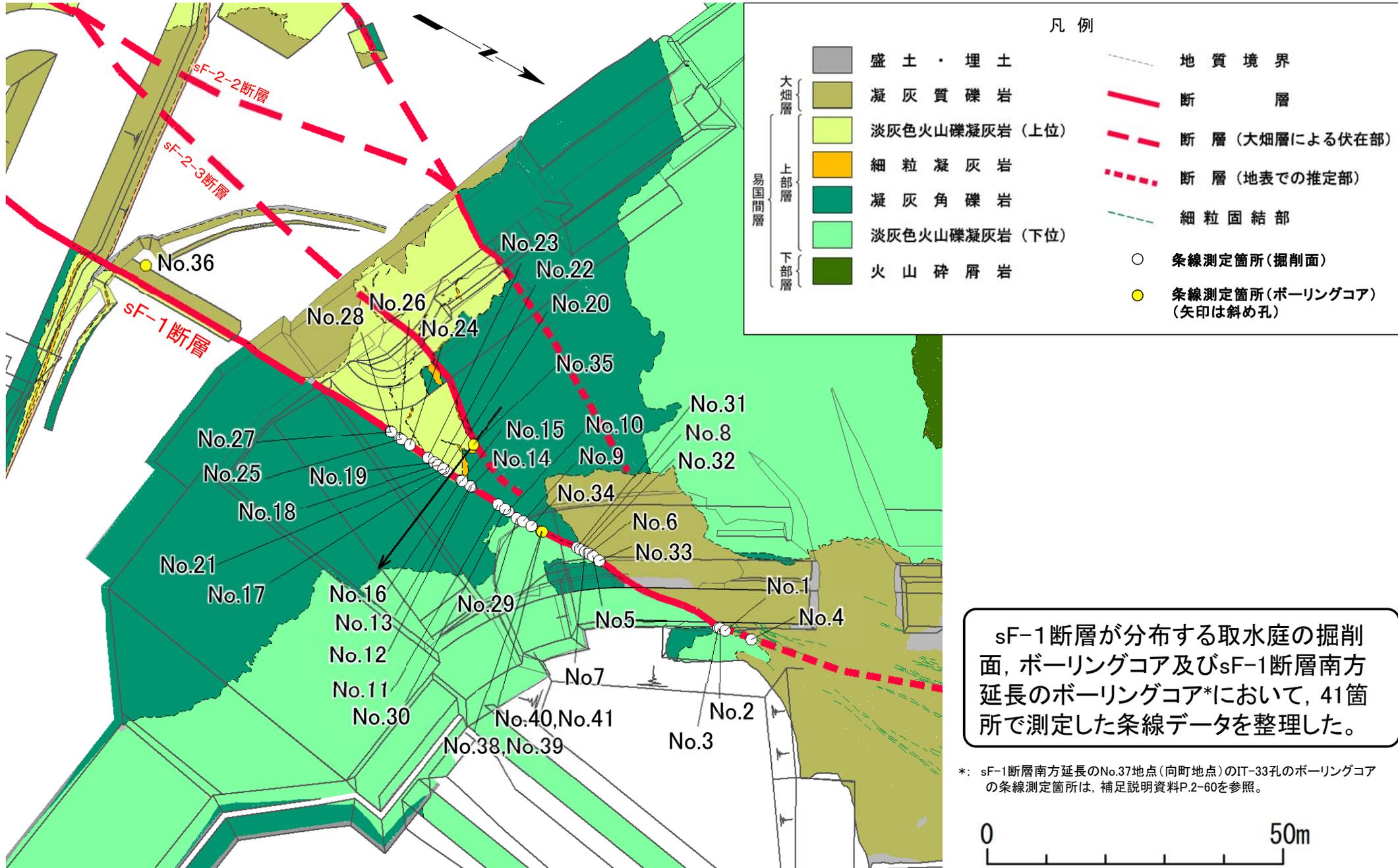


7. sF-1断層に関わる条線画像(1/15)

コメントNo.S1-80



条線測定箇所(1/2)



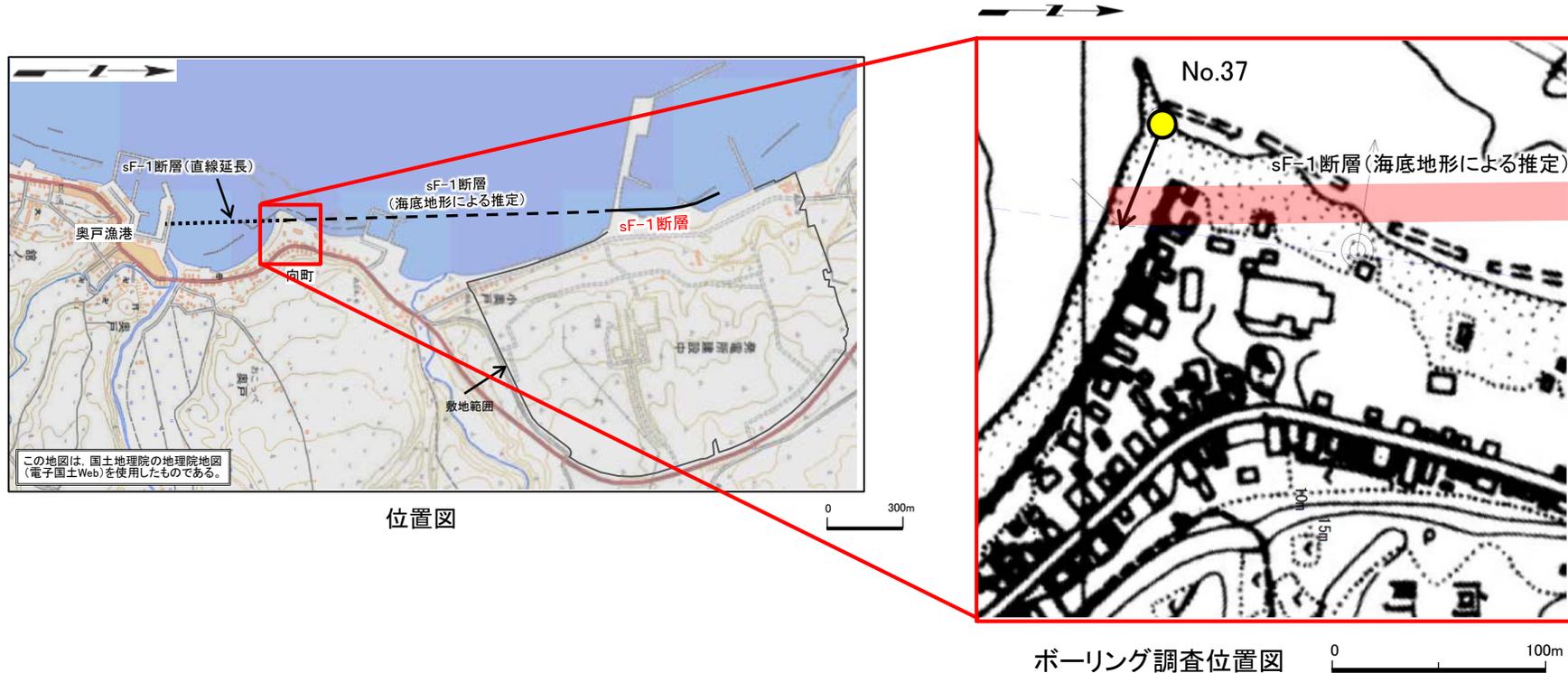
sF-1断層が分布する取水庭の掘削面、ボーリングコア及びsF-1断層南方延長のボーリングコア*において、41箇所測定した条線データを整理した。

*: sF-1断層南方延長のNo.37地点(向町地点)のIT-33孔のボーリングコアの条線測定箇所は、補足説明資料P.2-60を参照。

7. sF-1断層に関わる条線画像(2/15)

コメントNo.S1-80

条線測定箇所(2/2)



sF-1断層の南方延長のNo.37地点(向町地点)において、
sF-1断層を確認したボーリングIT-33孔で条線を測定した。

凡例
斜めボーリング

7. sF-1断層に関わる条線画像(3/15)

コメントNo.S1-80



掘削面における条線画像(1/6): No.1, 3, 4, 8

No.1

断層面の走向・傾斜
N13° W, 86° E

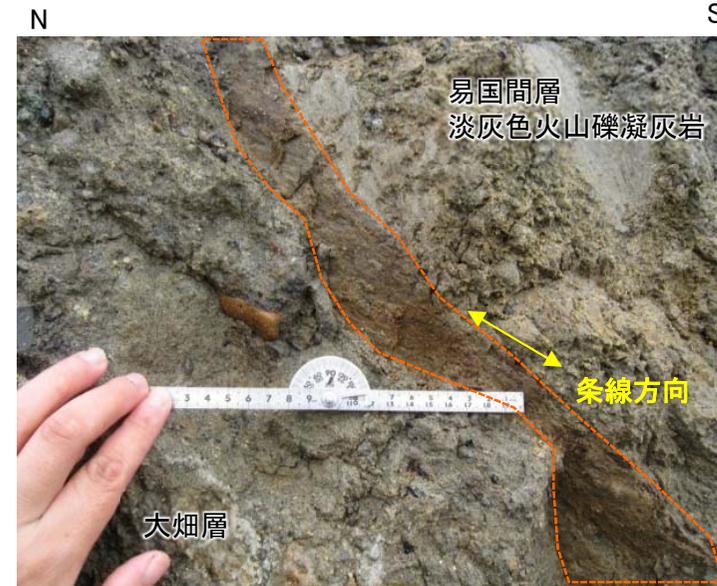
条線伏角: 19° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

No.3

断層面の走向・傾斜
N16° W, 90°

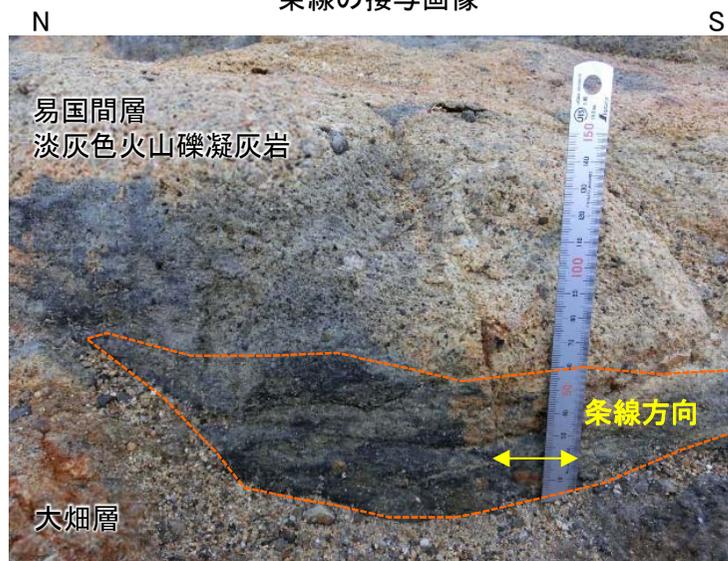
条線伏角: 30° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

No.4

断層面の走向・傾斜
N5° E, 75° W

条線伏角: 0° (水平)

断層面

0 2cm

条線の接写画像

No.8

断層面の走向・傾斜
N5° E, 85° E

条線伏角: 5~10° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

取水庭の掘削面No.1, No.3, No.4, No.8の各地点で確認された断層面では、条線伏角は0° ~30° であり、おおむね水平~低角である。

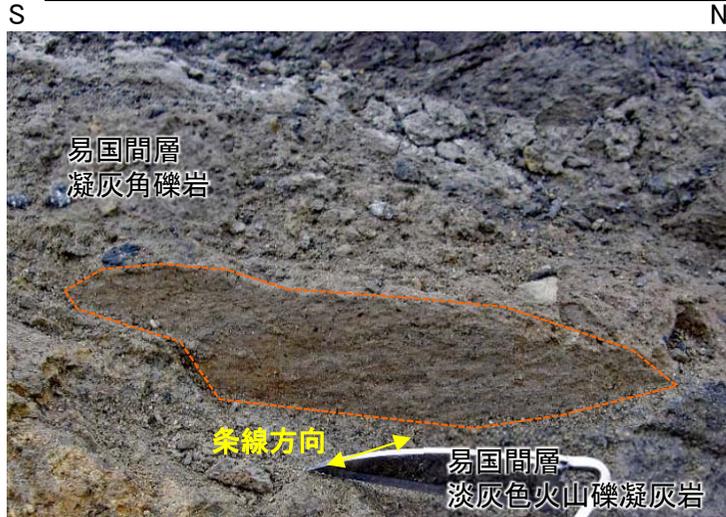
7. sF-1断層に関わる条線画像(4/15)

コメントNo.S1-80



掘削面における条線画像(2/6): No.9~11, 13

No.9



条線の接写画像

断層面の走向・傾斜
N3° E, 75° E

条線伏角: 7° S

断層面

No.10



条線の接写画像

断層面の走向・傾斜
N11° E, 73° E

条線伏角: 7° S

断層面

No.11



条線の接写画像

断層面の走向・傾斜
N6° E, 68° E

条線伏角: 4° S

断層面

No.13



条線の接写画像

断層面の走向・傾斜
N5° E, 68° E

条線伏角: 5° S

断層面

取水庭の掘削面No.9, No.10, No.11, No.13の各地点で確認された断層面では、条線伏角は4° ~ 7° であり、おおむね水平~低角である。

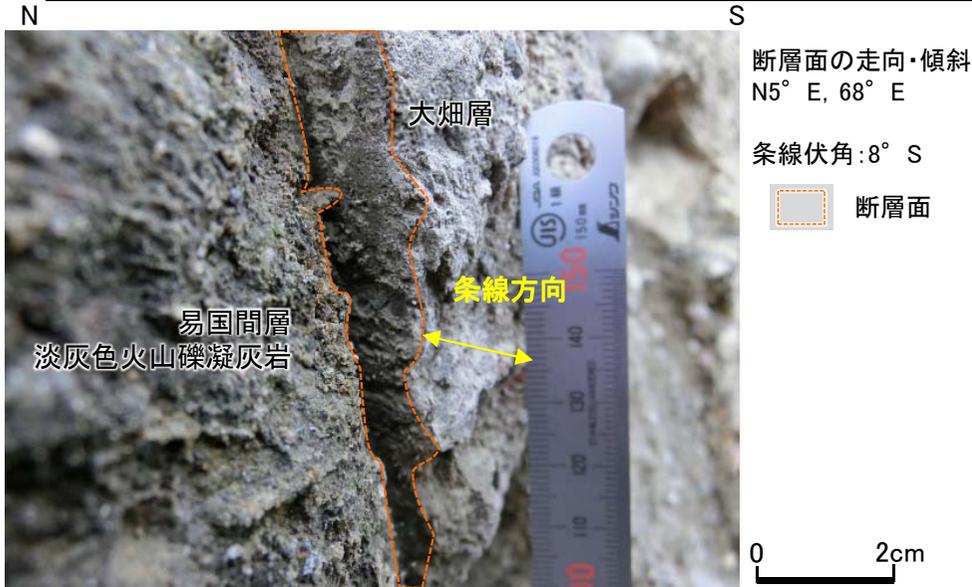
7. sF-1断層に関わる条線画像(5/15)

コメントNo.S1-80

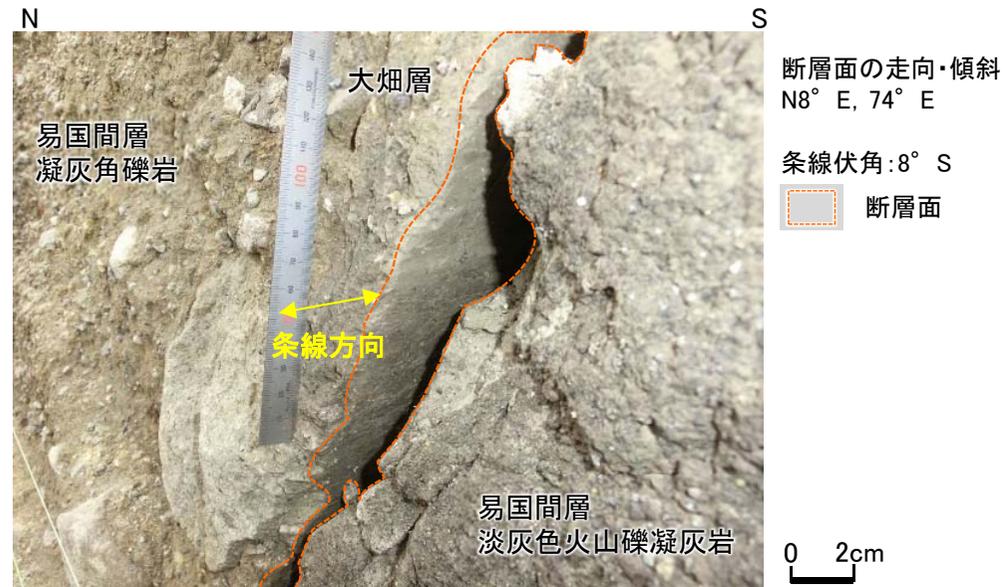


掘削面における条線画像 (3/6) : No.14~16, 20

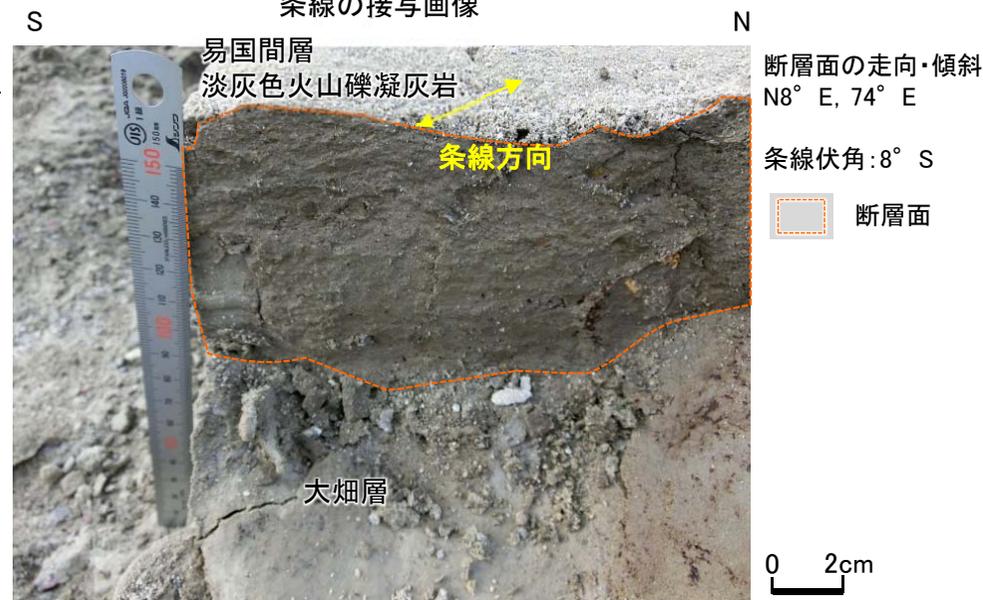
No.14



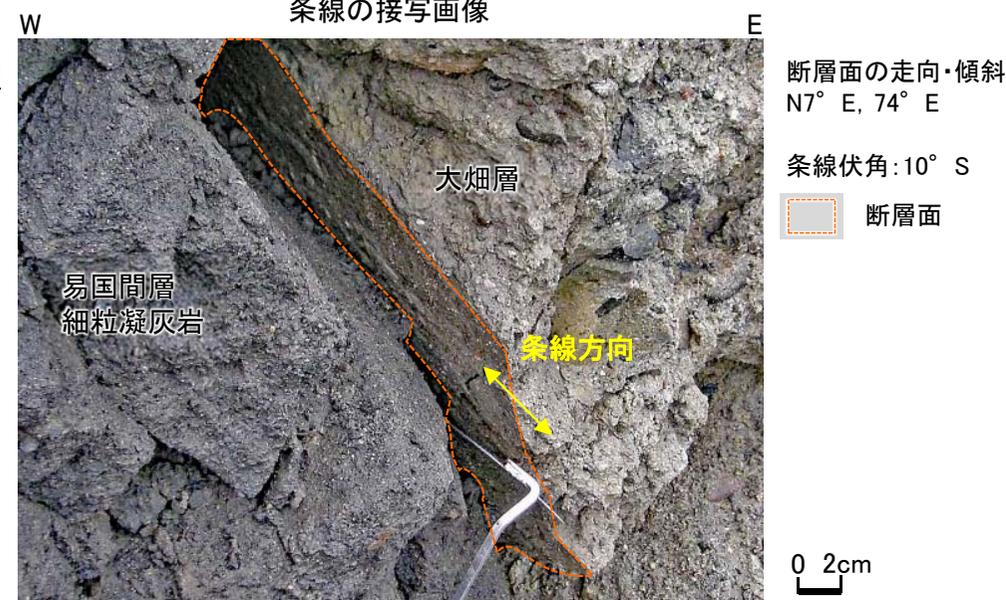
No.15



No.16



No.20



条線の接写画像

条線の接写画像

取水庭の掘削面No.14, No.15, No.16, No.20の各地点で確認された断層面では、条線伏角は8° ~10° であり、おおむね水平~低角である。

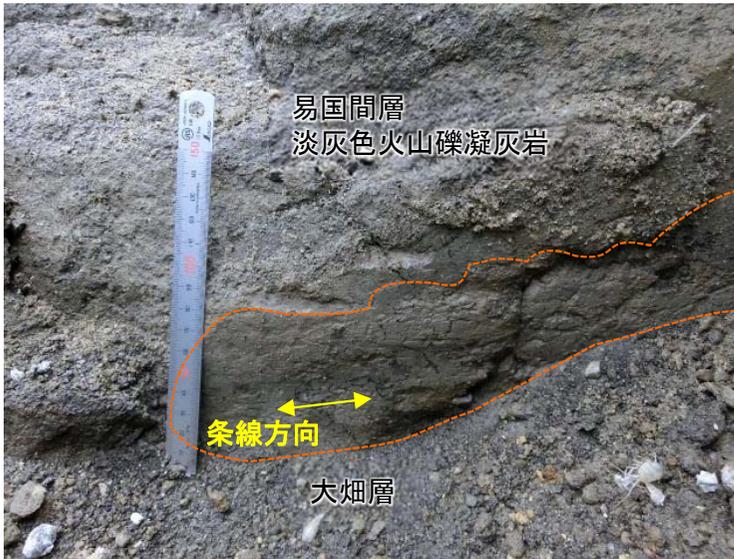
7. sF-1断層に関わる条線画像(6/15)

コメントNo.S1-80



掘削面における条線画像 (4/6) : No.21~23, 26

No.21



断層面の走向・傾斜
N13° E, 74° E

条線伏角: 8° S



0 2cm

条線の接写画像

No.22



断層面の走向・傾斜
N7° E, 78° E

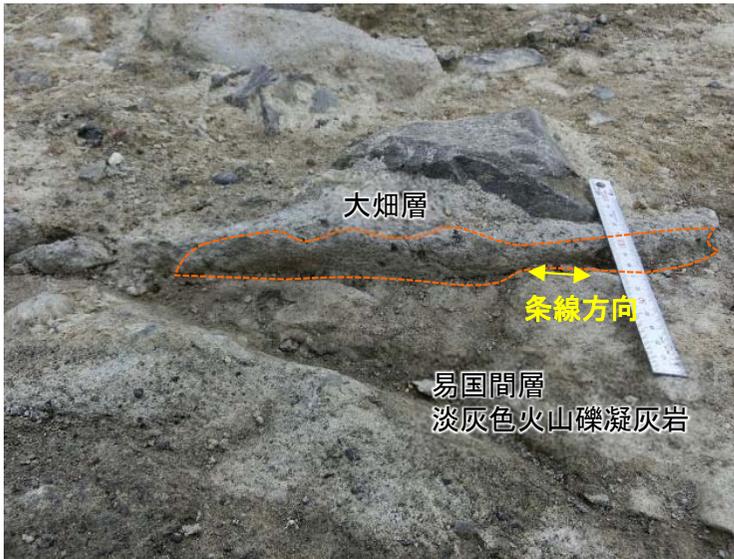
条線伏角: 5° S



0 2cm

条線の接写画像

No.23



断層面の走向・傾斜
N11° E, 85° E

条線伏角: 10° S



0 2cm

条線の接写画像

No.26



断層面の走向・傾斜
N9° E, 75° E

条線伏角: 5° ~ 15° S



0 2cm

条線の接写画像

取水庭の掘削面No.21, No.22, No.23, No.26の各地点で確認された断層面では、条線伏角は5° ~ 15° であり、おおむね水平~低角である。

7. sF-1断層に関わる条線画像(7/15)

コメントNo.S1-80



掘削面における条線画像 (5/6): No.27, 29, 31, 32

No.27



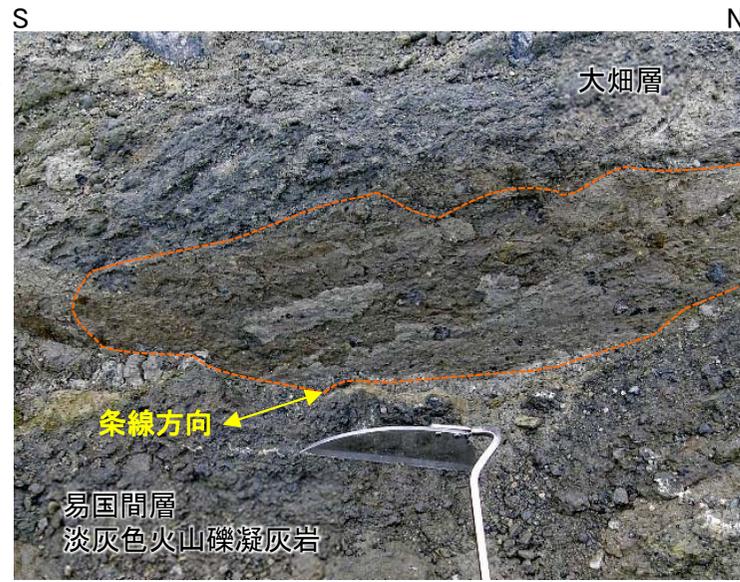
断層面の走向・傾斜
N5° E, 72° E
条線伏角: 8° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

No.29



断層面の走向・傾斜
N4° E, 75° E
条線伏角: 8° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

No.31



断層面の走向・傾斜
N11° E, 87° E
条線伏角: 18° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

No.32



断層面の走向・傾斜
N6° E, 83° W
条線伏角: 16° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

取水庭の掘削面No.27, No.29, No.31, No.32の各地点で確認された断層面では、条線伏角は8° ~ 18° であり、おおむね水平~低角である。

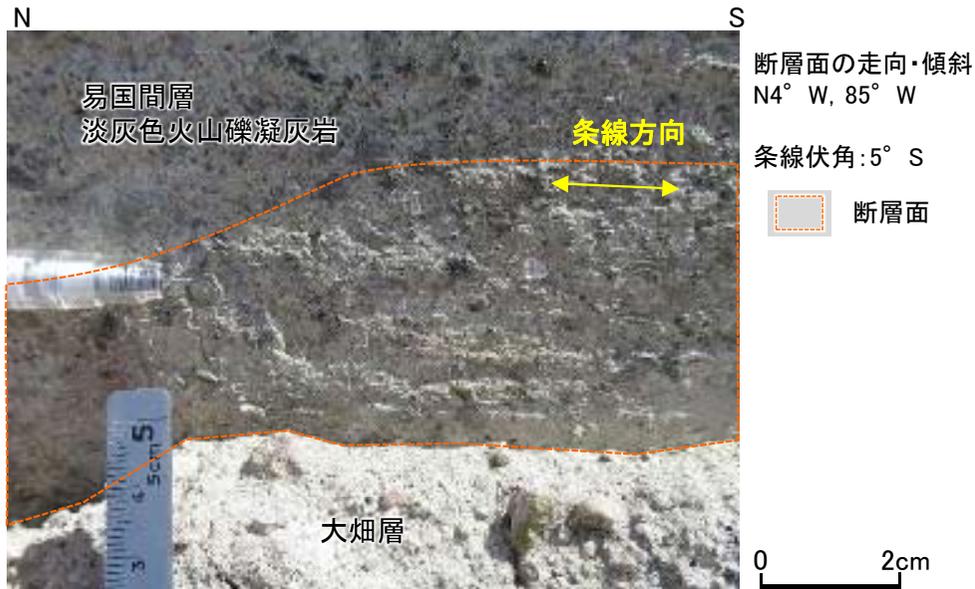
7. sF-1断層に関わる条線画像(8/15)

コメントNo.S1-80



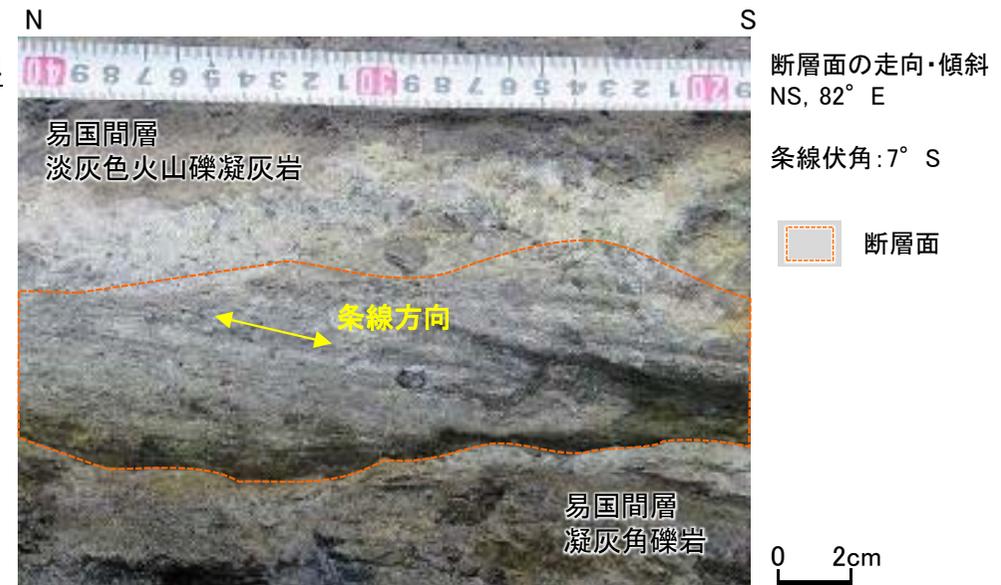
掘削面における条線画像(6/6): No.33, 34

No.33



条線の接写画像

No.34



条線の接写画像

取水庭の掘削面No.33, No.34の各地点で確認された断層面では、条線伏角は5° ~7° であり、おおむね水平~低角である。

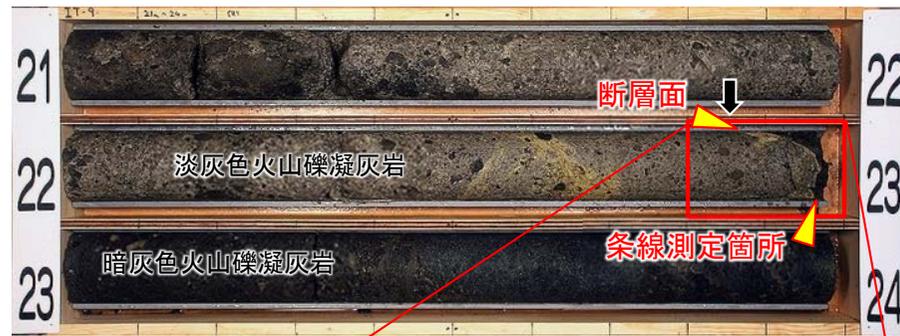
7. sF-1断層に関わる条線画像(9/15)

コメントNo.S1-80



ボーリングコアの条線画像(1/7): No.35(IT-9孔)

No.35 IT-9孔(22.94m)



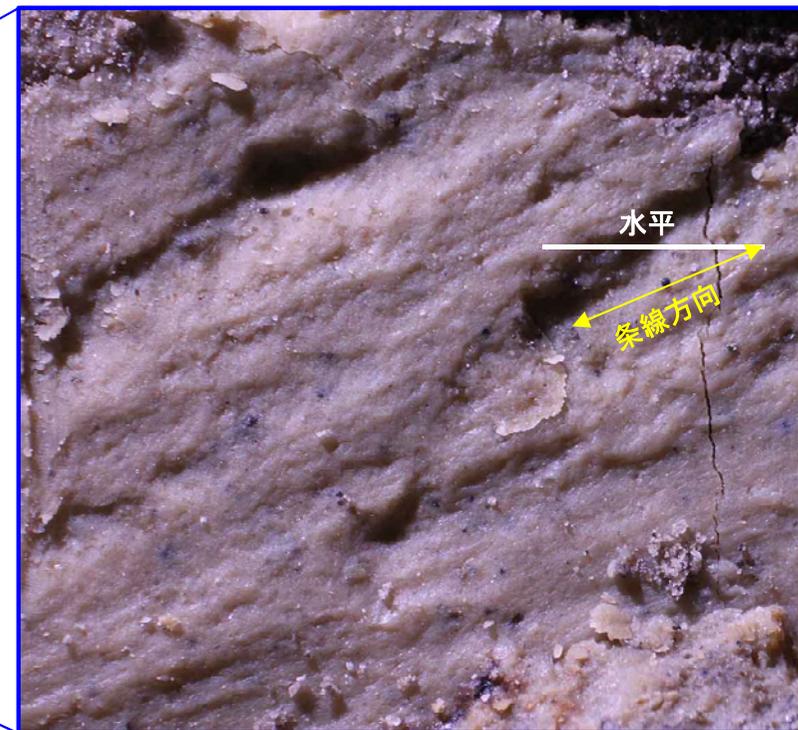
↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N3° E, 72° W条線伏角
19° S

コア写真(21m~24m)



条線測定箇所の接写画像(赤色枠部の試料を裏返した状態)



条線の接写

0 1mm

取水庭のNo.35地点のボーリングIT-9孔の深度22.94mで確認された断層面は走向・傾斜がN3° E, 72° Wである。右側の接写画像の矢印の部分で確認した条線伏角は19° であり、低角である。

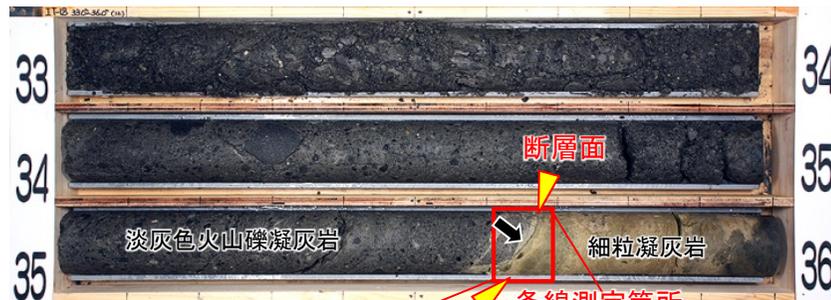
7. sF-1断層に関わる条線画像(10/15)

コメントNo.S1-80

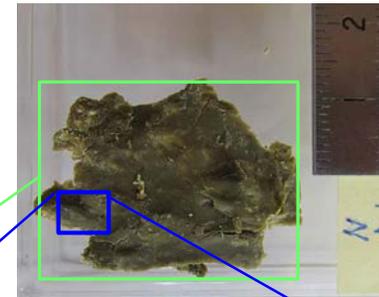


ボーリングコアの条線画像(2/7): No.36(IT-18孔)

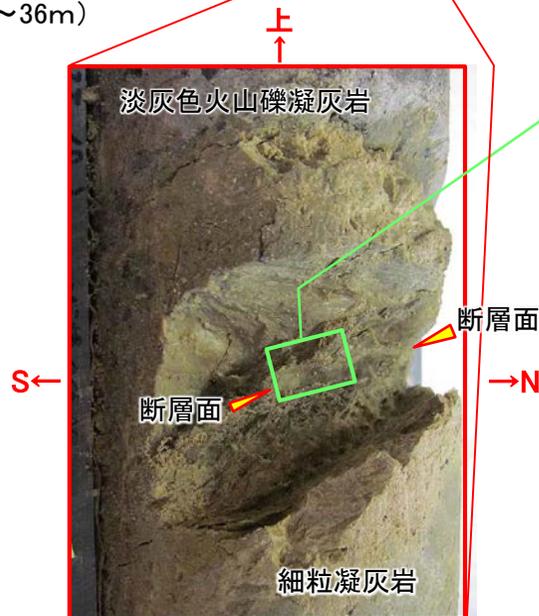
No.36 IT-18孔(35.65m)



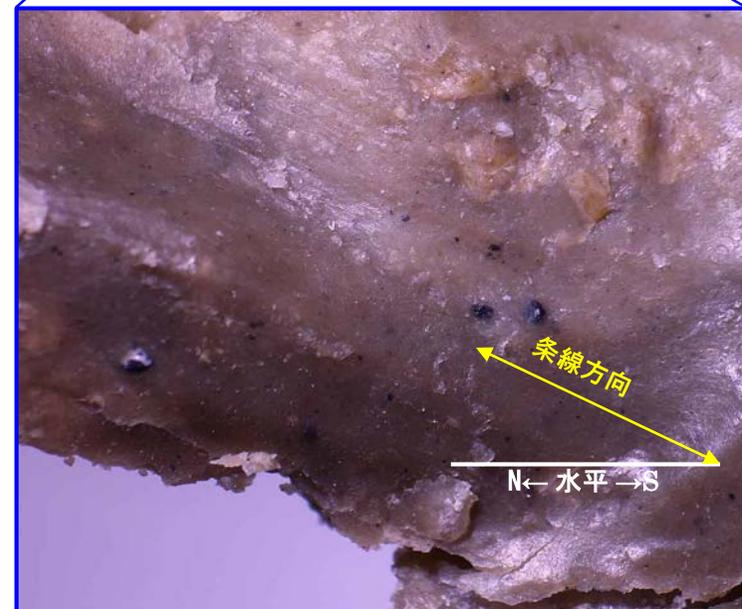
↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N2° W, 58° W条線伏角
21° S断層面の写真
(綠色枠部の試料を裏返した状態)

コア写真(33m~36m)



条線測定箇所の接写画像 ↓



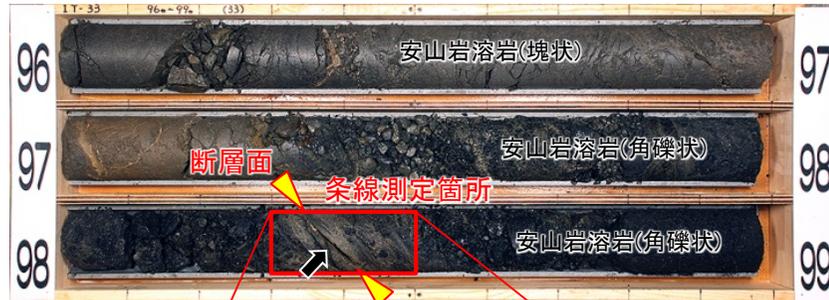
条線の接写画像 0 1mm

取水庭のNo.36地点のボーリングIT-18孔の深度35.65mで確認された断層面は走向・傾斜がN2° W, 58° Wである。断層面で確認される条線伏角は21° であり, 低角である。

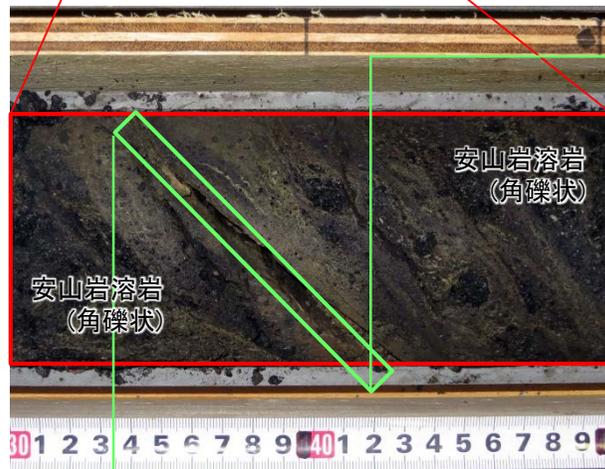
7. sF-1断層に関わる条線画像(11/15)

ボーリングコアの条線画像(3/7): No.37(IT-33孔)

No.37 IT-33孔(98.37m)



コア写真(96m~99m)



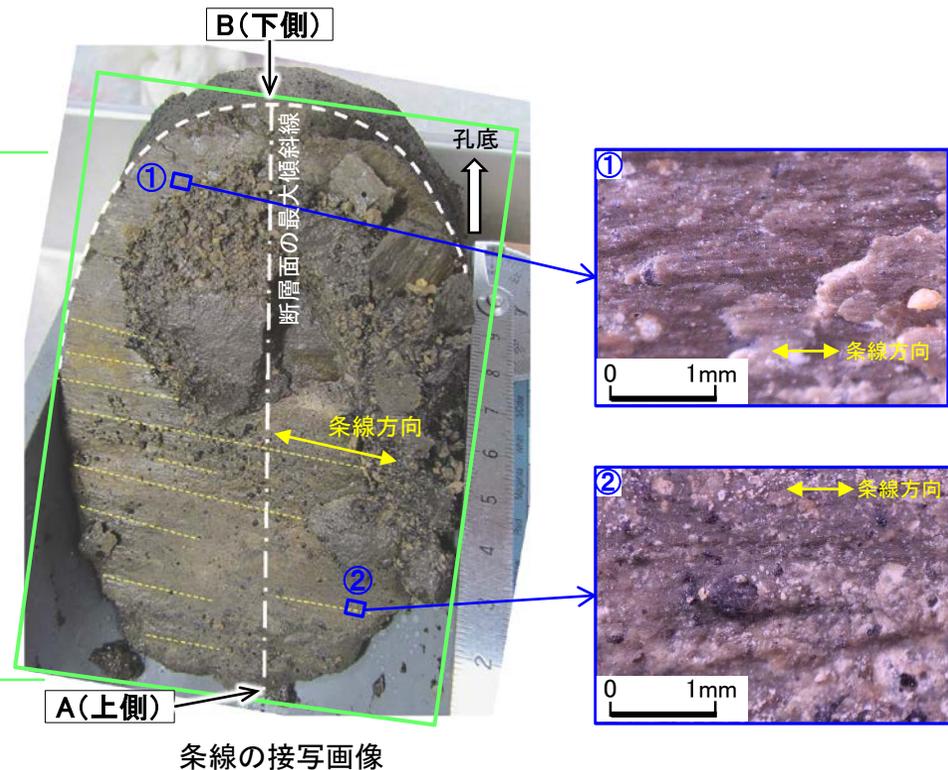
条線測定箇所の接写画像

注) IT-33孔深度98.37mの断層面で確認される条線のレイク角は、第316回審査会合資料3-2, P.143を参照。

↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N7° E, 81° W

条線伏角
20° N



条線の接写画像

sF-1断層南方延長のNo.37地点のボーリングIT-33孔の深度98.37mで確認された断層面は走向・傾斜がN7° E, 81° Wである。断層面で確認される条線伏角は20° Nであり、低角である。

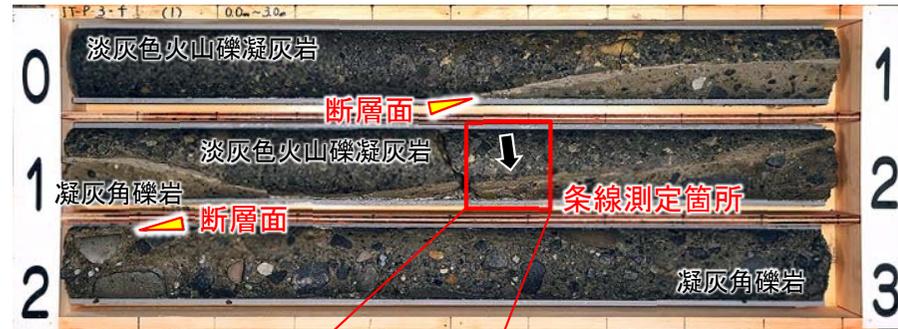
7. sF-1断層に関わる条線画像(12/15)

コメントNo.S1-80



ボーリングコアの条線画像(4/7): No.38(IT-P-3-f孔)

No.38 IT-P-3-f 孔 (1.53m~1.65m)

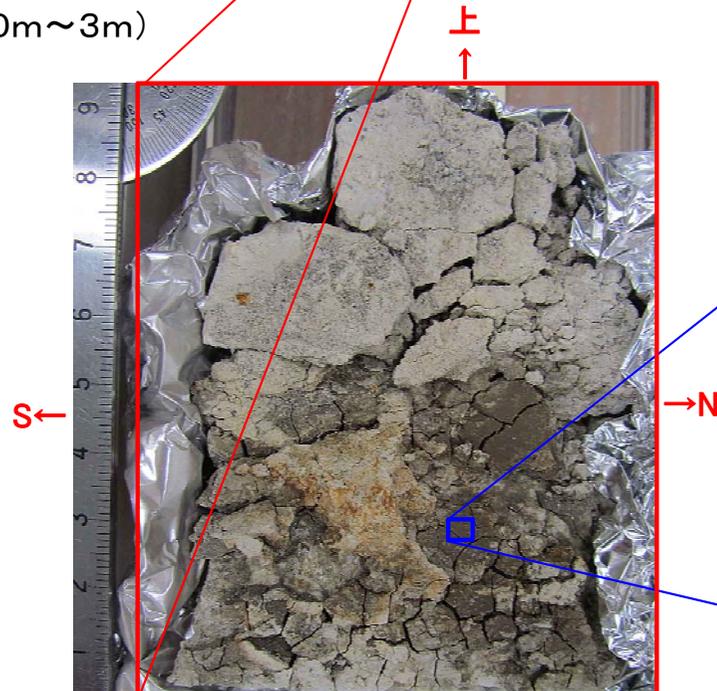


↓ :断層面の観察方向

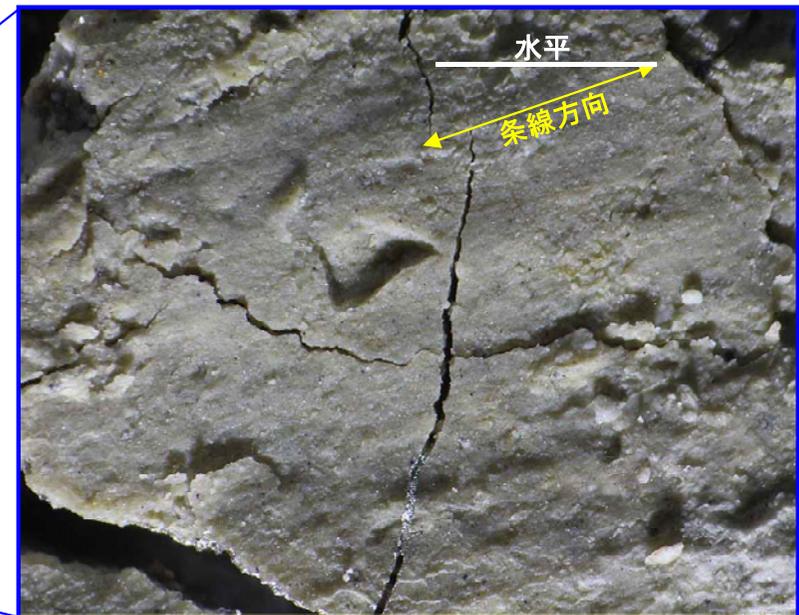
断層面の走向・傾斜
N7° W, 86° E

条線伏角
17° S

コア写真(0m~3m)



条線測定箇所の断層面の写真
(1.53m~1.65m)

上
↑↓
下

条線の接写画像

0 1mm

取水庭のNo.38地点のボーリングIT-P-3-f孔の深度1.53m~1.65mで確認された断層面は走向・傾斜がN7° W, 86° Eである。断層面で確認される条線伏角は17° であり、低角である。

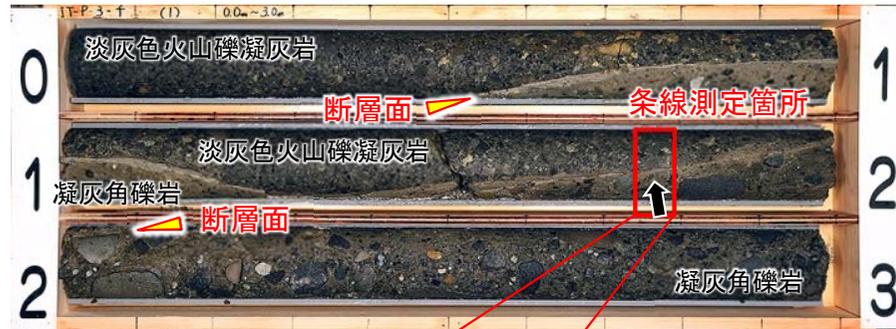
7. sF-1断層に関わる条線画像(13/15)

コメントNo.S1-80



ボーリングコアの条線画像(5/7): No.39(IT-P-3-f孔)

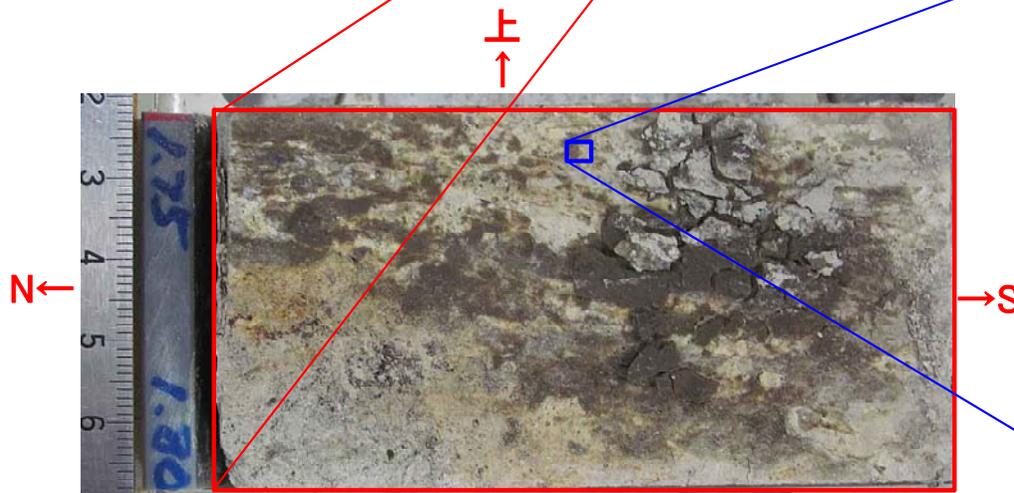
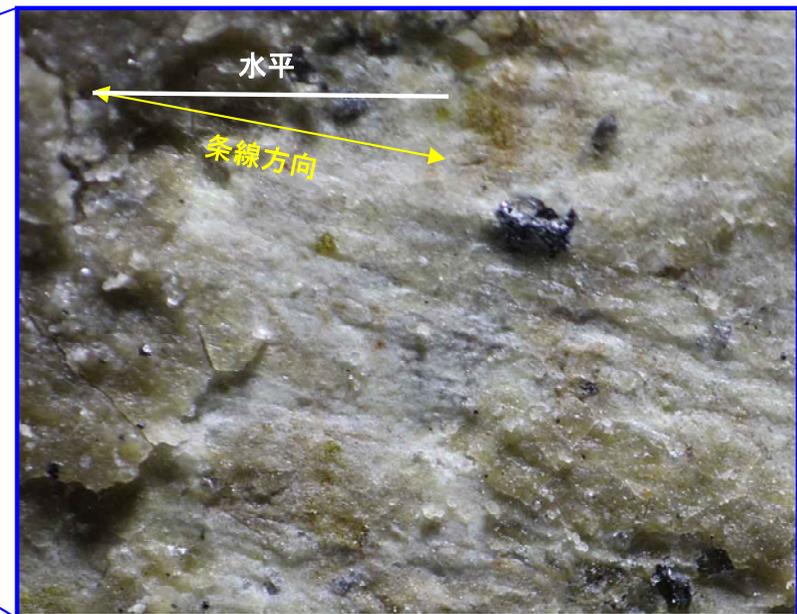
No.39 IT-P-3-f 孔(1.75m~1.80m)



↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N7° W, 86° E条線伏角
12° S

コア写真(0m~3m)

条線測定箇所の断層面の写真
(1.75m~1.80m)

条線の接写画像 0 1mm

取水庭のNo.39地点のボーリングIT-P-3-f孔の深度1.75m~1.80mで確認された断層面は走向・傾斜がN7° W, 86° Eである。断層面で確認される条線伏角は12° であり、低角である。

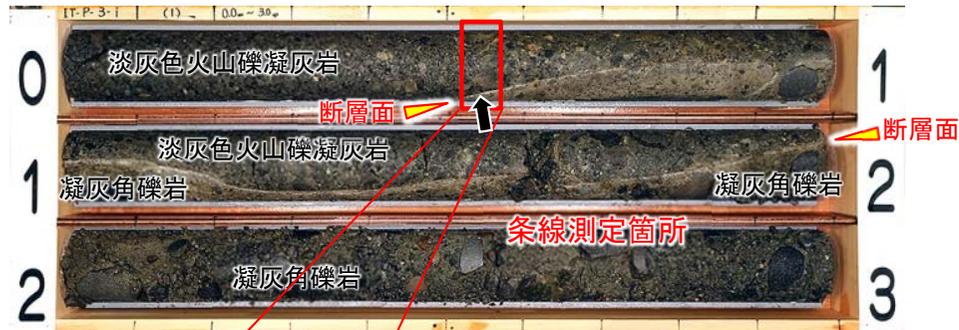
7. sF-1断層に関わる条線画像(14/15)

コメントNo.S1-80



ボーリングコアの条線画像(6/7): No.40(IT-P-3-i孔)

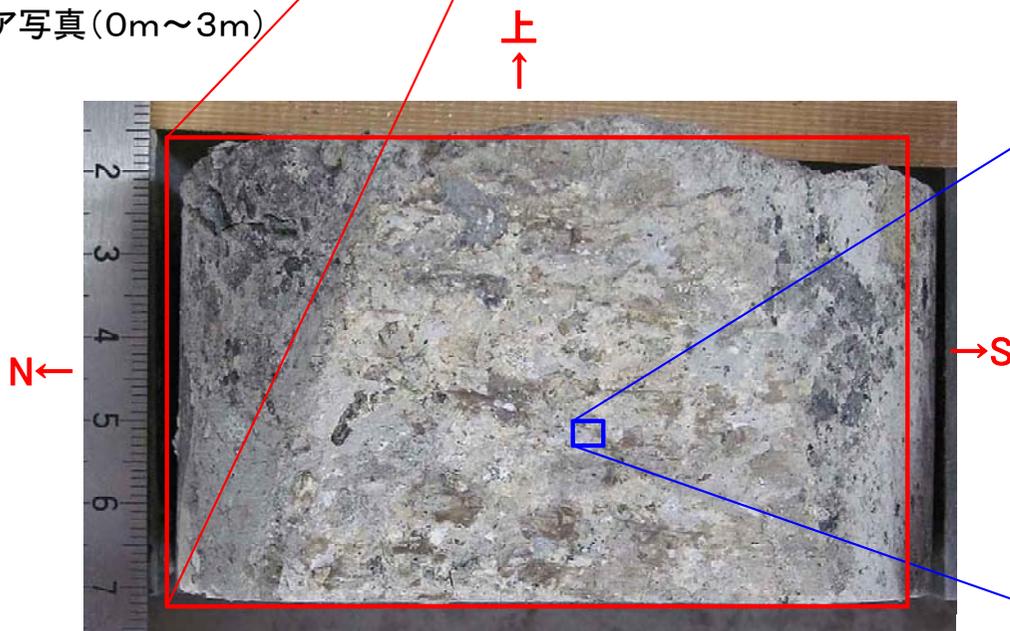
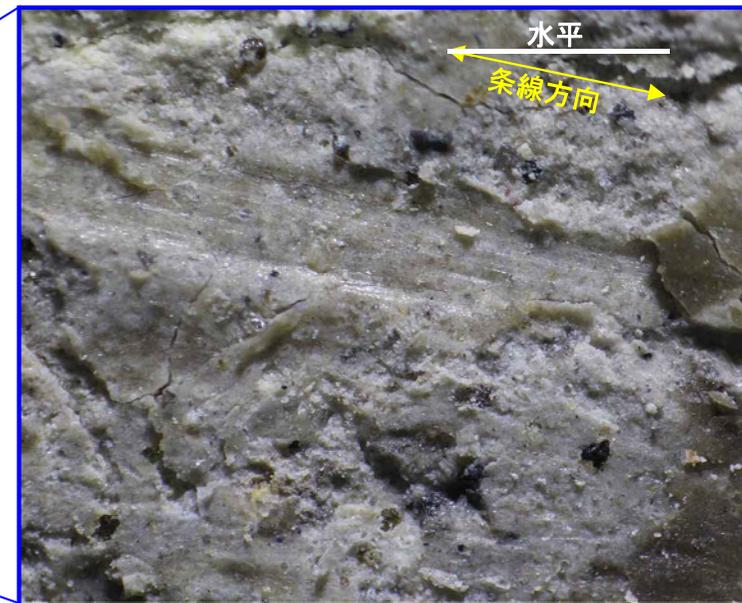
No.40 IT-P-3-i 孔(0.52m~0.57m)



↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N11° W, 87° E条線伏角
10° S

コア写真(0m~3m)

条線測定箇所の断層面の写真
(0.52m~0.57m)

条線の接写画像

0 1mm

取水庭のNo.40地点のボーリングIT-P-3-i孔の深度0.52m~0.57mで確認された断層面は走向・傾斜がN11° W, 87° Eである。断層面で確認される条線伏角は10° であり、低角である。

7. sF-1断層に関わる条線画像(15/15)

コメントNo.S1-80



ボーリングコアの条線画像(7/7): No.41 (IT-P-3-i孔)

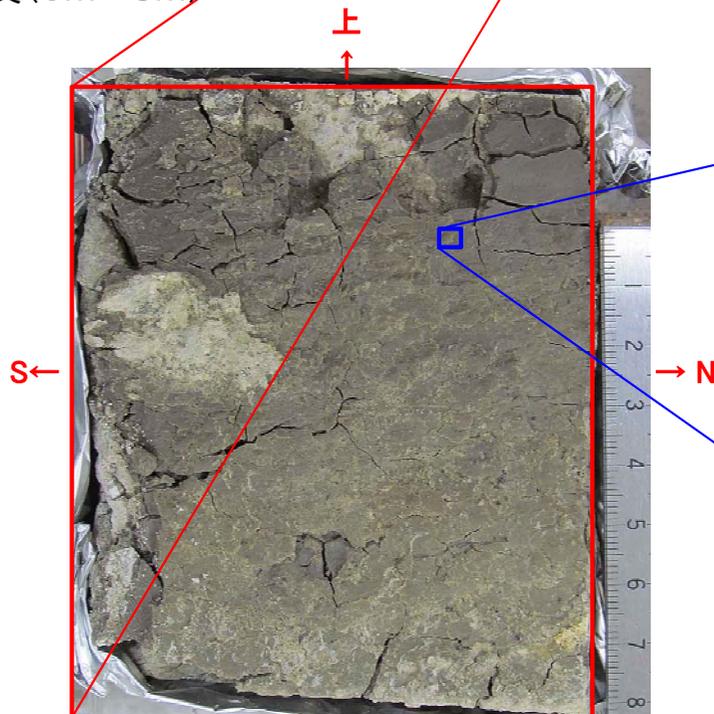
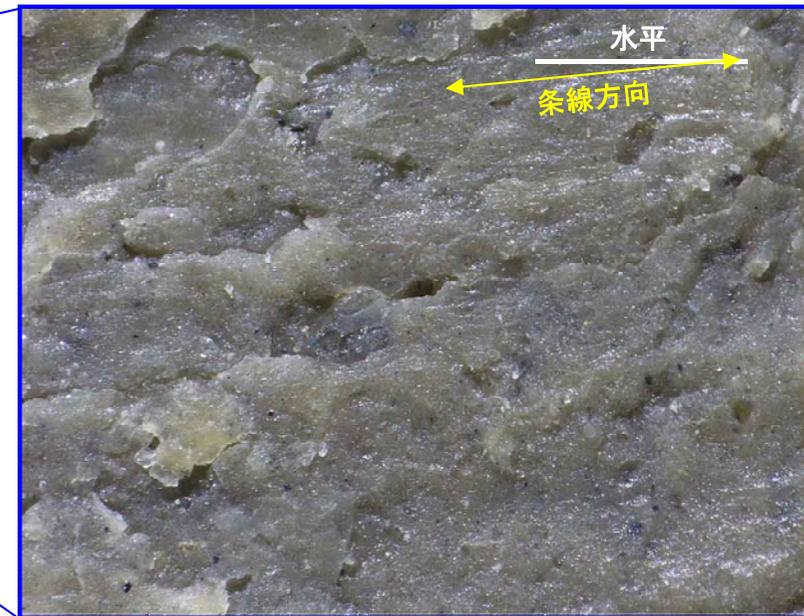
No.41 IT-P-3-i 孔 (0.67m~0.78m)



↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N11° W, 87° E条線伏角
7° S

コア写真(0m~3m)

条線測定箇所の断層面の写真
(0.67m~0.78m)

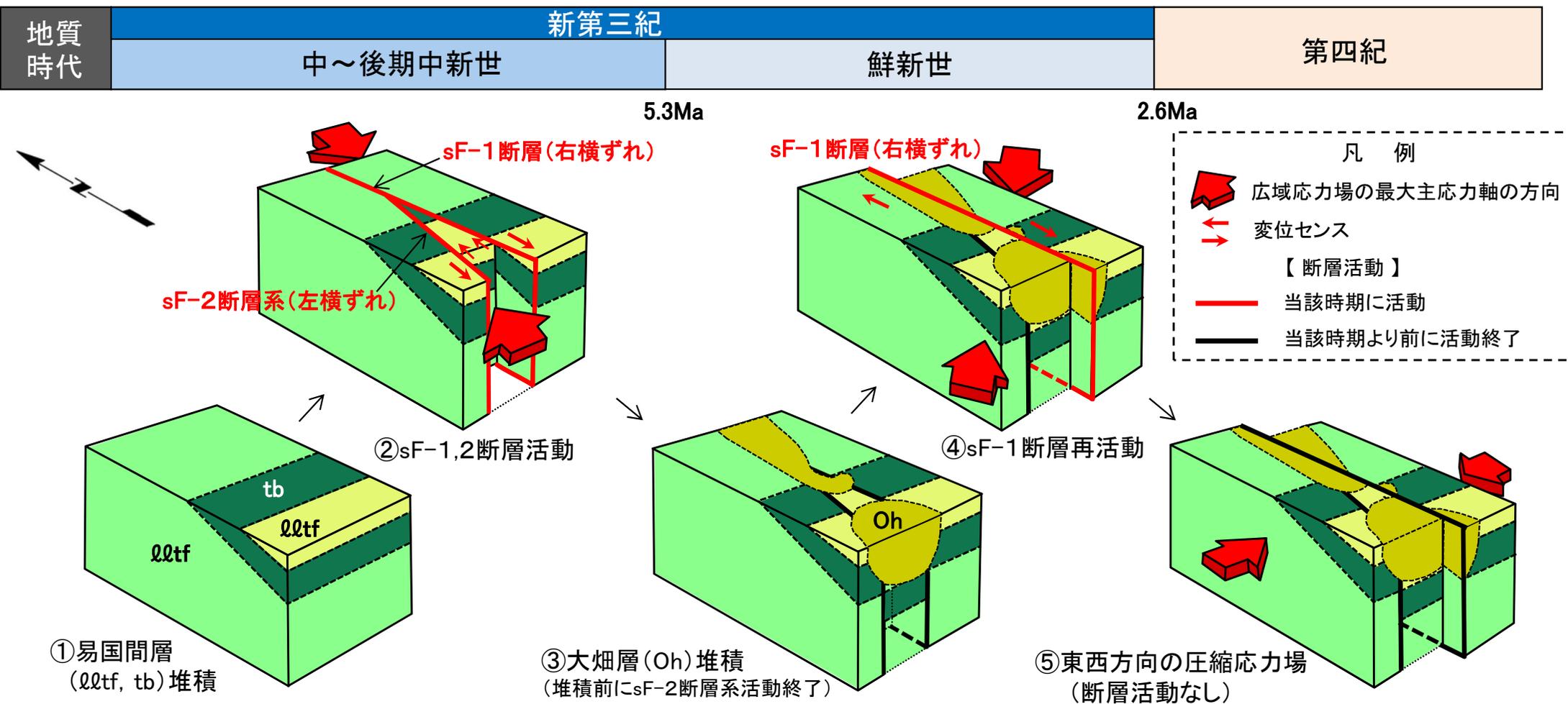
条線の接写画像

0 1mm

取水庭のNo.41地点のボーリングIT-P-3-i孔の深度0.67m~0.78mで確認された断層面は走向・傾斜がN11° W, 87° Eである。断層面で確認される条線伏角は7° であり、低角である。



sF断層系の形成史モデル



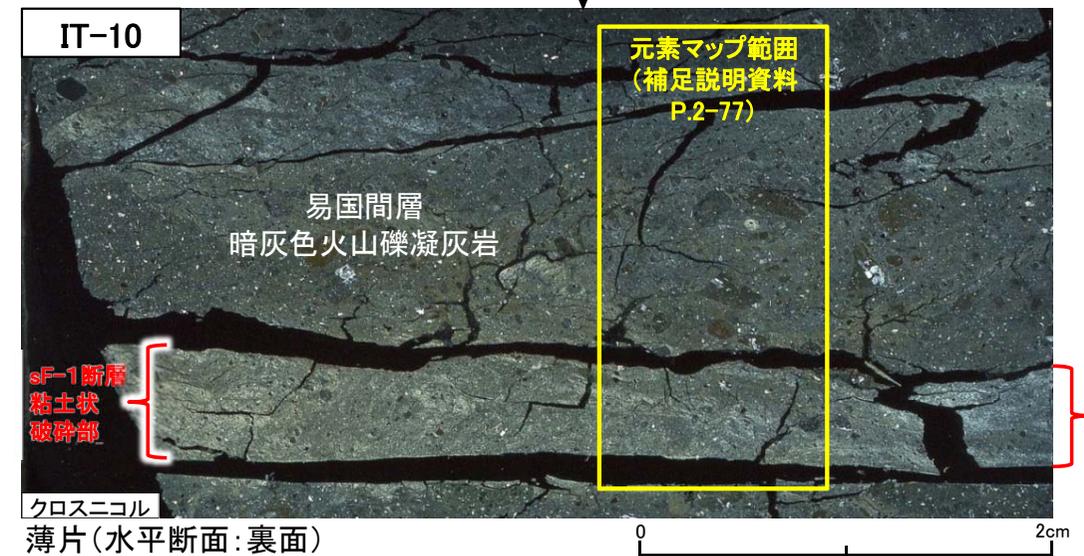
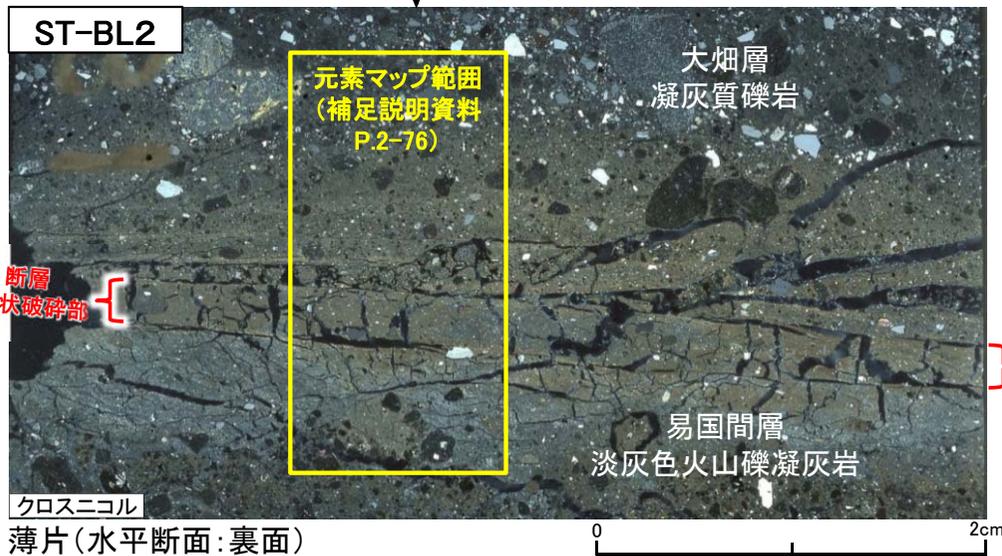
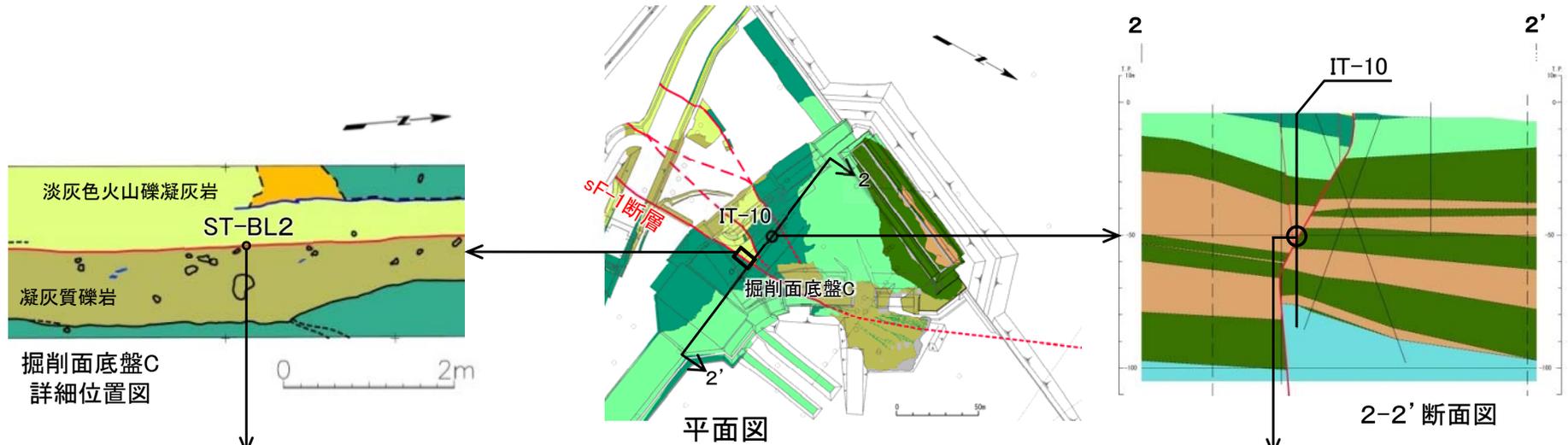
sF断層系の走向・傾斜、変位センス及び応力場との関係並びに多重逆解法の解析結果(本編資料P.2-56参照)から、sF断層系の形成史モデルを作成した。

- 中～後期中新世の広域応力場(最大主応力軸NE-SW方向)において、sF-1断層が右横ずれ、sF-2断層系が左横ずれの共役断層で活動した(②)。
- その後、陸化・侵食を受け、これら断層沿いに鮮新統の大畑層が堆積した(③)。sF-2断層系は大畑層堆積前に活動を終了した。
- sF-1断層はNS走向で比較的連続性が高いことから、鮮新世の広域応力場(最大主応力軸ENE-WSW方向)でも右横ずれ運動可能であり、大畑層堆積直後に再活動し、活動終了した(④)。
- 第四紀のほぼ東西の水平圧縮応力場では、NS走向のsF-1断層は横ずれ運動を継続することは困難である(⑤)。

したがって、sF-1断層とsF-2断層系は中～後期中新世に横ずれの共役断層として形成され、比較的連続性が高いsF-1断層のみが鮮新世まで活動したと考えられる。

9. EPMA分析による曹長石化の検討(1/4)

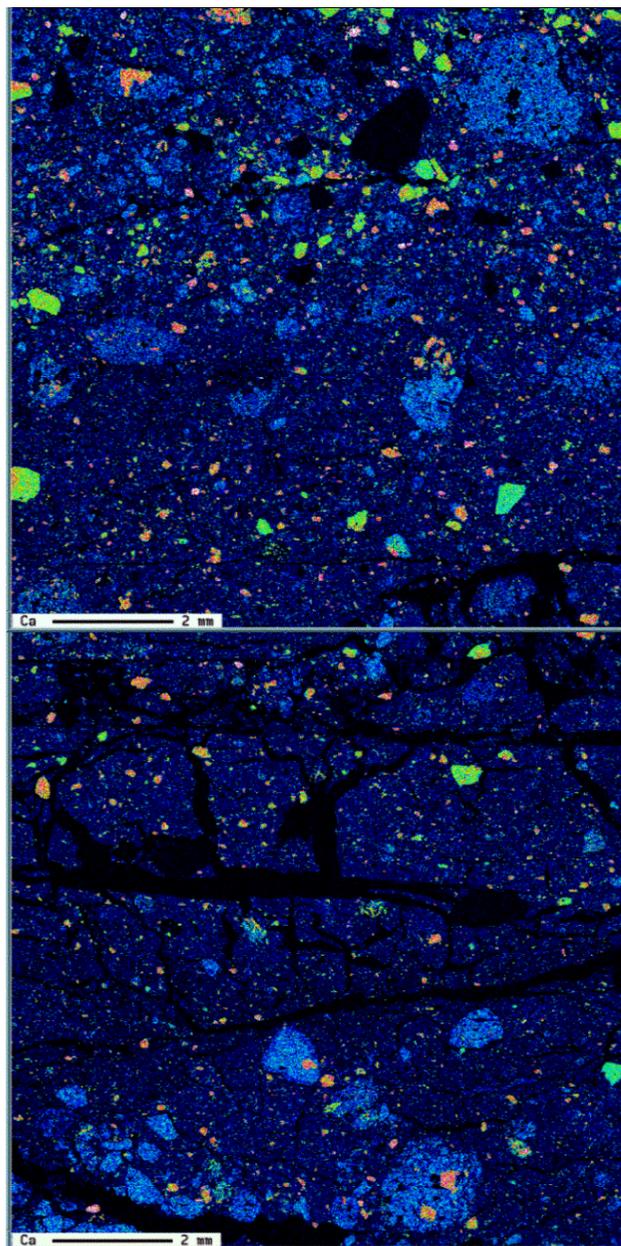
分析試料ST-BL2, IT-10



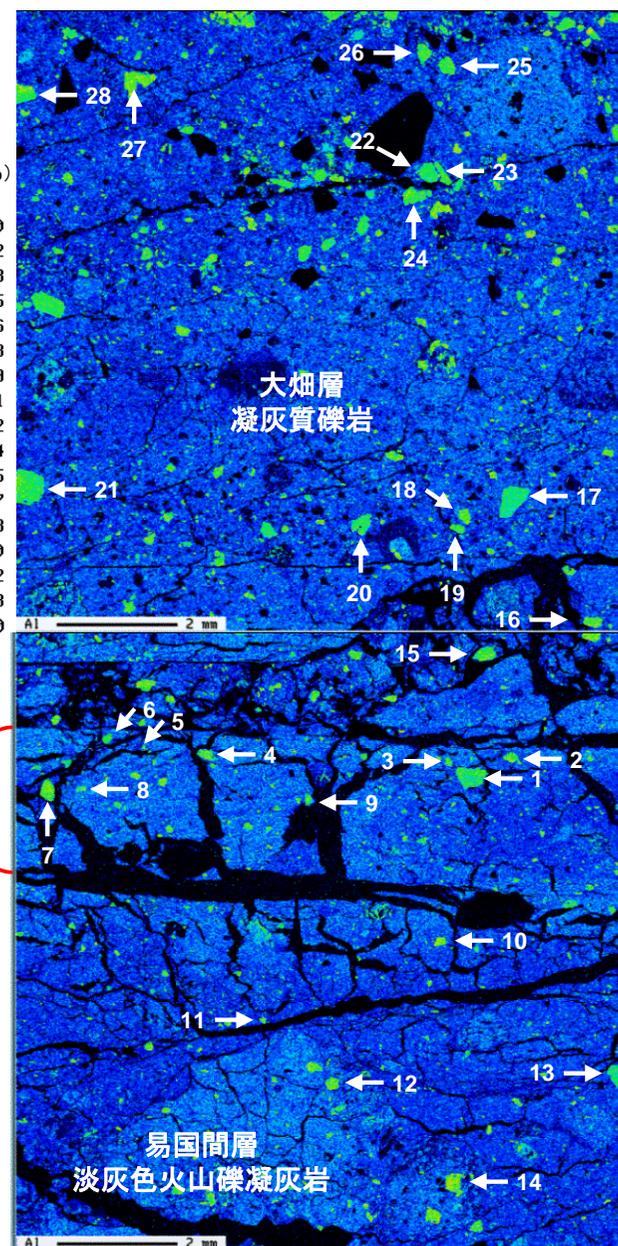
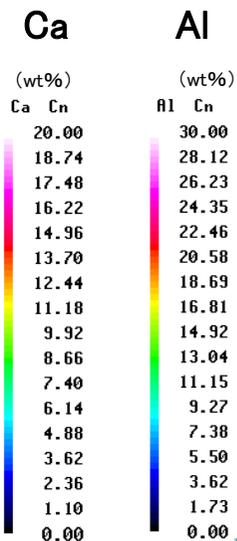
- 熱水変質作用による斜長石の曹長石化の有無を検討するため、sF-1断層の粘土状破碎部と周辺の岩盤に含まれる斜長石を対象に、EPMA分析を実施した。
- 代表試料として、掘削面ブロック試料(ST-BL2)及びボーリングコア試料(IT-10孔)を使用し、粘土状破碎部を横断する範囲の元素マップを作成した。



ST-BL2



ST-BL2 元素マップ(Ca)



ST-BL2 元素マップ(Al)

ST-BL2元素マップ上で、粘土状破碎部と周辺の岩盤に含まれる斜長石粒子を選定し、各粒子1~3点でEPMA分析を実施した。

凝灰質礫岩

- 斜長石14粒子(No.15~28)を選定
- 分析1~3点/粒子
- 計27点を分析

粘土状破碎部

- 斜長石9粒子(No.1~9)を選定
- 分析1~3点/粒子
- 計19点を分析

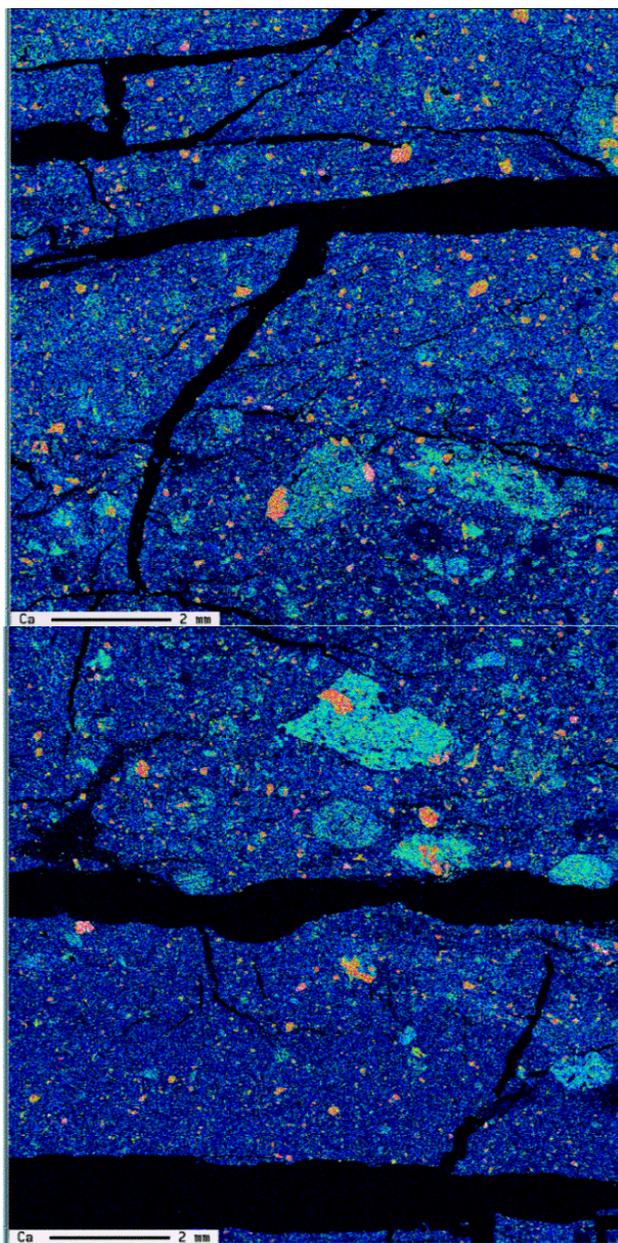
淡灰色火山礫凝灰岩

- 斜長石5粒子(No.10~14)を選定
- 分析1~3点/粒子
- 計10点を分析

sF-1断層
粘土状破碎部

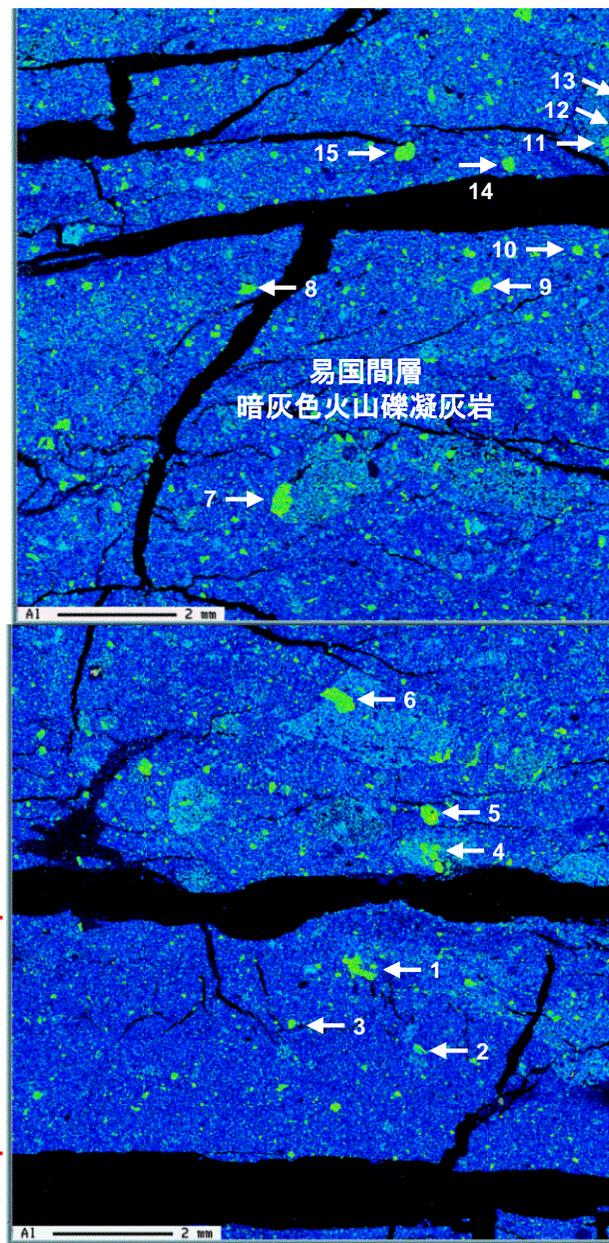
← 分析粒子番号

IT-10



IT-10元素マップ(Ca)

Ca (wt%)		Al (wt%)	
Ca	Cn	Al	Cn
20.00	30.00	28.12	30.00
18.74	28.12	26.23	28.12
17.48	26.23	24.35	26.23
16.22	24.35	22.46	24.35
14.96	22.46	20.58	22.46
13.70	20.58	18.69	20.58
12.44	18.69	16.81	18.69
11.18	16.81	14.92	16.81
9.92	14.92	13.04	14.92
8.66	13.04	11.15	13.04
7.40	11.15	9.27	11.15
6.14	9.27	7.38	9.27
4.88	7.38	5.50	7.38
3.62	5.50	3.62	5.50
2.36	3.62	1.73	3.62
1.10	1.73	0.00	1.73
0.00	0.00		0.00



IT-10元素マップ(Al)

sF-1断層
粘土状破碎部

IT-10元素マップ上で、粘土状破碎部と周辺の岩盤に含まれる斜長石粒子を選定し、各粒子1~3点でEPMA分析を実施した。

暗灰色火山礫凝灰岩

- 斜長石12粒子(No.4~15)を選定
- 分析1~3点/粒子
- 計21点を分析

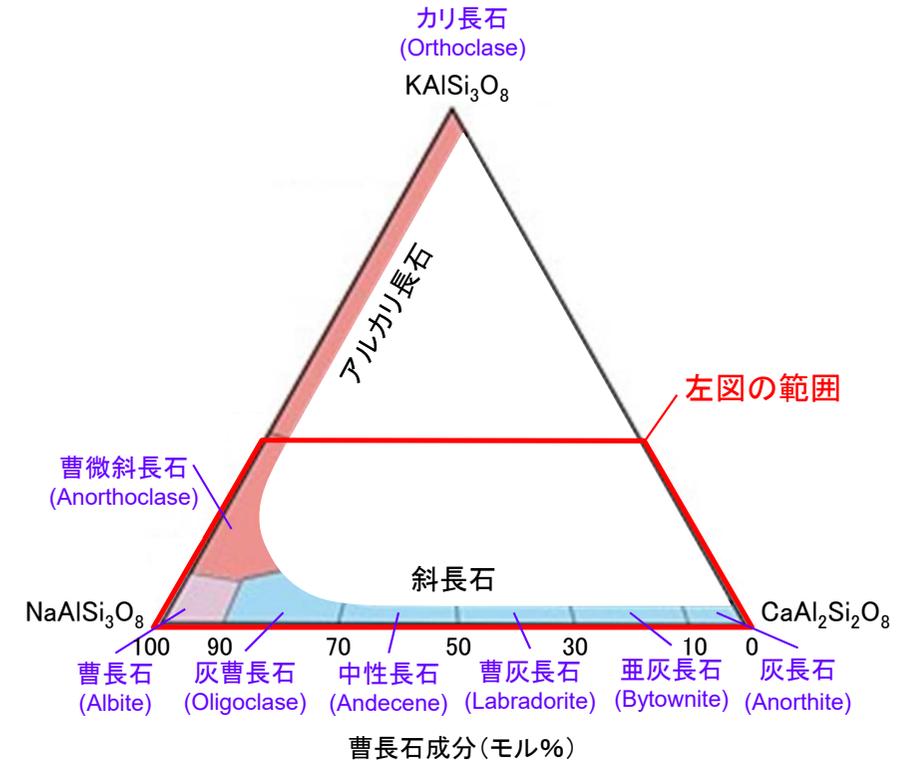
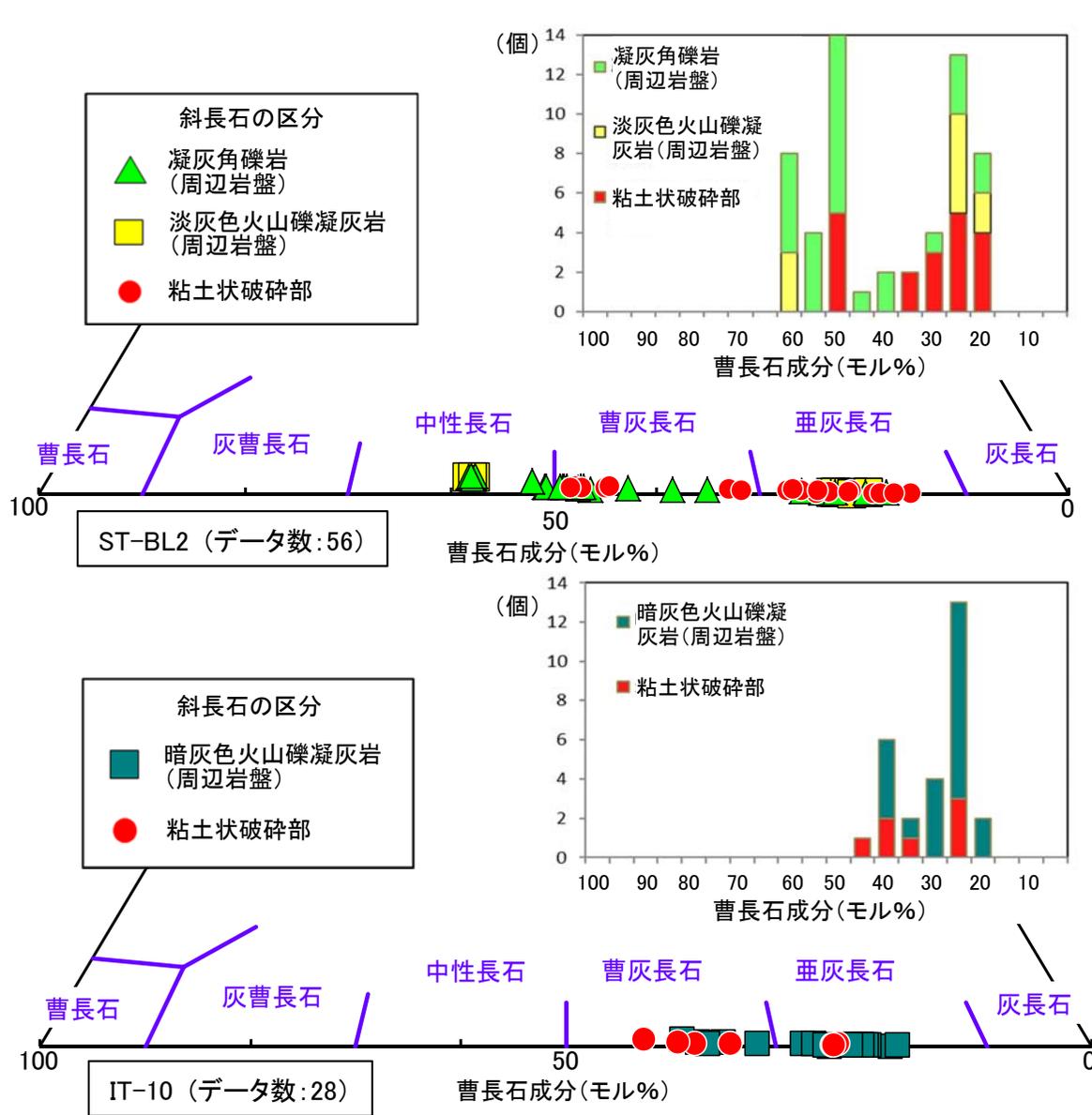
粘土状破碎部

- 斜長石3粒子(No.1~3)を選定
- 分析2~3点/粒子
- 計7点を分析

← 分析粒子番号

9. EPMA分析による曹長石化の検討(4/4)

sF-1断層中の斜長石の化学組成の評価



• EPMAによる斜長石の分析データから三角ダイアグラムを作成し、曹長石化について検討した。

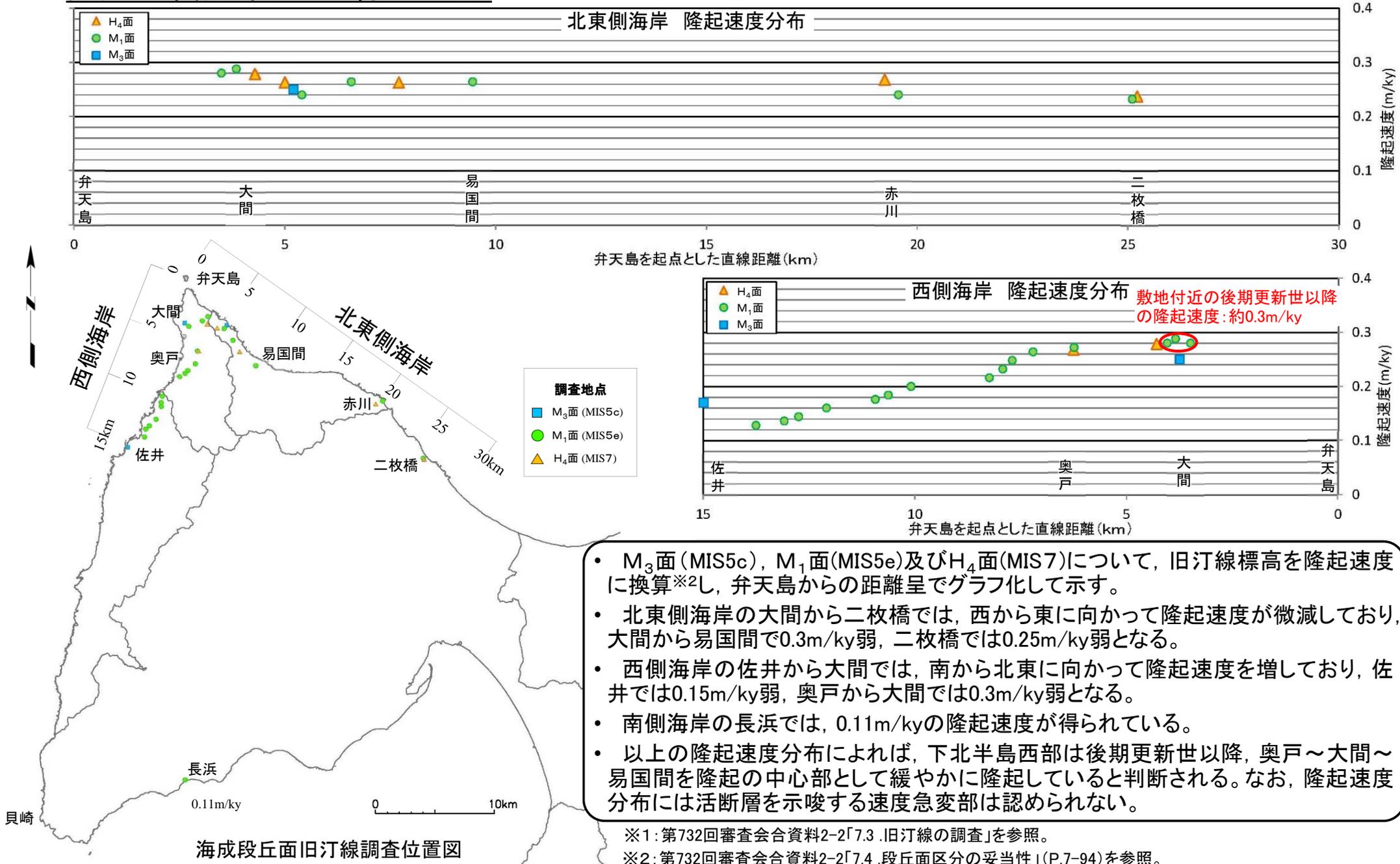
• 断層の粘土状破砕部及びその周辺の岩盤に含まれる斜長石は、いずれも中性長石～亜灰長石の化学組成を示し、曹長石化は生じていないと判断される。

斜長石の曹長石成分の分析結果



10. 大間周辺の隆起傾向

隆起速度分布(旧汀線による)※1

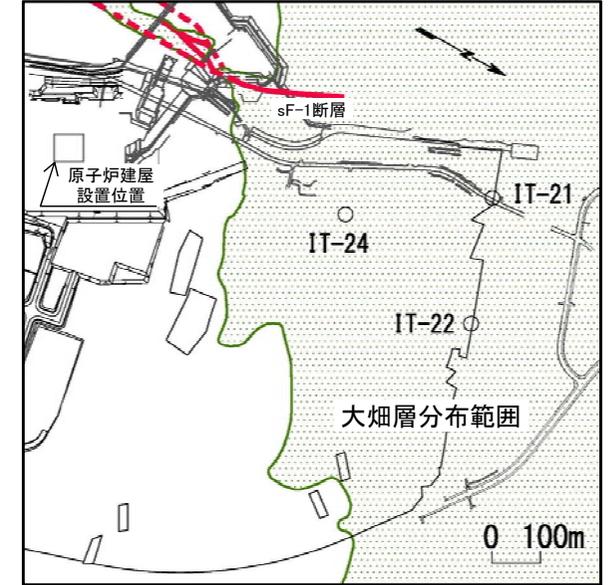
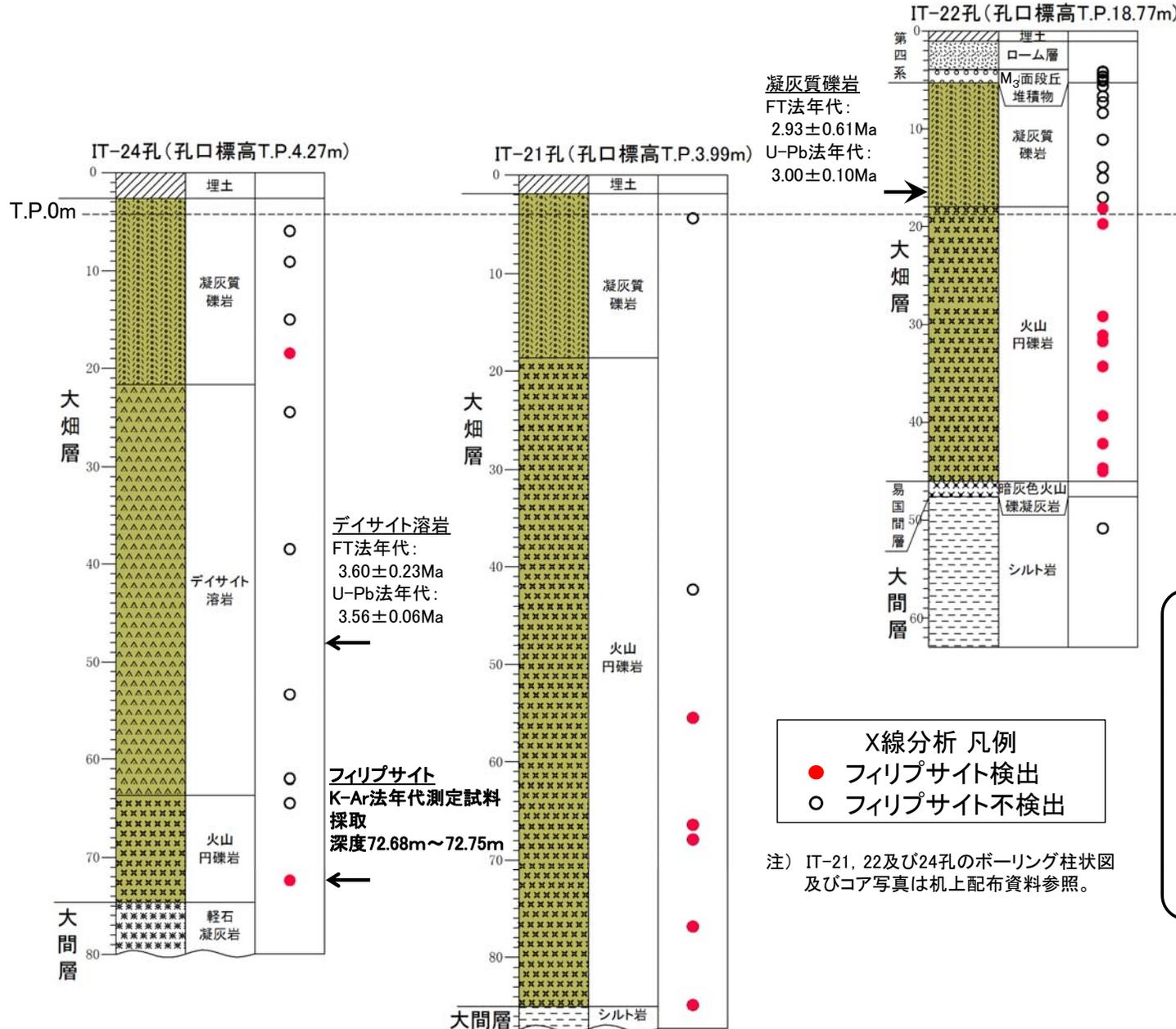


- M₃面 (MIS5c), M₁面 (MIS5e) 及び H₄面 (MIS7) について、旧汀線標高を隆起速度に換算※2し、弁天島からの距離呈でグラフ化して示す。
- 北東側海岸の大間から二枚橋では、西から東に向かって隆起速度が微減しており、大間から易国間で0.3m/ky弱、二枚橋では0.25m/ky弱となる。
- 西側海岸の佐井から大間では、南から北東に向かって隆起速度を増しており、佐井では0.15m/ky弱、奥戸から大間では0.3m/ky弱となる。
- 南側海岸の長浜では、0.11m/kyの隆起速度が得られている。
- 以上の隆起速度分布によれば、下北半島西部は後期更新世以降、奥戸～大間～易国間を隆起の中心部として緩やかに隆起していると判断される。なお、隆起速度分布には活断層を示唆する速度急変部は認められない。

※1: 第732回審査会合資料2-2「7.3 .旧汀線の調査」を参照。
 ※2: 第732回審査会合資料2-2「7.4 .段丘面区分の妥当性」(P.7-94)を参照。

11. フィリップサイトの年代測定(1/8)

年代測定試料の選定



熱史におけるフィリップサイトの生成時期を確認するため、フィリップサイトの年代測定を実施した。

- 多量のフィリップサイトが分布する大畑層を対象として、IT-21, 22及び24孔のコア観察及びX線分析を詳細に実施した結果、フィリップサイトは主に火山円礫岩の基質部に分布することが確認された。
- 多量のフィリップサイトを含むことが確認されたIT-24孔の深度72.68m~72.75mのコアを採取し、K-Ar法による年代測定試料とした。

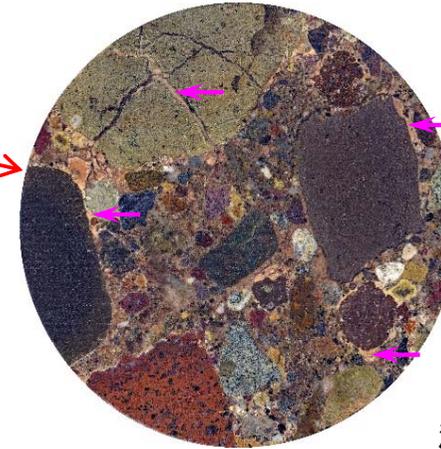
11. フィリップサイトの年代測定(2/8)

試料の薄片観察結果

IT-24孔(72m~75m区間)



ボーリングコア写真



← フィリップサイト濃集部
(淡橙色を呈する)

ボーリングコア
研磨片(72.80m)

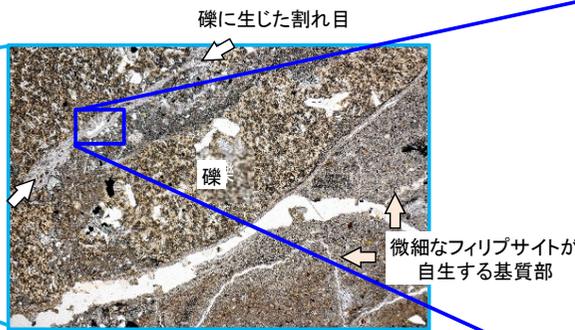
注) カット面の下盤・上向き面

← フィリップサイト濃集部
(淡橙色を呈する)



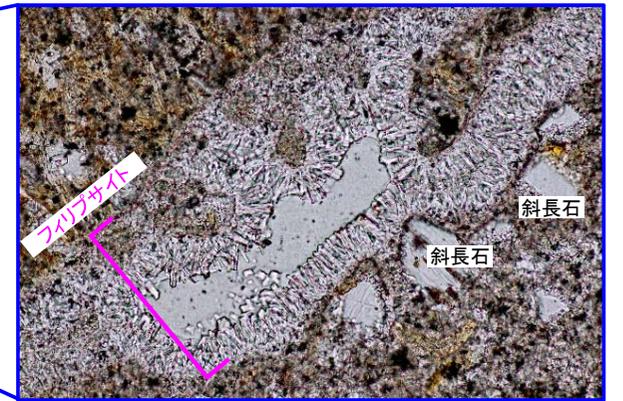
薄片用岩石チップ

(深度72.80m)
上盤・下向き面
(写真を反転)



薄片(オープンニコル)

礫の基質には微細なフィリップサイトが自生する。
礫に生じた割れ目には脈状にフィリップサイトが分布する。



薄片(オープンニコル)

薄片は、切断した研磨片の反対面から作製。

年代測定試料の薄片観察の結果、年代測定試料にはフィリップサイトが多量に含まれる。フィリップサイトは大畑層の火山円礫岩の基質部中に自生し、礫に生じた割れ目にはフィリップサイト脈として分布する。

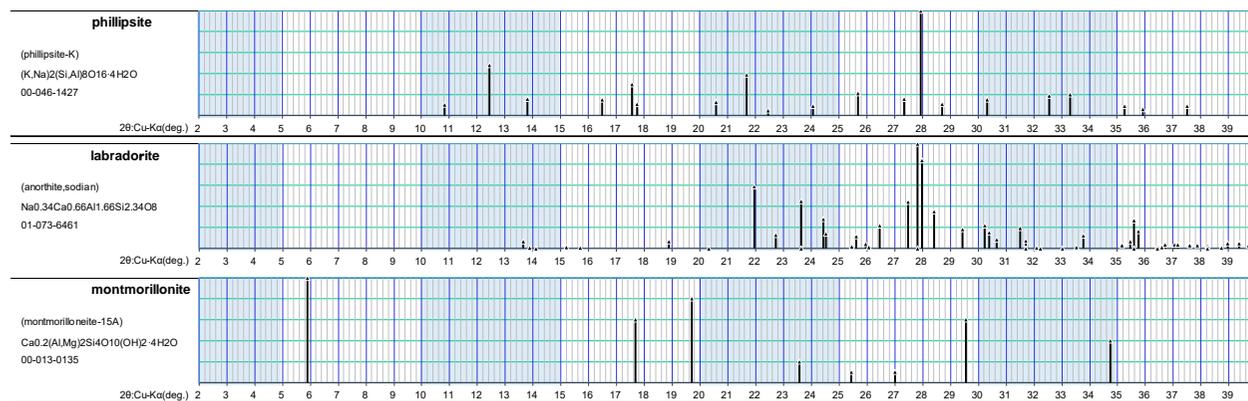
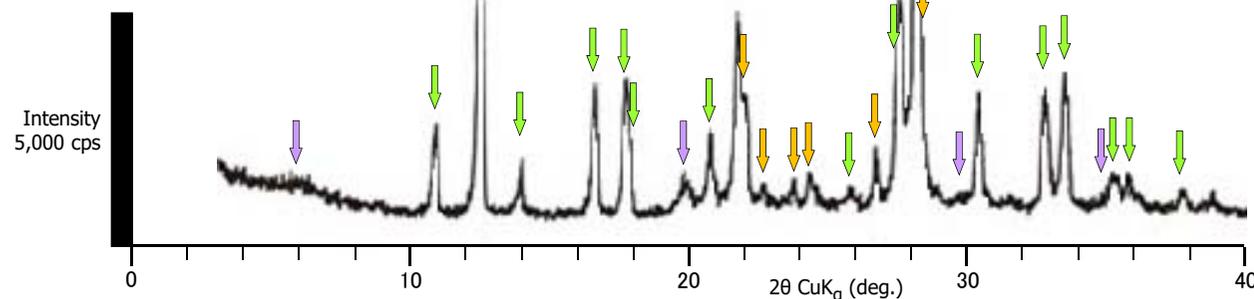
試料のX線分析結果

IT-24孔(72m~75m区間)

K-Ar年代測定試料(深度72.68m~72.75m)



ボーリングコア写真



ICDD (2015)¹⁰ phillipsite-K (00-046-1427), anorthite, sodian (01-073-6461), montmorillonite-15A (00-013-0135)に基づいて作成。

- X線分析の結果, 年代測定試料には薄片観察結果と同様にフィリップサイトが多量に検出される。
- その他の鉱物として検出された斜長石及びスメクタイトの回折線強度はフィリップサイトに比較して小さく, それらの混入は少ない。

年代測定試料のX線分析結果(不定方位分析)

11. フィリップサイトの年代測定(4/8)

フィリップサイトのK-Ar年代測定の方法

1. フィリップサイトの分離

- (1) 火山円礫岩の基質部のフィリップサイト濃集部を削り取り粉碎する。
- (2) 超音波洗浄機で攪拌後一昼夜放置し、水ひ法により直径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子を含む懸濁液上部を採取する。
- (3) (2)で得られた懸濁液を遠心分離器(HITACHI製[himac CT 5L])にかけて直径 $0.2\mu\text{m}$ 以上の粒子を回収する。設定条件は3,000回転/分、14分40秒間とする。
- (4) (3)で得られた沈殿物(直径 $0.2\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の粒子)について、以下の方法により試料に付着している塩素分を除去するため、沸騰させた脱イオン水を加え、超音波洗浄器で攪拌後、遠心分離器(3,000回転/分、20分間)にかけ、上澄みを捨てる。以上の洗浄操作を10回繰り返す。
- (5) (4)で脱塩処理した沈殿物を 70°C の恒温槽内で十分に乾燥させ年代測定用試料とする。

2. X線分析

分析には岡山理科大学自然科学研究所のX線回折分析装置(X線回折装置RINT2500V)を用いた。

- ターゲット: Cu($K\alpha$) , 管電圧: 40kV , 管電流: 160mA
- 拡散スリット・散乱スリット: 1° , 受光スリット: 0.15mm
- スキャン範囲: $3^{\circ}\sim 70^{\circ}$, サンプル幅: 0.02° , スキャン速度: $8^{\circ}/\text{分}$

3. カリウムの定量分析

炎光分光法により検量線を用いてカリウムの定量を行った。分析には岡山理科大学自然科学研究所の日立180-30型原子吸光・炎光分光分析装置を用いた。試料の不均質さや定量の再現性を確認するため、1試料につき2回以上の分析を行い、その平均値を年代計算に使用する。再現性は、(分析結果の差) / (分析結果の平均値) $\times 100$ である。

4. アルゴン同位体比の測定

岡山理科大学自然科学研究所のアルゴン専用の質量分析計(HIRU)を用い、 ^{38}Ar をトレーサー(スパイク)として、試料から抽出されるアルゴンと混合させる同位体希釈法により定量。

11. フィリップサイトの年代測定(5/8)

年代測定結果(1/4):IT-24孔のフィリップサイト脈の年代測定結果

年代測定試料	測定鉱物 (粒径)	カリウム含有量* (wt%)	放射性起源 ⁴⁰ Ar ($\times 10^{-8}$ ccSTP/g)	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起源 ⁴⁰ Ar (%)
IT-24孔 深度72.68m~72.75m	フィリップサイト (0.2 μ m~10 μ m)	4.400 \pm 0.088	27.3 \pm 2.1	1.60 \pm 0.13	81.4

*:X線分析で検出された斜長石やスメクタイトのカリウム含有量はフィリップサイトに比較して十分少なく(補足説明資料P.2-89参照),
回折線の強度も小さいため(補足説明資料P.2-82参照), カリウムはほぼすべてフィリップサイトに含まれているものと考えられる。

- IT-24孔の深度72.68m~72.75mの年代測定試料のフィリップサイトのK-Ar法年代は約1.6Maである。
- このフィリップサイトの年代値は, その生成温度と現在の地温分布からフィリップサイトが後期更新世より十分古い時期に生成したと推定されることと整合的である。
- なお, フィリップサイトのK-Ar年代測定値に関しては文献で課題が示されているため, フィリップサイトの生成年代が若くなる可能性について検討し, 上記の地温分布から得られる結論との整合性には変更が生じないことを確認した(補足説明資料P.2-85~P.2-87参照)。

11. フィリップサイトの年代測定(6/8)

年代測定結果(2/4): (参考)フィリップサイトのK-Ar年代測定に関する文献調査結果

文献	概要	フィリップサイトのK-Ar年代測定の課題
Dymond(1966) ¹¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> 深海底コアの火山性堆積物中のフィリップサイト7試料のK-Ar年代を測定した。 2試料のフィリップサイトのK-Ar年代は、同じ地層の斜長石、黒雲母などの年代に比べて21Maも若く、その原因として、①鉱物の生成時期が異なる、②Arが深海底において、あるいは年代測定時に失われた可能性を指摘した。 	フィリップサイトのK-Ar年代測定では、Arの損失が生じ年代値が真の値より若くなっている可能性がある。
Bernat et al.(1970) ¹²⁾	<ul style="list-style-type: none"> 深海底コアのフィリップサイト45試料についてK-Ar年代を測定した。 年代値のバラツキ(2~4Ma)がフィリップサイトの粒子サイズと関係があり、粒子サイズの大きいものは若い年代を示す。このような事実はフィリップサイトの結晶の継続的な成長によって説明できる。 年代測定時のArの損失はほとんどなく、測定される年代値への影響はほとんどない。 	フィリップサイトの結晶成長による年代値の若返り及びフィリップサイト中のKの損失により年代値が真の値より古くなっている可能性がある。
WoldeGabriel et al.(1992) ¹³⁾ WoldeGabriel(1995) ¹⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> 中新世の凝灰岩中の斜プチロル沸石*のK-Ar年代を測定した。 測定された年代値の最も古い13Maが生成時期を示し、その年代値より若い値が測定される原因は、鉱物と間隙水との反応により、Arの損失及びKの付加が生じたためと考えた。 斜プチロル沸石のイオン交換の実験によりKの含有量が大きく変化することを示した。 	フィリップサイトでも同様にArの損失及びKの付加が生じ、年代値が真の値より若くなっている可能性がある。
WoldeGabriel et al.(1996) ¹⁵⁾	<ul style="list-style-type: none"> 更新世の変質した凝灰岩中のフィリップサイトのK-Ar年代を測定し、その値(0.4±0.03Ma)が自生のカリ長石とほぼ同じで母岩の堆積年代に近いことを示した。 	K-Ar年代測定はフィリップサイトに適用できる可能性がある。
Karlsson(2001) ¹⁶⁾	<ul style="list-style-type: none"> 既存文献のレビュー。 フィリップサイトの年代値のデータについては検討すべき事項はあるが、鉱物形成後の変質履歴に関する有用な情報となり得る。 	フィリップサイトのK-Ar年代測定結果に関しては上記の影響についての検討が必要である。

*:斜プチロル沸石はフィリップサイトと同じ低温の温度条件で生成する沸石であり(本編資料P.2-70参照)、同様な課題があると考えられるため表に加えた。

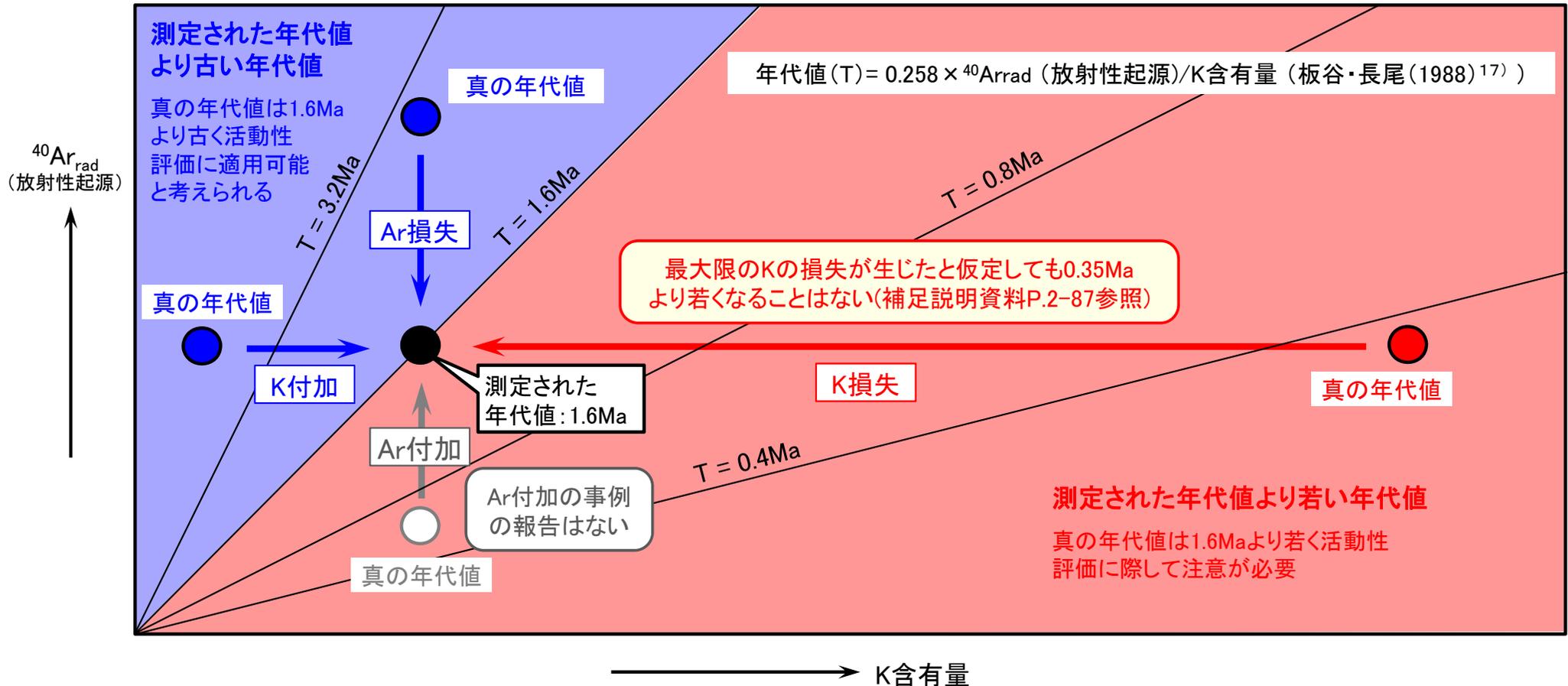
フィリップサイトのK-Ar年代測定の課題を整理するため文献調査を行った。

- 文献では深海底や地表露頭等のフィリップサイトのK-Ar年代測定結果が報告されている。
- フィリップサイトと間隙水との反応により、フィリップサイトからK及びArの損失や付加が生じ、測定される年代値に影響を与えられ、Arの損失により測定された年代値が真の年代値より若くなる事例、Kの損失により測定された年代値が真の年代値より古くなる事例等について議論されている。
- フィリップサイトはKやArの移動が生じやすい鉱物であり、そのK-Ar年代測定結果に関してはこれらの影響についての検討が必要とされている。

11. フィリップサイトの年代測定(7/8)



年代測定結果(3/4): (参考)文献調査結果に基づくフィリップサイトのK-Ar年代測定値への影響のまとめ



文献調査に示されたK及び $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の付加・損失と年代値との関係を整理すると以下の通りである。

- 測定された年代値よりも真の年代値が若くなるのは、上図の赤で着色した範囲にK及び $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の値が入る場合で、フィリップサイトの生成後にKの損失または $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の付加が生じたものと考えられるが、 $^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の付加の事例は文献にない。
- なお、Kの損失については、最大限の損失が生じたと仮定してもフィリップサイトの真の年代値が0.35Maより若くなることはない(補足説明資料P.2-87参照)。

11. フィリップサイトの年代測定(8/8)

年代測定結果(4/4):(参考)フィリップサイトのK-Ar年代測定結果の評価

敷地のフィリップサイトの年代測定結果(補足説明資料P.2-84参照)及びその評価

項目	結果	評価
K含有量	4.400±0.088 wt%	<ul style="list-style-type: none"> • K含有量はK-Ar年代測定法の適用で十分な測定精度が得られるレベルと考えられる。 • フィリップサイトの生成後に間隙水との反応により最大限のKの損失が生じたケースを仮定し、最大限のK含有量を求めると約20wt% ($K_6Na_1Al_7Si_9O_{32} \cdot 12H_2O$の化学組成がら求めた値)^{*1}となる。
放射性起源 ⁴⁰ Ar	27.3±2.1 × 10 ⁻⁸ cc STP/g	<ul style="list-style-type: none"> • ⁴⁰Arの付加が生じると真の年代値は測定値より若くなるが、⁴⁰Arの付加の事例は文献にもなく、堆積岩である大畑層の地質環境からも考えにくい。
非放射性起源 ⁴⁰ Ar	81.4 %	<ul style="list-style-type: none"> • 非放射性起源⁴⁰Ar(大気Ar混入率)は、試料の年代が若いほど、K含有量が低いほど高くなり、測定誤差が大きくなるが、80%程度以下であれば年代値は信頼性があるとされている(八木(2015)¹⁹⁾。
K-Ar年代	1.60±0.13 Ma	<ul style="list-style-type: none"> • K含有量の損失を仮定すると真の年代値は測定値1.60Maより若くなるが、フィリップサイトとして最大限のK含有量約20%を仮定して求めた年代値は0.35 Ma^{*2}となり、年代値はこの値より若くなることはない。

* 1: フィリップサイトにはNaなども含まれ(Oba and Yoshikawa (1994)¹⁸⁾), K含有量がこれほど高い値になることは考えにくい。また、Arの損失を伴わずKだけが多量に失われることも考えにくい。なお、Arの損失が生じるとKの損失とは逆に真の年代値は古くなる。

* 2: 年代値は板谷・長尾(1988)¹⁷⁾の下記の式により求めた。

$$K-Ar年代 = 0.258 \times \text{放射性起源}^{40}\text{Ar}/K\text{含有量}$$

文献調査の結果(補足説明資料P.2-85, 2-86参照)を踏まえ、敷地のフィリップサイトの年代測定結果(補足説明資料P.2-84参照)に基づいて、断層の活動性評価に用いるフィリップサイトの生成年代が最大限若くなる可能性について検討する。

- Arの付加に関しては、フィリップサイトにArが付加される現象は考えにくく、真の年代値が測定された約1.6Maより若い値となることはない。
- Kの損失に関しては、フィリップサイト生成後に最大限のKの損失を仮定しても、年代値は0.35Maより若くなることはない。

以上のことから、K-Ar年代測定結果に基づいてフィリップサイトの生成時期は後期更新世より十分古いものと考えられる。

12. X線分析の方法及び文献に基づく主要鉱物の特徴(1/2)

試料調整とX線分析条件

(1)不定方位法回折試験

試料を乾燥機において 60°C以下で 12 時間以上乾燥させた後、振動ミル(平工製作所製 TI100:10ml 容タングステンカーバイト容器)を用いて粉碎・混合し、粉末試料(200mesh, 95%pass)とする。粉末試料は、X線回折用アルミニウムホルダーに充填し、不定方位試料を作成する。作成した不定方位試料は、X線回折測定装置を用いて以下の条件で測定する。

装置:理学電気製 MultiFlex	Divergency Slit: 1°
Target: Cu(K α)	Scattering Slit: 1°
Monochrometer: 湾曲 Graphite	Receiving Slit: 0.3mm
Voltage: 40KV	Scanning Speed: 2° /min
Current: 40mA	Scanning Mode: 連続法
Detector: SC	Sampling Range: 0.02°
Calculation Mode: cps	Scanning Range: 2~65°

(2)定方位および EG 処理定方位回折試験

上記の粉末試料を用いて純水による簡易水ひを行い、懸濁液をシリコン単結晶板上に無限厚さを保つように塗布し、乾燥させて定方位試料を作成する。Scanning Range を 2~30° (2 θ)とする他は不定方位法回折試験と同一条件で回折試験を行う。さらに、定方位法に用いた試料を EG(エチレングリコール)処理した後、2~20° の Scanning Range について再度、定方位法と同一条件でX線回折を行う。

12. X線分析の方法及び文献に基づく主要鉱物の特徴(2/2)

X線分析及び薄片観察に関わる主要鉱物の特徴

鉱物名 [化学式]	粉末X線回折分析での特徴的回折ピーク (ICDD (2015) ¹⁰⁾ による)			文献による光学的性質	
	相対強度	2θCuKα (deg.)	備考	屈折率*1	複屈折*2
石英 [SiO ₂]	100 (第一強線)	26.65	low-quartz	1.544 ~ 1.553*3	0.009*3
	22 (第二強線)	20.85			
斜長石 [(Ca _x , Na _{1-x}) Al _{1+x} Si _{3-x} O ₈]	100 (第一強線)	27.82	labradorite*4	1.554 ~ 1.582*5	0.007 ~ 0.011*5
	59 (第二強線)	21.95			
スメクタイト [(Na, Ca) _{0.33} (Al, Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·nH ₂ O]	100 (第一強線)	5.9-6.5	montmorillonite 14 Å-15 Å	1.48 ~ 1.64*3	0.010 ~ 0.040*3
	18-80 (第二強線)	19.7-19.8			
フィリップサイト [(K, Na, Ca _{0.5} , Ba _{0.5x}) (Al _x Si _{16-x} O ₃₂)·12H ₂ O]	48 *6	12.44*6	phillipsite - K*6	1.451 ~ 1.470*7	0.002 ~ 0.004*7
	30 *6	17.57*6			

*1: 鉱物の屈折率が試料固定樹脂の屈折率に近い場合、オープンニコル下では鉱物周辺の明るい輪郭が弱く見え、両者の屈折率の差が大きい場合は、明瞭に見える。

*2: 鉱物の複屈折が低い場合、クロスニコル下ではステージを回転*させても暗黒色のままであり、高い場合は回転すると明るい色調で明瞭に変化する。

(※:ステージ回転で鉱物に対する観察光の振動方向が変化し、鉱物の色調が変化する。これを干渉色という。)

*3: 都城・久城 (1972)²⁰⁾の屈折率及び複屈折。

*4: EPMA分析によると、sF-1断層の粘土状破碎部の斜長石は曹灰長石～垂灰長石である(補足説明資料P.2-78参照)。

*5: 都城・久城 (1972)²⁰⁾の曹灰長石～垂灰長石。

*6: ICDD(2015)¹⁰⁾のphillipsite-Kの回折ピークのうち、斜長石と重複しない主要回折ピークの位置。

*7: Sheppard and Fitzpatrick(1989)²¹⁾のK・Na・Siに富むフィリップサイト。

- X線分析: フィリップサイトと他の鉱物とは回折ピークの位置で識別可能である。
- 薄片観察: 屈折率及び複屈折からフィリップサイトと他の鉱物とは識別可能である。特に複屈折が他の鉱物に比べて非常に小さいことが特徴である。

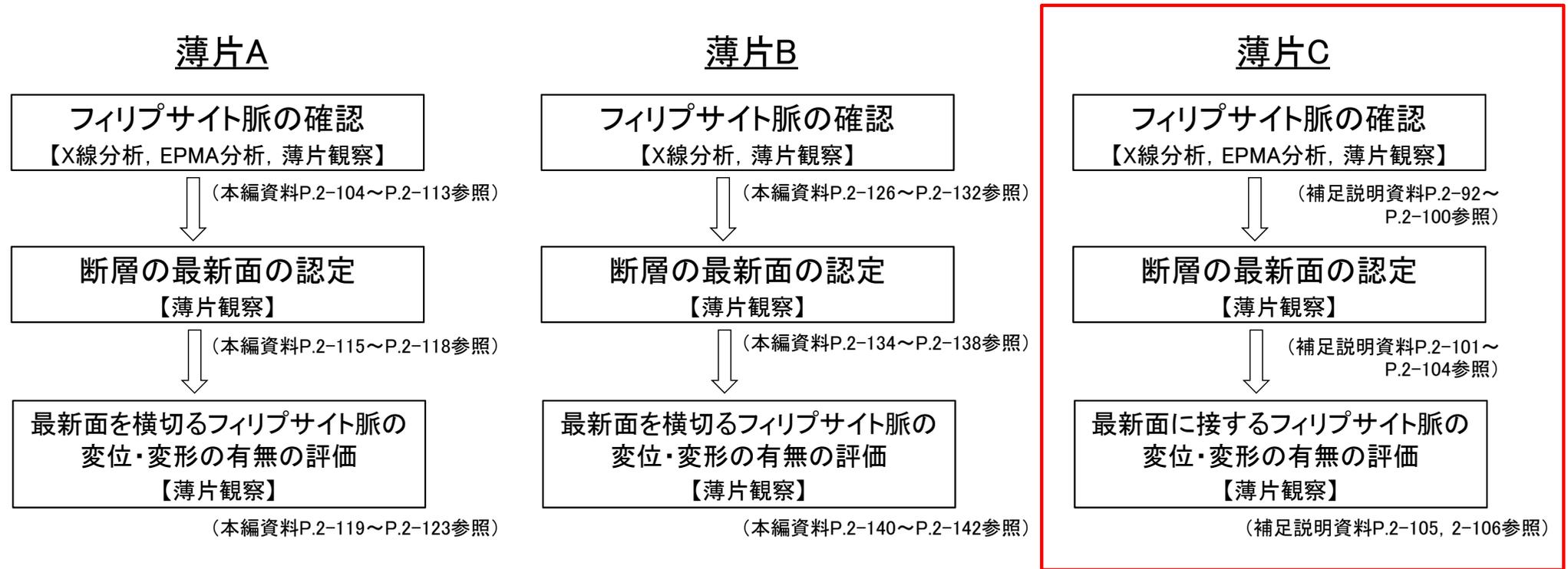


(余白)



フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価: 評価の流れ

薄片Cの試料を対象に、フィリップサイト脈の確認(X線分析, EPMA分析, 薄片観察), 最新面の認定(薄片観察)及び最新面に接するフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(薄片観察)を実施する。



13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(2/17)



フィリップサイト脈の確認(1/9): X線分析

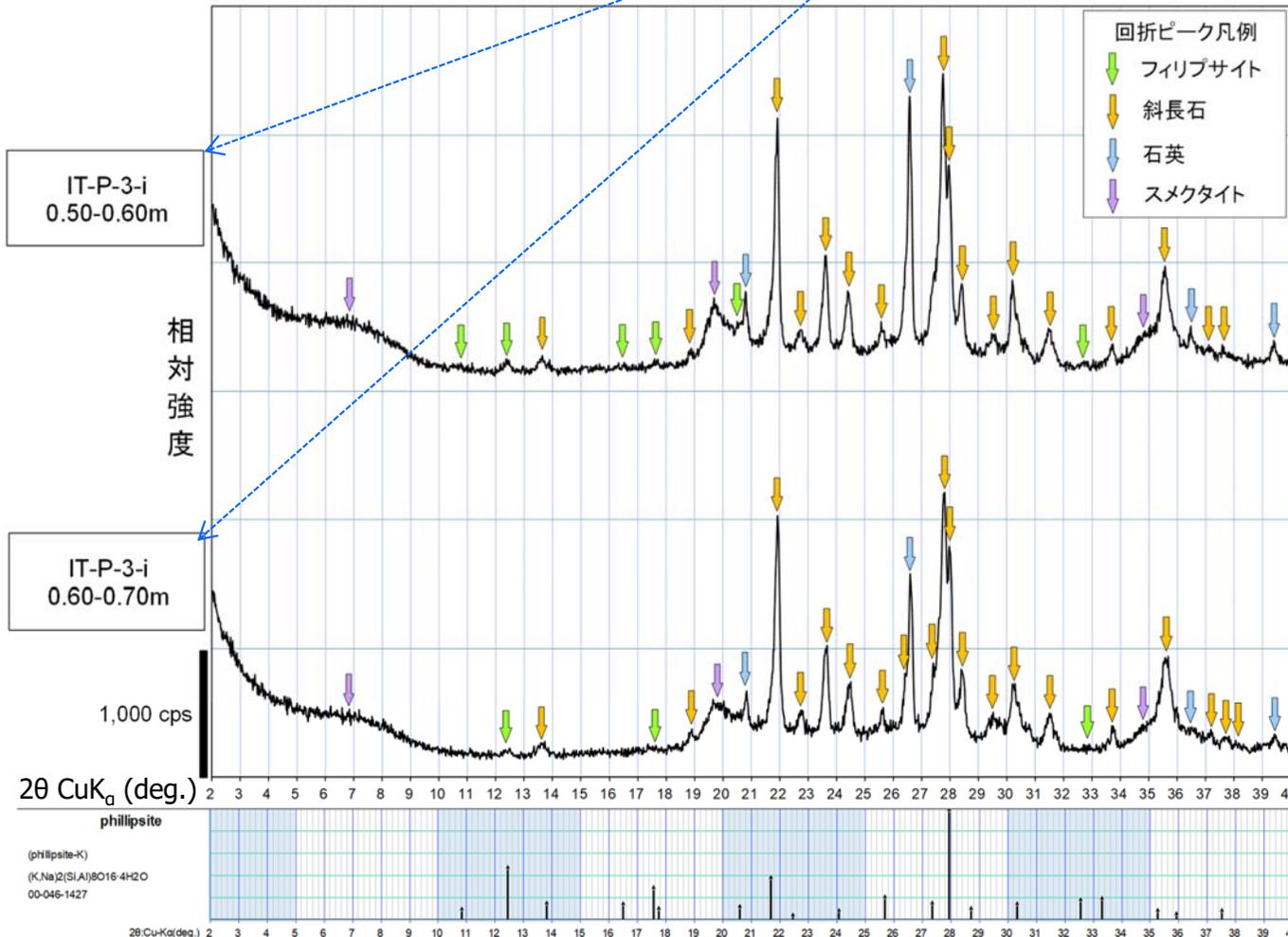
IT-P-3-i孔(深度0m~1m区間) 薄片試料採取区間: 0.57m~0.67m



ボーリングコア写真

凡例

X線分析試料採取区間
(コア表面付近の断層内物質を採取)



フィリップサイトの確認のため、断層内物質のX線分析を実施した。

- 薄片Cの試料を採取したIT-P-3-i孔では、断層面(粘土状破碎部)は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に分布し、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質のX線分析(不定方位)の結果、フィリップサイトに特徴的な回折ピーク($2\theta = 12.44^\circ, 17.57^\circ$ 等、補足説明資料P.2-89参照)が認められる。

断層内物質のX線分析結果(不定方位)
(斜長石と著しく重複するフィリップサイトの回折ピークを省略)

ICDD (2015)¹⁰⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(3/17)

第856回審査会合
資料1-1 P.2-111 再掲



フィリップサイト脈の確認(2/9): EPMA分析(1/4): EPMA用薄片作製

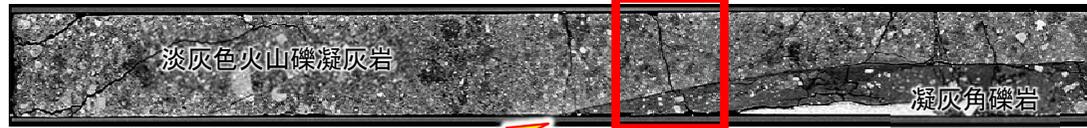
IT-P-3-i孔(0m~1m区間)

薄片試料採取区間: 0.57m~0.67m



ボーリングコア写真

断層面
(粘土状破碎部)



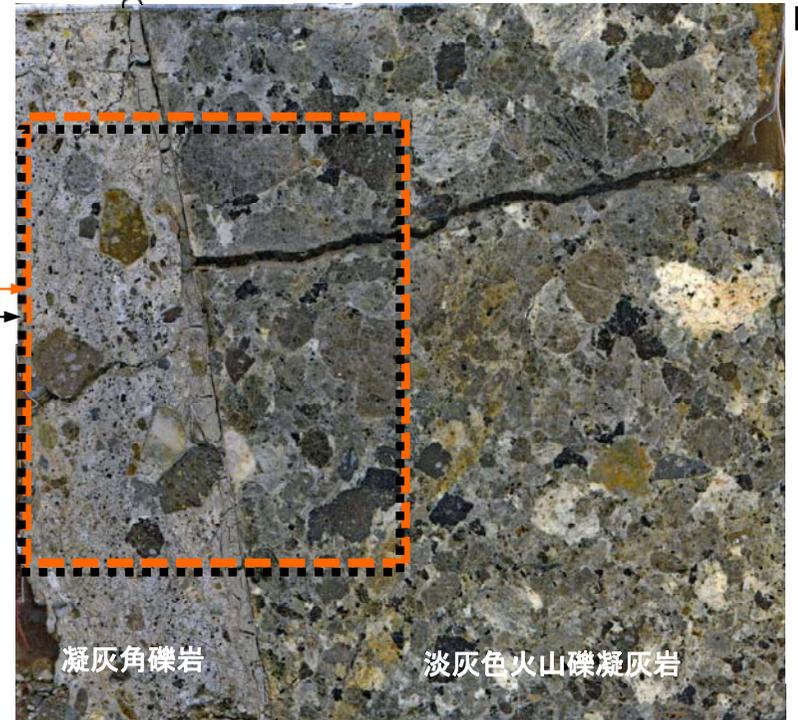
CT画像(鉛直断面)

断層面
(粘土状破碎部)

0 10cm

断層面
(粘土状破碎部) 粘土状破碎部

断層面
(粘土状破碎部)



凝灰角礫岩

淡灰色火山礫凝灰岩

粘土状破碎部

薄片作製反対側の半割コア研磨片(鉛直断面)

0 2cm

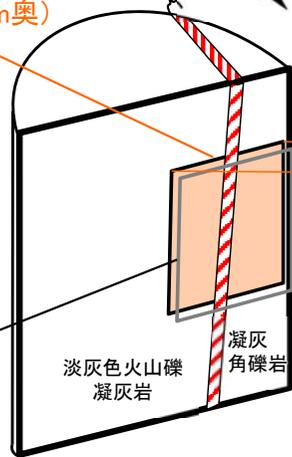
E
↑

EPMA用薄片
作製位置(約3mm奥)

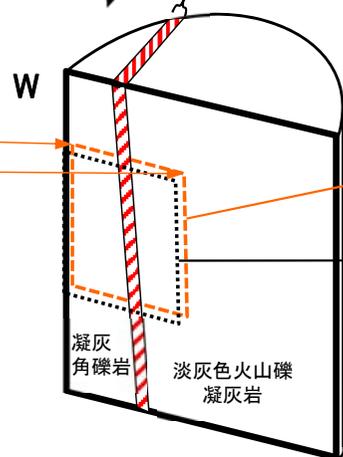
粘土状破碎部

粘土状破碎部

E
↑
薄片作製位置



半割コアと
② b) 薄片C作製試料



反対側半割コア
(試料作製投影位置)

EPMA用薄片
作製相当位置

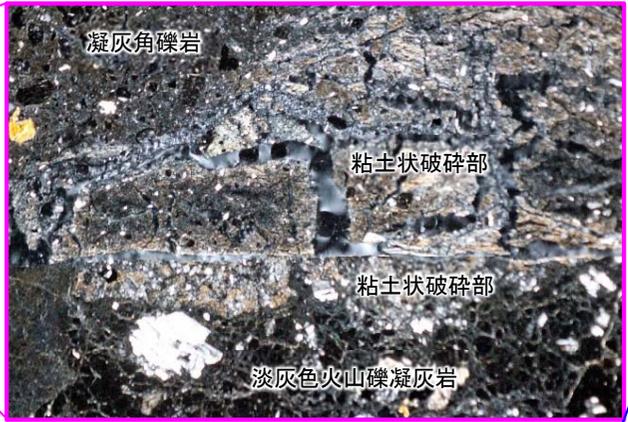
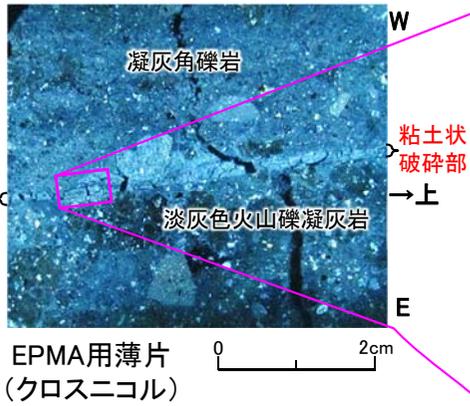
薄片作製相当位置

フィリップサイト脈の確認のため、EPMA用薄片を作製する。

- IT-P-3-i孔のコア及びCT画像から、淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に断層面(粘土状破碎部)が認められる。
- X線分析により、粘土状破碎部の断層内物質でフィリップサイトが検出された深度0.57m~0.67m区間(補足説明資料P.2-92参照)で試料を採取し、EPMA用薄片を作製した。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(4/17)

フィリップサイト脈の確認(3/9):EPMA分析(2/4):EPMA用薄片観察



EPMA用薄片
(クロスニコル)

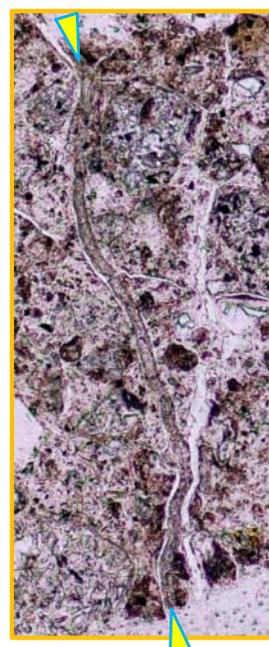
EPMA用薄片
(クロスニコル)

EPMA用薄片
(オープンニコル)

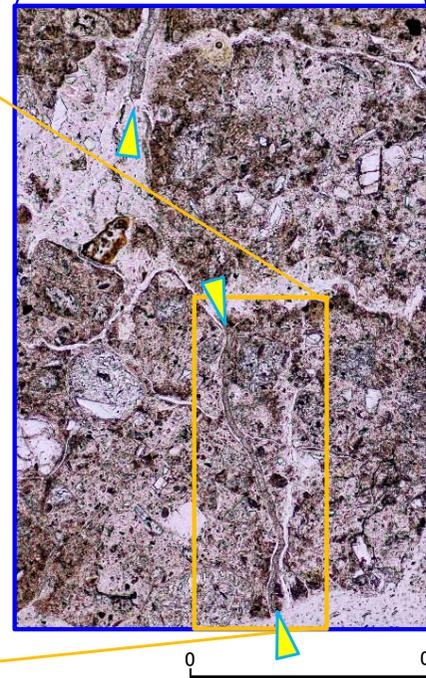


- EPMA用薄片では、粘土状破碎部近傍の凝灰角礫岩中に、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-89参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められ、微細な割れ目をフィリップサイトの結晶が充填している。
- EPMA分析*による組成像でも、薄片と同じ位置にフィリップサイト脈が認められる。

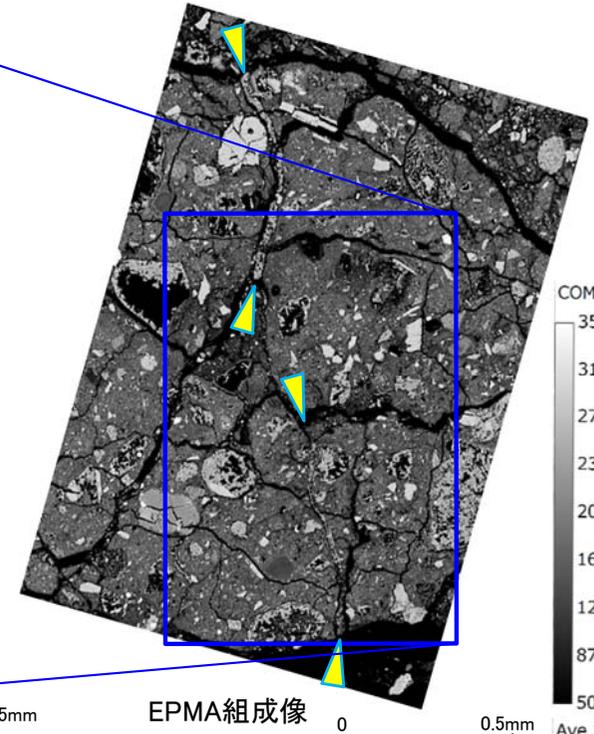
*:EPMA分析は、日本電子株式会社製 JXA-8230 を使用した。



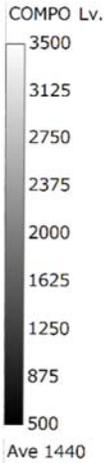
オープンニコル画像を拡大



EPMA用薄片(オープンニコル)



EPMA組成像

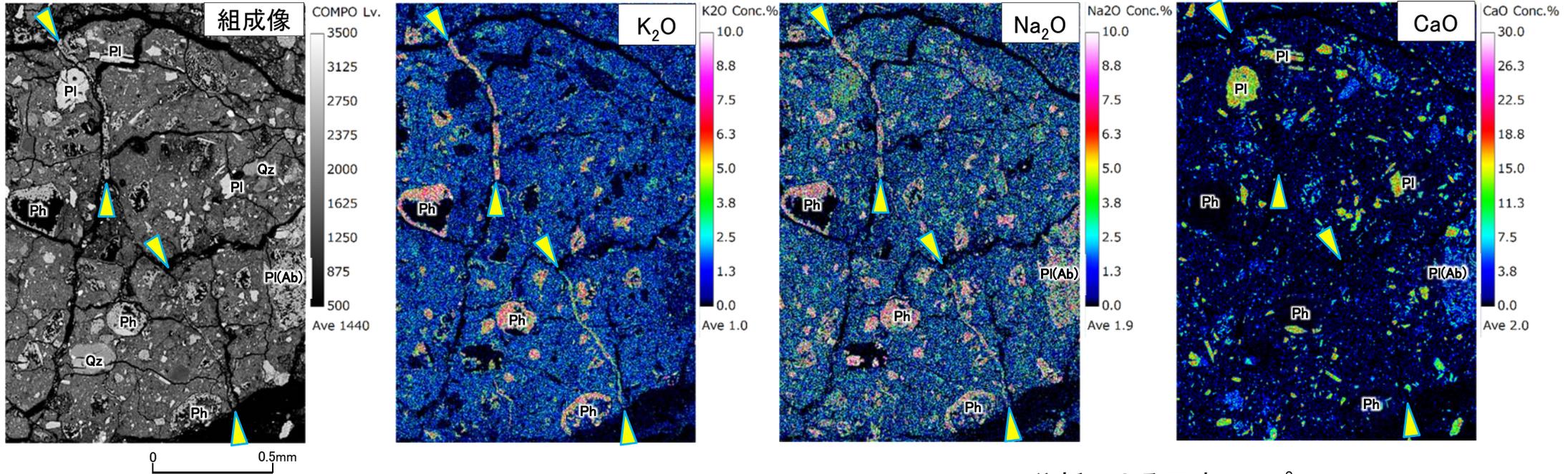


13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(5/17)

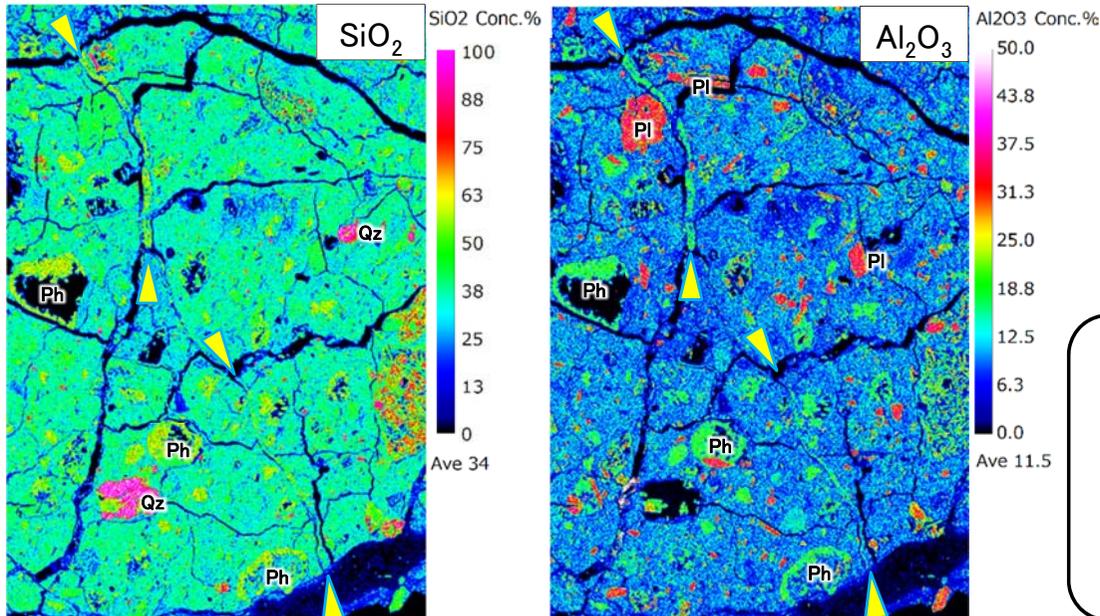
第856回審査会合
資料1-1 P.2-113 再掲



フィリップサイト脈の確認(4/9): EPMA分析(3/4): 元素マップ(1/2)



EPMA分析による元素マップ



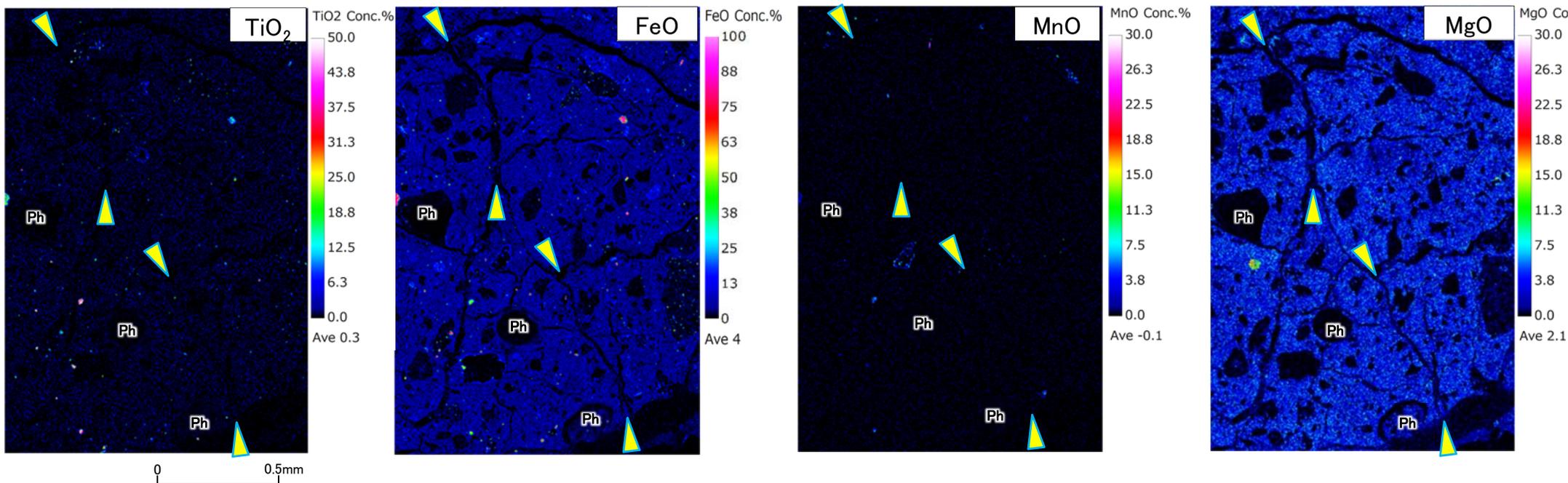
: フィリップサイト脈の両端 Ph : 空孔内に生じたフィリップサイト
 Qz : 石英 PI : 灰長石成分に富む斜長石 PI(Ab) : 曹長石成分に富む斜長石

KとNaに富むフィリップサイトの化学組成 ICDD (2015)¹⁰⁾ phillipsite-K (00-046-1427) : SiO₂ 52.07%, Al₂O₃ 19.25%, Na₂O 7.55%, K₂O 5.84%, CaO 1.22%

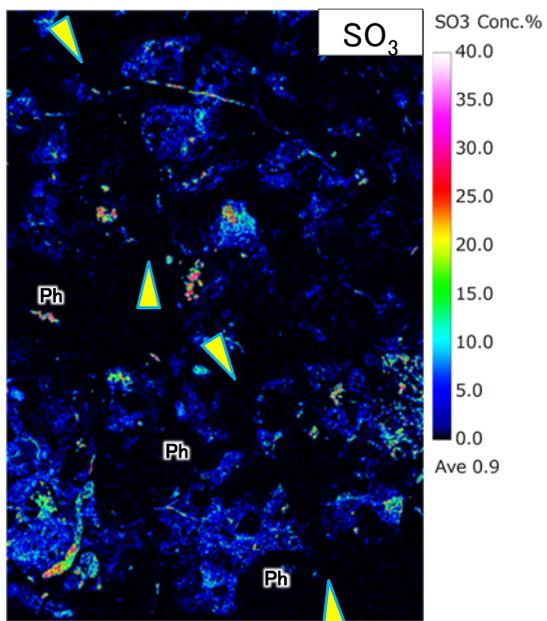
- EPMA分析の結果, 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈には, K₂O・Na₂Oがそれぞれ約5%~約8%, SiO₂が約50%~約60%, Al₂O₃が約18%~約20%含まれ, CaO及び他の主要化学成分(補足説明資料P.2-96参照)はほとんど検出されない。
- 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈の化学組成は文献に示されたKとNaに富むフィリップサイトの化学組成とほぼ一致する。



フィリップサイト脈の確認(5/9):EPMA分析(4/4):元素マップ(2/2)



EPMA分析による元素マップ



: フィリップサイト脈の両端 Ph : 空孔内に生じたフィリップサイト

KとNaに富むフィリップサイトの化学組成 ICDD (2015)¹⁰⁾ phillipsite-K (00-046-1427) : SiO₂ 52.07%, Al₂O₃ 19.25%, Na₂O 7.55%, K₂O 5.84%, CaO 1.22%

EPMA分析の結果, 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈には, その他の主要化学成分はほとんど検出されない。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(7/17)

フィリップサイト脈の確認(6/9): 薄片観察(1/4): 薄片作製

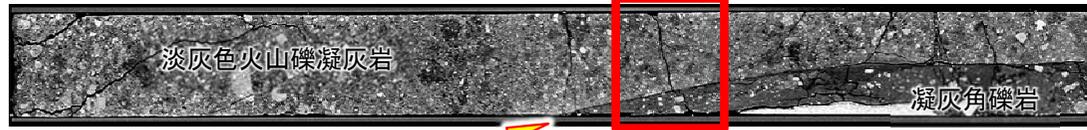
IT-P-3-i孔(0m~1m区間)

薄片試料採取区間: 0.57m~0.67m



ボーリングコア写真

断層面
(粘土状破碎部)



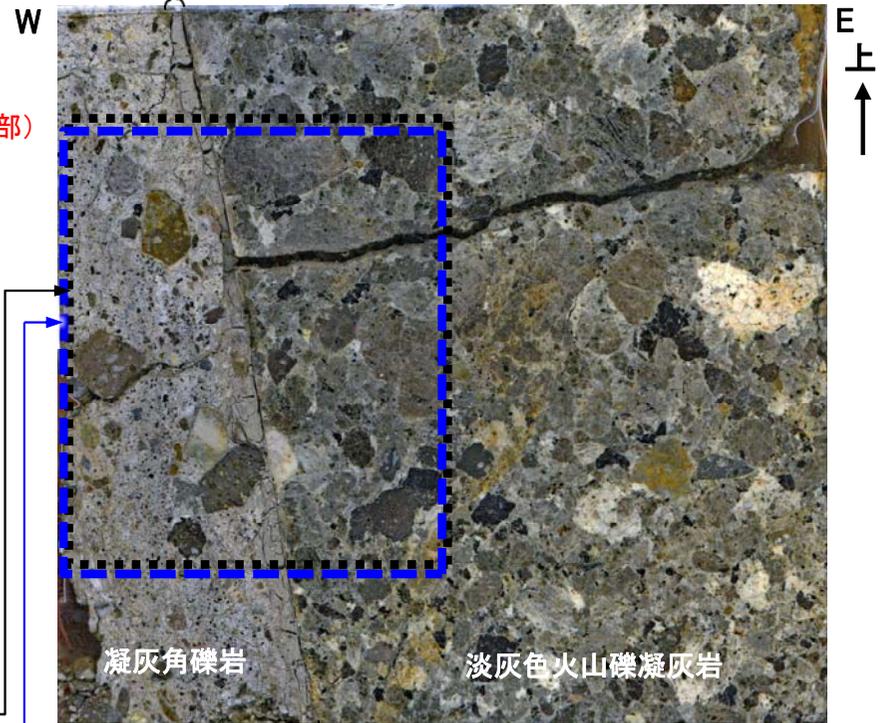
CT画像(鉛直断面)

断層面
(粘土状破碎部)

0 10cm

断層面
(粘土状破碎部)

粘土状破碎部



凝灰角礫岩

淡灰色火山礫凝灰岩

粘土状破碎部

0 2cm

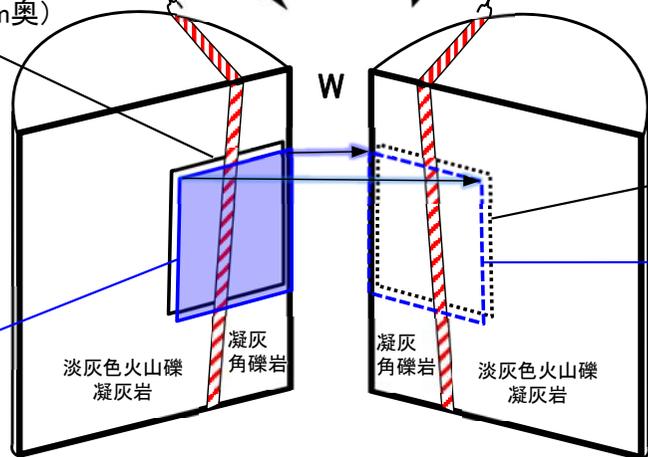
薄片作製反対側の半割コア研磨片(鉛直断面)

EPMA用薄片
作製位置(約3mm奥)

粘土状破碎部

粘土状破碎部

上
↑



半割コアと
薄片C作製試料

反対側半割コア
(試料作製投影位置)

フィリップサイト脈の確認のため、薄片観察用の薄片を作製する。

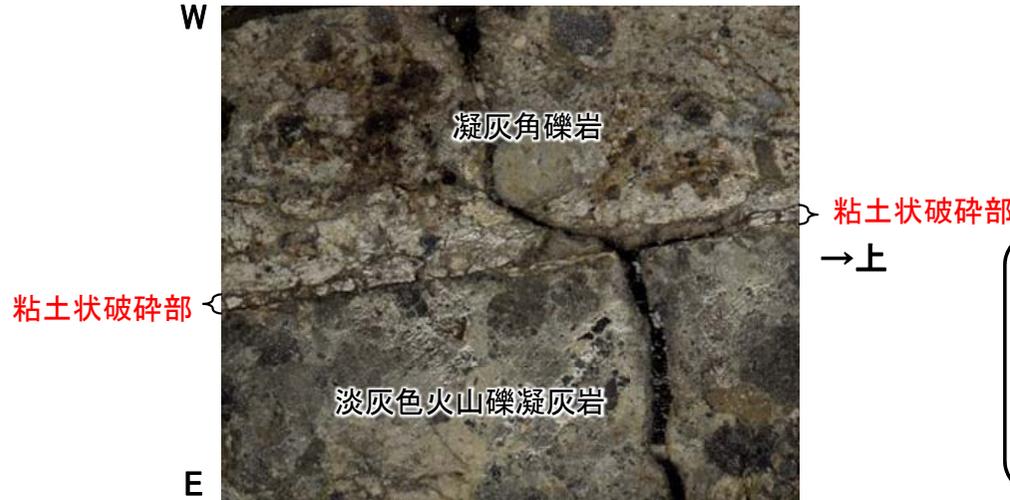
- IT-P-3-i孔のコア観察及びCT画像解析から、淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に断層面(粘土状破碎部)が認められる。
- X線分析により、粘土状破碎部の断層内物質でフィリップサイトが検出された深度0.57m~0.67m区間(補足説明資料P.2-92参照)で試料を採取し、薄片Cを作製した。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(8/17)

第856回審査会合
資料1-1 P.2-116 再掲

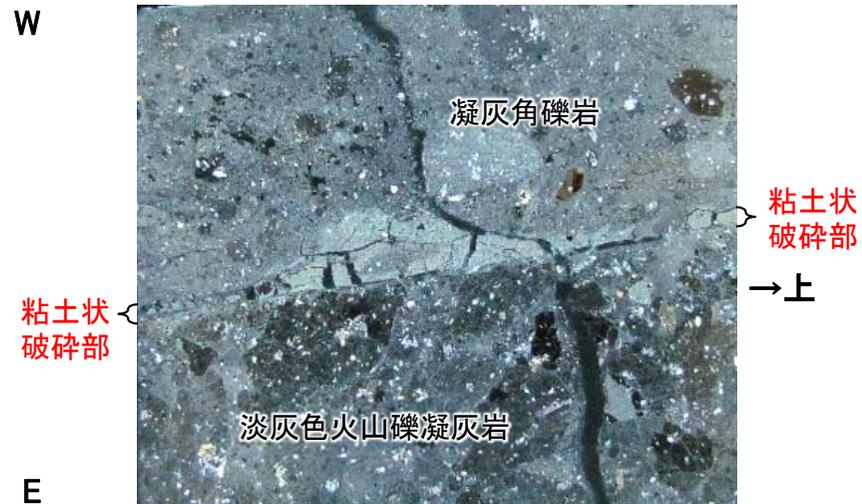
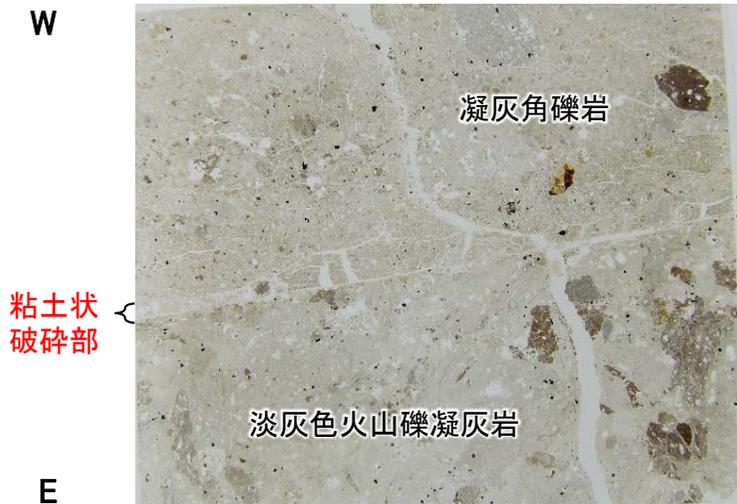


フィリップサイト脈の確認(7/9): 薄片観察(2/4)

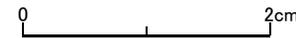


- IT-P-3-i孔の深度0.57m~0.67m区間の半割コアから粘土状破碎部を鉛直方向に横断する薄片Cを作製した。
- チップと薄片の画像では、直線的で明瞭な粘土状破碎部が認められる。

薄片作製後のチップ
(チップ北面を北から見た画像を左右反転)



薄片(チップ北面を南から見る, 左:オープンニコル, 右:クロスニコル)

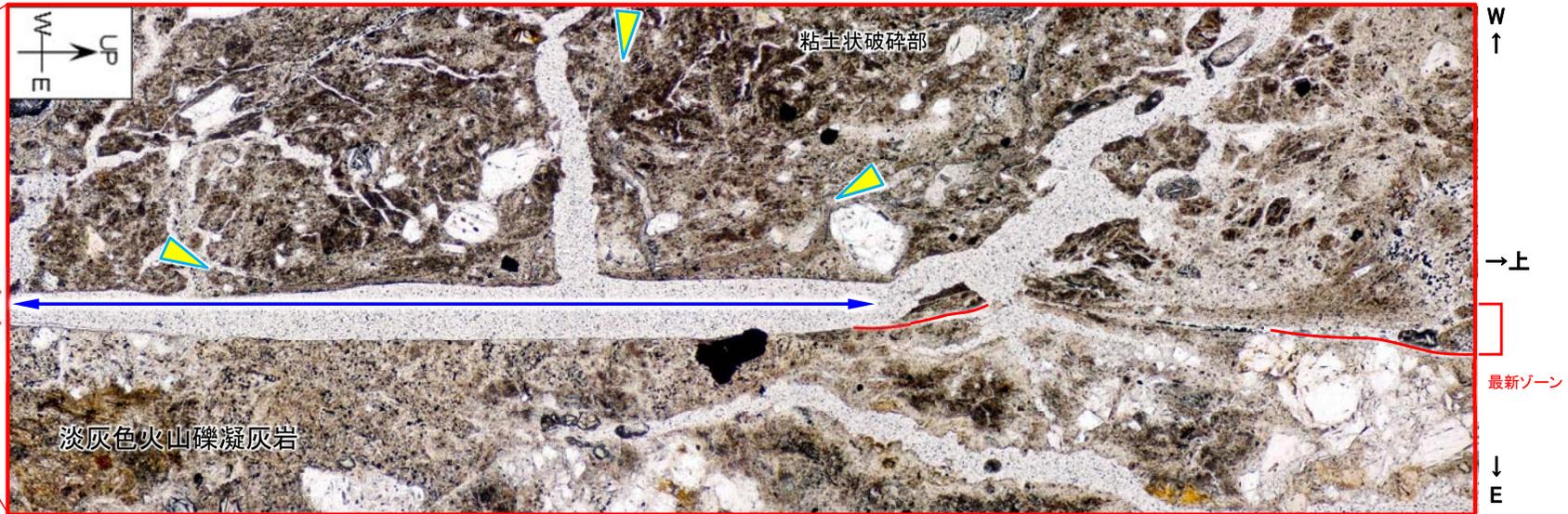
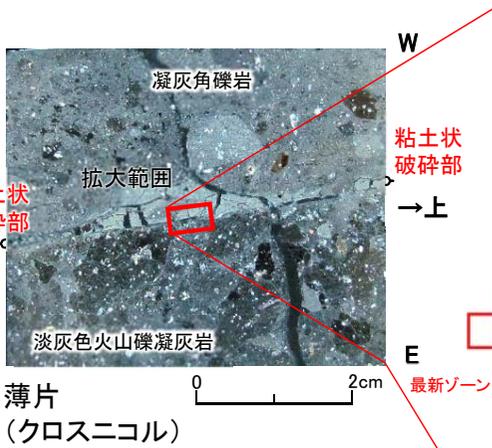


13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(9/17)

第856回審査会合
資料1-1 P.2-117 再掲

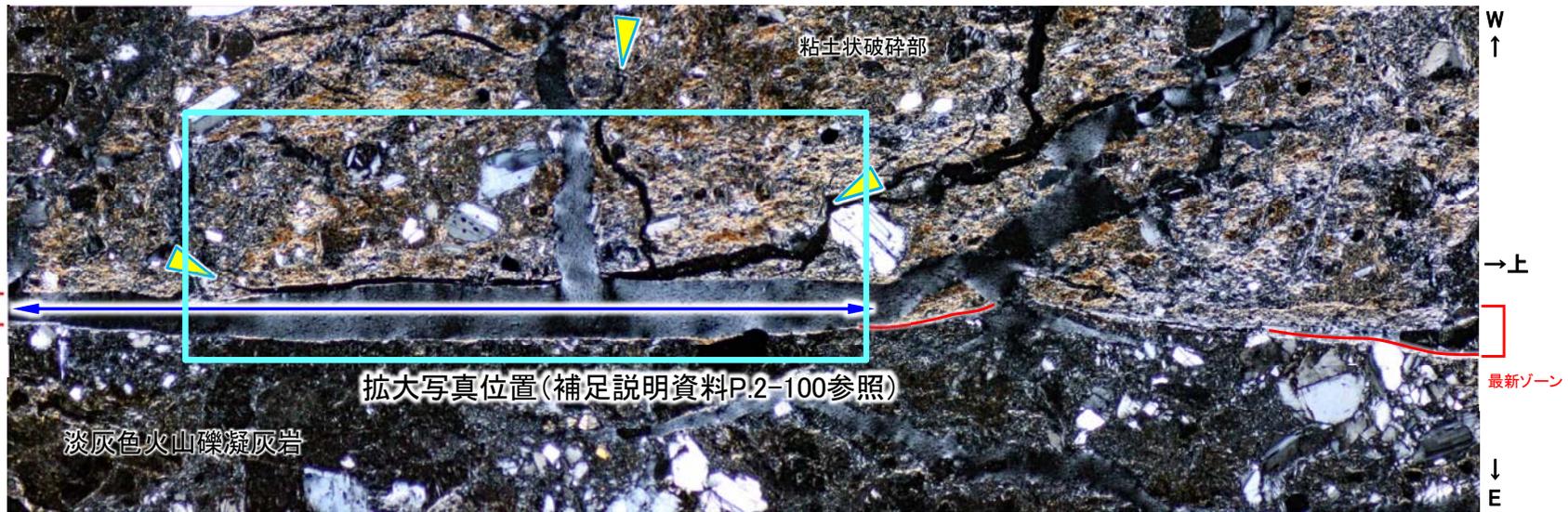


フィリップサイト脈の確認(8/9): 薄片観察(3/4)



薄片(オープンニコル)

- フィリップサイト脈の両端
- 最新面(Y面)
- 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間

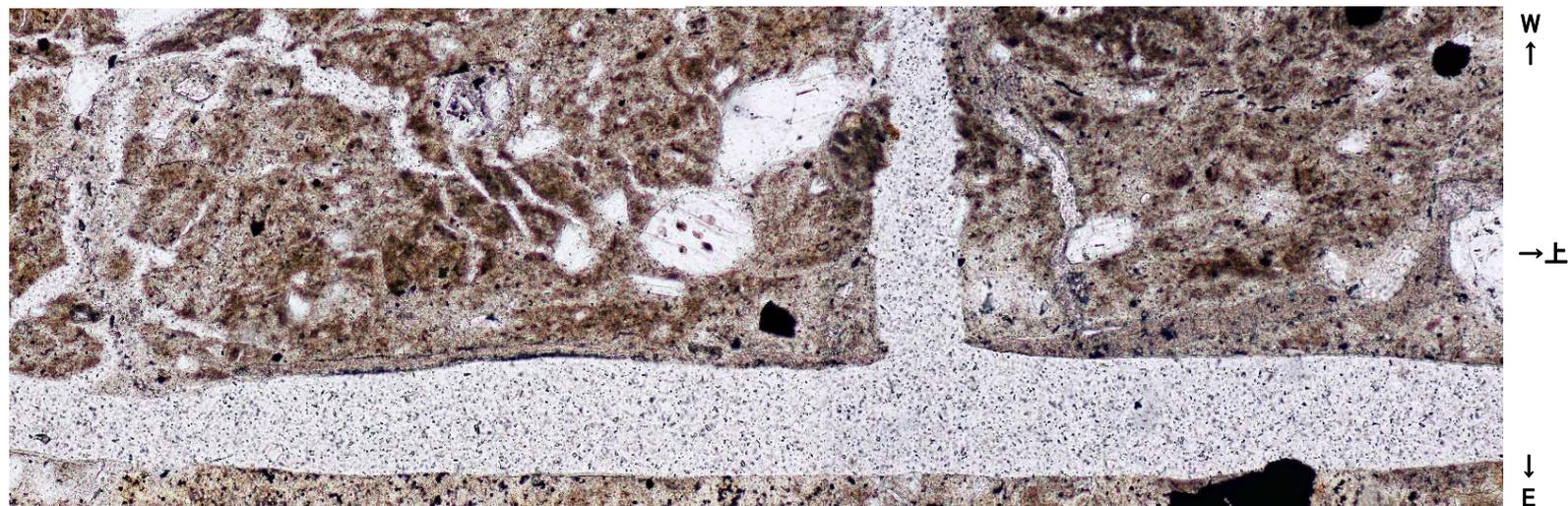


薄片(クロスニコル)

0 1mm

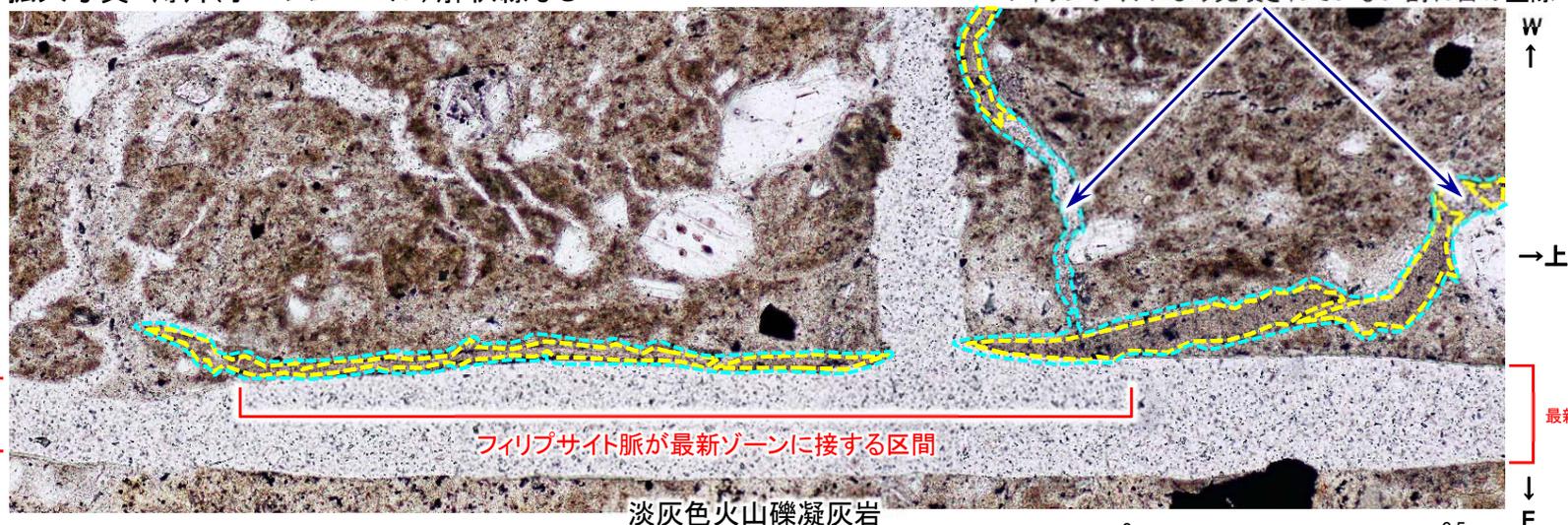
粘土状破碎部中には、断層面に沿う方向とそれと直交する方向に、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-89参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる。

フィリップサイト脈の確認(9/9): 薄片観察(4/4)



拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線なし

フィリップサイトにより充填されていない割れ目の空隙



拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間

淡灰色火山礫凝灰岩

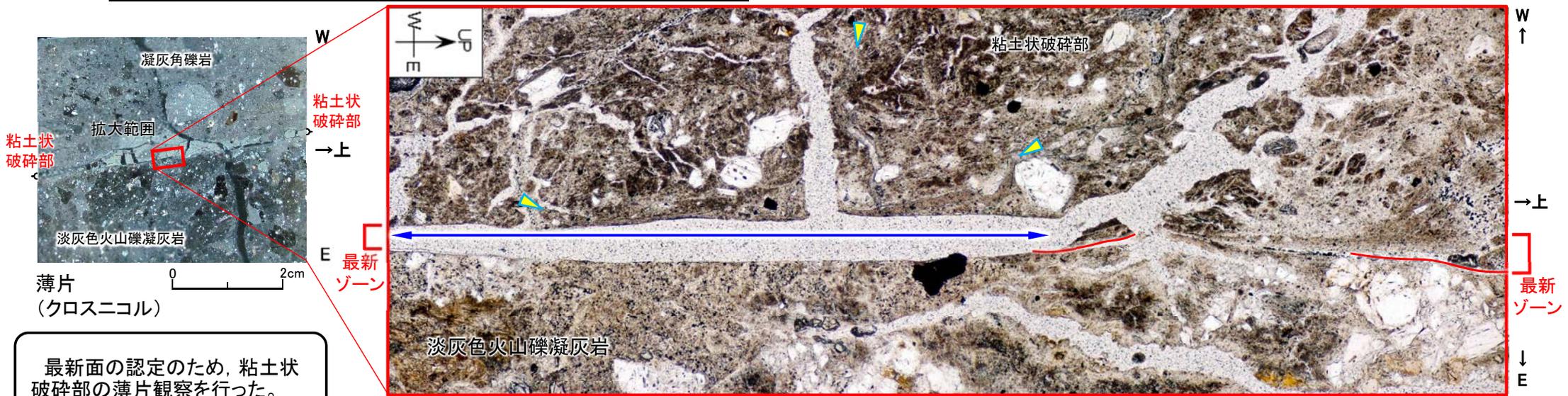
0 0.5mm

-  フィリップサイト脈
-  フィリップサイトの微小結晶集合体の外周

粘土状破碎部中には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-89参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる(クロスニコルの薄片写真は補足説明資料P.2-104参照)。



断層の最新面の認定(1/4): 薄片観察(1/4)

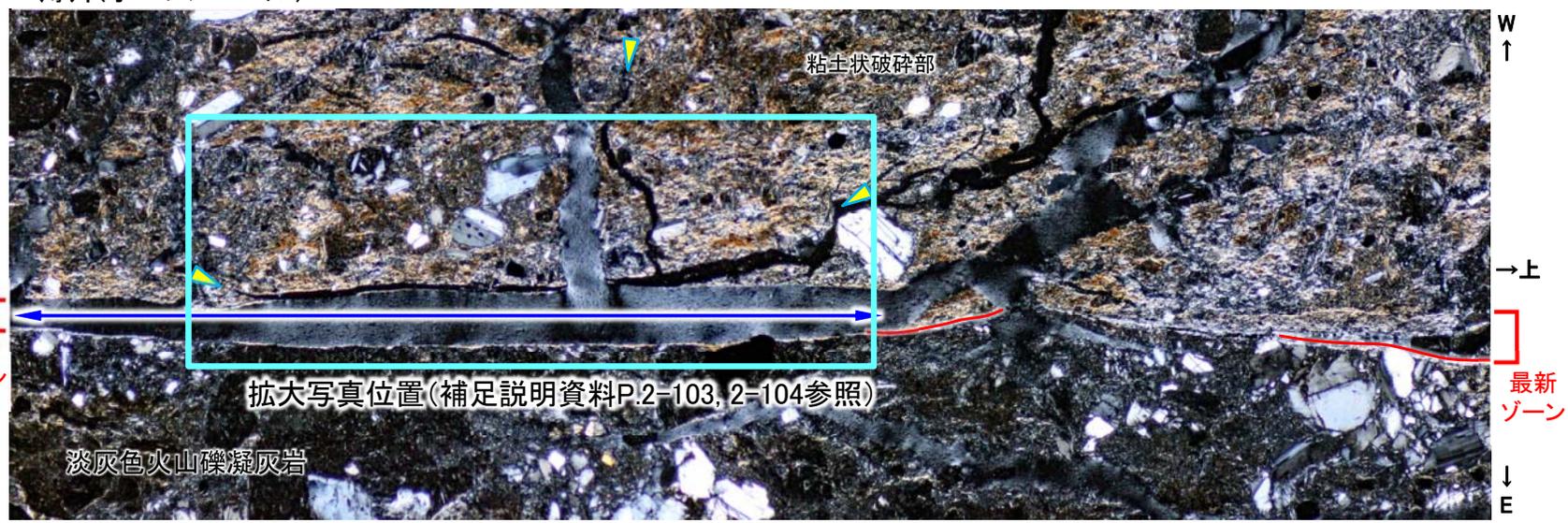


薄片
(クロスニッケル)

最新面の認定のため、粘土状破砕部の薄片観察を行った。

- 粘土状破砕部において、最新ゾーン上側(写真右側)では、粘土鉱物の配列等が卓越し、直線的に連続する幅約0.2mm程度の最新ゾーンが認められ、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- 最新ゾーン中央～下側(写真中央～左側)では、最新ゾーン幅と同程度の開口幅を持つ割れ目*が認められ、最新ゾーン東側及び西側の面に沿って薄い粘土質物質が確認できる(補足説明資料P.2-104参照)ことから、薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間と判断され、最新ゾーンとして認定可能である。東側及び西側の面に沿う薄い粘土質物質は最新面の可能性のあるY面として認定できる。

薄片(オープンニッケル)

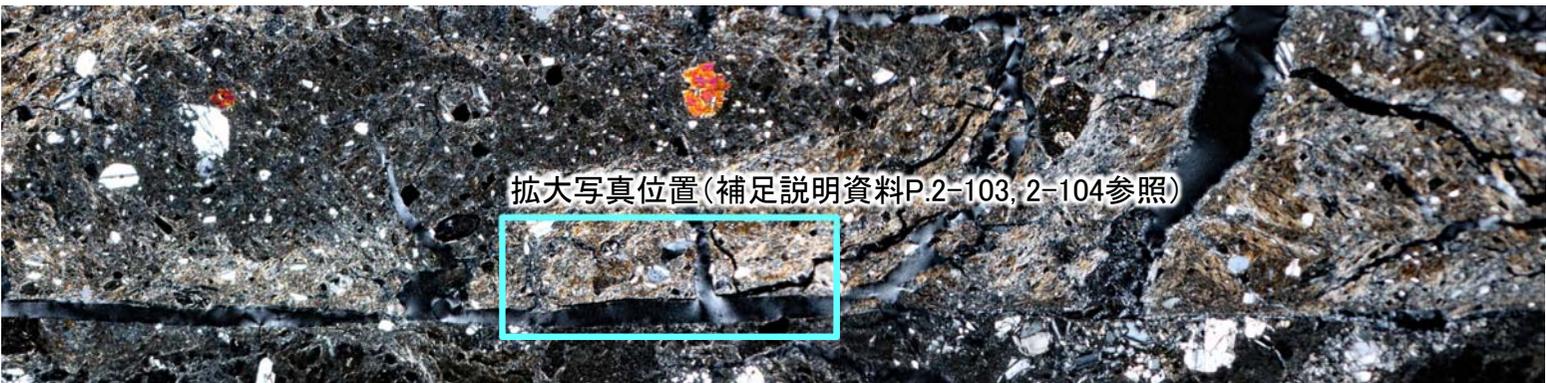
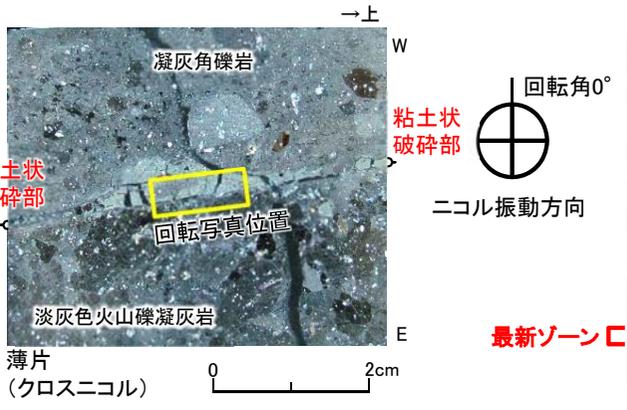


薄片(クロスニッケル)

*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間。
注) 最新ゾーン上側(写真右側)には、薄片作製時の分離により、最新面(Y面)の認定が困難な部分があるが、最新ゾーンの認定は可能である。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(12/17)

断層の最新面の認定(2/4): 薄片観察(2/4)

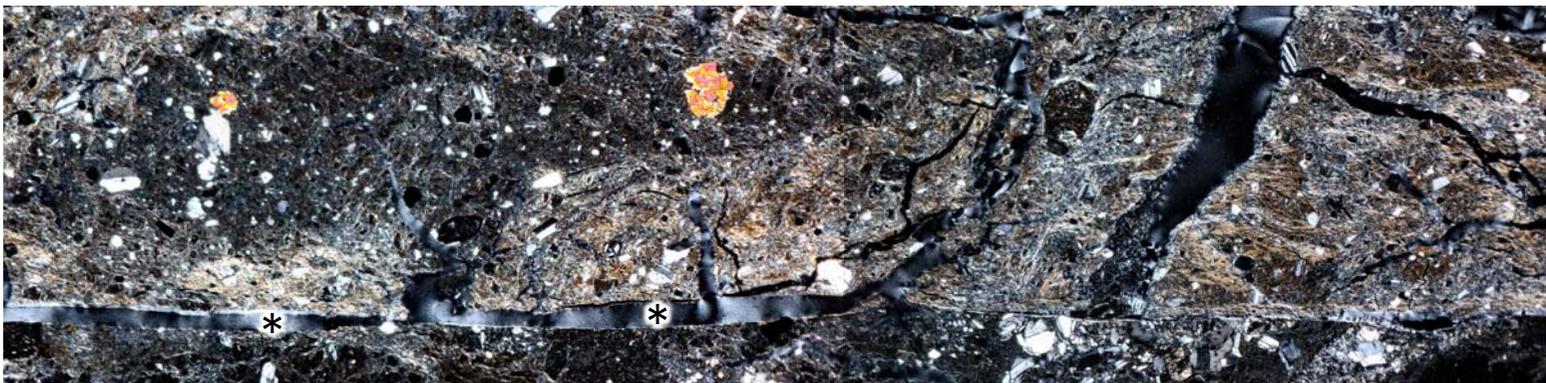


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 0° 回転

- クロスニコル下でステージを回転することにより、最新ゾーンでは、周囲の粘土状破碎部に比べて、粘土鉱物の配列が卓越して認められる。
- 回転角30°の薄片写真の右側では、粘土鉱物の配列が直線的に連続し、幅約0.2mmの最新ゾーンが認定される。
- 最新ゾーン中央～下側(写真中央～左側)では、最新ゾーン幅と同程度の開口幅を持つ割れ目*が認められ、最新ゾーン東側及び西側の面に沿って薄い粘土質物質が確認できる(補足説明資料P.2-104参照)ことから、薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間と判断され、最新ゾーンとして認定可能である。東側及び西側の面に沿う薄い粘土質物質は最新面の可能性のあるY面として認定できる。

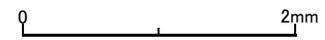


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 30° 回転



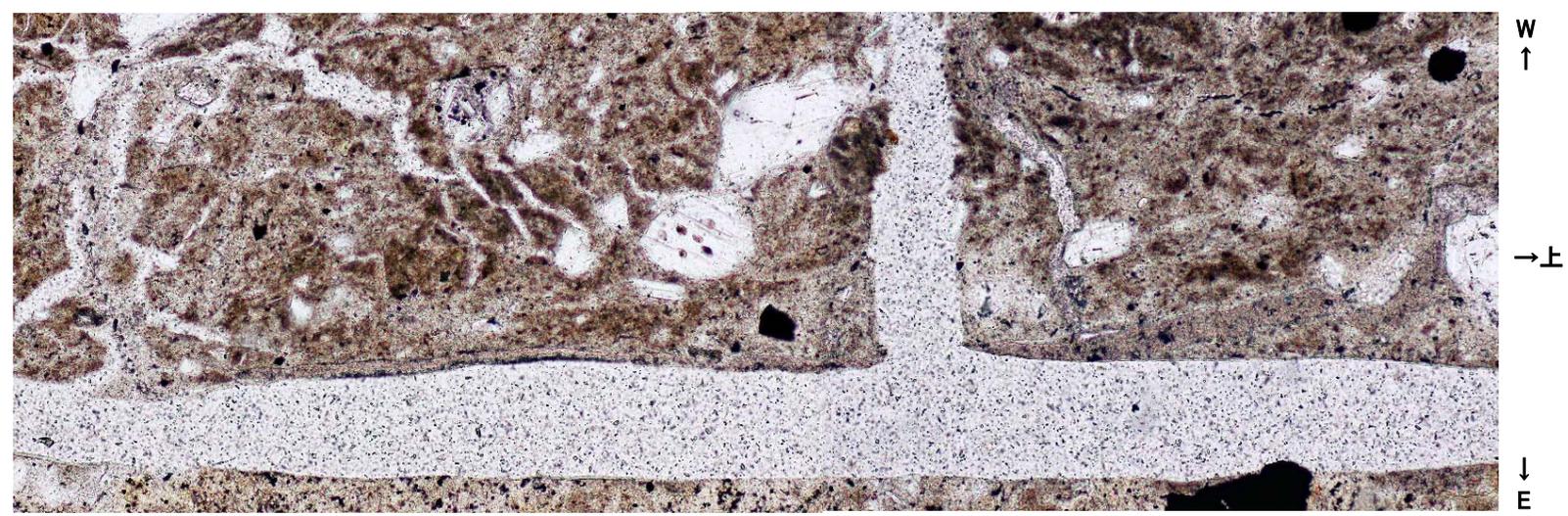
回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 60° 回転

*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間。

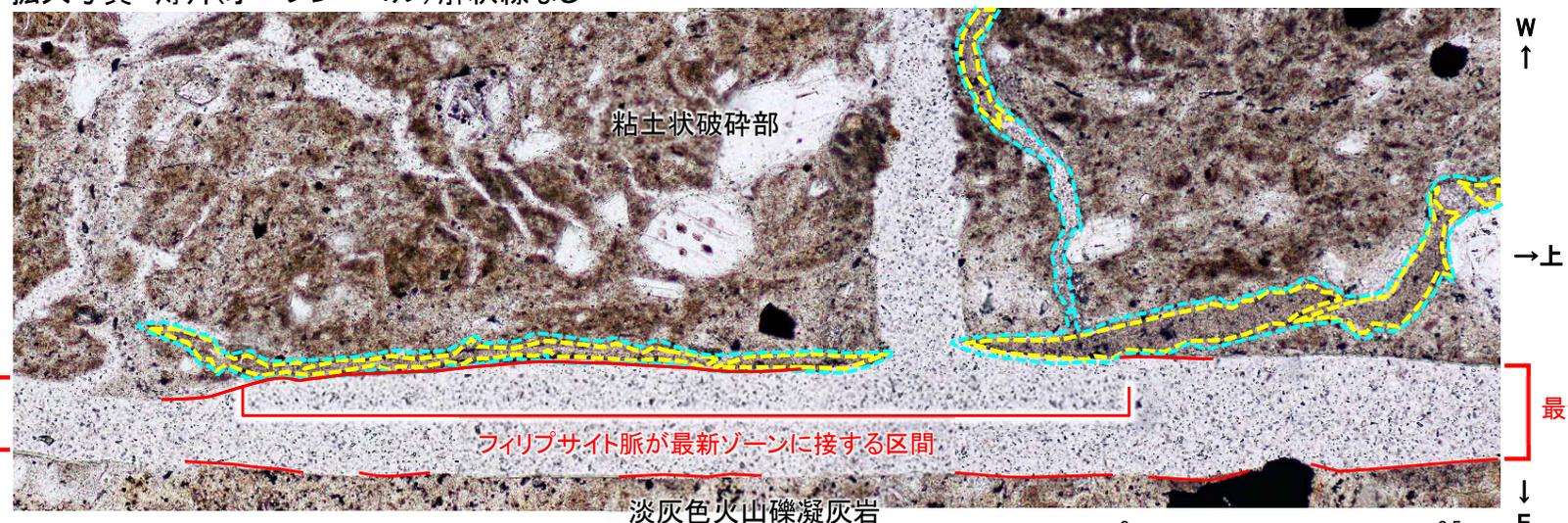




断層の最新面の認定(3/4): 薄片観察(3/4)



拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線なし



	フィリップサイト脈
	フィリップサイトの微小結晶集合体の外周
	最新面の可能性のあるY面 (最新ゾーンの両側にみられる直線的でごく薄い粘土質物質の部分とした)

最新ゾーン

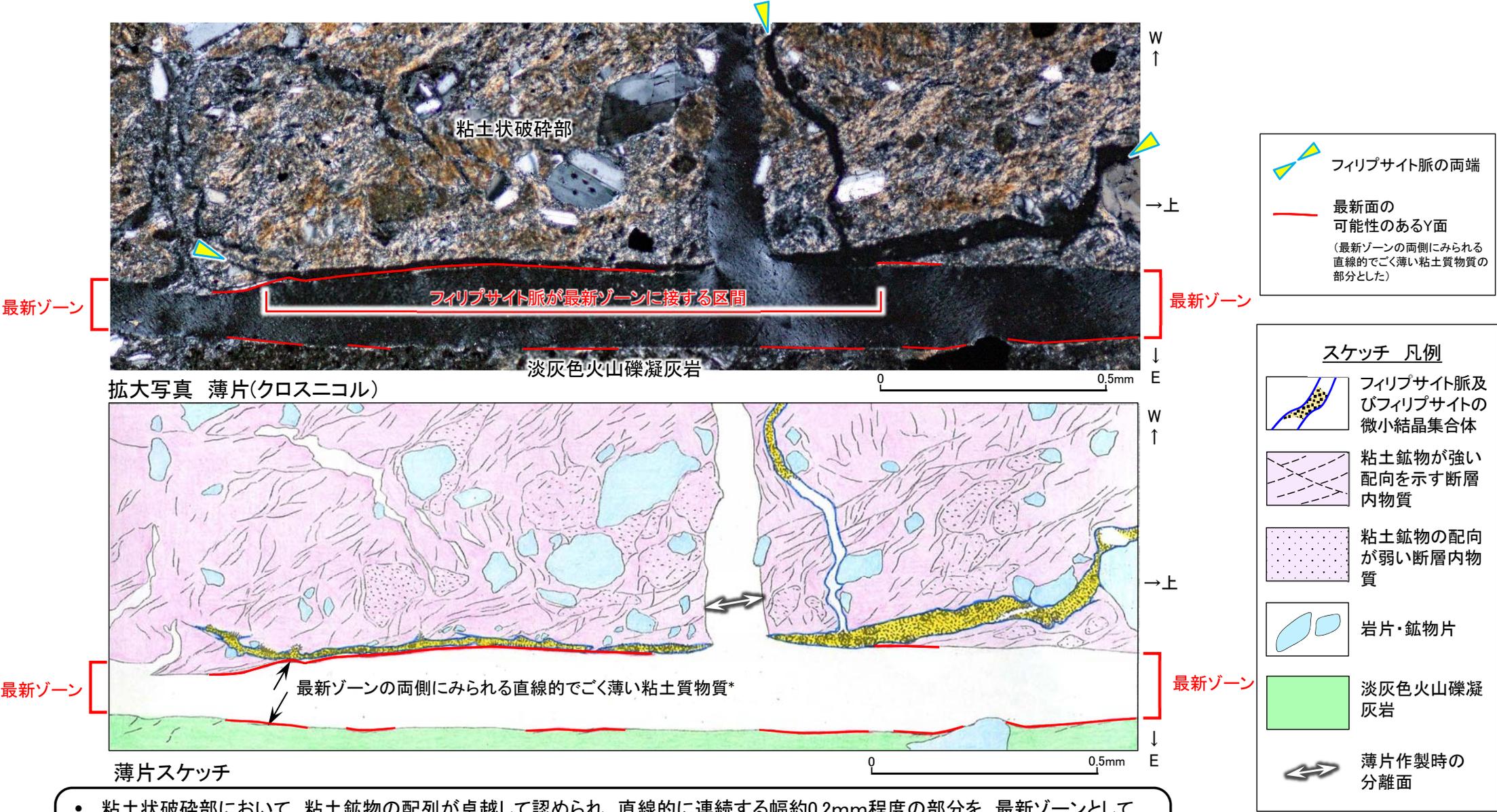
最新ゾーン

拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm程度の部分を最新ゾーンとして認定した(補足説明資料P.2-101, 2-102参照)。
- フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では、最新ゾーンの東側及び西側の面に沿って最新面の可能性のあるY面が認定できる。このうち、西側の面に沿うY面を最新面とすると、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。



断層の最新面の認定(4/4): 薄片観察(4/4)



- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm程度の部分を、最新ゾーンとして認定した(補足説明資料P.2-101, 2-102参照)。
- フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では、最新ゾーンの東側及び西側の面に沿って最新面の可能性のあるY面が認定できる。このうち、西側の面に沿うY面を最新面とすると、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。

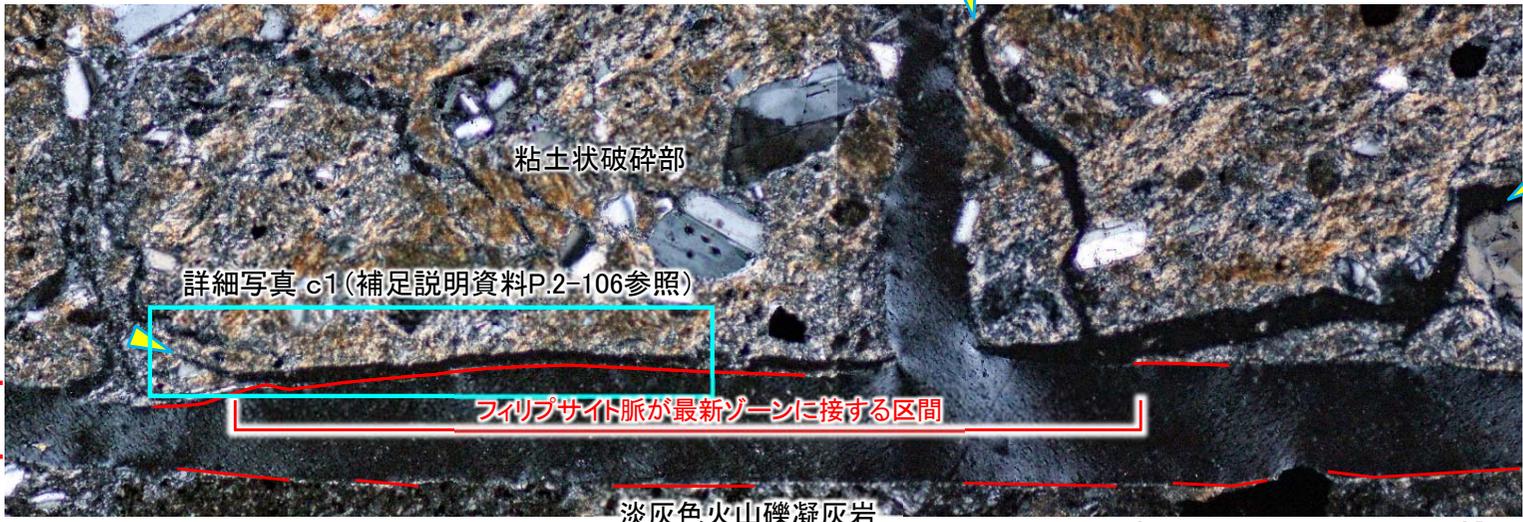
*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(15/17)

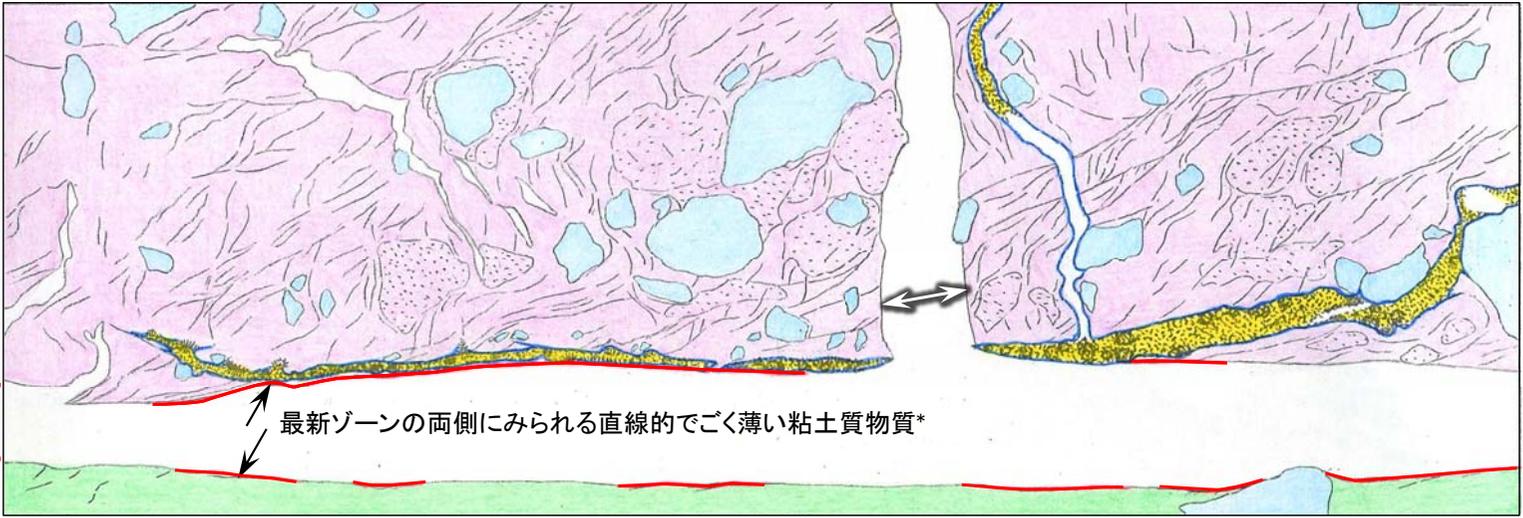
第856回審査会合
資料1-1 P.2-123 再掲



最新面に接するフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(1/2): 薄片観察(1/2)



拡大写真 薄片(クロスニコル)



薄片スケッチ

フィリップサイト脈の両端

最新面の可能性のあるY面
(最新ゾーンの両側にみられる直線的でごく薄い粘土質物質の部分とした)

スケッチ 凡例

- フィリップサイト脈及びフィリップサイトの微小結晶集合体
- 粘土鉱物が強い配向を示す断層内物質
- 粘土鉱物の配向が弱い断層内物質
- 岩片・鉱物片
- 淡灰色火山礫凝灰岩
- 薄片作製時の分離面

最新ゾーン

最新ゾーン

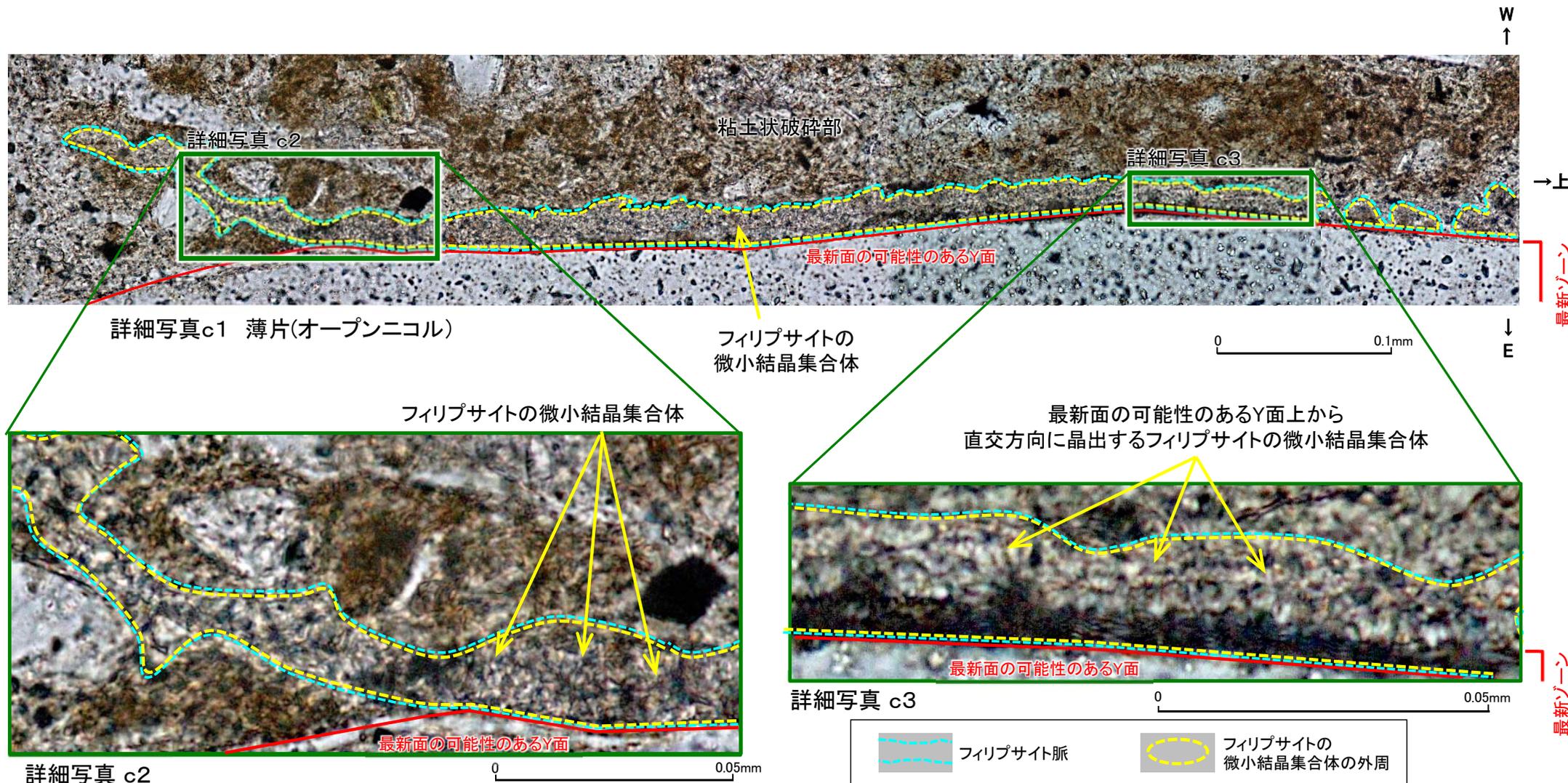
最新ゾーン

最新ゾーン

- フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では、最新ゾーン西側の面に沿うY面を最新面(Y面)とすると、フィリップサイト脈は最新面(Y面)に接して分布する。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新面の可能性のあるY面に接して晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない(補足説明資料P.2-106参照)。
- 以上のことから、フィリップサイト脈は最新面の可能性のあるY面を横切っていないものの、最新面の可能性のあるY面に接するフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊がないことから、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失。

最新面に接するフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(2/2): 薄片観察(2/2)



- 最新面の可能性のあるY面に接する区間において、フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない(詳細写真c1及び詳細写真c2)。
- フィリップサイトの微小結晶集合体には、最新面の可能性のあるY面から直交方向に晶出するものが多く認められ、最新面の可能性のあるY面に平行な方向への配列は認められない(詳細写真c3)。
- したがって、最新ゾーン西側の面に沿うY面を最新面とすると、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

13. 鉱物脈法による活動性評価(薄片C)(参考)(17/17)

フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価:まとめ

【フィリップサイト脈の確認】

X線分析, EPMA分析及び薄片観察により, フィリップサイト脈を確認した。

- X線分析により, 断層内物質中にフィリップサイトが検出される。
- EPMA分析により, EPMA用薄片で観察されるフィリップサイト脈は, 元素マップでKとNaに富むフィリップサイトの化学組成に一致することを確認した。
- 薄片観察により, 粘土状破碎部中に低屈折率及び低複屈折のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈を確認した。

【最新面の認定】

- 薄片観察により, 粘土状破碎部において, 最新ゾーン上側では, 粘土鉱物の配列が卓越して認められ, 直線的に連続する幅約0.2mm程度の部分を, 最新ゾーンとして認定し, 最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- 最新ゾーン中央～下側のフィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では, 粘土質物質が逸失している割れ目の東側及び西側の面に沿って薄い粘土質物質が確認され, 最新面の可能性のあるY面として認定できる。

【最新面に接するフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価】

- フィリップサイト脈は, 最新面の可能性のあるY面に接して分布する。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は, 最新面の可能性のあるY面に接して晶出し, フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない。
- したがって, 最新ゾーン西側の面に沿うY面を最新面とすると, フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

薄片Cの観察では, フィリップサイト脈が最新面の可能性のあるY面に接して分布し, そのフィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない。

このフィリップサイト脈は最新面の可能性のあるY面を横切っていないものの, 最新面の可能性のあるY面に接するフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊がないことから, フィリップサイト脈の形成以降の断層活動はないと判断される。

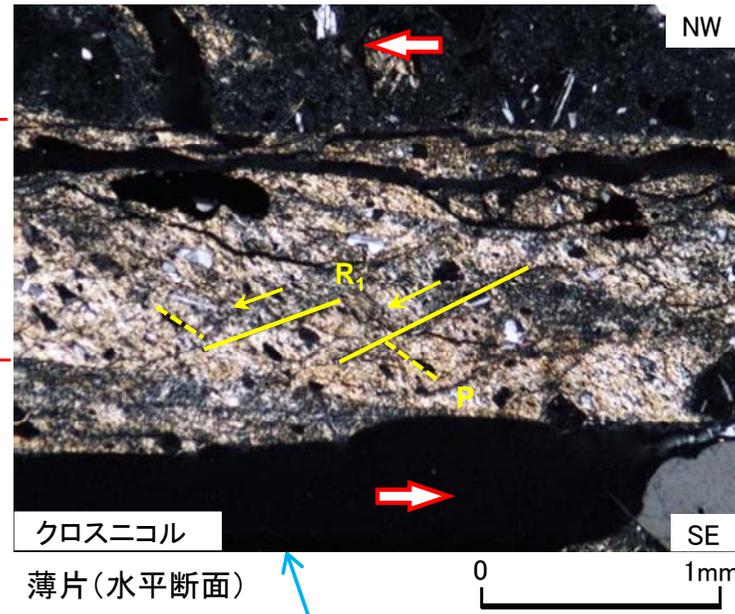


(余白)

14. sF-2断層系の性状(1/2)



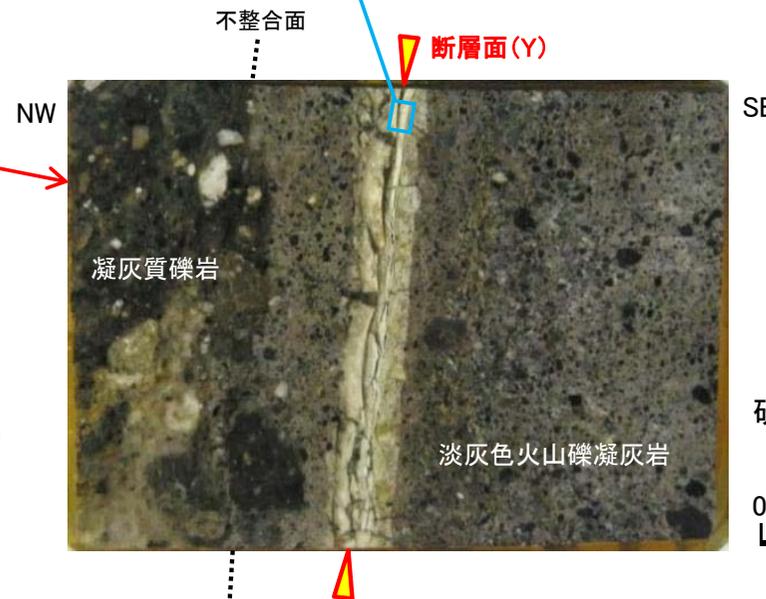
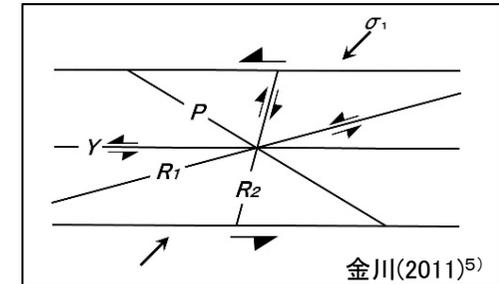
sF-2断層系(sF-2-1断層)の掘削面での性状:掘削面底盤E(1/2)(解釈線有り)



➡ 複合面構造から判定
➡ される変位センス

Y : 粘土状破砕部の直線的なせん断面
P : ガラス質な破砕物質の伸長方向
及び粘土鉱物の主要な配向方向
R₁: Yに対してPとは反対方向に斜交し、
Pを切断する面

最新ゾーン



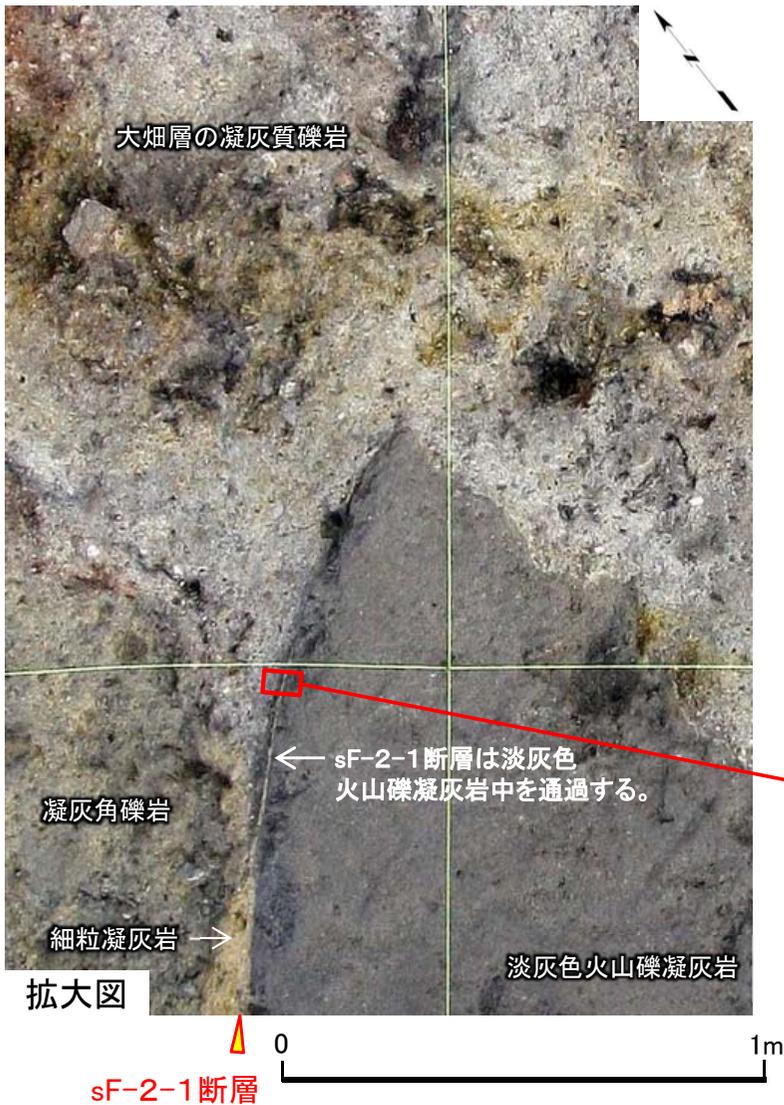
研磨片(水平断面)
断層面は易国間層内を通過する。

研磨片及び薄片によると、最新ゾーンの複合面構造は左横ずれセンスを示す。

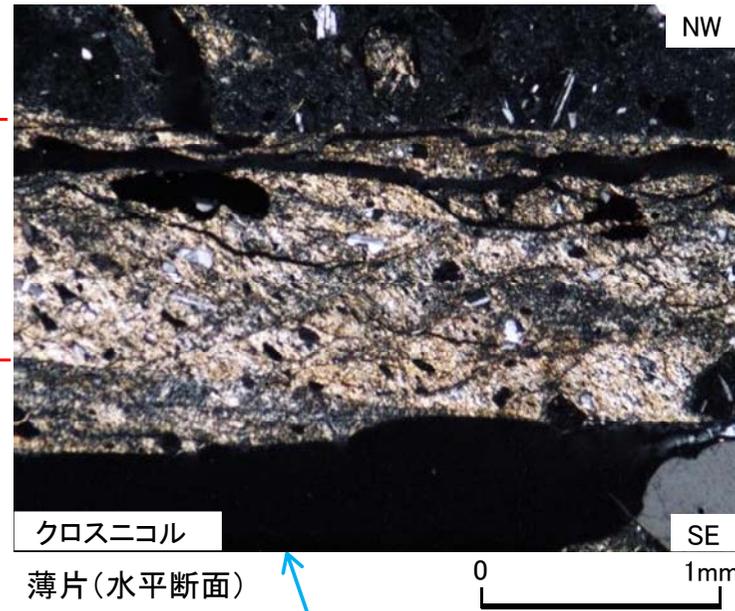
14. sF-2断層系の性状(2/2)



sF-2断層系(sF-2-1断層)の掘削面での性状:掘削面底盤E(2/2)(解釈線なし)

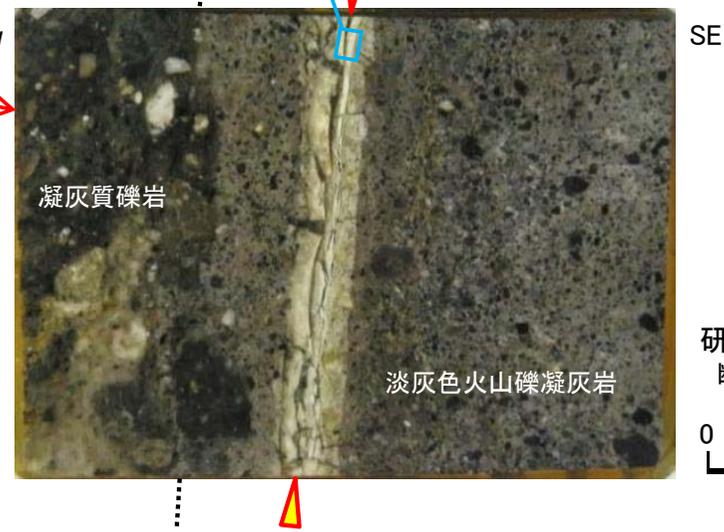
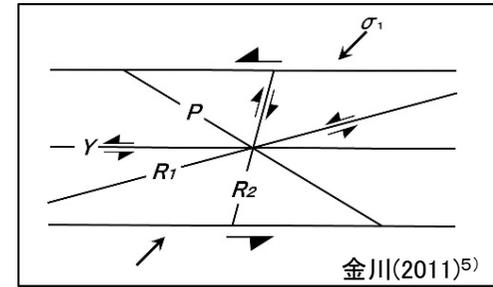


sF-2-1断層は淡灰色火山礫凝灰岩中を通過する。



Y : 粘土状破碎部の直線的なせん断面
P : ガラス質な破碎物質の伸長方向及び粘土鉱物の主要な配向方向
R₁: Yに対してPとは反対方向に斜交し、Pを切断する面

最新ゾーン



研磨片(水平断面)
断層面は易国間層内を通過する。

1. 上村不二雄・斉藤正次(1957):5萬分の1地質図幅「大畑」及び同説明書, 地質調査所, 40p.
2. 戸田成太郎・大場司・小林淳・林信太郎(2011):下北半島中部に分布する大畑層の地質, 日本地質学会第118年学術大会・日本鉱物科学会2011年年会合同学術大会講演要旨集(セクションC), p.37
3. 梅田浩司・檀原徹(2008):フィッション・トラック年代によるむつ燧岳の活動年代の再検討, 岩石鉱物科学, vol.37, pp.131-136
4. 青森県(1998):青森県の地質, p.105
5. 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.
6. 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013):数値地質図P-2, 日本重力データベース DVD版, 独立行政法人産業技術総合研究所.
7. Morley, C. K. (2017): The impact of multiple extension events, stress rotation and inherited fabrics on normal fault geometries and evolution in the Cenozoic rift basins of Thailand. Geological Society, London, Special Publications, 439, pp.413-445
8. Kim, Y. S. and Sanderson, D. J. (2005): The relationship between displacement and length of faults: a review, Earth-Science Reviews, 68, pp.317-334
9. Schultz, R. A. and Fossen, H. (2002): Displacement-length scaling in three dimensions: the importance of aspect ratio and application to deformation bands, Journal of Structural Geology, 24, pp.1389-1411
10. ICDD (2015): PDF-4+ 2015 (Database), edited by Dr. Soorya Kabekkodu, International Centre for Diffraction Data, Newton Square, PA, USA.
11. Dymond, J. R. (1966): Potassium-argon geochronology of deep-sea sediments. Science, 152(3726), pp.1239-1241
12. Bernat, M., Bieri, R. H., Koide, M., Griffin, J. J. and Goldberg, E. D. (1970): Uranium, thorium, potassium and argon in marine phillipsites, Geochimica et Cosmochimica Acta, 34(10), pp.1053-1071
13. WoldeGabriel, G., Bish, D. L., Broxton, D. E. and Chipera, S. J. (1992): Preliminary assessment of clinoptilolite K/Ar results from Yucca Mountain, Nevada: A potential high-level radioactive waste repository site (No. LA-UR-92-461; CONF-920761-1). Los Alamos National Lab., NM (United States).
14. WoldeGabriel, G. (1995): Ion exchange and dehydration experimental studies of clinoptilolite: Implications to zeolite dating (No. LA--12894-MS). Los Alamos National Lab.
15. WoldeGabriel, G., Broxton, D. E. and Byers Jr, F. M. (1996): Mineralogy and temporal relations of coexisting authigenic minerals in altered silicic tuffs and their utility as potential low-temperature dateable minerals. Journal of volcanology and geothermal research, 71(2-4), pp.155-165
16. Karlsson, H. R. (2001): Isotope geochemistry of zeolites. Reviews in mineralogy and geochemistry, 45(1), pp.163-205
17. 板谷徹丸・長尾敬介(1988): 100万年より若い火山岩のK-Ar年代測定, 地質学論集, 第29号, pp.143-161
18. Oba, T. and Yoshikawa, K. (1994): Note on rock-forming minerals in the Joetsu district, Niigata Prefecture, Japan. (7) Phillipsite from Yoneyama., Bull., Joetsu Univ. Educ., 13(2), pp.399-406
19. 八木公史(2015): 蒜山地質年代学研究所におけるK-Ar年代測定の業務を振り返る, 地質技術, 第5号(蒜山地質年代学研究所創立20周年記念特集), pp.165-170
20. 都城秋穂・久城育夫(1972): 岩石学 I 偏光顕微鏡と造岩鉱物, 共立出版, 219p.
21. Sheppard, R.A. and Fitzpatrick, J. J. (1989): Phillipsite from silicic tuffs in saline, alkaline-lake deposits, Clays and Clay Minerals, vol.37, no.3, pp.243-247