

5. 敷地前面海域の文献撈曲について

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

敷地周辺の活断層調査関連

 :H28年8月22日ヒアリング :H28年8月26日審査会合

No	指摘事項	回答方針
4	積丹半島西方沖に位置する文献撓曲については、より広い範囲の音波探査記録を用いた検討結果を示すこと。	<ul style="list-style-type: none">・文献撓曲位置だけでなく、文献撓曲延長位置の音波探査記録を用いた検討も追記した。・回答内容は、「当資料」P70～P80に掲載。

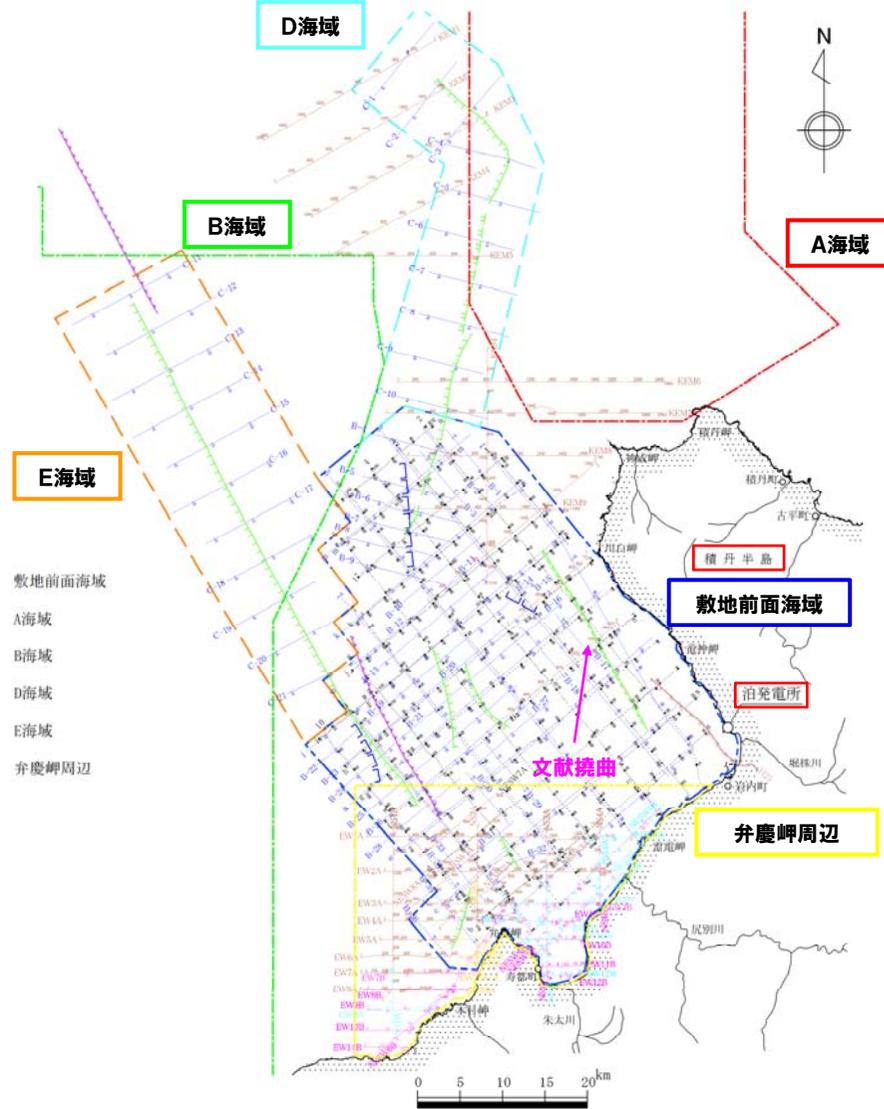
5. 敷地前面海域の文献撓曲について

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) (チャーブソナー, 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) (ブーマー, 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

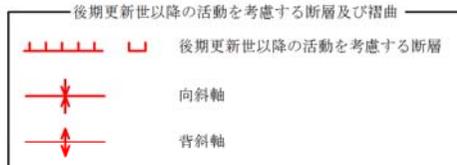
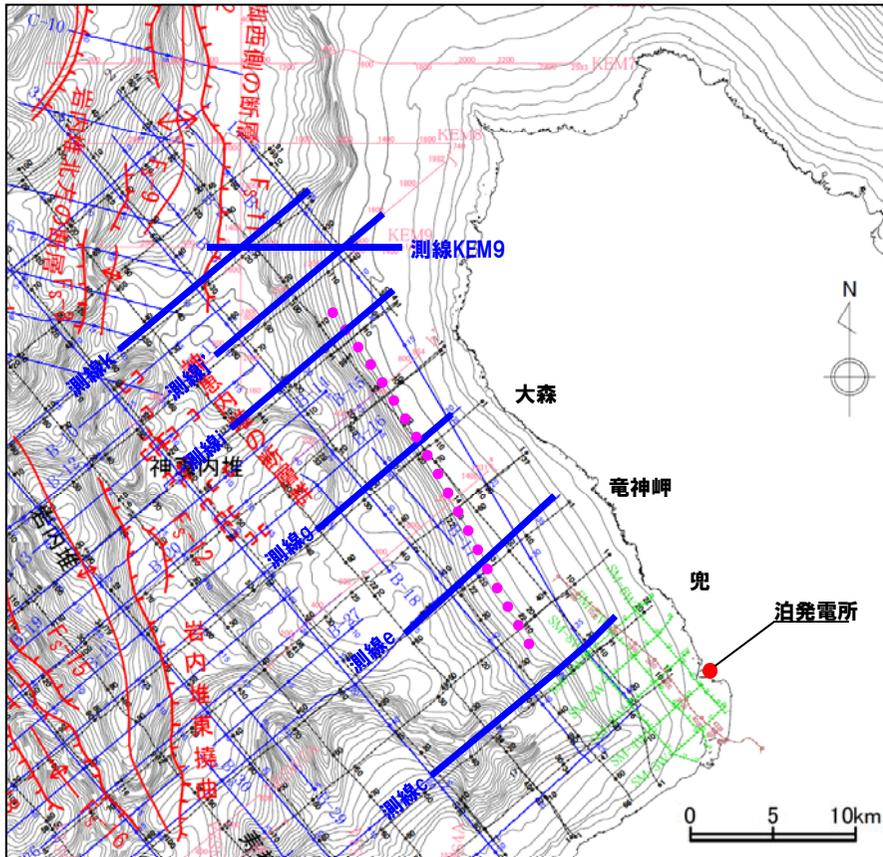


敷地前面海域の文献断層分布図

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

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、文献撓曲位置及び文献撓曲延長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 敷地前面及び周辺海域の地質層序 (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 (1991) による活撓曲

位置図

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

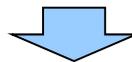
②-2 文献撓曲の評価結果【積丹半島周辺の海底地形】(-1/2-)

【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】

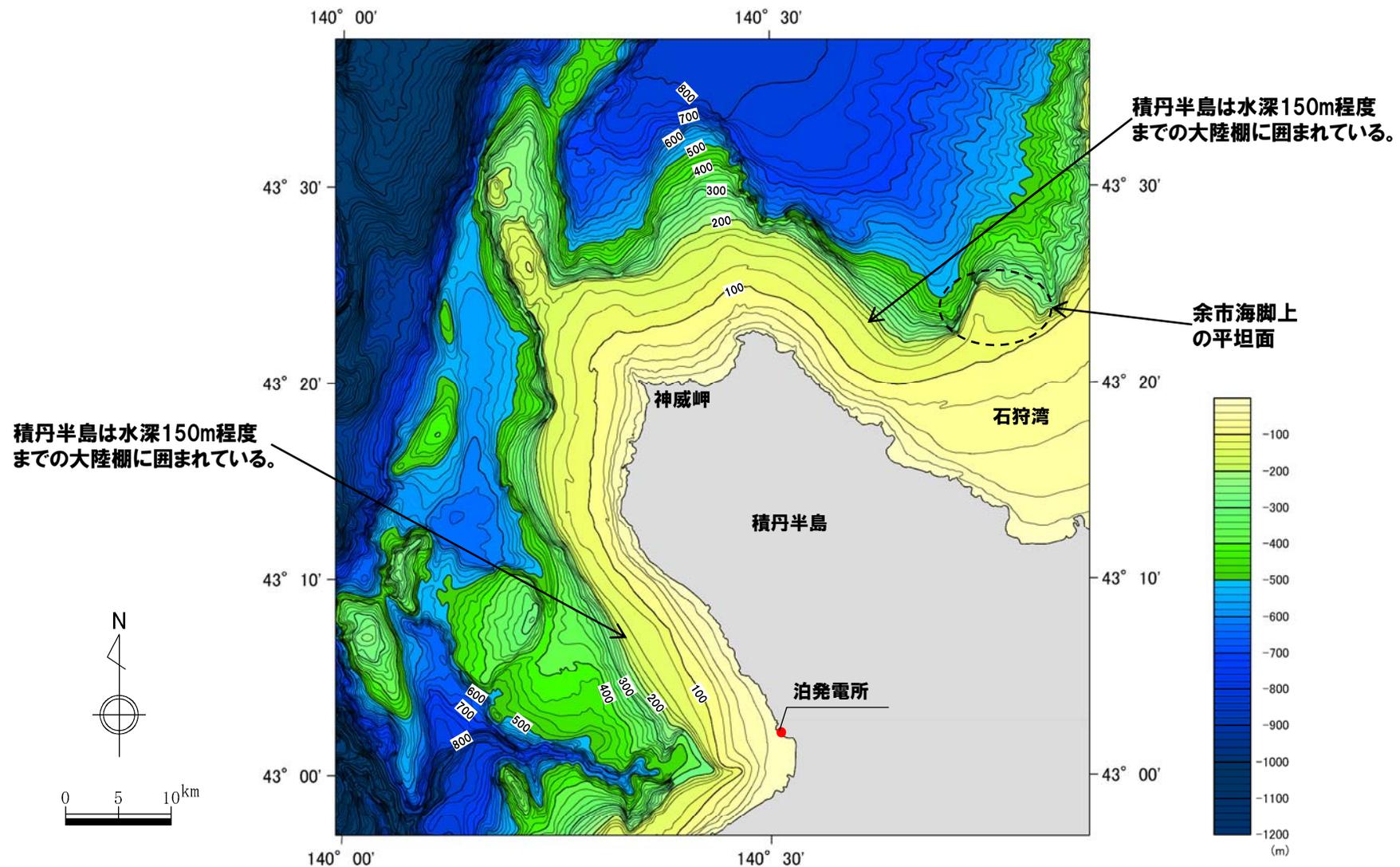
- 小疇ほか(2003)によれば、積丹半島両側の地形断面では水深150m付近に大陸棚外縁の傾斜変換点が認められるとされている。
- 佐藤・茂木(1982)によれば、石狩湾の大陸棚においては、最も深い平坦面は余市海脚上の120~155mであるとされ、外縁深度はこの地域から神威岬周辺にかけて140m~160mであるとされている。
- 海上保安庁水路部(1996)「20万分の1海底地形図 石狩湾西方」によれば、積丹半島は水深150m程度までの大陸棚に囲まれており、大陸棚外縁は、石狩湾まで連続している状況が認められる。



- 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。

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

②-2 文献撓曲の評価結果【積丹半島周辺の海底地形】(-2/2-)



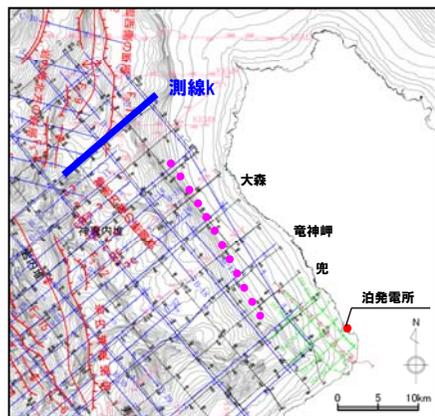
積丹半島周辺の20万分の1海底地形図
(海上保安庁水路部, 1996に加筆)

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線k】

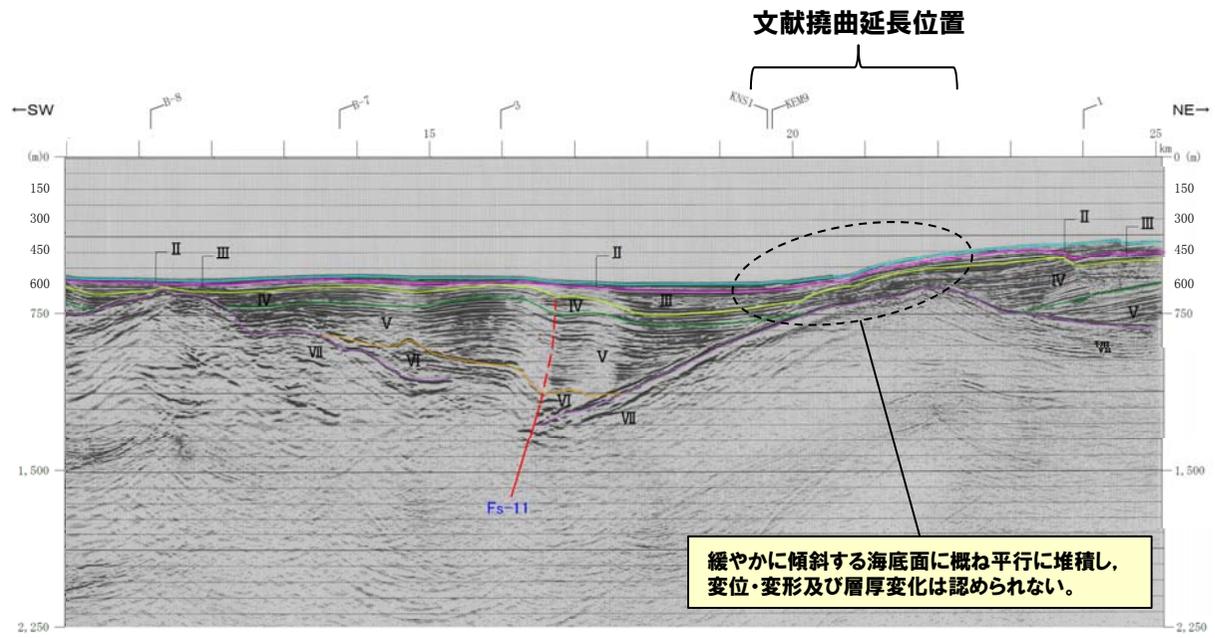
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲北方延長位置の地質断面図を示す。
- 文献撓曲延長位置付近のII層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。



位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲



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

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

- - - 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

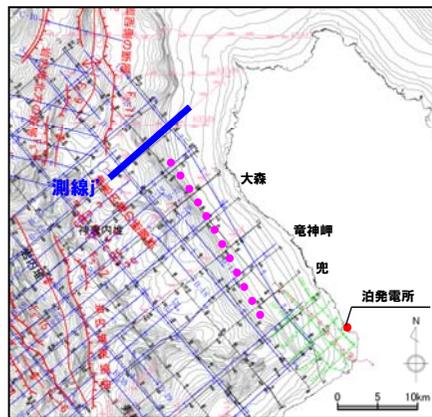
数字 (角度) は水平・垂直が 1:1 の傾斜角度 V.E. 約3

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線j'】

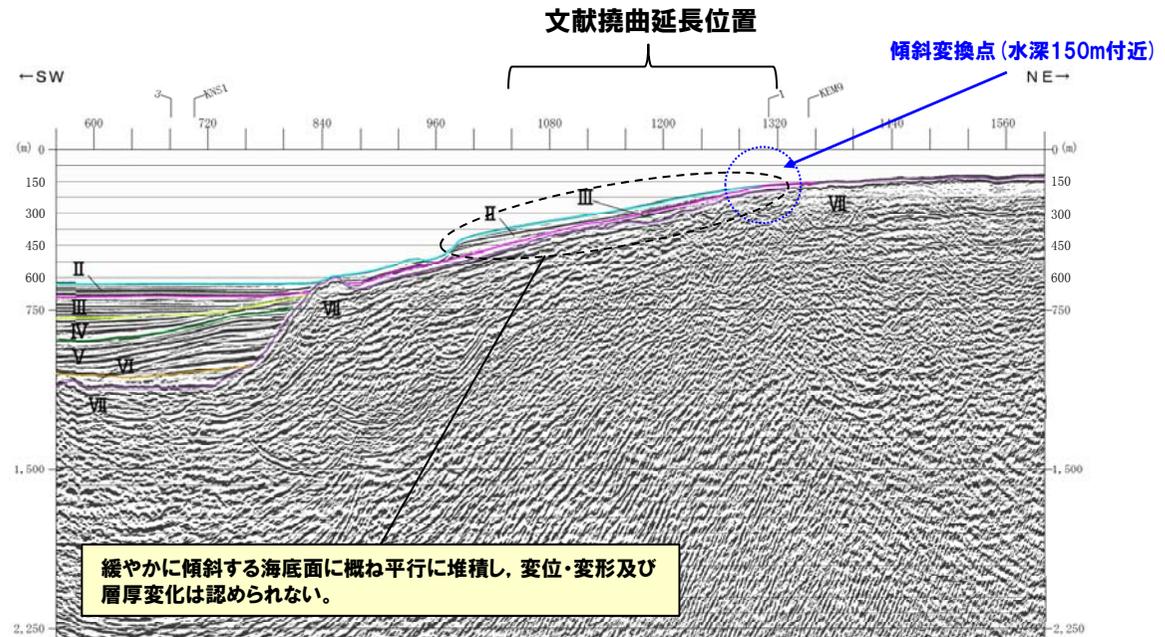
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 文献撓曲北方延長位置の地質断面図を示す。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。
- 文献撓曲延長位置付近のII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲延長位置付近のIII層は、層厚が薄いことにより層理が不明瞭である。



位置図

凡例
 ●●●●● : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲

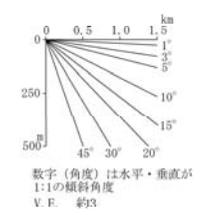


緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。

- 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

音源: エアガン

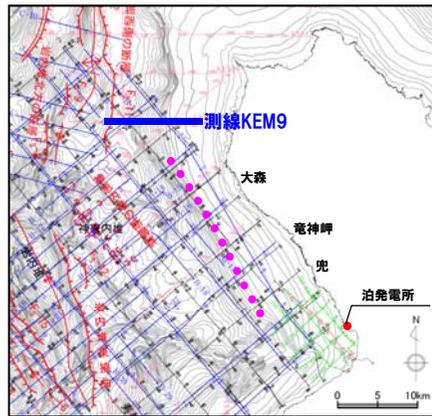
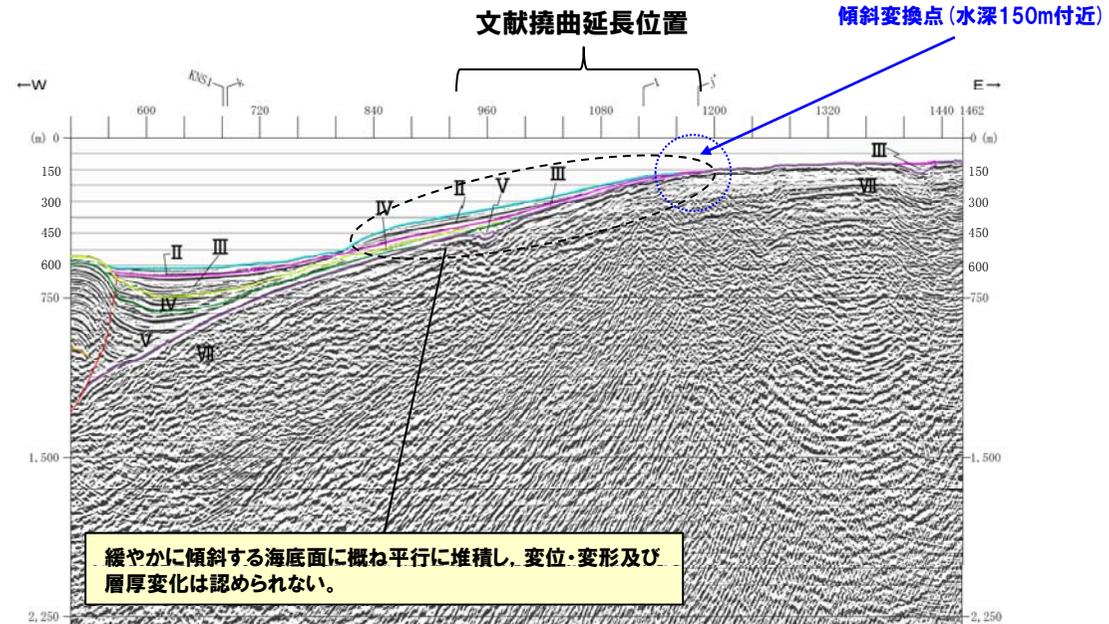


5. 敷地前面海域の文献撓曲について

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線KEM9】

一部修正 (H27/10/9審査会合)

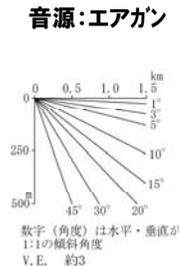
- 文献撓曲北方延長位置の地質断面図を示す。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。
- 文献撓曲延長位置付近のII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲延長位置付近のIII層は、層厚が薄いことにより層理が不明瞭である。



位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲

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



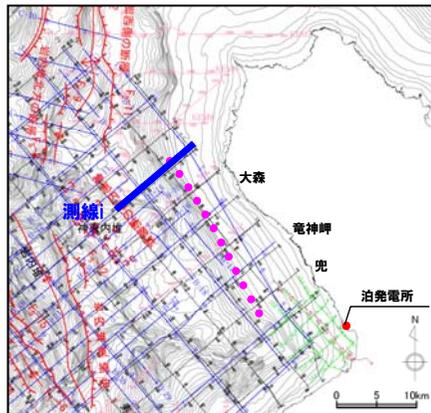
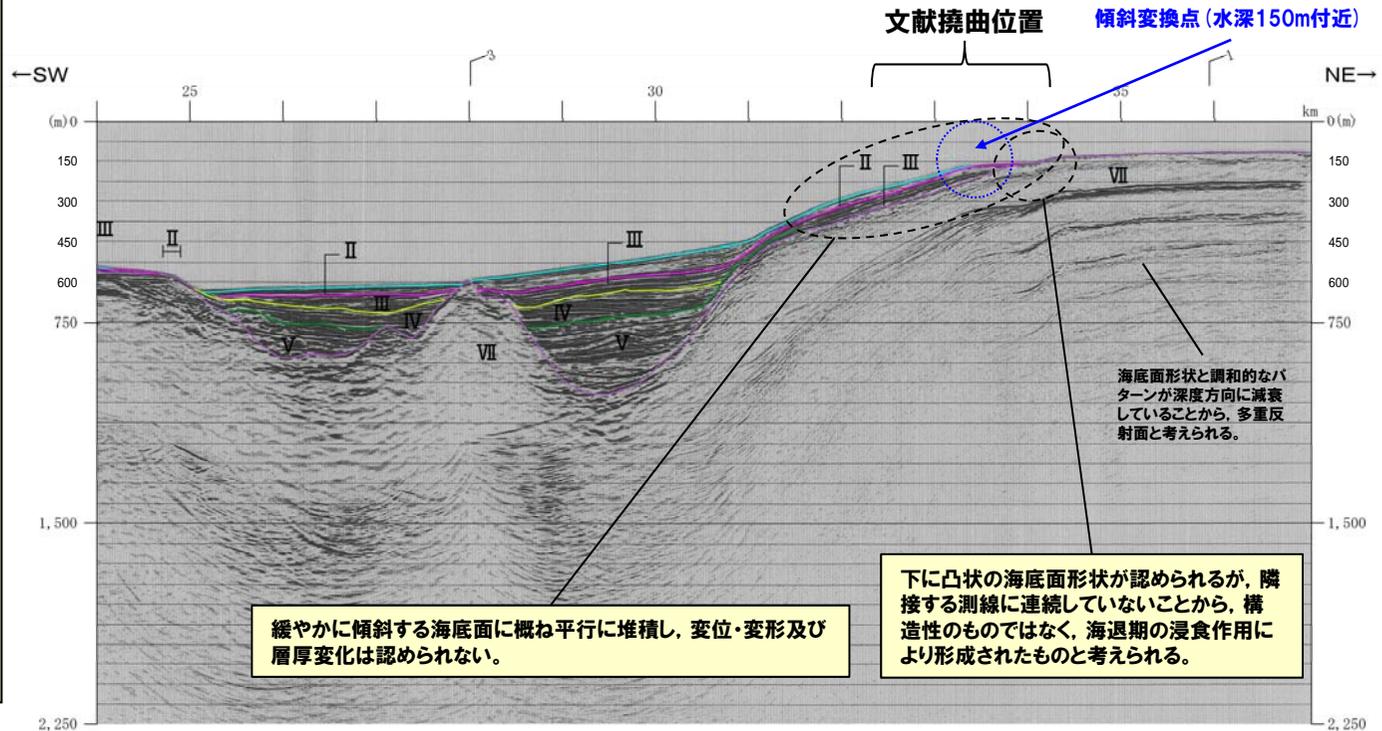
- Fa-10 断層及び断層番号
- - - Fa-10 断層運動に関連する変形
- ┌┐ 連続しない断層
- ↔ 背斜軸
- ✳ 向斜軸

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

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層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 大陸棚外縁部においては、下に凸状の海底面形状が認められるが、隣接する測線に連続していないことから、構造的なものではなく、海退期の浸食作用により形成されたものと考えられる。

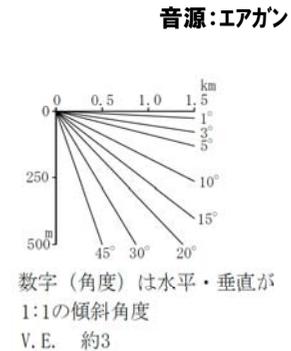


位置図

凡例

●●●●● : 活断層研究会編(1991)による活撓曲

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

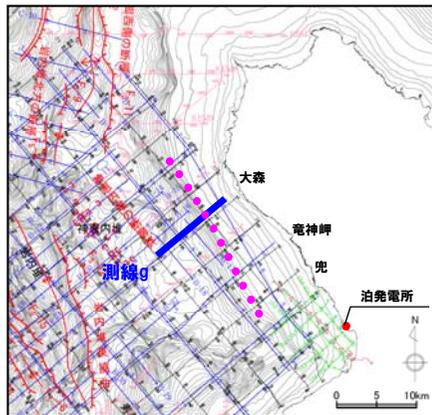
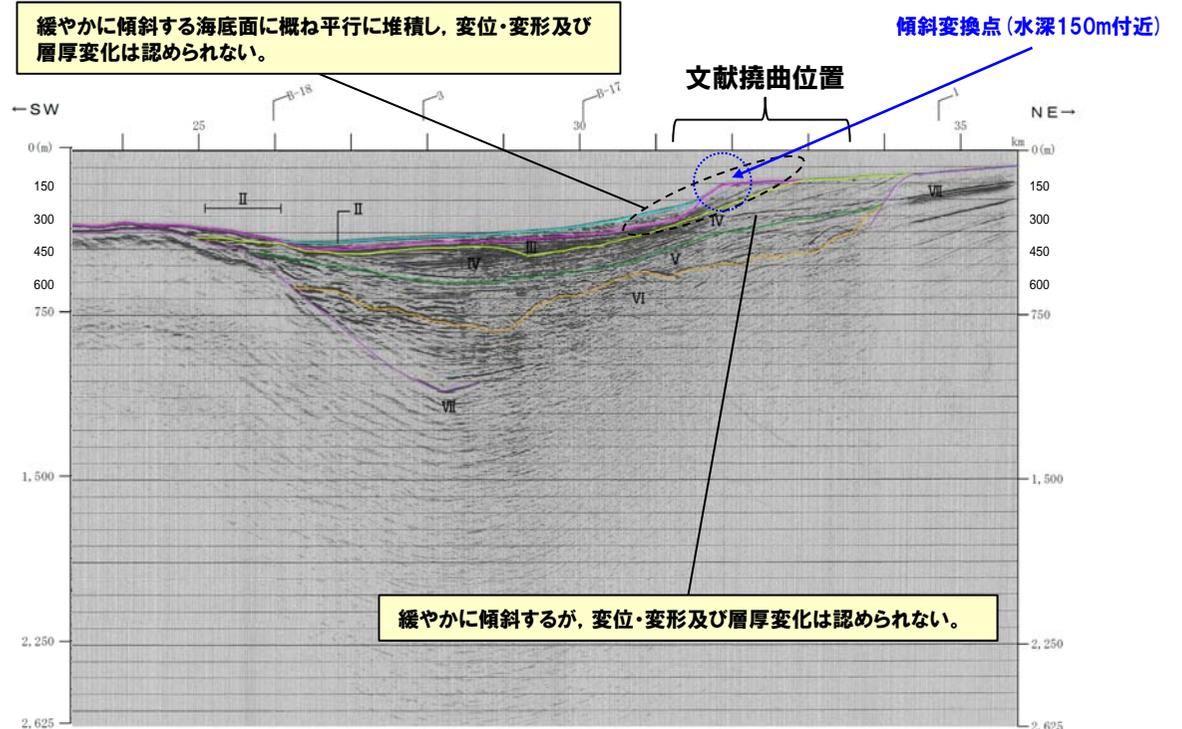


5. 敷地前面海域の文献撓曲について

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)

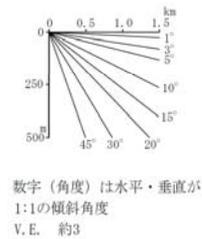
- 文献撓曲中央部の地質断面図を示す。
- 文献撓曲位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。
- 文献撓曲位置付近のII層及びIII層は、緩やかに傾斜する海底面に概ね平行に堆積し、変位・変形及び層厚変化は認められない。
- 文献撓曲位置付近のIV層は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。



位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編 (1991) による活撓曲

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



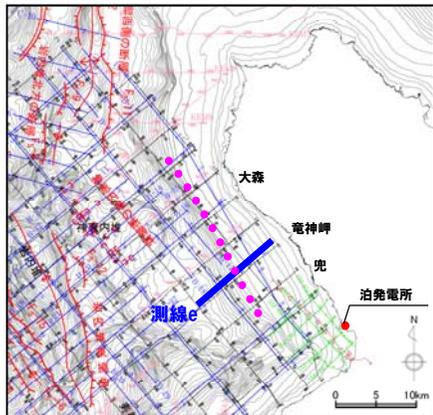
音源: G1ガン

5. 敷地前面海域の文献撓曲について

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線e】

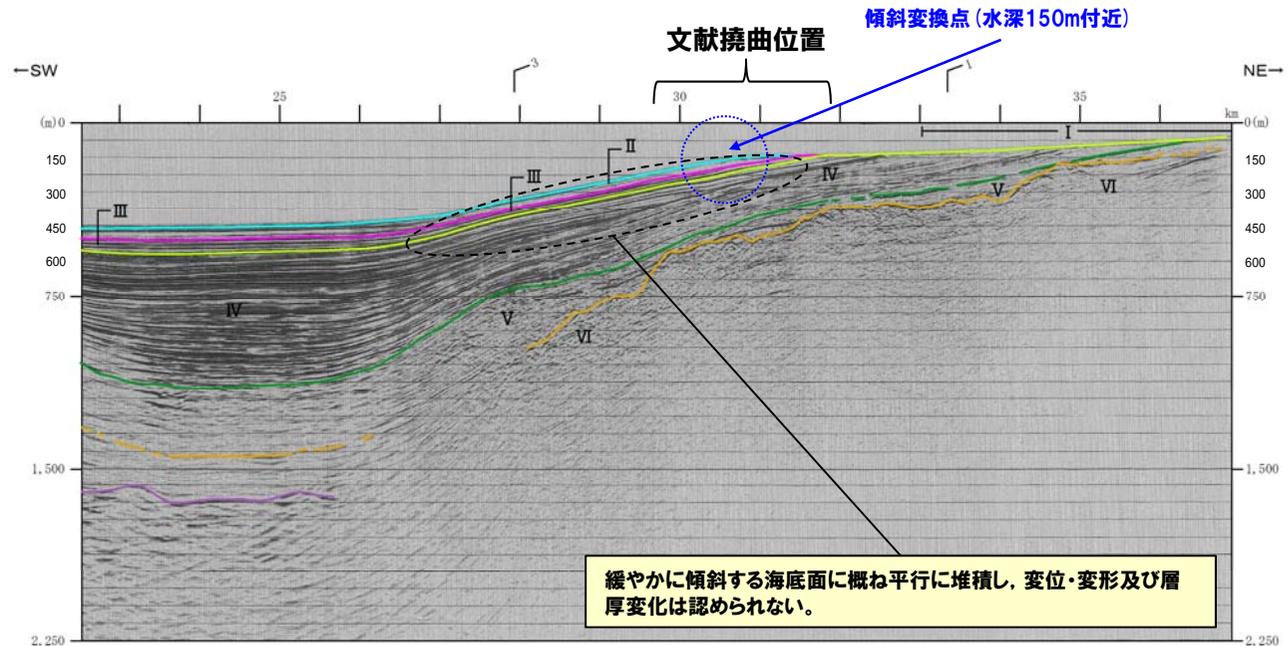
一部修正 (H27/10/9審査会合)

- 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層、III層及び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。



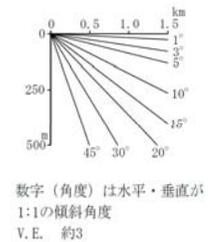
位置図

- 凡例
- : 活断層研究会編(1991)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

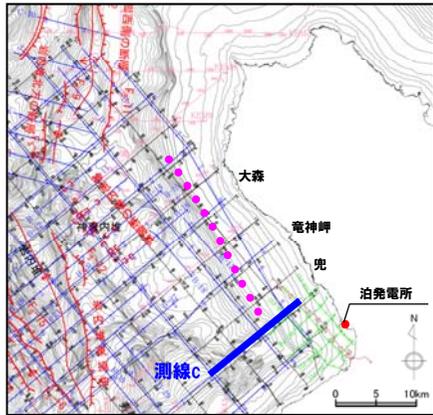


5. 敷地前面海域の文献撓曲について

②-3 文献撓曲の評価結果【海上音波探査 測線c】

一部修正 (H27/10/9審査会合)

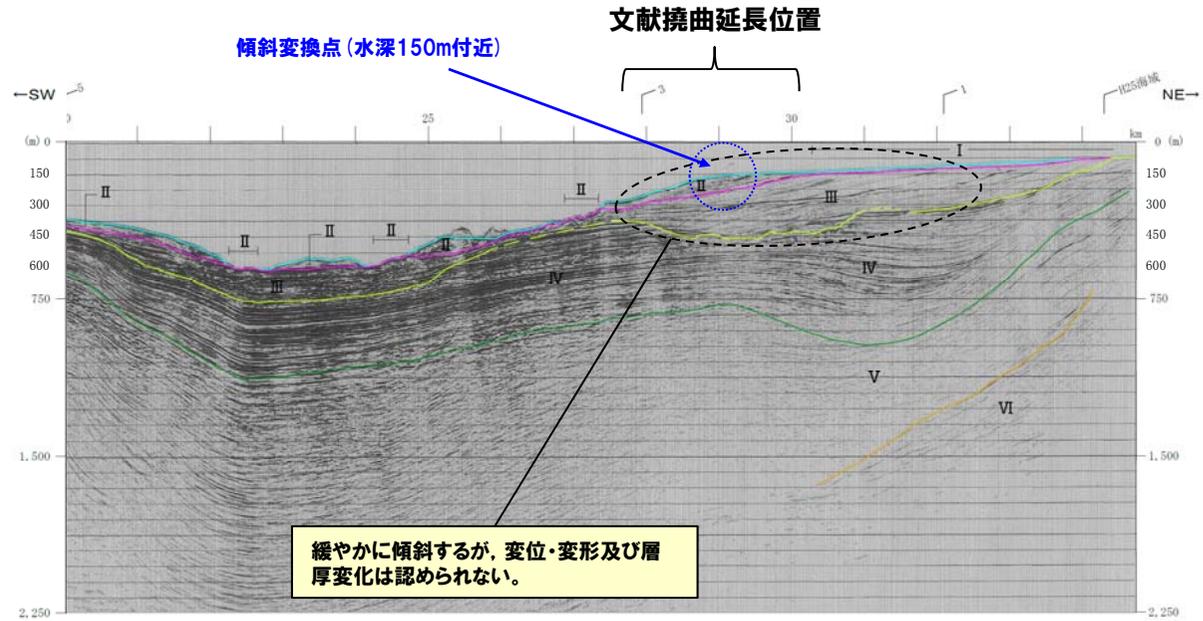
- 文献撓曲南方延長位置の地質断面図を示す。
- 文献撓曲延長位置である水深150m付近には、大陸棚外縁から大陸斜面への傾斜変換点が認められる。
- 文献撓曲延長位置付近のII層、III層及びIV層上部は、緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。



位置図

凡例

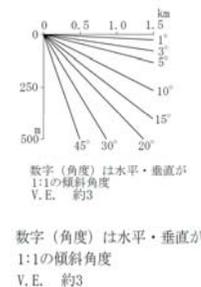
●●●●● : 活断層研究会編(1991)による活撓曲



緩やかに傾斜するが、変位・変形及び層厚変化は認められない。

音源: GIGAN

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



数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度 V.E. 約3

余白

6. 積丹半島周辺の応力場について

6. 積丹半島周辺の応力場について

積丹半島の形成に関する検討関連

 :H28年8月22日ヒアリング :H28年8月26日審査会合

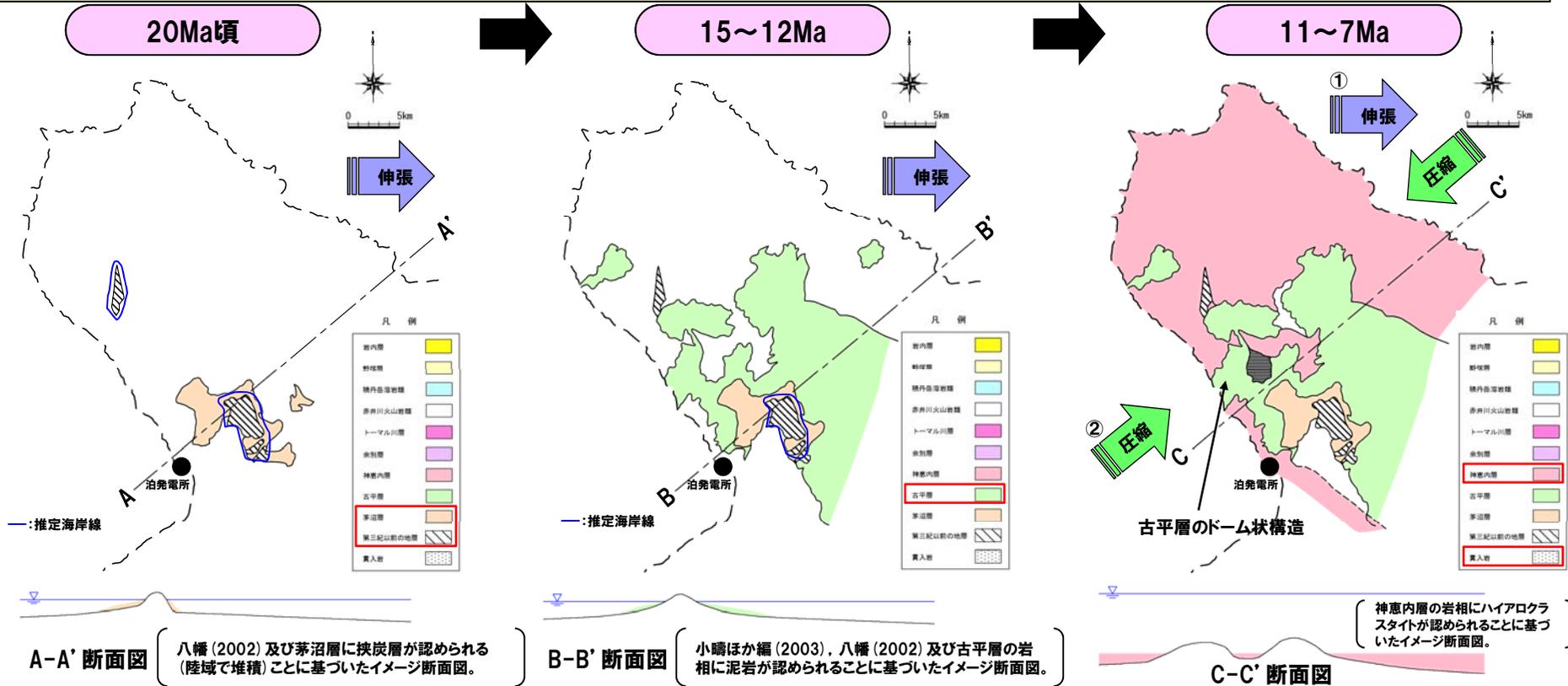
No	指摘事項	回答方針
6	積丹半島の形成史について、文献で引用されている応力配置が他の既往文献と異なる点があるので、適切な評価を踏まえたものか説明すること。	<ul style="list-style-type: none">・見解の異なる文献レビューを踏まえたうえで、積丹半島周辺の応力場に関する当社の解釈を示した。・回答内容は、「当資料」P84～P87に掲載。

6. 積丹半島周辺の応力場について

① 積丹半島の形成史 (-1/3-)

一部修正 (H26/11/28 審査会合)

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

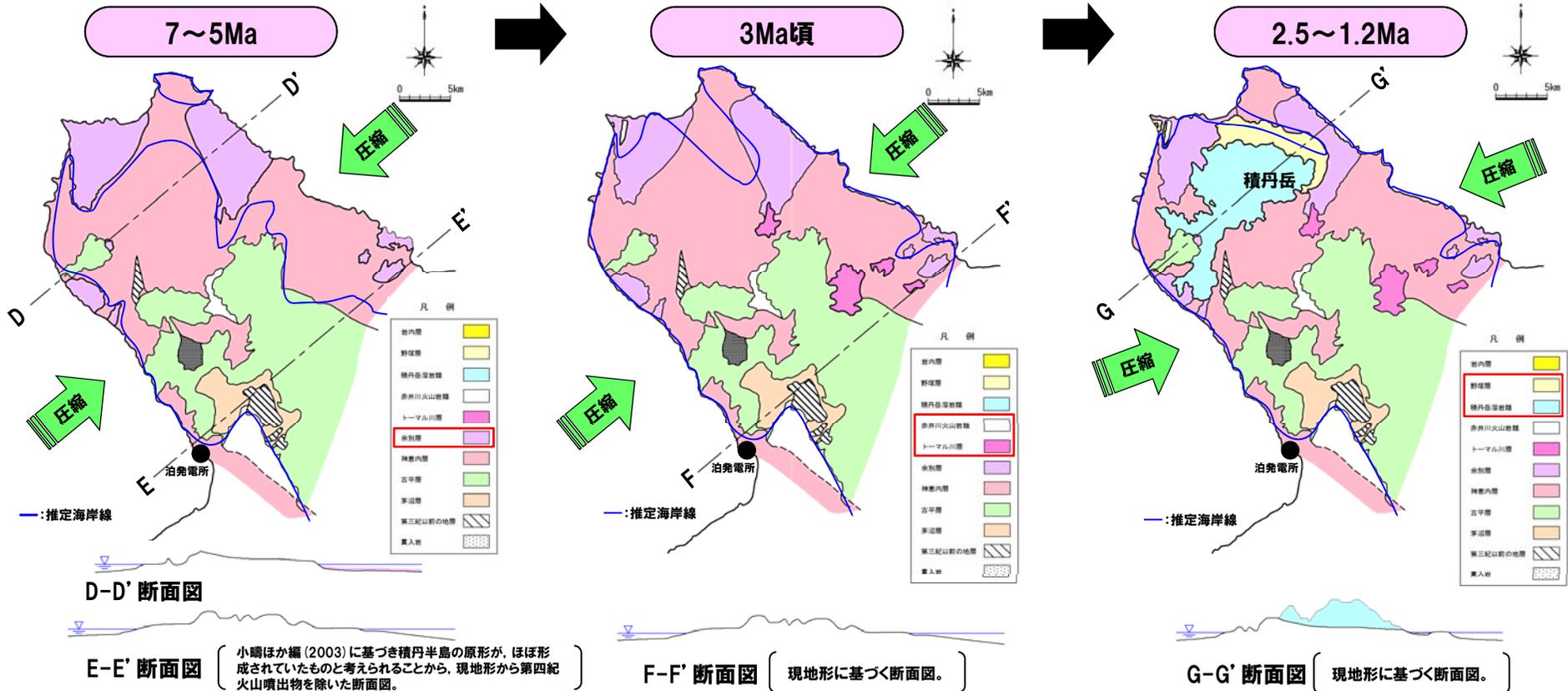


年代	20Ma頃	15~12Ma	11~7Ma
広域応力場 (東北日本)	伸張 (小池ほか編, 2005)	伸張⇒中立的 (小池ほか編, 2005)	中立的⇒弱圧縮 (小池ほか編, 2005)
積丹半島周辺の応力場	・日本海拡大に伴う伸張による陸域から浅海が分布。(八幡, 2002)	・日本海拡大に伴う伸張による沈降及び海進に伴う深海化。(小嶋ほか編, 2003), (八幡, 2002)	・①伸張⇒②圧縮。(八幡, 2002) ・約8Ma以降, 弱圧縮応力場となり, 東西圧縮が徐々に始まりNW-SE方向の褶曲運動が開始。(八幡, 1989, 2002)
地質・地質構造	・茅沼層が陸域～浅海に堆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

6. 積丹半島周辺の応力場について

① 積丹半島の形成史 (-2/3-)

一部修正 (H26/11/28 審査会合)



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

F-F' 断面図 (現地地形に基づく断面図。)

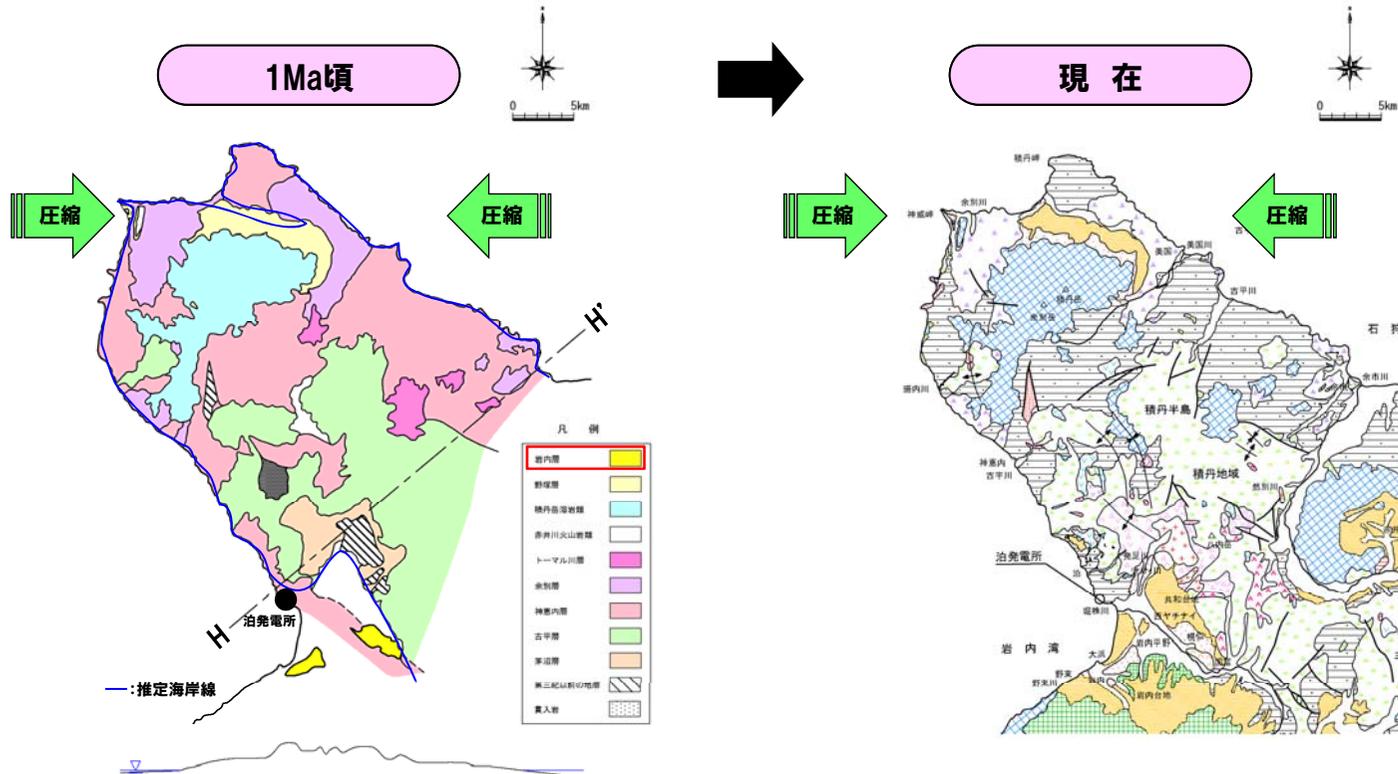
G-G' 断面図 (現地地形に基づく断面図。)

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

6. 積丹半島周辺の応力場について

① 積丹半島の形成史 (-3/3-)

一部修正 (H26/11/28審査会合)



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

※トーマル川層及び積丹島層は、赤井川火山岩類に含まれる。

H-H' 断面図 (現地地形に基づく断面図。)

年代	1Ma頃
広域応力場 (東北日本)	強圧縮 (小池ほか編, 2005)
積丹半島周辺の応力場	・圧縮。(小嶋ほか編, 2003) ・日本海東縁の褶曲運動が主体。(小嶋ほか編, 2003)
地質・地質構造	・褶曲運動はほぼ終焉し、向斜軸に沿った凹地及び褶曲軸翼部の内湾に岩内層が堆積。 ・岩内層の露頭は、ほぼ水平に堆積していることから、構造運動の影響は認められない。

- 積丹半島周辺は、約8Ma (後期中新世) 以降から弱圧縮応力場となり、東西圧縮が徐々に始まり、NW-SE方向の褶曲運動が開始したとされている。
- 褶曲運動は、余別層が堆積する鮮新世には、徐々に弱まっていたものと推定される。
- 第四系下部～中部更新統の野塚層及び岩内層の露頭はほぼ水平に堆積していることから、構造運動の影響は認められない。

6. 積丹半島周辺の応力場について

②積丹半島周辺の鮮新世以降の応力場について

○積丹半島の形成史のうち鮮新世以降の応力場については、見解が異なる文献(渡辺, 1993)も認められるが、当社は渡辺(1993)のレビュー結果及び積丹半島周辺の地質構造を踏まえ、概ね東西方向の圧縮であると解釈している。

【渡辺(1993)のレビュー】

- 岩脈・火口配列に基づき※、積丹半島を含む西南北海道北部の新生代後期の応力場の変遷について検討し、応力場を4期に区分している。
- 第1, 2期は、詳細な議論をすることはできないとし、第3期は概ね北北東-南南西方向の圧縮、第4期は概ね北西-南東方向の圧縮を推定している。
- 一方で、鮮新世以降(第4期)の応力場については、概ね東西方向の圧縮とする主張(大概, 1989)と渡辺(1993)と同様に概ね北西-南東方向の圧縮とする主張(山岸・渡辺(1986), 渡辺(1986))があり、解釈が異なるとしている。

※岩脈：最小圧縮主応力軸と直交する方向に貫入・固結する性質を用いて、岩脈の方位から広域応力場を復元する。

火口配列：岩脈が露出するほど侵食を受けていない第四紀の火山において、複成火山の側火口やカルデラ内側の後カルデラ火山の火口配列を用いて応力場を復元する。(渡辺, 1993より)

渡辺(1993)の西南北海道北部の応力場の変遷

ステージ(年代)	最大水平圧縮主応力 (σ_{Hmax})	備考
第1期(～約13Ma)	NNE	応力場を示すデータは少なく、また第2期はその方位のばらつきが大きく、詳細な議論をすることはできない。
第2期(約13～10Ma)	NNW(-WNW)	
第3期(約10～6Ma)	NNE	N30° E方向(圧縮)が卓越する。
第4期(約6～0Ma)	WNW-NNW	時代により変化が認められる。



○鮮新世以降(第4期)の応力場は、概ね北西-南東方向の圧縮を推定しているが、この解釈は統一をみていない。

【積丹半島周辺の地質構造】

(鮮新世以前)

○八幡(1989, 2002)では、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したとしている。

(鮮新世以降)

○八幡(1989)では、積丹半島を含む西南北海道東部の中新世-鮮新世の地層がNW-SE方向の構造に規制されて堆積したとしている。

○小嶋ほか編(2003)では、3Ma頃から日本海東縁の褶曲運動が始まり、強い東西圧縮テクトニクスの場に置かれているとしている。

○当社の調査結果によれば、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。



○鮮新世以降の積丹半島周辺の地質構造からは、概ね東西圧縮が推定される。

余白

7. 岩内平野における野塚層（下部層相当）の 走向・傾斜について

敷地近傍陸域の地質・地質構造に関する検討関連

:H28年8月22日ヒアリング

:H28年8月26日審査会合

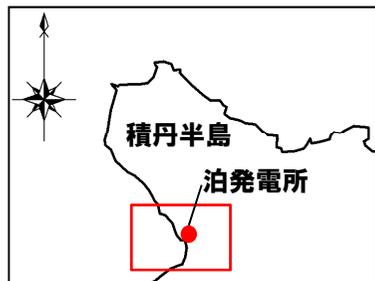
No	指摘事項	回答方針
7	傾斜しているとされる野塚層下部については走向・傾斜を推定して補足すること。	<ul style="list-style-type: none">・岩内平野で実施した反射法地震探査の記録に基づき、走向・傾斜を推定した。・回答内容は、「当資料」P91～P101に掲載。

7. 岩内平野における野塚層(下部層相当)の走向・傾斜について

① 岩内平野における反射法地震探査

一部修正 (H27/5/29審査会合)

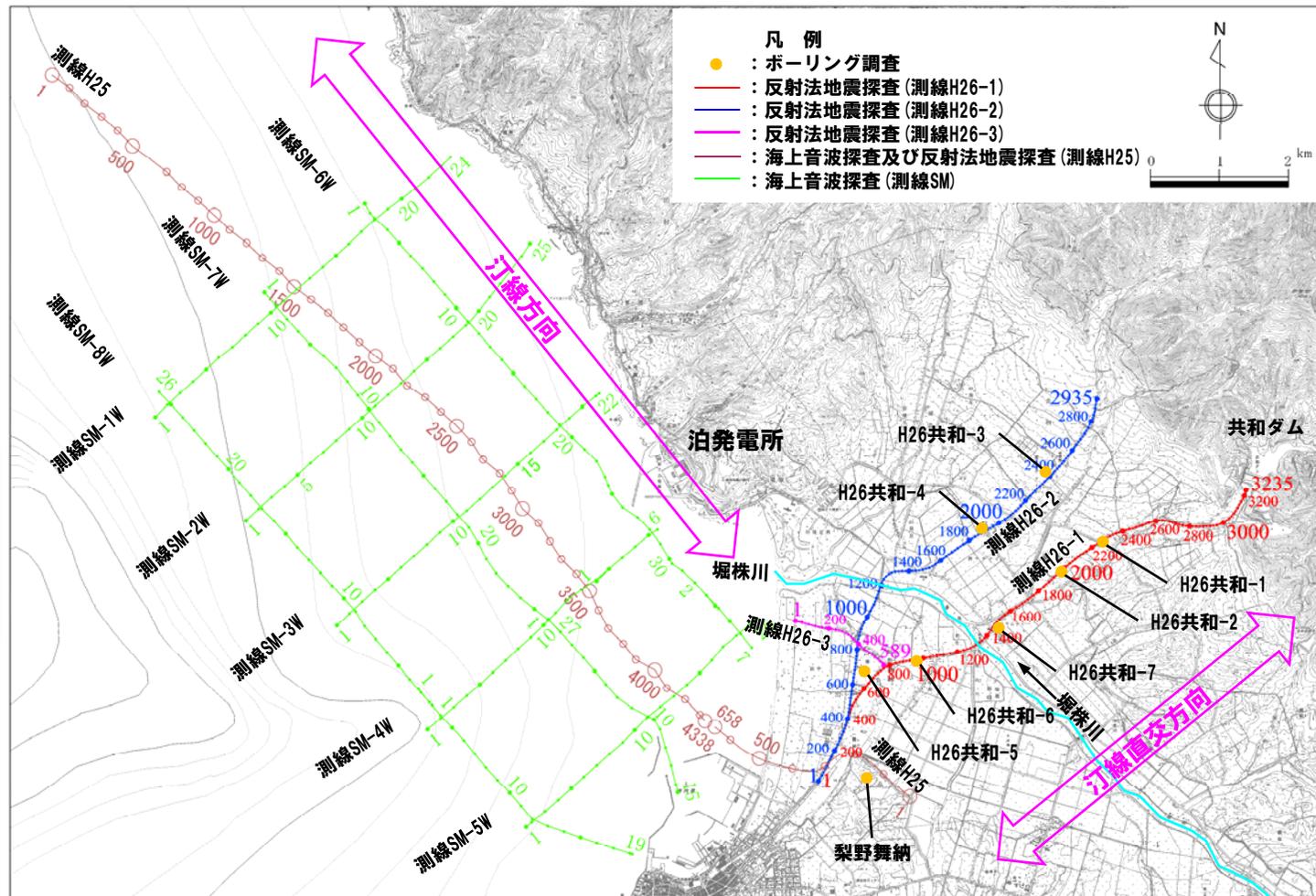
- 反射法地震探査は、積丹半島西岸における汀線方向の構造を確認するため、敷地南方の岩内平野において汀線直交方向に測線を設定した。
- 地層区分の対比を行うためのボーリング調査位置は、反射法地震探査測線沿いとした。



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



調査位置図

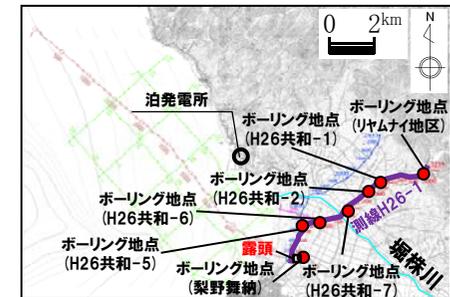
②地質・地質構造(測線H26-1)(-1/3-)

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。
- 第四系下部更新統の野塚層(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。
- 第四系下部～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。
- 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

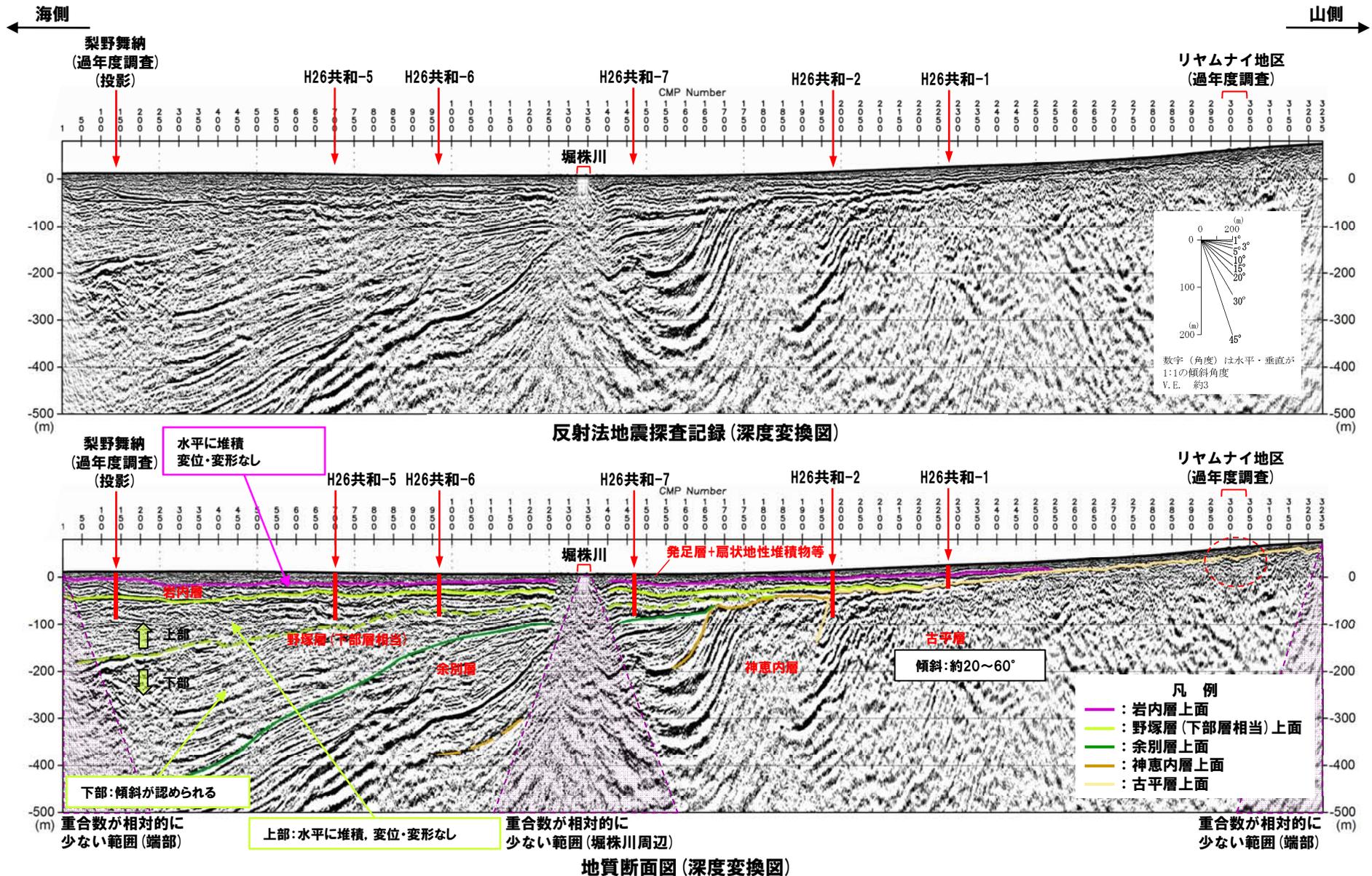


露頭近景(岩内層) N4° W/2° E

7. 岩内平野における野塚層(下部層相当)の走向・傾斜について

②地質・地質構造(測線H26-1) (-2/3-)

再掲(H27/5/29審査会合)

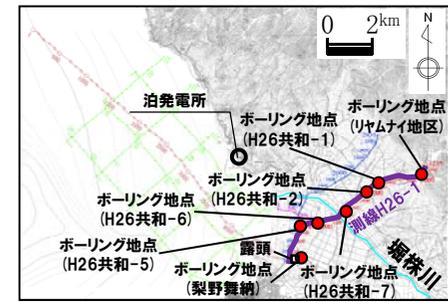


7. 岩内平野における野塚層(下部層相当)の走向・傾斜について

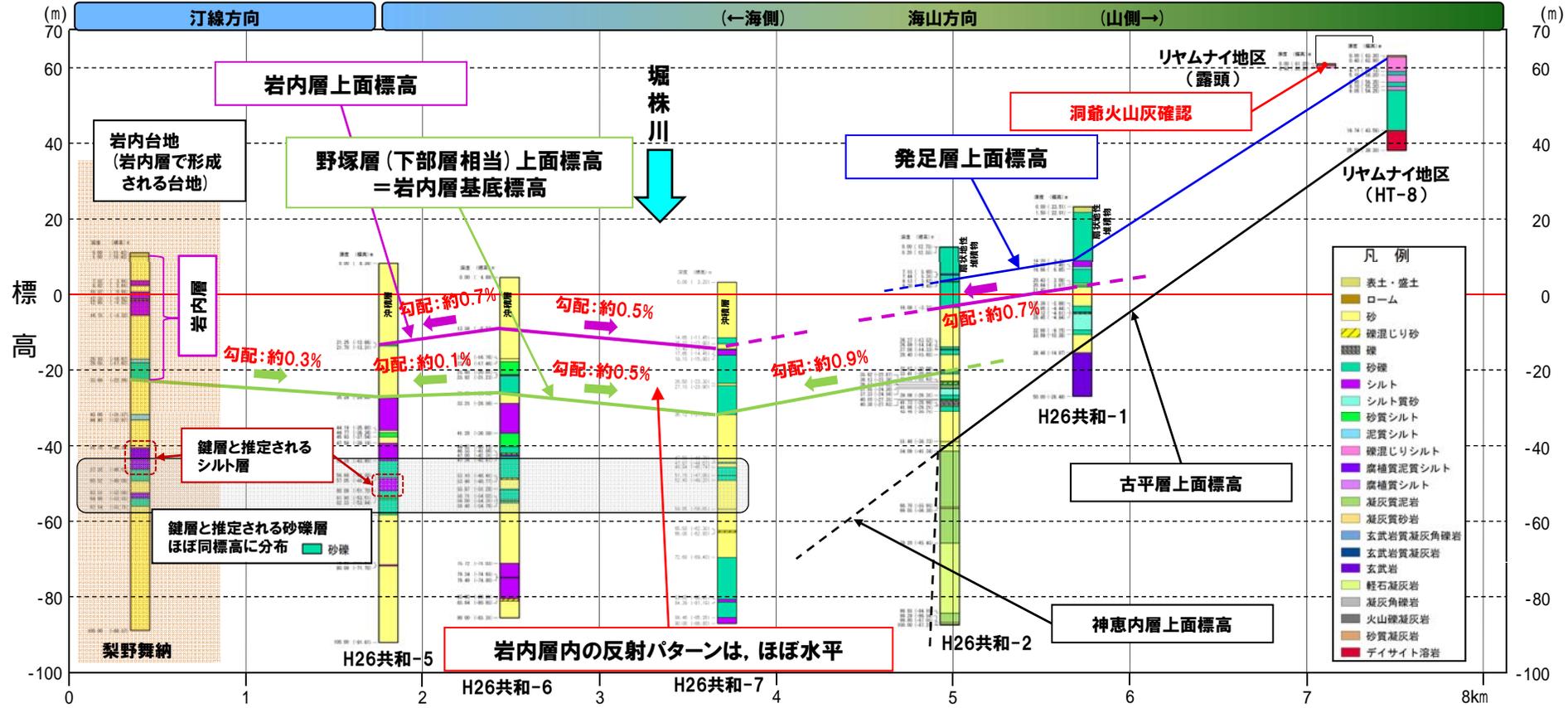
②地質・地質構造(測線H26-1)(-3/3-)

再掲(H27/5/29審査会合)

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



位置図



余白

③地質・地質構造(測線H26-1)のまとめ(-1/2-)

一部修正(H27/5/29審査会合)

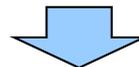
- 岩内層等の第四紀層が確認されている敷地南方の岩内平野において、測線H26-1を設定し、反射法地震探査を実施した。
- 地質層序の確認及び反射法地震探査結果との対比等を行うため、H26共和-1、H26共和-2、H26共和-5、H26共和-6及びH26共和-7地点においてボーリング調査を実施した。

【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。



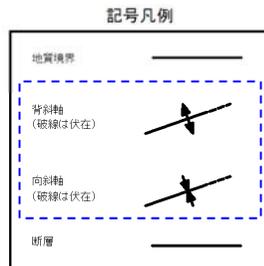
- 下部更新統の野塚層(下部層相当)の上部はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 下部～中部更新統の岩内層の基底標高は1%以下の勾配であり、岩内層はほぼ水平に堆積し、変位・変形は認められない。
- 当社は、「積丹半島の形成に関する検討」を実施し、積丹半島周辺は、更新世には、NW-SE方向の褶曲運動は終焉していたものと推定したが、野塚層(下部層相当)の下部に傾斜が認められることから、岩内平野においては、前期更新世の初期までは褶曲運動が継続していた可能性も考えられる。

7. 岩内平野における野塚層(下部層相当)の走向・傾斜について

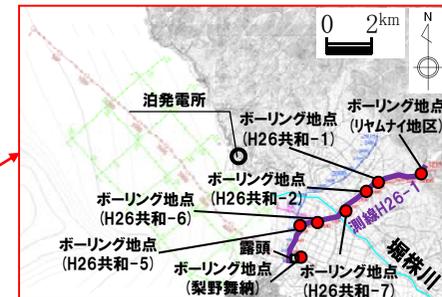
③地質・地質構造(測線H26-1)のまとめ(-2/2-)

再掲(H28/8/26審査会合)

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		
	野塚層・岩内層		
新第三紀	中新世	赤井川陸土層	
		赤井川火山岩類	
	中新世	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

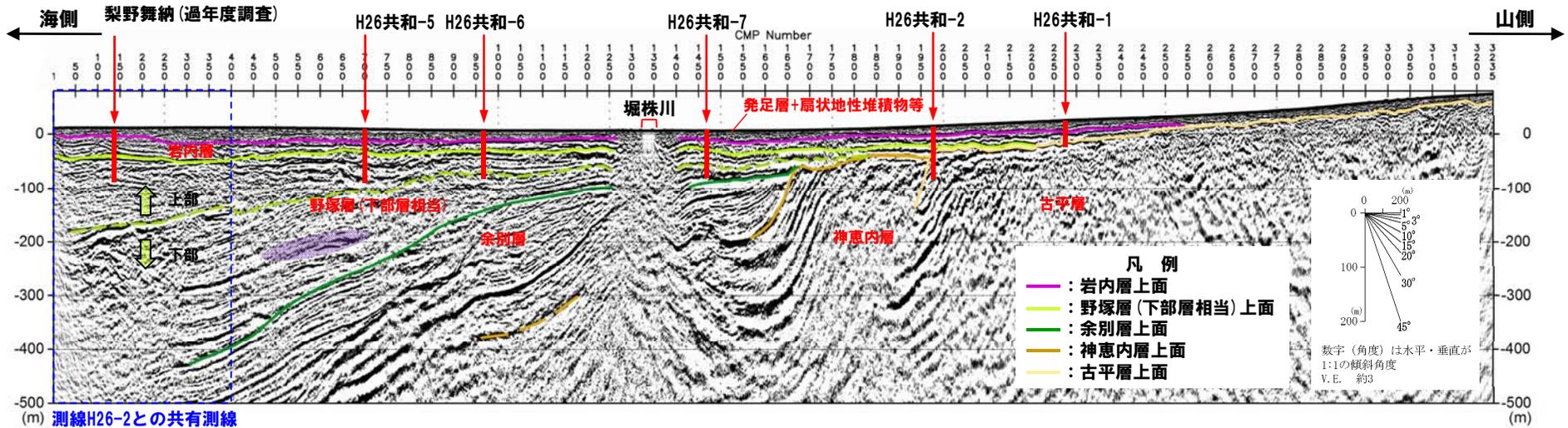


調査位置図

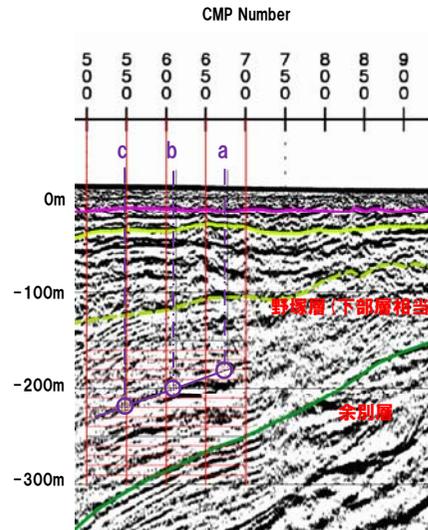
7. 岩内平野における野塚層(下部層相当)の走向・傾斜について

④野塚層(下部層相当)下部の走向・傾斜の推定(-2/4-)

○測線H26-1のCMP500~700に認められる明瞭な反射パターン(層理)の位置及び標高を確認した。



地質断面図(測線H26-1) (深度変換図)



測定箇所拡大図

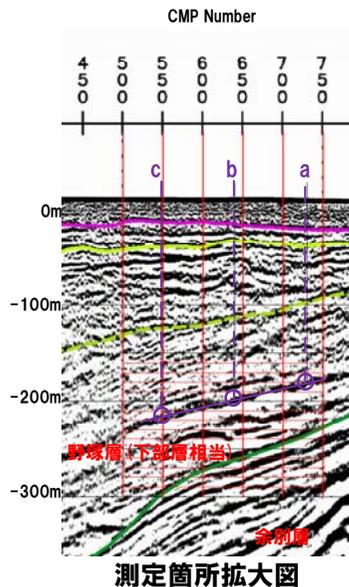
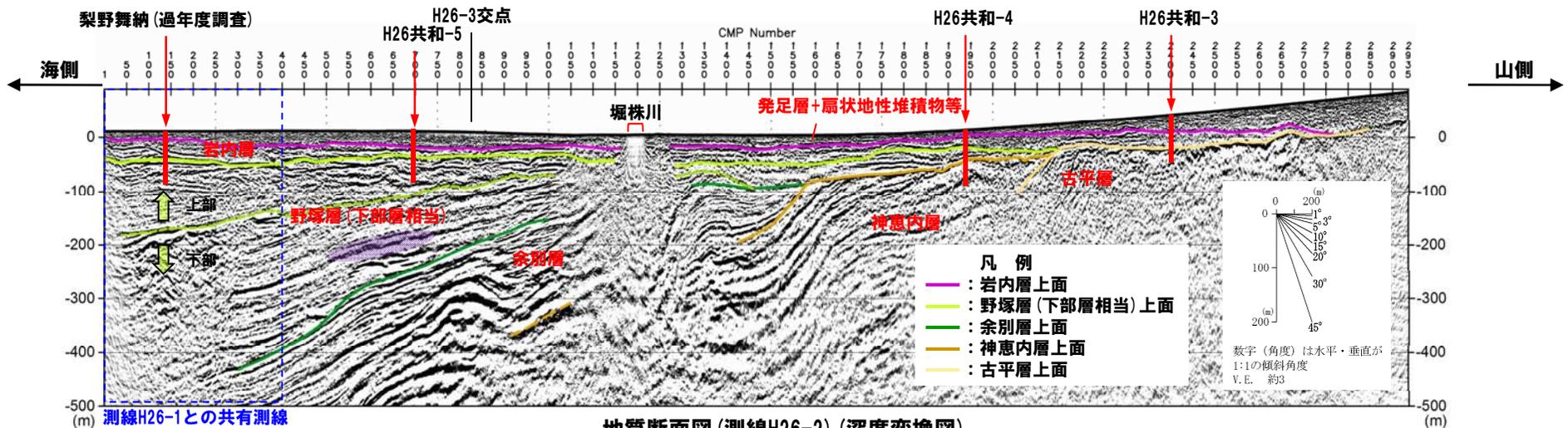
測定結果一覧(測線H26-1)

確認箇所	層理の位置 (CMP)	層理の標高 (m)
a	675	-180
b	611	-200
c	549	-220

7. 岩内平野における野塚層(下部層相当)の走向・傾斜について

④野塚層(下部層相当)下部の走向・傾斜の推定(-3/4-)

○測線H26-2のCMP500~750に認められる明瞭な反射パターン(層理)の位置及び標高を確認した。

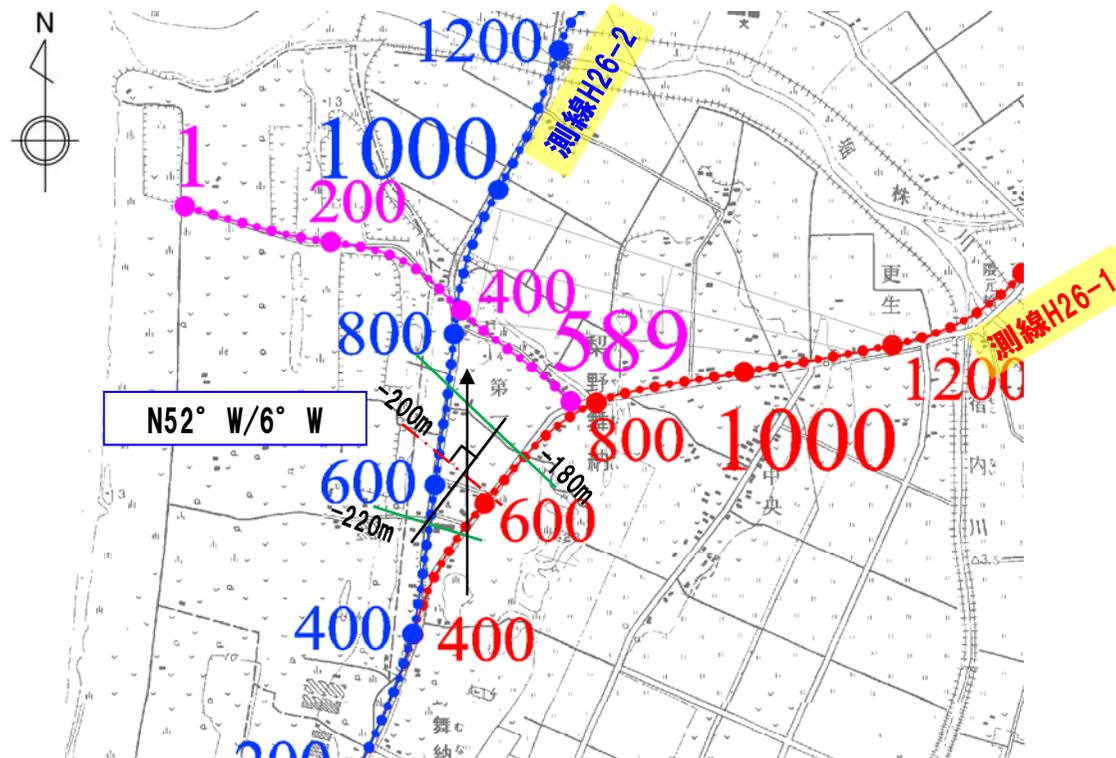


測定結果一覧(測線H26-1)

確認箇所	層理の位置(CMP)	層理の標高(m)
a	730	-180
b	640	-200
c	549	-220

④野塚層(下部層相当)下部の走向・傾斜の推定(-4/4-)

- 測線H26-1及び測線H26-2に認められる明瞭な反射パターンは、CMP400までは測線を共有していることから、同一層理面であることが確認できる。
- したがって、これらを同一層理面とし、野塚層(下部層相当)下部に認められる明瞭な反射パターン(層理)の位置及び標高より、走向・傾斜を推定した。
- 走向・傾斜は、おおよそ $N52^{\circ}W/6^{\circ}W$ と推定され、概ねNW-SE走向で緩く南西傾斜を呈しており、NW-SE方向の褶曲構造と調和的である。



反射法地震探査記録から推定される走向・傾斜

0 0.5 (km)

8. 敷地近傍海域の地質構造について

8. 敷地近傍海域の地質構造について

積丹半島西岸近傍海域の地質構造等に関する検討関連

 :H28年8月22日ヒアリング

 :H28年8月26日審査会合

No	指摘事項	回答方針
8	海上音波探査結果によるV層のプロファイルについては、余市湾に見られるような埋没平坦面の有無についても検討すること。	<ul style="list-style-type: none"> 埋没地形に関する文献レビューに基づき、埋没地形の有無について確認した。 回答内容は、「当資料」P104～P112に掲載。
6	測線SM-4Wの陸側に認められるV層の高まりについては、パネルダイアグラムで示したうえで、形成要因について考察すること。	<ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍海域における海上音波探査記録に基づき、パネルダイアグラムを作成し、地質構造について三次元的に確認した。 回答内容は、「当資料」P104～P112に掲載。

【検討目的】

- 敷地近傍海域におけるV層（新第三系上部中新統～鮮新統）の上面形状について、形成要因を考察する。

【検討方法】

- 敷地近傍海域における海上音波探査記録に基づき、パネルダイアグラムを作成し、地質構造について三次元的に確認した。
- 埋没地形に関する文献レビューに基づき、埋没地形の有無について確認した。

【検討結果】

- 測線SM-4Wにおいて、測線SM-6Wとの交点付近に認められるV層の高まりは、近接する測線においては認められないことから、当該箇所において、V層が下位のVI層の局所的な高まりに沿って堆積したものと考えられる。
- 測線SM-2Wにおいて、陸側に認められるV層上面の段差は、近接する測線においては認められないことから、局所的なものと考えられる。
- V層上面の段差は、12,000年前の海面上昇の停滞期における侵食により形成された埋没地形の可能性も考えられる。

8.2 敷地近傍海域の地質構造について

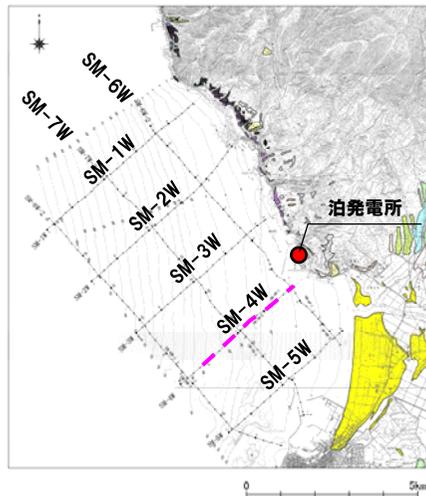
①-1 V層の高まり(まとめ)

- 測線SM-4Wにおいては、測線SM-6Wとの交点付近にV層の高まりが認められる。
- 近接する海上音波探査記録を基にパネルダイアグラムを作成し、地質構造について三次元的に確認した(P106~P108参照)。
- 【パネルダイアグラムによる検討結果】

 - ・測線SM-4Wに平行する他測線においては、測線SM-4Wにおいて測線SM-6Wとの交点付近に認められるV層の高まりと同様な高まりは認められない。
 - ・測線SM-6Wに平行する測線SM-7Wにおいては、V層の高まりは認められない。
 - ・測線SM-6Wにおいては、測線SM-4Wとの交点付近に局所的なVI層の高まりが認められる。

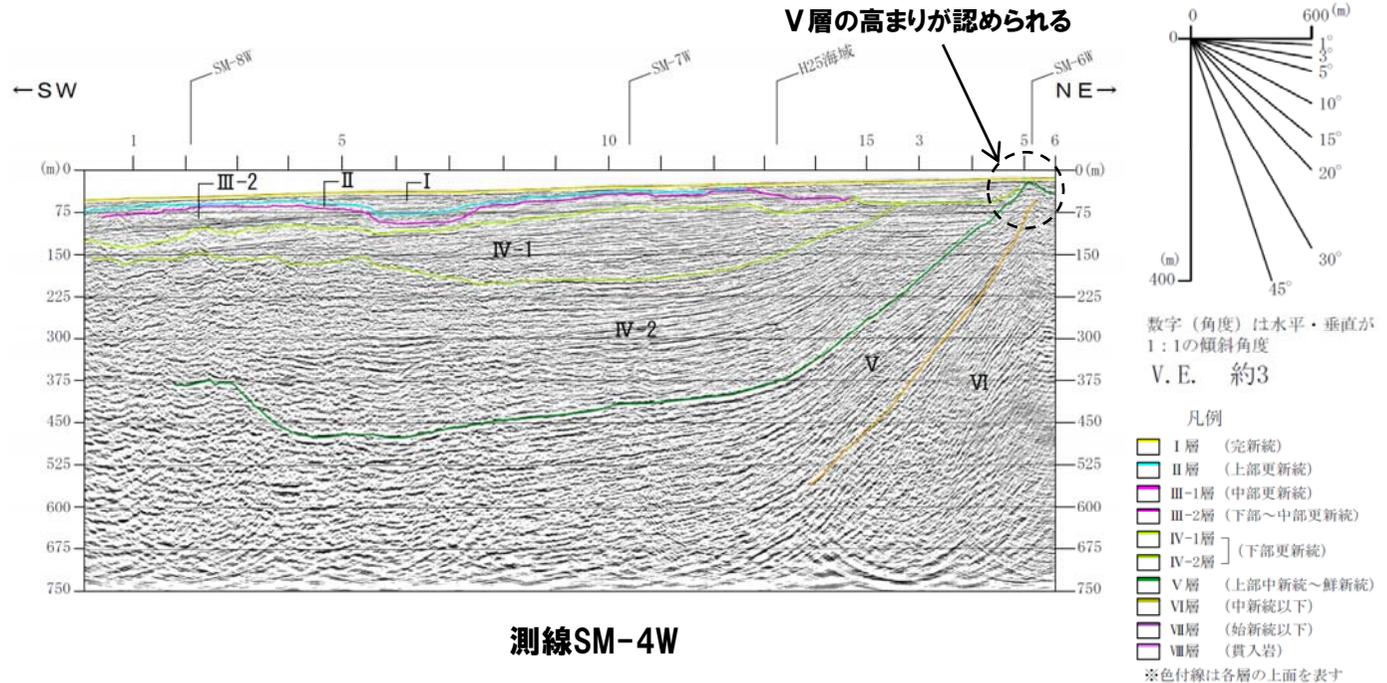


- 測線SM-4Wにおいて、測線SM-6Wとの交点付近に認められるV層の高まりは、近接する測線においては認められないことから、当該箇所において、V層が下位のVI層の局所的な高まりに沿って堆積したものと考えられる。
- なお、V層の高まりは陸側で低下しているが、V層より上位の層が堆積する以前の侵食によって形成された可能性も考えられる。



--- : 測線SM-4W (右図記載範囲)

測線位置

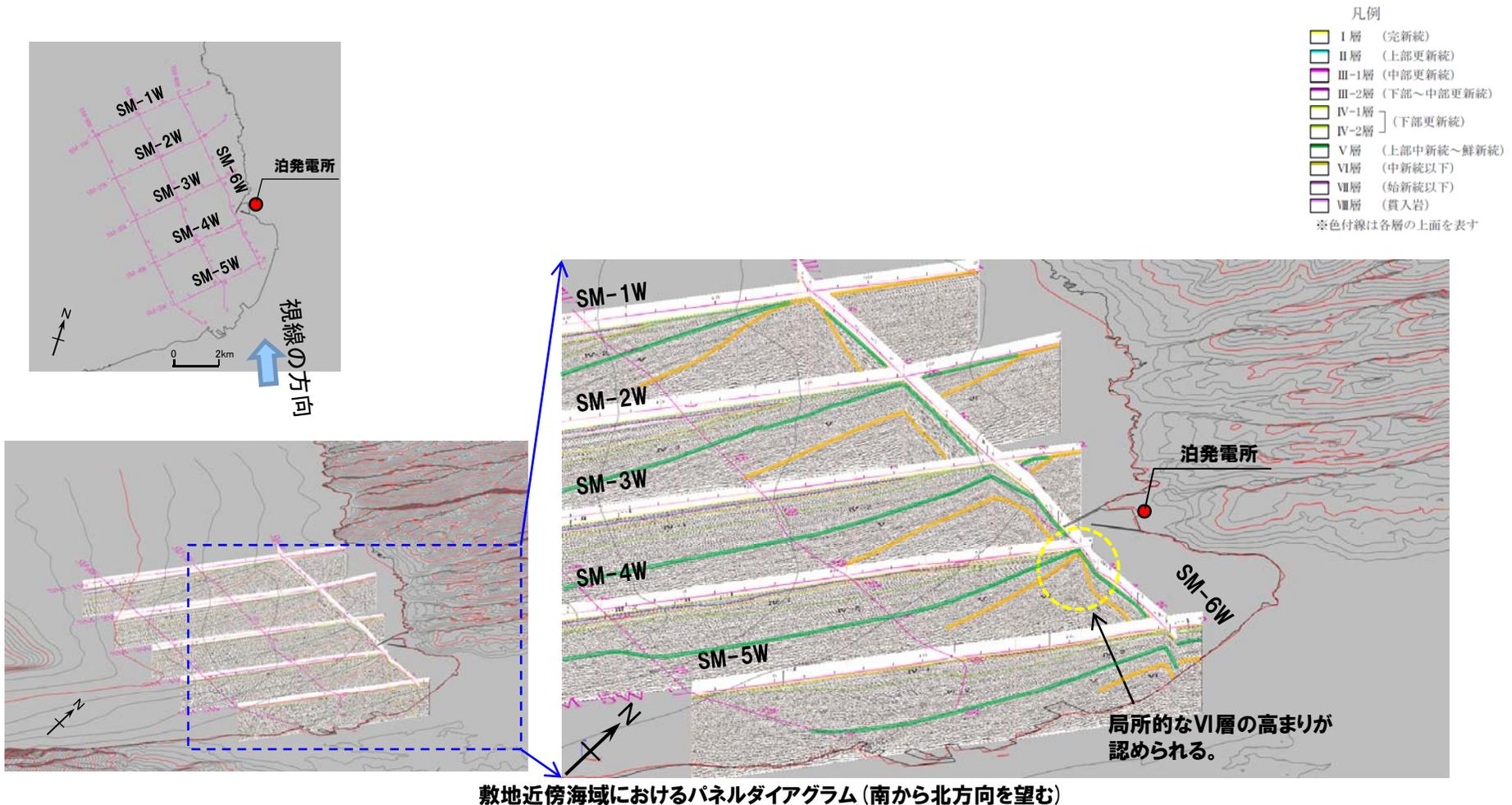


測線SM-4W

8.2 敷地近傍海域の地質構造について

①-2 V層の高まり(パネルダイアグラム) (-1/3-)

- 測線SM-4Wに平行する他測線においては、測線SM-4Wにおいて測線SM-6Wとの交点付近に認められるV層の高まりと同様な高まりは認められない。
- VI層は、陸域から海域に向かい一様に傾斜して分布するものの、測線SM-6Wにおいては、測線SM-4Wとの交点付近に局所的なVI層の高まりが認められる。



8.2 敷地近傍海域の地質構造について

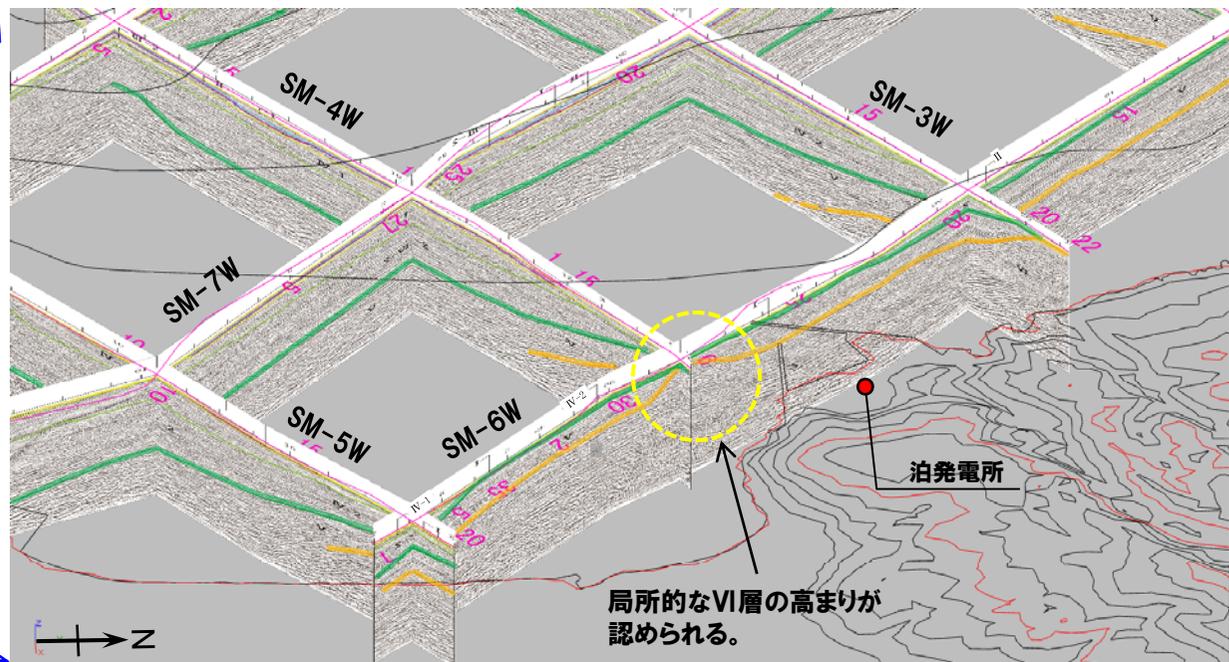
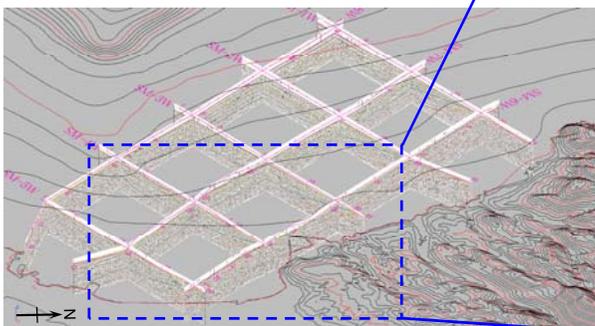
①-2 V層の高まり(パネルダイアグラム) (-2/3-)

- 測線SM-6Wの沖側に平行する測線SM-7Wにおいては、V層の高まりは認められない。
- 測線SM-6Wにおいては、測線SM-4Wとの交点付近に局所的なVI層の高まりが認められる。



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



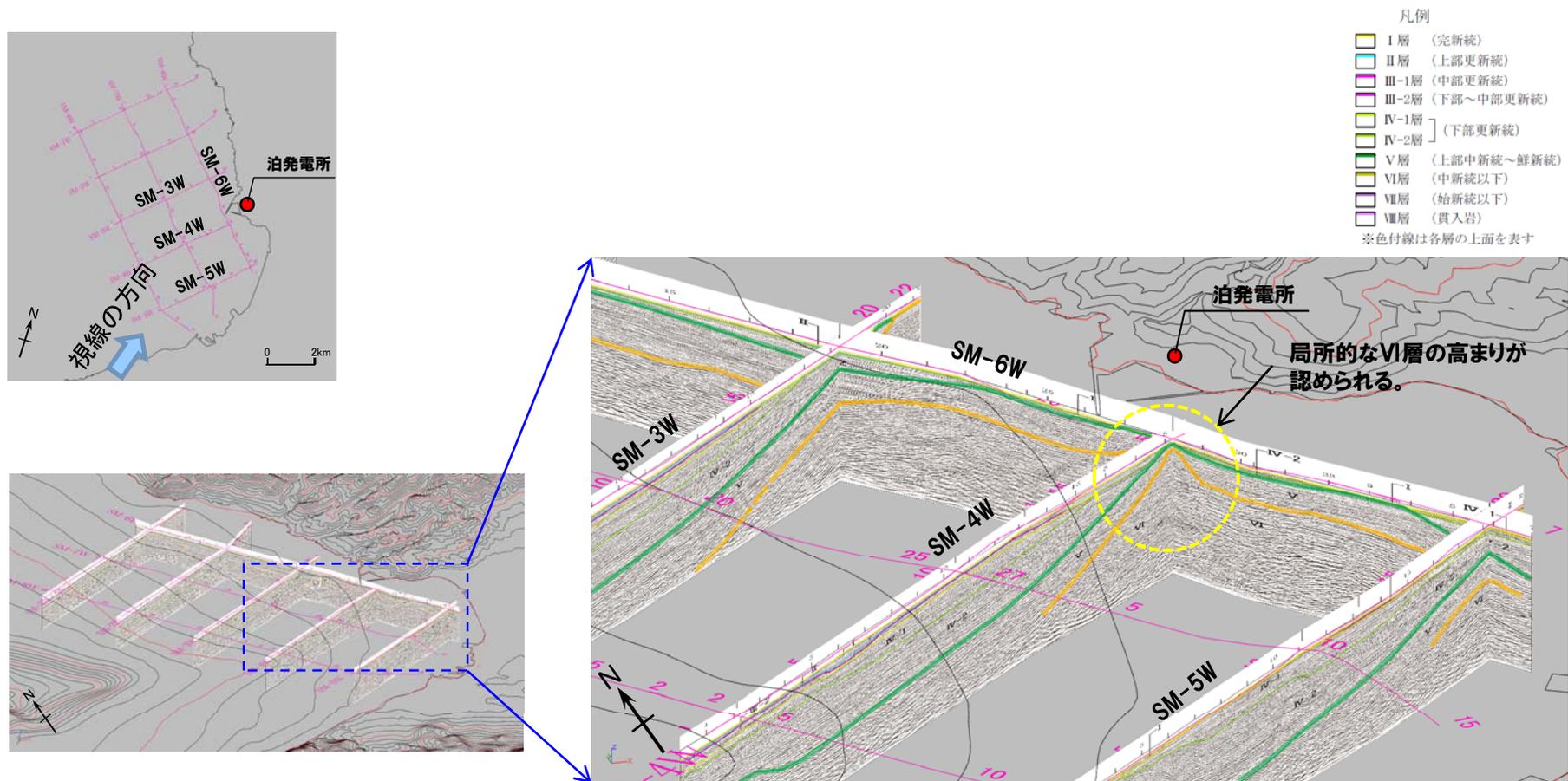
局所的なVI層の高まりが認められる。

敷地近傍海域におけるパネルダイアグラム (東から西方向を望む)

8.2 敷地近傍海域の地質構造について

①-2 V層の高まり(パネルダイアグラム) (-3/3-)

- V層は、陸域から海域に向かい一様に傾斜して分布する。
- 測線SM-6Wにおいては、測線SM-4Wとの交点付近に局所的なVI層の高まりが認められる。



敷地近傍海域におけるパネルダイアグラム(南西から北東方向を望む)

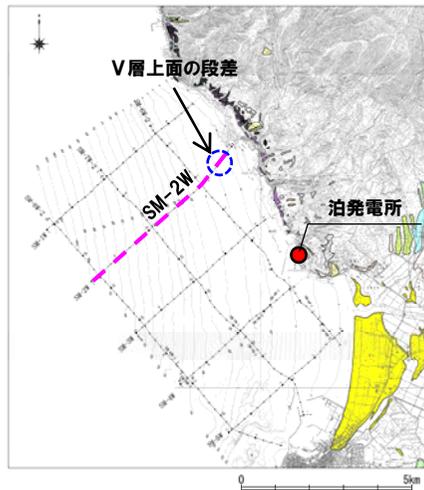
8.2 敷地近傍海域の地質構造について

②-1 V層上面の段差(まとめ)

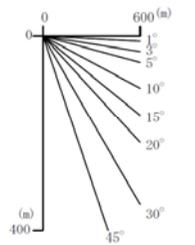
- 測線SM-2Wにおいては、陸側のV層上面(標高-40m程度)に段差が認められる。
- 近接する海上音波探査記録から、連続性の有無について確認した(P110~P111参照)。
- 【確認結果】
 - ・測線SM-2Wに近接する測線においては、V層上面又は標高-40m程度において、測線SM-2Wにおいて認められるV層上面の段差は認められない。
- 濱田(1998)によれば、積丹半島東側基部の余市湾における海上音波探査記録から、埋没地形と思われる地形面を判別したとされており、標高-40~-32mの基盤岩において、12,000年前に形成されたと考えられる埋没した波食棚状の地形が認められるとされている(詳細はP112参照)。



- 測線SM-2Wにおいて、陸側に認められるV層上面の段差は、近接する測線においては認められないことから、局所的なものと考えられる。
- V層上面の段差は、12,000年前の海面上昇の停滞期における侵食により形成された埋没地形の可能性も考えられる。

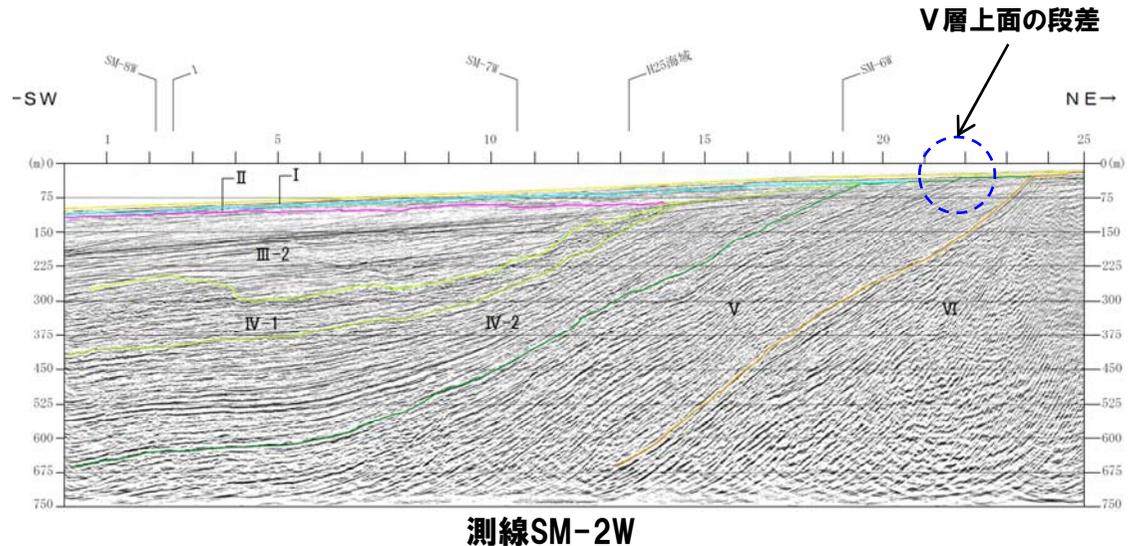


--- : 測線SM-2W (右図記載範囲)
測線位置



数字(角度)は水平・垂直が1:1の傾斜角度
V. E. 約3

- 凡例
- 1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

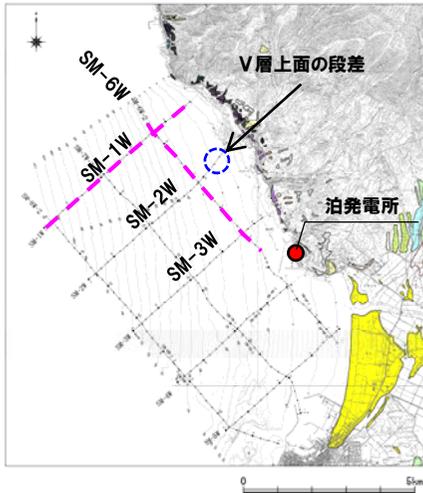
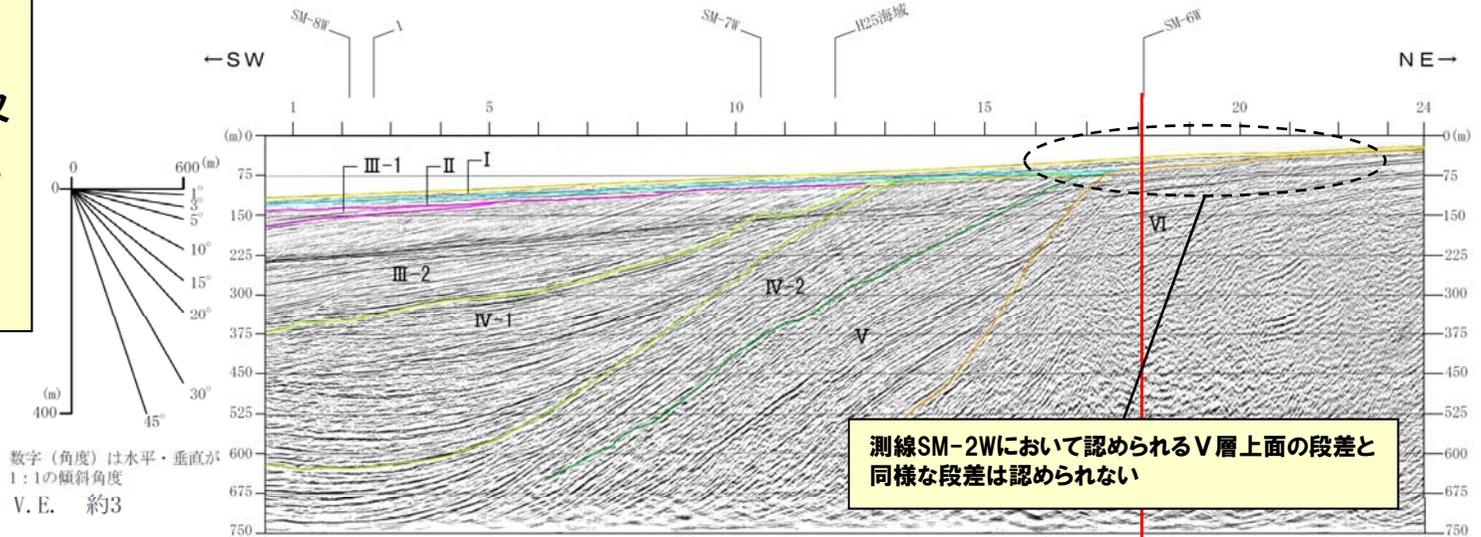


測線SM-2W

8.2 敷地近傍海域の地質構造について

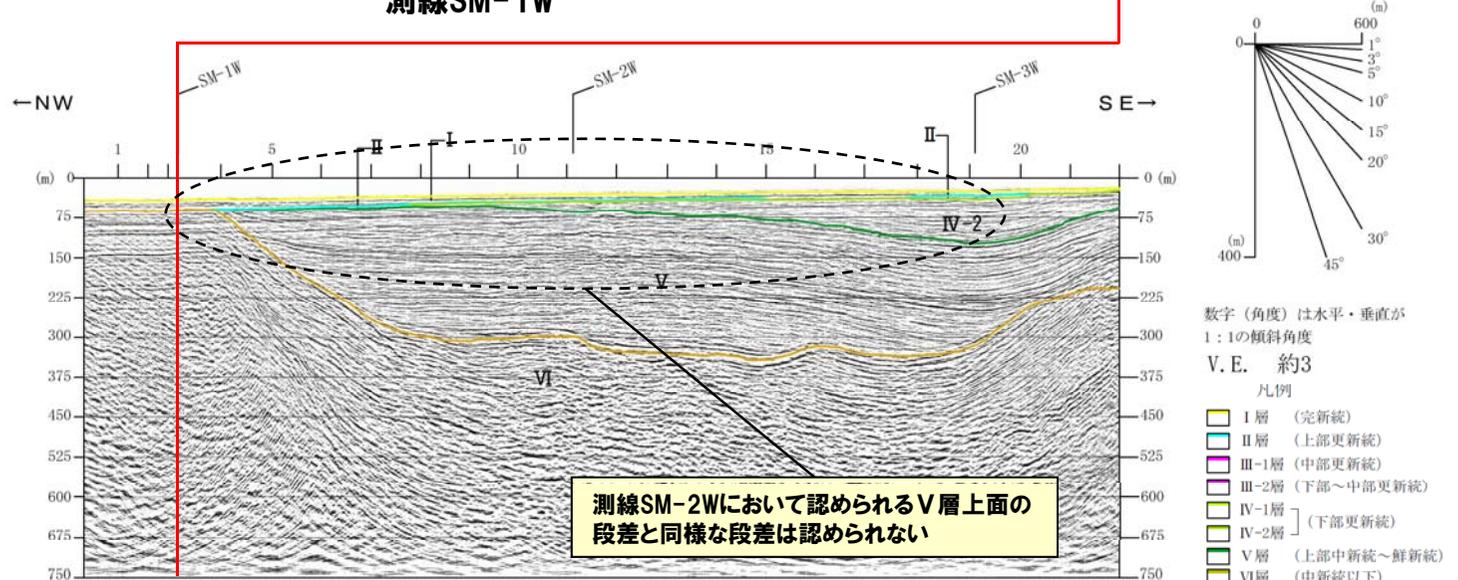
②-2 V層上面の段差 (連続性の確認) (-1/2-)

○測線SM-2Wに近接する測線SM-1W及び測線SM-6Wには、V層上面又は標高-40m程度の位置に、測線SM-2Wにおいて認められるV層上面の段差と同様な段差は認められない。



---: 測線SM-1W及び測線SM-6W (右図記載範囲)

測線位置

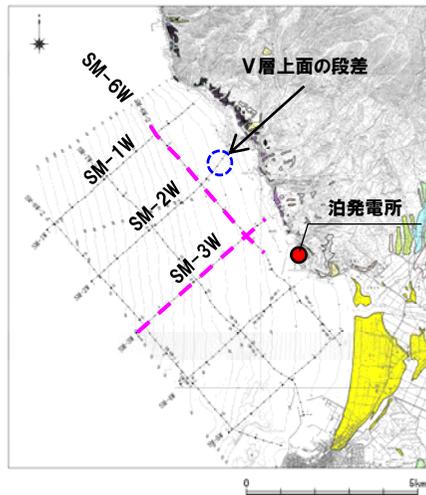
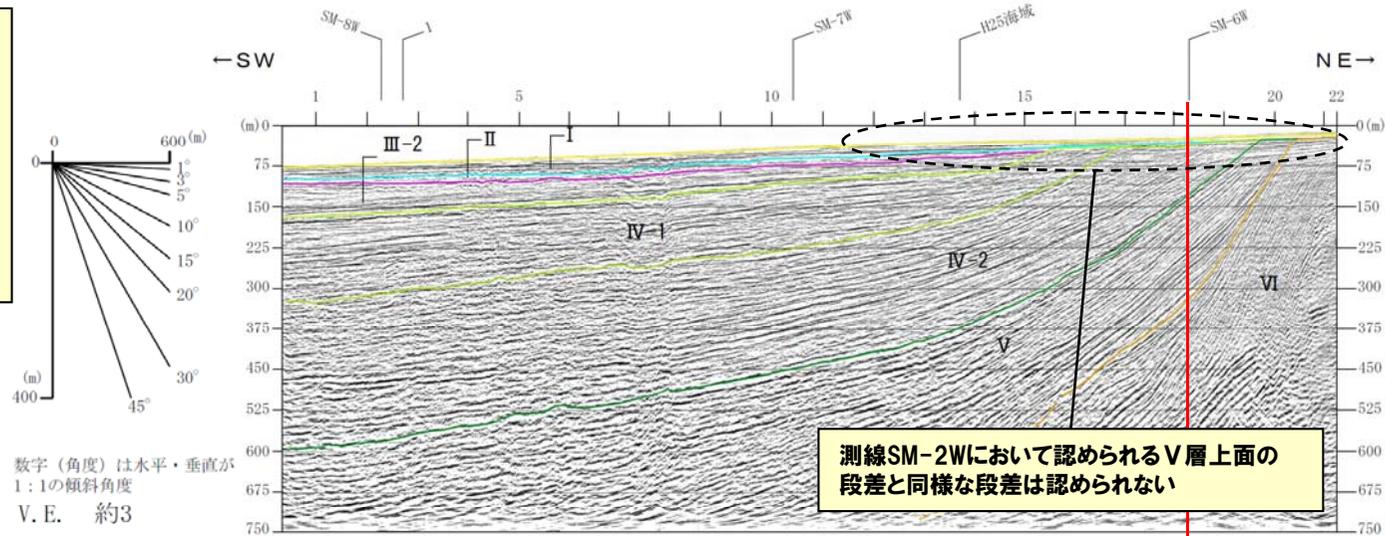


測線SM-6W

8.2 敷地近傍海域の地質構造について

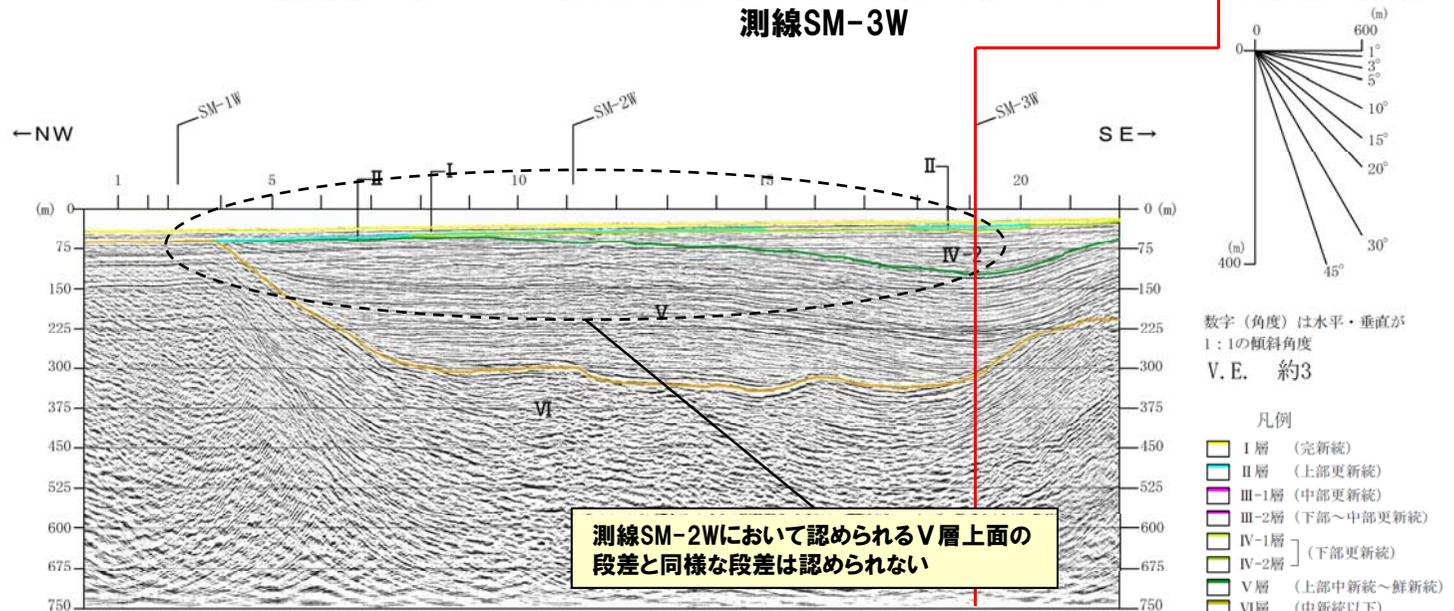
②-2 V層上面の段差(連続性の確認)(-2/2-)

○測線SM-2Wに近接する測線SM-3W及び測線SM-6Wには、V層上面又は標高-40m程度の位置に、測線SM-2Wにおいて認められるV層上面の段差と同様な段差は認められない。



--- : 測線SM-3W及び測線SM6-W (右図記載範囲)

測線位置



測線SM-6W

8.2 敷地近傍海域の地質構造について

②-3 V層の段差（海底埋没地形について（濱田，1998））

○濱田（1998）によれば、余市湾における海上音波探査記録から、埋没地形と思われる地形面を判別したとされており、その形成年代を推定している。

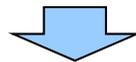
【埋没地形】

○標高-40~-32mの範囲の基盤岩においては、一部波食棚状に侵食された部分が認められるとされている。

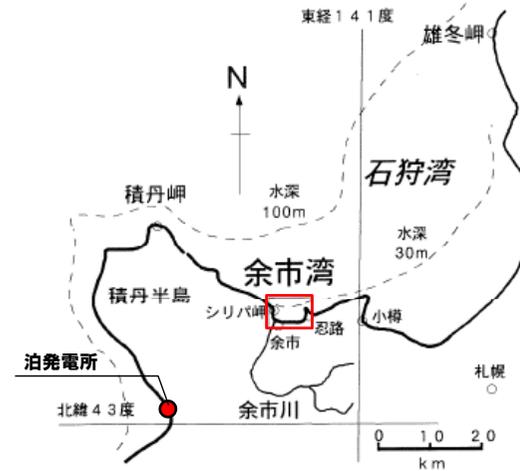
○標高-38m付近においては、東西方向に延びる湾口砂州状の地形が認められるとされている。

【形成年代】

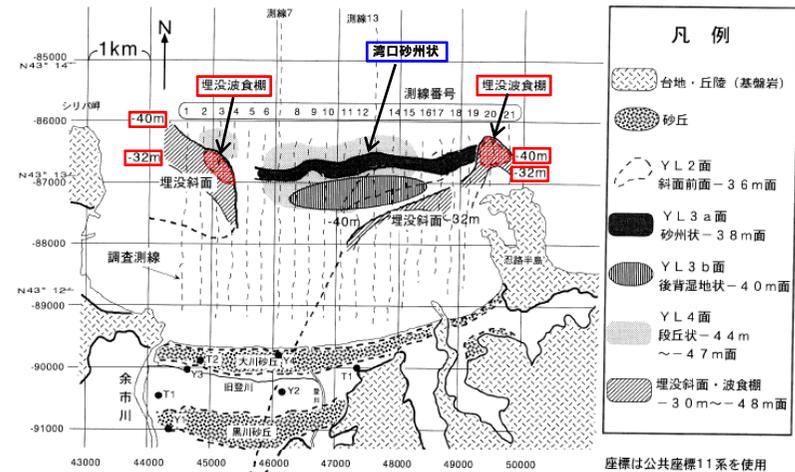
○標高-40m程度に認められる埋没した波食棚状及び湾口砂州状の地形は、12,000年前の海水準が-40m付近まで上昇し、一時的な海水準の安定もしくは若干の海面低下が現われた時期に形成されたと考えられるとされている。



○余市湾は、積丹半島東側基部に位置しており、積丹半島周辺においても同様な海水準であったと考えられることから、測線SM-2Wにおいて、陸側の標高-40m程度に認められるV層上面の段差についても、12,000年前の海面上昇の停滞期における侵食により形成された埋没地形の可能性も考えられる。



調査箇所位置図（濱田，1998に加筆）



埋没地形分布図（濱田，1998に加筆）

余白

9. 積丹半島周辺の鉛直変動について

積丹半島の隆起要因に関する検討関連

 :H28年8月22日ヒアリング :H28年8月26日審査会合

No	指摘事項	回答方針
7	広域隆起に関して、以前、積丹半島周辺の測地学的データ（GPS、水準測量）を示していたが、現状の広域隆起を示すデータとして資料に掲載すること。	<ul style="list-style-type: none">・GNSS連続観測システム及び水準測量データを用いて、鉛直変動傾向について検討した結果を掲載した。・回答内容は、「当資料」P116～P124に掲載。

【検討目的】

○積丹半島全体の隆起速度は、海成段丘及び河成段丘の分布高度により0.2m/千年と推定されていることから、至近のデータから積丹半島周辺の鉛直変動について、測地学的に確認する。

【検討方法】

○GNSS連続観測システム及び水準測量データを用いて、鉛直変動傾向について検討した。

【検討結果】

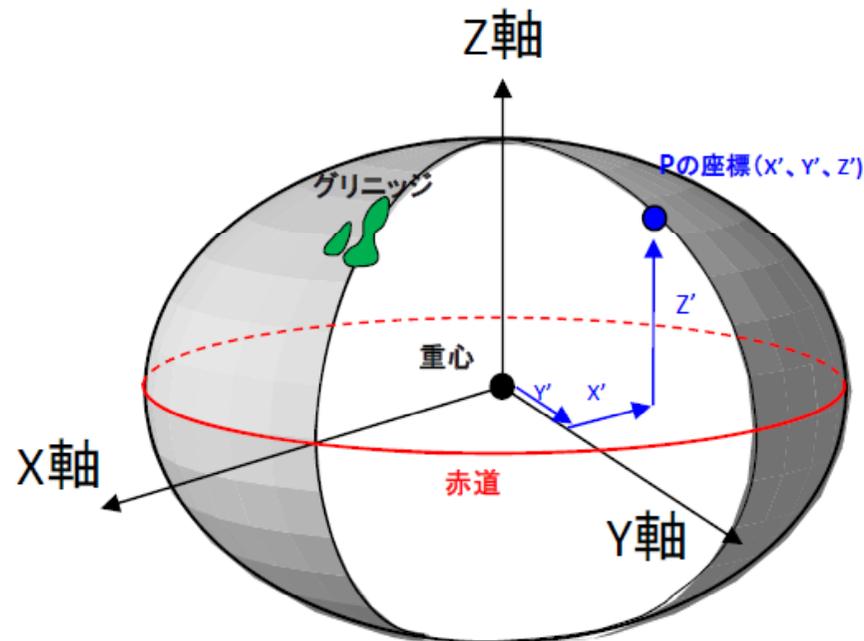
○GNSS連続観測システムによる観測結果においては、積丹半島周辺は、東北地方太平洋沖地震以前においても全体に隆起傾向が認められる。

○一等水準測量データを用いて、参考として積丹半島基部の鉛直変動量について検討した結果、忍路固定点を基準とした場合、明瞭な上昇・下降傾向は認められない。

○積丹半島周辺は、東北地方太平洋沖地震以前の10年間においては、全体に隆起傾向が認められる。

①GNSS連続観測システムによる検討 (GNSS連続観測システム)

- GNSS連続観測システム (GEONET:GNSS Earth Observation Network System)とは、全国約1,200ヶ所に設置された電子基準点とGEONET中央局 (茨城県つくば市) からなる、高密度かつ高精度な測量網の構築と広域の地殻変動の監視のために国土地理院が運用しているシステムである。
- 回転楕円体 (地球表面を近似したもの) の中心を原点とし、原点から経度 0° の子午線と赤道との交点を通る直線をX軸、東経 90° の子午線と赤道の交点を通る直線をY軸、回転楕円体の短軸をZ軸とした3次元直交座標系である。
- GEONETで計算している「日々の座標値」は、この地心直交座標系の座標値を求めている。



座標系のイメージ

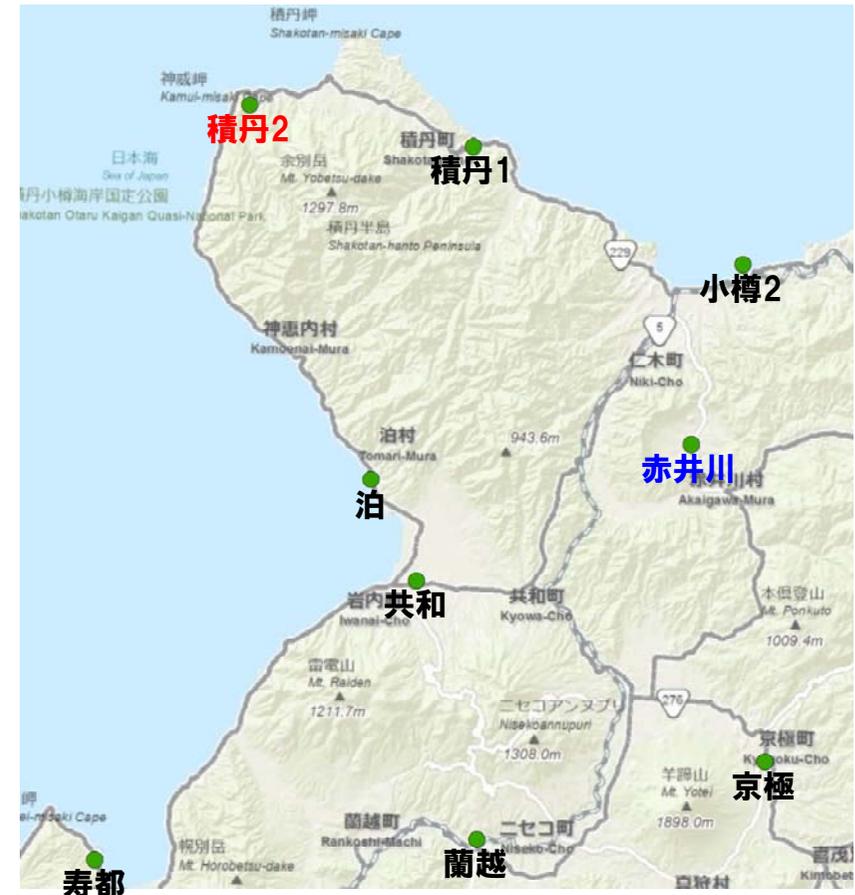
9.2 積丹半島周辺の鉛直変動について

①GNSS連続観測システムによる検討(積丹半島周辺の基準点)

- 積丹半島周辺の基準点は9地点である。
- 各基準点のデータ間隔及びデータ取得期間を下表に示す。

データ間隔及び取得期間

基準点	データ間隔	データ取得期間
小樽2, 積丹, 泊, 共和, 寿都, 蘭越, 京極	1日	2000年1月1日～ 2014年6月30日
赤井川		2003年2月25日～ 2014年6月30日
積丹2		2003年3月6日～ 2014年6月30日

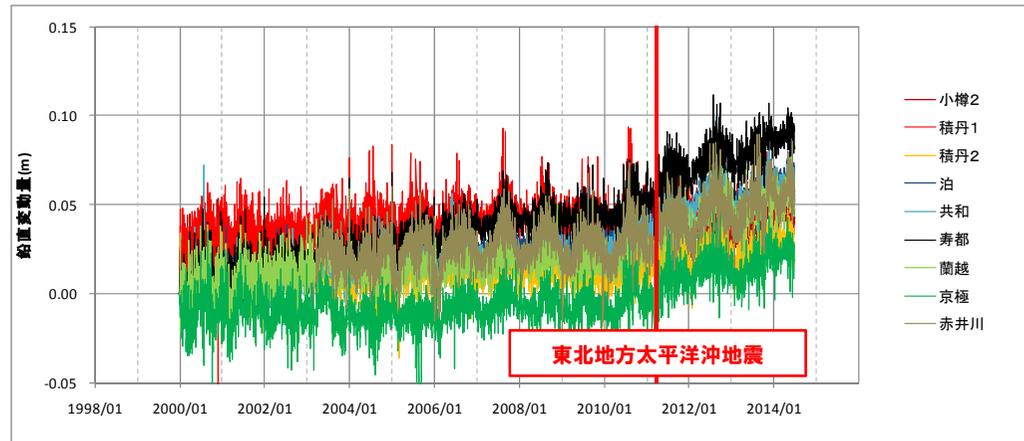


積丹半島周辺の基準点

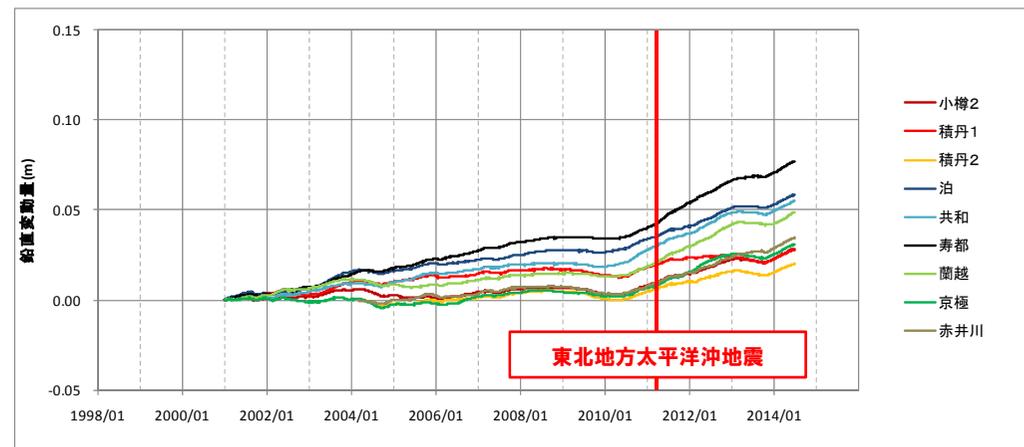
①GNSS連続観測システムによる検討(鉛直変動【時系列変化】)

- 2000年～2014年の鉛直変動量を示す。
- グラフは、各基準点のデータ初日を基準とした相対値である。

- 鉛直成分は、上下変動を繰り返しながら、大局的には僅かな隆起傾向が認められる。
- 東北地方太平洋沖地震が発生した2011年以降、余効変動と考えられる隆起量の増加が認められる。



基準点の鉛直変動(日値)



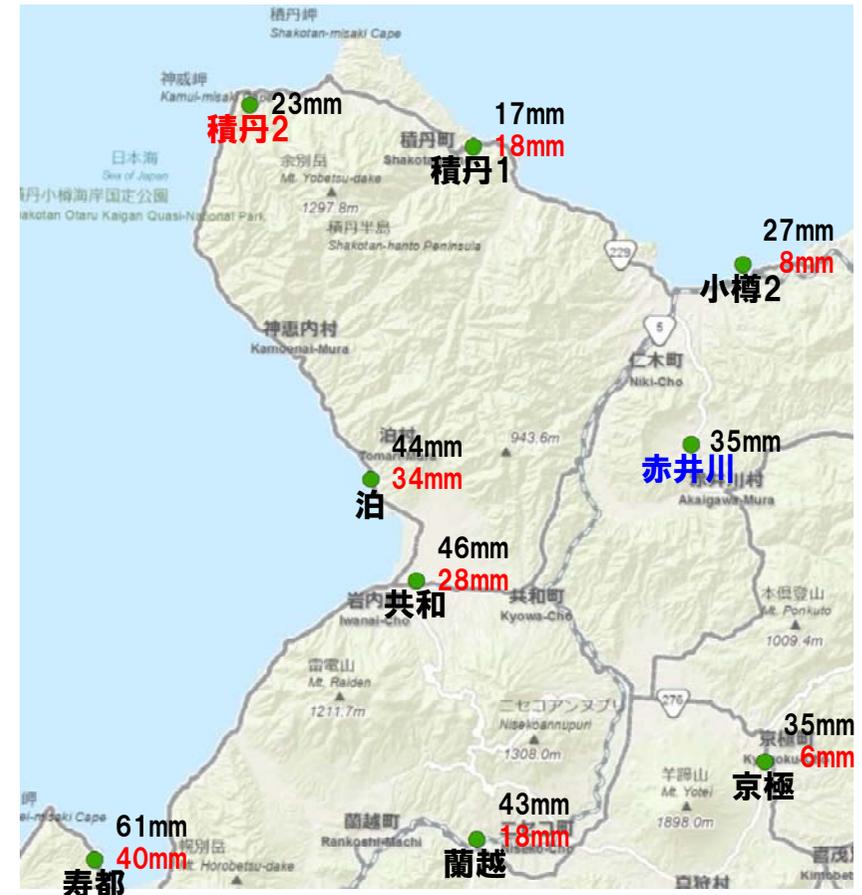
基準点の鉛直変動(365日移動平均)

9.2 積丹半島周辺の鉛直変動について

①GNSS連続観測システムによる検討(鉛直変動【平面分布】)

- 各基準点の至近10年間における鉛直変動量(2004-2014年)を示す。
- また、東北地方太平洋沖地震前までの10年間における鉛直変動量(2000-2010年)も併せて示す。
- なお、鉛直変動量は、観測最終年の年平均鉛直成分から観測開始年の年平均鉛直成分を差し引いた値である。

- 至近10年間における鉛直変動量の最大値は61mm(寿都)である。
- 東北地方太平洋沖地震前までの10年間における鉛直変動量の最大値は40mm(寿都)である。
- 東北地方太平洋沖地震が発生した2011年以降、余効変動と考えられる隆起量の増加が認められる。



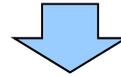
黒字:至近10年間における鉛直変動量 (mm)
赤字:東北地方太平洋沖地震前までの10年間における鉛直変動量 (mm)

積丹半島周辺の鉛直変動量

9.2 積丹半島周辺の鉛直変動について

①GNSS連続観測システムによる検討(まとめ)

- GNSS連続観測システムを用いて積丹半島周辺の鉛直変動量について検討した。
- 鉛直成分は、上下変動を繰り返しながら、大局的には僅かな隆起傾向が認められる。
- 東北地方太平洋沖地震が発生した2011年以降、余効変動と考えられる隆起量の増加が認められる。



- 積丹半島周辺は、東北地方太平洋沖地震以前においても全体に隆起傾向が認められる。

②水準測量データによる検討(使用データ)

○積丹半島周辺の水準測量データについては、国土地理院で公開されている一等及び二等水準測量結果がある。

【一等水準測量】

○一等水準測量は、明治16年(1883)東京近傍の精密水準測量から始まり、全国の第1回測量は、大正2年(1913)にほぼ完了した。

○昭和37年(1962)から始まる第4回の測量以降は、日本全土を系統的に覆うように計画実施され、約7年周期で全国改測(北海道は除く)されている。

○積丹半島周辺における一等水準点は、積丹半島基部を横断する国道沿いに設置されている。

○積丹半島周辺における一等水準測量は1905年、1953年、1954年、1968年、1974年、1986年、1993年、1998年及び2004年に実施されており、それぞれの始終点は同じではない。

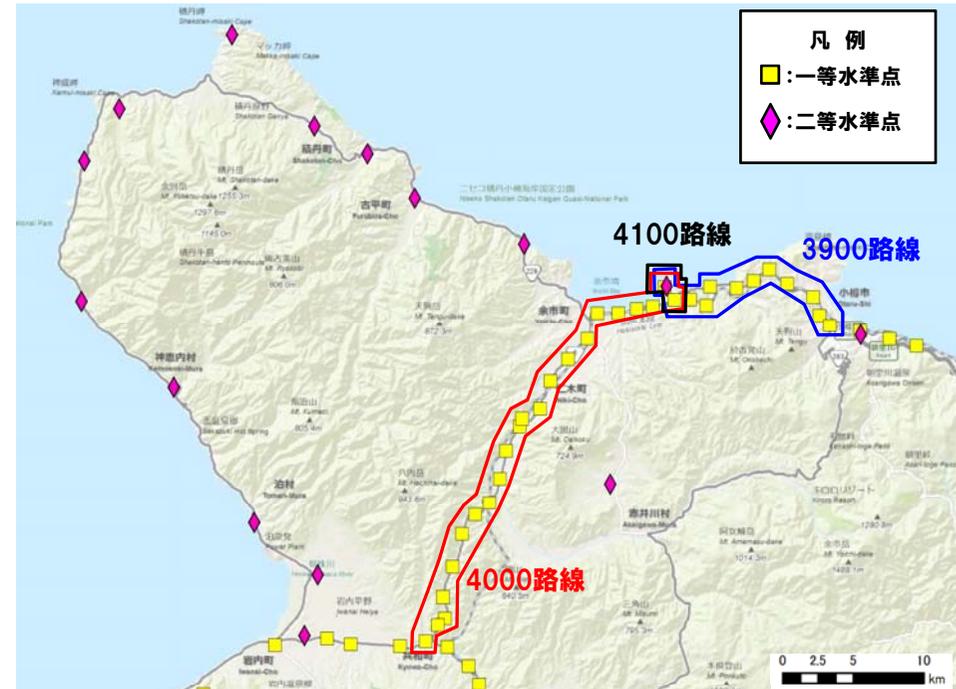
【二等水準測量】

○積丹半島周辺における二等水準点は、積丹半島沿岸部に設置されている。

○積丹半島沿岸部における二等水準点は、設置されて以来、再測は実施されていない。



○積丹半島周辺の鉛直変動の検討に当たっては、積丹半島沿岸部において検討可能なデータが蓄積されていないことから、参考として、積丹半島基部(3900路線、4000路線及び4100路線)の一等水準測量結果を使用することとした。



積丹半島周辺の水準点及び測量路線

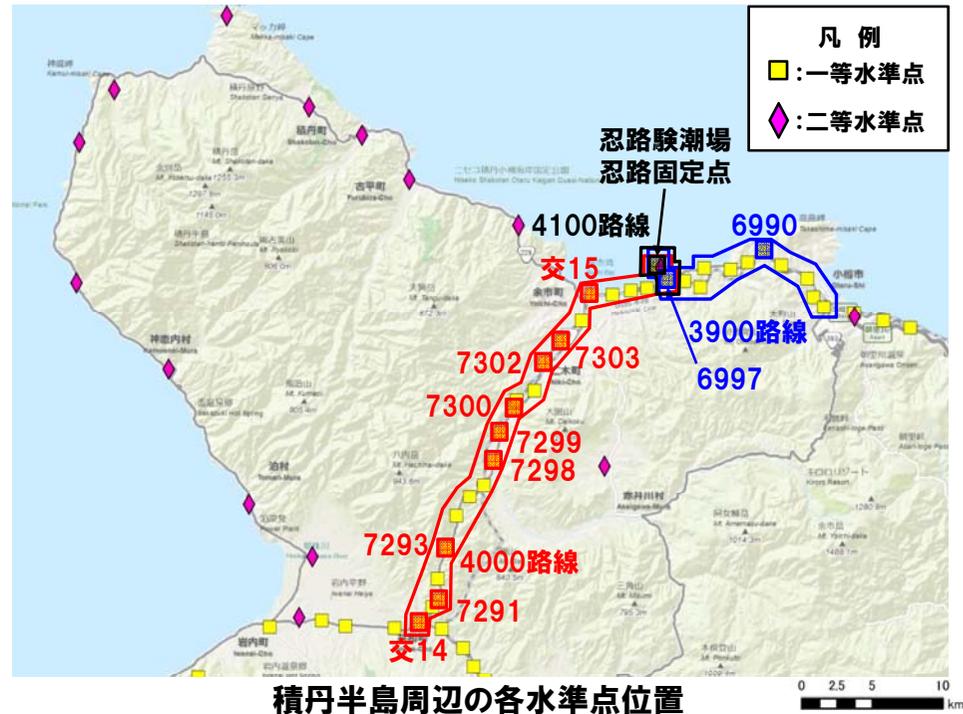
9.2 積丹半島周辺の鉛直変動について

②水準測量データによる検討(鉛直変動)

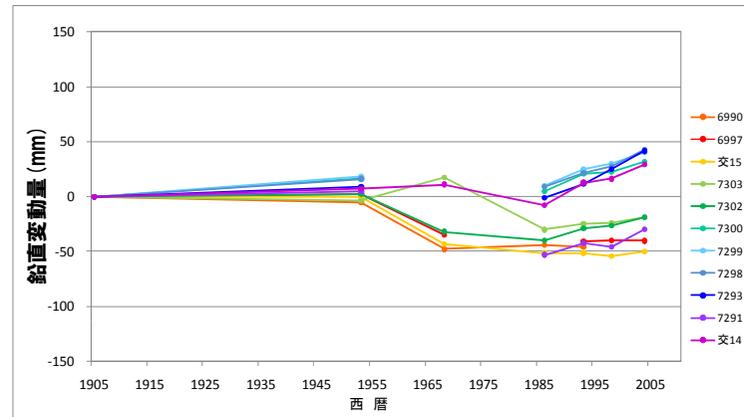
- 国土地理院の一等水準測量結果を基に、約100年間の積丹半島基部の鉛直変動量を整理した。
- 北海道における水準点の原点は、忍路固定点としている。
- 鉛直変動量の算出にあたっては、過去の一等水準測量が、忍路固定点を起点としていない場合もあることから、忍路固定点を基準とした相対的な鉛直変動量として補正を行った。



- 忍路固定点を基準とした場合、積丹半島基部において明瞭な上昇・下降傾向は認められない。



積丹半島周辺の各水準点位置



※時系列で鉛直変動を確認可能な地点についてグラフ化した。

忍路固定点を基準とした相対的鉛直変動

9.2 積丹半島周辺の鉛直変動について

②水準測量データによる検討(まとめ)

- 一等水準測量データを用いて、参考として積丹半島基部の鉛直変動量について検討した。
- 忍路固定点を基準とした場合、明瞭な上昇・下降傾向は認められない。

- (1) 小池一之・町田 洋編 (2001) :日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会.
- (2) 藤原治・柳田誠・三箇智二・守屋俊文 (2005) :地層処分からみた日本列島の隆起・侵食に関する研究, 原子力バックエンド研究 11 (2), pp.113-124.
- (3) Sunamura T (1992) :Geomorphology of Rocky Coasts. John Wiley & Sons, Chichester. pp.302.
- (4) 大沢穠・三村弘二 (1993) :20万分の1地質図「青森」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (5) 平山次郎・上村不二雄 (1985) :鱒ヶ沢地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 地質調査所.
- (6) Nakata T., Imaizumi T., Matsumoto H. (1976) :Late Quaternary tectonic movements on the Nishi-tsugaru Coast, with reference to seismic crustal deformation. Sci. Rep. Tohoku Univ., 7th ser. (26), pp.101-112.
- (7) 高橋達郎 (1967) :隆起ベンチの形態に関する若干の考察, 東北地理 19 (2), pp.53-60.
- (8) 古川光啓 (1976) :青森県西津軽地方の海岸地形について:特に隆起ベンチを中心にして, 弘大地理 (12), pp.5-9.
- (9) 福留高明 (1993) :秋田県沿岸部における直下型地震と活断層, 秋田大学鉱山学部 鉱業博物館 (25), pp.26-52.
- (10) 大沢穠 (1978) :20万分の1地質図「弘前および深浦」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (11) 大沢穠 (1980) :20万分の1地質図「秋田及び男鹿」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (12) 今村明恒 (1941) :昭和14年の男鹿地震に伴える陸地変形, 地震 (13), pp.207-215.
- (13) 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.
- (14) 大沢穠 (1988) :20万分の1地質図「新庄及び酒田」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (15) 平野信一・中田高・今泉俊文 (1979) :象潟地震 (1804年) に伴う地殻変形, 第四紀研究 (18), pp.17-30.
- (16) 土谷信之・高橋浩・柳沢幸夫・山元孝広・久保和也 (1999) :20万分の1地質図「村上」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (17) 中村一明・笠原慶一・松田時彦 (1964) :新潟地震による粟島の地変, 震研速報 (8), pp.73-94.
- (18) 高橋達郎 (1965) :新潟県粟島における海岸縦断面形について, 梅花短大紀要 (14), pp.63-72.
- (19) 茂木昭夫 (1977) :日本近海海底地形誌—海底俯瞰図集, 東京大学出版会.
- (20) 角靖夫 (1990) :20万分の1地質図「相川及び長岡の一部 (佐渡島)」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (21) 太田陽子・松田時彦・長沼和雄 (1976) :佐渡小木地震 (1802年) による土地隆起量の分布とその意義, 地震II輯 (29), pp.55-70.
- (22) 徳重英助 (1936) :佐渡小木海岸の地質学的意義, 新潟県史蹟名勝天然記念物調査報告 (6), pp.1-66.
- (23) 坂本亨・今井功・角靖夫・野沢保・盛谷智之 (1967) :20万分の1地質図「七尾・富山」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (24) 穴倉正展・越後智雄・行谷佑一 (2009) :[講演要旨] 能登半島北西部の隆起生物遺骸群集に記録された最近1000年間の地震履歴, 歴史地震 (24), pp.167.
- (25) 浜田昌明・野口猛雄・穴田文浩・野原幸嗣・宮内崇裕・渡辺和樹・山中弘幸・佐藤比呂志 (2007) :2007年能登半島地震に伴う地殻変動と能登半島の海成段丘, 地震研究所彙報 (82), pp.345-359.
- (26) 山本博文・奥山大嗣・江戸慎吾 (2007) :生物指標からみた平成19年 (2007年) 能登半島地震における海岸隆起, 福井大学地域環境研究教育センター研究紀要「日本海地域の自然と環境」(14), pp.33-46.

- (27) 鹿野和彦・松浦浩久・服部仁・山田直利・東元定雄 (1988) : 20万分の1地質図「浜田」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (28) 豊島吉則 (1978) : 山陰海岸における完新世海面変化, 地理学評論 51 (2), pp.147-157.
- (29) 藤森孝俊・蒔苗耕司・山口勝・川口隆・太田陽子 (1990) : 島根県浜田地震 (1872年) の地形学的検討, 地学雑誌99 (2), pp.44-59.
- (30) 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.
- (31) 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.
- (32) 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」.
- (33) 海上保安庁水路部 (1979) : 5万分の1海底地質構造図「神威岬」.
- (34) 海上保安庁水路部 (1972) : 20万分の1海底地質構造図「武蔵堆」.
- (35) 活断層研究会編 (1991) : 日本の活断層, 東京大学出版会.
- (36) 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 13 (1), pp.27-53.
- (37) 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.
- (38) 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.
- (39) 小崎尚・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.
- (40) 海上保安庁水路部 (1996) : 20万分の1海底地形図「石狩湾西方」.
- (41) 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.
- (42) 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.
- (43) 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.
- (44) 渡辺寧 (1993) : 岩脈・火口配列に基づく西南北海道北部の新生代後期の応力場, 地質学雑誌 99 (2), pp.105-116.
- (45) 大槻憲四郎 (1989) : 鉍脈による新第三紀東北本州弧の造構応力場復元, 地質学論集 (32), pp.281-304.
- (46) 山岸宏光・渡辺寧 (1986) : 西南北海道における新生代後期の応力場の変遷—地質断層, 岩脈, 鉍脈および活断層の検討—, 地団研専報告 (31), pp.322-331.
- (47) 渡辺寧 (1986) : 鉍脈の方向から推定された広域応力場—北海道における中期中新世以降の鉍脈の例—, 鉍山地質 (36), pp.209-218.
- (48) 濱田誠一 (1998) : 北海道余市湾海底に見られる埋没地形—3.5kHzSBP記録—, 地下資源調査所報告 (69), pp.71-74.
- (WEB)
- (49) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2007) : 平成19年 (2007年) 能登半島地震の評価.
(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/07apr_noto/index.htm)