

補足説明資料

評価方針を説明する上で必要となる根拠に関する資料を「補足説明資料」として以降の頁に取り纏めた。

【シームS-11の活動性評価に適用できる変位基準】

- (1) 変位基準(上載地層)に関する補足説明..... 37
- (2) 変位基準(断層)に関する補足説明..... 40
- (3) 変位基準(鉱物脈)に関する補足説明..... 43

【変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所を選定】

- (4) 変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所に関する補足説明..... 47

【変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所での性状の把握】

- (5) 選定した箇所における調査・分析結果..... 61
- (6) 条線の形成時期に関する補足説明..... 75

(1) 変位基準(上載地層)に関する補足説明(1/3)

変位基準(上載地層)に関する補足説明

〔本編資料「3.1」に関する補足説明〕

〔目的〕 シームS-11の活動性評価に適用できる変位基準(上載地層)であるM₁面段丘堆積物の年代に関する根拠を提示。

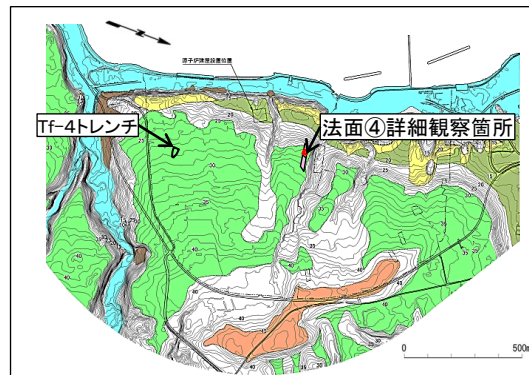
〔内容〕 M₁面段丘堆積物が後期更新世(MIS5e)に堆積した海成堆積物であると判断されることを示す。

(1) 変位基準(上載地層)に関する補足説明(2/3)

M₁面段丘堆積物の年代に関する根拠

シームS-11の活動性評価に適用できる変位基準(上載地層)であるM₁面段丘堆積物の年代に関する根拠を示す。

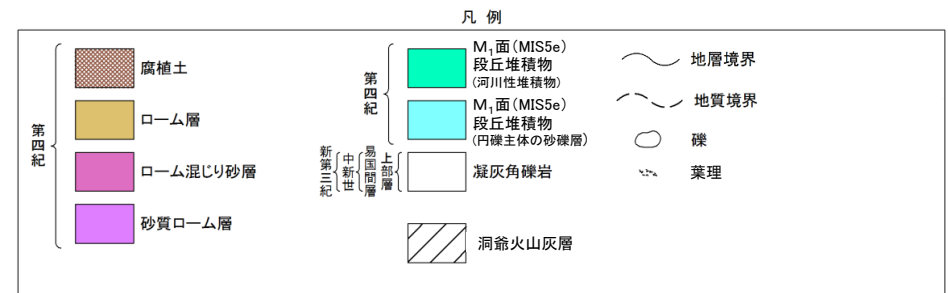
- M₁面段丘堆積物は敷地に広く分布する海成堆積物である。
- M₁面段丘堆積物を覆うローム層の下部に洞爺火山灰降下層準(11.2~11.5万年前)を確認した(P.39参照)。よって、M₁面段丘堆積物は後期更新世(MIS5e)に堆積した海成堆積物であると判断される。



図(1.1) 位置図

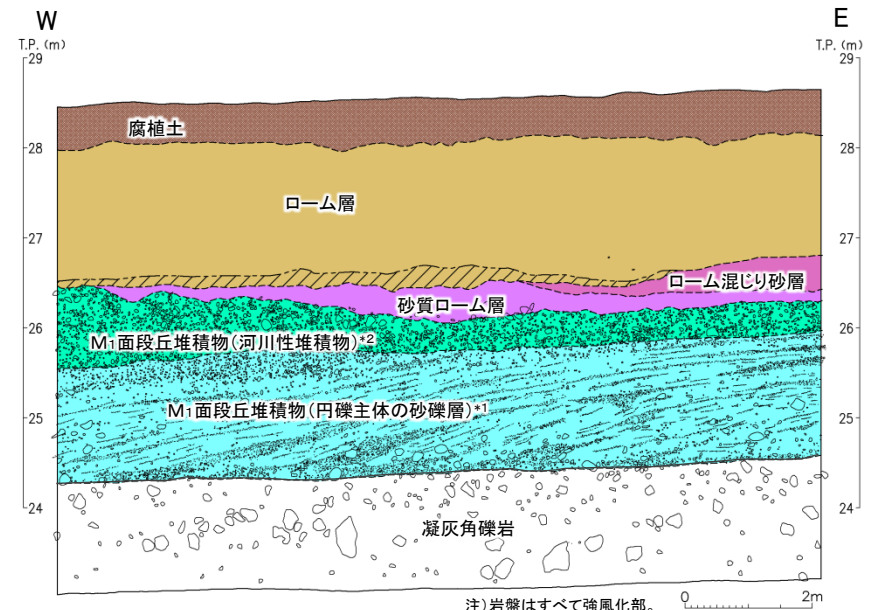


図(1.2) 法面④詳細画像



*1: M₁面段丘堆積物は円礫を主体とする砂礫から成り、海側(西側)に傾斜する葉理が認められる。

*2: 河川性堆積物は角礫を多く含む淘汰の悪い泥質の砂礫から成る。

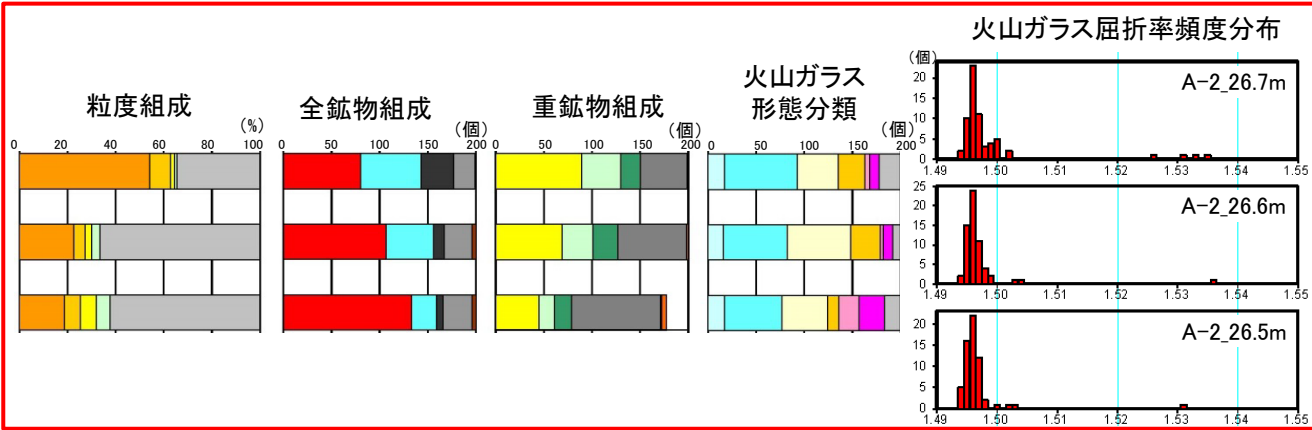


図(1.3) 法面④詳細スケッチ

(1) 変位基準(上載地層)に関する補足説明(3/3)

法面④における測線A-2テフラ分析結果

ローム層下部(T.P.26.5m~26.7m)は火山ガラスの含有量が多く、バブル・ウォール型の形態及び屈折率等の特徴(町田・新井(2011)¹⁾)から洞爺火山灰降下層準と判断される。



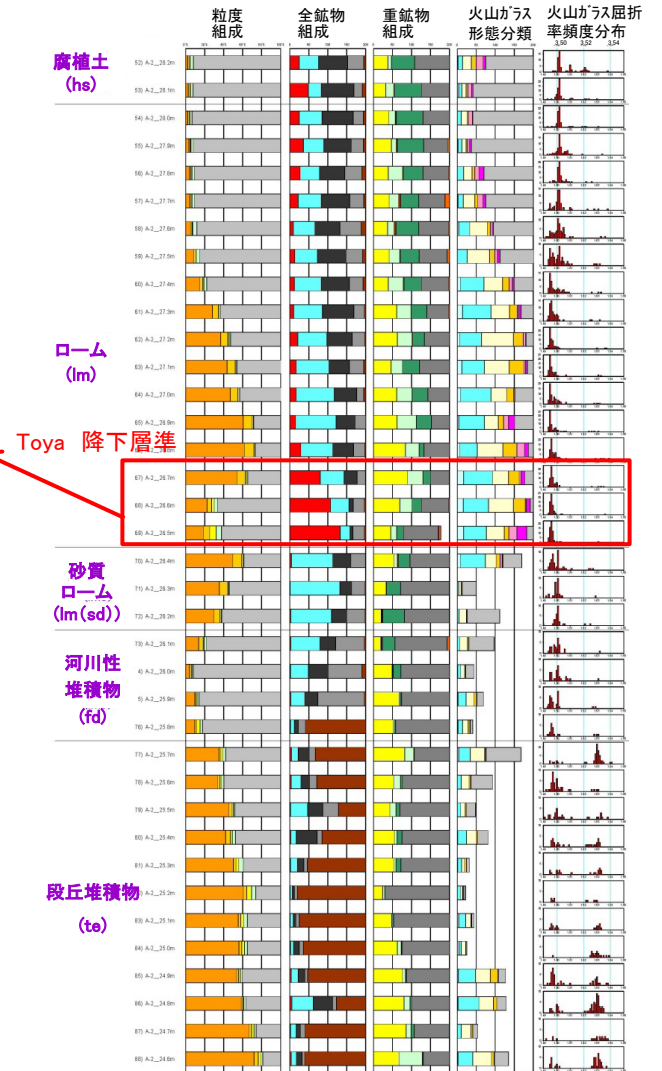
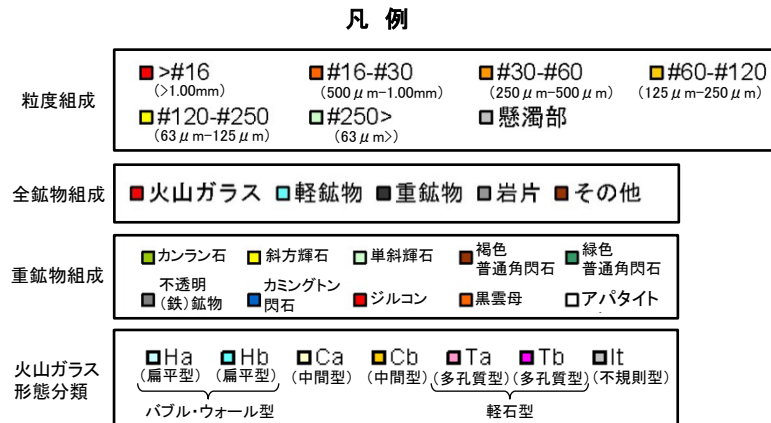
注) 測線A-2の位置図についてはP.38参照。

図(1.4) テフラ分析結果(Toya降下層準)

表(1.1) 文献による洞爺火山灰の特徴*

主な鉱物		斜方輝石, 単斜輝石, 普通角閃石, 石英
火山ガラス	タイプ	軽石型, バブル・ウォール型
	屈折率	1.494-1.498

* : 町田・新井(2011)¹⁾を基に作成。



図(1.5) テフラ分析結果(全データ)

(余白)

(2) 変位基準(断層)に関する補足説明(1/3)

変位基準(断層)に関する補足説明

〔本編資料「3.1」に関する補足説明〕

〔目的〕 シームS-11の活動性評価に適用できる変位基準(断層)であるcf-3断層の最新活動時期に関する根拠を提示。

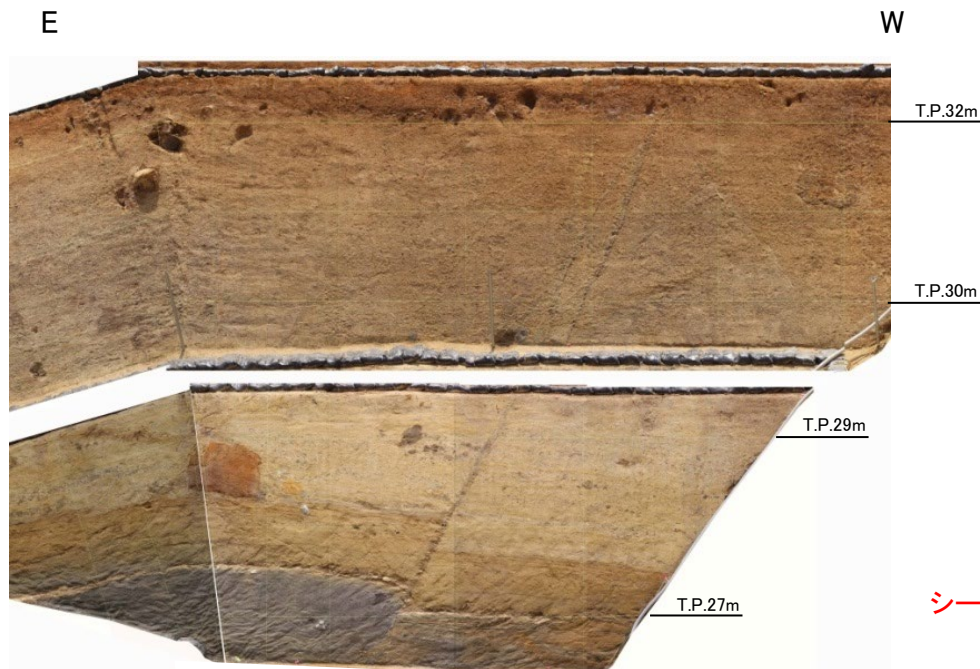
〔内容〕 cf-3断層は、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしておらず、後期更新世以降の活動はないと判断されることを示す。

(2) 変位基準(断層)に関する補足説明(2/3)

cf-3断層の最新活動時期に関する根拠(1/2)

シームS-11の活動性評価に適用できる変位基準(断層)であるcf-3断層の最新活動時期に関する根拠を示す。

- cf-3断層は、Tf-5(a)トレンチにおいて、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしていない。よって、cf-3断層は後期更新世以降の活動はないと判断される。



図(2.1) 南側法面写真



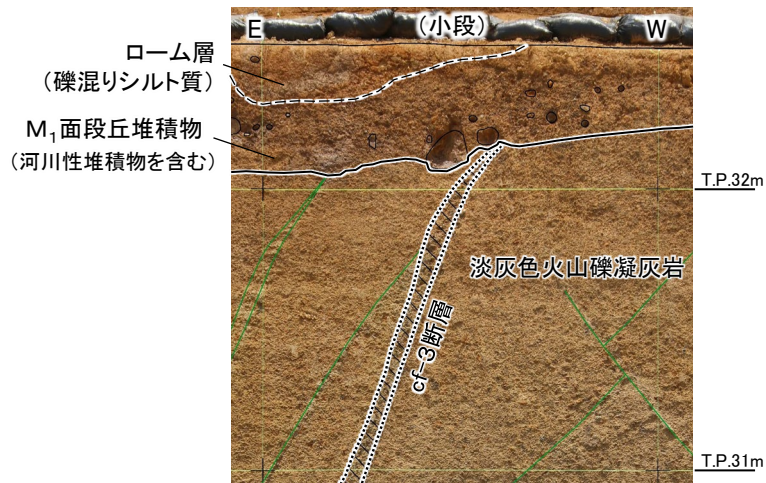
図(2.2) 南側法面スケッチ

凡 例					
	ローム層(礫混りシルト質)		cf-3断層		シームS-11
	M ₁ 面段丘堆積物 (河川性堆積物を含む)		地層境界		礫(φ5cm以上)
	淡灰色火山礫凝灰岩		地質境界		葉理
	細粒凝灰岩		筋状構造		風化部下限
	粗粒凝灰岩/細粒凝灰岩 互層		割れ目		

(2) 変位基準(断層)に関する補足説明(3/3)

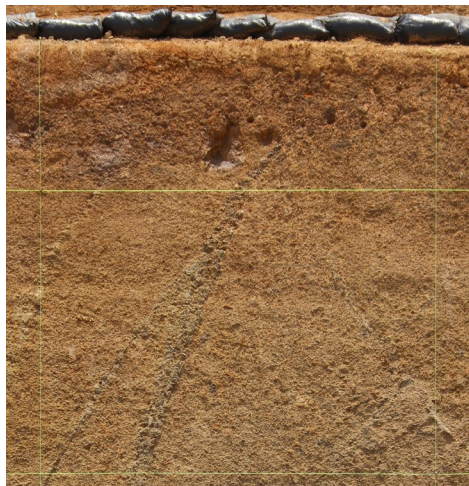
cf-3断層の最新活動時期に関する根拠(2/2)

cf-3断層は、Tf-5(a)トレンチにおいて、上載地層であるM₁面段丘堆積物に変位を及ぼしていない。

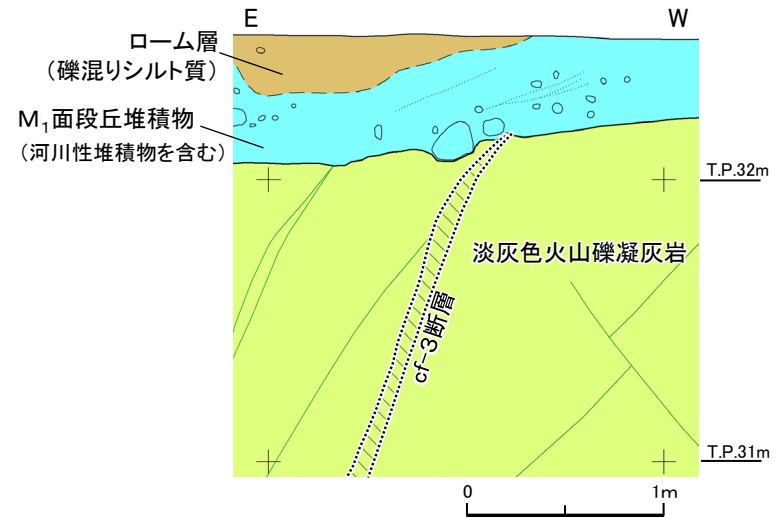


図(2.3) 南側法面詳細写真(解釈線有り)

注)法面上部の穴は
礫が抜けた跡












図(2.4) 南側法面詳細写真(解釈線なし)



図(2.5) 南側法面詳細スケッチ

凡 例

	ローム層(礫混りシルト質)		cf-3断層		礫(φ5cm以上)
	M ₁ 面段丘堆積物 (河川性堆積物を含む)		地層境界		葉理
	淡灰色火山礫凝灰岩		地質境界		筋状構造

(3) 変位基準(鉍物脈)に関する補足説明(1/4)

変位基準(鉍物脈)に関する補足説明

[本編資料「3.1」に関する補足説明]

〔目的〕 変位基準(鉍物脈)であるスメクタイトの生成時期に関する根拠を提示。

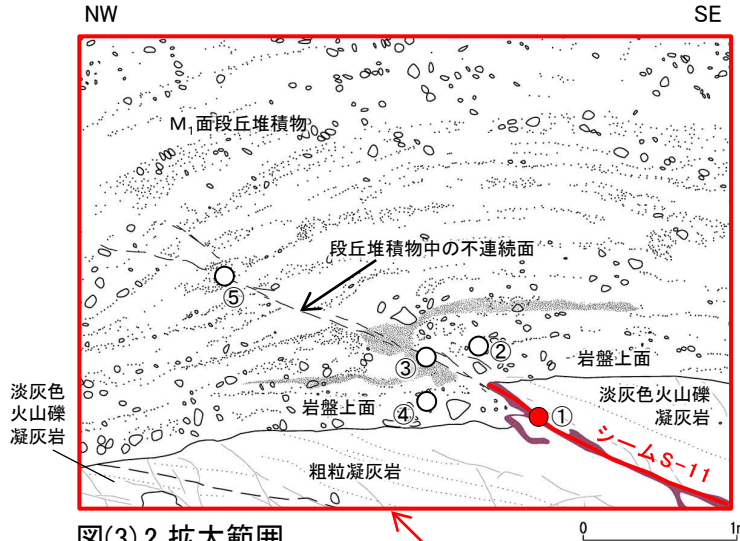
〔内容〕 シームS-11のスメクタイトの生成時期は後期更新世よりも古いと考えられることを示す。

(3) 変位基準(鉱物脈)に関する補足説明(2/4)

スメクタイトの生成時期に関する根拠(1/2):スメクタイトの熱水変質時期の検討

Ts-6法面から採取した試料を用いたX線分析により、熱水変質鉱物であるスメクタイトの分布に基づきスメクタイトの生成時期を検討する。

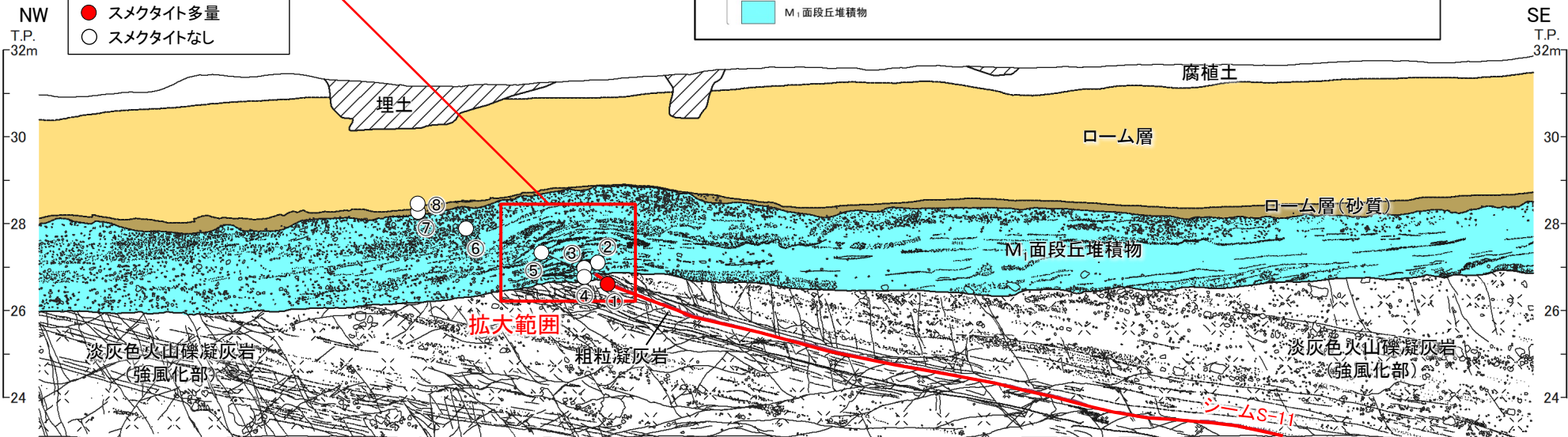
- ・ シームS-11にはスメクタイトが多く認められる。
 - ・ シームS-11の延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層には、スメクタイトは認められない。
- 以上のことから、シームS-11のスメクタイトを生成した熱水変質作用は、M₁面段丘堆積物(12~13万年前に堆積)中には及んでいない。よって、スメクタイトの生成時期は後期更新世よりも古いと考えられる。



図(3).2 拡大範囲

粉末X線回折分析結果凡例

- スメクタイト多量
- スメクタイトなし



注) 本図の分析試料位置は、第1043回審査会合資料の法面スケッチに示したものを。

図(3).1 シームS-11及びその延長上でのスメクタイトの分布(Ts-6法面スケッチ)

0 5m

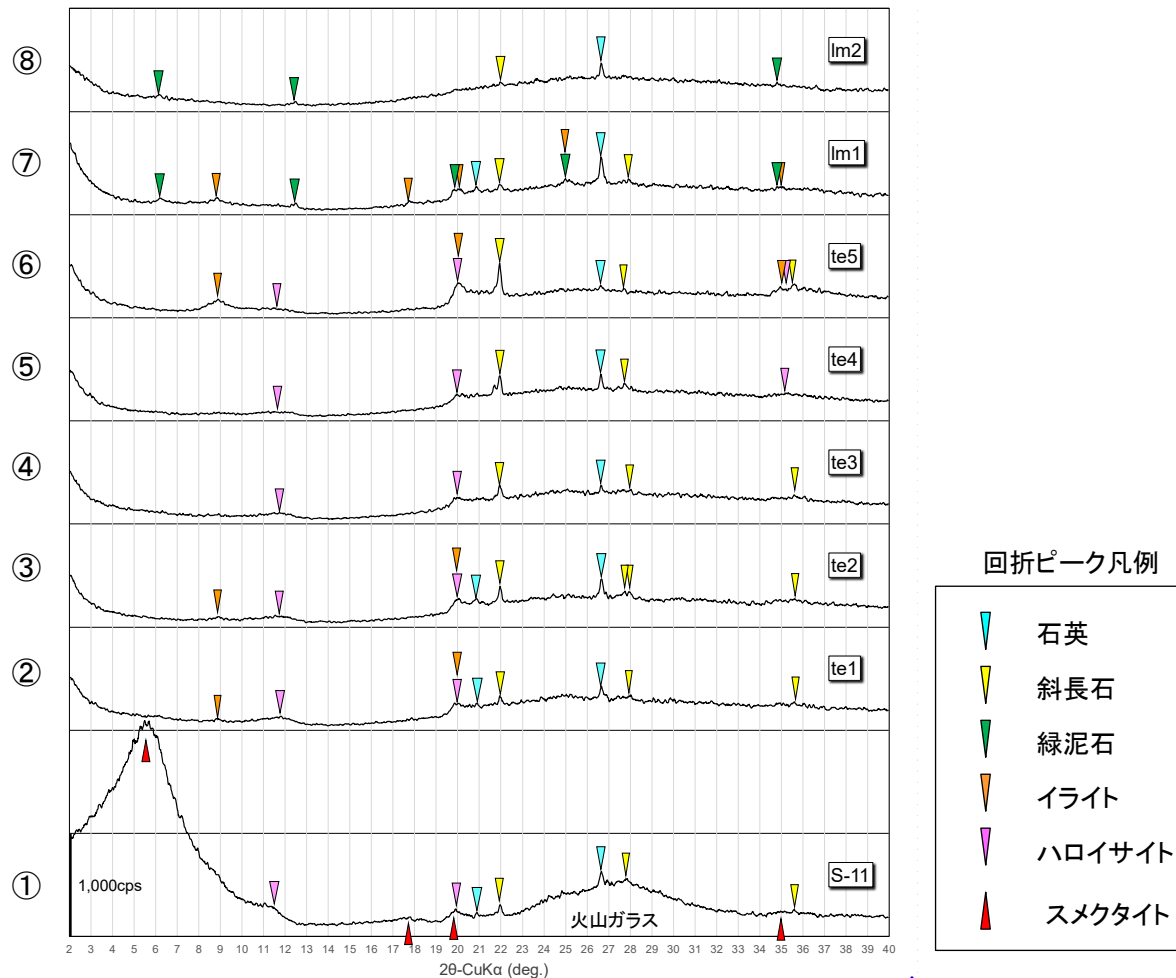
(3) 変位基準(鉱物脈)に関する補足説明(3/4)

スメクタイトの生成時期に関する根拠(2/2): 粉末X線回折分析の結果

P.44のシームS-11, その延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層のスメクタイトの分布を確認するため, 粉末X線回折分析の結果を示す。

- ・ シームS-11(分析結果のグラフ①)には多量のスメクタイトの存在を示す回折ピークが認められる。
- ・ シームS-11の延長上のM₁面段丘堆積物(分析結果のグラフ②~⑥)及びローム層(分析結果のグラフ⑦⑧)には, スメクタイトの有意な回折ピークは認められない。

以上より, シームS-11のスメクタイトを生成した熱水変質は, その延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層まで及んでいないと考えられる。



図(3.3) シームS-11, その延長上のM₁面段丘堆積物及びローム層の粉末X線回折分析結果

表(3.1) 粉末X線回折分析仕様

【試料作製条件】

- ・ 水簸試料の定方位試料
- ・ ガラス板塗布後, 室内風乾状態

【X線回折条件】

装置名	PANalytical X'Pert Pro
X線	CuKα (λ=1.54178Å)
電圧, 電流	40kV, 50mA
検出器	比例計数管 (Xe)
ステップサイズ	0.02°
走査速度	2° /min
スリット条件	DS: 15mm(auto) AS(SS): 15mm(auto) RS: 0.2mm

【計測値の処理】

0.1° 区間のcps移動平均値により
プロフィールをスムージング処理

(3) 変位基準(鉱物脈)に関する補足説明(4/4)

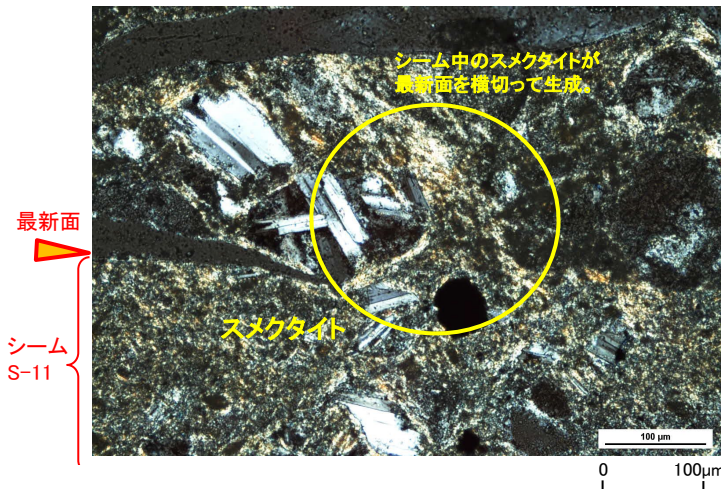
[参考]スメクタイトを用いた鉱物脈法

薄片観察により、後期更新世より古い時代に生成したと考えられるスメクタイトに、シームS-11の最新面を横切る形状が認められる。観察結果を以下に示す。

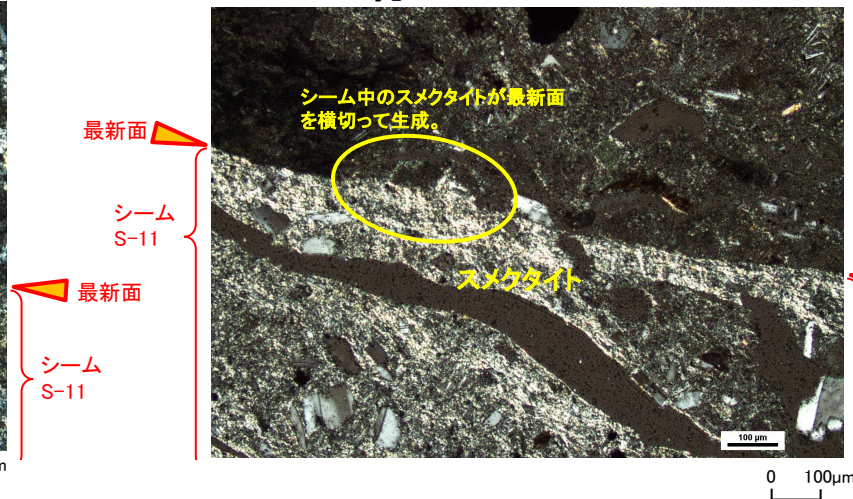
【薄片観察結果】

- Ts-7-12孔及びTs-7-16R孔ともに、シームに含まれるスメクタイトはシームS-11の最新面を横切って生成し、変位・変形を受けていない。スメクタイトはシーム全体を横切る脈ではないものの、スメクタイトが最新面を横切って生成した後に、最新面が再び動いた形跡は認められない。

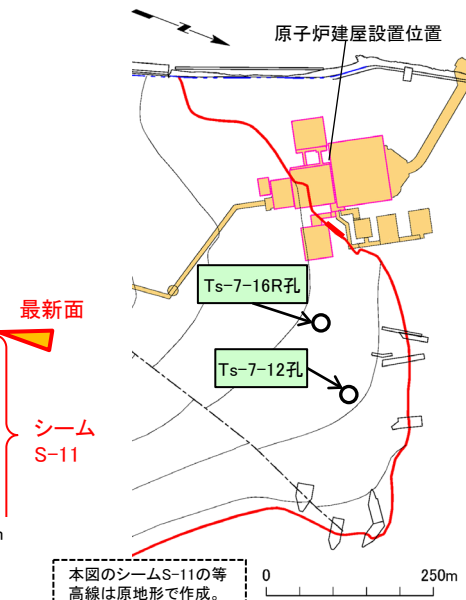
Ts-7-12孔



Ts-7-16R孔



図(3).5 スメクタイトがシームS-11の最新面を横切る形状の薄片観察結果



図(3).4 試料採取位置図

変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所に関する補足説明

〔本編資料「5.(ii)」に関する補足説明〕

〔目的〕 変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所において、シームS-11と変位基準との関係の根拠となる基礎データを提示。

〔内容〕 下記の6箇所について、シームS-11と変位基準(M₁面段丘堆積物又はcf-3断層)との関係を示す。

- ①Ts-6付近
- ②Ts-7付近
- ③Tf-5(a)付近
- ④Tf-5(b)付近
- ⑤Tf-4付近
- ⑥cf-301, 302付近

変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所の位置

変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所は、下図に示す計6箇所である。

表(4).1 活動なしと認定できる箇所の選定

	風化部	新鮮部
粘土質の薄層有り	③ Tf-5(a)付近	⑤ Tf-4付近
粘土質の薄層なし	④ Tf-5(b)付近	⑥ cf-301, 302付近

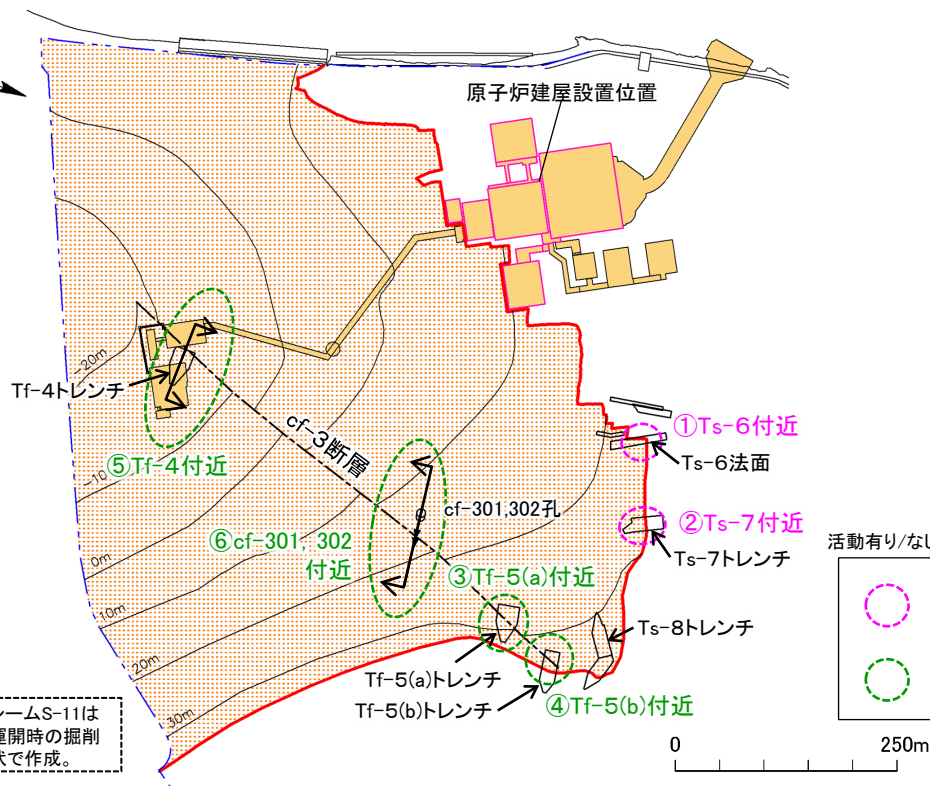
凡例

- ボーリング孔 (矢印は斜めボーリング)
- _{20m} シームS-11の等高線
- シームS-11が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
- - - コンターがcf-3断層によって不連続となる位置
- 敷地境界
- シームS-11が分布する範囲
- 耐震重要施設*1
- 常設重大事故等対処施設*2
- 断面位置

*1: 設置許可基準規則第三条の対象となる耐震重要施設(間接支持構造物を含む)。
 *2: 設置許可基準規則第三十八条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)。

活動有り/なしを認定できる箇所の選定の凡例

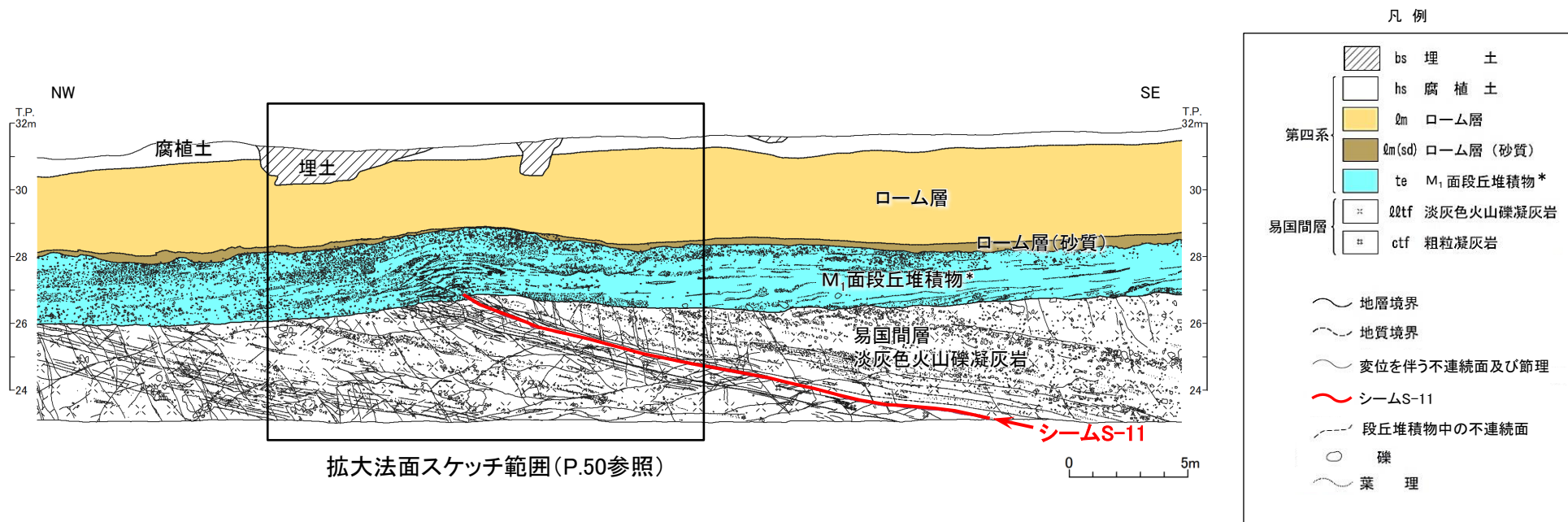
- 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所
- 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所



図(4).1 位置図

変位基準により後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(1/4): ①Ts-6付近(1/2)

①Ts-6付近の検討に用いたTs-6法面の法面スケッチを示す。



図(4).2 M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所(Ts-6法面)

*: M₁面段丘堆積物のうち、上面付近の層厚最大約1mの礫の多い部分は河川性堆積物から成る。なお、この河川性堆積物の分布は法面の南東端付近では不明瞭。

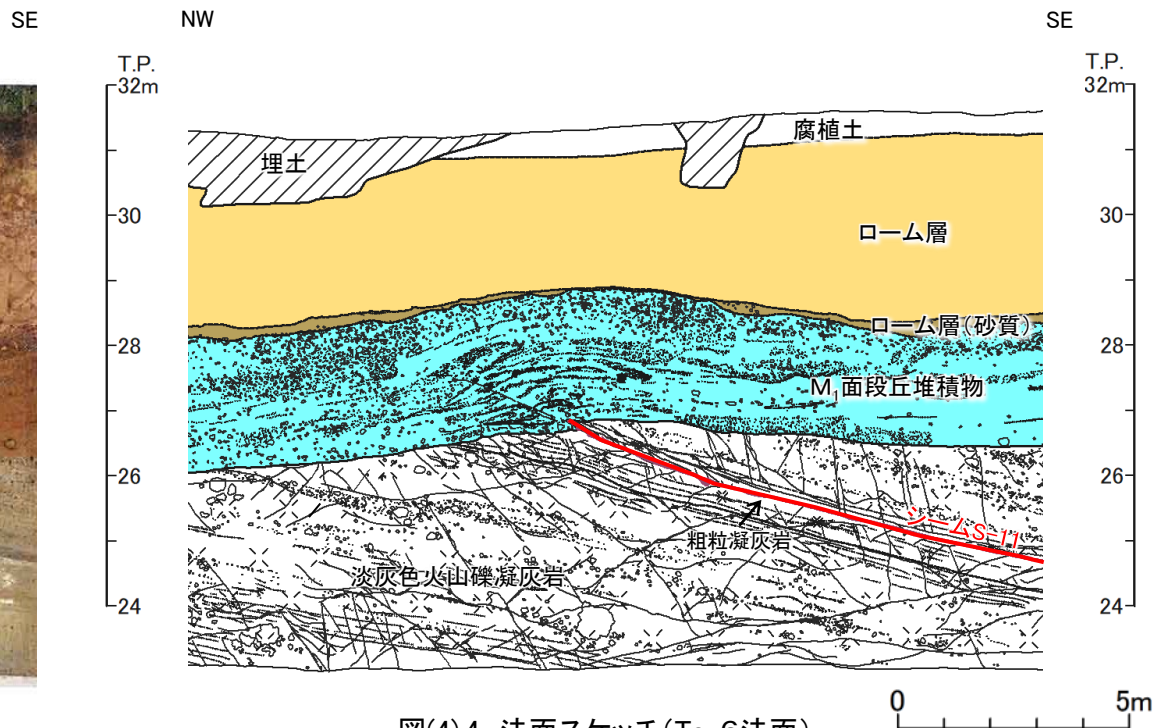
注) 岩盤はすべて強風化部。

変位基準により後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(2/4): ①Ts-6付近(2/2)

①Ts-6付近の検討に用いたTs-6法面の拡大法面スケッチ及び写真を示す。



図(4.3) 法面写真(Ts-6法面)



図(4.4) 法面スケッチ(Ts-6法面)

* : M₁面段丘堆積物のうち、上面付近の層厚最大約1mの礫の多い部分は河川性堆積物から成る。なお、この河川性堆積物の分布は法面の南東端付近では不明瞭。

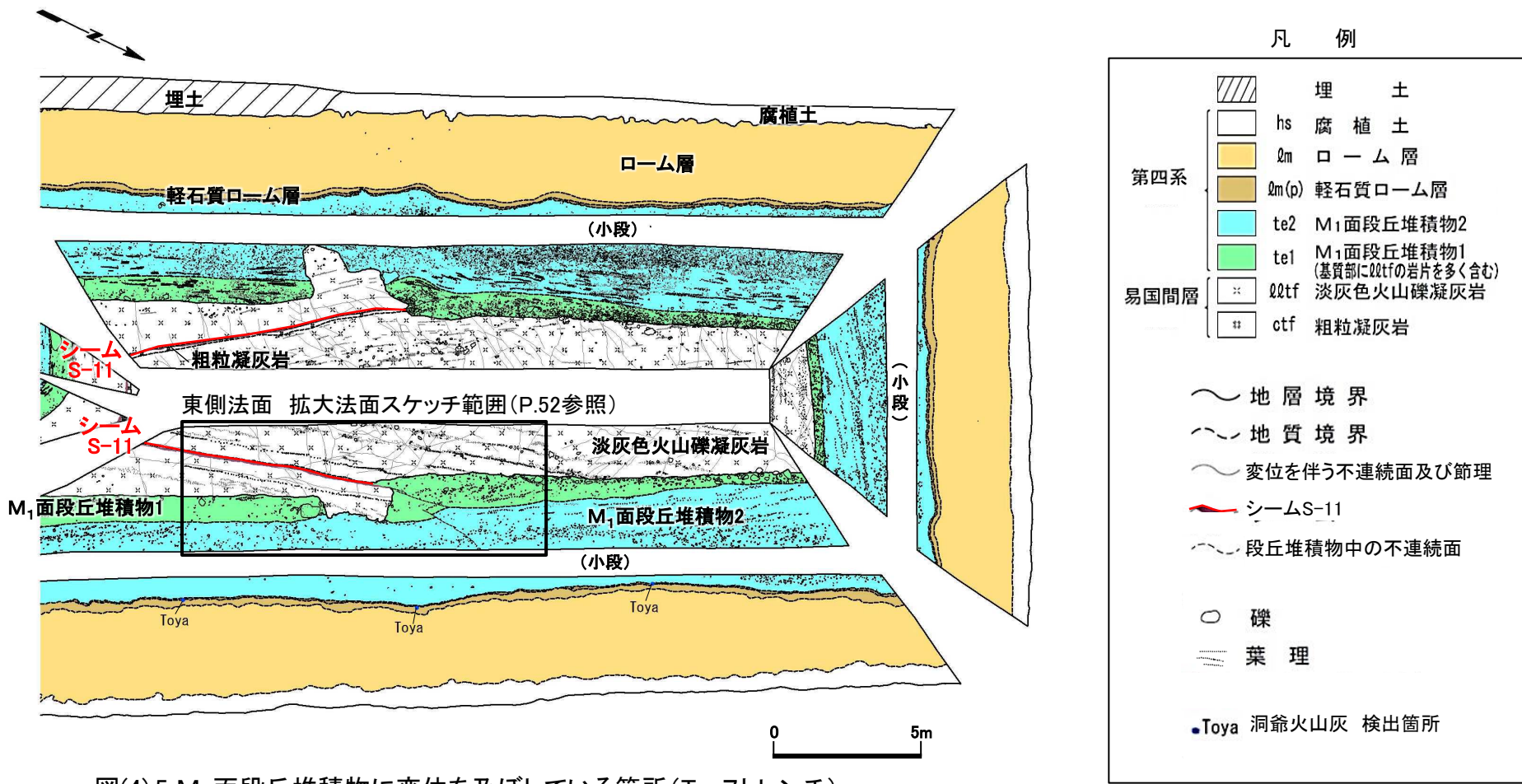
注) 岩盤はすべて強風化部。

凡例

	bs 埋 土		地層境界
	hs 腐 植 土		地質境界
	lm ローム層		変位を伴う不連続面及び節理
	lm(sd) ローム層(砂質)		シームS-11
	te M ₁ 面段丘堆積物*		段丘堆積物中の不連続面
	2ltf 淡灰色火山礫凝灰岩		礫
	ctf 粗粒凝灰岩		葉 理

変位基準により後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(3/4): ②Ts-7付近(1/2)

②Ts-7付近の検討に用いたTs-7トレンチの法面スケッチを示す。

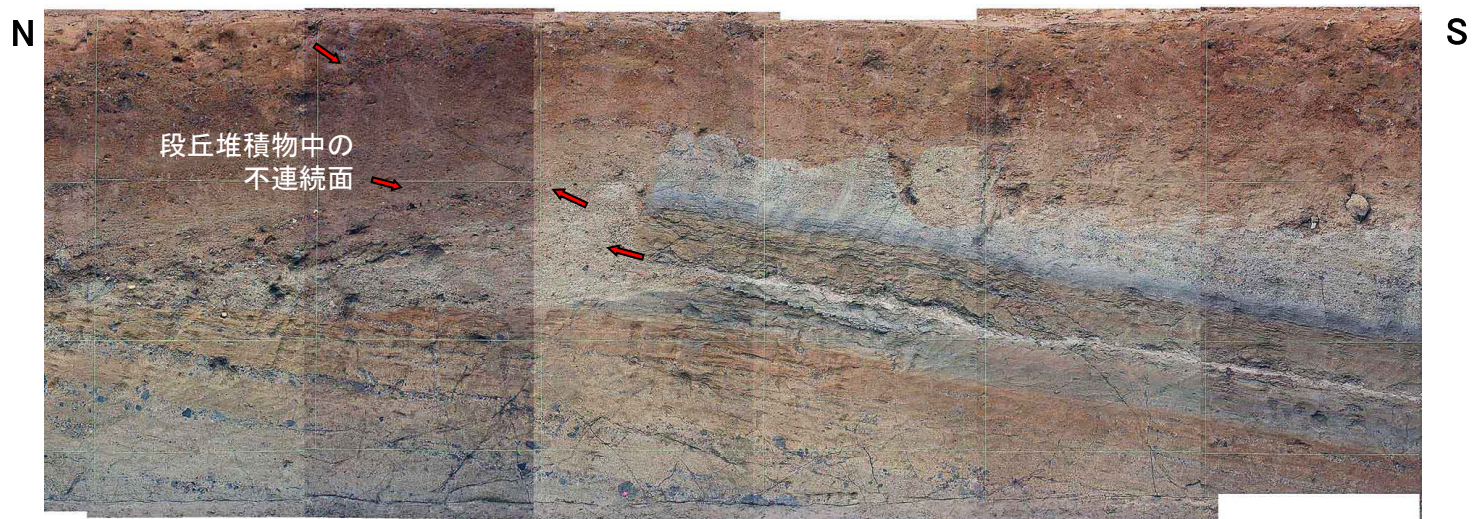


図(4.5) M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所(Ts-7トレンチ)

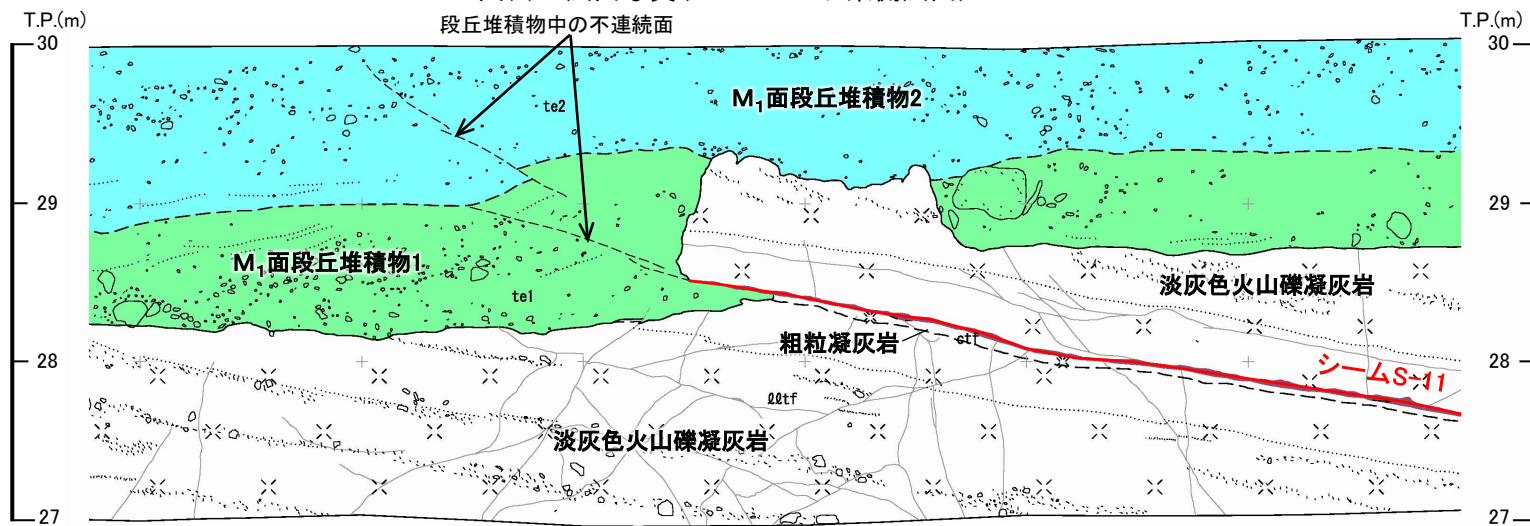
注) 岩盤はすべて強風化部。

変位基準により後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(4/4): ②Ts-7付近(2/2)

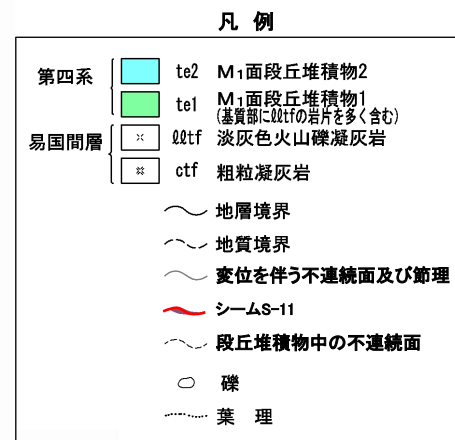
②Ts-7付近の検討に用いたTs-7トレンチの拡大法面スケッチ及び写真を示す。



図(4.6) 法面写真(Ts-7トレンチ東側法面)



図(4.7) 法面スケッチ(Ts-7トレンチ東側法面)

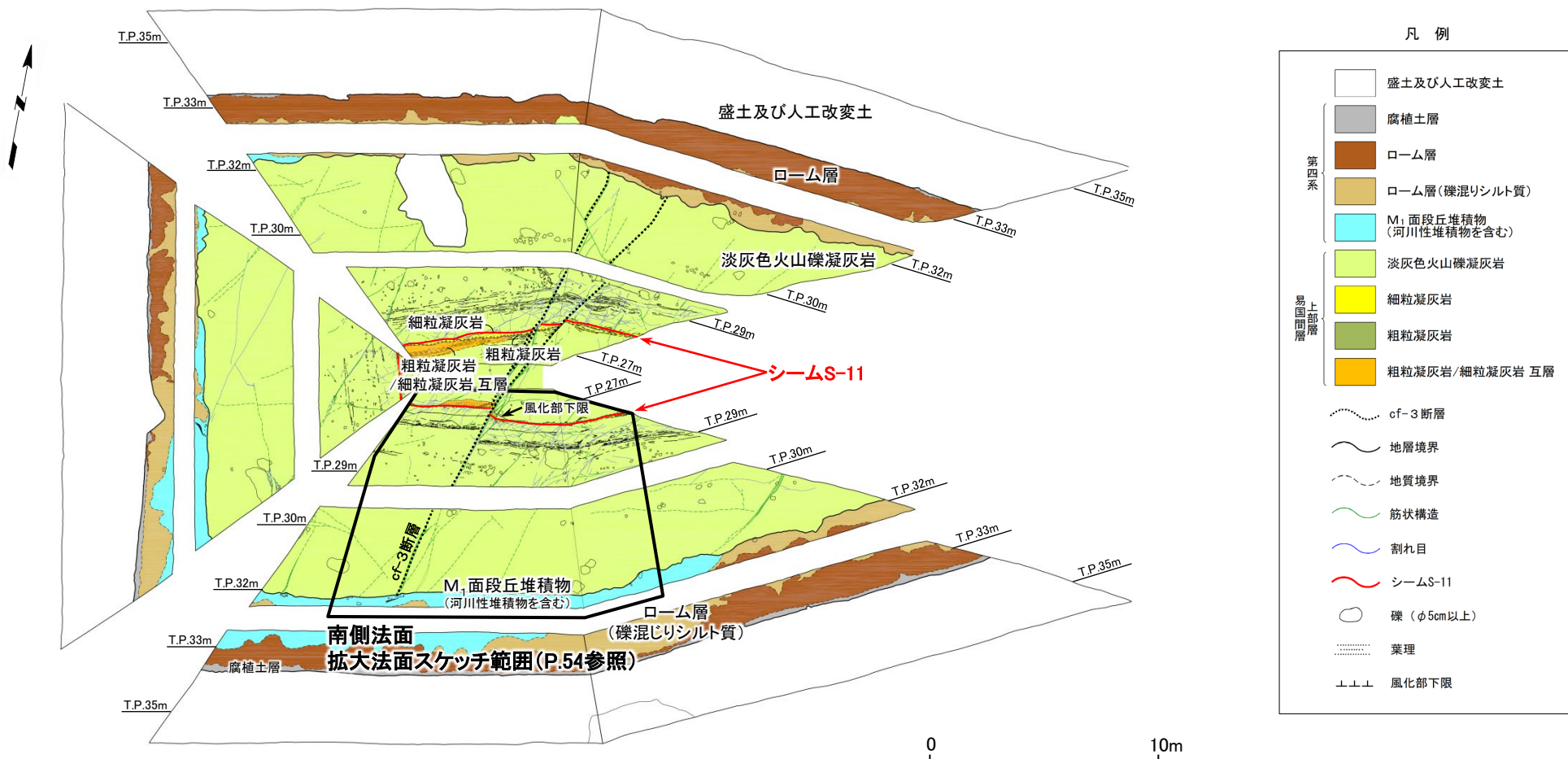


注) 岩盤はすべて強風化部。



変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(1/6): ③Tf-5(a)付近(1/2)

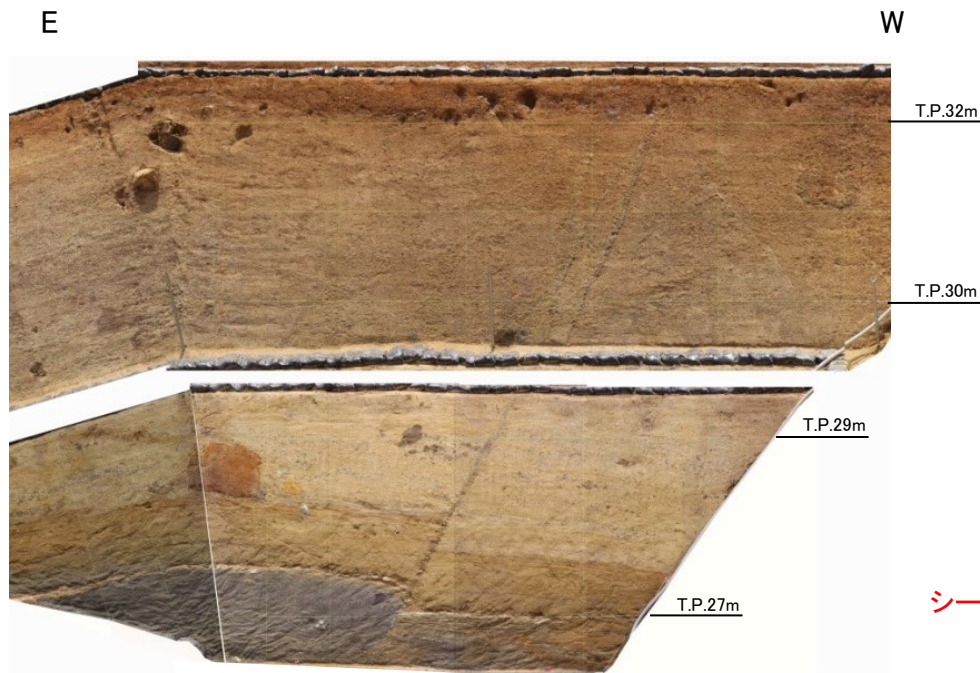
③Tf-5(a)付近の検討に用いたTf-5(a)トレンチの法面スケッチを示す。



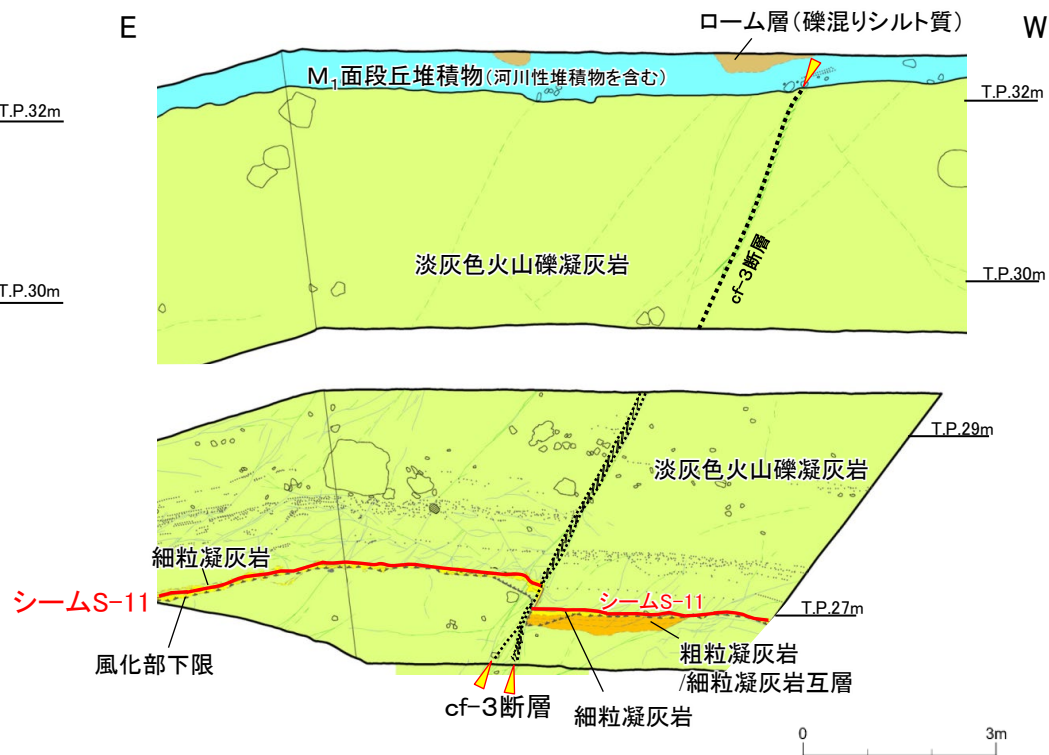
図(4.8) 後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている箇所(Tf-5(a)トレンチ)

変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(2/6): ③Tf-5(a)付近(2/2)

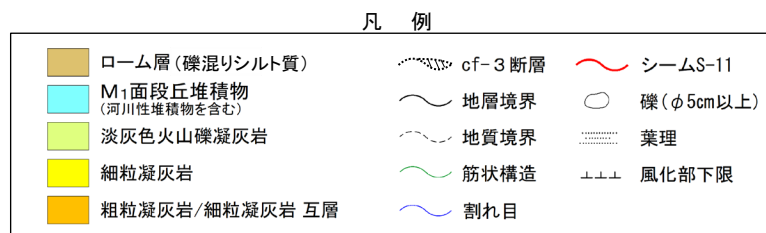
③Tf-5(a)付近の検討に用いたTf-5(a)トレンチの拡大法面スケッチ及び写真を示す。



図(4.9) 法面写真(Tf-5(a)トレンチ南側法面)

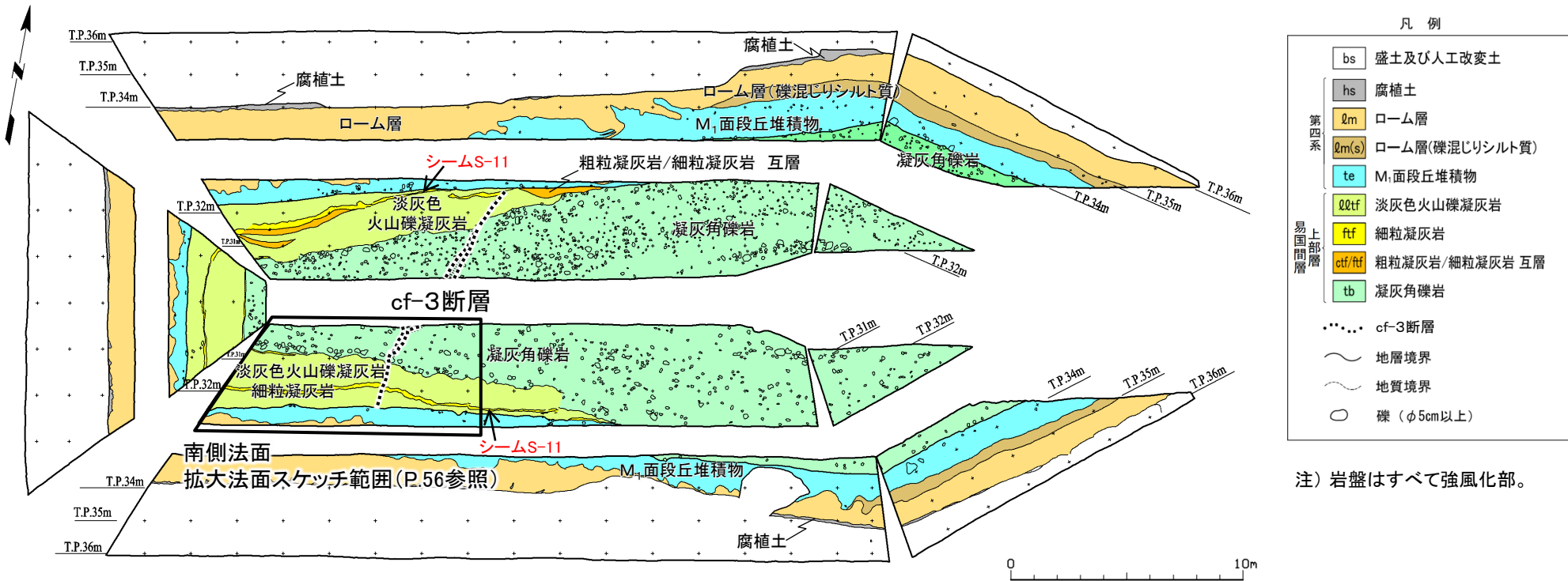


図(4.10) 法面スケッチ(Tf-5(a)トレンチ南側法面)



変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(3/6): ④Tf-5(b)付近(1/2)

④Tf-5(b)付近の検討に用いたTf-5(b)トレンチの法面スケッチを示す。

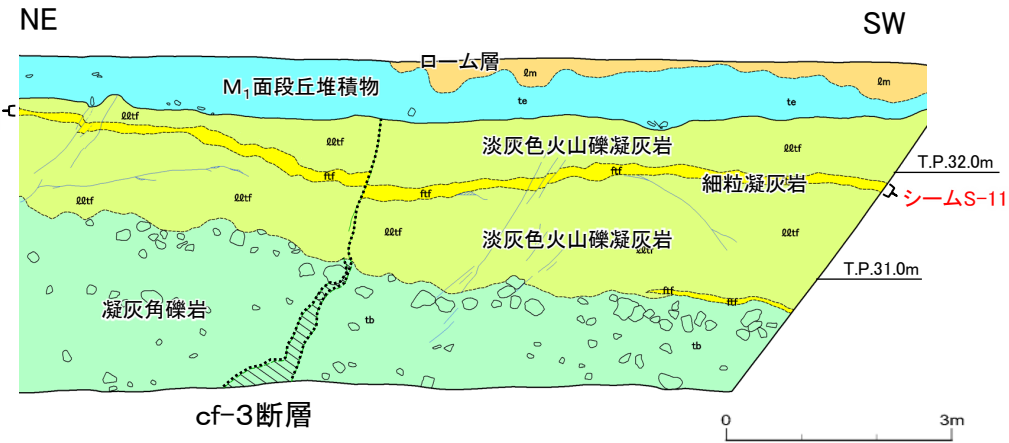


図(4.11) 後期更新世以降の活動がないcf-3断層に切断されている箇所(Tf-5(b)トレンチ)

(4) 変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所に関する補足説明(10/14)

変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(4/6)：④Tf-5(b)付近(2/2)

④Tf-5(b)付近の検討に用いたTf-5(b)トレンチの拡大法面スケッチ及び写真を示す。



図(4).12 法面写真(Tf-5(b)トレンチ南側法面)

図(4).13 法面スケッチ(Tf-5(b)トレンチ南側法面)

凡例

第四系	②m	ローム層	cf-3断層	
	te	M ₁ 面段丘堆積物		地層境界
	易国間層 上部層	②②tf	淡灰色火山礫凝灰岩	地質境界
		ftf	細粒凝灰岩	筋状構造(明瞭)
	tb	凝灰角礫岩	筋状構造(不明瞭)	
			割れ目	
			礫(φ5cm以上)	

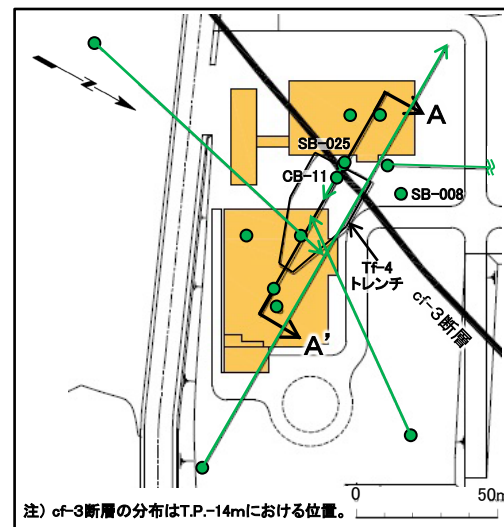
注) 岩盤はすべて強風化部。

変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(5/6): ⑤Tf-4付近

⑤Tf-4付近の断面拡大図の検討に用いたボーリングのコア写真を示す。



図(4.15) SB-008孔コア写真



図(4.14) 位置図



図(4.16) SB-025孔コア写真



図(4.17) CB-11孔コア写真



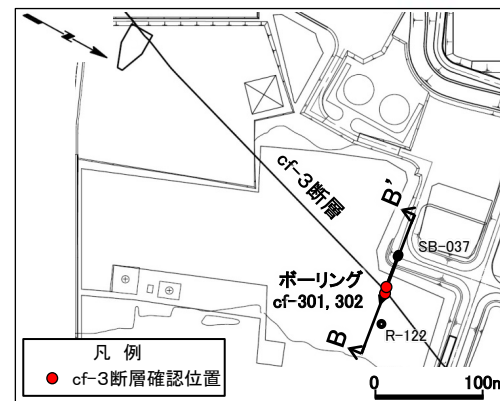
変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(6/6):

⑥cf-301, 302付近

⑥cf-301, 302付近の断面の検討に用いたボーリングのコア写真を示す。

凡例

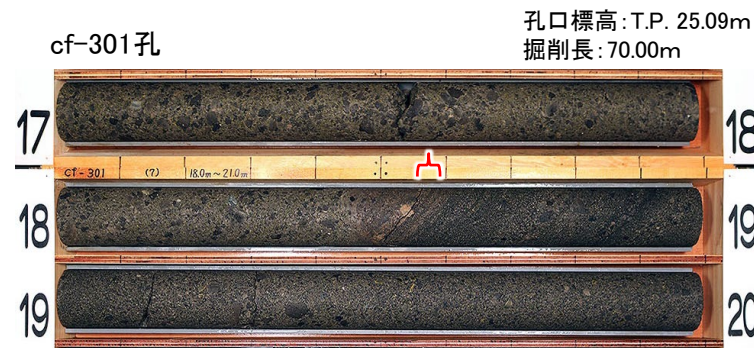
シームS-11



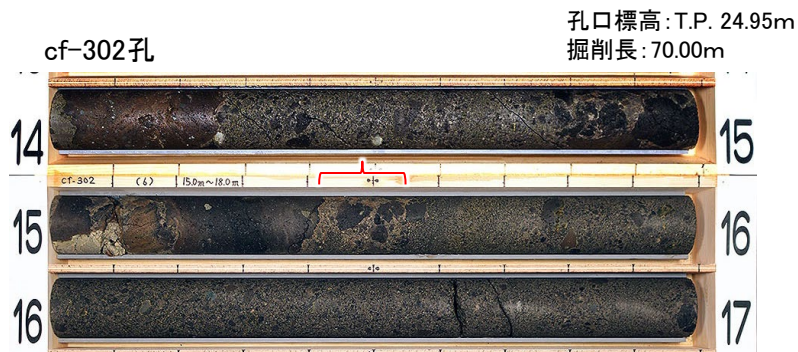
図(4).18 断面位置図 注1) cf-3断層の分布はT.P.-14mにおける位置。



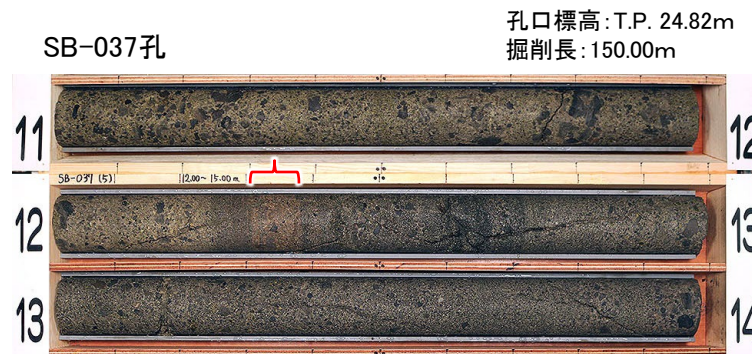
図(4).19 R-122孔コア写真 注2) R-122孔の孔径は66mmであり、他のボーリング孔の孔径(116mm)に比べて小さい。



図(4).20 cf-301孔コア写真



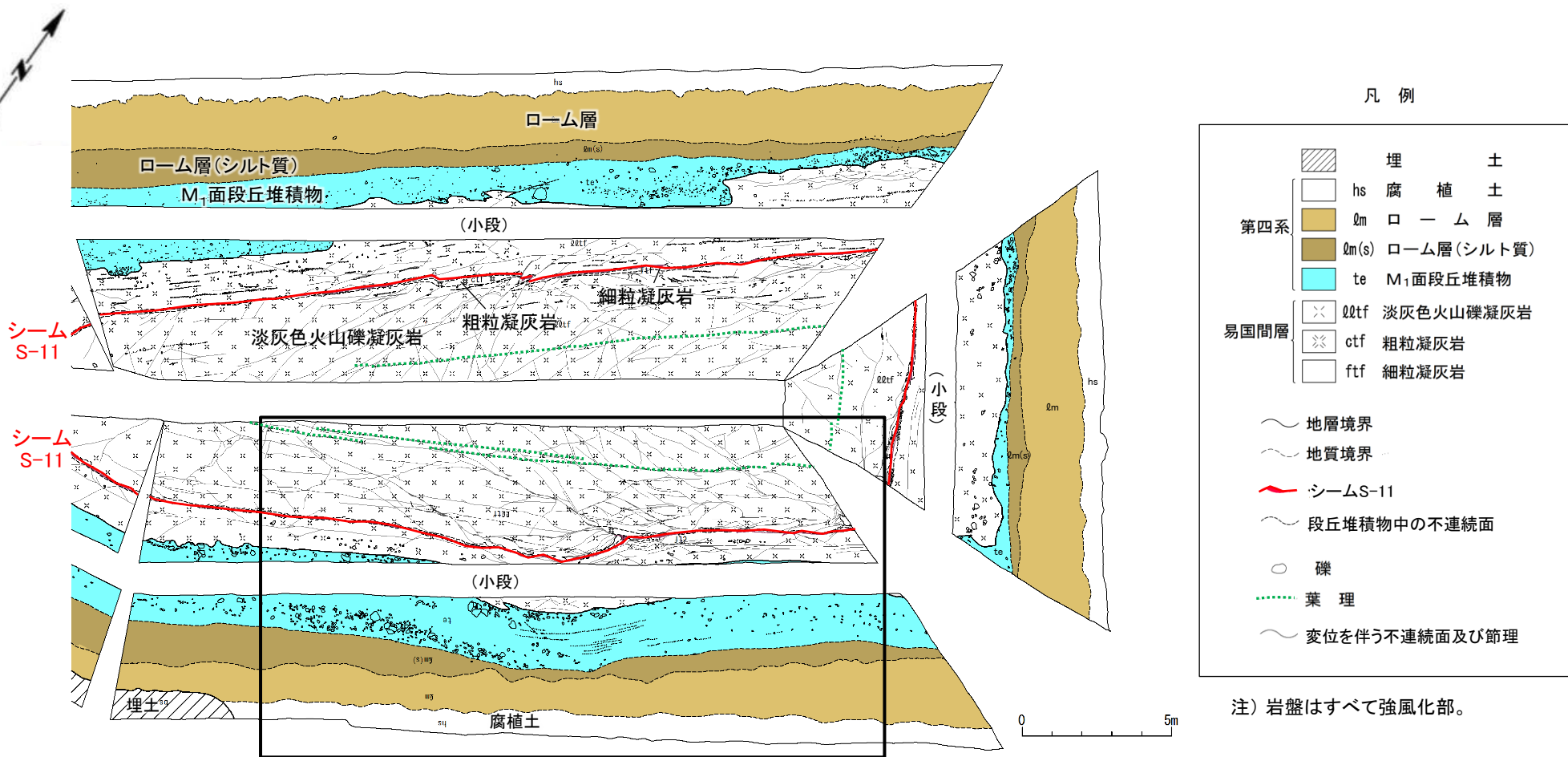
図(4).21 cf-302孔コア写真



図(4).22 SB-037孔コア写真

[参考] Ts-8トレンチ(1/2)

Ts-8トレンチの法面スケッチを示す。

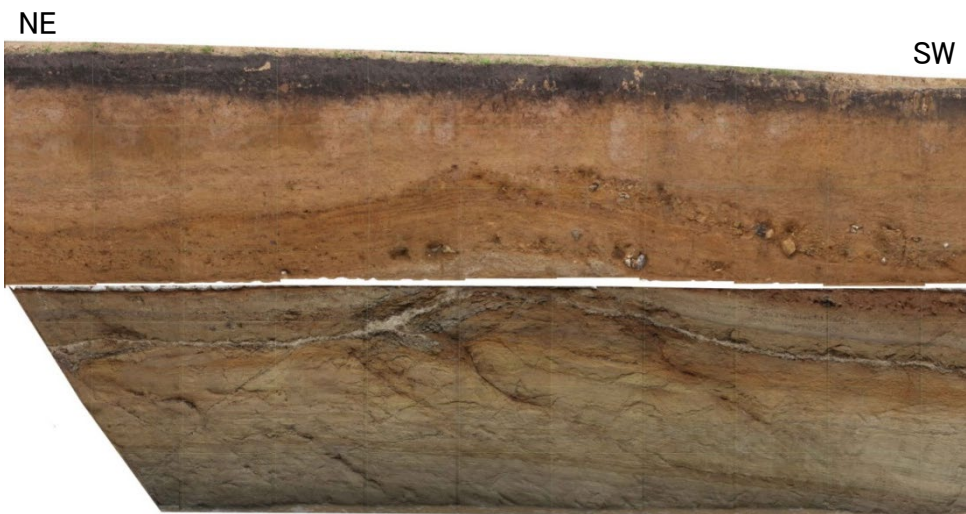


南側法面 拡大法面スケッチ範囲(P.60参照)

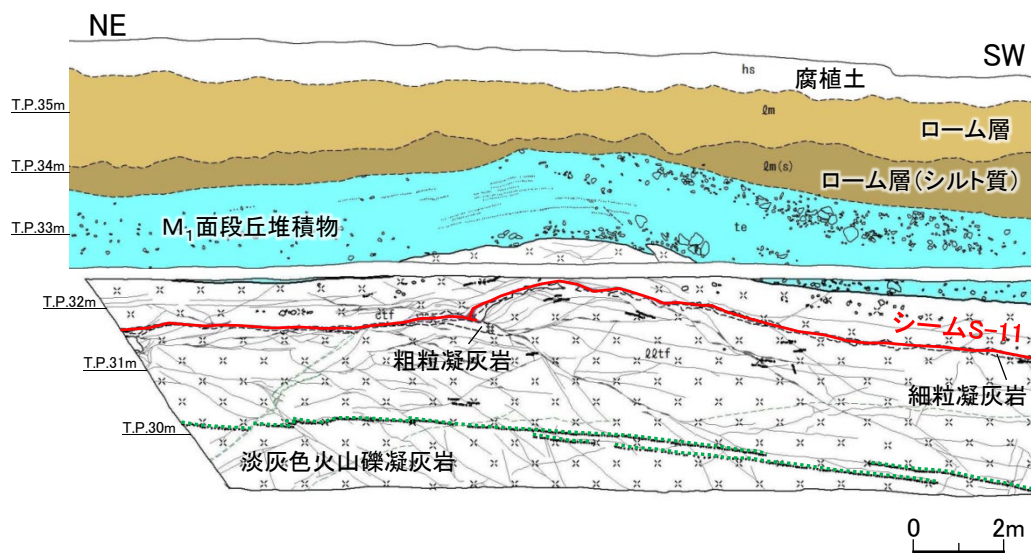
図(4).23 Ts-8トレンチ全体スケッチ

[参考] Ts-8トレンチ(2/2)

- Ts-8トレンチの拡大法面スケッチ及び写真を示す。
- Ts-8トレンチでは変状が認められるものの、シームS-11はM₁面段丘堆積物と接していない。



図(4).24 法面写真(Ts-8トレンチ南側法面)



図(4).25 法面スケッチ(Ts-8トレンチ南側法面)

凡例

第四系	hs 腐植土	地層境界	礫
	loam ローム層	地質境界	葉理
	loam(s) ローム層(シルト質)	筋状構造	変位を伴う不連続面及び節理
	te M ₁ 面段丘堆積物	シームS-11	段丘堆積物中の不連続面
易国間層	ash tuff 淡灰色火山礫凝灰岩		
	coarse ash 粗粒凝灰岩		
	fine ash 細粒凝灰岩		

注) 岩盤はすべて強風化部。

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(1/14)

選定した箇所における調査・分析結果

〔本編資料「5.(iii)」に関する補足説明〕

〔目的〕後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所のうち、①Ts-6付近及び③Tf-5(a)付近でのシームS-11の性状の根拠となる基礎データを提示。

〔内容〕①Ts-6付近及び③Tf-5(a)付近における下記の調査・分析結果を示す。

- 露頭・コア観察(走向/傾斜, 厚さ, 構成粒子のサイズ, 色調)
- CT画像観察(CT画像: 変位・変形, 複合面構造によるせん断センス, 最新面の連続性・直線性・平滑性)
- 条線観察(条線の方向, 条線の上書き関係, 条線の明瞭度)
- 薄片観察(鉱物組成, 変位・変形構造(微細構造))
- SEM観察(SEM画像: 自形鉱物の有無, μm ~ nm スケールの鉱物形状)
- XRD分析(鉱物組成, 岩種, 風化・変質の程度)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(2/14)



後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所のうち①Ts-6付近及び③Tf-5(a)付近での調査・分析結果

後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所のうち、①Ts-6付近及び③Tf-5(a)付近での調査・分析結果を下表に示す。

凡例

 :今後ご説明するデータ

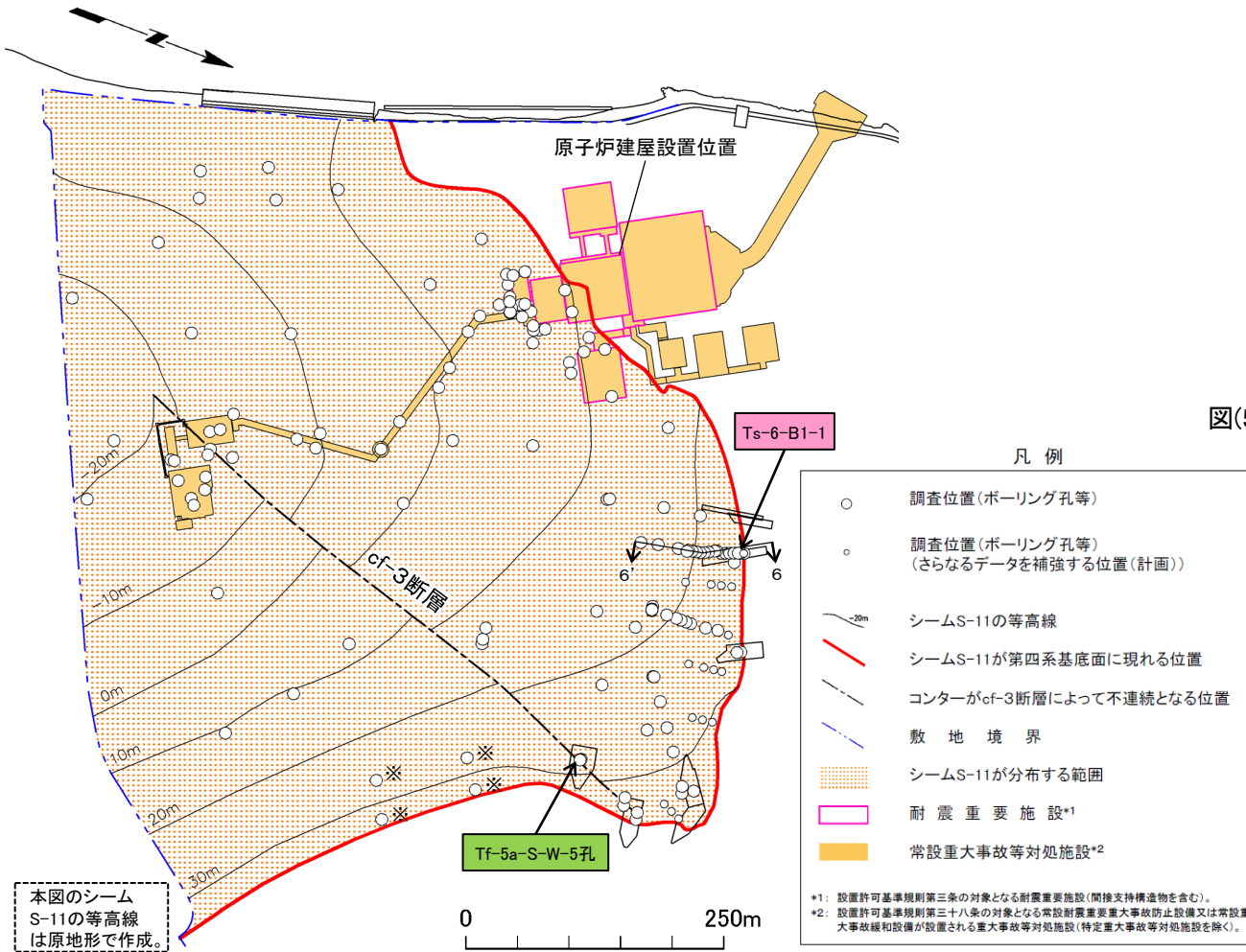
調査・分析項目		調査・分析により得られるデータ・性状		後期更新世以降の活動有り/と認定できる箇所		後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所					
				①Ts-6付近	②Ts-7付近	③Tf-5(a)付近	④Tf-5(b)付近	⑤Tf-4付近	⑥cf-301, 302付近		
巨視的	露頭・コア観察	走向/傾斜の測定	走向/傾斜	N80° W, 12° S		N72° E, 2° S					
		厚さの観察	厚さ	3.5cm		0.2cm					
		構成粒子の観察	構成粒子のサイズ	粘土～シルト(岩片含む)		粘土～シルト(岩片含む)					
		色調の観察	色調	黄褐色		黄褐色					
		針貫入試験	針貫入勾配								
		帯磁率測定	帯磁率								
	CT解析	CT画像観察	CT画像	変位・変形	有り		なし				
				複合面構造によるせん断センス	有り		なし				
				最新面の連続性・直線性・平滑性	良好		良好				
				最新面の密着程度	開口		おおむね密着				
肉眼・実体鏡観察	条線観察	CT値	条線の方向	N10° W, N35° E		N15° E, N50° E					
			条線の上書き関係	N10° Wの条線がN35° Eの条線を上書き		いずれの条線も上書きされない					
			条線の明瞭度	明瞭		不明瞭					
顕微鏡観察・分析	薄片観察	鉱物組成	粘土鉱物(スメクタイト)								
		変位・変形構造(微細構造)	変位・変形 複合面構造による詳細なせん断センス	明瞭なP-R ₁ 構造有り 上盤変位センス: おおむねN方向							
	SEM(走査型電子顕微鏡)観察	SEM画像	自形鉱物の有無	なし		有り					
			μm～nmスケールの鉱物形状	団子状		ファイバー状/網目状					
SEM-EDX(EDS)	SEM観察試料表面の元素分布										
微視的	鉱物・化学分析	XRD分析(X線回折分析)	構成鉱物の同定・定量(粉末試料)	スメクタイト							
		XRF分析(蛍光X線分析)	構成元素の同定・定量(粉末試料)								
		EPMA分析(電子プローブマイクロアナライザー)	薄片表面の元素分布・定量								

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(3/14)

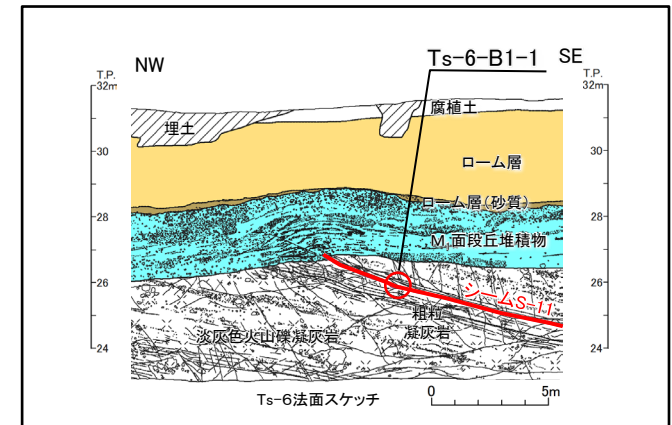


位置図

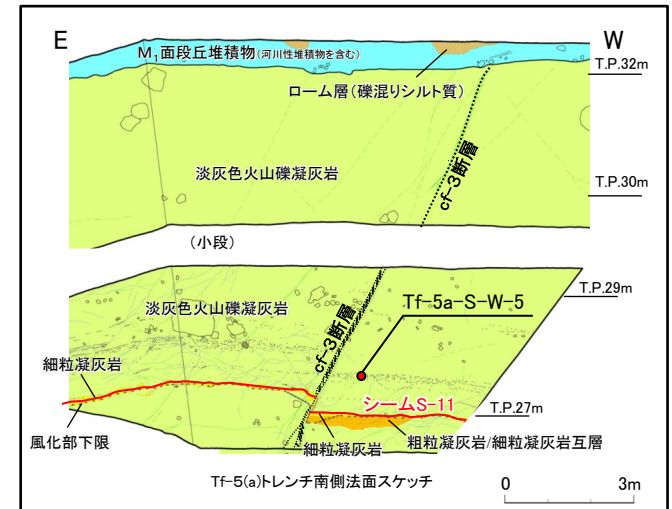
後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(Ts-6-B1-1)及びなしと認定できる箇所(Tf-5a-S-W-5孔)での各調査・分析結果を次頁以降に示す。



図(5).1 位置図



図(5).2 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(Ts-6-B1-1)



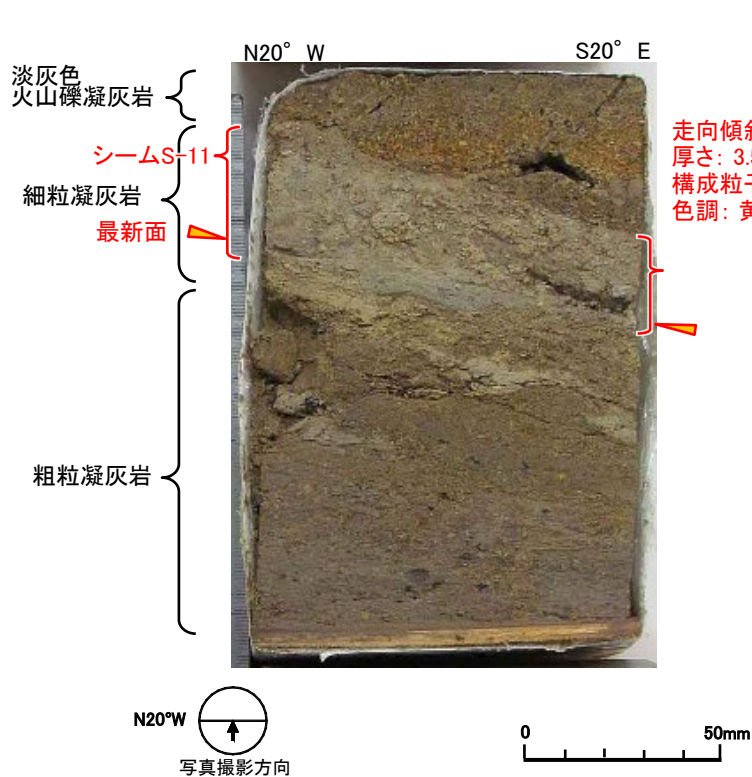
図(5).3 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(Tf-5a-S-W-5孔)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(4/14)

露頭・コア観察(走向/傾斜, 厚さ, 構成粒子のサイズ, 色調)

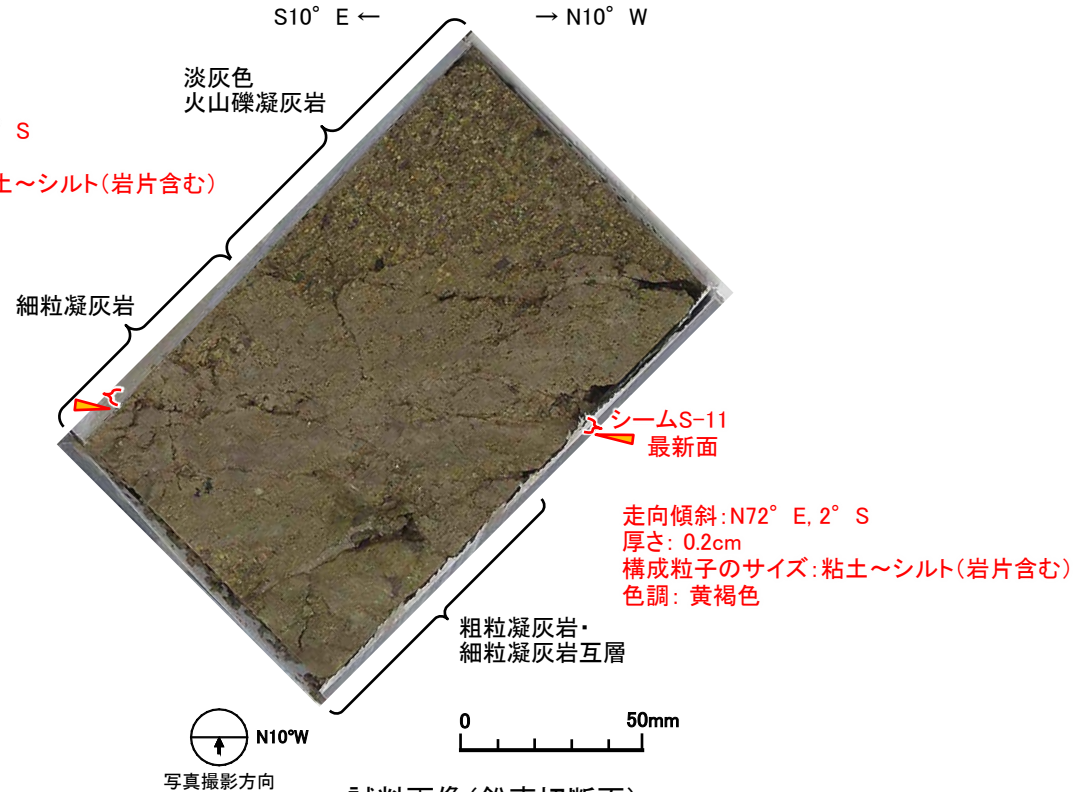
走向/傾斜, 厚さ, 構成粒子のサイズ及び色調について, 変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる2箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(①Ts-6付近: Ts-6-B1-1ブロック試料)
 - ✓ 走向傾斜「N80° W, 12° S」, 厚さ「3.5cm」, 構成粒子のサイズ「粘土～シルト(岩片含む)」, 色調「黄褐色」
- 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(③Tf-5(a)付近: Tf-5a-S-W-5孔)
 - ✓ 走向傾斜「N72° E, 2° S」, 厚さ「0.2cm」, 構成粒子のサイズ「粘土～シルト(岩片含む)」, 色調「黄褐色」



試料画像(鉛直切断面)

図(5.4) 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所
(Ts-6-B1-1ブロック試料)



試料画像(鉛直切断面)

図(5.5) 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所
(Tf-5a-S-W-5孔)

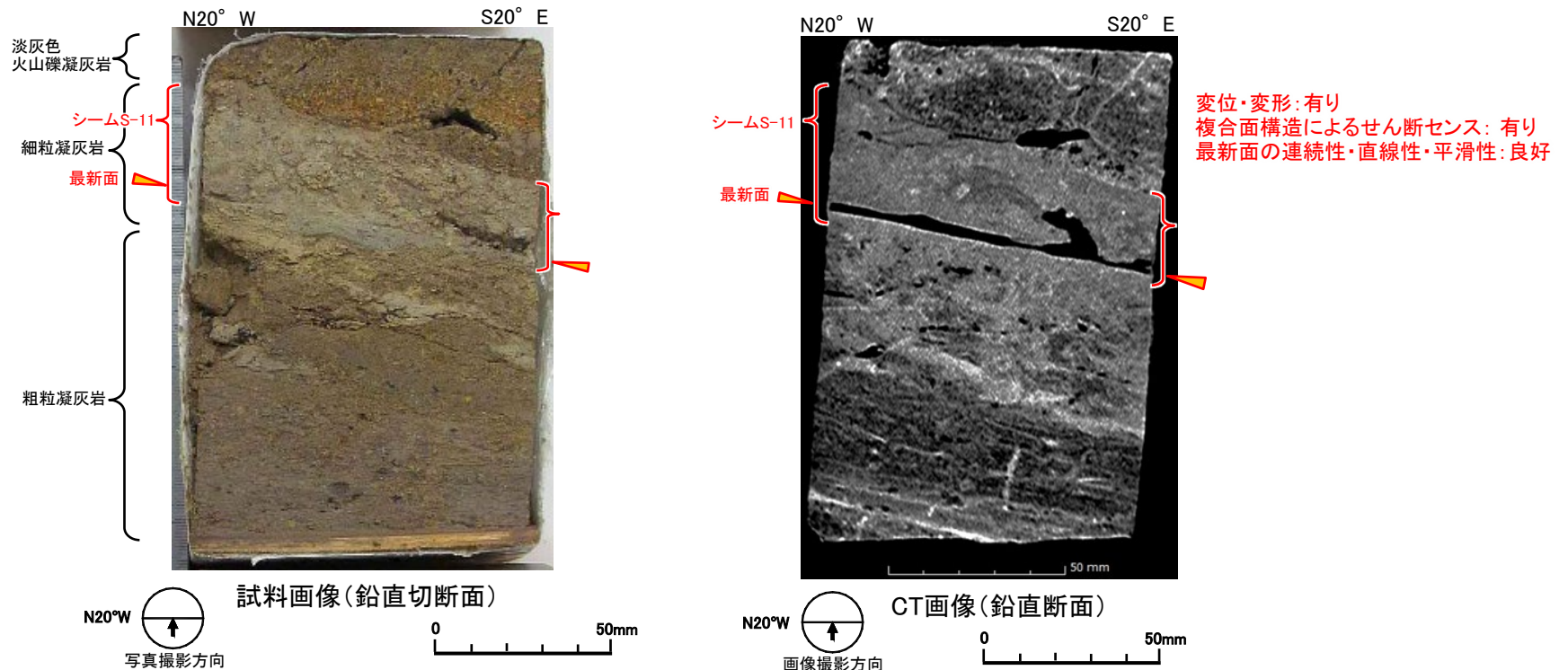
(5) 選定した箇所における調査・分析結果(5/14)



CT画像観察(CT画像:変位・変形, 複合面構造によるせん断センス, 最新面の連続性・直線性・平滑性)(1/2)

CT画像について, 変位基準により後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(①Ts-6付近:Ts-6-B1-1ブロック試料)
 - ✓ 変位・変形「有り」, 複合面構造によるせん断センス「有り」, 最新面の連続性・直線性・平滑性「良好」



図(5).6 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

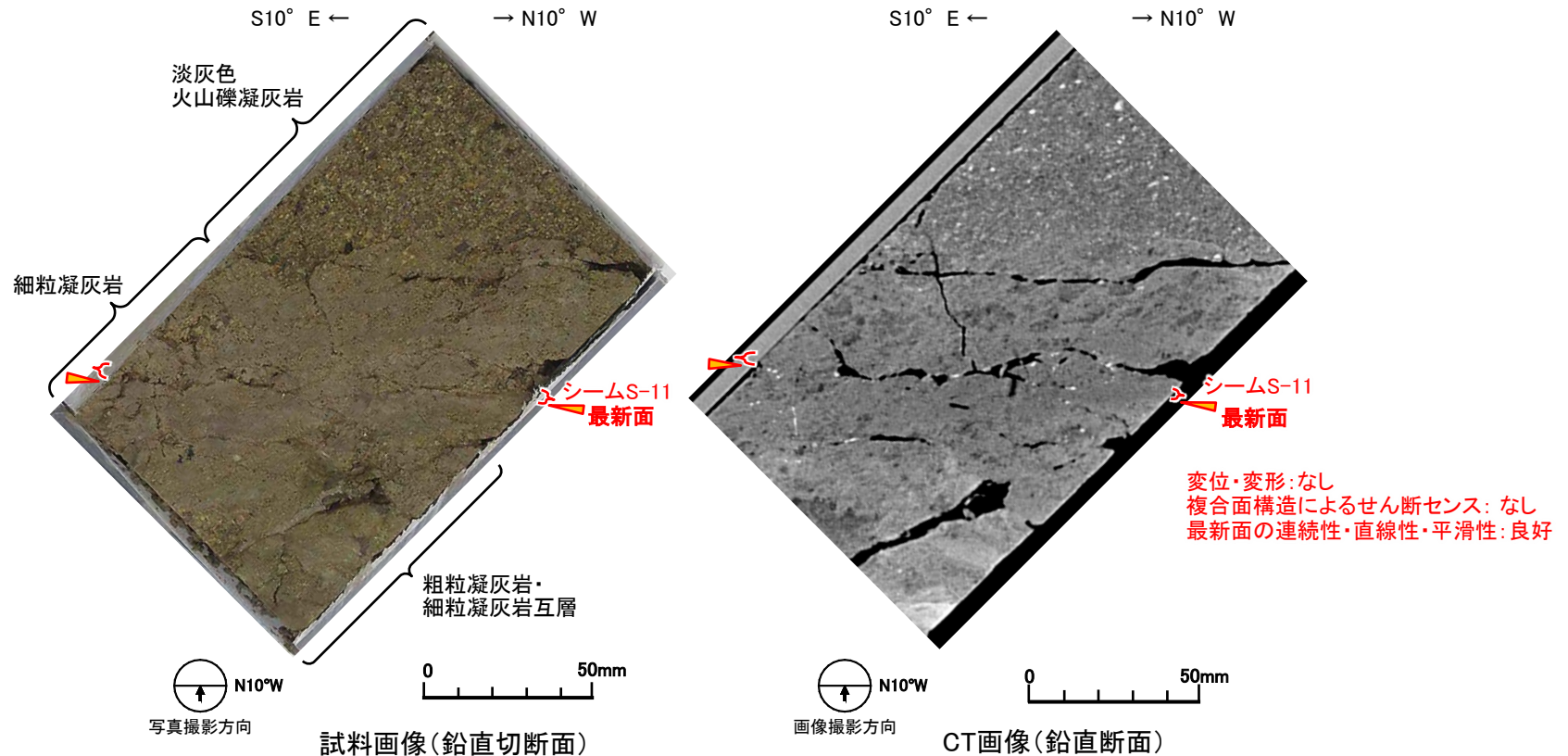
(5) 選定した箇所における調査・分析結果(6/14)



CT画像観察(CT画像:変位・変形, 複合面構造によるせん断センス, 最新面の連続性・直線性・平滑性)(2/2)

CT画像について, 変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(③Tf-5(a)付近:Tf-5a-S-W-5孔)
 - ✓ 変位・変形「なし」, 複合面構造によるせん断センス「なし」, 最新面の連続性・直線性・平滑性「良好」



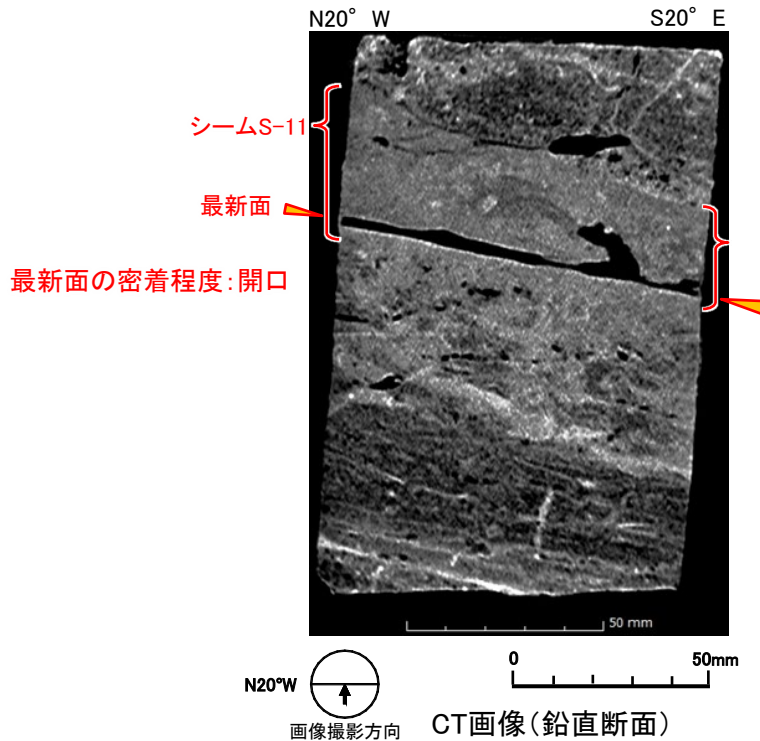
図(5.7) 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(7/14)

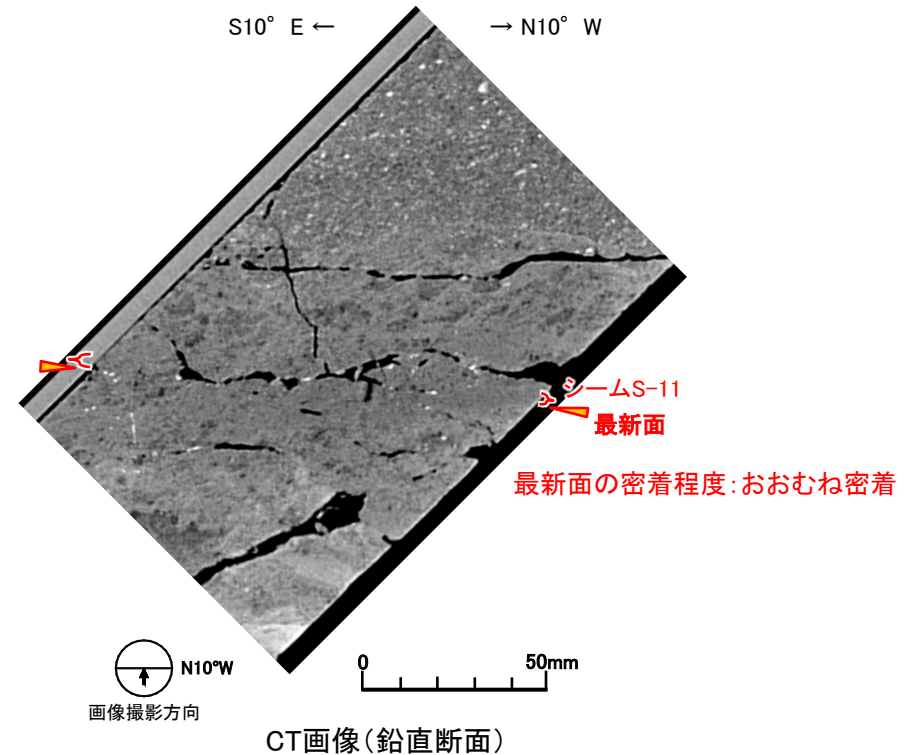
CT画像観察(CT画像:最新面の密着程度)

CT画像について、変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる2箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(①Ts-6付近:Ts-6-B1-1ブロック試料)
 - ✓ 最新面の密着程度「開口」
- 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(③Tf-5(a)付近:Tf-5a-S-W-5孔)
 - ✓ 最新面の密着程度「おおむね密着」



図(5.8) 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所
(Ts-6-B1-1ブロック試料)



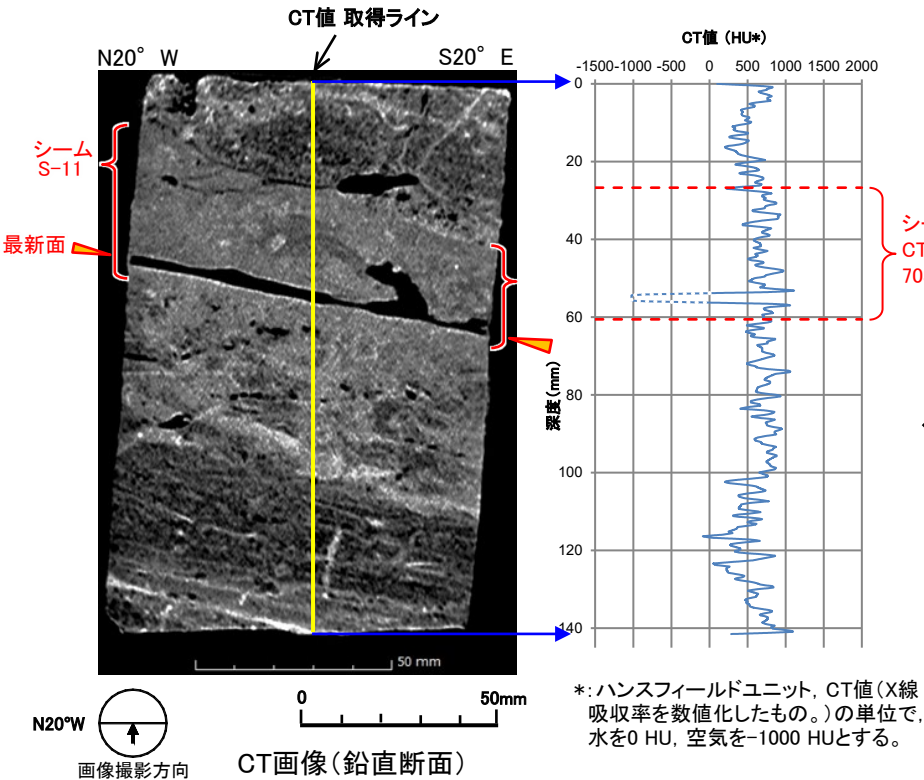
図(5.9) 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所
(Tf-5a-S-W-5孔)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(8/14)

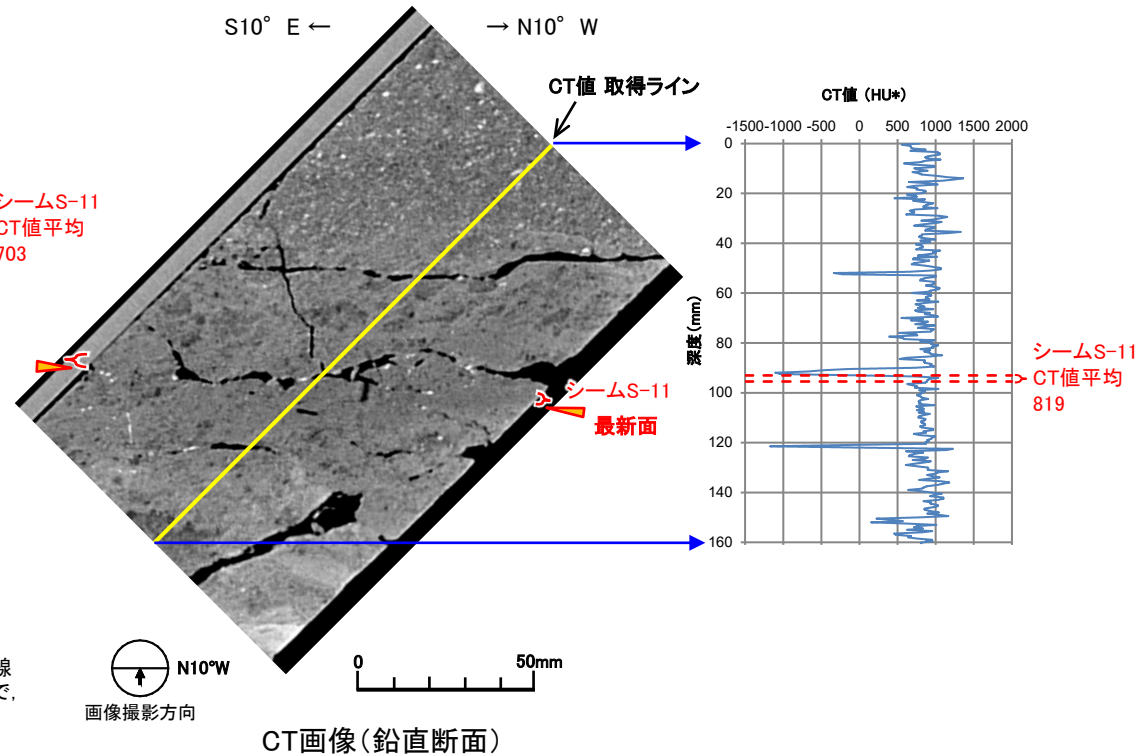
CT画像観察(CT値)

CT値について、変位基準により後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる2箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所(①Ts-6付近: Ts-6-B1-1ブロック試料)
 - ✓ CT値「平均703HU」
- 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(③Tf-5(a)付近: Tf-5a-S-W-5孔)
 - ✓ CT値「平均819HU」



図(5.10) 後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所
(Ts-6-B1-1ブロック試料)



図(5.11) 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所
(Tf-5a-S-W-5孔)

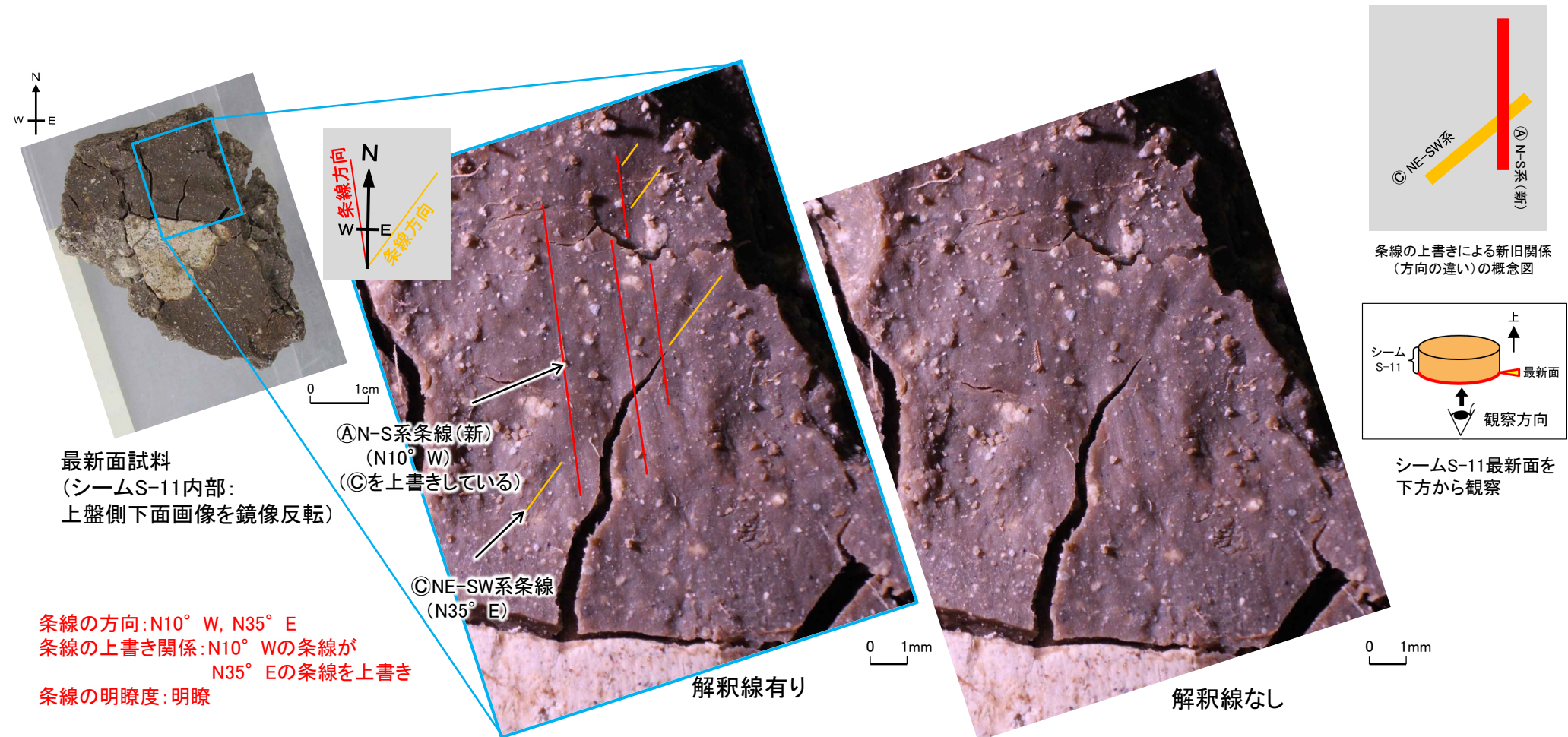
(5) 選定した箇所における調査・分析結果(9/14)

条線観察(条線方向, 条線の上書き関係, 条線の明瞭度)(1/2)

条線方向, 条線の上書き関係及び条線の明瞭度について, 変位基準により後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所でのデータを示す。

・ 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(①Ts-6付近: Ts-6-B1-1ブロック試料)

✓ 条線方向「N10° W, N35° E」, 条線の上書き関係「N10° Wの条線がN35° Eの条線を上書き」, 条線の明瞭度「明瞭」



図(5).12 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(10/14)

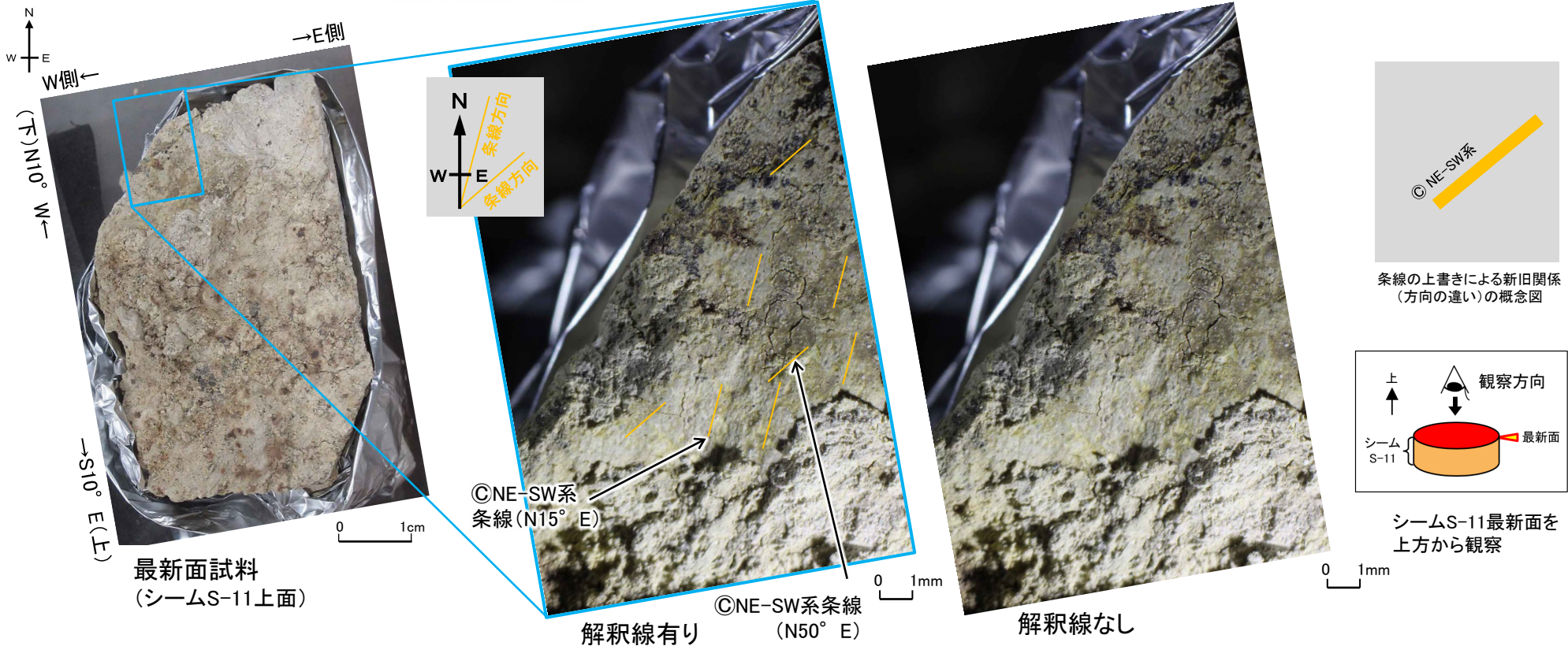
条線観察(条線の方向, 条線の上書き関係, 条線の明瞭度)(2/2)

条線の方向, 条線の上書き関係及び条線の明瞭度について, 変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所でのデータを示す。

・ 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(③Tf-5(a)付近: Tf-5a-S-W-5孔)

✓ 条線の方向「N15° E, N50° E」, 条線の上書き関係「いずれの条線も上書きされない」, 条線の明瞭度「不明瞭」

条線の方向: N15° E, N50° E
 条線の上書き関係: いずれの条線も上書きされない
 条線の明瞭度: 不明瞭



図(5).13 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

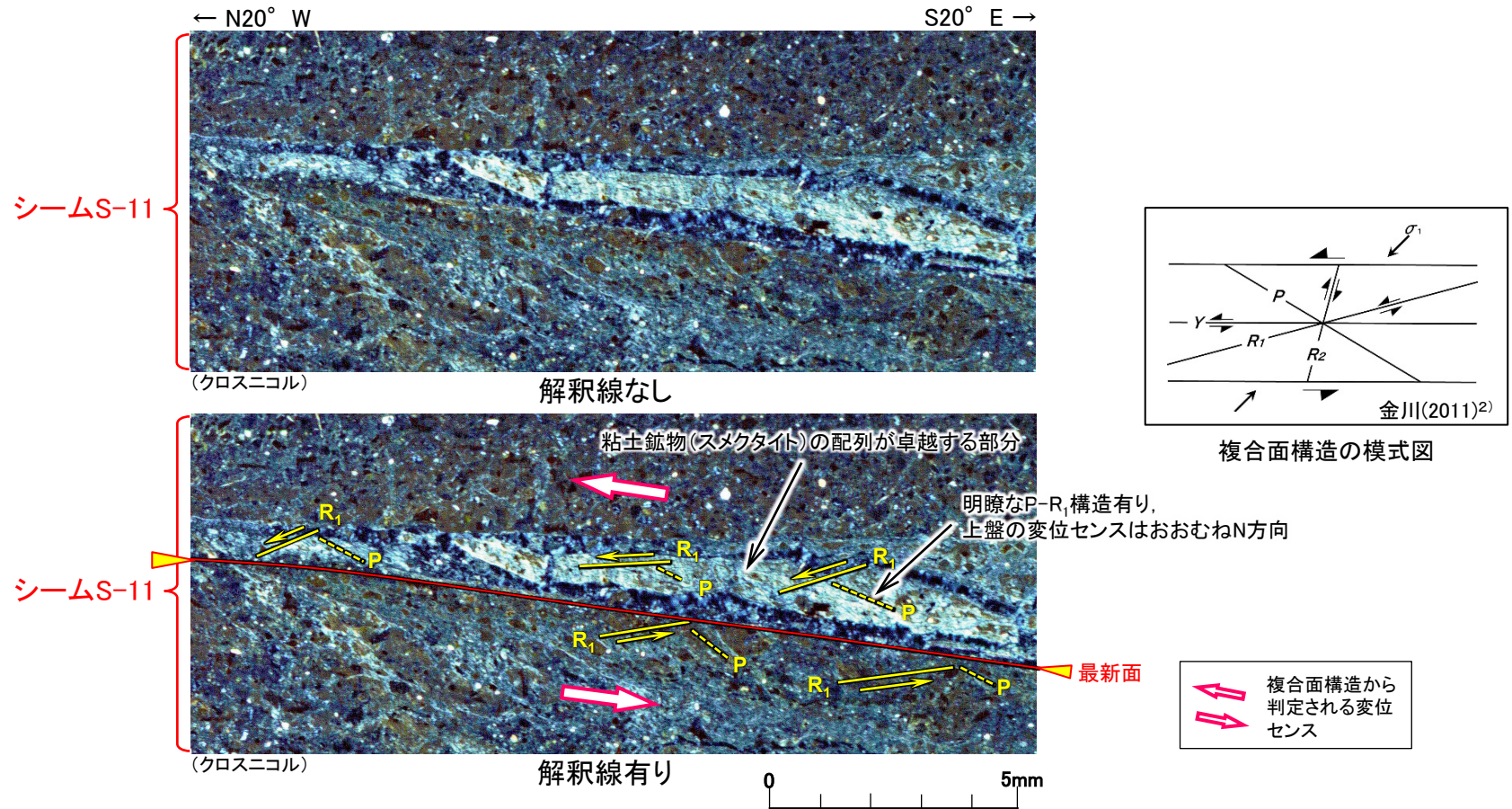
(余白)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(11/14)

薄片観察(鉱物組成, 変位・変形構造(微細構造))

鉱物組成及び変位・変形構造(微細構造)について, 変位基準により後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(①Ts-6付近:Ts-6-B1-1ブロック試料)
 - ✓ 鉱物組成「粘土鉱物(スメクタイト)」, 変位・変形構造(微細構造)「明瞭なP-R₁構造有り, 上盤の変位センスはおおむねN方向」



図(5.14) 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

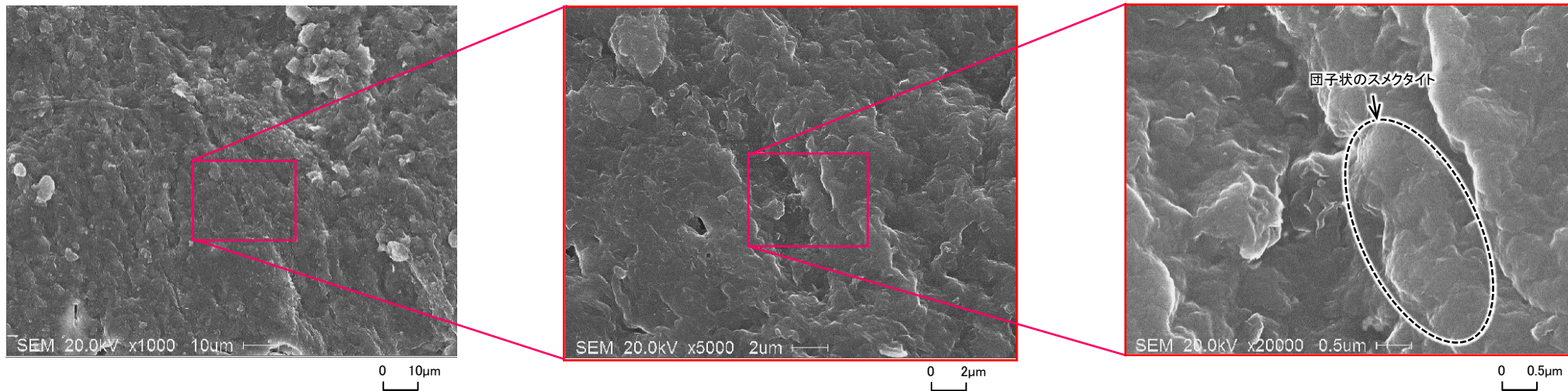
(5) 選定した箇所における調査・分析結果(12/14)

SEM観察(SEM画像:自形鉱物の有無, μm ~nmスケールの鉱物形状)(1/2)

自形鉱物の有無及び μm ~nmスケールの鉱物形状について、変位基準により後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所でのデータを示す。

・ 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(①Ts-6付近:Ts-6-B1-1ブロック試料)

✓ 自形鉱物の有無「なし」、 μm ~nmスケールの鉱物形状「団子状」



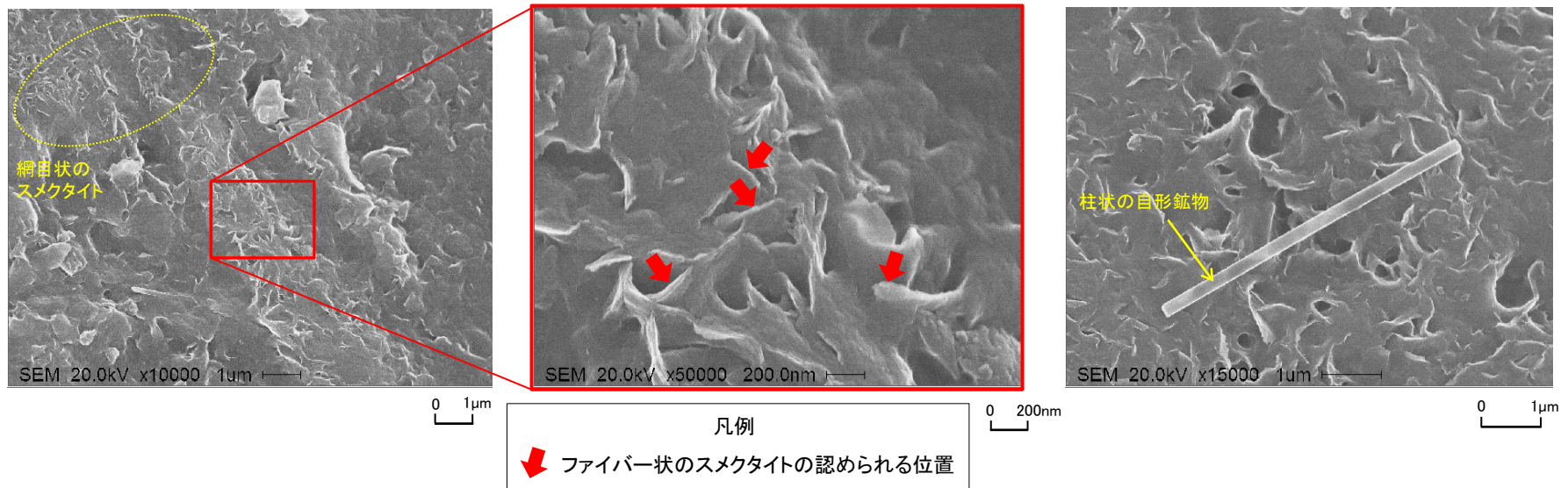
図(5).15 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(13/14)

SEM観察(SEM画像:自形鉱物の有無, μm ~nmスケールの鉱物形状)(2/2)

自形鉱物の有無及び μm ~nmスケールの鉱物形状について、変位基準により後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所(③Tf-5(a)付近:Tf-5a-S-W-5孔)
 - ✓ 自形鉱物の有無「有り」、 μm ~nmスケールの鉱物形状「ファイバー状/網目状」



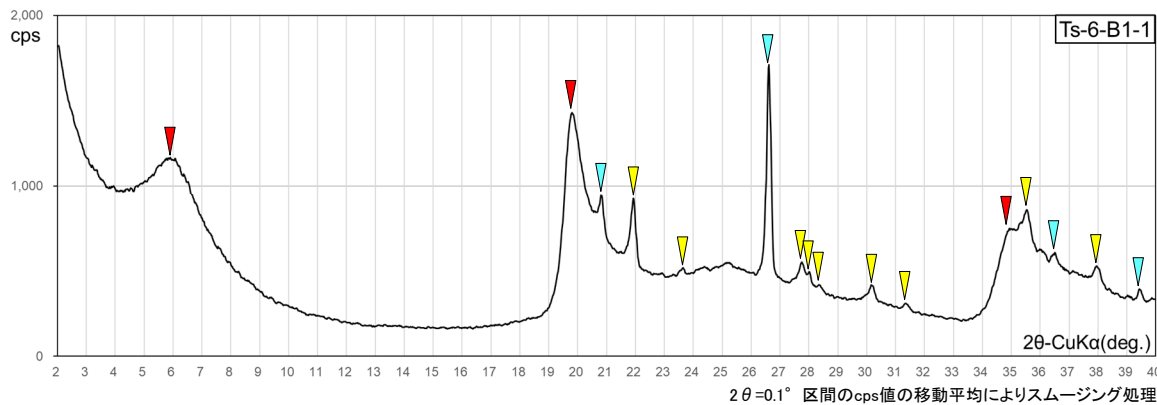
図(5.16) 後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所 (Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m)

(5) 選定した箇所における調査・分析結果(14/14)

XRD分析(鉱物組成・岩種, 風化・変質の程度)

鉱物組成・岩種, 風化・変質の程度について, 変位基準により後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所でのデータを示す。

- 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(①Ts-6付近: Ts-6-B1-1ブロック試料)
 - ✓ 鉱物組成・岩種, 風化・変質の程度「スメクタイト」



図(5.17) 後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所(Ts-6-B1-1ブロック試料)

粉末X線回折分析結果

鉱物	記号	検出
石英	▽	○
斜長石	▽	○
スメクタイト	▽	○

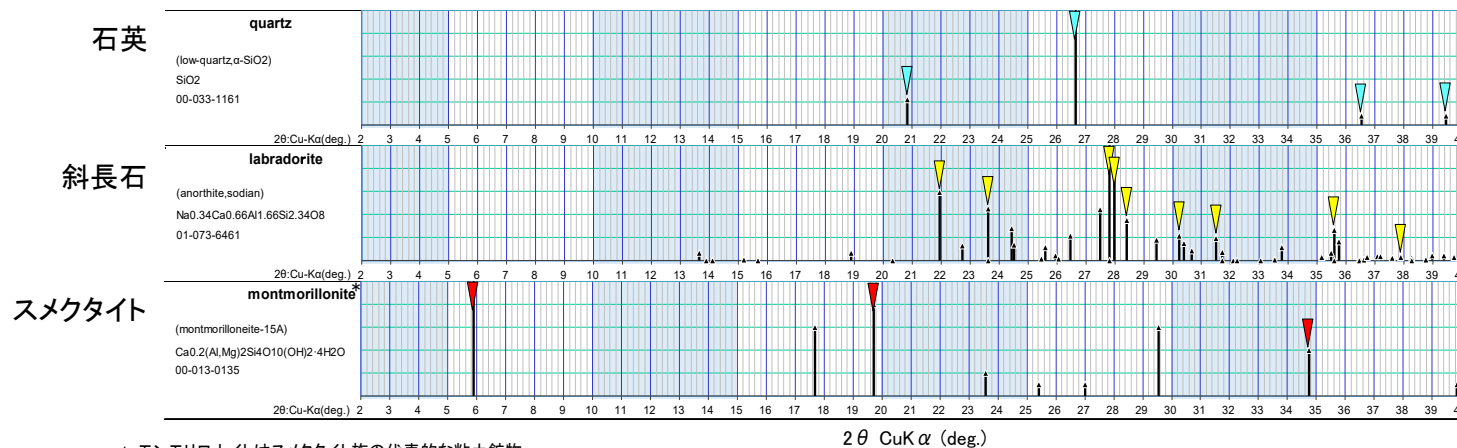
粉末X線回折分析 分析仕様

【試料作成条件】

- 不定方位試料
- 60°C以下12h 乾燥後摩砕, 室内風乾状態

【X線回折条件条件】

装置名	理学電気製: MultiFlex
X線	CuKα
電流, 電圧	40kV, 40mA
検出器	比例計数管
ステップサイズ	0.02°
走査速度	0.4° / min
スリット条件	Divergency Slit: 1° Scattering Slit: 1° Receiving Slit: 0.3mm



*: モンモリロナイトはスメクタイト族の代表的な粘土鉱物

図(5.18) 鉱物同定用標準回折線 ICDD(2015)³⁾に基づいて作成

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(1/15)

条線の形成時期に関する補足説明

〔本編資料「5.(iii)」に関する補足説明〕

〔目的〕 後期更新世以降の活動有り/なしを認定できる箇所のうち、①Ts-6付近及び③Tf-5(a)付近において、シームS-11の最新面の条線の形成時期の根拠となる基礎データを提示。

〔内容〕

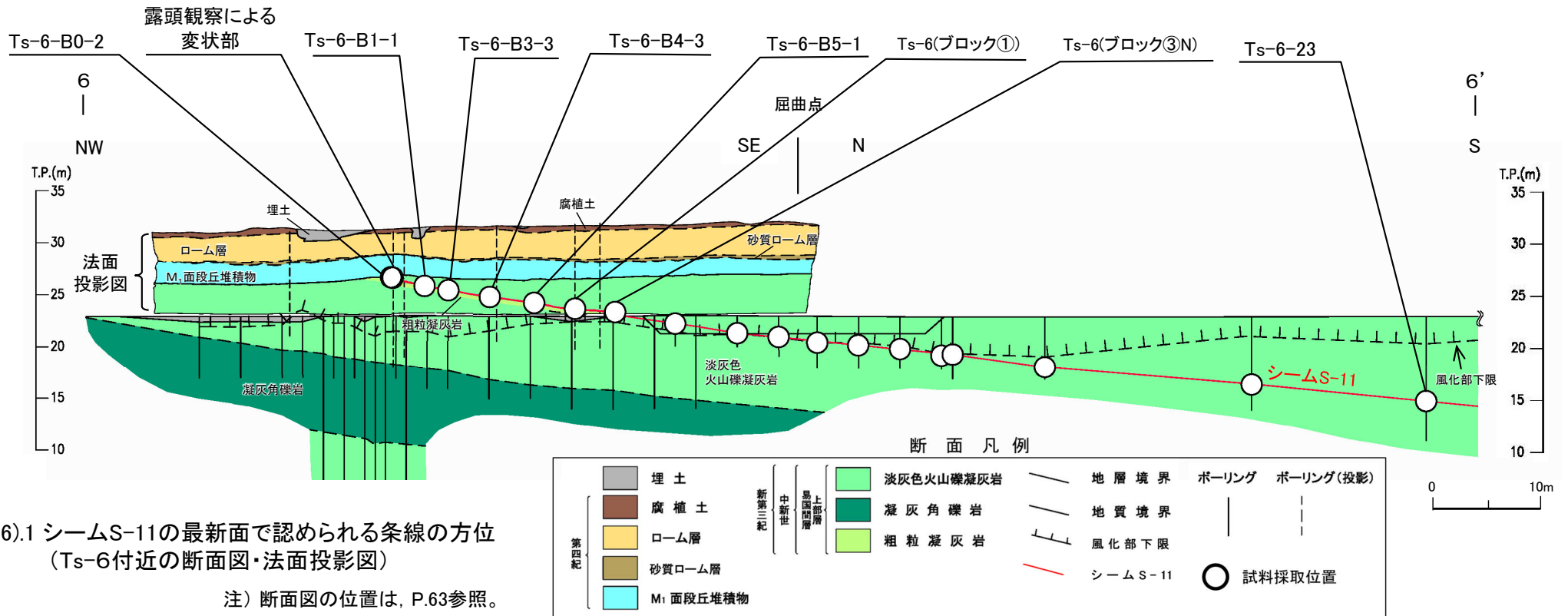
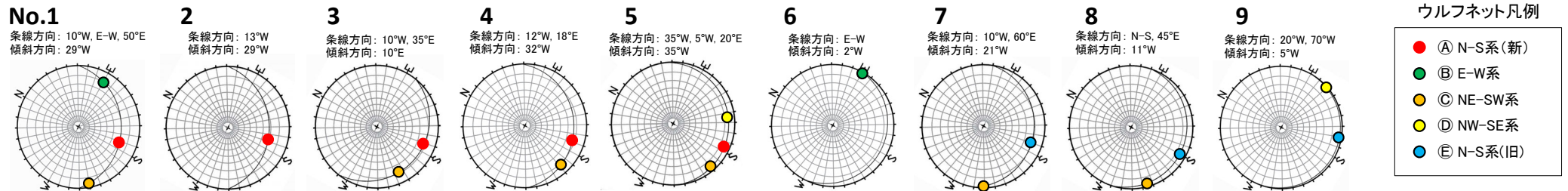
- 条線の方向及び上書きによる新旧関係を識別し、最新活動の条線方向を示す。
- シームS-11の条線方向と応力場との関係を示す。

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(2/15)

条線の上書きによる新旧関係: ①Ts-6付近(1/2)

後期更新世以降の活動有りと認定できる①Ts-6付近において、シームS-11の最新面の条線方向及び条線の上書きにより新旧関係を識別する。

- Ts-6付近の断面上の9箇所(No.1~9)で、上載地層により後期更新世以降の活動有りと認定できるNo.1から深度方向に連続的に条線を観察し、条線の方位をウルフネットで図示した。
- シームS-11の最新面には複数の方向の条線が認められる。



図(6.1) シームS-11の最新面で認められる条線の方位 (Ts-6付近の断面図・法面投影図)

注) 断面図の位置は、P.63参照。

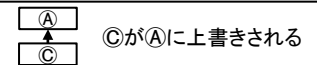
(6) 条線の形成時期に関する補足説明(3/15)

条線の上書きによる新旧関係:①Ts-6付近(2/2)

Ts-6付近の断面上の9箇所では複数の方向の条線が認められ、表(6).1に示すとおり、相互の上書き関係により新旧を識別することが可能である。代表例として、No.1, 3, 6, 8, 9の条線データを示す(P.79~P.83参照)。

- ①A-N-S系(新)の条線は、他の条線を上書きしており、最も新しいと考えられる(No.1, 3参照)。
①A-N-S系(新)の条線は、M₁面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所付近の条線である。よって、後期更新世以降の活動で生じたものと判断する。また、①A-N-S系(新)の条線の方向はTs-6法面断面上のシームS-11の最大傾斜方向を示す。
- ②B-E-W系の条線は、最も新しい①A-N-S系の条線に上書きされている(No.1参照)。
②B-E-W系の条線は、後期更新世以降の活動なしと認定できる③Tf-5(a)付近の条線(P.84参照)と同じ方向を示す。よって、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する(No.6参照)。
- ③C-NE-SW系の条線は、最も新しい①A-N-S系の条線に上書きされている(No.1, 3参照)。
③C-NE-SW系の条線は、後期更新世以降の活動なしと認定できる③Tf-5(a)付近の条線(P.85参照)と同じ方向を示す。よって、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する。
- ④D-NW-SE系の条線は、⑤E-N-S系(旧)の条線を上書きしている(No.9参照)。
④D-NW-SE系の条線は、後期更新世以降の活動なしと認定できる③Tf-5(a)付近(P.84参照)では、②B-E-W系の条線に上書きされている。よって、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する。
- ⑤E-N-S系(旧)の条線は、③C-NE-SW系及び④D-NW-SE系の条線に上書きされている。よって、後期更新世よりも古い活動で生じたものと判断する(No.8, 9参照)。

新旧関係 凡例



表(6).1 Ts-6付近の断面上の条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)一覧表

	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	判断根拠
	試料名 グループ	Ts-6-B0-2	露頭観察による 変状部	Ts-6-B1-1	Ts-6-B3-3	Ts-6-B4-3	Ts-6-B5-1	Ts-6 (ブロック①)	Ts-6 (ブロック③N)	Ts-6-23	
新 ↑ 旧	① A-N-S系(新)	N10°W	N13°W	N10°W	N12°W	N5°W					後期更新世以降 (M ₁ 面段丘堆積物に変位を及ぼしている箇所と同じ条線方向)
	② B-E-W系	E-W					E-W				後期更新世よりも古い (③Tf-5(a)付近と同じ条線方向)(P.84)
	③ C-NE-SW系	N50°E		N35°E	N18°E	N20°E		N60°E	N45°E		後期更新世よりも古い (③Tf-5(a)付近と同じ条線方向)(P.85)
	④ D-NW-SE系					N35°W				N70°W	後期更新世よりも古い (③Tf-5(a)付近の条線に上書きされている条線方向)(P.84)
	⑤ E-N-S系(旧)							N10°W	N-S	N20°W	後期更新世よりも古い(上書き関係)

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(4/15)

条線の上書きによる新旧関係の整理, 応力場との関係

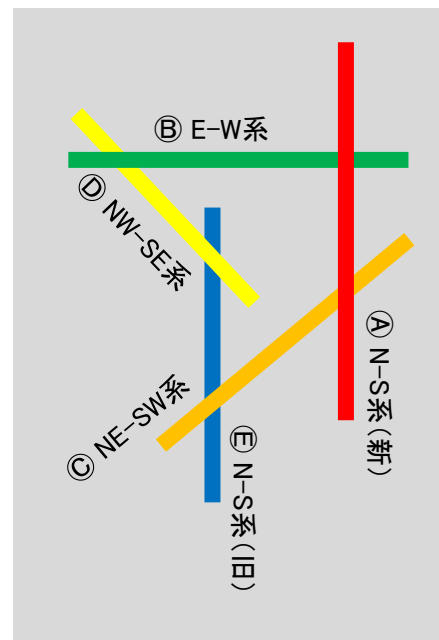
①Ts-6付近の断面上のシームS-11の最新面において, 条線の上書きによる新旧関係を整理した結果を図(6).2に示す。これら①~⑤の条線のうち④の条線については, ③Tf-5(a)付近の条線観察結果も併せて判断する。条線観察では, 図(6).2に示した条線の上書きによる新旧関係に基づき, 最新活動の条線方向を判定する。

Ts-6法面では, ①の条線方向は, N-S系であり, 最大傾斜方向を示す。

最大傾斜方向はシームS-11の走向により変化するため, 敷地内に展開する時には, ①の条線方向は, 各箇所でのシームS-11の走向により変化する※。

また, 図(6).2の条線の新旧関係, 既往データの条線・複合面構造の方向と応力場との関係等(P.87~P.89参照)から, ①の条線は後期更新世以降に形成され, ②~⑤の条線は中~後期中新世の応力場により形成されたものと考えられる。

※:敷地内のボーリングコアによる条線についても, ①の条線方向はシームS-11の走向により異なるものの, ①~⑤の上書き関係は認められるため, これらの条線の上書きによる新旧関係は適用できる(今後ご説明予定)。



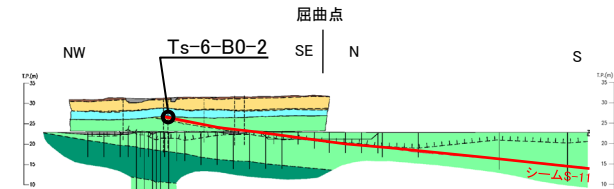
図(6).2 Ts-6法面における条線の上書きによる新旧関係の概念図

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(5/15)

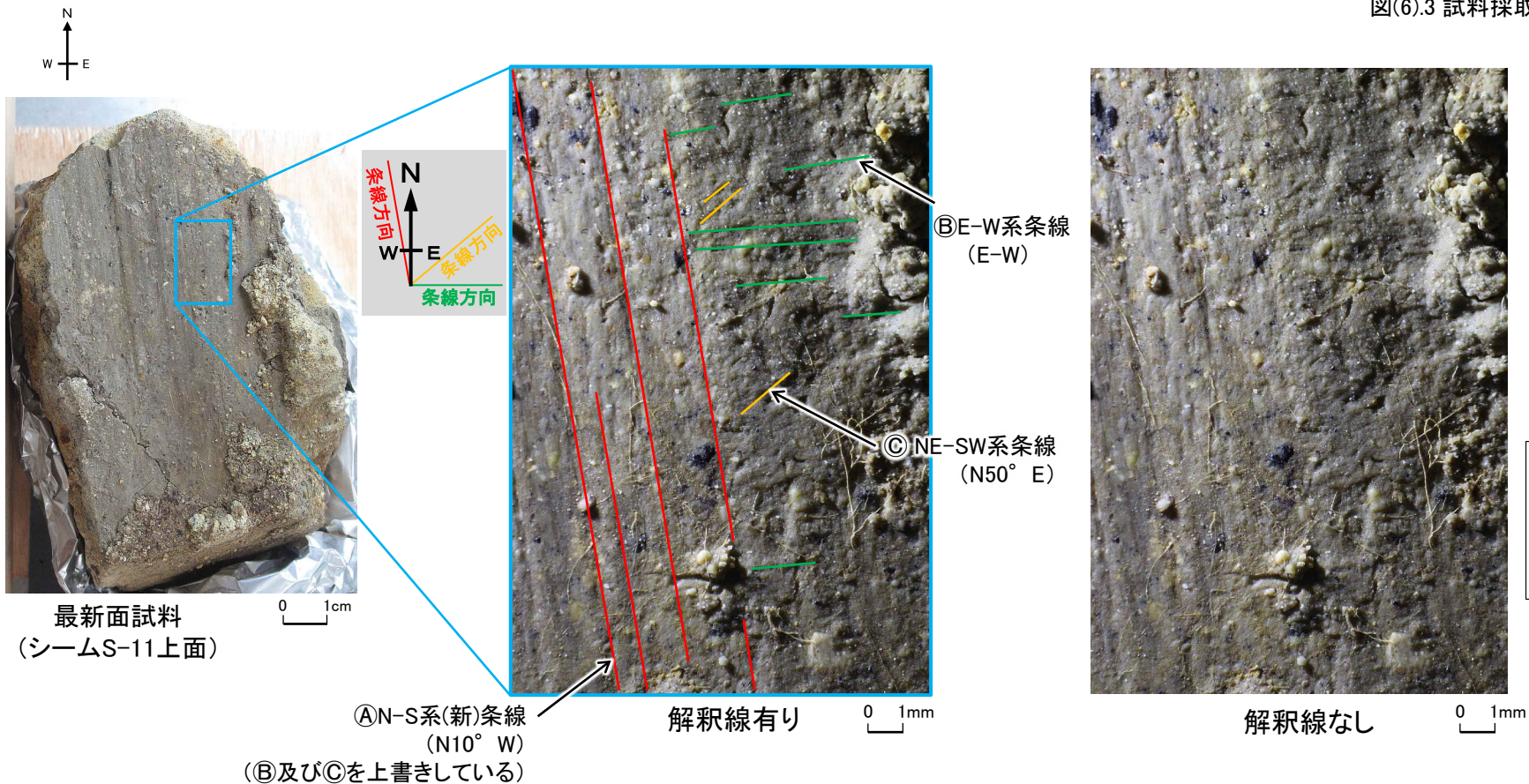
後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所の条線データの代表例:

①Ts-6付近(1/5) No.1

①A-N-S系(新)条線(N10° W)が、②E-W系条線(E-W)及び③NE-SW系条線(N50° E)を上書きしている。



図(6.3) 試料採取位置図



図(6.4) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-B0-2ブロック試料)

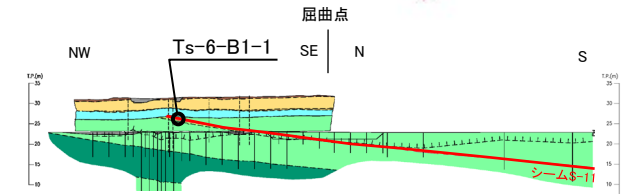


(6) 条線の形成時期に関する補足説明(6/15)

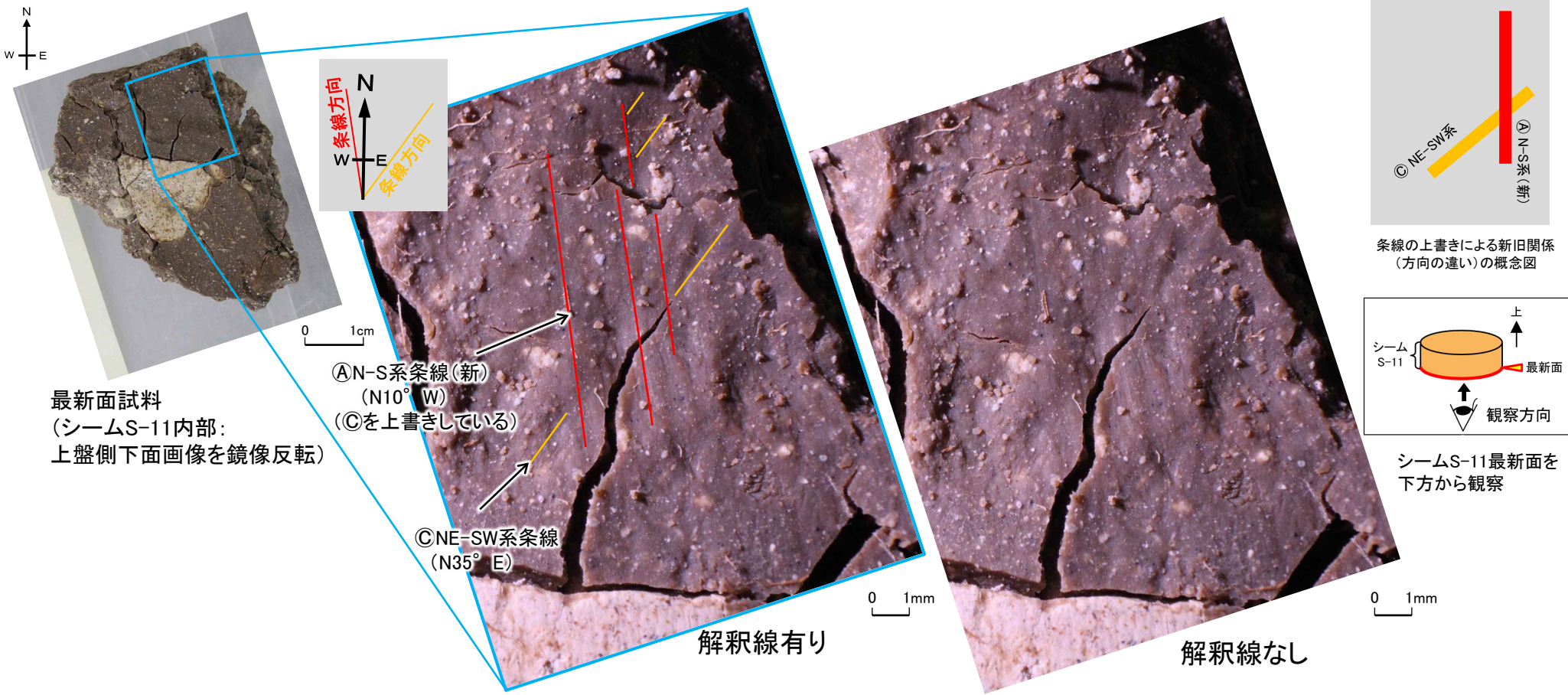
後期更新世以降の活動有りと認定できる箇所の条線データの代表例:

①Ts-6付近(2/5) No.3

ⒶN-S系条線(新) (N10° W)がⒸNE-SW系条線(N35° E)を上書きしている。



図(6.5) 試料採取位置図



図(6.6) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-B1-1ブロック試料) P.69再掲

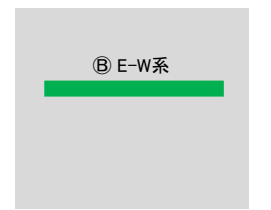
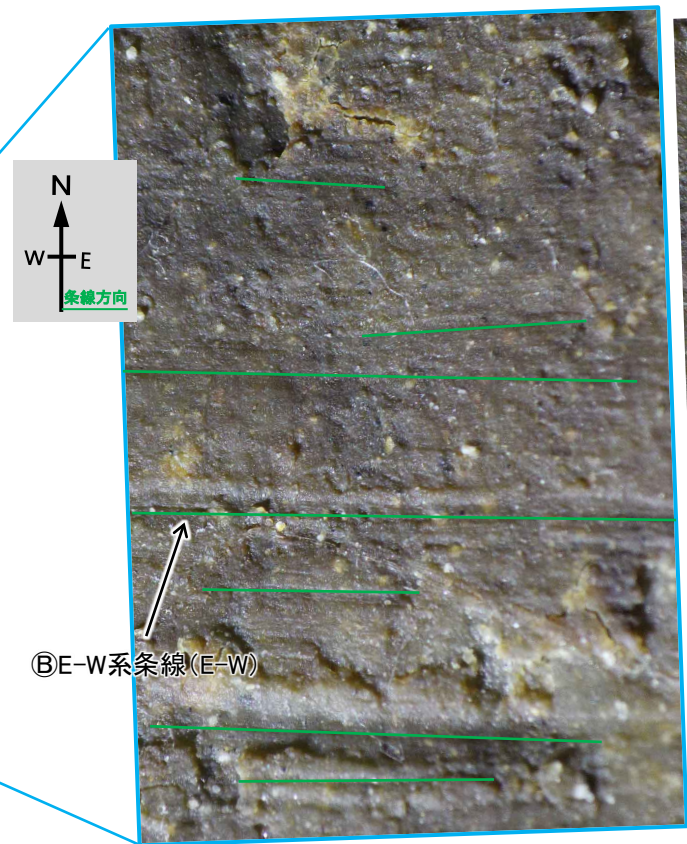
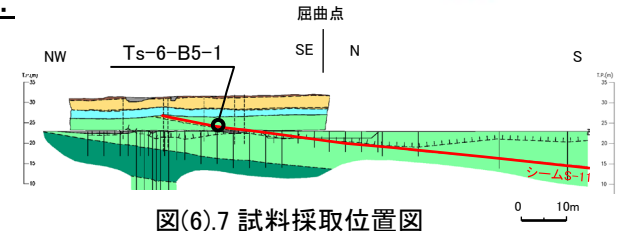


(6) 条線の形成時期に関する補足説明(7/15)

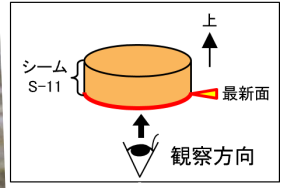
後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所の条線データの代表例:

①Ts-6付近(3/5) No.6

②E-W系条線(E-W)が認められる。他の方向の条線は認められない。



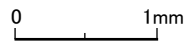
条線の上書きによる新旧関係(方向の違い)の概念図



シームS-11最新面を下方から観察

最新面試料
(シームS-11内部:
上盤側下面画像を鏡像反転)

解釈線有り



解釈線なし



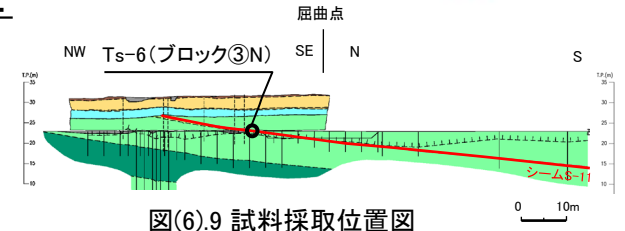
図(6.8) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-B5-1ブロック試料)

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(8/15)

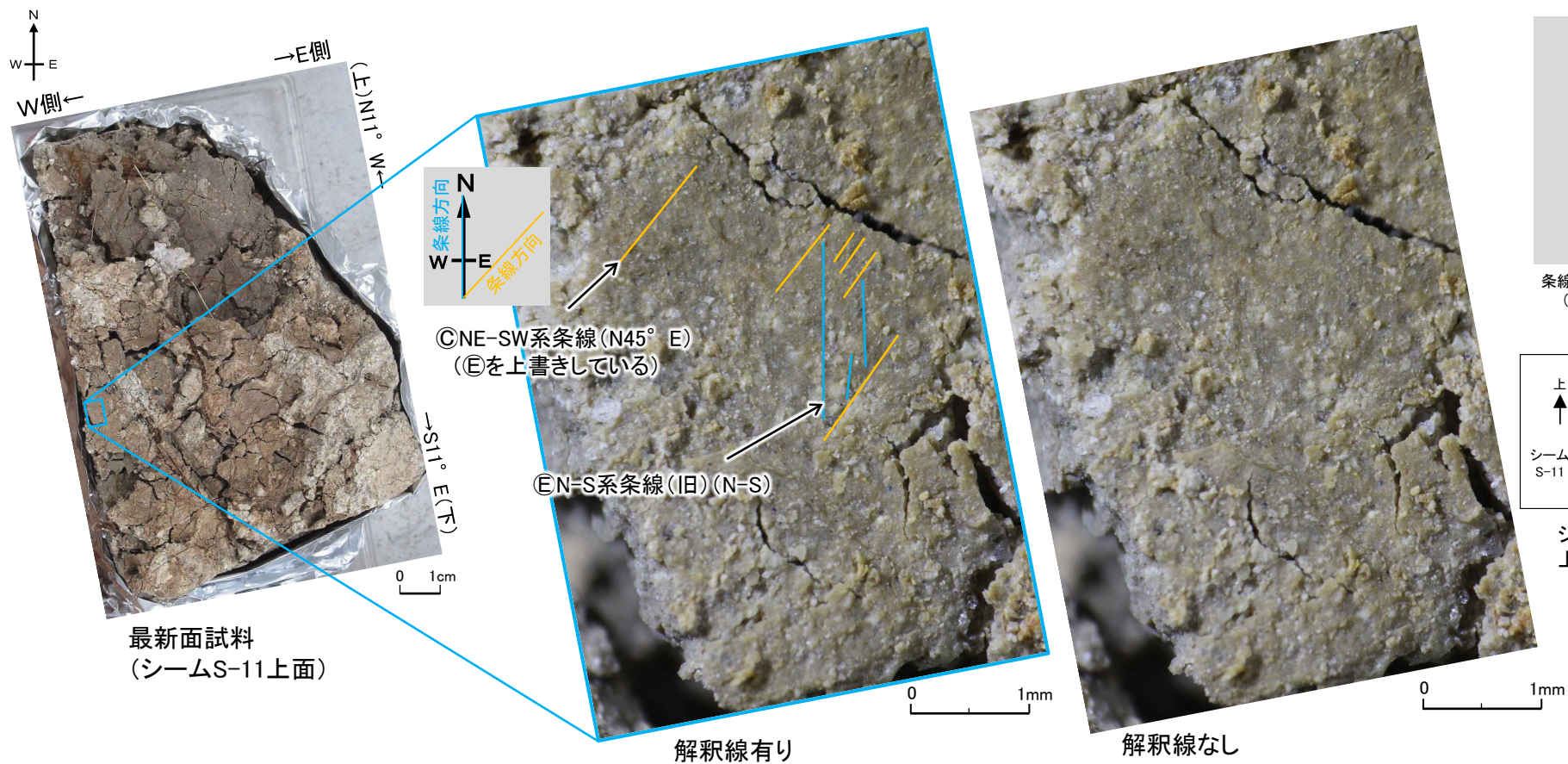
後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所の条線データの代表例:

①Ts-6付近(4/5) No.8

◎NE-SW系条線(N45° E)が⊕N-S系条線(旧)(N-S)を上書きしている。



図(6.9) 試料採取位置図



図(6.10) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6(ブロック③N)試料)

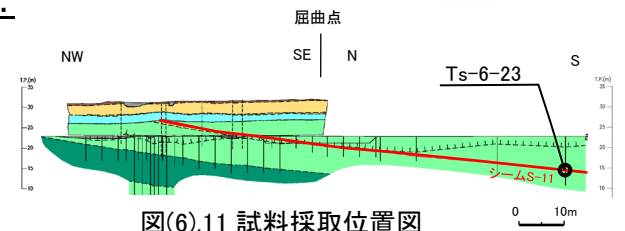


(6) 条線の形成時期に関する補足説明(9/15)

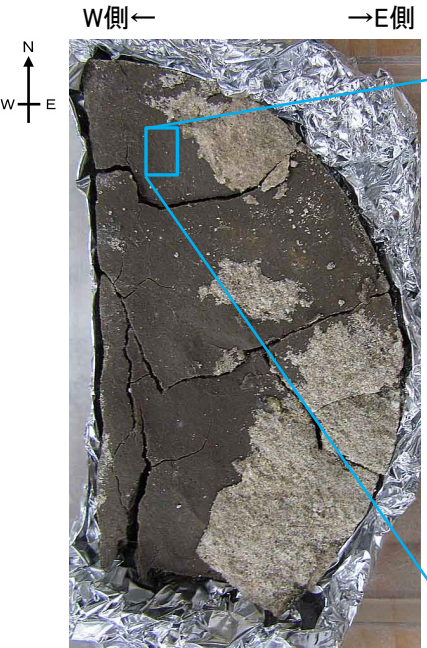
後期更新世以降の活動有りとは認定できる箇所の条線データの代表例:

①Ts-6付近(5/5) No.9

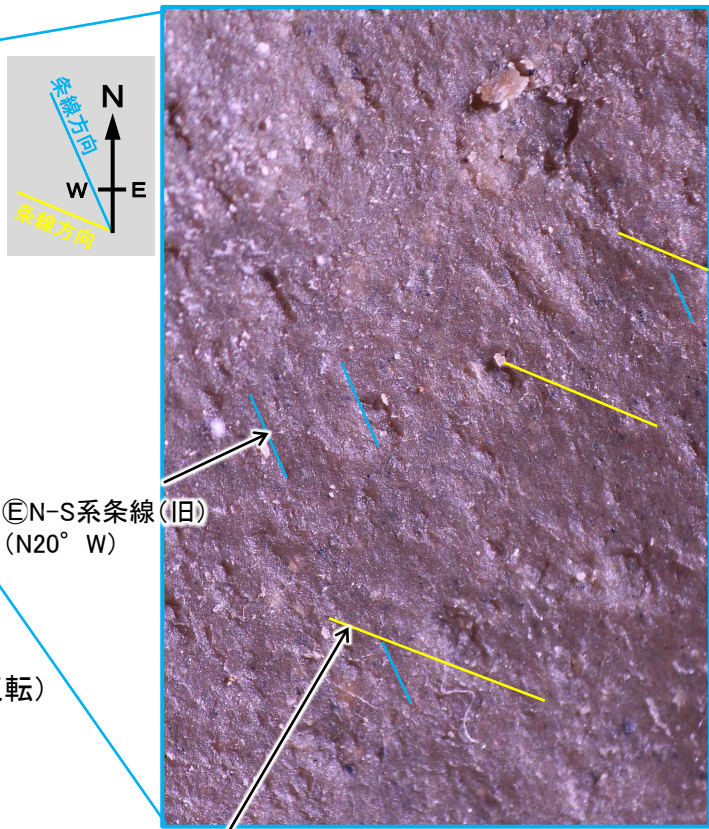
㊦NW-SE系条線(N70° W)が㊥N-S系条線(旧)(N20° W)を上書きしている。



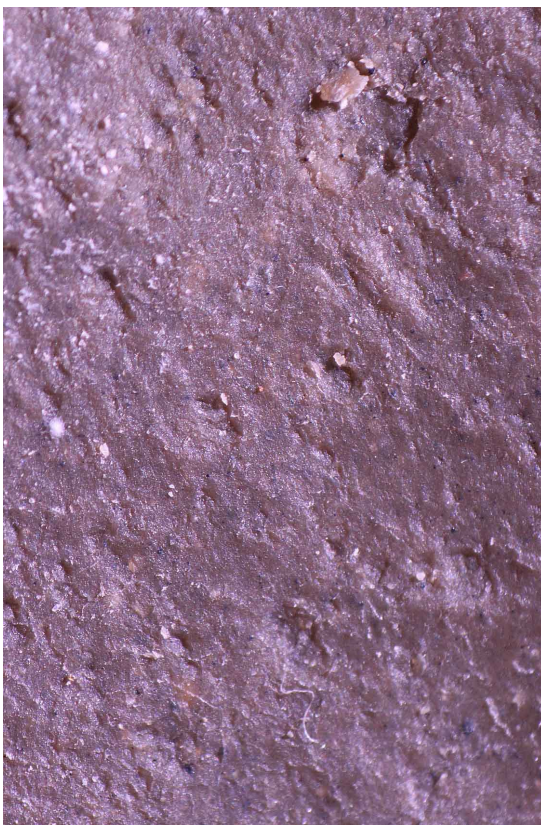
図(6.11) 試料採取位置図



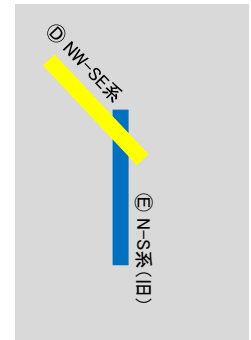
最新面試料
(シームS-11下面:画像を鏡像反転)



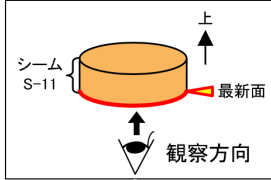
㊦NW-SE系条線(N70° W)
(㊥を上書きしている)



解釈線なし



条線の上書きによる新旧関係
(方向の違い)の概念図



シームS-11最新面を
下方から観察

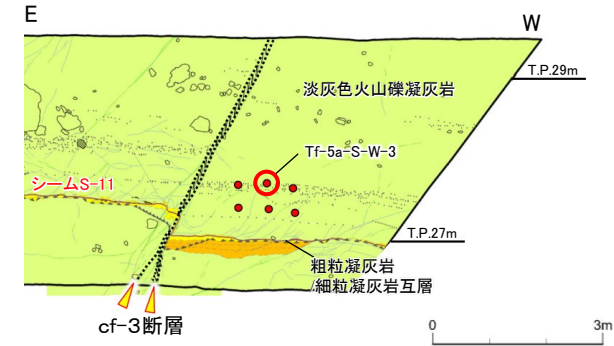
図(6.12) シームS-11の最新面の条線方向(Ts-6-23孔)

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(10/15)

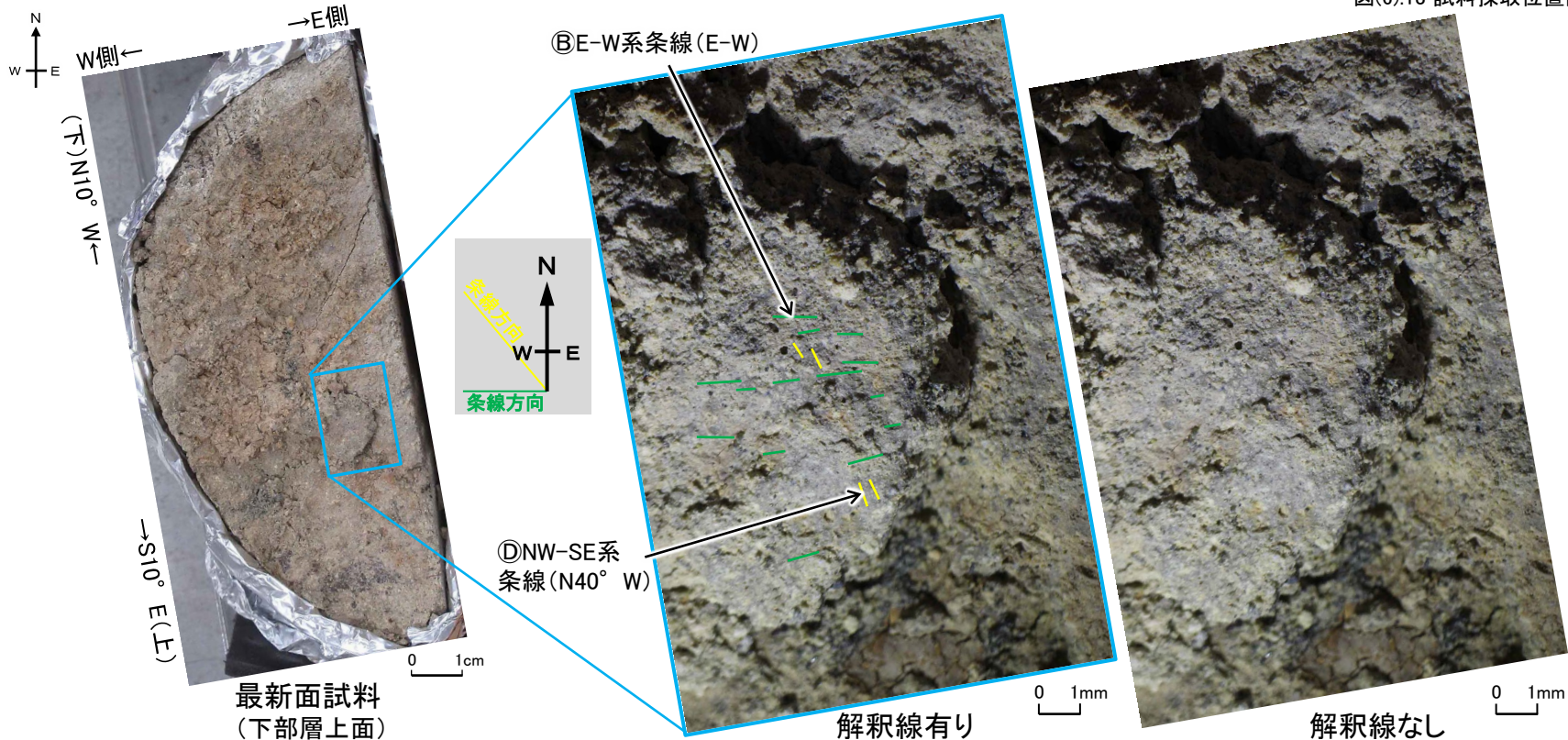
後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所の条線データの代表例:

③ Tf-5(a)付近(1/2)

②E-W系条線(E-W)が①NW-SE系条線(N40° W)を上書きしている。



図(6).13 試料採取位置図



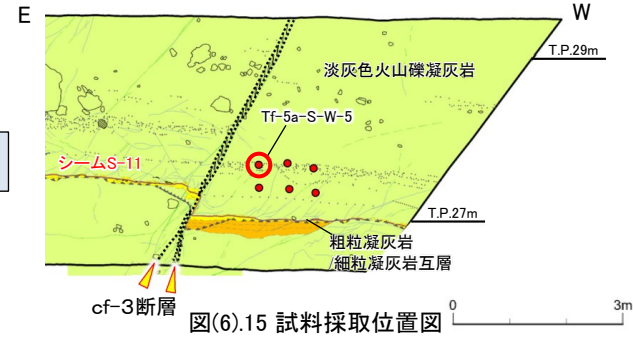
図(6).14 シームS-11の最新面の条線方向(Tf-5a-S-W-3孔 深度1.15m)

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(11/15)

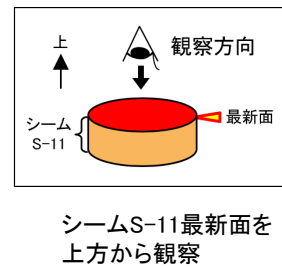
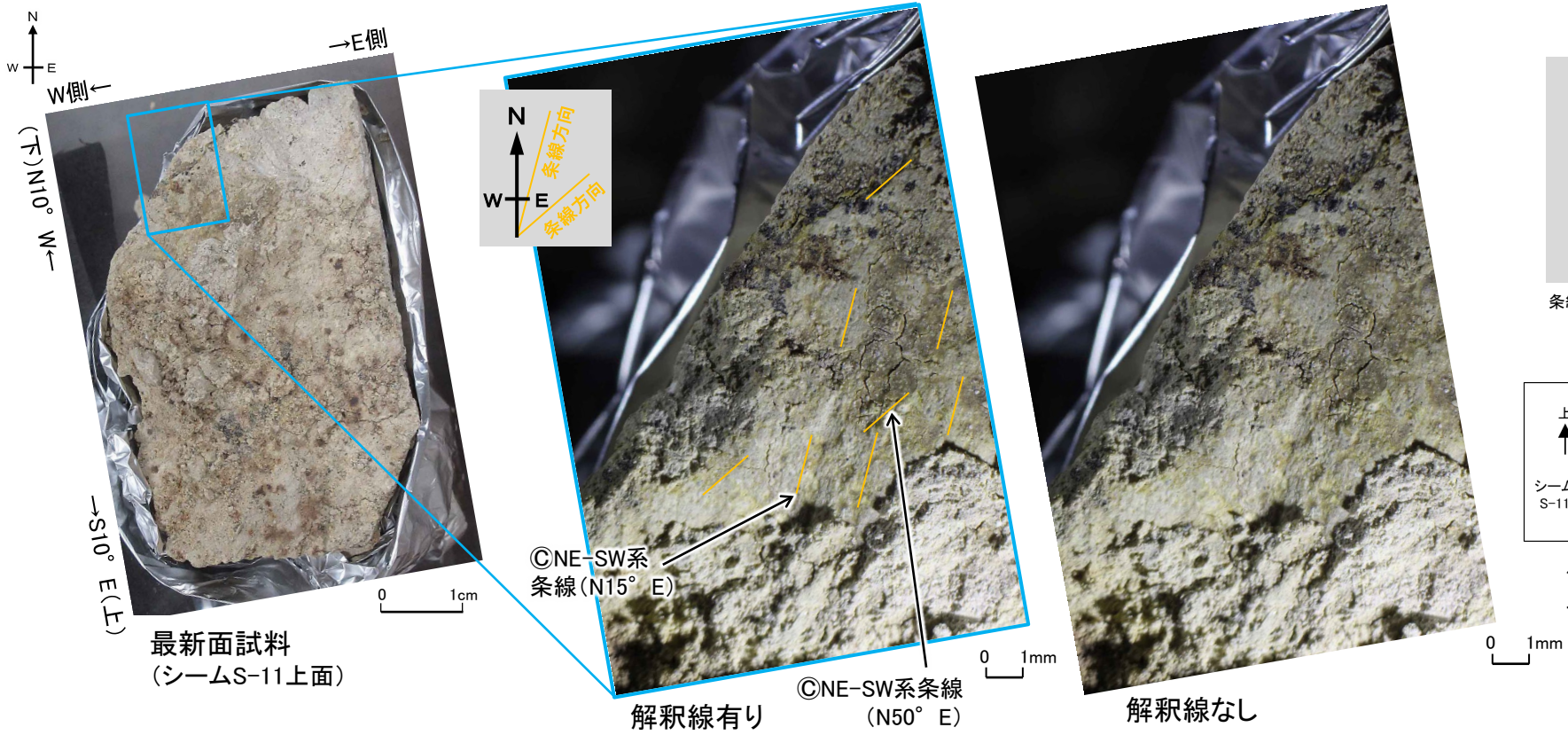
後期更新世以降の活動なしと認定できる箇所の条線データの代表例:

③Tf-5(a)付近(2/2)

◎NE-SW系条線(N15° E及びN50° E)が認められる。他の方向の条線は認められない。



図(6).15 試料採取位置図



図(6).16 シームS-11の最新面の条線方向(Tf-5a-S-W-5孔 深度1.10m) P.70再掲

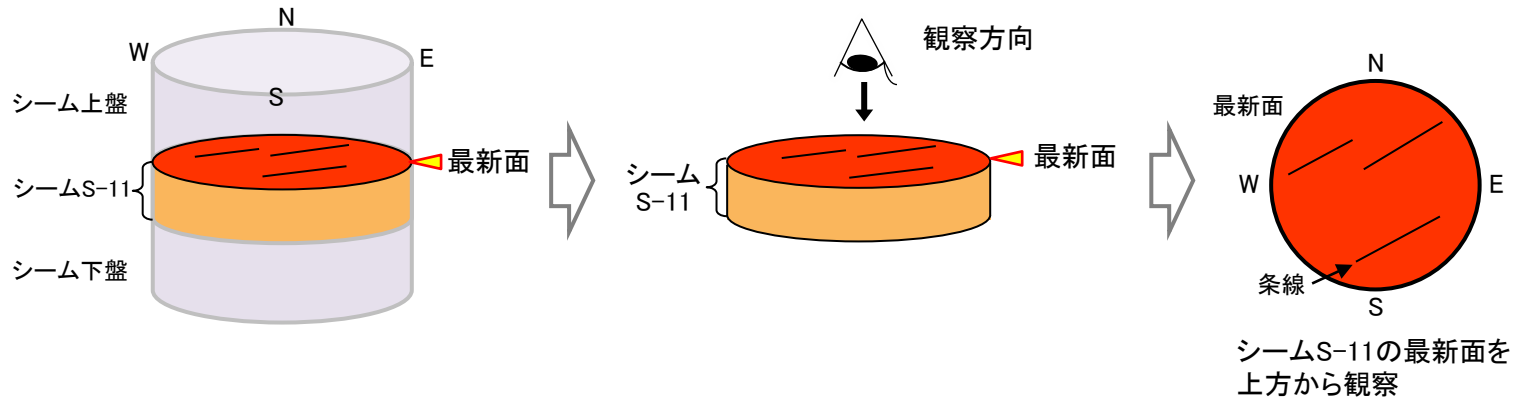
(6) 条線の形成時期に関する補足説明(12/15)

[参考]条線観察におけるシームS-11の最新面の観察方向の示し方

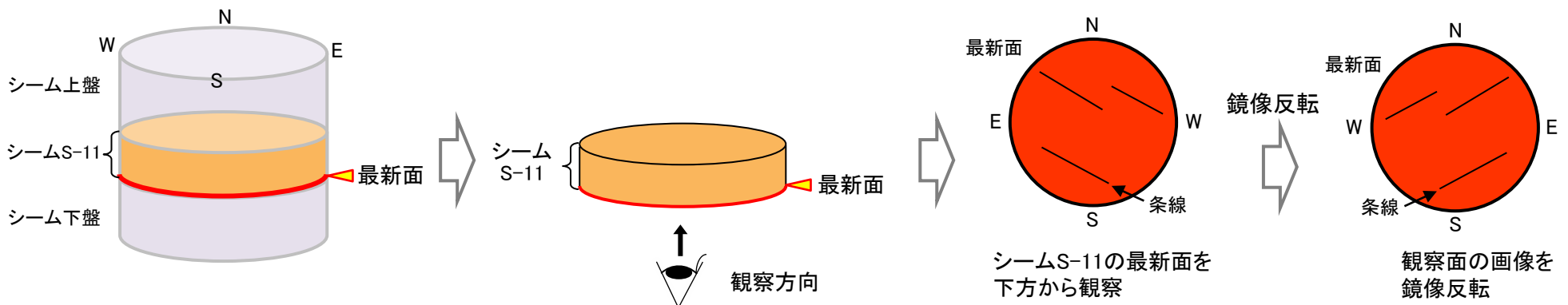
条線観察におけるシームS-11の最新面の観察方向の示し方は以下のとおり。

- シームS-11の上端に最新面が有る場合には上方からシームS-11を観察する。
- シームS-11の内部に最新面が有る場合には、上方及び下方からシームS-11を確認し、より条線が明瞭に確認される面を観察する。
- シームの下端に最新面が有る場合には、条線はシームS-11の面を観察する必要があるため、下方からシームS-11を観察する。なお、本資料では上方から観察する場合と方位を統一して示すため、下方からシームS-11を観察した結果は、観察面の画像を鏡像反転して示す。

【シームの上端に最新面が有る場合】



【シームの下端に最新面が有る場合】



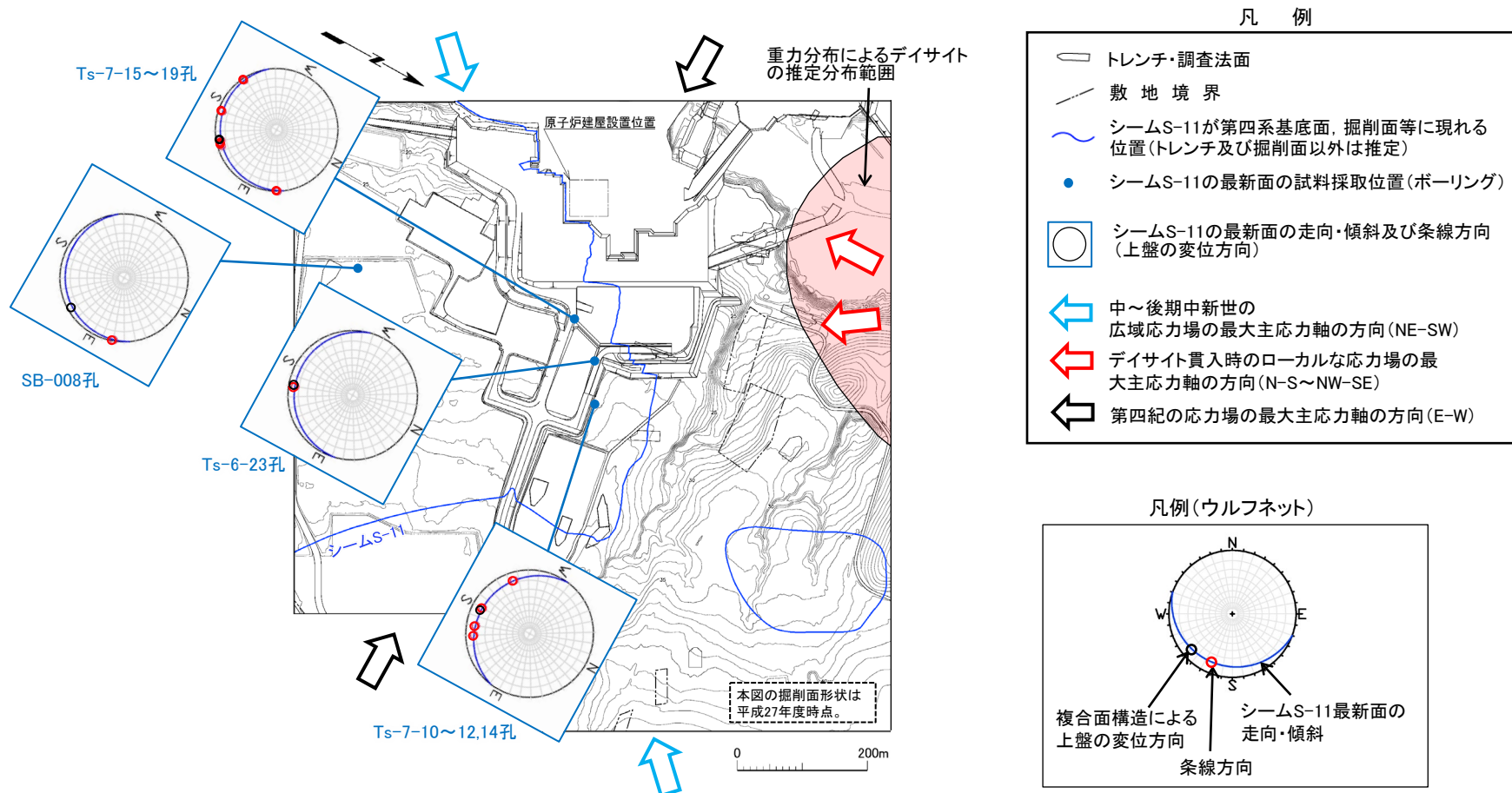
(6) 条線の形成時期に関する補足説明(13/15)



条線・複合面構造の方向と応力場との関係

シームS-11の条線・複合面構造の方向と応力場との関係は以下のとおりである(下北半島周辺の応力場の変遷についてはP.88参照)。

- シームS-11の条線及び複合面構造は、NE-SW及びN-S～NW-SEを示す。これらはいずれも中～後期中新世の広域応力場の最大主応力軸方向(NE-SW)及びデイサイト貫入時のローカルな応力場の最大主応力軸方向(N-S～NW-SE)を示すと考えられる。
- 第四紀の応力場を示唆するE-Wに卓越する方向性は認められない。



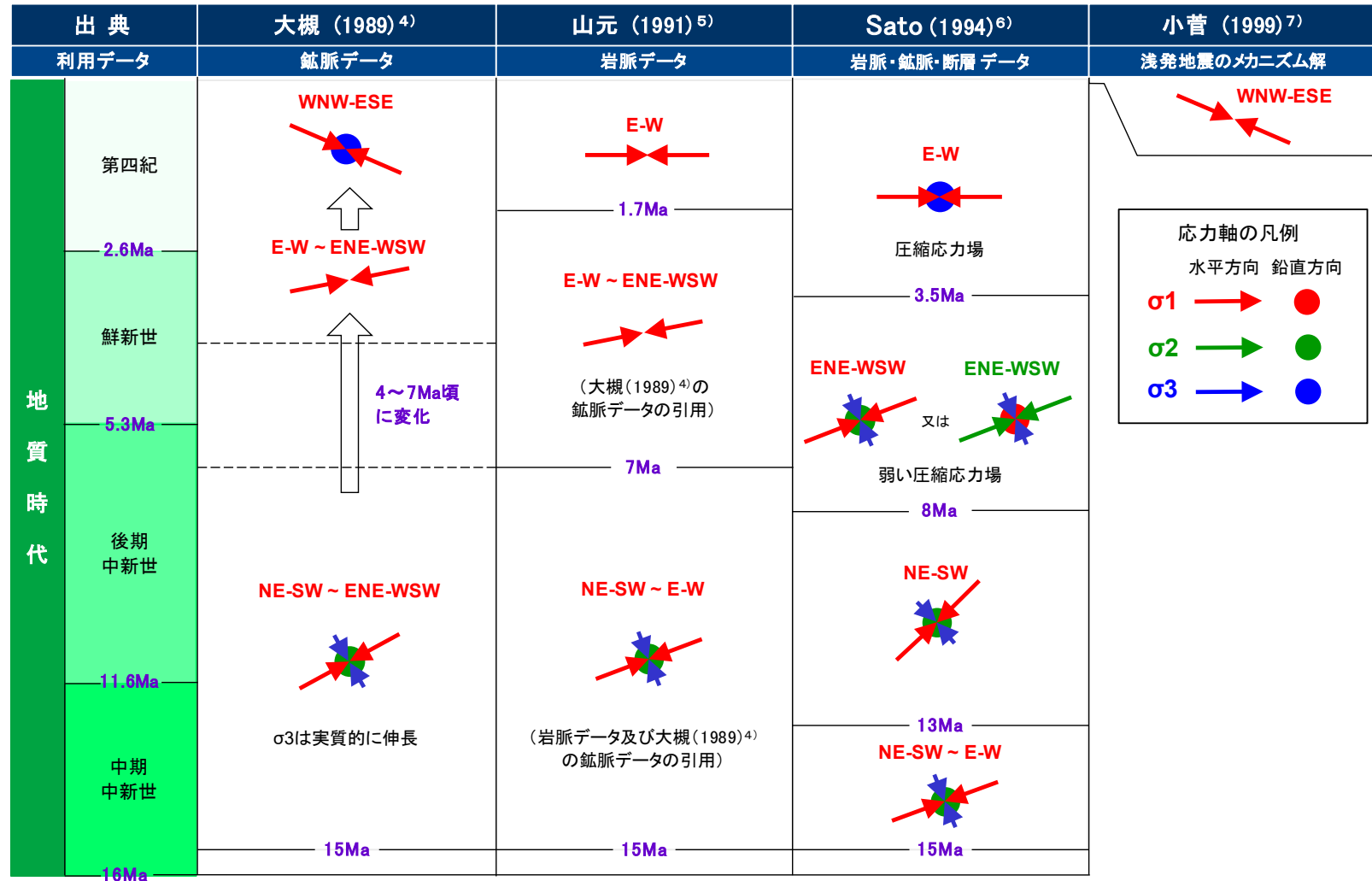
図(6).17 シームS-11の最新面の条線方向・複合面構造による上盤の変位方向と応力場との関係

(6) 条線の形成時期に関する補足説明(14/15)

文献による下北半島周辺の応力場の変遷

大間地点のシームS-11の条線・複合面構造の方向と応力場との関係を説明するために、文献による下北半島周辺の応力場の変遷を整理した。整理結果は、以下のとおりである。

- ・ 中期中新世から鮮新世にかけて、最大主応力軸の方向はNE-SW から ENE-WSWへ変化した。
- ・ 少なくとも第四紀中期以降は、ほぼE-Wの圧縮応力場にある。

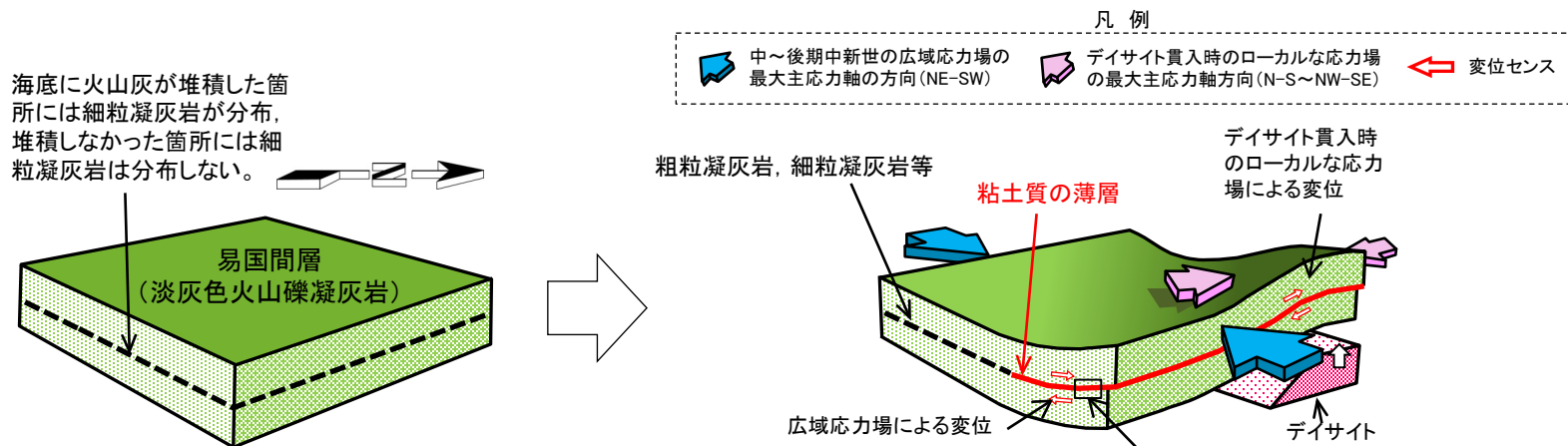


(6) 条線の形成時期に関する補足説明(15/15)

シームS-11の形成過程

シームS-11の形成過程は以下のとおりと考えられる。

- 中～後期中新世の海底火山活動により、主に火山礫から成る火山碎屑物が海底に堆積し、易国間層の淡灰色火山礫凝灰岩が形成された。
- 細粒な火山灰の量や堆積環境の違いにより、細粒な火山灰が堆積した箇所には細粒凝灰岩が形成された。一方、細粒な火山灰が堆積しなかった箇所には細粒凝灰岩は分布せず、粗粒凝灰岩や葉理が見られる。これら層理面に平行に分布し、同じ層序的位置にあるものをシームS-11とする(図①参照)。
- 中～後期中新世の応力場で易国間層が撓んだ際に、シームS-11の細粒凝灰岩は上下の粗粒な岩盤に比べて強度が低いため、層理面沿いにせん断面が生じた。そのせん断面に熱水が通ることによりせん断面付近が熱水変質を受け、粘土質の薄層が形成されたと考えられる(図②参照)。

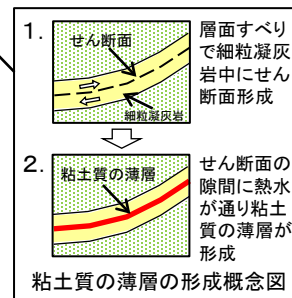


図① 易国間層の形成(中～後期中新世)

- 細粒な火山灰が堆積した箇所では細粒凝灰岩が形成。
- 堆積しなかった箇所では、粗粒凝灰岩や葉理が形成。
- これら層理面に平行に分布し、同じ層序的位置にあるものをシームS-11とする。

図② 粘土質の薄層の形成(中～後期中新世)

- 細粒凝灰岩において、広域応力場による層面すべりに伴うせん断面が形成され、せん断面に熱水が通ることにより粘土質の薄層が形成。
- デイサイト近傍ではデイサイト貫入時のローカルな応力場により層面すべり有り。
- 上記の粘土質の薄層以外のシームS-11は岩盤であり、図①での形成以降、層面すべりなし。



1. 町田洋・新井房夫(2011):新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺] (新編第2刷), 東京大学出版会, 336p.
2. 金川久一 (2011) :現代地球科学入門シリーズ10, 地球のテクトニクスII 構造地質学, 共立出版, p.109
3. ICDD (2015):PDF-4+ 2015 (Database), edited by Dr. Soorya Kabekkodu, International Centre for Diffraction Data, Newtown Square, PA, USA.
4. 大槻憲四郎(1989) :鉾脈による新第三紀東北本州弧の造構応力場復元, 地質学論集, 第32号, pp.281-304
5. 山元孝広(1991) :日本列島の後期新生代岩脈群と造構応力場, 地質調査所月報, 第42巻, 第3号, pp.131-148
6. Sato, H.(1994):The relationship between late Cenozoic tectonic events and stress field and basin development in northeast Japan, Journal of Geophysical Research, vol.99, pp.22,261-22,274
7. 小菅正裕(1999) :地殻内地震から見た東北日本の応力配置, 月刊地球, 号外No.27, pp.107-112