

本資料のうち、枠囲みの内容は営業秘密
又は防護上の観点から公開できません。

敦賀発電所2号炉 敷地の地形、地質・地質構造について (コメント回答)

平成30年7月6日
日本原子力発電株式会社

余白

コメント一覧(敷地の地質・地質構造について)

N o.	日付	回次	コメント内容	回答骨子	頁
1	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	3条対象の破碎帯に絞り込み評価を行うこととし、それらの分布の根拠となるデータについて、より詳細に説明すること。	破碎帯の連続性評価の基準及びプロセスを示すとともに、D-1破碎帯の連続性評価について例示する。 なお、3条対象とした破碎帯の連続性評価の妥当性については、別途説明する。	5
2	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	破碎帯が浦底断層に変位を与えていないと判断した根拠について説明すること。	浦底断層の上盤側と下盤側に近接して分布する破碎帯については、破碎部の性状が異なっており連の破碎帯ではないと判断されることから、浦底断層に変位・変形を与えている破碎帯もないものと判断される。	23
3	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	破碎帯の選定フローの判断指標としている「未固結破碎部の有無」については、確認した箇所の代表性について説明すること。	地質・地質構造評価を行うにあたっては詳細な調査を実施している(調査密度が著しく低い状況にはない)ことから、破碎帯の性状については適切に把握出来ていると判断している。	31
4	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	「最新活動面の平滑さ」については、様々な要因に左右されと考えられるが、活動時期の新旧の判断指標とした考え方を説明すること。	断層の活動時期と活動面の平滑さの関係に言及した文献の見解を踏まえると、断層の最新活動面の平滑さは活動時期の相対的な新旧を表す指標になり得るものと判断している。	35
5	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	D-1トレンチ北西法面の③層の地層区分について、より詳細に説明すること。	D-1トレンチ北西法面③層を詳細に区分した根拠やプロセスについて説明するため、③層の詳細な層相や各層の関係等を示す。	41
6	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について、より詳細に説明すること。	D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定の考え方を詳細に示す。	61
7	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	奥壺低地の第四系に含まれるテフラが上流側と下流側で分布標高が異なる成因について詳細に説明すること。	奥壺低地の縦断面図において岩盤上面の標高の変化やテフラの分布標高が変化する理由について、第四系の層相や破碎帯の運動方向等に基づき検討した結果、これらの変化は破碎帯の活動によるものではなく、初生的な堆積構造によるものと判断される。	89
8	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	反映すべき最新の知見について再確認すること。	審査会合(平成29年12月22日)において指摘のあった文献(今庄及び竹波地域の地質(2013))については、設置変更許可申請書(平成27年11月5日)に記載されているものであり、その内容等については審査資料に適切に反映した。	95
9	平成29年 12月22日	第536回 審査会合	D-6破碎帯の大深度坑調査のうち立坑の工事記録において浦底断層に関する地質情報があれば示すこと。	D-6破碎帯の大深度調査坑へのアクセスのための立坑の工事段階(ライナープレート設置前)において浦底断層を確認している。	97

余白

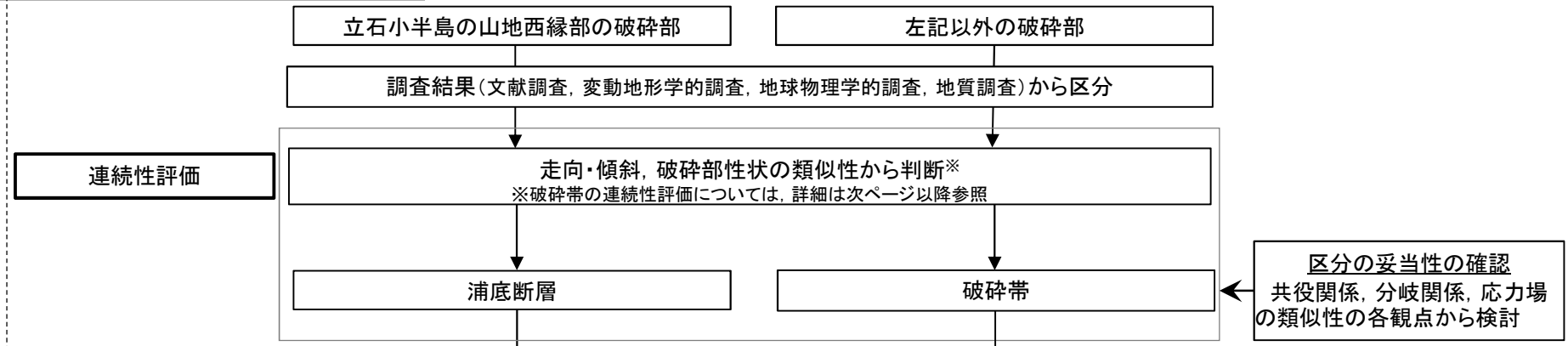
コメントNo.1

No.	コメント	回答骨子
1	3条対象の破砕帯に絞り込み評価を行うこととし、それらの分布の根拠となるデータについて、より詳細に説明すること。 (第536回審査会合，平成29年12月22日)	破砕帯の連続性評価の基準及びプロセスを示すとともに、D-1破砕帯の連続性評価について例示する。 なお、3条対象とした破砕帯の連続性評価の妥当性については、別途説明する。

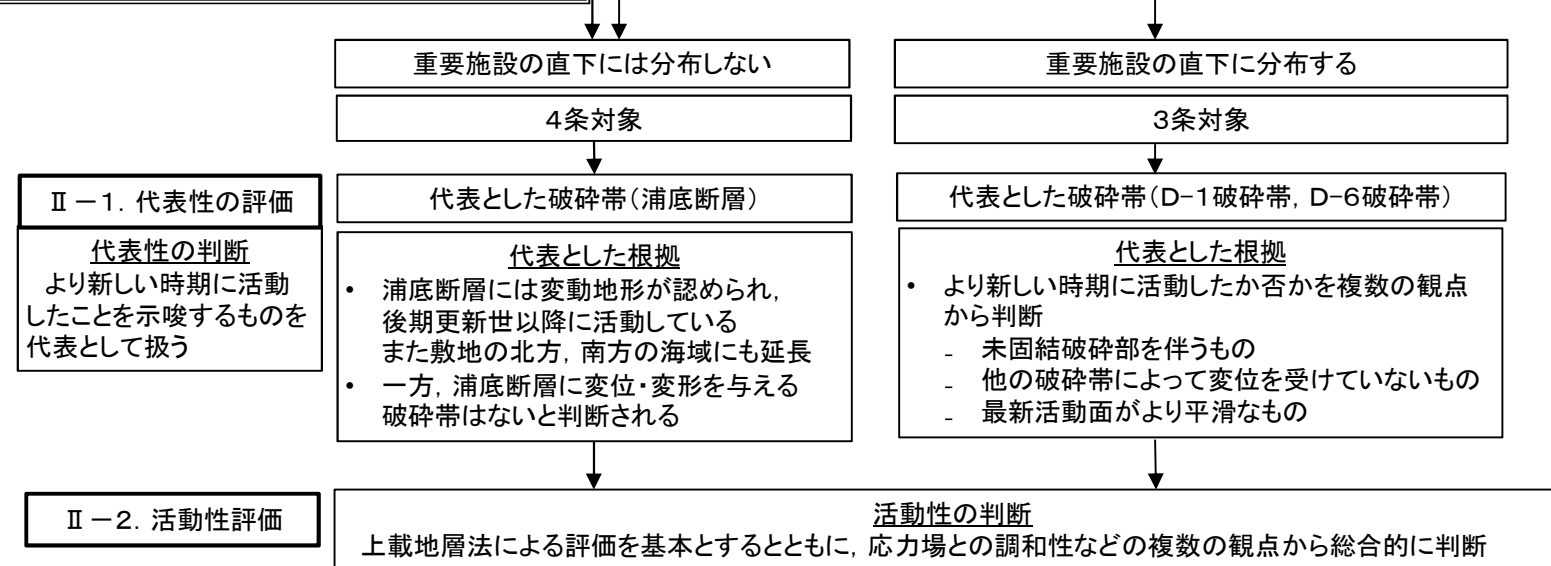
評価フロー

敷地に分布する破砕部を浦底断層と破砕帯に区分する考え方及び両者の活動性評価の流れを下記に示す。

I. 浦底断層と破砕帯の区分について (第536回審査会合 資料2 p.37～p.79参照)



II. 浦底断層及び破砕帯の活動性評価について (第536回審査会合 資料2 p.81～p.255参照)



・ 敷地の地質・地質構造の評価にあたっては、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(平成25年6月19日, 原子力規制委員会)及び「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」(平成25年6月19日, 原子力規制委員会)に基づき, 文献調査, 変動地形学的調査, 地質調査, 地球物理学的調査等を組み合わせた調査に基づき総合的に検討した。

・ 本評価は, 原子力規制委員会に提出した「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造調査報告書」(平成25年7月11日), 「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 D-1破砕帯の評価 コメントに対する回答」(平成26年7月23日)等における調査結果に加えて, 申請時の最新知見(平成27年9月までに継続して拡充したデータ)及びその後の最新知見の結果に基づくものである。

破碎帯の連続性評価フロー

破碎帯の連続性評価については、以下に示すフローの通り実施した。

【使用データ】

地表地質調査, 試掘坑調査, ボーリング調査(ボアホールテレビ)等の結果(p.9参照)

【破碎帯の特徴】

2号炉基礎掘削面及び1号炉原子炉建屋南方斜面において一連であることが確認されている破碎帯の特徴(p.10～p.13参照)

- ✓ 破碎帯の走向・傾斜のばらつきは $\pm 20^\circ$ 程度である。
- ✓ 破碎部性状は類似している。
- ✓ 最新活動面の変位センスは類似している。

【連続性評価基準】

一連であることが確認されている破碎帯の特徴を踏まえ、破碎帯の連続性評価の基準を取りまとめた。

I : 破碎帯の連続性の判断

- I - ① 起点とする破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲(破碎帯の連続性検討範囲)の破碎部を抽出する。
- I - ② 抽出された破碎部のうち、起点とする破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 程度の破碎部を選定する。
- I - ③ 選定した破碎部のうち、起点の破碎部の性状と類似する破碎部を起点の破碎部と連続させる(類似性の判断: 未固結破碎部の有無/明瞭なせん断構造・変形構造の有無/変位センスの整合性)。なお、性状が類似する破碎部が複数ある場合、起点の破碎部の延長線上により近い破碎部に連続させる。※
※連続性が乏しいと判断した破碎部の扱いについては、p.22参照

II : 破碎帯同士の交差の判断

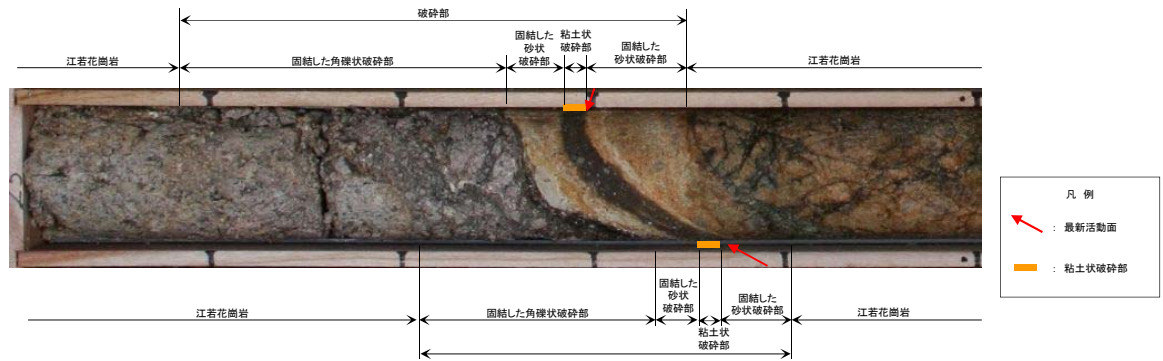
- II - ① 延長位置で交差する破碎帯については、その延長付近に性状が類似する破碎部がある破碎帯の方を連続させる。
- II - ② 延長位置で交差する破碎帯については、明瞭なせん断構造・変形構造を伴う破碎帯を明瞭なせん断構造・変形構造を伴わない破碎帯よりも延長させる。

破碎部及び断層岩の区分について

- 破碎部については、粒径による区分及び断層岩による区分に基づき区分した。
- このうち、断層岩による区分については、狩野・村田(1998)及びC.Passchier.et.al(1999)による定義を参考にした。
- なお、ボーリングコアや露頭の観察結果については粒径による区分で記載し、破碎帯の連続性評価などは断層岩による区分で記載した。

破碎部の区分について

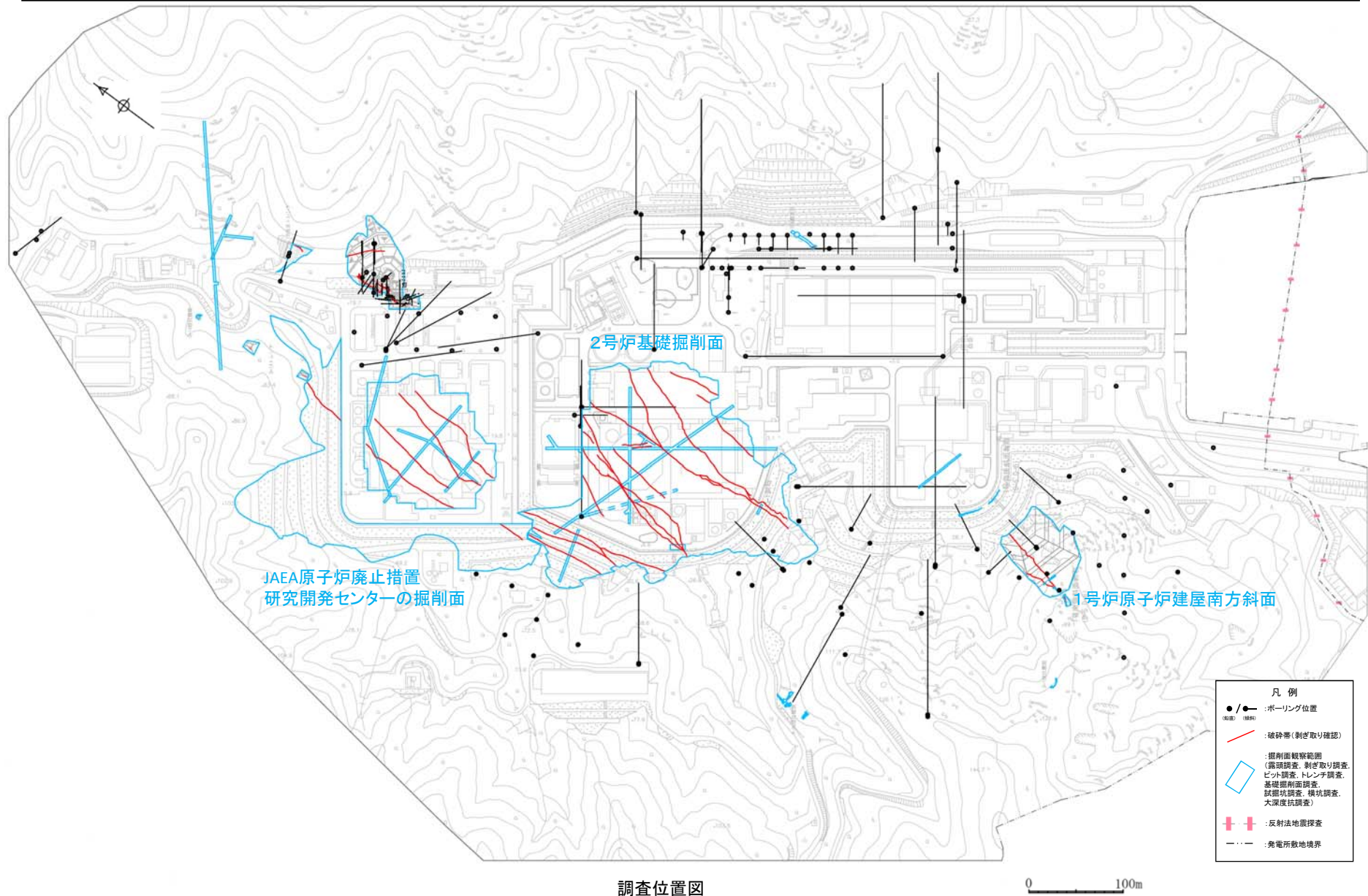
敦賀発電所における破砕部の区分				断層岩による 区分の参考とした ⇐		狩野・村田(1998) による断層岩区分	C.Passchier.et.al(1999) による断層岩区分	
未 固 結	粒径による区分	断層岩による区分			断層ガウジ	明瞭なせん断構造・変形構造が 認められる	断層岩の中で、手でこわ せるほど軟弱で、粘土状の 細粒な基質部が多いもの。 破砕岩片の割合が<30%	数少ない岩片が粘土鉱 物に富む基質中に孤立し て存在する。
	粘土状破砕部	明瞭なせん断構造・変形構造が 認められない						
	砂状破砕部	断層角礫						
	角礫状破砕部							
固 結	固結した 粘土状破砕部	カタクレーサイト						
	固結した 砂状破砕部							
	固結した 角礫状破砕部							



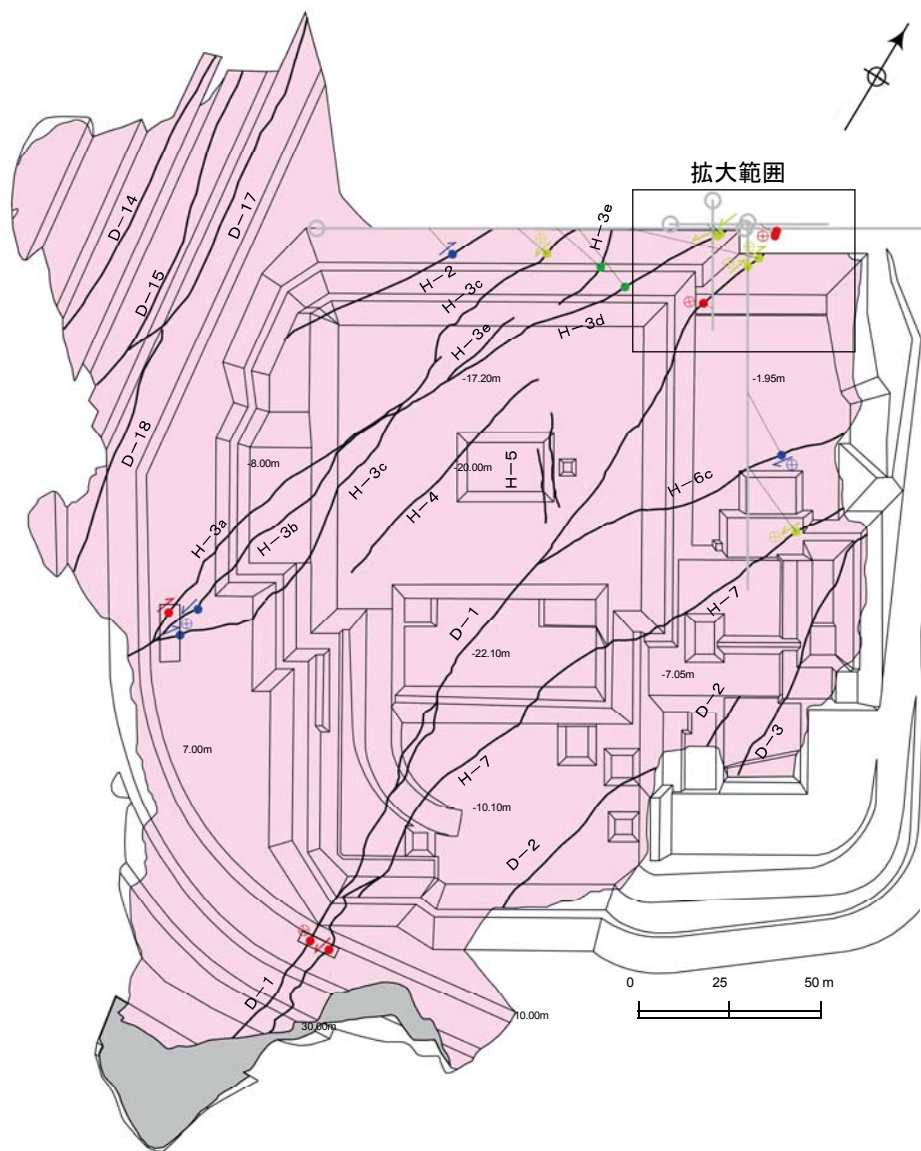
破碎部の区分の例(D-1破碎帯 H24-E'-1孔)

使用データ

破碎帯の連続性評価については、地表地質調査、剥ぎ取り調査、ピット調査、トレンチ調査、基礎掘削面調査、試掘坑調査、横坑調査、大深度坑調査及びボーリング調査(ボアホールテレビによる破碎帯の走向・傾斜の確認を含む)の結果に基づき行った。



破砕帯の特徴(破砕部の走向, 破砕部性状, 変位センス)(その1)



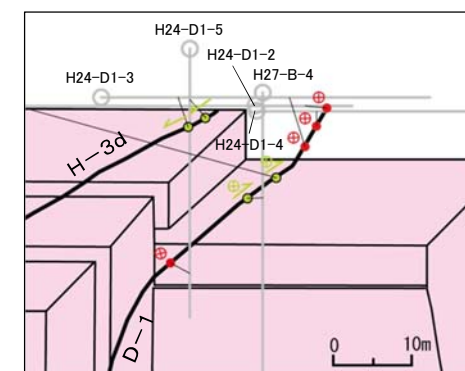
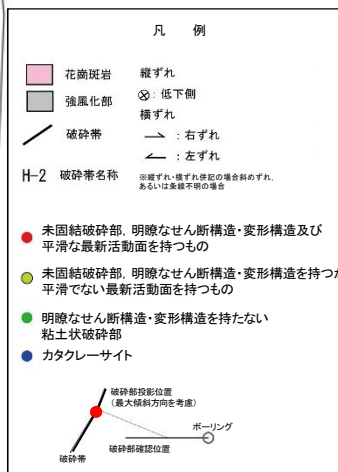
2号炉基礎掘削面の破砕帯分布図

一連であることが確認されている2号炉基礎掘削面及び1号炉原子炉建屋南方斜面のデータを用いて、破砕帯の特徴について検討を行った。

- 破砕帯の走向・傾斜のばらつきを把握するため、5m間隔で破砕部の走向・傾斜の値をサンプリングし整理した結果、ばらつき※は $\pm 20^\circ$ 程度であった。また、サンプリング間隔を大きくした場合(10m及び20mの場合)であっても走向・傾斜のばらつきは同程度であった。
- 破砕部性状(未固結破砕部の有無, 明瞭なせん断構造・変形構造の有無, 最新活動面の変位センス)の類似性についても整理した結果、一連であることが確認されている破砕帯については、以下に示す特徴が認められた。

- ✓ 破砕帯の走向・傾斜のばらつき※は $\pm 20^\circ$ 程度である。
- ✓ 破砕部性状は類似している。
- ✓ 最新活動面の変位センスは類似している。

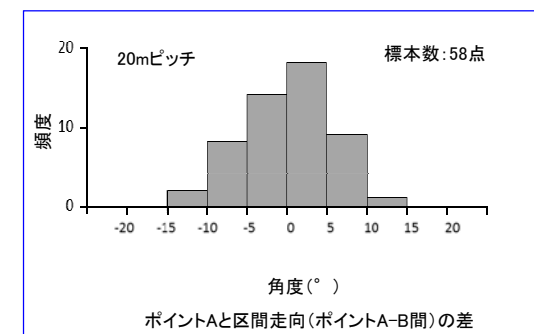
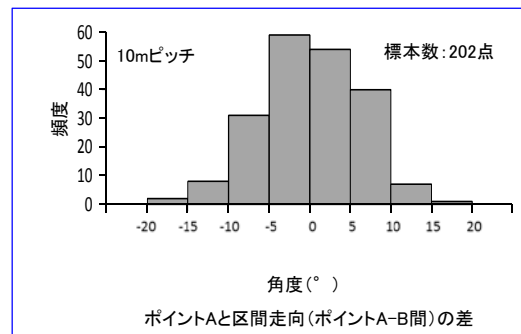
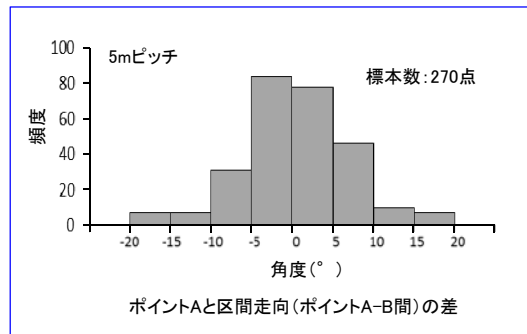
※「ポイント間の走向・傾斜とポイントの破砕部の走向・傾斜の差」及び「ポイントの破砕部の走向・傾斜の差」のばらつき



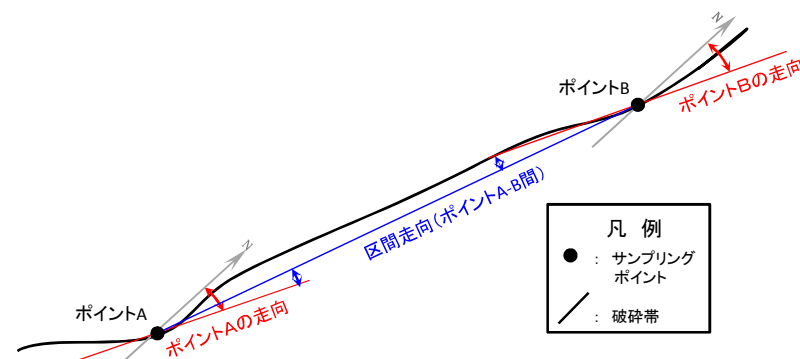
拡大範囲

一連である破砕帯の破砕部性状及び最新活動面の変位センスは類似している。

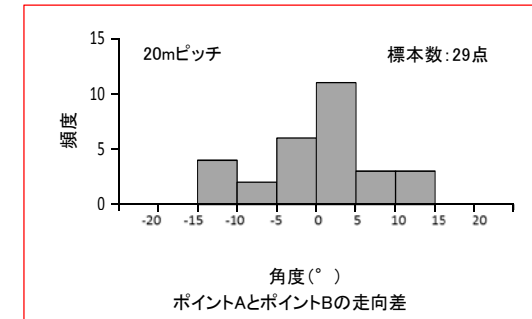
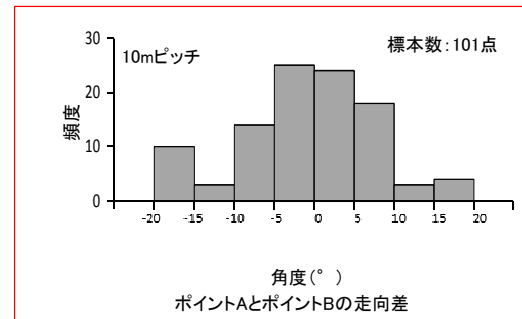
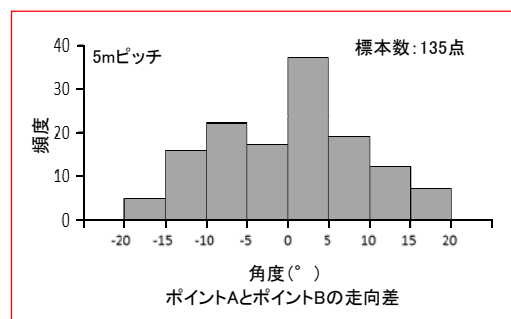
破碎帯の特徴(破碎部の走向, 破碎部性状, 変位センス)(その2)



ポイントAの走向の $\pm 20^\circ$ 以内の範囲にポイントBが位置している。

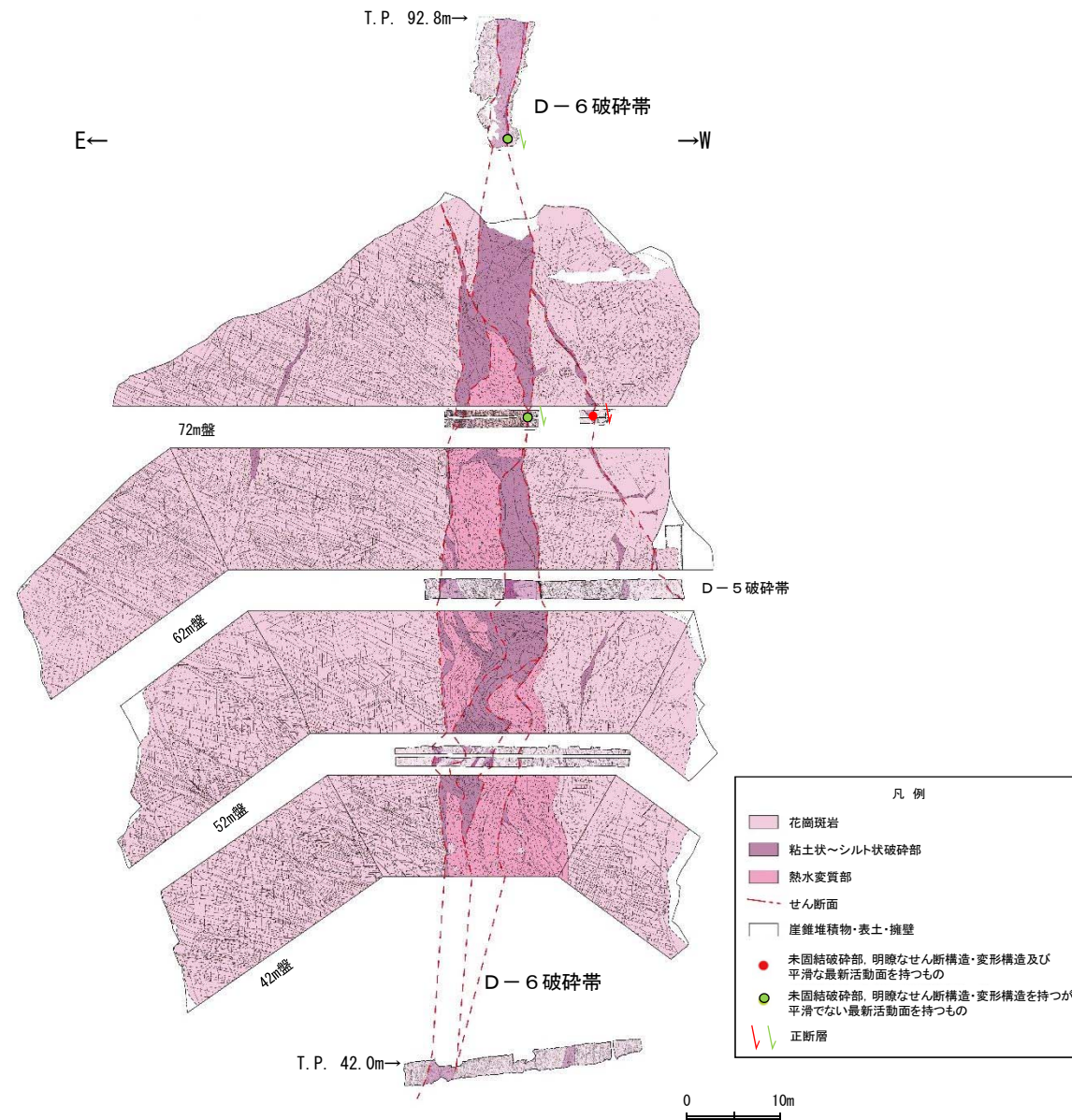


一連の破碎帯の模式図(平面図)



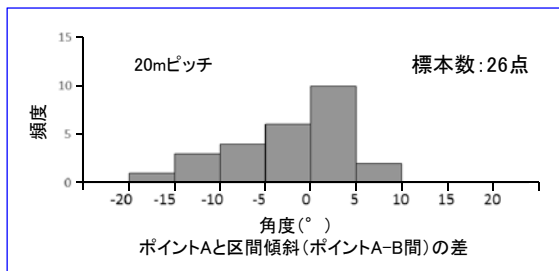
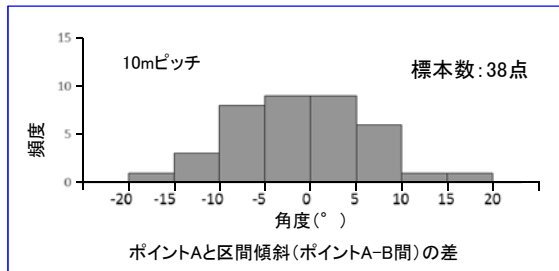
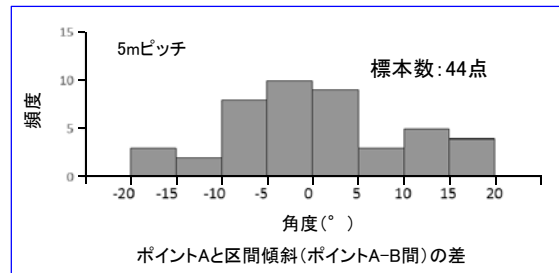
ポイントAとポイントBの走向差は $\pm 20^\circ$ 以内

破碎帯の特徴(破碎部の傾斜, 破碎部性状, 変位センス)(その3)

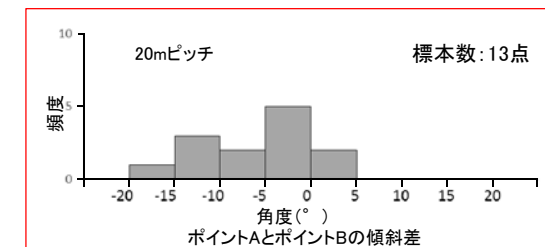
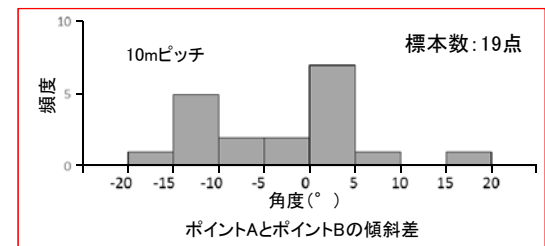
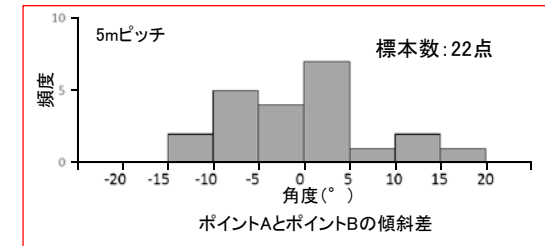
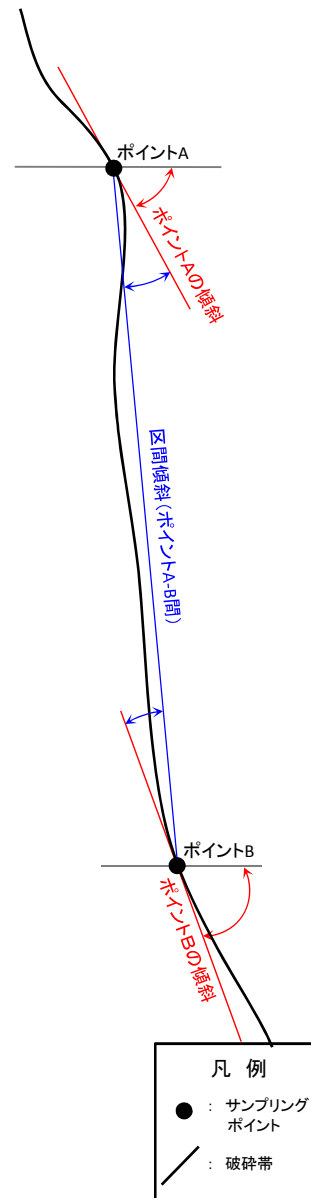


1号炉原子炉建屋南方斜面の破碎帯分布図

破碎帯の特徴(破碎部の傾斜, 破碎部性状, 変位センス)(その4)



ポイントAの傾斜の
±20° 以内の範囲に
ポイントBが位置している。



ポイントAとポイントBの
傾斜差は±20° 以内

一連の破碎帯の模式図(断面図)

連続性評価基準(その1)

【連続性評価基準】

I : 破碎帯の連続性の判断

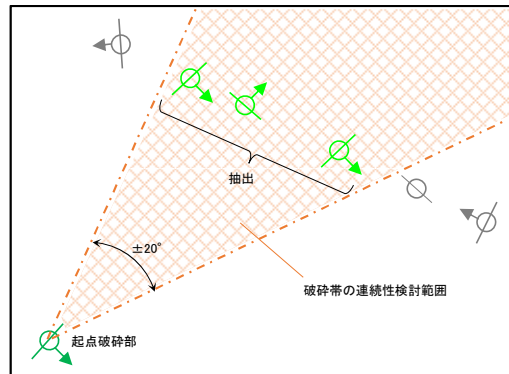
- I-① 起点とする破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲(破碎帯の連続性検討範囲)の破碎部を抽出する。
- I-② 抽出された破碎部のうち、起点とする破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 程度の破碎部を選定する。
- I-③ 選定した破碎部のうち、起点の破碎部の性状と類似※(未固結破碎部の有無/明瞭なせん断構造・変形構造の有無/変位センスの整合性)する破碎部を起点の破碎部と連続させる。

※未固結破碎部が無く明瞭なせん断構造・変形構造も無い破碎部と、未固結破碎部が有り明瞭なせん断構造・変形構造がある破碎部同士以外は連続する可能性がある。連続する可能性のある破碎部が複数ある場合は、性状が完全に類似しない破碎部であっても変位センスがより整合するものを連続する破碎部として選定する。

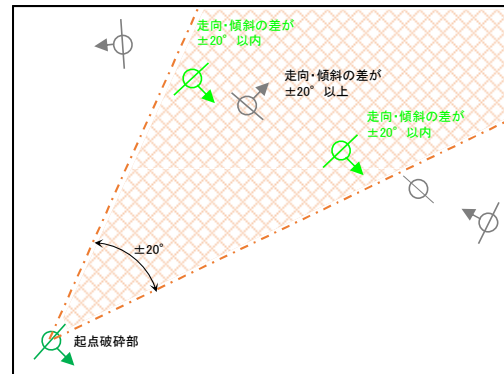
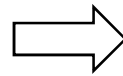
なお、性状が類似する破碎部が複数ある場合、起点の破碎部の延長線上により近い破碎部に連続させる。

凡 例

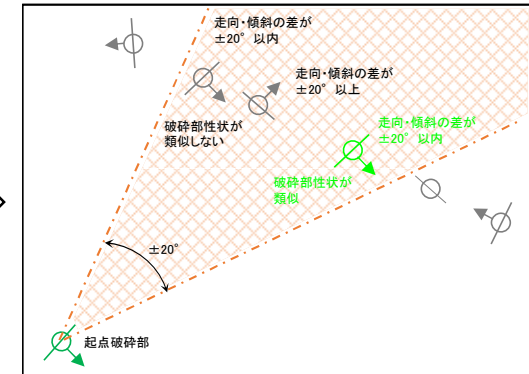
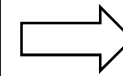
破碎部
(直線は走向を示す。)
(矢印は傾斜を示す。)



I-① 起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲内の破碎部を抽出



I-② 起点破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 程度の破碎部を選定



I-③ 破碎部性状の類似性より選定

(破碎部性状の類似性判断)

- ・未固結破碎部の有無
- ・明瞭なせん断構造・変形構造の有無
- ・変位センスの整合性

凡 例

- 起点破碎部
- 起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲の破碎部
- 上記以外の破碎部
- 破碎帯の連続性検討範囲
(起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲)

凡 例

- 起点破碎部
- 起点破碎部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 程度の破碎部
- 上記以外の破碎部
- 破碎帯の連続性検討範囲
(起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲)

凡 例

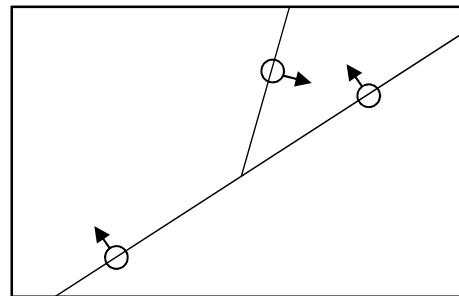
- 起点破碎部
- 起点破碎部と性状が類似する破碎部
- 上記以外の破碎部
- 連続性検討範囲
(起点破碎部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲)

連続性評価基準(その2)

【連続性評価基準】

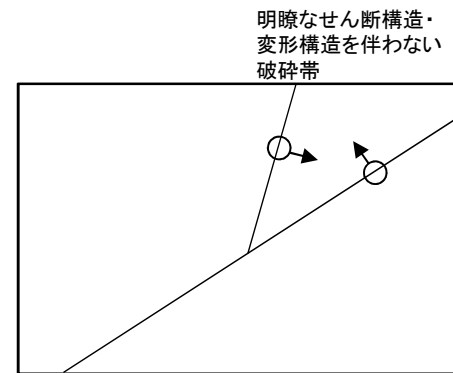
Ⅱ：破碎帯同士の交差の判断

- Ⅱ－① 延長位置で交差する破碎帯については、その延長付近に性状が類似する破碎部がある破碎帯の方を連続させる。
- Ⅱ－② 延長位置で交差する破碎帯については、明瞭なせん断構造・変形構造を伴う破碎帯を明瞭なせん断構造・変形構造を伴わない破碎帯よりも延長させる。



性状が類似する
破碎部がある
破碎帯

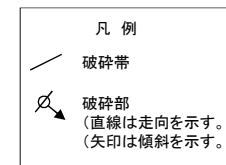
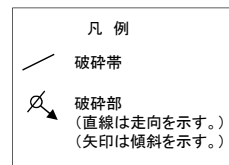
Ⅱ－① 破碎帯の延長付近に性状が類似する破碎部がある破碎帯を連続すると判断



明瞭なせん断構造・
変形構造を伴わない
破碎帯

明瞭なせん断構造・
変形構造を伴う破碎帯

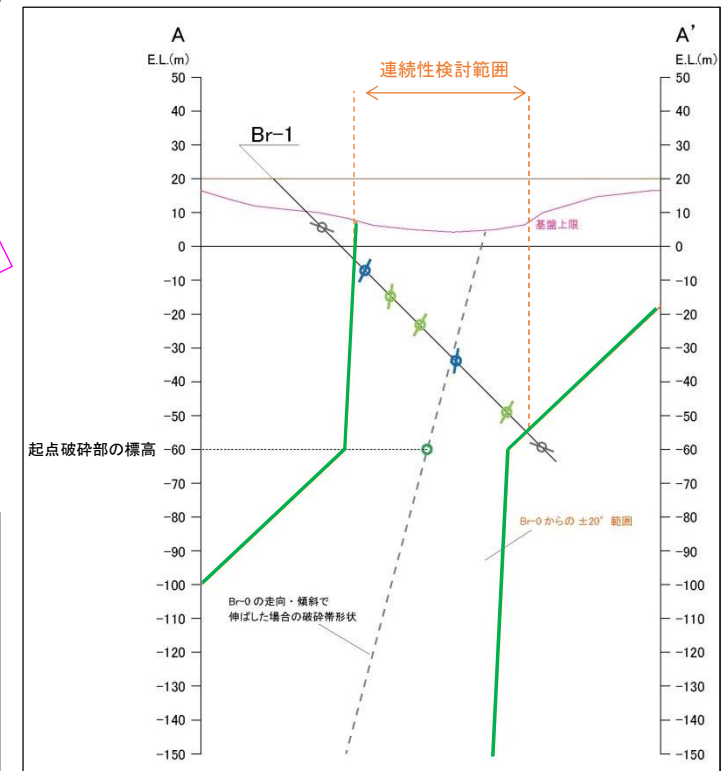
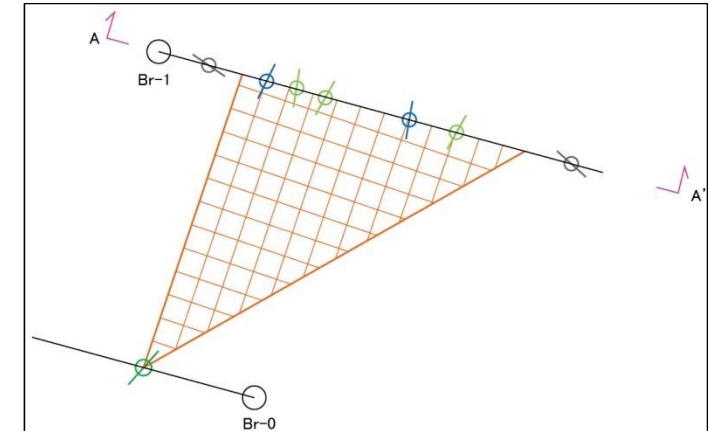
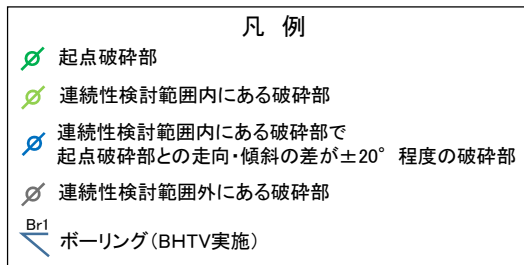
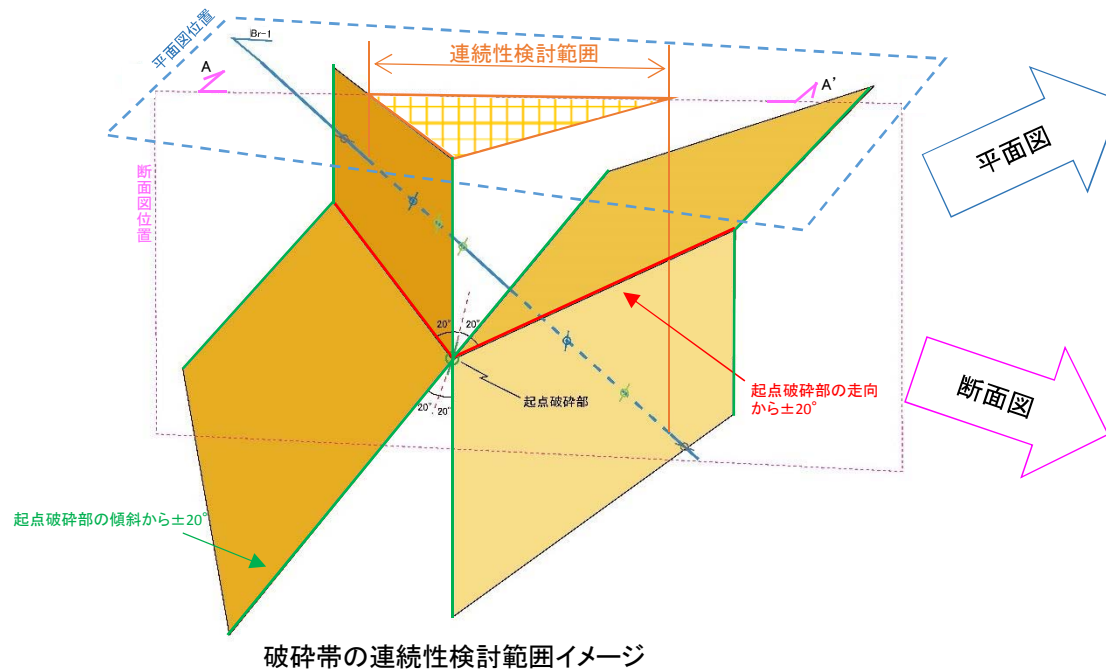
Ⅱ－② 明瞭なせん断構造・変形構造を伴う破碎帯が延長すると判断



余白

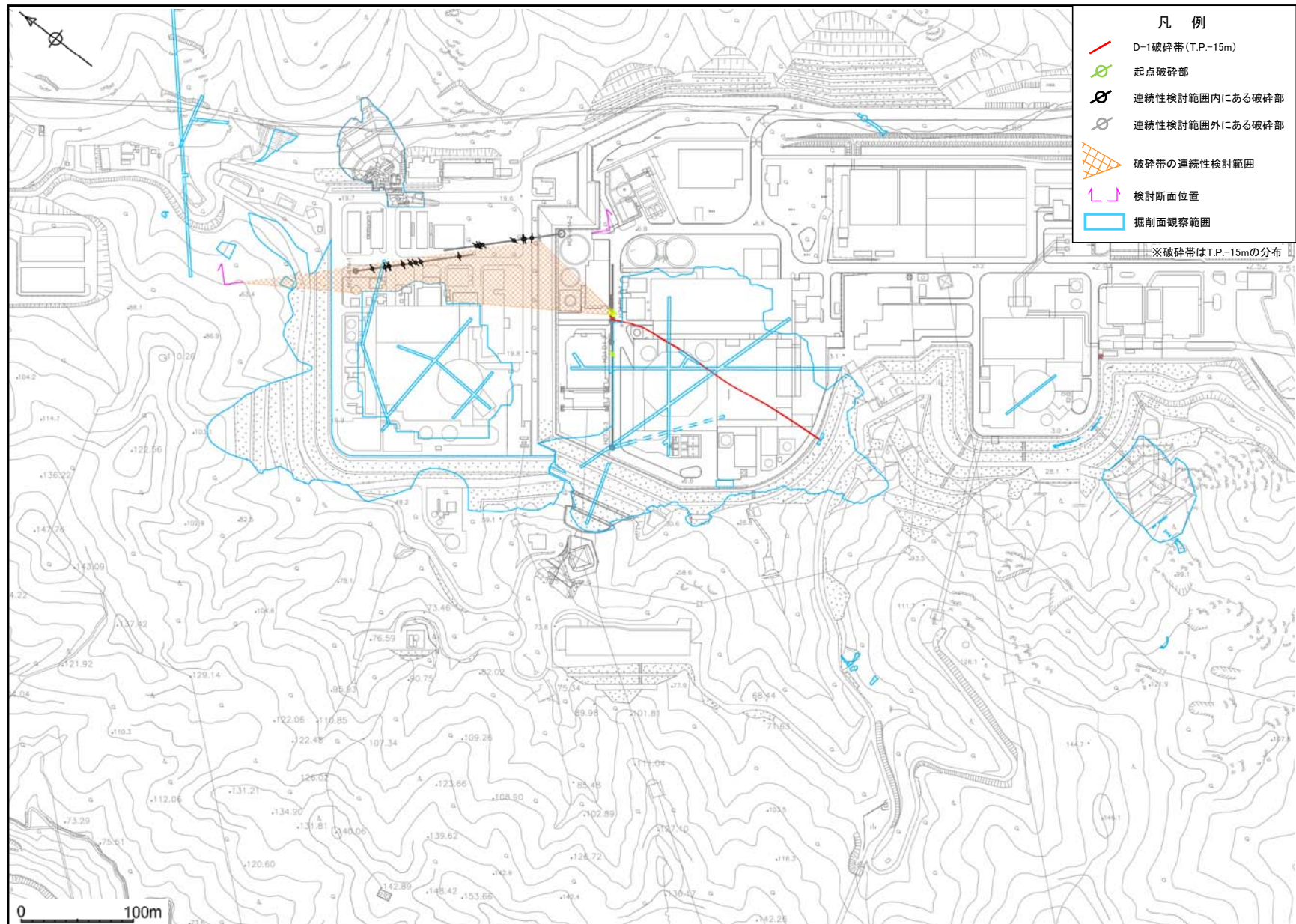
連続性評価手順 (I-①, ②)

- I-① 起点とする破砕部の走向・傾斜から $\pm 20^\circ$ 程度の範囲(破砕帯の連続性検討範囲)の破砕部を抽出する。
 I-② 抽出した破砕部のうち、起点とする破砕部との走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 程度の破砕部を選定する。



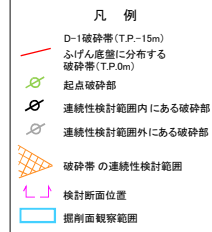
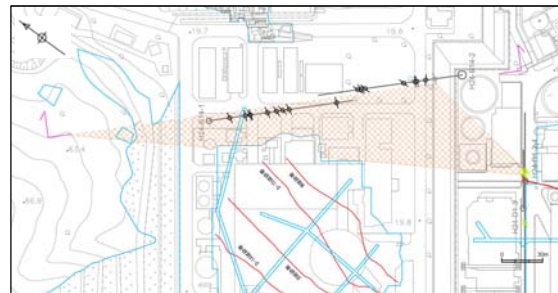
D-1破砕帯の連続性評価(1-1)

連続性評価の例として、D-1破砕帯の連続性評価のプロセス(一部)を示す。



破砕帯の連続性について

D-1破砕帯の連続性評価(1-2)

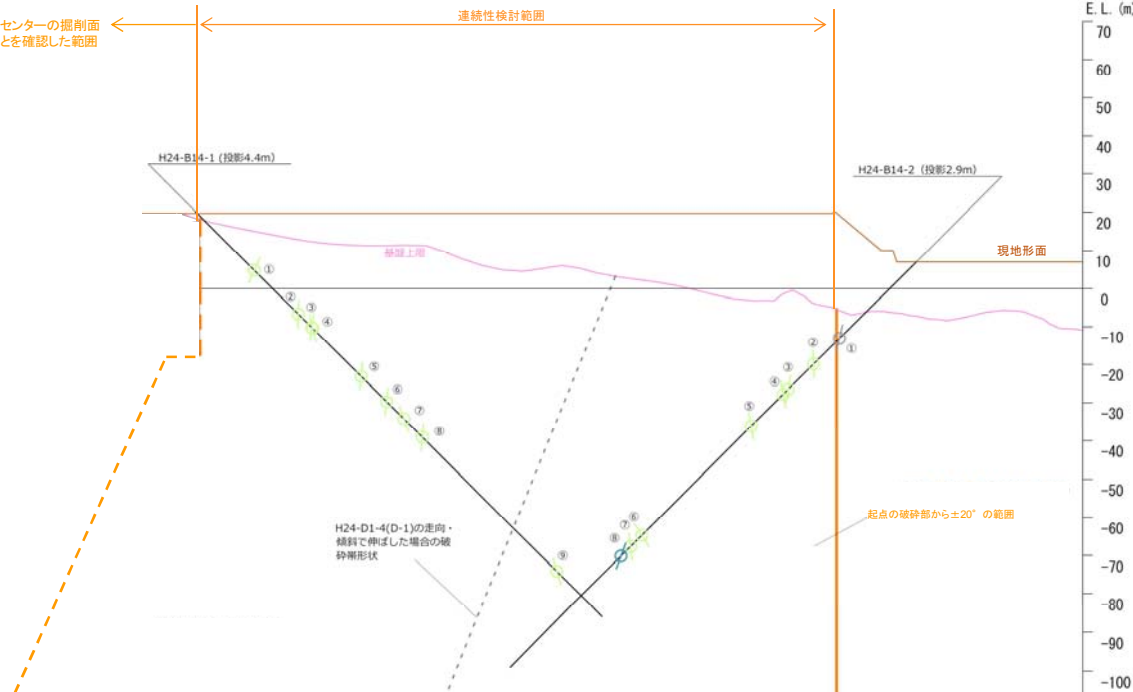


起点	対比する ボーリング孔	連続性検 討範囲	断面図上 の番号	破砕帯範囲		走向	比較対象との 走向の差 (°)	傾斜	比較対象との 傾斜の差 (°)	性状				連続性 検討結果	破砕帯名	性状一覧表	柱状図
				上端深度	下端深度					未固結 破砕部の 有無	明瞭な せん断構 造・ 変形構造	条線方向	変位センス N：正断層 RL：右横ずれ R：逆断層 LL：左横ずれ				
				(m)	(m)												
2号炉原子炉建屋南側斜道	-	-	-	(T.P.17.0m)		N21E		61W		有	有	68L	N		D-1	参考2-36	
H24-D1-2	-	-	①	12.38	12.97	N14W		70W		有	有	80R	N		D-1	参考2-34	参考3-7
H24-D1-3	-	-	②	34.23	34.52	N12W		89W		有	有	75L	N		D-1	参考2-34	参考3-14
H24-D1-4	-	-	③	10.91	10.93	N13W		78W		有	有	80L	N		D-1	参考2-34	参考3-21
H24-D1-2~D1-4	-	-	-	-	-	N12W~14W		70W~89W									
JAEA原子炉廃止措置 研究開発センターの掘削面																	
H24-B14-1	範囲内	①	21.63	22.57	N25E	37-39	67W	3-22	無	-	2L	-			参考2-93		
		②	37.86	37.91	N37E	49-51	88NW	1-18	有	無	20R	LL		D-29	参考2-111		
		③	42.62	42.88	N22E	34-36	81W	3-11	有	無	60L (不明瞭)	N,RL		f-b14-1-2	参考2-159		
		④	43.19	43.62	N43E	55-57	77SE	14-33	有	無	83L	-		D-30	参考2-111		
		⑤	61.09	61.22	N28E	40-42	84W	5-14	無	-	18L	-		M	参考2-172		
		⑥	70.54	71.41	N19E	31-33	85W	4-15	無	-	40R	N,LL					
		⑦	76.94	77.03	N7E	19-21	74E	17-36	無	-	-	-					
		⑧	82.59	83.71	N25E	37-39	85W	4-15	無	-	60R	N,LL					
		⑨	133.38	134.77	N38E	50-52	74SE	17-36	有	無	-	-					
H24-B14-2	範囲外	①	28.50	28.66	N35E	47-49	77NW	1-12	有	有	50R	N,LL		f-b14-2-1	参考2-159	参考3-125	
		②	38.10	38.27	N58E	70-72	88S	3-22	無	-	57L	-		f-b14-2-2	参考2-159	参考3-126	
		③	47.37	47.40	N38E	50-52	85NW	4-15	有	無	40R	RL				参考3-126	
		④	49.24	49.55	N44E	56-58	80E	11-30	有	有	75L	N		D-44	参考2-119	参考3-126	
		⑤	60.85	61.12	N1E	13-15	83E	8-27	無	-	72R	-		D-42	参考2-118	参考3-127	
		⑥	101.47	101.52	N3E	15-17	65E	26-45	無	-	20R	-		f-b14-2-6	参考2-159	参考3-128	
		⑦	105.54	105.61	N16E	28-30	84E	7-26	無	-	12L	-		D-41	参考2-117	参考3-128	
		⑧	109.16	109.46	N1W	12-13	76W	2-13	有	有	-	N,RL	○	D-1	参考2-34	参考3-128	

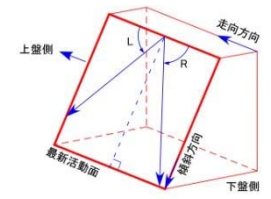
- ① : 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内にあるもの
- ② : 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内のもの
- ③ : 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無、せん断構造・変形構造の有無）が類似するもの
- ④ : 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無、せん断構造・変形構造の有無、条線方向もしくは変位センス）が類似するもの
- ⑤ : 起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無、せん断構造・変形構造の有無、条線方向もしくは変位センス）が類似するもの

H24-B14-1孔とは閉合
(重複区間1.18m)

JAEA原子炉廃止措置研究開発センターの掘削面
観察範囲で該当破砕部がないことを確認した範囲

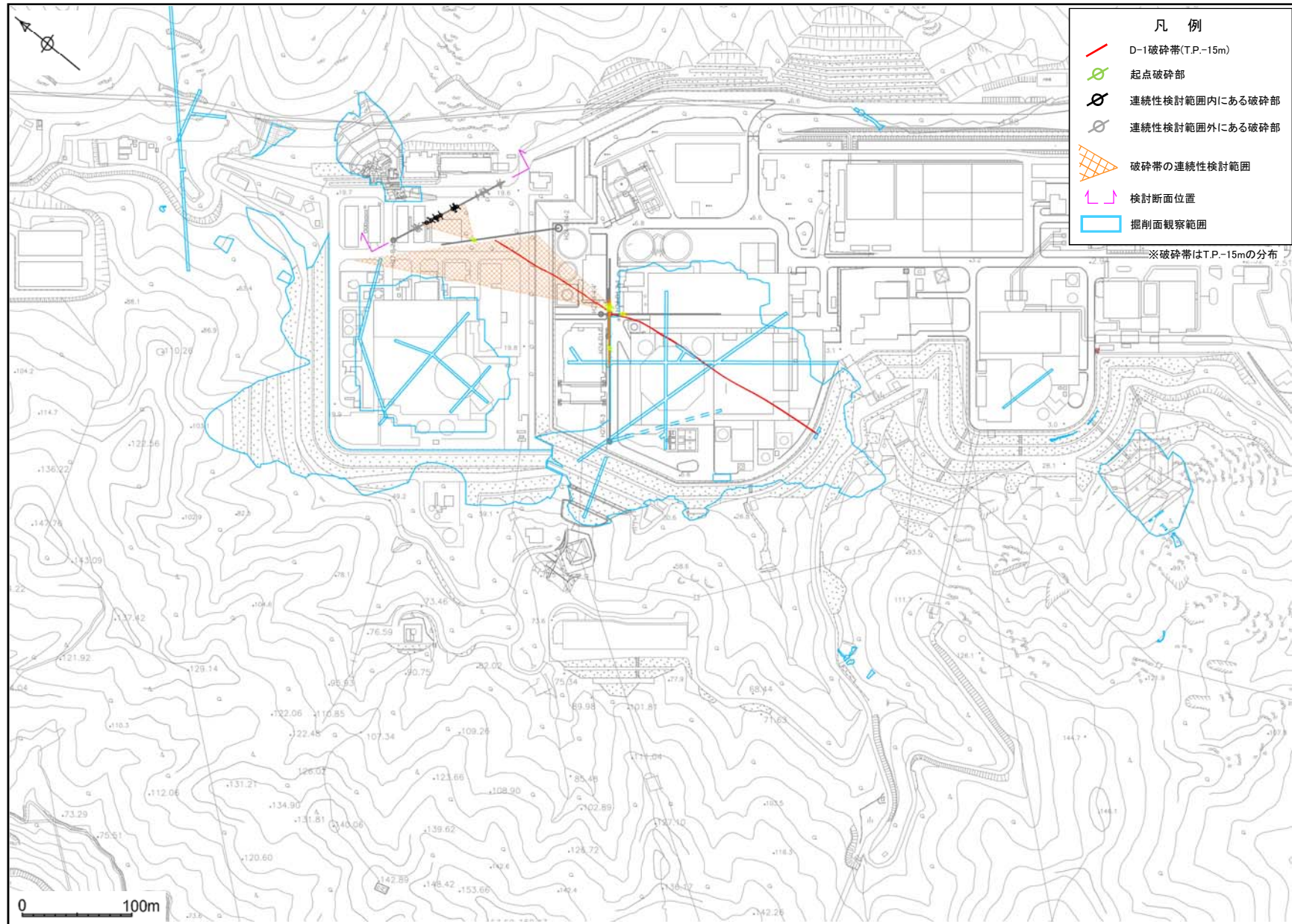


条線方向(L,R)について

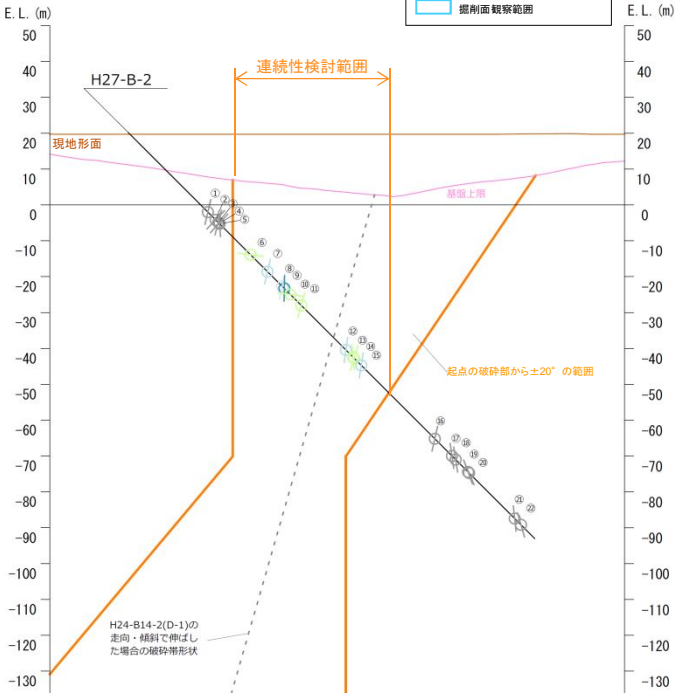
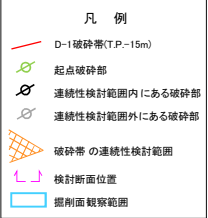
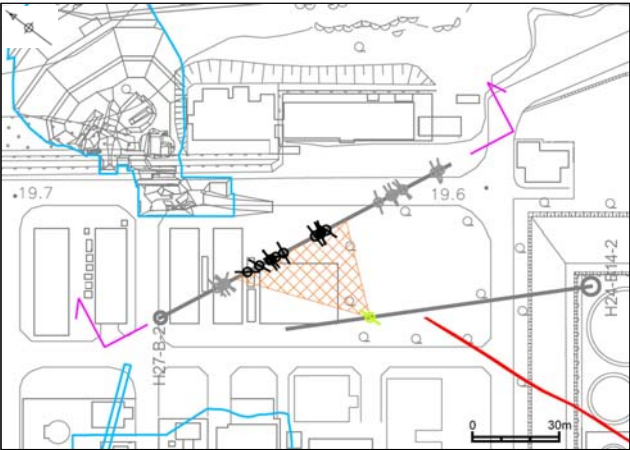


上盤側から見て
時計回りになす角を持つ条線は“R”
反時計回りになす角を持つ条線は“L”

D-1 破碎帯の連続性評価(2-1)



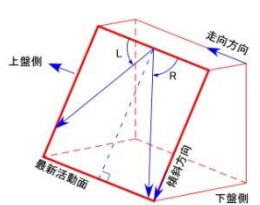
D-1破砕帯の連続性評価(2-2)



起点	対比する ボーリング孔	連続性検討 範囲	断面図上 の番号	破砕帯範囲		走向	比較対象との 走向の差 (°)	傾斜	比較対象との 傾斜の差 (°)	性状				連続性 検討結果	破砕帯名	性状一覧表	柱状図
				上端深度	下端深度					未固結 破砕部の 有無	明瞭な せん断構造・ 変形構造	条線方向	変位センス				
													N：正断層 RL：右横ずれ R：逆断層 LL：左横ずれ				
				(m)	(m)												
H24-B14-2	-	-	⑧	109.16	109.46	N1W		76W		有	有	-	N,RL		D-1	参考2-34	参考3-128
H27-B-2		範囲外	①	31.15	31.66	N7E	8	78W	2	有	無	80L	N				参考3-169
			②	34.37	34.48	N18E	19	46W	30	有	無	0	LL				参考3-169
			③	35.36	35.46	N69E	70	79N	3	有	無	10R	RL				参考3-170
			④	35.68	35.73	N7W	6	52W	24	有	無	70R	N				参考3-170
			⑤	35.92	35.95	N4E	5	86E	18	無	-	50L	R,LL				参考3-170
		範囲内	⑥	48.08	48.12	N38W	37	15NE	89	有	無	0	RL				参考3-170
			⑦	54.72	54.77	N8W	7	79W	3	有	無	0	LL				参考3-170
			⑧	60.26	60.69	N18E	19	77W	1	無	-	60R	R				参考3-170
			⑨	61.29	61.69	N8E	9	89W	13	有	有	90	N	○	D-1	参考2-34	参考3-171
			⑩	63.75	63.85	N47W	46	24E	80	無	-	90	-		f-b-2-10		参考3-171
			⑪	68.02	68.06	N23E	24	74W	2	有	無	90	N				参考3-171
			⑫	85.58	85.76	N15E	16	82W	6	有	無	60L	N				参考3-172
			⑬	88.38	88.43	N26E	27	84E	20	有	無	30L	N,RL		D-41	参考2-117	参考3-172
			⑭	88.88	88.94	N35E	36	72W	4	有	有	25L	N,RL		f-b-2-14	参考2-174	参考3-172
			⑮	91.69	91.76	N5W	4	82W	6	有	無	30R	RL				参考3-172
		範囲外	⑯	120.63	120.65	N34E	35	77NW	1	有	無	30L	LL				参考3-173
			⑰	127.41	127.48	N18E	19	82E	22	無	-	20L	RL		D-42	参考2-118	参考3-173
			⑱	128.82	128.97	N28E	29	81E	23	有	無	20R	RL		D-44	参考2-119	参考3-173
			㉑	133.75	133.92	N1E	2	72E	32	有	無	-	-				参考3-173
			㉒	134.15	134.23	N16E	17	67E	37	有	有	85L	N		f-b-2-20	参考2-174	参考3-173
			㉓	152.10	152.15	N28E	29	84E	20	有	無	30L	N,RL		f-b-2-21	参考2-174	参考3-174
			㉔	154.53	154.71	N42E	43	75E	29	有	有	75R	N		f-b-2-22	参考2-174	参考3-174

- ：起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内にあるもの
- ：起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内のもの
- ：起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無）が類似するもの
- ：起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無）は類似するが、せん断構造・変形構造の有無については類似していないもの
- ：起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無、せん断構造・変形構造の有無）が類似するもの
- ：起点の破砕部の走向・傾斜から±20°程度の範囲内に分布し、かつ、両者の走向・傾斜の差が±20°程度以内で、かつ、性状（未固結破砕部の有無、条線方向もしくは変位センス）が類似するもの

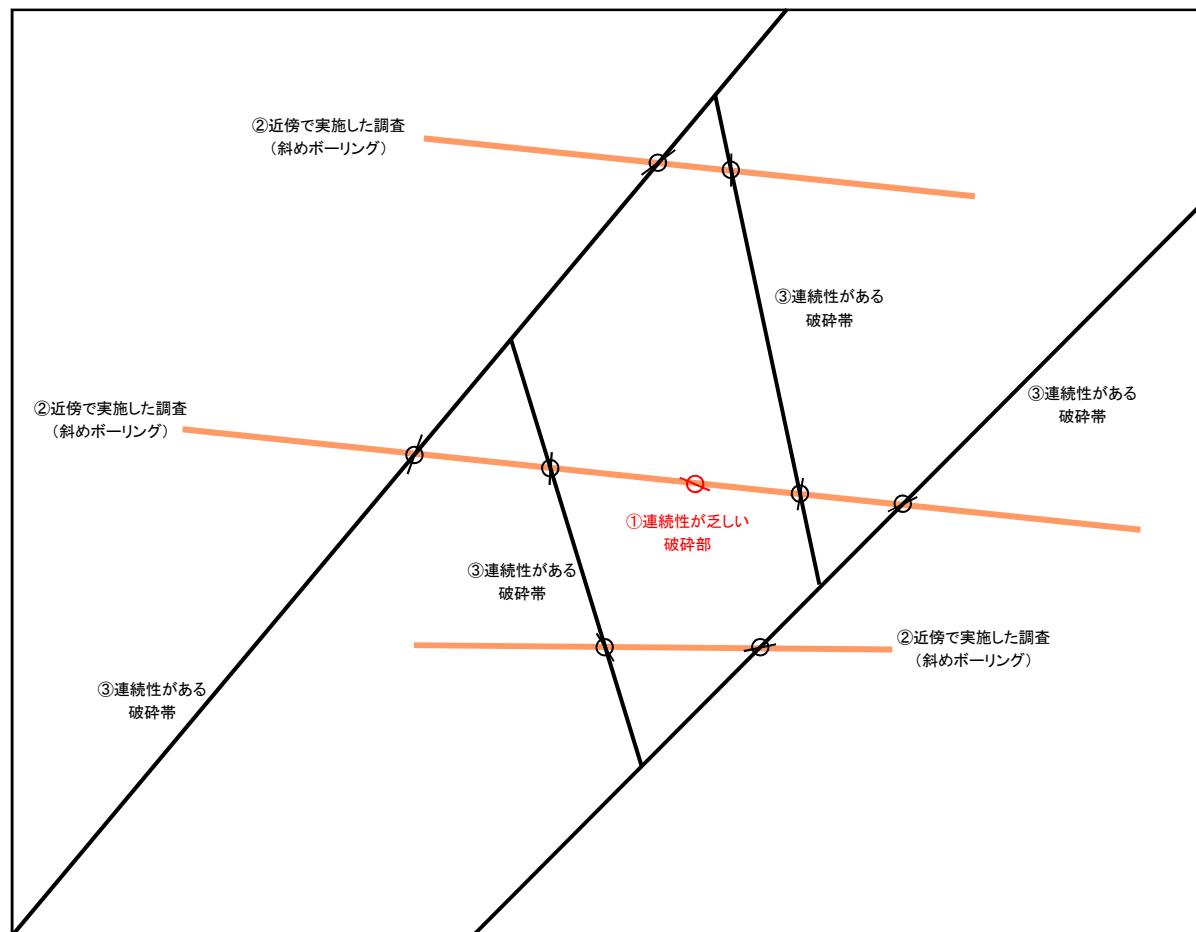
条線方向(L,R)について



上盤側から見て
時計回りになす角を持つ条線は“R”
反時計回りになす角を持つ条線は“L”

連続性が乏しい破砕部について

- 確認された破砕部の中には、近傍のボーリングに連続しない、他の破砕帯を越えて連続しないと判断されること等から、連続性が乏しいと判断される破砕部がある。
- 連続性に乏しいと判断した具体的根拠を下記に示す。
 - ① 連続性が乏しいとした破砕部の分布位置
 - ② 当該破砕部の近傍で実施した調査
 - ③ 当該破砕部の近傍に分布する連続性がある破砕帯とその根拠(連続性があるとした根拠: 前頁までに事例として示したD-1破砕帯の様式で提示)



凡 例	
—	連続性がある破砕帯
○	連続性がある破砕部
○	連続性が乏しい破砕部
—	近傍で実施した調査 (斜めボーリング)

平面図(連続性に乏しいと判断した具体的根拠の例)

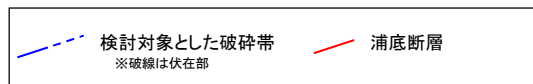
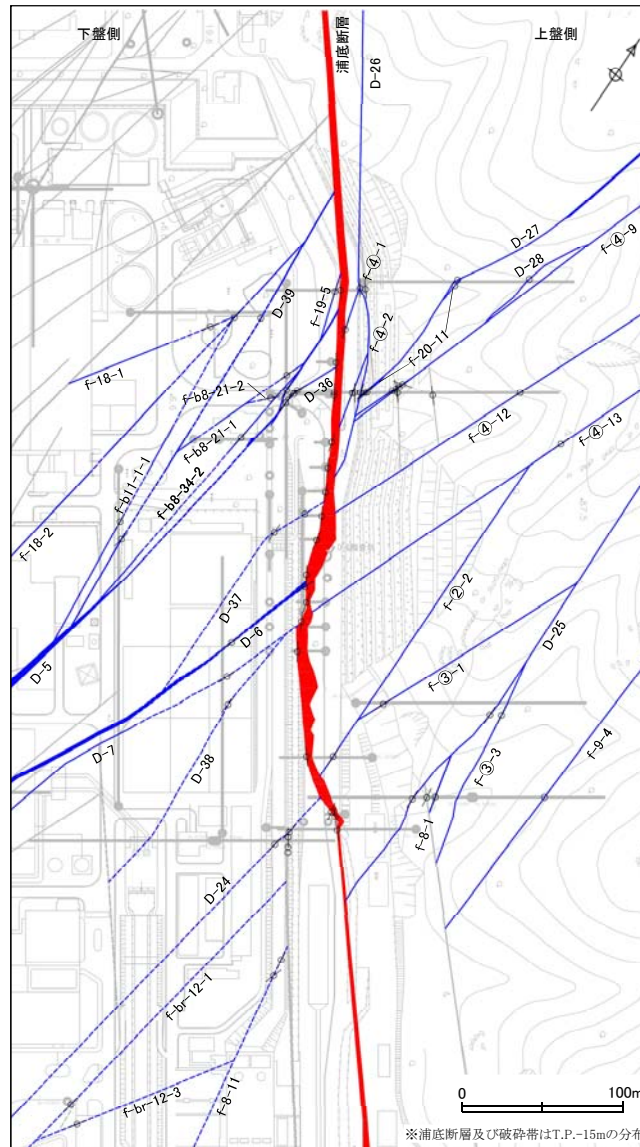
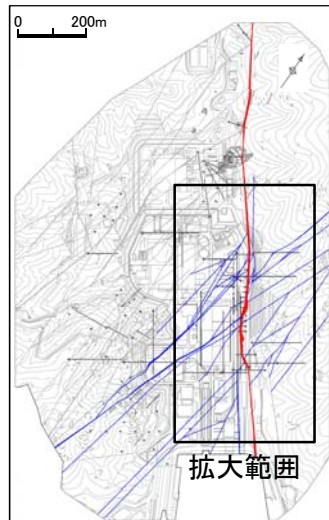
コメントNo.2

No.	コメント	回答骨子
2	破碎帯が浦底断層に変位を与えていないと判断した根拠について説明すること。 (第536回審査会合, 平成29年12月22日)	浦底断層の上盤側と下盤側に近接して分布する破碎帯については, 破碎部の性状が異なっており一連の破碎帯ではないと判断されることから, 浦底断層に変位・変形を与えている破碎帯もないものと判断される。

浦底断層に変位・変形を与えている破砕帯の存否について

地質水平断面図(T.P.-15m)

- 浦底断層に変位・変形を与えている破砕帯の有無について検討するため、浦底断層の上盤側と下盤側に近接して分布する破砕帯の破砕部性状を整理し比較した。
- 下図に検討対象とした浦底断層と斜交する破砕帯を示す。



破砕帯分布図(拡大)

確認点一覧

- ・ 浦底断層の上盤側に分布する破砕帯は東傾斜のものが多く、下盤側に分布する破砕帯は西傾斜のものが多く(下表及び地質断面図(p.28, p.29)参照)。
- ・ 近接して分布する破砕帯については、最新活動面の条線方向や変位センスが異なっている。
- ・ 活断層であることが文献で指摘されている浦底断層については、河谷の左屈曲、北東側隆起などの変動地形が認められ、後期更新世以降は現在の広域応力場から想定される方向と調和的に活動していることも確認されている(p.96参照)。これに対し、破砕帯については変動地形は認められず、また現在の広域応力場から想定される方向と調和的に活動した状況も認められない。これらのことから、破砕帯は浦底断層よりも新しい時期に活動したものではないと判断される。
- ・ また、こうした状況に加えて、浦底断層を挟んで近接して分布する破砕帯については、上盤の破砕帯と下盤の破砕帯とで性状が異なることから、一連であるとは判断されず、したがって当該破砕帯は浦底断層に変位・変形を与えている状況にはないと判断される。

浦底断層の下盤側に分布する破砕帯の性状

破砕帯名	確認箇所	走向	傾斜	性状	
				条線方向	変位センス
					N : 正断層 RL : 右横ずれ R : 逆断層 LL : 左横ずれ
D-39	H19-No.18	-	-	-	-
D-39	H24-B11-1	N8E	84W	62R	N,LL
f-18-2	H19-No.18	N6E	87W	73L	-
f-19-5	H19-No.19	N20W	82W	4L	-
D-5	H24-B8-21	N5W	82E	-	N,RL
f-18-1	H19-No.18	N31E	84W	10L	-
f-b11-1-1	H24-B11-1	N8W	84W	15R	LL
f-b8-21-1	H24-B8-21	N18E	89W	35L	N,RL
D-36	H24-B9-1	N21E	67E	63L	-
f-b8-34-2	H24-B8-34	N4E	79E	75L	-
f-b8-21-2	H24-B8-21	N41E	81NW	-	-
D-37	H24-B8-21	N3W	84E	20L	RL
D-37	H24-B8-5	-	-	-	-
D-6	大深度調査坑	N19E	86W	42L	N,RL
D-7	H24-B8-22	N17E	86W	40L	N,RL
D-38	H24-B8-22	N3E	87W	90	N
D-24	H21-No.①	N5E	77W	80R	N
f-br-12-1	Br-12	N7E	85W	12L	RL
f-8-11	H19-No.8	N12W	86W	30L	-
f-br-12-3	Br-12	N31E	78NW	90	N

浦底断層の上盤側に分布する破砕帯の性状

破砕帯名	確認箇所	走向	傾斜	性状	
				条線方向	変位センス
					N : 正断層 RL : 右横ずれ R : 逆断層 LL : 左横ずれ
D-26	H19-No.19	N36W	65E	69L(不明瞭)	N
D-26	H21-No.④	N17W	70E	-	N,RL
D-27	H19-No.20	-	-	-	-
D-27	H21-No.④	N12E	87E	-	N,LL
f-20-11	H19-No.20	-	-	-	-
f-20-11	H21-No.④	N12E	74E	41L	-
f-④-9	H21-No.④	N16E	80E	11R	-
D-28	H19-No.20	-	-	66L	-
D-28	H21-No.④	N19E	86E	26L	-
f-④-1	H21-No.④	N18W	62W	60L	-
f-④-12	H21-No.④	N20E	90	-	E下り, RL
f-④-2	H21-No.④	N16W	83E	-	-
f-④-13	H21-No.④	N19E	69W	19R	-
D-25	H19-No.8	N4W	88W	-	-
D-25	H21-No.③	N4W	76W	-	N,RL
f-②-2	H21-No.②	N3W	67E	42L	-
f-③-1	H21-No.③	N21E	78E	82L	-
f-9-4	H19-No.9	-	-	-	-
f-③-3	H21-No.③	N13W	72W	84L	-
f-8-1	H19-No.8	N16W	82E	23R	-

浦底断層の性状

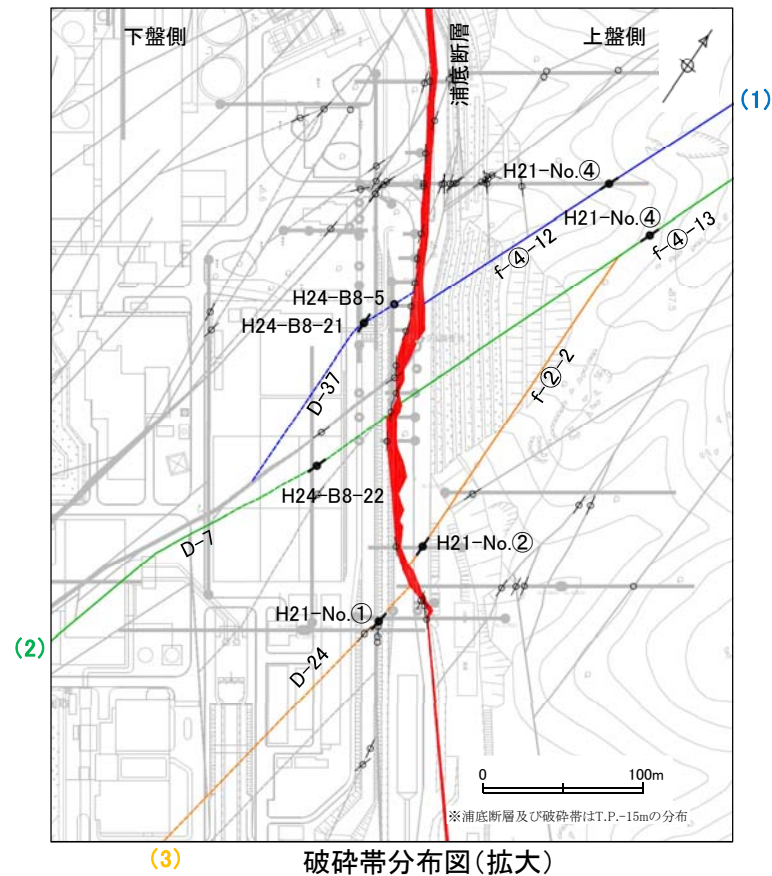
破砕帯名	確認箇所	走向	傾斜	性状	
				条線方向	変位センス
					N : 正断層 RL : 右横ずれ R : 逆断層 LL : 左横ずれ
浦底断層	H19-No.8	N15W	86E	13L	LL
浦底断層	H19-No.19	N41W	87NE	-	R,LL
浦底断層	H21-No.①	N42W	81E	-	-
浦底断層	H21-No.②	N44W	40E	-	-
浦底断層	H24-B8-1	N37W	60NE	53L	-
浦底断層	H24-B8-2	N19W	32E	45L	-
浦底断層	H24-B8-3	N31W	56NE	不明	-
浦底断層	H24-B8-4	N25W	56E	38L	-
浦底断層	H24-B8-5	N32W	53E	57L	-
浦底断層	H24-B8-6	N13W	35E	54L	-
浦底断層	H24-B8-7	N17W	59E	不明	-
浦底断層	H24-B8-8	N32W	52NE	48L	-
浦底断層	H24-B8-9	N35W	61E	不明	-
浦底断層	H24-B8-32	-	-	45L	-
浦底断層	H24-B9-1	N35W	58NE	65L	-
浦底断層	H24-B10-1	N35W	68NE	40L	-
浦底断層	H24-B15-4	N39W	80NE	不明	-

: 東傾斜の破砕帯
 : 西傾斜の破砕帯

余白

浦底断層に変位・変形を与えている破砕帯の存否について

浦底断層の上盤側と下盤側に近接して分布する破砕帯



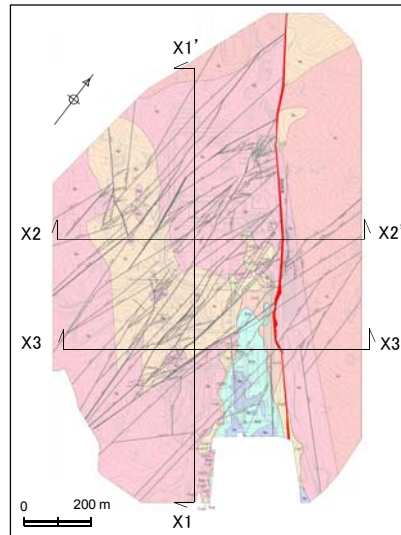
浦底断層の上盤側と下盤側に近接して分布する破砕帯

	下盤側						上盤側						上盤側の破砕帯と 下盤側の破砕帯の比較
	破砕帯名	確認箇所	走向	傾斜	性状		破砕帯名	確認箇所	走向	傾斜	性状		
					条線方向	変位センス					条線方向	変位センス	
						N：正断層 RL：右横ずれ R：逆断層 LL：左横ずれ						N：正断層 RL：右横ずれ R：逆断層 LL：左横ずれ	
(1)	D-37	H24-B8-21	N3W	84E	20L	RL	f-④-12	H21-No.④	N20E	90	-	E下り, RL	変位センスが異なる (f-④-12：E下がり, D-37：W下がり)
(2)	D-7	H24-B8-22	N17E	86W	40L	N,RL	f-④-13	H21-No.④	N19E	69W	19R	-	条線方向が異なる
(3)	D-24	H21-No.①	N5E	77W	80R	N	f-②-2	H21-No.②	N3W	67E	42L	-	傾斜及び条線方向が異なる

浦底断層に変位・変形を与えている破砕帯の存否について
地質断面図(X2-X2')

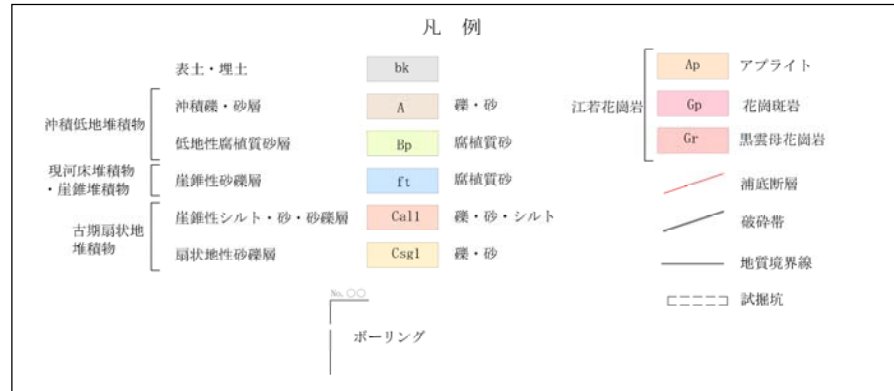
第536回審査会合
資料2 修正

- 浦底断層の上盤側に分布する破砕帯は東傾斜のものが多く、下盤側に分布する破砕帯は西傾斜のことが多い。

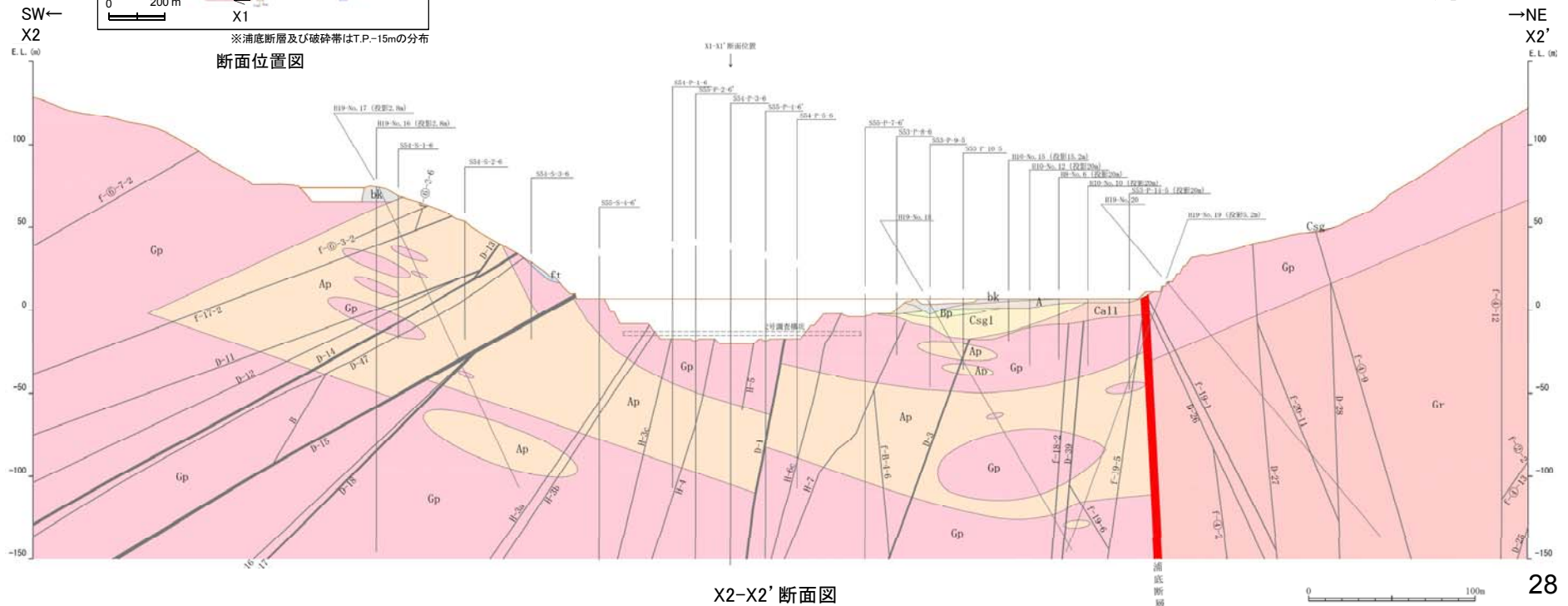


※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布
断面位置図

※地表地質踏査、ボーリング調査、2号機底盤調査、ふげん底盤調査、2号機試掘坑調査、1号機試掘坑調査、露頭調査、トレンチ・ピット調査、大深度坑調査で得られたデータを基に作成している。
なお浦底断層についてはリニアメント地形判読結果も反映している。走向・傾斜の値に関してはボアホールカメラから得られた値を使用している。

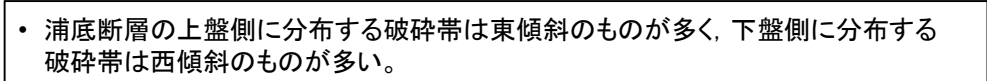


※破砕部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

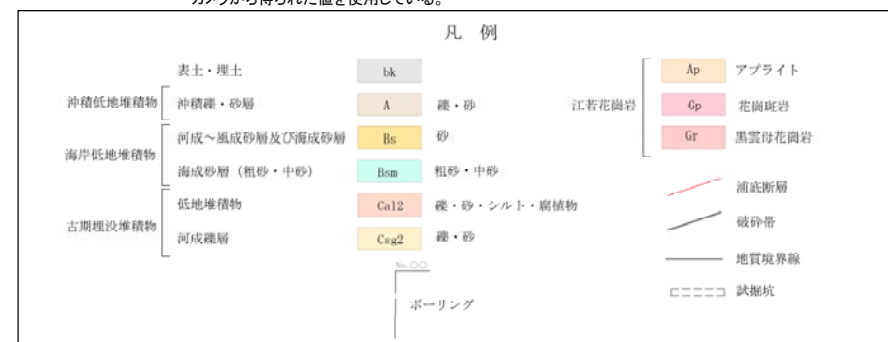


X2-X2' 断面図

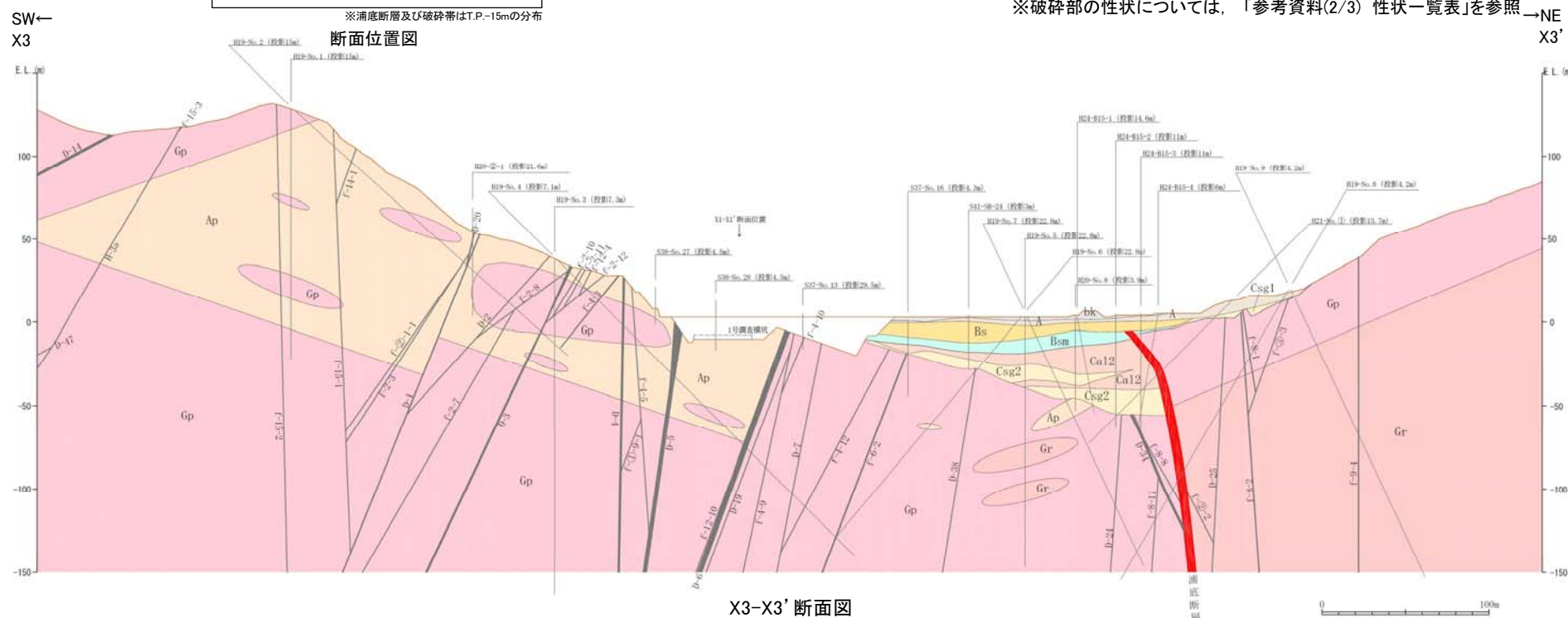
第536回審査会合
資料2 修正



※地表地質踏査、ボーリング調査、2号機底盤調査、ふげん底盤調査、2号機試掘坑調査、1号機試掘坑調査、露頭調査、トレンチ・ビット調査、大深度坑調査で得られたデータを基に作成している。
なお浦底断層についてはリニアメント地形判読結果も反映している。走向・傾斜の値に関してはポアホールカメラから得られた値を使用している。



※破砕部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照→NE
X3



余白

コメントNo.3

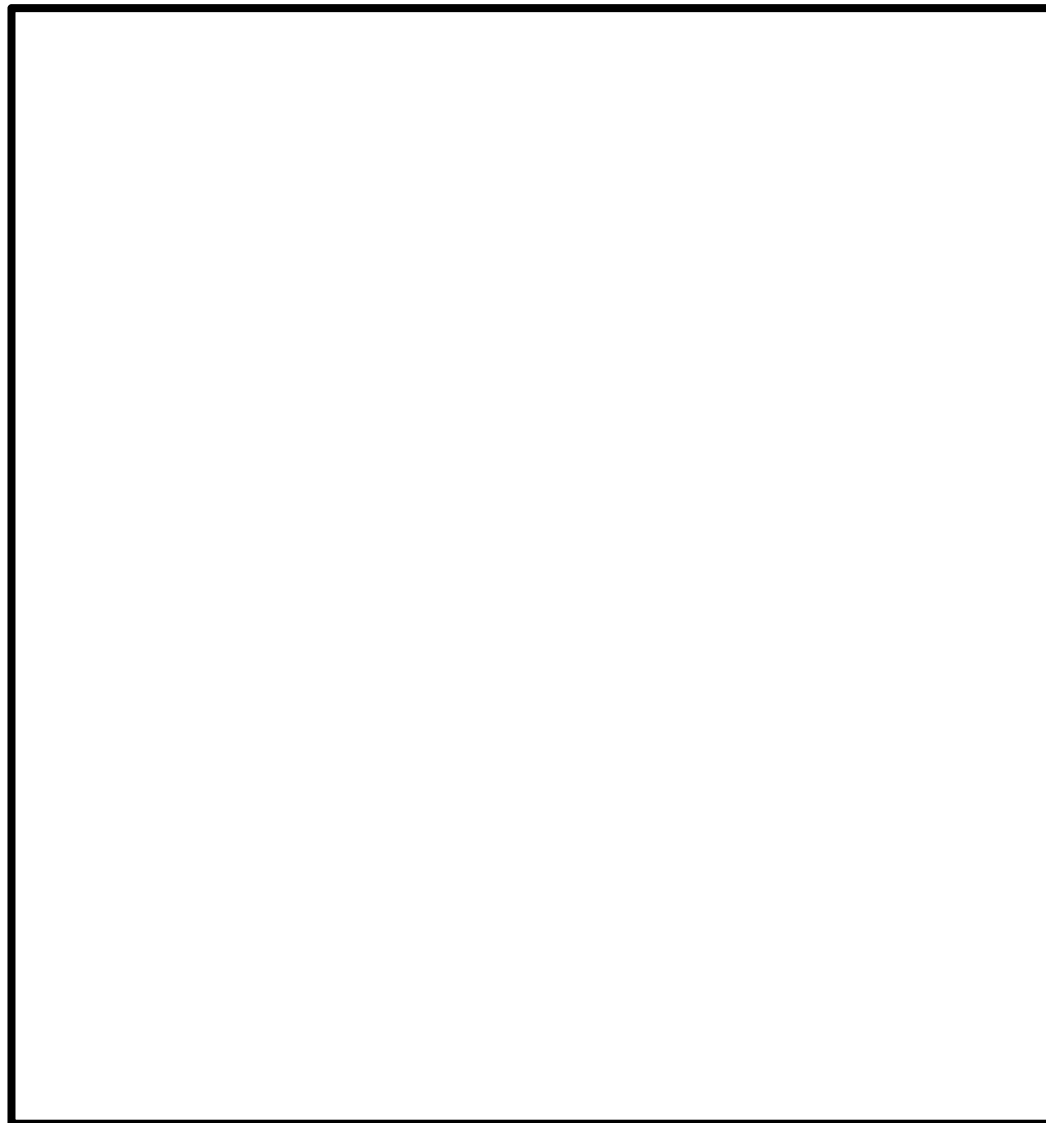
No.	コメント	回答骨子
3	破碎帯の選定フローの判断指標としている「未固結破碎部の有無」については、確認した箇所のの代表性について説明すること。 （第536回審査会合，平成29年12月22日）	地質・地質構造評価を行うにあたっては詳細な調査を実施している（調査密度が著しく低い状況にはない）ことから、破碎帯の性状については適切に把握出来ていると判断している。

未固結破砕部の有無における確認箇所の代表性について

重要施設の直下に分布する破砕帯（固結破砕部のみからなる破砕帯）（その1）

重要施設の直下に分布する破砕帯※（3条対象の破砕帯）のうち、固結破砕部のみからなる破砕帯は12本である。

※「平成29年12月22日審査会合」を踏まえ、3条対象の破砕帯とした。
3条対象の破砕帯の連続性評価の詳細については、今後説明していく。

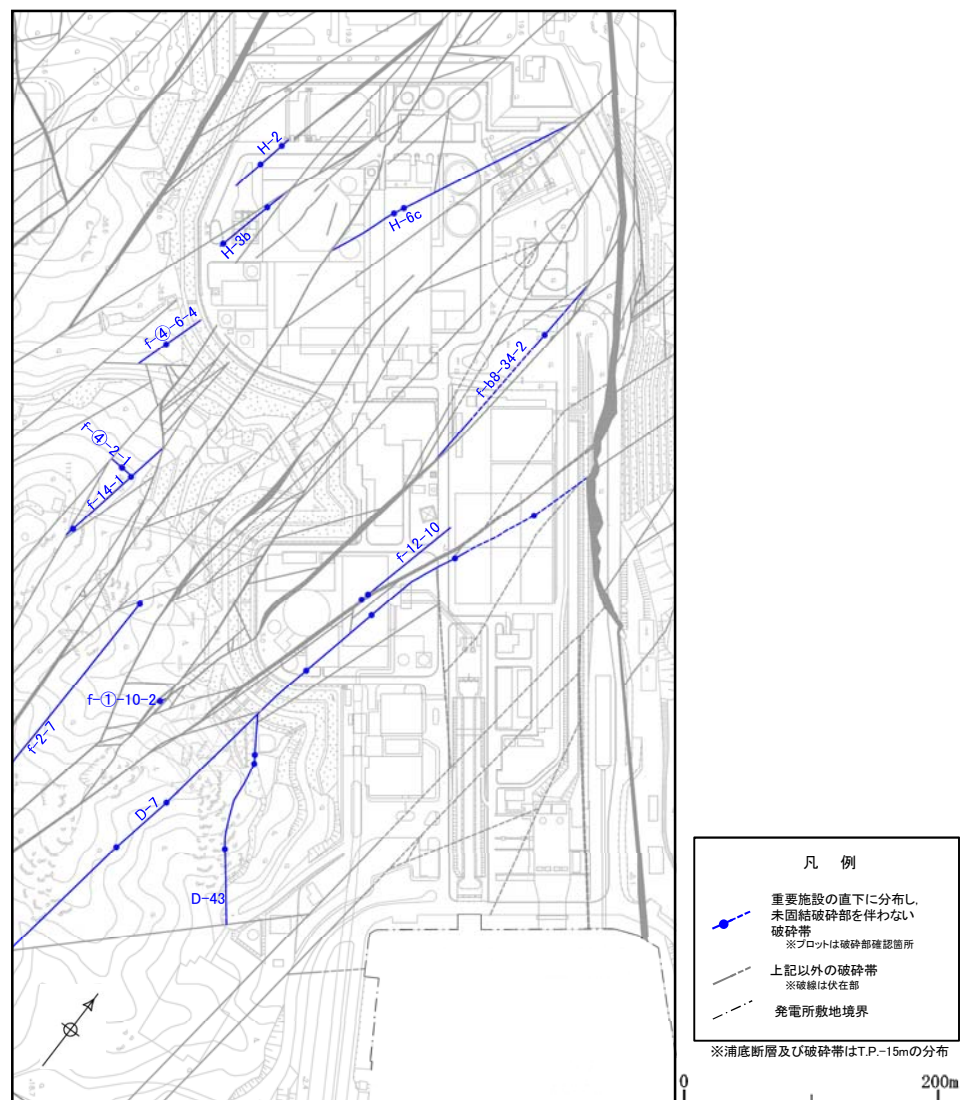


枠囲みの内容は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

未固結破碎部の有無における確認箇所の代表性について

重要施設の直下に分布する破碎帯(固結破碎部のみからなる破碎帯)(その2)

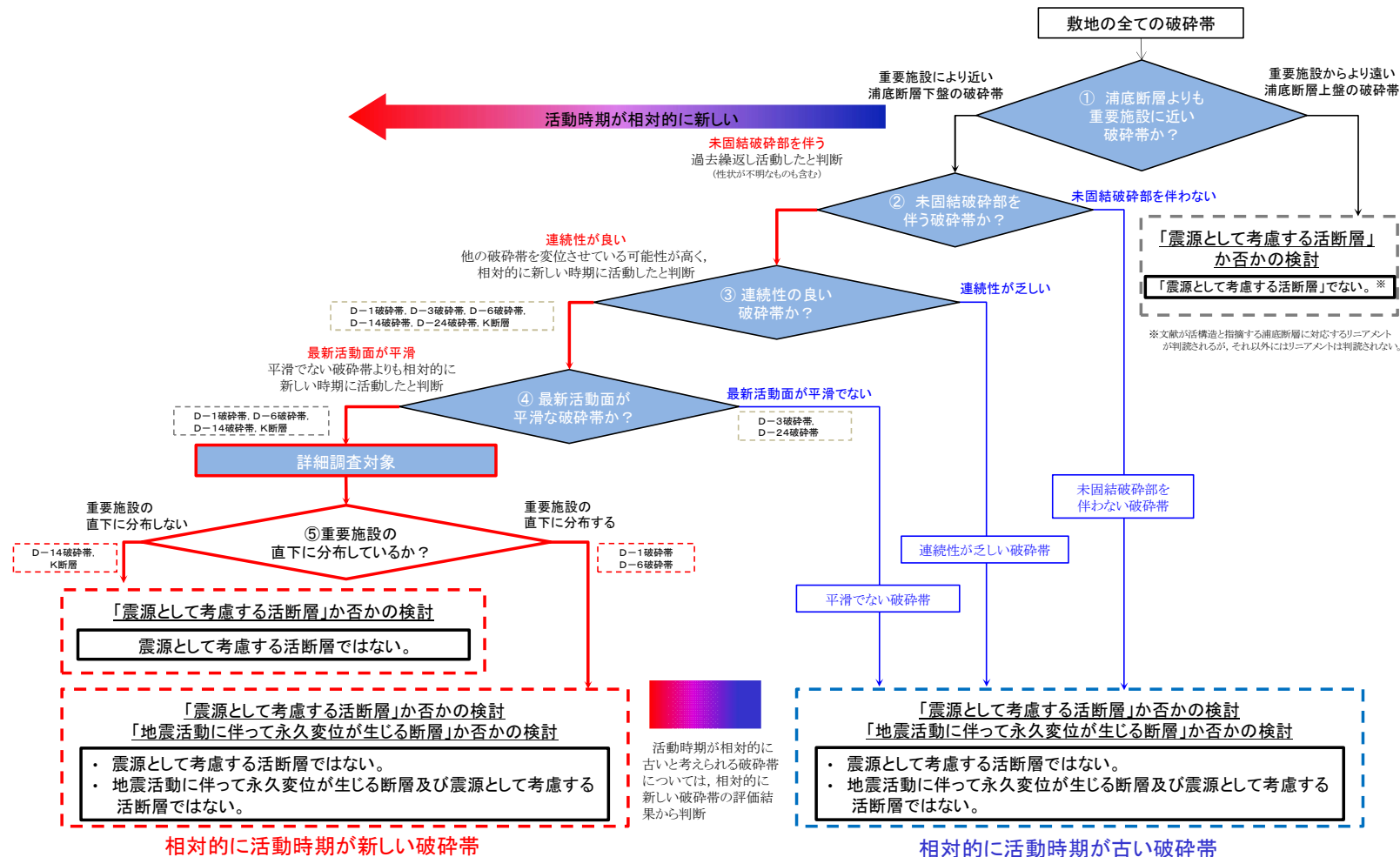
- 固結破碎部のみからなる3条対象の破碎帯及びその確認箇所を以下に示す。
- 破碎帯の分布に対して調査密度が著しく低い状況にはない(比較的長い破碎帯については複数点で破碎部を確認している)。
- 以上のことから、現状の調査によって破碎帯の性状を適切に把握出来ていると判断している。



余白

コメントNo.4

No.	コメント	回答骨子
4	「最新活動面の平滑さ」については、様々な要因に左右されると考えられるが、活動時期の新旧の判断指標とした考え方を説明すること。 (第536回審査会合、平成29年12月22日)	断層の活動時期と活動面の平滑さの関係に言及した文献の見解を踏まえると、断層の最新活動面の平滑さは活動時期の相対的な新旧を表す指標になり得るものと判断している。



詳細調査の対象とした破砕帯の選定フロー

文献調査の結果(その1)

- 狩野・村田(1998)によれば、「地表に未固結な被覆層がほとんどなく、脆性的な基盤岩が分布している場合には、断層は幅数mmから数cm程度の平滑な面に沿って変位して、地表を切断することが多い」としている。また、1995年兵庫県南部地震の際に活動した野島断層を事例として引用し、「最大変位を与えた野島平林では、露頭の下部に基盤の花崗岩を切断した平滑な断層面が出現した」とされている。
- 伊藤(1990)によれば、「一般に、最終eventで形成された破碎物は、平面性・連続性がよいことが知られている」とされている。
- また、根尾谷断層、野島断層及び日南湖リニアメントに対応する断層に関する文献に掲載されている写真及びスケッチを確認した結果、それぞれの最新活動時(1891年 濃尾地震、1995年兵庫県南部地震及び2000年鳥取県西部地震の際)の活動面は平滑であると判断される。
- 以上を踏まえると、断層の最新活動面の平滑さは活動時期の相対的な新旧を表す指標になり得るものと判断している。

最新活動面の平滑さについて 文献調査の結果(その2)

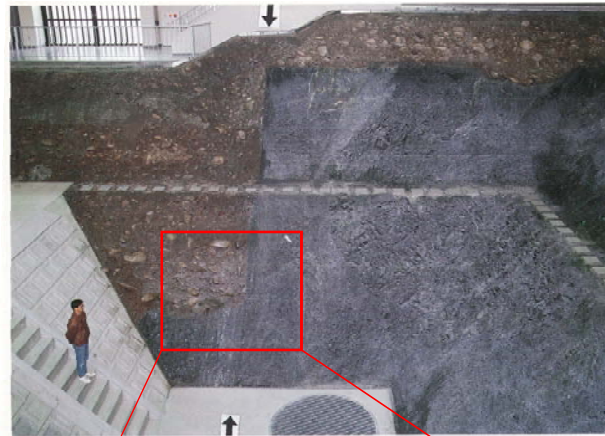
- 根尾谷断層は、村松他(2002)によれば1891年濃尾地震で出現した根尾谷断層帯のうち長さ約35kmの左ずれの地震断層で、最大変位は水平方向のずれが主(最大8m)で、概して南西側が隆起(最大4m、ただし根尾村水鳥と福井県野尻付近では例外的に北東側が隆起(水鳥で最大約6m))、断層破砕帯や粘土帯の幅も大きく、顕著であるとされている。また、佐藤他(1993)によれば1891年濃尾地震で出現した根尾谷断層については、見かけの上下変位量は5m～6m、左横ずれ変位量は約3mとなる可能性が強いとされており、断層に沿った基盤岩と沖積層の間に幅10cm～20cmの断層粘土が分布し、この条線はN37°W, 60°Sの方向に最大の集中域を示すとされている。
- 村松他(2002)及び佐藤他(1993)に示されているトレンチの写真及びスケッチを確認した結果、本断層の最新活動面は平滑であると判断される。

【根尾谷断層の調査結果】



第1図 根尾谷断層水鳥断層崖の位置図および地形分類図(佐藤ほか:1992) A、Bは地点表示記号。

佐藤他(1993)に加筆

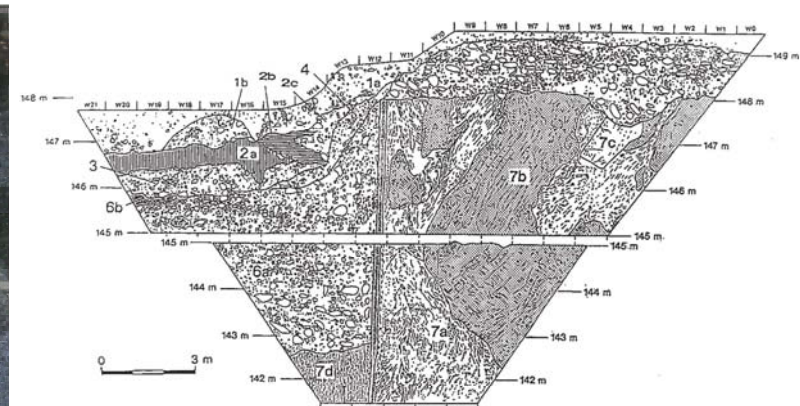


1.1総30 断層地下観察館内のトレンチ北西側断面(1992年1月撮影、修正撮影)

村松他(2002)に加筆



根尾谷断層の露頭
(地震断層観察館)



第3図 根尾谷断層トレンチ北西壁面のスケッチ(佐藤ほか:1992)

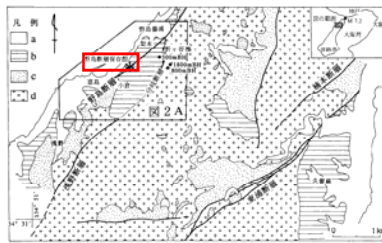
1: 人工埋積物 1a: トレンチ工事(1990年)に伴う埋積・攪拌物, 1b: 1974年～トレンチ工事までの埋積・攪拌物, 1c: 赤褐色土壌, 2: 濃尾地震後の土壌と礫層, 2a: 粘土質土壌, 2b: 砂質土壌, 2c: 人為的改変を受けた礫層, 3: 礫層(濃尾地震後の洪水堆積物), 4: 礫層(地震時の崩落堆積物), 4a: 土壌(崩落堆積物), 5a: 礫層(水鳥三角台地上の凹地をなす旧流路堆積物), 5b: 土壌(旧流路堆積物に重なる地震前の土壌), 6a: 礫層(水鳥三角台地の微高地を構成する礫層), 6b: 土壌(微高地に重なる地震前の土壌), 7: 基盤岩, 7a: 泥岩, 7b: 玄武岩, 7c: チャート, 7d: 断層粘土

佐藤他(1993)

最新活動面の平滑さについて 文献調査の結果(その3)

- 野島断層は、竹村他(1998)によれば1995年兵庫県南部地震で出現した地震断層であり、小倉地区(野島断層保存館周辺)では大阪層群中に出現し、右横ずれ約1.4m、南東側隆起約0.5mを示し、トレンチ調査の結果からは野島断層(F1)は南東側の相対的隆起を伴う東傾斜した高角の逆断層成分を有するとされている。また、林(1996)によれば、1995年兵庫県南部地震で出現した地震断層であり、主断層面沿いに幅数mmから10数mmの断層ガウジが分布しており、断層面と平行な面構造が肉眼でも観察されている。
- 竹村他(1998)に示されているスケッチ及び野島断層保存館の写真及びスケッチを確認した結果、本断層の最新活動面は平滑であると判断される。

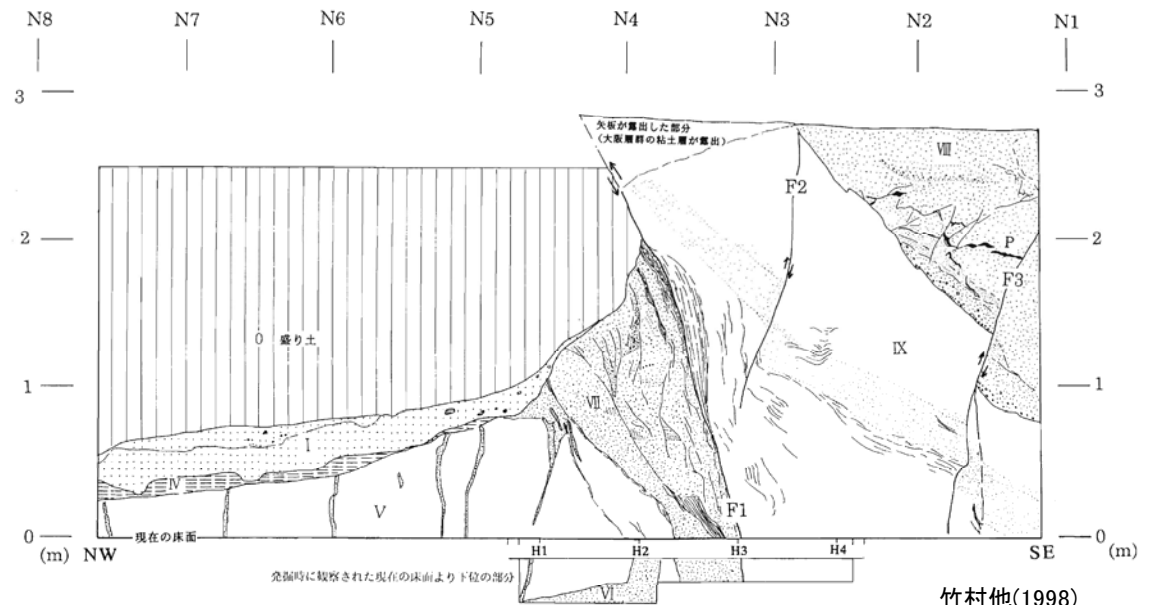
【野島断層の調査結果】



竹村他(1998)に加筆



野島断層の露頭
(野島断層保存館)



竹村他(1998)

図5 トレンチ北東側壁面(北東面)のスケッチ

ローマ数字は区分された地層を、F1～F3は断層面をそれぞれ示す。凡例は図4に同じ。Pは花粉分析用試料採取層準で、黒く塗りつぶした部分が泥炭層。F1は兵庫県南部地震で生じた野島断層。矢印は相対的変位方向を示す。

最新活動面の平滑さについて 文献調査の結果(その4)

- 日南湖リニアメントについて、杉山他(2004)によれば、呼子西方地点トレンチ調査では花崗岩中に1m程度の間隔で並走する2条の断層が確認され、このうち、最新活動を示す断層 α は5万年前～9万年前の三瓶雲南テフラの降下後、約2.6万年前～約2.9万年前のATテフラの降下前に、最新の活動を行ったとされている。また、見掛けの上下変位量は30cm～50cm程度と見積もられ、断層 α の活動では、横ずれ成分が卓越しており、変位・変形の累積は認められないとされている。断層 α は断層面の直線性が高く、幅約1cm～約7cmの灰色～灰白色の粘土質ガウジ帯を伴うとされている。
- 杉山他(2004)に示されている写真及びスケッチを確認した結果、本断層の最新活動面は平滑であると判断される。

【鳥取県西部、日南湖リニアメントの調査結果】

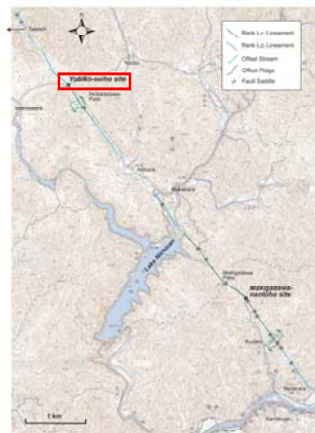
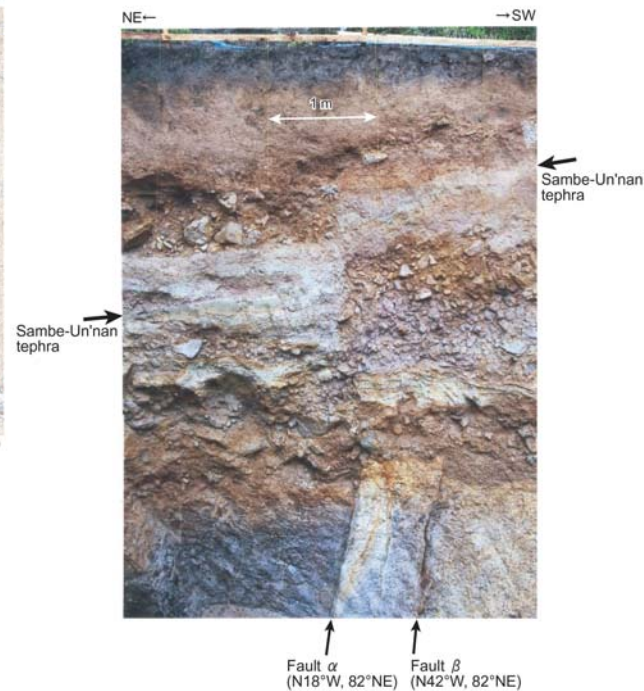


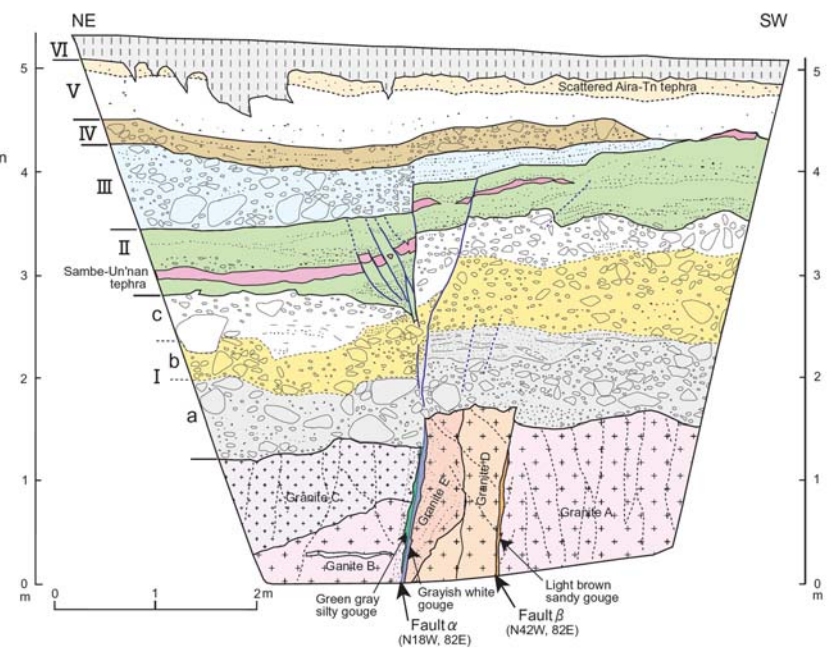
Fig. 9. Plan of the Yobiko-seiho site in the area from Tachibana to Yobiko-seiho site.

杉山他(2004)に加筆



第11図. 呼子西方地点の南東側トレンチ壁面。
Fig. 11. SE trench wall at Yobiko-seiho site.

鳥取県西部、日南湖リニアメント
呼子西方地点トレンチ



第10図. 呼子西方地点南東側トレンチ壁面中央部のスケッチ。各層の記載は本文参照。
Fig. 10. Sketch of the central part of SE trench wall at Yobiko-seiho site. Explanation for each layer and rock type is in the text.

杉山他(2004)

余白

コメントNo.5

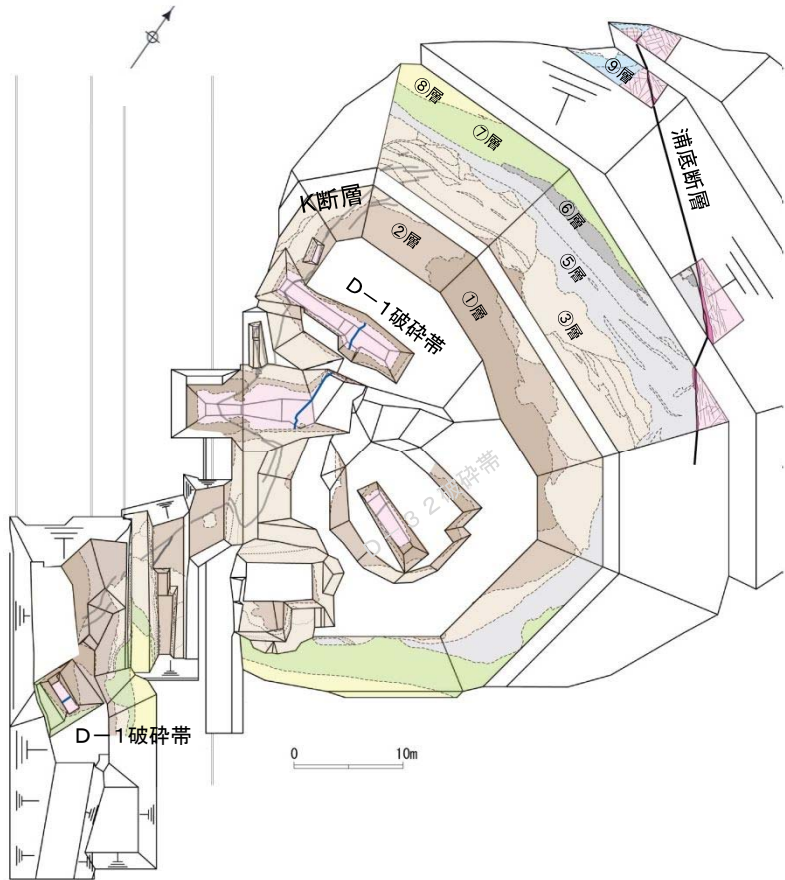
No.	コメント	回答骨子
5	D-1トレンチ北西法面の③層の地層区分について、 より詳細に説明すること。 (第536回審査会合, 平成29年12月22日)	D-1トレンチ北西法面③層を詳細に区分した根拠やプロセス について説明するため, ③層の詳細な層相や各層の関係等を 示す。

余白

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について

D-1トレンチの地質層序

- ・D-1トレンチに分布する地層は、花崗斑岩とそれを覆う第四紀層からなる。
- ・第四紀層は、下位から①層～⑨層に区分した。
- ・このうち③層については、K断層の活動性を詳細に検討する上で細区分した。



地質層序表

年代	地層名	色調	層相	年代指標		堆積年代
				テフラ	花粉	
第四紀	完新世	⑨層	褐～にぶい黄褐 礫混じり砂質シルトからなる。⑧層とは平行な不整合面で接する。			MIS2以降
	後期更新世	⑧層	褐～黄橙 シルト質砂を基質とする砂礫からなり、一部に成層構造もみられる。下位の⑦層とは平行な不整合面で接する。	AT降灰層準を含む (約29～27ka)		MIS3とMIS2の境界付近
		⑦層	褐～褐灰 礫混じり砂質シルト～礫混じりシルト質砂よりなる。山地斜面では下位層とは平行な不整合面で、低地では下位層を削り出した不整合面で接する。	DKP降灰層準を含む (約59～58ka)		MIS4～3
		⑥層	灰～暗灰 腐植質砂質シルト～シルト質砂からなり、木片を多く含む。⑤層上部と整合関係で接する。	-		MIS5a～5b
		上部	灰白～浅黄橙 シルト質砂礫主体で、シルト層～シルト質砂層が不連続に層状を呈し、腐植質シルトを含む。緩い西側傾斜で一定の層厚を示す。	K-T ₂ 降灰層準を含む (約95ka)	温暖期の花粉を含む	MIS5c
		下部	灰白～浅黄橙 シルト質砂礫主体で、シルト層～シルト質砂層が不連続に層状を呈し、腐植質シルトを含む。北法面の東方に向かって層厚が厚くなる。③層とは不整合関係で接する。	美浜テフラ (127.6ka)の降灰層準を含む	温暖期の花粉を含む	MIS5e
	中期更新世	③層	浅黄橙～橙 砂礫主体で、シルト層やシルト質砂層を層状からレンズ状に挟み、チャネルによる削り込みが複数認められる。最上部には土壌化した地層が認められる。	MIS6のテフラを含む	-	MIS6以前
		②層	にぶい橙～灰白 くさり礫を多く含む塊状で締まった砂質シルトから砂及びシルトと砂の互層からなり、一部には腐植質シルトを含む。	-	温暖期の花粉を含む	
		①層	にぶい赤褐～明黄褐 よく締まった淘汰の悪い砂礫からなり、くさり礫を多く含む。	-		
古第三紀	基盤岩					

※④層の区分は設けていない。

(凡例)

— : 整合境界,

— : 検出されていない

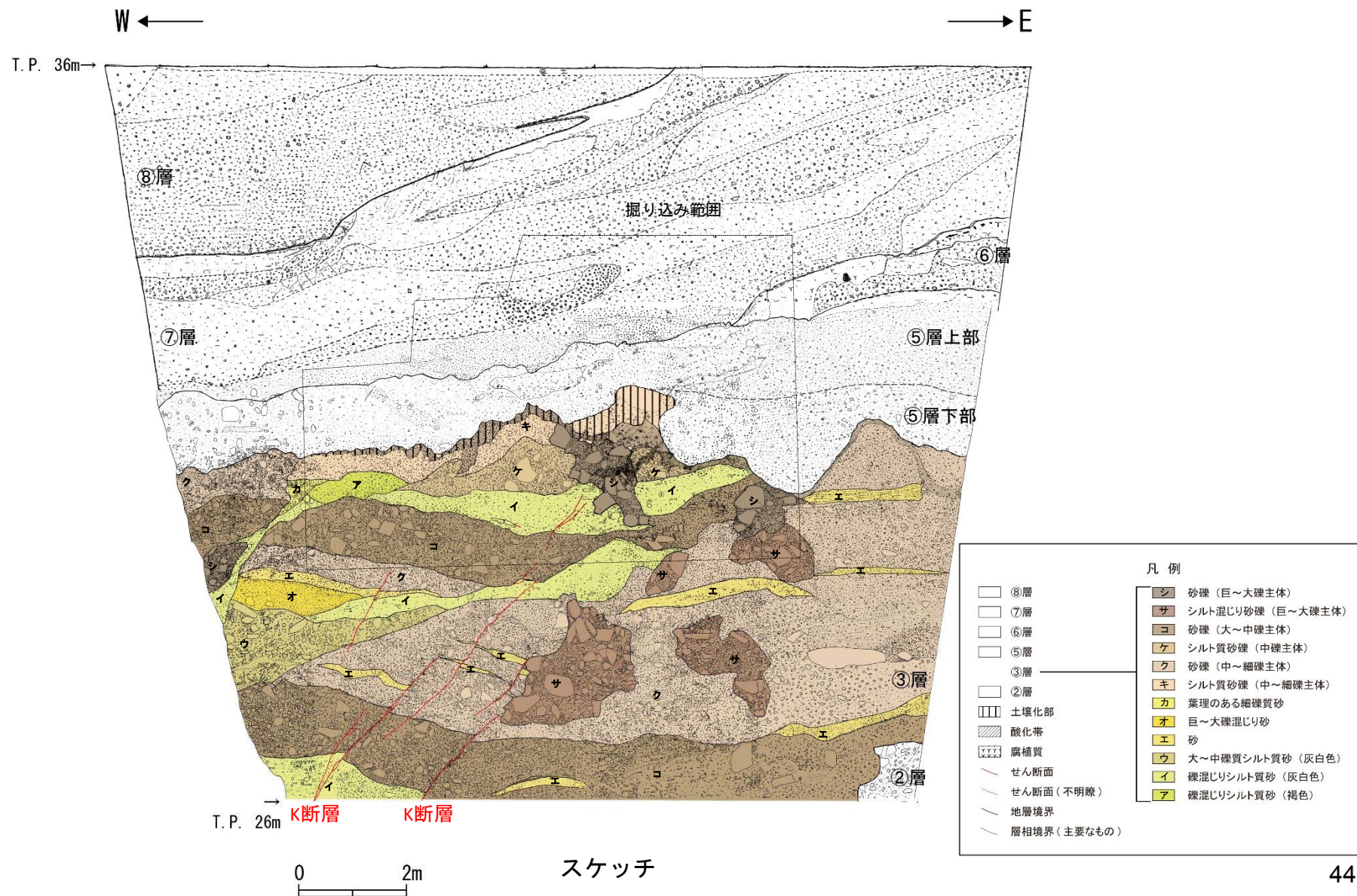
— : 不整合境界

— : 実施せず

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について

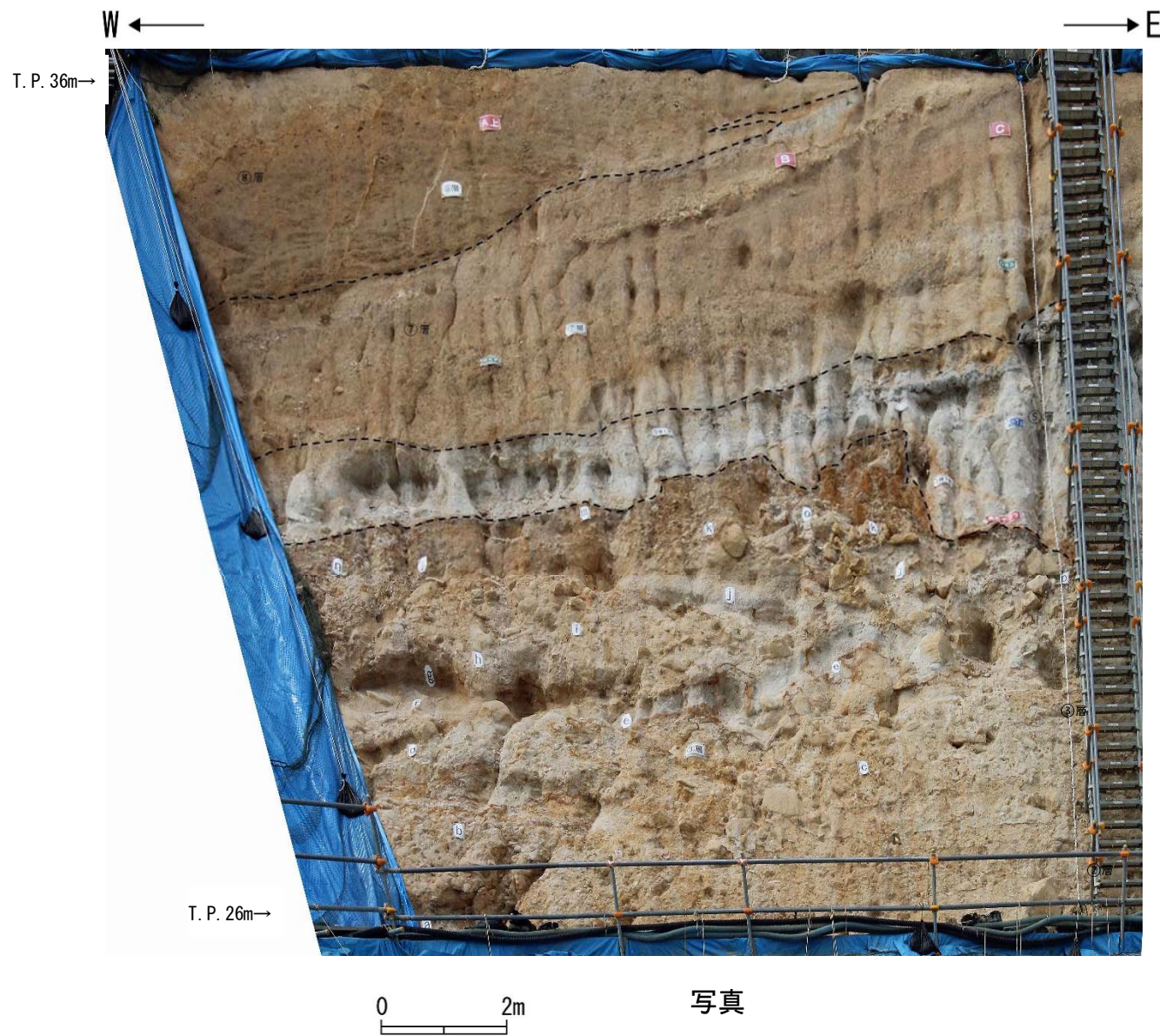
③層の岩相区分(掘り込み前)(その1)

- D-1トレンチの③層のうちK断層近傍については、K断層の変位・変形が及んでいる範囲を詳細に検討するため③層を詳細に区分した。
- この細区分については、観察によって確認した礫率、礫径、堆積構造及び色調に着目した岩相区分により単層毎に区分した。



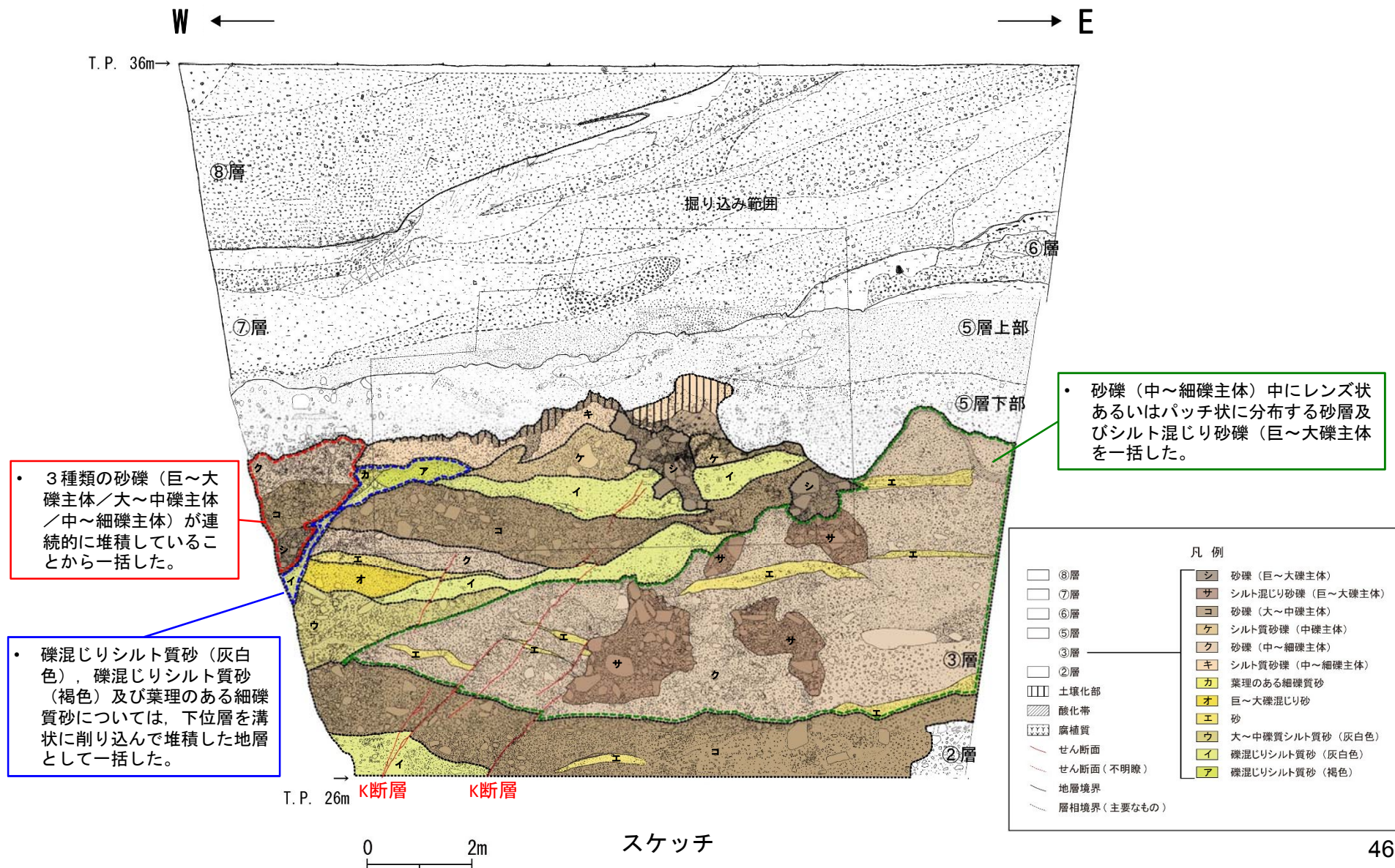
D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について

③層の岩相区分(掘り込み前)(その2)



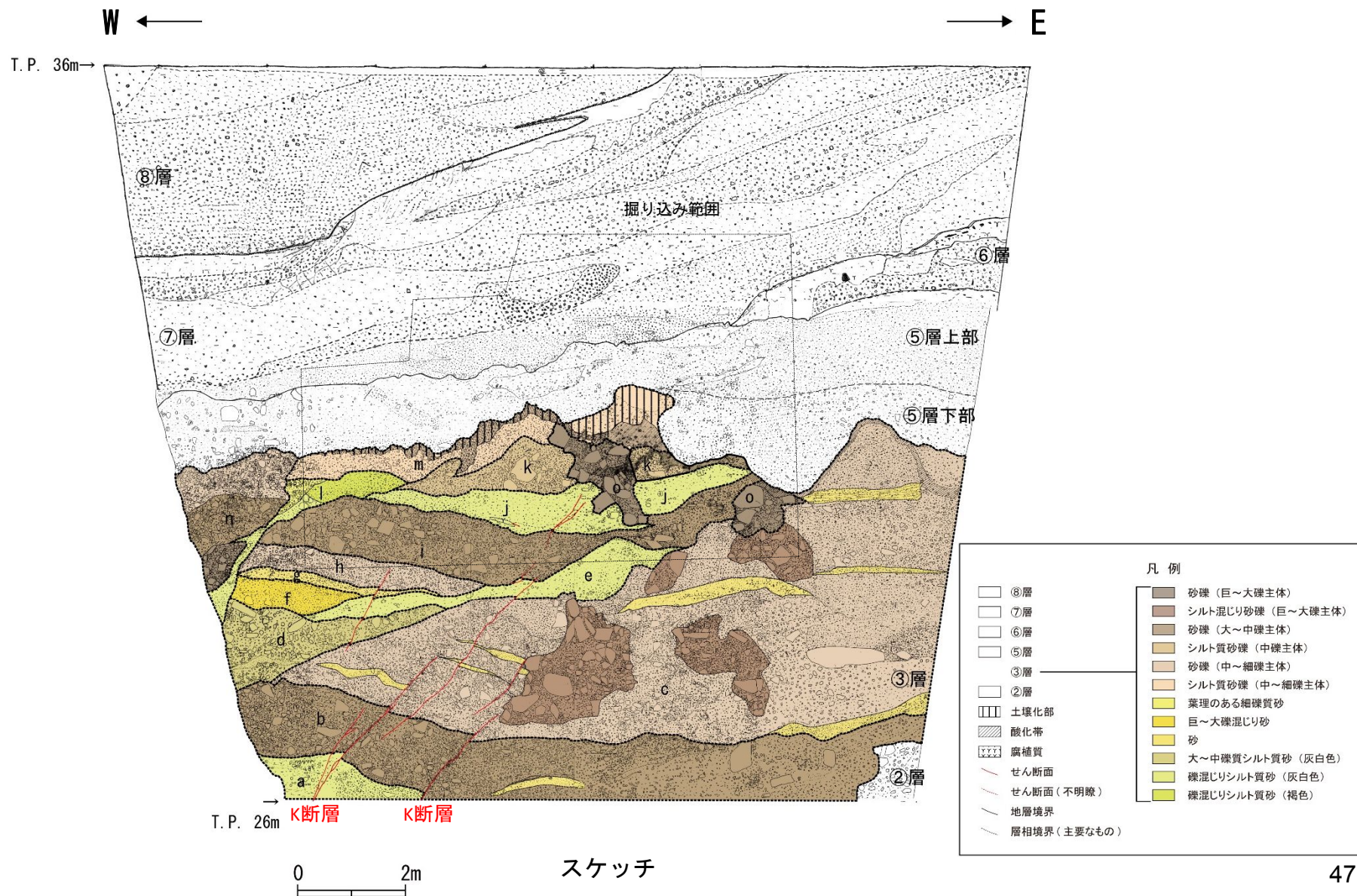
③層の岩相区分(掘り込み前)(その3)

- 岩相区分により単層毎に区分したもののうち、連続的に堆積している地層等について一括し、地層区分(次頁参照)を行った。
- K断層の活動性評価を行うため、K断層による変位・変形を詳細に確認する必要がある地層については単層のままとした。



③層の地層区分(掘り込み前)

- 岩相区分の結果から北西法面の地層を、下位よりa層～o層に区分した。
- 以上のとおり、③層の詳細な地層区分については、岩相によって区分したものであり、この地層区分に基づきK断層による変位・変形が及んでいる範囲を検討することは妥当であると判断され、K断層による変位・変形が及んでいる範囲はj層までであり、k層には変位・変形が及んでいないことが確認された。

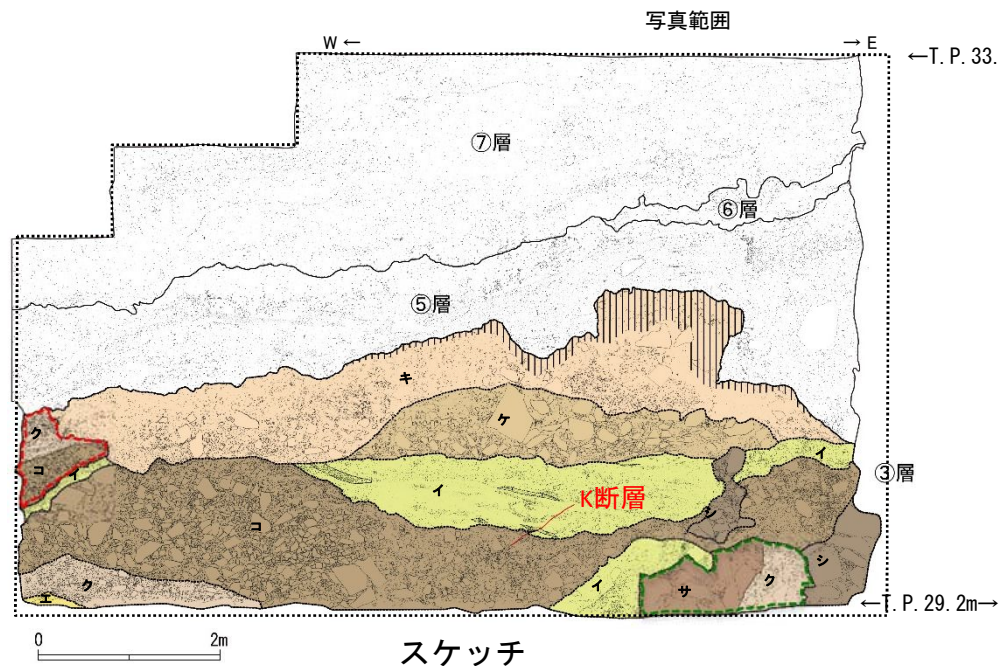


余白

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について

③層の岩相区分(掘り込み後)(その1)

- ・ K断層を覆うk層等の分布状況をより明確にするため、観察法面を奥行方向にさらに掘削し、観察を行った。
- ・ D-1トレンチの③層のうちK断層近傍については、K断層の変位・変形が及んでいる範囲を詳細に検討するため③層を詳細に区分した。
- ・ この細区分については、観察によって確認した礫率、礫径、堆積構造及び色調に着目した岩相区分により単層毎に区分した。



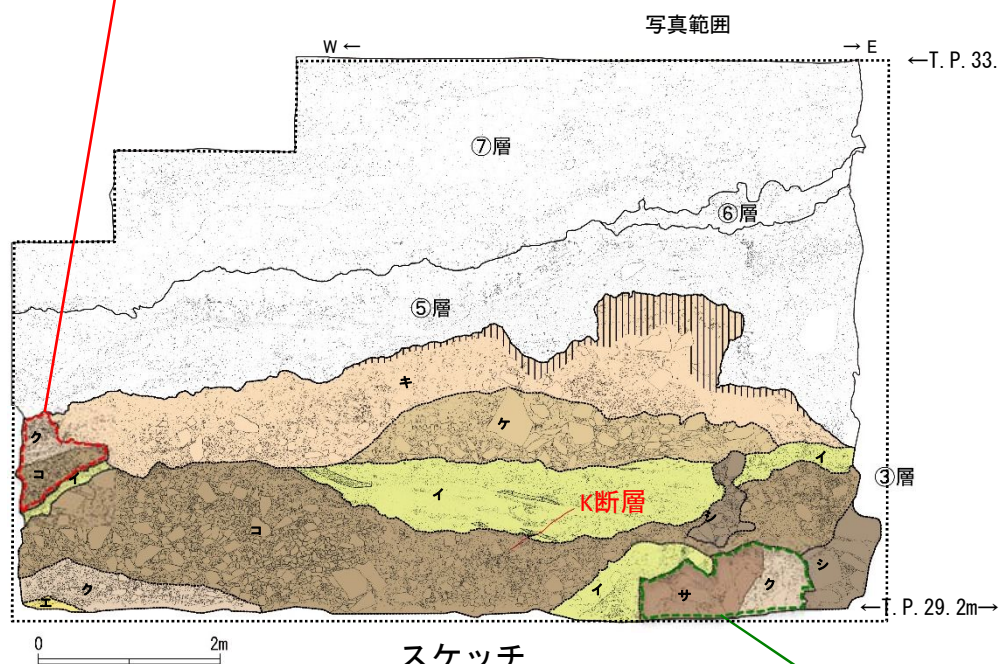
写真

凡 例	
⑦層	シ 砂礫 (巨～大礫主体)
⑥層	サ シルト混じり砂礫 (巨～大礫主体)
⑤層	コ 砂礫 (大～中礫主体)
③層	ケ シルト質砂礫 (中礫主体)
土壌化部	ク 砂礫 (中～細礫主体)
腐植質	キ シルト質砂礫 (中～細礫主体)
— せん断面	エ 砂
— 地層境界	イ 礫混じりシルト質砂 (灰白色)
..... 層相境界 (主要なもの)	

③層の岩相区分(掘り込み後)(その2)

- 岩相区分から単層毎に区分したもののうち、単層が独立した地層をなすものはそのままとし、単層の組み合わせ及び連続的な堆積関係にある一部の地層について一括した。

- 2種類の砂礫（大～中礫主体／中～細礫主体）が連続的に堆積していることから一括した。



スケッチ

- 砂礫（中～細礫主体）及びシルト混じり砂礫（巨～大礫主体）については、同時期に堆積したものであることから一括した。



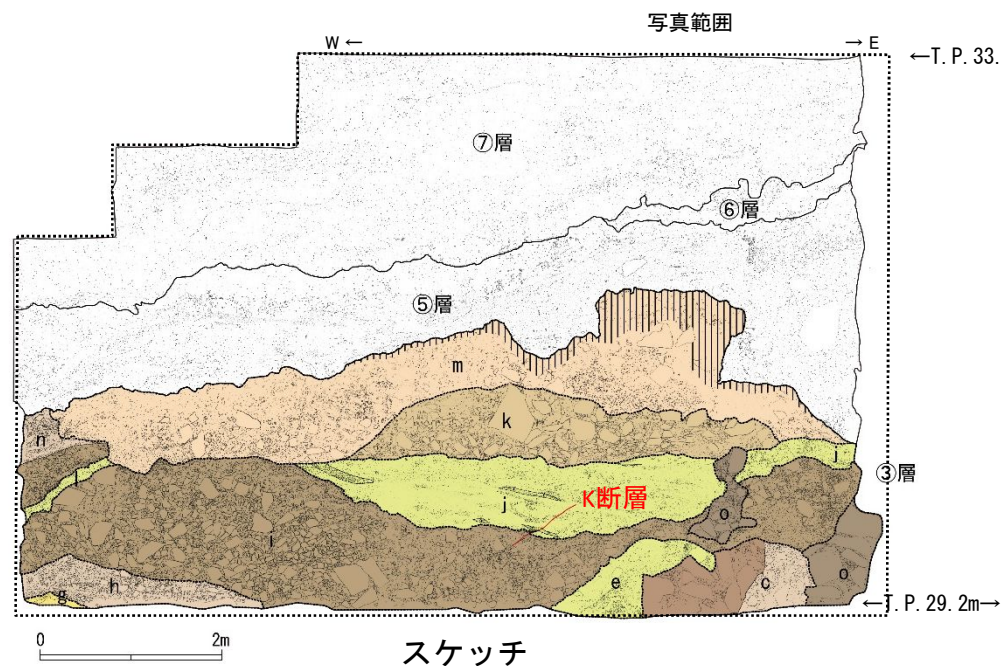
写真

凡 例	
⑦層	シ 砂礫（巨～大礫主体）
⑥層	サ シルト混じり砂礫（巨～大礫主体）
⑤層	コ 砂礫（大～中礫主体）
③層	ケ シルト質砂礫（中礫主体）
土壤化部	ク 砂礫（中～細礫主体）
腐植質	キ シルト質砂礫（中～細礫主体）
せん断面	エ 砂
地層境界	イ 礫混じりシルト質砂（灰白色）
層相境界（主要なもの）	

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について

③層の地層区分(掘り込み後)

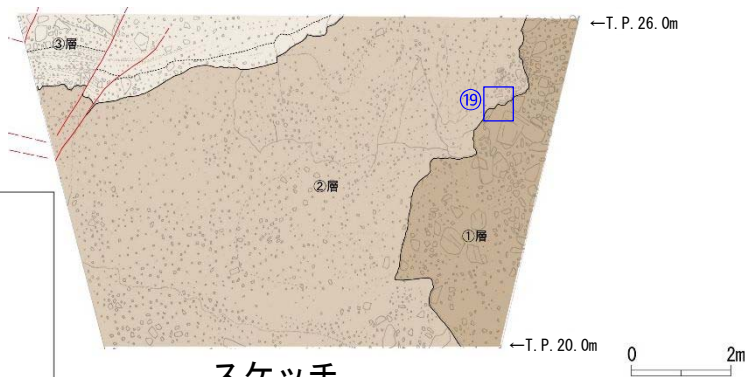
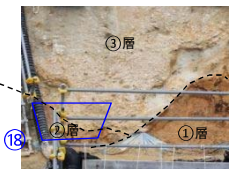
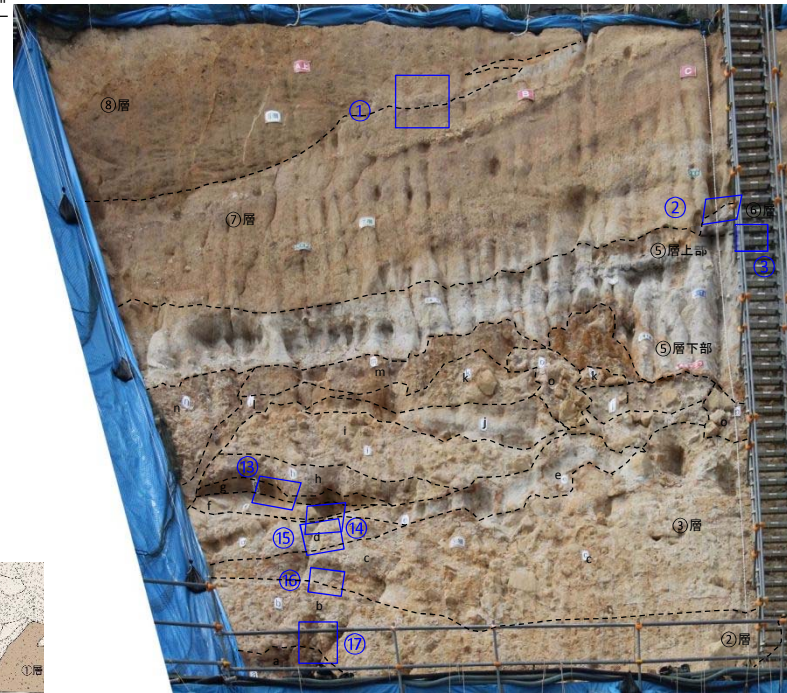
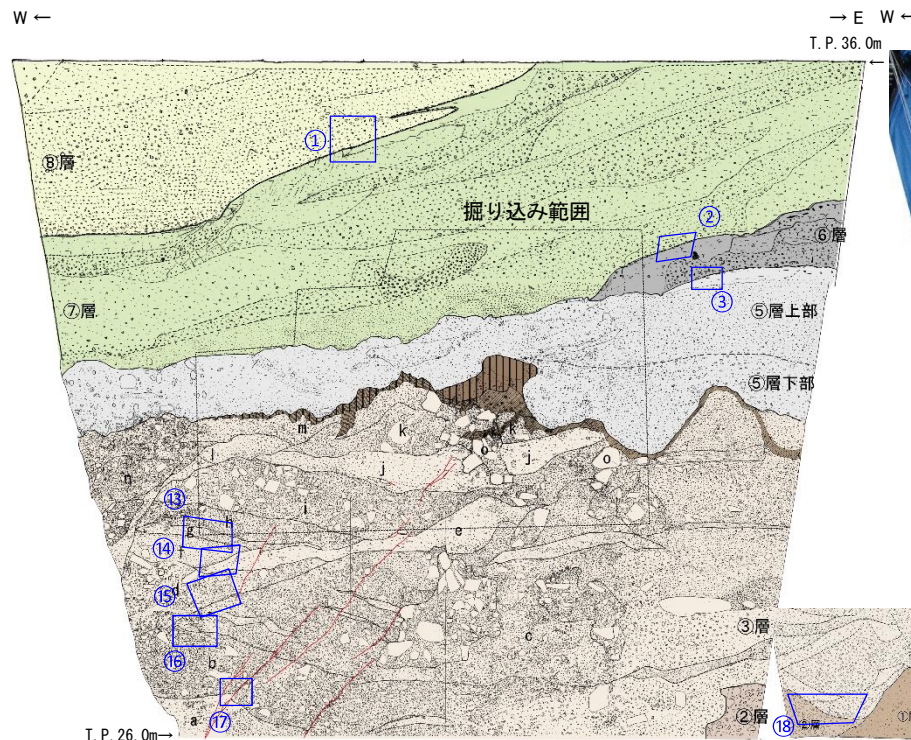
- 岩相区分の結果から掘り込み範囲をc層, e層, g層～o層の地層に区分した。
- 掘り込み後の観察結果から, k層をチャンネル状に削り堆積しているo層は消滅し, k層の基底の水平性がより明瞭となった。



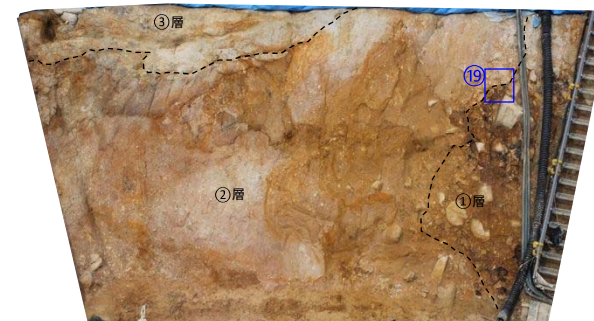
凡 例	
⑦層	砂礫 (巨～大礫主体)
⑥層	シルト混じり砂礫 (巨～大礫主体)
⑤層	砂礫 (大～中礫主体)
③層	シルト質砂礫 (中礫主体)
土壌化部	砂礫 (中～細礫主体)
腐植質	シルト質砂礫 (中～細礫主体)
せん断面	砂
地層境界	礫混じりシルト質砂 (灰白色)
層相境界 (主要なもの)	

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について
層相観察(掘り込み前スケッチ・写真)

第536回審査会合
机上配布資料1 修正



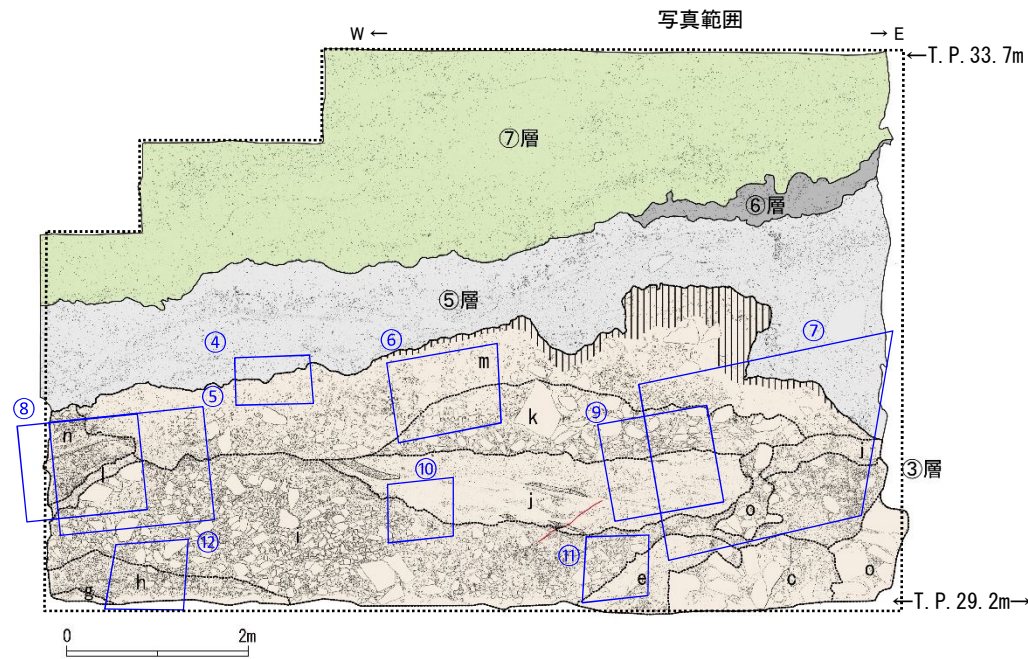
スケッチ



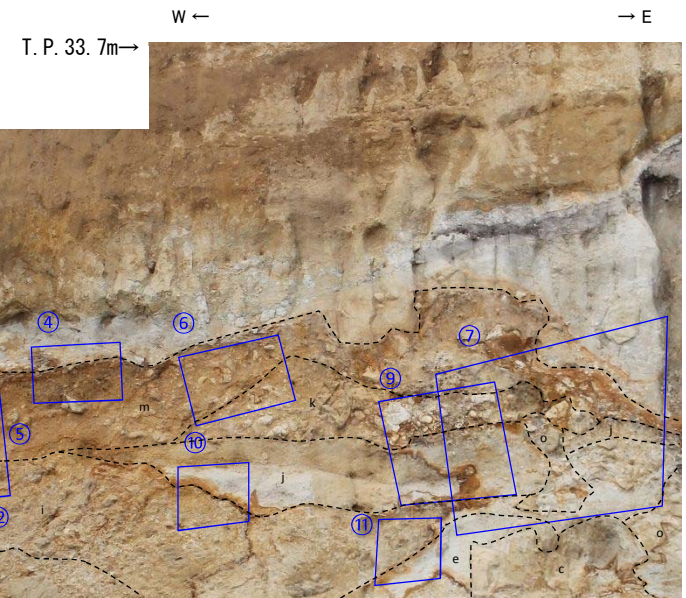
写真

※写真を斜めから撮影しているものや、法面に凹凸があることなどから、写真撮影位置とスケッチの青枠の形状が異なっているものがある

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について
層相観察(掘り込み後スケッチ・写真)



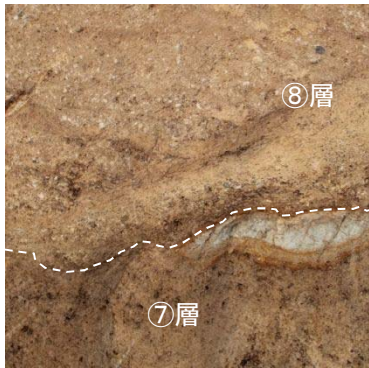
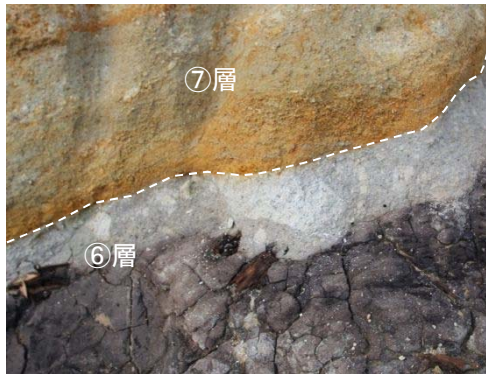
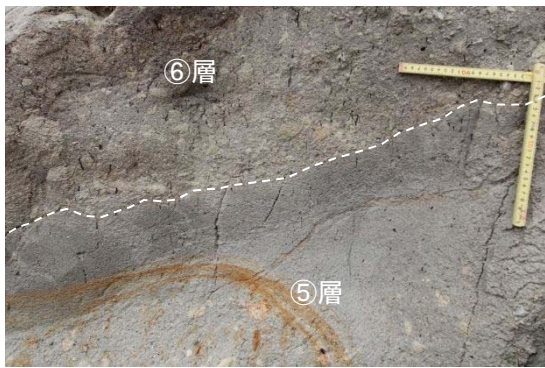
スケッチ



写真

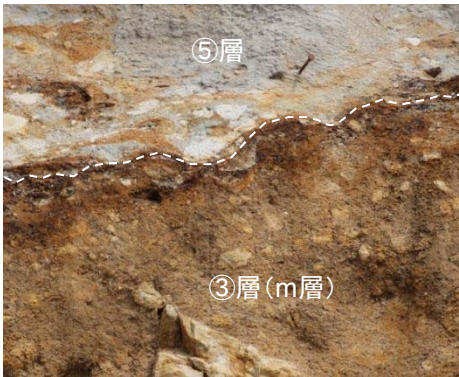
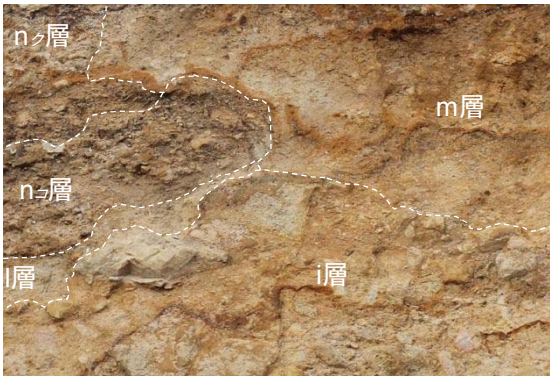
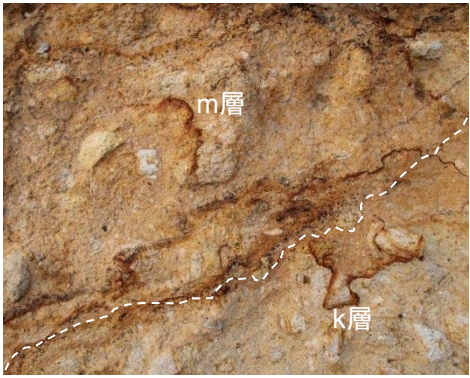
※写真を斜めから撮影しているものや、法面に凹凸があることなどから、写真撮影位置とスケッチの青枠の形状が異なっているものがある

層相観察(その1)

地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
⑧層 ⑦層 ⑥層 ⑤層	⑧層- ⑦層	写真① 		⑧：砂礫（細礫主体） 風化している（褐色～黄橙色） ⑧/⑦境界 ⑦：礫混じりシルト質砂 風化して土壌化している （橙色～明黄褐色，灰色）
	⑦層- ⑥層	写真② 		⑦：礫混じりシルト質砂 風化して土壌化している （橙色～明黄褐色，灰色） ⑦/⑥境界 ⑥：腐植質砂質シルト 木片を多数含む（暗灰色）
	⑥層- ⑤層	写真③ 		⑥：腐植質砂質シルト 木片を多数含む（暗灰色） ⑥/⑤境界 ⑤：シルト質砂礫及び腐植を含むシルト質砂 互層状を呈する（黄灰色～明オリブ灰色）

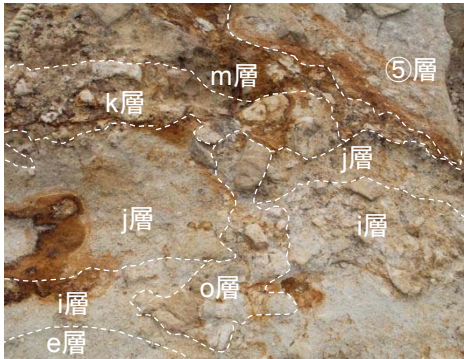
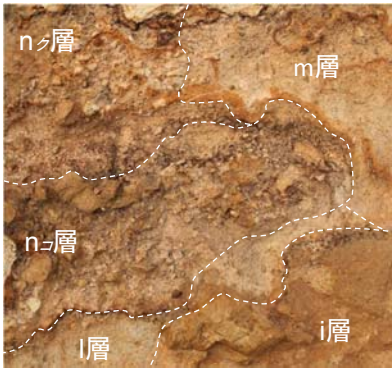
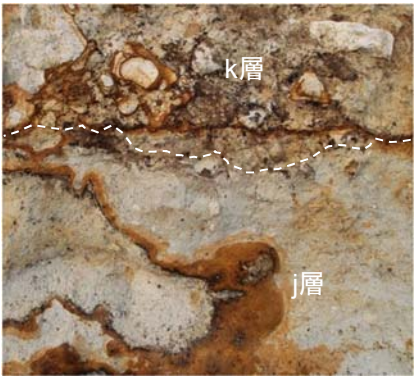
層相観察(その2)

第536回審査会合
机上配布資料1 修正

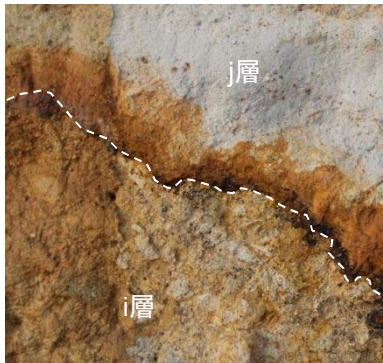
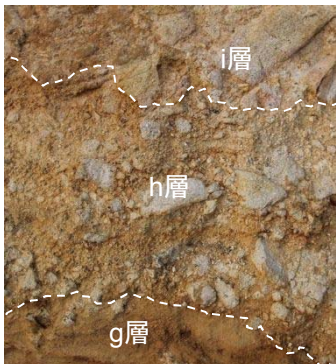
地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
⑤層 ③層	⑤層- ③層 (m層)	写真④ 		⑤: シルト質砂礫及び腐植を含むシルト質砂互層状を呈する (黄灰色～明オリブ灰色) ⑤/③境界 m: シルト質砂礫 (中～細礫主体) くさり礫が多く風化している 締りが良い (黄橙色～橙色)
③層	n-m-l-i	写真⑤ 		n: 砂礫 (中～細礫主体) チャネルを埋積する 締りが悪い (橙色) n/⑤境界 m: シルト質砂礫 (中～細礫主体) くさり礫が多く風化している 締りが良い (黄橙色～橙色) m/⑤境界 n: 砂礫 (大～中礫主体) チャネルを埋積する 締りが悪い (橙色) n/l境界 l: 礫混じりシルト質砂 (灰白色～にぶい橙色) l/i境界 i: 砂礫 (大～中礫主体) 東に傾斜する 締まりが良い (にぶい橙色) m/i境界
	k-m	写真⑥ 		m: シルト質砂礫 (中～細礫主体) くさり礫が多く風化している 締りが良い (黄橙色～橙色) m/k境界 k: シルト質砂礫 (中礫主体) 締りが良い (にぶい橙色)

D-1トレンチ北西法面における③層の地層区分について
層相観察(その3)

第536回審査会合
机上配布資料1 修正

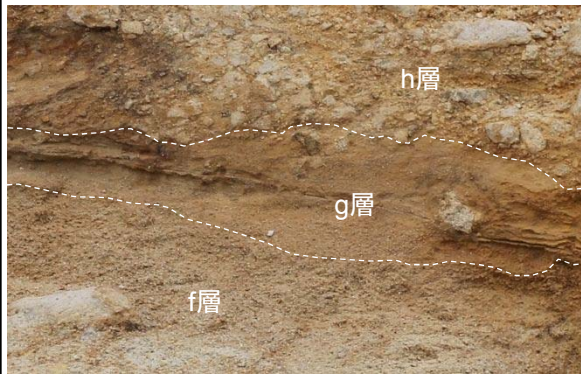
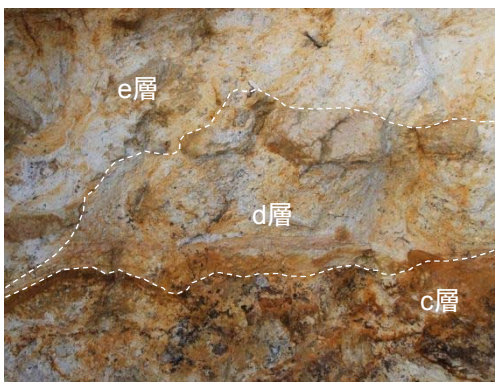
地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
③層	e-i-j-k-m-o-⑤層	写真⑦ 		m: シルト質砂礫（中～細礫主体） くさり礫が多く風化している 締りが良い（黄橙色～橙色） ⑤層 m/k境界 k: シルト質砂礫（中礫主体） 締りが良い（にぶい橙色） k/j境界 m/j境界 j: 礫混じりシルト質砂 締りが良い j/o境界 i: 礫混じりシルト質砂 締りが良い j/i境界 i/o境界 e: 礫混じりシルト質砂 締りが良い o: 砂礫（巨～大礫主体） 水平な地層（e, i及びj）をチャネル状に削り込む 締りが良い（黄橙色～灰白色） i: 砂礫（大～中礫主体） 礫が多く締まりが良い
	n-m-l-i	写真⑧ 		n: 砂礫（中～細礫主体） チャネルを埋積する 締りが悪い（橙色） m: シルト質砂礫（中～細礫主体） くさり礫が多く風化している 締りが良い（黄橙色～橙色） n/m境界 n: 砂礫（大～中礫主体） チャネルを埋積する 締りが悪い（橙色） m/n境界 i: 礫混じりシルト質砂（灰白色～にぶい橙色） i: 砂礫（大～中礫主体） 東に傾斜する 締まりが良い（にぶい橙色） n/i境界 ※n層は撮影範囲外
	j-k	写真⑨ 		k: シルト質砂礫（中礫主体） 締りが良い（にぶい橙色） k/j傾斜不整合境界 j: 礫混じりシルト質砂 腐植を含み締りが良い 東に傾斜する （灰白色、にぶい橙色）

層相観察(その4)

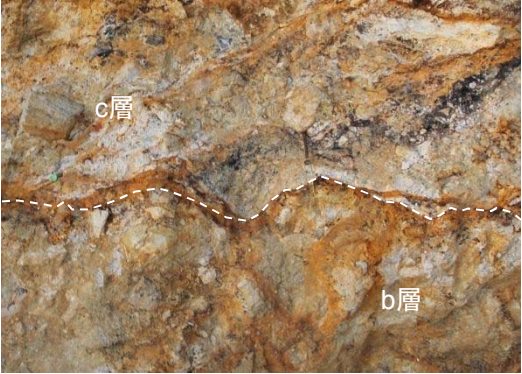
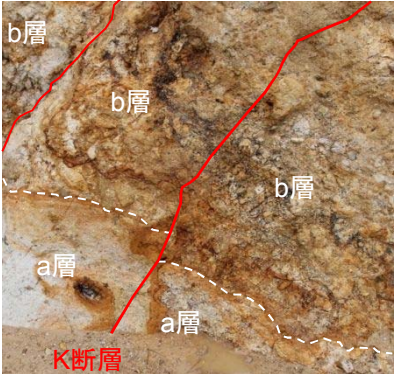
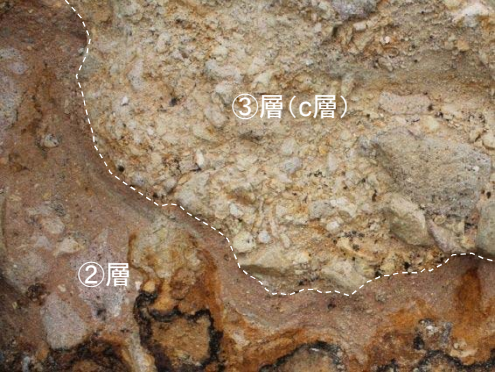
地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
③層	i-j	写真 ⑩ 		j: 礫混じりシルト質砂 腐植を含み締りが良い 東に傾斜する (灰白色, にぶい橙色) i: 砂礫 (大～中礫主体) 東に傾斜する 締まりが良い (にぶい橙色)
	e-i	写真 ⑪ 		i: 砂礫 (大～中礫主体) 東に傾斜する 締りが良い (にぶい橙色) e: 礫混じりシルト質砂 チャネル壁に沿う 締りが良い (灰白色)
	g-h-i	写真 ⑫ 		i: 砂礫 (大～中礫主体) 東に傾斜する 締りが良い (にぶい橙色) h: 砂礫 (中～細礫主体) 締りが良い (にぶい橙色) g: 砂 堆積構造が明瞭で 締りが良い (にぶい橙色)

層相観察(その5)

第536回審査会合
机上配布資料1 修正

地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
③層	f-g-h	写真⑬ 		h: 砂礫（中～細礫主体） 締りが良い（にぶい橙色） h/g境界 g: 砂 堆積構造が明瞭で 締りが良い（にぶい橙色） g/f境界 f: 巨～大礫混じり砂 堆積構造が認められる 締りが良い（浅黄橙色）
	e-f	写真⑭ 		f: 巨～大礫混じり砂 堆積構造が認められる 締りが良い（浅黄橙色） f/e境界 e: 礫混じりシルト質砂 チャネル壁に沿う 締りが良い（灰白色）
	c-d-e	写真⑮ 		e: 礫混じりシルト質砂 チャネル壁に沿う 締りが良い（灰白色） e/d境界 d: シルト質砂礫 （大～中礫主体） チャネル壁に沿う 締りが良い（灰白色） d/c境界 c: 締りの良い砂及び砂礫（中～細礫主体） 砂層を挟む（にぶい黄色、灰白色、暗灰色）

層相観察(その6)

地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
③層	b-c	写真①⑥ 		c: 締りの良い砂及び砂礫（中～細礫主体） 砂層を挟む（にぶい黄色、灰白色、暗灰色） c/b境界 b: 砂礫（大～中礫主体） 締りが良い（浅黄橙色）
	a-b	写真①⑦ 		b b: 砂礫（大～中礫主体） 締りが良い（浅黄橙色） 東に傾斜する K断層 b/a境界 a a: 礫混じりシルト質砂 東に傾斜する 締りが良い（灰白色） K断層 b/a境界
③層 ②層	③層(c層) - ②層	写真①⑧ 		c: 締りの良い砂及び砂礫 （中～細礫主体） 砂層を挟む （にぶい黄色、灰白色、暗灰色） ③/②境界 ②: 砂質シルト くさり礫を多く含む 締りが良い（にぶい橙色～灰白色）

層相観察(その7)

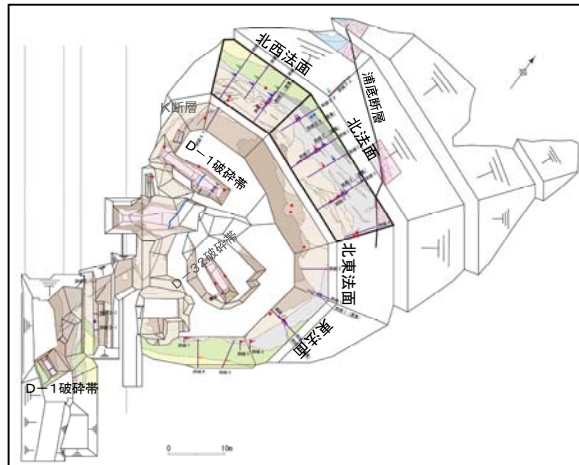
地層名	層相区分	写真（解釈線なし）	写真（解釈線あり）	性状
②層 ①層	②層- ①層	写真 ①⑨  10cm		②：砂質シルト くさり礫を多く含む 締りが良い（にぶい橙色～灰白色） ②/①境界 ①：砂礫 くさり礫を多く含む よく締まっている（にぶい赤褐色）

コメントNo.6

No.	コメント	回答骨子
6	D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について、より詳細に説明すること。 (第536回審査会合, 平成29年12月22日)	D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定の考え方等を詳細に示す。

余白

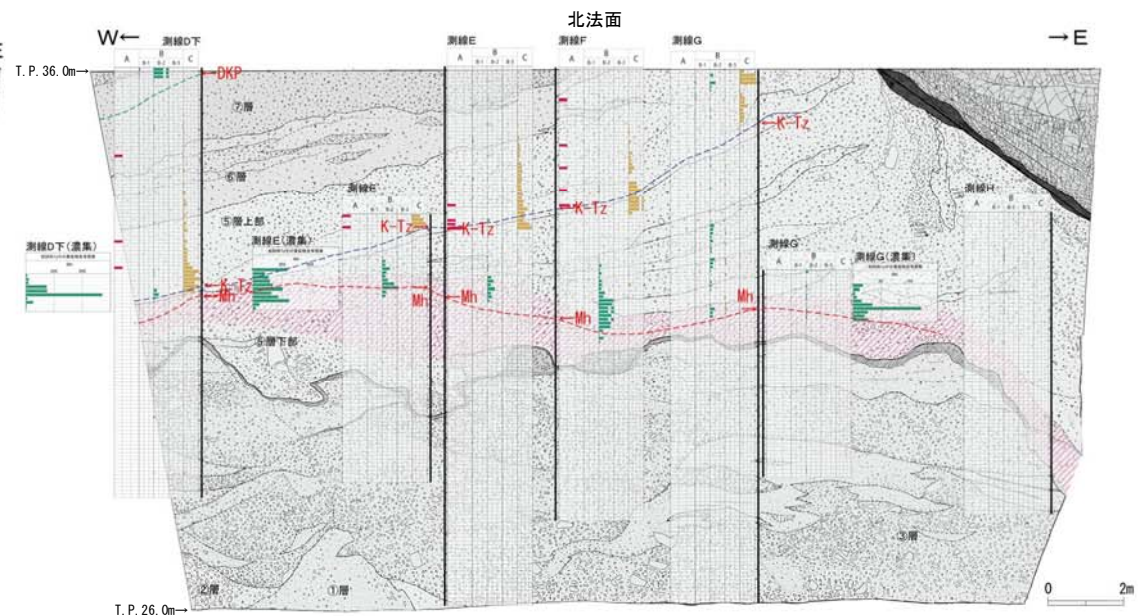
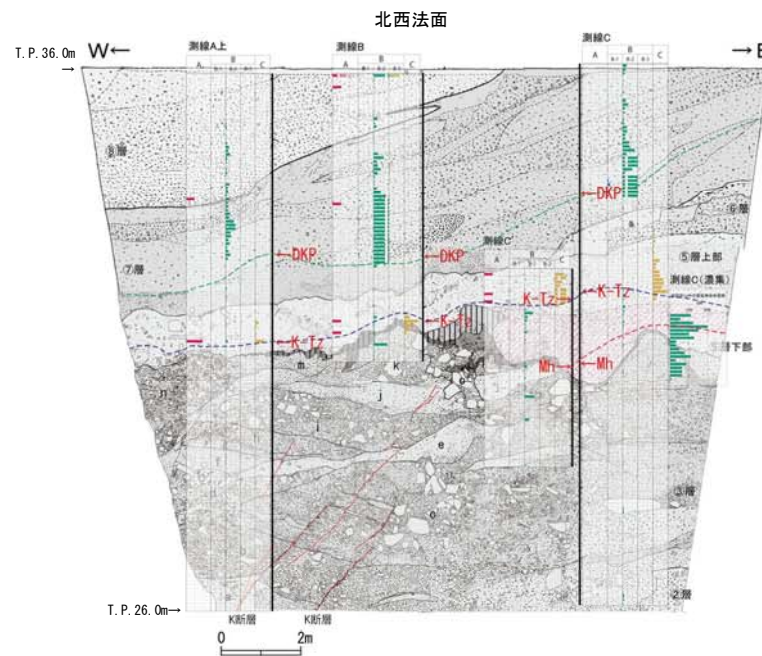
D-1トレンチ北西法面における⑤層下部テフラの降灰層準について



調査位置図

D-1トレンチ北西法面における⑤層下部テフラの降灰層準の認定やテフラの同定については以下に基づき行った。

- ⑤層下部テフラについて、テフラの通常分析及び濃集分析を行った結果、降灰を示すピーク(普通角閃石)が認められる。
- ⑤層下部テフラの降灰のピークは同一層準(礫混じりシルト質砂)中に認められ、広がりを持って分布しており、D-1トレンチ全てのテフラ分析測線で確認される。
- ⑤層下部テフラの降灰層準は、年代が既知のテフラ(鬼界葛原テフラ(K-Tz: 約9.5万年前)、大山倉吉テフラ(DKP: 約5.9万年前～約5.8万年前))と層位関係が逆転していない。
- ⑤層下部テフラについては、屈折率測定及び普通角閃石の主成分分析の結果から、明神沖テフラMj(約12.3万年前)及び美浜テフラMh(約12.7万年前)を合わせたものに対比される。この⑤層下部テフラについて、10cmピッチで分析を行った結果、上部は明神沖テフラMjと美浜テフラMhが混在しているが、下部では美浜テフラMhのみが分布している。
- なお、両テフラが混在しているのは、両テフラの降灰年代の差及びD-1トレンチの地層の堆積速度の関係によるものであり、地層の二次堆積による影響ではないと判断している。



--- : 美浜テフラ降灰層準
 [Pattern] : 美浜テフラを含む層準(礫混じりシルト質砂)

凡例

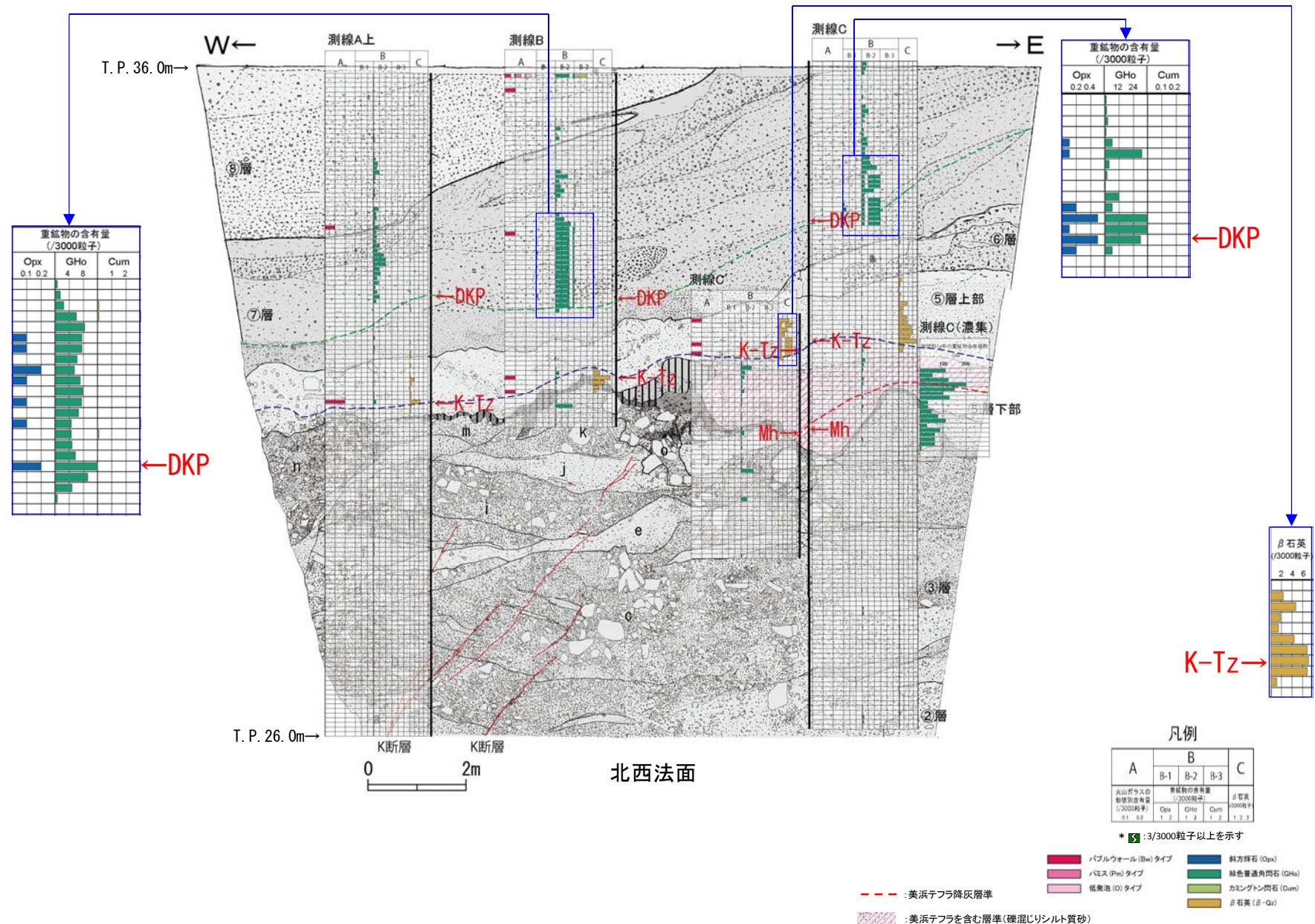
A	B			C
	B-1	B-2	B-3	
火山ガラスの 粒増加率(%) (2000粒/平方)	堆積物の含有率 (2000粒/平方)			分析値 (5000粒/平方)
	Opx	Gph	Cum	
0.1 0.2	1 2	1 2	1 2	1 2 3

* [Pattern] : 3/3000粒子以上を示す

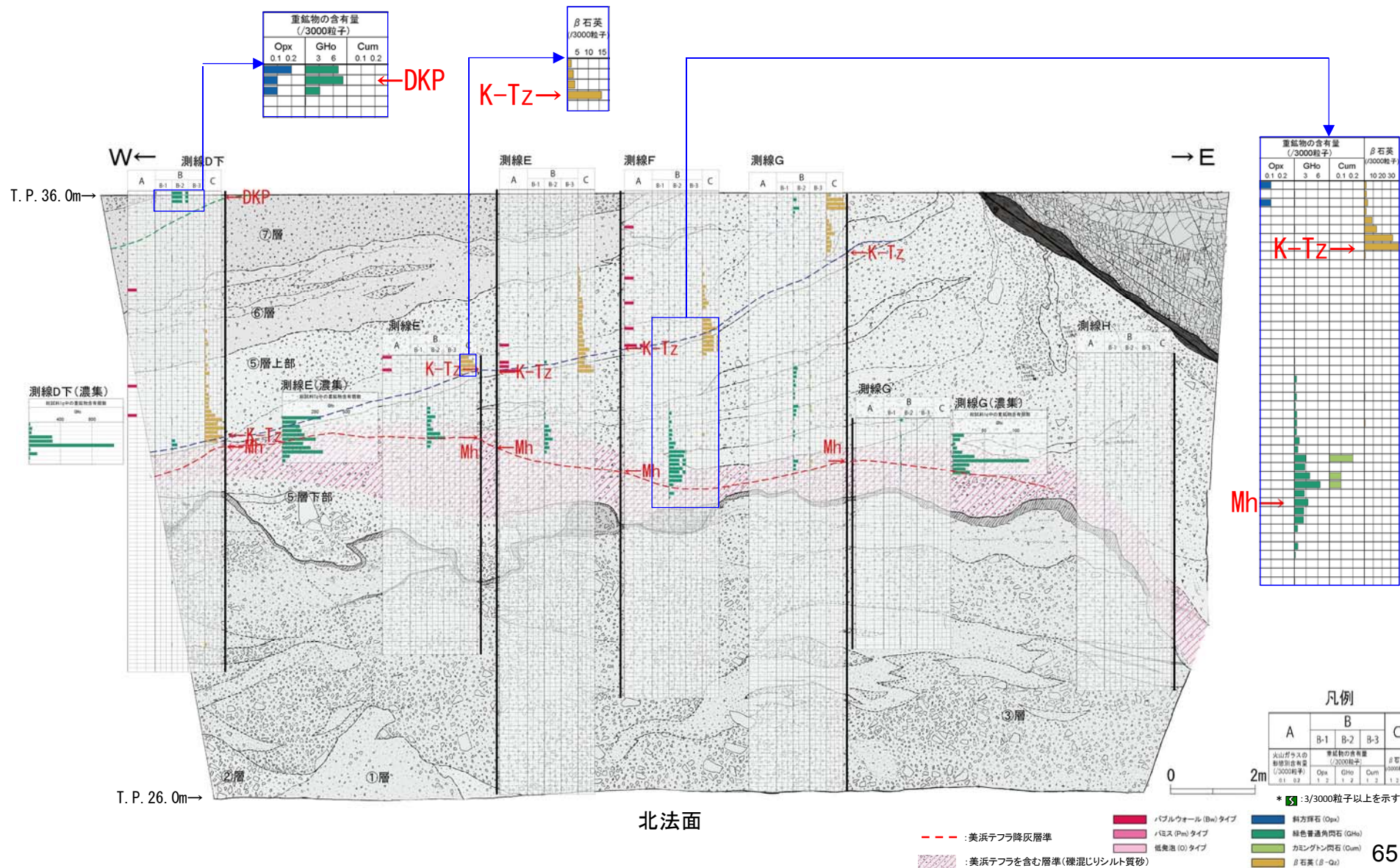
D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

⑤層下部テフラの降灰を示すピーク(北西法面)

- D-1トレンチ北西法面における⑤層下部テフラについて、テフラの通常分析及び濃集分析を行った結果、降灰を示すピーク(普通角閃石)が認められる。
- ⑤層下部テフラの降灰層準は、年代が既知のテフラと層位関係が逆転していない。



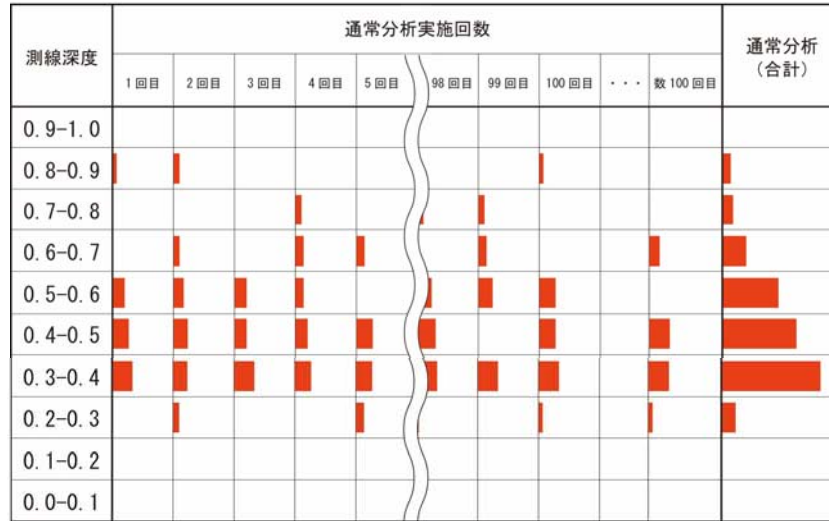
D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について
 ⑤層下部テフラの降灰を示すピーク(北法面)



テフラの濃集分析について

- ・濃集分析は、通常分析よりも多くの試料を処理することから、微量に含まれている有意なデータを強調して検出することができる分析である。
- ・通常分析では微量であった測線においても、テフラ含有率のピークが明確となった(右下図)。
- ・今回の濃集分析については、通常分析より分析する試料数が数百倍程度となり、明瞭なピークとして降灰層準が認識される。

テフラの濃集分析 概念図



測線E(濃集分析)

試料番号	総試料1g中の 重鉱物含有個数	
	GHo	
	150	300
8.8-8.9		
8.7-8.8		
8.6-8.7		
8.5-8.6		
8.4-8.5		
8.3-8.4		
8.2-8.3		
8.1-8.2		
8.0-8.1		
7.9-8.0		
7.8-7.9		
7.7-7.8		

通常分析結果

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)	
	GHo	
	1.0	2.0
9.0-9.1		
8.9-9.0		
8.8-8.9		
8.7-8.8		
8.6-8.7		
8.5-8.6		
8.4-8.5		
8.3-8.4		
8.2-8.3		
8.1-8.2		
8.0-8.1		
7.9-8.0		
7.8-7.9		

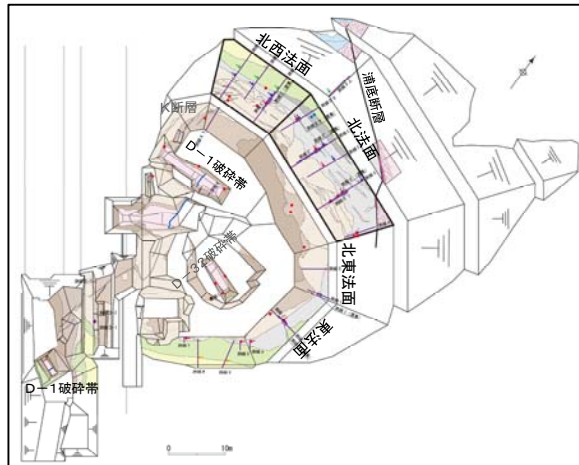
通常分析結果を
濃集分析結果(右図)と
同スケールのグラフ

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)	
	GHo	
	150	300
9.0-9.1		
8.9-9.0		
8.8-8.9		
8.7-8.8		
8.6-8.7		
8.5-8.6		
8.4-8.5		
8.3-8.4		
8.2-8.3		
8.1-8.2		
8.0-8.1		
7.9-8.0		
7.8-7.9		

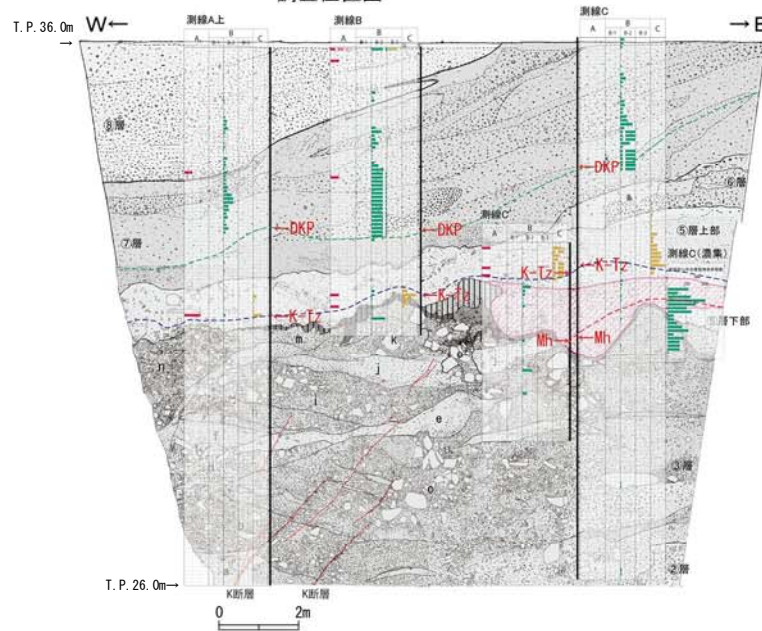
D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

⑤層下部テフラの同一層準への分布(その1)

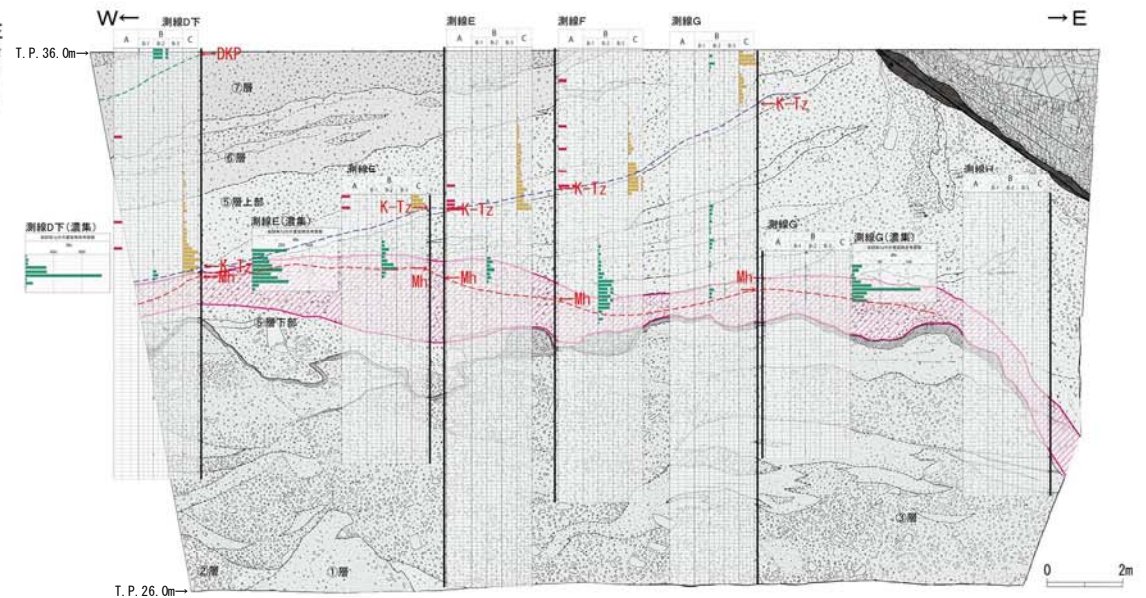
- ⑤層下部テフラの降灰のピークは同一層準(礫混じりシルト質砂)中に認められ、広がりを持って分布しており、D-1トレンチ全てのテフラ分析測線で確認される。



調査位置図



北西法面



北法面

- : 美浜テフラ降灰層準
- : 美浜テフラを含む層準(礫混じりシルト質砂)

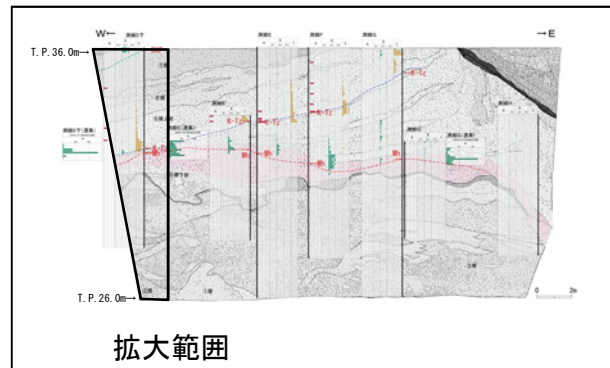
凡例

A	B			C
	B-1	B-2	B-3	
火山ガラスの 形態別含有率 (2000倍率)	Qps	Qms	Qum	計
0.1	0.2	1.2	1.2	1.2

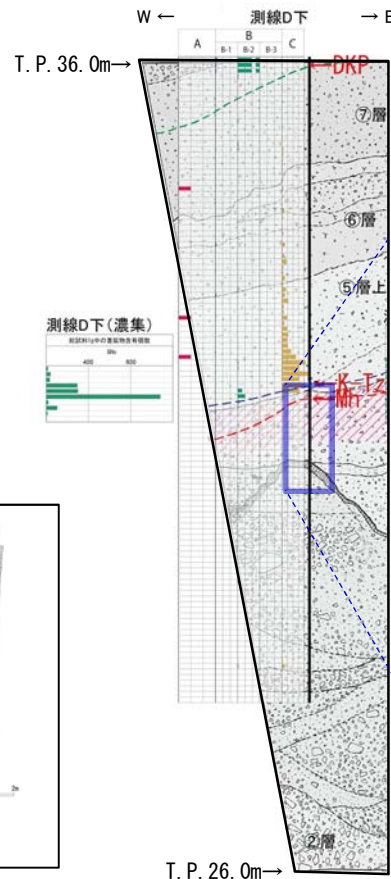
* ■ : 3/3000粒子以上を示す

D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

⑤層下部テフラの同一層準への分布(その2)(測線D下)



D-1トレンチ北法面範囲図



拡大範囲図

凡例

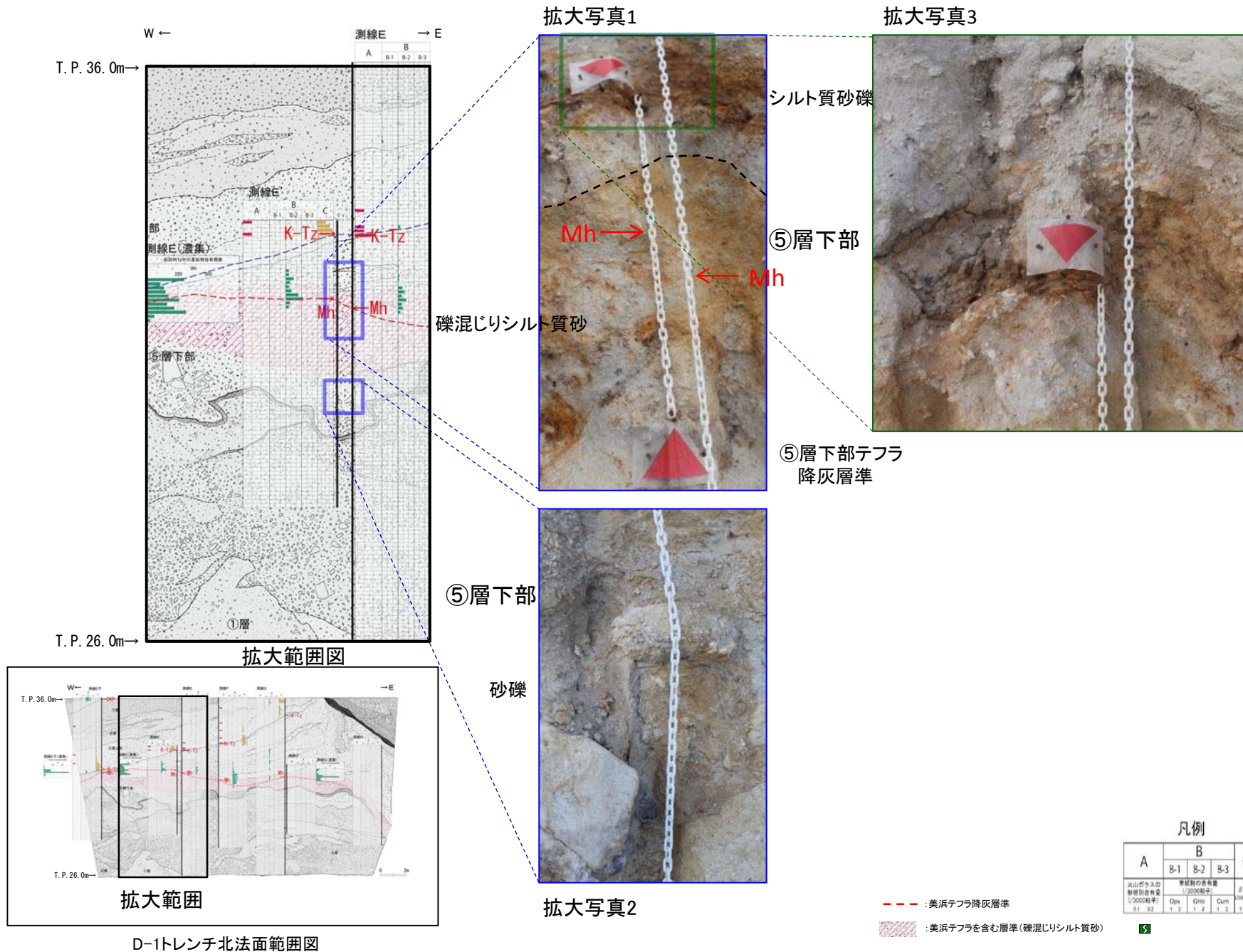
A	B			C
	B-1	B-2	B-3	
火山ガラスの 数値的含有率 (/3000時半)	Opix	QHo	Cum	β石英 (/3000時半)
0.1 0.2	1 2	1 2	1 2	1 2 3

--- : 美浜テフラ降灰層準
 : 美浜テフラを含む層準(礫混じりシルト質砂)



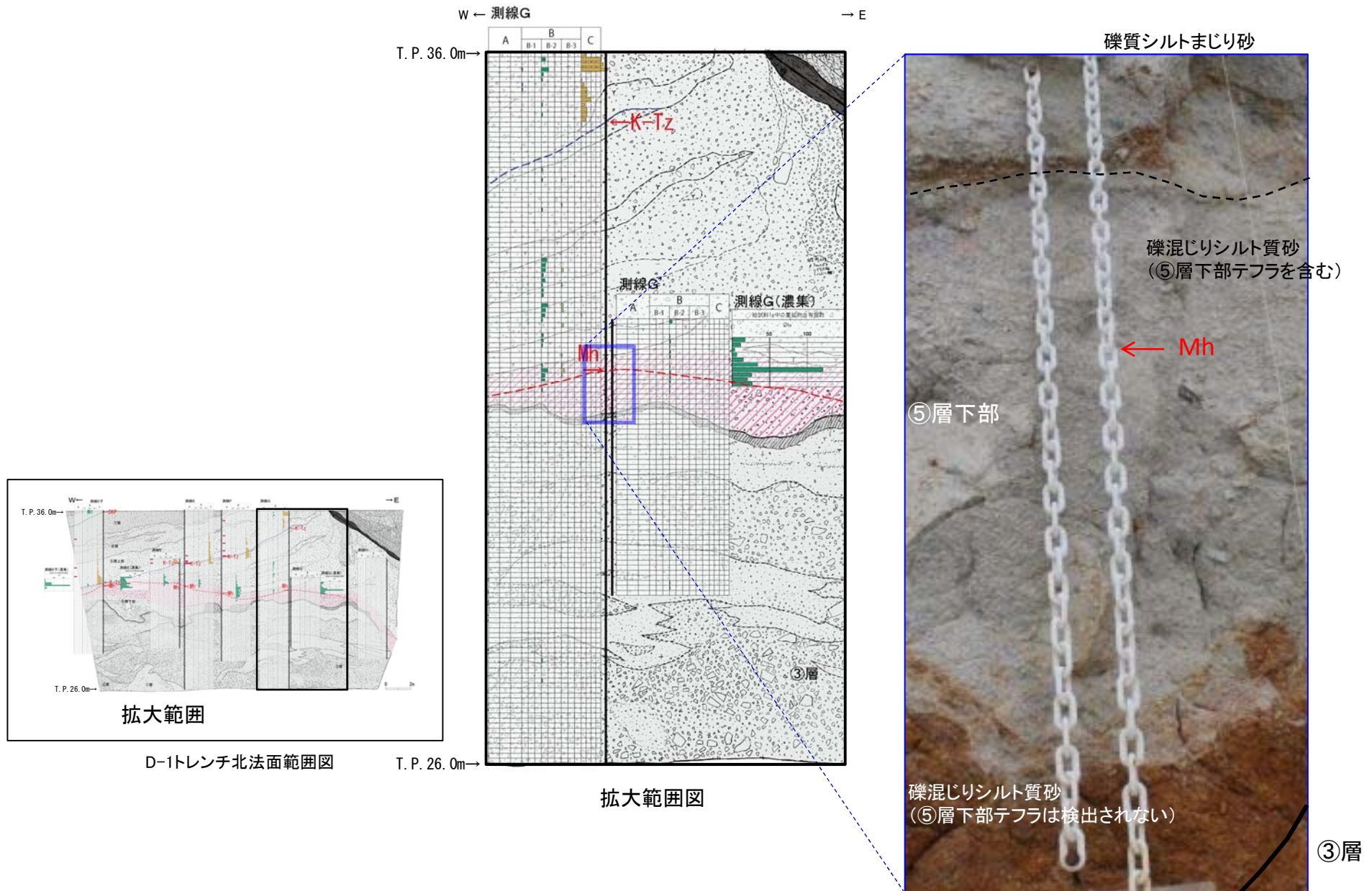
D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

⑤層下部テフラの同一層準への分布(その3)(測線E及びE' 付近)



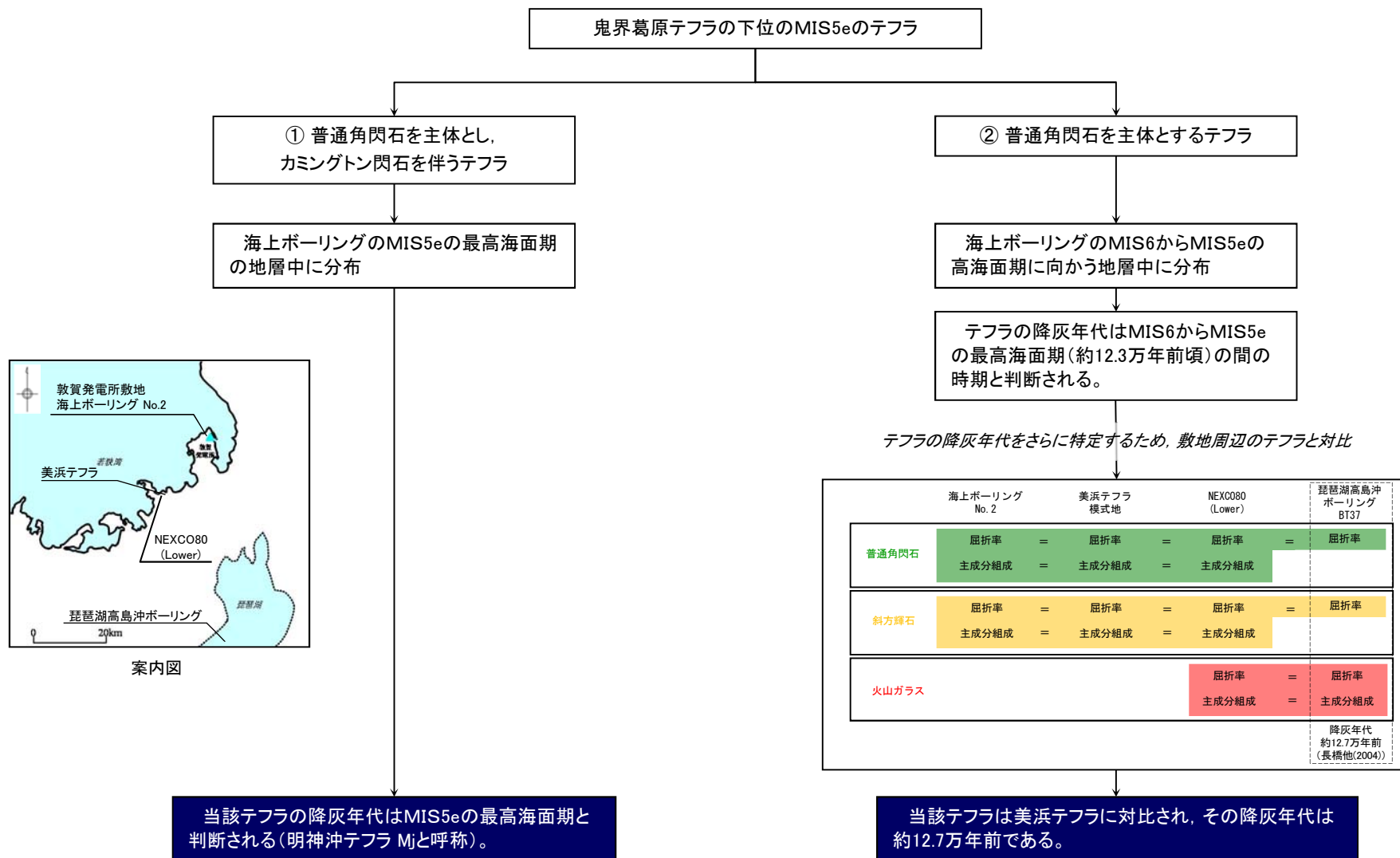
D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

⑤層下部テフラの同一層準への分布(その4)(測線G及びG' 付近)



テフラの層位関係について(その1)(鬼界葛原テフラの下位のMIS5eのテフラ)

- ・敷地及び敷地周辺では、鬼界葛原テフラの下位の地層から、「① 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ」及び「② 普通角閃石を主体とするテフラ」が認められる。
- ・これらのテフラは、いずれも海上ボーリングのMIS5eの地層中に認められることから、MIS5eの時期に降灰したテフラであると判断される。
- ・これらのテフラの降灰年代をさらに特定するために、テフラの屈折率測定や主成分分析を実施した結果、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」は美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)に对比された。

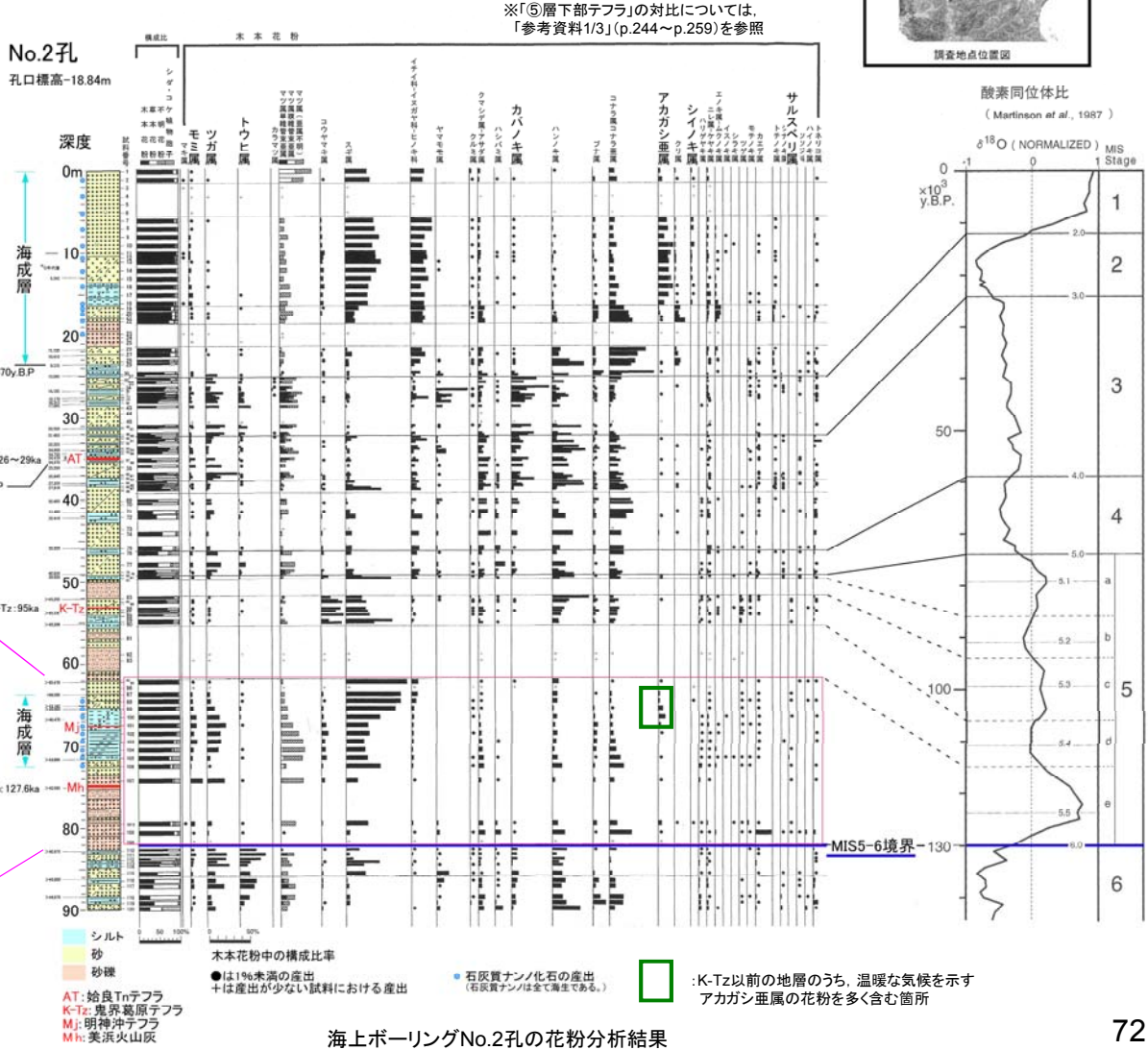
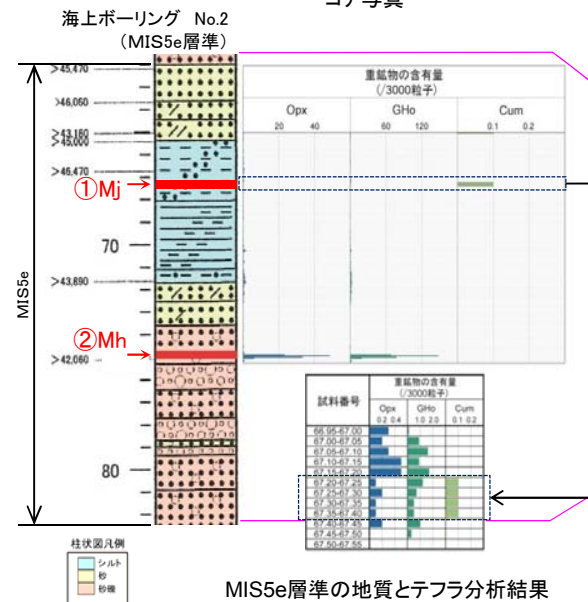
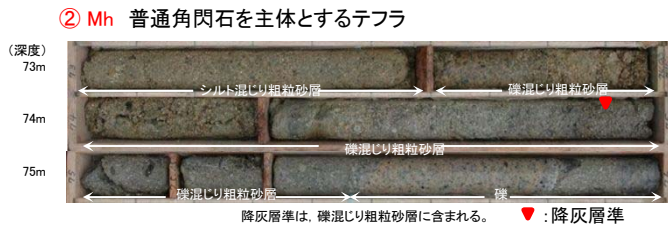
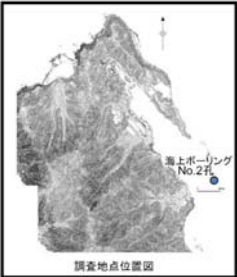


D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

テフラの層位関係について(その2)

(鬼界葛原テフラの下位のMIS5eのテフラ(降灰年代))

- ・「① 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ(明神沖テフラ(Mj))」は、深度67m付近の地層中に分布している。
- ・鬼界葛原テフラ(K-Tz)の下位に海成層(貝殻片を含む砂質シルト層)が見られ、花粉分析の結果、温暖な気候を示すアカガシ垂属を多く含み、MIS5eの最高海面期(約12.3万年前)に堆積した地層であると判断されることから、明神沖テフラの降灰年代は、MIS5eの最高海面期と判断される。
- ・また、「② 普通角閃石を主体とするテフラ(美浜テフラ(Mh))」については、明神沖テフラよりも下位の礫混じり粗砂層中に分布していることから、MIS6からMIS5eの最高海面期に向かう時期に降灰したテフラであると判断される。



MIS5e層準の地質とテフラ分析結果

海上ボーリングNo.2孔の花分析結果

テフラの層位関係について(その3)(普通角閃石を主体とするMIS5eのテフラの対比)

- ・「① 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ」及び「② 普通角閃石を主体とするテフラ」の降灰年代をさらに特定するために、テフラの屈折率測定や主成分分析を実施した※。
- ・屈折率測定結果によれば、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」(海上ボーリングNo.2)については、美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)、NEXCO80(Lower)及びBT37の屈折率とよく一致している。
- ・普通角閃石の主成分分析の結果によれば、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」(海上ボーリングNo.2)については、美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)及びNEXCO80(Lower)のMg及びFeの分布と一致しており、その他の元素のMg#の範囲と元素の含有量の範囲の重なりも良い。
- ・以上のことから、当該テフラは美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)及びNEXCO80(Lower)に対比される。

敷地周辺のテフラと対比

	海上ボーリングNo. 2	美浜テフラ模式地	NEXCO80 (Lower)	琵琶湖高島沖ボーリング BT37
普通角閃石	屈折率	=	屈折率	=
	主成分組成	=	主成分組成	=
斜方輝石	屈折率	=	屈折率	=
	主成分組成	=	主成分組成	=
火山ガラス	屈折率	=	屈折率	=
	主成分組成	=	主成分組成	=

屈折率分析結果

対比項目	海上ボーリング No.2	美浜テフラ模式地	NEXCO80 (Lower)	琵琶湖高島沖ボーリング (BT37)
主な鉱物	ho,opx ⁽¹⁾	ho,opx, (bi) ⁽¹⁾	ho,opx,cpx ⁽²⁾	ho,opx (bi,cpx,qt) ⁽³⁾
普通角閃石 (mode)	1.669-1.686 (1.670-1.674) ⁽¹⁾	1.669-1.684 (1.674) ⁽¹⁾	1.670-1.690 (1.672) ⁽¹⁾ 1.671-1.684 (1.673,1.676,1.684) ⁽²⁾	1.6689-1.6824 (1.671) ⁽³⁾
斜方輝石 (mode)	1.704-1.711 (1.707) ⁽¹⁾	1.703-1.710 (1.707) ⁽¹⁾	1.705-1.709 (1.707) ⁽¹⁾ 1.702-1.708 (1.704-1.705) ⁽²⁾	1.7002-1.7084 (1.708) ⁽³⁾
火山ガラス (mode)	-	-	1.502-1.508 (1.504) ⁽²⁾	1.499-1.524 (1.501-1.509) ⁽³⁾ 1.501-1.507 (1.502-1.505) ⁽⁴⁾

(1) 当社が実施

(2) 石村大輔, 加藤茂弘, 岡田篤正, 竹村恵二, 2010, 三方湖東岸のボーリングコアに記録された三方断層帯の活動に伴う後期更新世の沈降イベント, 地学雑誌, 119(5), pp.775-793

(3) Satoguchi Yasufumi, Nagahashi Yoshitaka, Furusawa Akira, Yoshikawa Shusaku, Inouchi Yoshio, 2008, The Middle Pleistocene to Holocene tephrostratigraphy of the Takashima-oki core from Lake Biwa, central Japan, Journal of geosciences, Osaka City University 51, 47-58

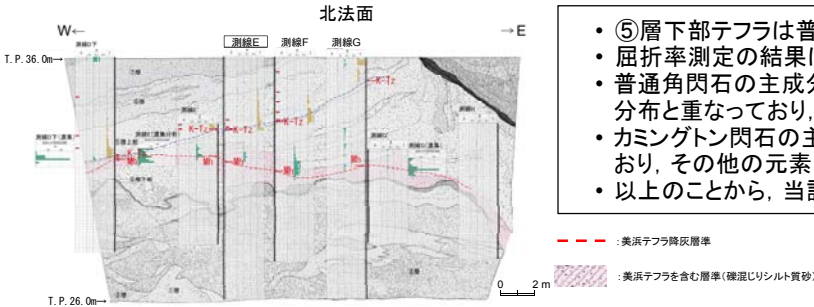
(4) 吉川周作, 井内美郎, 1991, 琵琶湖高島沖ボーリングの火山灰層序, 地球科学, 45(2), pp.81-100

※(参考)

- ・クリプトテフラにおいては、田力他(2011)によれば、確実な対比を行うには、それぞれの粒子単位で屈折率、主成分化学組成などの複数の指標を使ってその起源を特定することが必要であるとされている。
- ・竹下(2004)によれば、クリプトテフラにおいては火山ガラスに比べて風化に強い重鉱物の主成分化学組成がテフラ対比の有効な指標としており、竹下他(2007)によれば、普通角閃石の主成分化学組成を指標にすることで、テフラの同定・分類が可能であるとされている。
- ・敷地で確認されたMIS5eテフラについては、純層として認められていないことから、風化に強い普通角閃石を主体に屈折率および主成分化学組成を用いてテフラの対比を行っている。

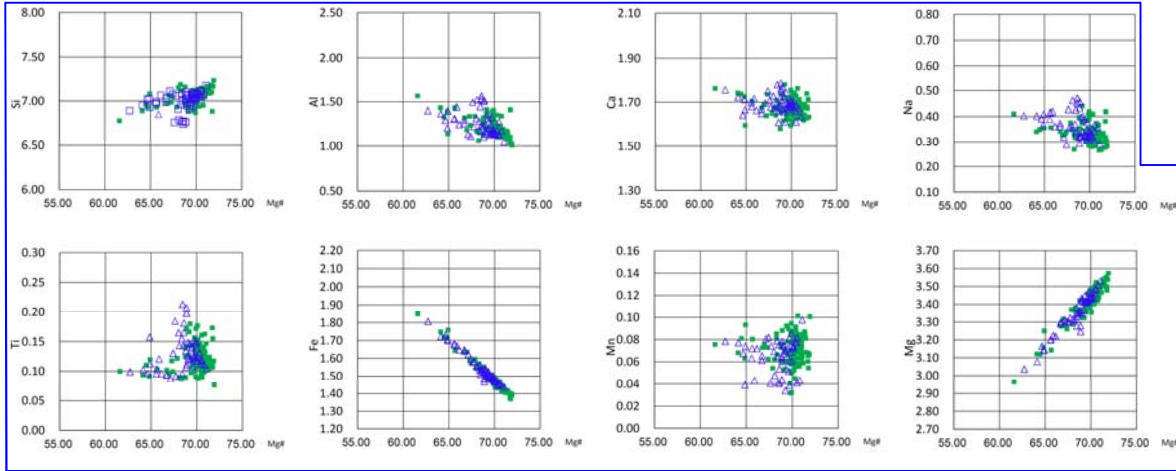
D-1トレンチ北西法面におけるテフラの降灰層準の認定について

⑤層下部テフラの対比について



- ⑤層下部テフラは普通角閃石からなり、極微量のカミングトン閃石が認められる。
- 屈折率測定の結果によれば、当該テフラについては、明神沖テフラ及び美浜テフラの屈折率の範囲と良く一致している。
- 普通角閃石の主成分分析の結果によれば、当該テフラについては、美浜テフラと明神沖テフラの両者のMg及びFeの分布と重なっており、その他の元素についても両者のMg#の範囲と元素の含有量の範囲と重なっている。
- カミングトン閃石の主成分分析の結果によれば、当該テフラについては、明神沖テフラのMg及びFeの分布と重なっており、その他の元素についてもMg#の範囲と元素の含有量の範囲と重なっている。
- 以上のことから、当該テフラは明神沖テフラ及び美浜テフラを合わせたものに対比される。

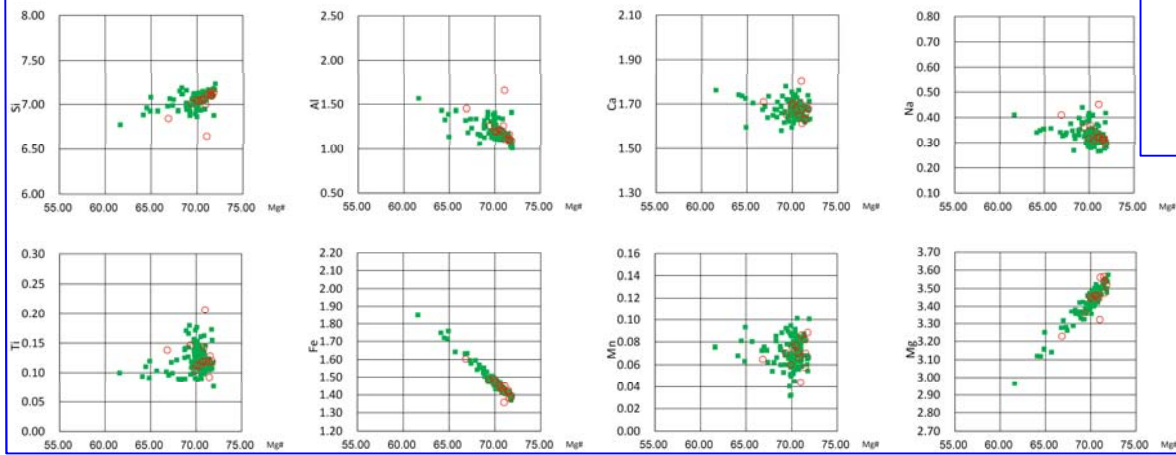
主成分分析結果(普通角閃石):試料番号 測線E



対比項目	主な鉱物	普通角閃石 屈折率(mode)	カミングトン閃石 屈折率(mode)	斜方輝石 屈折率(mode)
⑤層下部テフラ	ho	1.669-1.683(1.671)	1.659-1.666(1.660)	1.705-1.710(1.707)
明神沖テフラ(海上ボーリングNo.2)	ho.cum	1.671-1.682(1.673)	1.661-1.667(1.662)	-
美浜テフラ(海上ボーリングNo.2)	ho.opx	1.669-1.686(1.670-1.674)	-	1.703-1.711(1.707)

凡 例
△ 海上BrNo.2 67.20-67.30 (Mj)
■ ⑤層下部テフラ

主成分分析結果(普通角閃石):試料番号 測線E



□ : 元素の含有量の重なりが良いもの

凡 例
○ 海上BrNo.2 74.85-74.90 (Mh)
■ ⑤層下部テフラ

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その1) (測線C(濃集分析)結果)

- ・⑤層下部テフラについて10cmピッチで分析を行った結果、上部では明神沖テフラの主成分分析結果の特徴であるMg#70付近より低い測定値も含まれているが、下部では美浜テフラの主成分分析結果の特徴であるMg#70付近に測定値が集中していることから、⑤層下部テフラの上部は明神沖テフラと美浜テフラが混在しているが下部では美浜テフラのみが分布していると判断される。
- ・なお、両テフラが混在しているのは、両テフラの降灰年代の差及びD-1トレンチの地層の堆積速度の関係によるものであり、地層の二次堆積による影響ではないと判断している。

普通角閃石

測線C(濃集分析)

試料番号	総試料1g中の重鉱物含有個数	
	GHo	Cum
7.7-7.8		
7.6-7.7		
7.5-7.6		
7.4-7.5		
7.3-7.4		
7.2-7.3		
7.1-7.2		
7.0-7.1		
6.9-7.0		
6.8-6.9		
6.7-6.8		
6.6-6.7		
6.5-6.6		
6.4-6.5		
6.3-6.4		
6.2-6.3		
6.1-6.2		
6.0-6.1		
5.9-6.0		

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準

Mg#70付近より低い測定値を示す
普通角閃石も認められるMg#70付近に
測定値が集中

7.0-7.1

6.9-7.0

6.8-6.9

6.7-6.8

6.6-6.7

6.5-6.6

→ 6.4-6.5

6.3-6.4

6.1-6.3

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その2) (測線C' (通常分析) 結果)

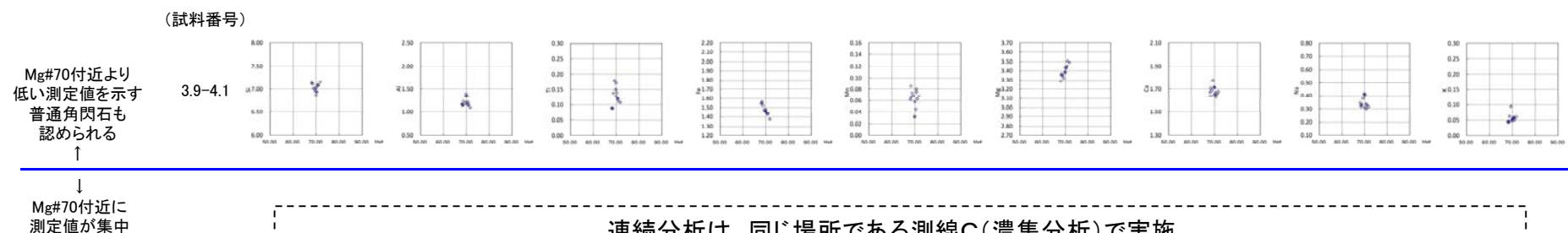
普通角閃石

測線C' (通常分析)

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo		Cum	
	3.0	6.0	0.1	0.2
4.0-4.1				
3.9-4.0				
3.8-3.9				
3.7-3.8				
3.6-3.7				
3.5-3.6				
3.4-3.5				
3.3-3.4				
3.2-3.3				
3.1-3.2				
3.0-3.1				
2.9-3.0				
2.8-2.9				
2.7-2.8				
2.6-2.7 →				
2.5-2.6				
2.4-2.5				

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準



明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その3) (測線C(通常分析)結果)

普通角閃石

測線C(通常分析)

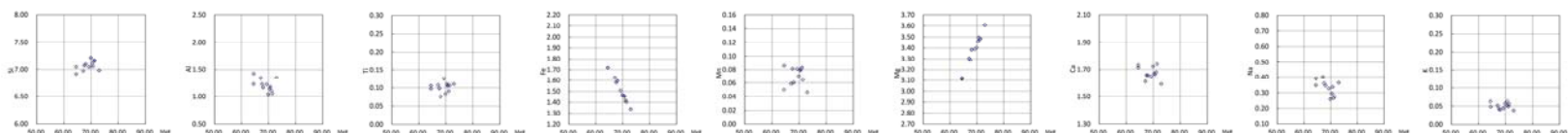
試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo	0.3	0.6	Cum
7.5-7.6				
7.4-7.5				
● 7.3-7.4				
7.2-7.3				
7.1-7.2				
7.0-7.1				
6.9-7.0				
6.8-6.9				
6.7-6.8				
6.6-6.7				
6.5-6.6				
→ 6.4-6.5				
6.3-6.4				
● 6.2-6.3				
6.1-6.2				
6.0-6.1				
5.9-6.0				

● :主成分分析実施箇所

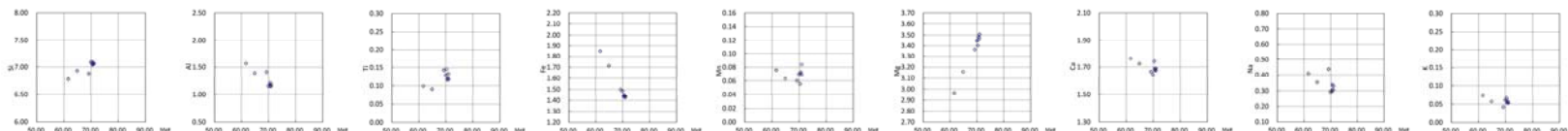
→ :Mh降灰層準

(試料番号)

7.3-7.4



6.0-6.5

Mg#70付近より
低い測定値を示す
普通角閃石も
認められる
↑↓
Mg#70付近に
測定値が集中

連続分析は、同じ場所である測線C(濃集分析)で実施。

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その4) (測線D下(濃集分析)結果)

普通角閃石

測線D下(濃集分析)

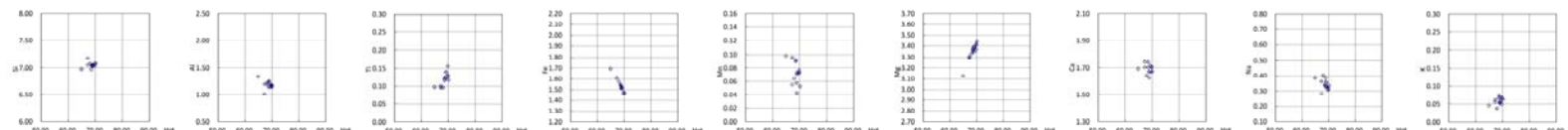
試料番号	総試料1g中の重鉱物含有個数			
	GHo		Cum	
	400	800	1.0	2.0
5.9-6.0				
5.8-5.9				
5.7-5.8				
5.6-5.7				
5.5-5.6				
5.4-5.5 →				
● 5.3-5.4				
● 5.2-5.3				
● 5.1-5.2				
5.0-5.1				

● :主成分分析実施箇所

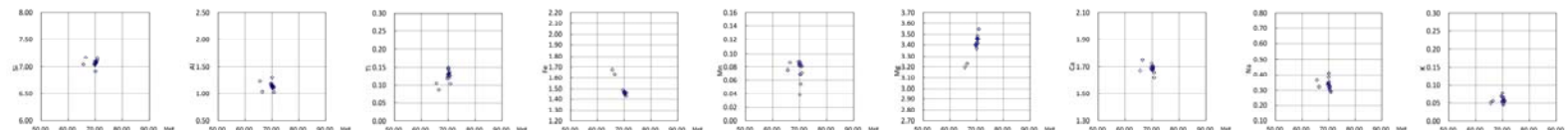
→ :Mh降灰層準

(試料番号)

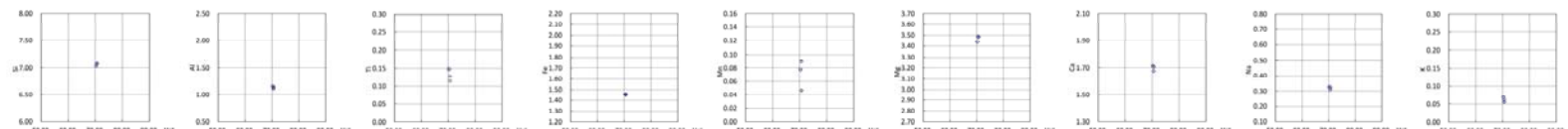
5.3-5.4



5.2-5.3

Mg#70付近より
低い測定値を示す
普通角閃石も
認められる
↑

5.1-5.2

↓
Mg#70付近に
測定値が集中

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その5) (測線D下(通常分析)結果)

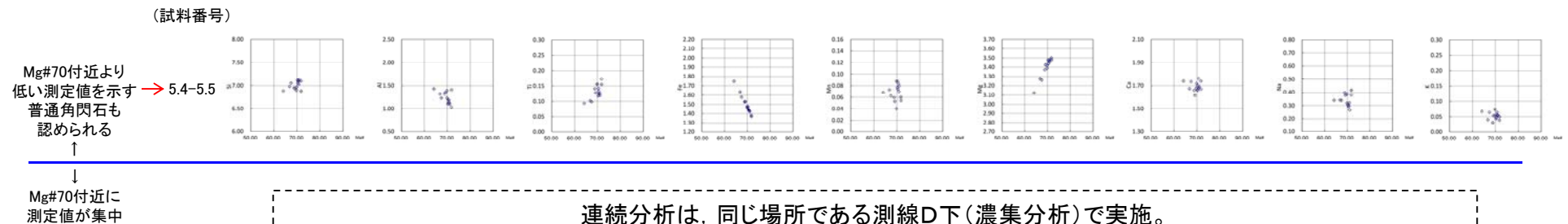
普通角閃石

測線D下(通常分析)

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo		Cum	
	3.0	6.0	0.1	0.2
● 5.4-5.5 →				
5.3-5.4				
5.2-5.3				
5.1-5.2				
5.0-5.1				
4.9-5.0				
4.8-4.9				
4.68-4.8				
4.6-4.68				
4.5-4.6				
4.43-4.5				
4.3-4.43				

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準



※試料番号は基本10cm間隔であるが、途中の層相境界を跨がないために不等間隔とした。

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その7) (測線E(通常分析)結果)

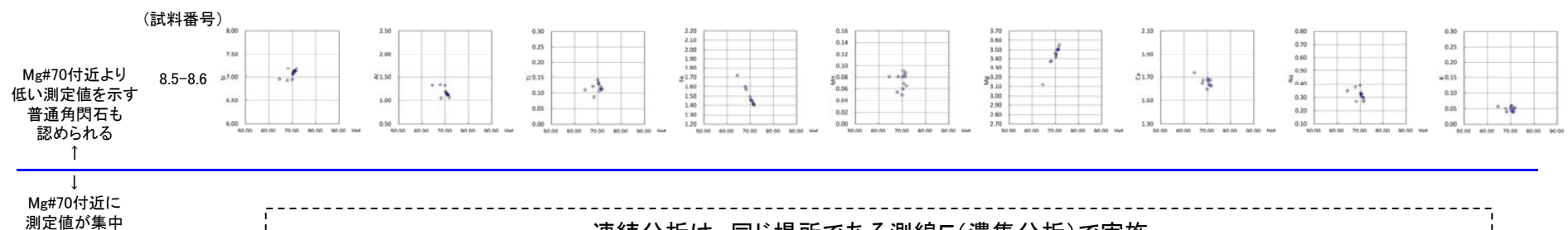
普通角閃石

測線E(通常分析)

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo 1.0 2.0		Cum 0.1 0.2	
9.0-9.1				
8.9-9.0				
8.8-8.9				
8.7-8.8				
8.6-8.7				
● 8.5-8.6				
8.4-8.5				
8.3-8.4				
8.2-8.3				
8.1-8.2 →				
8.0-8.1				
7.9-8.0				
7.8-7.9				

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準



明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その8) (測線F(濃集分析)結果)

普通角閃石

測線E' (通常分析)

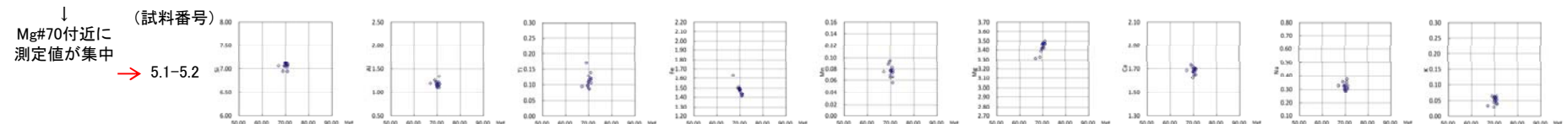
試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo 3.0 6.0		Cum 0.1 0.2	
5.9-6.0				
5.8-5.9				
5.66-5.8				
5.6-5.66				
5.5-5.6				
5.4-5.5				
5.3-5.4				
5.2-5.3				
● 5.1-5.2 →				
5.0-5.1				
4.9-5.0				
4.8-4.9				
4.7-4.8				
4.6-4.7				
4.5-4.6				
4.4-4.5				

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準

Mg#70付近より
低い測定値を示す
普通角閃石も
認められる
↑

連続分析は、近傍の測線E(濃集分析)で実施。



※試料番号は基本10cm間隔であるが、途中の層相境界を跨がないために不等間隔とした。

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その9)(測線F(通常分析)結果)

普通角閃石

測線F(通常分析)

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo		Cum	
	3.0	6.0	0.1	0.2
7.1-7.2				
7.0-7.1				
6.9-7.0				
6.8-6.9				
6.67-6.8				
6.6-6.67				
6.5-6.6				
6.4-6.5				
6.3-6.4				
6.2-6.3				
6.1-6.2				
6.0-6.1				
5.9-6.0				
5.8-5.9				
5.7-5.8				
5.6-5.7				
● 5.5-5.6				
5.4-5.5				
→ 5.26-5.4				
5.2-5.26				
5.1-5.2				
5.0-5.1				

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準

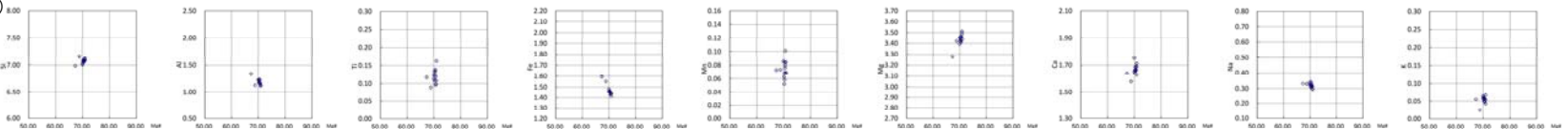
Mg#70付近より
低い測定値を示す
普通角閃石も
認められる
↑

連続分析は、近傍の測線E(濃集分析)、測線G(濃集分析)で実施。

↓
Mg#70付近に
測定値が集中

(試料番号)

5.5-5.6



※試料番号は基本10cm間隔であるが、途中の層相境界を跨がないために不等間隔とした。

明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その10)(測線G(濃集分析)結果)

普通角閃石

測線G(濃集分析)

試料番号	総試料1g中の重鉱物含有個数			
	Gho		Cum	
	50	100	2	4
8.4-8.5				
8.3-8.4				
8.2-8.3				
8.1-8.2				
8.0-8.1				
7.9-8.0				
● 7.8-7.9				
● 7.7-7.8				
● 7.6-7.7				
● 7.5-7.6				

● :主成分分析実施箇所

→ :Mh降灰層準

Mg#70付近より
低い測定値を示す
普通角閃石も
認められる
↓Mg#70付近に
測定値が集中

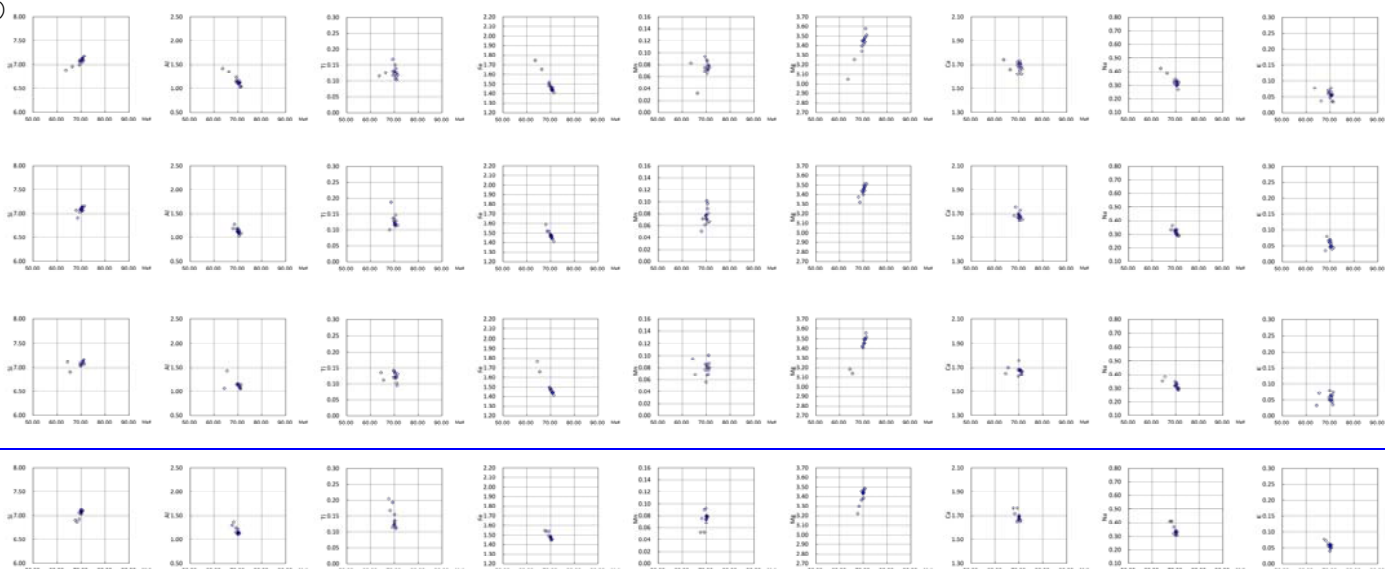
(試料番号)

→ 7.8-7.9

7.7-7.8

7.6-7.7

7.5-7.6



明神沖テフラMjと美浜テフラMhの混在について(その11)(測線G(通常分析)結果)

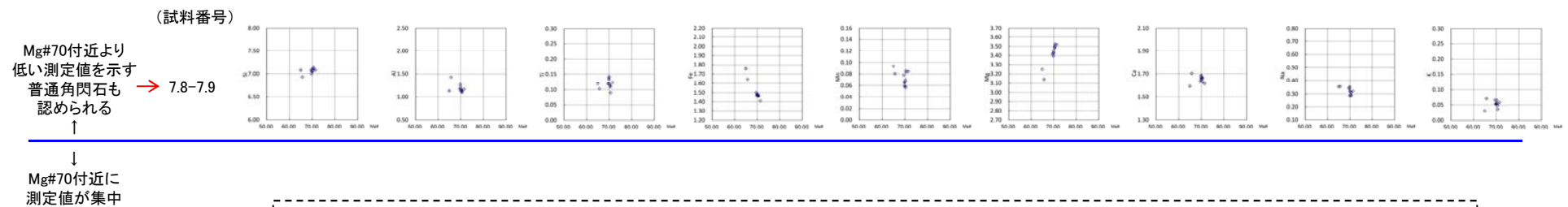
普通角閃石

測線G(通常分析)

試料番号	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			
	GHo 0.5 1.0		Cum 0.3 0.6	
8.0-8.1				
7.9-8.0				
● 7.8-7.9 →				
7.7-7.8				
7.6-7.7				
7.5-7.6				
7.4-7.5				
7.3-7.4				
7.2-7.3				
7.1-7.2				
7.0-7.1				

● :主成分分析実施箇所

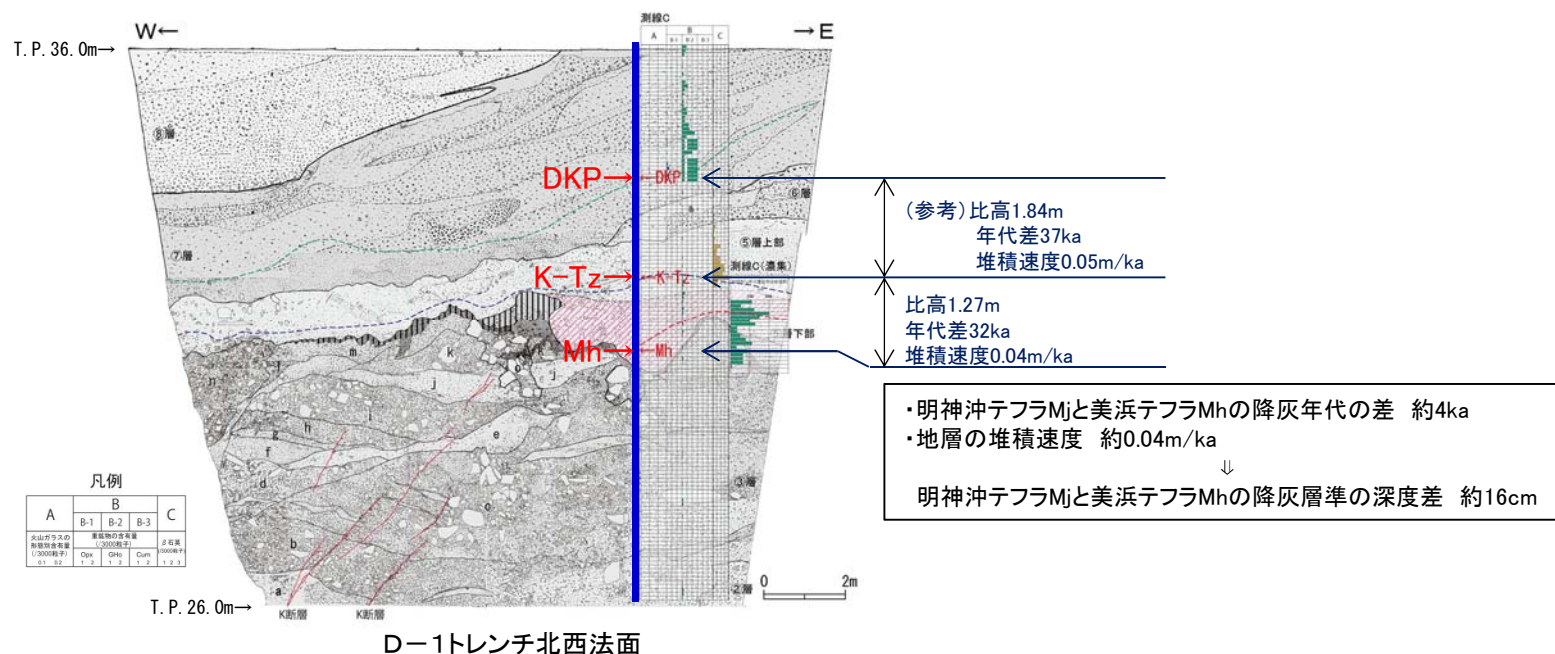
→ :Mh降灰層準



連続分析は、同じ場所である測線G(濃集分析)]で実施。

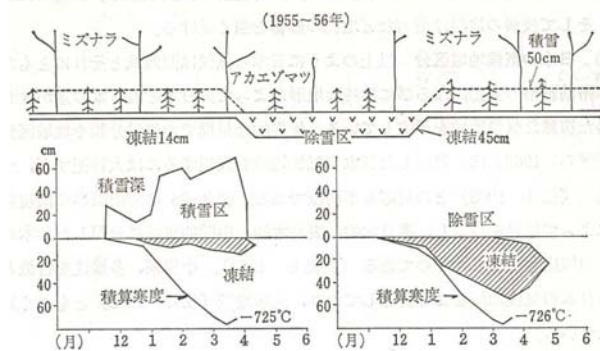
D-1トレンチにおいて、同一のテフラ分析試料(深度方向に10cm)から明神沖テフラMj及び美浜テフラMhが混在して認められる場合があるが、以下に示すとおり地層の再堆積によるものではないと判断される。

- ・美浜テフラMhについては、D-1トレンチにおいて降灰層準が認められている(p.63~p.65, p.75~p.85参照)。
- ・一方、明神沖テフラMjについては、D-1トレンチにおいて降灰層準は認められていないが、明神沖テフラMj及び美浜テフラMhの降灰年代はそれぞれ約12.3万年前及び約12.7万年前(p.72参照)であり、その差は約4kaであるのに対し、D-1トレンチの地層の堆積速度は約0.04m/ka (Mh及びK-Tzの降灰層準に基づき算出)であることから、両テフラは深度差十数cmで近接して降灰したものと考えられる。
- ・これらのことから、D-1トレンチにおいて、明神沖テフラMj及び美浜テフラMhが同一のテフラ分析試料に混在している場合があるのは、上位のテフラである明神沖テフラMjが近接する下位の美浜テフラMhの降灰層準へ拡散したことによるものと判断される(次頁参照)。

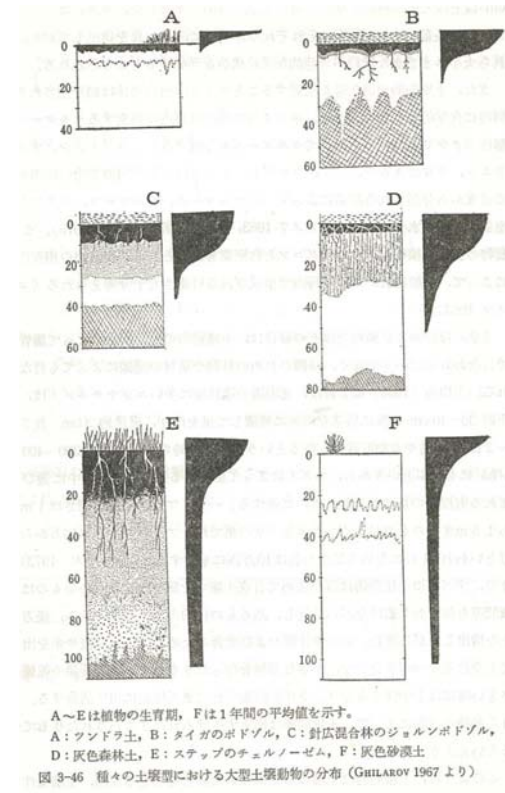


テフラの拡散について

- テフラの分布には、下記のとおり上下方向の拡散現象があるとされている。
- 山崎(1978)によれば、「火山ガラスは風成火山灰中では含有率が最大を示す層準から、その上方および下方への量を減少しながらかなりの幅にわたり認められる。これはガラス質火山灰が陸上に降灰した後、別の火山灰に覆われ、さらに生物や霜、水などによる攪乱作用を受けたために、土中でガラス粒が垂直方向に拡散したものと考えられる。」とされている。
- 土壌調査法編集委員会編(1978)によれば、母材の上下方向への攪乱については、「地中動物、凍霜現象、斜面沿いのはい下り、小崩落、崩壊によって、下層にあって風化の進まない物質が上位に、表層物質が下位にもぐることが起こる」とされている。



土壌調査法編集委員会編(1978)より抜粋



土壌調査法編集委員会編(1978)より抜粋

余白

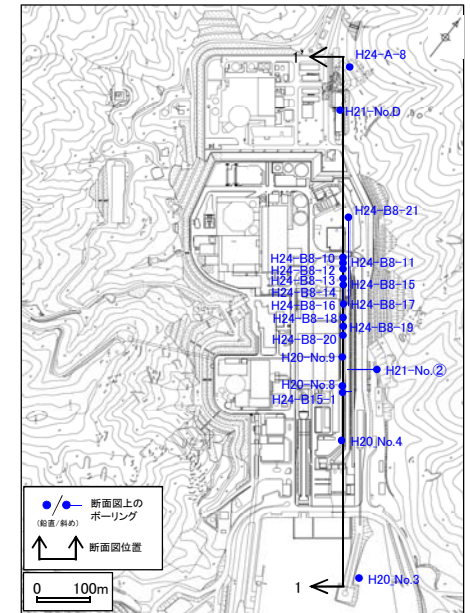
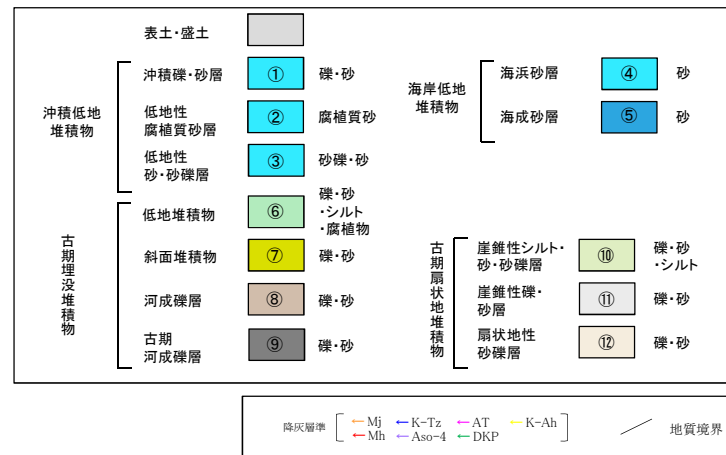
コメントNo.7

No.	コメント	回答概要
7	奥壺低地の第四系に含まれるテフラが上流側と下流側で分布標高が異なる成因について詳細に説明すること。	奥壺低地の縦断面図において岩盤上面の標高の変化やテフラの分布標高が変化する理由について、第四系の層相や破碎帯の運動方向等に基づき検討した結果、これらの変化は破碎帯の活動によるものではなく、初生的な堆積構造によるものと判断される。

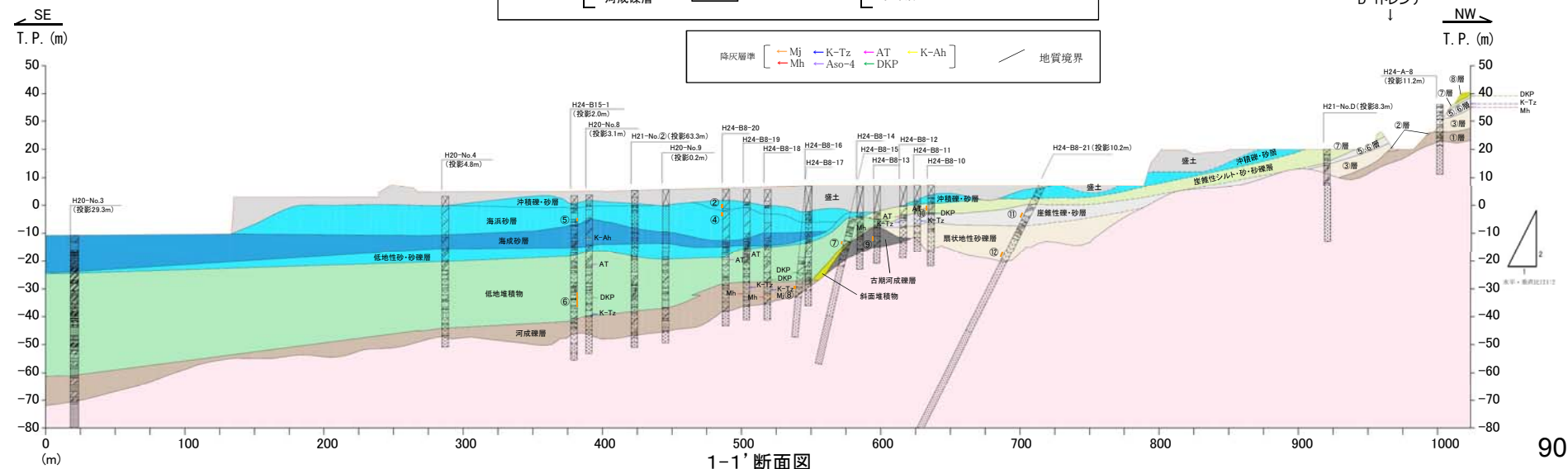
奥壺低地の第四系に含まれるテフラが上流側と下流側で分布標高が異なる成因について

敷地の第四系について(その1)

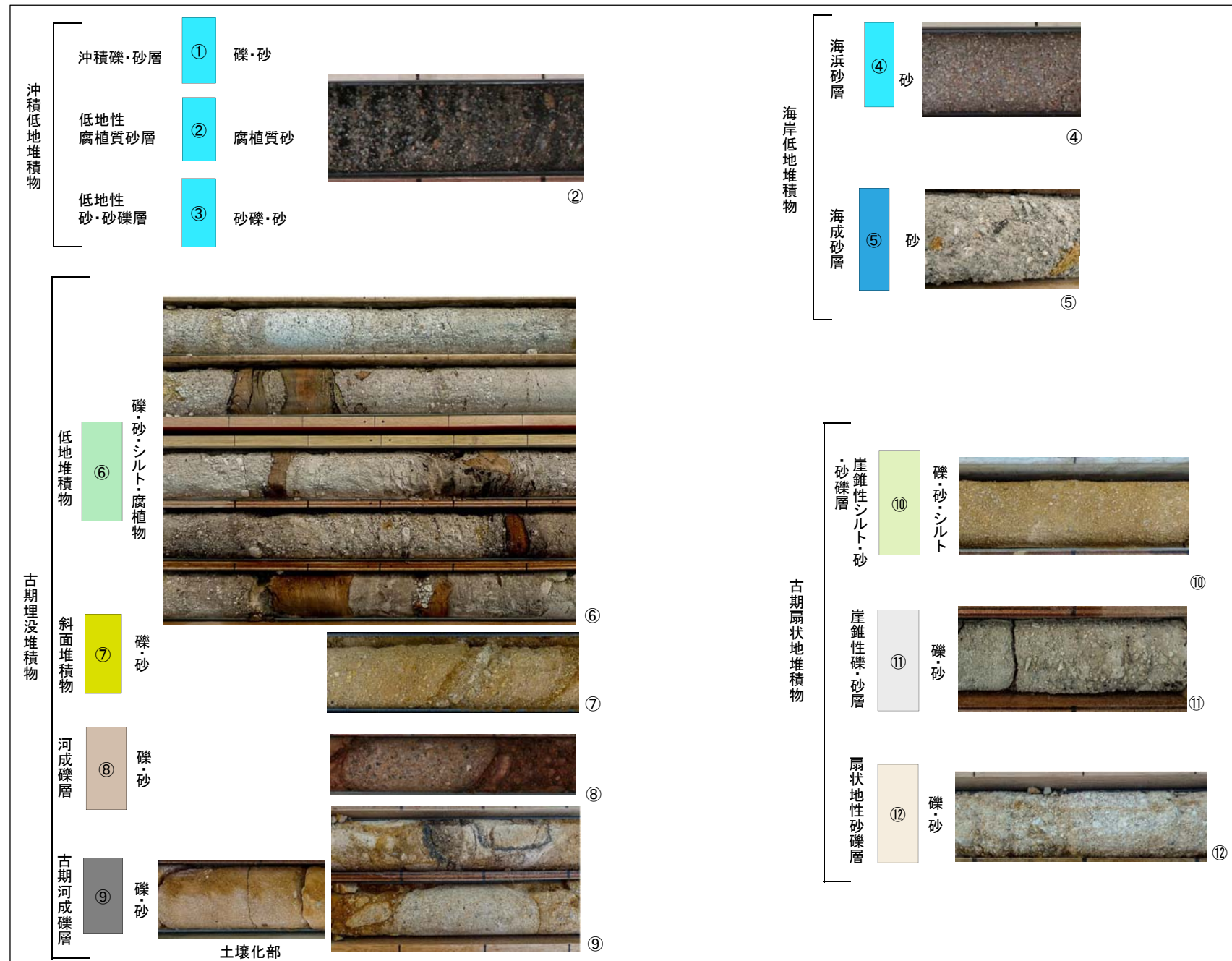
- 敷地の第四系は、更新統の古期埋没堆積物及び古期扇状地堆積物並びに更新統を不整合に覆う完新統の沖積低地堆積物、海岸低地堆積物等からなる。
- 更新統の古期埋没堆積物は、シルト、砂、砂礫及び腐植物がほぼ水平な互層状を呈し、河川または低地の堆積物からなる。古期扇状地堆積物は主に砂礫からなり、砂層及び腐植物を挟み、低地側に緩やかに傾斜している。
- 更新統には、下位から鬼界葛原テフラ(K-Tz: 約9.5万年前)、阿蘇4(Aso-4: 約9.0万年前～約8.5万年前)、大山倉吉テフラ(DKP: 約5.9万年前～約5.8万年前)、始良Tnテフラ(AT: 約2.9万年前～約2.6万年前)等が含まれる。鬼界葛原テフラを含む地層の下位からは、カミングトン閃石を伴い普通角閃石を主体とするテフラ及び普通角閃石を主体とするテフラが産出される。これらのテフラは、敷地周辺に分布するテフラの主成分分析結果との対比から、若狭地域等の複数地点で認められる明神沖テフラ(Mj: MIS5eの高海面期)及び美浜テフラ(Mh: 約12.7万年前)に対比された(p.71～p.73参照)。また、これらより下位に美浜テフラ及び明神沖テフラとは対比されないテフラが確認された。
- 完新統の沖積低地堆積物は、主に砂、砂礫からなり、腐植層を挟む。海岸低地堆積物は主に砂からなる。いずれもほぼ水平に堆積している。
- 完新統には、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah: 約7,300年前)が含まれる。



断面位置図



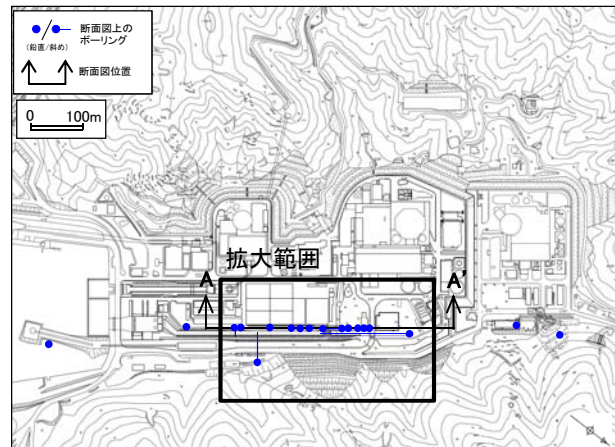
奥壺低地の第四系に含まれるテフラが上流側と下流側で分布標高が異なる成因について
敷地の第四系について(その2)



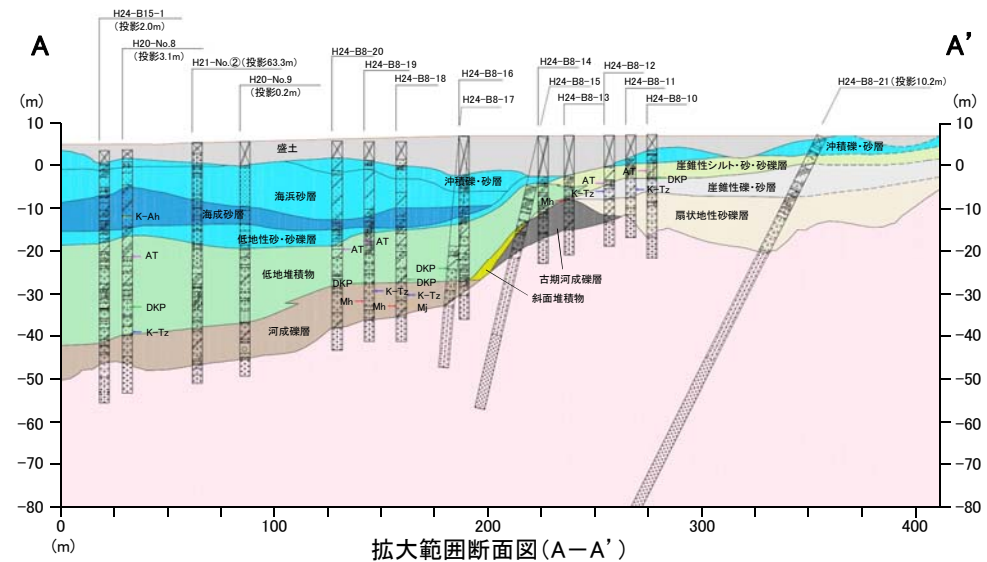
奥壺低地の第四系に含まれるテフラが上流側と下流側で分布標高が異なる成因について

テフラの分布標高差の成因

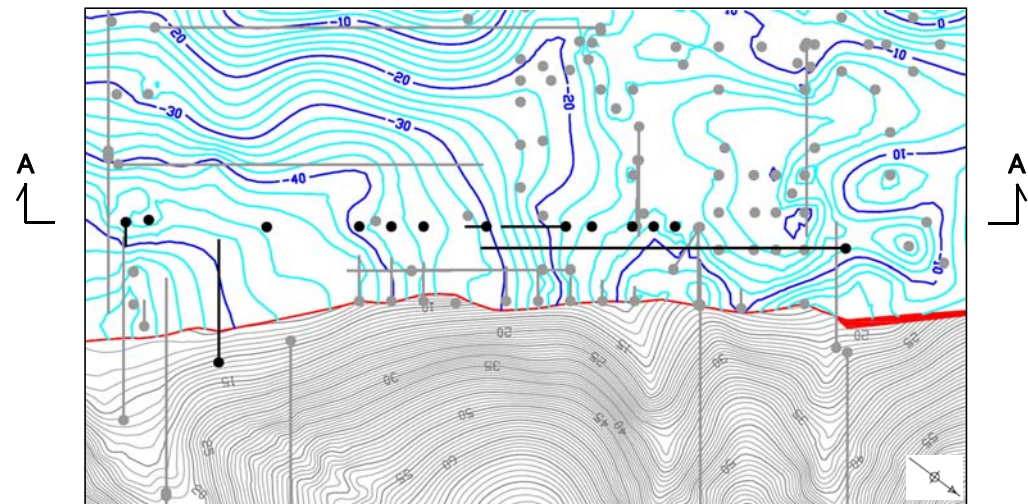
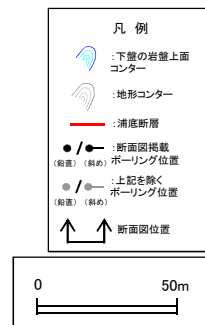
- 断面図の中央付近で岩盤の上面の標高が変化し、テフラの分布標高が異なることと破碎帯の活動性との関連性について検討した結果、以下に示す通り、関連はないものと判断される。
 - ✓ 当該断面付近に分布する破碎帯に対応するリニアメントは認められない(文献による指摘もない)。
 - ✓ 岩盤の上面に構造運動を示唆する形状は認められない。



断面位置図



拡大範囲断面図 (A-A')



拡大範囲平面図 (岩盤の上面形状と破碎帯の関係)

奥壺低地の第四系に含まれるテフラが上流側と下流側で分布標高が異なる成因について

奥壺低地の第四系の堆積過程

奥壺低地の第四系の堆積過程について、地層の堆積年代及び海水準変動から整理した。

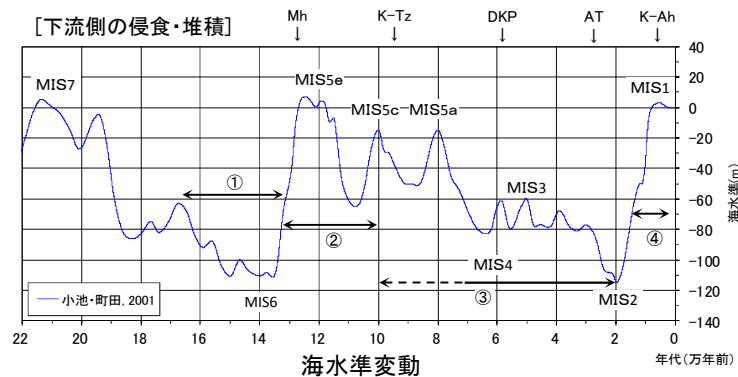
[下流側の堆積過程]

- ① MIS6の低海面期に本流(断面線と平行方向)によって岩盤が下刻される。
- ② MIS5e～MIS5cの高海面期には下刻によって形成された谷地形を本流の河成礫層が埋積した。
- ③ 下流側の谷地形を埋積した河成礫層は、MIS5c前後に離水し、それ以降、MIS2にかけて低地堆積物はそれを覆って水平に堆積した。
- ④ MIS1の高海面期に向かう海進期に海浜砂層等が堆積した。

[上流側の堆積過程]

古期扇状地堆積物の各層は、いずれもその堆積面が上流側の岩盤の上面形状とほぼ平行であり、緩く下流側に傾斜して堆積していることから、上流側では本流の水による影響は及ばず、岩盤上面の斜面を堆積基準面として扇状地堆積物が堆積した。

[下流側の侵食・堆積]



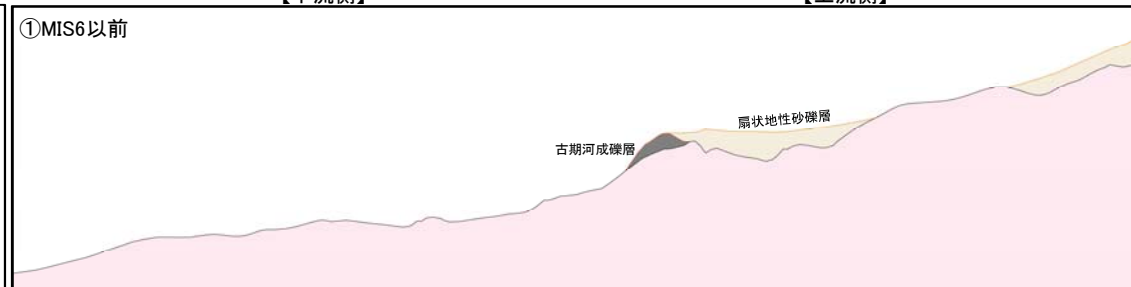
[上流側の侵食・堆積]

MIS6以降では、岩盤上面の斜面を堆積基準面として連続的に堆積

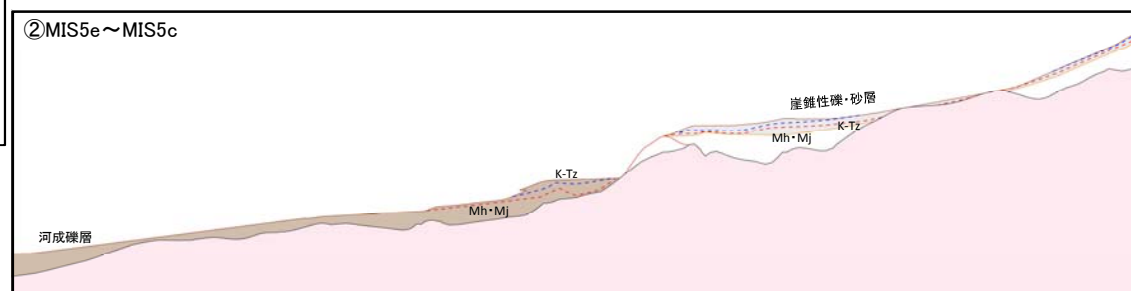
【下流側】

【上流側】

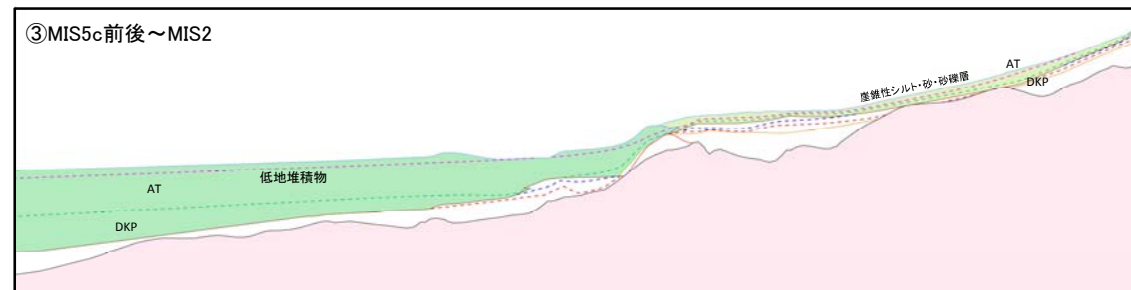
① MIS6以前



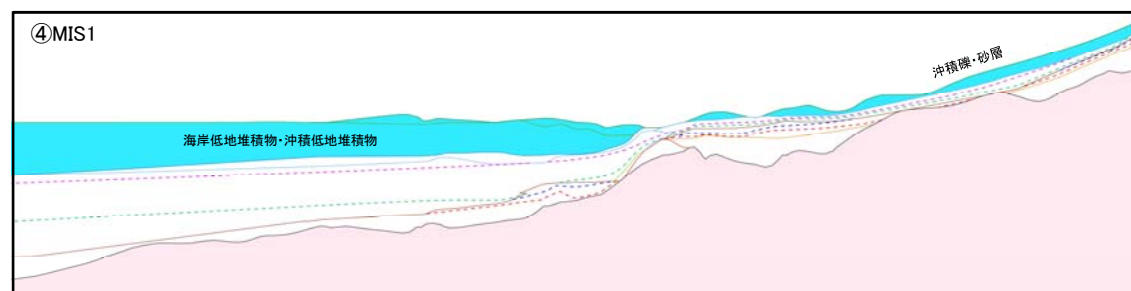
② MIS5e～MIS5c



③ MIS5c前後～MIS2



④ MIS1



堆積過程の模式断面図

余白

コメントNo.8

No.	コメント	回答概要
8	反映すべき最新の知見について再確認すること。 (第536回審査会合, 平成29年12月22日)	審査会合(平成29年12月22日)において指摘のあった文献(今庄及び竹波地域の地質(2013))については, 設置変更許可申請書(平成27年11月5日)に記載されているものであり, その内容等については審査資料に適切に反映した。

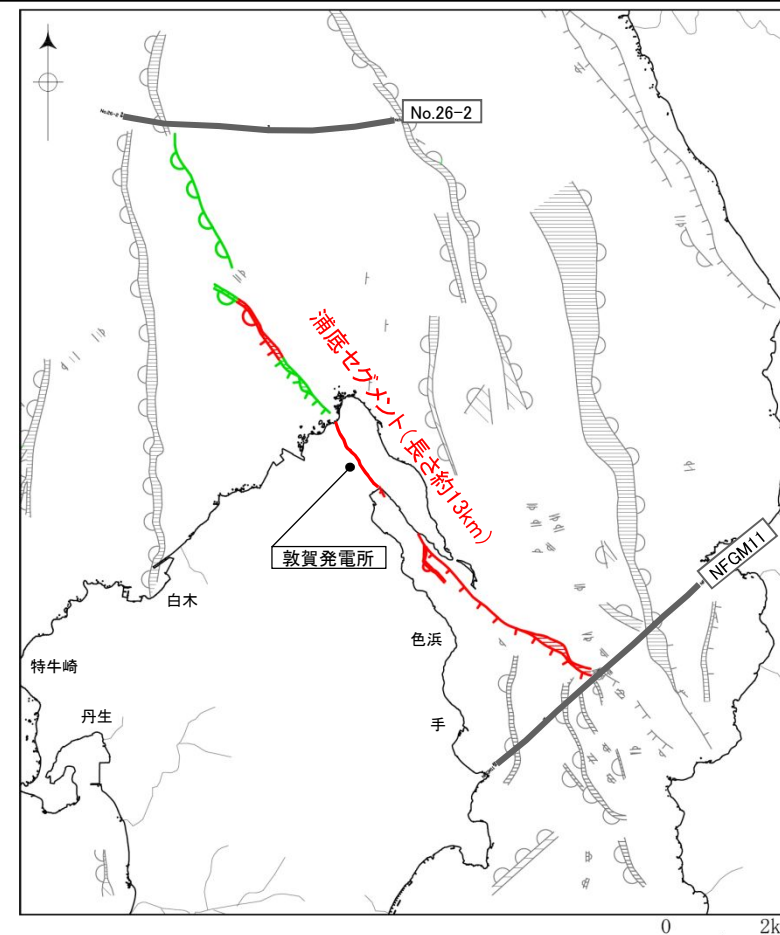
今庄及び竹波地域の地質(2013), 活断層詳細デジタルマップ[新編](2018)

浦底断層の連続性及び活動性を把握するため、文献調査、変動地形学的調査、地球物理学的調査、地質調査等を実施した。

調査内容	結 果
文献調査	「新編 日本の活断層(1991)」, 「近畿の活断層(2000)」及び「活断層詳細デジタルマップ[新編](2018)」によれば、立石小半島の西縁部付近に北東側隆起の活断層又は推定断層が浦底断層等として示されている。 「若狭湾東部(1980a)」によれば、上記断層の南方延長海域に北東側隆起の伏在推定断層が示されている。 「今庄及び竹波地域の地質(2013)」等によれば、浦底断層は鬼界アカホヤテフラ降下以降2回活動が認められ、2回の活動による上下変位は約4mであった可能性が高いとしており、また、断層長さについては約35kmないし32kmの浦底-柳ヶ瀬山断層帯が同時に活動した可能性があるとしている。
変動地形学的調査	- 文献が示す浦底断層に対応する立石小半島の西縁部付近には、山地と低地との境界を通り、直線谷、鞍部、河谷の屈曲及び急崖からなるNW-SE方向のリニアメントが判読される。 - リニアメントの北方延長の水深約30mまでの海底地形には、NW-SE方向に延びる北東側隆起の直線状の高度不連続が認められる。 - リニアメントの北東側の明神崎付近には、完新世に形成された海成段丘面が3面認められる(約6,000年前、約4,500～4,300年前及び約1,700～1,500年前に離水)。

活構造調査を実施

評価項目	結 果
連続性評価	- ボーリング調査等の結果によれば、浦底断層のリニアメントに対応して断層(NW-SE走向、高角度東傾斜、北東側隆起)が認められる。 - また、海上音波探査等の結果によれば、北方及び南方の延長海域にも同性状(NW-SE走向、東傾斜、北東側隆起)の断層が認められる。 - これらの断層は性状の類似性から一連の断層と判断され、北はNo.26-2測線まで、南はNFGM11測線まで確認される(浦底セグメント 長さ約13km*)。 - 浦底セグメントは、2号炉の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下には分布していない。 ※固有地震を繰り返し発生させる最小単位の長さであり、他の活動セグメントとの運動性評価については、「敷地周辺及び近傍の地質・地質構造」において検討する。
活動性評価	- トレンチ調査や離水海岸地形調査の結果によれば、浦底断層は始良Tnテフラ(約2.9万年前～約2.6万年前)降灰以降に活動しており、完新世にも複数回活動している。 - また、海上音波探査等の結果によれば、浦底断層は上部更新統(B層)や完新統(A層)に変位・変形を与えており、B層/C層境界、A層/B層境界の高度差は下位ほど大きくなることから、変位の累積性が認められる。 - 海上音波探査やボーリング調査の結果等によれば、浦底断層はNW-SE走向、高角度東傾斜で、北東側隆起の逆断層センスを伴う左横ずれ断層である。



凡 例		
	断層	配色は、以下のとおり最新活動時期を表す
	撓曲	赤色: 完新世の活動が認められる
	連続性のない断層及び撓曲	緑色: 後期更新世の活動が認められる
	変形の及んでいる範囲	青色: 後期更新世以降の活動が認められない
		* 断層及び撓曲の位置は、上部更新統基底面を基準とした

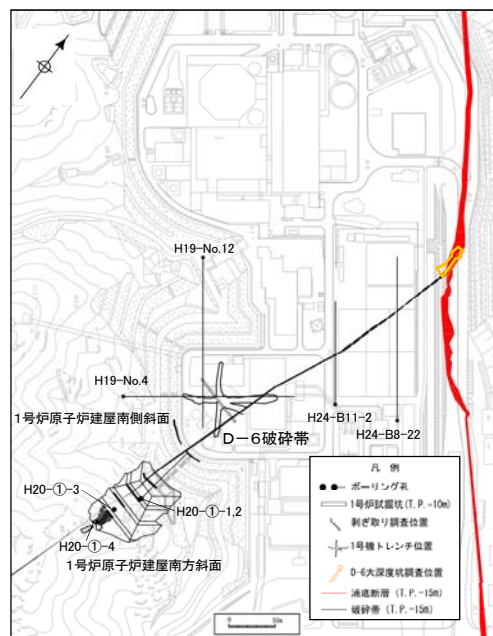
- 浦底断層は重要施設の直下には分布しておらず、後期更新世以降に活動していることから、震源として考慮する活断層として評価する。
- なお、浦底断層は後期更新世以降に繰り返し活動しており、断層の走向・傾斜及び最新活動面の変位センスからみて、現在の広域応力場と調和的な運動をしている。

コメントNo.9

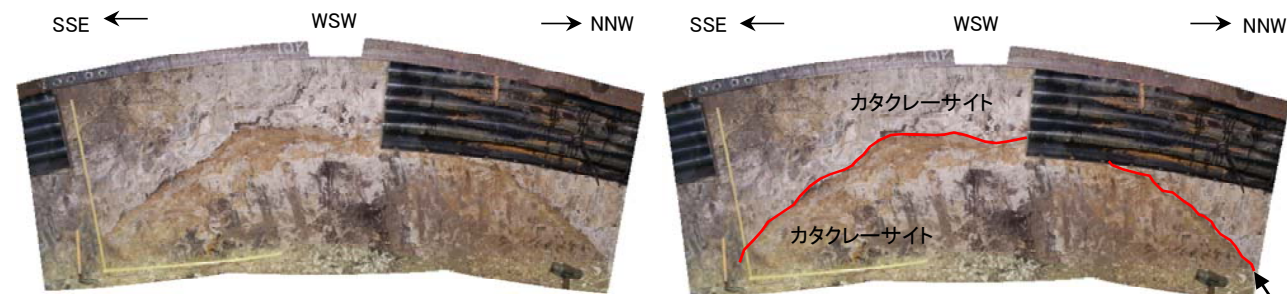
No.	コメント	回答概要
9	D-6破碎帯の大深度坑調査のうち立坑の工事記録において浦底断層に関する地質情報があれば示すこと。 (第536回審査会合, 平成29年12月22日)	D-6破碎帯の大深度調査坑へのアクセスのための立坑の工事段階(ライナープレート設置前)において浦底断層を確認している。

大深度坑調査で確認した浦底断層

- D-6破碎帯の大深度調査坑へのアクセスのための立坑の工事段階(ライナープレート設置前)において浦底断層を確認している。
- 立坑については、浦底断層の上盤側から下盤側に向けて掘削しており、T.P.-20m～T.P.-24m付近で浦底断層を確認している。



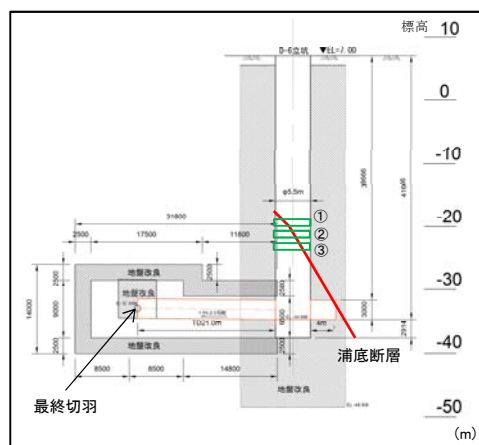
※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布
D-6破碎帯調査位置図



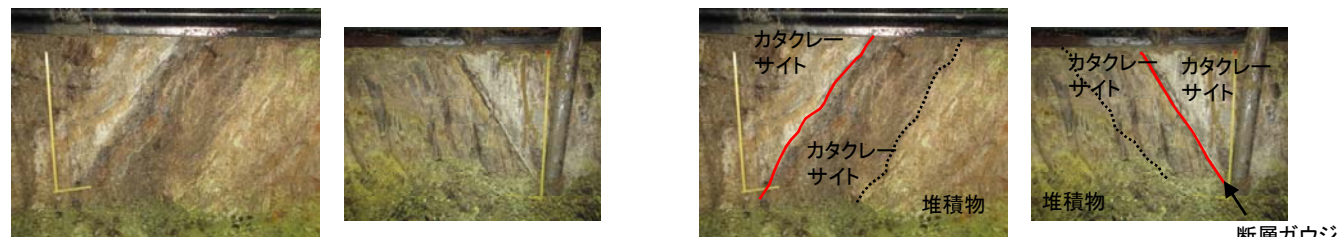
写真①
T.P.-19.7～T.P.-20.7m付近
カタクレーサイト:幅数m
断層ガウジ:幅数cm, 傾斜33° E



写真②
T.P.-21.2～T.P.-22.2m付近
カタクレーサイト:幅数m
断層ガウジ:幅数cm, N31° W50° E



大深度坑調査 断面図



写真③
T.P.-22.7～T.P.-23.7m付近
カタクレーサイト:幅数m
断層ガウジ:幅数cm

参考文献

参考文献

- ・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
- ・岡田篤正・東郷正美編(2000):近畿の活断層, 東京大学出版会
- ・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
- ・海上保安庁水路部(1980a):沿岸の海の基本図(5万分の1)「若狭湾東部」及び同報告
- ・吉川周作(1976):大阪層群の火山灰層について,地質学雑誌,Vol.82,No.8,p.497-515
- ・古澤明・安江健一・中村千怜・梅田浩司(2013):根ノ上高原に分布する土岐砂礫層のテフラ層序―石英中のガラス包有物の主成分化学組成を用いた広域テフラの対比―,応用地質,Vol.54,No.1,pp.25-38
- ・国土地理院(1963):1/20000空中写真今庄, 国土地理院
- ・土木学会原子力土木委員会編(1999):原子力発電所の立地多様化技術(追補版)
- ・井上大栄・宮腰勝義・上田圭一・宮脇明子・松浦一樹(2002):2000 年鳥取県西部地震震源域の活断層調査, 地震, 第 2 輯, vol. 54, pp. 557-573.
- ・防災科学技術研究所J-SHIS Map Web
- ・狩野謙一・村田明広(1998):構造地質学, 朝倉書店
- ・Passchier, Cees W, Trouw, Rudolph A. J., (1999):マイクロテクトニクス:微細構造地質学, シュプリンガー・フェアラーク東京
- ・伊藤谷生(1990):断層運動に伴う浅所―地表面の変形過程, 構造地質, 35, p.92-93.
- ・村松郁栄, 松田時彦, 岡田篤正(2002):濃尾地震と根尾谷断層帯-内陸最大地震と断層の諸性質-, 古今書院, p.340
- ・佐藤比呂志, 岡田篤正, 松田時彦, 隈本崇(1993):1991年濃尾活断層系・根尾谷断層(水島地区)トレンチ調査, 活断層研究, 11, p.86-91
- ・竹村恵二, 岡田篤正, 堤浩之, 加藤茂弘, 小林文夫, 川畑大作, 金田平太郎, 後藤秀昭, 熊原康博, 横田勝一郎, 大井信夫(1998):野島断層保存館(兵庫県津名郡北淡町)の地震断層トレンチ調査, 人と自然, No.9, p.57-72
- ・杉山雄一, 宮下由香里, 伏島祐一郎, 小林健太, 家村克敏, 宮脇明子, 新谷加代(2004):鳥取県西部, 日南湖リニアメント上でのトレンチ調査, 活断層・古地震研究報告, 4, 193-207, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
- ・Yasuno, T.(1991): Discovery of Molluscan Fossils and a Tephra Layer from the Late Pleistocene Kiyama Formation in West of Fukui Prefecture, Central Japan, Bull. Fukui Mus. Nat. Hist., No.38, p.9-14.
- ・石村大輔・加藤茂弘・岡田篤正・竹村恵二(2010):三方湖東岸のボーリングコアに記録された三方断層帯の活動に伴う後期更新世の沈降イベント, 地学雑誌, Vol. 119, No.5, p.775-793
- ・Satoguchi Yasufumi, Nagahashi Yoshitaka, Furusawa Akira, Yoshikawa Shusaku, Inouchi Yoshio(2008): The Middle Pleistocene to Holocene tephrostratigraphy of the Takashima-oki core from Lake Biwa, central Japan, Journal of Geosciences, Osaka City University, Vol.51, p.47-58
- ・吉川周作, 井内美郎(1991):琵琶湖高島沖ボーリングコアの火山灰層序, 地球科学, 45(2), p81-100
- ・長橋良隆, 吉川周作, 宮川ひろ, 内山高, 井内美郎(2004):近畿地方および八ヶ岳山麓における過去の43 万年間の広域テフラの層序と編年―EDS 分析による火山ガラス片の主要成分化学組成―, 第四紀研究, 43(1), p.15-35
- ・D.G.Martinson, N.G.Pisias, J.D.Hays, J.Imbrie, T.C.Moore, N.J.Shackleton(1987):Age Dating and the Orbital Theory of the Ice Ages: Development of a High-Resolution 0 to 300,000-Year Chronostratigraphy, Quaternary Research 27, 1-29
- ・田力正好・高田圭太・古澤明・須貝俊彦(2011):利根川支流, 鎚川流域における飯縄火山起源の中期更新世テフラ, 第四紀研究, 第50巻, 第1号, p.21-34
- ・竹下欣宏(2004):中部日本, 中期更新世古期御岳火山の火山活動史―テフラ層序学と記載岩石学に基づいて―, 地質学雑誌, 第110巻, 第3号, 158-174ページ
- ・竹下欣宏, 三宅康幸, 酒井潤一(2007):中部日本, 古期御岳火山起源の中期更新世テフラと松本盆地南縁部のテフラとの対比, 第四紀研究, 第46巻, 第2号, p.131-146
- ・山崎晴雄(1978):立川断層とその第四紀後期の運動, 第四紀研究, 16(4), p.231-246.
- ・土壌調査法編集委員会編(1978):野外研究と土壌図作成のための土壌調査法,p.522頁, 博友社.
- ・小池一之・町田洋(2002):日本の海成段丘アトラス, p.122, 東京大学出版会.
- ・中江訓, 小松原琢, 高橋裕平, 吉川敏之(2013):今庄及び竹波地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, p.110