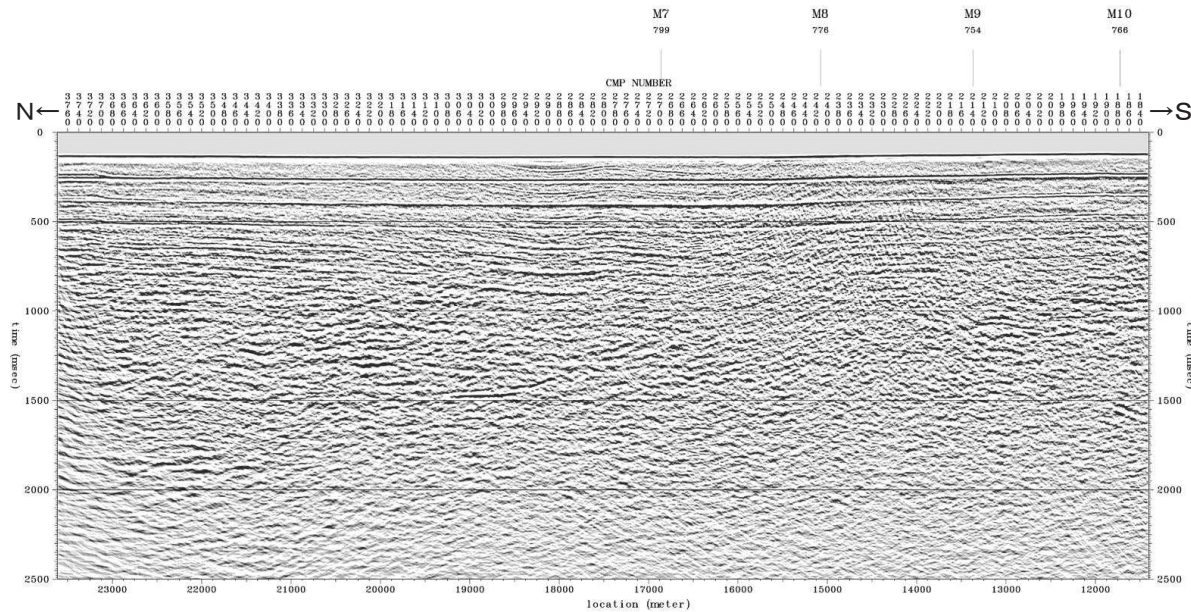


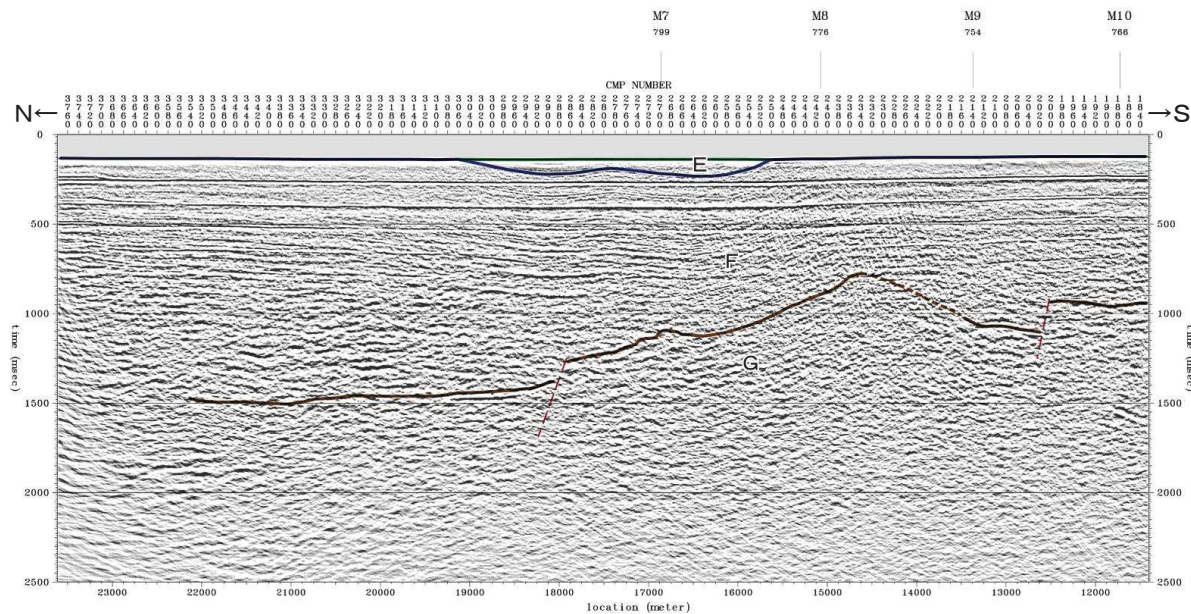
14. H28海上音波探査の解析結果

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M5(北部))



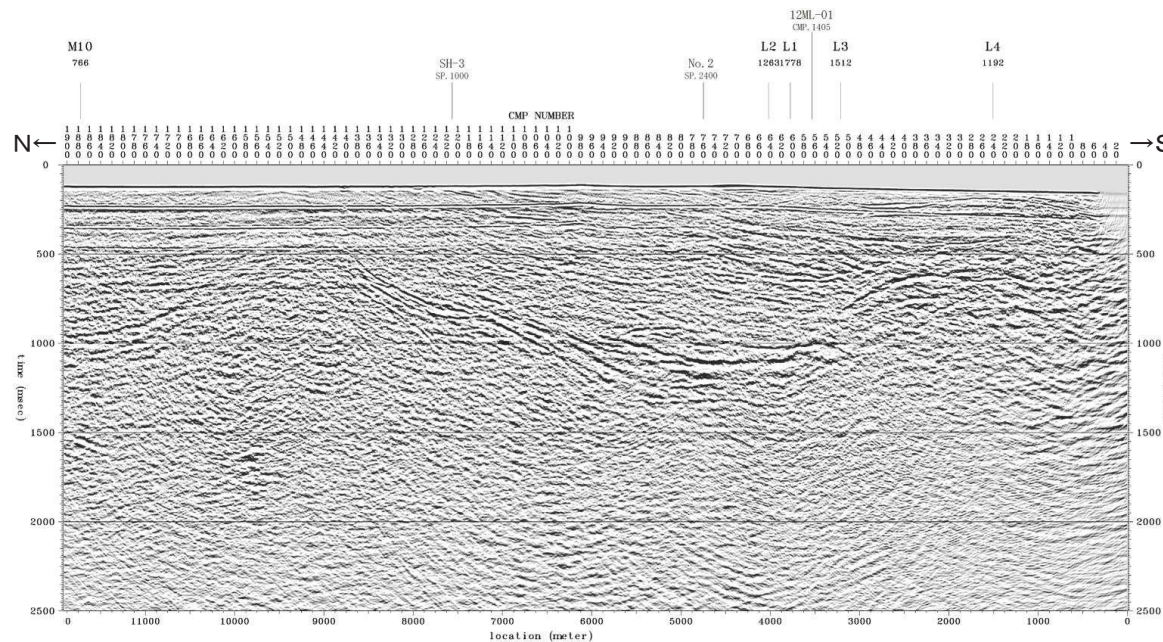
マイグレーション 時間断面

地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期		D層
第三紀	鮮新世	砂子又層	Sn
	中新世 後期	目名層	Mn
		浦野沢層	Gm
	中新世 中期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥礫岩互層	Srsm
	中新世 前期	狭炭泥岩層	Srg
先新第三紀		尻屋層群	Sy
			G層



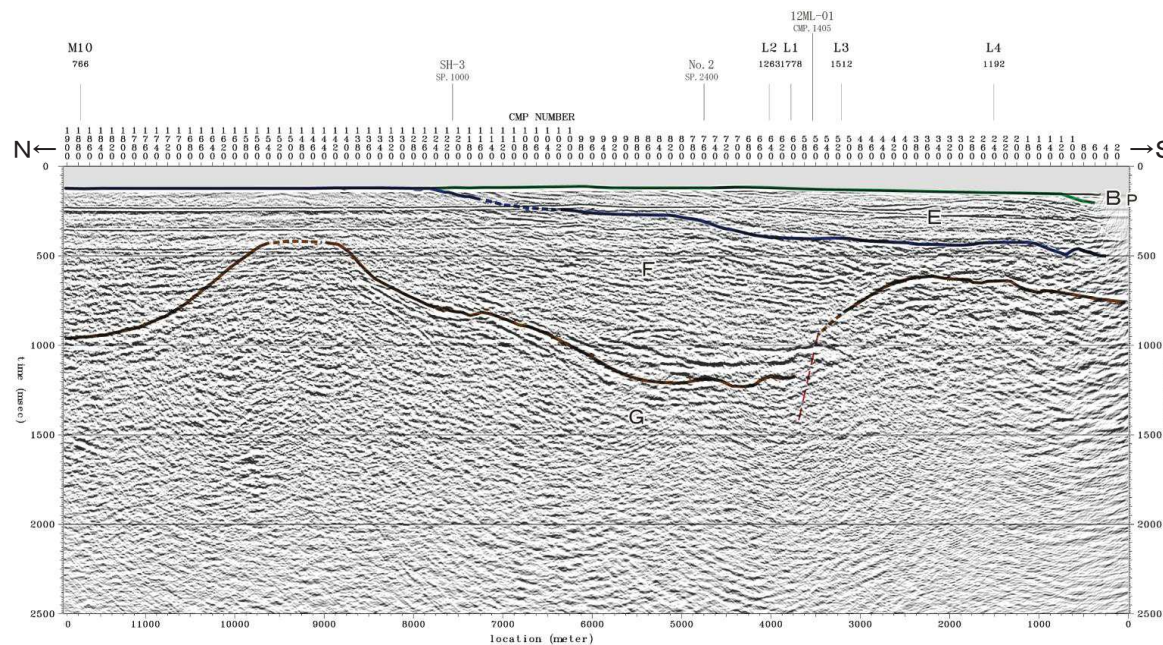
マイグレーション 時間断面

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M5(南部))



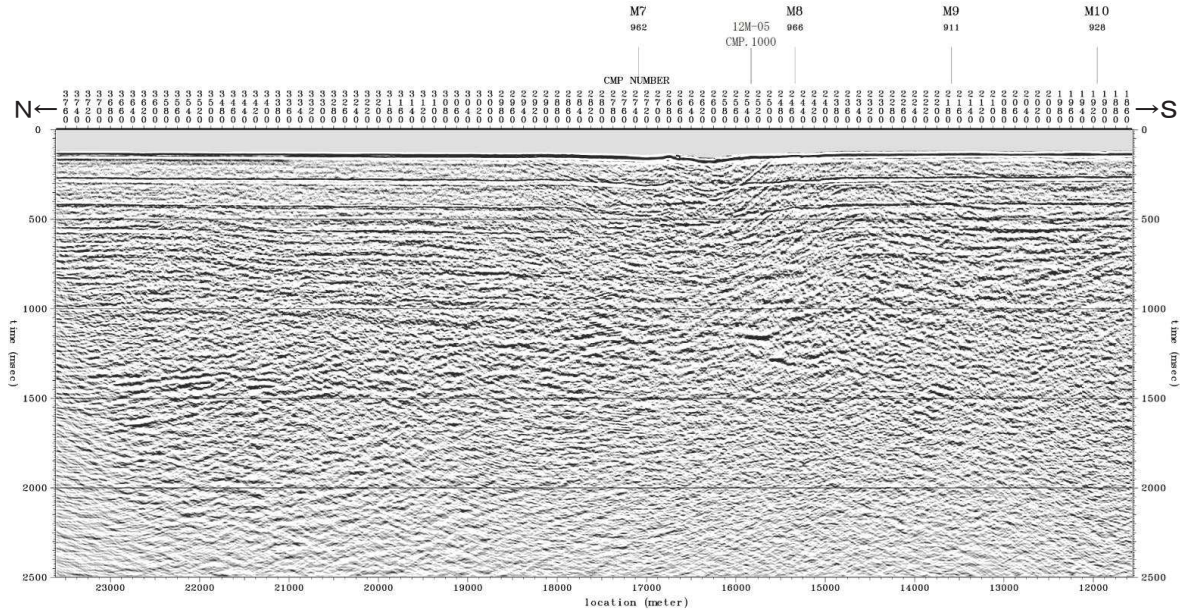
マイグレーション時間断面

地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	後期	段丘堆積物	B層
	中期		C層
	前期		D層
第三紀	鮮新世	砂子又層	Sn
	中期	目名層	Mn
		蒲野沢層	Gm
		泊層	To
	前期	泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層 挟炭泥岩層	Srsm Srg
	先新第三紀	尻屋層群	Sy
		G層	



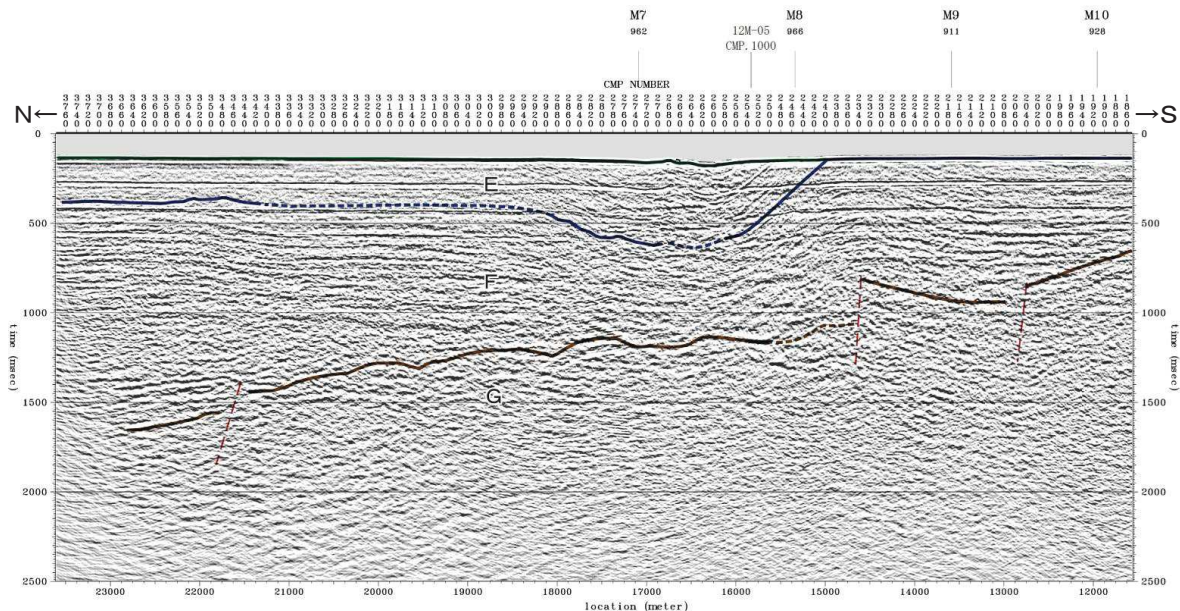
マイグレーション時間断面

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M6(北部))



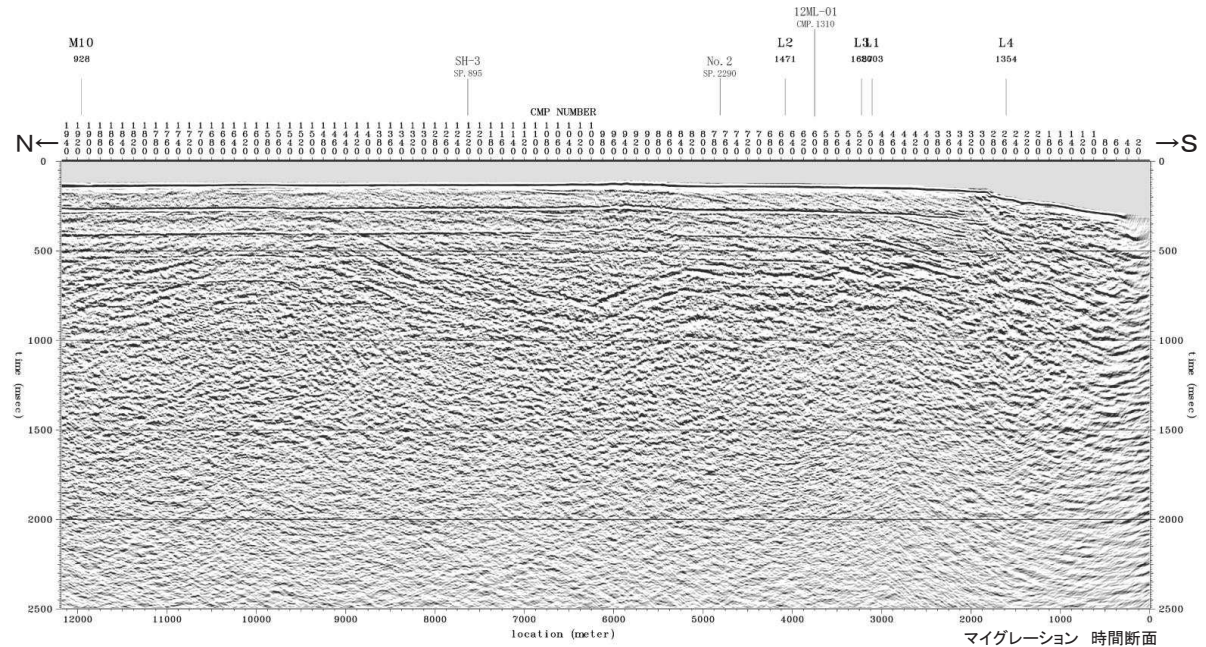
マイグレーション時間断面

地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期	砂子又層	D層
第三紀	鮮新世		D層
	中新世 後期	目名層	Mn
		蒲野沢層	Gm
	中新世 中期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層	Srsm
中新世 前期	挟炭泥岩層	Srg	
	夙屋層群	Sy	
先第三紀		G層	

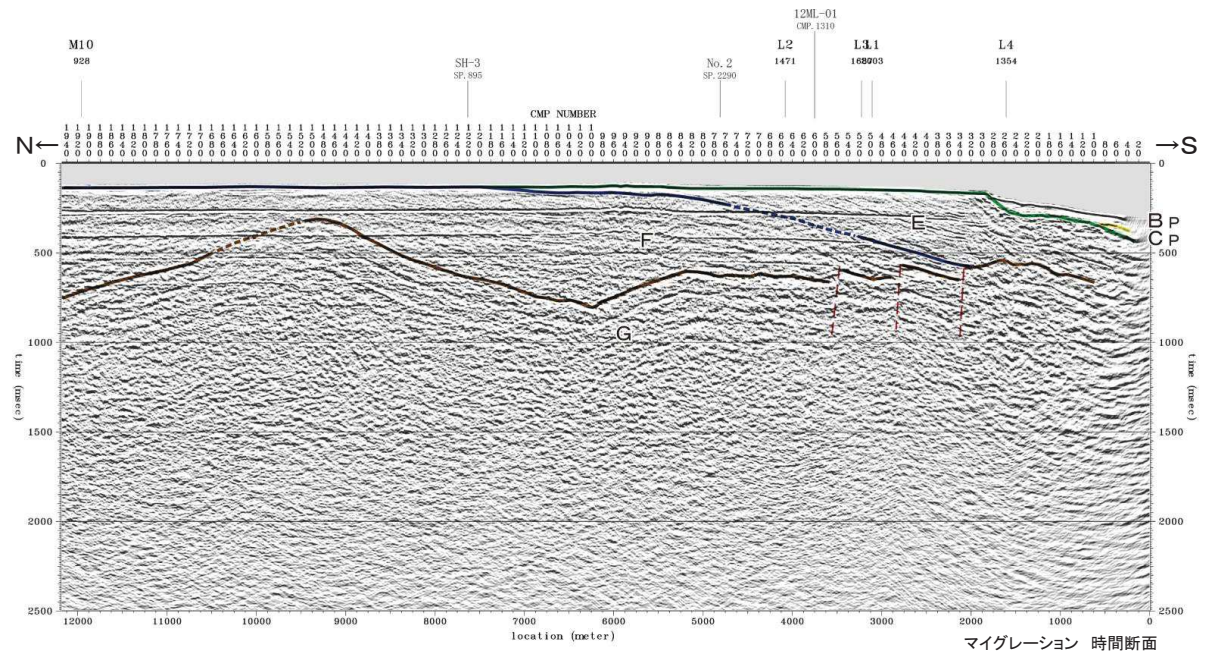


マイグレーション時間断面

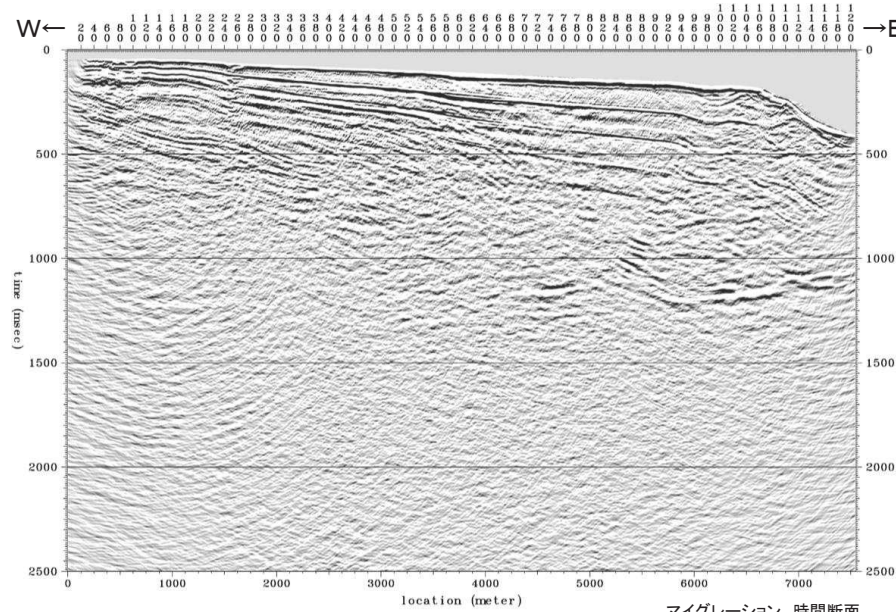
14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M6(南部))



地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期	砂子又層	D層
第三紀	鮮新世		D層
	中新世 後期	目名層	Mn
		浦野沢層	Gm
	中新世 中期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層	Srsm
中新世 前期	挟炭泥岩層	Srg	
	先新第三紀	夙屋層群	Sy
			G層



14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M7)



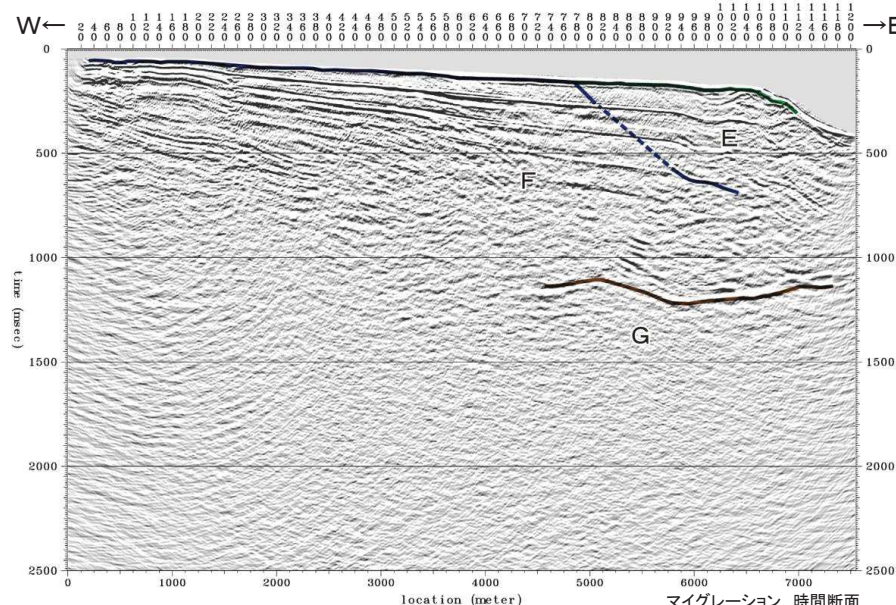
地質時代		陸域	海域	
第四紀	更新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層	
	全新世	段丘堆積物	B層	
		中期		C層
	前期	砂子又層	Sn D層	
第三紀	鮮新世			
	中新世	目名層	Mn E層	
		中期	蒲野沢層	Gm
	新第三紀	前期	泊層	To
			泥岩層	Srm
			猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層 挟炭泥岩層	Srsm Srg
先新第三紀	夙屋層群	Sy G層		

マイグレーション 時間断面

12M-13
CMP. 4405

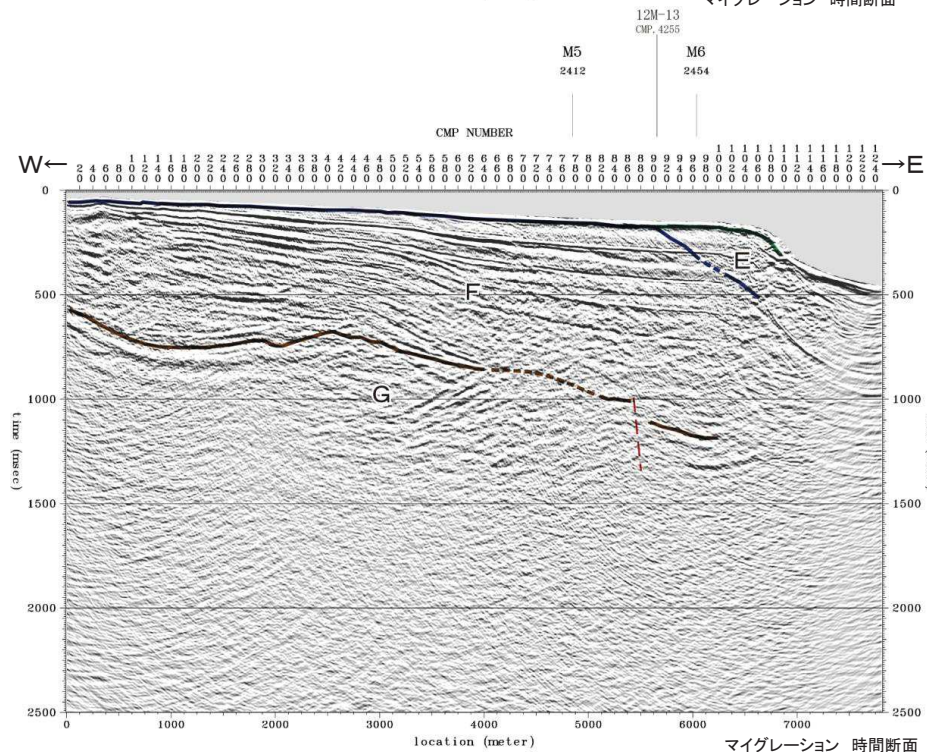
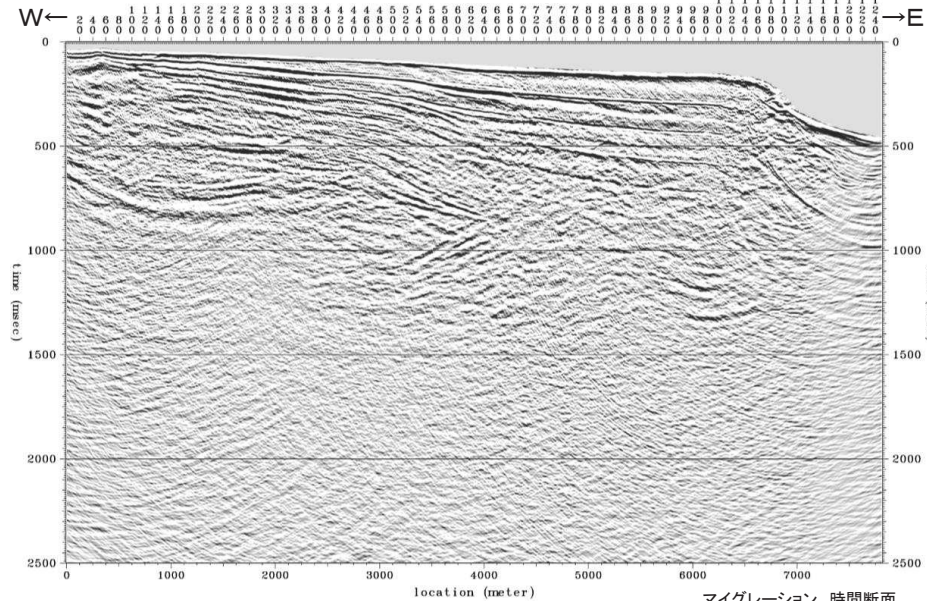
M5 2697 M6 2734

CMP NUMBER



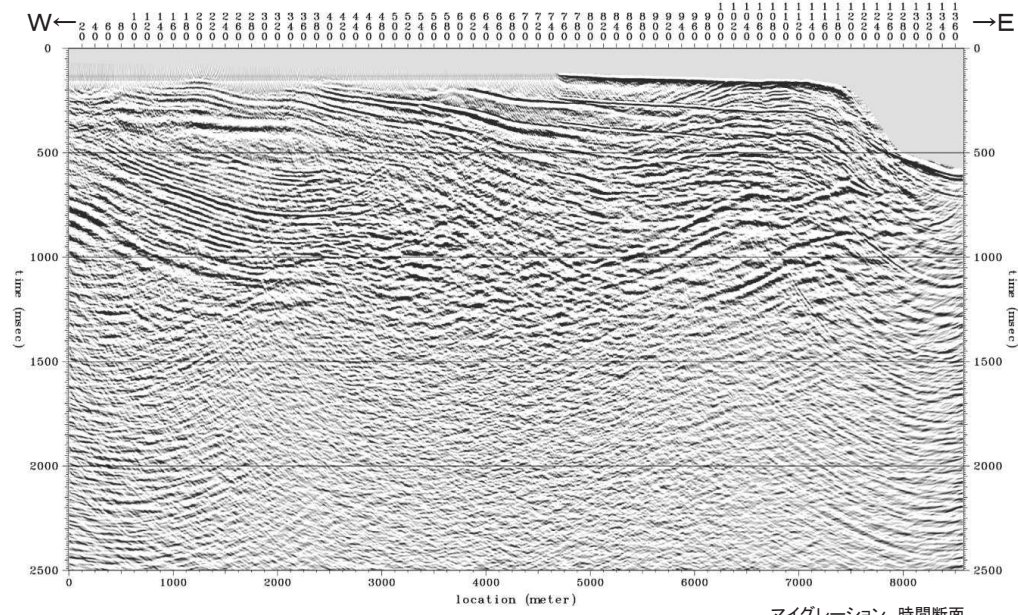
マイグレーション 時間断面

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M8)



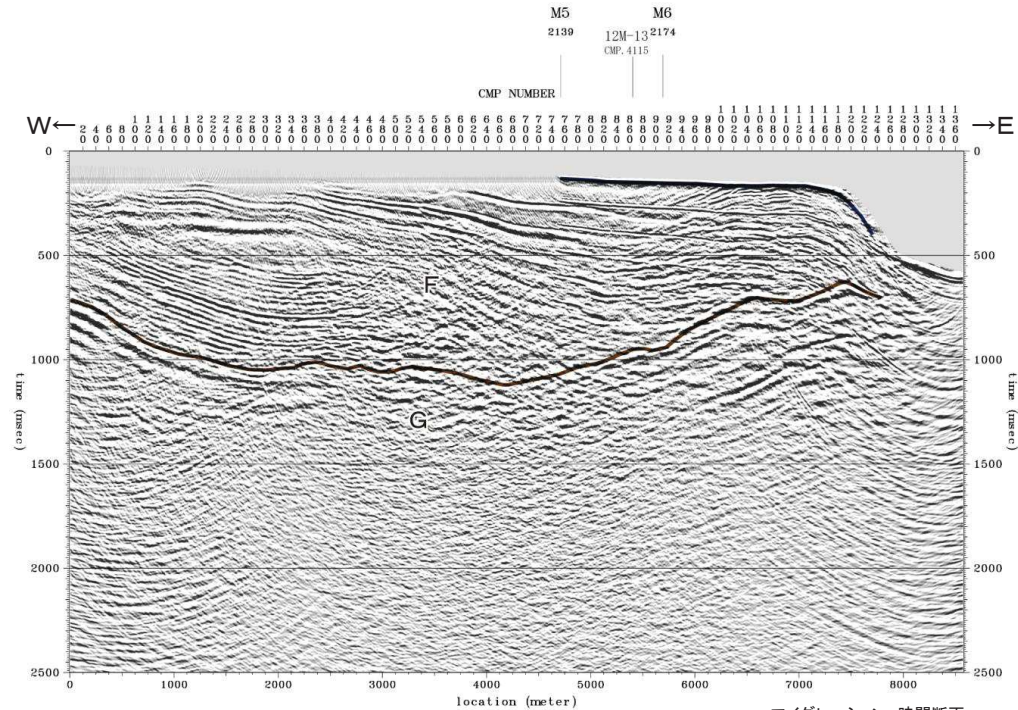
地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期	砂子又層	D層
第三紀	鮮新世		
	中新世 後期	目名層	Mn
		蒲野沢層	Gm
	中新世 中期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層	Srsm
中新世 前期	挟炭泥岩層	Srg	
	先新第三紀	夙屋層群	Sy
			G層

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M9)



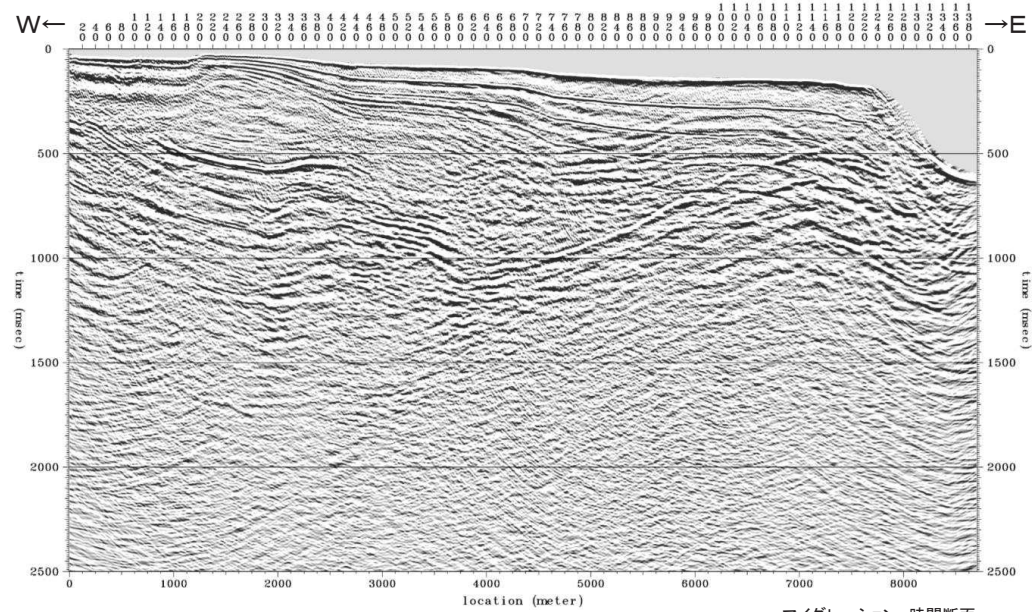
マイグレーション 時間断面

地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期	砂子又層	D層
第三紀	鮮新世		Sn
	中新世 後期	目名層	Mn
		蒲野沢層	Gm
	中新世 中期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層	Srsm
中新世 前期	挟炭泥岩層	Srg	
	夙屋層群	Sy	
先第三紀		G層	



マイグレーション 時間断面

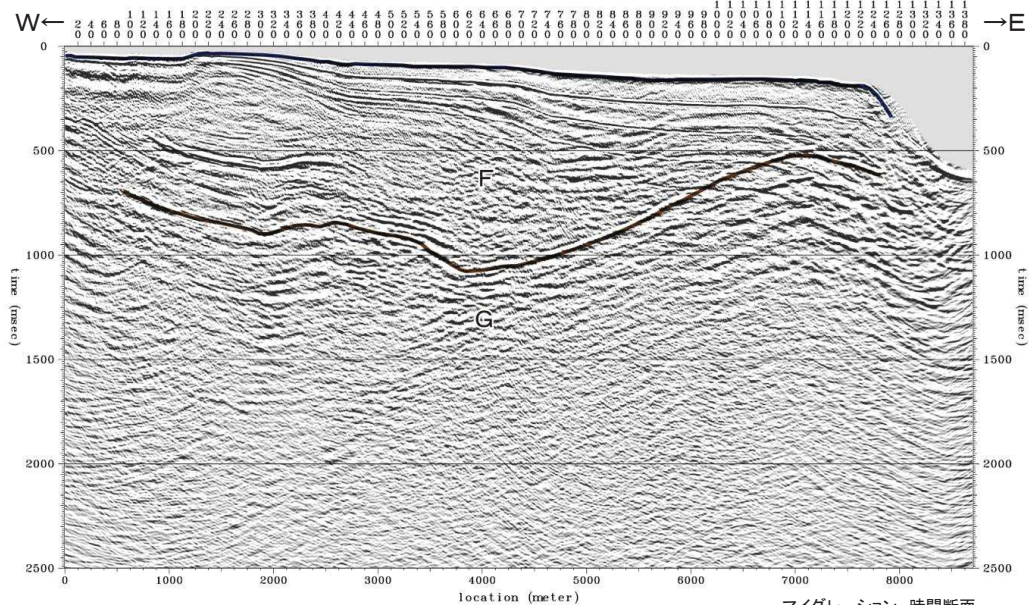
14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M10)



M11 1438 M5 1876 M6 1913
12M-13
CMP. 3985

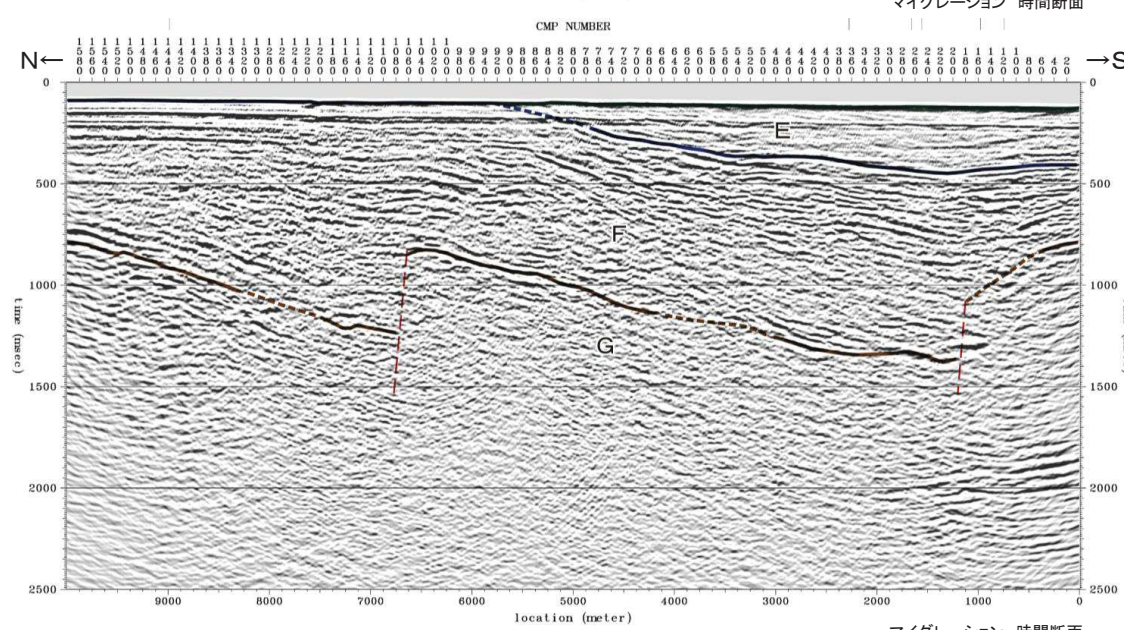
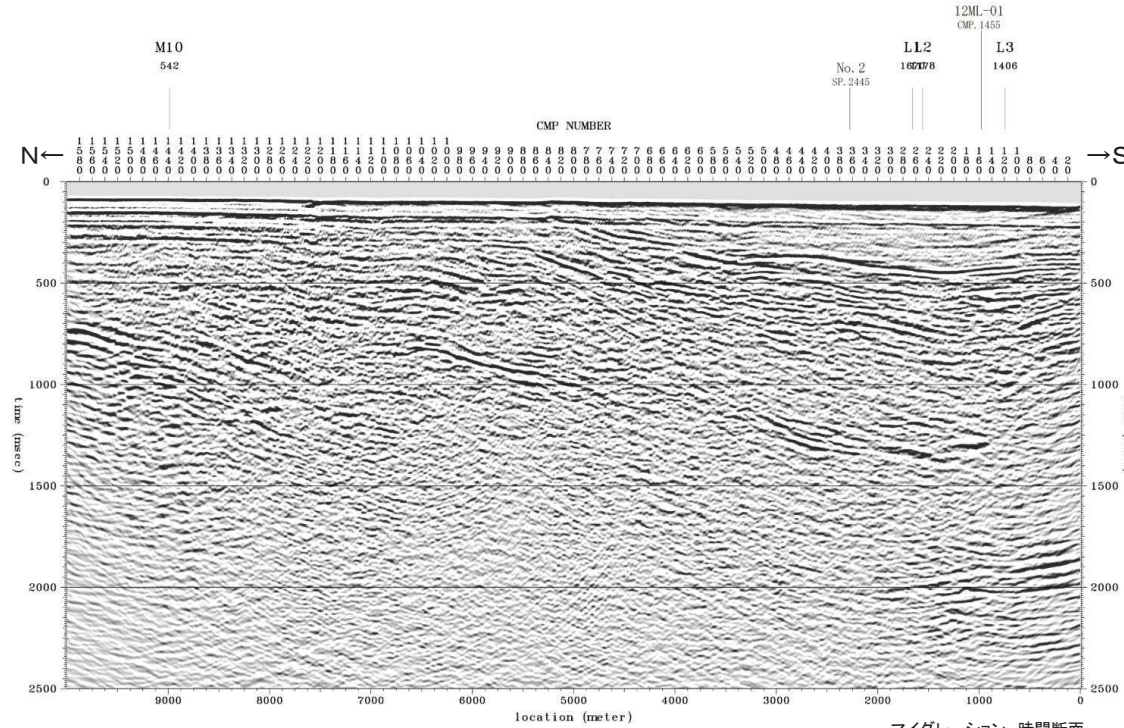
マイグレーション 時間断面

地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期	砂子又層	D層
第三紀	鮮新世		Sn
	中新世 後期	目名層	Mn
		浦野沢層	Gm
	中新世 前期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層 挟炭泥岩層	Srsm Srg
先第三紀	夙屋層群	Sy	
			G層



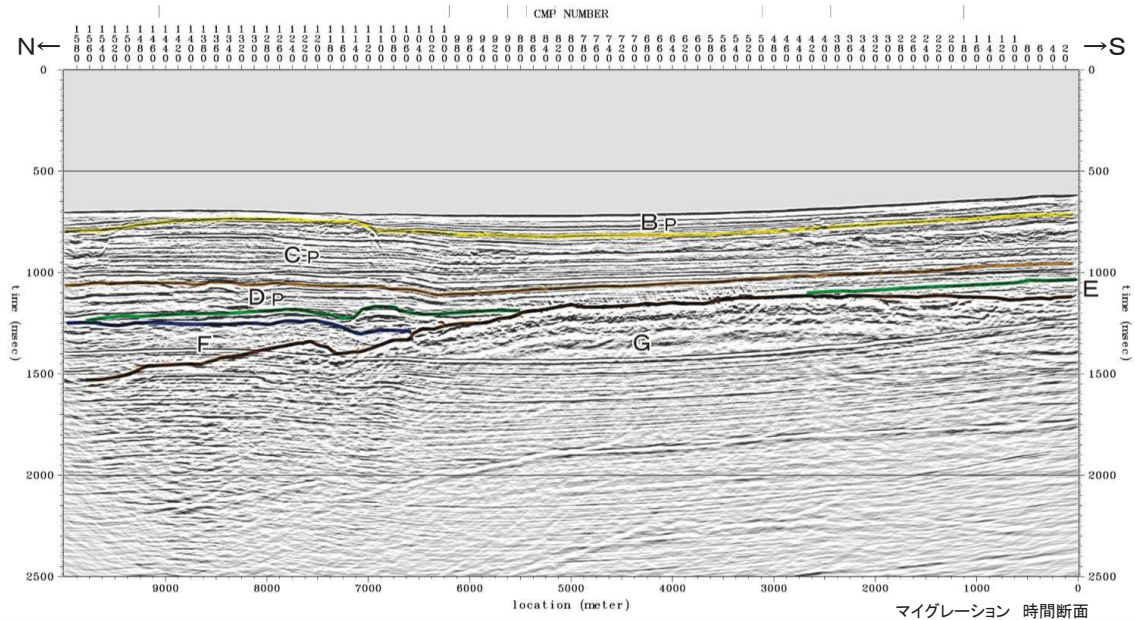
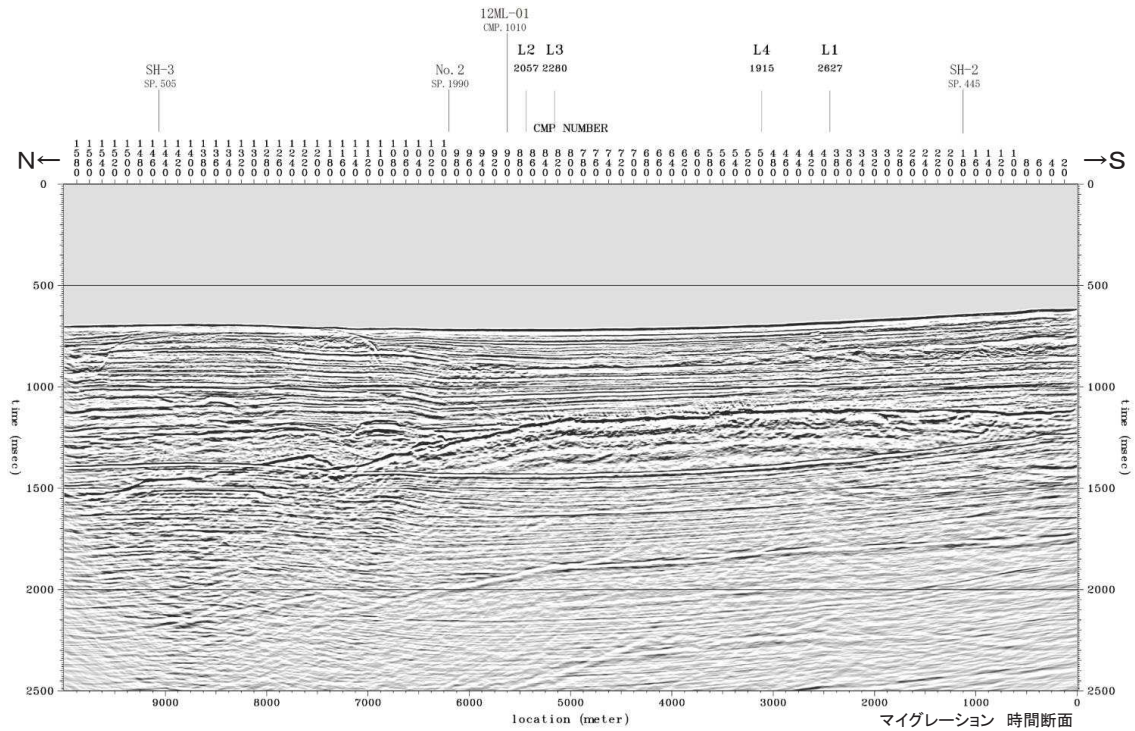
マイグレーション 時間断面

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M11)



地質時代		陸域	海域	
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層	
	更新世	段丘堆積物	B層	
	新中期		C層	
	新前期	砂子又層	D層	
第三紀	鮮新世		Sn	
	後期	目名層	Mn	
	新中期	蒲野沢層	Gm	
	新前期	泊層	To	F層
		泥岩層	Srm	
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層 挟炭泥岩層	Srsm Srg	
先新第三紀	尻屋層群	Sy	G層	

14. H28海上音波探査の解析結果 敷地前面海域の地質構造(H28-M12)



地質時代		陸域	海域
第四紀	完新世	新砂丘堆積物 沖積層	A層
	更新世 後期	段丘堆積物	B層
	更新世 中期		C層
	更新世 前期	砂子又層	D層
第三紀	鮮新世		
	中新世 後期	目名層	Mn
		浦野沢層	Gm
	中新世 中期	泊層	To
		泥岩層	Srm
		猿ヶ森層 砂岩泥岩礫岩互層	Srsm
中新世 前期	挟炭泥岩層	Srg	
	夙屋層群	Sy	
先新第三紀		G層	

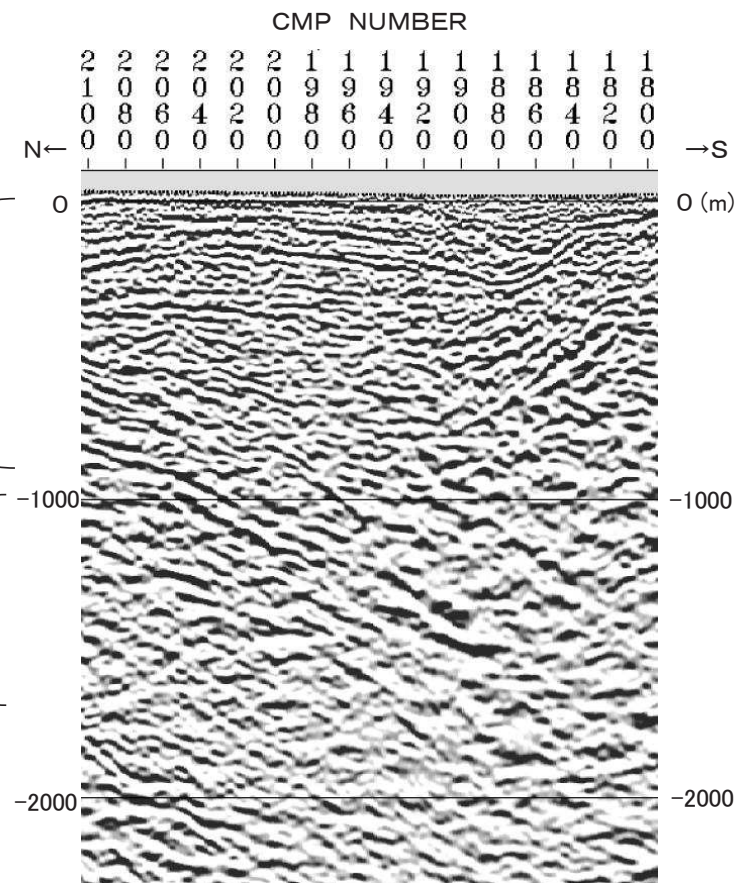
余 白

15. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討

15. 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

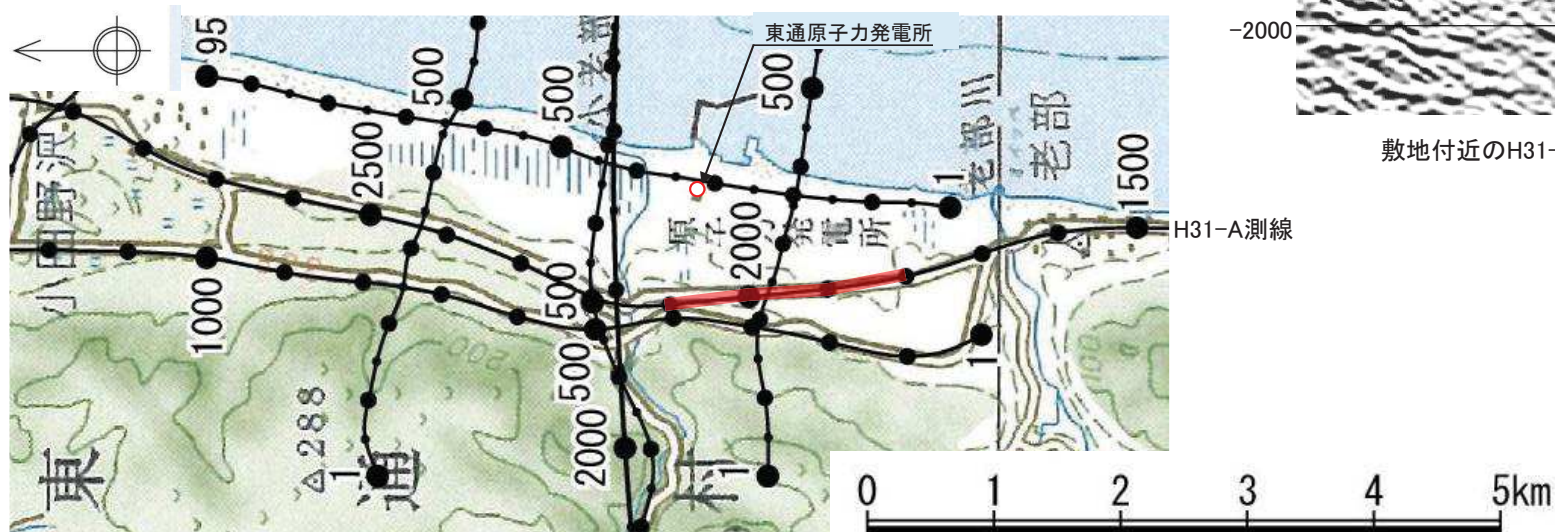
- 敷地付近のH31-A測線の反射法地震探査結果について、記録上で実際に見える反射面間隔について考察した。
 - ✓ 敷地付近の浅部(深度1,000m以浅)において、明瞭で比較的規則的な反射面は、概ね20~30m程度の間隔となっている。
 - ✓ 敷地付近の深部(深度1,000~2,000m以深)において、明瞭で比較的規則的な反射面は、概ね40~60m程度の間隔となっている。
- ⇒ H31-A測線の反射法地震探査結果は、敷地付近においては、浅部で概ね20~30m程度、深部で概ね40~60m程度の分解能を有していると考えられる。



反射面間隔
20~30m程度

反射面間隔
40~60m程度

敷地付近のH31-A測線深度断面図



15. 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ってい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。

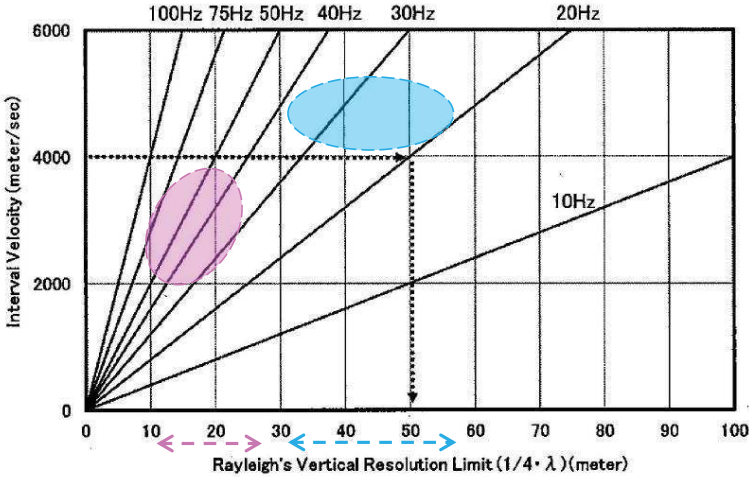
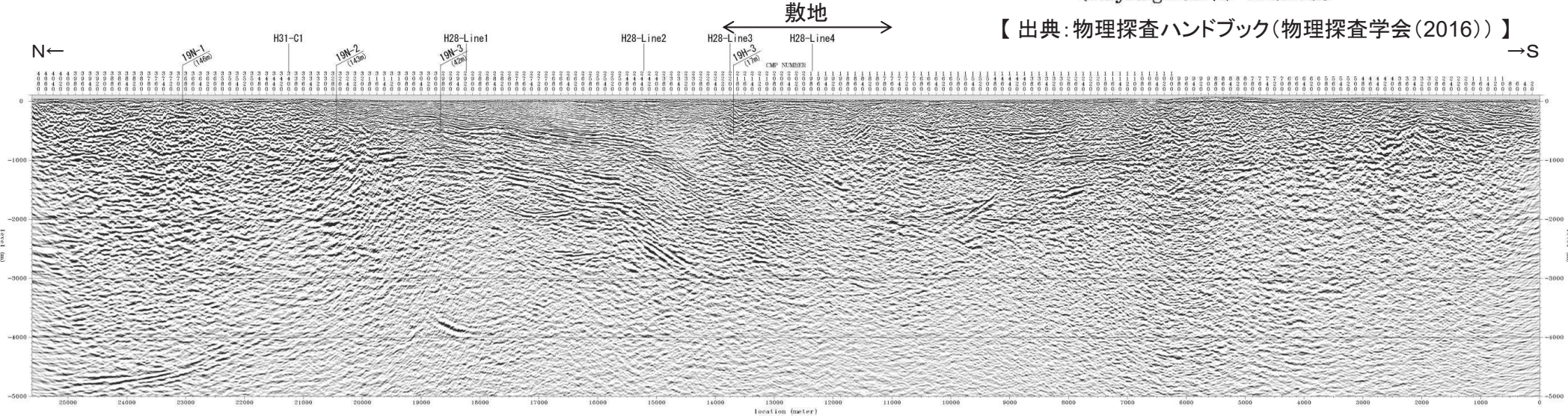


図 1.32 区間速度と卓越周波数に対応した垂直分解能 (Rayleigh 基準) の求め方

【出典: 物理探査ハンドブック(物理探査学会(2016))】

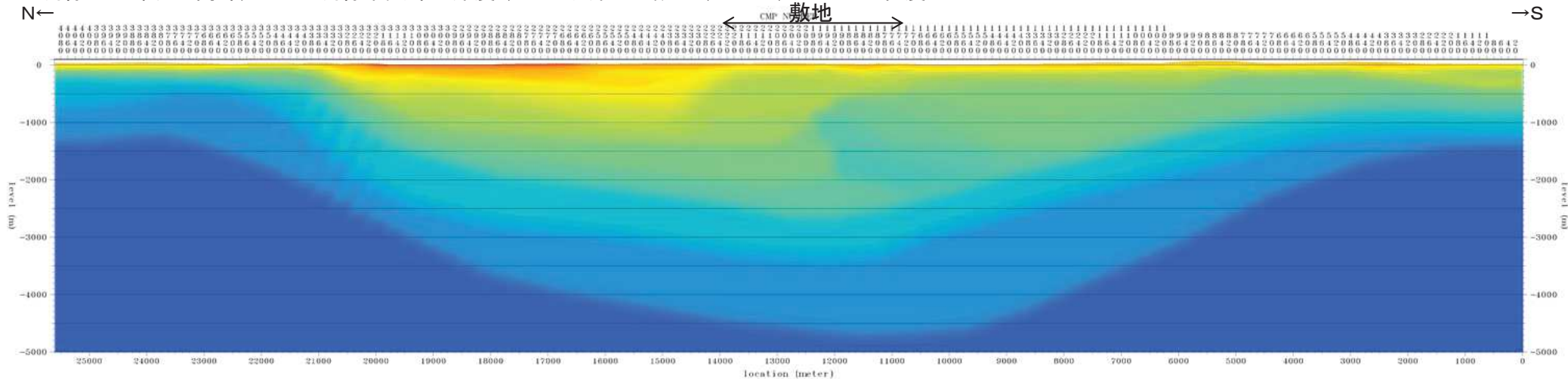


深度断面図

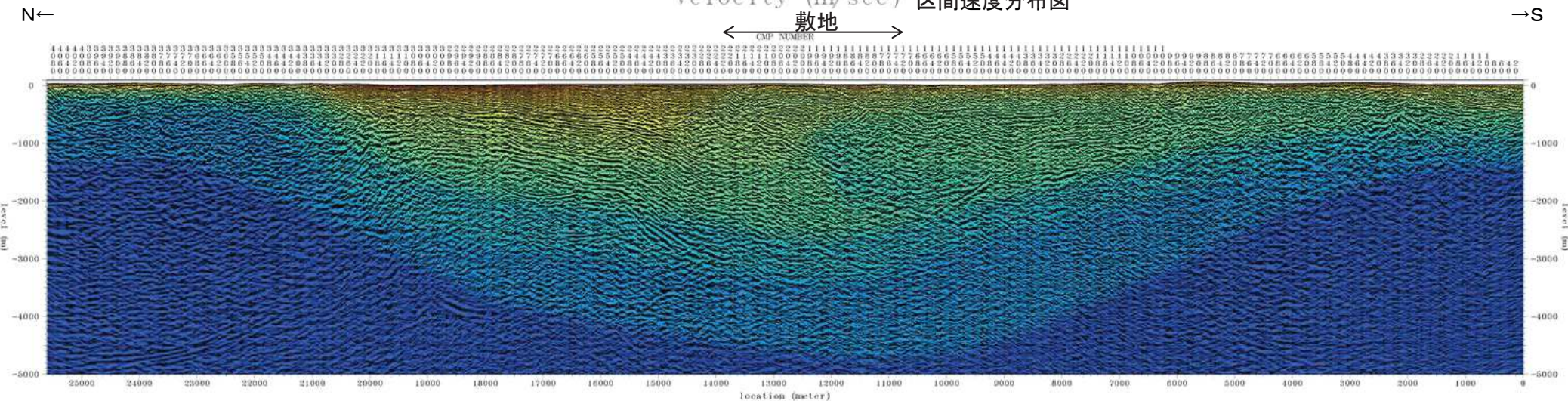
15. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討 (参考)レイリー基準に基づく検討(区間速度)

➤ 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



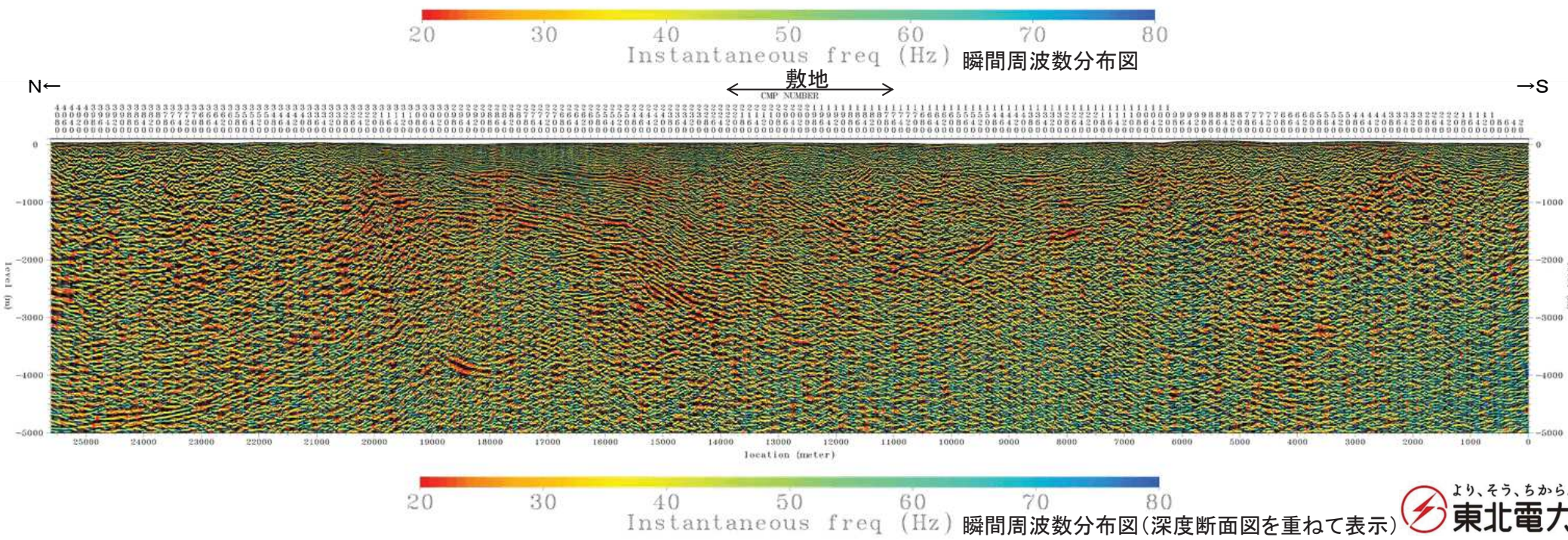
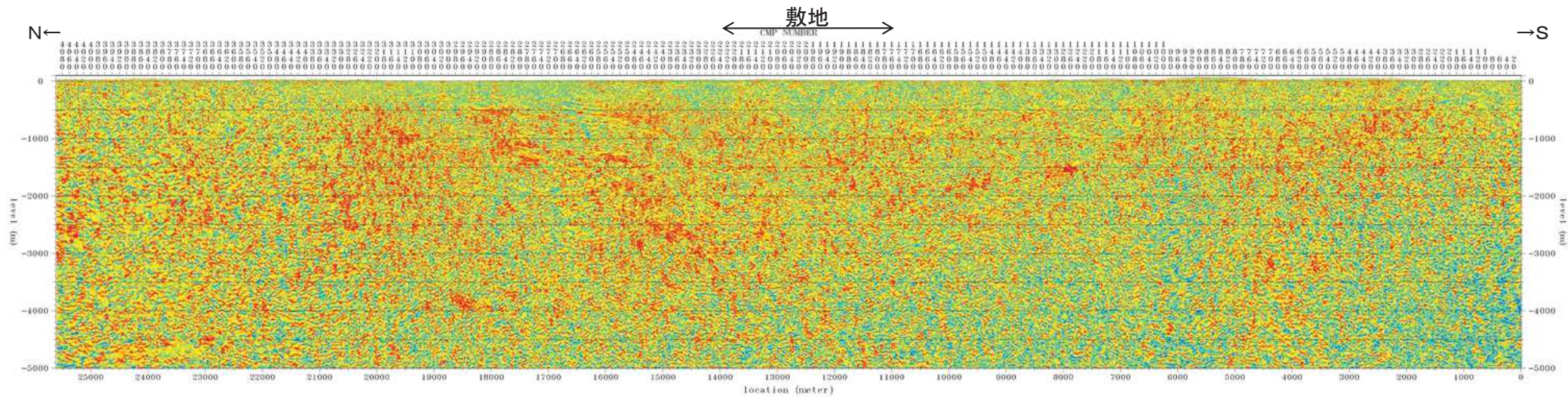
1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000
Velocity (m/sec) 区間速度分布図



1500 2000 2500 3000 3500 4000 4500 5000 5500 6000
Velocity (m/sec) 区間速度分布図(深度断面図を重ねて表示)

15. 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な卓越周波数 (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

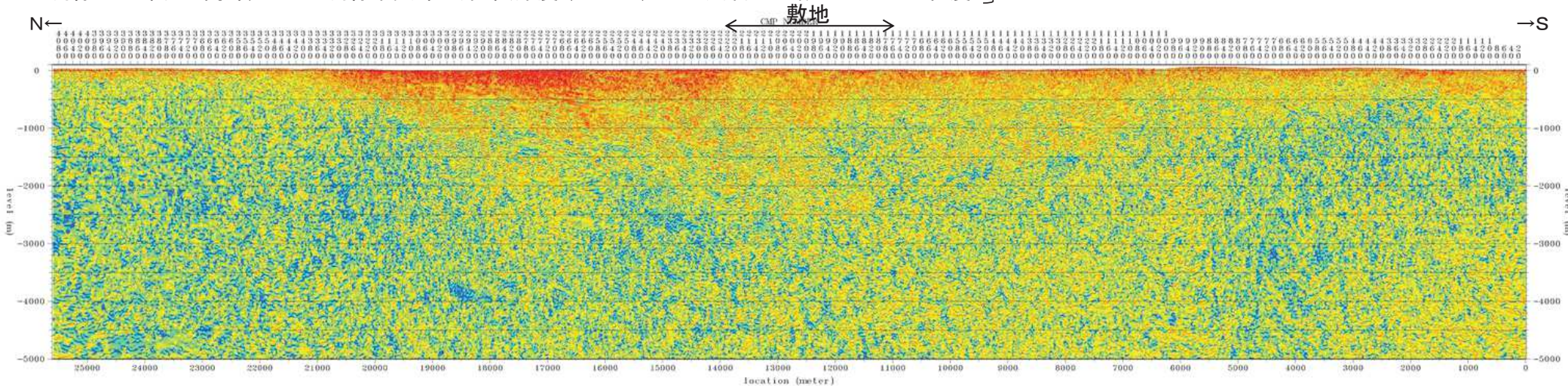


15. 反射法地震探査結果の分解能に関する検討 (参考)レイリー基準に基づく検討(レイリー基準による検討結果)

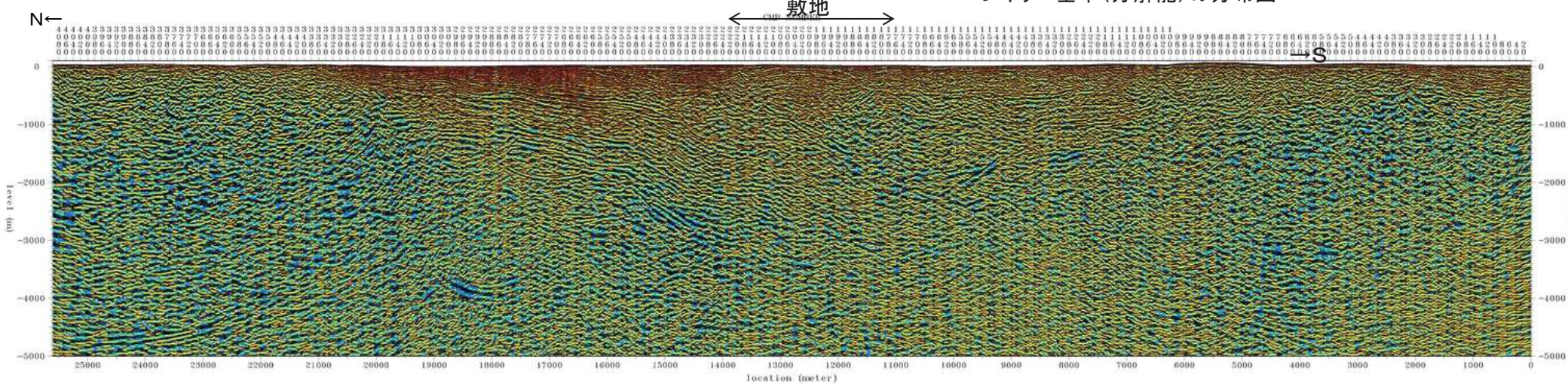
➤ H31-A測線に関して、区間速度分布(前々頁)及び瞬間周波数分布(前頁)より求めたレイリー基準の分布を参考に示す。

- ・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。



10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70
Rayleigh resolution (m) レイリー基準(分解能)の分布図



10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70
Rayleigh resolution (m) レイリー基準(分解能)の分布図(深度断面図を重ねて表示)

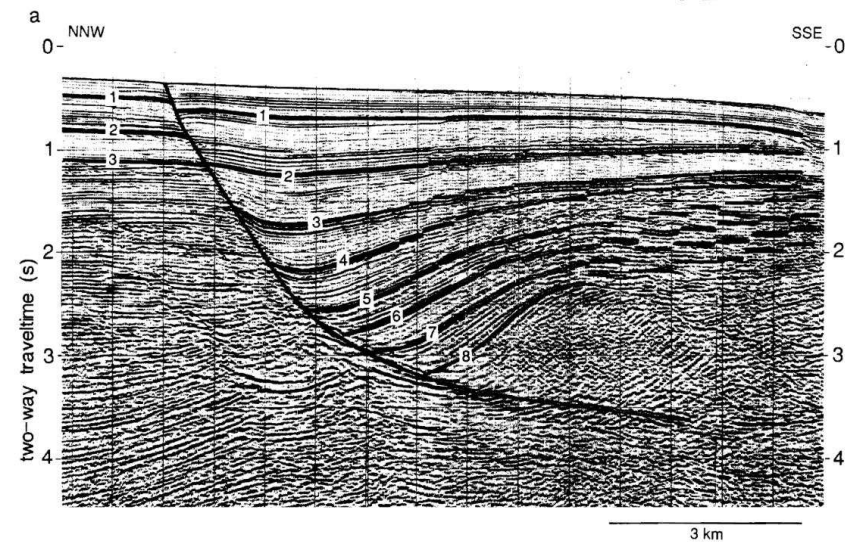
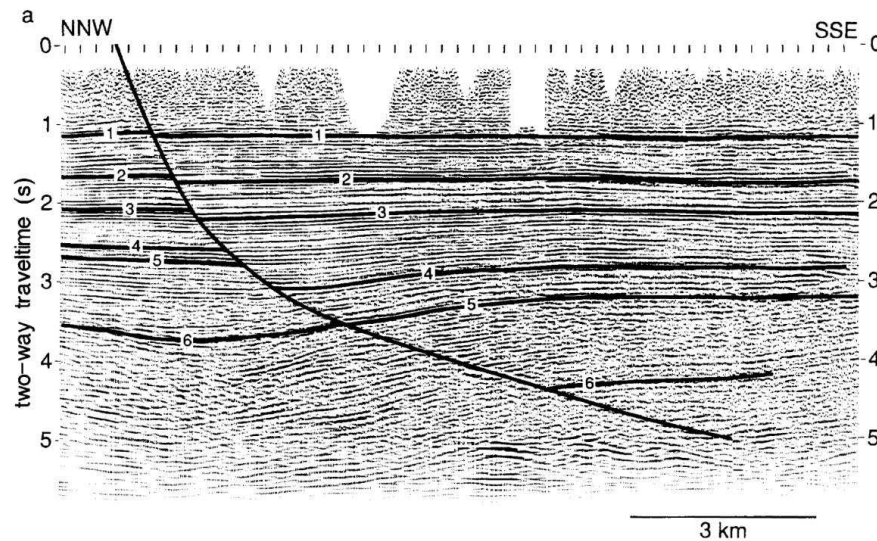
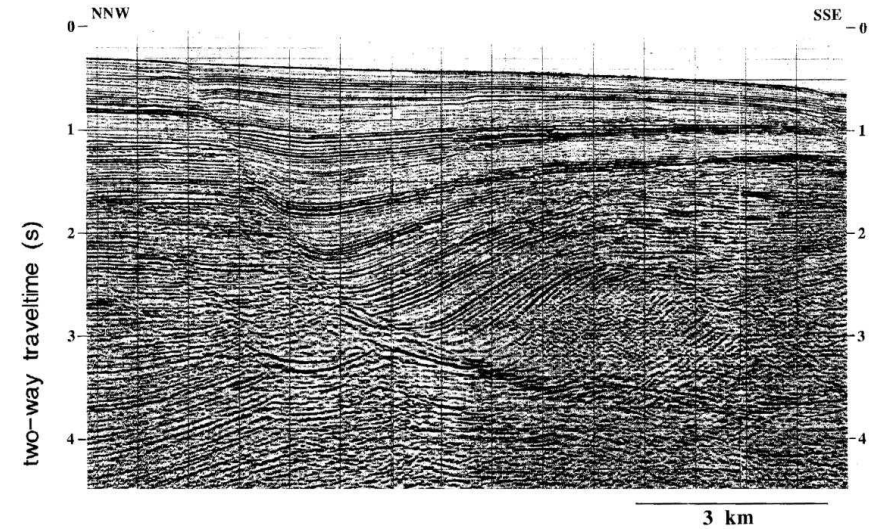
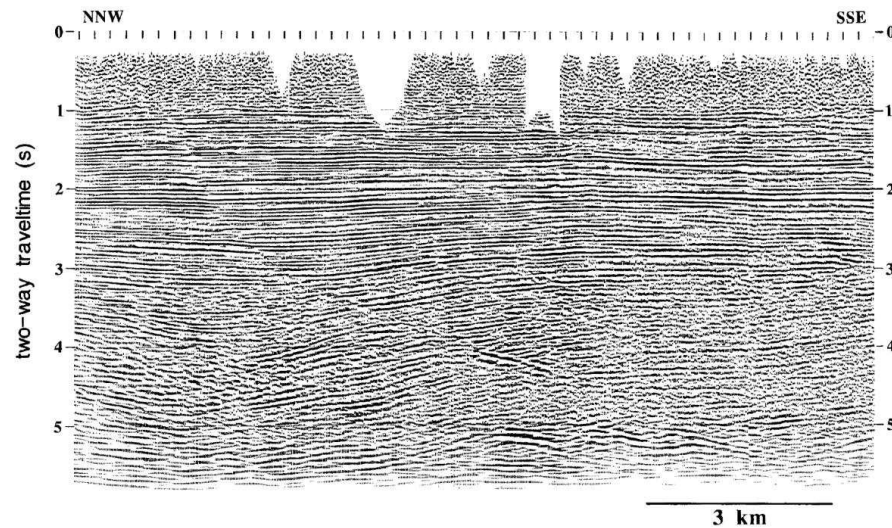
16. 反射面を断層面と解釈した例

16. 反射面を断層面と解釈した例

(参考) 文献における反射面を断層面と解釈した例 (Xiao and Suppe(1992))

➤ Xiao and Suppe(1992)は、リストラク的な正断層の上盤側の地層の変形形態の検討において、南ルイジアナやメキシコ湾の探査記録の事例を示しているが、これらの探査記録では、深部において低角化した断層の一部が反射面として認められる。

- ✓ 浅部においては、反射面の不連続部が連続する比較的高角度の正断層が見られる。
- ✓ 断層は深部において低角化しているが、反射面の不連続部あるいは一部で比較的明瞭な反射面として見られる。



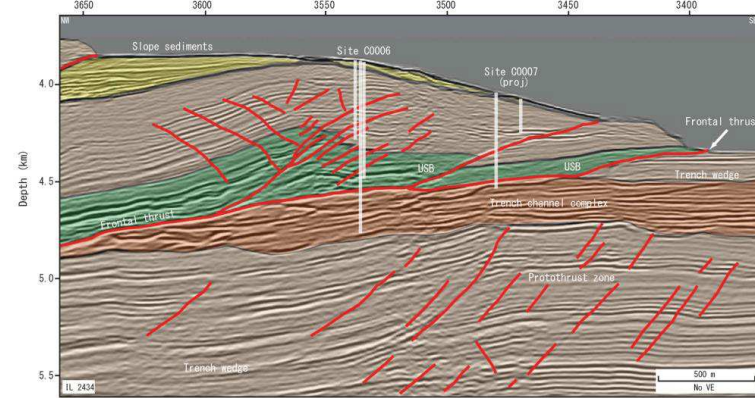
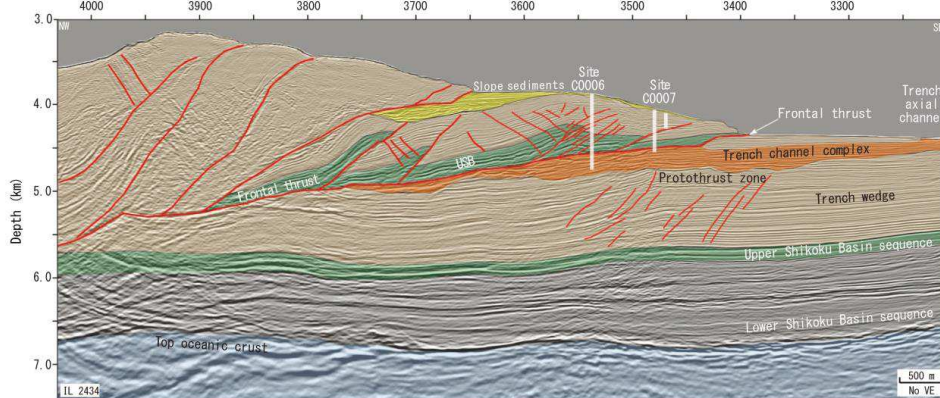
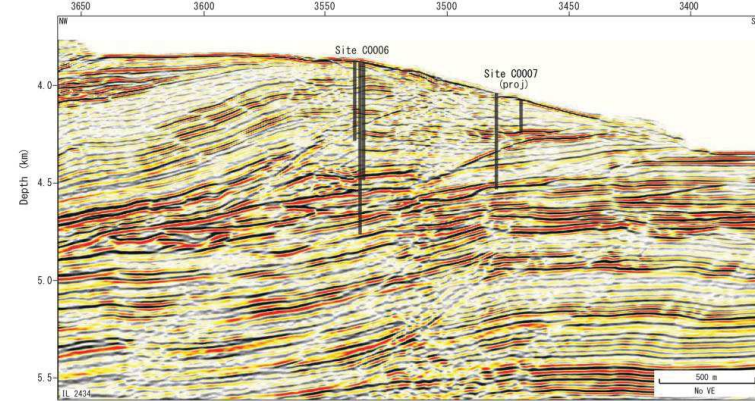
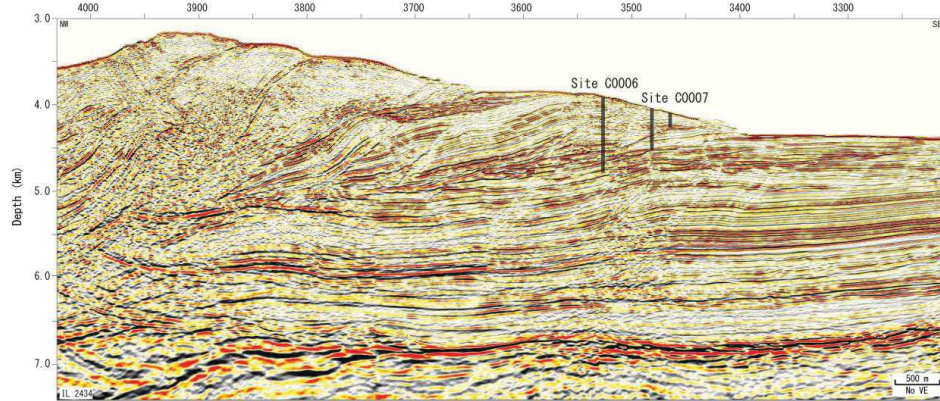
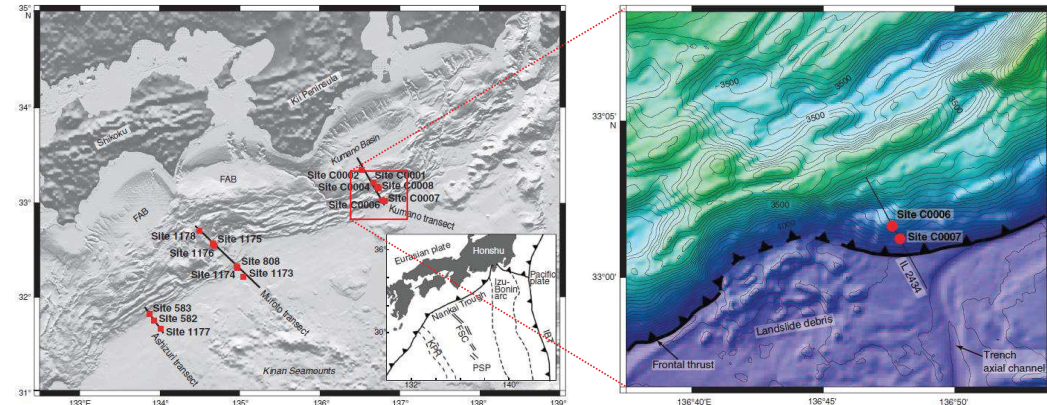
リストラク的な正断層の例 (Xiao and Suppe(1992))

左図: Southern Louisiana rolloverの例 (Figure 19(上), 20a(下)) 右図: Mississippi Canyon rolloverの例 (Figure 21(上), 22a(下))

16. 反射面を断層面と解釈した例

(参考) 文献における反射面を断層面と解釈した例 (Moore et al.(2009))

➤ 熊野灘沖の南海トラフを対象に実施されたIODPプロジェクトの探査記録 (Moore et al.(2009))によれば、プレート境界をなす主逆断層や分岐断層が認められるが、一部に反射面として認められる比較的低角な分岐断層も見られる。



熊野灘沖の南海トラフの分岐断層の例 (Moore et al.(2009))

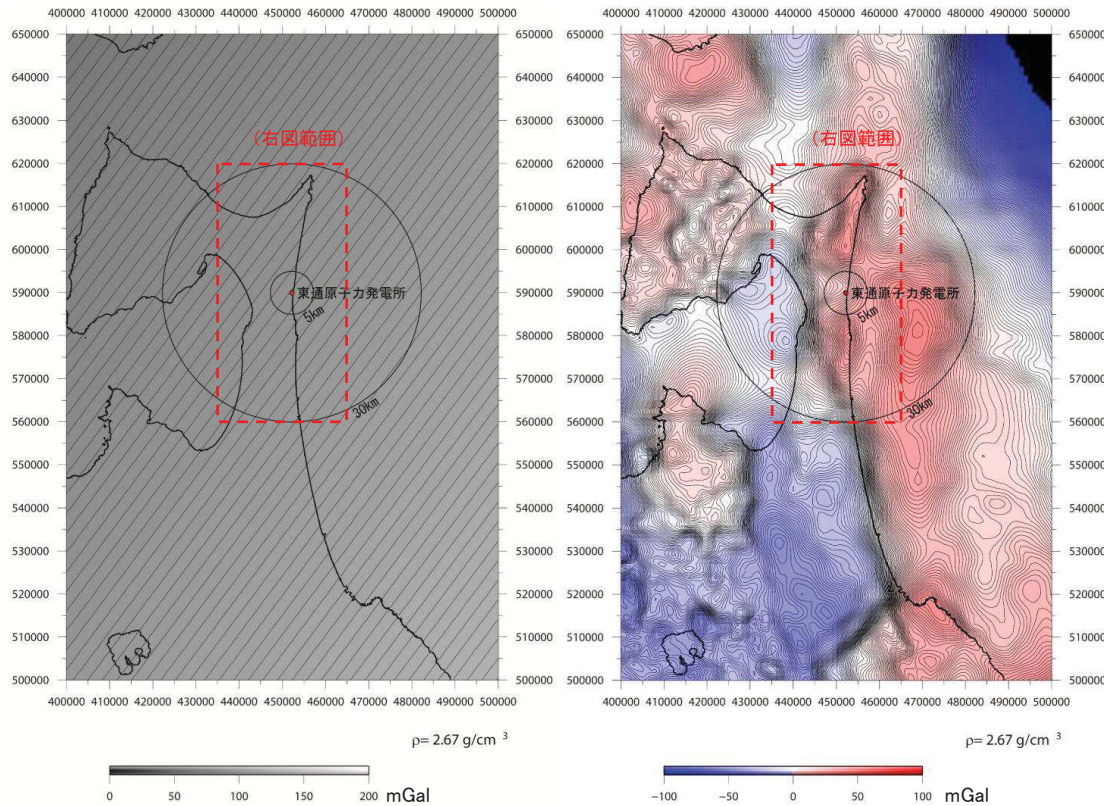
右上図: 位置図 (Figure F1, F7) 左下図: 熊野断面の例 (Figure F8) 右下図: 同ボーリング位置付近拡大 (Figure F9)

余 白

17. 重力異常と地下構造

17. 重力異常と地下構造 傾向面分析

- 敷地～敷地近傍の地下構造に関して、大深度地下構造の影響を排除した地下構造の傾向を考察するため、重力異常の1次傾向面を求め、これを除去した重力異常図を作成した。
- 1次傾向面を除去した重力異常図は、高重力域及び低重力域の分布域の位置、規模や急勾配を示す領域の位置等について、除去前の重力異常図(ブーゲー異常)と概ね同様の傾向が認められるが、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。



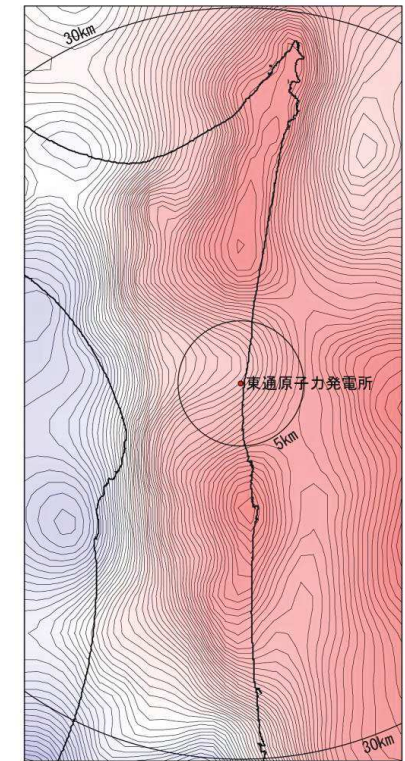
仮定密度 $\rho = 2.67 \text{ g/cm}^3$, 格子間隔1,000m,
コンター間隔は1mGal

重力異常の1次傾向面(広域)



0 50 100 150 200 mGal

重力異常の1次傾向面(敷地近傍)



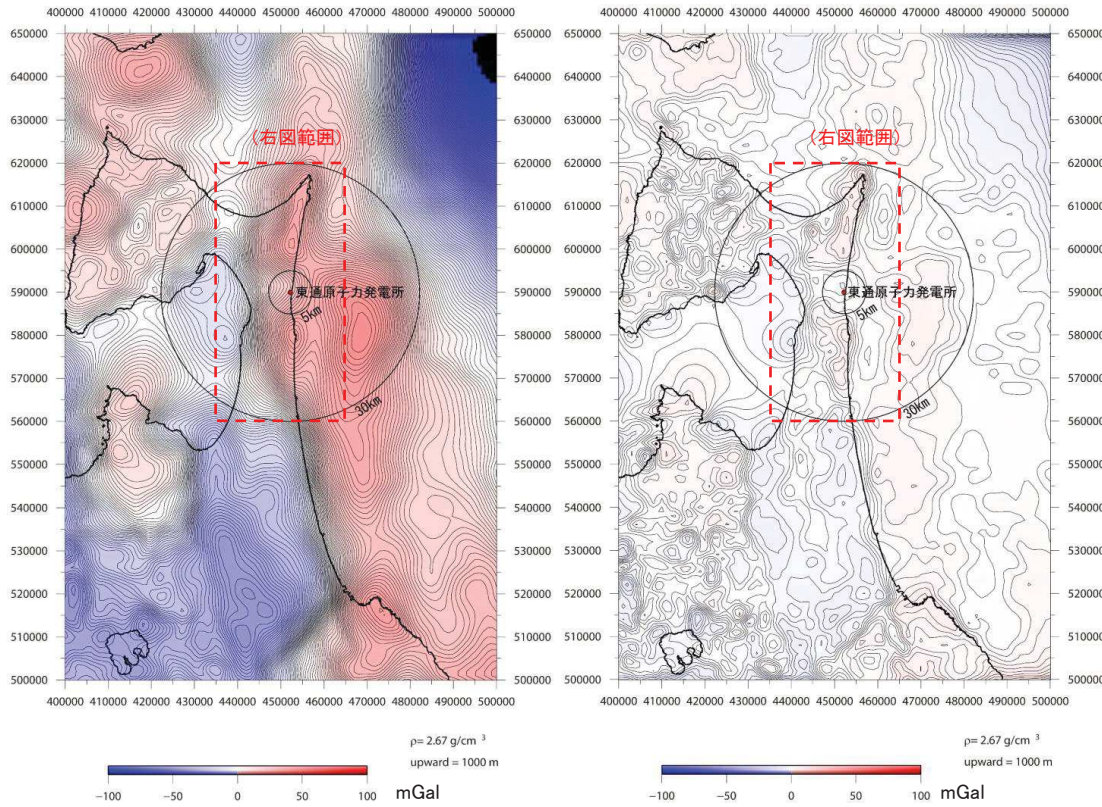
-100 -50 0 50 100 mGal

1次傾向面を除去した
重力異常図(敷地近傍)

「地質調査総合センター(編)(2013), 日本重力データベース DVD版」のデータセットを用いて重力異常図及び等値線を作成した。

上方接続結果除去①

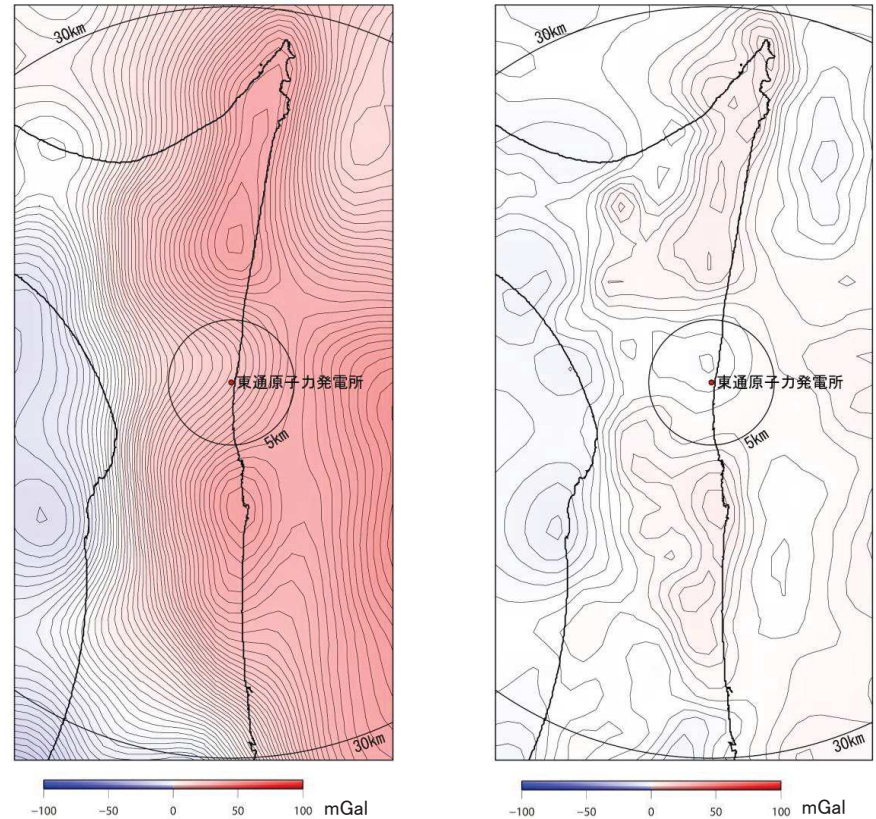
- 敷地～敷地近傍の地下構造に関して、地下深部の構造を反映するローパスフィルタとみなせる1,000m上方接続を実施するとともに、比較的浅部の地下構造の傾向を考察するためこれを除去した重力異常図を作成した。(重力異常は前処理として1次傾向面を除去。)
- 1,000m上方接続結果は、高重力域及び低重力域の分布域の位置、規模や急勾配を示す領域の位置等について、重力異常図と概ね同様の傾向が認められるが、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。
- 一方、1,000m上方接続結果を除去した重力異常では、全体的に小規模～中規模のブロックが存在する可能性を想起させるパターンとなっているが、敷地直下に小規模な凹地の存在が示唆されるものの、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。



仮定密度 $\rho = 2.67 \text{ g/cm}^3$, 格子間隔1,000m,
コンター間隔は1mGal

重力異常の1,000m上方接続結果(広域)
(重力異常は1次傾向面を除去)

1,000m上方接続結果を除去した
重力異常図(広域)



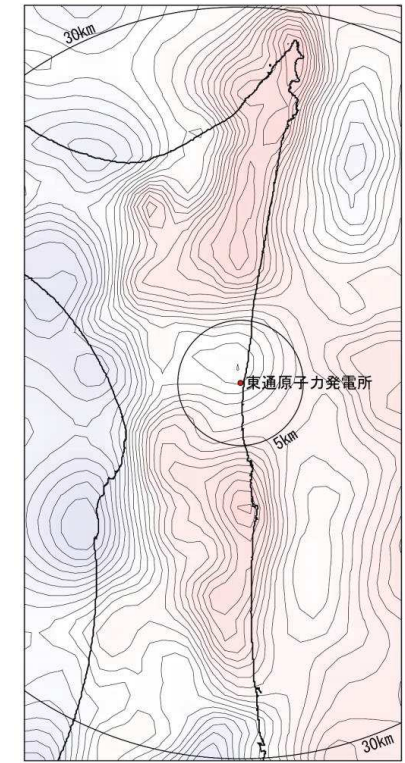
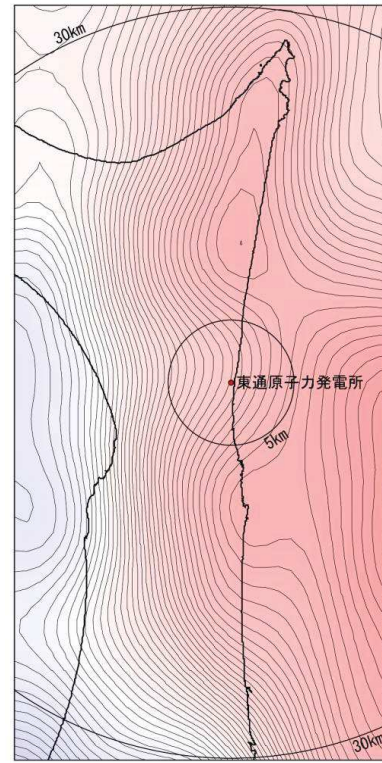
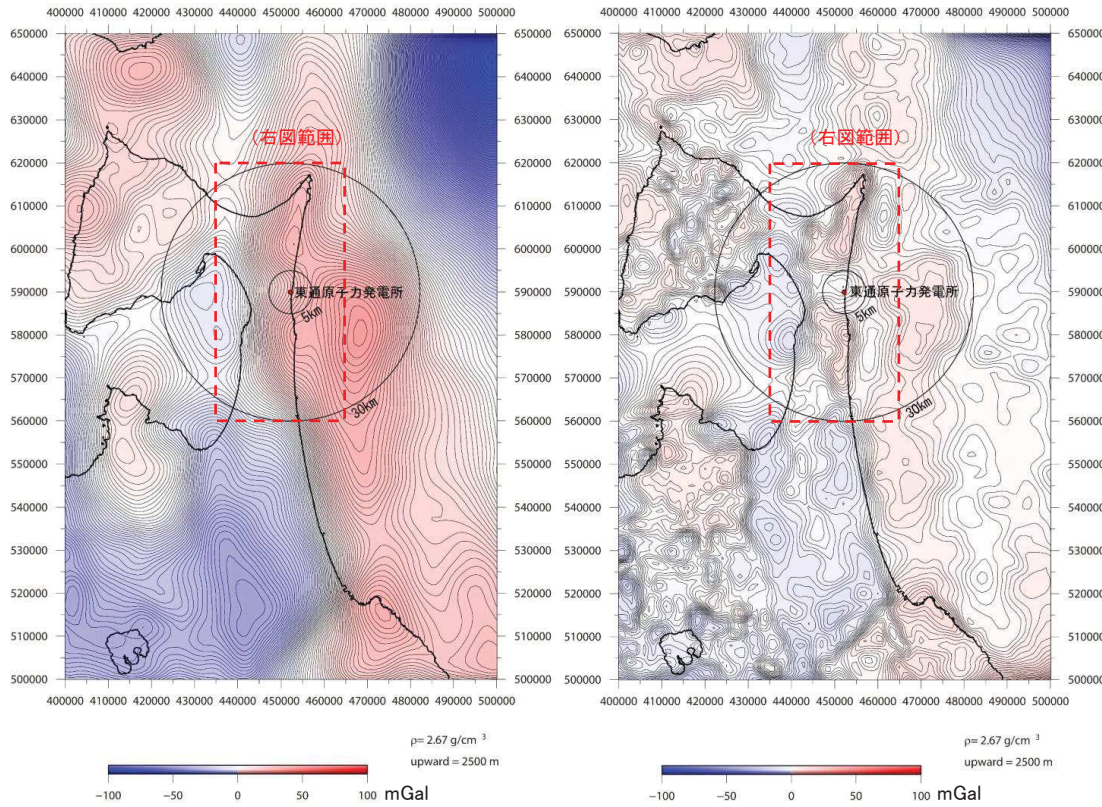
重力異常の1,000m上方接続結果(敷地近傍)

1,000m上方接続結果を除去した
重力異常図(敷地近傍)

「地質調査総合センター(編)(2013), 日本重力データベース DVD版」のデータセットを用いて重力異常図及び等値線を作成した。

上方接続結果除去②

- 2,500m上方接続について検討した。
- 2,500m上方接続結果は、敷地南方の泊層堆積域に対応する高重力域が海域の広範な高重力域の張り出し状になっている他は、1,000m上方接続結果と概ね同様の傾向が認められるが、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。
- 2,500m上方接続結果を除去した重力異常でも、1,000m上方接続結果を除去した重力異常と概ね同様の傾向が認められるが、敷地直下に小規模な凹地の存在が示唆されるものの、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。



重力異常の2,500m上方接続結果(広域)
(重力異常は1次傾向面を除去)

2,500m上方接続結果を除去した
重力異常図(広域)

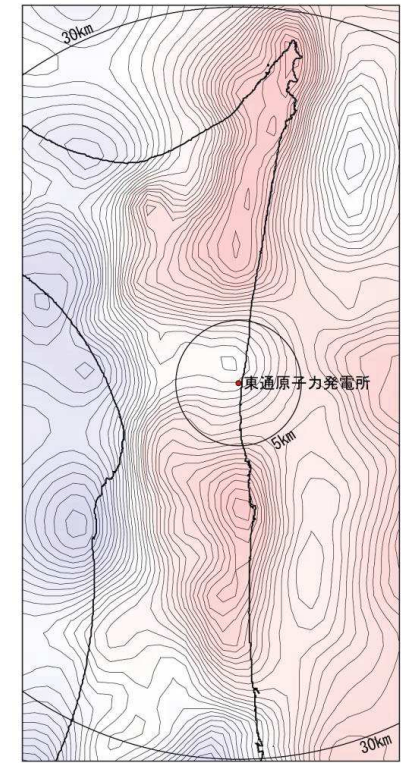
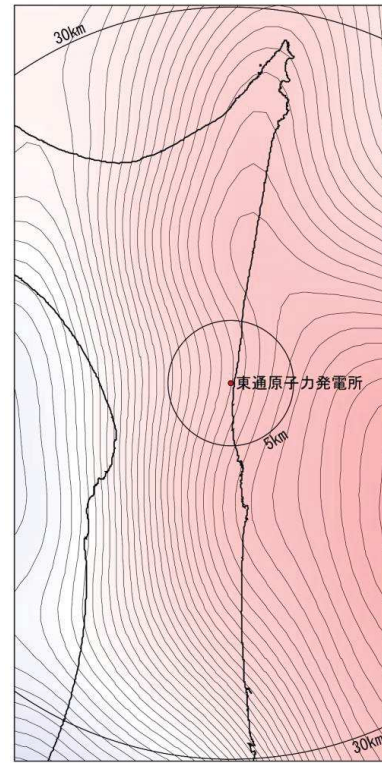
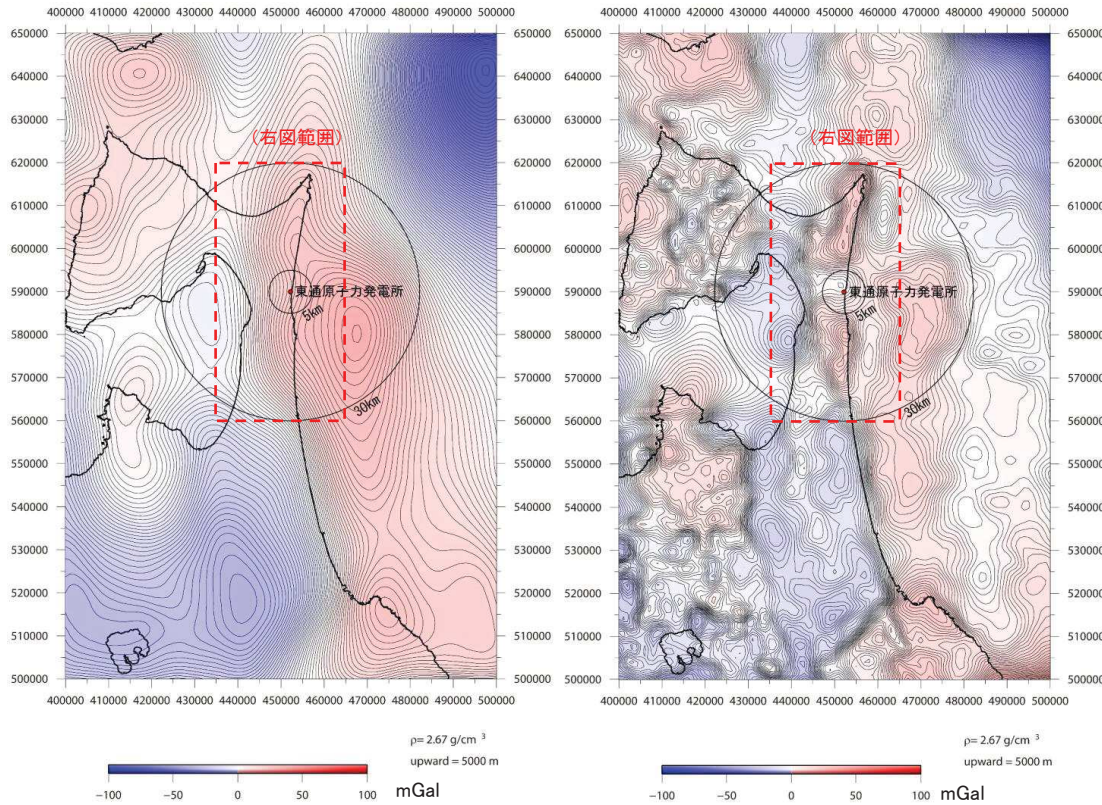
重力異常の2,500m上方接続結果(敷地近傍)

2,500m上方接続結果を除去した
重力異常図(敷地近傍)

「地質調査総合センター(編)(2013), 日本重力データベース DVD版」のデータセットを用いて重力異常図及び等値線を作成した。

上方接続結果除去③

- 5,000m上方接続について検討した。
- 5,000m上方接続結果は、敷地南方の泊層堆積域に対応する顕著な高重力域が認められない他、他高度の上方接続結果と比較しより大局的な構造観を示す傾向が認められ、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。
- 5,000m上方接続結果を除去した重力異常についても、他高度の上方接続結果を除去した重力異常と概ね同様の傾向が認められるが、敷地直下に小規模な凹地の存在が示唆されるものの、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。



重力異常の5,000m上方接続結果(広域)
(重力異常は1次傾向面を除去)

5,000m上方接続結果を除去した
重力異常図(広域)

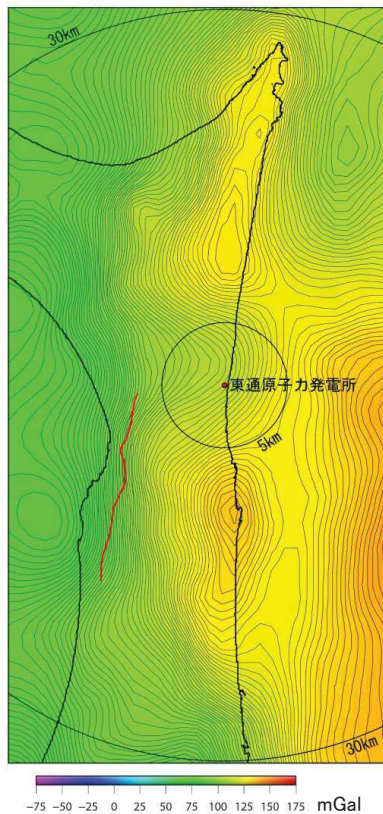
重力異常の5,000m上方接続結果(敷地近傍)

5,000m上方接続結果を除去した
重力異常図(敷地近傍)

「地質調査総合センター(編)(2013), 日本重力データベース DVD版」のデータセットを用いて重力異常図及び等値線を作成した。

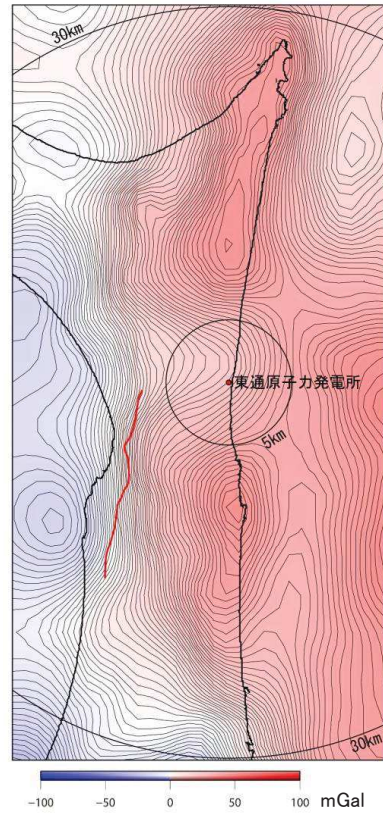
横浜断層と敷地～敷地近傍の比較

- 重力異常に基づく鉛直1次微分図を作成した結果、敷地～敷地近傍には不規則な形状の閉じたゼロコンターが認められるのみであり、敷地直下に小規模な凹地の存在が示唆されるが、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。
 - 重力異常図、1次傾向面を除去した重力異常、1,000m上方接続結果を除去した重力異常、5,000m上方接続結果を除去した重力異常等について、いずれも下北脊梁山地の高重力異常域とむつ低地～陸奥湾の低重力異常域の境界部には、NNE-SSW方向の重力異常の急勾配域が比較的直線的に連続する。
 - このNNE-SSW方向の急勾配領域のうち南部については、横浜断層(図中の赤線)が分布している。なお、北部については最大急勾配部との直接の位置的な対応は認められないものの、やや東方に高重力域の段差が認められ、規模は小さいながらもこの段差の東縁をなす急勾配領域内に下北断層が分布している。
 - 一方、敷地～敷地近傍については、敷地直下に小規模な凹地の存在が示唆されるものの、少なくとも、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。
- ⇒重力異常に基づく地下構造の考察の結果、顕著な構造として横浜断層に概ね対応する位置に構造差が確認される一方で、敷地～敷地近傍に分布するNNE-SSW走向の断層群に対応するような傾向は認められない。



仮定密度 $\rho = 2.67 \text{g/cm}^3$, 格子間隔1,000m, コンター間隔は1mGal

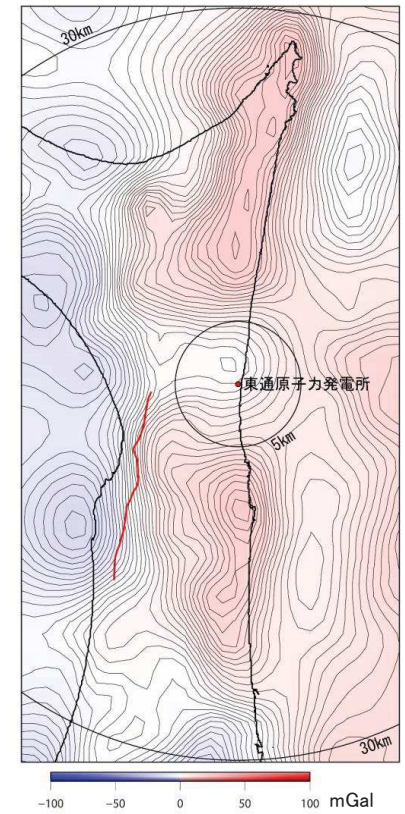
重力異常図 (敷地近傍)



1次傾向面を除去した重力異常図 (敷地近傍)



1,000m上方接続結果を除去した重力異常図 (敷地近傍)



5,000m上方接続結果を除去した重力異常図 (敷地近傍)

18. 横浜断層(東傾斜)の考慮について

余白

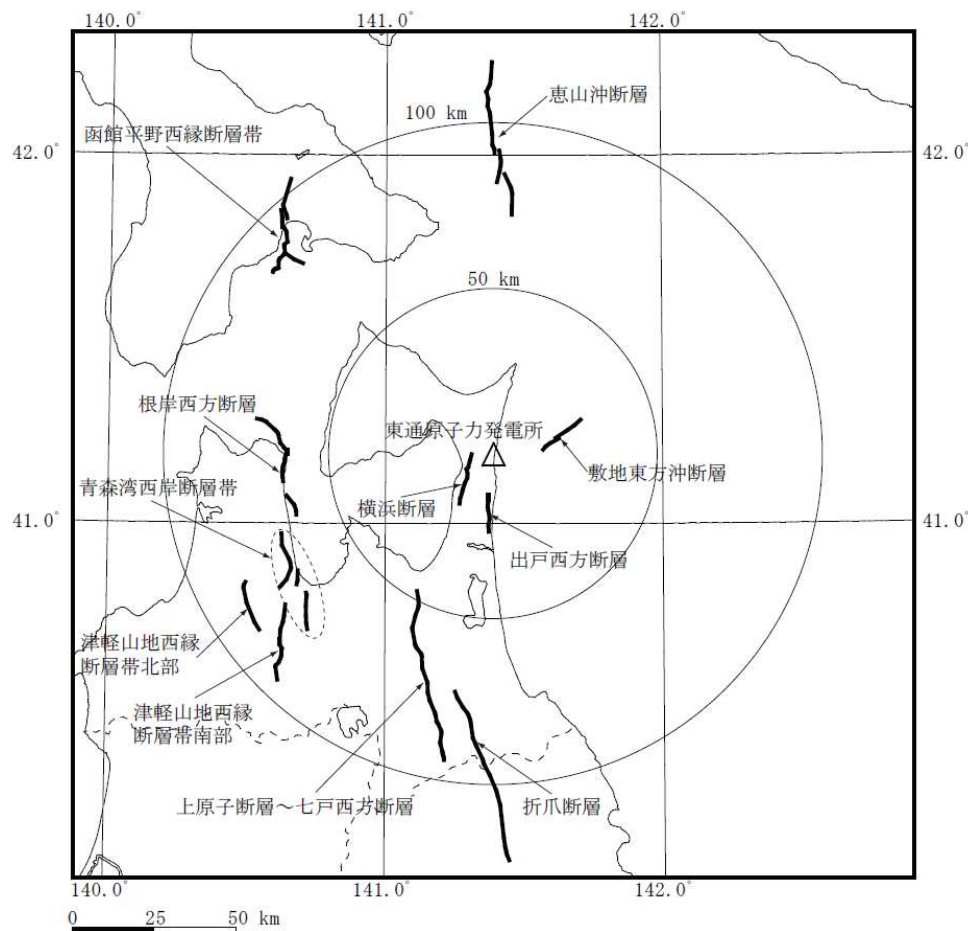
震源として考慮する活断層の検討結果を踏まえた検討用地震の選定の基本的考え方

【検討用地震選定にあたっての基本的考え方】

- 基準地震動S_s策定に考慮する検討用地震は、以下の2種類を考慮する。
 - ①地質調査の結果、震源として考慮する活断層に該当すると判断した活断層による地震の中から、敷地に大きな影響を与えると予想される地震
 - ②地震動評価上の保守性を確保するために、①で選定した検討用地震による影響を上回る影響を敷地に与えると予想される地震
- 特に、②については、敷地～敷地周辺の地質・地質構造上の特徴も踏まえ、その断層モデルの断層面の一部が敷地近傍に及ぶモデルを想定する。

18 横浜断層(東傾斜)の考慮について 震源として考慮する活断層一覧

- 地質調査の結果、敷地周辺に認められる活断層のうち、敷地に最も近い活断層は横浜断層(断層長さL=15.4km, 等価震源距離17.5km)である。
- なお、横浜断層の等価震源距離算定に当たっては、地質調査結果に基づき断層傾斜角60°の西傾斜の逆断層としている。



敷地周辺の主な活断層分布

敷地周辺の主な活断層の諸元および想定する地震

No.	断層名	断層長さ(km)	地震規模M※ ¹	等価震源距離(km)※ ²	
1	横浜断層(西傾斜)	15.4	7.0	17.5	
2	敷地東方冲断層	14.5	7.0	20.5	
3	出戸西方断層	11	7.0	20.3	
4	上原子-七戸西方断層	51	7.7	69.8	
5	恵山冲断層	47	7.6	95.3	
6	折爪断層	53	7.7	97.5	
7	根岸西方断層	38	7.5	73.7	
8	青森湾西岸断層帯	31	7.3	77.1	
9	津軽山地西縁断層帯北部	16	7.1	78.2	
10	津軽山地西縁断層帯南部	23	7.2	80.7	
11	函館平野西縁断層帯	海域南東延長部を含む 函館平野西縁断層帯	26	7.2	97.5
		海域南西延長部を含む 函館平野西縁断層帯	28	7.2	103.0

※1 孤立した短い活断層であるNo.1~3は $M_0=7.5 \times 10^{18}$ Nmを仮定し武村(1990)により算定, No.8~10は地震調査研究推進本部(2004b), (2004c)を参考に設定, それ以外は松田(1975)により算定。

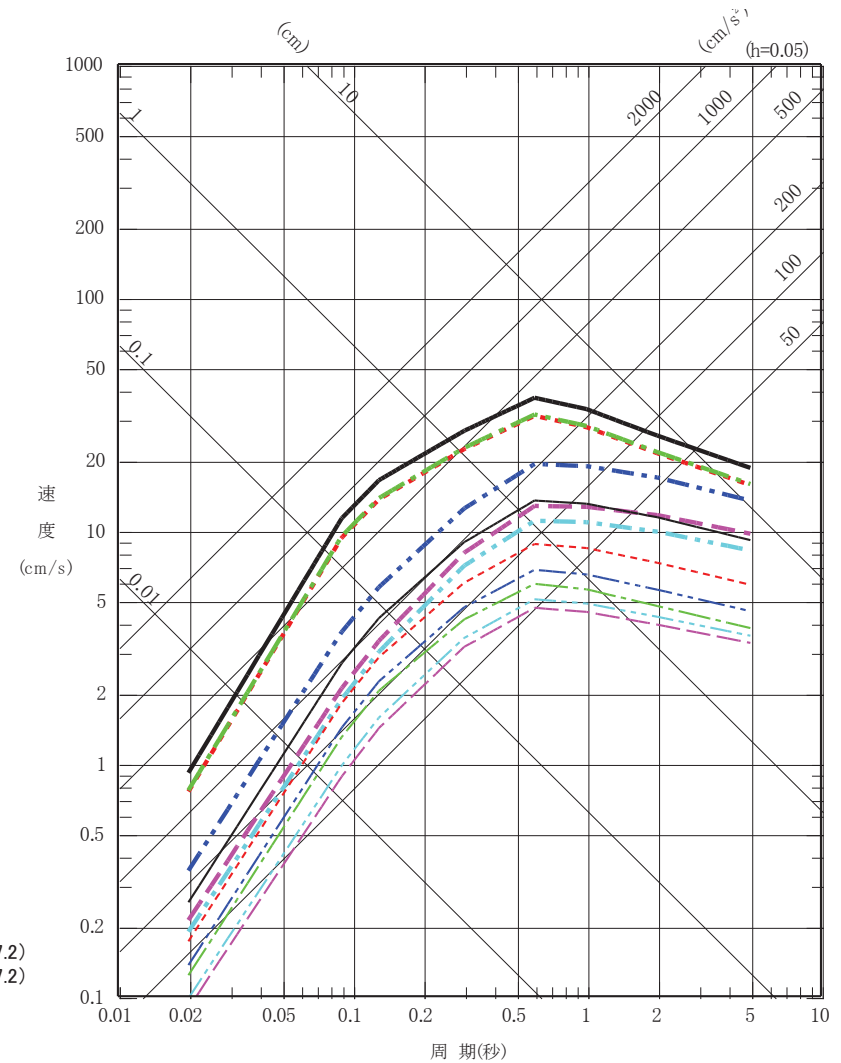
※2 等価震源距離算定にあたり, 地震発生層深さは微小地震分布などから3km~15kmに設定, 断層傾斜角は地質調査, 地震調査研究推進本部(2004b), (2004c)および地震調査研究推進本部(2017)を参考に設定。

震源として考慮する活断層による地震から選定される検討用地震

➤ 敷地周辺に存在する主な活断層により想定される地震が敷地に与える影響について、経験式(Noda et al.(2002))による距離減衰式で評価した場合、敷地に与える影響が最も大きい地震は横浜断層による地震(M7.0, 等価震源距離17.5km)である。

➤ よって、「**横浜断層(西傾斜)による地震**」を、震源として考慮する活断層による地震の検討用地震として選定する。

- 横浜断層による地震(M7.0)
- - - 敷地東方沖断層による地震(M7.0)
- · - 出戸西方断層による地震(M7.0)
- · - 上原子一七戸西方断層による地震(M7.7)
- · - 恵山沖断層による地震(M7.6)
- · - 折爪断層による地震(M7.7)
- · - 根岸西方断層による地震(M7.5)
- · - 青森湾西岸断層帯による地震(M7.3)
- · - 津軽山地西縁断層帯北部による地震(M7.1)
- · - 津軽山地西縁断層帯南部による地震(M7.2)
- · - 海城南東延長部を含む函館平野西縁断層帯による地震(M7.2)
- · - 海城南西延長部を含む函館平野西縁断層帯による地震(M7.2)

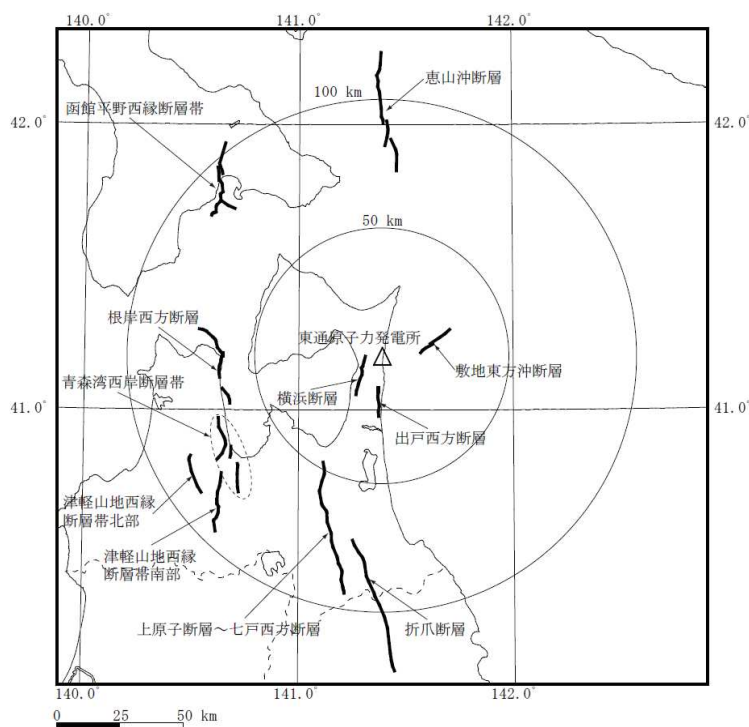


敷地周辺の活断層に想定する地震の地震動評価
(Noda et al.(2002)による) 内陸補正なし

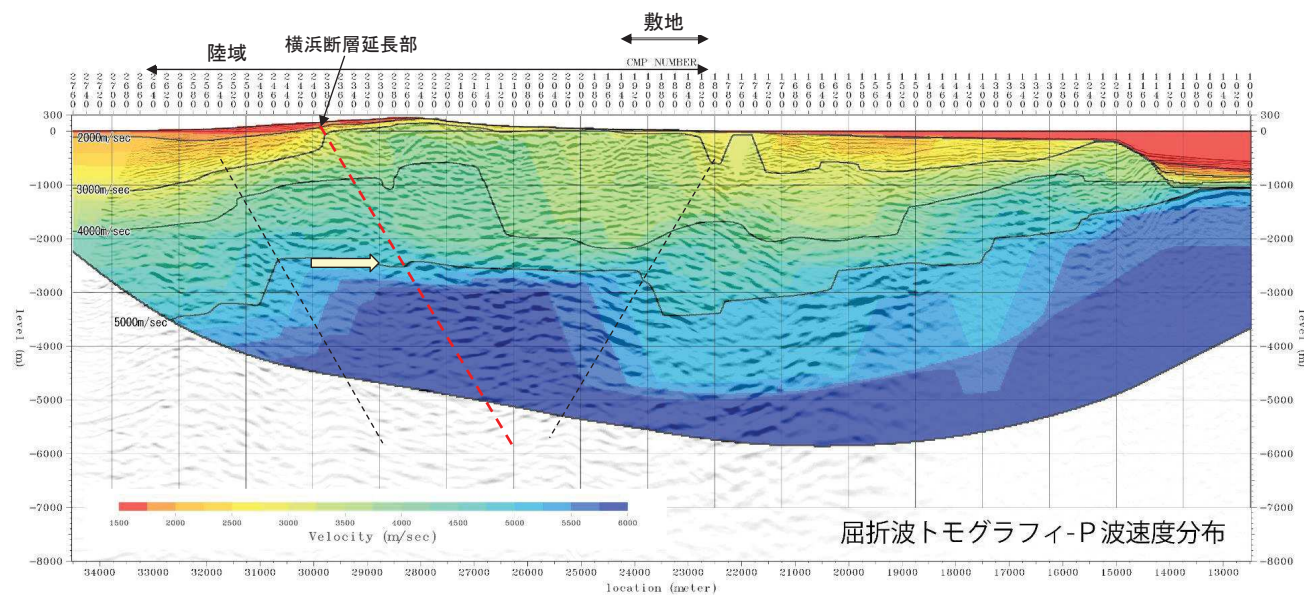
18 横浜断層(東傾斜)の考慮について

地震動評価上の保守性を確保するために考慮する検討用地震

- 敷地周辺に存在する活断層は下北半島の広域的な応力場等に対応した高角な逆断層が多い。また、地下深部構造(屈折法トモグラフィーによるP波速度分布)では、半島東西断面中央部付近に狭隘な速度構造の高まりが認められる。
- この狭隘な速度構造の高まりと関連するような活断層は存在しないため、この速度構造の高まりをテクトニックなものとしてとらえた場合、活断層を伴わない規模の小さい地震として陸奥湾付近(東傾斜)及び太平洋側(西傾斜)に想定することが考えられる。
- 地質調査の結果から、敷地に最も近い活断層は横浜断層であり、活断層を伴わない規模の小さい地震を横浜断層の位置に考慮することにより、地震動評価上の保守性を確保する(「**横浜断層(東傾斜)による地震**」)。
- なお、地震動評価にあたっては、考慮する不確かさの内容によって地震動評価結果が変わってくるが、横浜断層(西傾斜)による地震と横浜断層(東傾斜)の地震の不確かさケースは同様の考え方を採用することにより、横浜断層(東傾斜)の地震動評価上の保守性を確保する。



敷地周辺の活断層の分布



下北半島の速度構造(東西断面図)と検討用地震

(1)横浜断層(西傾斜)による地震の断層モデルとその不確かさケース

横浜断層(西傾斜)による地震

【震源モデル(基本ケース)】

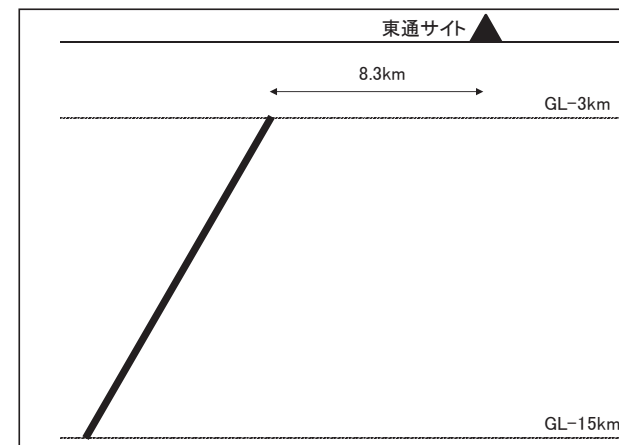
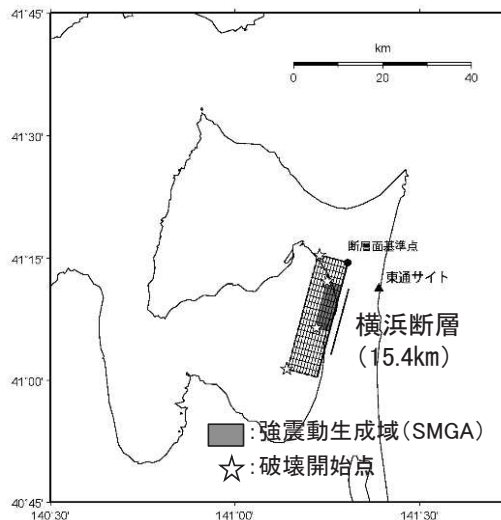
- ・地質調査結果では横浜断層は断層傾斜角 60° の西傾斜の逆断層であること、下北半島では高角な逆断層が卓越していること、地震調査研究推進本部(2017)では高角な逆断層の場合傾斜角を 60° と設定していることを踏まえ、傾斜角は 60° を採用。
- ・地質調査の結果では、断層長さは15.4kmと短い活断層のため、 $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{Nm}$ を上回るように断層長さは27kmを採用。
- ・SMGAは、保守的に活断層の認定される範囲において最も敷地に近い位置に考慮。また、応力降下量は地震調査研究推進本部(2017)に基づいた値を採用。

【震源モデル(不確かさケース)】

- ・不確かさケースとして、応力降下量の不確かさ(短周期レベルで1.5倍)を考慮。

検討ケース	地震規模	断層傾斜角	応力降下量 (短周期レベル)	SMGA位置	破壊開始点
①基本震源モデル (基本ケース)	M7.0 (Mw6.5)	60° 西傾斜	地震調査研究推進本部 (2017)に基づく値	断層面上端	複数
②応力降下量の不確かさを考慮したケース (不確かさケース)	M7.0 (Mw6.5)	60° 西傾斜	地震調査研究推進本部 (2017)に基づく値 $\times 1.5$ 倍	断層面上端	複数

■ : 考慮する不確かさ ■ : 予めモデルに織り込む不確かさ



地震発生層については、
 ・上端深さ: 3km
 ・下端深さ: 15km
 地震発生層厚さ12kmと設定

横浜断層(西傾斜)による地震の震源モデル

【参考】具体的な地震動評価

(2) 横浜断層(東傾斜)による地震検討用地震の断層モデルとその不確かさケース

横浜断層(東傾斜)による地震

【震源モデル(基本ケース)】

- ・下北半島では高角な逆断層が卓越していること、横浜断層より西側の陸奥湾付近に高角な断層を想定すると下北半島中軸部の狭隘な高まりと整合すること、地震調査研究推進本部(2017)では高角な逆断層の場合傾斜角を 60° と設定していることを踏まえ、傾斜角は 60° に設定。
- ・当該想定震源は、下北半島中軸部の狭隘な高まりと整合する位置には活断層は認められない上で、その断層を保守的に横浜断層位置に仮定した位置づけになるため、基本ケースとしては、断層長さをStirling et al.(2002)に基づき20kmを採用。
- ・SMGAは、保守的に活断層の認定される範囲において最も敷地に近い位置に考慮。また、応力降下量は地震調査研究推進本部(2017)に基づいた値を採用。
→ 設定した震源モデルの断層面は敷地近傍に及ぶものとなる。

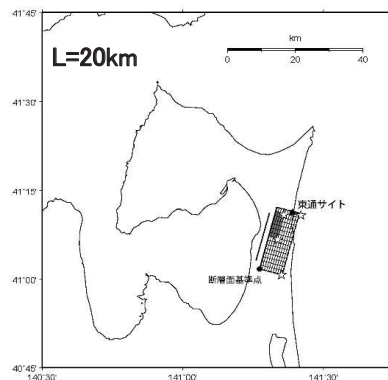
【震源モデル(不確かさケース)】

- ・不確かさケースとして、保守的に短い活断層の扱いに準じ、 $M_0=7.5 \times 10^{18} \text{Nm}$ を上回るように断層長さ27kmを採用。
- ・不確かさケースとして、応力降下量の不確かさ(短周期レベルで1.5倍)を考慮、断層長さの不確かさケースと重畳させる。

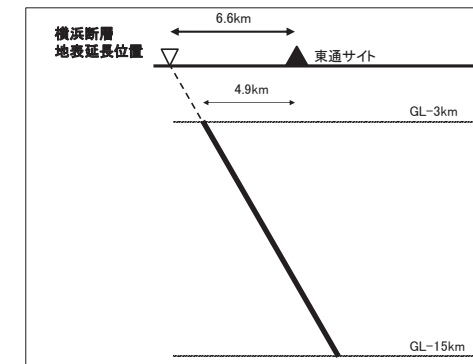
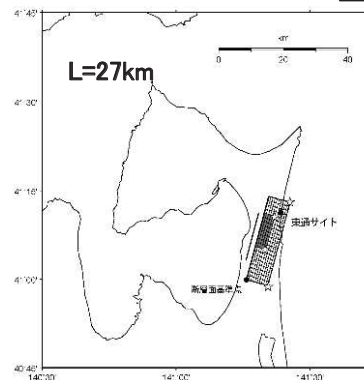
検討ケース	地震規模	断層傾斜角	応力降下量 (短周期レベル)	SMGA位置	破壊開始点
③基本震源モデル (基本ケース)	M6.8 (Mw6.4)	60° 東傾斜	地震調査研究推進本部 (2017)に基づく値	断層面上端	複数
④断層長さの不確かさを考慮したケース (不確かさケース1)	M7.0 (Mw6.5)	60° 東傾斜	地震調査研究推進本部 (2017)に基づく値	断層面上端	複数
⑤断層長さおよび応力降下量の不確かさを考慮したケース(不確かさケース2)	M7.0 (Mw6.5)	60° 東傾斜	地震調査研究推進本部 (2017)に基づく値 $\times 1.5$ 倍	断層面上端	複数

■ : 考慮する不確かさ

■ : 予めモデルに織り込む不確かさ



横浜断層(東傾斜)による地震の震源モデル



検討用地震の断面と敷地との関係

(3)断層モデルによる地震動評価

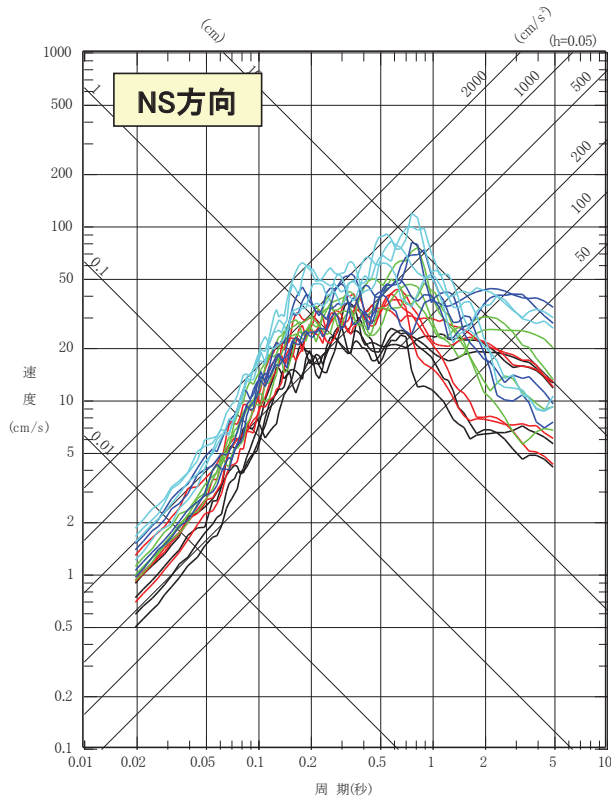
➤ 断層モデルを用いた地震動の評価には、統計的グリーン関数法※¹(一部理論的手法とのハイブリッド※²)を採用※³。

※¹ 波形合成は入倉ほか(1997)による。

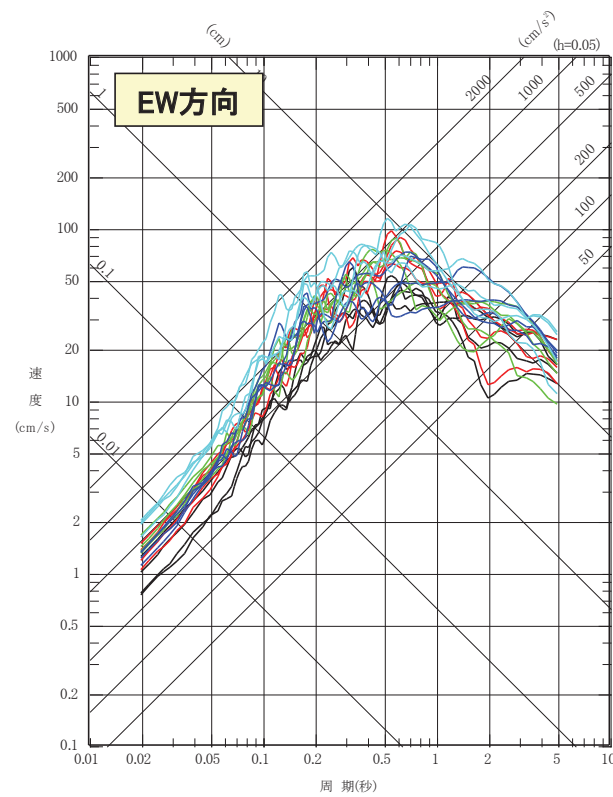
※² 短周期は入倉ほか(1997)による統計的グリーン関数法, 長周期はHisada(1994)による理論的方法(波数積分法)を用いた。

※³ 算定に用いた地盤モデルは第808回審査会合資料(「基準地震動策定のうち地下構造の評価について」(令和元年12月6日))による。

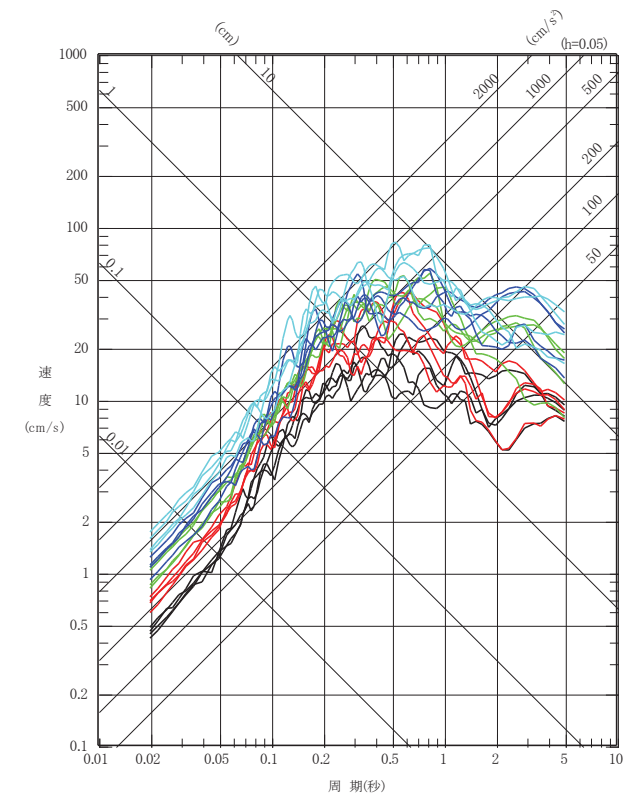
- ①西傾斜 基本震源モデル
- ②西傾斜 応力降下量の不確かさを考慮したケース
- ③東傾斜 基本震源モデル
- ④東傾斜 断層長さの不確かさを考慮したケース
- ⑤東傾斜 断層長さおよび応力降下量の不確かさを考慮したケース



水平方向



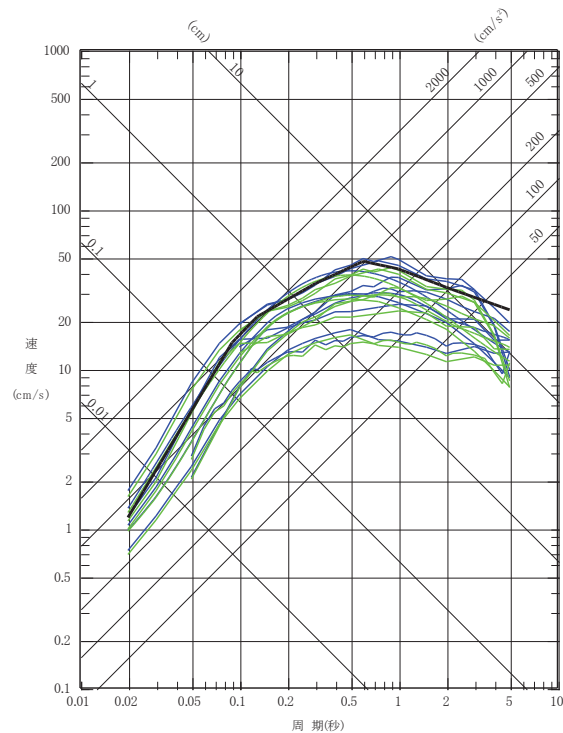
鉛直方向



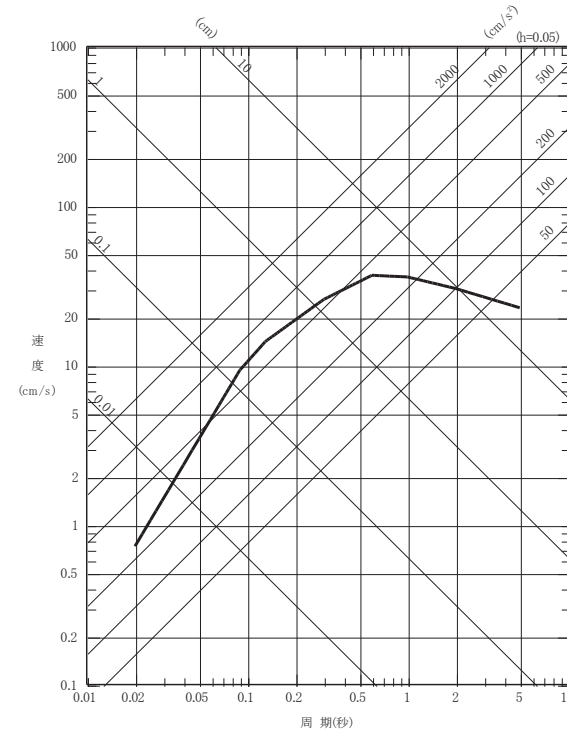
(4) 応答スペクトルによる地震動評価

- 横浜断層(西傾斜)による地震については, Noda et al.(2002)(内陸補正なし)により評価。
- 横浜断層(東傾斜)による地震については, Noda et al.(2002)の適用範囲外のため, その他の各種距離減衰式で評価。

- ①西傾斜 基本震源モデル, ②西傾斜 応力降下量の不確かさを考慮したケース(M7.0, $X_{eq}=14\text{km}$)
- ③東傾斜 基本震源モデル(M6.8, $X_{eq}=9\text{km}$) ※
- ④東傾斜 断層長さの不確かさを考慮したケース, ⑤東傾斜 断層長さおよび応力降下量の不確かさを考慮したケース(M7.0, $X_{eq}=10\text{km}$) ※



水平方向



鉛直方向

※Noda et al.(2002)による距離減衰式の適用範囲外であるため, Noda et al.(2002)以外の距離減衰式による評価(水平方向)を実施。

Noda et al.(2002)以外の距離減衰式:kanno et al.(2006), Zhao et al.(2006), 内山・翠川(2006), 片岡ほか(2006), Abrahamson et al.(2014), Boore et al.(2014), Campbell et at.(2014), Chiou et al.(2014), Idriss(2014)

参考文献

1. 今泉俊文, 宮内崇裕, 堤浩之, 中田高編(2018):活断層詳細デジタルマップ[新編]. 東京大学出版会
2. 山崎晴雄・栗田泰夫・加藤碩一・衣笠善博(1986):50万分の1活構造図「青森」, 地質調査所
3. 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会
4. 産業技術総合研究所・東海大学(2012):沿岸海域における活断層調査青森湾西岸断層帯(海域部)成果報告書 平成24年5月
5. 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):青森湾西岸断層帯の長期評価, 地震調査研究推進本部
6. 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2004):津軽山地西縁断層帯の長期評価, 地震調査研究推進本部
7. 地震調査研究推進本部 地震調査委員会(2001):函館平野西縁断層帯の評価, 地震調査研究推進本部
8. 「沿岸海域における活断層調査 函館平野西縁断層帯(海域部)成果報告書(2012):産業技術総合研究所・北海道立総合研究機構地質研究所
9. 北海道(1999):北海道活断層図 No.2 函館平野西縁断層帯活断層図とその解説, 65p
10. 地質調査総合センター編(2013):日本重力データベースDVD版(第2版)
11. 奥田義久(1993):20万分の1海洋地質図「下北半島沖海底地質図」, 地質調査所
12. 海上保安庁(1975):20万分の1海底地質構造図「下北半島沖」
13. 地質調査総合センター編(2013):日本重力データベースDVD版(第2版), 数値地質図P-2
14. 東京電力株式会社(2010):東通原子力発電所原子炉施設設置許可申請書 平成18年9月(平成19年3月一部補正, 平成21年4月一部補正, 平成22年4月一部補正)
15. 東京電力株式会社(2010):東京電力(株)東通原子力発電所 敷地の地質・地質構造敷地の断層にみられる変状について, 資料第113C-10-5号, 平成22年11月
16. 秋葉文雄・平松力(1988):青森県鰹ヶ沢, 五所川原および下北地域の新第三系珪藻化石層序, 総合研究A「新第三系珪質頁岩の総合研究」研究報告書
17. Watanabe,N.・Takimoto,T.・Shuto,K.・Itaya,T.(1993):K-Ar ages of the Miocene volcanic rocks from the Tomari area in the Simokita Peninsula, Northeast Japan arc, *J.Min.Petr.Econ.Geol.*,vol.88, pp.352-358
18. 棚井敏雅(1955):本邦炭田産の第三紀化石植物図説 I, 地質調査所報告
19. Yanagisawa,Y. and Akiba,F. (1998):Refined Neogene diatom biostratigraphy for the northwest Pacific around Japan, with an introduction of code numbers for selected diatom biohorizons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 104, pp.395-414
20. 地学団体研究会編(1996):新版地学事典. 平凡社, 東京, 1443p.
21. 植田良夫・鈴木光郎(1973):東北日本産海緑石とセロドナイトのK-Ar年代. *地質学論集*, 8, 151-159.
22. Sakamoto T.・ Suzuki S.・ Tatematsu H.・ Otsuka R. (1980):Iron-Sepiolite from the Seikan Tunnel, Japan. *J. Japan. Assoc. Miner. Petr. Econ. Geol.*, 75, 164-171.
23. Imai, N., Otsuka, R. and Nakamura, T. (1967):An occurrence of well-crystallized sepiolite from the Akatani iron mine, Niigata Pref., Northeastern Japan. *Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol.*, 57, 39-56.
24. 今井直哉・大塚良平・中村忠晴・井上秀雄(1966):栃木県葛生地域よりのセピオライトのあらたな産出, *粘土科学*, 6, 30-40.
25. 日本粘土学会編(2009):粘土ハンドブック(第三版), 技報堂出版
26. 物理探査学会(2016):物理探査ハンドブック
27. Xiao, H. and Suppe, J. (1992):Origin of Rollover, *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, vol.76, No.4, 509-529.
28. Moore, G.F.・ Park, J.-O.・ Bangs, N.L.・ Gulick, S.P.・ Tobin, H.J.・ Nakamura, Y.・ Sato, S.・ Tsuji,T.・ Yoro, T.・ Tanaka, H.・ Uraki, S.・ Kido, Y.・ Sanada, Y.・ Kuramoto, S.・ Taira, A. (2009):Structural and seismic stratigraphic framework of the NanTroSEIZE stage1 transect, *Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program*, Vol. 314/315/316.
29. 武村雅之(1990):日本およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, *地震 第2輯*, 第43巻
30. 松田時彦(1975):活断層から発生する地震の規模と周期について, *地震 第2輯*, 第28巻
31. 地震調査研究推進本部(2004b):青森湾西岸断層帯の長期評価について
32. 地震調査研究推進本部(2004c):津軽山地西縁断層帯の長期評価について
33. 地震調査研究推進本部(2017):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)
34. Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M.Tohdo and T. Watanabe (2002):RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, *OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis*. Oct. 16-18, Istanbul
35. Stirling, M. W., Rhoades, D. and Berryman, K.(2002):Comparison of earthquake scaling relations derived from data of the instrumental and preinstrumental *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 92, No.2, pp.812-830
36. Kanno T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara and Y. Fukushima(2006): A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.96, No.3, pp.879-897

参考文献

37. Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H.K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima and Y. Fukushima (2006): Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp.898-913
38. 内山泰生, 翠川三郎(2006): 震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第606号, 81-88
39. 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部 毅明(2006): 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集A, Vol.62, No.4, 740-757
40. Norman A. Abrahamson, Walter J. Silva and Ronnie Kamai (2014): Summary of the ASK14 Ground Motion Relation for Active Crustal Regions, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, 1025-1055
41. David M. Boore, Jonathan P. Stewart, Emel Seyhan, and Gail M. Atkinson (2014) : NGA-West2 Equations for Predicting PGA, PGV, and 5% Damped PSA for Shallow Crustal Earthquakes, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pages 1057-1085
42. Kenneth W. Campbell and Yousef Bozorgnia (2014) : NGA-West2 Ground Motion Model for the Average Horizontal Components of PGA, PGV, and 5% Damped Linear Acceleration Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pages 1087-1115
43. Brian S.-J. Chiou and Robert R. Youngs (2014) : Update of the Chiou and Youngs NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pages 1117-1153
44. I. M. Idriss (2014) : An NGA-West2 Empirical Model for Estimating the Horizontal Spectral Values Generated by Shallow Crustal Earthquakes, Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pages 1155-1177