

東通原子力発電所 敷地周辺～敷地の地形, 地質・地質構造について (震源として考慮する活断層の評価)(コメント回答)

追加説明資料

(1)東通原子力発電所 敷地周辺～敷地の地形, 地質・地質構造について (震源として考慮する活断層の評価)(コメント回答)

No.	コメント内容	6/15ヒアリング資料該当箇所	ページ
①	出戸西方断層の調査結果	p.3-78	2～3
②	評価の考え方, 評価対象となる断層	p.6-37,38,57,58,59	4～9

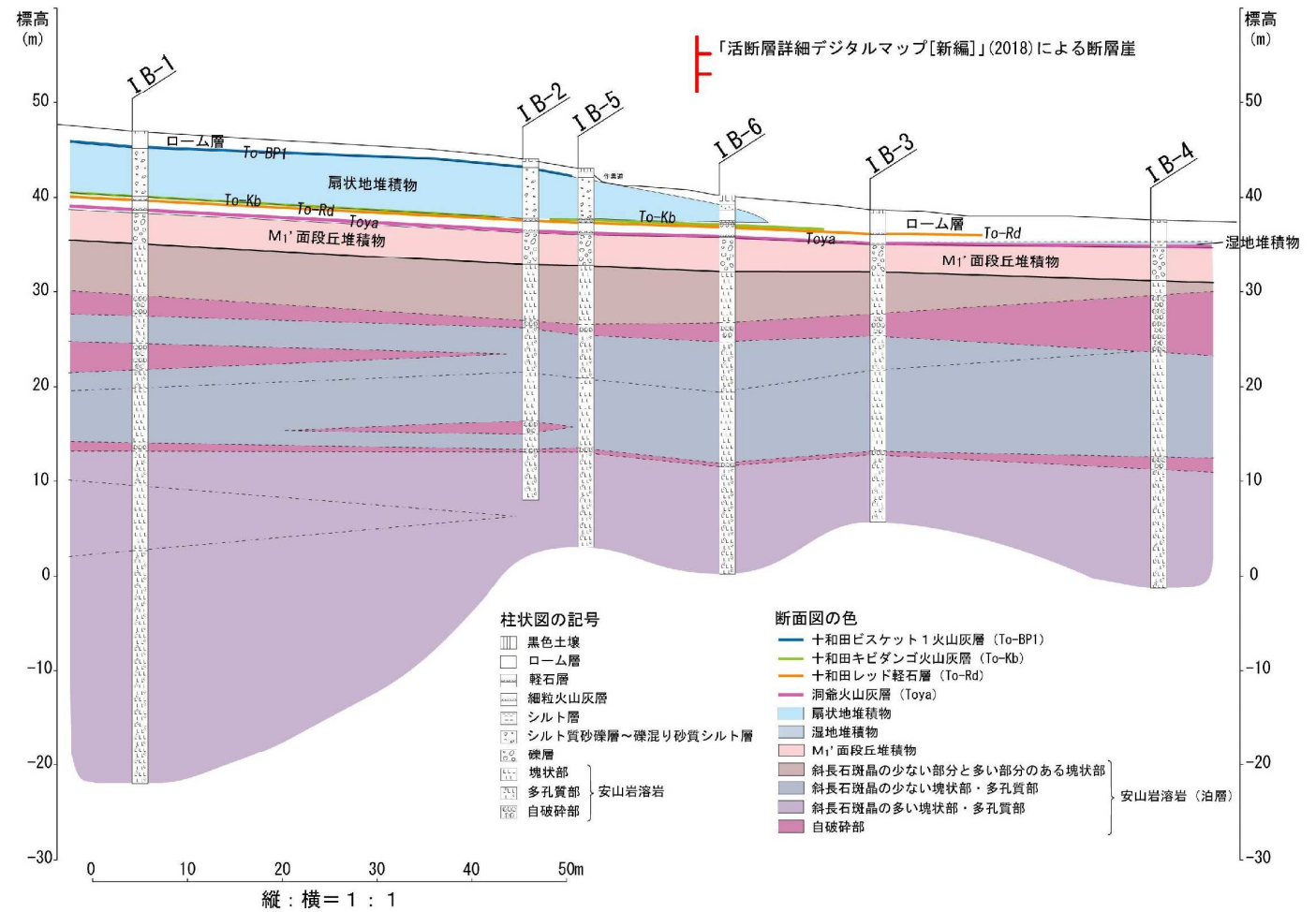
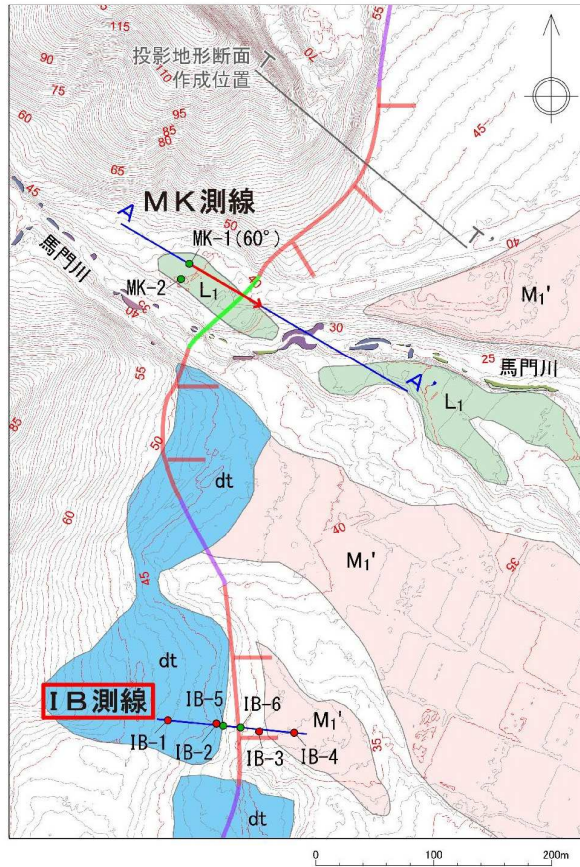
(2)東通原子力発電所 敷地周辺～敷地の地形, 地質・地質構造について (震源として考慮する活断層の評価)(コメント回答)(補足説明資料)

No.	コメント内容	6/15ヒアリング資料該当箇所	ページ
③	津軽海峡西側海域・陸域の層序	補足説明資料 1章	10～17
④	反射法地震探査結果の分解能に関する検討	本資料 p.6-118～121	18～24

①出戸西方断層の調査結果

3.3.3 地質調査(「活断層詳細デジタルマップ[新編]」との比較②)

- 「活断層詳細デジタルマップ[新編]」(2018)により「断層崖」が示されている位置を挟んでボーリングが実施されている。
- 泊層がほぼ水平に分布しているとともに、ローム層に挟むる洞爺火山灰層は山側から海側に向かって緩やかに傾斜していることから、断層の存在を示唆するような地質構造は認められない。

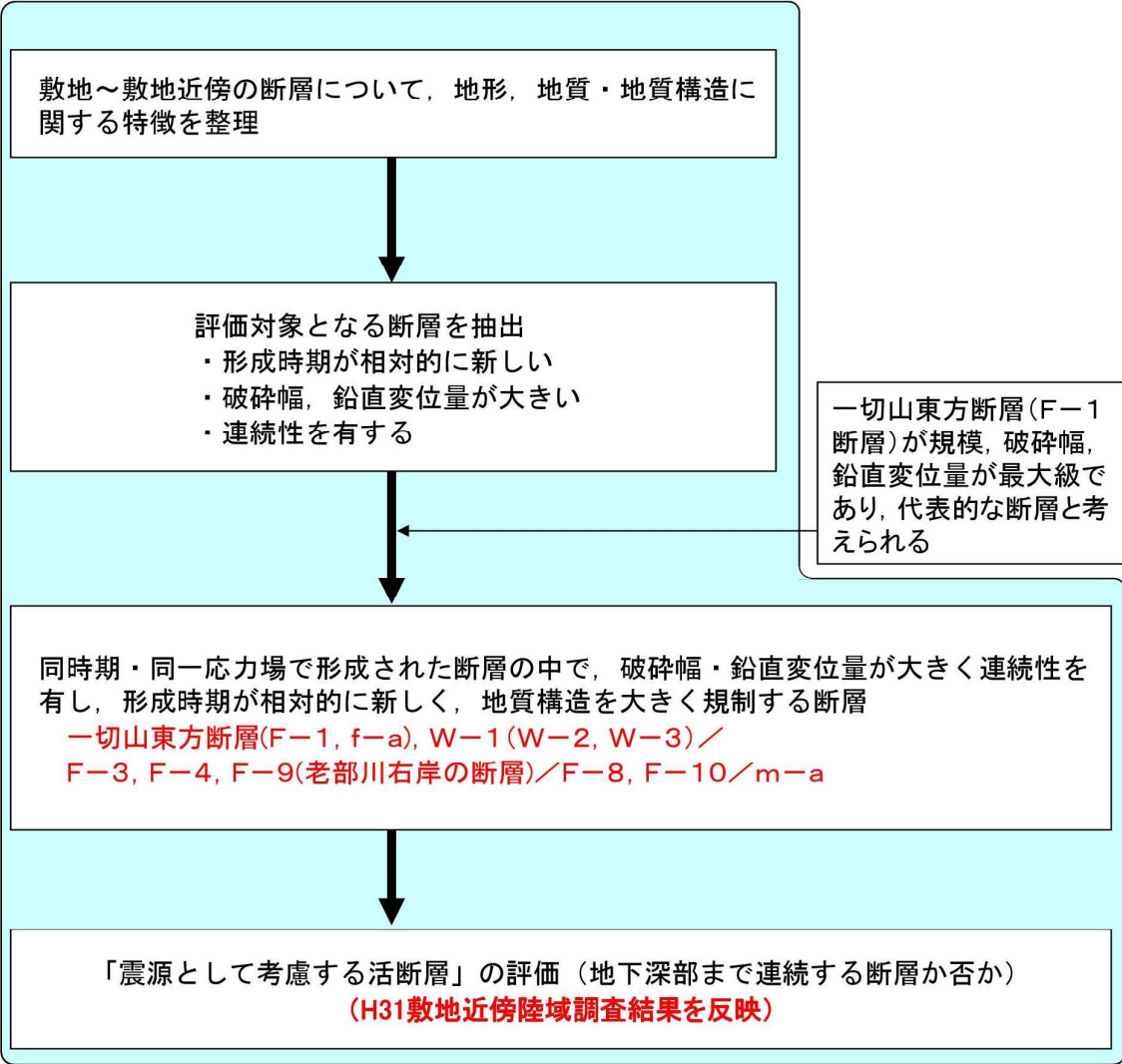


②評価の考え方, 評価対象となる断層

敷地～敷地近傍の断層の「震源として考慮する活断層」の評価

敷地～敷地近傍の断層の「震源として考慮する活断層」の評価の考え方

地表面付近で確認される断層について、地下深部※まで連続しない断層は「震源として考慮する活断層」に該当しないと評価 ※ 3km程度以深



敷地～敷地近傍の断層の特徴 (地質構造的背景)

- ・ 走向がNNE-SSW～NE-SW, 東傾斜の正断層が主体で、一部が西傾斜の正断層
- ・ 東傾斜の断層はリストリックなシンセティック正断層, 西傾斜の断層はアンチセティック正断層で互いに切り切られの関係
- ・ 引張応力場においてほぼ同時期に形成され, 平(2004)に示されるモデルと合致

引張応力場における地質構造モデル 平(2004)に加筆

地下深部の構造

敷地～敷地近傍には地下深部に連続するような断層は推定されない

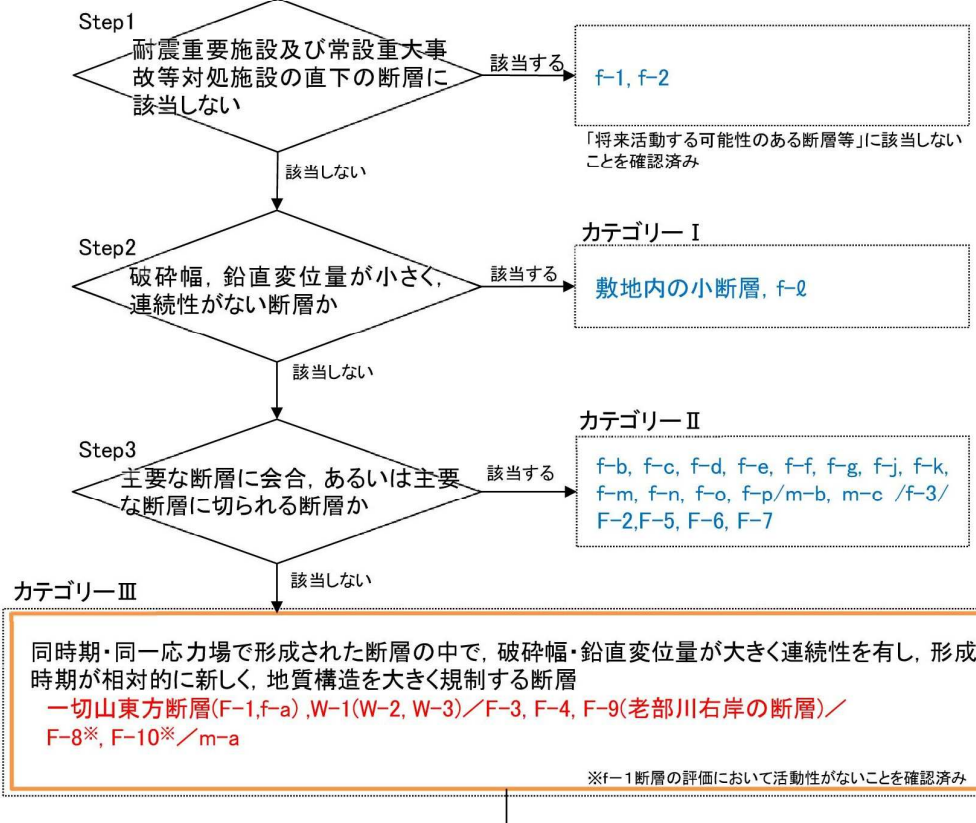
6.2.2.1 評価の考え方

敷地～敷地近傍の断層の「震源として考慮する活断層」の評価フロー

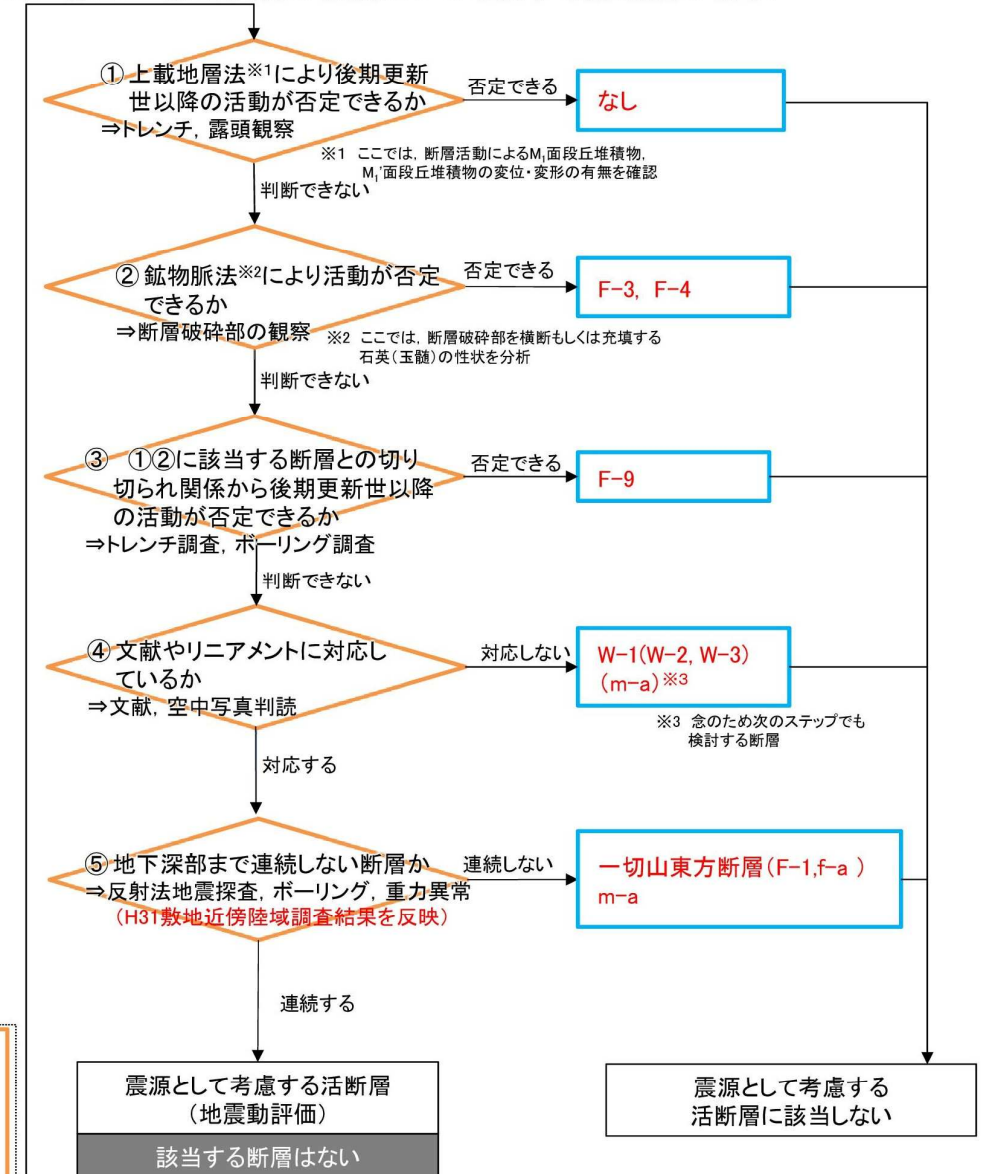
- 敷地～敷地近傍の断層の活動性評価にあたっては、同時期・同一応力場で形成された断層の中で、破碎幅・鉛直変位量が大きく連続性を有し、形成時期が相対的に新しく、地質構造を大きく規制する断層を抽出(フロー左側)
- 一切山東方断層をはじめとするカテゴリⅢの断層について評価を行う。(フロー右側)

6.2.2.2 評価対象となる断層

[敷地近傍～敷地の断層] W-1, W-2, W-3, 一切山東方断層(F-1), 老部川右岸の断層(F-9), F-2
 [敷地の主要な断層] F-3, F-4, F-5, F-6, F-7, F-8, F-10
 [その他の断層] f-a, f-b, f-c, f-d, f-e, f-f, f-g, f-j, f-k, f-l, f-m, f-n, f-o, f-p
 [原子炉建屋設置位置の断層] f-1, f-2, f-3
 [原子炉建屋設置位置の断層(沿岸の断層)] m-a, m-b, m-c
 [その他] 敷地内の小断層



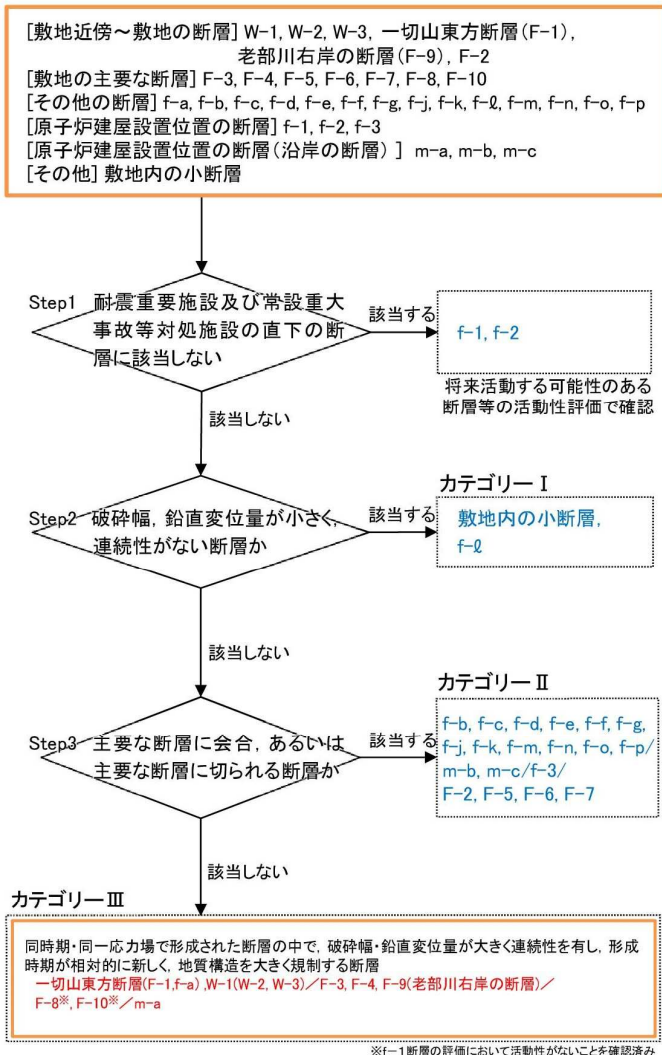
6.3 敷地～敷地近傍の震源として考慮する活断層の評価



敷地～敷地近傍の評価対象となる断層(まとめ)

- 敷地～敷地近傍の地質構造の特徴として、ほとんどの断層が東傾斜のシンセティック正断層であり、一部にアンティセティック正断層も認められる。この地質構造の特徴は平(2004)に示されている地質構造モデルとも整合している。
- 敷地～敷地近傍の断層の評価にあたっては、地質構造の特徴を踏まえつつ、Step1～Step3で抽出された同時期・同一応力場で形成された断層の中で、破碎幅・鉛直変位量が大きく連続性を有し、形成時期が相対的に新しく、地質構造を大きく規制するカテゴリーⅢの断層を対象として評価を行う。

「震源として考慮する活断層」の評価対象となる断層



断層名	走向	傾斜	最大破碎幅 (cm)	見かけ鉛直変位量 (m)	特徴・センス	
	主な走向 (計測値)	主な傾斜方向 (計測値)				
敷地西側の東傾斜の正断層	一切山東方断層(F-1断層)	NNE-SSW～NW-SE	E	150	200	シンセティック正断層
	f-a断層	NW-SE	E	30	40	シンセティック正断層
	W-1断層	NNE-SSW～NW-SE	E	45	45	シンセティック正断層
	W-2断層	NE-SW～NW-SE	E	—	40	シンセティック正断層
	W-3断層	NE-SW～NW-SE	E	30	40	シンセティック正断層
敷地中央～南部の地溝状をなす正断層	F-3断層	N-S～NE-SW	E	55	170以上	シンセティック正断層
	F-4断層	NE-SW	E	250	60	シンセティック正断層
	F-9断層(老部川右岸の断層)	N-S～NNE-SSW	W	210	180以上	アンティセティック正断層
敷地北東部の地溝状をなす正断層	F-8断層	N-S～NE-SW	E	75	200	シンセティック正断層
	F-10断層	NE-SW	W	35	110以上	アンティセティック正断層
	m-a断層	NNE-SSW	E	50	85	シンセティック正断層

6.2.2.2 評価対象となる断層

(参考)敷地～敷地近傍の地質構造の特徴と一切山東方断層①

敷地に認められる構造

敷地北東部の地溝状をなす正断層
【F-8断層, F-10断層, m-a断層】

敷地中央～南部の地溝状をなす正断層
【F-9断層, F-4断層, F-3断層】

敷地～敷地近傍に認められる大きな構造

地溝状をなす正断層

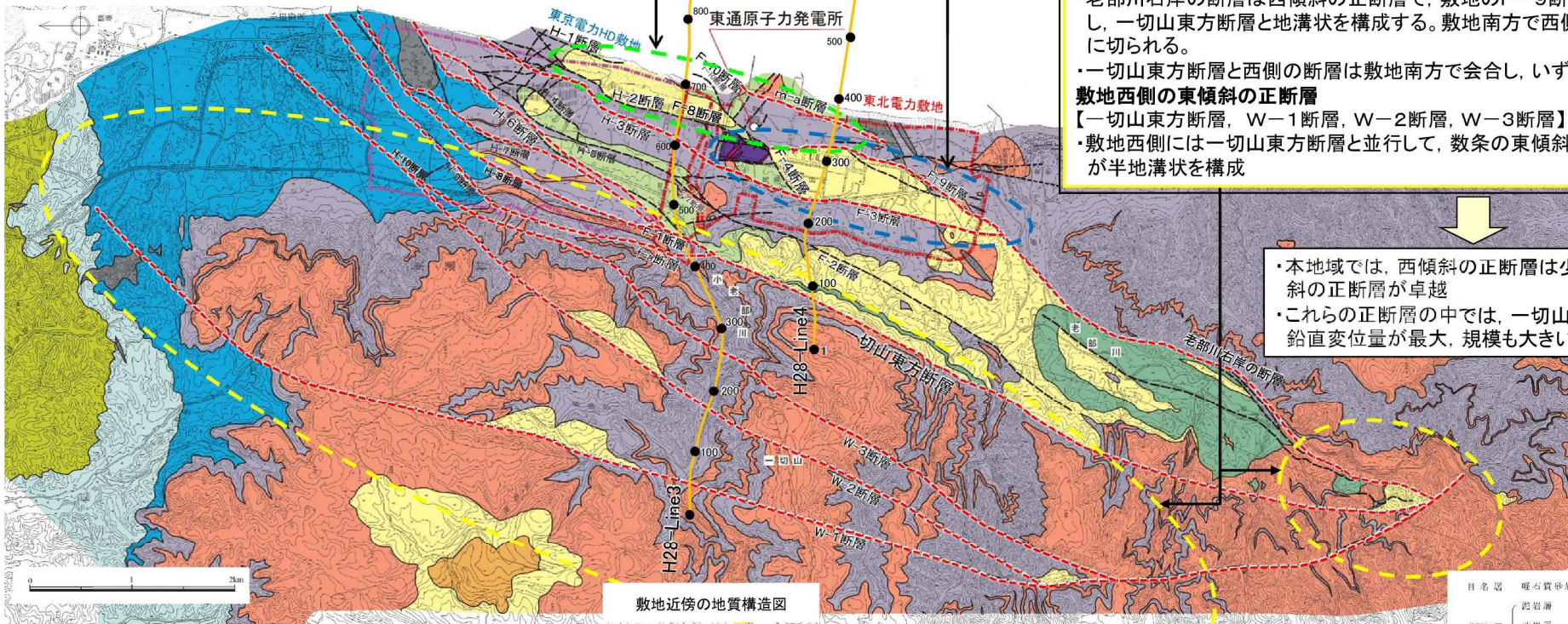
【一切山東方断層, 老部川右岸の断層】
・一切山東方断層には、敷地のF-1断層が連続し、f-a断層が会合
・老部川右岸の断層は西傾斜の正断層で、敷地のF-9断層に連続し、一切山東方断層と地溝状を構成する。敷地南方で西側の断層に切られる。

・一切山東方断層と西側の断層は敷地南方で会合し、いずれも消滅
敷地西側の東傾斜の正断層

【一切山東方断層, W-1断層, W-2断層, W-3断層】

・敷地西側には一切山東方断層と並行して、数条の東傾斜の正断層が半地溝状を構成

・本地域では、西傾斜の正断層は少なく、東傾斜の正断層が卓越
・これらの正断層の中では、一切山東方断層の鉛直変位量が最大、規模も大きい



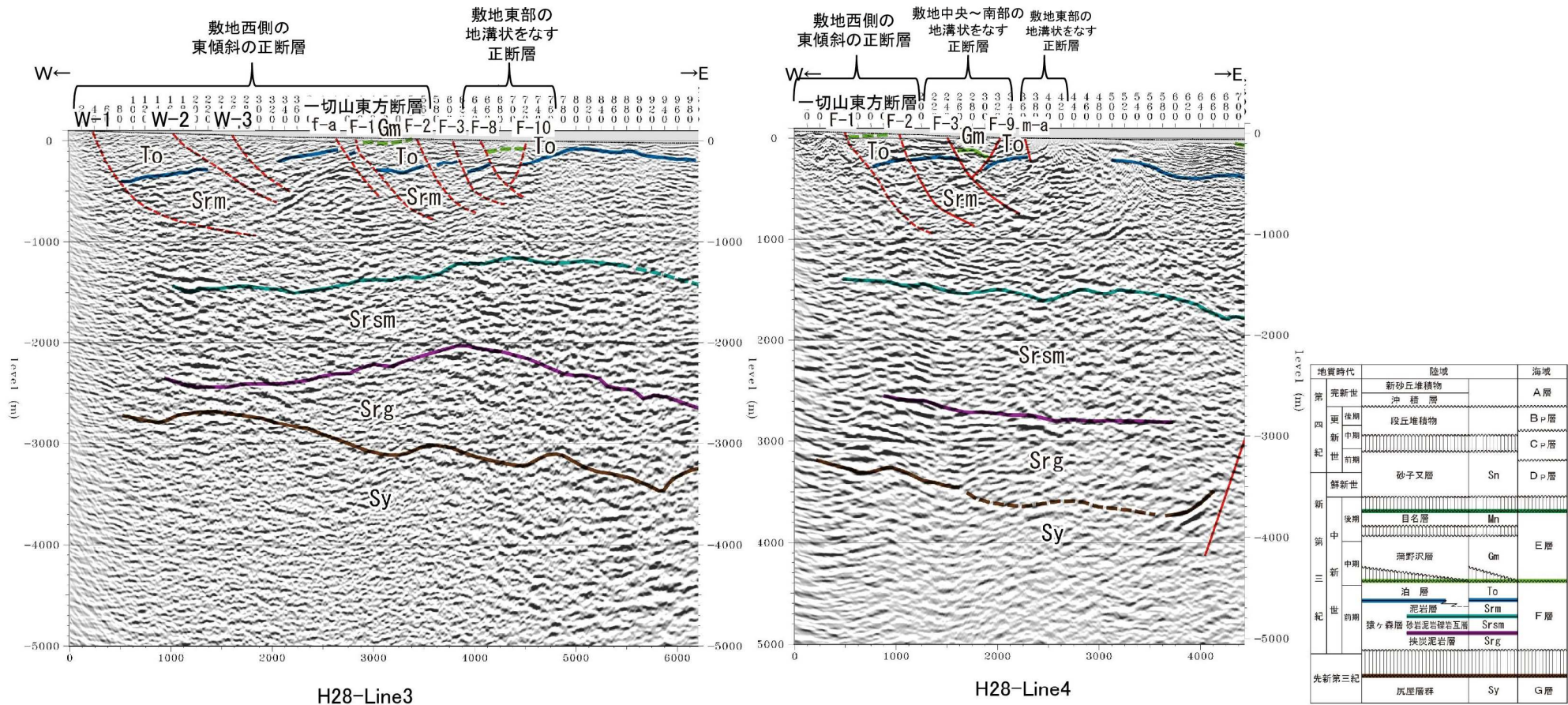
柱名層	礫石質砂岩層	■
浦野沢層	泥岩層	■
	砂岩層	■
泊層	砂質泥岩層・礫岩層	■
	安山岩質砂岩層	■
泊層下部 (H28L2014)	火山砕屑岩類	■
	安山岩質砂岩層	■
袋ヶ森層	泥岩・砂岩・礫岩等	■
	砂岩・礫岩	■
	泥岩	■
	頁岩	■
断層		—
層界面の走向・傾斜		—
断層面の走向・傾斜		—
露頭位置・番号		—
敷地境界(東北電力)		—
敷地境界(東京電力)		—

➢ 地質図、地質断面図に加えて、反射法地震探査結果を概観(次頁)すると、敷地～敷地近傍の断層は、シンセティック正断層を主体とし、深部で低角化し、消滅する傾向にあり、正断層の引張応力場における地質構造と同様の特徴を有する。

➢ 敷地～敷地近傍では、NE～SW方向の東傾斜の正断層が支配的な構造で、これらの正断層の中では、破碎幅、鉛直変位量とも一切山東方断層が最大である。
✓ カテゴリーⅢの断層の中でも、最大破碎幅が数10cmの断層に比べて1m以上の断層や、鉛直変位量が数10mの断層に比べて100mを超える断層は、オーダー的により規模の大きな断層であり、両条件を満たす一切山東方断層(F-1断層)及び老部川右岸の断層(F-9断層)は、他の断層に比べて規模の大きな断層である。
✓ 敷地～敷地近傍において、大きな地溝状を呈し蒲野沢層の分布を大きく規制する断層は、一切山東方断層と老部川右岸の断層である。
✓ 一方、アンティセティック正断層と考えられる老部川右岸の断層(F-9断層)に対して、シンセティック正断層の一切山東方断層(F-1断層)が主要な断層と考えられる。
➢ 一切山東方断層は[新編]日本の活断層(1991)に記載され、一切山東方断層の一部に対応した位置にL₀リアメントが判読される。
⇒ 敷地～敷地近傍の地質構造の特徴として、上記のカテゴリーⅢの断層の中において、一切山東方断層は代表的な断層である。

(参考)敷地～敷地近傍の地質構造の特徴と一切山東方断層②

敷地～敷地近傍の地質構造の特徴として、ほとんどの断層が東傾斜のシンセティック正断層であり、一部にアンティセティック正断層も認められる。この地質構造の特徴は平(2004)に示されている地質構造モデルとも整合している。



③津軽海峡西側海域・陸域の層序

1. 敷地周辺海域の地質層序

1. 敷地周辺海域の地質層序

地質・地質層序・地質構造(津軽海峡西側海域の層序)

- 津軽海峡西側海域の層序は、事業者敷地周辺海域の調査範囲とは連続しないことから、独立して扱う。
- 津軽海峡西側海域の地層は、敷地周辺海域の津軽海峡(東側)・陸奥湾の層序と概ね同様に、反射パターン、不整合関係等から層序区分される。
 - ✓ 上位よりAw層, Bw層, Cw層, Dw層, Ew層に区分される。
 - ✓ Bw層は、反射パターン及び軽微な不整合から、上位よりBw₁部層, Bw₂部層及びBw₃部層に細分される。
- 津軽海峡西側海域の層序と年代観について考察するため、沿岸陸域の地層との連続性等を確認した。



地質時代		津軽海峡西部 平館海峡		大間前面 海域沿岸	函館南方海域 沿岸陸域	平館海峡 沿岸陸域
第四紀	更新世	完新世		Aw層		
		後期	Bw層	Bw ₁ 層		
		中期		Bw ₂ 層		
	前期	Cw層				
新第三紀	鮮新世		Dw層	大畑層	富川層	蟹田層
	中新世		Ew層	易国間層 大間層	茂辺地川層	
先新第三紀						塩越層 今別安山岩類 小泊層 長根層

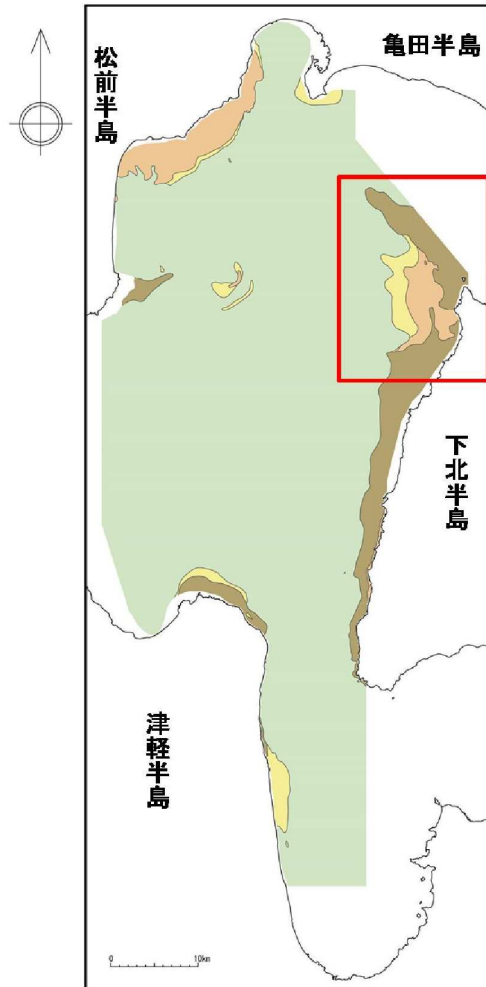
- 凡例
- Bw層
 - Cw層
 - Dw層
 - Ew層

※ Aw層(完新統)を除いた地質図

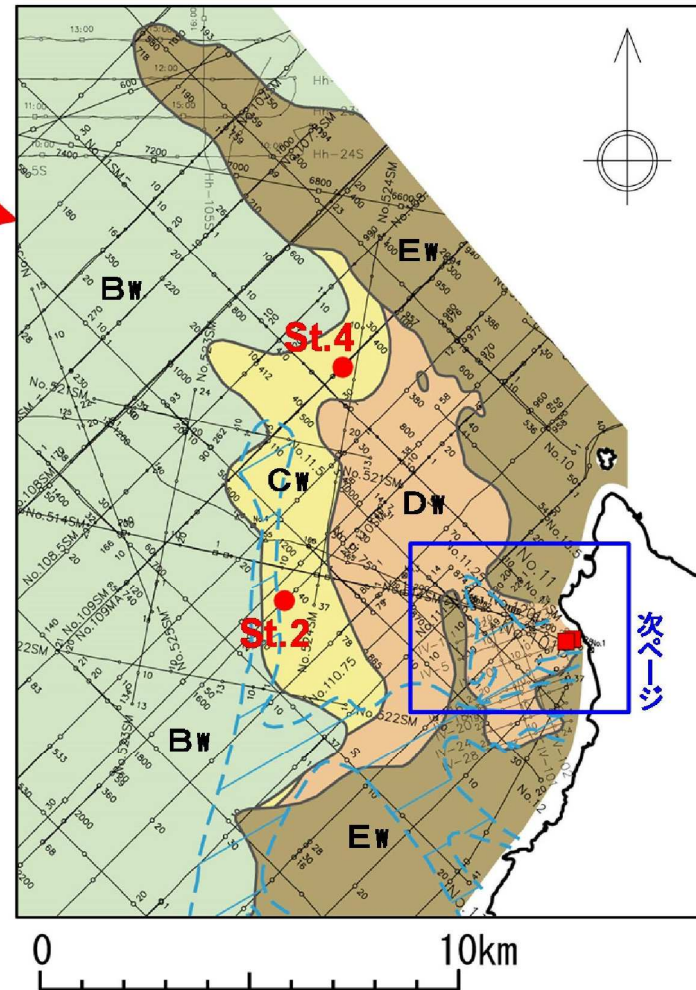
1. 敷地周辺海域の地質層序

地質・地質層序・地質構造(津軽海峡西側海域の堆積層の年代:大間前面海域①)

- C_w層分布域において、電源開発株により柱状採泥(St.2, St.4)が実施されている。
- ✓ St.2では、CN13b~14に属する石灰質ナノ化石及びNPD9~10に属する珪藻化石が確認されている。
- ✓ St.4では、CN13b~14に属する石灰質ナノ化石及びメタセコイア属の花粉化石が確認されている。
- 以上のことから、両地点で採取された地層の堆積年代は前期更新世と判断される。



凡例
 ■ B_w層
 ■ C_w層
 ■ D_w層
 ■ E_w層
 ※ A_w層(完新統を除いた地質図)



地質時代		津軽海峡西部 平館海峡	
第四紀	更新世	後期	A _w 層
		中期	B _w 層
			B _w 1層 B _w 2層 B _w 3層
	前期	C _w 層	
新第三紀	鮮新世	D _w 層	
	中新世	E _w 層	
先新第三紀			

凡例

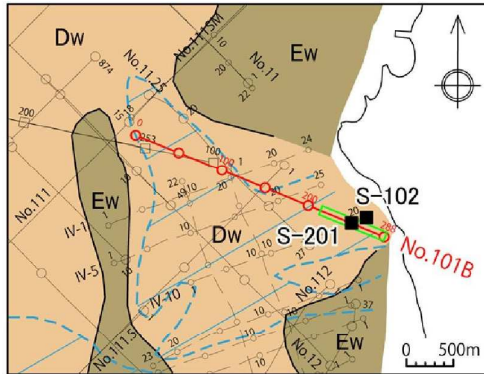
	A _w 層
	B _w 層
	C _w 層
	D _w 層
	E _w 層

- 採泥点
- 海上ボーリング地点

1. 敷地周辺海域の地質層序

地質・地質層序・地質構造(津軽海峡西側海域の堆積層の年代:大間前面海域②)

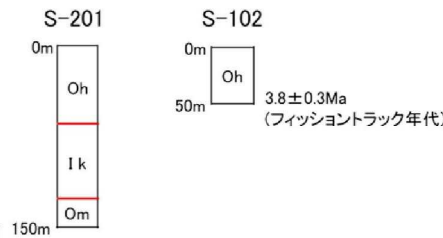
- 大間沖において、電源開発(株)により海上ボーリング(S-201、S-102)が実施されており、中部～上部中新統の大間層・易国間層、鮮新統～下部更新統の大畑層が確認されている。
- 音波探査記録とボーリングデータとを比較・検討した結果、E_w層は易国間層及び大間層に、D_w層は大畑層に対比される。



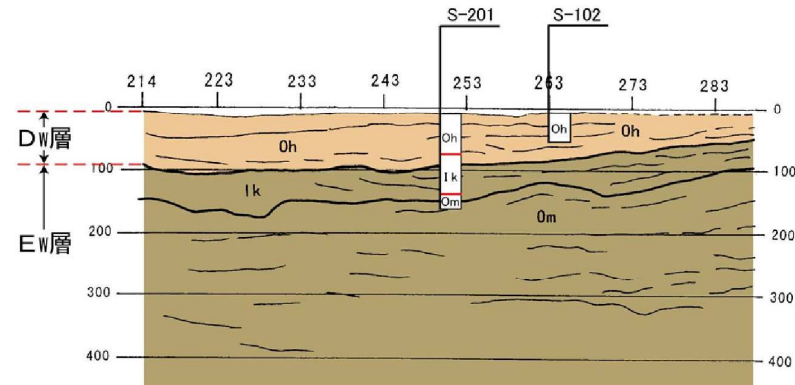
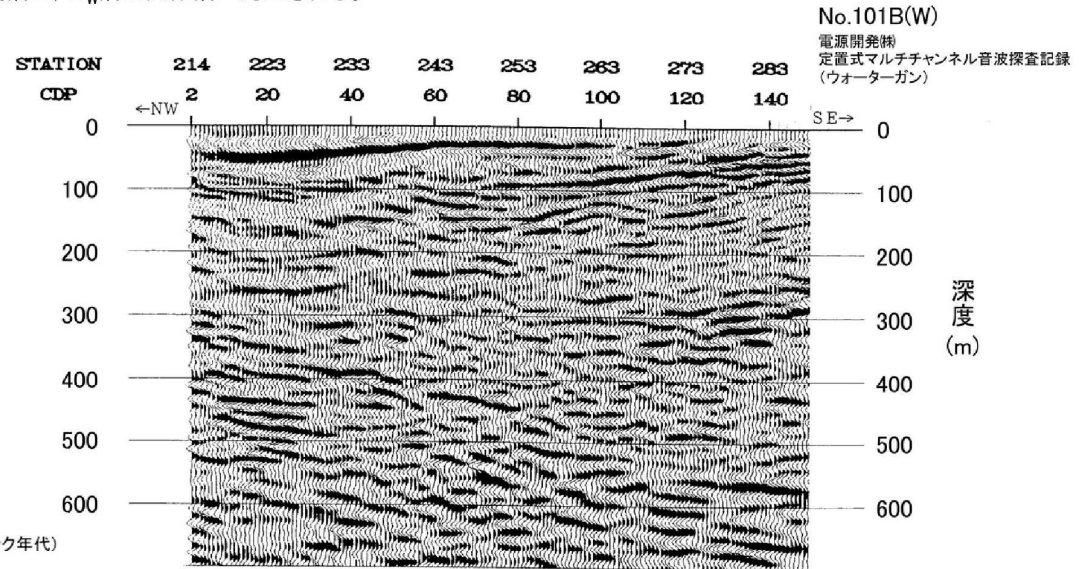
- 凡例
- Aw層
 - D_w層
 - E_w層
 - 海上ボーリング地点
 - 定置式マルチチャンネル音波探査測線
 - 音波探査記録の表示範囲

地質時代		津軽海峡西部 平館海峡	大間前面 海域沿岸
第四紀	完新世	Aw層	
	更新世	後期	B _w 層
		中期	B _w 1層
		前期	B _w 2層 B _w 3層
新第三紀	鮮新世	D _w 層	大畑層
	中新世	E _w 層	易国間層 大間層
先新第三紀			

ボーリング調査結果



- Oh : 大畑層 鮮新世～前期更新世
- Ik : 易国間層 中期～後期中新世
- Om : 大間層



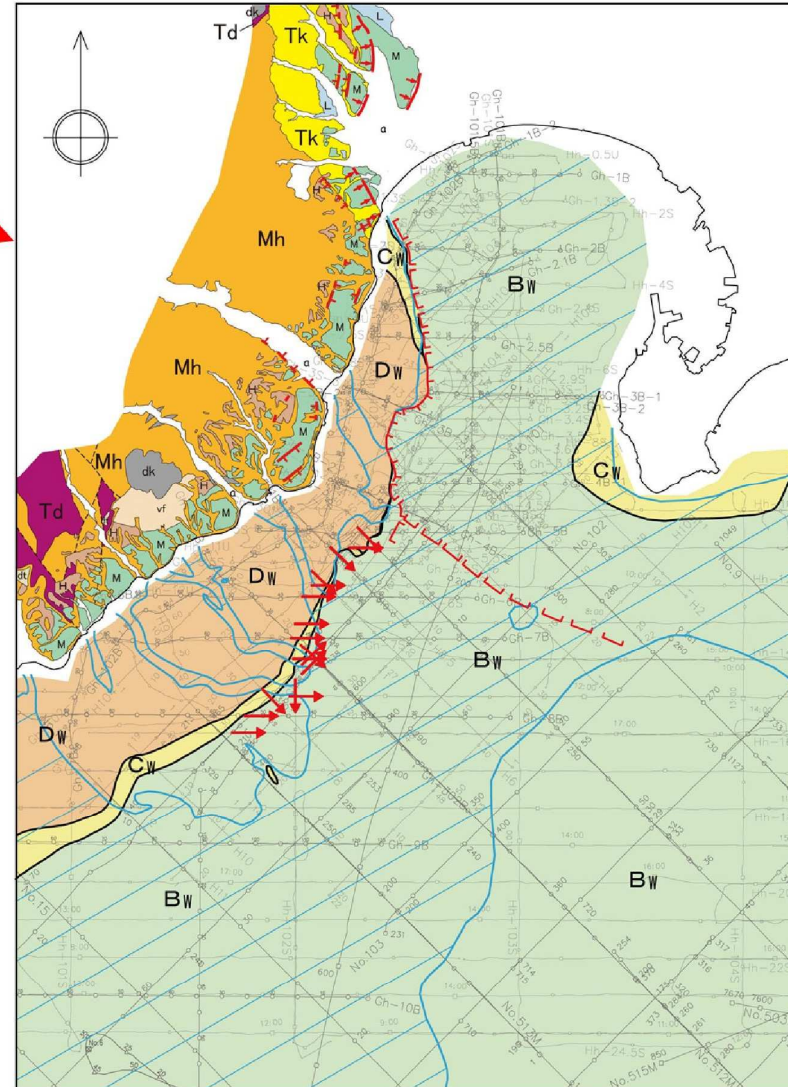
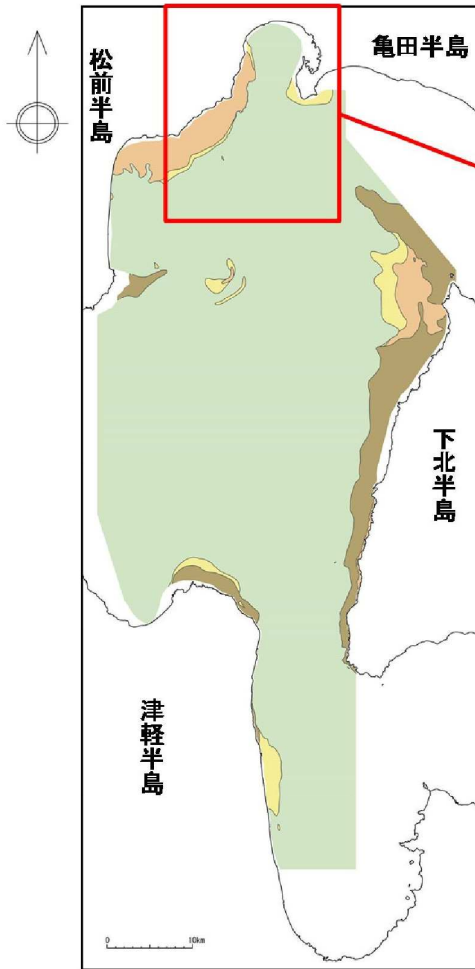
※この図面は、電源開発(株)が実施した海上音波探査の記録を当社が独自に解析・作成したものである。

1. 敷地周辺海域の地質層序

地質・地質層序・地質構造(津軽海峡西側海域の堆積層の年代:函館南方海域)

- 函館平野西縁断層帯付近において、陸域の地層との連続性を検討した。
- DW層は鮮新統の茂辺地川層に、CW層は下部更新統の富川層に対比される。

地質時代		津軽海峡西部 平館海峡	函館南方海域 沿岸陸域	
第四紀	更新世	完新世	Aw層	
		後期	Bw層	Bw1層
			Bw層	Bw2層
	中期	Bw層	Bw3層	
前期	Cw層	富川層		
新第三紀	鮮新世	Dw層	茂辺地川層	
	中新世	Ew層		
先新第三紀				

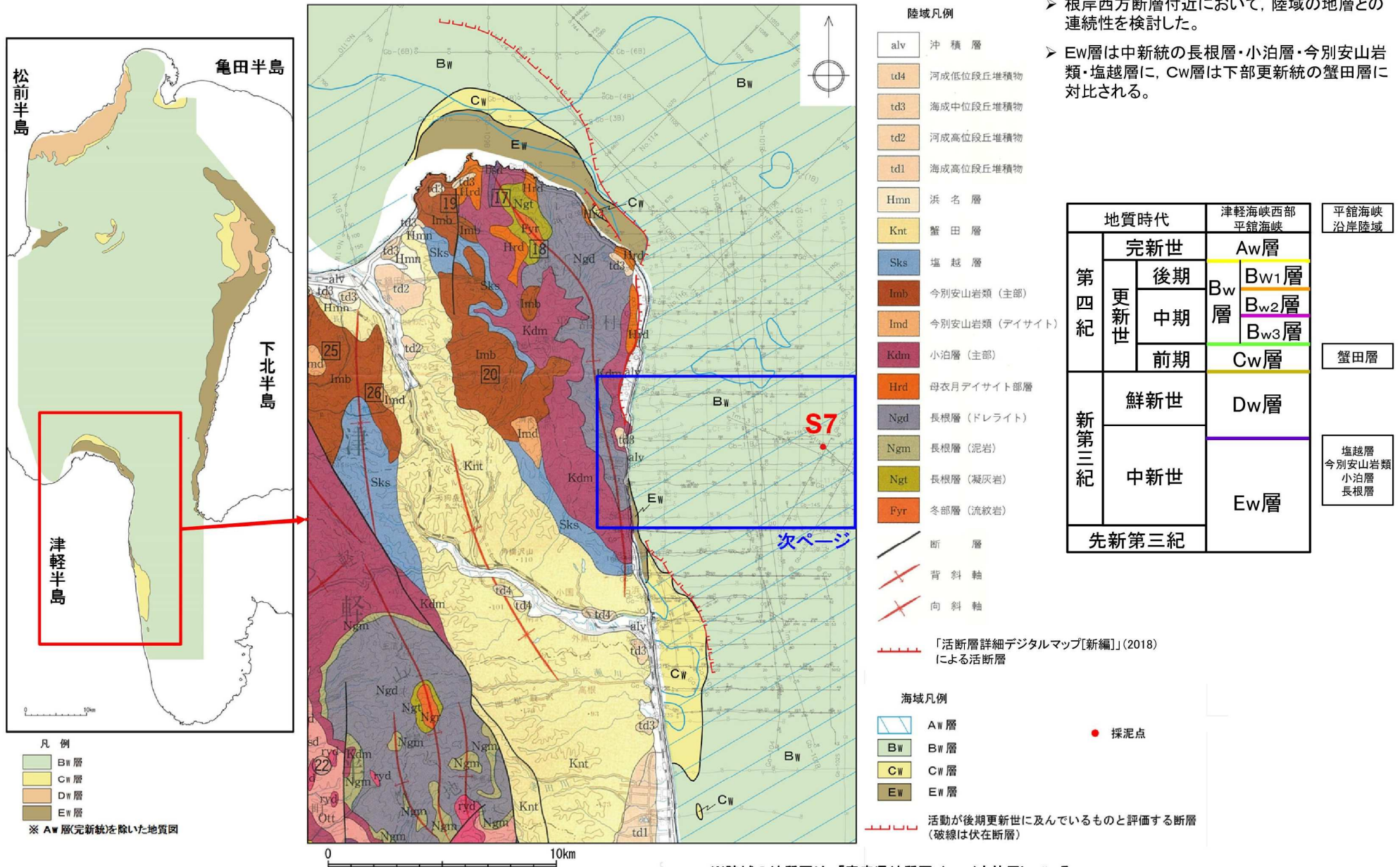


凡例
 Bw層
 Cw層
 Dw層
 Ew層
 ※ Aw層(完新統)を除いた地質図

- 陸域凡例
- a 沖積層
 - dt 崖錐堆積物
 - vf 火山麓扇状地堆積物
 - L 低位段丘堆積物
 - M 中位段丘堆積物
 - H 高位段丘堆積物
 - Tk 富川層(下部更新統)
 - Mh 茂辺地川層(鮮新統)
 - Td 戸田川層(中新統)
 - dk 貫入岩
- 断層地形の可能性がある地形
 撓曲
- 海域凡例
- Aw層
 - Bw層
 - Cw層
 - Dw層
- 活動が後期更新世に及んでいるものと評価する断層(破線は伏在断層)
 活動が後期更新世に及んでいるものと評価する撓曲

1. 敷地周辺海域の地質層序

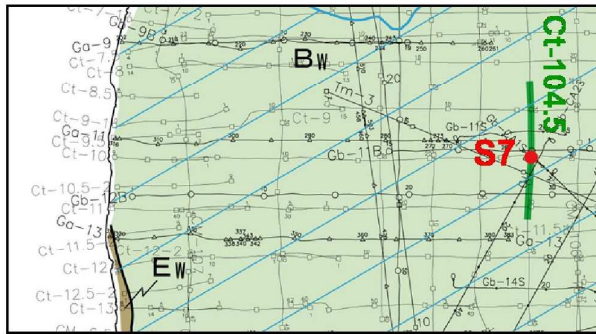
地質・地質層序・地質構造(津軽海峡西側海域の堆積層の年代:平館海峡①)



※陸域の地質図は、「青森県地質図」(1998)を使用している。

1. 敷地周辺海域の地質層序

地質・地質層序・地質構造(津軽海峡西側海域の堆積層の年代:平館海峡②)

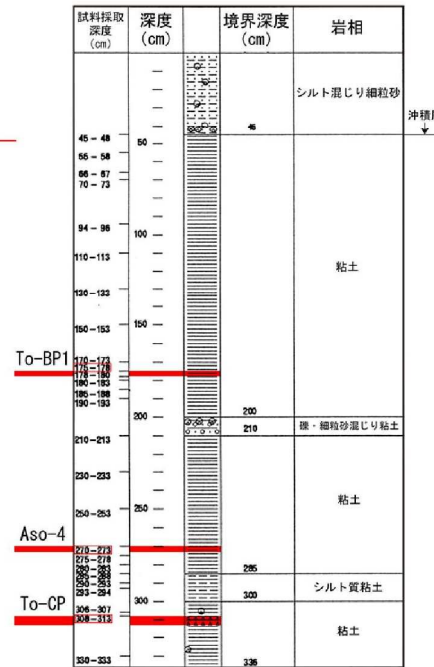


- 凡例
- AW層
 - BW層
 - EW層
 - 採泥点
 - 音波探査記録の表示範囲

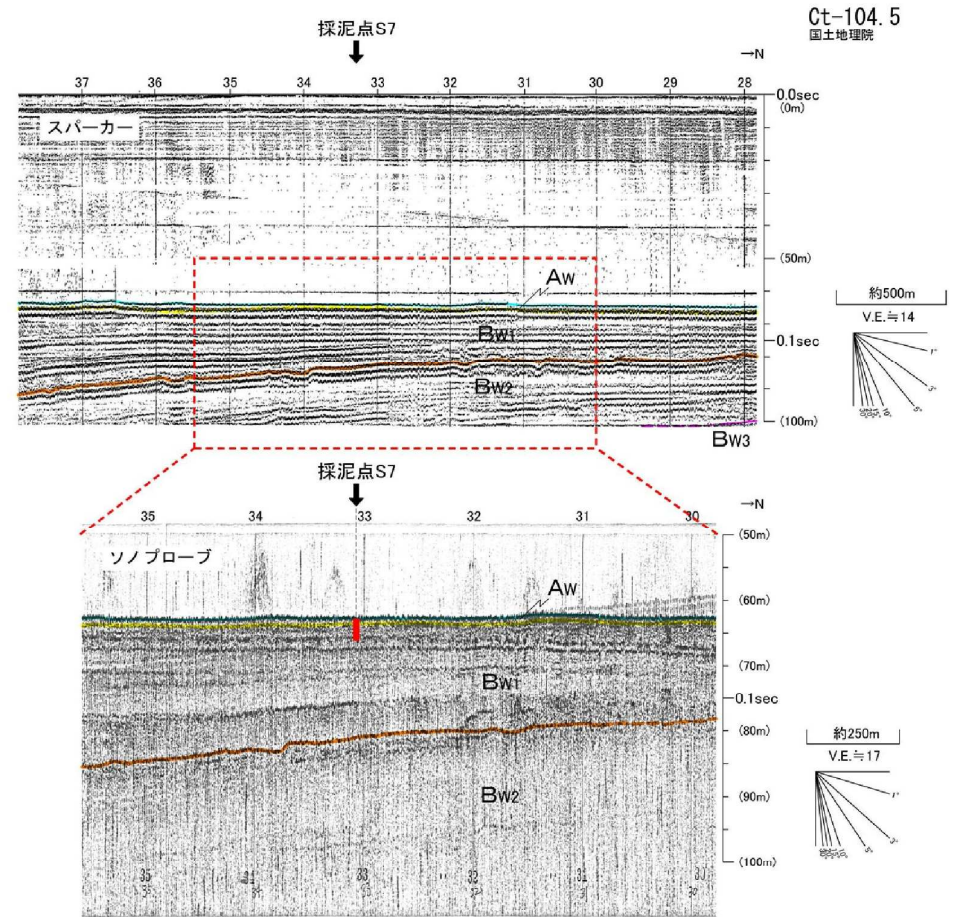
地質時代		津軽海峡西部 平館海峡	
第四紀	完新世	Aw層	
	更新世	後期	Bw層 Bw1層
		中期	Bw2層
		前期	Bw3層
	Cw層		
新第三紀	鮮新世	Dw層	
	中新世	Ew層	
先新第三紀			

- 平館海峡において、電源開発(株)により柱状採泥(S7)が実施されている。
- B_{w1}層の上部に十和田カステラ火山灰層(To-CP)が確認されている。To-CPの噴出時期は、Toya(115~112ka)とAso-4(90~85ka)との間である。
- B_{w1}層の堆積年代は、To-CPとB_{w1}層基底面との間の層厚を考慮すると、少なくとも最終間氷期を含んでいるものと考えられる。

S7柱状図



電源開発(株)実施によるボーリング調査結果



※この図面は、国土地理院が実施した海上音波探査の記録を当社が独自に解析・作成したものである。

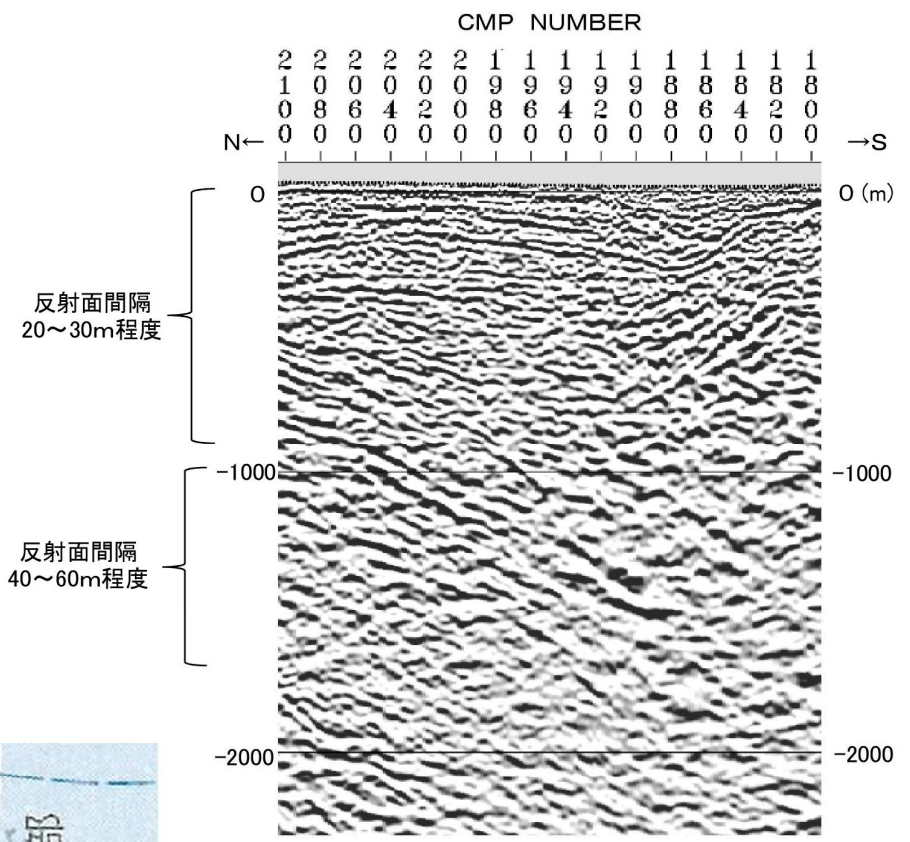
④反射法地震探査結果の分解能に関する検討

●. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討

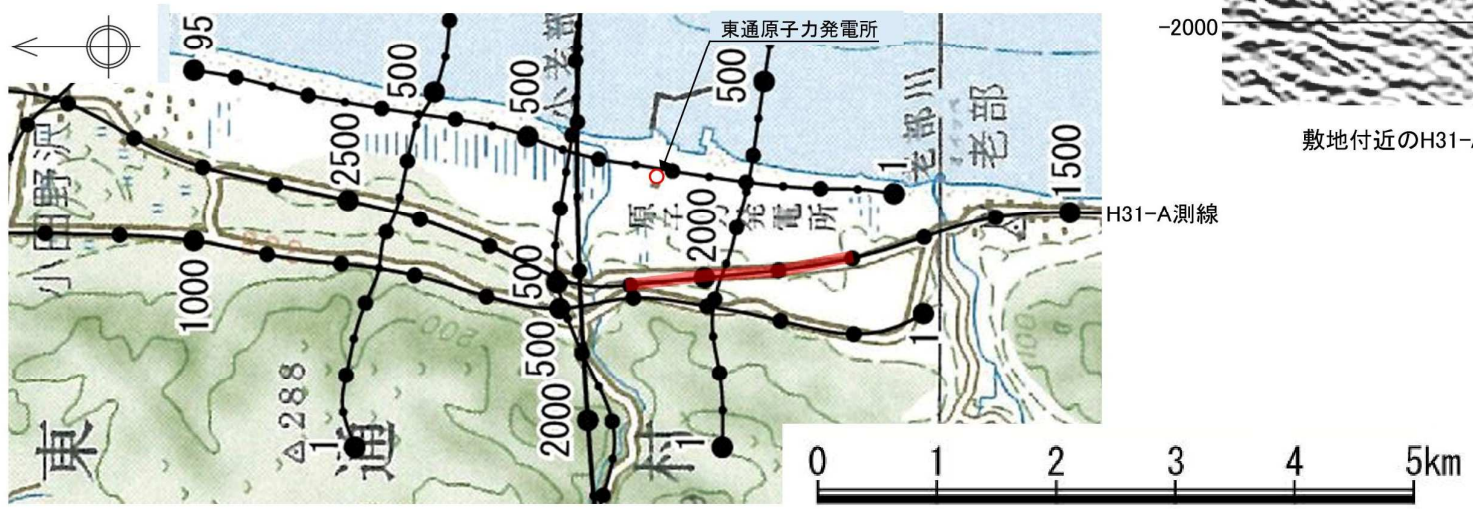
●. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討

反射法地震探査結果(深度断面)における反射面間隔の検討

- 敷地付近のH31-A測線の反射法地震探査結果について、記録上で実際に見えている反射面間隔について考察した。
 - ✓ 敷地付近の浅部(深度1,000m以浅)において、明瞭で比較的規則的な反射面は、概ね20~30m程度の間隔となっている。
 - ✓ 敷地付近の深部(深度1,000~2,000m以深)において、明瞭で比較的規則的な反射面は、概ね40~60m程度の間隔となっている。
- ⇒ H31-A測線の反射法地震探査結果は、敷地付近においては、浅部で概ね20~30m程度、深部で概ね40~60m程度の分解能を有していると考えられる。



敷地付近のH31-A測線深度断面図



●. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討 (参考)レイリー基準に基づく検討①(レイリー基準について)

➤ 物理探査学会(2016)によれば、反射法地震探査における分解能(resolution)とは、一般には地震反射波を用いたときに地中の二つの異なる物性が独立の反射面として分離できる限界を言い、レイリー基準と呼ばれる1/4波長が垂直分解能[※]の定義として広く用いられている。(Reyleighの1/4波長則)

※ 以下、本検討では特別に断りが無い限り、垂直分解能を分解能という。

$$\Delta d_{TUNING} = \frac{\lambda_{PRED}}{4} = \frac{V_{int}}{4 \cdot f_{PRED}} \quad (\Delta d_{TUNING} : \text{分解可能な層厚} \quad \lambda_{PRED} : \text{卓越波長} \quad V_{int} : \text{区間速度} \quad f_{PRED} : \text{卓越周波数})$$

⇒ その位置における区間速度と卓越周波数からレイリー基準を求めることができる。

- H31-A測線の反射法地震探査はバイブレーター振源を用いており、周波数帯域を12~100Hzで制御したスイープ波にて発振していることから、観測波で得られる反射波形もこのスイープ波の影響を受けたものになっていると考えられる。
- 右図によれば、区間速度が分かれば、各々の反射面の周波数帯域に対応した分解能となることが予想される。
- ✓ 区間速度は、敷地付近の浅部では比較的低速度(例えば2,000~4,000m/sec)となることが期待され、深部では高速度(例えば4,000~5,000m/sec)となることが期待される。
- ✓ 発振源12~100Hzのスイープ波から、浅部では比較的高周波数帯域の反射波となることが期待され、深部では比較的低周波数帯域の反射波となることが期待される。
- 参考として、次頁以降にH31-A測線について求めたレイリー基準を示す。

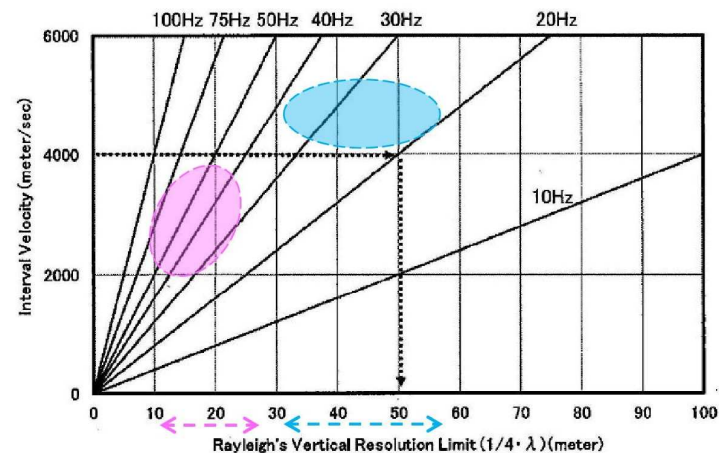
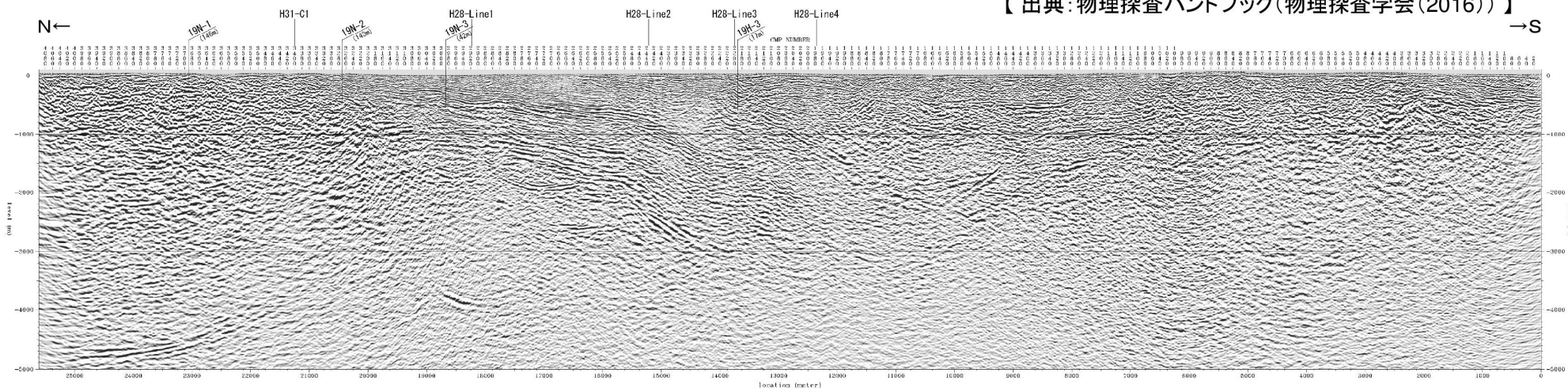


図 1.32 区間速度と卓越周波数に対応した垂直分解能 (Rayleigh 基準) の求め方

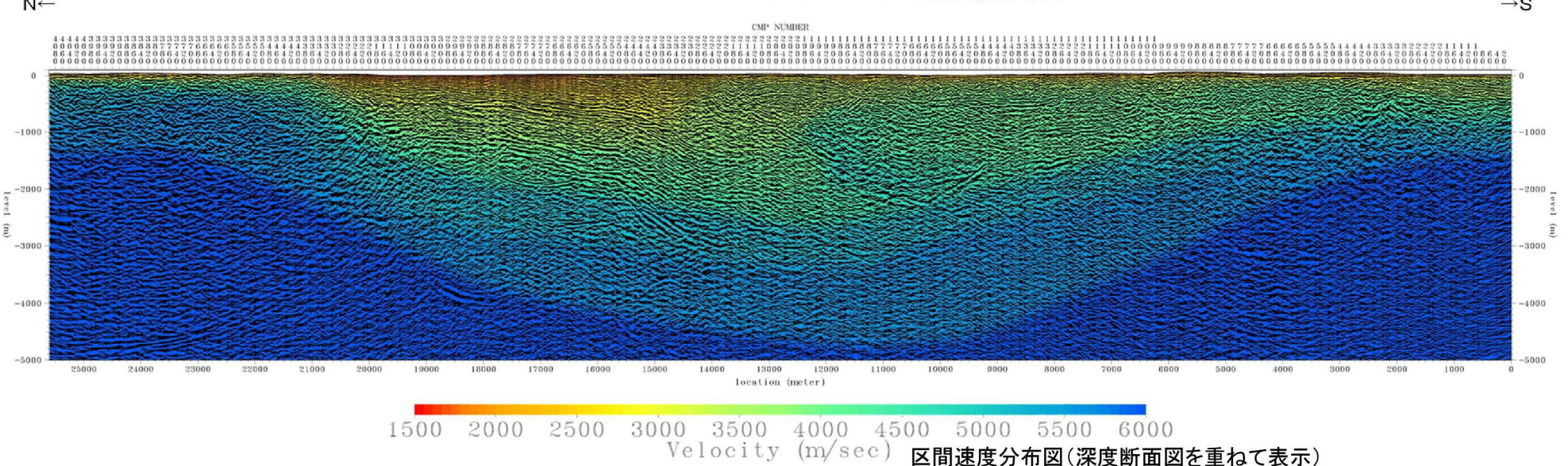
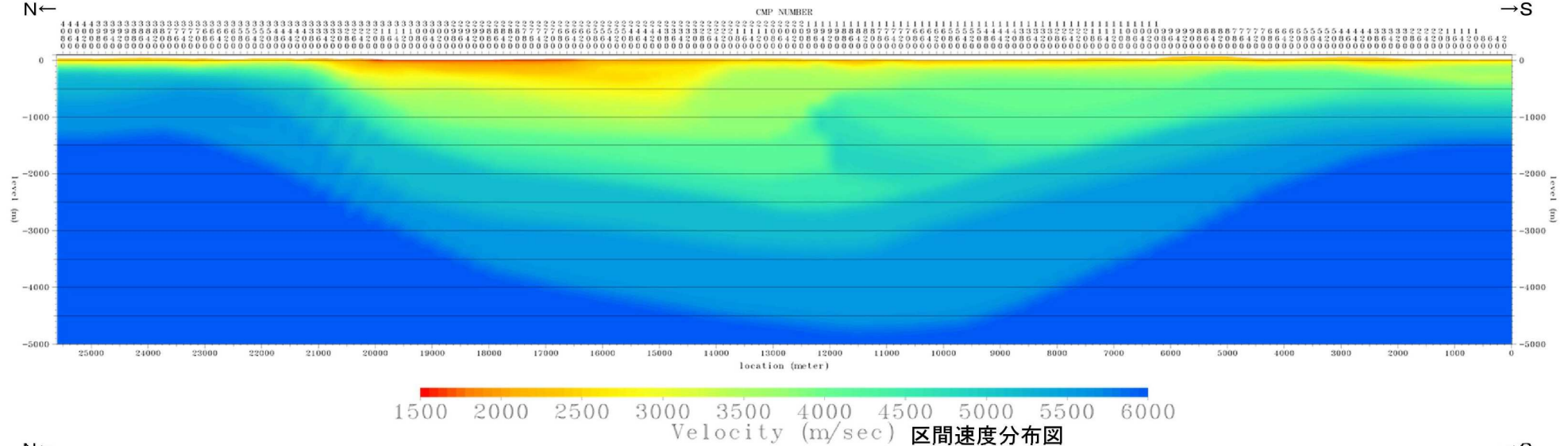
【 出典: 物理探査ハンドブック(物理探査学会(2016)) 】



深度断面図

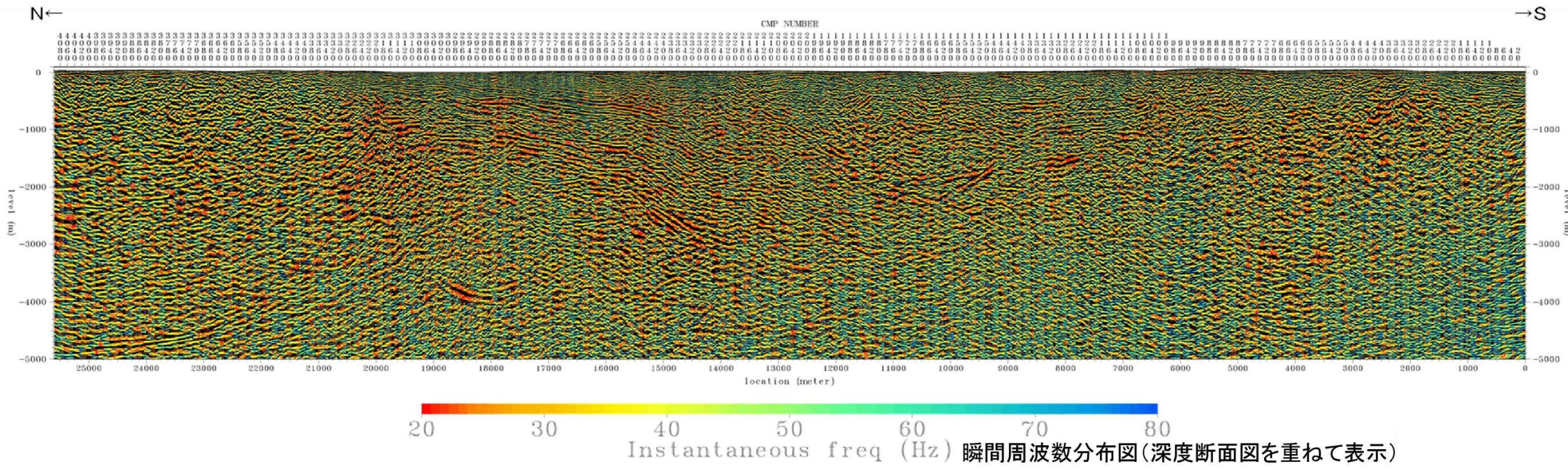
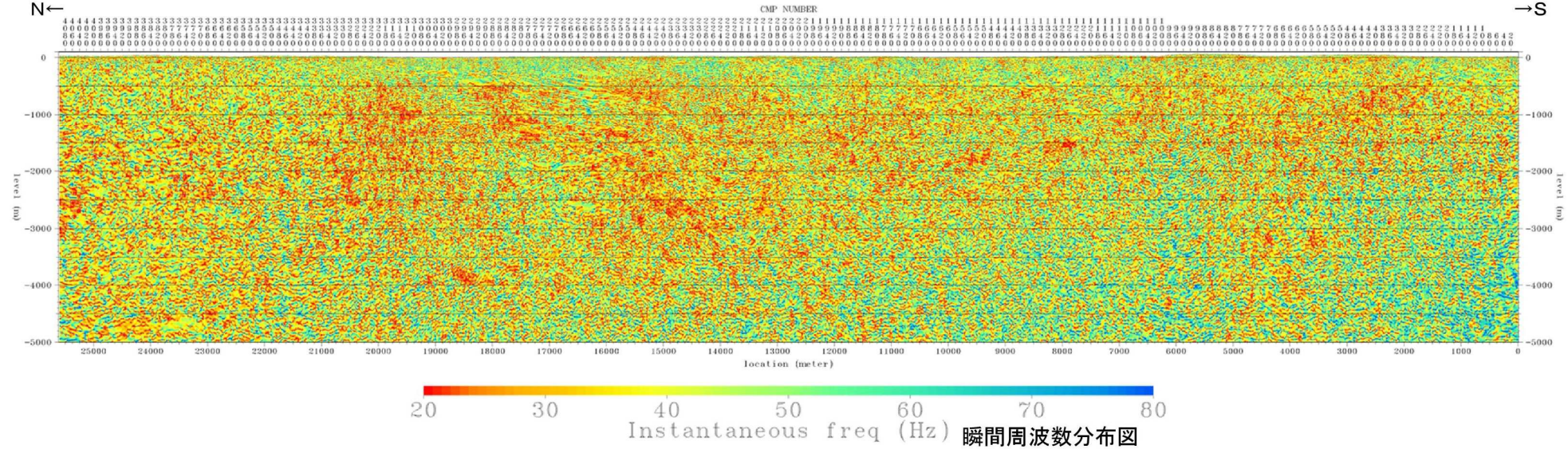
●. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討 (参考)レイリー基準に基づく検討(区間速度)

- レイリー基準の算出に必要な区間速度 (V_{INT}) を示す。全体として1,500~6,000 m/secとなっている。
 - ・測線中央部やや北寄りの深度500m以浅 : 概ね1,500~3,000 m/sec程度
 - ・測線中央部やや南寄りの深度1,000m以浅 : 概ね3,000~4,000 m/sec程度
 - ・測線の北部及び南部、並びに測線中央部の深度1,000m以深 : 概ね4,000~6,000 m/sec程度



● 反射法地震探査結果の分解能に関する検討 (参考)レイリー基準に基づく検討(卓越周波数)

- レイリー基準の算出に必要となる卓越周波数 (f_{PRED}) (ここでは瞬間周波数)を示す。全体として20~60Hzとなっている。
 - ・測線中央部の深度500m以浅 : 概ね50~60Hz程度
 - ・測線中央部の深度500m以深, 並びに北部及び南部 : 概ね20~40Hz程度



●. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討 (参考)レイリー基準に基づく検討(レイリー基準による検討結果)

➤ H31-A測線に関して、区間速度分布(前々頁)及び瞬間周波数分布(前頁)より求めたレイリー基準の分布を参考に示す。

- ・測線中央部やや北寄りの深度500m以浅 : 概ね10m程度
 - ・測線中央部やや南寄りの深度1,000m以浅 : 概ね10~30m程度
 - ・測線の北部及び南部、並びに測線中央部の深部(深度1,000~2,000m以深) : 概ね50~60m程度
- 敷地付近の反射面間隔に基づく分解能の検討と概ね整合的なものとなっている。

