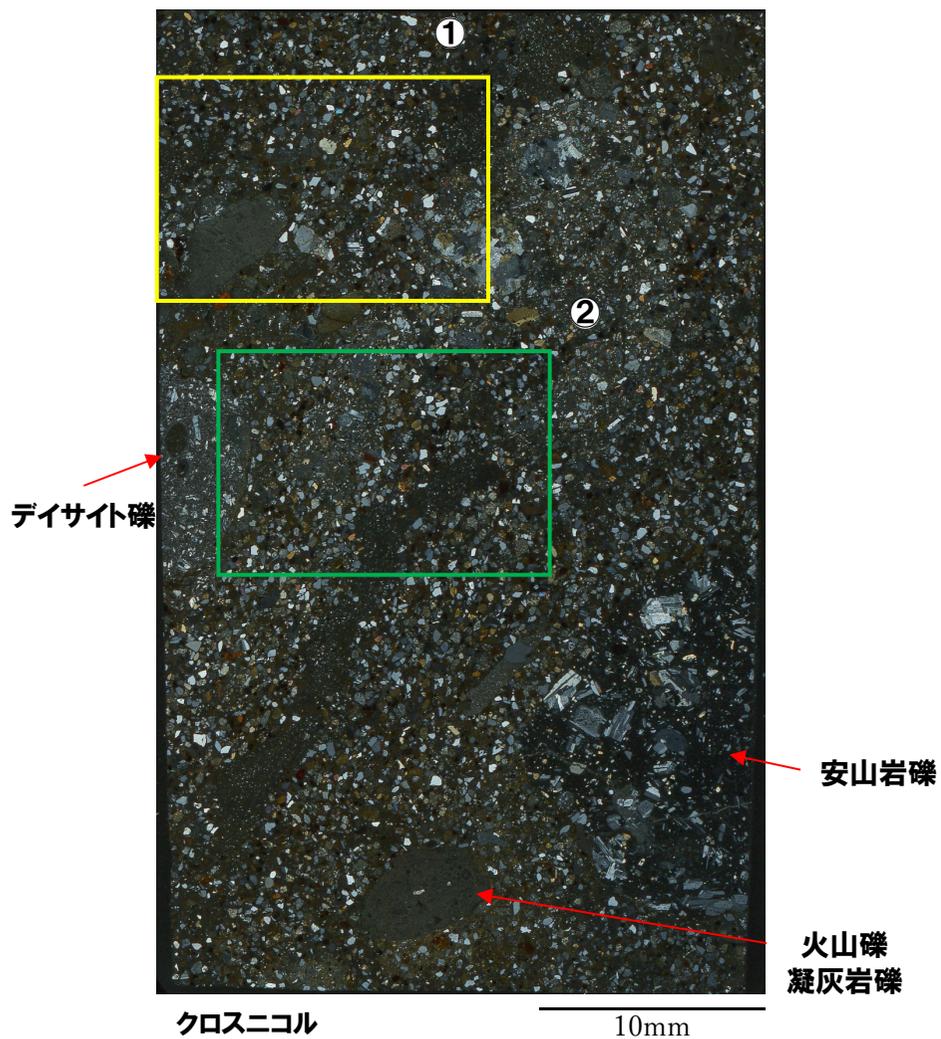


①薄片観察-SKB-S-4(2/2)-



<拡大写真①>



<拡大写真②>



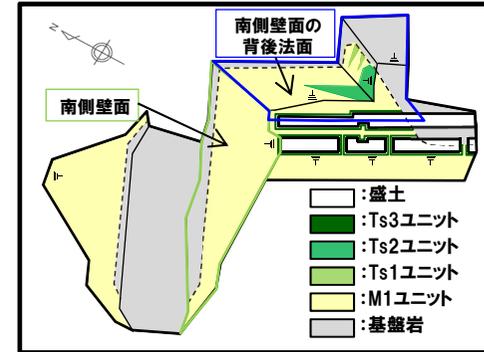
開削調査箇所(南側)

②火山灰分析-まとめ-

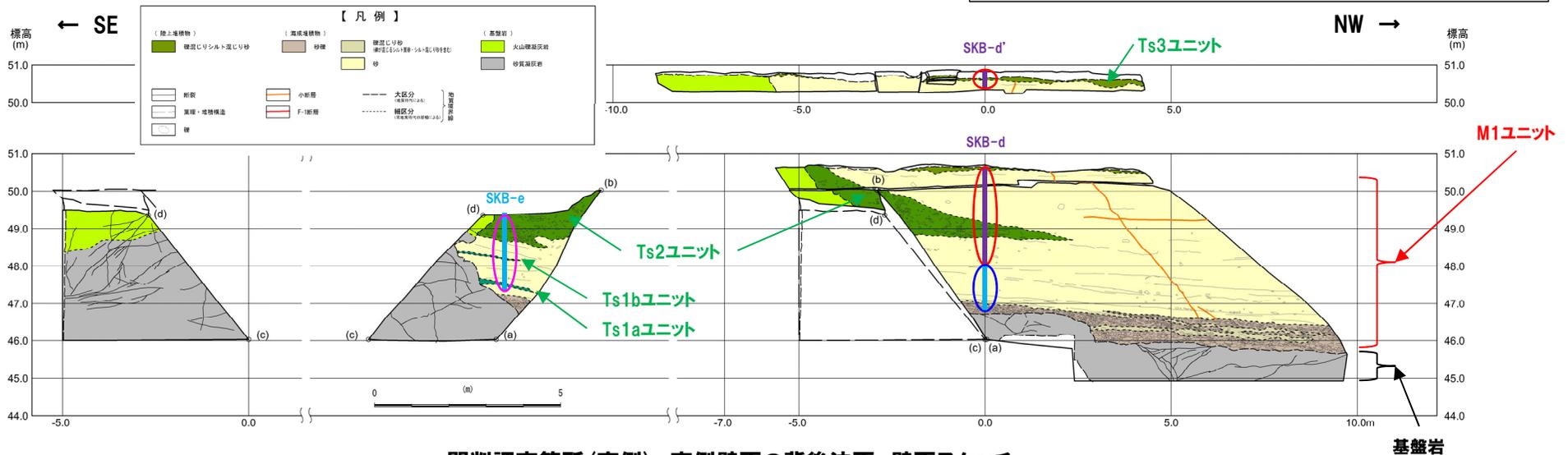
○開削調査箇所(南側)南側壁面の背後法面において、鉛直方向に連続的に火山灰分析を実施した(測線SKB-d, SKB-d'及びSKB-e)。



- 重鉱物(斜方輝石及び角閃石)の屈折率測定の結果, Ts3ユニットとTs1ユニット及びTs2ユニットは, 概ね同様な範囲に分布し, 特有なピークは認められない。
- 重鉱物(斜方輝石及び角閃石)の主成分分析の結果, Ts3ユニットとTs1ユニット及びTs2ユニットにおける主元素組成の各分布範囲は, 概ね同様である。
- 斜方輝石の含有量は, 一部例外は認められるものの, Ts2ユニットが認められる範囲(標高49m程度)においては, 減少する傾向が認められる。なお, Ts1ユニット及びTs3ユニットは層厚が薄いため, 傾向の変化を把握することは難しい状況である。
- 火山ガラスの主成分分析の結果, 盛土中には洞爺火山灰の混在が認められるものの, Ts1ユニット, Ts2ユニット及びTs3ユニットには洞爺火山灰は認められない。



開削調査箇所(南側)平面模式図



開削調査箇所(南側) 南側壁面の背後法面 壁面スケッチ

基盤岩

②火山灰分析-屈折率測定結果(1/3)-

- 重鉱物(斜方輝石及び角閃石)の屈折率測定の結果, Ts3ユニットとTs1ユニット(Ts1aユニット及びTs1bユニット)及びTs2ユニットは, 概ね同様な範囲に分布し, 特有なピークは認められない。
- 斜方輝石の含有量は, 一部例外は認められるものの, Ts2ユニットが認められる範囲(標高49m程度)においては, 減少する傾向が認められる(次頁~P91緑囲みの範囲)。
- なお, Ts1ユニット(Ts1aユニット及びTs1bユニット)及びTs3ユニットは層厚が薄いため, 傾向の変化を把握することは難しい状況である。

開削調査箇所(南側)

②火山灰分析-屈折率測定結果(2/3) -

一部修正 (R2/8/7審査会合)

地点名: SKB-d'

盛土
Ts3ユニット
M1ユニット

試料番号	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量 (/3000粒子)				重鉱物の含有量 (/3000粒子)			β石英 (/3000粒子)	備考	火山ガラスの屈折率(nd)		斜方輝石の屈折率(γ)				角閃石の屈折率(n2)		
		1	2	3	4	Opx	Gl Ho	Cum			1.500	1.510	1.700	1.710	1.720	1.730	1.670	1.680	1.690
d'-1	Toya混在																		
d'-2																			
d'-3																			
d'-4																			

R2.4.16 審査会合以前に実施*

地点名: SKB-d

特有なピークは認められず、概ね同様な範囲に分布

主成分分析(火山ガラス)実施箇所(P93参照) (R2.4.16審査会合以前に実施)

EL.約50m

M1ユニット

EL.約49m

Ts2ユニット

EL.約48m

M1ユニット

EL.約47m

試料番号	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量 (/3000粒子)				重鉱物の含有量 (/3000粒子)			β石英 (/3000粒子)	備考	火山ガラスの屈折率(nd)		斜方輝石の屈折率(γ)				角閃石の屈折率(n2)		
		1	2	3	4	Opx	Gl Ho	Cum			1.500	1.510	1.700	1.710	1.720	1.730	1.670	1.680	1.690
d-1																			
d-2																			
d-3																			
d-5																			
d-6																			
d-7																			
d-8																			
d-9																			
d-10																			
d-11																			
d-12																			
d-13																			
d-14																			
d-15																			
d-16																			
d-17																			
d-18																			
d-19																			
d-20																			
d-21																			
d-22																			
d-23																			
d-24																			
d-25																			
d-26																			
d-27																			
d-28																			
d-29																			
d-30																			
d-31																			
d-32																			
d-33																			
d-34																			
d-35																			
d-36																			
d-37																			
d-38																			

R2.4.16 審査会合以前に実施*

R2.4.16 審査会合以降に実施

■ バブルウォール(Bw)タイプ
■ ハミス(Pm)タイプ
■ 低発泡(O)タイプ
■ Opx: 斜方輝石
■ GHo: 緑色普通角閃石
■ Cum: カミングトン閃石

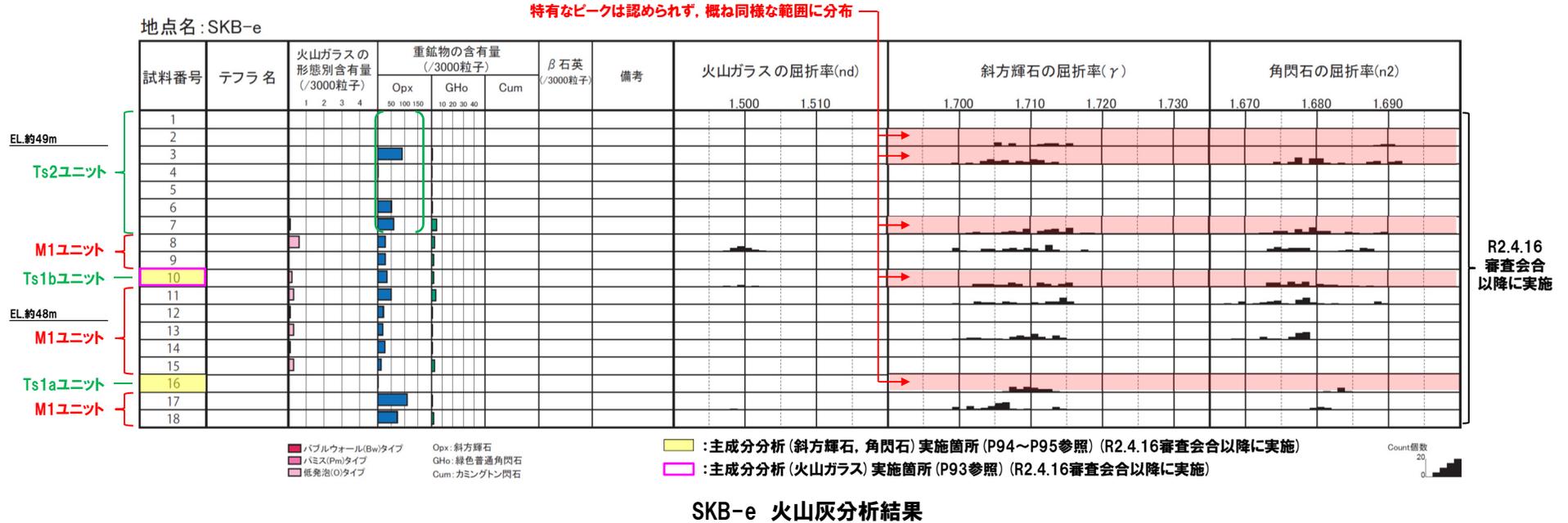
SKB-d' 及びSKB-d 火山灰分析結果

: 主成分分析(斜方輝石、角閃石)実施箇所(P94~P95参照) (R2.4.16審査会合以降に実施)
 : 主成分分析(火山ガラス)実施箇所(P93参照) (R2.4.16審査会合以降に実施)
 ※既往分析実施箇所においても、R2.4.16審査会合以降、各ユニットに対し、火山ガラス、斜方輝石及び角閃石の屈折率について、データ拡充を図っている。

Count個数
20

開削調査箇所(南側)

②火山灰分析-屈折率測定結果(3/3) -



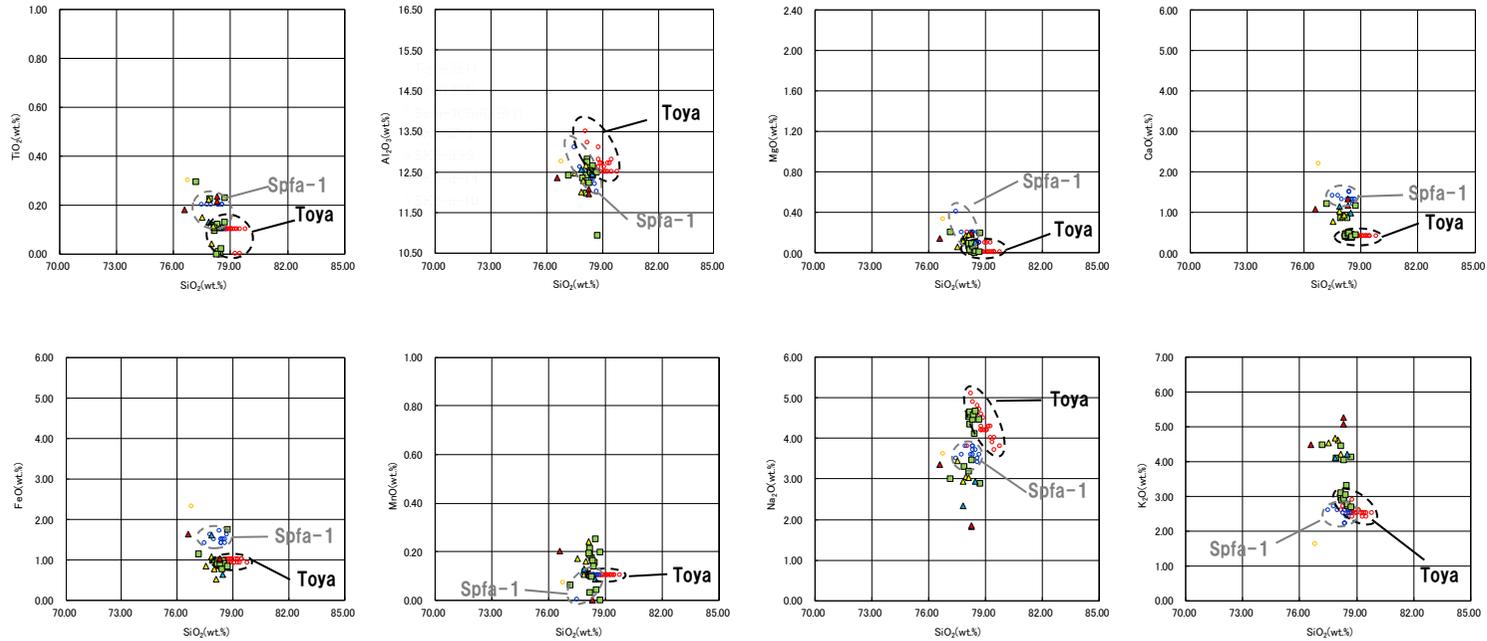
SKB-e 火山灰分析結果

②火山灰分析-主成分分析結果(1/4) -

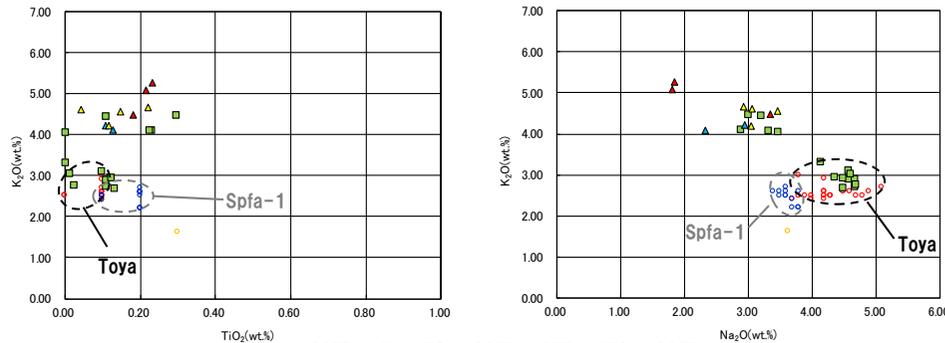
- 火山ガラスの主成分分析の結果、盛土中には洞爺火山灰の混在が認められるものの、Ts1ユニット(Ts1bユニット)、Ts2ユニット及びTs3ユニットには洞爺火山灰は認められない。
- 重鉱物(斜方輝石及び角閃石)の主成分分析の結果、Ts3ユニットとTs1ユニット(Ts1aユニット及びTs1bユニット)及びTs2ユニットにおける主元素組成の各分布範囲は、概ね同様である。

開削調査箇所(南側)

②火山灰分析-主成分分析結果(2/4) -



測線SKB-d', 測線SKB-d及び測線SKB-e 火山ガラスの主元素組成 (ハーカー図)



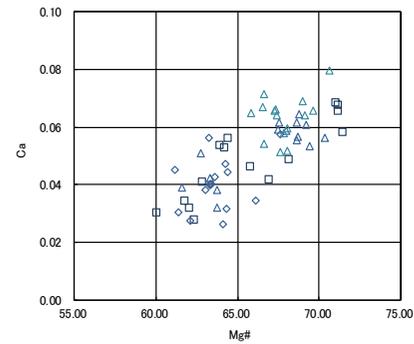
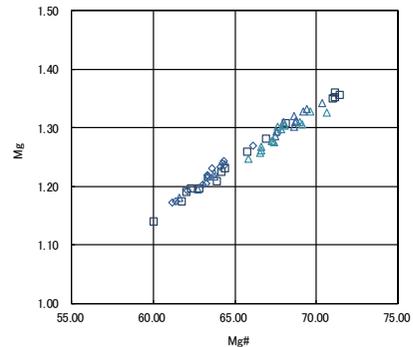
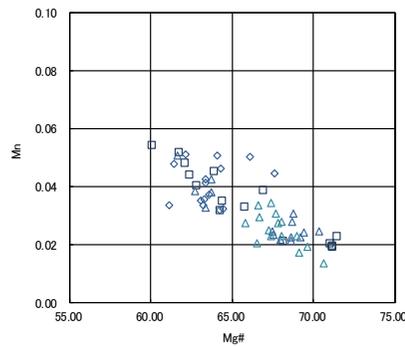
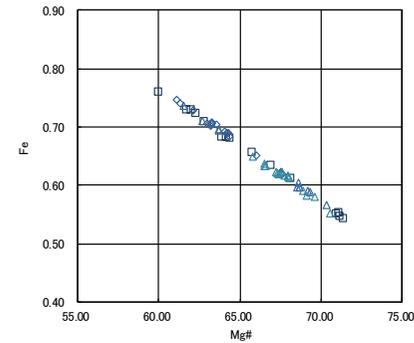
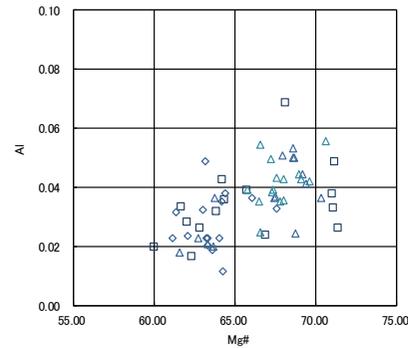
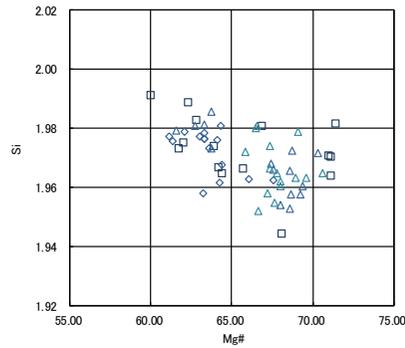
測線SKB-d', 測線SKB-d及び測線SKB-e
火山ガラスのK₂O-TiO₂図(左図), K₂O-Na₂O図(右図)



※1 R2.4.16審査会合以降に実施
 ※2 町田・新井(2011), ※3 青木・町田(2006)

開削調査箇所(南側)

②火山灰分析-主成分分析結果(3/4) -

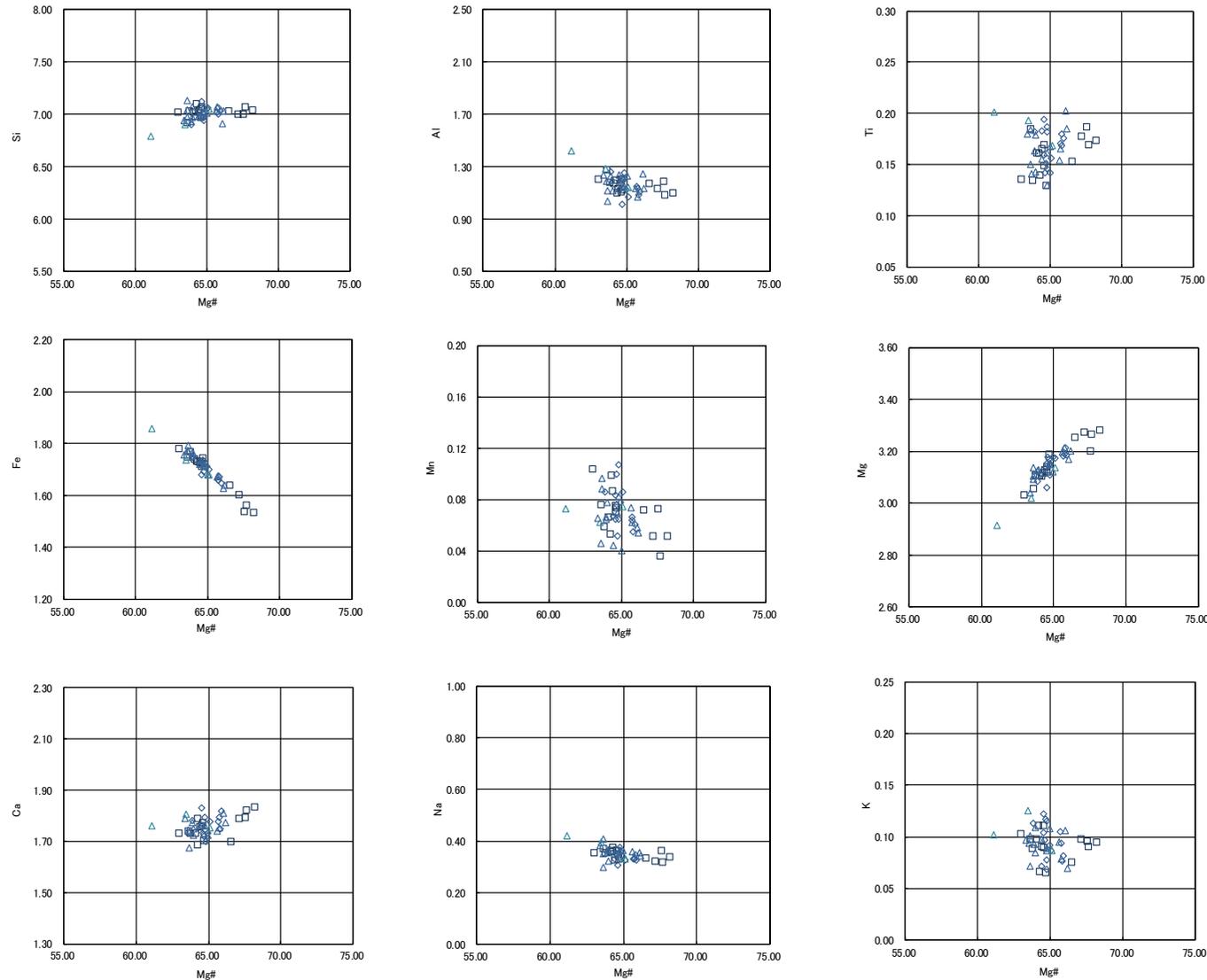


凡例	
□	SKB-d'-2 Ts3ユニット
◇	SKB-d-14 Ts2ユニット
△	SKB-e-10 Ts1bユニット
▽	SKB-e-16 Ts1aユニット

Mg# = 100Mg / (Mg+Fe)

開削調査箇所(南側) 測線SKB-d', 測線SKB-d及び測線SKB-e
斜方輝石Opx 主元素組成 (R2.4.16審査会合以降に実施)

②火山灰分析-主成分分析結果(4/4) -



凡例	
□	SKB-d-2 Ts3ユニット
◇	SKB-d-14 Ts2ユニット
△	SKB-e-10 Ts1bユニット
▽	SKB-e-16 Ts1aユニット

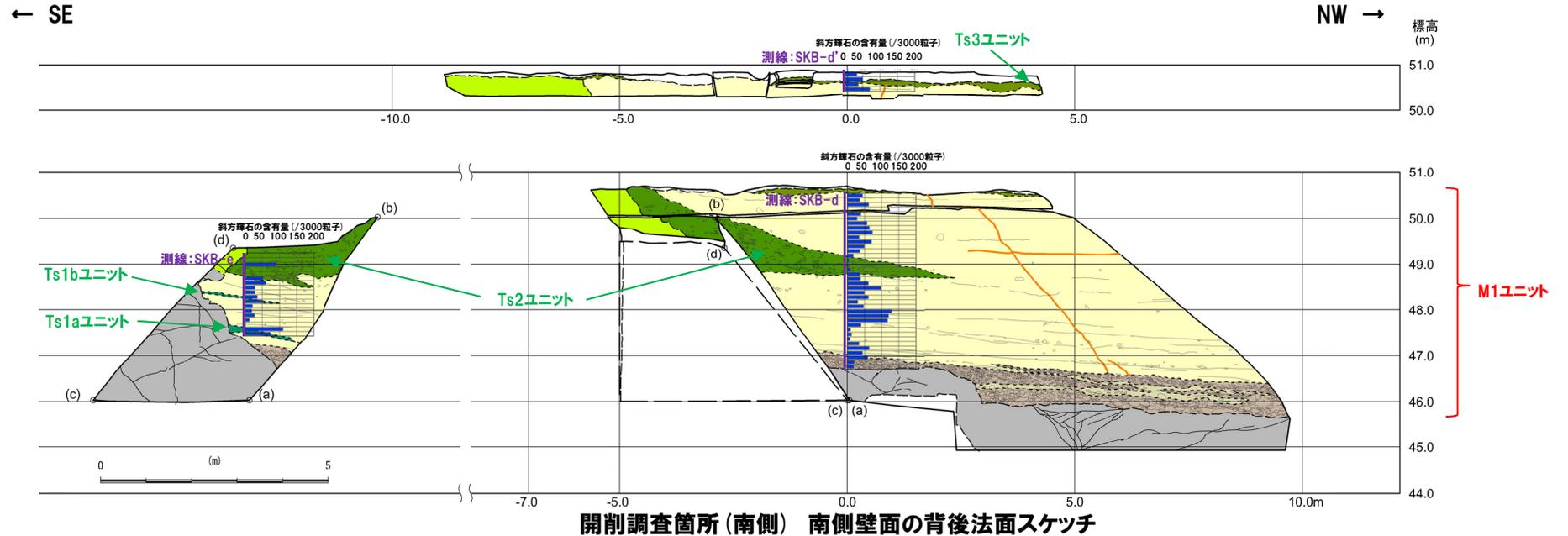
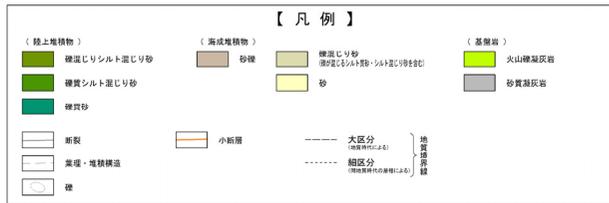
Mg# = 100Mg / (Mg+Fe)

開削調査箇所(南側) 測線SKB-d', 測線SKB-d及び測線SKB-e
角閃石Ho 主元素組成 (R2.4.16審査会合以降に実施)

開削調査箇所(南側)

②火山灰分析-斜方輝石含有量の比較-

- 斜方輝石の含有量を開削調査箇所(南側)南側壁面の背後法面スケッチに重ねたものを下図に示す。
- 斜方輝石の含有量は、一部例外は認められるものの、Ts2ユニットが認められる範囲(標高49m程度)においては、減少する傾向が認められる。



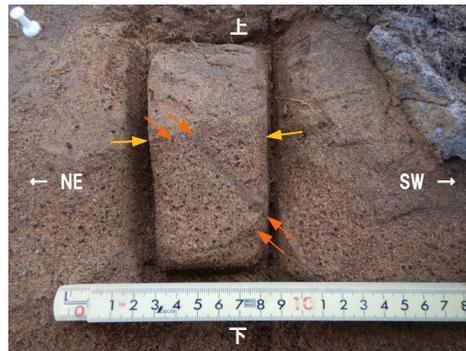
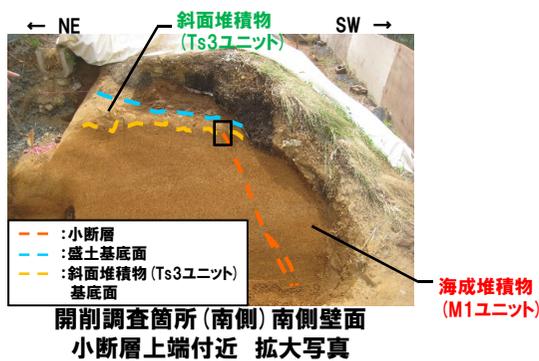
余白

開削調査箇所(南側)

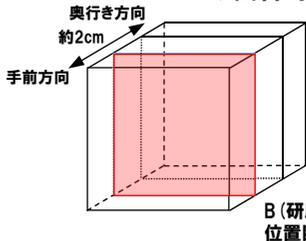
③南側壁面への連続性 -ブロック試料(1/6) -

一部修正 (R2/8/7審査会合以降)

- R2.4.16審査会合において提示した研磨片観察及びX線CT画像観察における層相境界(海成堆積物(M1ユニット)及び斜面堆積物であるTs3ユニット(遷移部含む))設定の着目点は以下のとおり。
 - ・研磨片観察においては、淘汰が良い砂及びシルト混じり砂の境界部
 - ・X線CT画像観察においては、比較的低密度でザラザとした見た目を示す箇所及び比較的高密度でザラザとした見た目ではない箇所の境界部
- 研磨片観察結果及びX線CT画像観察において設定した層相境界は調和的であり、層相確認による特徴と同様である。

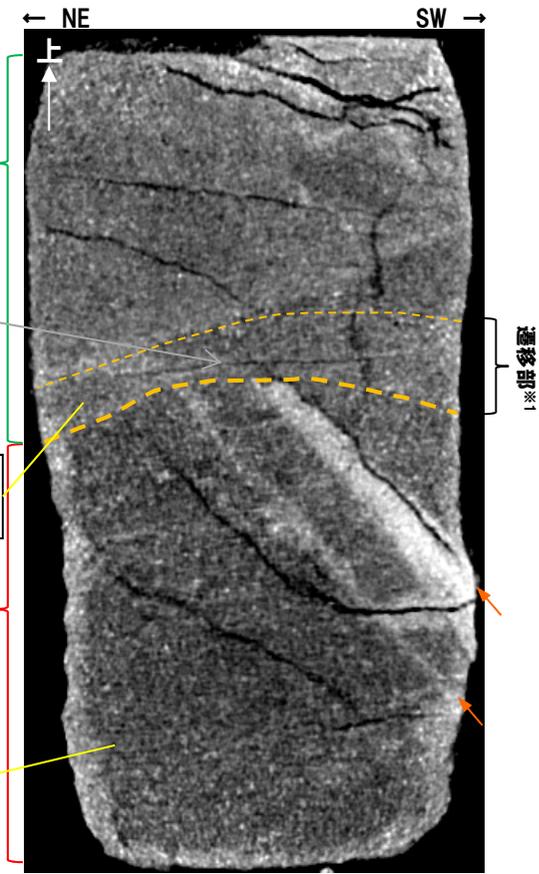


ブロック試料 採取時状況写真



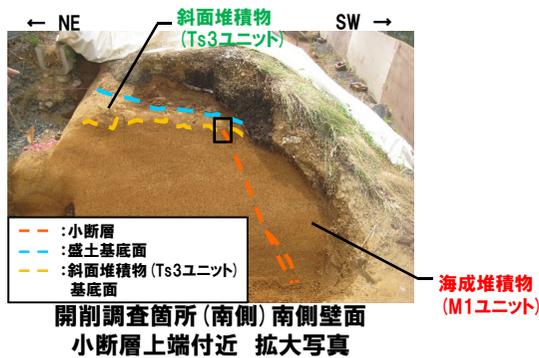
※1 遷移部の分布範囲については、R2.4.16審査会合以降に実施した南側壁面の背後法面天端付近における追加調査結果を踏まえ、R2.4.16審査会合資料において提示したのから、見直しを行った。

※2 当該線構造は、斜面堆積物中に認められること及び断面(A)～断面(D)のいずれにおいても連続が不明瞭であることから、斜面堆積物堆積後に形成された小規模な構造であると考えられる。

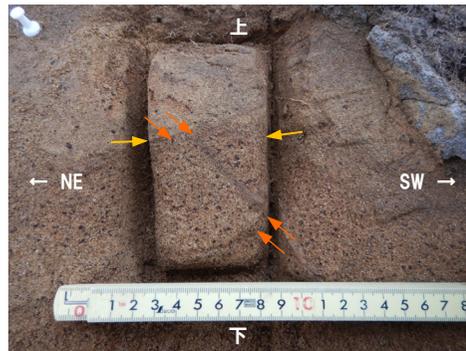


開削調査箇所(南側)

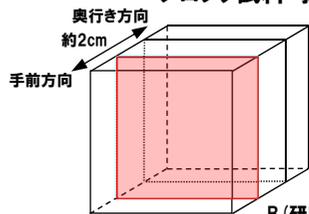
③南側壁面への連続性 -ブロック試料(2/6) -



開削調査箇所(南側) 南側壁面
小断層上端付近 拡大写真



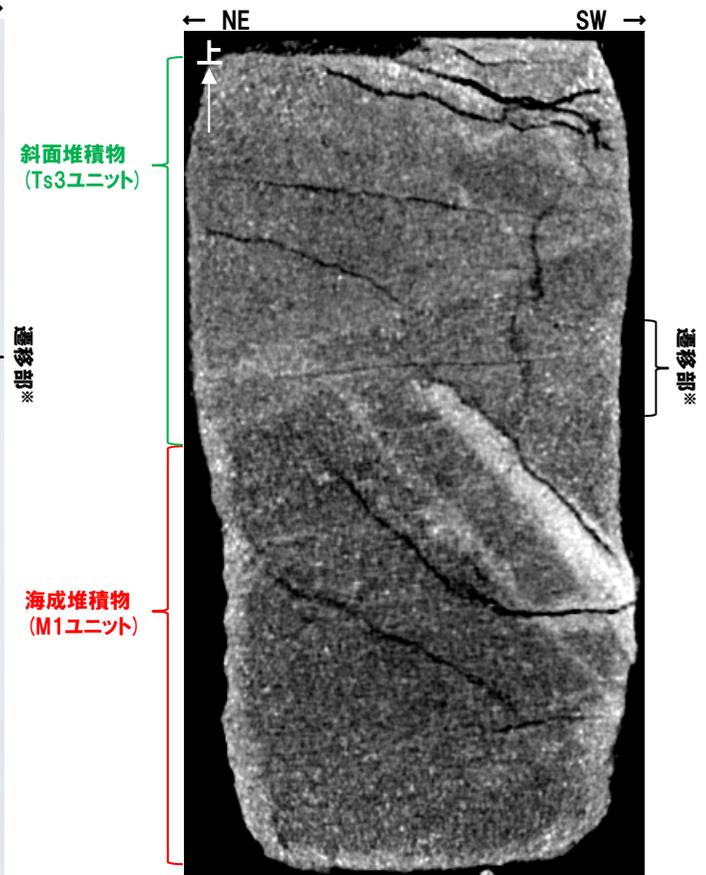
ブロック試料 採取時状況写真



※遷移部の分布範囲については、R2.4.16審査会合以降に実施した南側壁面の背後法面天端付近における追加調査結果を踏まえ、R2.4.16審査会合資料において提示したのから、見直しを行なった。



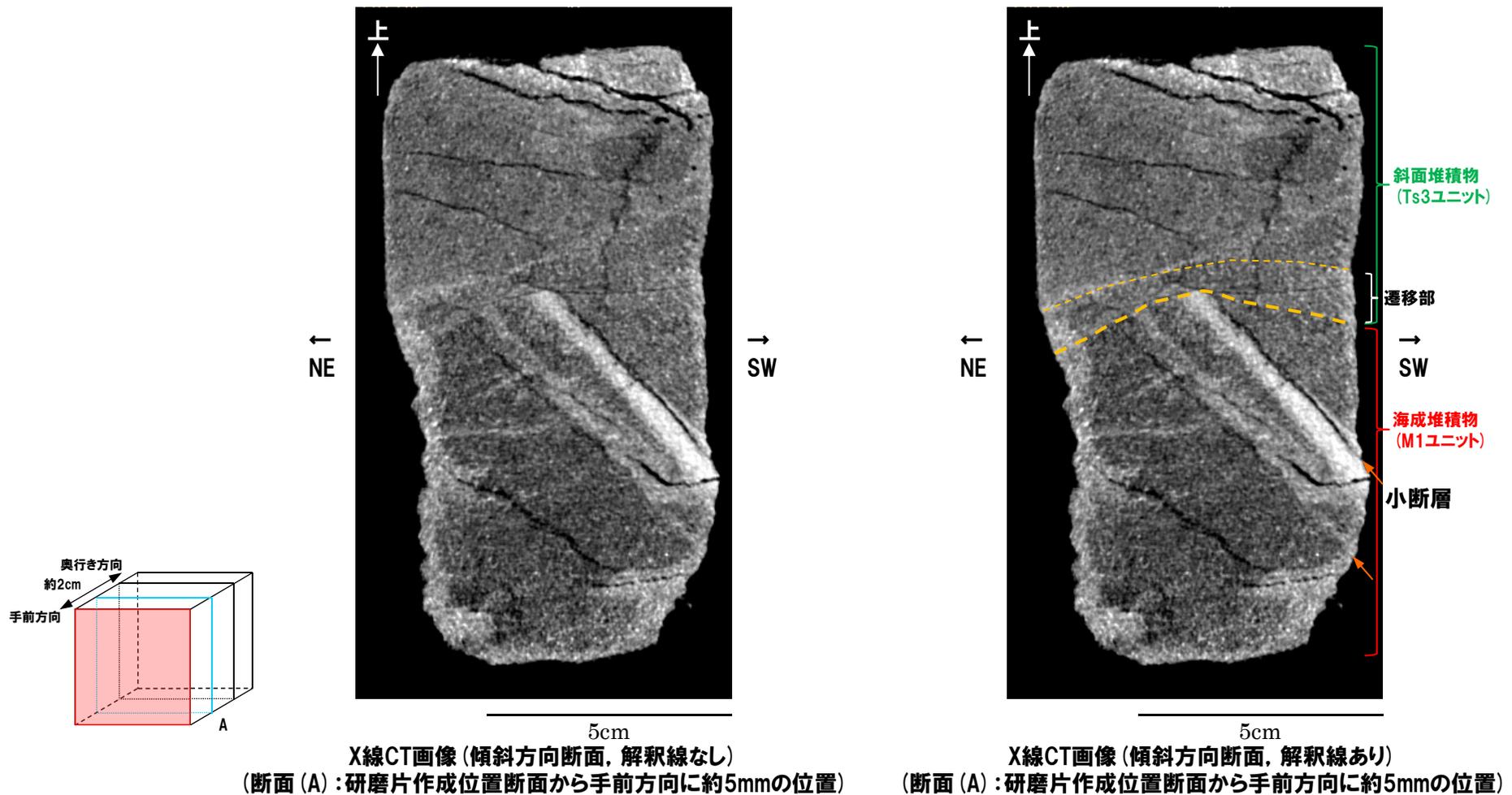
傾斜方向研磨片 (解釈線なし) 5cm



X線CT画像 (傾斜方向断面, 解釈線なし) (断面(B): 研磨片作成位置断面) 5cm

③南側壁面への連続性 -ブロック試料(3/6) -

- 複数断面において、奥行き方向に遷移部(Ts3ユニット)及び斜面堆積物(Ts3ユニット)の連続性を確認した。
- 各断面において、海成堆積物(M1ユニット)に対応する箇所の上位に、遷移部(Ts3ユニット)に対応する箇所が認められ、奥行き方向への連続が認められる。



③南側壁面への連続性 -ブロック試料(4/6) -

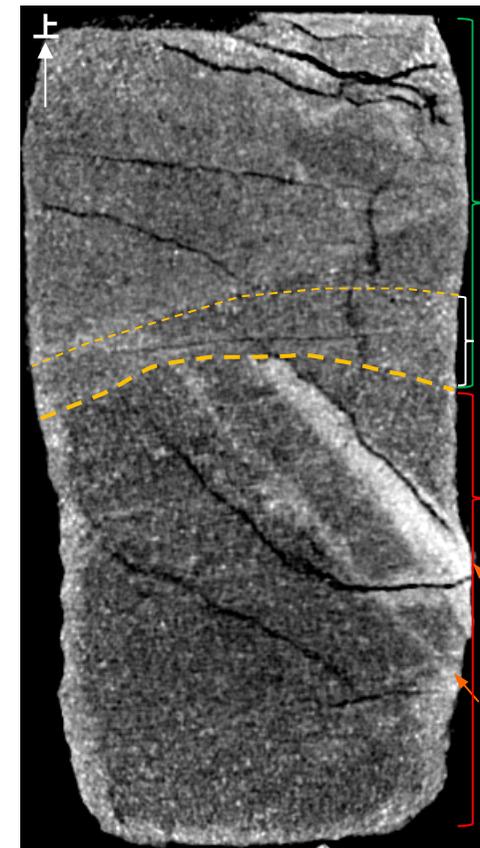


B (研磨片作成位置断面)

5cm

X線CT画像(傾斜方向断面, 解釈線なし)

(断面(B):研磨片作成位置断面, P98~P99断面再掲)

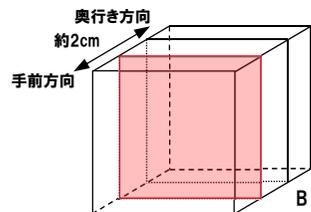


5cm

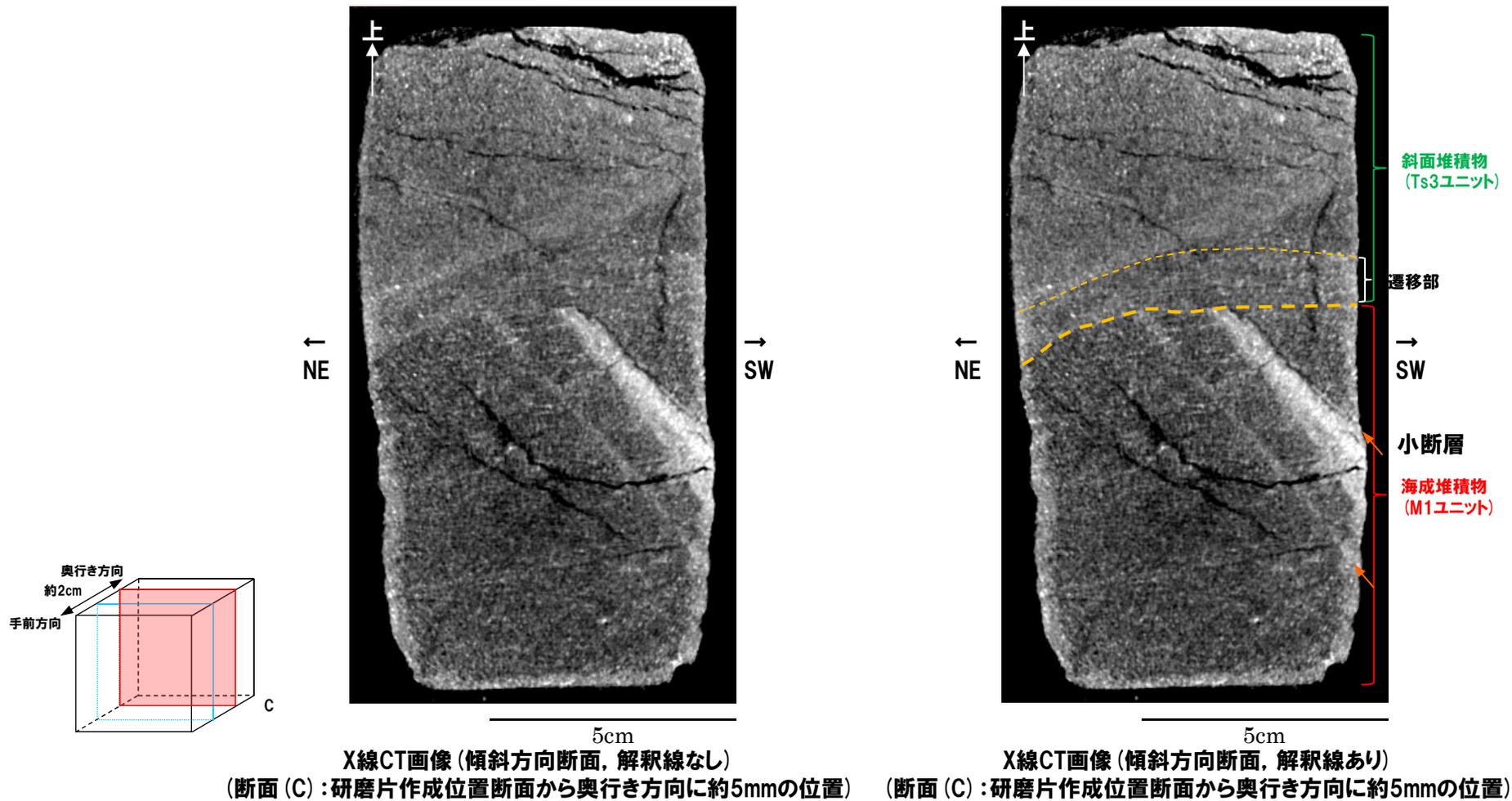
X線CT画像(傾斜方向断面, 解釈線あり)

(断面(B):研磨片作成位置断面, P98~P99断面再掲)

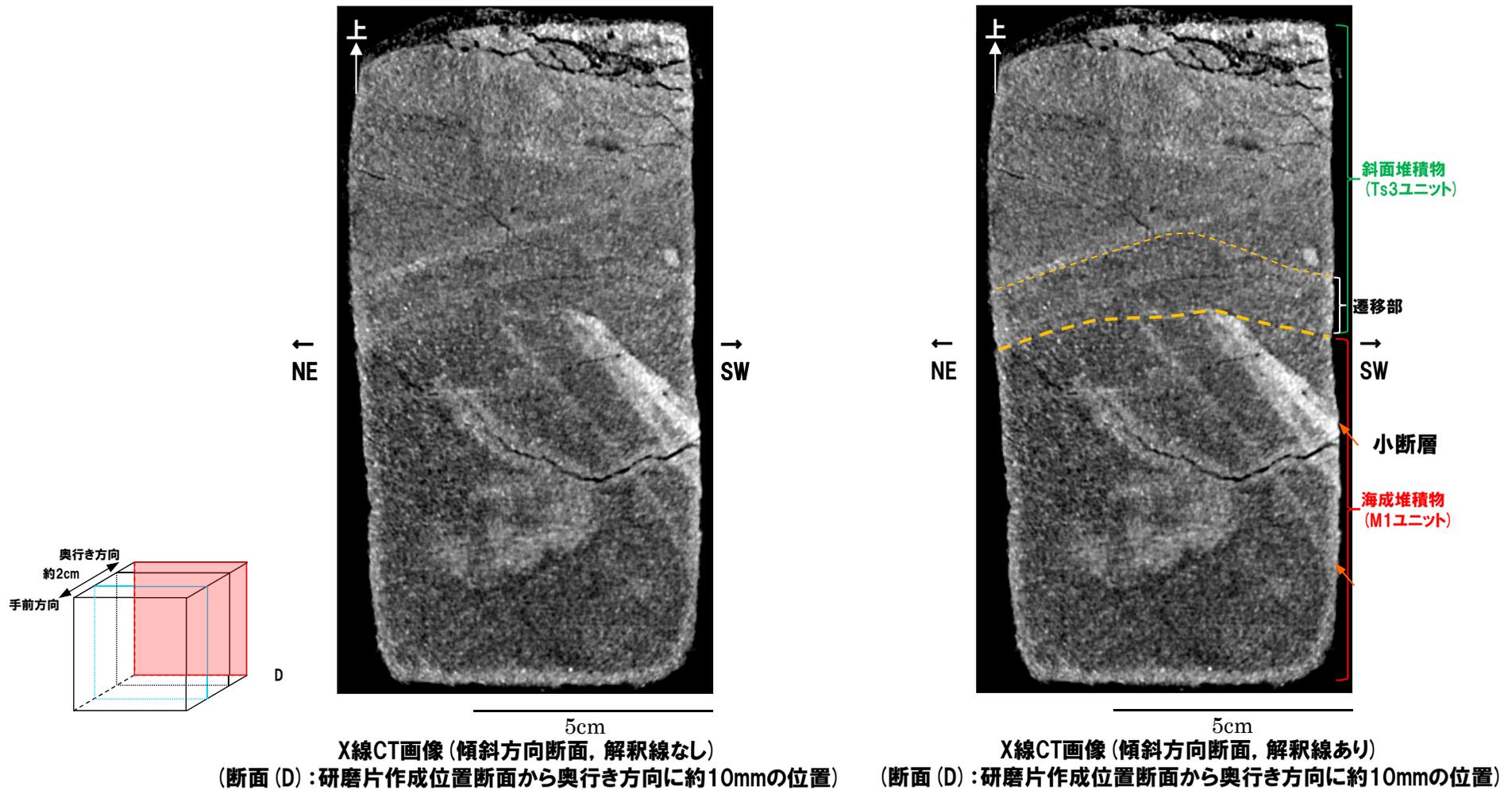
※遷移部の分布範囲については、R2.4.16審査会合以降に実施した南側壁面の背後法面天端付近における追加調査結果を踏まえ、R2.4.16審査会合資料において提示したのから、見直しを行なった。



③南側壁面への連続性 -ブロック試料(5/6) -



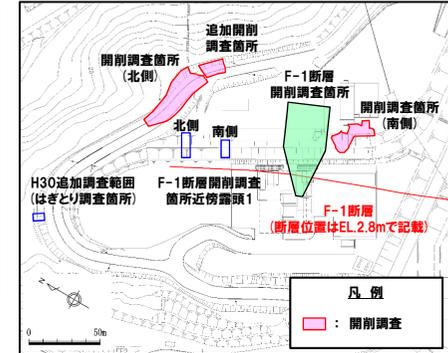
③南側壁面への連続性 -ブロック試料(6/6) -



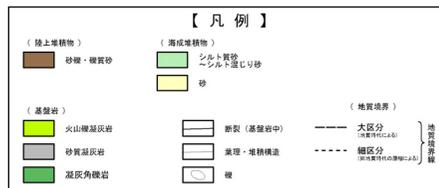
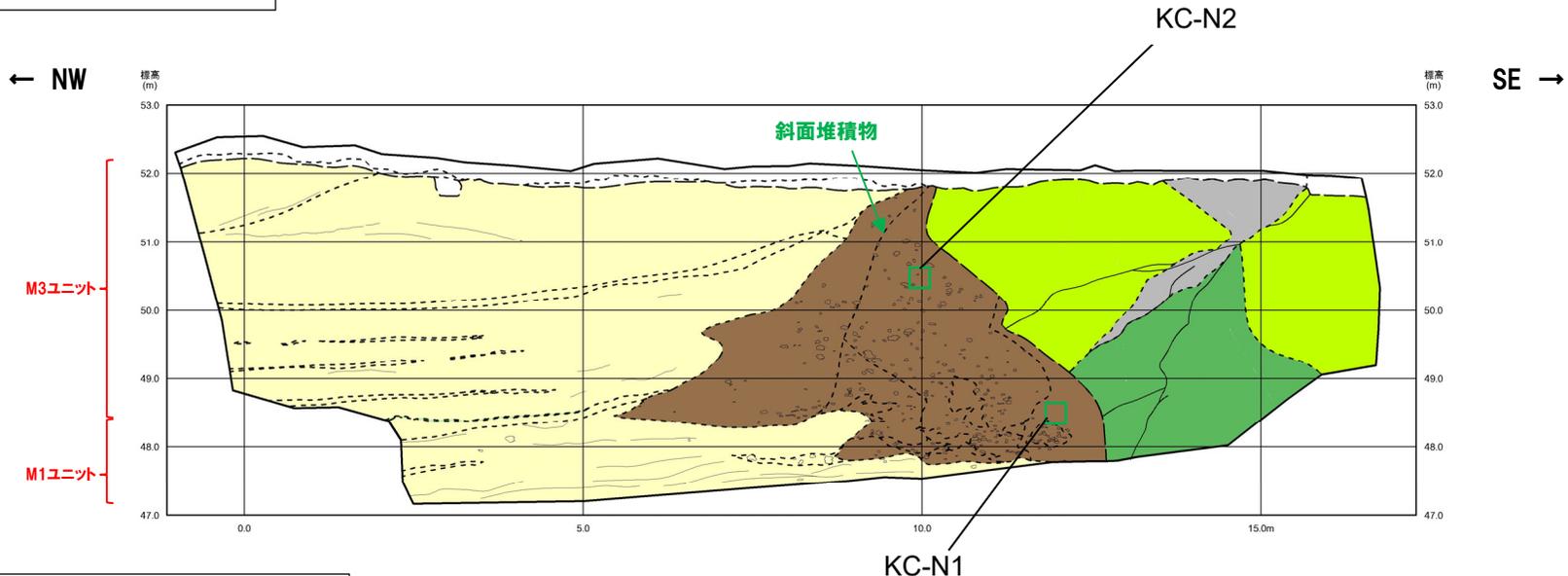
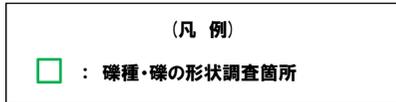
追加開削調査箇所

③-1 追加開削調査箇所 礫種・礫の形状調査-試料採取箇所(1/2)-

- 追加開削調査箇所において認められる斜面堆積物について、R2.4.16審査会合以降、礫種・礫の形状調査を実施した。
- 調査は、開削調査箇所(南側)南側壁面の背後法面に認められるTs1ユニット、Ts2ユニット及びTs3ユニットを対象に実施した方法と概ね同様に、以下のとおり実施した。
 - ・各調査箇所については、約9000cm³(30cm×30cm×10cm程度)のブロック試料を採取。
 - ・採取したブロック試料から、4.75mm以上の礫を篩い分けにより抽出※。
 - ・抽出した礫に対し、礫種、球形度及び円磨度について確認した。



※既往の礫種・礫の形状調査に用いた礫の平均礫径が概ね中礫サイズであることに拠る。



追加開削調査箇所 北側壁面 試料採取位置

③-1 追加開削調査箇所 礫種・礫の形状調査-試料採取箇所(2/2)-



KC-N1 試料採取箇所



KC-N2 試料採取箇所

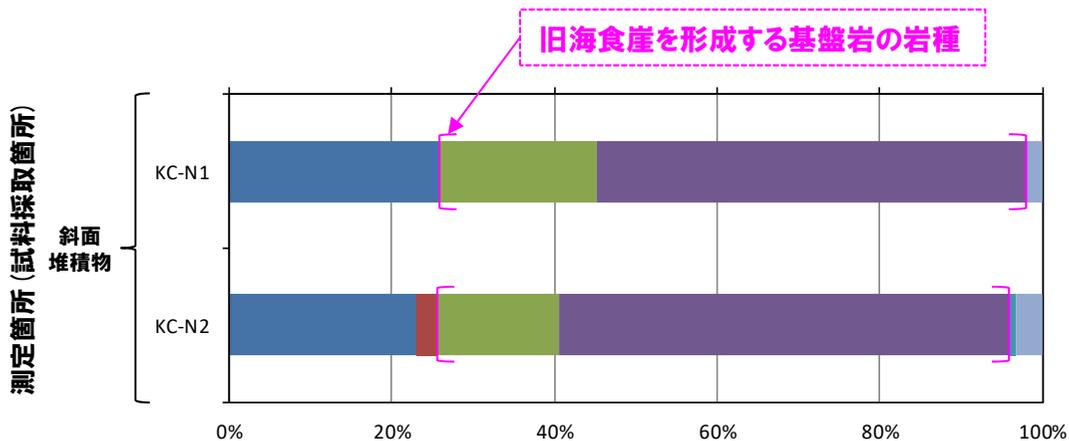
追加開削調査箇所 試料採取箇所写真

③-1 追加開削調査箇所 礫種・礫の形状調査-礫種調査結果-

- 試料採取箇所 (KC-N1及びKC-N2) から抽出した礫について、礫種を調査した。
- 試料採取箇所毎の整理結果を以下の図に示す。

【礫種調査結果】

- KC-N1 (礫質砂) 及びKC-N2 (砂礫) の主要構成礫は、砂質凝灰岩礫である。
- 斜面堆積物は、開削調査箇所 (南側) 南側壁面の背後法面の調査結果 (次頁参照) と同様に、旧海食崖を形成する基盤岩の岩種 (火山礫凝灰岩及び砂質凝灰岩) と同様な礫種が多く含まれる。



礫種毎の数量・割合 (調査窓) ※

調査箇所	安山岩	デイサイト	火山礫凝灰岩	砂質凝灰岩	凝灰岩	泥岩	珪質岩	計
KC-N1	27	0	20	55	0	0	2	104
	26.0%	0.0%	19.2%	52.9%	0.0%	0.0%	1.9%	100.0%
KC-N2	28	3	18	67	1	0	4	121
	23.1%	2.5%	14.9%	55.4%	0.8%	0.0%	3.3%	100.0%

※表中の上段はサンプリング数, 下段は構成比を示している。

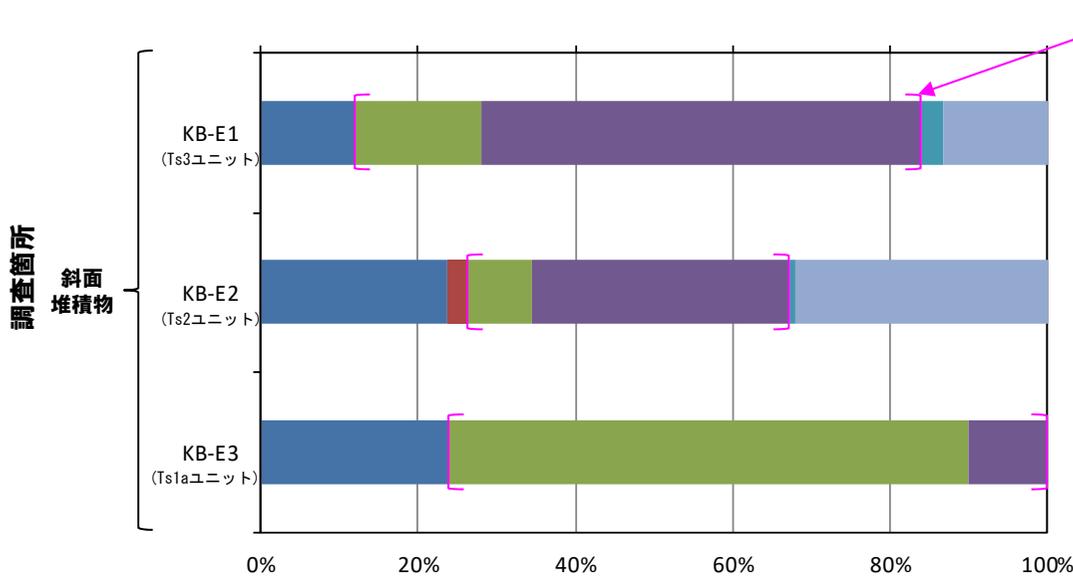


(参考) 南側壁面の背後法面 礫種調査結果

- 試料採取箇所 (KB-E1, KB-E2及びKB-E3) から抽出した礫について、礫種を調査した。
- 試料採取箇所毎の整理結果を以下の図に示す。

【礫種調査結果】

- KB-E1 (礫混じりシルト混じり砂) の主要構成礫は、砂質凝灰岩礫である。
- KB-E2 (礫質シルト混じり砂) の主要構成礫は、砂質凝灰岩礫及び珪質岩礫である。
- KB-E3 (礫質砂) の主要構成礫は、火山礫凝灰岩礫である。
- 各堆積物に含まれる礫種の構成割合には差異が認められるが、旧海食崖を形成する基盤岩の岩種 (火山礫凝灰岩及び砂質凝灰岩) と同様な礫種が多く含まれる状況が共通する。

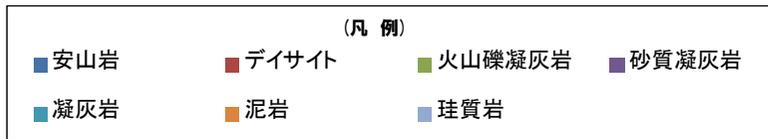


旧海食崖を形成する基盤岩の岩種

礫種毎の数量・割合 (試料採取箇所) ※

調査箇所	安山岩	デイサイト	火山礫凝灰岩	砂質凝灰岩	凝灰岩	泥岩	珪質岩	計
KB-E1 (Ts3ユニット)	12.0%	0.0%	16.0%	56.0%	2.7%	0.0%	13.3%	100.0%
KB-E2 (Ts2ユニット)	23.8%	2.5%	8.2%	32.8%	0.8%	0.0%	32.0%	100.0%
KB-E3 (Ts1aユニット)	24.0%	0.0%	66.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

※表中の上段はサンプリング数、下段は構成比を示している。



追加開削調査箇所

③-1 追加開削調査箇所 礫種・礫の形状調査-礫の形状調査結果(1/2) -

- 試料採取箇所 (KC-N1及びKC-N2) から採取した礫について、礫の球形度^{※1}及び円磨度^{※2}を確認した。
- 試料採取箇所別の球形度及び円磨度の頻度 (%) を本頁及び次頁に示す。

【球形度】

○斜面堆積物の球形度は0.4～1.0の範囲(平均値:0.63)であり、開削調査箇所(南側)南側壁面に認められる海成堆積物(M1ユニット)(0.3～0.9の範囲(平均値:0.59～0.62))及び開削調査箇所(南側)南側壁面の背後法面に認められる斜面堆積物(Ts1ユニット(Ts1aユニット), Ts2ユニット及びTs3ユニット)(0.3～0.9の範囲(平均値:0.62～0.67))と同様な値を示す。

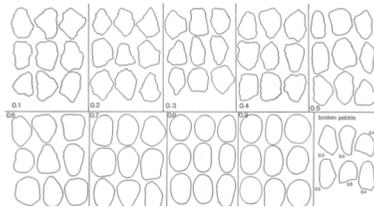
【円磨度】

○斜面堆積物の円磨度は0.2～0.8の範囲(平均値:0.36～0.42)であり、開削調査箇所(南側)南側壁面に認められる海成堆積物(M1ユニット)(0.3～0.9の範囲(平均値:0.58～0.62))と比較して、低い傾向が認められる。
○また、斜面堆積物の円磨度は、Ts2ユニット(0.2～0.8の範囲(平均値:0.47))及びTs3ユニット(0.1～0.7の範囲(平均値:0.36))と概ね同様な値を示す。

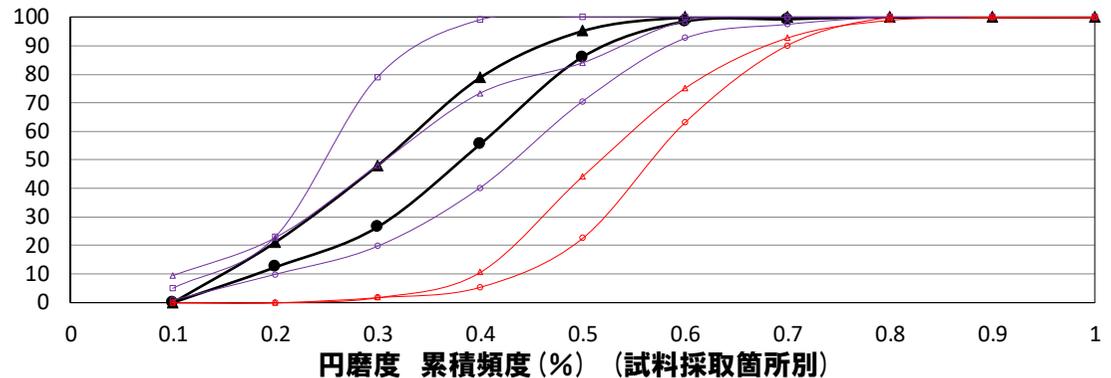
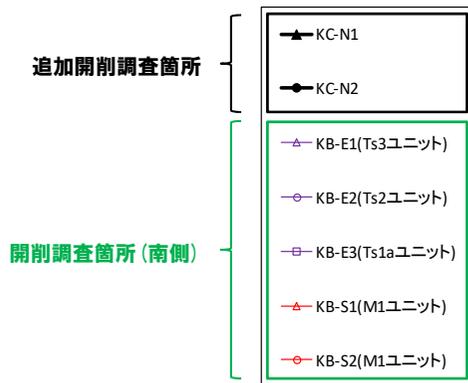
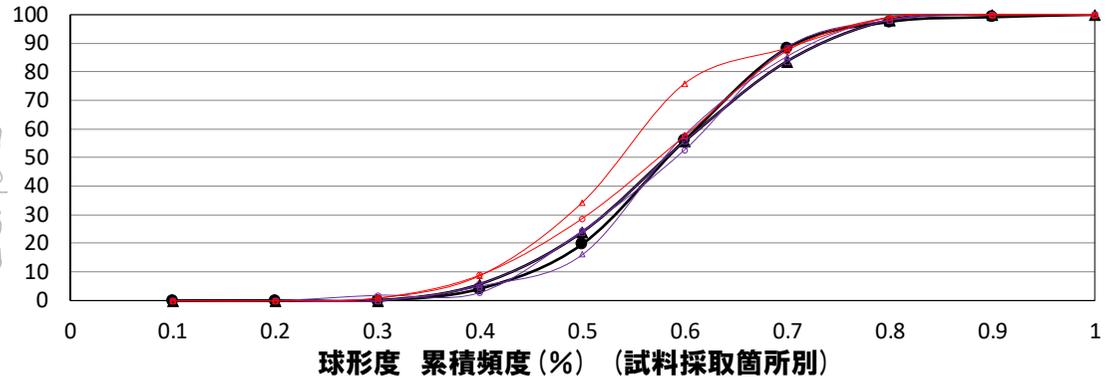
※1 球形度は、採取した礫について、長径、中径及び短径を計測し、Krumbein(1941)の式より算出した。
※2 円磨度は、Krumbein(1941)の円磨度印象図に照合させ、9段階(0.1～0.9)で評価した。

$$\text{球形度} = \frac{\sqrt{\text{礫の短径} \times \text{礫の中径}}}{\text{礫の長径}}$$

球形度の式 (Krumbein, 1941)



円磨度印象図 (Krumbein, 1941)



追加開削調査箇所

③-1 追加開削調査箇所 礫種・礫の形状調査-礫の形状調査結果(2/2) -

斜面堆積物 (KC-N1)

		円磨度										球形度 集計		
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0			
球形度	1.0												【 平均値 : 0.63 , 標準偏差0.12 】	
	0.9		0.96	0.96										1.92
	0.8		0.96	4.81	4.81	3.85								14.43
	0.7		3.85	7.69	11.54	3.85	0.96							27.89
	0.6		10.58	6.73	4.81	6.73	2.88							31.73
	0.5		3.85	4.81	6.73	1.92	0.96							18.27
	0.4		0.96	1.92	2.88									5.76
	0.3													
	0.2													
	0.1													
円磨度集計			21.16	26.92	30.77	16.35	4.80						計	
		【 平均値 : 0.36 , 標準偏差0.11 】												

測定個数: 104

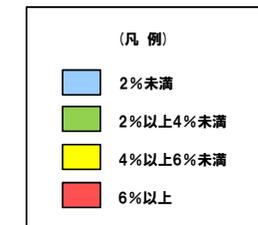
図中の値は頻度 (%)

斜面堆積物 (KC-N2)

		円磨度										球形度 集計		
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0			
球形度	1.0		0.83										【 平均値 : 0.63 , 標準偏差0.11 】	
	0.9			0.83		0.83								1.66
	0.8			2.48	3.31	0.83	2.48							9.10
	0.7		4.96	2.48	11.57	8.26	3.31	0.83	0.83					32.24
	0.6		6.61	7.44	7.44	11.57	3.31							36.37
	0.5				6.61	5.79	3.31							15.71
	0.4			0.83		3.31								4.14
	0.3													
	0.2													
	0.1													
円磨度集計			12.4	14.06	28.93	30.59	12.41	0.83	0.83				計	
		【 平均値 : 0.42 , 標準偏差0.13 】												

測定個数: 121

図中の値は頻度 (%)



追加開削調査箇所

(参考) 開削調査箇所(南側) 礫の形状調査結果

開削調査箇所(南側) 南側壁面の背後法面

Ts3ユニット(KB-E1)

球形度	円磨度										球形度集計	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
1.0												
0.9		1.33			1.33							2.66
0.8	1.33		5.33	5.33		5.33						17.32
0.7	4.00	5.33	8.00	9.33	5.33	4.00	1.33					37.32
0.6		5.33	12.00	8.00	2.67	4.00						32
0.5	4.00	1.33		1.33	2.67	1.33						10.66
0.4												
0.3												
0.2												
0.1												
円磨度集計	9.33	13.32	25.33	25.32	10.67	14.66	1.33					計

【 平均値：0.67，標準偏差0.10 】

測定個数： 75

図中の値は頻度(%)

Ts2ユニット(KB-E2)

球形度	円磨度										球形度集計	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
1.0												
0.9						1.64						1.64
0.8				2.46	5.74	0.82	0.82	0.82				10.66
0.7		2.46	2.46	4.10	9.84	3.28	0.82					22.96
0.6		4.10	4.10	10.66	10.66	9.84	0.82	1.64				41.82
0.5		1.64	2.46	1.64	4.10	5.74	2.46					18.04
0.4				0.82	1.64		0.82					3.28
0.3	0.82	0.82										1.64
0.2												
0.1												
円磨度集計	0.82	9.02	9.84	20.50	30.34	22.14	4.92	2.46				計

【 平均値：0.47，標準偏差0.14 】

測定個数： 122

図中の値は頻度(%)

Ts1ユニット(Ts1aユニット)(KB-E3)

球形度	円磨度										球形度集計	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
1.0												
0.9												1.00
0.8			2.00	6.00	4.00	1.00						13.00
0.7	2.00	6.00	12.00	7.00								27.00
0.6	1.00	6.00	23.00	6.00								36.00
0.5	1.00	4.00	13.00	3.00								21.00
0.4	1.00		1.00									2.00
0.3												
0.2												
0.1												
円磨度集計	5.00	18.00	56.00	20.00	1.00							計

【 平均値：0.63，標準偏差0.10 】

測定個数： 100

図中の値は頻度(%)

開削調査箇所(南側) 南側壁面

M1ユニット(KB-S1)

球形度	円磨度										球形度集計	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
1.0												0
0.9							0.88					0.88
0.8			1.77	3.54	2.65	2.65						10.61
0.7				5.31	4.42	1.77	0.88					12.38
0.6		0.88	3.54	15.94	13.27	4.42	3.54	0.88				41.57
0.5		0.88	1.77	7.96	7.09	7.09	0.88					25.65
0.4			1.77	1.77	2.65	0.88	0.88					7.95
0.3					0.88							0.88
0.2												0.00
0.1												0.00
円磨度集計	0	0	1.76	8.85	33.62	30.96	17.68	6.18	0.88	0		計

【 平均値：0.58，標準偏差0.11 】

測定個数： 113

図中の値は頻度(%)

M1ユニット(KB-S2)

球形度	円磨度										球形度集計	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0		
1.0												0.00
0.9							0.90					0.90
0.8			1.80		4.50	2.70	2.70					11.7
0.7			0.90	7.21	11.71	5.41	4.50					29.73
0.6			1.80	5.41	12.61	9.01						28.83
0.5			0.90	3.60	6.31	6.31	2.70					19.82
0.4				0.90	4.50	2.70						8.1
0.3												0.9
0.2												0
0.1												0
円磨度集計	0	0	1.8	3.6	17.12	40.53	27.03	9.9	0	0		計

【 平均値：0.62，標準偏差0.11 】

測定個数： 111

図中の値は頻度(%)

円磨度-球形度 頻度(%) (試料採取箇所別)

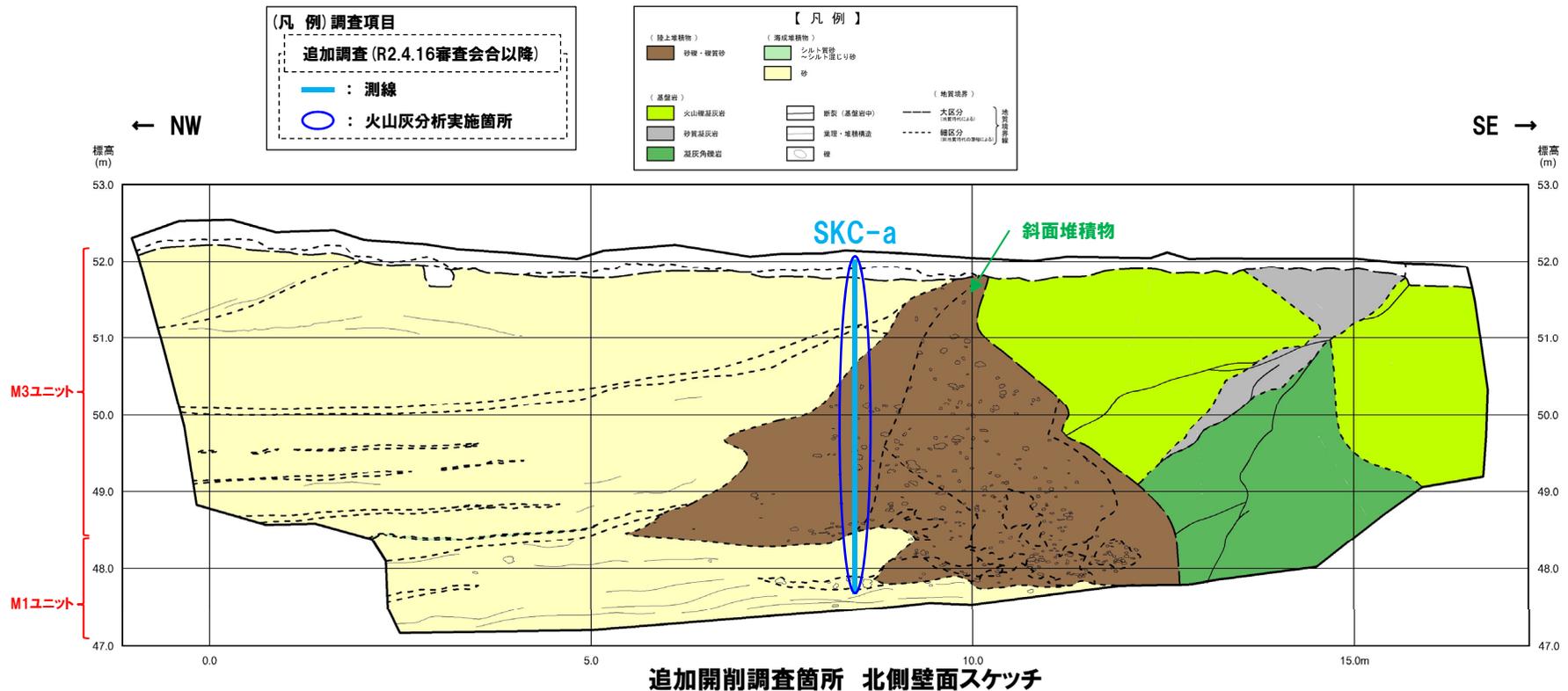
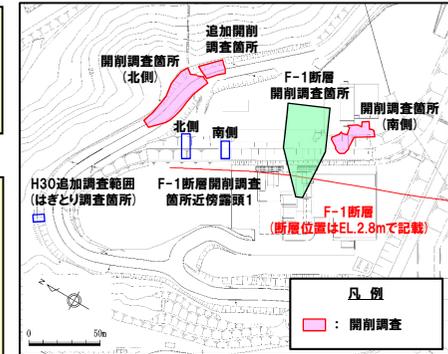
余白

③-2 追加開削調査箇所 火山灰分析-まとめ-

○開削調査箇所(南側)に認められる斜面堆積物(Ts1ユニット、Ts2ユニット及びTs3ユニット)の性状と比較するため、追加開削調査箇所に認められるM1ユニットに挟在する斜面堆積物について、R2.4.16審査会合以降に火山灰分析を実施した(測線SKC-a)。



- 重鋇物(斜方輝石及び角閃石)の屈折率測定の結果、追加開削調査箇所に認められる斜面堆積物とTs1ユニット、Ts2ユニット及びTs3ユニットは、概ね同様な範囲に分布し、特有なピークは認められない。
- 重鋇物(斜方輝石及び角閃石)の主成分分析の結果、追加開削調査箇所に認められる斜面堆積物とTs1ユニット、Ts2ユニット及びTs3ユニットにおける主元素組成の各分布範囲は、概ね同様である。
- 斜方輝石の含有量は、斜面堆積物が認められる範囲(標高約48m~50m)において減少する傾向が認められ、この結果は開削調査箇所(南側)に認められるTs2ユニットにおいて認められる傾向と同様である。



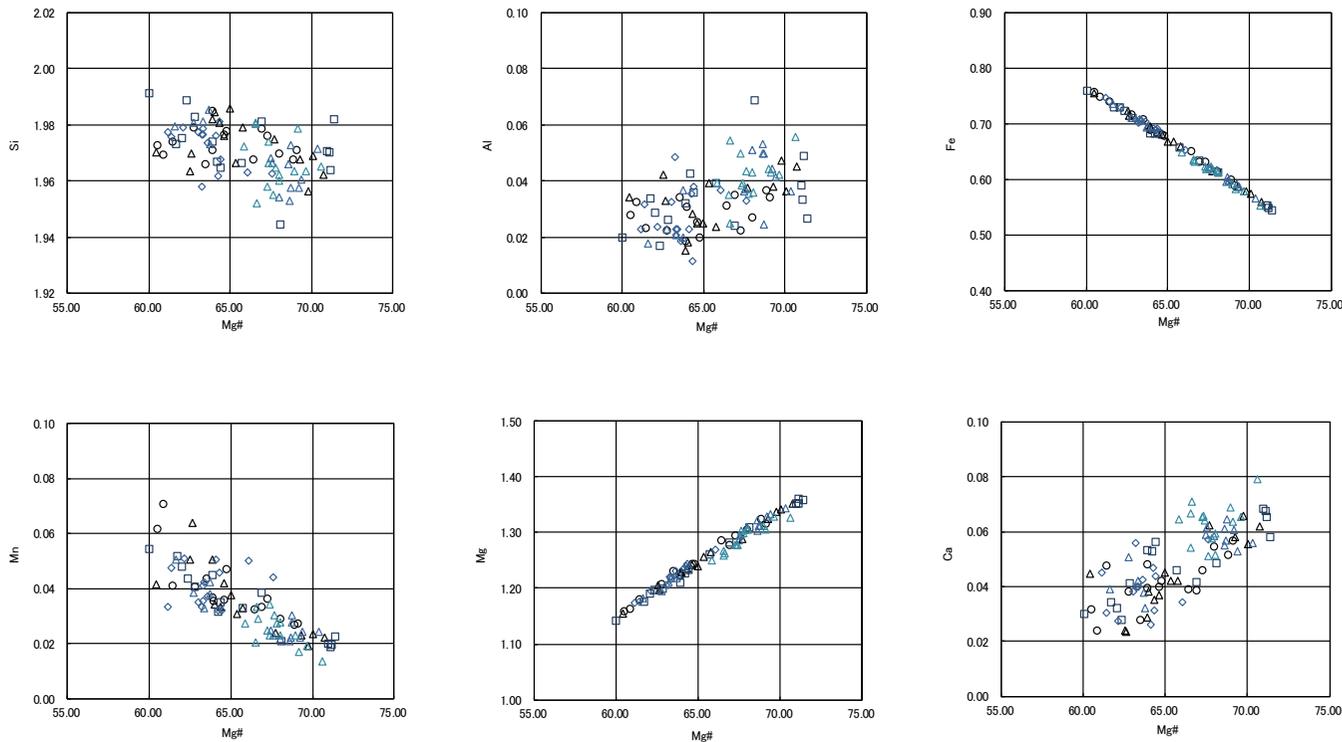
余白

③-2 追加開削調査箇所 火山灰分析-屈折率測定結果(1/2) -

- 重鉱物(斜方輝石及び角閃石)の屈折率測定の結果, 追加開削調査箇所に認められる斜面堆積物とTs1ユニット(Ts1aユニット及びTs1bユニット), Ts2ユニット及びTs3ユニット(P89~P91参照)は, 概ね同様な範囲に分布し, 特有なピークは認められない。
- 斜方輝石の含有量は, 斜面堆積物が認められる範囲(標高約48m~50m)において減少する傾向が認められる(次頁緑囲みの範囲)。

③-2 追加開削調査箇所 火山灰分析-主成分分析結果 (1/2) -

○重鉍物(斜方輝石及び角閃石)の主成分分析の結果, 追加開削調査箇所に認められる斜面堆積物とTs1ユニット(Ts1aユニット及びTs1bユニット), Ts2ユニット及びTs3ユニットにおける主元素組成の各分布範囲は, 概ね同様である。

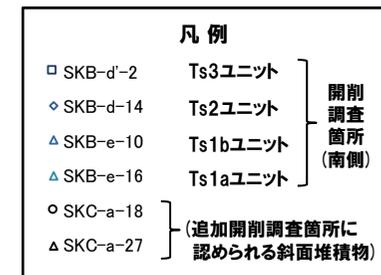
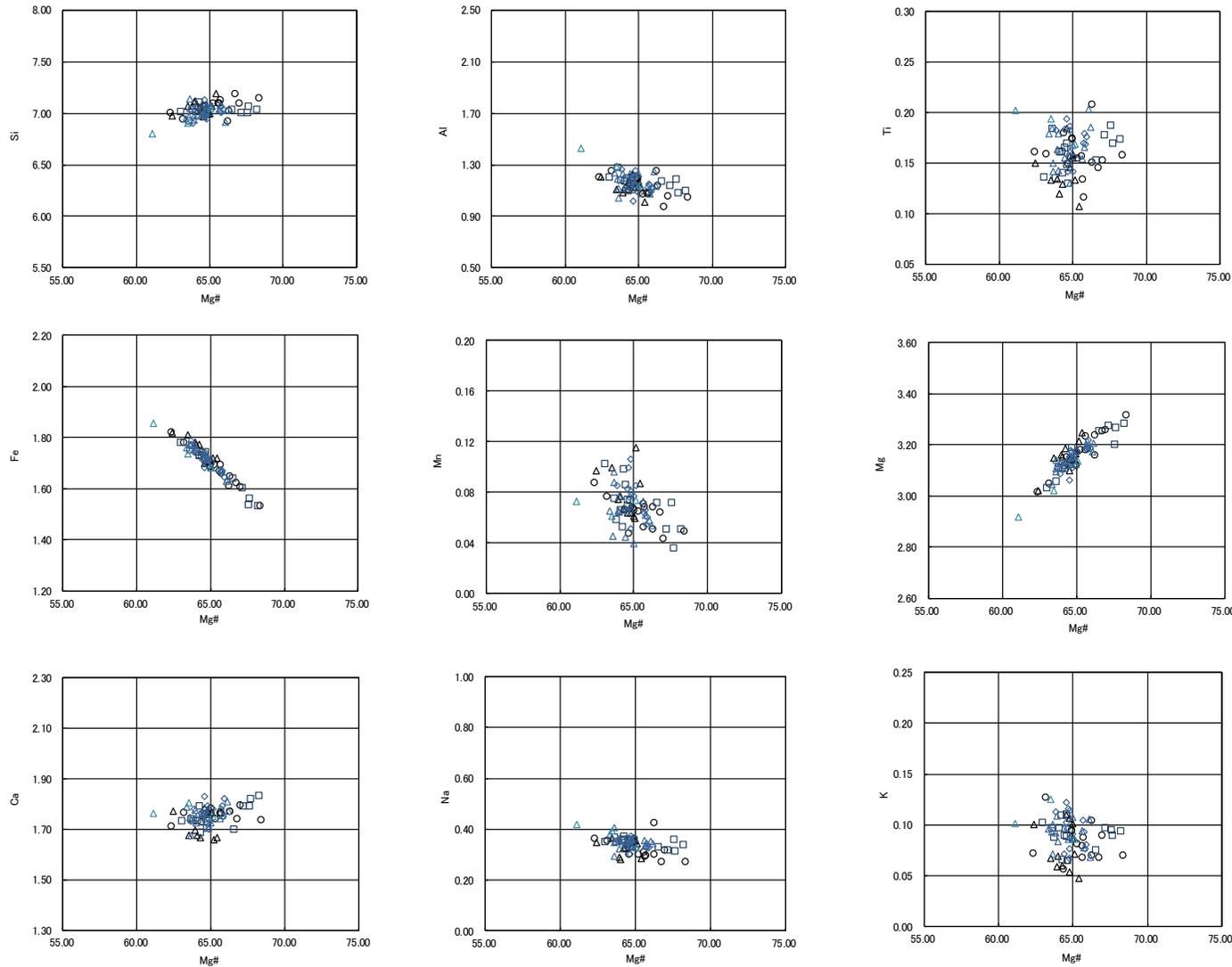


凡例	
□ SKB-d-2	Ts3ユニット
◇ SKB-d-14	Ts2ユニット
△ SKB-e-10	Ts1bユニット
△ SKB-e-16	Ts1aユニット
○ SKC-a-18	(追加開削調査箇所に認められる斜面堆積物)
△ SKC-a-27	

$$\text{Mg\#} = 100\text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe})$$

開削調査箇所(南側) 測線SKB-d', 測線SKB-d及び測線SKB-e
 追加開削調査箇所 測線SKC-a
 斜方輝石Opx 主元素組成 (R2.4.16審査会合以降に実施)

③-2 追加開削調査箇所 火山灰分析-主成分分析結果 (2/2) -

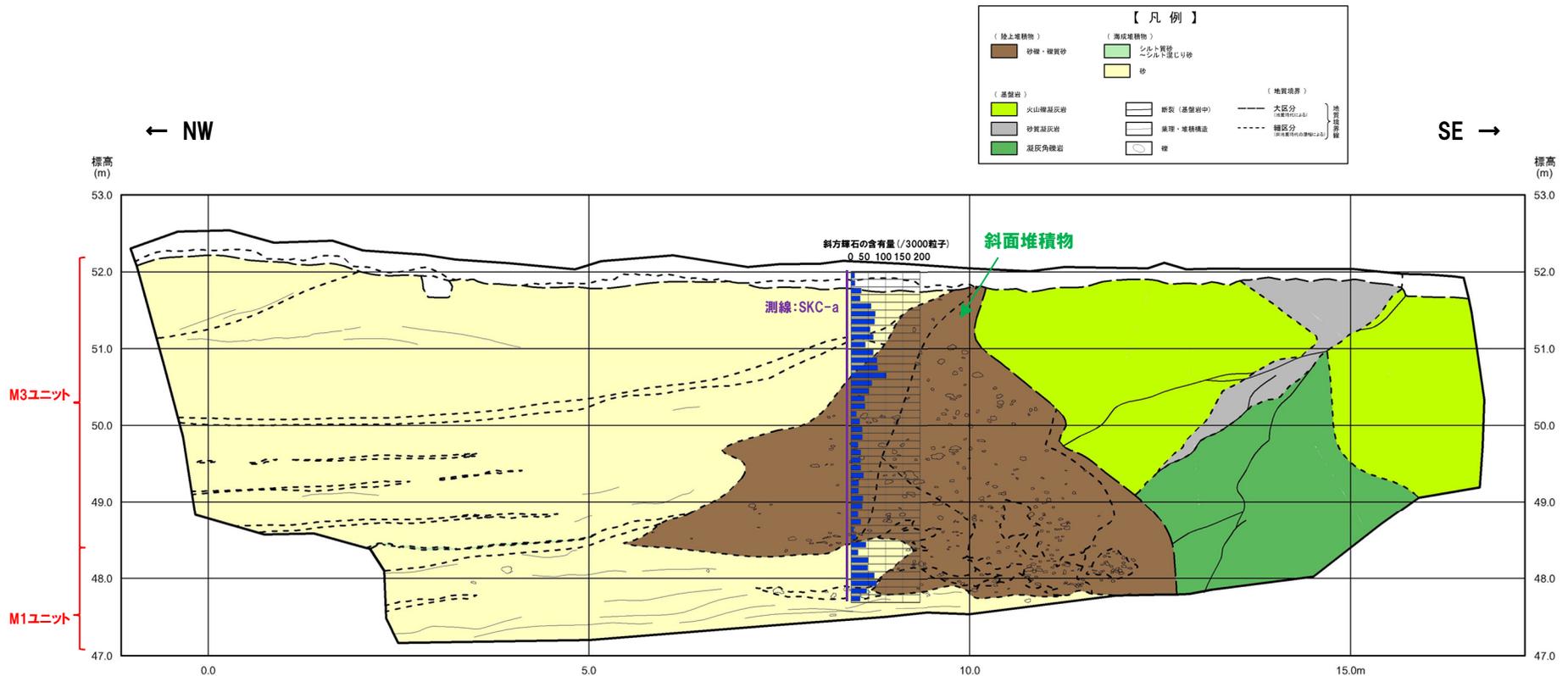


Mg# = 100Mg / (Mg+Fe)

開削調査箇所 (南側) 測線SKB-d', 測線SKB-d及び測線SKB-e
 追加開削調査箇所 測線SKC-a
 角閃石Ho 主元素組成 (R2.4.16審査会合以降に実施)

③-2 追加開削調査箇所 火山灰分析-斜方輝石含有量の比較-

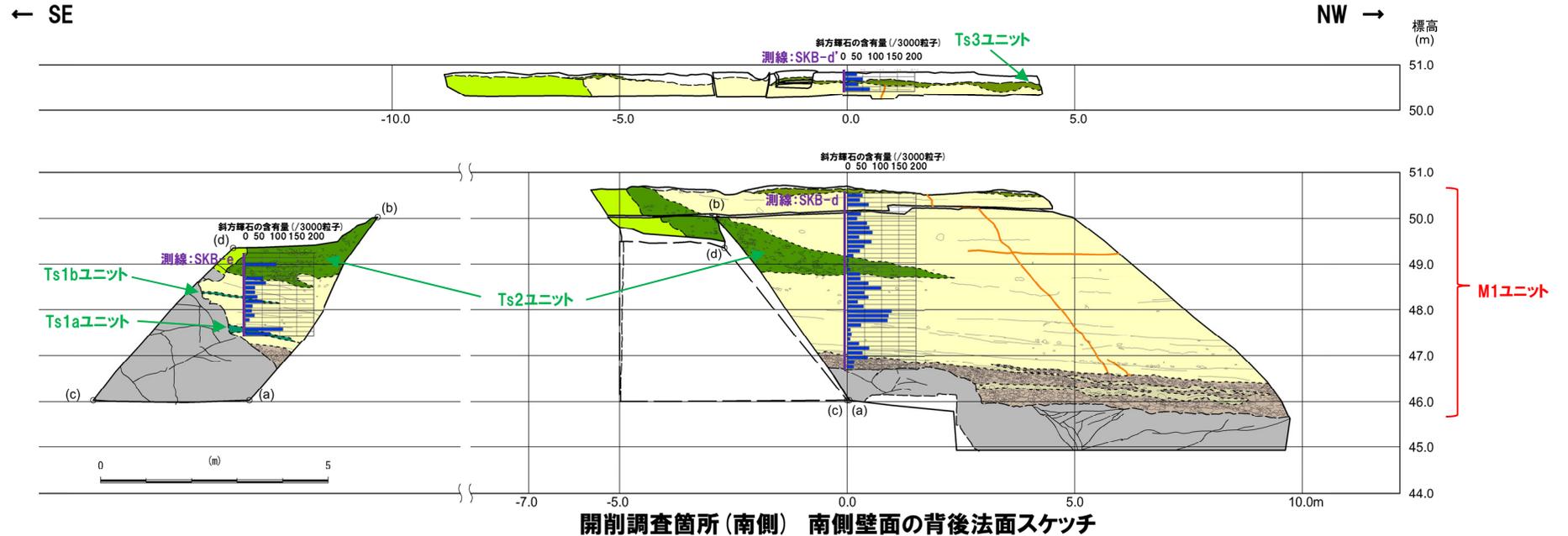
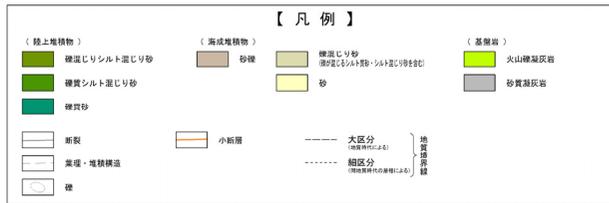
- 斜方輝石の含有量を追加開削調査箇所スケッチに重ねたものを下図に示す。
- 斜方輝石の含有量は、斜面堆積物が認められる範囲（標高約48m～50m）において減少する傾向が認められ、この結果は開削調査箇所（南側）に認められるTs2ユニットにおいて認められる傾向（次頁参照）と同様である。



追加開削調査箇所スケッチ

(参考) 火山灰分析-開削調査箇所(南側) 南側壁面の背後法面-

- 斜方輝石の含有量を開削調査箇所(南側)南側壁面の背後法面スケッチに重ねたものを下図に示す。
- 斜方輝石の含有量は、一部例外は認められるものの、Ts2ユニットが認められる範囲(標高49m程度)においては、減少する傾向が認められる。



余白

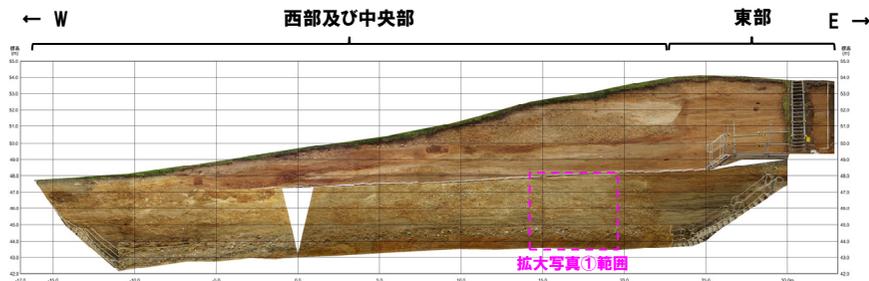
3. 3章関連

開削調査箇所(北側)

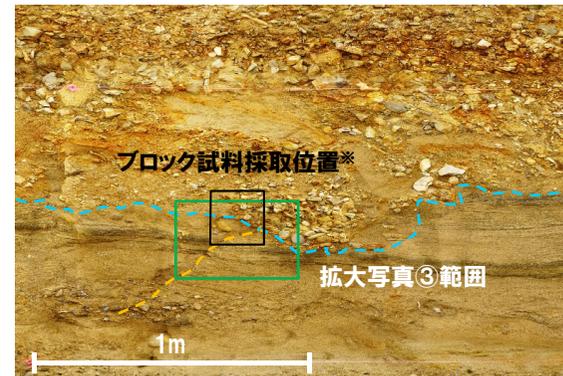
①小断層上端付近の詳細観察-R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(1/3)-

(R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(北側壁面))

○F-1断層に関連する小断層が影響を及ぼしている範囲について、より詳細に確認するため、M1ユニット及びTf2ユニットの層相境界付近において、はぎとり転写試料を用いた地質構造の観察を実施した。



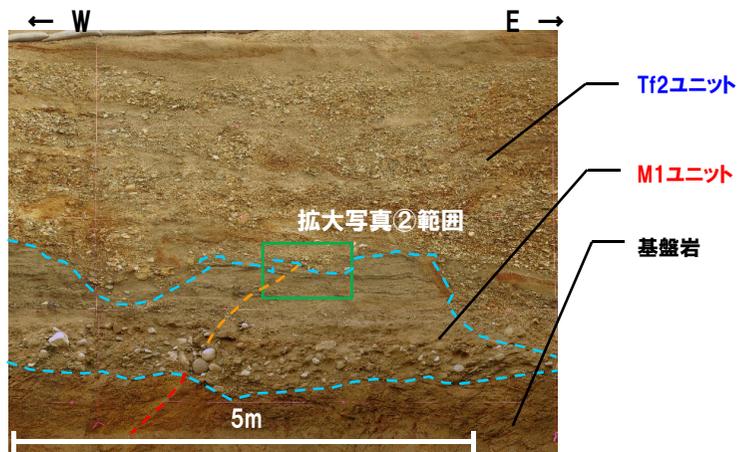
開削調査箇所(北側)北側壁面写真



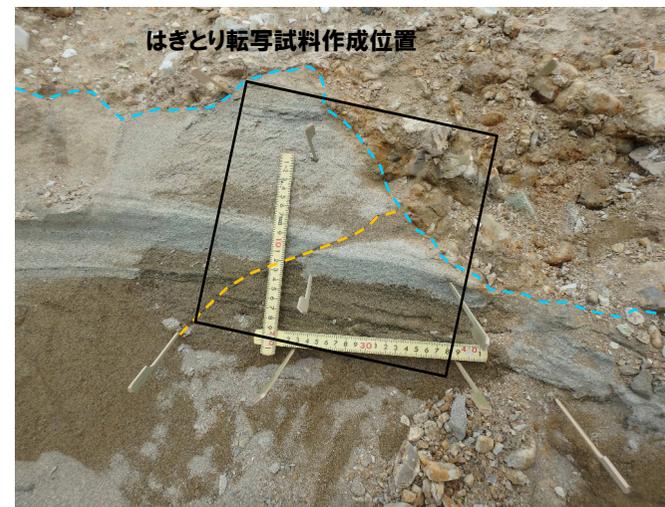
- - - F-1断層
- - - 小断層
- - - Tf2ユニットの基底面

※X線CT撮影に用いたブロック試料は、はぎとり転写試料を作成した後に、図示位置にて採取した。

拡大写真②(解釈線あり)

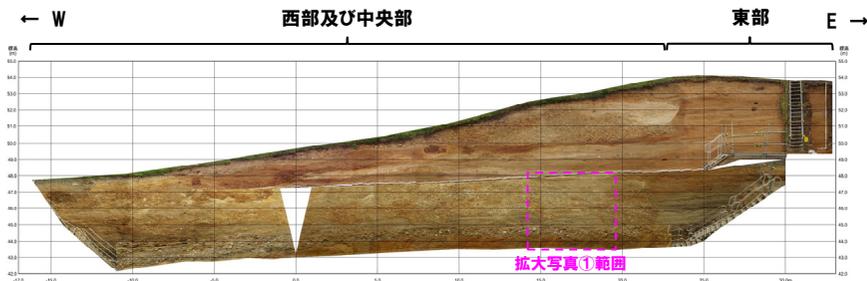


拡大写真①(解釈線あり)

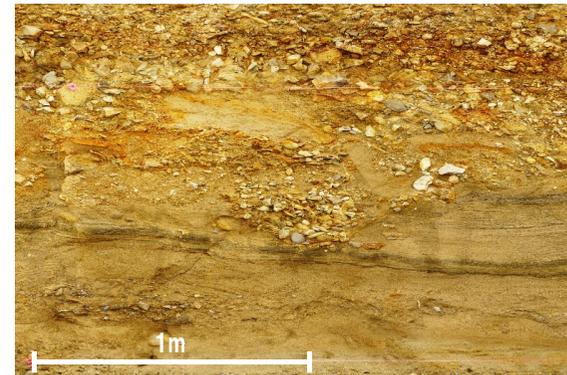


拡大写真③(解釈線あり)

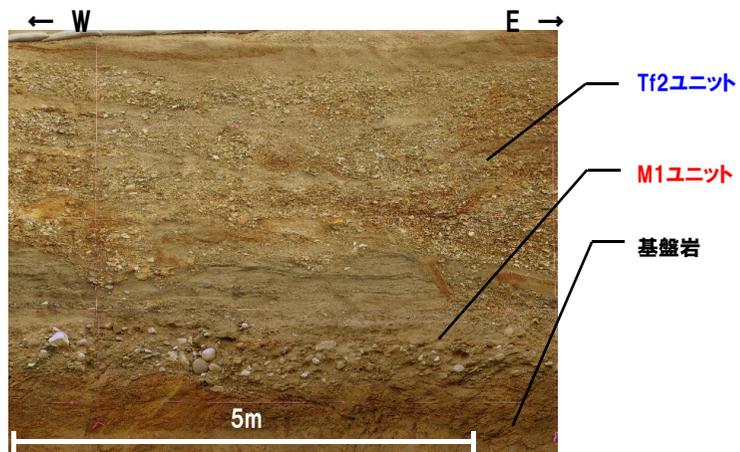
①小断層上端付近の詳細観察-R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(2/3) -



開削調査箇所(北側)北側壁面写真



拡大写真②(解釈線なし)



拡大写真①(解釈線なし)

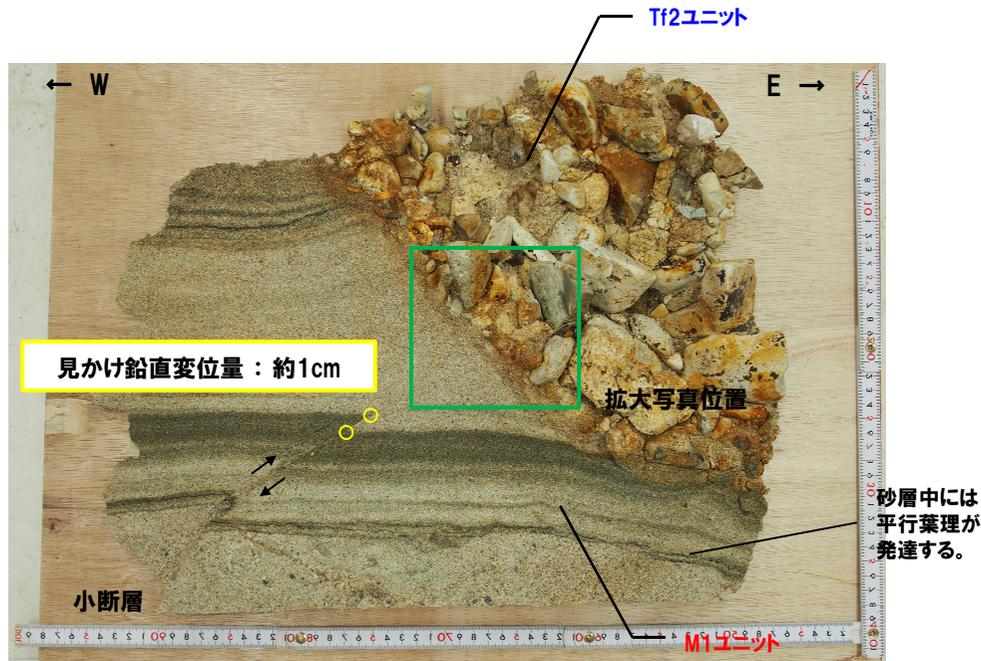


拡大写真③(解釈線なし)

余白

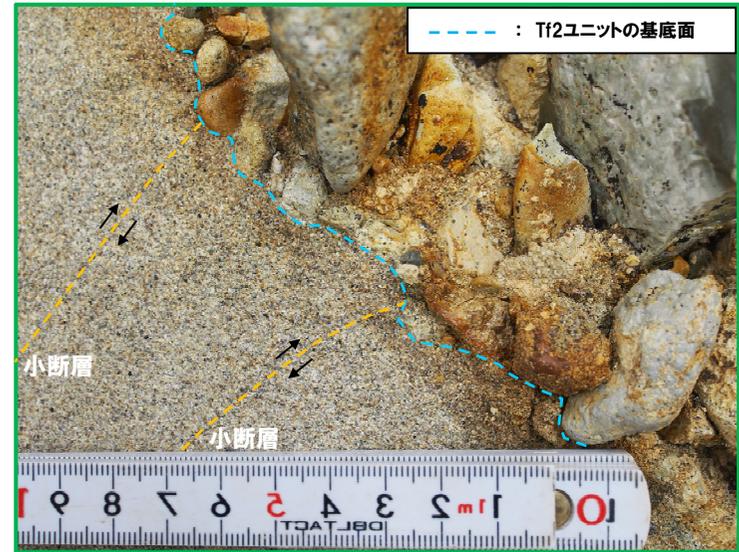
①小断層上端付近の詳細観察-R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(3/3) -

- F-1断層に関連する小断層は、M1ユニットに変位を与えており、Tf2ユニットの基底面直下まで剪断面が連続し、変位が認められる。
- Tf2ユニットの基底面に、小断層による変位は認められない。
- Tf2ユニットに、剪断面は認められない。
- Tf2ユニット中の礫は、基底面(チャンネル壁)に沿って比較的定向配列しており、堆積構造の乱れは認められない。

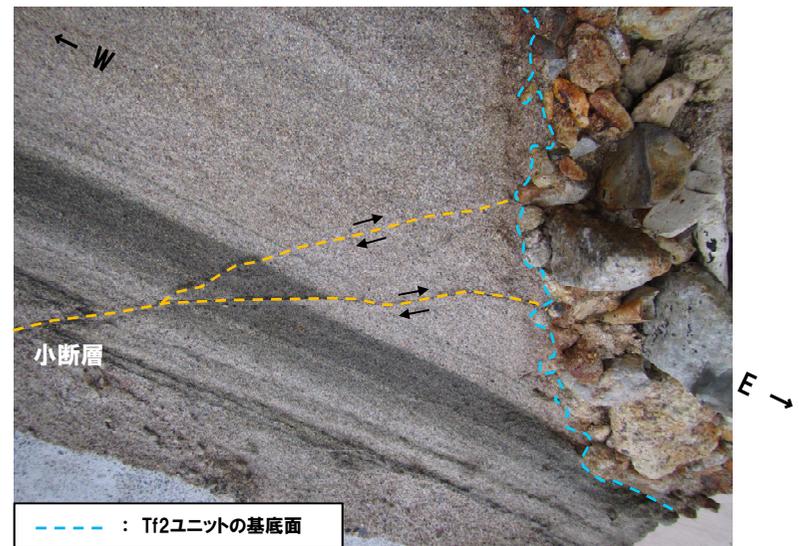


○ : 見かけ鉛直変位量の計測箇所(砂層中の葉理のスレ)

はぎとり転写試料 写真(左右反転)(解釈線あり)



小断層上端付近 拡大写真(左右反転)(解釈線あり)

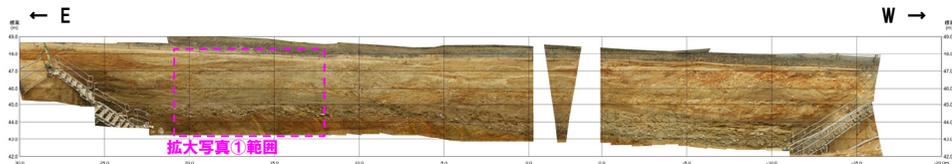


はぎとり転写試料 写真(斜め上方より撮影, 左右反転)(解釈線あり)

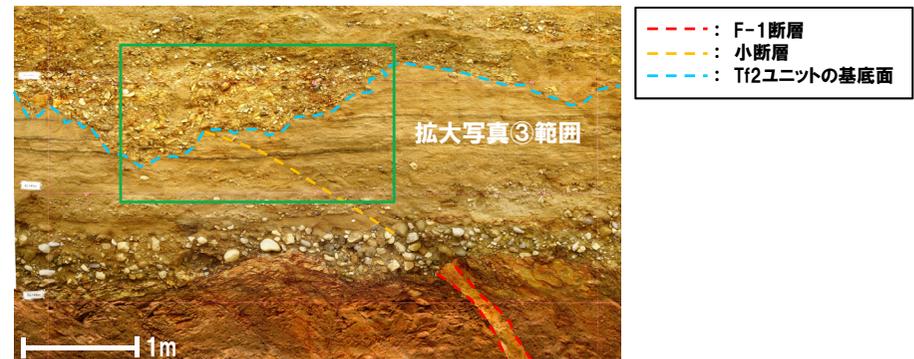
②小断層上端付近の詳細観察-R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(1/3)-

(R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(南側壁面))

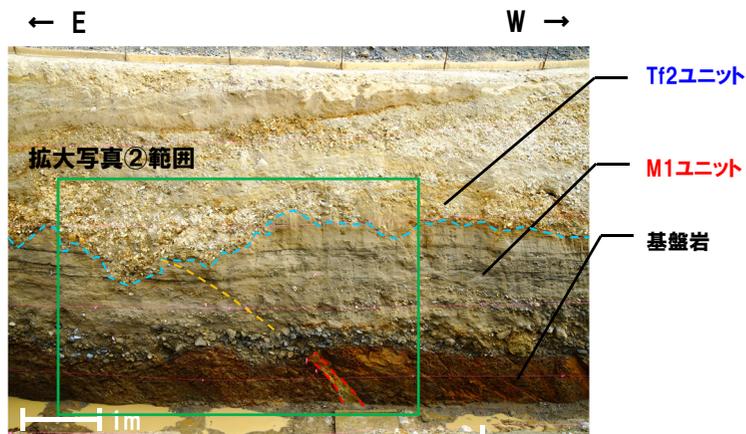
○F-1断層に関連する小断層が影響を及ぼしている範囲について、より詳細に確認するため、M1ユニット及びTf2ユニットの層相境界付近において、はぎとり転写試料を用いた地質構造の観察を実施した。



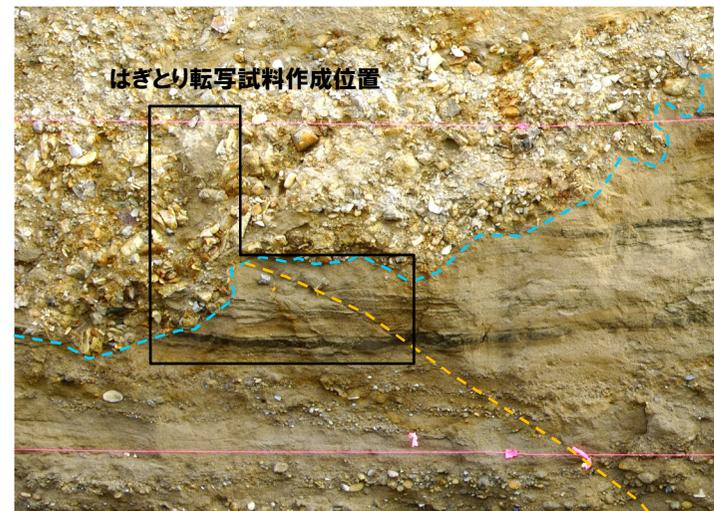
開削調査箇所(北側)南側壁面写真



拡大写真②(解釈線あり)

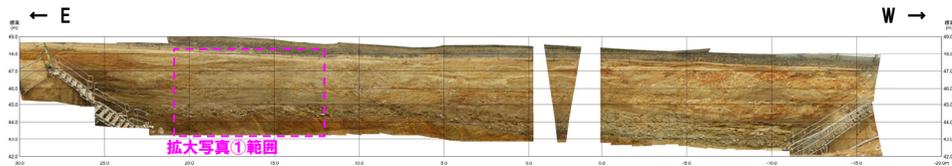


拡大写真①(解釈線あり)

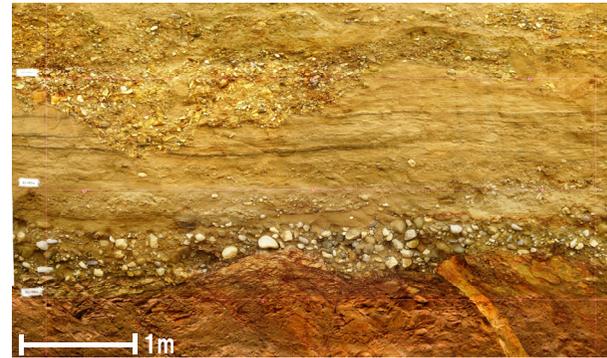


拡大写真③(解釈線あり)

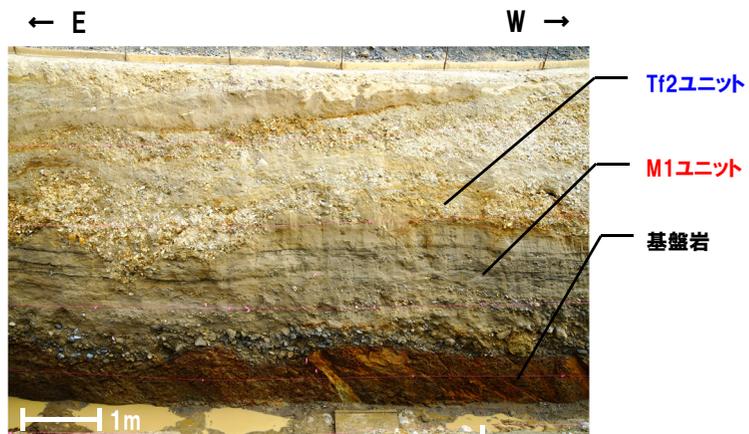
②小断層上端付近の詳細観察-R1.11.15現地調査において提示したはぎとり転写試料(2/3) -



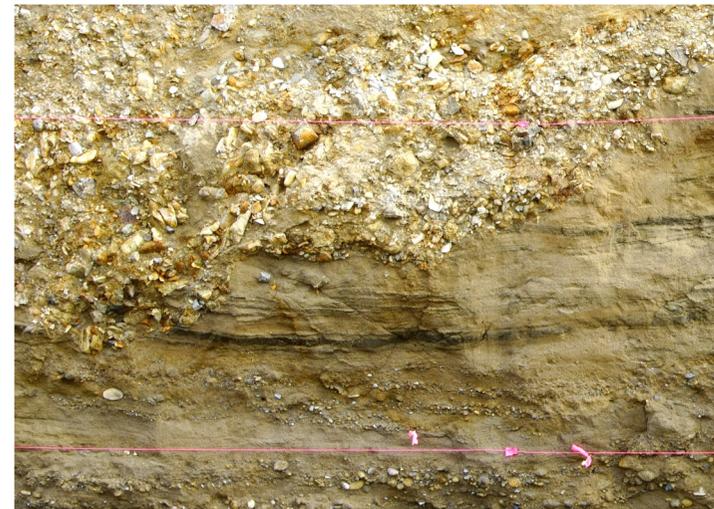
開削調査箇所(北側)南側壁面写真



拡大写真②(解釈線なし)



拡大写真①(解釈線なし)



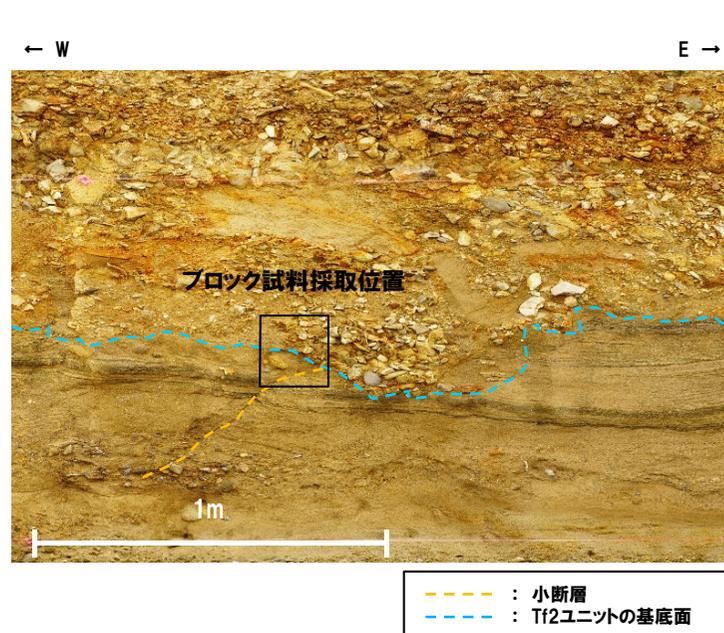
拡大写真③(解釈線なし)

余白

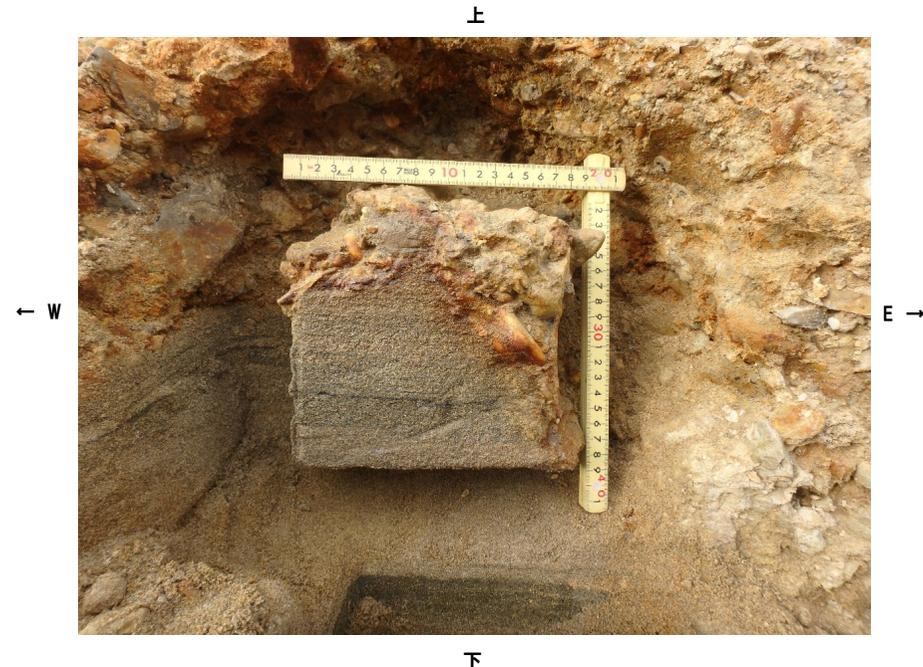
③小断層上端付近の詳細観察-ブロック試料(1/3) -

一部修正 (R2/8/7審査会合)

- 北側壁面において採取したブロック試料について、マイクロフォーカスX線CT画像により、内部構造を観察した。
 - はぎとり転写試料と同様、F-1断層に関連する小断層は、ブロック試料中で明瞭に2条に分岐している。
 - 分岐した2条の小断層は、それぞれTf2ユニットの基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
 - 小断層の見かけ変位量は、ブロック下方で約13mm(次頁図(a)), 上方で2条に分岐した後も計約13mm(次頁図(b)及び(c)の合計)であり、変位量の減衰は認められない。
 - Tf2ユニットの基底面(チャンネル壁)に、2条の小断層による変位は認められない。
 - Tf2ユニット中に、剪断面は認められない。
 - Tf2ユニット中に、堆積構造の乱れ等は認められない。
- また、データ拡充結果(3.3章参照)を踏まえ、R2.4.16審査会合において説明した既往のブロック試料中の割れ目(X線CT画像の見え方)について、当社の解釈を整理した(P134参照)。

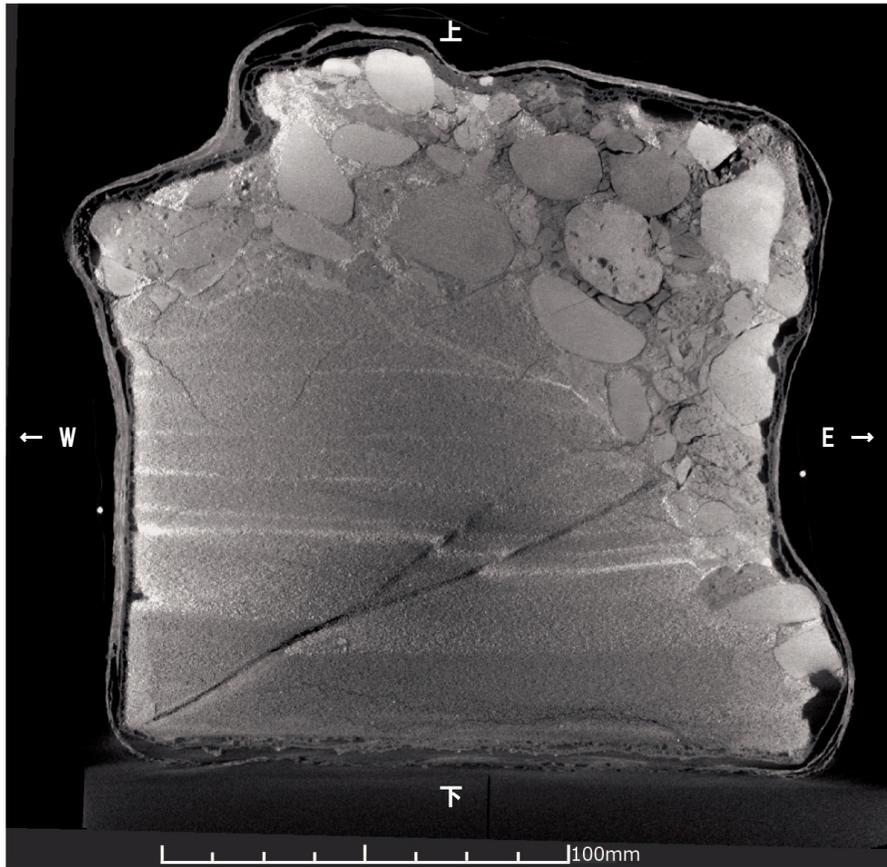


開削調査箇所(北側)北側壁面
小断層上端付近 拡大写真

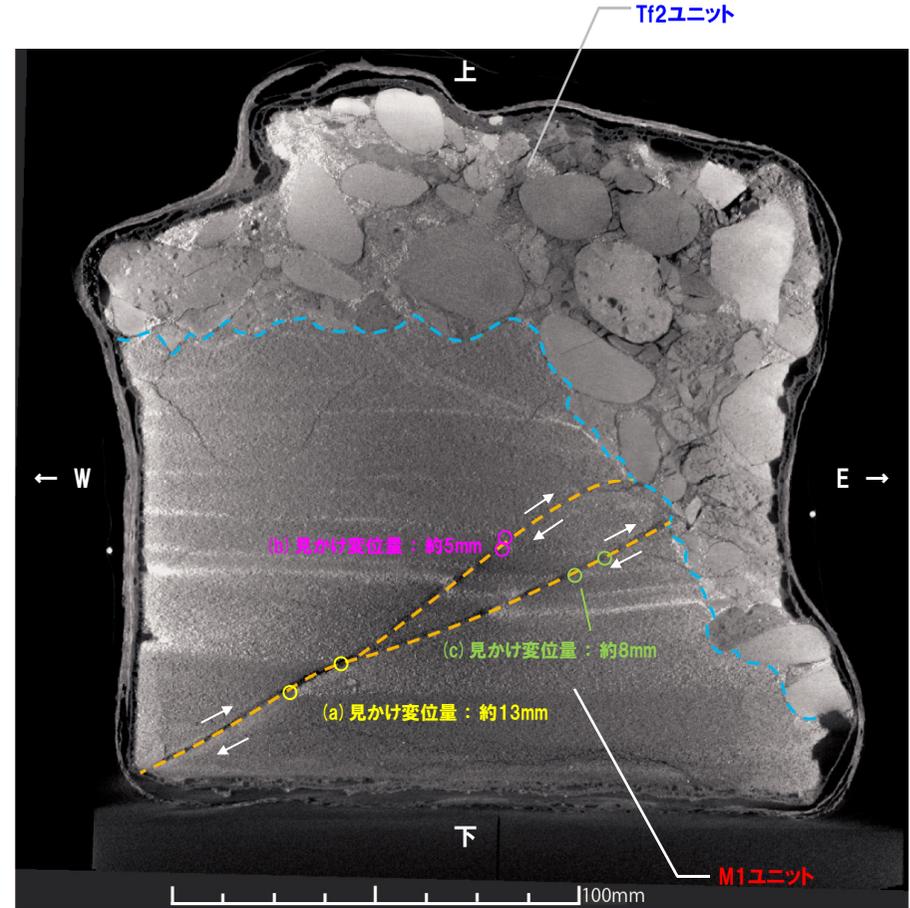


ブロック試料 採取時状況写真

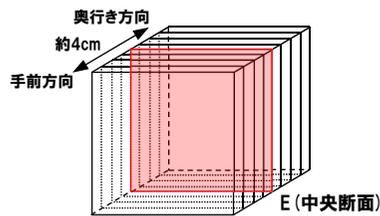
③小断層上端付近の詳細観察-ブロック試料(2/3)-



マイクロフォーカスX線CT画像(解釈線なし)
(断面(E):ブロック試料中央断面)



マイクロフォーカスX線CT画像(解釈線あり)
(断面(E):ブロック試料中央断面)



【マイクロフォーカスX線CT 撮影条件】
○画素サイズ : 106 μm/pixel

--- : Tf2ユニットの基底面
--- : 小断層

○ : 見かけ変位量の計測箇所(砂層中の葉理のスレ)

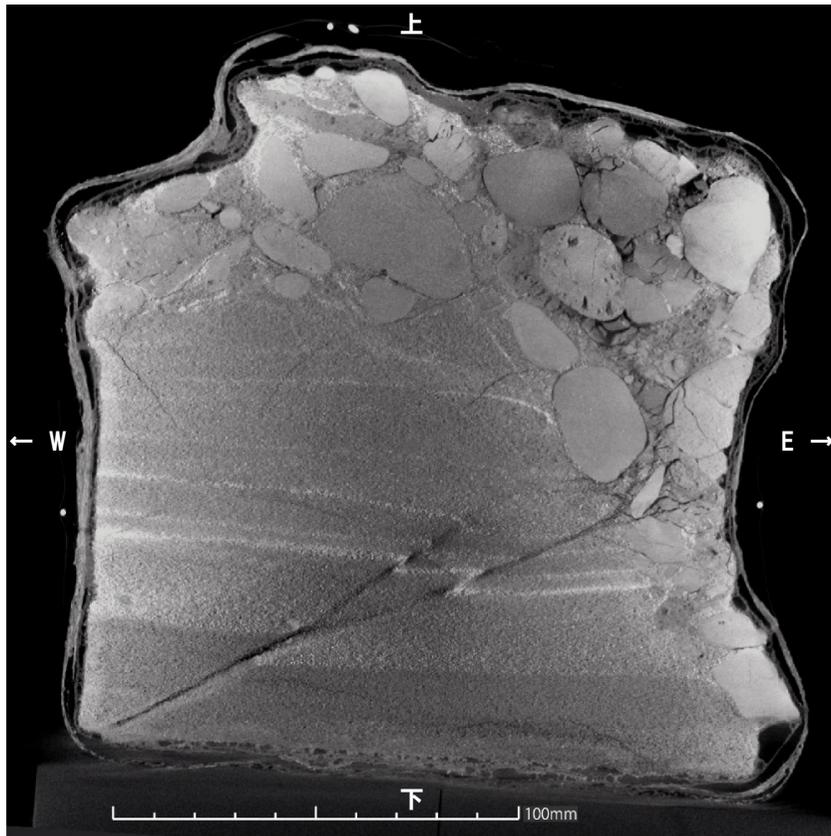
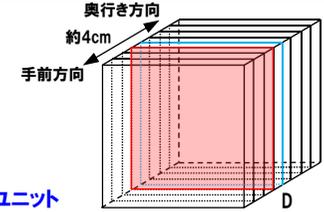
余白

③小断層上端付近の詳細観察-ブロック試料 (3/3) -

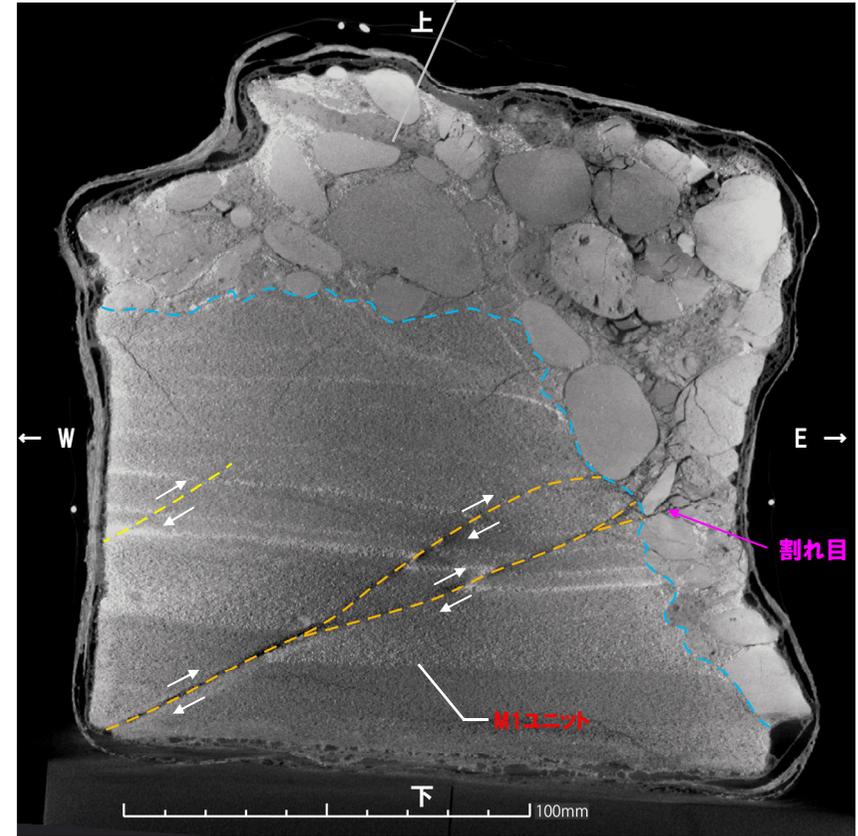
一部修正 (R2/8/7審査会合)

【ブロック試料における割れ目の解釈】

○Tf2ユニット中の割れ目については、奥行き方向の断面では不明瞭且つ網目状の空隙に見え、系統性を有するものではないこと及びデータ拡充の結果、既往評価のとおりF-1断層に関連する小断層はTf2ユニットに変位・変形を与えていないと判断されることから、ブロック試料採取後の除荷及び乾燥収縮等に起因する亀裂であると考えられる。



マイクロフォーカスX線CT画像 (解釈線なし)
(断面 (D) : ブロック試料中央断面から約0.5cm手前方向)



マイクロフォーカスX線CT画像 (解釈線あり)
(断面 (D) : ブロック試料中央断面から約0.5cm手前方向)

【マイクロフォーカスX線CT 撮影条件】
○画素サイズ : 106 μm/pixel

--- : Tf2ユニットの基底面
--- : 小断層

開削調査箇所(南側)

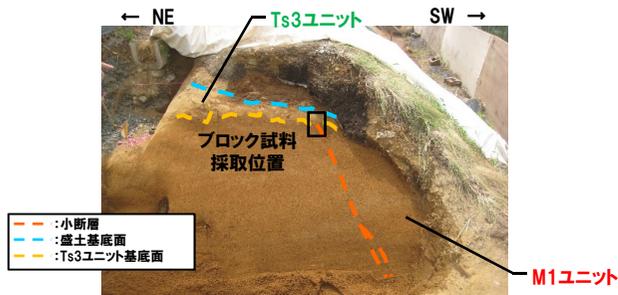
①小断層上端付近の詳細観察-X線CT画像観察(1/6) -

○ブロック試料を用いたX線CT画像観察の結果は、以下の状況が認められることから、研磨片観察の結果と調和的である。

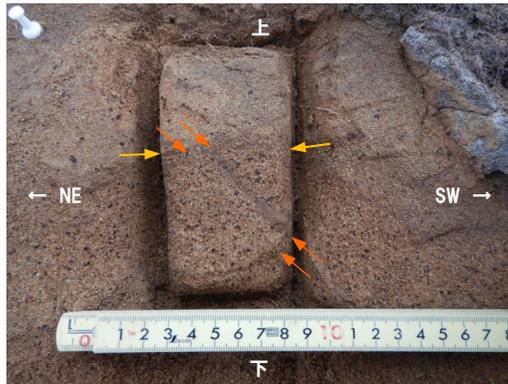
- ・Ts3ユニット中に、剪断面は認められない。
- ・Ts3ユニットの基底面に、小断層による変位は認められない。
- ・なお、遷移部は、小断層の上端に認められる。

○複数断面※1において、同様の状況を確認した。

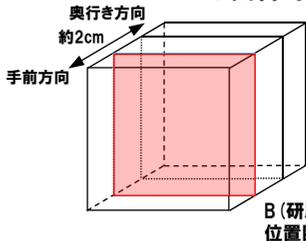
※1 ブロック試料の有効厚は約2cmであることから、研磨片作成位置断面の手前方向(約5mmの位置)及び奥行き方向(約5mm及び10mmの位置)の断面について示す。



開削調査箇所(南側) 南側壁面 小断層上端付近 拡大写真



ブロック試料 採取時状況写真



※2 遷移部の分布範囲については、R2.4.16審査会合以降に実施した南側壁面の背後法面天端付近における追加調査結果を踏まえ、R2.4.16審査会合資料において提示したのから、見直しを行なった。

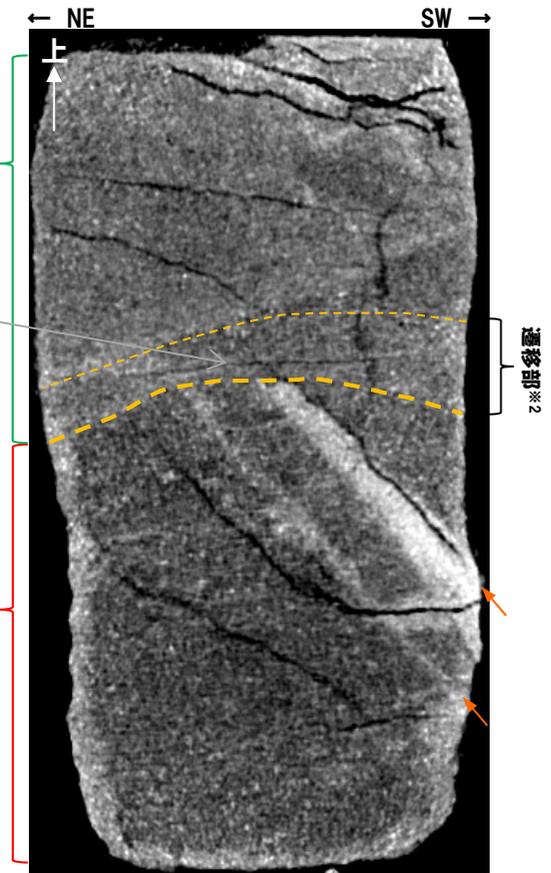
※3 当該線構造は、斜面堆積物中に認められること及び断面(A)～断面(D)のいずれにおいても連続が不明瞭であることから、斜面堆積物堆積後に形成された小規模な構造であると考えられる。



傾斜方向研磨片 (解釈線あり)

5cm

R2.4.16審査会合において提示した研磨面

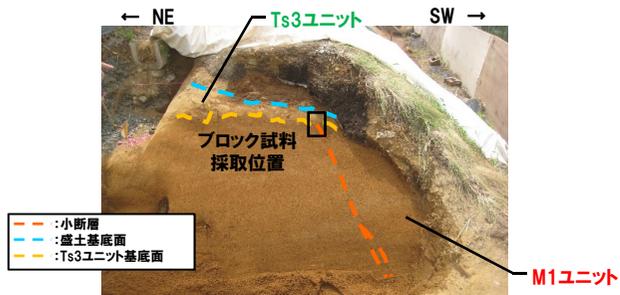


X線CT画像

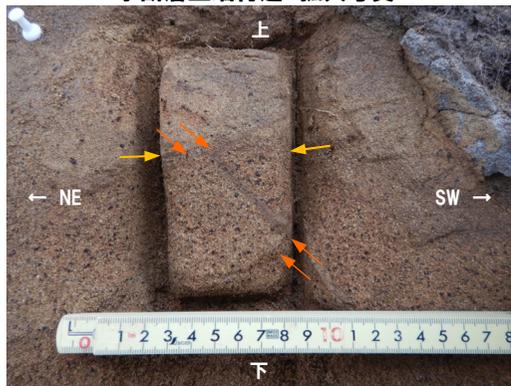
(傾斜方向断面, 解釈線あり)
(断面(B):研磨片作成位置断面)

5cm

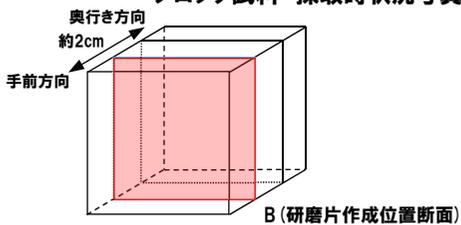
①小断層上端付近の詳細観察-X線CT画像観察(2/6) -



開削調査箇所(南側) 南側壁面
小断層上端付近 拡大写真



ブロック試料 採取時状況写真



傾斜方向研磨片
(解釈線なし)

5cm

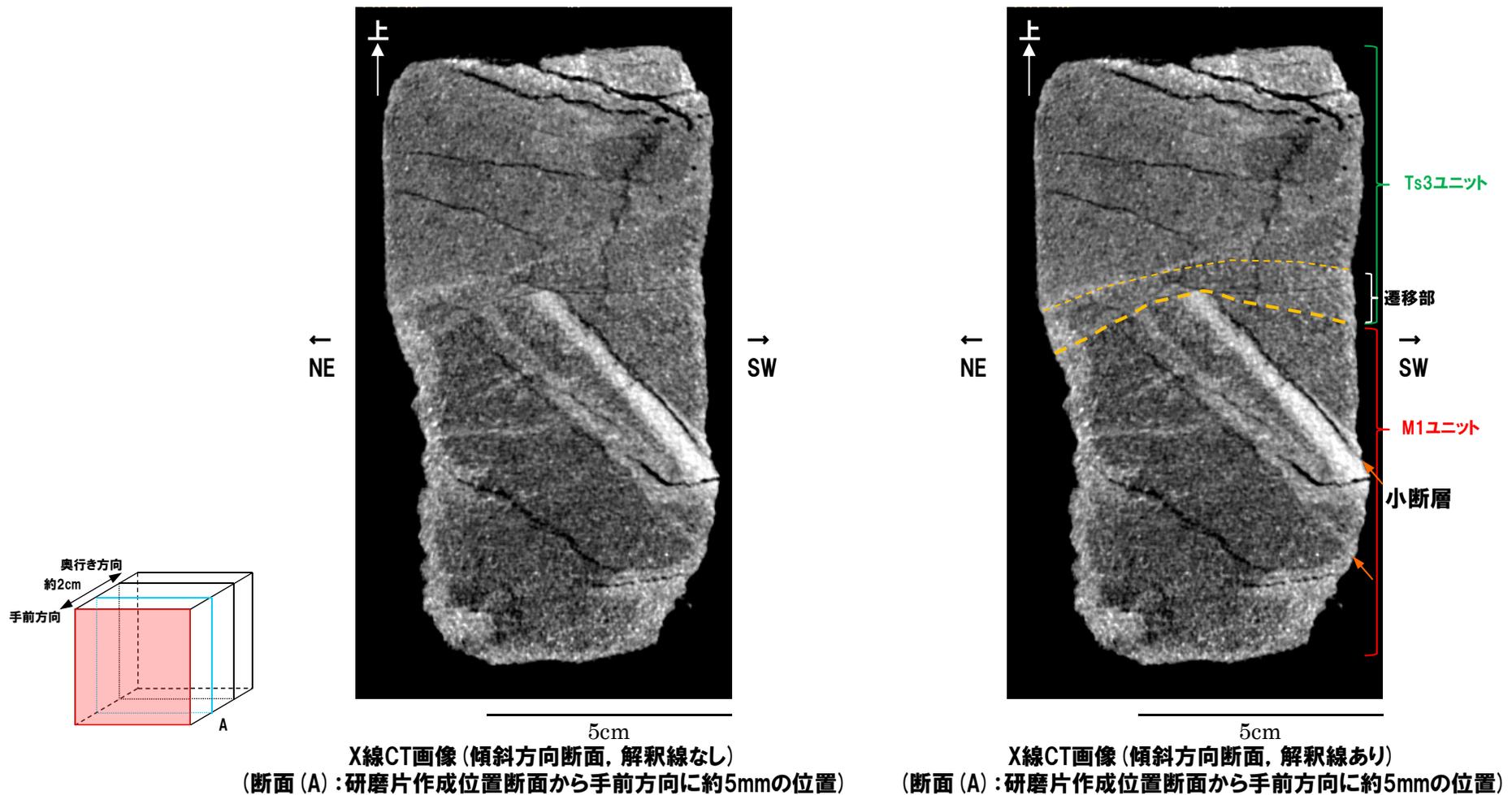
R2.4.16審査会合において提示した研磨面



X線CT画像
(傾斜方向断面, 解釈線なし)
(断面(B): 研磨片作成位置断面)

5cm

①小断層上端付近の詳細観察-X線CT画像観察(3/6)-



①小断層上端付近の詳細観察-X線CT画像観察(4/6) -

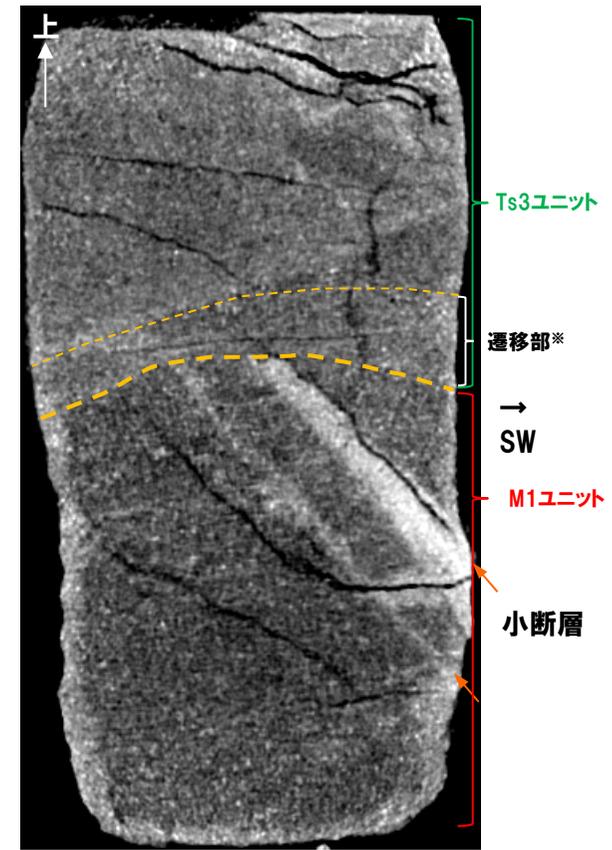


B (研磨片作成位置断面)

5cm

X線CT画像(傾斜方向断面, 解釈線なし)

(断面(B): 研磨片作成位置断面, P134~P135断面再掲)

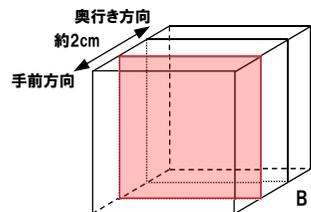


5cm

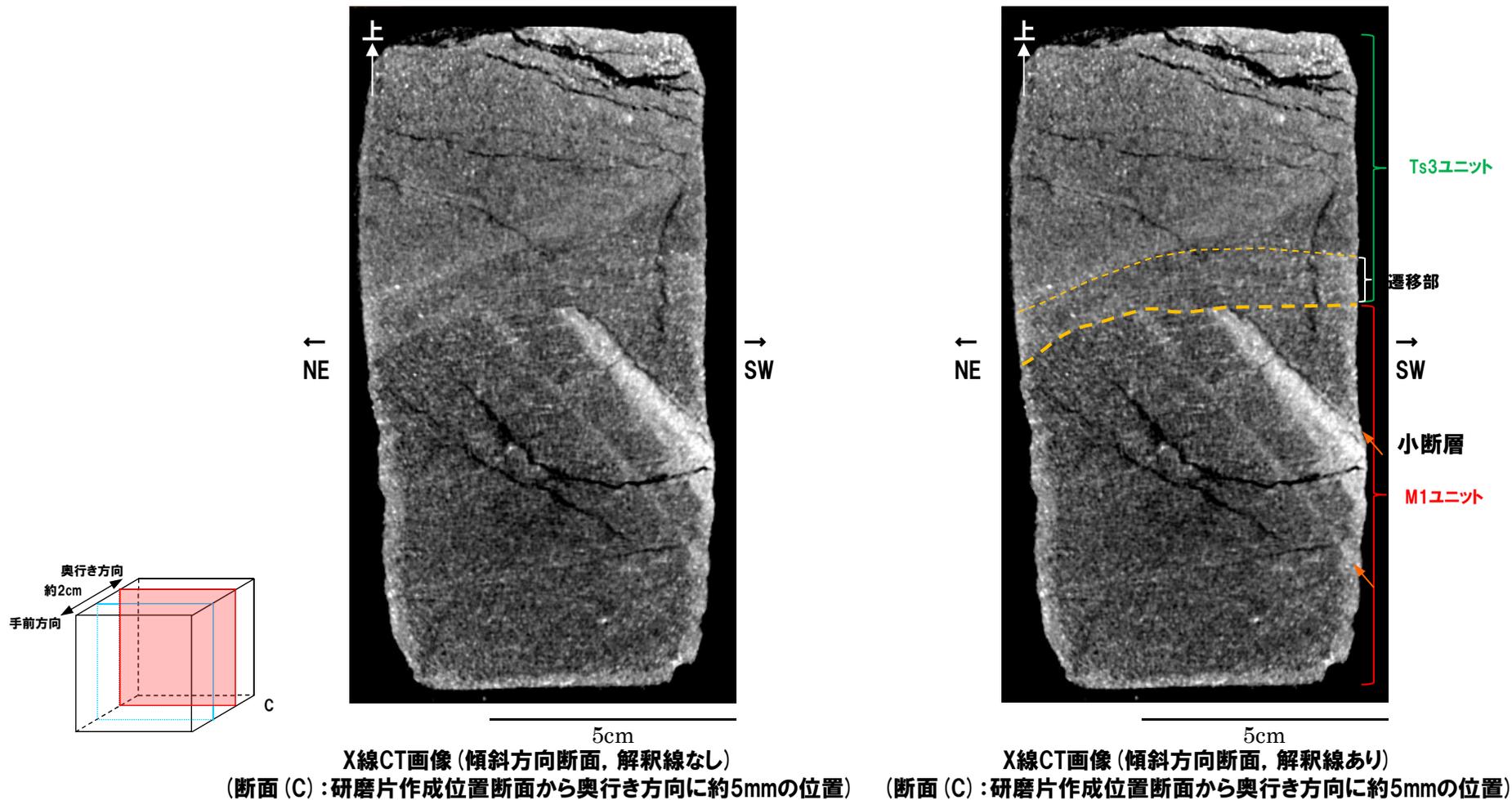
X線CT画像(傾斜方向断面, 解釈線あり)

(断面(B): 研磨片作成位置断面, P134~P135断面再掲)

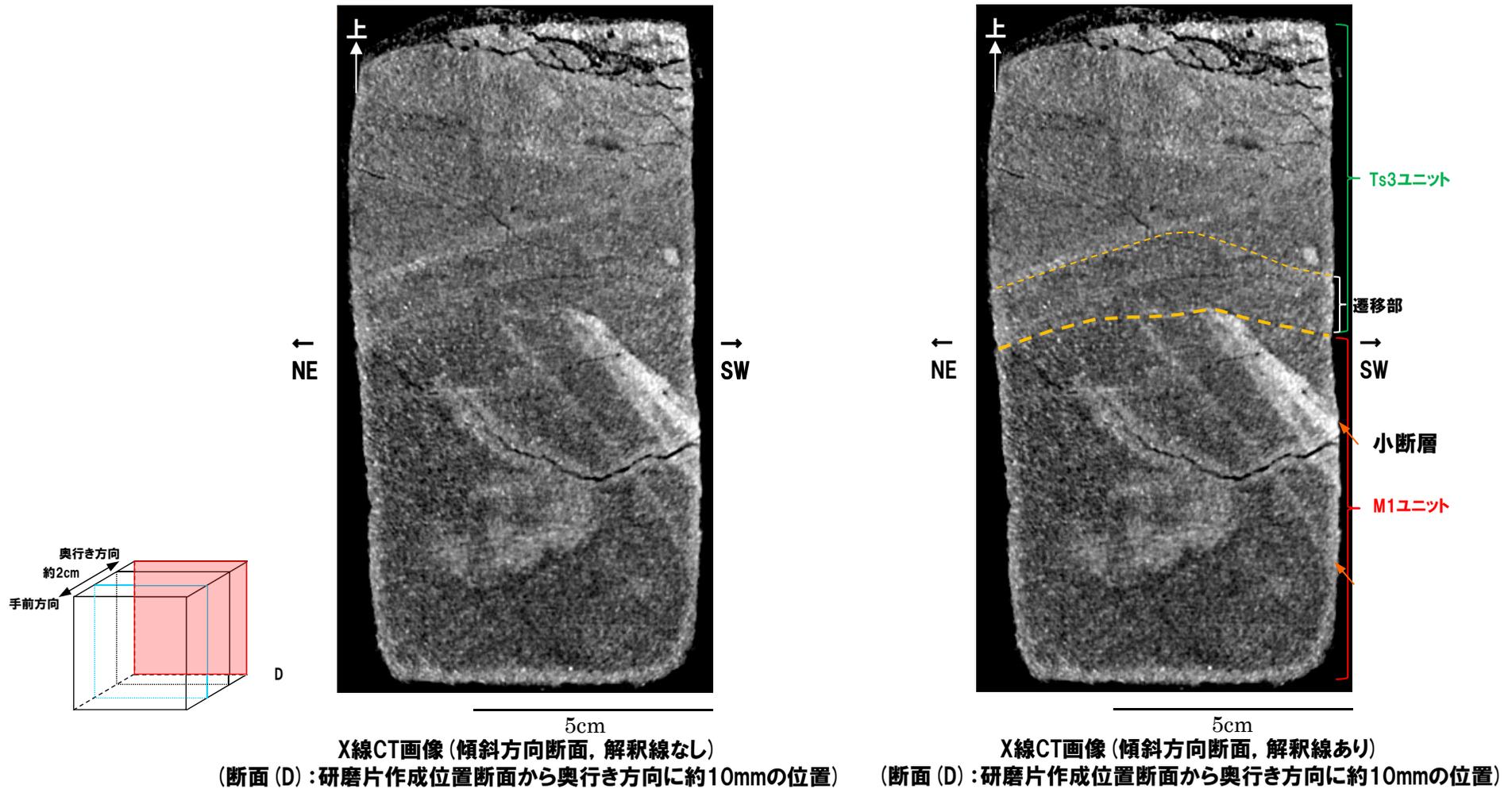
※遷移部の分布範囲については、R2.4.16審査会合以降に実施した南側壁面の背後法面天端付近における追加調査結果を踏まえ、R2.4.16審査会合資料において提示したことから、見直しを行なった。



①小断層上端付近の詳細観察-X線CT画像観察(5/6)-



①小断層上端付近の詳細観察-X線CT画像観察(6/6)-

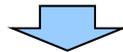


余白

3. 5章関連

鈴木 (2000)

- 周氷河地域に関して、鈴木 (2000) をレビューした。
- 鈴木 (2000) においては、最終氷期における周氷河地域を右図のとおり示している。
- 鈴木 (2000) では周氷河作用について以下のとおりとされている。
 - ・氷河に覆われていない寒冷地域では、地中水の凍結融解に伴って種々の物質移動が起こり、また、植生が乏しいため雨蝕と風蝕を受けやすい
 - ・そのような地域を周氷河地域と呼び、その地域に特有の地形過程を周氷河過程、それに起因する地形種を周氷河地形とそれぞれ総称する
 - ・地中水の凍結融解の繰り返しによって岩石が破碎されたり、岩塊や土が動かされたりする。その物質移動のことを凍結融解作用とよぶ
 - ・周氷河過程はこの凍結融解作用を根源とする地形過程である
 - ・凍土が融解すると、土が過剰水分で飽和され、粘性体となる
 - ・そのような状態の斜面表層物質が重力に従って斜面下方に緩慢に流動する
 - ・その移動は平均的には2~6cm/y、最大では50cm/y以上である
 - ・この現象をソリフラクションとよぶ
 - ・ソリフラクションは集団移動の一種であるが、顕著な滑落崖を伴わず、緩傾斜の斜面を面的に削剥する点で、崩落、地すべり、土石流とは異なる
 - ・凍結融解を繰り返す表層部では、非固結物質が攪乱される
 - ・この表土の攪乱により諸種の超微地形種が形成され、周氷河現象と総称される



- 敷地の位置する積丹半島を含む北海道の大部分は、最終氷期には周氷河地域に属していることから、それ以前の氷期 (例えばMIS6) においても、概ね同様な環境が推定される。
- 斜面表層の非固結物質は、氷期には攪乱されながら移動する (ソリフラクション) ものと考えられる。

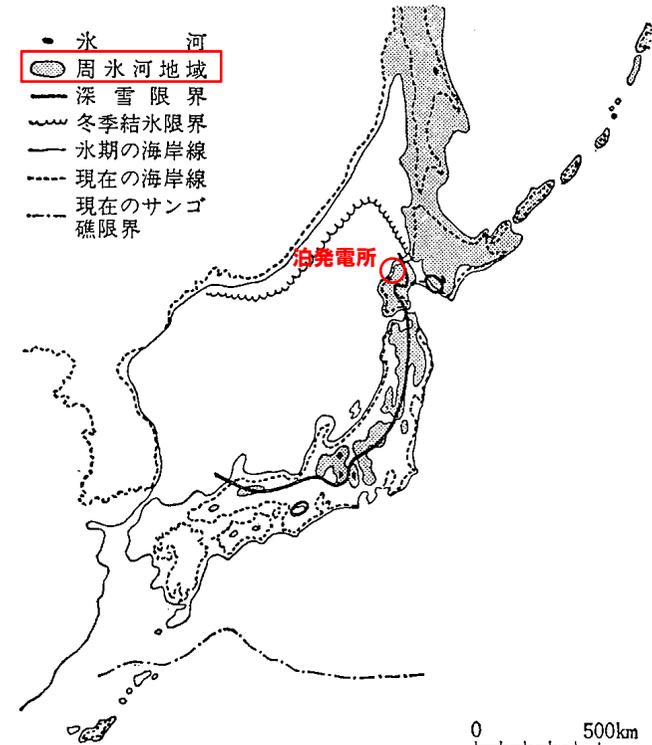


図 17.0.1 最終氷期の日本の気候地形図 (貝塚, 1969)

鈴木 (2000) に加筆

宮田 (1988)

- 周氷河作用について、宮田 (1988) をレビューした。
- 宮田 (1988) では周氷河作用について以下のとおりとされている。

【インボリューションの形態について】

- ・周氷河地域の堆積物の断面には、厚さ20cm～3m程度の、しばしば層内褶曲に似た、時には著しく不規則な変形構造がみられ、周氷河インボリューションあるいはクリオタベーションと呼ばれている
- ・インボリューションの形態はいずれも上下層の相互貫入であるが、上位層が粗粒な場合と下位層が粗粒な場合の両方が認められる
- ・右図は従来の文献及び著者の野外観察から、インボリューションの形態を堆積物の違いをもとに再分類したものである
- ・泥(粘土やシルト)及びローム層は粘着性があり透水性が悪いのに対し、砂や礫(軽石を含む)は粘着性がなく透水性がよい
- ・また、力学的な性質も大きな違いがあるため、それぞれの堆積物をF及びCの記号で表し、それらの上下組み合わせで区分した

【上位層の密度がより大きい場合のインボリューション形成要因について】

- ・密度逆転成層モデルでは、基本的には密度の逆転が必要条件であって、必ずしも周氷河環境は必要としていない
- ・しかし、野外で観察されるインボリューションが特定の層準に集中していること、同じ層準でもインボリューションの形成されている場所とそうでない場所とがあることから考えると、寒冷気候の影響があると考えた方が自然である
- ・即ち、寒冷気候環境下で堆積物の強度がとくに低下する条件があったことになる
- ・凍結時に下方から大量の間隙水を吸い上げ、析出氷として取り込んだ堆積物は、融解時に水で飽和する
- ・排水条件が悪いと高い含水状態が保たれ、間隙水圧が増加するために有効応力が減少する
- ・規則的な形態のインボリューションの少なくとも一部は、このような密度逆転成層モデルで説明できるといえよう

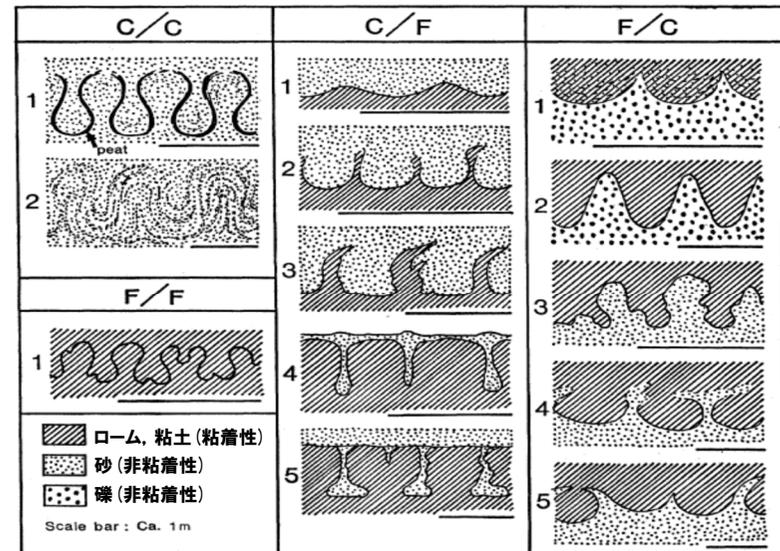


Fig. 2 Schematic figures of various deformation patterns of interface in a two-layer system.

「境界面の変形パターン概略図」

- ・細粒の堆積物 (F) 及び粗粒の堆積物 (C) の上下組合せから、(上位/下位: C/C, F/F, C/F, F/C) 4パターンに区分される。
F: 粘着性のあるもの(ローム, 粘土)
C: 粘着性のないもの(砂, 礫)

宮田 (1988) に加筆

- インボリューションのような上下移動が生じる周氷河作用においては、上下位層の相互貫入が生じており、どちらの層においても擾乱が認められるものと考えられる。
- インボリューションの形成要因として、上位層の密度が大きい場合に、凍結時に吸い上げられた間隙水が融解時に飽和し、地盤の強度が低下することが考えられる。

松岡 (1992)

- 周氷河作用について、松岡 (1992) をレビューした。
- 松岡 (1992) では周氷河作用について以下のとおりとされている。
 - ・凍結融解に基づく地形変化は、凍結時に凍上や凍結破碎を受けた地盤が融解する際に起こる
 - ・裸地における年平均地表面温度 T_{ms} ・年平均気温 T_{ma} と最大凍結・融解深度との関係を下図に示す
 - ・この図から、季節凍土地域 ($T_{ms} \geq 0^\circ\text{C}$) では最大凍結深度が $T_{ms} \cdot T_{ma}$ の低下とともに増加し、永久凍土地域 ($T_{ms} < 0^\circ\text{C}$) では最大融解深度 (活動層厚) が $T_{ms} \cdot T_{ma}$ の低下とともに減少するのがわかる
 - ・日周期性と年周期性の温度サイクルにおける凍結・融解深度とそれらが地形変化に及ぼす影響について下表にまとめた

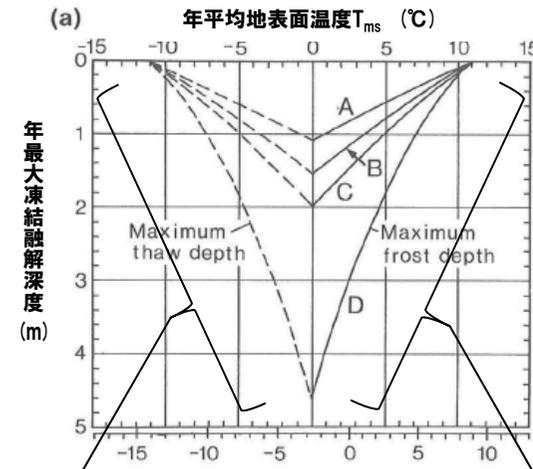


○裸地において堆積物が凍結融解作用の影響を受ける深度は、最大2m程度と考えられる。

第3表 日周期性と年周期性の凍結融解作用の比較

Table 3 Comparison between diurnal and seasonal frost action

凍結融解のタイプ	表層物質	凍結・融解深度	地形変化に及ぼす影響
日周期性	岩石	20~30cm (max 50cm)	凍結破碎速度, 最多礫径
	砂礫・土壌	5~10cm (max 20cm)	表層の移動速度, 小規模な構造土?
年周期性	岩石	<500cm (日本の場合)	最大礫径
	砂礫・土壌	<200cm (日本の場合)	下層の移動速度, 移動限界深度, 大規模な構造土?



永久凍土地域 ($T_{ms} < 0^\circ\text{C}$) では最大融解深度 (活動層厚) が T_{ms}, T_{ma} の低下とともに減少
 年平均気温 T_{ma} ($^\circ\text{C}$)
 季節凍土地域 ($T_{ms} \geq 0^\circ\text{C}$) では最大凍結深度が T_{ms}, T_{ma} の低下とともに増加

「年平均地表面温度 (T_{ms})・年平均気温 (T_{ma}) と年最大凍結融解深度との関係」

- ・地表面温度年変化の振幅が 11°C の場合のグラフを抜粋
- ・地盤の種類
 A: 火山灰, B: 砂~シルト, C: 砂礫, D: 岩石

三浦・平川 (1995)

- 周氷河作用について、三浦・平川 (1995) をレビューした。
- 三浦・平川 (1995) では周氷河作用について以下のとおりとされている。
 - ・活動層厚は、夏季の温度条件 (融解積算温度) と構成物質の物性及び地表面の状態に支配される
 - ・調査地域 (北海道北部 (稚内) 及び東部 (根室)) における構成物質 (火山灰, シルト・砂, 砂礫) ごとの最大融解深度 (活動層厚) を算出した (右表参照)
 - ・算出にあたり、最終氷期最寒冷期の凍土環境として不連続的永久凍土帯南限付近と連続的永久凍土帯南限付近の2つを想定し、それぞれの一般的な年平均気温とされる -3°C と -7°C を採用した



- 最終氷期の北海道北部及び東部における活動層厚は、層厚の大きい不連続的永久凍土帯南限付近としても概ね2~3m程度となるものと考えられる。

気温変化の温度指数 (WI) と計算によって求めた活動層厚

地域および 気温変化様式 [※]	WI ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$)	年平均気温 ($^{\circ}\text{C}$)	振幅 ($^{\circ}\text{C}$)	活動層厚 (cm)			実測値
				火山灰	シルト・砂	砂礫	
北海道北部 (稚内)							
A	54.0	6.4	11.9	—	—	—	—
B	9.2	-3.0	11.9	110	156	200	—
B'	20.9	-3.0	15.8	124	177	227	—
C	0.8	-7.0	11.9	72	98	123	—
C'	18.6	-7.0	19.9	109	153	190	—
北海道東部 (根室)							
A	45.3	5.9	10.5	—	—	—	—
B	4.9	-3.0	10.5	102	146	189	—
B'	21.4	-3.0	16.5	128	182	232	—
C	0.0	-7.0	10.5	63	89	112	—
C'	20.3	-7.0	20.9	113	157	197	—
ロングイヤービェン	1.4	-5.6	10.3	77	106	132	74-104 ¹⁾
大雪山	15.5	-3.8	15.4	117	167	214	120-180 ²⁾
ヤクーツク	41.6	-10.3	30.9	64	86	108	150-200 ³⁾
フェアバンクス	36.4	-3.3	21.1	99	142	182	30-600 ³⁾

¹⁾ Bakkehoi and Bandis (1988), ²⁾ 福田・木下 (1974); Sone *et al.* (1988), ³⁾ Williams (1975)

※気温変化様式

・現在の気温変化

A: 現在の月平均気温の年変化

・不連続的永久凍土帯南限付近を想定

B: 現在の年変化を平行に移動して年平均気温を -3°C に調整

B': Bの年平均気温を変えないで夏季は 10°C 超え, 冬季は -20°C 以下に調整

・連続的永久凍土帯南限付近

C: 現在の年変化を平行に移動して年平均気温を -7°C に調整

C': Cの年平均気温を変えないで夏季は 10°C 超え, 冬季は -20°C 以下に調整

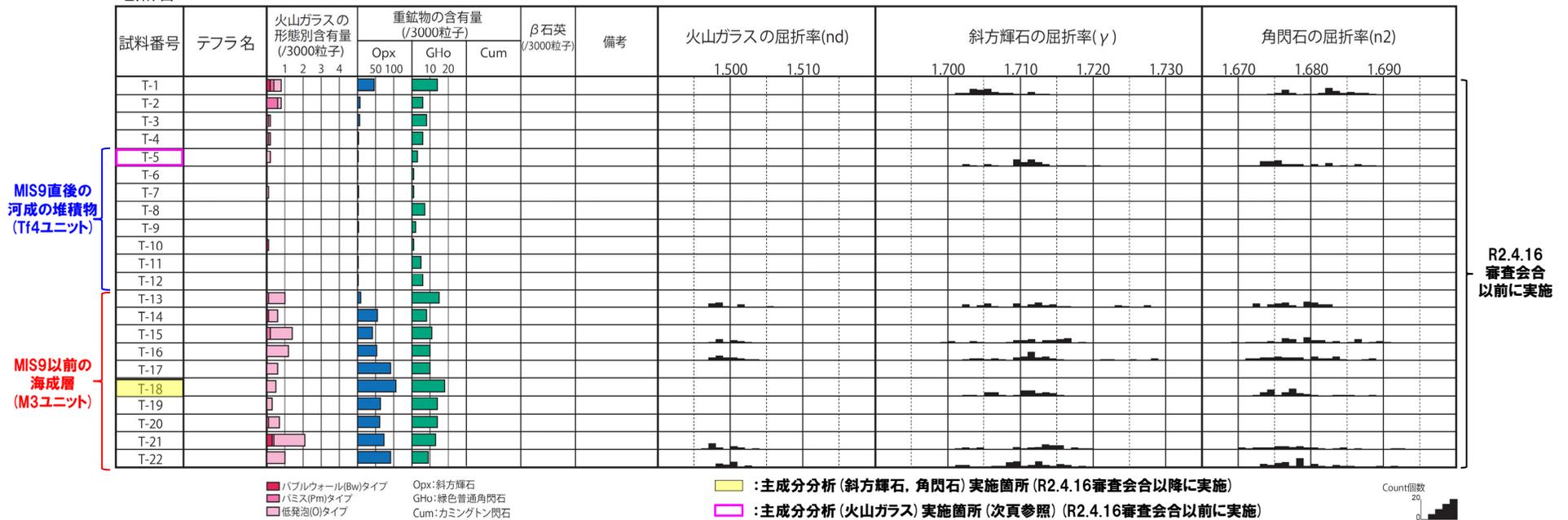
三浦・平川 (1995) に加筆

火山灰分析

開削調査箇所(北側) - 屈折率測定 -

- MIS9直後の河成の堆積物 (Tf4ユニット) において、火山灰分析を実施した (測線51M-c)。
- 火山灰分析 (火山ガラスの主元素組成等) の結果、洞爺火山灰は認められない。

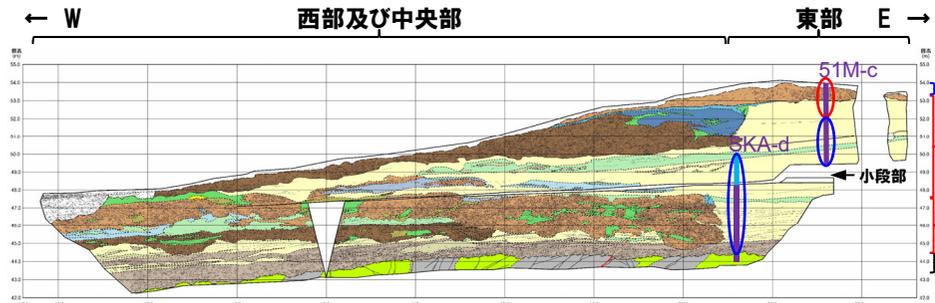
地点名: 51M-c



51M-c 火山灰分析結果

(参考) 洞爺火山灰の屈折率 (町田・新井, 2011より)

特徴	火山ガラス	斜方輝石	角閃石
バブルウォールタイプ・バミスタイプの火山ガラス主体	1.494-1.498	1.711-1.761 (1.758-1.761, 1.712-1.729 bimodal)	1.674-1.684

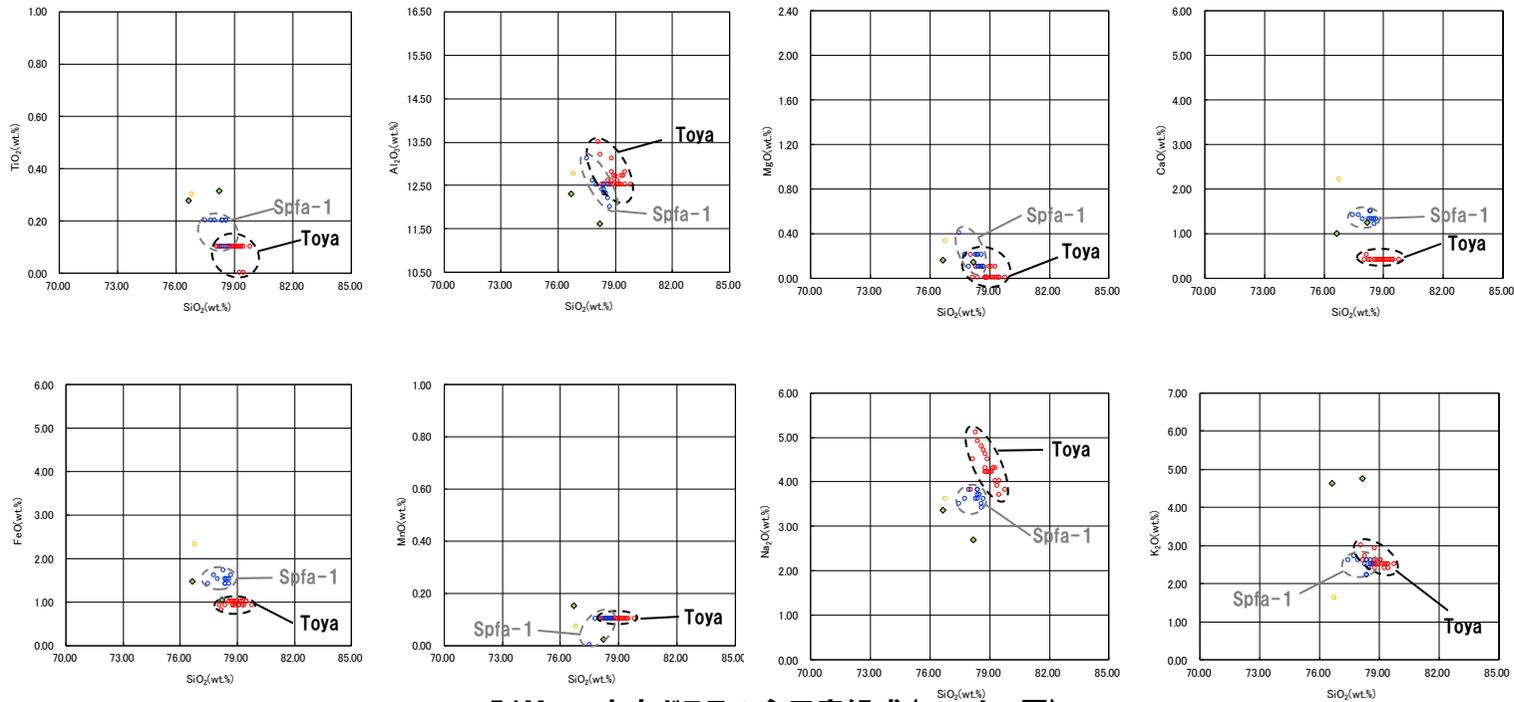


開削調査箇所(北側) 北側壁面スケッチ

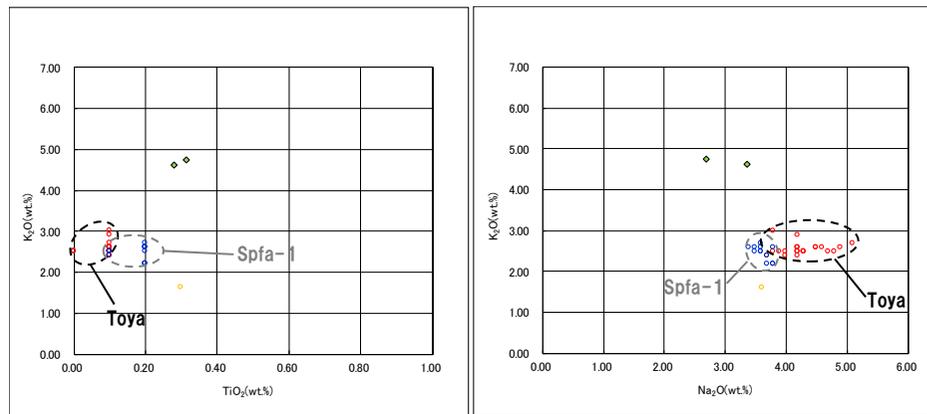


火山灰分析

開削調査箇所(北側) - 主成分分析 -



51M-c 火山ガラスの主元素組成(ハーカー図)



51M-c 火山ガラスのK₂O-TiO₂図(左図), K₂O-Na₂O図(右図)

MIS9直後の河成の堆積物
(Tf4ユニット)

- ◆ 51M-C-T-5
- Toya(※1)
- Kt-2(※2)
- Spfa-1(Spfl)(※1)

※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

余白