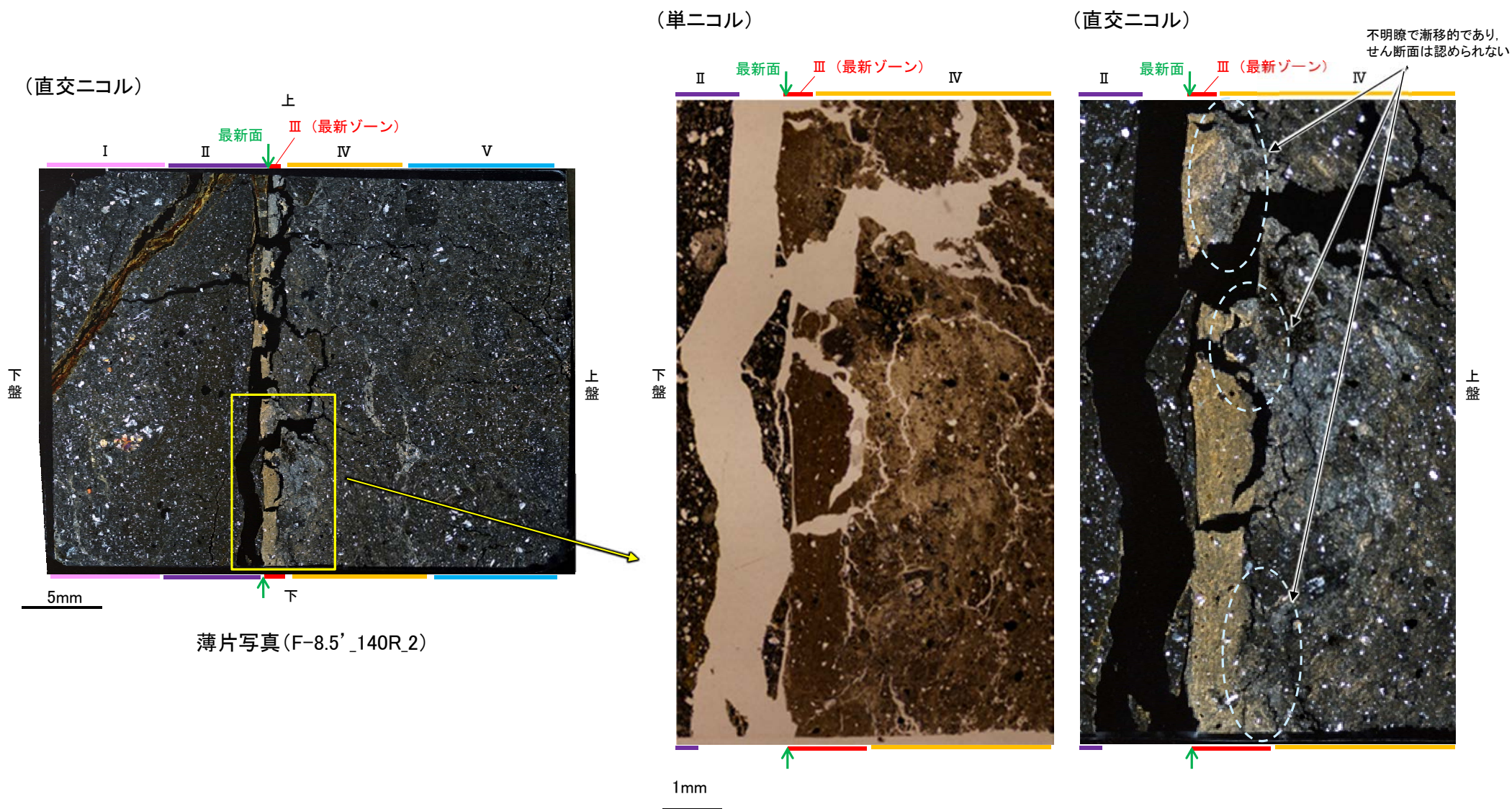


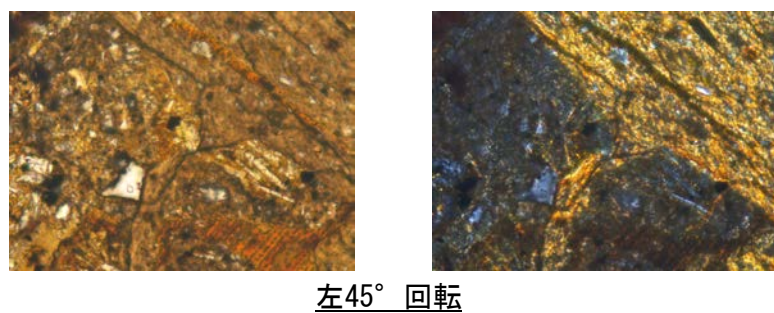
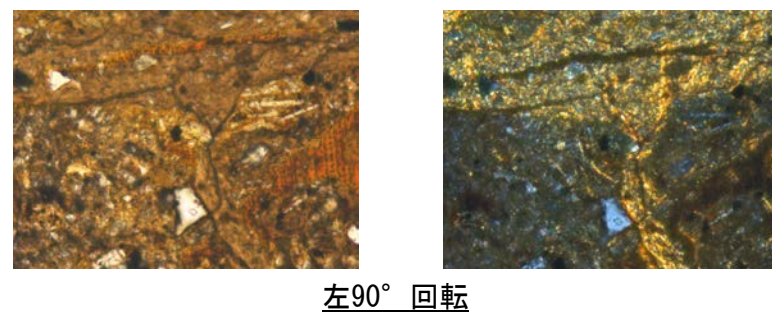
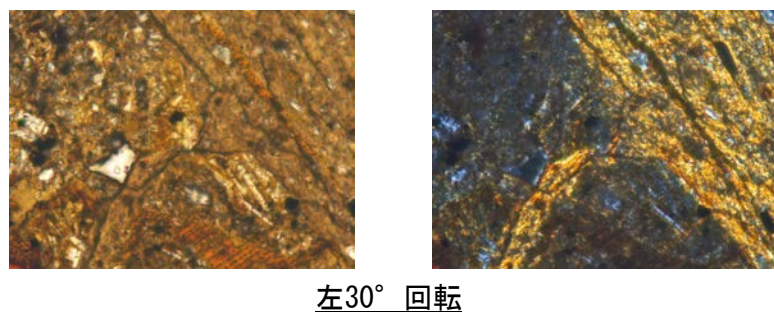
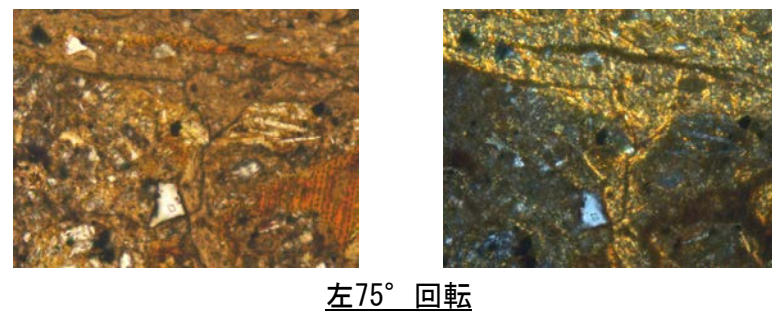
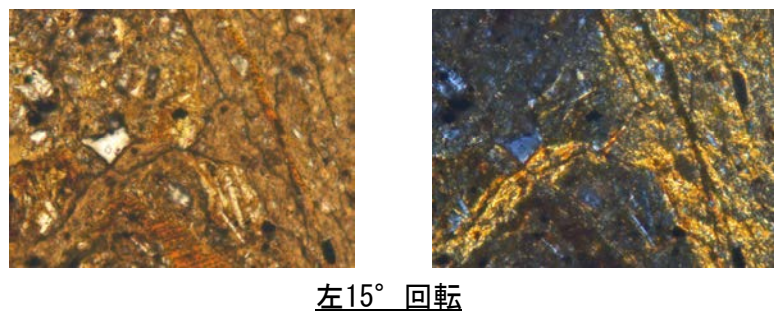
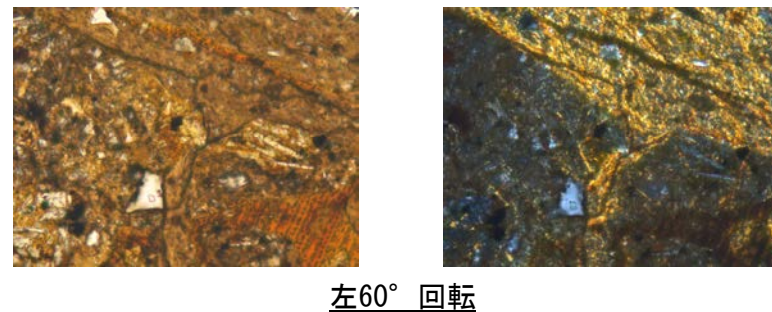
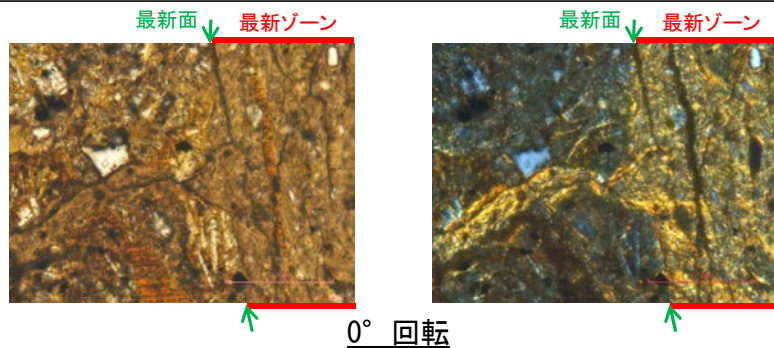
F-8.5' 孔 —最新ゾーンと分帯Ⅳとの境界(微視的観察)—

○微視的観察(薄片観察)の結果, 最新ゾーンと分帯Ⅳ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。



F-8.5' 孔 ステージ回転写真(範囲A) -

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。

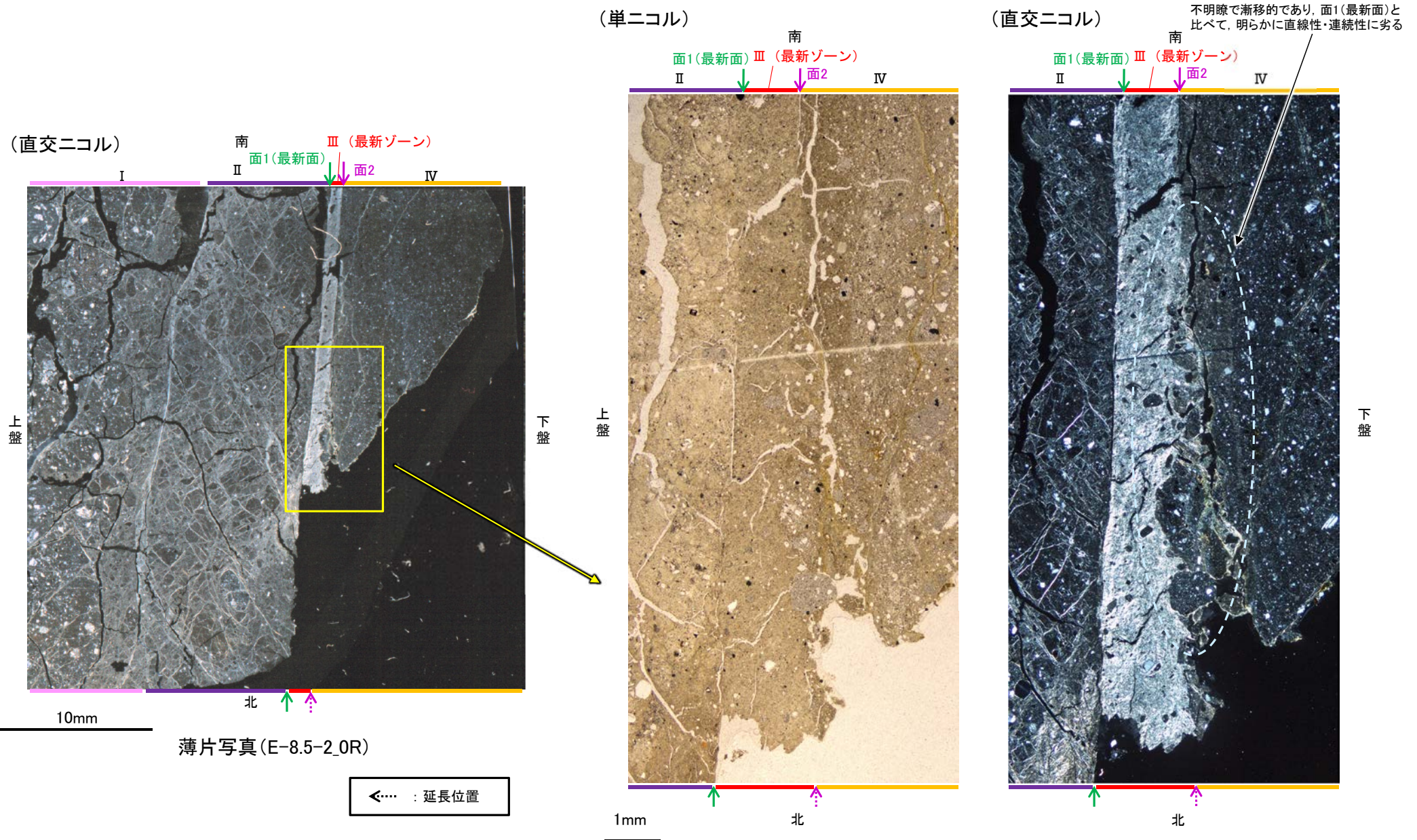


0.1mm

(1)-3 E-8.5-2孔

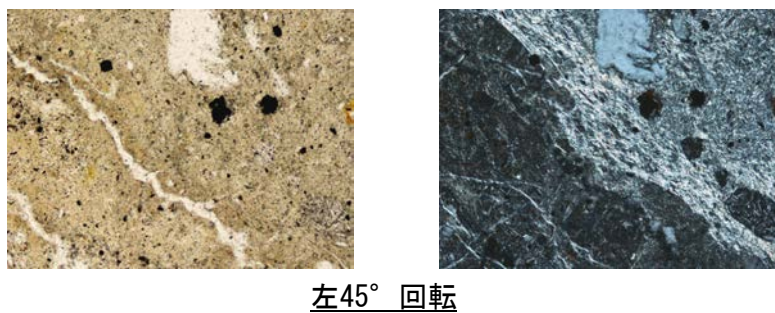
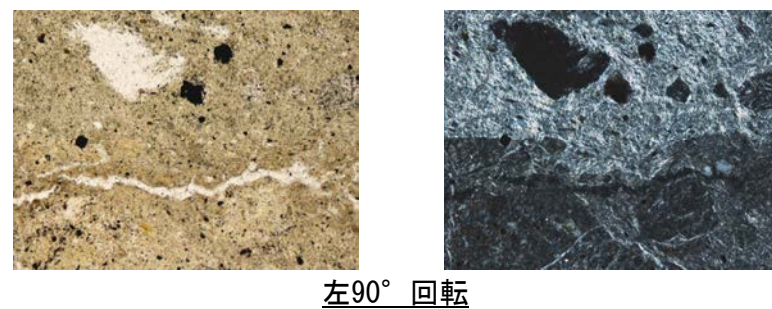
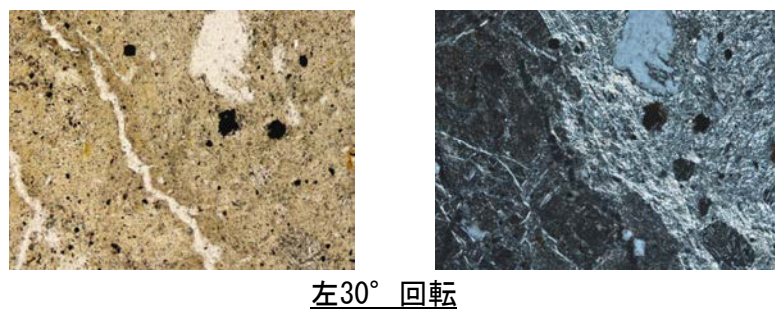
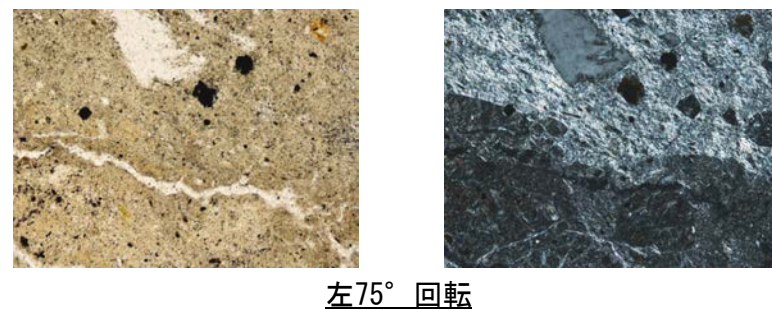
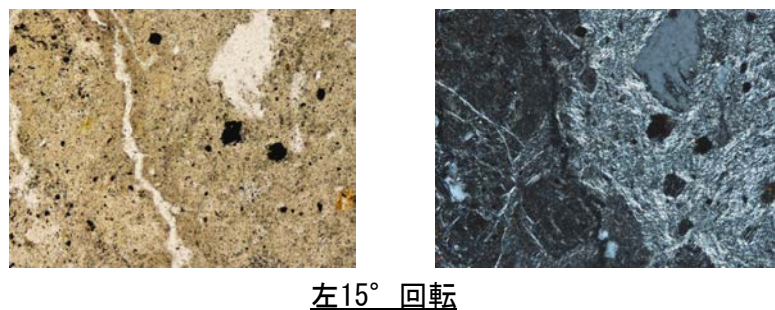
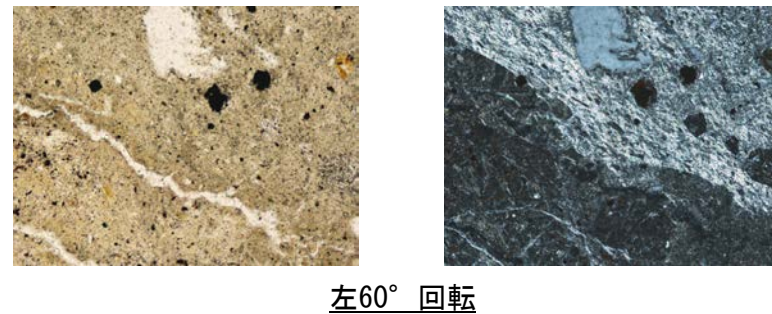
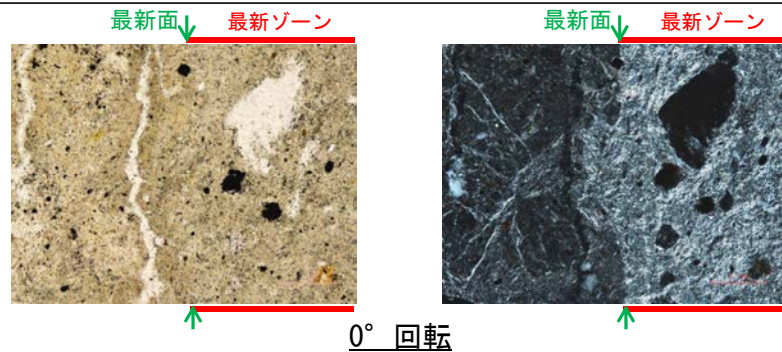
E-8.5-2孔 ー最新ゾーンと分帯IVとの境界(微視的観察)ー

00° Rの薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果, 面2は薄片中央では不明瞭で漸移的となり, 薄片全体で直線性・連続性がよい面1(最新面)と比べて, 明らかに直線性・連続性に劣っていることから, 面2は最新面ではないと判断される。



E-8.5-2孔 ステージ回転写真(範囲A)

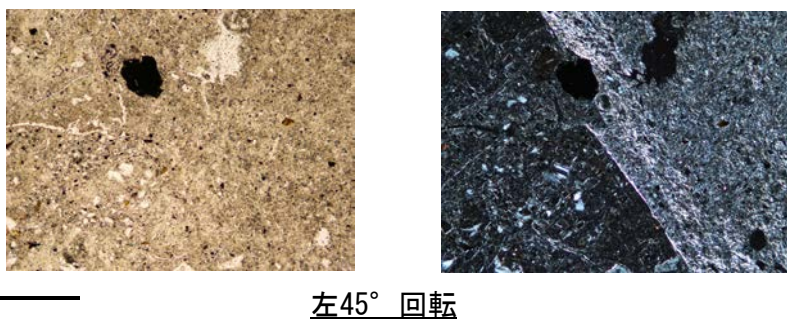
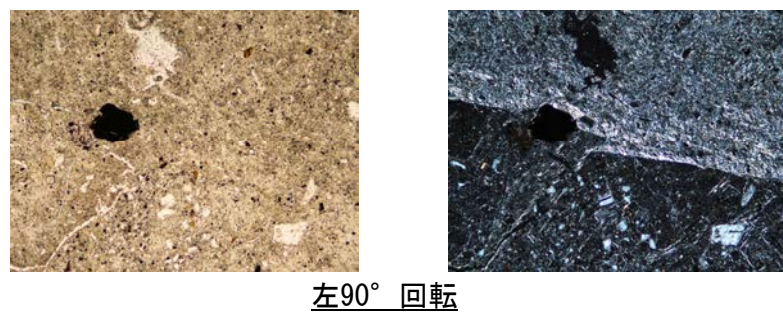
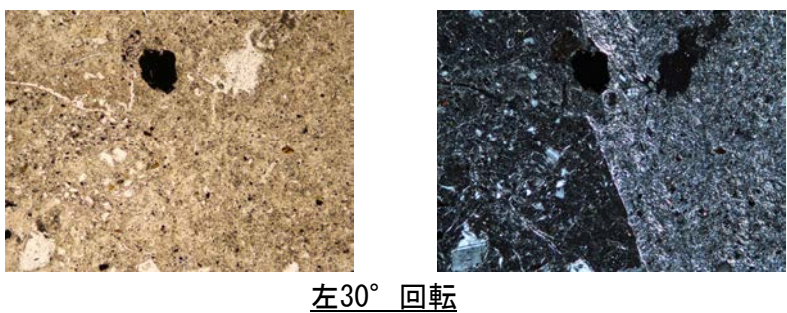
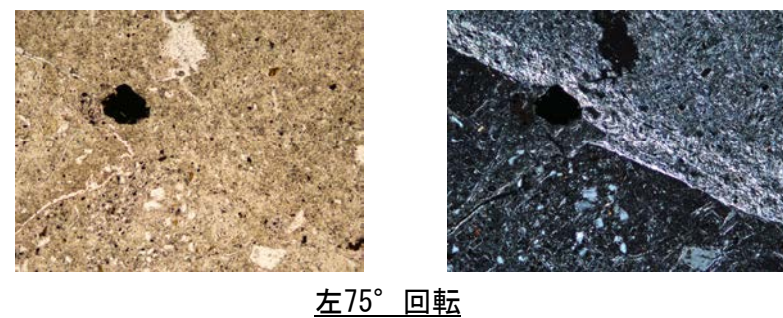
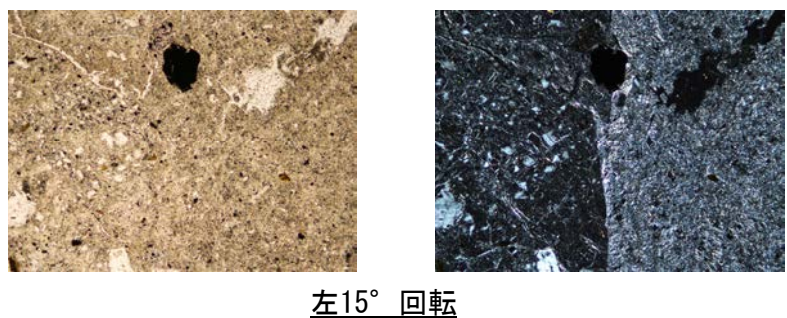
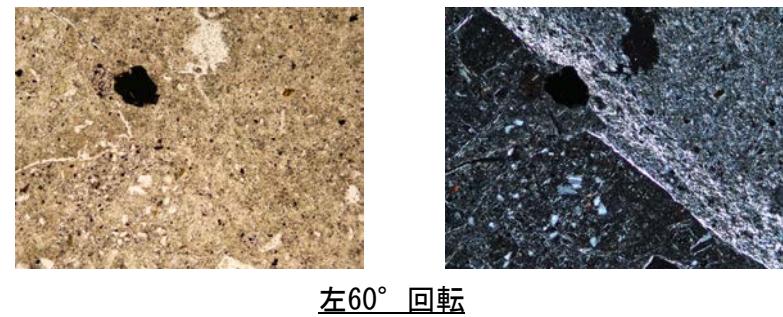
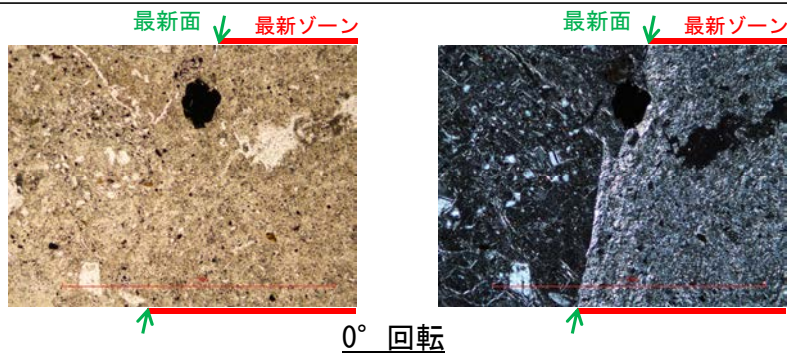
○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm

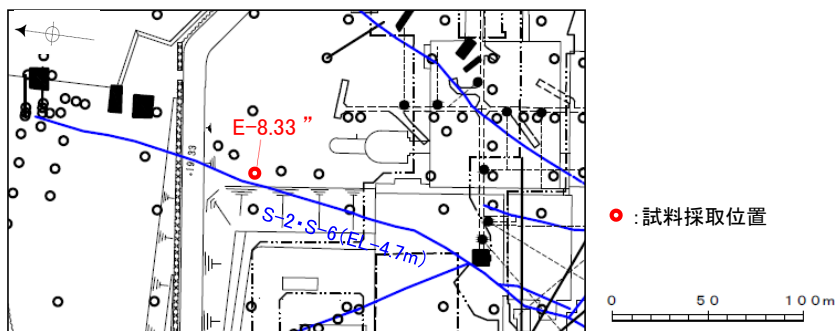
E-8.5-2孔 ステージ回転写真(範囲B)一

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



1mm

(2) SEM観察



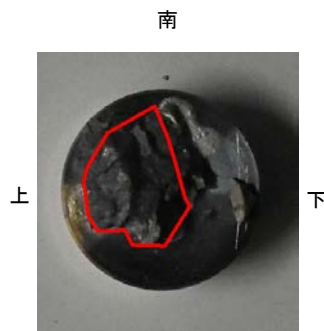
(深度) 15.45 15.50 15.60 15.70 15.80 15.90 (m)



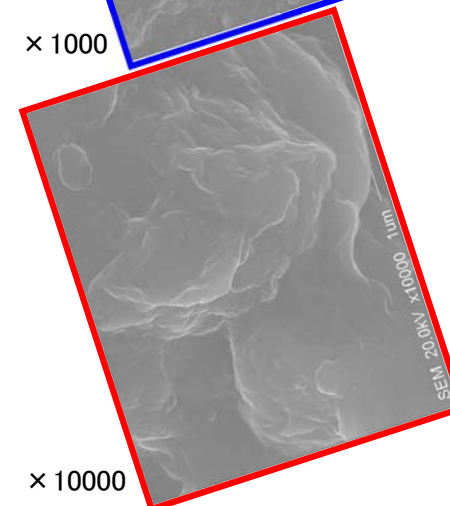
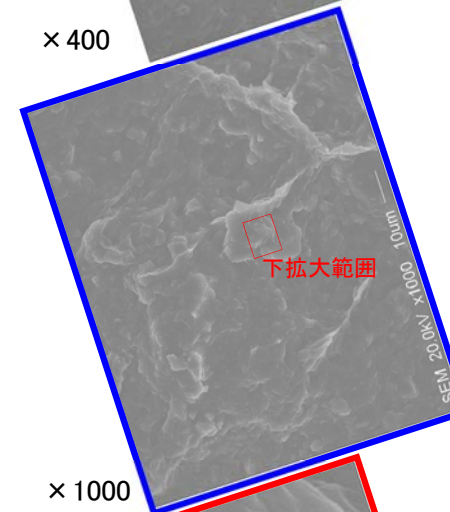
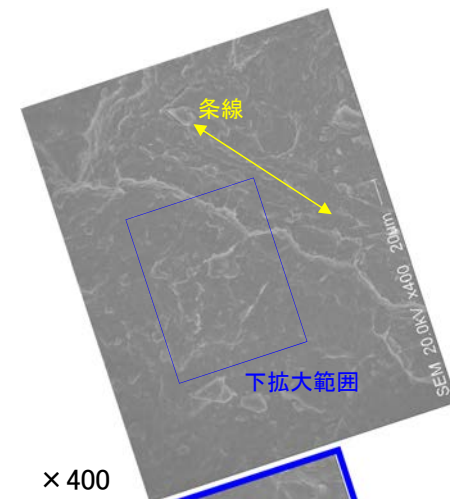
コア写真(E-8.33”孔)



最新面写真(下盤側上面)



試料(E-8.33”孔)



- ・SEM観察により、条線が認められた最新面上における粘土鉱物(XRD分析、EPMA分析からI/S混合層と認定)の結晶構造及びその破碎状況を観察した。
- ・SEM観察の結果、条線が認められた最新面上に、フレーク状の粘土鉱物の自形結晶を確認した。
- ・この粘土鉱物の自形結晶に破碎は認められない。

補足資料5. 2-5

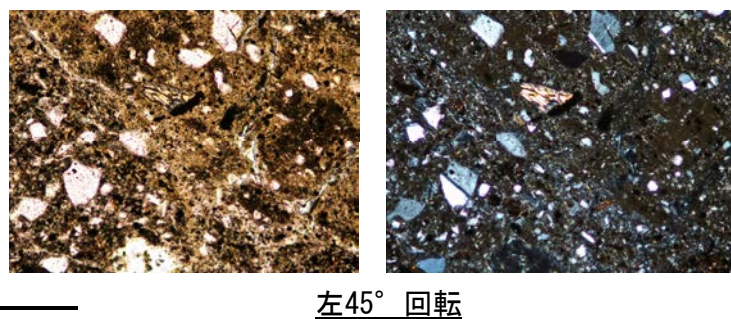
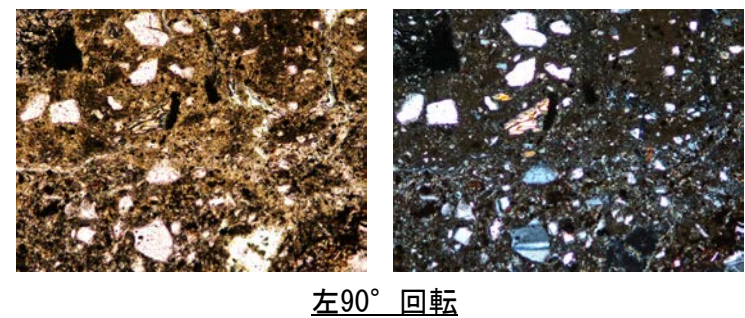
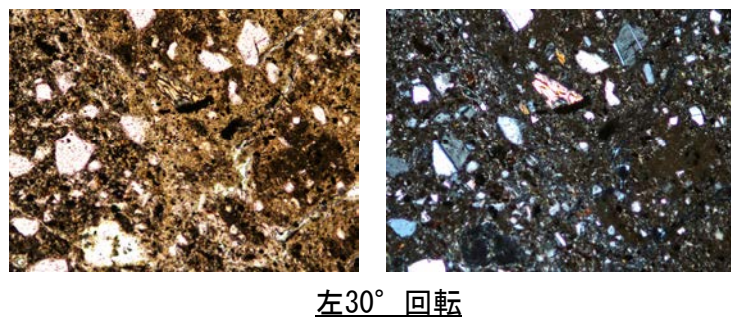
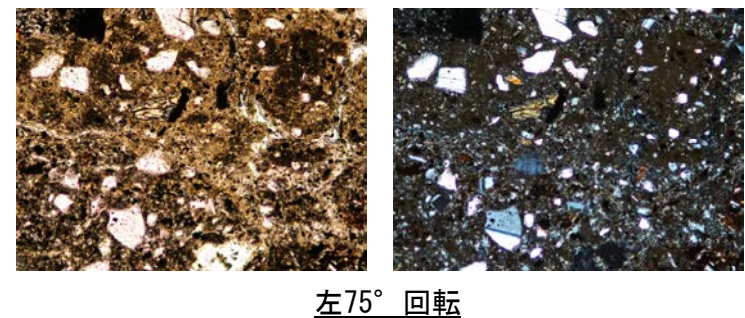
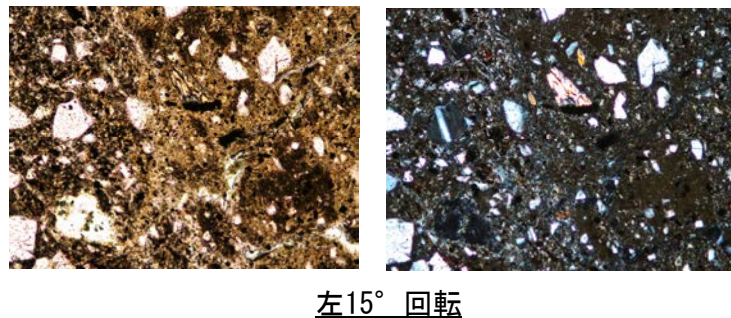
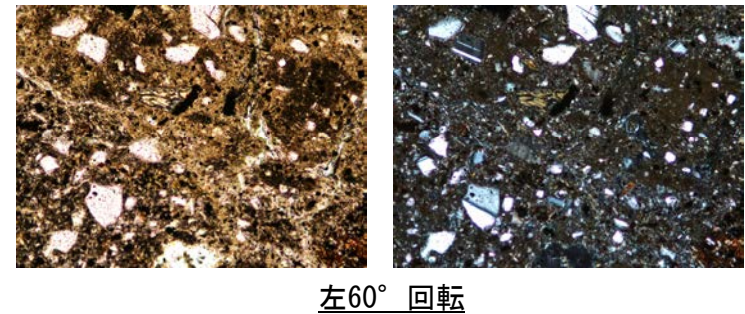
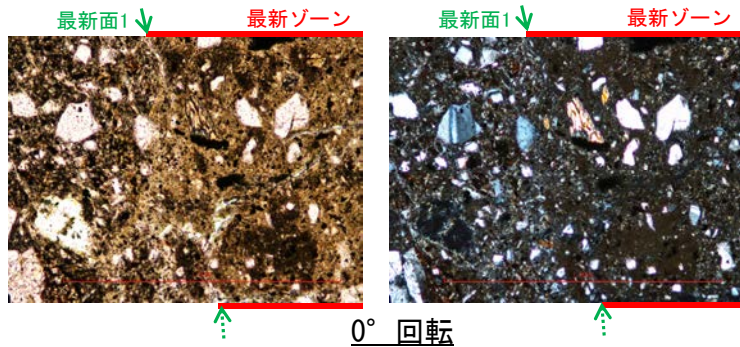
鉍物脈法に関する調査結果(S-4)

(1) 薄片觀察

(1)-1 E-8.50''孔

E-8.50'''孔 一ステージ回転写真(範囲A, 最新面1)一

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



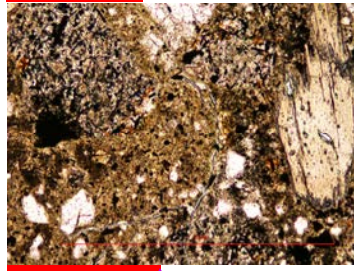
←… : 延長位置

1mm

E-8.50'''孔 ーステージ回転写真(範囲A, 最新面2)ー

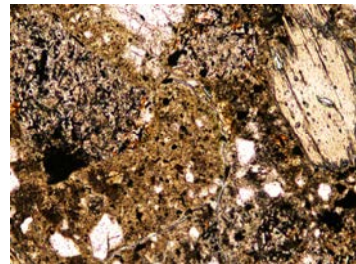
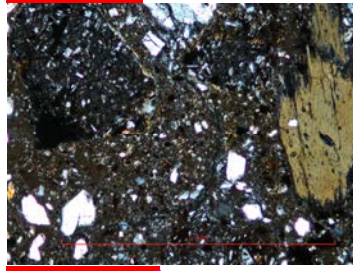
○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。

最新ゾーン ↓ 最新面2

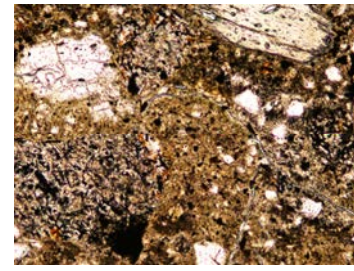
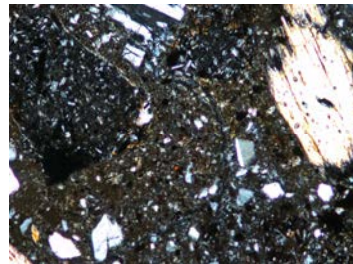


0° 回転

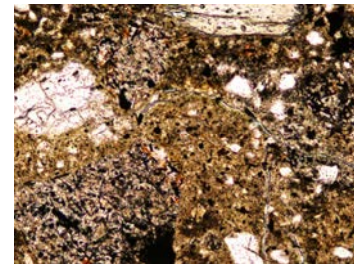
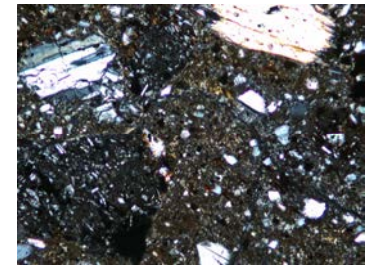
最新ゾーン ↓ 最新面2



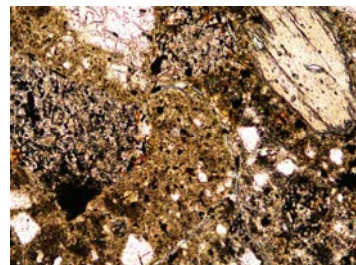
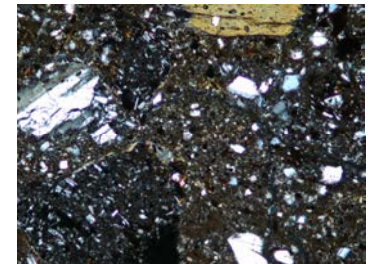
左15° 回転



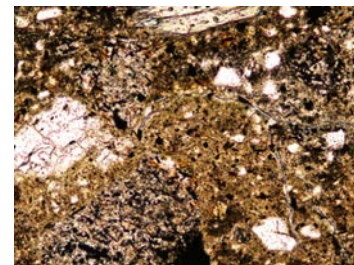
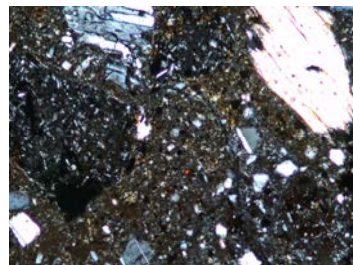
左60° 回転



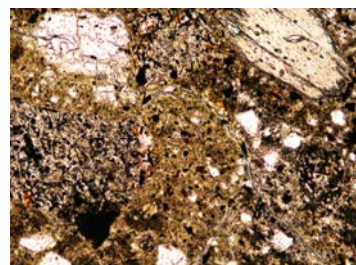
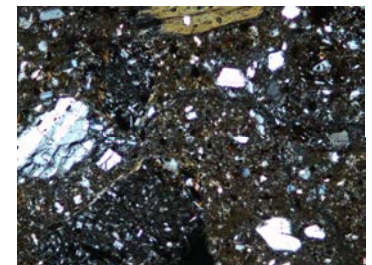
左75° 回転



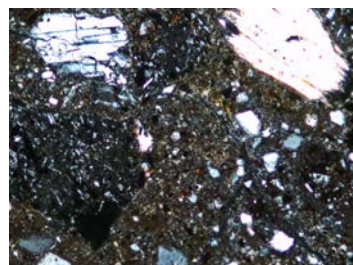
左30° 回転



左90° 回転



左45° 回転



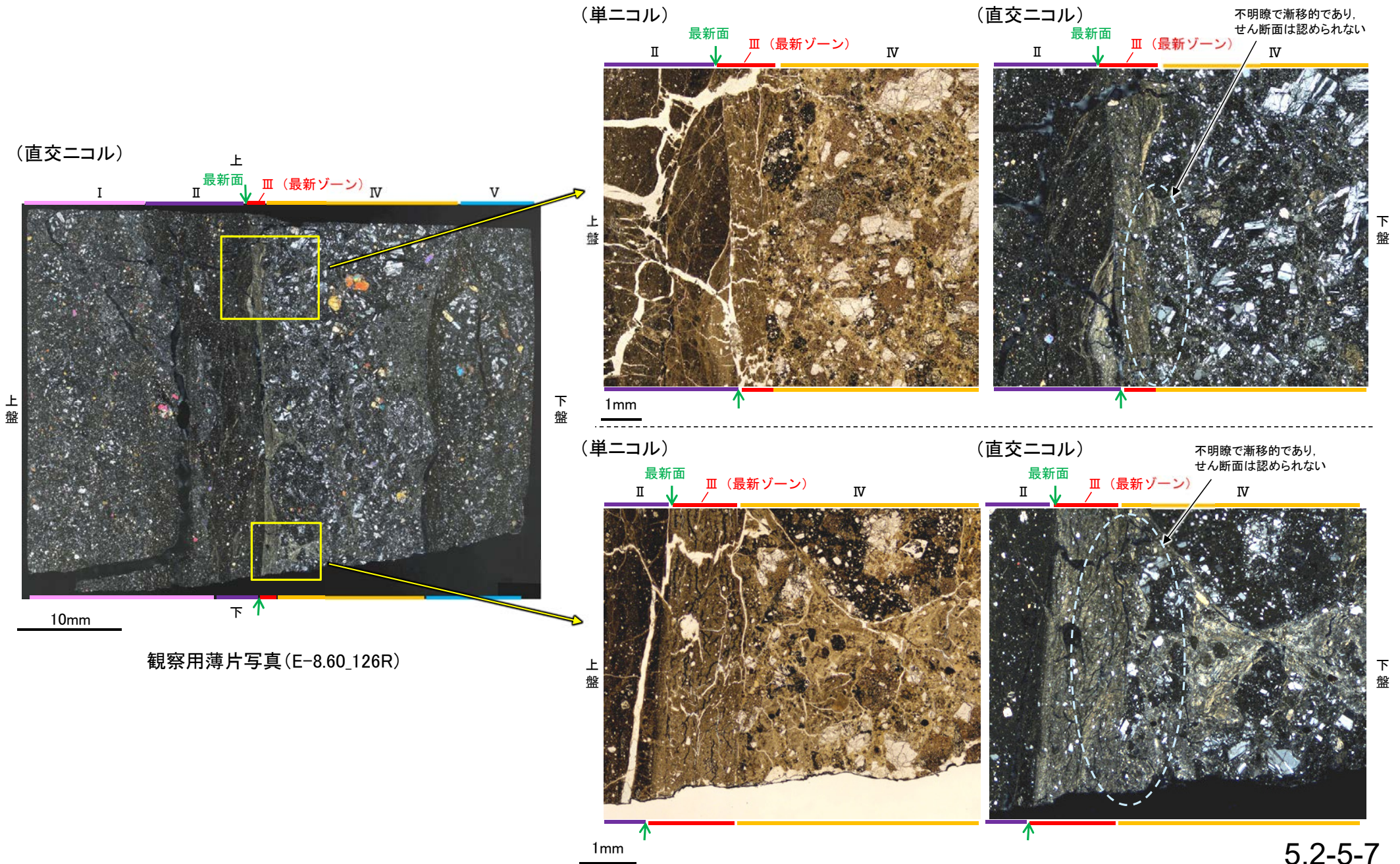
←… : 延長位置

1mm

(1)-2 E-8.60孔

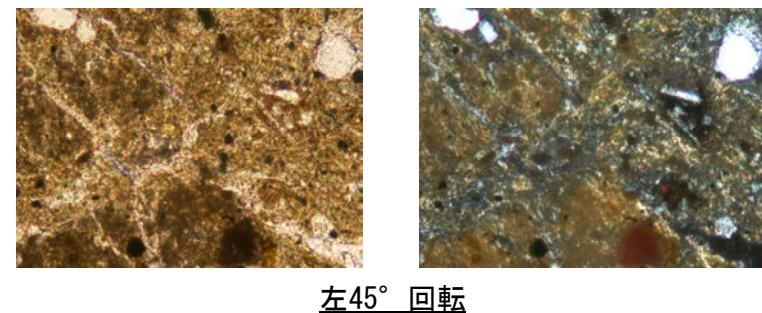
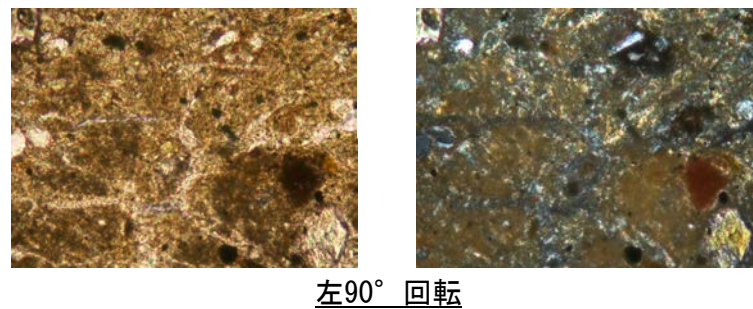
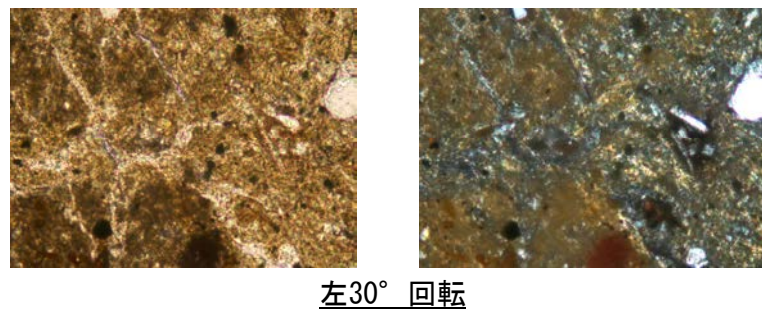
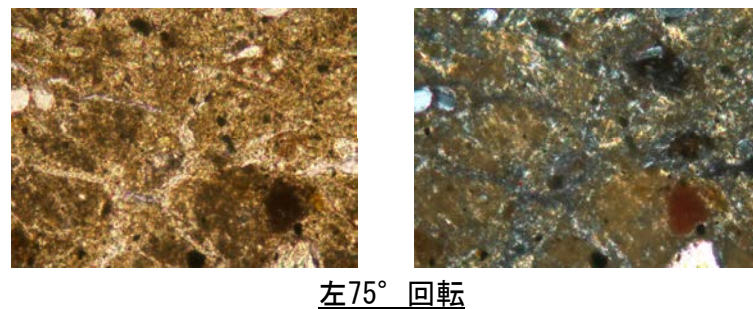
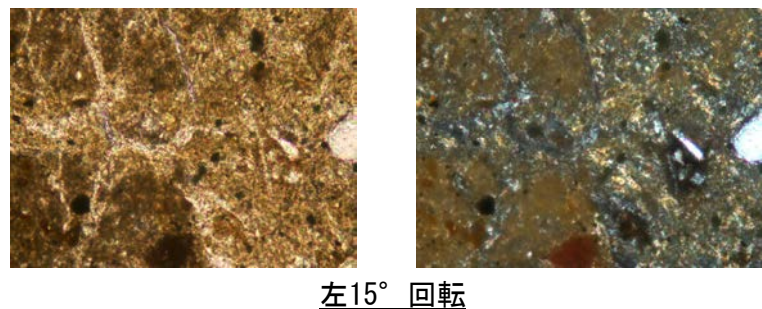
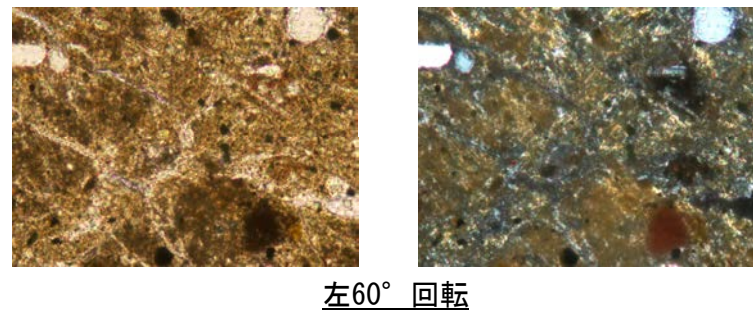
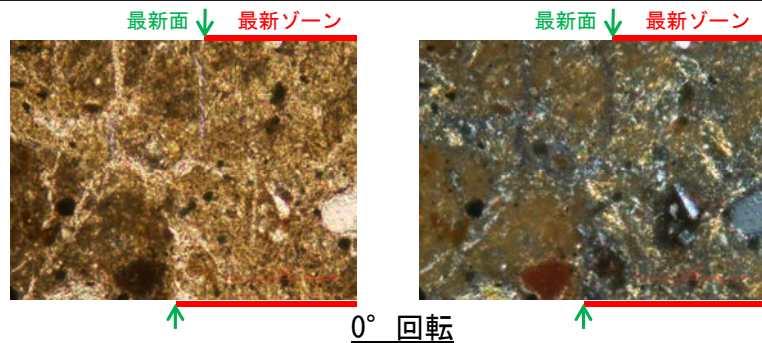
E-8.60孔 ー最新ゾーンと分帯Ⅳとの境界(微視的観察)ー

○観察用薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果, 最新ゾーンと分帯Ⅳ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。



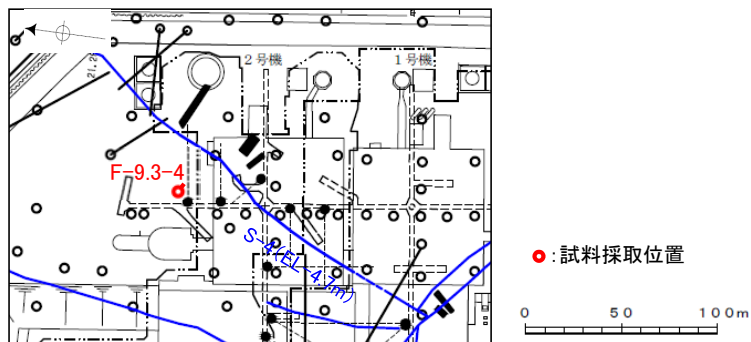
E-8.60孔 ステージ回転写真(範囲A)一

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm

(2) SEM観察

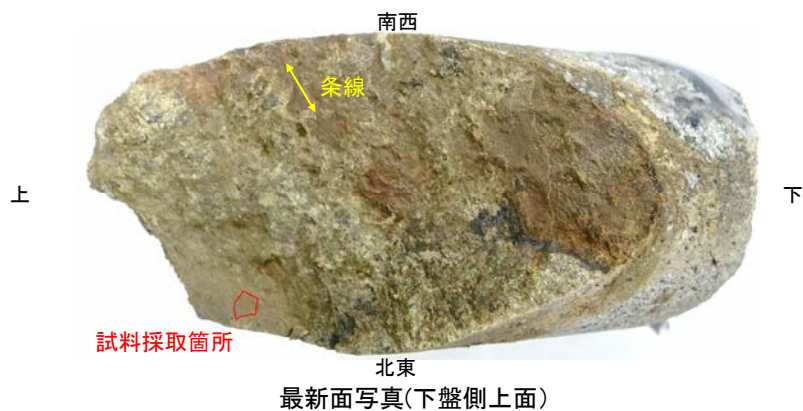


位置図

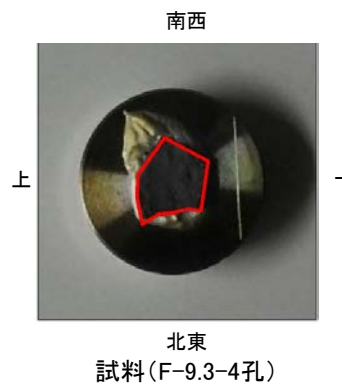
(深度) 66.25 66.30 66.40 66.50 (m)



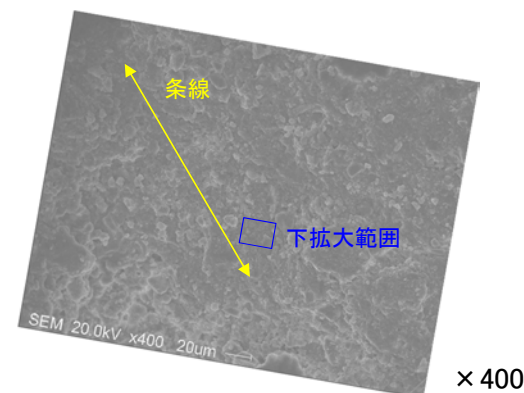
ボーリングコア写真 (F-9.3-4孔)



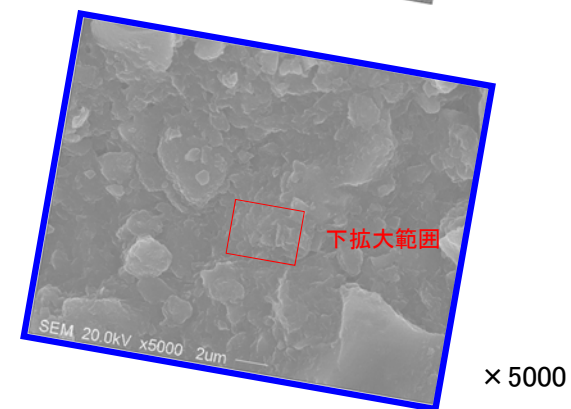
最新面写真 (下盤側上面)



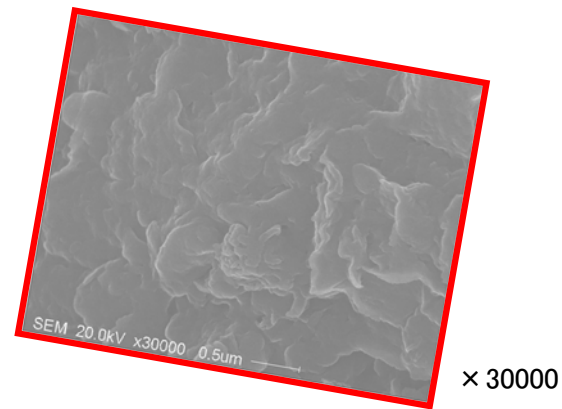
試料 (F-9.3-4孔)



× 400



× 5000



× 30000

- ・SEM観察により、条線が認められた最新面上における粘土鉱物(XRD分析, EPMA分析からI/S混合層と認定)の結晶構造及びその破碎状況を確認した。
- ・SEM観察の結果、条線が認められた最新面上に、フレーク状の粘土鉱物の自形結晶を確認した。
- ・この粘土鉱物の自形結晶に破碎は認められない。

補足資料5. 2-6

鉍物脈法に関する調査結果(S-5)

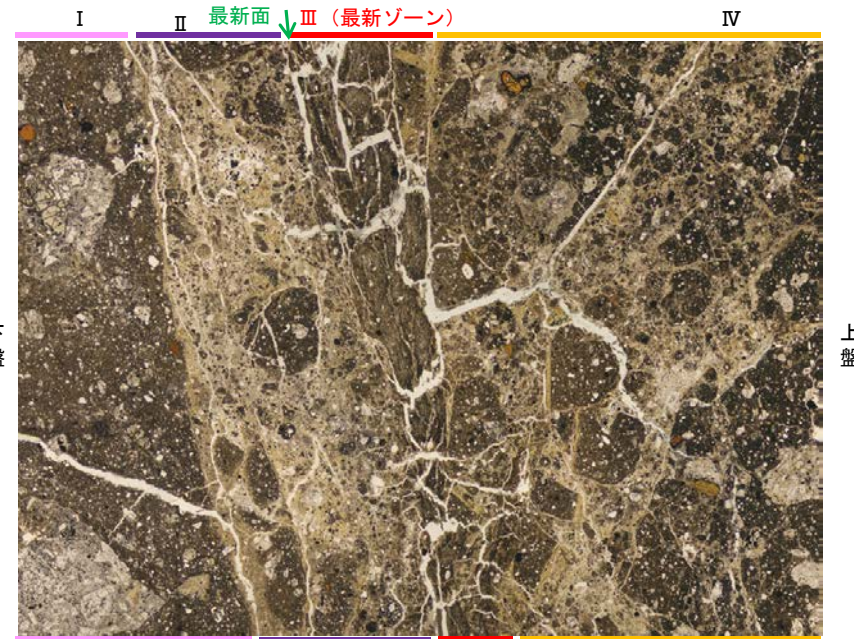
(1) 薄片觀察

(1)-1 R-8.1-1-3孔

R-8.1-1-3孔 ー最新ゾーンと分帯Ⅳとの境界(微視的観察)ー

○観察用薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果, 最新ゾーンと分帯Ⅳ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。

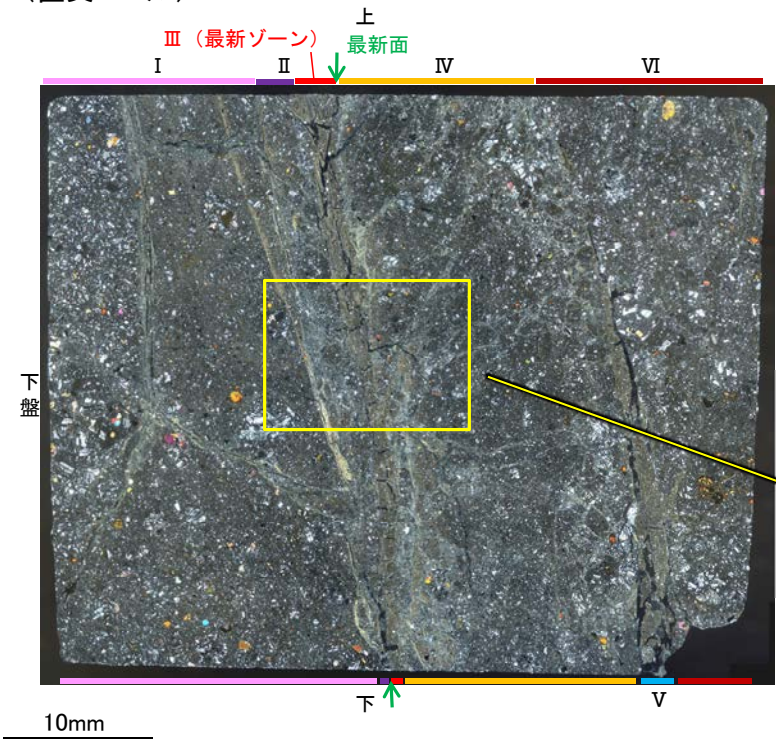
(単ニコル)



下盤

上盤

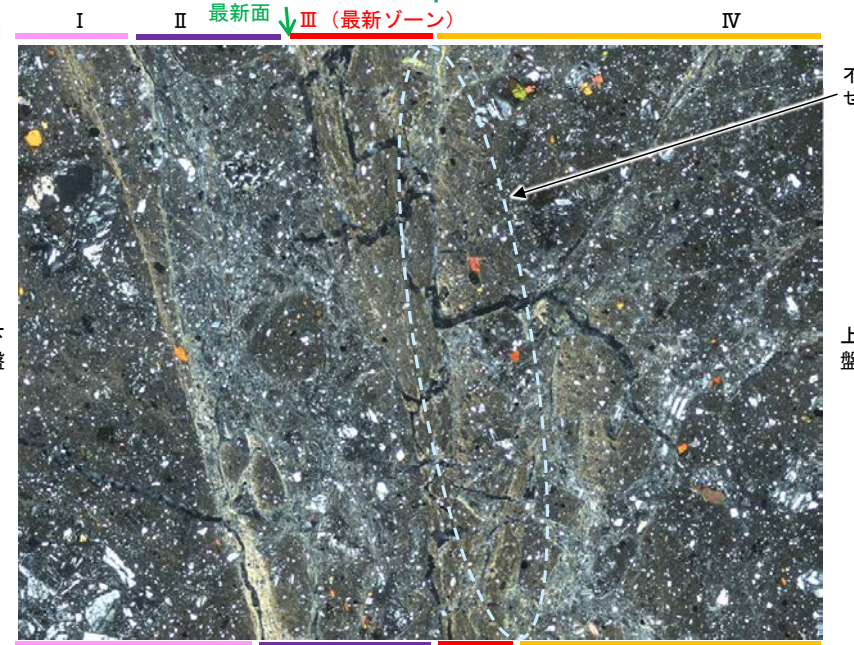
(直交ニコル)



下盤

上盤

(直交ニコル)



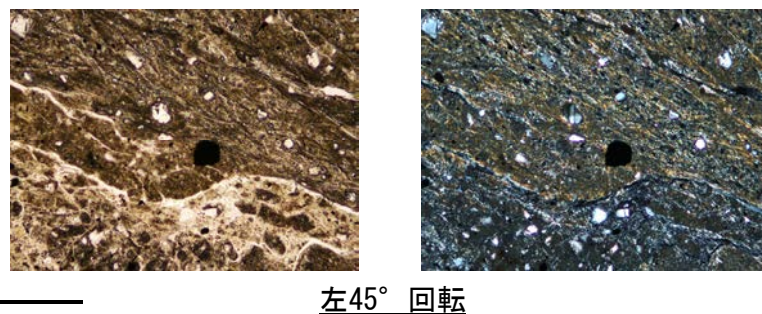
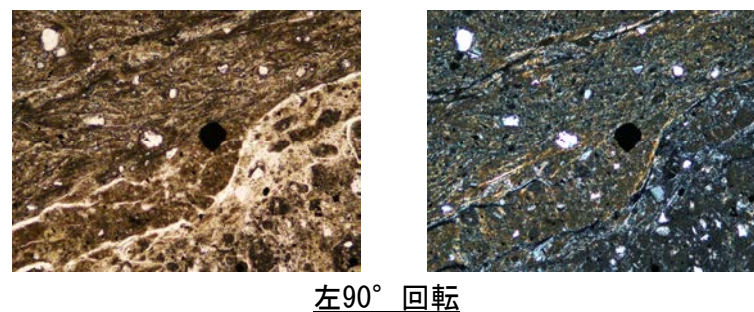
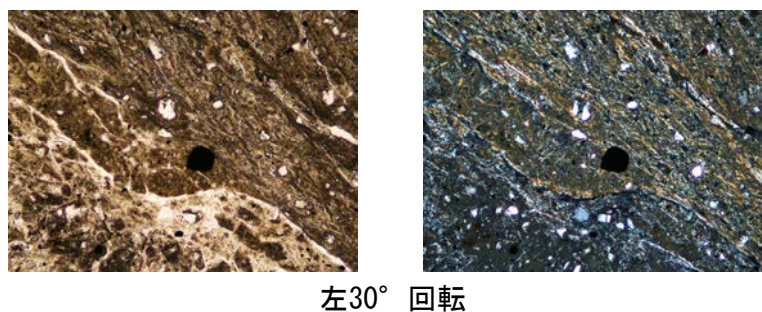
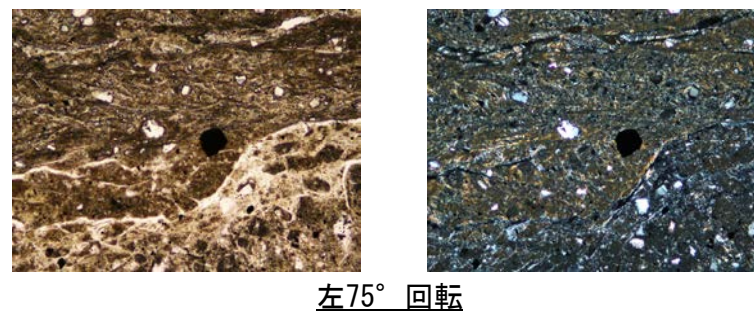
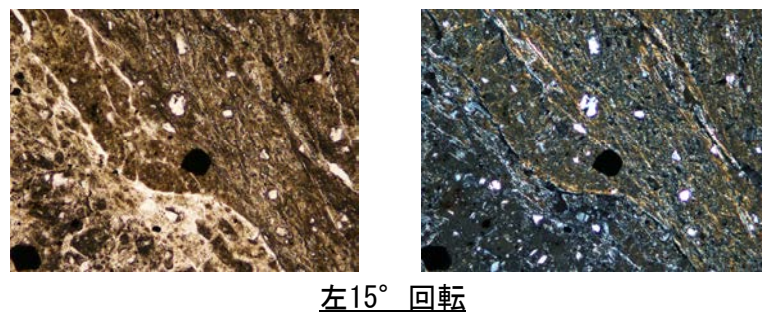
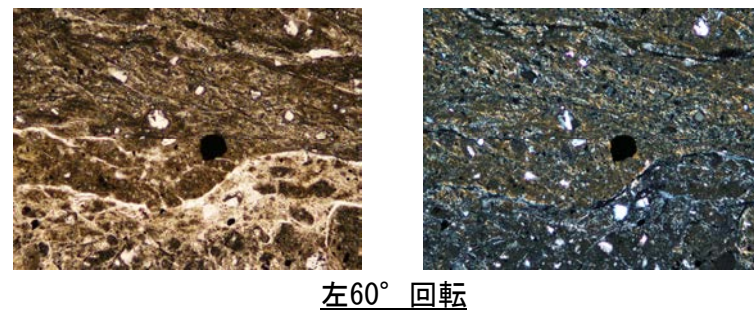
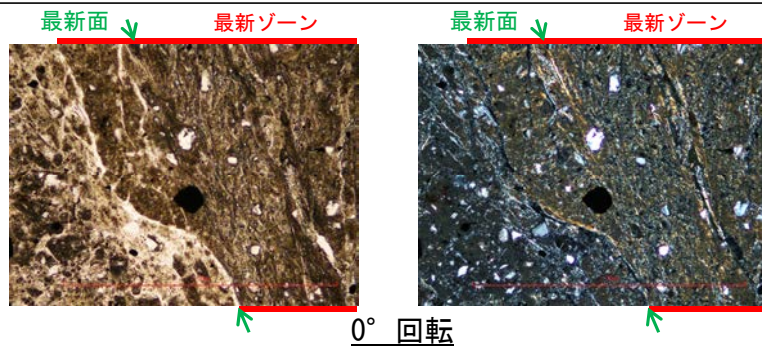
下盤

上盤

不明瞭で漸移的であり, せん断面は認められない

観察用薄片写真(R-8.1-1-3_109R)

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。

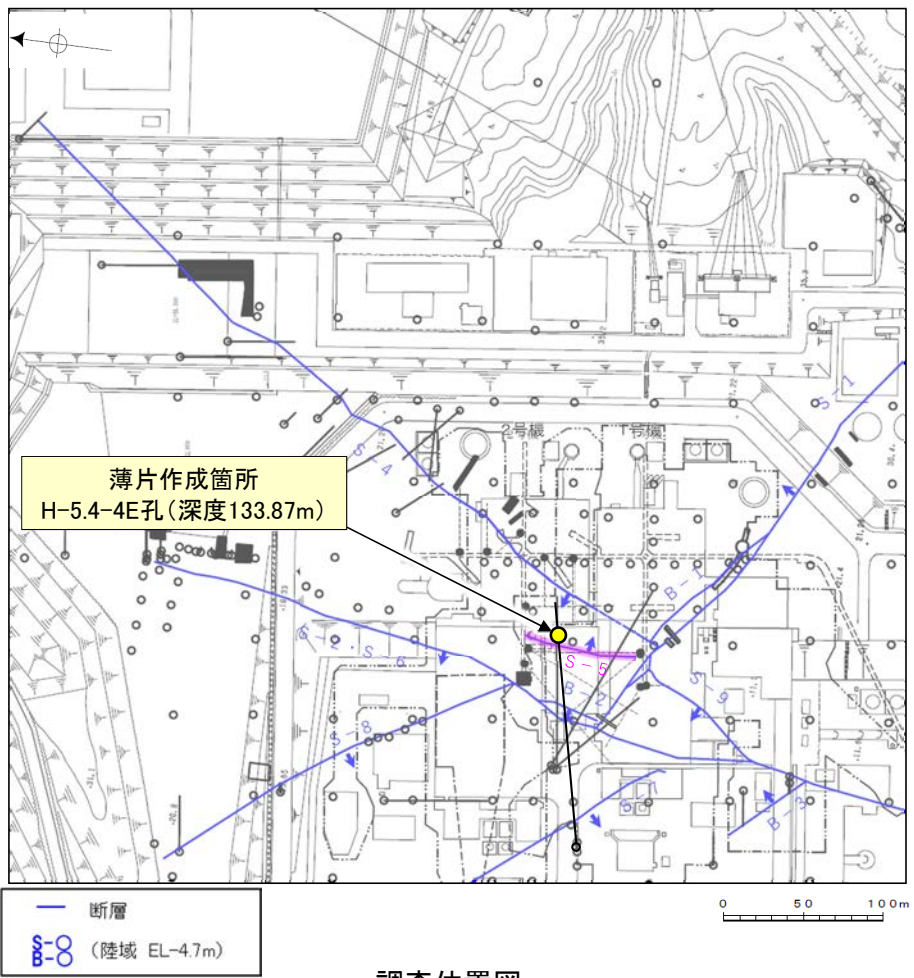


1mm

(1)-2 H-5.4-4E孔

H-5.4-4E孔 一概要一

○S-5深部に位置するH-5.4-4E孔の深度133.87mから採取した試料を用いて、薄片観察によるS-5深部の詳細性状の確認を行った。
○最新ゾーンは、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は認められない。

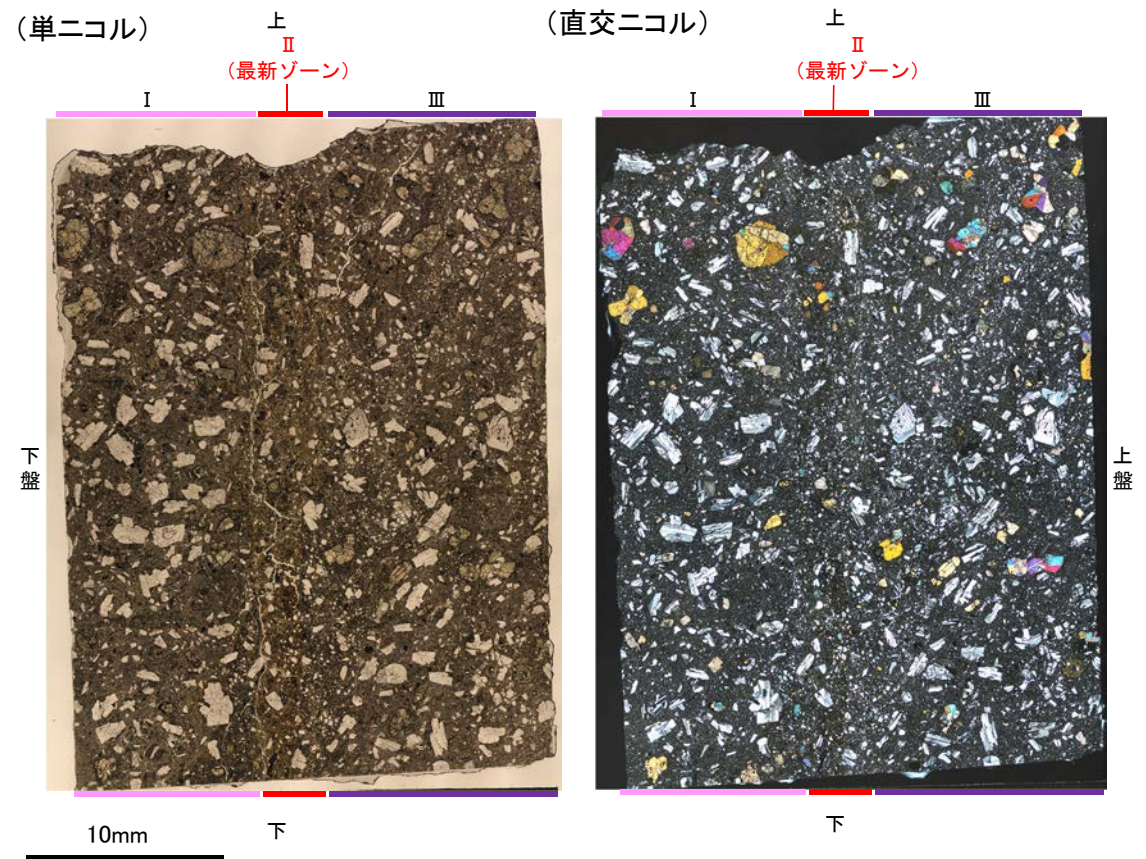


調査位置図

走向傾斜: N19° E/83° SE 主せん断面 ↓



コア写真(H-5.4-4E孔)



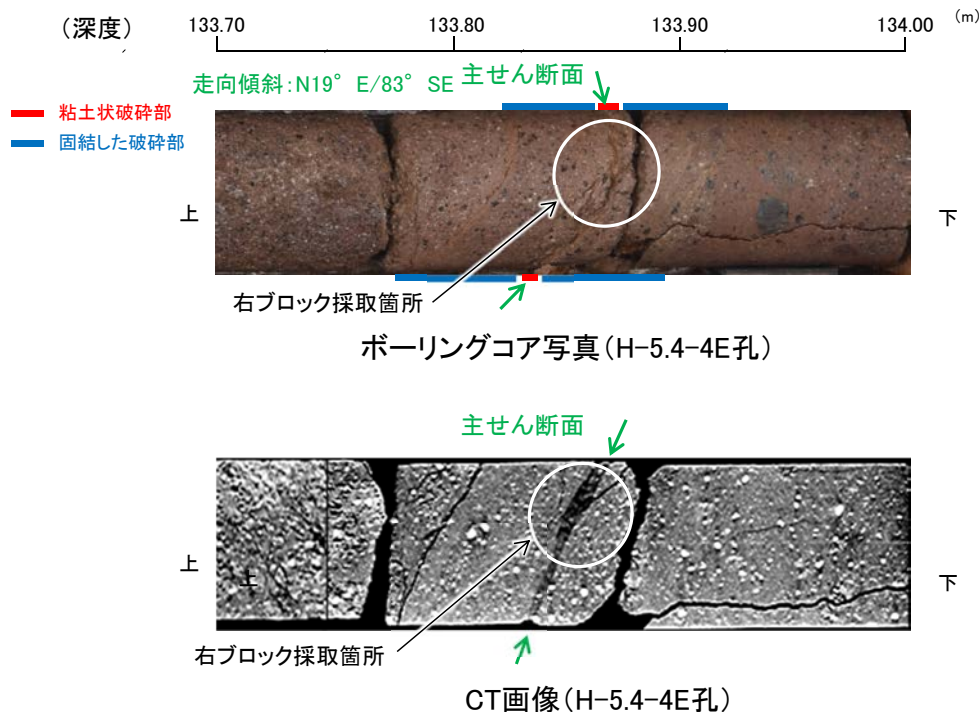
薄片写真(H-5.4-4E_97R)

H-5.4-4E孔 —最新面の認定(巨視的観察)—

- H-5.4-4E孔の深度133.87mで認められるS-5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、97° Rの条線方向が確認されたことから、97° Rで薄片を作成した(ブロック写真)。



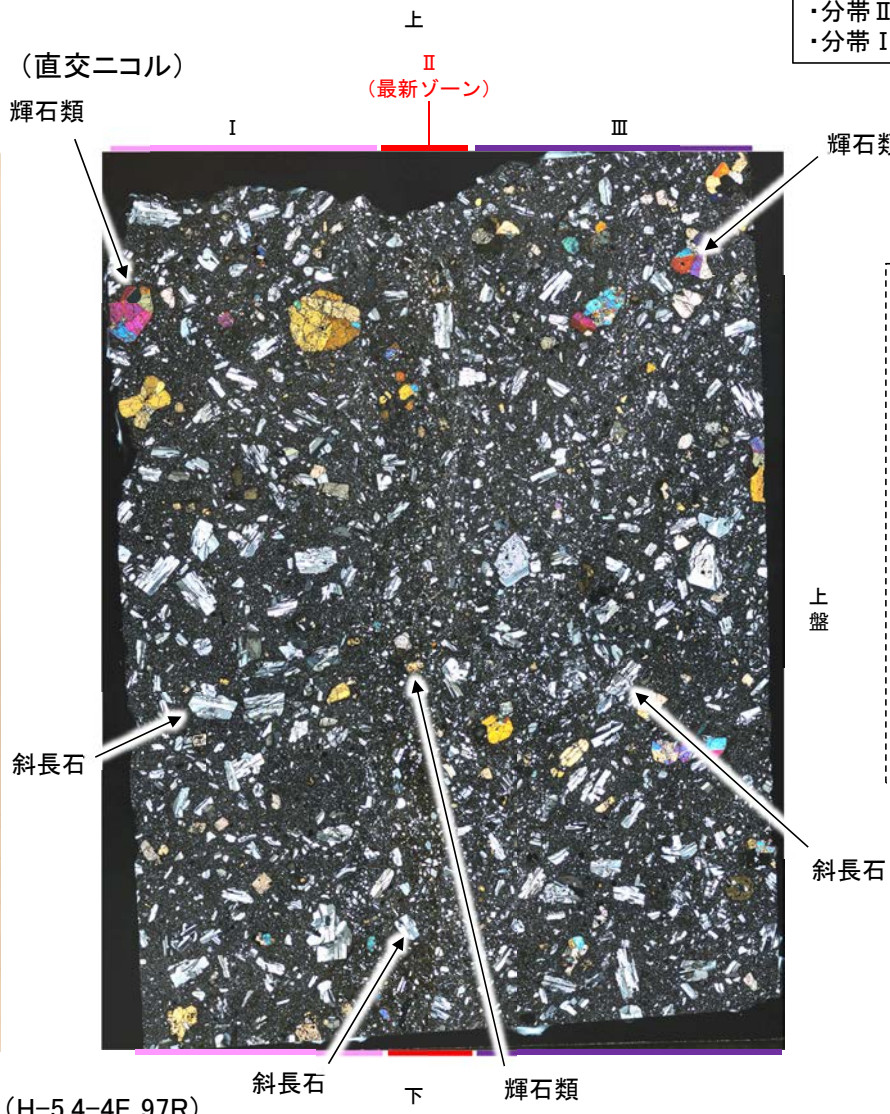
・条線観察結果については補足資料2.5-1(2)-4 P.2.5-1-141
調査位置図



ブロック写真

H-5.4-4E孔 ー最新面の認定(微視的観察)ー

- 微視的観察(薄片観察)の結果, 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, 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。



分帯とコア観察における破碎部区分との対応

- ・分帯Ⅱ(最新ゾーン)・・・粘土状破碎部
- ・分帯Ⅰ, 分帯Ⅲ・・・固結した破碎部

Ⅰ: 単ニコルで褐灰～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。薄片下部に基質がわずかに分布するが, 大部分を安山岩礫が占める。

Ⅱ(最新ゾーン): 単ニコルで褐～褐灰色, 直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する, 細粒物からなる。径2mm以下の岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。岩片, 鉱物片は角～亜円形である。

Ⅲ: 単ニコルで褐灰～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20mm以下の岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。岩片, 鉱物片は角～亜円形である。

薄片写真(H-5.4-4E_97R)

余白

補足資料5. 2-7

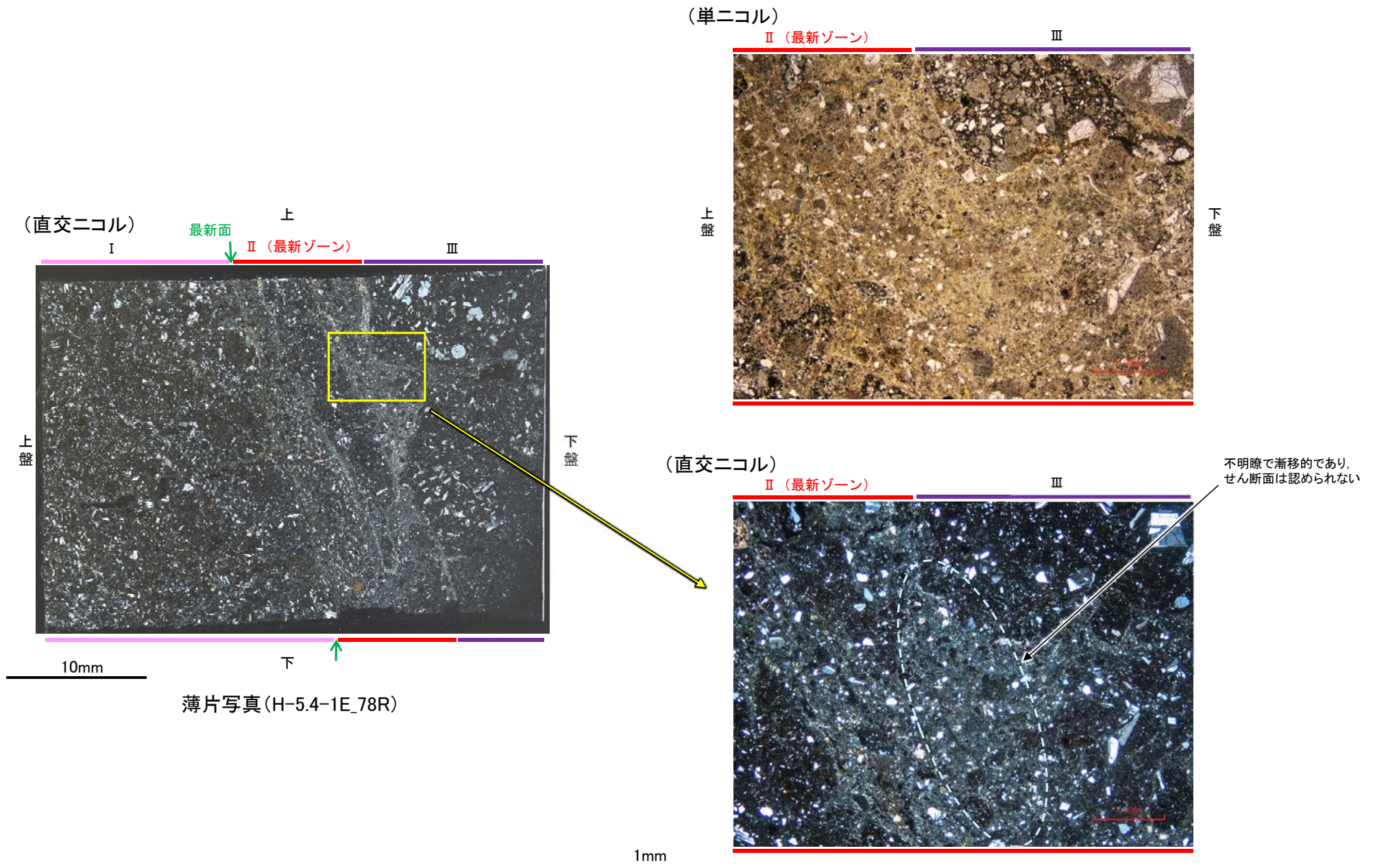
鉍物脈法に関する調査結果(S-7)

(1) 薄片觀察

(1)-1 H-5.4-1E孔

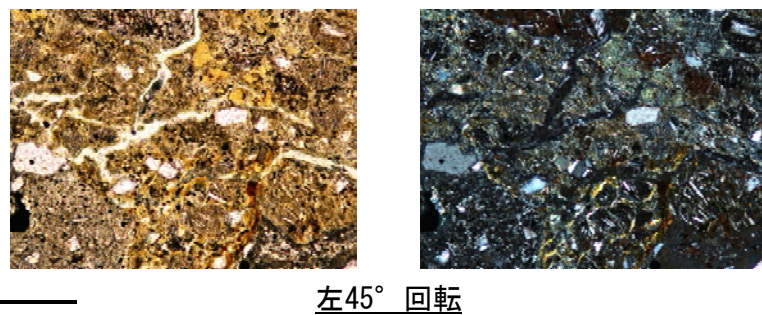
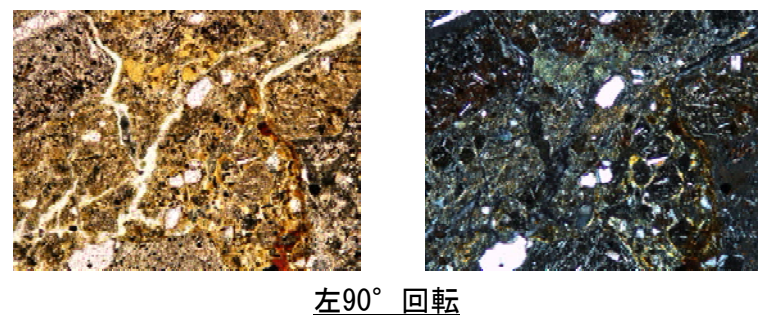
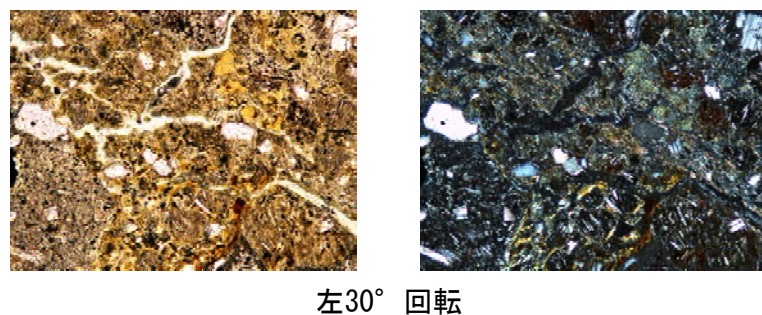
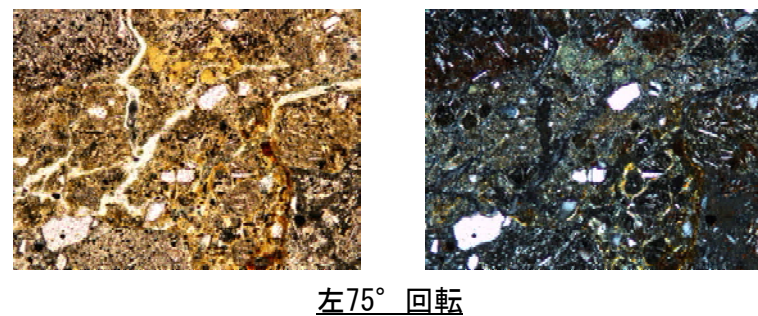
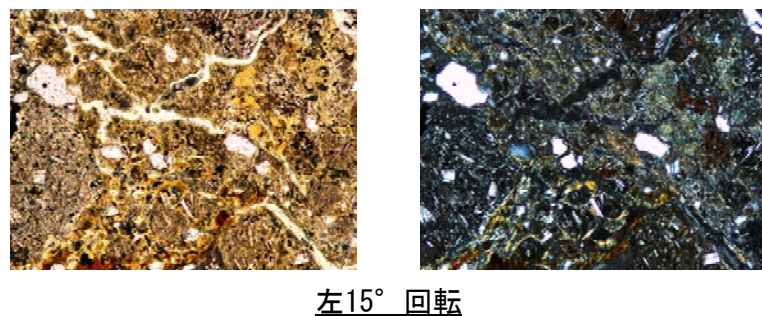
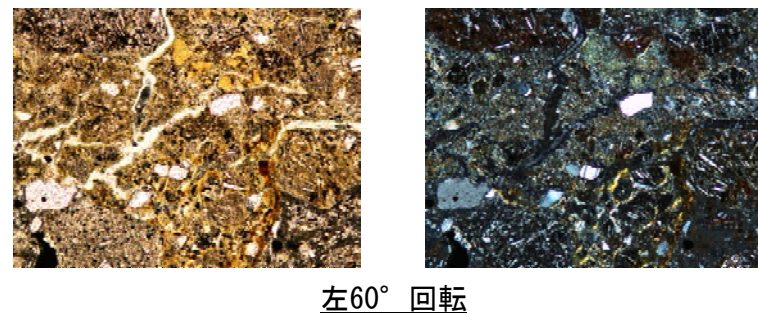
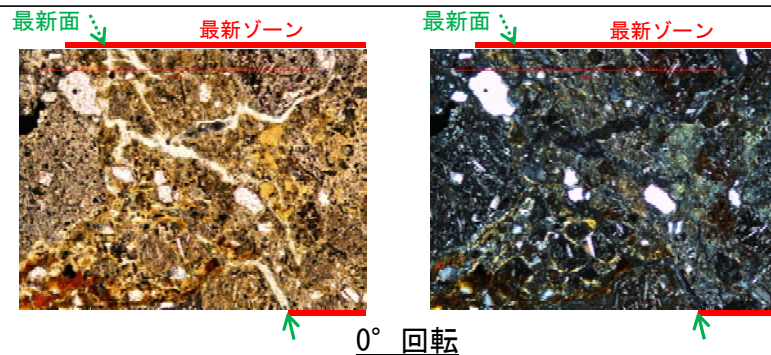
H-5.4-1E孔 ー最新ゾーンと分帯Ⅳとの境界(微視的観察)ー

○微視的観察(薄片観察)の結果, 最新ゾーンと分帯Ⅲ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。



H-5.4-1E孔 ステージ回転写真(範囲A) -

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



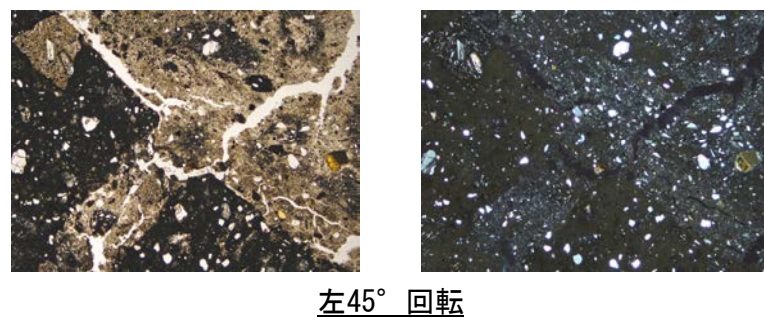
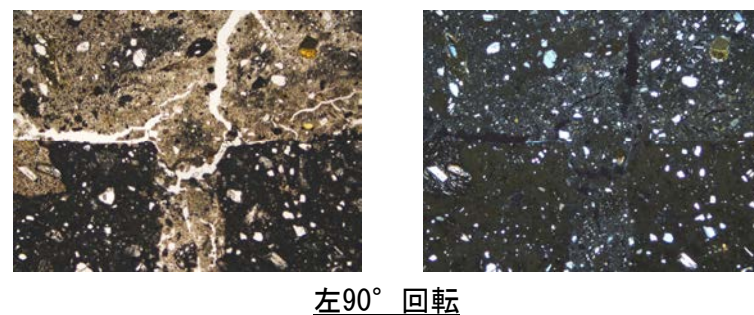
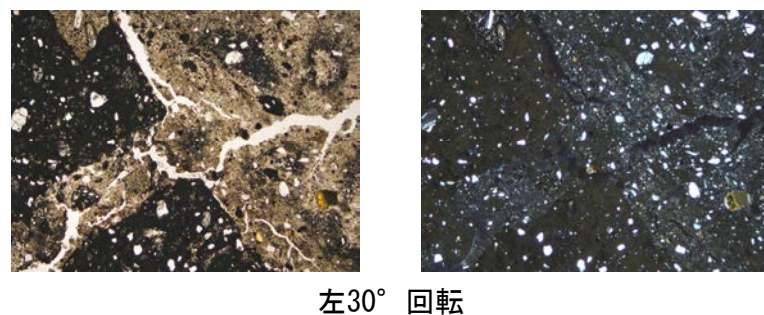
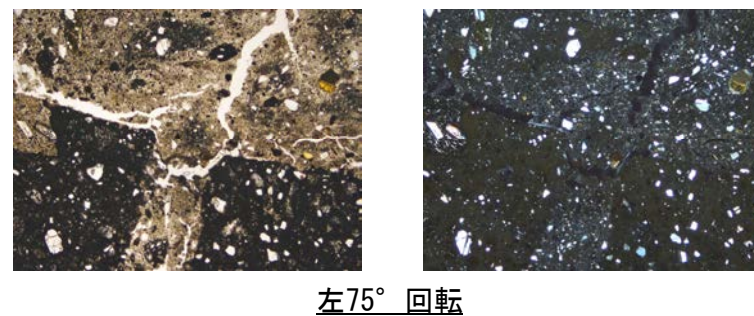
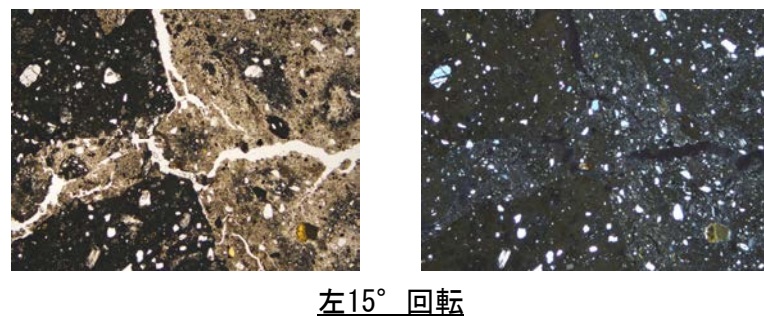
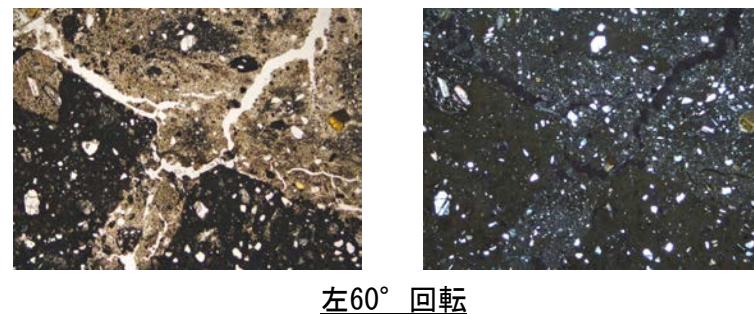
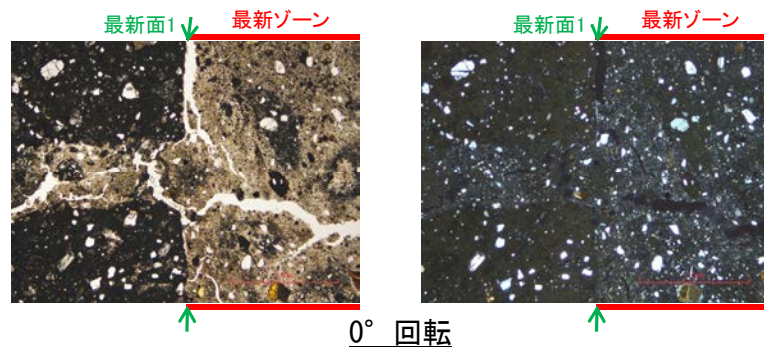
←… : 延長位置

1mm

(1)-2 H-5.7' 孔

H-5.7' 孔 ステージ回転写真(範囲A) -

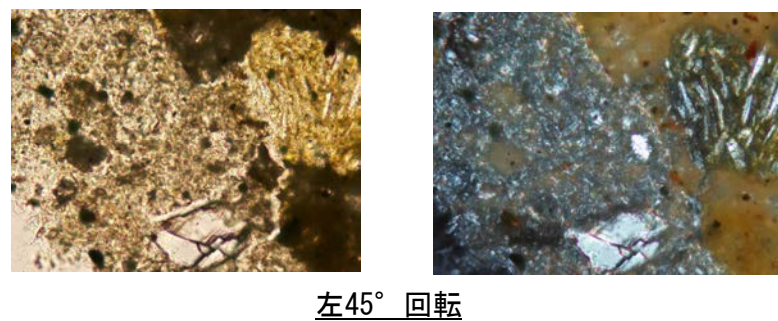
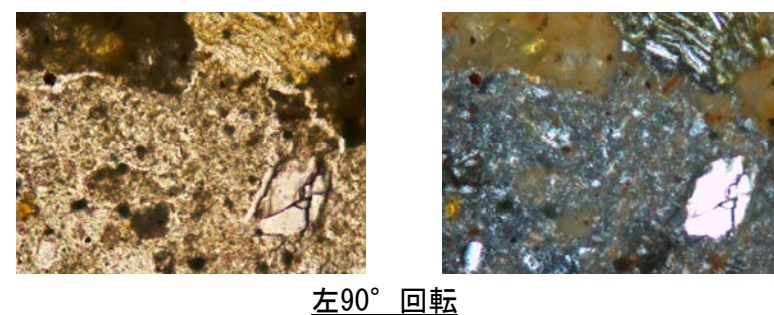
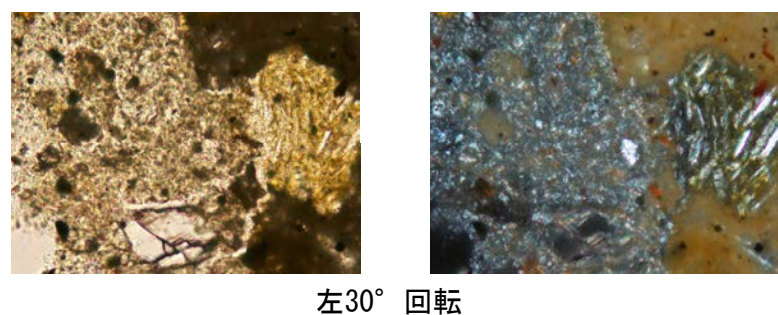
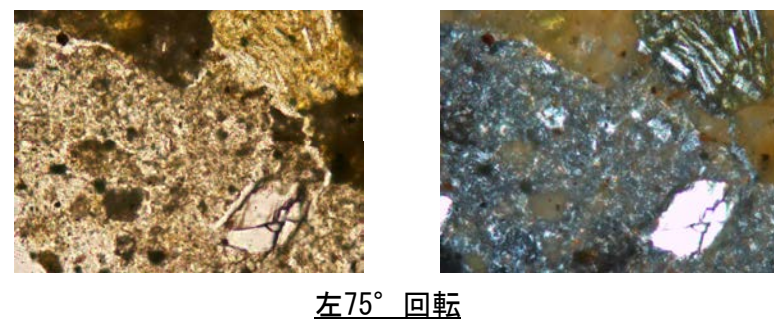
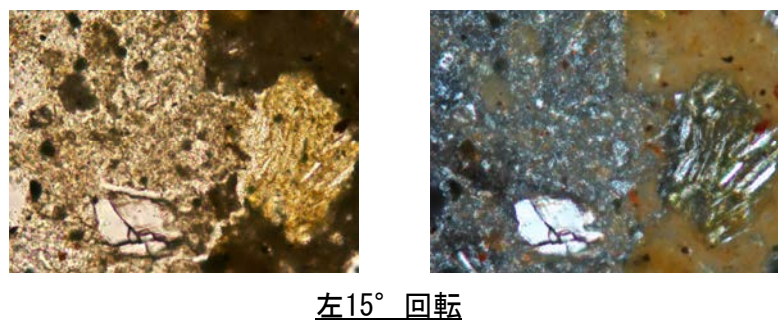
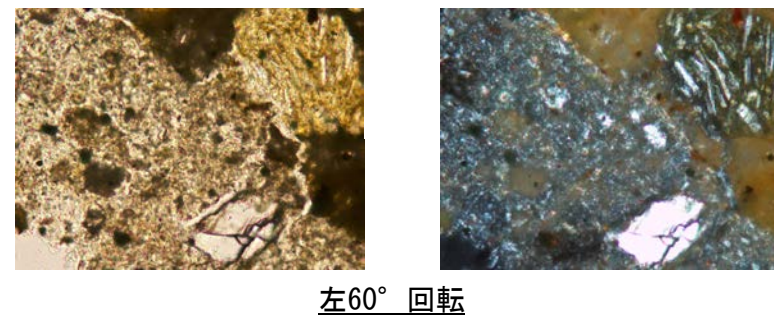
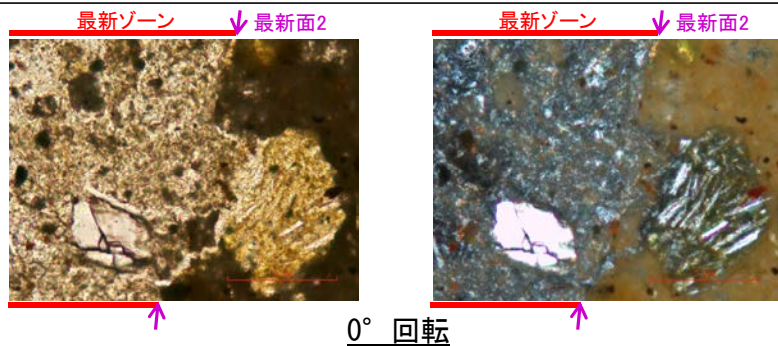
○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



1mm

H-5.7' 孔 一ステージ回転写真(範囲B)一

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm

補足資料5. 2-8

鉍物脈法に関する調査結果(S-8)

(1) 薄片觀察

(1)-1 F-6.75孔

F-6.75孔 ー最新ゾーンと分帯Ⅲとの境界(微視的観察)ー

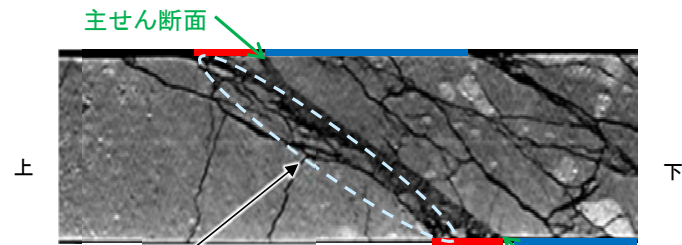
○CT画像観察の結果、粘土状破碎部の上盤側境界は直線性・連続性のよい面として観察されず、せん断面は認められない。
 ○粘土状破碎部の上盤側境界は、薄片における最新ゾーンと分帯Ⅲとの境界に対応し、この境界は主せん断面と斜交する方向に発達しており、湾曲し凹凸を伴い連続性に乏しく、せん断面は認められない。

主せん断面と斜交する方向に発達しており、湾曲し凹凸を伴い連続性に乏しく、せん断面は認められない



ボーリングコア写真(F-6.75孔)

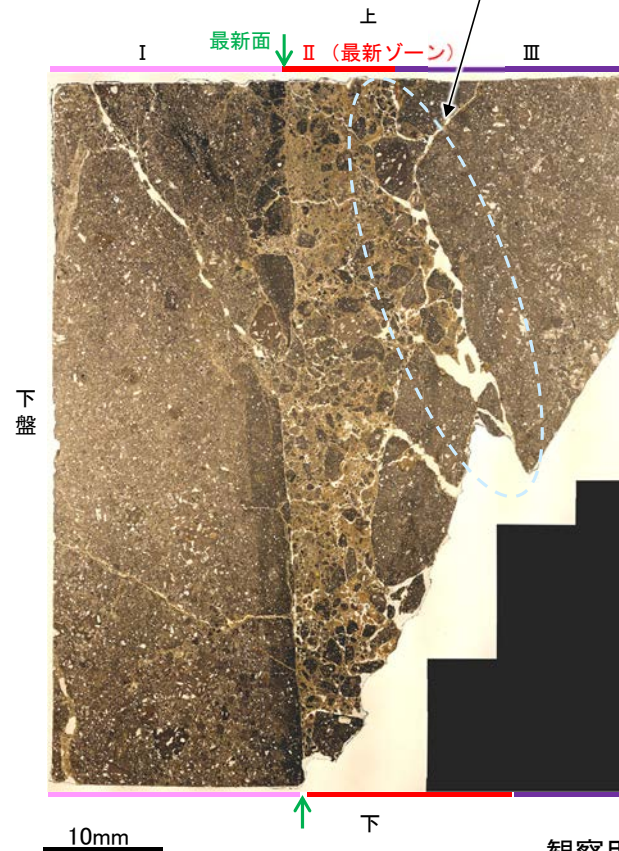
— 粘土状破碎部
— 固結した破碎部



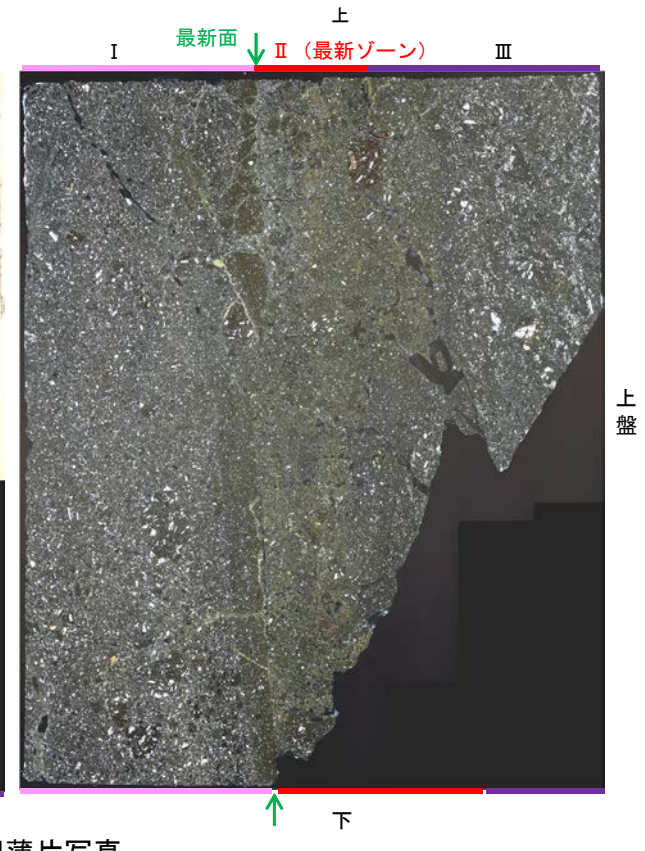
CT画像(F-6.75孔)

直線性・連続性のよい面として観察されず、せん断面は認められない

(単ニコル)



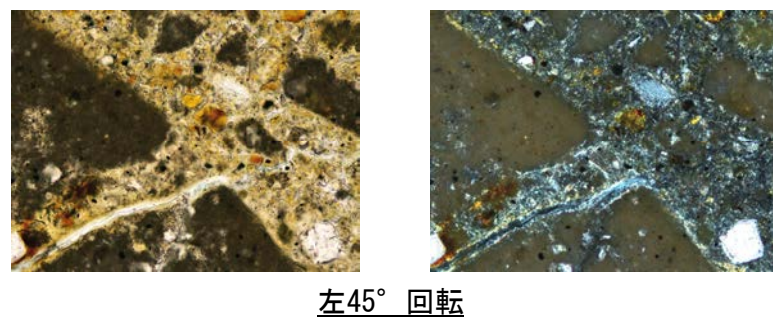
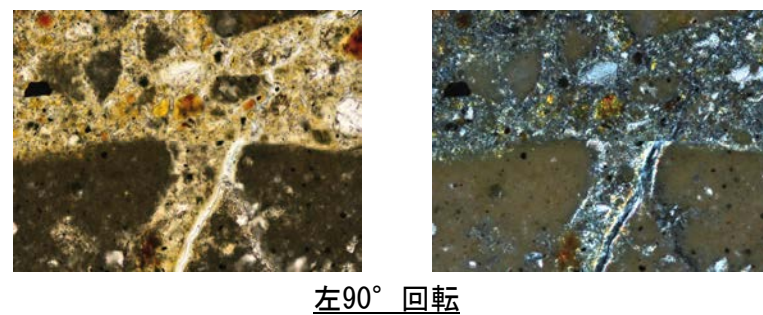
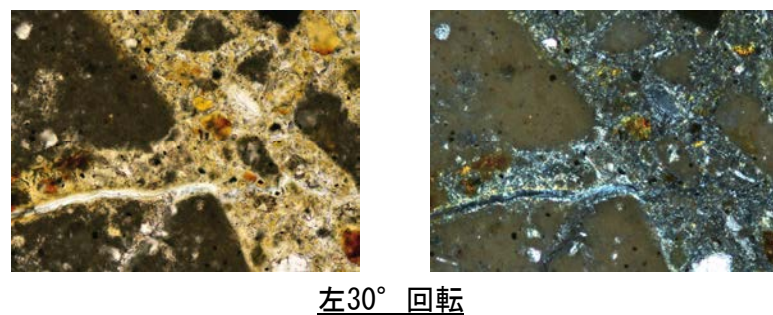
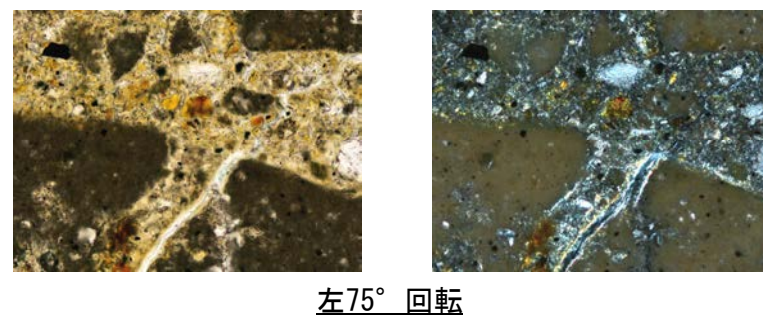
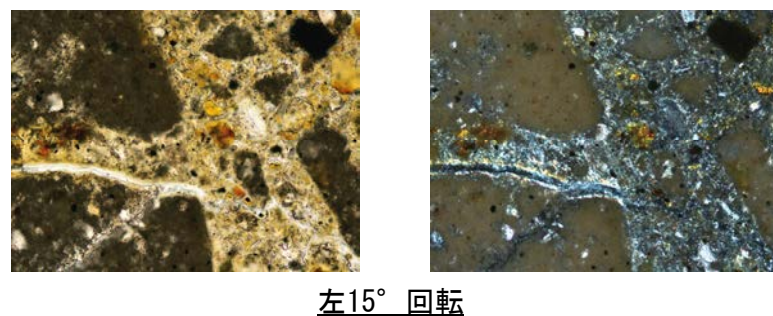
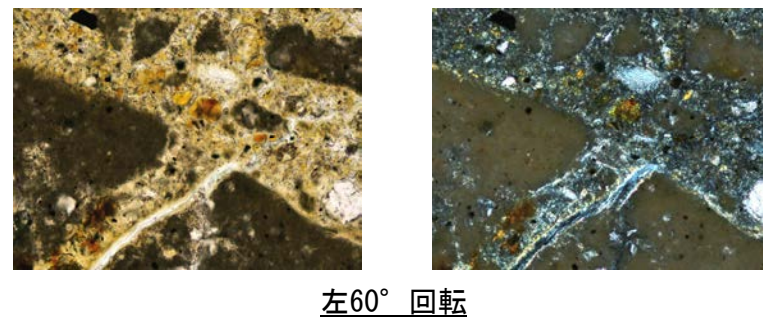
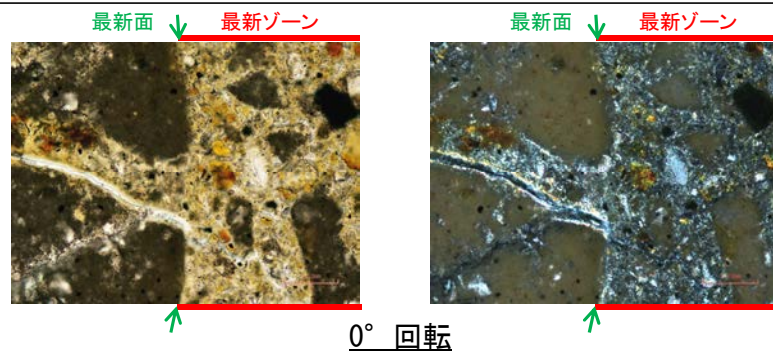
(直交ニコル)



観察用薄片写真(F-6.75_74R)

F-6.75孔 ステージ回転写真(範囲A)一

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm
—

余白

補足資料5. 2-9

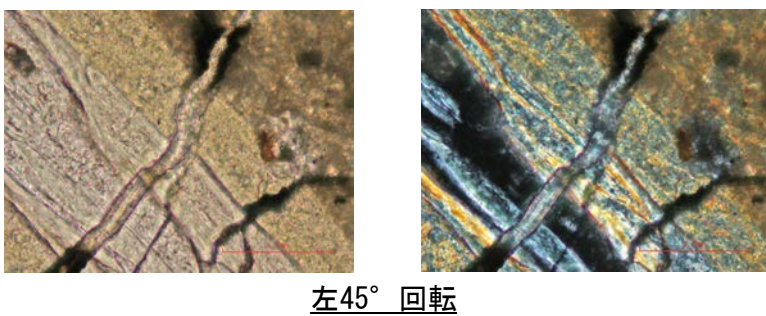
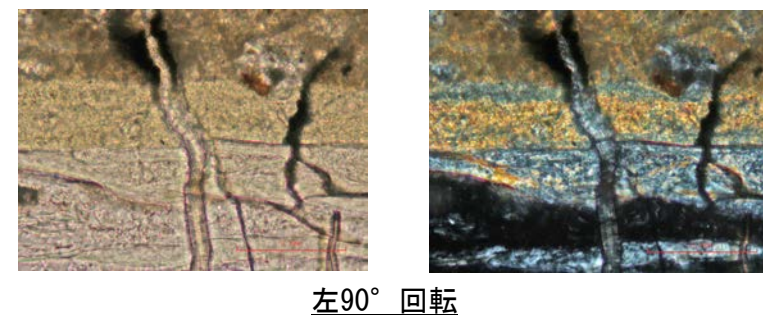
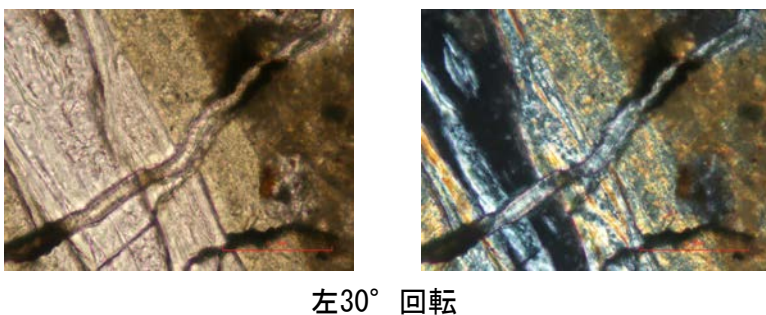
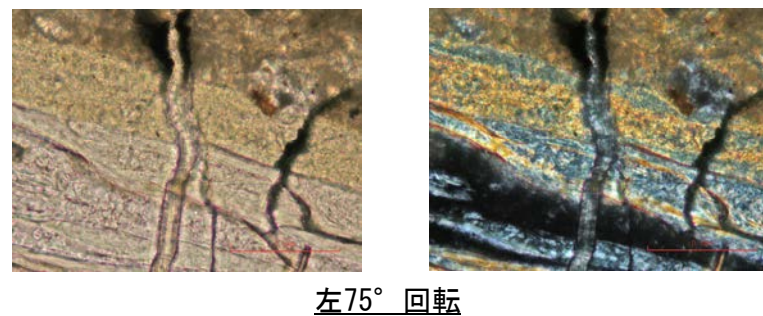
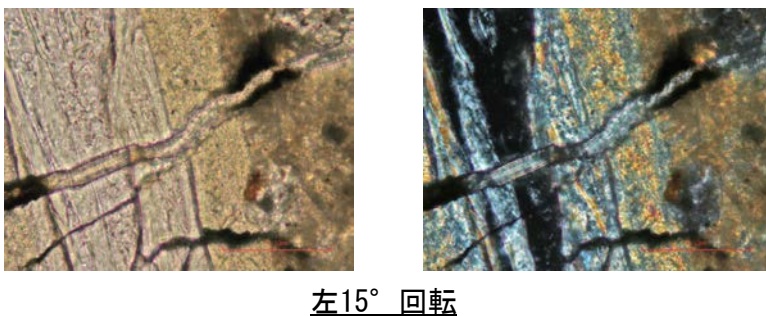
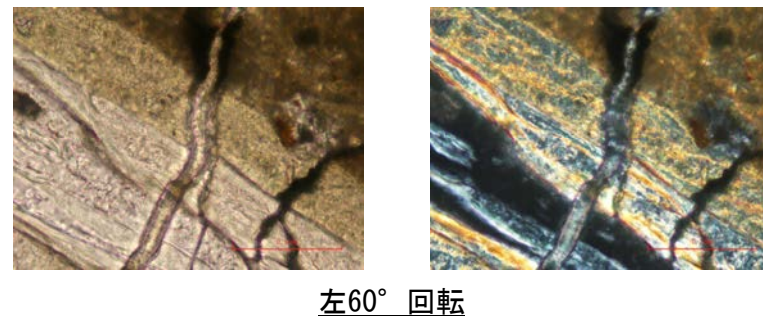
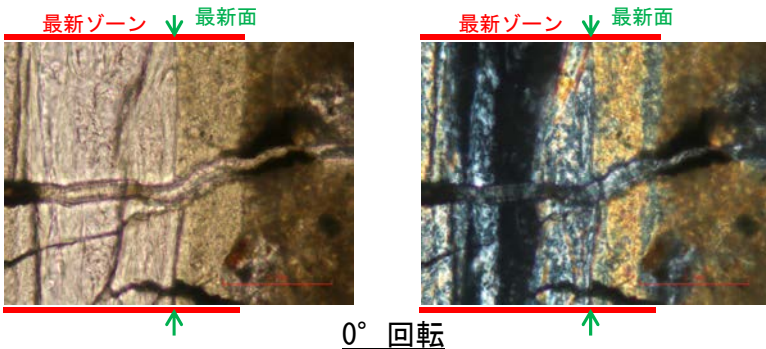
鉍物脈法に関する調査結果(K-2, K-3)

(1) 薄片觀察(K-2)

(1)-1 H-1.1孔

H-1.1孔 一ステージ回転写真(範囲A)一

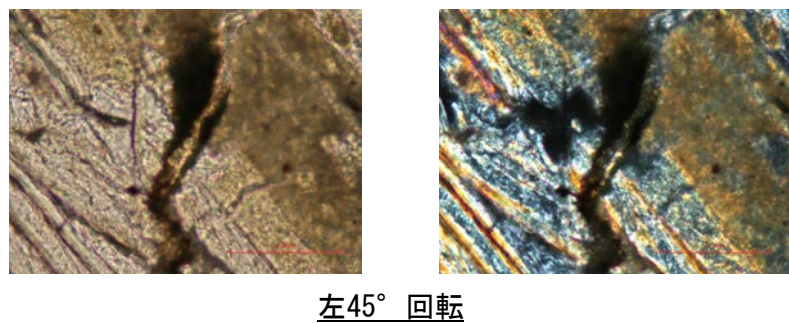
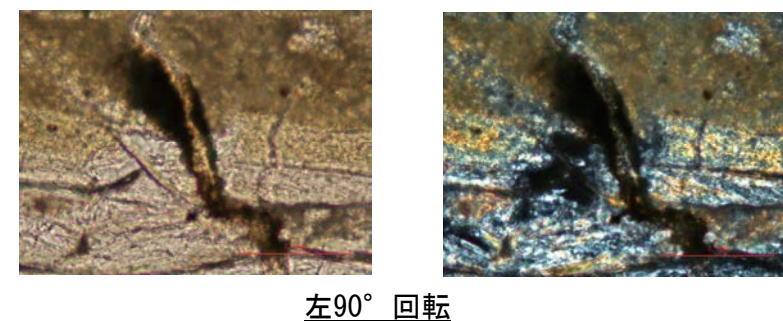
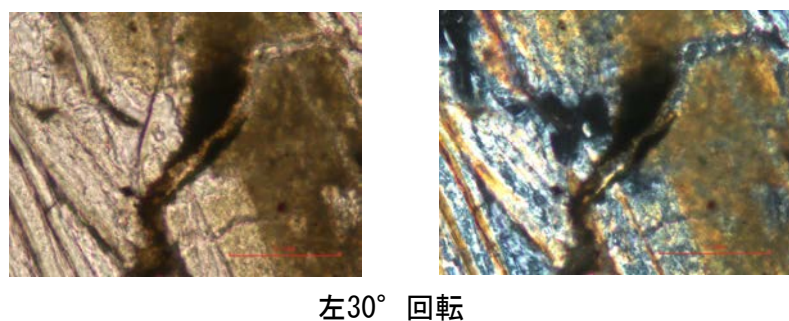
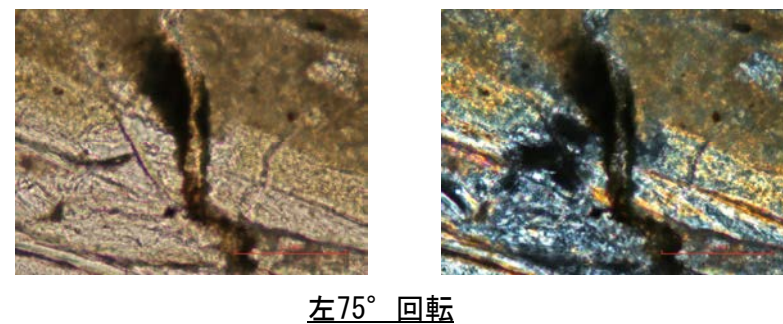
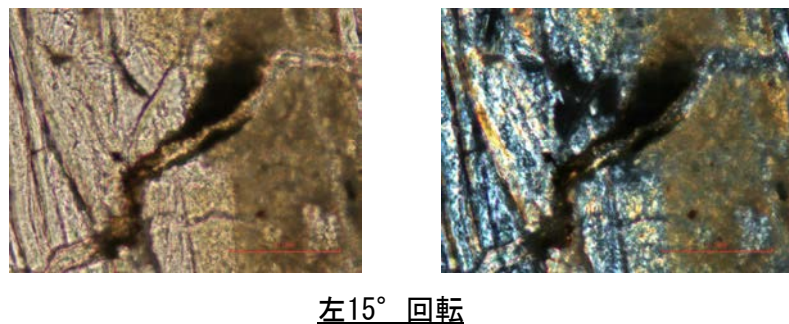
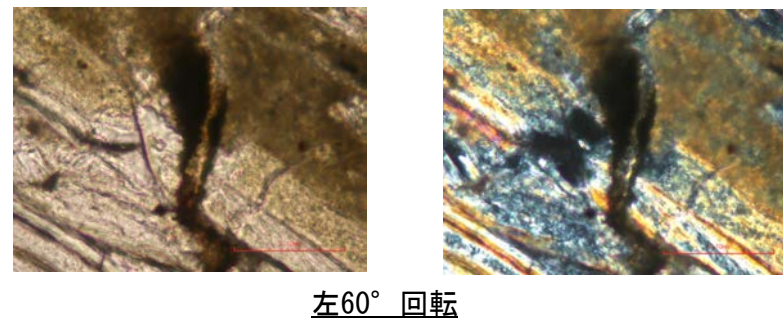
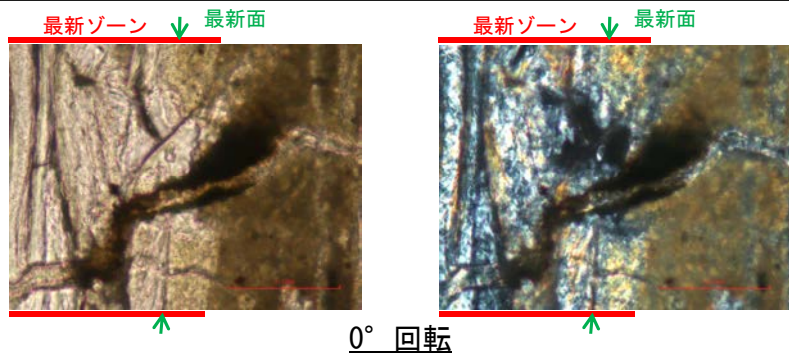
○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm

H-1.1孔 ステージ回転写真(範囲B)一

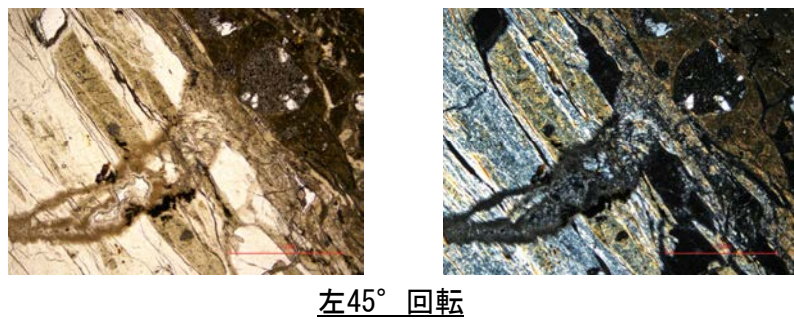
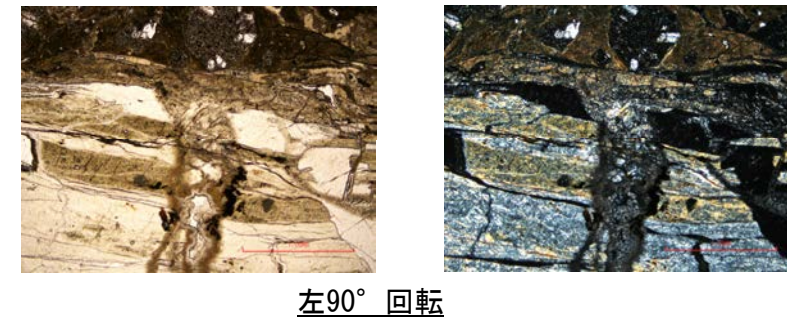
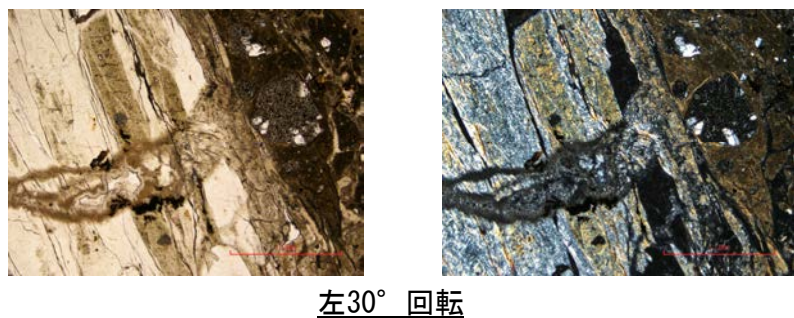
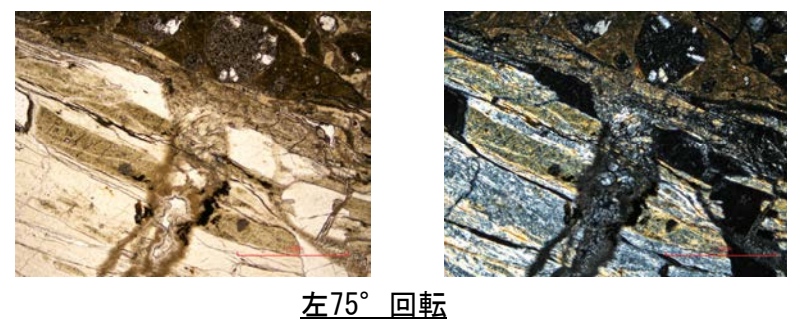
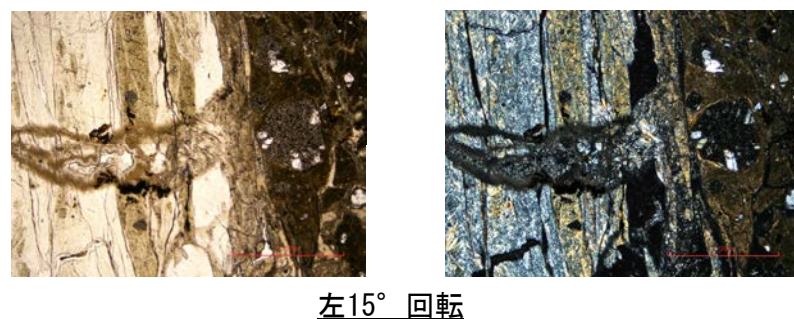
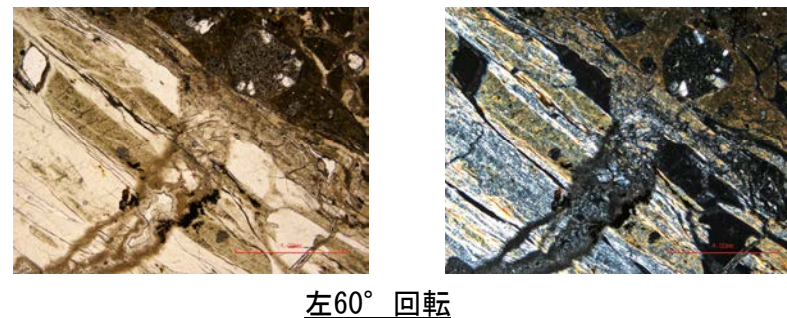
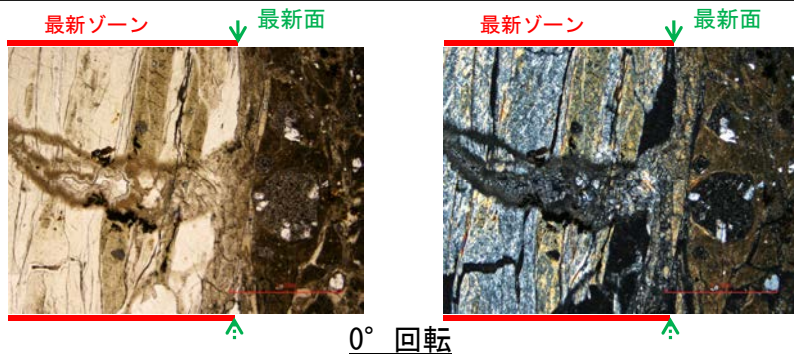
○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm

H-1.1孔 ステージ回転写真(範囲C) -

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



1mm

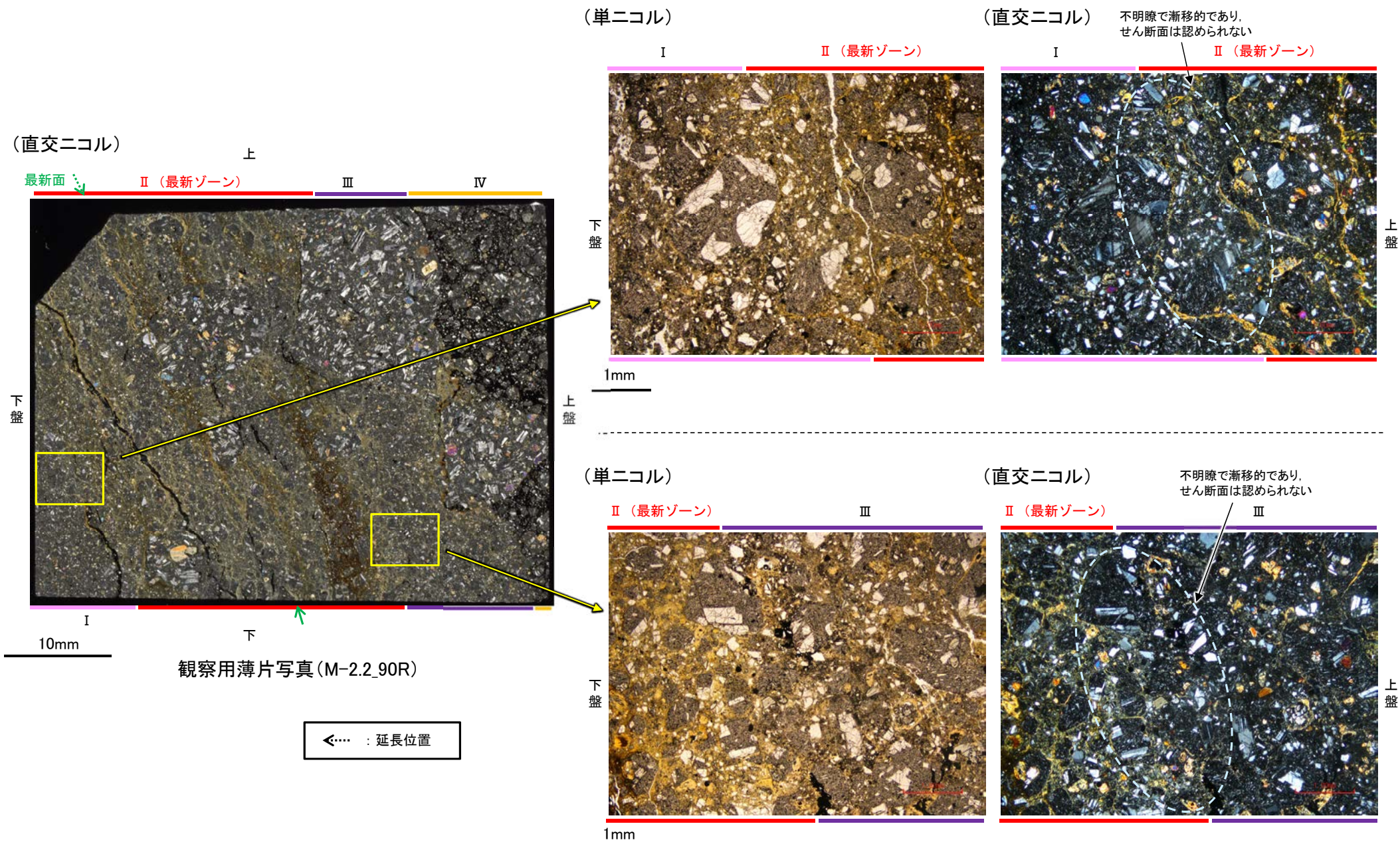
←… : 延長位置

(2) 薄片觀察(K-3)

(2)-1 M-2.2孔

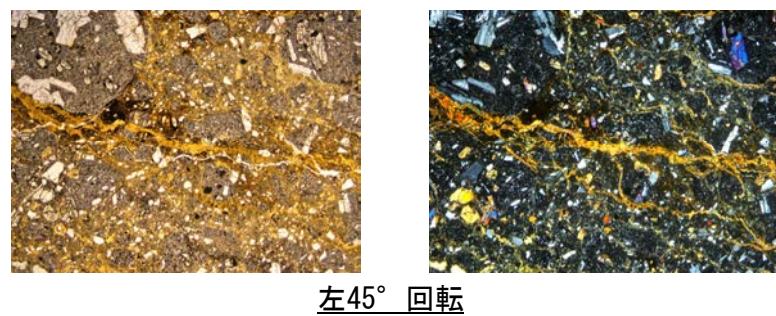
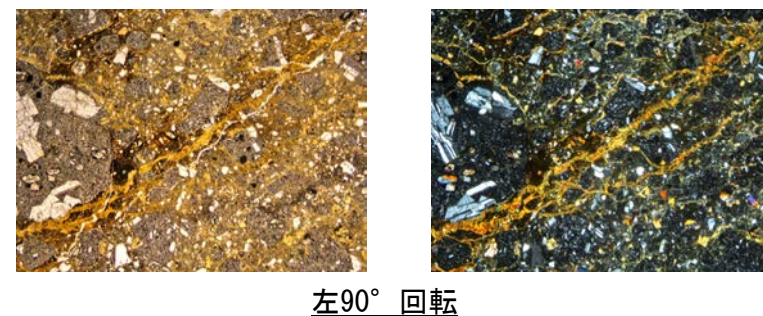
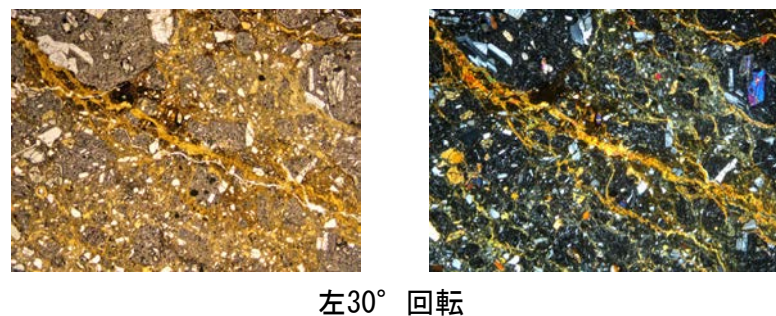
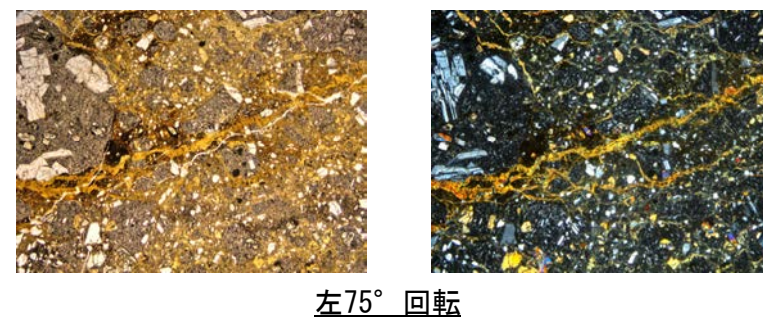
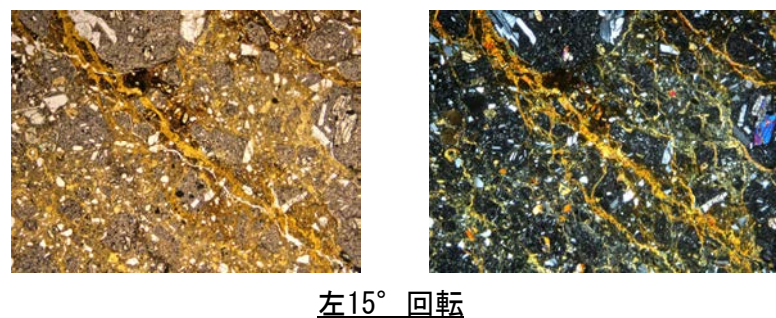
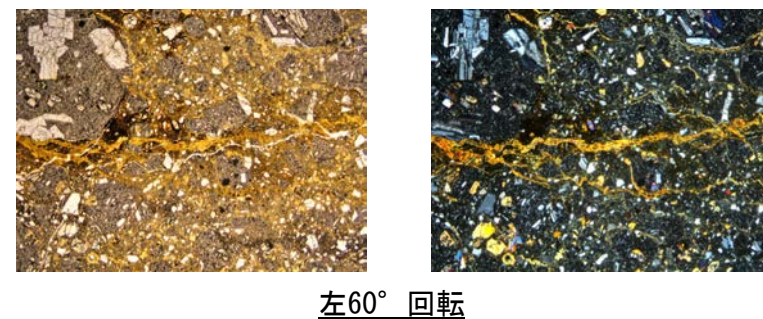
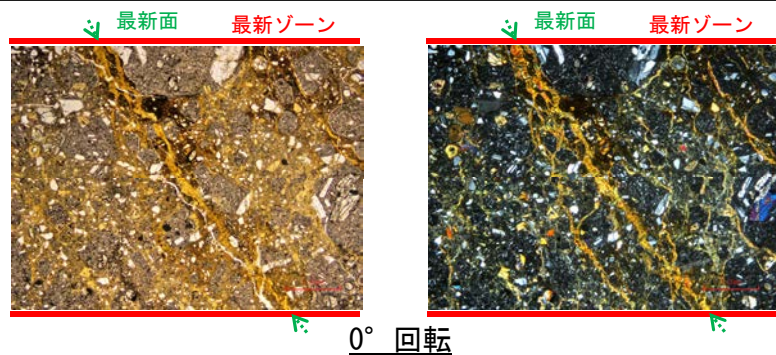
M-2.2孔 ー最新ゾーンと分帯Ⅰ，分帯Ⅲとの境界(微視的観察)ー

○観察用薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果，最新ゾーンと分帯Ⅰ，分帯Ⅲ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。



M-2.2孔 ステージ回転写真(範囲A) -

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



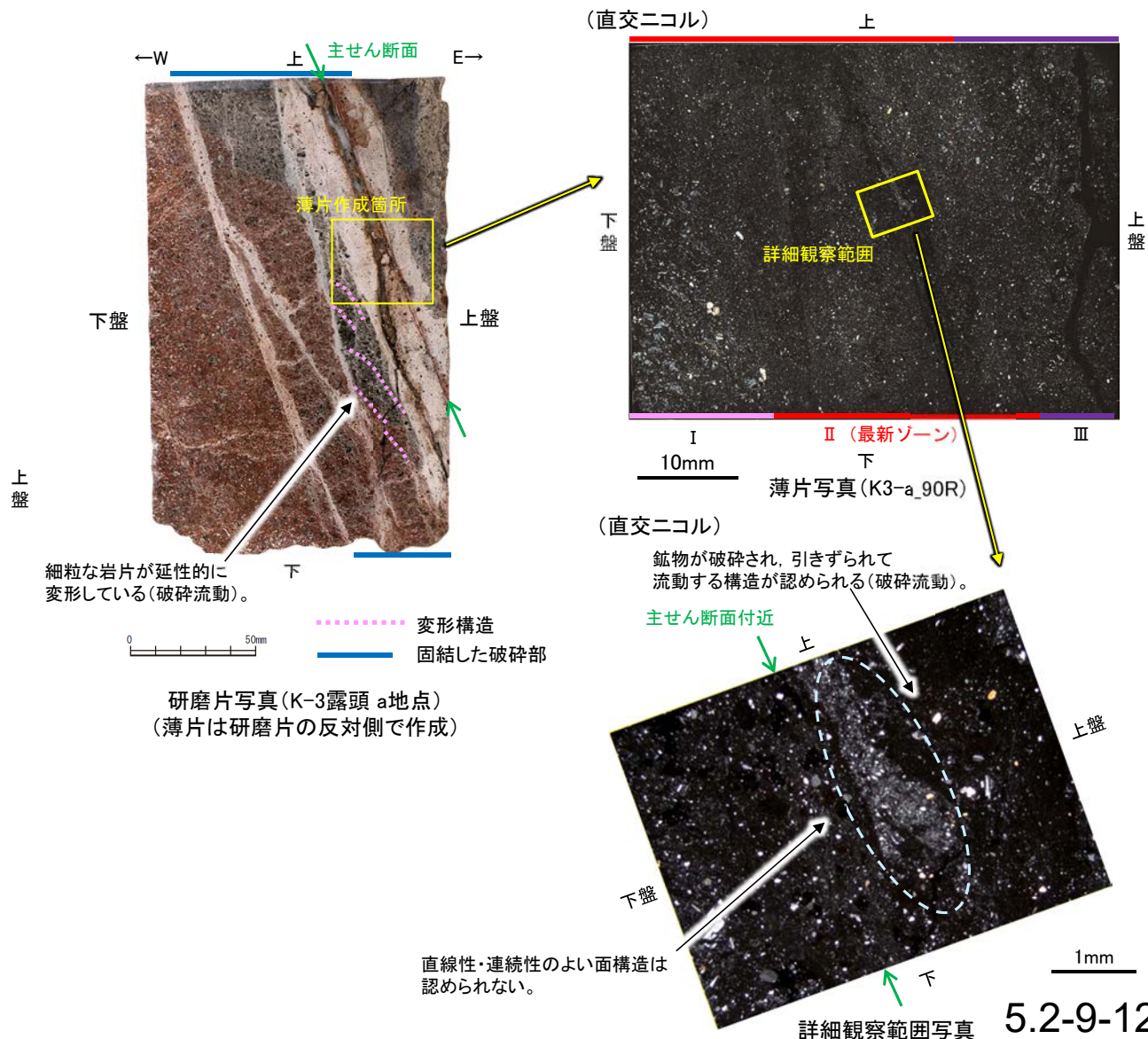
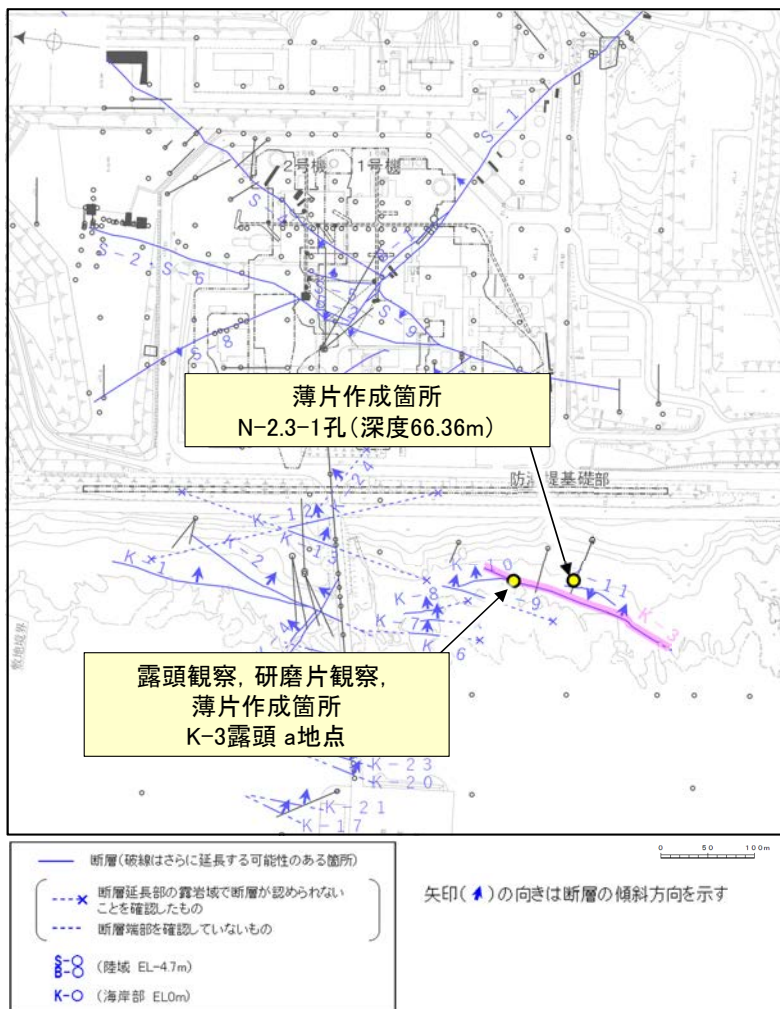
1mm

←… : 延長位置

(2)-2 N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点

N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 一概要一

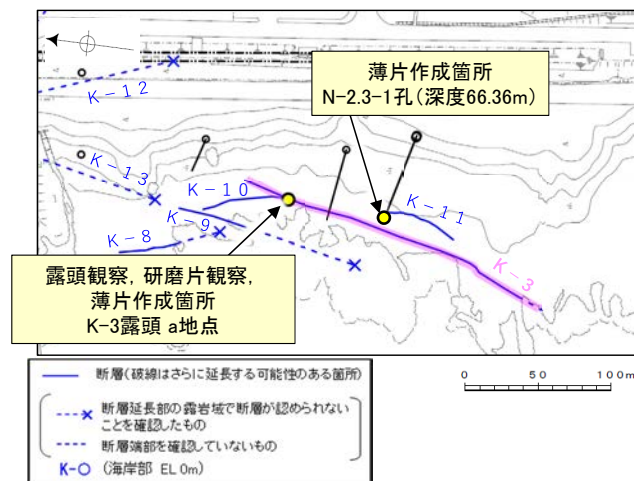
- K-3は、全線が固結した破碎部からなり、浅部(K-3露頭 a地点)及び深部(N-2.3-1孔, 深度66.36m付近)から採取した固結した破碎部の試料を用いて、薄片観察によるK-3の詳細性状の確認を行った。
- K-3の最新ゾーンは、固結した破碎部からなり、周辺の固結した破碎部と類似した性状を有し、直線性・連続性のよい面構造は認められない。
- また、最新ゾーンに破碎流動が認められ、その形成環境について知見に照らした結果、最新ゾーンは封圧の小さな地表付近ではなく、地下深部で形成されたものと判断される。形成年代の検討の結果、最新ゾーンは少なくとも後期更新世以降に形成されたものではないと考えられる。



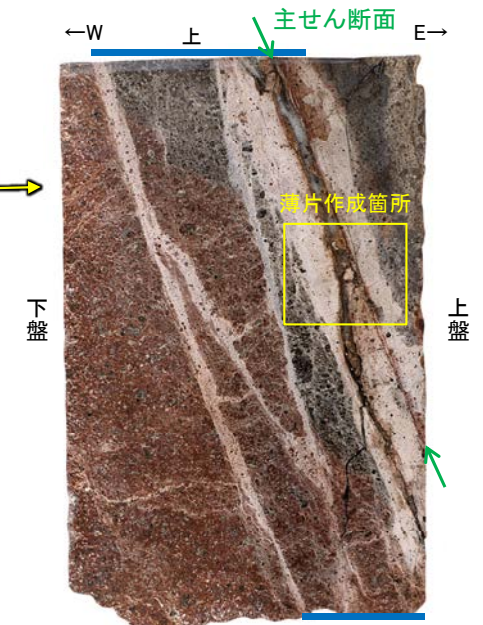
N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 — 最新面の認定(巨視的観察) —

- 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】

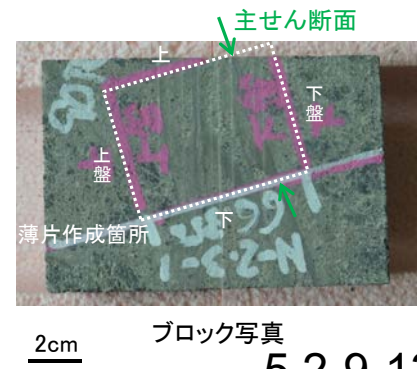
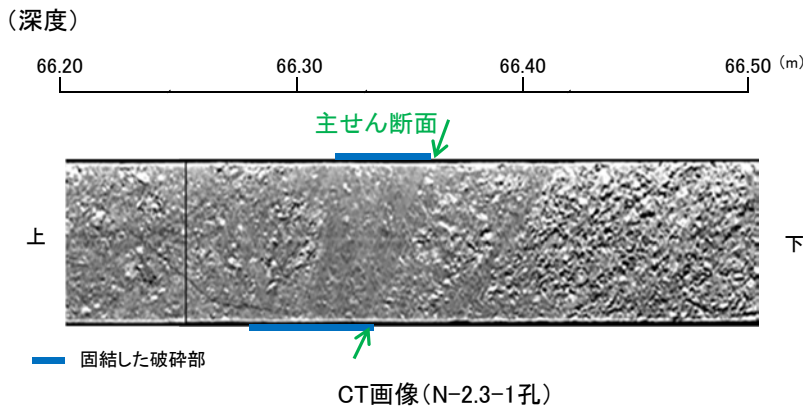
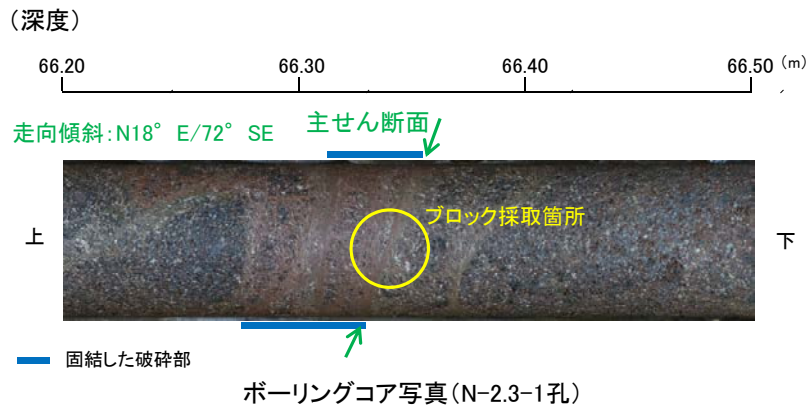


固結した破碎部 K-3露頭 a地点 破碎部の状況写真



固結した破碎部 下 薄片写真 (薄片は研磨片の反対面で作成)

【K-3 深部】



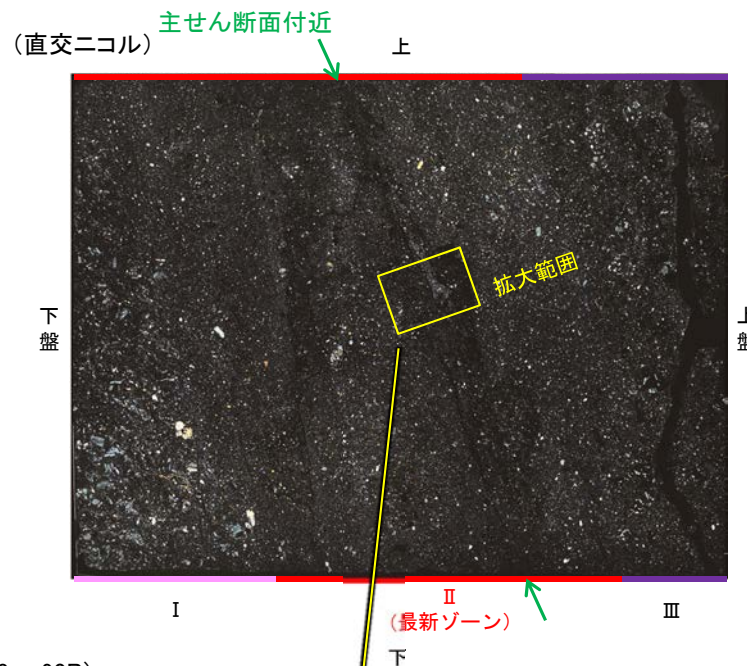
N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 —最新面の認定(微視的観察)—

【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)。

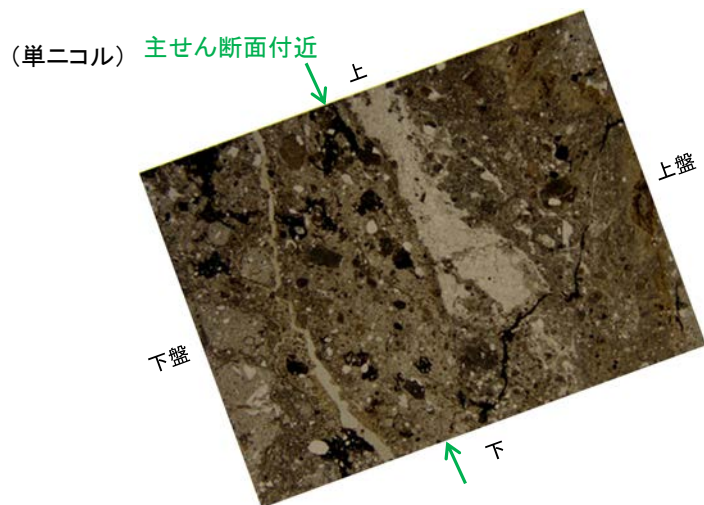


薄片写真(K3-a_90R)

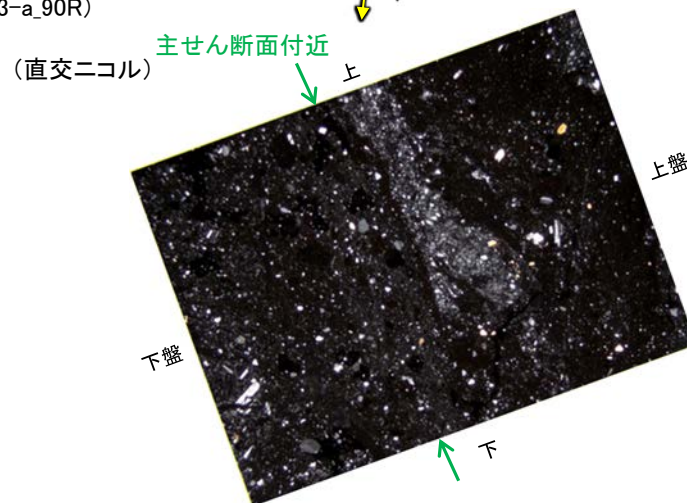


- Ⅰ: 単ニコルで灰～黄灰色, 直交ニコルで灰色の低い干涉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径0.5～6mmの岩片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は亜角形～亜円形である。
- Ⅱ (最新ゾーン): 単ニコルで黄灰～暗灰色, 直交ニコルで灰色の低い干涉色を呈する細粒凝灰岩及び凝灰岩からなる。径0.2～1mmの鉱物片や岩片がより細粒な基質中に含まれる。鉱物片は角張った形状～亜円形, 岩片は亜角形～亜円形である。
- Ⅲ: 単ニコルで灰～黄灰色, 直交ニコルで灰色の低い干涉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径0.5～3mmの岩片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は亜角～亜円形である。

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)。

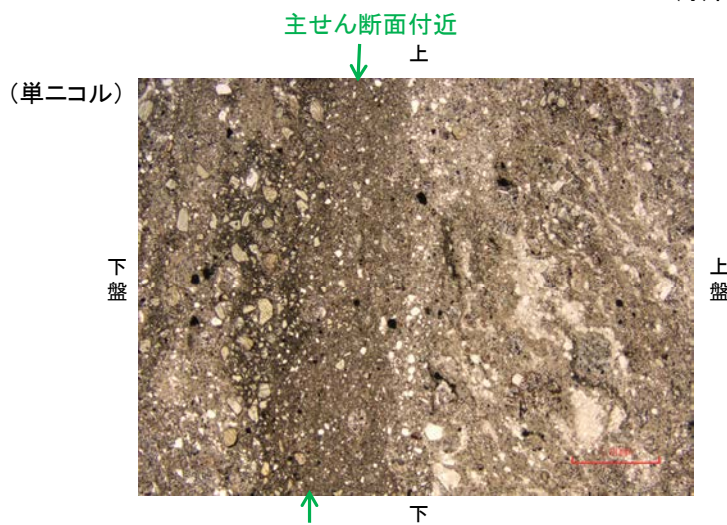


薄片写真(N-2.3-1_90R)

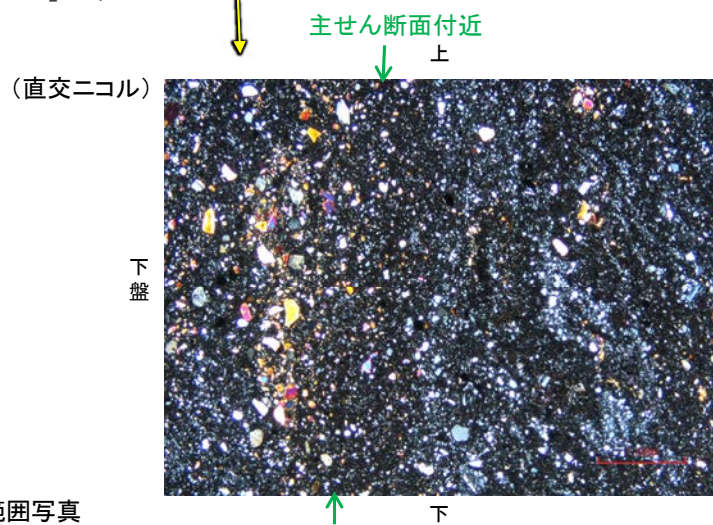


- I: 単ニコルで黄灰～暗灰色、直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径5～20mm以上の岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。岩片は垂角～垂円形、鉱物片は角～垂円形である。
- II (最新ゾーン): 単ニコルで黄灰～暗灰色、直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する凝灰岩からなる。径0.2～3mmの岩片や鉱物片がより細粒な基質中に含まれる。一部でやや粗粒であり、径5mm程度の岩片を含む。岩片は垂角～垂円形、鉱物片は角～垂円形である。
- III: 単ニコルで黄灰～暗灰色、直交ニコルで灰色の低い干渉色を呈する火山礫凝灰岩からなる。径5～15mmの岩片や鉱物片がより細粒な基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

10mm



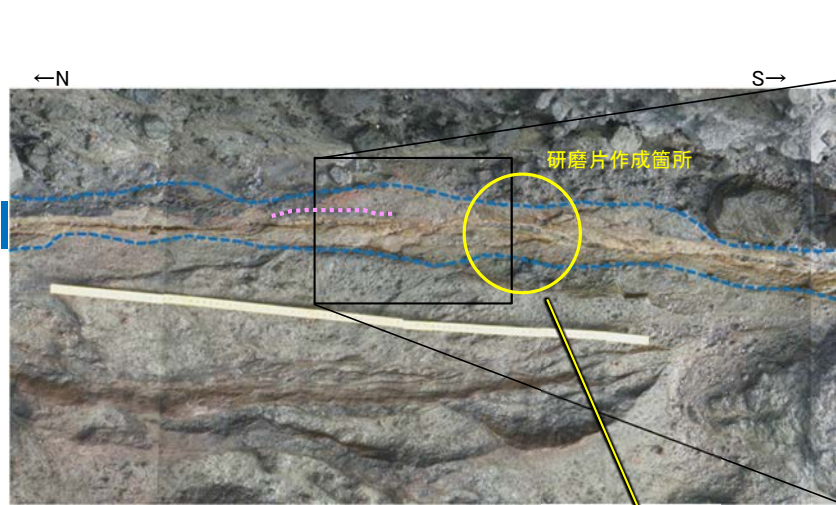
拡大範囲写真



1mm

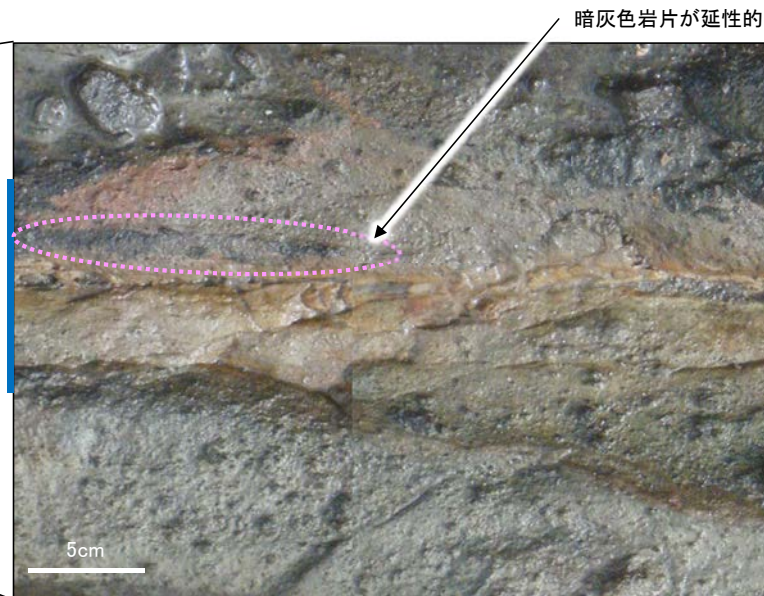
N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 — 変形構造からみた断層の形成環境の検討(巨視的観察) —

○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。



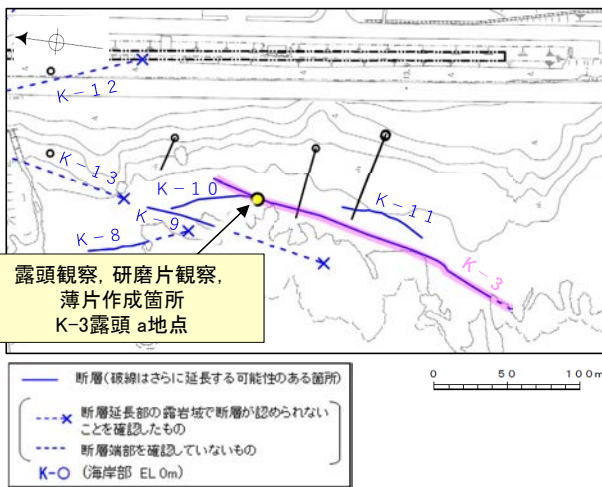
固結した破碎部
変形構造
露頭写真(破碎部, 変形構造を加筆)

10cm



暗灰色岩片が延性的に変形

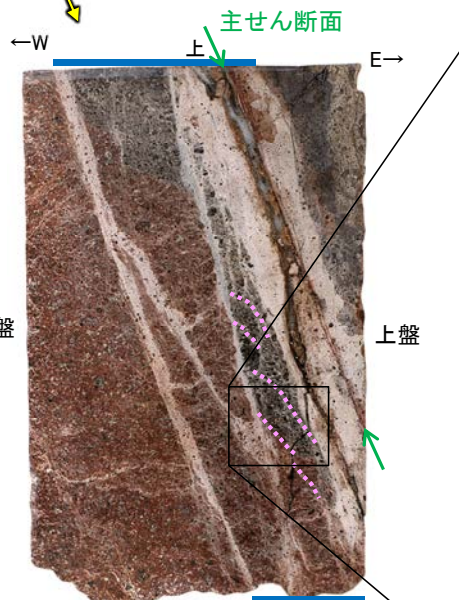
拡大写真(変形構造を加筆)



露頭観察, 研磨片観察,
薄片作成箇所
K-3露頭 a地点

- 断層(破線はさらに延長する可能性のある箇所)
- - - x 断層延長部の露岩場で断層が認められないことを確認したもの
- - - 断層端部を確認していないもの
- K-O (海岸部 EL.0m)

調査位置図



固結した破碎部
変形構造

50mm

研磨片写真(変形構造を加筆)

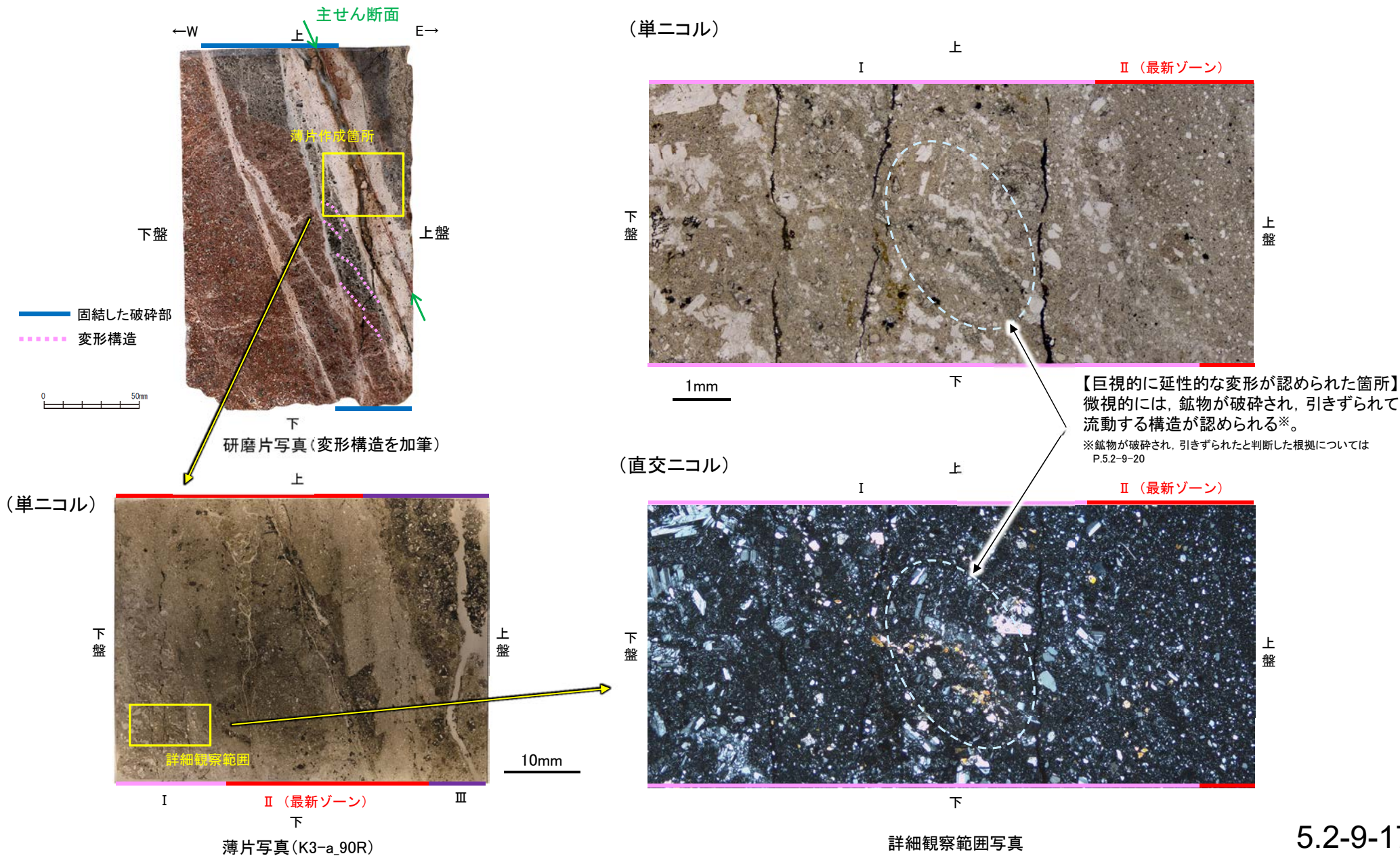


細粒な岩片が延性的に変形

拡大写真(変形構造を加筆)

N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 ー 変形構造からみた断層の形成環境の検討(微視的観察①) ー

- 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。

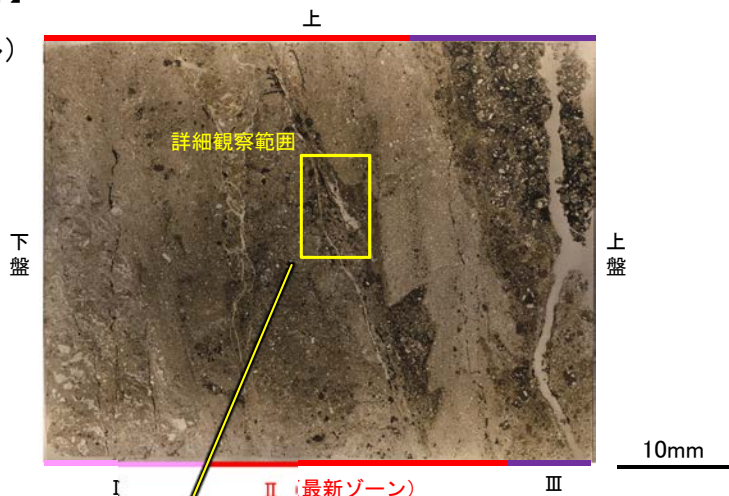


N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 ー 変形構造からみた断層の形成環境の検討(微視的観察②) ー

○さらに, P.5.2-9-14, 15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】

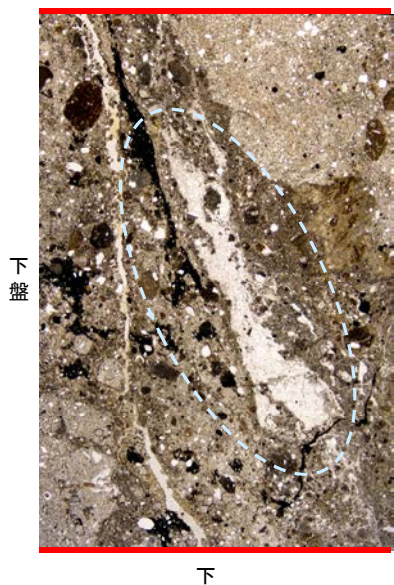
(単ニコル)



薄片写真(K3-a_90R)

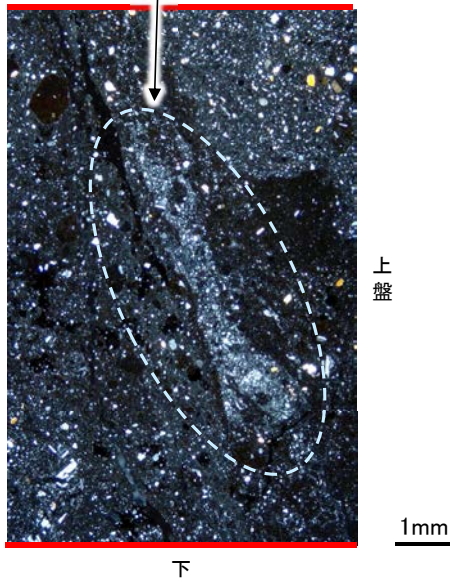
鉱物が破碎され, 引きずられて流動する構造が認められる。

(単ニコル)



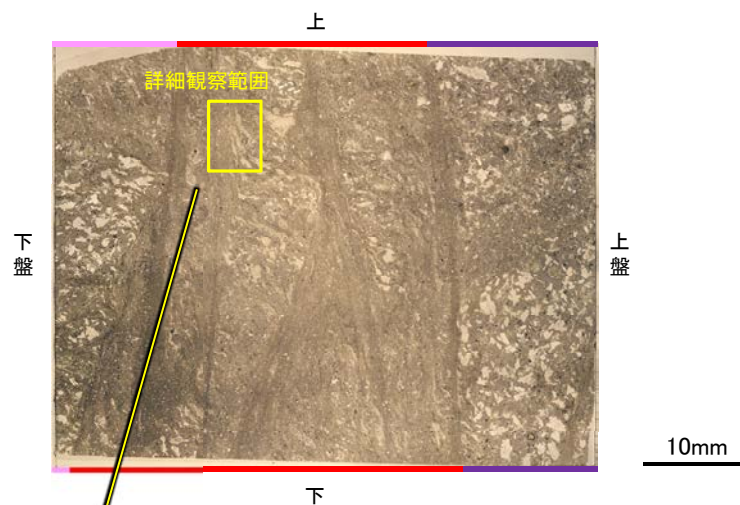
詳細観察範囲写真

(直交ニコル)



【K-3 深部】

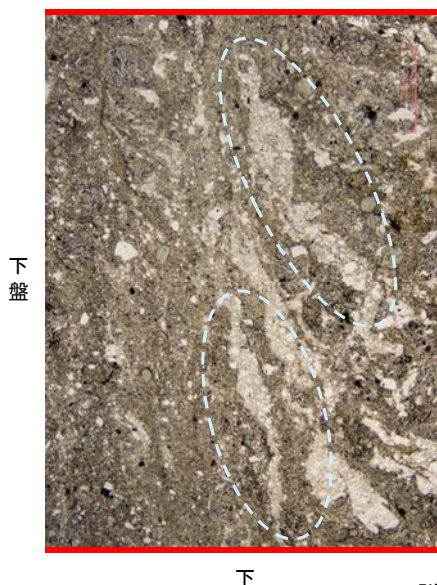
(単ニコル)



薄片写真(N-2.3-1_90R)

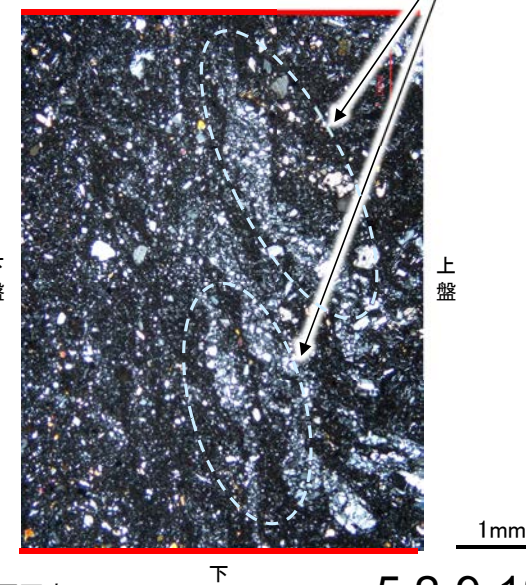
鉱物が破碎され, 引きずられて流動する構造が認められる。

(単ニコル)



詳細観察範囲写真

(直交ニコル)



N-2.3-1孔, K-3露頭 a地点 ー 変形構造からみた断層の形成環境の検討(文献調査) ー

< 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。

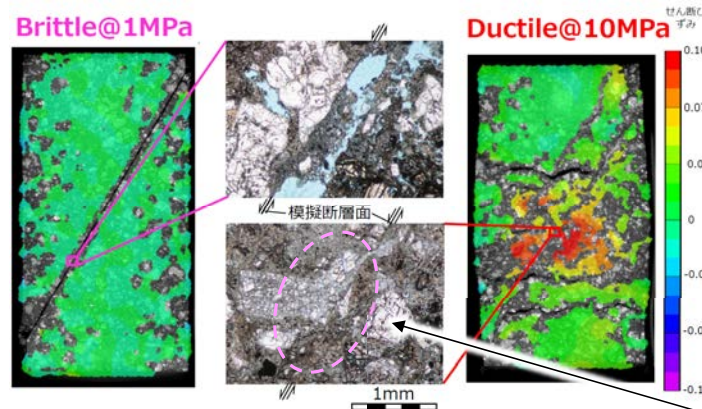
常温での三軸試験による測定例
Paterson et al.(2005)に一部加筆

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	Hadizadeh 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

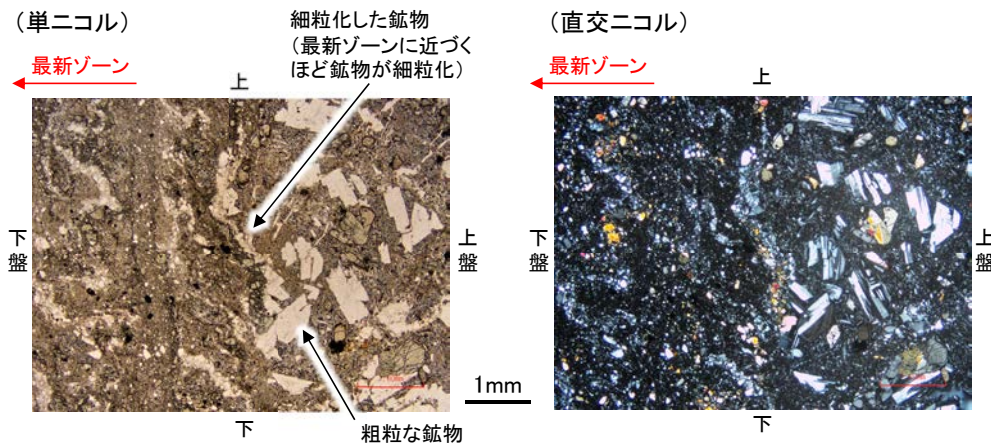
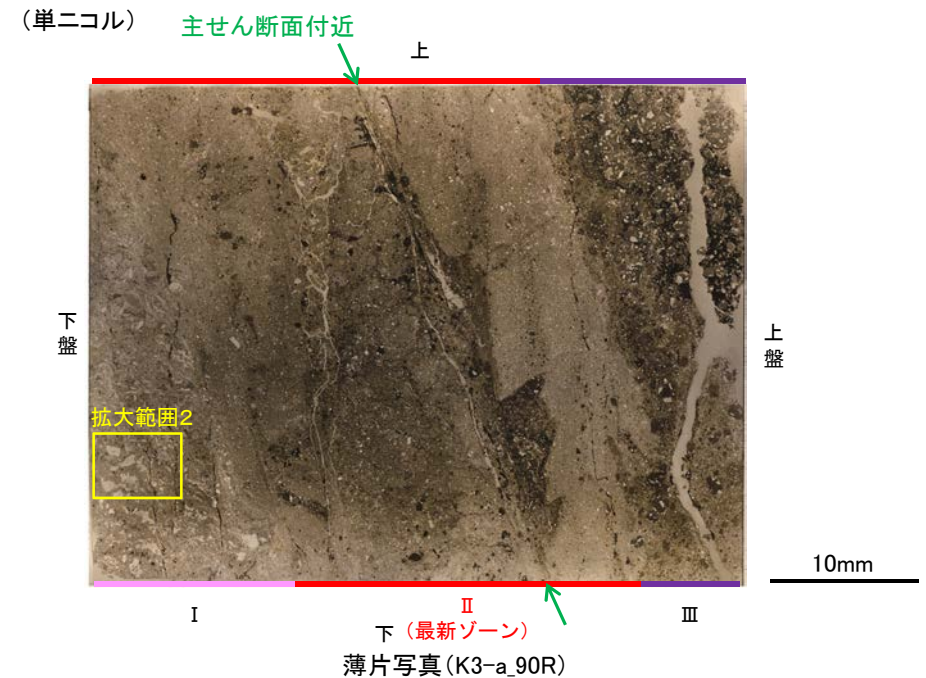
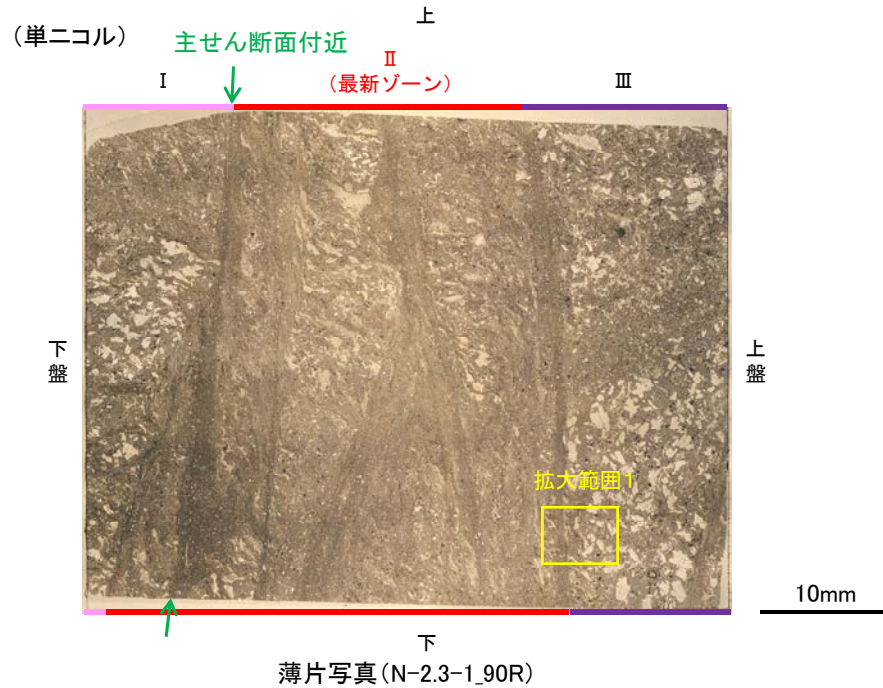
○敷地と同じ岩石を用いて実験を行っている溝口ほか(2019)によれば, 破碎流動が形成されるのは, 10MPa程度の封圧が必要とされていることから, K-3の最新ゾーンは, 封圧の小さな地表付近で形成されたものではなく, 地下深部で形成されたものであると判断される。

○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と考えられる。

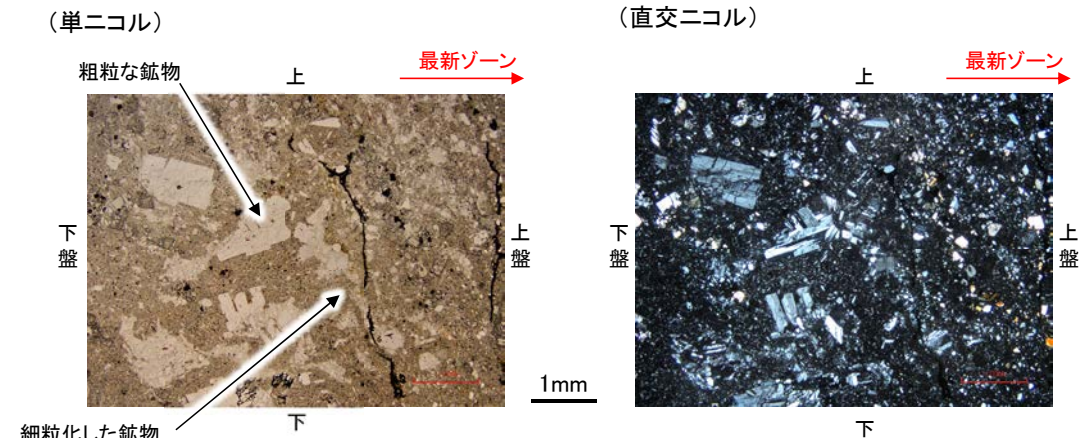
※敷地全域のボーリングコア等による安山岩(角礫質), 凝灰角礫岩の平均密度: 約2.3g/cm³を用いて算定
(志賀原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(2号原子炉の増設)参照)

(参考) 鉬物が断層活動により引きずられて細粒化したと判断した根拠について

- K-3の破碎部の薄片観察(微視的観察)の結果, 最新ゾーン周辺に鉬物が引きずられて細粒化する構造は, 細粒な鉬物の集合体であり, その周りには粗粒な同種の鉬物が認められる。
- また, この構造は最新ゾーンに近づくほど細粒な粒子で構成されている。
- 以上のことから, K-3の破碎部の薄片観察(微視的観察)で認められた鉬物が引きずられて細粒化する構造は, 断層運動に伴う破碎によって鉬物が破碎し, 細粒化したものと判断される。



拡大範囲写真1

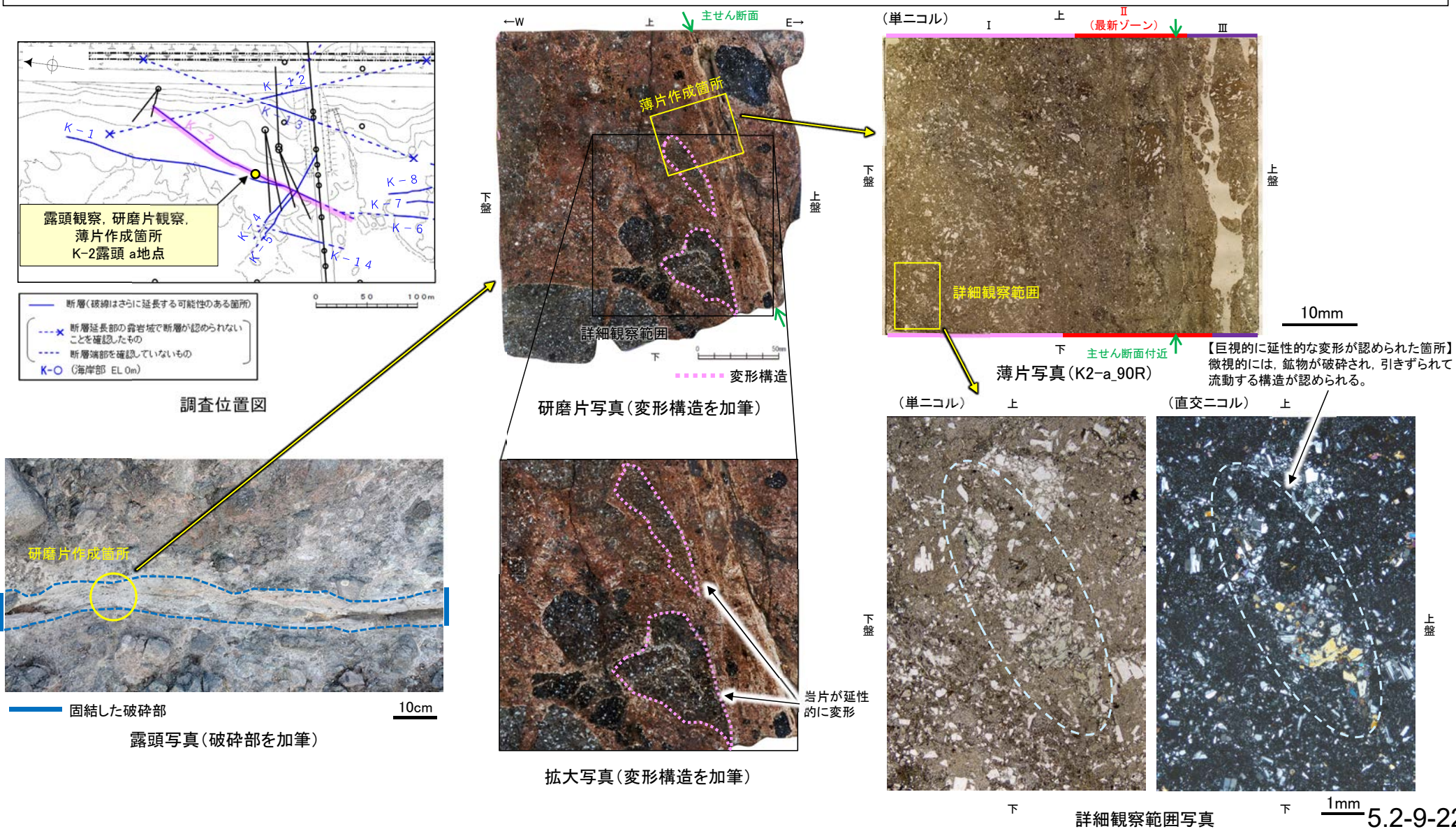


拡大範囲写真2

(3) 岩石の延性的な変形が生じる温度環境に関する考察

岩石の延性的な変形が生じる温度環境に関する考察

- 岩石の延性的な変形については、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、この温度環境について、K-2の固結した破碎部の観察結果を例として検討した結果について、以下に示す。
- 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)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、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))ことを踏まえると、岩石の延性的な変形はアルバイト化が起こる温度よりも低い温度環境下で形成されたものと判断される。



(4) コア写真(K-3)

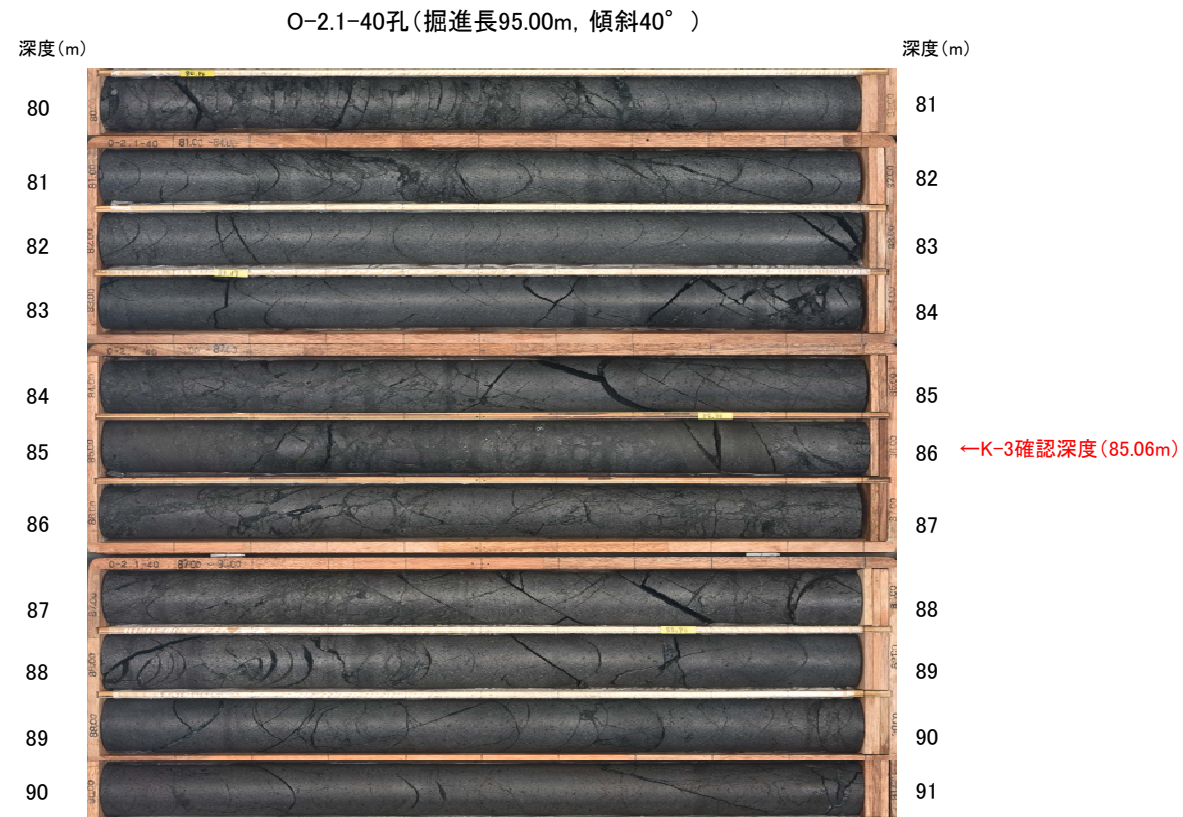
コア写真 —N-2.3-35孔(K-3)—

■K-3の想定延長範囲(深度67~75m)のコア写真を以下に示す。



コア写真 —O-2.1-40孔(K-3)—

■ K-3の想定延長範囲(深度80~91m)のコア写真を以下に示す。



余白

補足資料5. 2-10

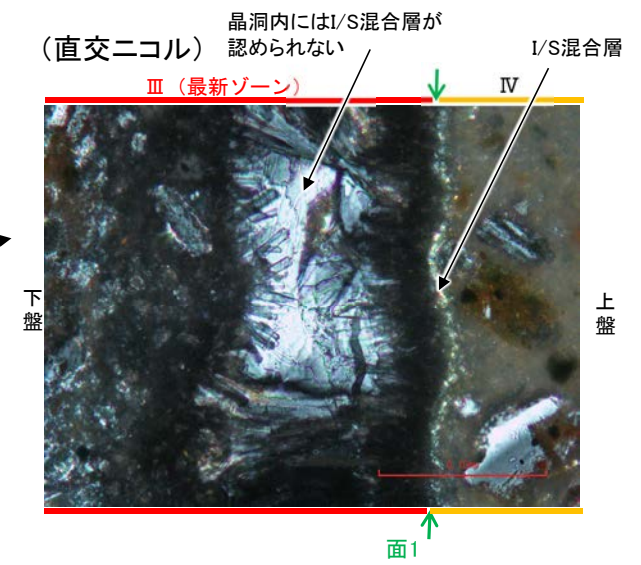
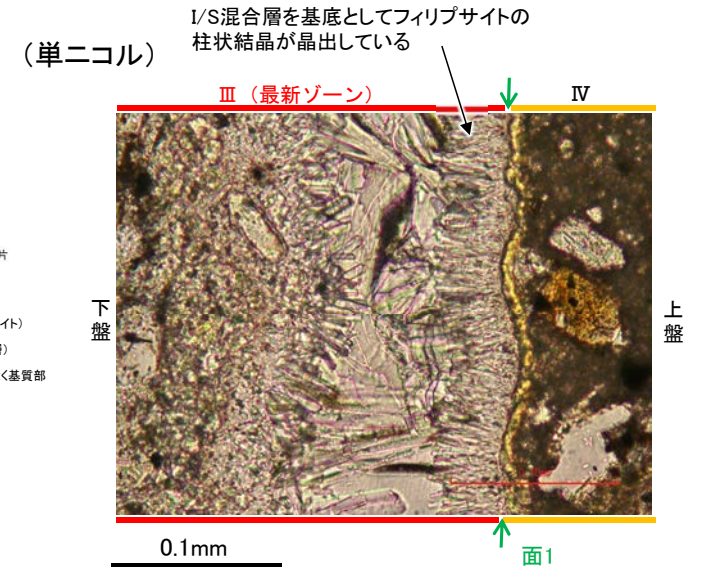
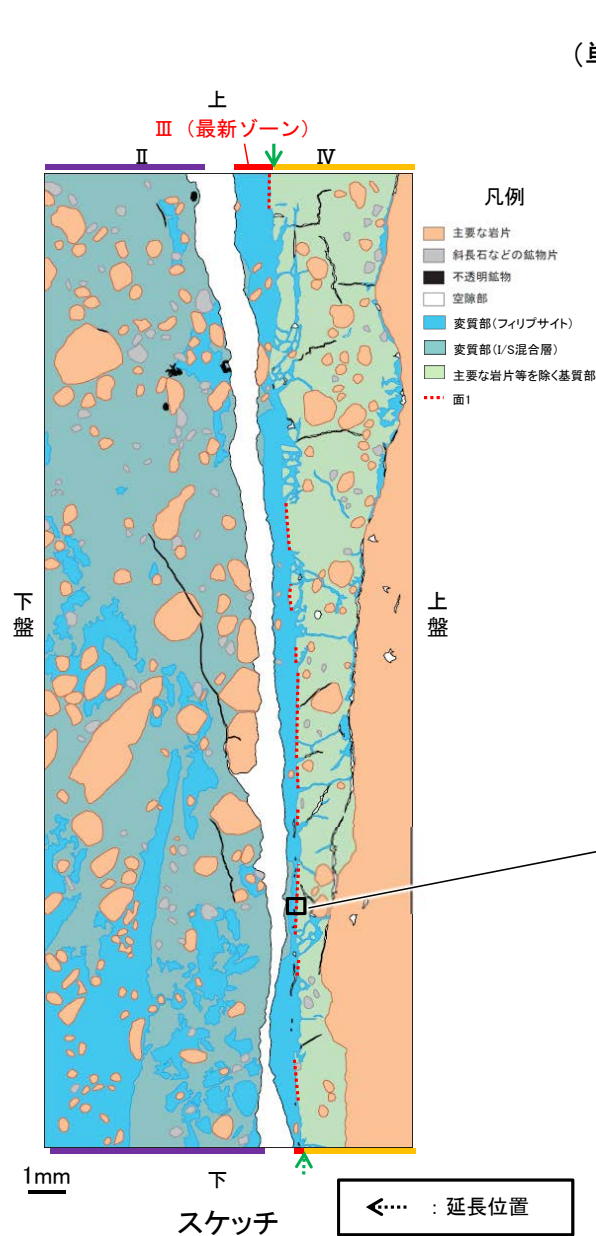
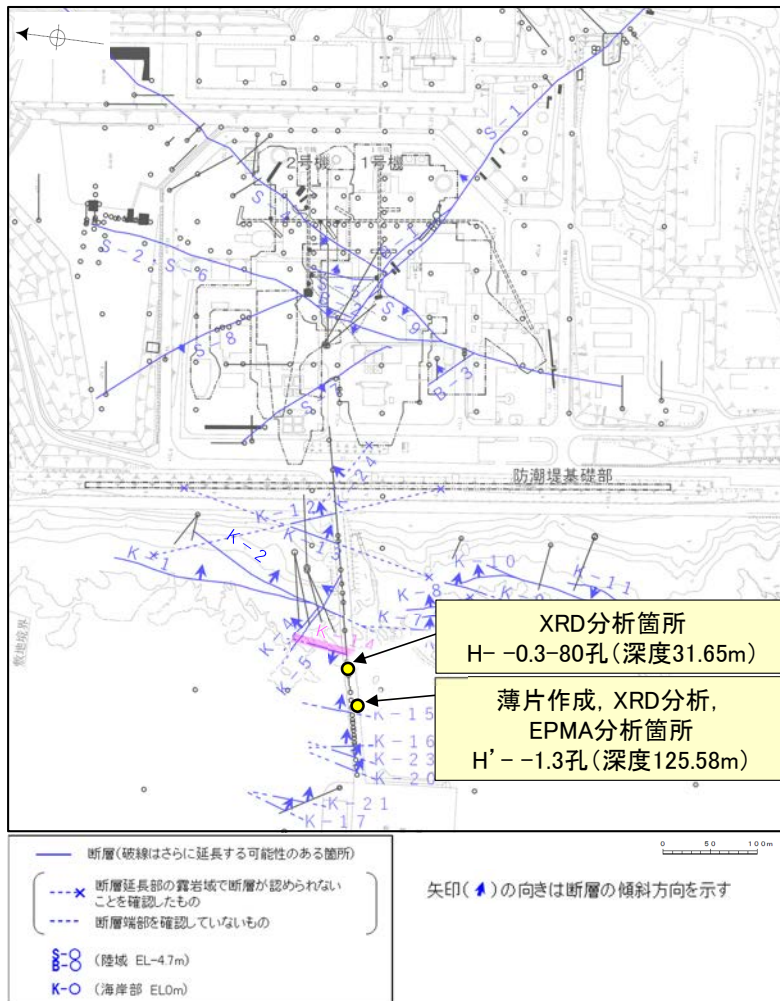
鉍物脈法に関する調査結果(K-14)

(1) 薄片觀察

(1)-1 H' - -1.3孔

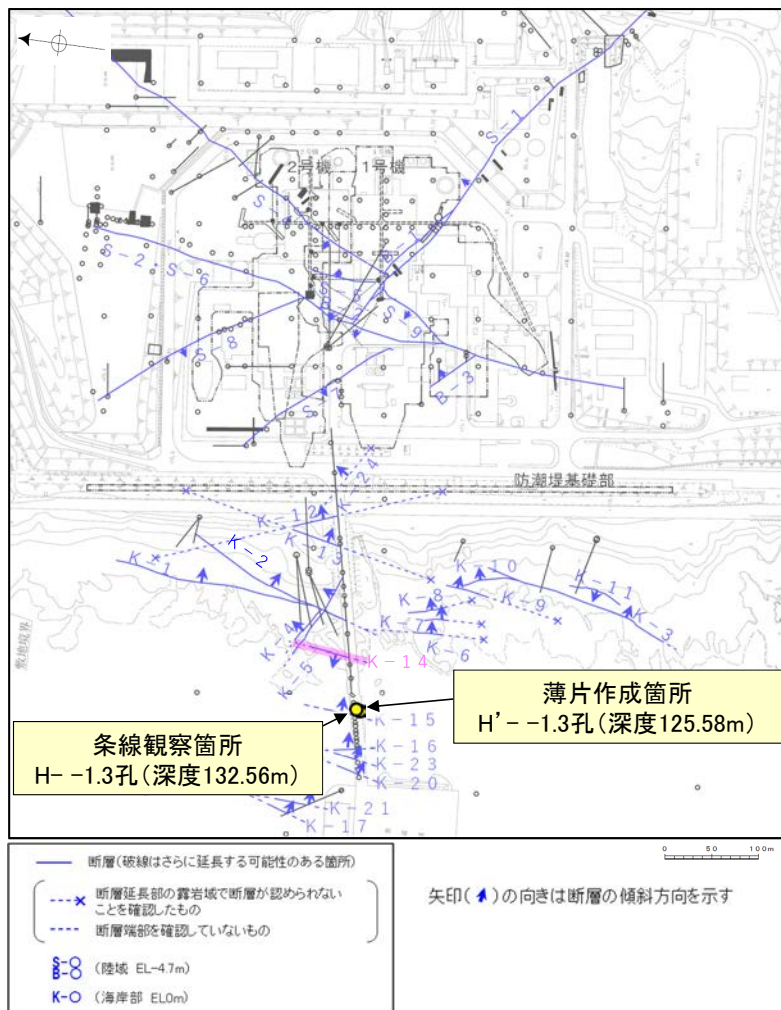
H' --1.3孔 一概要一

- H' --1.3孔の深度125.60m付近で認められるK-14において、変質鉱物間の新旧関係の確認を行った。
- 最新ゾーンやその周辺に分布する変質鉱物は、XRD分析、薄片観察、EPMA分析結果から、フィリップサイト及びI/S混合層であると判断される。
- 薄片観察の結果、I/S混合層生成後にフィリップサイトが晶出したと考えられる。

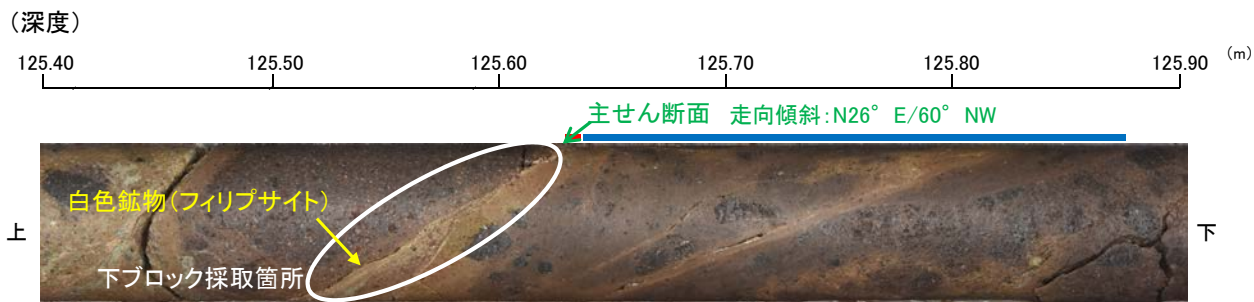


H' --1.3孔 ー巨視的観察ー

- H' --1.3孔の深度125.60m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。
- 隣接孔(H --1.3孔)の主せん断面における条線観察の結果、110° Rの条線方向が確認されたことから、110° Rで薄片を作成した(ブロック写真)。
- また、ボーリングコア観察において、主せん断面を充填する白色鉱物(フィリップサイト)が認められる。

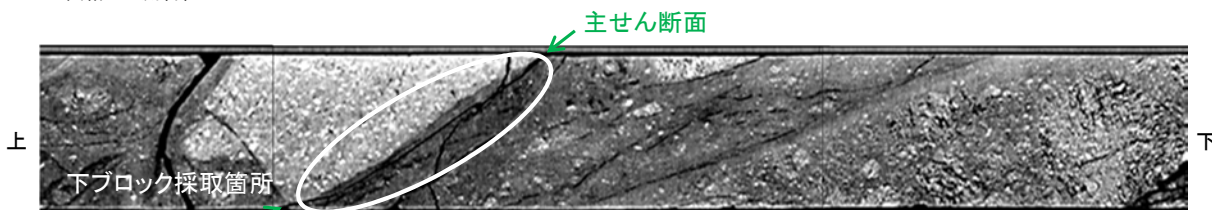


・条線観察結果については補足資料2.5-1(2)-16 P.2.5-1-255

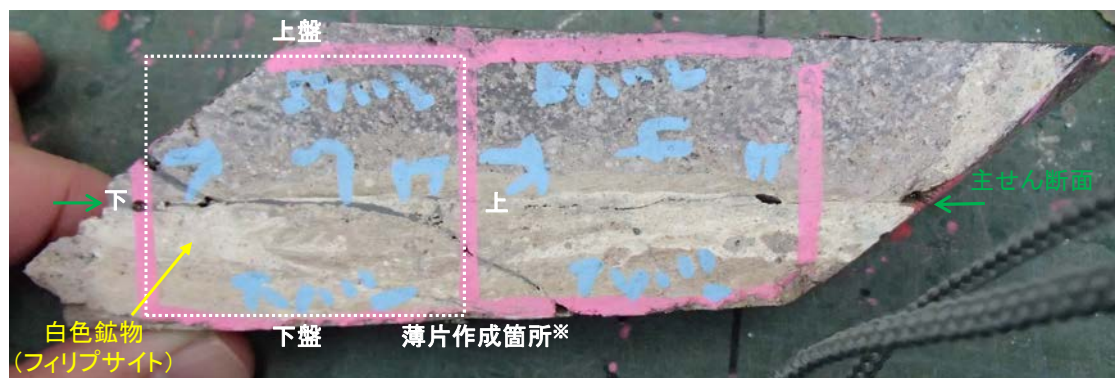


ボーリングコア写真(H' --1.3孔)

■ 粘土状破砕部
 ■ 固結した破砕部



CT画像(H' --1.3孔)



1cm

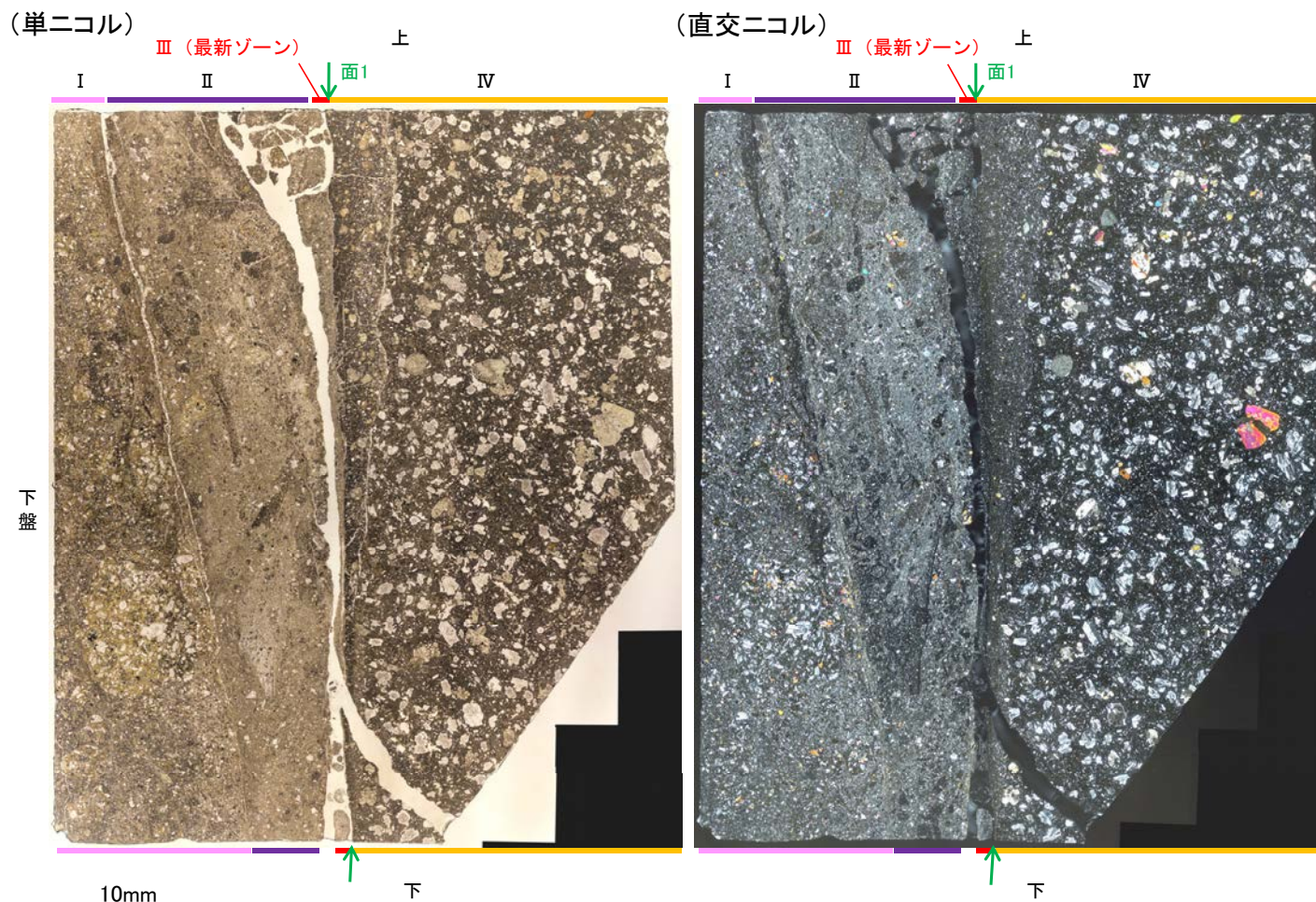
ブロック写真

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

H' - -1.3孔 ー微視的観察ー

- 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 ~ IV に分帯される。
- そのうち, 最も細粒化している2mm以下の薄層である分帯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が認められる。面1は凹凸を伴い直線性に乏しいが, 最新ゾーンの中では比較的連続性がよい面である。
- 最新ゾーンと分帯Ⅱとの境界は, 面1と平行な空隙が認められ, 薄片作成時等の乱れの影響を受けている可能性がある。

【解釈線なし】



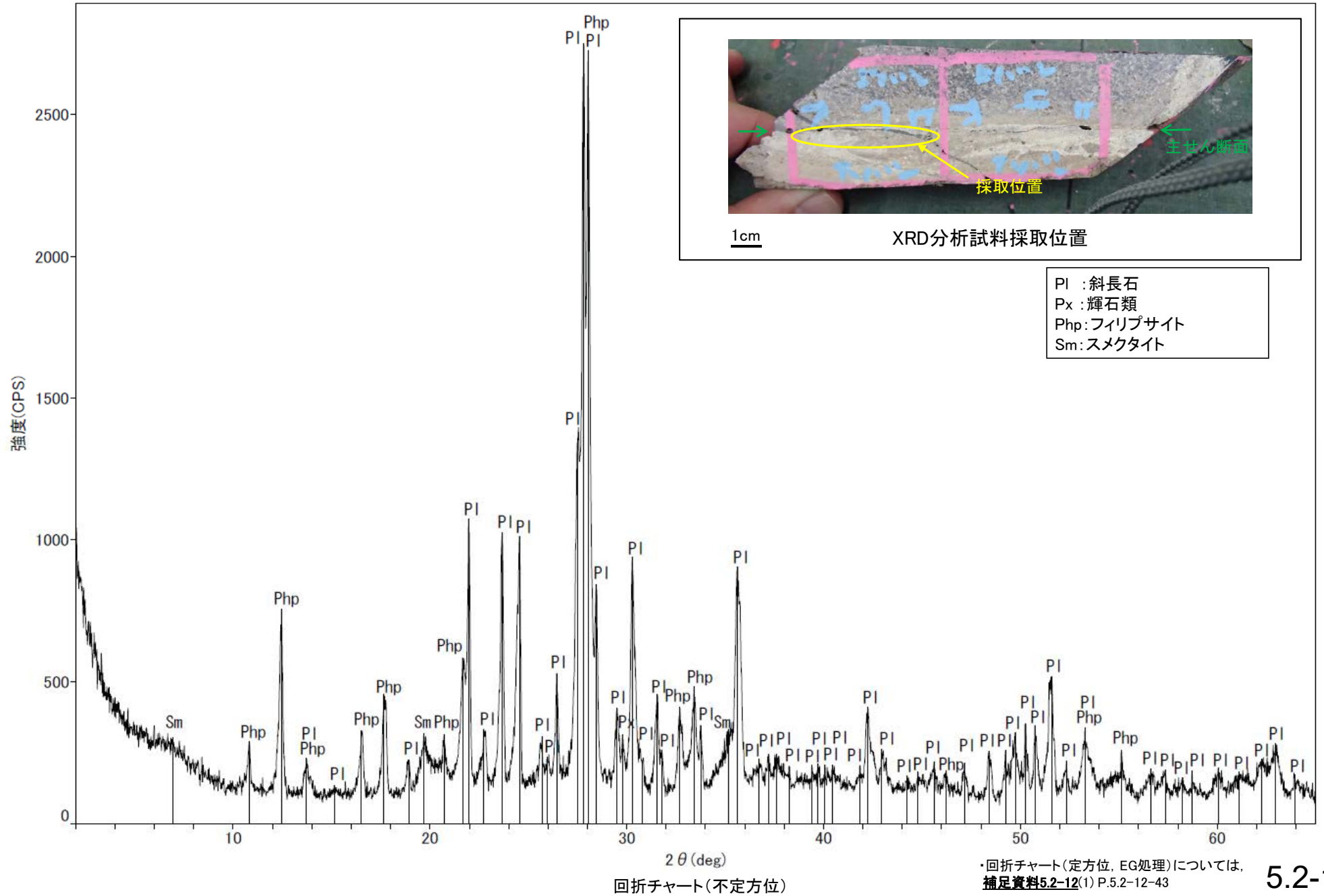
分帯とコア観察における破碎部区分との対応
 ・分帯Ⅱ, 分帯Ⅲ(最新ゾーン)・・・粘土状破碎部
 ・分帯Ⅰ, 分帯Ⅳ・・・固結した破碎部

- 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10mm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おり, IIとの境界付近に比較的多く含まれる。また, IIとの境界付近には, 直交ニコルで灰~暗灰色の干渉色を呈する鉱物が生成されている。
- 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細粒凝灰岩からなる。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。また, 直交ニコルで灰~暗灰色の干渉色を呈する鉱物が岩片の間を充填する。
- III(最新ゾーン): 単ニコルで無色透明~褐灰色, 直交ニコルで灰~暗灰色の干渉色を呈する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に含まれる。岩片, 鉱物片は垂角~垂円形である。岩片の縁辺部に粘土鉱物が生成されており, それらの間を, 直交ニコルで灰~暗灰色の干渉色を呈する鉱物が充填する。
- IV: 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火山礫凝灰岩からなる。薄片内の大半を安山岩礫が占めるが, Y面付近は細粒化が進み, 径2mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質に含まれる。岩片, 鉱物片は垂角~垂円形である。IIIとの境界付近の割れ目には, 単ニコルで無色透明~褐灰色, 直交ニコルで灰~暗灰色の干渉色を呈する鉱物が晶出している。

観察用薄片写真(H' - -1.3_110R)

H' - 1.3孔 - 鉍物の同定(XRD分析, フィリップサイト) -

○最新ゾーン付近でXRD分析を実施した結果, 主な変質鉍物としてフィリップサイトが認められ, その他の変質鉍物としてはスメクタイトが認められる。



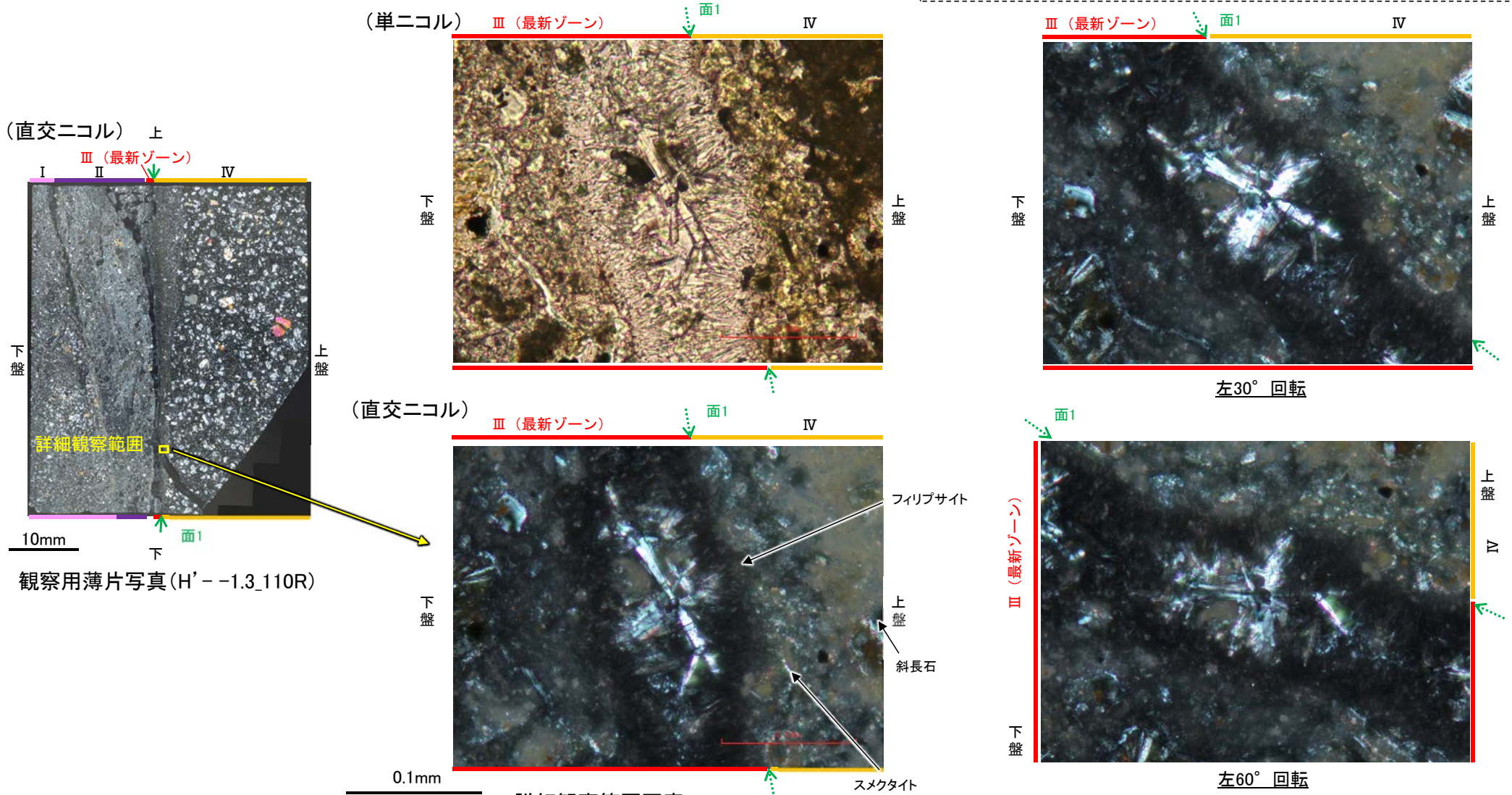
・回折チャート(定方位, EG処理)については, 補足資料5.2-12(1) P.5.2-12-43

H' --1.3孔 ー 鉱物の同定(薄片観察(光学的性質), フィリップサイト) ー

○最新ゾーンにおける薄片観察の結果, 単ニコルで無色透明~褐灰色, 直交ニコルで灰~暗灰色を呈する変質鉱物が認められ, ステージの回転によりわずかに干渉色に変化し, 低い複屈折を示すことから, フィリップサイトの特徴的な光学的性質(低複屈折)を有することが確認できる。

文献における複屈折(※¹Shepard and Fitzpatrick(1989), ※²吉村(2001))

- ・フィリップサイト(K・Naに富む): 0.002~0.004※¹
- ・斜長石: 0.008~0.013※²
- ・スメクタイト: 0.01~0.04※²



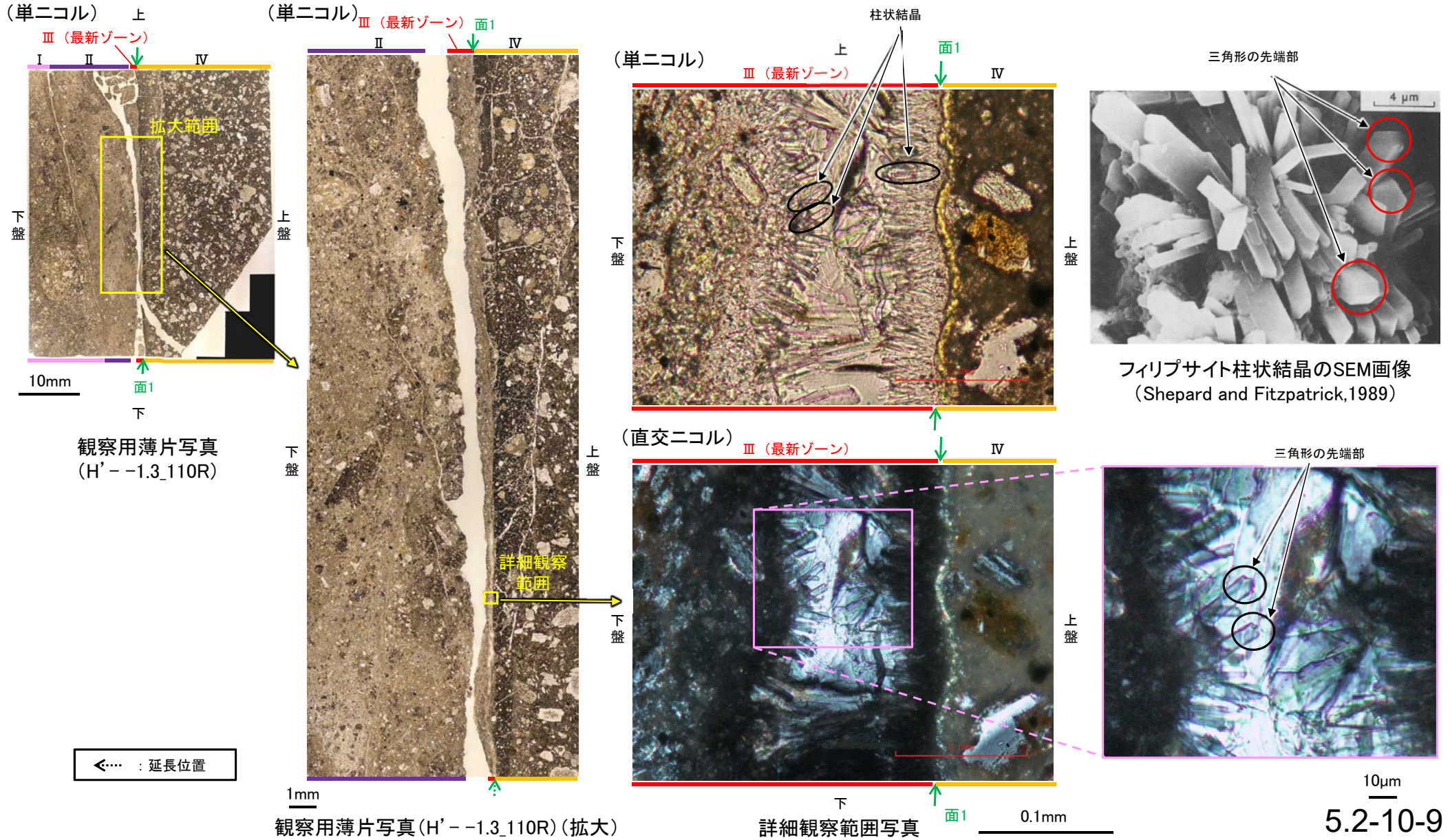
◀... : 延長位置

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

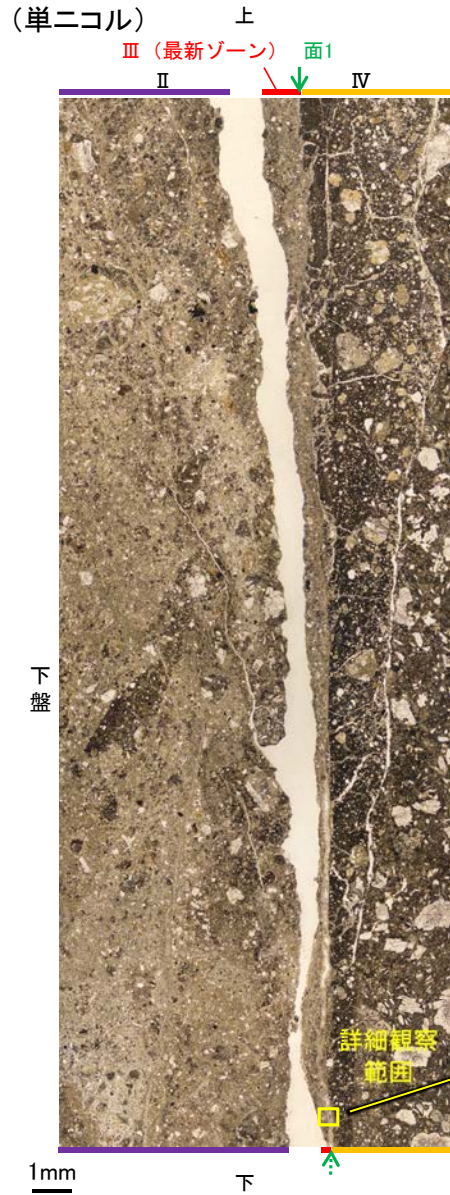
○最新ゾーンにおいて, 面1から垂直方向に成長する柱状結晶が認められる。この柱状結晶の先端部には, Shepard and Fitzpatrick(1989)のフィリップサイトで見られるような, 三角形の先端部も認められる。

○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)。

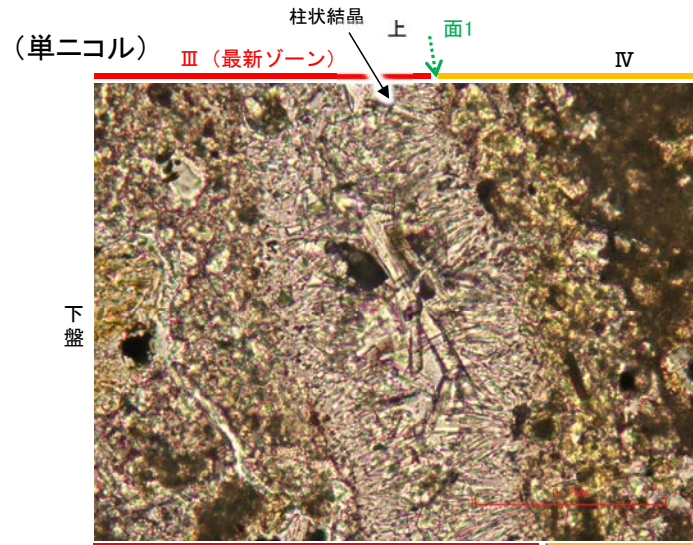
【三角形の先端部を持つ柱状結晶】



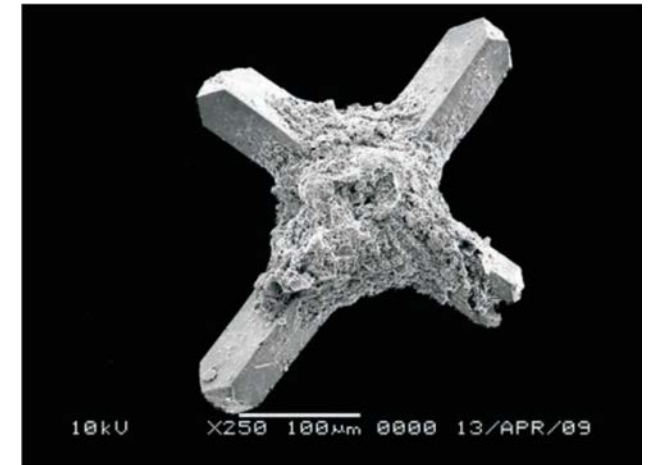
【十字状の形態をなす双晶】



観察用薄片写真(H' - -1.3_110R) (拡大)



詳細観察範囲写真

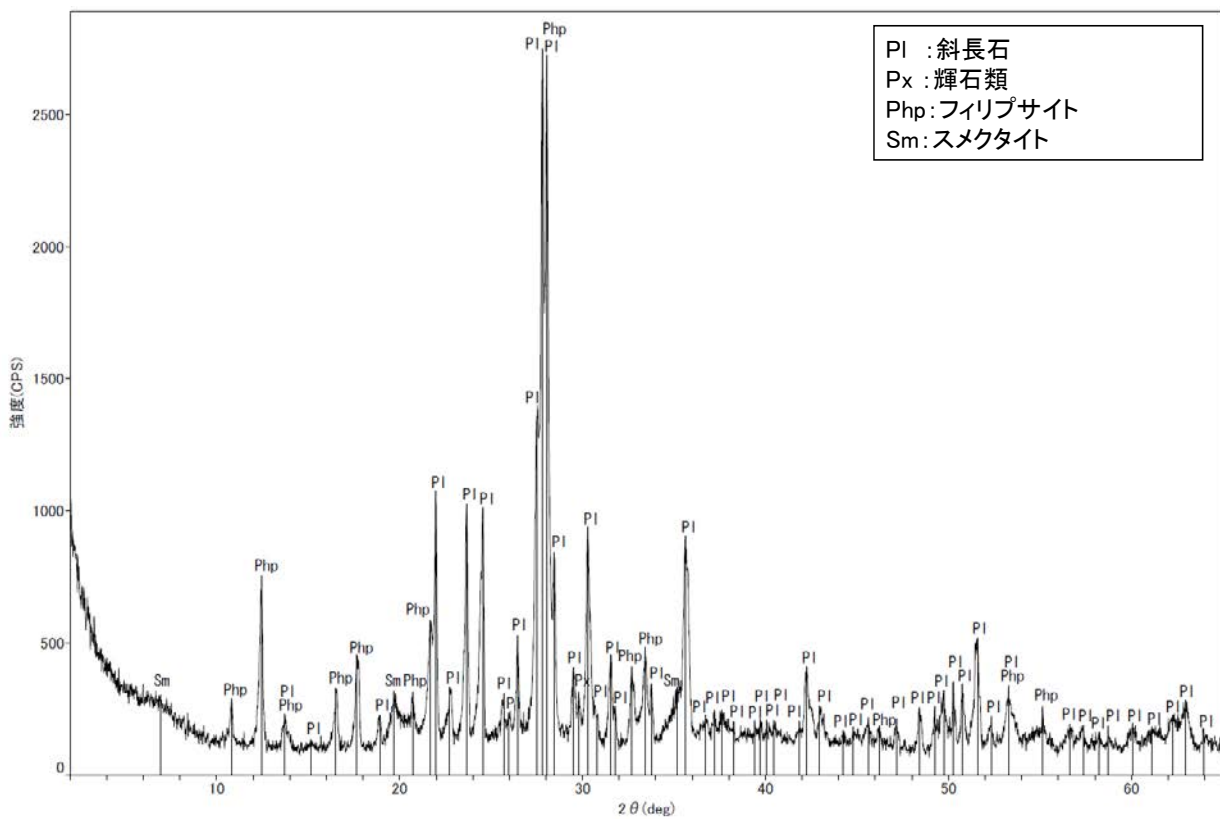


十字状の形態をなすフィリップサイトのSEM画像
(Adisaputra and Kusnida,2010)

←… : 延長位置

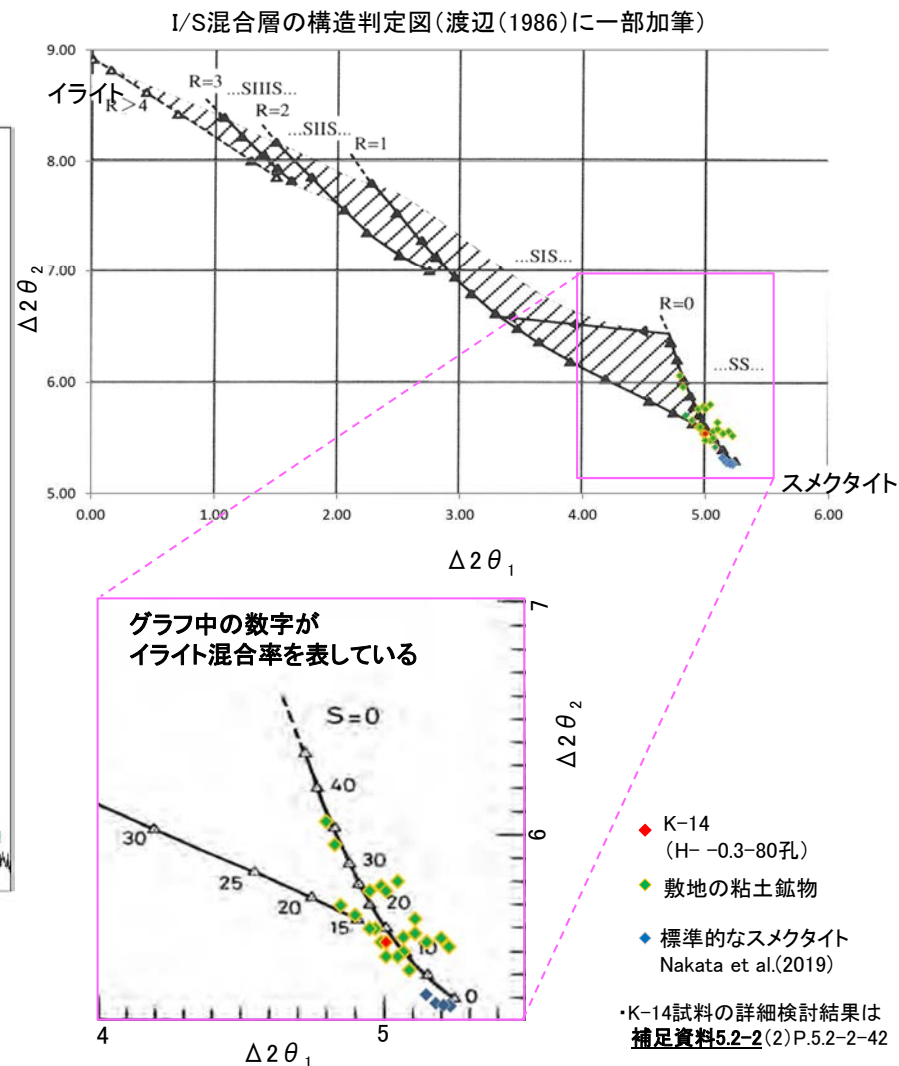
H' - -1.3孔 — 鉍物の同定(XRD分析, I/S混合層) —

- 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鉍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。



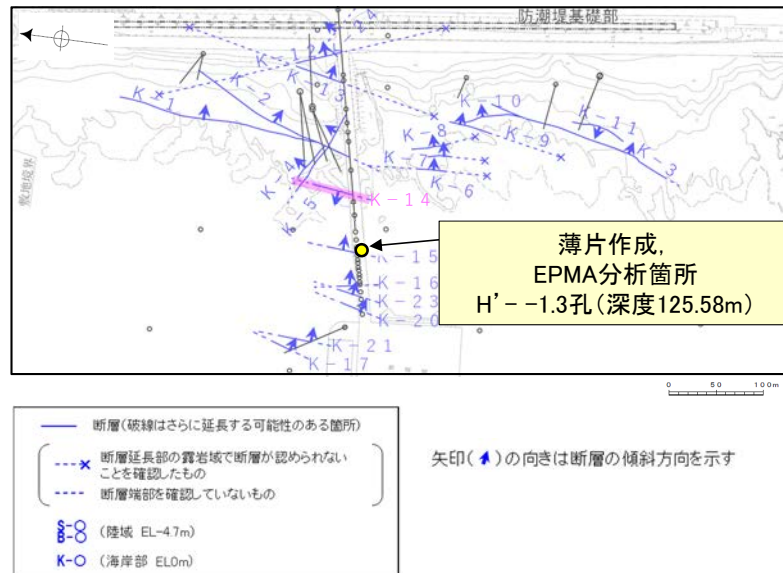
回折チャート(不定方位)

・回折チャート(定方位, EG処理)については、
補足資料5.2-12(1) P.5.2-12-43

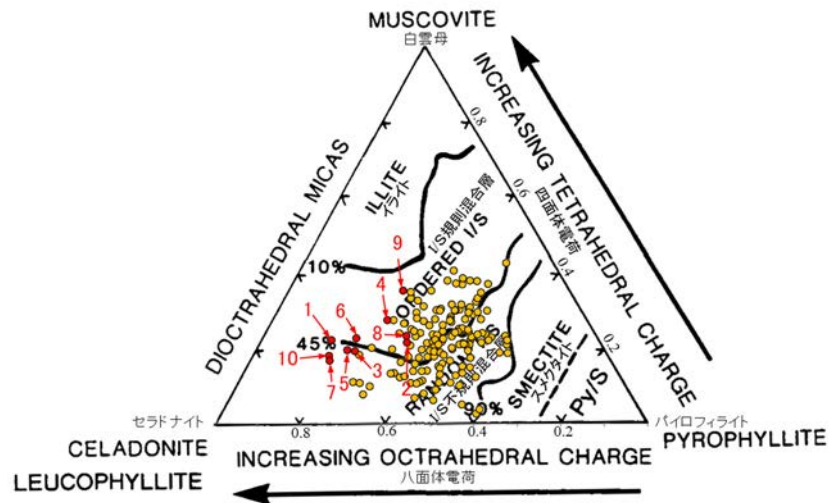
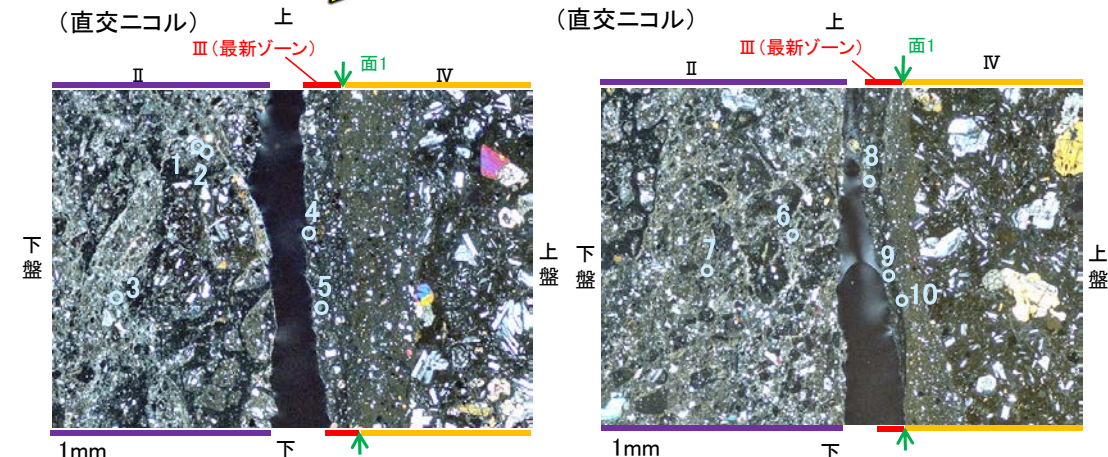
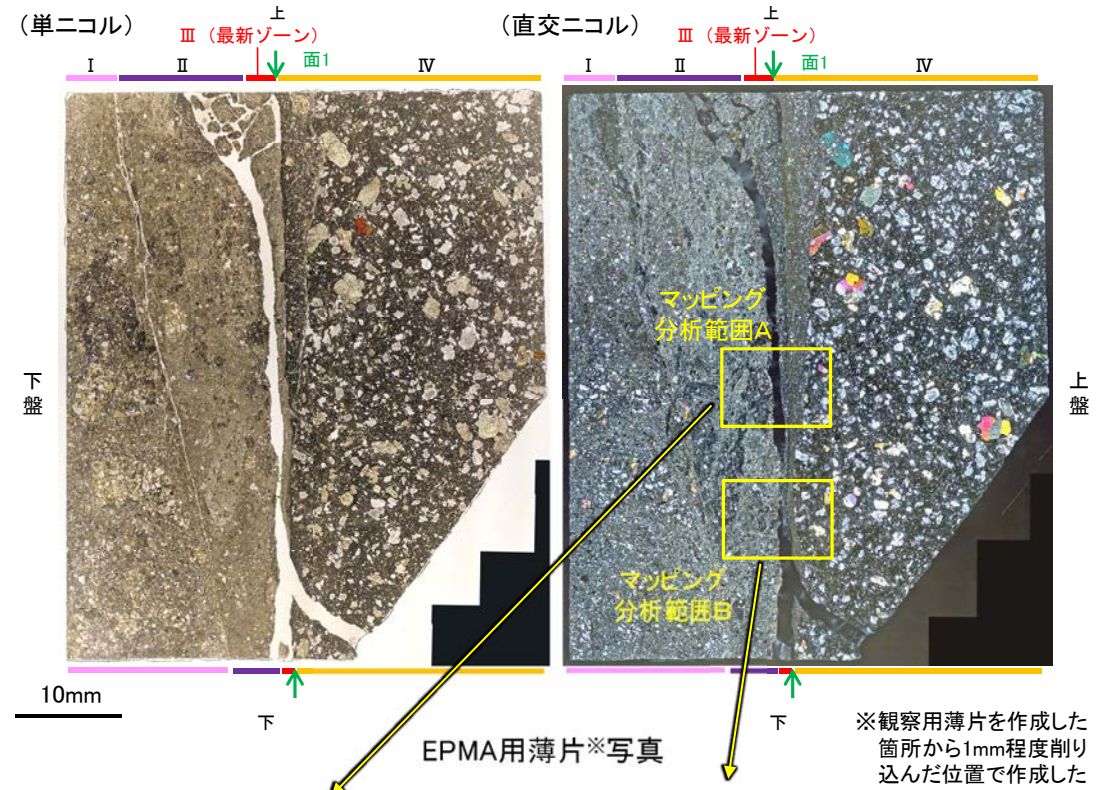


H' - -1.3孔 - 鉱物の同定(EPMA分析(定量), I/S混合層) -

○EPMA用薄片においても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



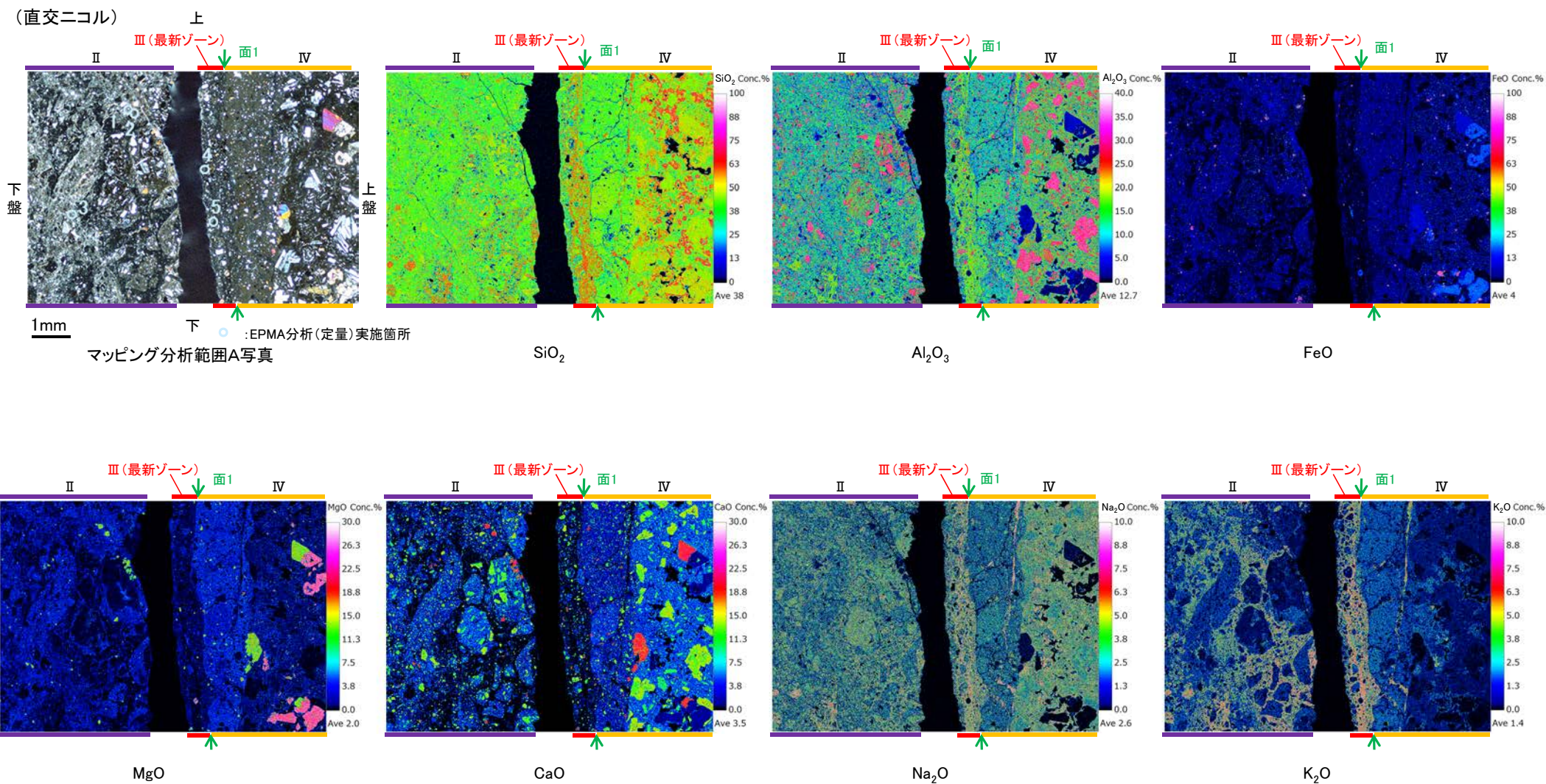
・詳細は補足資料5.2-2(3)P.5.2-2-76, 77

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)

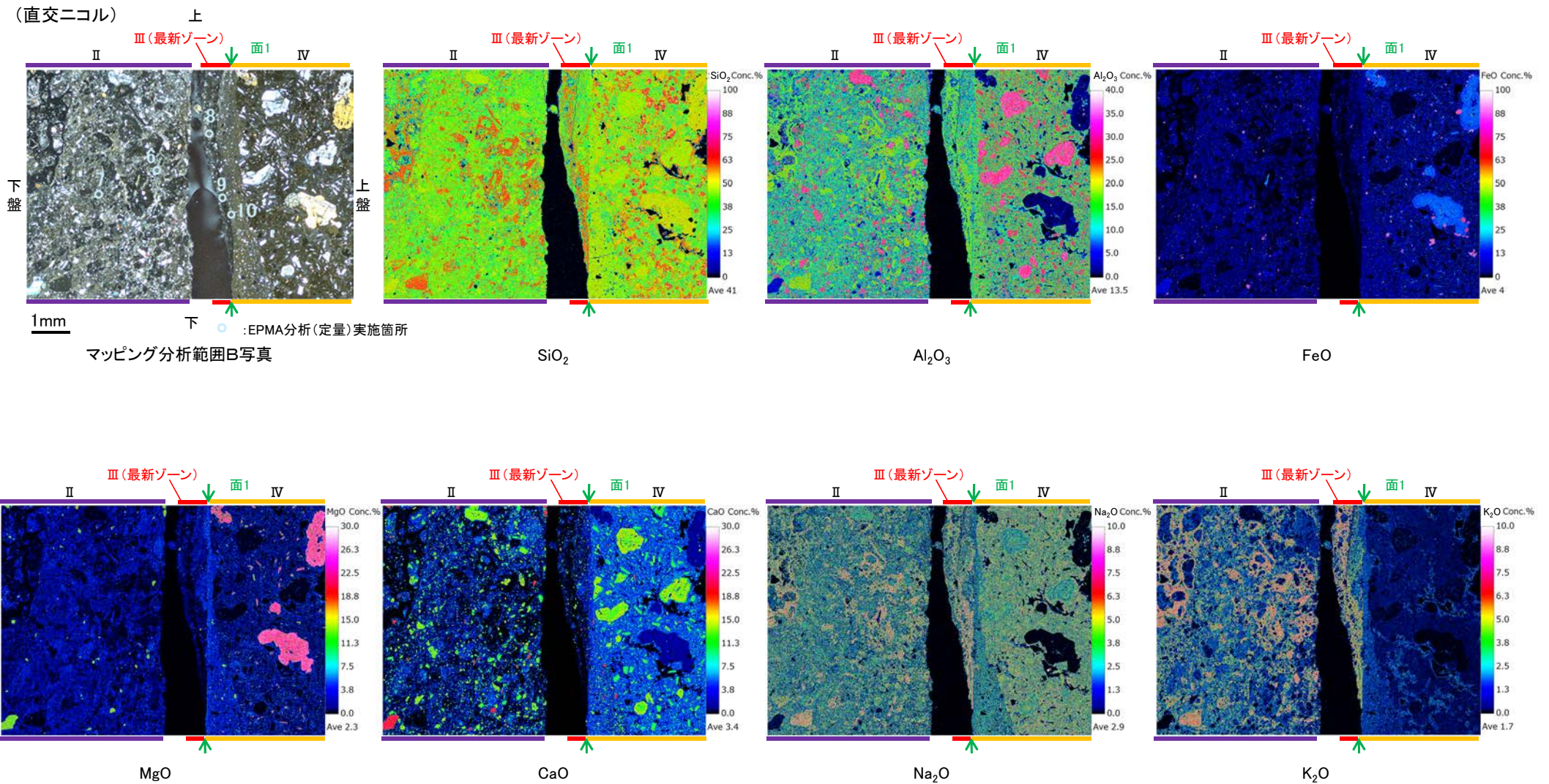
H' - -1.3孔 ー変質鉱物の分布(EPMA分析(マッピング))ー

- 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SiO₂, Na₂O, K₂O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】

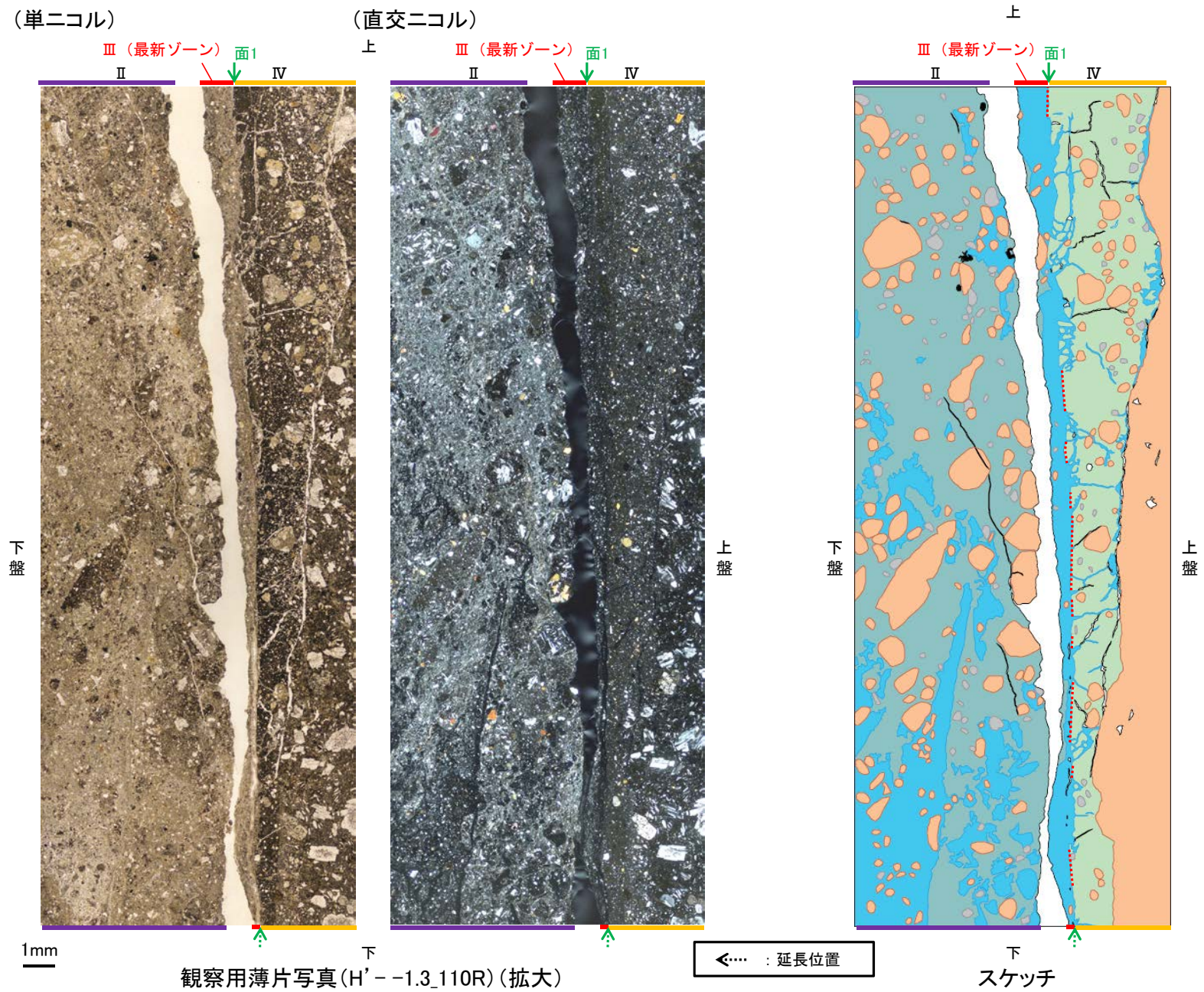


【マッピング分析範囲B】



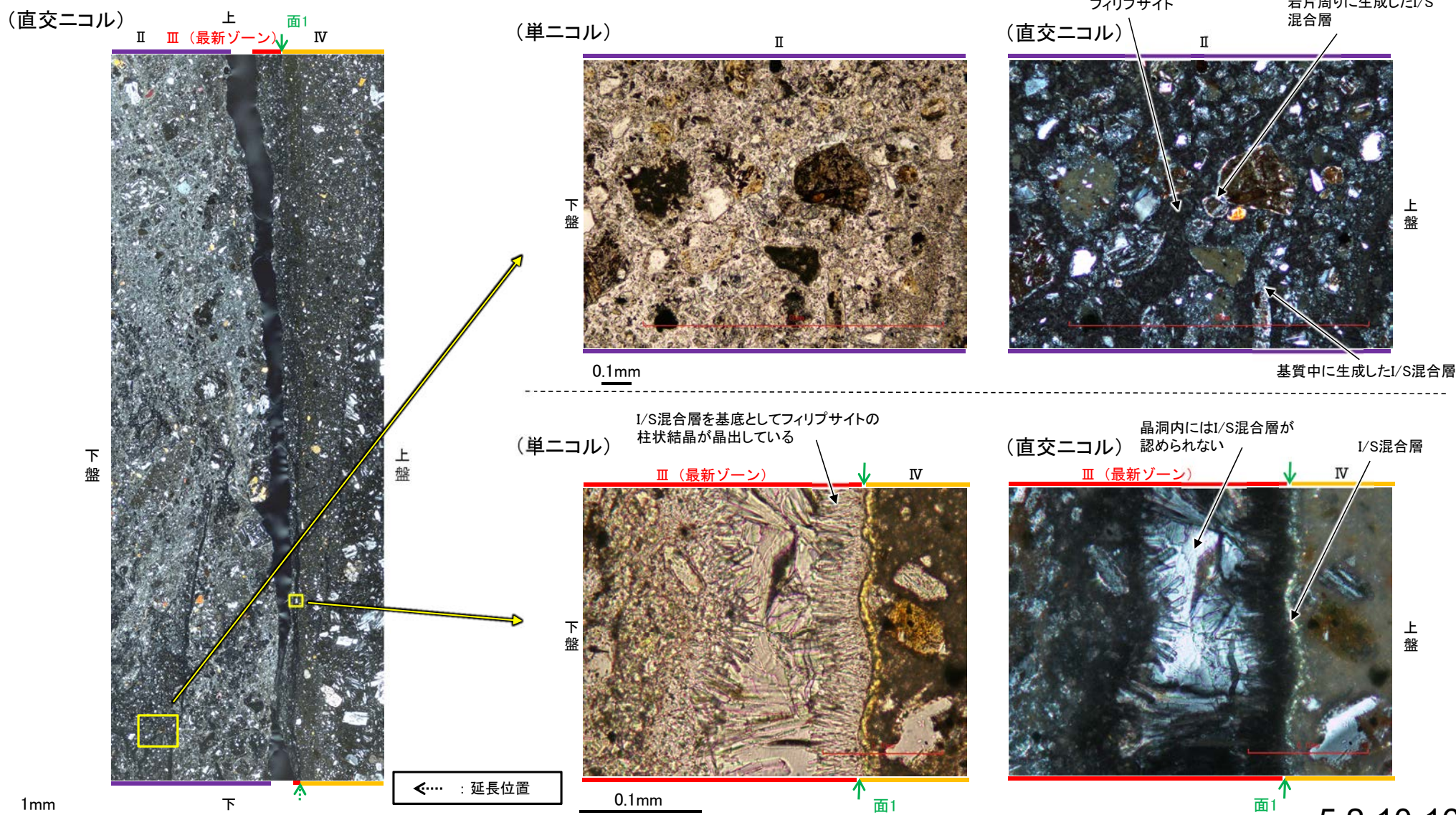
H' - -1.3孔 ー変質鉱物の分布(薄片観察)ー

○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。



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。



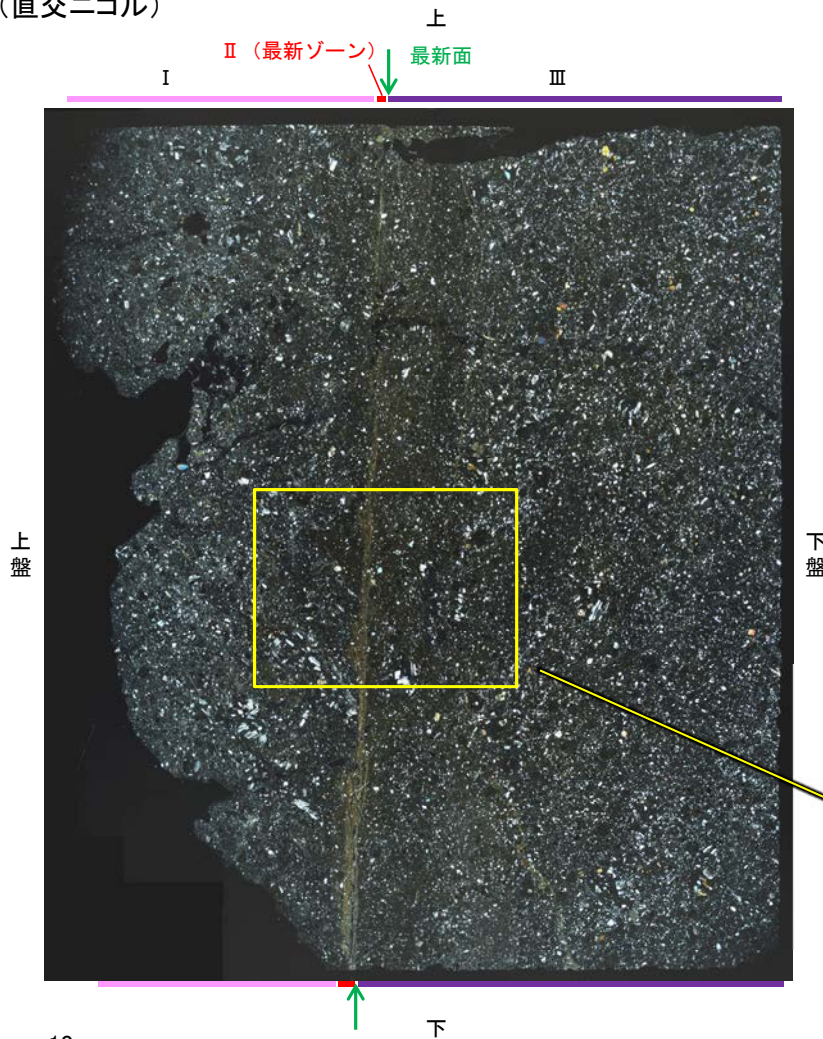
観察用薄片写真(H' -- 1.3_110R) (拡大)

(1)-2 H- -0.3-80孔

H- -0.3-80孔 ー最新ゾーンと分帯 I との境界(微視的観察)ー

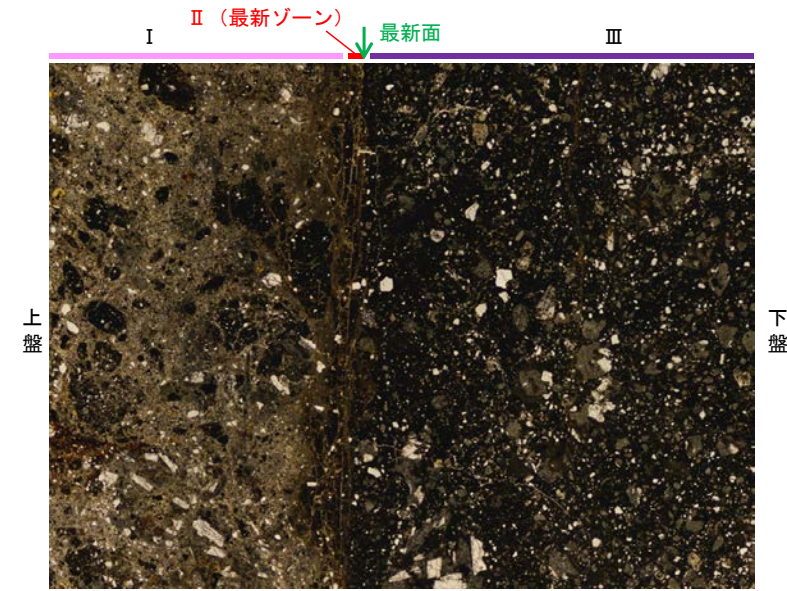
○観察用薄片で実施した微視的観察(薄片観察)の結果, 最新ゾーンと分帯 I との境界は不明瞭で漸移的であり, せん断面は認められない。

(直交ニコル)

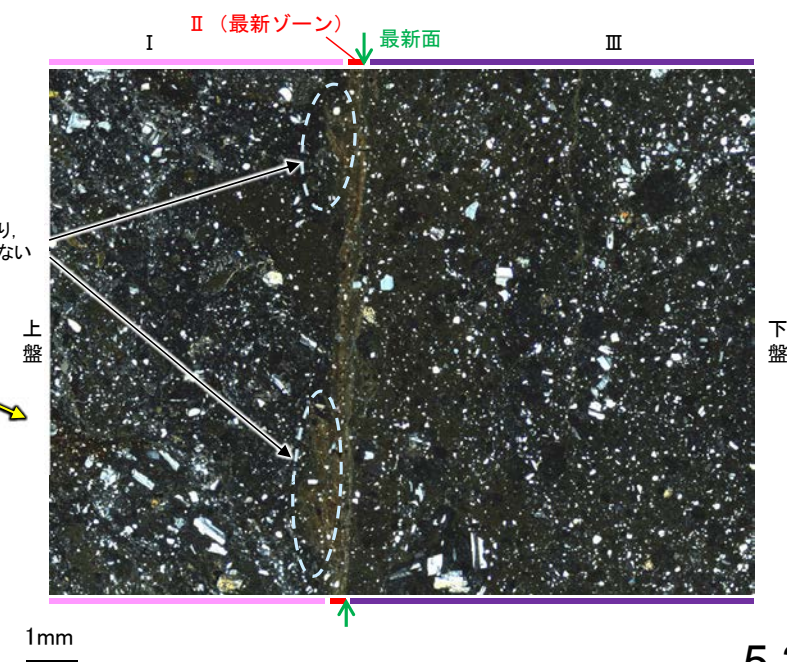


観察用薄片写真(H- -0.3-80_107R)

(単ニコル)

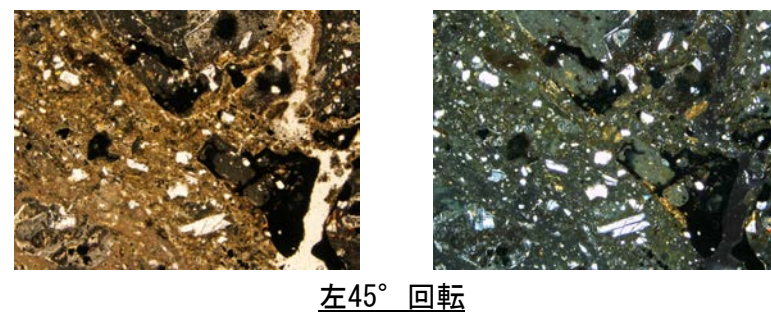
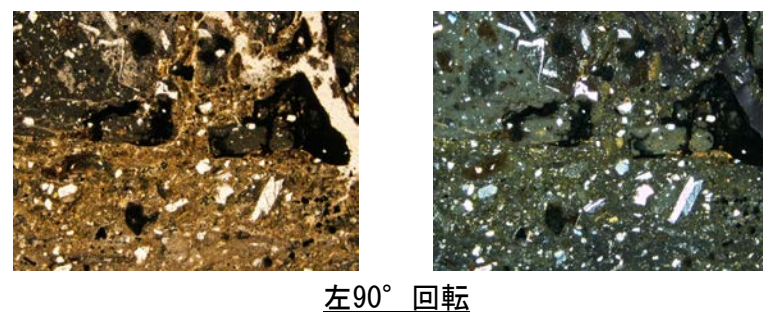
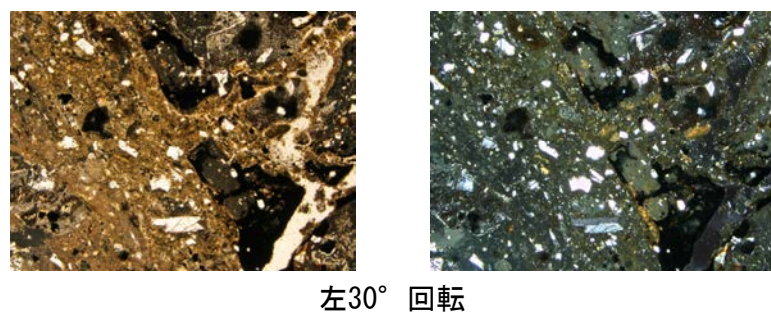
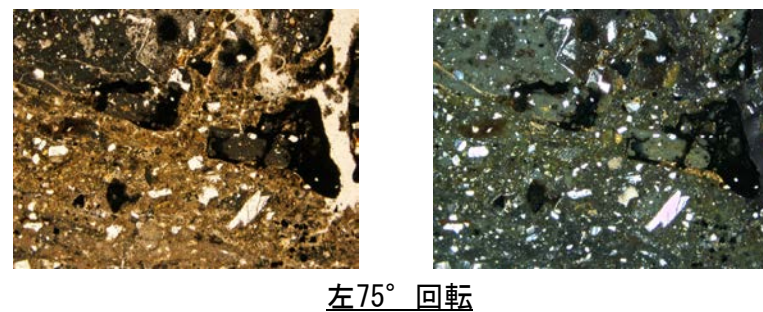
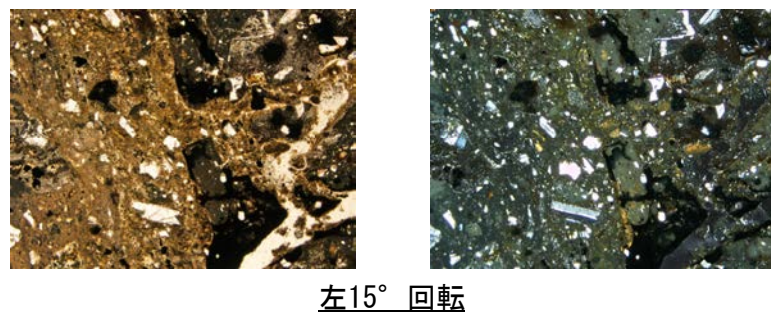
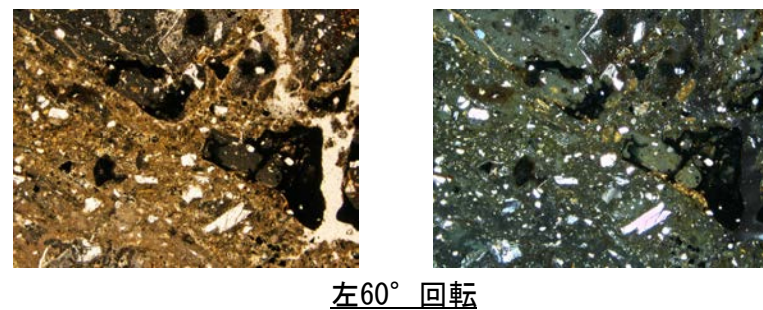
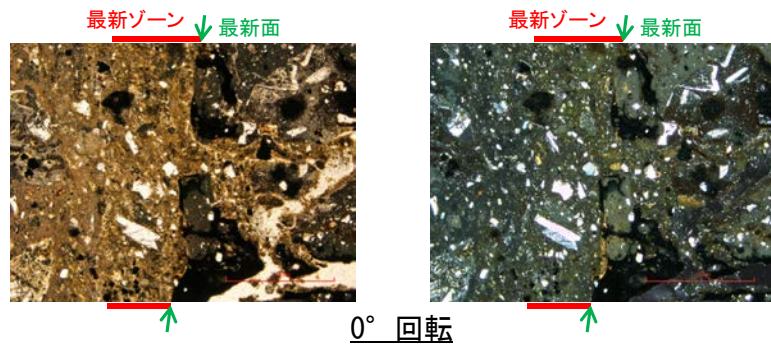


(直交ニコル)



不明瞭で漸移的であり,
せん断面は認められない

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



1mm

余白

補足資料5. 2-11

鉍物脈法に関する調査結果(K-18)

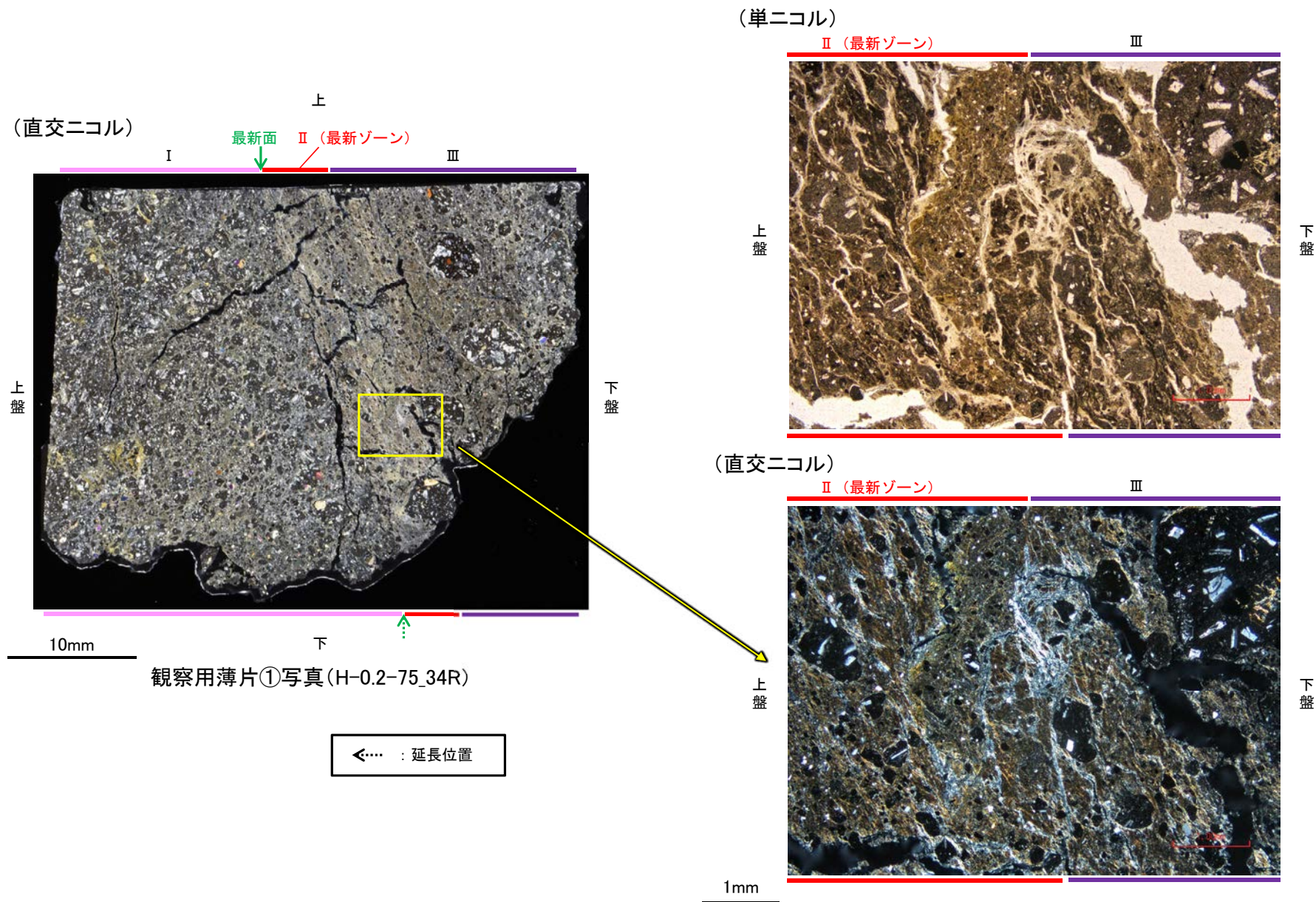
(1) 薄片觀察

(1)-1 H-0.2-75孔

H-0.2-75孔 ー最新ゾーンと分帯Ⅲとの境界(微視的観察)ー

○微視的観察(薄片観察)の結果, 最新ゾーンと分帯Ⅲ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。

【観察用薄片①】

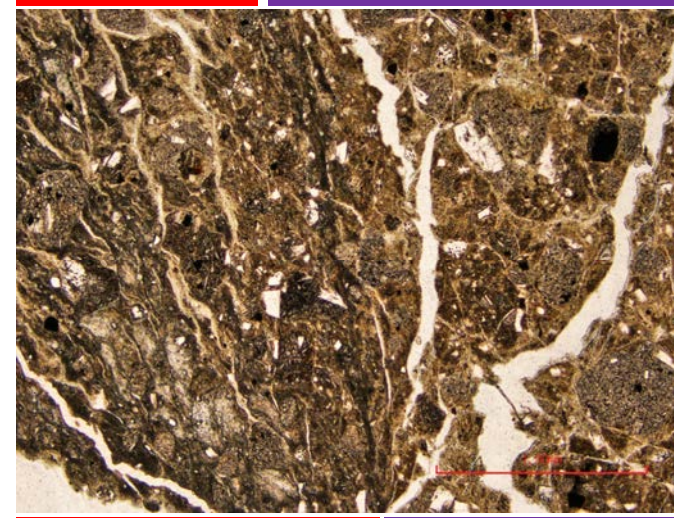


【観察用薄片②】

(単ニコル)

II (最新ゾーン)

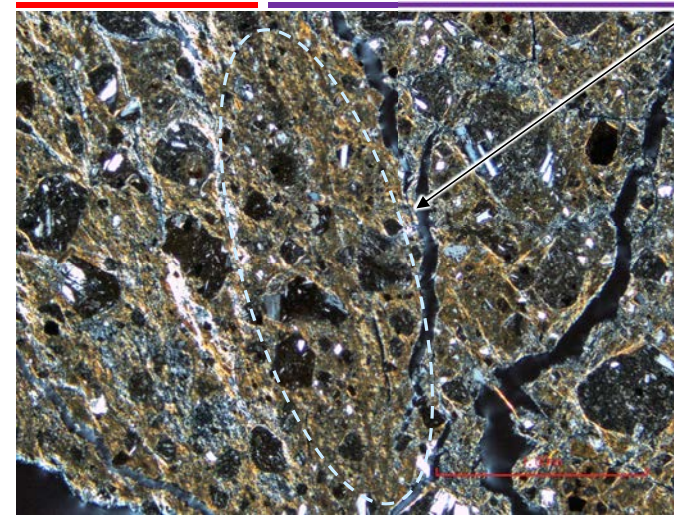
III



(直交ニコル)

II (最新ゾーン)

III



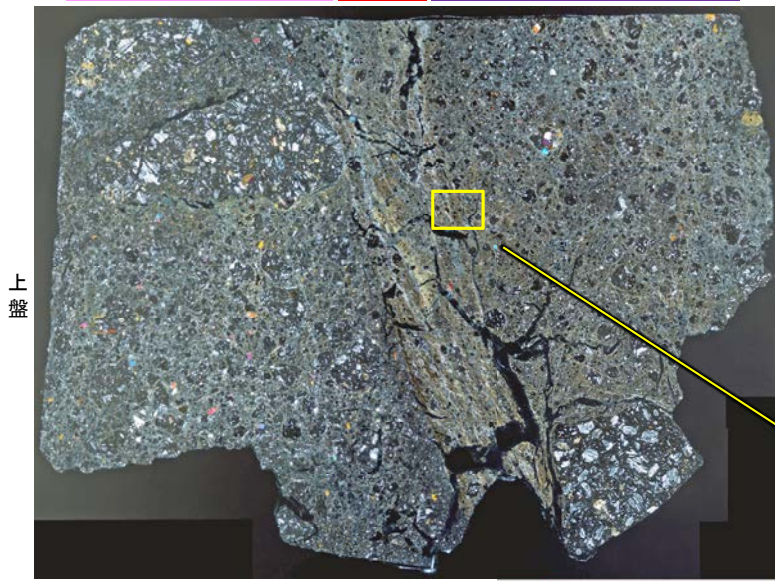
不明瞭で漸移的であり、せん断面は認められない

(直交ニコル)

上
最新面
II (最新ゾーン)

I

III



10mm

下

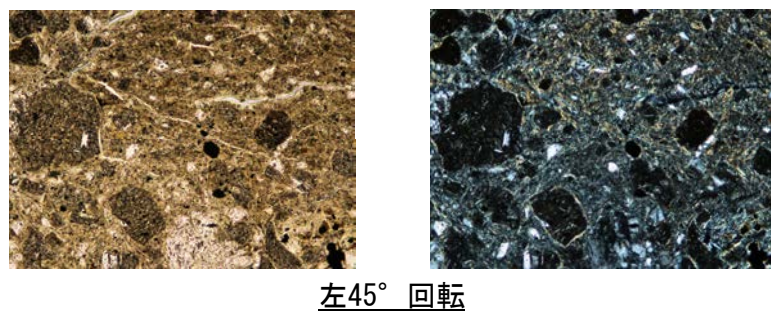
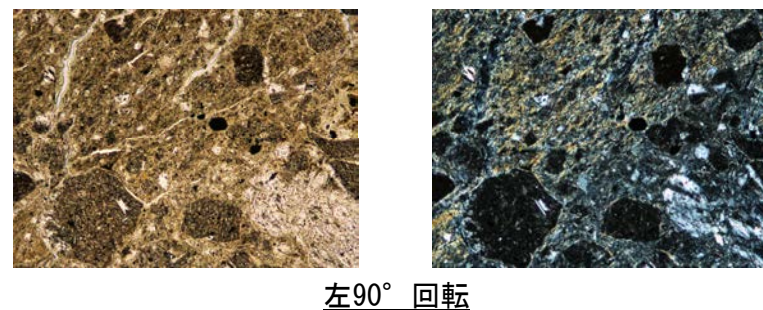
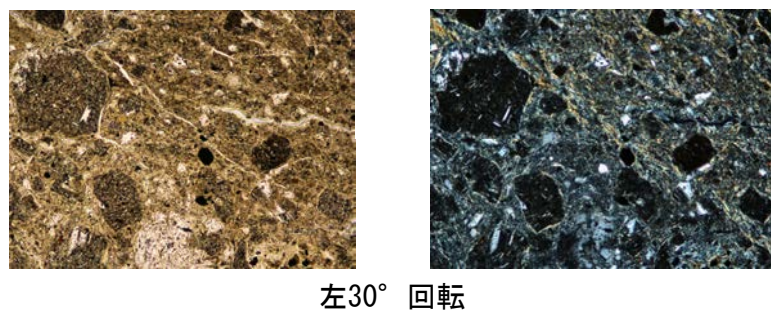
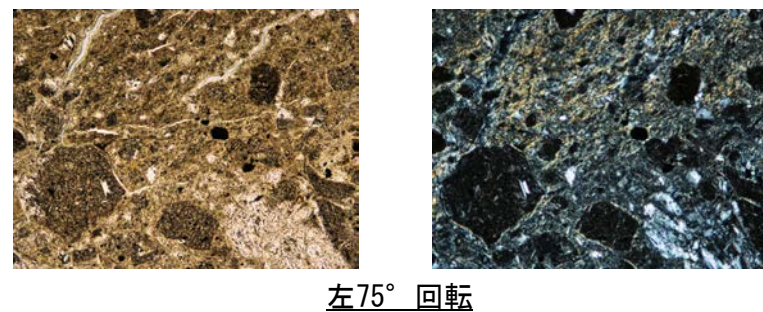
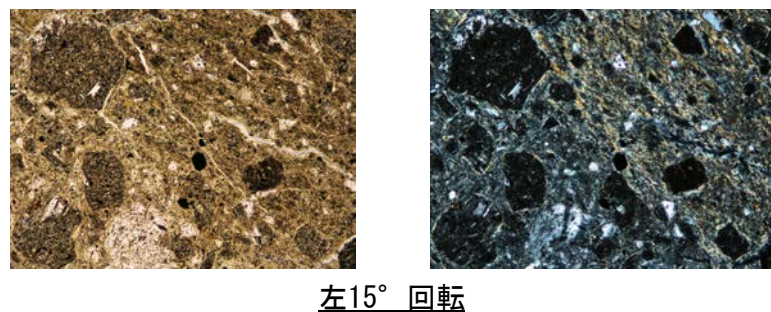
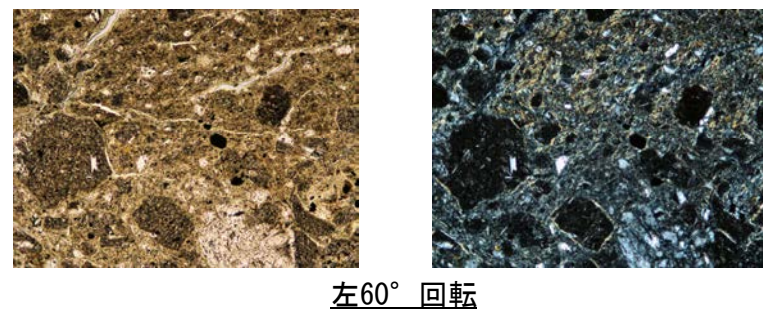
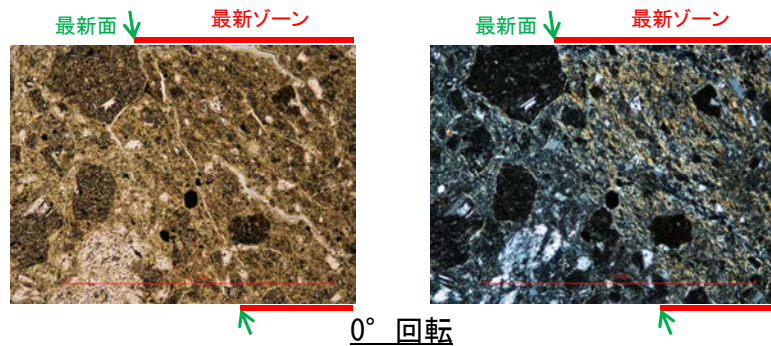
観察用薄片②写真(H-0.2-75_34R)

←… : 延長位置

1mm

H-0.2-75孔 ステージ回転写真(観察用薄片①, 範囲A) -

○薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm