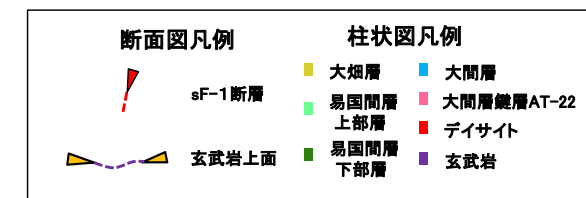
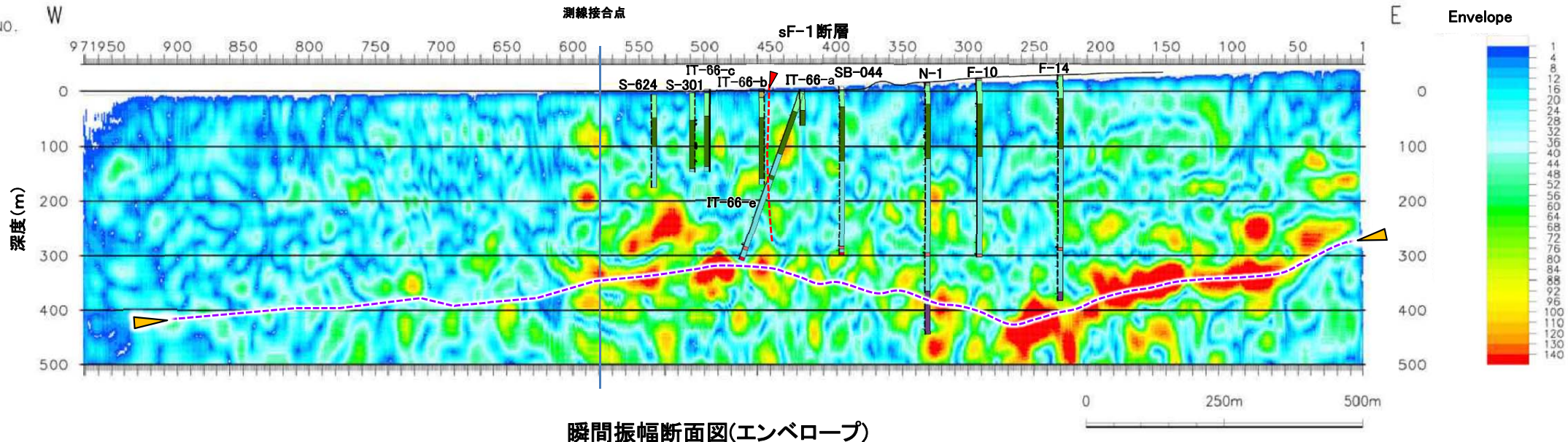


1.6 大間層中の玄武岩の分布・性状(1/2)

反射法地震探査統合解析(1/2):瞬間振幅と玄武岩上面の関係

コメントNo.S1-79



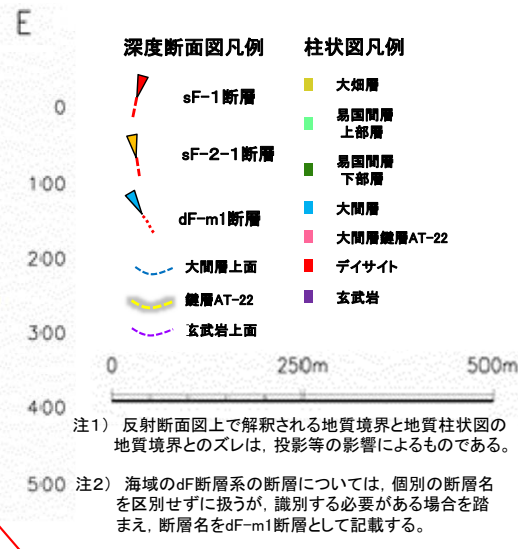
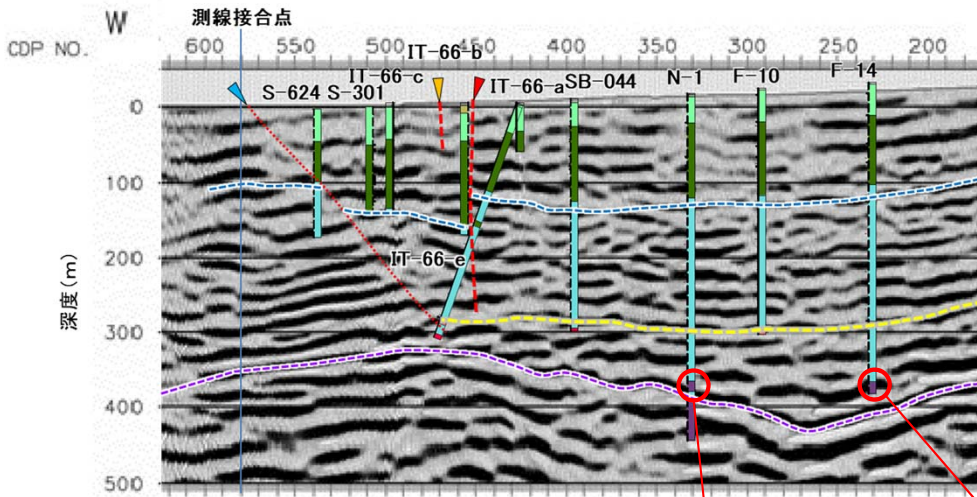
- 本編資料P.2-41に示す深度断面図の玄武岩上面の反射面トレースを瞬間振幅断面図(エンベロープ)に重ねると、その反射面沿いの反射強度が顕著に大きいことが分かる。
- 瞬間振幅の強度は、地層境界等の音響インピーダンスコントラストを示しており、地層境界のうち大間層と玄武岩のインピーダンスコントラストが最も大きいと考えられることから、深度300m~400m付近に見られる強い反射面は玄武岩上面であると判断される。

1.6 大間層中の玄武岩の分布・性状(2/2)

コメントNo.S1-79

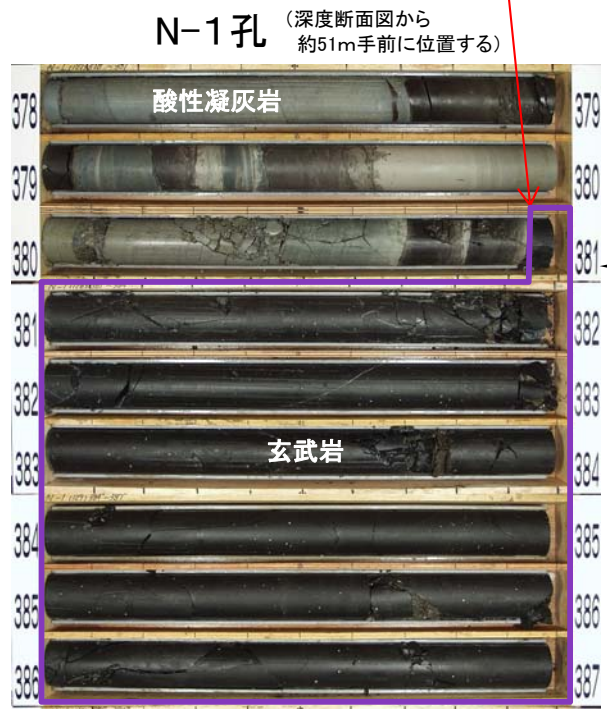


反射法地震探査統合解析(2/2):深度断面図(解釈図)における玄武岩の性状



- N-1孔及びF-14孔では、大間層の酸性凝灰岩・シルト岩互層の下位に玄武岩が分布する。
- sF-1断層の下方延長部付近では、玄武岩上面は、南～南東方向に約7°で緩く傾斜すると推定される(本編資料P.2-33参照)。
- sF-1断層が玄武岩上面以深に分布する場合は、右横ずれ変位により玄武岩上面は見掛け上西側落下の段差となるが、反射法地震探査断面図ではそのような段差は認められず緩やかな東側傾斜となっている。したがってsF-1断層による玄武岩上面の変位はなく、sF-1断層は玄武岩上面までは連続していないと判断される。

深度断面図 (白黒解釈図, ボーリング柱状図表示)



注3) 各孔の全区間の地質柱状図及びコア写真は、机上配布資料参照。

1.7 反射法地震探査統合解析の解析精度

周波数スペクトル解析による卓越周波数

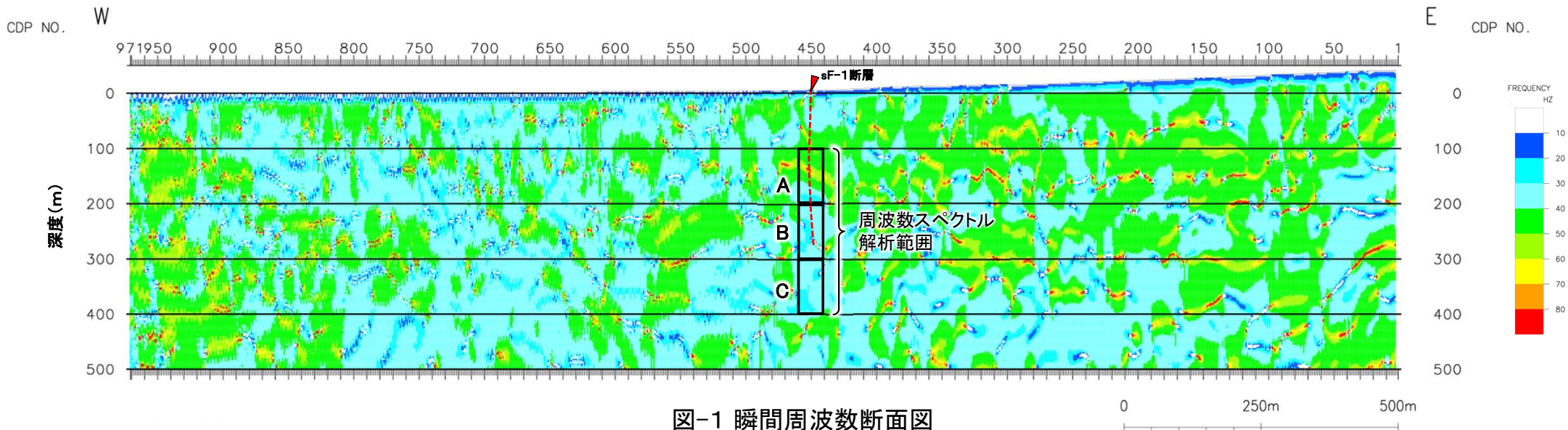


図-1 瞬間周波数断面図

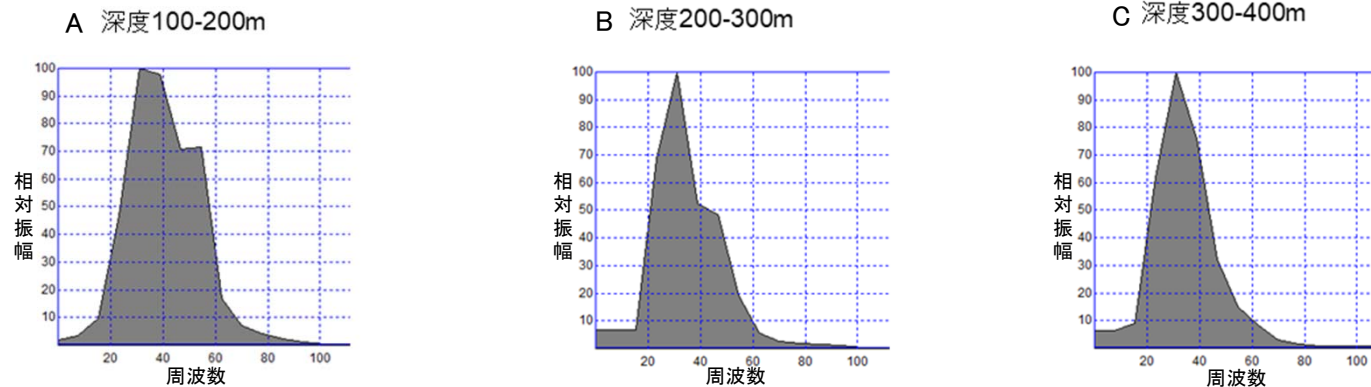


図-2 周波数スペクトル解析結果

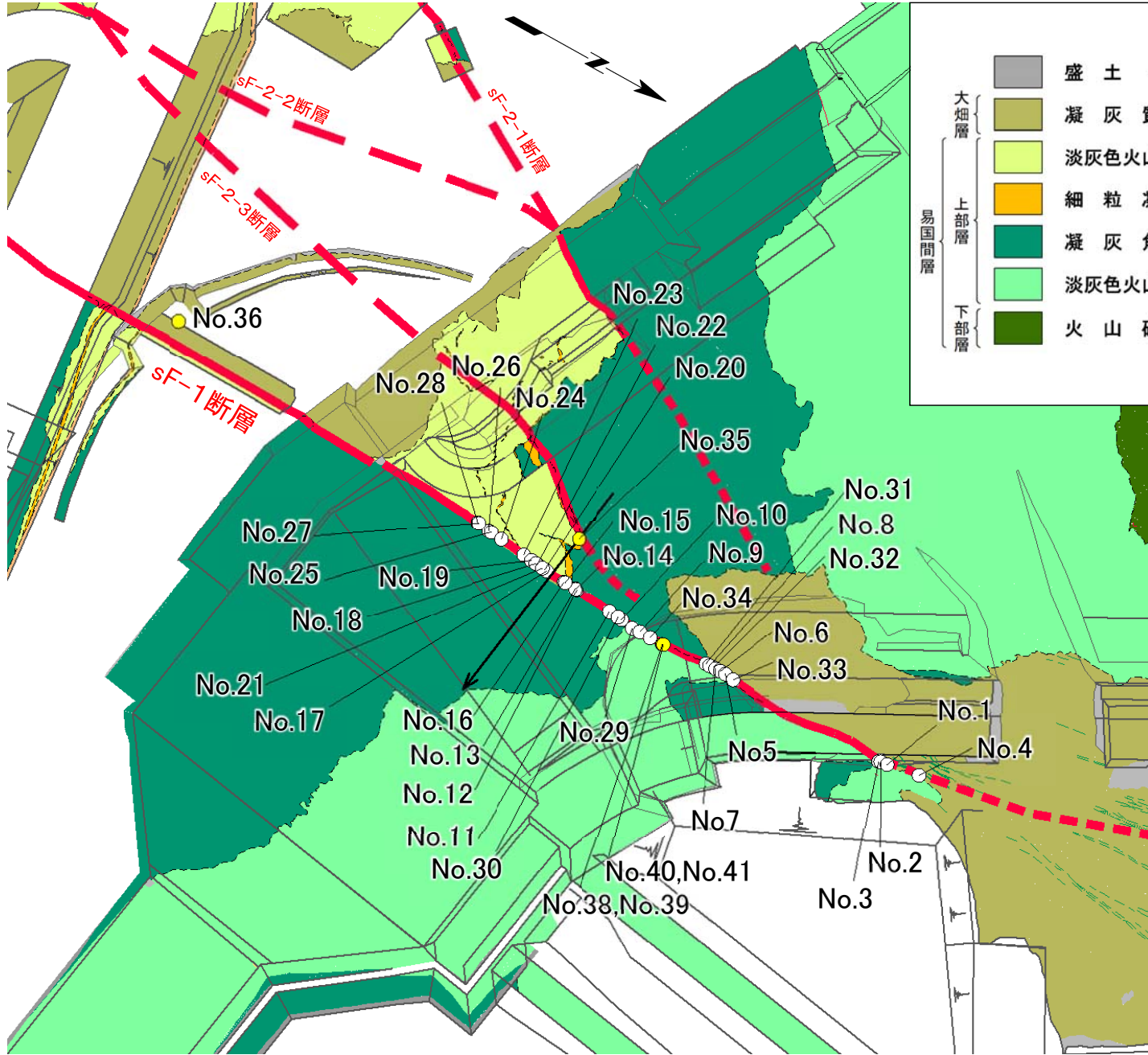
- 瞬間周波数断面図(図-1)のsF-1断層(CDP450)付近の深度150m付近から玄武岩上面を含む深度400mまでを対象に、深度方向に100mごとの3つの領域(A~C)を設定し、周波数スペクトル解析により各領域の周波数スペクトルを求めた。
- 解析結果(図-2)によると、周波数スペクトルはいずれの領域でも卓越周波数がおおむね30Hz~40Hzとなり、瞬間周波数断面図(図-1)から読み取れる深度150m以深の卓越周波数(おおむね30Hz~40Hz)と同様であることを確認した。

1.8 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)



凡例

| | |
|---------------|-----------------------------------|
| 盛土・埋土 | 地質境界 |
| 凝灰質礫岩 | 断層 |
| 淡灰色火山礫凝灰岩(上位) | 断層(大畑層による伏在部) |
| 細粒凝灰岩 | 断層(地表での推定部) |
| 凝灰角礫岩 | 細粒固結部 |
| 淡灰色火山礫凝灰岩(下位) | ○ 条線測定箇所(掘削面) |
| 火山碎屑岩 | ● 条線測定箇所(ボーリングコア) (矢印は斜めボーリング) |

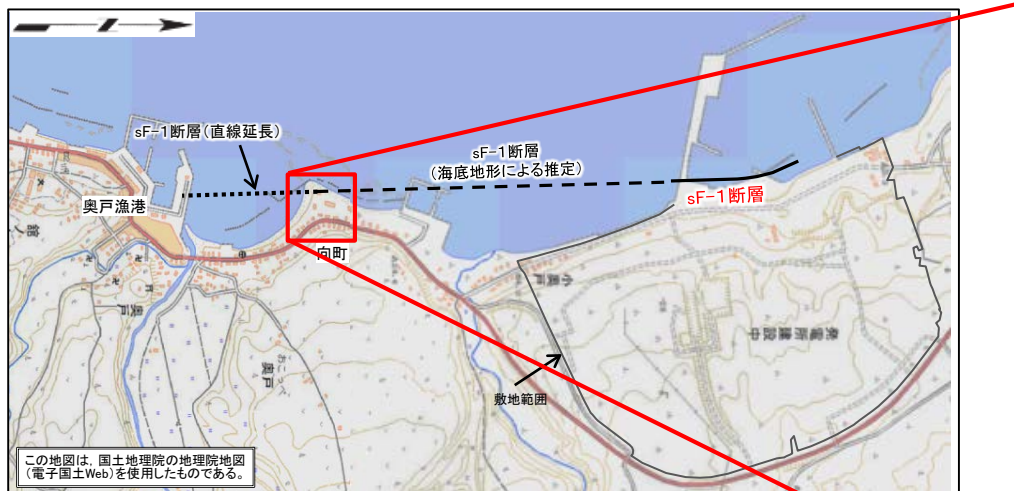
sF-1断層が分布する取水庭の掘削面、ボーリングコア及びsF-1断層南方延長のボーリングコア*において、41箇所測定した条線データを整理した。

*: 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.2-72を参照。





条線測定箇所(2/2)




位置図



ボーリング調査位置図

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

 条線測定箇所
(矢印は斜めボーリング)

1.8 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°

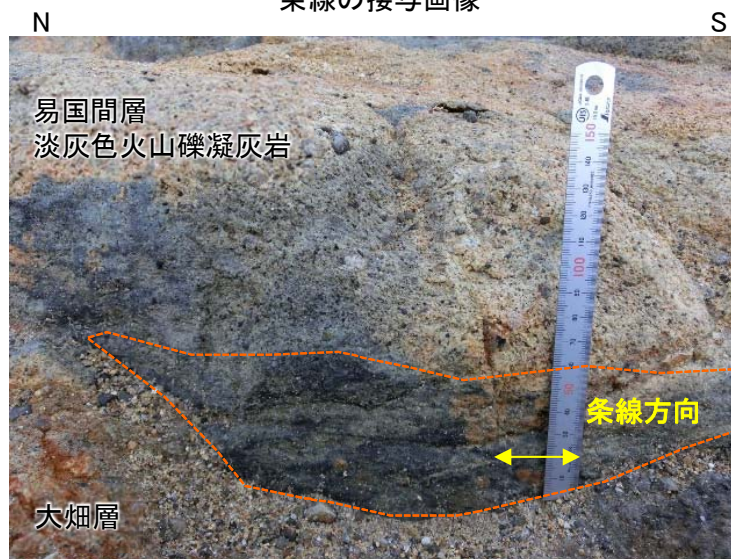
条線伏角: 30° S

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。

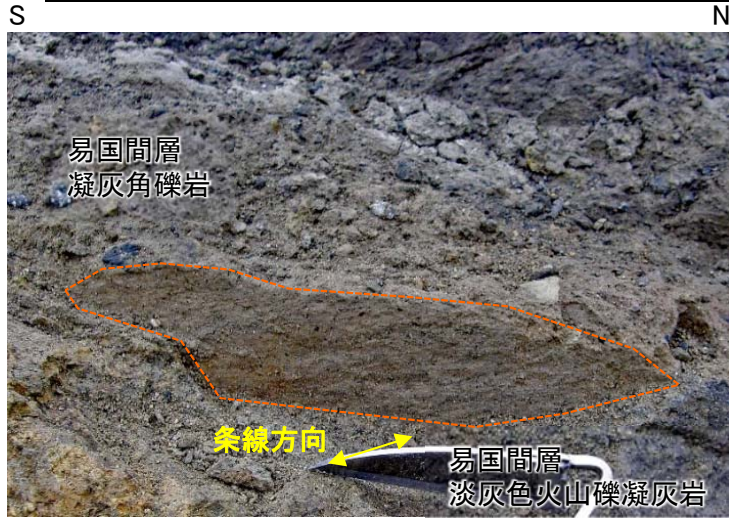
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(4/15)

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



断層面の走向・傾斜
N3° E, 75° E
条線伏角: 7° S
断層面

条線の接写画像

No.10



断層面の走向・傾斜
N11° E, 73° E
条線伏角: 7° S
断層面

条線の接写画像

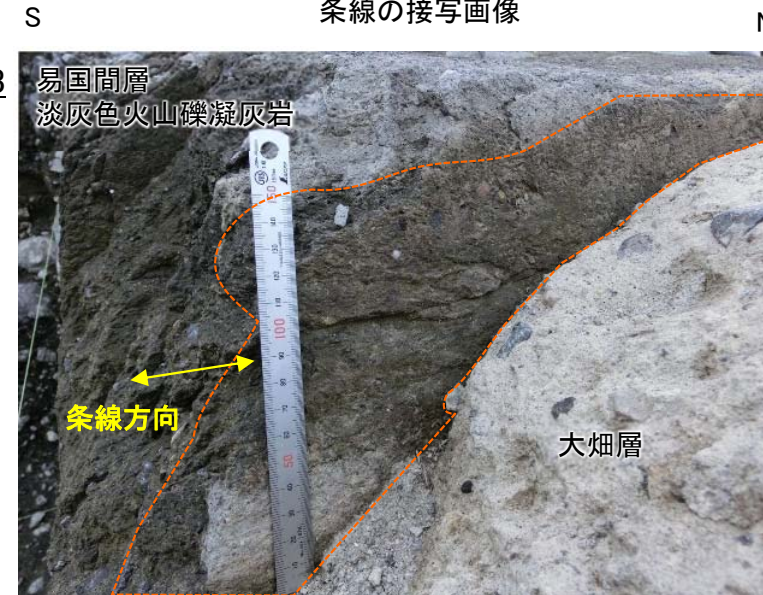
No.11



断層面の走向・傾斜
N6° E, 68° E
条線伏角: 4° S
断層面

条線の接写画像

No.13



断層面の走向・傾斜
N5° E, 68° E
条線伏角: 5° S
断層面

条線の接写画像

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。

1.8 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



断層面の走向・傾斜
N5° E, 68° E

条線伏角: 8° S

断層面

0 2cm

No.15



断層面の走向・傾斜
N8° E, 74° E

条線伏角: 8° S

断層面

0 2cm

No.16



断層面の走向・傾斜
N8° E, 74° E

条線伏角: 8° S

断層面

0 2cm

No.20



断層面の走向・傾斜
N7° E, 74° E

条線伏角: 10° S

断層面

0 2cm

条線の接写画像

条線の接写画像

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。

1.8 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

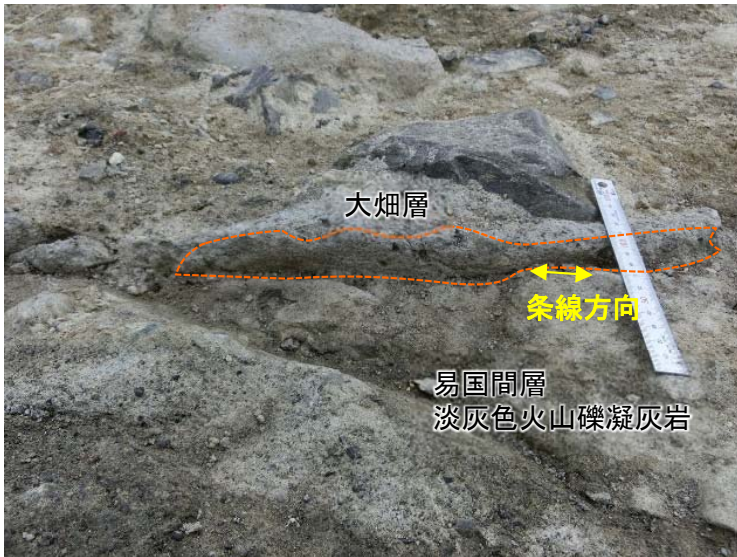
条線伏角: 5° S



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。

1.8 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



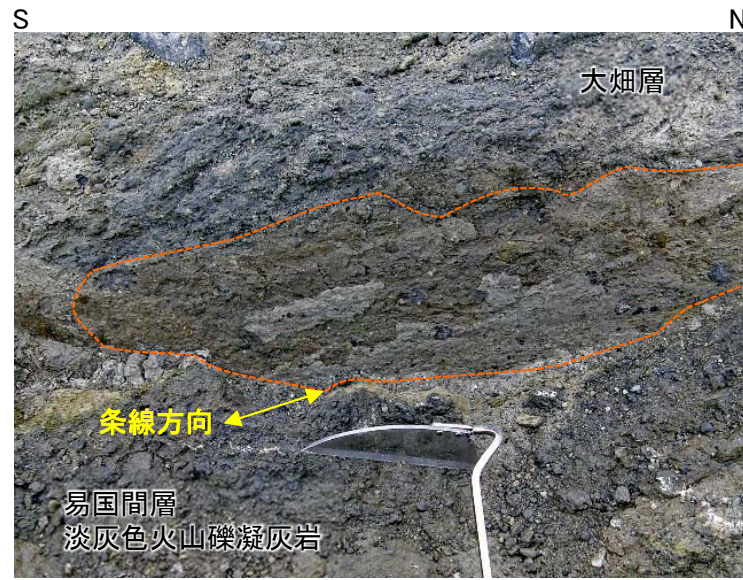
断層面の走向・傾斜
N5° E, 72° E
条線伏角: 8° S

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。

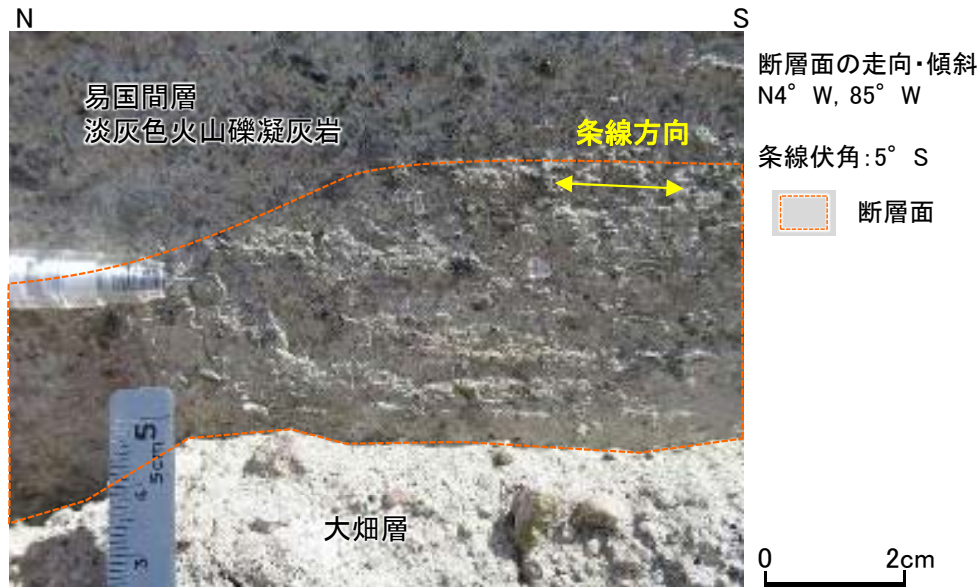
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(8/15)

コメントNo.S1-80



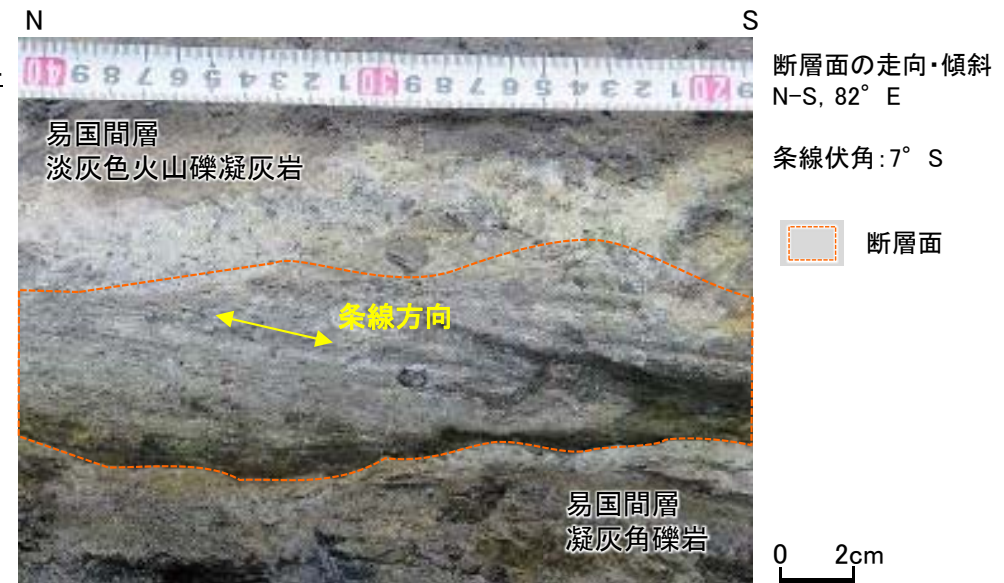
掘削面における条線画像(6/6): No.33, 34

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。

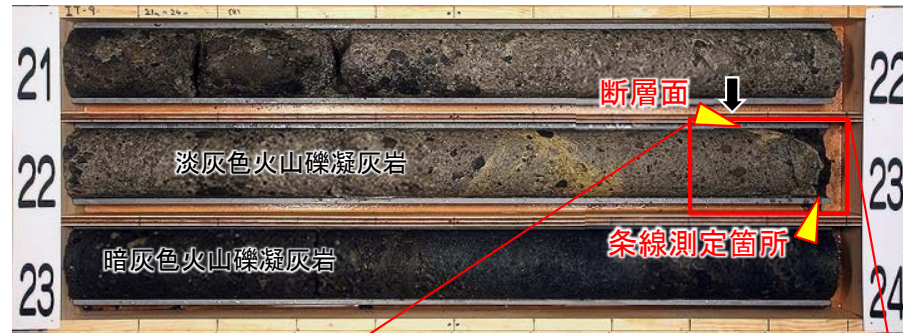
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(9/15)

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)

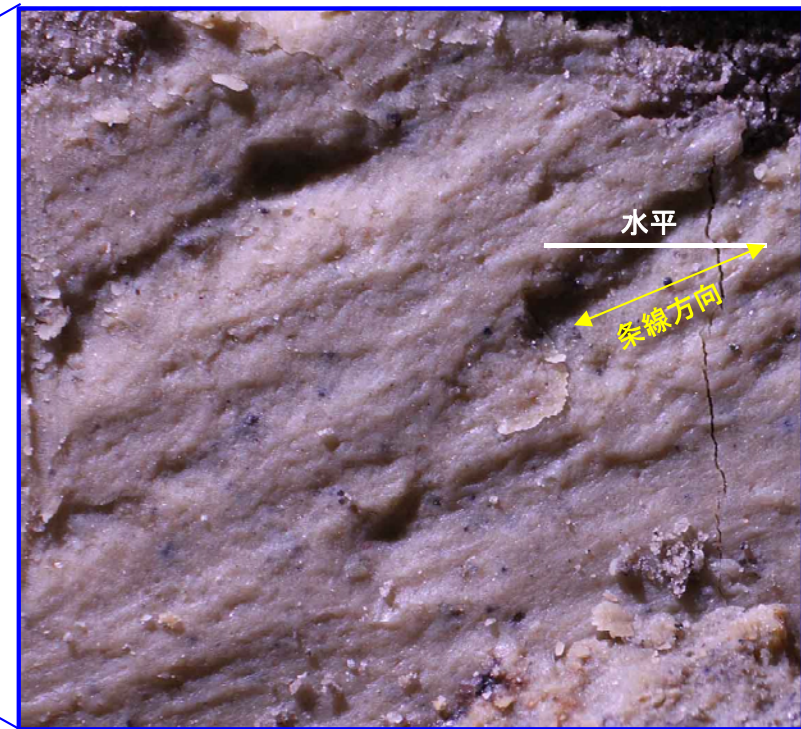


コア写真(21m~24m)

↓ :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

条線測定箇所の接写画像(コア写真の赤色枠部の試料を裏返した状態)



条線の接写画像

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。

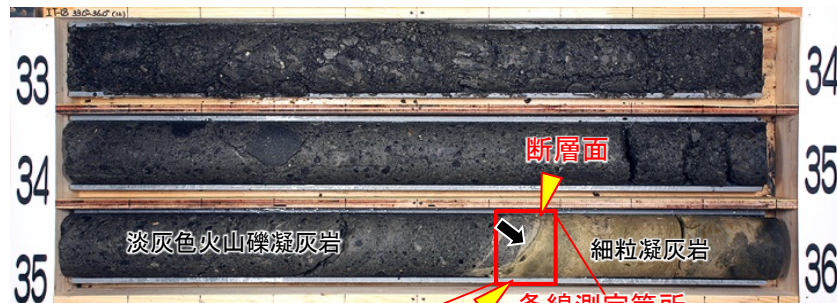
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(10/15)

コメントNo.S1-80

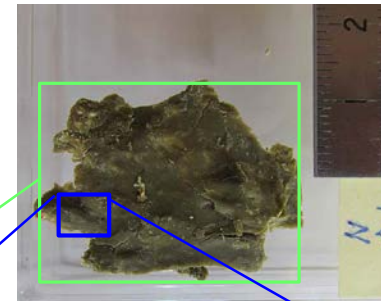


ボーリングコアの条線画像(2/7): No.36(IT-18孔)

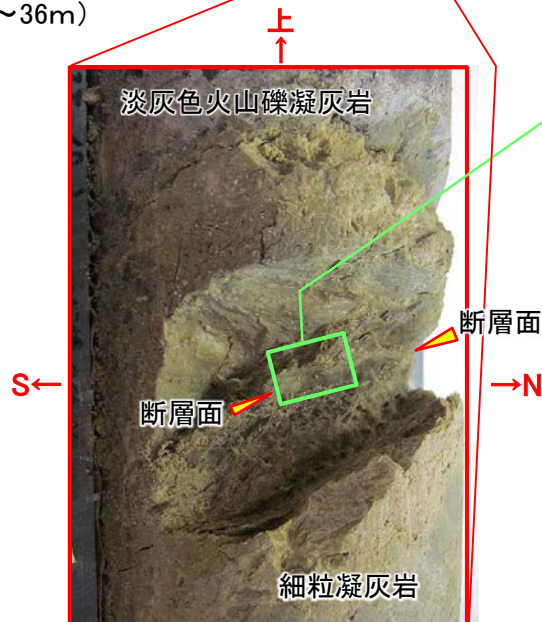
No.36 IT-18孔(35.65m)



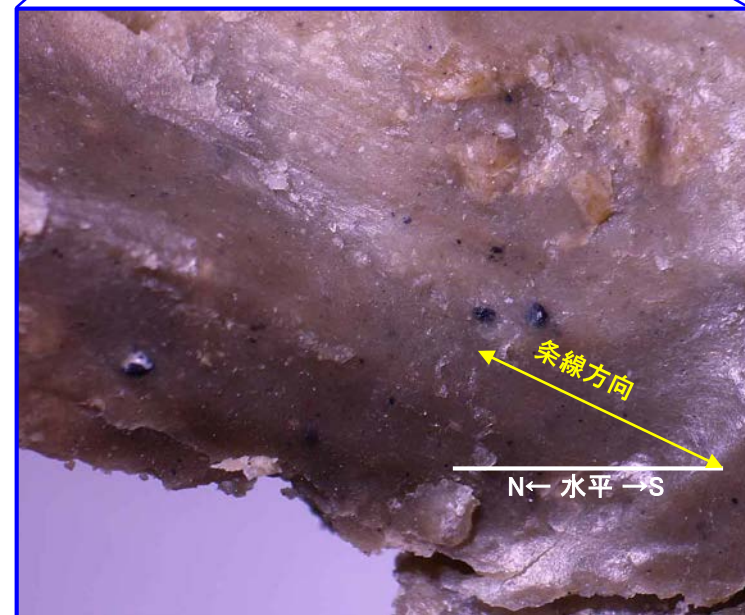
↓ :断層面の観察方向

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 ↓ 0 2cm



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。

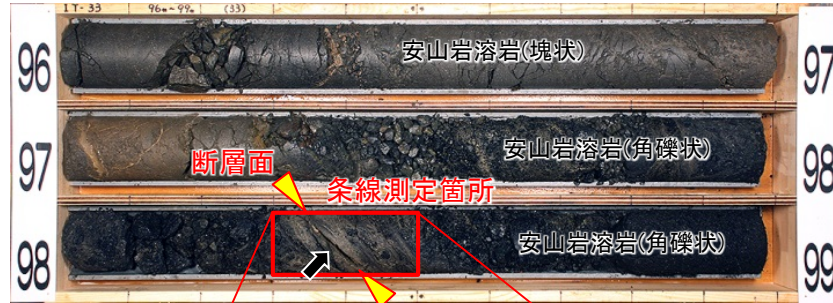
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(11/15)

コメントNo.S1-80

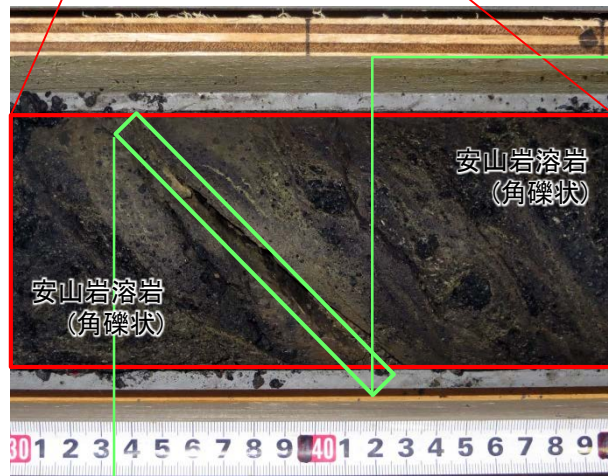


ボーリングコアの条線画像(3/7): No.37(IT-33孔)

No.37 IT-33孔(98.37m)



コア写真(96m~99m)



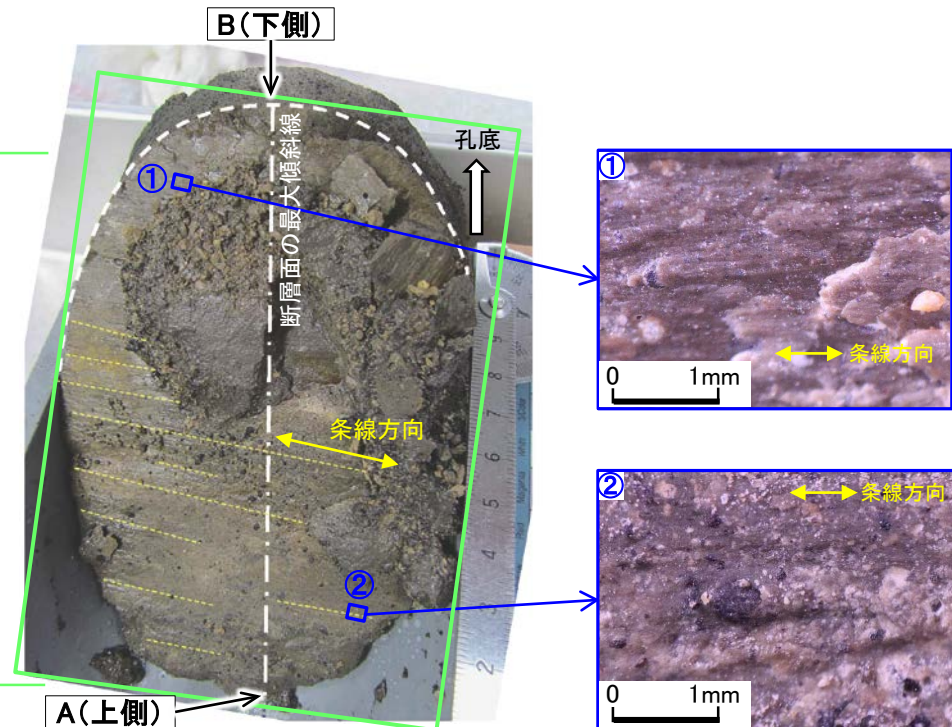
条線測定箇所の接写画像

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。

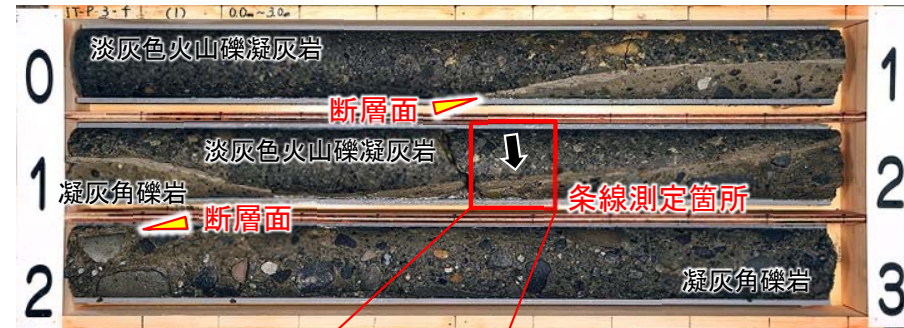
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(12/15)

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)

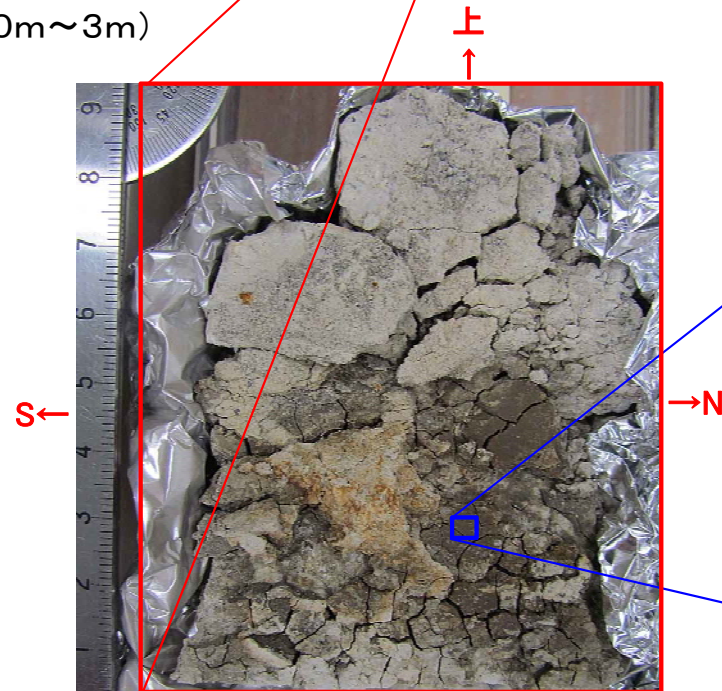


↓ :断層面の観察方向

断層面の走向・傾斜
N7° W, 86° E

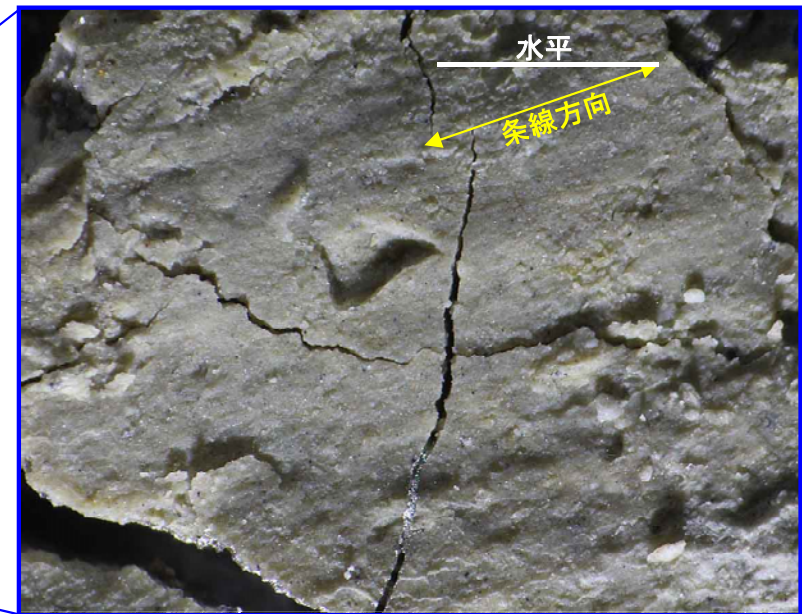
条線伏角
17° S

コア写真(0m~3m)



条線測定箇所の断層面の写真
(1.53m~1.65m)

↓
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。

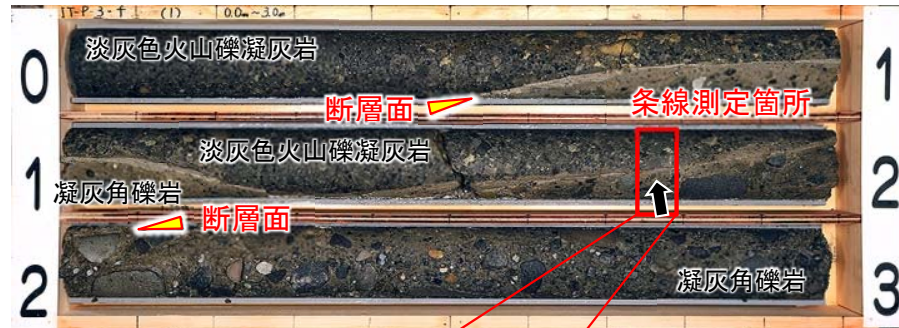
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(13/15)

コメントNo.S1-80



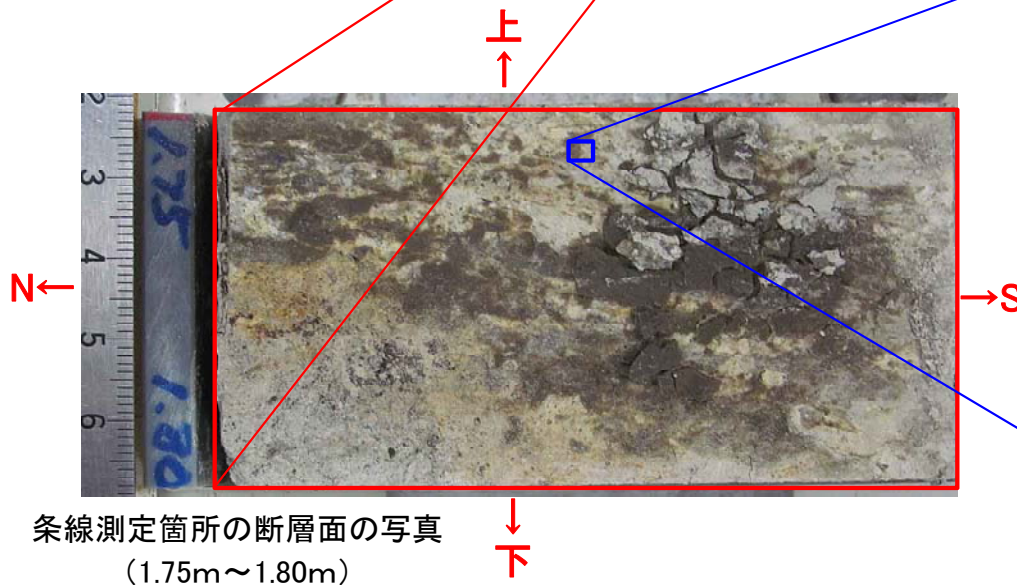
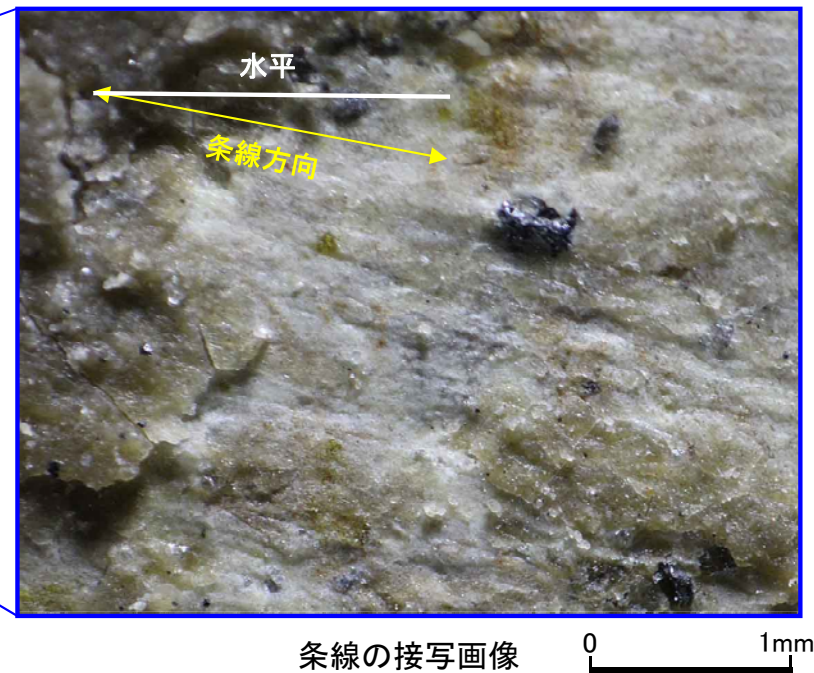
ボーリングコアの条線画像(5/7): No.39(IT-P-3-f孔)

No.39 IT-P-3-f 孔(1.75m~1.80m)



コア写真(0m~3m)

: 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。

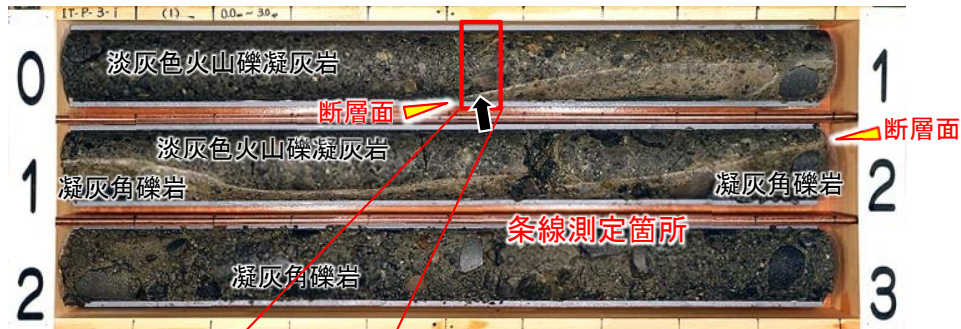
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(14/15)

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)

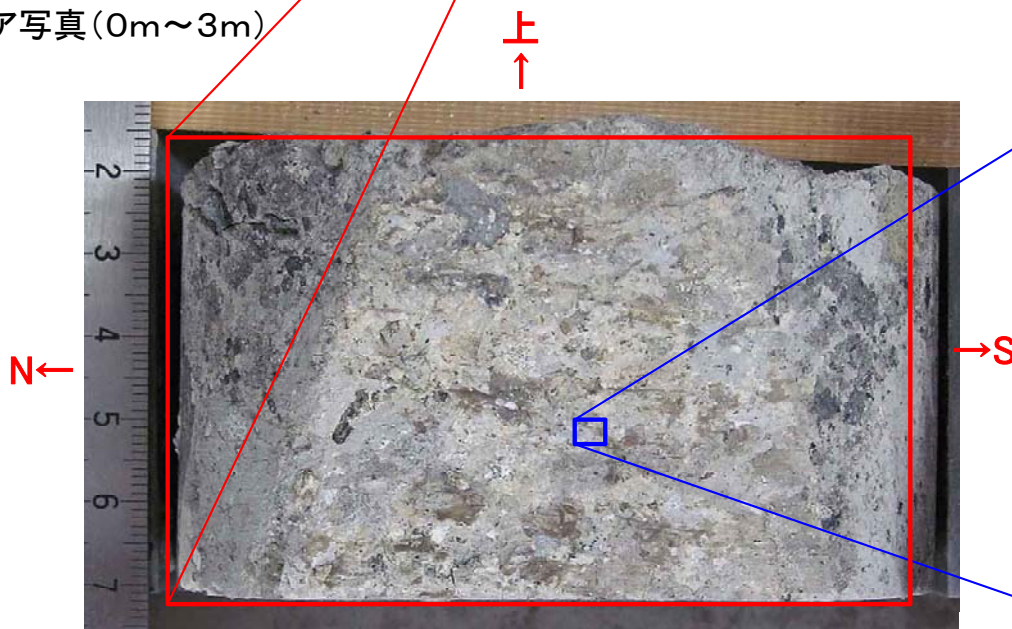
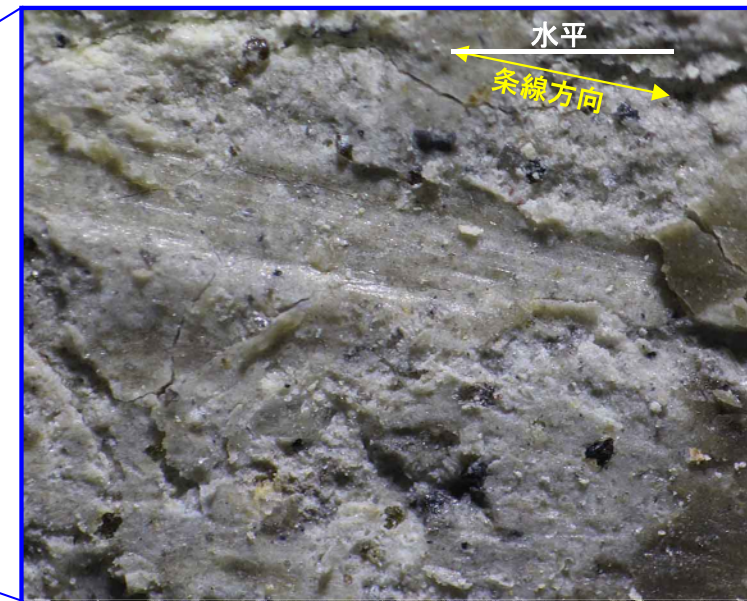
No.40 IT-P-3-i 孔(0.52m~0.57m)



: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。

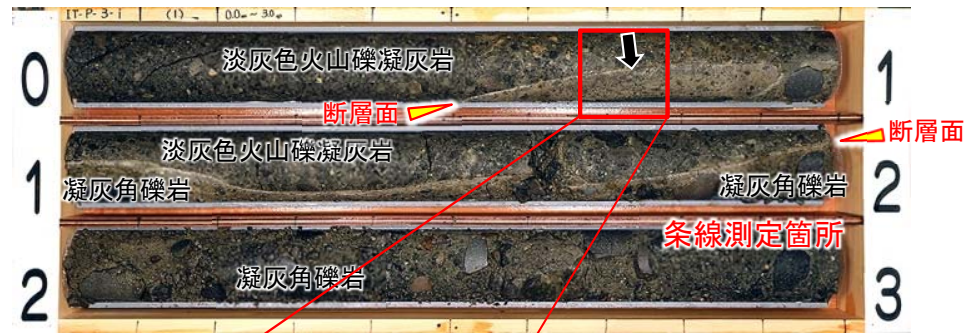
1.8 sF-1断層に関わる条線画像(15/15)

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)

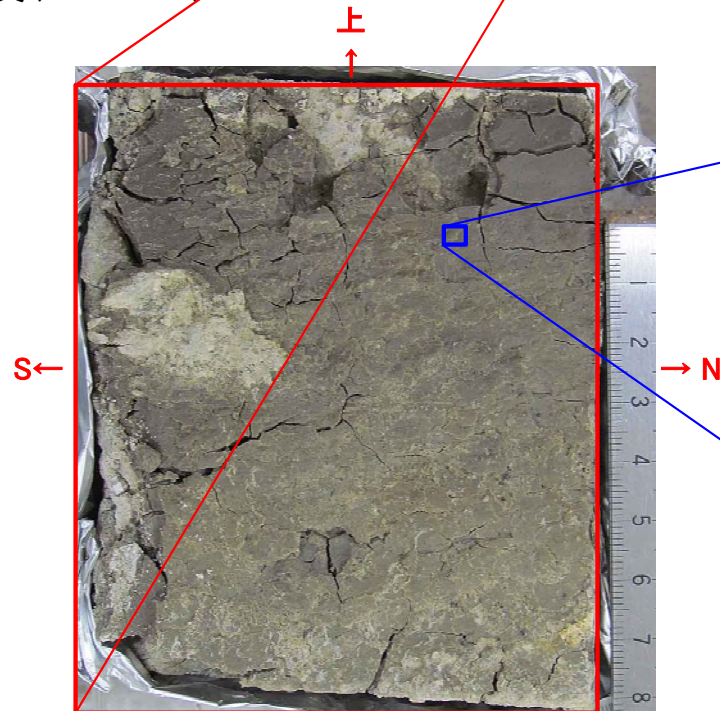
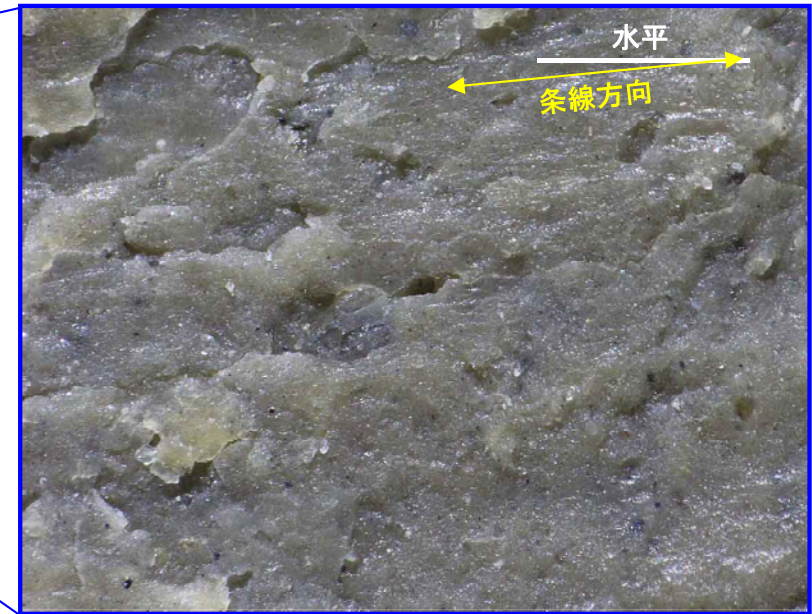
No.41 IT-P-3-i 孔 (0.67m~0.78m)



↓ :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)↓
下

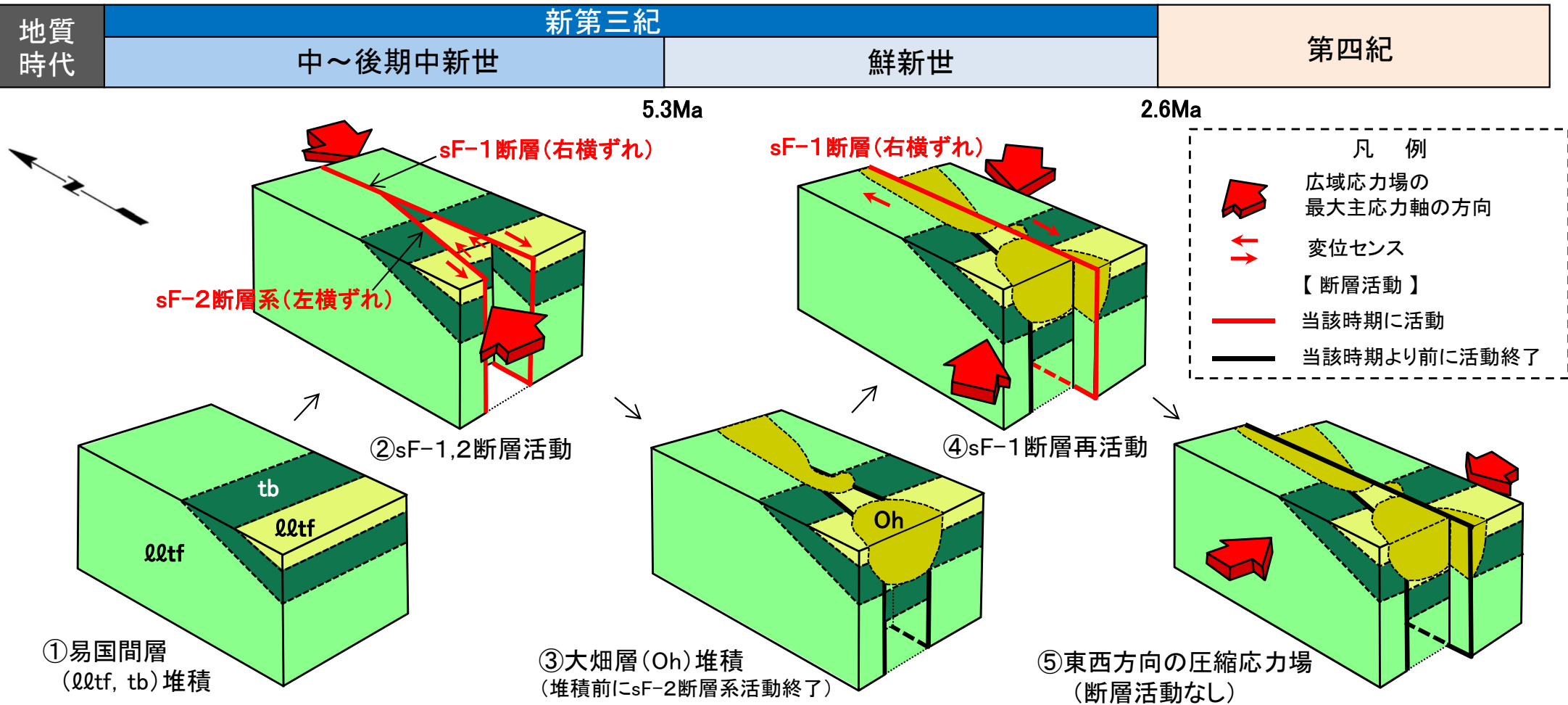
条線の接写画像

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。

1.9 応力場に基づく形成史検討

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N-S走向で比較的連続性が大きいことから、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、活動を終了した(④)。
- 第四紀のほぼ東西の水平圧縮応力場では、N-S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、比較的連続性が良いsF-1断層のみが鮮新世まで活動したと考えられる。

(余白)

第856回審査会合(2020.4.16開催)で説明した鉍物脈法の評価は、熱水変質鉍物であるフィリップサイトの生成温度が50~86°Cと低温であることから、後期更新世以降の活動性評価に適用するには不確かさが残るため、参考的な位置付けとする。

[参考] 鉍物脈法による活動性評価

2.1 鉍物脈法による活動性評価(P.参考2-1~P.参考2-85参照)

- ① 鉍物脈法の適用性の検討
- ② フィリップサイト脈による活動性評価
- ③ まとめ

[鉍物脈法に関する参考データ](P.参考2-87~P.参考2-119参照)

2.2 EPMA分析による曹長石化の検討

2.3 大間周辺の隆起傾向

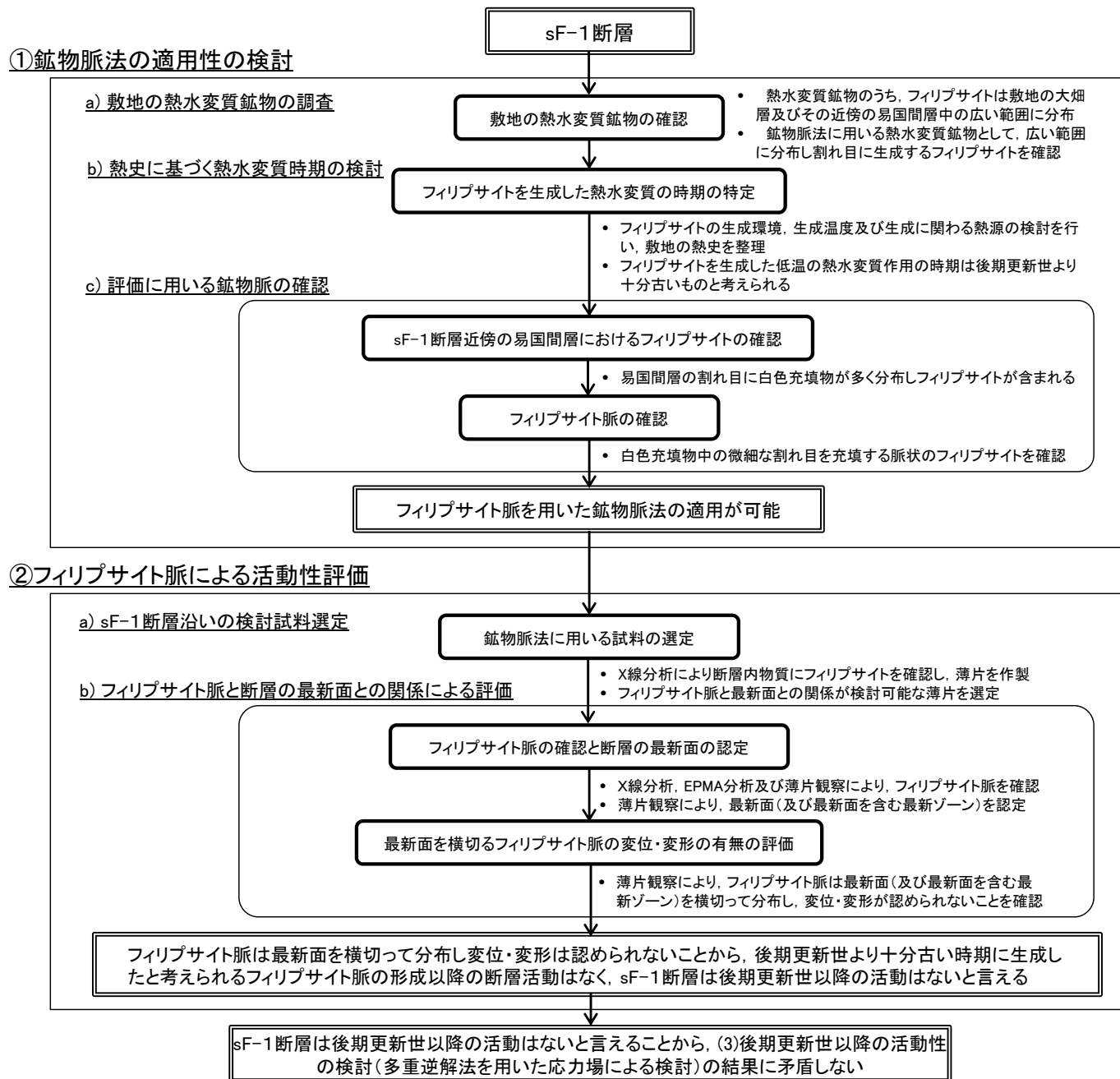
2.4 フィリップサイトの年代測定

2.5 X線分析の方法及び文献に基づく主要鉍物の特徴

2.6 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(薄片C)



鉱物脈法による活動性評価の考え方(1/2)



敷地において熱水変質鉱物であるフィリップサイトの分布と生成時期を踏まえ、以下①②の通り、sF-1断層の鉱物脈法による活動性評価を行う。

① 鉱物脈法の適用性の検討

フィリップサイトは、敷地の大畑層及びその近傍の易国間層中に広く分布し、後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられることから、フィリップサイト脈を用いた鉱物脈法が適用可能であることを確認する。

② フィリップサイト脈による活動性評価

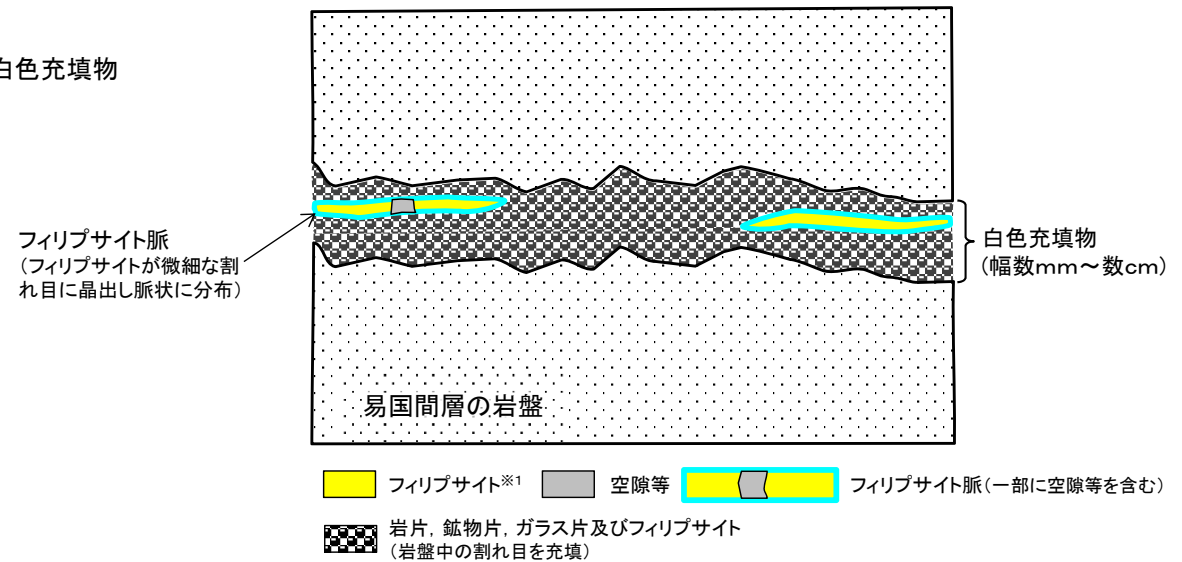
sF-1断層沿いに試料を採取し、断層中にフィリップサイト脈があることを確認し、フィリップサイト脈と断層の最新面との切断関係を薄片で確認し、sF-1断層の活動性を評価する。

注) フィリップサイト、フィリップサイト脈及び白色充填物の定義については、補足説明資料P.参考2-2参照。

鉱物脈法による活動性評価の考え方(2/2): フィリップサイト, フィリップサイト脈及び白色充填物の定義



易国間層中の割れ目の白色充填物の例



フィリップサイト, フィリップサイト脈及び白色充填物

※1: フィリップサイトは白色充填物の基質にも晶出しているが、図中では脈状部のみ黄色で示す。

フィリップサイト, フィリップサイト脈及び白色充填物の定義は以下の通りである。

- フィリップサイト: 沸石族の鉱物である※2。比較的低温の熱水変質で生成する(補足説明資料P.参考2-9参照)。
- フィリップサイト脈: フィリップサイトが微細な割れ目に晶出し脈状に分布する(一部に空隙等を含む)ものがフィリップサイト脈である(補足説明資料P.参考2-23～P.参考2-26参照)。フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。
- 白色充填物: 易国間層中の割れ目を充填する脈状の白色部である。易国間層由来の岩片, 鉱物片, ガラス片及びフィリップサイトから成る(補足説明資料P.参考2-19, 参考2-20参照)。白色充填物中にはフィリップサイト脈が認められる。

※2: フィリップサイトは沸石の一種で, カリウムを多く含み, 屈折率・複屈折が低い(フィリップサイトの特徴については補足説明資料P.参考2-101参照)。

注) 薄片観察において, フィリップサイト脈の中でフィリップサイトの微小な結晶が集まって認められる部分を「フィリップサイトの微小結晶集合体」とする(後述の補足説明資料2.1章②b)の薄片A, Bの観察結果及び補足説明資料2.6章の薄片Cの観察結果参照)。



① 鉱物脈法の適用性の検討:方針

鉱物脈法によりsF-1断層の活動性を評価するため、適用可能な熱水変質鉱物を敷地で確認し、熱史に基づきその鉱物を生成した熱水変質時期を特定する。

その鉱物脈がsF-1断層近傍に多く認められることにより、鉱物脈法の適用性を確認する。

a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(補足説明資料P.参考2-4~P.参考2-7参照)

敷地に分布する熱水変質鉱物をX線分析等により調査し、比較的広範囲に分布するものを、鉱物脈法に適用可能な熱水変質鉱物として確認する。

b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(補足説明資料P.参考2-8~P.参考2-16参照)

上記a)で確認した熱水変質鉱物(フィリップサイト)について、生成環境、生成温度及び生成に関わる熱源の検討を行い、敷地の熱史を整理し、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期を特定する。

c) 評価に用いる鉱物脈の確認(補足説明資料P.参考2-18~P.参考2-27参照)

地質観察、X線分析及び薄片観察により、sF-1断層近傍の易国間層にフィリップサイトが認められることを確認する。

フィリップサイトが微細な割れ目を充填する脈状(フィリップサイト脈)に認められることを確認し、鉱物脈法に適用可能であることを確認する。

2.1 鉱物脈法による活動性評価(4/78)

① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(1/4): 敷地の熱水変質鉱物の確認

鉱物脈法によるsF-1断層の活動性評価に適用可能な熱水変質鉱物について検討するため、敷地のボーリングコア・掘削面の観察及び試料のX線分析により、敷地に分布する熱水変質鉱物について調査し、下表に示す熱水変質鉱物を確認し特徴を把握した。

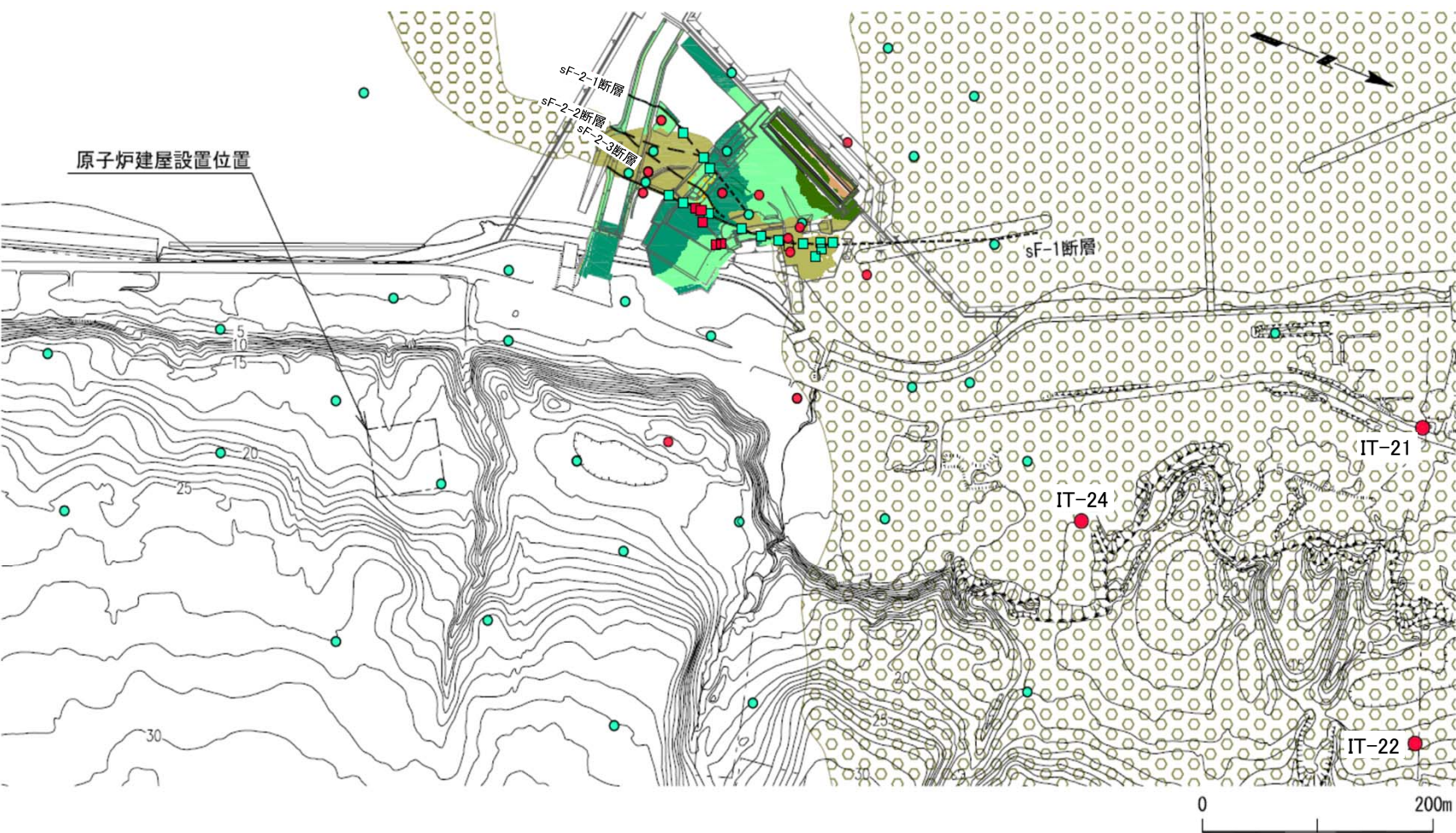
敷地に分布する熱水変質鉱物の特徴

| 熱水変質鉱物 | 分布範囲 | 分布形態 |
|----------|-------------------------|--|
| フィリップサイト | 大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に分布 | 主に割れ目及び基質部の空隙に分布 |
| スメクタイト | 易国間層及び大畑層中の広い範囲に分布 | 主に岩石の基質部に分布(続成変質作用及び風化作用により生成) 断層内物質及びシームを構成する粘土質部中にも分布(割れ目に生成) |
| 斜プチロル沸石 | 大畑層及び易国間層の一部に限定的に分布 | 主に大畑層基質部の空隙に分布 |
| パリゴルスカイト | 易国間層のシーム等の一部に限定的に分布 | 主にシームを構成する粘土質部中に分布 |
| セピオライト | 大間層及びデイサイト貫入岩等に稀に分布 | 断層, 割れ目等の空隙に分布 |

- フィリップサイトは、大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に、主に割れ目及び基質部の空隙を埋めて分布する。
- スメクタイトは、主に続成変質作用及び風化作用により生成したもので、割れ目に生成したものは少ない。
- その他に敷地の一部に斜プチロル沸石、パリゴルスカイト、セピオライト等が認められるが、分布は限定的である。
- 鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを選定した(補足説明資料P.参考2-5, 参考2-6参照)。



① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(2/4): 敷地におけるフィリップサイトの分布



| 凡 例 | |
|----------------------|---------------------------|
| ● (Red) | ボーリング (フィリップサイト検出) |
| ● (Green) | ボーリング (フィリップサイト不検出) |
| ■ (Red) | 掘削面 (フィリップサイト検出) |
| ■ (Green) | 掘削面 (フィリップサイト不検出) |
| — (Solid) | sF断層系 (掘削面における確認部) |
| - - - (Dashed) | sF断層系 (易国間層・大畑層上面における推定部) |
| - · - · - (Dash-dot) | sF断層系 (大畑層による伏在部) |
| □ (Patterned) | 大畑層推定分布範囲 |
| - · - · - (Dash-dot) | 敷地境界 |

| 掘削面地質凡例 | | |
|--------------------|---------|----------|
| 鮮新世 中新世 新第三紀 | 大畑層 | 凝灰質礫岩 |
| | 易国間層 上部 | 淡灰色火山凝灰岩 |
| | 易国間層 下部 | 凝灰角礫岩 |
| | 易国間層 下部 | 火山碎屑岩 |
| | | 安山岩溶岩 |

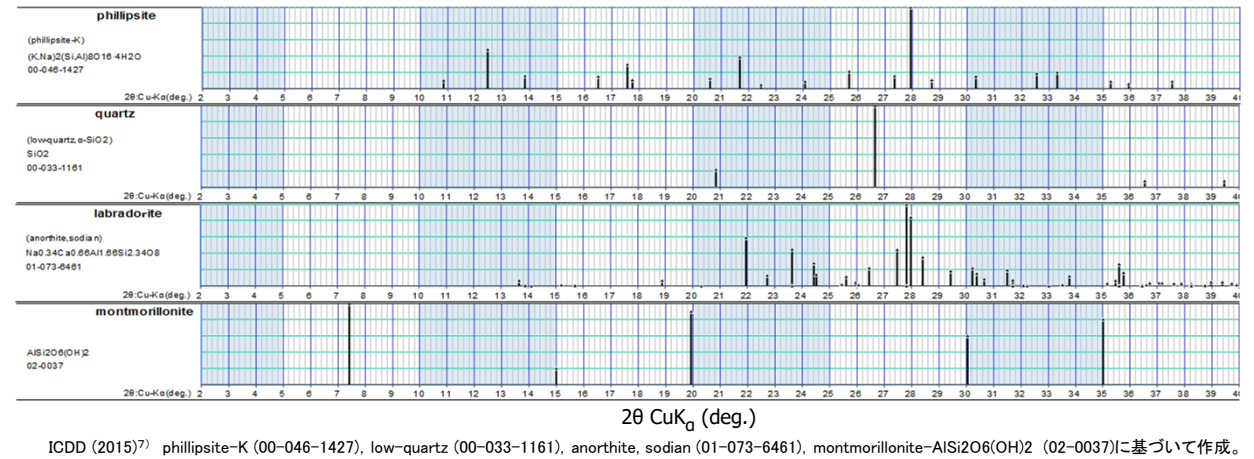
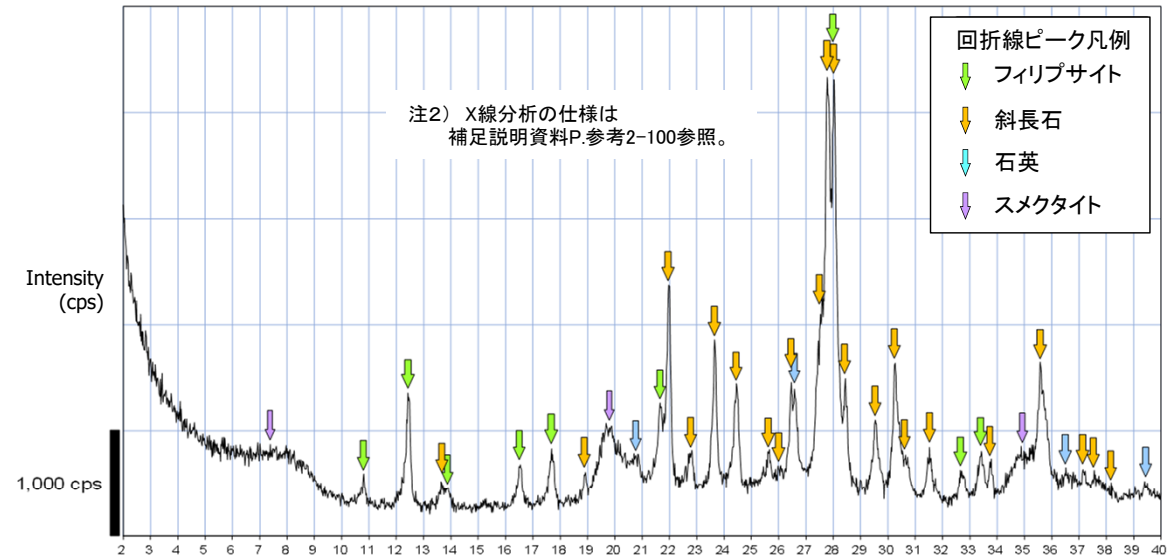
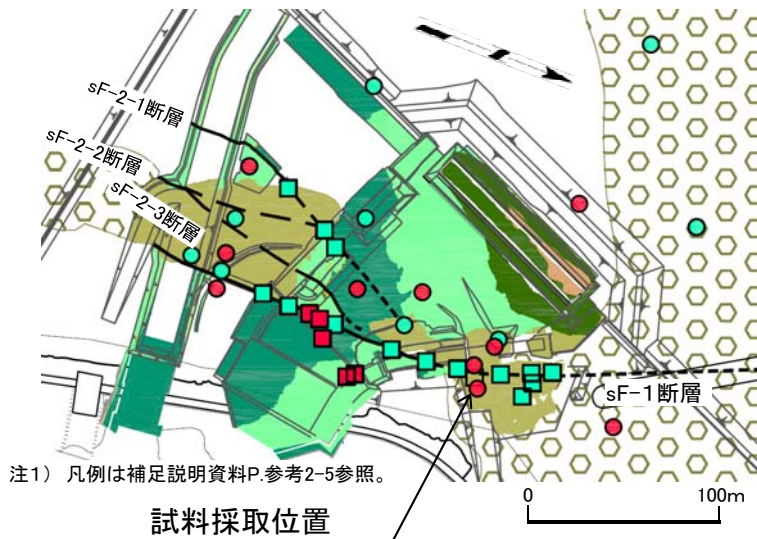
- 敷地のボーリングコア及び掘削面から採取した試料のX線分析結果に基づくフィリップサイトの検出地点を図に示す。
- 敷地の大畑層※及びその近傍の易国間層にはフィリップサイトが認められた(補足説明資料P.参考2-6参照)。

※: 敷地の大畑層中のフィリップサイトの年代については、補足説明資料P.参考2-92~P.参考2-99参照。
敷地の大畑層と敷地周辺の大畑層との対比については、補足説明資料P.2-1~P.2-6参照。

注) ボーリングコアについては、主にT.P.0m~50m程度の範囲の易国間層及び大畑層を採取し、sF-1断層の破碎部、割れ目の充填物及びT.P.-10m付近の岩石を分析対象とした。掘削面については、sF-1断層の断層内物質、その周辺の岩石及び割れ目の充填物を分析対象とした。



① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(3/4): フィリップサイトが検出された試料の例



X線分析結果(全岩不定方位分析)

- sF-1断層沿いのIT-7孔深度28.85mの易国間層の安山岩溶岩中の割れ目から充填物を採取しX線分析を実施した。
- ICDD (2015)⁷⁾のデータに基づく鉱物判定の結果, 充填物は主にフィリップサイト及び斜長石から成り, 石英及びスメクタイトを含む。



① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(4/4):まとめ

- 敷地に分布する熱水変質鉱物について、X線分析により調査した結果、フィリップサイト、スメクタイト等の各種の熱水変質鉱物が確認された。
- これらの熱水変質鉱物のうち、フィリップサイトは、敷地の大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に、主に割れ目及び基質部の空隙を埋めて分布する。
- 鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを確認した。

① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討:方針

熱史に基づき、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期について以下の方針で検討する。

【熱史の検討】

〔フィリップサイトの生成環境・生成温度〕

変質鉱物に関する文献及び大間地点の地質性状から、フィリップサイトの生成環境及び生成温度を検討する(補足説明資料P.参考2-9, 参考2-10)。

〔フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討〕

フィリップサイトの生成に関わる熱源について第四紀火山及び温泉の文献並びに敷地の現在の地温分布に基づいて検討する(補足説明資料P.参考2-11～P.参考2-14)。

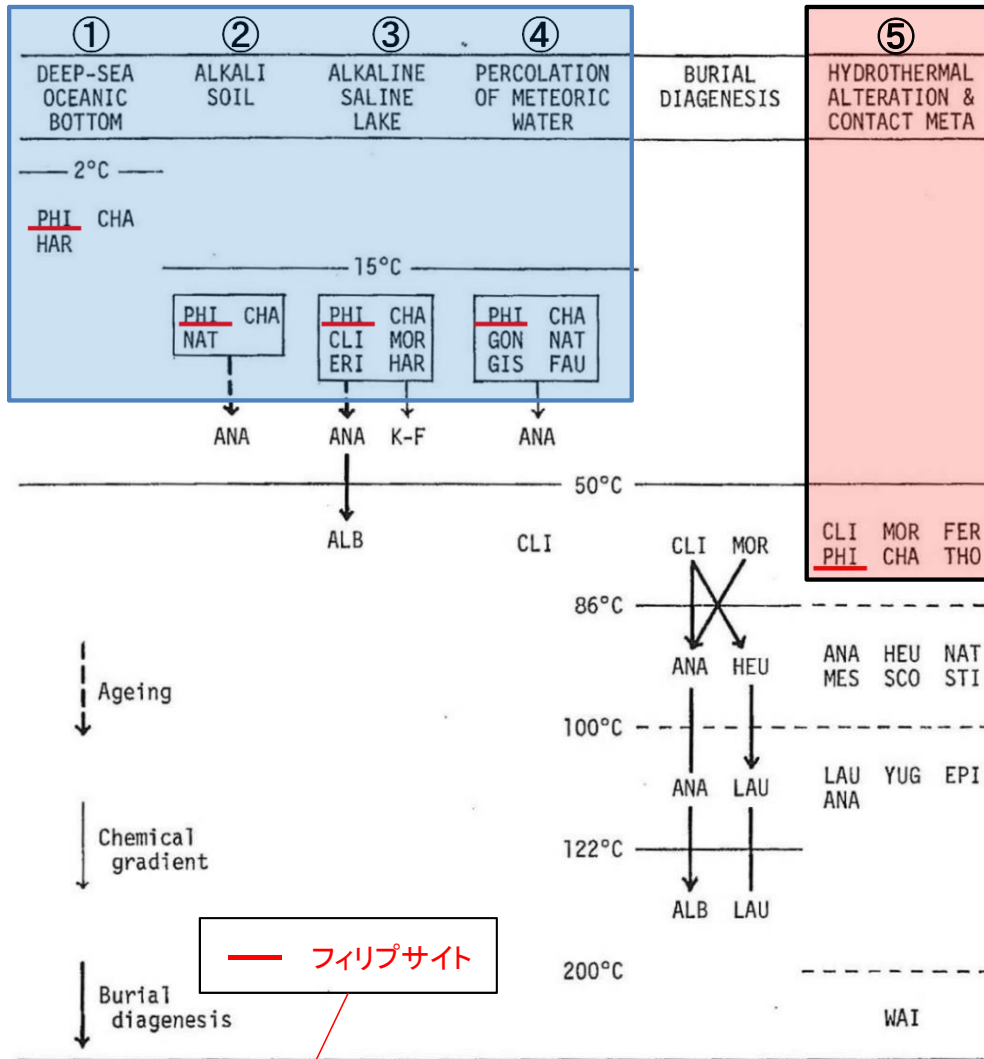
【フィリップサイトを生成した熱水変質の時期】

敷地の地質構造発達史, フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討結果等に基づいて敷地の熱史を整理し, フィリップサイトを生成した熱水変質の時期について検討する(補足説明資料P.参考2-15)。



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(1/8): フィリップサイトの生成環境

沸石の種類と生成環境(飯島(1986)⁸⁾に加筆)



沸石のINDEX
 PHI=phillipsite, CHA=chabazite, NAT=natrolite, CLI=clinoptilolite, MOR=mordenite, ERI=erionite, GON=gonnardite, GIS=gismondine, FAU=faujasite, ANA=analcime, FER=ferrierite, THO=thomsonite, HEU=heulandite, STI=stilbite, MES=mesolite, SCO=scolecite, LAU=laumontite, YUG=yugawaralite, EPI=epistilbite, WAI=wairakite, HAR=harotome, K-F=K feldspar, ALB=albite.

フィリップサイトの生成環境と大間地点の地質環境との対比

| フィリップサイトの生成環境 | 大間地点の地質環境 | 該当性 |
|---------------|--|-----|
| ①深海底 | 深海底のフィリップサイトの母材である玄武岩質ガラスは、易国間層・大畑層には含まれない | × |
| ②アルカリ土壌 | 敷地には半乾燥～乾燥地帯のアルカリ土壌は分布しない | × |
| ③アルカリ塩湖 | 敷地には、アルカリ塩湖堆積物は分布しない | × |
| ④天水の浸透 | 本作用の主な母材である玄武岩質ガラスは、易国間層・大畑層には含まれない | × |
| ⑤熱水変質・接触変成 | フィリップサイトの分布地点には接触変成作用を生じるような貫入岩等は認められないことから、熱水変質作用を受ける環境でフィリップサイトが生成したと考えられる | ○ |

文献によるとフィリップサイトは様々な環境で生成するとされている。大間地点のフィリップサイトの生成環境について検討する。

- 飯島(1986)⁸⁾によるフィリップサイトの①～⑤の生成環境のうち、①～④の生成環境を示唆する地質環境は、大間地点の敷地には認められない。
- フィリップサイトの分布地点には接触変成作用を生じるような貫入岩等は認められないことから、⑤熱水変質・接触変成のうち、熱水変質作用を受ける環境でフィリップサイトが生成したと考えられる。



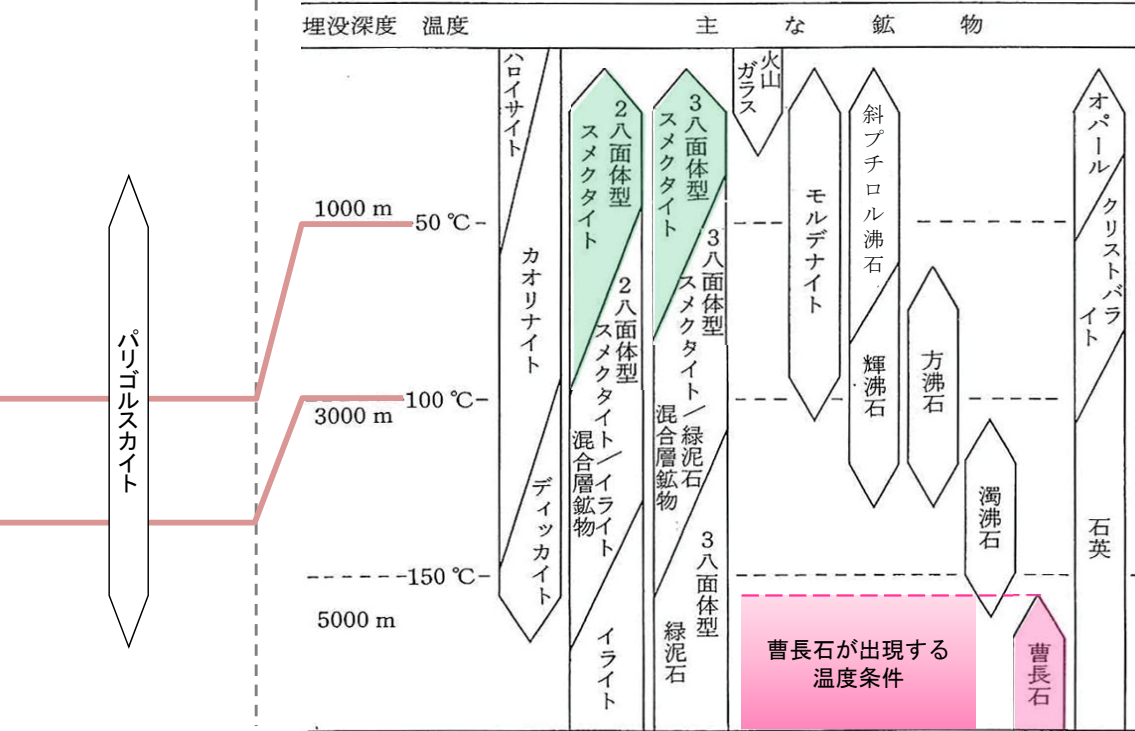
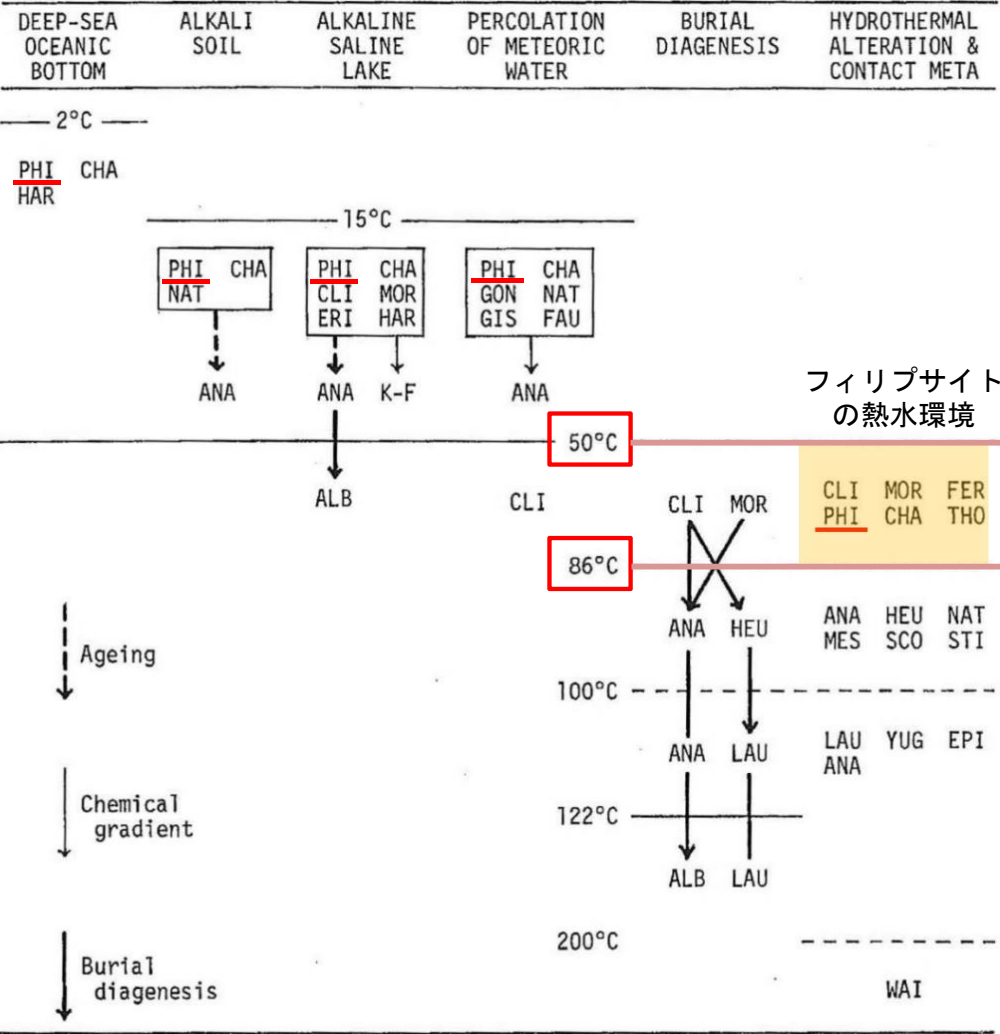
2.1 鉱物脈法による活動性評価(10/78)

① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(2/8): フィリップサイトの生成温度

変質作用のタイプ・温度と生成する沸石の種類
(飯島(1986)⁸⁾に加筆)

合成実験による
パリゴルスカイトの生成温度
(坂本ほか(2006)⁹⁾の記述に基づき図示)

続成変質の深度, 温度および主な鉱物の消長
(白水(1988)¹⁰⁾に加筆)



文献に基づいて大間地点のフィリップサイトの生成環境から生成温度を特定する。

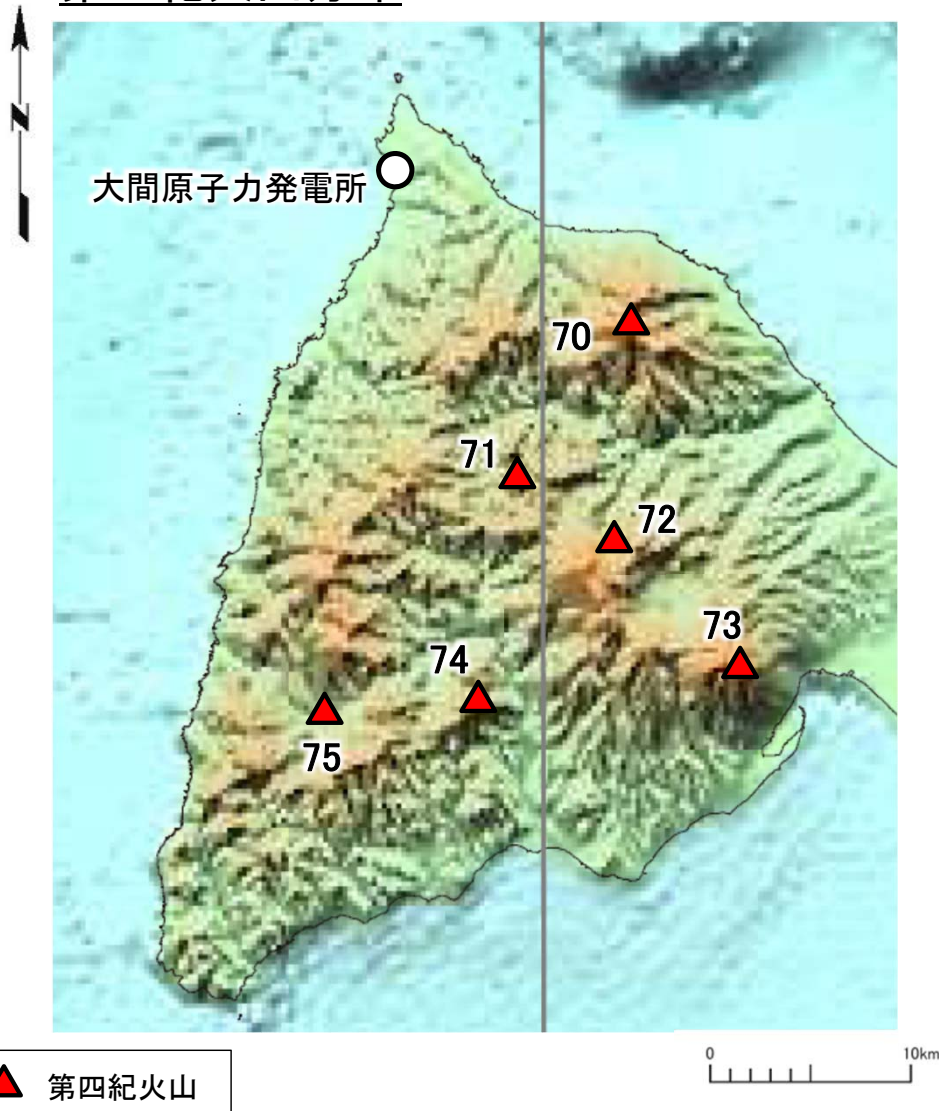
- 大間地点のフィリップサイトは、低温の熱水変質作用により生成したものと考えられ、生成温度は50°C~86°C程度と考えられる(□で表示)。
- なお、EPMA分析の結果によると、sF-1断層の粘土質物質及びその周辺の岩盤中の斜長石に曹長石化は認められないことから(補足説明資料P.参考2-87~P.参考2-90参照)、地温は150°C程度以上にはなっていないものと推定され、フィリップサイトの50°C~86°C程度の生成温度と整合的である。
- また、大間地点の広範囲に分布するスメクタイトはおおむね100°C以下で安定で、フィリップサイトの生成温度と整合的である。

沸石のINDEX
 PHI=phillipsite, CHA=chabazite, NAT=natrolite, CLI=clinoptilolite, MOR=mordenite, ERI=erionite, GON=gonnardite, GIS=gismondine, FAU=faujasite, ANA=analclime, FER=ferrierite, THO=thomsonite, HEU=heulandite, STI=stilbite, MES=mesolite, SCO=scolecite, LAU=laumontite, YUG=yugawaralite, EPI=epistilbite, WAI=wairakite, HAR=harmotome, K-F=K feldspar, ALB=albite.



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(3/8): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(1/4)

第四紀火山分布



下北半島西部における第四紀火山分布図

下北半島における第四紀火山

| No. | 名称 | 敷地からの距離※1 | 最終活動年代 |
|-----|-----------------|-----------|---------|
| 70 | むつひうちだけ 陸奥燧岳 | 約15km | 約10万年前 |
| 71 | おおはた 大畑カルデラ | 約17km | 約160万年前 |
| 72 | おめなさわ 小目名沢 | 約22km | 約90万年前 |
| 73 | おそれざん 恐山 | 約26km | 約2万年前 |
| 74 | おほうだけ 於法岳 | 約28km | 約110万年前 |
| 75 | のだい 野平カルデラ | 約27km | 約162万年前 |

※1: 噴出中心から敷地までの距離。

フィリップサイトは50℃～86℃程度の低温の熱水で生成されることから、その熱源として最も可能性の高い第四紀火山について検討する。

- 下北半島西部には第四紀火山として上記6火山があるが、敷地近傍には分布しない。
- 敷地に最も近い^{むつひうちだけ}陸奥燧岳は敷地から約15km離れており、この火山から敷地まで熱水が流動することはないと判断される(補足説明資料P.参考2-12参照)。
- したがって、上記6火山は敷地のフィリップサイトを生成した熱水の熱源になり得ないと判断される。

以上のことから、火山が熱源とすると第四紀より前の火山と推定され、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、後期更新世より十分古いものと考えられる。



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(4/8): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(2/4) 第四紀火山分布(陸奥燧岳付近の地温分布)

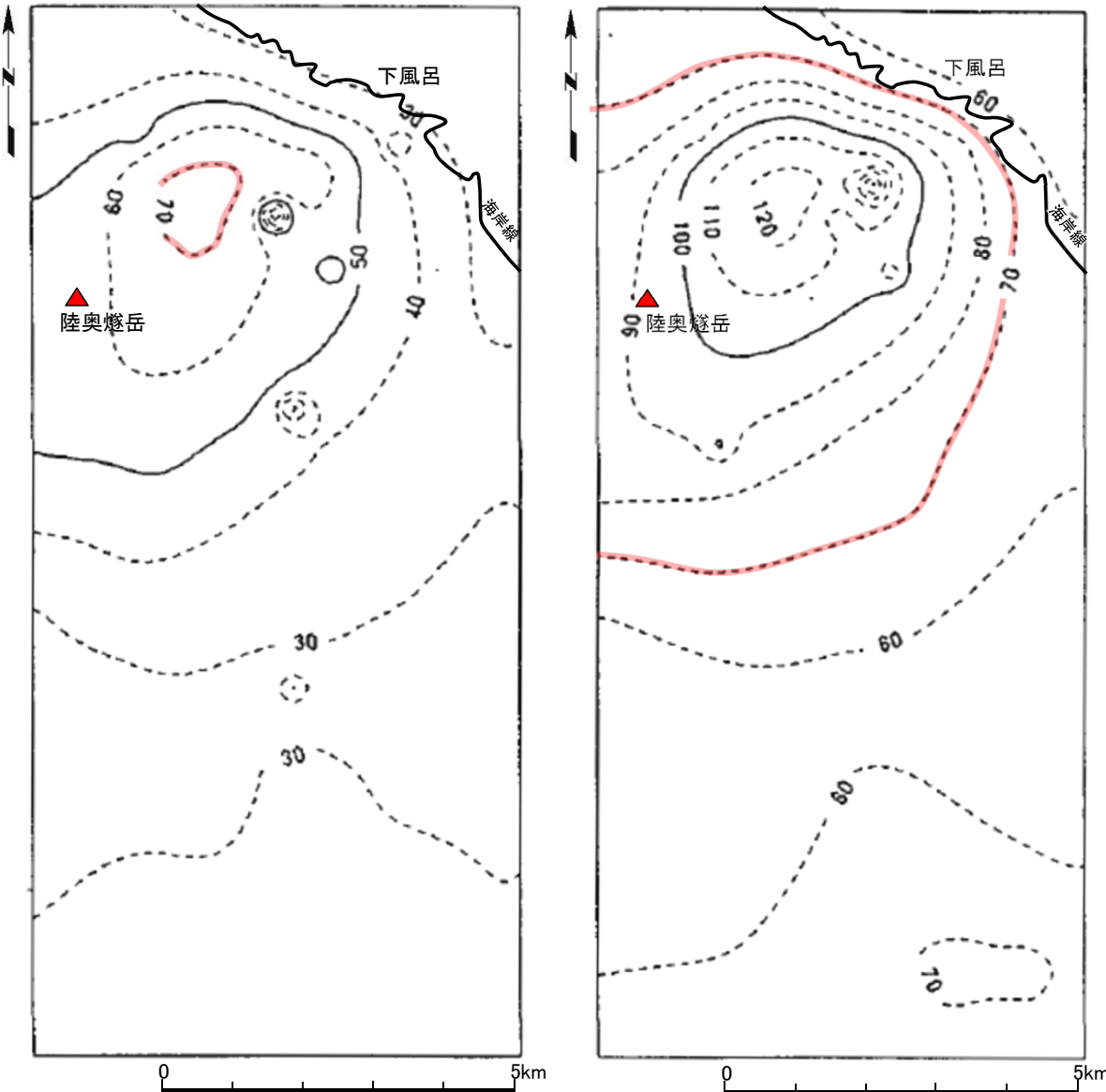
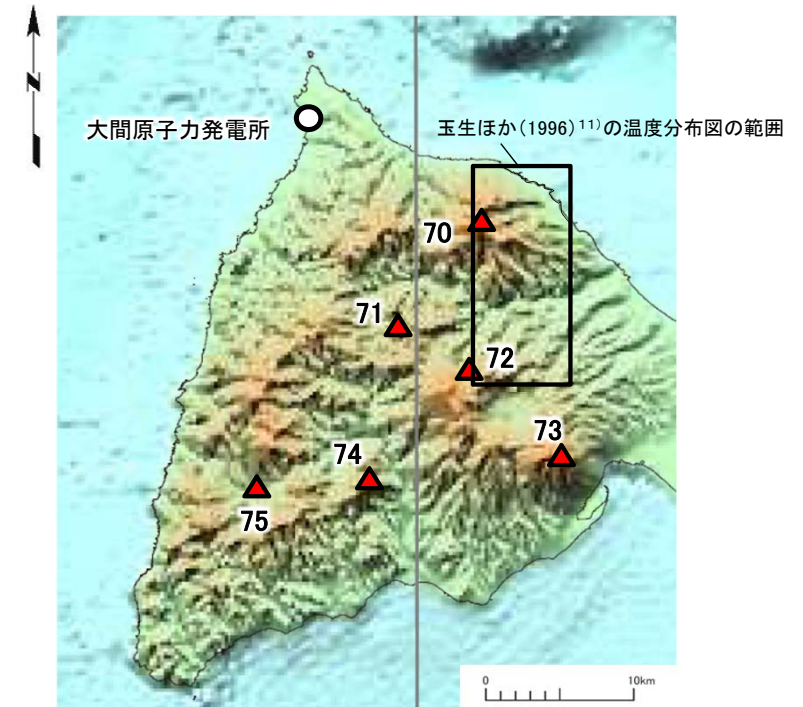


図1 温度分布図(T.P. 0m)

図2 温度分布図(T.P. -500m)

注) 玉生ほか(1996)¹¹⁾に加筆。コンターの単位は(°C)



下北半島西部における第四紀火山分布図

(数字の火山名は補足説明資料P.参考2-11参照。)

敷地に最も近い陸奥燧岳付近の地温分布に基づき、陸奥燧岳が熱源となる可能性を検討する。

- 陸奥燧岳付近の地温分布(玉生ほか(1996)¹¹⁾)によれば、地表付近のT.P.0mの温度コンター(図1)の形状は敷地方向である北西側への熱水流動を示唆しない。
- また、深度方向の地温変化については、フィリップサイトの生成温度(50°C~86°C程度)の中央値である70°Cの領域は、T.P.-500m(図2)からT.P.0m(図1)にかけて非常に小さくなっていることから、熱水がT.P.0m付近で側方流動するとしてもその量は少ないと考えられる。

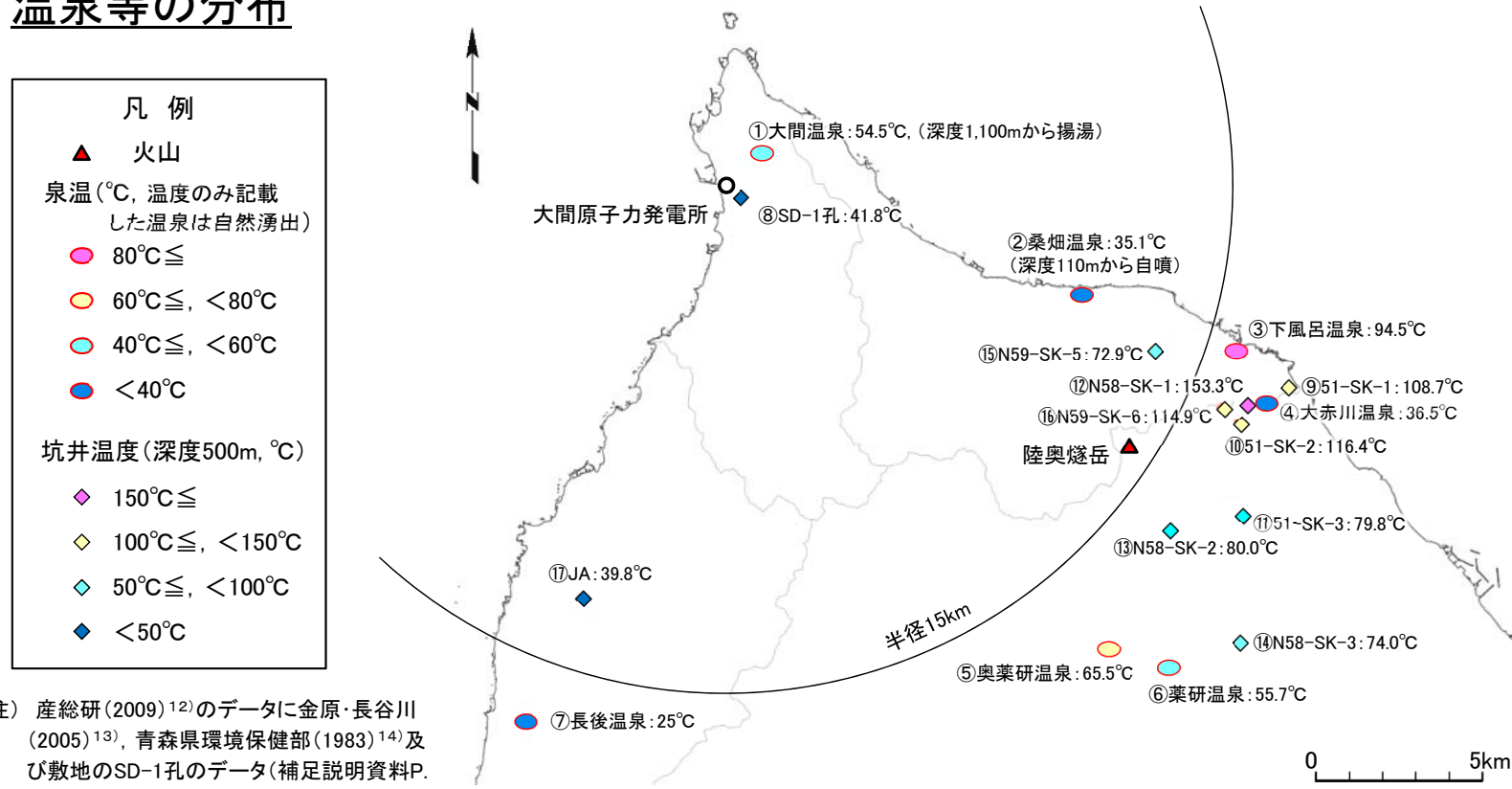
以上のことから、陸奥燧岳から敷地への熱水流動はなく、陸奥燧岳は敷地のフィリップサイトを生成した熱水の熱源になり得ないと考えられる。



2.1 鉱物脈法による活動性評価(13/78)

① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(5/8): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(3/4)

温泉等の分布



大間地点周辺の温泉及び地熱調査坑井

| No. | 名称 | 区分 | 掘削深度(m) | 参考文献番号 |
|-----|-------------|----------|---------|--------|
| ① | おおま大間温泉 | 温泉(揚湯) | 1,100 | 12, 13 |
| ② | くわはた桑畑温泉 | 温泉(自噴) | 110 | 12, 14 |
| ③ | しもぶろ下風呂温泉 | 温泉(自然湧出) | — | 12 |
| ④ | おおあかがわ大赤川温泉 | 温泉(自然湧出) | — | 12 |
| ⑤ | おくやげん奥薬研温泉 | 温泉(自然湧出) | — | 12 |
| ⑥ | やげん薬研温泉 | 温泉(自然湧出) | — | 12 |
| ⑦ | ちようご長後温泉 | 温泉(自然湧出) | — | 13 |
| ⑧ | SD-1孔 | 敷地ボーリング | 2,500 | — |
| ⑨ | 51-SK-1 | 地熱調査坑井 | 501.4 | 12 |
| ⑩ | 51-SK-2 | 地熱調査坑井 | 703.1 | 12 |
| ⑪ | 51-SK-3 | 地熱調査坑井 | 801.1 | 12 |
| ⑫ | N58-SK-1 | 地熱調査坑井 | 1,510 | 12 |
| ⑬ | N58-SK-2 | 地熱調査坑井 | 1,491.5 | 12 |
| ⑭ | N58-SK-3 | 地熱調査坑井 | 1,007 | 12 |
| ⑮ | N59-SK-5 | 地熱調査坑井 | 1,205 | 12 |
| ⑯ | N59-SK-6 | 地熱調査坑井 | 1,702 | 12 |
| ⑰ | JA | 地熱調査坑井 | 1,000 | 12 |

大間地点周辺の温泉及び地熱調査坑井の分布

フィリップサイトは50°C~86°C程度の低温の熱水で生成されることから、大間地点周辺の温泉、地熱調査坑井等の温度分布について検討する。

- 敷地から半径15km以内には大間温泉及び桑畑温泉がある。敷地に最も近い大間温泉(泉温54.5°C)は深度1,100mの坑井からの揚湯で、敷地の東方約10kmの桑畑温泉(35.1°C)は深度110mの坑井からの自噴で、敷地付近には自然湧出の温泉は認められない。
- 深度500mの坑井温度によれば、敷地からおおむね半径15km以遠の下風呂温泉、陸奥燧岳、薬研温泉等にかけて地温の高い地域が認められるが、敷地のSD-1孔は41.8°C(補足説明資料P.参考2-14参照)、敷地の南方約13kmのJA坑は39.8°Cであり、敷地付近における深度500mの地温は50°C未満と考えられる。

以上のことから、敷地付近の地温は低く、フィリップサイトを生成するような熱水変質作用を生じる50°C以上の自然湧出の温泉は敷地付近には認められない。



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(6/8): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(4/4)

現在の敷地の地温分布

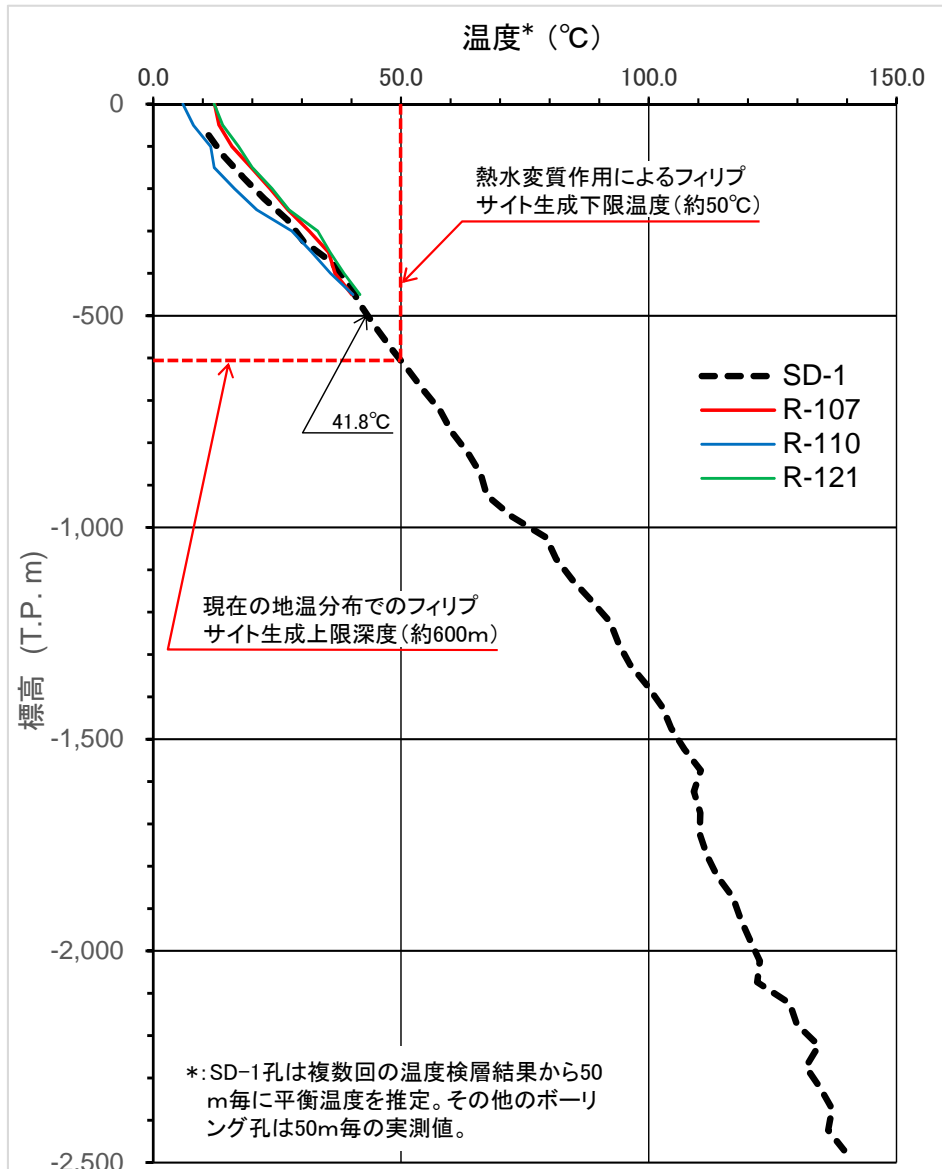


図2 現在の敷地の地温分布

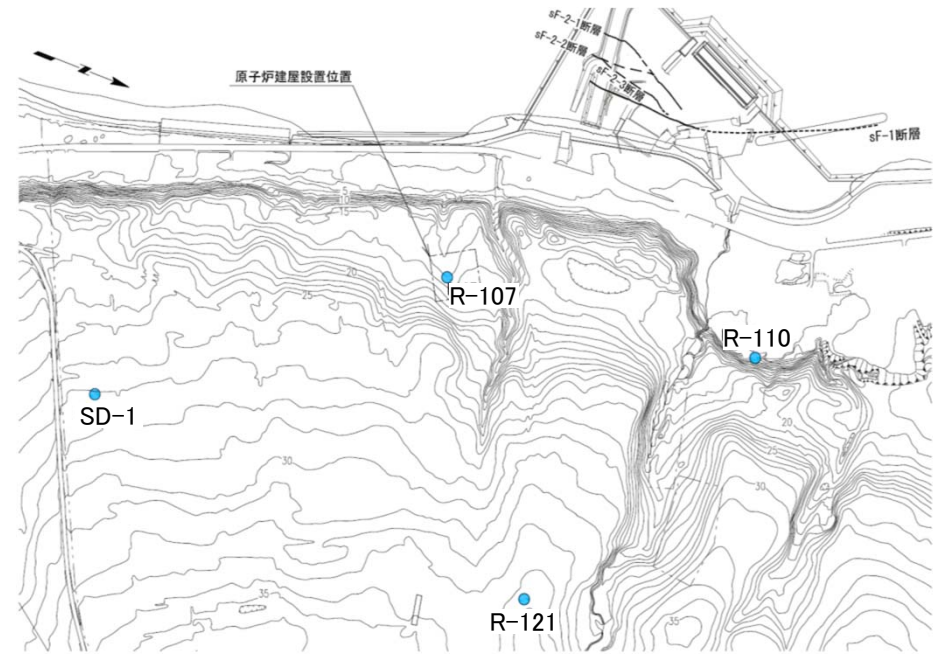


図1 地温分布調査位置図

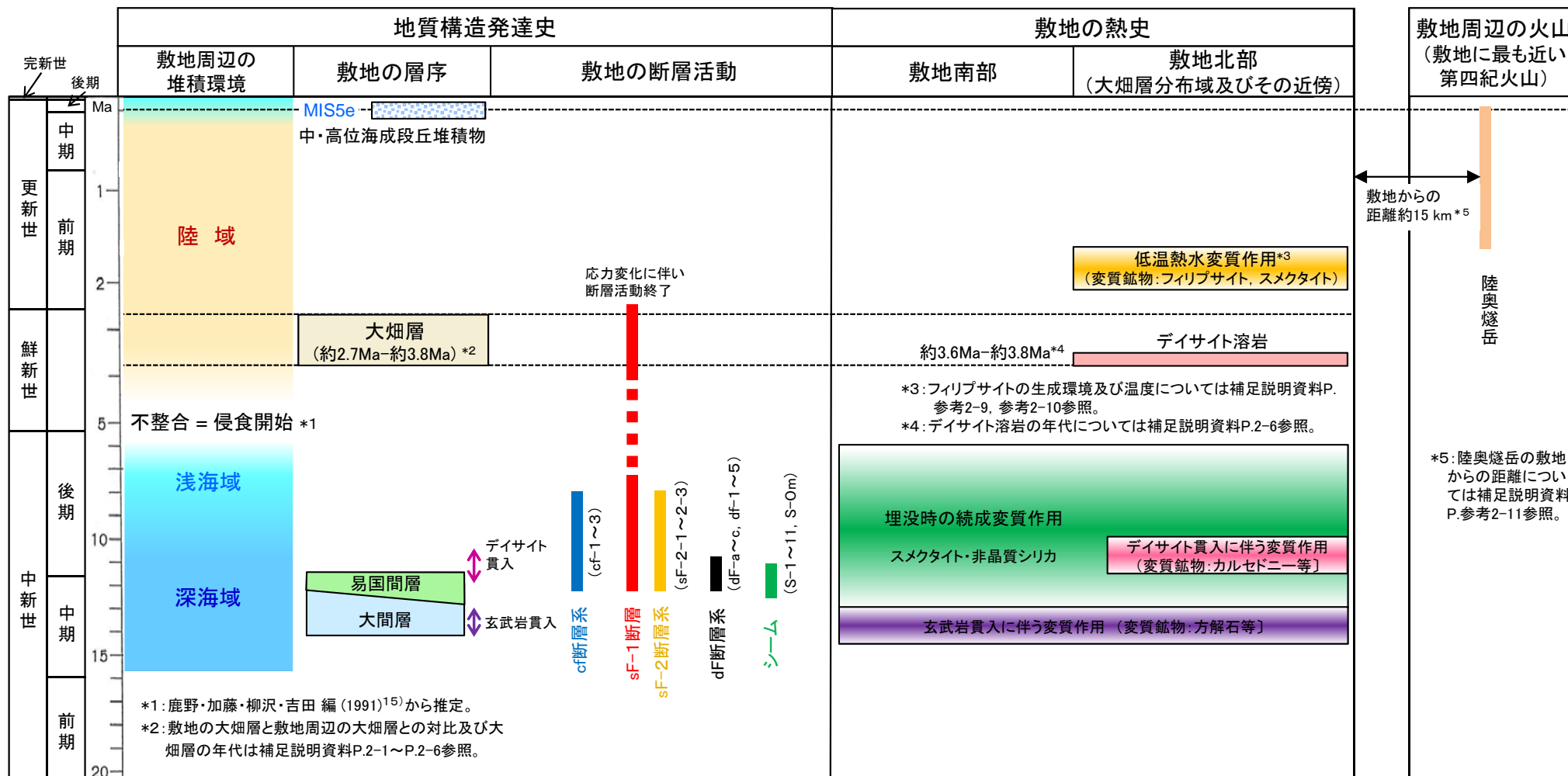
敷地の現在の地温分布とフィリップサイトの生成温度との関係からフィリップサイトの生成時期を推定する。

- 敷地のボーリング4孔(図1)の地温分布(図2)は、T.P.-500m付近までほぼ同じ傾向を示す。
- 熱水変質作用によるフィリップサイトの生成下限温度である50°C(補足説明資料P.参考2-10参照)に敷地の地温が達するのは、深度約600m(T.P.約-600m)である。
- 後期更新世以降の敷地の隆起速度は約0.3m/kyであり(補足説明資料P.参考2-91参照)、第四紀の間この速度の隆起が続いたとすると、敷地の地表付近の岩盤がT.P.約-600mにあったのは、約200万年前と推定される。
- 敷地近傍に第四紀火山がないため、現在の地温分布が第四紀の間同じであると考えると、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、約200万年前と推定される。

以上のことから、フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、後期更新世より十分古いものと考えられる。



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(7/8): 敷地の熱史及びフィリップサイトを生成した熱水変質の時期



敷地の地質構造発達史, フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討結果等に基づいて, 敷地の熱史について整理した。

- 敷地に最も近い第四紀火山(陸奥燧岳)は敷地から約15km離れており, 敷地への熱水の流動はないと考えられることから, 敷地周辺の第四紀火山はフィリップサイト生成に関わる熱源になり得ない。第四紀より前の火山活動の影響を受けてフィリップサイトが生成したとすると, フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は後期更新世より十分古いものと考えられる(補足説明資料P.参考2-11, 参考2-12参照)。
- 大間地点周辺の温泉, 地熱調査坑井等の温度分布によれば, 敷地付近の地温は低く, フィリップサイトを生成するような熱水変質作用を生じる50°C以上の自然湧出の温泉は敷地付近には認められない。
- 現在の敷地の地温分布から, フィリップサイトの生成下限温度である50°Cに地温が達するのは深度約600mである。現在と同様な地温分布で低温の熱水変質作用によってフィリップサイトが生成したとすると, フィリップサイト生成深度から地表までの隆起量(約600m)と敷地の隆起速度(約0.3m/ky)から, フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は約200万年前と推定され, 後期更新世より十分古いものと考えられる(補足説明資料P.参考2-14参照)。

上記の熱史の検討により, 敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は, 後期更新世より十分古いものと考えられる。なお, フィリップサイトのK-Ar年代約1.6Ma(補足説明資料P.参考2-92~P.参考2-99参照)は, KとArの移動を考慮し最も若くなる想定をしても後期更新世より十分古いと考えられ, この熱水変質作用の時期と整合的である。



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(8/8):まとめ

フィリップサイトの生成環境、生成温度及び生成に関わる熱源について検討を行い、敷地の地質構造発達史に基づき敷地の熱史を整理し、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期を特定した。

【熱史の検討】

〔フィリップサイトの生成環境〕

文献(飯島(1986)⁸⁾)によるフィリップサイトの①～⑤の生成環境のうち、①～④の生成環境を示唆する地質環境は、大間地点の敷地には認められない。⑤熱水変質・接触変成のうち、フィリップサイトの分布地点には接触変成作用を生じるような貫入岩等は認められないことから、熱水変質作用を受ける環境でフィリップサイトが生成したと考えられる。

〔フィリップサイトの生成温度〕

文献(飯島(1986)⁸⁾)によると、熱水変質作用により生成したフィリップサイトの生成温度は50℃～86℃程度と考えられる。これはEPMA分析結果によりsF-1断層及び周辺岩盤中の斜長石に曹長石化(150℃以上)が認められないことと整合的である。

〔フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討〕

・第四紀火山分布

敷地に最も近い第四紀火山(陸奥燧岳)は敷地から約15km離れており、敷地への熱水の流動はないと考えられることから、敷地周辺の第四紀火山はフィリップサイト生成に関わる熱源になり得ない。第四紀より前の火山活動の影響を受けてフィリップサイトが生成したとすると、フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は後期更新世より十分古いものと考えられる。

・温泉等の分布

大間地点周辺の温泉、地熱調査坑井等の温度分布によれば、敷地付近の地温は低く、フィリップサイトを生成するような熱水変質作用を生じる50℃以上の自然湧出の温泉は敷地付近には認められない。

・現在の敷地の地温分布

現在の敷地の地温分布から、フィリップサイトの生成下限温度である50℃に地温が達するのは深度約600mである。現在と同様な地温分布で低温の熱水変質作用によってフィリップサイトが生成したとすると、フィリップサイト生成深度から地表までの隆起量(約600m)と敷地の隆起速度(約0.3m/ky)から、フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は約200万年前と推定され、後期更新世より十分古いものと考えられる。

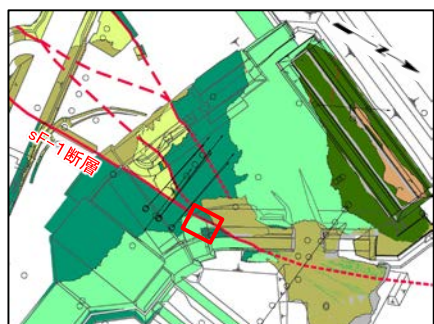
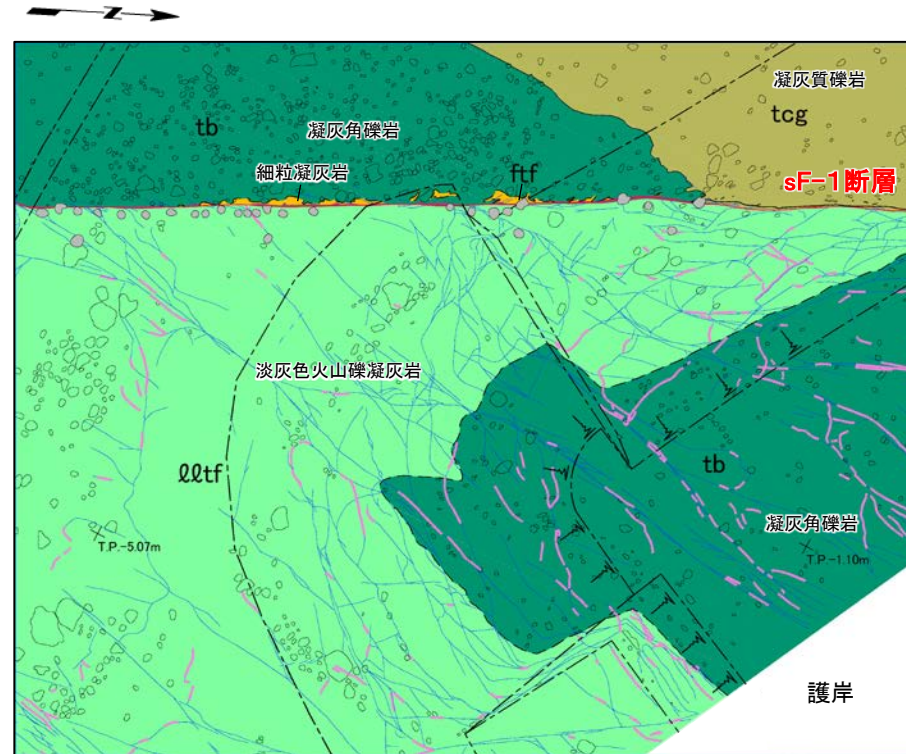
【フィリップサイトを生成した熱水変質の時期】

上記の熱史の検討により、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、後期更新世より十分古いものと考えられる(フィリップサイトのK-Ar年代約1.6Maは、KとArの移動を考慮し最も若くなる想定をしても後期更新世より十分古いと考えられ、この熱水変質作用の時期と整合的)。

(余白)



① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(1/10) : sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(1/5)



注) 位置図の凡例は本編資料P.2-10参照。

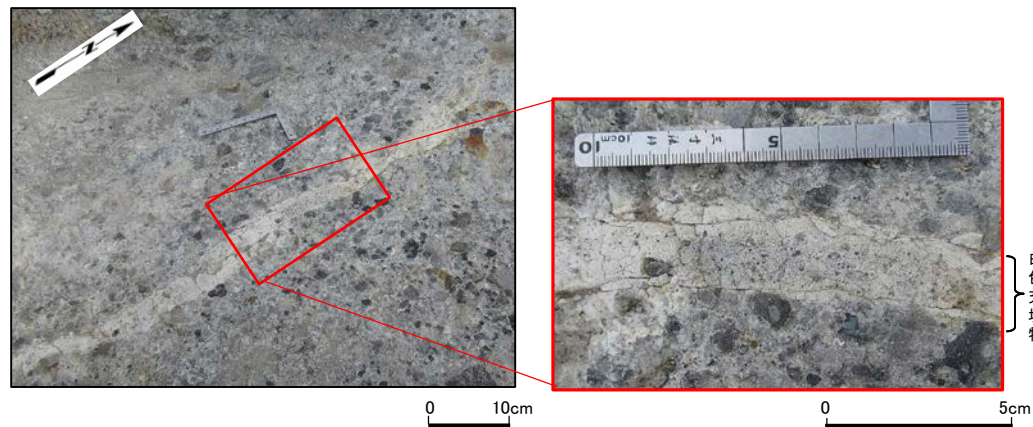
- sF-1断層近傍の易国間層において、フィリップサイトを確認するため取水庭掘削面の地質観察を実施した。
- その結果、易国間層中の割れ目に白色充填物が多く分布することが判明した(地質スケッチ参照)。

詳細地質スケッチの凡例

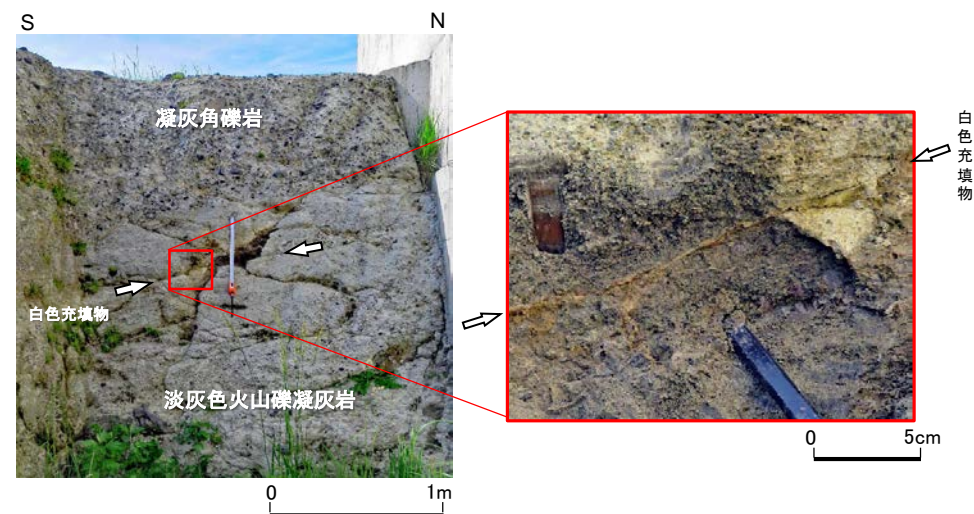
| | | | | |
|------|------|----------------|-------|------------|
| 大迫層 | tcg | 凝灰質礫岩 | ~~~~~ | 地層境界 |
| 易国間層 | ftf | 細粒凝灰岩 | ----- | 地質境界 |
| | tb | 凝灰角礫岩 | ~~~~~ | 割れ目* |
| | 22tf | 淡灰色火山礫凝灰岩 | ~~~~~ | sF-1断層破砕部 |
| | | | ~~~~~ | 白色充填物 |
| | | | --- | 掘削形状 |
| | ● | ボーリング孔閉塞(モルタル) | X | TP-507m 標高 |
| | ○ | 主な礫 | | |

*: 割れ目の定義の詳細については、第862回審査会合資料資料1-1 P.1-31, 1-32参照。

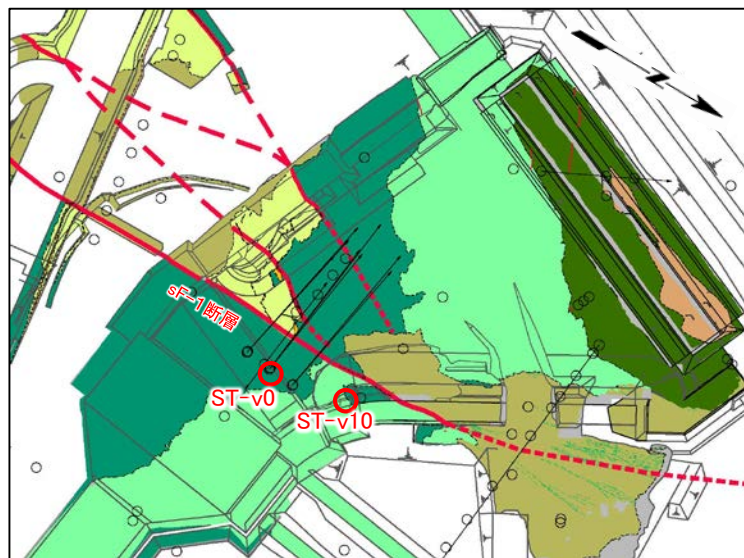
① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(2/10): sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(2/5) : 掘削面で観察される白色充填物の性状



白色充填物 (ST-v0地点)



白色充填物 (ST-v10地点)



注) 凡例は本編資料P.2-10参照。

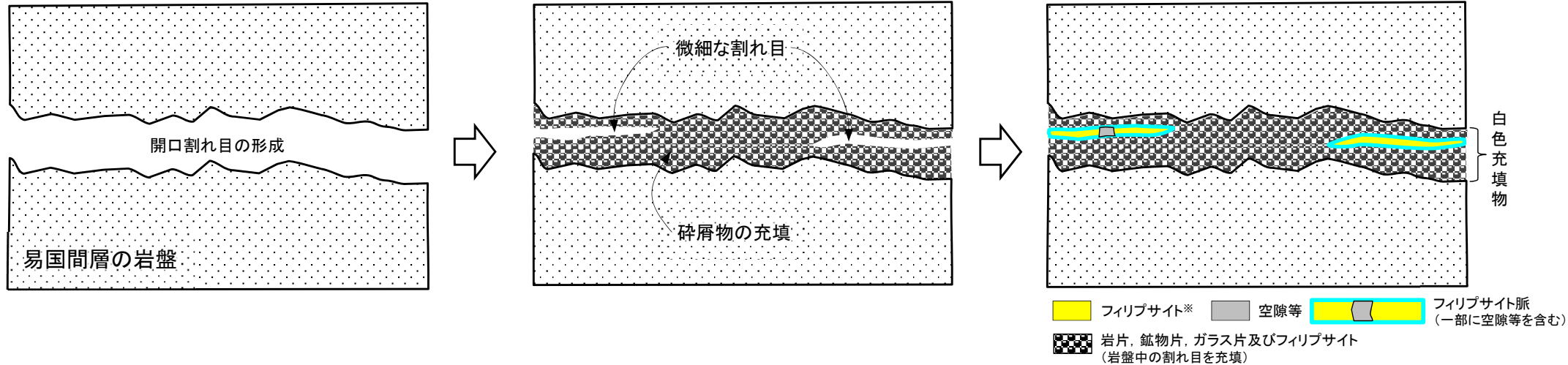
位置図

0 50m

- 断層近傍の易国間層の割れ目に脈状の白色充填物(長さ数m, 幅数mm~数cm)が多く分布する。
- 白色充填物は易国間層由来の岩片, 鉱物片, ガラス片等から成り, 固結している。



① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(3/10): sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(3/5) :(参考)白色充填物及びフィリップサイト脈の形成過程



①開口割れ目の形成

- 易国間層の岩盤に開口割れ目が生じる。

②周辺岩盤由来の碎屑物による割れ目の充填

- 開口割れ目を周辺岩盤由来の岩片、鉱物片、ガラス片等の碎屑物が充填する。
- 一部に微細な割れ目が残る。

③熱水の浸透とフィリップサイト脈の形成

- 充填された割れ目に熱水が浸透し、熱水変質鉱物としてフィリップサイトが晶出する。
- 白色充填物中の微細な割れ目に晶出し脈状に分布する(一部に空隙等を含む)ものがフィリップサイト脈である。

白色充填物及びフィリップサイト脈の形成模式図

※:フィリップサイトは白色充填物の基質にも晶出しているが、図中では脈状部のみ黄色で示す。

- 易国間層の割れ目の白色充填物及びフィリップサイト脈は、①開口割れ目の形成、②周辺岩盤由来の碎屑物による割れ目の充填、③熱水の浸透とフィリップサイト脈の形成という3つのステージを経て形成されると考えられる。
- ③のステージで、白色充填物中の微細な割れ目に晶出し脈状に分布する(一部に空隙等を含む)ものがフィリップサイト脈である。

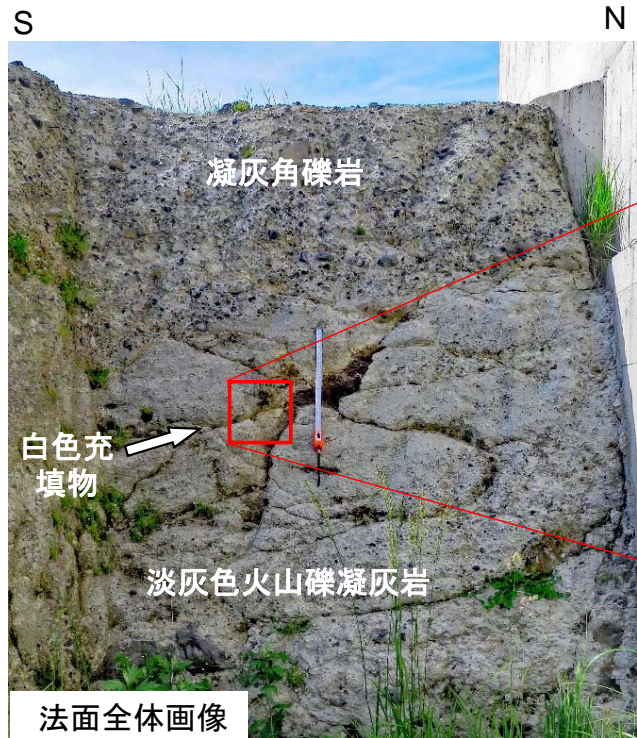
2.1 鉱物脈法による活動性評価(20/78)

第856回審査会合
資料1-1 P.2-47 再掲

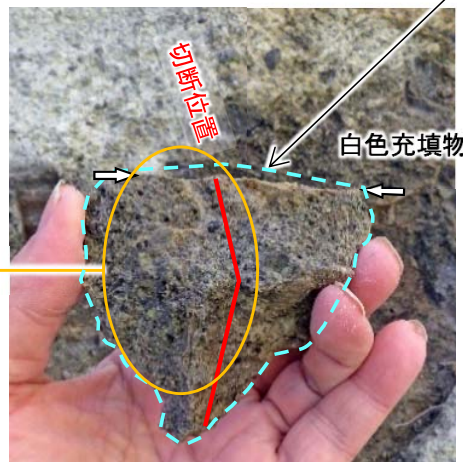
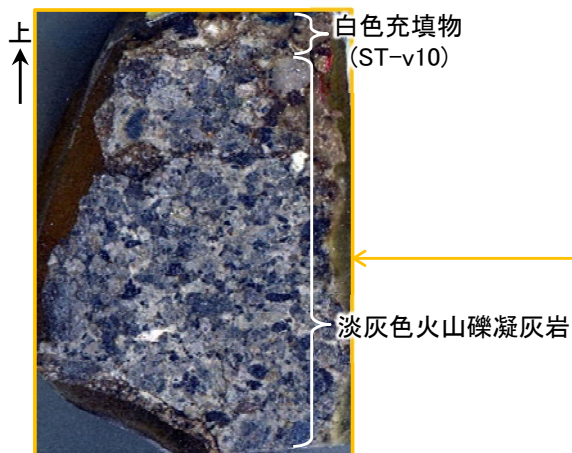
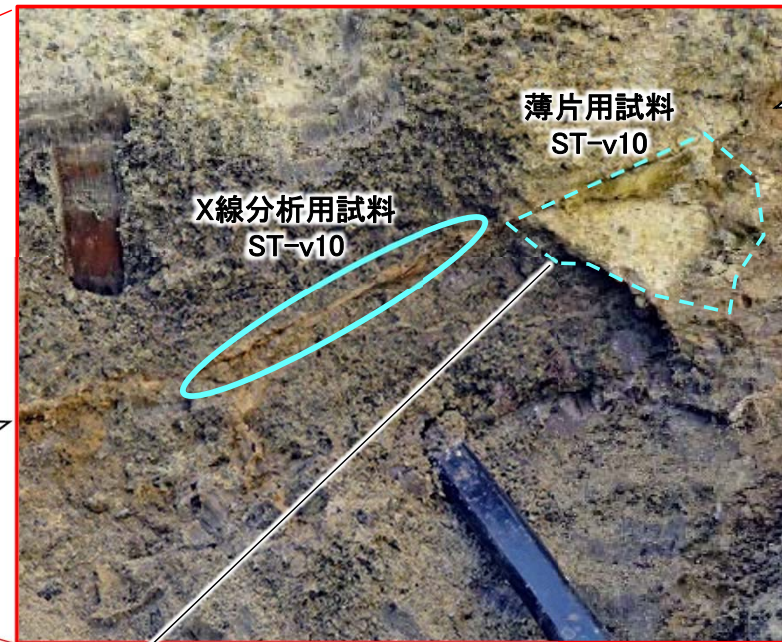
参考2-21

POWER

① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(4/10) : sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(4/5) : X線分析及び薄片観察用の試料採取(ST-v10)



注) 試料採取地点の位置は補足説明資料P.参考2-19参照。



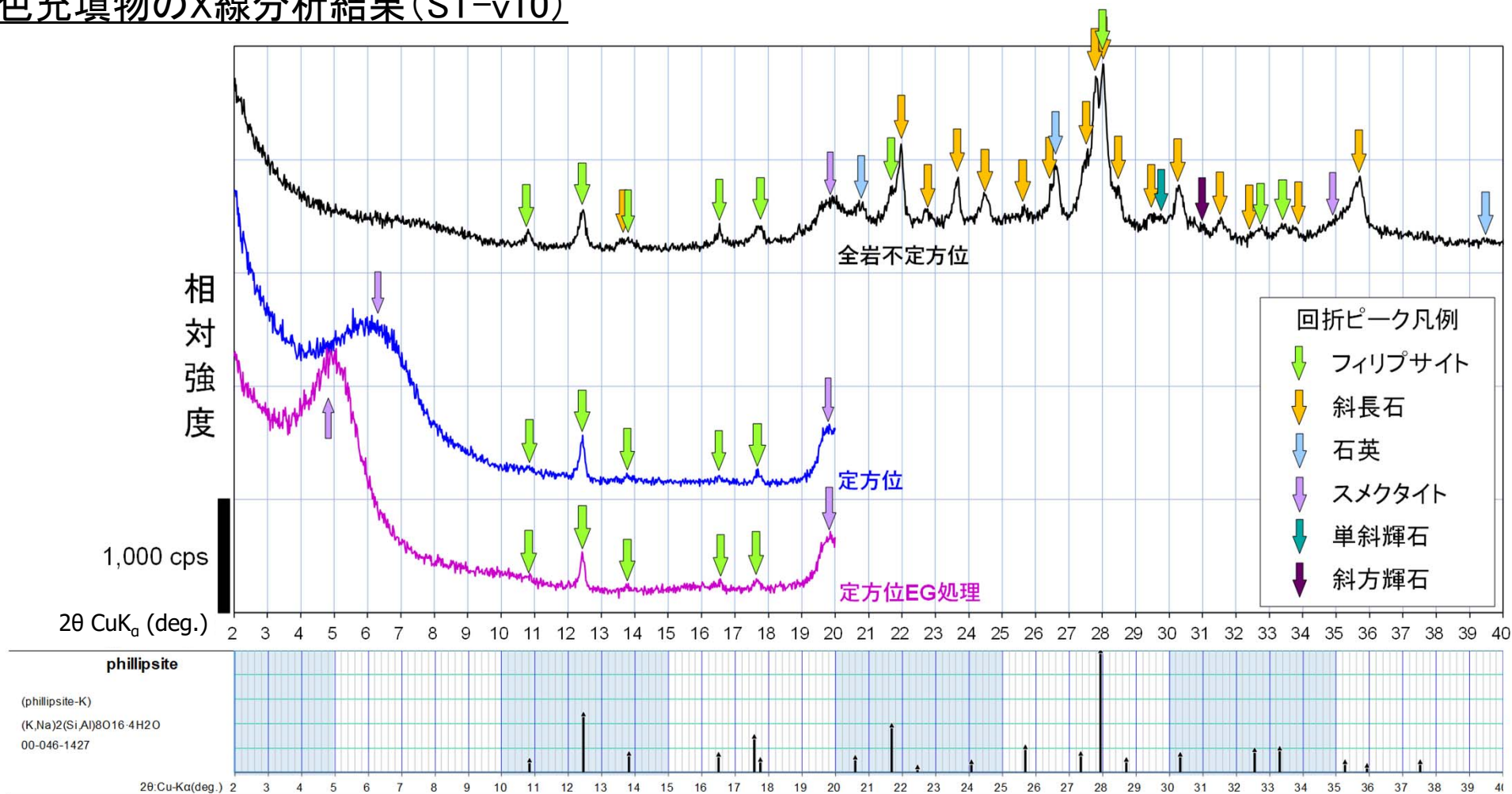
- 白色充填物の鉱物組成を調べるため、X線分析及び薄片用の試料を採取した(結果については補足説明資料P.参考2-22～P.参考2-26参照)。
- 採取箇所及び薄片用岩石チップの切断面を写真に示す。

薄片用岩石チップ切断面 0 1cm

薄片用試料切断位置



① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(5/10) : sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(5/5) : 白色充填物のX線分析結果(ST-v10)



ICDD (2015)⁷⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

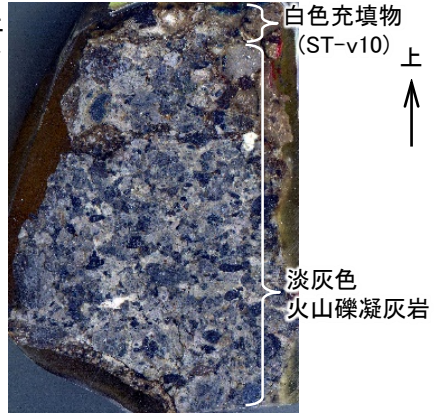
注) X線分析の試料調整とX線回折条件の詳細については、補足説明資料P.参考2-100を参照。

白色充填物についてX線分析を実施した結果、石英・斜長石・スメクタイト等と共に、フィリップサイトに特徴的な回折ピーク(2θ=12.44° , 17.57° 等、補足説明資料P.参考2-101参照)が認められるため、白色充填物はフィリップサイトを含有していると判断される。

2.1 鉱物脈法による活動性評価(22/78)



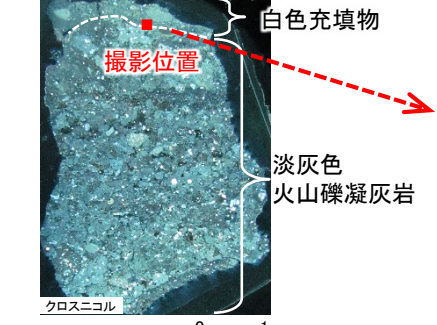
① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(6/10): フィリップサイト脈の確認(ST-v10) (1/2)



薄片用岩石
チップ切断面

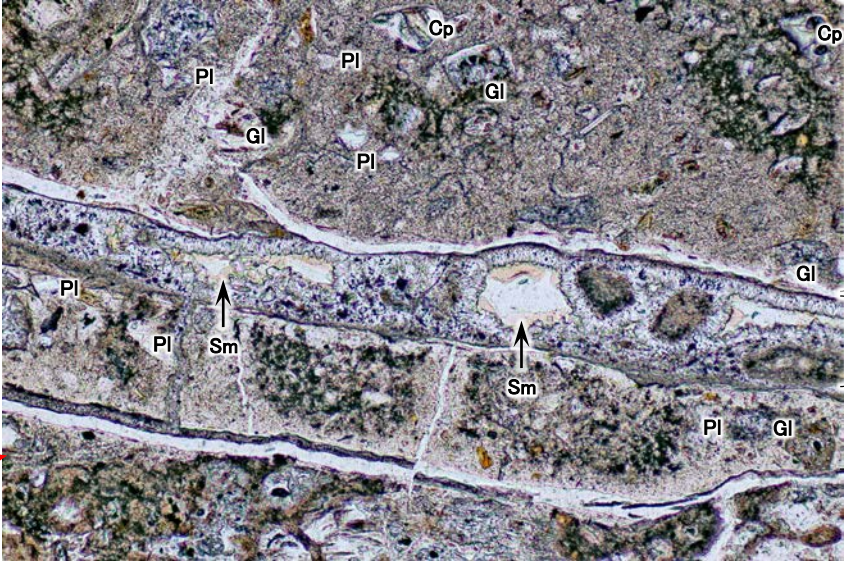


オープンニコル

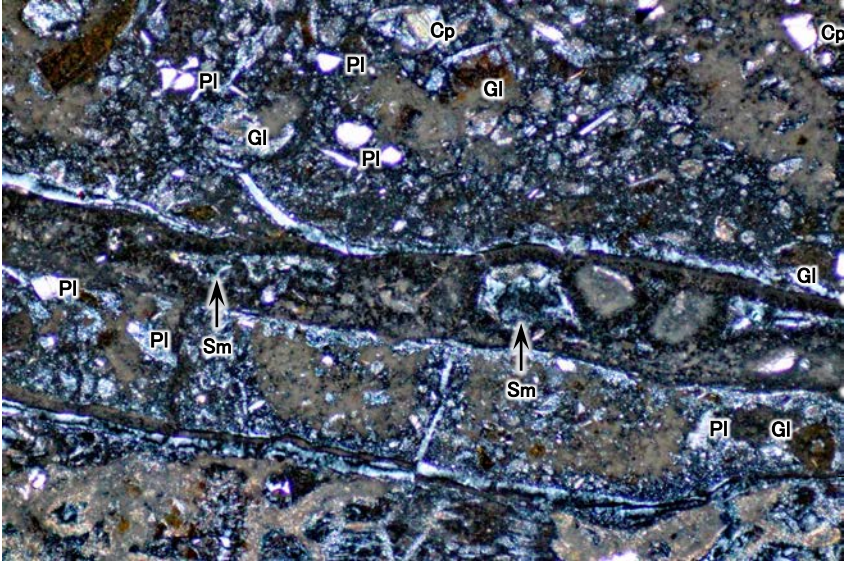


クロスニコル

薄片 0 1cm



薄片(オープンニコル)



薄片(クロスニコル)

0 0.5mm

白色充填物

基質に微細なフィリップサイトが晶出

微細な割れ目をフィリップサイトが晶出・充填

淡灰色
火山礫凝灰岩

白色充填物

基質に微細なフィリップサイトが晶出

微細な割れ目をフィリップサイトが晶出・充填

淡灰色
火山礫凝灰岩

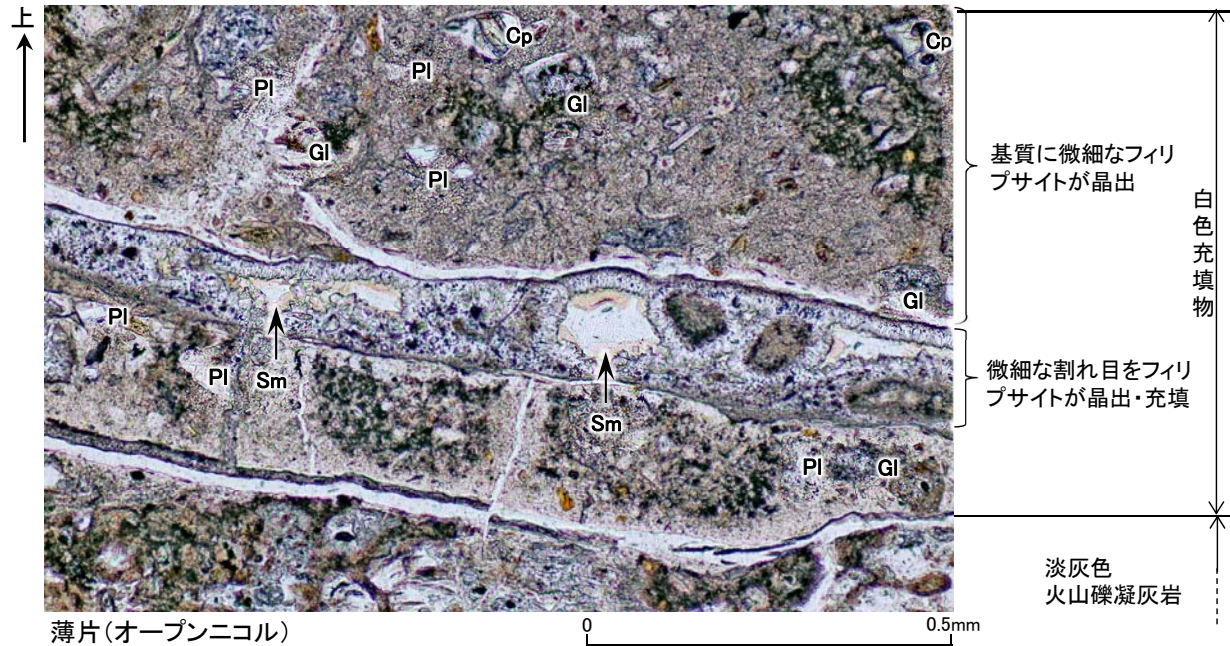
鉱物記号凡例

| | |
|-----|---------------|
| PI: | 斜長石 |
| Cp: | 単斜輝石 |
| GI: | 変質した火山ガラス・岩片 |
| Sm: | 空隙に生成するスメクタイト |

- 白色充填物中において脈状のフィリップサイトの有無を確認するため、薄片により構成鉱物、組織を観察した(スケッチ及び観察結果は補足説明資料P.参考2-24参照)。
- フィリップサイトは他の鉱物と比べ、屈折率及び複屈折が低いことが特徴である(補足説明資料P.参考2-101参照)。



① c) 評価に用いる鉱物脈の確認 (7/10) : フィリップサイト脈の確認 (ST-v10) (2/2)

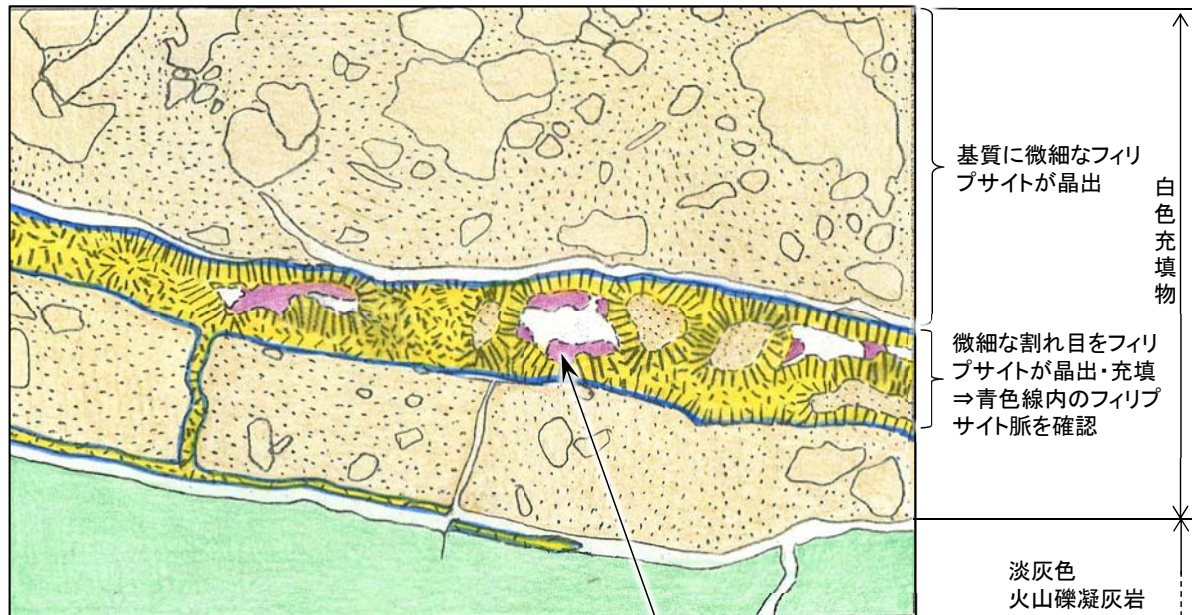


薄片 (オープンニコル)

0 0.5mm

基質に微細なフィリップサイトが晶出
白色充填物
微細な割れ目をフィリップサイトが晶出・充填
淡灰色火山礫凝灰岩

- 薄片観察の結果, 白色充填物中には幅約0.2mmの微細な割れ目を充填する脈状のフィリップサイトが認められ, 白色充填物中の基質にも微細なフィリップサイトの晶出が認められる。
- スケッチに示すように微細な割れ目を充填するフィリップサイト脈を確認した。
- フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の熱水変質作用により生成したと判断される(補足説明資料P.参考2-16参照)ことから, フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いることとする。

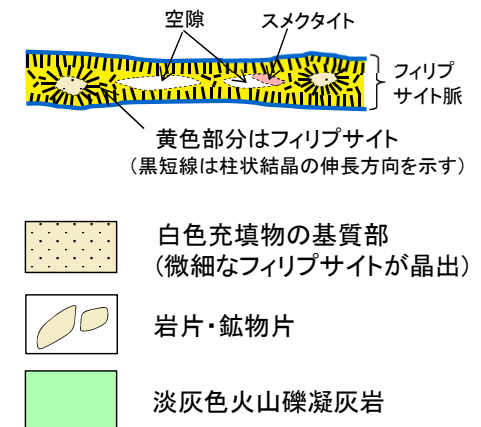


薄片のスケッチ

空隙に生成するスメクタイト

基質に微細なフィリップサイトが晶出
白色充填物
微細な割れ目をフィリップサイトが晶出・充填
⇒青色線内のフィリップサイト脈を確認
淡灰色火山礫凝灰岩

薄片スケッチ 凡例

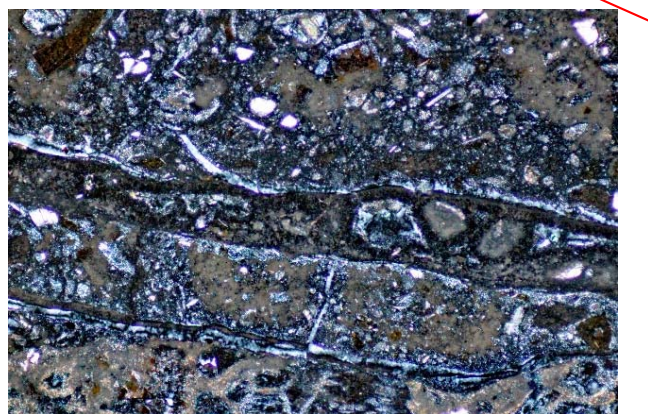


注) フィリップサイトは白色充填物の基質にも晶出しているが, 図中では脈状部のみ黄色で示す。

(参考) ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(8/10): フィリップサイトの結晶形状

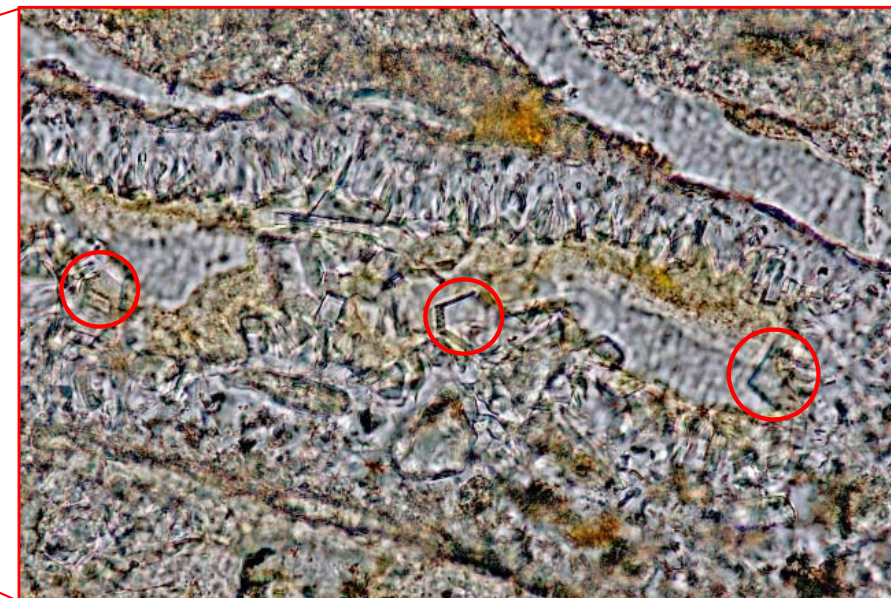


薄片(オープンニコル)



薄片(クロスニコル)

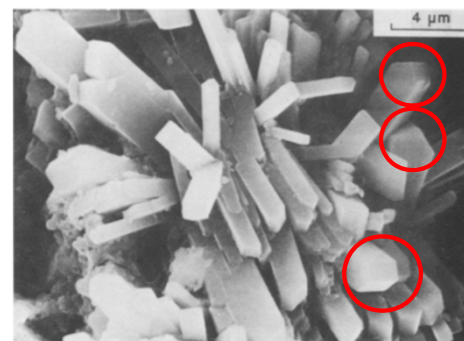
0 0.5mm



薄片(オープンニコル)

0 0.1mm

○ 三角形の先端部が認められる結晶

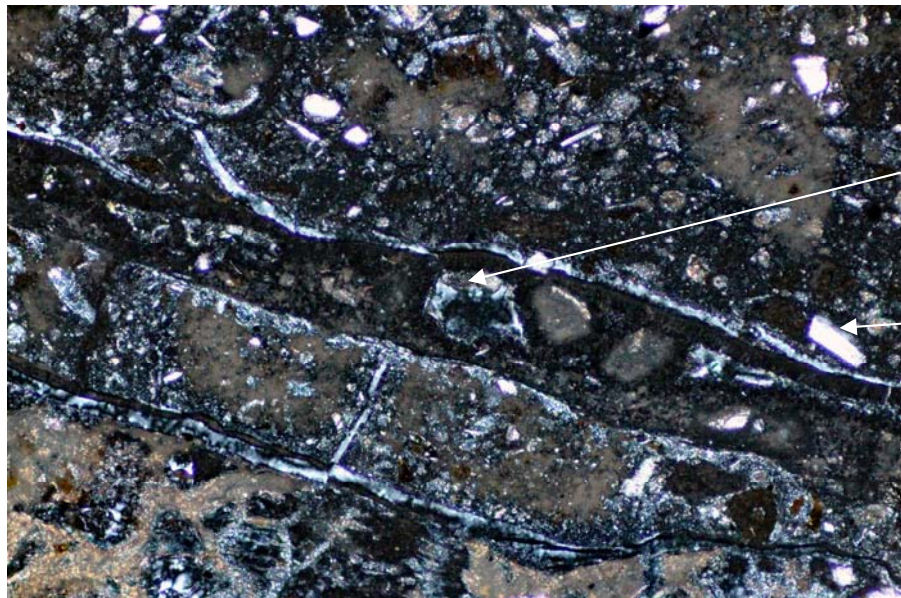


参考: フィリップサイト柱状結晶のSEM画像(先端が三角形) Sheppard and Fitzpatrick(1989)¹⁶⁾

- 白色充填物中の微細な割れ目を充填するフィリップサイト脈を詳細に観察した結果、フィリップサイトは割れ目壁面から垂直方向に成長し、Sheppard and Fitzpatrick(1989)¹⁶⁾のような三角形の先端部を持つ代表的な柱状結晶が認められる。
- 詳細観察により、微細な割れ目を充填する鉱物は、結晶形態からもフィリップサイトと判断される。



(参考) ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認 (9/10) : 白色充填物中のフィリップサイトの光学的性質



薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 0° 回転

スメクタイト

斜長石

微細な割れ目をフィリップサイト
が晶出・充填

回転角0°

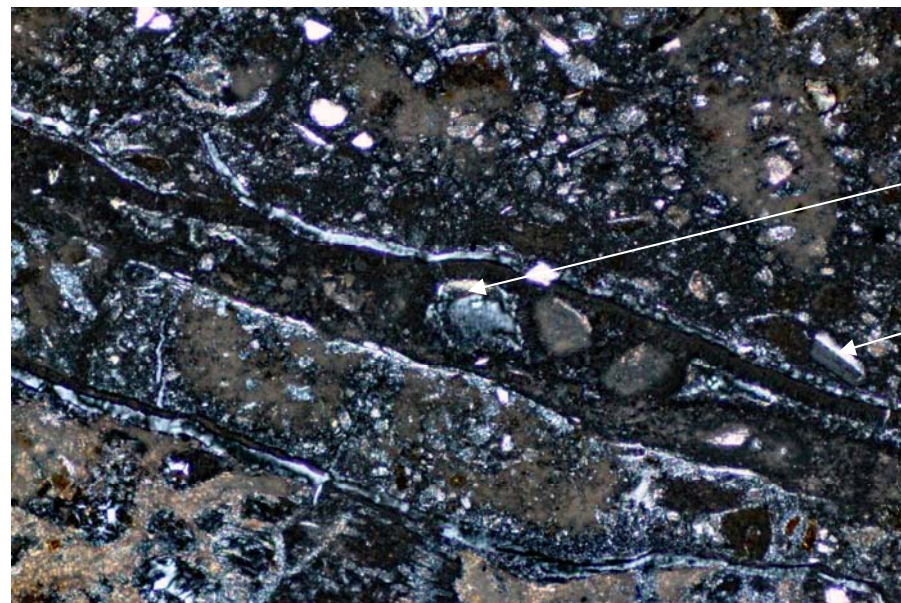


ニコル振動方向

- フィリップサイトの光学的性質(低屈折率, 低複屈折)は他の鉱物と異なることから, クロスニコル下でステージを回転させた際の見え方の変化を観察した。
- フィリップサイト脈や微細なフィリップサイトが晶出する基質部は, ほぼ黒色を呈するものの, ステージの回転によりわずかに色調が変化し, 極めて低い複屈折を示すことから, フィリップサイトとして識別できる*。
- 一方, フィリップサイト以外の鉱物(斜長石, 石英, スメクタイト)の色調は明瞭に変化することから, フィリップサイトとは区別される。

* : 補足説明資料P.参考2-101参照。

注1) 撮影範囲は補足説明資料P.参考2-25の薄片と同じ範囲。
注2) 薄片の樹脂は薄片作製時に歪を受けており, 複屈折を示すことがある。



薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 30° 回転

スメクタイト

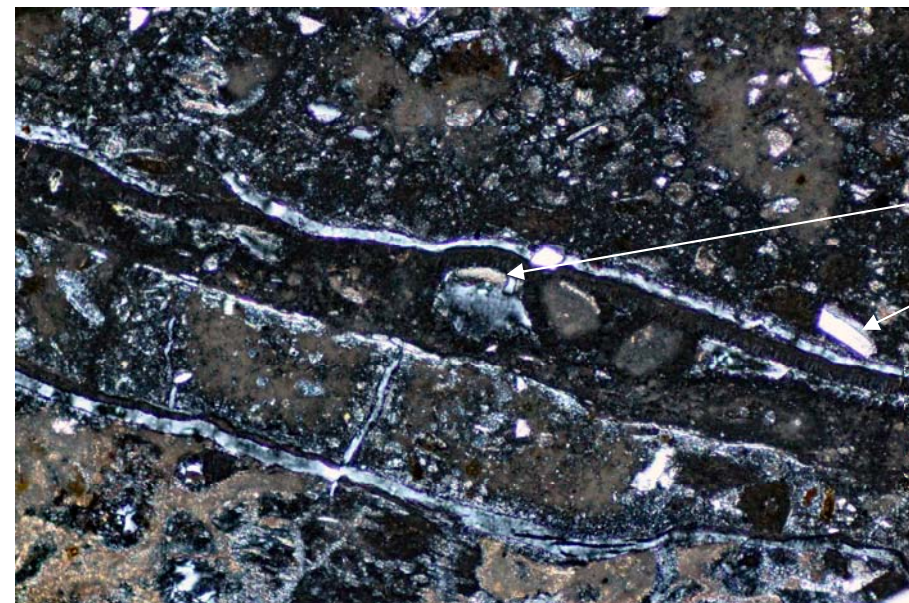
斜長石

微細な割れ目を
フィリップサイトが
晶出・充填

回転角30°



ニコル振動方向



薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 60° 回転

スメクタイト

斜長石

微細な割れ目
をフィリップサイト
が晶出・充填

回転角60°



ニコル振動方向

0 0.5mm

① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(10/10):まとめ

- 掘削面地質観察の結果, sF-1断層近傍の易国間層の割れ目には, 易国間層由来の岩片, 鉱物片, ガラス片等を含む白色充填物が多く分布し, X線分析によれば白色充填物にはフィリップサイトが含まれる。
- 薄片観察により, 白色充填物中には微細な割れ目を充填する脈状のフィリップサイト(フィリップサイト脈)が認められる。
- フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の低温の熱水変質作用により生成したと考えられる(補足説明資料P.参考2-16参照)ことから, フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。

① 鉱物脈法の適用性の検討:まとめ

a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(補足説明資料P.参考2-4~P.参考2-7参照)

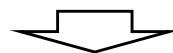
- 敷地に分布する熱水変質鉱物のうち、フィリップサイトは、敷地の大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に、主に割れ目及び基質部の空隙を埋めて分布する。
- 鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを確認した。

b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(補足説明資料P.参考2-8~P.参考2-16参照)

- フィリップサイトの生成環境、生成温度及び生成に関わる熱源の検討を行い、敷地の地質構造発達史に基づき敷地の熱史を整理し、フィリップサイトを生成した熱水変質作用の時期を特定した。
- 上記の熱史の検討により、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、後期更新世より十分古いものと考えられる(フィリップサイトのK-Ar年代約1.6Maは、KとArの移動を考慮し最も若くなる想定をしても後期更新世より十分古いと考えられ、この熱水変質作用の時期と整合的)。

c) 評価に用いる鉱物脈の確認(補足説明資料P.参考2-18~P.参考2-27参照)

- sF-1断層近傍の易国間層の割れ目には、易国間層由来の岩片、鉱物片、ガラス片等を含む白色充填物が多く分布し、白色充填物にはフィリップサイトが含まれる。
- 薄片観察により、白色充填物中には微細な割れ目を充填する脈状のフィリップサイト(フィリップサイト脈)が認められる。フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の低温の熱水変質作用により生成したと考えられる(上記b)参照)ことから、フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。



フィリップサイト脈を用いた鉱物脈法の適用が可能

② フィリップサイト脈による活動性評価:方針

sF-1断層沿いに採取した試料を用いて、以下のa),b)の検討・評価を行い、後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられるフィリップサイト脈と断層の最新面との切断関係から、鉱物脈法によりsF-1断層の活動性を評価する。

a) sF-1断層沿いの検討試料選定(補足説明資料P.参考2-30~P.参考2-37参照)

掘削面底盤においてsF-1断層沿いに試料採取ボーリングを行い、鉱物脈法に用いる試料を選定する。

- 粘土状破砕部では地質観察でフィリップサイトの有無を推定できないことから、X線分析により断層内物質中にフィリップサイトを確認し、薄片を作製する。
- 作製した薄片から、フィリップサイト脈と最新面との関係が検討可能な薄片を選定する。

b) 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

(補足説明資料P.参考2-39~P.参考2-83, 補足説明資料P.参考2-103~P.参考2-119参照)

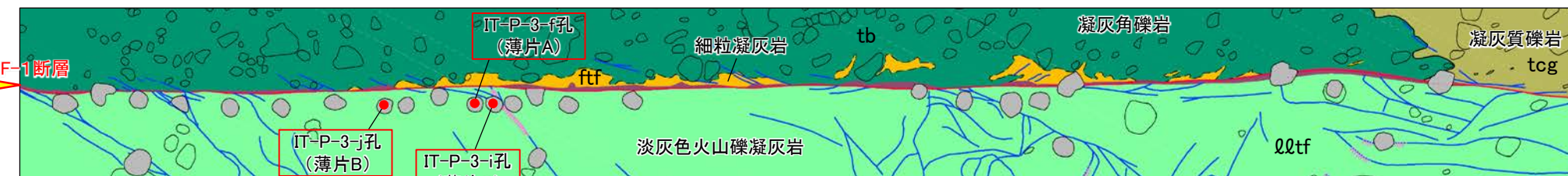
- 上記a)で選定した薄片(A, B, C)を対象に、X線分析, EPMA分析及び薄片観察によりフィリップサイト脈を確認し、薄片観察により断層の最新面を認定する。
- 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無を薄片観察により確認し、sF-1断層の活動性を評価する。



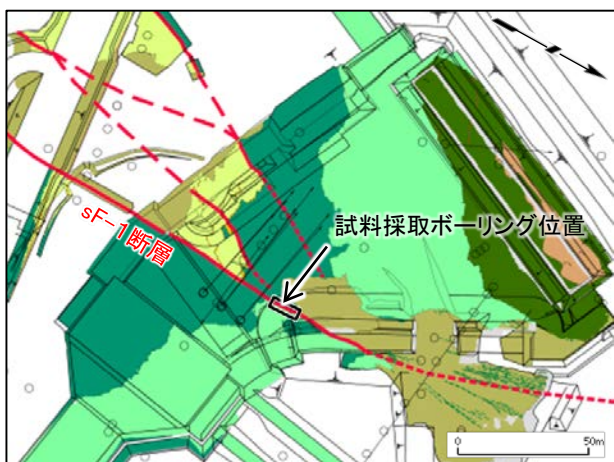
② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(1/8): 試料採取及び鉱物脈法に用いる試料の選定



sF-1断層沿い試料採取ボーリング位置写真



sF-1断層沿い試料採取ボーリング位置図(地質スケッチ)



位置図

注) 位置図の凡例は本編資料P.2-10参照。

凡例

| | | | | |
|------|------|-----------|---|---|
| 大畑層 | tcg | 凝灰質礫岩 | | |
| 易国間層 | ftf | 細粒凝灰岩 | ● | フィリップサイト脈と断層の最新面との関係を検討可能な薄片を作製した試料採取ボーリング孔 |
| | tb | 凝灰角礫岩 | ● | ボーリング孔閉塞(モルタル) |
| | lltf | 淡灰色火山礫凝灰岩 | ○ | 主な礫 |
| | | 地層境界 | 〰 | 割れ目 |
| | | 地質境界 | 〰 | 白色充填物 |
| | | sF-1断層破砕部 | 〰 | |
| | | 断層面 | 〰 | |

sF-1断層沿いに試料採取ボーリングを行い、鉱物脈法に用いる試料を選定する。

- 取水庭北部の掘削面底盤において、ほぼ鉛直なsF-1断層沿いに、試料採取ボーリング(鉛直28孔)を掘削した。
- ボーリングコアの断層内物質のX線分析を実施し、フィリップサイトを確認した試料を用いて、薄片を作製した。
- このうち3孔(IT-P-3-f, IT-P-3-j, IT-P-3-i)のコアで作製した3枚の薄片(A, B, C)において、フィリップサイト脈と断層の最新面との関係が検討可能であることを確認した(補足説明資料P.参考2-31~P.参考2-36参照)。

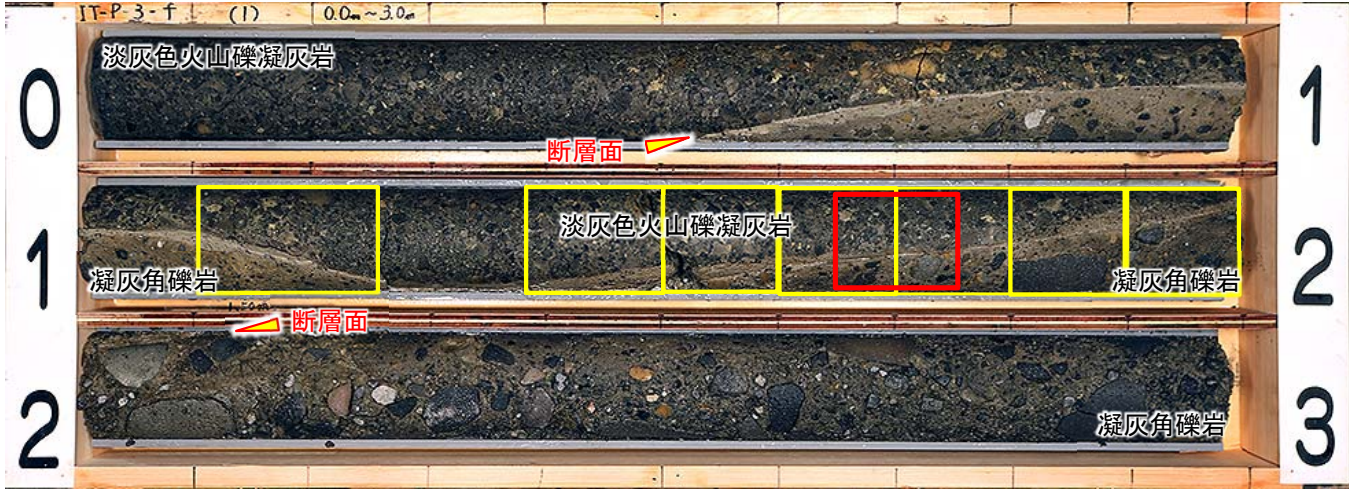


2.1 鉱物脈法による活動性評価(30/78)

② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(2/8):薄片A(1/2)

:断層内物質のX線分析区間及び薄片試料採取区間

IT-P-3-f孔(0m~3m)



凡例

- X線分析(不定方位)区間
- 薄片Aの試料採取区間

コア写真

| 標尺 (m) | 深度 (m) | 標高 T.P. (m) | 柱状 図 | 地層 名 | 地質 名 | 岩盤 区分 | 色 調 | コア採取率 (%) | | 最大コア長 (cm) | | R Q D (%) | | 記 事 |
|-----------|-----------|-------------------|-------------|-------------|---------------|----------|----------------|--------------|-----|---------------|-----|---|-----|--------|
| | | | | | | | | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | |
| 1 2 | 1.83 | -6.86 | 易固間層 上部層 | 易固間層 上部層 | 淡灰色 火山礫凝灰岩 | 00tf | 灰・褐灰/淡黄灰 | 100 | 49 | 88 | 83 | 1.83m:傾斜角約85°の断層(sF-1)がある。破砕幅約0.1cm~約1.5cm で白色粘土質物質を挟在する。明瞭な変位基準がないため、見掛けの 鉛直変位量は不明である。 | | |
| | 3.00 | -8.03 | | | 凝灰角礫岩 | tb | 灰黒・褐灰・灰 /淡灰 | 100 | 0 | 0 | 0 | | | |

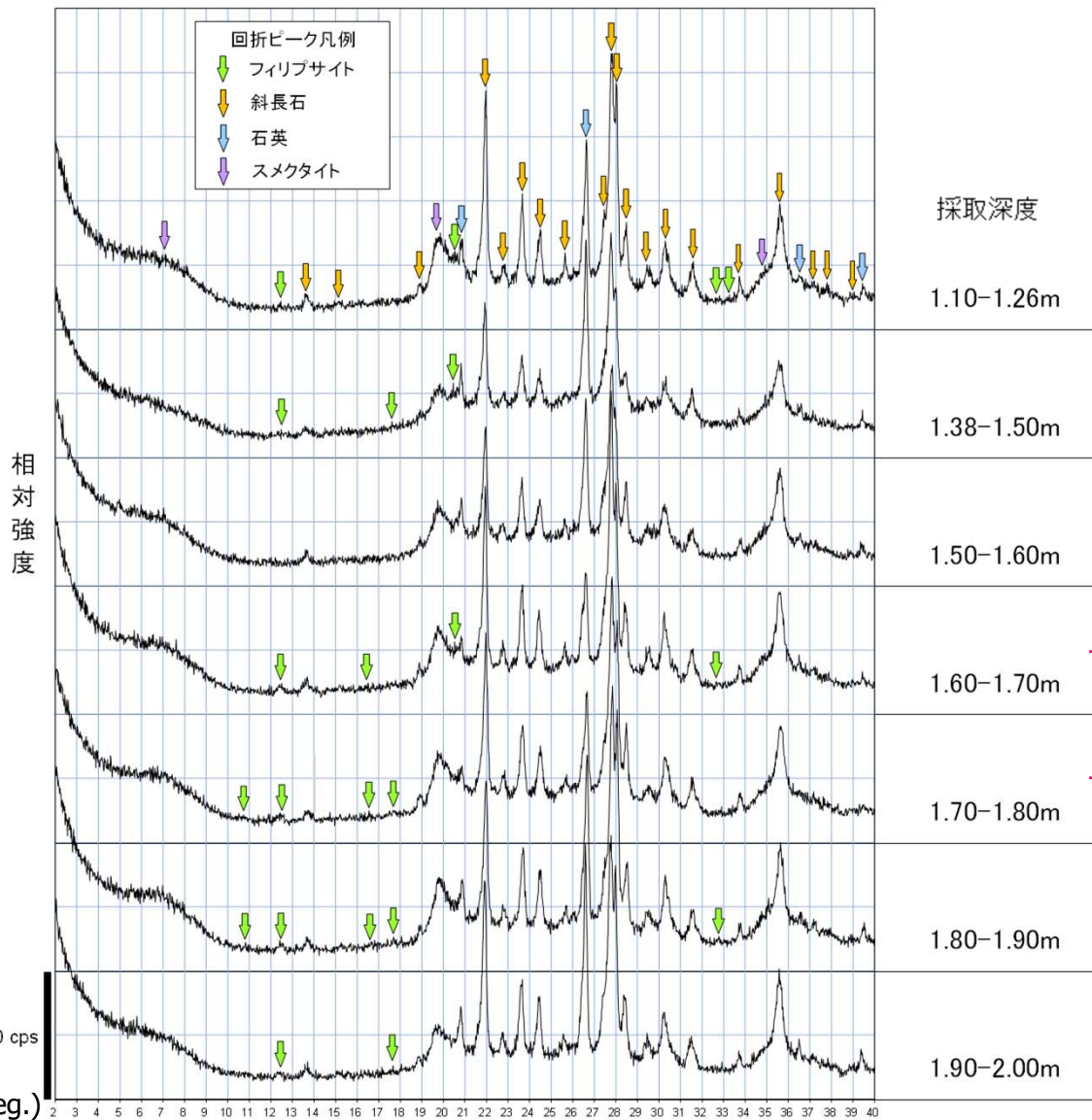
柱状図

- IT-P-3-f孔では、断層面は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界をなし、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質をおおむね10cm間隔毎に採取してX線分析(不定方位)を行い、フリップサイトの分布状況を把握した(補足説明資料P.参考2-32参照)。
- 断層内物質中にフリップサイトを確認し、深度1.65m~1.75mの区間を薄片試料(薄片A)として採取した。



② a) sF-1 断層沿いの検討試料選定 (3/8) : 薄片A (2/2) : X線分析によるフィリップサイトの確認

IT-P-3-f
不定方位分析



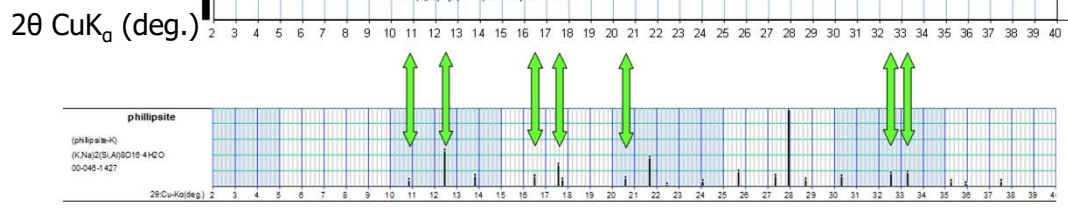
- X線分析の結果, 断層内物質の複数の区間で, フィリップサイトに特徴的な回折ピーク ($2\theta = 12.44^\circ, 17.57^\circ$ 等, 補足説明資料 P.参考2-101参照) が認められる。
- 比較的明瞭なピークが認められる付近を薄片Aの試料採取区間とした。

薄片Aの試料採取区間
IT-P-3-f 1.65m~1.75m

注1) X線分析の試料調整とX線回折条件の詳細については, 補足説明資料P.参考2-100を参照。

注2) フィリップサイトの回折ピークは他鉱物に比べて小さいものの, この採取位置近傍にある白色充填物のフィリップサイトのピーク(補足説明資料P.参考2-22参照)と同じ位置に特徴的に認められ, 薄片試料採取区間のピークは明瞭である。

↑ フィリップサイトに特徴的な回折ピークの位置
(斜長石・石英・スメクタイトと重複するフィリップサイトの回折ピークを除く)



ICDD (2015)⁷⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

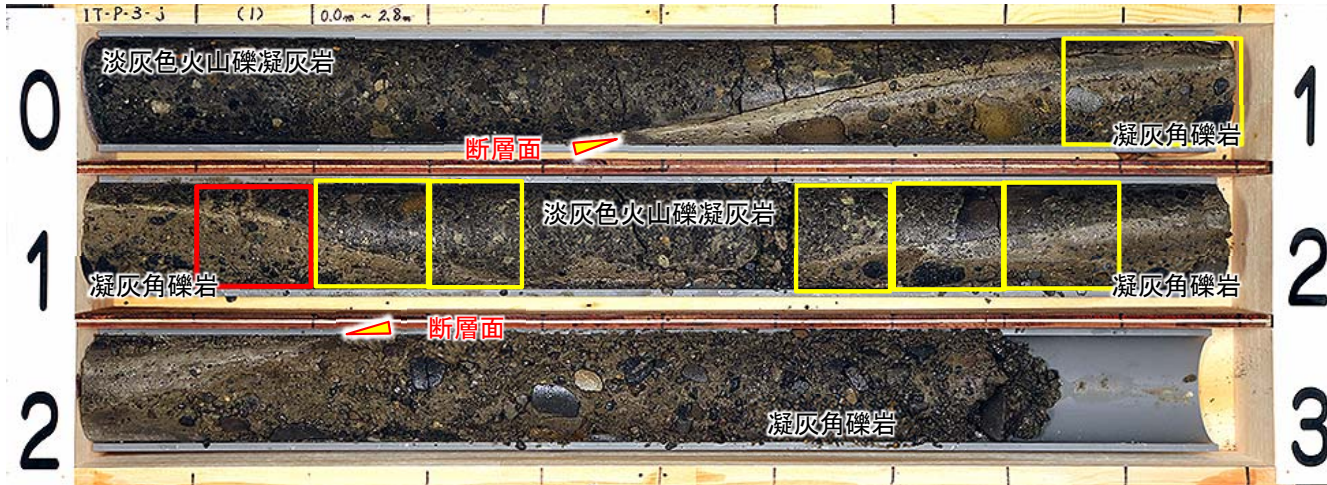


2.1 鉱物脈法による活動性評価(32/78)

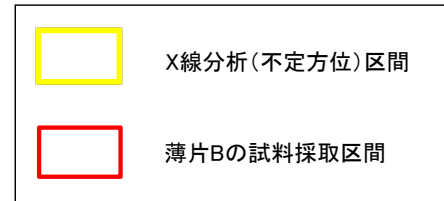
② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(4/8):薄片B(1/2)

:断層内物質のX線分析区間及び薄片試料採取区間

IT-P-3-j孔(0m~2.8m)



凡例



コア写真

| 標尺 (m) | 深度 (m) | 標高 T.P. (m) | 柱状 図 | 地層 名 | 地質 名 | 岩盤 区分 | 色 調 | コア 採取 率 (%) | 最大 コア 長 (cm) | R Q D (%) | 記 事 |
|-----------|-----------|-------------------|-------------|---------|-----------|----------|----------|----------------------|-----------------------|--------------------|--|
| | | | | | | | | 0 100 | 0 100 | 0 100 | |
| 1 | 0.72 | -5.76 | 易国間層 上部層 | | 淡灰色火山礫凝灰岩 | 00tf | 灰黒・灰/淡黄灰 | 100 | 35 | 57 | 1.75m:傾斜角約70°~約80°の断層(sF-1)がある。破砕幅約0.1cm~約3.0cmで白色粘土質物質を挟在する。明確な変位基準がないため、見掛けの鉛直変位量は不明である。 |
| | 1.20 | -6.24 | | | 凝灰角礫岩 | tb | 灰黒/淡褐 | | | | |
| | 1.75 | -6.79 | | | 淡灰色火山礫凝灰岩 | 00tf | 灰・灰黒/淡黄灰 | 100 | 28 | 51 | |
| 2 | 2.80 | -7.84 | 凝灰角礫岩 | tb | 灰黒/淡褐 | 100 | | | | | |

柱状図

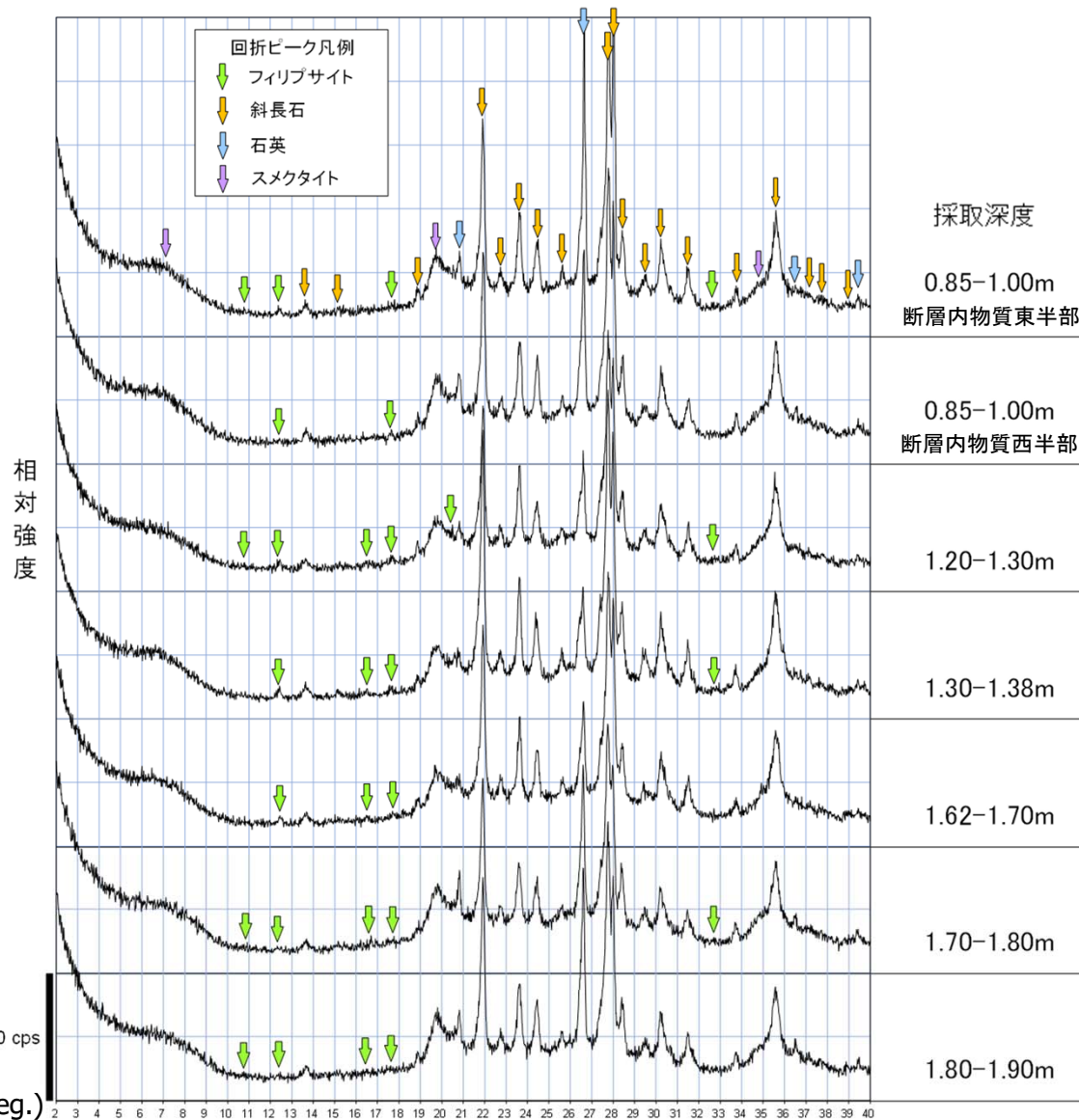
- IT-P-3-j孔では、断層面は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界をなし、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質をおおむね10cm間隔毎に採取してX線分析(不定方位)を行い、フィリップサイトの分布状況を把握した(補足説明資料P.参考2-34参照)。
- 断層内物質中にフィリップサイトを確認し、深度1.10m~1.20m区間を薄片試料(薄片B)として採取した。

2.1 鉱物脈法による活動性評価 (33/78)



② a) sF-1 断層沿いの検討試料選定 (5/8) : 薄片B (2/2) : X線分析によるフィリップサイトの確認

IT-P-3-j
不定方位分析



薄片Bの試料採取区間
IT-P-3-j 1.10m~1.20m

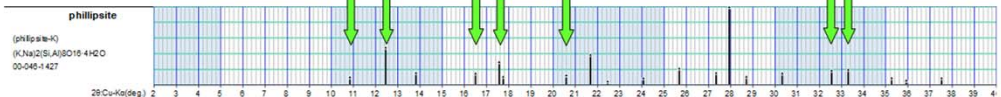
- X線分析の結果, 断層内物質の複数の区間で, フィリップサイトに特徴的な回折ピーク ($2\theta = 12.44^\circ, 17.57^\circ$ 等, 補足説明資料 P.参考2-101参照) が認められる。
- 比較的明瞭なピークが認められる付近を薄片Bの試料採取区間とした。

注1) X線分析の試料調整とX線回折条件の詳細については, 補足説明資料P.参考2-100を参照。

注2) フィリップサイトの回折ピークは他鉱物に比べて小さいものの, この採取位置近傍にある白色充填物のフィリップサイトのピーク(補足説明資料P.参考2-22参照)と同じ位置に特徴的に認められ, 薄片試料採取区間のピークは明瞭である。

↑ フィリップサイトに特徴的な回折ピークの位置
(斜長石・石英・スメクタイトと重複するフィリップサイトの回折ピークを除く)

ICDD (2015)⁷⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

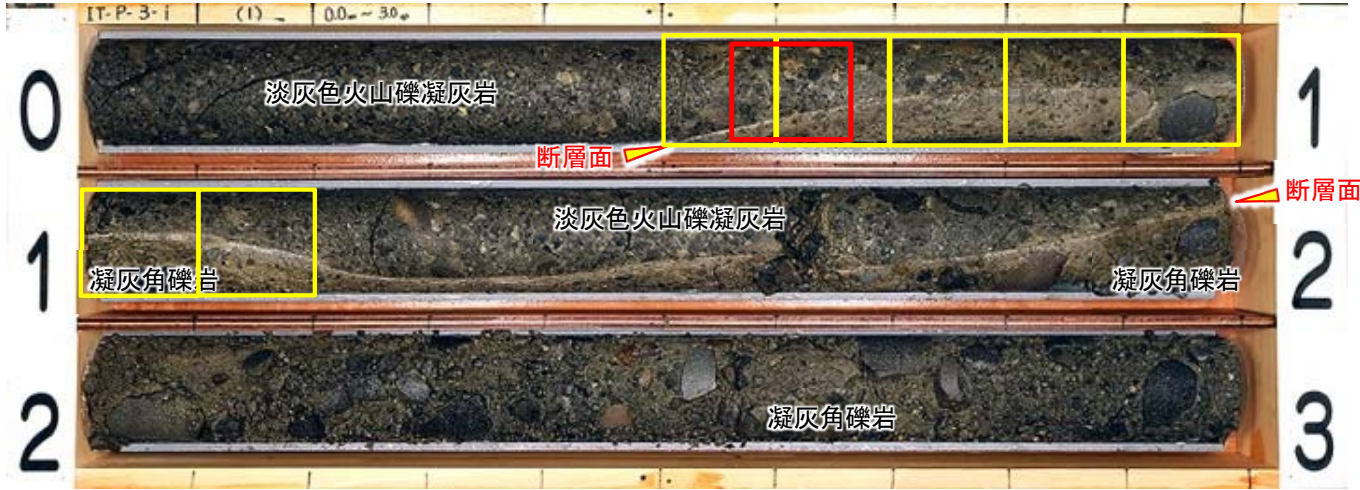




2.1 鉱物脈法による活動性評価(34/78)

② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(6/8):薄片C(1/2) :断層内物質のX線分析区間及び薄片試料採取区間

IT-P-3-i孔(0m~3m)



凡例

- X線分析(不定方位)区間
- 薄片Cの試料採取区間

コア写真

| 標尺 (m) | 深度 (m) | 標高 T.P. (m) | 柱状 図 | 地層 名 | 地質 名 | 岩盤 区分 | 色 調 | コア採取率 (%) | | | 最大 コア長 (cm) | R Q D (%) | | | 記 事 |
|-----------|-----------|-------------------|-------------|---------|---------------|----------|----------|--------------|-----|----|-------------------|--------------------|---|---|--------|
| | | | | | | | | 0 | 100 | 0 | | 100 | 0 | 100 | |
| 1 | 1.85 | -6.89 | 易固間層 上部層 | | 淡灰色 火山礫凝灰岩 | 00tf | 灰・灰黒/淡黄灰 | 100 | 100 | 38 | 68 | | | 1.85m:傾斜角約80°~約90°の断層(sF-1)がある。断層面は緩やかなS字を呈する。破砕幅約0.1cm以下~約1.5cmで白色粘土質物質を挟在する。明瞭な変位基準がないため、見掛けの鉛直変位量は不明である。 | |
| 2 | 3.00 | -8.04 | | | 凝灰角礫岩 | tb | 黒・褐灰/淡褐 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | | | |

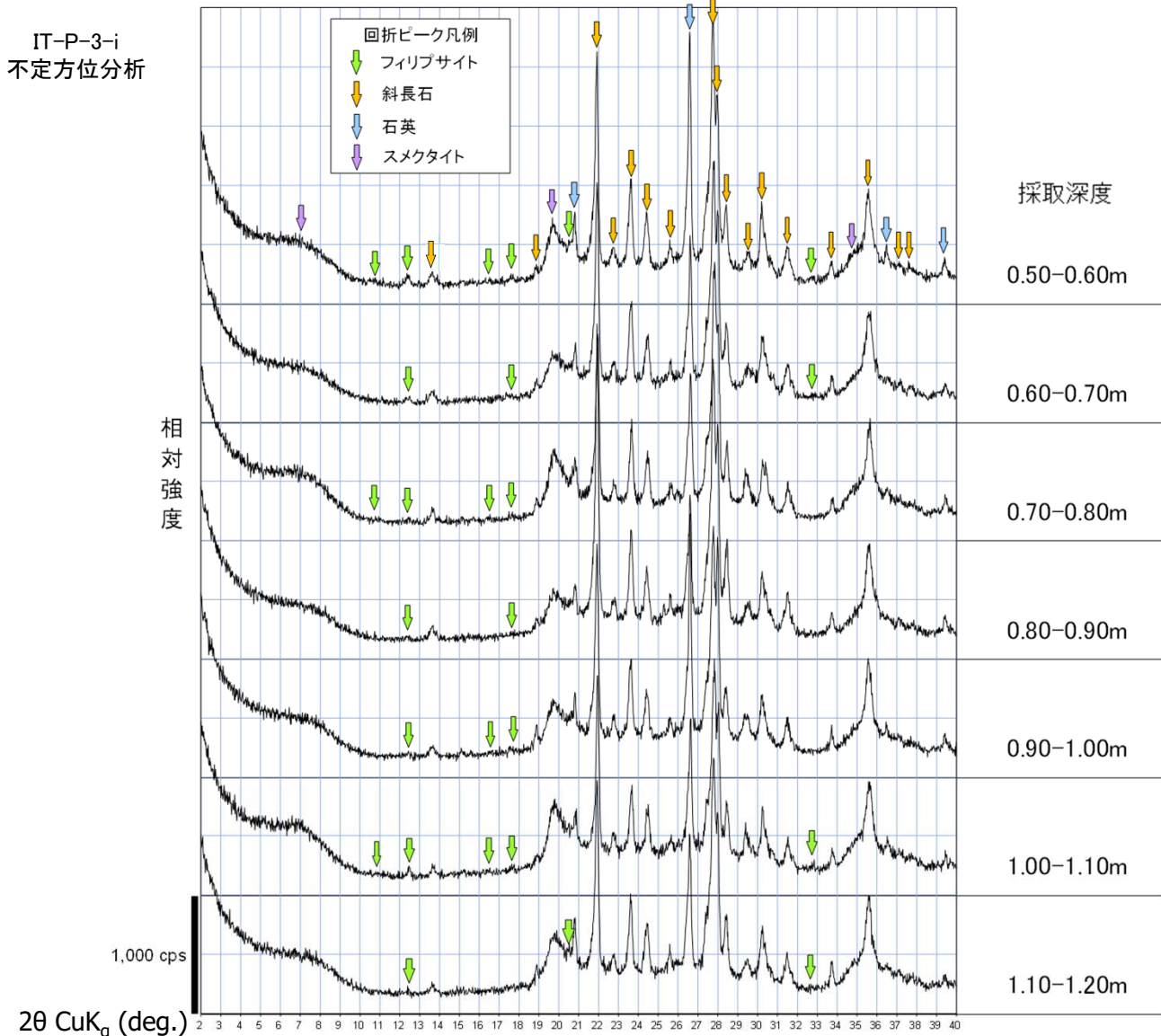
柱状図

- IT-P-3-i孔では、断層面は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界をなし、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質をおおむね10cm間隔毎に採取してX線分析(不定方位)を行い、フィリップサイトの分布状況を把握した(補足説明資料P.参考2-36参照)。
- 断層内物質中にフィリップサイトを確認し、深度0.57m~0.67m区間を薄片試料(薄片C)として採取した。

2.1 鉱物脈法による活動性評価 (35/78)



② a) sF-1 断層沿いの検討試料選定 (7/8) : 薄片C (2/2) : X線分析によるフィリップサイトの確認



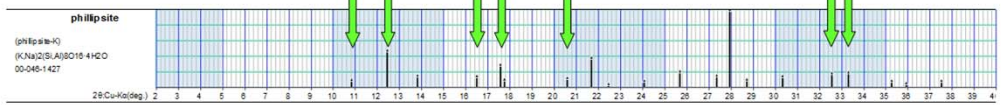
薄片Cの試料採取区間
IT-P-3-i 0.57m~0.67m

- X線分析の結果, 断層内物質の複数の区間で, 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.参考2-101参照) が認められる。
- 比較的明瞭なピークが認められる付近を薄片Cの試料採取区間とした。

注1) X線分析の試料調整とX線回折条件の詳細については, 補足説明資料P.参考2-100を参照。

注2) フィリップサイトの回折ピークは他鉱物に比べて小さいものの, この採取位置近傍にある白色充填物のフィリップサイトのピーク(補足説明資料P.参考2-22参照)と同じ位置に特徴的に認められ, 薄片試料採取区間のピークは明瞭である。

↑ フィリップサイトに特徴的な回折ピークの位置
(斜長石・石英・スメクタイトと重複するフィリップサイトの回折ピークを除く)



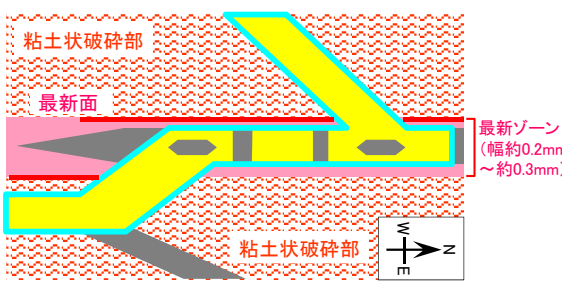
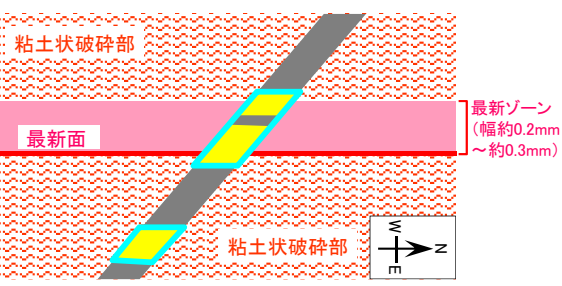
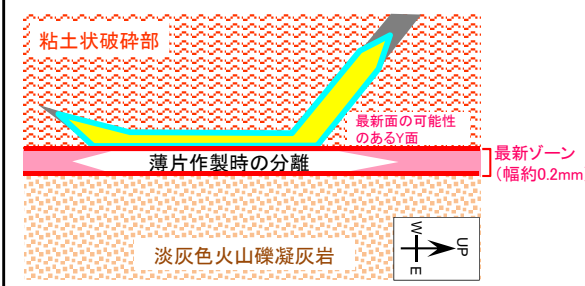
ICDD (2015)⁷⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(8/8):まとめ

- sF-1断層沿いに試料採取ボーリング(28孔)を掘削し, コアの断層内物質のX線分析によりフィリップサイトを確認し, 薄片を作製した。
- このうち, 鉍物脈法に用いる試料として3枚の薄片(A, B, C)を選定した。これら薄片において, フィリップサイト脈と断層の最新面との関係が検討可能である。

(余白)

② b) 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(1/3): 鉱物脈法による評価の概要

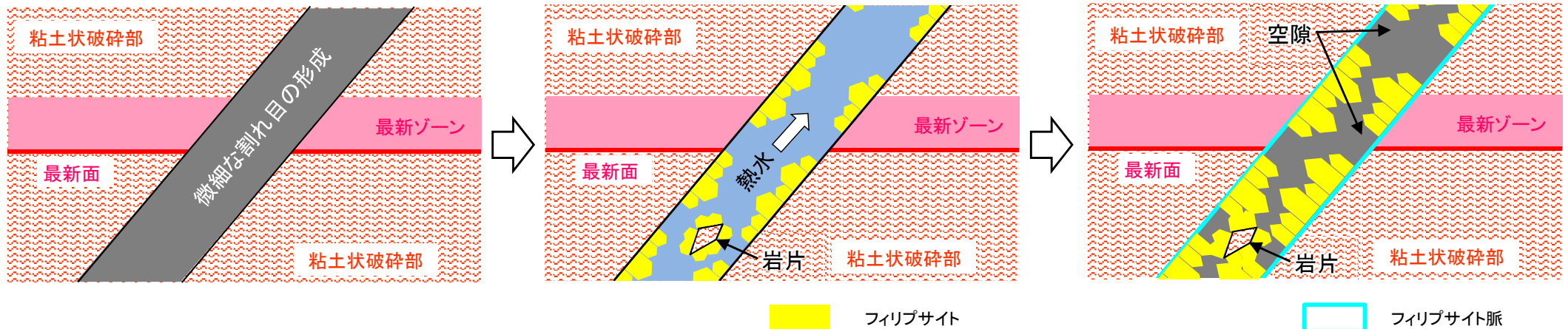
| 薄片名 | | 薄片A (IT-P-3-f孔 深度1.65m~1.75m) | 薄片B (IT-P-3-j孔 深度1.10m~1.20m) | 薄片C (参考)*3 (IT-P-3-i孔 深度0.57m~0.67m) |
|--------------|---|--|--|--|
| 断層内物質のX線分析 | | フィリップサイトを検出 | フィリップサイトを検出 | フィリップサイトを検出 |
| 断層内物質のEPMA分析 | | KとNaに富むフィリップサイトを確認 | —*2 | KとNaに富むフィリップサイトを確認 |
| 薄片観察 | フィリップサイト脈の確認 | フィリップサイト脈を確認 | フィリップサイト脈を確認 | フィリップサイト脈を確認 |
| | 最新ゾーン・最新面の認定*1(模式図) 微細な割れ目中の空隙等 フィリップサイト フィリップサイト脈 |  |  |  |
| | フィリップサイト脈と最新面との関係 | <ul style="list-style-type: none"> フィリップサイト脈は最新面を横切って分布し、変位・変形は認められない。 | <ul style="list-style-type: none"> フィリップサイト脈は最新面を横切って分布し、変位・変形は認められない。 | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |
| | フィリップサイト脈と最新ゾーンとの関係 | <ul style="list-style-type: none"> フィリップサイト脈は最新面を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められない。 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ゾーン内部に発達する最新面やR₁面を横切って晶出し、破壊は認められない。 | <ul style="list-style-type: none"> フィリップサイト脈は最新面を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められない。 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ゾーン内部に発達する最新面やR₁面を横切って晶出し、破壊は認められない。 | — |

*1: 最新ゾーン・最新面の定義は、補足説明資料P.参考2-41の「観察スケールによるsF-1断層の最新ゾーン・最新面等の認定の考え方」を参照。
 *2: EPMA分析用薄片の位置は、フィリップサイトが認められる観察用薄片から約2mm程度離れており、微小なフィリップサイト脈は認められない。
 *3: 薄片C(参考)の観察では、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(補足説明資料P.参考2-103~P.参考2-119参照)。

• フィリップサイト脈と断層の最新面との切断関係が検討可能な2枚の薄片(薄片A及び薄片B)について、鉱物脈法による評価の概要を示す。
 • 薄片A及び薄片Bの観察では、フィリップサイト脈は最新面を横切って分布し、変位・変形は認められない。さらに、フィリップサイト脈は最新面を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められない。したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層の活動はないと判断される。

2.1 鉱物脈法による活動性評価 (38/78)

② b) 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 (2/3) : フィリップサイト脈形成の考え方



① 微細な割れ目の形成

- 粘土状破碎部に微細な割れ目が形成される。

注) 微細な割れ目は、間隙水圧の上昇等によって形成される。

② 熱水の流入・フィリップサイト脈の形成

- 熱水が繰り返し微細な割れ目に流入し、熱水に溶存しているフィリップサイトが微細な割れ目の壁面に、順次、晶出してフィリップサイト脈を形成する。

③ 現在の状況

- 微細な割れ目に晶出したフィリップサイトが成長し、現在のフィリップサイト脈が形成される。一部には、空隙が残り、周囲の粘土状破碎部が岩片として取り込まれる。

フィリップサイト脈の形成模式図

- 粘土状破碎部の微細な割れ目のフィリップサイト脈は、①微細な割れ目の形成、②熱水の流入・フィリップサイト脈の形成、③現在の状況という3つのステージを経て形成されると考えられる。
- したがって、フィリップサイト脈は熱水が微細な割れ目に流入して一部の空隙を残して形成されたものであり、一連の形成過程から、鉱物脈として断層の活動性評価に使用できると判断される。



② b) 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(3/3):最新面等の認定の考え方

観察スケールによるsF-1断層の最新ゾーン・最新面等の認定の考え方

| 断層内部区分 | 特徴 | 観察レベル | 概念図 |
|---|--|--|---|
| <p>破碎部</p> <p>断層面 (粘土状破碎部)</p> <p>最新ゾーン*</p> <p>最新面</p> | <ul style="list-style-type: none"> 断層活動により岩盤中にせん断破碎が認められる破碎領域。 領域内に粘土あるいは角礫から成る断層内物質を伴う場合が多い。 破碎部中において細粒分が卓越し、最も直線性・連続性が良いせん断面(主せん断面)を含む領域(詳細観察で幅を認識できる場合は粘土状破碎部として示す)。 断層面(粘土状破碎部)のうち、粘土鉱物の配列等による複合面構造(Y面、R₁面等)が卓越し、直線性・連続性が認められ、最新面を含み、他の構造に切られない領域。 最新ゾーンの中で、最も直線性・連続性が認められる面。 複合面構造のY面に相当し、ステップする場合がある。 | <p>露頭, コア, CT, 研磨片</p> <p>薄片</p> | <p>断層面 (粘土状破碎部)</p> <p>破碎部</p> <p>変位センス →</p> <p>最新面(Y面)</p> <p>R₁面</p> <p>P面</p> <p>最新ゾーン</p> <p>最新面(Y面)</p> <p>←</p> |

注) 最新ゾーン及び最新面の特徴は、Bullock et. al.(2014)¹⁷⁾のPSZ(Principal Slip Zone), PSS(Principal Slip Surface)の考え方にに基づく。

※:最新ゾーンの幅は、薄片A、薄片B及び薄片Cの観察結果によると約0.2mm~約0.3mmである。

鉱物脈法の適用に当たり、断層の最新活動時期を表す最新面等の認定の考え方を以下に示す。

- 最新面の認定においては、コア観察等により破碎部のうち断層面(粘土状破碎部)を確認し、薄片観察により最新面を認定する。
- 鉱物脈法による活動性評価は、断層の最新面と鉱物脈との関係により評価する。

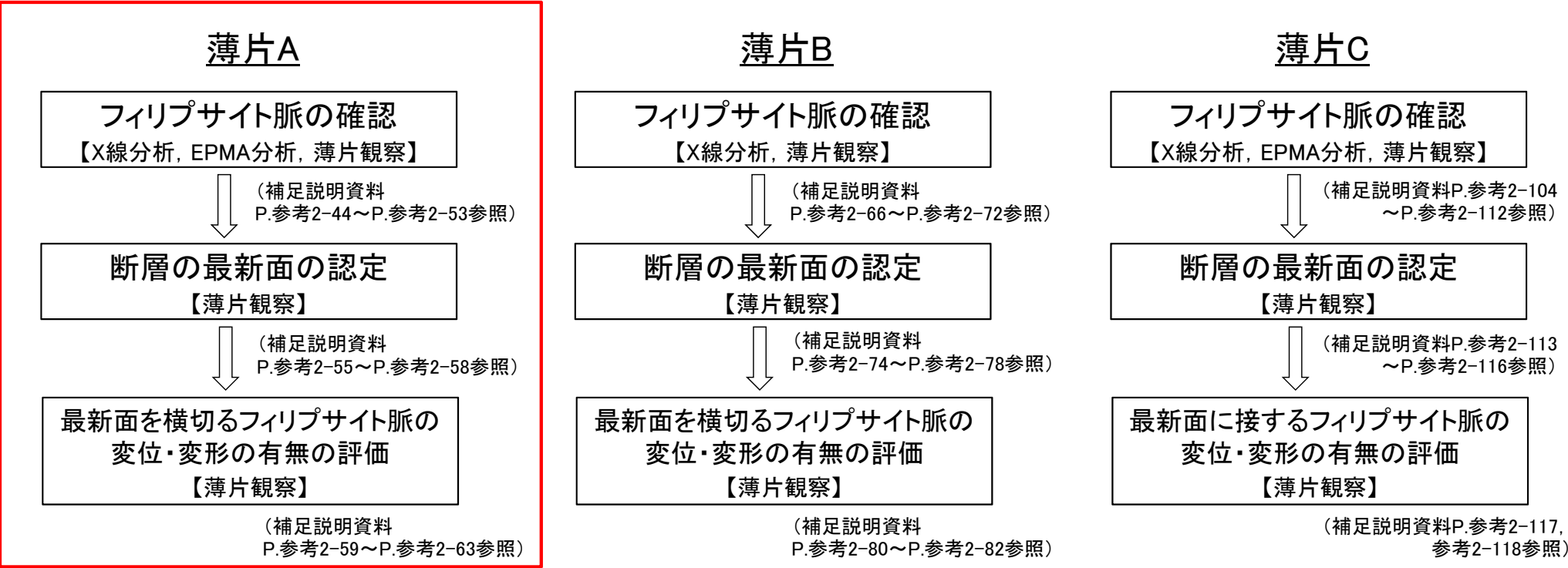
(余白)



2.1 鉱物脈法による活動性評価(40/78)

② b) 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: 薄片A(1/20):評価の流れ

薄片A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)及び最新面を横切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。





2.1 鉱物脈法による活動性評価(41/78)

② b) 薄片A(2/20): フィリップサイト脈の確認(1/9): X線分析

IT-P-3-f孔(深度1m~2m区間)

薄片試料採取区間: 1.65m~1.75m

断層面
(粘土状破碎部)



断層面
(粘土状破碎部)

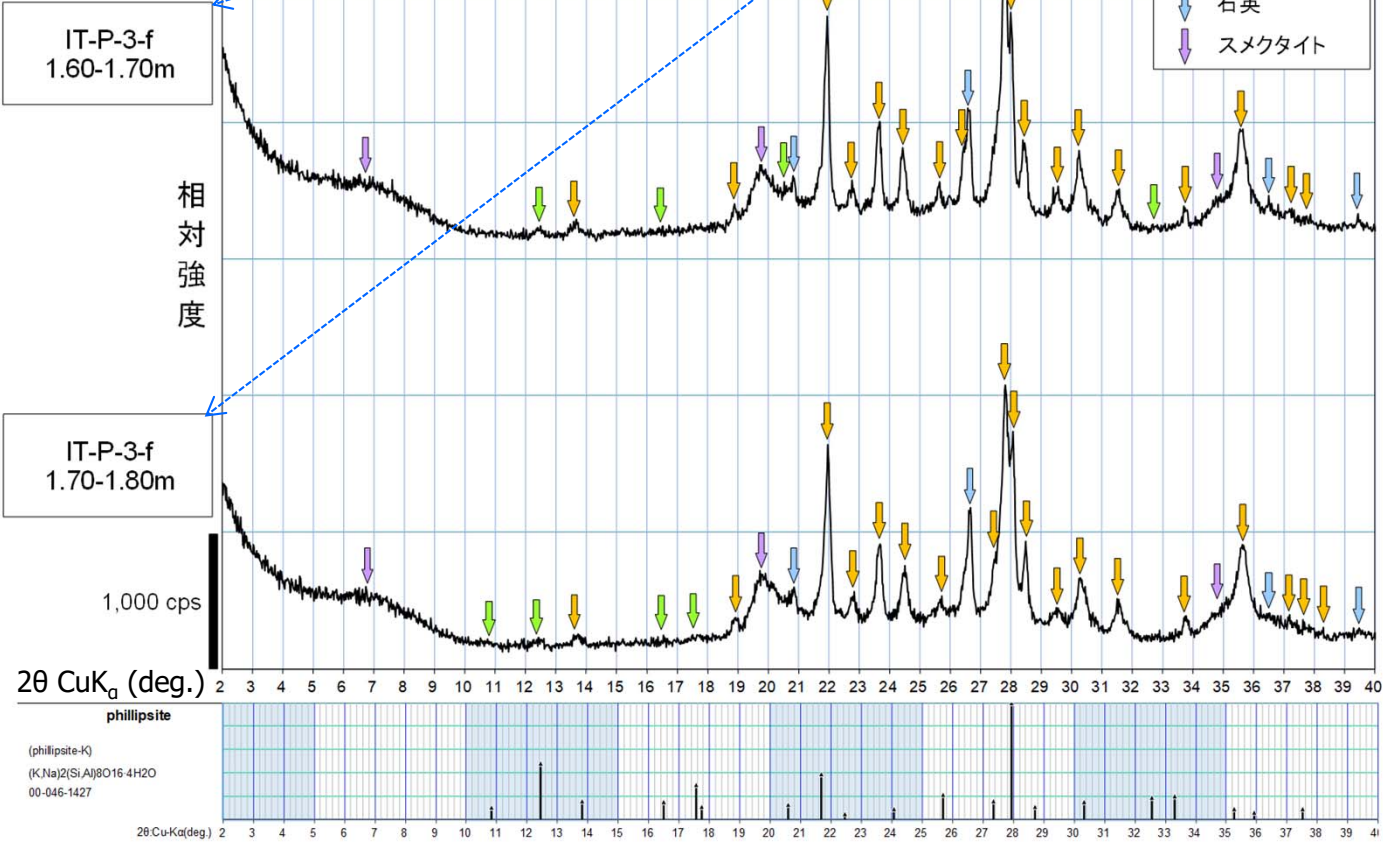
ボーリングコア写真

2

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)

- 回折ピーク凡例
- ↓ フィリップサイト
 - ↓ 斜長石
 - ↓ 石英
 - ↓ スメクタイト



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Aの試料を採取したIT-P-3-f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.参考2-101参照)が認められる。

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

ICDD (2015)⁷⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

2.1 鉱物脈法による活動性評価(42/78)

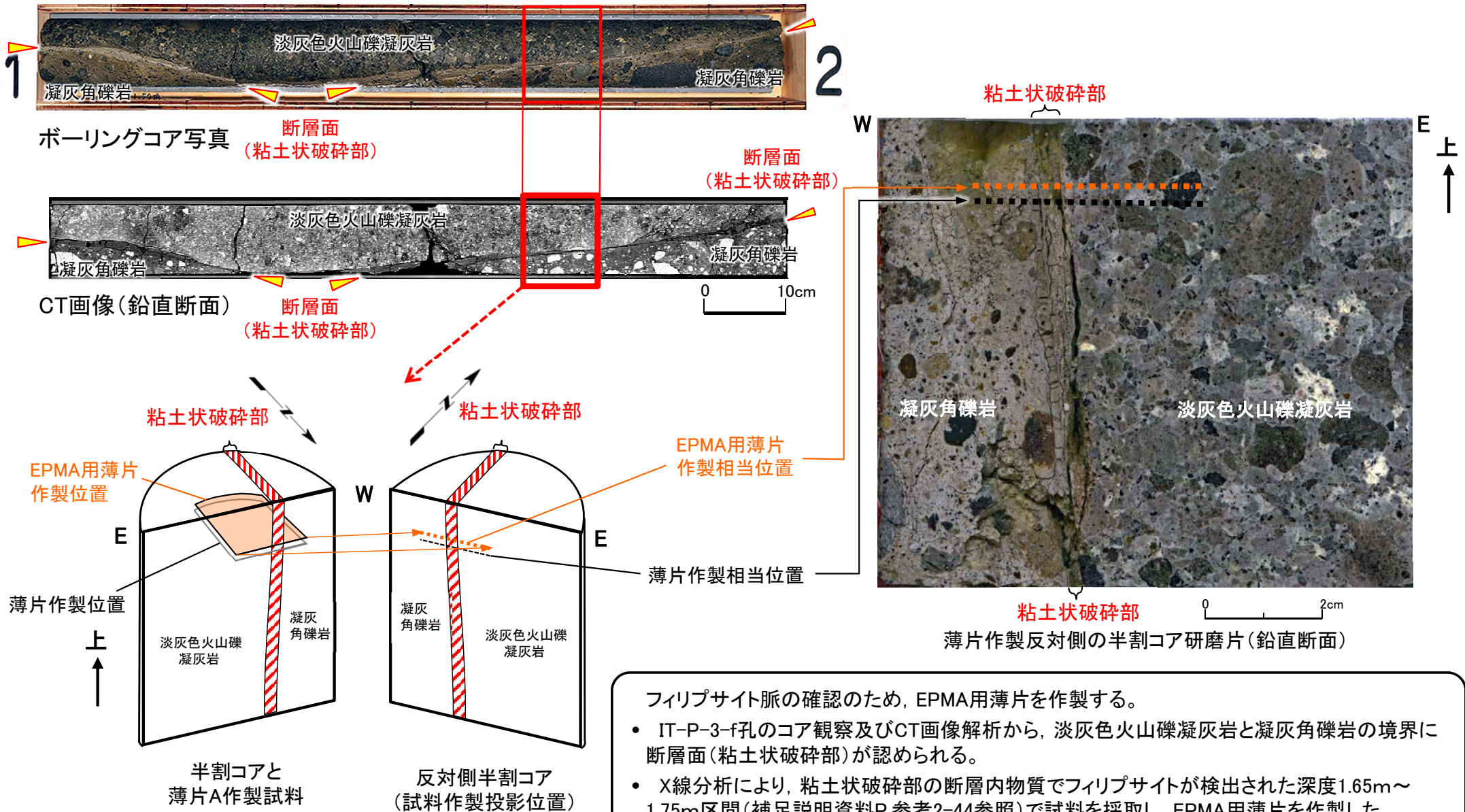
第856回審査会合
資料1-1 P.2-69 再掲

参考2-45



② b) 薄片A(3/20): 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-f孔(深度1m~2m区間) 薄片試料採取区間: 1.65m~1.75m



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-f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1.65m~1.75m区間(補足説明資料P.参考2-44参照)で試料を採取し、EPMA用薄片を作製した。

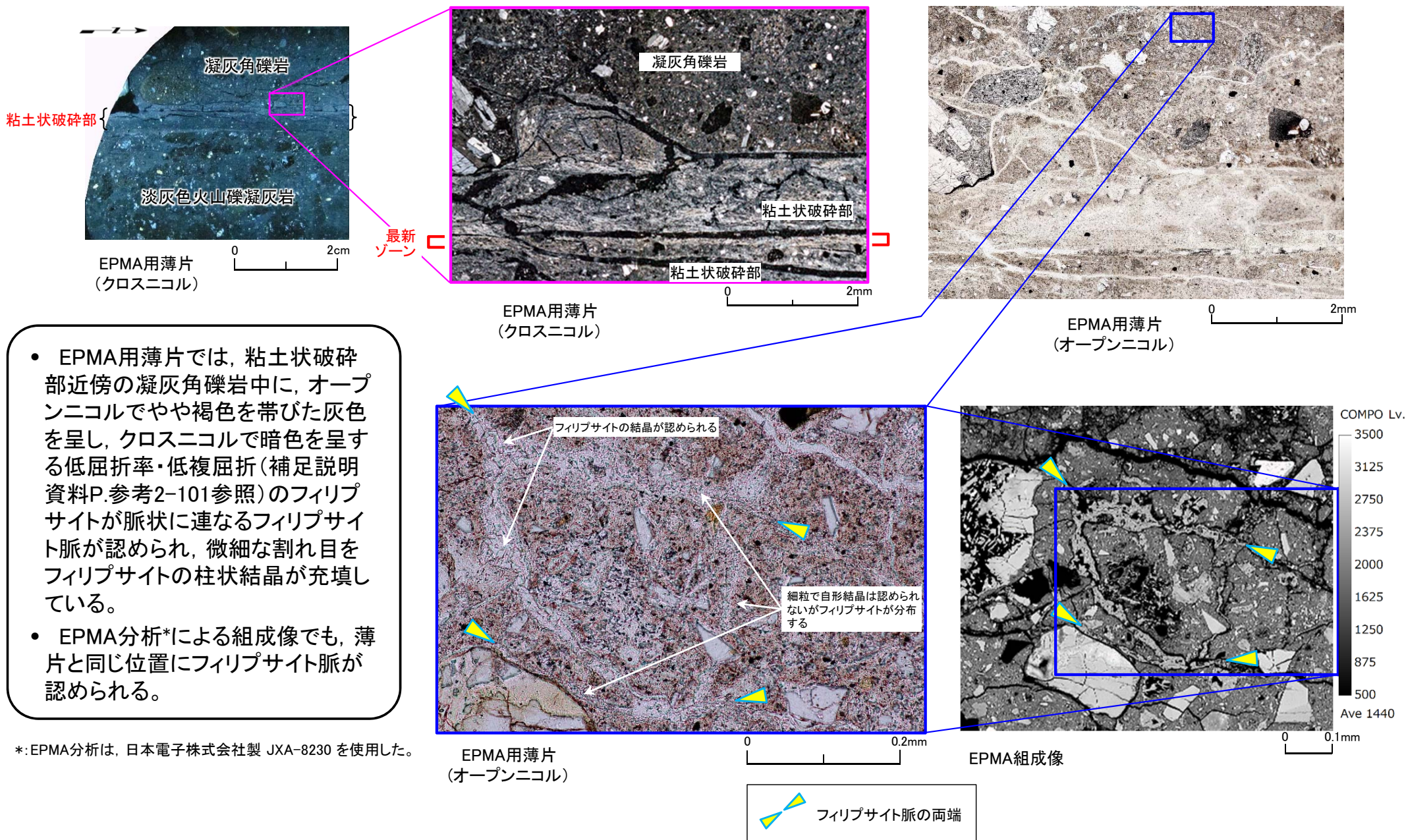
2.1 鉱物脈法による活動性評価(43/78)

第856回審査会合
資料1-1 P.2-70 再掲

参考2-46



② b) 薄片A(4/20):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

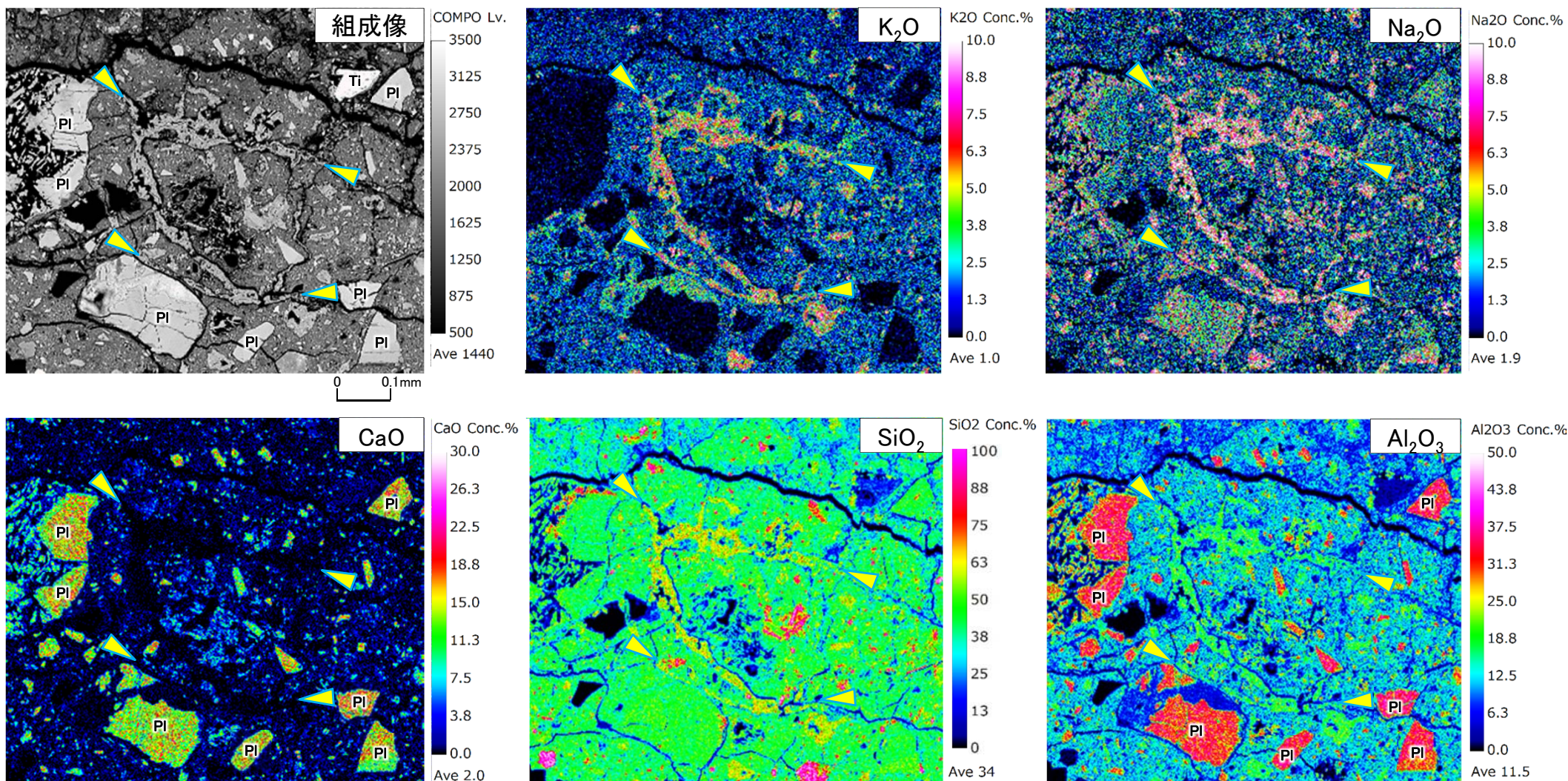


- EPMA用薄片では、粘土状破碎部近傍の凝灰角礫岩中に、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.参考2-101参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められ、微細な割れ目をフィリップサイトの柱状結晶が充填している。
- EPMA分析*による組成像でも、薄片と同じ位置にフィリップサイト脈が認められる。

*:EPMA分析は、日本電子株式会社製 JXA-8230 を使用した。



② b) 薄片A(5/20):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)



KとNaに富むフィリップサイトの化学組成 ICDD (2015)⁷⁾ phillipsite-K (00-046-1427) : SiO₂ 52.07%, Al₂O₃ 19.25%, Na₂O 7.55%, K₂O 5.84%, CaO 1.22%

EPMA分析による元素マップ

: フィリップサイト脈の両端 PI : 灰長石成分に富む斜長石 Ti : Ti・Feに富む金属酸化物

- 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.参考2-48参照)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。

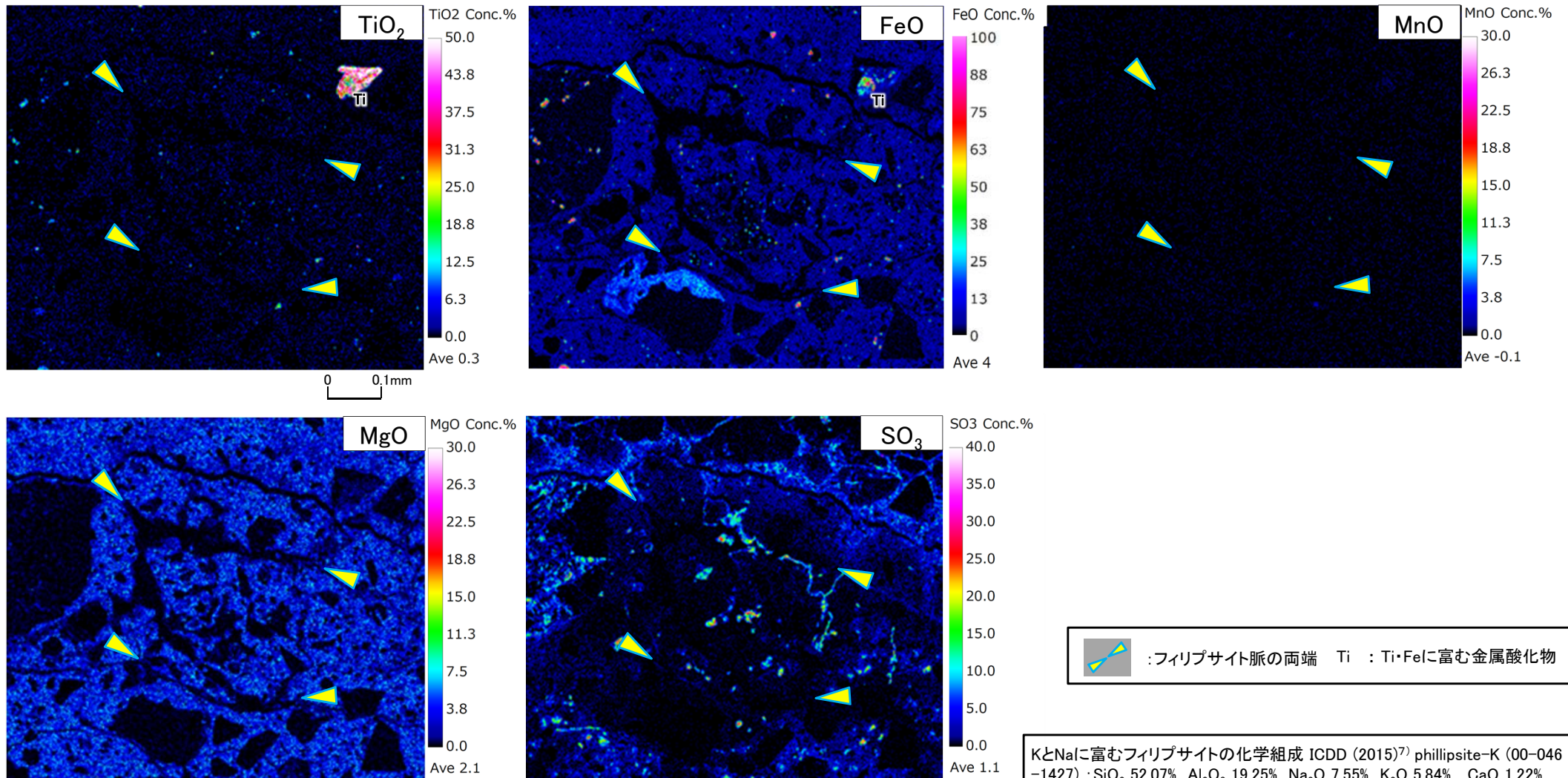
2.1 鉱物脈法による活動性評価(45/78)

第856回審査会合
資料1-1 P.2-72 再掲

参考2-48



② b) 薄片A(6/20):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

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。

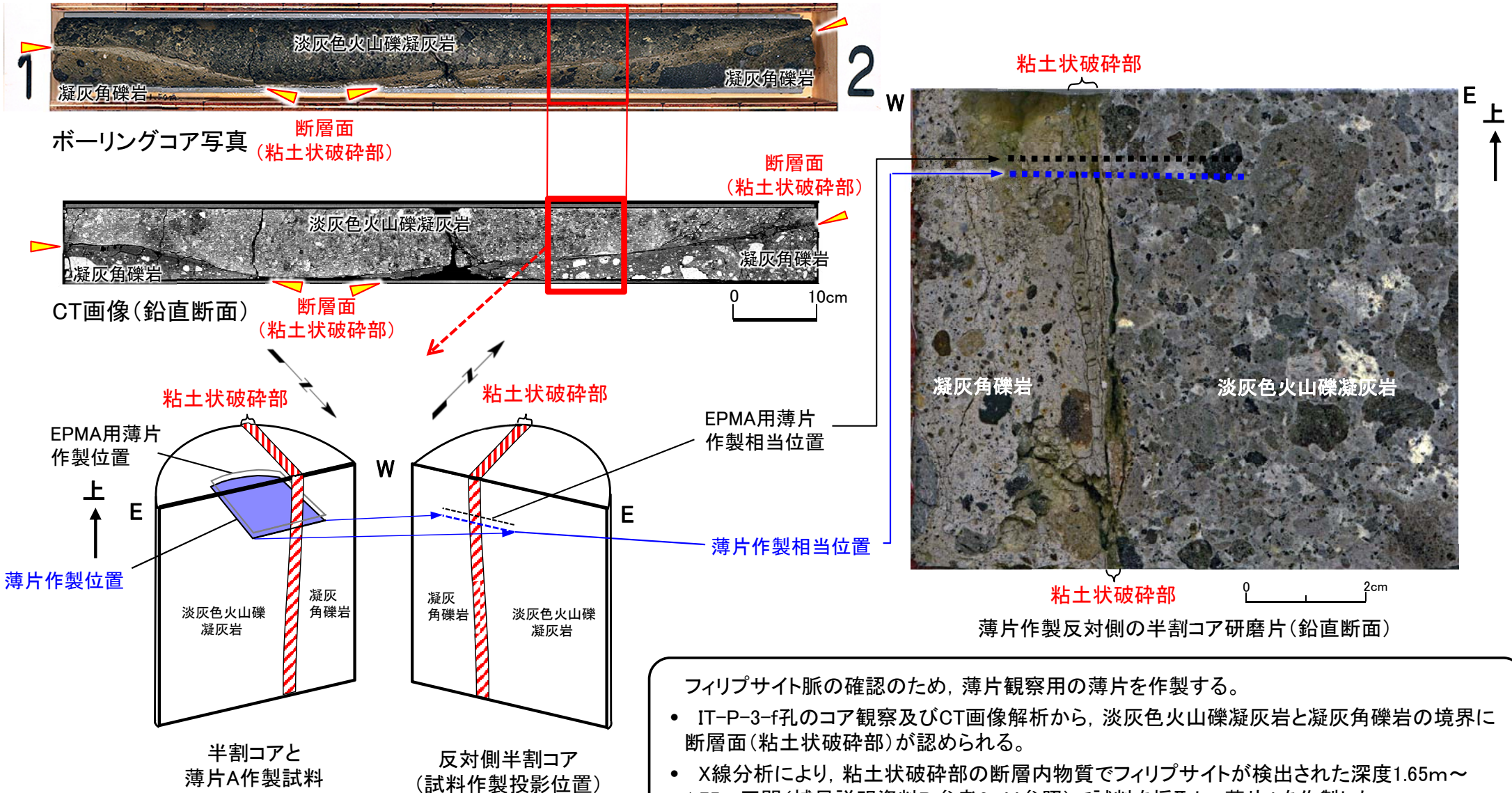
(余白)

2.1 鉱物脈法による活動性評価(46/78)



② b) 薄片A(7/20): 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-f孔(深度1m~2m区間) 薄片試料採取区間: 1.65m~1.75m

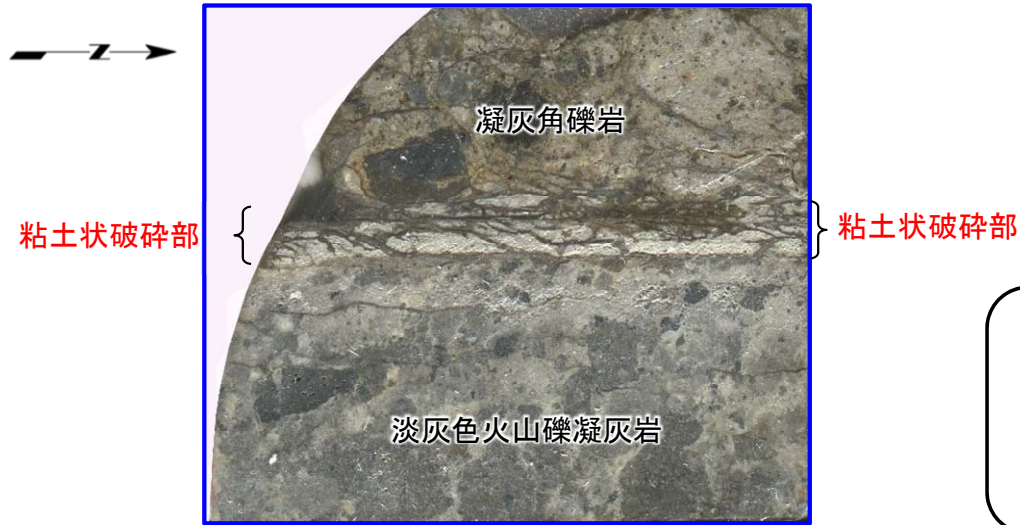


フィリップサイト脈の確認のため、薄片観察用の薄片を作製する。

- IT-P-3-f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1.65m~1.75m区間(補足説明資料P.参考2-44参照)で試料を採取し、薄片Aを作製した。

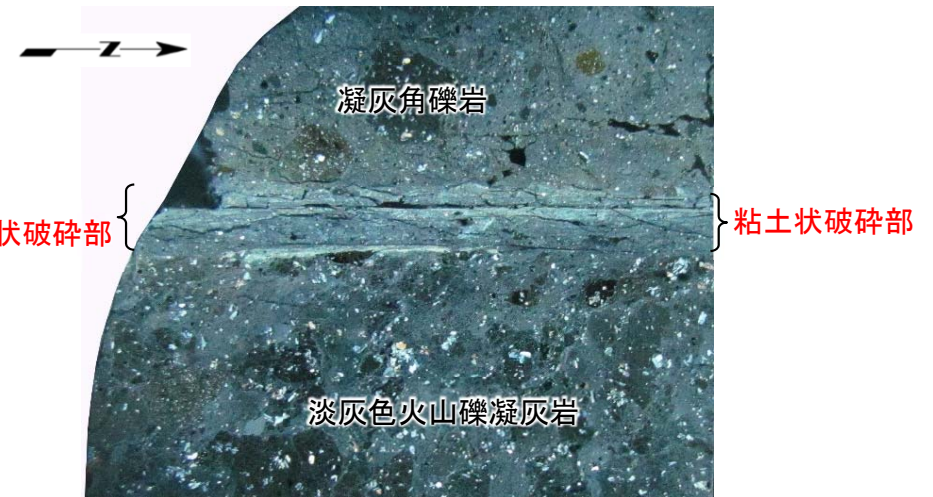
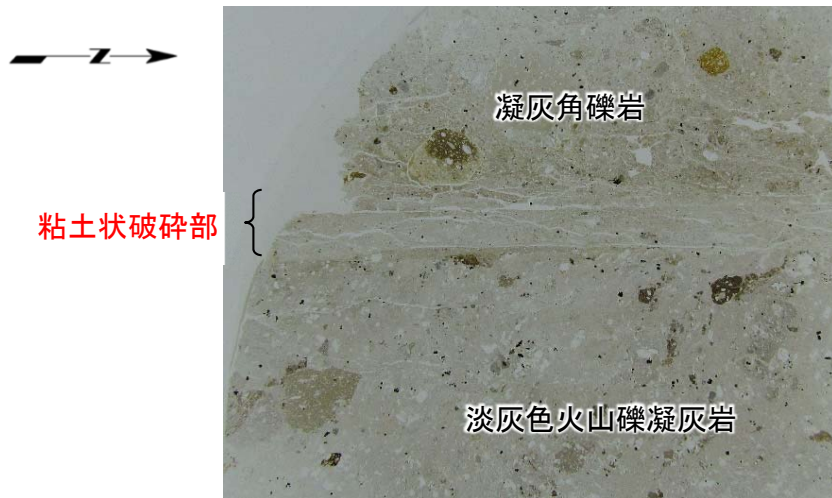


② b) 薄片A(8/20):フィリップサイト脈の確認(7/9):薄片観察(2/4)



- IT-P-3-f孔の深度1.65m~1.75m区間の半割コアから粘土状破碎部を水平方向に横断する薄片A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
(試料下面の画像を左右反転)

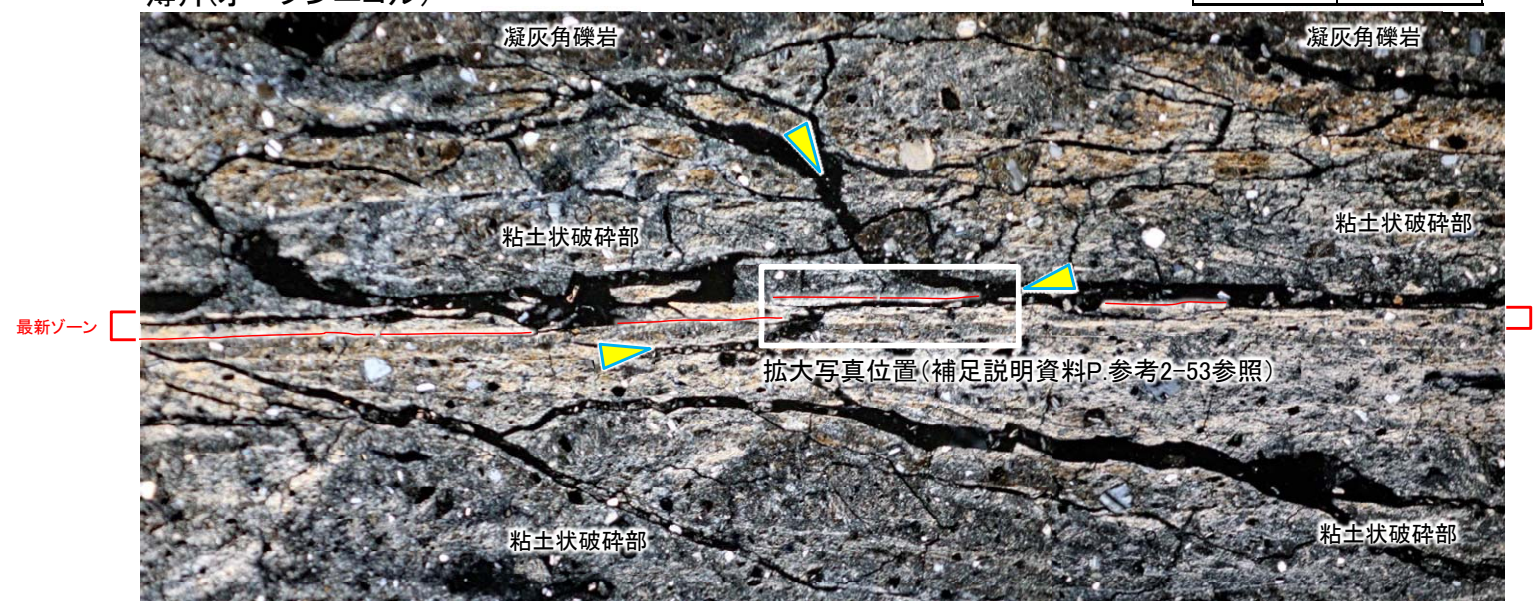
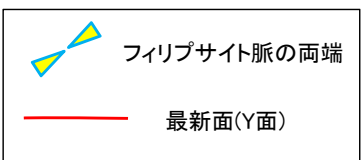
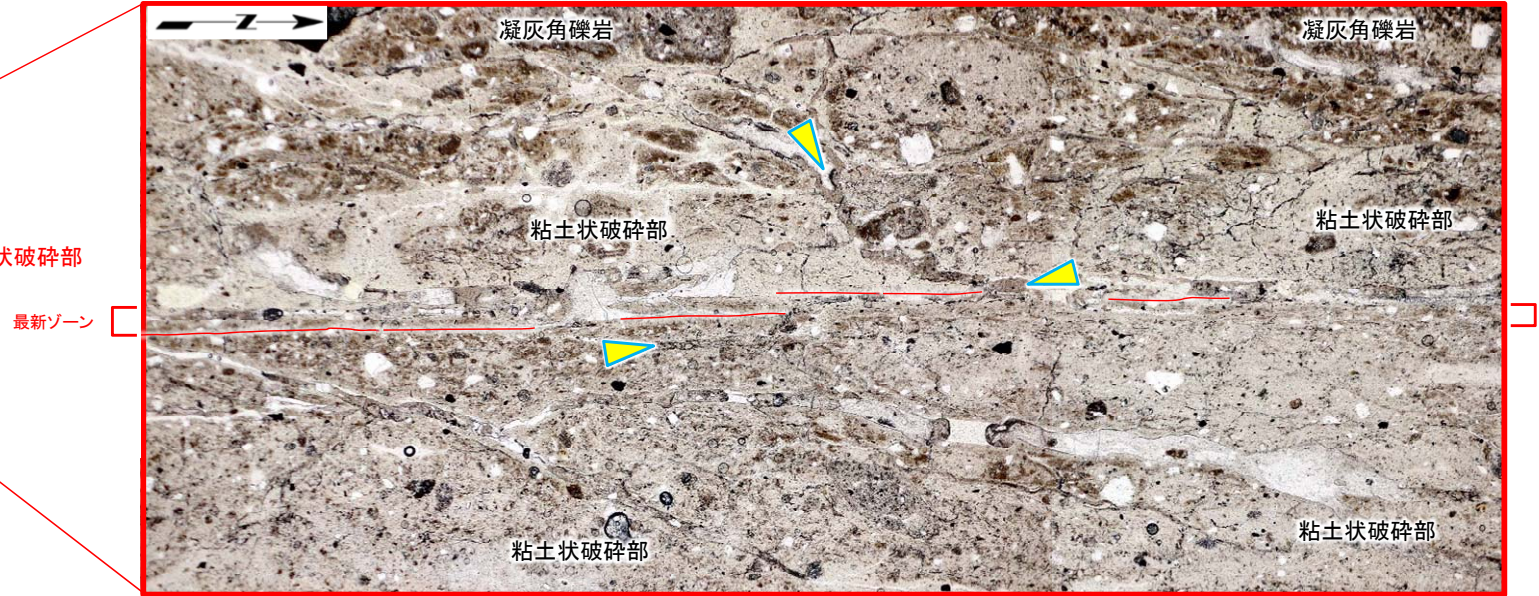
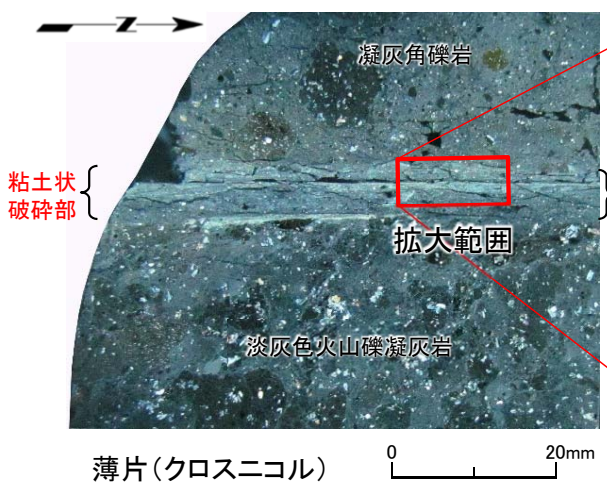


薄片(試料下面を上から見る。左:オープンニコル, 右:クロスニコル)

2.1 鉱物脈法による活動性評価(48/78)



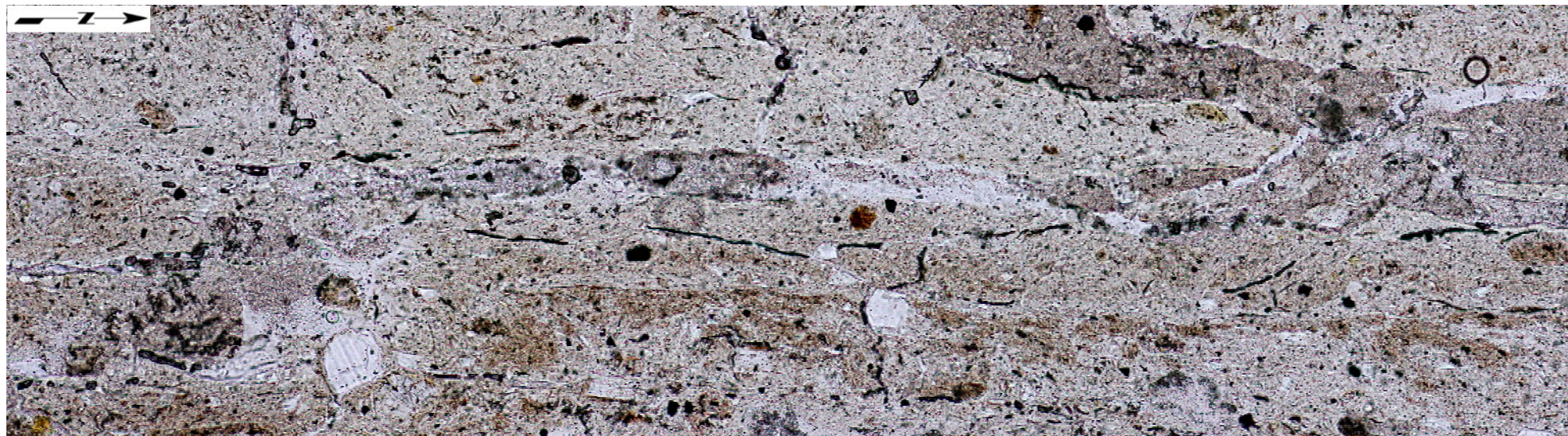
② b) 薄片A(9/20): フィリップサイト脈の確認(8/9): 薄片観察(3/4)



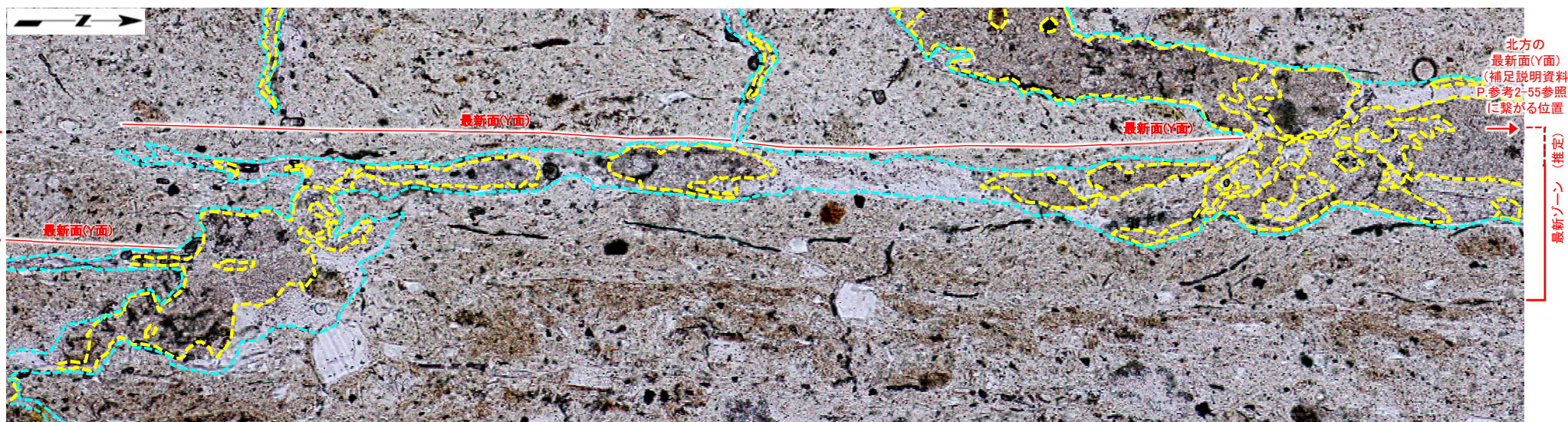
粘土状破碎部中には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.参考2-101参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる。



② b) 薄片A(10/20): 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



拡大写真 薄片(オープンニコル)解釈線有り

粘土状破砕部中には、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.参考2-101参照)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.参考2-58参照)。

| | |
|--|---------------------|
| | 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 |

(余白)