

4.2.1 変状弱面の分布・性状

1. 敷地の断層等の概要

1.1 敷地の調査

1.2 敷地の地形

1.3 敷地の地質・地質構造

1.4 敷地の断層等の分類

1.5 敷地の断層等の評価概要

1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

1.5.3 断層等の総合評価

2. 断層

2.1 cf断層系の調査・評価

2.1.1 cf断層系の分布・性状

2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

2.1.3 cf断層系の活動性評価

2.2 dF断層系の調査・評価

2.2.1 dF断層系の分布・性状

2.2.2 dF断層系の活動性評価

2.3 断層の評価まとめ

3. シーム

3.1 シームの認定

3.2 検討対象シームの選定

3.3 シームの分布・性状

3.3.1 シームの分布

3.3.2 シームの詳細性状の類似性

3.4 代表シームの活動性評価

3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

4. 後期更新世に生じた変状

4.1 後期更新世に生じた変状の調査

4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

4.2.1 変状弱面の分布・性状

4.2.2 変状弱面の分布範囲

4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

5. まとめ

4.2.1 変状弱面の分布・性状(1/18)

後期更新世に生じた変状の評価対象(変状形成時に変位を生じた地質弱面)

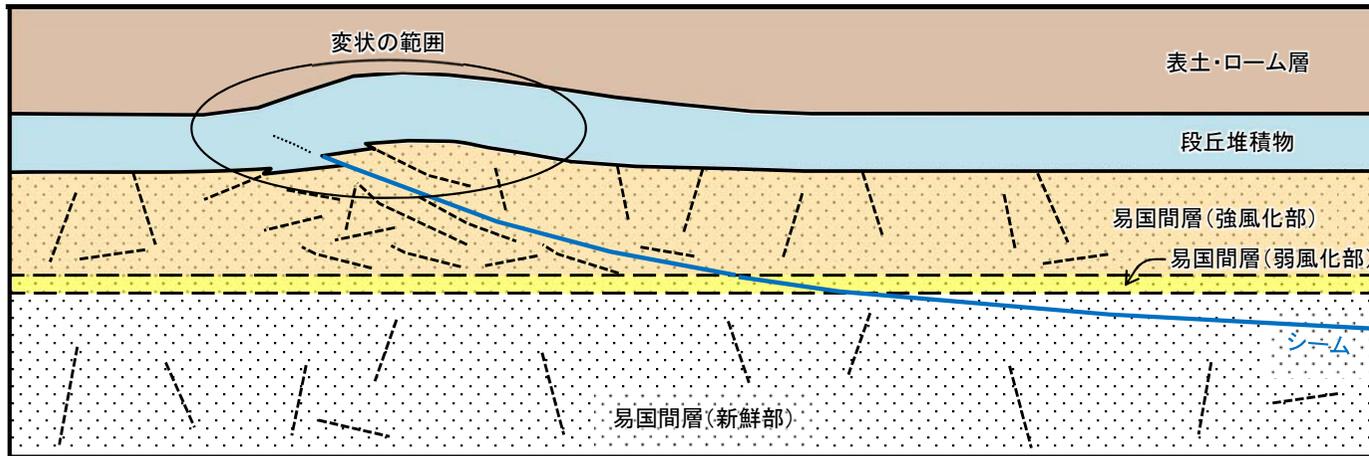
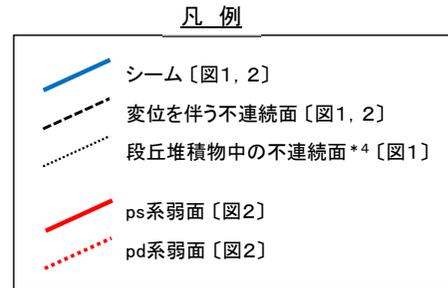


図1 断裂等と変状の分布(観察結果)



風化部

風化部

- 変状(図1)は、シーム及び変位を伴う不連続面の一部を利用して、新たに岩盤に変位が生じることにより形成されたと考えられることから、「変状形成時に変位を生じた地質弱面」(以下「変状弱面」という。)*1を断層等として評価する。
- 変状弱面(図2)のうち、シームを利用して形成されたものをps系弱面*2、低角の変位を伴う不連続面を利用して形成されたものをpd系弱面*3に区分する。
- ps系弱面はシーム沿いに分布し、上盤の強風化部が上方に変位し傾斜方向に条線が認められる(P.4-81参照)。一方、シームは主に新鮮部において後期更新世以降の活動がなく(P.3-49参照)、条線方向がややばらつく傾向がある(P.3-27, 3-28参照)。これらの違いにより、ps系弱面とシームを区別する。
- pd系弱面は強風化部のシーム付近にある低角*5の変位を伴う不連続面沿いに分布し、傾斜方向に明瞭な条線が認められる(P.4-83, 4-85参照)。一方、高角*5の変位を伴う不連続面は後期更新世以降の活動がなく(P.4-27, 4-33, 4-37参照)、走向方向にやや不明瞭な条線が認められる(P.4-26, 4-34, 4-36参照)。これらの違いにより、pd系弱面と変位を伴う不連続面を区別する(P.4-29, 4-38参照)。

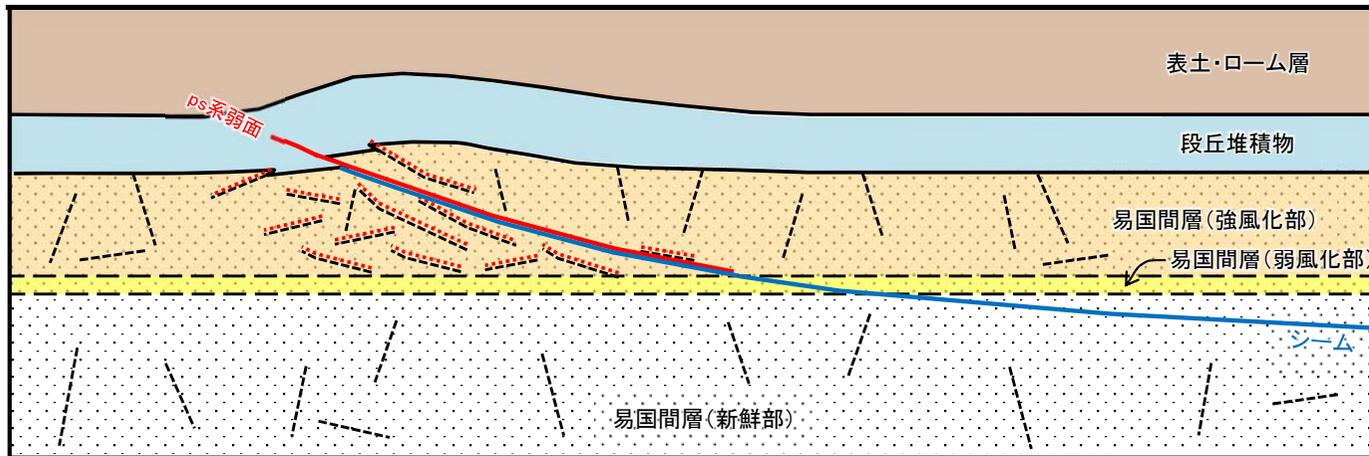


図2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の区分

評価上の区分	変状の変位・変形の有無	面の性状			風化性状	
		面の傾斜角	条線方向	明瞭性		
シーム(S-10, 11)	なし	低角	主として傾斜方向	明瞭	新鮮部～強風化部	
変位を伴う不連続面(主に高角)	なし	主として高角	走向方向	やや不明瞭		
変状形成時に変位を生じた地質弱面	ps系弱面(ps-1, 2)	有り(主として変位)	低角	傾斜方向	明瞭	強風化部
	pd系弱面	有り(主として変形)				

*1: 岩盤中の変状弱面は、第700回審査会合(H31.4.5)において、「変状に関わる断裂(シーム)及び「変状に関わる断裂(変位を伴う不連続面)」と称していたもの。
 *2: シームS-11沿いのものをps-1弱面、シームS-10沿いのものをps-2弱面とする。
 *3: 連続性が小さく数多く分布することから、「pd系」としてまとめた名称とする。
 *4: 段丘堆積物中の不連続面は、第700回審査会合(H31.4.5)において、「第四系中の不連続面」と称していたもの。
 *5: おおむね傾斜50°を境として低角と高角に区分する(P.4-29, 4-38参照)。

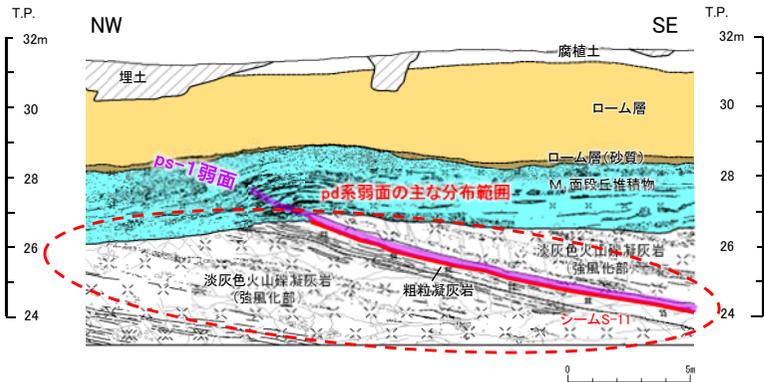
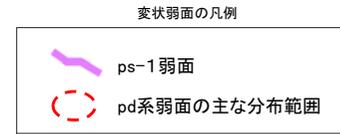
注)「地質弱面」は、地すべり等の応用地質学分野において、すべり面の元となる粘土層、小断層等に対して用いられる用語。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(2/18)

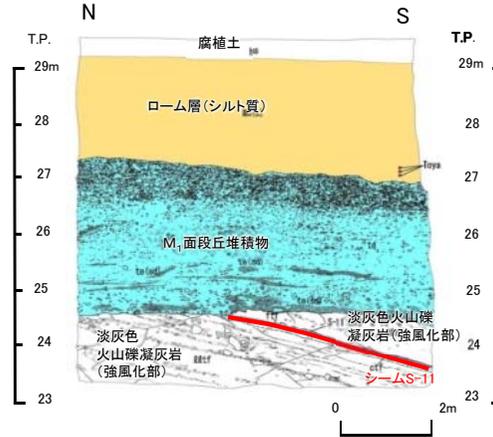
第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-9 一部修正



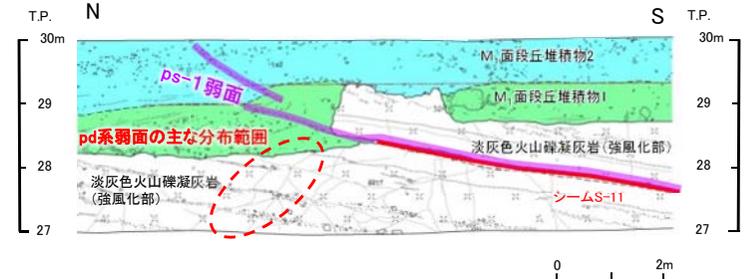
調査結果(1/2): ps系弱面 (ps-1弱面) 及びpd系弱面〔シームS-11付近〕



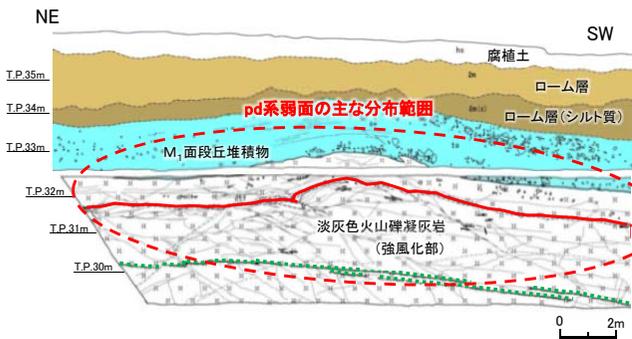
Ts-6法面: 変状有り (P.4-25, 4-56, 補足説明資料P.66)
ps-1弱面及びpd系弱面が分布



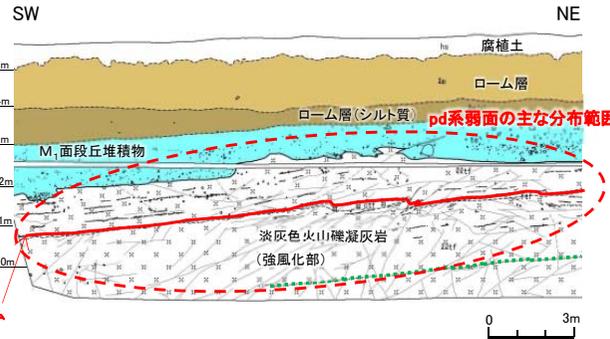
Ts-5法面: 変状なし (補足説明資料P.36)
変状弱面は分布しない



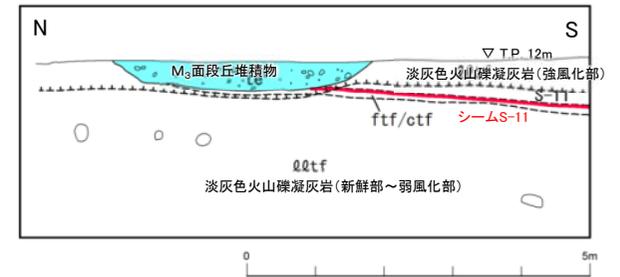
Ts-7トレンチ東側法面: 変状有り (P.4-32,4-33,4-45, 補足説明資料P.67)
ps-1弱面及びpd系弱面が分布



Ts-8トレンチ南側法面: 変状有り (P.4-59, 補足説明資料P.69)
pd系弱面が分布



Ts-8トレンチ北側法面: 変状有り (補足説明資料P.68, 70)
pd系弱面が分布



No.3法面: 変状なし (補足説明資料P.34)
変状弱面は分布しない

- ps系弱面のうちps-1弱面は、シームS-11付近で変状が有る箇所の段丘堆積物中及び岩盤内に分布する。変状弱面は岩盤内ではシーム沿いに分布し、上盤の強風化部が上方に変位している。
- pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面沿いに分布する。変状弱面による変形は岩盤内変位による上に凸の変形が主体であり、部分的に岩盤上面にまで変位が見られる部分がある。
- ps-1弱面及びpd系弱面は、岩盤内では強風化部に分布し、新鮮部には認められない。

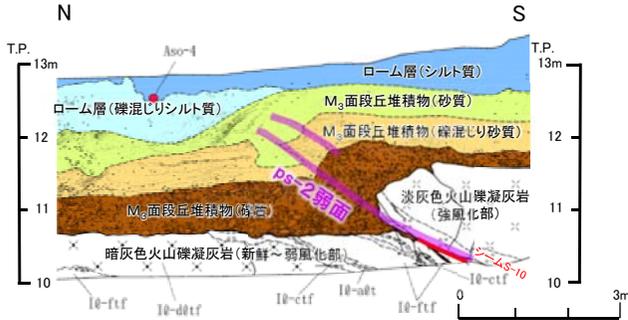
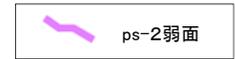
4.2.1 変状弱面の分布・性状(3/18)

第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-8 一部修正

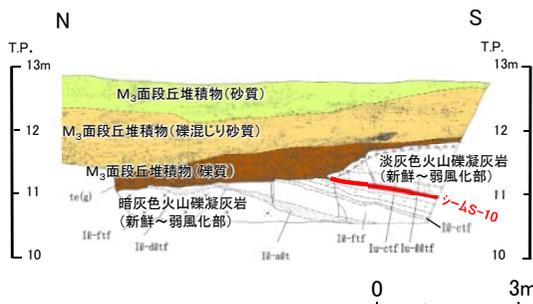


調査結果(2/2): ps系弱面(ps-2弱面)[シームS-10付近]

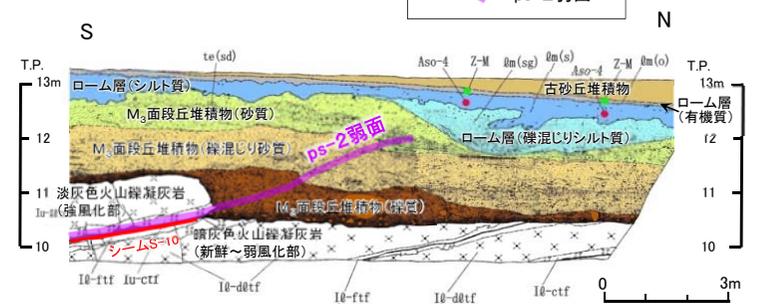
変状弱面の凡例



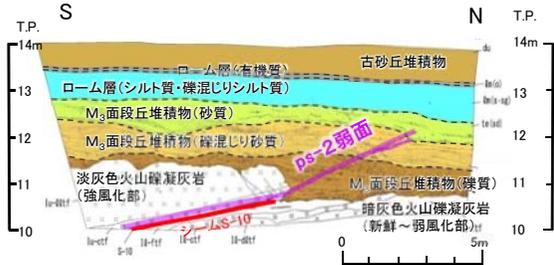
Ts-1トレンチ東側法面: 変状有り(補足説明資料P.71)
ps-2弱面が分布



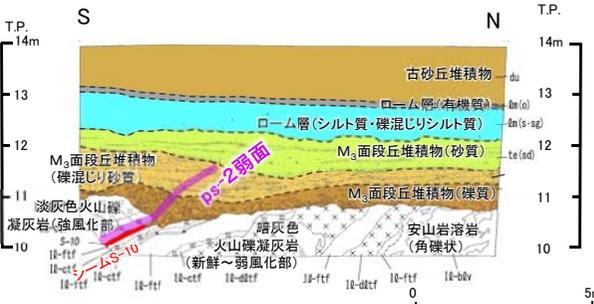
Ts-2トレンチ東側法面: 変状なし(補足説明資料P.18)
変状弱面は分布しない



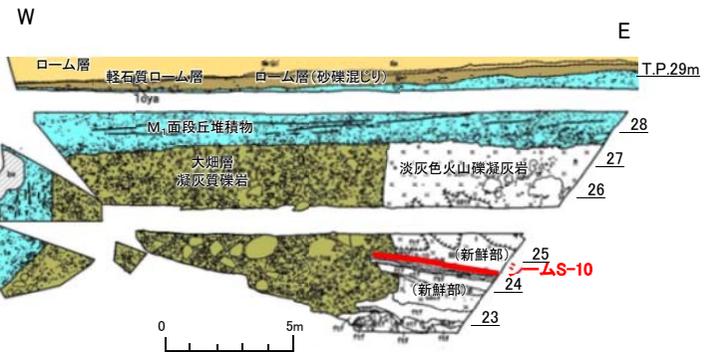
Ts-3トレンチ西側法面: 変状有り(補足説明資料P.72)
ps-2弱面が分布



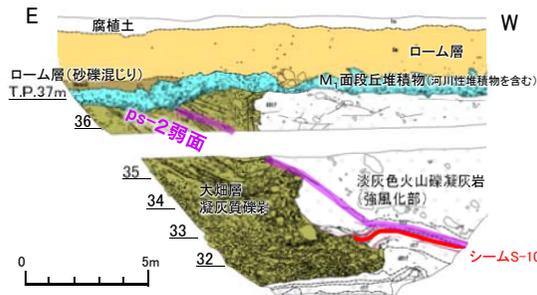
Ts-3トレンチ8m西方法面: 変状有り(補足説明資料P.73)
ps-2弱面が分布



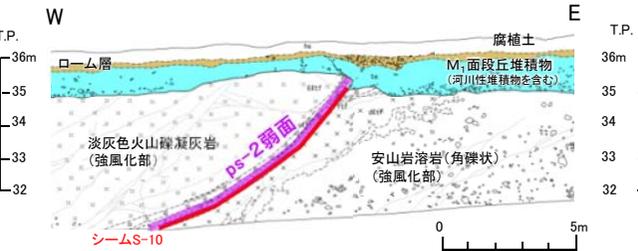
Ts-3トレンチ17m西方法面: 変状有り(補足説明資料P.74)
ps-2弱面が分布



Ts-11トレンチ北側法面: 変状なし(補足説明資料P.28)
変状弱面は分布しない



Ts-10トレンチ南側法面: 変状有り(補足説明資料P.75)
ps-2弱面が分布



Ts-13法面北側法面: 変状有り(補足説明資料P.76)
ps-2弱面が分布

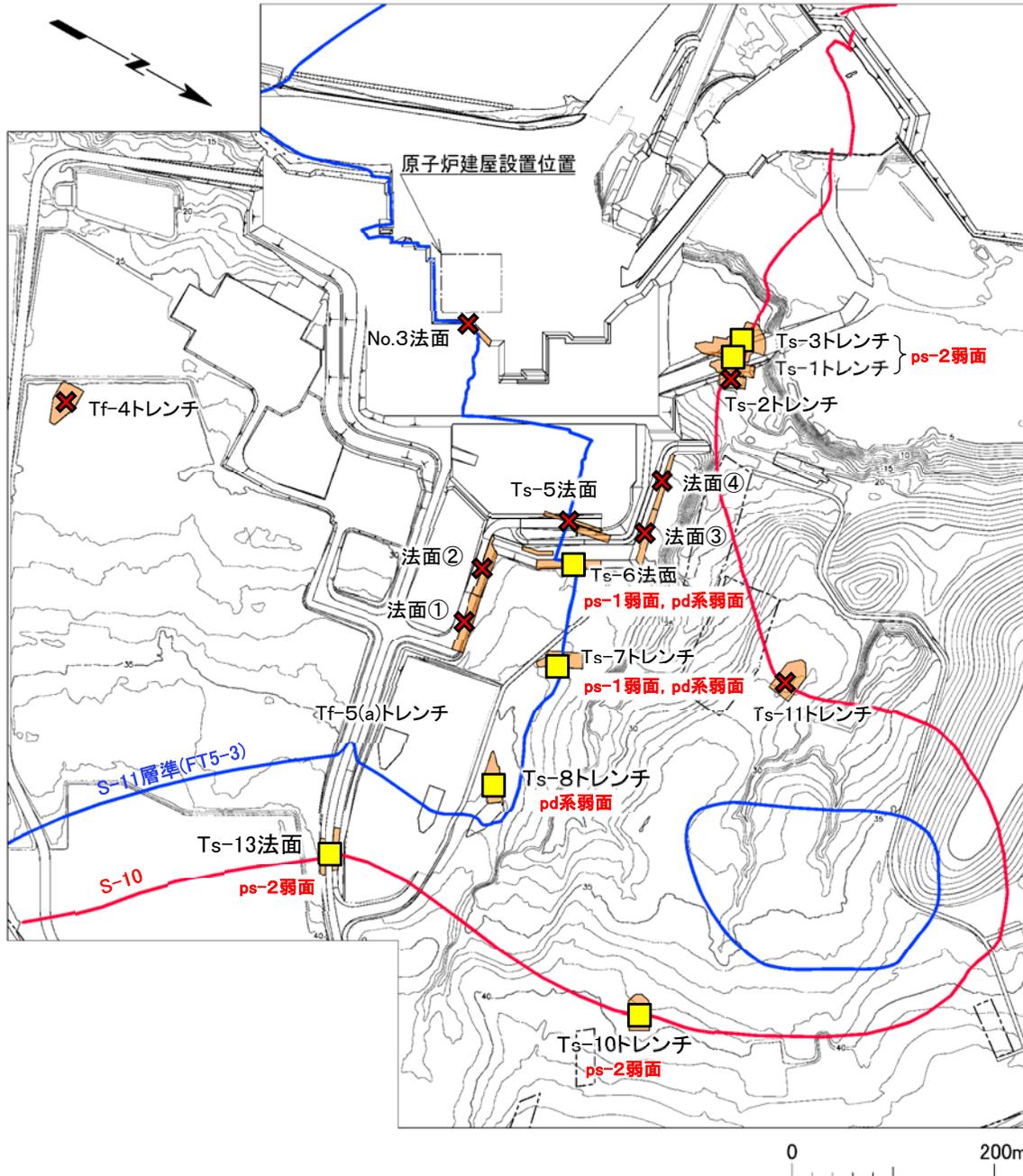
- ps系弱面のうちps-2弱面は、シームS-10付近で変状が有る箇所の段丘堆積物中及び岩盤内に分布する。変状弱面は岩盤内ではシーム沿いに分布し、上盤の強風化部が上方に変位している。
- ps-2弱面は岩盤内では強風化部に分布し、新鮮部には認められない。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(4/18)

第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-11 一部修正



変状の有無及び変状弱面の確認結果



凡例

Ts-7 トレンチ・法面
 敷地境界
 シームS-10が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
 シームS-11層準(FT5-3*)が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
*: シームS-11を挟むする細粒凝灰岩の鍵層名。
 変状の詳細観察箇所
 変状の詳細観察結果
 変状有り
 変状なし

変状弱面

- ps-1弱面: シームS-11沿い [Ts-6, 7に分布]
- ps-2弱面: シームS-10沿い [Ts-1, 3, 10, 13に分布]
- pd系弱面: 低角の変位を伴う不連続面沿い [Ts-6~8に分布]

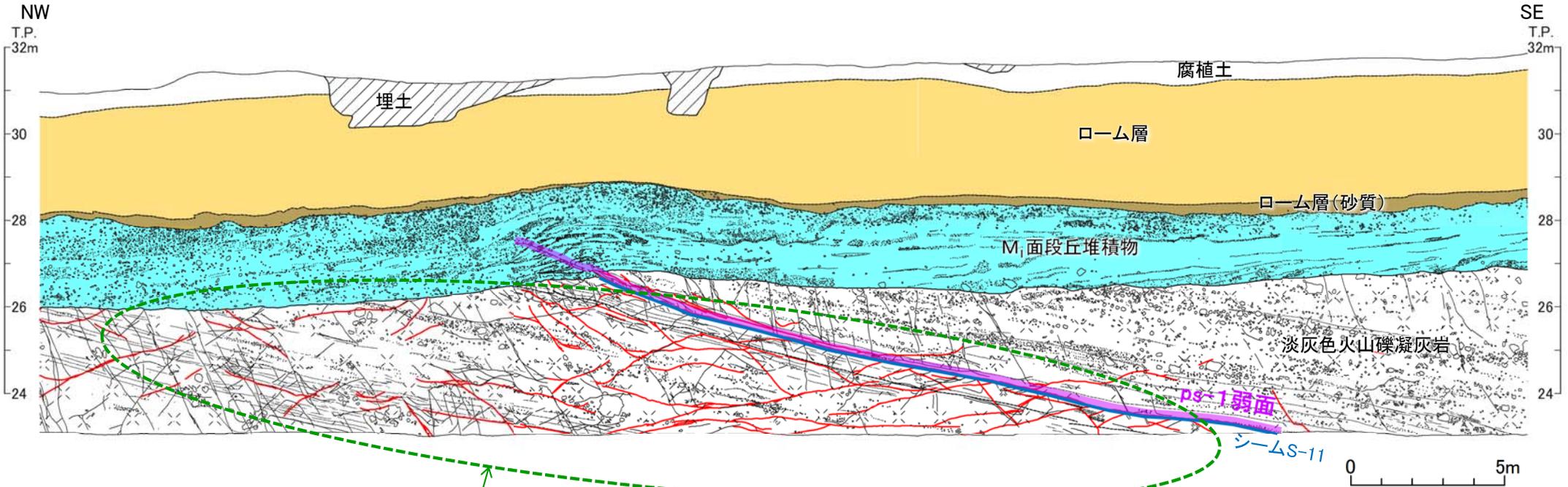
- 変状弱面は、シーム付近で変状が有る箇所の段丘堆積物中及び岩盤内に分布し、分布する箇所と分布しない箇所が近接する。
- 変状弱面のうち、ps-1弱面はシームS-11沿い、ps-2弱面はシームS-10沿いに分布し、pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面沿いに分布する。

注) シームS-10及びシームS-11層準(FT5-3*)の位置は、ボーリング、トレンチ及び法面の調査結果に基づく。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(5/18)



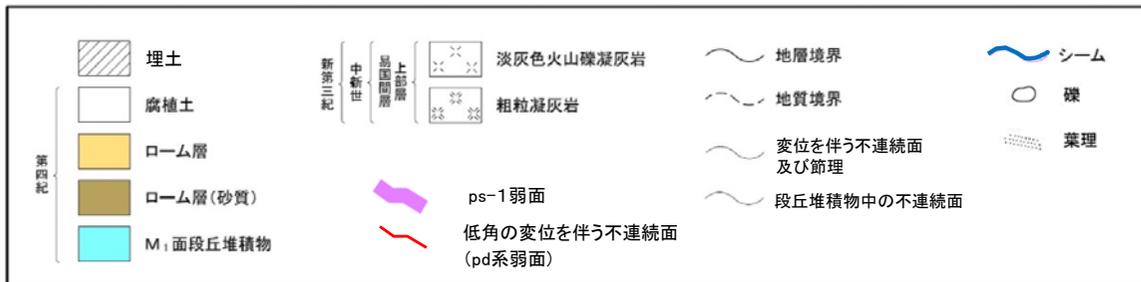
Ts-6法面(1/6): 変状弱面の分布[ps-1弱面, pd系弱面]



変状付近でpd系弱面が多く分布

注)本スケッチは、第646回審査会合以降追加取得した調査データを含む。

凡例

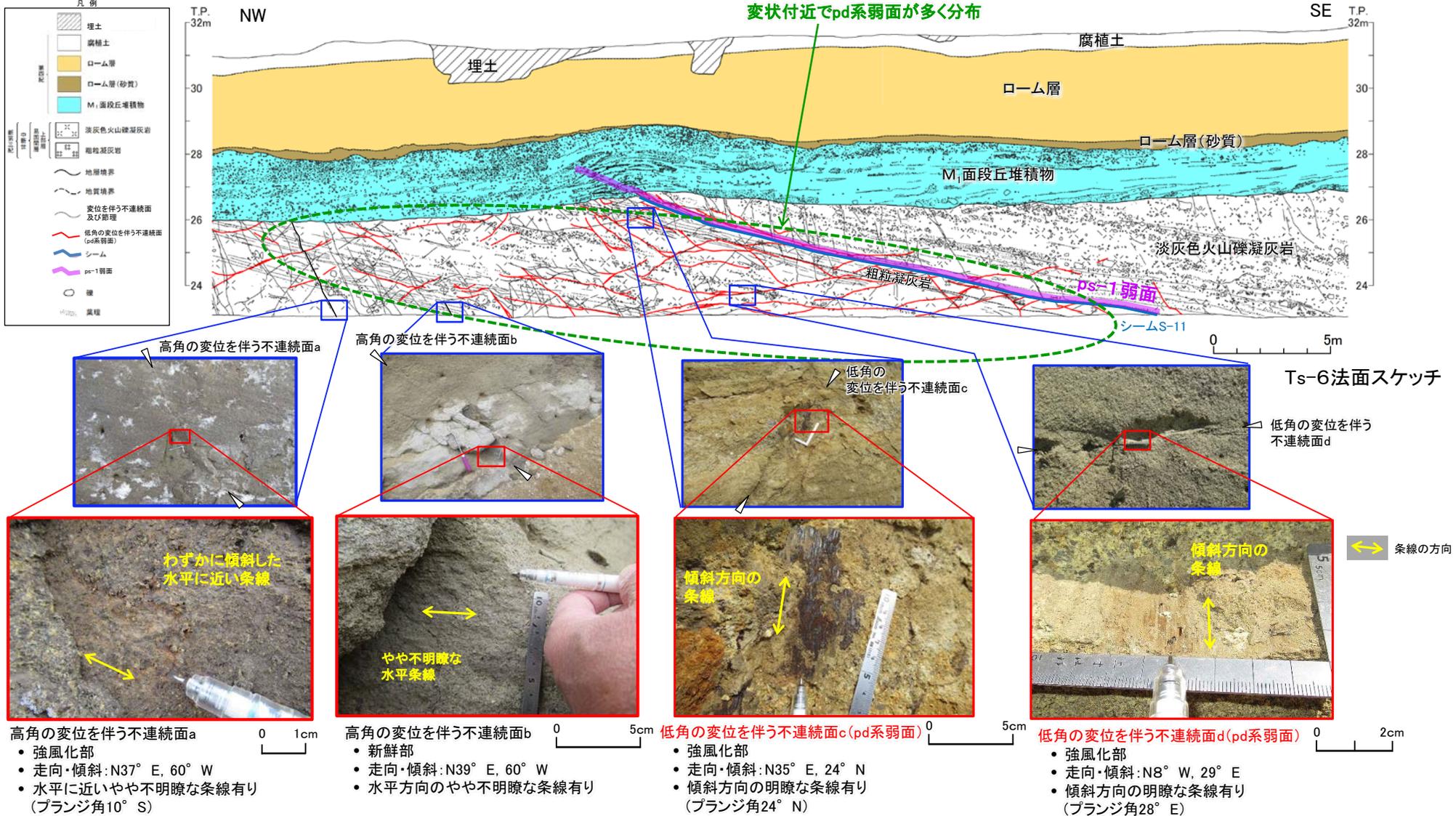


- Ts-6法面では、シームS-11沿いにps-1弱面、変状付近の低角の変位を伴う不連続面沿いにpd系弱面(P.4-26参照)が分布する。
- pd系弱面はシーム付近の下盤側に多く分布する。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(6/18)



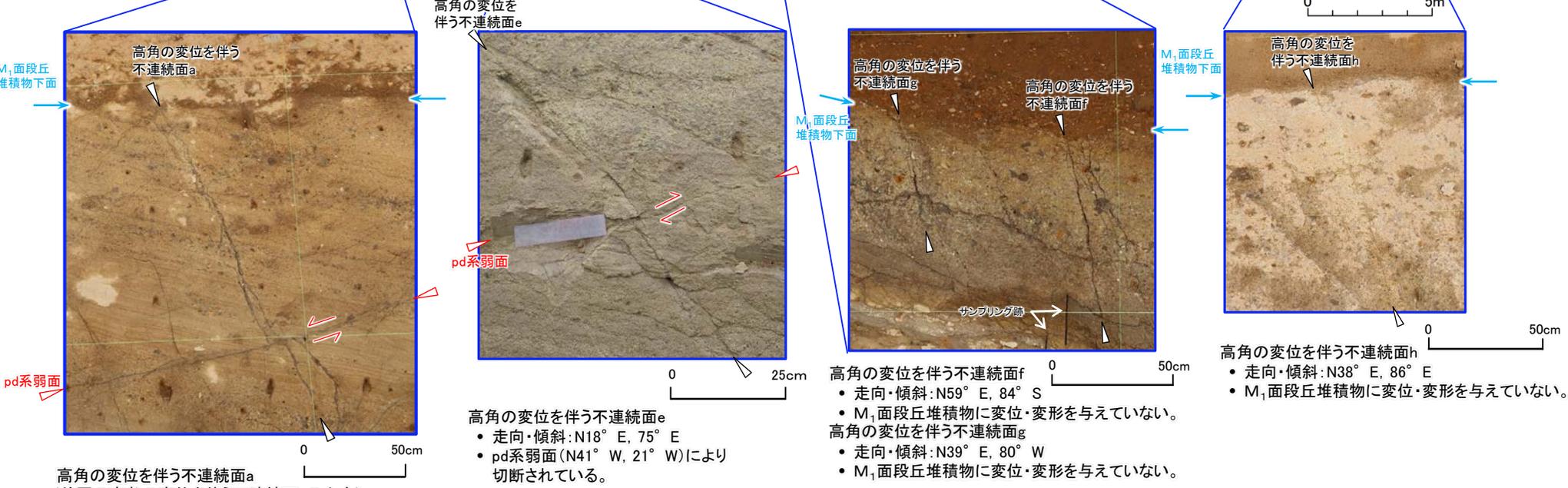
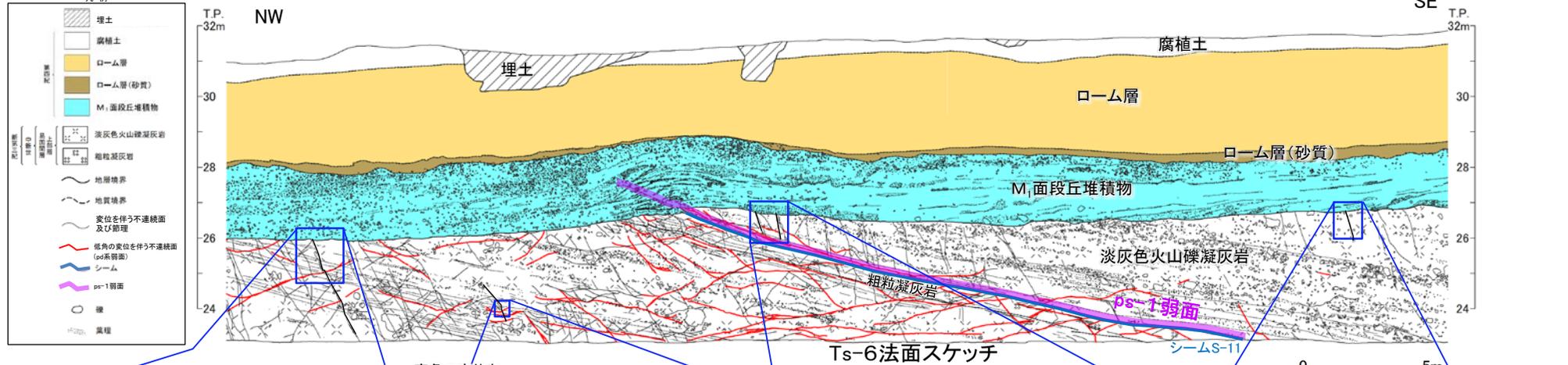
Ts-6法面(2/6): 低角の変位を伴う不連続面(pd系弱面)及び高角の変位を伴う不連続面の性状



● 強風化部及び新鮮部の高角の変位を伴う不連続面a,bにはほぼ水平方向にやや不明瞭な条線が認められる。
 ● 強風化部の低角の変位を伴う不連続面c,dにはほぼ傾斜方向に明瞭～やや不明瞭な条線が認められる。これらをpd系弱面とする。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(7/18)

Ts-6法面(3/6):高角の変位を伴う不連続面とpd系弱面及び段丘堆積物との関係



高角の変位を伴う不連続面はpd系弱面により切断され、M₁面段丘堆積物に変位・変形を与えておらず後期更新世以降の活動がないことを確認した。

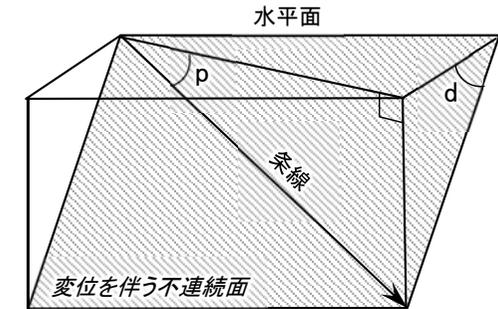
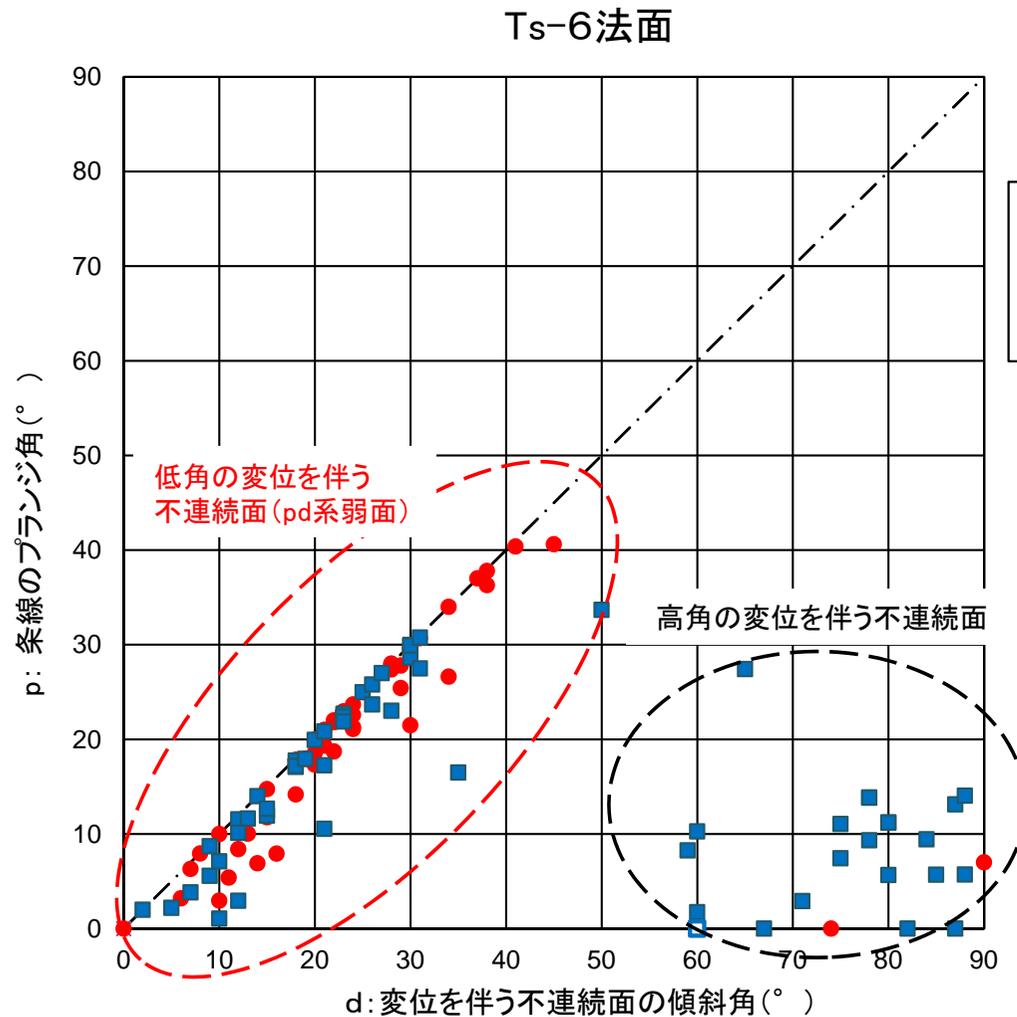
(余白)

4.2.1 変状弱面の分布・性状(8/18)

コメントNo.S2-125



Ts-6法面(4/6): 変位を伴う不連続面の傾斜角と条線方向の関係



p: 条線のプランジ角
d: 変位を伴う不連続面の傾斜角

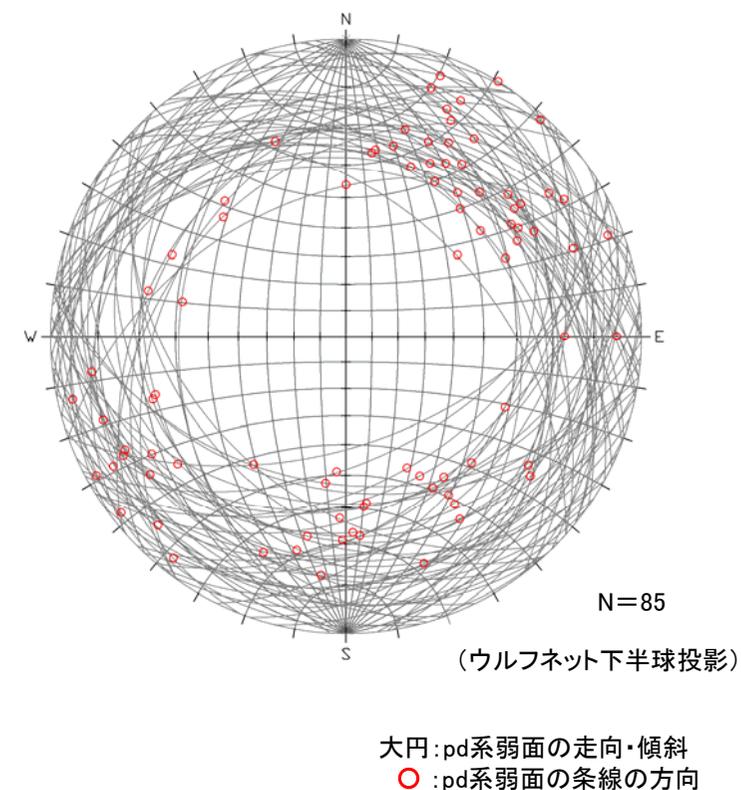
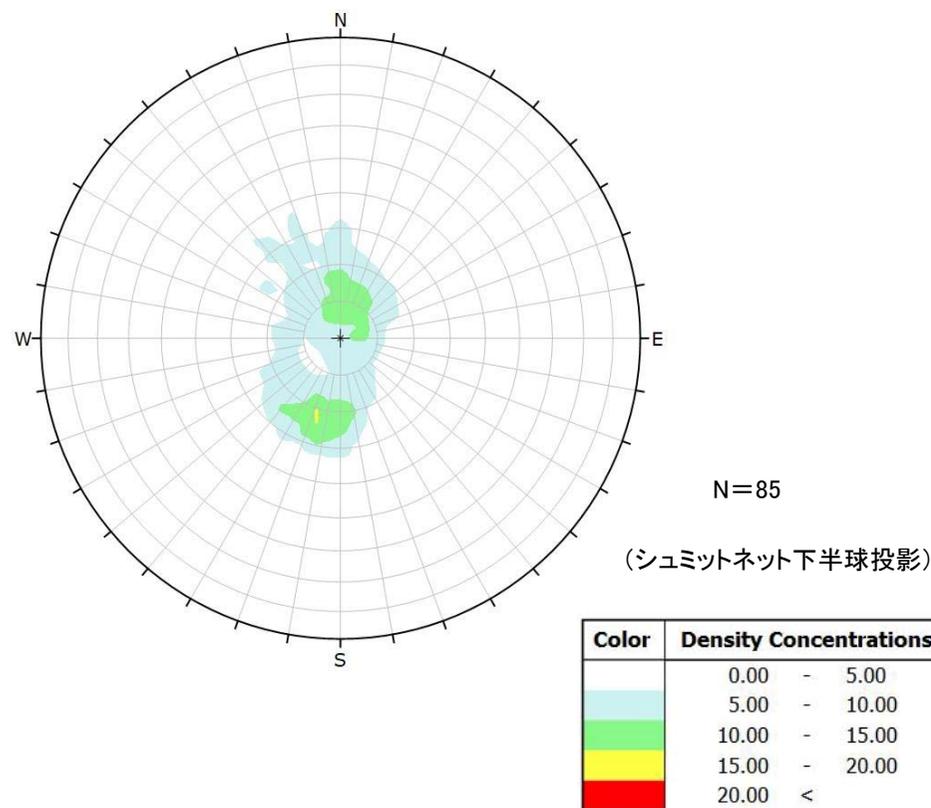
- Ts-6法面において、変位を伴う不連続面の走向・傾斜と条線方向を測定した。
- その結果、変位を伴う不連続面の傾斜角と条線方向の組み合わせにより、以下の2つに区分することができる。
- おおむね傾斜 50° を境として、低角の変位を伴う不連続面の条線はおおむね傾斜方向、高角の変位を伴う不連続面の条線はおおむね水平方向を示す。
- 上記のうち、変状付近には低角の変位を伴う不連続面が多く分布することから、変状弱面として、低角の変位を伴う不連続面沿いのものをpd系弱面とした。
- なお、高角の変位を伴う不連続面の水平方向の条線は、やや不明瞭なものが多い。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(9/18)

コメントNo.S2-125



Ts-6法面(5/6): 低角の変位を伴う不連続面(pd系弱面)の走向・傾斜と条線方向



低角の変位を伴う不連続面(pd系弱面)の走向・傾斜の分布

低角の変位を伴う不連続面(pd系弱面)の走向・傾斜及び条線方向

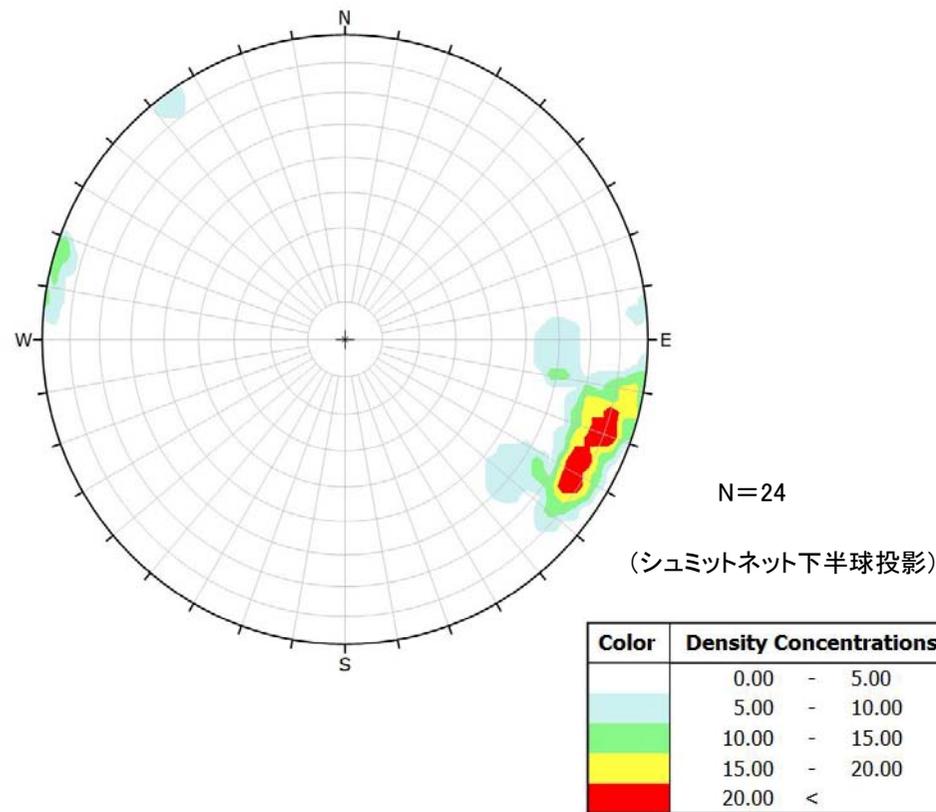
低角の変位を伴う不連続面(pd系弱面)の走向は様々な方向を示し, 条線はその面の傾斜方向にほぼ一致する。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(10/18)

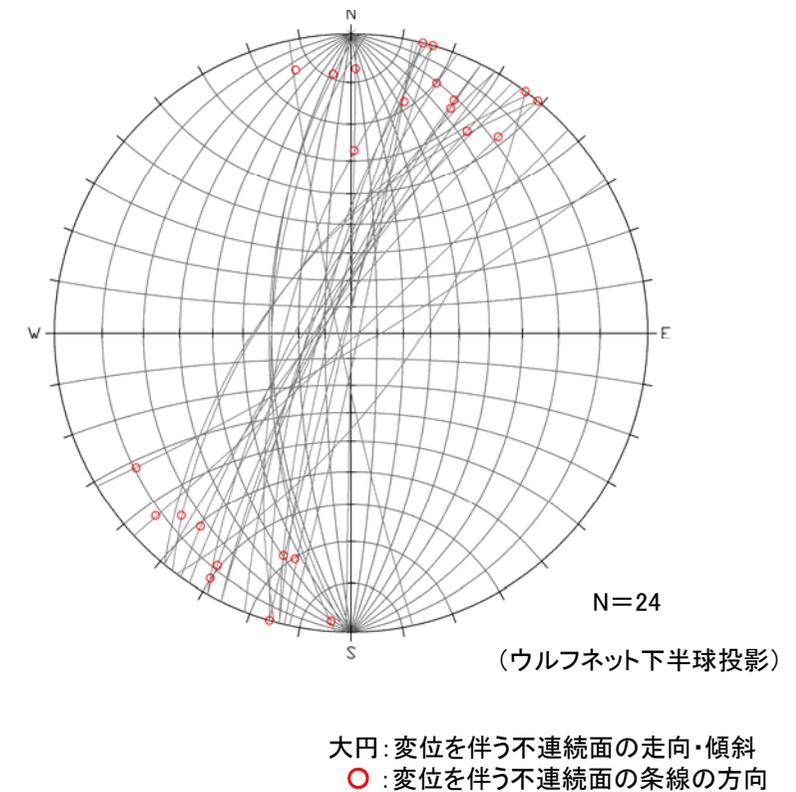
コメントNo.S2-125



Ts-6法面(6/6): 高角の変位を伴う不連続面の走向・傾斜と条線方向



高角の変位を伴う不連続面の走向・傾斜の分布

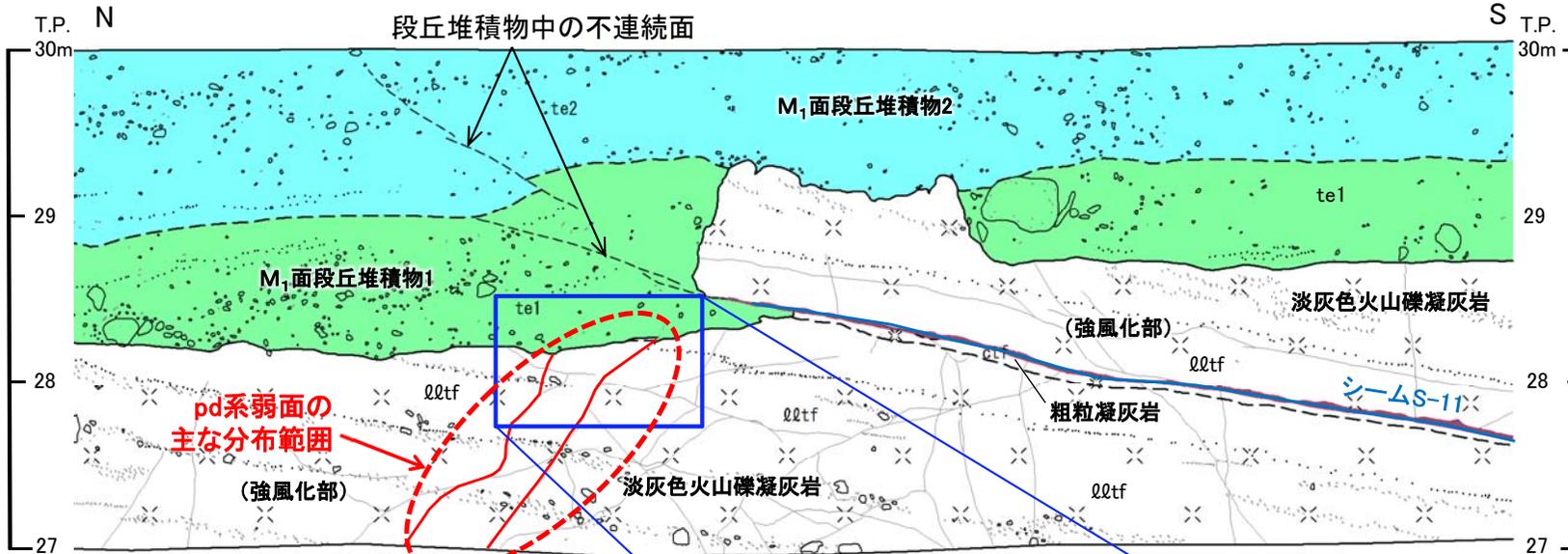
高角の変位を伴う不連続面の走向・傾斜
及び条線の方向

高角の変位を伴う不連続面の走向はNNE-SSW～
NE-SW方向であり、条線はほぼ水平に近い。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(11/18)



Ts-7トレンチ東側法面(1/2): 低角の変位を伴う不連続面(pd系弱面)の性状



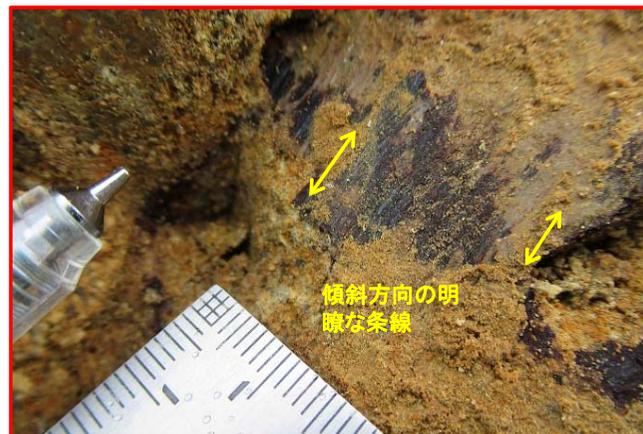
凡例

第四系	te2	M ₁ 面段丘堆積物2
	te1	M ₁ 面段丘堆積物1 (基質部にqltfの岩片を多く含む)
易国間層	qltf	淡灰色火山礫凝灰岩
上部層	ctf	粗粒凝灰岩
	—	地層境界
	- - -	地質境界
	~	変位を伴う不連続面及び節理
	S-11	シーム
	- - -	段丘堆積物中の不連続面
	○	礫
	⋯	葉理
	~	低角の変位を伴う不連続面 (pd系弱面)

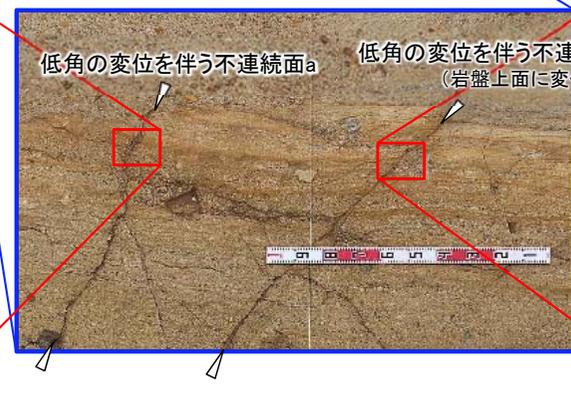
注)本スケッチは、第646回審査会合以降追加取得した調査データを含む。



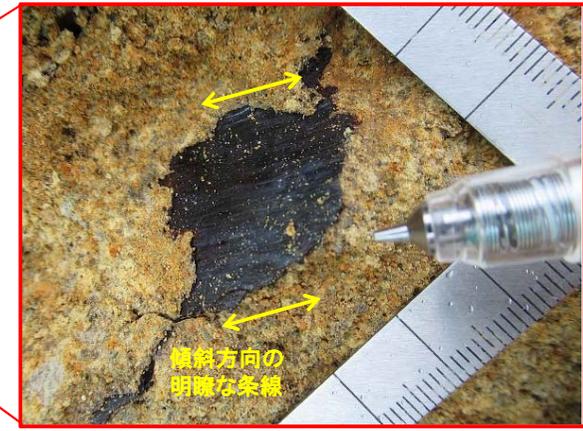
東側法面スケッチ



低角の変位を伴う不連続面a(pd系弱面)
 • 走向・傾斜:N2° E, 32° W
 • 傾斜方向の明瞭な条線有り(プランジ角31° W)



0 1m



低角の変位を伴う不連続面b(pd系弱面)
 • 走向・傾斜:N79° E, 40° N
 • 傾斜方向の明瞭な条線有り(プランジ角38° N)

↔ 条線の方向

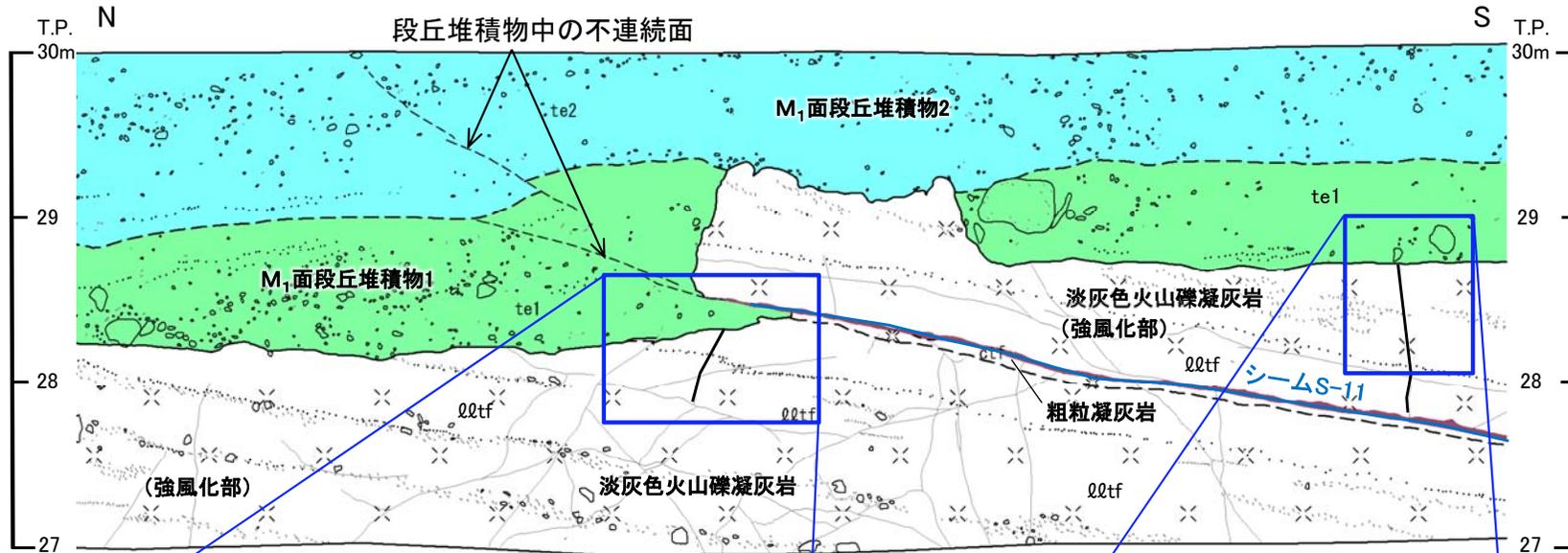
- 強風化部の低角の変位を伴う不連続面a,bには傾斜方向に明瞭な条線が認められる。これらをpd系弱面とする。
- なお、低角の変位を伴う不連続面bでは、岩盤上面に変位が認められる。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(12/18)



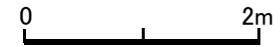
Ts-7トレンチ東側法面(2/2): 高角の変位を伴う不連続面と段丘堆積物の関係

凡例

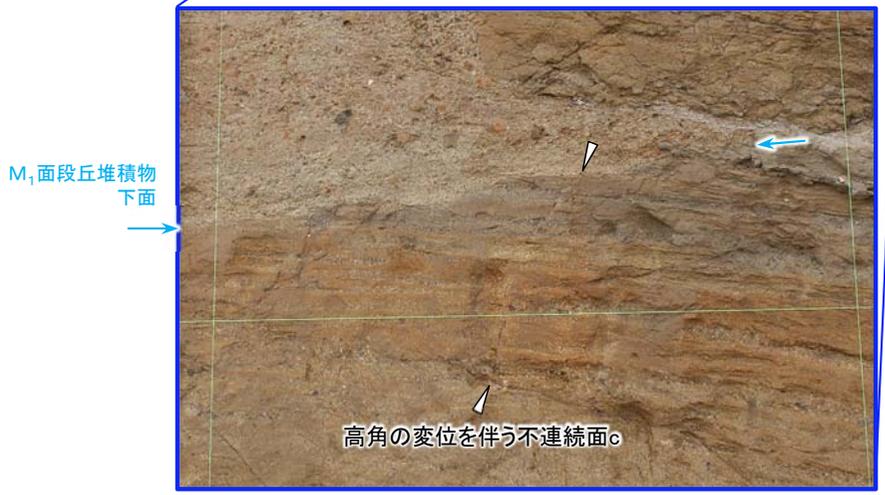


第四系	te2	M ₁ 面段丘堆積物2
	te1	M ₁ 面段丘堆積物1 (基質部にctfの岩片を多く含む)
易国間層	ctf	淡灰色火山礫凝灰岩
上部層	ctf	粗粒凝灰岩
	—	地層境界
	—	地質境界
	—	変位を伴う不連続面及び節理
	S-11	シーム
	—	段丘堆積物中の不連続面
	○	礫
	—	葉理

注) 本スケッチは、第646回審査会合以降追加取得した調査データを含む。



東側法面スケッチ



高角の変位を伴う不連続面c
 • 走向・傾斜: N61° E, 55° N
 • M₁面段丘堆積物に変位・変形を与えていない。

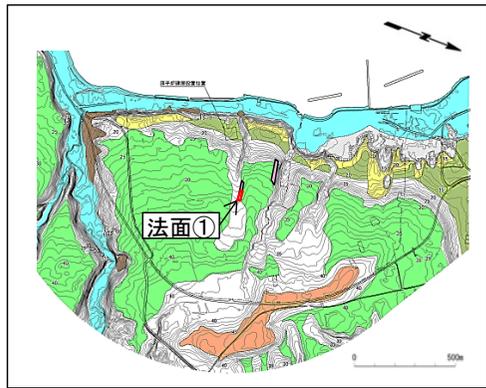


高角の変位を伴う不連続面d
 • 走向・傾斜: N55° E, 80° N
 • M₁面段丘堆積物に変位・変形を与えていない。

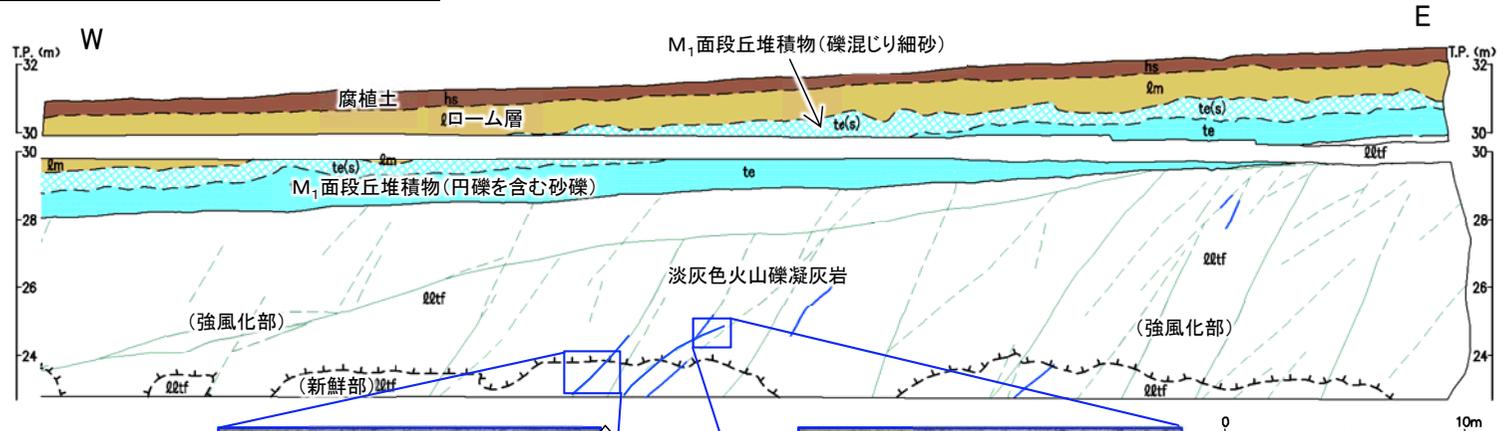
高角の変位を伴う不連続面はM₁面段丘堆積物に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降の活動がないことを確認した。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(13/18)

法面①: 高角の変位を伴う不連続面の性状



位置図



法面① スケッチ

注)本スケッチは、第646回審査会合以降追加取得した調査データを含む。

凡例

- | | | | | |
|------|-------|--|---------------|-----------|
| 第四紀 | hs | 腐植土 | | |
| | lm | ローム層 | | |
| | te(s) | M ₁ 面(MIS5e)段丘堆積物 (礫混じり細砂) | | |
| | te | M ₁ 面(MIS5e)段丘堆積物 (円礫を含む砂礫) | | |
| 新第三紀 | 中新世 | 上部層 | Qqtf | 淡灰色火山礫凝灰岩 |
| | | 易固層 | | |
| | | ~~~~~ | 地層境界 | |
| | | - - - - - | 地質境界 | |
| | | ~~~~~ | 風化部下限* | |
| | | ~~~~~ | 変位を伴う不連続面及び節理 | |
| | | ~~~~~ | 筋状構造(明瞭なもの) | |
| | | ~~~~~ | 筋状構造(不明瞭なもの) | |



高角の変位を伴う不連続面a
 • 走向・傾斜:N43° E, 84° E
 • 水平に近いやや不明瞭な条線有り(プランジ角9° N)



高角の変位を伴う不連続面b
 • 走向・傾斜:N59° E, 82° N
 • 水平に近い明瞭な条線有り(プランジ角14° N)

↔ 条線の方法

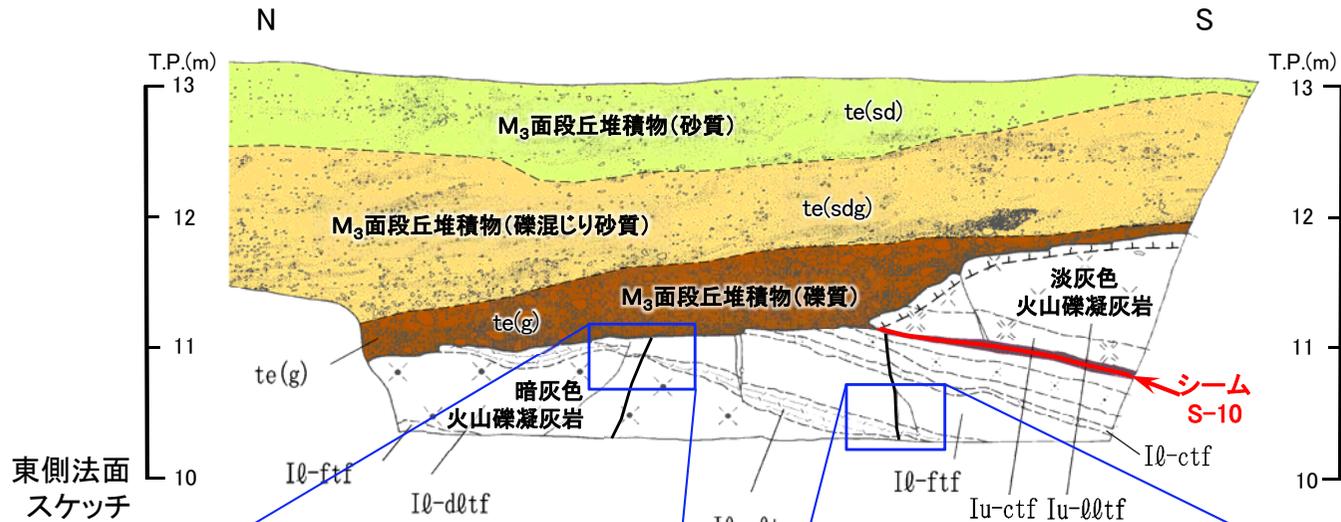
*: 風化部は、主に強風化部から成り、下部に薄い弱風化部を含む。

- 法面①の新鮮部及び強風化部では、高角の変位を伴う不連続面a,bにほぼ水平方向の条線が認められる。
- 全体に表面は礫の凹凸主体で、条線はやや不明瞭である。

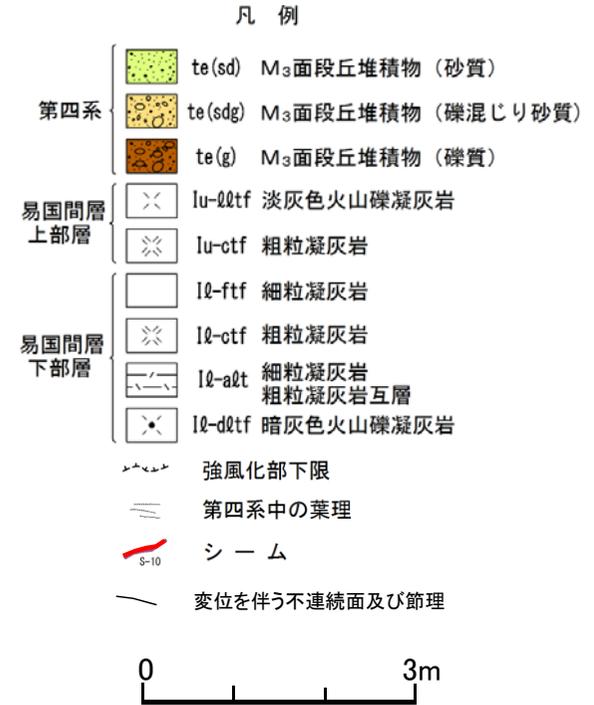
(余白)

4.2.1 変状弱面の分布・性状(14/18)

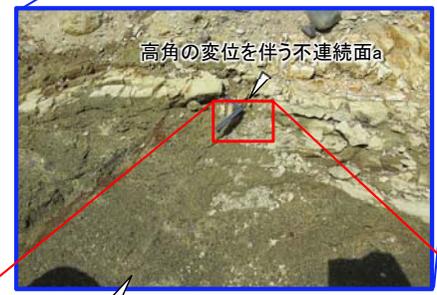
Ts-2トレンチ東側法面(1/2): 高角の変位を伴う不連続面の性状



東側法面
スケッチ



注)本スケッチは、第646回審査会合以降追加取得した調査データを含む。



条線方向



高角の変位を伴う不連続面a
 • 走向・傾斜: N76° E, 82° N
 • 水平に近いやや不明瞭な条線有り(プランジ角7° N)

0 2cm



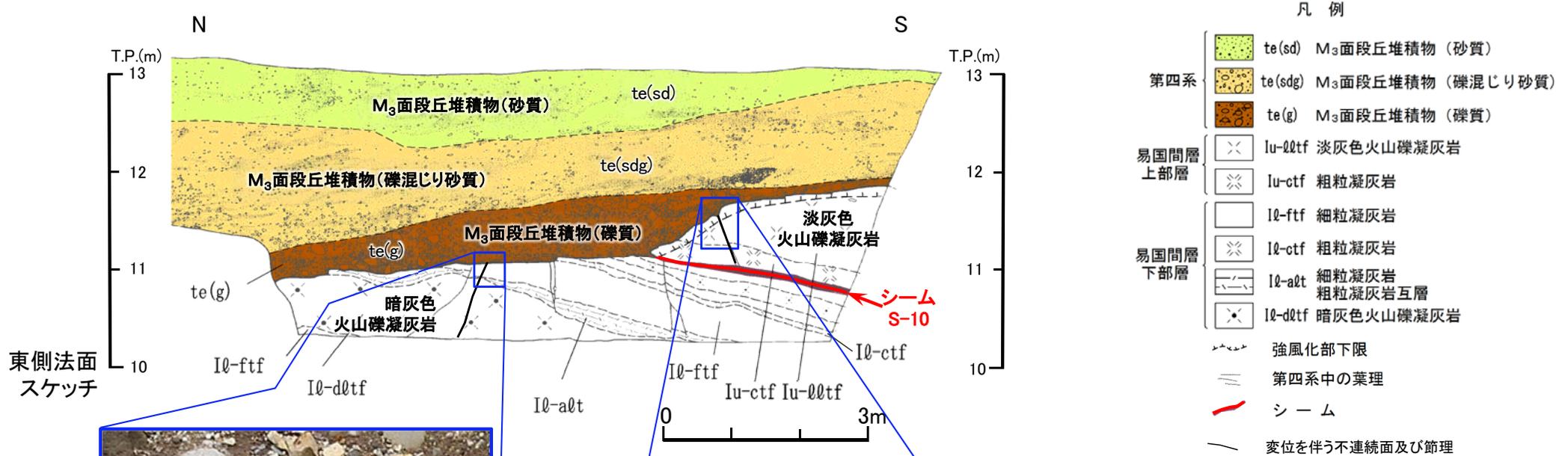
高角の変位を伴う不連続面b
 • 走向・傾斜: N36° E, 74° E
 • 条線は認められない。

0 5cm

- 新鮮部の高角の変位を伴う不連続面aにほぼ水平方向にやや不明瞭な条線が認められる。
- 新鮮部の高角の変位を伴う不連続面bに、条線は認められない。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(15/18)

Ts-2トレンチ東側法面(2/2): 高角の変位を伴う不連続面と段丘堆積物の関係



注)本スケッチは、第646回審査会合以降追加取得した調査データを含む。

M₃面段丘堆積物下面



高角の変位を伴う不連続面a

高角の変位を伴う不連続面a
(前頁の高角の変位を伴う不連続面aと同じもの)

- 走向・傾斜: N76° E, 82° N
- M₃面段丘堆積物に変位・変形を与えていない。



高角の変位を伴う不連続面c

M₃面段丘堆積物下面*

高角の変位を伴う不連続面c

- 走向・傾斜: N46° E, 84° N
- M₃面段丘堆積物に変位・変形を与えていない。

高角の変位を伴う不連続面はM₃面段丘堆積物に変位・変形を与えていないことを確認した。

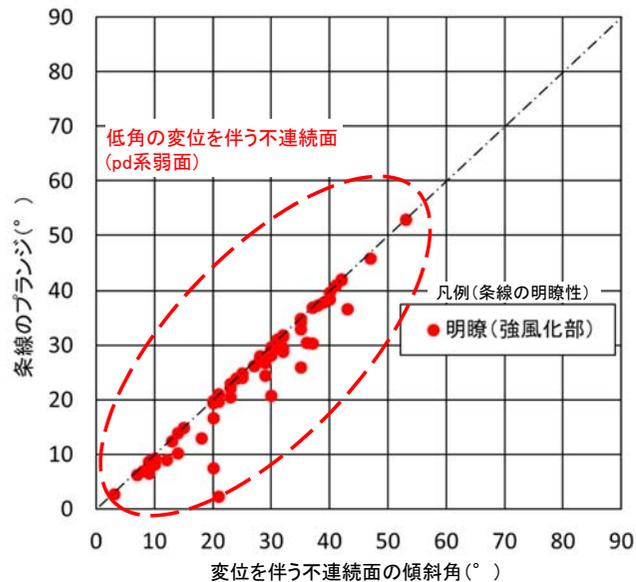
*:写真撮影時期はスケッチ作成時期と異なるため、M₃面段丘堆積物下面の形状が異なる。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(16/18)

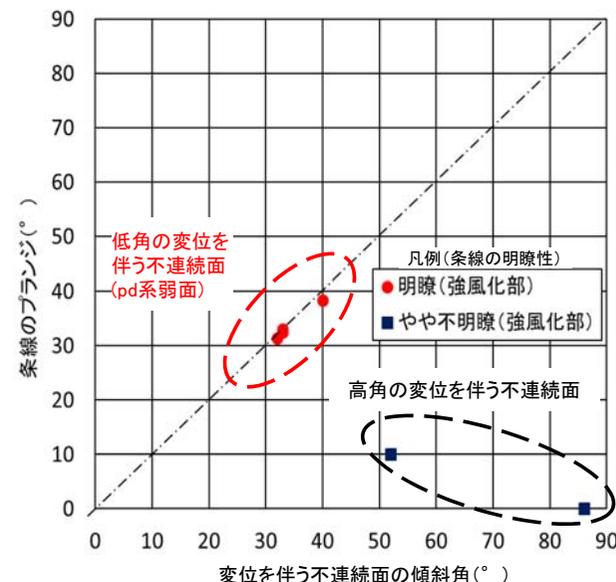
コメントNo.S2-125



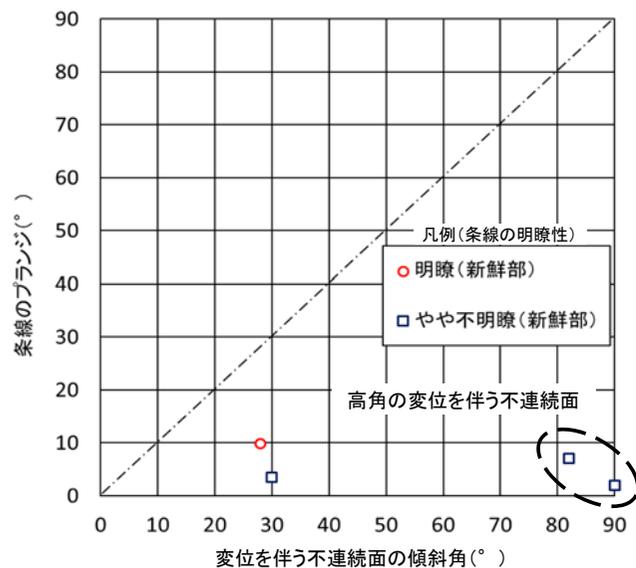
Ts-2,7,8トレンチ及び法面①: 変位を伴う不連続面の傾斜角と条線方向の関係



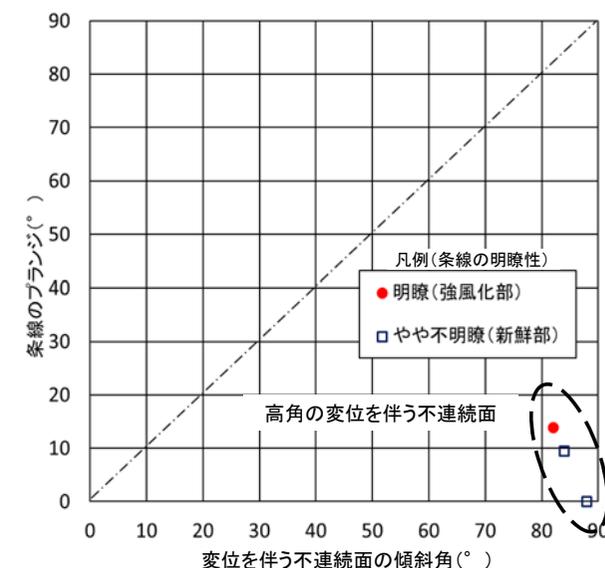
Ts-8トレンチ(変状有り)



Ts-7トレンチ(変状有り)



Ts-2トレンチ(変状なし)



法面①(変状なし)

- Ts-2,7,8トレンチ及び法面①において、変位を伴う不連続面の走向・傾斜と条線方向を測定した。
- その結果、Ts-6法面(P.4-29参照)と同様に、変位を伴う不連続面の傾斜角と条線方向の組み合わせにより、以下の2つに区分することができる。
- おおむね傾斜50°を境として、低角の変位を伴う不連続面の条線はおおむね傾斜方向、高角の変位を伴う不連続面の条線はおおむね水平方向を示す。
- 上記のうち、変状が認められるトレンチ(Ts-7, 8)には低角の変位を伴う不連続面が多く分布することから、変状弱面として、低角の変位を伴う不連続面沿いのものをpd系弱面とした。

注)Ts-8トレンチのデータはP.4-82参照。



まとめ(1/2)

観察箇所 詳細 観察項目	シームS-10付近						シームS-11付近						シーム付近以外		
	近接するトレンチ			Ts-11 トレンチ	Ts-10 トレンチ	Ts-13 法面	No.3 法面	近接する法面		Ts-7 トレンチ	Ts-8 トレンチ	法面 ①~④	Tf-4 トレンチ		
	Ts-1 トレンチ	Ts-2 トレンチ	Ts-3 トレンチ (拡幅部含む)					Ts-5 法面	Ts-6 法面						
変状の有無 (有り:○, なし:×)	○	×	○	×	○	○	×	×	○	○	○	×	×		
変状弱面*1	ps-2	—	ps-2	—	ps-2	ps-2	—	—	ps-1	pd系	ps-1	pd系	pd系	—	—
見掛けの鉛直変位量*2	約35cm	—	約2cm~ 約28cm	—	(約 65cm)*3	(約 40cm)*3	—	—	約35cm	約75cm	約30cm	—	約85cm	—	—
変位センス	上盤が上方へ変位	—	上盤が上方へ変位	—	上盤が上方へ変位	上盤が上方へ変位	—	—	上盤が上方へ変位		上盤が上方へ変位		上盤が上方へ変位	—	—
岩盤の風化部の有無*4 (有り:○, なし:×)	○	×	○	×	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
[資料参照頁]	補足説明資料 P.71	補足説明資料P.16~ P.18	補足説明資料 P.72~P.74	補足説明資料 P.27,28	補足説明資料P.75	補足説明資料P.76	補足説明資料 P.34	補足説明資料 P.35,36	P.4-25,4-56,4-57, 補足説明資料 P.66		P.4-44,4-45, 補足説明資料P.67		P.4-58~ P.4-63, 補足説明資料 P.68~P.70	P.4-65, 補足説明資料P.61 ~P.63	P.2-27~ P.2-31, P.4-9

- 変状弱面は、シーム付近で変状が有る箇所の段丘堆積物中及び岩盤内に分布する。
- 変状弱面のうち、シームを利用して形成されたものをps系弱面、低角の変位を伴う不連続面を利用して形成されたものをpd系弱面に区分した。
- ps系弱面のうち、ps-1弱面はシームS-11沿い、ps-2弱面はシームS-10沿いに分布し、それぞれ上盤の強風化部が上方に変位している。
- pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面沿いに分布し、変状弱面による変形は岩盤内変位による上に凸の変形が主体であり、部分的に岩盤上面にまで変位が見られる部分がある。
- これら変状弱面は、岩盤内では強風化部に分布し、新鮮部には認められない。
- なお、高角の変位を伴う不連続面は、段丘堆積物に変位・変形を与えておらず、pd系弱面に切断されている。

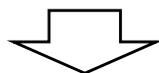
*1: ps-1, 2弱面はシーム沿い及びその延長上, pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面沿いに分布。
*2: トレンチ等で観察される最大値で, pd系弱面は上に凸の変形量(P.4-18参照)。

*3: ()内の数字は参考値。M1, 面段丘堆積物は削刻を受けていると考えられる。
*4: 詳細観察法面等における岩盤の風化性状。

4.2.1 変状弱面の分布・性状(18/18)

まとめ(2/2)

- 変状弱面は、シーム付近で変状が有る箇所の段丘堆積物中及び岩盤内に分布する。変状弱面のうち、シームを利用して形成されたものをps系弱面、低角の変位を伴う不連続面を利用して形成されたものをpd系弱面に区分した。
- ps系弱面のうち、ps-1弱面はシームS-11沿い、ps-2弱面はシームS-10沿いに分布し、それぞれ上盤の強風化部が上方に変位している。
- pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面沿いに分布し、変状弱面による変形は岩盤内変位による上に凸の変形が主体であり、部分的に岩盤上面にまで変位が見られる部分がある。
- これら変状弱面は、岩盤内では強風化部に分布し、新鮮部には認められない。



4.2.2章 変状弱面の分布範囲(P.4-42～P.4-71参照)

変状弱面(ps系弱面及びpd系弱面)の分布範囲を調査する。

4.2.2 変状弱面の分布範囲

1. 敷地の断層等の概要

1.1 敷地の調査

1.2 敷地の地形

1.3 敷地の地質・地質構造

1.4 敷地の断層等の分類

1.5 敷地の断層等の評価概要

1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

1.5.3 断層等の総合評価

2. 断層

2.1 cf断層系の調査・評価

2.1.1 cf断層系の分布・性状

2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

2.1.3 cf断層系の活動性評価

2.2 dF断層系の調査・評価

2.2.1 dF断層系の分布・性状

2.2.2 dF断層系の活動性評価

2.3 断層の評価まとめ

3. シーム

3.1 シームの認定

3.2 検討対象シームの選定

3.3 シームの分布・性状

3.3.1 シームの分布

3.3.2 シームの詳細性状の類似性

3.4 代表シームの活動性評価

3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

4. 後期更新世に生じた変状

4.1 後期更新世に生じた変状の調査

4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

4.2.1 変状弱面の分布・性状

4.2.2 変状弱面の分布範囲

4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

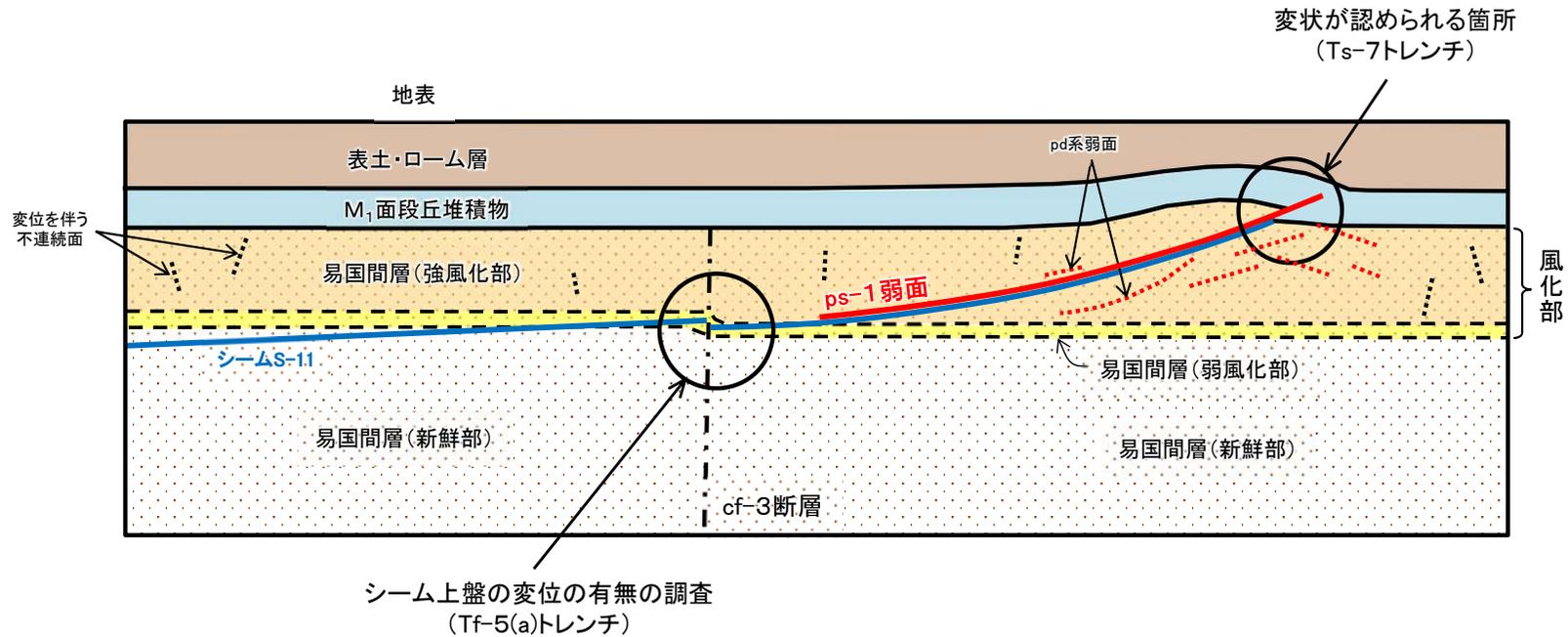
4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

5. まとめ

(1)ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](1/7):調査方針



変状とps系弱面との関係の概念図

ps系弱面の分布範囲については、シームS-11が重要な安全機能を有する施設の側面に分布する(P.3-38参照)ことから、S-11沿いのps-1弱面を調査対象として、変状が認められるTs-7トレンチ及びシームが強風化部に接しない部分でcf-3断層*と交差するTf-5(a)トレンチで調査する。

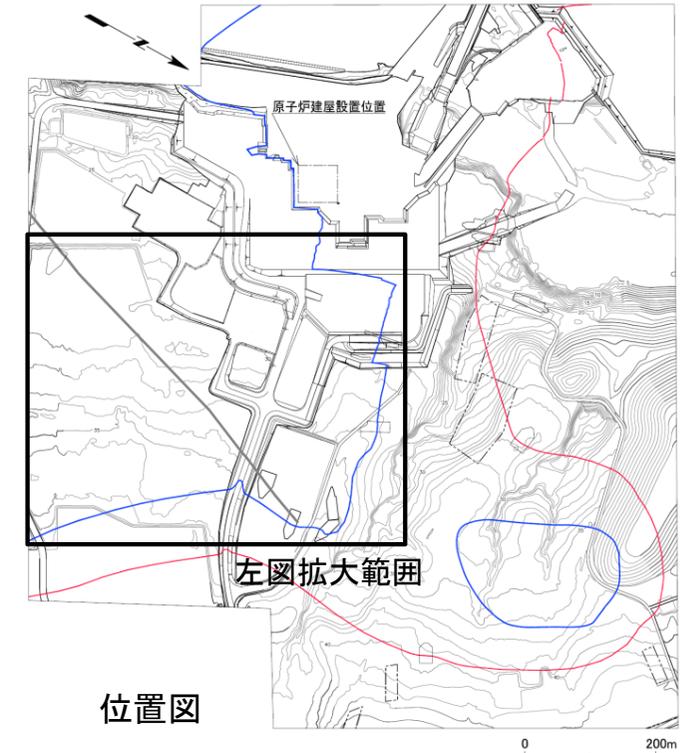
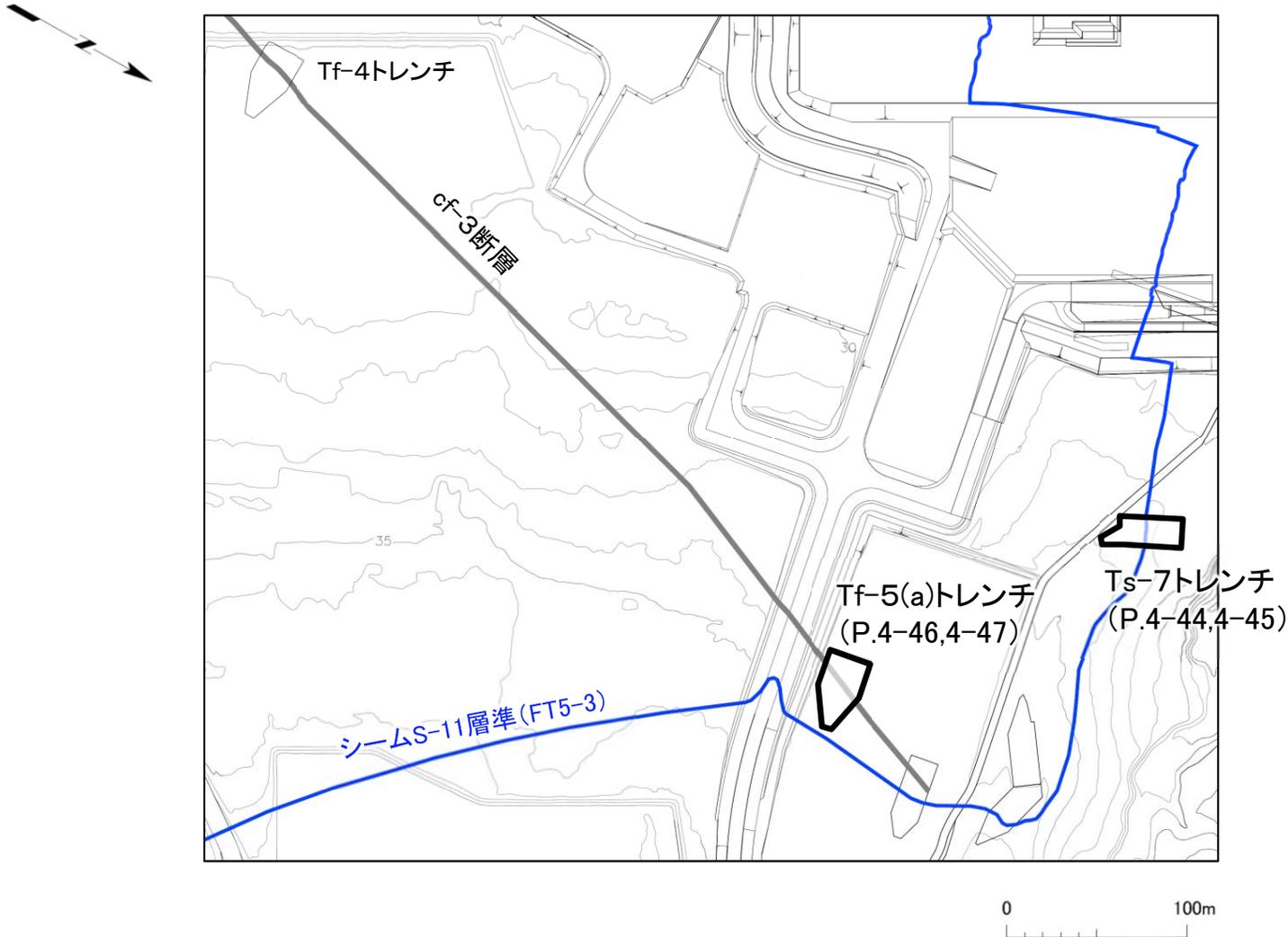
- Ts-7トレンチでは、シームS-11上盤の強風化部がシームに接する箇所で変位し、シーム沿い及びその延長上の段丘堆積物中の不連続面にps-1弱面が分布することを確認する(P.4-44, 4-45参照)。
- Tf-5(a)トレンチでは、強風化部がシームS-11に接しない箇所でcf-3断層との切断関係を調査し、シームがcf-3断層に切られ、それ以降シーム沿いに変位がないことから、ps-1弱面が分布しないことを確認する(P.4-46, 4-47参照)。

*: cf-3断層には後期更新世以降の活動性は認められない(P.2-32参照)。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(2/28)

第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-28 一部修正

(1)ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](2/7):調査位置



位置図

凡例

	地表面等高線
	シームS-11層準(FT5-3)*が 第四系基底面、掘削面等に 現れる位置
	cf-3断層
	トレンチ・法面

注) シームS-11層準(FT5-3*)の位置は各トレンチ・法面での調査結果に基づく。

*:シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名。

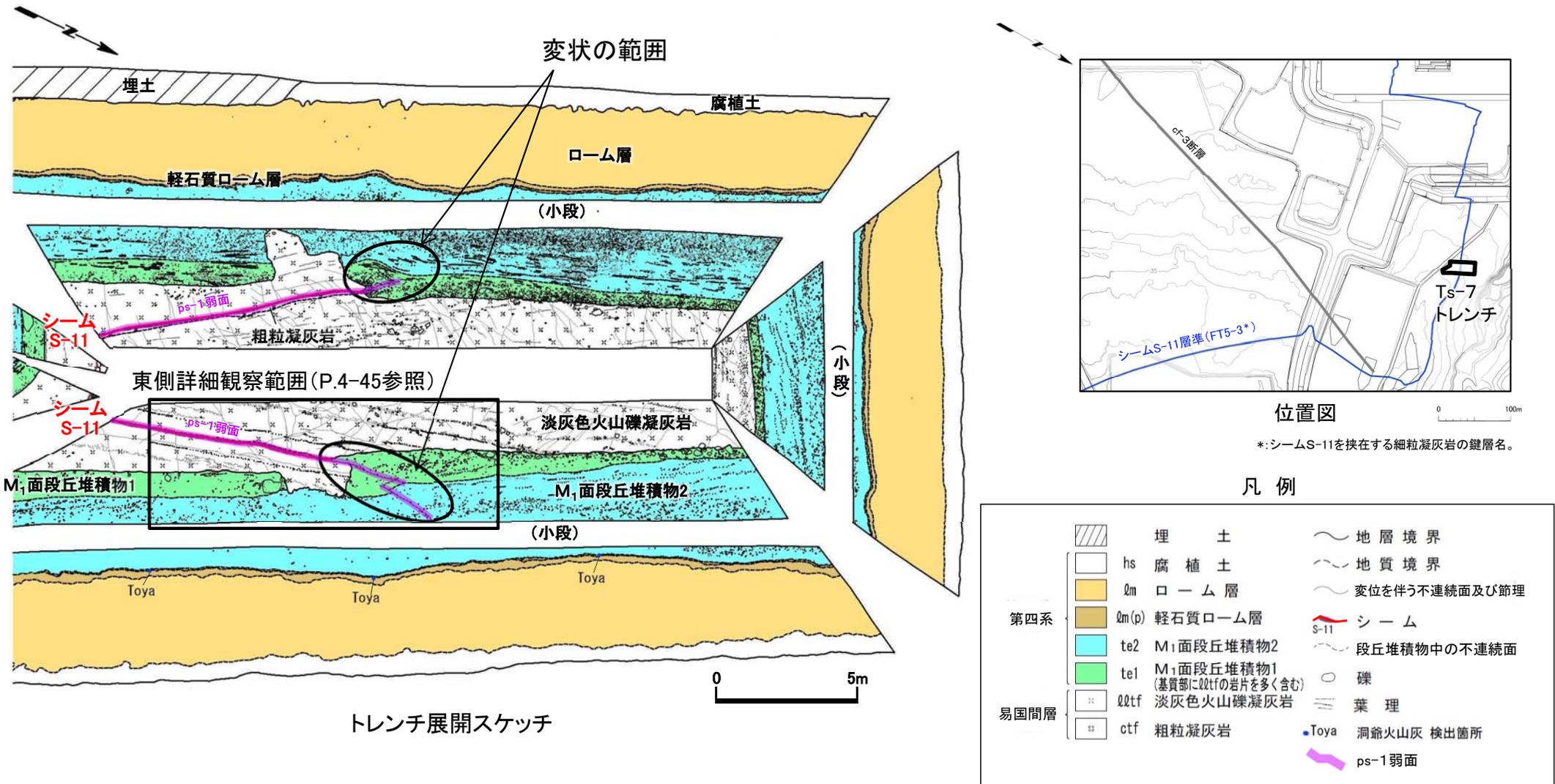
シームS-11沿いのps-1弱面の分布範囲を確認するために、変状が認められるTs-7トレンチ及びシームが強風化部に接しない部分でcf-3断層と交差するTf-5(a)トレンチにおいて、岩盤の風化、シーム及びps-1弱面の関係を調査した。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(3/28)

第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-29 一部修正



(1)ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](3/7):強風化部での調査結果(Ts-7トレンチ)

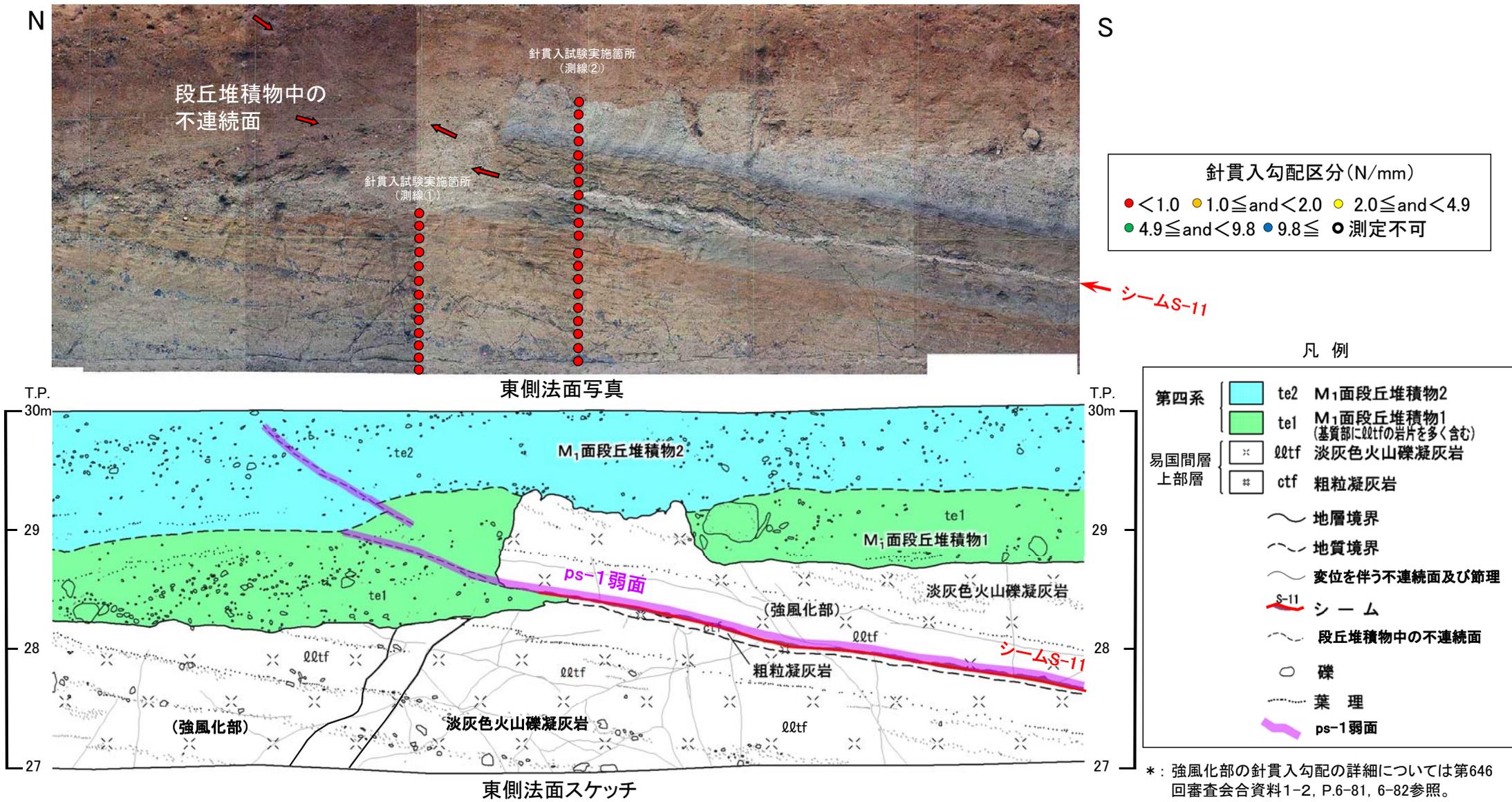


変状が認められるTs-7トレンチでは、シームS-11上盤の強風化部がシームに接しており、シーム沿い及びその延長上の段丘堆積物中の不連続面にps-1弱面が分布することを確認した。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(4/28)



(1) ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](4/7):強風化部での調査結果(Ts-7トレンチ)

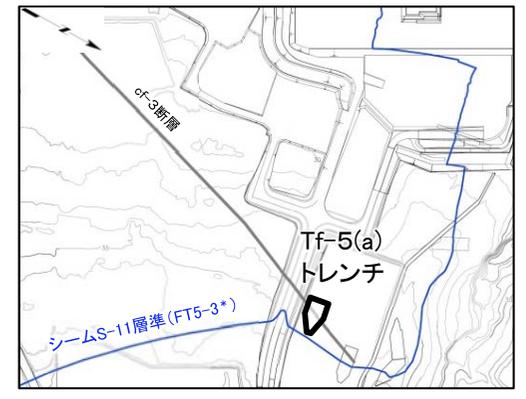
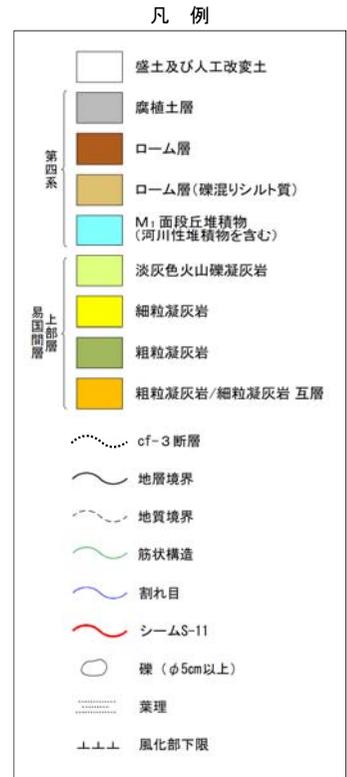
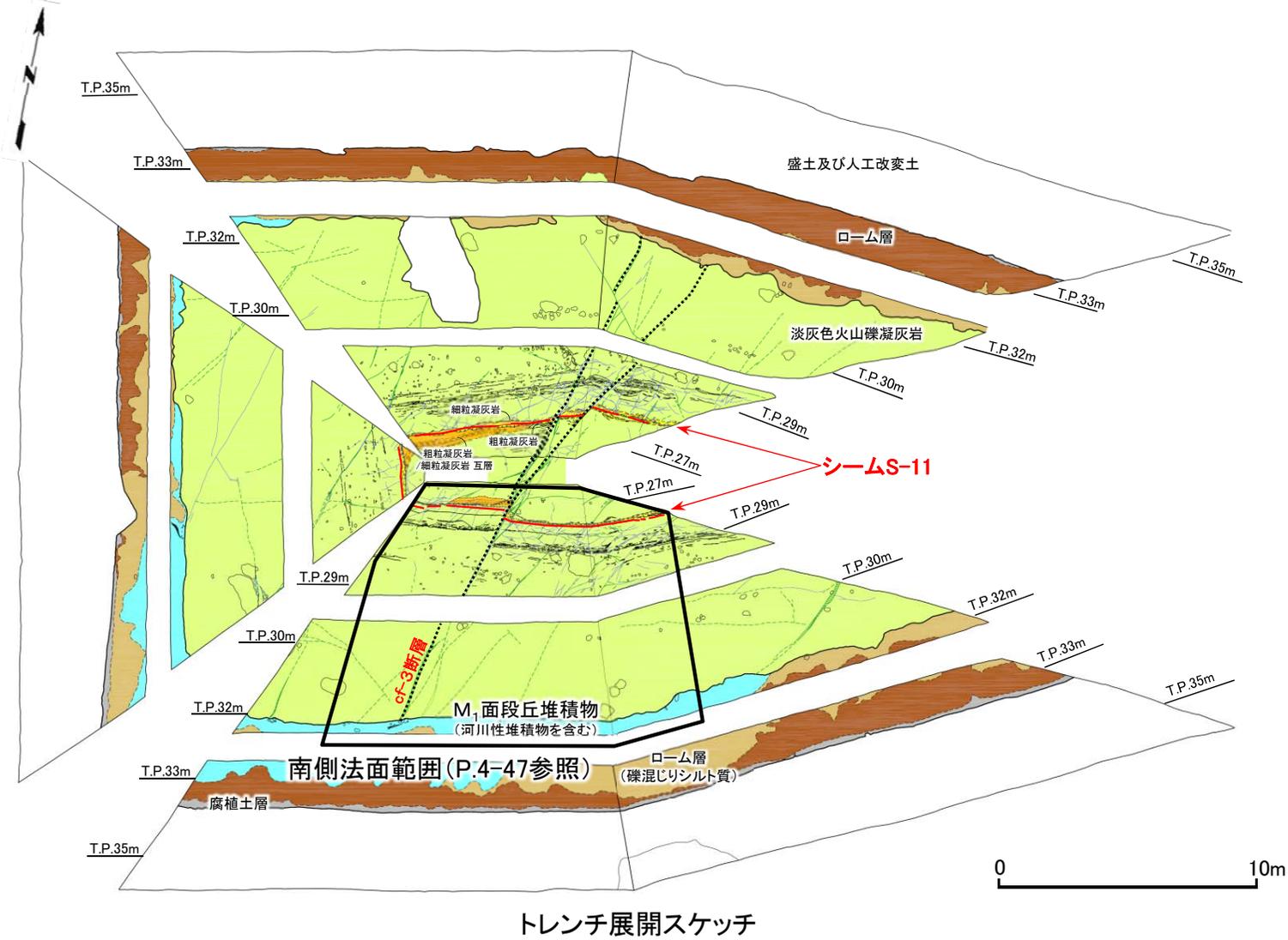


4.2.2 変状弱面の分布範囲(5/28)

第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-31 一部修正



(1)ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](5/7):弱風化部での調査結果(Tf-5(a)トレンチ)

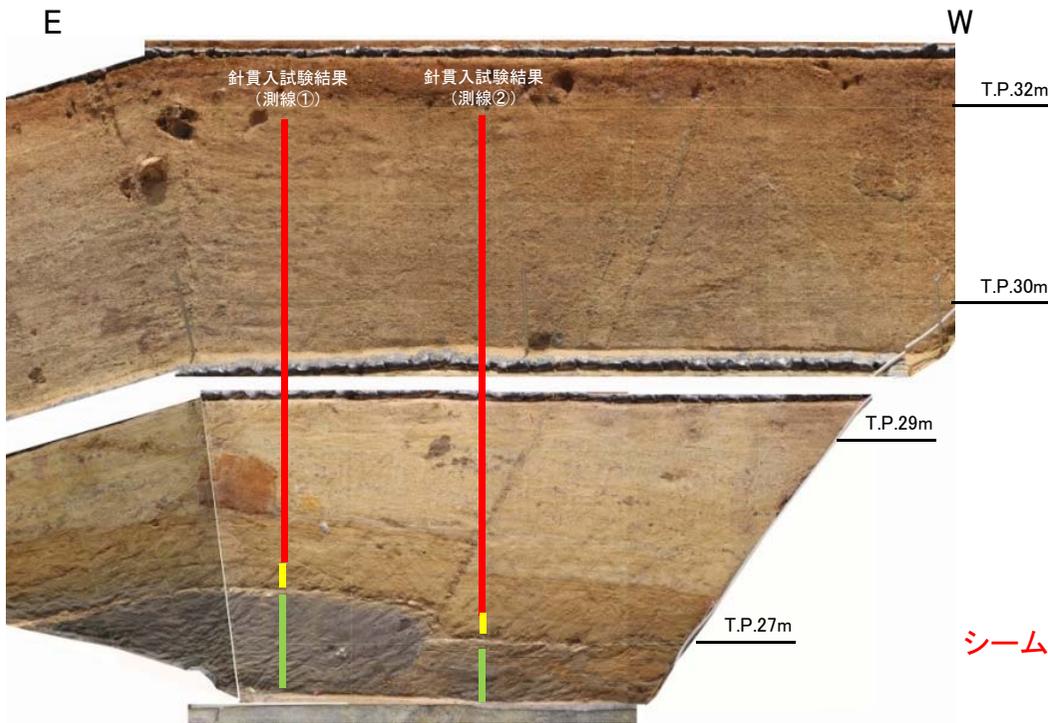


Tf-5(a)トレンチでは、シームS-11上盤の弱風化部(P.4-47参照)がシームに接しており、シームはcf-3断層に切られ、それ以降シーム沿いに変位はないことから、ps-1弱面は分布しないと判断される。

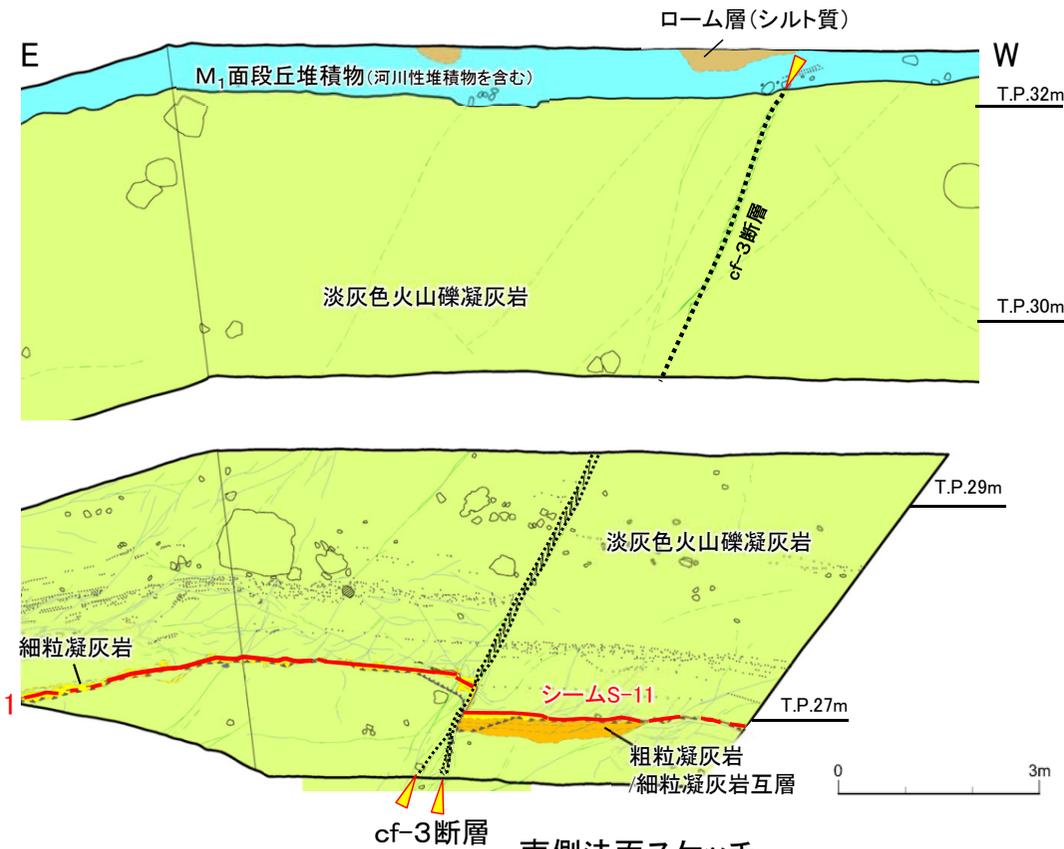
位置図
*:シームS-11を挟むする細粒凝灰岩の鍵層名。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(6/28)

(1) ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](6/7): 弱風化部での調査結果(Tf-5(a)トレンチ南側法面)



南側法面写真



南側法面スケッチ

凡 例

針貫入勾配区分(N/mm)	
—	主に0.0-0.5 (強風化部)
—	主に0.5-2.0 (弱風化部)
—	主に2.0-12.0 (新鮮部)

Qm1	ローム層(シルト質)		cf-3断層		シームS-11
te	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)
Qltf	淡灰色火山礫凝灰岩		地質境界		葉理
ftf	細粒凝灰岩		筋状構造		風化部下限
ctf/ftf	粗粒凝灰岩/細粒凝灰岩 互層		割れ目		

Tf-5(a)トレンチでは、シームS-11は弱風化部に接しており、強風化部はシームに接していない(針貫入試験結果の詳細は第646回審査会合資料1-2, P.6-83, 6-84参照)。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(7/28)

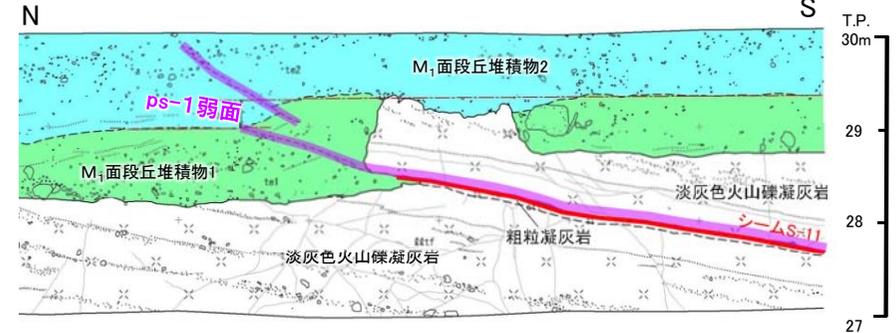
第700回審査会
資料2-2-1 P.4-33 一部修正



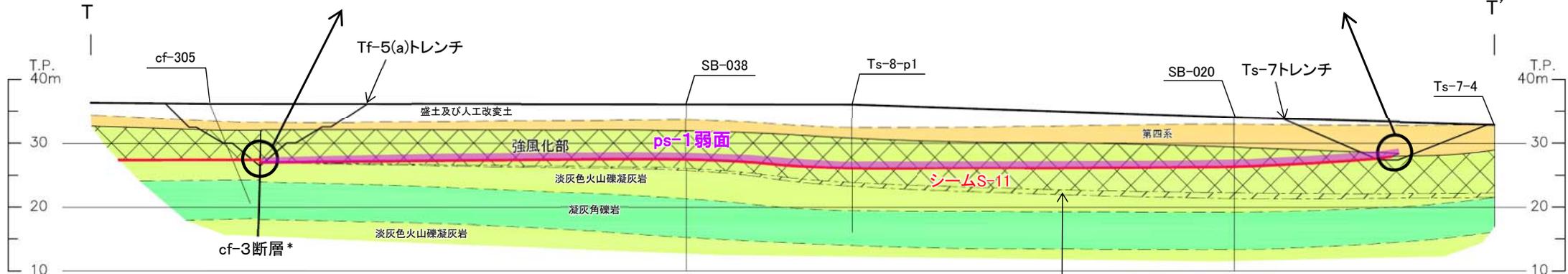
(1) ps系弱面[ps-1弱面:シームS-11沿い](7/7):ps-1弱面の分布範囲[Ts-7~Tf-5(a)トレンチ間]



Tf-5(a)トレンチ(南側法面)
シームS-11がcf-3断層に切断されている(P.4-46参照)。



Ts-7トレンチ(東側法面)
シームS-11が上盤の強風化部に接する箇所に変状が認められる(P.4-45参照)。

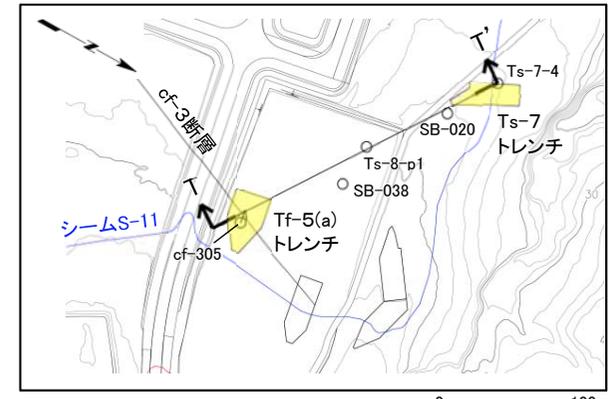


T-T' 断面図 (Tf-5(a)トレンチ~Ts-7トレンチ)

*: cf-3断層には後期更新世以降の活動性は認められない(P.2-32参照)。

凡例		ボーリング
	盛土及び人工改変土	○
	第四系	
	淡灰色火山礫凝灰岩	●
	凝灰角礫岩	
	強風化部	—
	弱風化部	
	地層境界	---
	地質境界	
	風化境界	---
	断層	
	シームS-11	---
	ps-1弱面	

- Ts-7トレンチでは、シームS-11上盤の強風化部がシームに接しており、シーム沿い及びその延長上の段丘堆積物中の不連続面にps-1弱面が分布する。
- Tf-5(a)トレンチでは、シームS-11上盤の弱風化部がシームに接しており、シームはcf-3断層*に切られ、それ以降シーム沿いに変位はないことから、ps-1弱面は分布しないと判断される。
- したがって、ps系弱面の分布範囲の調査対象であるps-1弱面について、Tf-5(a)トレンチにおいてその分布下端を確認したことから、ps系弱面の分布は強風化部がシームに接する範囲沿いに限定されると判断される。



断面位置図

(余白)

4.2.2 変状弱面の分布範囲(8/28)

(1)ps系弱面[ps-2弱面:シームS-10沿い](1/4):調査方針

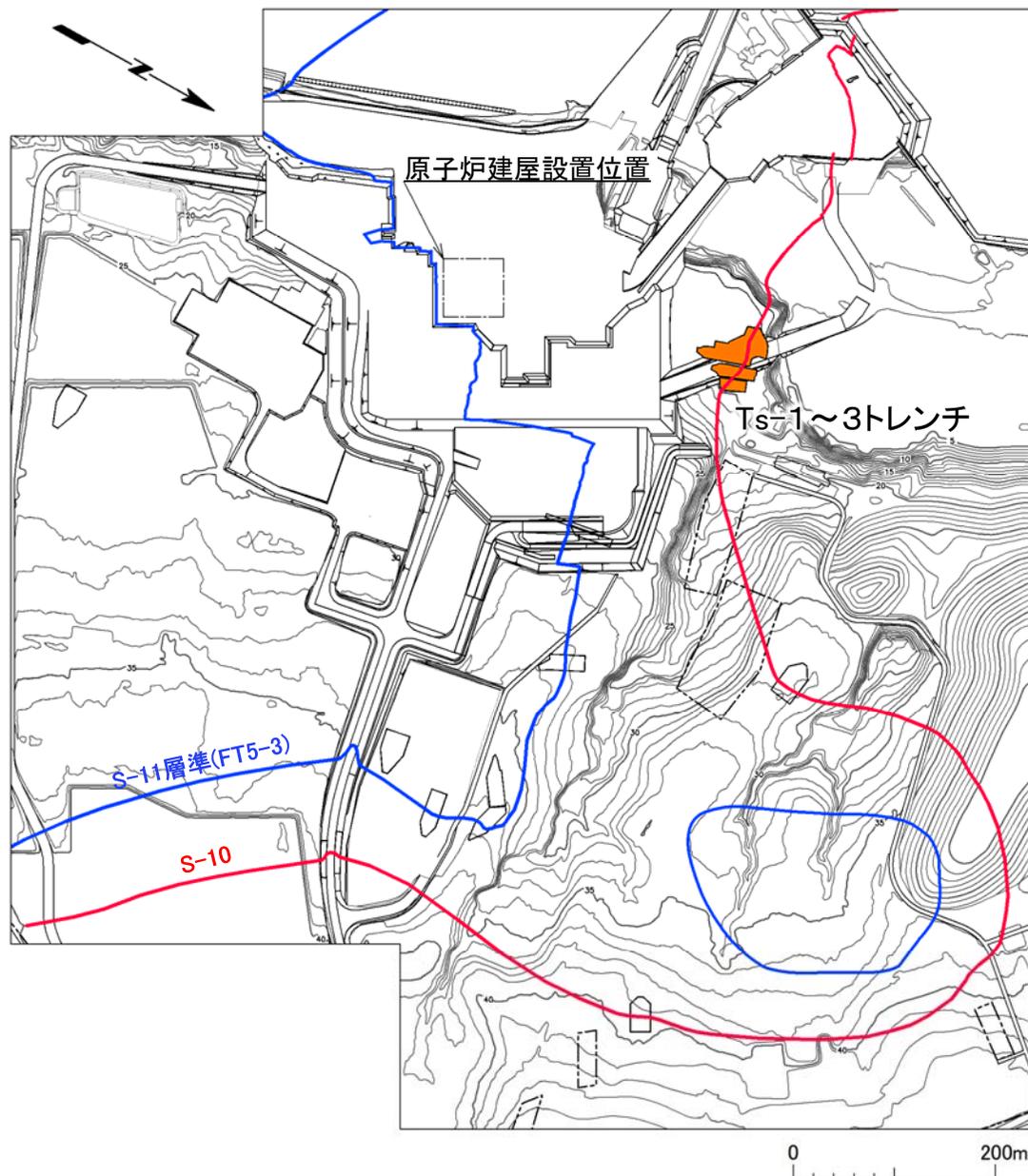
ps系弱面の分布範囲については、シームS-11が重要な安全機能を有する施設の側面に分布することから、S-11沿いのps-1弱面を調査対象として、Ts-7トレンチ及びTf-5(a)トレンチで調査した結果、強風化部がシームに接する範囲に限定されると判断される(P.4-48参照)。

シームS-10沿いのps-2弱面についても、上記のps-1弱面の調査結果と調和的であることを確認するために、変状が認められるTs-1, 3トレンチ及び認められないTs-2トレンチで調査する。

- Ts-1, 3トレンチでは、シームS-10上盤の強風化部がシームに接する箇所で変位し、シーム沿い及びその延長の段丘堆積物中の不連続面にps-2弱面が分布することを確認する。
- 隣接するTs-2トレンチでは、シームS-10上盤の強風化部はシームに接しておらず変位がないことから、ps-2弱面が分布しないことを確認する。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(9/28)

(1)ps系弱面[ps-2弱面:シームS-10沿い](2/4):調査位置(Ts-1~3トレンチ)



凡例

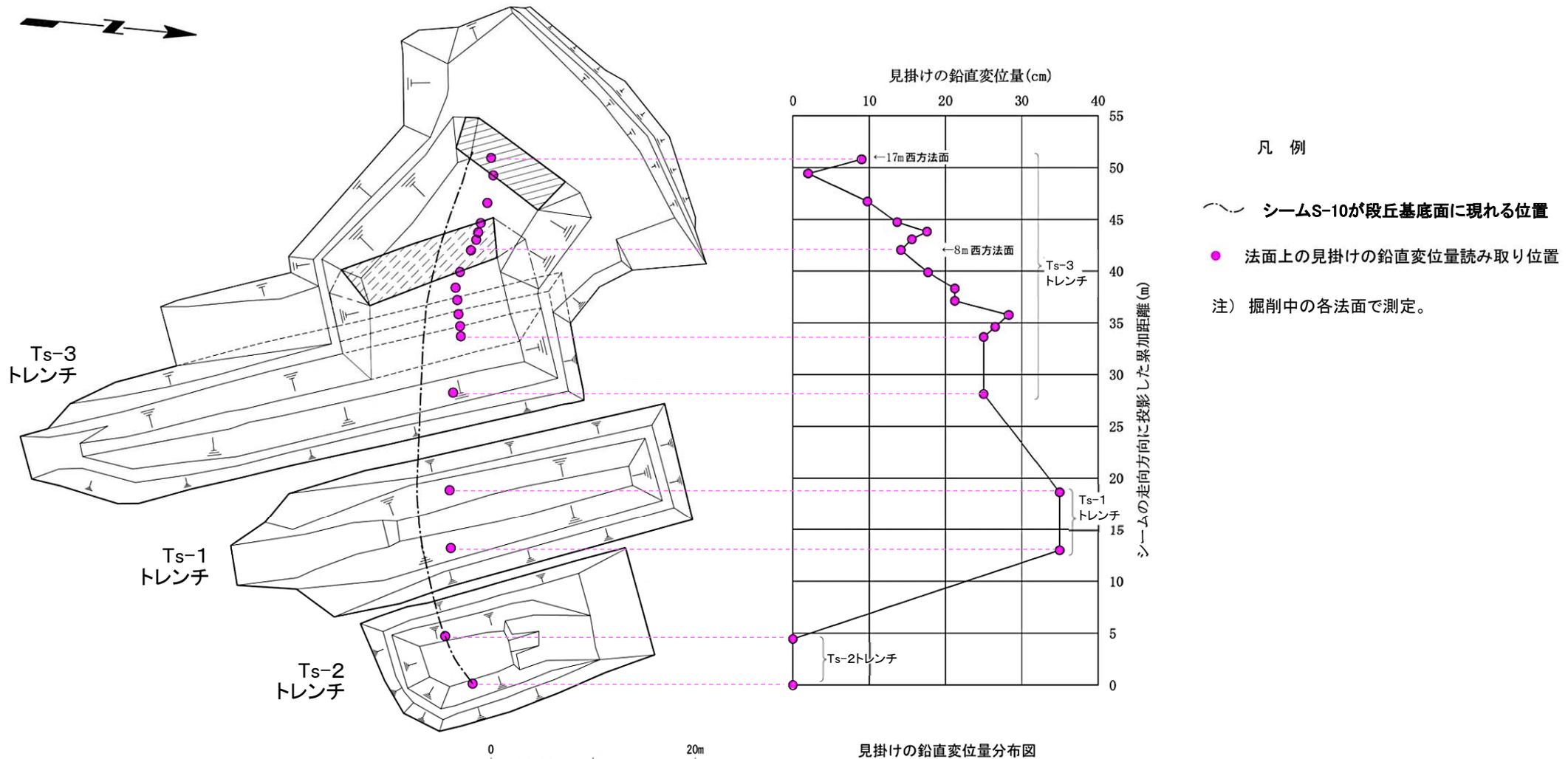
	トレンチ・法面
	敷地境界
	シームS-10が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
	シームS-11層準(FT5-3*)が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
	調査位置

*:シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名。

シームS-10沿いのps-2弱面の分布範囲を確認するために、変状が認められるTs-1, 3トレンチ及び変状が認められないTs-2トレンチにおいて、岩盤の風化、シーム及びps-2弱面の関係を調査した。

注) シームS-11層準(FT5-3*)の位置は各トレンチ・法面での調査結果に基づく。

(1)ps系弱面[ps-2弱面:シームS-10沿い](3/4):ps-2弱面の変位量分布



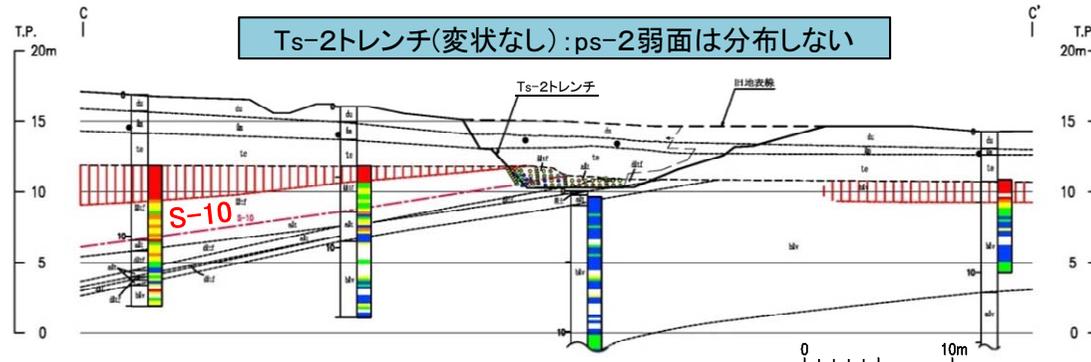
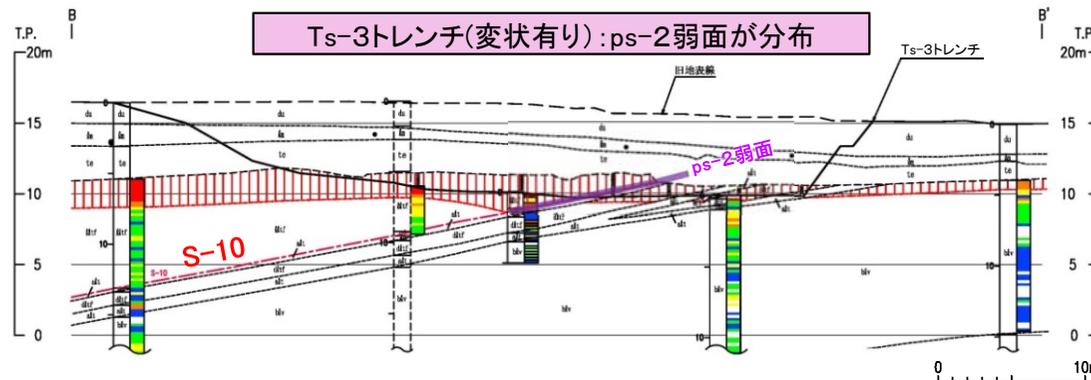
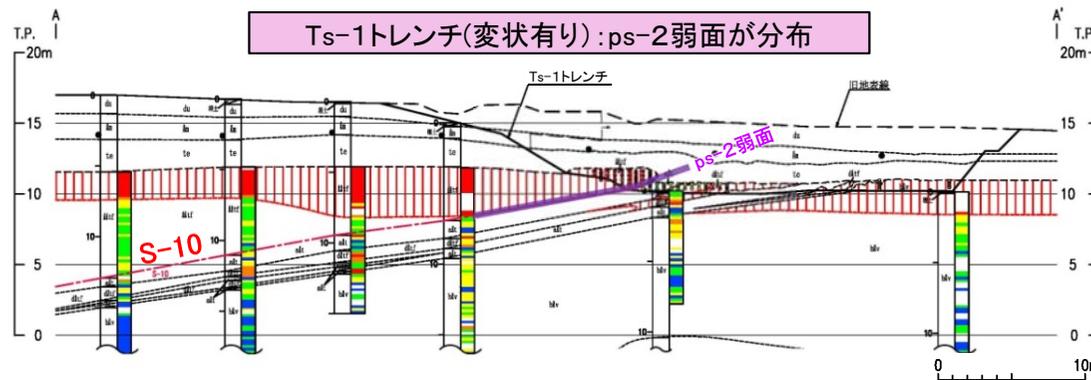
- Ts-3トレンチの西方への追加掘削に伴い、約1m～約2m間隔でps-2弱面の見掛けの鉛直変位量等を観察し、変位量分布図を作成した。
- 見掛けの鉛直変位量は、Ts-1トレンチで約35cm、西側のTs-3トレンチの17m西方法面直前では最小約2cmと小さく、東側のTs-2トレンチでは認められない。
- Ts-1トレンチから東西両側に向かって変位量は小さくなることから、Ts-1トレンチ付近のps-2弱面の分布は局所的であると判断される。

4.2.2 変状弱面の分布範囲(11/28)

第700回審査会合
資料2-2-1 P.4-25 一部修正

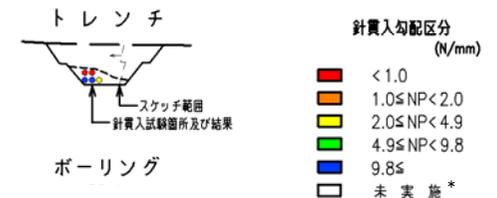


(1)ps系弱面[ps-2弱面:シームS-10沿い](4/4):ps-2弱面の分布範囲[Ts-1~3トレンチ]



凡例

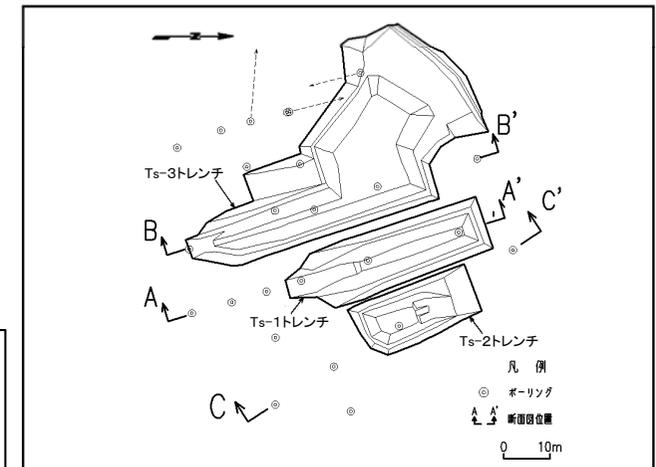
第四系	du	古砂丘堆積物 (黄褐色を帯び)	強風化部	
	qm	ローム層	地層境界	
	te	段丘堆積物	地質境界	
上部層	00tf	淡灰色火山礫凝灰岩	強風化部境界	
	d0tf	暗灰色火山礫凝灰岩	S-10	
	b0ev	安山岩溶岩(角礫状)	シーム	
	m0ev	安山岩溶岩(塊状)	●	阿蘇4火山灰検出箇所 (リワーク)
	a0t	細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・ 暗灰色火山礫凝灰岩互層	ps-2弱面	



針貫入勾配区分 (N/mm)

Red	< 1.0
Orange	1.0 ≤ NP < 2.0
Yellow	2.0 ≤ NP < 4.9
Green	4.9 ≤ NP < 9.8
Blue	9.8 ≤
White	未実施*

*: 大きな角礫部, 岩片状コア部, 試料採取部などの理由で未実施。ただし, コア観察により強風化部を判定。



- Ts-1,3トレンチでは, シームS-10上盤の強風化部がシームに接しており, シーム沿い及びその延長上の段丘堆積物中の不連続面にps-2弱面が分布する。
- 隣接するTs-2トレンチでは, シームS-10上盤の強風化部はシームに接しておらず, ps-2弱面は分布しない。
- したがって, ps-2弱面の分布は局所的で, シームS-10上盤の強風化部がシームに接する範囲沿いに限定されると考えられることから, ps-1弱面によるps系弱面の分布範囲の評価(P.4-48参照)と調和的である。

断面位置図

4.2.2 変状弱面の分布範囲(12/28)

(1) ps系弱面〔ps-1,2弱面:シーム沿い〕:まとめ

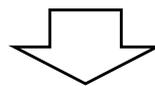
〔ps-1弱面の分布範囲の評価〕

ps系弱面の分布範囲については、シームS-11が重要な安全機能を有する施設の側面に分布することから、S-11沿いのps-1弱面を調査対象として、Ts-7トレンチ及びTf-5(a)トレンチで調査した。

- Ts-7トレンチでは、シームS-11上盤の強風化部がシームに接しており、シーム沿い及びその延長上の段丘堆積物中の不連続面にps-1弱面が分布する。
- Tf-5(a)トレンチでは、シームS-11上盤の弱風化部がシームに接しており、シームは後期更新世以降の活動のないcf-3断層に切れ、それ以降シーム沿いに変位はないことから、ps-1弱面は分布しないと判断される。
- したがって、ps系弱面の分布範囲の調査対象であるps-1弱面について、Tf-5(a)トレンチにおいてその分布下端を確認したことから、ps系弱面の分布は強風化部がシームに接する範囲沿いに限定されると判断される。

〔ps-2弱面の分布範囲の評価〕

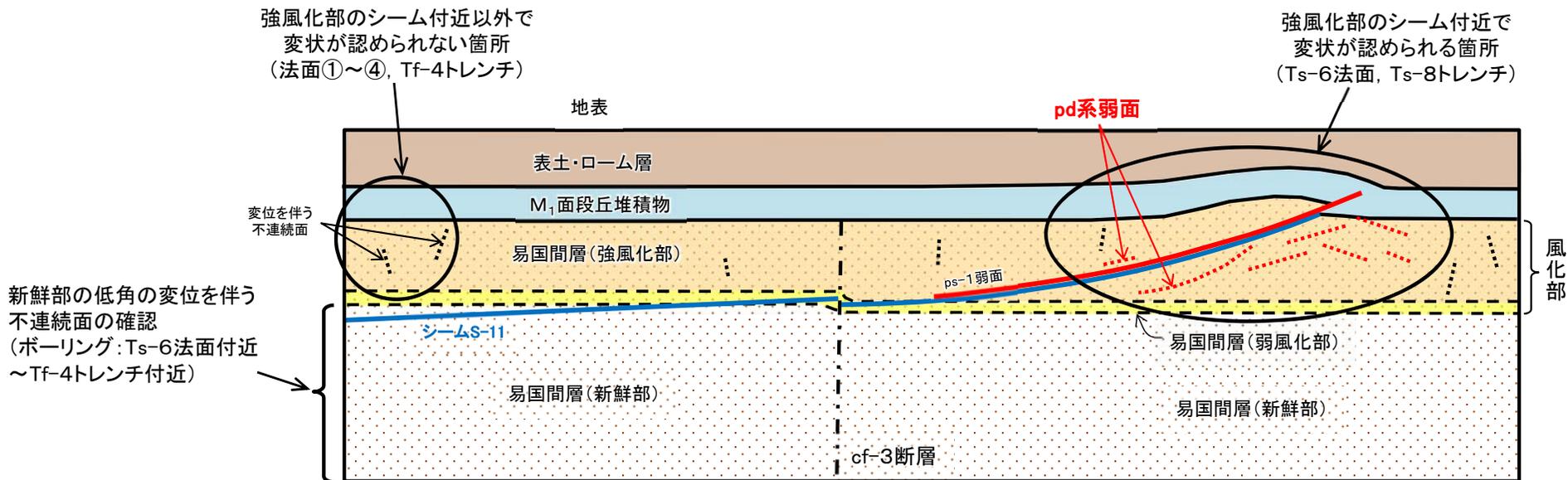
- Ts-1, 3トレンチでは、シームS-10上盤の強風化部がシームに接しており、シーム沿い及びその延長上の段丘堆積物中の不連続面にps-2弱面が分布する。
- 隣接するTs-2トレンチでは、シームS-10上盤の強風化部がシームに接しておらず、ps-2弱面は分布しない。
- したがって、ps-2弱面の分布は局所的で、シームS-10上盤の強風化部がシームに接する範囲沿いに限定されると考えられることから、上記のps-1弱面によるps系弱面の分布範囲の評価と調和的である。



ps系弱面は強風化部がシームに接する範囲沿いに限定される

4.2.2 変状弱面の分布範囲(13/28)

(2)pd系弱面(1/15):調査方針



変状とpd系弱面との関係の概念図

pd系弱面の分布範囲については、強風化部のシーム付近で変状が認められる箇所及びシーム付近以外で変状が認められない箇所を調査する。さらに、pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面を利用して形成されたと考えられることから、pd系弱面形成前に分布していた新鮮部の低角の変位を伴う不連続面の分布とシームとの関係を調査する。

〔強風化部のシーム付近〕

- Ts-6法面では、pd系弱面の分布範囲がシーム付近に限定されること、pd系弱面による岩盤の変形は深部に及んでいないことを確認する。
- Ts-8トレンチでは、pd系弱面による岩盤の変形範囲及び変形量最大のpd系弱面の分布が法面下部で消滅することを確認する。

〔強風化部のシーム付近以外〕

- 法面①～④及びTf-4トレンチでは、強風化部が分布するがシームは分布せず、pd系弱面は分布しないことを確認する。

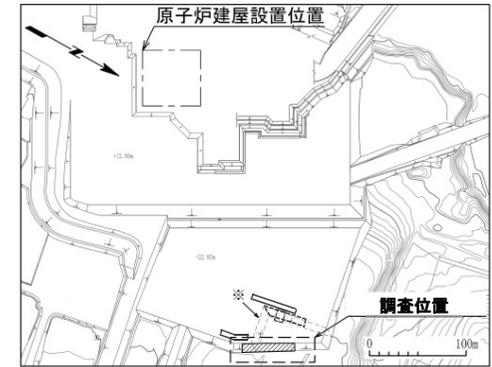
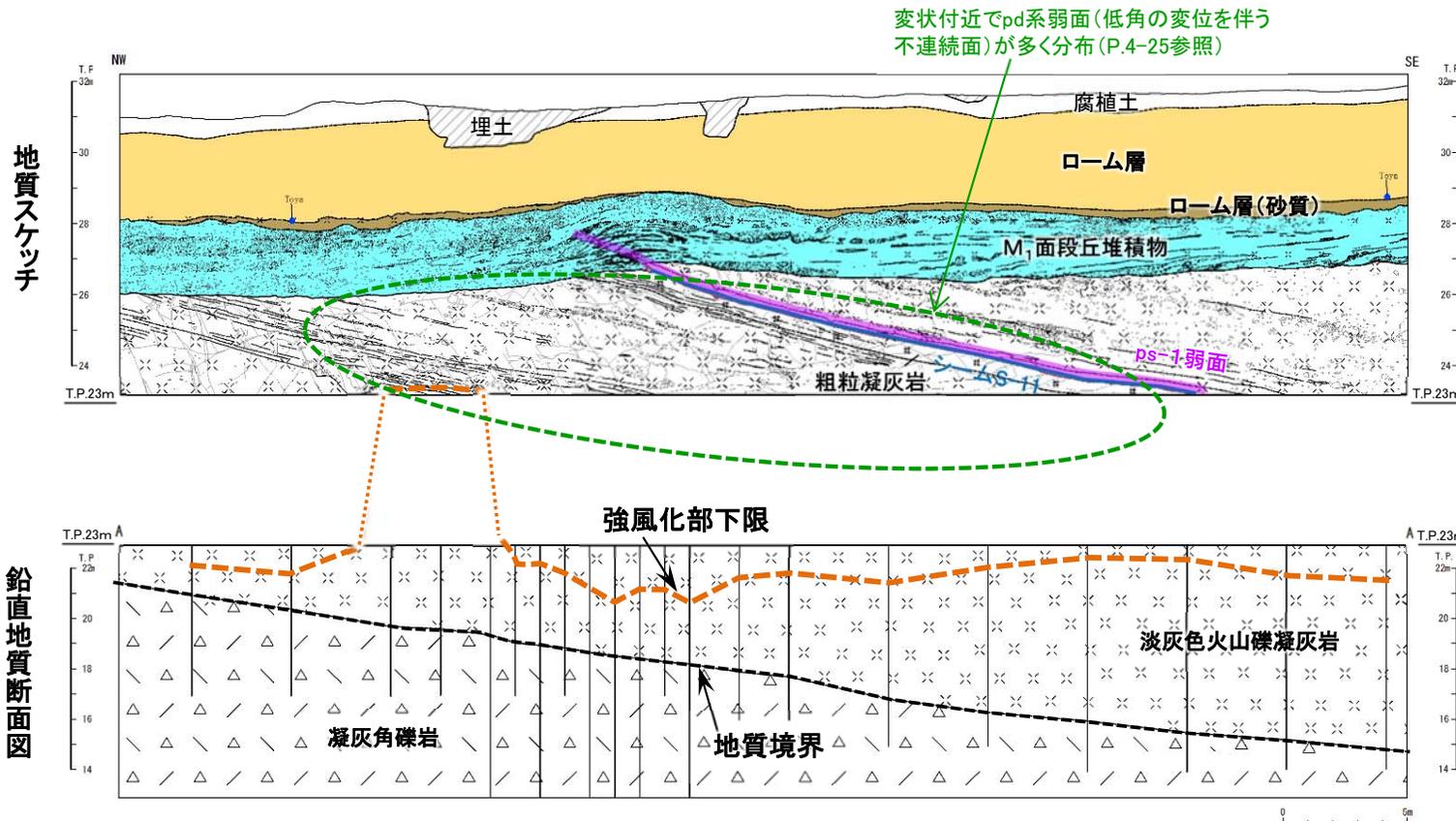
〔新鮮部の低角の変位を伴う不連続面〕

- ボーリング(Ts-6法面付近～Tf-4トレンチ付近)のコア観察により、pd系弱面形成前に分布していた新鮮部の低角の変位を伴う不連続面は、シーム付近に限定されることを確認する。

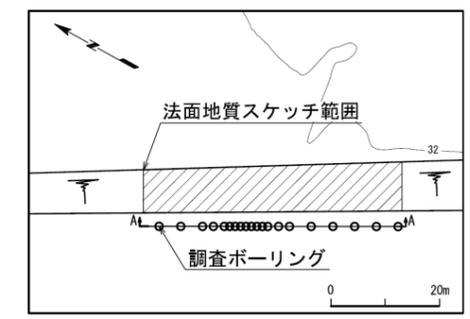


4.2.2 変状弱面の分布範囲(14/28)

(2)pd系弱面(2/15):pd系弱面の分布範囲[Ts-6法面](1/2)



位置図
※破線部は旧法面である。



詳細位置図

凡例

bs	埋土	—	地層境界
hs	腐植土	- - -	地質境界
lm	ローム層	- - -	強風化部下限
lm(sd)	ローム層(砂質)	~~~~~	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
×	淡灰色火山礫凝灰岩	~~~~~	段丘堆積物中の不連続面
△	凝灰角礫岩	○	礫
*	粗粒凝灰岩	~~~~~	葉理
~~~~~	ps-1弱面	○	ボーリング
●	Toya	○	洞爺火山灰 検出箇所

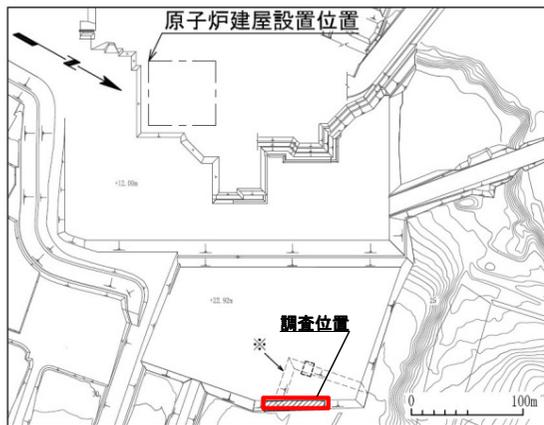
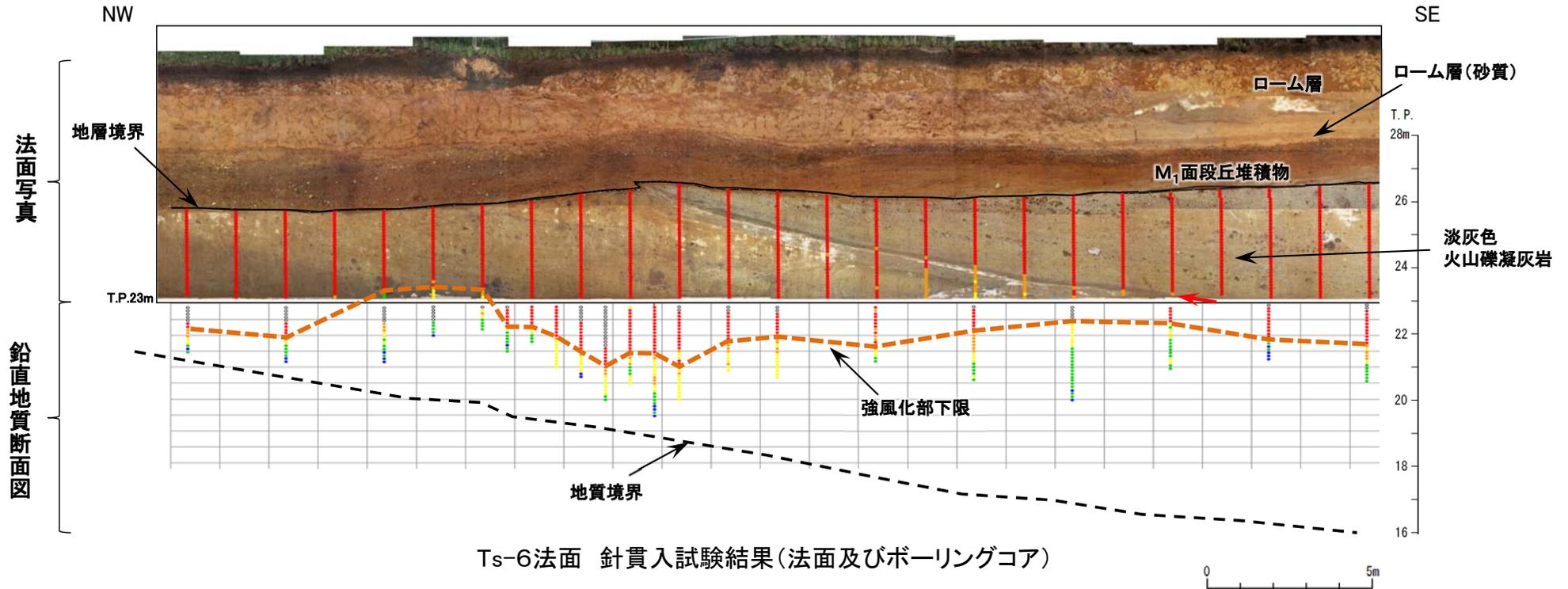
注) 法面写真及び針貫入試験結果については、次頁参照。

- Ts-6法面では、シームS-11沿い及びその延長上にps-1弱面、低角の変位を伴う不連続面沿いにpd系弱面が分布する。
- pd系弱面は強風化部のシーム付近にある低角の変位を伴う不連続面沿いに多く分布し、シームから離れると少なくなる(補足説明資料P.66参照)。pd系弱面が多く分布する箇所で岩盤内変位による岩盤の上に凸の変形が認められる。
- 鉛直地質断面図に示す地質境界は直線的に分布し変形は認められないことから、pd系弱面の変位による岩盤の上に凸の変形は、強風化部より深部には及んでおらず、pd系弱面は深部には分布しないと判断される。



## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(15/28)

### (2)pd系弱面(3/15): pd系弱面の分布範囲[Ts-6法面] 針貫入試験結果(法面及びボーリングコア)



※破線部は旧法面である。位置図

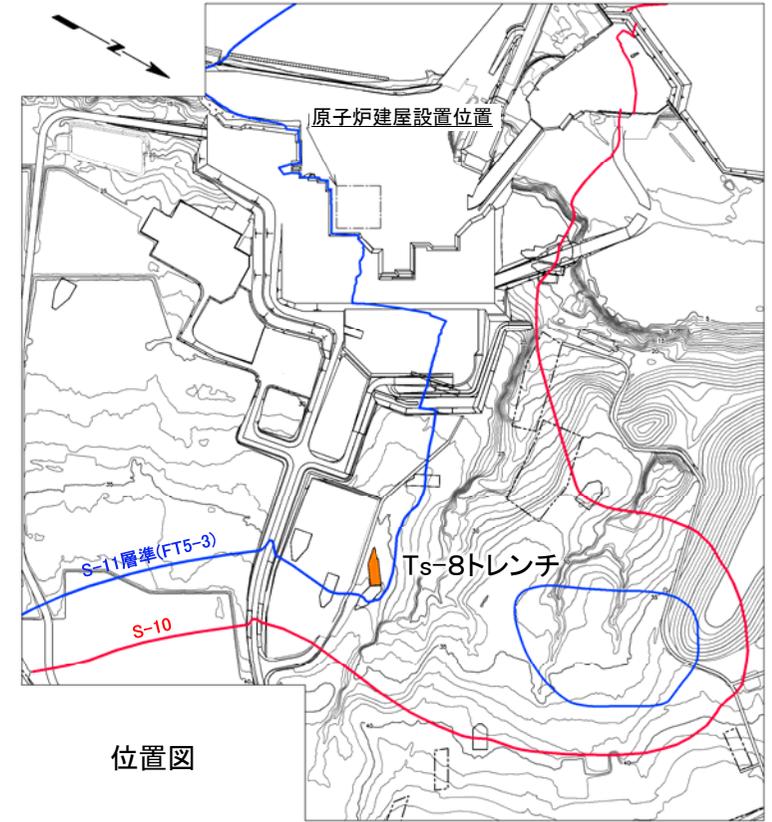
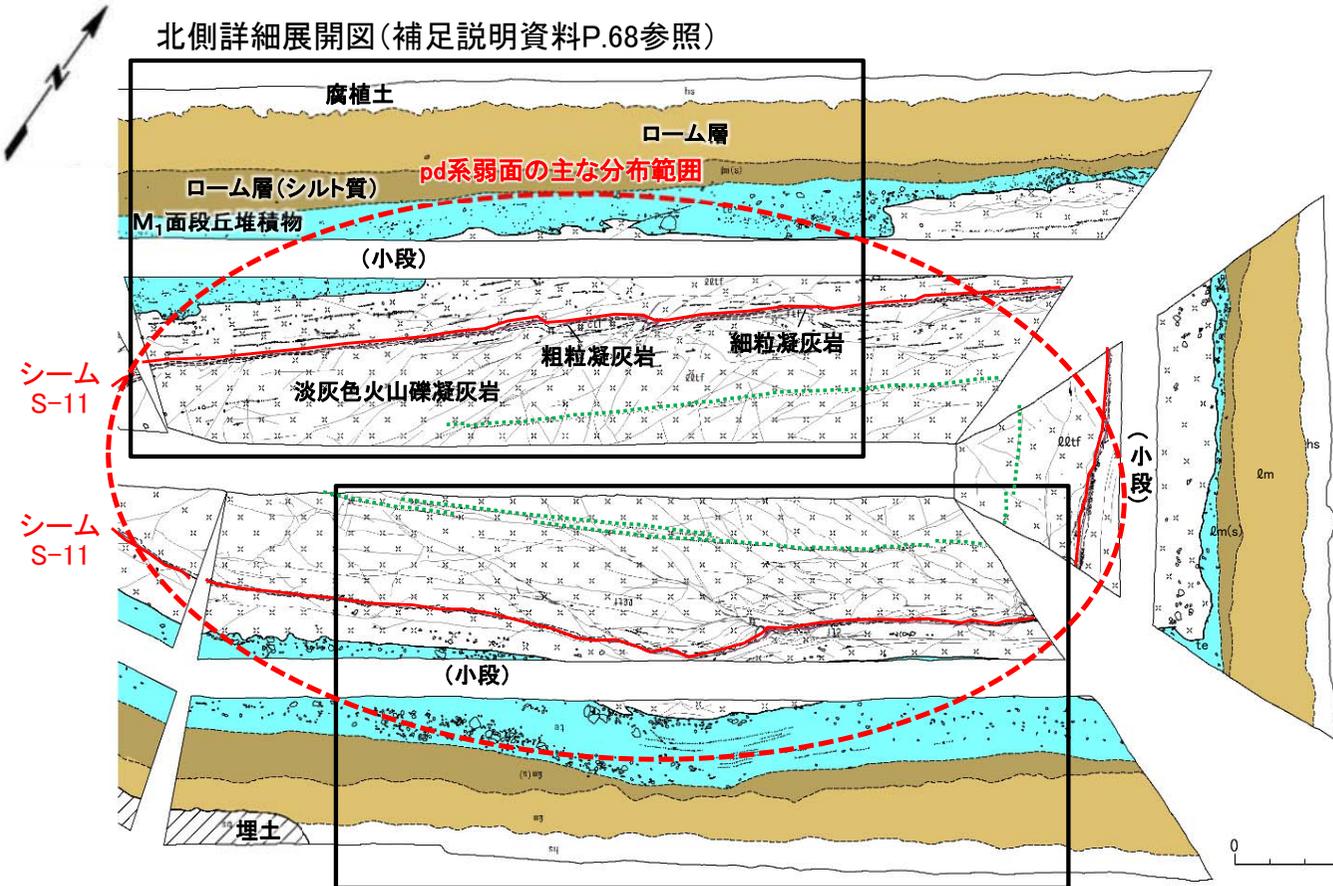
針貫入勾配区分 (N/mm)	● <1.0	● 1.0 ≤ and <2.0	● 2.0 ≤ and <4.9
	● 4.9 ≤ and <9.8	● 9.8 ≤	○ 未実施

- Ts-6法面及びボーリングコアで針貫入試験を実施した。
- 強風化部の針貫入勾配は全体的に小さく、強風化部であることを示す。



# 4.2.2 変状弱面の分布範囲(16/28)

## (2)pd系弱面(4/15):pd系弱面の分布範囲〔Ts-8トレンチ〕



南側詳細展開図(次頁参照)

凡 例

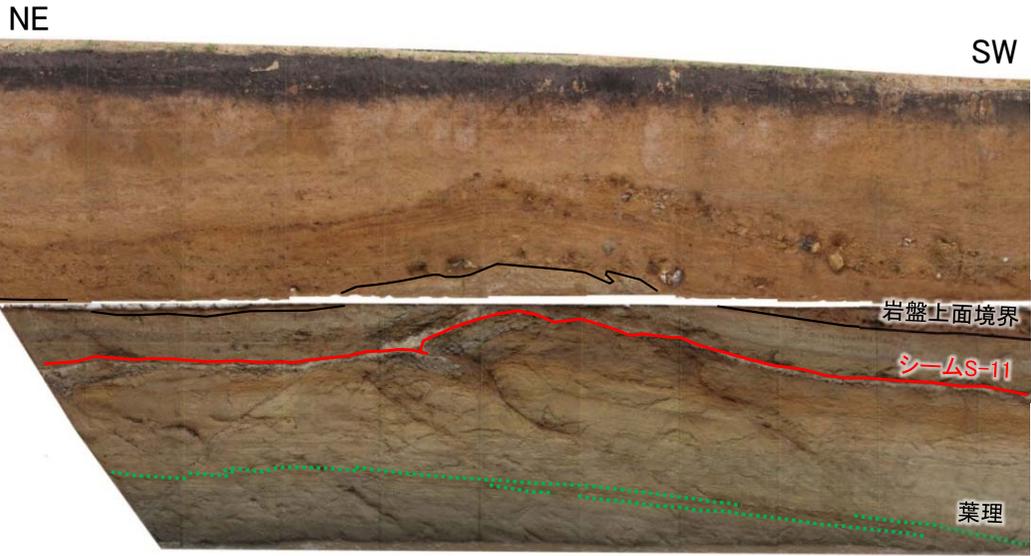
	埋 土		Qltf 淡灰色火山礫凝灰岩		地層境界		礫
	腐 植 土		粗粒凝灰岩		地質境界		葉 理
	ロ ー ム 層		細粒凝灰岩		シ ー ム		変位を伴う不連続面及び節理
	ローム層(シルト質)				段丘堆積物中の不連続面		
	M ₁ 面段丘堆積物						

注) シームS-11層準(FT5-3*)の位置は、各トレンチ・法面での調査結果に基づく。  
* : シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名。

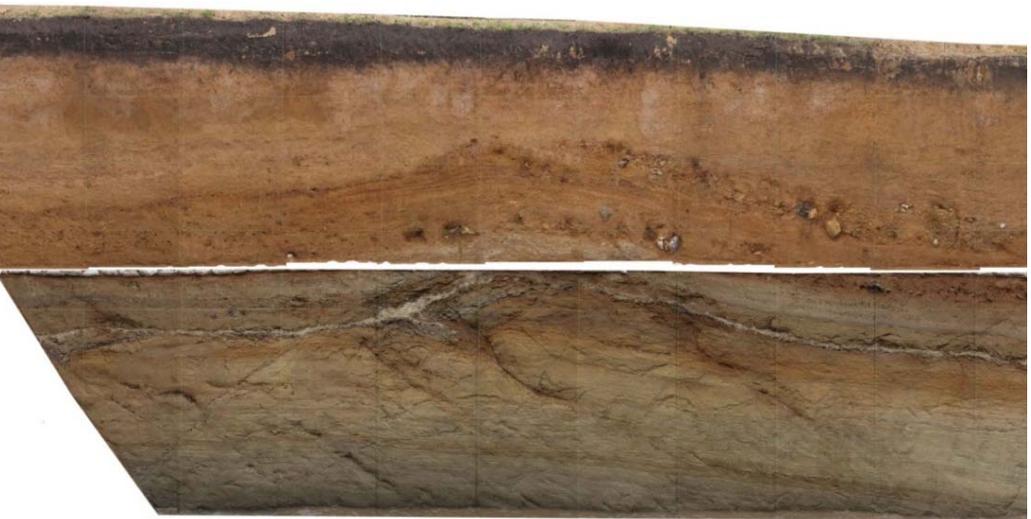
- Ts-8トレンチでは、低角の変位を伴う不連続面沿い及びその延長上にpd系弱面が分布する。
- pd系弱面は強風化部のシーム付近にある低角の変位を伴う不連続面沿いに多く分布し、岩盤の上に凸の変形が主体で、一部に岩盤上面に変位が見られる箇所がある。



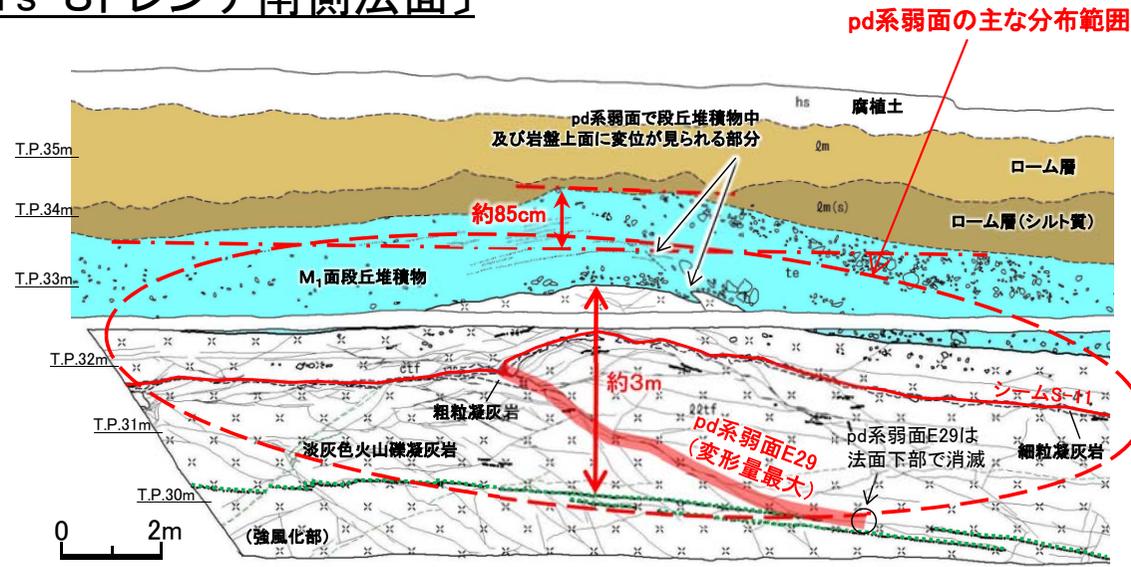
## (2)pd系弱面 (5/15) :pd系弱面の分布範囲〔Ts-8トレンチ南側法面〕



南側法面写真(解釈線有り)



南側法面写真(解釈線なし)



南側法面スケッチ

凡例

hs	腐植土	地層境界	礫
第四系	qm	ローム層	地質境界
	qm(s)	ローム層(シルト質)	筋状構造
	te	M1面段丘堆積物	葉理
易国間層	ctf	粗粒凝灰岩	変位を伴う不連続面及び節理
	qt	淡灰色火山礫凝灰岩	シーム
	ftf	細粒凝灰岩	段丘堆積物中の不連続面
			地質境界の見掛けの鉛直変位量
			pd系弱面E29

- Ts-8トレンチ南側法面では、低角の変位を伴う不連続面沿い及びその延長上にpd系弱面が分布する。
- pd系弱面は強風化部のシーム付近にある低角の変位を伴う不連続面沿いに多く分布し、岩盤の上に凸の変形が主体で、一部に岩盤上面に変位が見られる箇所がある。
- 岩盤の変形は、法面下部の直線的な葉理に及んでいないことから、pd系弱面による岩盤の変形範囲は鉛直方向に最大約3mと推定され、地下深部には及んでいない。
- 変形量が最大であるpd系弱面E29(P.4-62, 4-64参照)の下端は、法面下部で葉理と平行になり消滅している。

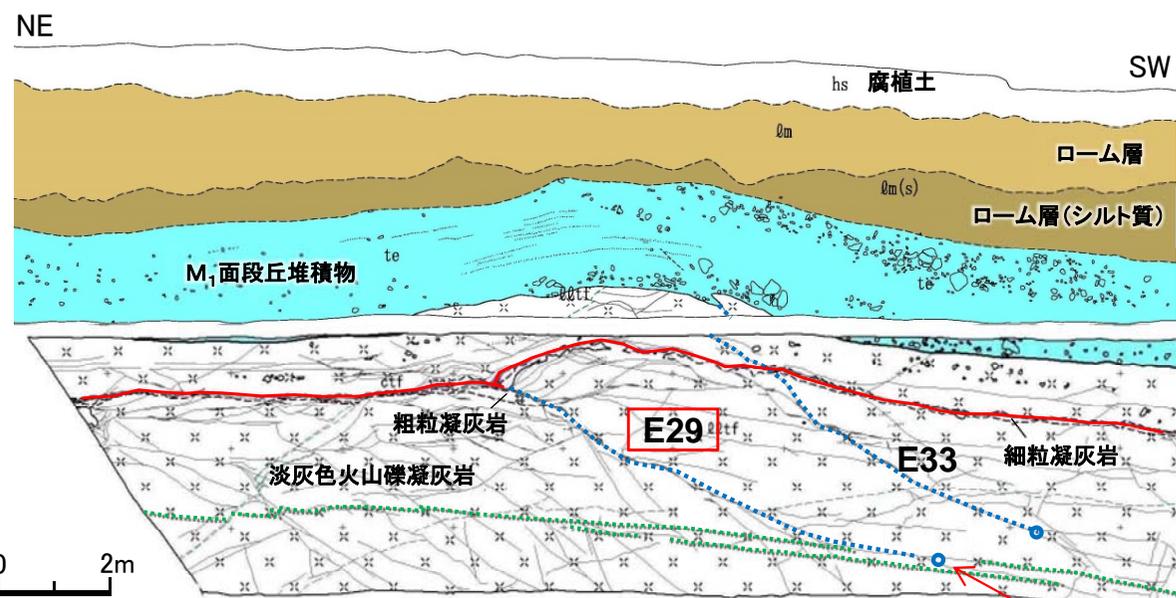
(余白)

# 4.2.2 変状弱面の分布範囲(18/28)

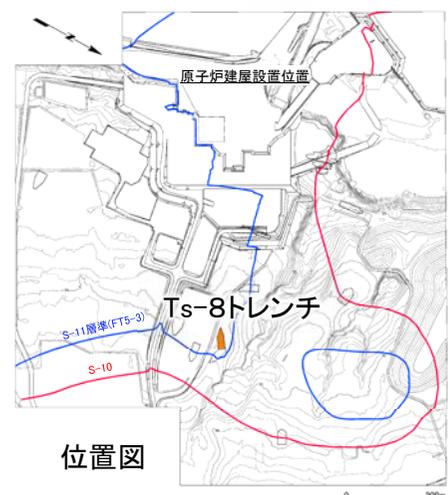
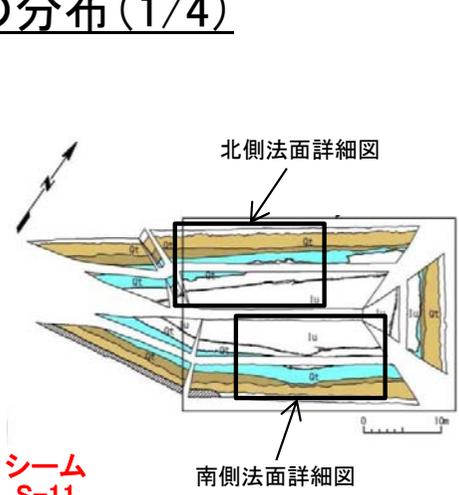
第700回審査会合  
資料2-2-1 P.4-40 一部修正



## (2)pd系弱面(6/15):Ts-8トレンチ岩盤中の変位量の分布(1/4)



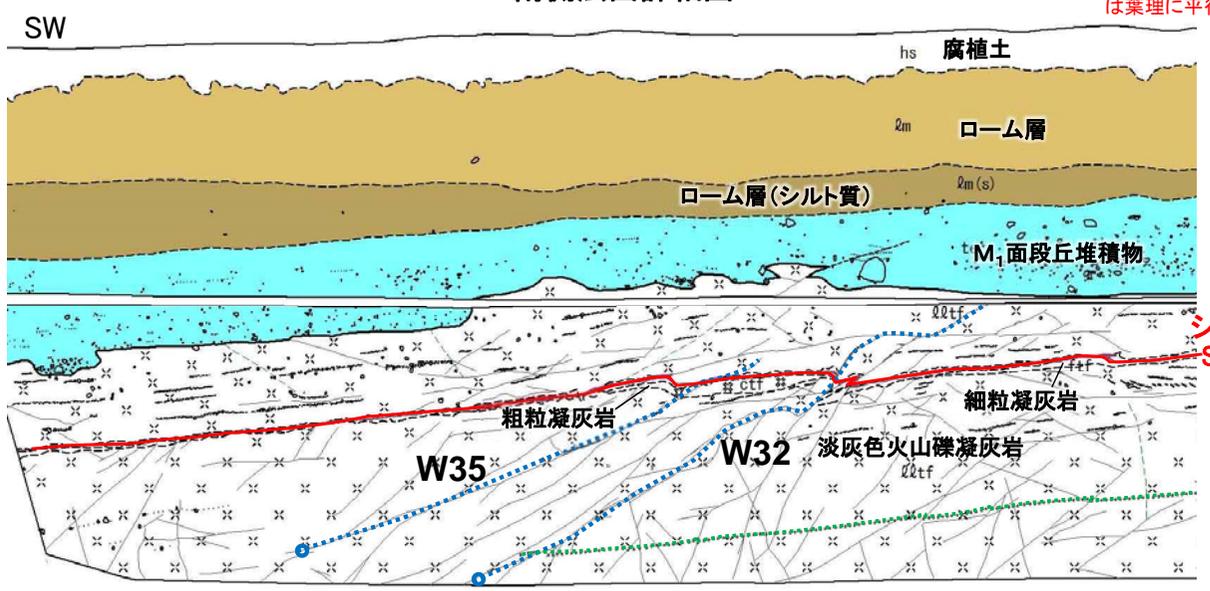
南側法面詳細図



位置図

凡例

- ⋯ E33 : 変位量を計測したpd系弱面
- : 変位を計測したpd系弱面の下端
- ⋯ : 連続性のある葉理



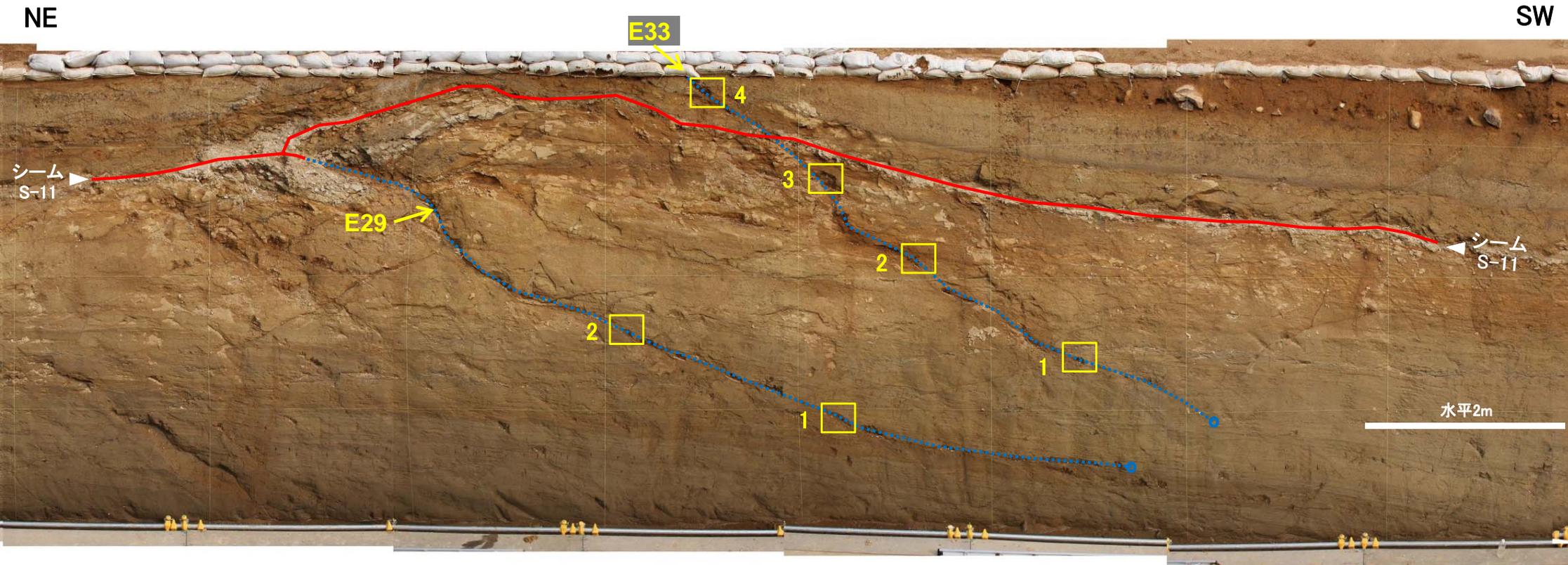
北側法面詳細図

- 凡例
- |            |      |               |
|------------|------|---------------|
| hs 腐植土     | 地層境界 | 礫             |
| ローム層       | 地質境界 | 葉理            |
| 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 |
| M1面段丘堆積物   | シーム  | 段丘堆積物中の不連続面   |
| 淡灰色火山礫凝灰岩  |      |               |
| 粗粒凝灰岩      |      |               |
| 細粒凝灰岩      |      |               |

- Ts-8トレンチにおいて、上に凸の変形付近にある連続性の良いpd系弱面(E29, E33, W32, W35)を対象に、走向・傾斜、条線方位、見掛けの鉛直変位量を計測した。
- これらのpd系弱面の下位に位置する葉理は直線的で、上に凸の形状は認められない。特に、変形量最大のpd系弱面(E29、次頁参照)の下端は葉理に平行になり消滅している。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(19/28)

## (2)pd系弱面(7/15):Ts-8トレンチ岩盤中の変位量の分布(2/4)[南側法面での変位量測定位置]



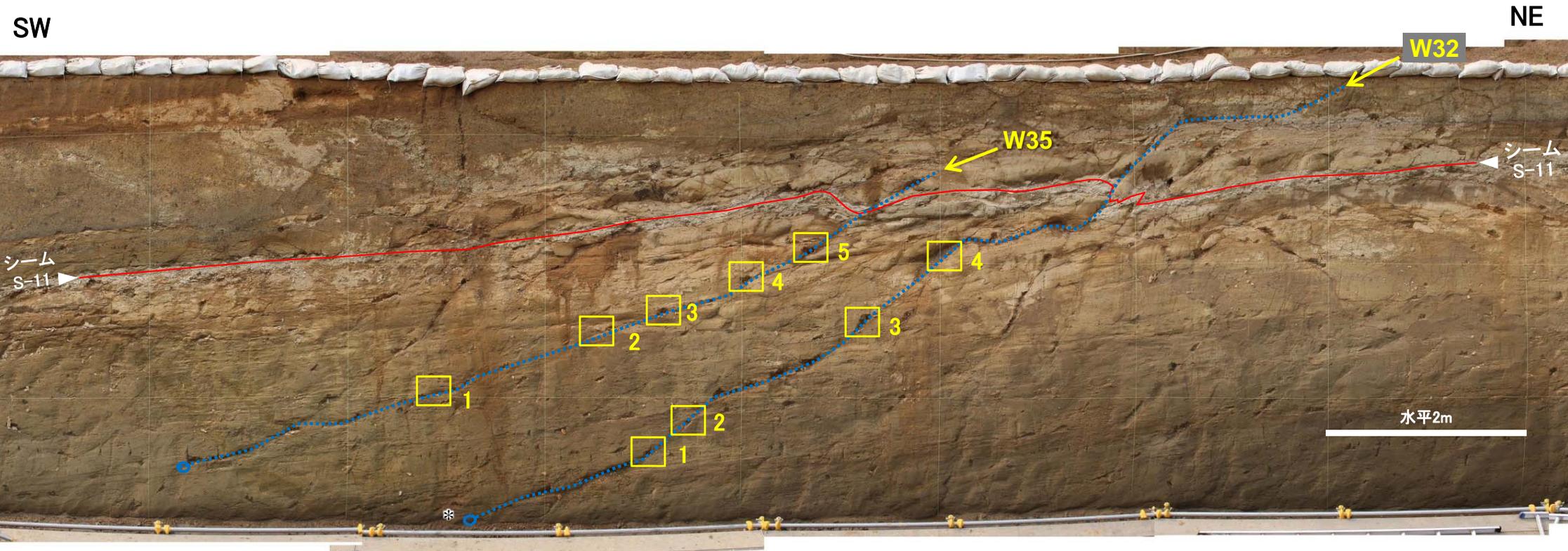
## 凡例

- ⋯ : 変位を計測したpd系弱面
- : 変位を計測したpd系弱面の下端
- : 条線と変位量の計測点

- 連続性の良いpd系弱面(E29, E33)は、シームS-11に変位を与えており、法面下部に向かって傾斜が緩やかになり消滅する。
- これらのpd系弱面で、岩盤中の葉理を基準として見掛けの変位量を計測し、条線の方角から実変位量を計算した。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(20/28)

## (2)pd系弱面(8/15):Ts-8トレンチ岩盤中の変位量の分布(3/4)[北側法面での変位量測定位置]



## 凡例

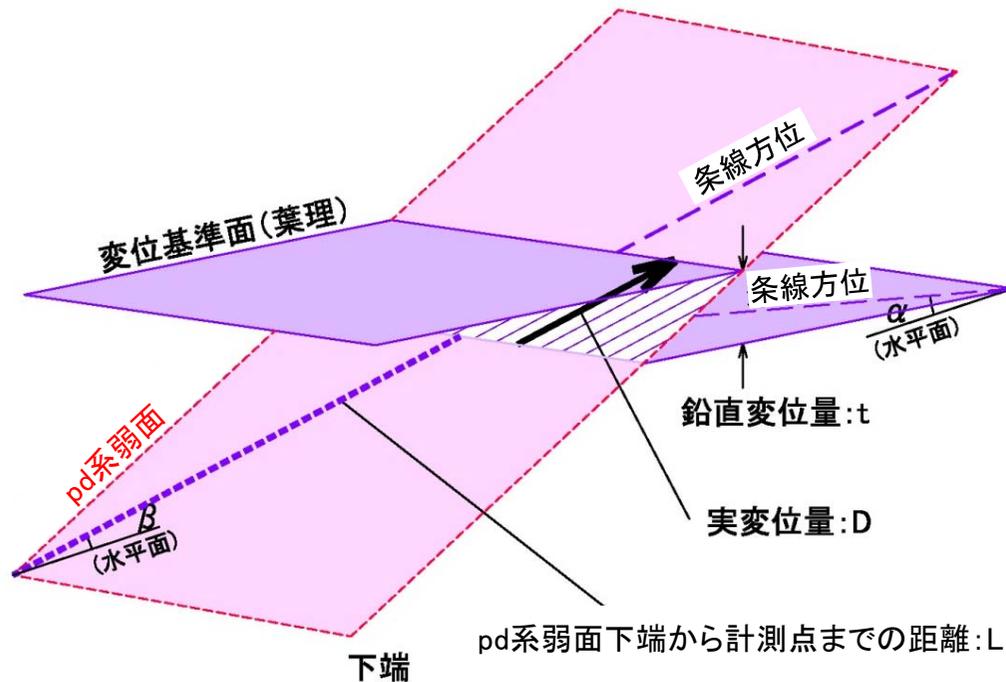
- 連続性の良いpd系弱面(W32, W35)は, シームS-11に変位を与えており, 法面下部に向かって傾斜が緩やかになり消滅する。
- これらのpd系弱面で, 岩盤中の葉理を基準として見掛けの変位量を計測し, 条線の方角から実変位量を計算した。

- : 変位を計測したpd系弱面
- : 変位を計測したpd系弱面の下端
- : 条線と変位量の計測点

* W32の下端はインバート部とした。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(21/28)

## (2)pd系弱面(9/15):Ts-8トレンチ岩盤中の変位量の分布(4/4)〔実変位量とpd系弱面下端からの距離〕



*) 実変位量Dは以下の式で求めた。

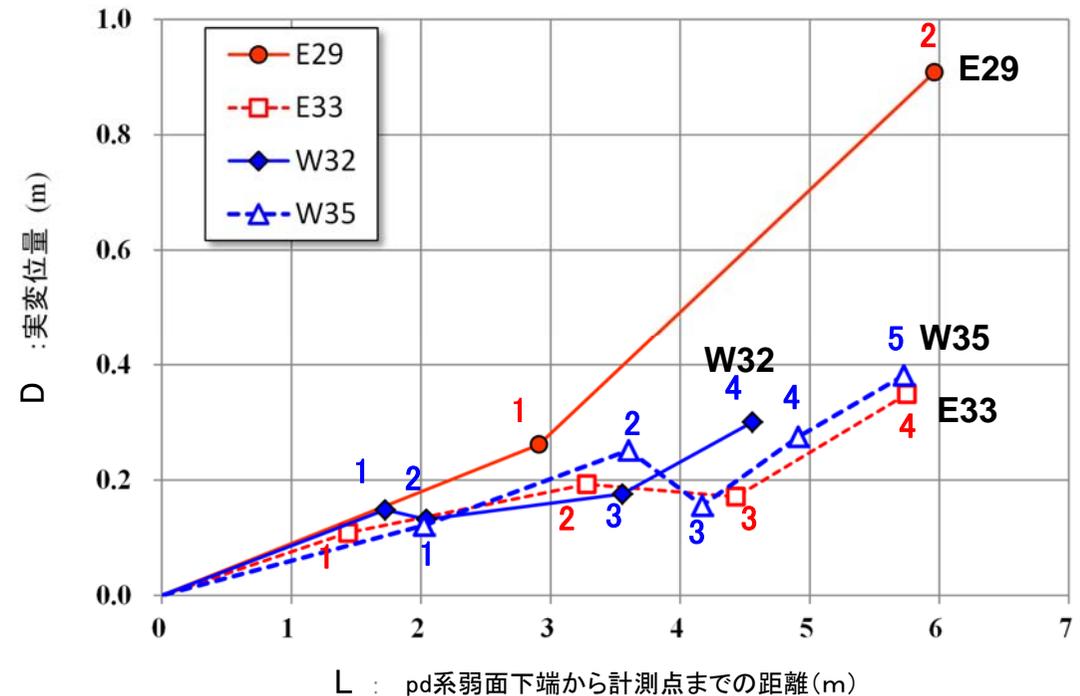
$$D = t \times \cos \alpha / \sin |\beta - \alpha|$$

但し、

t : 変位基準面の鉛直変位量

$\alpha$  : 条線方位の鉛直断面での変位基準面の見掛けの傾斜

$\beta$  : 条線の傾斜



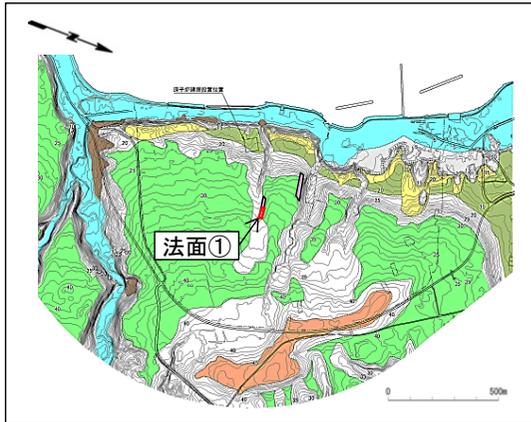
- 連続性の良いpd系弱面(E29,E33,W32,W35)を対象に、計測点での実変位量とpd系弱面の下端からの距離を整理した。
- 各pd系弱面の上部ほど実変位量大きい傾向が認められる。E29では、他の連続性の良いpd系弱面に比べて実変位量が大きく、岩盤の上に凸の形状の存在と調和的である。
- 法面下部では、これらのpd系弱面は傾斜が緩やかに消滅し、その下側の緩傾斜の葉理は直線的で変形は認められないことから、pd系弱面沿いの変位は地表付近に限定される。

# 4.2.2 変状弱面の分布範囲(22/28)

第700回審査会合  
資料2-2-1 P.4-59 一部修正



## (2)pd系弱面(10/15):強風化部のシーム付近以外での調査結果〔法面①〕



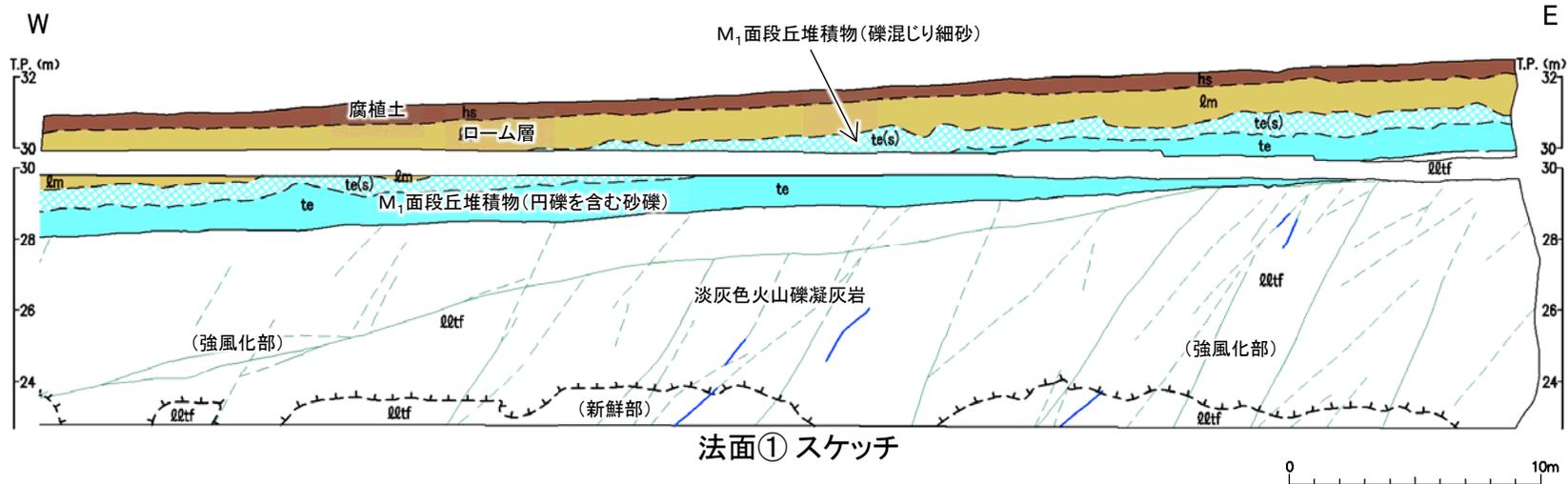
位置図



法面① 写真

凡例

- hs 腐植土
- lm ローム層
- ts(s) M₁面段丘堆積物 (礫混じり細砂)
- te M₁面段丘堆積物 (円礫を含む砂礫)
- Q₂t_f 淡灰色火山礫凝灰岩
- 地層境界
- 地質境界
- 風化部下限*
- 変位を伴う不連続面及び節理
- 筋状構造(明瞭なもの)
- 筋状構造(不明瞭なもの)



法面① スケッチ

- 法面①(シームが分布しない箇所)では変状は認められない。
- 地質観察の結果、岩盤は主に褐色を呈し著しく軟質な強風化部から成り、低角の変位を伴う不連続面は認められない。
- 法面①では、pd系弱面は分布しない。また、法面②～④(補足説明資料P.61～P.63参照)及びTf-4トレンチ(P.2-27参照)も同様である。

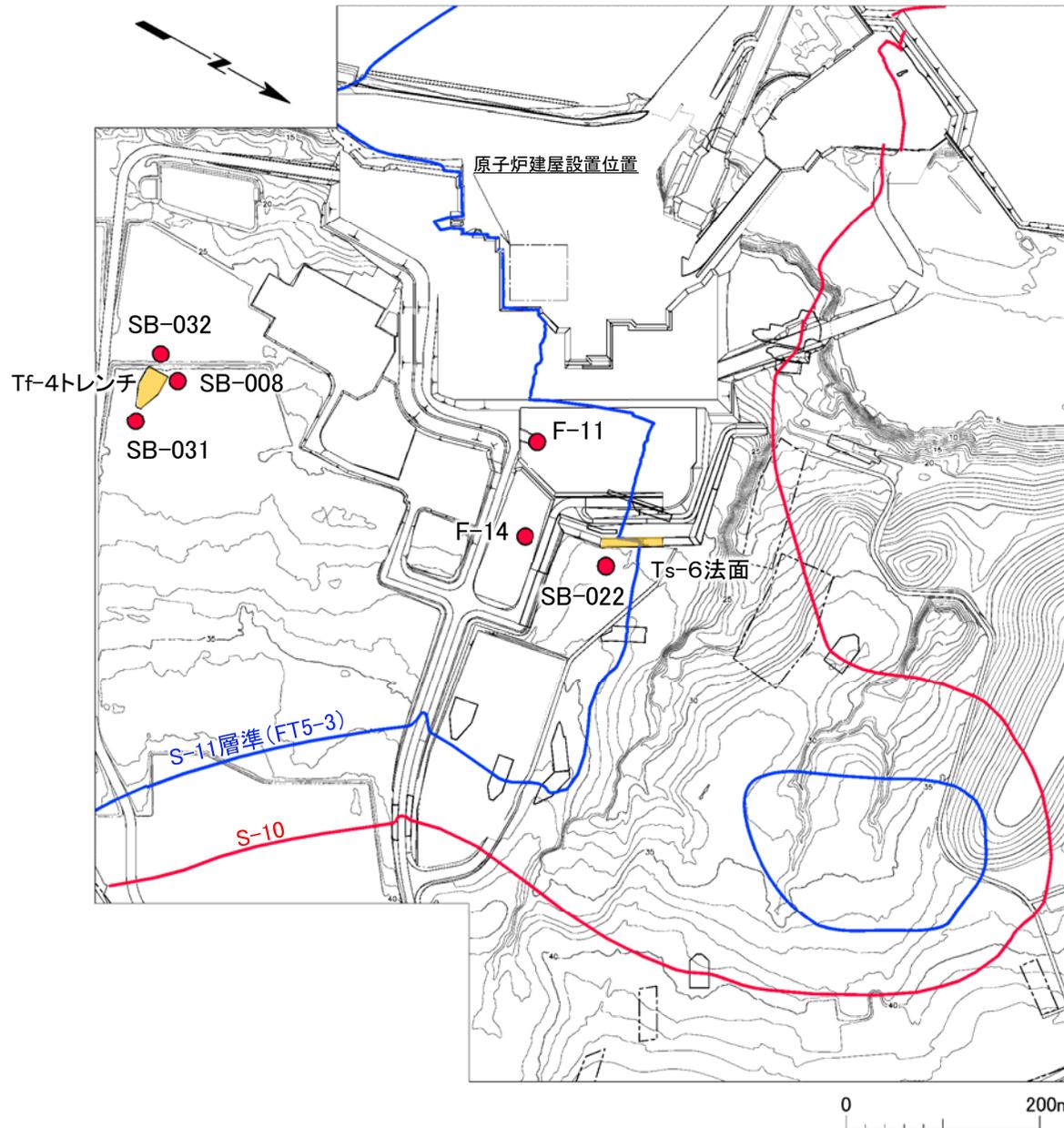
*: 風化部は、主に強風化部から成り、下部に薄い弱風化部を含む。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(23/28)

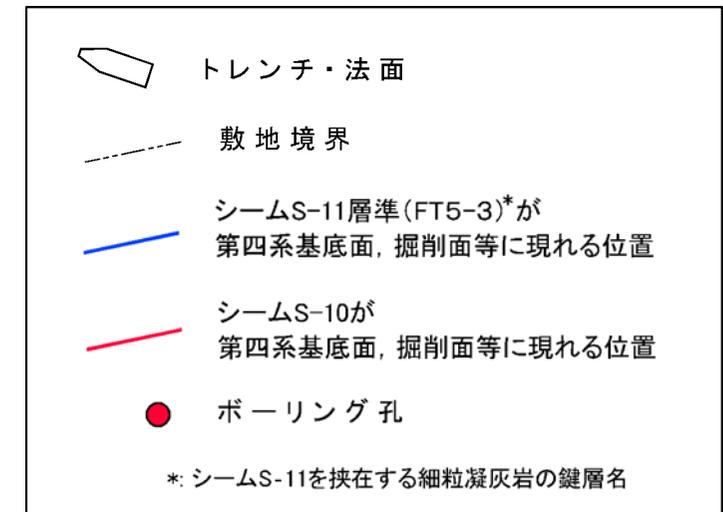


## (2)pd系弱面(11/15):新鮮部における低角の変位を伴う不連続面の分布とシームとの関係(1/2)

## 調査位置



## 凡例



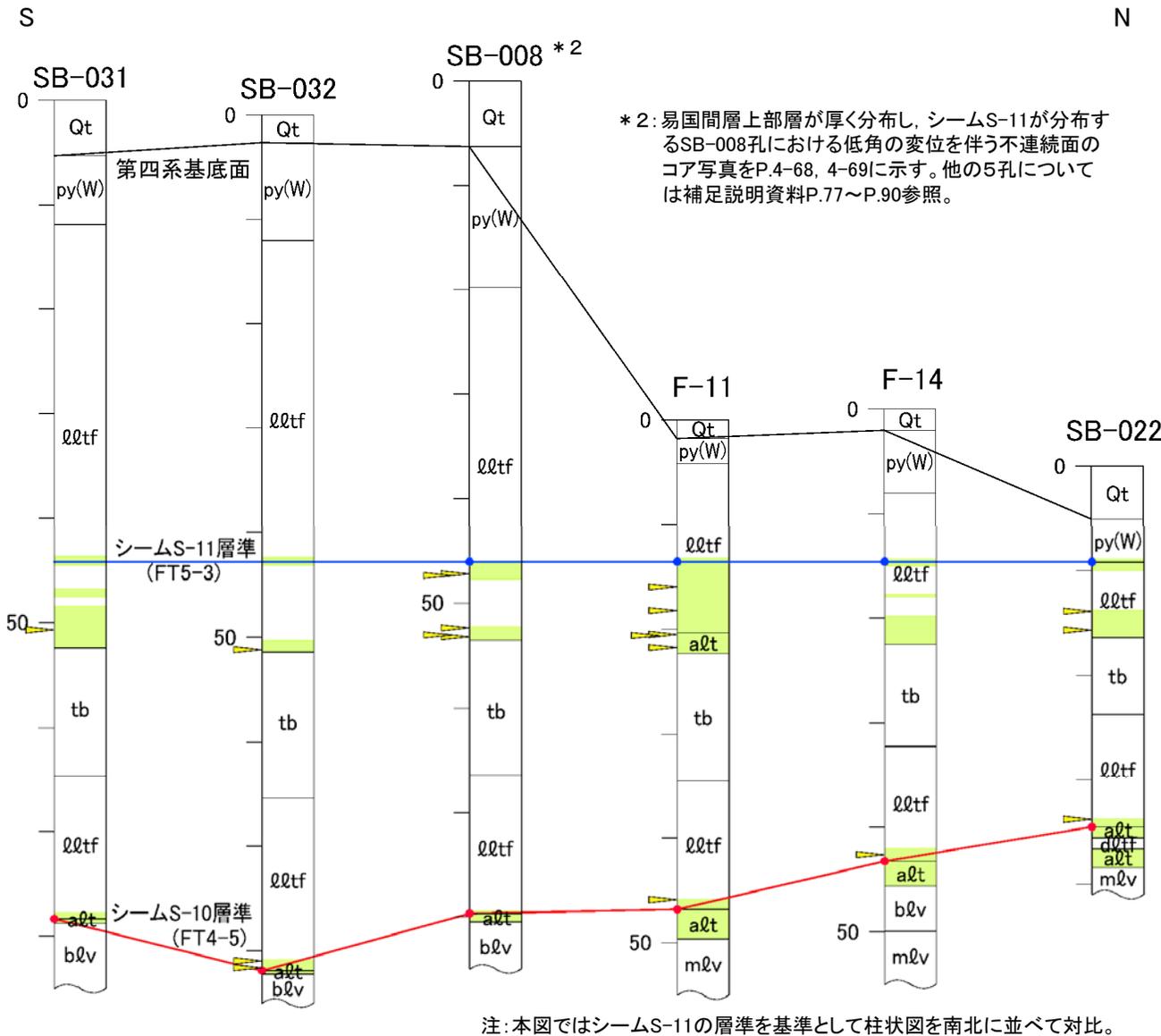
- pd系弱面は低角の変位を伴う不連続面を利用して形成されたと考えられることから、pd系弱面形成前に分布していた新鮮部の低角の変位を伴う不連続面の分布とシームとの関係を調査する。
- 調査対象のボーリング孔は、pd系弱面が法面で観察されているTs-6法面付近の3孔及び易国間層上部層が厚く分布するTf-4トレンチ付近の3孔の計6孔とする。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(24/28)



### (2)pd系弱面(12/15):新鮮部における低角の変位を伴う不連続面の分布とシームとの関係(2/2)

#### 調査結果



#### 凡例

易国間層 上部層	Qt	第四系(腐植土,ローム,段丘堆積物),埋土	
	py(W)	火山碎屑岩(風化部) (淡灰色火山礫凝灰岩(風化部))	
	lltf	淡灰色火山礫凝灰岩	低角の変位を伴う不連続面
	alt	細粒凝灰岩, 淡灰色火山礫凝灰岩, 粗粒凝灰岩	成層構造が発達する部分
	tb	凝灰角礫岩	
易国間層 下部層	alt	細粒凝灰岩, 粗粒凝灰岩, 暗灰色火山礫凝灰岩	第四系基底面
	dltf	暗灰色火山礫凝灰岩	シームS-11層準(FT5-3) (青丸はS-11)
	blv	安山岩溶岩(角礫状)	シームS-10層準(FT4-5) (赤丸はS-10)
	mlv	安山岩溶岩(塊状)	

- ボーリング6孔を対象に、シームS-10付近から上位の易国間層の新鮮部にある低角の変位を伴う不連続面*1の分布を確認した。
- 低角の変位を伴う不連続面の分布は、シームの層準付近の成層構造が発達する部分に限定され、シームから離れた淡灰色火山礫凝灰岩及び凝灰角礫岩中には認められない。
- 低角の変位を伴う不連続面は、シームS-11の層準(FT5-3層準)の下盤に多く分布する傾向がある。
- トレンチ及び法面の観察結果(P.4-25参照)で、pd系弱面の分布がシーム付近に限定されるのは、シームの層準付近に限定的に分布していた低角の変位を伴う不連続面を利用して、風化部の形成に伴ってpd系弱面が形成されたためと考えられる。

低角の変位を伴う不連続面の分布とシーム及び成層構造が発達する部分との関係

* 1: ボーリングコアでは変位量の判定が困難で、条線も不明瞭なことから、面が平滑で低角(50°以下)の断裂を「低角の変位を伴う不連続面」とする。

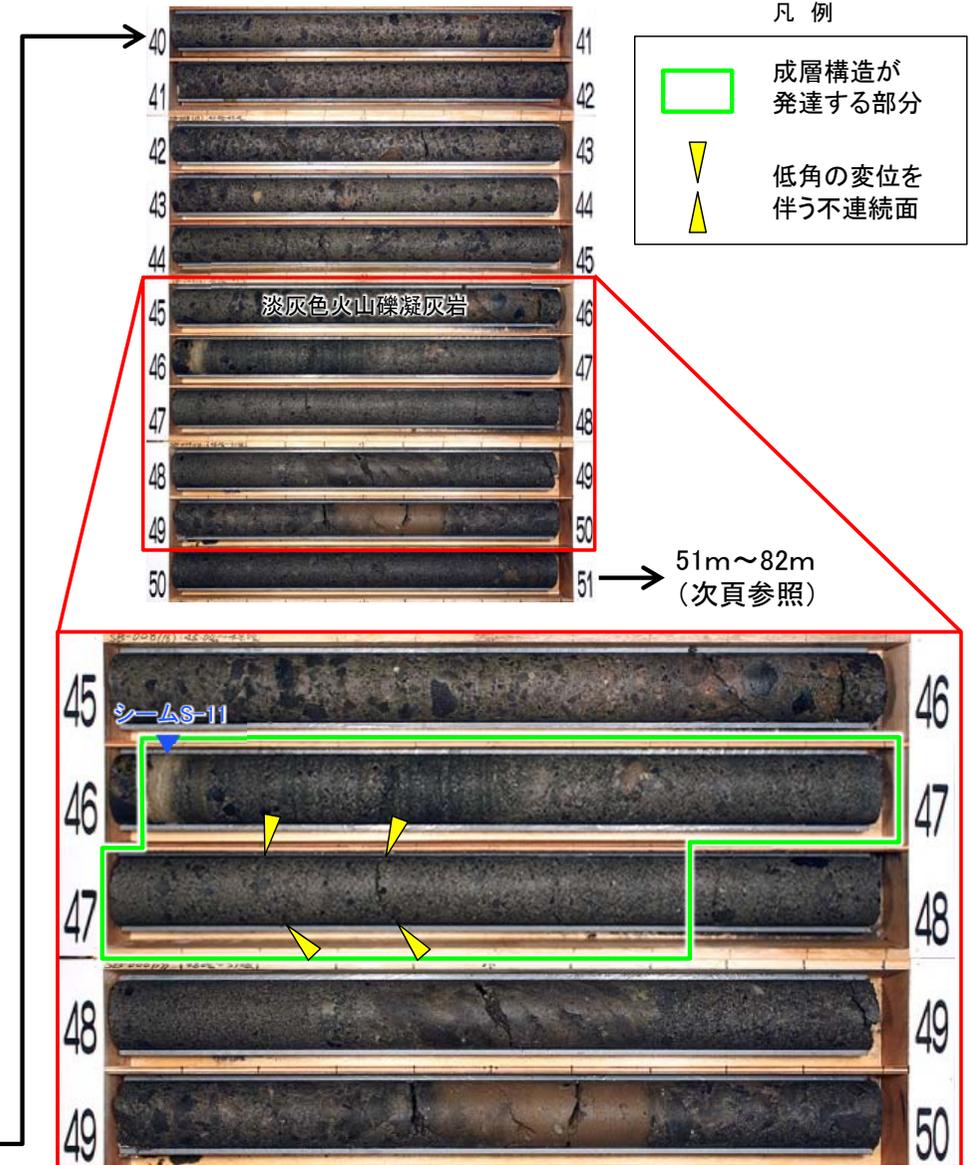
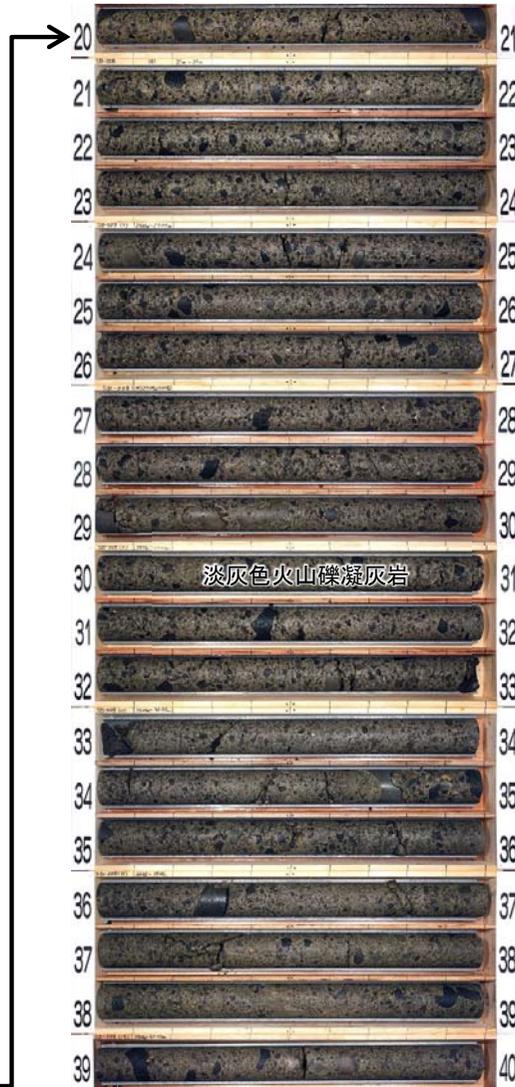
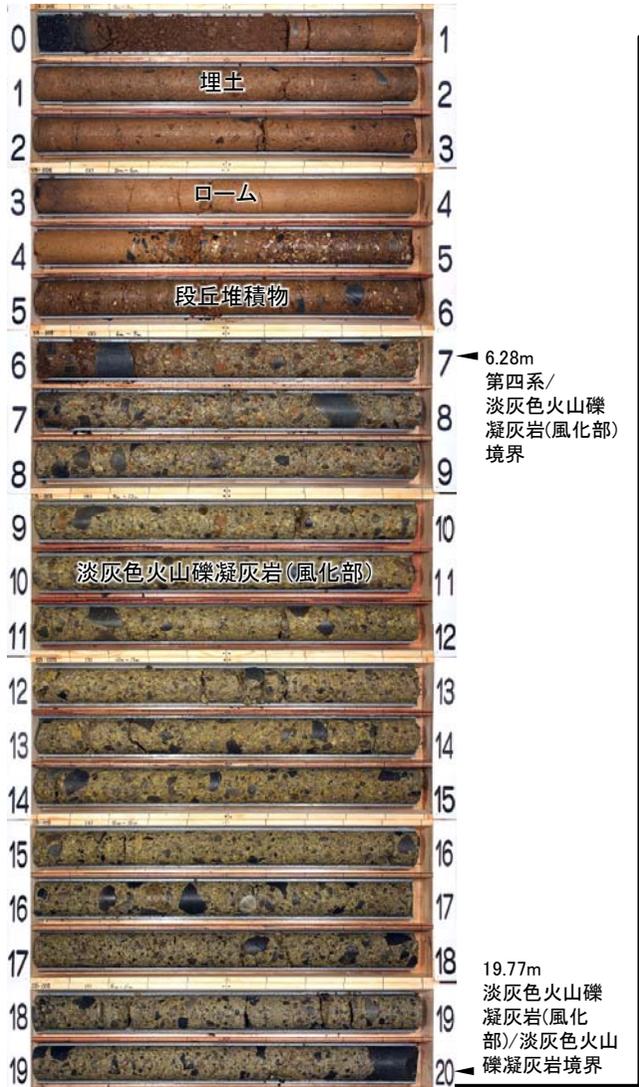
## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(25/28)



## (2) pd系弱面(13/15): シーム付近に認められる成層構造及び低角の変位を伴う不連続面の分布(1/2)

## SB-008孔(0m~51m区間)

SB-008孔(0m~51m区間)

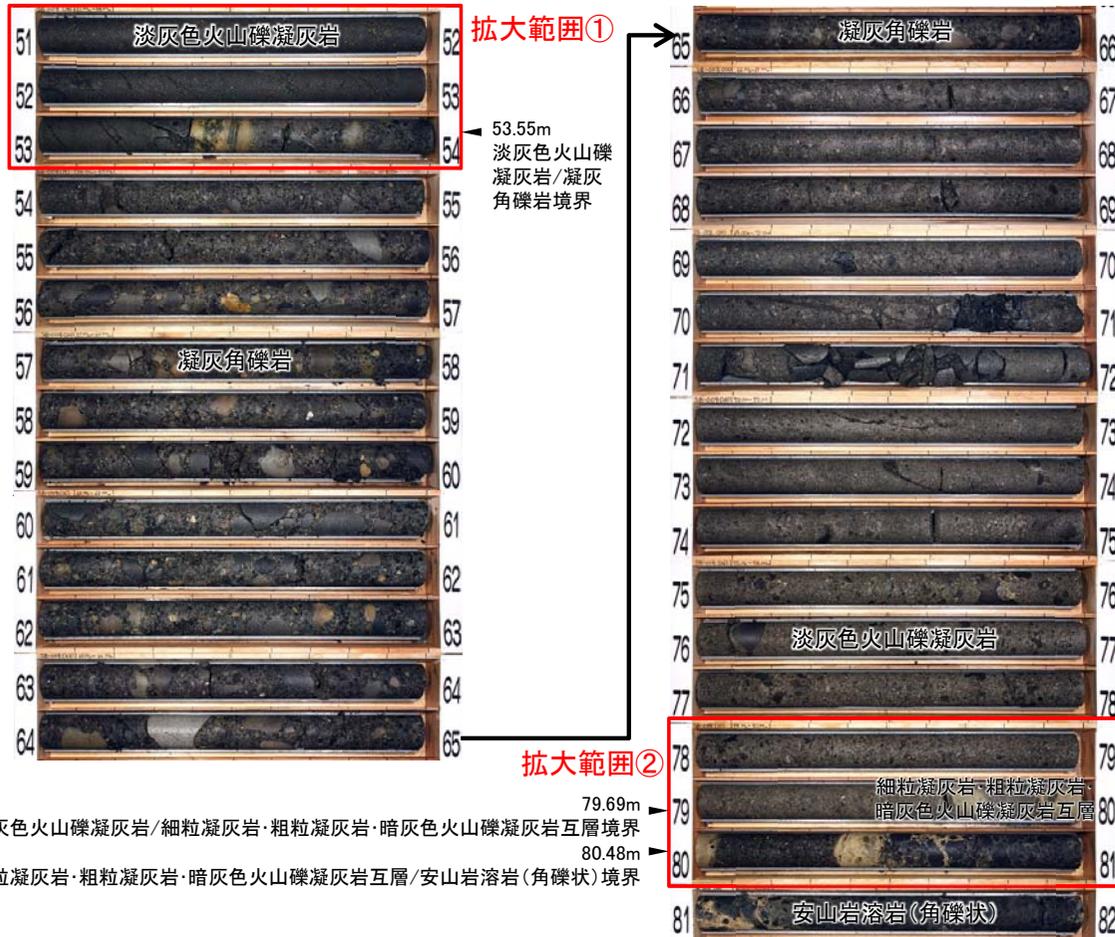


- シームS-11付近より上位の淡灰色火山礫凝灰岩は粗粒で塊状であり、成層構造が発達する部分は認められない。
- シームS-11の下位の淡灰色火山礫凝灰岩(約1.7m区間)は、細粒で成層構造が発達し、この部分に低角の変位を伴う不連続面が分布する。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(26/28)

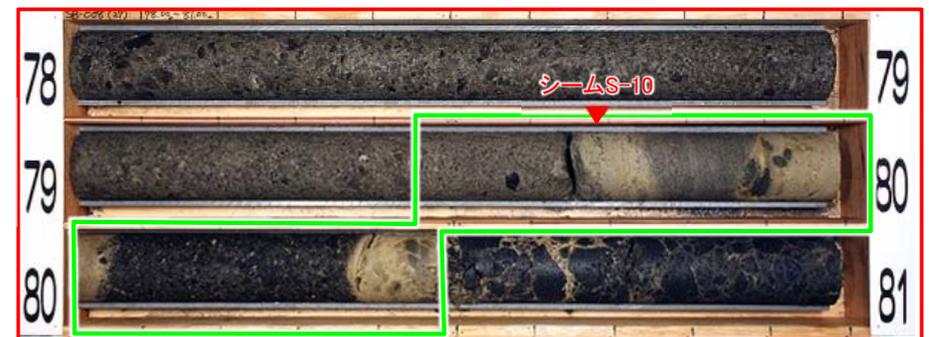
(2) pd系弱面(14/15): シーム付近に認められる成層構造及び低角の変位を伴う不連続面の分布(2/2)  
SB-008孔(51m~82m区間)

SB-008孔(51m~82m区間)



凡例

- 成層構造が発達する部分
- ▼ 低角の変位を伴う不連続面



- 凝灰角礫岩の上位の約1.4m区間及びシームS-10付近の約1.0m区間は、細粒で成層構造が発達するが、それ以外の区間は粗粒で塊状であり、成層構造は認められない。
- 凝灰角礫岩の上位の細粒で成層構造が発達する部分に低角の変位を伴う不連続面が分布する。

## 4.2.2 変状弱面の分布範囲(27/28)

### (2)pd系弱面(15/15):まとめ

#### [強風化部のシーム付近]

- Ts-6法面では, pd系弱面は強風化部のシーム付近にある低角の変位を伴う不連続面沿いに多く分布し, シームから離れると少なくなる。pd系弱面の変位による岩盤の上に凸の変形は, 強風化部より深部には及んでおらず, pd系弱面は深部には分布しないと判断される。
- Ts-8トレンチでは, pd系弱面の変位による岩盤の上に凸の変形は, 強風化部より深部には及んでいないと判断される。また, 変形量最大のpd系弱面(E29)は法面下部で消滅することから, pd系弱面沿いの変位は地表付近に限定される。

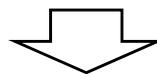
#### [強風化部のシーム付近以外]

- 法面①～④及びTf-4トレンチでは, 強風化部が分布するがシームは分布せず, pd系弱面は分布しない。

#### [新鮮部の低角の変位を伴う不連続面]

- ボーリングコアでは, 新鮮部の低角の変位を伴う不連続面の分布は, シームの層準付近の成層構造が発達する部分に限定され, シームから離れると認められない。

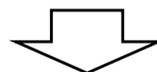
⇒ pd系弱面の分布が強風化部のシーム付近に限定されるのは, シームの層準付近に限定的に分布していた低角の変位を伴う不連続面を利用して, 風化部の形成に伴ってpd系弱面が形成されたためと考えられる。



pd系弱面の分布は, 強風化部のシーム付近に限定される

### まとめ

- ps系弱面の分布は、強風化部がシームに接する範囲沿いに限定される。
- pd系弱面の分布は、強風化部のシーム付近に限定される。



変状弱面は強風化部のシーム付近に分布が限定され新鮮部には分布しないことから、震源として考慮する活断層には該当しないと判断される

(余白)

## 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の形成メカニズムの検討

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 5. まとめ

## 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の形成メカニズムの検討(1/2)

### 検討方針

コメントNo.S2-126  
(以下、P.4-126まで)

#### 第700回審査会合 指摘事項S2-126

強風化部の一部で変位・変形が生じているという観察事実を基に、岩盤の風化と変位・変形が関連するものであるとするなら、岩盤の風化のプロセスを含め、強風化部の一部で変位・変形が生じるメカニズムと、それを裏付ける物的証拠を整理して説明すること。



### 変状弱面の形成メカニズムの検討方針

#### [4.3.1章]

変状弱面は強風化部のシーム付近に分布が限定され、広域応力場で形成された構造的なものではないことを、観察結果に基づいて示す。

#### [4.3.2章]

- (1) ノンテクトニック断層に関する文献に基づき、形成メカニズムの異なる各種のノンテクトニック断層と変状弱面の特徴の類似性について検討する。
- (2) スメクタイトによる風化岩盤の膨張に関する文献に基づき、風化岩盤の観察結果、分析結果等との整合性について検討する。さらに、膨張率に関する文献に基づき、強風化部の膨張率を評価し、変状の観察結果等との整合性について検討する。
- (3) 上載層による膨張の抑制に関する文献に基づき、強風化部の膨張と上載層の関係について検討する。
- (4) 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する文献に基づき、変状弱面の分布について検討する。

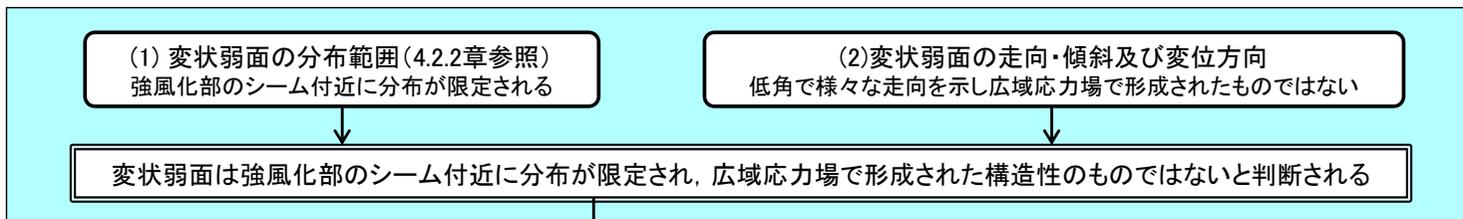
#### [4.3.3章及び4.3.4章]

上記の検討を踏まえ、風化の進行と変状の形成プロセスについても考察した上で、変状弱面の形成メカニズムを推定する。

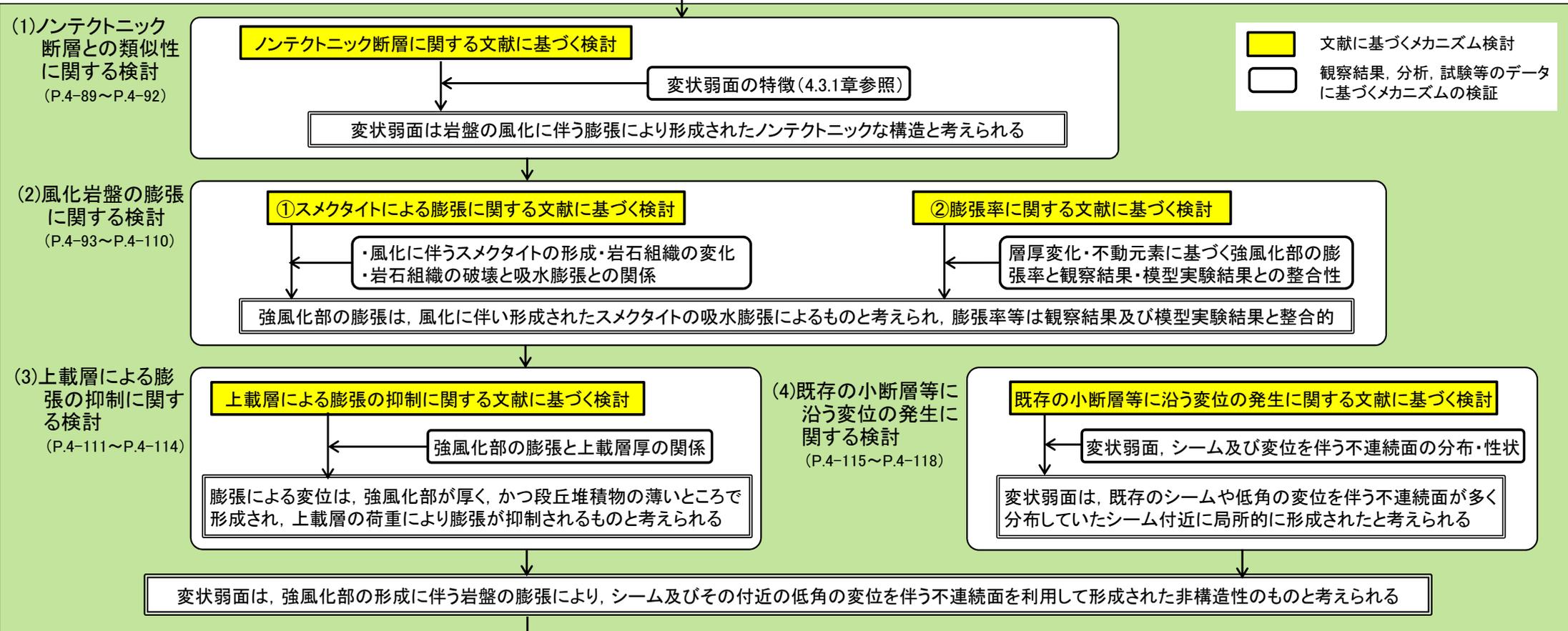
# 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の形成メカニズムの検討(2/2)

## 形成メカニズム 検討の流れ

### 4.3.1章 観察結果に基づく変状弱面の特徴(P.4-78~P.4-86)

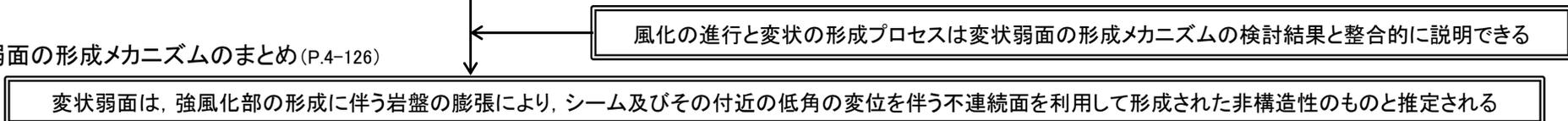


### 4.3.2章 文献に基づく変状弱面の形成メカニズム検討とデータに基づく検証



### 4.3.3章 風化の進行と変状の形成プロセス(P.4-121~P.4-124)

### 4.3.4章 変状弱面の形成メカニズムのまとめ(P.4-126)



(余白)

## 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

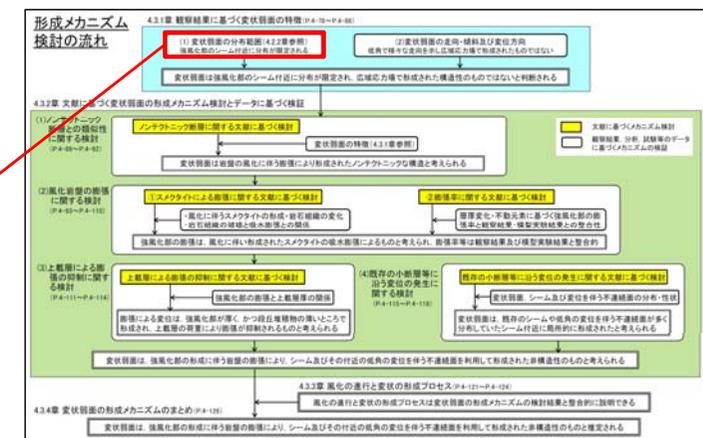
#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 5. まとめ

## 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(1/9)

### (1) 変状弱面の分布範囲(1/2): 検討方針

形成メカニズム検討の流れ(P.4-75参照)



#### (1) 変状弱面の分布範囲(4.2.2章参照)

変状弱面の分布について4.2.2章の調査結果をまとめ、シームの分布及び強風化部の分布との関連について検討する。

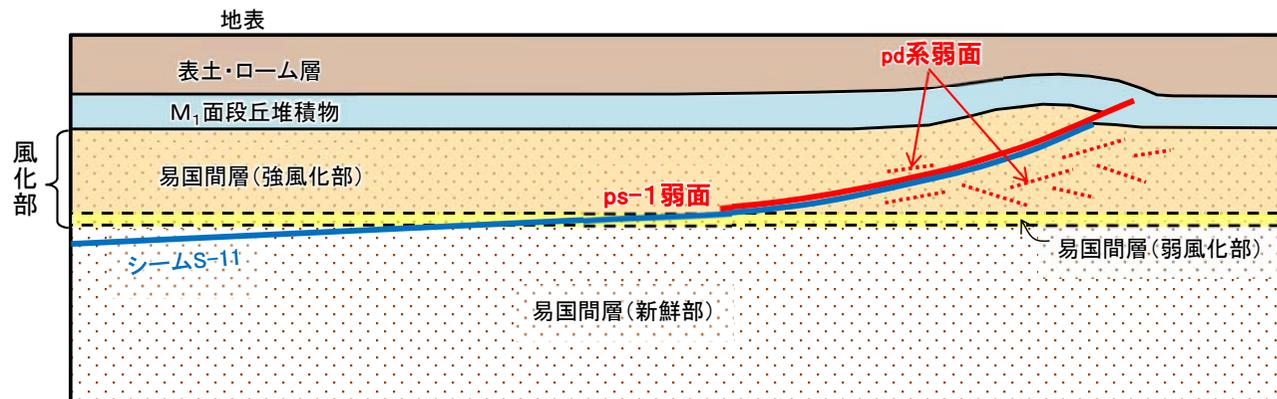
#### (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向

変状弱面の走向・傾斜及び変位方向について整理し、広域応力場との関係及び強風化部の膨張の可能性について検討する。

変状弱面は強風化部のシーム付近に分布が限定され、広域応力場で形成された構造的なものではないことを説明する

## 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(2/9)

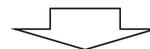
### (1) 変状弱面の分布範囲(2/2): 検討結果



変状とps系弱面及びpd系弱面の関係 概念図

### 4.2.2章 変状弱面の分布範囲(P.4-42~P.4-71参照)

- ①ps系弱面(シーム沿い)の分布範囲の評価
  - ps系弱面の分布は強風化部がシームに接する範囲に限定される。
- ②pd系弱面(低角の変位を伴う不連続面沿い)の分布範囲の評価
  - pd系弱面の分布は強風化部のシーム付近に限定される。



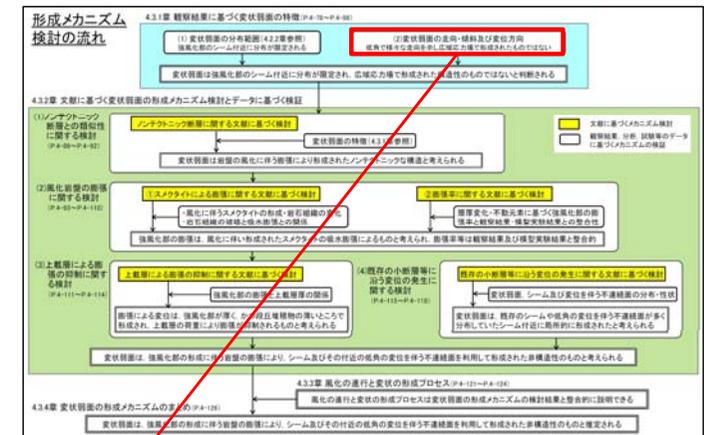
変状弱面の分布は強風化部のシーム付近に限定される



### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(3/9)

#### (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向(1/6): 検討方針

形成メカニズム検討の流れ(P.4-75参照)



(1) 変状弱面の分布範囲(4.2.2章参照)

変状弱面の分布について4.2.2章の調査結果をまとめ、シームの分布及び強風化部の分布との関連について検討する。

(2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向

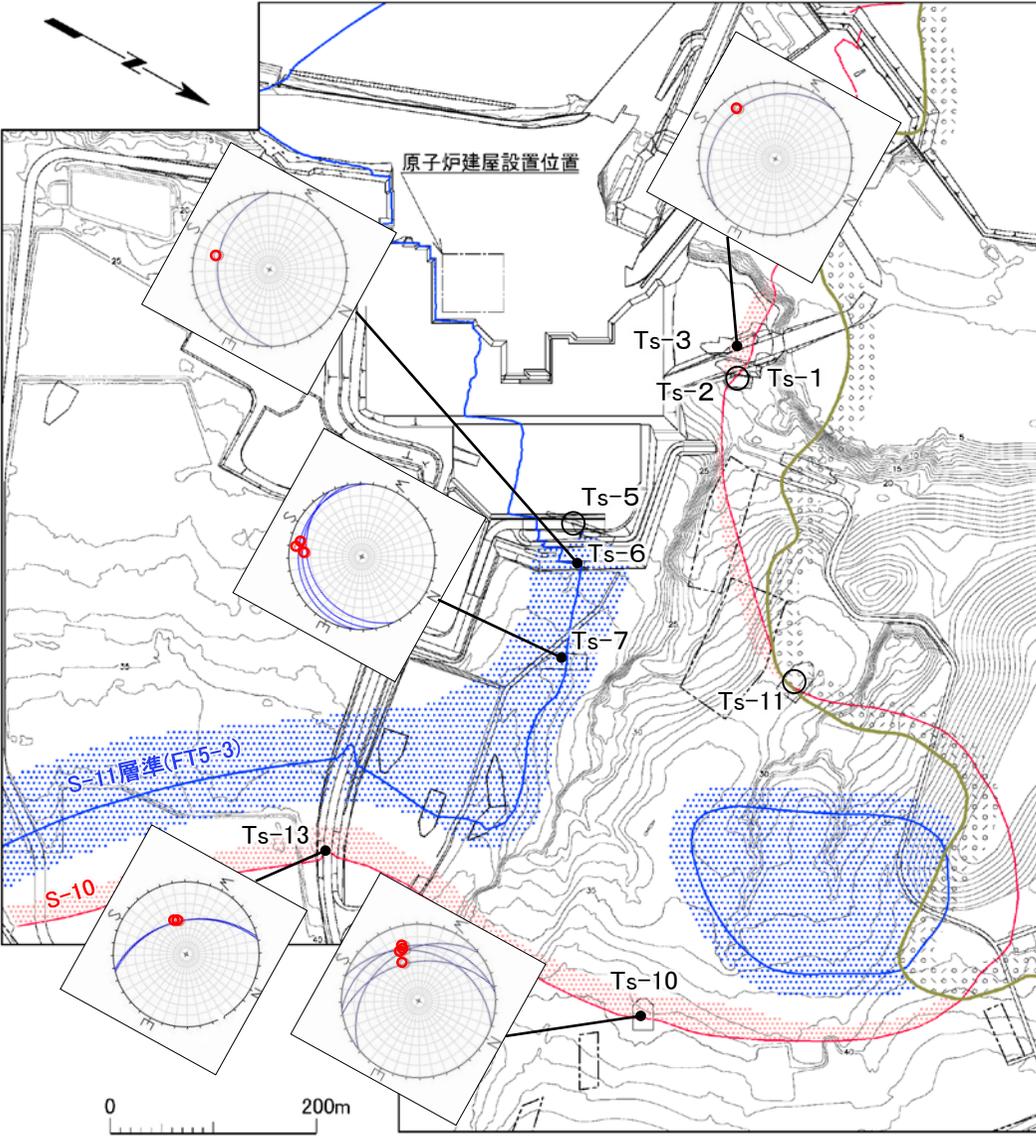
変状弱面の走向・傾斜及び変位方向について整理し、広域応力場との関係及び強風化部の膨張の可能性について検討する。

変状弱面は強風化部のシーム付近に分布が限定され、広域応力場で形成された構造的なものではないことを説明する



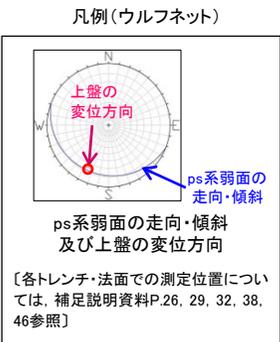
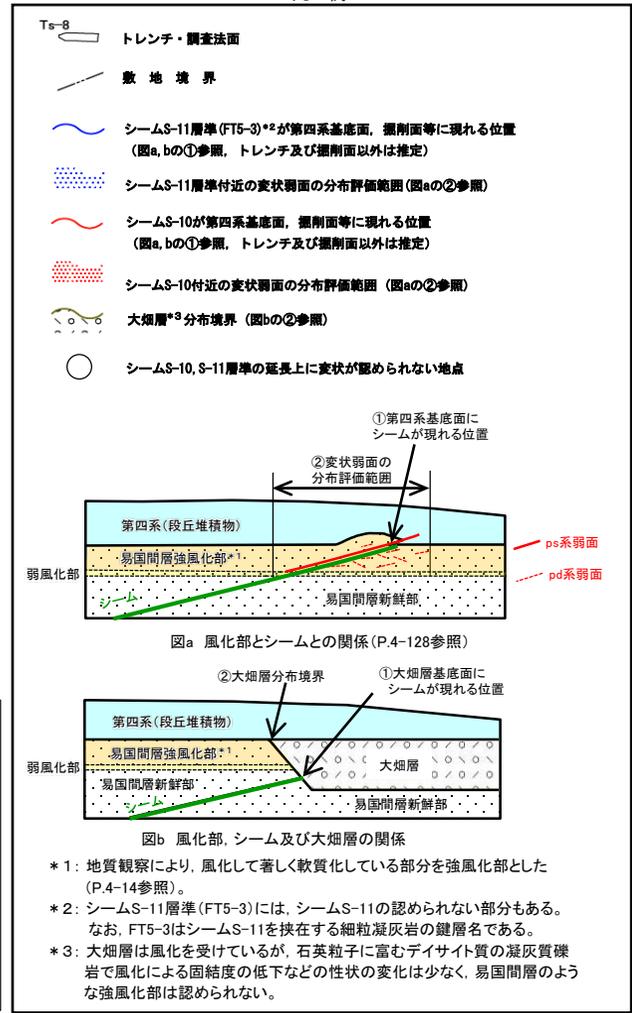
### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(4/9)

#### (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向(2/6): ps系弱面の走向・傾斜及び上盤の変位方向



注1) シームS-11層準(FT5-3)の位置は各トレンチ・法面での調査結果に基づく。  
注2) 多重逆解法による応力場の推定については補足説明資料P.105, 106参照。

凡例



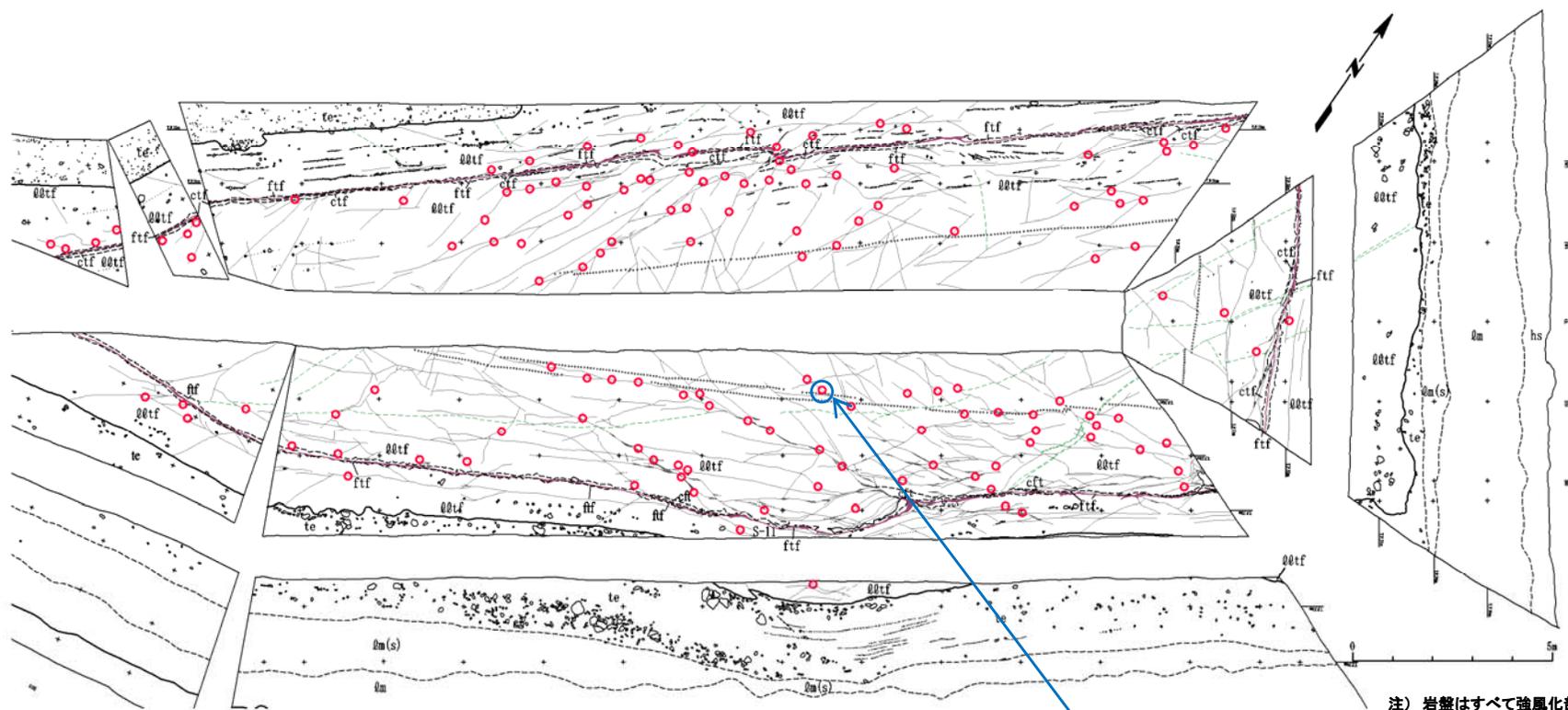
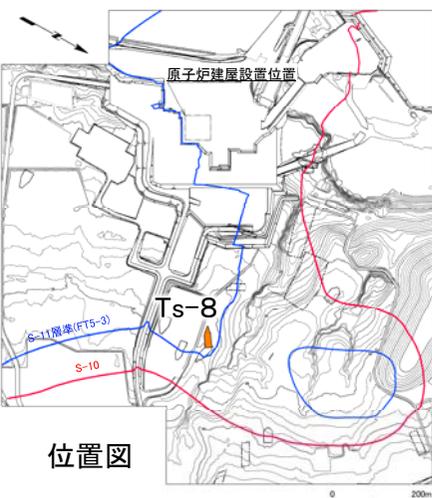
ps系弱面の走向・傾斜及び上盤の変位方向  
[各トレンチ・法面での測定位置については、補足説明資料P.26, 29, 32, 38, 46参照]

- ps系弱面の走向は様々であるが、上盤の変位方向はそれらの走向にほぼ直交し上方に変位するセンスであり、敷地全体で見ると一定の方向を示さない。
- 第四紀の応力場を示唆する東西方向の変位は認められない。
- 以上のことから、ps系弱面の変位は広域応力場によるものではないと考えられる。

* 1: 地質観察により、風化して著しく軟質化している部分を強風化部とした(P.4-14参照)。  
* 2: シームS-11層準 (FT5-3)には、シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名である。なお、FT5-3はシームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名である。  
* 3: 大畑層は風化を受けているが、石英粒子に富むデイサイト質の凝灰質礫岩で風化による固結度の低下などの性状の変化は少なく、易風化層のような強風化部は認められない。



## (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向(3/6): pd系弱面の計測位置(Ts-8トレンチ)



位置図

注) シームS-11層準(FT5-3*)の位置は各トレンチ・法面での調査結果に基づく。  
*: シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名。

凡例

第四系	hs	腐植土	易国間層	QQtF	淡灰色火山礫凝灰岩	地層境界	○	礫	(条線計測箇所)
	Qm	ローム層		ctF	粗粒凝灰岩	地質境界	○	葉理	○
	Qm(s)	ローム層(シルト質)		ftF	細粒凝灰岩	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	○	段丘堆積物中の不連続面	○

変状弱面の条線・変位センス測定例

- 条線の方向はほぼ最大傾斜方向
- 上盤が上方に変位するセンス

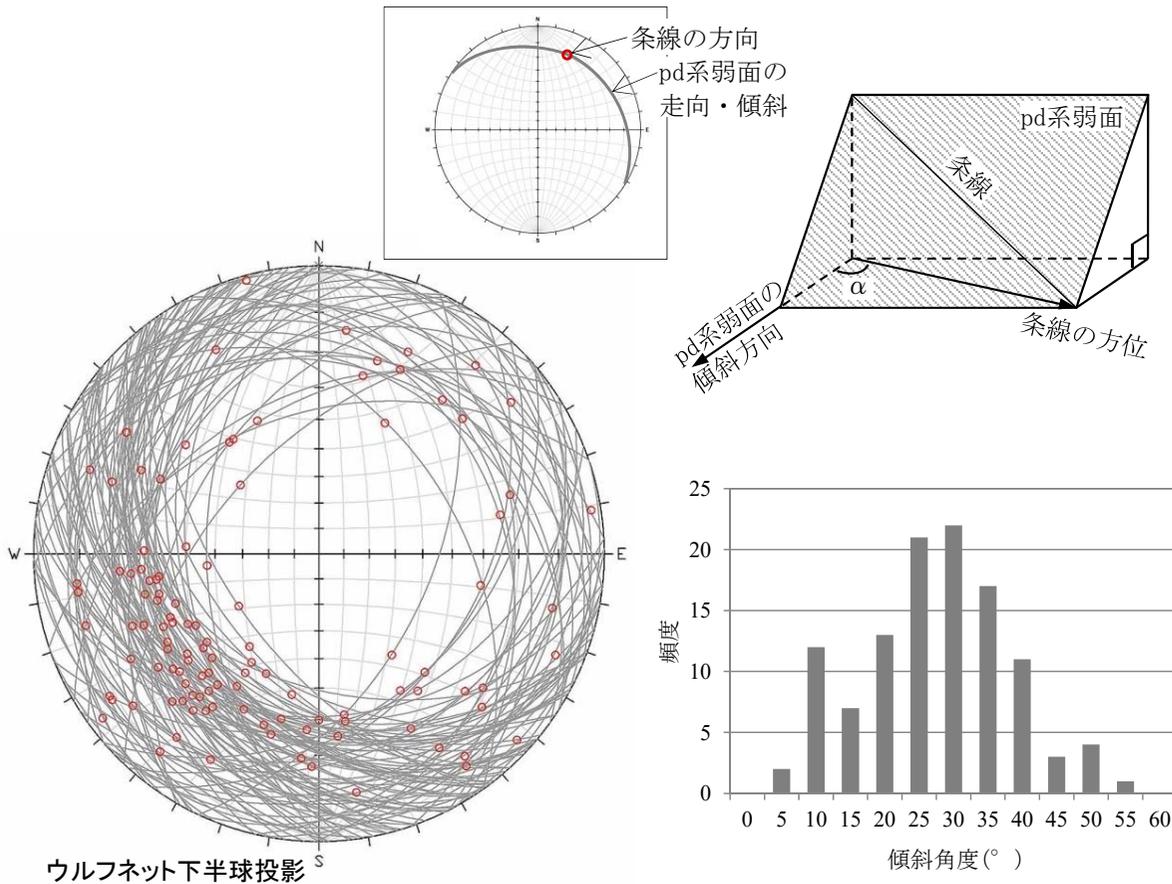
写真凡例

- pd系弱面
- ..... 変位基準(葉理等)
- ← 条線の方向

- Ts-8トレンチにおいて、pd系弱面の走向・傾斜及び条線を測定した。
- 条線の方向はほぼ最大傾斜方向で、上盤が上方に変位するセンスを示す。

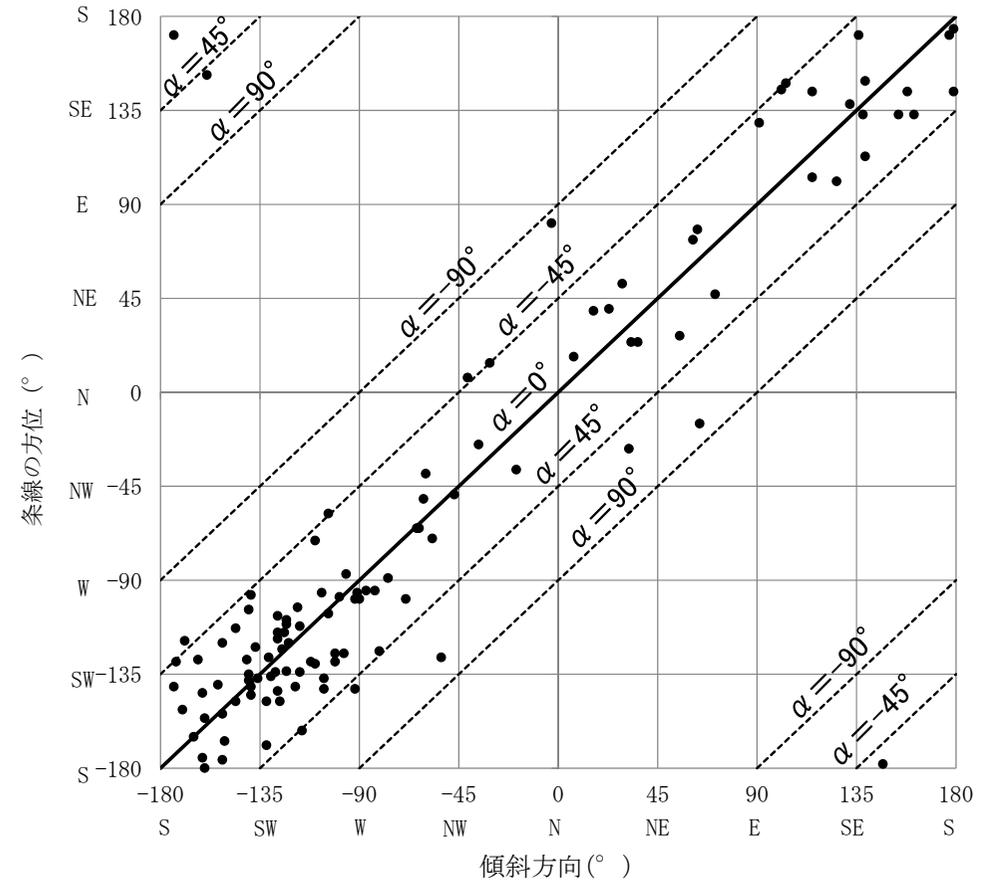
## 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(6/9)

## (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向(4/6): pd系弱面と条線の関係(Ts-8トレンチ)



① pd系弱面と条線のウルフネット投影図

② pd系弱面の傾斜角度の分布



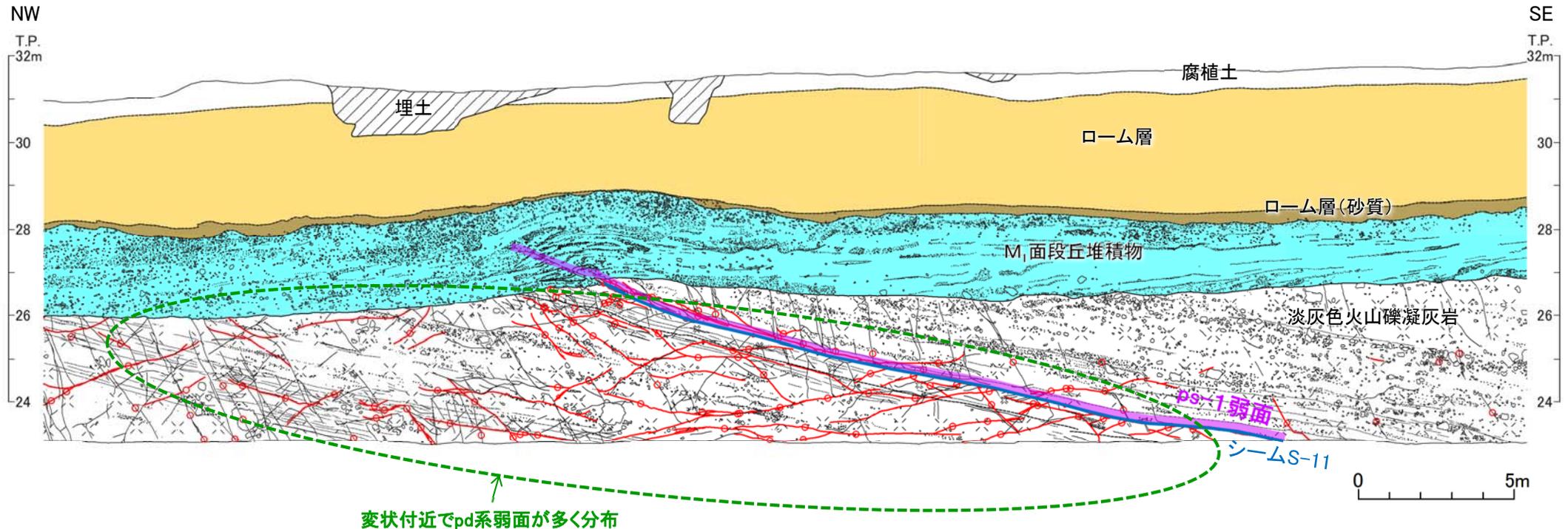
③ pd系弱面の傾斜方向と条線の方との関係

- pd系弱面は、 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$  程度の傾斜で走向は様々(①, ②)であるが、条線はほぼ最大傾斜方向を示す(①, ③)。
- 上盤の変位方向は上方に変位するセンスを示し、一定の方向を示さない。
- 第四紀の最大主応力軸の方向である東西に条線が卓越する傾向は認められない。
- 以上のことから、変状弱面の変位は広域応力場で生じた構造的なものではないと判断される。

## 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(7/9)



## (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向(5/6):pd系弱面の計測位置(Ts-6法面)



変状付近でpd系弱面が多く分布

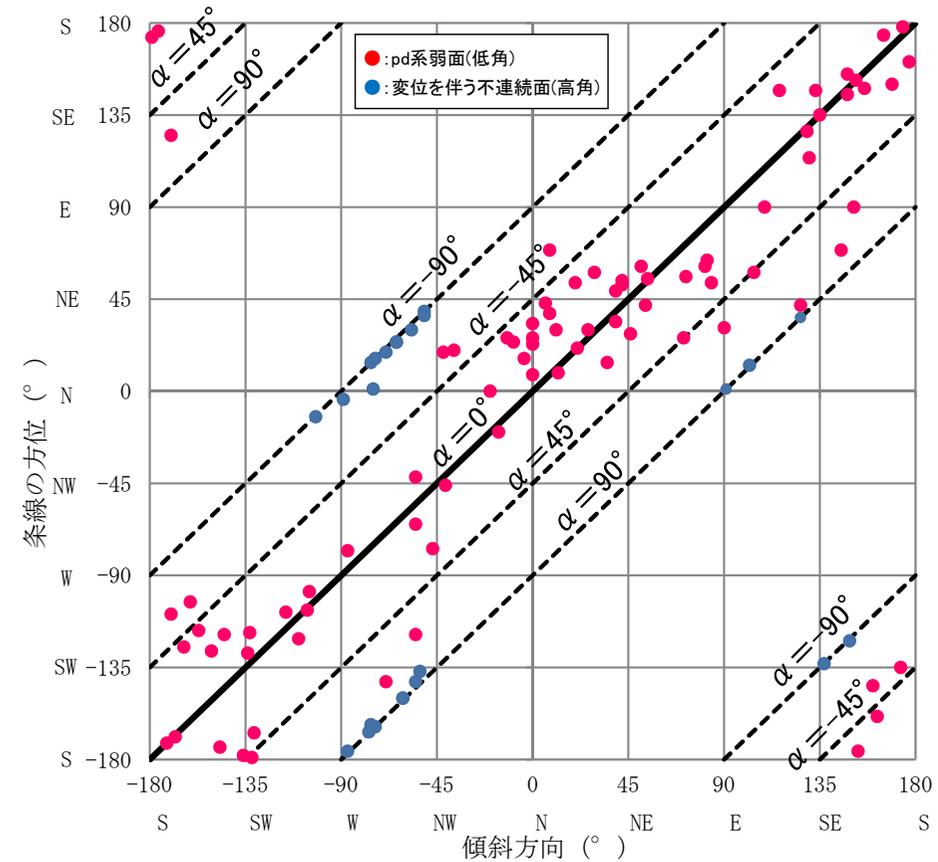
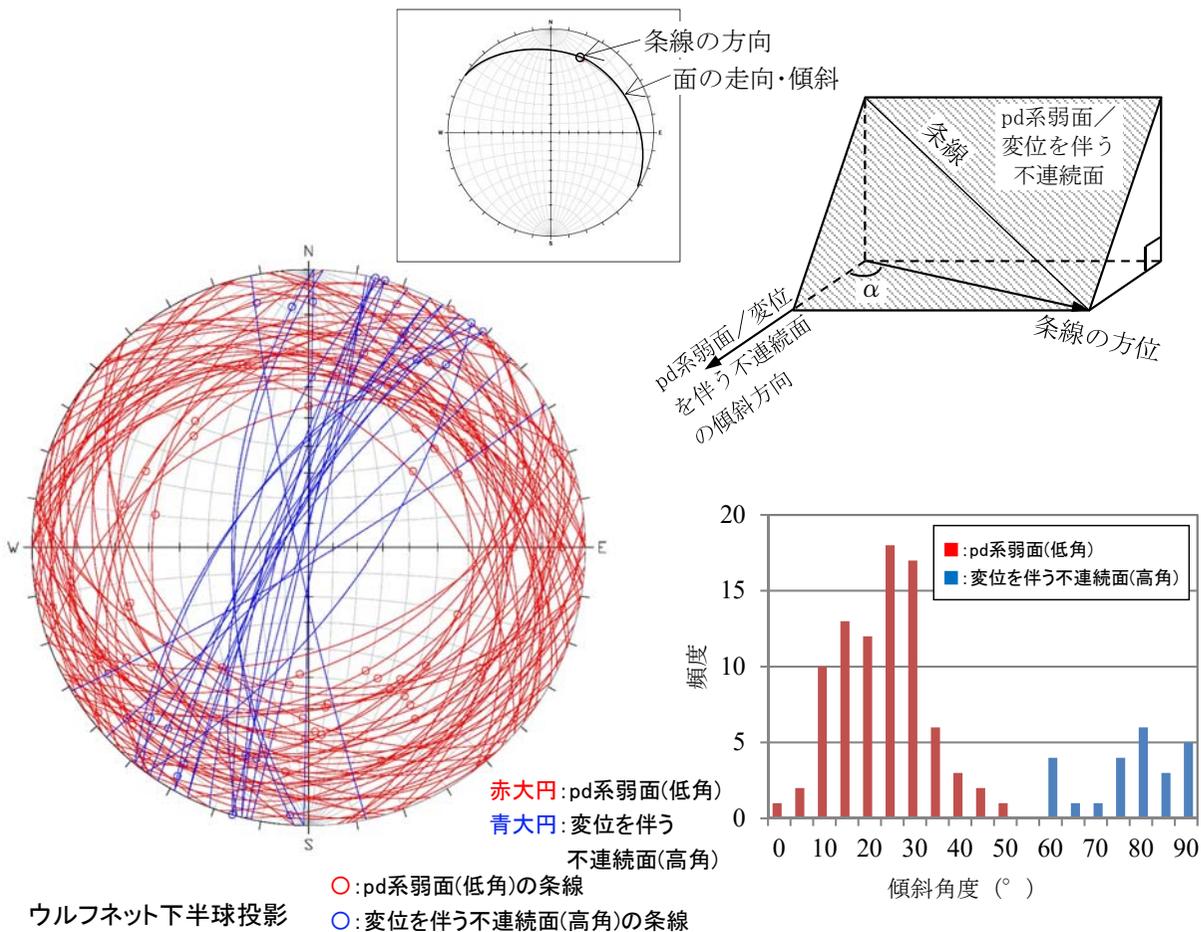
凡例

- Ts-6法面において、pd系弱面の走向・傾斜及び条線を測定した。
- 条線の方法はほぼ最大傾斜方向で、上盤が上方に変位するセンスを示す。



## 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(8/9)

## (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向(6/6):pd系弱面と条線の関係(Ts-6法面)



① pd系弱面及び変位を伴う不連続面と条線のウルフネット投影図

② pd系弱面及び変位を伴う不連続面の傾斜角度の分布

③ pd系弱面及び変位を伴う不連続面の傾斜方向と条線の方位との関係

- pd系弱面は、 $10^\circ \sim 35^\circ$  程度の傾斜で走向は様々(①, ②)であるが、条線はほぼ最大傾斜方向を示す(①, ③)。
- 上盤の変位方向は上方に変位するセンスを示し、一定の方向を示さない。
- 第四紀の最大主応力軸の方向である東西に条線が卓越する傾向は認められない。
- 以上のことから、Ts-8トレンチと同様に、変状弱面の変位は広域応力場で生じた構造的なものではないと判断される。

### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴(9/9)

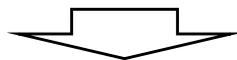
#### まとめ

##### (1) 変状弱面の分布範囲(4.2.2章参照)

- 変状弱面は、強風化部のシーム付近に分布が限定され新鮮部には分布しないことから、地下深部に連続する断層ではない。

##### (2) 変状弱面の走向・傾斜及び変位方向

- ps系弱面については、敷地全体でみると上盤の変位方向は一定の方向を示さないこと、第四紀の応力場を示唆する東西方向の変位は認められないことから、広域応力場により形成されたものではないと考えられる。
- pd系弱面については、Ts-8トレンチ及びTs-6法面では、変状弱面の走向は様々だが条線はほぼ最大傾斜方向であること、上盤が上方に変位するセンスで一定の方向を示さないこと、第四紀の最大主応力軸の方向である東西方向に条線が卓越する傾向は認められないことから、広域応力場で生じた構造的なものではないと考えられる。



変状弱面は、強風化部のシーム付近に分布が限定され、広域応力場で形成された構造的なものではないと判断される

(余白)

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

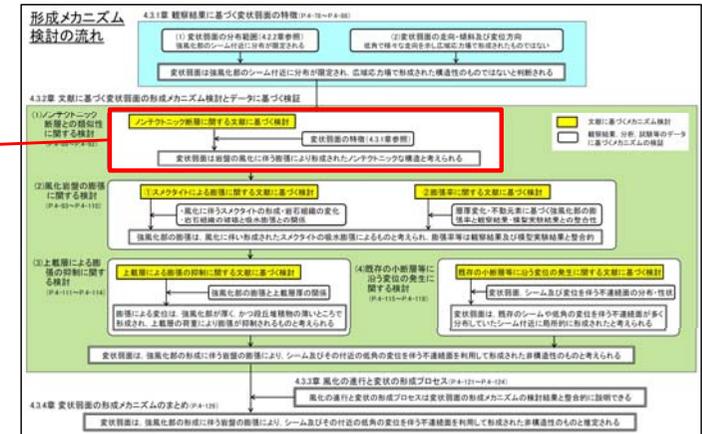
#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 5. まとめ

# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(1/31)

## (1)ノンテクトニック断層との類似性に関する検討(1/4): 検討方針

形成メカニズム検討の流れ (P.4-75参照)



### (1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討

文献に基づいて、形成メカニズムの異なる各種のノンテクトニック断層と大間地点の変状弱面の特徴(4.3.1章参照)との類似性について検討する。

### (2) 風化岩盤の膨張に関する検討

#### ① スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討

文献に基づいて、下記(a)~(c)に関して、風化岩盤の観察結果、分析結果等との整合性について検討する。

- (a) 風化に伴うスメクタイトの形成
- (b) 風化に伴う岩石組織の変化
- (c) 岩石組織の破壊と吸水膨張との関係

#### ② 膨張率に関する文献に基づく検討

文献に基づいて、強風化部の膨張率を評価し、変状の観察結果及び模型実験結果との整合性について検討する。

### (3) 上載層による膨張の抑制に関する検討

文献に基づいて、強風化部の膨張と上載層の層厚との関係について検討する。

### (4) 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討

既存の小断層等に沿う変位の発生に関する文献に基づいて、シーム及び変位を伴う不連続面の分布と変状弱面の分布との関係について検討する。

変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられることを説明する

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(2/31)



## (1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討(2/4)

第615回審査会合  
資料2-2 P.6-78 一部修正

*: ノンテクトニック断層研究会(2015)¹²⁾  
に基づいて作成

ノンテクトニック断層の形成メカニズム*		非構造的断層の特徴*	大間地点の変状弱面の特徴 (○類似点, ×相違点)		メカニズムの適合性
重 力	地すべり	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべり地形を示すことが多い</li> <li>・頭部で正断層, 末端部で逆断層, 側部で雁行亀裂</li> <li>・すべり面下盤に比べて上盤の顕著な破碎</li> <li>・開口割れ目の発達</li> </ul>	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変状弱面周辺に地すべり地形は認められない</li> <li>・正断層型の変位センスは認められない</li> <li>・シーム・不連続面上盤に顕著な破碎・開口節理は認められない</li> </ul>	低
	多重山稜・線状凹地	<ul style="list-style-type: none"> <li>・尾根付近に尾根にほぼ平行に分布</li> <li>・正断層が多い</li> </ul>	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変状弱面周辺に顕著な尾根は認められない</li> <li>・正断層型の変位センスは認められない</li> </ul>	低
	バレーバルジング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応力解放に伴って形成され, 谷地形に分布が限定される</li> </ul>	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変状弱面周辺に顕著な谷地形は認められない</li> </ul>	低
	堆積物の圧密	<ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤の凹凸に対応した沈下</li> <li>・正断層の形成</li> </ul>	○ ×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤の上面の凹凸と関係あり</li> <li>・正断層型の変位センスは認められない</li> </ul>	低
	堆積時のスランピング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の層内に分布が限定される</li> <li>・顕著な地層の塑性変形を伴う</li> </ul>	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤の上面の凹凸と関係あり</li> </ul>	低
火山活動	カルデラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カルデラ縁部に沿う正断層の形成</li> </ul>	×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・敷地近傍に後期更新世以降に活動した火山は認められない</li> </ul>	低
	マグマの貫入	<ul style="list-style-type: none"> <li>・マグマの貫入圧力による正断層・逆断層の形成</li> </ul>			
	火山体の荷重沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環状または弧状の正断層の形成</li> </ul>			
地震動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深度5m程度までで消滅することが多い</li> <li>・深部に向かって次第に低角度化することが多い</li> <li>・開口割れ目を伴う高角度の正断層が多い</li> <li>・断層面の走向が斜面方向に規制されることが多い</li> </ul>	○ ○ × × ×	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変状弱面は数m程度の深度で消滅する</li> <li>・変状弱面は深部で低角度化することが多い</li> <li>・正断層型の変位センスは認められない</li> <li>・変状弱面の分布は斜面の方向とは無関係</li> <li>・Ts-6, 8の様々な走向の変状弱面の分布は地震動では説明困難</li> </ul>	中	
岩盤の風化・劣化による体積変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉱物の風化変質, 割れ目形成・開口等による体積増加に伴って形成</li> <li>・断層は下方・側方に連続せず, 変位量が変化</li> </ul>	○ ○ ○ ○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・変状弱面は強風化部の近傍で認められ, 変位量は強風化部の厚さと関連</li> <li>・変状弱面は局所的で側方に連続しない</li> <li>・変状弱面は下方に連続しない</li> <li>・Ts-6, 8の様々な走向の変状弱面の分布は岩盤の膨張を示唆</li> </ul>	高	

- ・文献に示された非構造的断層のメカニズムとその特徴を整理し, 大間地点の変状弱面の特徴との類似性について検討した。
- ・変状弱面の特徴は, 「岩盤の風化・劣化による体積変化」(膨張)の特徴と良く一致する。

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(3/31)

(1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討(3/4)*: Hanson et al.(1999)¹³⁾に基づいて作成

岩盤の風化(土壌化)に伴う膨張で形成された ノンテクトニックなせん断構造の特徴* (テクトニックな断層及び地震動で形成された断層との相違点)	大間地点の変状弱面の特徴 (○類似点, ×相違点)		特徴の 適合性
①せん断構造は膨張性の土壌(岩盤の風化部)に分布が限定される	○	・変状弱面は岩盤の風化部に分布が限定される	高
②せん断構造は未風化の堆積物や岩盤までは連続しない	○	・変状弱面は未風化の岩盤までは連続しない	高
③せん断構造は一般的に広い範囲に分布し、幅の狭いゾーンに分布が限定されることはない	× ○	・変状弱面はシーム付近に分布が限定される ・シーム付近に連続的に分布することはない	中
④せん断構造は基盤岩の断層上に集中して分布することはない	× ○ ○	・変状弱面はシーム付近に分布が限定される ・変状弱面はシーム付近に連続的には分布せず、一部ではシームを変位させている ・変状弱面はcf断層系沿いには分布しない	中
⑤近接して分布するせん断構造に様々なせん断方向のものがみられる	○	・Ts-6, 8において近接して分布するpd系弱面は様々なせん断方向を示す(P.4-83,4-85参照)	高
⑥せん断構造を側方に追跡すると一定のせん断方向を示さない	○	・シームS-10, 11に沿って分布するps系弱面は側方に追跡するとせん断方向が一定ではなく、90°程度異なったせん断方向を示す(P.4-81参照)	高

## 文献の記述及び検討内容

- ・米国原子力規制委員会のNUREG/CR-5503(Hanson et al.(1999)¹³⁾)には、テクトニック断層とノンテクトニック断層の特徴の違いについて記述されている。
- ・ノンテクトニック断層の形成メカニズムとして、岩盤の風化(土壌化)に伴って、膨張性の粘土を多く含む土壌には、体積変化に特徴的なせん断構造が形成されることがあり、せん断面には条線や鏡肌が認められることがあるとされている。
- ・このようなせん断構造の特徴は、テクトニック断層や地震動で形成された地盤の変形の特徴とは異なるとされることから、文献に示されたせん断構造の特徴について、大間地点の変状弱面の特徴との類似性について検討した。

## 大間地点のデータに基づく検証結果

- ・大間地点の変状弱面の特徴は、文献に示された風化(土壌化)に伴うせん断構造の特徴と良く一致し、同様のメカニズム(岩盤の風化に伴う膨張)によって形成されたノンテクトニックな構造と考えられる。

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(4/31)



### (1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討(4/4):まとめ

- 変状弱面の特徴は, ノンテクトニック断層研究会(2015)¹²⁾に示された形成メカニズムの中で, 「岩盤の風化・劣化による体積変化」(膨張)の特徴と良く一致する。
- 変状弱面の特徴は, 米国原子力規制委員会のNUREG/CR-5503 (Hanson et al.(1999)¹³⁾)に示された「風化(土壌化)に伴うせん断構造」の特徴と良く一致し, 同様のメカニズム(岩盤の風化に伴う膨張)によって形成されたノンテクトニックな構造と考えられる。



変状弱面は, 岩盤の風化に伴う膨張により形成されたノンテクトニックな構造と考えられる。

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(5/31)

### (2) 風化岩盤の膨張に関する検討(1/18)

#### ①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(1/7): 検討方針

##### (1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討

文献に基づいて、形成メカニズムの異なる各種のノンテクトニック断層と大間地点の変状弱面の特徴(4.3.1章参照)との類似性について検討する。

##### (2) 風化岩盤の膨張に関する検討

###### ① スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討

文献に基づいて、下記(a)~(c)に関して、風化岩盤の観察結果、分析結果等との整合性について検討する。

- (a) 風化に伴うスメクタイトの形成
- (b) 風化に伴う岩石組織の変化
- (c) 岩石組織の破壊と吸水膨張との関係

###### ② 膨張率に関する文献に基づく検討

文献に基づいて、強風化部の膨張率を評価し、変状の観察結果及び模型実験結果との整合性について検討する。

##### (3) 上載層による膨張の抑制に関する検討

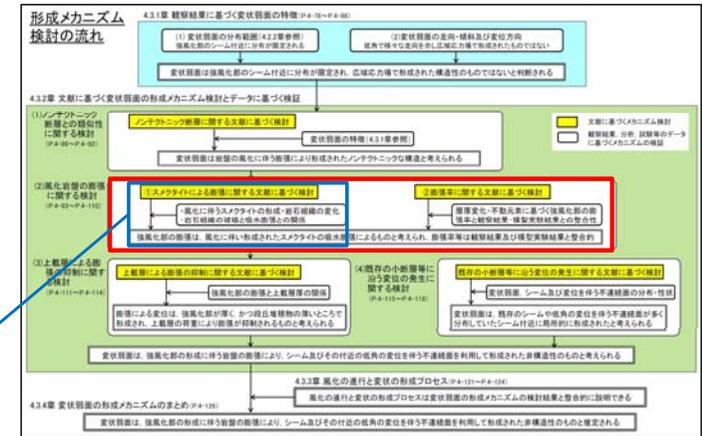
文献に基づいて、強風化部の膨張と上載層の層厚との関係について検討する。

##### (4) 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討

既存の小断層等に沿う変位の発生に関する文献に基づいて、シーム及び変位を伴う不連続面の分布と変状弱面の分布との関係について検討する。

変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられることを説明する

形成メカニズム検討の流れ(P.4-75参照)



## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(6/31)



## (2) 風化岩盤の膨張に関する検討(2/18)

## ①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(2/7) : 文献の記述と大間地点のデータに基づく検討結果

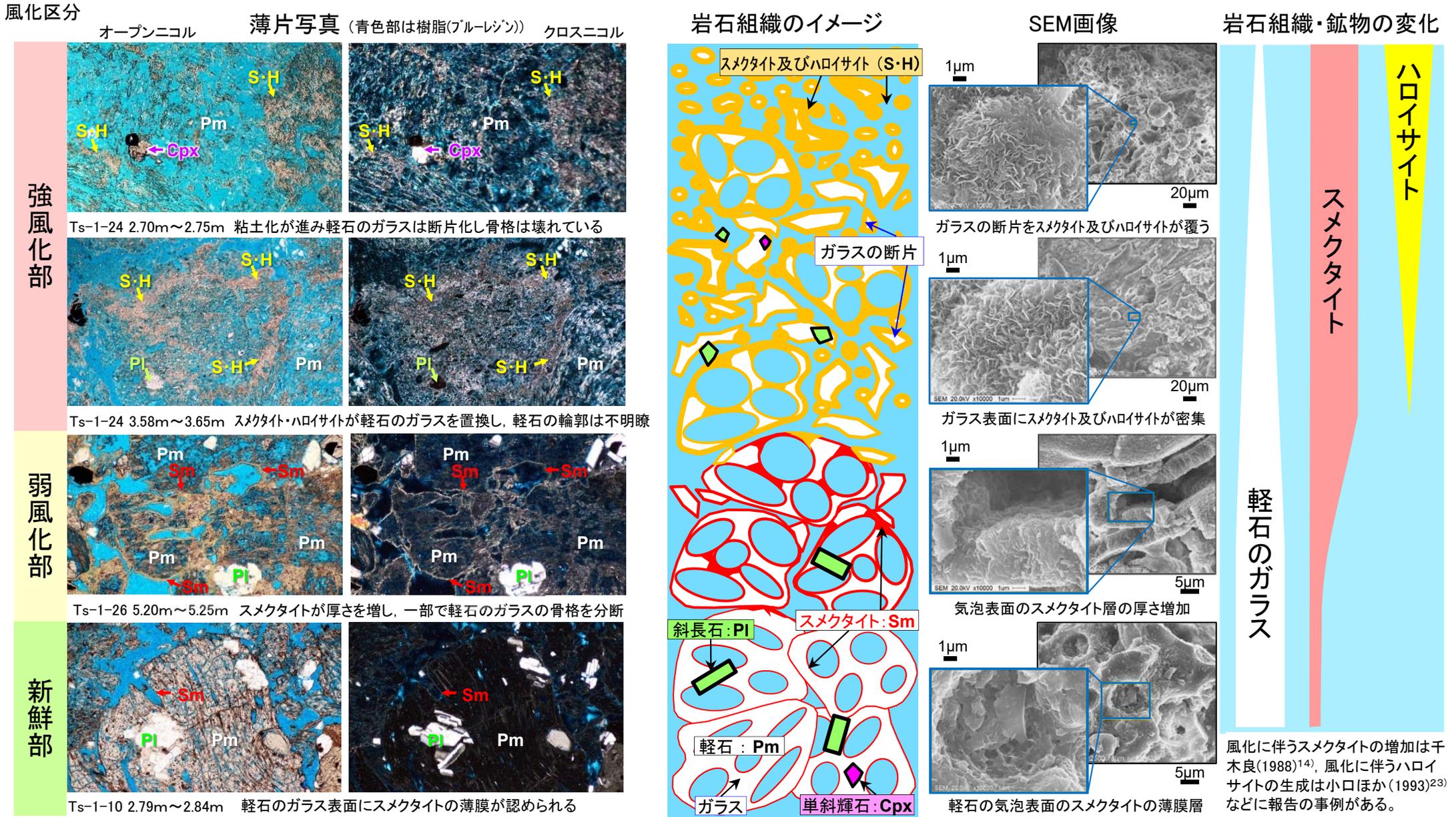
検討項目	スメクタイトによる風化岩盤の膨張に関する文献の記述	大間地点のデータに基づく膨張メカニズムの検討結果	参照頁
(a)風化に伴うスメクタイトの形成	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩盤の風化に伴うスメクタイトの形成について記載した文献は多い(例えば千木良(1988)¹⁴⁾, 前田ほか(2014)¹⁵⁾等)。鳥居ほか(2006)¹⁶⁾及び米田ほか(1999)¹⁷⁾は、始新世～中新世の凝灰岩中の火山ガラスの風化によってスメクタイトが形成された可能性が高いとしており、湯佐ほか(1991)¹⁸⁾は880～2800年前のスコリアの火山ガラスの風化により形成されたスメクタイトについて報告している。</li> <li>岩盤の風化によって形成された膨張性土壌は、スメクタイトの吸水膨張により膨張するとする研究は多い(Chabrilat and Goetz(1999)¹⁹⁾, Jones and Jefferson (2012)²⁰⁾, Azam et al. (2013)²¹⁾など)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>文献の記載と同様に大間地点の岩石でも風化によって主に火山ガラスからスメクタイトが形成され、新鮮部より強風化部ではスメクタイトの量が増加している。</li> <li>強風化部の膨張は風化によって形成されたスメクタイトの吸水膨張によるものと推定される。</li> </ul>	P.4-95～ P.4-97
(b)風化に伴う岩石組織の変化	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fityus and Smith (2004)²²⁾は泥岩を母岩とする膨張性の風化残留土について研究し、膨張の素因となるスメクタイトのほぼ全ては母岩に元々含まれていたもので、新たに形成されたものはほとんど無いことを示し、膨張は岩石組織及び岩石の固結度の物理的な破壊によるものとした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>岩石薄片の観察結果によると、弱風化部から強風化部に風化が進む間に軽石の骨格がバラバラに分断され、岩石組織が破壊されており、文献と同様に岩石組織の破壊が岩盤の膨張を生じるきっかけとなっている可能性が考えられる。</li> </ul>	P.4-95, 4-97
(c)岩石組織の破壊と吸水膨張との関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fityus and Smith (2004)²²⁾は、上記(b)の岩石組織及び岩石の固結度の物理的な破壊による膨張について検討するため、岩石を粉砕した実験を行い、その結果からもこの様な膨張メカニズムが支持されるとした。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大間地点の岩石を粉砕した吸水膨張試験の結果、風化に伴う岩盤の膨張は、弱風化部から強風化部への風化の進行による岩石組織の破壊に伴う応力解放及びスメクタイトの吸水膨張によるものと考えられる。</li> </ul>	P.4-98, 4-99

- スメクタイトによる風化岩盤の膨張に関する文献の記述と大間地点のデータに基づき、岩盤の膨張メカニズムについて検討した。
- 大間地点の風化に伴う岩盤の膨張は、風化によって形成されたスメクタイトの吸水膨張及び風化による岩石組織の破壊に伴う応力解放によるものと考えられる。



(2) 風化岩盤の膨張に関する検討(3/18)

① スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(3/7): 風化による岩石組織・鉱物等の変化〔薄片・SEM観察〕



淡灰色火山礫凝灰岩は主に多孔質な軽石から成り、新鮮部から強風化部にかけて、軽石を構成するガラスの変質が進み、スメクタイトが増加する。弱風化部では軽石のガラスの骨格は保持されているが、強風化部ではガラスの変質が進行し骨格は壊れている。

注) 薄片写真の詳細は第615会審査会合資料2-2.P.6-114~P.6-127参照

(2) 風化岩盤の膨張に関する検討(4/18)

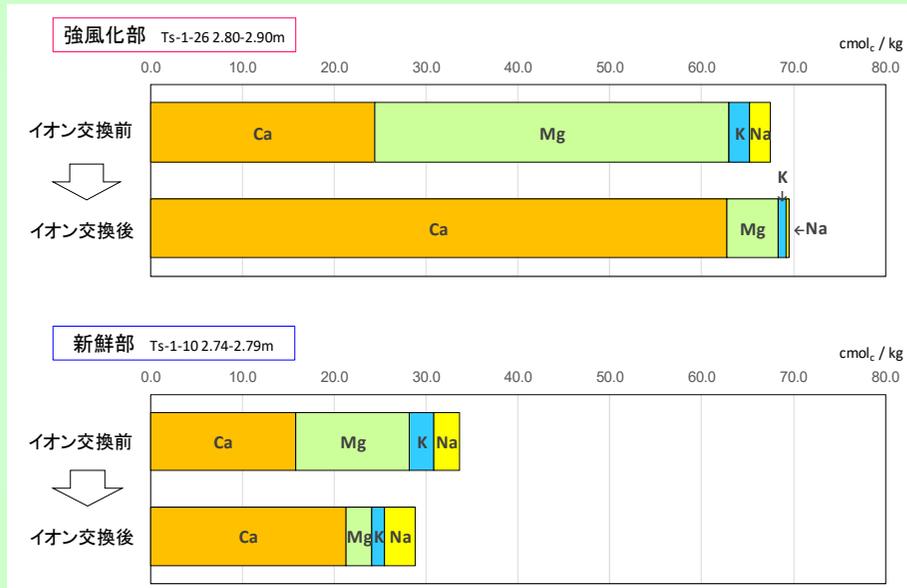
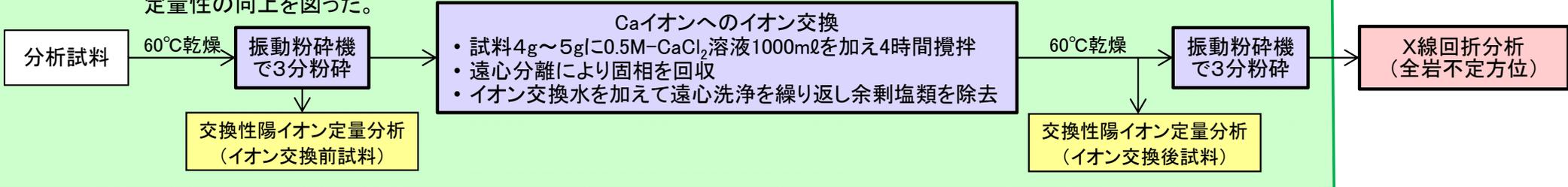


①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(4/7): 風化による岩石組織・鉱物等の変化[X線分析(不定方位)]

前処理

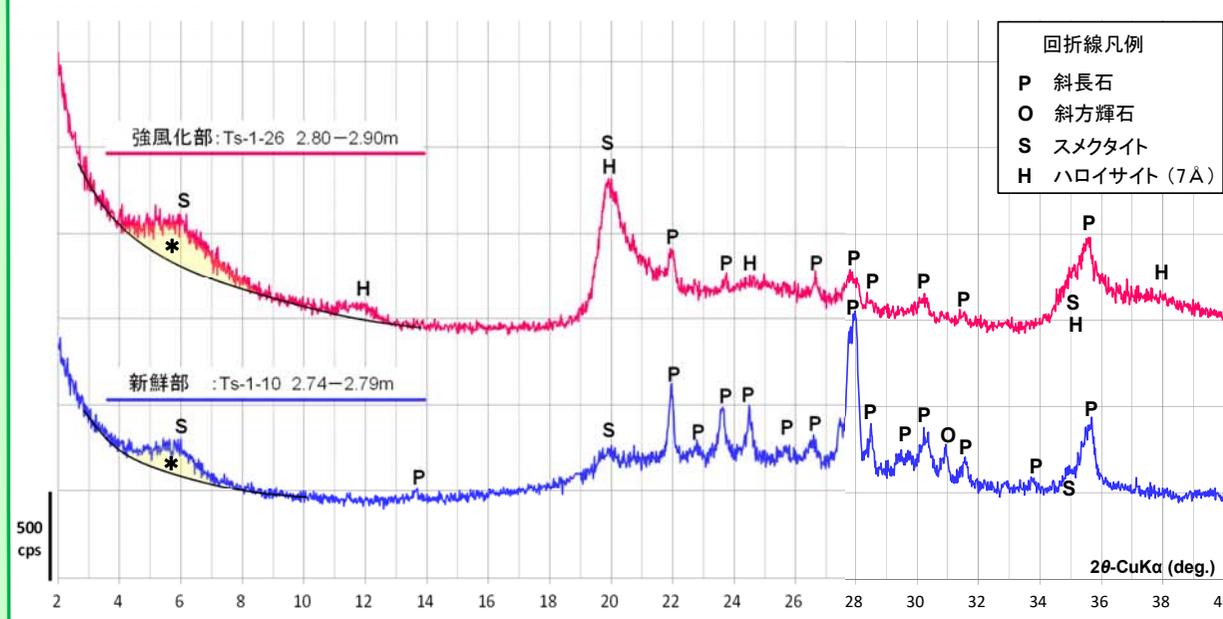
粉末X線回折分析によるスメクタイトの回折線強度は、スメクタイトの結晶粒径(荒井・名取(1991)²⁴⁾及び交換性陽イオンの種類(岩崎(1979)²⁵⁾)に依存するため、Caイオンへのイオン交換及び一定時間粉碎した試料についてX線分析を実施し、定量性の向上を図った。

第615回審査会合  
資料2-2 P.6-92 再掲



Caイオンへのイオン交換の確認  
(交換性陽イオン定量分析結果)

セミクロショーレンベルガー法:  
1N-酢酸アンモニウム溶液による置換後、  
原子吸光光度計で陽イオンを定量



X線回折チャート(イオン交換・一定時間粉碎後)

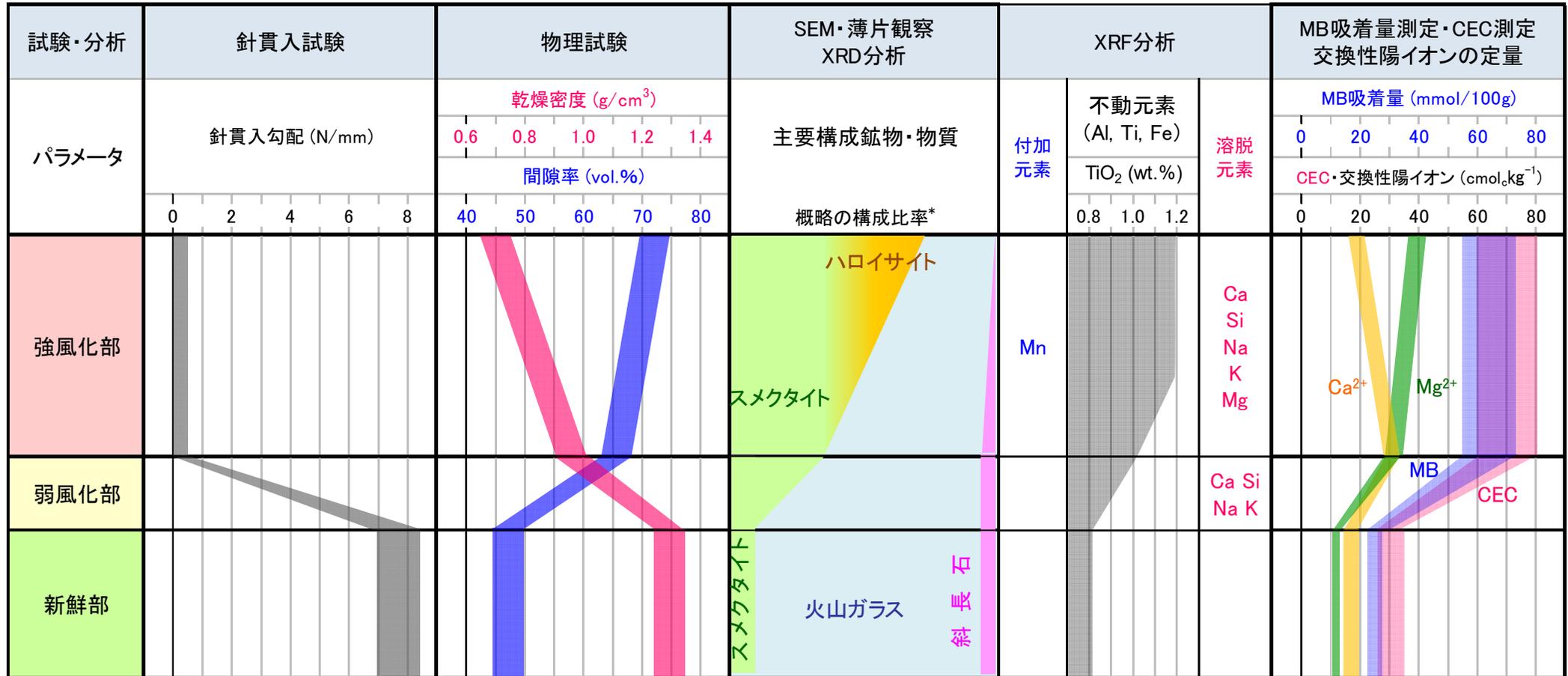
注) 各風化区分のX線回折チャートは  
補足説明資料P.112参照

- ・ 淡灰色火山礫凝灰岩を対象に、スメクタイトの定量性向上の前処理(Caイオンへのイオン交換及び一定時間粉碎)を行い、X線分析を実施した。
- ・ 新鮮部ではスメクタイトと斜長石が、強風化部ではスメクタイト、ハロイサイト、斜長石(回折線強度は新鮮部より大幅に低下)が検出される。
- ・ 強風化部のスメクタイトの回折線強度(ピーク面積*)は、新鮮部の2倍程度となっている。風化に伴うスメクタイトの結晶度の低下により、X線分析による新鮮部と強風化部でのスメクタイト含有量の定量的な比較は困難であるが、この結果は、薄片及びSEMによる観察結果(P.4-95参照)と整合的で、新鮮部から強風化部にかけてスメクタイトが増加しているものと考えられる。

(2) 風化岩盤の膨張に関する検討(5/18)



①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(5/7): 試験・分析結果のまとめ(概念図)



注) 試験・分析結果の詳細は補足説明資料P.111~P.118参照

* スメクタイトとハロイサイトの構成比率は、MB吸着量・CECが主にスメクタイトに依存することから推定。

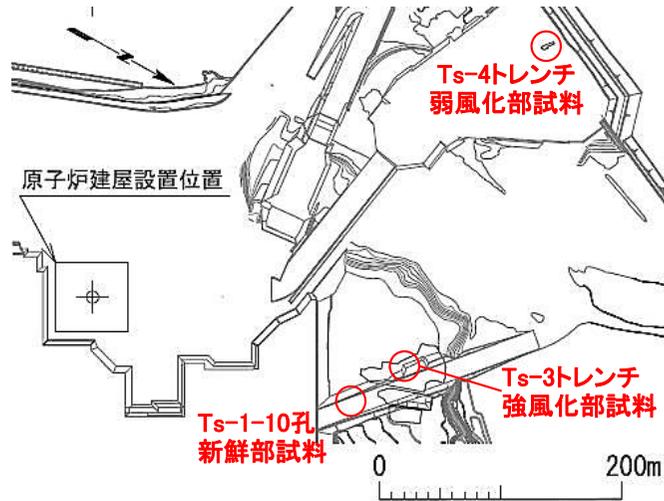
- 弱風化部では、XRDによるスメクタイトの回折線強度・MB吸着量・CECが増加し、ガラスのスメクタイトへの変質が進みスメクタイトが増加する。ガラスの一部は溶解してCa・Si・Na・Kが溶脱し、乾燥密度が低下し、間隙率は増大するが、軽石のガラスの骨格は保持されている。
- 強風化部ではXRDのハロイサイトの回折線強度が増加し、ハロイサイトの構造水によって強熱減量(LOI)が増加する。Caの溶脱が顕著となり、斜長石はほぼ溶解する。乾燥密度の低下と間隙率の増大が進行し、軽石のガラスの溶解も進行し、骨格は壊れ岩石はほとんど強度を失っている。

(2) 風化岩盤の膨張に関する検討(6/18)

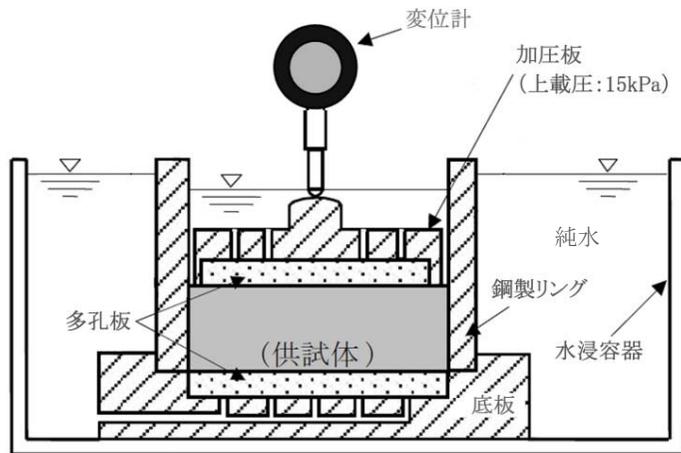


第615回審査会合  
資料2-2 P.6-94 再掲

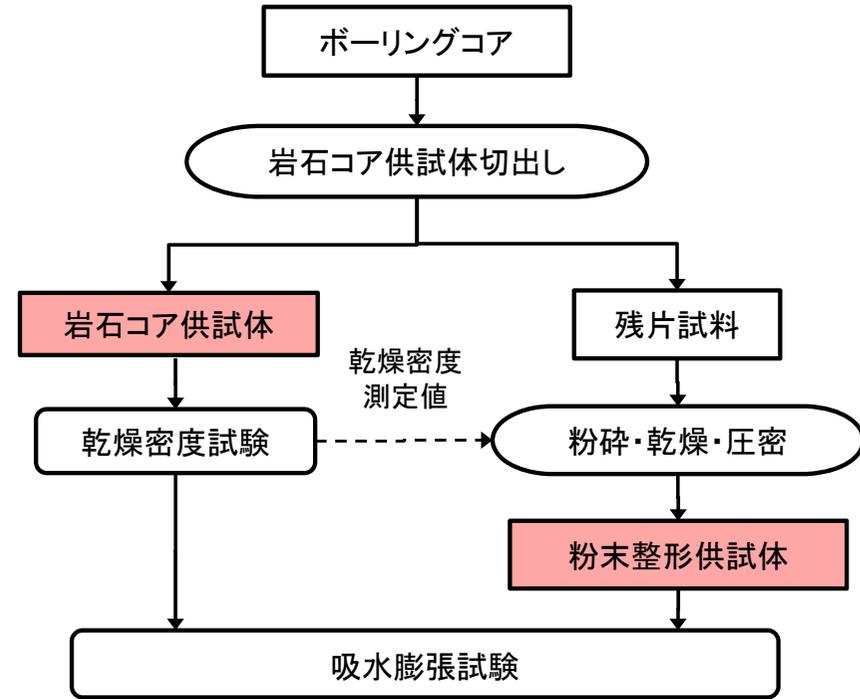
①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(6/7): 吸水膨張試験(1/2) 試験方法



試料採取位置図



吸水膨張試験装置



- ・乾燥は60°Cで24時間
- ・粉碎は100メッシュ(0.149mm)以下とした

供試体作成～試験実施フロー

淡灰色火山礫凝灰岩の新鮮部、弱風化部及び強風化部の吸水膨張特性の違いを把握するため、岩石コア供試体及び粉末整形供試体(岩石コアを粉末にした後に岩石コア供試体と同程度の乾燥密度に締固めた供試体)の吸水膨張試験を実施した。

## (2) 風化岩盤の膨張に関する検討(7/18)



## ①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討(7/7): 吸水膨張試験(2/2) 試験結果

第615回審査会合  
資料2-2 P.6-95 一部修正

## 吸水膨張試験結果

風化性状	岩石薄片・SEM観察・X線分析結果		試料採取位置	供試体	乾燥密度 g/cm ³	吸水膨張率* %	吸水膨張率 の変化
	軽石のガラス	スメクタイト					
強風化部	骨格は 壊れている	スメクタイト	Ts-3トレンチ	岩石コア	0.87	5.7	③ ほぼ 変化なし
				粉末整形	0.86	4.0	
弱風化部	骨格は 保持されている	スメクタイト	Ts-4トレンチ	岩石コア	1.25	0.33	② 顕著に増加
				粉末整形	1.22	12.0	
新鮮部	骨格は 保持されている	スメクタイト	Ts-1-10孔 深度3.25~3.63m	岩石コア	1.23	0.13	① 増加
				粉末整形	1.22	4.6	

* 吸水膨張率は変位量がほぼ安定した吸水開始7日後の値。

- 新鮮部及び弱風化部の岩石コア供試体は吸水膨張をほとんど生じないが、粉末整形供試体は吸水膨張を生じ、粉砕の有無による明瞭な差が認められる(①, ②)。一方、強風化部の供試体ではこのような差は認められない(③)。
- 風化による膨張率の違いは、岩石薄片、SEM観察及びX線分析の結果と合わせて以下のように説明され、淡灰色火山礫凝灰岩の強風化部の形成時に膨張が生じたことを示唆する。

## 【新鮮部・弱風化部】

岩石コア供試体ではガラスから成る岩石の骨格が強固で吸水膨張は生じないが、粉砕により骨格が壊されたため応力が解放され吸水膨張が生じたものと考えられる。

## 【強風化部】

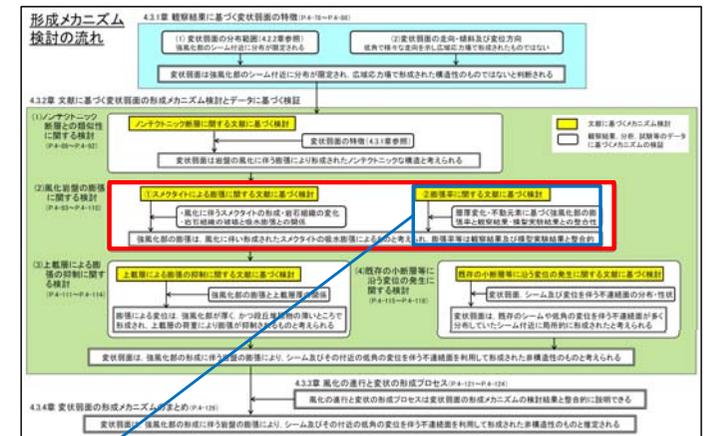
風化により岩石の骨格が壊されて膨張が生じた後であるため、粉砕しても吸水膨張率は変化しないものと考えられる。

# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(12/31)

## (2) 風化岩盤の膨張に関する検討(8/18)

### ②膨張率に関する文献に基づく検討(1/10) : 検討方針

形成メカニズム検討の流れ(P.4-75参照)



(1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討

文献に基づいて、形成メカニズムの異なる各種のノンテクトニック断層と大間地点の変状弱面の特徴(4.3.1章参照)との類似性について検討する。

(2) 風化岩盤の膨張に関する検討

① スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討

文献に基づいて、下記(a)~(c)に関して、風化岩盤の観察結果、分析結果等との整合性について検討する。

- (a) 風化に伴うスメクタイトの形成
- (b) 風化に伴う岩石組織の変化
- (c) 岩石組織の破壊と吸水膨張との関係

② 膨張率に関する文献に基づく検討

文献に基づいて、強風化部の膨張率を評価し、変状の観察結果及び模型実験結果との整合性について検討する。

(3) 上載層による膨張の抑制に関する検討

文献に基づいて、強風化部の膨張と上載層の層厚との関係について検討する。

(4) 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討

既存の小断層等に沿う変位の発生に関する文献に基づいて、シーム及び変位を伴う不連続面の分布と変状弱面の分布との関係について検討する。

変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられることを説明する

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(13/31)



## (2) 風化岩盤の膨張に関する検討(9/18)

## ②膨張率に関する文献に基づく検討(2/10): 文献の記述と大間地点のデータに基づく検討結果

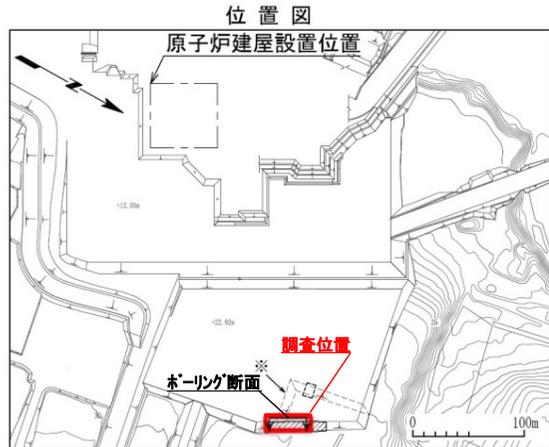
膨張率の評価手法	風化岩盤の膨張率に関する文献の記述	大間地点のデータに基づく膨張率の検討結果	参照頁
観察に基づく評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>風化岩盤の膨張率を直接的に測定した研究例は少ない。Folk and Patton (1982)²⁶⁾は、花崗岩に貫入したペグマタイト脈の変形から、風化に伴って花崗岩の体積が50%膨張することを示した。</li> <li>膨張性土壌については、13年間にわたり鉛直変位量の変動を測定した研究(Driscoll and Chown (2001)²⁷⁾)があり、地表面で最大4cm程度、地中深度2mで数mm程度の降水量の変動に応じた季節変動が認められ、地中深度3mでほぼ変動は認められなくなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強風化部の厚さと地層の層厚の関係から求めた風化に伴う岩盤の鉛直方向の膨張率は約12%となった。</li> <li>文献に示されたデータから含水比の変動に伴う鉛直方向の膨張率の変動を求めると、地表面で約1%(0.04m/3m)となり、上記の大間地点の膨張率(約12%)に比べて1オーダー小さく、含水比の変動による膨張への影響は小さいものと考えられる。</li> </ul>	P.4-102
不動元素に基づく評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>チタン等は、風化に伴う元素の移動がほとんど生じない不動元素とする文献は多く、不動元素の化学分析結果に基づいて、風化岩盤の膨張率を求めた研究例は千木良・中田(2013)²⁸⁾に示されている。</li> <li>チタンは、酸性環境及び有機物の多い還元環境では不動ではないとする研究(Cornu et al. (1999)²⁹⁾, Du et al. (2012)³⁰⁾など)もある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大間地点の岩盤は、風化の際には厚さ1m以上の段丘堆積物によって覆われており、Cornuらが指摘する酸性環境、還元環境等のチタンが移動し易い風化環境にはなかったものと考えられる。</li> <li>チタン等を不動元素として求めた鉛直方向の膨張率は約11%(Ts-1トレンチ)及び約14%(Ts-6法面)となった。</li> </ul>	P.4-103～ P.4-106
異なる手法、観察事実等の整合性	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記のように異なる手法で求めた鉛直方向の膨張率は約11%～約14%で、ほぼ同じ値となった。</li> <li>このような膨張率の値はトレンチで観察された変位量と整合的であることが確認された。</li> <li>膨張模型実験の結果は、トレンチで観察された変状弱面の分布と整合的であった。</li> </ul>	P.4-102, P.4-105～ P.4-109

- 風化岩盤の膨張率に関する文献の記述と大間地点のデータに基づいて岩盤の膨張率について検討した。
- 大間地点の風化に伴う岩盤の膨張率を層厚変化及び不動元素に基づいて求めた結果、鉛直方向の膨張率は約11%～約14%でほぼ同じ値となった。
- これらの値は、トレンチで確認された変位量の観察結果及び模型実験の結果とも整合的であることが確認された。
- 以上のことから、大間地点の変状は風化岩盤の膨張によって説明できるものと考えられる。

# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(14/31)

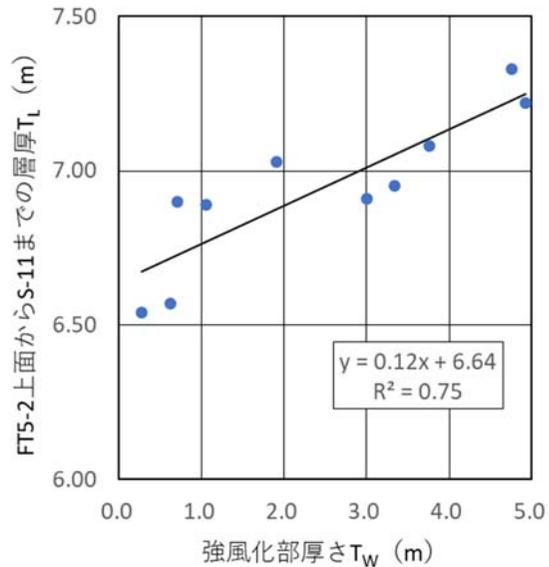
## (2) 風化岩盤の膨張に関する検討(10/18)

### ②膨張率に関する文献に基づく検討(3/10): 層厚変化に基づく強風化部の膨張率(Ts-6法面)

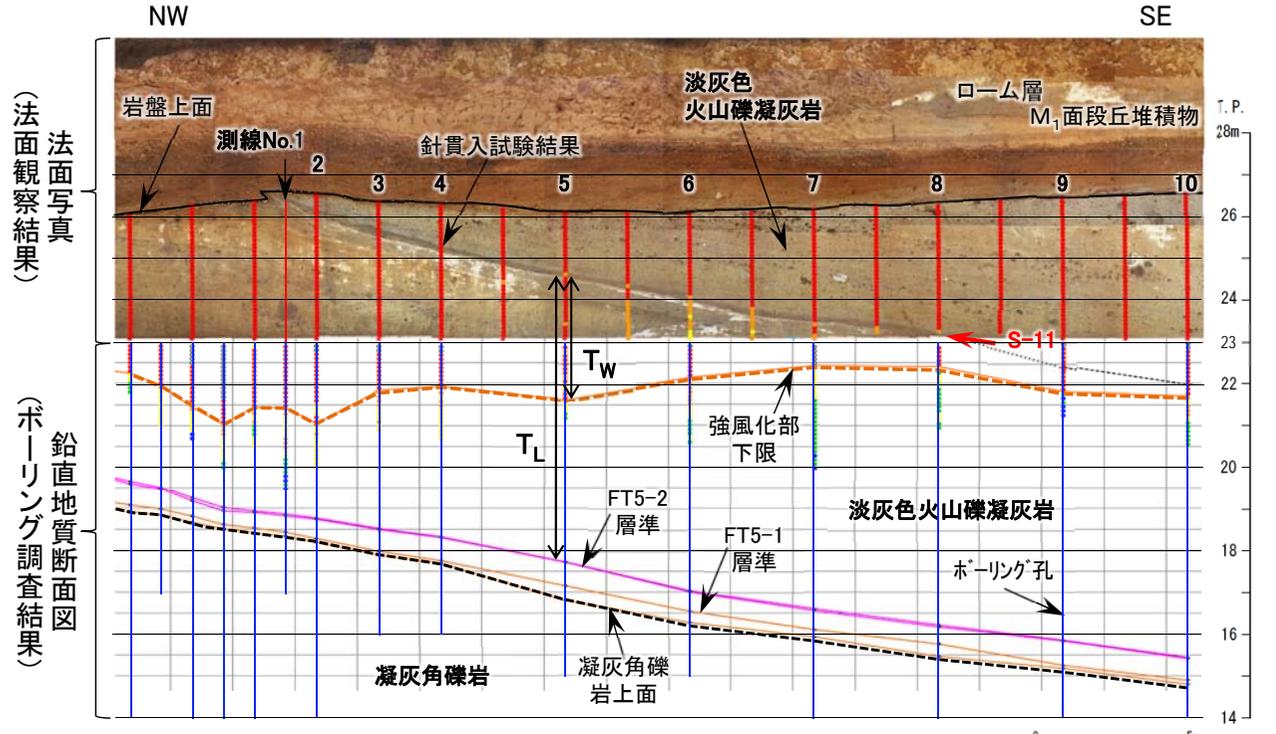


注)ボーリング断面は法面に平行で末端部の約3m南西側に位置する。

測線 NO.	強風化部 層厚 $T_W$ (m)	FT5-2上面 ~S-11層厚 $T_L$ (m)
1	4.76	7.33
2	4.93	7.22
3	3.76	7.08
4	3.34	6.95
5	3.00	6.91
6	1.91	7.03
7	1.06	6.89
8	0.71	6.90
9	0.62	6.57
10	0.27	6.54



強風化部の厚さ( $T_W$ )と地層の厚さ( $T_L$ )の関係



針貫入勾配区分 (N/mm)  
 ● <1.0   ● 1.0 ≤ NP < 2.0   ● 2.0 ≤ NP < 4.9  
 ● 4.9 ≤ NP < 9.8   ● 9.8 ≤   ○ 未実施

注) シームS-11の走向がボーリング断面に対して約80°の交角であることを考慮し、法面のS-11の標高から断面上のS-11の標高を求め、 $T_L$ 及び $T_W$ を計算した。

Ts-6法面の強風化部の厚さ( $T_W$ )と地層の厚さ( $T_L$ )

- Ts-6法面及びボーリングのデータに基づいて、シームS-11下盤の強風化部の厚さ( $T_W$ )とFT5-2層準からS-11までの淡灰色火山礫凝灰岩の厚さ( $T_L$ )の関係を調べた。
- $T_W$ と $T_L$ には正の相関が認められ、近似直線の勾配約12%は強風化部の鉛直方向の膨張率を示す。

### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(15/31)



#### (2)風化岩盤の膨張に関する検討(11/18)

第615回審査会合  
資料2-2 P.6-103 再掲

#### ②膨張率に関する文献に基づく検討(4/10):

#### 不動元素に基づく膨張率(1/4) 体積膨張率の算定方法

風化前後の不動元素 $Ci^*$ の総量は等しいため次式が成り立つ。

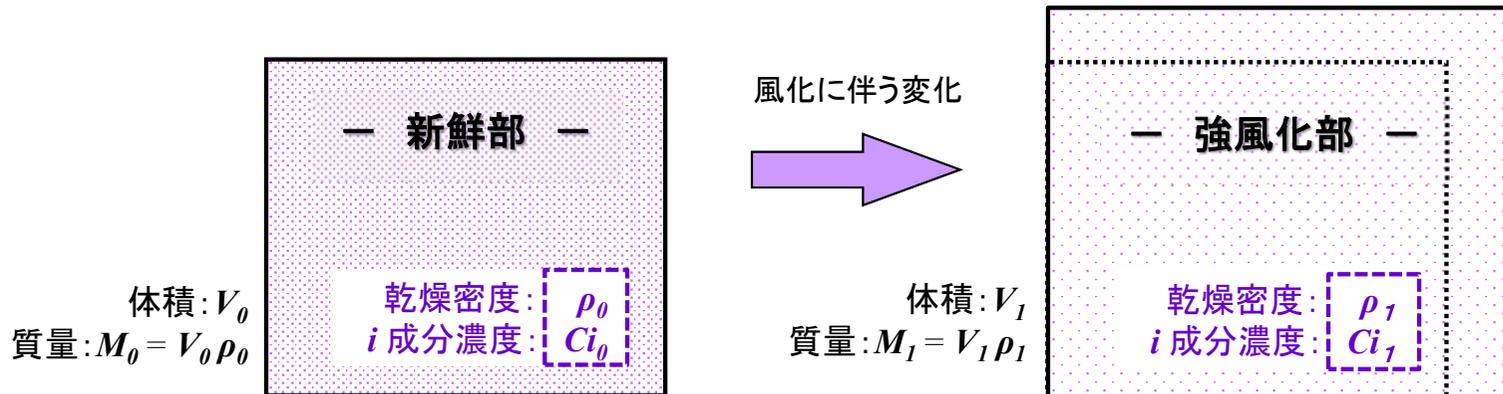
$$V_0\rho_0 Ci^*_0 = V_1\rho_1 Ci^*_1 \dots\dots\dots \textcircled{1} \ast$$

※: Grant (1986)³¹⁾の考え方に基づく

したがって体積膨張率は次式から求まる。

$$V_1/V_0 \times 100 = \frac{\rho_0 Ci^*_0}{\rho_1 Ci^*_1} \times 100 = \frac{\rho_0}{\rho_1} \times \frac{Ci^*_0}{Ci^*_1} \times 100 \dots\dots \textcircled{2}$$

密度比                  不動元素の濃度比



新鮮部から強風化部への風化に伴う体積膨張率は、両者の乾燥密度比と不動元素の濃度比を用いて、②式により算定される。

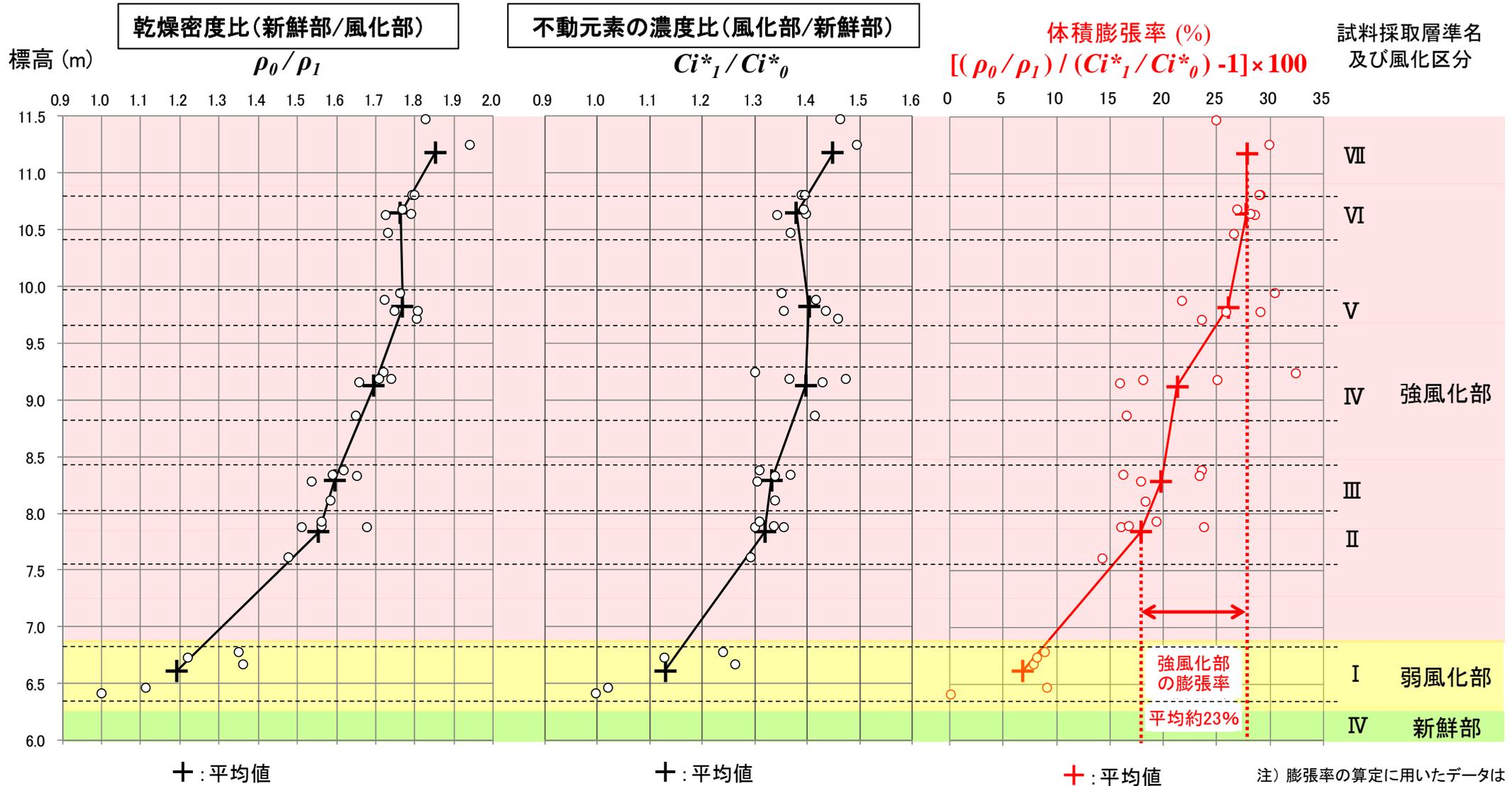
(2)風化岩盤の膨張に関する検討(12/18)



第615回審査会合  
資料2-2 P.6-104 再掲

②膨張率に関する文献に基づく検討(5/10): 不動元素に基づく膨張率(2/4)

体積膨張率の算定結果[Ts-1トレンチ]



注) 膨張率の算定に用いたデータは補足説明資料P111, 118参照。

- 乾燥密度比 ( $\rho_0/\rho_1$ ) と不動元素 Ti, Al, Feの濃度比 ( $Ci^*_1/Ci^*_0$ ) の平均値から体積膨張率を算定した。
- 深部から浅部への風化の進行に伴い体積膨張率は増大する。
- 強風化部の体積膨張率は平均約23% (約18%~約28%)を示す。

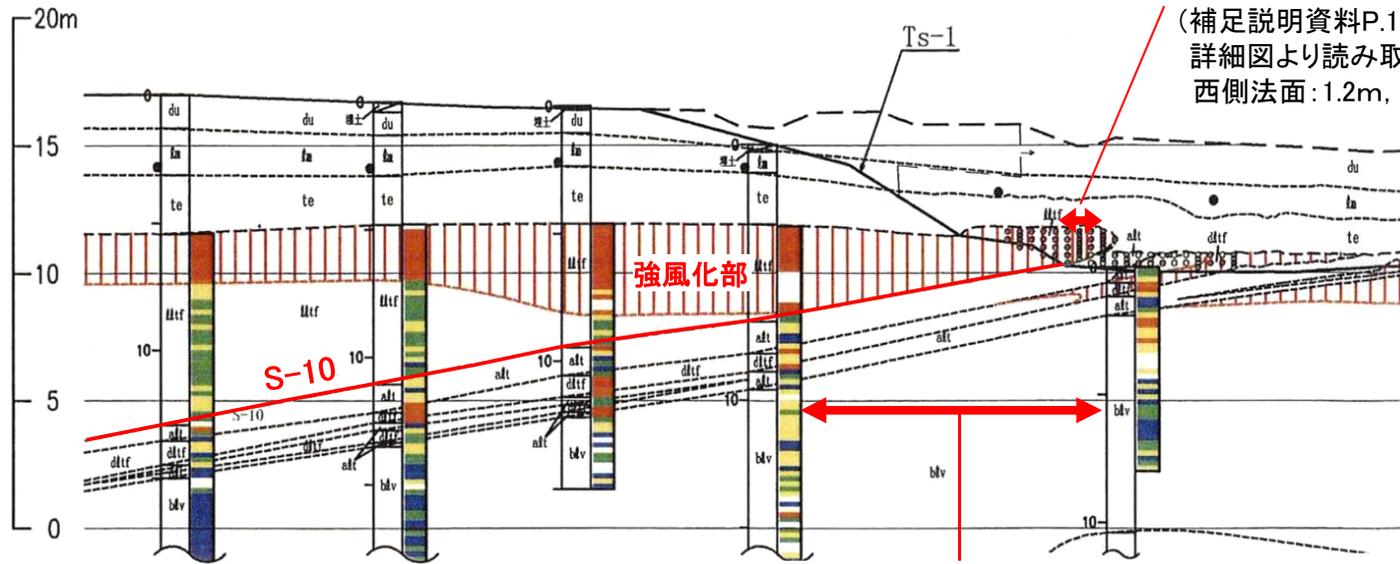
(2)風化岩盤の膨張に関する検討(13/18)

②膨張率に関する文献に基づく検討(6/10): 不動元素に基づく膨張率(3/4)  
強風化部の体積膨張率と変位量の評価[Ts-1トレンチ]

(a) Ts-1トレンチ付近の観察結果に基づく水平方向膨張率

水平変位量: 約1.0m

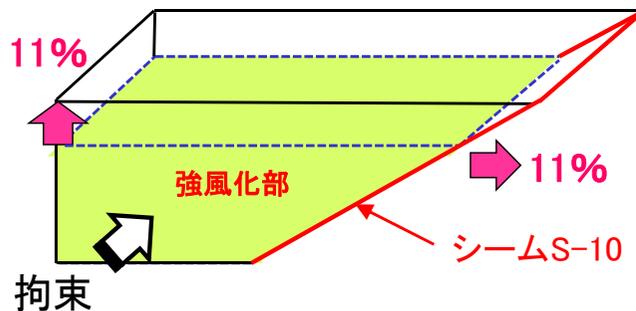
(補足説明資料P.14, 15のトレンチ法面  
詳細図より読み取った水平変位量  
西側法面: 1.2m, 東側法面: 0.8m の平均値)



シームに接する強風化部の水平距離: 約 12m

水平方向膨張率  
 = 水平変位量 / [(シームに接する強風化部の水平距離) - (水平変位量)]  
 = 1.0 / (12 - 1.0) ≒ 0.09 ⇒ 約9%

(b) 不動元素に基づく体積膨張率から求めた水平・鉛直方向膨張率



- 水平・鉛直方向膨張率算定条件:
- ・強風化部は等方的に水平・鉛直方向へ膨張
  - ・シームの走向方向は拘束
  - ・体積膨張率: 平均23% (P.4-104参照)

水平・鉛直方向膨張率  
 =  $(1 + 0.23)^{1/2} - 1$  ≒ 0.11 ⇒ 約11%

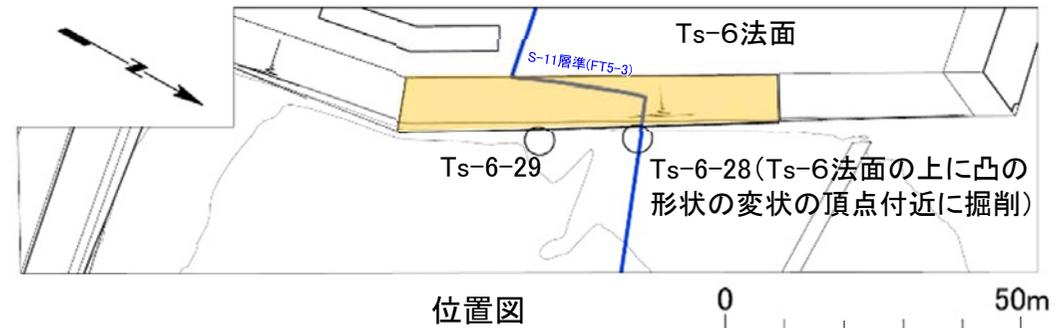
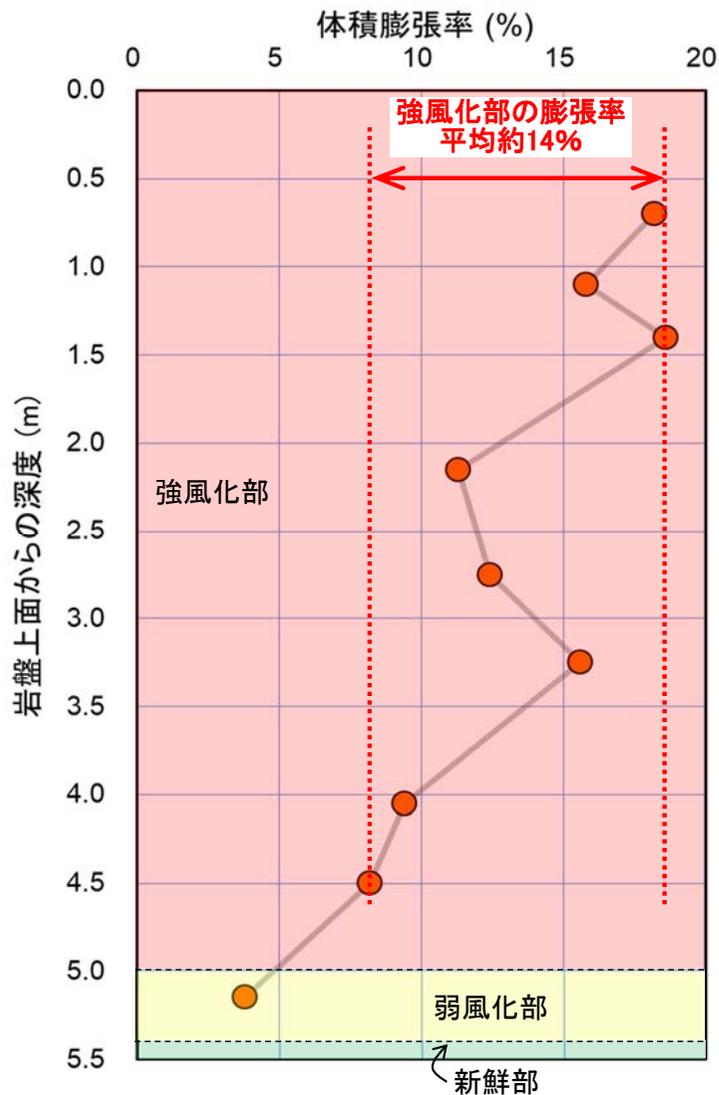
(a)の観察結果と(b)の分析結果に基づく強風化部の水平方向膨張率は、共に10%前後で整合的である。

## (2)風化岩盤の膨張に関する検討(14/18)



## ②膨張率に関する文献に基づく検討(7/10):

## 不動元素に基づく膨張率(4/4) 体積膨張率の算定結果[Ts-6法面]



- Ts-6法面で上に凸の形状の変状を生じた淡灰色火山礫凝灰岩について、Ts-6-28孔及びTs-6-29孔のシームS-11より下位のコア試料を用いて、乾燥密度比 ( $\rho_0/\rho_1$ ) と不動元素 Ti及びFeの濃度比 ( $Ci^*_1 / Ci^*_0$ ) の平均値から体積膨張率を算定した。
- 深部から浅部への風化の進行に伴い体積膨張率は増加傾向を示す。
- 強風化部の体積膨張率の平均値は約14% (範囲: 約8%~約19%) で、上に凸の形状の変状は側方が拘束された状態で形成されているため、体積膨張率はほぼ鉛直方向の膨張率に等しいものと考えられる。
- これらの結果から、変位を伴う不連続面を利用して上に凸の変形を生じる変状も、シームを利用して段差を生じる変状と同様に、淡灰色火山礫凝灰岩の強風化部の形成に伴う膨張によって形成されたものと考えられる。

注) 体積膨張率の算定に用いたデータは補足説明資料P.119参照

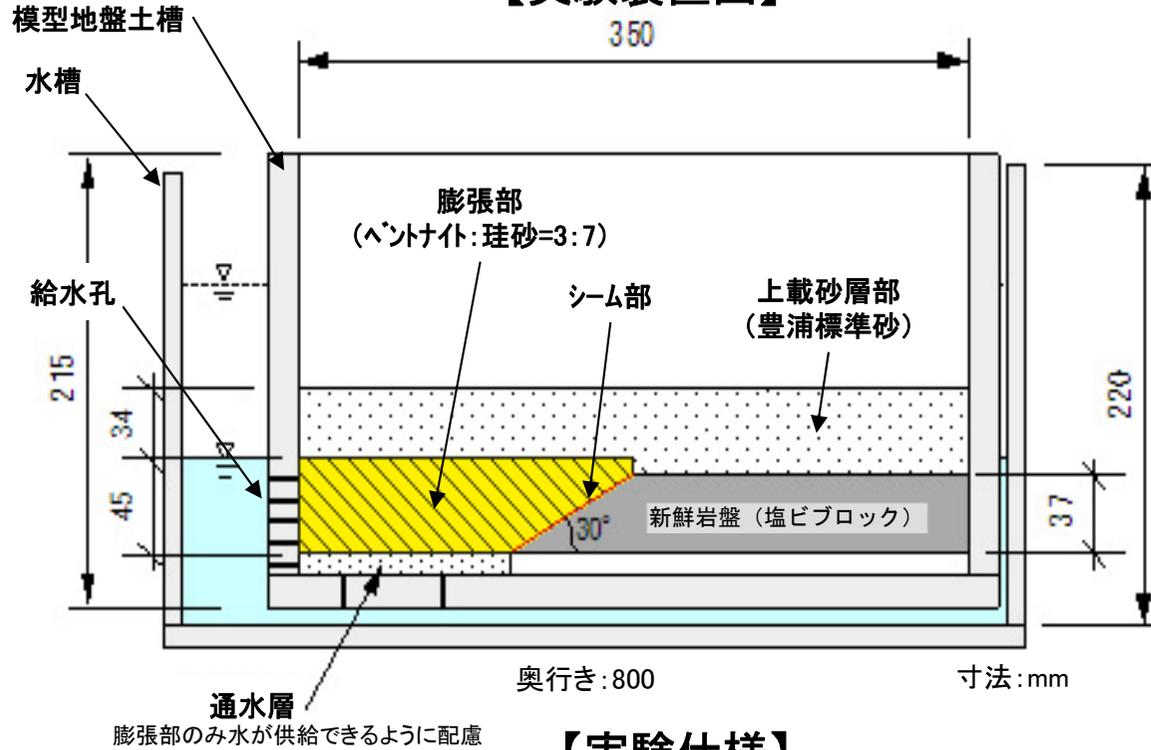
深度と体積膨張率との関係(Ts-6法面)

(2)風化岩盤の膨張に関する検討(15/18)

②膨張率に関する文献に基づく検討(8/10):  
強風化部の膨張模型実験(1/3) 実験方法

第615回審査会合  
資料2-2 P.6-108 再掲

【実験装置図】

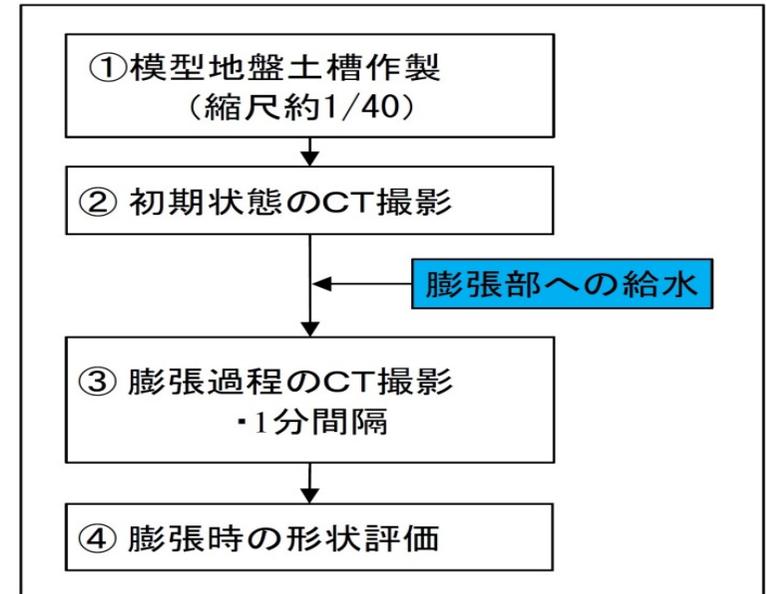


【実験仕様】

対象 トレンチ	トレンチにおける地質性状			模型地盤		
	層準・地質	傾斜角	風化区分	構成物	傾斜角	
Ts-1	M ₃ 面段丘堆積物	段丘堆積物 (砂礫層)	-	-	上載砂層 (乾燥状態の豊浦標準砂)	-
	易国間層	上部層(上盤側) ^{*1}	-	強風化	膨張部(ベントナイト+珪砂) ^{*3}	-
		S-10	25° ~ 27°	-	シーム部(OHPシート2枚重ね)	30°
		下部層(下盤側) ^{*2}	-	新鮮~弱風化	新鮮岩盤(塩ビブロック)	-

*1: 淡灰色火山礫凝灰岩  
*2: 粗粒・細粒凝灰岩互層と暗灰色火山礫凝灰岩  
*3: クニゲルGX

【実施手順】



- Ts-1トレンチの変状を再現する目的で、縮尺1/40^{*}の地盤模型を作成し、膨張模型実験を行った。
- シーム上盤の強風化部をベントナイト+珪砂で作成し、吸水膨張により模擬(材料物性・発生応力等の相似則は考慮していない)。
- 給水前と給水後5分まで1分ごとにCT画像を撮影し、上載砂層の変状の形状を定性的に評価した。

※医療用X線CTIによる撮影が可能な大きさ

②膨張率に関する文献に基づく検討(9/10):  
 強風化部の膨張模型実験(2/3) 実験検討

第615回審査会合  
 資料2-2 P.6-109 一部修正

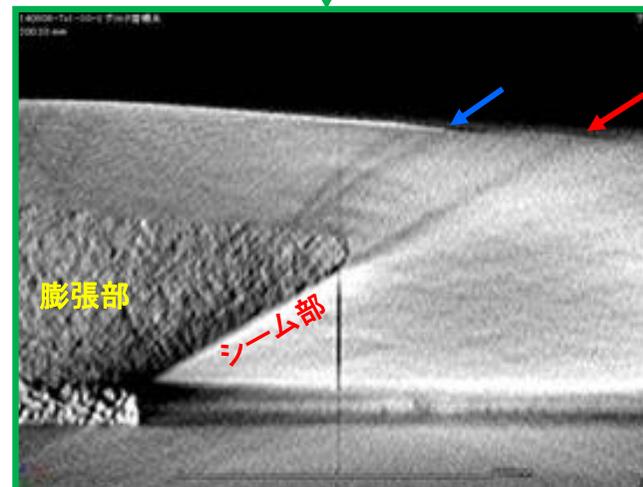
CT画像によるせん断面発生状況(土槽中央断面)

	初期乾燥状態 (吸水前)	体積膨張率約22% (3分後)
全体		
拡大		



実験状況

:せん断面が上載砂層(豊浦標準砂)の上面に到達した位置



給水開始から3分後の体積膨張率約22%のCT画像

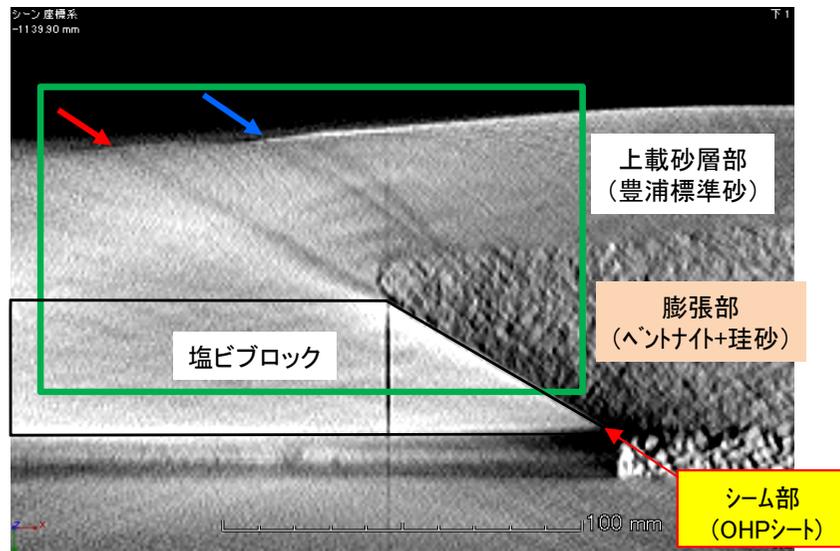
シーム部の延長上(赤矢印)及び膨張部の先端から上方(青矢印)の上載砂層部中にせん断面が発生することを確認した。

(2)風化岩盤の膨張に関する検討(17/18)



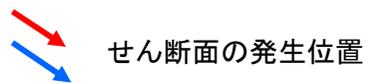
第615回審査会合  
資料2-2 P.6-110 一部修正

②膨張率に関する文献に基づく検討(10/10):強風化部の膨張模型実験(3/3)  
実験の結果とTs-1トレンチの変状との対比

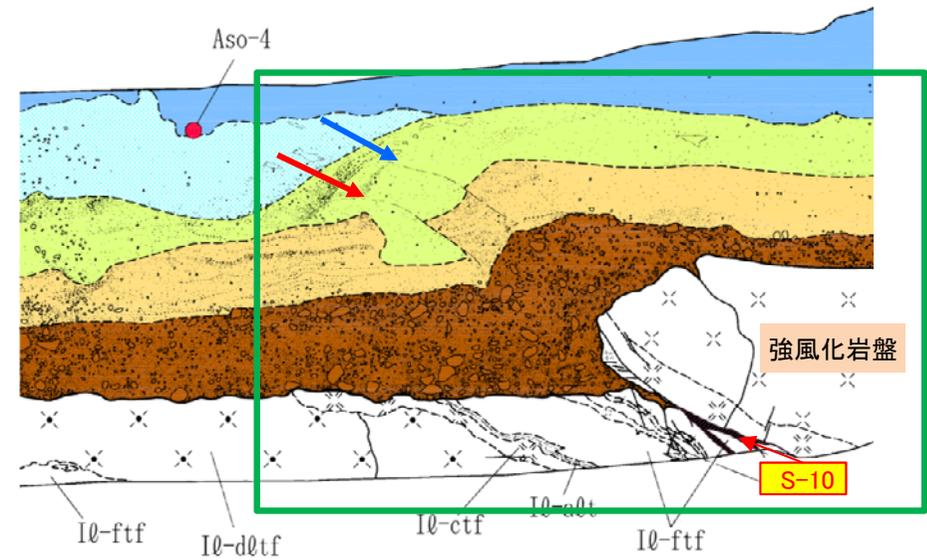


CT画像(前頁の画像を左右反転)

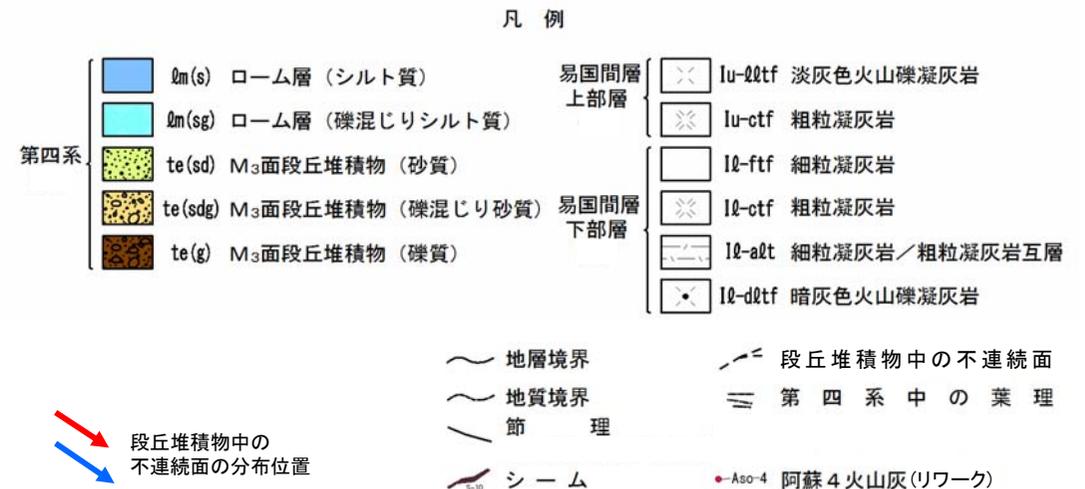
【体積膨張率約22%:給水開始から3分後】



Ts-1トレンチで推定される体積膨張率約23%(P.4-104参照)と同程度の膨張率約22%で生じた上載砂層部のせん断面の発生位置は、Ts-1トレンチ東側法面の変状弱面の分布位置に整合的である。



Ts-1トレンチ東側法面詳細図



## (2)風化岩盤の膨張に関する検討(18/18):まとめ

- ① スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討の結果、文献の記載と同様に、強風化部の膨張は、風化に伴って形成されたスメクタイトの吸水膨張及び岩石組織の破壊に伴う応力解放によるものと考えられる。
- ② 膨張率に関する文献に基づく検討の結果、層厚変化及び不動元素から求めた膨張率はほぼ同じ値となり、変位量の観察結果と整合的であることが確認された。また、段丘堆積物中の不連続面の分布は、同程度の膨張率における模型実験結果と整合的であることが確認された。



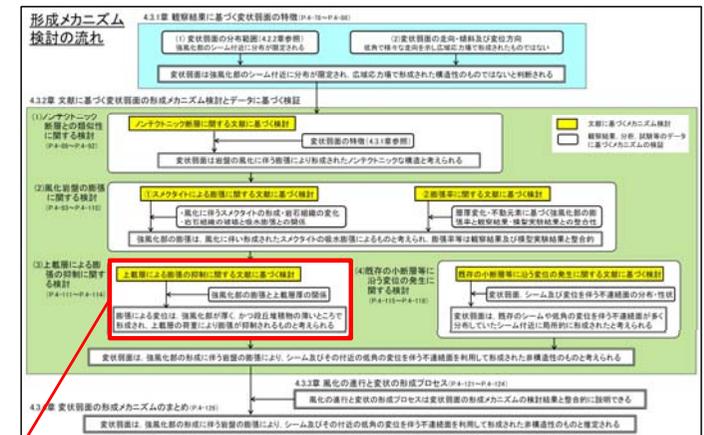
強風化部の膨張は、風化に伴い形成されたスメクタイトの吸水膨張によるものと考えられ、膨張率等は観察結果及び模型実験結果と整合的

# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(23/31)



## (3)上載層による膨張の抑制に関する検討(1/4): 検討方針

形成メカニズム検討の流れ (P.4-75参照)



**(1)ノンテクトニック断層との類似性に関する検討**  
 文献に基づいて、形成メカニズムの異なる各種のノンテクトニック断層と大間地点の変状弱面の特徴(4.3.1章参照)との類似性について検討する。

**(2)風化岩盤の膨張に関する検討**

- ①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討  
 文献に基づいて、下記(a)~(c)に関して、風化岩盤の観察結果、分析結果等との整合性について検討する。  
 (a)風化に伴うスメクタイトの形成  
 (b)風化に伴う岩石組織の変化  
 (c)岩石組織の破壊と吸水膨張との関係
- ②膨張率に関する文献に基づく検討  
 文献に基づいて、強風化部の膨張率を評価し、変状の観察結果及び模型実験結果との整合性について検討する。

**(3)上載層による膨張の抑制に関する検討**  
 文献に基づいて、強風化部の膨張と上載層の層厚との関係について検討する。

**(4)既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討**  
 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する文献に基づいて、シーム及び変位を伴う不連続面の分布と変状弱面の分布との関係について検討する。

変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられることを説明する

## 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(24/31)



## (3) 上載層による膨張の抑制に関する検討(2/4): 文献の記述と大間地点のデータに基づく検討結果

上載層による膨張の抑制に関する文献(Thompson (1992) ³²⁾ )の記述	大間地点のデータに基づく膨張メカニズムの検討結果	参照頁												
<ul style="list-style-type: none"> <li>家屋の基礎底面から風化した膨張性の岩盤(粘土岩)の上面までの距離と膨張による家屋の被害の発生率との関係を右図に示す。</li> <li>粘土岩の上載層(非膨張性の堆積物)の厚さの増加に伴って被害は減少し、厚さ10フィート(約3m)以上のケースでは被害は発生していない。</li> <li>岩盤の膨張は上載層の荷重によって抑制されているものと考えられる。</li> </ul> <div data-bbox="705 486 1265 1021" data-label="Figure"> <table border="1"> <caption>膨張による家屋の被害率と粘土岩までの距離の関係</caption> <thead> <tr> <th>DEPTH TO CLAYSTONE BELOW SLAB (FEET)</th> <th>PERCENT OF HOUSES NEEDING REPAIR (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 - 2</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>2 - 4</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>4 - 6</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>6 - 8</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>8 - 10</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> </div>	DEPTH TO CLAYSTONE BELOW SLAB (FEET)	PERCENT OF HOUSES NEEDING REPAIR (%)	0 - 2	28	2 - 4	22	4 - 6	15	6 - 8	10	8 - 10	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>ps系弱面の鉛直変位量、シームの上盤の強風化部の厚さ及び風化岩盤の上載層である段丘堆積物の厚さの関係について重回帰分析による検討を行った。</li> <li>その結果、鉛直変位量の実測値と予測値との間に高い相関性が認められた。</li> <li>ps系弱面の変位は、強風化部が厚く、かつ段丘堆積物の薄いところで形成されたと考えられ、文献の記述と整合的であり、そのメカニズムとして強風化部の膨張が示唆される。</li> </ul>	P.4-113
DEPTH TO CLAYSTONE BELOW SLAB (FEET)	PERCENT OF HOUSES NEEDING REPAIR (%)													
0 - 2	28													
2 - 4	22													
4 - 6	15													
6 - 8	10													
8 - 10	5													

- 風化岩盤の膨張の抑制に関する文献の記述と大間地点のデータに基づいて、上載層による岩盤の膨張の抑制について検討した。
- 大間地点の岩盤の膨張は、上載層の荷重によって抑制されているものと考えられ、大間地点の変状は、風化岩盤の膨張の抑制に関する文献の記述と整合的で、風化岩盤の膨張によって説明できることが確認された。

# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(25/31)



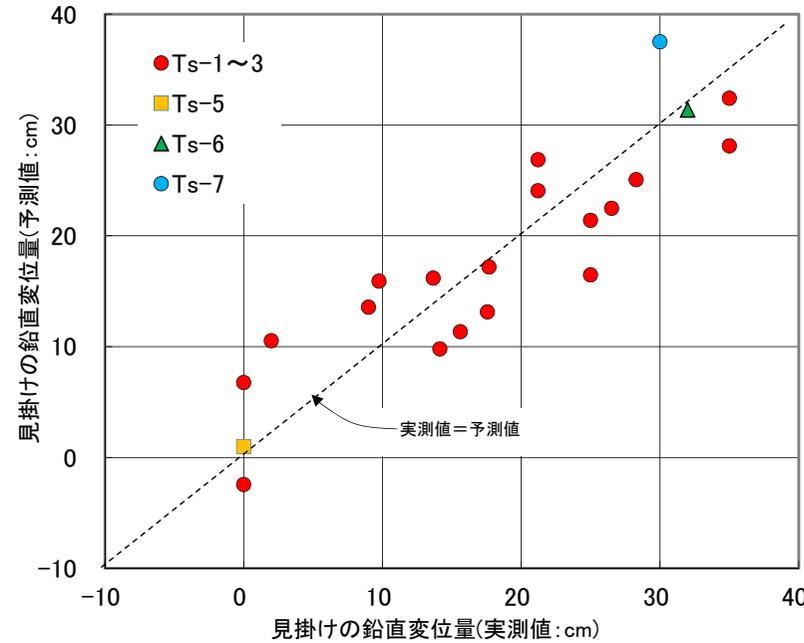
## (3) 上載層による膨張の抑制に関する検討(3/4): 変位量と強風化部・段丘堆積物の厚さとの関係 (Ts-1~3, 7トレンチ, Ts-5, 6法面)

第615回審査会合  
資料2-2 P.6-83 一部修正

Ts-1~3, 5~7 鉛直変位量, 強風化部・段丘堆積物の厚さ一覧表

No.	見掛けの鉛直変位量(実測値)(cm)	強風化部平均厚さ(W:cm)	段丘堆積物平均厚さ(T:cm)	備考
1	0.0	0	150	Ts-2 E
2	0.0	0	180	Ts-2 W
3	35.0	213	135	Ts-1 E
4	35.0	200	145	Ts-1 W
5	25.0	160	170	Ts-3 E
6	25.0	140	148	Ts-3 W
7	26.5	120	138	Ts-3 追掘 ①
8	28.3	115	128	" ②
9	21.2	110	120	" ③
10	21.2	105	128	" ④
11	17.7	98	148	" ⑤
12	14.1	93	170	" ⑥
13	15.6	85	163	" ⑦
14	17.6	88	158	" ⑧
15	13.7	95	150	" ⑨
16	9.8	100	153	" ⑩
17	2.0	100	170	" ⑪
18	9.0	115	165	" ⑫
19	0	242	247	Ts-5
20	32	366	188	Ts-6
21	30	360	166	Ts-7 E

No.1~No.18のデータについては補足説明資料P.120, 121参照



Ts-1~3, 5~7のデータによる重回帰式での鉛直変位の実測値と予測値の相関性

$$\text{変位量(予測値)} = 0.099 * W - 0.307 * T + 52.8$$

決定係数 (R²): 0.81

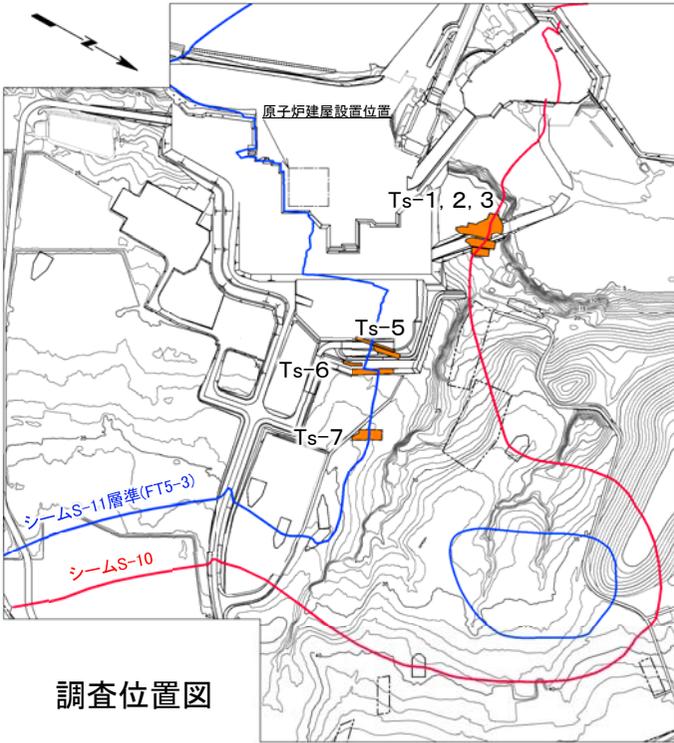
[ W: 強風化部の平均厚さ(cm)  
T: 段丘堆積物の平均厚さ(cm) ]

ps系弱面  
pd系弱面

強風化部の平均厚さ  $W = (w1 + w2) / 2$   
段丘堆積物の平均厚さ  $T = (t1 + t2) / 2$

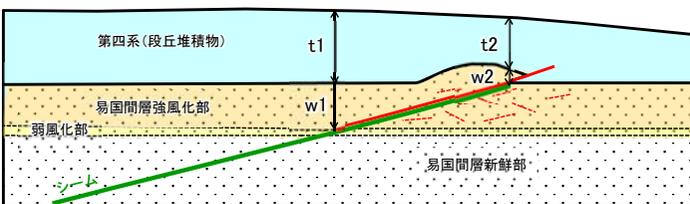
w1は、シームと強風化部下限が交差する位置での強風化部の厚さ。  
w2は、シームが第四系基底面に現れる位置での強風化部の厚さ。  
t1及びt2は、w1及びw2の直上での厚さ。

強風化部及び段丘堆積物の平均厚さ



調査位置図

注) シームS-11層準(FT5-3*)の位置は各トレンチ・法面での調査結果に基づく。  
*: シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名。



- Ts-1~3, 7トレンチ及びTs-5, 6法面のシームの上盤の強風化部と段丘堆積物の厚さを説明変数, ps系弱面の鉛直変位量を被説明変数とする重回帰分析を行った結果, 鉛直変位量の実測値と予測値との間に高い相関性(決定係数R²=0.81)が認められる。
- したがって, ps系弱面の変位は, 強風化部が厚く, かつ段丘堆積物の薄いところで形成されたと考えられ, そのメカニズムとして強風化部の膨張が示唆される。

(3)上載層による膨張の抑制に関する検討(4/4):まとめ

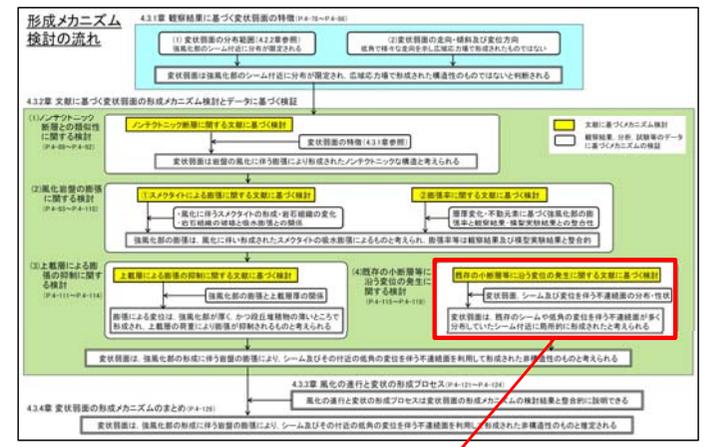
- 文献の記載と同様に, 膨張による変位は, 強風化部が厚く(高膨張圧), かつ段丘堆積物の薄いところ(低拘束圧)で形成され, 上載層の荷重によって膨張が抑制されるものと考えられる。



# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(27/31)

## (4)既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討(1/4): 検討方針

形成メカニズム検討の流れ(P.4-75参照)



**(1)ノンテクトニック断層との類似性に関する検討**  
 文献に基づいて、形成メカニズムの異なる各種のノンテクトニック断層と大間地点の変状弱面の特徴(4.3.1章参照)との類似性について検討する。

**(2)風化岩盤の膨張に関する検討**

- ①スメクタイトによる膨張に関する文献に基づく検討  
 文献に基づいて、下記(a)~(c)に関して、風化岩盤の観察結果、分析結果等との整合性について検討する。  
 (a)風化に伴うスメクタイトの形成  
 (b)風化に伴う岩石組織の変化  
 (c)岩石組織の破壊と吸水膨張との関係
- ②膨張率に関する文献に基づく検討  
 文献に基づいて、強風化部の膨張率を評価し、変状の観察結果及び模型実験結果との整合性について検討する。

**(3)上載層による膨張の抑制に関する検討**  
 文献に基づいて、強風化部の膨張と上載層の層厚との関係について検討する。

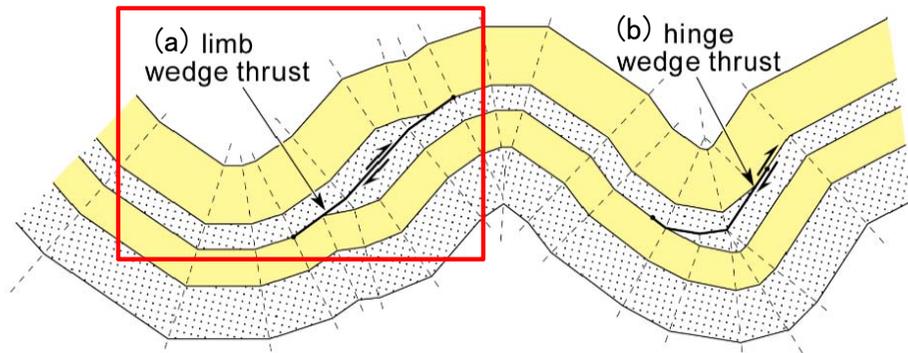
**(4)既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討**  
 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する文献に基づいて、シーム及び変位を伴う不連続面の分布と変状弱面の分布との関係について検討する。

変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられることを説明する

4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(28/31)



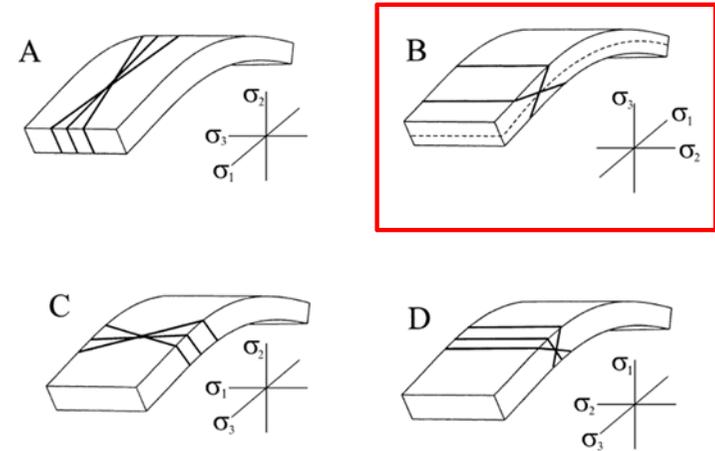
(4)既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討(2/4):  
文献の記述と大間地点のデータに基づく検討結果(1/2)



このような低角逆断層は、変位量が比較的小さく急激に減少し、上盤が背斜軸に向かって上がる形態を示す。

Burg (2017)³³⁾に加筆

図1 フレキシユラルスリップ褶曲の翼部や軸部に形成される低角逆断層



A(横ずれ), B(逆断層)は $\sigma_1$ が層理面に平行で褶曲軸に直交, C(横ずれ)は $\sigma_1$ が層理面・褶曲軸に平行, D(正断層)は $\sigma_1$ が層理面・褶曲軸に直交。

Bui (2004)³⁴⁾

図2 褶曲に関連して形成される主要な割れ目系の概念図

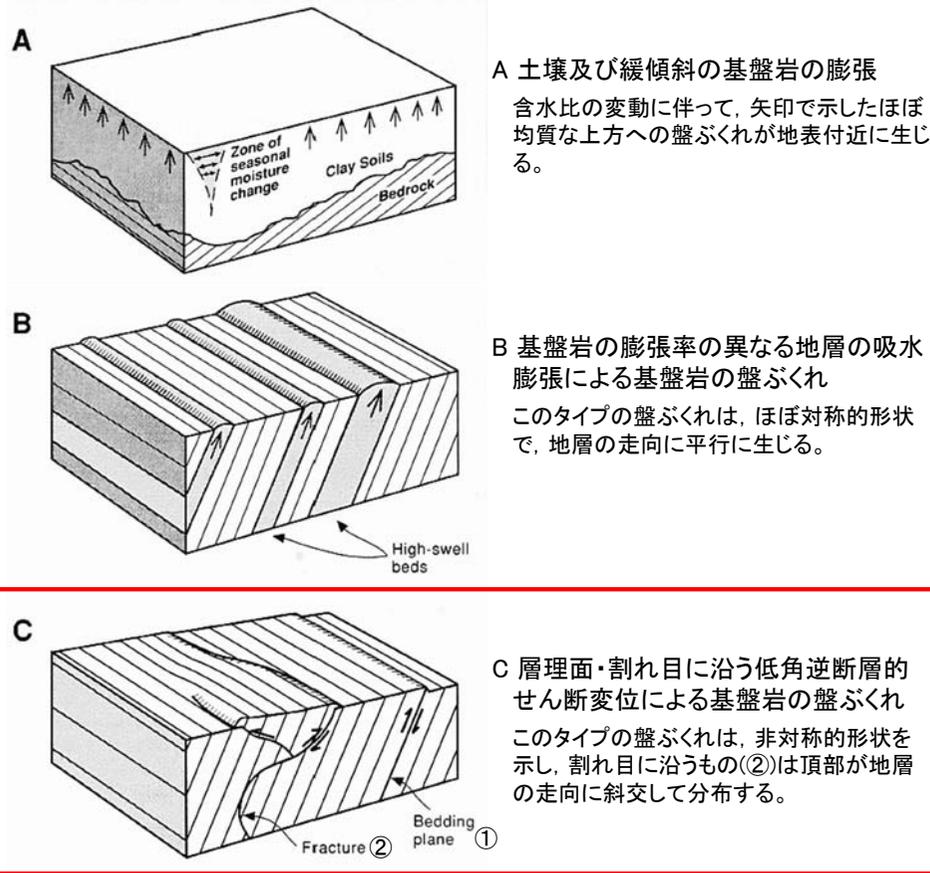
文献の記載(図1, 2)	大間地点の変位を伴う不連続面の分布
<ul style="list-style-type: none"> <li>成層した地層のフレキシユラルスリップ褶曲の翼部には、様々な割れ目、断層等が形成される。低角度の傾斜の小規模な割れ目等として、文献には図1(a)及び図2Bなどが示されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シーム付近の淡灰色火山礫凝灰岩は成層構造が発達しており(P.4-66~P.4-69, 補足説明資料P.78~P.90参照), 中新世の褶曲の際に、褶曲軸の翼部に位置していた大間地点の敷地には、文献に示されたような低角の小規模な変位を伴う不連続面が形成されたものと考えられる。</li> </ul>

# 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証(29/31)



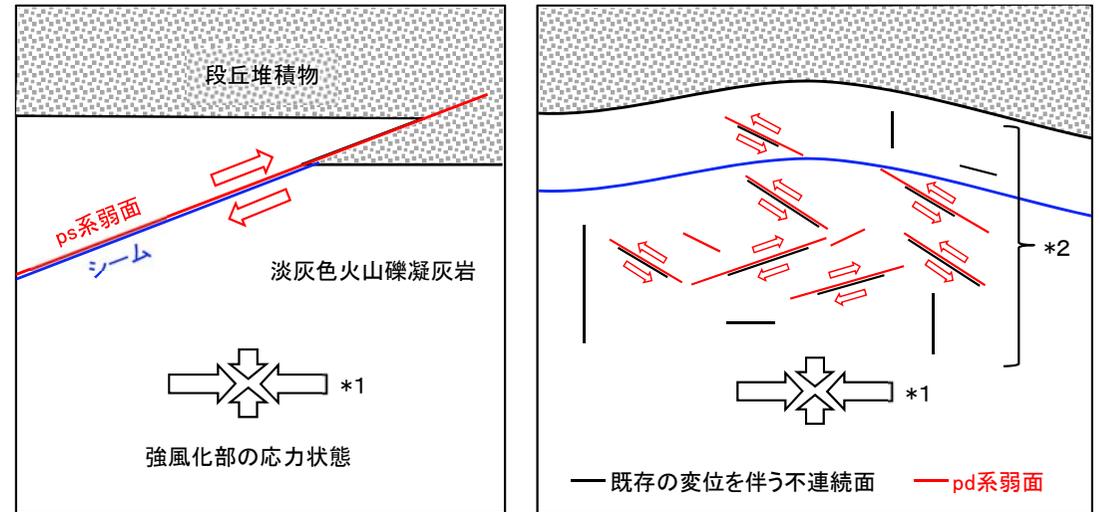
## (4)既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討(3/4):

### 文献の記述と大間地点のデータに基づく検討結果(2/2)



Noe and Dodson (1999)³⁶⁾に加筆

図1 土壌の膨張と岩盤の盤ぶくれの概念図



- *1: 地表付近では上載層による拘束が小さく、変状形成時の最大圧縮主応力軸は水平に近かったものと推定される(これはTs-8トレンチのpd系弱面形成時の応力解析結果(補足説明資料P.109, 110参照)と整合的)。
- *2: シーム付近には成層構造が発達し、低角の変位を伴う不連続面が多く分布(P.4-66~P.4-69, 補足説明資料P.78~P.90参照)。

図2 シーム付近の既存の変位を伴う不連続面を利用した変状弱面の形成の概念図

文献の記載(図1)	大間地点の変位を伴う不連続面の性状(図2)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 既存の割れ目, 断層等が分布していると, 新たに形成される断層等はそれらを弱面として利用することが多いとされている(永田(2018)³⁵⁾。</li> <li>• Noe and Dodson (1999)³⁶⁾は, 調査結果に基づいて土壌・岩盤の膨張・盤ぶくれの3タイプの概念図を示した(図1)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 変状弱面は, 強風化部の形成に伴う水平方向の膨張応力により, 既存の割れ目等が多く分布するシーム付近において, これらを利用して局所的に形成されたものと推定される。</li> <li>• ps系弱面は図1Cの層理面に沿うタイプ(①), pd系弱面は同じ図の割れ目に沿うタイプ(②)と類似のものと考えられる。</li> </ul>

(4)既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討(4/4):まとめ

- 文献によると、ノンテクトニック断層には既存の小断層等に沿って形成されたものが多いことから、変状弱面は既存のシームや低角の変位を伴う不連続面が多く分布していたシーム付近に局所的に形成されたものと考えられる。

## まとめ

### (1) ノンテクトニック断層との類似性に関する検討

変状弱面は、岩盤の風化に伴う膨張により形成されたノンテクトニックな構造と考えられる。

### (2) 風化岩盤の膨張に関する検討

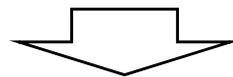
強風化部の膨張は、風化に伴い形成されたスメクタイトの吸水膨張によるものと考えられ、膨張率等は観察結果及び模型実験結果と整合的。

### (3) 上載層による膨張の抑制に関する検討

膨張による変位は、強風化部が厚く(高膨張圧)、かつ段丘堆積物の薄いところ(低拘束圧)で形成され、上載層の荷重によって膨張が抑制されるものと考えられる。

### (4) 既存の小断層等に沿う変位の発生に関する検討

変状弱面は既存のシームや低角の変位を伴う不連続面が多く分布していたシーム付近に局所的に形成されたものと考えられる。



変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の低角の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられる

## 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

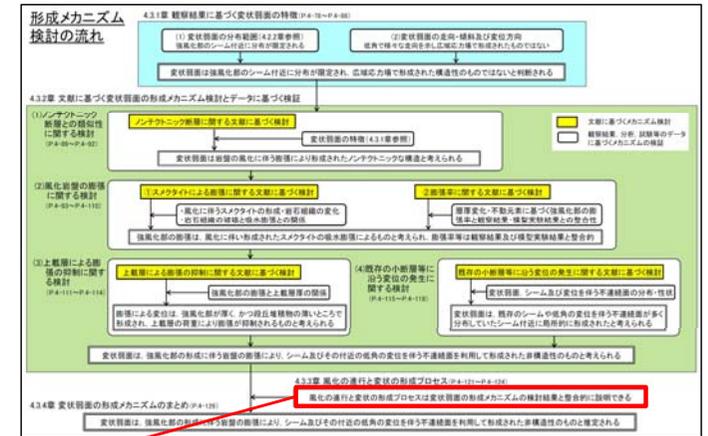
### 5. まとめ

### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス(1/4)



## 検討方針

形成メカニズム検討の流れ (P.4-75参照)

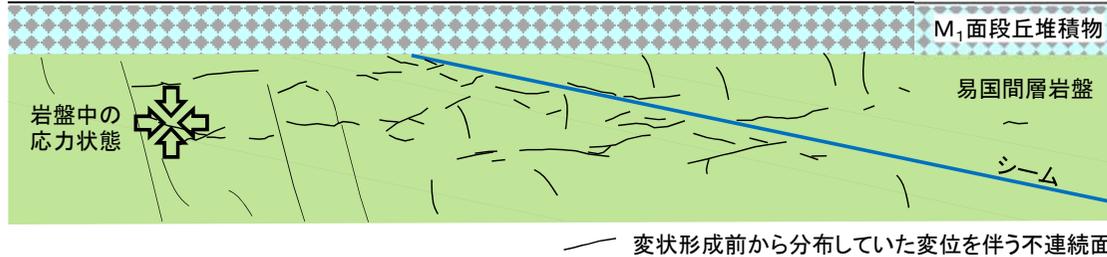


変状の調査結果及び変状弱面の形成メカニズムの検討結果等に基づいて、M₁面における変状を例として風化の進行と変状の形成プロセスについて検討し、変状の形成プロセスが変状弱面の形成メカニズムの検討結果と整合的に説明できることを確認する。

## 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス(2/4)

### M₁面における変状の形成プロセス

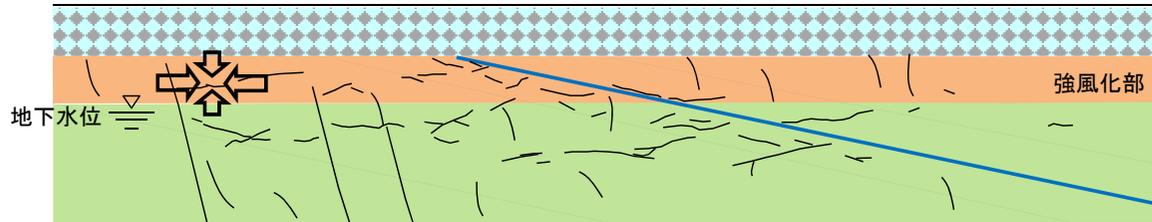
#### ① 段丘面の形成・陸化



- MIS5eの高海水準期に形成されたM₁面は、海退に伴い陸化する。
- 現在の海岸と同様に岩盤の風化部は侵食され新鮮部のみが分布している*1。

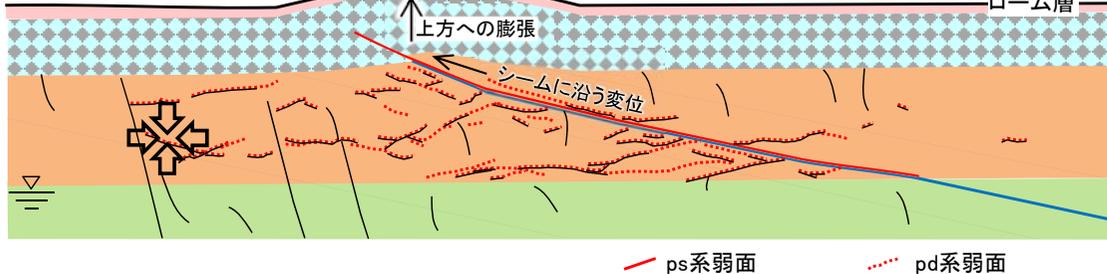
*1 敷地前面の海岸の岩盤の風化状況を補足説明資料P.122に示す。

#### ② 陸化後の強風化部の形成と水平方向の膨張圧の蓄積



- 陸化後のローム層の薄い時期に、軽石から成り空隙の多い易国間層の岩盤は風化が進行し、淡水環境下でスメクタイトが増加し強風化部が形成される。
- 強風化部のスメクタイトの吸水膨張に際し、鉛直方向の膨張圧は上載層の荷重とバランスするが、水平方向については拘束されているため、鉛直方向に比べてやや高い膨張圧が蓄積される。

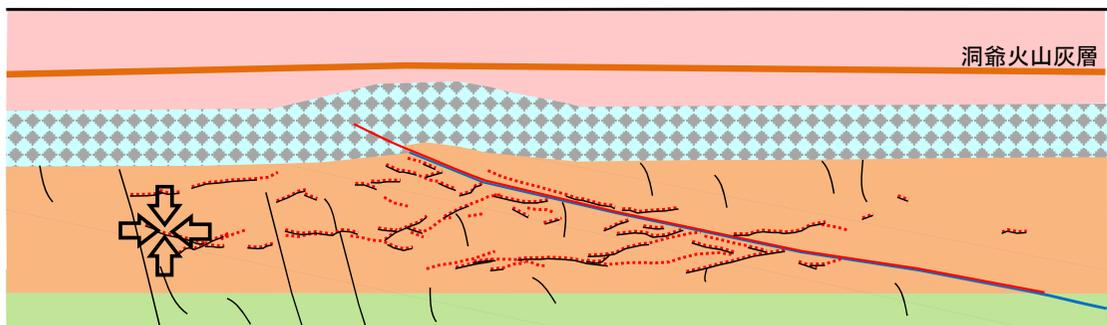
#### ③ 変状の形成



- 地下水位の低下により、強風化部が厚くなり、水平方向の膨張圧がさらに蓄積される。
- 上載層の薄い箇所において、シーム及び低角の変位を伴う不連続面を利用して上盤の強風化部が上方に変位し、変状弱面が形成される*2。この段階で水平方向の膨張圧が低下する。

*2 強風化部と変状弱面の形成の前後関係を示唆する観察結果(Ts-7トレンチ)をP.4-123に示す。また、強風化部の形成時期については補足説明資料P.123参照。

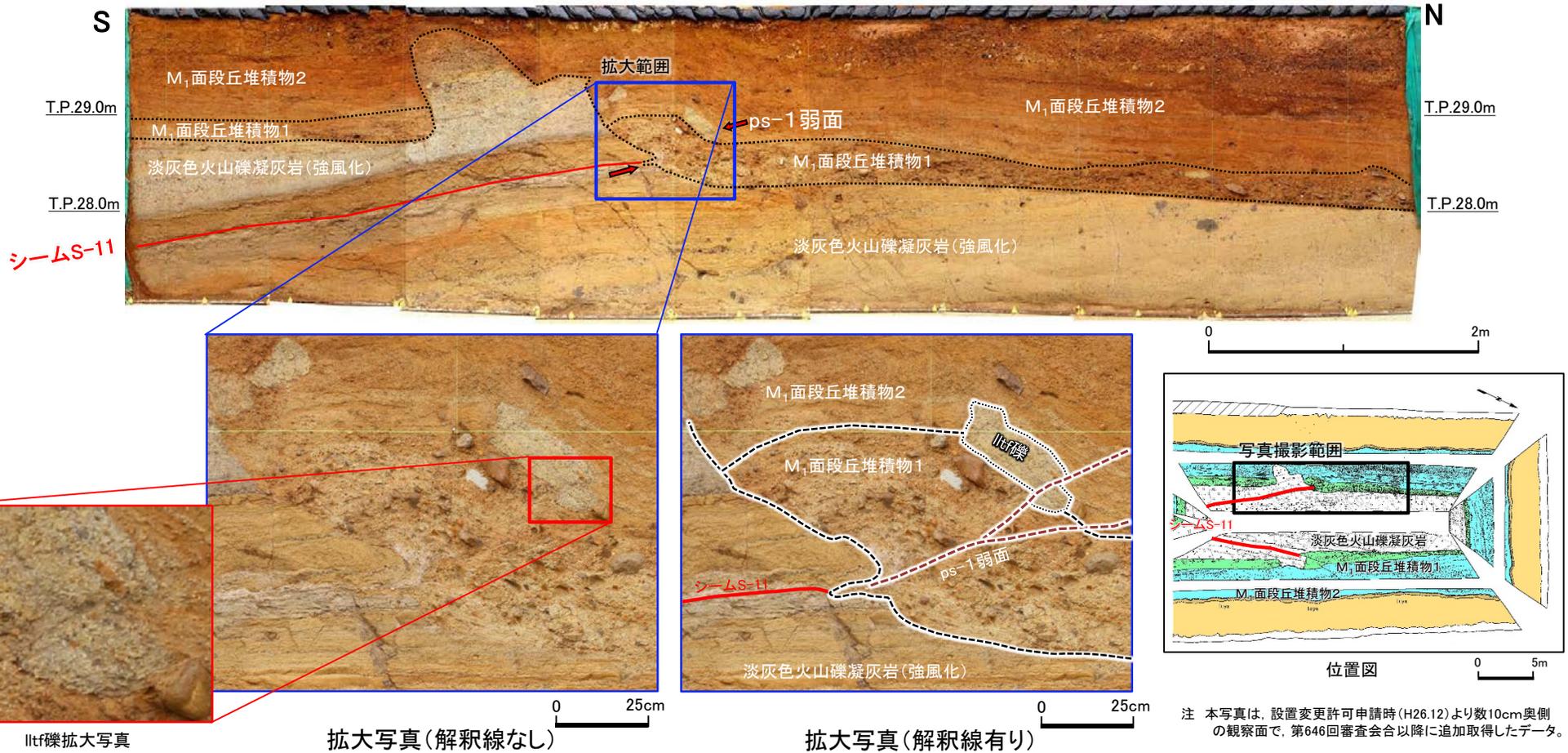
#### ④ ローム層堆積による風化及び変状形成の抑制



- 洞爺火山灰層及びローム層が変状形成後の段丘堆積物を覆って堆積する。
- ローム層堆積により風化の進行が遅くなり、上載層が厚くなり拘束圧が高くなることから、洞爺火山灰層堆積以降に変状は生じていない。

## 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス(3/4)

## 風化と変状弱面との関係: Ts-7西側法面〔追加観察面(H30.11)〕



Iltf礫拡大写真

拡大写真(解釈線なし)

拡大写真(解釈線有り)

- 変状の形成プロセス(P.4-122参照)に示すように、段丘砂礫が堆積した時期には岩盤の風化部は侵食され、新鮮部のみが分布していた。Ts-7トレンチ西側法面の段丘堆積物中に分布する淡灰色火山礫凝灰岩礫(Iltf礫)は、付近に分布する淡灰色火山礫凝灰岩の岩盤から分離したものであり、堆積当時は岩盤及び礫は新鮮であった。
- 法面ではIltf礫は強風化し軟質化しているが、一方で、緻密で硬質な段丘礫は風化が進行しておらず、同じ環境にあってもIltf礫のみが著しい風化を受けている。
- 拡大写真に示すIltf礫はps-1弱面により切断されている。変状弱面の延長上に新鮮なIltf礫が分布する場合、変状弱面が礫を迂回するか別の場所に生じるが、Iltf礫は強風化し周囲の段丘堆積物と同程度に軟質化していたため、Iltf礫をほぼ直線的に切断して変状弱面が形成されたものと考えられる。
- したがって、変状弱面は、新鮮な岩盤の陸化後1万年程度の期間で岩盤の風化が著しく進行し(補足説明資料P.123参照)、その後形成されたものと考えられる。

### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス(4/4)

#### まとめ

風化の進行と変状の形成プロセスは、以下の①～④のステップで説明され、変状弱面の形成メカニズムの検討結果と統合的に説明できることを確認した。

#### ① 段丘面の形成・陸化

MIS5eの高海水準期に形成されたM₁面は海退に伴い陸化し、岩盤の風化部は侵食され新鮮部のみが分布。

#### ② 陸化後の強風化部の形成と水平方向の膨張圧の蓄積

ローム層の薄い時期に岩盤の風化が進行し強風化部が形成される。強風化部のスメクタイトの吸水膨張に際し、鉛直方向の膨張圧は上載層の荷重とバランスするが、水平方向については拘束されているため、鉛直方向に比べてやや高い膨張圧が蓄積される。

#### ③ 変状の形成

強風化部が厚くなり水平方向の膨張圧がさらに蓄積された状態で、上載層が薄い箇所において、シーム及び低角の変位を伴う不連続面を利用して変状弱面が形成される。この段階で水平方向の膨張圧が低下する。

#### ④ ローム層堆積による風化及び変状形成の抑制

洞爺火山灰層及びローム層が変状形成後の段丘堆積物を覆って堆積する。ローム層堆積により風化の進行が遅くなり、上載層が厚くなり拘束圧が高くなることから、洞爺火山灰層堆積以降に変状は生じていない。

## 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 5. まとめ

## 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

### まとめ

#### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

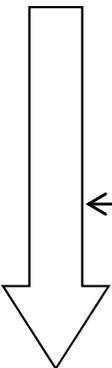
変状弱面は、強風化部のシーム付近に分布が限定され、広域応力場で形成された構造的なものではないと判断される

#### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討とデータに基づく検証

変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の低角の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものと考えられる

#### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

風化の進行と変状の形成プロセスは、変状弱面の形成メカニズムの検討結果と整合的に説明できる



変状弱面は、強風化部の形成に伴う岩盤の膨張により、シーム及びその付近の低角の変位を伴う不連続面を利用して形成された非構造的なものとして推定される

## 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 5. まとめ

# 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価(1/5)

第700回審査会合  
資料2-2-1 P.4-63 一部修正



## (1) 重要な安全機能を有する施設との位置関係(1/4): 変状弱面の分布評価範囲の考え方

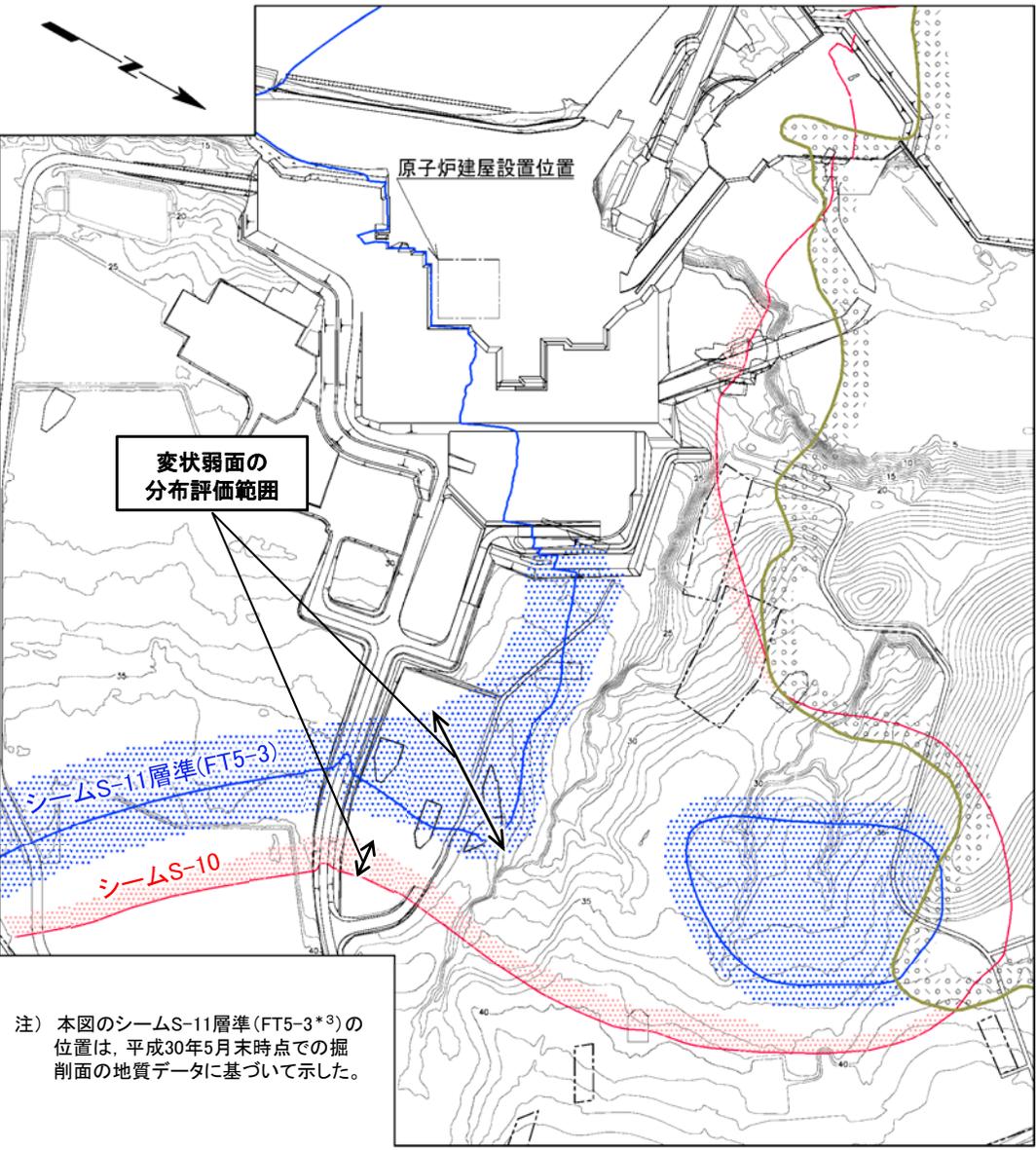


図2 「変状弱面の分布評価範囲」 平面図

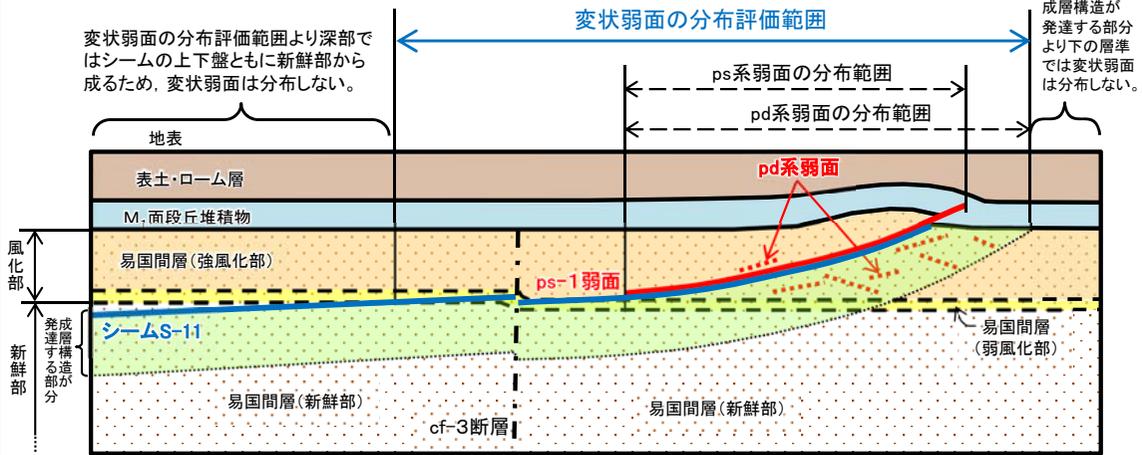
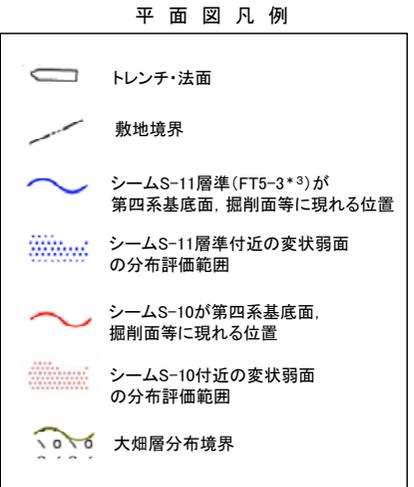


図1 変状弱面の分布評価範囲の概念断面図



変状弱面の分布範囲(4.2.2章)と重要な安全機能を有する施設との位置関係を評価するため、以下のとおり「変状弱面の分布評価範囲」を設定する(図1参照)。

- 「ps系弱面の分布範囲」は、強風化部がシームに接する範囲沿い*1に限定されると判断される(P.4-54参照)。
- 「pd系弱面の分布範囲」は、強風化部のシーム付近(成層構造が発達する部分)に限定されると判断される(P.4-67, 4-70参照)。
- 「変状弱面の分布評価範囲」は、これらps系弱面及びpd系弱面の分布範囲を包含し、さらにシーム上盤側の範囲を安全側に評価するため「シームが風化部*2下限と交差する位置」まで広げた範囲とする。

*1: シーム延長上の段丘堆積物中の不連続面を含む。

*2: 風化部は強風化部及び弱風化部から成る(P.4-14参照)。弱風化部では、施設の供用期間中に強風化は生じず(補足説明資料P.124参照)、変状弱面は形成されないと判断される。

*3: シームS-11を挟む細粒凝灰岩の鍵層名。



## (1) 重要な安全機能を有する施設との位置関係(2/4): 変状弱面の分布評価範囲の平面分布



凡 例

- 耐震重要施設 *1
- 常設重大事故等対処施設 *2
- S-11層準 (FT5-3) シームS-11層準(FT5-3*)が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
- S-10 シームS-10が第四系基底面、掘削面等に現れる位置
- 断層 (確認部) (cf断層系, sF断層系及びdF断層系)
- 断層 (大畑層による伏在部) (sF-2断層系及びdF断層系)
- 断層端部があると考えられる区間 (cf断層系及びdF断層系)
- 断層 (海底地形による推定部) (sF-1断層)
- シームS-11層準付近の変状弱面の分布評価範囲
- シームS-10付近の変状弱面の分布評価範囲

- *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)。
- *3 シームS-11を挟在する細粒凝灰岩の鍵層名。
- *4 「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」の第三条の「耐震重要施設」及び第三十八条の「重大事故等対処施設」をいう。

0 200m

変状弱面の分布評価範囲は、重要な安全機能を有する施設に位置しないことから、重要な安全機能を有する施設*4の基礎地盤には変状弱面は分布しない。

注1) 断層の分布はT.P.-14mにおける位置。  
注2) 本図のシームS-11層準(FT5-3*)の位置は、平成30年5月末時点の掘削面の地質データに基づいて示した。なお、今後掘削する計画の軽油タンク、第一ファールタレント建屋及び燃料補助建屋の部分については、構造物側面に沿って鉛直に掘削するものとして表示した。

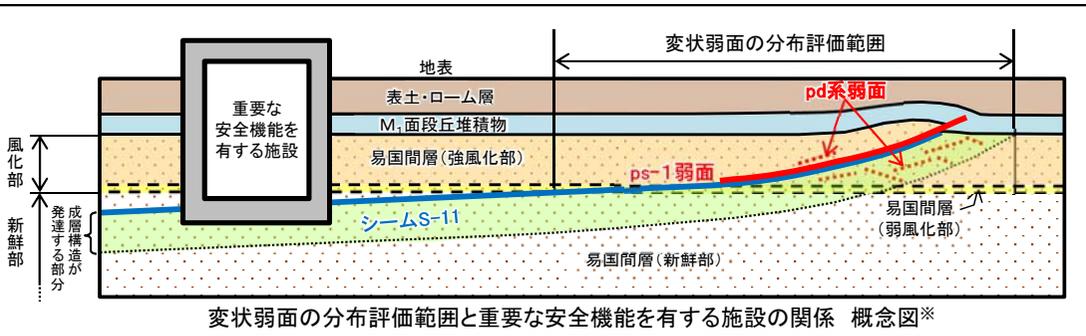
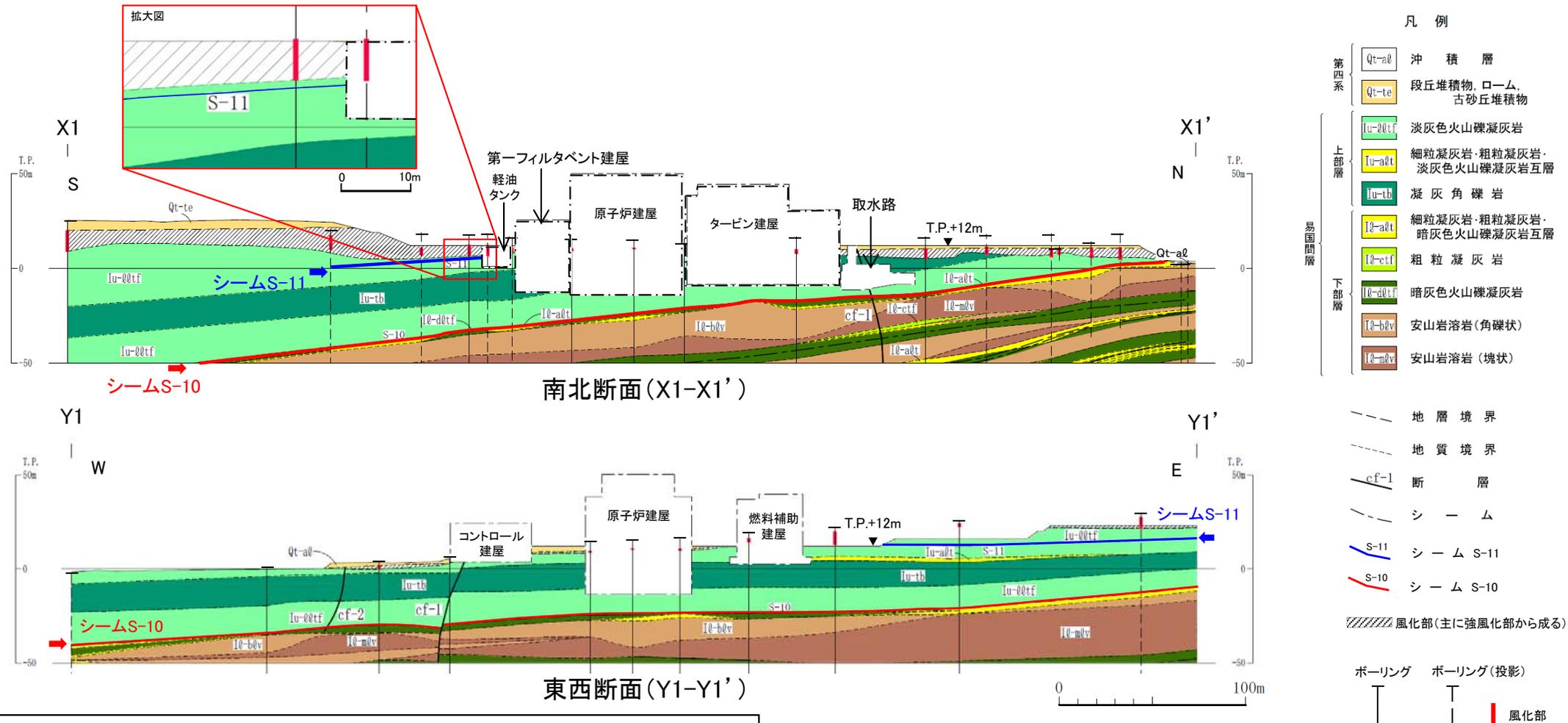
示す箇所は、商業機密あるいは防護上の観点から公開不可としているもので、白抜きとしてあります。

# 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価(3/5)

第700回審査会合  
資料2-2-1 P.4-65 一部修正



## (1) 重要な安全機能を有する施設との位置関係(3/4): 原子炉建屋付近の岩盤の風化部及びシームの分布



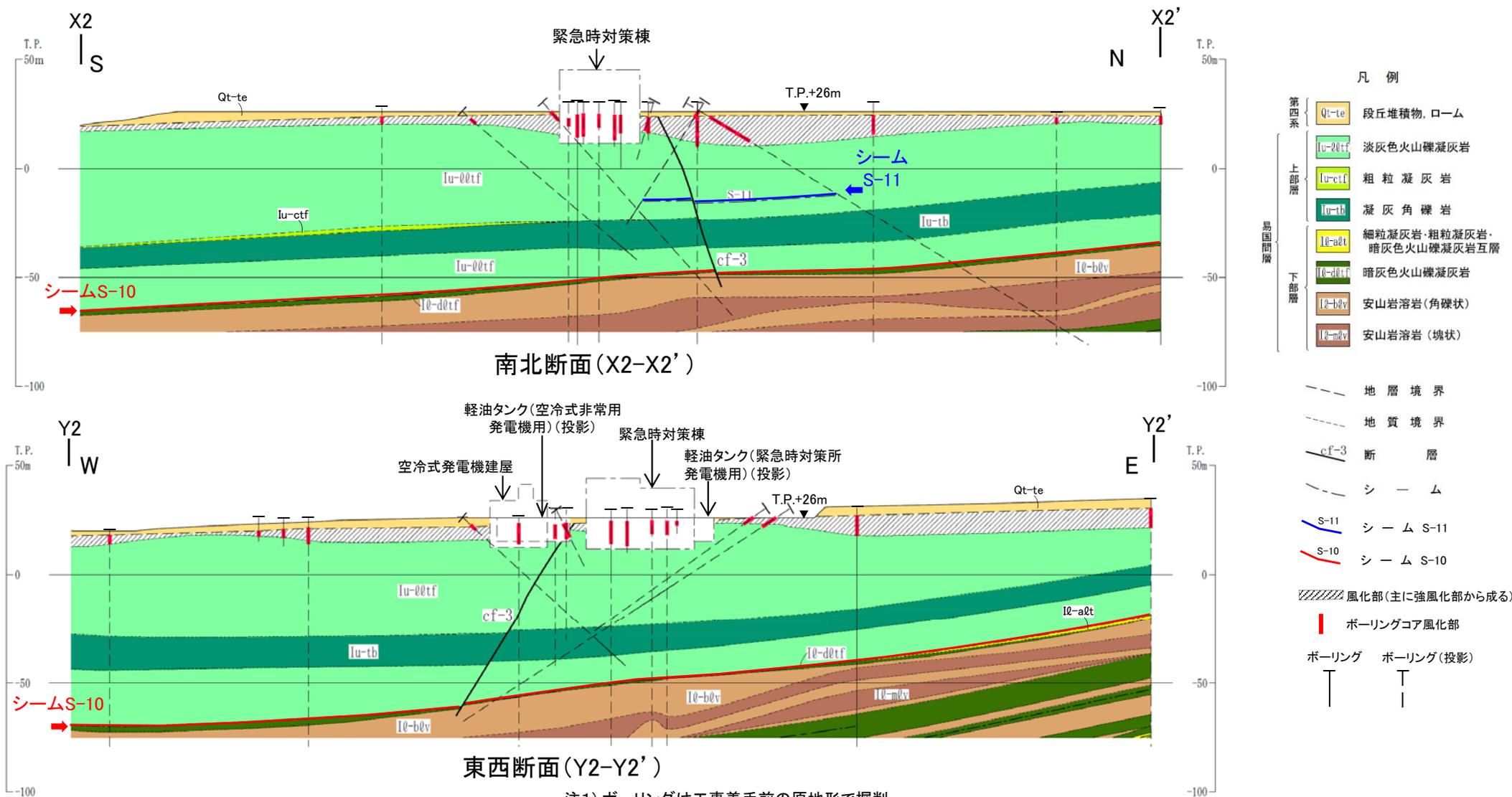
- 注1) ボーリングは工事着手前の原地形で掘削。  
注2) 重要な安全機能を有する施設の埋戻し部については、MMR等で埋め戻す予定。
- 原子炉建屋付近の重要な安全機能を有する施設のうち、X1-X1'断面では軽油タンクの南側側面に岩盤の風化部及びシームS-11が分布するが、既往ボーリング等の調査結果によればS-11は風化部に接しないことから、側面に変状弱面の分布評価範囲は分布しない(左上の拡大図参照)。
  - Y1-Y1'断面では重要な安全機能を有する施設の基礎底面及び側面にはシームの露頭はないことから、変状弱面の分布評価範囲は分布しない。

* 変状弱面の分布評価範囲の詳細はP.4-128参照。

# 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価(4/5)



## (1) 重要な安全機能を有する施設との位置関係(4/4): 緊急時対策棟付近の岩盤の風化部及びシームの分布



注1) ボーリングは工事着手前の原地形で掘削。  
注2) 重要な安全機能を有する施設の埋戻し部については、MMR等で埋め戻す予定。

緊急時対策棟付近の重要な安全機能を有する施設の基礎底面及び側面にはシームの露頭はないことから、変状弱面の分布評価範囲は分布しない。

### (2) 基準適合性の評価

#### 【第四条に関する検討】

変状弱面は、重要な安全機能を有する施設の基礎地盤に分布しないことから、第四条の評価対象と判断される。



変状弱面は、地表付近の強風化部のシーム付近に分布が限定され新鮮部には分布せず、非構造性と判断されることから、震源として考慮する活断層には該当しないと判断される

## 5. まとめ

### 1. 敷地の断層等の概要

#### 1.1 敷地の調査

#### 1.2 敷地の地形

#### 1.3 敷地の地質・地質構造

#### 1.4 敷地の断層等の分類

#### 1.5 敷地の断層等の評価概要

##### 1.5.1 断層等の活動性評価の考え方

##### 1.5.2 断層等と重要な安全機能を有する施設の関係

##### 1.5.3 断層等の総合評価

### 2. 断層

#### 2.1 cf断層系の調査・評価

##### 2.1.1 cf断層系の分布・性状

##### 2.1.2 cf断層系の詳細性状の類似性

##### 2.1.3 cf断層系の活動性評価

#### 2.2 dF断層系の調査・評価

##### 2.2.1 dF断層系の分布・性状

##### 2.2.2 dF断層系の活動性評価

#### 2.3 断層の評価まとめ

### 3. シーム

#### 3.1 シームの認定

#### 3.2 検討対象シームの選定

#### 3.3 シームの分布・性状

##### 3.3.1 シームの分布

##### 3.3.2 シームの詳細性状の類似性

#### 3.4 代表シームの活動性評価

#### 3.5 重要な安全機能を有する施設との 位置関係に基づくシームの評価

### 4. 後期更新世に生じた変状

#### 4.1 後期更新世に生じた変状の調査

#### 4.2 変状形成時に変位を生じた地質弱面の調査

##### 4.2.1 変状弱面の分布・性状

##### 4.2.2 変状弱面の分布範囲

#### 4.3 変状形成時に変位を生じた地質弱面の 形成メカニズムの検討

##### 4.3.1 観察結果に基づく変状弱面の特徴

##### 4.3.2 文献に基づく変状弱面の形成メカニズムの検討と データに基づく検証

##### 4.3.3 風化の進行と変状の形成プロセス

##### 4.3.4 変状弱面の形成メカニズムのまとめ

#### 4.4 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価

### 5. まとめ

## 5. まとめ(1/2)

コメントNo.S2-128



### 【断層の評価まとめ】

#### cf断層系の活動性評価(2.1.3章)【第三条に関する検討】

cf断層系は右横ずれの変位センスを示すことから、見掛けの水平変位量が最大のcf-3断層を代表として、上載地層法により活動性を評価した。

その結果、cf-3断層は、Tf-4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・変形を与え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から、cf断層系は将来活動する可能性のある断層等に該当しない。

#### dF断層系の活動性評価(2.2.2章)【第四条に関する検討】

dF断層系は南側落下の変位センスを示すことから、見掛けの鉛直変位量が最大のdF-a断層を代表として、上載地層法により活動性を評価した。

その結果、dF-a断層は、ボーリング調査により上載地層である鮮新世の大畑層の基底面に断層を示唆する形状や大畑層内に断層を示唆する性状が認められないことから、後期更新世以降の活動はないと判断される。なお、補足調査坑及びTf-1トレンチで直接確認した結果、df-2, 3断層は、上載地層である大畑層に変位・変形を与えていないことから後期更新世以降の活動はないと判断され、dF-a断層と同様の評価である。これらのことからdF断層系は震源として考慮する活断層に該当しない。

### 【シームの評価まとめ】※

#### シームS-1～10, S-0mの活動性評価(3.4章)【第四条に関する検討】

シームS-1～10, S-0mのうち、出現率が最大で易国間層で最も厚いシームS-10を代表として、断層との切断関係及び上載地層法により活動性を評価した。

その結果、シームS-10は、Ts-4トレンチでdF断層系(上載地層法により後期更新世以降の活動なし)により切られ、Ts-11トレンチで上載地層である大畑層の基底面に変位・変形を与え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から、シームS-1～10, S-0mは震源として考慮する活断層に該当しない。

#### シームS-11の活動性評価(3.5章)【第三条に関する検討】

シームS-11は重要な安全機能を有する施設の側面に分布することから、個別に上載地層法により活動性を評価した。

その結果、シームS-11は、Tf-5(a)トレンチでcf-3断層(上載地層法により後期更新世以降の活動なし)により切られ、後期更新世以降の活動はないと判断されることから、シームS-11は将来活動する可能性のある断層等に該当しない。

### 【変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価まとめ】※

変状は、シーム及び変位を伴う不連続面の一部を利用して、新たに岩盤に変位が生じることにより形成されたと考えられることから、変状形成時に変位を生じた地質弱面を断層等として評価した。

#### 変状形成時に変位を生じた地質弱面の評価(4.3章)【第四条に関する検討】

変状弱面は、重要な安全機能を有する施設の基礎地盤に分布しないことから第四条の評価対象と判断される。変状弱面は、地表付近の強風化部のシーム付近に分布が限定され新鮮部には分布せず、非構造性と判断されることから、震源として考慮する活断層には該当しないと判断される。

※ シームと変状弱面とは、分布・性状に違いが認められ活動時期が異なると判断されることから、区別して評価した。

# 5. まとめ(2/2)

コメントNo.S2-128



## 総合評価

### 各種調査項目

**変動地形学的調査**  
(文献調査, 空中写真判読等)  
○断層地形の可能性がある地形の有無  
○地すべり地形の有無

**地質調査**  
(地表地質調査, ボーリング調査, 試掘坑調査, トレンチ調査, 掘削面調査)  
○敷地内の断層の有無  
○分布・性状等の確認

**地球物理学的調査**  
(地表弾性波探査, 反射法地震探査, 重力探査)  
○地下構造の確認  
○深部の地震発生層から地表付近まで連続する断層の有無

### 敷地の断層等

#### 分類と性状

シームと変状形成時に変位を生じた地質弱面とは、分布・性状に違いが認められ活動時期が異なると判断されることから、区別して評価する。

#### 断層等

cf断層系, dF断層系, sF断層系※1 (見掛けの鉛直変位量1m以上の断層)

シームS-1~11, S-0m (層面断層)

#### 断層等(非構造的)

変状形成時に変位を生じた地質弱面 (シーム付近の段丘堆積物及び強風化部に分布, 非構造的)

### 敷地極近傍の断層

(敷地周辺の地質・地質構造にて審議中)

sF断層系※1

- ・sF-1断層
- ・sF-2断層系 [sF-2-1~2-3]

※1: sF断層系は重要な安全機能を有する施設の基礎地盤には分布せず, sF-1断層が敷地の外に続くことを確認したことから, 敷地極近傍の断層として評価する。

### 活動性評価の検討対象とする断層等の整理

重要な安全機能を有する施設の基礎底面又は側面における分布

分布する

- ・cf断層系(cf-1~3)
- ・シームS-11

分布しない

- ・dF断層系(dF-a,b,c, df-1~5)
- ・シームS-1~10, S-0m
- ・変状形成時に変位を生じた地質弱面※2 (ps系弱面, pd系弱面)

※2 「変状弱面の分布評価範囲」と重要な安全機能を有する施設との位置関係から評価

### 断層等の評価

cf断層系

シームS-11

dF断層系

シームS-1~10, S-0m

変状形成時に変位を生じた地質弱面

#### 第三条※3に関する検討

- ・上載地層法による調査の結果, 代表のcf-3断層には後期更新世以降の活動なし【cf断層系】
- ・上載地層法で評価された断層との切断関係等による調査の結果, 後期更新世以降の活動なし【シームS-11】

将来活動する可能性のある断層等に該当しない

#### 第四条※3に関する検討

- ・上載地層法による調査の結果, 代表のdF-a断層には後期更新世以降の活動なし【dF断層系】
- ・上載地層法で評価された断層との切断関係等による調査の結果, 代表のシームS-10には後期更新世以降の活動なし【シームS-1~10, S-0m】

震源として考慮する活断層に該当しない

#### 第四条※3に関する検討

- ・調査の結果, 変状形成時に変位を生じた地質弱面は, 後期更新世の地層に変位・変形を与えているものの, 地表付近の強風化部のシーム付近に分布が限定され新鮮部には分布せず, 非構造的と判断される

震源として考慮する活断層に該当しない

### 総合評価

【第三条に関する検討】 cf断層系及びシームS-11は将来活動する可能性のある断層等に該当しない  
【第四条に関する検討】 dF断層系, シームS-1~10, S-0m及び変状形成時に変位を生じた地質弱面は震源として考慮する活断層に該当しない

## 参考文献(1/2)



1. 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, 437p.
2. 小池一之・町田洋 編(2001):日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会, 122p.
3. 新戸部芳(1969):大間崎付近の海岸段丘, 東北地理, Vol.21, No.1, pp.23-29
4. 宮内崇裕(1988):東北日本北部における後期更新世海成面の対比と編年, 地理学評論, 61 (Ser. A)-5, pp.404-422.
5. 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.
6. Machida, Hiroshi(1999):Quaternary Widespread Tephra Catalog in and around Japan : Recent Progress, The Quaternary Research, Vol.38, No.3, pp.194-201
7. Bromley, R.G.(1990):Trace Fossils: Biology and taphonomy. Spec. Topics Paleontol. Ser. Unwin. Hyman, London, 310p.
8. 垣見俊弘・加藤碩一(1994):地質構造の解析—理論と実際—, 愛智出版, 274p.
9. 地学団体研究会(1996):新版地学事典, 平凡社, 1443p.
10. 日本地質学会地質基準委員会(2003):地質学調査の基本, 共立出版, 220p.
11. 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
12. ノンテクトニック断層研究会編(2015):ノンテクトニック断層—識別方法と事例—, 近未来社, p.248
13. Hanson, K. L., Kelson, K. I., Angell, M. A. and Lettis, W. R. (1999): Techniques for Identifying Faults and Determining Their Origins, U.S. Nuclear Regulatory Commission, NUREG/CR-5503, p.2-100
14. 千木良雅弘(1988):泥岩の化学的風化—新潟県更新統灰爪層の例—, 地質学雑誌, Vol.94, pp.419-431
15. 前田寛之・河野勝宣・小竹純平・安藤勸(2014):続成帯硬質頁岩を基岩とする受け盤型地すべりにおける風化帯の重要性, 日本地すべり学会誌, Vol.51, No.1, pp.13-20
16. 鳥居起志・北川隆司・地下まゆみ(2006):神戸層群豊岡凝灰岩部層中に生成しているスメクタイトの鉱物学的特徴, 粘土科学, Vol.45, No.4, pp.238-249
17. 米田哲朗・大河原正文・渡辺隆(1999):北海道積丹半島豊浜トンネル付近の水冷火砕岩に産するスメクタイト, 粘土科学, Vol.39, No.2, pp.53-64.
18. 湯佐泰久・新井隆・亀井玄人・高野仁(1991):廃棄物ガラスの長期浸出挙動に関するナチュラルアナログ研究, 日本原子力学会誌, Vol.33, No.9, pp.890-905
19. Chabrilat, S. and Goetz, A. F. (1999):The search for swelling clays along the Colorado Front Range: the role of AVIRIS resolution in detection, In 1999 Proceedings from the Airborne Earth Science Workshop, JPL Publication, <http://makalu.jpl.nasa>.
20. Jones, L. D. and Jefferson, I. (2012): Expansive soils, Institute of Civil Engineers Publishing, London, pp. 413-441
21. Azam, S., Ito, M., and Chowdhury, R. (2013):Engineering properties of an expansive soil, In Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, pp.199-202
22. Fityus, S. G. and Smith, D. W. (2004): The development of a residual soil profile from a mudstone in a temperate climate, Engineering Geology, Vol.74, pp.39-56
23. 小口千明・八田珠郎・松倉公憲(1993):火山岩の風化プロセス—従来の研究とその問題点—, 筑波大学水理実験センター報告, No.18, pp.5-17
24. 荒井融・名取二郎(1991):粉末X線回折法による骨材中の有害鉱物の定量化について—ローモンタイトおよびスメクタイト—, 応用地質, vol.32, No.5, pp.221-231
25. 岩崎敬(1979):モンモリロナイトのX線底面反射と層間陽イオンの関係—特にCaおよびNaの分布について—, 鉱物学雑誌, vol.14, pp.78-89
26. Folk, R. L. and Patton, E. B. (1982):Buttressed expansion of granite and development of grus in central Texas. Zeitschrift für Geomorphologie, Vol.26, No.1, 17-32
27. Driscoll, R. M. C. and Chown, R. (2001):Shrinking and swelling of clays. In Problematic soils symposium, pp. 53-66
28. 千木良雅弘・中田英二(2013):様々な岩石の風化に伴う体積膨張とその地質学的意義, 日本地質学会学術大会講演要旨 2013, p.297.
29. Cornu, S., Lucas, Y., Lebon, E., Ambrosi, J. P., Luizão, F., Rouiller, J., Bonnay, M. and Neal, C. (1999). Evidence of titanium mobility in soil profiles, Manaus, central Amazonia. Geoderma, 91(3-4), pp.281-295
30. Du, X., Rate, A. W. and Gee, M. M. (2012): Redistribution and mobilization of titanium, zirconium and thorium in an intensely weathered lateritic profile in Western Australia. Chemical Geology, 330, pp.101-115

## 参考文献(2/2)



31. Grant, J.A. (1986) :The Isocon diagram — A simple solution to Gresen's equation for metasomatic alteration. *Economic Geology* 81, pp.1976–1982
32. Thompson, R. W. (1992): Swell testing as an indicator of structural performance: Dallas, American Society of Civil Engineers Geotechnical Division, Proceedings of the 7th International Conference on Expansive Soils, pp.84–88
33. Burg, J. P. (2017): *Structural Geology and Tectonics*, 4. Thrust Systems, pp.317–318
34. Bui, T. D. (2004): Neural Network Analysis of Sparse Datasets - An Application to the Fracture System in Folds of the Lisburne Formation, Northeastern Alaska, Texas A&M University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, p.9
35. 永田秀尚 (2018): ノンテクトニック地質構造の研究: 研究事例と展望, *地質学雑誌*, Vol.124, No.11, pp.904–905.
36. Noe, D. C. and Dodson, M. D. (1999): Heaving bedrock hazards associated with expansive, steeply dipping bedrock, Douglas county, Colorado (Vol. 42). Colorado Geological Survey, Dept. of Natural Resources. p.13