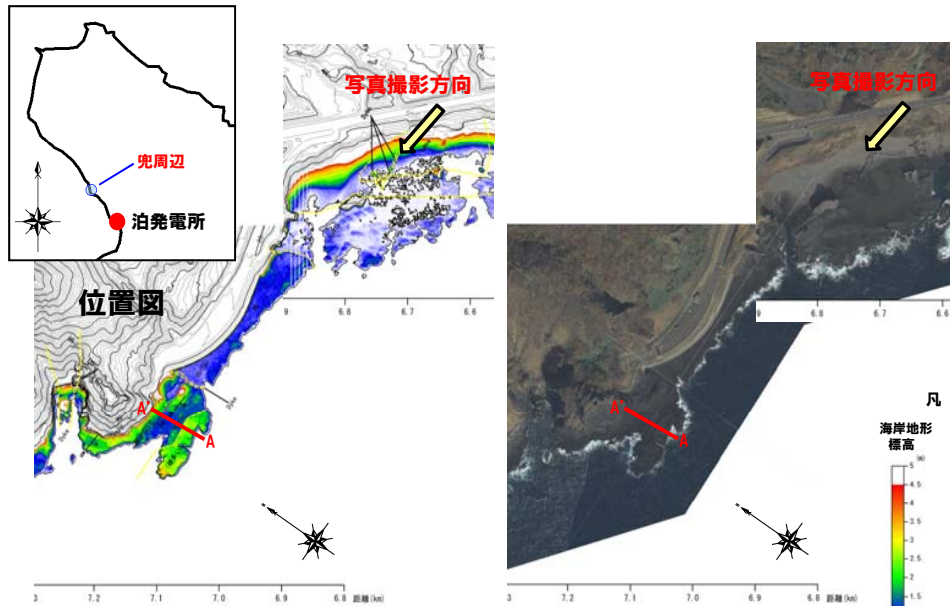
積丹半島における海岸地形の平均高度と標準偏差の関係

- 積丹半島の海岸地形は、岩種・岩相の侵食抵抗の相対的な強弱による影響が大きく、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」を形成しているものと判断される。
- 海岸地形の形成営力は波食及び風化作用であり、積丹半島においては、岩石の乾湿交代による風化に加え、冬期の凍結融解に伴う風化作用も考慮されるものと考えられる。

【参考】

- 「潮間帯より標高の高い地形」は、縄文海進期以降の高海水準期に形成されたことも推定される(P265, 266参照)。

敷地周辺の波浪(兜周辺)

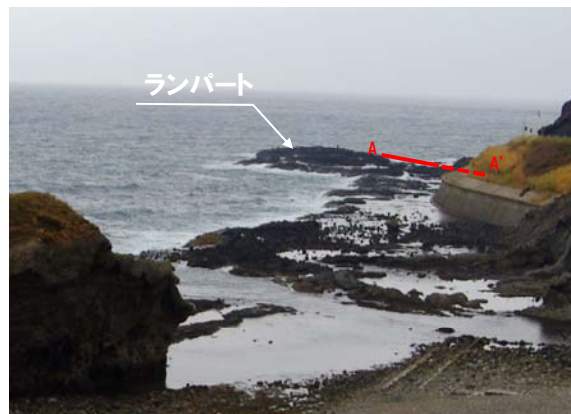


- 年間約50%の頻度で0.5m以上の波高が発生する。
⇒ (下中央写真:波浪時状況)T.P.+1.0m程度以上まで波が到達している。
- 年間約30%の頻度で1.0m以上の波高が発生する。
⇒ (右下写真:高波浪時状況)T.P.+3.0m程度以上まで波が到達している。

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)

凡例

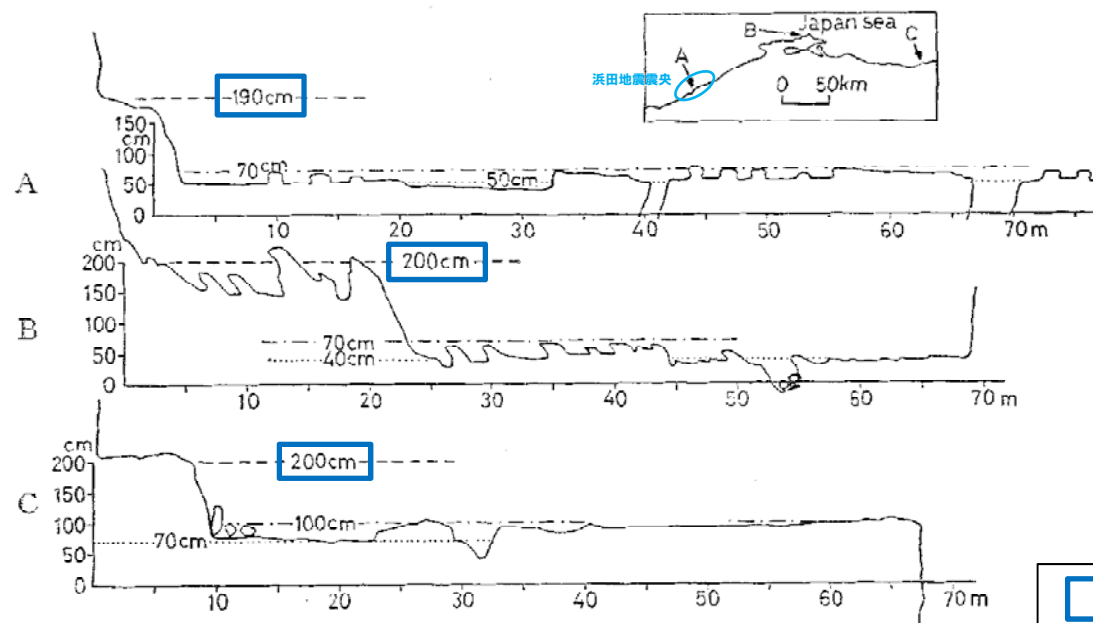
海岸地形	凡例
海岸地形	ジョイント
標高	崖境界
	地質境界
4.5	Lava: 溶岩
4.0	Al: 自融砕伏岩
3.5	Dyke: 貫入岩
3.0	F: lava 柱状溶岩
2.5	Hya lo: 水成凝結岩
2.0	Vt: 火山角礫岩
1.5	Tb: 湖底角礫岩
1.0	Lt: 火山礫層灰岩
0.5	Tf: 湖底泥
0	Vsg: 火山性凝結岩
	Cg: 礫岩
	Ss: 砂岩
	g-Ss: 礫層砂岩
	Hs: 角閃岩
	alt: 変質

山陰の海岸地形(豊島,1978)

再掲(6/6審査会合)

- 異なる地質・環境条件の図中A～C地点において、平均海面上約2mの離水した波食棚が認められる。
- これらの波食棚は、縄文海進期に、長期間にわたって2～2.5m程度の海水準期が続き、形成されたものと推定している。

※1872年の浜田地震(M7.1)の影響を受ける地域(図中A)があるものの、震央から離れた地域(図中C)についても、平均海面上約2mの波食棚が認められる。



第1図 代表的な波食棚の縦断面形

A: 浜田市豊ヶ浦 B: 島根半島沖の島 C: 鳥取県岩戸

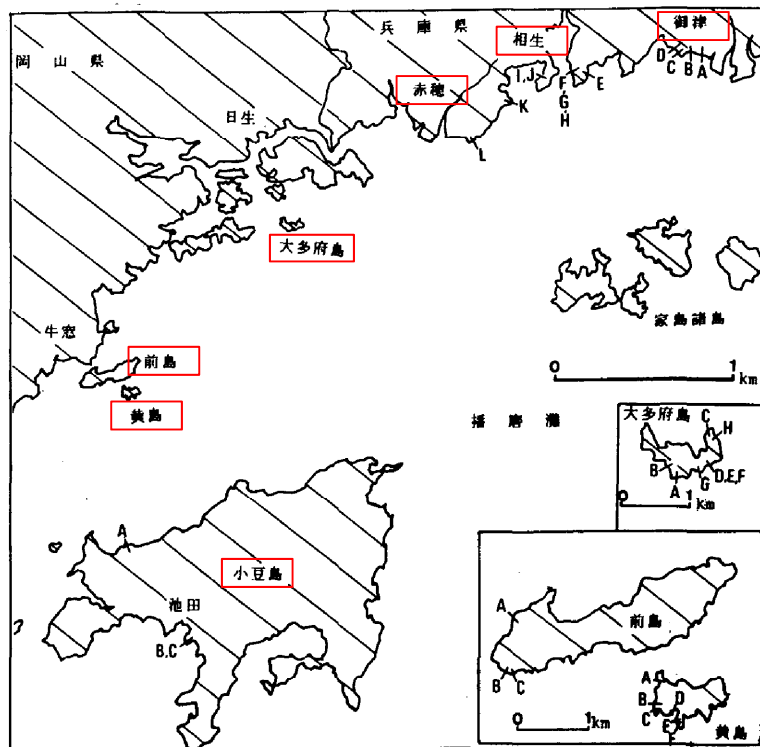
□: 縄文海進期に
形成された波食棚

代表的な波食棚の縦断面図(豊島,1978に一部加筆)

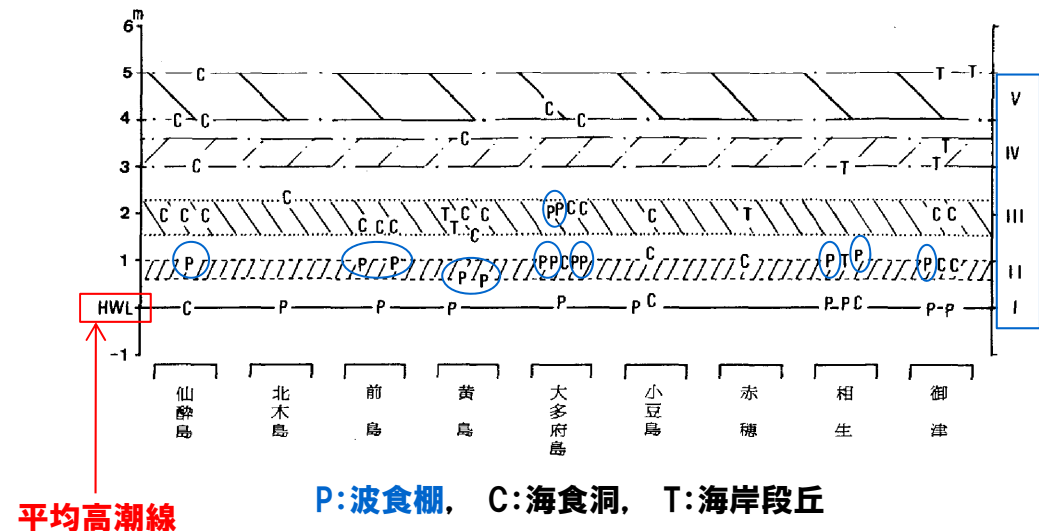
3.6 海岸地形の形成に関する考察

瀬戸内海，播磨灘沿岸の海岸地形(成瀬ほか,1984)

- 播磨灘沿岸には、波食棚、海食洞、海岸段丘がいろいろな高度に分布している。
- Iの高潮線に一致する波食棚や海食洞は現成の地形であるが、II以降については、**完新世最高海面期以降の緩やかな海水準の変化によって形成されたもの**と推定している。
- なお、瀬戸内海は、地殻変動の影響を地震性地殻変動区におけるほど重視する必要がないこと、外海ほどには波浪が小さいので小規模な波食地形や堆積地形も残り易く、完新世の海水準変動を復元するにあたって好個のフィールドであるとしている。



調査地域および測量地点
(成瀬ほか,1984に一部加筆)



波食棚、海食洞、海岸段丘の高度による分類
(成瀬ほか,1984に一部加筆)

【検討目的】

○積丹半島の海岸地形の成因を把握する。

【検討方法】

○DEMデータによる海岸地形高度の定量化等を実施し、地質分布及び岩種・岩相と地形との間に認められる関係について検討した。

【結 果】

○潮間帯より標高の高い地形は、全体の20%程度の頻度である。

○積丹半島の海岸地形の高度分布は、西岸、北・東岸ともに同様な傾向を示す。

○積丹半島の海岸地形は、岩種・岩相の侵食抵抗の相対的な強弱による影響が大きく、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」を形成しているものと判断される。

○海岸地形の形成営力は波食及び風化作用であり、積丹半島においては、岩石の乾湿交代による風化に加え、冬期の凍結融解に伴う風化作用も考慮されるものと考えられる。

4. 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討

【検討目的】

○積丹半島西岸近傍海域の地質構造を把握する。

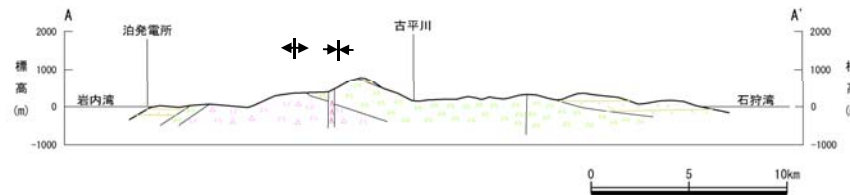
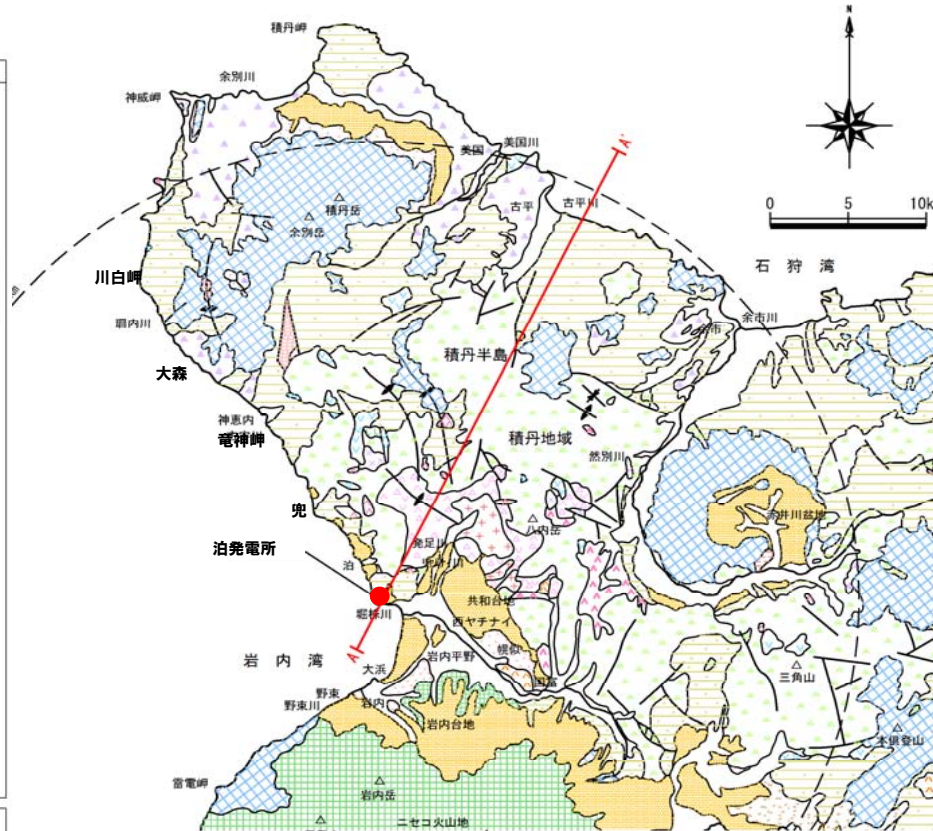
【検討方法】

○積丹半島西岸近傍海域の海上音波探査記録等について検討する。

4.2 陸域と海域の地質構造

①陸域の地質構造

一部修正(6/6審査会合)



↔ : 背斜軸
 ↗ ↘ : 向斜軸

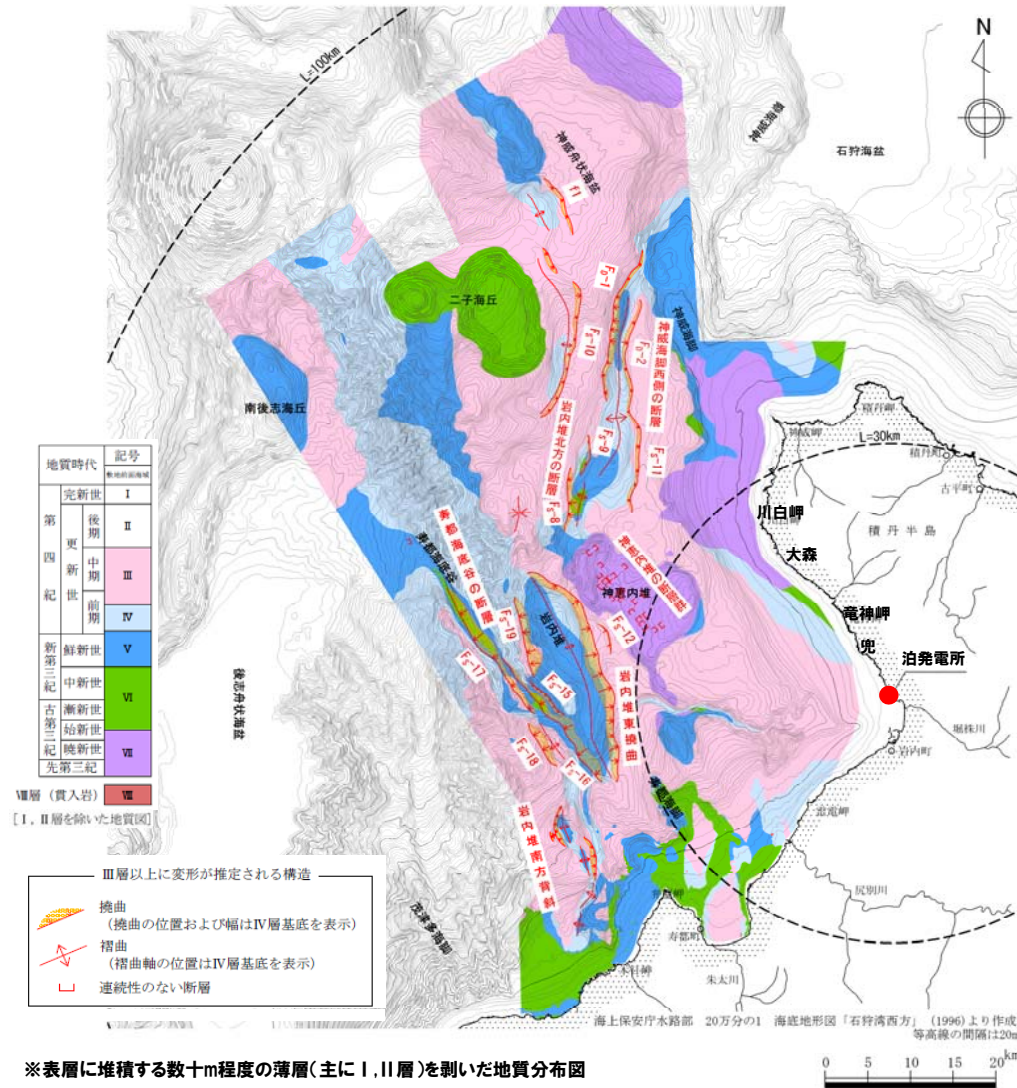
泊発電所周辺の地質図(陸域)

- 積丹半島西岸部には、主に新第三系中新統の古平層、神恵内層、新第三系上部中新統～鮮新統の余別層が分布する。また、その上位に段丘堆積物等の第四系が堆積する。
- 積丹半島の地質構造は、大局的に、NW-SE方向の背斜構造で特徴づけられ、積丹半島西岸は海側への同斜構造を示す。
- 積丹半島西岸に変位地形は認められない。

4.2 陸域と海域の地質構造

②敷地前面海域の地質構造

一部修正(6/6審査会合)



泊発電所周辺の地質図(海域)

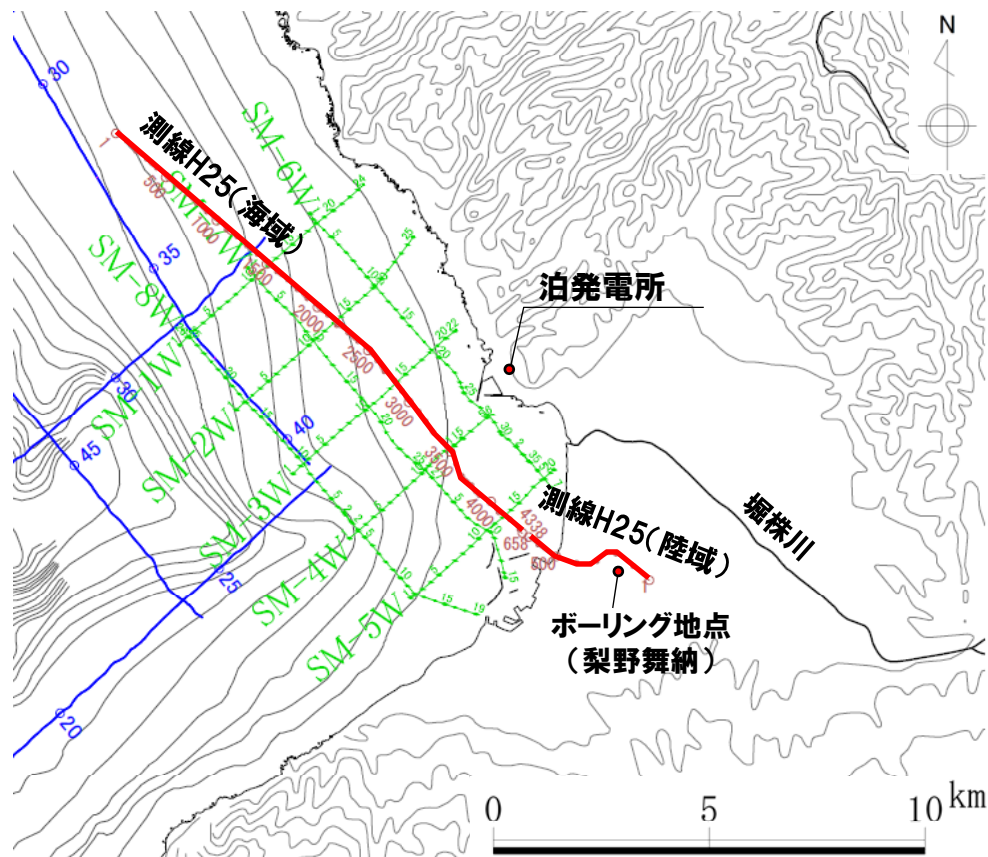
- 敷地前面海域の地層は、音波探査記録の検討により、I～VII層に区分している。
- 敷地前面海域の断層は、N-S～NW-SE方向の新第三系鮮新統のV層、下部更新統のIV層の背斜構造等の地形の高まり沿いに認められる。
- Fs-10断層(f1含む)、岩内堆東拗曲及び岩内堆南方背斜については、それぞれの位置関係や地質構造の特徴から、連動を考慮している。なお、これらの断層はいずれも西傾斜の断層と推定される。
- 積丹半島西岸近傍海域には、後期更新世以降の活動を考慮する断層等は認められない。

4.3 岩内層と海域層序の対比

① 検討概要

○積丹半島西岸近傍海域における海上音波探査記録の検討に当たって、以下の検討により、陸域及び海域の地質層序区分の精度向上を図った。

- ・梨野舞納地点において実施したボーリング結果について検討し、岩内層の基底深度等を確認した。
- ・ボーリング実施地点近傍を通り、陸域から海域に連続する反射法音波探査記録(測線H25)の音響層序を検討した。
- ・これらの結果を組合せ、岩内層と海域の地質層序の対比を実施した。



○反射法音波探査仕様(測線H25)

海域

振源:ウォーターガン 15inch³
受振:ストリーマケーブル(20ch)
CDP間隔:3.125m

陸域

振源:ウォーターガン 15inch³,
油圧インパクト JMI200 II
受振:ペイケーブル(48ch)+ジオフォン
CDP間隔:5m

○梨野舞納地点ボーリング

掘削深度:100m
掘削標高:11.43m
掘削箇所:岩内層分布箇所

測線H25及び梨野舞納地点ボーリング位置図

4.3 岩内層と海域層序の対比

② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討

- 岩内層の露頭が確認される梨野舞納地点においてボーリングを実施した。
- 岩内層の基底深度等を確認するため、ボーリングコアを用いて、珪藻分析、花粉分析及び層相確認を実施し、深度28.10m(EL.-16.67m)まで分布する砂層が岩内層に対比されることを確認した。
- 深度28.10m以深は野塚層下部層相当であると推定される。

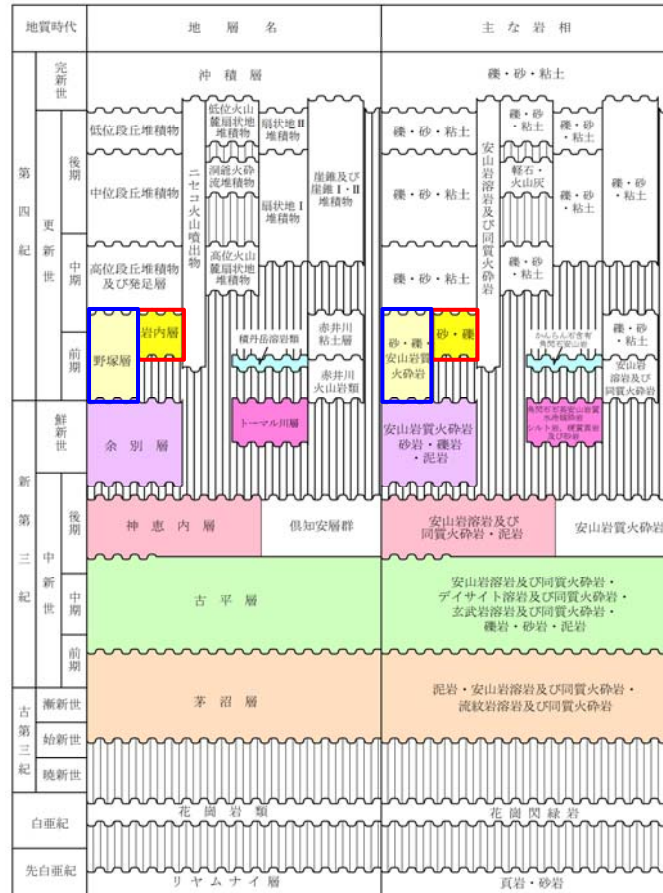


梨野舞納ボーリング地点位置図

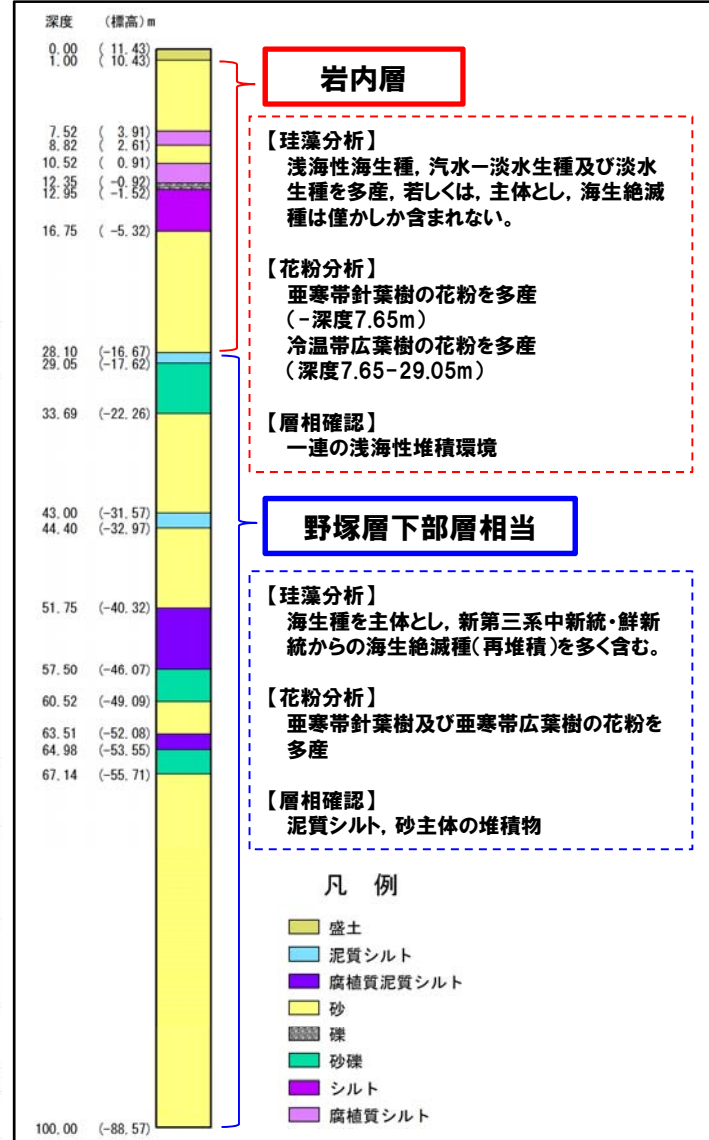


梨野舞納ボーリング地点写真

積丹地域の地質層序表



~~~~~ : 不整合

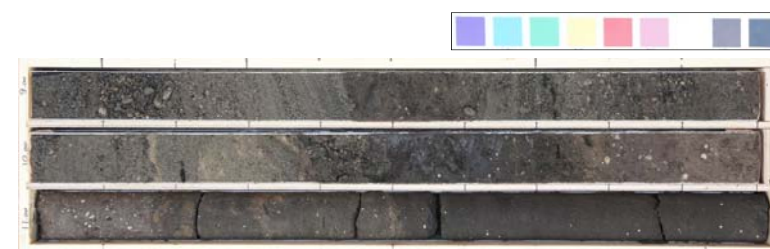


梨野舞納地点ボーリング柱状図

## ②梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(-ボーリングコア写真1/4-)



コア写真(梨野舞納:深度0~15m)



コア写真(梨野舞納:深度9~12m)別孔

## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(-ボーリングコア写真2/4-)



コア写真(梨野舞納:深度15~30m)

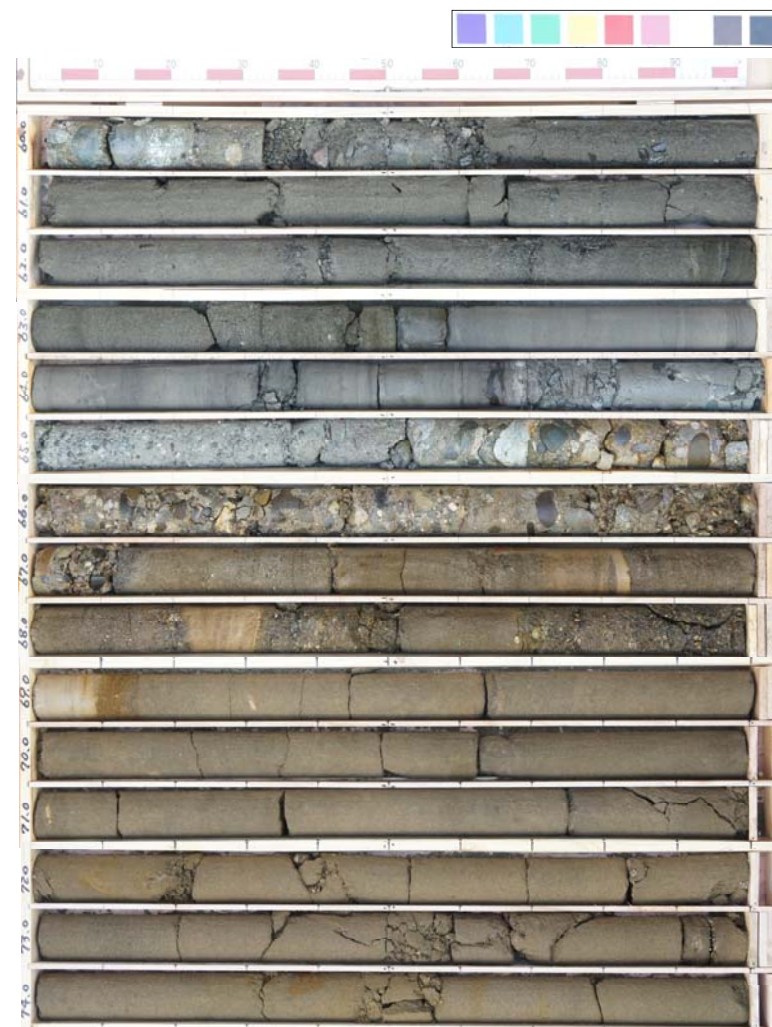


コア写真(梨野舞納:深度30~45m)

## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(-ボーリングコア写真3/4-)



コア写真(梨野舞納:深度45~60m)



コア写真(梨野舞納:深度60~75m)



## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(-ボーリングコア写真4/4-)



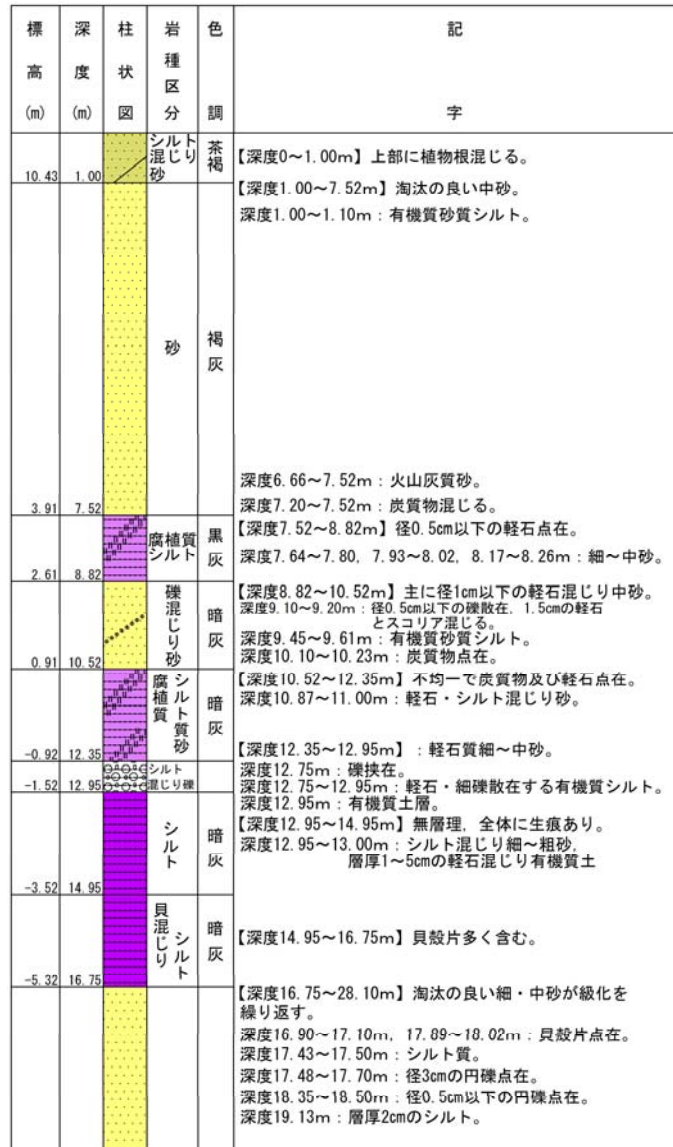
コア写真(梨野舞納:深度75~90m)



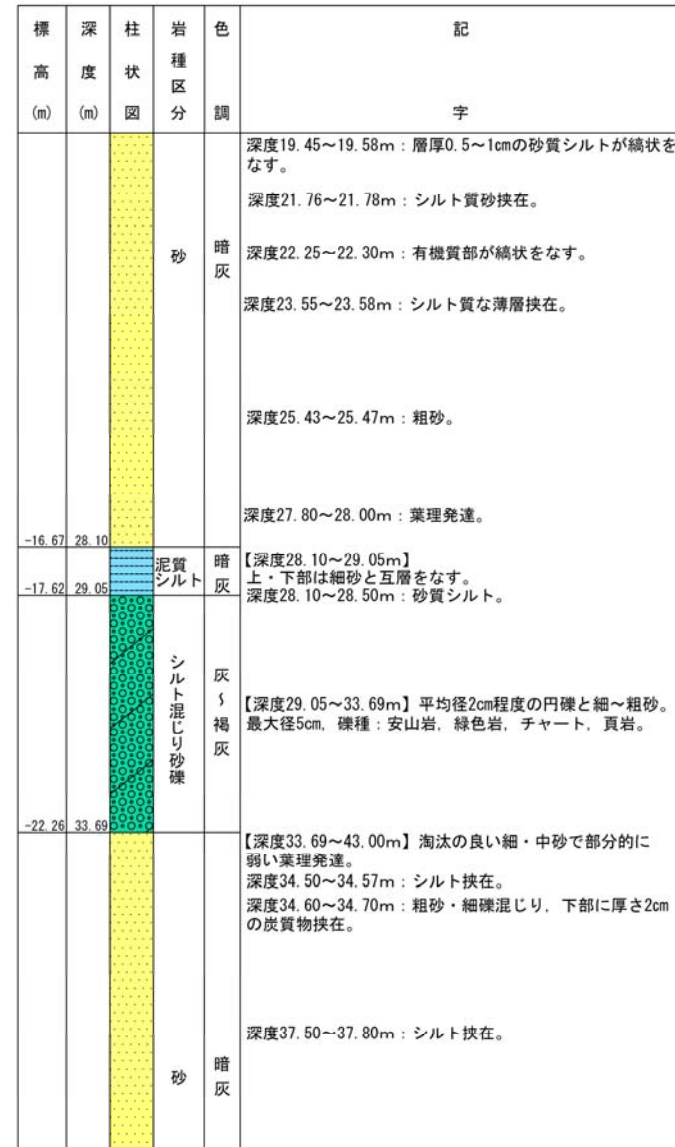
コア写真(梨野舞納:深度90~100m)

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討( -ボーリング柱状図1/3- )



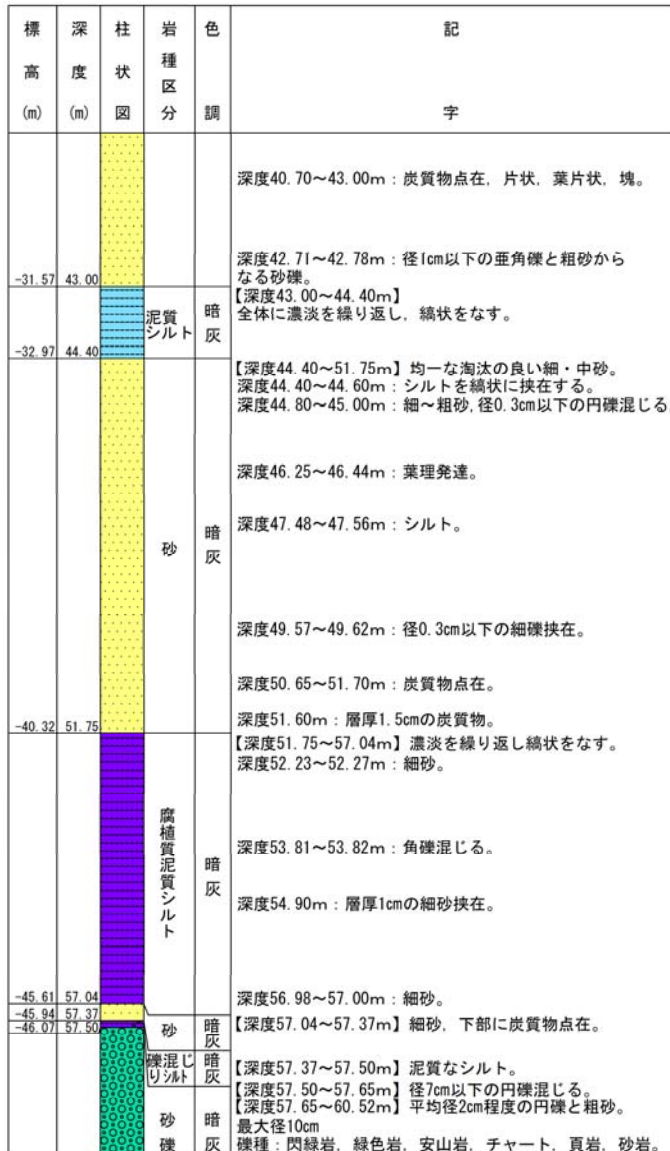
ボーリング柱状図(梨野舞納:深度0~20m)



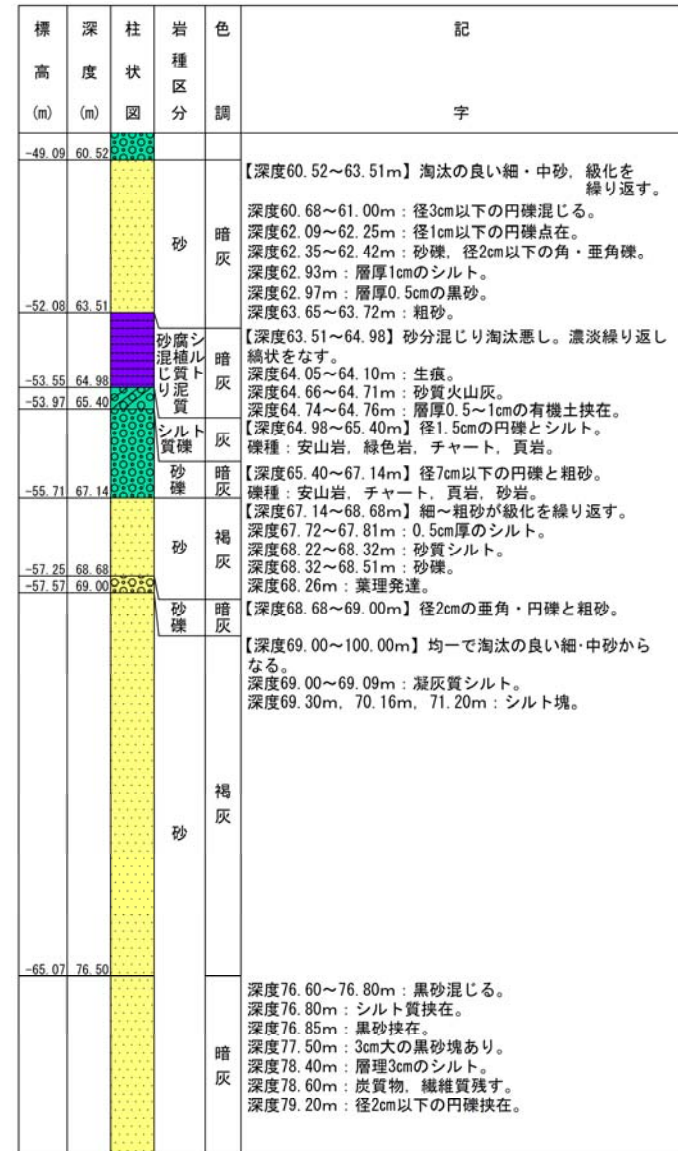
ボーリング柱状図(梨野舞納:深度20~40m)

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討( -ボーリング柱状図2/3- )



ボーリング柱状図( 梨野舞納: 深度40~60m )



ボーリング柱状図( 梨野舞納: 深度60~80m )

## 4.3 岩内層と海域層序の対比

### ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討( -ボーリング柱状図3/3- )

| 標高<br>(m) | 深度<br>(m) | 柱状<br>図 | 岩種<br>区分 | 色調 | 記<br>字                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------|-----------|---------|----------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |           |         |          |    | <p>深度80.43～80.84m：最大4cm大の炭質物点在。</p> <p>深度82.60～82.68m：黒砂混じる。<br/>深度83.30～83.50m：黒砂混じる。</p> <p>深度85.60～86.38m：径0.3cm程度の垂角・円礫混じる粗砂。</p> <p>深度86.92～86.93m：層厚1cmのシルト挟在。</p> <p>砂 暗灰<br/>深度89.44m：層厚1cmのシルト。</p> <p>深度90.91m：層厚2cmの粗砂。<br/>深度91.16m：シルト、乱れあり。</p> <p>深度93.72～93.90m：径0.5cm以下の円礫混じる。</p> <p>深度98.00m、98.42m：貝殻片わずかに混じる。</p> |
| -88.57    | 100.00    |         |          |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

ボーリング柱状図(梨野舞納:深度80～100m)

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(珪藻分析)

### 【珪藻分析】

- 深度28.10m以浅では、浅海性海生種、汽水-淡水生種及び淡水生種の珪藻化石を多産、若しくは、主体とし、海生絶滅種は僅かしか含まれない。
- 深度28.10m以深では、海生種を主体とし、新第三系鮮新統・中新統からの海生絶滅種(再堆積)を多く含む。



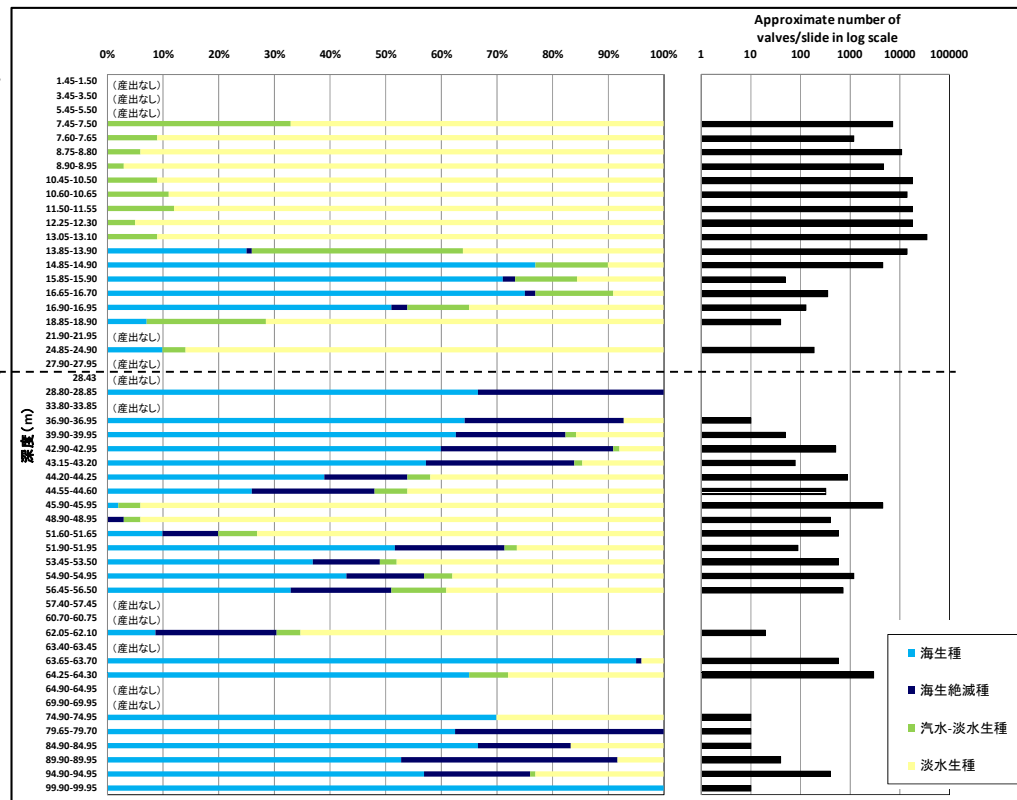
○深度28.10m前後では、堆積環境が異なることが推定される。

浅海性海生種、汽水-淡水生種及び淡水生種を多産、若しくは、主体とし、海生絶滅種は僅かしか含まれない。

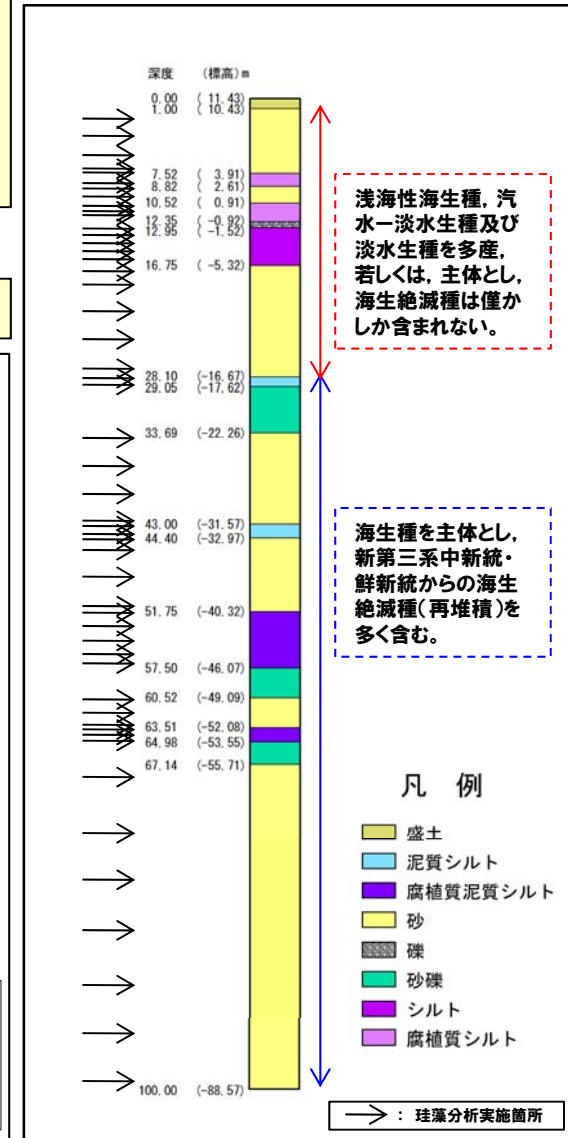
海生種を主体とし、新第三系中新統・鮮新統からの海生絶滅種(再堆積※1)を多く含む。

※1 *Neodenticula kamtsatica* や *Denticulops hustedtii* 等の第三系鮮新統・中新統の珪藻の混在を確認していることから、再堆積と推定される。

※2 珪藻分析は、以下の考えに基づき実施した。  
○盛土、礫及び砂礫を除く箇所から試料を採取した。  
○シルトについては概ね1m間隔、砂については概ね2-3m間隔で採取した(ただし、深度67.14m以深の砂については、同一の層相が連続するため、採取間隔を概ね5mとした)。



珪藻分析結果※2



梨野舞納地点ボーリング柱状図



## 4.3 岩内層と海域層序の対比

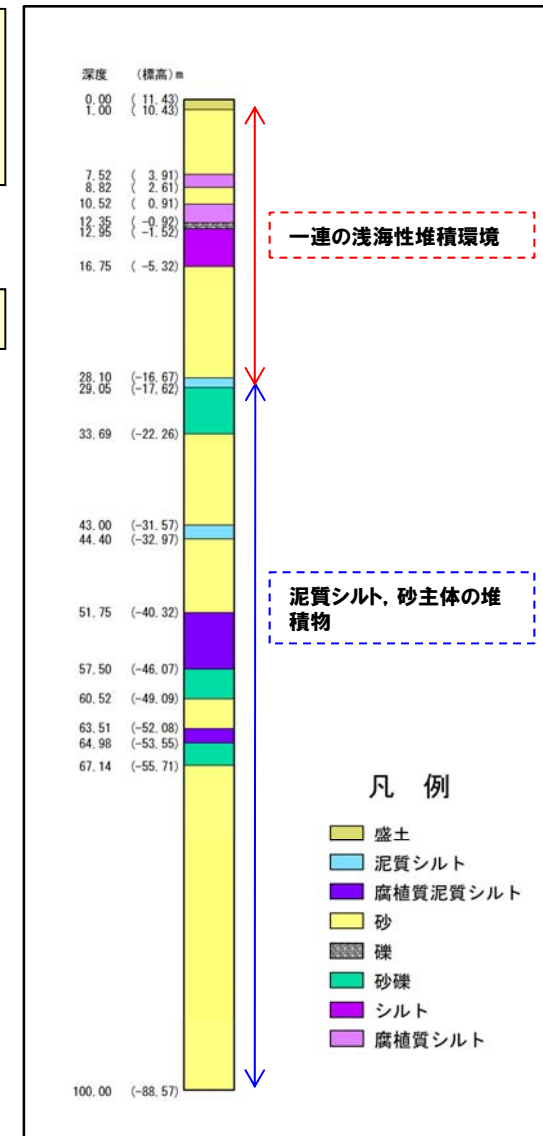
### ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(層相確認)

#### 【層相確認】

- 深度28.10m以浅では、砂、腐食質シルト、シルト(カキ含む)が確認され、一連の浅海性堆積環境であると推定される。
- 深度28.10m以深では、泥質シルト、砂主体の堆積物が確認される。



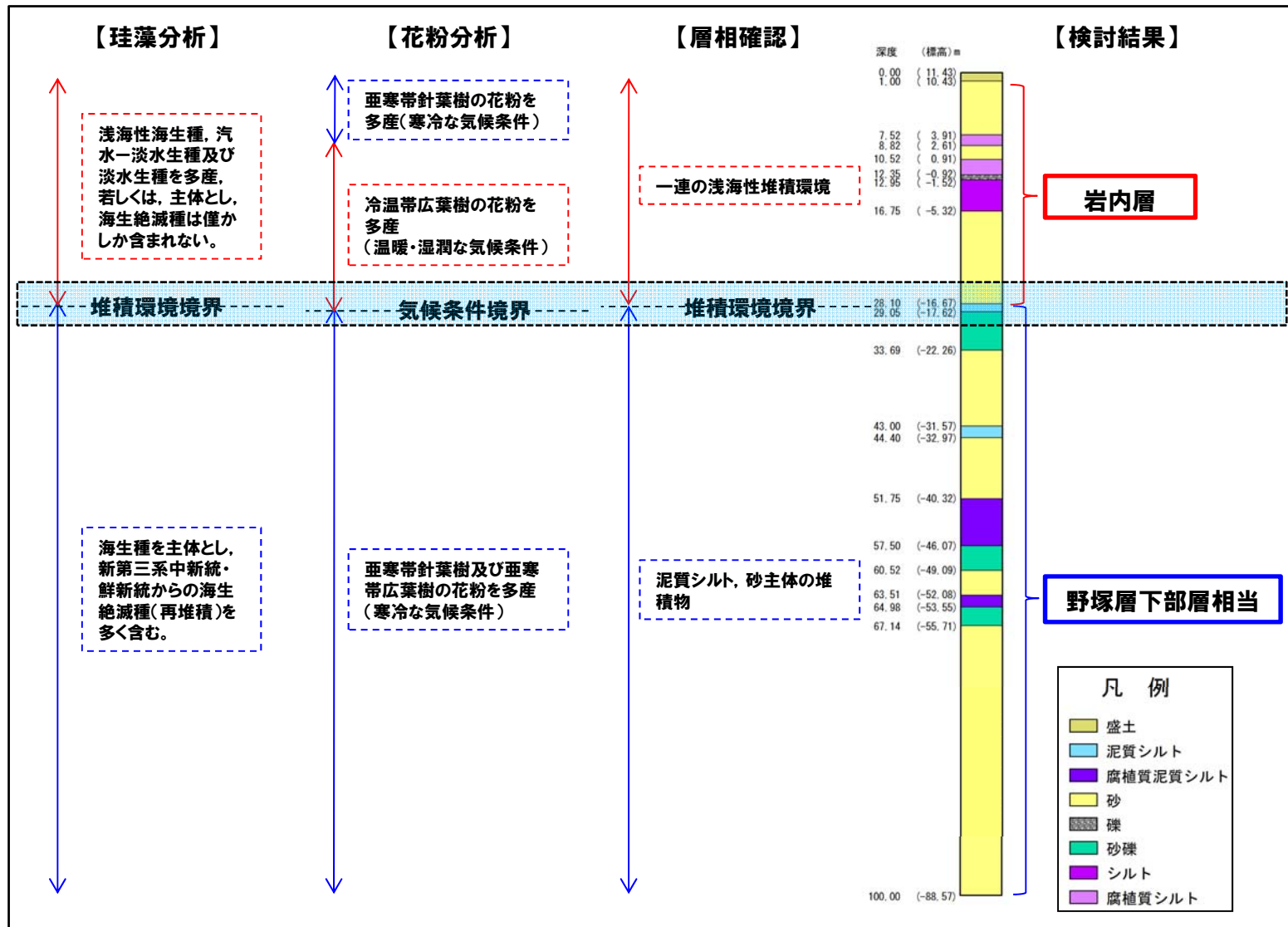
- 深度28.10m前後では、堆積環境が異なることが推定される。



梨野舞納地点ボーリング柱状図

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ② 梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(-まとめ1/2-)



梨野舞納地点ボーリングコア検討結果



## 4.3 岩内層と海域層序の対比

### ②梨野舞納地点におけるボーリングコアの検討(-まとめ2/2-)

- 岩内層の露頭が確認される梨野舞納地点においてボーリングを実施した。
- 岩内層の基底深度等を確認するため、ボーリングコアを用いて、珪藻分析、花粉分析及び層相確認を実施した。

#### 【珪藻分析】

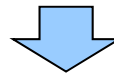
- 深度28.10m前後では、堆積環境が異なることが推定される。

#### 【花粉分析】

- 深度29.05m以深は寒冷な気候条件が長く認められることから、前期更新世と推定される。
- 深度29.05m以浅は温暖・湿潤の気候条件を主体とし、寒冷な気候条件が認められることから、少なくとも中期更新世以降と推定される。

#### 【層相確認】

- 深度28.10m前後では、堆積環境が異なることが推定される。

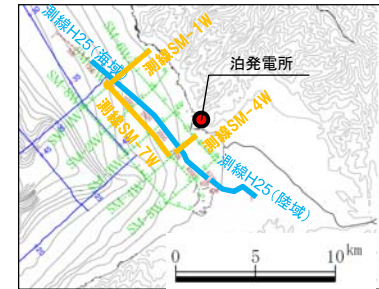


- 珪藻分析、花粉分析及び層相確認結果より、岩内層は深度28.10m(EL.-16.67m)まで分布する砂層に対比される。
- 深度28.10m以深は、堆積環境が異なること及び寒冷な気候条件が長く認められることから、前期更新世の地層である野塚層下部層相当であると推定される。
- 岩内層の上面標高の最大値は、岩内平野及び敷地内においてEL.50m程度までを確認していることから、岩内層の層厚は約70m程度であると推定される。

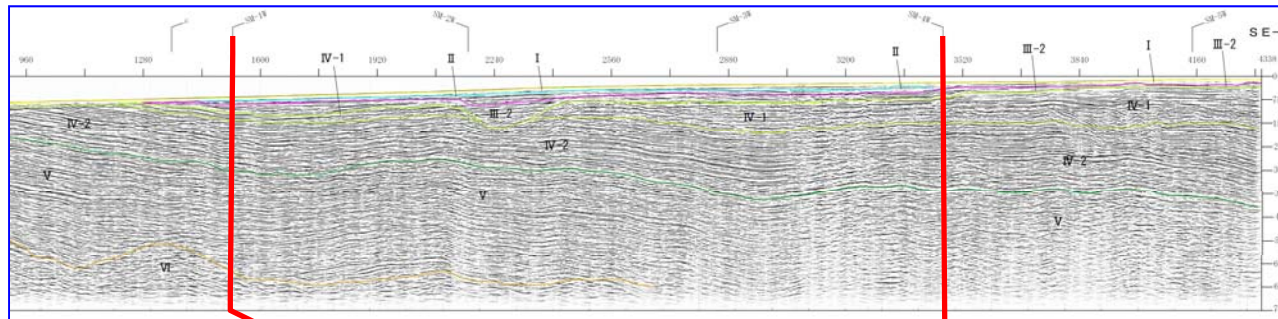
## 4.3 岩内層と海域層序の対比

### ③測線H25音波探査記録の地層区分

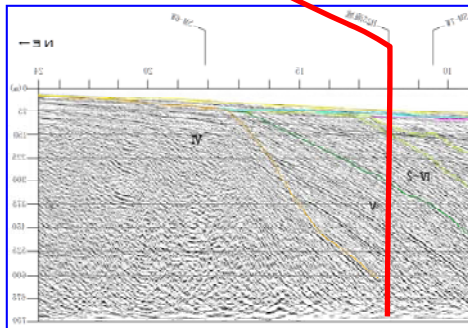
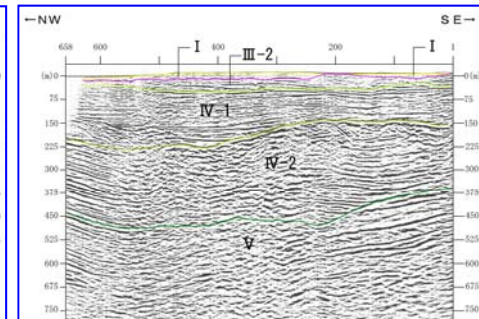
○既存の海上音波探査記録と測線H25音波探査記録との音響層序の連続性を検討し、海域から陸域まで地層が連続することを確認した。



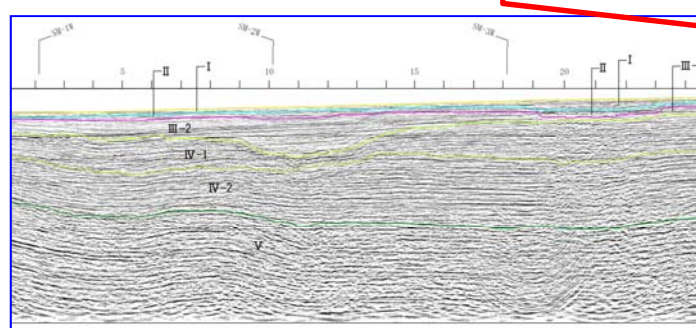
測線H25(海域)



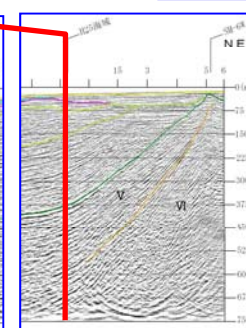
測線H25(陸域)



測線SM-1W(左右反転)



測線SM-7W

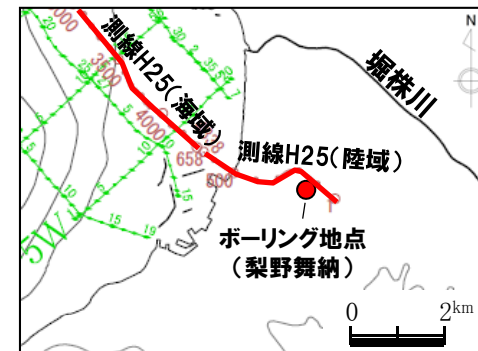


測線SM-4W

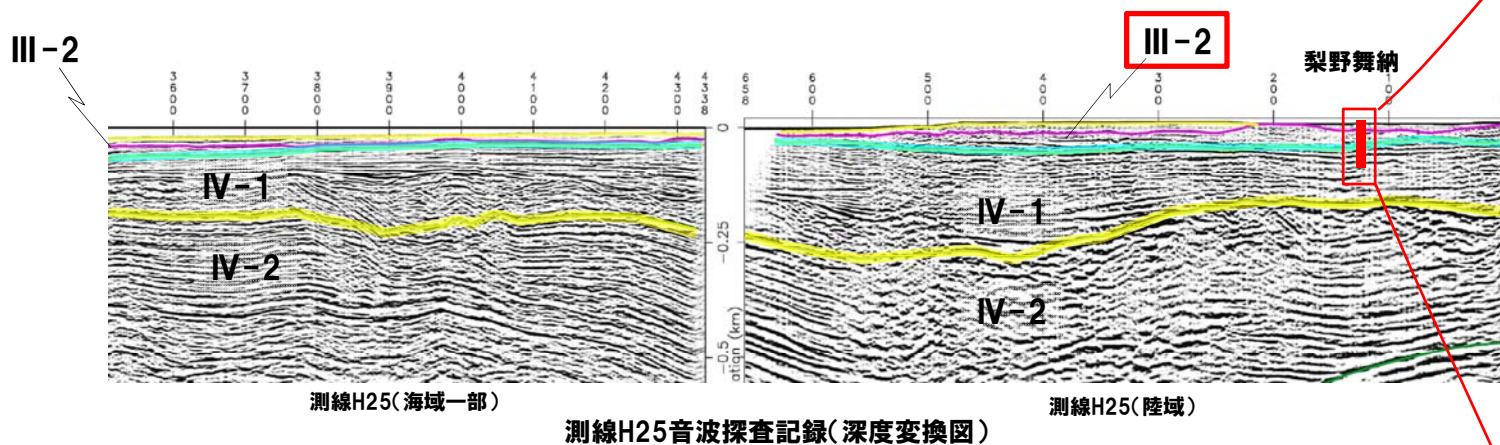
# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ④ 梨野舞納地点ボーリングと測線H25との対比

- 梨野舞納地点のボーリング結果と測線H25の音波探査記録との対比を実施した結果、以下のことを確認した。
  - ・ 海域のIII-2層は岩内層に対比される。
  - ・ 岩内層は、陸域から海域に厚く連続して分布している。



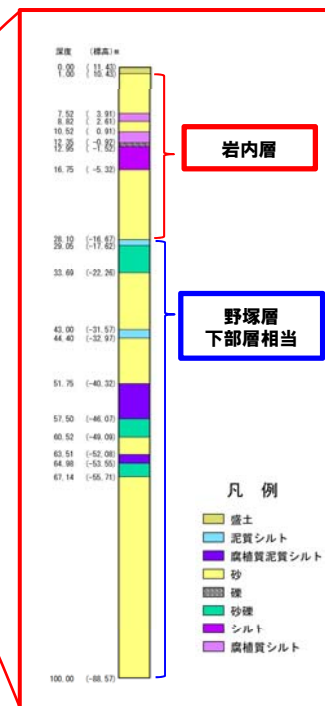
位置図



測線H25(海域一部)

測線H25音波探査記録(深度変換図)

測線H25(陸域)



ボーリング柱状図  
(梨野舞納地点)

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ⑤層序見直し(敷地近傍の地質層序表)

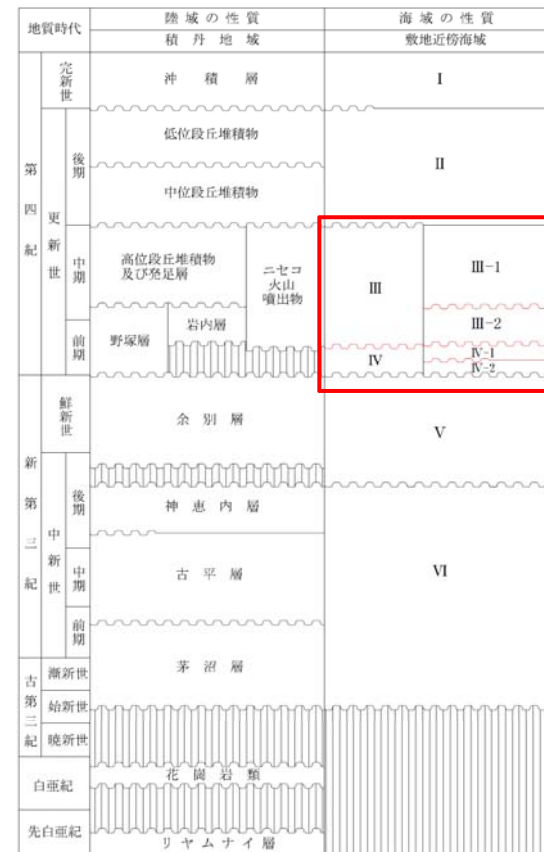
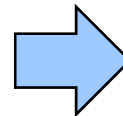
○海域のIII-2層が岩内層に対比されることから、敷地近傍の地質層序表を見直した。

敷地近傍の地質層序表(H25.7設置変更許可申請書)

敷地近傍の地質層序表(今回見直し)



III/IV層境界は  
中部更新統内



III/IV層境界は  
下部更新統内

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

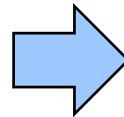
## ⑤層序見直し(陸域と敷地前面海域の地層対比表)

○敷地近傍の地質層序表と併せて、陸域と敷地前面海域の地質対比表を見直した。

陸域と敷地前面海域の地質対比表  
(H25.7設置変更許可申請書)

| 地質時代   | 陸域の地質 |              |          |         | 海域の地質   |                   |
|--------|-------|--------------|----------|---------|---------|-------------------|
|        | 積丹地域  | 尻別川地域        | 黒松内低地帯地域 | 弁慶岬西方地域 | 敷地前面海域  |                   |
| 第四紀更新世 | 完新世   | 沖積層          | 沖積層      | 沖積層     | 沖積層     | I                 |
|        | 後期    | 低位段丘堆積物      | 低位段丘堆積物  | 低位段丘堆積物 | 低位段丘堆積物 | II                |
|        |       | 中位段丘堆積物      | 中位段丘堆積物  | 中位段丘堆積物 | 中位段丘堆積物 |                   |
|        |       | 高位段丘堆積物及び発足層 | 高位段丘堆積物  | 高位段丘堆積物 | 高位段丘堆積物 | III               |
| 前期     | 野塚層   | 岩内層<br>鮎川層   | 瀧棚層      | 歌島層     | IV      |                   |
|        | 鮮新世   | 余別層          | 尻別川層     | 黒松内層    | 永豊層     | V                 |
| 第三紀中新世 | 後期    | 神恵内層         | 磯谷層      | 二股層     | 二股層     | VI                |
|        | 中期    | 古平層          | 八雲層      | 折川層     |         |                   |
|        | 前期    | 茅沼層          |          | 訓縫層     |         |                   |
| 古第三紀   | 漸新世   | 茅沼層          |          |         |         | VII               |
|        | 始新世   |              |          |         |         |                   |
| 白亜紀    | 白亜紀   | 花崗岩類         |          | 花崗岩類    |         |                   |
|        | 先白亜紀  | リヤムナイ層       |          |         |         |                   |
| 新第三紀   | 鮮新世   |              |          |         |         | VIII <sup>※</sup> |

III/IV層境界は  
中部更新統内



陸域と敷地前面海域の地質対比表  
(今回見直し)

| 地質時代   | 陸域の地質 |              |          |         | 海域の地質   |                   |
|--------|-------|--------------|----------|---------|---------|-------------------|
|        | 積丹地域  | 尻別川地域        | 黒松内低地帯地域 | 弁慶岬西方地域 | 敷地前面海域  |                   |
| 第四紀更新世 | 完新世   | 沖積層          | 沖積層      | 沖積層     | 沖積層     | I                 |
|        | 後期    | 低位段丘堆積物      | 低位段丘堆積物  | 低位段丘堆積物 | 低位段丘堆積物 | II                |
|        |       | 中位段丘堆積物      | 中位段丘堆積物  | 中位段丘堆積物 | 中位段丘堆積物 |                   |
|        |       | 高位段丘堆積物及び発足層 | 高位段丘堆積物  | 高位段丘堆積物 | 高位段丘堆積物 | III               |
| 前期     | 野塚層   | 岩内層<br>鮎川層   | 瀧棚層      | 歌島層     | IV      |                   |
|        | 鮮新世   | 余別層          | 尻別川層     | 黒松内層    | 永豊層     | V                 |
| 第三紀中新世 | 後期    | 神恵内層         | 磯谷層      | 二股層     | 二股層     | VI                |
|        | 中期    | 古平層          | 八雲層      | 折川層     |         |                   |
|        | 前期    | 茅沼層          |          | 訓縫層     |         |                   |
| 古第三紀   | 漸新世   | 茅沼層          |          |         |         | VII               |
|        | 始新世   |              |          |         |         |                   |
| 白亜紀    | 白亜紀   | 花崗岩類         |          | 花崗岩類    |         |                   |
|        | 先白亜紀  | リヤムナイ層       |          |         |         |                   |
| 新第三紀   | 鮮新世   |              |          |         |         | VIII <sup>※</sup> |

III/IV層境界は  
下部更新統内

※Ⅶ層は尻別川西方付近に局所的に分布し、新第三紀鮮新世に形成された貫入岩と判断される

※Ⅶ層は尻別川西方付近に局所的に分布し、新第三紀鮮新世に形成された貫入岩と判断される

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ⑤層序見直し(-岩内層と野塚層の層序関係について1/2-)

### 【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側地域の鮎川層、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】

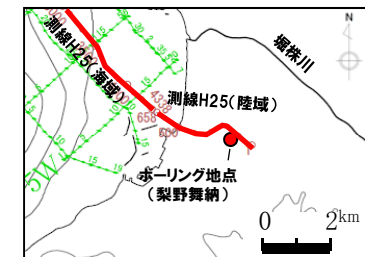
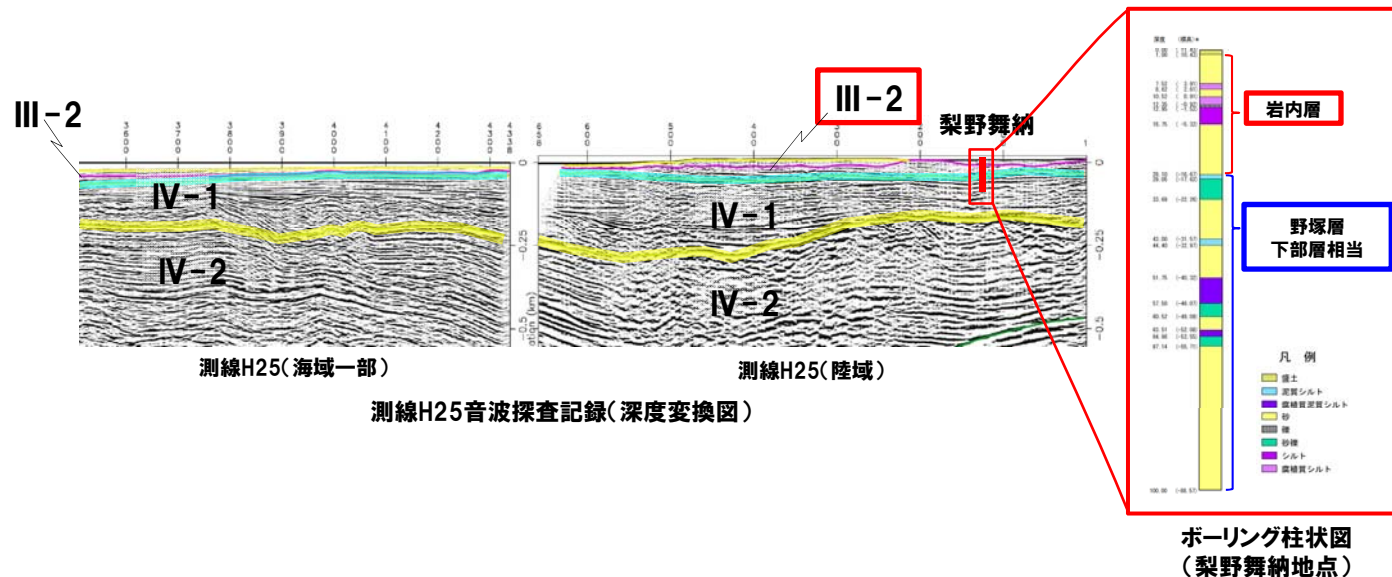
- 積丹地域全域に分布する砂、礫からなる地層であり、主に神威岬及び積丹岳北麓に分布する。
- 本層の形成年代に関しては、資源エネルギー庁(1985)により、石灰質ナノ化石の *Gephyrocapsa oceanica* 帯が報告されている。
- また、岩内層は本層の上部層相当と対比される。

### 【岩内層と海域層序の対比(今回検討)】

- 海域のIII-2層は岩内層に対比される。
- 梨野舞納地点ボーリングの深度28.10m以深は、前期更新世の地層である野塚層下部層相当であると推定される。



- 岩内層は野塚層上部層相当に対比され、同時異相である。
- 積丹地域では、海域のIII-2層は岩内層相当または野塚層上部層相当に対比される。
- 積丹地域では、海域のIV層は野塚層下部層相当に対比される。



位置図

# 4.3 岩内層と海域層序の対比

## ⑤層序見直し(-岩内層と野塚層の層序関係について2/2-)

陸域と敷地前面海域の地質対比表(今回見直し)

| 地質時代   | 陸域の地質        |         |          |         | 海域の地質  |
|--------|--------------|---------|----------|---------|--------|
|        | 積丹地域         | 尻別川地域   | 黒松内低地帯地域 | 弁慶岬西方地域 | 敷地前面海域 |
| 第四紀更新世 | 沖積層          | 沖積層     | 沖積層      | 沖積層     | I      |
|        | 低位段丘堆積物      | 低位段丘堆積物 | 低位段丘堆積物  | 低位段丘堆積物 |        |
|        | 中位段丘堆積物      | 中位段丘堆積物 | 中位段丘堆積物  | 中位段丘堆積物 | III    |
|        | 高位段丘堆積物及び発足層 | 高位段丘堆積物 | 高位段丘堆積物  | 高位段丘堆積物 |        |
| 野塚層    | 岩内層          | 鮎川層     | 瀬棚層      | 歌島層     | IV     |
| 新第三紀   | 余別層          | 尻別川層    | 黒松内層     | 永豊層     | V      |
|        | 神恵内層         | 磯谷層     | 二股層      | 二股層     | VI     |
|        | 古平層          |         | 八雲層      | 折川層     |        |
| 古第三紀   | 茅沼層          |         | 訓縫層      |         | VII    |
|        | 花崗岩類         |         | 花崗岩類     |         |        |
| 先白亜紀   | リヤムナイ層       |         |          |         | VIII   |

※VIII層は尻別川西方付近に局部的に分布し、新第三紀鮮新世に形成された貫入岩と判断される

敷地近傍の地質層序表(今回見直し)

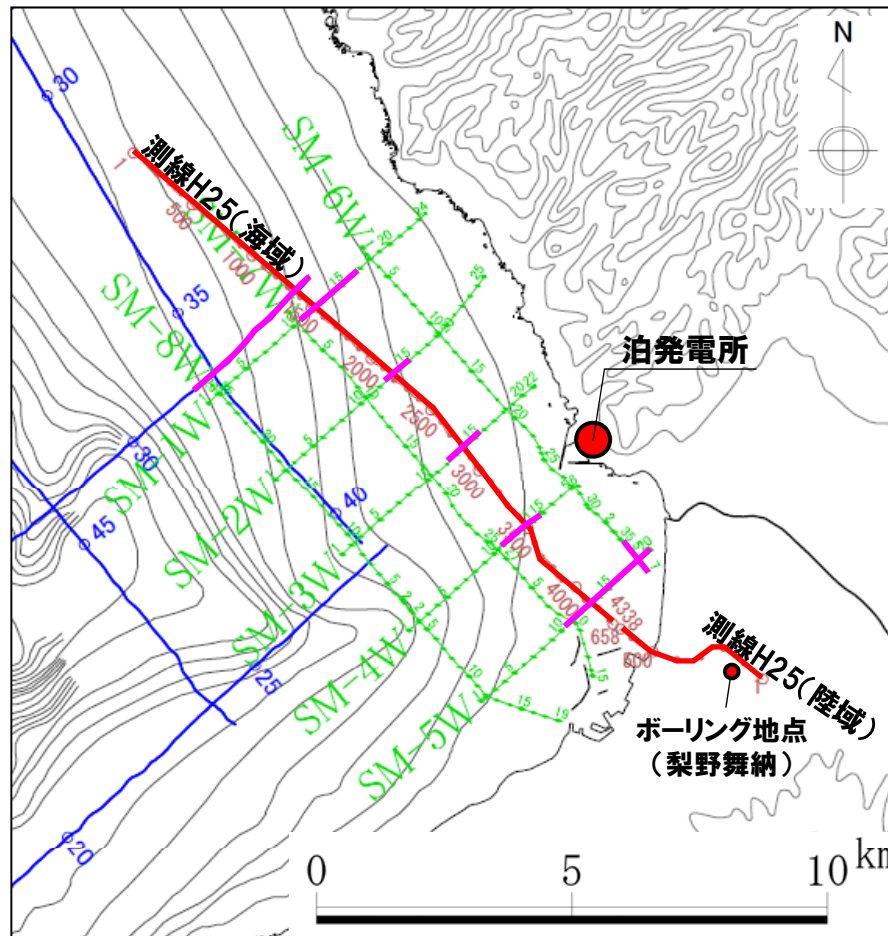
| 地質時代   | 陸域の性質        | 海域の性質        |
|--------|--------------|--------------|
|        | 積丹地域         | 敷地近傍海域       |
| 第四紀更新世 | 沖積層          | I            |
|        | 低位段丘堆積物      |              |
|        | 中位段丘堆積物      | II           |
|        | 高位段丘堆積物及び発足層 |              |
| 第四紀更新世 | 野塚層          | III          |
|        | 岩内層          | III-1        |
| 第四紀更新世 | 野塚層          | III-2        |
|        | 岩内層          | IV-1<br>IV-2 |
| 新第三紀   | 余別層          | V            |
|        | 神恵内層         | VI           |
|        | 古平層          |              |
| 古第三紀   | 茅沼層          | VII          |
|        | 花崗岩類         |              |
| 先白亜紀   | リヤムナイ層       | VIII         |

## 4.3 岩内層と海域層序の対比

### ⑤層序見直し(測線記録)

○H25測線と交差する測線について、交点付近の層序を見直した。

○見直しに伴い、後期更新世以降の活動を考慮する断層等についての評価が変更となることはない。



※以降は、見直し後の測線記録を使用する。  
※見直し箇所の詳細は参考資料を参照。

層序見直し範囲

層序見直し範囲



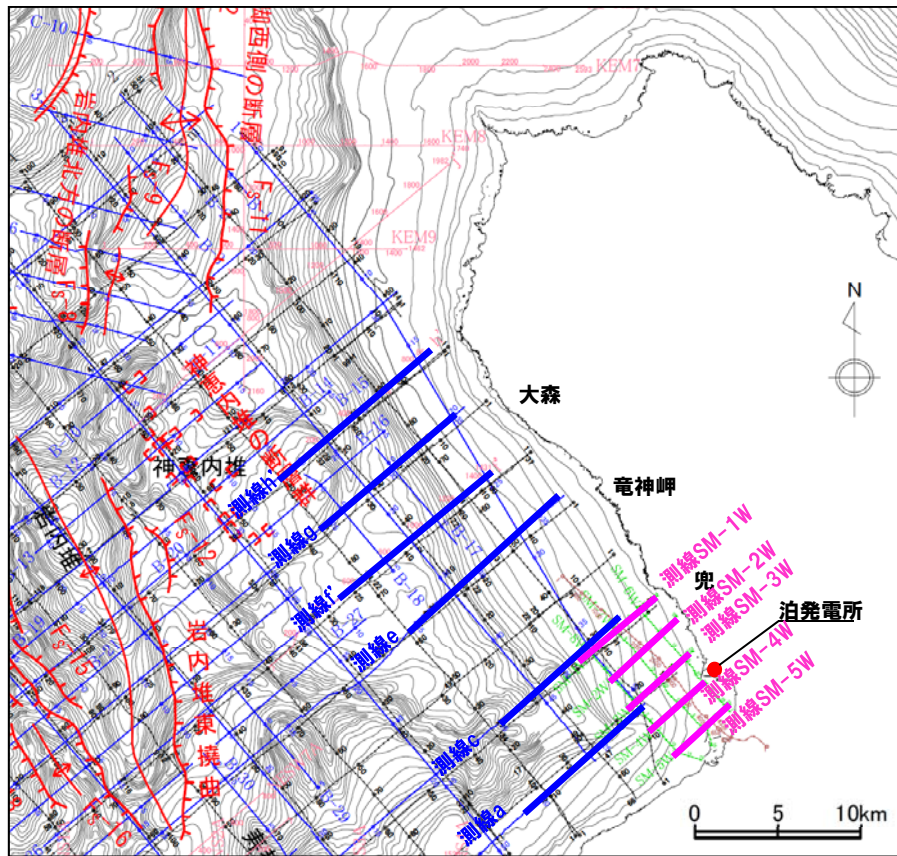
## 4.3 岩内層と海域層序の対比

### ⑥まとめ

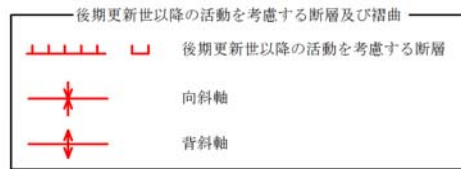
- 積丹半島西岸近傍海域における海上音波探査記録の検討にあたり、陸域及び海域の地質層序区分の精度向上を図った。
- 梨野舞納地点のボーリング結果と測線H25の音波探査記録との対比を実施した結果、海域のIII-2層が岩内層に対比されることを確認した。
- 岩内層は、陸域から海域に厚く連続して分布していることを確認した。

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ① 検討概要



- 積丹半島西岸近傍海域について、海上音波探査記録を用い、沿岸部付近の地質構造について検討した。
- 検討に当たっては、大陸棚、大陸斜面、さらに沖合の小海盆に堆積する地層の変形や層厚変化の有無、変位・変形の系統性・累積性等に着目した。
- また、大陸棚付近については、下部更新統以上の地層の堆積構造についても検討を行った。
- 特に、測線cについてはIII層の緩やかな傾斜構造について詳細に検討を行った。



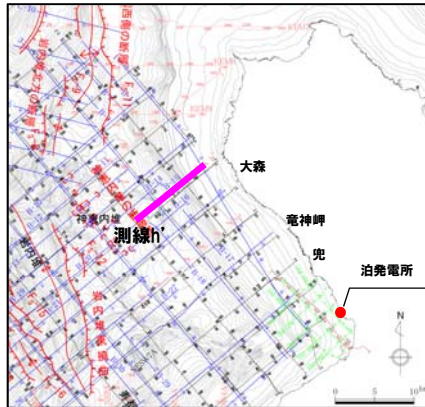
- 2 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1980年) (水中放電, シングルチャンネル)
- B-1 音波探査測線 (北海道電力㈱, 1997年) (エアガン(GIガン), マルチチャンネル) (チャープソナー, シングルチャンネル)
- SM-1W 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2006年) (ウォーターガン, マルチチャンネル)
- EW1A 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2012年) (エアガン, マルチチャンネル)
- H25 音波探査測線 (北海道電力㈱, 2013年) (ウォーターガン, 油圧インバクタ, マルチチャンネル)

検討位置

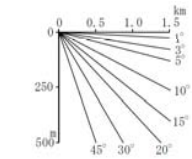
# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線h' エアガン・マルチチャンネル)

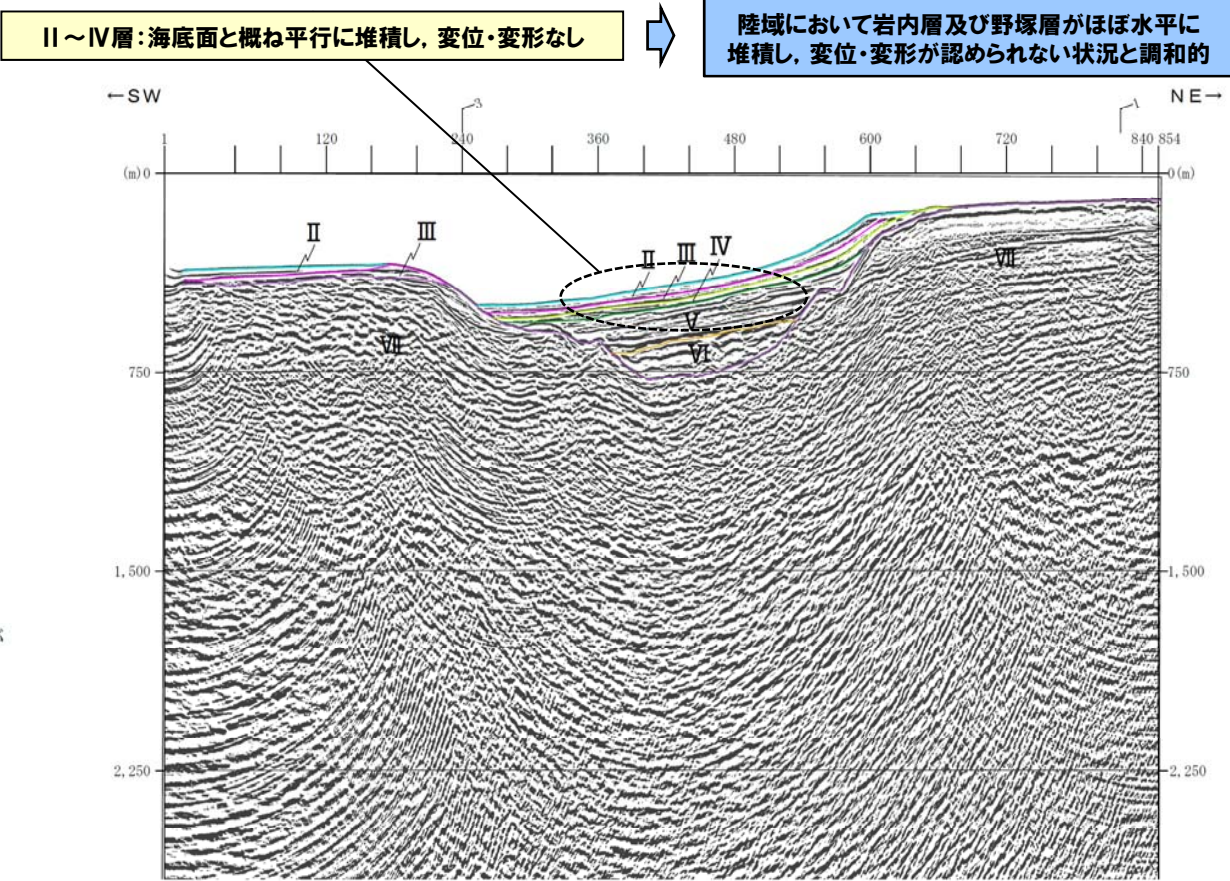
一部修正(6/6審査会合)



- 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



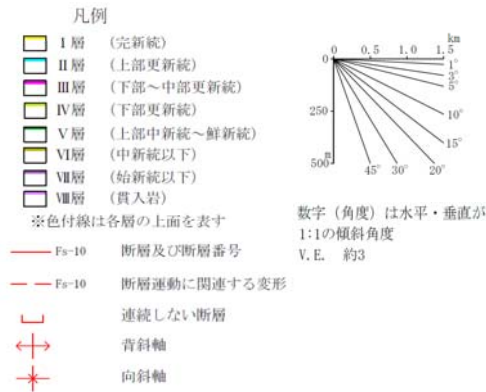
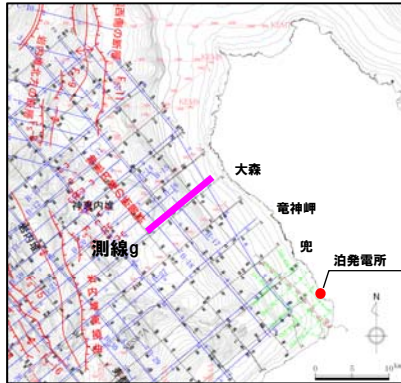
○海盆内の地層は海底面と概ね平行に堆積しており, 変位・変形, 層厚変化は認められない。

| 層区分                         | 堆積構造     | 変位変形 | 層厚変化 | 変形の系統性・累積性 | 下位層との関係 | 隣接測線との差異 | その他 |
|-----------------------------|----------|------|------|------------|---------|----------|-----|
| II層                         | 海底面と概ね平行 | なし   | なし   | なし         | 不整合     | なし       |     |
| III層<br>(下部は岩内層または野塚層上部層相当) |          | なし   | なし   | なし         | 不整合     |          |     |
| IV層<br>(野塚層下部層相当)           |          | なし   | なし   | なし         | 不整合     |          |     |

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線g GIガン・マルチチャンネル)

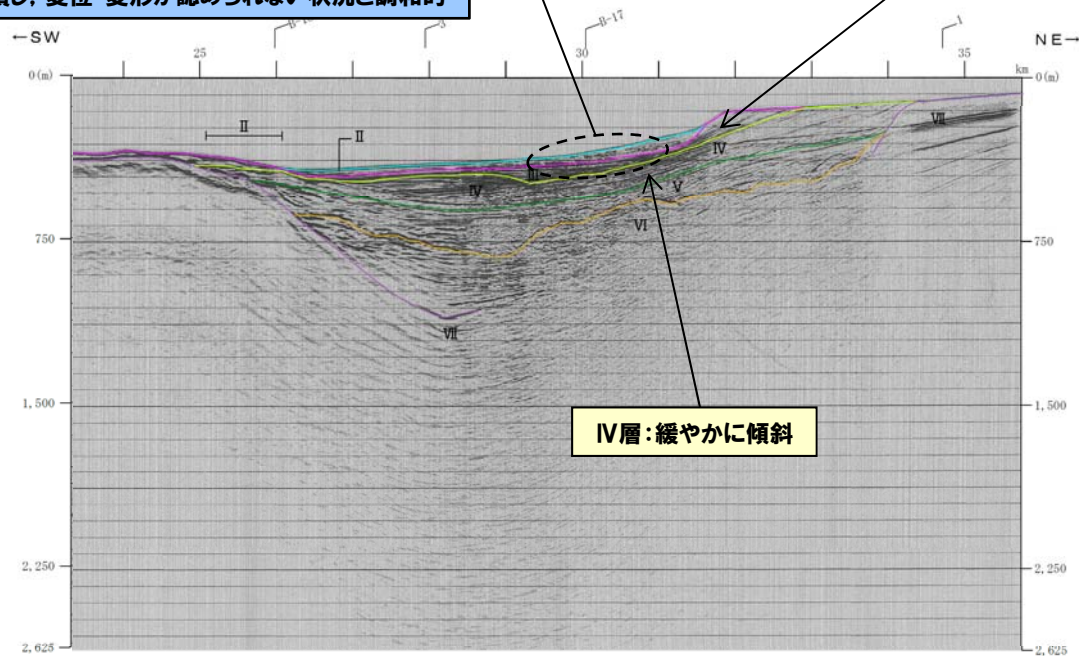
一部修正(6/6審査会合)



II層, III層:海盆内 ほぼ水平に堆積  
大陸斜面 海底面に沿って堆積し, 変位・変形なし

陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積し, 変位・変形が認められない状況と調和的

III層:海底面に沿って緩やかに傾斜  
(系統性, 累積性, 層厚変化なし)



IV層:緩やかに傾斜

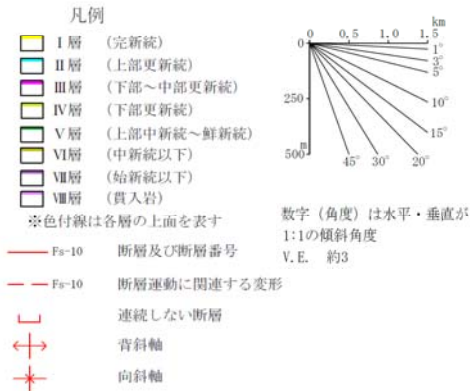
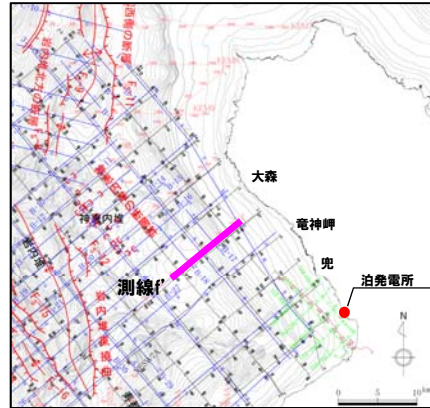
- II層及びIII層は海盆内ではほぼ水平, 大陸斜面では緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積しており, 変位・変形, 層厚変化, 変形の累積性等は認められない。
- IV層には変位・変形, 層厚変化, 変形の累積性等は認められない。

| 層区分                         | 堆積構造     | 変位変形     | 層厚変化 | 変形の系統性・累積性 | 下位層との関係 | 隣接測線との差異 | その他 |
|-----------------------------|----------|----------|------|------------|---------|----------|-----|
| II層                         | 海底面と概ね平行 | なし       | なし   | なし         | 不整合     | なし       |     |
| III層<br>(下部は岩内層または野塚層上部層相当) |          | なし       | なし   | なし         | 不整合     |          |     |
| IV層<br>(野塚層下部層相当)           |          | 一部緩やかに傾斜 | なし   | なし         | なし      |          | 不整合 |

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線f' エアガン・マルチチャンネル)

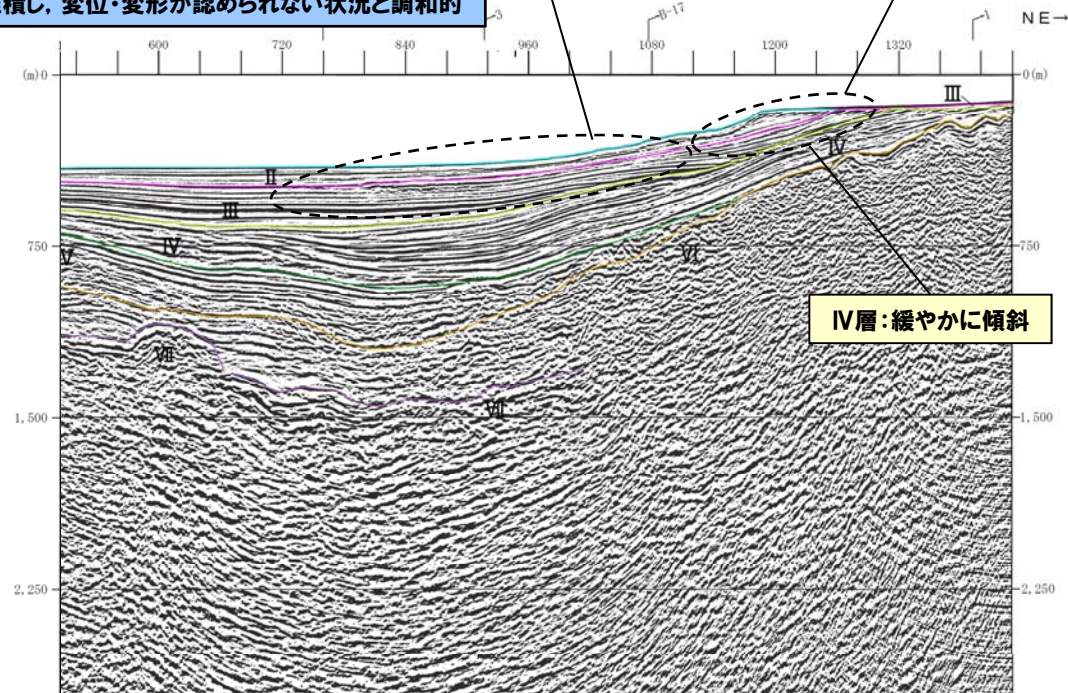
一部修正(6/6審査会合)



II層, III層:海盆内 ほぼ水平に堆積  
 大陸斜面 海底面に沿って堆積し, 変位・変形なし

陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積し, 変位・変形が認められない状況と調和的

III層:海底面に沿って緩やかに傾斜  
 (系統性, 累積性, 層厚変化なし)



IV層:緩やかに傾斜

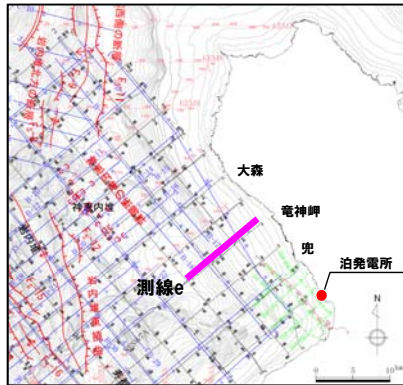
- II層及びIII層は海盆内ではほぼ水平, 大陸斜面では緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積しており, 変位・変形, 層厚変化, 変形の累積性等は認められない。
- IV層には変位・変形, 層厚変化, 変形の累積性等は認められない。

| 層区分                         | 堆積構造     | 変位<br>変形 | 層厚変化 | 変形の系統性・累積性 | 下位層との関係 | 隣接測線との差異 | その他 |
|-----------------------------|----------|----------|------|------------|---------|----------|-----|
| II層                         | 海底面と概ね平行 | なし       | なし   | なし         | 不整合     | なし       |     |
| III層<br>(下部は岩内層または野塚層上部層相当) |          | なし       | なし   | なし         | 不整合     |          |     |
| IV層<br>(野塚層下部層相当)           |          | 一部緩やかに傾斜 | なし   | なし         | なし      |          | 不整合 |

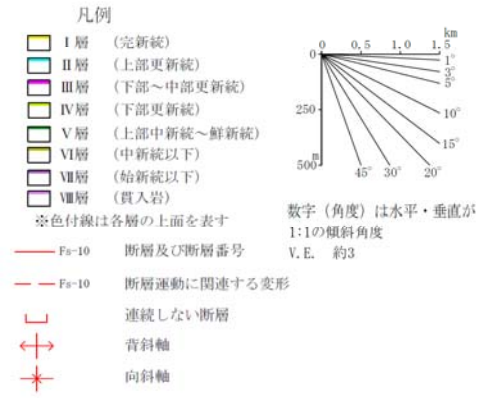
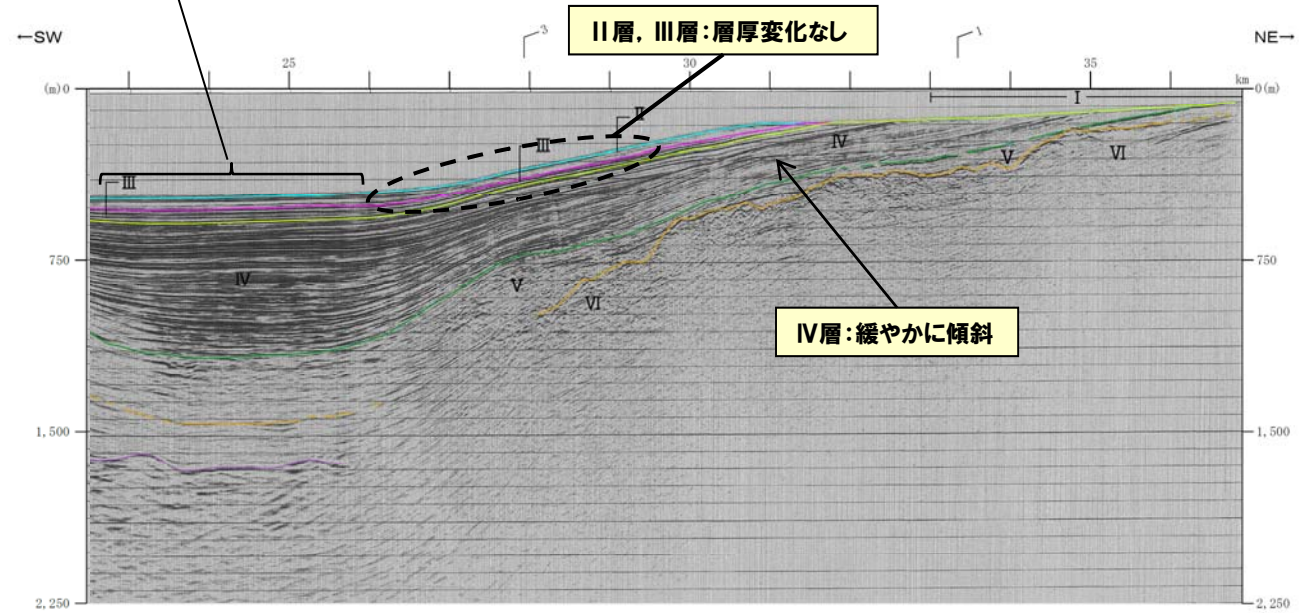
# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線e GIガン・マルチチャンネル)

一部修正(6/6審査会合)



II層, III層, IV層上部: ほぼ水平に堆積  
陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積し, 変位・変形が認められない状況と調和的



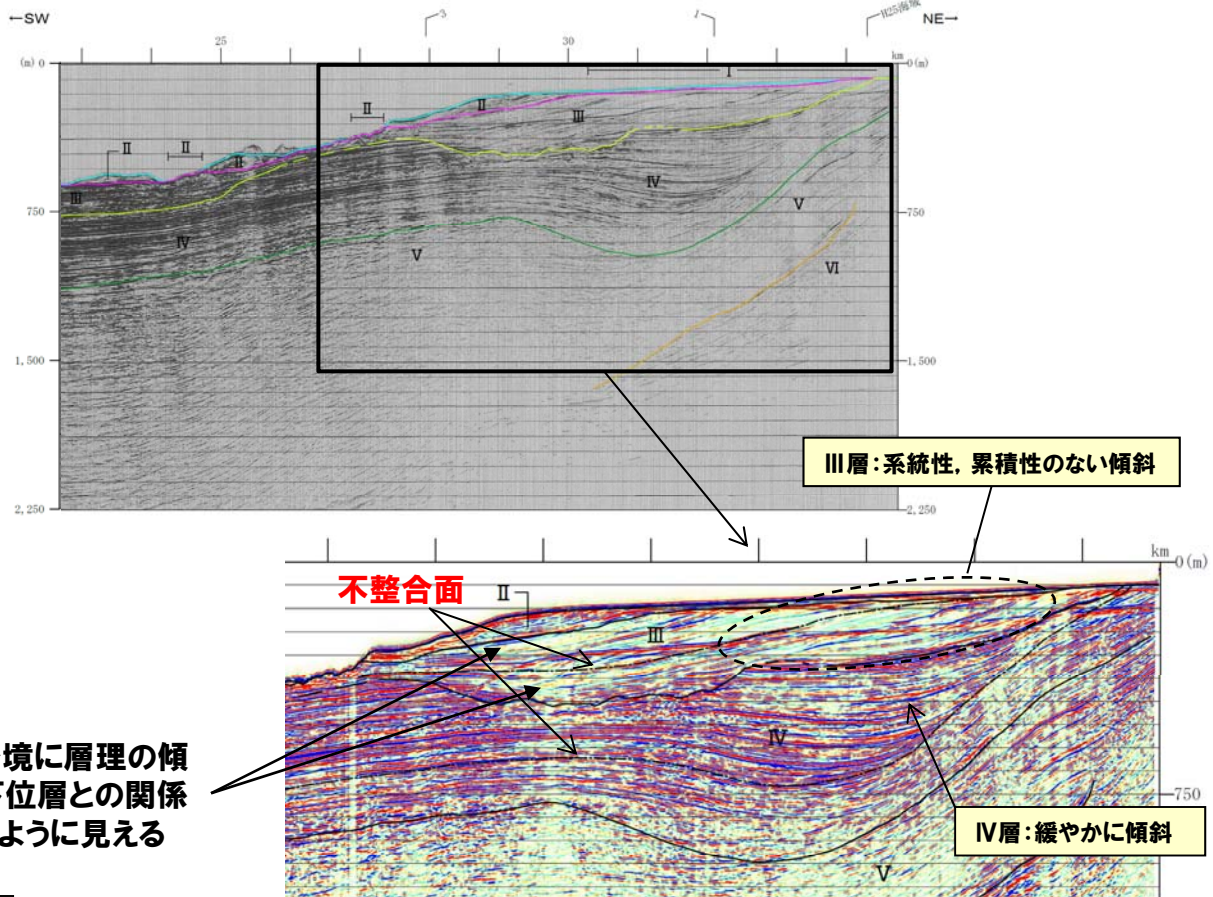
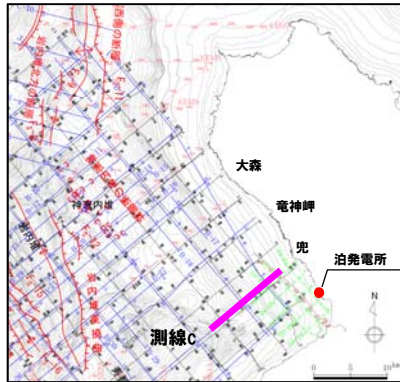
- II層, III層は海盆内ではほぼ水平, 大陸斜面では緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積しており, 変位・変形, 層厚変化, 変形の累積性等は認められない。
- IV層上部は海盆内ではほぼ水平, 大陸斜面では緩やかに傾斜しているが, 変位・変形, 層厚変化, 変形の累積性等は認められない。

| 層区分                         | 堆積構造     | 変位<br>変形 | 層厚変化         | 変形の系統性・累積性   | 下位層との関係 | 隣接測線との差異    | その他 |
|-----------------------------|----------|----------|--------------|--------------|---------|-------------|-----|
| II層                         | 海底面と概ね平行 | なし       | なし           | なし           | 不整合     | 測線cと地形等が異なる |     |
| III層<br>(下部は岩内層または野塚層上部層相当) |          | なし       | なし           | なし           | 不整合     |             |     |
| IV層<br>(野塚層下部層相当)           |          | 一部緩やかに傾斜 | 上部なし<br>下部あり | 上部なし<br>下部あり | なし      |             | 不整合 |

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線c GIガン・マルチチャンネル)

一部修正(7/18審査会合)



不整合を境に層理の傾斜や上下位層との関係が異なるように見える

- II層及びIII層は一部緩やかに傾斜しているが、変位・変形、層厚変化、変形の累積性等は認められない。
- IV層上部は一部緩やかに傾斜しているが、変位・変形、層厚変化、下位層との変形の累積性等は認められない。

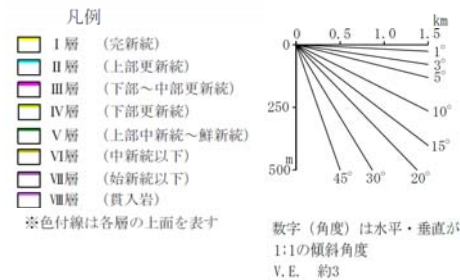
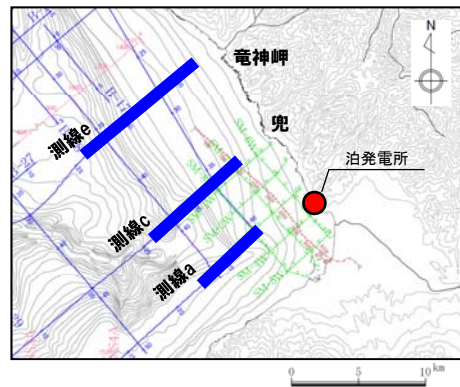
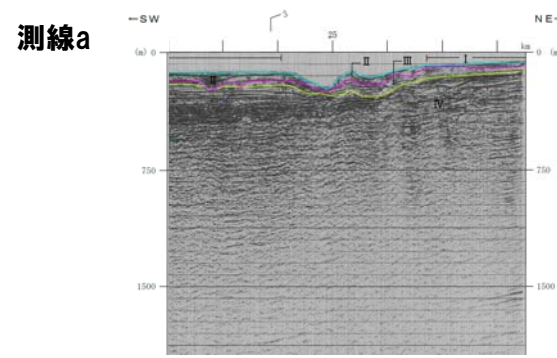
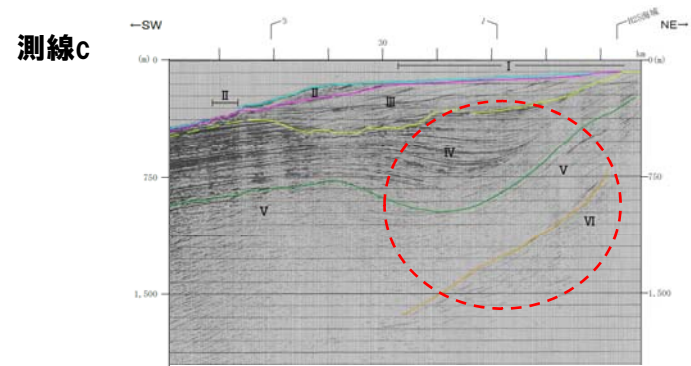
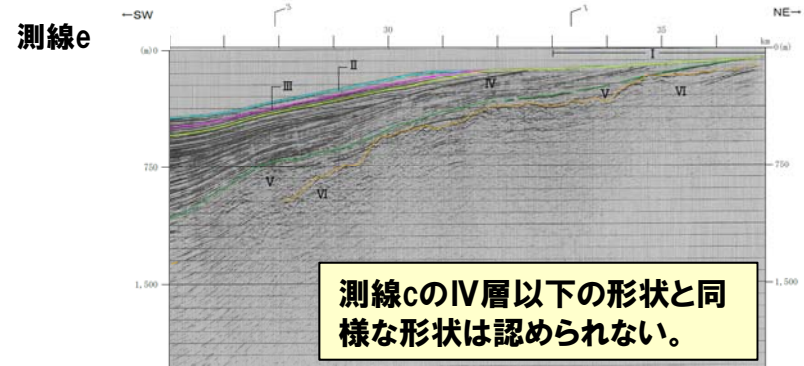
| 層区分                         | 堆積構造     | 変位変形         | 層厚変化         | 変形の系統性・累積性 | 下位層との関係 | 隣接測線との差異      | その他      |
|-----------------------------|----------|--------------|--------------|------------|---------|---------------|----------|
| II層                         | 一部緩やかに傾斜 | なし           | なし           | なし         | 不整合     | 測線e,aと地形等が異なる | 層内に不整合あり |
| III層<br>(下部は岩内層または野塚層上部層相当) |          | なし           | なし           | なし         | 不整合     |               |          |
| IV層<br>(野塚層下部層相当)           |          | 上部なし<br>下部あり | 上部なし<br>下部あり | 下位層との系統性なし | 不整合     |               |          |

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## 測線cに認められるIV層以下の形状の連続性

一部修正(7/18審査会合)

- 測線cに認められるIV層以下の構造の連続性について検討した。
- 測線cに認められるIV層以下の形状は、北方及び南方の測線e及び測線aでは認められず、連続しない。



測線cのIV層以下の形状と同様な形状は認められない。



余白

## 測線cに認められるⅢ層の傾斜構造について(-1/3-)

一部修正(7/18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、周辺測線も含めて検討した。

[測線c]

- ・①周辺のⅢ層は基底面に沿って緩やかに傾斜し、厚く堆積する。
- ・①周辺ではⅣ層上面に不整合が認められる。
- ・②周辺ではⅣ層の層理面とⅢ層の層理面が斜交する。

[測線a]

- ・③周辺のⅢ層は、全体に薄く堆積する。

[測線H25, 1, 3]

- ・④周辺のⅢ層はⅣ層を谷状に侵食し、堆積している。

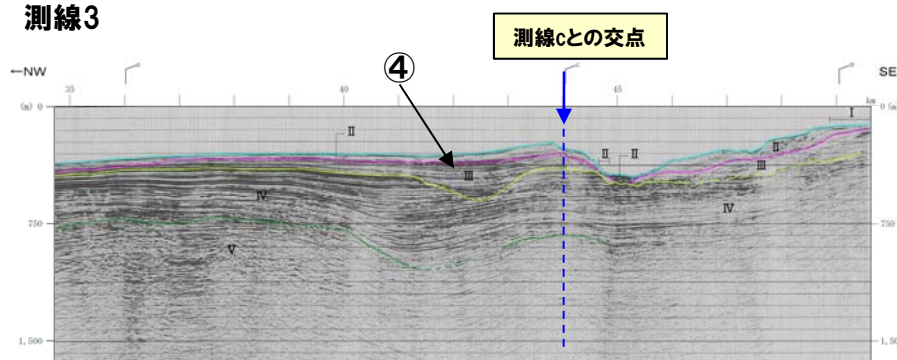
○上記より、Ⅲ層は矢印の方向(⑤)に局部的に厚く堆積する。



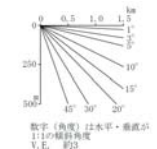
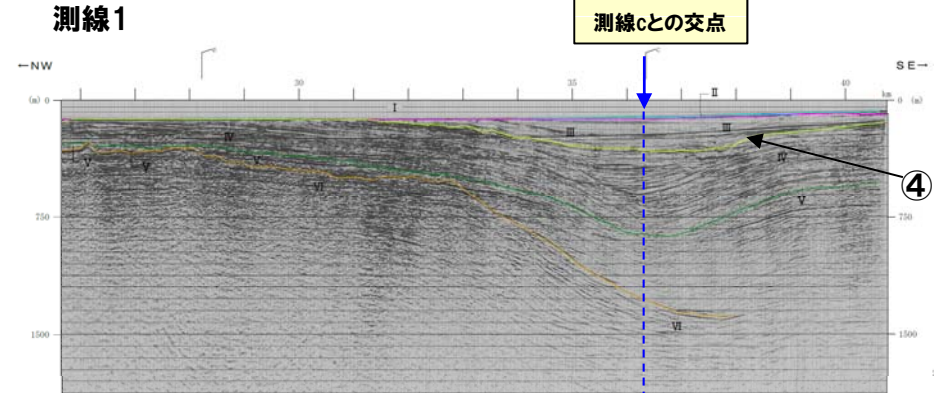
○測線cのⅢ層はⅣ層を谷状に侵食し、厚く堆積したものと推定される。

○測線cに認められるⅢ層の緩やかな傾斜構造は、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3



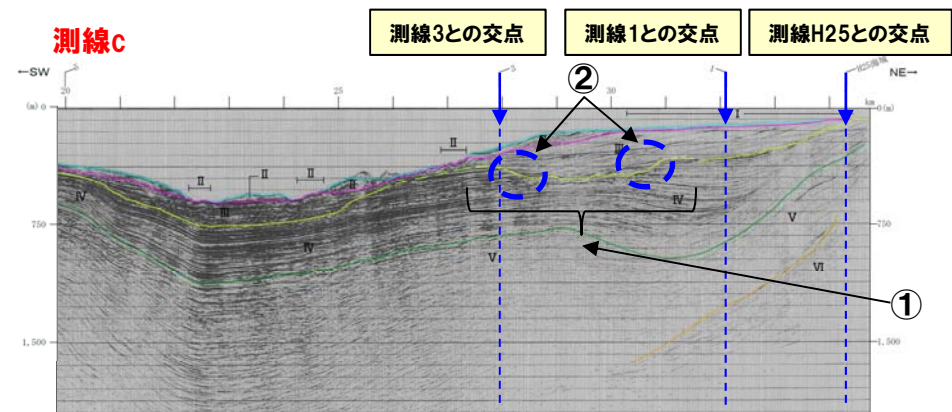
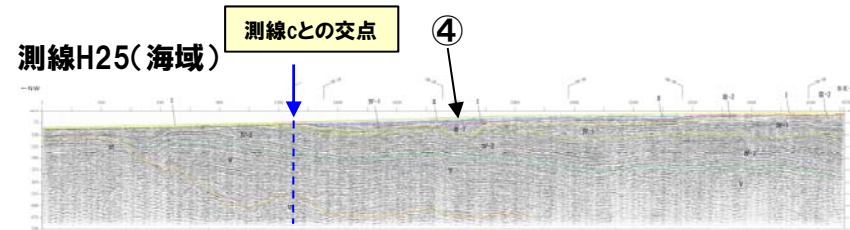
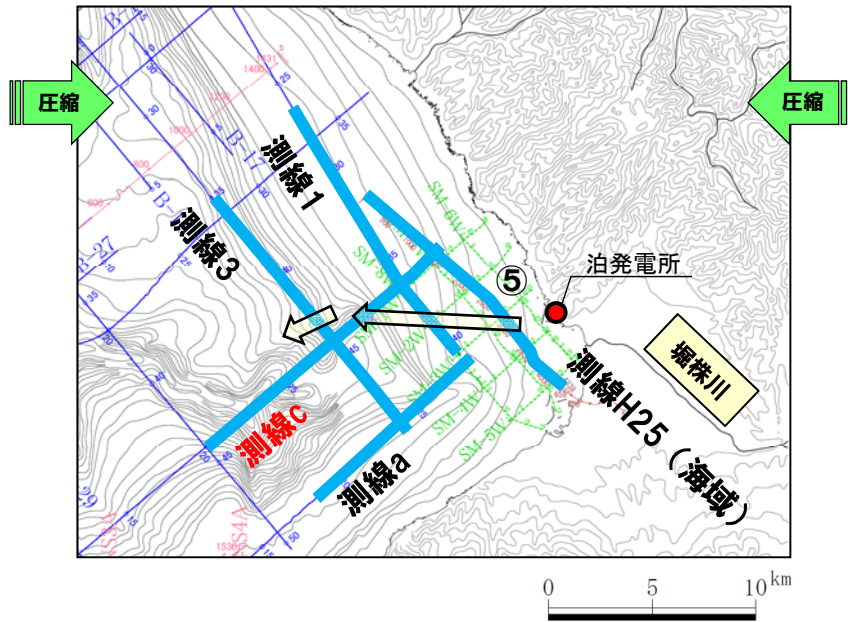
測線1



# 4.4 海上音波探査記録の検討

測線cに認められるIII層の傾斜構造について(-2/3-)

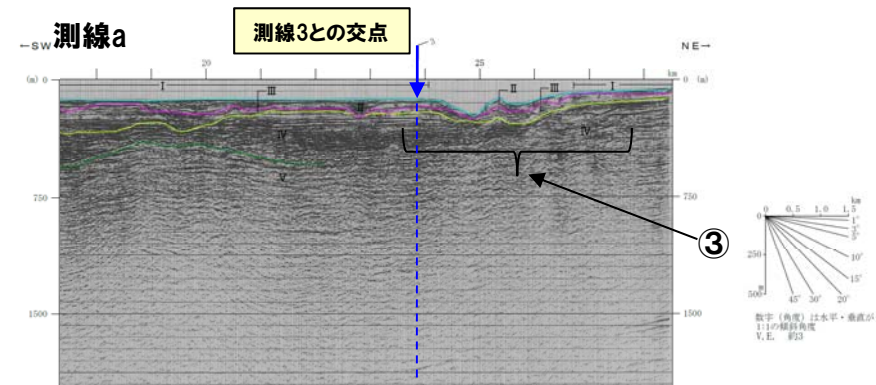
一部修正(7/18審査会合)



○ III層が谷状に厚く堆積する⑤は、E-W方向に認められる。  
 ○ 一方、第四紀以降の褶曲構造は、東西圧縮に伴うN-S方向である。



○ ⑤は褶曲構造ではなく、IV層の削剝によるチャンネル構造であると判断される。



# 4.4 海上音波探査記録の検討

## 測線cに認められるIII層の傾斜構造について(-3/3-)

一部修正(7/18審査会合)

○測線c陸域付近の測線SM-1W及び測線SM-2WのIII層の傾斜構造について検討した。

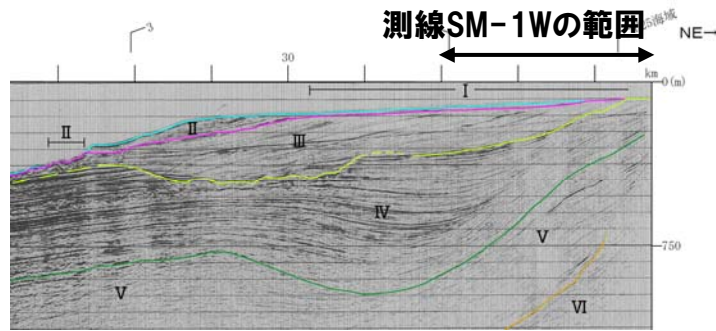
[測線SM-1W]

- ・III層は下位のIV層を不整合で覆い、変位・変形は認められない。
- ・III層には、基底面に沿った緩やかな傾斜が認められる。

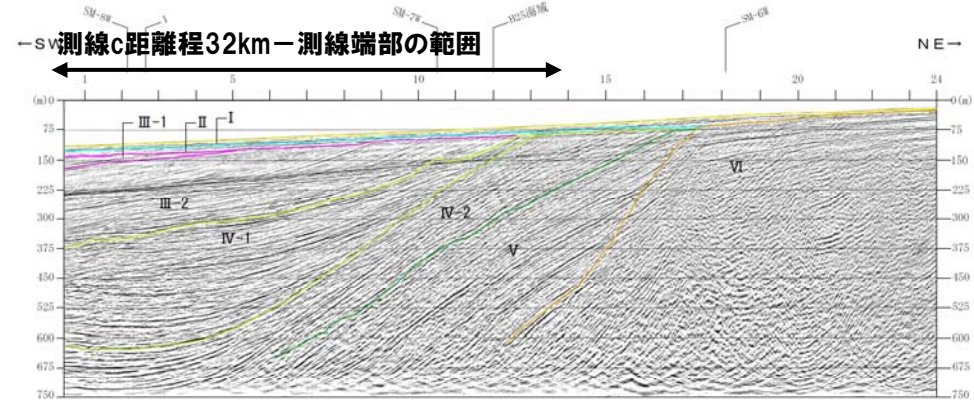
[測線SM-2W]

- ・測線SM-1Wと同様な傾向が認められる。

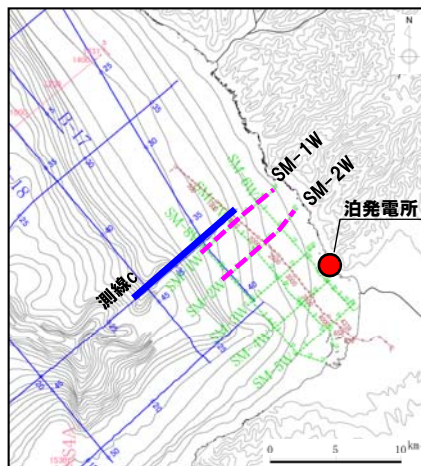
○測線SM-1W及びSM-2Wの検討結果から、測線c陸側付近に分布するIII層の緩やかな傾斜は、大陸棚付近で海進・海退の影響を受けた堆積構造と推定される。



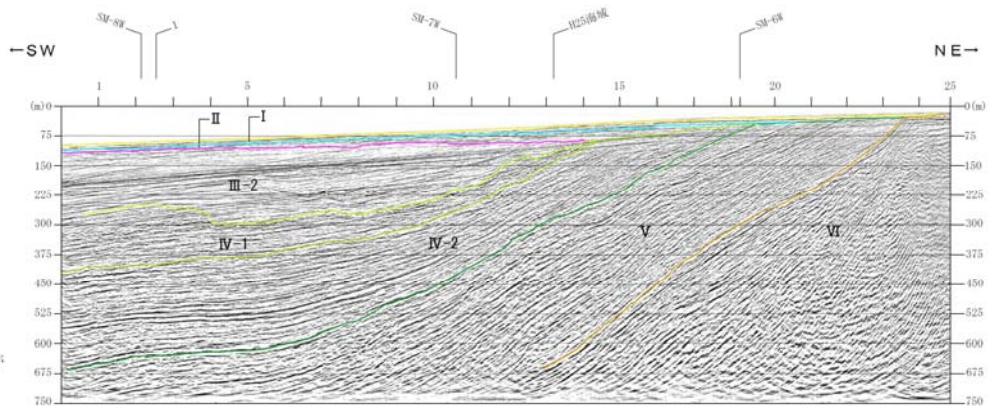
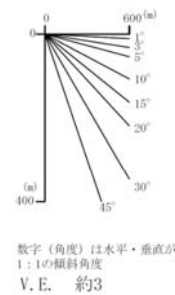
測線c



測線SM-1W



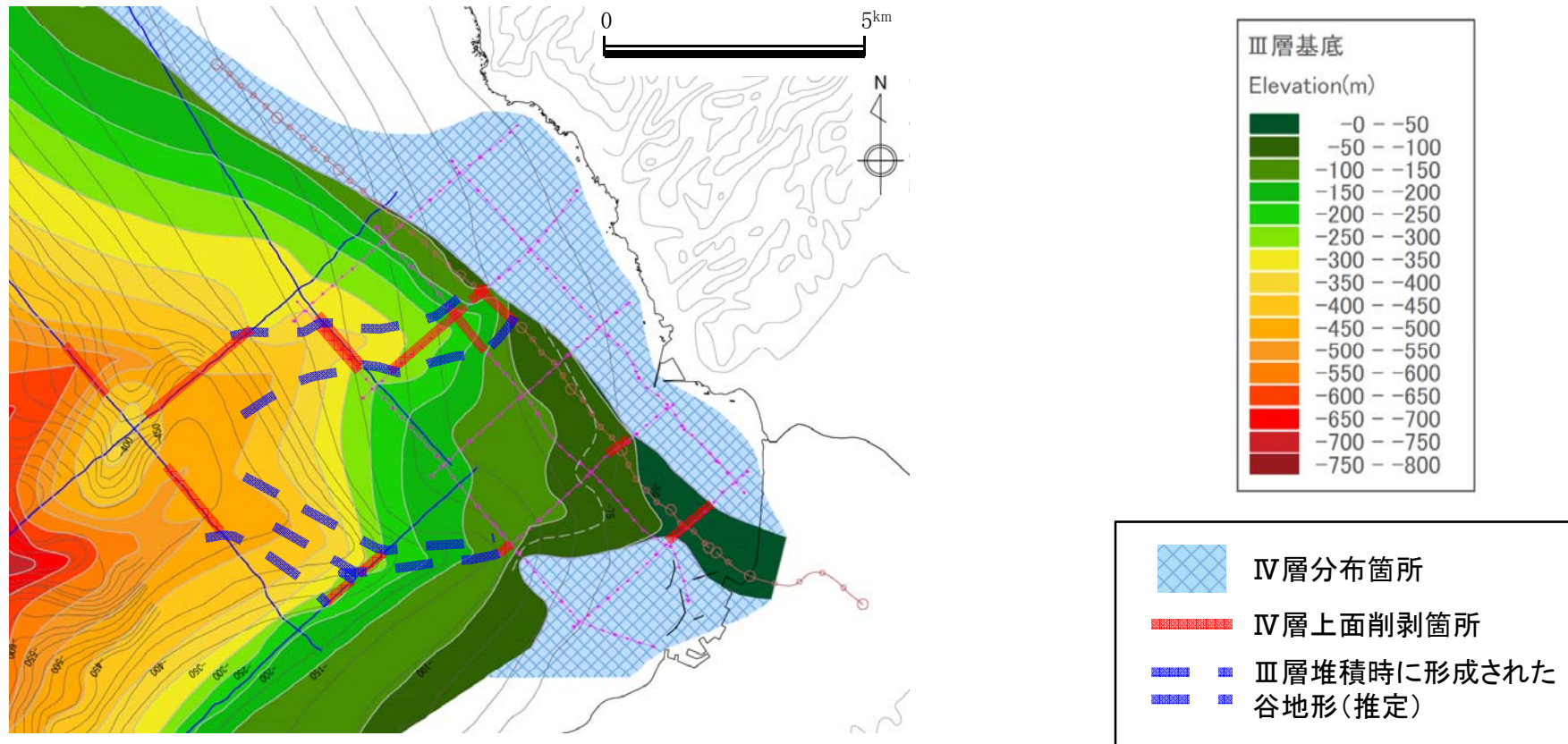
- 凡例
- I層 (完新統)
  - II層 (上部更新統)
  - III-1層 (中部更新統)
  - III-2層 (下部~中部更新統)
  - IV-1層 (下部更新統)
  - IV-2層 (下部更新統)
  - V層 (上部中新統~鮮新統)
  - VI層 (中新統以下)
  - VII層 (始新統以下)
  - VIII層 (貫入岩)
- ※色付線は各層の上面を表す



測線SM-2W

## III層基底谷地形の分布

- 海上音波探査記録に認められる明瞭な谷地形（IV層削剥箇所）を赤線で示す。
- また、海上音波探査記録を基に、III層の基底面形状（コンター）を推定した。
- 東西方向に複数の系統の連続する谷地形が推定され、そのうち南方の谷地形は現海底地形に認められる谷地形とほぼ一致する。
- 北方の谷地形は、現地形からは不明であるが、IV層上面の削剥により形成されたチャンネル状の構造が認められる。



III層基底谷地形の分布(推定)

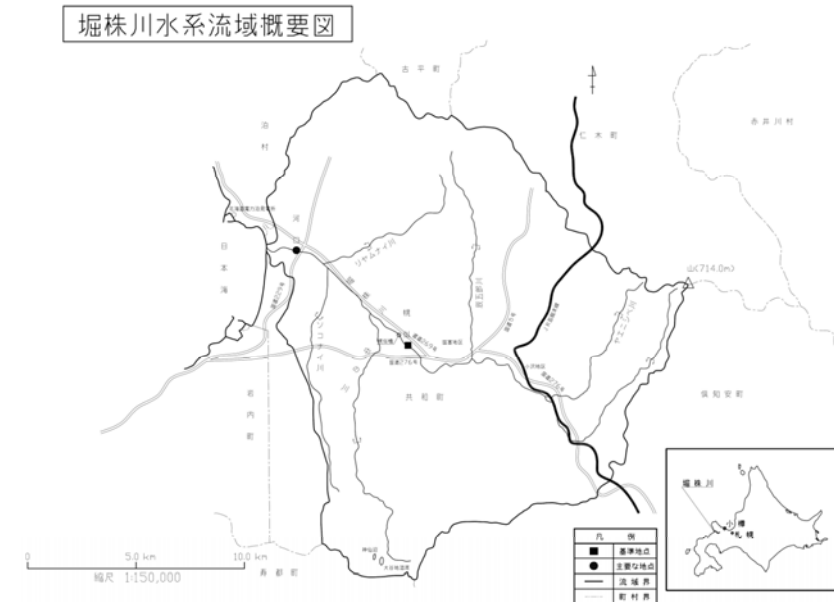
## 堆積物の供給源

- 発電所の西方に認められるⅢ層基底の谷地形は、Ⅲ層堆積時に堀株川の流路が流下していた可能性がある。
- 堀株川の流域は約260km<sup>2</sup>であり、岩内平野を通り岩内湾に流入している(北海道,2009)。
- 流路を変えた堀株川の流域面積は現在と同程度とは限らないものの、岩内平野における岩内層の堆積状況や現堀株川の流域面積を考慮すると、堆積物の供給量は小さくなかったものと推定される。
- また、積丹半島西岸には、野東川(約50km<sup>2</sup>)、古宇川(約80km<sup>2</sup>)等が流下しており、MIS5e以降における段丘堆積物を覆う厚い堆積物の分布状況からも、Ⅲ層堆積時にも堆積物は供給されていたものと推定される。



堀株川流域

Googleの地図画像を使用

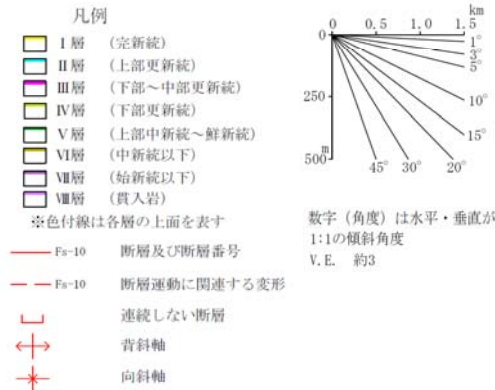
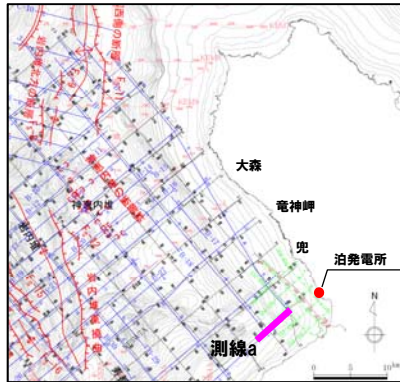


堀株川水系流域概要図  
(北海道(2009) 堀株川水系河川整備基本方針より)

# 4.4 海上音波探査記録の検討

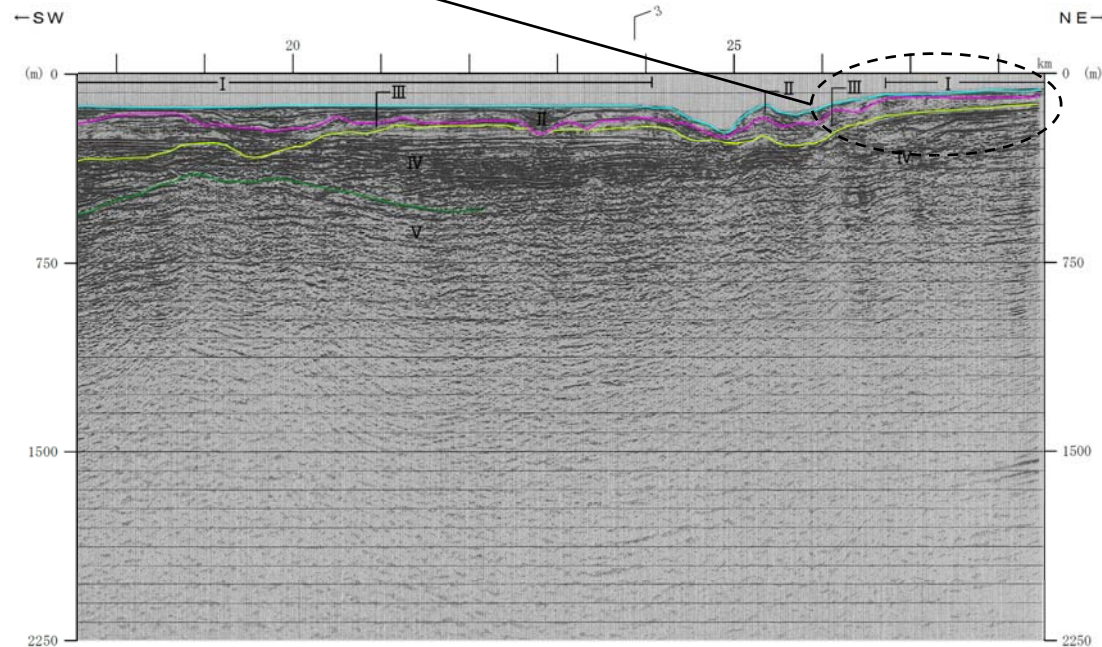
## ②検討結果(測線a GIガン・マルチチャンネル)

一部修正(6/6審査会合)



II層～IV層:海底面と概ね平行に堆積し、変位・変形なし

陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積し、変位・変形が認められない状況と調和的



○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, 層厚変化等は認められない。

| 層区分                         | 堆積構造     | 変位<br>変形 | 層厚変化 | 変形の系統<br>性・累積性 | 下位層との<br>関係 | 隣接測線<br>との差異   | その他        |
|-----------------------------|----------|----------|------|----------------|-------------|----------------|------------|
| II層                         | 海底面と概ね平行 | なし       | なし   | なし             | 不整合         | 測線c<br>と地形が異なる | 大陸棚<br>縁辺部 |
| III層<br>(下部は岩内層または野塚層上部層相当) |          | なし       | なし   | なし             | 不整合         |                |            |
| IV層<br>(野塚層下部層相当)           |          | なし       | なし   | なし             | 不整合         |                |            |

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線SM-3W, 測線SM-4W, 測線SM-5W ウォーターガンショートマルチ)

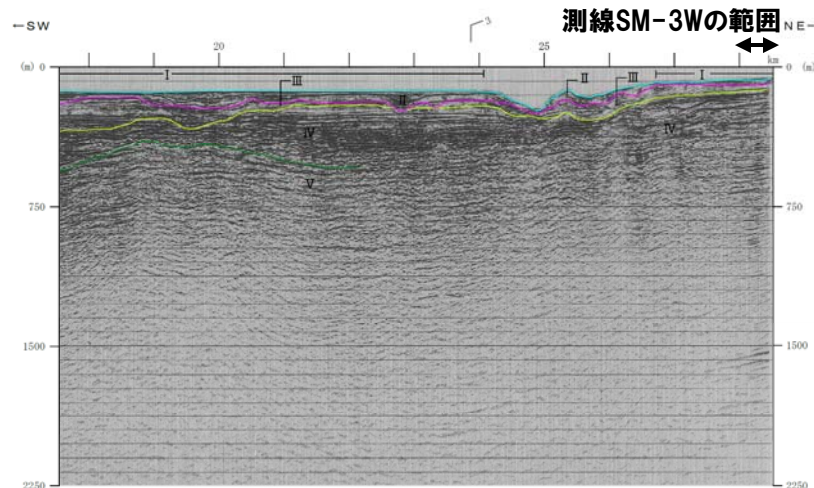
○測線a陸側の地質構造を確認するため、測線SM-3W, 測線SM-4W及び測線SM-5Wについて検討した。

[測線SM-3W]

・II～IV-1層は海底面と概ね平行に堆積しており、変位・変形は認められない。

[測線SM-4W]

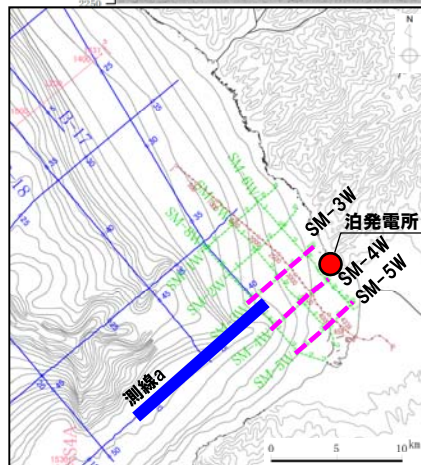
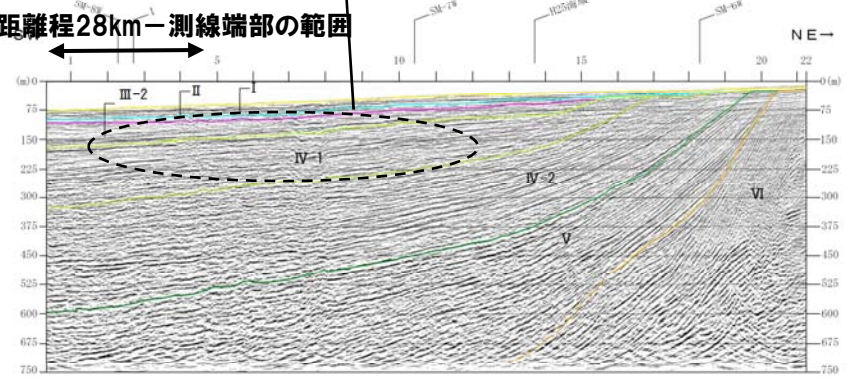
・測線SM-3Wと同様な傾向が認められる。



II層～IV-1層:海底面と概ね平行に堆積し、  
変位・変形なし

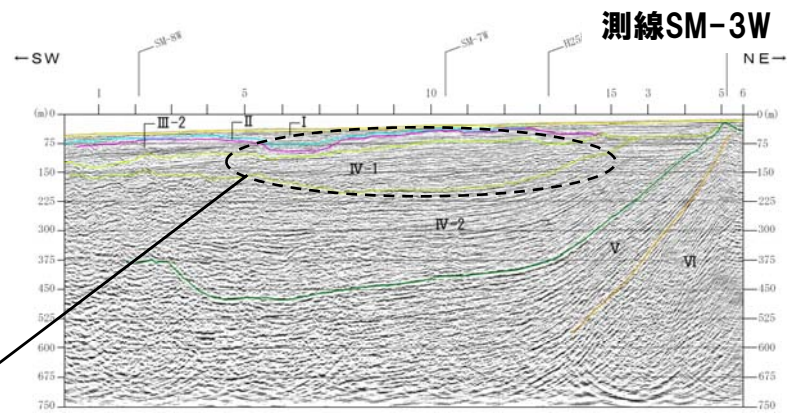
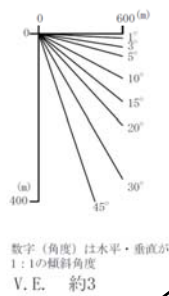
陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に  
堆積し、変位・変形が認められない状況と調和的

測線a距離程28km—測線端部の範囲



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



II層～IV-1層:海底面と概ね平行に堆積し、  
変位・変形なし

陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に  
堆積し、変位・変形が認められない状況と調和的

測線SM-4W

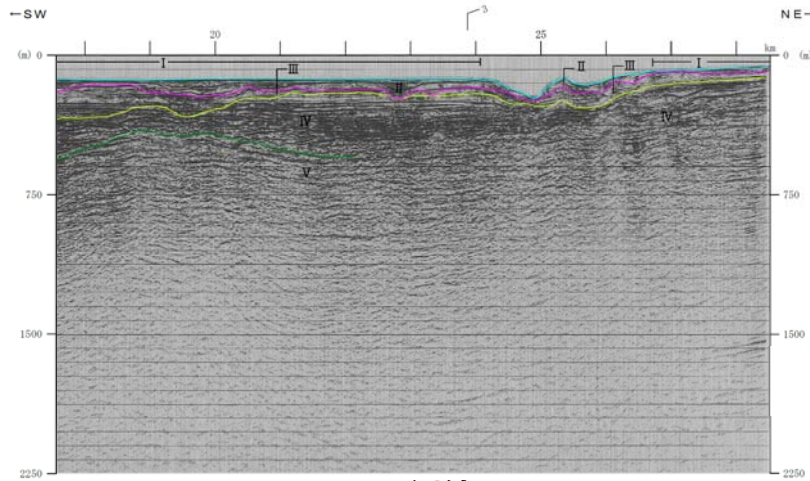


# 4.4 海上音波探査記録の検討

## ②検討結果(測線SM-3W, 測線SM-4W, 測線SM-5W ウォーターガンショートマルチ)

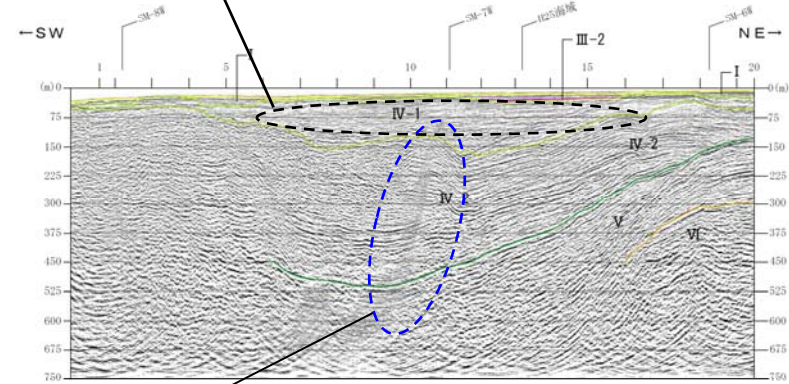
[測線SM-5W]

・IV-1層は下位のIV-2層を不整合で覆い、海底面と概ね平行に堆積している。



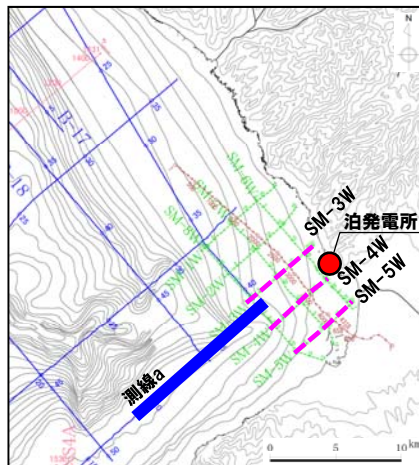
測線a

III-2層～IV-1層: 海底面と概ね平行に堆積し、変位・変形なし  
 陸域において岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積し、変位・変形が認められない状況と調和的

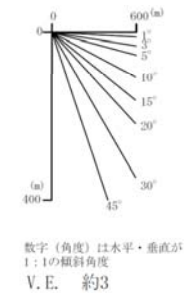


測線SM-5W

岩内港の防波堤等の人工構造物からの反射によるノイズ



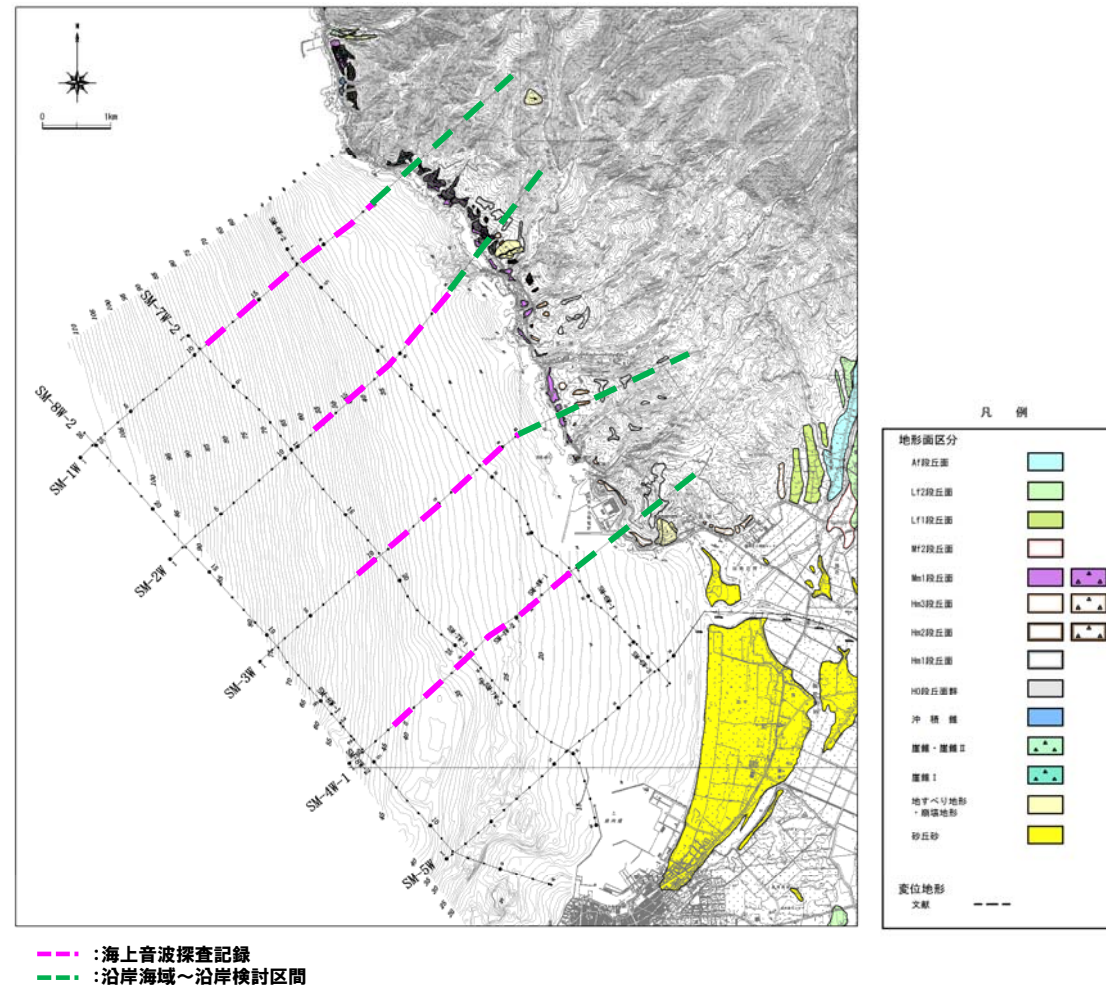
- 凡例
- I層 (完新統)
  - II層 (上部更新統)
  - III-1層 (中部更新統)
  - III-2層 (下部～中部更新統)
  - IV-1層 (下部更新統)
  - IV-2層 (下部更新統)
  - V層 (上部中新統～鮮新統)
  - VI層 (中新統以下)
  - VII層 (始新統以下)
  - VIII層 (貫入岩)
- \*色付線は各層の上面を表す



## 4.4 海上音波探査記録の検討

### 敷地近傍海域の海上音波探査記録(測線SM-1W~SM-4W)と陸域の地形との連続性(-1/6-)

- 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、海上音波探査記録、海底地形図及び1/2.5万地形図を繋げて断面図を作成した。



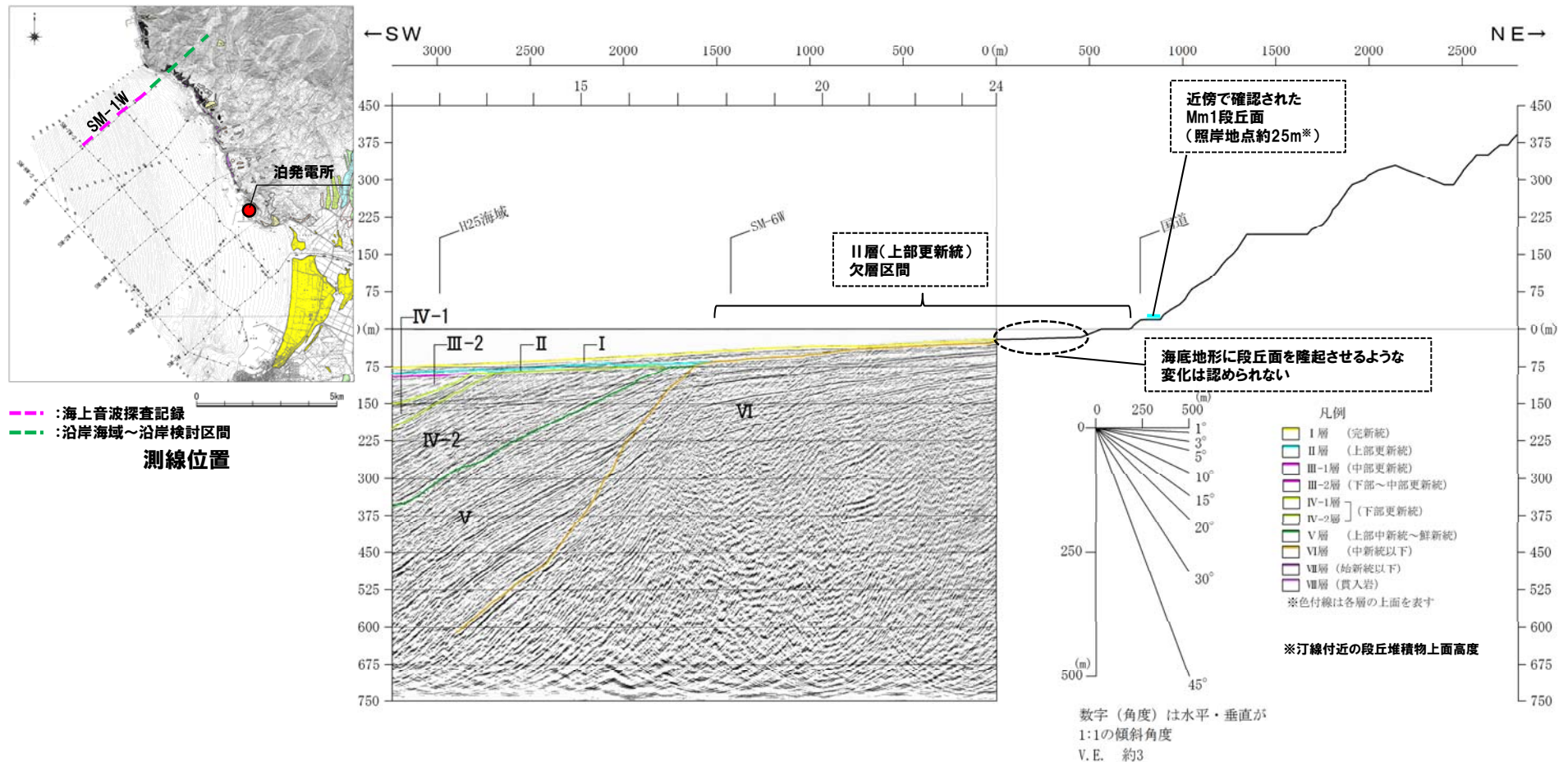
検討位置図(地形分類図)

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## 敷地近傍海域の海上音波探査記録(測線SM-1W~SM-4W)と陸域の地形との連続性(-2/6-)

[測線SM-1W~陸域]

- 測線SM-1Wの検討結果(p.304)及び陸域調査結果より、断層を示唆する構造は認められない。
- 陸域ではMm1段丘面が確認され、沿岸海域の海底地形にはMm1段丘面を隆起させるような変化は認められず、波食棚前面の海食台へ連続する崖が認められる。
- 沿岸~沿岸海域に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。



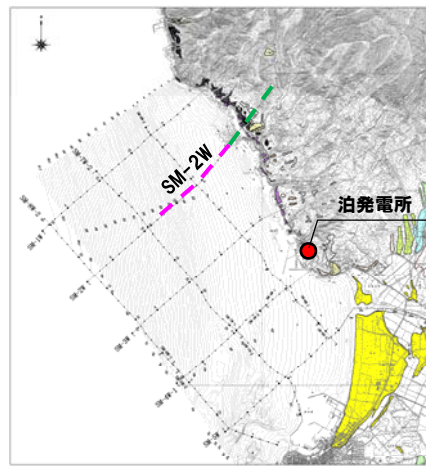
測線SM-1W+陸域断面図

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## 敷地近傍海域の海上音波探査記録(測線SM-1W~SM-4W)と陸域の地形との連続性(-3/6-)

### [測線SM-2W~陸域]

- 測線SM-2Wの検討結果(p.304)及び陸域調査結果より、断層を示唆する構造は認められない。
- 陸域ではMm1, Hm3, Hm2, Hm1段丘面が確認され、沿岸海域の海底地形には各段丘面を隆起させるような変化は認められない。
- 各段丘面の分布高度は、調査結果から求まる隆起レート約0.2m/千年と調和的であり、分布高度に不連続は認められない。
- 沿岸~沿岸海域に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。

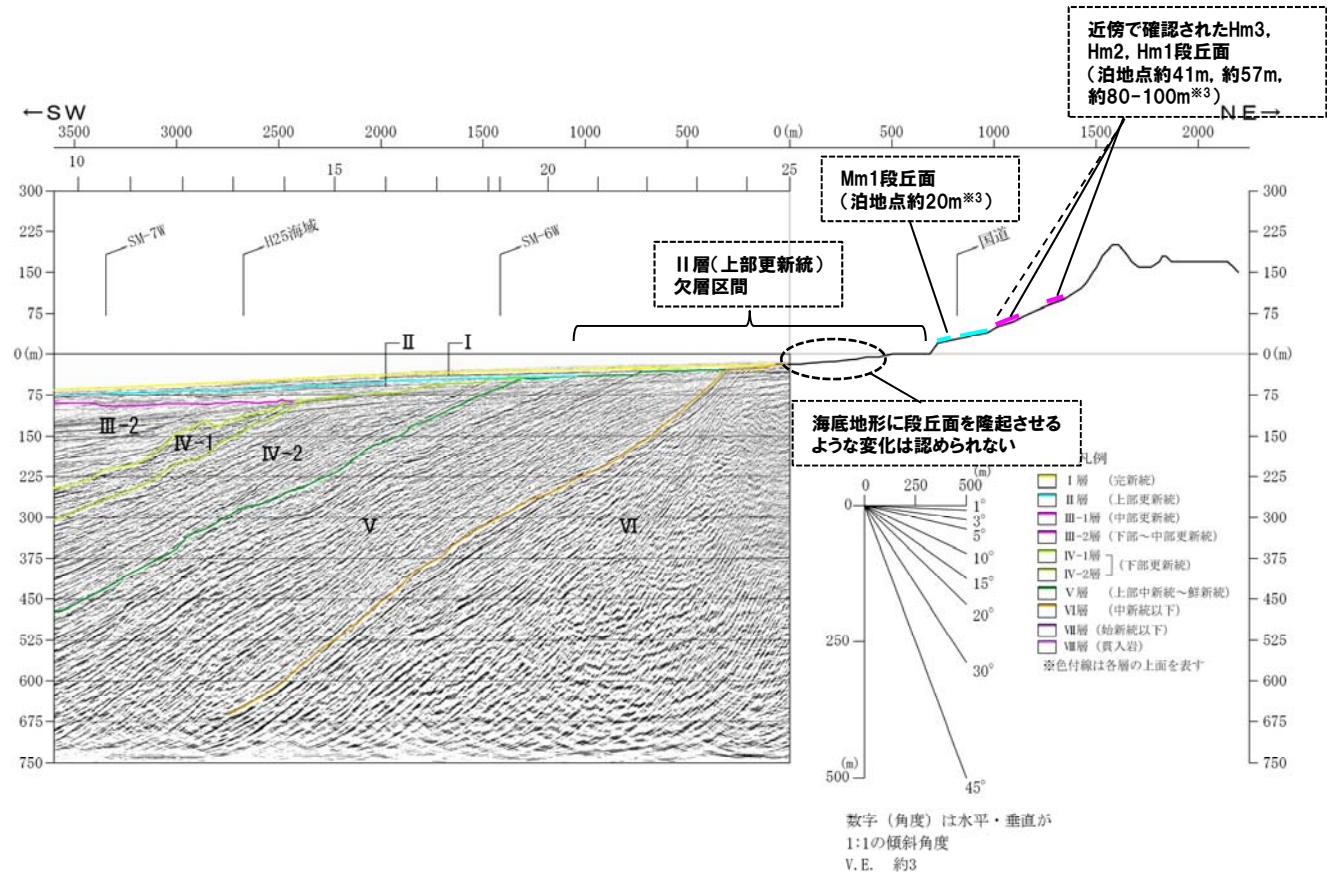


●●:海上音波探査記録  
 ●●:沿岸海域~沿岸検討区間  
**測線位置**

測線SM-2W周辺陸域の段丘面高度

| 段丘  | MIS <sup>※1</sup> | 年代値 <sup>※2</sup><br>(万年前) | 高度(m)   | 確認根拠   |
|-----|-------------------|----------------------------|---------|--------|
| Mm1 | 5e                | 12.5                       | 約20     | 露頭     |
| Hm3 | 7                 | 21.4                       | 約41     | ボーリング  |
| Hm2 | 9                 | 32.8                       | 約57     | ボーリング  |
| Hm1 | 11                | 40.6                       | 約80-100 | 空中写真判読 |

※1: 酸素同位体ステージ  
 ※2: 小池・町田編(2001)より



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

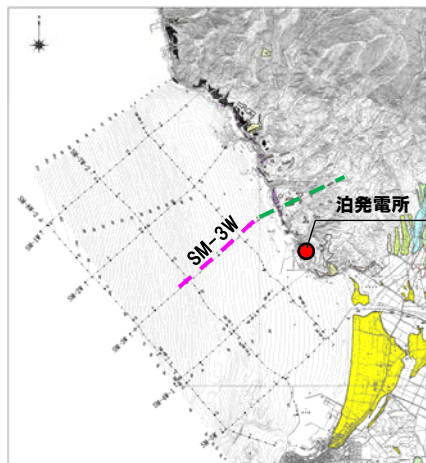
測線SM-2W+陸域断面図

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## 敷地近傍海域の海上音波探査記録(測線SM-1W~SM-4W)と陸域の地形との連続性(-4/6-)

### [測線SM-3W~陸域]

- 測線SM-3Wの検討結果(p.308)及び陸域調査結果より、断層を示唆する構造は認められない。
- 陸域ではMm1, Hm3, Hm2, Hm1段丘面が確認され、沿岸海域の海底地形には各段丘面を隆起させるような変化は認められない。
- 各段丘面の分布高度は、調査結果から求まる隆起レート約0.2m/千年と調和的であり、分布高度に不連続は認められない。
- 沿岸~沿岸海域に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。



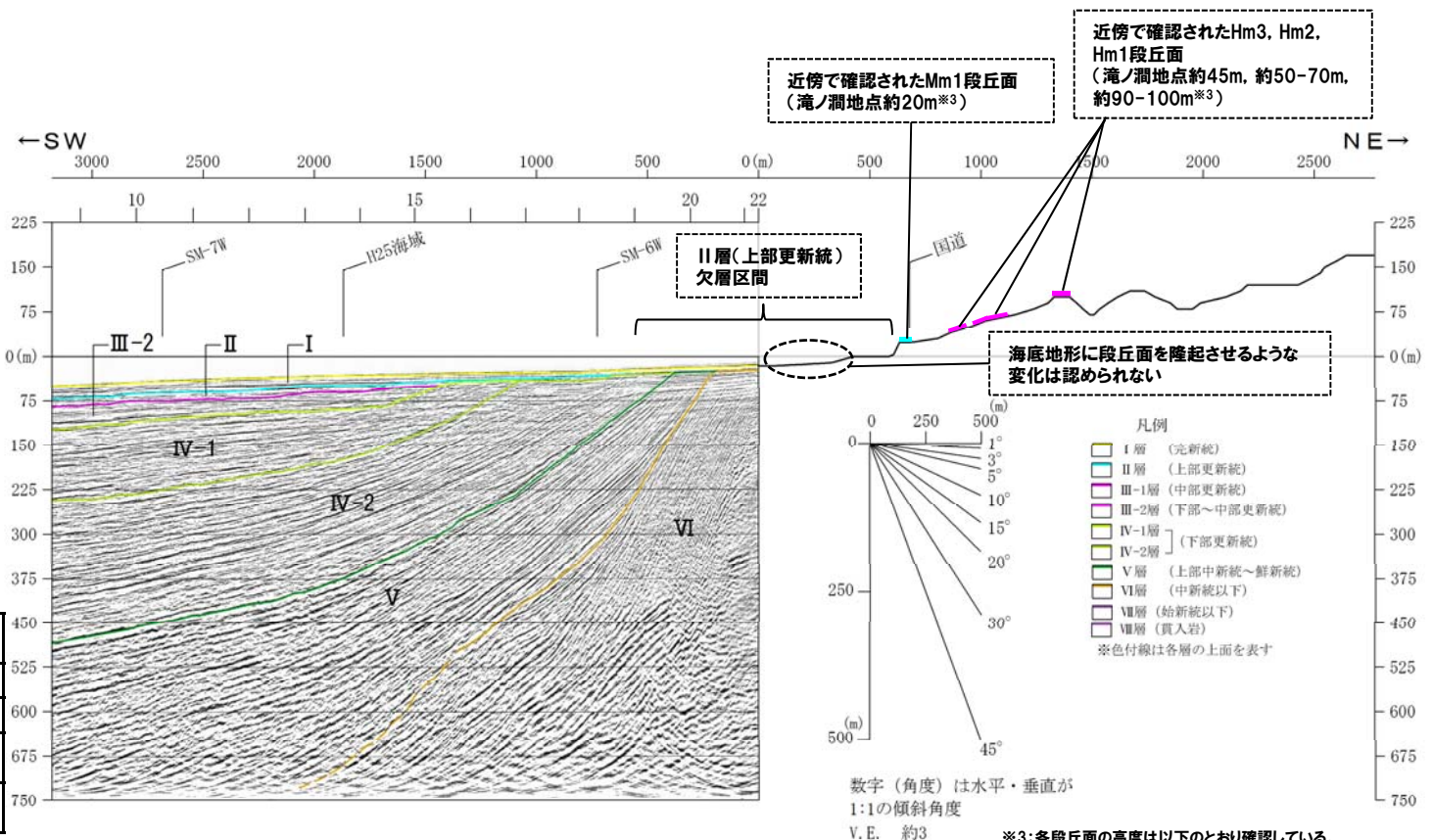
---海上音波探査記録  
---沿岸海域~沿岸検討区間

### 測線位置

測線SM-3W周辺陸域の段丘面高度

| 段丘  | MIS <sup>※1</sup> | 年代値 <sup>※2</sup><br>(万年前) | 高度(m)   | 確認根拠   |
|-----|-------------------|----------------------------|---------|--------|
| Mm1 | 5e                | 12.5                       | 約20     | 露頭     |
| Hm3 | 7                 | 21.4                       | 約45     | ボーリング  |
| Hm2 | 9                 | 32.8                       | 約50-70  | 空中写真判読 |
| Hm1 | 11                | 40.6                       | 約90-100 | 空中写真判読 |

※1: 酸素同位体ステージ  
※2: 小池・町田編(2001)より



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

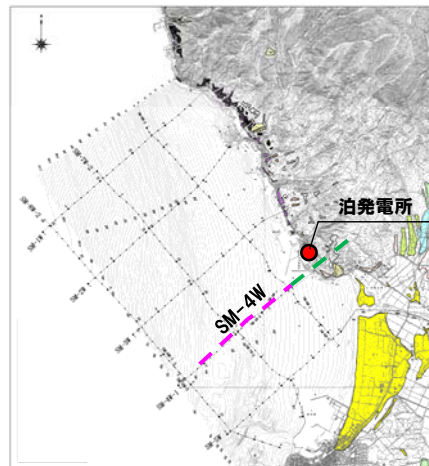
測線SM-3W+陸域断面図

# 4.4 海上音波探査記録の検討

## 敷地近傍海域の海上音波探査記録(測線SM-1W~SM-4W)と陸域の地形との連続性(-5/6-)

### [測線SM-4W~陸域]

- 測線SM-4Wの検討結果(p.308)及び陸域調査結果より、断層を示唆する構造は認められない。
- 敷地内ではMm1, Hm3, Hm2, Hm1段丘面が確認され、沿岸海域の海底地形には各段丘面を隆起させるような変化は認められない。
- 各段丘面の分布高度は、調査結果から求まる隆起レート約0.2m/千年と調和的であり、分布高度に不連続は認められない。
- 沿岸~沿岸海域に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。

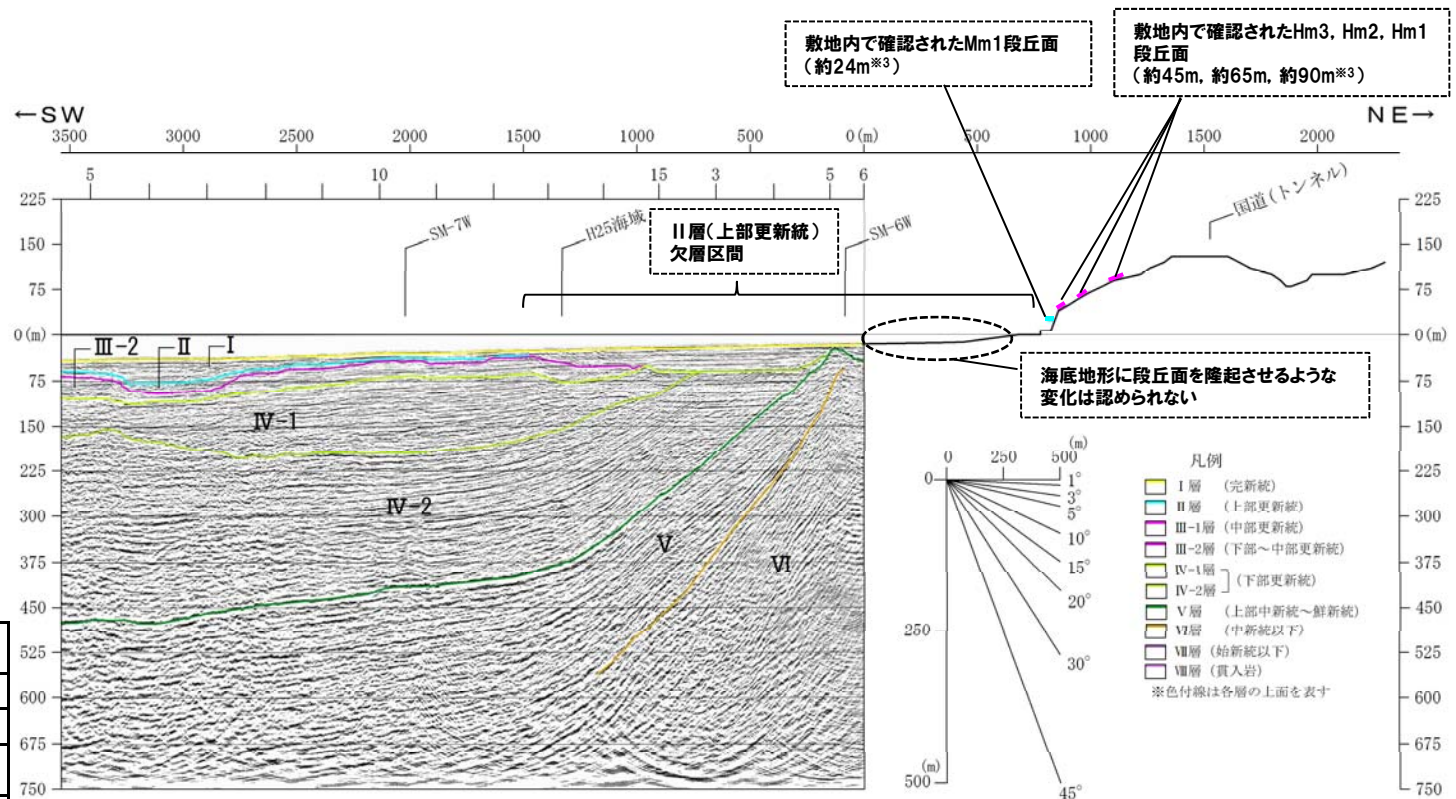


●海上音波探査記録  
●沿岸海域~沿岸検討区間  
測線位置

測線SM-4W周辺陸域の段丘面高度

| 段丘  | MIS#1 | 年代値*2<br>(万年前) | 高度(m) | 確認根拠     |
|-----|-------|----------------|-------|----------|
| Mm1 | 5e    | 12.5           | 約24   | ピット      |
| Hm3 | 7     | 21.4           | 約45   | ボーリング    |
| Hm2 | 9     | 32.8           | 約65   | ボーリング・開削 |
| Hm1 | 11    | 40.6           | 約90   | ボーリング    |

※1: 酸素同位体ステージ  
※2: 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

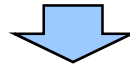
※3: 各段丘面の高度は以下のとおり確認している。  
Mm1段丘面: ピット調査での段丘堆積物上面  
Hm3段丘面: ボーリング調査における基盤岩上面  
Hm2段丘面: ボーリング・開削調査における基盤岩上面  
Hm1段丘面: ボーリング調査における基盤岩上面

測線SM-4W+陸域断面図

## 4.4 海上音波探査記録の検討

### 敷地近傍海域の海上音波探査記録(測線SM-1W~SM-4W)と陸域の地形との連続性(-6/6-)

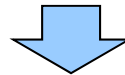
- 測線SM-1W~SM-4Wと陸域の地形との連続性について検討した。
- 各測線の検討結果, 陸域調査結果等より, 断層を示唆する構造は認められない。
- 各測線周辺陸域では, Mm1段丘面等の海成段丘面が分布するが, 沿岸海域の海底地形にはそれらの段丘面を隆起させるような変化は認められない。
- これらの海成段丘面の分布高度は, 汀線方向にほぼ一様であり, 調査結果から求まる隆起レート約0.2m/千年と調和的である。



- 測線SM-1W~SM-4Wから沿岸にかけての区間には, 後期更新世以降の活動を考慮する活構造の存在を示唆する特徴は認められない。
- 測線SM-1W~SM-4W周辺陸域に分布する段丘面が地震性隆起により形成されたものとした場合, 汀線と平行な構造を想定することとなるが, 積丹半島においては, 海成段丘(Mm1段丘)高度及び河成段丘高度から見積もられる隆起量が東西で大きく異なるような傾向は認められない(2章参照)ことから, その可能性は否定できるものと判断される。

## ③まとめ

- 測線h', g, f', eでは、沿岸から大陸棚、大陸斜面、海盆が認められるが、II層、III層及びIV層上部に変位・変形、層厚変化、変形の累積性等は認められず、海盆内のII層及びIII層は、ほぼ水平に堆積している。
- 測線cでは、大陸棚付近にIII層の緩やかな傾斜構造が認められるが、以下の検討結果より、変位・変形によるものではなく、海退に伴う堆積構造であると判断される。
  - ・測線cの北方及び南方の測線e及び測線aでは、II層及びIII層には変位・変形、層厚変化は認められず、測線cで認められるIV層以下の形状は認められず、連続しない。
  - ・周辺の測線(測線1, 測線3, 測線H25, 測線a)におけるIII層の分布状況から、測線cに認められる厚いIII層は、IV層を谷状に侵食し、堆積したものと推定される。
  - ・上記の分布状況は、第四紀以降の圧縮方向とほぼ平行であることから、褶曲構造ではなく、チャンネル構造であると推定される。
  - ・測線cのIII層に認められる緩やかな傾斜構造は、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。
  - ・上記堆積構造は、測線c陸域の測線SM-1W及びSM-2Wにも認められる。
  - ・III層の堆積物の供給源としては、1つの可能性として、流路を変えた堀株川が推定される。
- 測線aは、大陸棚縁辺部付近に沿った測線であるが、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、層厚変化は認められない。
- 測線a陸側付近の測線SM-3W, SM-4W及びSM-5Wでは、測線a同様、III層又はIV-1層に変位・変形、層厚変化は認められず、海底面と概ね平行に堆積している。
- 測線SM-1W～SM-4Wから沿岸にかけての区間には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造の存在を示唆する特徴は認められない。
- 測線SM-1W～SM-4W周辺陸域に分布する段丘面が地震性隆起により形成されたものとした場合、汀線と平行な構造を想定することとなるが、積丹半島においては、海成段丘(Mm1段丘)高度及び河成段丘高度から見積もられる隆起量が東西で大きく異なるような傾向は認められない(2章参照)ことから、その可能性は否定できるものと判断される。



- 積丹半島西岸近傍海域には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造は認められない。
- 海域のIV層(野塚層下部層相当)上部は変位・変形、層厚変化、変形の累積性等は認められず、海底面と概ね平行に堆積しており、陸域で野塚層がほぼ水平に堆積している状況と調和的である。
- 海域のIII層(下部は岩内層または野塚層上部層相当)は変位・変形、層厚変化、変形の累積性等は認められず、海底面と概ね平行に堆積しており、陸域で岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積している状況と調和的である。



**【検討目的】**

○積丹半島西岸近傍海域の地質構造を把握する。

**【検討方法】**

○積丹半島西岸近傍海域の海上音波探査記録等について検討した。

**【結 果】**

○積丹半島西岸近傍海域には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造は認められない。

○海域のIV層上部及びIII層は、海底面と概ね平行に堆積しており、陸域で岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積している状況と概ね調和的である。

## 5. 積丹半島の隆起要因に関する検討

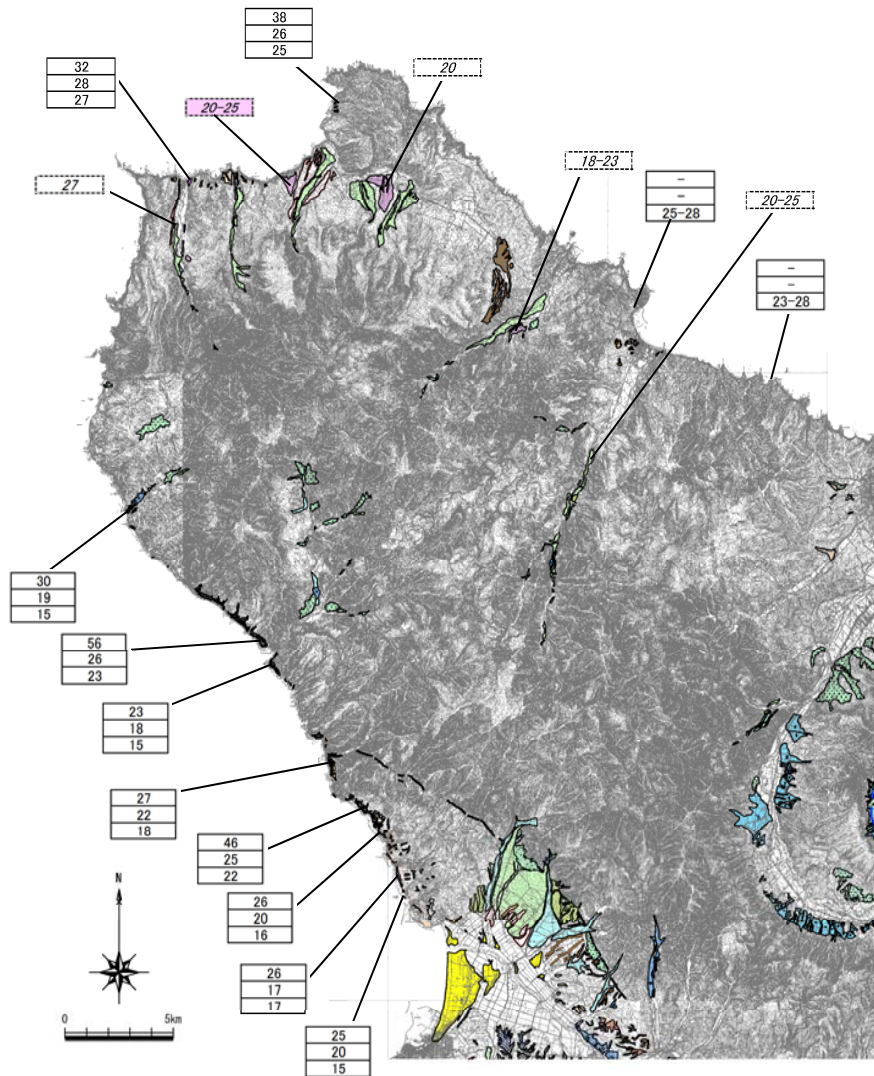
**【検討目的】**

○積丹半島の隆起要因に関する評価を行う。

**【検討方法】**

○広域隆起の観点から文献レビュー及び検討を実施する。

## ①積丹半島の海成段丘分布高度



MIS5e海成段丘面の分布高度と河成段丘面から推定されるTT値の分布

- ボーリング調査, 地表地質踏査等の結果, 積丹半島の MIS5e海成段丘高度は, 旧汀線付近で約25mであり, ほぼ一定である。
- 調査結果より, 積丹半島の隆起速度は約0.2m/千年と推定される。
- 海上音波探査結果等から, 積丹半島西岸の沿岸海域には, 西岸の海成段丘を一様に隆起させるような活構造は認められない。



- 海成段丘の形成について, 広域隆起の観点から文献レビュー及び検討を行った。

## 凡例

|    |                       |
|----|-----------------------|
| 27 | Mm1段丘面 (MIS5e) 高度 (m) |
| 22 | Mm1段丘堆積物上面高度 (m)      |
| 18 | 基盤高度 (m)              |

25-15 Mf1段丘面 (MIS6) とLf2段丘面 (MIS2) の比高TT値 (m)

20-25 空中写真判読より見積もられるMf1段丘面 (MIS6) とLf2段丘面 (MIS2) の比高TT値 (m)

## ②広域隆起について(松田・衣笠, 1988)

○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記載している。

## 【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)



○海成段丘の形成においては、地震性隆起以外の要因も考慮される。

## 5.2 積丹半島の隆起要因に関する検討

### ③広域隆起について(松田・今泉, 1988)

○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」を以下のように記載している。

#### 【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, 長波長(1,000km以上)の非傾動運動であり, 地震を伴わずに常時進行している連続的運動である。

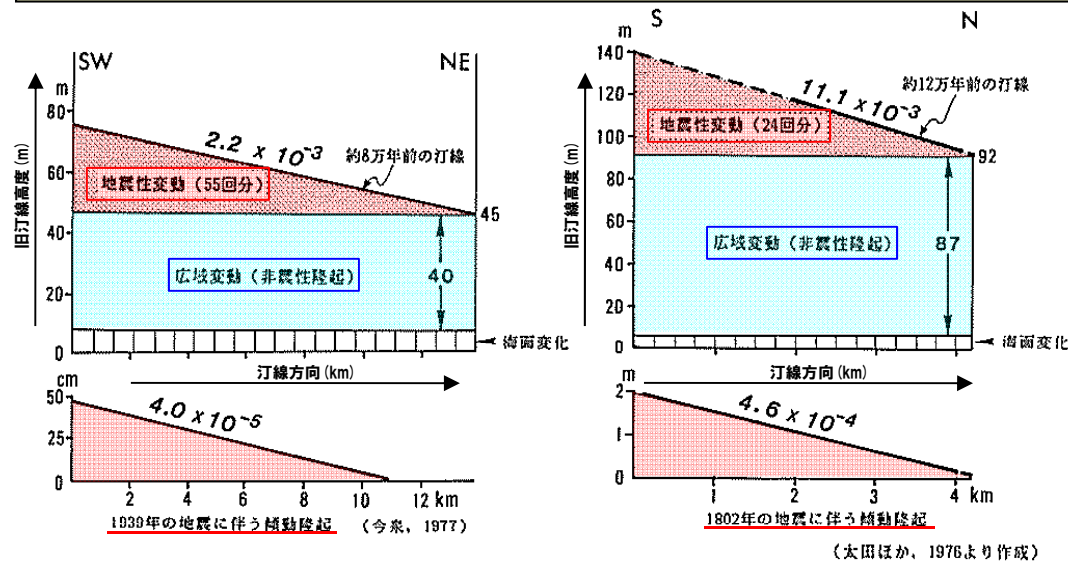
## ④傾動隆起地域における広域隆起(宮内, 1991)

○宮内(1991)では、佐渡島小木半島における太田ほか(1976)、男鹿半島における今泉(1977)について記載している。

- ①彼らは旧汀線高度の成分分析に基づき、「広域変動」の考え方を導いた。
- ②両地域は歴史時代に地震に伴う地殻の傾動隆起(断層運動)を経験し、その変位様式が第四紀後期旧汀線の変位様式と調和的なことから、地震性地殻変動が累積していることが明らかにされた地域である。
- ③彼らの言う「広域変動」とは、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で、急性的な地震性変動の累積のみでは量的に説明できない変動様式である。
- ④地震時の地殻変動の不動点付近で旧汀線高度が最低値となることから、広域変動量はその旧汀線高度から海面変化量を差し引くことによって求められる(下図参照)。

○上記の考えは、繰り返し起こったであろう同じ型の地震時に、旧汀線高度の最低値地点が不動点であることが前提であり、その地域が逆断層で境された一つの傾動地塊としてふるまうことが想定されている、としている。

○したがって、上記広域変動説が適用できるのは、傾動隆起を示す地塊として認識される日本海沿岸の島々である、としている。



○海成段丘の分布標高が地震性変動の累積のみでは量的に説明できないことから、「広域変動」という非地震性の運動の存在を示唆している。

男鹿半島(左)と佐渡島小木半島(右)における歴史時代の地震に伴う傾動隆起と旧汀線高度の成分(地震性変動, 広域変動, 海面変化)  
(宮内, 1991に加筆)

## ⑤ 波状隆起地域における広域隆起(宮内, 1991)

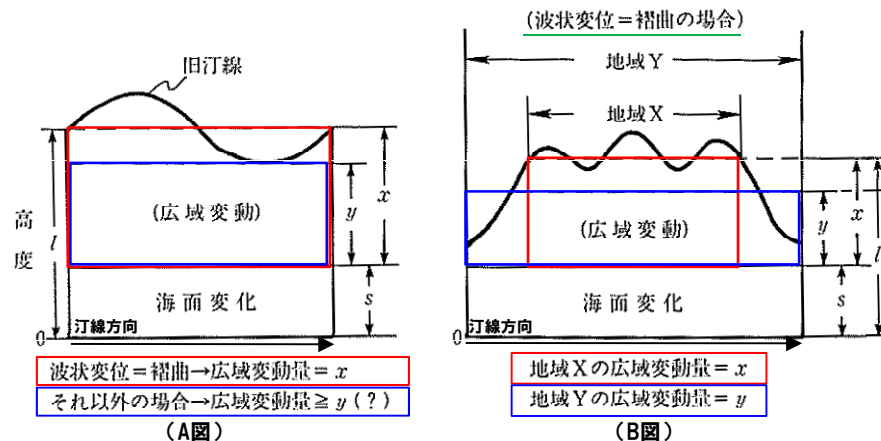
○さらに、波状隆起地域の場合の旧汀線高度の地殻変動成分の分析について、以下のように記載している。

## 【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(褶曲以外の場合)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ができる。

## 【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することはない。



○波状変位の形成メカニズムを特定できない場合(褶曲以外の場合)、かつ、地域区分の基準がはっきりしない状況においては、以下の手法を採用することにより過大評価することなく、広域変動量を求めることが可能となる。

- ①より広めの地域を設定
- ②旧汀線の最低値から海面変化量を除いた値を採用



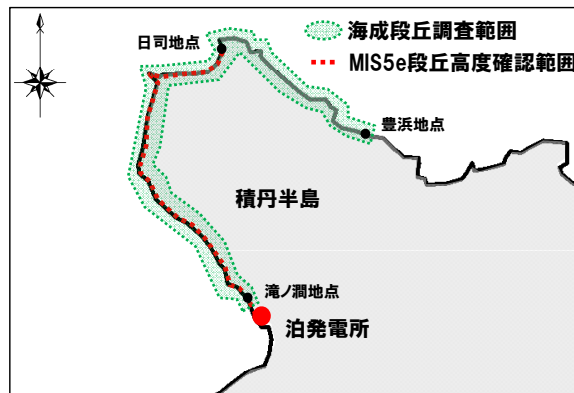
## 5.2 積丹半島の隆起要因に関する検討

### ⑥ 広域隆起について(宮内, 1991)

○旧汀線高度の分析から求められる地殻変動の要素は変動の波長(規模)で分類され、東北日本弧にみられるいくつかのオーダーの地形単元に一致することが多いとしている。

#### 東北日本弧北部にみられる地殻変動の要素と島弧の地形形成(宮内, 1991)

| 地殻変動の種類              |                 | 地形形成                |
|----------------------|-----------------|---------------------|
| 傾動(地震性変動)            | 波状変形(波長10~30km) | 南北性の山地・平野, 海嶺・海盆の形成 |
| 波長60kmほどの変動(メカニズム不詳) |                 | 東西性の山地・平野の形成        |
| 波長100~150kmほどの変動     |                 | 日本海沿岸部の隆起           |
| 波長300kmを超える島弧規模の変動   |                 | 島弧の隆起と弧状山脈の形成       |



海成段丘調査範囲図(当社)

○積丹半島の海成段丘の調査範囲は、滝ノ瀨地点～豊浜地点までの延長約80kmである。  
○このうち、MIS5e海成段丘高度を確認している範囲は、滝ノ瀨地点～日司地点までの延長約50kmであり、旧汀線付近で約25mとほぼ一定である。



○少なくとも、積丹半島の旧汀線高度は延長約50kmに渡り、波状変動している状況は認められない。

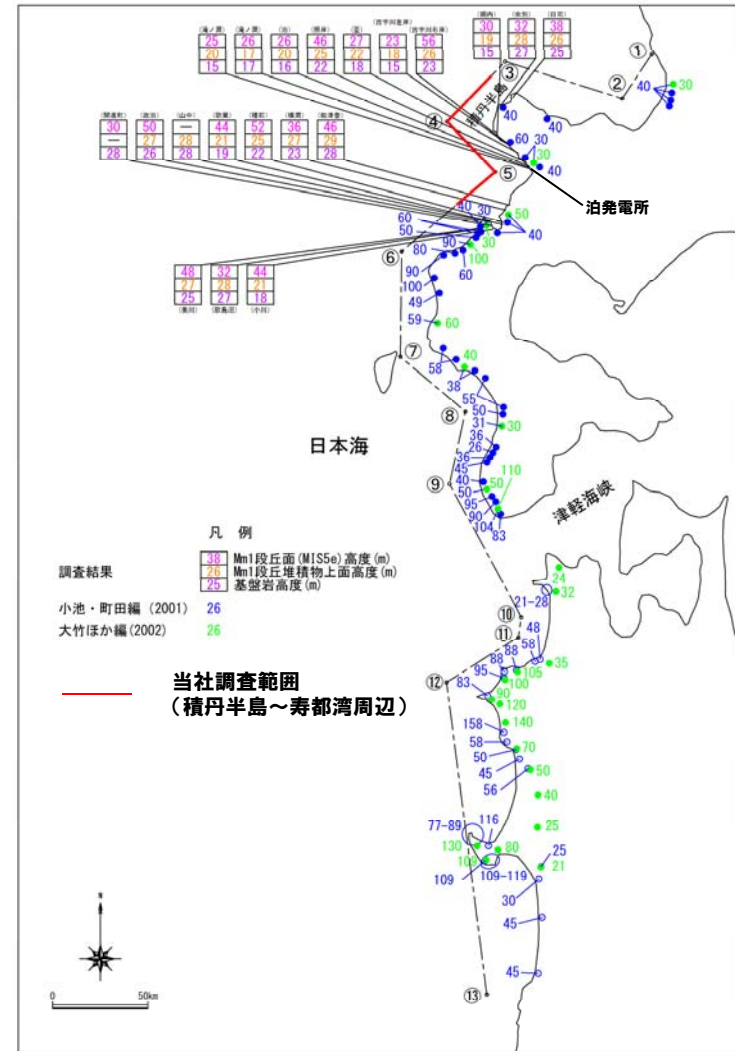
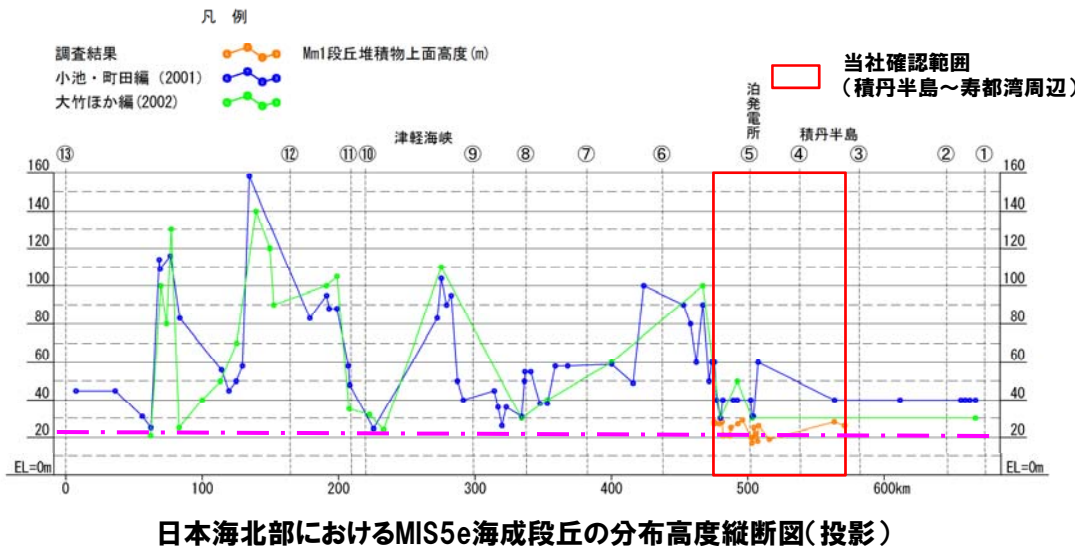
# 5.2 積丹半島の隆起要因に関する検討

## ⑦ 日本海北部沿岸のMIS5e海成段丘分布高度に関する検討

- より広域的な旧汀線高度の変動を把握することを目的に、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と当社調査結果を基にMIS5e海成段丘の分布高度を整理した。
- 積丹半島(滝ノ潤地点～日司地点)のMIS5e海成段丘の分布高度は、検討範囲の中で最も低い値を示す。
- また、当社で調査を実施した、寿都湾周辺のMIS5e海成段丘の分布高度も、最も低い値を示す。
- 積丹半島～寿都湾周辺までの調査範囲は、延長約80kmに及ぶ。



- 積丹半島～寿都湾周辺まで(延長約80km)の範囲において、波状変動している状況は認められない。
- 積丹半島のMIS5e海成段丘分布高度は、変動波長の中で最も低い値を示す範囲にあり、宮内(1991)に記載の広域変動領域に該当するものと考えられる。

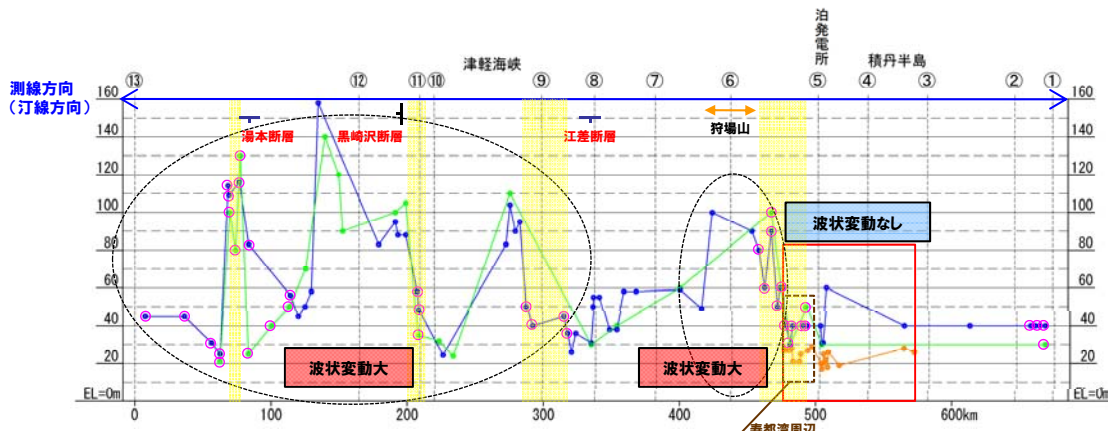


余白

# 5.2 積丹半島の隆起要因に関する検討

## ⑧MIS5e海成段丘分布高度とひずみ集中帯の分布に関する検討(-1/2-)

- 旧汀線高度の変動とひずみ集中帯との関係を把握するため、産業技術総合研究所(2009)の地質学的・測地的ひずみ集中帯の分布図を用いて検討した。
- 地質学的ひずみ集中帯は断層関連褶曲に基づき設定されていることから、参考として検討対象の汀線付近に認められる活断層を縦断面上に記載した。

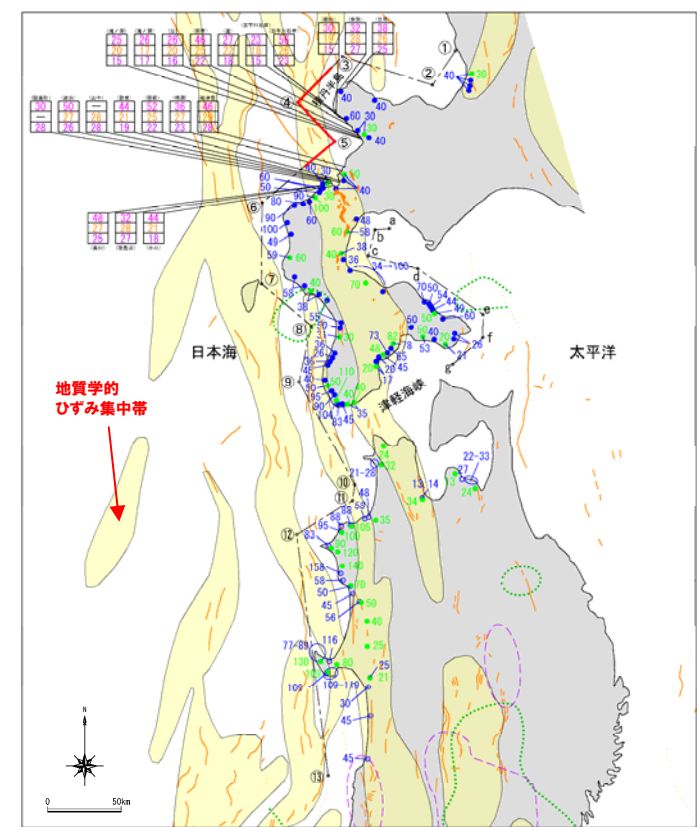


※当社調査結果より、寿都湾周辺において陸の地質構造と海の地質構造は連続せず、海成段丘高度は旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定であることを確認している。(H25.9.11審査会合説明済)

| 凡例           |                 |
|--------------|-----------------|
| 調査結果         | MmI段丘堆積物上面高度(m) |
| 小池・町田編(2001) | ○               |
| 大竹ほか編(2002)  | ●               |

- 当社確認範囲 (積丹半島～寿都湾周辺)
  - ひずみ集中帯該当高度
  - ⊥ 活断層(汀線を横切る活断層, 短線は低下側を示す)
  - ├ 活断層(汀線に沿う活断層, 短線が下向きは内陸側が低下)
  - ◀▶ 第四紀火山
  - ひずみ集中帯が汀線を横切る範囲
- ※活断層は、活断層研究会編(1991)及び当社調査結果を参考とした。

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)

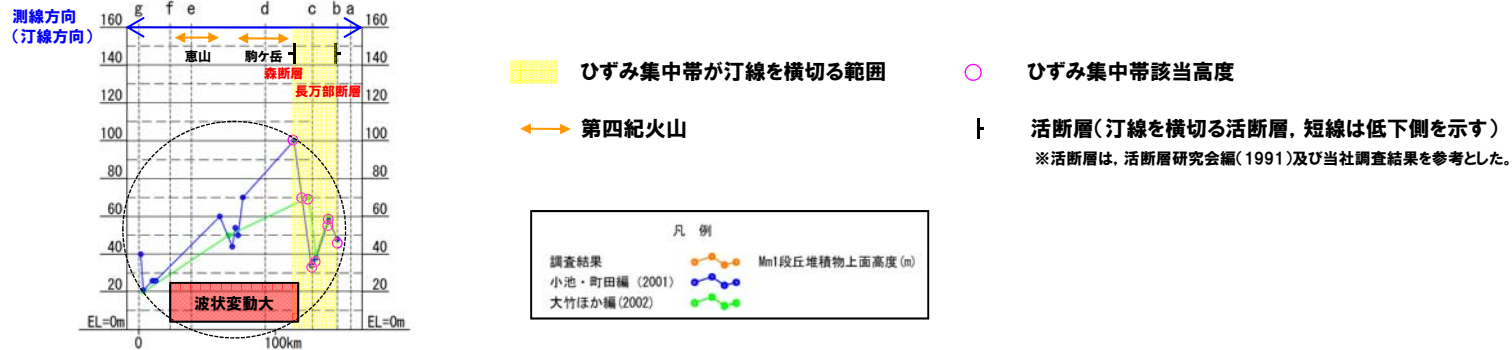


| 調査結果         |    | 凡例                 |   |
|--------------|----|--------------------|---|
| 小池・町田編(2001) | 26 | MmI段丘面(MIS5e)高度(m) | ■ |
| 大竹ほか編(2002)  | 26 | MmI段丘堆積物上面高度(m)    | ● |
|              |    | 基盤岩高度(m)           | ○ |
|              |    | 歪み集中帯              | ○ |
|              |    | GPS歪み集中帯           | ○ |
|              |    | GPS E-W            | ○ |
|              |    | 活断層                | ○ |
|              |    | (活断層研究会1991)       | ○ |

日本海・太平洋北部におけるMIS5e海成段丘の分布高度

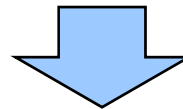
## 5.2 積丹半島の隆起要因に関する検討

### ⑧MIS5e海成段丘分布高度とひずみ集中帯の分布に関する検討(-2/2-)



太平洋北部におけるMIS5e海成段丘の分布高度縦断図(投影)

- MIS5e海成段丘の分布標高の変動が大きい地域は, ひずみ集中帯と概ね一致, 又は, 近接する。
- 積丹半島はひずみ集中帯に位置せず, MIS5e海成段丘高度は日本海北部沿岸の変動波長の中で最も低い値を示す。
- 太平洋北部のd~g区間は, 積丹半島同様ひずみ集中帯に位置していないが波状変動が大きい。これは, 第四紀火山の影響によるものと推定される。



- 積丹半島~寿都湾周辺まで(延長約80km)の範囲において, 波状変動している状況は認められない。
- 積丹半島のMIS5e海成段丘分布高度は, 変動波長の中で最も低い値を示す範囲にあり, 宮内(1991)に記載の広域変動領域に該当するものと考えられる。

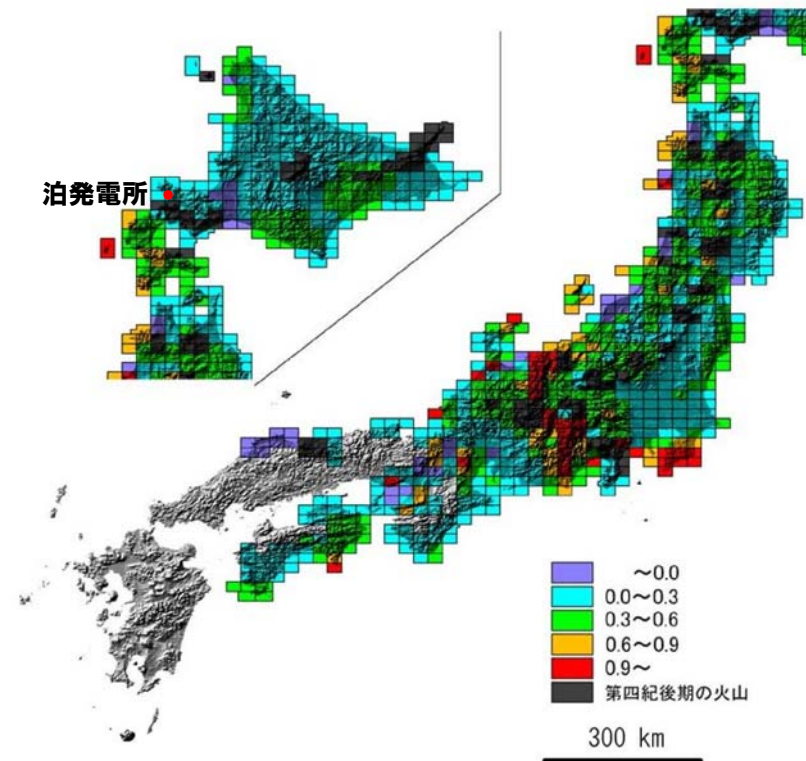
## 5.2 積丹半島の隆起要因に関する検討

### ⑨ 広域隆起について(藤原ほか, 2005)

- 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。



- 積丹半島における隆起速度約0.2m/千年と比較して, 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

## ⑩文献レビュー及び検討を踏まえた考察(-1/2-)

○旧汀線高度Hは複数の波長の合成波として、以下の式で表すことができる。

$$H = h_s + h_f + h_{t1} + h_{t2} \dots\dots ①$$

{

- H : 旧汀線高度(m)
- $h_s$  : 海水面変動量(m)
- $h_f$  : 地震性変動量(m)
- $h_{t1}$  : 造盆地・造山地運動に伴う変動量(m)
- $h_{t2}$  : 広域変動量(m)

○①式の各項について、文献レビューに基づき以下の設定をした場合の旧汀線高度イメージを次頁に示す。

- ・海水面変動量 $h_s$  ・・松田・今泉(1988)  
 $h_s =$  約5m(下末吉期海水面変動量(旧汀線高度))
- ・地震性変動量 $h_f$  ・・宮内(1991)  
 波長 $\lambda =$  約30km(男鹿半島の旧汀線高度分布から設定(設定方法は参考資料に記載))  
 振幅 $A =$  約23.5m( " )
- ・造盆地・造山地運動に伴う変動量 $h_{t1}$  ・・宮内(1991)  
 波長 $\lambda =$  約60km(男鹿半島の旧汀線高度分布から設定(設定方法は参考資料に記載))  
 振幅 $A =$  約22.0m( " )
- ・広域変動量 $h_{t2}$   
 波長 $\lambda =$  約1,000km ・・松田・今泉(1988)  
 中央値 $=$  約18.8m(最小隆起速度地域の中央値0.15m/千年 $\times$ 125千年) ・・藤原ほか(2005)  
 振幅 $A =$  約2.5m(地震隆起の考えられない北海道北東部のM1面の旧汀線高度  
 15~20mのばらつき5mから設定) ・・奥村(1986)



## ⑩文献レビュー及び検討を踏まえた考察(-2/2-)

○旧汀線高度イメージに示すとおり、旧汀線高度(H)は各変動量の合成波であることから、地震性変動( $h_f$ )、又は、造盆地・造山地運動( $h_{t1}$ )が生じていれば、それに見合った波長が認められることとなる。

○今回、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と当社調査結果を基にMIS5e海成段丘の分布高度を整理した(右下図, 再掲)。

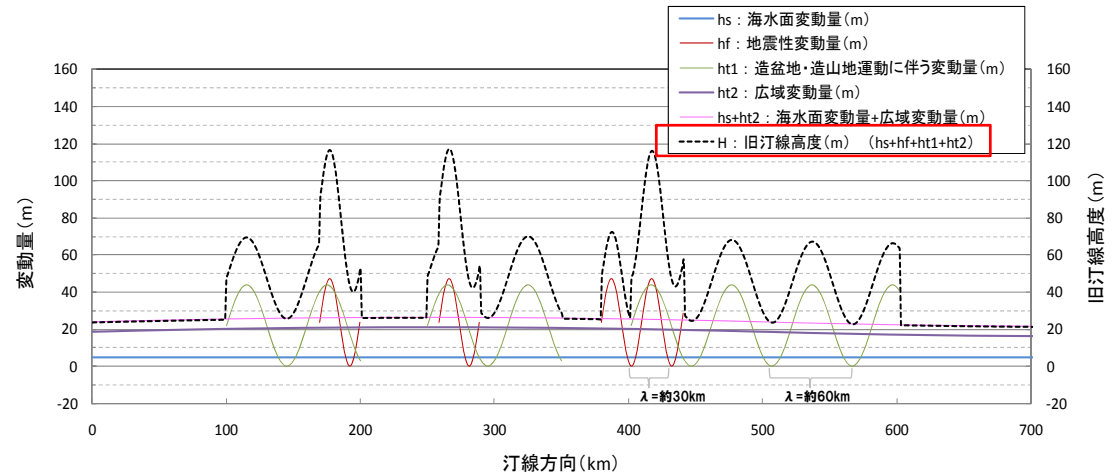
○当社調査範囲(延長約80km)のMIS5e海成段丘の分布高度は、検討範囲の中で最も低い値を示し、波状変動している状況は認められない。

○このことは、当社調査範囲には、地震性変動( $h_f$ )及び造盆地・造山地運動( $h_{t1}$ )程度の波長は含まれていないことを示すものと考えられる。

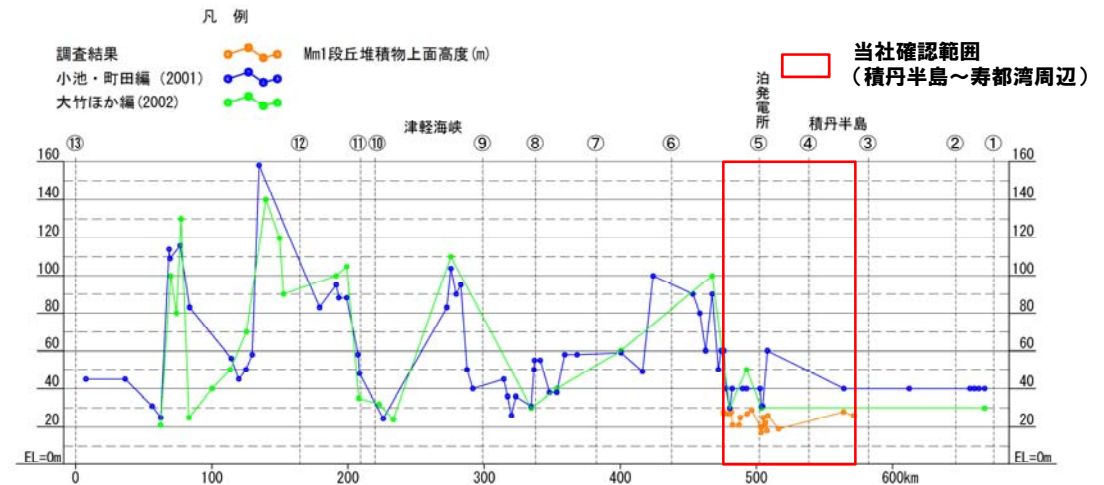
○当社調査(海上音波探査, 地表地質踏査等)における後期更新世以降の地震性変動( $h_f$ )及び第四紀以降の造盆地・造山地運動( $h_{t1}$ )を示唆する特徴が認められない結果からも、上記は裏付けられる。

○したがって、積丹半島の旧汀線高度は、  
 $H = h_s + h_f (\cong 0) + h_{t1} (\cong 0) + h_{t2} \cong h_s + h_{t2}$   
 と考えられ、積丹半島の海成段丘の形成は、広域隆起によるものであると考えられる。

○積丹半島周辺は、藤原ほか(2005)に記載の隆起沈降分布図の最低レベルの隆起速度の地域に属することもその傍証となる。



旧汀線高度イメージ



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)

## 【検討目的】

○積丹半島の隆起要因に関する評価を行う。

## 【検討方法】

○広域隆起の観点から文献レビュー及び検討を実施した。

## 【結果】

- 当社調査範囲(積丹半島～寿都湾周辺, 延長約80km)のMIS5e海成段丘の分布高度は, 検討範囲の中で最も低い値を示し, 波状変動している状況は認められない。
- このことは, 当社調査範囲には, 地震性変動( $h_f$ )及び造盆地・造山地運動( $h_{t1}$ )程度の波長は含まれていないことを示すものと考えられる。
- 当社調査(海上音波探査, 地表地質踏査等)における後期更新世以降の地震性変動( $h_f$ )及び第四紀以降の造盆地・造山地運動( $h_{t1}$ )を示唆する特徴が認められない結果からも, 上記は裏付けられる。
- したがって, 積丹半島の旧汀線高度は,

$$H = h_s + h_f (\cong 0) + h_{t1} (\cong 0) + h_{t2} \cong h_s + h_{t2}$$

$$\left( \begin{array}{l} H : \text{旧汀線高度(m)} \\ h_s : \text{海水面変動量(m)} \\ h_f : \text{地震性変動量(m)} \\ h_{t1} : \text{造盆地・造山地運動に伴う変動量(m)} \\ h_{t2} : \text{広域変動量(m)} \end{array} \right)$$

と考えられ, 積丹半島の海成段丘の形成は, 広域隆起によるものであると考えられる。

- 積丹半島周辺は, 藤原ほか(2005)に記載の隆起沈降分布図の最低レベルの隆起速度の地域に属することもその傍証となる。

## 6. 全体のまとめ

## 6. 全体のまとめ

### 1章 積丹半島の形成について

#### 【検討目的】

- 積丹半島の形成・構造運動を把握する。

#### 【検討方法】

- 既往の文献及び当社地質調査結果等を整理した。

#### 【結果】

- 積丹半島は約8Ma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。
- 第四系更新統の野塚層及び岩内層は、ほぼ水平に堆積しており、地質構造から褶曲・傾動運動は認められない。
- 敷地周辺の褶曲運動は、日本海東縁及び敷地前面海域におけるN-S方向の活構造や黒松内低地帯の断層群に認められる。

### 2章 積丹半島の段丘分布高度に関する検討

#### 【検討目的】

- 積丹半島の隆起傾向を把握する。

#### 【検討方法】

- 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について検討した。

#### 【結果】

- 積丹半島西岸の海成段丘(Mm1段丘面)高度は、旧汀線付近で約25mであり、ほぼ一定である。
- H26年度に実施した積丹半島北部及び東部の追加調査結果は、西岸の調査結果とほぼ整合的である。
- 積丹半島の東西で隆起量が大きく異なるような傾向は認められない。
- 積丹半島の隆起速度は、約0.2m/千年と推定される。
- 後期更新世以降、積丹半島の西岸を一様に隆起させるような活構造を示唆する特徴は認められない。

### 3章 積丹半島の海岸地形に関する検討

#### 【検討目的】

- 積丹半島の海岸地形の成因を把握する。

#### 【検討方法】

- DEMデータによる海岸地形高度の定量化等を実施し、地質分布及び岩種・岩相と地形との間に認められる関係について検討した。

#### 【結果】

- 積丹半島の海岸地形の高度分布は、西岸、北・東岸ともに同様な傾向を示す。
- 積丹半島の海岸地形は、岩種・岩相の侵食抵抗の相対的な強弱による影響が大きく、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」を形成しているものと判断される。
- 海岸地形の形成営力は波食及び風化作用であり、積丹半島においては、岩石の乾湿交代による風化に加え、冬期の凍結融解に伴う風化作用も考慮されるものと考えられる。

### 4章 積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討

#### 【検討目的】

- 積丹半島西岸海域の地質構造を把握する。

#### 【検討方法】

- 積丹半島西岸海域の海上音波探査記録等について検討した。

#### 【結果】

- 積丹半島西岸近傍海域には、後期更新世以降の活動を考慮する活構造は認められない。
- 海域のIV層上部及びIII層は、海底面と概ね平行に堆積しており、陸域で岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積している状況と概ね調和的である。

- 積丹半島の東西で隆起量が同程度であること、海岸地形も同様な状況であること及び海上音波探査記録等の検討結果から、後期更新世以降、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。
- 海域のIV層上部及びIII層は、海底面と概ね平行に堆積しており、陸域で岩内層及び野塚層がほぼ水平に堆積している状況と概ね調和的である。

### 5章 積丹半島の隆起要因に関する検討

#### 【検討目的】

- 積丹半島の隆起要因に関する評価を行う。

#### 【検討方法】

- 広域隆起の観点から文献レビュー及び検討を実施した。

#### 【結果】

- 当社調査範囲(積丹半島～寿都湾周辺、延長約80km)のMIS5e海成段丘の分布高度は、検討範囲の中で最も低い値を示し、波状変動している状況は認められない。
- 積丹半島の海成段丘の形成は、広域隆起によるものであると考えられる。

- 積丹半島周辺は、第四系下部～中部更新統の地層がほぼ水平に堆積していることから、第四紀以降、明瞭な褶曲・傾動運動は認められない。
- 後期更新世以降、積丹半島の西岸を一様に隆起させる活構造は認められない。
- 積丹半島の海岸地形は、岩種・岩相の侵食抵抗性による影響が大きく、形成営力は波食及び風化作用と考えられる。
- 積丹半島周辺は広域的な隆起によって、約0.2m/千年の隆起速度で一様に隆起しているものと考えられる。

- (1) 山岸宏光・石井正之(1979):5万分の1地質図幅説明書「余別および積丹岬」, 北海道立地下資源調査所.
- (2) 根本忠寛・対馬坤六・上島宏(1955):5万分の1地質図幅説明書「古平および幌武意」, 北海道立地下資源調査所.
- (3) 山岸宏光(1980):5万分の1地質図幅説明書「神恵内」, 北海道立地下資源調査所.
- (4) 斎藤正次・上村不二雄・大澤濃(1952):5万分の1地質図幅説明書「茅沼」, 北海道立地下資源調査所.
- (5) 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.
- (6) 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.
- (7) 石田正夫・三村弘二(1991):20万分の1地質図「岩内」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (8) 山岸宏光・積丹団研グループ(1979):積丹半島西南部の地質と火成活動—とくに、層序とハイアロクラスタイトについて—, 地質学論集(16), pp.195-212.
- (9) 北村信編(1986):新生代東北本州弧地質資料集, 島弧横断ルート No.1(a:積丹岬, b:茅沼—古平), 宝文堂.
- (10) 加藤誠・勝井義雄・北川芳男・松井愈(1990):日本の地質1 北海道地方, 日本の地質『北海道地方』編集委員会編, 共立出版株式会社.
- (11) 広瀬亘・岩崎深雪・中川光弘(2000):北海道中央部～西部の新第三紀火成活動の変遷:K-Ar年代, 火山活動様式および全岩化学組成から見た東北日本弧北端の島弧火成活動の変遷, 地質学雑誌 106(2), pp.120-135.
- (12) 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.
- (13) 小嶋尚・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.
- (14) Hiromitsu Yamagishi(1981):Geology of the Shakotan Peninsula, Hokkaido, Japan. REPORT OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF HOKKAIDO No.52, REPORT, pp.1-29.
- (15) 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.
- (16) 八幡正弘(2002):北海道における後期新生代の鉍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.
- (17) 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.
- (18) 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
- (19) 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.
- (20) 活断層研究会編(1991):日本の活断層, 東京大学出版会.
- (21) 町田 洋・新井房夫(2003):新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会.
- (22) 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.

- (23)吉山 昭・柳田 誠(1995):河成地形面の比高分布からみた地殻変動, 地学雑誌 104(6), pp.809-826.
- (24)Tabito Matsu'ura, Akira Furusawa, Hidetaka Saomoto(2008):Late Quaternary uplift rate of the northeastern Japan arc inferred from fluvial terraces, Geomorphology (95), pp.384-397.
- (25)国土交通省測量作業規程(2010):作業規程の準則, 国土交通省告示第413号, 平成20年3月31日.
- (26)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 .
- (27)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.
- (28)Sunamura, T.(1992):Geomorphology of Rocky Coasts, John Wiley & Sons, Chichester, pp.302.
- (29)豊島吉則(1978):山陰海岸における完新世海面変化, 地理学評論, vol51-2, pp.147-157.
- (30)成瀬敏郎・小野間正巳・村上良典(1984):瀬戸内海, 播磨灘沿岸における完新世後期の海水準変化に関する資料, 兵庫教育大学研究紀要(第2分冊), Vol.5, pp.53-64.
- (31)住 明正・安成哲三・山形俊男・増田耕一・阿部彩子・増田富士雄・余田成男(1996):岩波講座 地球惑星科学11 気候変動論
- (32)北海道(2009):堀株川水系河川整備基本方針
- (33)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.
- (34)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.
- (35)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.
- (36)太田陽子、松田時彦、長沼和夫(1976):佐渡小木地震(1802年)による土地隆起量の分布とその意義, 地震(29), pp.55-70.
- (37)今泉俊文(1977):男鹿半島の地殻変動と地震, 東北地理(29), pp.35-44.
- (38)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.
- (39)今泉俊文(1977):男鹿半島の地殻変動と地震, 東北地理, 29 , pp.35-44.