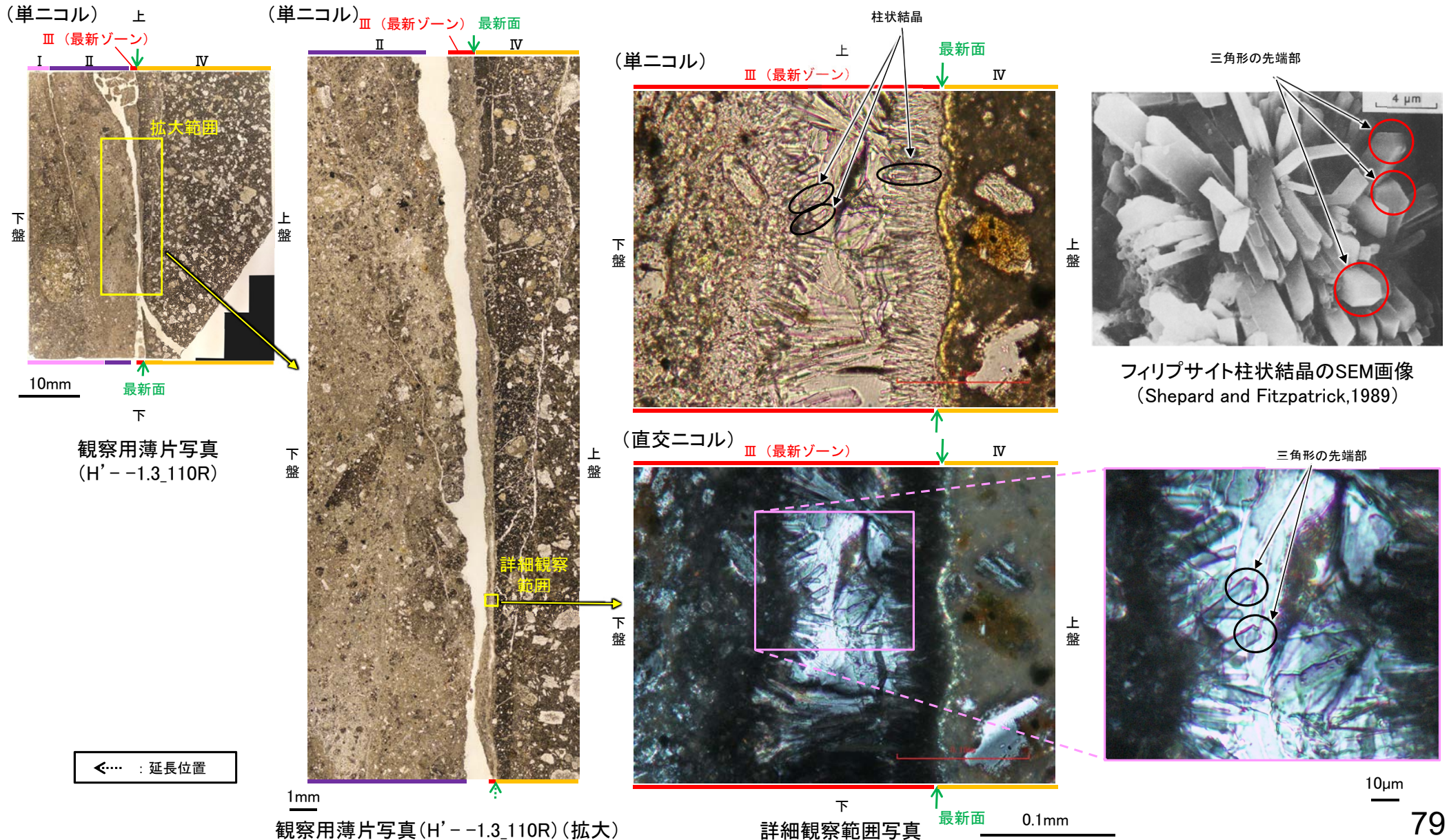


5.2.3 K-14 (1) H' -- 1.3孔 ー 鉱物の同定(薄片観察(形状), フィリップサイト) ー

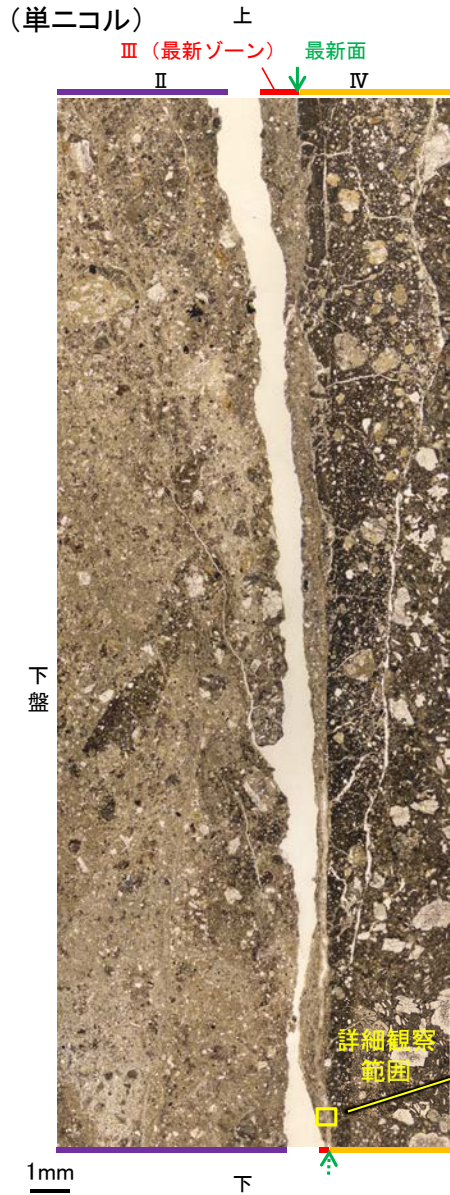
○最新ゾーンにおいて, 最新面から垂直方向に成長する柱状結晶が認められる。この柱状結晶の先端部には, Shepard and Fitzpatrick(1989)のフィリップサイトで見られるような, 三角形の先端部も認められる。

○また, 松原(2002)やAdisaputra and Kusnida(2010)でフィリップサイトの特徴として示される, 十字状の形態をなす双晶も認められる(次頁)。

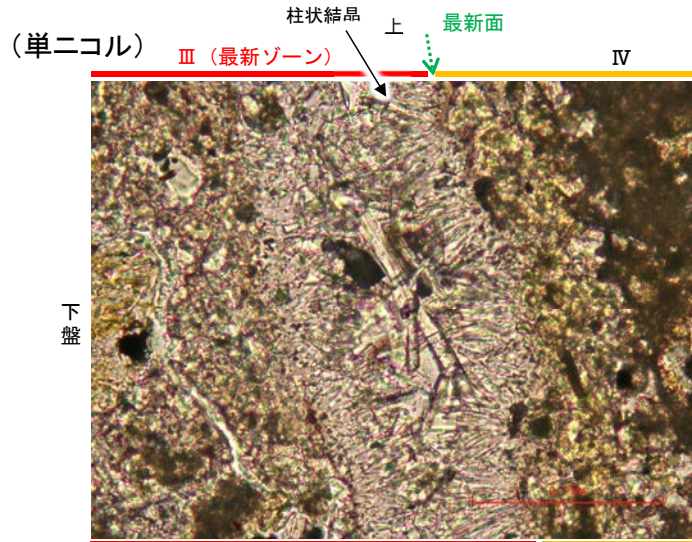
【三角形の先端部を持つ柱状結晶】



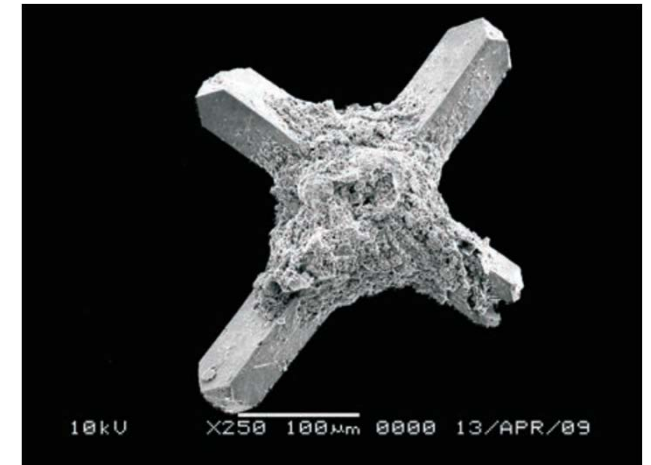
【十字状の形態をなす双晶】



観察用薄片写真 (H' - -1.3_110R) (拡大)



詳細観察範囲写真



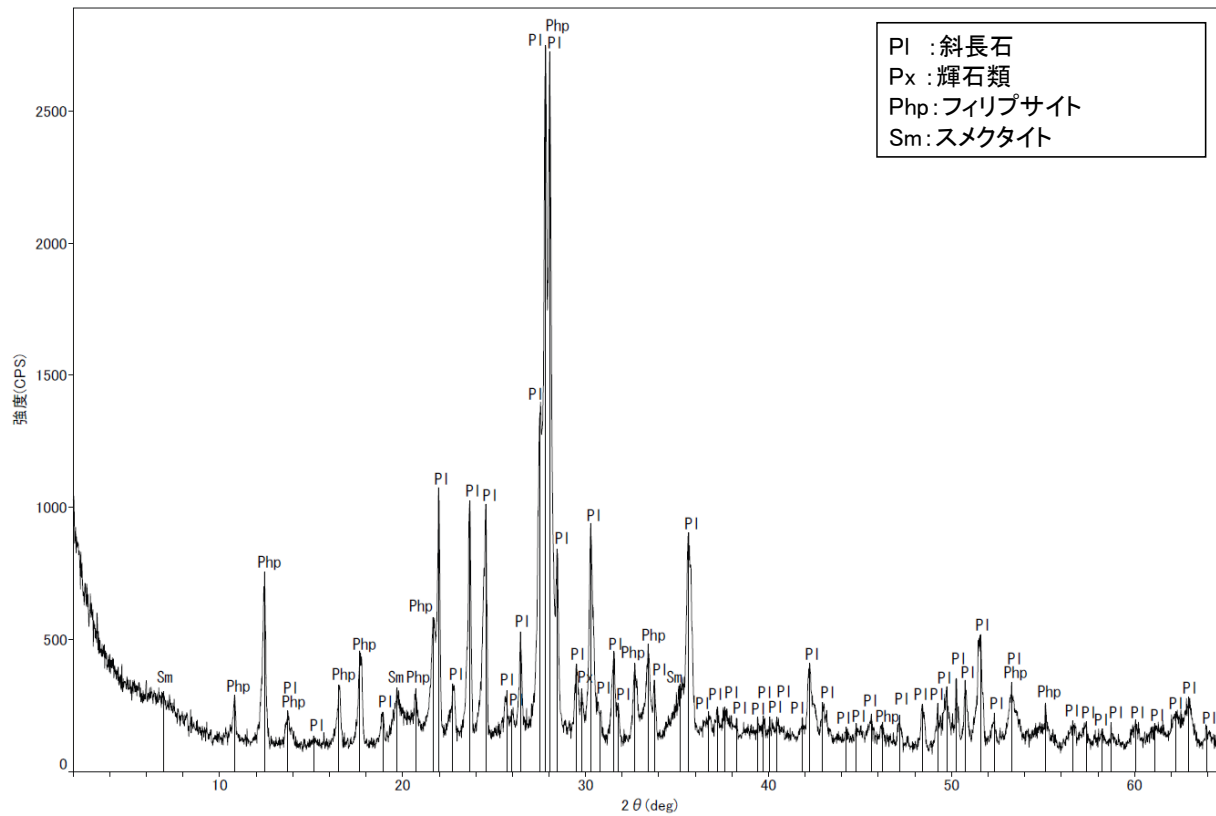
十字状の形態をなすフィリップサイトのSEM画像 (Adisaputra and Kusnida, 2010)

松原(2002)
十字沸石 (phillipsite) : 複雑な双晶をして産し, 四角柱状, 十字状などの形態が特徴。

←… : 延長位置

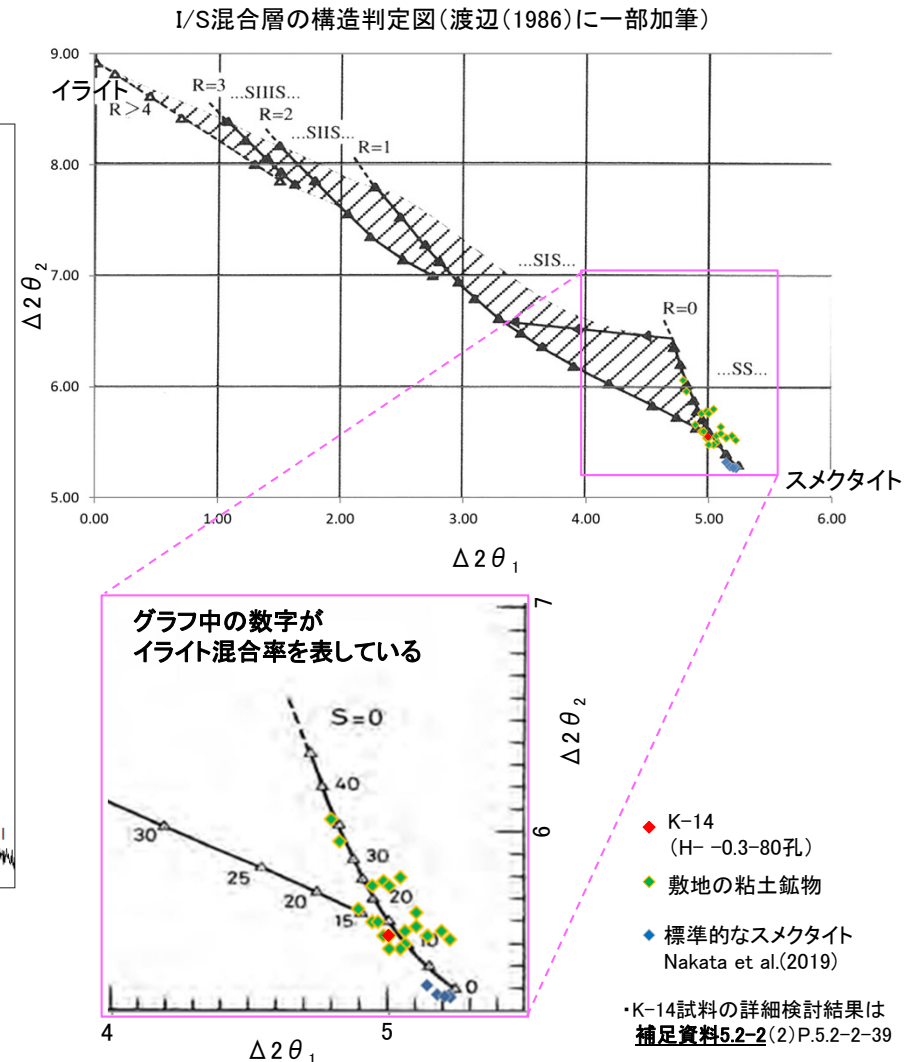
5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 — 鉱物の同定(XRD分析, I/S混合層) —

- 最新ゾーン付近で実施したXRD分析において、フィリップサイト以外の変質鉱物としてスメクタイトが認められる。
- スメクタイトについて詳細な結晶構造判定を行うために、同一断層の別孔(H' - -0.3-80孔)の破碎部においてXRD分析(粘土分濃集)を実施した結果、I/S混合層と判定される。



回折チャート(不定方位)

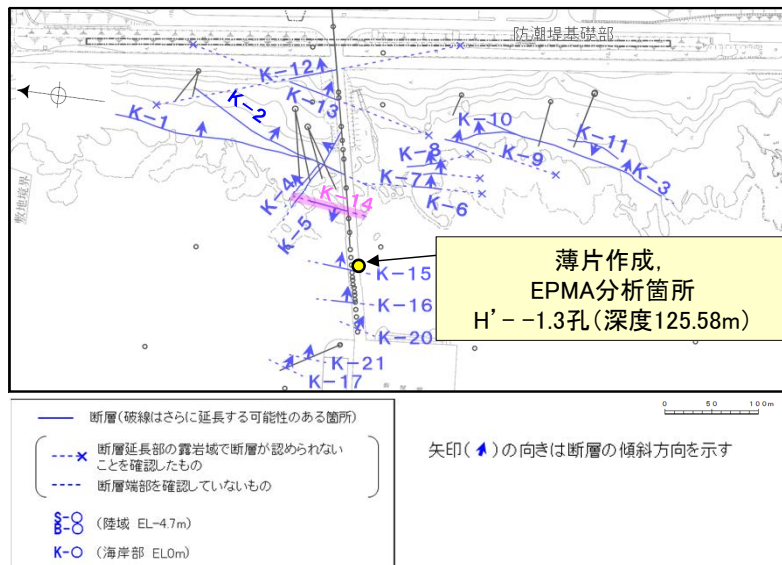
・回折チャート(定方位, EG処理)については、
補足資料5.2-11(1) P.5.2-11-7



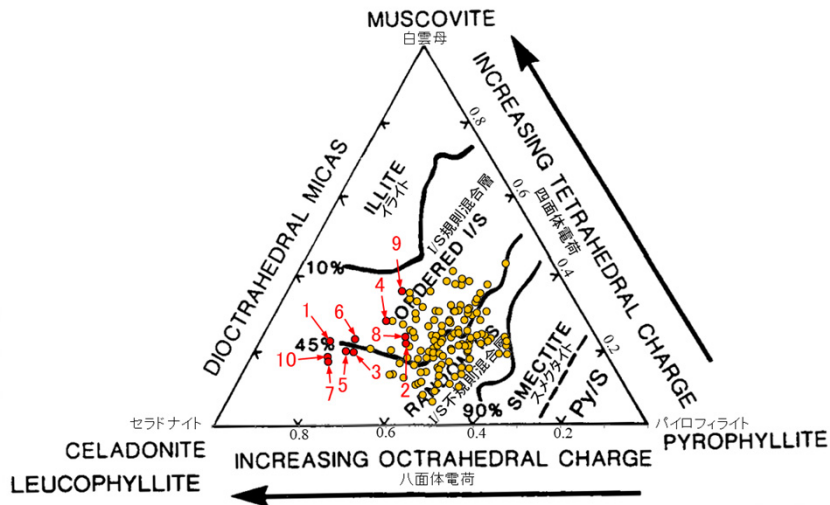
I/S混合層の構造判定図(渡辺(1981)に一部加筆)

5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 一鉱物の同定(EPMA分析(定量), I/S混合層) -

○EPMA用薄片において観察用薄片と同様に、最新ゾーンやその周辺に粘土鉱物やフィリップサイトが分布する。
 ○この粘土鉱物を対象として、EPMA分析(定量)による化学組成検討を実施した結果、この粘土鉱物はI/S混合層であると判断される。



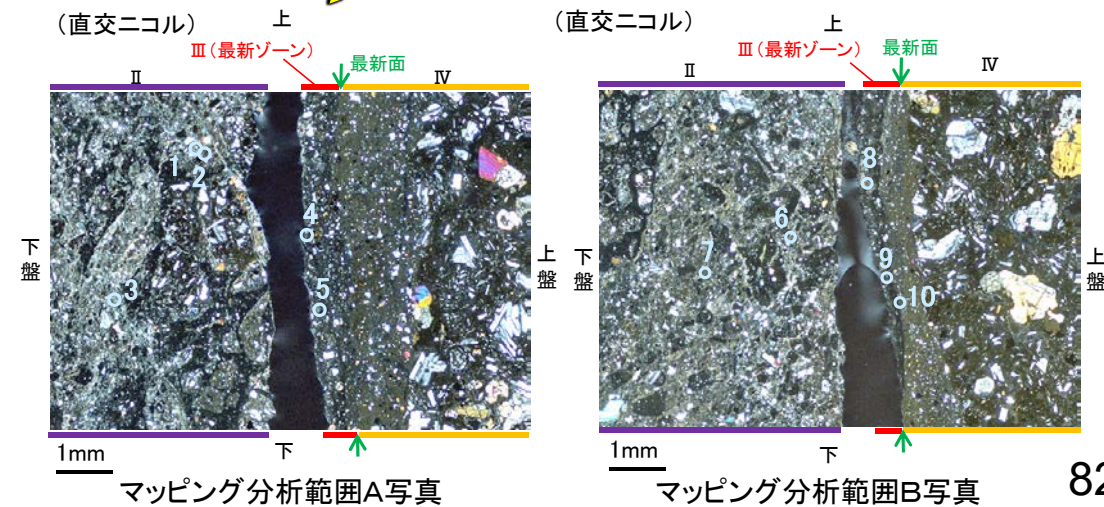
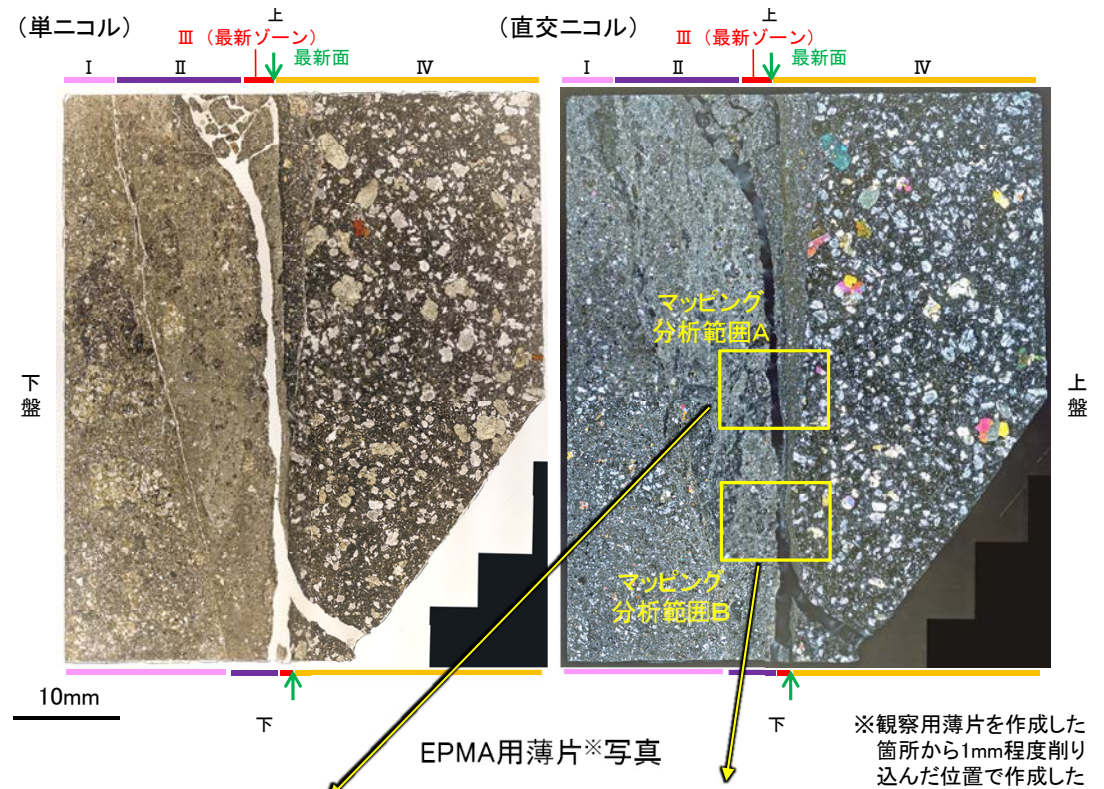
調査位置図



・詳細は補足資料5.2-2(3)P.5.2-2-73, 74

- 分析値(K-14_H' - -1.3孔)
分析番号位置は右図
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連鉱物の化学組成
 (Srodon et al. (1984)に一部加筆)

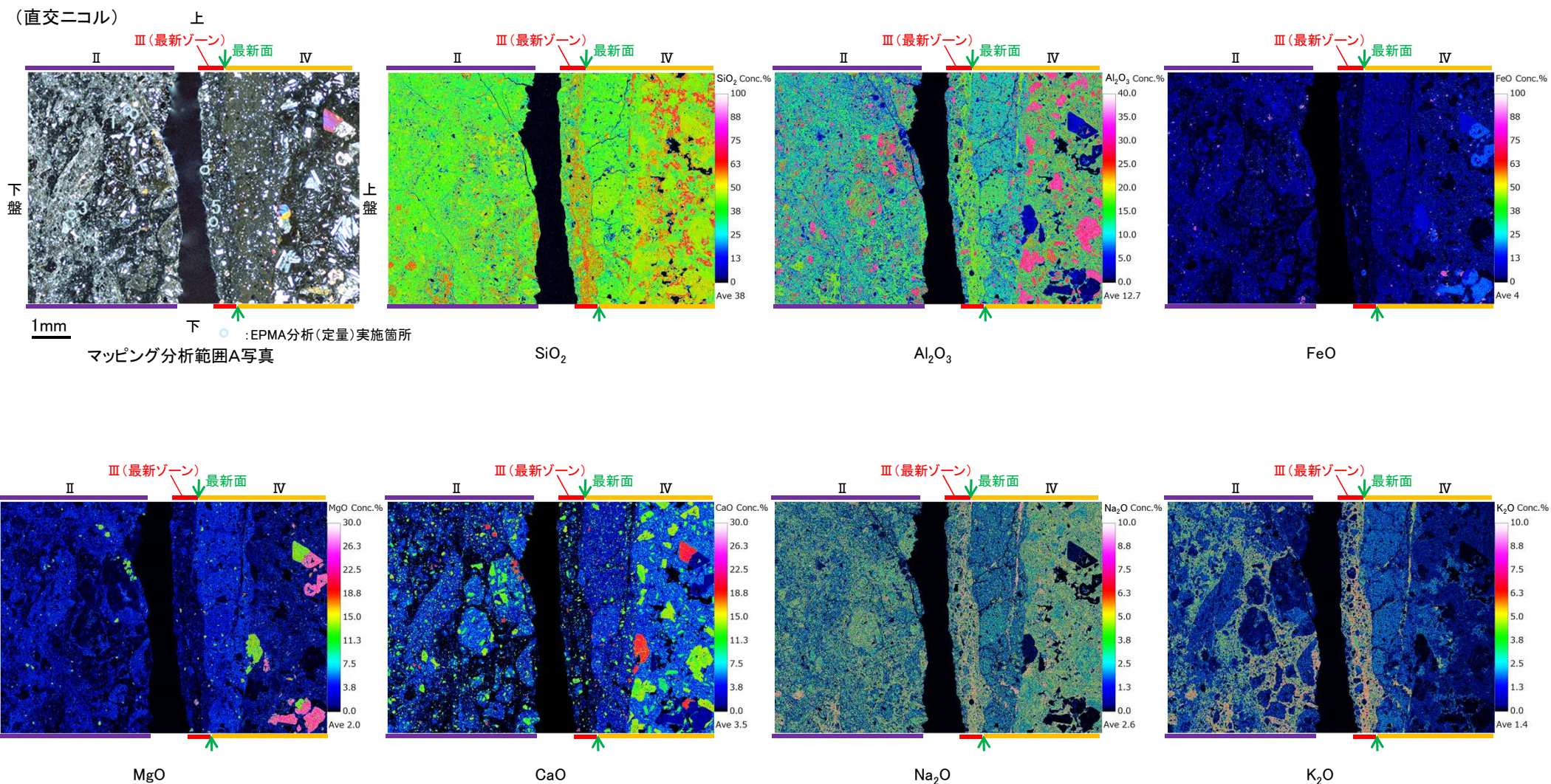


5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 ー変質鉱物の分布(EPMA分析(マッピング))ー

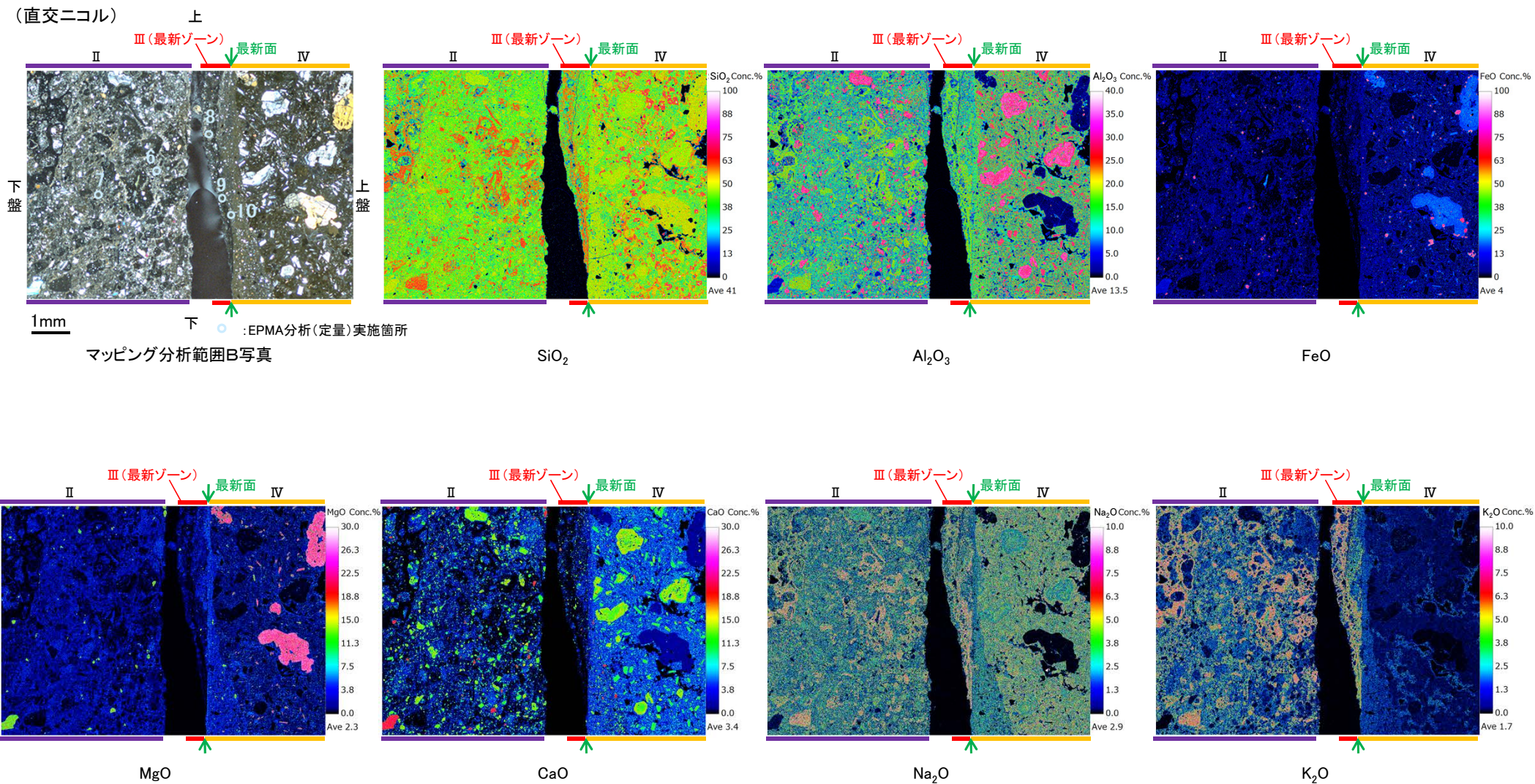
○EPMA用薄片でEPMA分析(マッピング)を実施した結果, EPMA分析(定量)で認められたI/S混合層が最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。

○また, I/S混合層より相対的に SiO_2 , Na_2O , K_2O が高いフィリップサイトについても, 観察用薄片で認められたフィリップサイトと対応する最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。

【マッピング分析範囲A】



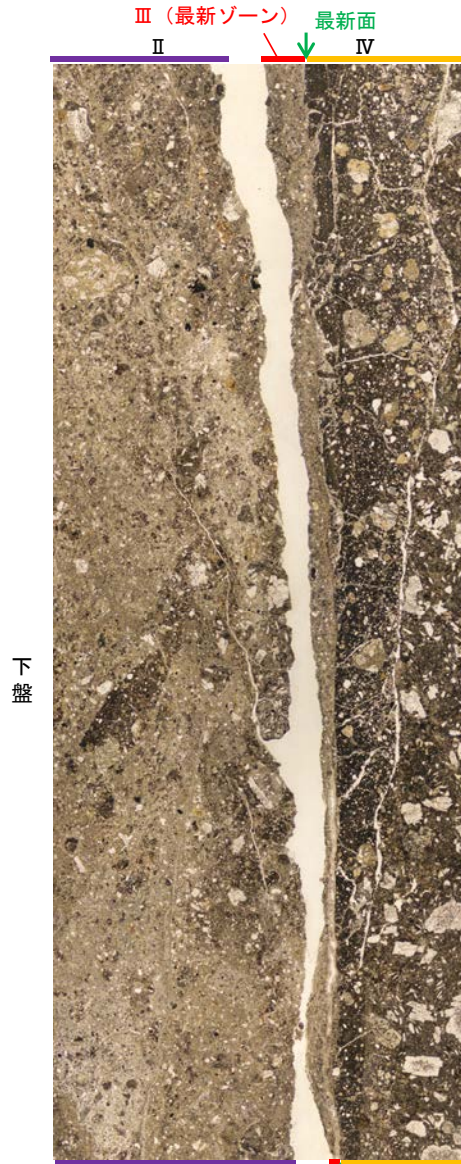
【マッピング分析範囲B】



5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 ー変質鉱物の分布(薄片観察)ー

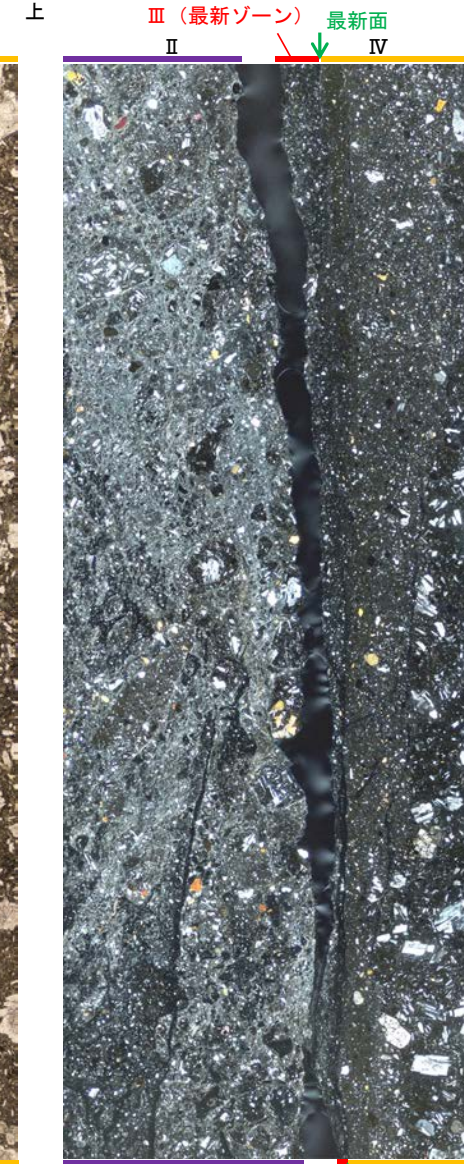
○観察用薄片で実施した薄片観察や、EPMA用薄片で実施したEPMA分析(マッピング)における化学組成の観点での観察より、I/S混合層及びフィリップサイトが最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。

(単ニコル)



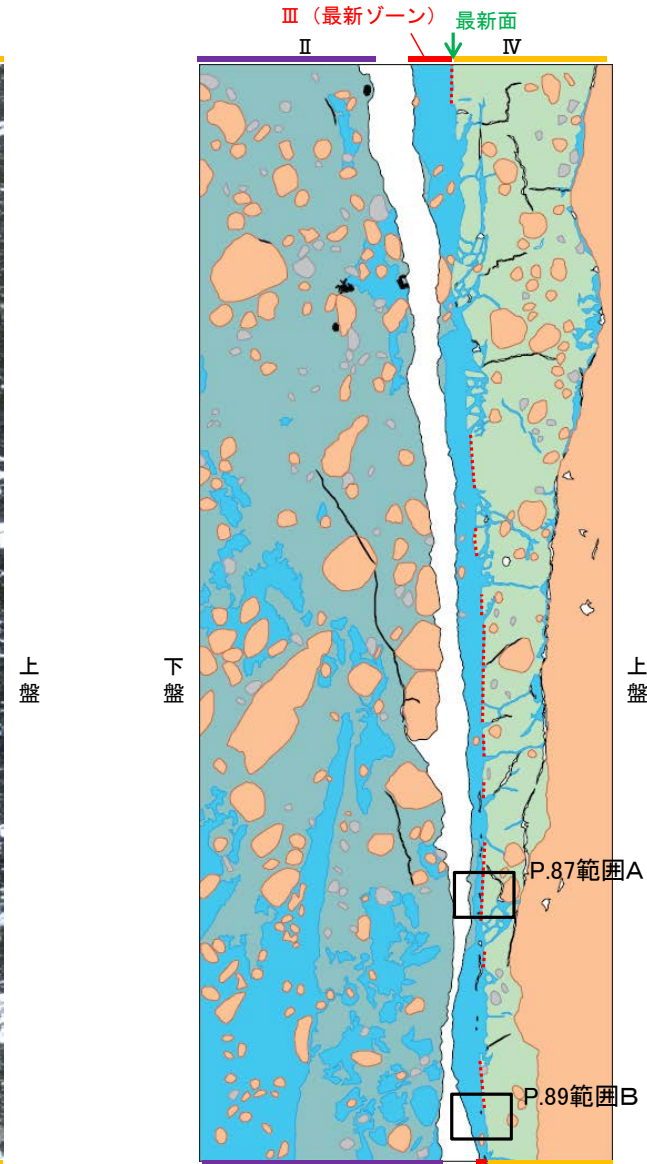
1mm

(直交ニコル)



観察用薄片写真(H' - -1.3_110R) (拡大)

上



凡例

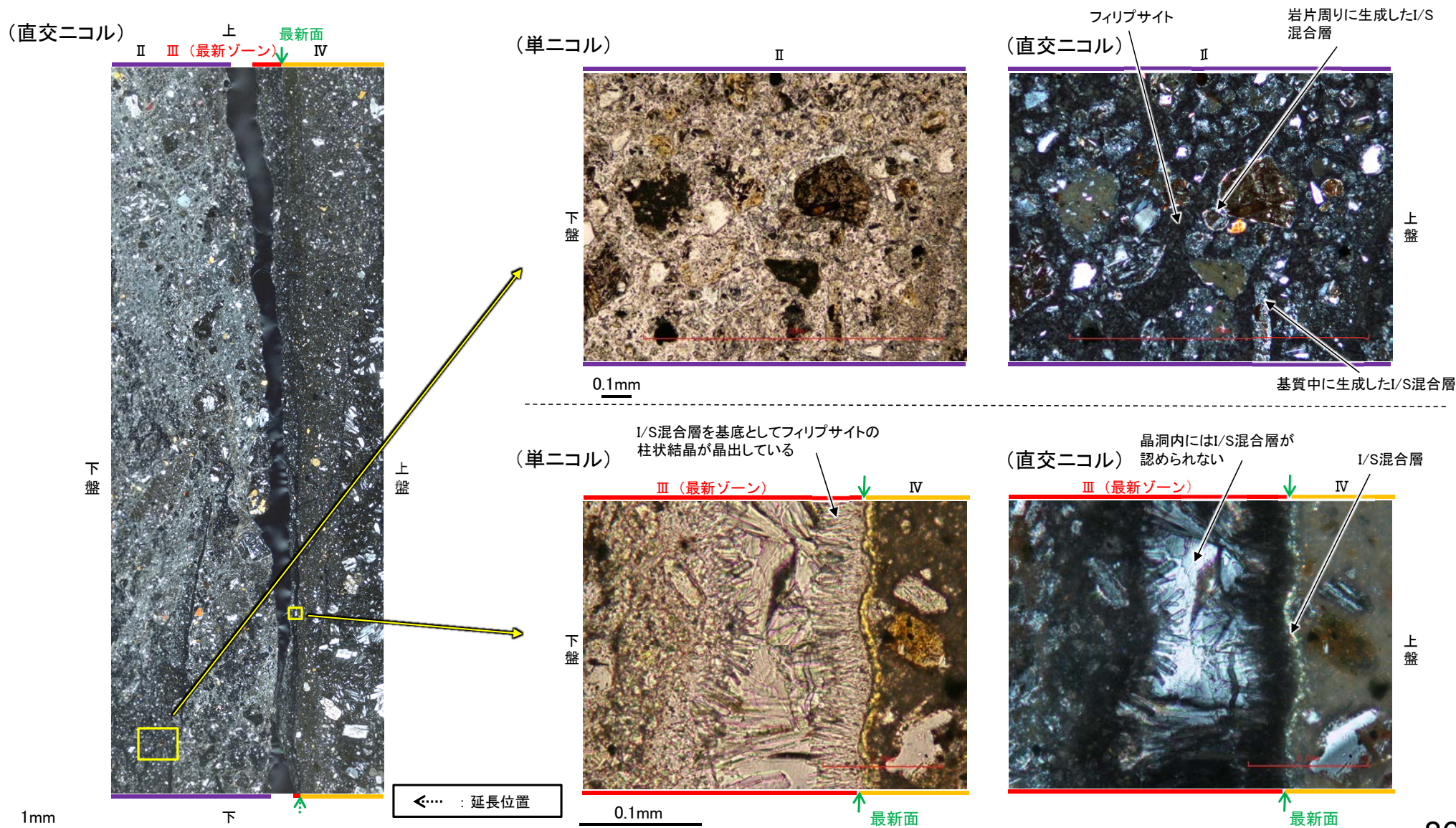
- 主要な岩片
- 斜長石などの鉱物片
- 不透明鉱物
- 空隙部
- 変質部(フィリップサイト)
- 変質部(I/S混合層)
- 主要な岩片等を除く基質部
- ⋯ 最新面

←⋯ : 延長位置

スケッチ

5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 -I/S混合層とフィリップサイトとの関係-

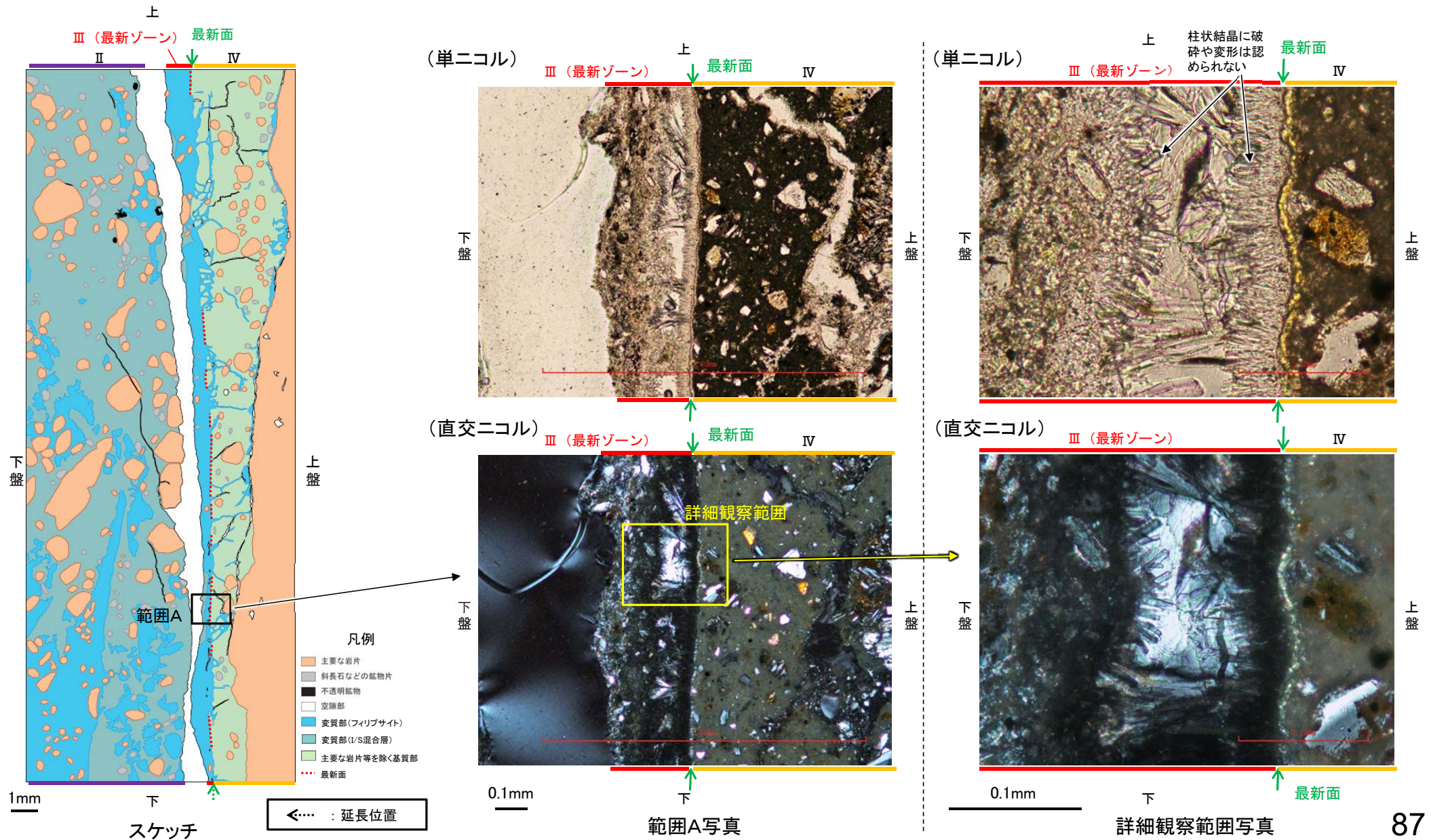
- 最新ゾーンや分帯ⅡではI/S混合層及びフィリップサイトが広く分布する。
- 最新ゾーン中において、I/S混合層を基底としてフィリップサイトの柱状結晶が晶出している。さらに、晶洞内にはI/S混合層が認められない。
- 以上のことを踏まえると、I/S混合層の生成後にフィリップサイトが晶出したと考えられることから、生成時期がより新しいと考えられるフィリップサイトと最新面との関係を確認する。



観察用薄片写真(H' - -1.3_110R) (拡大)

5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 ー最新面とフィリップサイトとの関係(範囲A)ー

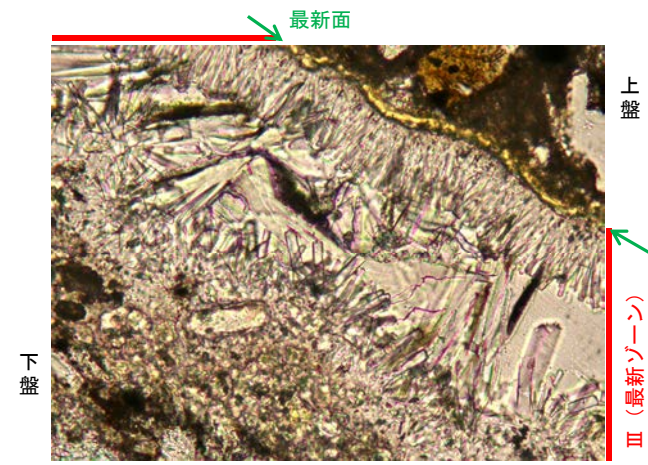
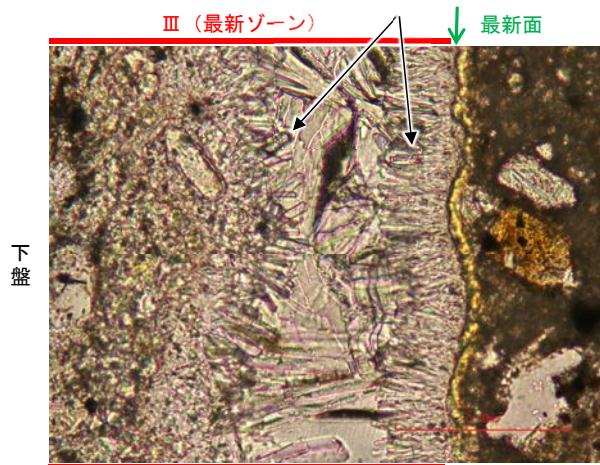
○範囲Aにおいて詳細に観察した結果, フィリップサイトの柱状結晶が最新面に接して晶出しており, この柱状結晶に破碎や変形は認められない。



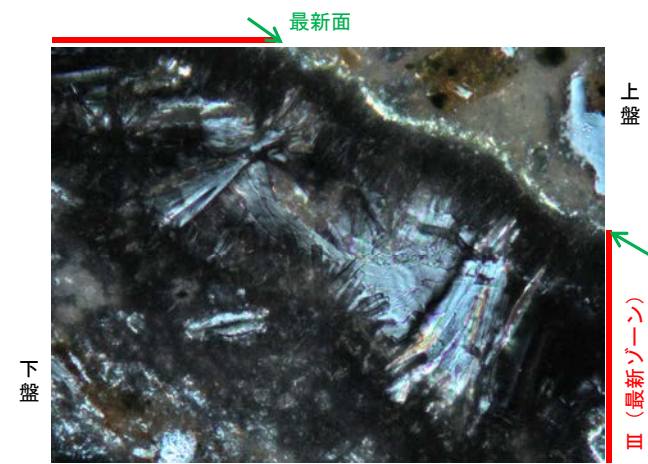
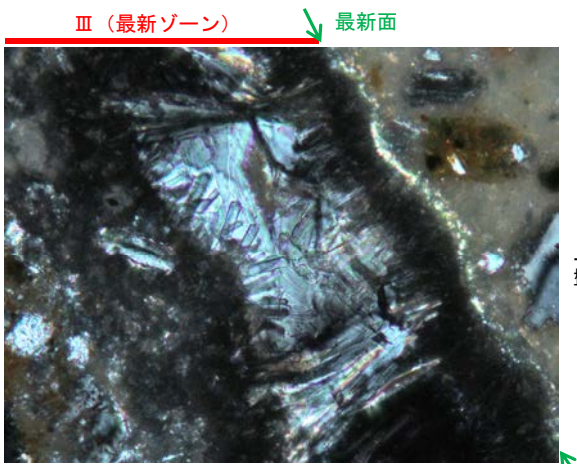
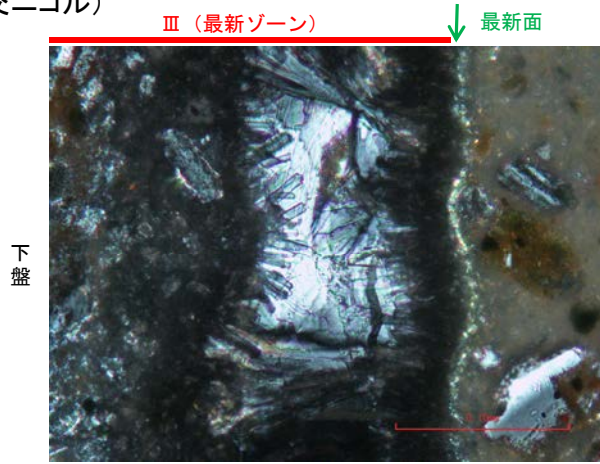
【ステージ回転】

(単ニコル)

柱状結晶に破碎や変形は認められない



(直交ニコル)



0.1mm

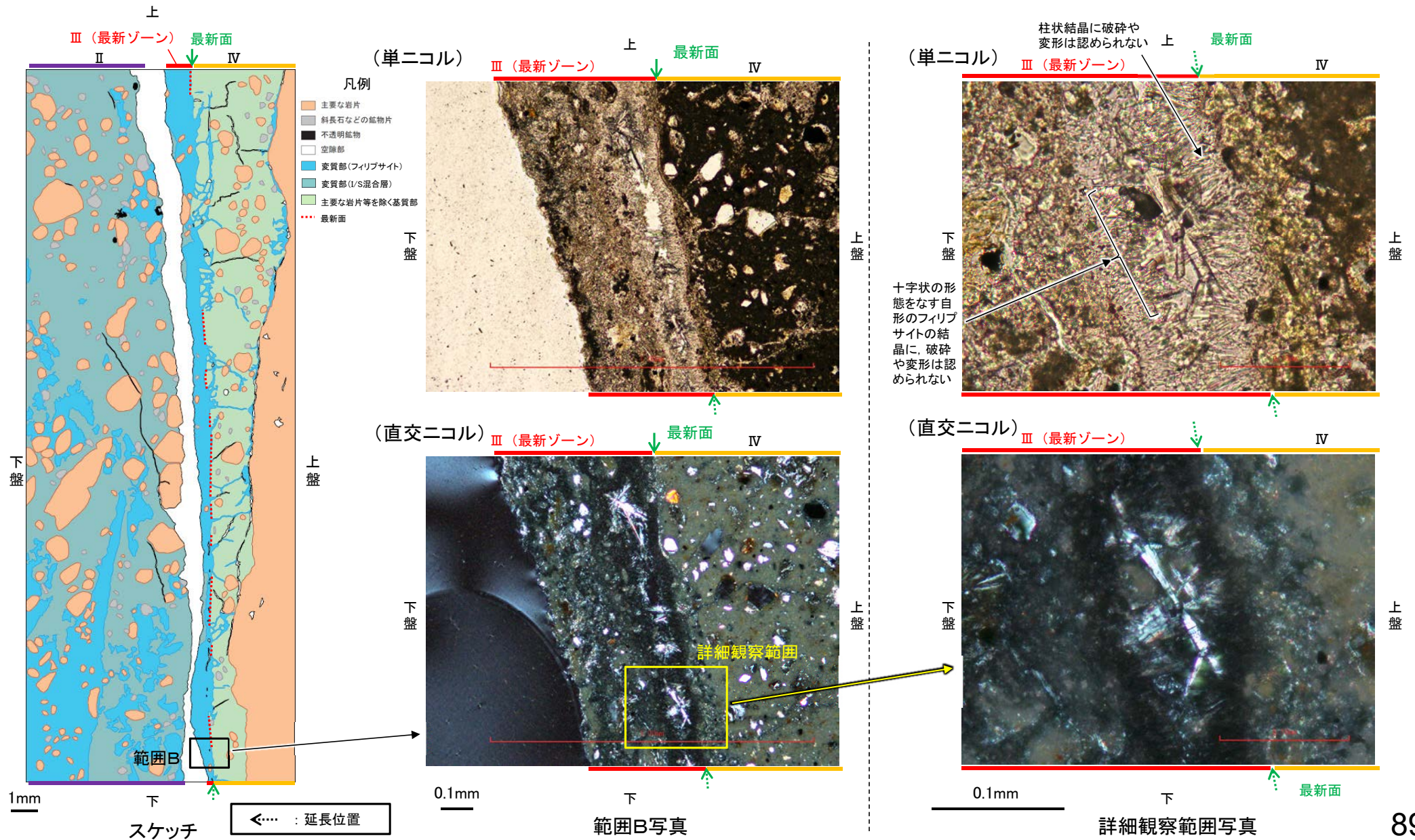
0° 回転

左30° 回転

左60° 回転

5.2.3 K-14 (1) H' - -1.3孔 - 最新面とフィリップサイトとの関係(範囲B) -

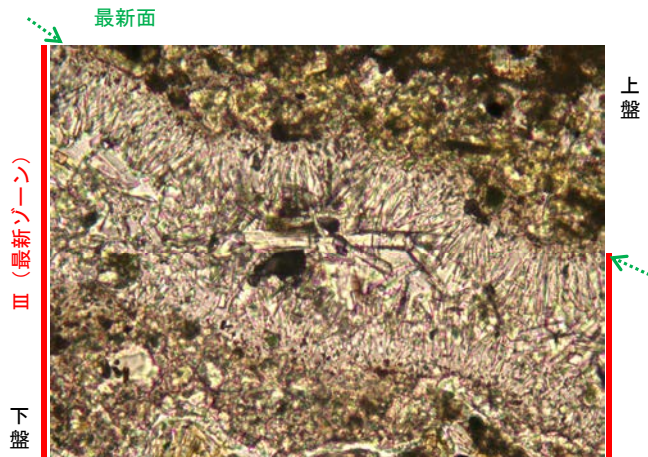
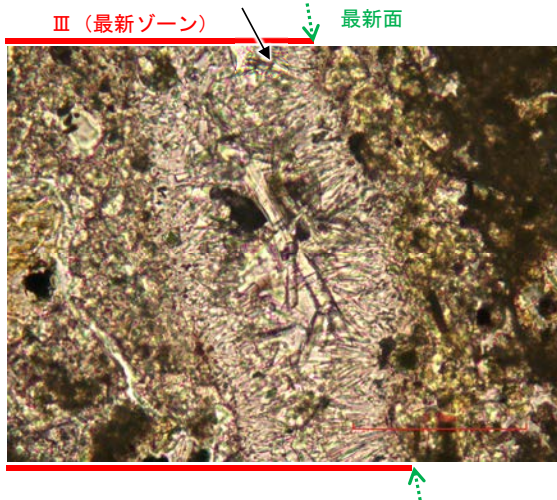
- 範囲Bにおいて詳細に観察した結果, フィリップサイトの柱状結晶が最新面延長位置に晶出しており, この柱状結晶に破碎や変形は認められない。
- 最新面直近に十字状の形態をなす自形のフィリップサイトの結晶が認められ, この結晶にも破碎や変形は認められない。



【ステージ回転】

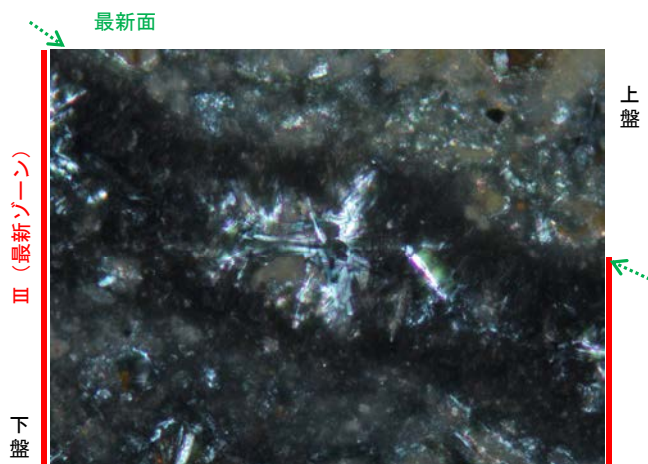
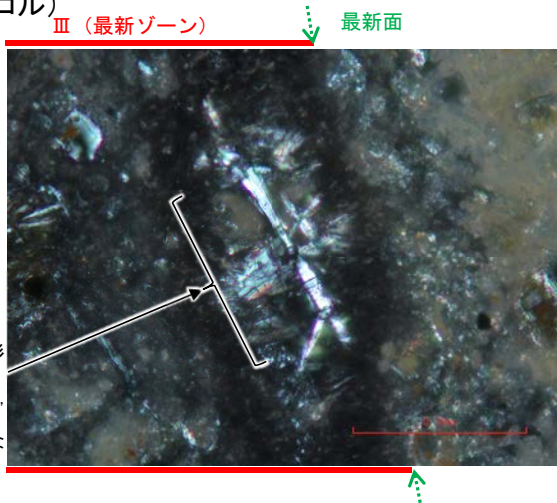
(単ニコル)

柱状結晶に破碎や
変形は認められない



(直交ニコル)

十字状の形態をなす自形の
フィリプサイトの結晶に、
破碎や変形は認められない



0° 回転

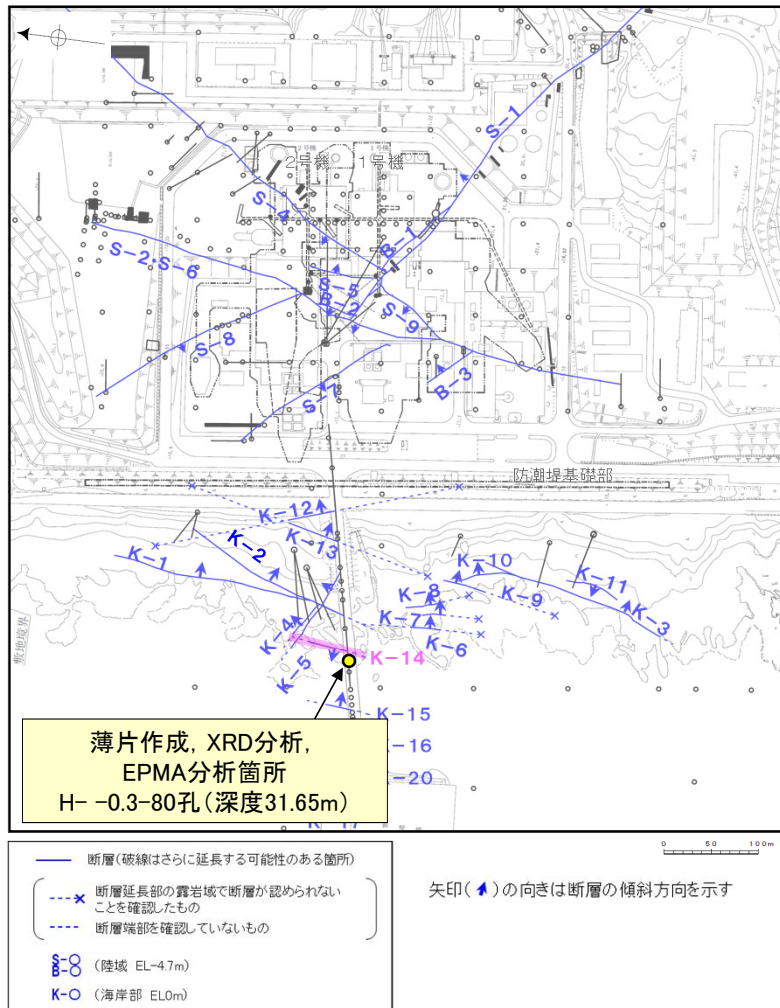
左30° 回転

左60° 回転

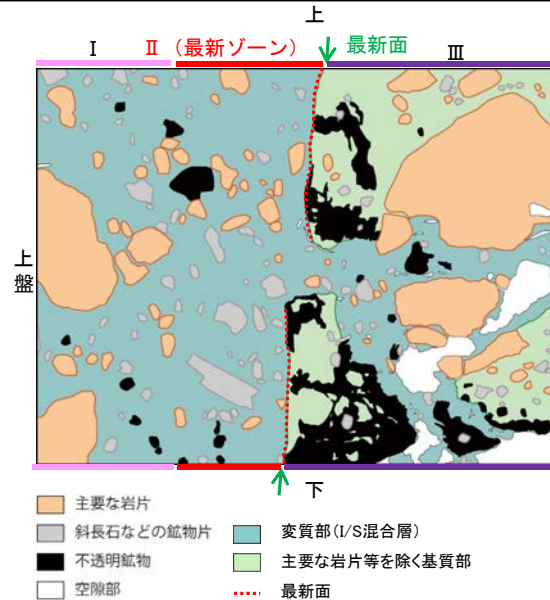
◀… : 延長位置

5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 ー概要ー

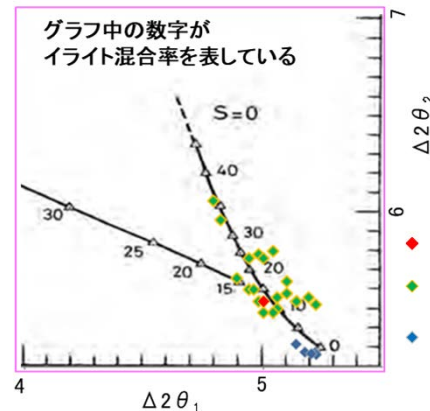
- H- -0.3-80孔の深度31.60m付近で認められるK-14において、最新面と変質鉱物との関係による評価を行った。
- 最新ゾーンやその周辺に分布する粘土鉱物は、EPMA分析(定量)による化学組成の検討結果及びXRD分析(粘土分濃集)による結晶構造判定結果から、I/S混合層であると判断される。
- 最新面付近には広く粘土鉱物(I/S混合層)が分布し、最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。
- なお、不連続箇所には、I/S混合層生成以降の注入の痕跡は認められない。



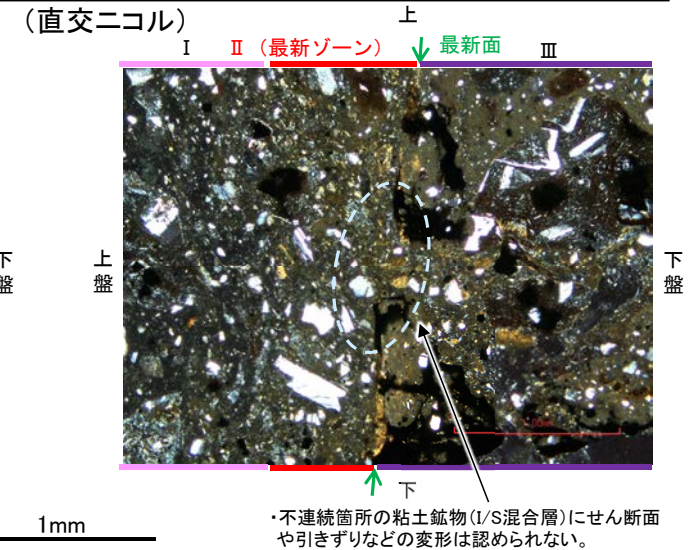
調査位置図



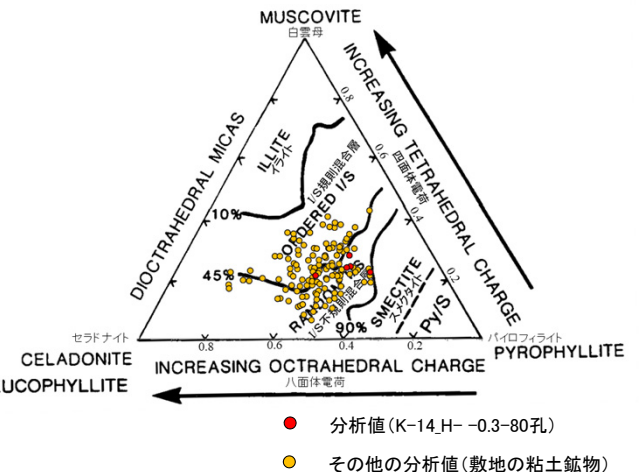
スケッチ



I/S混合層の構造判定図 (渡辺(1981)に一部加筆)



詳細観察範囲写真



2八面体型雲母粘土鉱物及び関連鉱物の化学組成 (Srodon et al. (1984)に一部加筆)

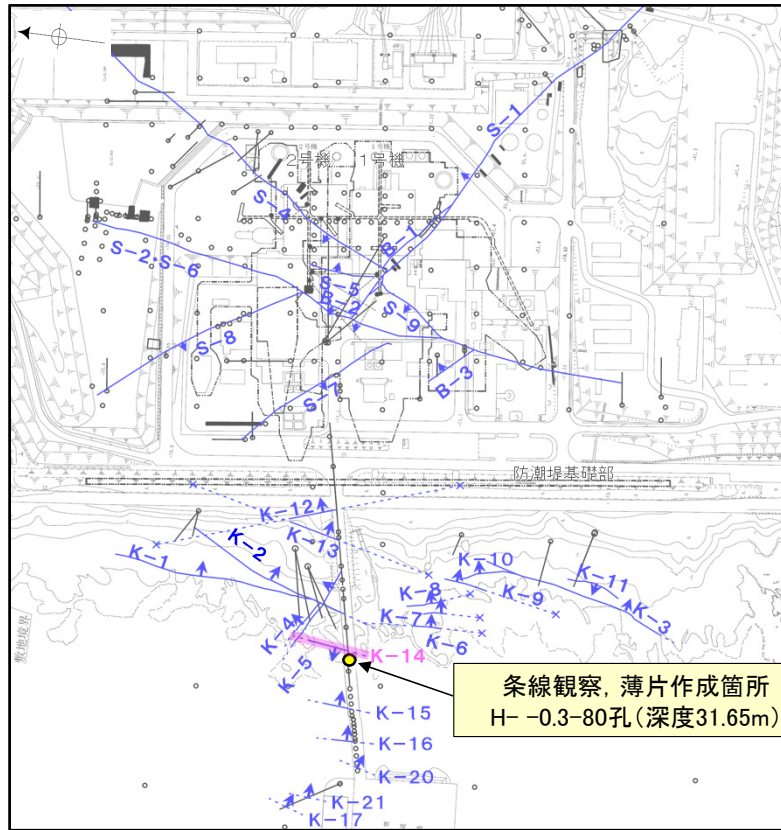
5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 –最新面の認定(巨視的観察)–

○H- -0.3-80孔の深度31.60m付近で認められるK-14において、巨視的観察(ボーリングコア観察, CT画像観察)を実施し、最も直線性・連続性がよい断層面を主せん断面として抽出した。

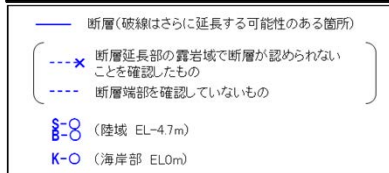
○主せん断面における条線観察の結果, 87° R, 107° Rの2つの条線方向が確認されたことから、最も明瞭な107° Rの条線方向で薄片を作成した(ブロック写真)。

(深度) 31.4 31.5 31.6 31.7 31.8 (m)

走向傾斜:N5° E/68° NW 主せん断面



条線観察, 薄片作成箇所
H- -0.3-80孔(深度31.65m)



矢印(▲)の向きは断層の傾斜方向を示す

・条線観察結果については補足資料2.5-1(2)-16 P.2.5-1-260

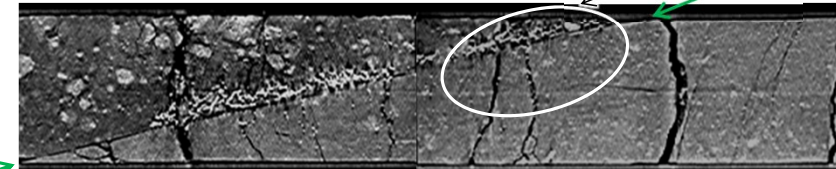
調査位置図

- 粘土状破碎部
- 角礫状破碎部
- 固結した破碎部

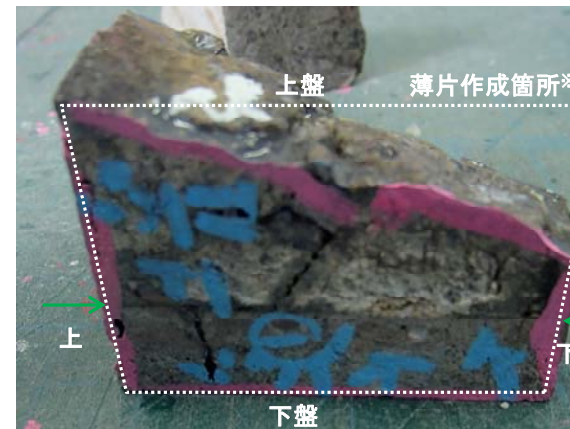


ボーリングコア写真(H- -0.3-80孔)

下ブロック採取箇所



CT画像(H- -0.3-80孔)



1cm

ブロック写真

※図示した箇所にて観察用薄片を作成し、向かい合った反対側の面でEPMA用薄片を作成した

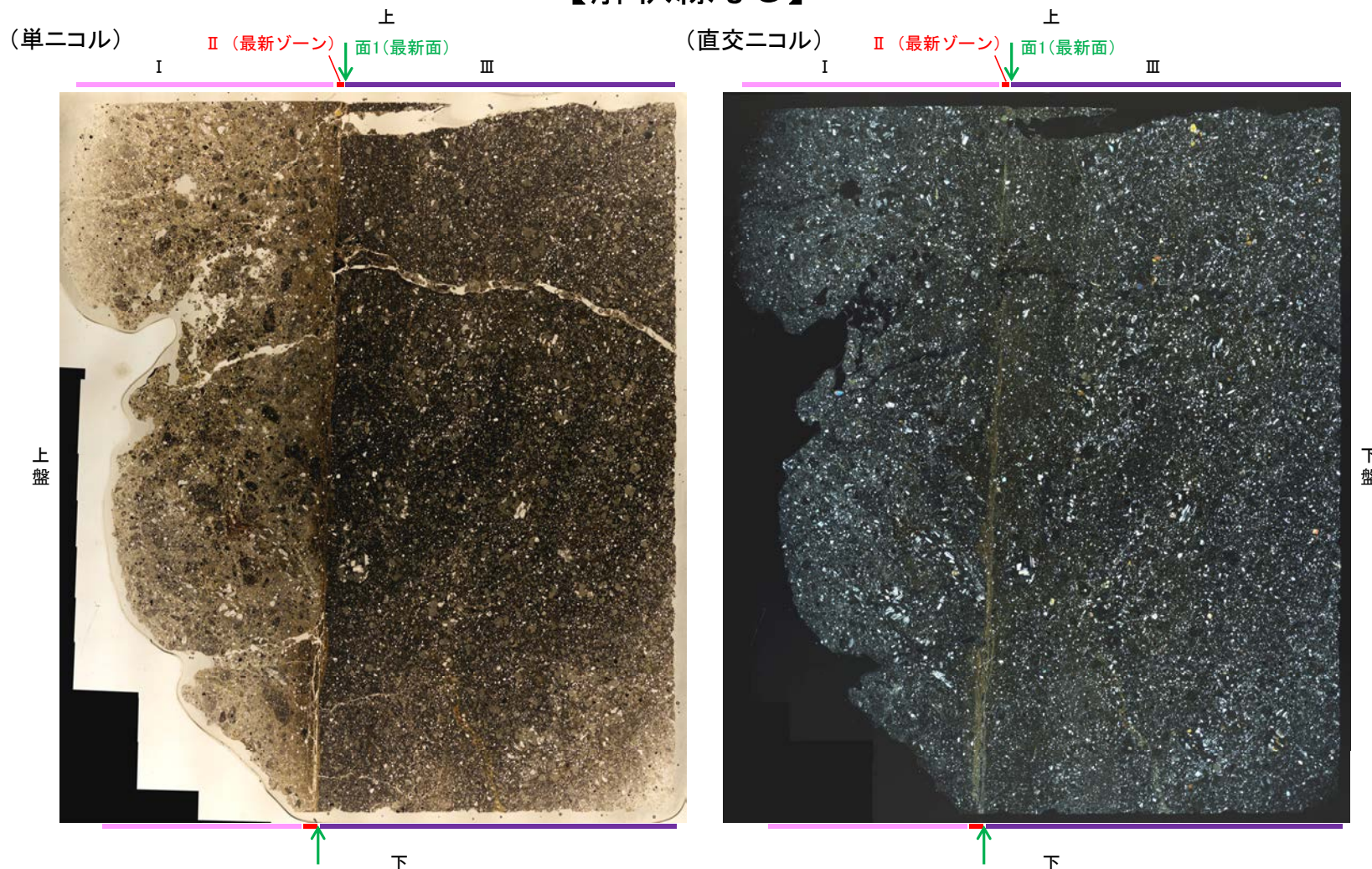
5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 ー最新面の認定(微視的観察)ー

コメントNo.85の回答

- 観察用薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果, 色調や礫径などから, 上盤側よりⅠ～Ⅲに分帯される。
- そのうち, 最も細粒化している1mm以下の薄層である分帯Ⅱを最新ゾーンとして抽出した。
- 最新ゾーンと分帯Ⅲとの境界に, 面1が認められる。面1は薄片上部では不明瞭となり連続性に乏しいが, 最新ゾーンの中では比較的直線性がよい面である。
- 最新ゾーンと分帯Ⅰとの境界は, 不明瞭で漸移的であり, せん断面は認められない*。
- 以上より, 面1を最新面と認定し, 変質鉱物との関係を確認する。

【解釈線なし】

※詳細は補足資料5.2-10(1)-2



Ⅰ: 単ニコルで褐灰～暗灰色, 直交ニコルで灰色の干渉色を呈する凝灰岩からなる。径5mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質に含まれる。岩片, 鉱物片は亜角～亜円形である。粘土状破碎部との境界付近は比較的細粒化が進んでいる。一部の基質中や岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されている。また, 単ニコルで褐灰色, 直交ニコルで暗灰色を呈する物質が, 岩片の間を充填する。

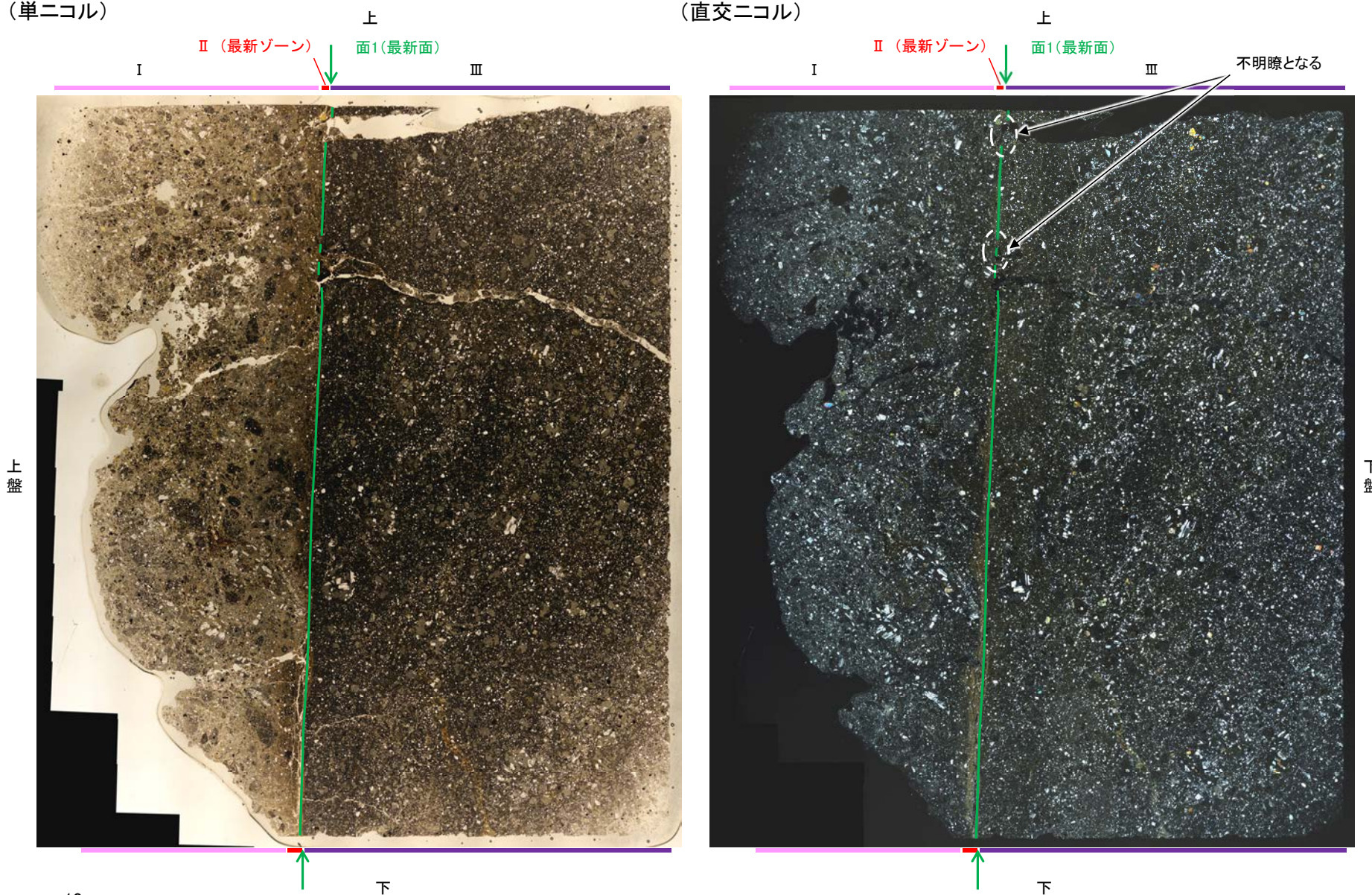
Ⅱ (最新ゾーン): 単ニコルで灰～褐灰色, 直交ニコルで褐灰～黄色の干渉色を呈する, 粘土鉱物を含む細粒物からなる。径1mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質に含まれる。岩片, 鉱物片は亜角～亜円形である。基質中や割れ目に粘土鉱物が生成されている。

Ⅲ: 単ニコルで褐灰～暗灰色, 直交ニコルで灰色の干渉色を呈する凝灰岩からなる。径4mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質に含まれる。岩片, 鉱物片は亜角～亜円形である。粘土状破碎部との境界付近は比較的細粒化が進んでいる。一部の割れ目沿いに粘土鉱物が生成されている。

【解釈線あり】

(単ニコル)

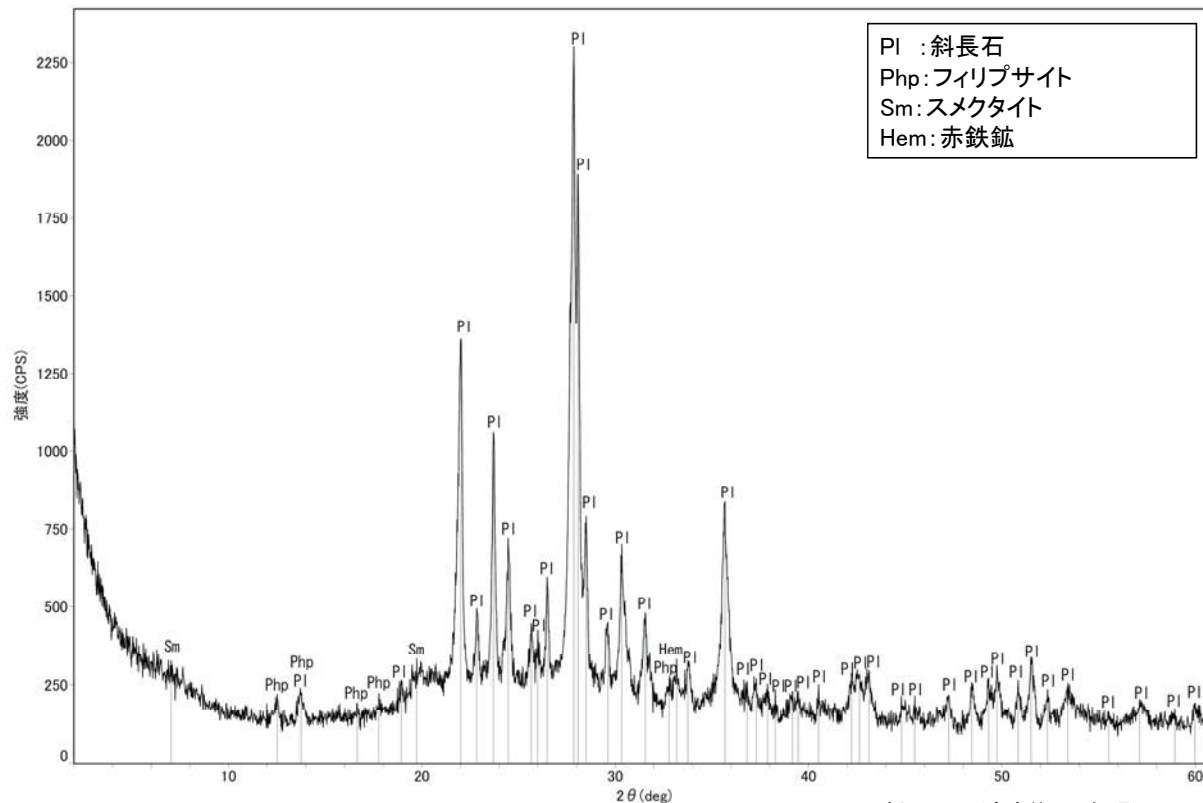
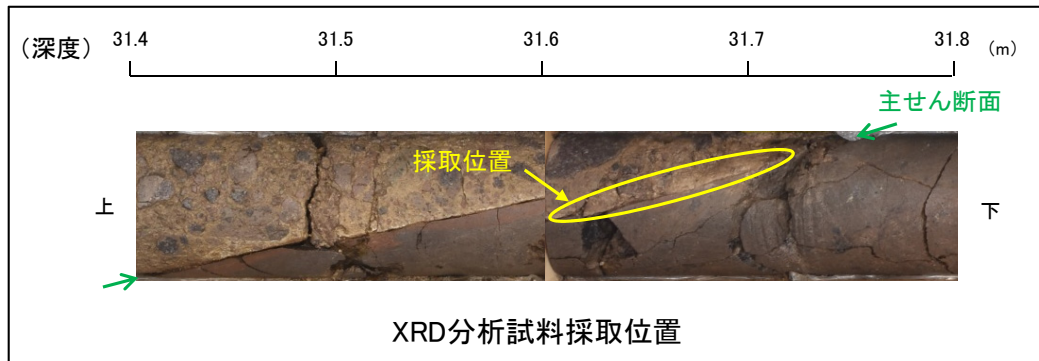
(直交ニコル)



観察用薄片写真(H-0.3-80_107R)

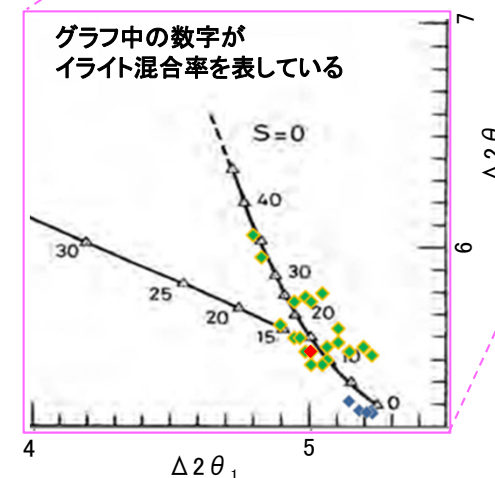
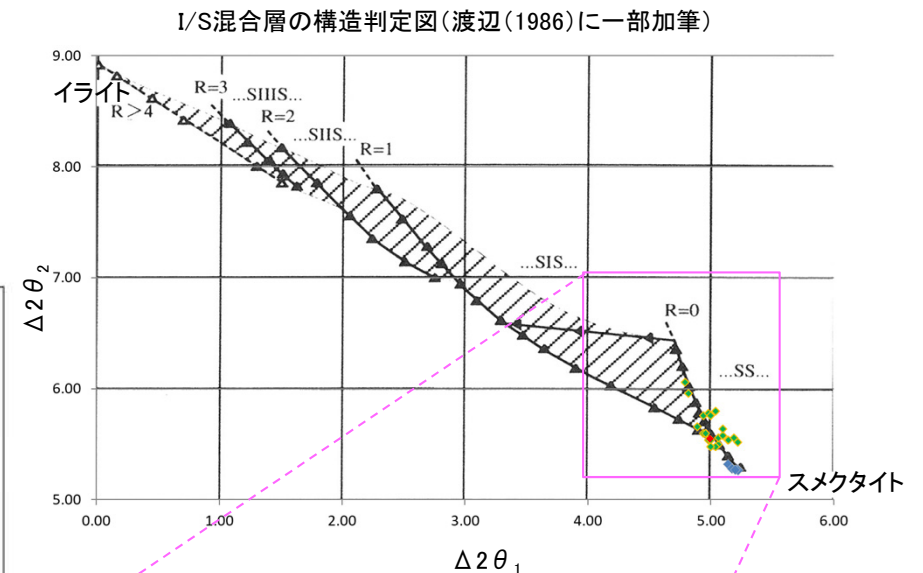
5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 - 鉱物の同定(XRD分析) -

- 最新ゾーン付近でXRD分析を実施した結果, 主な粘土鉱物としてスメクタイトが認められる。
- スメクタイトについて詳細な結晶構造判定を行うために, 薄片作成箇所と隣接する位置においてXRD分析(粘土分濃集)を実施した結果, I/S混合層と判定される。



回折チャート(不定方位)

・回折チャート(定方位, EG処理)については,
補足資料5.2-11(1) P.5.2-11-9



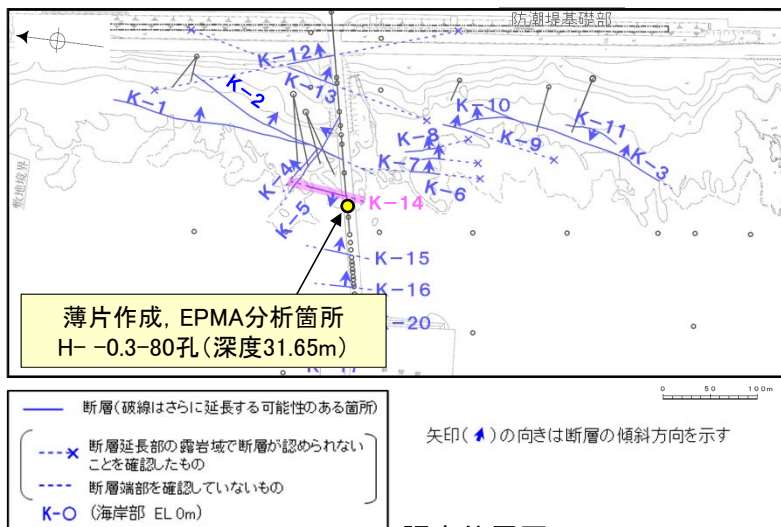
- ◆ K-14 (H- -0.3-80孔)
- ◆ 敷地の粘土鉱物
- ◆ 標準的なスメクタイト Nakata et al.(2019)

・K-14試料の詳細検討結果は
補足資料5.2-2(2) P.5.2-2-39

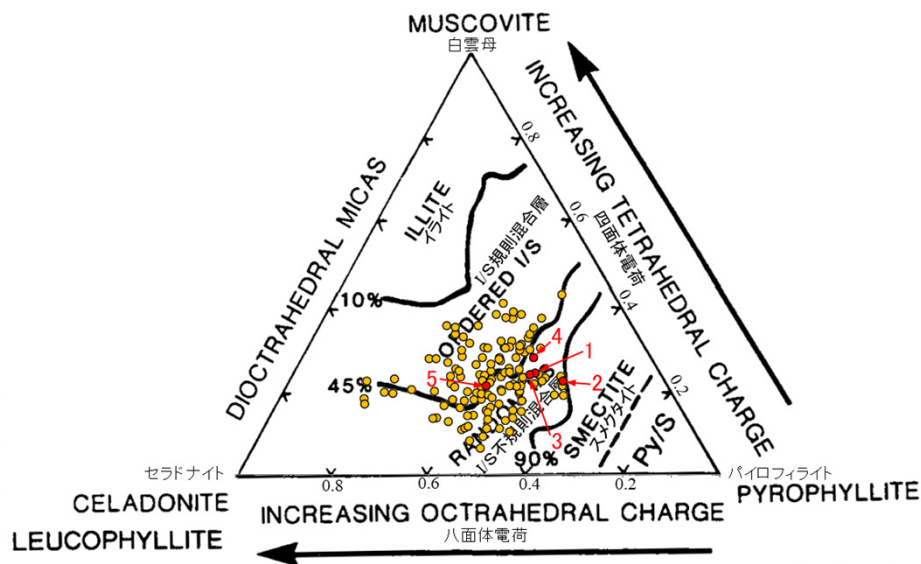
I/S混合層の構造判定図(渡辺(1981)に一部加筆)

5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 - 鉍物の同定(EPMA分析(定量)) -

○EPMA用薄片で実施したEPMA分析(定量)による化学組成の検討結果から、最新ゾーンやその周辺に分布する粘土鉍物はI/S混合層であると判断される。

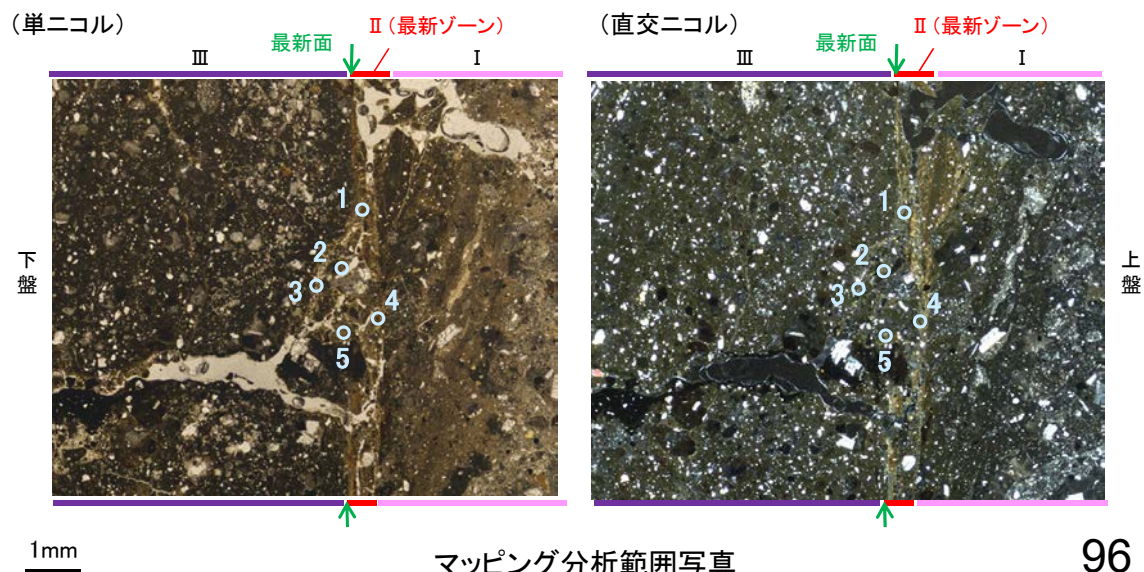
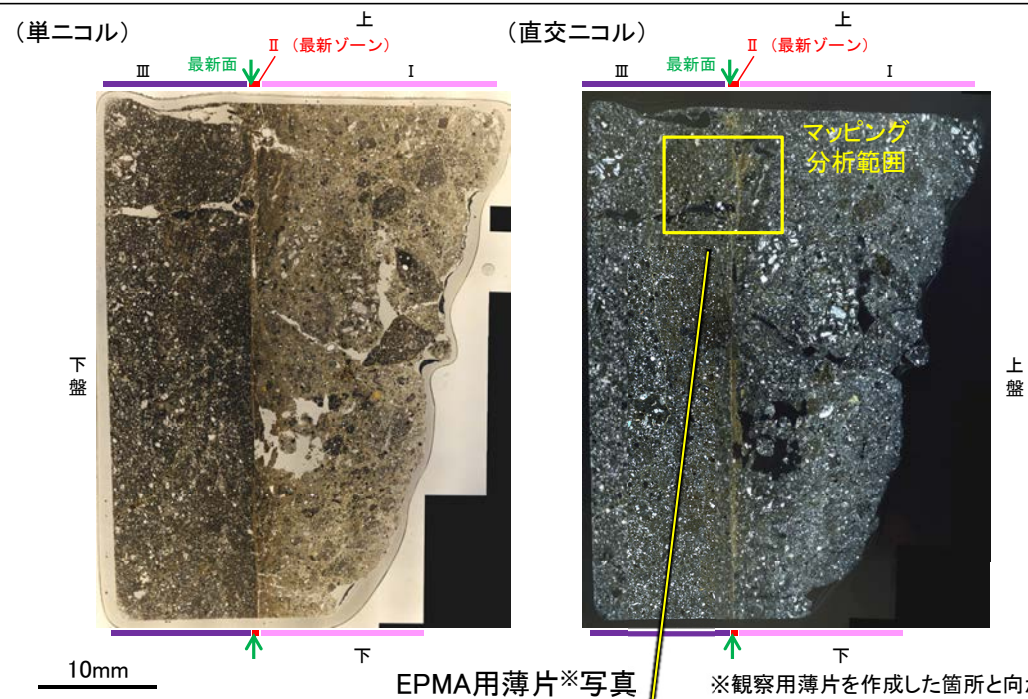


調査位置図



・詳細は補足資料5.2-2(3)P.5.2-2-72

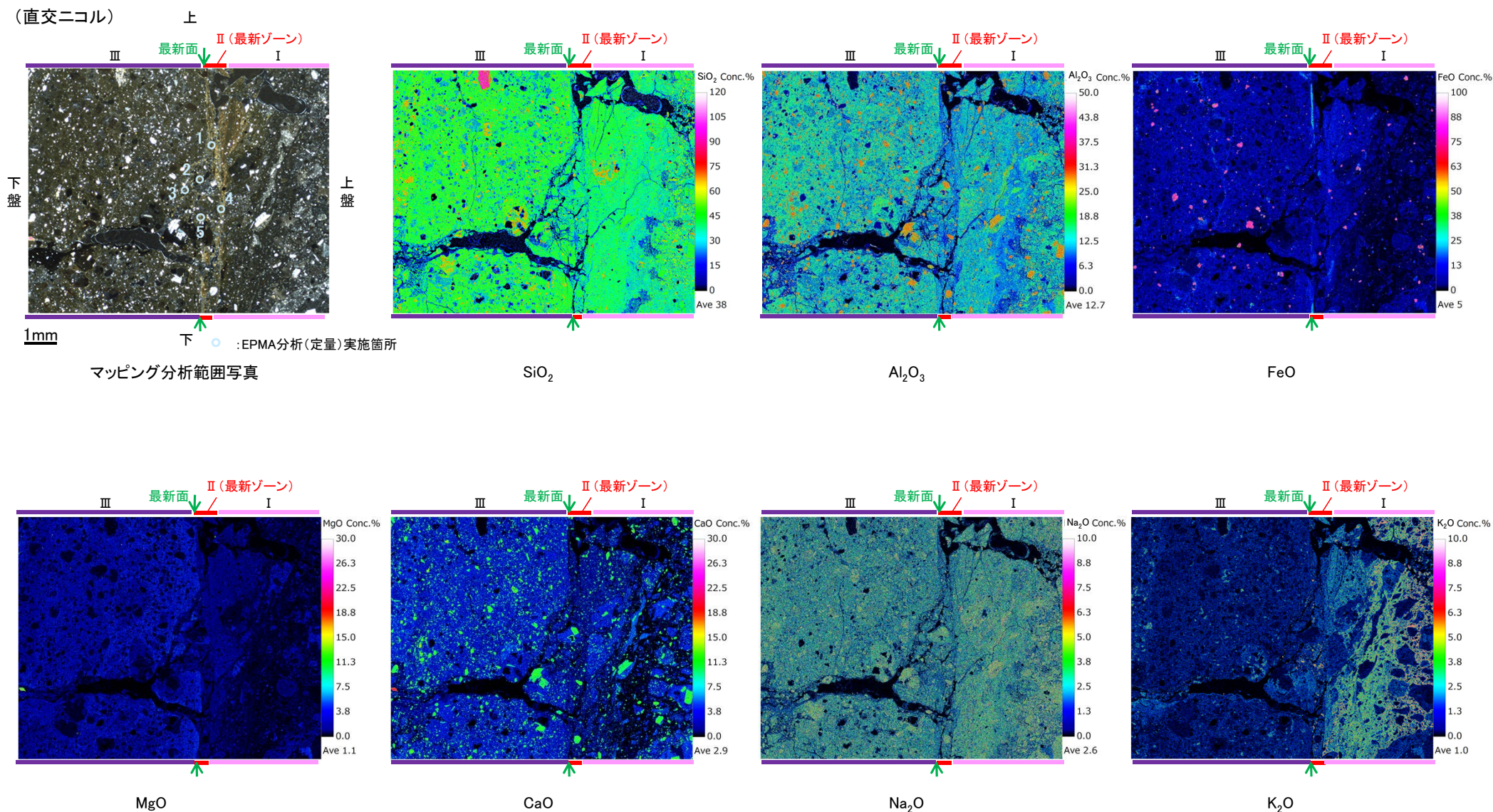
二八面体型雲母粘土鉍物及び関連鉍物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)



5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 ー変質鉱物の分布(EPMA分析(マッピング))ー

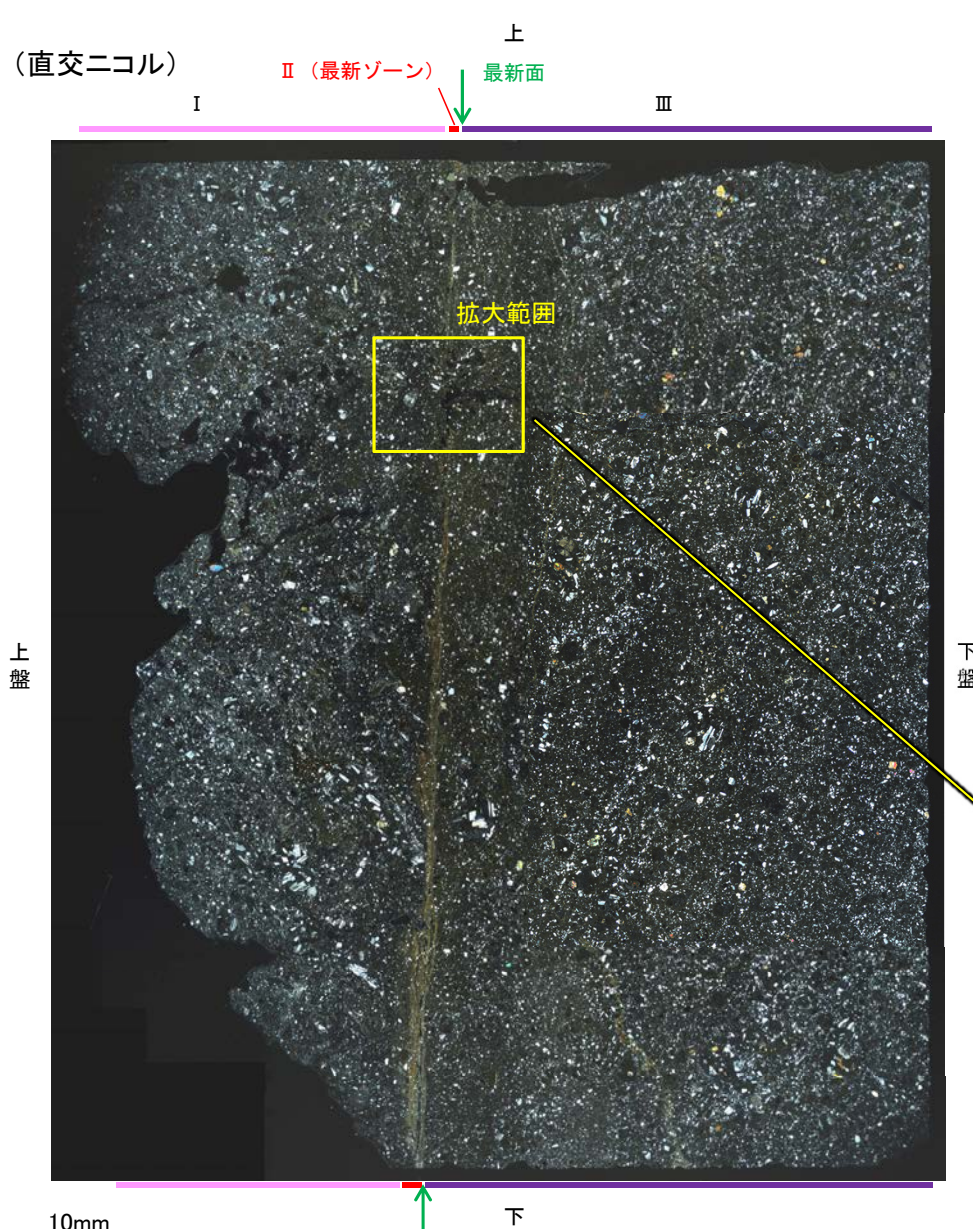
コメントNo.83の回答

○EPMA用薄片でEPMA分析(マッピング)を実施した結果, EPMA分析(定量)で認められたI/S混合層が最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。

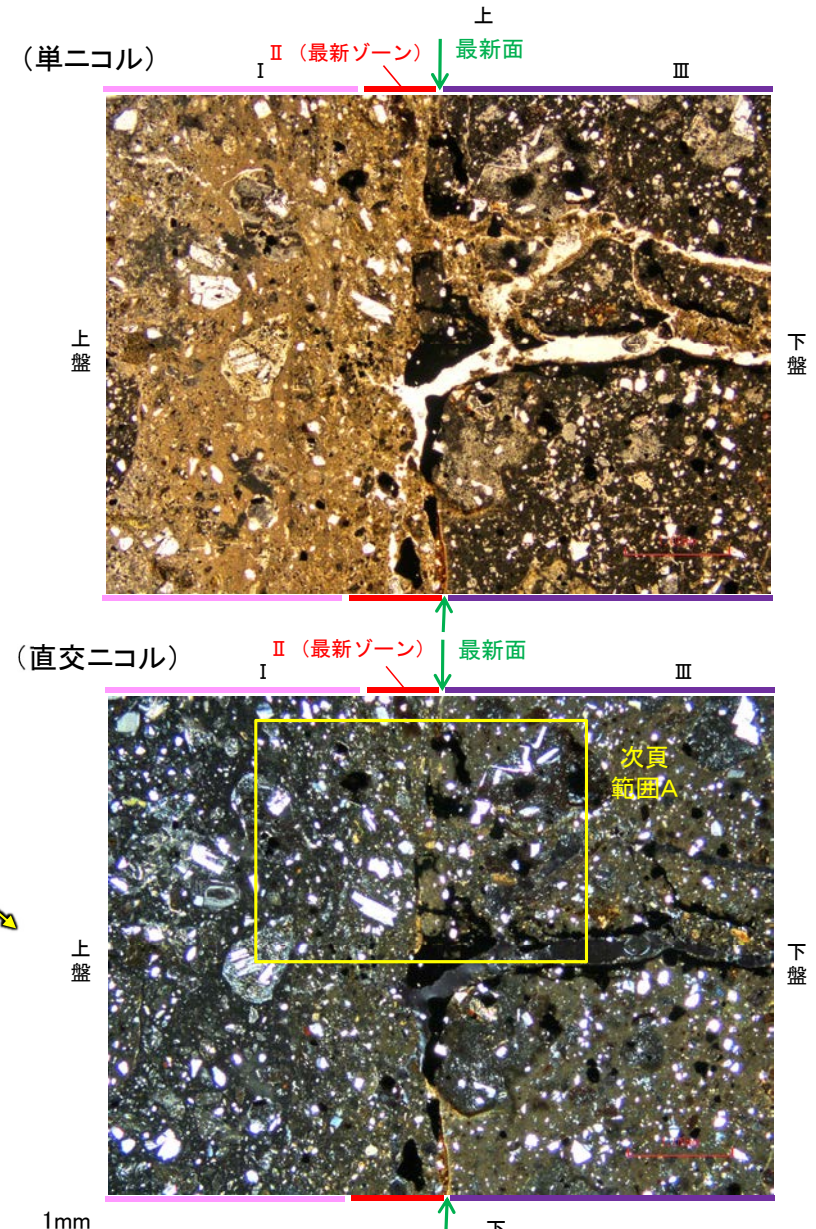


5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 -変質鉱物の分布(薄片観察)-

- 観察用薄片で実施した薄片観察や、EPMA用薄片で実施したEPMA分析(マッピング)における化学組成の観点での観察より、I/S混合層が最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。
- このI/S混合層と最新面との関係を確認する。



観察用薄片写真(H- -0.3-80_107R)

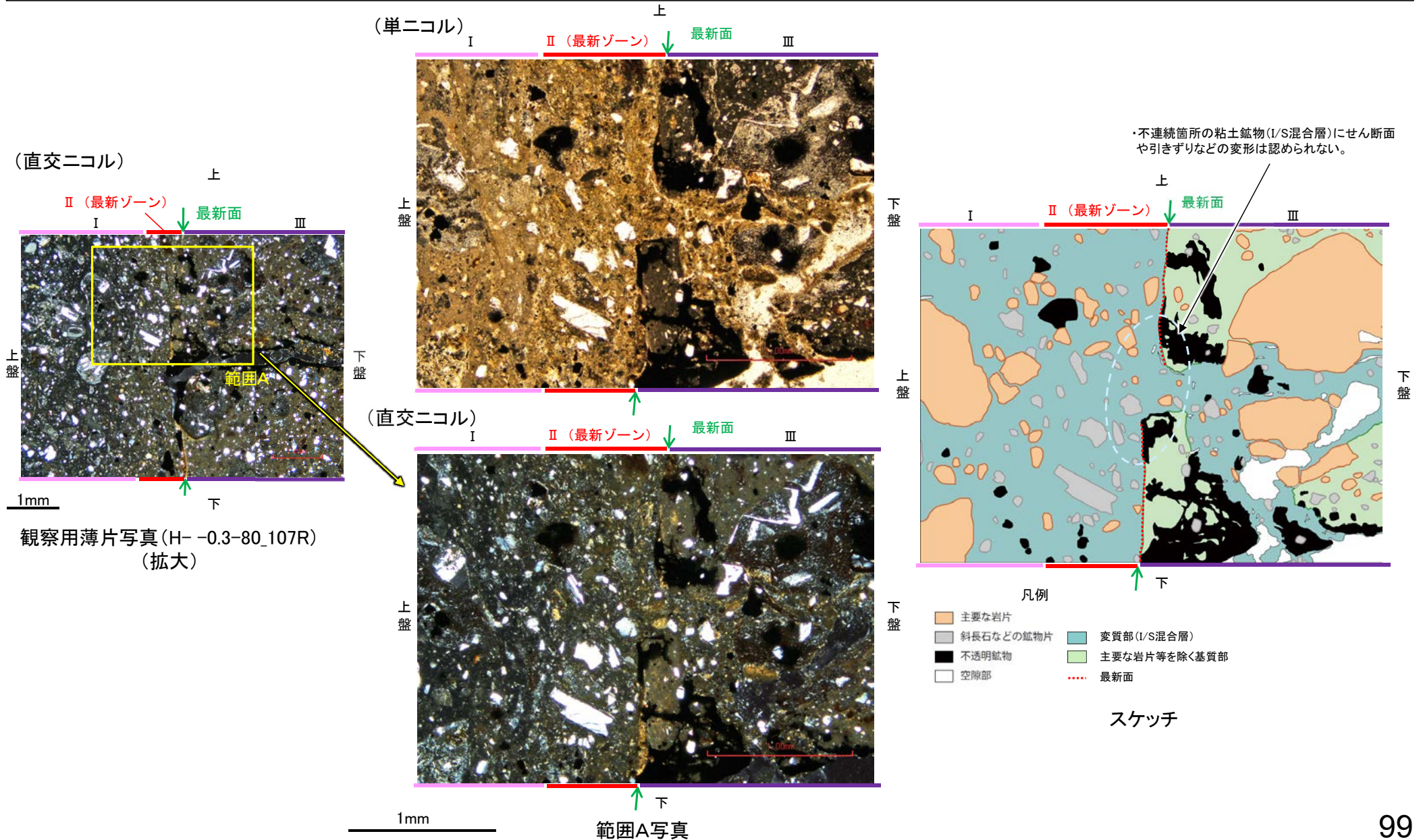


観察用薄片写真(H- -0.3-80_107R) (拡大)

5.2.3 K-14 (2) H- -0.3-80孔 -最新面とI/S混合層との関係(範囲A)-

○範囲Aにおいて詳細に観察した結果, 最新面付近には広く粘土鉱物(I/S混合層)が分布し, 最新面が不明瞭かつ不連続になっており, 不連続箇所(粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。

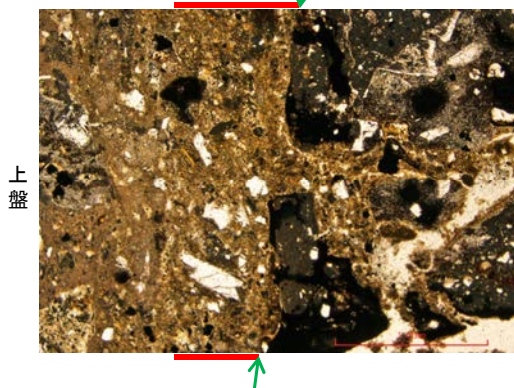
○なお, 不連続箇所においてI/S混合層生成以降の注入現象の有無を確認した結果, 弓状構造や粒子の配列などの注入の痕跡は認められない。



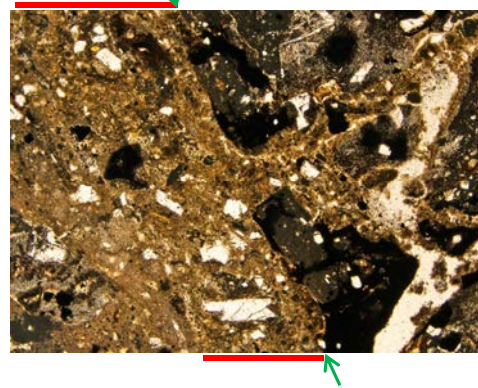
【ステージ回転】

(単ニコル)

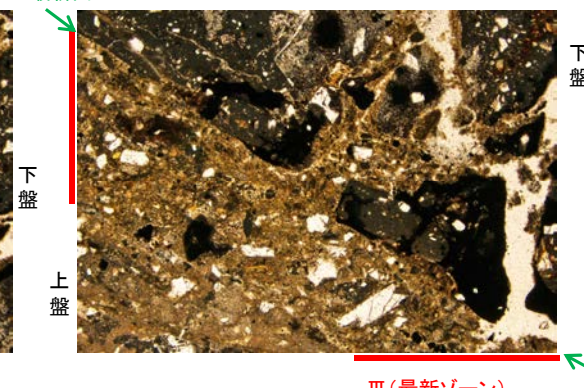
II (最新ゾーン) ↓ 最新面



III (最新ゾーン) ↓ 最新面



最新面



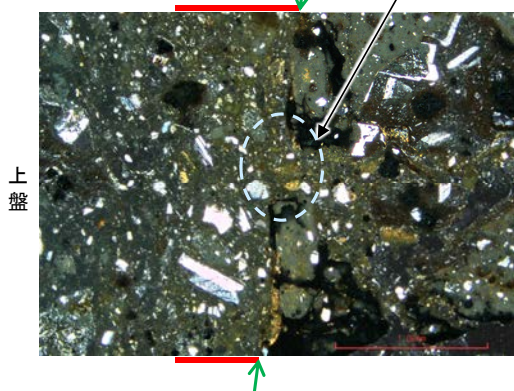
III (最新ゾーン)

カリフォルニアの事例	阿寺断層の事例
注入脈の壁に沿って凸状上向き の弓状構造が認められる	注入方向に粒子の配列が認 められる

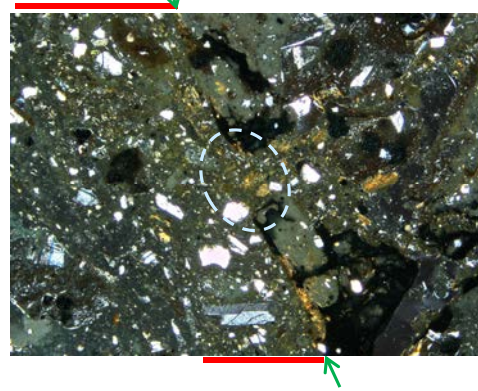
- ・不連続箇所粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。
- ・注入の痕跡は認められない

(直交ニコル)

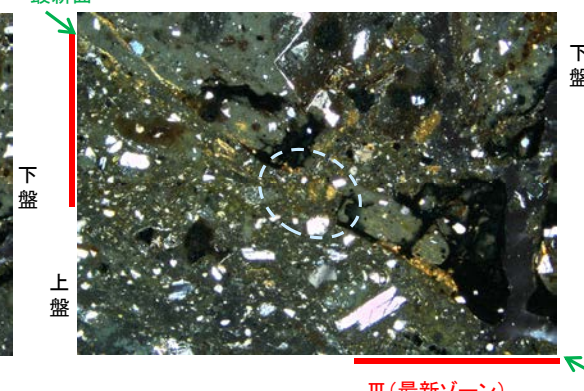
II (最新ゾーン) ↓ 最新面



III (最新ゾーン) ↓ 最新面



最新面



III (最新ゾーン)

1mm

0° 回転

左30° 回転

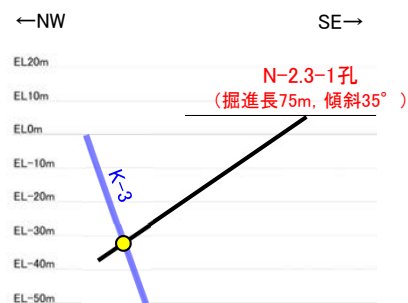
左60° 回転

5.2.4 K-3

■ 鉱物脈法等による評価

- 浅部(K-3露頭 a地点)及び深部(N-2.3-1孔, 深度66.36m)から採取した試料を対象に, 薄片観察を実施した結果, いずれの深度においても, 最新ゾーンに直線性・連続性のよい面構造が認められなかった。このことから, K-3周辺の粘土状破碎部に明瞭な最新面が認められ, 走向・傾斜が類似するK-2と比較することで, 評価を行った。
- また, K-3の固結した破碎部中に認められる変形構造について詳細に観察し, 変形構造からみた断層の形成環境についても検討を行った。

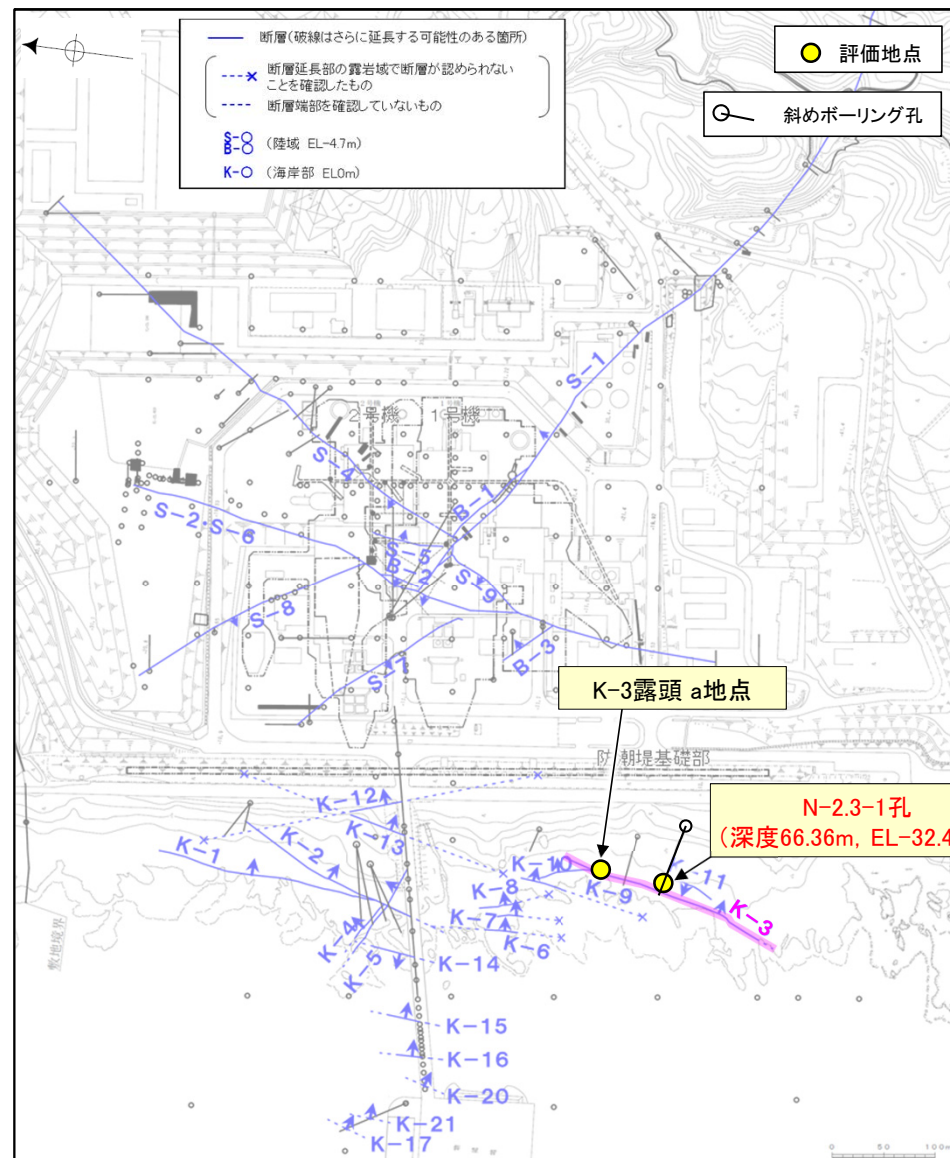
評価地点	記載頁
N-2.3-1孔 (深度66.36m, EL-32.48m)	P.103~112
K-3露頭 a地点	



N-2.3-1孔断面図
(掘進方向, H:V=1:1)

凡例
● 評価地点

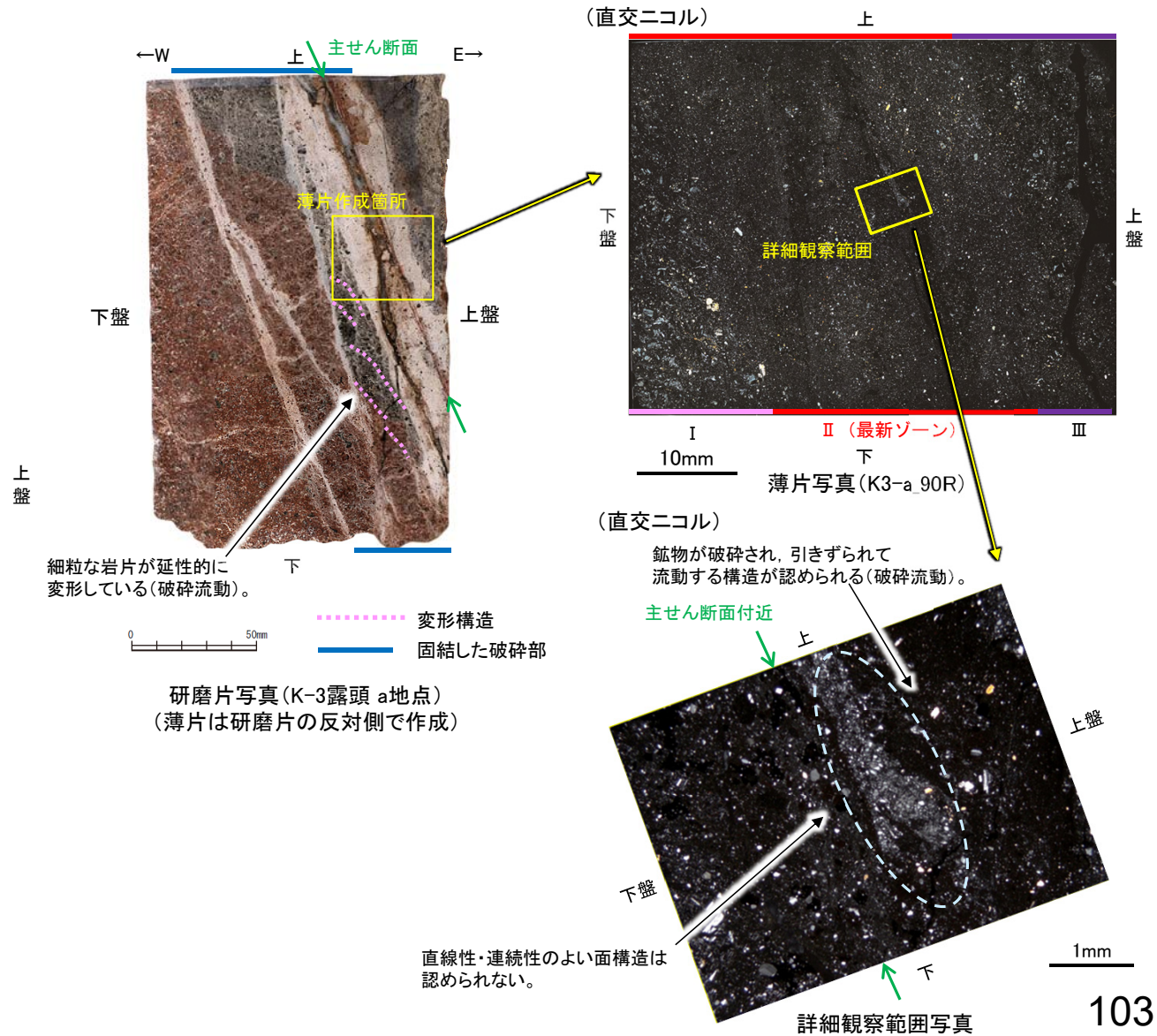
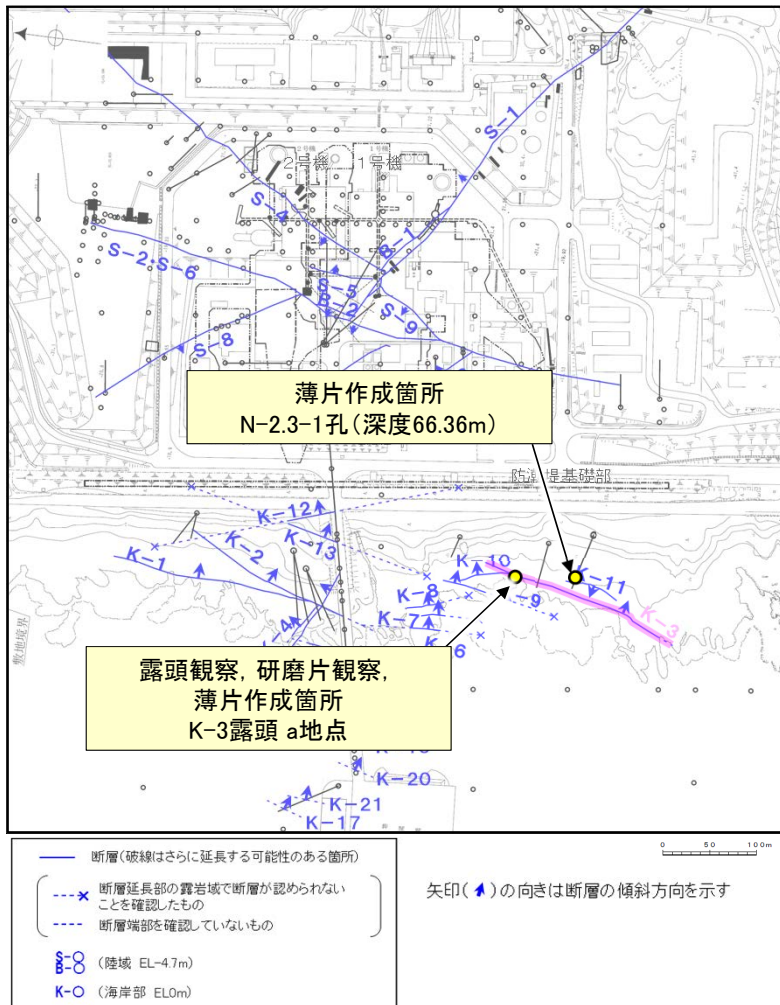
赤字:第788回審査会合以降の追加箇所



矢印(▲)の向きは断層の傾斜方向を示す

5.2.4 K-3 (1) N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 一概要一

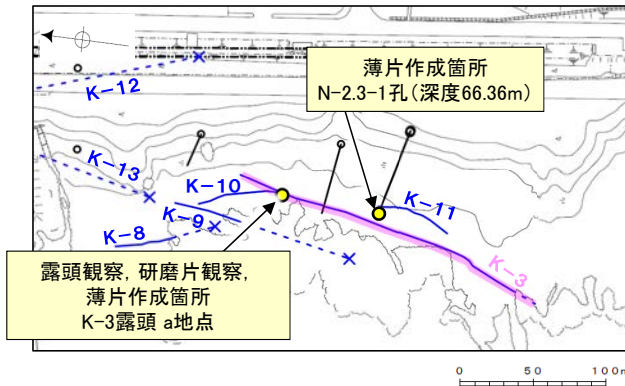
- K-3は、全線が固結した破碎部からなり、浅部(K-3露頭 a地点)及び深部(N-2.3-1孔, 深度66.36m付近)から採取した固結した破碎部の試料を用いて、最新面と変質鉱物との関係による評価を行った。
- K-3の最新ゾーンは、固結した破碎部からなり、周辺の固結した破碎部と類似した性状を有し、直線性・連続性のよい面構造が認められないことから、固結した破碎部形成以降(少なくとも後期更新世以降)の活動はないと判断される。
- また、最新ゾーンに破碎流動が認められ、その形成環境について知見に照らした結果、最新ゾーンは封圧の小さな地表付近ではなく、地下深部で形成されたものと判断される。形成年代の検討の結果、最新ゾーンは少なくとも後期更新世以降に形成されたものではないと考えられ、上記の評価と整合する。



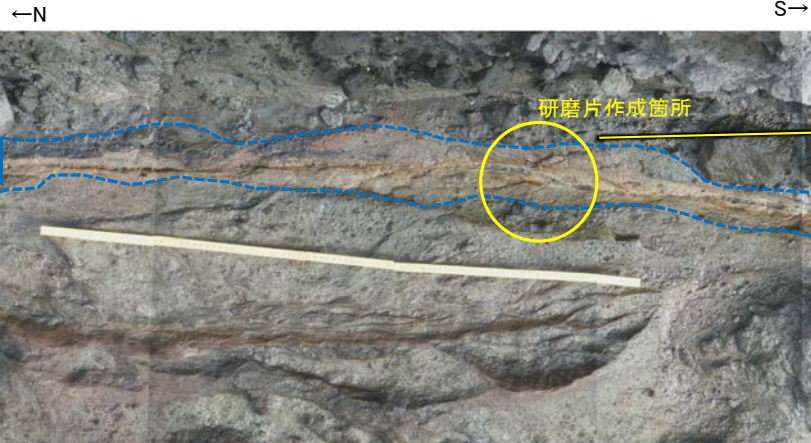
5.2.4 K-3 (1) N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 —最新面の認定(巨視的観察)—

- K-3は、露頭観察、コア観察の結果、浅部・深部ともに固結した破碎部のみからなる(2章)。
- この固結した破碎部からなるK-3の浅部(K-3露頭 a地点)及び深部(N-2.3-1孔, 深度66.36m)から採取した試料において、巨視的観察(研磨片観察・コア観察・CT画像観察)を実施し、最も直線性・連続性がよい断層面を主せん断面として抽出した。
- 浅部は露頭から直接採取した研磨片から薄片を作成し、深部はブロックから破碎部の最大傾斜方向(90° R)で切り出し、薄片を作成した。

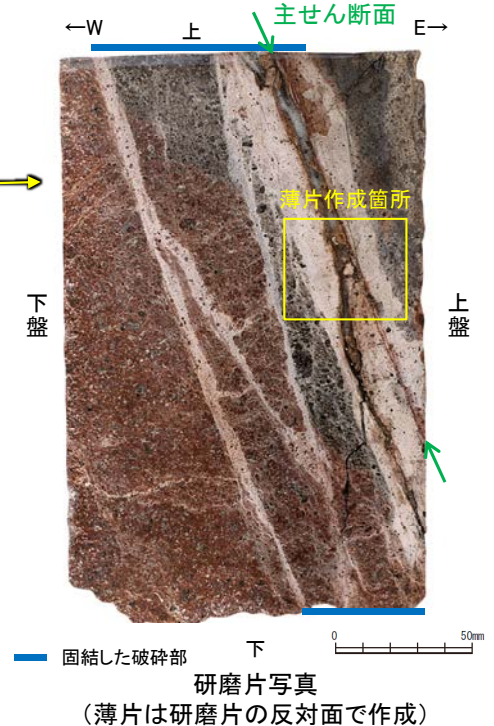
【K-3 浅部】



調査位置図



固結した破碎部 K-3露頭 a地点 破碎部の状況写真



固結した破碎部 下 上盤
研磨片写真 (薄片は研磨片の反対面で作成)

【K-3 深部】

(深度)

(深度)

66.20 66.30 66.40 66.50 (m)

66.20 66.30 66.40 66.50 (m)

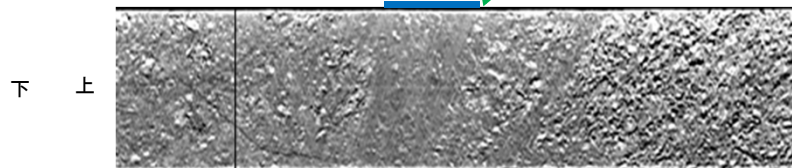
走向傾斜:N18° E/72° SE 主せん断面

主せん断面



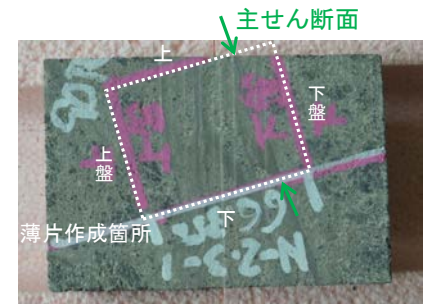
固結した破碎部

ボーリングコア写真(N-2.3-1孔)



固結した破碎部

CT画像(N-2.3-1孔)

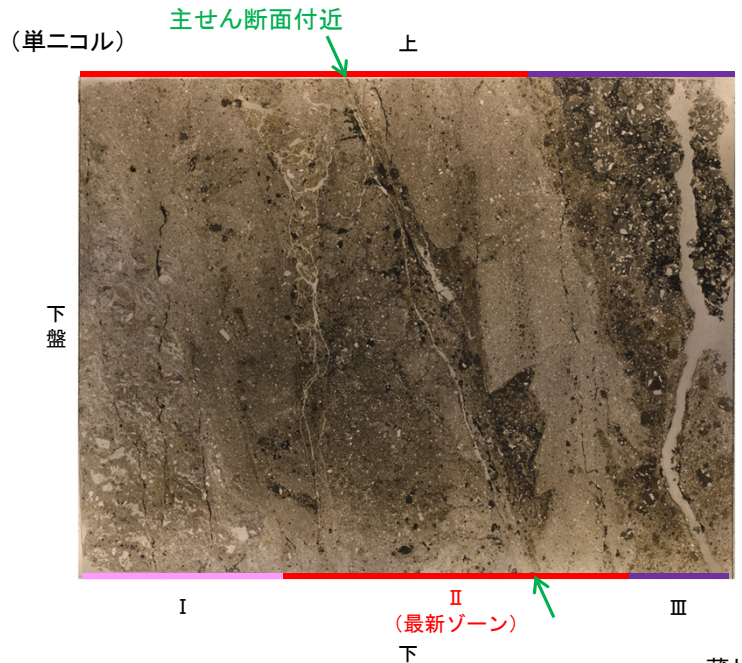


2cm

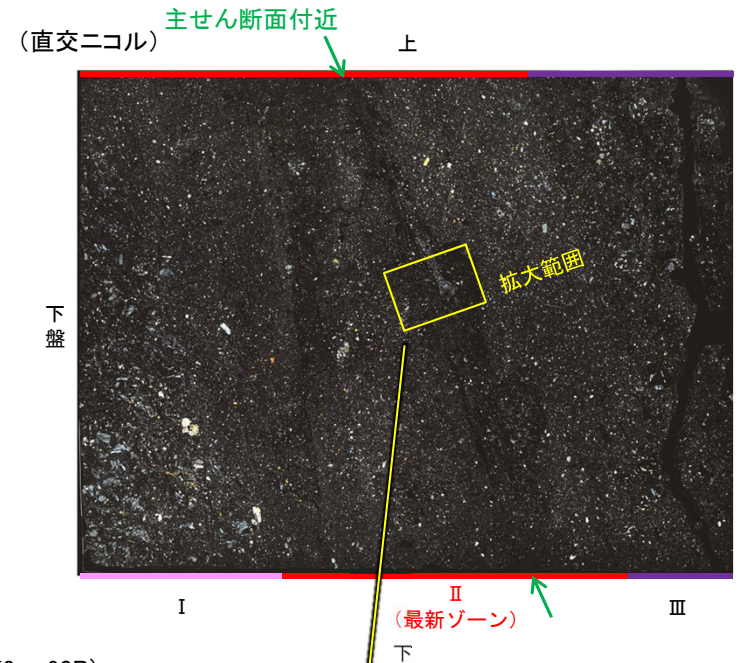
ブロック写真

【K-3 浅部(K-3露頭 a地点)】

○K-3浅部の薄片観察の結果, 色調や礫径などから, 下盤側よりI ~ IIIに分帯される。
 ○そのうち, 最も細粒化している分帯IIを最新ゾーンとして抽出した。
 ○最新ゾーンは, 周辺に分帯I, IIIと比べて, 岩片や鉱物片の細粒化の程度にやや違いはあるものの, 構成鉱物の種類(斜長石, 輝石類)や基質部の色調が類似しており, 主せん断面付近も含め, 最新ゾーン中に直線性・連続性のよい面構造は認められない(拡大写真)。

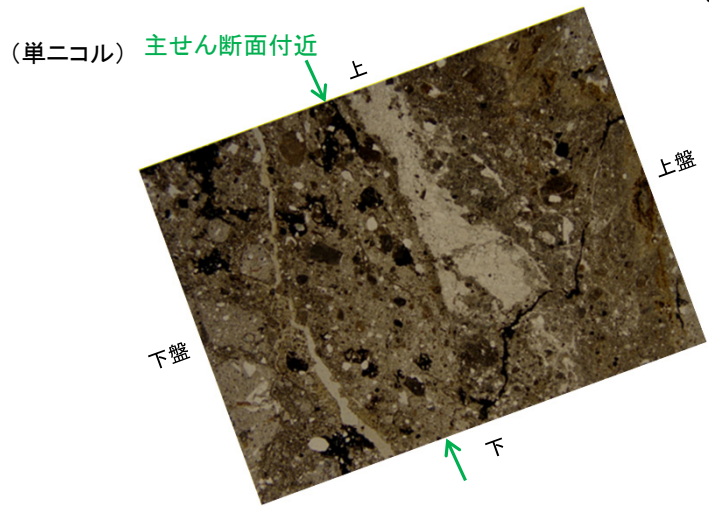


薄片写真(K3-a_90R)

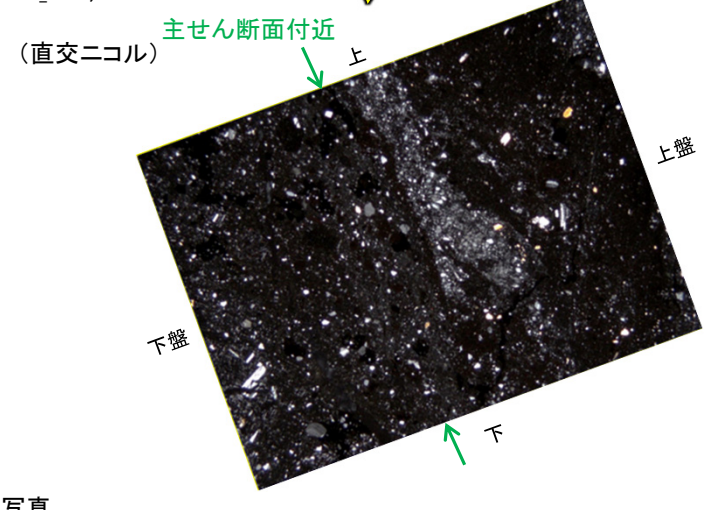


I : 単ニコルで灰～黄灰色, 直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径0.5～6mmの岩片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は垂角形～垂円形である。
 II (最新ゾーン) : 単ニコルで黄灰～暗灰色, 直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する細粒凝灰岩及び凝灰岩からなる。径0.2～1mmの鉱物片や岩片がより細粒な基質中に含まれる。鉱物片は角張った形状～垂円形, 岩片は垂角形～垂円形である。
 III : 単ニコルで灰～黄灰色, 直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径0.5～3mmの岩片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は垂角～垂円形である。

10mm



拡大範囲写真



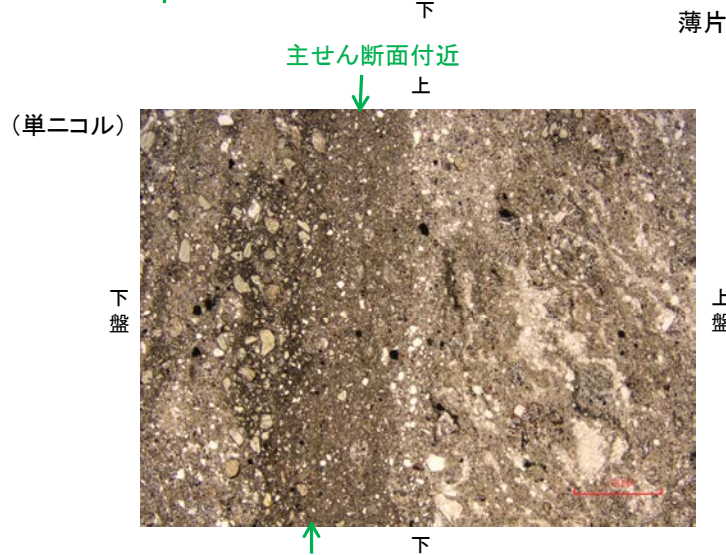
1mm

【K-3 深部(N-2.3-1孔)】

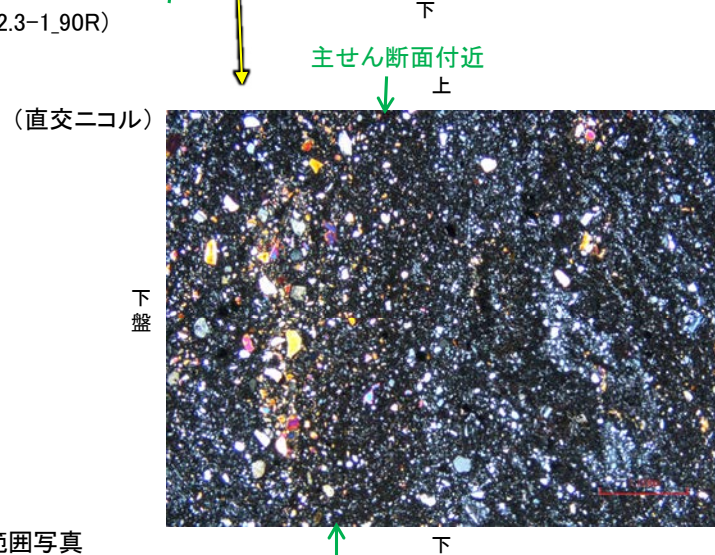
- K-3深部の薄片観察の結果、色調や礫径などから、下盤側よりⅠ～Ⅲに分帯される。
- そのうち、最も細粒化している分帯Ⅱを最新ゾーンとして抽出した。
- 最新ゾーンは、周辺に分帯Ⅰ、Ⅲと比べて、岩片や鉱物片の細粒化の程度にやや違いはあるものの、構成鉱物の種類(斜長石、輝石類)や基質部の色調が類似しており、主せん断面付近も含め、最新ゾーン中に直線性・連続性のよい面構造は認められない(拡大写真)。



薄片写真(N-2.3-1_90R)



拡大範囲写真



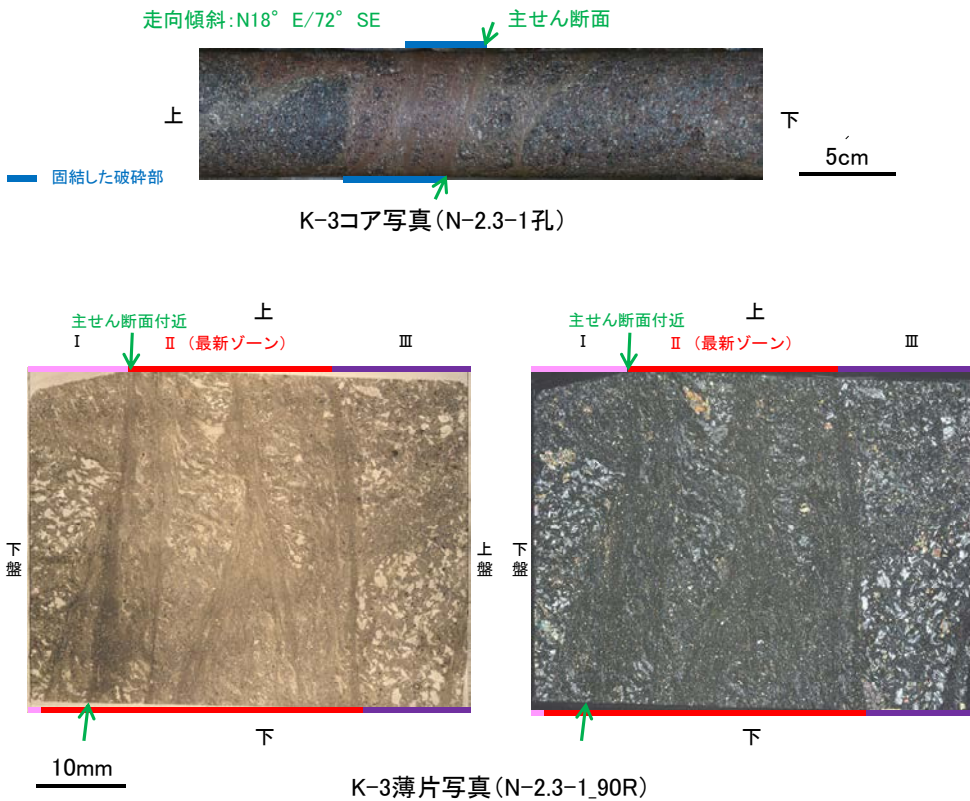
- I : 単ニコルで黄灰～暗灰色、直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径5～20mm以上の岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は亜角～亜円形、鉱物片は角～亜円形である。
- II (最新ゾーン) : 単ニコルで黄灰～暗灰色、直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する凝灰岩からなる。径0.2～3mmの岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。一部でやや粗粒であり、径5mm程度の岩片を含む。岩片は亜角～亜円形、鉱物片は角～亜円形である。
- III : 単ニコルで黄灰～暗灰色、直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径5～15mmの岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は亜角～亜円形、鉱物片は角～亜円形である。

10mm

1mm

5.2.4 K-3 (1) N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 — K-3周辺の評価対象断層との比較—

コメントNo.63の回答



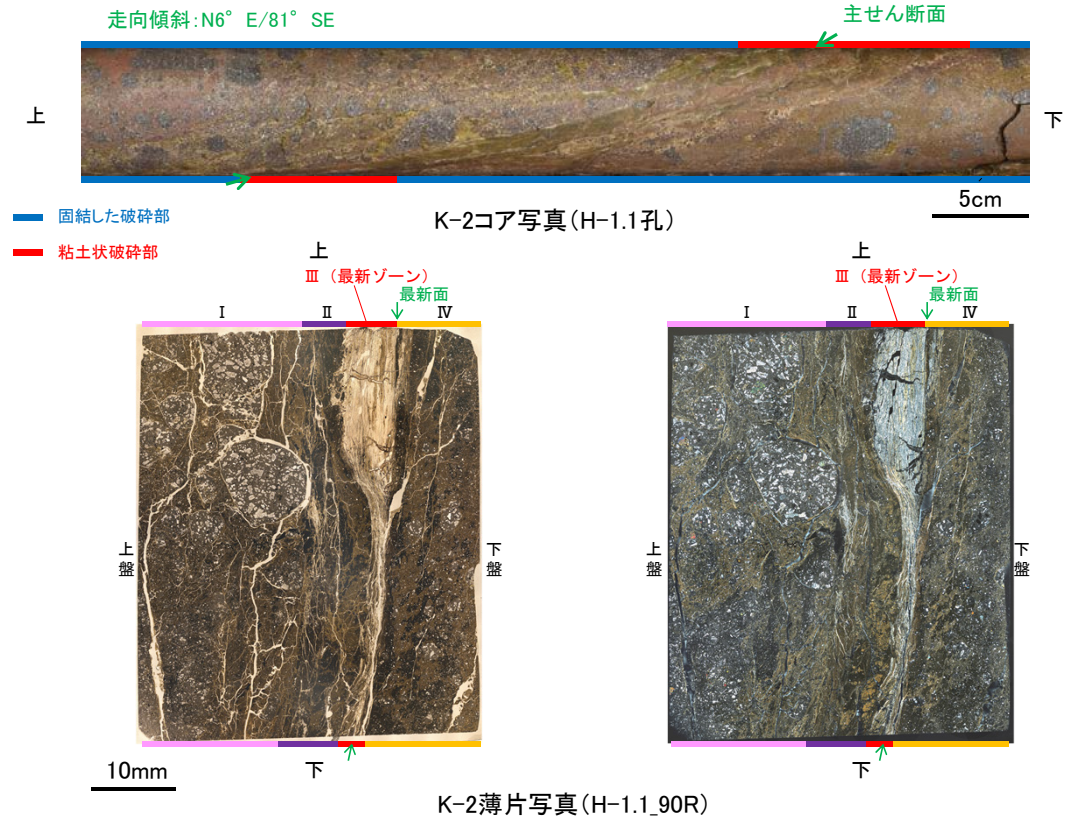
<K-3の観察結果>

○K-3は、固結した破砕部のみからなり、薄片観察により抽出した最新ゾーンは、周辺のゾーンと比べて、岩片や鉱物片の細粒化の程度にやや違いはあるものの、構成鉱物の種類や基質部の色調が類似しており、主せん断面付近も含め、最新ゾーンに直線性・連続性のよい面構造は認められない。

<考察>

○K-3の最新ゾーンは、固結した破砕部のみからなり、直線性・連続性のよい面構造が認められないことから、K-3に固結した破砕部形成以降の活動はない。

○固結した破砕部形成以降の活動がないK-3は、固結した破砕部形成以降の活動の可能性がある周辺の評価対象断層(K-2)よりも活動が古い。周辺の評価対象断層(K-2)は少なくとも後期更新世以降の活動はないことから、K-3は、少なくとも後期更新世以降の活動はない。



<K-3周辺の評価対象断層(K-2)の観察結果>

○薄片観察により抽出した最新ゾーンは、周辺のゾーン(固結した破砕部)とは異なり粘土鉱物主体で、最新ゾーンに明瞭な最新面が認められる。

○最新面を横断する変質鉱物(オパールCT, 少なくとも後期更新世以降に生成されたものではない)に変位・変形は認められない。

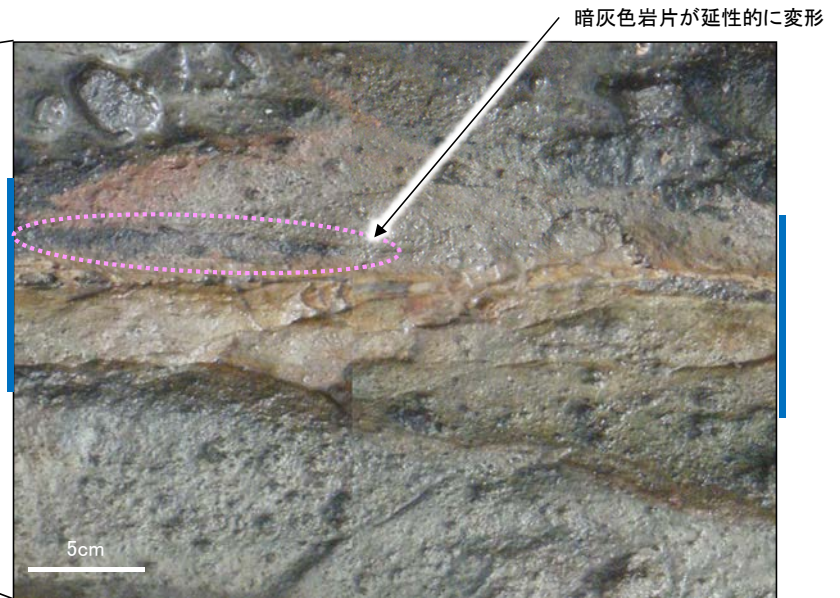
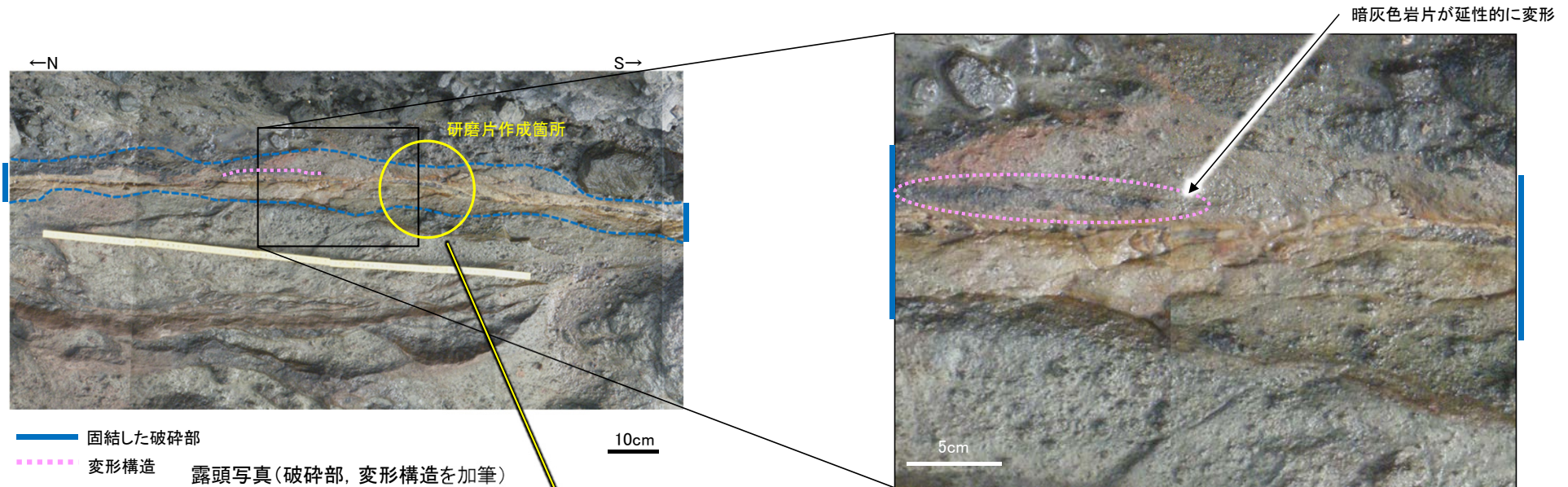
<考察>

○K-3周辺の評価対象断層(K-2)の最新ゾーンは、周辺の固結した破砕部とは異なり粘土鉱物主体で、そこに最新面が認められることから、固結した破砕部形成以降の活動の可能性がある。

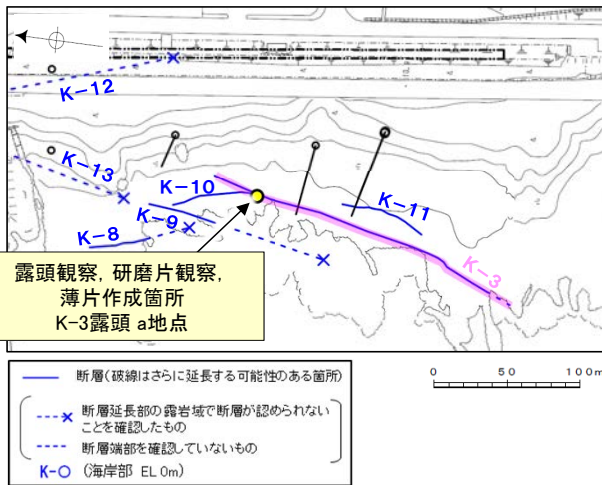
○ただし、最新面を横断する変質鉱物(オパールCT)に変位・変形は認められないことから、少なくとも後期更新世以降の活動はない。

5.2.4 K-3 (2) 変形構造からみた断層の形成環境の検討 —巨視的観察—

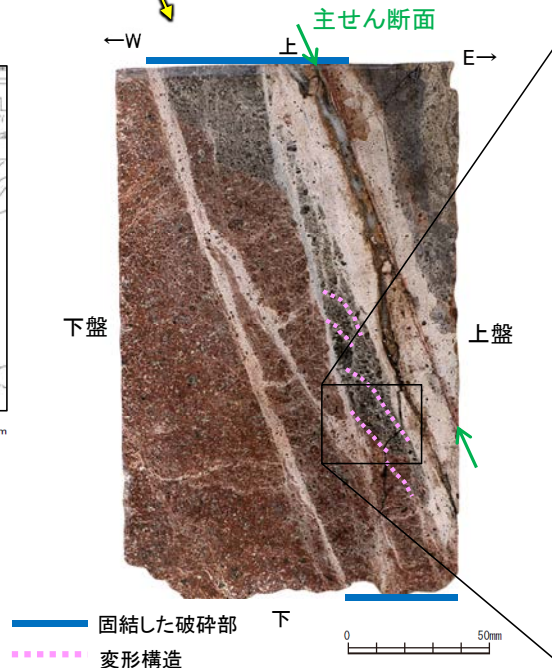
○次に、K-3の固結した破碎部中に認められる変形構造について詳細に観察し、変形構造からみた断層の形成環境の検討を行った。
 ○露頭観察・研磨片観察(巨視的観察)の結果、K-3の固結した破碎部中に岩片が延性的に変形する構造が認められた。



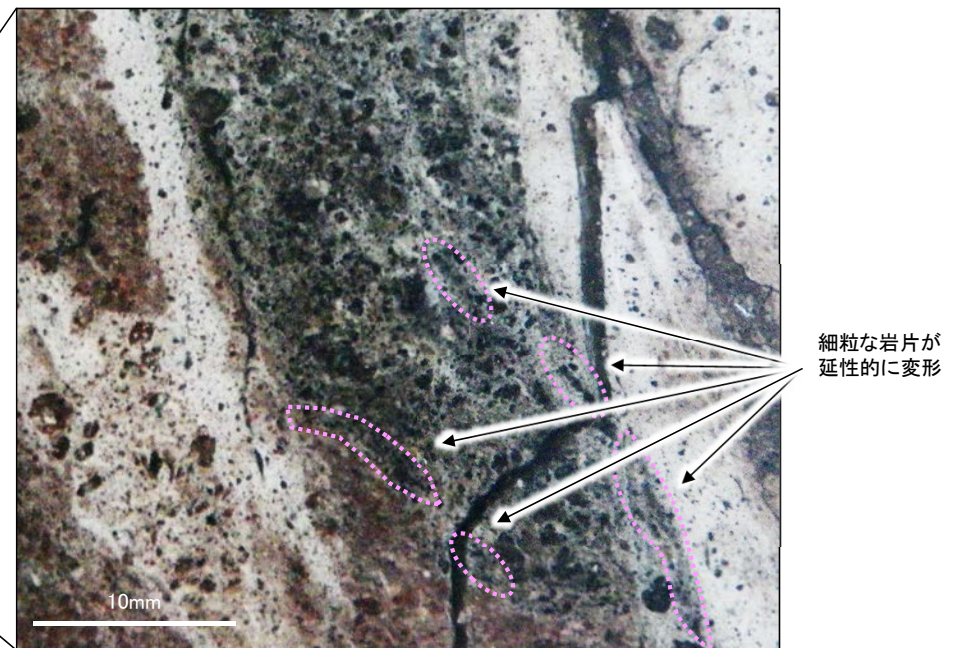
拡大写真(変形構造を加筆)



調査位置図



研磨片写真(変形構造を加筆)

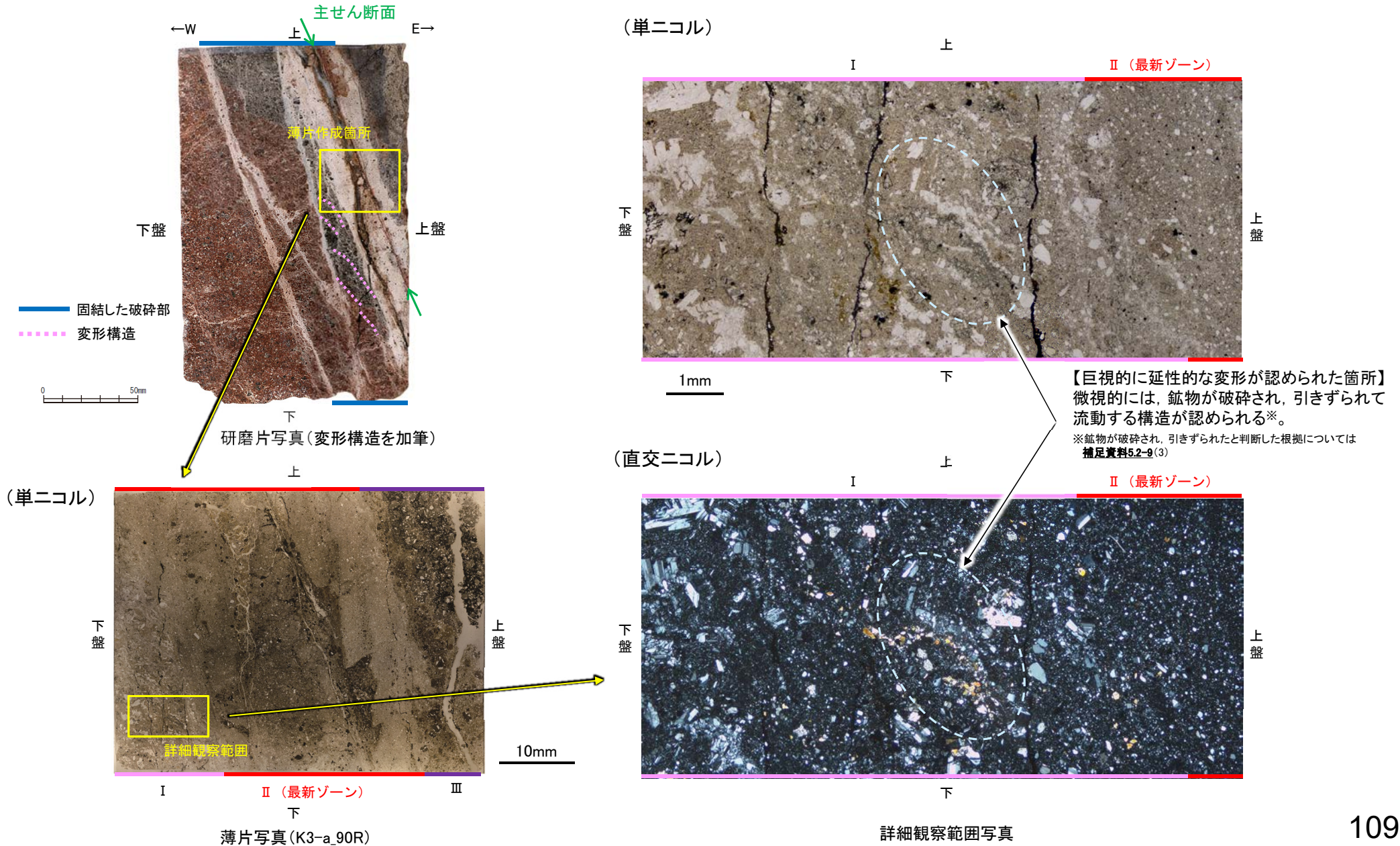


拡大写真(変形構造を加筆)

5.2.4 K-3 (2) 変形構造からみた断層の形成環境の検討 —微視的観察—

○研磨片観察(巨視的観察)で岩片が延性的に変形している箇所について顕微鏡観察(微視的観察)を行った結果、鉱物が破碎(脆性破壊)され、引きずられて流動する構造が認められた。

○このような巨視的には延性的な変形、微視的には脆性破壊を伴う変形構造は、高木(1998)によれば、破碎流動であるとされている。



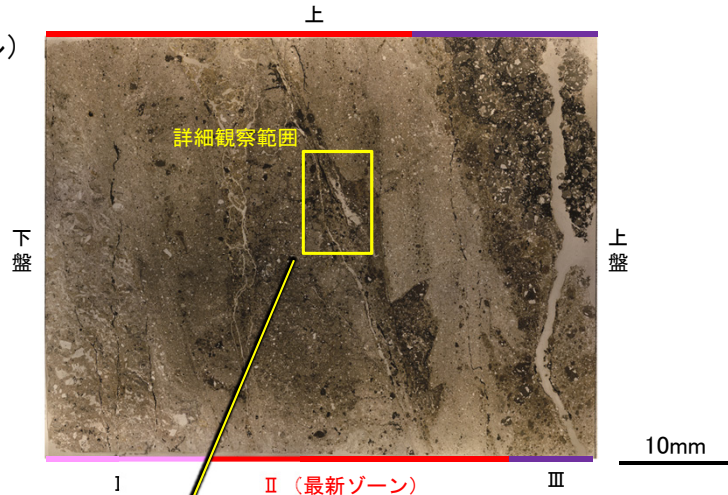
5.2.4 K-3 (2) 変形構造からみた断層の形成環境の検討 — 微視的観察(最新ゾーン) —

コメントNo.63の回答

○さらに, P.105, 106で示したK-3の浅部と深部で作成した薄片の最新ゾーンを観察すると, 前頁と同様に, 鉱物が破碎され, 引きずられて流動する構造が認められた(詳細観察範囲写真)。

【K-3 浅部】

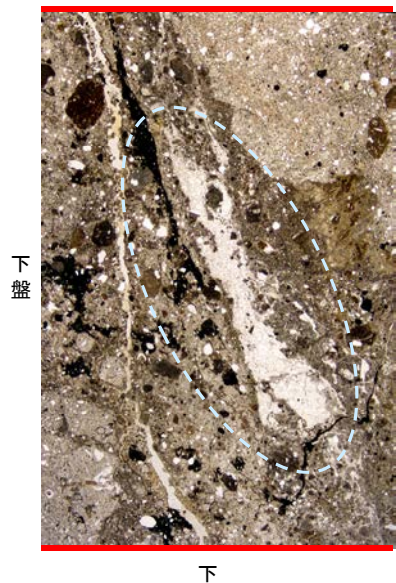
(単ニコル)



薄片写真(K3-a_90R)

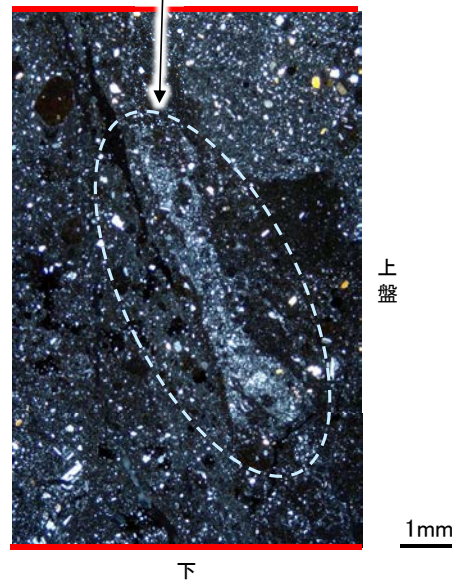
鉱物が破碎され, 引きずられて流動する構造が認められる。

(単ニコル)



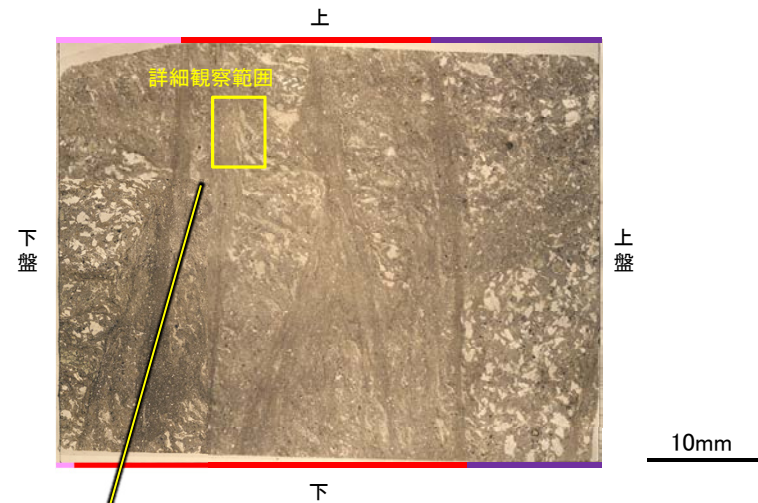
詳細観察範囲写真

(直交ニコル)



【K-3 深部】

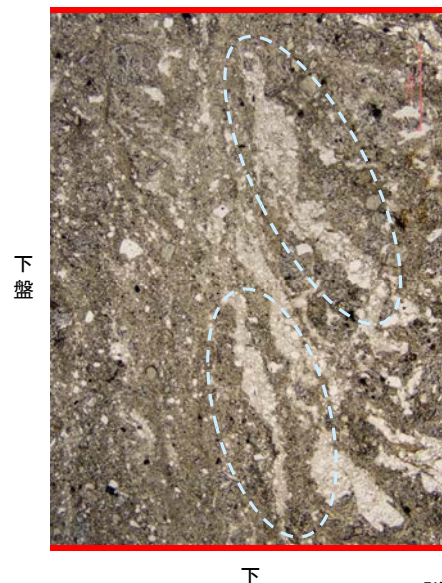
(単ニコル)



薄片写真(N-2.3-1_90R)

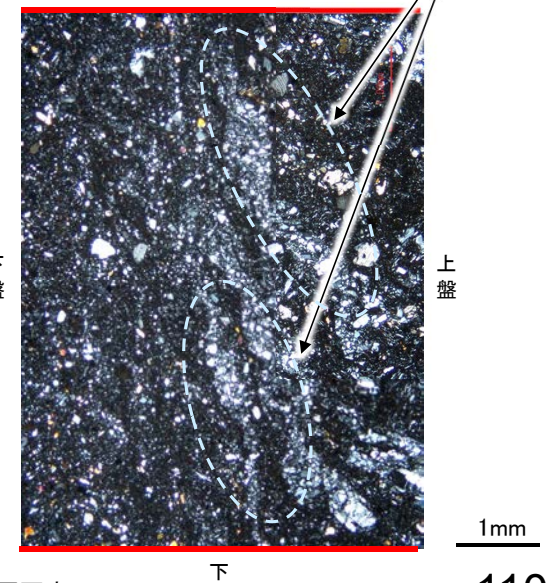
鉱物が破碎され, 引きずられて流動する構造が認められる。

(単ニコル)



詳細観察範囲写真

(直交ニコル)



<K-3の観察結果>

○露頭観察・研磨片観察(巨視的観察)では、岩片が延性的に変形する構造が認められ、薄片観察(微視的観察)では、最新ゾーンや巨視的に延性的な変形が認められた箇所に、鉱物が破碎され、引きずられて流動する構造が認められ、それは高木(1998)によれば破碎流動である。

<破碎流動の形成に関する知見>

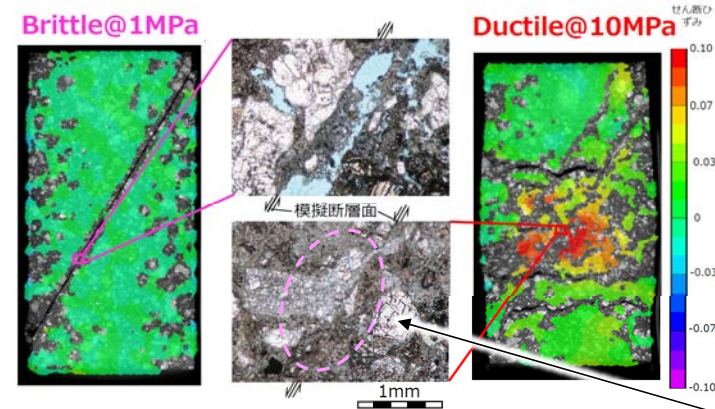
○Paterson et al.(2005)は、常温での三軸試験による脆性から延性への遷移時の封圧を整理しており、破碎流動が形成される領域は、Porous lavas(下表□)では30~100MPaの封圧で遷移するとされている。

常温での三軸試験による測定例
Paterson et al.(2005)に一部加筆

Rock	Approx. pressure at transition (MPa)	Reference
Limestones and marbles	30 - 100	See text
Limestone (0.16 porosity)	10 - 20	Vajdova, Baud and Wong 2004
Chalk (0.43 porosity)	< 10	Homand and Shao 2000
Dolomite	100 - 200 or higher	Handin and Hager 1957; Mogi 1971b
Gypsum	40	Murrell and Ismail 1976a
Anhydrite	100	Handin and Hager 1957
Rocksalt	< 20	Handin 1953
Talc	400	Edmond and Paterson 1972
Serpentinite	300 - 500	Raleigh and Paterson 1965 Escartin, Hirth and Evans 1997
Chloritite	300	Murrell and Ismail 1976a
Quartzite (0.07 porosity)	600	Hadzadeh and Rutter 1983; Hirth and Tullis 1989
Sandstone (~0.10 porosity)	200 - 300	Edmond and Paterson 1972; Hoshino et al. 1972; Schock, Heard a. Stephens 1973; Bergues et al. 1974
Sandstone (~0.20 porosity)	< 100	Wong, David and Zhu 1997
Siltstones and shales of medium to high porosity	< 100	Handin and Hager 1957; Hoshino et al. 1972
Basalt (0.05 porosity)	300	Shimada and Yukutake 1982
Porous lavas	30 - 100	Mogi 1965; Hoshino et al. 1972

Mogi(1965), Hoshino et al.(1972)は、敷地に認められる岩種と同じ安山岩や凝灰岩を対象に実験を行っている。

○溝口ほか(2019)は、穴水累層の凝灰角礫岩から試料を採取し、常温で1~100MPaの一定封圧下で三軸試験を実施している。その結果、力学挙動から封圧1MPaでは脆性的な挙動を示したが、封圧10MPaでは延性的な挙動が認められるとしている。
○さらに、封圧10MPaの試験後試料の薄片観察(微視的観察)において、粒子が岩片化し、それらが引きずられて流動する構造が確認されている。



穴水累層の凝灰角礫岩の三軸変形試験後の薄片観察結果
溝口ほか(2019)に一部加筆
岩片が引きずられて流動する構造

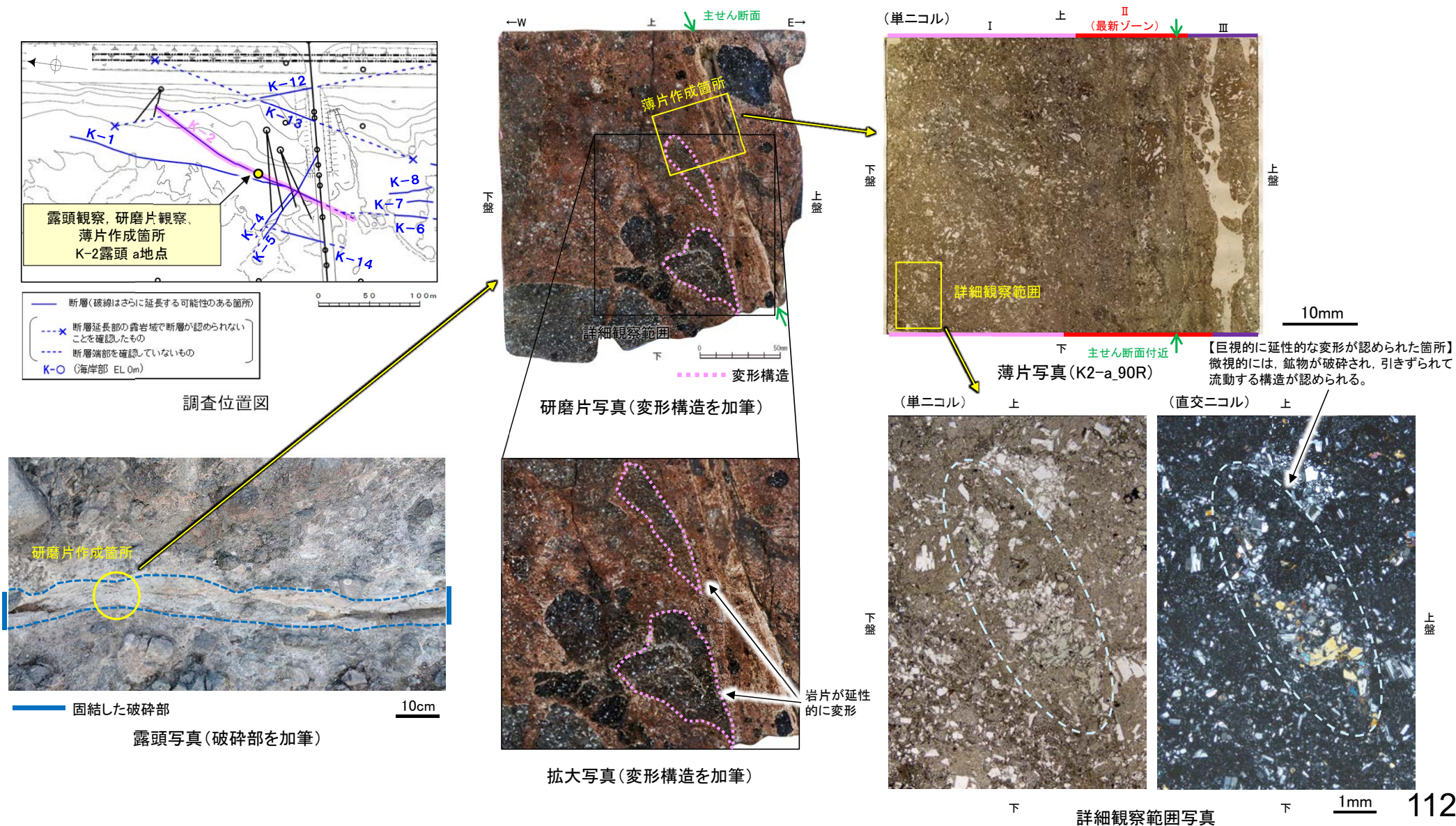
○敷地と同じ岩石を用いて実験を行っている溝口ほか(2019)によれば、破碎流動が形成されるのは、10MPa程度の封圧が必要とされていることから、K-3の最新ゾーンは、封圧の小さな地表付近で形成されたものではなく、地下深部で形成されたものであると判断される。
○なお、溝口ほか(2019)によれば封圧10MPa(深度800m程度*)で破碎流動が形成されることから、敷地のMIS5e以降の平均隆起速度(0.13m/千年)を用いて、それ以前の隆起速度を一定と仮定すれば、K-3の最新ゾーンは6Ma以前に形成されたと見積もられ、少なくとも後期更新世以降に形成されたものではない。このことは、P.107の評価と整合する。

※敷地全域のボーリングコア等による安山岩(角礫質)、凝灰角礫岩の平均密度:約2.3g/cm³を用いて算定
(志賀原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(2号原子炉の増設)参照)

5.2.4 K-3 (2) 変形構造からみた断層の形成環境の検討 —コメント回答—

コメントNo.65の回答

- コメントNo.65(岩石の延性的な変形を温度環境に矛盾がないように説明をすること。)については、K-2、K-3の固結した破碎部に共通して認められる現象であり、K-2の固結した破碎部の観察結果についても以下に示し、合わせて回答する。
- K-2の露頭観察・研磨片観察(巨視的観察)で認められた岩片が延性的に変形している箇所(研磨片拡大写真)で、薄片観察(微視的観察)を行った結果、K-3と同様に、鉱物が破碎され、引きずられて流動する構造が認められ、それは高木(1998)によれば破碎流動である(薄片詳細観察写真)。
- 溝口ほか(2019)では封圧10MPa(深度800m程度)で破碎流動が認められ、この深度は大深度ボーリング孔による温度検層結果(P.44)によれば、地温約50°Cに相当する。吉村(2001)に示されているアルバイト化(曹長石化)が起こる温度(100°C以上、P.43)より低い温度環境であっても、破碎流動により巨視的には延性的な変形が形成されることから、固結した破碎部中の斜長石にアルバイト化が認められない(補足資料5.2-2(8))ことは矛盾しないことを確認した。



5.2.5 S-1

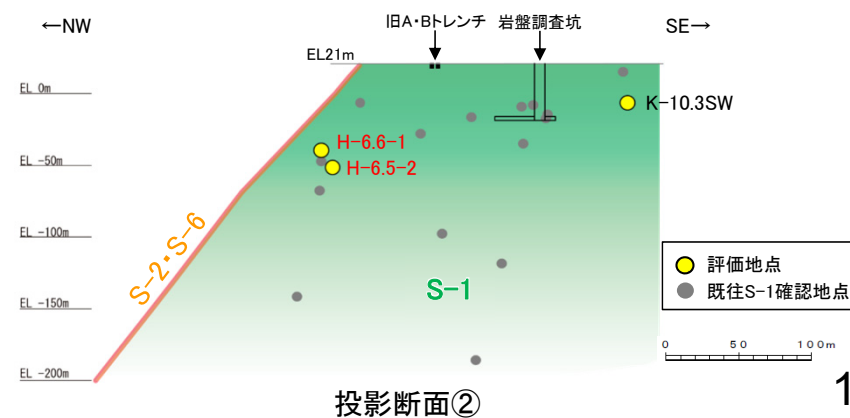
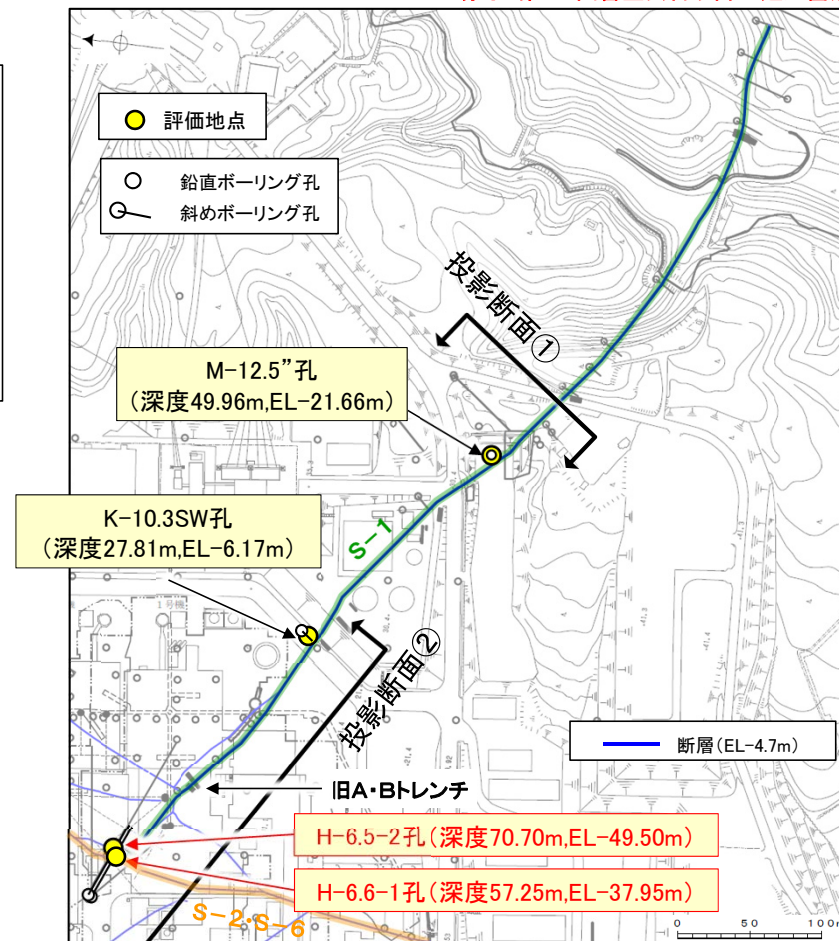
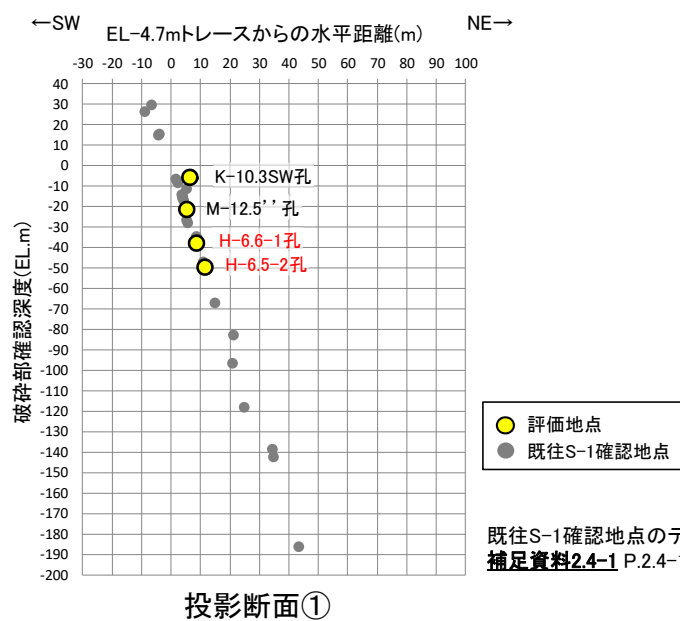
5.2.5 S-1の鉱物脈法等による評価

赤字:第788回審査会合以降の追加箇所

■ 鉱物脈法等による評価

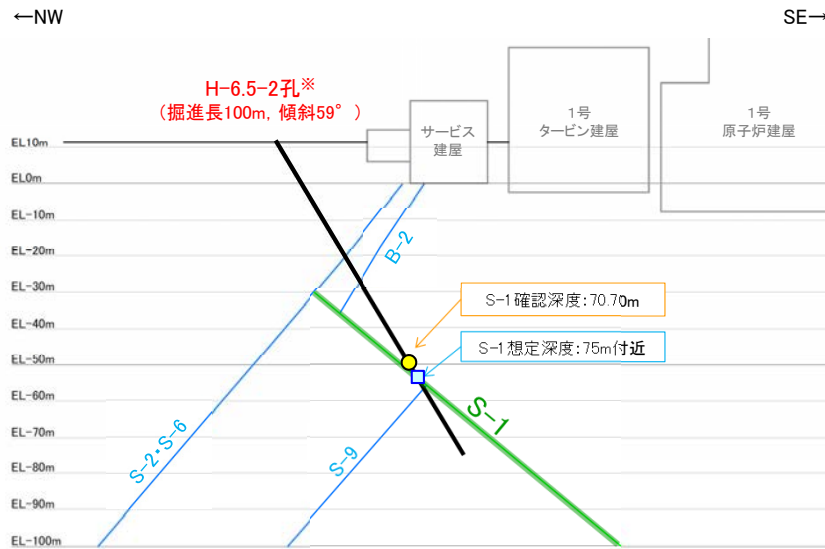
- 3地点(H-6.5-2孔, H-6.6-1孔, K-10.3SW孔)において, S-1の最新ゾーンに少なくとも後期更新世以降に生成されたものではないと評価した変質鉱物であるI/S混合層が認められたことから, 断層活動(最新面)と変質鉱物との関係による評価を行った。
- M-12.5”孔において, S-1の最新ゾーンに少なくとも後期更新世以降に形成されたものではないと評価した碎屑岩脈が認められたことから, 断層活動(最新面)と変質鉱物との関係による評価を行った。

評価地点	記載頁
H-6.5-2孔 (深度70.70m,EL-49.50m)	P.116~128
H-6.6-1孔 (深度57.25m,EL-37.95m)	P.129~141
K-10.3SW孔 (深度27.81m,EL-6.17m)	P.142~156
M-12.5”孔 (深度49.96m,EL-21.66m)	P.157~169

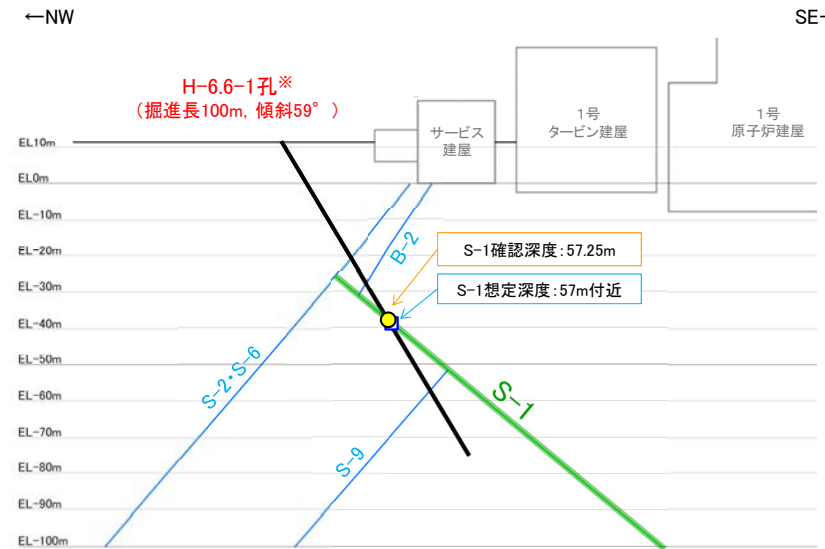


【断面図】

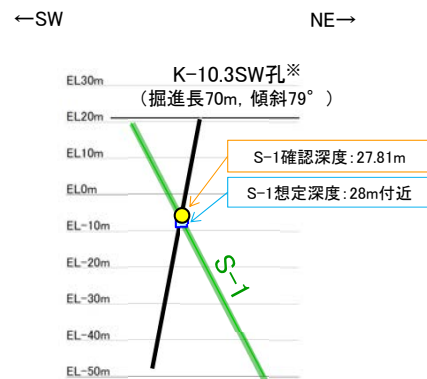
赤字:第788回審査会合以降の追加箇所



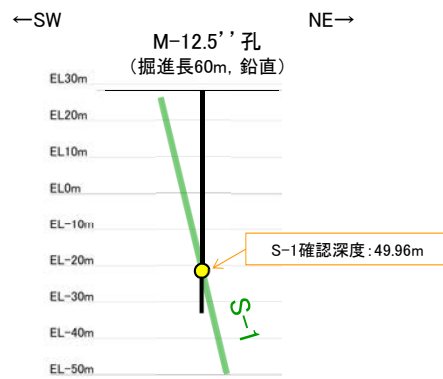
H-6.5-2孔断面図
(掘進方向, H:V=1:1)



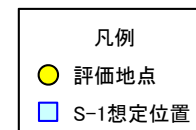
H-6.6-1孔断面図
(掘進方向, H:V=1:1)



K-10.3SW孔断面図
(掘進方向, H:V=1:1)



M-12.5'孔断面図
(断層直交方向, H:V=1:1)



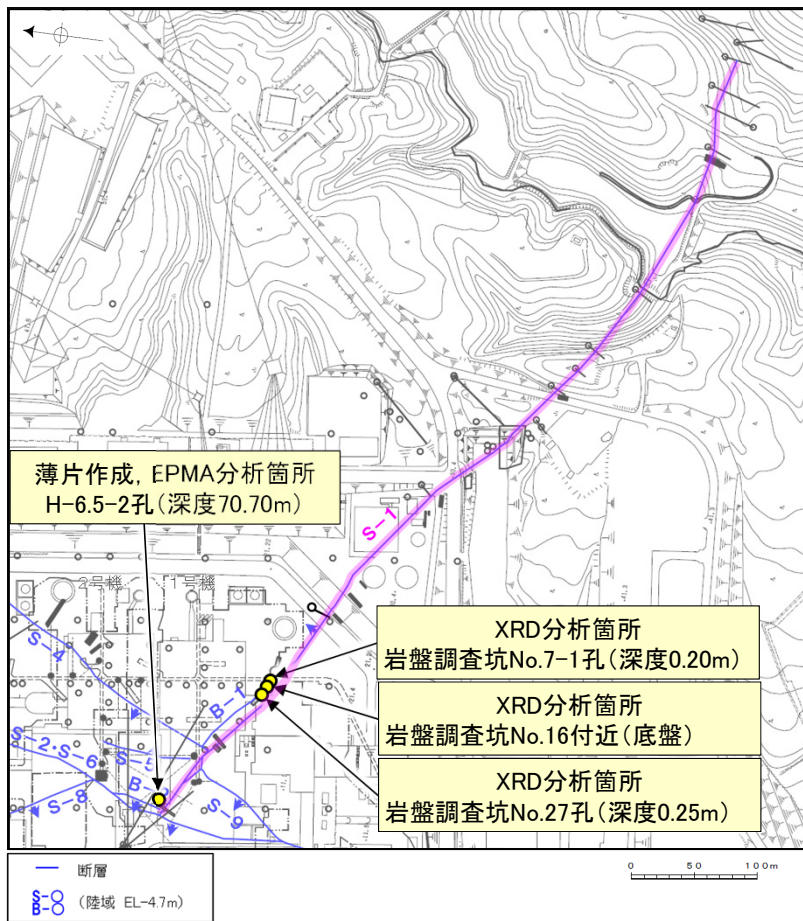
※ 鉋物脈法等による評価のために実施したボーリング

H-6.5-2孔, H-6.6-1孔, K-10.3SW孔のS-1想定深度付近のコア写真は, [補足資料5.2-11\(3\)](#)
M-12.5'孔のボーリング柱状図, コア写真, BHTVは, [データ集1.2.3](#)

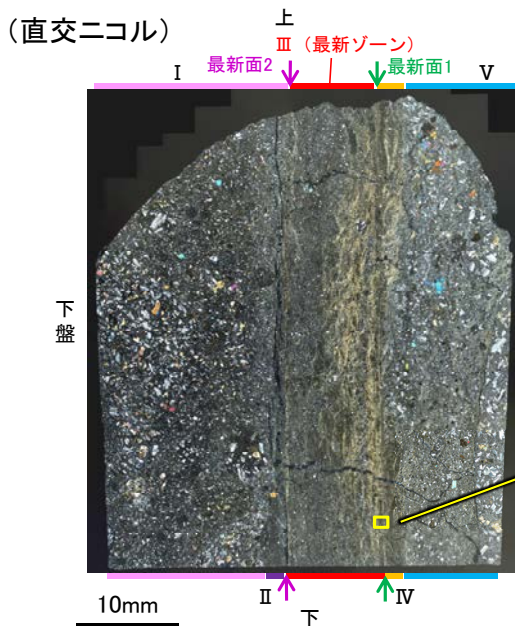
これらの図の断層線は, 周辺の露頭やボーリングでの出現位置を基に描いている。

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 一概要一

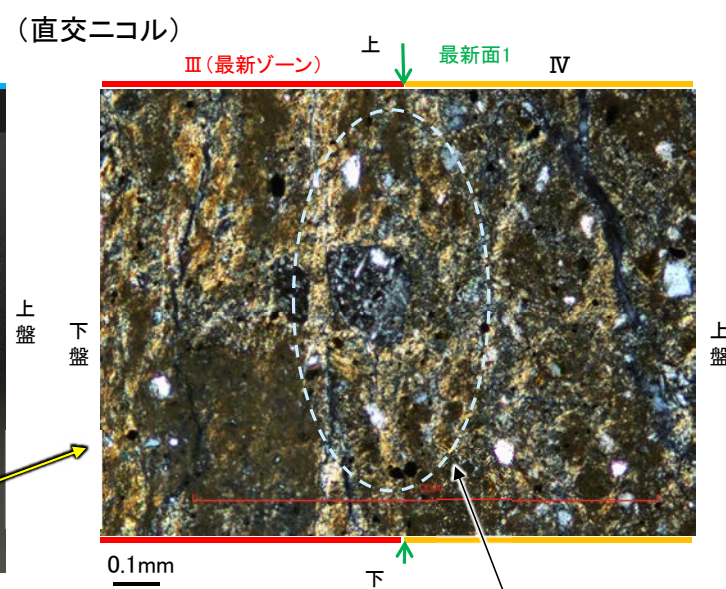
- H-6.5-2孔の深度70.70m付近で認められるS-1において、最新面と変質鉱物との関係による評価を行った。
- 最新ゾーンやその周辺に分布する粘土鉱物は、EPMA分析(定量)による化学組成の検討結果及びXRD分析(粘土分濃集)による結晶構造判定結果から、I/S混合層であると判断される。
- 最新面付近には広く粘土鉱物(I/S混合層)が網目状に分布し、最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。



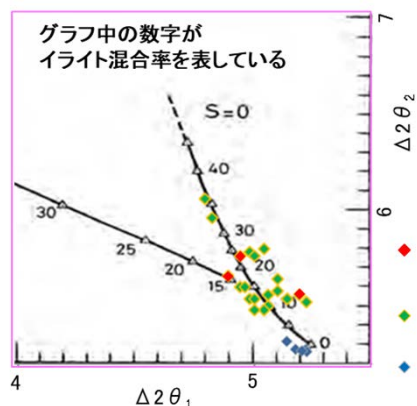
調査位置図



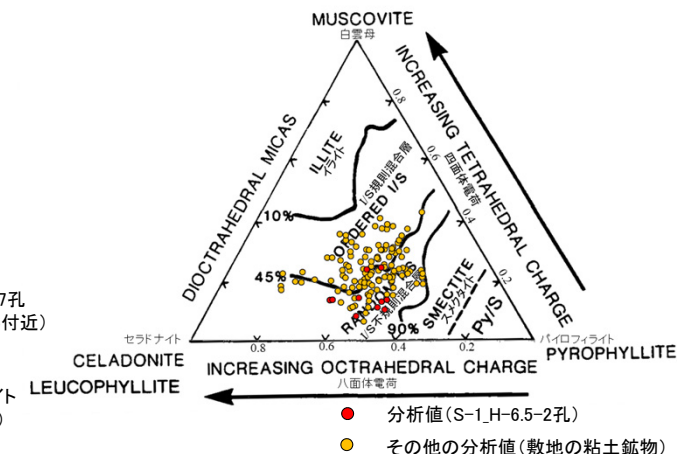
観察用薄片写真(H-6.5-2_66R)



・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。



I/S混合層の構造判定図 (渡辺(1981)に一部加筆)

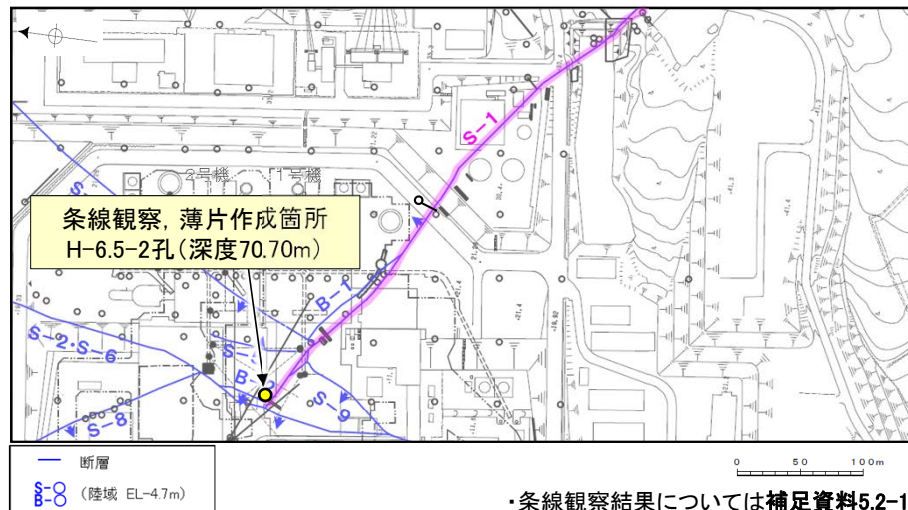


2八面体型雲母粘土鉱物及び関連鉱物の化学組成(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 —最新面の認定(巨視的観察)—

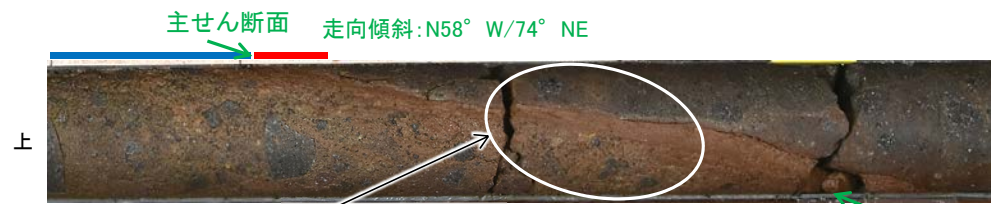
○H-6.5-2孔の深度70.70m付近で認められるS-1において、巨視的観察(ボーリングコア観察, CT画像観察)を実施し、最も直線性・連続性がよい断層面を主せん断面として抽出した。

○主せん断面における条線観察の結果、66° Rの条線方向が確認されたことから、66° Rで薄片を作成した(ブロック写真)。

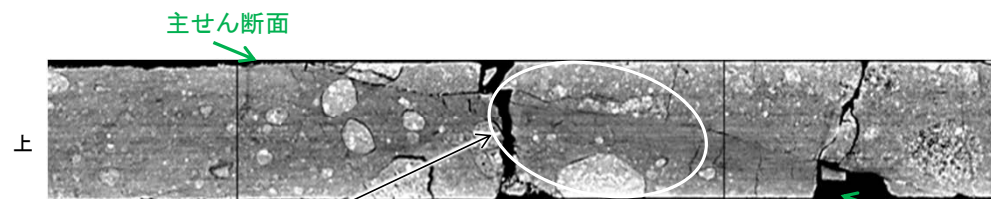


・条線観察結果については補足資料5.2-11(2)-1 P.5.2-11-35

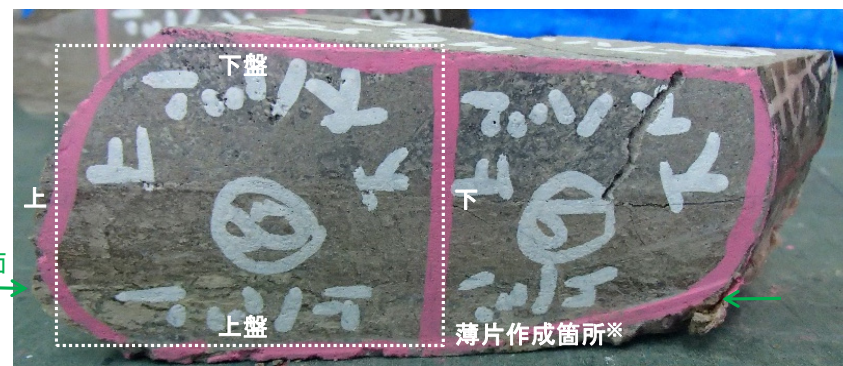
調査位置図



ボーリングコア写真(H-6.5-2孔)



CT画像(H-6.5-2孔)



※図示した箇所にて観察用薄片を作成し、そこから1mm程度削り込んだ位置でEPMA用薄片を作成した

ブロック写真

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 ー最新面の認定(微視的観察)ー

コメントNo.85, 89の回答

- 観察用薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果, 色調や礫径などから, 下盤側より I ~ V に分帯される。
- そのうち, 最も細粒化している分帯 III を最新ゾーンとして抽出した。
- 最新ゾーンと分帯 IV との境界に, 面1(緑矢印)が認められる。面1は全体的に不明瞭だが, 最新ゾーンの中では比較的直線性・連続性がよい面である。
- 最新ゾーン中及び分帯 I, II との境界に, 面2(紫矢印)が認められる。面2は薄片上部では不明瞭だが, 最新ゾーンの中では比較的直線性・連続性がよい面である。
- 面1, 面2は同程度の直線性・連続性を有することから, 面1を最新面1, 面2を最新面2とし, それぞれについて変質鉱物との関係を確認する。

【解釈線なし】



I : 単ニコルで褐灰~灰色, 直交ニコルで灰色の干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径6mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれており, 径15mm程度の岩片も認められる。岩片は垂角~垂円形, 鉱物片は角~垂円形である。割れ目や岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されており, II 及び III との境界付近に比較的多く含まれる。

II : 単ニコルで褐灰色, 直交ニコルで灰色の干渉色を呈する, 粘土鉱物を含む細粒物からなる。径0.5mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれる。岩片, 鉱物片は垂角~垂円形である。基質中や割れ目, 岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されている。薄片下部では明瞭だが, 中央部付近でせん滅する。

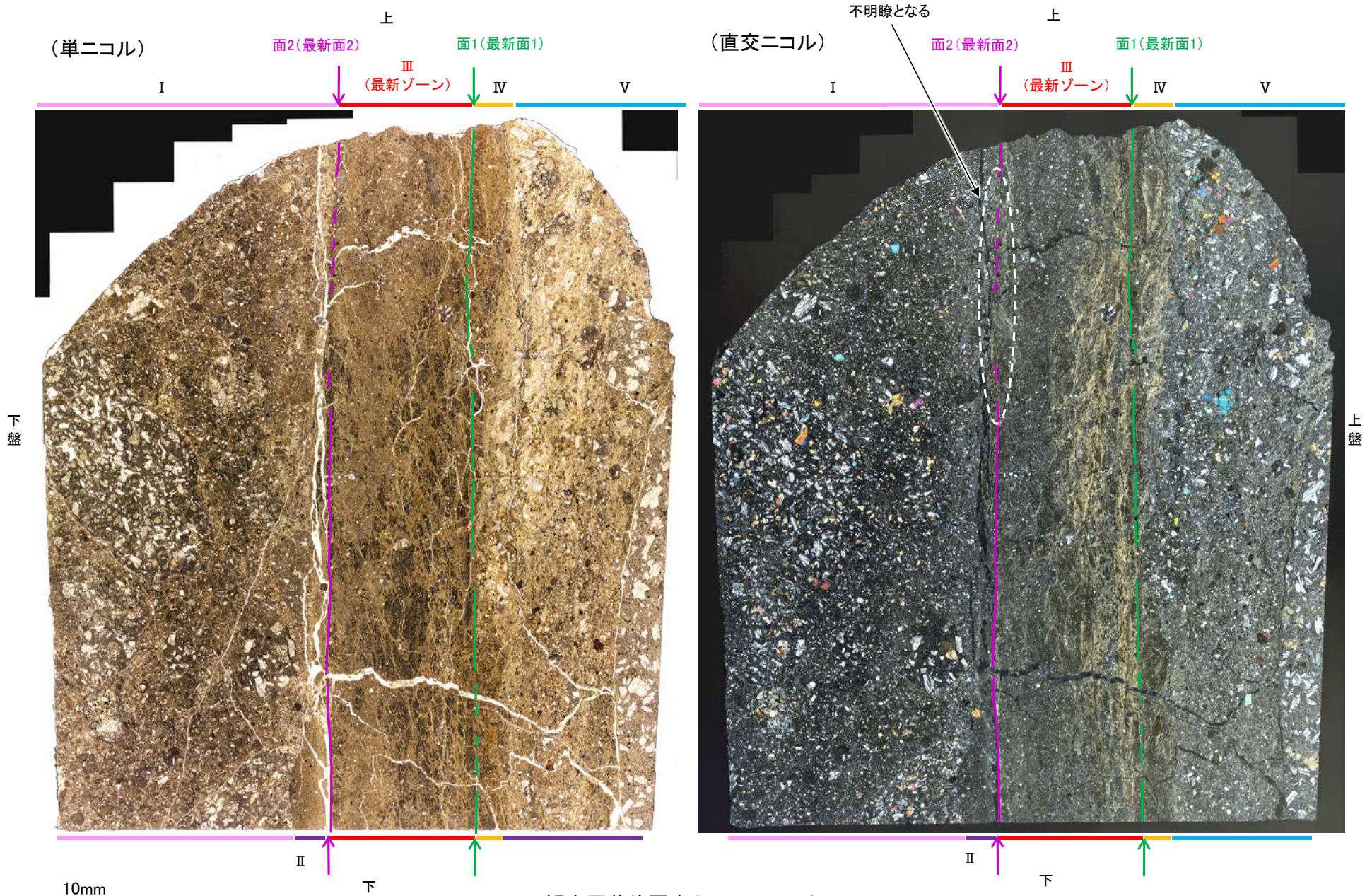
III (最新ゾーン) : 単ニコルで褐~褐灰色, 直交ニコルで黄~灰色の干渉色を呈する, 粘土鉱物を含む細粒物からなる。径0.5mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれており, 径2mm以上の岩片も認められる。岩片は垂角~垂円形, 鉱物片は角~垂円形である。基質中や割れ目, 岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されており, 面1付近に多く含まれる。

IV : 単ニコルで褐灰色, 直交ニコルで黄~灰色の干渉色を呈する, 粘土鉱物を含む細粒物からなる。径0.5mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれている。岩片, 鉱物片は垂角~垂円形である。基質中や割れ目, 岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されている。膨縮し, 薄片中央部では不明瞭となる。

V : 単ニコルで淡褐~褐灰色, 直交ニコルで黄~灰色の干渉色を呈する凝灰岩からなる。径5mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれており, 径30mm以上の岩片も認められる。岩片は垂角~垂円形, 鉱物片は角~垂角形である。基質中や割れ目, 岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されている。

観察用薄片写真(H-6.5-2_66R)

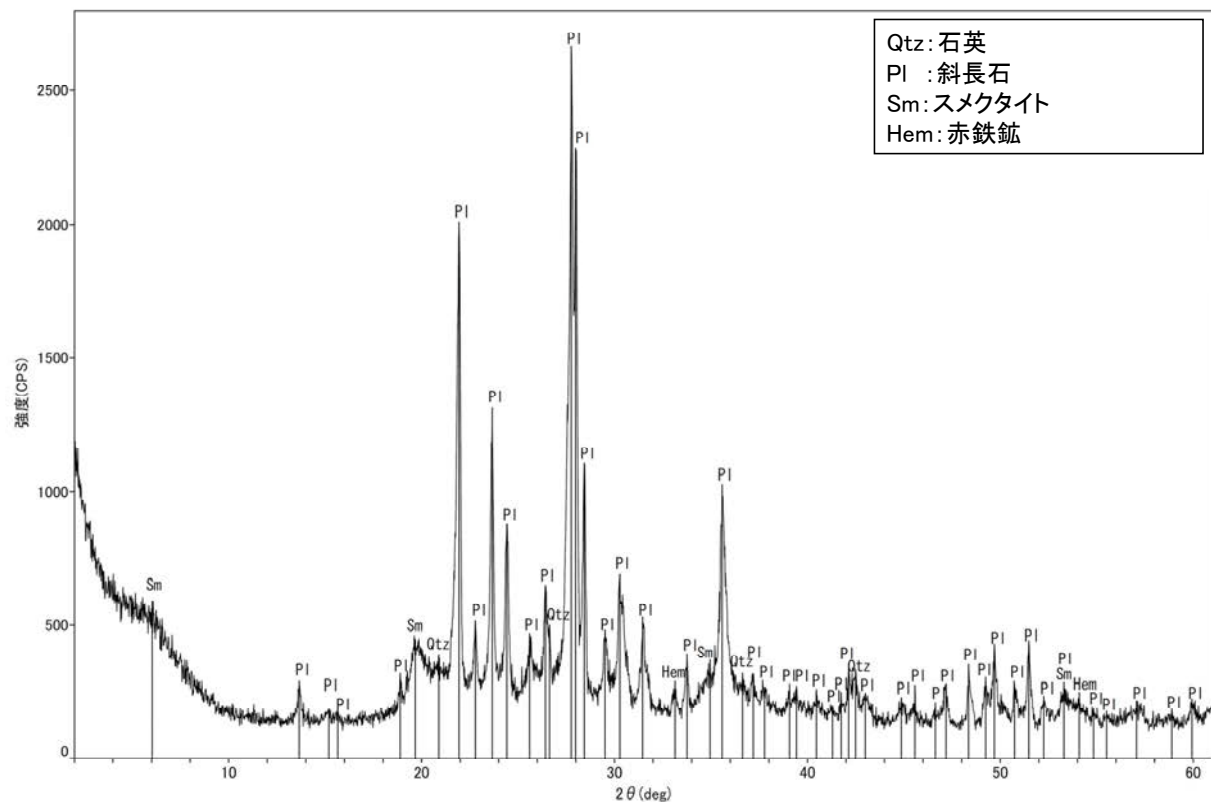
【解釈線あり】



観察用薄片写真(H-6.5-2_66R)

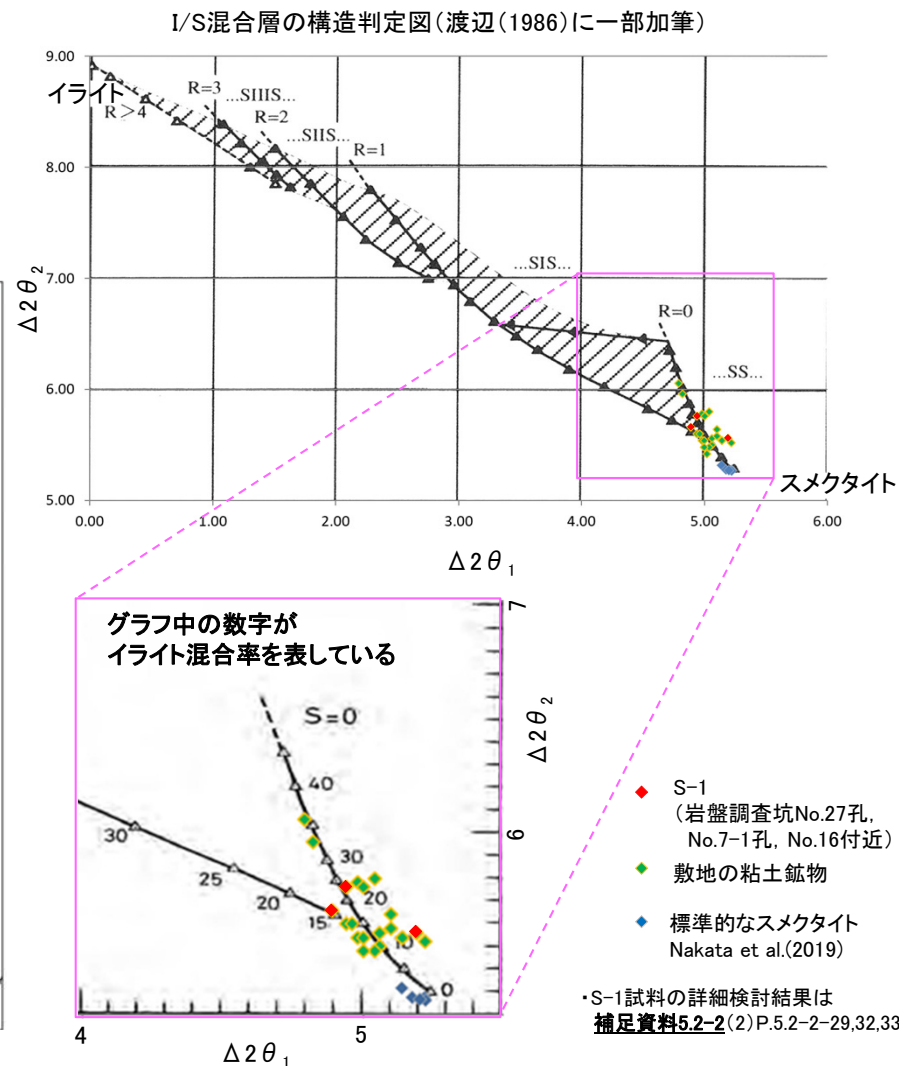
5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 – 鉱物の同定(XRD分析) –

- 最新ゾーン付近でXRD分析を実施した結果, 主な粘土鉱物としてスメクタイトが認められる。
- スメクタイトについて詳細な結晶構造判定を行うために, 同一断層の別孔(岩盤調査坑No.27孔, No.7-1孔, No.16付近)の破砕部においてXRD分析(粘土分濃集)を実施した結果, I/S混合層と判定される。



回折チャート(不定方位)

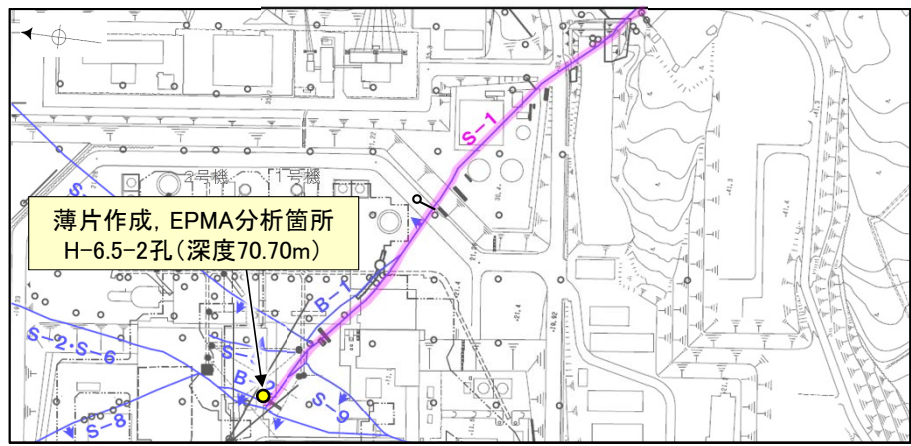
・回折チャート(定方位, EG処理)については,
 補足資料5.2-11(1) P.5.2-11-13



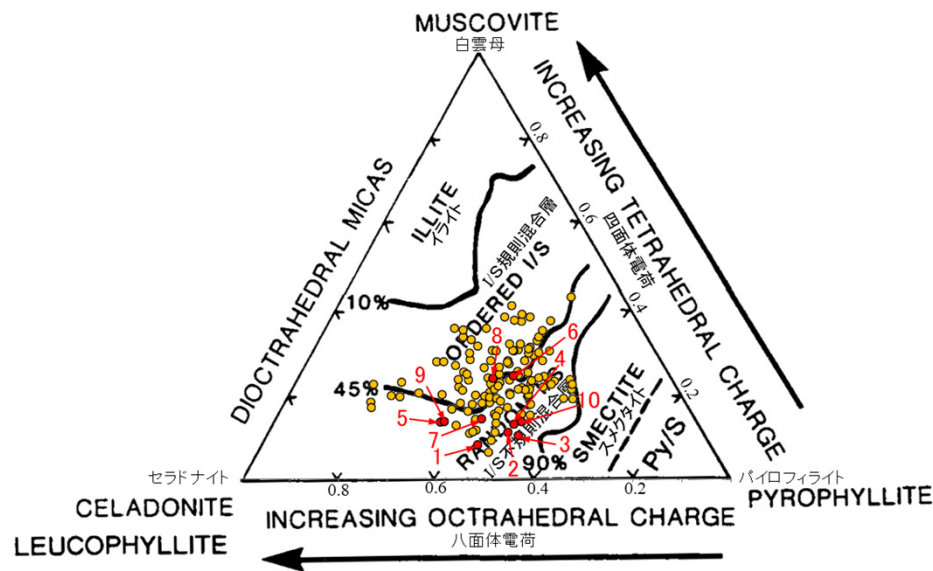
I/S混合層の構造判定図(渡辺(1981)に一部加筆)

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 — 鉱物の同定(EPMA分析(定量)) —

○EPMA用薄片で実施したEPMA分析(定量)による化学組成の検討結果から、最新ゾーンやその周辺に分布する粘土鉱物はI/S混合層であると判断される。



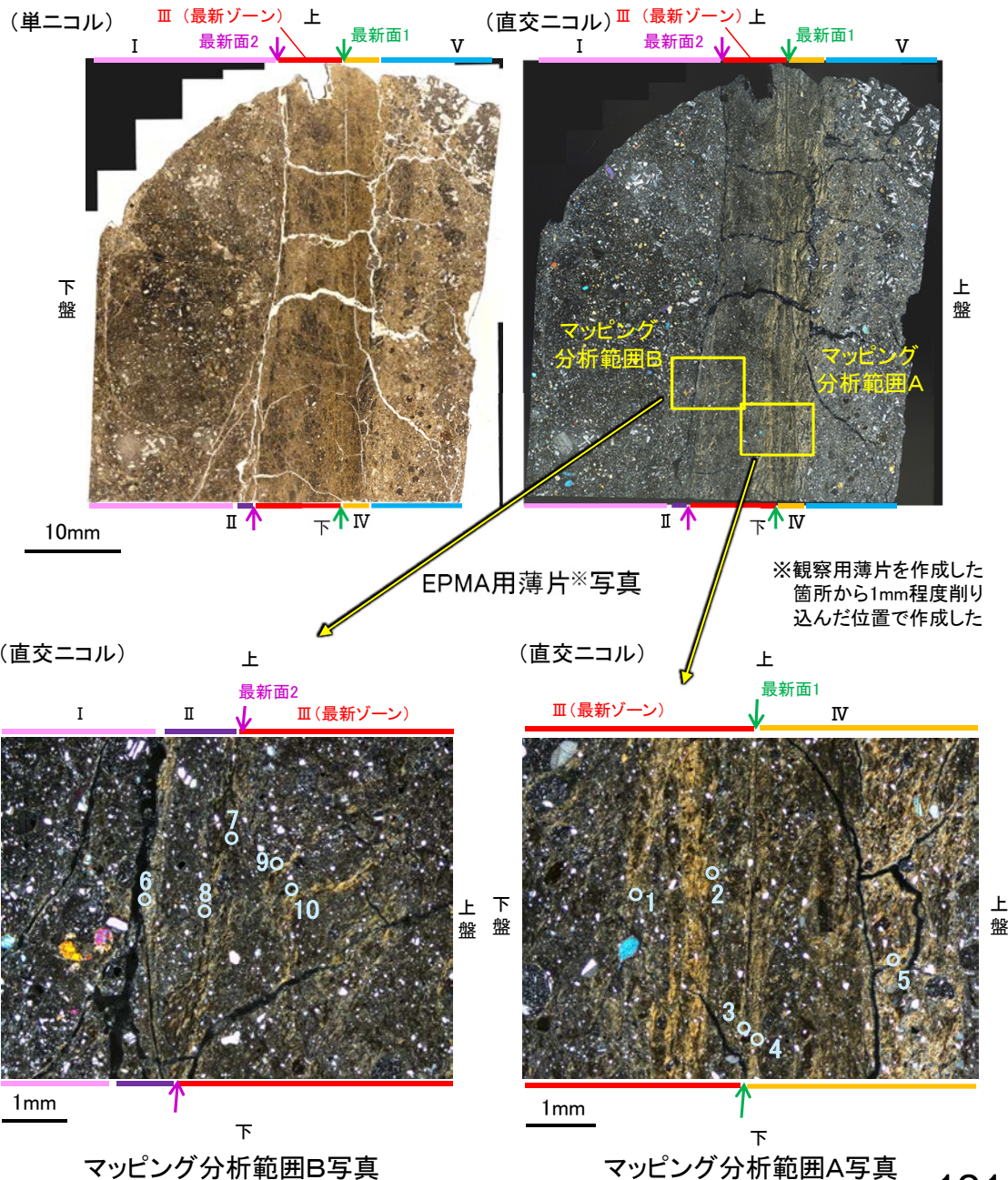
調査位置図



・詳細は補足資料5.2-2(3)P.5.2-2-64,65

- 分析値(S-1,H-6.5-2孔) 分析番号位置は右図
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連鉱物の化学組成 (Srodon et al. (1984)に一部加筆)



EPMA用薄片※写真

※観察用薄片を作成した箇所から1mm程度削り込んだ位置で作成した

マッピング分析範囲B写真

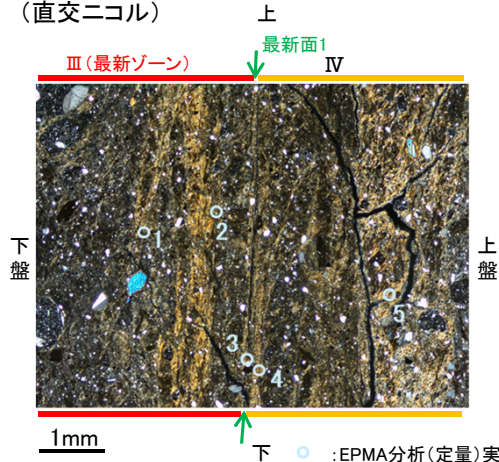
マッピング分析範囲A写真

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 ー変質鉱物の分布(EPMA分析(マッピング))ー

○EPMA用薄片でEPMA分析(マッピング)を実施した結果, EPMA分析(定量)で認められたI/S混合層が最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。

【マッピング分析範囲A】

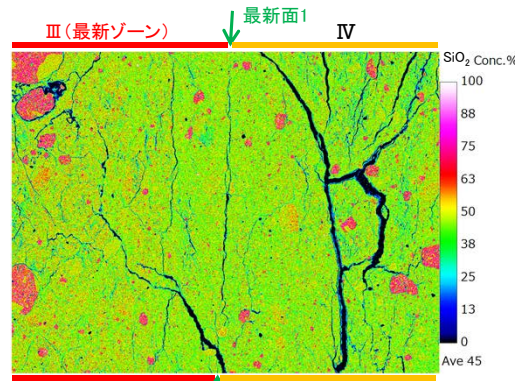
(直交ニコル)



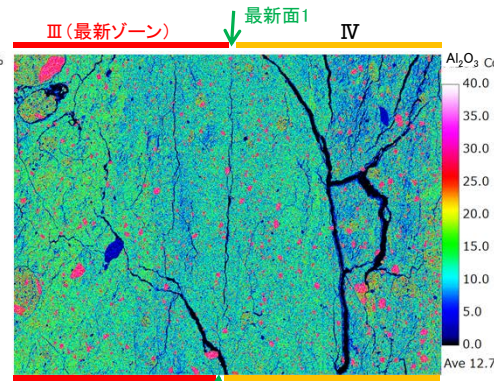
下盤

上盤

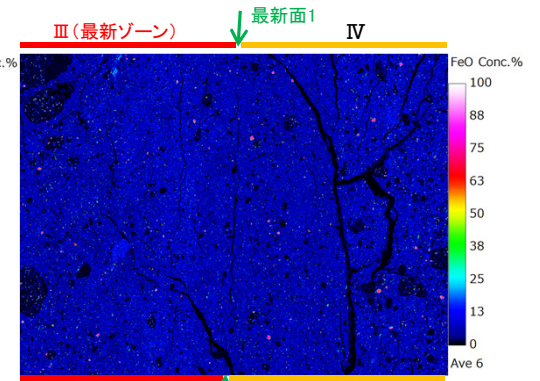
下 上
○ : EPMA分析(定量)実施箇所
マッピング分析範囲A写真



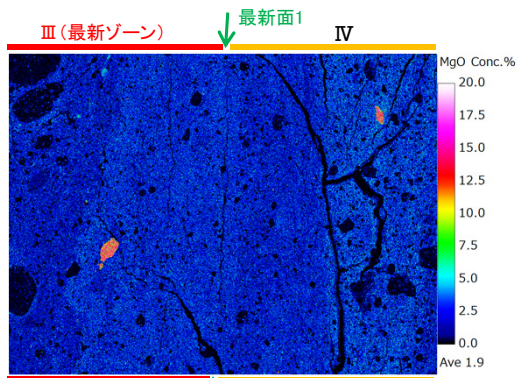
SiO₂



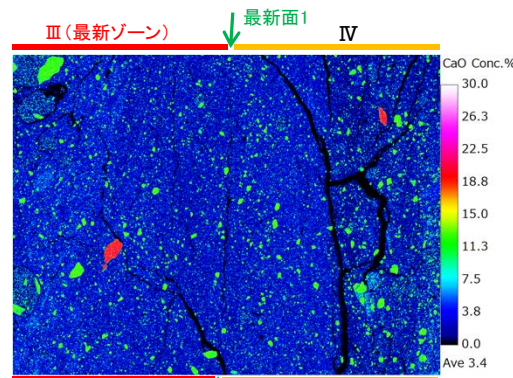
Al₂O₃



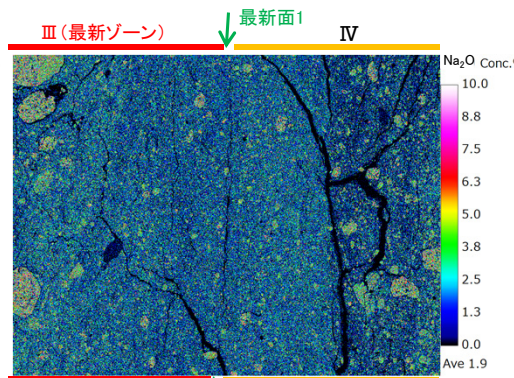
FeO



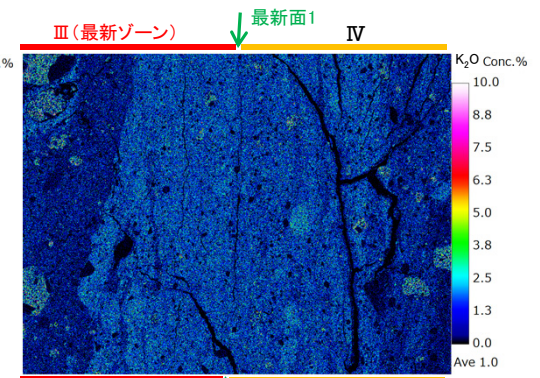
MgO



CaO



Na₂O



K₂O

【マッピング分析範囲B】

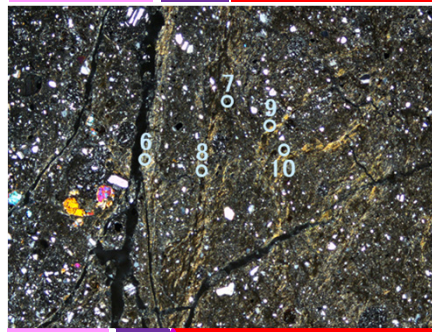
(直交ニコル)

上

最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)

下盤

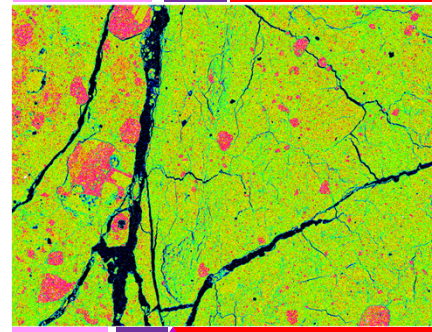
上盤



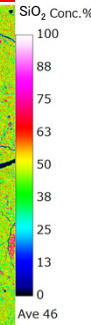
下
○ : EPMA分析(定量)実施箇所

マッピング分析範囲B写真

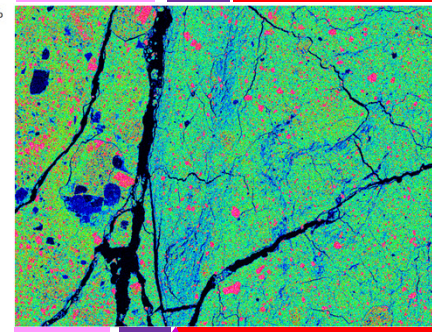
最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



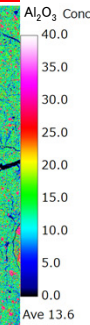
SiO₂



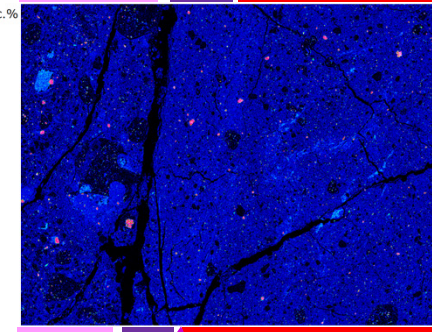
最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



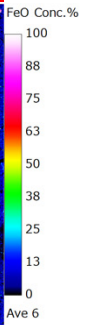
Al₂O₃



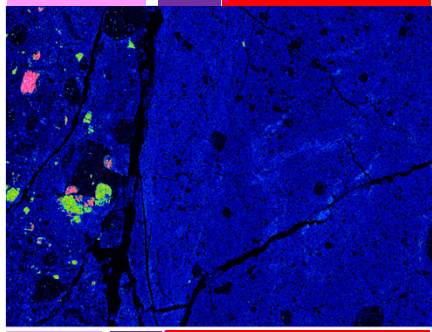
最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



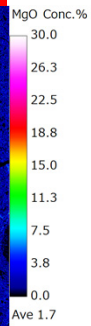
FeO



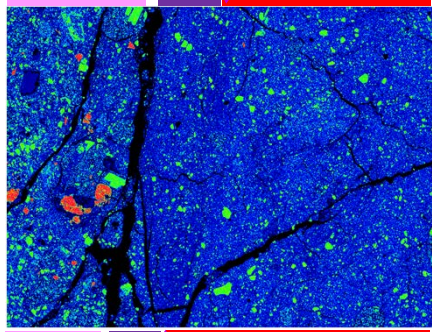
最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



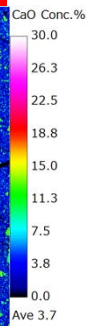
MgO



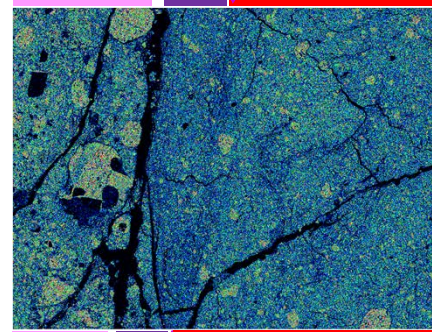
最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



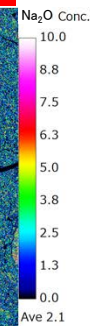
CaO



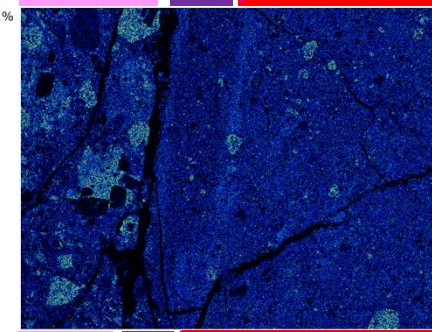
最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



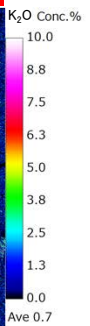
Na₂O



最新面2
Ⅲ(最新ゾーン)



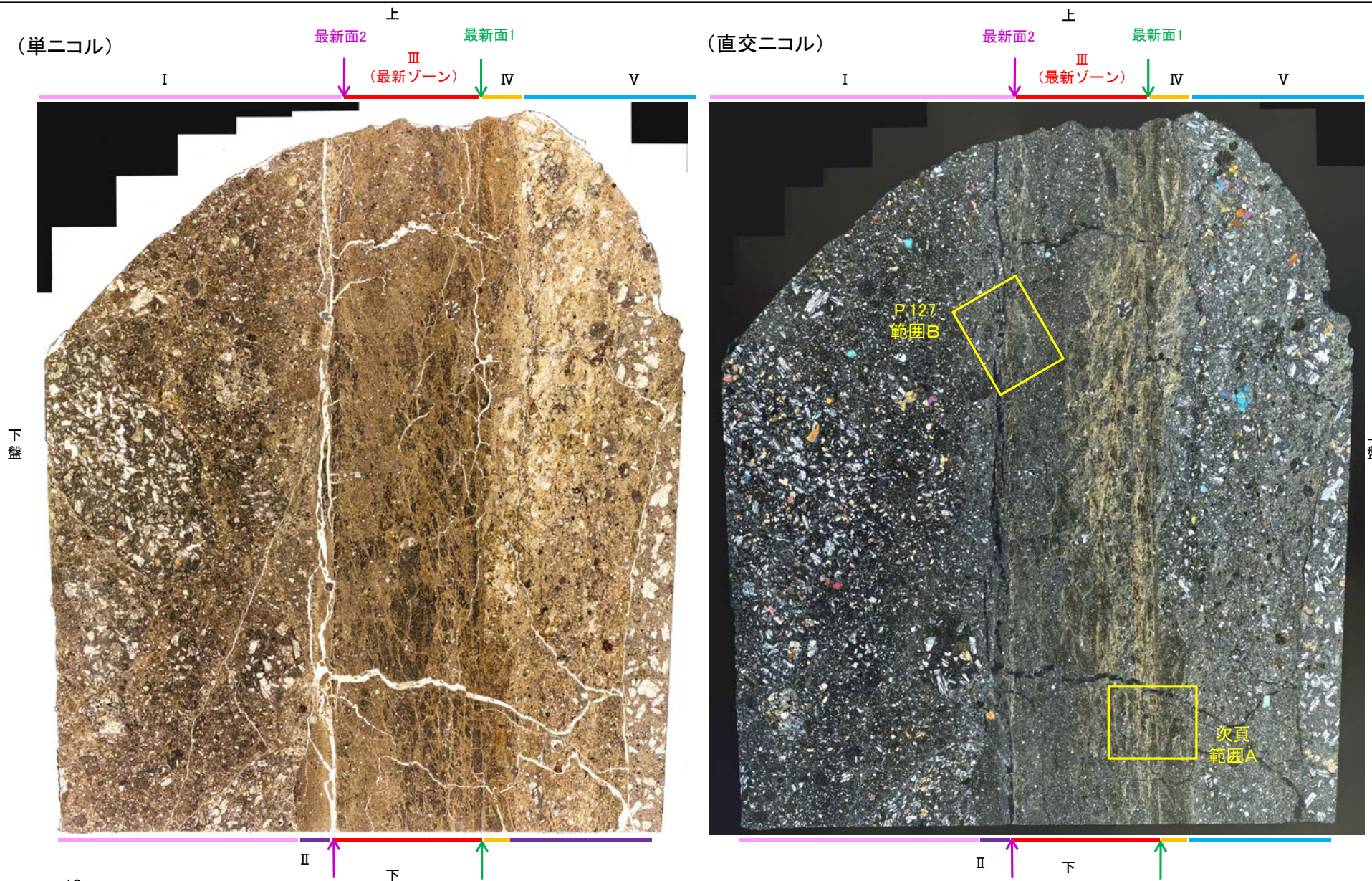
K₂O



5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 ー変質鉱物の分布(薄片観察)ー

コメントNo.89の回答

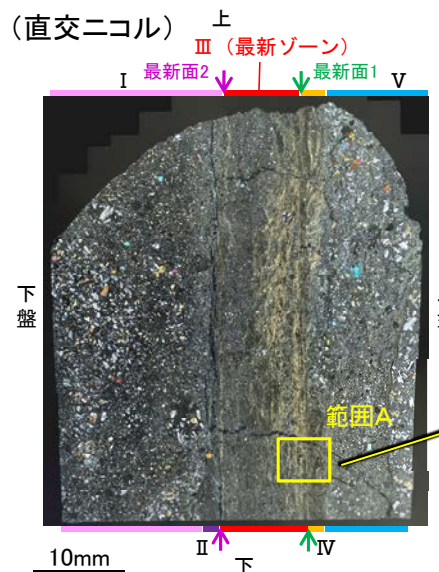
- 観察用薄片で実施した薄片観察や、EPMA用薄片で実施したEPMA分析(マッピング)における化学組成の観点での観察より、I/S混合層が最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。
- このI/S混合層と最新面との関係を確認する。



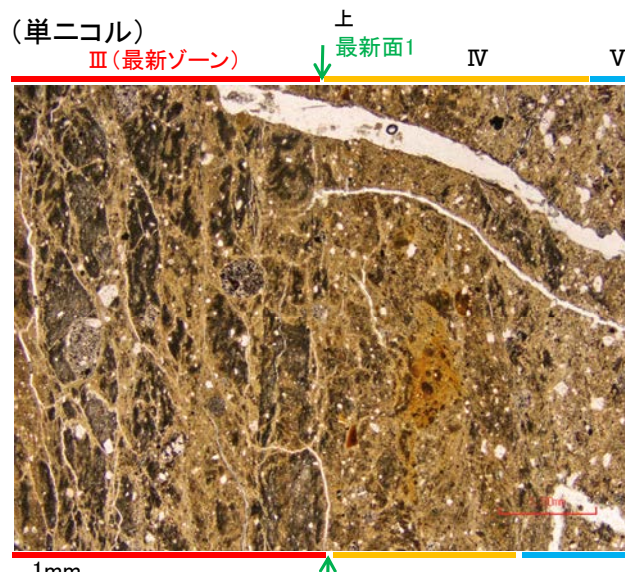
観察用薄片写真(H-6.5-2_66R)

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 ー最新面とI/S混合層との関係(範囲A)ー

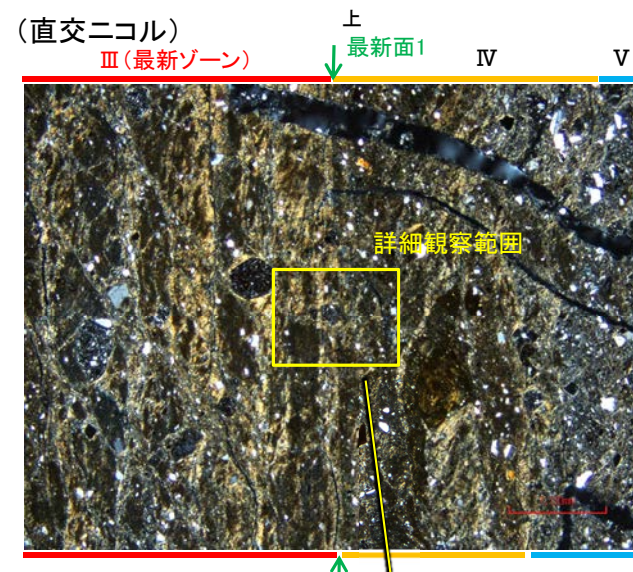
○範囲Aにおいて詳細に観察した結果, 最新面1付近には広く粘土鉱物(I/S混合層)が網目状に分布し, 最新面1が不明瞭かつ不連続になっており, 不連続箇所(粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。



観察用薄片写真(H-6.5-2_66R)

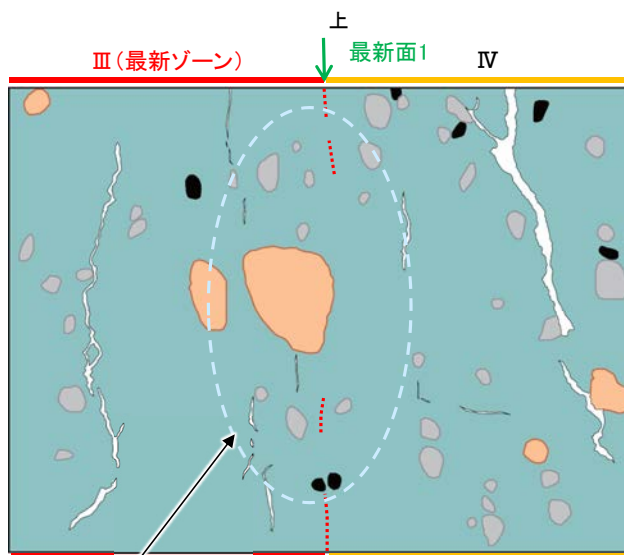


範囲A写真



上盤

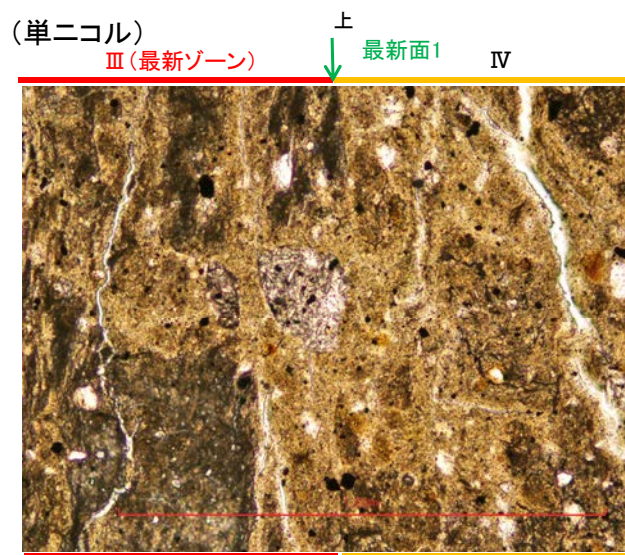
詳細観察範囲



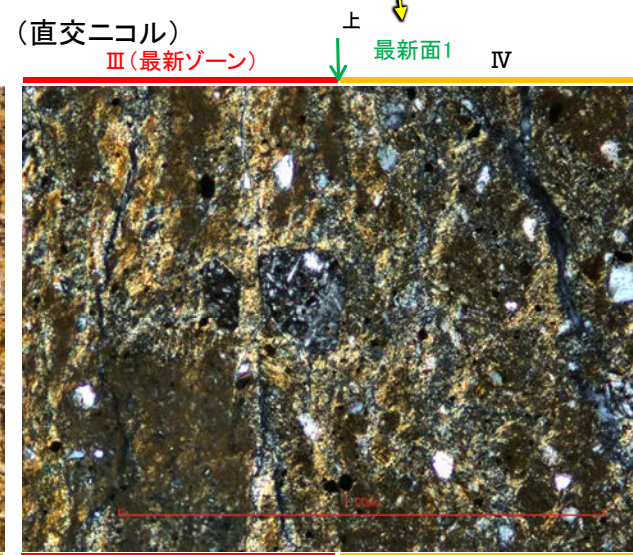
・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。

スケッチ

- 主要な岩片
- 斜長石などの鉱物片
- 変質部(I/S混合層)
- 不透明鉱物
- 最新面1
- 空隙部



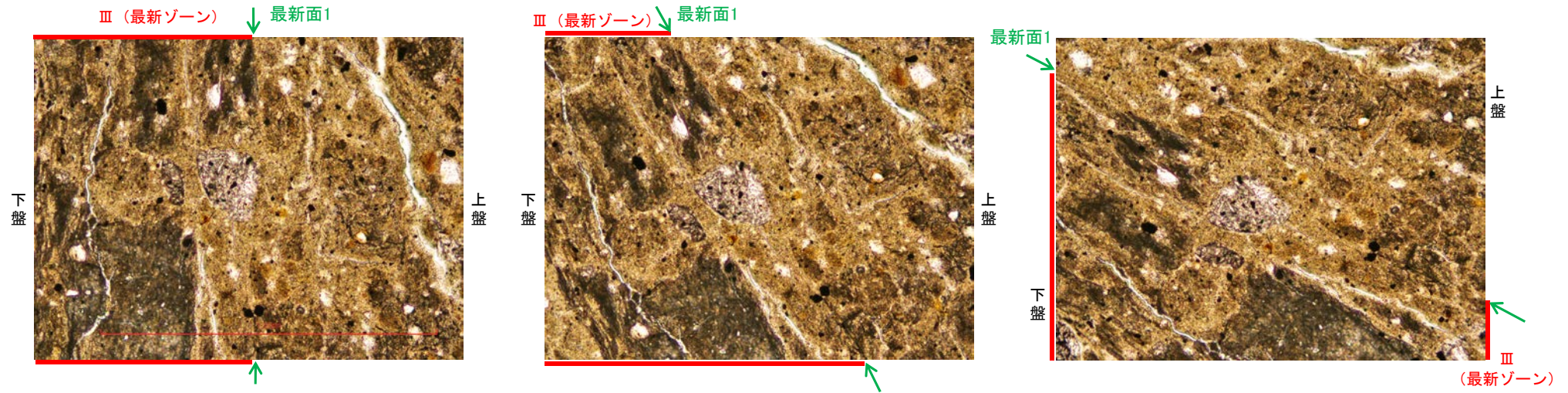
詳細観察範囲写真



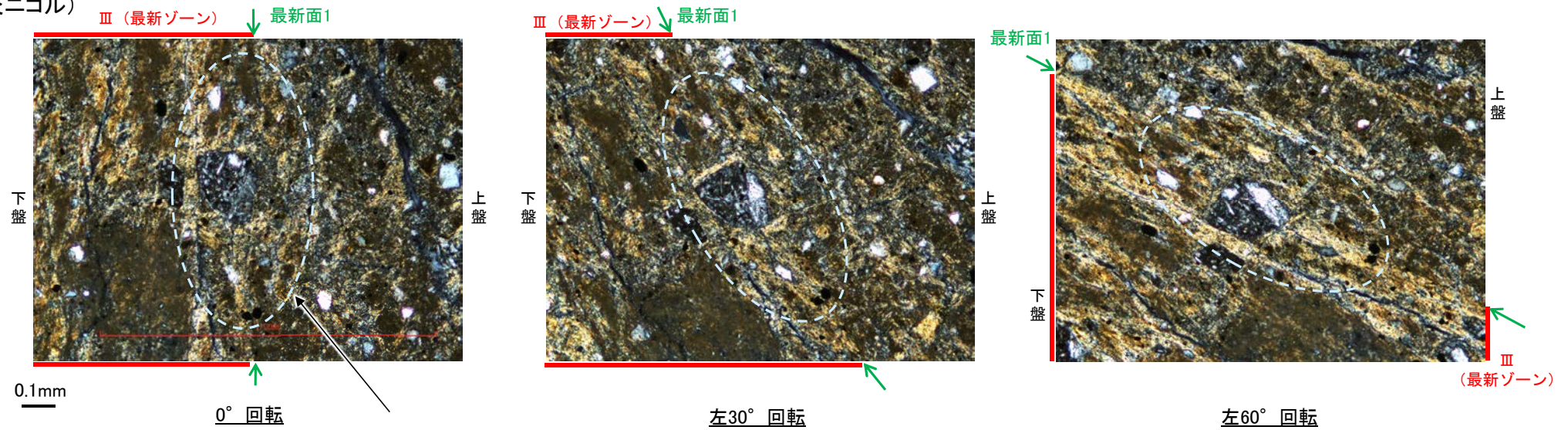
上盤

【ステージ回転】

(単ニコル)



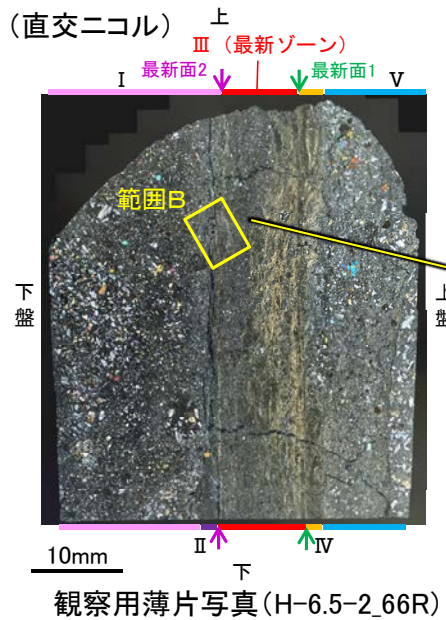
(直交ニコル)



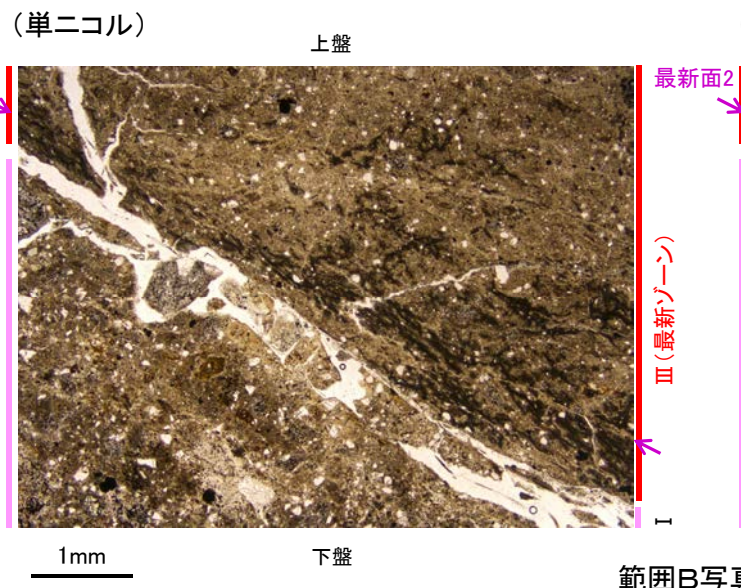
・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。

5.2.5 S-1 (1) H-6.5-2孔 ー最新面とI/S混合層との関係(範囲B)ー

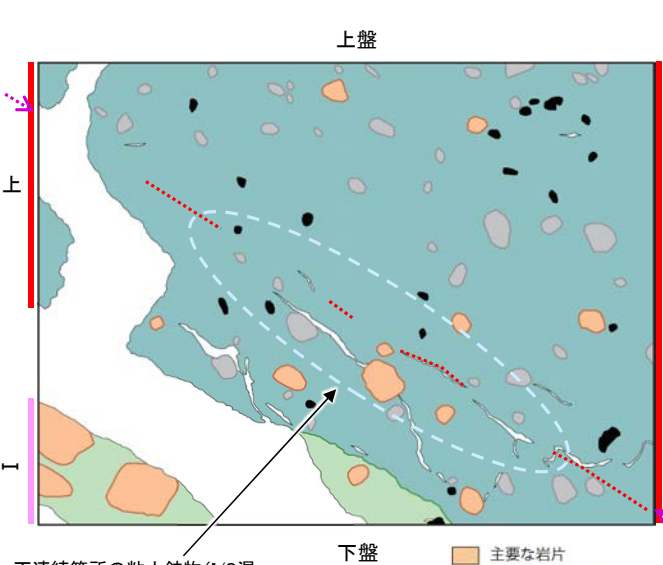
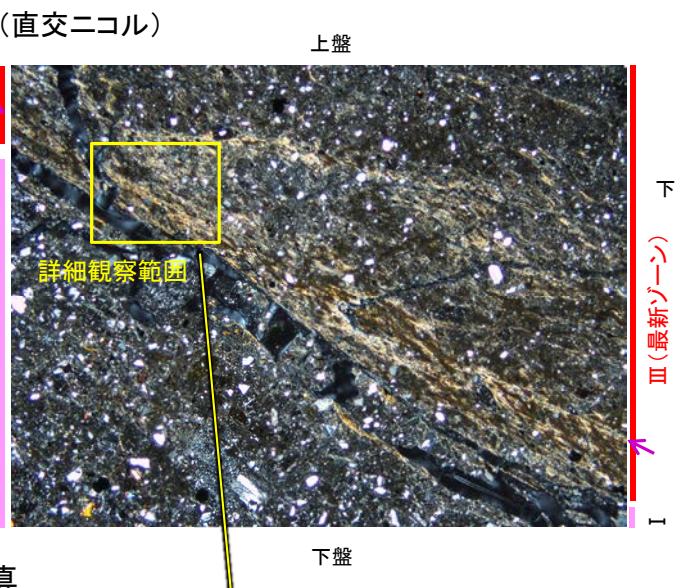
○範囲Bにおいて詳細に観察した結果、最新面2付近には広く粘土鉱物(I/S混合層)が網目状に分布し、最新面2が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所(粘土鉱物(I/S混合層))にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。



観察用薄片写真(H-6.5-2_66R)



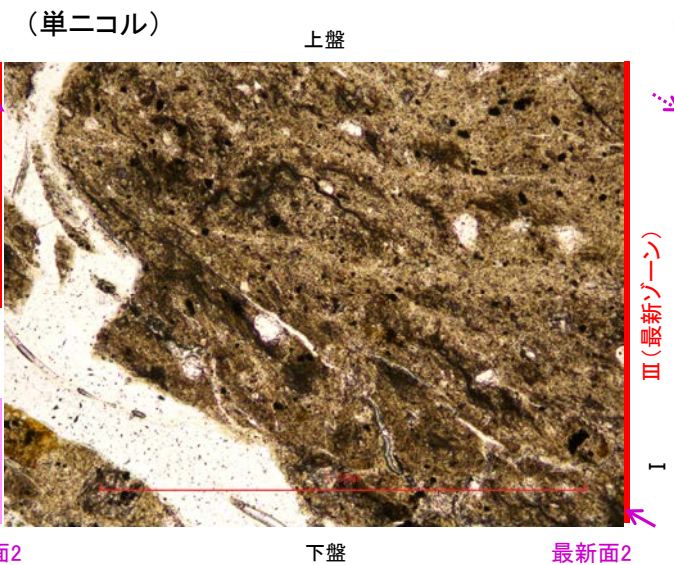
範囲B写真



・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。

スケッチ

- 主要な岩片
- 斜長石などの鉱物片
- 不透明鉱物
- 空隙部
- 変質部(I/S混合層)
- 主要な岩片等を除く基質部
- 最新面2

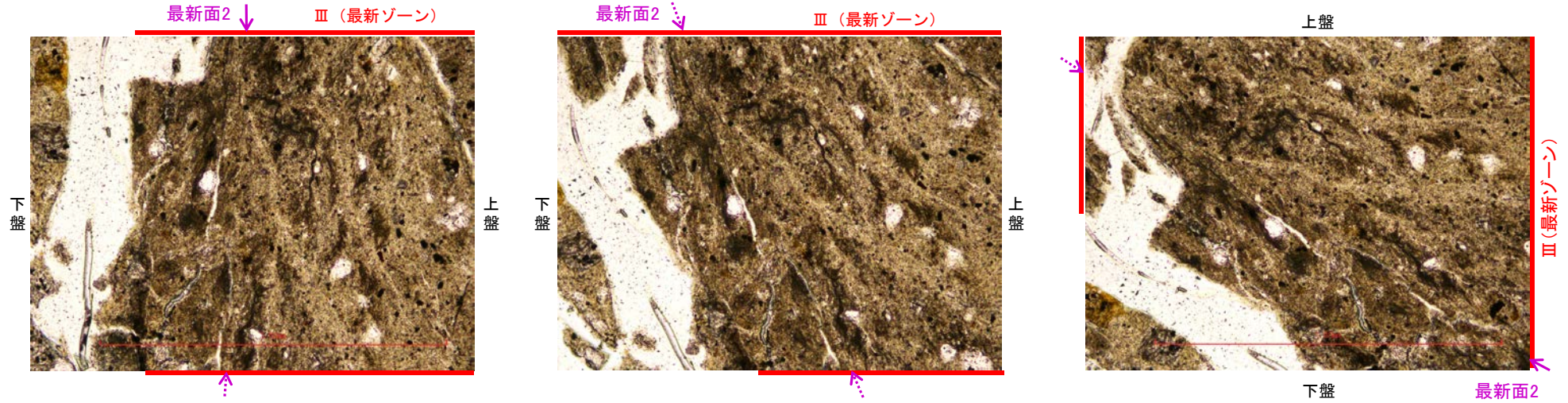


詳細観察範囲写真

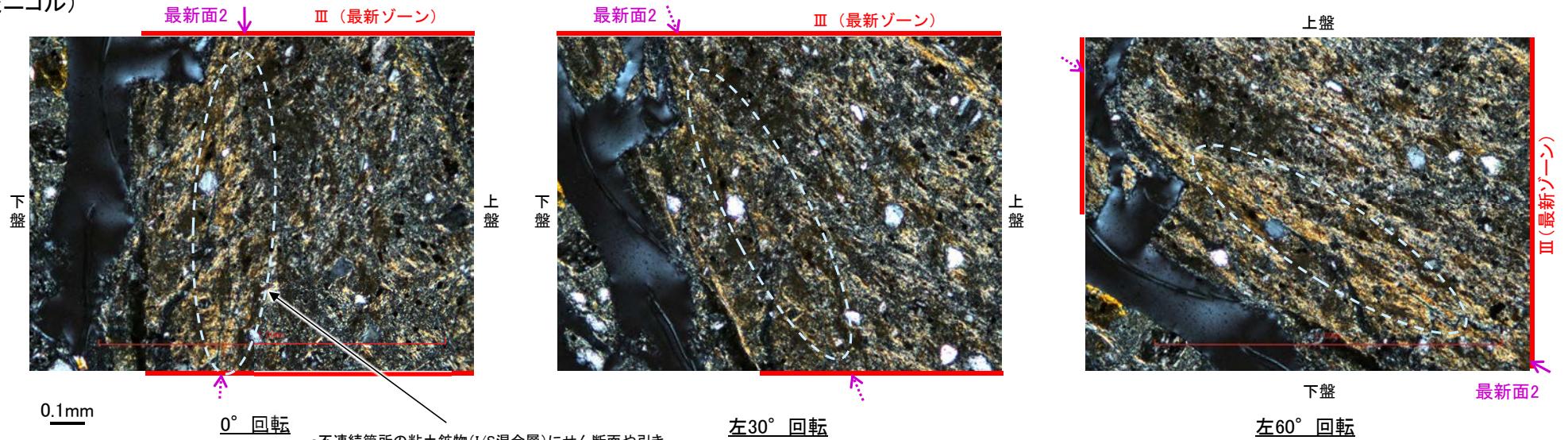
← : 延長位置

【ステージ回転】

(単ニコル)



(直交ニコル)

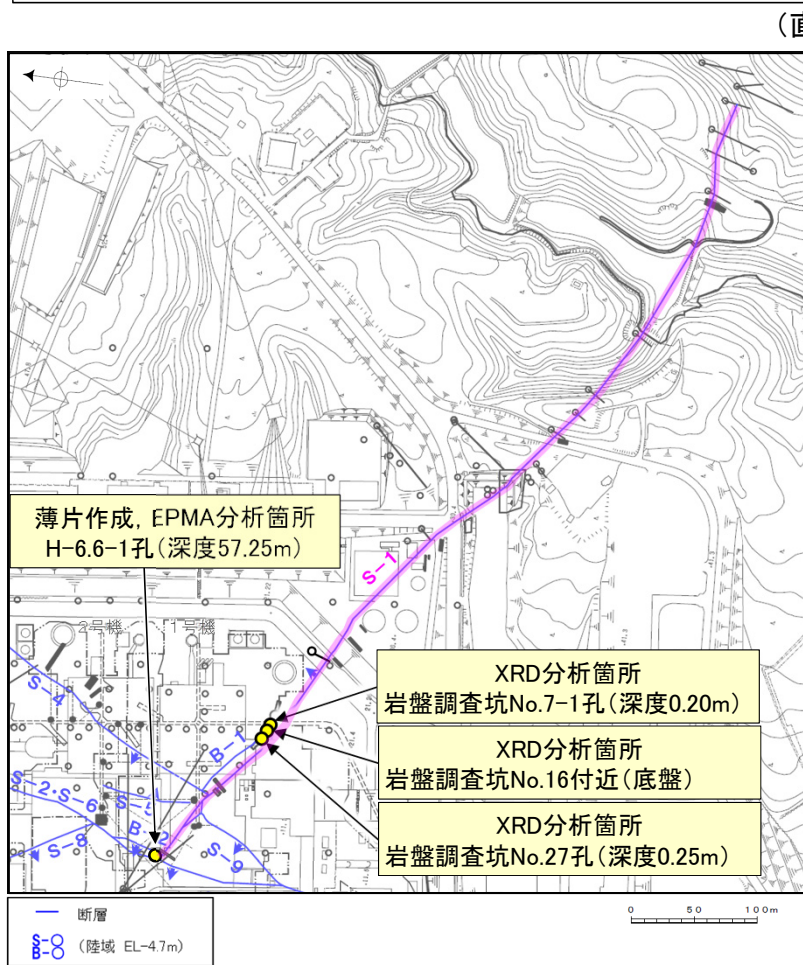


・不連続箇所(粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。

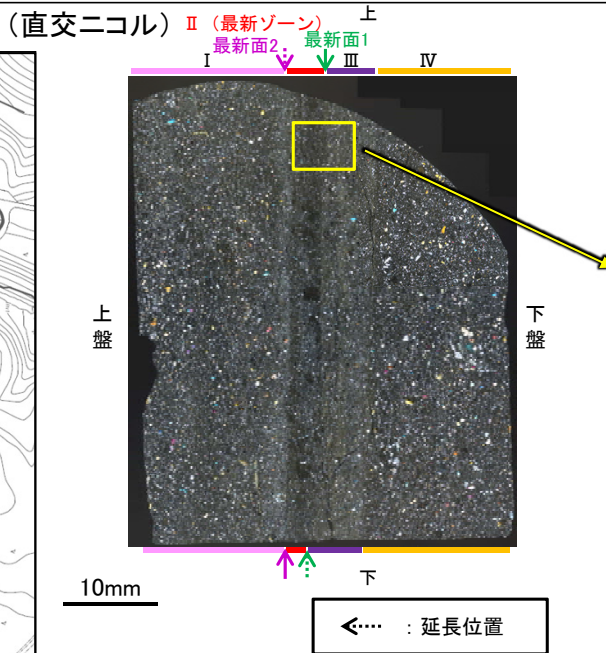
←… : 延長位置

5.2.5 S-1 (2) H-6.6-1孔 一概要一

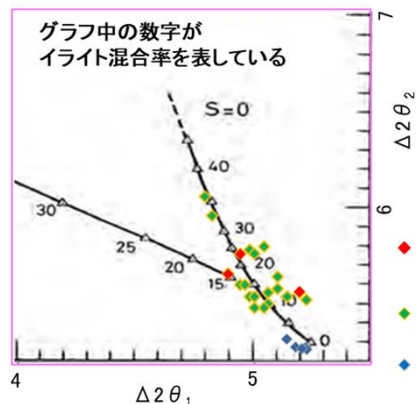
- H-6.6-1孔の深度57.20m付近で認められるS-1において、最新面と変質鉱物との関係による評価を行った。
- 最新ゾーンやその周辺に分布する粘土鉱物は、EPMA分析(定量)による化学組成の検討結果及びXRD分析(粘土分濃集)による結晶構造判定結果から、I/S混合層であると判断される。
- 最新面付近には広く粘土鉱物(I/S混合層)が分布し、最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。
- なお、不連続箇所には、I/S混合層生成以降の注入の痕跡は認められない。



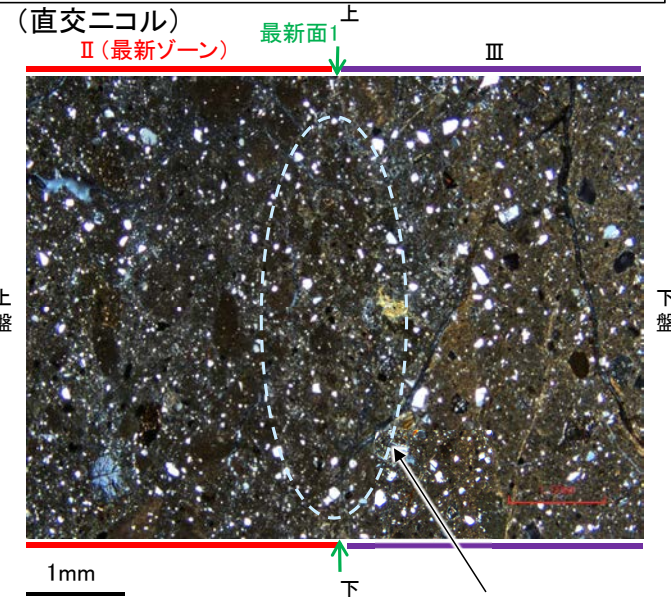
調査位置図



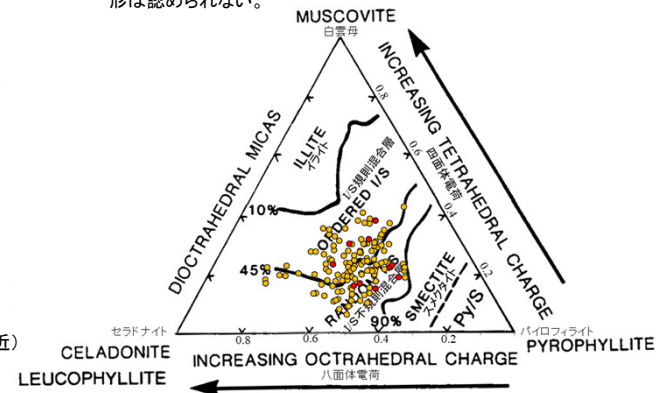
観察用薄片写真(H-6.6-1_71R)



I/S混合層の構造判定図 (渡辺(1981)に一部加筆)



・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。



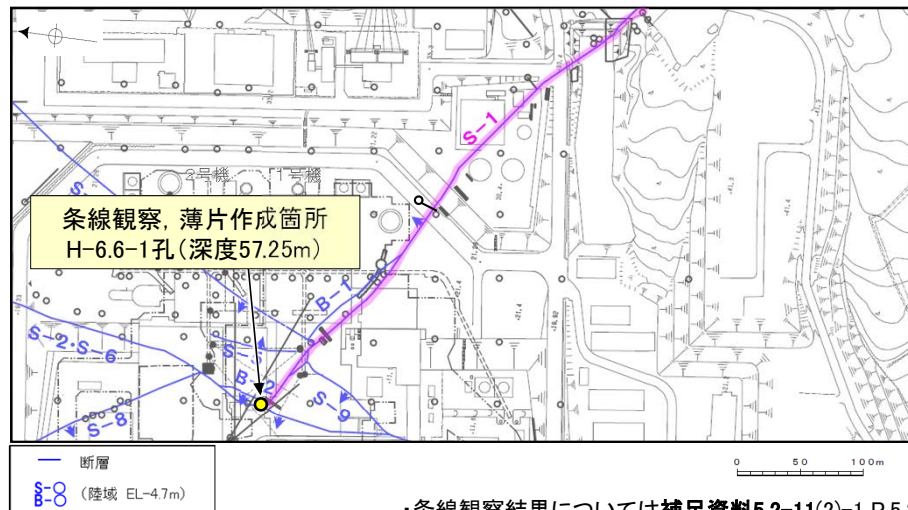
- S-1 (岩盤調査坑No.27孔 No.7-1孔, No.16付近)
- 敷地の粘土鉱物
- 標準的なスメクタイト Nakata et al.(2019)
- 分析値(S-1,H-6.6-1孔)
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連鉱物の化学組成(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

5.2.5 S-1 (2) H-6.6-1孔 —最新面の認定(巨視的観察)—

○H-6.6-1孔の深度57.20m付近で認められるS-1において、巨視的観察(ボーリングコア観察, CT画像観察)を実施し、最も直線性・連続性がよい断層面を主せん断面として抽出した。

○主せん断面における条線観察の結果、71° Rの条線方向が確認されたことから、71° Rで薄片を作成した(ブロック写真)。



・条線観察結果については補足資料5.2-11(2)-1 P.5.2-11-36
調査位置図

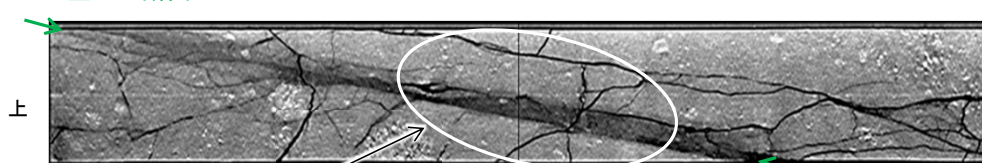


主せん断面 走向傾斜: N66° W/80° NE



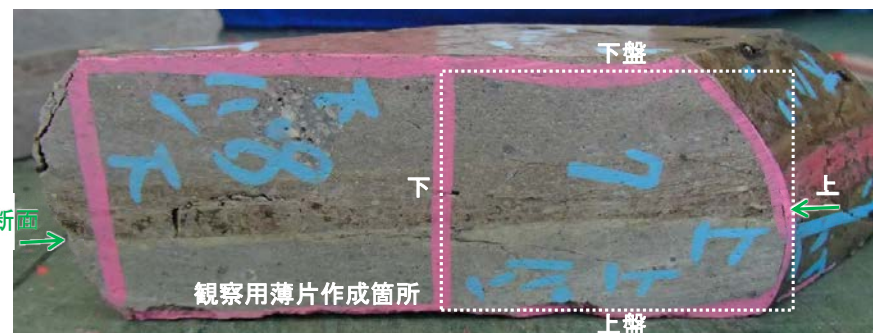
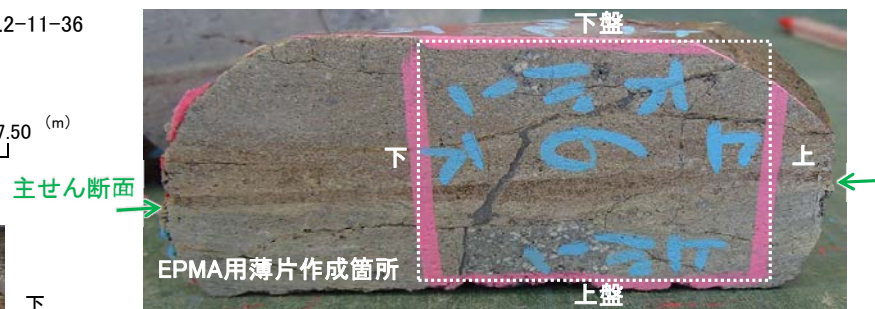
ボーリングコア写真(H-6.6-1孔)

主せん断面



右ブロック採取箇所

CT画像(H-6.6-1孔)



1cm

ブロック写真