

再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設

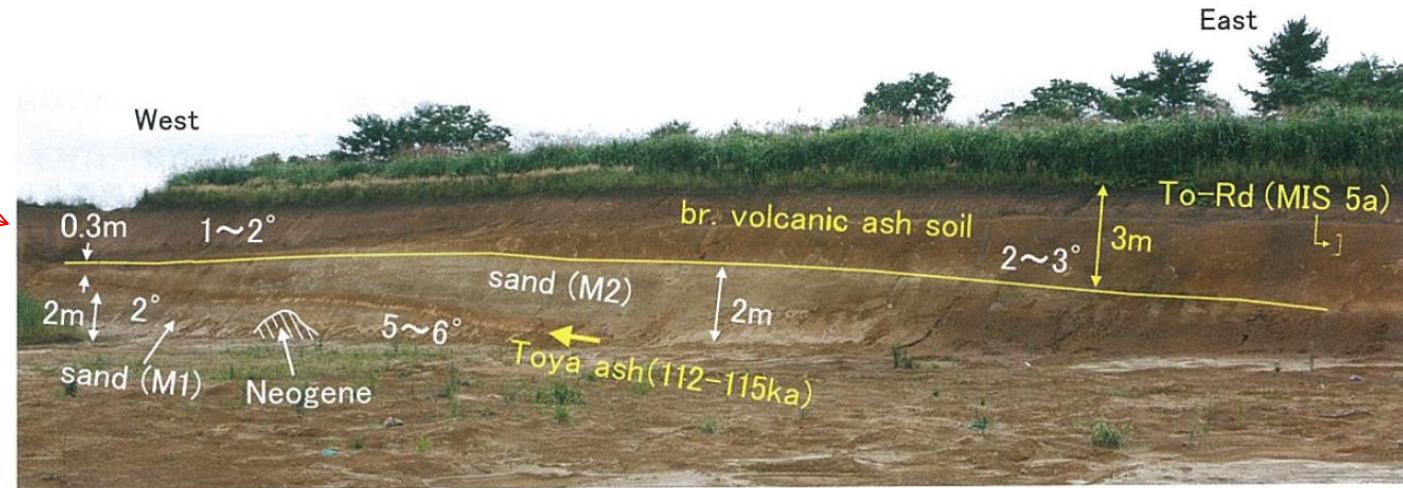
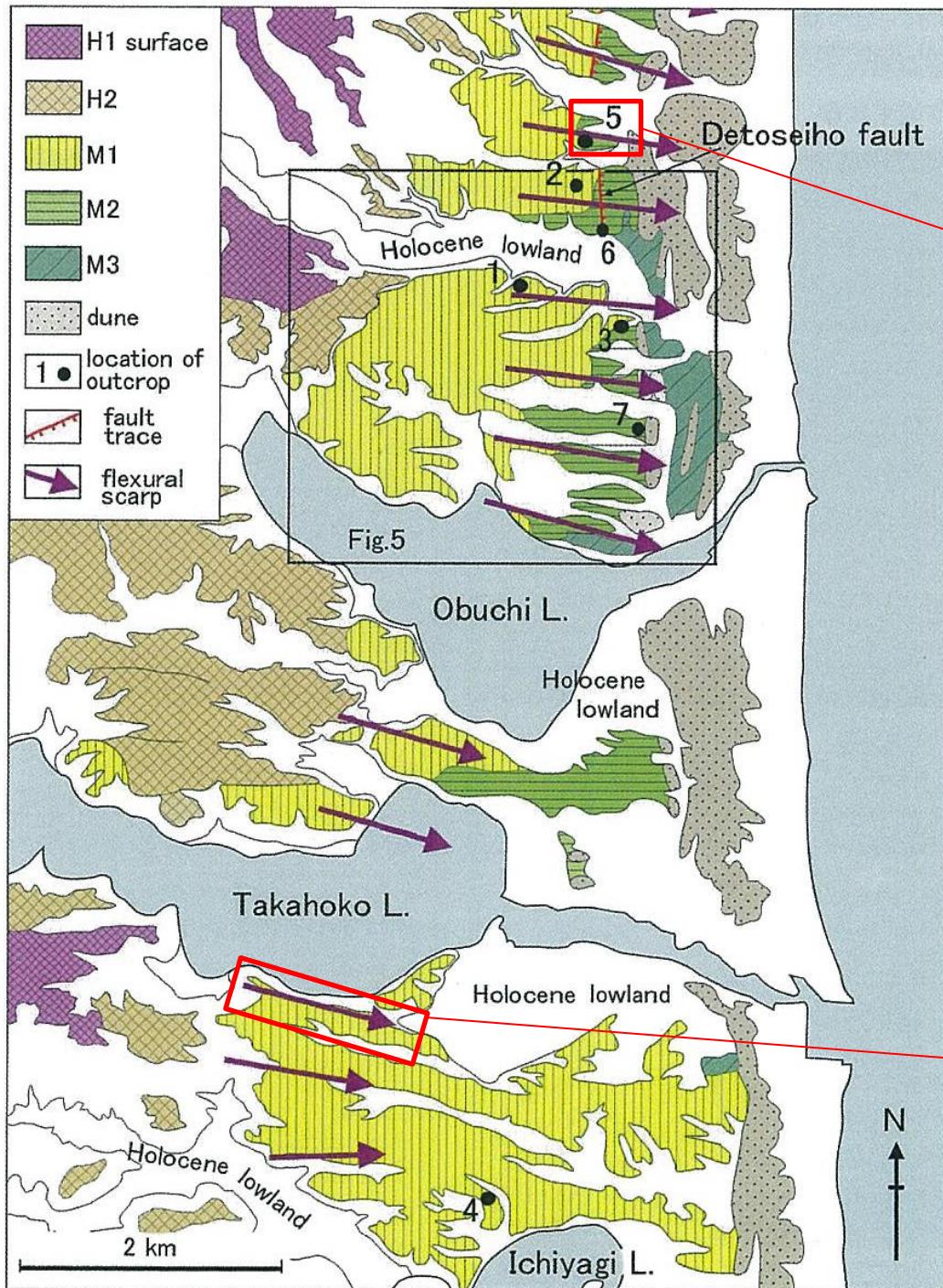
# 出戸西方断層に係る文献と事業者の評価結果の整理

令和元年10月3、4日



日本原燃株式会社

# 文献の露頭：六ヶ所撓曲を示す露頭と全景写真



六ヶ所撓曲を示す露頭(渡辺、2016)



六ヶ所撓曲を示す全景写真(渡辺ほか、2009)

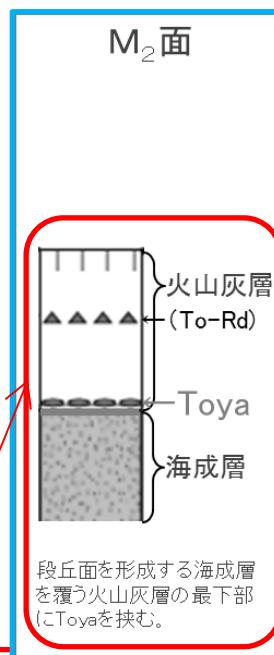
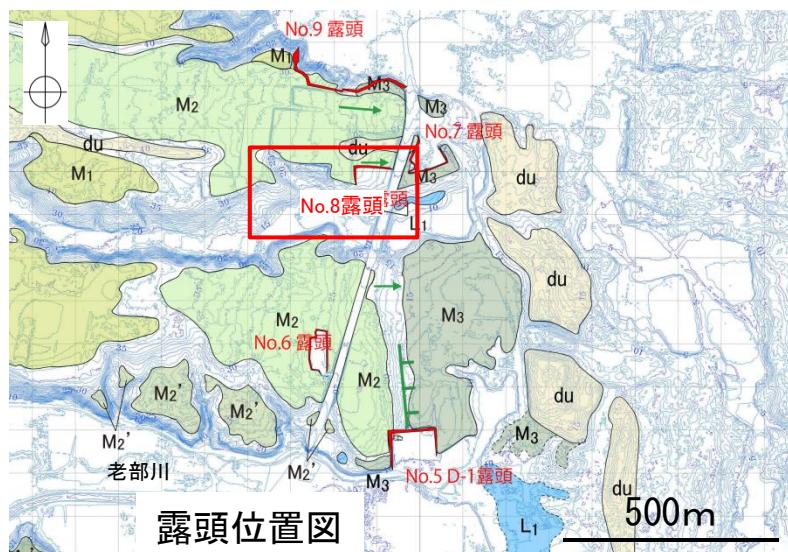
海成段丘面分類図(渡辺(2016))※

※渡辺(2018)の海成段丘面区分と同じであるため、カラーで掲載されている渡辺(2016)を使用した。

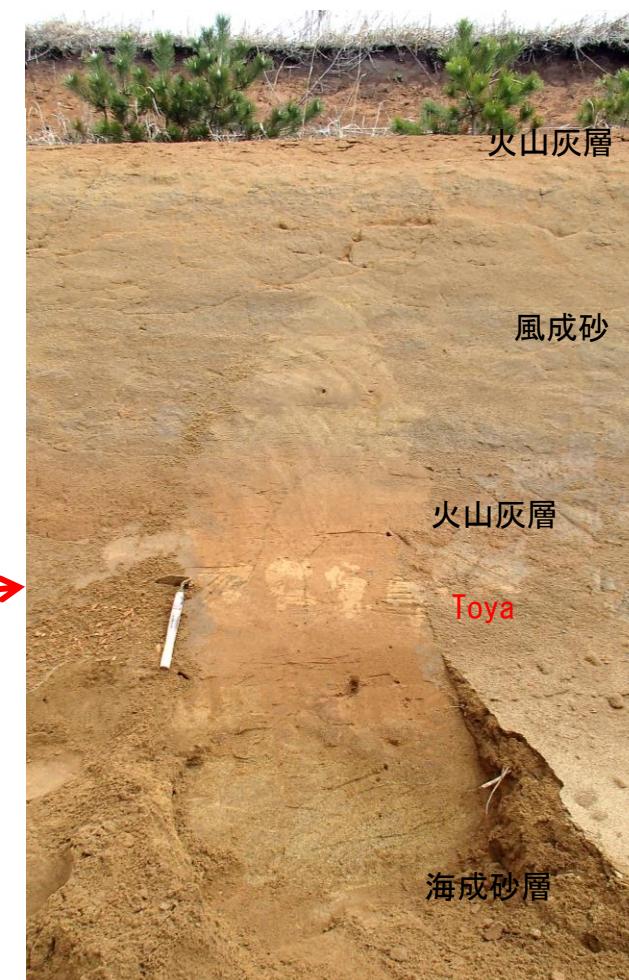
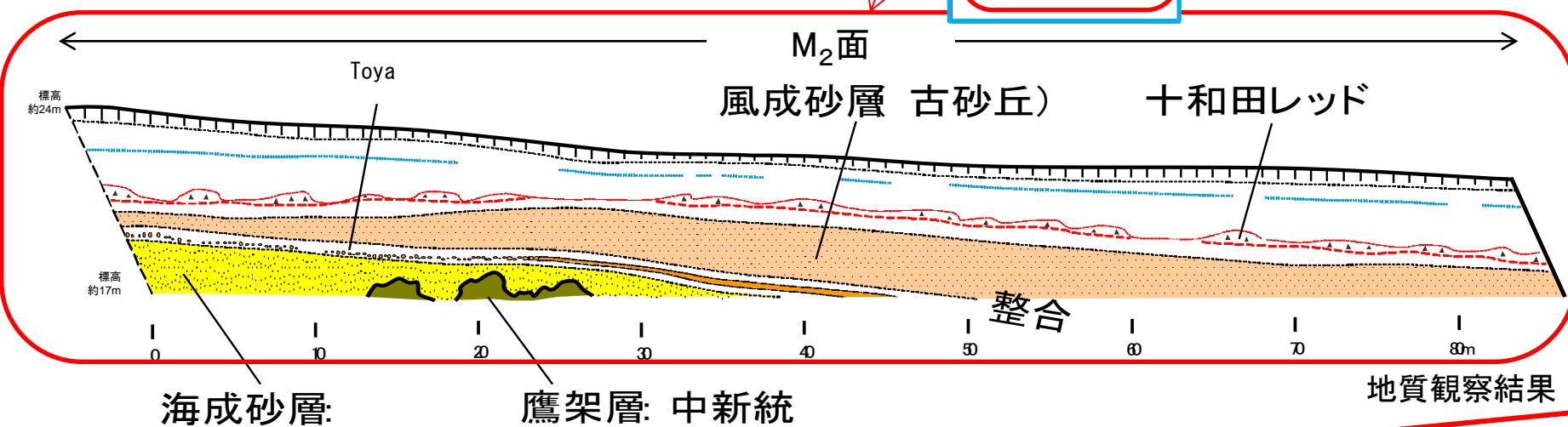
# 文献の露頭: 当社の評価

## No.8露頭: M<sub>2</sub>面

審査会合(2019.9.18)  
資料1-1 p206 再掲



- ・段丘堆積物は、斜交葉理が発達し、淘汰度の高い中粒砂からなる海成砂層である。
- ・海成砂層を覆う火山灰層の下部に風成の洞爺火山灰 (Toya) を挟む。
- ・洞爺火山灰 (Toya) から海成砂層上面の間に、火山灰層をわずかに挟む。
- ・なお、東西法面は改変されたため、現存しない。

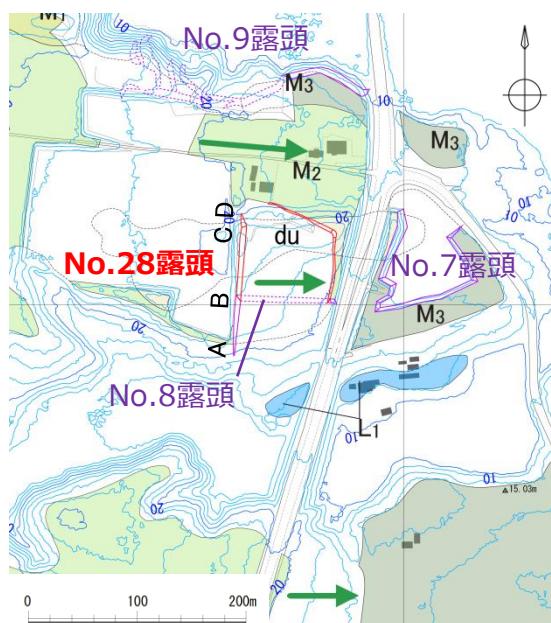
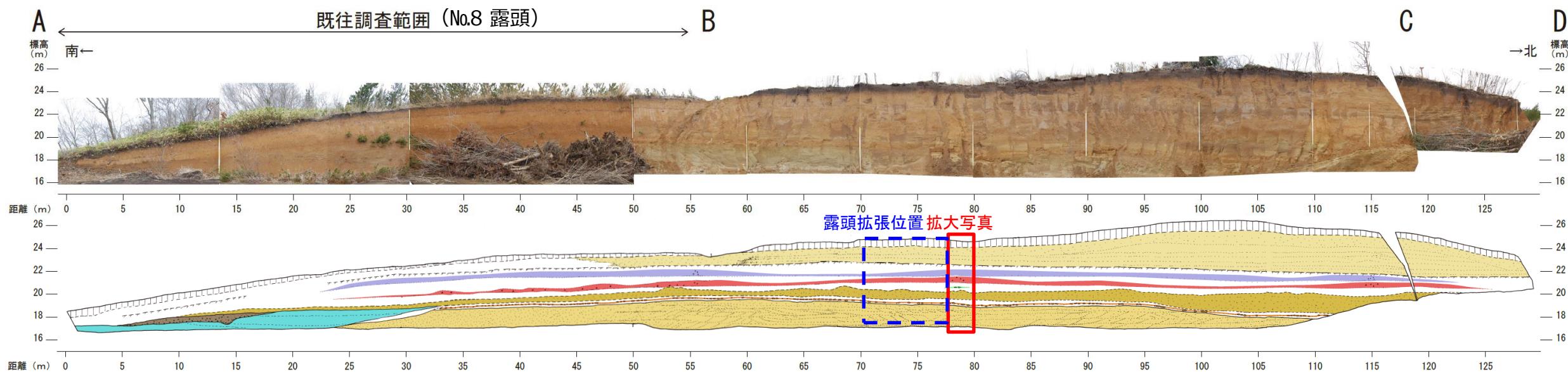


段丘堆積物と示標テフラとの関係

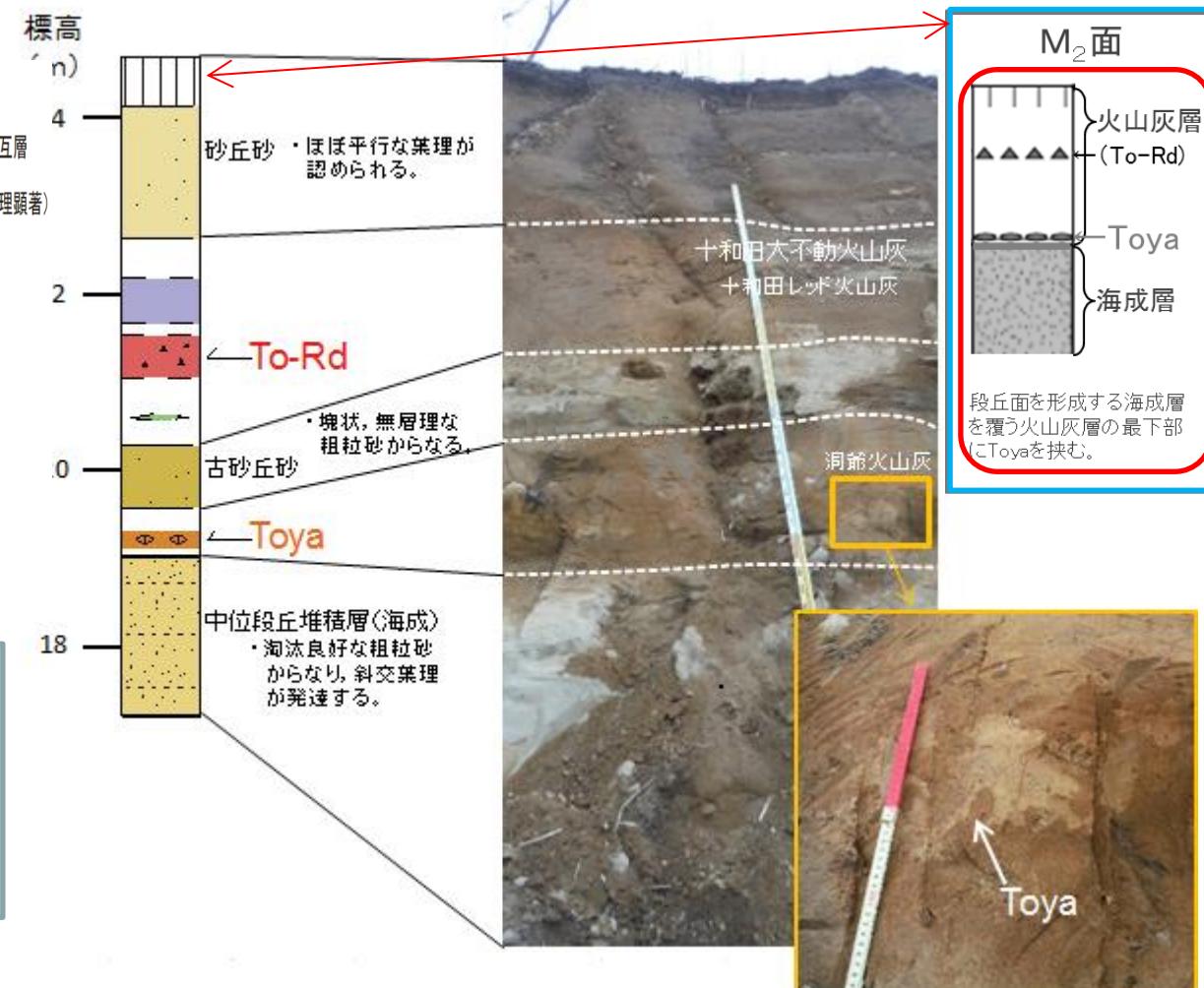
# 文献の露頭: 当社の評価

## No.28露頭: M<sub>2</sub>面

審査会合(2019.9.18)  
資料1-1 p207 加除修正

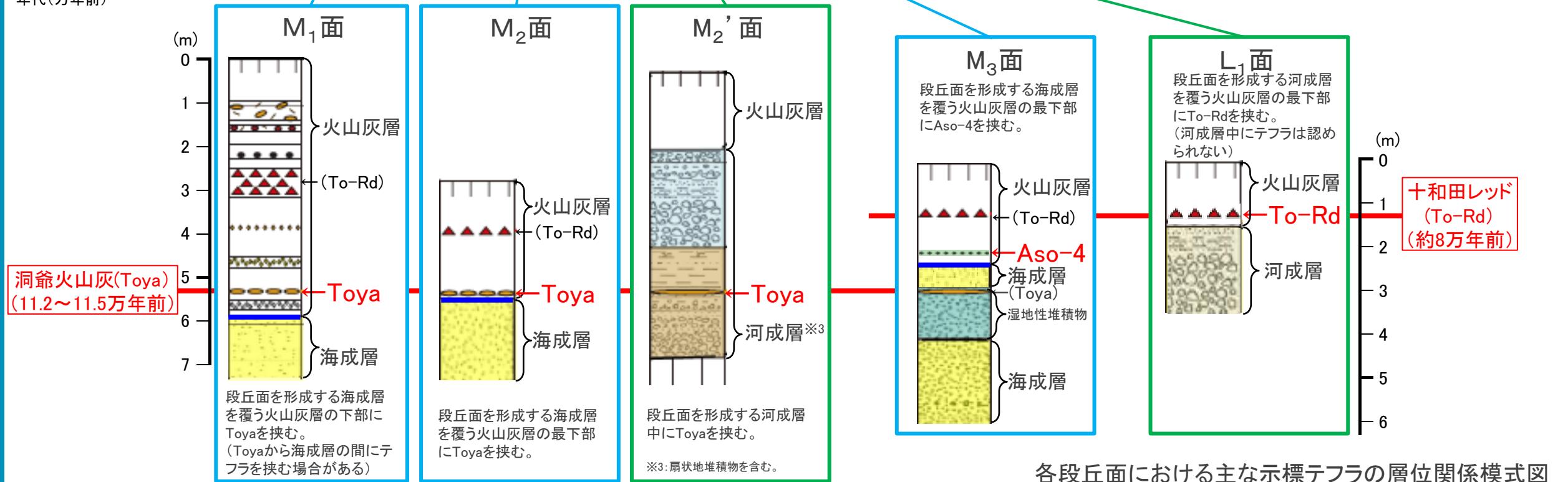
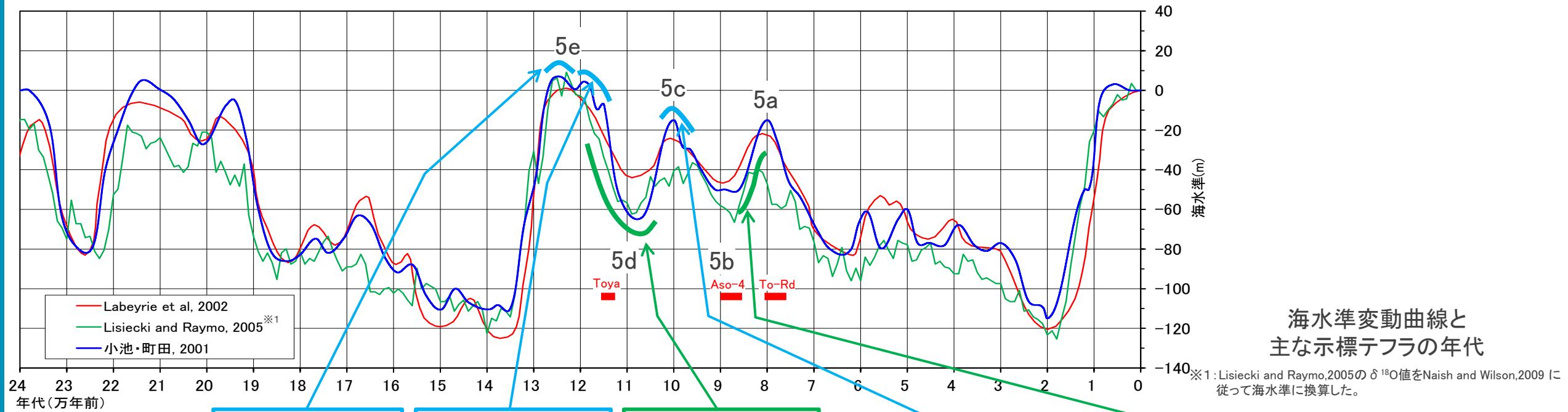


- |  |                     |  |            |
|--|---------------------|--|------------|
|  | 盛土                  |  | 砂礫         |
|  | 露頭にはり付いた土砂          |  | シルト・砂互層    |
|  | 黒色土壌, 耕作土           |  | 砂 (斜交葉理顕著) |
|  | ローム<br>(斜線部は褐色の古土壌) |  |            |
|  | 十和田八戸火山灰            |  |            |
|  | 砂丘砂層 (砂)            |  |            |
|  | 十和田大不動火山灰           |  |            |
|  | 十和田レッド火山灰           |  |            |
|  | 火山灰質シルト             |  |            |
|  | 古砂丘砂層 (砂)           |  |            |
|  | 洞爺火山灰               |  |            |
- 
- |  |              |
|--|--------------|
|  | 堆積構造 (層理・葉理) |
|  | 地層境界 (漸移的)   |
|  | 地層境界         |



- ・中位段丘堆積層は、斜交葉理が顕著な海成砂層からなり、これを覆うローム層の最下部に風成の洞爺火山灰 (Toya) を挟む。
- ・ローム層中には古砂丘砂層のほか、十和田レッド火山灰 (To-Rd)、十和田大不動火山灰 (To-Of) を挟在する。
- ・最上位に現世の砂丘砂層が分布し、地形の高まりを形成している。

# 段丘堆積層とテフラの層位関係



・出戸西方断層周辺に分布する段丘面は、露頭及びボーリングコアの調査結果から、主に、海成のM<sub>1</sub>面、M<sub>2</sub>面、及びM<sub>3</sub>面、並びに河成のM<sub>2</sub>'面及びL<sub>1</sub>面に相当する。



余白

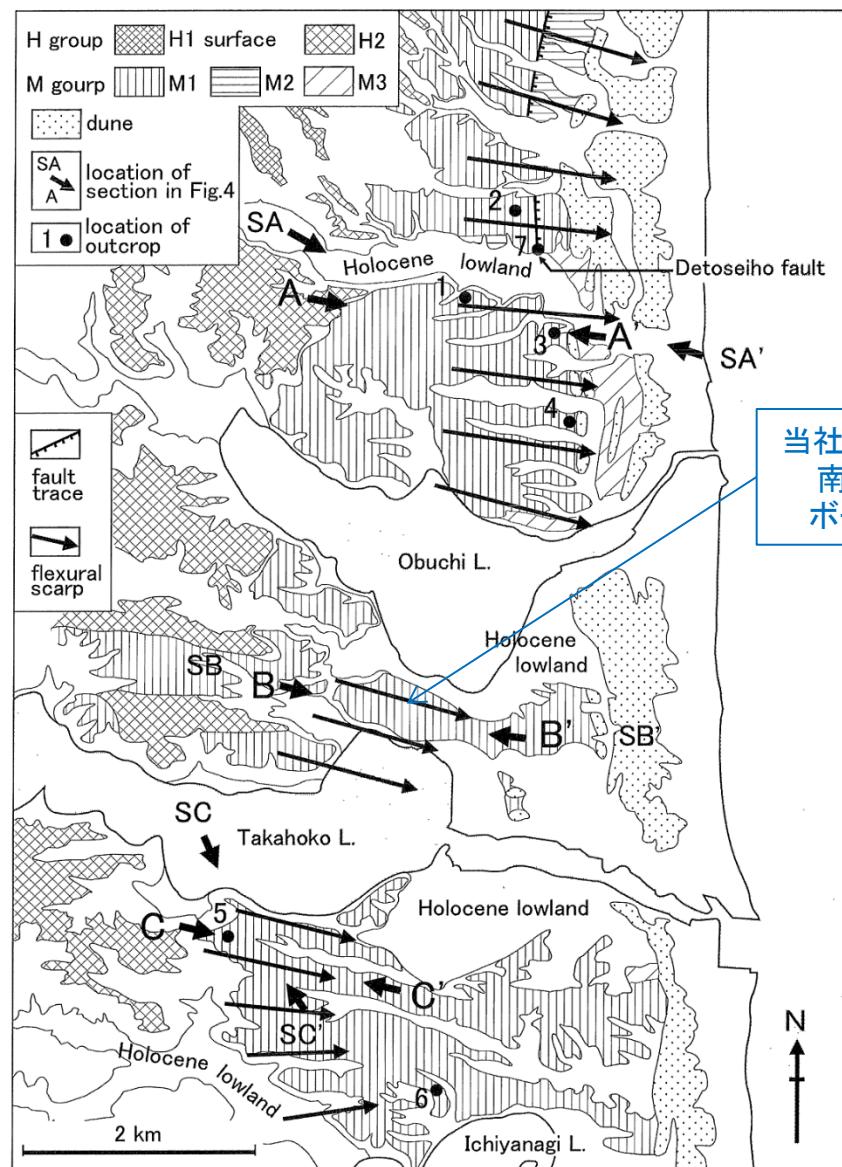
# 伏在逆断層と撓曲帯：文献の記載

審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p8 再掲

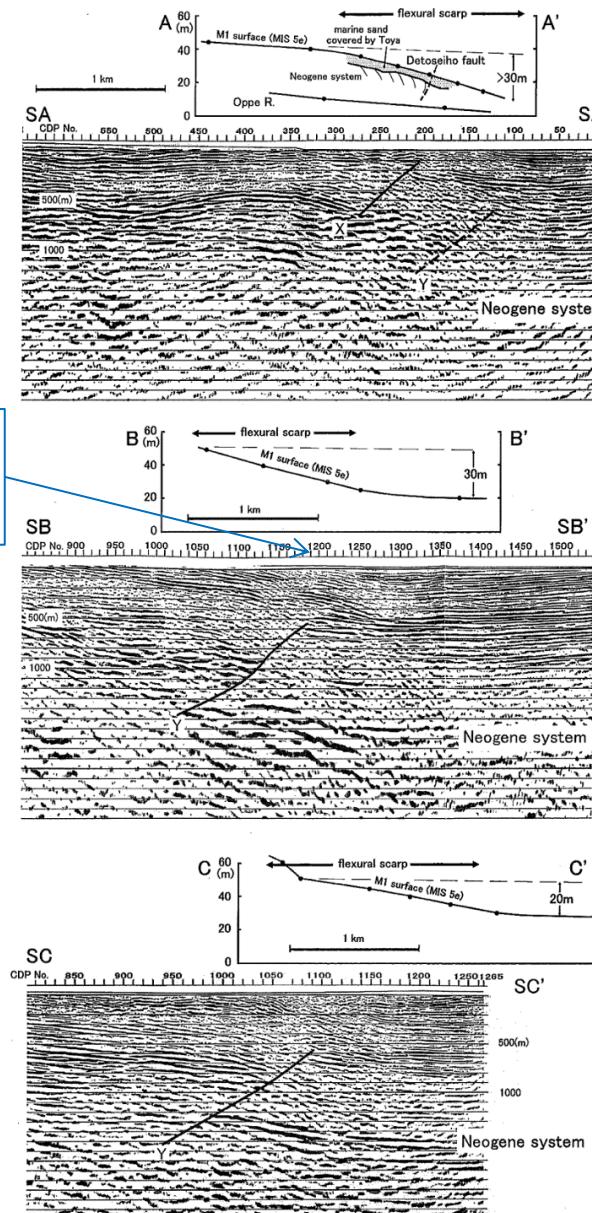


## 【伏在逆断層と撓曲帯】

- ・地下に存在する西傾斜の伏在逆断層(六ヶ所断層)の活動により、海成段丘面(MIS5e)が幅1km程度の帯状の部分で東方向へ撓曲(六ヶ所撓曲)し、同様の变形(急傾斜)は新第三系の構造にも見られるとしている。
- ・出戸西方断層は、伏在逆断層から派生する副次的な活断層であることから、最新活動時期は両者同時期(MIS3以降)としている。
- ・尾駁沼南岸(向斜構造)のボーリング調査結果について、第四系前期更新統の砂岩(砂子又層上部層)に向斜構造を形成する構造運動の影響がないことを根拠に日本原燃は活動性を否定しているが、層位関係からこの砂岩はM<sub>1</sub>面構成層であるため、M<sub>1</sub>面も撓曲している。



当社が実施した尾駁沼南岸(向斜構造)のボーリング調査位置



・M<sub>1</sub>面が異常な傾斜を示している範囲において、新第三系にも同様の傾斜構造が確認でき(SA断面)、出戸西方断層(図中:X)より東側に逆断層(図中:Y(以下、「伏在逆断層」と言う。))が想定できるとしている(SB、SC断面も同様)。

・伏在逆断層は新第三系を变形させ、M<sub>1</sub>面が新第三系と同じように撓曲していることは確実であるとしている。

・尾駁沼南岸(向斜構造)のボーリング調査結果について、第四系前期更新統の砂岩(砂子又層上部層)に向斜構造を形成する構造運動の影響がないことを根拠に日本原燃は活動性を否定しているが、層位関係からこの砂岩はM<sub>1</sub>面構成層であるため、M<sub>1</sub>面も撓曲している。

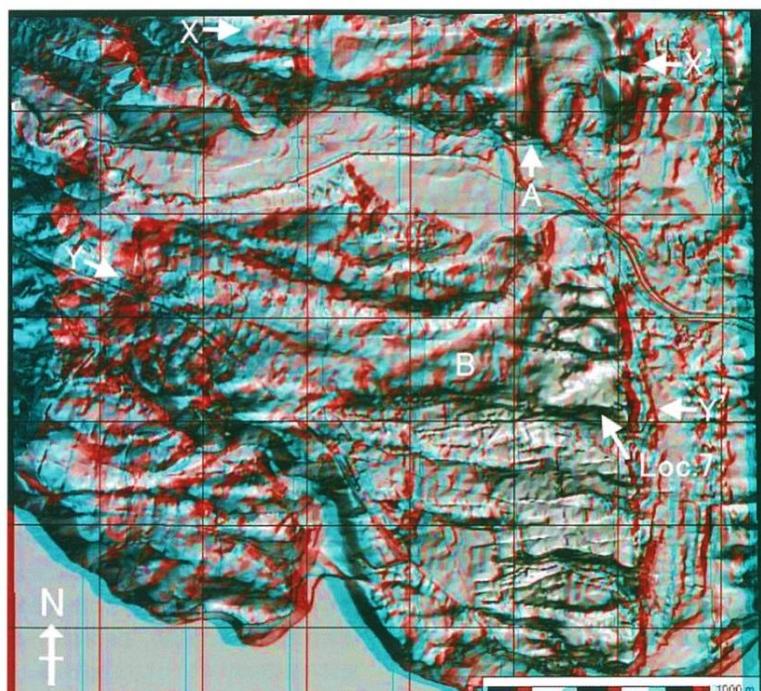
・伏在逆断層の陸上部の長さは、少なくとも15kmであり、撓曲帯の上盤側にある出戸西方断層は伏在逆断層から派生する副次的な活断層であることから、最新活動時期は両者同時期(MIS3以降)としている。

調査地域の地形地質断面図  
(渡辺ほか(2008) 一部加筆)

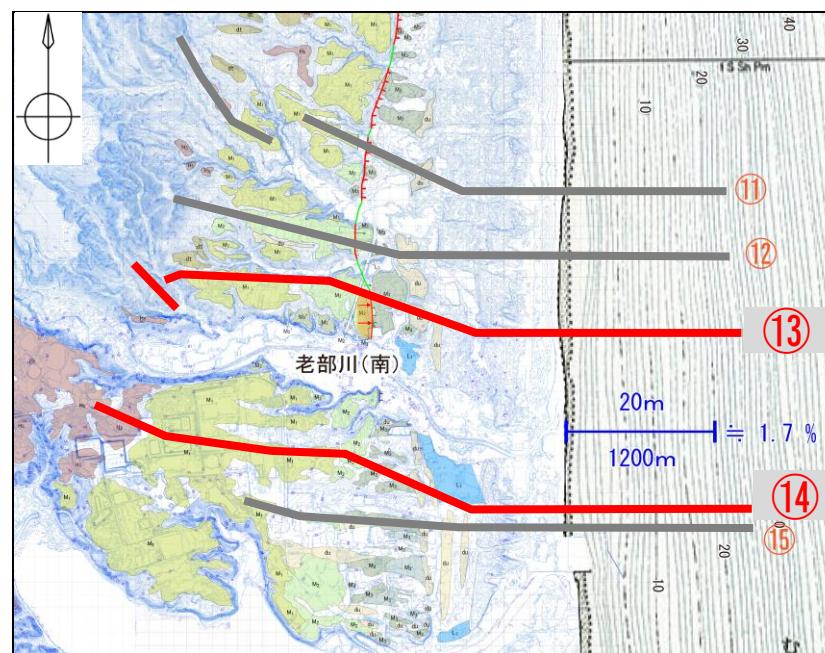
段丘面分類図(渡辺ほか(2008) 一部加筆)

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価1 当社と文献の地形断面の比較

審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p9 再掲

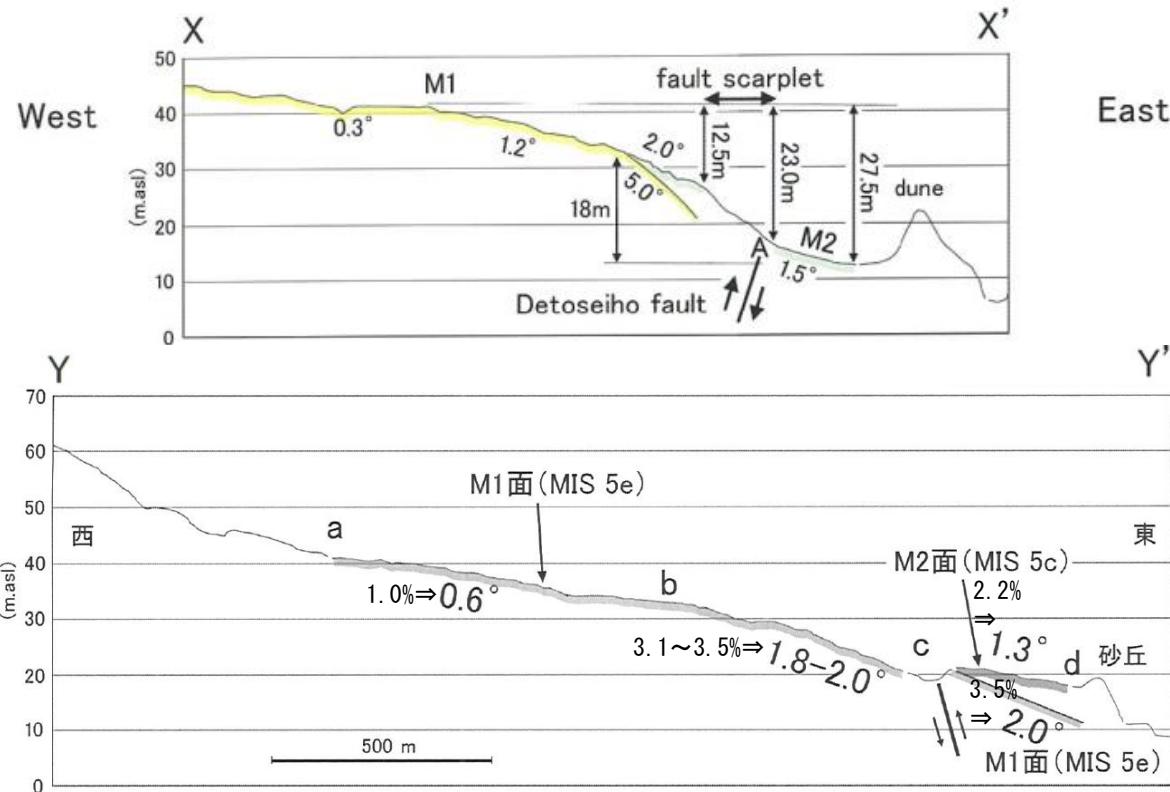


六ヶ所撓曲のアナグリフ画像及び地形断面図  
(渡辺(2016)) 勾配(%)を加筆

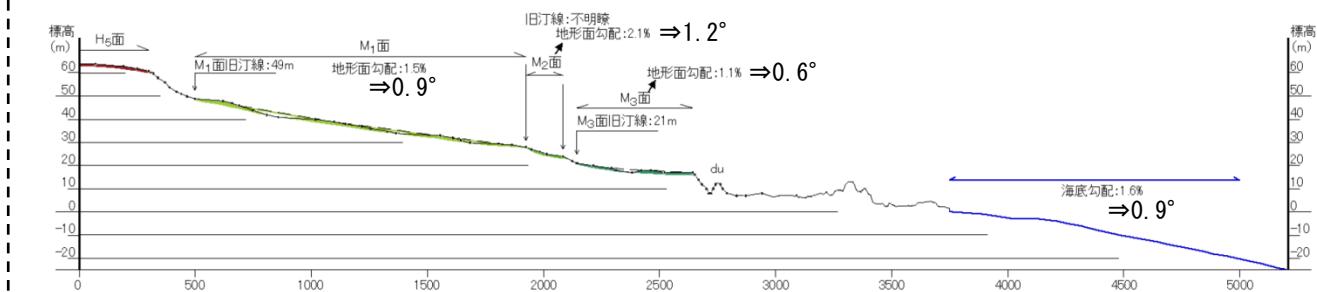
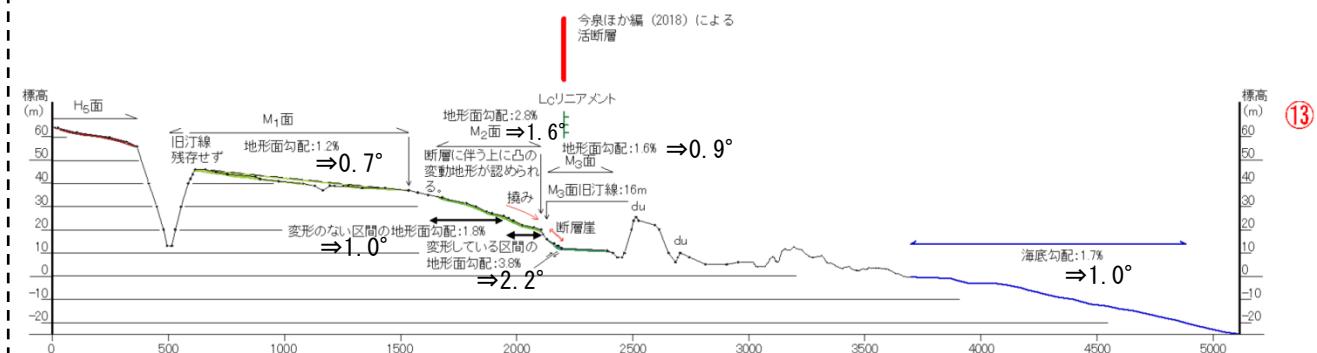


地形面区分図及び地形断面図

- ・地形断面図について、渡辺(2016)のX、Y断面と概ね同じ位置の当社の⑬断面、⑭断面を比較した。
- ・渡辺(2016)のM<sub>1</sub>面を当社はM<sub>1</sub>面、M<sub>2</sub>面に区分しており、段丘面分布に違いがあるため、段丘面の勾配が異なる。
- ・渡辺(2016)は空中写真等から作成したDEMに基づく地形断面図(X、Y断面)を作成し、M<sub>1</sub>面、M<sub>2</sub>面が海側へ異常に傾斜しているとしているが、撓曲範囲は⑬断面の断層近傍に限られ、その他の海成段丘面の勾配は、1.1%~2.1%(0.6°~1.2°)であり、現在の海底地形勾配(1.7%(1.0°))とほぼ同等である。



渡辺(2018)\*

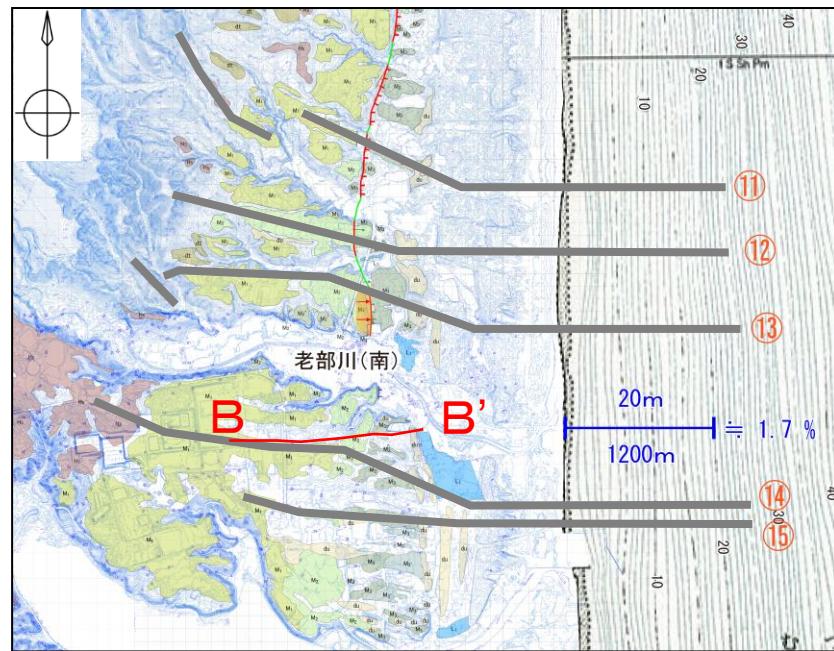


\*渡辺(2016)との比較であるが、渡辺(2018)にて地形断面を更新しているため、こちらを掲載した。なお、渡辺(2018)の断面位置の記載は「X-Y」である。

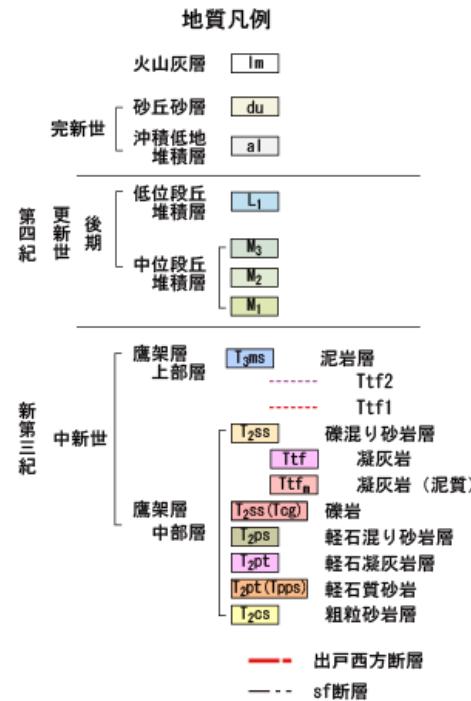
# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価2

## ボーリング調査等に基づく段丘面勾配と地質構造

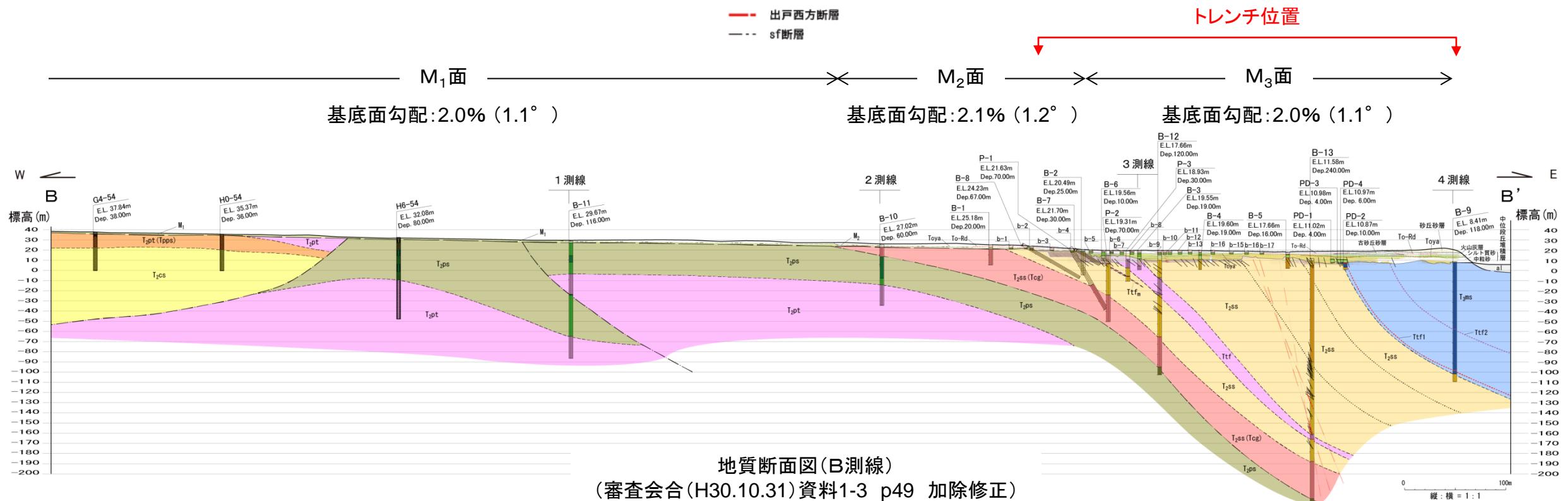
審査会合 (2019.9.18)  
資料1-2 p10 再掲



地形面区分図及び地形断面図



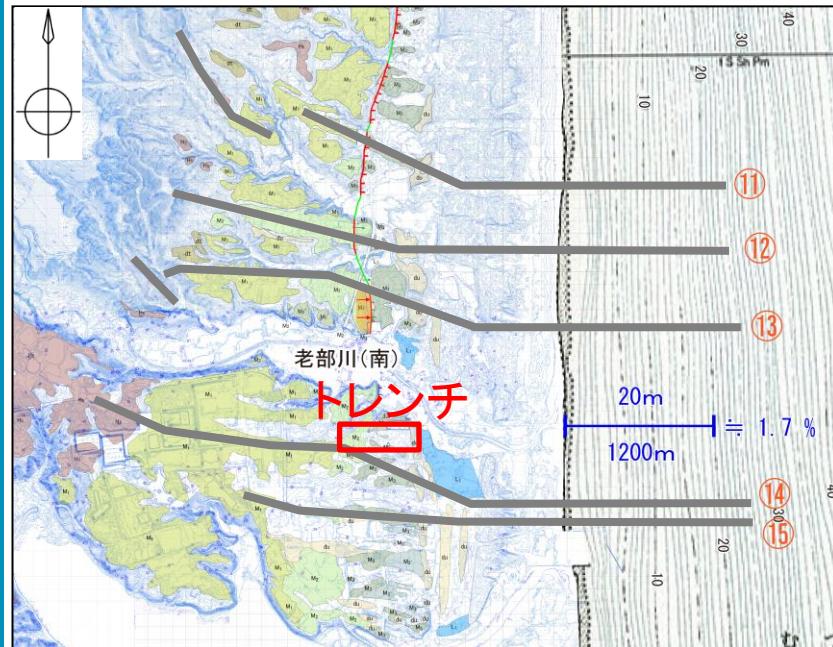
・渡辺(2016)のY断面(当社の⑭断面)と近いB断面におけるボーリング調査に基づき、中位段丘堆積層の勾配を今回算出した結果、  
 ⇒M<sub>1</sub>面の基底面勾配は2.0% (1.1°)  
 ⇒M<sub>2</sub>面の基底面勾配は2.1% (1.2°)  
 ⇒M<sub>3</sub>面の基底面勾配は2.0% (1.1°)  
 であり、中位段丘堆積層が東側へ異常に傾斜するような撓曲変形は認められない。



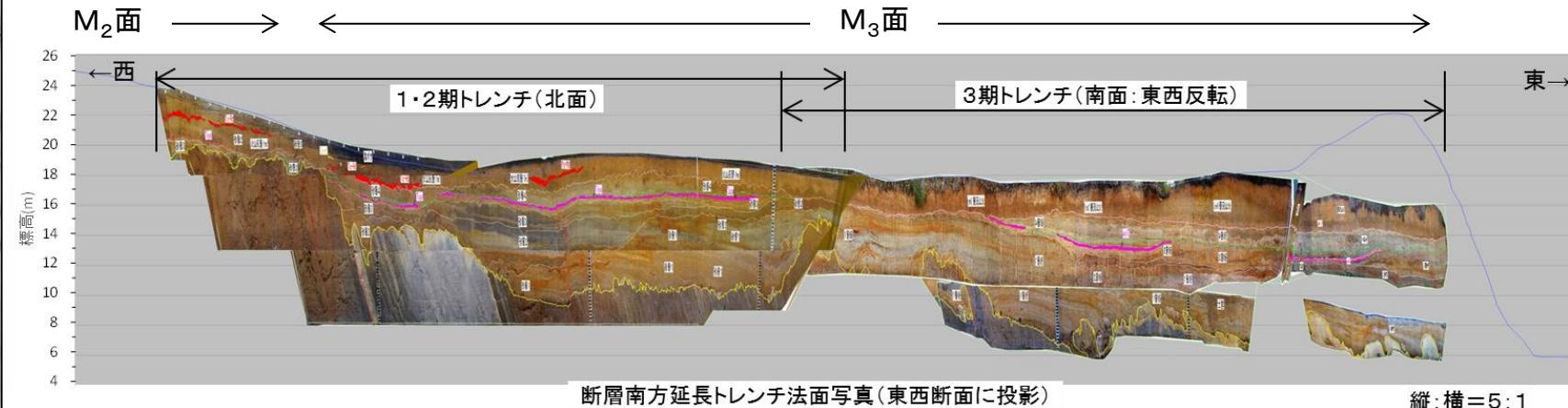
地質断面図 (B測線)  
(審査会合 (H30.10.31) 資料1-3 p49 加除修正)

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価3 トレンチ調査(露頭④)に基づく段丘面勾配

審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p11 再掲

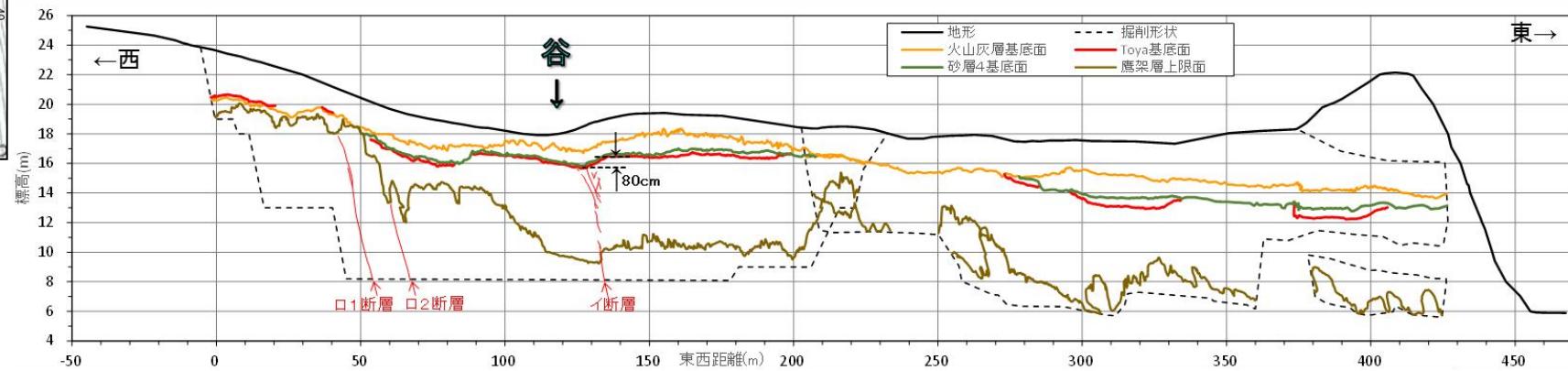


地形面区分図及び地形断面図



断層南方延長トレンチ法面写真(東西断面に投影)

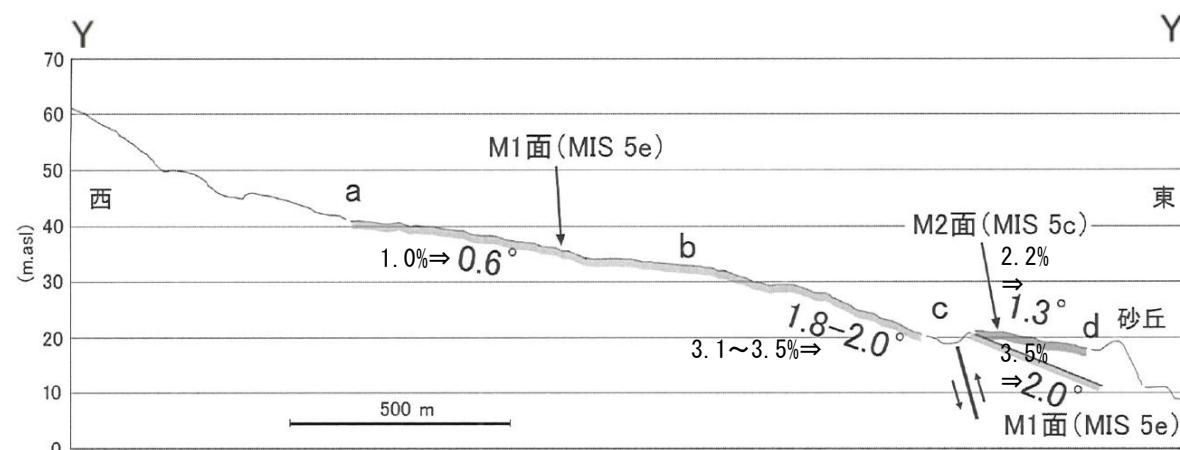
縦:横=5:1



断層南方延長トレンチ砂層基底面高度

縦:横=5:1

トレンチ調査結果(トレンチ付近の砂層基底面高度分布)  
(審査会合(H27.7.17)資料1-1 p173 加除修正)



地形断面図(渡辺(2018)) 勾配(%)を加筆

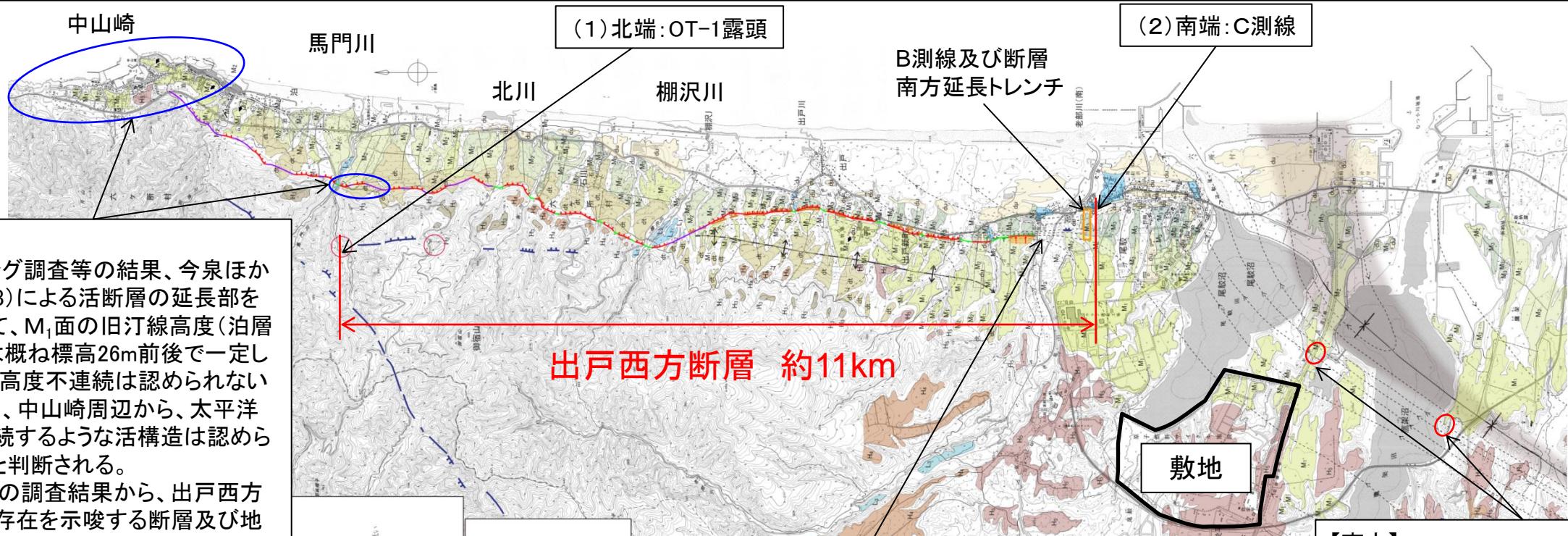
- ・トレンチ付近の地形勾配は東傾斜約2%(1.1°)である。
- ・砂層4(中位段丘堆積層(M<sub>3</sub>面))の基底面勾配は、今回算出した結果、東傾斜約2%(1.1°)であり、地形と調和的である。
- ・渡辺(2016)に基づけば、砂層4(中位段丘堆積層(M<sub>3</sub>面))下位の段丘堆積層(砂層1、砂層2)は海側へ異常な傾斜を示すことになるが、そのような傾斜は認められない。

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価4 出戸西方断層の評価



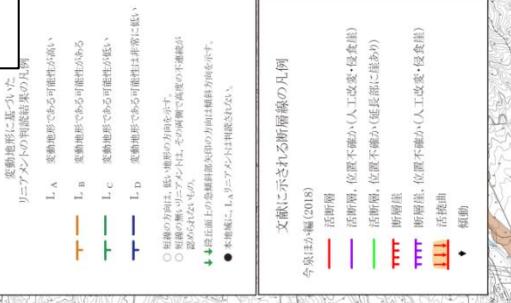
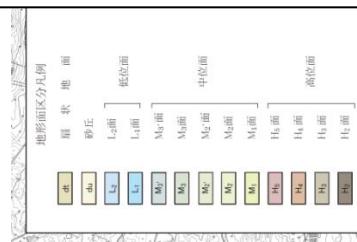
審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p12 再掲

- (1)北端位置:OT-1露頭
- ・OT-1露頭以北にリニアメント・変動地形は判読されない。
  - ・薄片観察結果によれば、最新面での変位センスは正断層センスであり、出戸西方断層の逆断層センスと運動センスは異なる。
  - ・露頭における断層の破碎幅は約1cm(内、粘土状破碎部は数mm)であり、顕著な破碎部は認められず、断層面は固結している。
- (2)南端位置:C測線
- ・Z測線以南にはリニアメント・変動地形は判読されない。
  - ・出戸西方断層と同じ西傾斜の逆断層が認められない。
  - ・I断層、ロ1断層、ロ2断層は、連続性が乏しく、累積性がないことから、これら断層を出戸西方断層の副次的な断層として安全側に評価。
  - ・出戸西方断層及び副次的な断層は、C測線以南に認められない。
  - ・鷹架層の地質構造は、C測線付近以北では南北走向、C測線付近以南では北東走向を示し、出戸西方断層沿いに認められる急傾斜構造は南方に向かって傾斜が緩くなることから、C測線付近を境に鷹架層の地質構造に差異がみられる。
- 出戸西方断層の長さは、OT-1露頭位置(北端)からC測線(南端)までの約11kmとする。



**【北方】**

- ・ボーリング調査等の結果、今泉ほか編(2018)による活断層の延長部を横断して、M<sub>1</sub>面の旧汀線高度(泊層上限)は概ね標高26m前後で一定しており、高度不連続は認められないことから、中山崎周辺から、太平洋側に連続するような活構造は認められないと判断される。
- ・MK測線の調査結果から、出戸西方断層の存在を示唆する断層及び地質構造は存在しない。



**【D-1露頭位置】**

- ・L<sub>c</sub>リニアメントに対応する位置において、中位段丘堆積層に変位・変形を与える西傾斜の逆断層が認められる。
- ・断層による変位量は古い地層ほど大きく、十和田大不動火山灰(約3.2万年前)にまで変位・変形が認められ、さらに上位の十和田八戸火山灰(約1.5万年前)には及んでいない。

→第四紀後期更新世以降の活動性を考慮する。

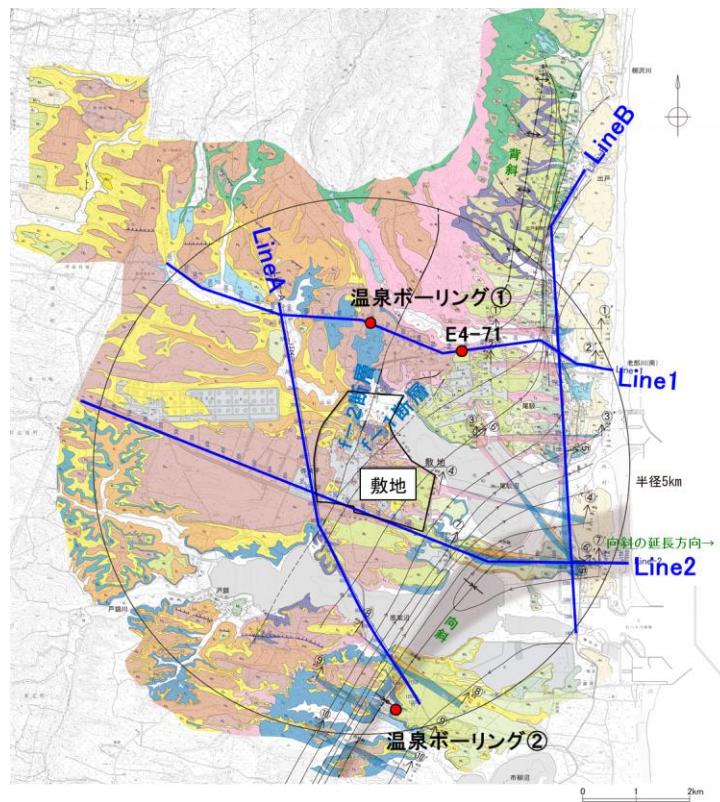
**【南方】**

- ・向斜構造は、尾駮沼南岸及び鷹架沼南岸の調査結果から、第四紀後期更新世以降の活動は認められない。

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価5 反射法地震探査による地下深部の地質構造

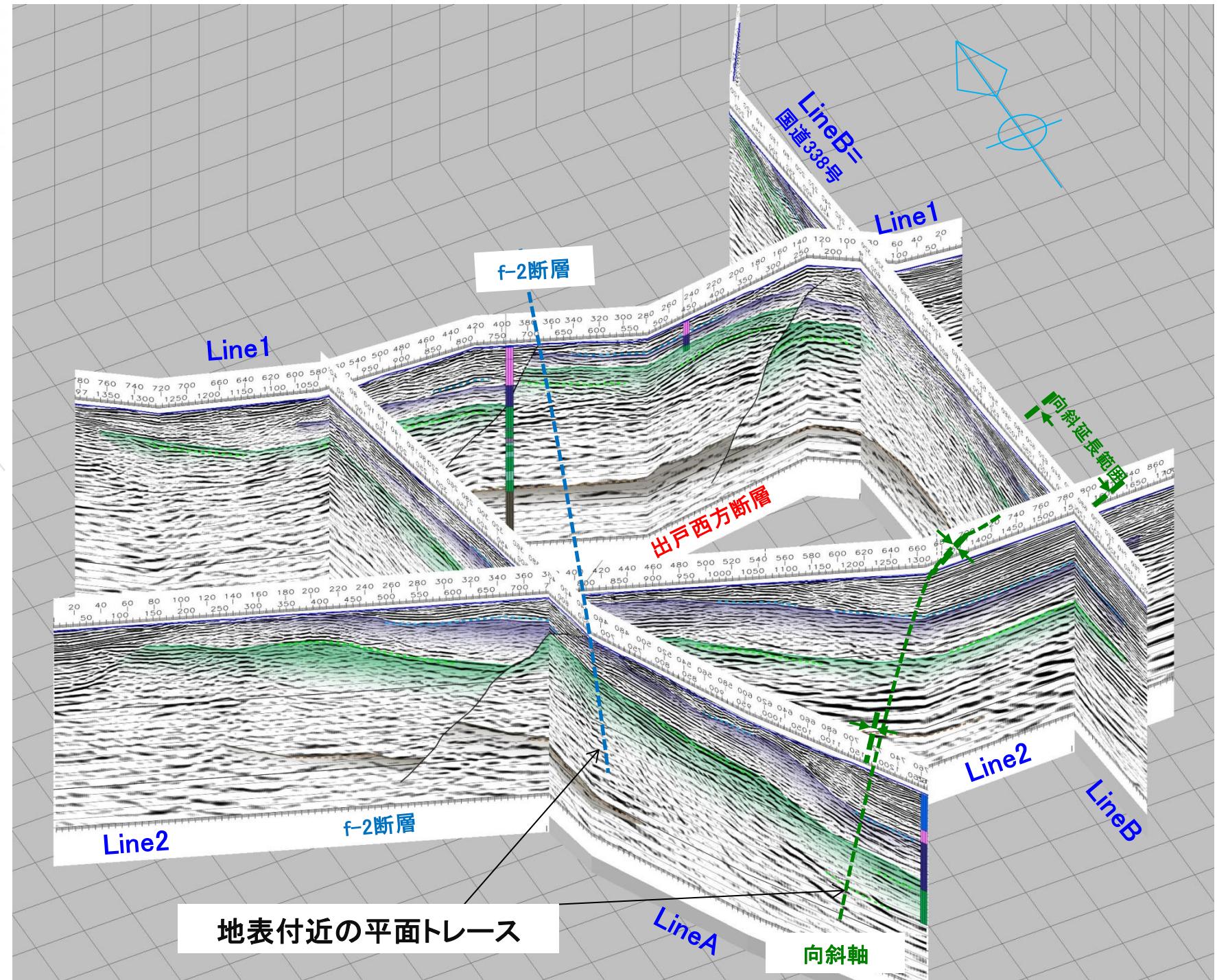


審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p13 再掲



### 〈地質解釈図凡例〉

地質時代	記号	地層名
新第三紀	■	鷹架層 下部層
中新世	■	泊層
先第三紀	■	尻屋層

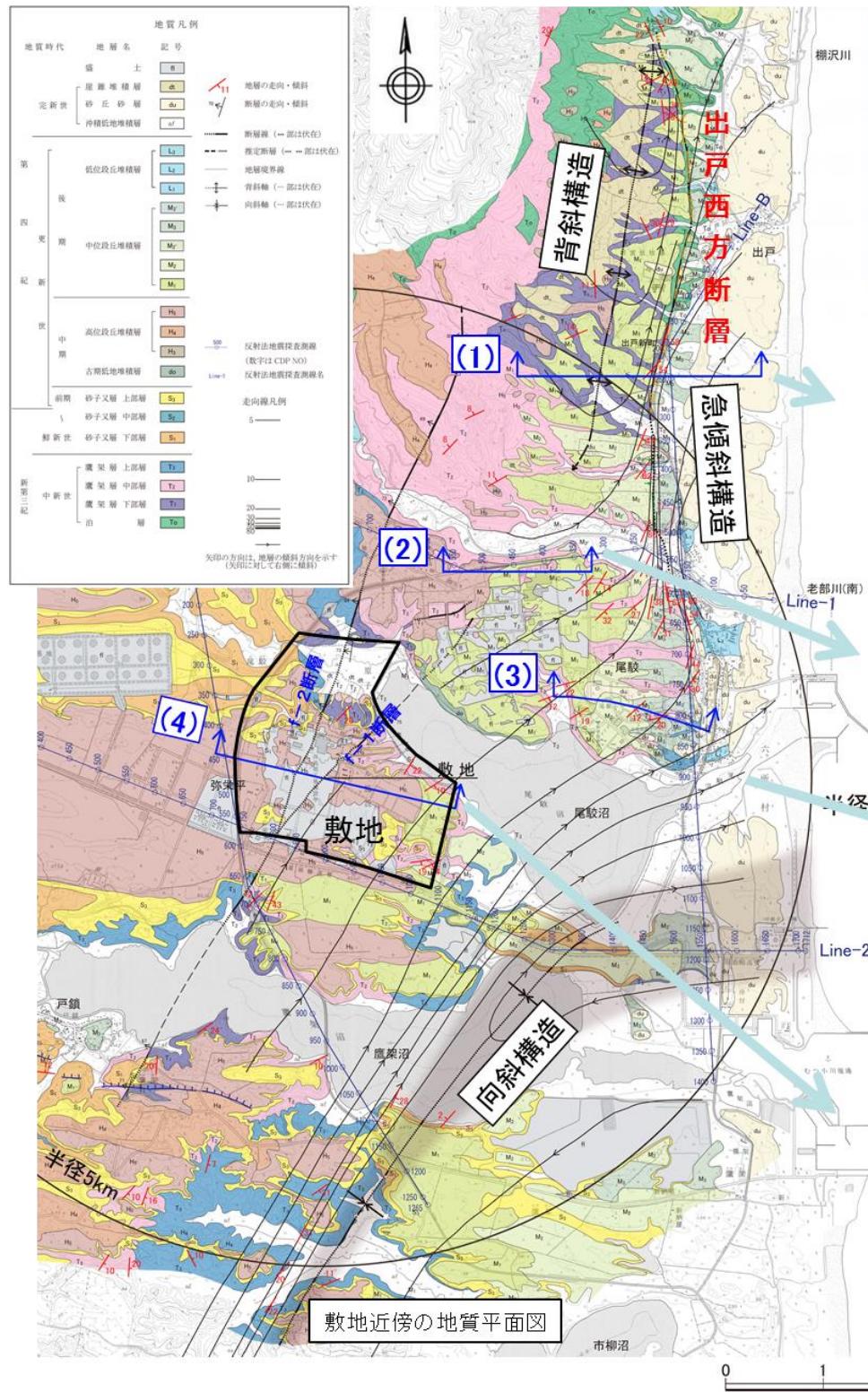


MDRSによる再解析の結果、

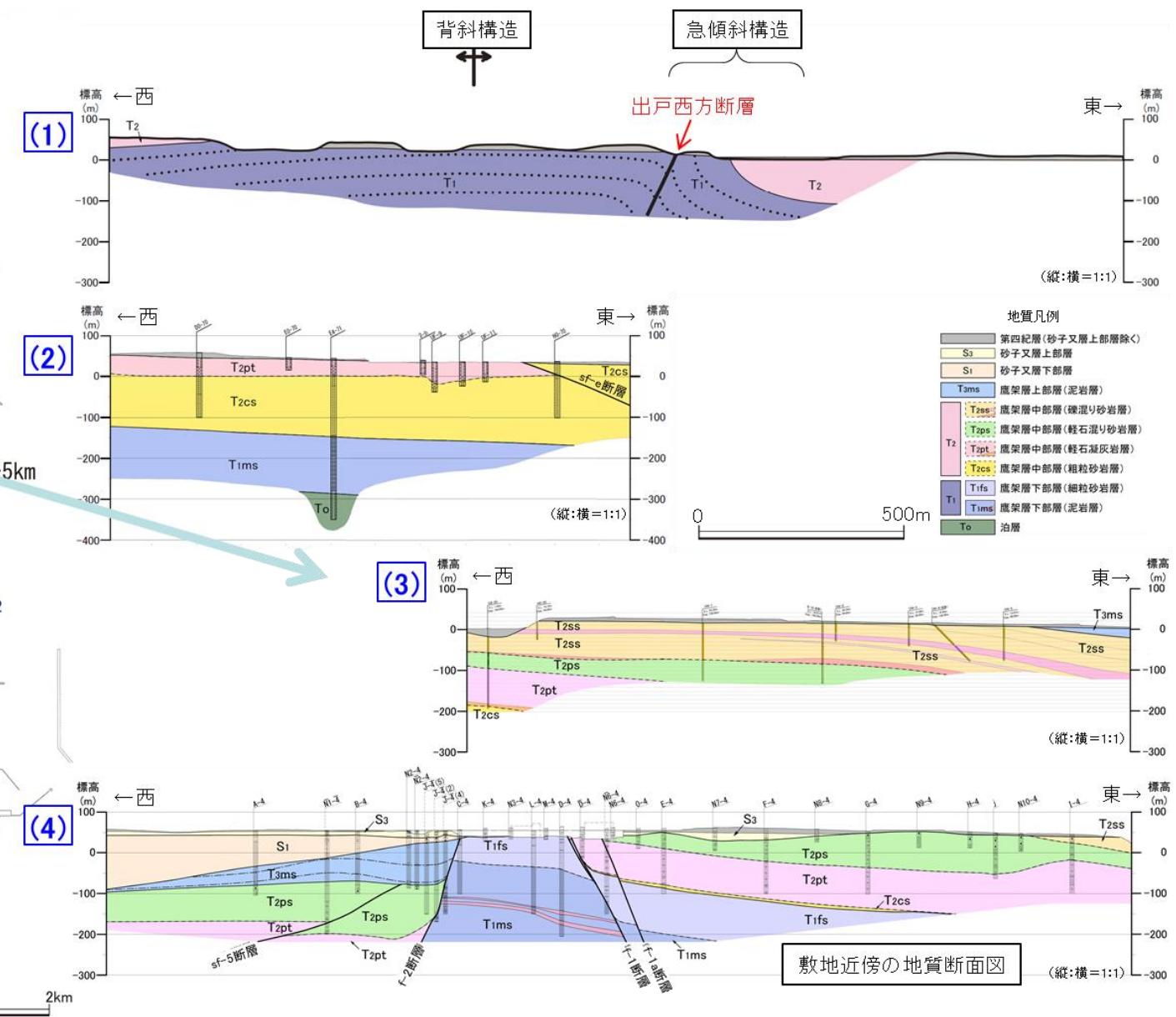
- ・各測線において「南東へ緩く傾斜する大局的な地質構造」と、これらに変位・変形を与える「f-2断層」、「向斜構造」、「出戸西方断層」が推定される。
- ・このうち出戸西方断層については、追加調査で確認される地表付近のトレースから地下深部に向けて西傾斜で連続している。
- ・出戸西方断層の分布はLineB(=国道338号)付近以西に限られており、今回の調査範囲で網羅されていると考えている。
- 出戸西方断層以外の活構造は確認されない。

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価6 出戸西方断層周辺の背斜構造及び急傾斜構造の関係

審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p14 再掲



・(1)測線付近では、出戸西方断層周辺にほぼ南北方向の軸を持つ背斜構造及び急傾斜構造が認められる。  
 ・しかし、背斜構造の南方延長にあたる(2)測線に背斜構造は認められず、また、急傾斜構造の南方延長にあたる(3)測線に急傾斜構造は認められない。  
 ・さらに、(2)、(3)、(4)測線付近の地質構造は、いずれも北東-南西走向、10°~20°程度の緩やかな南東傾斜を示す。  
 →背斜構造及び急傾斜構造は、南方に連続しないと判断される。

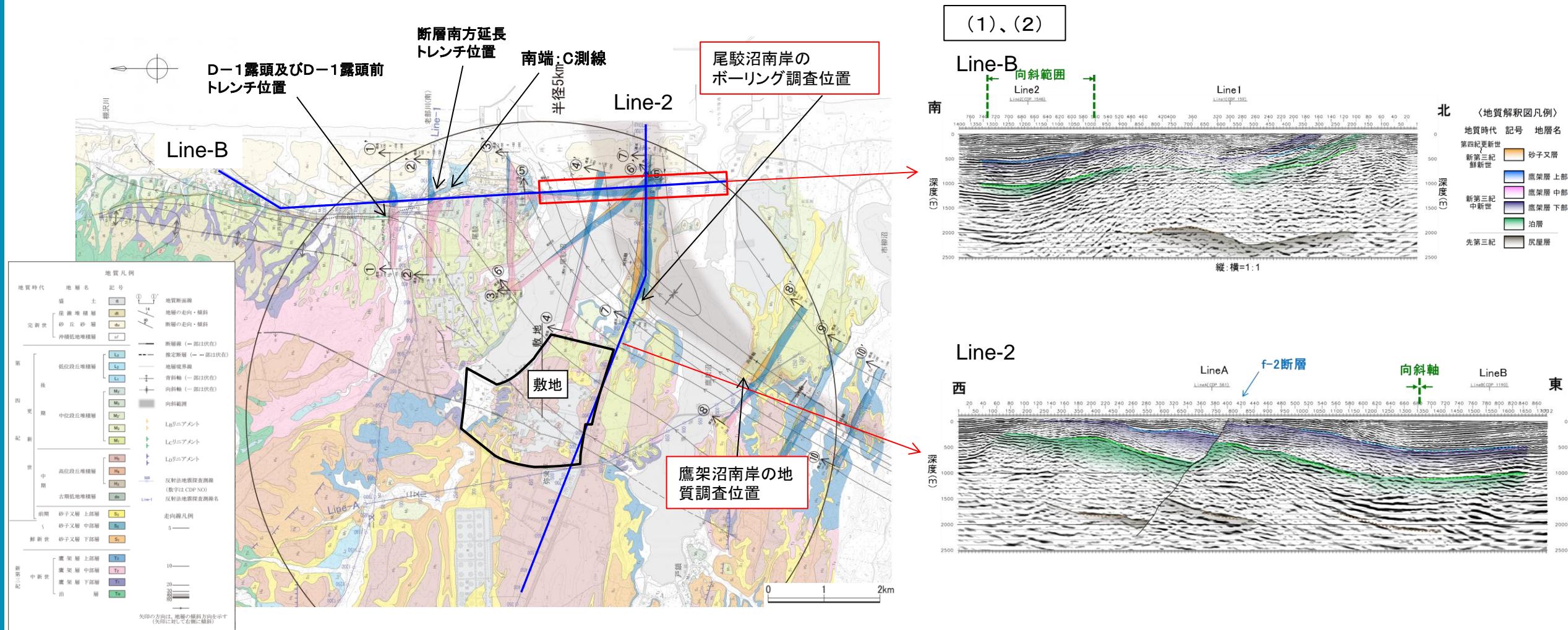


# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価7(1) 出戸西方断層と南方の向斜構造との関係



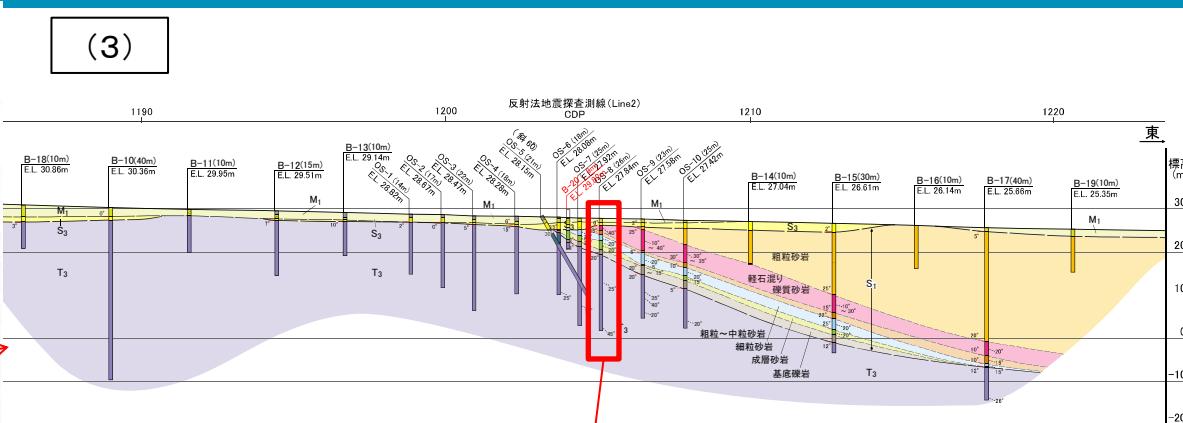
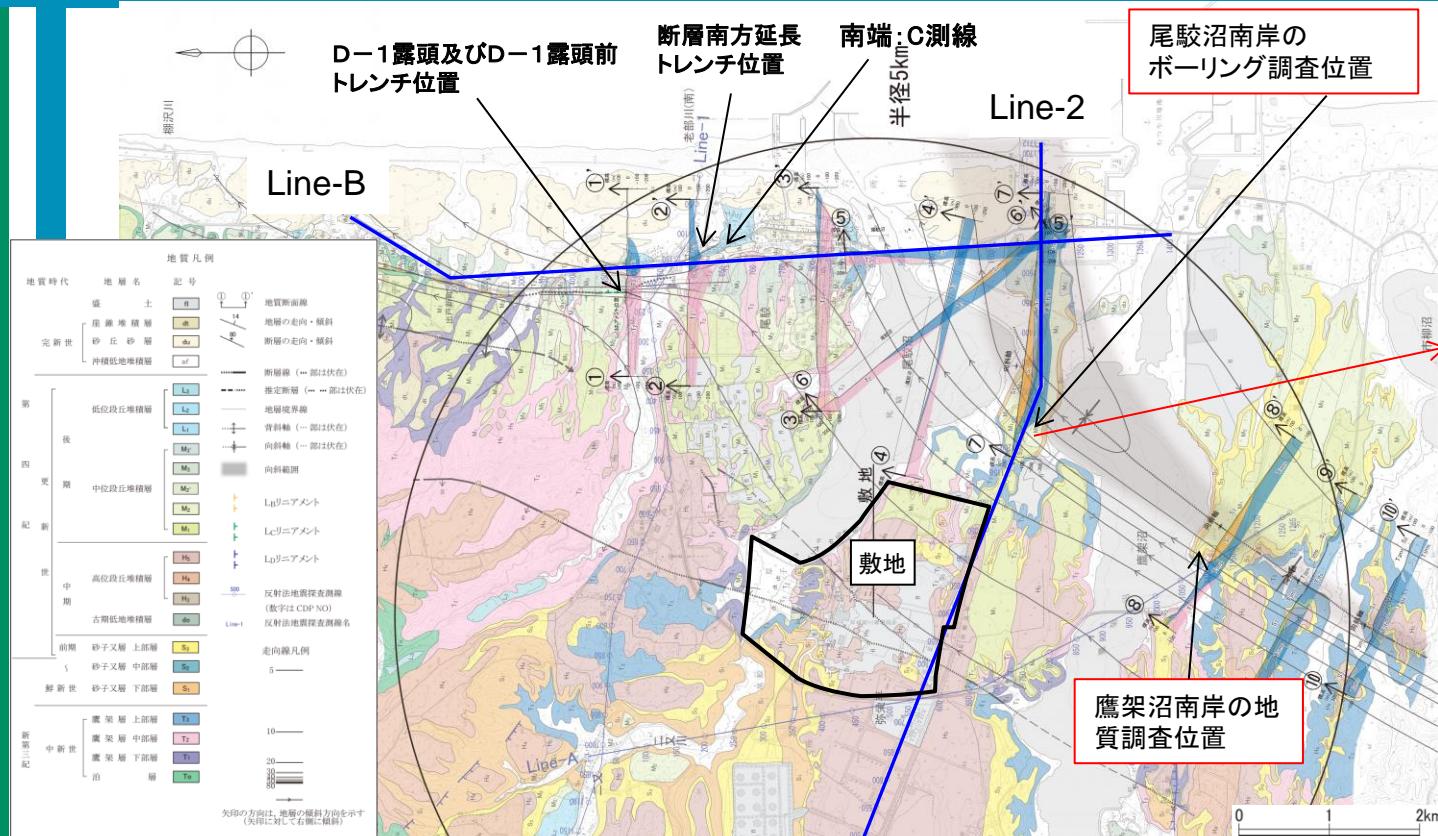
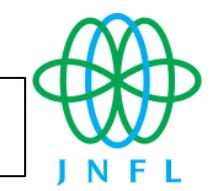
審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p15 再掲

- (1) 鷹架沼から尾駈沼周辺にかけて分布する向斜構造は、地表地質調査結果及び反射法地震探査結果から、鷹架沼から尾駈沼の沼口の方へ連続している。
  - (2) Line2では反射面の分布から、f-2断層及び向斜軸が推定されるが、向斜軸付近の新第三系の反射面は連続しており、断層は推定されない。
  - (3) 尾駈沼南岸におけるボーリング調査の結果、鷹架層上部層及び砂子又層下部層が、 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$  程度東に傾斜し、向斜構造の西縁部を形成する一方で、これらを不整合に覆う砂子又層上部層( $S_3$ )基底面の大局的な傾斜は $1^{\circ}$  程度であり、向斜構造の影響は認められない。また、砂子又層上部層を覆う中位段丘堆積層( $M_1$ 面堆積物)もほぼ水平に分布している。
  - (4) 鷹架沼南岸における地質調査の結果、砂子又層上部層( $S_3$ ) (年代:約0.4~0.5Ma)は、向斜構造の影響を受け傾斜する砂子又層下部層( $S_1$ )を不整合に覆って、ほぼ水平に分布している。
- 向斜構造を形成する構造運動は、第四紀後期更新世以降に継続しているものではないと判断されることから、出戸西方断層とは一連の構造ではないと評価する。



# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価7(2) 出戸西方断層と南方の向斜構造との関係

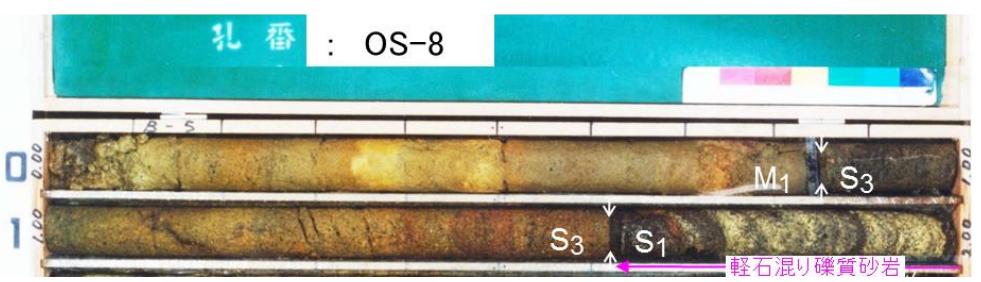
審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p16 再掲



地質時代	層相	特徴	地質区分
第四紀	後更新世	シルト/砂質シルト：運地堆積物など非海成相。	中位段丘堆積層 (M <sub>1</sub> )
	前更新世	砂/シルト混り砂：主に海法の良い海成砂層。	
第三紀	新第三紀	砂質シルト：段丘堆積層と比べて、風化により褐色味を帯びる。	砂子又層上部層 (S <sub>3</sub> )
	中新世	細粒砂岩：塊状無層理であり、細層が散在する。	
	古新世	軽石混り礫質砂岩：軽石を多く含み、細角礫の塊支持相を示す。	
中生代	白垩紀	粗粒～中粒砂岩：軽石が散在し、所々細角礫を含む。	砂子又層下部層 (S <sub>1</sub> )
	白垩紀	成層砂岩：軽石が散在しており最上部は一部シルト岩、下部は葉理。	
	白垩紀	基礎礫岩：軽石を含む中粒～粗粒砂岩。平行葉理が認められる。	
中生代	白垩紀	基礎礫岩	鷹架層上部層 (T <sub>3</sub> )
	白垩紀	泥岩	

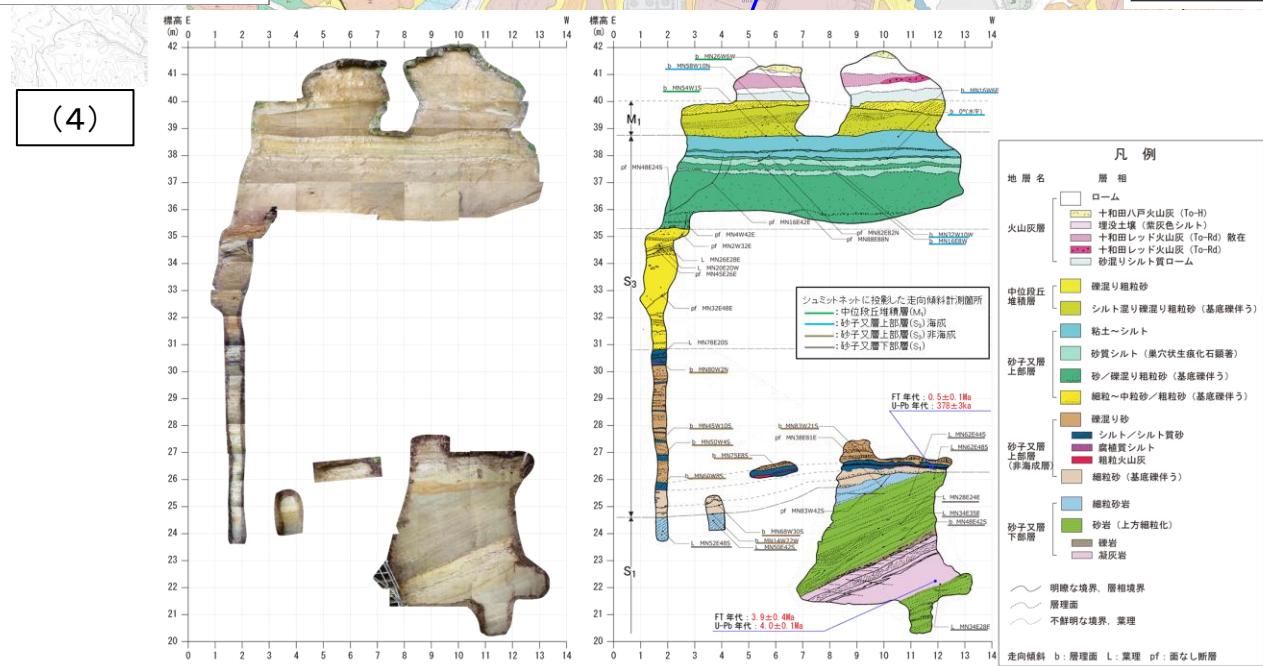
尾駱沼南岸のボーリング調査結果

コア観察の結果、砂子又層上部層(S<sub>3</sub>)と中位段丘堆積層(M<sub>1</sub>面)とでは層相に違いが認められる。



標高(m)	深度(m)	層相	記事	地質区分
26.99	0.85	シルト混り砂	・淘汰が良い。 ・シルト薄層を挟む。	中位段丘堆積層 (M <sub>1</sub> )
26.22	1.62	砂	・下位層との境界は明瞭な不整合面であり、ほぼ水平である。	砂子又層 上部層 (S <sub>3</sub> )

鷹架沼南岸における地質調査の結果、砂子又層上部層(S<sub>3</sub>) (年代:約0.4~0.5Ma)は、向斜構造の影響を受け傾斜する砂子又層下部層(S<sub>1</sub>)を不整合に覆って、ほぼ水平に分布している。



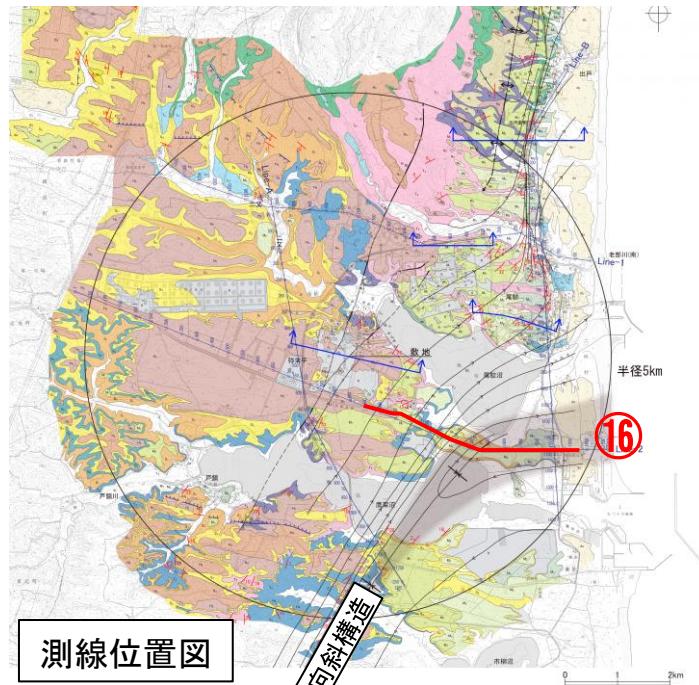
余白

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価8 向斜構造付近の段丘面勾配(1)

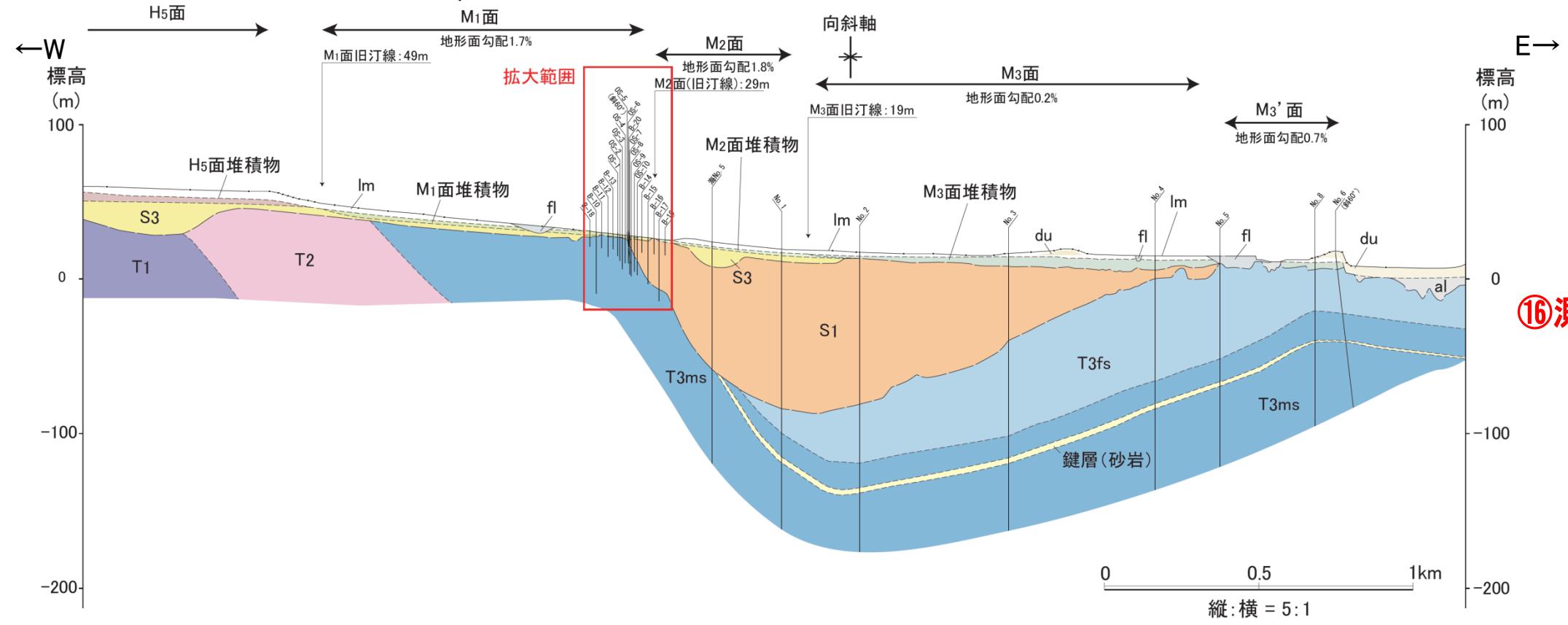
審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p17 加除修正



地質時代	地層名	記号	地質凡例
完新世	盛土	n	地質断面線
	崖堆積層	cl	地層の走向・傾斜
	砂丘砂層	du	断層の走向・傾斜
	沖積低地堆積層	al	新層線 (一部は伏在)
第四紀	低位段丘堆積層	L1	推定断層 (一部は伏在)
		L2	地層境界線
		L3	背斜軸 (一部は伏在)
		M1	向斜軸 (一部は伏在)
		M2	向斜範囲
		M3	Lbリアメント
		M4	Lcリアメント
		M5	Ldリアメント
		H1	反射法地震探査測線 (数字はCDP NO)
		H2	反射法地震探査測線名
中新世	高位段丘堆積層	H3	走向線凡例
		H4	5
	古期低地堆積層	du	10
		al	20
前期	砂子又層 上部層	S1	30
	砂子又層 中部層	S2	40
	砂子又層 下部層	S3	50
新第三紀	礫層 上部層	T1	60
	礫層 中部層	T2	70
	礫層 下部層	T3	80
	層	T4	90



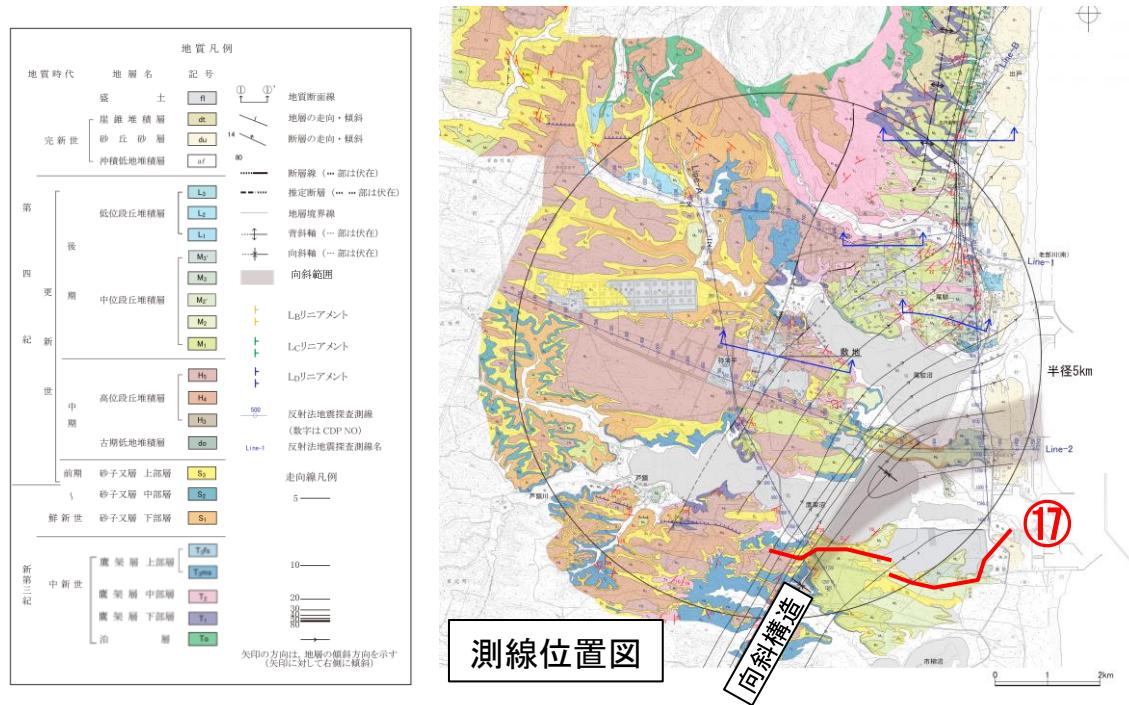
- ・⑩測線において、向斜軸の東翼部の地形面勾配は0.2%程度であり、西翼部と比較して緩やかである。
- ・一方、⑩測線と同じ向斜構造を確認している⑪測線では、向斜軸付近の地形面勾配は1.1%程度であり、東翼部と西翼部で地形面勾配は変わらないことから、向斜構造との関連は認められない。
- ・なお、⑩測線における向斜軸の東翼部の地形面勾配が緩やかな理由は、向斜構造による変形ではなく、段丘面形成時の勾配と判断され、また、向斜構造が砂子又層上部層及び段丘堆積層に変形を与えていないことを踏まえれば、向斜構造は砂子又層上部層堆積前に活動を終了したと判断される。



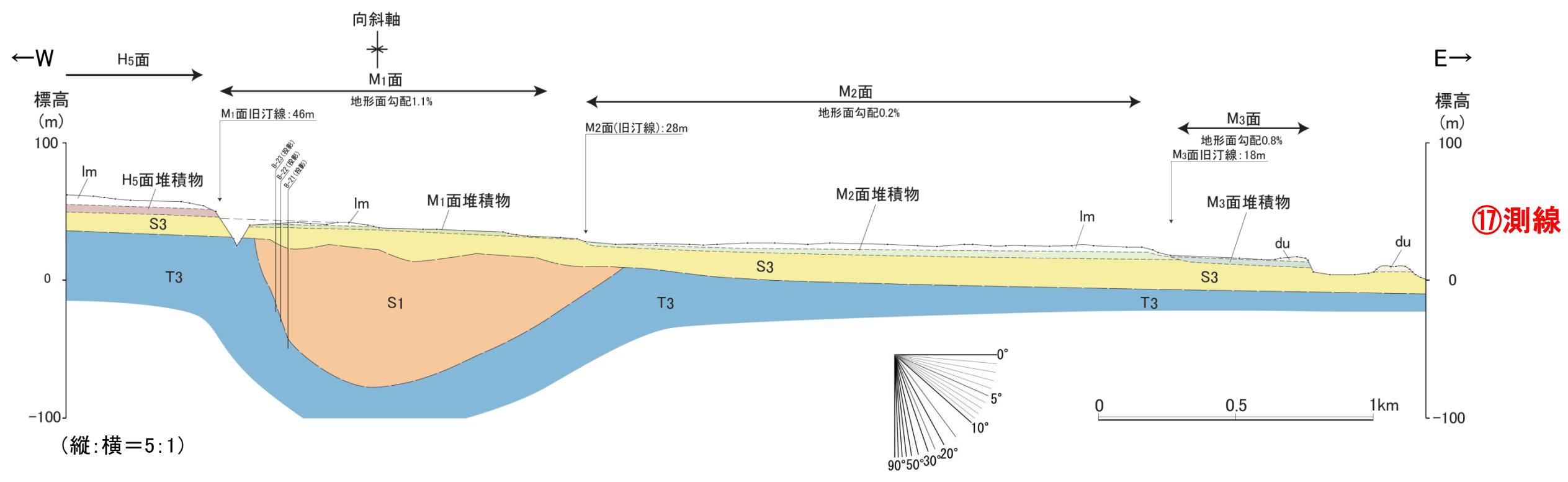
⑩測線

# 伏在逆断層と撓曲帯：当社の評価8 向斜構造付近の段丘面勾配(2)

審査会合(2019.9.18)  
資料1-2 p17 加除修正



測線位置図



⑰測線

(縦:横=5:1)