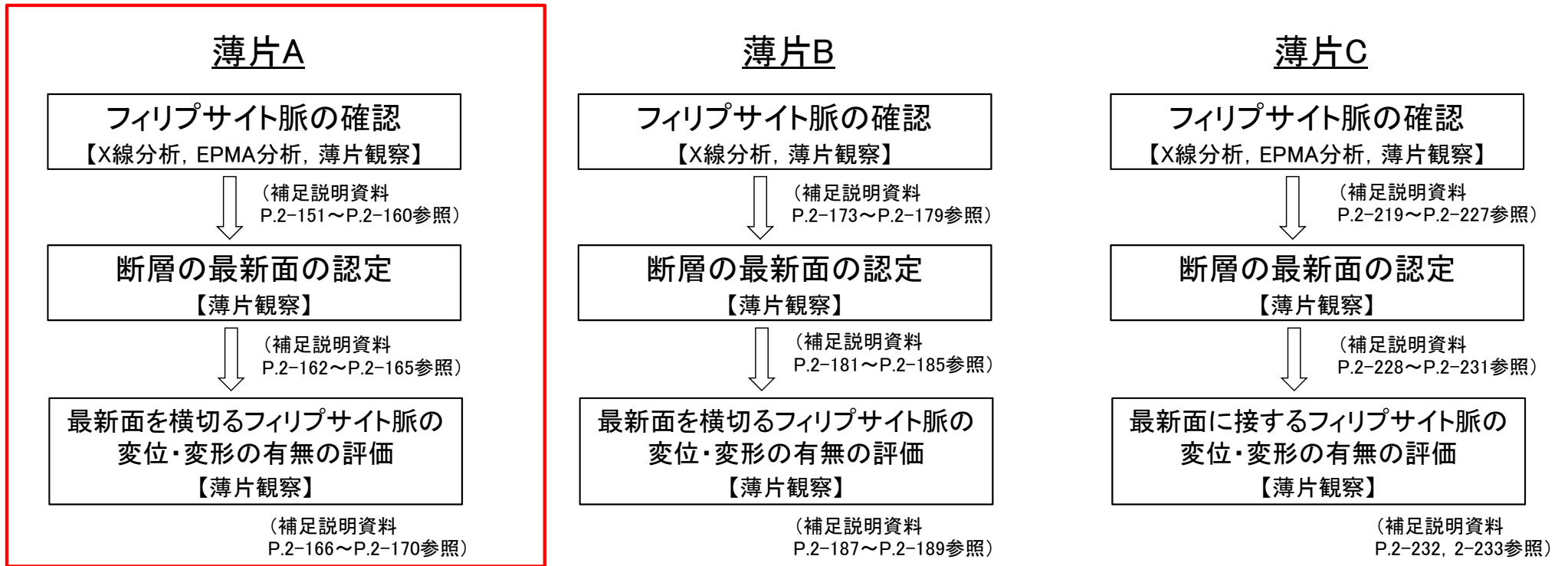




② b) フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価:

薄片A(1/20):評価の流れ

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



2.3.1 ② フィリップサイト脈による活動性評価(14/50)

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

IT-P-3-f孔(深度1m~2m区間)

薄片試料採取区間: 1.65m~1.75m

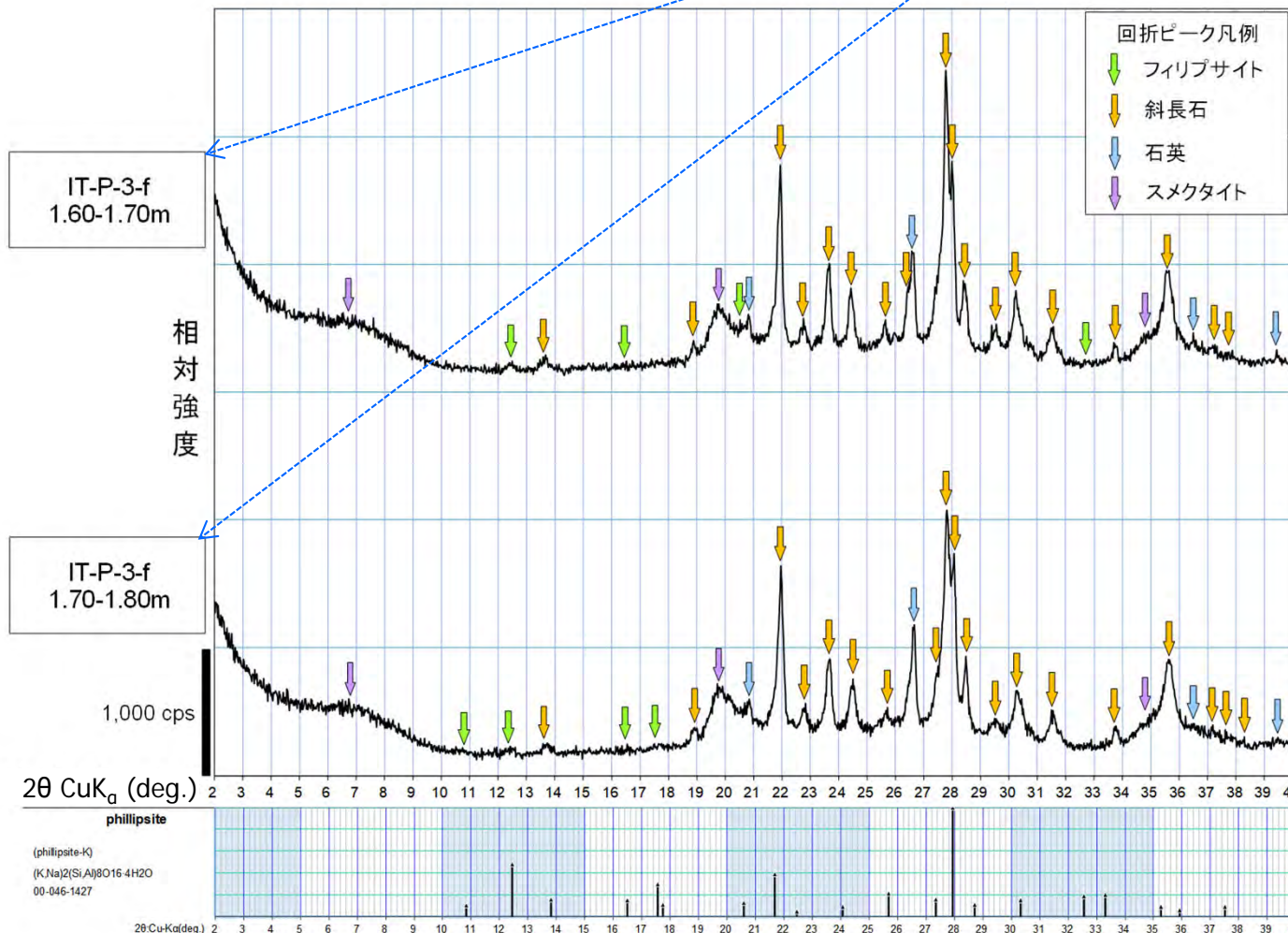
断層面
(粘土状破碎部)

断層面
(粘土状破碎部)



ボーリングコア写真

2



凡例

X線分析試料採取区間
(コア表面付近の断層内物質を採取)

フィリップサイトの確認のため、断層内物質のX線分析を実施した。

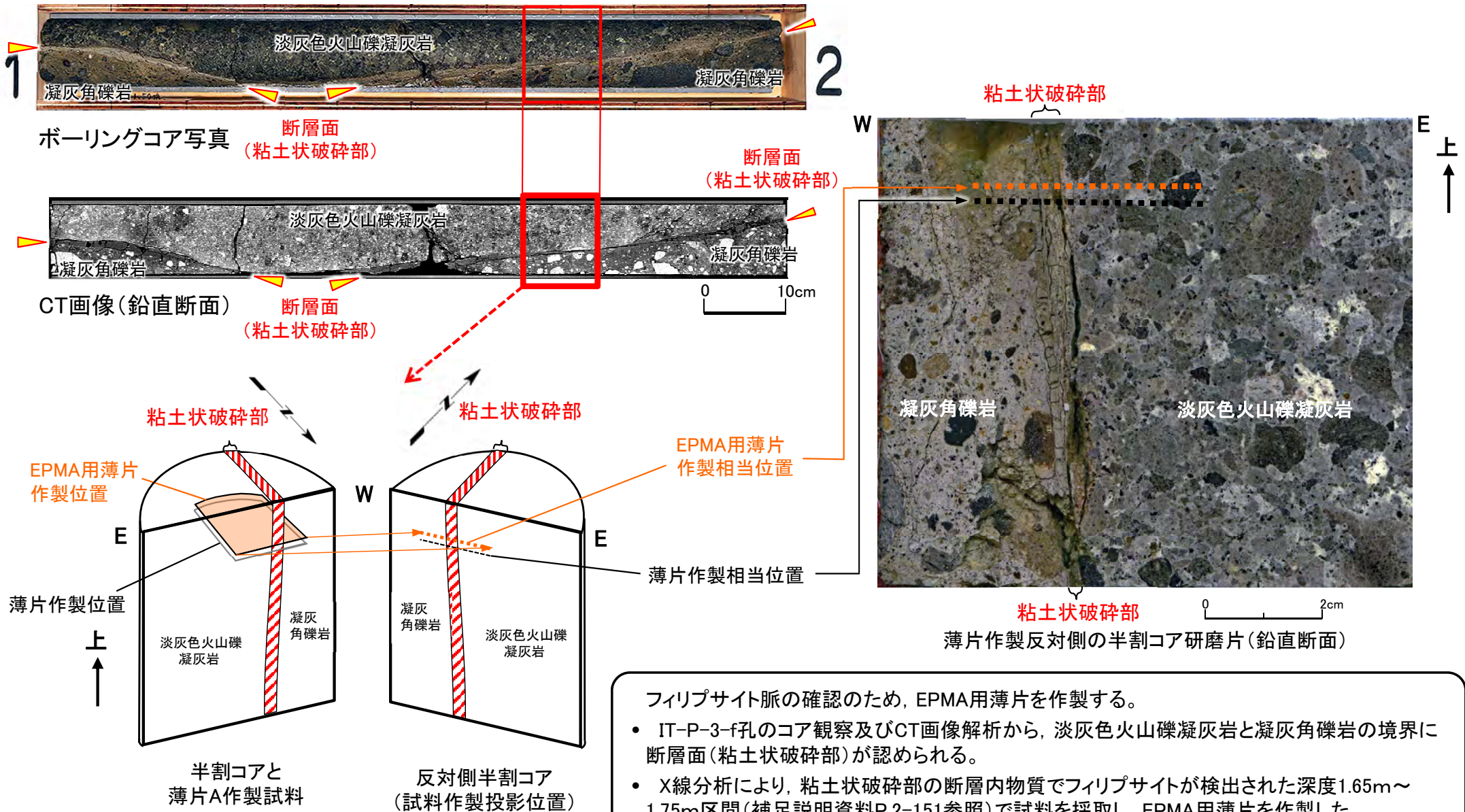
- 薄片Aの試料を採取したIT-P-3-f孔では、断層面(粘土状破碎部)は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に分布し、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質のX線分析(不定方位)の結果、フィリップサイトに特徴的な回折ピーク($2\theta = 12.44^\circ, 17.57^\circ$ 等、補足説明資料P.2-215参照)が認められる。

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

ICDD (2015)⁸⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

② b) 薄片A(3/20):フィリップサイト脈の確認(2/9):EPMA分析(1/4):EPMA用薄片作製

IT-P-3-f孔(深度1m~2m区間) 薄片試料採取区間: 1.65m~1.75m

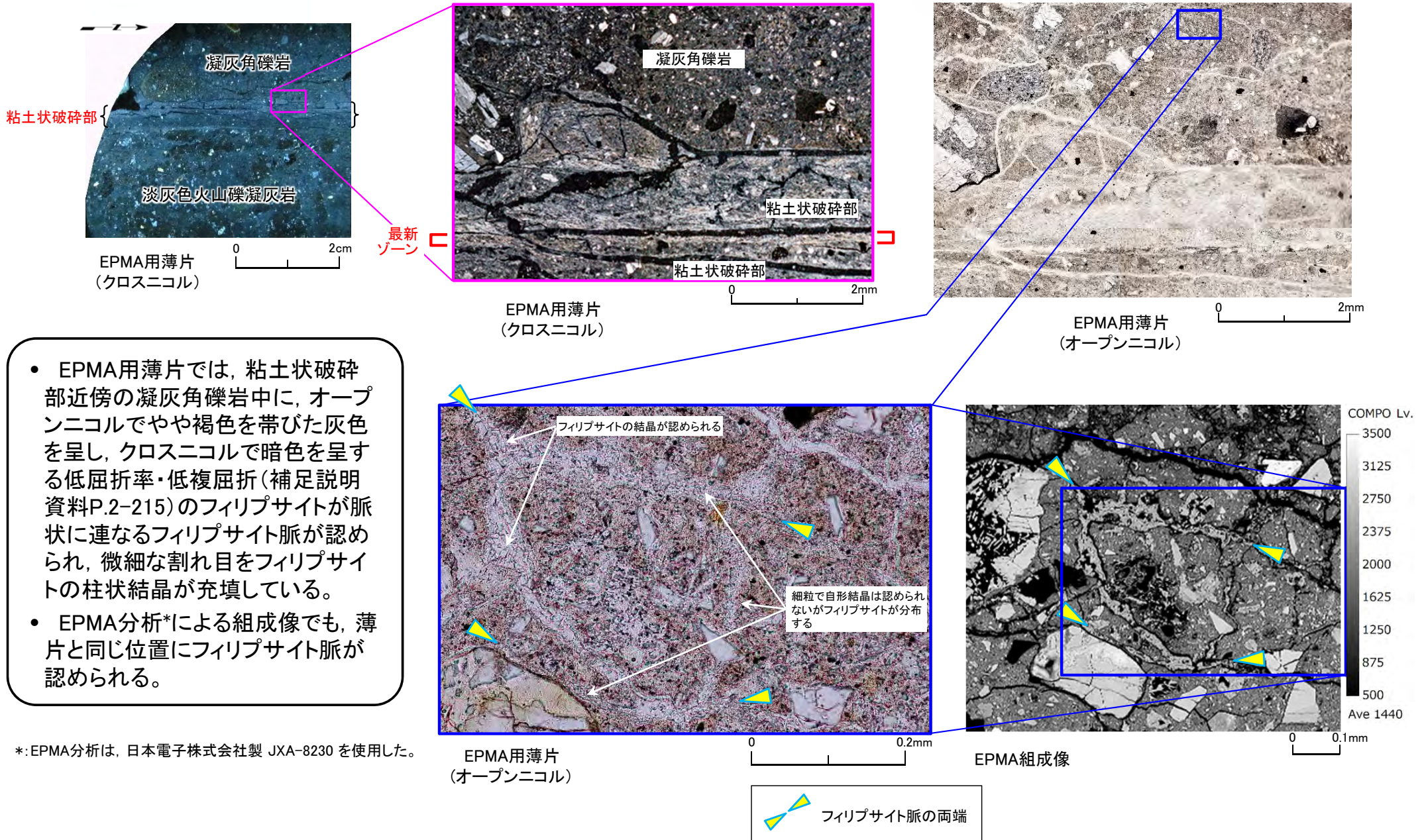


フィリップサイト脈の確認のため、EPMA用薄片を作製する。

- IT-P-3-f孔のコア観察及びCT画像解析から、淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に断層面(粘土状破碎部)が認められる。
- X線分析により、粘土状破碎部の断層内物質でフィリップサイトが検出された深度1.65m~1.75m区間(補足説明資料P.2-151参照)で試料を採取し、EPMA用薄片を作製した。

2.3.1 ② フィリップサイト脈による活動性評価(16/50)

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

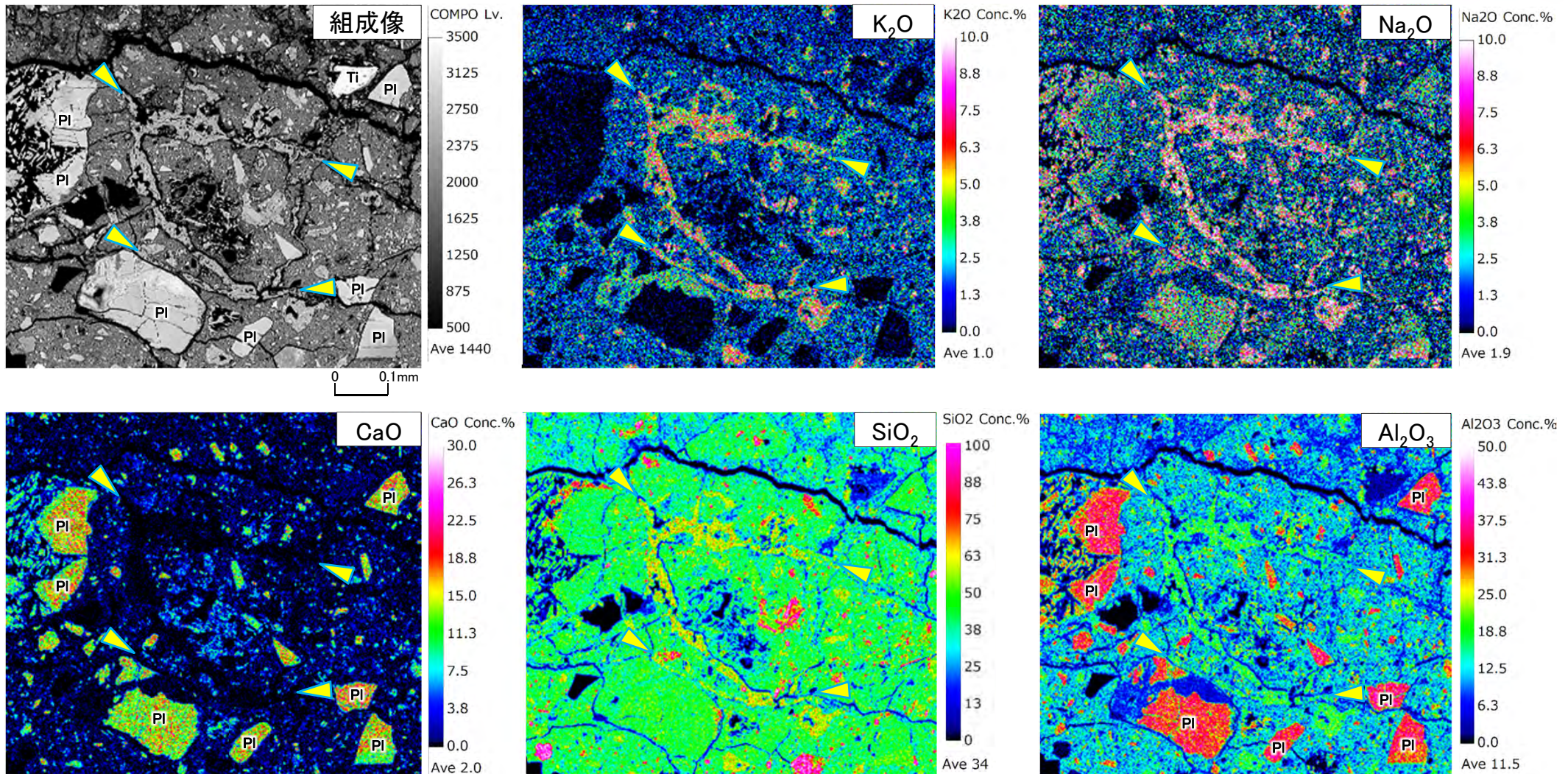


- EPMA用薄片では、粘土状破砕部近傍の凝灰角礫岩中に、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められ、微細な割れ目をフィリップサイトの柱状結晶が充填している。
- EPMA分析*による組成像でも、薄片と同じ位置にフィリップサイト脈が認められる。

*:EPMA分析は、日本電子株式会社製 JXA-8230 を使用した。



② b) 薄片A(5/20): フィリップサイト脈の確認(4/9): EPMA分析(3/4): 元素マップ(1/2)



KとNaに富むフィリップサイトの化学組成 ICDD (2015)⁸⁾ phillipsite-K (00-046-1427) : SiO₂ 52.07%, Al₂O₃ 19.25%, Na₂O 7.55%, K₂O 5.84%, CaO 1.22%

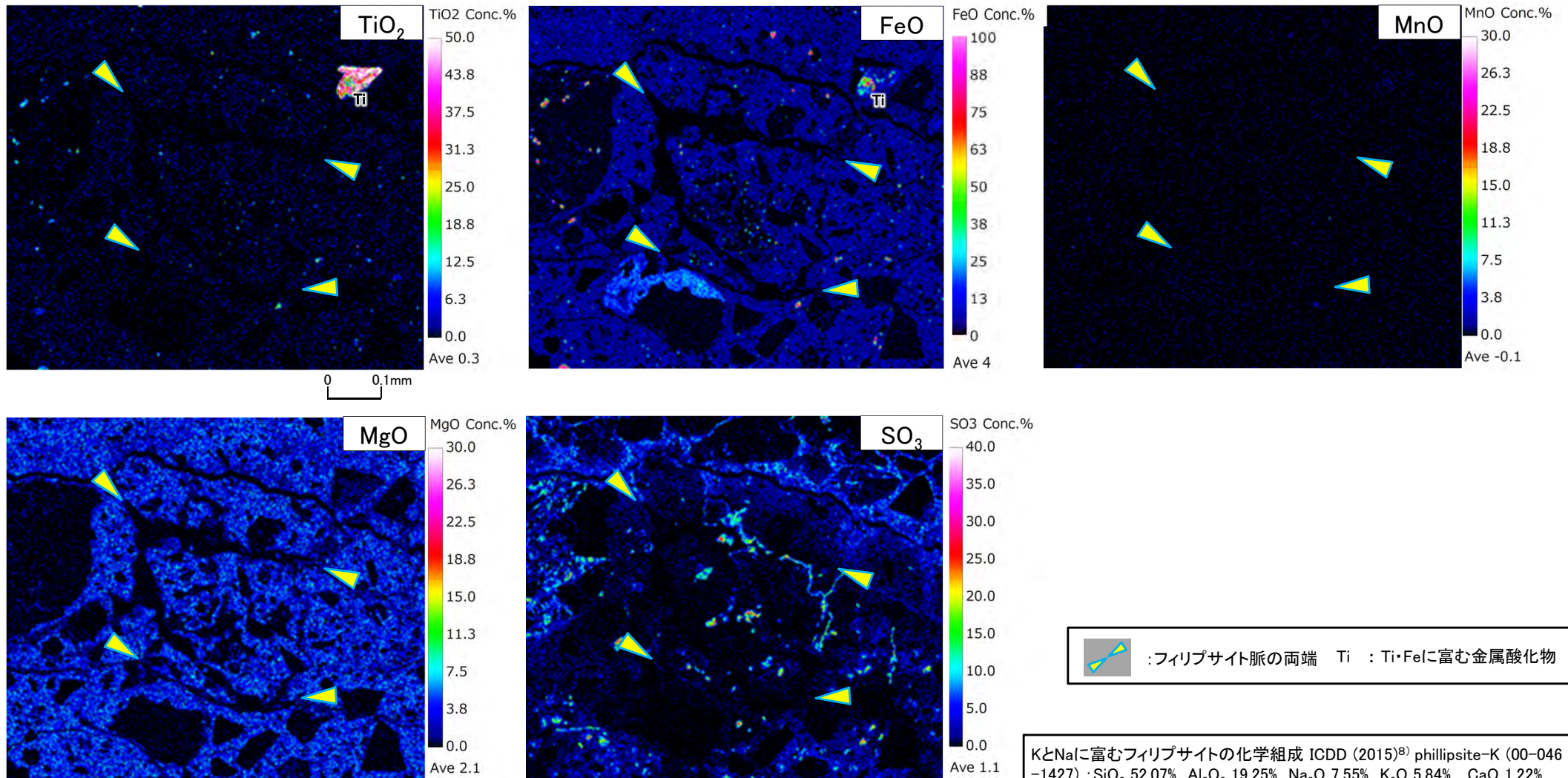
EPMA分析による元素マップ

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

- EPMA分析の結果, 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈には, K₂O・Na₂Oがそれぞれ約5%~約8%, SiO₂が約50%~約60%, Al₂O₃が約18%~約20%含まれ, CaO及び他の主要化学成分(補足説明資料P.2-155参照)はほとんど検出されない。
- 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈の化学組成は文献に示されたKとNaに富むフィリップサイトの化学組成とほぼ一致する。

2.3.1 ② フィリップサイト脈による活動性評価(18/50)

② b) 薄片A(6/20):フィリップサイト脈の確認(5/9):EPMA分析(4/4):元素マップ(2/2)



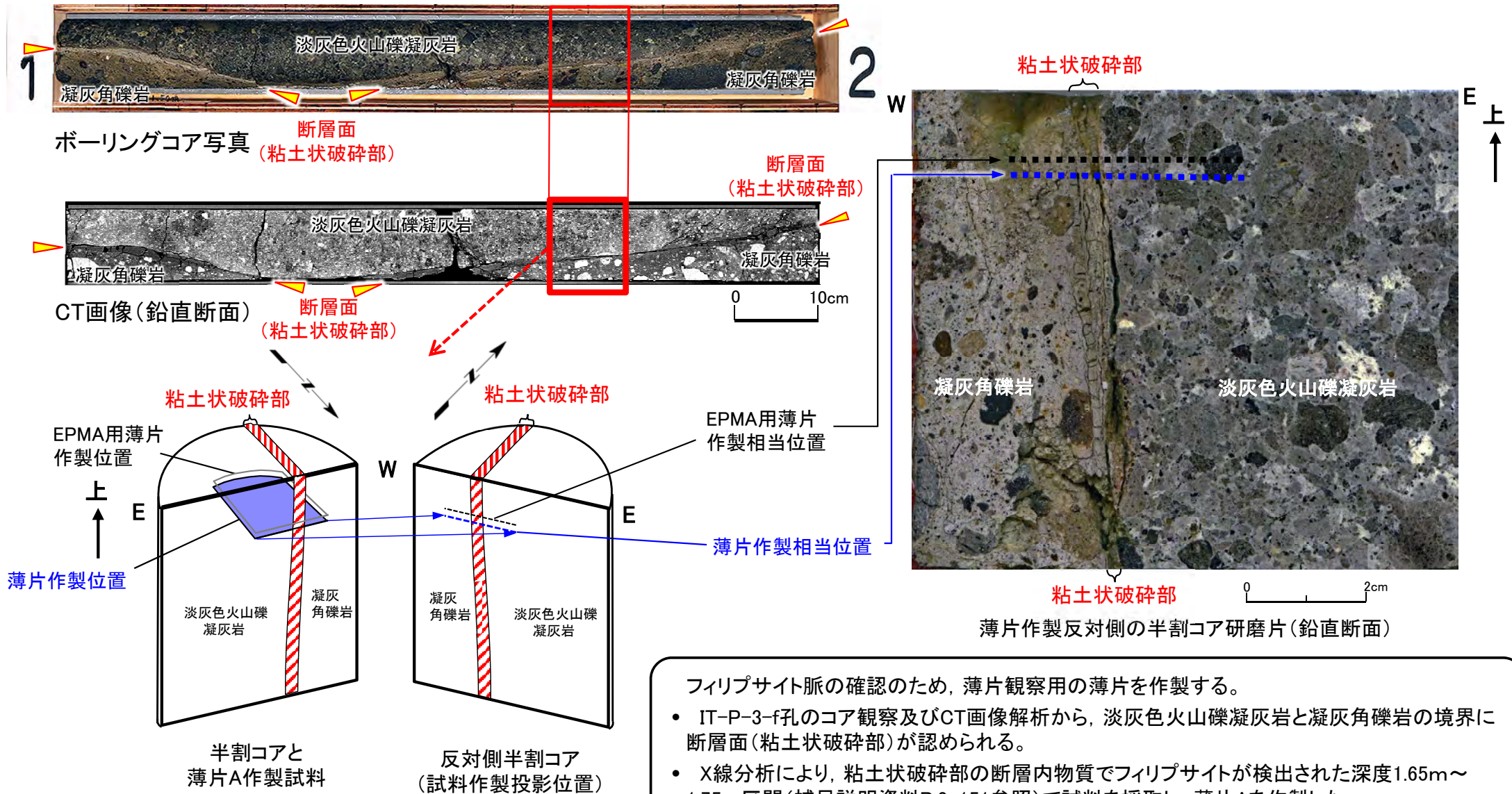
EPMA分析による元素マップ

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

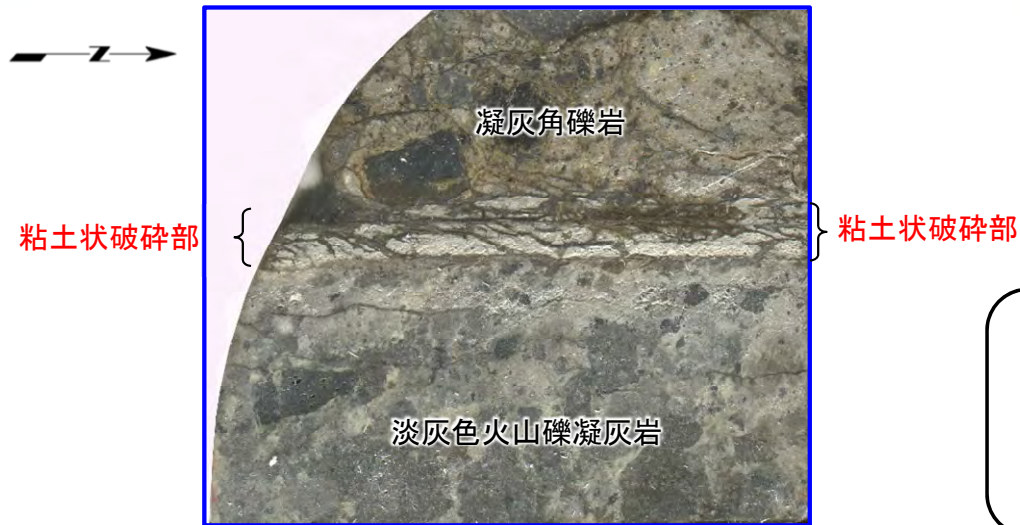
(余白)

② b) 薄片A(7/20):フィリップサイト脈の確認(6/9):薄片観察(1/4):薄片作製

IT-P-3-f孔(深度1m~2m区間) 薄片試料採取区間: 1.65m~1.75m

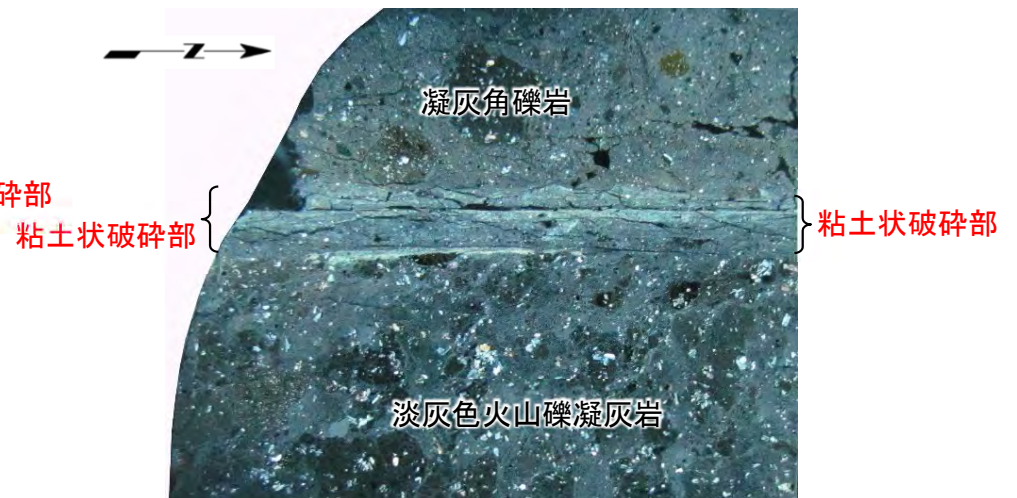
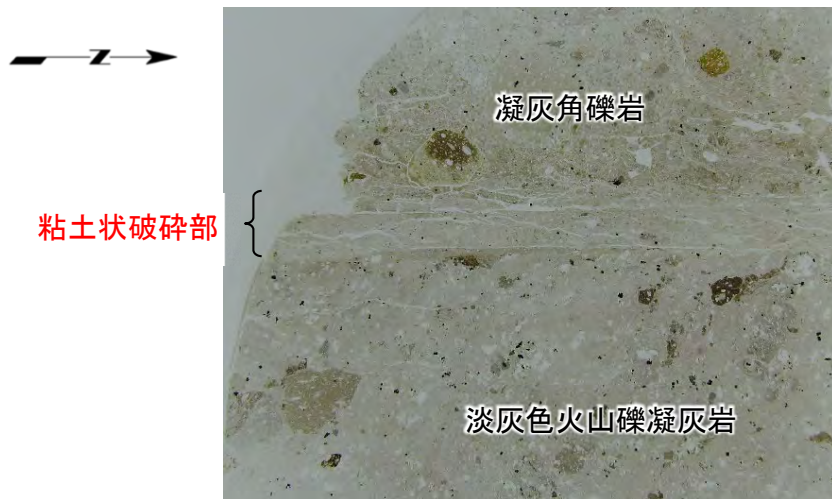


② b) 薄片A(8/20):フィリップサイト脈の確認(7/9):薄片観察(2/4)



- IT-P-3-f孔の深度1.65m~1.75m区間の半割コアから粘土状破碎部を水平方向に横断する薄片Aを作製した。
- チップと薄片の画像では、直線的で明瞭な粘土状破碎部が認められる。

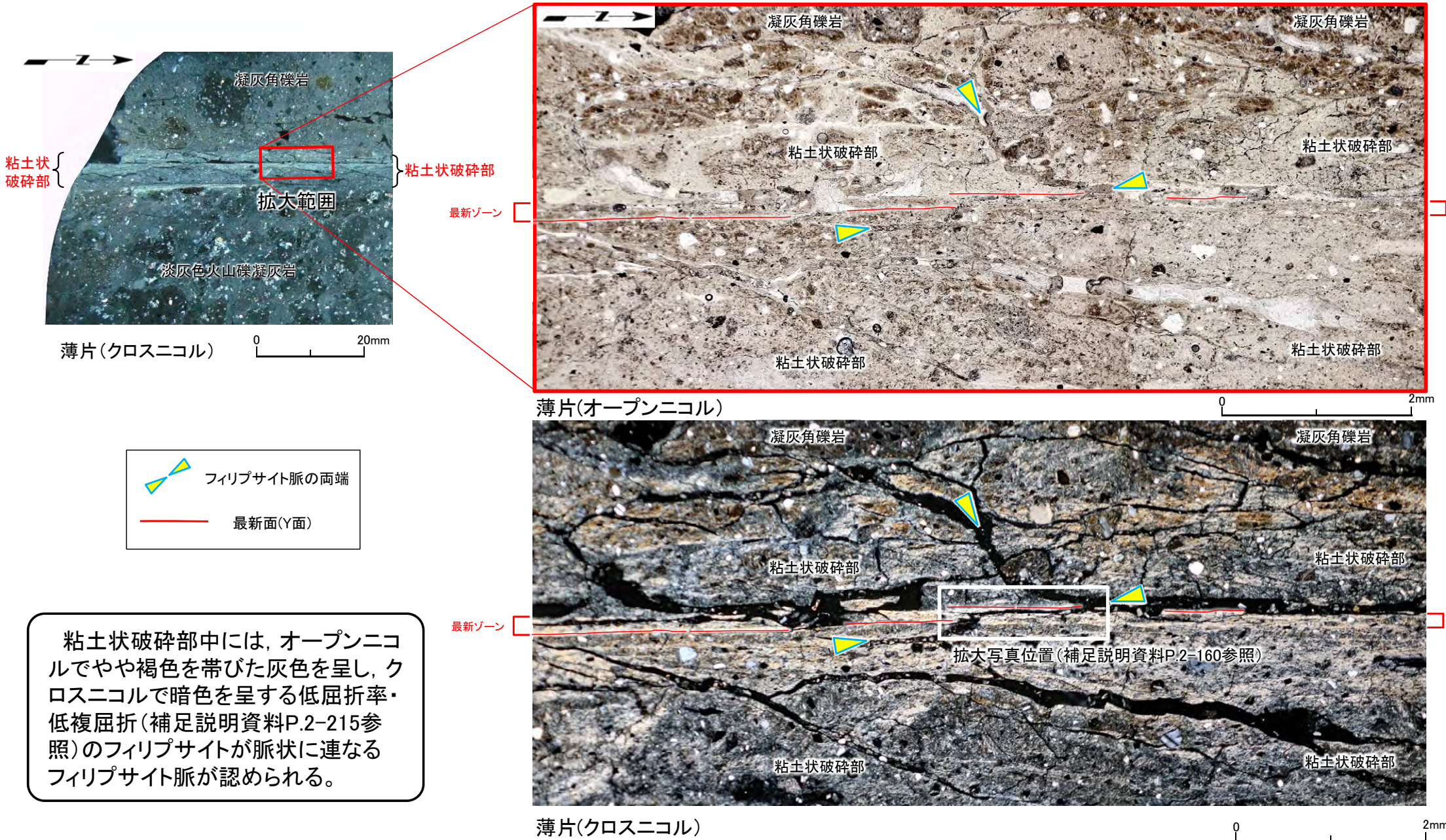
薄片作製後のチップ
(試料下面の画像を左右反転)



薄片(試料下面を上から見る。左:オープンニコル, 右:クロスニコル)

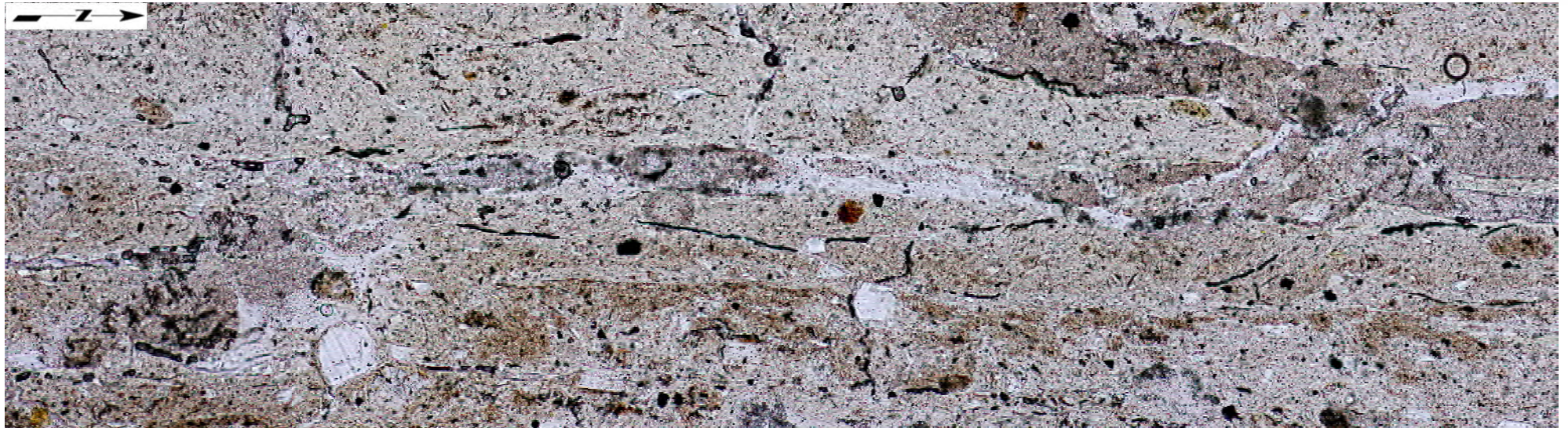
2.3.1 ② フィリップサイト脈による活動性評価(21/50)

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

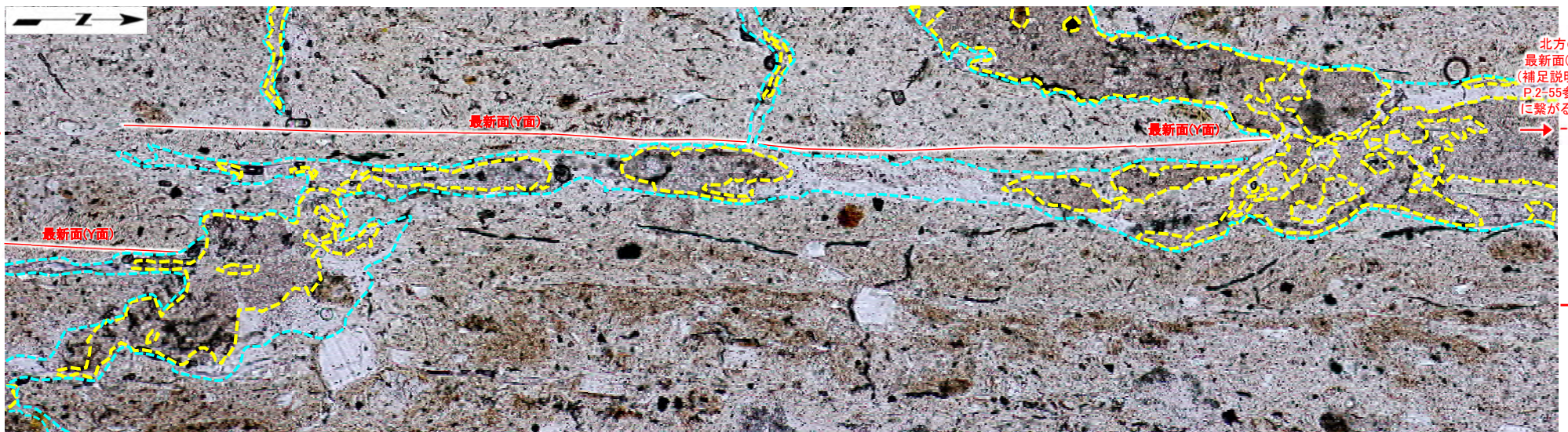




② b) 薄片A(10/20):フィリップサイト脈の確認(9/9):薄片観察(4/4)



拡大写真 薄片(オープンニコル)解釈線なし



拡大写真 薄片(オープンニコル)解釈線有り

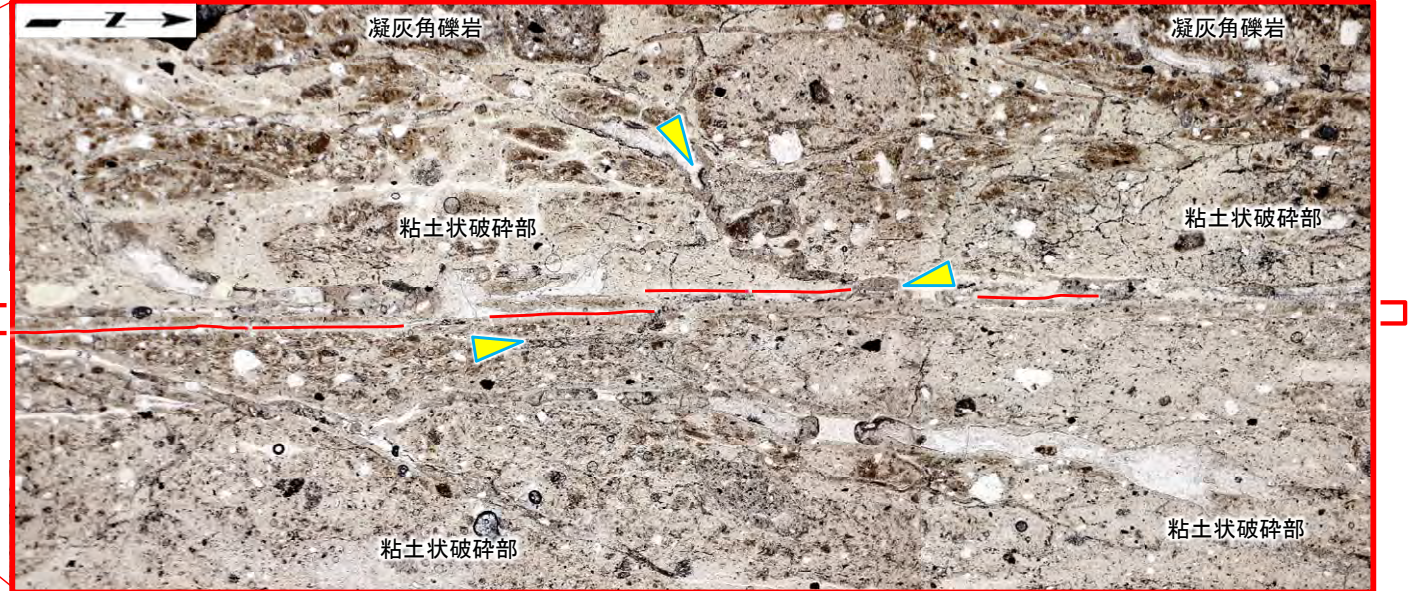
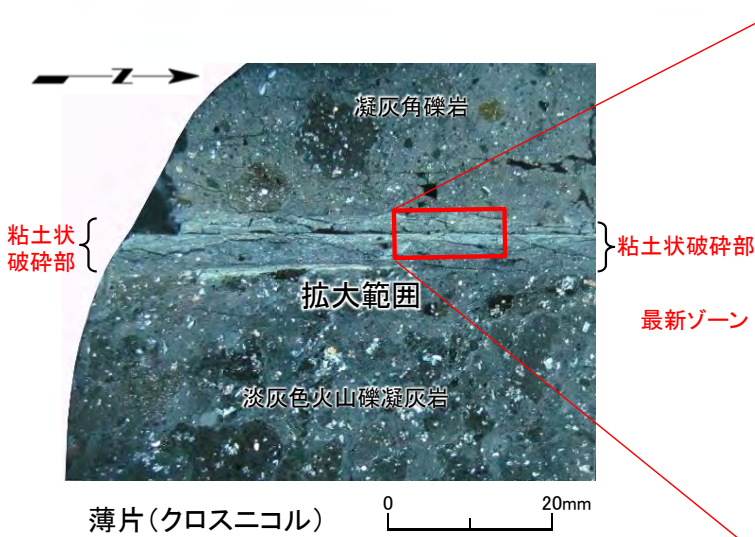
粘土状破砕部中には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる(クロスニコルの薄片写真は補足説明資料P.2-165参照)。

| | |
|--|---------------------|
| | フィリップサイト脈 |
| | フィリップサイトの微小結晶集合体の外周 |

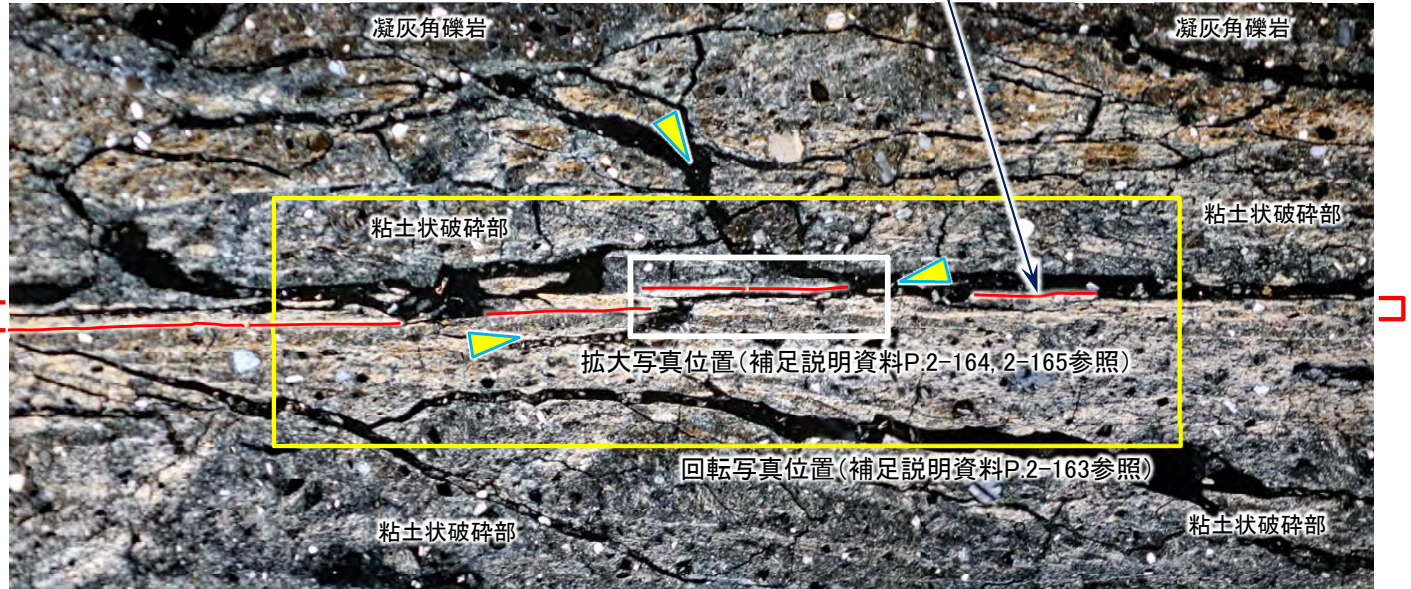
(余白)



② b) 薄片A(11/20) : 断層の最新面の認定(1/4) : 薄片観察(1/4)



薄片(オープンニコル)
補足説明資料P.2-164~P.2-166に記載の最新面(Y面)に繋がる北方の最新面(Y面)。



薄片(クロスニコル)
フィリップサイト脈の両端 最新面(Y面)

最新面の認定のため、粘土状破碎部の薄片観察を行った。

- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列等が卓越し、直線的に連続する幅約0.2mm~約0.3mmの最新ゾーンが認められ、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- 最新面(Y面)は画像中央部でステップしており、sF-1断層の右横ずれの変位センスと整合的である。
- 画像中央部では、最新面(Y面)及び最新面(Y面)を含む最新ゾーンを横切るフィリップサイト脈が認められるため、拡大写真位置で検討する。

注) 最新面(Y面)とフィリップサイト脈との関係を確認している範囲(拡大写真位置: 白枠内)以外には、薄片作製時の分離により、最新面(Y面)の認定が困難な部分があるが、最新ゾーンの認定は可能である。

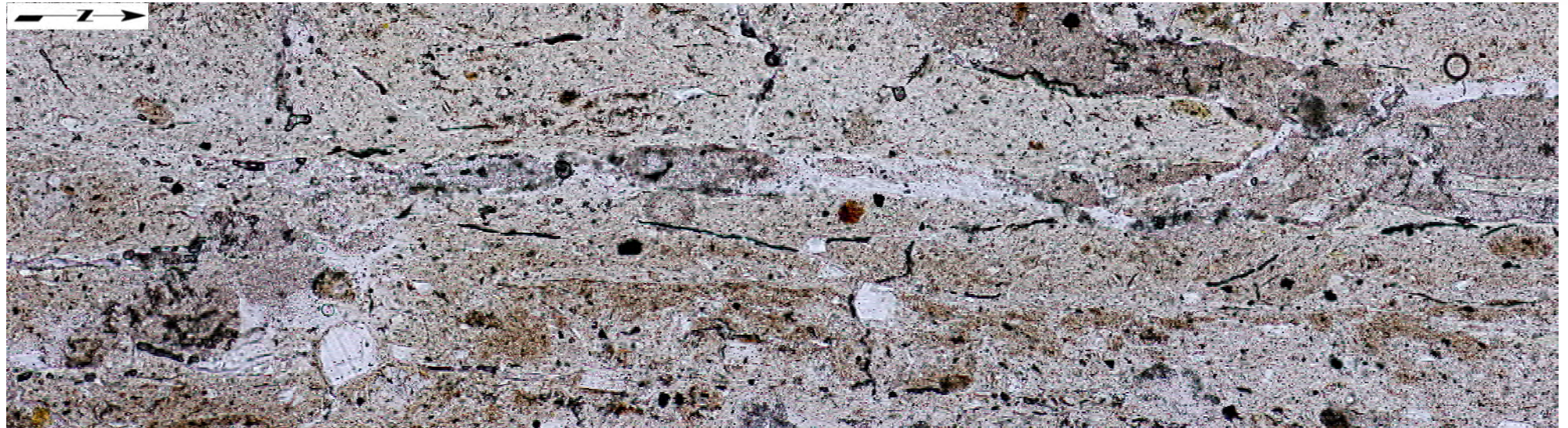


② b) 薄片A(12/20):断層の最新面の認定(2/4):薄片観察(2/4)

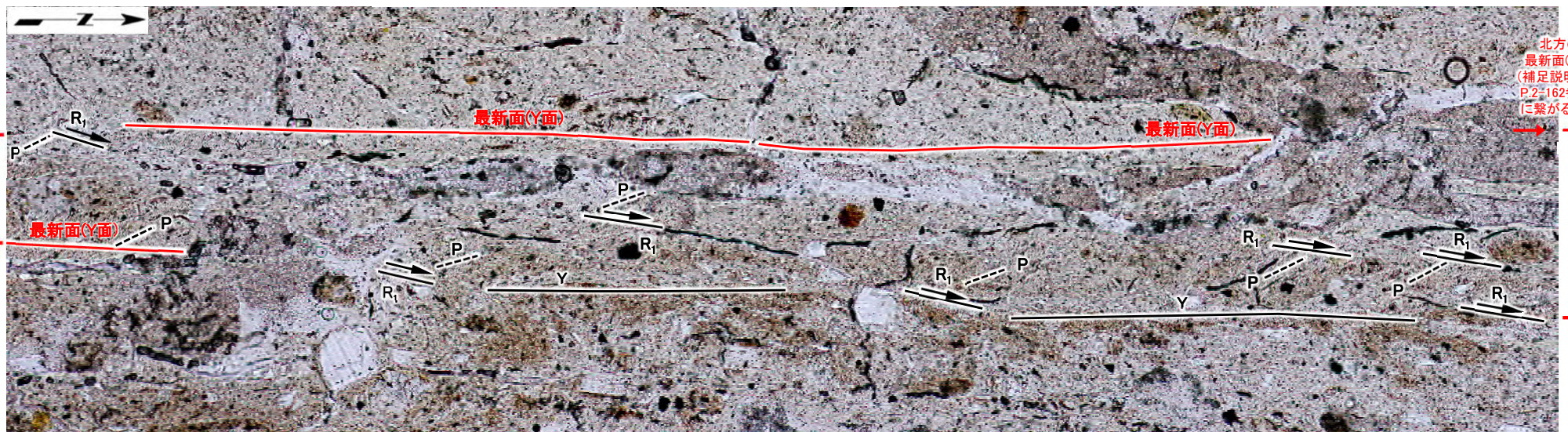


- クロスニコル下でステージを回転することにより、最新ゾーンでは、周囲の粘土状破碎部に比べて、粘土鉱物の配列が卓越して認められる。
- 詳細観察では複合面構造が卓越して認められる(補足説明資料P.2-165参照)。

② b) 薄片A(13/20):断層の最新面の認定(3/4):薄片観察(3/4)



拡大写真 薄片(オープンニコル)解釈線なし



最新ゾーン

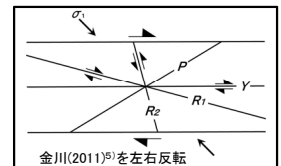
最新ゾーン (推定)

北方の最新面(Y面)
(補足説明資料 P.2-162参照)に繋がる位置

拡大写真 薄片(オープンニコル)解釈線有り*

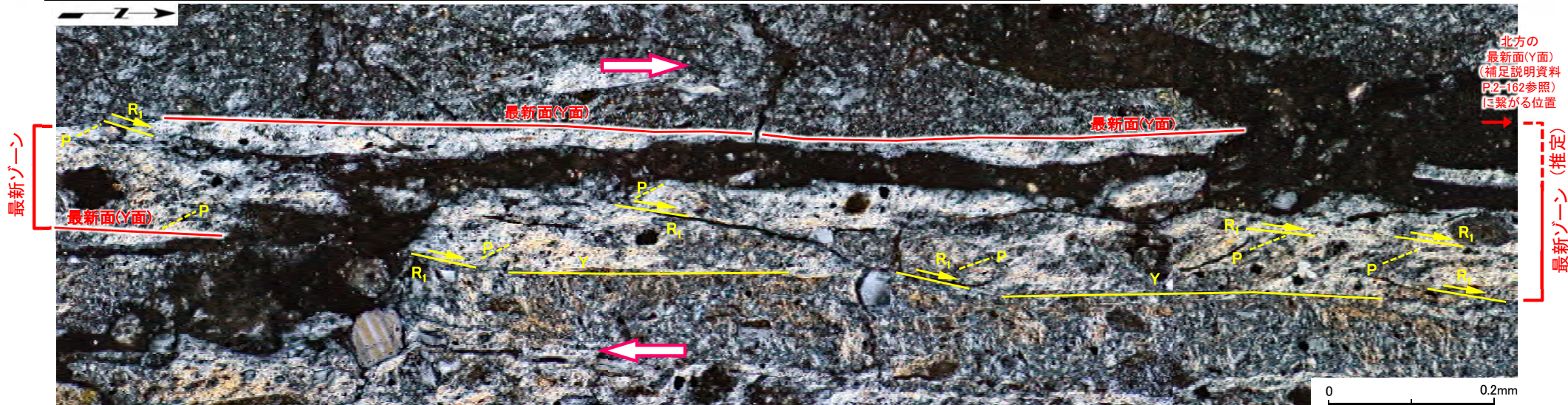
*: 薄片写真及び薄片スケッチに示す複合面構造(P面, R₁面)は、変位センスが認められる主なものを記載。

粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列等による右横ずれの変位センスを示す複合面構造が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの部分をも、最新ゾーンとして認定し、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した(補足説明資料P.2-165参照)。

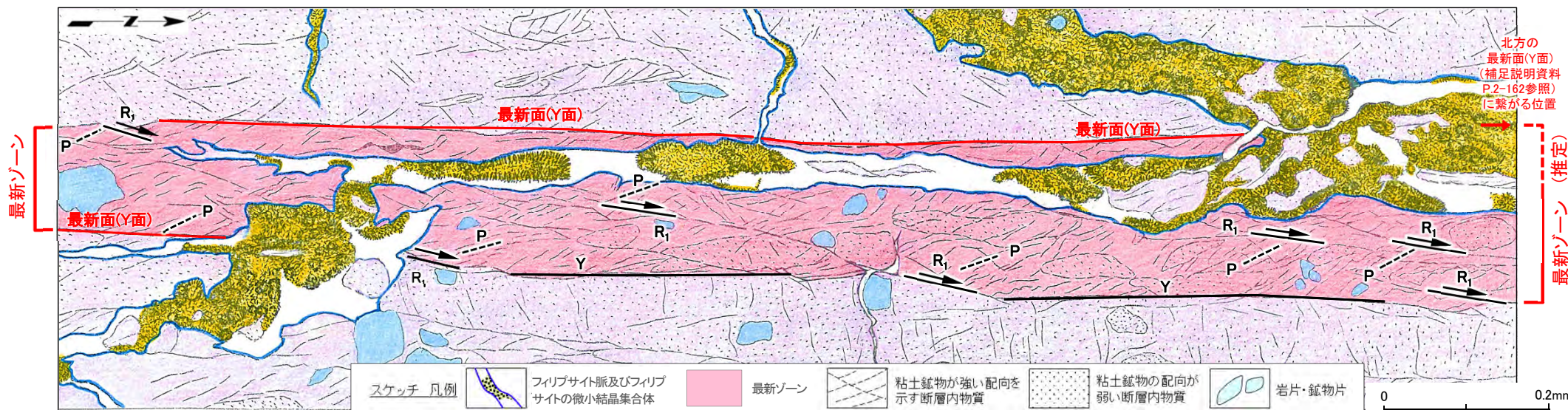




② b) 薄片A(14/20):断層の最新面の認定(4/4):薄片観察(4/4)



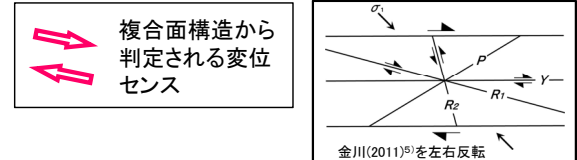
拡大写真 薄片(クロスニ科尔)*



薄片スケッチ*

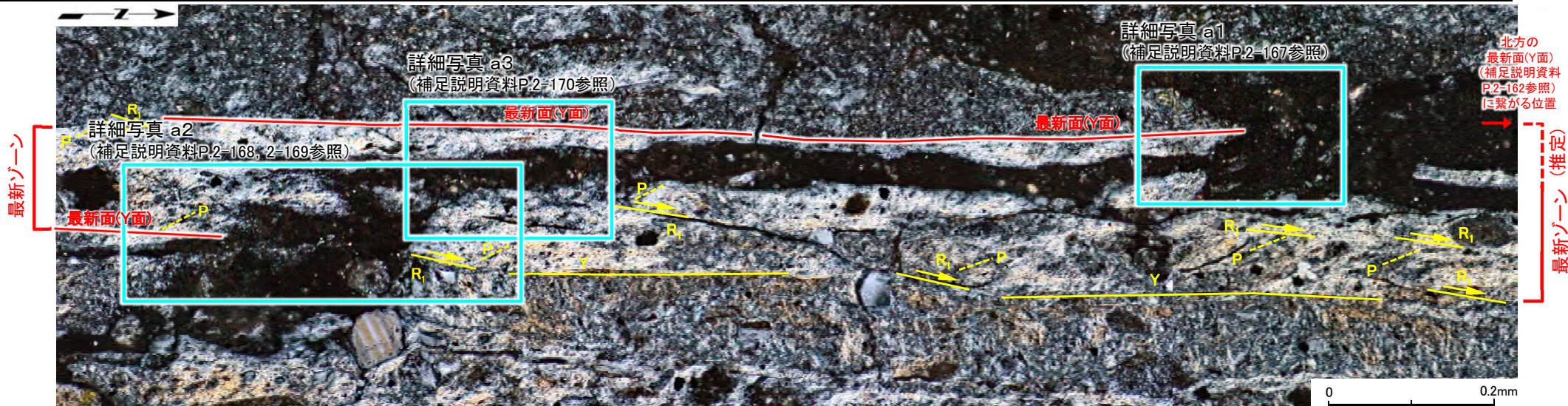
*: 薄片写真及び薄片スケッチに示す複合面構造(P面, R₁面)は、変位センスが認められる主なものを記載。

粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列等による右横ずれの変位センスを示す複合面構造が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの部分をも、最新ゾーンとして認定し、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。





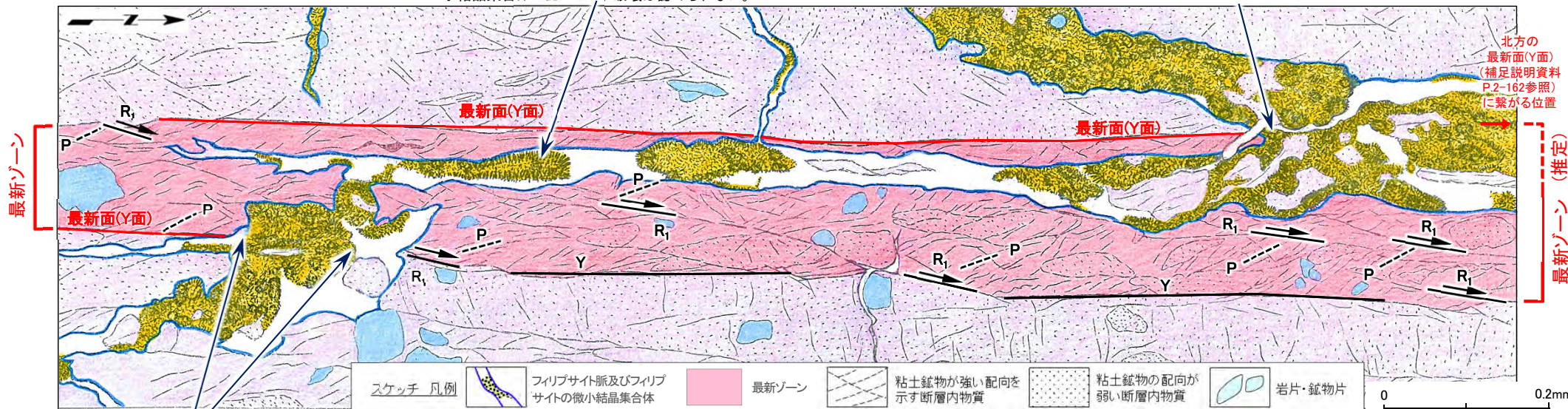
② b) 薄片A(15/20): 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(1/5): 薄片観察(1/5)



拡大写真 薄片(クロスニコル)*

最新ゾーン内部の微細な割れ目にフィリップサイトの微小結晶集合体が認められ、破壊は認められない。

フィリップサイト脈は、最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。最新面(Y面)の延長部にあるフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない(補足説明資料P.2-167参照)。

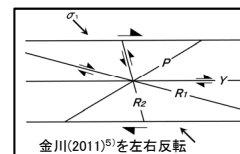


薄片スケッチ*

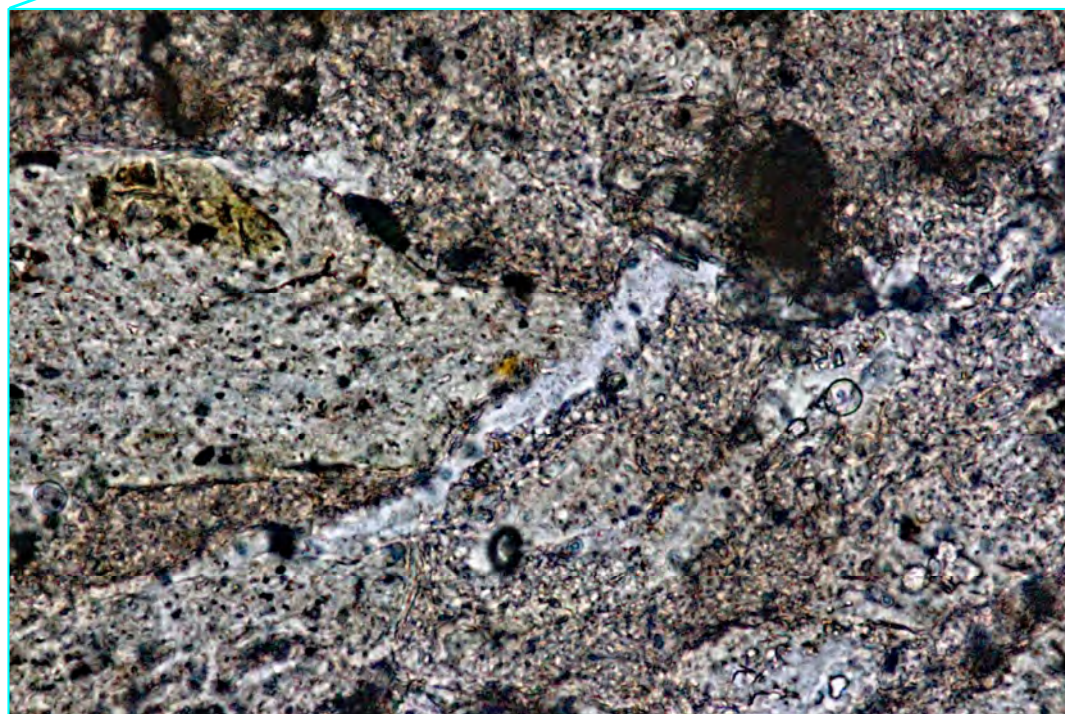
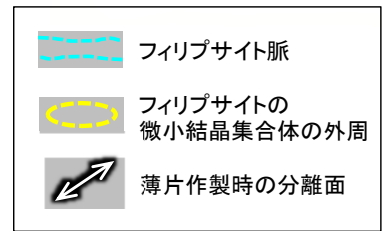
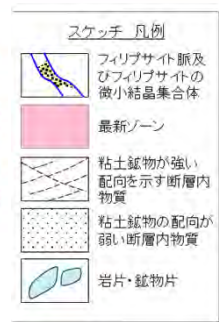
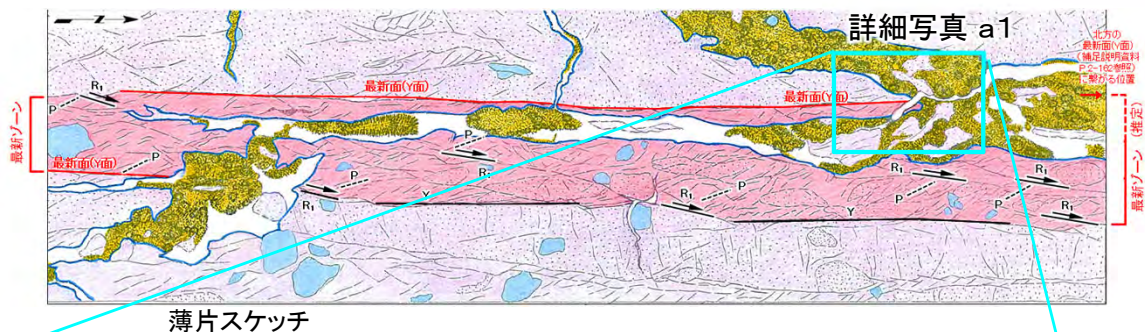
フィリップサイト脈は、最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。最新面(Y面)及びR₁面の延長部にあるフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない(補足説明資料P.2-168, P.2-169参照)。

*: 薄片写真及び薄片スケッチに示す複合面構造(P面, R₁面)は、変位センスが認められる主なものを記載。

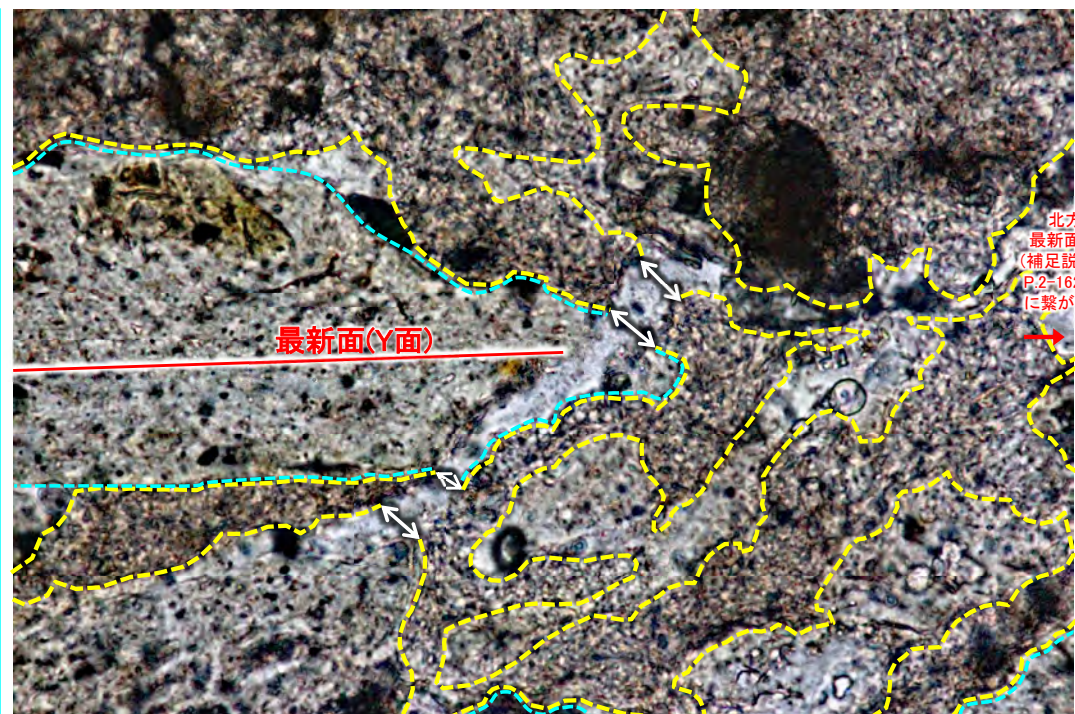
- ・ フィリップサイト脈は、最新ゾーンの西側(右上)及び東側(左下)で、最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- ・ さらに、フィリップサイト脈は、最新面(Y面)及びR₁面を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められない。
- ・ フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーン西側で、最新面(Y面)を横切って晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない(補足説明資料P.2-167 詳細写真 a1参照)。
- ・ フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーン東側で、最新面(Y面)及びR₁面を横切って晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない(補足説明資料P.2-168, P.2-169 詳細写真 a2参照)。
- ・ 以上のことから、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。



② b) 薄片A(16/20): 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(2/5): 薄片観察(2/5)



詳細写真 a1 薄片(オープンニコル) 解釈線なし



詳細写真 a1 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

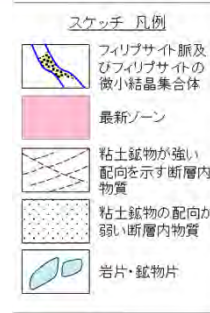
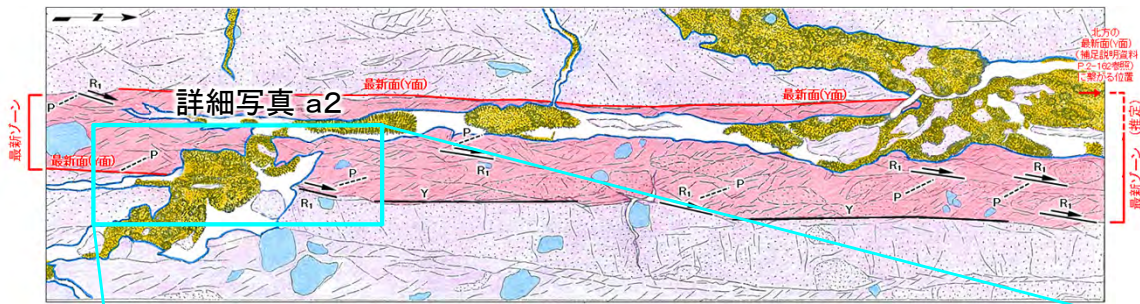
最新ゾーン西側のフィリップサイトの微小結晶集合体

- 詳細写真a1では、フィリップサイト脈は最新ゾーン西側の最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーンの内部と外部で性状に違いはなく、最新ゾーン形成後の再結晶や破壊は認められない。
- したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

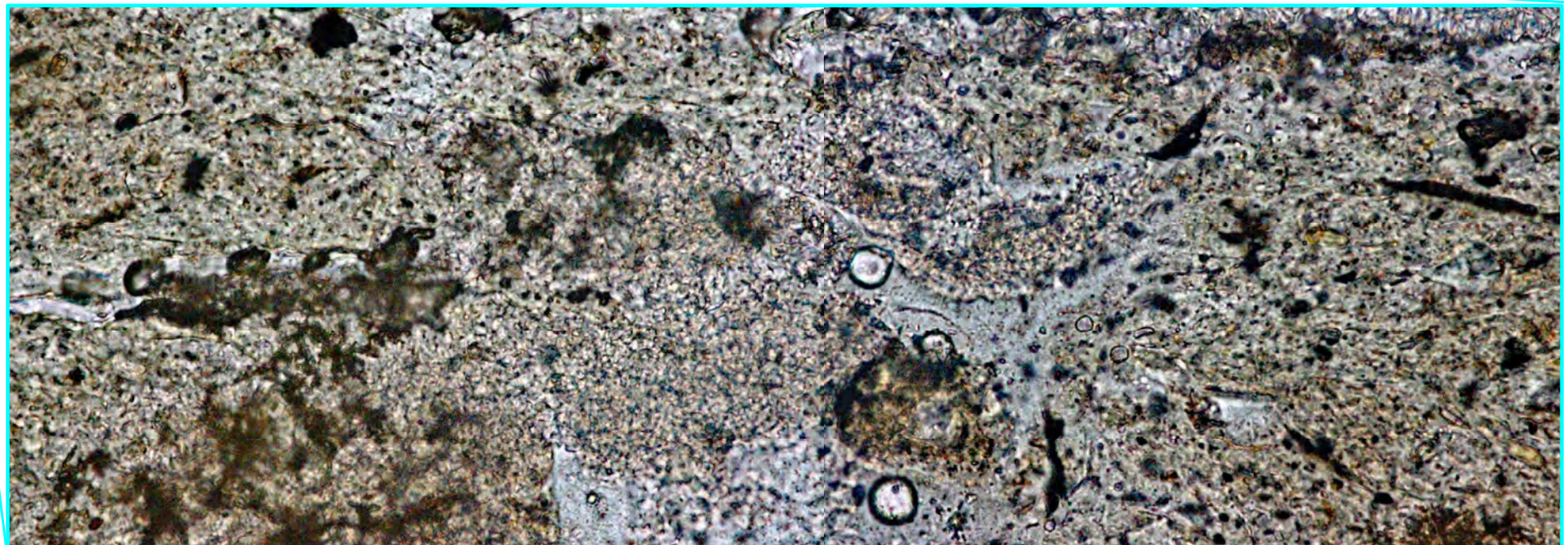


② b) 薄片A(17/20): 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(3/5): 薄片観察(3/5)

(解釈線なし)



薄片スケッチ



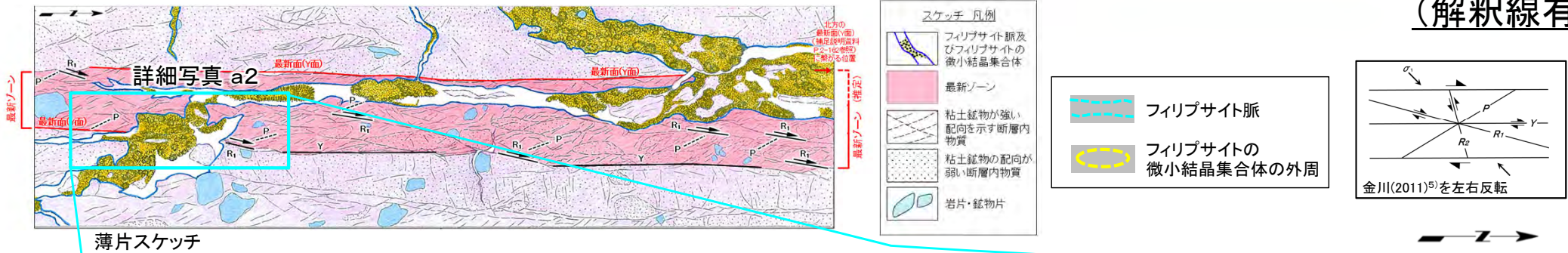
詳細写真 a2 薄片(オープンニコル) 解釈線なし

0 0.1mm

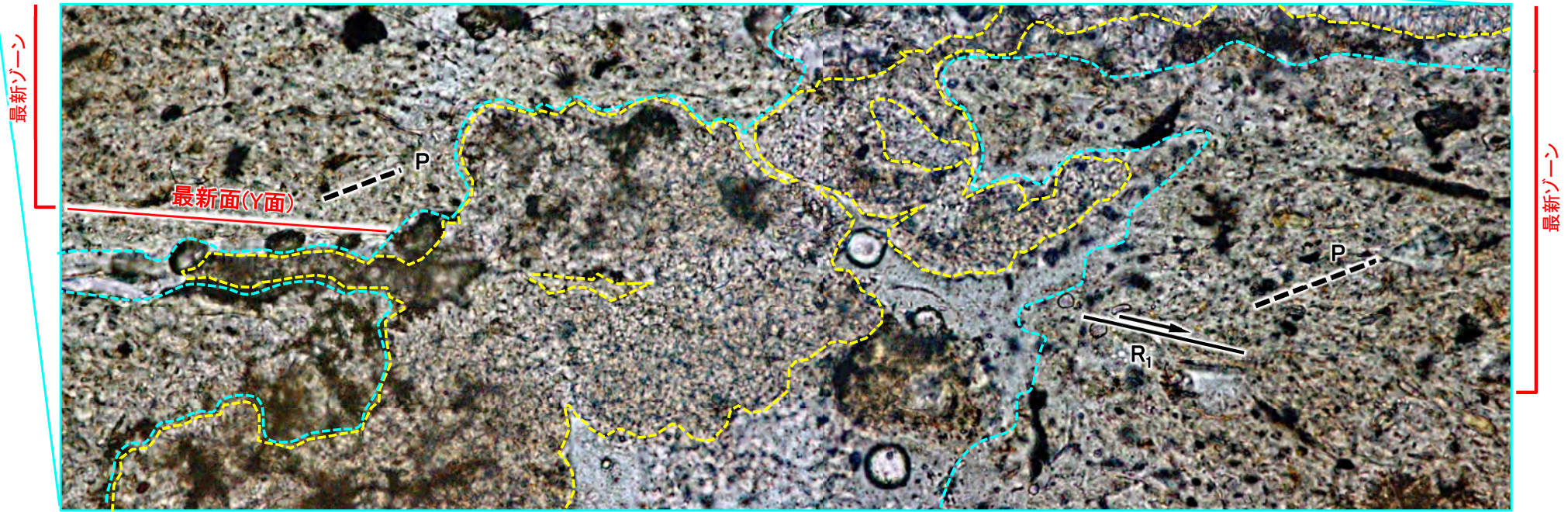
最新ゾーン東側のフィリップサイトの微小結晶集合体

② b) 薄片A (18/20) : 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価 (4/5) : 薄片観察 (4/5)

(解釈線有り)



薄片スケッチ

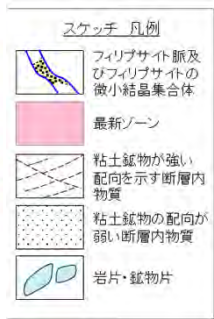
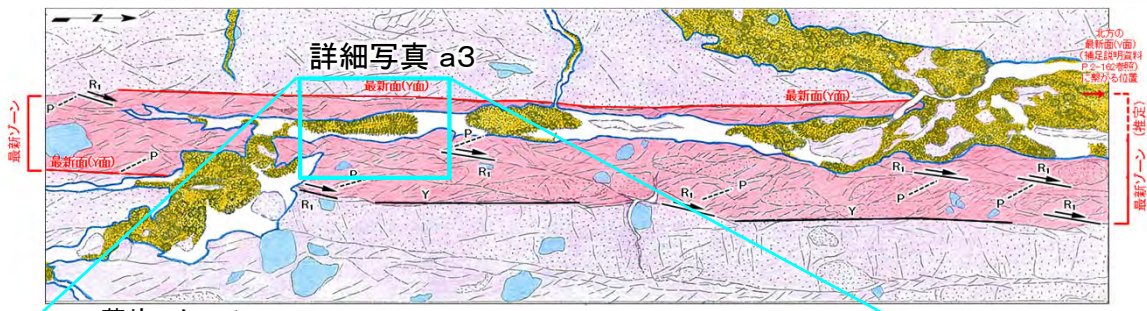


詳細写真 a2 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

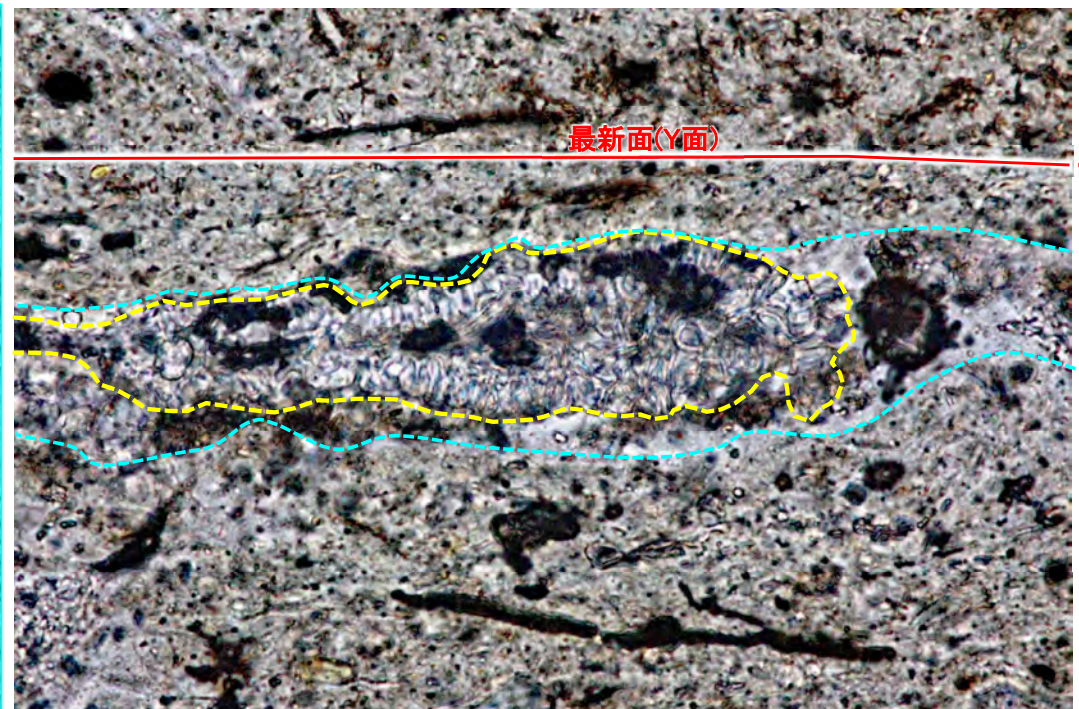
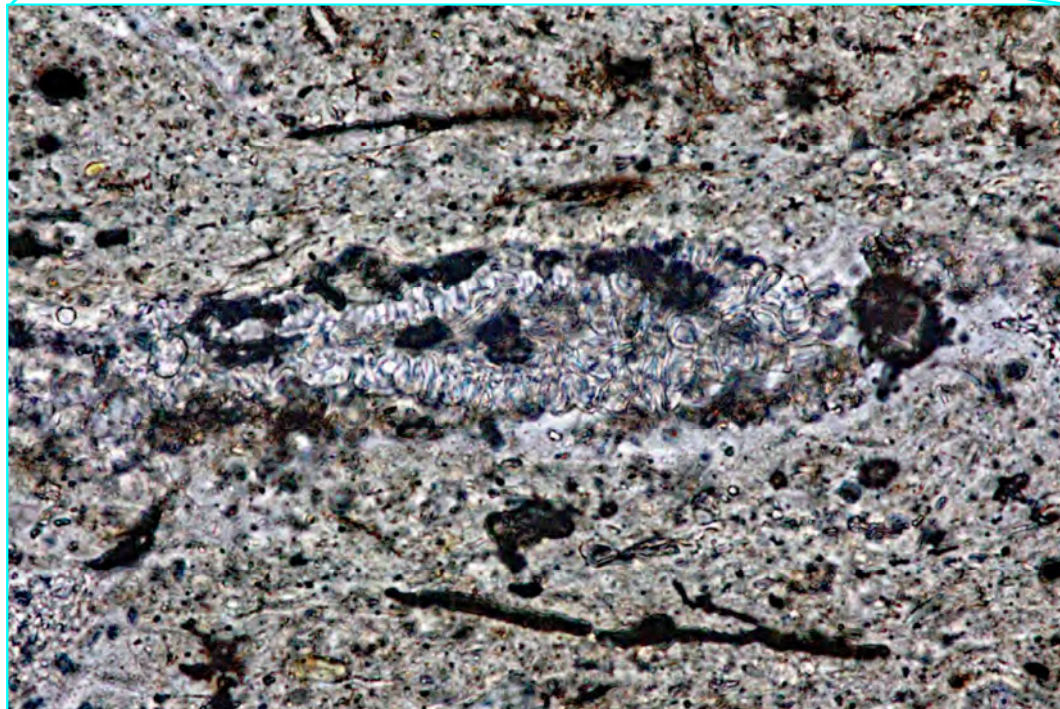
最新ゾーン東側のフィリップサイトの微小結晶集合体

- 詳細写真a2では、フィリップサイト脈は最新ゾーン東側の最新面(Y面)及び最新面(Y面)形成に伴う複合面構造の一つである R_1 面を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーンの内部と外部で性状に違いはなく、最新ゾーン形成後の再結晶や破壊は認められない。
- したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

② b) 薄片A(19/20) : 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(5/5) : 薄片観察(5/5)



薄片スケッチ



最新ゾーン

詳細写真 a3 薄片(オープンニコル)解釈線なし

詳細写真 a3 薄片(オープンニコル)解釈線有り

最新ゾーン内部のフィリップサイトの微小結晶集合体

- 詳細写真a3では、最新ゾーン内部に分布するフィリップサイト脈中にはフィリップサイトの微小結晶集合体が認められ、その中のフィリップサイトの微小な柱状結晶は最新面(Y面)に直交する方向へ晶出し、破壊は認められない。
- したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

② b) フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価: 薄片A(20/20):まとめ

【フィリップサイト脈の確認】

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

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

【最新面の認定】

薄片観察により, 粘土状破碎部中において, 粘土鉱物の配列等による右横ずれセンスを示す複合面構造が卓越して認められ, 直線的に連続する幅約0.2mm~約0.3mmの部分を, 最新ゾーンとして認定し, 最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。

【最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価】

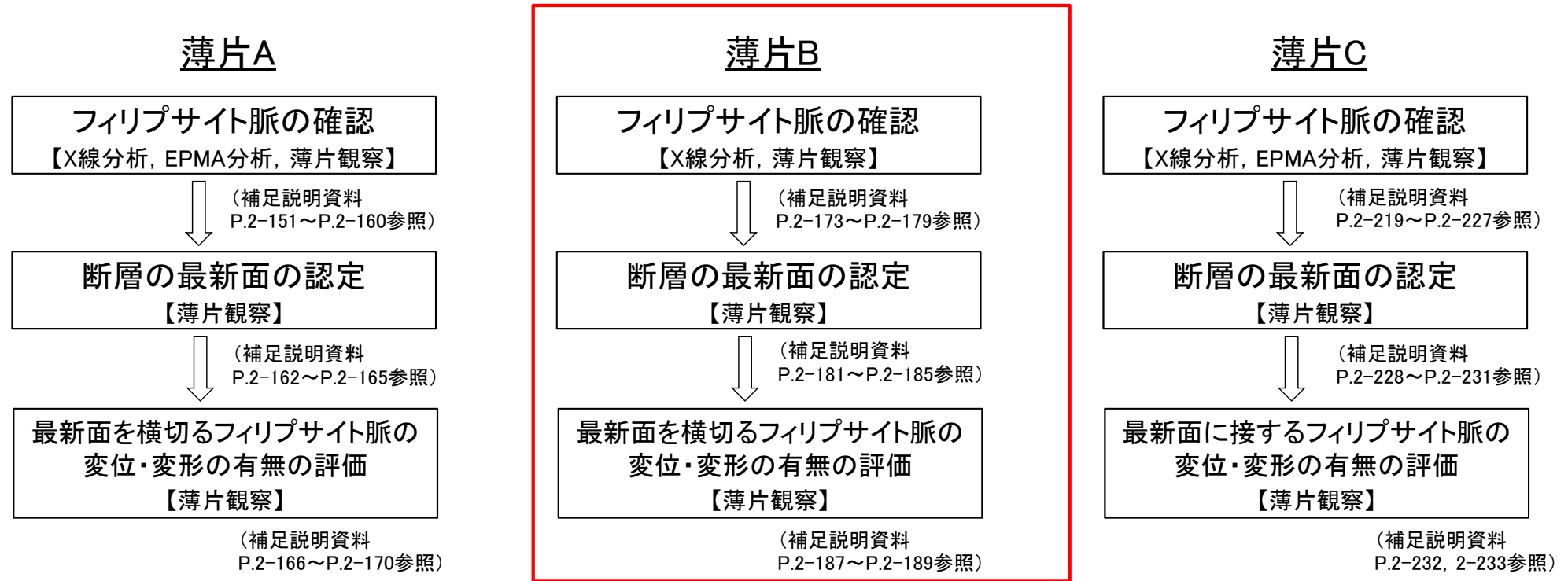
- フィリップサイト脈は, 最新面(Y面)を横切って分布し, 変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈は, 最新面(Y面)及びR₁面を含む最新ゾーンを横切って分布し, 変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は, 最新ゾーン内部に発達する最新面(Y面)やR₁面を横切って晶出し, フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない。
- したがって, フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。



薄片Aの観察によりフィリップサイト脈は最新面を横切って分布し, 変位・変形は認められないことから, 後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられるフィリップサイト脈の形成以降の断層活動はなく, sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言える。

② b) フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価:
薄片B(1/17):評価の流れ

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



2.3.1 ② フィリップサイト脈による活動性評価(34/50)

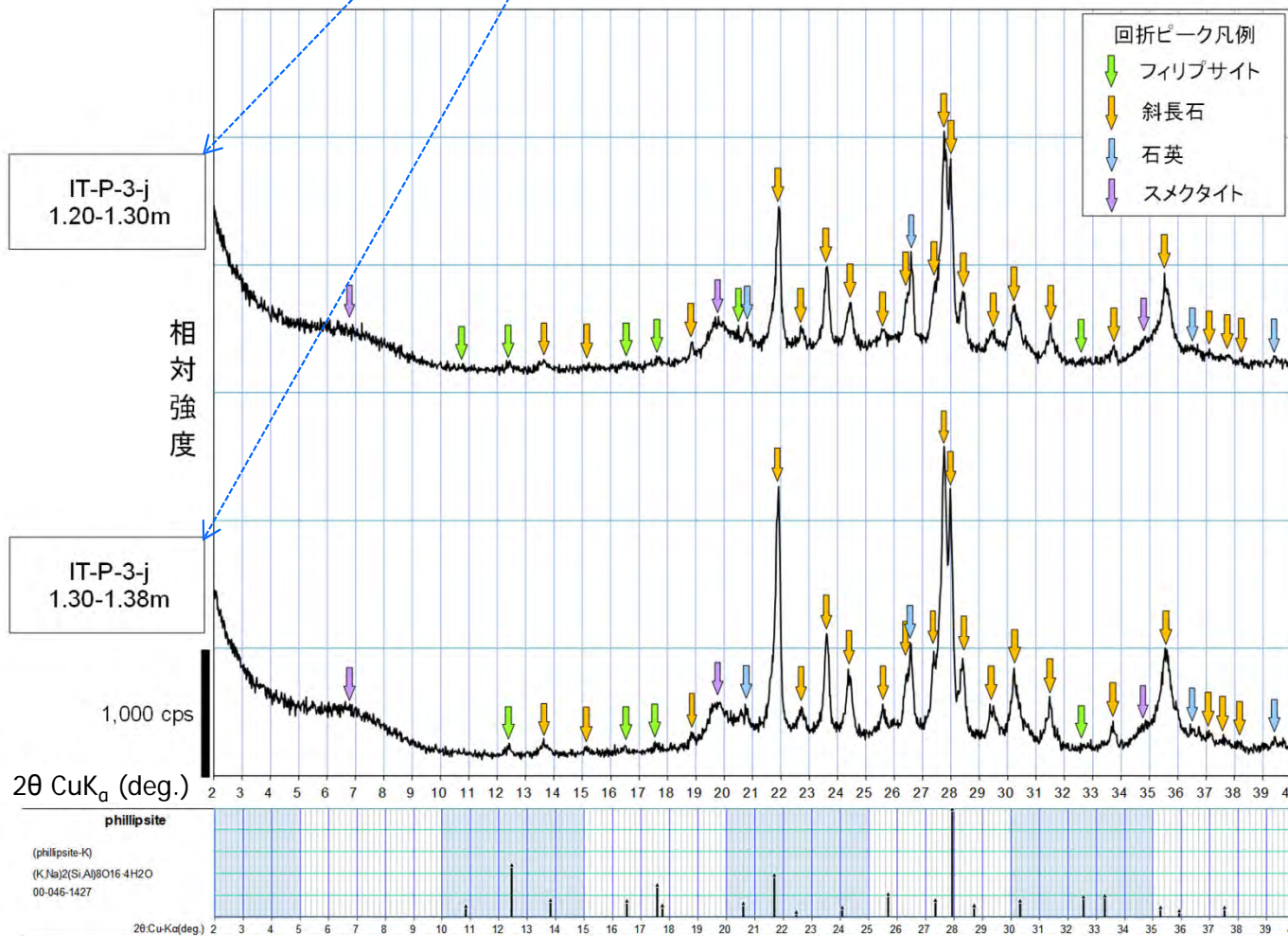
② b) 薄片B(2/17):フィリップサイト脈の確認(1/7):X線分析

IT-P-3-j孔(深度1m~2m区間) 薄片試料採取区間: 1.10m~1.20m



凡例

X線分析試料採取区間
(コア表面付近の断層内物質を採取)

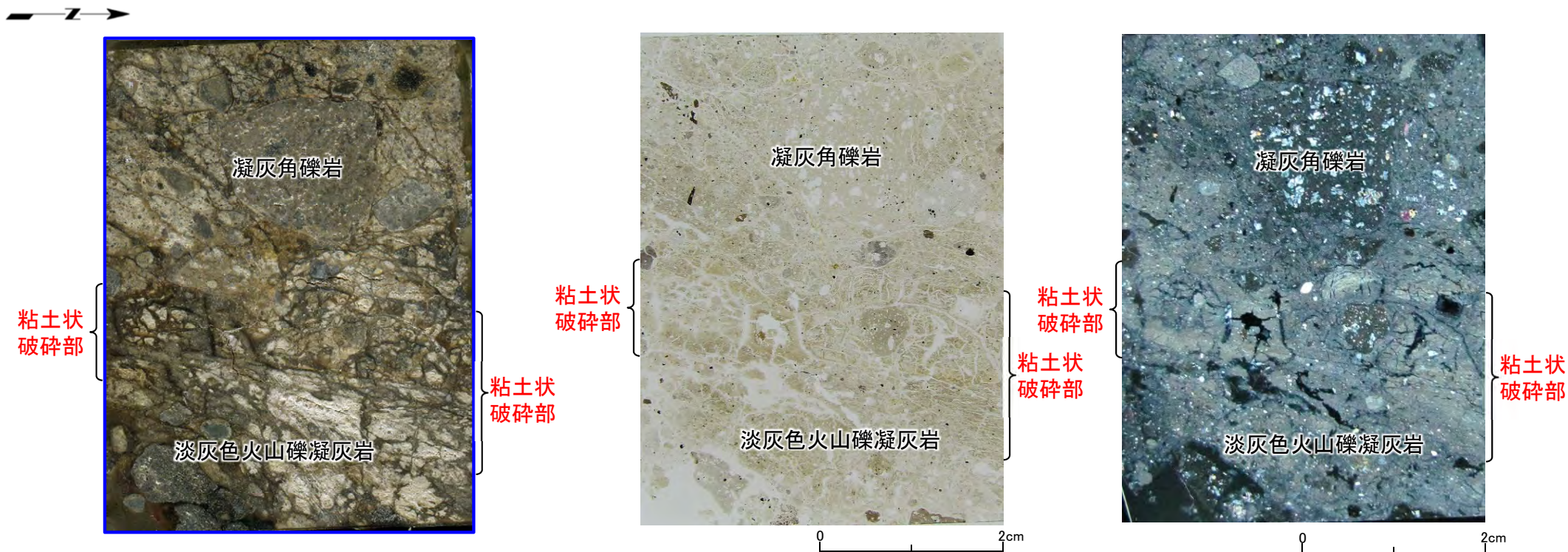


フィリップサイトの確認のため、断層内物質のX線分析を実施した。

- 薄片Bの試料を採取したIT-P-3-j孔では、断層面(粘土状破碎部)は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に分布し、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質のX線分析(不定方位)の結果、フィリップサイトに特徴的な回折ピーク(2θ=12.44°, 17.57°等、補足説明資料P.2-215参照)が認められる。

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

② b) 薄片B(4/17):フィリップサイト脈の確認(3/7):薄片観察(2/6)



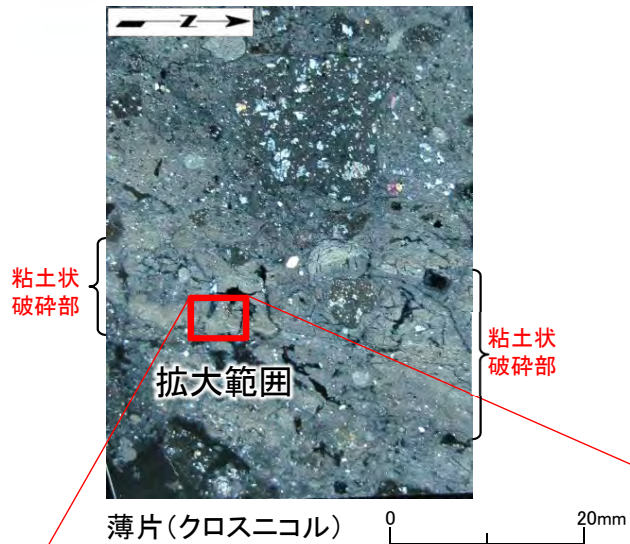
薄片作製後のチップ
(チップ下面の画像を左右反転)

薄片 (チップ下面を上から見る, 左:オープンニコル, 右:クロスニコル)

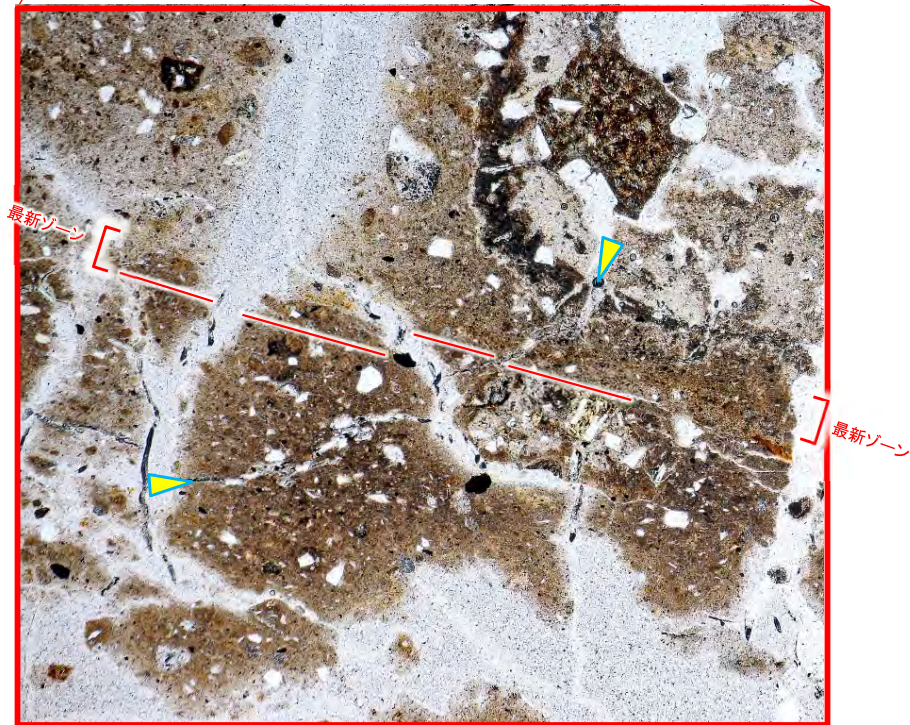
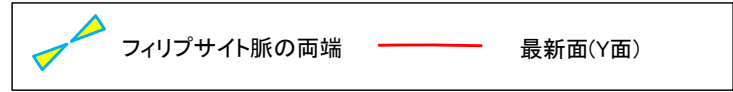
- IT-P-3-j孔の1.10m~1.20m区間の半割コアから粘土状破碎部を水平方向に横断する薄片Bを作製した。
- チップと薄片の画像では, おおむね直線的な粘土状破碎部が認められる。



② b) 薄片B(5/17):フィリップサイト脈の確認(4/7):薄片観察(3/6)

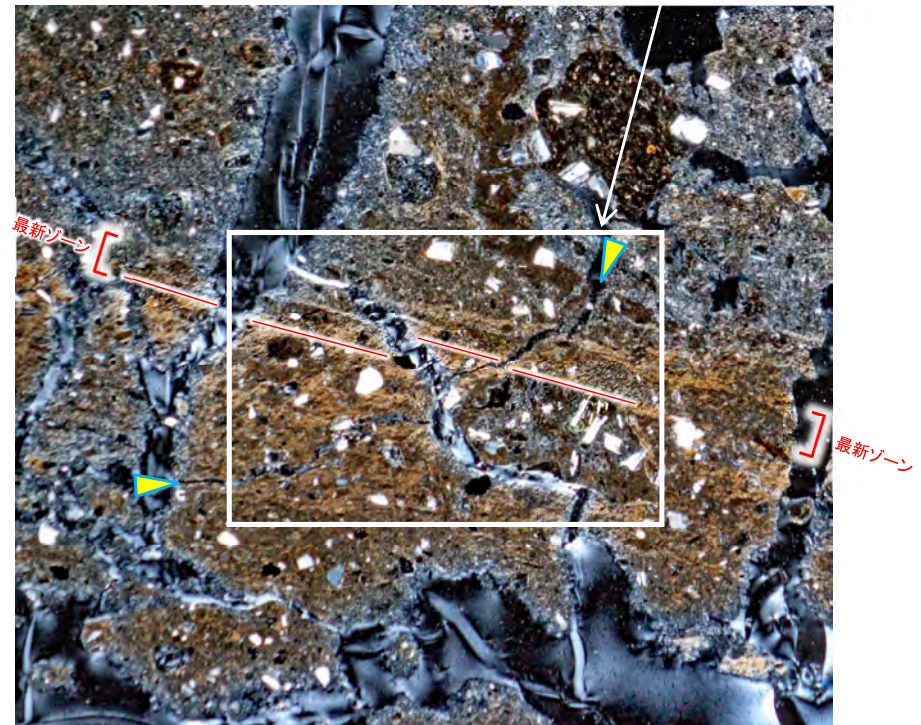


粘土状破砕部中には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が長さ約2mm~約3mmで認められる。



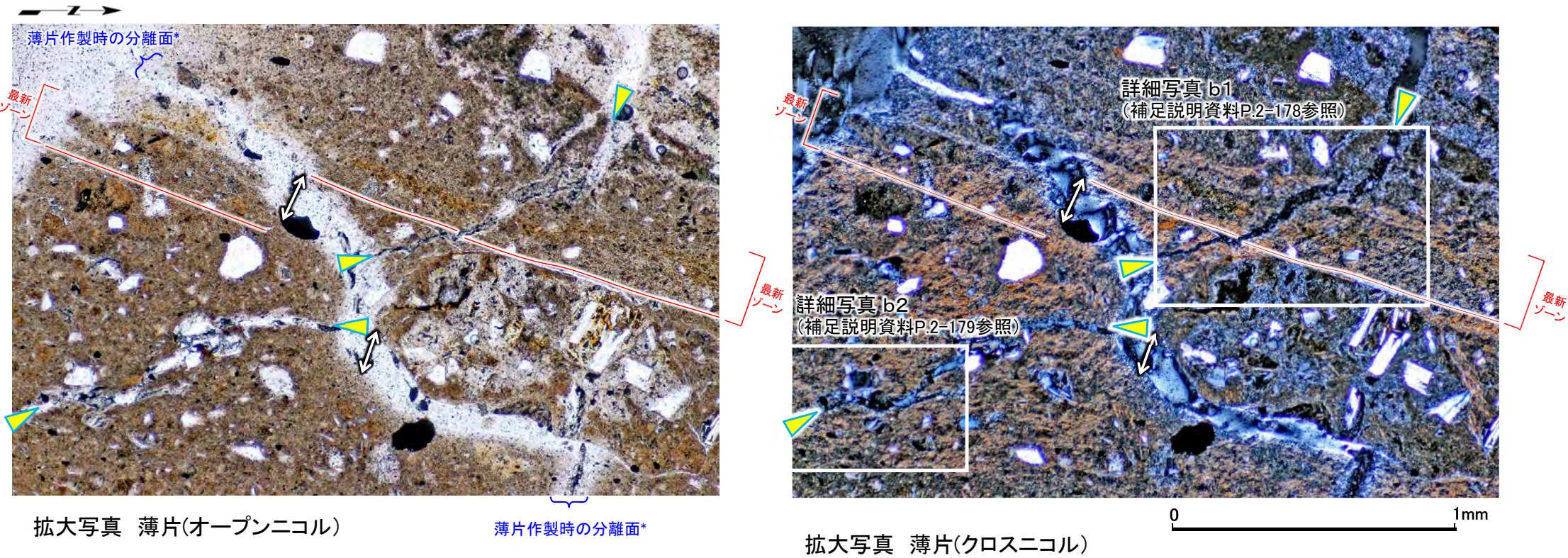
薄片(オープンニコル)

拡大写真位置
(補足説明資料P.2-177参照)



薄片(クロスニコル)

② b) 薄片B(6/17):フィリップサイト脈の確認(5/7):薄片観察(4/6)

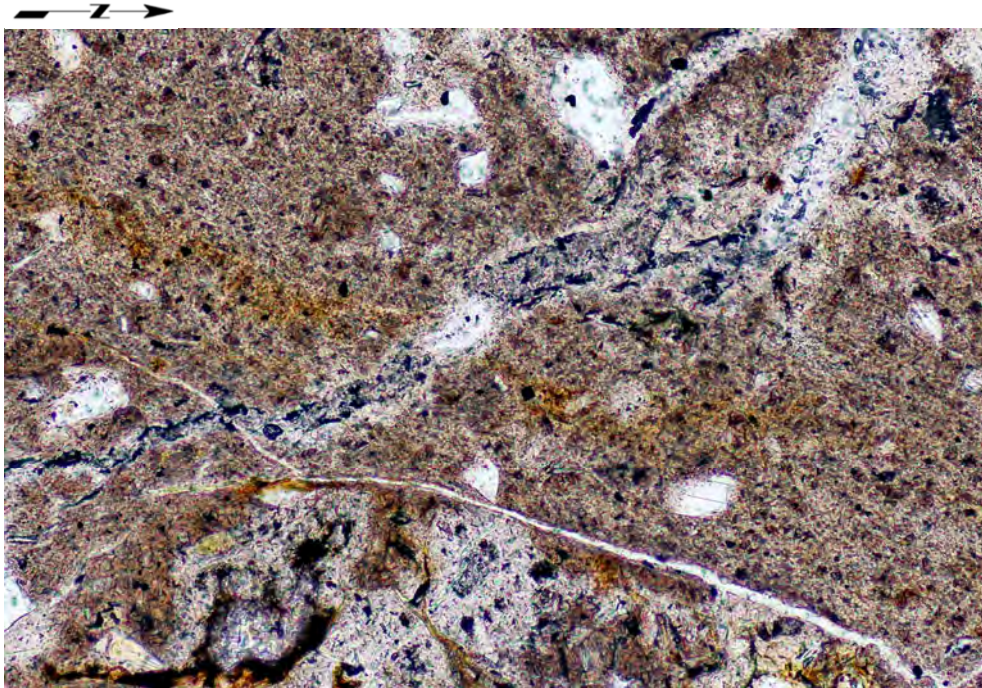


- フィリップサイト脈は、薄片作製時の分離面*により、詳細写真b1-b2の間で不連続となっている。
- 詳細写真b1-b2間におけるフィリップサイト脈の方向・幅・不規則な形状は類似しており、本来一連であったか、少なくとも同じ成因で形成されたと考えられることから、同じフィリップサイト脈として一括する。

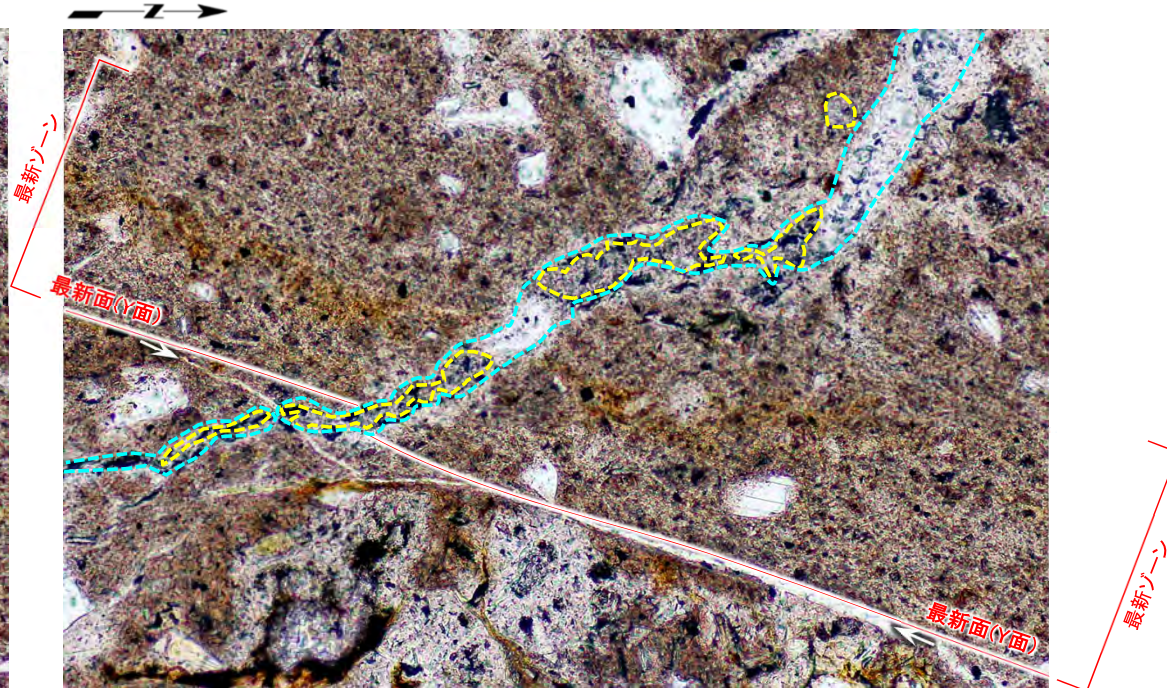
*: 薄片作製時の分離面の詳細については、補足説明資料P.2-182を参照。

| | |
|--|--------------|
| | フィリップサイト脈の両端 |
| | 薄片作製時の分離面 |
| | 最新面(Y面) |

② b) 薄片B(7/17):フィリップサイト脈の確認(6/7):薄片観察(5/6)






詳細写真 b1 薄片(オープンニコル)解釈線なし



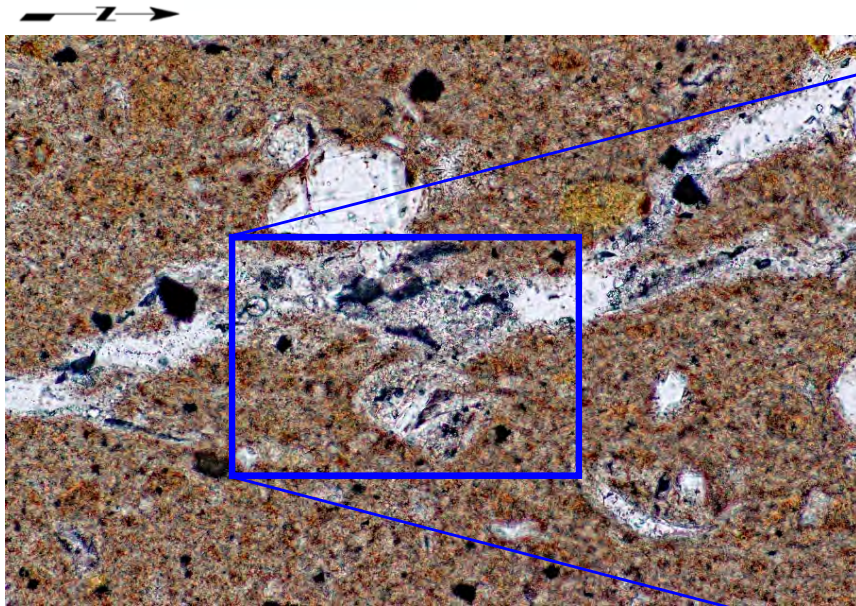
詳細写真 b1 薄片(オープンニコル)解釈線有り

0 0.2mm

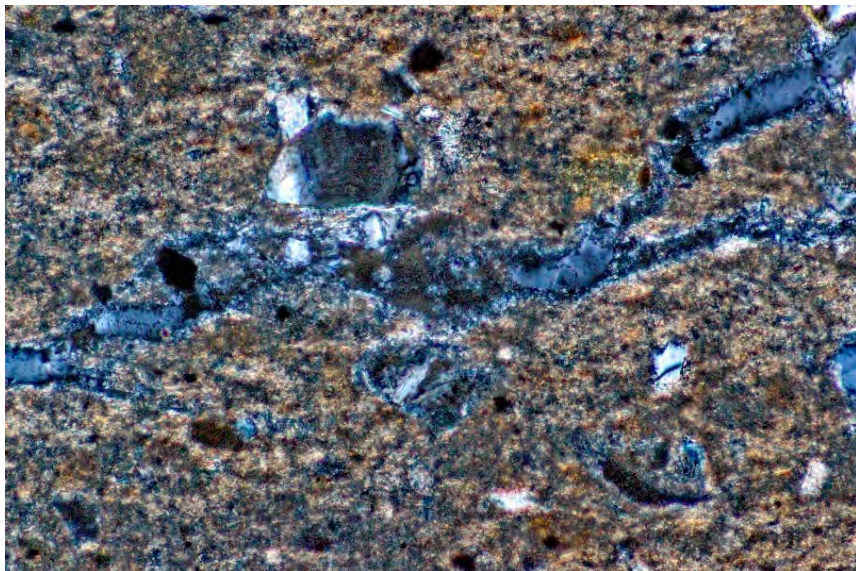
-  フィリップサイト脈
-  フィリップサイトの微小結晶集合体の外周
-  薄片作製時の分離面

詳細写真b1の粘土状破碎部中には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる(クロスニコルの薄片写真は補足説明資料P.2-185参照)。

② b) 薄片B(8/17):フィリップサイト脈の確認(7/7):薄片観察(6/6)



詳細写真 b2 薄片(オープンニコル)



詳細写真 b2 薄片(クロスニコル)



薄片(オープンニコル)

- フィリップサイト脈
- フィリップサイトの微小結晶集合体の外周
- PI 斜長石

詳細写真b2の微細な割れ目には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められ、その壁面や内部にはフィリップサイトの微小結晶集合体が認められる。

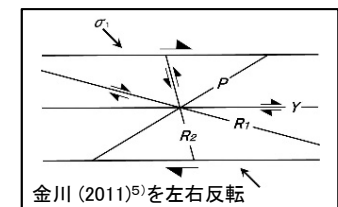
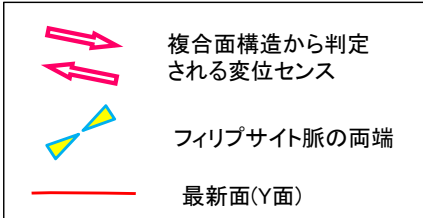
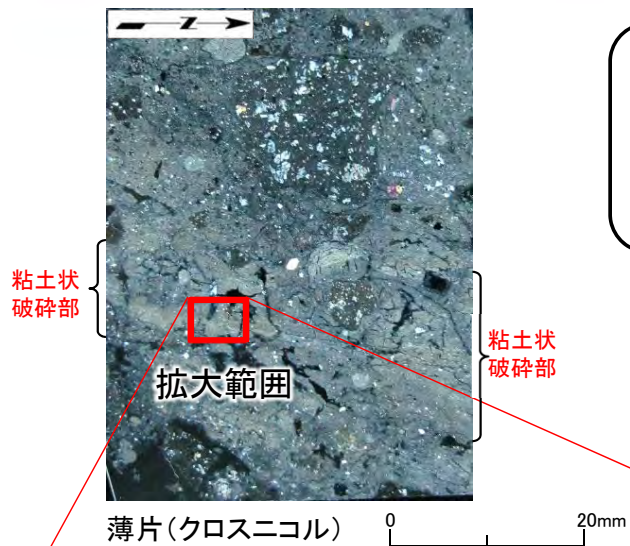
(余白)



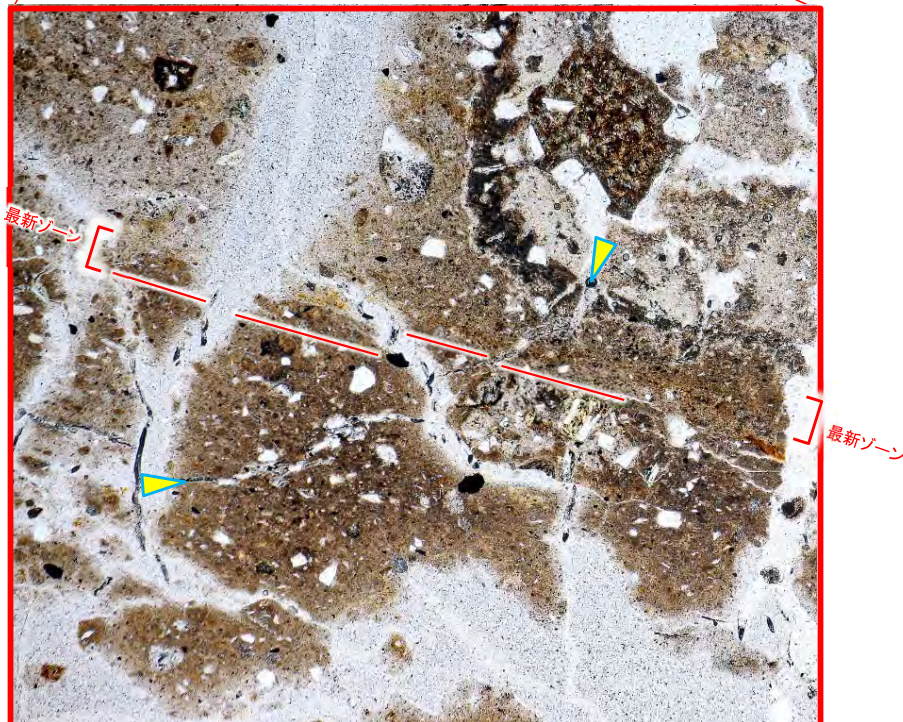
② b) 薄片B(9/17):断層の最新面の認定(1/5):薄片観察(1/5)

最新面の認定のため、粘土状破碎部の薄片観察を行った。

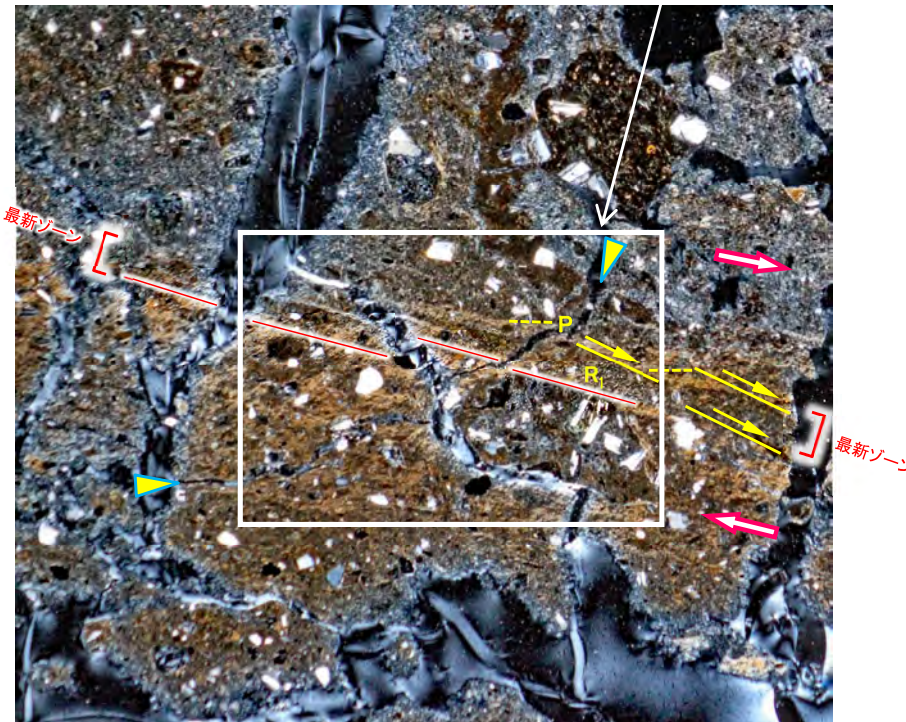
- 粘土状破碎部には、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの最新ゾーンが認められ、粘土鉱物の配列等が卓越し、右横ずれの変位センスを示す。
- 最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。



拡大写真位置
(補足説明資料P.2-182参照)

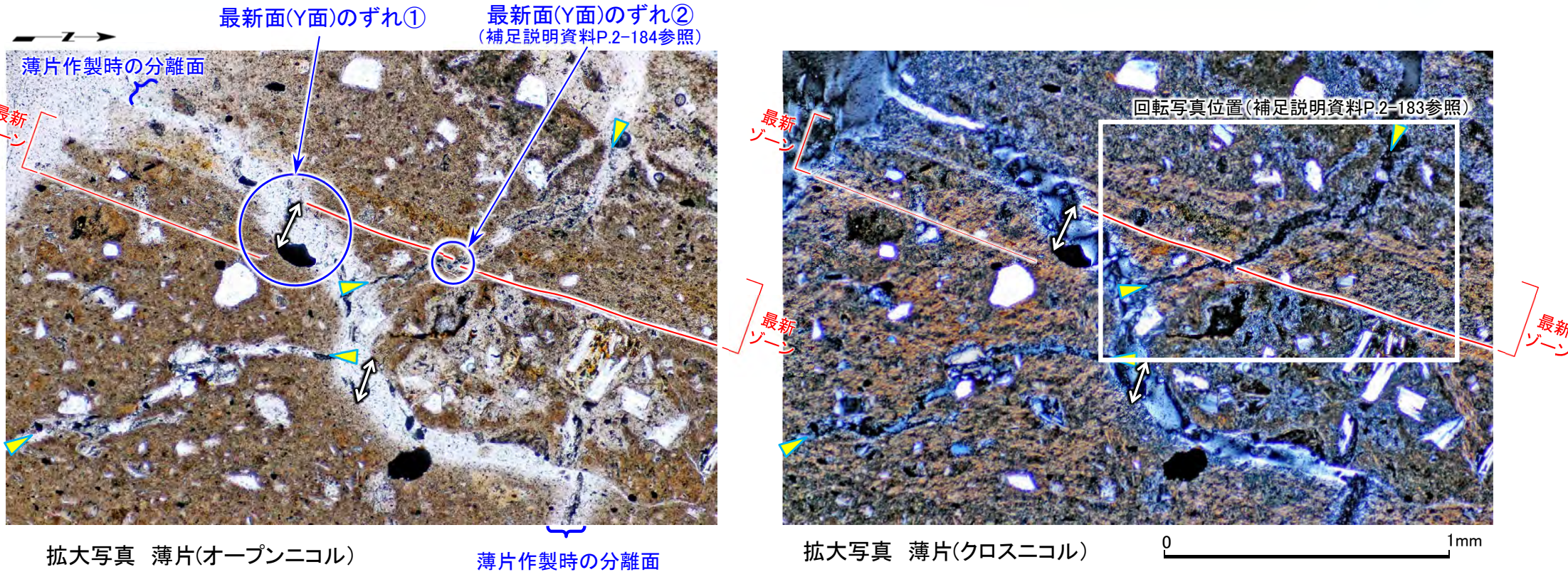


薄片(オープンニコル)



薄片(クロスニコル)

② b) 薄片B(10/17):断層の最新面の認定(2/5):薄片観察(2/5)

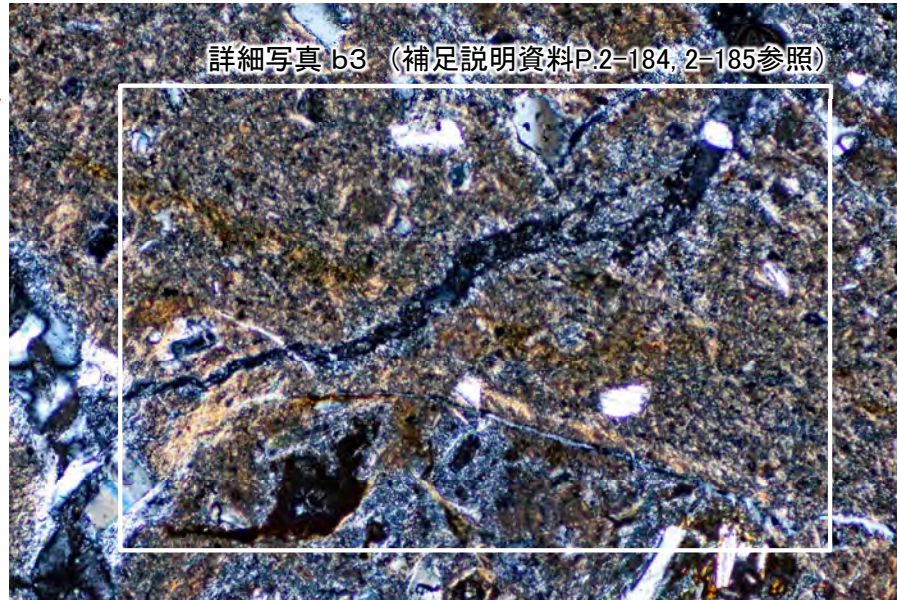


- 粘土状破碎部には、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの最新ゾーンが認められ、粘土鉱物の配列等が卓越し、右横ずれの変位センスを示す。
- 最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- なお、最新面(Y面)は、写真中央の割れ目により約0.2mmのずれが認められるが(最新面(Y面)のずれ①:写真の○印部分)、これは割れ目両壁の形状が一致しその間を薄片作製時の樹脂が埋めていることから、薄片作製時に分離・開口したことにより、見掛け上ずれているように見えるものである(薄片作製時の分離面の矢印参照)。したがって、割れ目を挟んだ最新面(Y面)は一連のものと認定できることから、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。

| | |
|--|--------------|
| | フィリップサイト脈の両端 |
| | 薄片作製時の分離面 |
| | 最新面(Y面) |

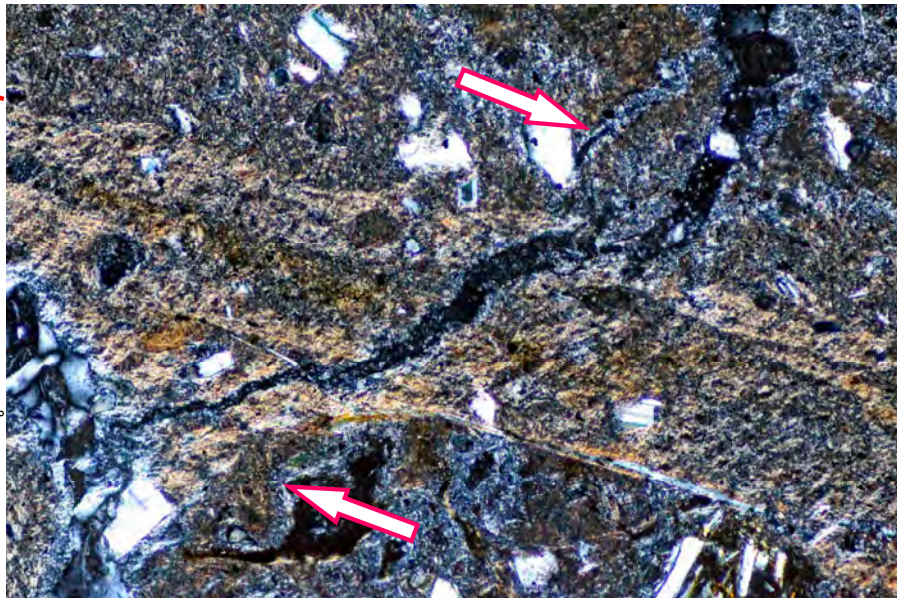
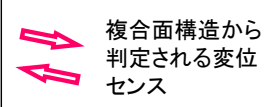


② b) 薄片B(11/17):断層の最新面の認定(3/5):薄片観察(3/5)

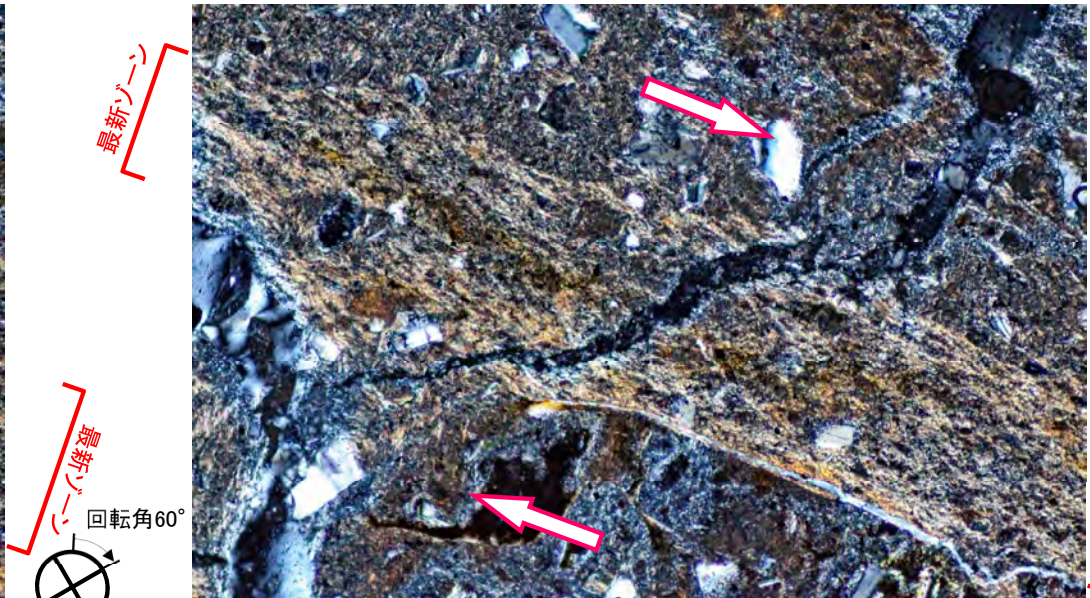


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 0° 回転

- クロスニコル下でステージを回転することにより、最新ゾーンでは、周囲の粘土状破碎部に比べて、粘土鉱物の配列が卓越して認められる。
- 詳細観察では複合面構造が卓越して認められる(補足説明資料P.2-185参照)。

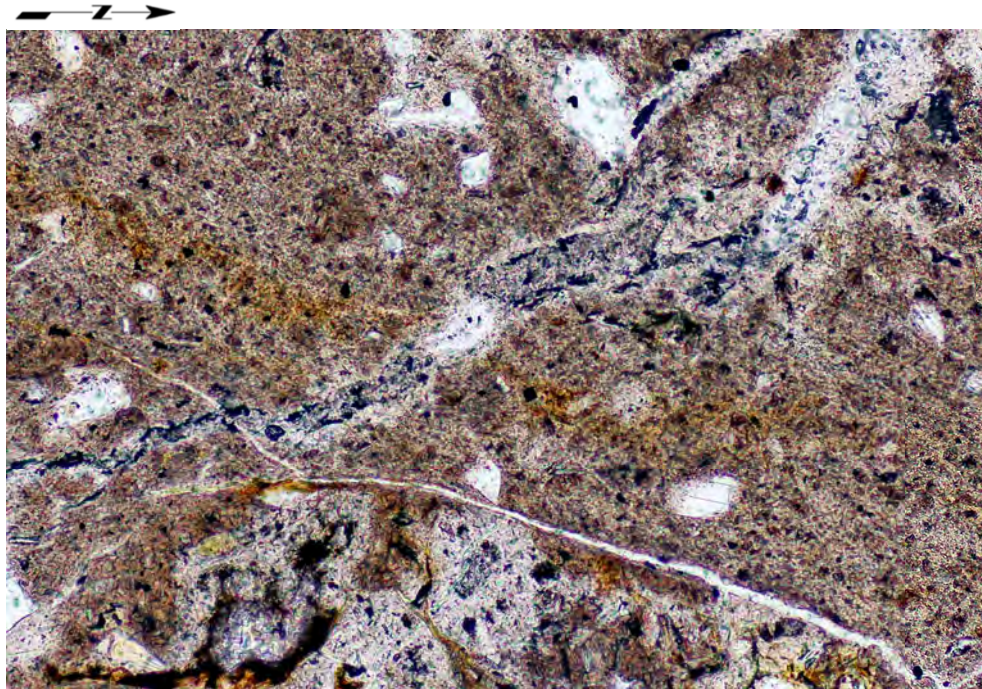


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 30° 回転

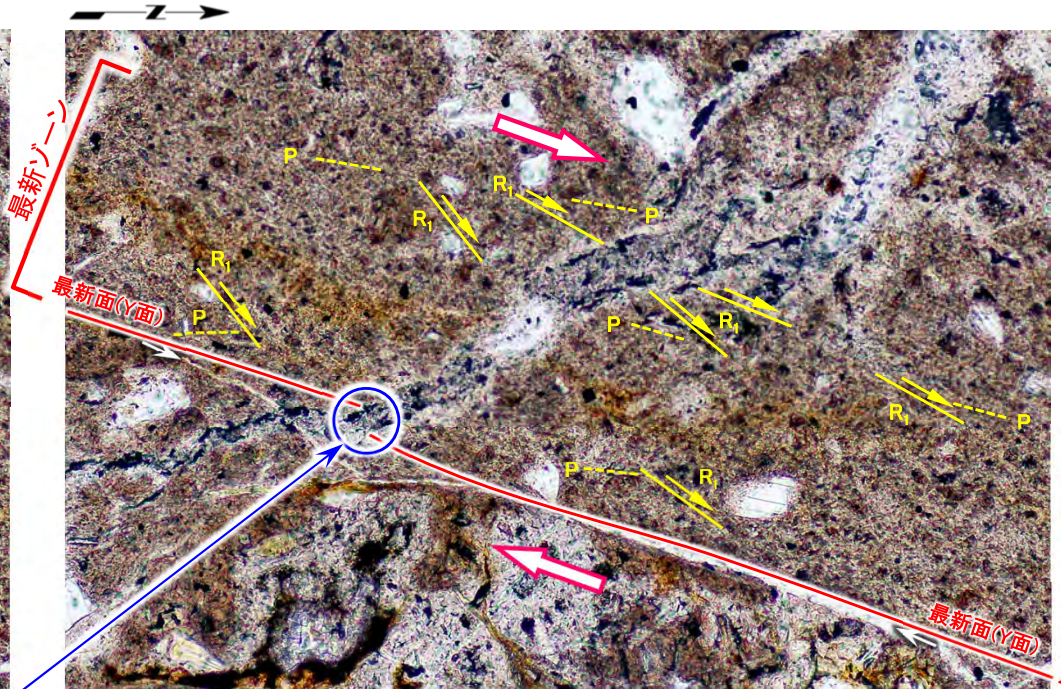


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 60° 回転

② b) 薄片B(12/17):断層の最新面の認定(4/5):薄片観察(4/5)



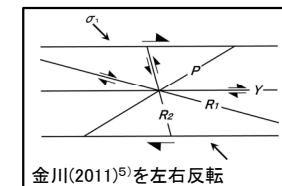
詳細写真 b3 薄片(オープンニコル)解釈線なし



詳細写真 b3 薄片(オープンニコル)解釈線有り*

最新面(Y面)のずれ②

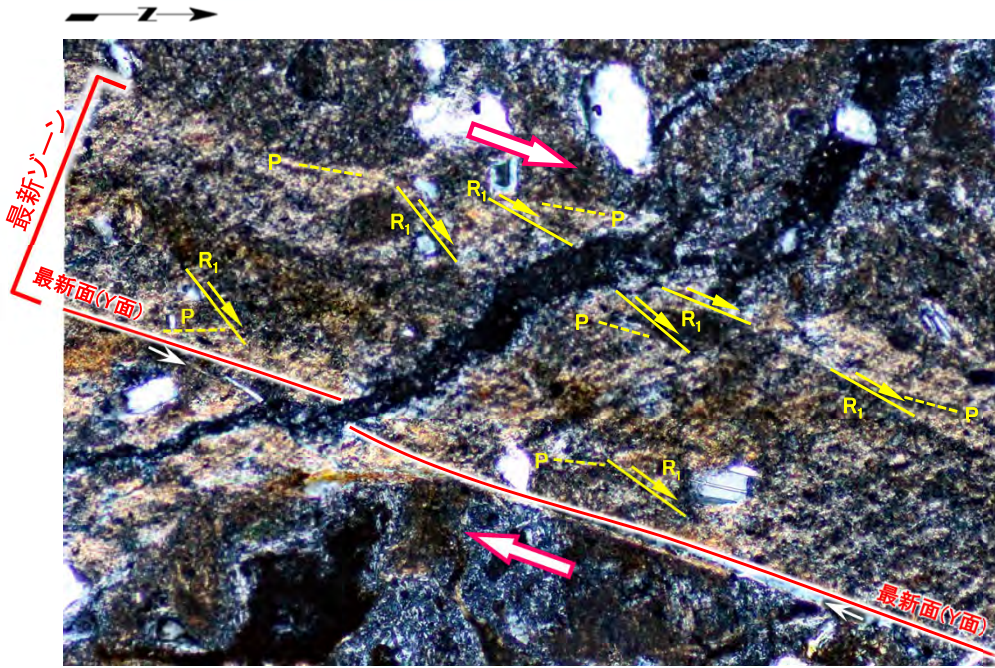
- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列等による右横ずれの変位センスを示す複合面構造が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの部分、最新ゾーンとして認定し、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- なお、最新ゾーン東側の最新面(Y面)にわずかなずれが認められるが(最新面(Y面)のずれ②:写真の○印部分)、微細な割れ目の両壁の形状が一致し、内部にフィリップサイトの結晶が晶出していることから、最新面(Y面)形成後、フィリップサイト脈形成前に、微細な割れ目が開口した際に生じたものと考えられる。したがって、わずかなずれを挟んだ最新面(Y面)は一連のものと認定できることから、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。



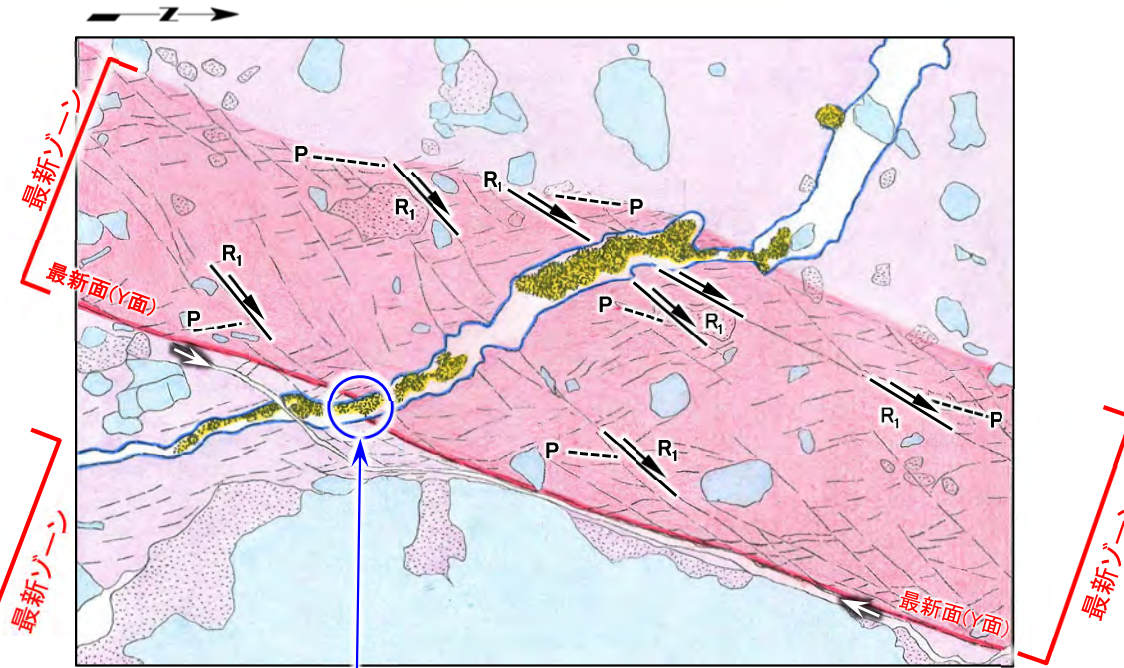
| | |
|--|-------------------|
| | 複合面構造から判定される変位センス |
| | 薄片作製時の分離面 |

*: 薄片写真及び薄片スケッチに示す複合面構造(P面, R₁面)は、変位センスが認められる主なものを記載。

② b) 薄片B(13/17):断層の最新面の認定(5/5):薄片観察(5/5)



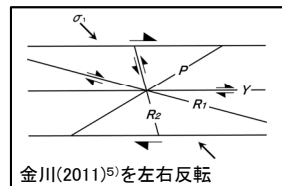
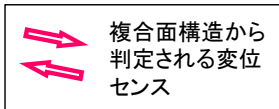
詳細写真 b3 薄片(クロスニコル)*



薄片スケッチ*

最新面(Y面)のずれ②

*: 薄片写真及び薄片スケッチに示す複合面構造(P面, R₁面)は、変位センスが認められる主なものを記載。



- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列等による右横ずれの変位センスを示す複合面構造が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの部分、最新ゾーンとして認定し、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- なお、最新ゾーン東側の最新面(Y面)にわずかなずれが認められるが(最新面(Y面)のずれ②:スケッチの○印部分)、微細な割れ目の両壁の形状が一致し、内部にフィリップサイトの結晶が晶出していることから、最新面(Y面)形成後、フィリップサイト脈形成前に、微細な割れ目が開口した際に生じたものと考えられる。したがって、わずかなずれを挟んだ最新面(Y面)は一連のものと認定できることから、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。

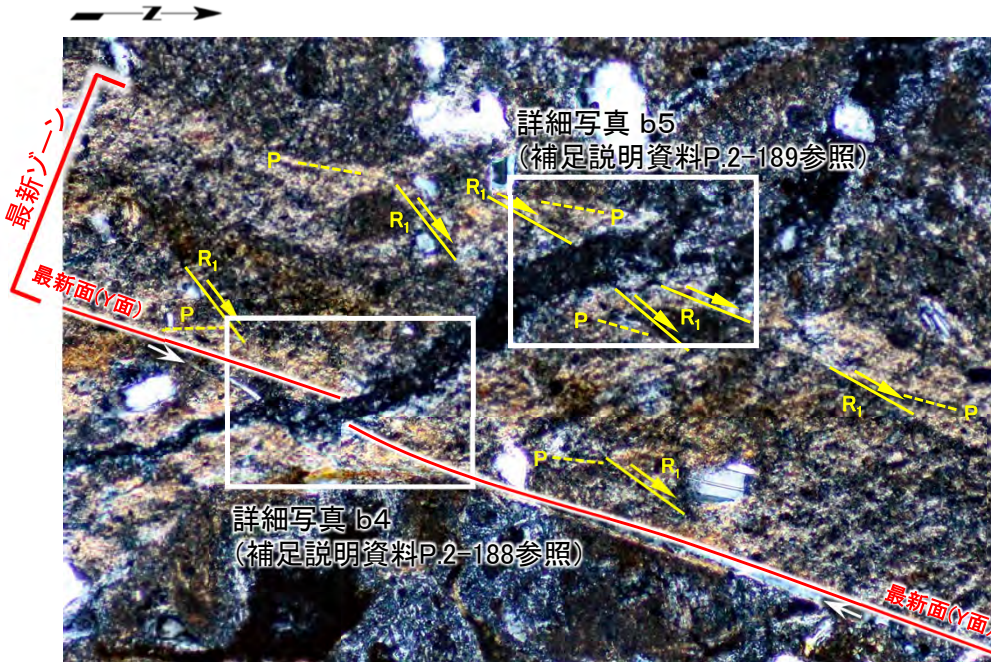
スケッチ 凡例

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

(余白)

② b) 薄片B(14/17): 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(1/3): 薄片観察(1/3)

フィリップサイト脈は、 R_1 面を横切って分布し、変位・変形は認められない。 R_1 面を横切って分布するフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない(補足説明資料P.2-189参照)。

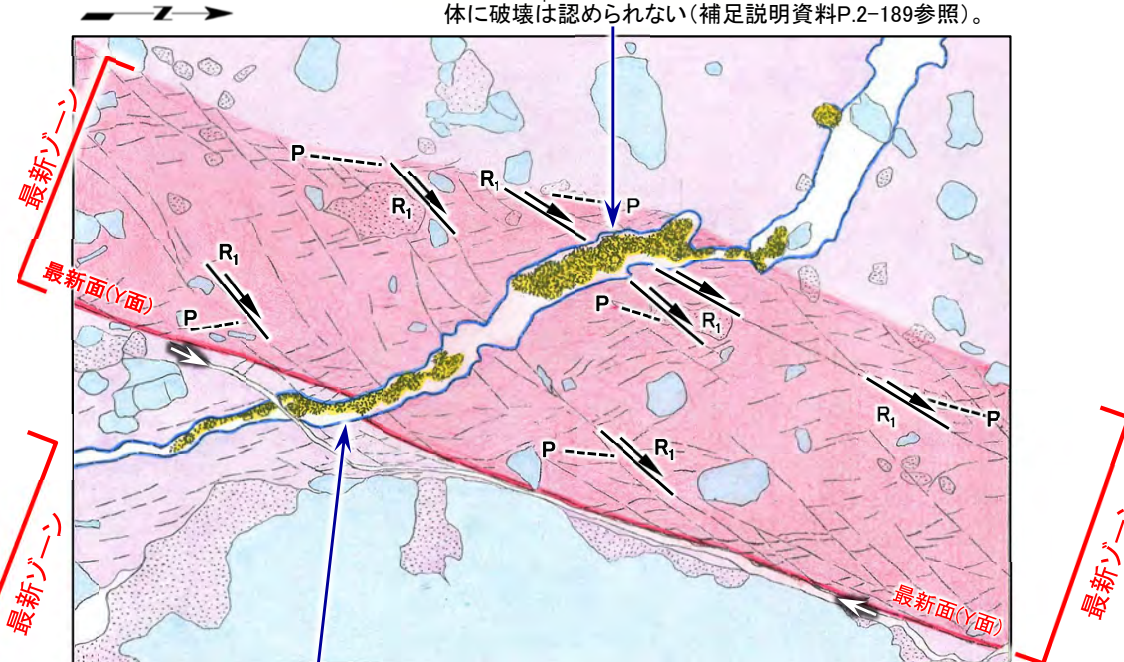


詳細写真 b3 薄片(クロスニコル)*

回転角30°

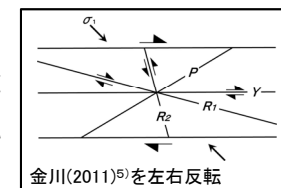


ニコル振動方向



薄片スケッチ*

フィリップサイト脈は、最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。最新面を横切って分布するフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない(補足説明資料P.2-188参照)。



0 0.2mm

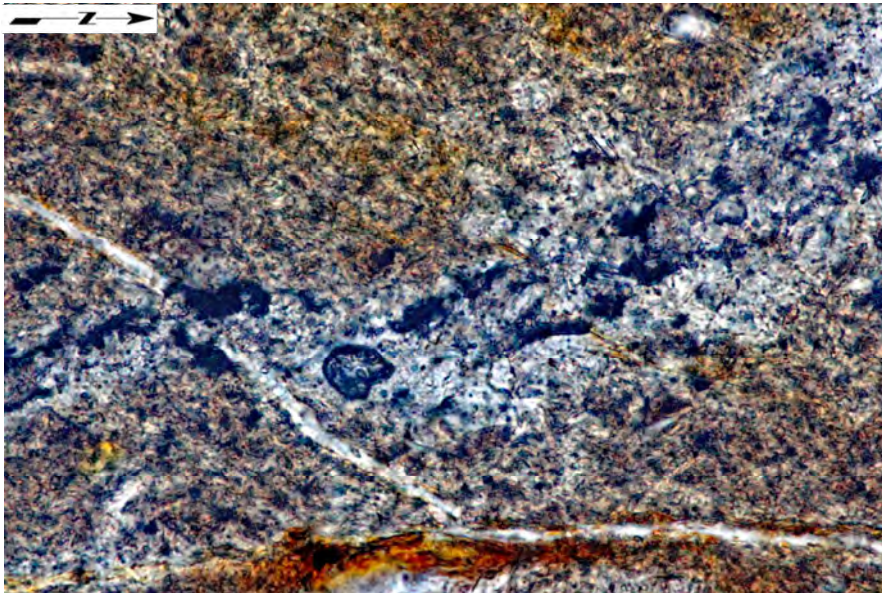
*: 薄片写真及び薄片スケッチに示す複合面構造(P面, R_1 面)は、変位センスが認められる主なものを記載。

- フィリップサイト脈は、最新ゾーンの東側(左下)で、最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- さらに、フィリップサイト脈は、最新面(Y面)及び R_1 面を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーンの東側(左下)で最新面(Y面)を横切って晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない(補足説明資料P.2-188 詳細写真 b4参照)。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーンの西側(右上)で、 R_1 面を横切って晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない(補足説明資料P.2-189 詳細写真 b5参照)。
- 以上のことから、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

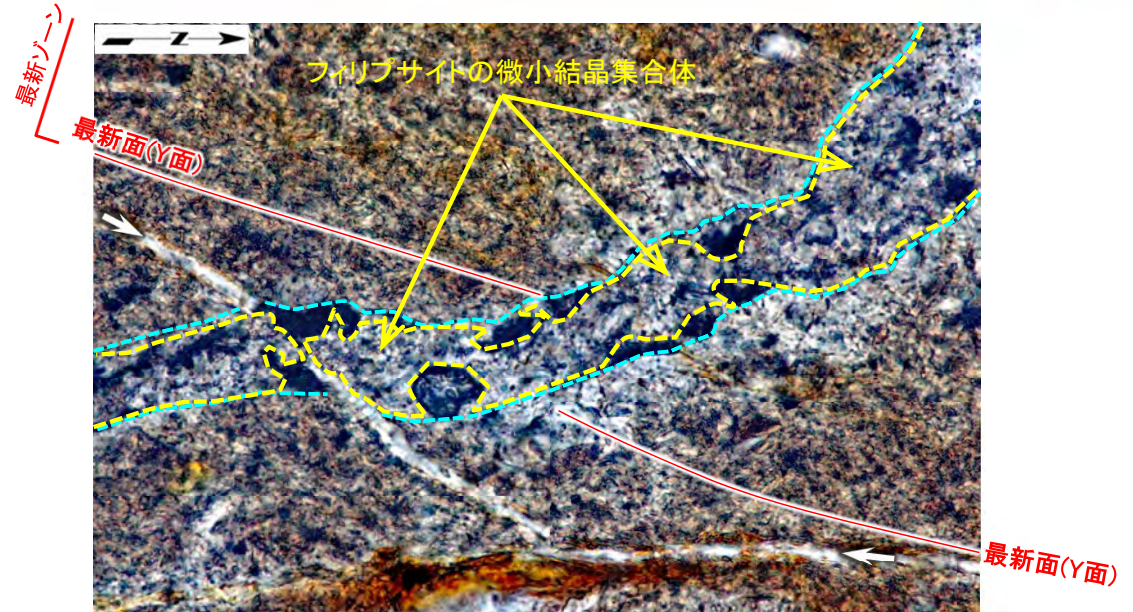
スケッチ 凡例

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

② b) 薄片B(15/17): 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(2/3): 薄片観察(2/3)



詳細写真 b4 薄片(オープンニコル) 解釈線なし

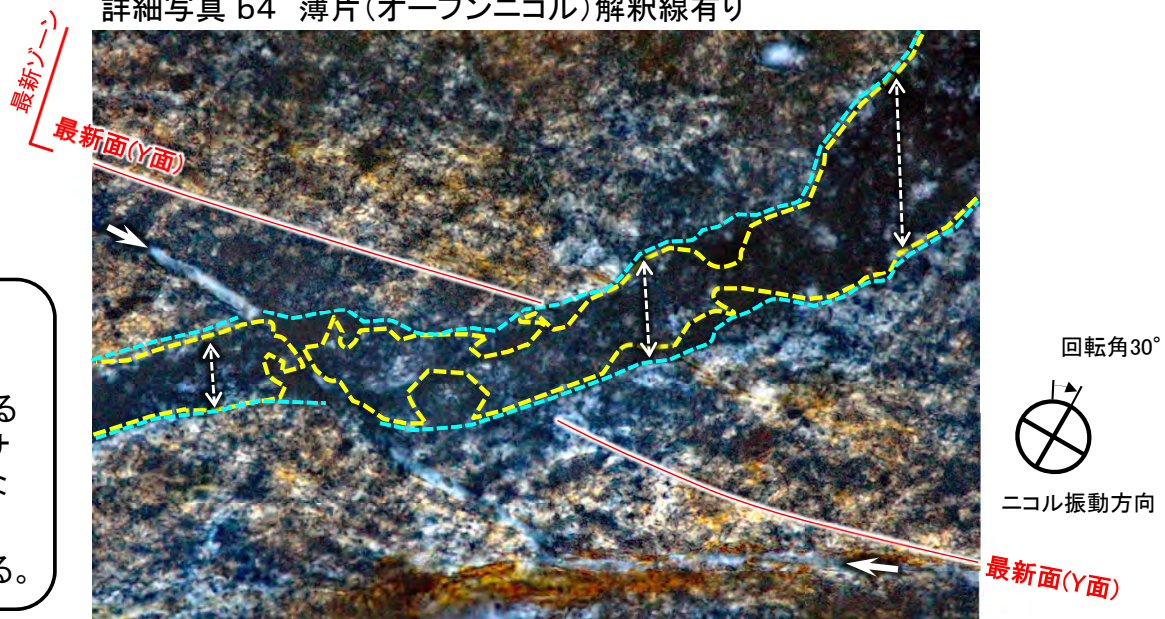


詳細写真 b4 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

| | | | |
|--|---------------------|--|-------------|
| | フィリップサイト脈 | | 微細な割れ目の開口方向 |
| | フィリップサイトの微小結晶集合体の外周 | | 薄片作製時の分離面 |

- 詳細写真b4では、フィリップサイト脈は最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- 最新面(Y面)にはフィリップサイト脈を挟んでわずかにずれが認められるが、それぞれの最新面(Y面)の延長部のフィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーンの内部と外部で性状に違いはなく、最新ゾーン形成後の再結晶や破壊は認められない。
- したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

注) 最新面のわずかなずれの理由については、補足説明資料P.2-184, P.2-185参照。



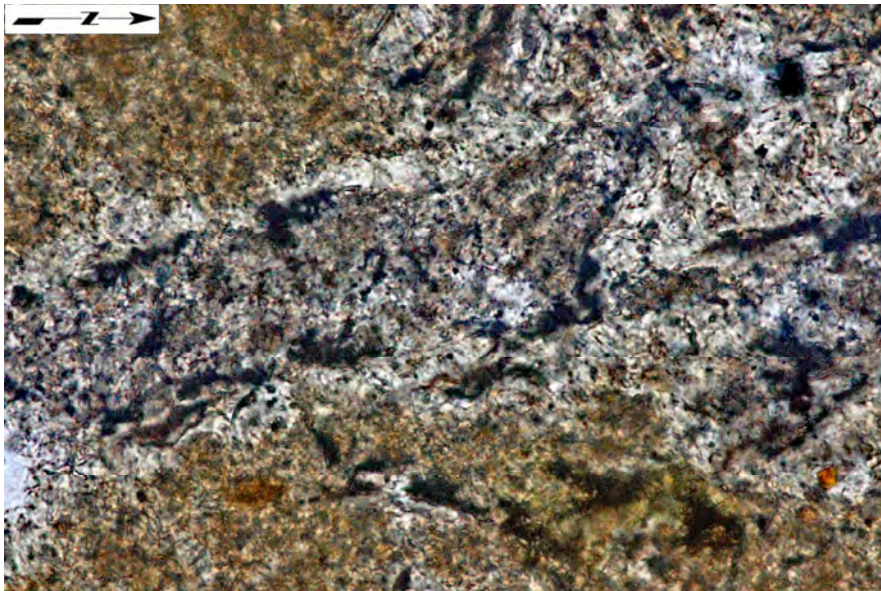
詳細写真 b4 薄片(クロスニコル)

0 0.1mm



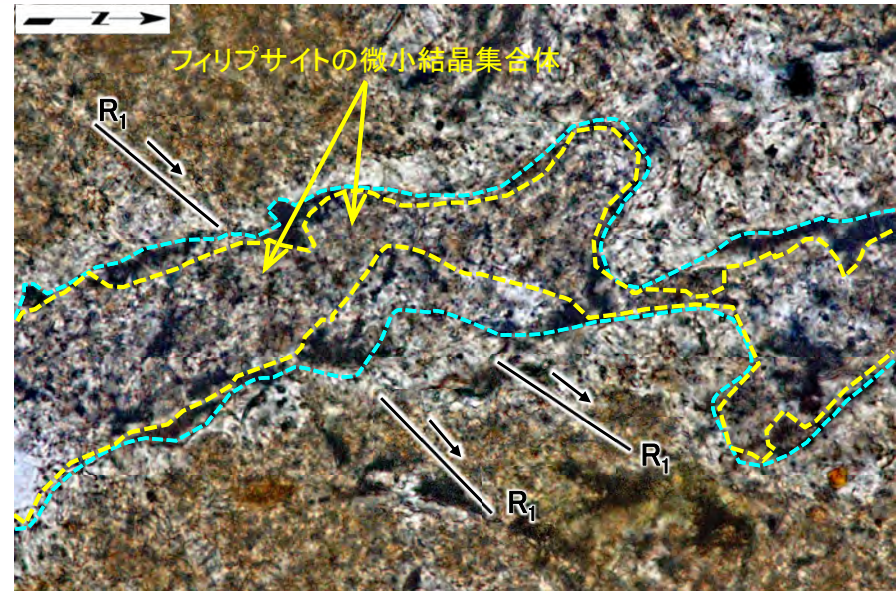
回転角30°
ニコル振動方向

② b) 薄片B(16/17):最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価(3/3):薄片観察(3/3)



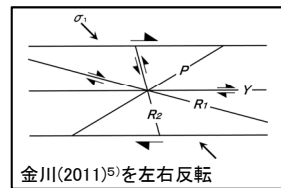
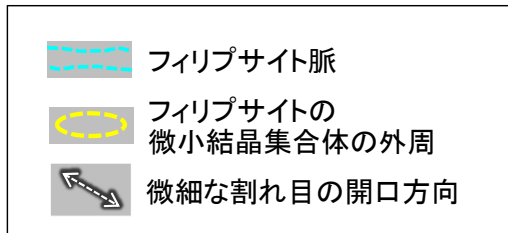
詳細写真 b5 薄片(オープンニコル)解釈線なし

0 0.1mm

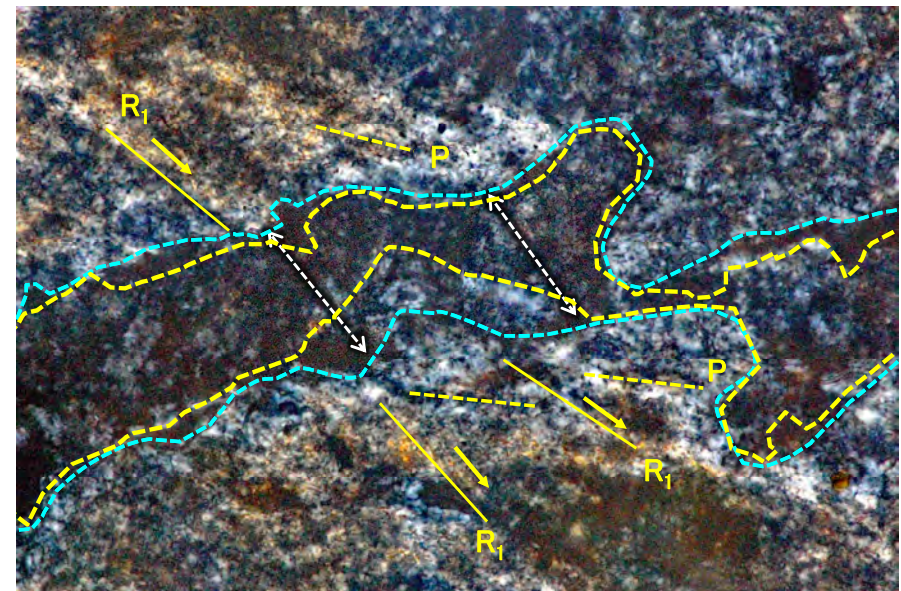


詳細写真 b5 薄片(オープンニコル)解釈線有り

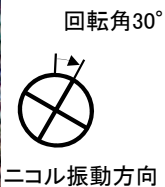
0 0.1mm



- 詳細写真b5では、フィリップサイト脈は、最新面(Y面)形成に伴う複合面構造の一つである R_1 面を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- R_1 面はフィリップサイト脈を挟んで分布するが、フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーンの内部と外部で性状に違いはなく、最新ゾーン形成後の再結晶や破壊は認められない。
- したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。



詳細写真 b5 薄片(クロスニコル)



② b) フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価: 薄片B(17/17):まとめ

【フィリップサイト脈の確認】

X線分析及び薄片観察により、フィリップサイト脈を確認した。

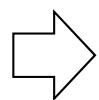
- X線分析により、断層内物質中にフィリップサイトが検出される。
- 薄片観察により、粘土状破碎部中に低屈折率及び低複屈折のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈を確認した。

【最新面の認定】

薄片観察により、粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列等による右横ずれセンスを示す複合面構造が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm～約0.3mmの部分を、最新ゾーンとして認定し、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。

【最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価】

- フィリップサイト脈は、最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈は、最新面(Y面)及び R_1 面を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められない。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新ゾーン内部に発達する最新面(Y面)や R_1 面を横切って晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない。
- したがって、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。



薄片Bの観察によりフィリップサイト脈は最新面を横切って分布し、変位・変形は認められないことから、後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられるフィリップサイト脈の形成以降の断層活動はなく、sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言える。

② フィリップサイト脈による活動性評価:まとめ

a) sF-1断層沿いの検討試料選定(補足説明資料P.2-137~P.2-144参照)

- sF-1断層沿いに試料採取ボーリング(28孔)を掘削し、コアの断層内物質のX線分析によりフィリップサイトを確認し、薄片を作製した。
- このうち、鉱物脈法に用いる試料として3枚の薄片(A, B, C)を選定した。

b) フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価(補足説明資料P.2-146~P.2-190参照)

コア観察、CT画像解析及び研磨片観察により断層面を確認して作製した3薄片(A, B, C)を用いて、フィリップサイト脈の確認、断層の最新面の認定及びフィリップサイト脈と最新面との関係を確認し、sF-1断層の活動性を評価した。

【フィリップサイト脈の確認】

X線分析により断層内物質中にフィリップサイトが検出され、EPMA分析及び薄片観察により断層内物質中にフィリップサイト脈を確認した。

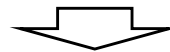
【最新面の認定】

薄片観察により、粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列が顕著で複合面構造が多く認められる幅約0.2mm~約0.3mmの直線的に連続する部分を最新ゾーンとし、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。

【最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価】※

- 薄片A及び薄片Bにおいて、フィリップサイト脈は最新面(Y面)を横切って分布し、変位・変形は認められないこと、さらに、フィリップサイト脈は最新面(Y面)を含む最新ゾーンを横切って分布し、変位・変形は認められないことから、後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられるフィリップサイト脈の形成以降の断層活動はなく、sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言える。

※: 薄片Cにおいて、フィリップサイト脈が最新面の可能性のあるY面に接して分布し、そのフィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊は認められない。このフィリップサイト脈は最新面の可能性のあるY面を横切っていないもの、最新面の可能性のあるY面に接するフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊がないことから、フィリップサイト脈の形成以降の断層活動はないと判断される(補足説明資料P.2-218~P.2-234参照)。



フィリップサイト脈は最新面を横切って分布し変位・変形は認められないことから、後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられるフィリップサイト脈の形成以降の断層活動はなく、sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言える

(余白)

| | | | |
|------------------------|-------------|--|-----------------------------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | | |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | | | [鉱物脈法に関する参考データ] |
| 2.1 地質・地質構造 | | | 2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討 |
| 2.1.1 大畑層の特徴及び年代について | 2-1 | | 2.3.3 大間周辺の隆起傾向 |
| 2.2 sF-1断層 | | | 2.3.4 フィリプサイトの年代測定 |
| [分布・性状] | | | 2.3.5 X線分析の方法及び |
| 2.2.1 sF-1断層の性状 | 2-9 | | 文献に基づく主要鉱物の特徴 |
| 2.2.2 重力探査 | 2-41 | | 2.3.6 フィリプサイト脈と |
| [地下深部への連続性の検討] | | | 断層の最新面との関係による評価(薄片C) |
| 2.2.3 大間層中の鍵層の認定の考え方 | 2-47 | | |
| 2.2.4 大間層中の鍵層の性状 | 2-55 | | 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 |
| 2.2.5 大間層中の玄武岩の分布・性状 | 2-77 | | 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) |
| 2.2.6 反射法地震探査統合解析の解析精度 | 2-81 | | 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 |
| 2.2.7 文献に基づく断層の長さ | | | 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) |
| 最大変位量の関係の検討 | 2-83 | | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) |
| [多重逆解法を用いた応力場による検討] | | | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 |
| 2.2.8 sF-1断層に関わる条線画像 | 2-85 | | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 |
| 2.2.9 応力場に基づく形成史検討 | 2-101 | | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |
| 2.3 (参考) 鉱物脈法 | | | 11. 海域の変動履歴の評価 |
| 2.3.1 鉱物脈法による活動性評価 | 2-105 | | 12. 地質構造発達史の評価 |
| ① 鉱物脈法の適用性の検討 | 2-108 | | 13. 隆起のメカニズム評価 |
| ② フィリプサイト脈による活動性評価 | 2-135 | | |
| ③ まとめ | 2-193 | | |

③ まとめ

① 鉱物脈法の適用性の検討

敷地の熱水変質鉱物の調査により、鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを確認した。

熱史に基づく熱水変質時期の検討により、フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の熱水変質作用により生成したと考えられることから、微細な割れ目を充填するフィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。



フィリップサイト脈を用いた鉱物脈法の適用が可能

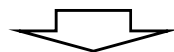
② フィリップサイト脈による活動性評価

薄片を用いて、フィリップサイト脈の確認、断層の最新面の認定及びフィリップサイト脈と最新面との関係を確認し、sF-1断層の活動性を評価した。

薄片A及び薄片Bにおいて、フィリップサイト脈は最新面を横切って分布し、変位・変形は認められないことから、後期更新世より十分古い時期に生成したと考えられるフィリップサイト脈の形成以降の断層活動はなく、sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言える。



フィリップサイト脈の形成以降の断層活動はなく、sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言える



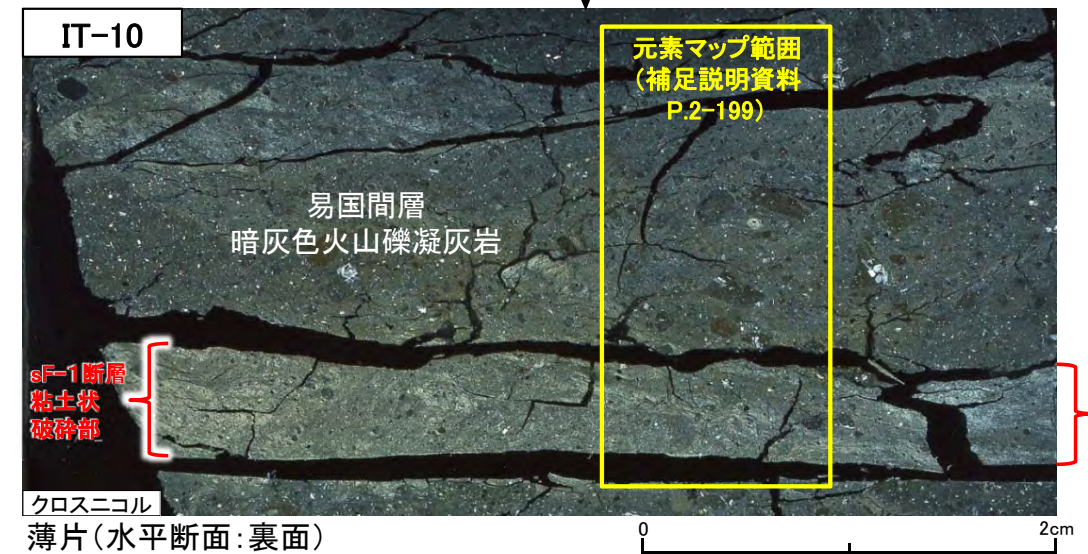
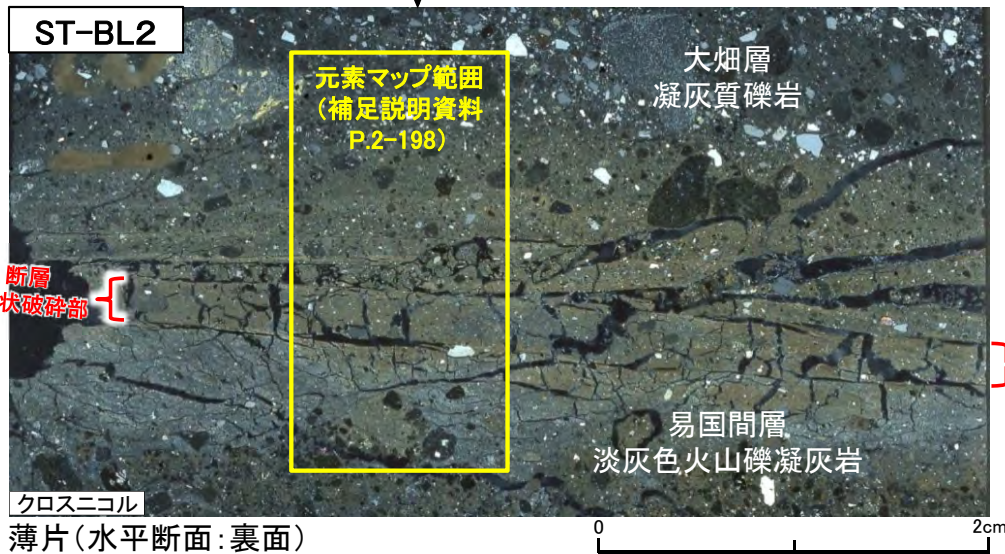
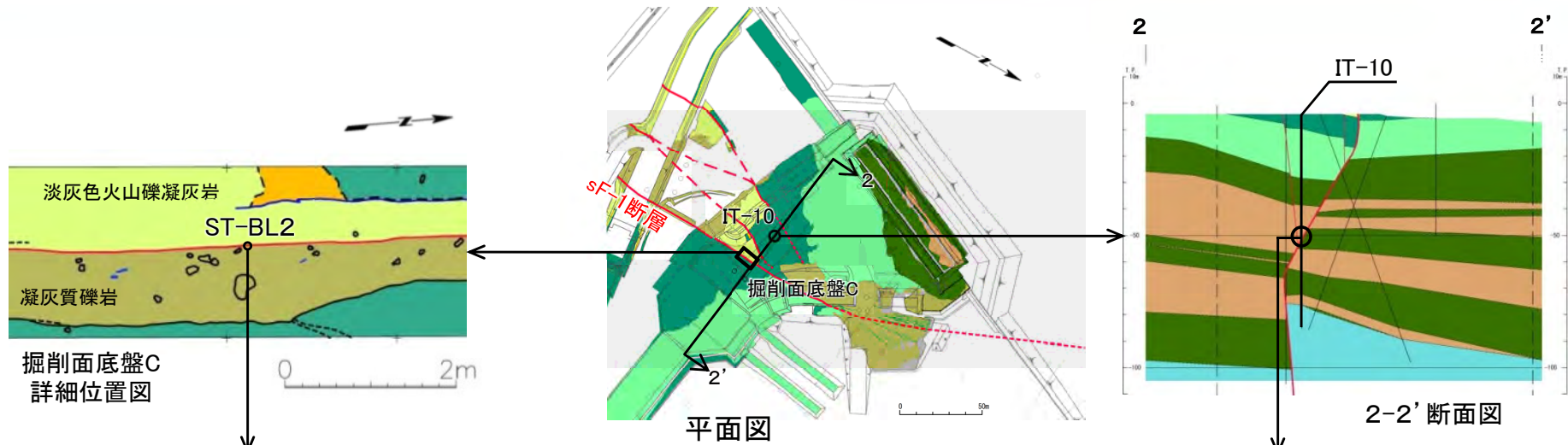
sF-1断層は後期更新世以降の活動はないと言えることから、(3)後期更新世以降の活動性の検討（多重逆解法を用いた応力場による検討）の結果（本編資料P.2-57参照）に矛盾しない

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|------------------------------------------|-------|-------|
| 1. 地質構造に関する調査 | ..... | 1-1 | | | |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | | | [鉱物脈法に関する参考データ] | | |
| 2.1 地質・地質構造 | | | 2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討 | ..... | 2-195 |
| 2.1.1 大畑層の特徴及び年代について | ..... | 2-1 | 2.3.3 大間周辺の隆起傾向 | ..... | 2-201 |
| 2.2 sF-1断層 | | | 2.3.4 フィリップサイトの年代測定 | ..... | 2-203 |
| [分布・性状] | | | 2.3.5 X線分析の方法及び 文献に基づく主要鉱物の特徴 | ..... | 2-213 |
| 2.2.1 sF-1断層の性状 | ..... | 2-9 | 2.3.6 フィリップサイト脈と 断層の最新面との関係による評価(薄片C) | ..... | 2-217 |
| 2.2.2 重力探査 | ..... | 2-41 | | | |
| [地下深部への連続性の検討] | | | | | |
| 2.2.3 大間層中の鍵層の認定の考え方 | ..... | 2-47 | 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | ..... | 3-1 |
| 2.2.4 大間層中の鍵層の性状 | ..... | 2-55 | 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | ..... | 4-1 |
| 2.2.5 大間層中の玄武岩の分布・性状 | ..... | 2-77 | 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | ..... | 5-1 |
| 2.2.6 反射法地震探査統合解析の解析精度 | ..... | 2-81 | 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | ..... | 6-1 |
| 2.2.7 文献に基づく断層の長さ と最大変位量の関係の検討 | ..... | 2-83 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | ..... | 7-1 |
| [多重逆解法を用いた応力場による検討] | | | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | ..... | 8-1 |
| 2.2.8 sF-1断層に関わる条線画像 | ..... | 2-85 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | ..... | 9-1 |
| 2.2.9 応力場に基づく形成史検討 | ..... | 2-101 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 | ..... | 10-1 |
| 2.3 (参考) 鉱物脈法 | | | 11. 海域の変動履歴の評価 | ..... | 11-1 |
| 2.3.1 鉱物脈法による活動性評価 | ..... | 2-105 | 12. 地質構造発達史の評価 | ..... | 12-1 |
| ① 鉱物脈法の適用性の検討 | ..... | 2-108 | 13. 隆起のメカニズム評価 | ..... | 13-1 |
| ② フィリップサイト脈による活動性評価 | ..... | 2-135 | | | |
| ③ まとめ | ..... | 2-193 | | | |

(余白)

2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討(1/4)

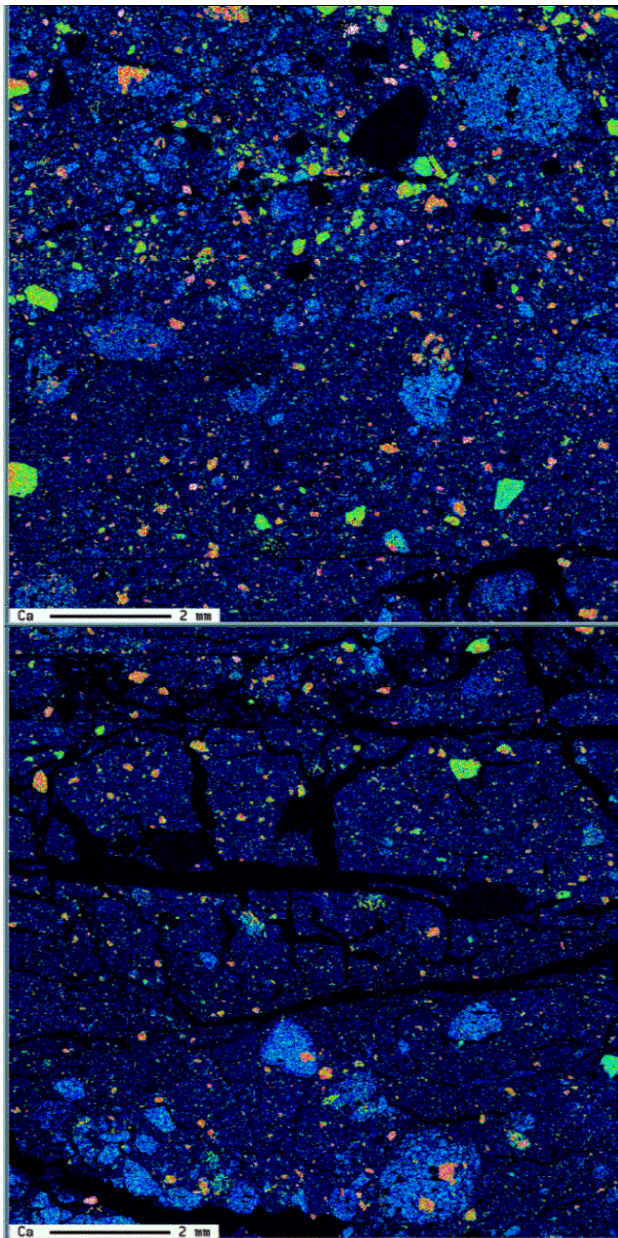
分析試料ST-BL2, IT-10



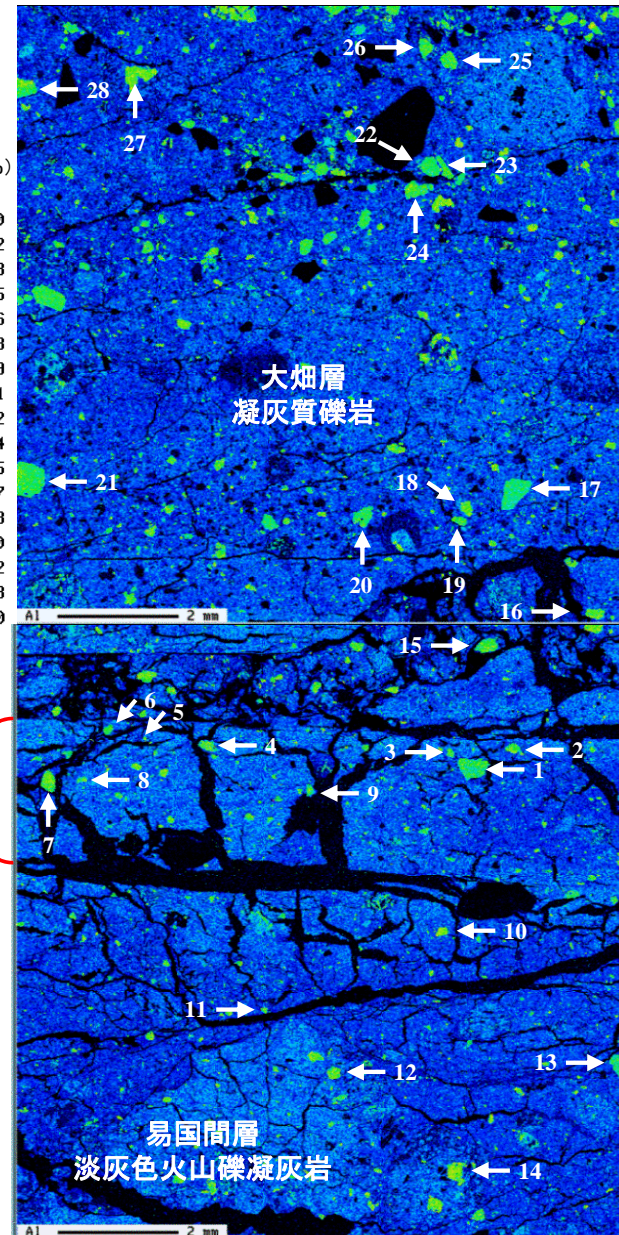
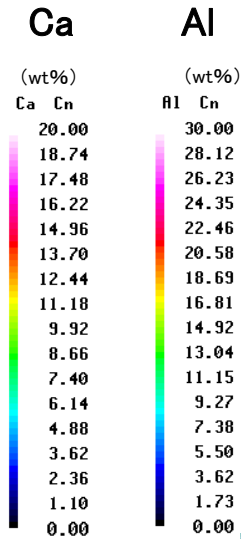
- 熱水変質作用による斜長石の曹長石化の有無を検討するため、sF-1断層の粘土状破碎部と周辺の岩盤に含まれる斜長石を対象に、EPMA分析を実施した。
- 代表試料として、掘削面ブロック試料(ST-BL2)及びボーリングコア試料(IT-10孔)を使用し、粘土状破碎部を横断する範囲の元素マップを作成した。



ST-BL2



ST-BL2 元素マップ(Ca)



ST-BL2 元素マップ(Al)

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

凝灰質礫岩

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

粘土状破碎部

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

淡灰色火山礫凝灰岩

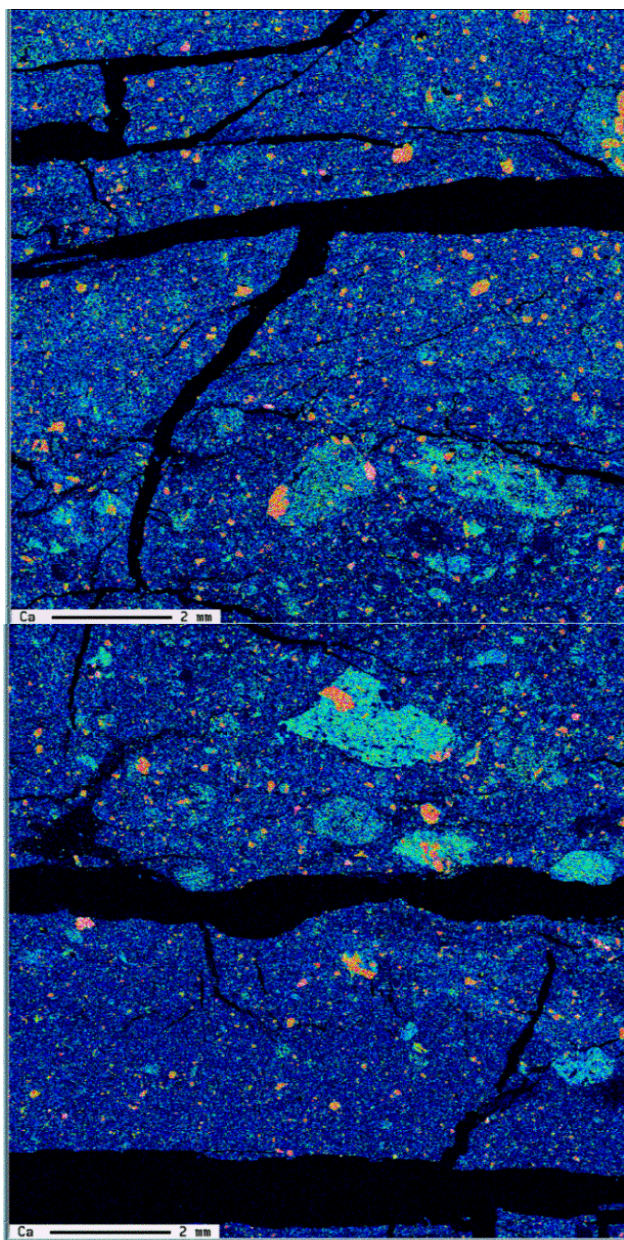
- 斜長石5粒子(No.10~14)を選定
- 分析1~3点/粒子
- 計10点を分析

sF-1断層
粘土状破碎部

← 分析粒子番号

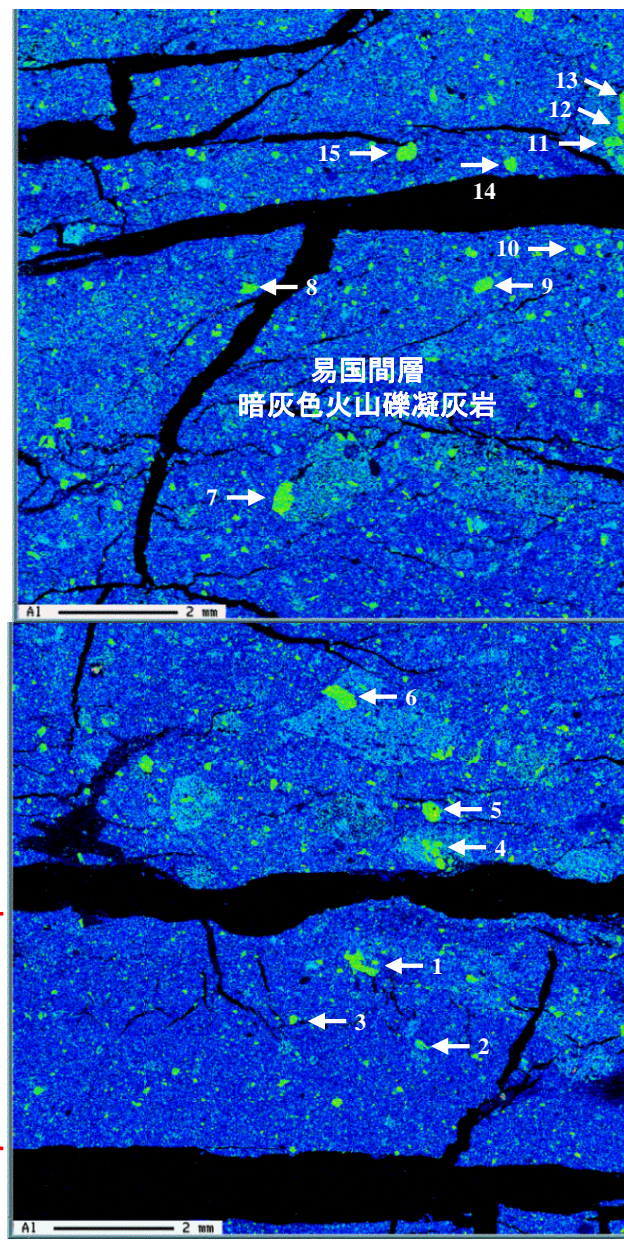


IT-10



IT-10元素マップ(Ca)

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



IT-10元素マップ(Al)

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

暗灰色火山礫凝灰岩

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

sF-1断層
粘土状破碎部

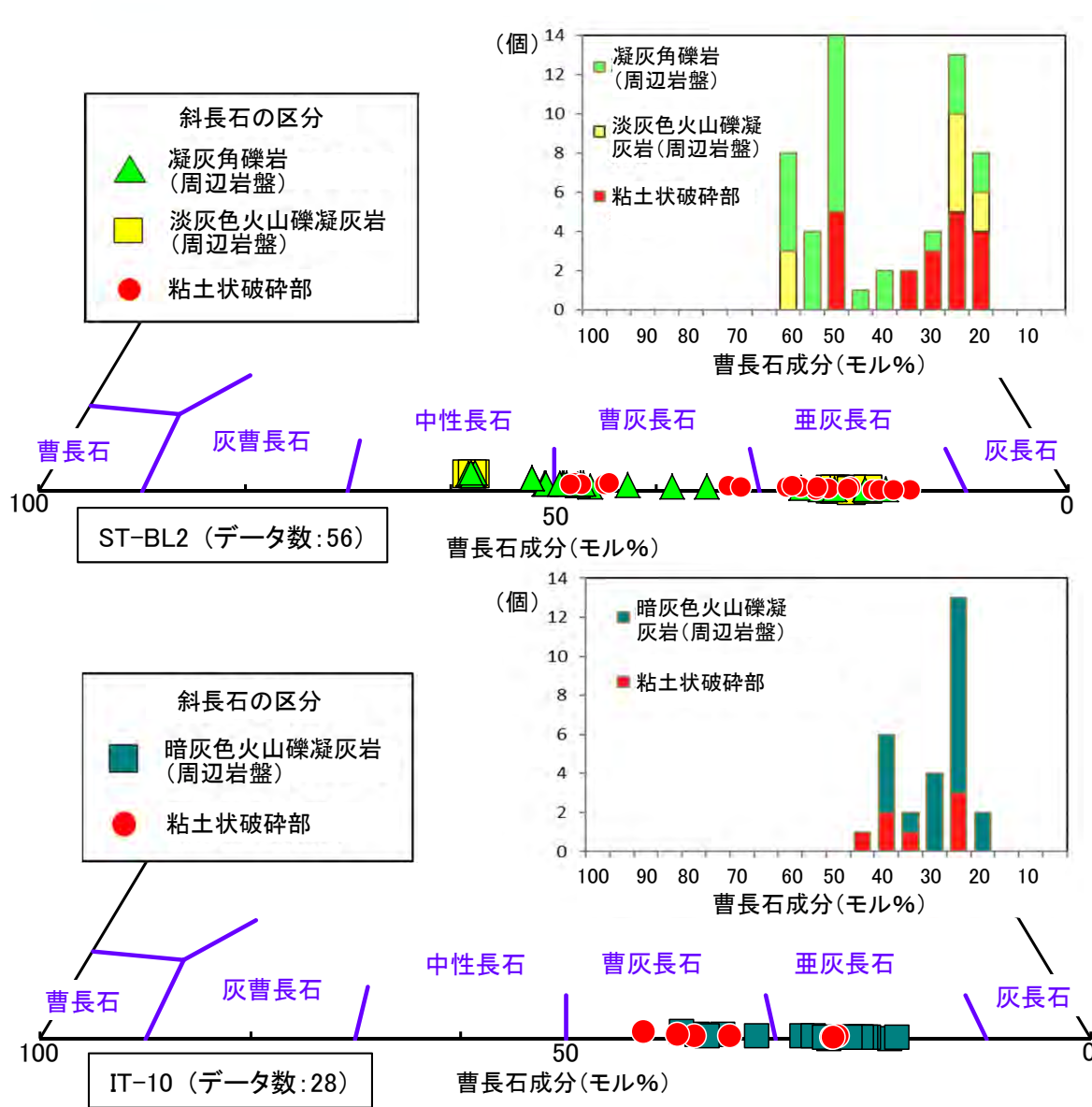
粘土状破碎部

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

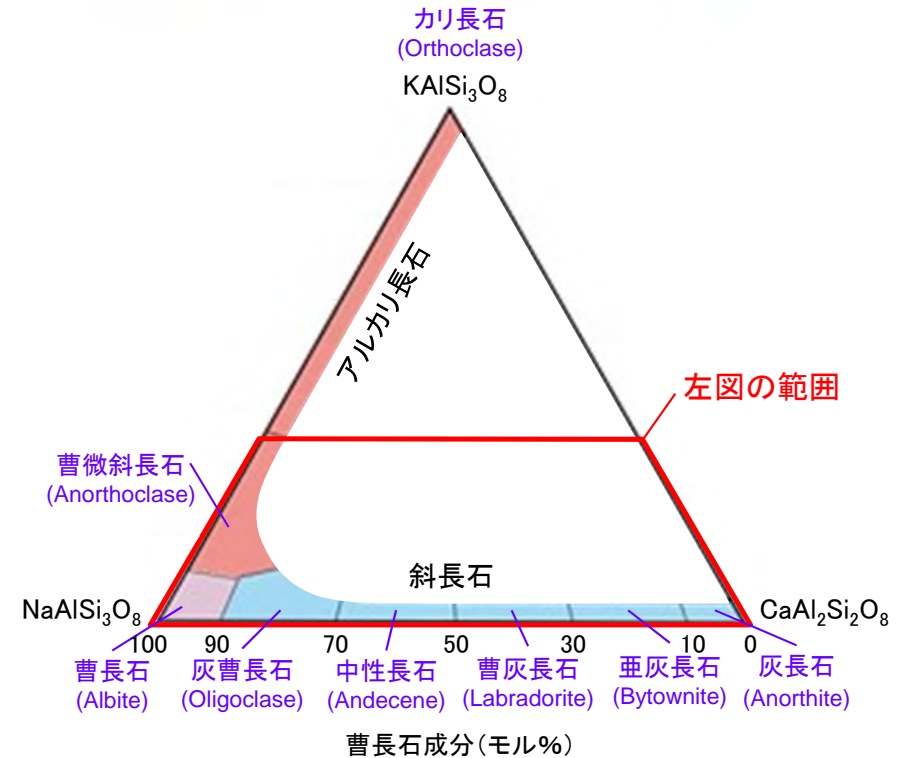
← 分析粒子番号

2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討(4/4)

sF-1断層中の斜長石の化学組成の評価



斜長石の曹長石成分の分析結果



化学組成による長石の分類図

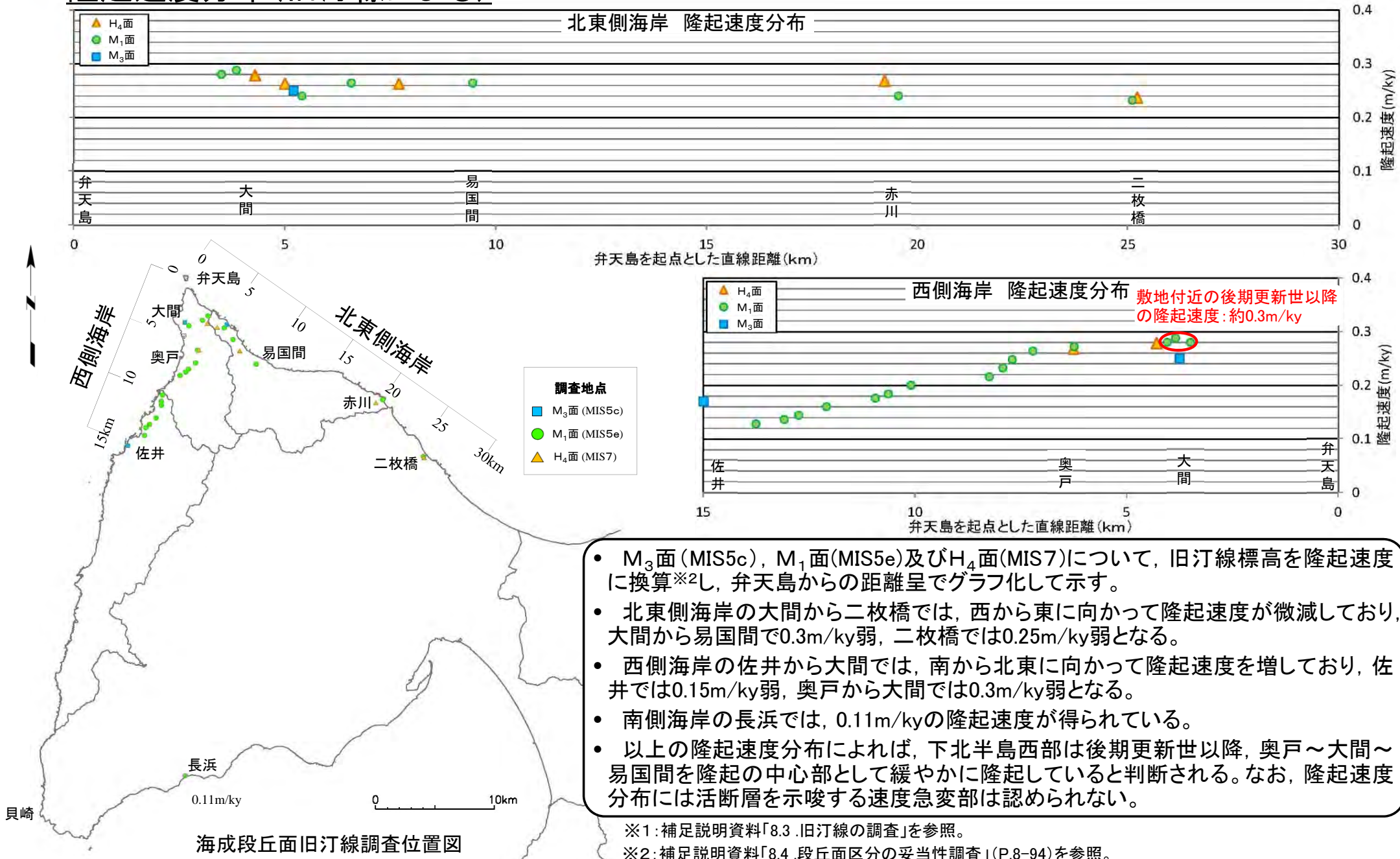
- EPMAによる斜長石の分析データから三角ダイアグラムを作成し、曹長石化について検討した。
- 断層の粘土状破砕部及びその周辺の岩盤に含まれる斜長石は、いずれも中性長石～亜灰長石の化学組成を示し、曹長石化は生じていないと判断される。

| | | | |
|----------------------------------|-------------|--|------------------------------------------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | | |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | | | |
| 2.1 地質・地質構造 | | | |
| 2.1.1 大畑層の特徴及び年代について | 2-1 | | |
| 2.2 sF-1断層 | | | |
| <i>[分布・性状]</i> | | | |
| 2.2.1 sF-1断層の性状 | 2-9 | | |
| 2.2.2 重力探査 | 2-41 | | |
| <i>[地下深部への連続性の検討]</i> | | | |
| 2.2.3 大間層中の鍵層の認定の考え方 | 2-47 | | |
| 2.2.4 大間層中の鍵層の性状 | 2-55 | | |
| 2.2.5 大間層中の玄武岩の分布・性状 | 2-77 | | |
| 2.2.6 反射法地震探査統合解析の解析精度 | 2-81 | | |
| 2.2.7 文献に基づく断層の長さ 最大変位量の関係の検討 | 2-83 | | |
| <i>[多重逆解法を用いた応力場による検討]</i> | | | |
| 2.2.8 sF-1断層に関わる条線画像 | 2-85 | | |
| 2.2.9 応力場に基づく形成史検討 | 2-101 | | |
| 2.3 (参考) 鉱物脈法 | | | |
| 2.3.1 鉱物脈法による活動性評価 | 2-105 | | |
| ① 鉱物脈法の適用性の検討 | 2-108 | | |
| ② フィリップサイト脈による活動性評価 | 2-135 | | |
| ③ まとめ | 2-193 | | |
| | | | <i>[鉱物脈法に関する参考データ]</i> |
| | | | 2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討 |
| | | | 2.3.3 大間周辺の隆起傾向 |
| | | | 2.3.4 フィリップサイトの年代測定 |
| | | | 2.3.5 X線分析の方法及び 文献に基づく主要鉱物の特徴 |
| | | | 2.3.6 フィリップサイト脈と 断層の最新面との関係による評価(薄片C) |
| | | | 2-195 |
| | | | 2-201 |
| | | | 2-203 |
| | | | 2-213 |
| | | | 2-217 |
| | | | |
| | | | 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 |
| | | | 3-1 |
| | | | 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) |
| | | | 4-1 |
| | | | 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 |
| | | | 5-1 |
| | | | 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) |
| | | | 6-1 |
| | | | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) |
| | | | 7-1 |
| | | | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 |
| | | | 8-1 |
| | | | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 |
| | | | 9-1 |
| | | | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |
| | | | 10-1 |
| | | | 11. 海域の変動履歴の評価 |
| | | | 11-1 |
| | | | 12. 地質構造発達史の評価 |
| | | | 12-1 |
| | | | 13. 隆起のメカニズム評価 |
| | | | 13-1 |

2.3.3 大間周辺の隆起傾向



隆起速度分布(旧汀線による)※1

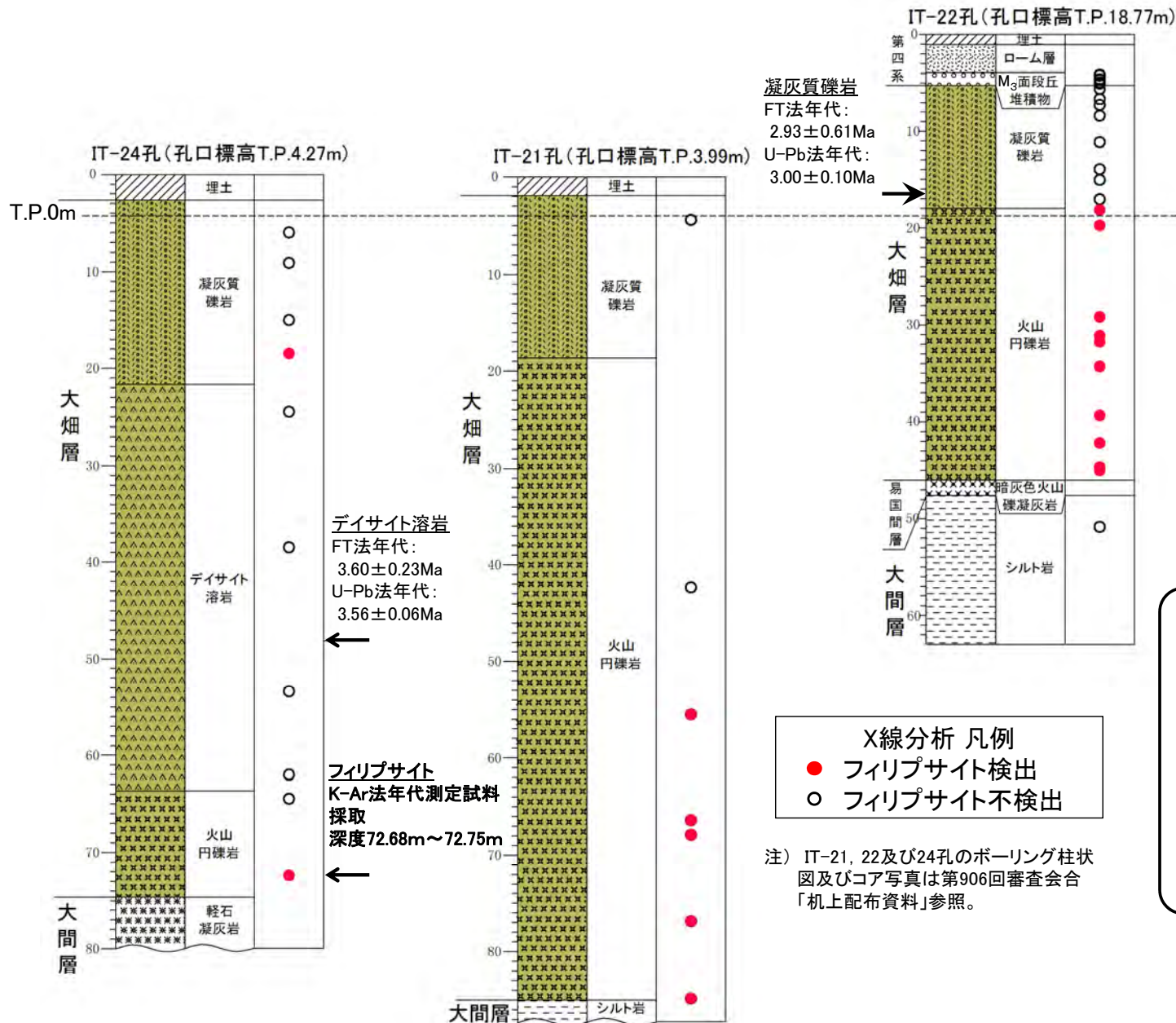


2.3.4 フィリップサイトの年代測定

| | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|------------------------------------------|-------|-------|
| 1. 地質構造に関する調査 | ..... | 1-1 | | | |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | | | | | |
| 2.1 地質・地質構造 | | | | | |
| 2.1.1 大畑層の特徴及び年代について | ..... | 2-1 | | | |
| 2.2 sF-1断層 | | | | | |
| [分布・性状] | | | | | |
| 2.2.1 sF-1断層の性状 | ..... | 2-9 | | | |
| 2.2.2 重力探査 | ..... | 2-41 | | | |
| [地下深部への連続性の検討] | | | | | |
| 2.2.3 大間層中の鍵層の認定の考え方 | ..... | 2-47 | | | |
| 2.2.4 大間層中の鍵層の性状 | ..... | 2-55 | | | |
| 2.2.5 大間層中の玄武岩の分布・性状 | ..... | 2-77 | | | |
| 2.2.6 反射法地震探査統合解析の解析精度 | ..... | 2-81 | | | |
| 2.2.7 文献に基づく断層の長さ と最大変位量の関係の検討 | ..... | 2-83 | | | |
| [多重逆解法を用いた応力場による検討] | | | | | |
| 2.2.8 sF-1断層に関わる条線画像 | ..... | 2-85 | | | |
| 2.2.9 応力場に基づく形成史検討 | ..... | 2-101 | | | |
| 2.3 (参考) 鉱物脈法 | | | | | |
| 2.3.1 鉱物脈法による活動性評価 | ..... | 2-105 | | | |
| ① 鉱物脈法の適用性の検討 | ..... | 2-108 | | | |
| ② フィリップサイト脈による活動性評価 | ..... | 2-135 | | | |
| ③ まとめ | ..... | 2-193 | | | |
| | | | [鉱物脈法に関する参考データ] | | |
| | | | 2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討 | | 2-195 |
| | | | 2.3.3 大間周辺の隆起傾向 | | 2-201 |
| | | | 2.3.4 フィリップサイトの年代測定 | | 2-203 |
| | | | 2.3.5 X線分析の方法及び 文献に基づく主要鉱物の特徴 | | 2-213 |
| | | | 2.3.6 フィリップサイト脈と 断層の最新面との関係による評価(薄片C) | | 2-217 |
| | | | 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | | 3-1 |
| | | | 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | | 4-1 |
| | | | 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | | 5-1 |
| | | | 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | | 6-1 |
| | | | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | | 7-1 |
| | | | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | | 8-1 |
| | | | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | | 9-1 |
| | | | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 | | 10-1 |
| | | | 11. 海域の変動履歴の評価 | | 11-1 |
| | | | 12. 地質構造発達史の評価 | | 12-1 |
| | | | 13. 隆起のメカニズム評価 | | 13-1 |

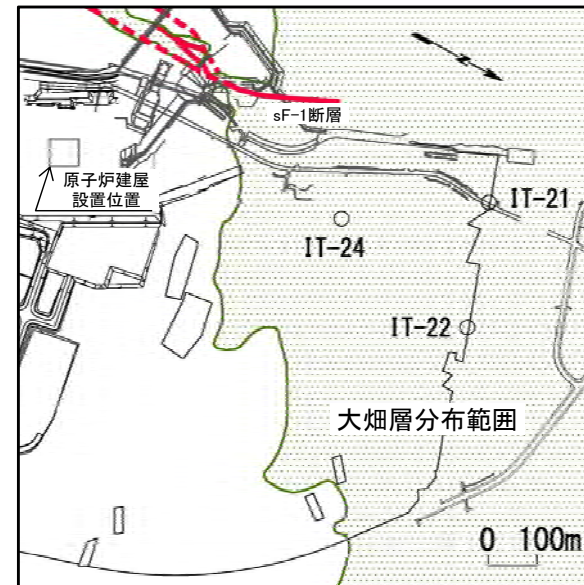


年代測定試料の選定



X線分析 凡例
● フィリップサイト検出
○ フィリップサイト不検出

注) IT-21, 22及び24孔のボーリング柱状図及びコア写真は第906回審査会合「机上配布資料」参照。



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

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

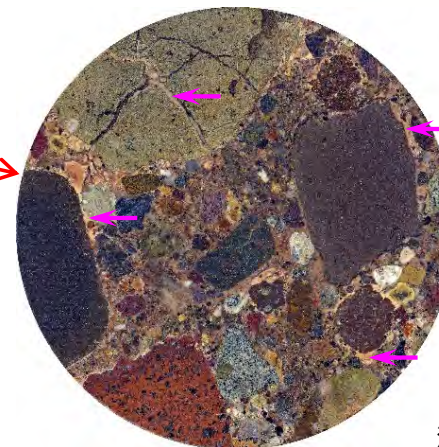
2.3.4 フィリップサイトの年代測定(2/8)

試料の薄片観察結果

IT-24孔(72m~75m区間)



ボーリングコア写真



← フィリップサイト濃集部
(淡橙色を呈する)

ボーリングコア
研磨片(72.80m)

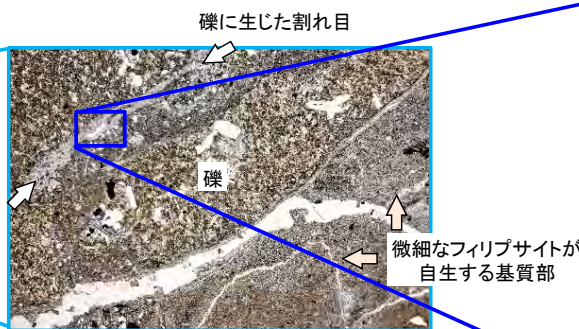
注) カット面の下盤・上向き面

← フィリップサイト濃集部
(淡橙色を呈する)



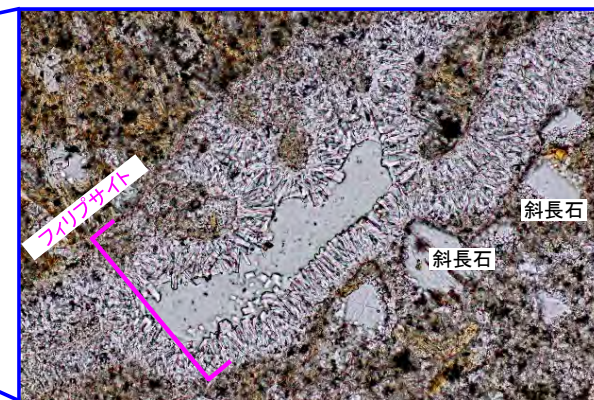
薄片用岩石チップ

(深度72.80m)
上盤・下向き面
(写真を反転)



薄片(オープンニコル)

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



薄片(オープンニコル)

薄片は、切断した研磨片の反対面から作製。

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



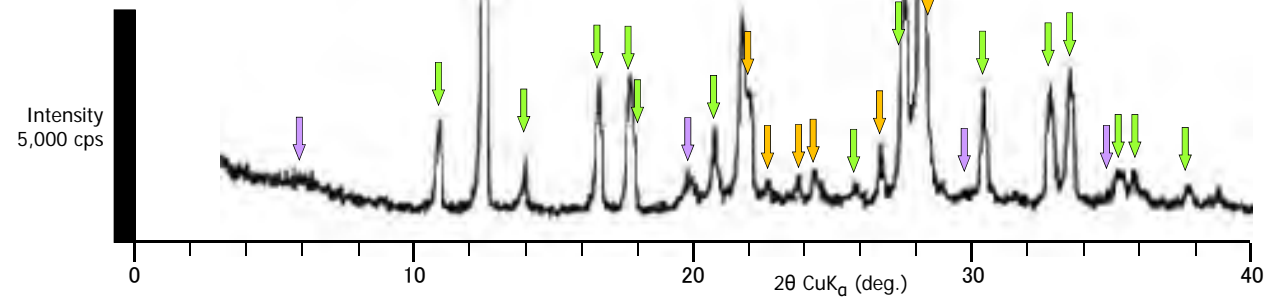
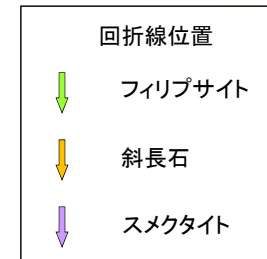
試料のX線分析結果

IT-24孔(72m~75m区間)

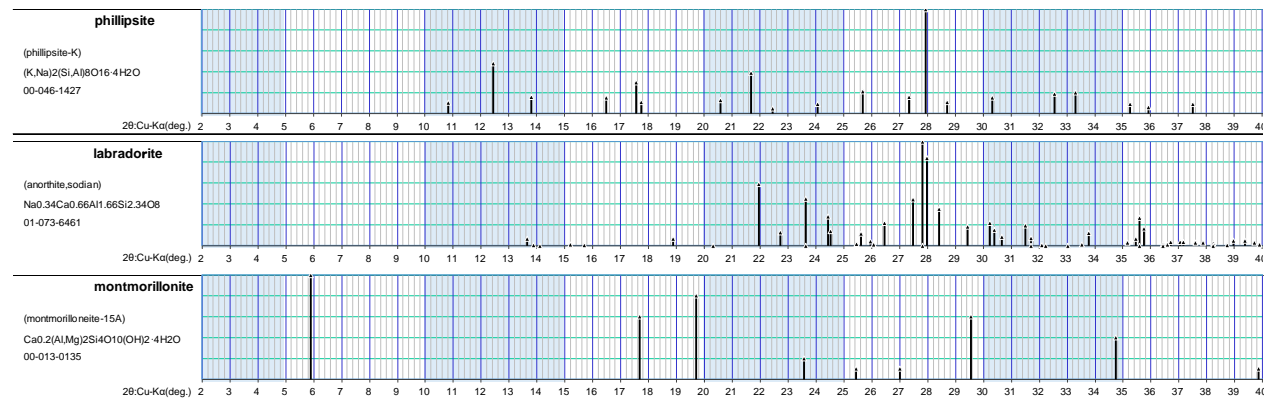
K-Ar年代測定試料(深度72.68m~72.75m)



ボーリングコア写真



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



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

年代測定試料のX線分析結果(不定方位分析)

フィリップサイトのK-Ar年代測定の方法

1. フィリップサイトの分離

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

2. X線分析

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

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

3. カリウムの定量分析

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

4. アルゴン同位体比の測定

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

年代測定結果(1/4):IT-24孔のフィリップサイト脈の年代測定結果

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

*:X線分析で検出された斜長石やスメクタイトのカリウム含有量はフィリップサイトに比較して十分少なく(補足説明資料P.2-215参照),
回折線の強度も小さいため(補足説明資料P.2-206参照), カリウムはほぼすべてフィリップサイトに含まれているものと考えられる。

- IT-24孔の深度72.68m~72.75mの年代測定試料のフィリップサイトのK-Ar法年代は約1.6Maである。
- このフィリップサイトの年代値は, その生成温度と現在の地温分布からフィリップサイトが後期更新世より十分古い時期に生成したと推定されることと整合的である。
- なお, フィリップサイトのK-Ar年代測定値に関しては文献で課題が示されているため, フィリップサイトの生成年代が若くなる可能性について検討し, 上記の地温分布から得られる結論との整合性には変更が生じないことを確認した(補足説明資料P. 2-209~P.2-211参照)。



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

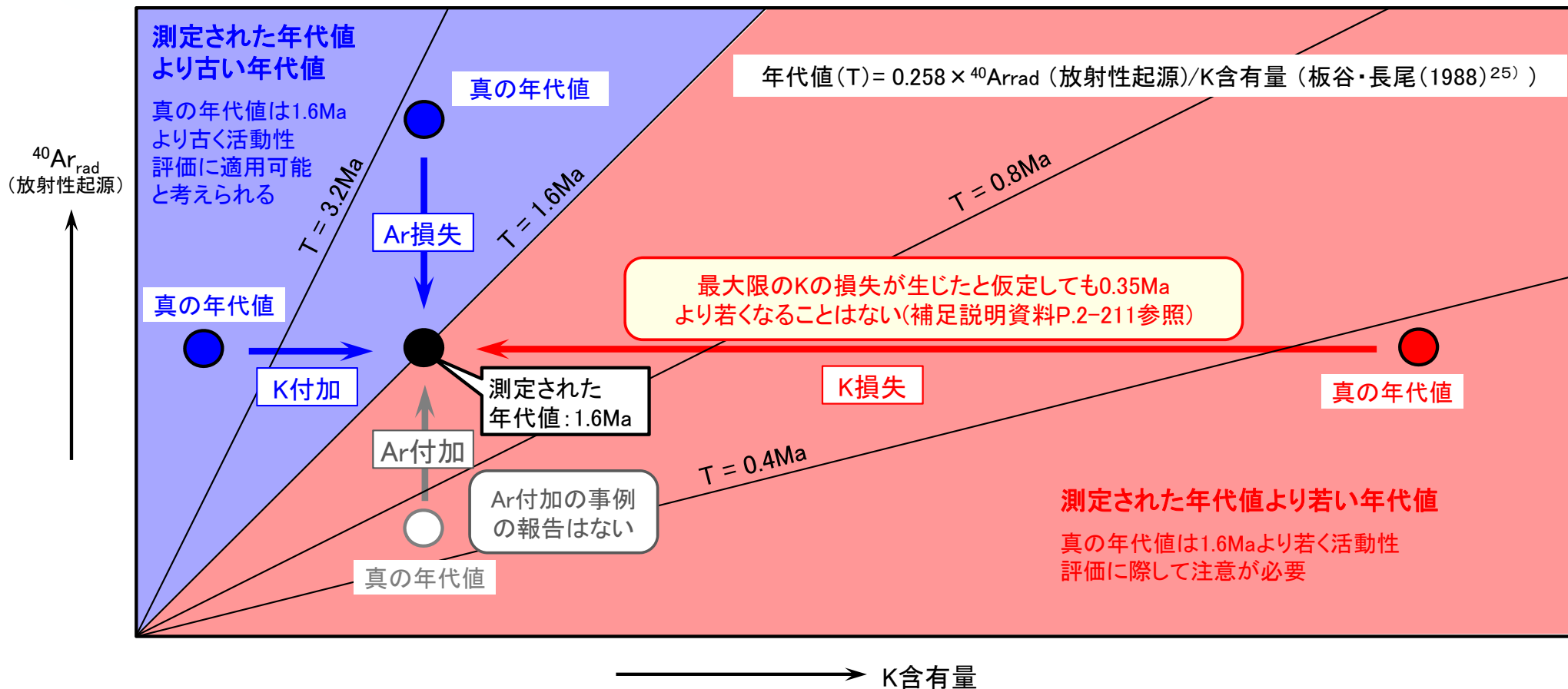
| 文献 | 概要 | フィリップサイトのK-Ar年代測定の課題 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Dymond(1966) ¹⁹⁾ | <ul style="list-style-type: none"> • 深海底コアの火山性堆積物中のフィリップサイト7試料のK-Ar年代を測定した。 • 2試料のフィリップサイトのK-Ar年代は、同じ地層の斜長石、黒雲母などの年代に比べて21Maも若く、その原因として、①鉱物の生成時期が異なる、②Arが深海底において、あるいは年代測定時に失われた可能性を指摘した。 | フィリップサイトのK-Ar年代測定では、Arの損失が生じ年代値が真の値より若くなっている可能性がある。 |
| Bernat et al.(1970) ²⁰⁾ | <ul style="list-style-type: none"> • 深海底コアのフィリップサイト45試料についてK-Ar年代を測定した。 • 年代値のバラツキ(2~4Ma)がフィリップサイトの粒子サイズと関係があり、粒子サイズの大きいものは若い年代を示す。このような事実はフィリップサイトの結晶の継続的な成長によって説明できる。 • 年代測定時のArの損失はほとんどなく、測定される年代値への影響はほとんどない。 | フィリップサイトの結晶成長による年代値の若返り及びフィリップサイト中のKの損失により年代値が真の値より古くなっている可能性がある。 |
| WoldeGabriel et al.(1992) ²¹⁾ WoldeGabriel(1995) ²²⁾ | <ul style="list-style-type: none"> • 中新世の凝灰岩中の斜プチロル沸石*のK-Ar年代を測定した。 • 測定された年代値の最も古い13Maが生成時期を示し、その年代値より若い値が測定される原因は、鉱物と間隙水との反応により、Arの損失及びKの付加が生じたためと考えた。 • 斜プチロル沸石のイオン交換の実験によりKの含有量が大きく変化することを示した。 | フィリップサイトでも同様にArの損失及びKの付加が生じ、年代値が真の値より若くなっている可能性がある。 |
| WoldeGabriel et al.(1996) ²³⁾ | <ul style="list-style-type: none"> • 更新世の変質した凝灰岩中のフィリップサイトのK-Ar年代を測定し、その値(0.4±0.03Ma)が自生のカリ長石とほぼ同じで母岩の堆積年代に近いことを示した。 | K-Ar年代測定はフィリップサイトに適用できる可能性がある。 |
| Karlsson(2001) ²⁴⁾ | <ul style="list-style-type: none"> • 既存文献のレビュー。 • フィリップサイトの年代値のデータについては検討すべき事項はあるが、鉱物形成後の変質履歴に関する有用な情報となり得る。 | フィリップサイトのK-Ar年代測定結果に関しては上記の影響についての検討が必要である。 |

*: 斜プチロル沸石はフィリップサイトと同じ低温の温度条件で生成する沸石であり(補足説明資料P. 2-116参照)、同様な課題があると考えられるため表に加えた。

フィリップサイトのK-Ar年代測定の課題を整理するため文献調査を行った。

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

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



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

- 測定された年代値よりも真の年代値が若くなるのは、上図の赤で着色した範囲にK及び ${}^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の値が入る場合で、フィリップサイトの生成後にKの損失または ${}^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の付加が生じたものと考えられるが、 ${}^{40}\text{Ar}_{\text{rad}}$ の付加の事例は文献にない。
- なお、Kの損失については、最大限の損失が生じたと仮定してもフィリップサイトの真の年代値が0.35Maより若くなることはない(補足説明資料P.2-211参照)。

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

敷地のフィリップサイトの年代測定結果(補足説明資料P.2-208参照)及びその評価

| 項目 | 結果 | 評価 |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| K含有量 | 4.400±0.088 wt% | <ul style="list-style-type: none"> • K含有量はK-Ar年代測定法の適用で十分な測定精度が得られるレベルと考えられる。 • フィリップサイトの生成後に間隙水との反応により最大限のKの損失が生じたケースを仮定し、最大限のK含有量を求めると約20wt% ($K_6Na_1Al_7Si_9O_{32} \cdot 12H_2O$の化学組成がら求めた値)^{*1}となる。 |
| 放射性起源 ⁴⁰ Ar | 27.3±2.1 × 10 ⁻⁸ cc STP/g | <ul style="list-style-type: none"> • ⁴⁰Arの付加が生じると真の年代値は測定値より若くなるが、⁴⁰Arの付加の事例は文献にもなく、堆積岩である大畑層の地質環境からも考えにくい。 |
| 非放射性起源 ⁴⁰ Ar | 81.4 % | <ul style="list-style-type: none"> • 非放射性起源⁴⁰Ar(大気Ar混入率)は、試料の年代が若いほど、K含有量が低いほど高くなり、測定誤差が大きくなるが、80%程度以下であれば年代値は信頼性があるとされている(八木(2015)²⁷⁾。 |
| K-Ar年代 | 1.60±0.13 Ma | <ul style="list-style-type: none"> • K含有量の損失を仮定すると真の年代値は測定値1.60Maより若くなるが、フィリップサイトとして最大限のK含有量約20%を仮定して求めた年代値は0.35 Ma^{*2}となり、年代値はこの値より若くなることはない。 |

* 1: フィリップサイトにはNaなども含まれ(Oba and Yoshikawa (1994)²⁶⁾), K含有量がこれほど高い値になることは考えにくい。また, Arの損失を伴わずKだけが多量に失われることも考えにくい。なお, Arの損失が生じるとKの損失とは逆に真の年代値は古くなる。

* 2: 年代値は板谷・長尾(1988)²⁵⁾の下記の式により求めた。

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

文献調査の結果(補足説明資料P.2-209, 2-210参照)を踏まえ、敷地のフィリップサイトの年代測定結果(補足説明資料P.2-208参照)に基づいて、断層の活動性評価に用いるフィリップサイトの生成年代が最大限若くなる可能性について検討する。

- Arの付加に関しては、フィリップサイトにArが付加される現象は考えにくく、真の年代値が測定された約1.6Maより若い値となることはない。
 - Kの損失に関しては、フィリップサイト生成後に最大限のKの損失を仮定しても、年代値は0.35Maより若くなることはない。
- 以上のことから、K-Ar年代測定結果に基づいてフィリップサイトの生成時期は後期更新世より十分古いものと考えられる。

(余白)

| | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-----------------------------------------|-------------|
| 1. 地質構造に関する調査 | ..... | 1-1 | | |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | | | <i>[鉱物脈法に関する参考データ]</i> | |
| 2.1 地質・地質構造 | | | 2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討 | 2-195 |
| 2.1.1 大畑層の特徴及び年代について | ..... | 2-1 | 2.3.3 大間周辺の隆起傾向 | 2-201 |
| 2.2 sF-1断層 | | | 2.3.4 フィリプサイトの年代測定 | 2-203 |
| <i>[分布・性状]</i> | | | 2.3.5 X線分析の方法及び 文献に基づく主要鉱物の特徴 | 2-213 |
| 2.2.1 sF-1断層の性状 | ..... | 2-9 | 2.3.6 フィリプサイト脈と 断層の最新面との関係による評価(薄片C) | 2-217 |
| 2.2.2 重力探査 | ..... | 2-41 | | |
| <i>[地下深部への連続性の検討]</i> | | | | |
| 2.2.3 大間層中の鍵層の認定の考え方 | ..... | 2-47 | 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 |
| 2.2.4 大間層中の鍵層の性状 | ..... | 2-55 | 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 |
| 2.2.5 大間層中の玄武岩の分布・性状 | ..... | 2-77 | 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 |
| 2.2.6 反射法地震探査統合解析の解析精度 | ..... | 2-81 | 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 |
| 2.2.7 文献に基づく断層の長さ 最大変位量の関係の検討 | ..... | 2-83 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| <i>[多重逆解法を用いた応力場による検討]</i> | | | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 2.2.8 sF-1断層に関わる条線画像 | ..... | 2-85 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 2.2.9 応力場に基づく形成史検討 | ..... | 2-101 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 | 10-1 |
| 2.3 (参考) 鉱物脈法 | | | 11. 海域の変動履歴の評価 | 11-1 |
| 2.3.1 鉱物脈法による活動性評価 | ..... | 2-105 | 12. 地質構造発達史の評価 | 12-1 |
| ① 鉱物脈法の適用性の検討 | ..... | 2-108 | 13. 隆起のメカニズム評価 | 13-1 |
| ② フィリプサイト脈による活動性評価 | ..... | 2-135 | | |
| ③ まとめ | ..... | 2-193 | | |

試料調整とX線分析条件

(1)不定方位法回折試験

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

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

(2)定方位および EG 処理定方位回折試験

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

X線分析及び薄片観察に関わる主要鉱物の特徴

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

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

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

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

*3: 都城・久城 (1972)²⁸⁾の屈折率及び複屈折。

*4: EPMA分析によると、sF-1断層の粘土状破碎部の斜長石は曹灰長石～垂灰長石である(補足説明資料P.2-200参照)。

*5: 都城・久城 (1972)²⁸⁾の曹灰長石～垂灰長石。

*6: ICDD(2015)⁸⁾のphillipsite-Kの回折ピークのうち、斜長石と重複しない主要回折ピークの位置。

*7: Sheppard and Fitzpatrick(1989)¹⁷⁾のK・Na・Siに富むフィリップサイト。

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

(余白)

2.3.6 フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価(薄片C)

2-217

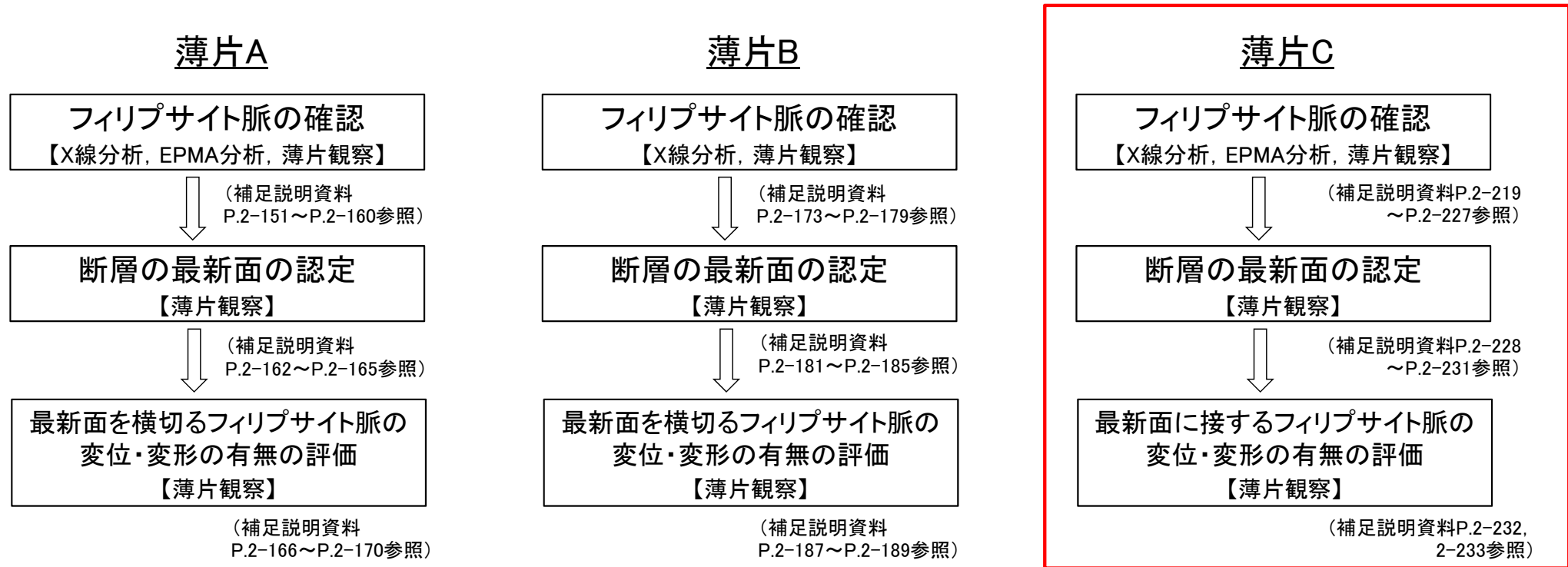


| | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|------------------------------------------|-------------|
| 1. 地質構造に関する調査 | ..... | 1-1 | | |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | | | | |
| 2.1 地質・地質構造 | | | | |
| 2.1.1 大畑層の特徴及び年代について | ..... | 2-1 | | |
| 2.2 sF-1断層 | | | | |
| [分布・性状] | | | | |
| 2.2.1 sF-1断層の性状 | ..... | 2-9 | | |
| 2.2.2 重力探査 | ..... | 2-41 | | |
| [地下深部への連続性の検討] | | | | |
| 2.2.3 大間層中の鍵層の認定の考え方 | ..... | 2-47 | | |
| 2.2.4 大間層中の鍵層の性状 | ..... | 2-55 | | |
| 2.2.5 大間層中の玄武岩の分布・性状 | ..... | 2-77 | | |
| 2.2.6 反射法地震探査統合解析の解析精度 | ..... | 2-81 | | |
| 2.2.7 文献に基づく断層の長さ と最大変位量の関係の検討 | ..... | 2-83 | | |
| [多重逆解法を用いた応力場による検討] | | | | |
| 2.2.8 sF-1断層に関わる条線画像 | ..... | 2-85 | | |
| 2.2.9 応力場に基づく形成史検討 | ..... | 2-101 | | |
| 2.3 (参考) 鉱物脈法 | | | | |
| 2.3.1 鉱物脈法による活動性評価 | ..... | 2-105 | | |
| ① 鉱物脈法の適用性の検討 | ..... | 2-108 | | |
| ② フィリップサイト脈による活動性評価 | ..... | 2-135 | | |
| ③ まとめ | ..... | 2-193 | | |
| | | | [鉱物脈法に関する参考データ] | |
| | | | 2.3.2 EPMA分析による曹長石化の検討 | 2-195 |
| | | | 2.3.3 大間周辺の隆起傾向 | 2-201 |
| | | | 2.3.4 フィリップサイトの年代測定 | 2-203 |
| | | | 2.3.5 X線分析の方法及び 文献に基づく主要鉱物の特徴 | 2-213 |
| | | | 2.3.6 フィリップサイト脈と 断層の最新面との関係による評価(薄片C) | 2-217 |
| | | | 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 |
| | | | 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 |
| | | | 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 |
| | | | 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 |
| | | | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| | | | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| | | | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| | | | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 | 10-1 |
| | | | 11. 海域の変動履歴の評価 | 11-1 |
| | | | 12. 地質構造発達史の評価 | 12-1 |
| | | | 13. 隆起のメカニズム評価 | 13-1 |

フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価: 評価の流れ

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-103 再掲

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





フィリップサイト脈の確認(1/9): X線分析

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-104 再掲

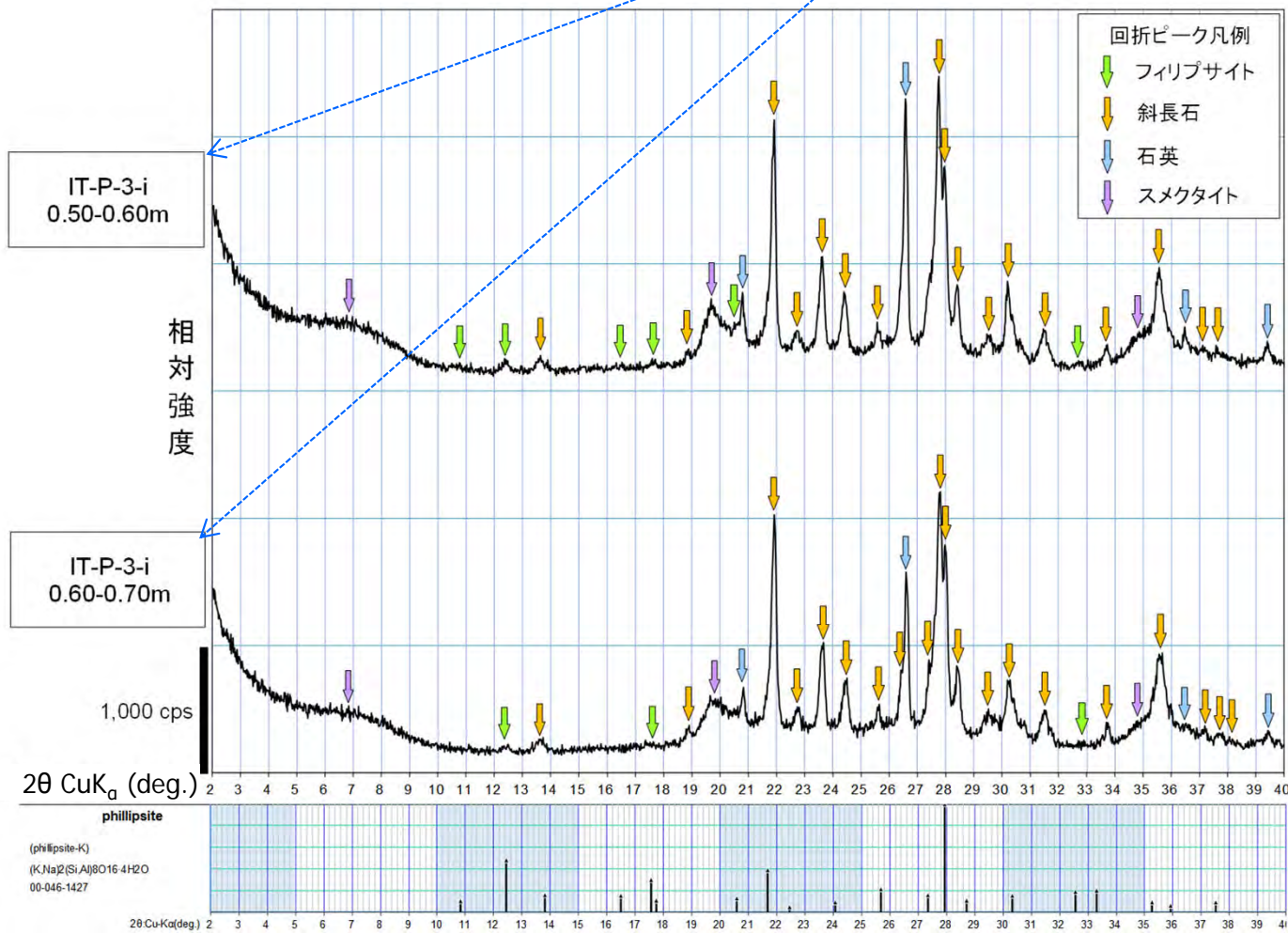
IT-P-3-i孔(深度0m~1m区間) 薄片試料採取区間: 0.57m~0.67m



ボーリングコア写真

凡例

X線分析試料採取区間
(コア表面付近の断層内物質を採取)



フィリップサイトの確認のため、断層内物質のX線分析を実施した。

- 薄片Cの試料を採取したIT-P-3-i孔では、断層面(粘土状破碎部)は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に分布し、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質のX線分析(不定方位)の結果、フィリップサイトに特徴的な回折ピーク($2\theta=12.44^\circ, 17.57^\circ$ 等、補足説明資料P.2-215参照)が認められる。

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

ICDD (2015)⁸⁾ phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

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

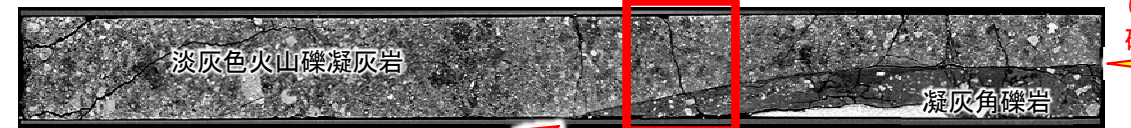
第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-105 再掲

IT-P-3-i孔(0m~1m区間)

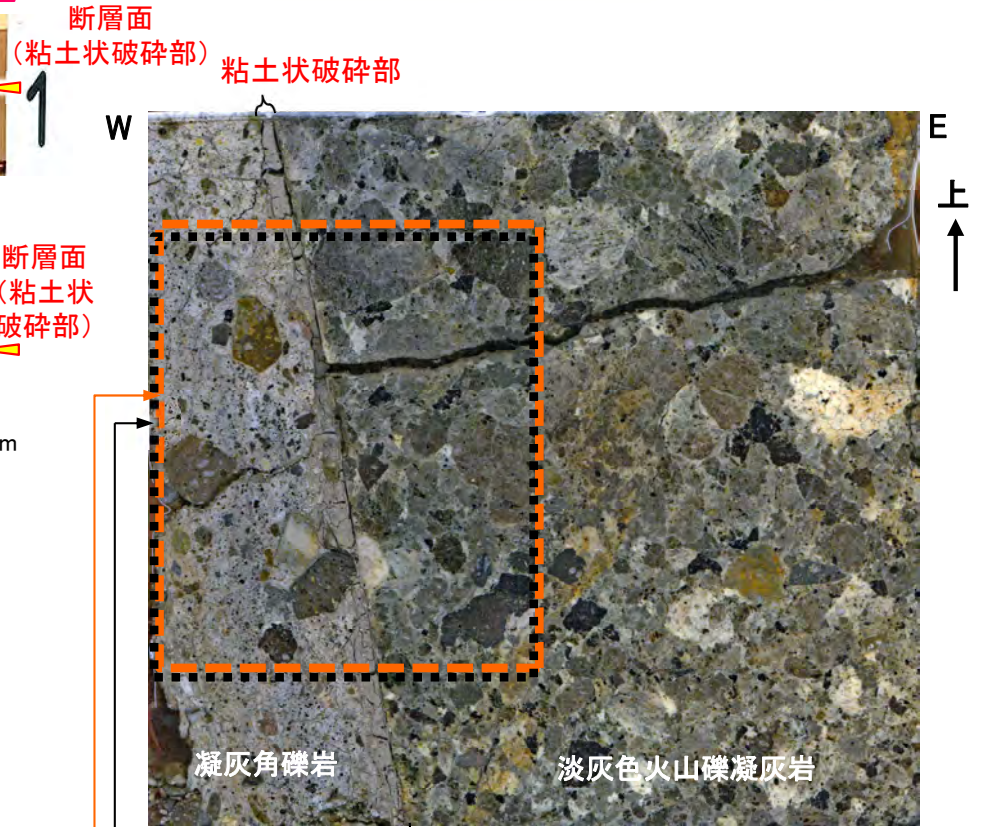
薄片試料採取区間: 0.57m~0.67m



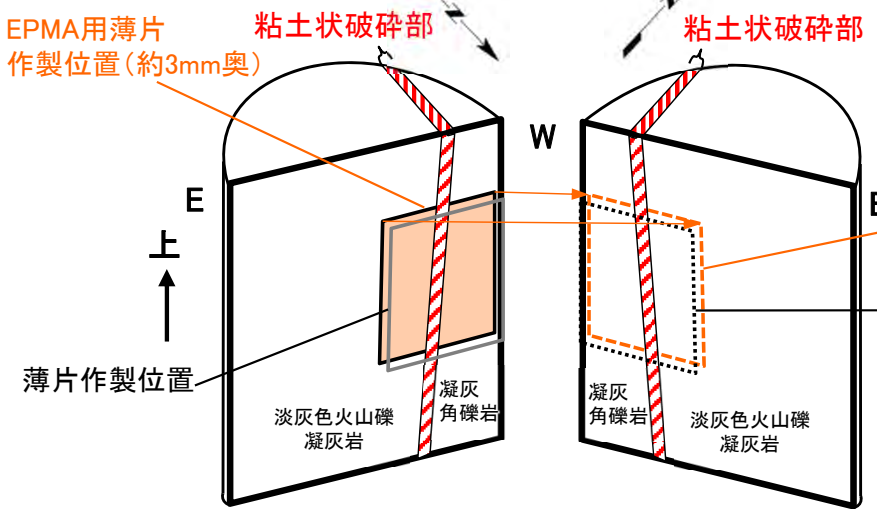
ボーリングコア写真



CT画像(鉛直断面)



薄片作製反対側の半割コア研磨片(鉛直断面)



② b) 薄片C作製試料

フィリップサイト脈の確認のため、EPMA用薄片を作製する。

- IT-P-3-i孔のコア及びCT画像から、淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に断層面(粘土状破碎部)が認められる。
- X線分析により、粘土状破碎部の断層内物質でフィリップサイトが検出された深度0.57m~0.67m区間(補足説明資料P.2-219参照)で試料を採取し、EPMA用薄片を作製した。

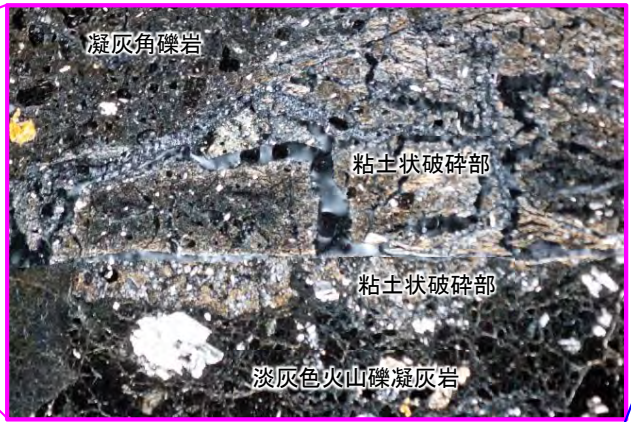
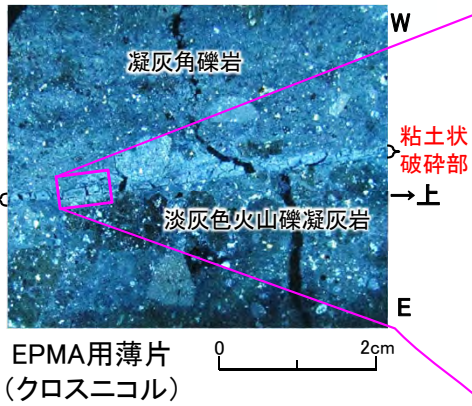
2.3.6 フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価(薄片C)(4/17)

2-221



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

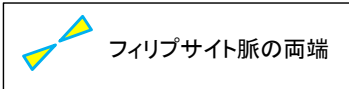
第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-106 再掲



EPMA用薄片
(クロスニコル)

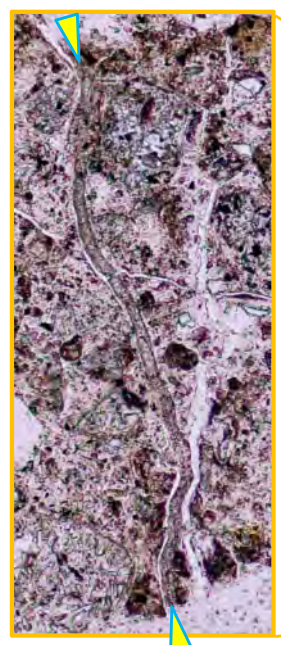
EPMA用薄片
(クロスニコル)

EPMA用薄片
(オープンニコル)

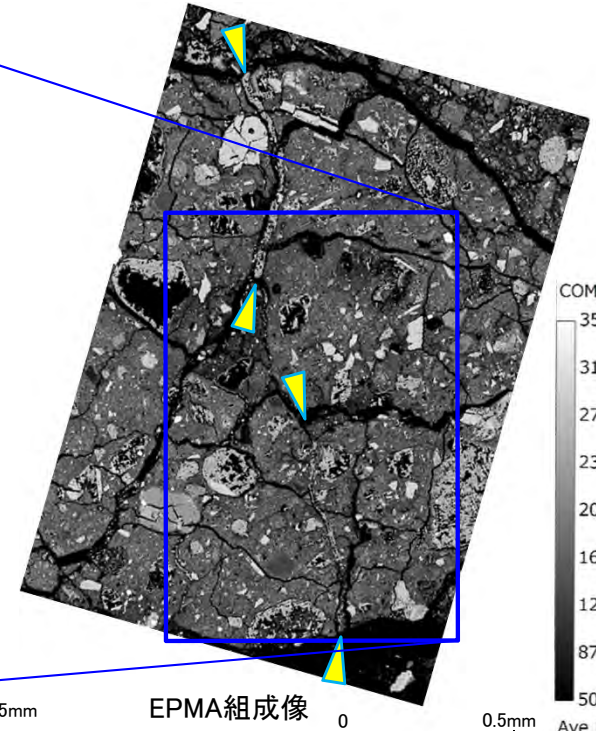


- EPMA用薄片では、粘土状破砕部近傍の凝灰角礫岩中に、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められ、微細な割れ目をフィリップサイトの結晶が充填している。
- EPMA分析*による組成像でも、薄片と同じ位置にフィリップサイト脈が認められる。

*:EPMA分析は、日本電子株式会社製 JXA-8230 を使用した。



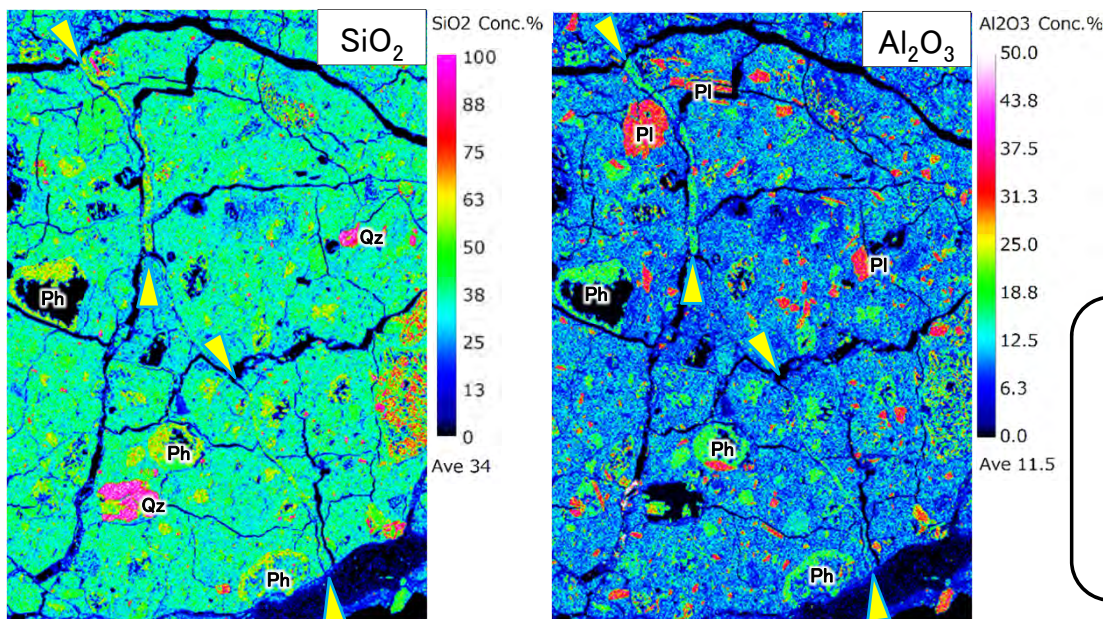
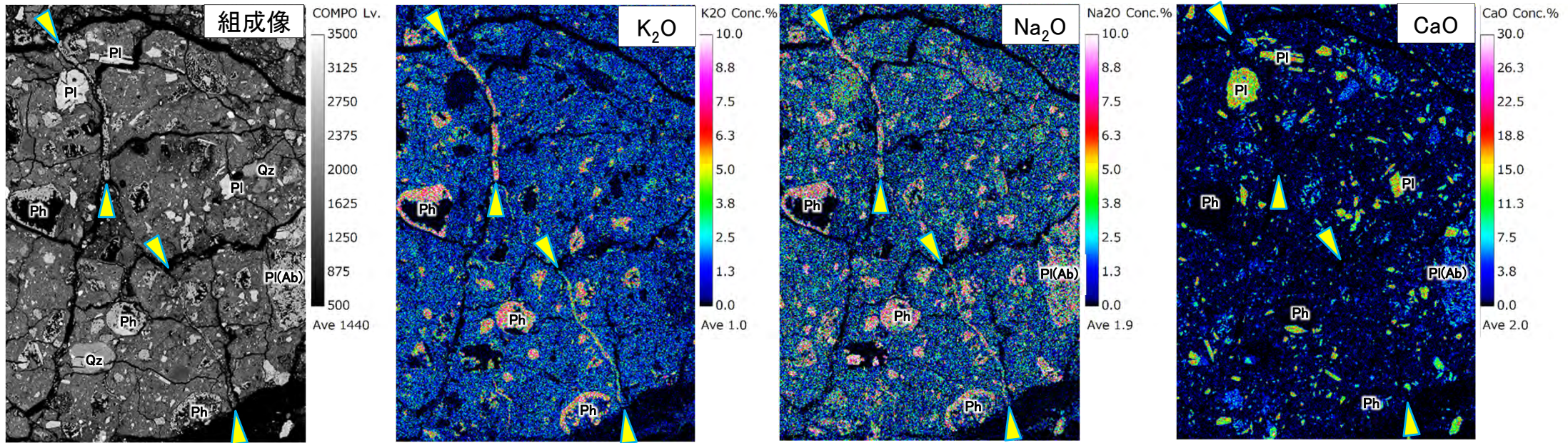
EPMA用薄片(オープンニコル)



EPMA組成像

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

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-107 再掲



EPMA分析による元素マップ

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

KとNaに富むフィリップサイトの化学組成 ICDD (2015)⁸⁾ phillipsite-K (00-046 -1427) : SiO₂ 52.07%, Al₂O₃ 19.25%, Na₂O 7.55%, K₂O 5.84%, CaO 1.22%

- EPMA分析の結果, 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈には, K₂O・Na₂Oがそれぞれ約5%~約8%, SiO₂が約50%~約60%, Al₂O₃が約18%~約20%含まれ, CaO及び他の主要化学成分(補足説明資料P.2-223参照)はほとんど検出されない。
- 薄片観察で確認されたフィリップサイト脈の化学組成は文献に示されたKとNaに富むフィリップサイトの化学組成とほぼ一致する。

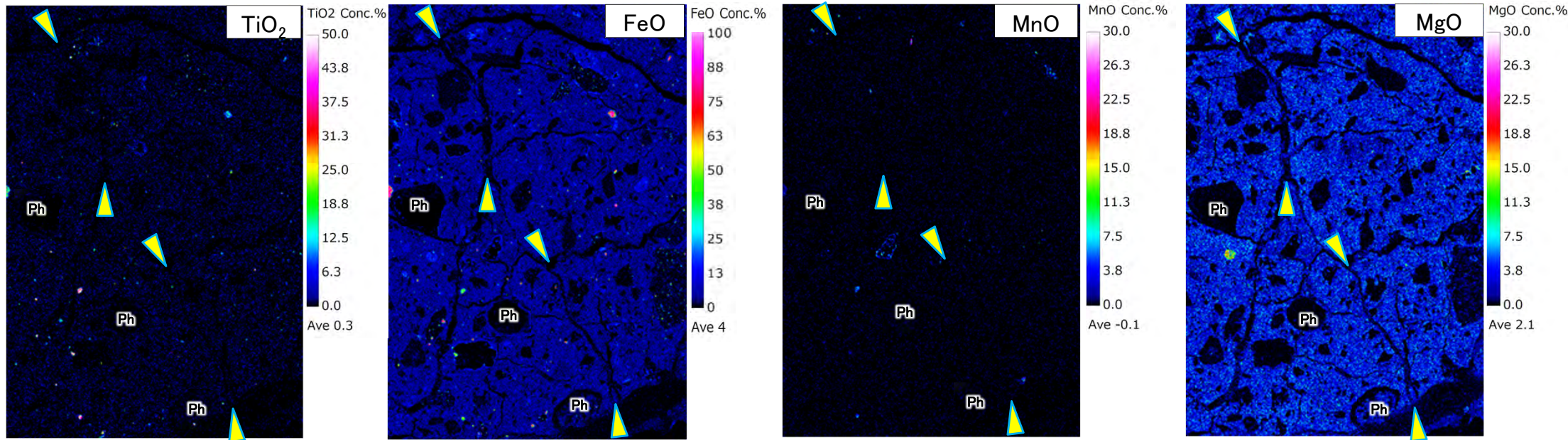
2.3.6 フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価(薄片C)(6/17)

2-223

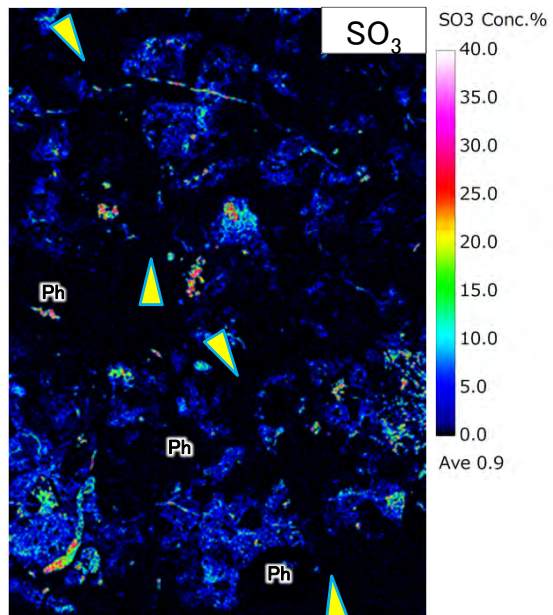


フィリップサイト脈の確認(5/9):EPMA分析(4/4):元素マップ(2/2)

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-108 再掲



0 0.5mm



EPMA分析による元素マップ

: フィリップサイト脈の両端 Ph : 空孔内に生じたフィリップサイト

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

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

フィリップサイト脈の確認(6/9):薄片観察(1/4):薄片作製

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-109 再掲

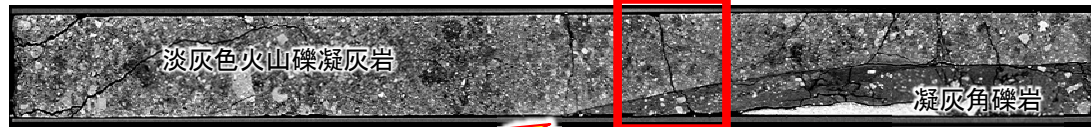
IT-P-3-i孔(0m~1m区間)

薄片試料採取区間: 0.57m~0.67m



ボーリングコア写真

断層面
(粘土状破碎部)



CT画像(鉛直断面)

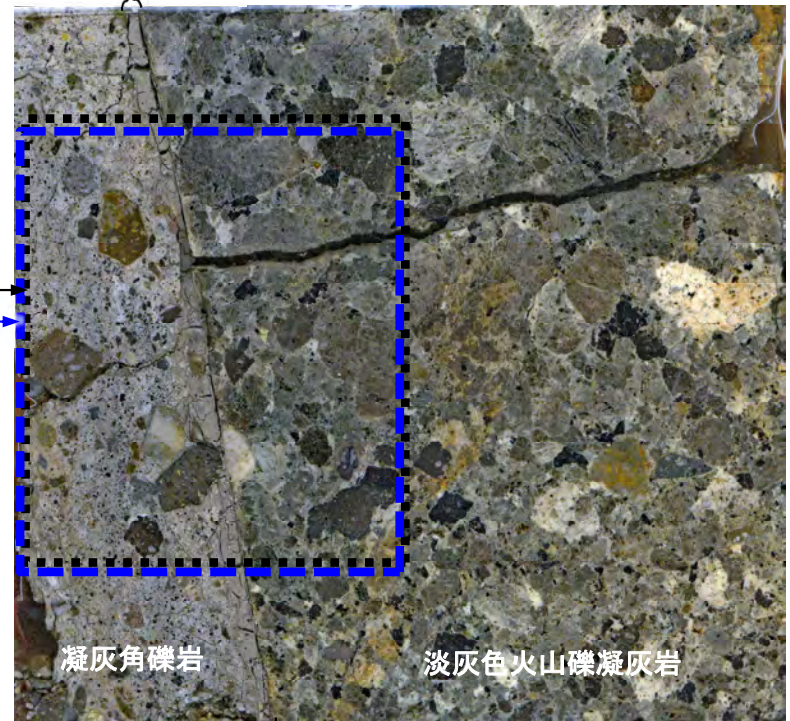
断層面
(粘土状破碎部)

0 10cm

断層面
(粘土状破碎部)

W

粘土状破碎部



E
↑

凝灰角礫岩

淡灰色火山礫凝灰岩

粘土状破碎部

0 2cm

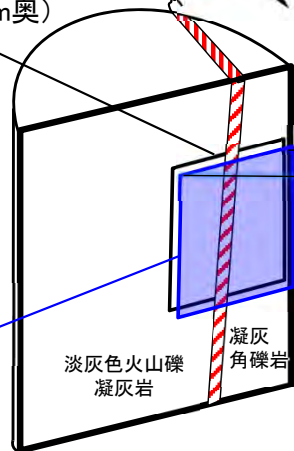
薄片作製反対側の半割コア研磨片(鉛直断面)

EPMA用薄片
作製位置(約3mm奥)

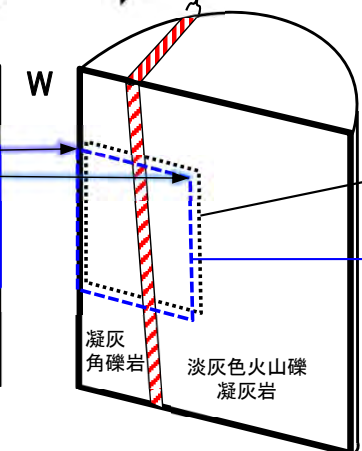
粘土状破碎部

粘土状破碎部

E
↑



半割コアと
薄片C作製試料



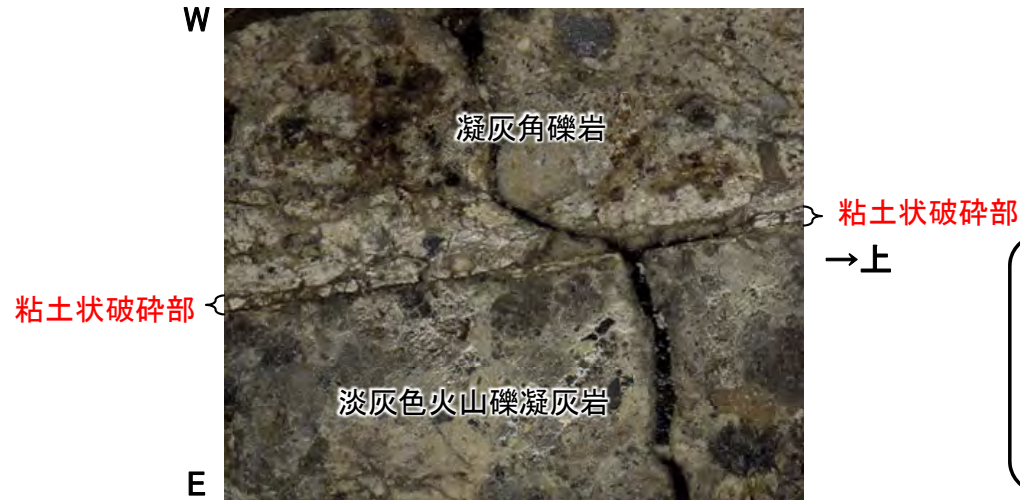
反対側半割コア
(試料作製投影位置)

フィリップサイト脈の確認のため、薄片観察用の薄片を作製する。

- IT-P-3-i孔のコア観察及びCT画像解析から、淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界に断層面(粘土状破碎部)が認められる。
- X線分析により、粘土状破碎部の断層内物質でフィリップサイトが検出された深度0.57m~0.67m区間(補足説明資料P.2-219参照)で試料を採取し、薄片Cを作製した。

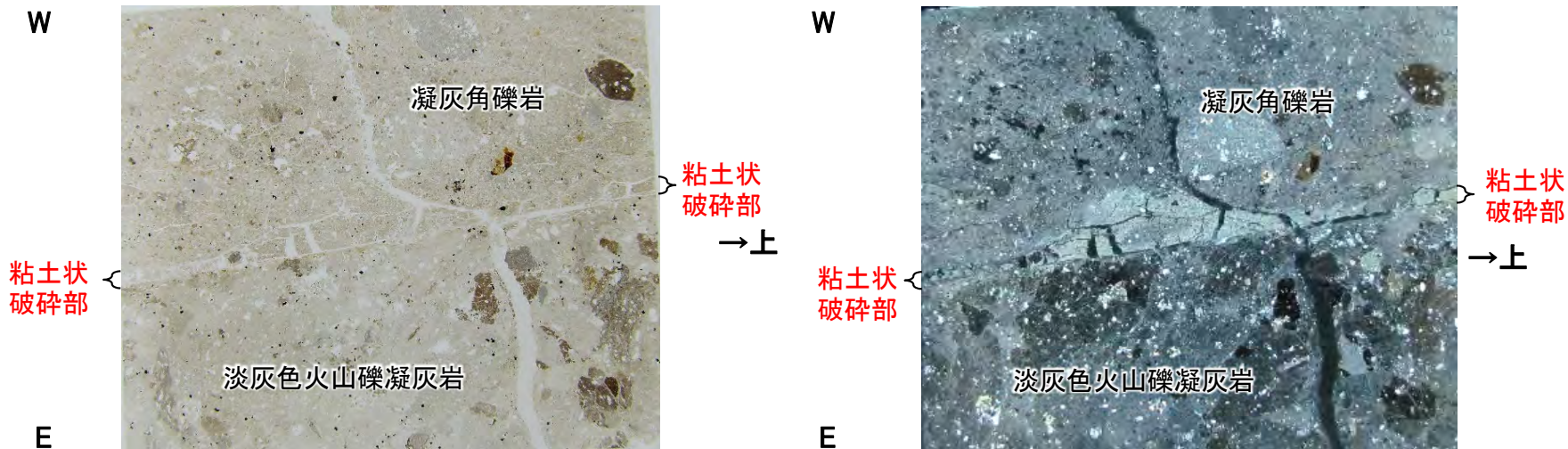
フィリップサイト脈の確認(7/9): 薄片観察(2/4)

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-110 再掲



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

薄片作製後のチップ
(チップ北面を北から見た画像を左右反転)



薄片(チップ北面を南から見る, 左:オープンニコル, 右:クロスニコル)

0 2cm

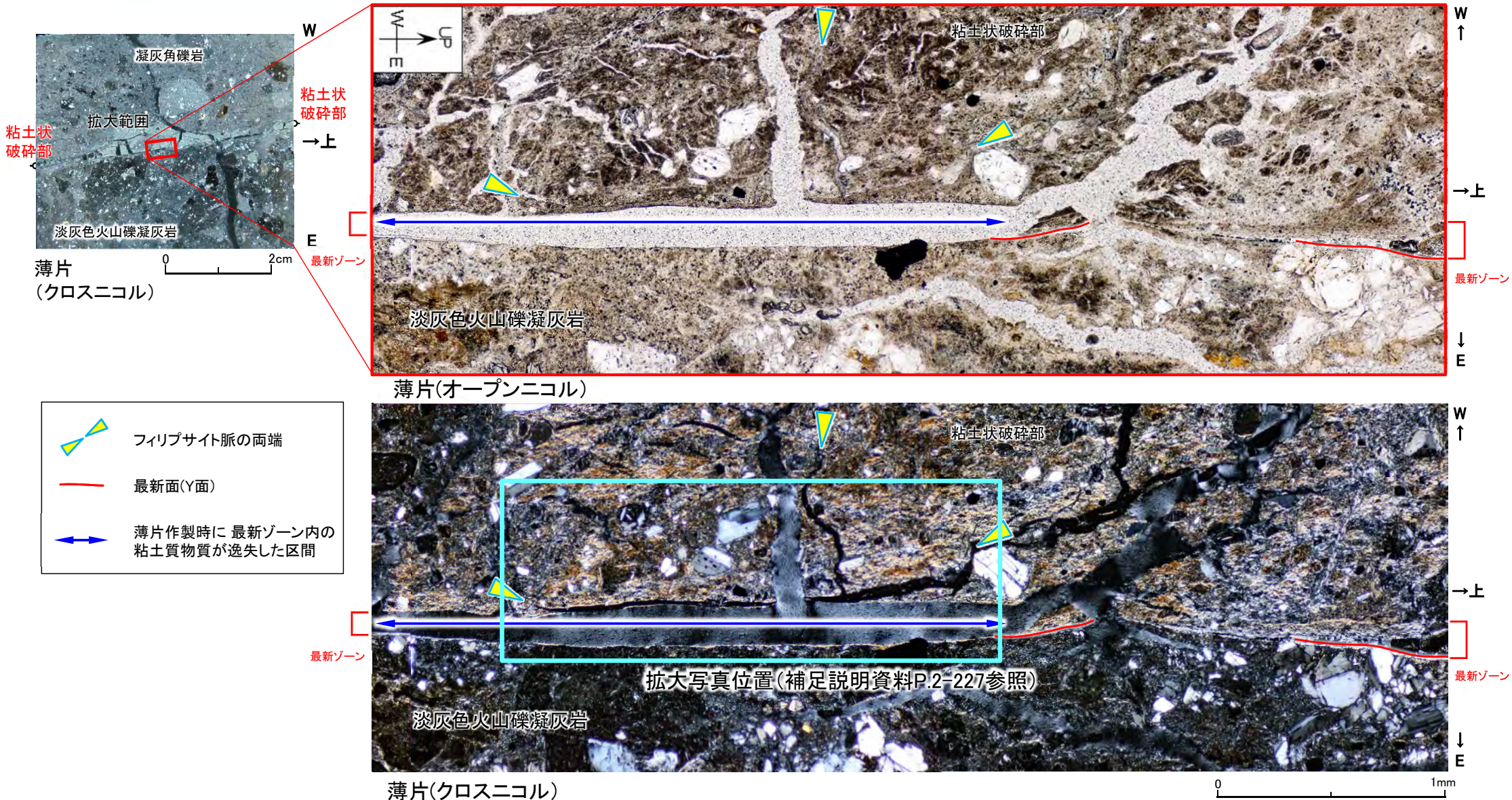
2.3.6 フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価(薄片C)(9/17)

2-226



フィリップサイト脈の確認(8/9): 薄片観察(3/4)

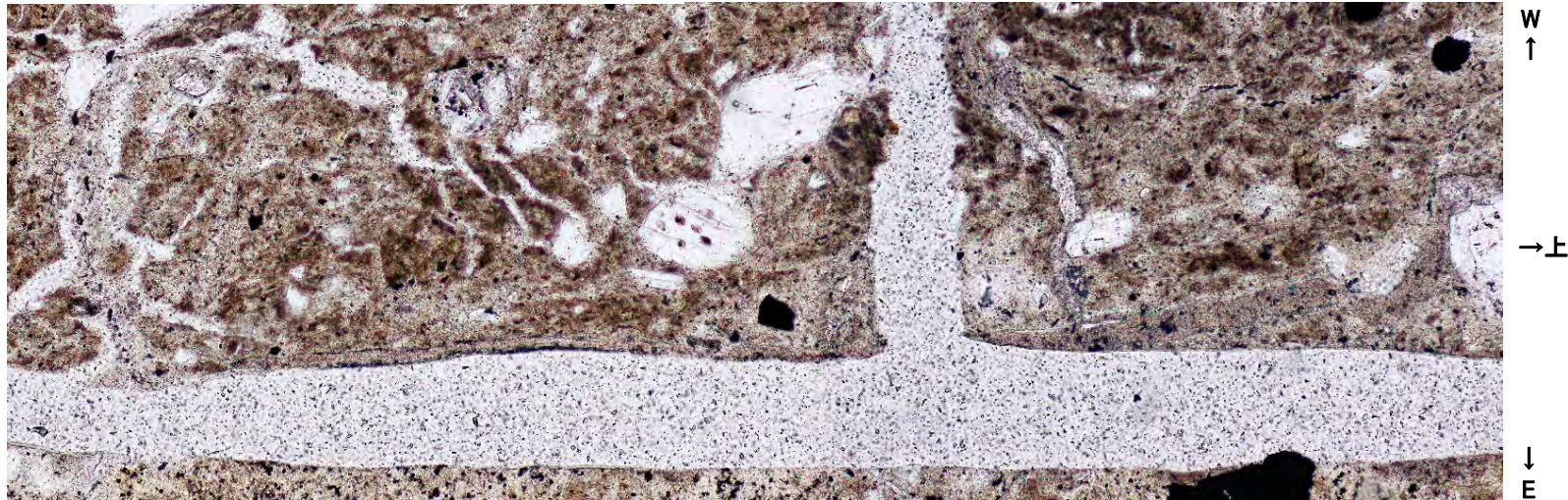
第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-111 再掲



粘土状破碎部中には、断層面に沿う方向とそれと直交する方向に、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる。

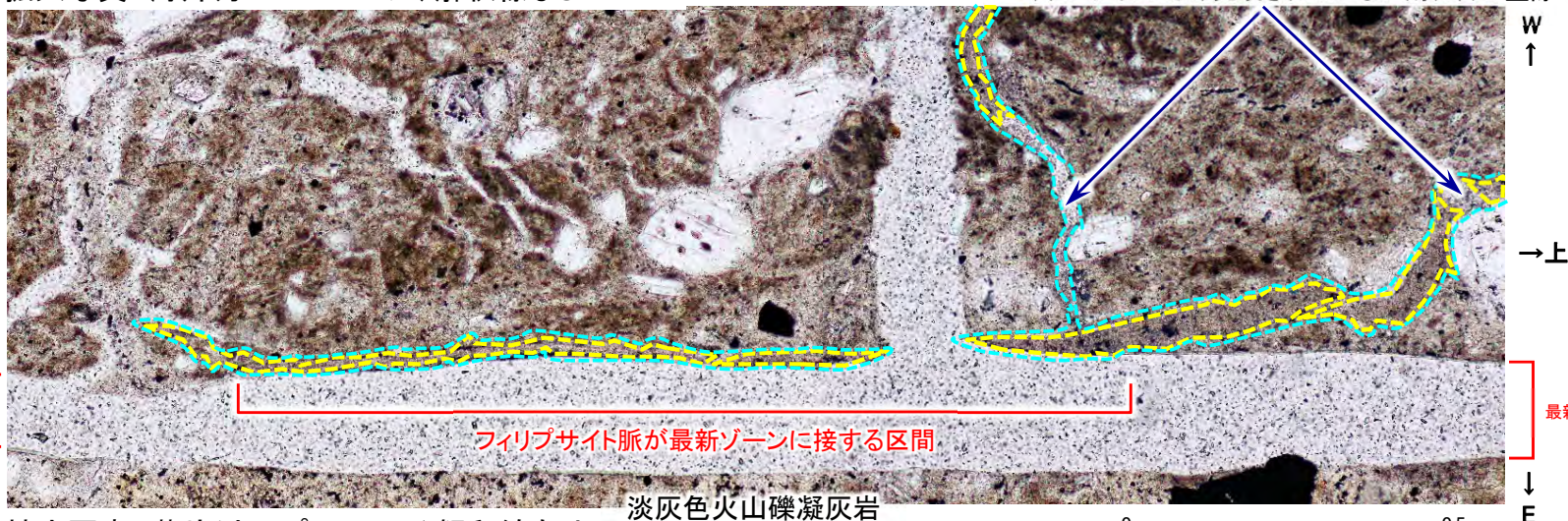
フィリップサイト脈の確認(9/9): 薄片観察(4/4)

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-112 再掲



拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線なし

フィリップサイトにより充填されていない割れ目の空隙



拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

淡灰色火山礫凝灰岩

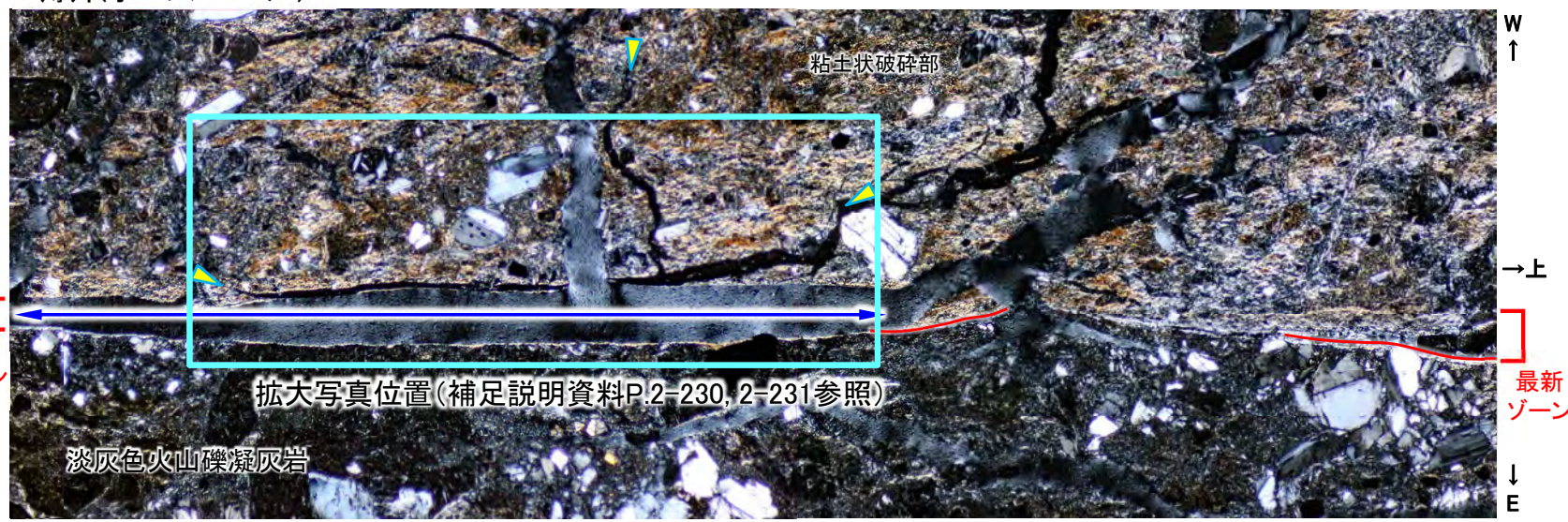
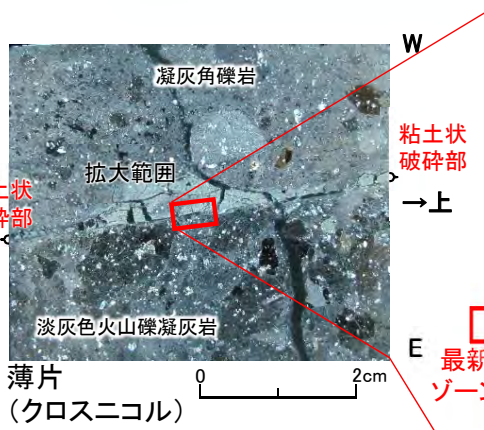
0 0.5mm

-  フィリップサイト脈
-  フィリップサイトの微小結晶集合体の外周

粘土状破碎部中には、オープンニコルでやや褐色を帯びた灰色を呈し、クロスニコルで暗色を呈する低屈折率・低複屈折(補足説明資料P.2-215参照)のフィリップサイトが脈状に連なるフィリップサイト脈が認められる(クロスニコルの薄片写真は補足説明資料P.2-231参照)。

断層の最新面の認定(1/4): 薄片観察(1/4)

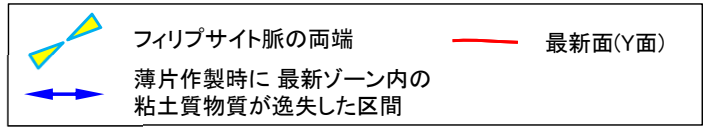
第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-113 再掲



最新面の認定のため、粘土状破碎部の薄片観察を行った。

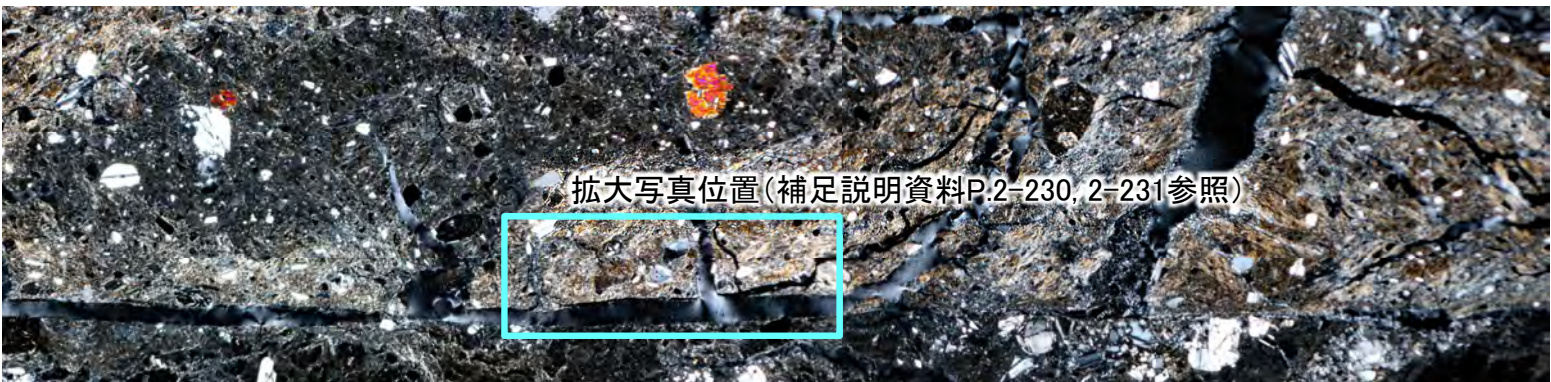
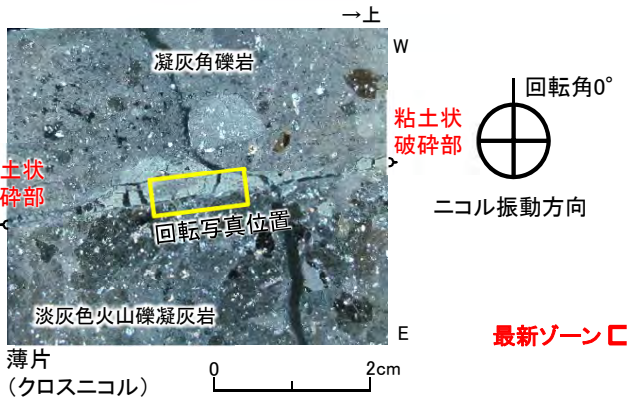
- 粘土状破碎部において、最新ゾーン上側(写真右側)では、粘土鉱物の配列等が卓越し、直線的に連続する幅約0.2mm程度の最新ゾーンが認められ、最新ゾーンに含まれる最も直線性・連続性が認められる面を最新面(Y面)として認定した。
- 最新ゾーン中央～下側(写真中央～左側)では、最新ゾーン幅と同程度の開口幅を持つ割れ目*が認められ、最新ゾーン東側及び西側の面に沿って薄い粘土質物質が確認できる(補足説明資料P.2-231参照)ことから、薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間と判断され、最新ゾーンとして認定可能である。東側及び西側の面に沿う薄い粘土質物質は最新面の可能性のあるY面として認定できる。

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



断層の最新面の認定(2/4): 薄片観察(2/4)

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-114 再掲

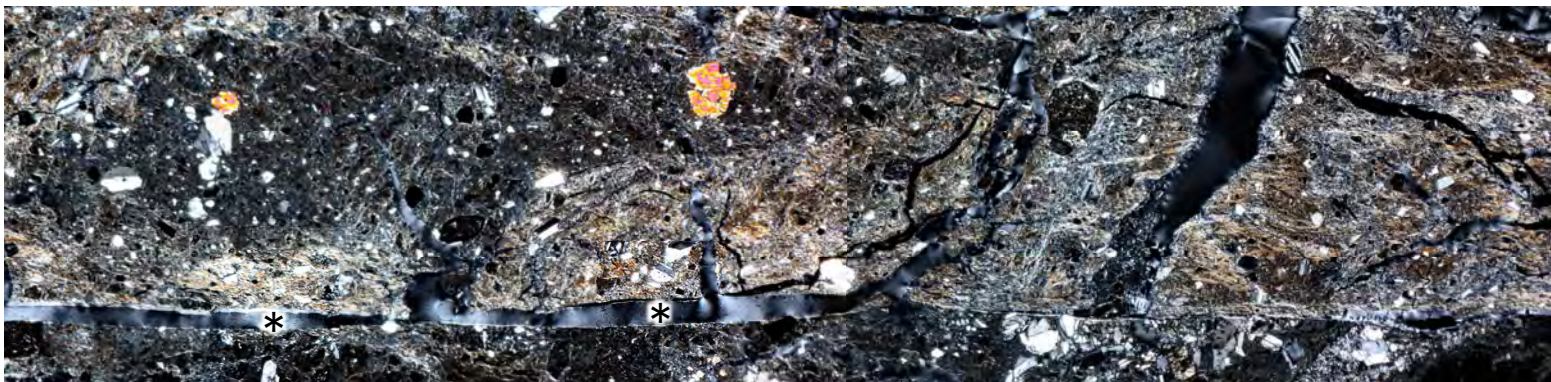


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 0° 回転

- クロスニコル下でステージを回転することにより、最新ゾーンでは、周囲の粘土状破碎部に比べて、粘土鉱物の配列が卓越して認められる。
- 回転角30°の薄片写真の右側では、粘土鉱物の配列が直線的に連続し、幅約0.2mmの最新ゾーンが認定される。
- 最新ゾーン中央～下側(写真中央～左側)では、最新ゾーン幅と同程度の開口幅を持つ割れ目*が認められ、最新ゾーン東側及び西側の面に沿って薄い粘土質物質が確認できる(補足説明資料P.2-231参照)ことから、薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間と判断され、最新ゾーンとして認定可能である。東側及び西側の面に沿う薄い粘土質物質は最新面の可能性のあるY面として認定できる。

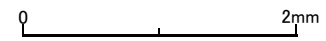


回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 30° 回転



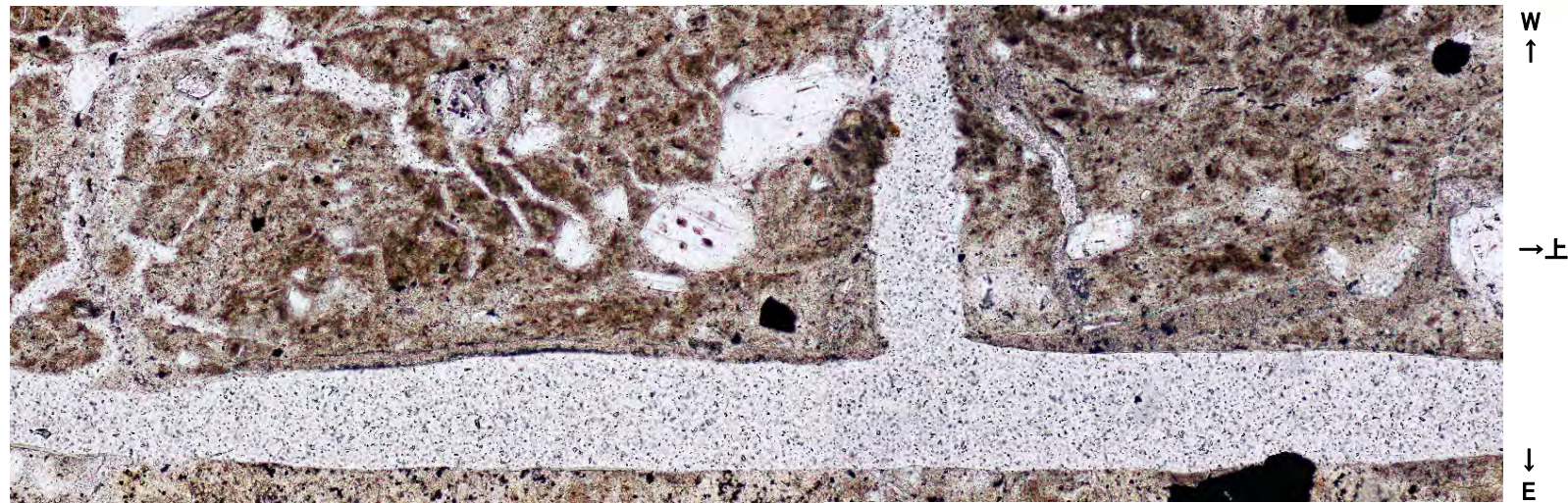
回転写真 薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 60° 回転

*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失した区間。

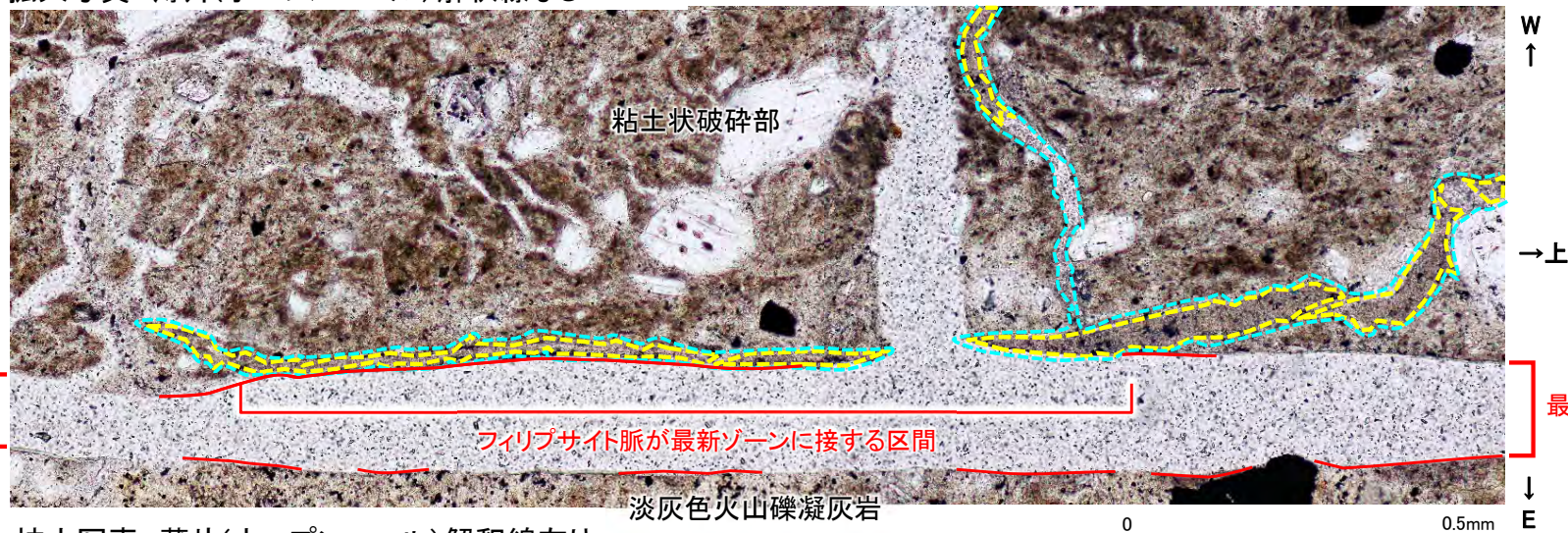


断層の最新面の認定(3/4): 薄片観察(3/4)

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-115 再掲



拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線なし



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

最新ゾーン

最新ゾーン

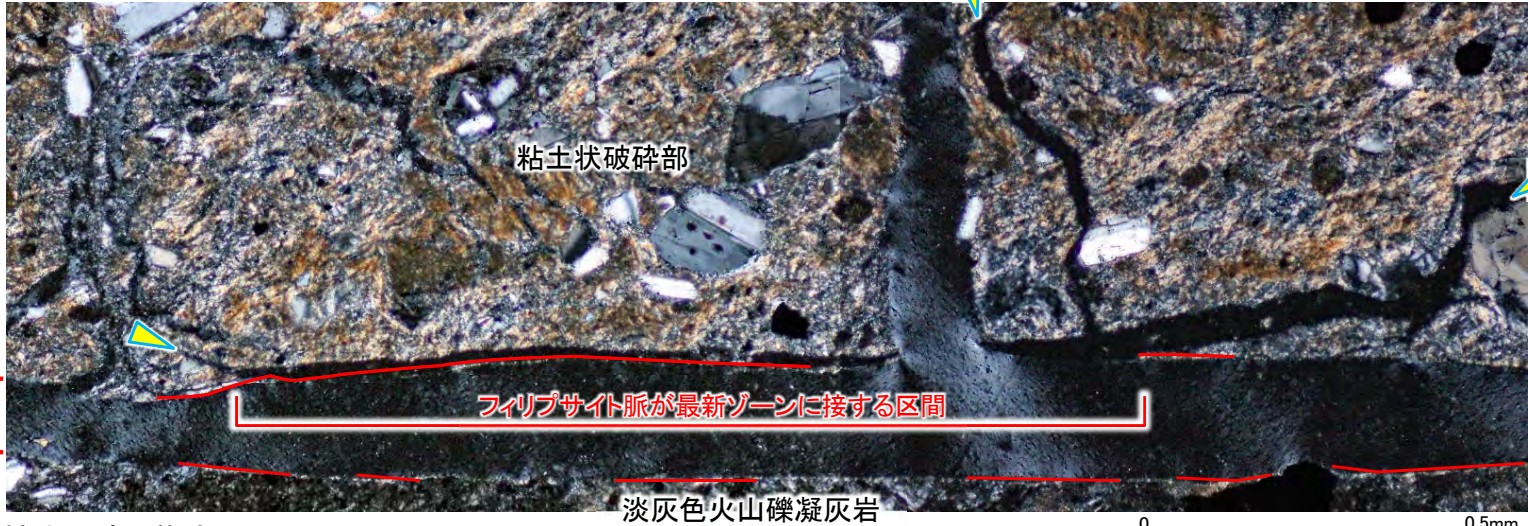
拡大写真 薄片(オープンニコル) 解釈線有り

- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm程度の部分を最新ゾーンとして認定した(補足説明資料P.2-228, 2-229参照)。
- フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では、最新ゾーンの東側及び西側の面に沿って最新面の可能性のあるY面が認定できる。このうち、西側の面に沿うY面を最新面とすると、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。



断層の最新面の認定(4/4): 薄片観察(4/4)

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-116 再掲



W ↑
→上
↓E

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

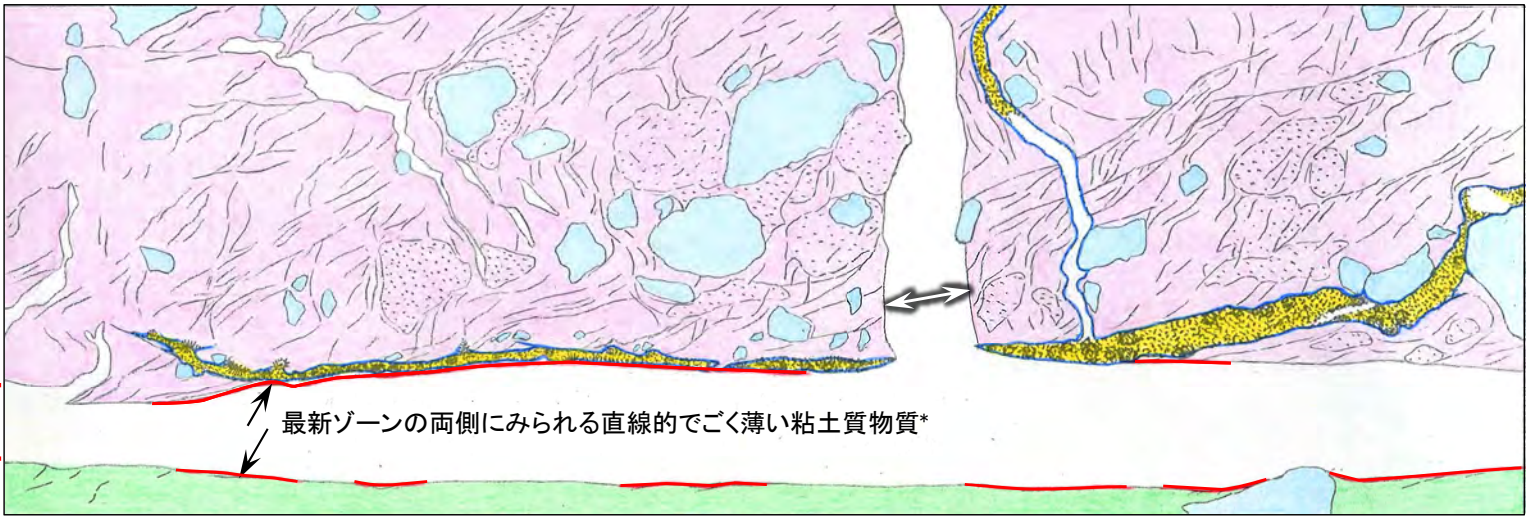
最新ゾーン

最新ゾーン

拡大写真 薄片(クロスニコル)

淡灰色火山礫凝灰岩

0 0.5mm



W ↑
→上
↓E

スケッチ 凡例

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

最新ゾーン

最新ゾーン

最新ゾーンの両側にみられる直線的でごく薄い粘土質物質*

薄片スケッチ

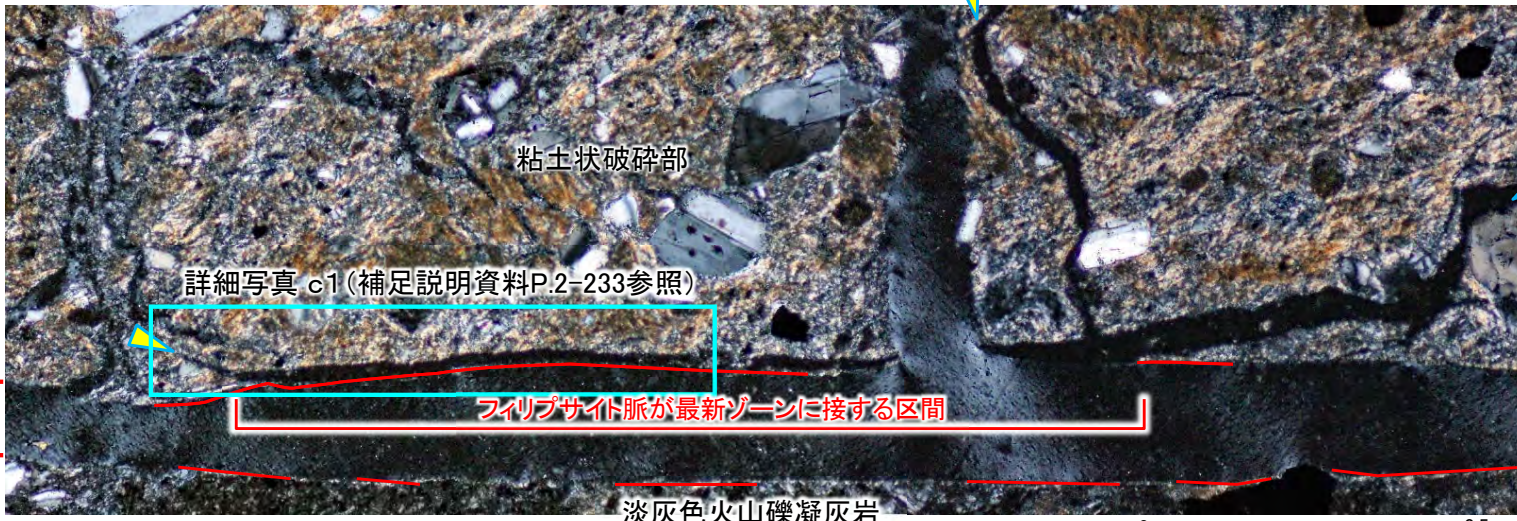
0 0.5mm

- 粘土状破碎部において、粘土鉱物の配列が卓越して認められ、直線的に連続する幅約0.2mm程度の部分を、最新ゾーンとして認定した(補足説明資料P.2-228, 2-229参照)。
- フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では、最新ゾーンの東側及び西側の面に沿って最新面の可能性のあるY面が認定できる。このうち、西側の面に沿うY面を最新面とすると、フィリップサイト脈を後述の活動性評価に用いることは可能と判断される。

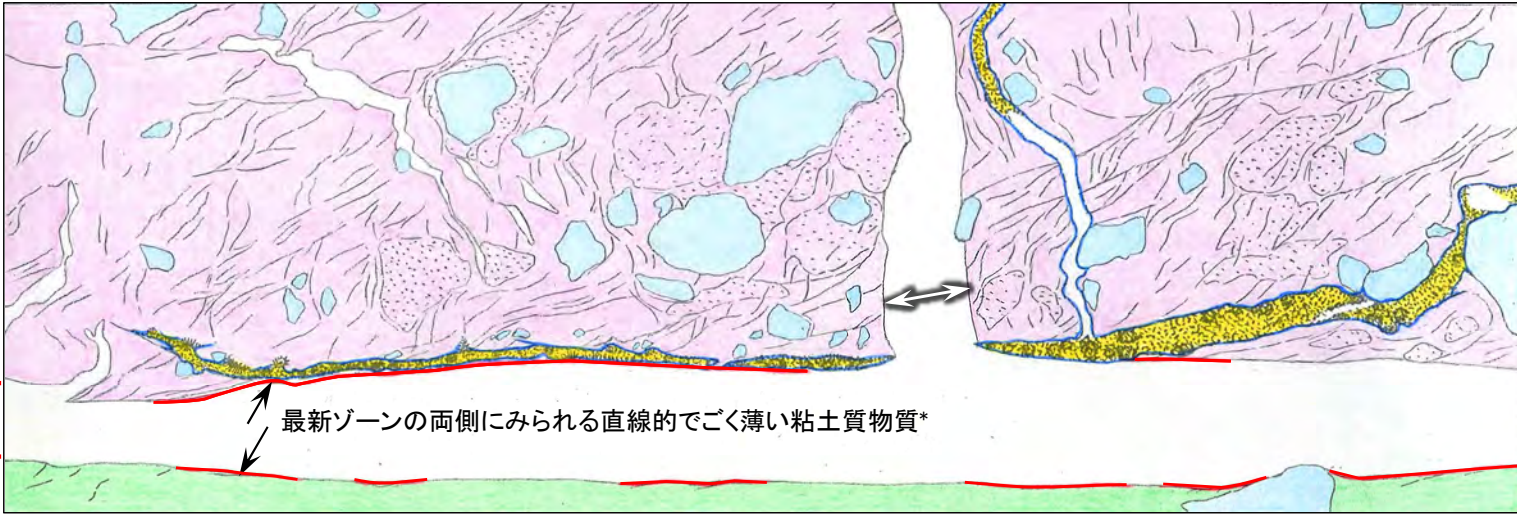
*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失。

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

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-117 再掲



拡大写真 薄片(クロスニコル)



薄片スケッチ

フィリップサイト脈の両端

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

スケッチ 凡例

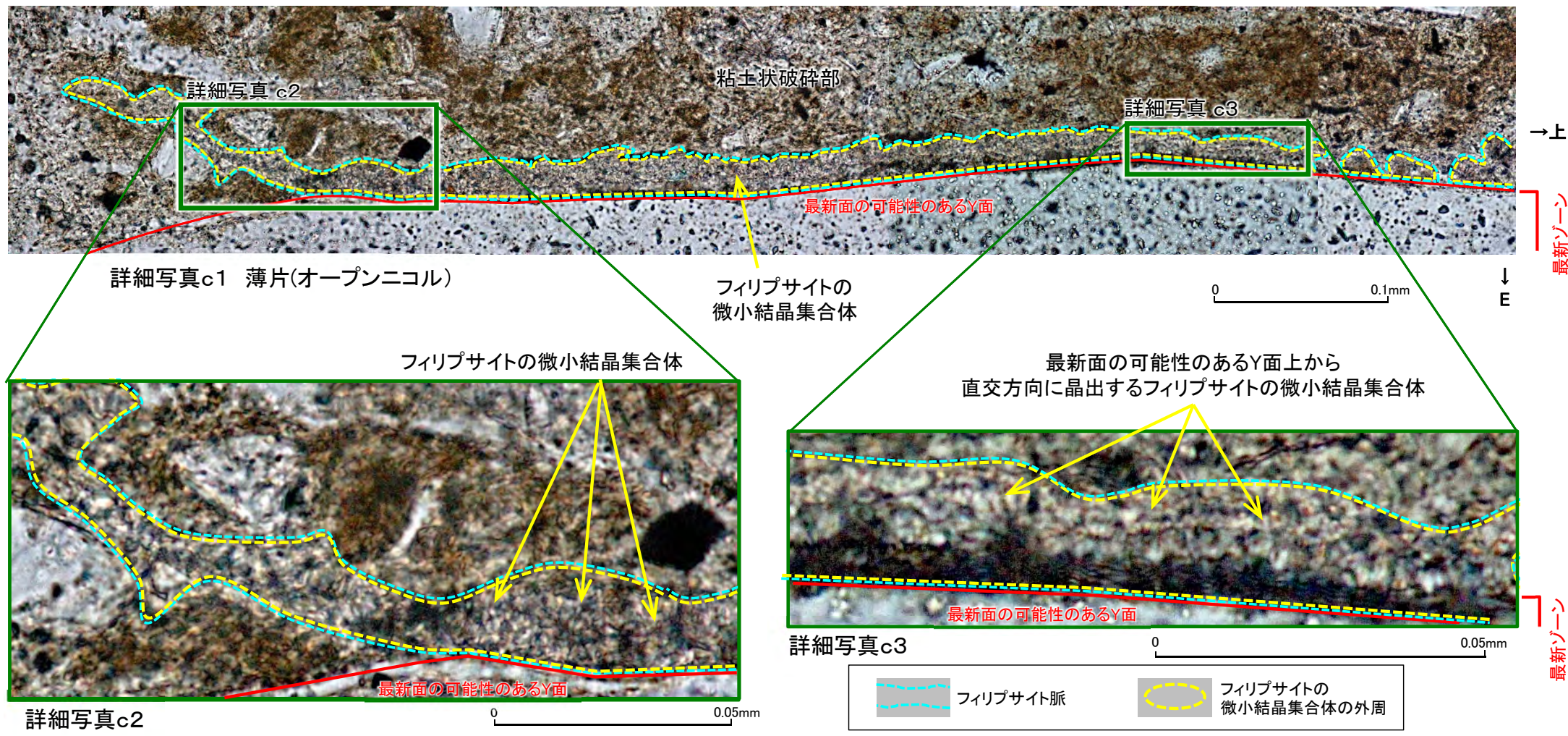
- フィリップサイト脈及びフィリップサイトの微小結晶集合体
- 粘土鉱物が強い配向を示す断層内物質
- 粘土鉱物の配向が弱い断層内物質
- 岩片・鉱物片
- 淡灰色火山礫凝灰岩
- 薄片作製時の分離面

- フィリップサイト脈が最新ゾーンに接する区間では、最新ゾーン西側の面に沿うY面を最新面(Y面)とすると、フィリップサイト脈は最新面(Y面)に接して分布する。
- フィリップサイト脈中のフィリップサイトの微小結晶集合体は、最新面の可能性のあるY面に接して晶出し、フィリップサイトの微小結晶集合体の晶出後に破壊は認められない(補足説明資料P.2-233参照)。
- 以上のことから、フィリップサイト脈は最新面の可能性のあるY面を横切っていないものの、最新面の可能性のあるY面に接するフィリップサイトの微小結晶集合体に破壊がないことから、フィリップサイト脈形成以降の断層活動はないと判断される。

*: 薄片作製時に最新ゾーン内の粘土質物質が逸失。

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-118 再掲

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



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

フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価:まとめ

第906回審査会合
資料1-2-2 P.参考2-119 再掲

【フィリップサイト脈の確認】

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

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

【最新面の認定】

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

【最新面に接するフィリップサイト脈の変位・変形の有無の評価】

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

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



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

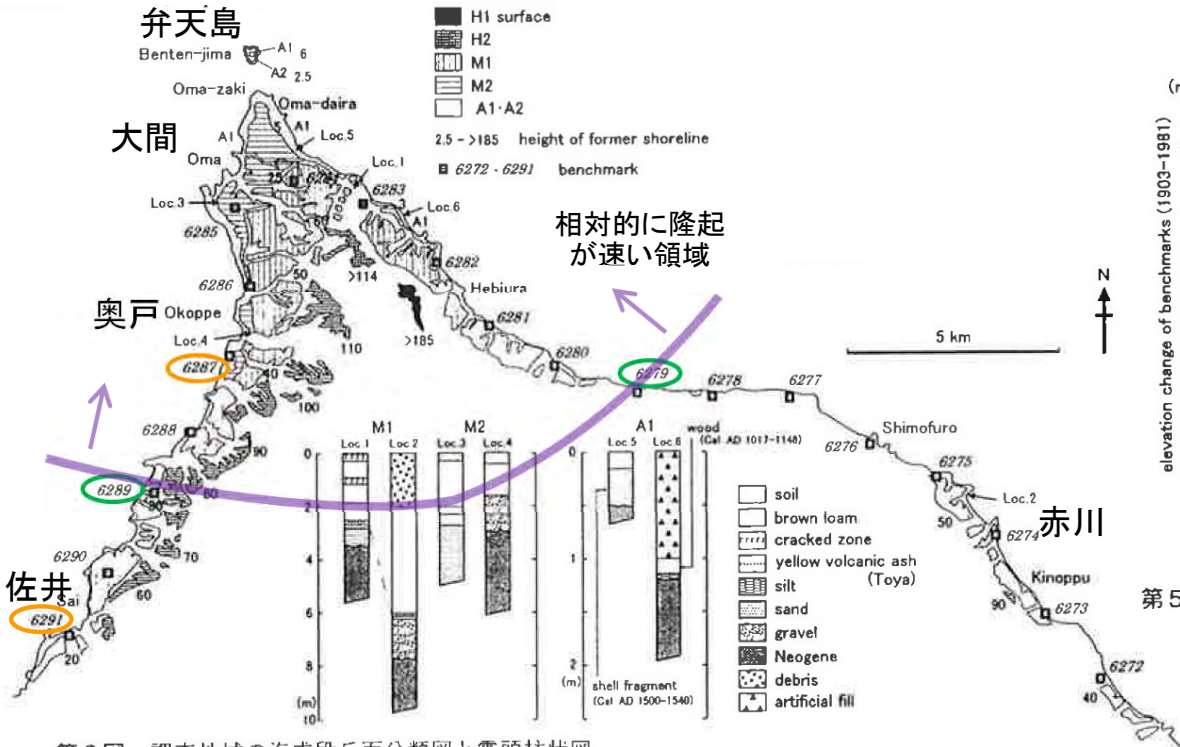
3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 3.1 水準点測量

| | | | |
|-----------------------------|------------|------------------------|-----------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | 2-1 | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 3.1 水準点測量 | 3-1 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |10-1 |
| 3.2 空中写真判読 | 3-9 | 11. 海域の変動履歴の評価 |11-1 |
| 3.3 海上音波探査の諸元・数量 | 3-19 | 12. 地質構造発達史の評価 |12-1 |
| 3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 | 3-23 | 13. 隆起のメカニズム評価 |13-1 |
| 3.5 外側海域の地層の年代評価 | 3-35 | | |
| 3.6 地層の反射パターン及びP波速度 | 3-43 | | |
| 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 | | |
| 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 | | |
| 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 | | |

3.1 水準点測量(1/6)

1903年～1981年間の水準点変動

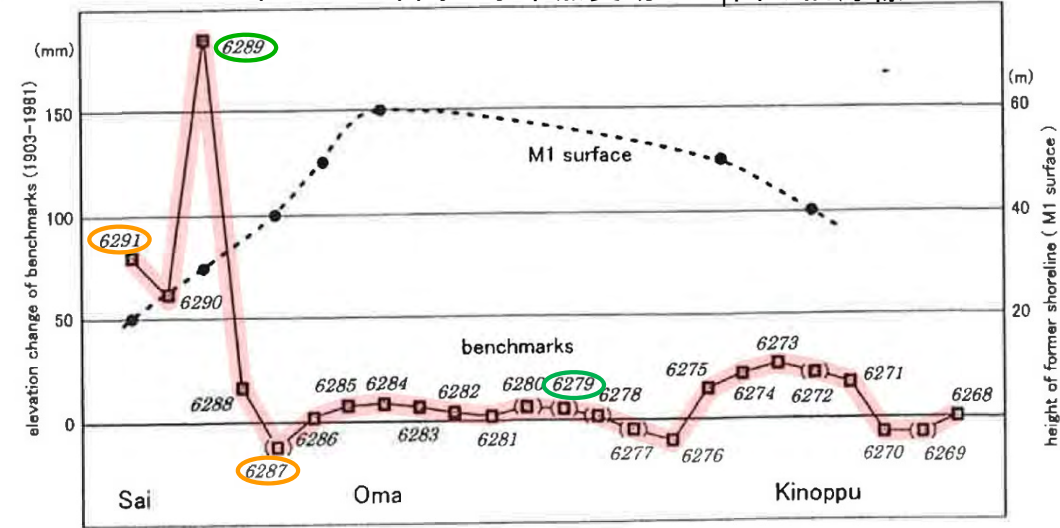
大間付近の測量結果



第3図 調査地域の海成段丘面分類図と露頭柱状図

図の範囲は第1図・第2図に示した。

1903年～1981年間の水準点変動とM₁面の旧汀線



第5図 1903～1981年間の水準点変動(1)とM1面の旧汀線高度。

渡辺ほか(2012)¹⁾に加筆

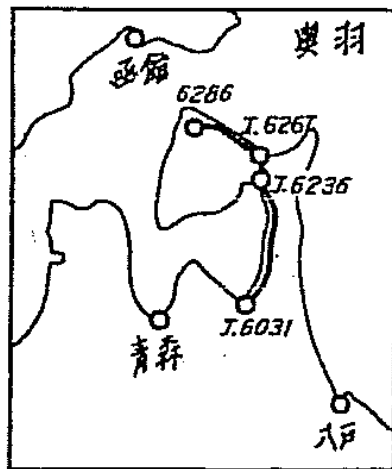
- 「相対的に隆起が速い領域」の境界付近の水準点
- 西側海岸において、奥戸から佐井(水準点6287→水準点6291)に向かい変動量が大きくなる区間の境界付近の水準点

渡辺ほか(2012)¹⁾には、大間付近の約80年間の水準点変動量のグラフが示されている。国土地理院が公開している水準点変動図に基づく検証の結果、この水準点変動量のグラフは、むつ市における水準点変動量を0とした相対的な変動量として、正しく図化されていると判断される。本図によれば、「相対的に隆起が速い領域」において下記の傾向が示唆される。これら傾向の信頼性を評価するため、国土地理院による期間ごとの水準点変動図、他機関による水準点変動図と比較するものとする。

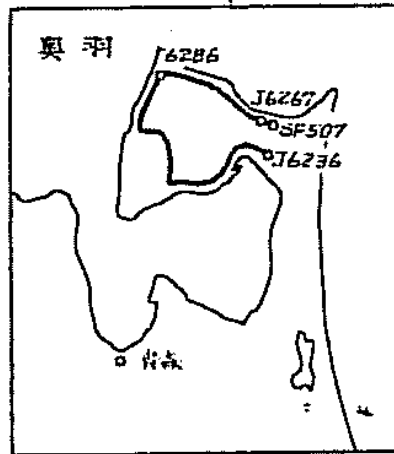
- 北東側海岸において、有意な変動は認められない。
- 西側海岸において、奥戸から佐井(水準点6287→水準点6291)に向かい変動量が大きくなっており、また途中の水準点6289が特に大きな変動量となっている。

3.1 水準点測量(2/6)

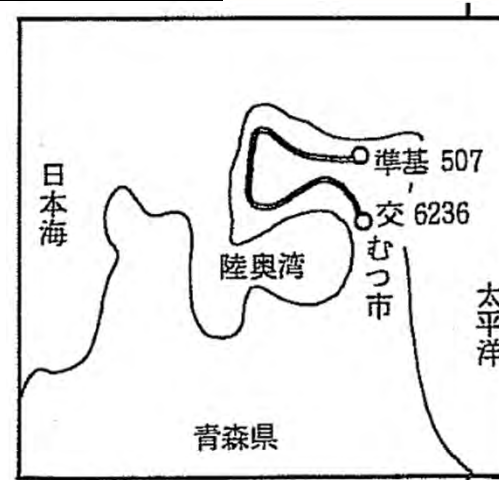
国土地理院による水準点変動図の作成時期と作成範囲



1954年



1969年



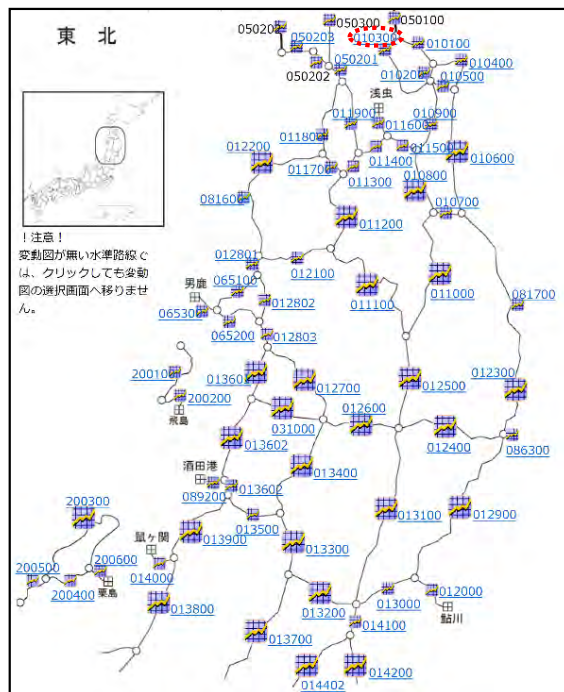
1981年



2003年

国土地理院²⁾

* 水準点変動図は前回データとの比較となるため、初回である1903年から1904年の図はない。



東北地方の水準路線位置図

国土地理院²⁾

- 下北半島西部の水準点変動は、国土地理院²⁾が公表している010300路線図にて示されている。
- 同路線では、1903年から2003年の間に5回(1903年から1904年、1954年、1969年、1981年、2003年)の路線測量が行われており、そのうち2期間(1903年及び1904年→1969年、1969年→1981年)で西側海岸沿岸の水準点変動図が作成されている。
- なお、西側海岸沿岸は、1981年以降、路線測量が行われておらず、水準点変動図が更新されていない。

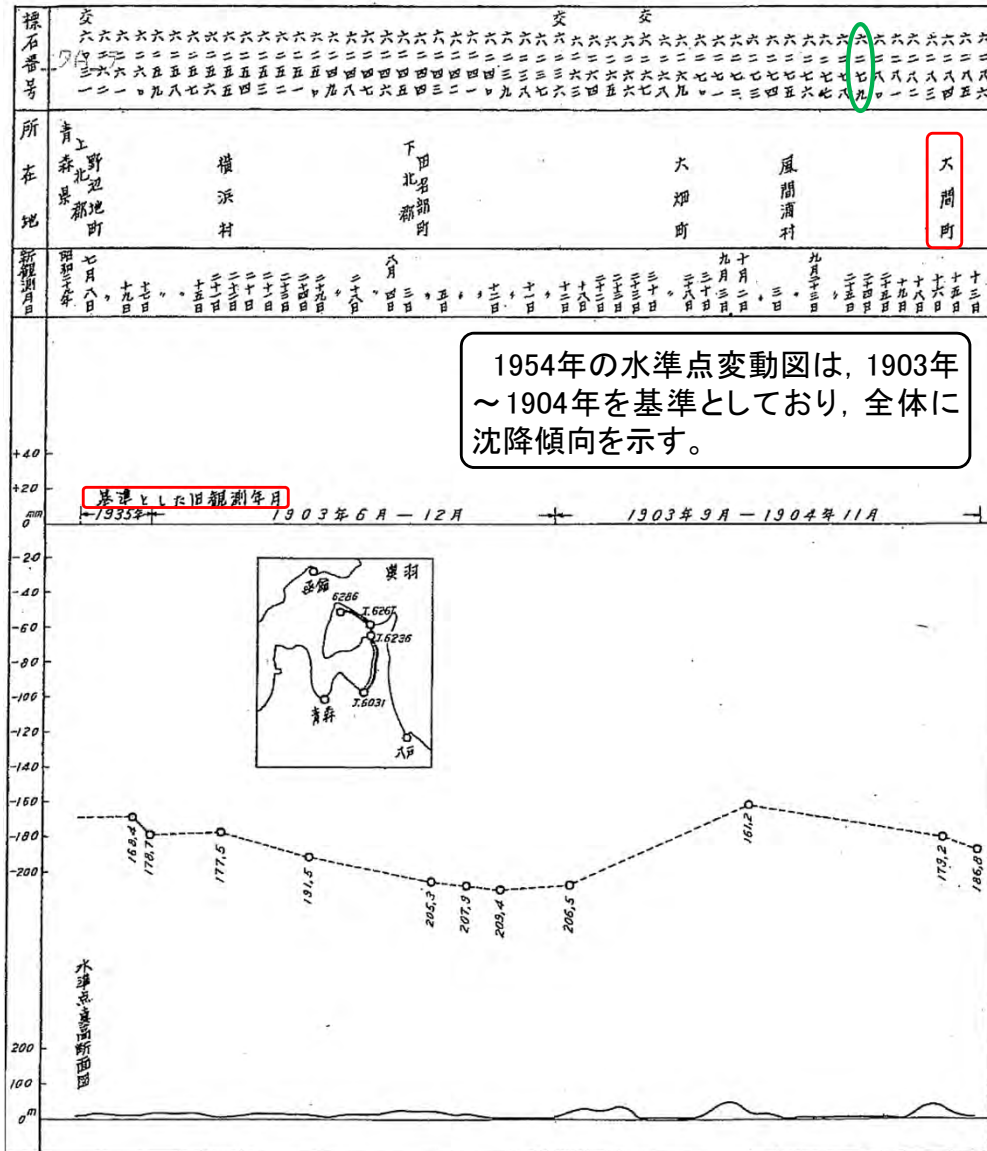
3.1 水準点測量(3/6)



国土地理院による水準点変動図1

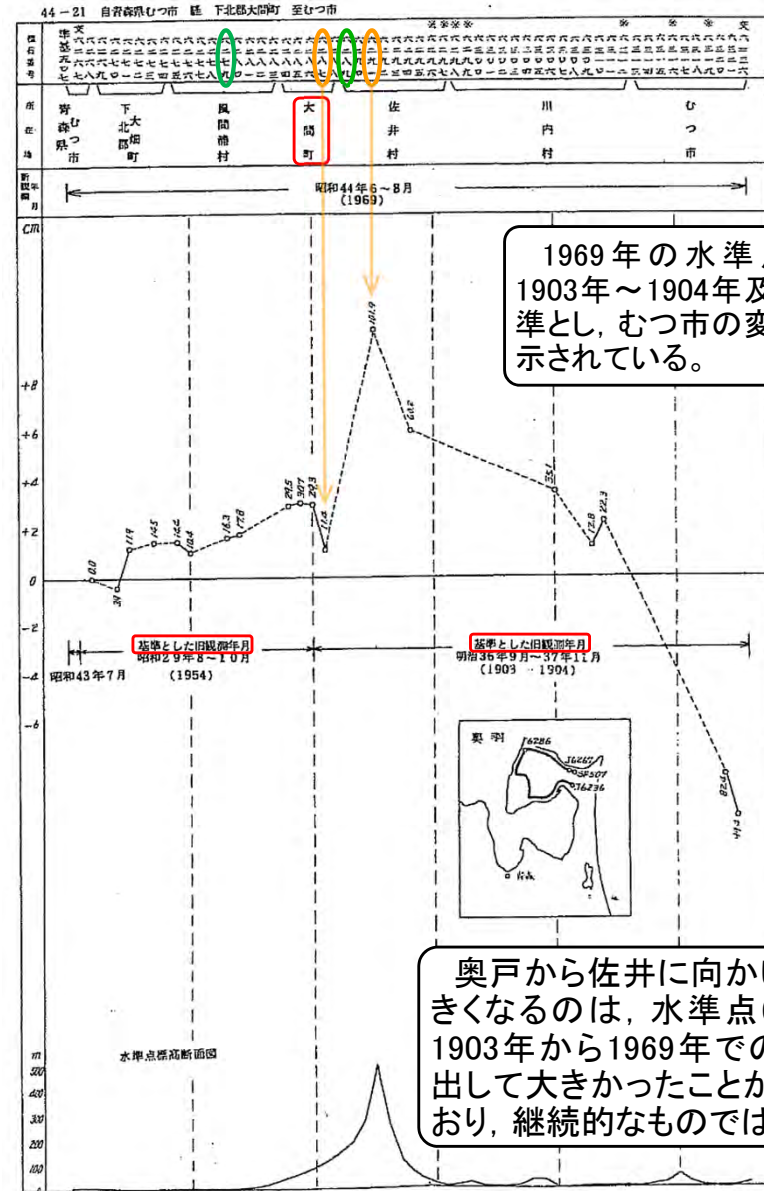
- 「相対的に隆起が速い領域」の境界付近の水準点
- 西側海岸において、奥戸から佐井に向かい変動量が大きくなる区間の境界付近の水準点

6 青森県野辺地町 至 同県大間町



1954年

国土地理院²⁾に加筆



1969年

国土地理院²⁾に加筆

奥戸から佐井に向かい変動量が大きくなるのは、水準点6291における1903年から1969年での変動量が突出して大きかったことが原因となり、継続的なものではない。

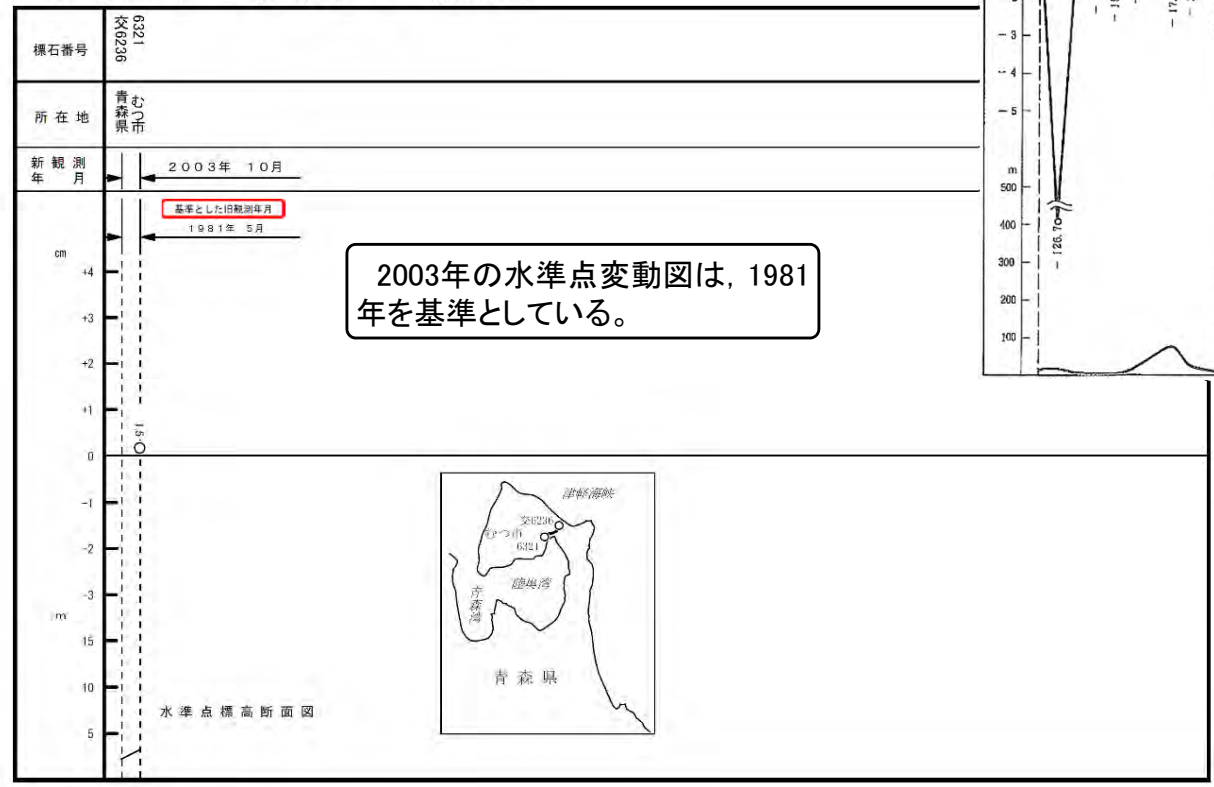
3.1 水準点測量(4/6)



国土地理院による水準点変動図2

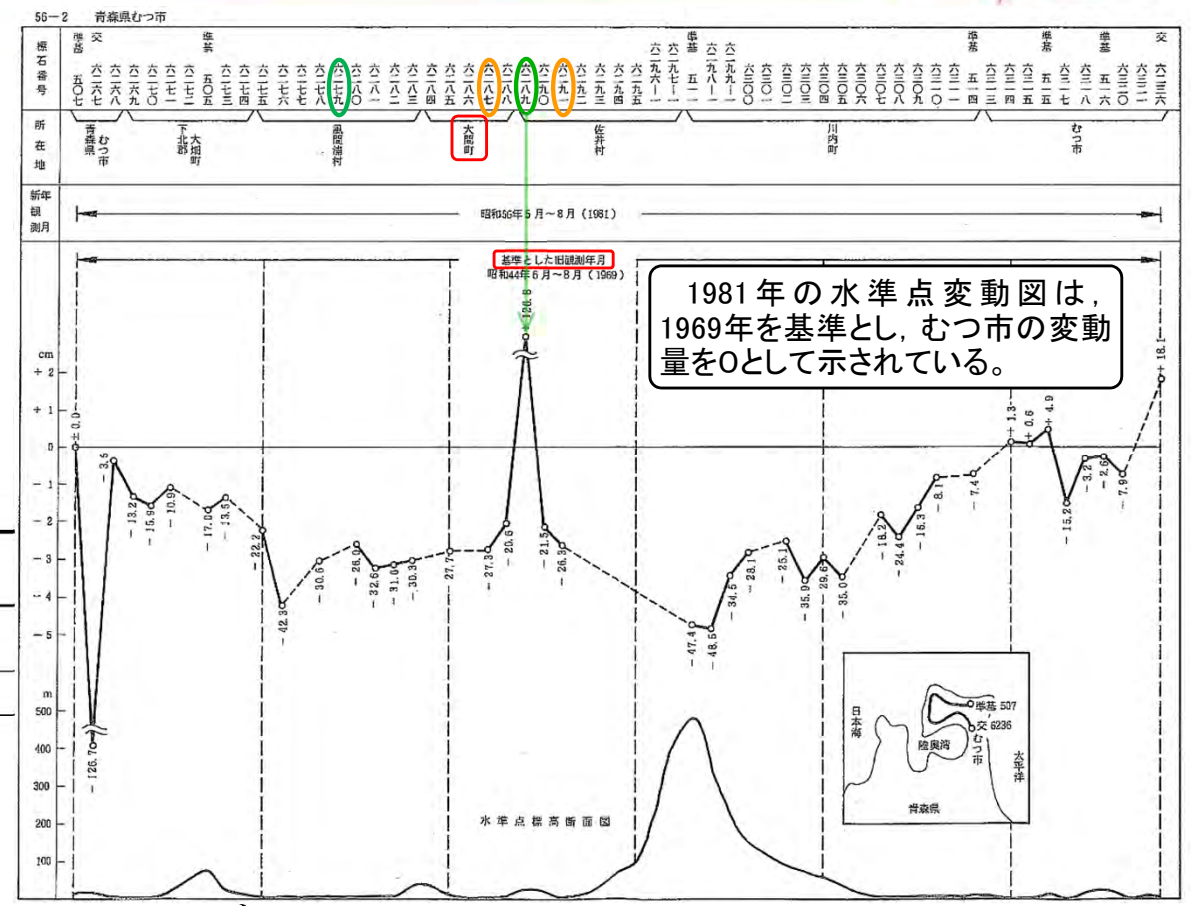
- 「相対的に隆起が速い領域」の境界付近の水準点
- 西側海岸において、奥戸から佐井に向かい変動量が大きくなる区間の境界付近の水準点

03-03-07 自 青森県むつ市 至 青森県むつ市



2003年

国土地理院²⁾に加筆



1981年

国土地理院²⁾に加筆

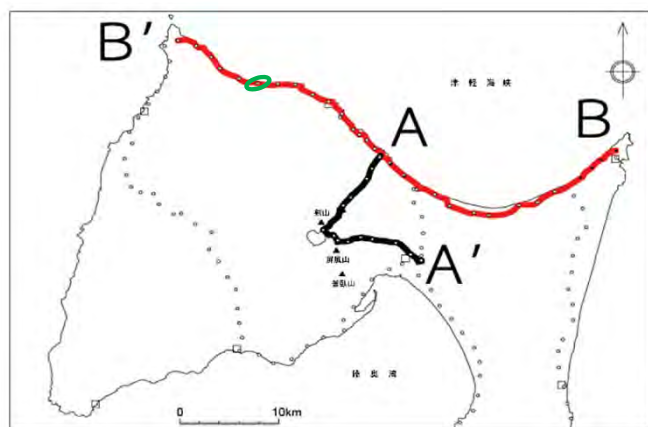
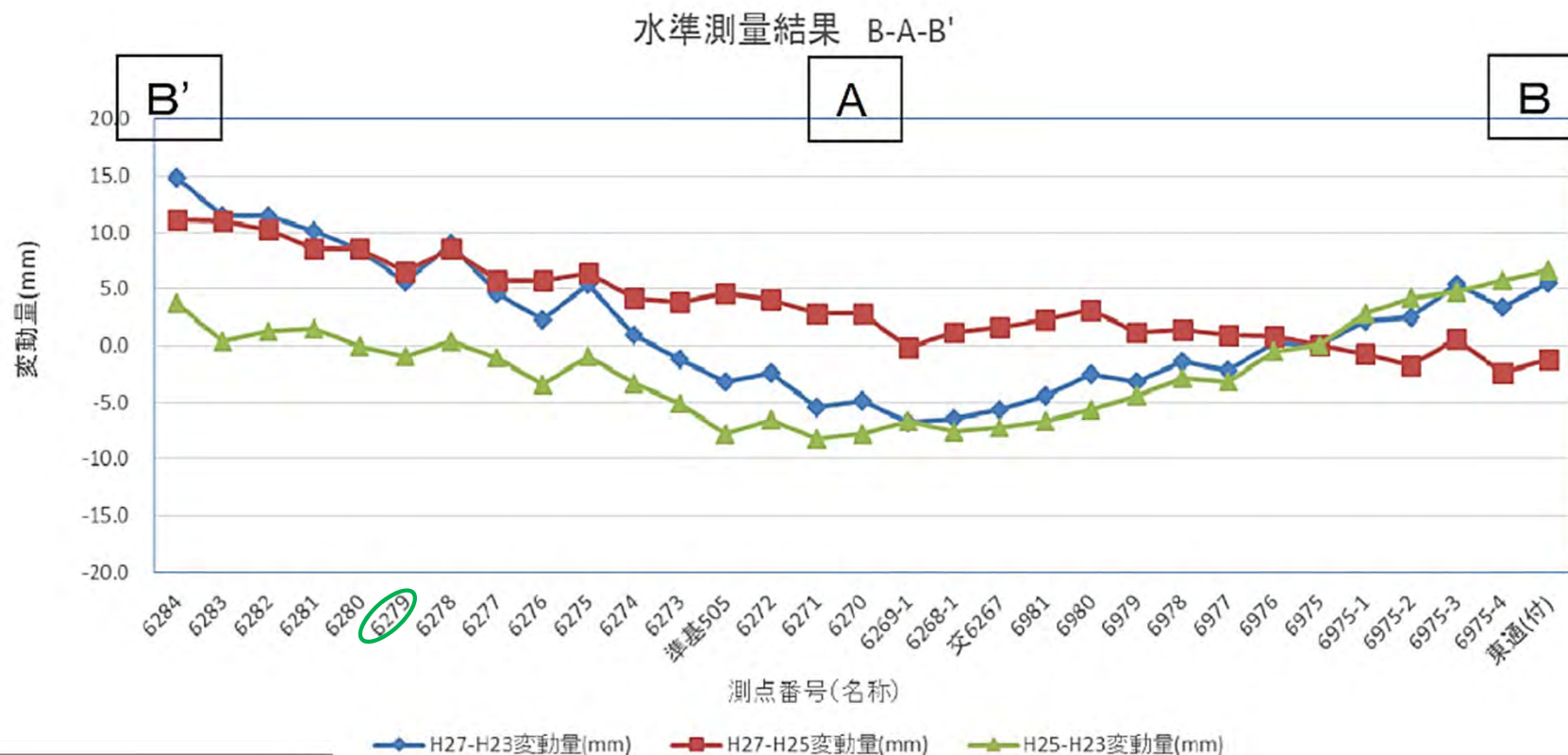
水準点6289の特異に大きな変動量は、当該水準点において1969年から1981年での変動量が突出して大きかったことが原因となっており、継続的なものではない。

3.1 水準点測量(5/6)



他機関による水準点変動図

○ 「相対的に隆起が速い領域」の境界付近の水準点



リサイクル燃料貯蔵(株)(2018)³⁾による水準測量結果図に加筆

リサイクル燃料貯蔵(株)(2018)³⁾による水準測量結果図によれば、下北半島西部の北東側海岸の水準点変動は、水準点6975の変動量を0として、H23(2011)年からH25(2013)年での2年間は低下区間が多く、H25(2013)年からH27(2015)年での2年間は上昇であり、継続的な変動傾向は認められない。

3.1 水準点測量(6/6)

まとめ

下北半島西部沿岸の変動傾向

渡辺ほか(2012)¹⁾に示される約80年間の水準点測量による下北半島西部沿岸の水準点変動は、むつ市における水準点変動量を0とした相対的な変動量として正しく図化されており、「相対的に隆起が速い領域」において、以下3点の変動傾向が示唆される。

<西側海岸の変動傾向>

- ① 奥戸から佐井に向かい変動量(水準点6287→水準点6291)が大きくなっている。
- ② 佐井付近の水準点6289が特異に大きな変動量となっている。

<北東側海岸の変動傾向>

- ③ 北東側海岸では、有意な変動は認められない。



西側海岸の変動傾向の検討

西側海岸の変動傾向については、以下に示す理由により、普遍的な変動ではないと判断される。

- ① 奥戸から佐井に向かい変動量が大きくなるのは、水準点6291における1903年から1969年での変動量が突出して大きかったことが原因となっており、継続的なものではない。
- ② 水準点6289の特異に大きな変動量は、当該水準点における1969年から1981年での変動量が突出して大きかったことが原因となっており、継続的なものではない。



北東側海岸の変動傾向の検討

北東側海岸における有意な変動の不存在は、以下に示す他機関による水準点測量からも示唆される。

- ③ リサイクル燃料貯蔵(株)(2018)³⁾による水準測量結果図によれば、下北半島西部の北東側沿岸の水準点変動は、水準点6975の変動量を0として、H23(2011)年からH25(2013)年での2年間は低下区間が多く、H25(2013)年からH27(2015)年での2年間は上昇であり、継続的な変動傾向は認められない。



まとめ

- 下北半島西部で実施された水準点測量によれば、「相対的に隆起が速い領域」において、有意な変動は認められない。
- また、一般に地質学的手法による変動量と測地学的な変動量とは大きな差があることが知られており※1、水準測量による地表の変位データは、短期間の変動傾向の評価には適するものの、数千年から数十万年単位の変動の評価には適さないと判断される。
- なお、下北半島西部の西側海岸において、1981年より後の水準測量は行われていない。

※1 例えば、鷺谷・大坪(2019)⁴⁾など

(余白)

3.2 空中写真判読

| | | | |
|-----------------------------|------------------|------------------------|-----------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | 2-1 | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 3.1 水準点測量 | 3-1 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |10-1 |
| 3.2 空中写真判読 | 3-9 | 11. 海域の変動履歴の評価 |11-1 |
| 3.3 海上音波探査の諸元・数量 | 3-19 | 12. 地質構造発達史の評価 |12-1 |
| 3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 | 3-23 | 13. 隆起のメカニズム評価 |13-1 |
| 3.5 外側海域の地層の年代評価 | 3-35 | | |
| 3.6 地層の反射パターン及びP波速度 | 3-43 | | |
| 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 | | |
| 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 | | |
| 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 | | |

3.2 空中写真判読 (1/9)

空中写真判読図の作成手順

周辺陸域(30kmまで)における空中写真判読図は、ここに示す手順で作成している。以降の頁では、「相対的に隆起が速い領域」を包含する範囲について、作業手順に沿って判読結果を示す。

地形要素分布図の作成

空中写真判読により地形要素を判読し、地形図に示す。

- ・ 直線谷, 鞍部, 緩斜面中の傾斜変換点等の線状地形あるいは伏在断層を示唆する地形要素のほか, 崩壊地形, 急崖等を判読し, 地形図に記載する。なお, 緩斜面については別途段丘面の判読を行う。



活動性の判読, 地形・地質構造・地質分布との対比

線状地形あるいは伏在断層を示唆する地形要素については, 後期更新世以降に活動した可能性を検討する。

- ・ 線状地形を挟んだ高度不連続, 河川屈曲, あるいは緩斜面の変形等の断層運動を示唆する地形的特徴の有無を確認する。
- ・ 地質構造図, 地質図と対比し, 差別侵食で形成された組織地形である可能性を確認する。



空中写真判読図(「断層地形の可能性のある地形」分布図)の作成

後期更新世以降に活動した可能性のある地形要素及びそれに連続する地形要素を統合し, 「断層地形の可能性のある地形」として地形図に示す。これを空中写真判読図とする。

- ・ 断層運動を示唆する地形的特徴のある地形要素及び組織地形と解釈できない地形要素を抽出し, その延長上にある地形要素を統合して「断層地形の可能性のある地形」とする。
- ・ 抽出された「断層地形の可能性のある地形」について, 蓋然性によるランクを付し, 全てを活動性評価の対象とする。※1

※1 活動性評価の結果は, 本編資料「1.4.2 陸域の活断層(概要)」(P.1-34~P.1-40)を参照。



3.2 空中写真判読 (2/9)

地形要素分布:全体図

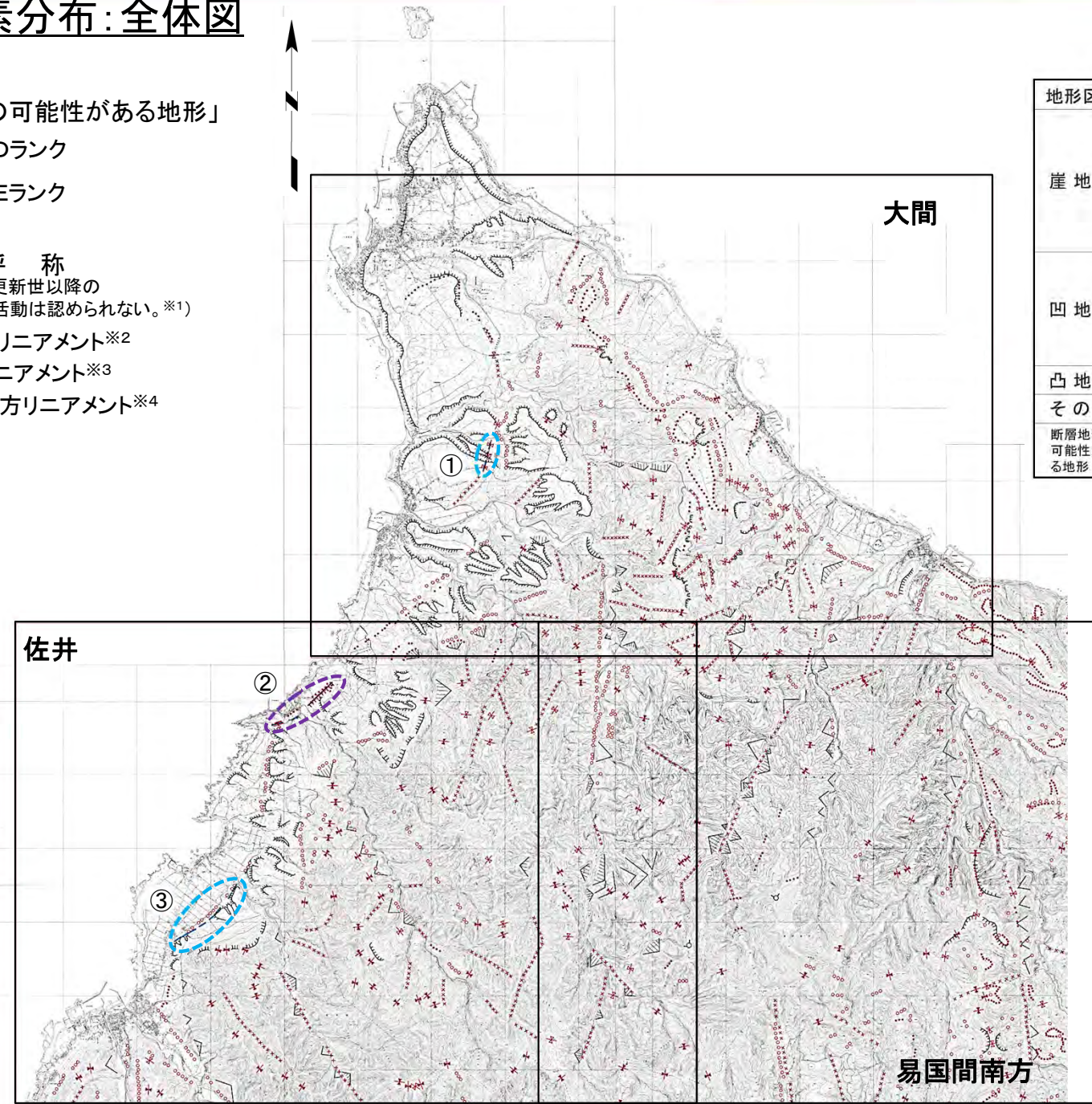
「断層地形の可能性のある地形」

- Dランク
- Eランク

呼 称

(いずれも後期更新世以降の活動は認められない。※1)

- ① ニツ石リニアメント※2
- ② 材木リニアメント※3
- ③ 原田東方リニアメント※4



凡 例

| 地形区分 | 空中写真で判読した地形要素 | 記号 (不明瞭) |
|---------------|---------------|------------|
| 崖地形 | 傾斜変換点 | 遷急点 遷緩点 |
| | 崩壊地・地すべり | |
| | 裸地のみられる急崖 | |
| | 三角状の急崖 | |
| 凹地形 | 直線谷・直線状の沢 | |
| | 鞍部 | |
| | さい頭谷 | |
| | 谷中分水嶺 | |
| 凸地形 | 閉塞丘 | |
| その他 | 台地状・緩斜面 | |
| 断層地形の可能性のある地形 | Dランク | |
| | Eランク | |

※1 活動性評価の結果は、本編資料「1.4.2 陸域の活断層(概要)」(P.1-34~P.1-40)を参照。

※2 補足説明資料「4.1ニツ石リニアメント」(P.4-2~P.4-17)を参照。

※3 補足説明資料「4.2材木リニアメント」(P.4-20~4-33)を参照。

※4 補足説明資料「4.3原田東方リニアメント」(P.4-36~4-50)を参照。

注) 本図の範囲における文献地質断層について、補足説明資料「1.3文献地質断層」を参照。





3.2 空中写真判読 (3/9)

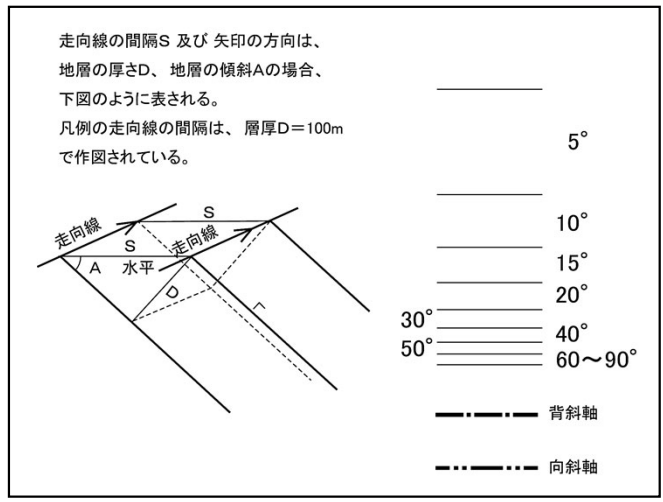
地形要素分布: 凡例

「断層地形の可能性がある地形」



- 呼称
(いずれも後期更新世以降の活動は認められない。)
- ① ニツ石リニアメント
 - ② 材木リニアメント
 - ③ 原田東方リニアメント

構造図



地形判読図

| 地形区分 | 空中写真で判読した地形要素 | 記号(不明瞭) |
|------|---------------|--------------------------|
| 崖地形 | 傾斜変換点 | 遷急点: ●●●●● 遷緩点: ○○○○○ |
| | 崩壊地・地すべり | |
| | 裸地のみられる急崖 | |
| | 三角状の急崖 | |
| 凹地形 | 直線谷・直線状の沢 | ××××× |
| | 鞍部 | |
| | さい頭谷 | |
| | 谷中分水嶺 | |
| 凸地形 | 閉塞丘 | |
| その他 | 台地状・緩斜面 | |
| | 断層地形の可能性のある地形 | Dランク: TTTT Eランク: |

地質図

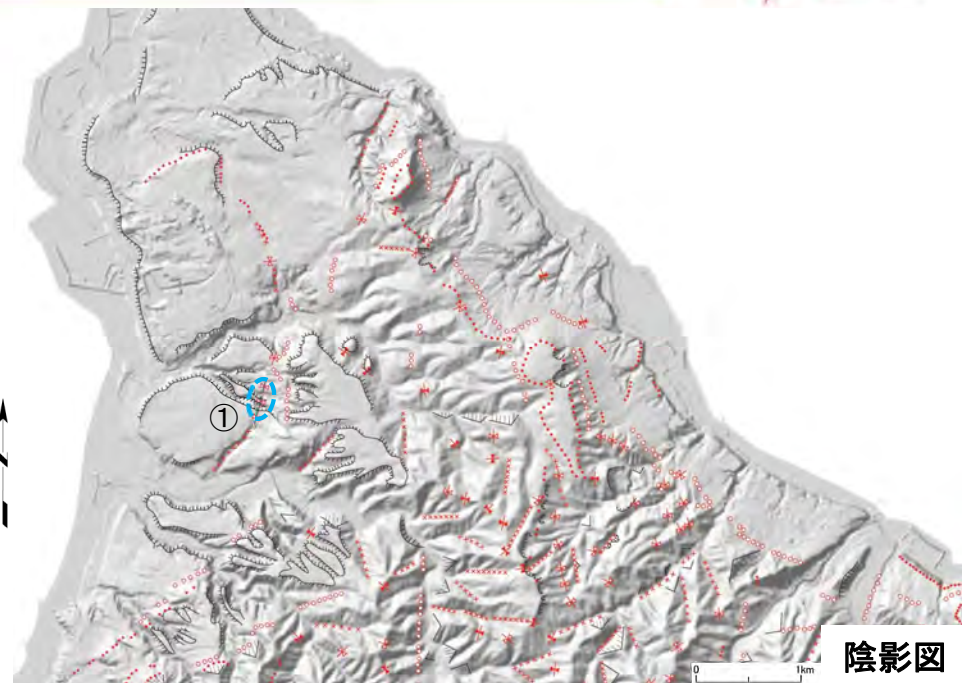
| 地質時代 | 地層名 | 主な層相・岩相 | 記号 | 地層名 | 主な層相・岩相 | 記号 | 岩相 | 記号 | | | |
|---------|---------------|---------|----------------|------|--------------|--------------|-------|-------------------------------------------------------|-----------|-------|--|
| 完新世 | 崖錐堆積物 | 礫、砂、粘土 | dt | 新第三紀 | 安山岩溶岩 | IlIa | 貫入岩 | 玄武岩: ba 安山岩: an デイサイト: da 流紋岩: rh 閃緑岩: ad | | | |
| | 沖積層 | 砂、礫、粘土 | a | | 易国間層 | 安山岩質凝灰角礫岩 | | | IlIb | | |
| | 沖積錐 | 砂、礫、粘土 | ac | | | 火山礫凝灰岩、軽石凝灰岩 | | | IlIf | | |
| | 砂丘砂層 | 砂 | du | | | 泥岩、頁岩 | | | IlIs | | |
| | | | 砂岩、シルト岩、凝灰岩 | | | IlIs | | | | | |
| 第四紀 | 後期 | L1面堆積物 | 砂、礫、粘土 | | L1 | デイサイト溶岩 | | | IMIa | | |
| | | M3f面堆積物 | 砂、礫、粘土 | | M3f | デイサイト質凝灰角礫岩 | | | IMtb | | |
| | | M3面堆積物 | 砂、礫、粘土 | | M3 | 大間層 | | | 泥岩、頁岩 | OMms | |
| | | M1面堆積物 | 砂、礫、粘土 | | M1 | | | | 安山岩溶岩 | OMIa | |
| | 中期 | H4面堆積物 | 砂、礫、粘土 | | H4 | | | | 安山岩質凝灰角礫岩 | OMtb2 | |
| | | H3面堆積物 | 砂、礫、粘土 | H3 | デイサイト質火山礫凝灰岩 | | OMtf2 | | | | |
| | | H2面堆積物 | 砂、礫、粘土 | H2 | デイサイト質軽石凝灰岩 | OMtf1 | | | | | |
| | | H1面堆積物 | 砂、礫、粘土 | H1 | 桧川層 | 安山岩溶岩 | HIa2 | | | | |
| 燧岳火山噴出物 | 安山岩溶岩、安山岩質火砕岩 | Hv | 流紋岩質～デイサイト溶岩 | HIa1 | | | | | | | |
| | | | 流紋岩質～安山岩質凝灰角礫岩 | Htb | | | | | | | |
| 鮮新世 | 大畑層 | 凝灰質礫岩 | OHpt | 金八沢層 | 流紋岩溶岩 | KNIa1 | | | | | |
| | | | | | 頁岩 | KNsh | | | | | |

地形要素分布:大間

- 北部ではNNW-SSE走向及びNNE-SSW走向の線状地形が多く、南部ではENE-WSW走向の線状地形が多い。
- 断続的に分布する線状地形も認められる。

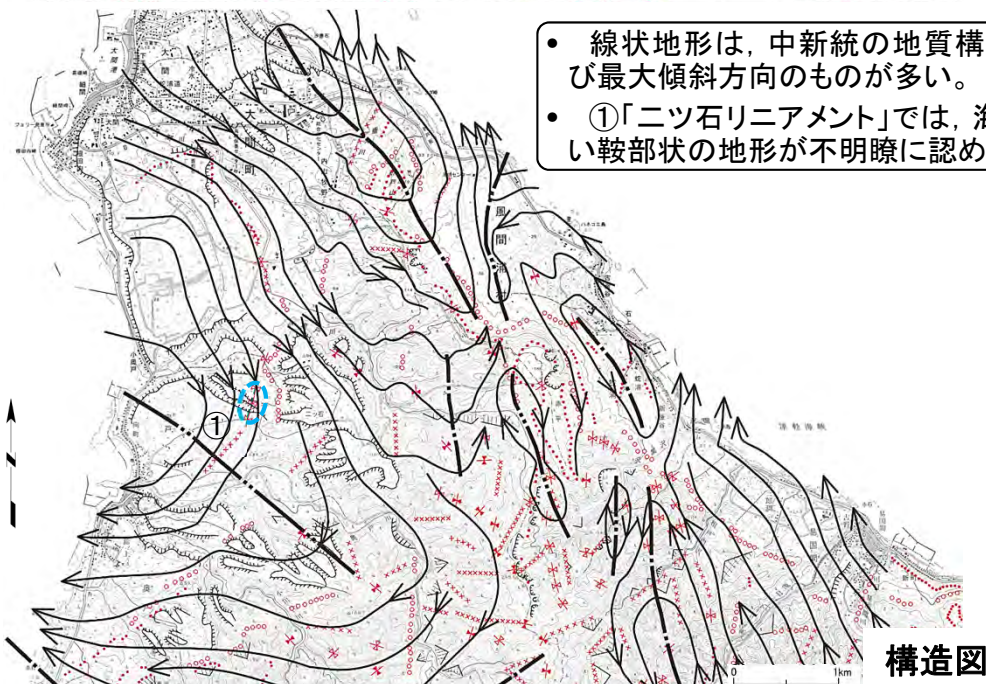


地形判読図

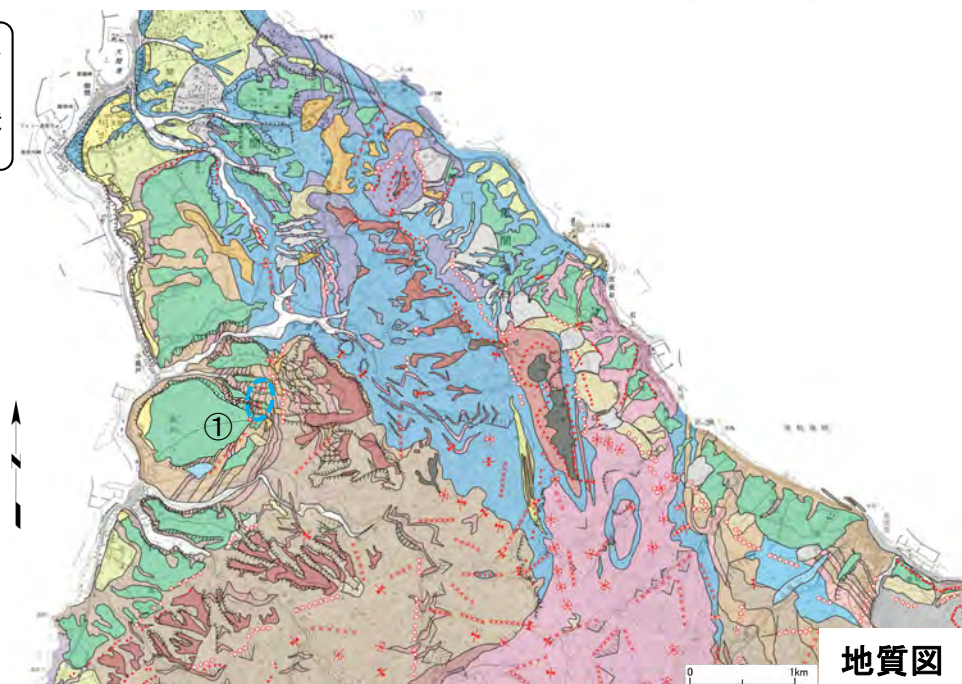


陰影図

- 線状地形は、中新統の地質構造に沿うもの及び最大傾斜方向のものが多い。
- ①「ニツ石リニアメント」では、海成段丘面に緩い鞍部状の地形が不明瞭に認められる。



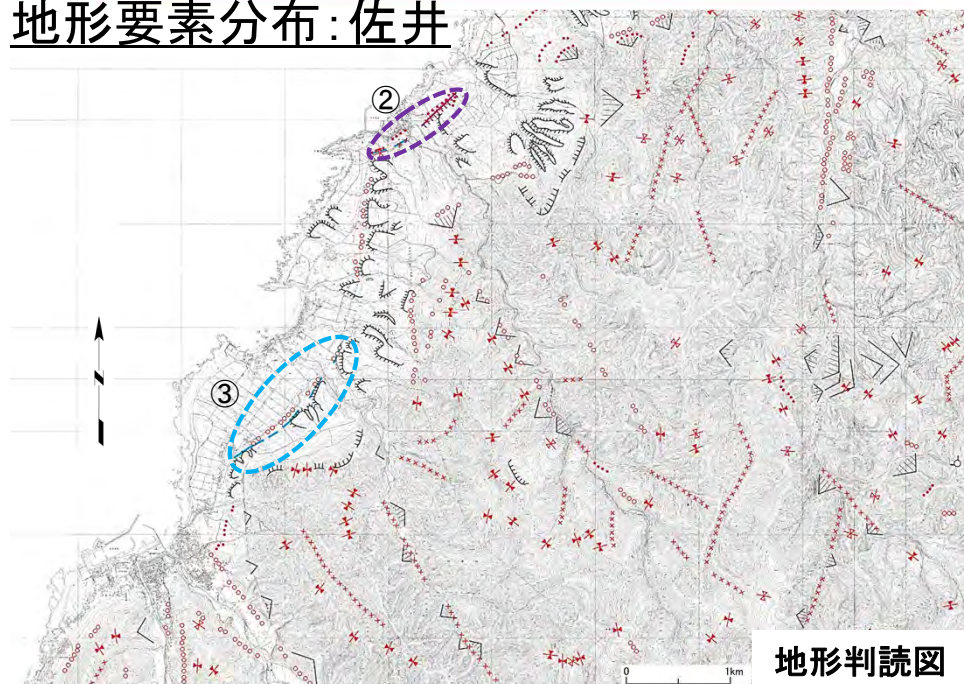
構造図



地質図

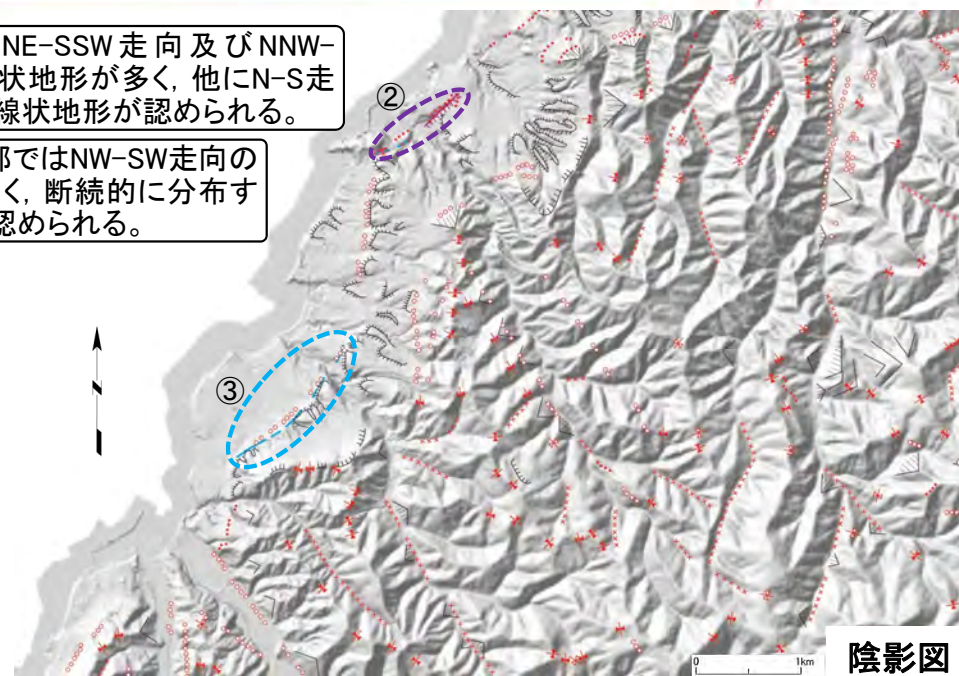
3.2 空中写真判読 (5/9)

地形要素分布: 佐井

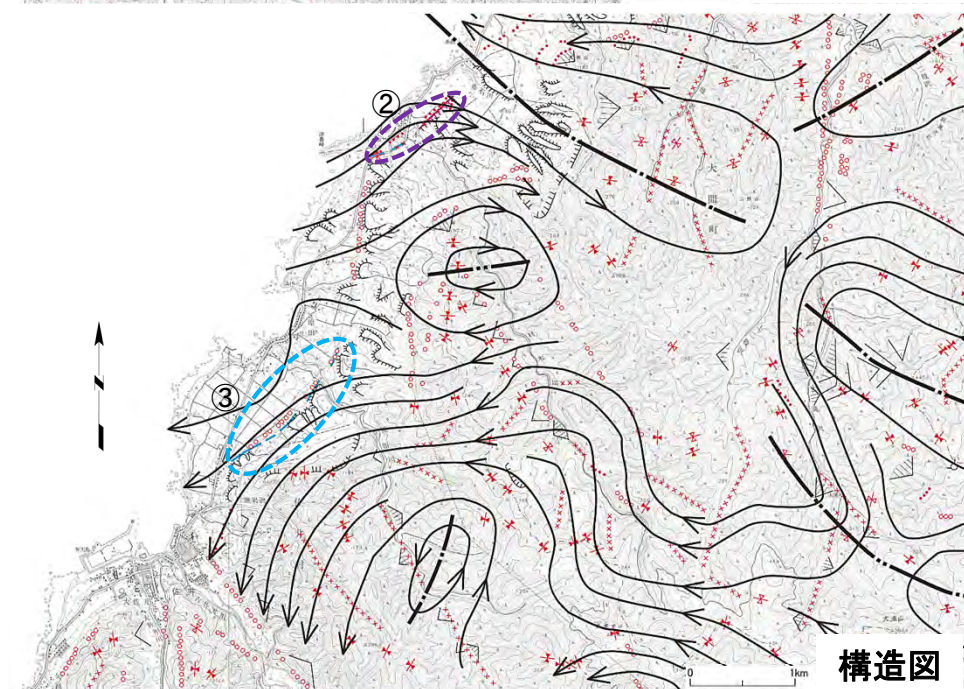


地形判読図

- 北部ではNNE-SSW走向及びNNW-SSE走向の線状地形が多く、他にN-S走向で断続する線状地形が認められる。
- 中部から南部ではNW-SW走向の線状地形が多く、断続的に分布する線状地形も認められる。

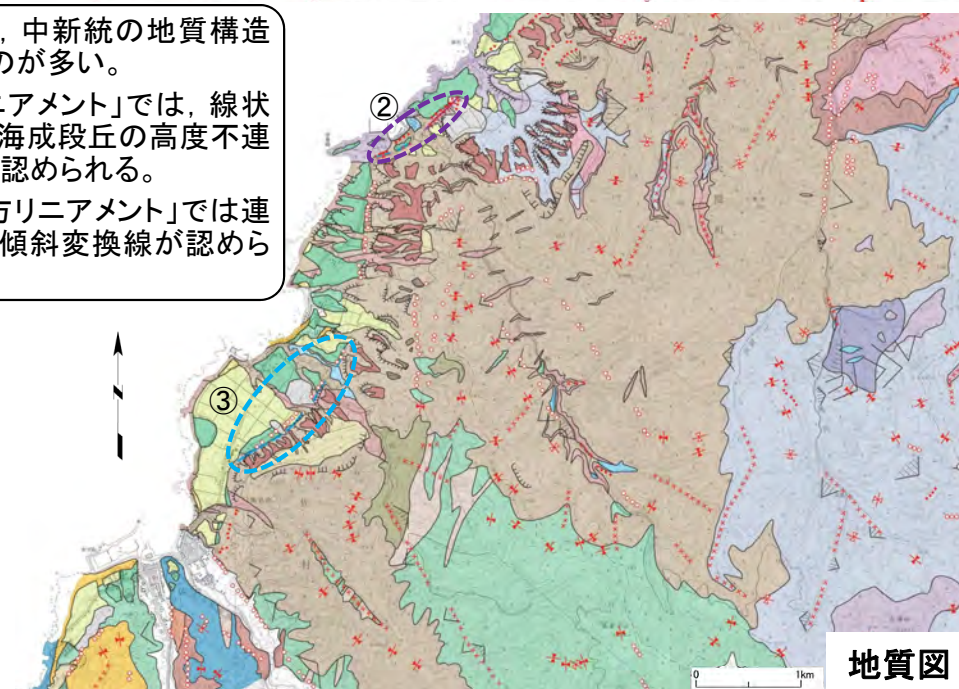


陰影図



構造図

- 線状地形は、中新統の地質構造を横断するものが多い。
- ②「材木リニアメント」では、線状地形を挟んだ海成段丘の高度不連続が不明瞭に認められる。
- ③「原田東方リニアメント」では連続する明瞭な傾斜変換線が認められる。

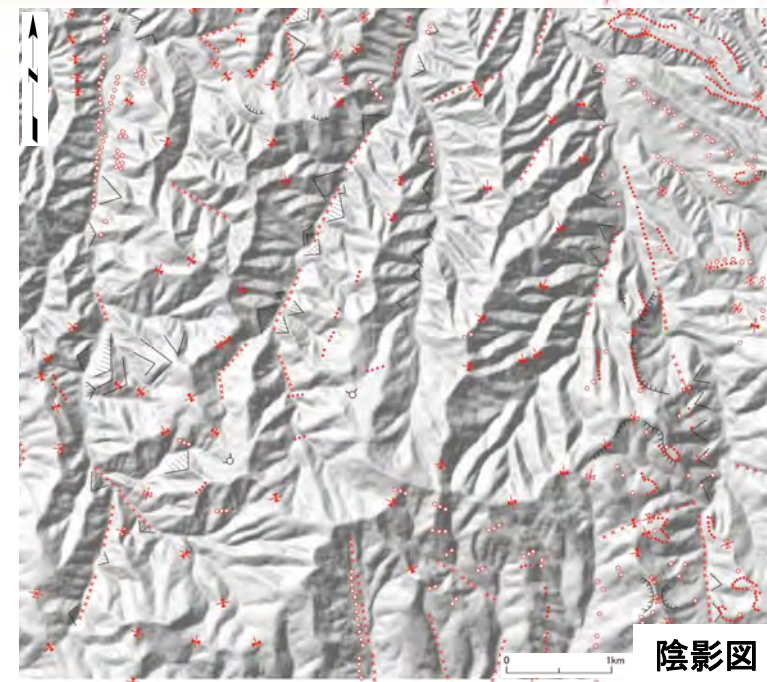
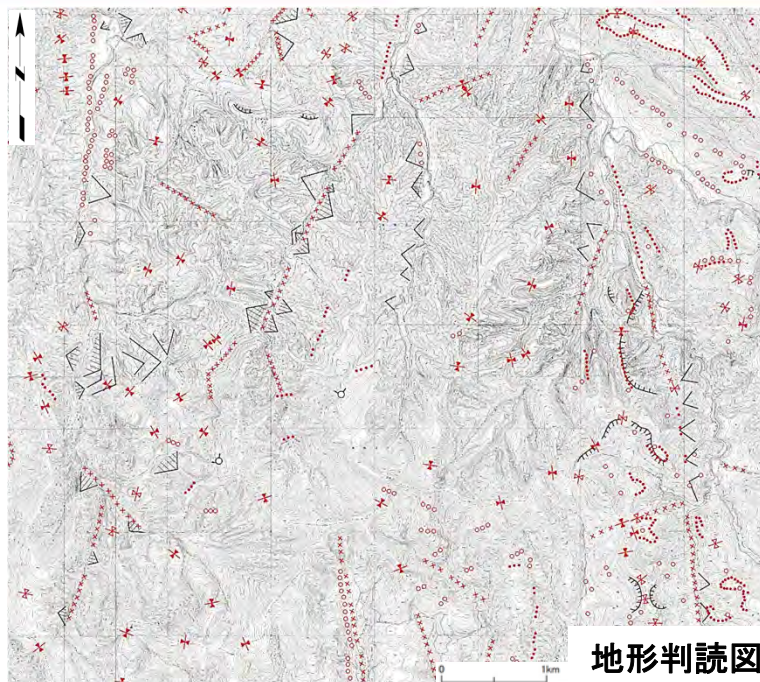


地質図

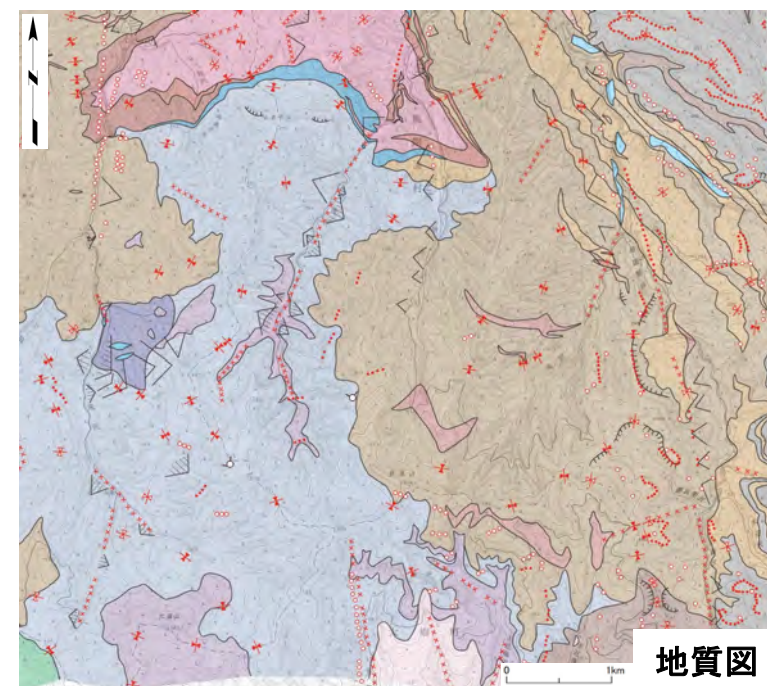
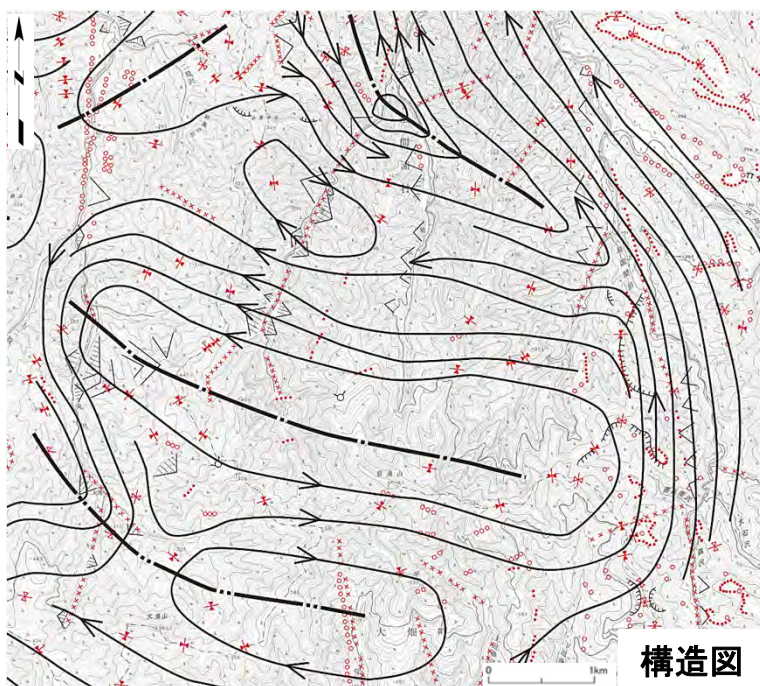
地形要素分布:

易国間南方

- NNE-SSW走向及びN-S走向の線状地形が多く、NW-SE走向、ENE-SWS走向もしばしば認められる。
- 断続的に分布する線状地形も多く認められる。



- 線状地形は、中新統の地質構造を横断するものが多い。
- 活動性を示唆する地形的特徴を持つ線状地形は認められない。



3.2 空中写真判読 (7/9)

地形要素分布:判読結果

地形要素分布図の作成

空中写真判読により地形要素を判読し、地形図に示す。

- ・ 直線谷, 鞍部, 緩斜面中の傾斜変換点等の線状地形あるいは伏在断層を示唆する地形要素のほか, 崩壊地形, 急崖等を判読し, 地形図に記載する。
 - ⇒ 線状地形は, NNW-SSE走向及びNNE-SSW走向が多く, 部分的にNW-SE走向, NE-SW走向等が発達する。



活動性の判読, 地形・地質構造・地質分布との対比

線状地形あるいは伏在断層を示唆する地形要素については, 後期更新世以降に活動した可能性を検討する。

- ・ 線状地形を挟んだ高度不連続, 河川屈曲, あるいは緩斜面の変形等の断層運動を示唆する地形的特徴の有無を確認する。
- ・ 地質構造図, 地質図と対比し, 差別侵食で形成された組織地形である可能性を確認する。
 - ⇒ 海成段丘面分布域に認められる線状地形では, 一部の線状地形において, 海成段丘面の変位を示唆する地形が認められることから, これらを「断層地形の可能性のある地形」として抽出し, 判読された地名を冠した「ニツ石リニアメント」, 「材木リニアメント」, 「原田東方リニアメント」と呼称し, ランクを評価することとする。
 - ⇒ 線状地形のほとんどは中新統に発達しており, 上記以外に, 線状地形を挟んで高度不連続, 河川屈曲等の断層による変位を示唆する地形的特徴は認められない。



空中写真判読図(「断層地形の可能性のある地形」分布図)の作成



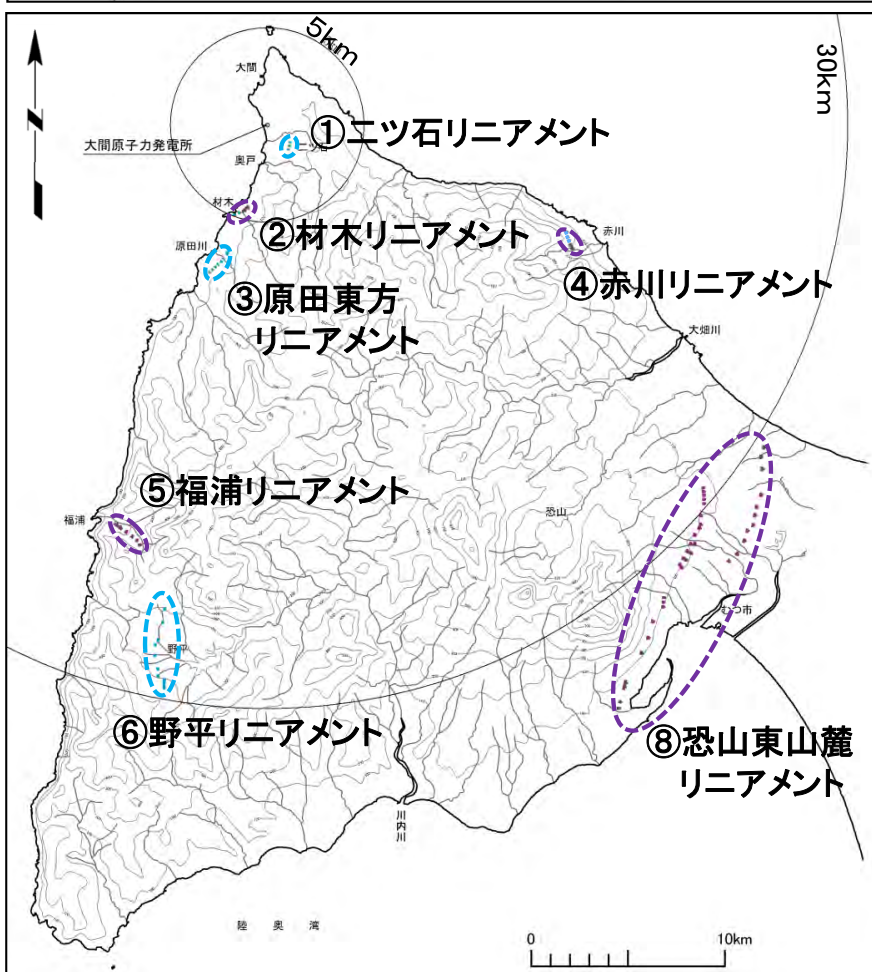
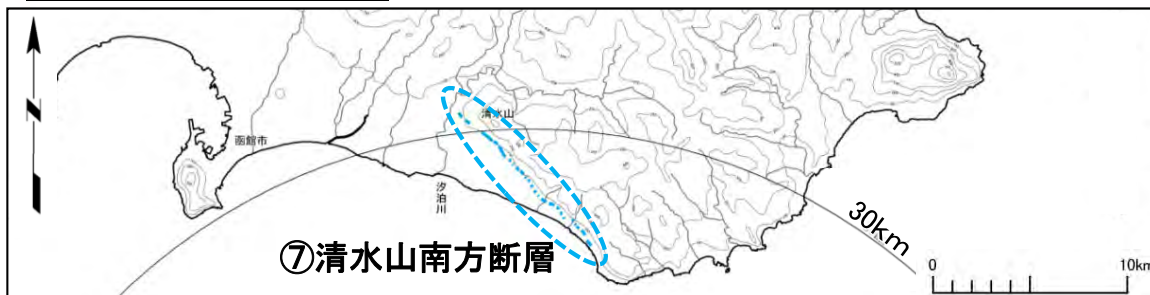
断層地形の蓋然性が高い物からAランク～Eランクの5ランクに分類する。

「断層地形の可能性のある地形」の分類基準

| 分類 | 判読内容 | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 段丘面・扇状地等の平坦面の形状 | 山地・丘陵内 | 連続方向・連続性・高度不連続など |
| A | <ul style="list-style-type: none"> ひと続きであることが明瞭な面上の鮮明な崖、急傾斜面、溝状凹地、撓み状の地形等の連続の良い配列からなり、延長が長く、形成時代が異なる複数の面がある場合には、古い面ほど比高、撓み量、傾斜等が大きいもの。 | <ul style="list-style-type: none"> 鮮明な崖、鞍部等の連続の良い配列からなり、ひと続きであることが明瞭な両側の地形に一樣な高度不連続が認められ、かつ以下の1)又は2)が認められるもの。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 連続区間が長い 2) 延長上至近距離の段丘面等に左欄に該当する同方向の崖等が認められる 尾根・河川が長い区間で同方向に屈曲し、かつ以下の3)～5)のうち少なくとも二つが認められるもの。 <ol style="list-style-type: none"> 3) 屈曲が鮮明 4) 河川の規模と屈曲量との間に正の相関 5) 閉塞丘、風隙等の特異な地形 | <ul style="list-style-type: none"> 崖等の配列方向は河川、海岸線の方ととは斜交あるいは直交する。 崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向とは逆方向を示す。 崖等の配列方向は河川、海岸線の方と、崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向と、同方向であるが、明瞭な高度不連続が認められ比高が大きく一樣であり連続も良い場合を含む。 |
| B | <ul style="list-style-type: none"> ひと続きであると推定される面上のやや鮮明な崖、急傾斜面、溝状凹地、撓み状の地形等の連続の良い配列からなり、形成時代が異なる複数の面がある場合には、古い面ほど比高、撓み量、傾斜等が大きいもの。 | <ul style="list-style-type: none"> 崖、鞍部等の連続の良い配列からなり、両側の形態が類似する地形に一樣な高度不連続が認められ、かつ以下の1)又は2)が認められるもの。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 地形状態が鮮明 2) 延長上至近距離の段丘面等に左欄に該当する同方向の崖等が認められる 尾根・河川が同方向に屈曲し、かつ3)又は4)が認められるもの。 <ol style="list-style-type: none"> 3) 屈曲が長い区間に認められ、かつ以下のa)～c)のうち少なくとも一つが認められるもの <ol style="list-style-type: none"> a) 屈曲が鮮明 b) 河川の規模と屈曲量との間に正の相関 c) 閉塞丘、風隙等の特異な地形 4) 上のa)～c)の全てが認められるもの | <ul style="list-style-type: none"> 崖等の配列方向は河川、海岸線の方ととは斜交あるいは直交する。 崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向とは逆方向を示す。 崖等の配列方向は河川、海岸線の方と、崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向と、同方向であるが、明瞭な高度不連続が認められ比高が大きく一樣であり連続も良い場合を含む。 |
| C | <ul style="list-style-type: none"> 一部で不鮮明な崖、急傾斜面、溝状凹地、撓み状の地形等の連続的な配列からなり、形成時代が異なる複数の面がある場合には連続するもの。 | <ul style="list-style-type: none"> 崖、鞍部等の連続の良い配列からなり、両側の地形に一樣な高度不連続が認められるもの。 尾根・河川が同方向に屈曲し、かつ以下の1)又は2)が認められるもの。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 屈曲が長い区間に認められるもの 2) 以下のa)～c)のうち少なくとも二つが認められるもの <ol style="list-style-type: none"> a) 屈曲が鮮明 b) 河川の規模と屈曲量との間に正の相関 c) 閉塞丘、風隙等の特異な地形 | <ul style="list-style-type: none"> 崖等の配列方向は河川、海岸線の方ととはやや斜交する。 崖等の配列方向は河川、海岸線の方と、崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向と、同方向であるが、高度不連続が認められ比高が大きく連続も良いが、一部で不明瞭となる場合を含む。 |
| D | <ul style="list-style-type: none"> 不鮮明な崖、急傾斜面、溝状凹地、撓み状の地形等の配列からなり、延長が短く断続することが多いもの。 | <ul style="list-style-type: none"> 不鮮明な崖、鞍部等の連続の良い配列からなり、両側の地形に高度不連続が認められるが不明瞭なもの。 尾根・河川が同方向に屈曲し、かつ以下の1)～3)のうち少なくとも一つが認められるもの。 <ol style="list-style-type: none"> 1) 屈曲が鮮明 2) 河川の規模と屈曲量との間に正の相関 3) 閉塞丘、風隙等の特異な地形 | <ul style="list-style-type: none"> 高度不連続は不明瞭であり、崖等の配列方向は河川、海岸線の方と、崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向と同方向あるいは斜交し、一部で寸断され断続する。 |
| E | <ul style="list-style-type: none"> 面上に崖、急傾斜面等は認められない。 | <ul style="list-style-type: none"> 不鮮明な崖、鞍部等の配列からなり、両側の地形に高度不連続が認められるが不明瞭なもの。 尾根・河川が同方向に屈曲しているもの。 | <ul style="list-style-type: none"> 高度不連続は認められても、不明瞭である。 崖等の配列方向は河川、海岸線の方と、崖の向き、撓み状の地形の傾斜方向等は地形面の一般傾斜方向と同方向あるいは斜交し、しばしば切断され、断続的である。 |



空中写真判読図



凡 例

| 断層地形の可能性が ある地形のランク | 記 号 |
|-----------------------|--------|
| Dランク | TTTT T |
| Eランク | ———— |

断層地形の可能性のある地形の分類は、断層地形の蓋然性が高いものからA～Eの5ランクとした。
記号の短線は縦ずれの低下側を示す。

活動性評価の対象とする断層等 (空中写真判読)

| 番号 | 断層・リニアメント名 | 当社による ランク※1 | 文献※2 による確実度 | 空中写真で 判読した長さ | 敷地からの 距離 |
|----|-------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| ① | ニツ石リニアメント | E | なし | 約0.4km | 約2km |
| ② | 材木リニアメント | D | なし | 約1km | 約5km |
| ③ | 原田東方リニアメント | E | なし | 約1.5km | 約8km |
| ④ | 赤川リニアメント | D | なし | 約1km | 約17km |
| ⑤ | 福浦リニアメント | D | Ⅲ | 約2km | 約22km |
| ⑥ | 野平リニアメント | E | Ⅲ | 約4.5km | 約28km |
| ⑦ | 清水山南方断層 | E | Ⅲ | 約10km | 約27km |
| ⑧ | 恐山東山麓リニアメント | D | なし | 約12km, 約6km | 約32km, 約32km |

※1 区間によりランクが異なる場合は、最大ランクを表示。

※2 活断層研究会編(1991)⁵⁾。

- 空中写真判読により、周辺陸域(30kmまで)において判読された全ての「断層地形の可能性のある地形」を、活動性評価の対象とする断層等として平面図に示し、表にまとめた。
- 「相対的に隆起が速い領域」には、①ニツ石リニアメント、②材木リニアメント、③原田東方リニアメントが抽出される。これら「断層地形の可能性のある地形」には、現地調査の結果、後期更新世以降の活動は認められない。※3
- 当該領域には、NNW-SSE走向およびNNE-SSW走向の線状地形が多く判読されるものの、上記以外に断層による変位を示唆する地形的特徴を持つ地形要素は認められない。

※3 活動性評価の結果は、本編資料「1.4.2 陸域の活断層(概要)」(P.1-34～P.1-40)を参照。

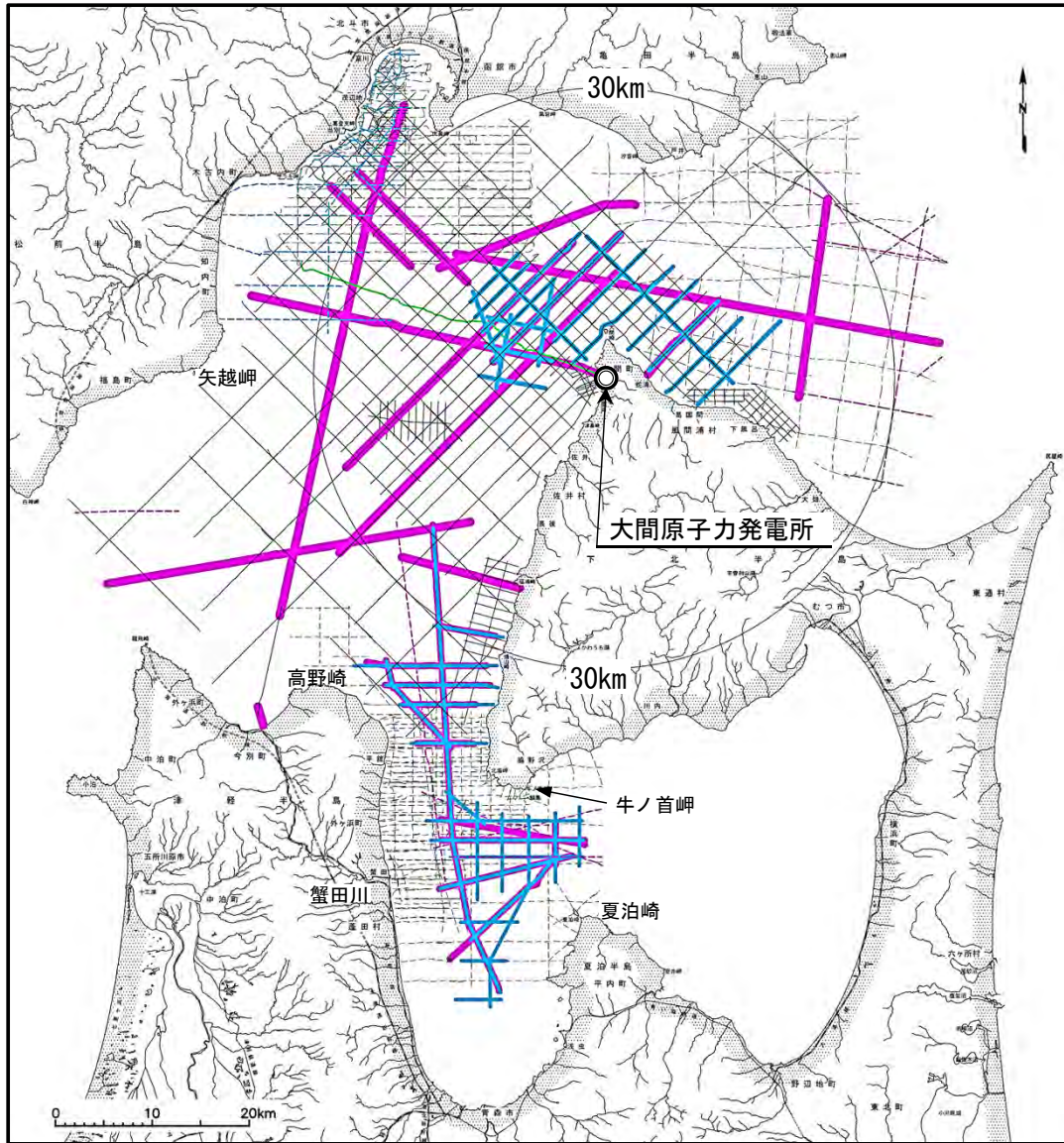
3.3 海上音波探査の諸元・数量

| | | | |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | 2-1 | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 3.1 水準点測量 | 3-1 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |10-1 |
| 3.2 空中写真判読 | 3-9 | 11. 海域の変動履歴の評価 |11-1 |
| 3.3 海上音波探査の諸元・数量 | 3-19 | 12. 地質構造発達史の評価 |12-1 |
| 3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 | 3-23 | 13. 隆起のメカニズム評価 |13-1 |
| 3.5 外側海域の地層の年代評価 | 3-35 | | |
| 3.6 地層の反射パターン及びP波速度 | 3-43 | | |
| 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 | | |
| 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 | | |
| 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 | | |



3.3 海上音波探査の諸元・数量 (1/3)

敷地前面海域の海上音波探査測線



当社の海上音波探査

総延長：約3,400km

- マルチチャンネル (曳航式・定置式)
- 高分解能マルチチャンネル
- シングルチャンネル
- 屈折法探査

他機関の海上音波探査

総延長：約2,700km

- マルチチャンネル
東京電力(株)・東北電力(株)
石油公団(石油開発公団)
東京大学海洋研究所
電力中央研究所
- 高分解能マルチチャンネル
産総研・道総研
- シングルチャンネル
日本原子力船研究開発事業団
地質調査所
産総研, 産総研・東海大学
産総研・道総研
海上保安庁水路部
国土地理院

半径30kmの範囲と、その西方海域及び南方海域に広げた領域を「敷地前面海域」とし、全域の音波探査記録を解析した。

3.3 海上音波探査の諸元・数量 (2/3)



敷地前面海域の海上音波探査の諸元・数量(当社実施)

* H20.4設置許可以降に実施したものには「備考」に調査海域を示す。
* 「平館海峡」とは、下北半島と津軽半島に挟まれた海域をいう。

| 調査実施者 | 海 域 | 調査の種類 | 調査年 | 音 源 | エネルギー | 測線長 (km) | 備 考 |
|-----------------|------------------|------------------|---------|-----------------------------|----------------|-------------|------------|
| 当 社 | 沖合海域 | シングル チャンネル | 1982 | スパーカー | 約 2,000~4,000J | 1,305.9 | |
| | | | 1983 | | | | |
| | | | 1984 | | | | |
| | | | 1998 | | | | |
| | | マルチチャンネル | 1984 | ウォーターガン | 約 2,800J | 286.2 | |
| | | | 1984 | スパーカー | 約 200J | 4.1 | |
| | | | 1986 | スパーカー | 約 400J | 78.5 | |
| | | | 1984 | エアガン | 約 25,000J | 33.3 | |
| | | | 1994 | エアガン | 約 34,000J | 149.9 | |
| | 屈折法探査 | 1998 | エアガン | 約 150,000J | 148.5 | 大間崎周辺及び福浦沖 | |
| | | 2010 | エアガン | 約 300,000J 又は 約 110,000J | 32.6 | | |
| | 沿岸海域 | シングル チャンネル | 1983 | エアガン | 約 500,000J | 33.2 | 2013年再解析実施 |
| | | | 1982 | スパーカー | 約 600~800J | 101.4 | |
| | | | 1983 | | | | |
| | | | 1998 | | | | |
| | | 高分解能 マルチチャンネル | 1982 | ソノプローブ | 約 36J | 348.9 | |
| | | | 1983 | | | | |
| | | 1998 | | | | | |
| 定置式 マルチチャンネル | | 2010 | ブーマー | 約 300J | 195.5 | 大間崎周辺 | |
| | | 1998 | エアガン | 約 25,000~ 110,000J | 5.0 | | |
| | | 1998 | ウォーターガン | 約 2,800J | 0.7 | | |
| 平館海峡付近 | 高分解能 マルチチャンネル | 2010 | エアガン | 約 32,000J 又は 約 16,000J | 2.1 | 蛇浦沖及び福浦沖 | |
| | | 2013 | ブーマー | 約 200J | 255.3 | 平館海峡~陸奥湾西部 | |
| | | マルチチャンネル | 2013 | エアガン | 約 100,000J | 166.7 | 平館海峡~陸奥湾西部 |

• 当社は総延長約 3,400kmの海上音波探査を実施した。

マルチチャンネル探査
 屈折法探査
 高分解能マルチチャンネル探査



3.3 海上音波探査の諸元・数量 (3/3)

敷地前面海域の海上音波探査の諸元・数量(他機関実施)

| 調査実施者 | 海 域 | 調査の種類 | 調査年 | 音 源 | エネルギー | 測線長 (km) |
|---------------------|----------|------------------|------|------------------|-------------------------|----------|
| 日本原子力船 研究開発事業団 | 沖合海域 | シングルチャンネル | 1982 | スパーカー | 約 1,600~4,900J | 277.8 |
| 東京電力(株)・ 東北電力(株) | | マルチチャンネル | 1995 | G.Iガン | 約 30,000J | 47.2 |
| | | | | ウォーターガン | 約 2,800~5,600J | 20.7 |
| 地質調査所 | | シングルチャンネル | 1982 | エアガン | 約 39,000J | 75.0 |
| 海上保安庁 水路部 | | シングルチャンネル | 1979 | エアガン | 約 5,000J | 164.0 |
| | | | 1998 | スパーカー | 約 1,000J | 672.7 |
| ユニブーム | | 約 300J | | 69.6 | | |
| 石油開発公団 | | マルチチャンネル | 1976 | エアガン | 約 320,000J | 10.6 |
| 石油公団 | 1986 | | エアガン | 約 1,300,000J | 33.9 | |
| 産総研・道総研 | 沿岸海域 | 高分解能 マルチチャンネル | 2012 | ブーマー | 約 200J | 198.4 |
| | | シングルチャンネル | 2012 | パラメトリック (SES) | 未公表 | 129.7 |
| 産総研 | 平館海峡付近 | シングルチャンネル | 2009 | ブーマー | 約 200J | 159.8 |
| 産総研・東海大学 | | シングルチャンネル | 2012 | ブーマー | 約 200J | 135.6 |
| | | | | パラメトリック (SES) | 未公表 | 94.5 |
| 国土地理院 | | シングルチャンネル | 1982 | スパーカー | 約 250~340J 又は 約 750J | 200.4 |
| | | | 1983 | スパーカー | 約 400J | 360.8 |
| 東京大学 海洋研究所 | | マルチチャンネル | 1995 | ウォーターガン | 約 5,700J | 75.2 |
| 電力中央研究所 | マルチチャンネル | 2000 | エアガン | 約 16,000J | 15.7 | |

•解析に用いた他機関実施の海上音波探査は総延長約2,700kmである。

•当社実施分と合わせて、約6,100kmを解析に用いた。

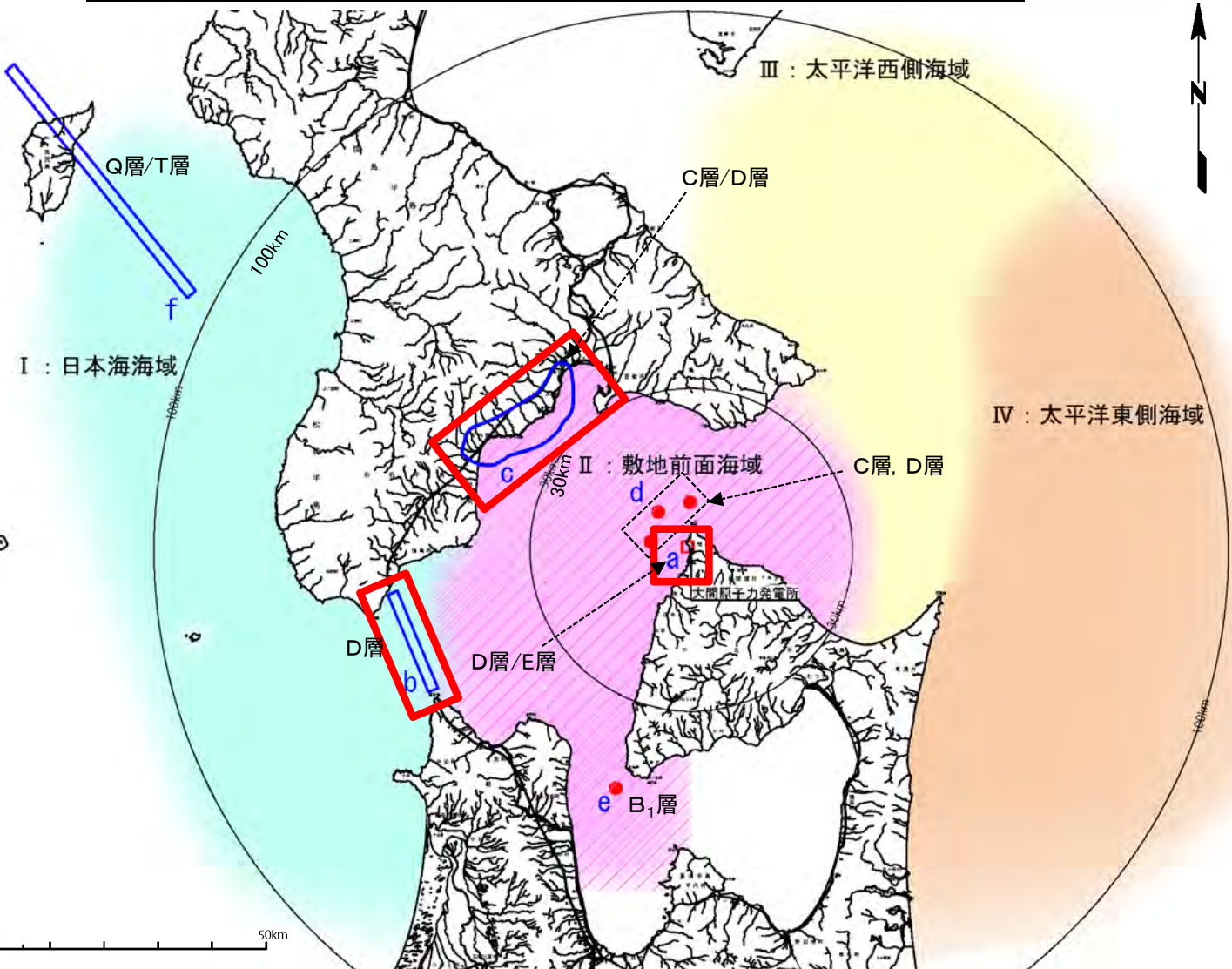
マルチチャンネル探査
 屈折法探査
 高分解能マルチチャンネル探査

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価

| | | | |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | 2-1 | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 3.1 水準点測量 | 3-1 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |10-1 |
| 3.2 空中写真判読 | 3-9 | 11. 海域の変動履歴の評価 |11-1 |
| 3.3 海上音波探査の諸元・数量 | 3-19 | 12. 地質構造発達史の評価 |12-1 |
| 3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 | 3-23 | 13. 隆起のメカニズム評価 |13-1 |
| 3.5 外側海域の地層の年代評価 | 3-35 | | |
| 3.6 地層の反射パターン及びP波速度 | 3-43 | | |
| 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 | | |
| 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 | | |
| 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 | | |

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (1/10)

海上ボーリング, 文献等による年代評価実施位置



地層対比

| 地質時代 | | 外側海域 | | 外側海域 | |
|-------|-----|----------|------------------|--------------|------------------|
| | | I: 日本海海域 | II: 敷地前面海域 | III: 太平洋西側海域 | IV: 太平洋東側海域 |
| 第四紀 | 完新世 | Q層 | A層 | Q層 | Q _p 層 |
| | 後期 | | B ₁ 層 | | |
| | 中期 | | B ₂ 層 | | |
| 更新世 | 前期 | | B ₃ 層 | | |
| | | T層 | C層 | T層 | T _p 層 |
| 第三紀 | 鮮新世 | | D層 | | |
| | 中新世 | | E層 | | |
| 先新第三紀 | | | | | |

断層の活動性評価の基準面
不整合

凡例

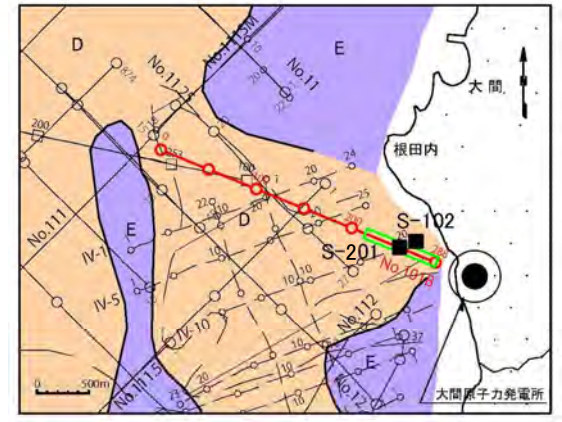
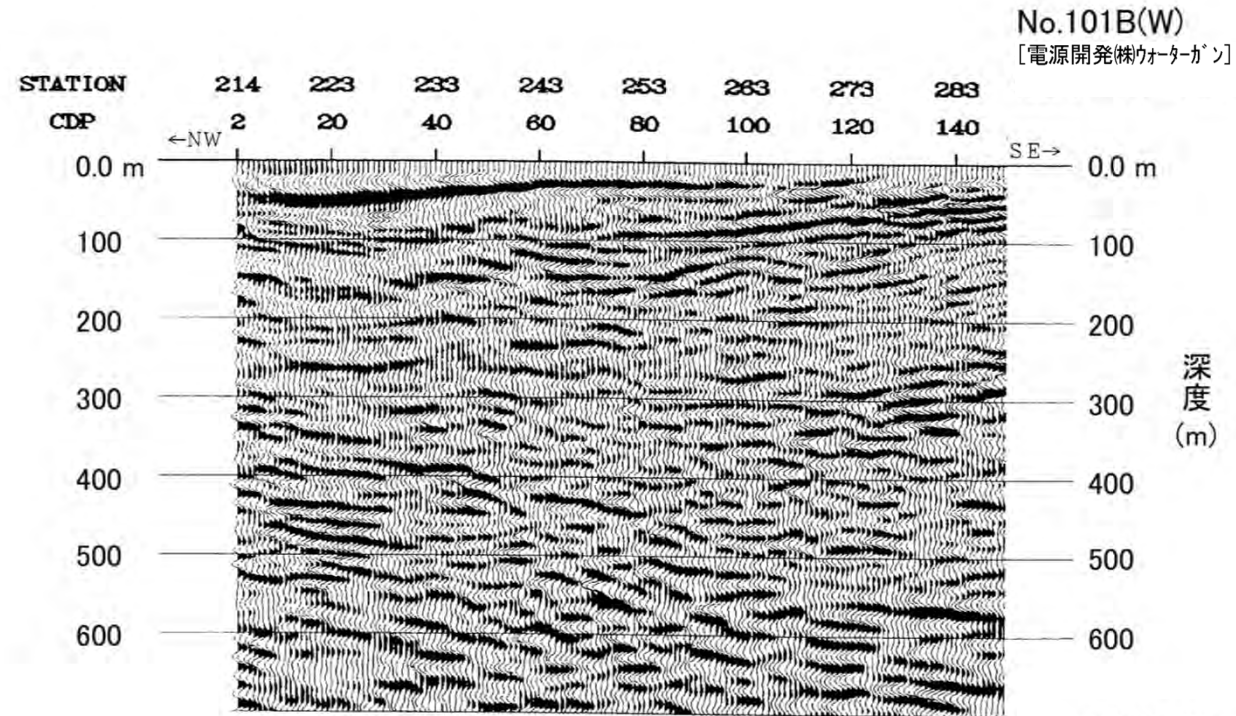
- 柱状採泥点
- 海上ボーリング地点
- ⌋ 文献による地質断面図位置
- ⌋ 地層分布対比位置
- a ~ g 地層の年代を確認した地点名

- ・ 図に示すa地点において、海上ボーリングと音波探査結果を比較し、D層及びE層の年代を確認した。
- ・ 図に示すb地点において、文献による地質断面図と音波探査結果を比較し、D層の年代を確認した。
- ・ 図に示すc地点において、音波探査記録を区分した各層と、陸域に分布する地層との連続性を比較し、C層及びD層の年代を確認した。



3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (2/10)

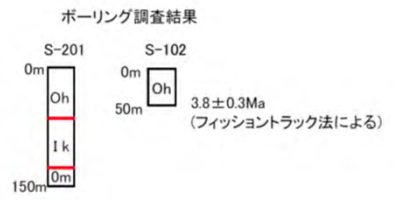
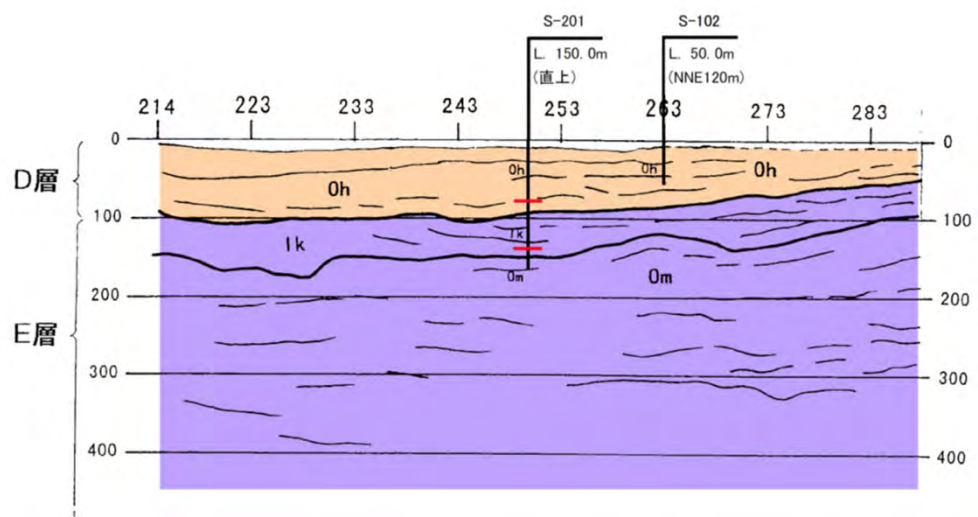
海上ボーリング実施位置(a地点:D層及びE層)



凡例

| 地質時代 | 海域の地質 | |
|-------|-------|----------------|
| 完新世 | A | |
| 更新世 | 後期 | B ₁ |
| | 中期 | B ₂ |
| | 前期 | B ₃ |
| 鮮新世 | D | |
| | E | |
| 中新世 | | |
| 先新第三紀 | | |

- 凡例
- S-102 ■ ボーリング地点及び地点名
 - 定置式マルチチャンネル音波探査測線 (エアガン及びウオーターガン)
 - 解析断面図表示範囲



凡例

| | | |
|----|------|------------|
| Oh | 大畑層 | } 中期～後期中新世 |
| Ik | 易国間層 | |
| Om | 大間層 | |

ボーリング地点名及び記事

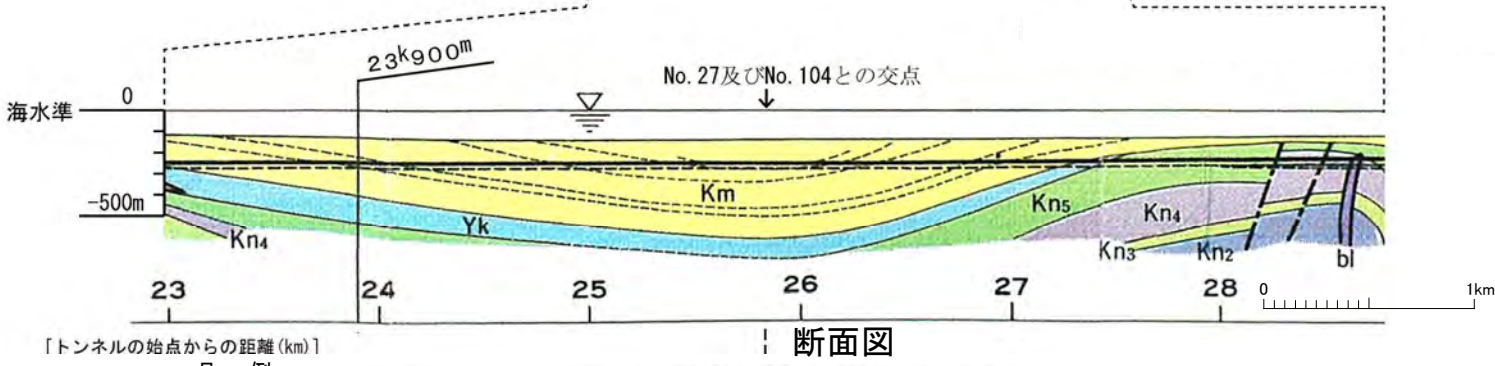
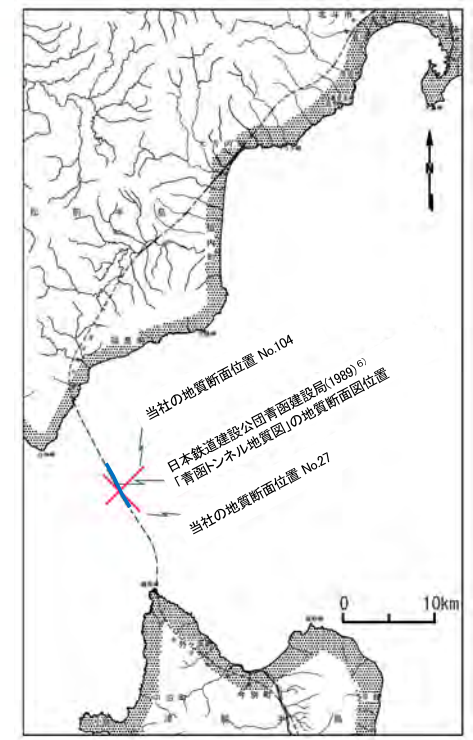
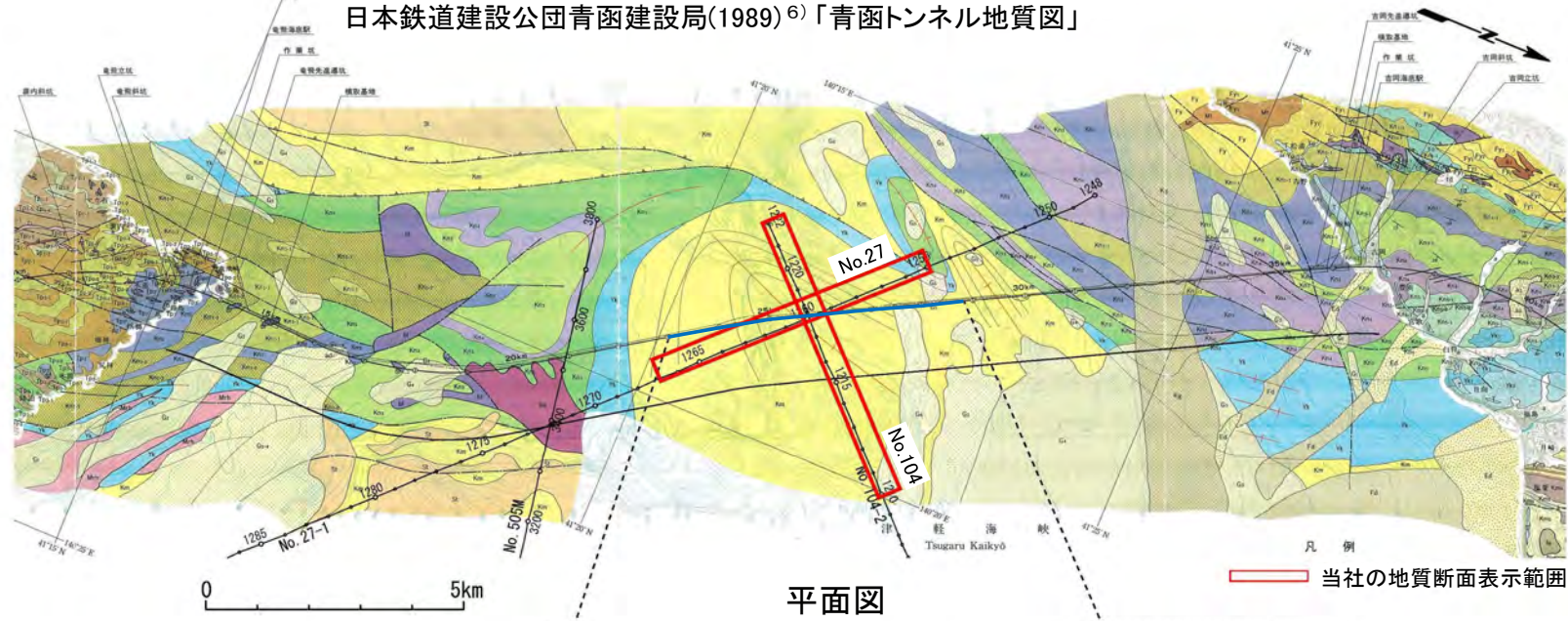
| | |
|-----------|---------------------------|
| S-102 | ボーリング地点名 |
| L. 50.0m | 掘削深度 |
| (NNE120m) | オフセット距離 (NNE方向に120m離れている) |

- 敷地西方の大間沖で海上ボーリング及び音波探査を実施した。
- 海上ボーリングで採取した試料は、岩相判定やフィッシュトラック法による年代測定等から、敷地周辺陸域に分布する大畑層(鮮新世～前期更新世), 易国間層・大間層(中期中新世～後期中新世)に対比される。
- 音波探査の記録断面図とボーリング試料とを比較, 検討した結果, D層は大畑層に, E層は易国間層及び大間層にそれぞれ対比される。

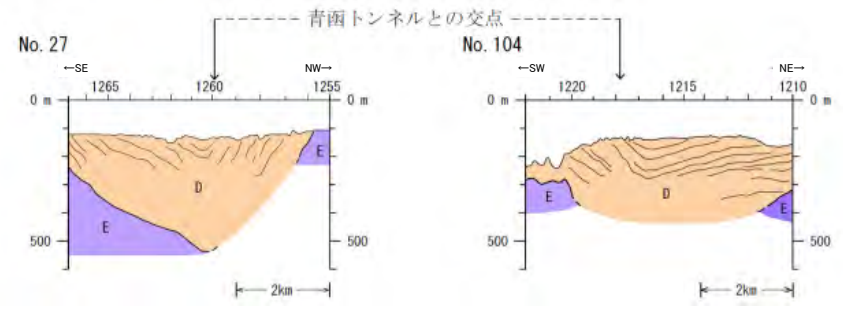
3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (3/10)

文献による地質断面図との比較 (b地点:D層)

日本鉄道建設公団青函建設局(1989)⁶⁾「青函トンネル地質図」



| 地質時代 | | 海域の地質 |
|------|-----|----------------|
| 第四紀 | 更新世 | A |
| | 後期 | B ₁ |
| | 中期 | B ₂ |
| | 前期 | C |
| 第三紀 | 鮮新世 | D |
| | 中新世 | E |
| 先第三紀 | | |

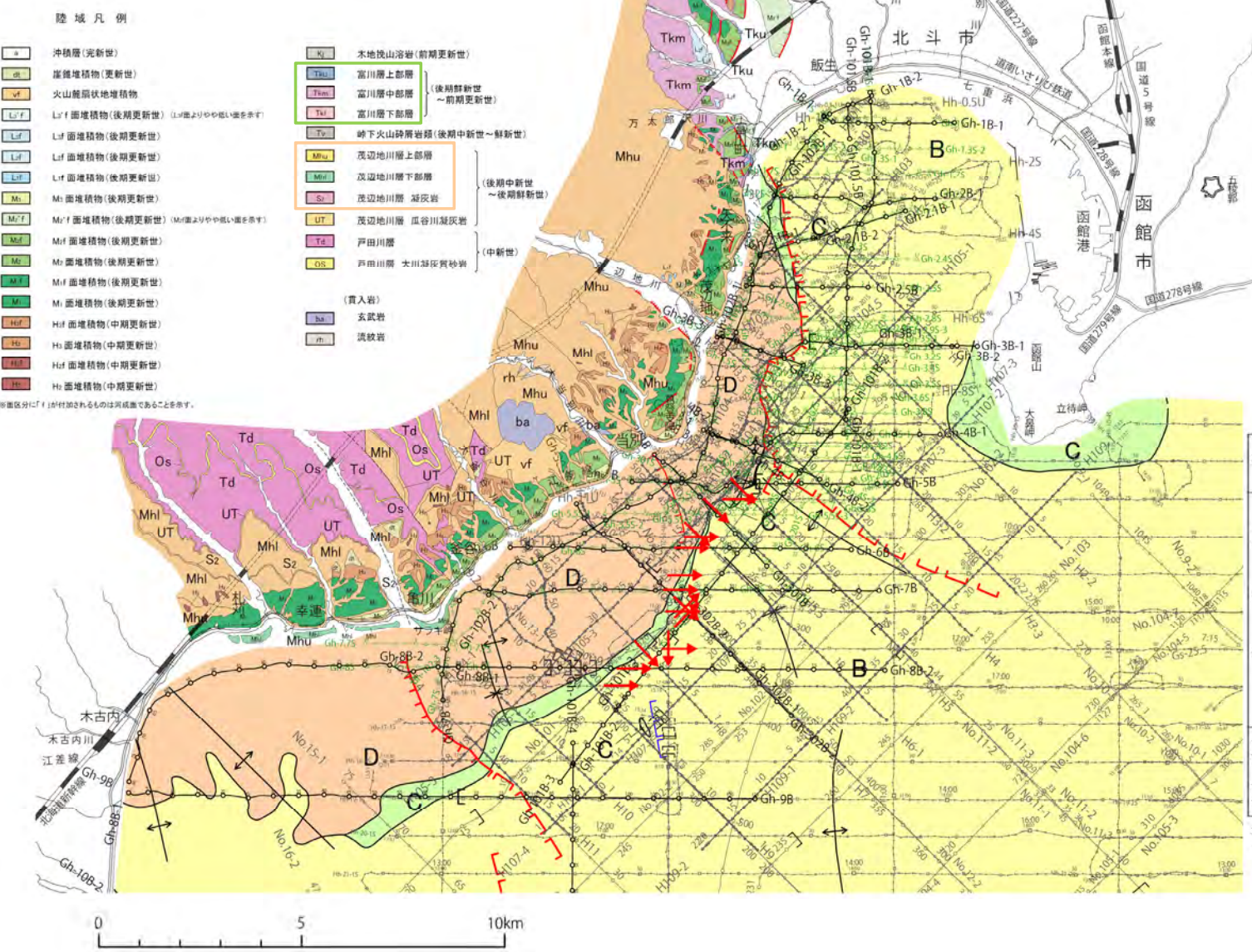


● 日本鉄道建設公団青函建設局(1989)⁶⁾によるトンネル沿いの地質断面図と敷地前面海域から延びる音波探査測線の記録を解析した海底地質断面図(No.27及びNo.104)との比較では、D層は同地質断面図による黒松内層(Km)に相当する。なお、黒松内層の地質年代は後期中新世～鮮新世とされている。

当社の海底地質断面図

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (4/10)

陸域に分布する地層との比較(c地点:C層及びD層)



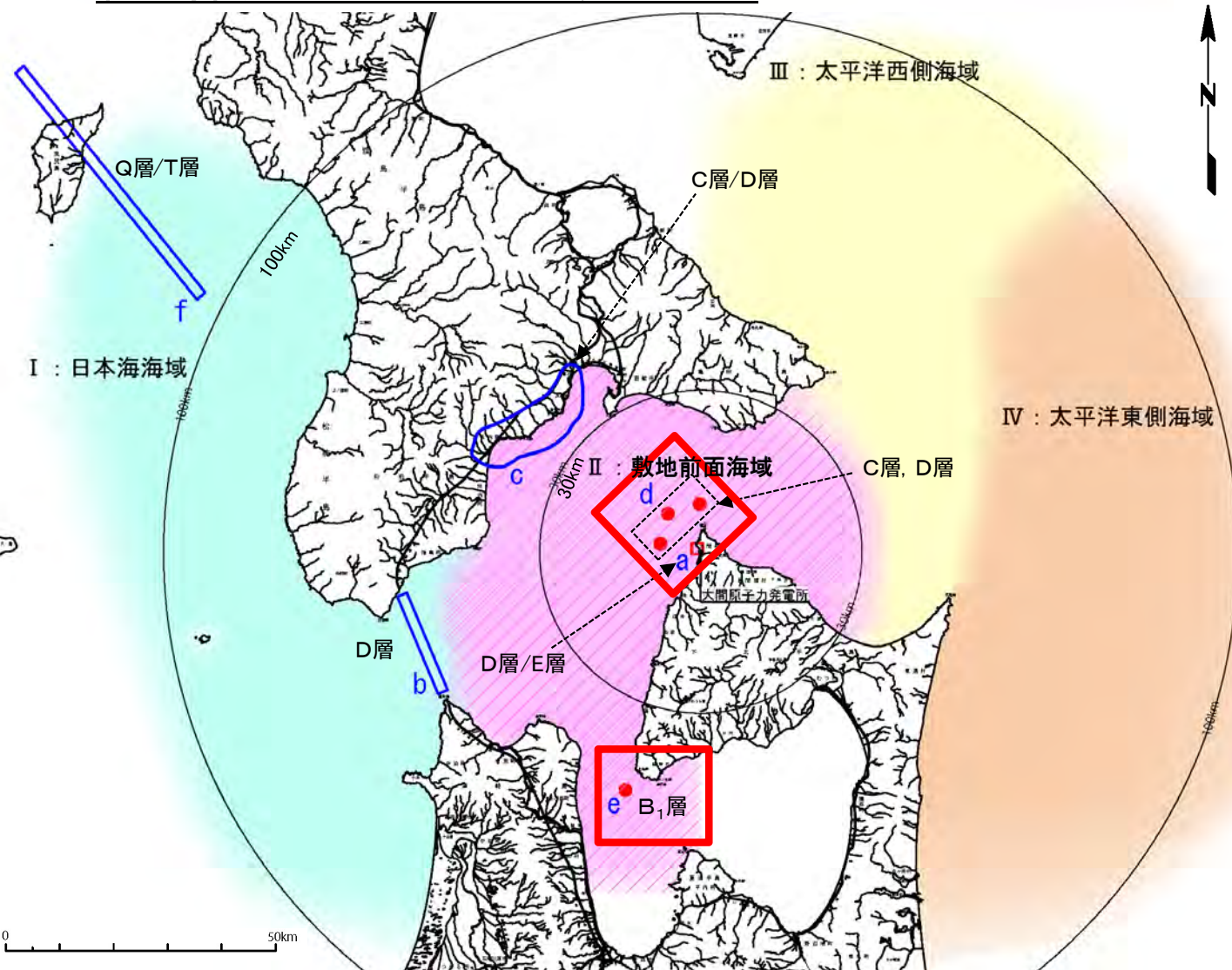
| 地質時代 | 陸域の地質 | | | 海域の地質 | 「松前半島」* |
|------------|-------|--------|-----------------|--------------------------------------|---------|
| | 渡島半島† | 亀田半島 | 下北半島西部 | | |
| 第四紀 更新世 | 完新世 | | | A層 | 段丘堆積物等 |
| | 後期 | 段丘堆積物等 | 段丘堆積物等 | B ₁ 層 | |
| | 中期 | | | B ₂ 層 B ₃ 層 | |
| 第四紀 更新世 | 前期 | 瀬棚層 | 函館山火山岩類 松倉川層 | C層 | 富川層 |
| | 鮮新世 | 黒松内層 | 峠下火山砕屑岩類 | 野平層 大畑層 | D層 | 茂辺地川層 |

最新の知見に基づき地質時代を決めている。
* 秦ほか(1984) 20万分の1地質図「函館及び渡島半島」

- 函館湾上磯付近において、音波探査記録を区分した各層と、陸域に分布する地層との連続性を検討した。
- D層は茂辺地川層(鮮新世)に、C層は富川層(前期更新世)にそれぞれ対比される。

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (5/10)

柱状採泥による年代評価実施位置



地層対比

| 地質時代 | | 外側海域 | | 外側海域 | |
|-------|-----|----------|------------------|--------------|------------------|
| | | I: 日本海海域 | II: 敷地前面海域 | III: 太平洋西側海域 | IV: 太平洋東側海域 |
| 第四紀 | 完新世 | Q層 | A層 | Q層 | Q _p 層 |
| | 後期 | | B ₁ 層 | | |
| | 中期 | | B ₂ 層 | | |
| 更新世 | 前期 | | B ₃ 層 | | |
| | | T層 | C層 | T層 | T _p 層 |
| 第三紀 | 鮮新世 | | D層 | | |
| | 中新世 | | E層 | | |
| 先新第三紀 | | | | | |

断層の活動性評価の基準面
 不整合

凡例

- 柱状採泥点
- 海上ボーリング地点
- 文献による地質断面図位置
- 地層分布対比位置
- a ~ g 地層の年代を確認した地点名

図に示すe地点及びd地点の採泥試料を用いて年代分析を実施した。



3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (6/10)

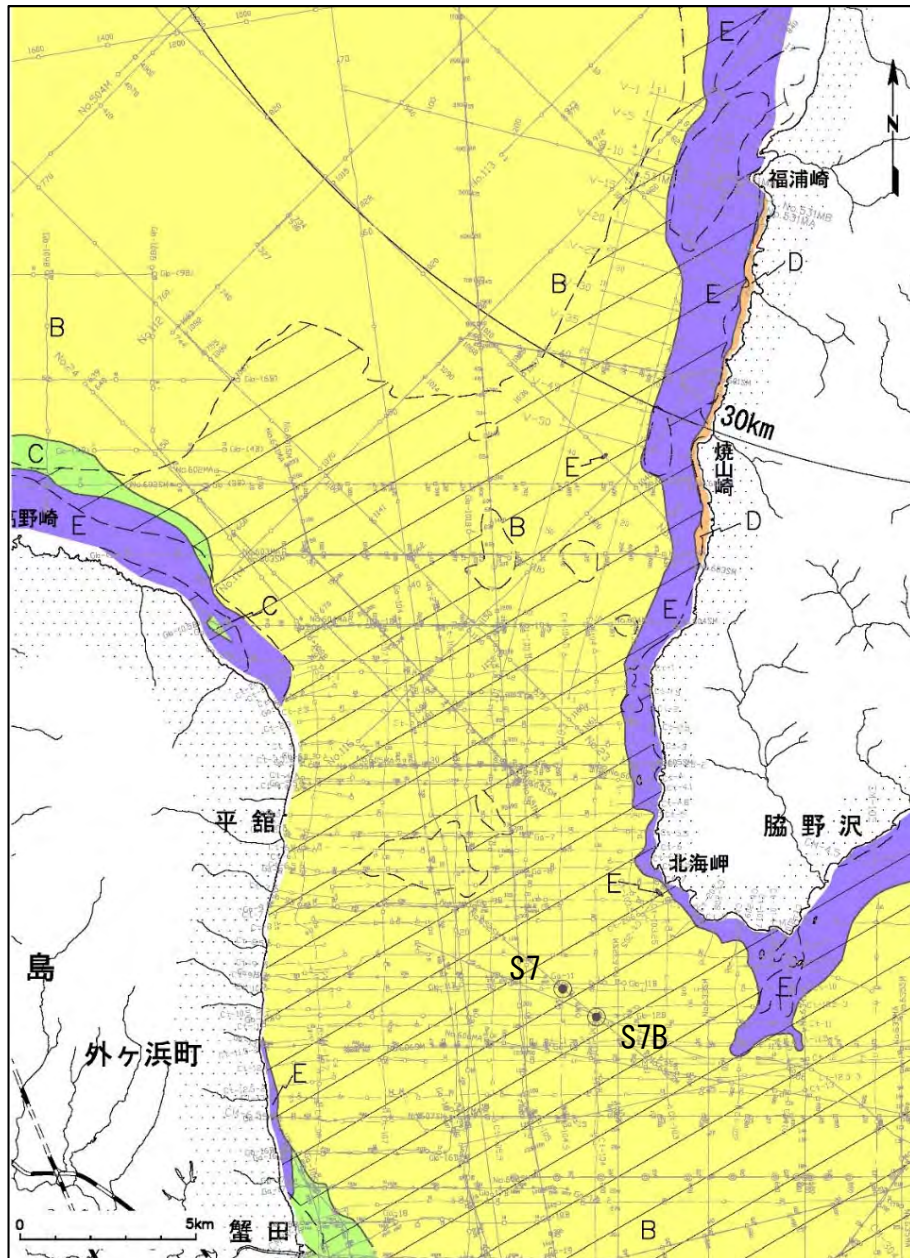
柱状採泥試料 分析結果概要

| 地層の年代を確認した地点 | | e地点 | | d地点 | | |
|--------------|-------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 地層 | | B ₁ 層 | | C層 | | D層 |
| 柱状採泥点 | | S7 | S7B | St.2 | St.4 | St.9 |
| 微化石 分析項目 | 珪藻 化石分析 | — | — | NPD9～10帯 (第579回審査会合机上 配布資料 P13-16参照) | — | — |
| | ナンノ 化石分析 | — | CN15帯 (第579回審査会合机上 配布資料 P9, 10参照) | CN13b～CN14帯 (第579回審査会合机上 配布資料 P17参照) | CN13b～CN14帯 (第579回審査会合机上 配布資料P19, 20参照) | CN11b帯以前 (第579回審査会合机上 配布資料P23-25参照) |
| | 花粉 化石分析 | — | MIS5 (第579回審査会合机上 配布資料 P11参照) | — | メタセコイア属含む (第579回審査会合机上 配布資料 P21参照) | — |
| 火山灰分析 | | 十和田ビスケット1 阿蘇4 十和田カステラ 火山灰層 (第579回審査会合机上 配布資料 P4, 5参照) | 十和田カステラ 火山灰層 (第579回審査会合机上 配布資料 P7, 8参照) | — | — | — |
| 地層の年代評価 | | 後期更新世 | | 後期鮮新世最末期～ 前期更新世 | | 鮮新世 |

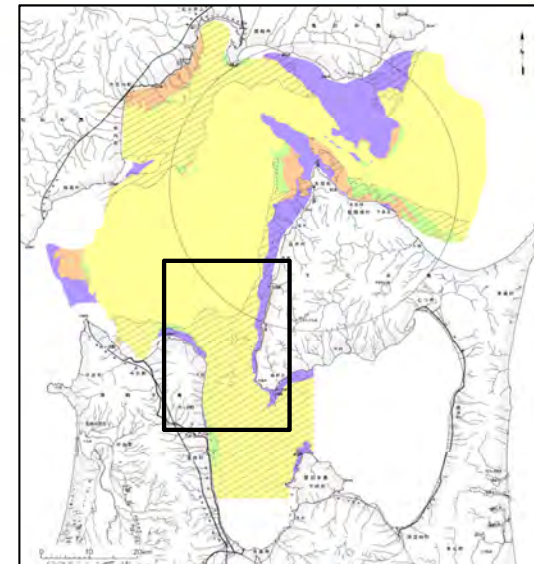
• 柱状採泥試料分析結果の概要を示す。

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (7/10)

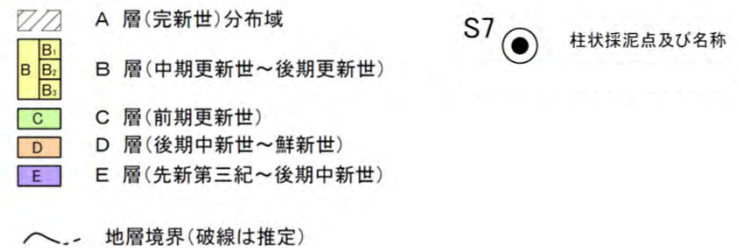
柱状採泥点位置(e地点: B₁層)



案内図



凡 例

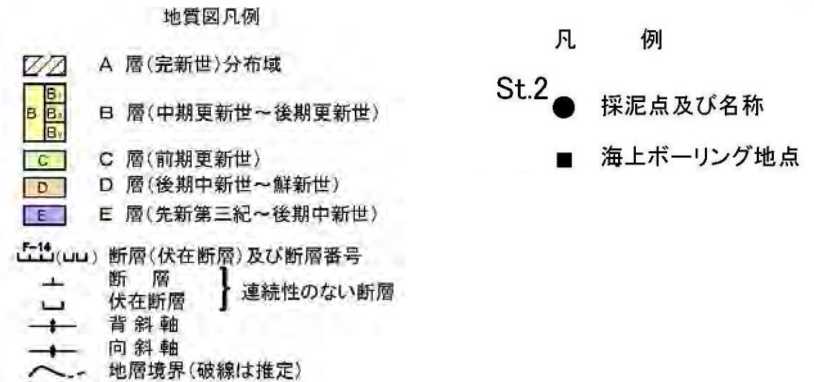
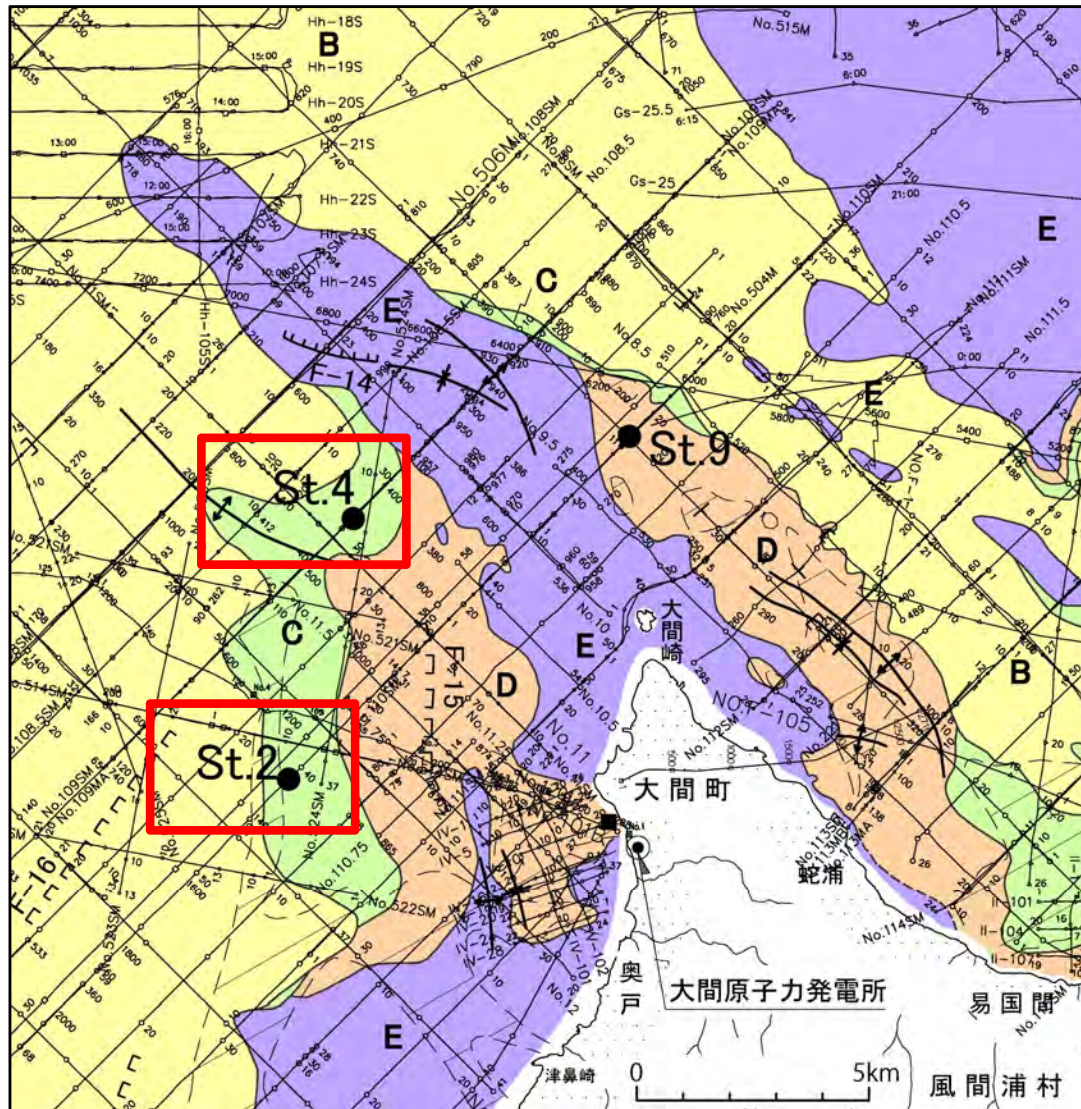


- 平館海峡付近の海底にB₁層が露出する柱状採泥点S7及びS7Bにて、微化石分析及び火山灰分析を実施した*。
- 柱状採泥点S7における火山灰分析の結果、B₁層上部に十和田ビスケット1、阿蘇4、十和田カステラ火山灰層が確認されることから、その地質時代は少なくとも後期更新世と判断される。
- 柱状採泥点S7Bにおける火山灰分析の結果、B₁層上部に十和田カステラ火山灰層が確認され、CN15帯に属するナノ化石が含まれることから、その地質年代は少なくとも最終間氷期を含む後期更新世と判断される。

*採泥分析の詳細については、第579回審査会合机上配布資料「1.1 敷地前面海域の地層の年代評価」を参照。

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (8/10)

柱状採泥点位置(d地点:C層)



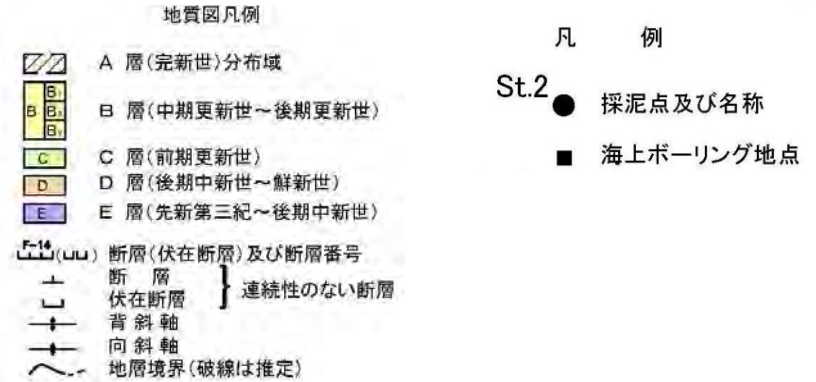
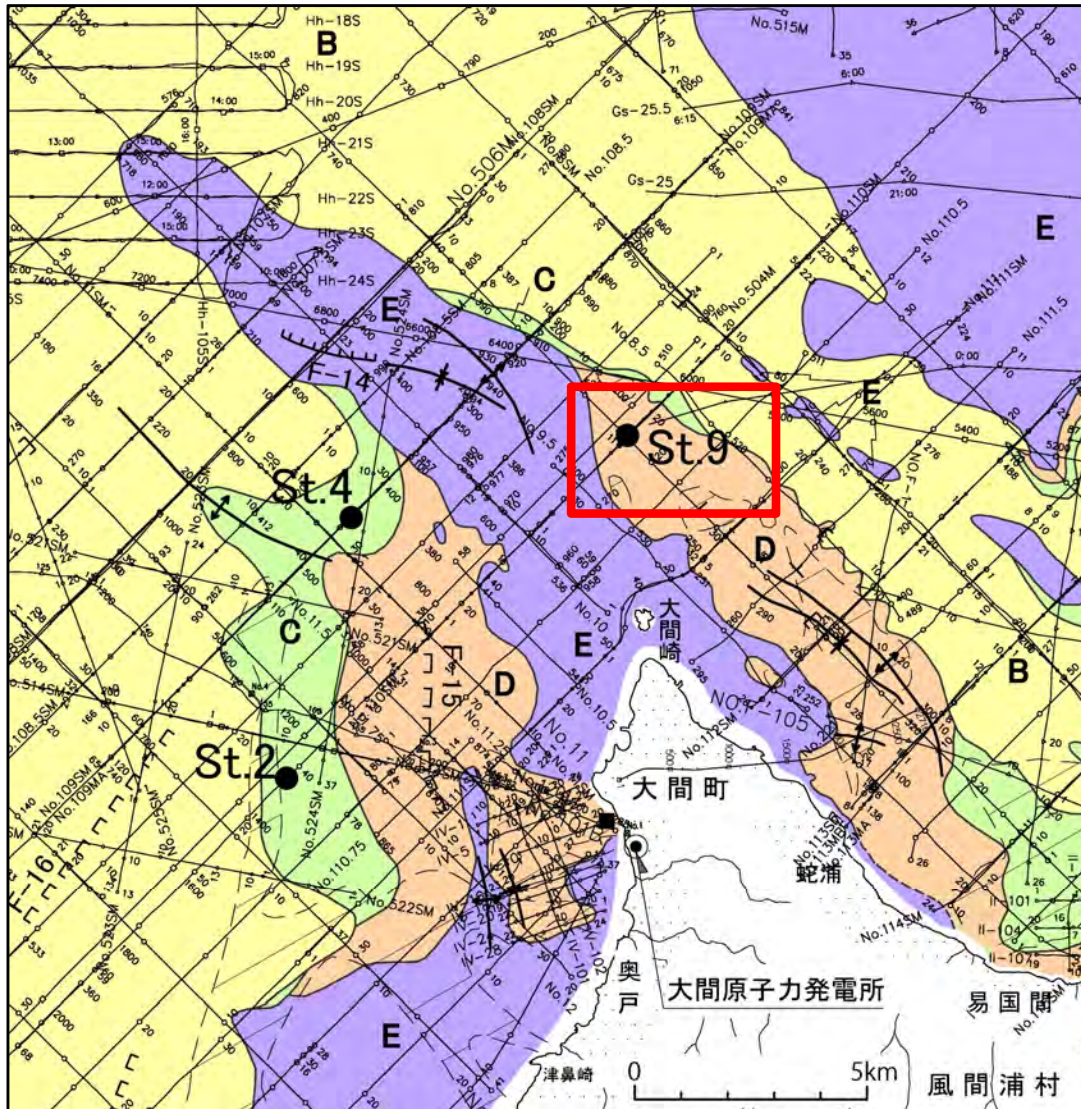
- 海底にC層が露出する柱状採泥点St.2及び St.4において、微化石分析を実施した※。
- 柱状採泥点St.2における微化石分析の結果、CN13b帯に属するナンノ化石及びNPD9～10帯に属する珪藻化石が含まれることから、その地質時代は後期鮮新世最末期～前期更新世と判断される。
- 柱状採泥点St.4における微化石分析の結果、CN13b帯に属するナンノ化石を確認した。

※採泥分析の詳細については、第579回審査会合机上配布資料「1.1 敷地前面海域の地層の年代評価」を参照。



3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (9/10)

柱状採泥点位置(d地点:D層)



- 海底にD層が露出する柱状採泥点St.9において、微化石分析を実施した※。
- 微化石分析の結果、CN11b帯に属するナンノ化石が含まれることから、その地質年代は鮮新世と判断される。

※採泥分析の詳細については、第579回審査会合机上配布資料「1.1 敷地前面海域の地層の年代評価」を参照。

3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 (10/10)

まとめ

B₁層の年代

- 柱状採泥点S7において、火山灰分析により、B₁層上部に、後期更新世の十和田ビスケット1火山灰層、阿蘇4火山灰層、十和田カステラ火山灰層を確認した。柱状採泥点S7Bにおいて、ナノ化石分析により、B₁層上部に、CN15帯(中期更新世末以降)に属するナノ化石を確認し、火山灰分析により、後期更新世の十和田カステラ火山灰層を確認した。

C層の年代

- 陸域に分布する地層との比較の結果、富川層(前期更新世)に対比される。
- 柱状採泥点St.2において、ナノ化石分析により、CN13b~CN14帯(前期更新世~中期更新世)に属するナノ化石を確認し、珪藻化石分析により、NPD9~10帯(前期更新世)に属する珪藻化石を確認した。柱状採泥点St.4において、ナノ化石分析により、CN13b~CN14帯(前期更新世~中期更新世)に属するナノ化石を確認し、花粉化石分析により、メタセコイア属などの前期更新世に絶滅した花粉化石を確認した。

D層の年代

- 海上ボーリングで採取した試料分析の結果、大畑層(鮮新世~前期更新世)に対比される。
- 文献の地質断面図との比較の結果、黒松内層(後期中新世~鮮新世)に対比される。
- 陸域に分布する地層との比較の結果、茂辺地川層(鮮新世)に対比される。
- 柱状採泥点St.9において、ナノ化石分析により、CN11b帯(前期鮮新世末)に絶滅したナノ化石を確認した。

E層の年代

- 海上ボーリングで採取した試料分析の結果、易国間層及び大間層(中期中新世~後期中新世)に対比される。



- B₁層の地質時代は、最終間氷期を含む後期更新世と判断される。
- C層の地質時代は、後期鮮新世最末期~前期更新世と判断される。
- D層の地質時代は、鮮新世又はそれ以前と判断される。
- E層の地質時代は、中期中新世~後期中新世と判断される。

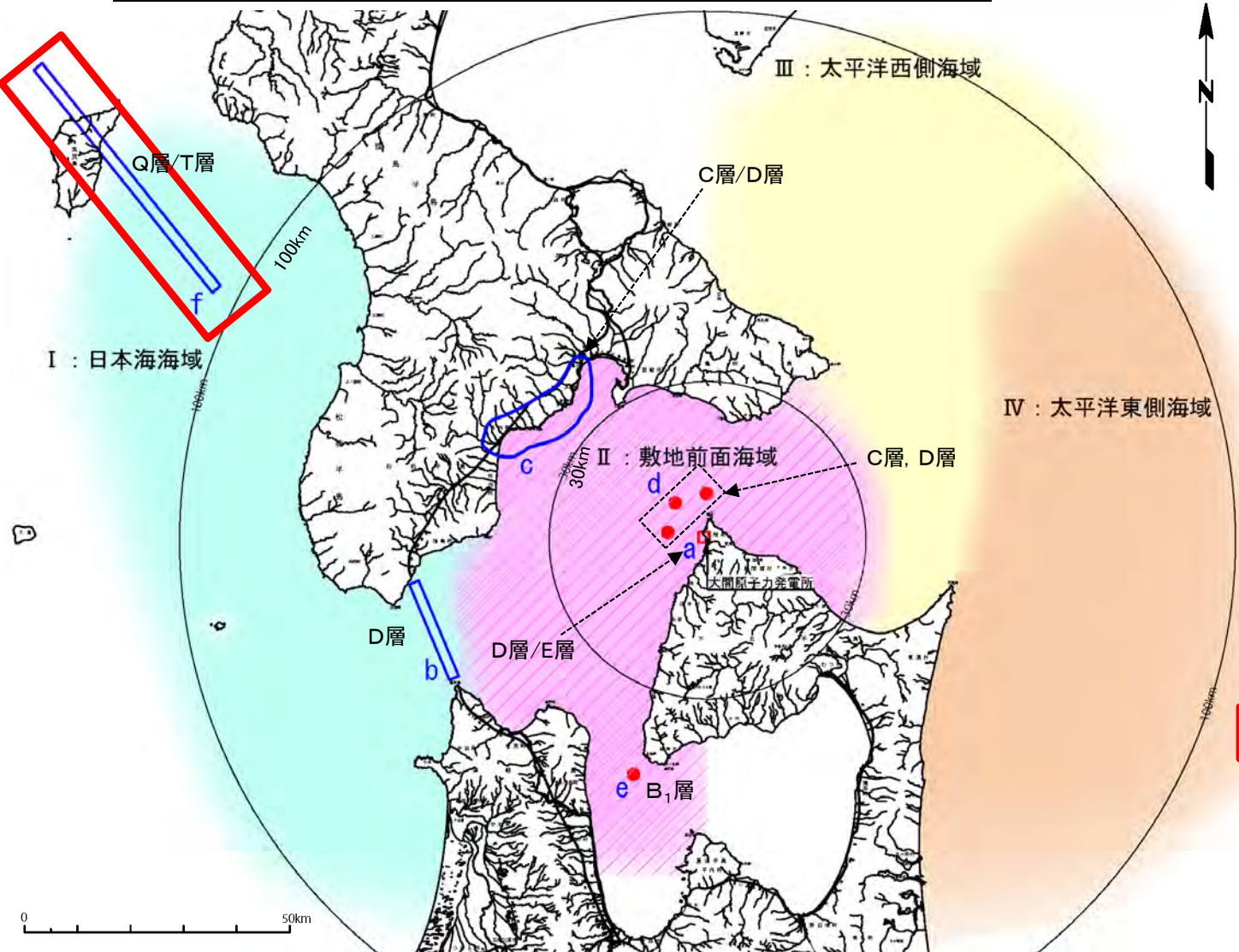
(余白)

3.5 外側海域の地層の年代評価

| | | | |
|-----------------------------|-------------------|------------------------|-----------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | 2-1 | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 3.1 水準点測量 | 3-1 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |10-1 |
| 3.2 空中写真判読 | 3-9 | 11. 海域の変動履歴の評価 |11-1 |
| 3.3 海上音波探査の諸元・数量 | 3-19 | 12. 地質構造発達史の評価 |12-1 |
| 3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 | 3-23 | 13. 隆起のメカニズム評価 |13-1 |
| 3.5 外側海域の地層の年代評価 | 3-35 | | |
| 3.6 地層の反射パターン及びP波速度 | 3-43 | | |
| 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 | | |
| 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 | | |
| 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 | | |

3.5 外側海域の地層の年代評価 (1/7)

海上ボーリング, 文献による年代評価実施位置



地層対比

| 地質時代 | | 外側海域 | | 外側海域 | |
|-------|-----|----------|--------------------------------------|--------------|------------------|
| | | I: 日本海海域 | II: 敷地前面海域 | III: 太平洋西側海域 | IV: 太平洋東側海域 |
| 第四紀 | 完新世 | Q層 | A層 | Q層 | Q _p 層 |
| | 後期 | | B ₁ 層 | | |
| | 中期 | | B ₂ 層 B ₃ 層 | | |
| 紀 | 前期 | T層 | C層 | T層 | T _p 層 |
| 第三紀 | 鮮新世 | T層 | D層 | T層 | T _p 層 |
| | 中新世 | | E層 | | |
| 先新第三紀 | | | | | |

断層の活動性評価の基準面
不整合

g
Q_p層/T_p層

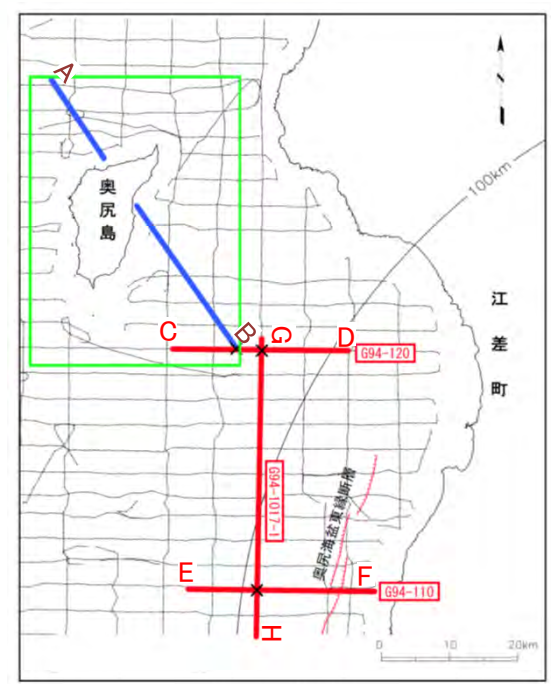
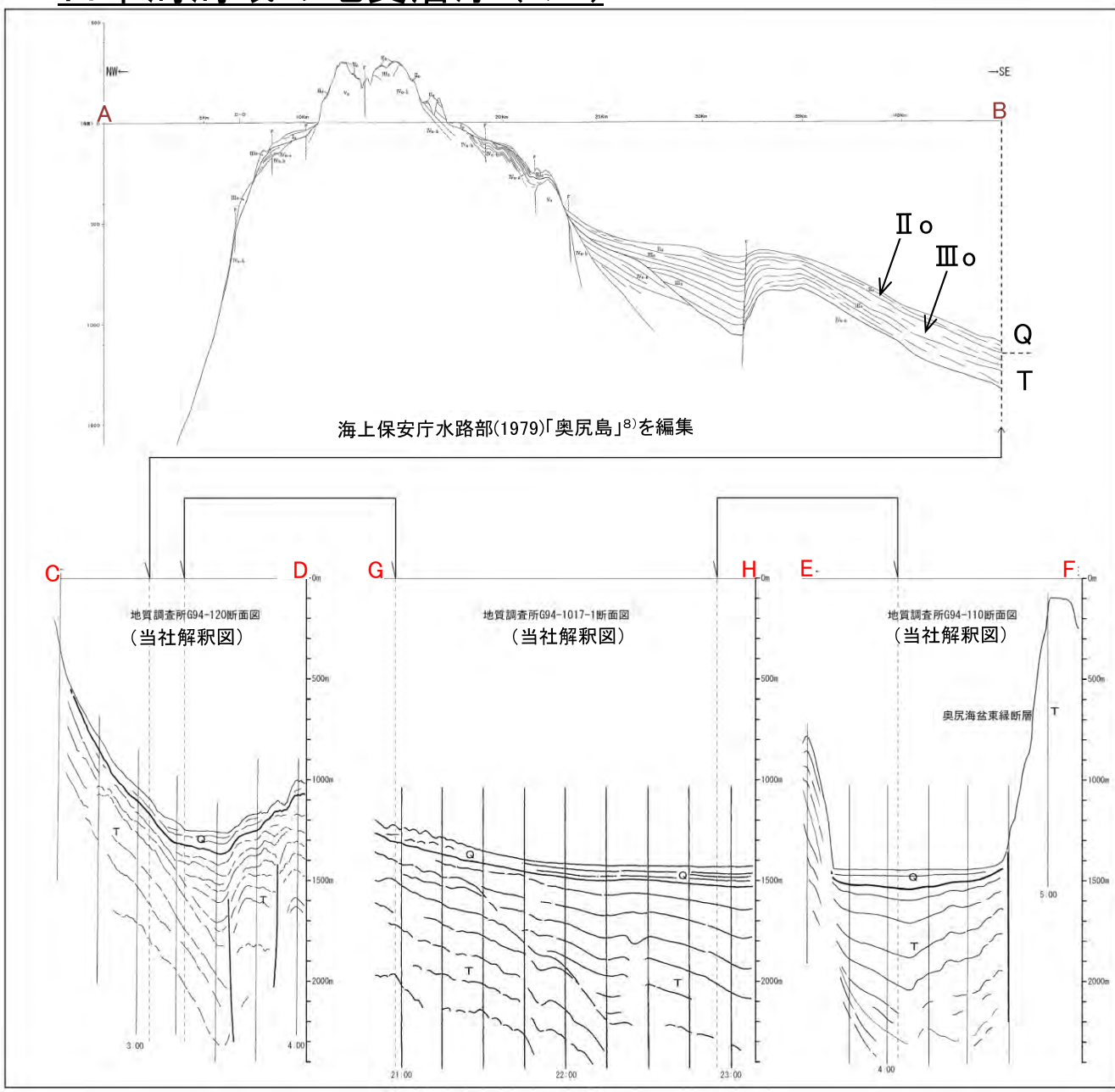
凡例

- 採泥点
- 海上ボーリング地点
- ▭ 文献による地質断面図位置
- 〰 地層分布対比位置
- a ~ g 地層の年代を確認した地点名

- ・ 図に示すf地点において, 文献による地質断面図と音波探査結果を比較し, 日本海海域のQ層及びT層の年代を確認した。
- ・ 図に示すg地点において, 海上ボーリングと音波探査結果を比較し, 太平洋海域のQ_p層及びT_p層の年代を確認した。

3.5 外側海域の地層の年代評価 (2/7)

日本海海域の地質層序 (1/2)



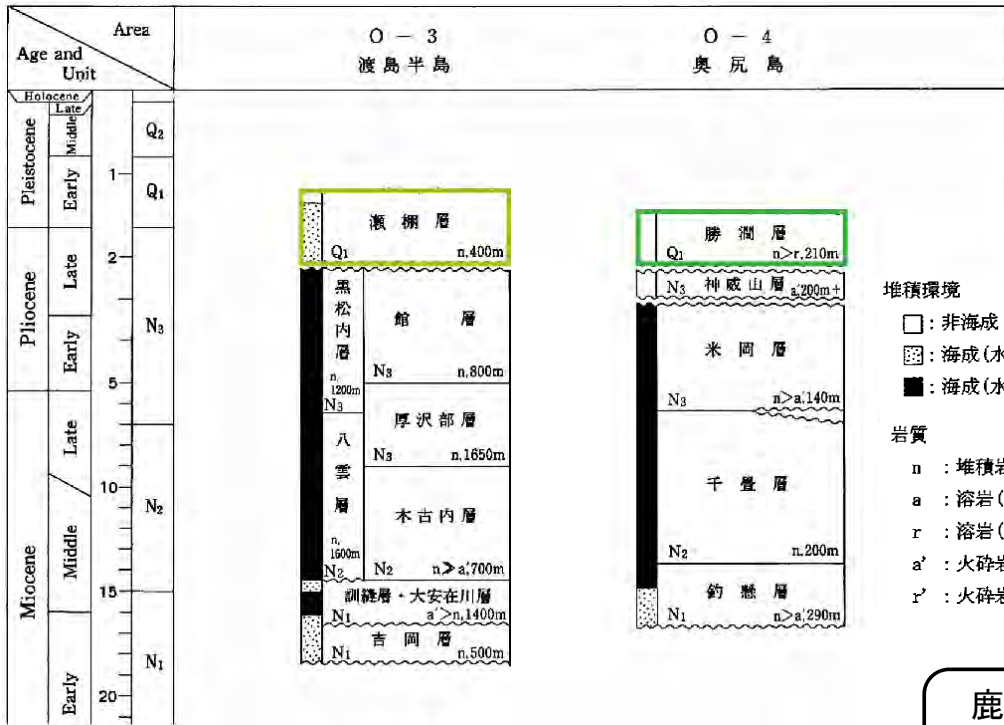
- 外側海域(日本海側)の層序との対比には、海上保安庁水路部(1979)⁸⁾沿岸の海の基本図(5万分の1)「奥尻島」に記載された地質断面図を使用した。
- Q層は「奥尻島」のII_o層(段丘堆積物)以上の地層に、同じくT層は「奥尻島」のIII_o層(勝瀨層・神威山層)以下の地層にそれぞれ対比される。

3.5 外側海域の地層の年代評価 (3/7)

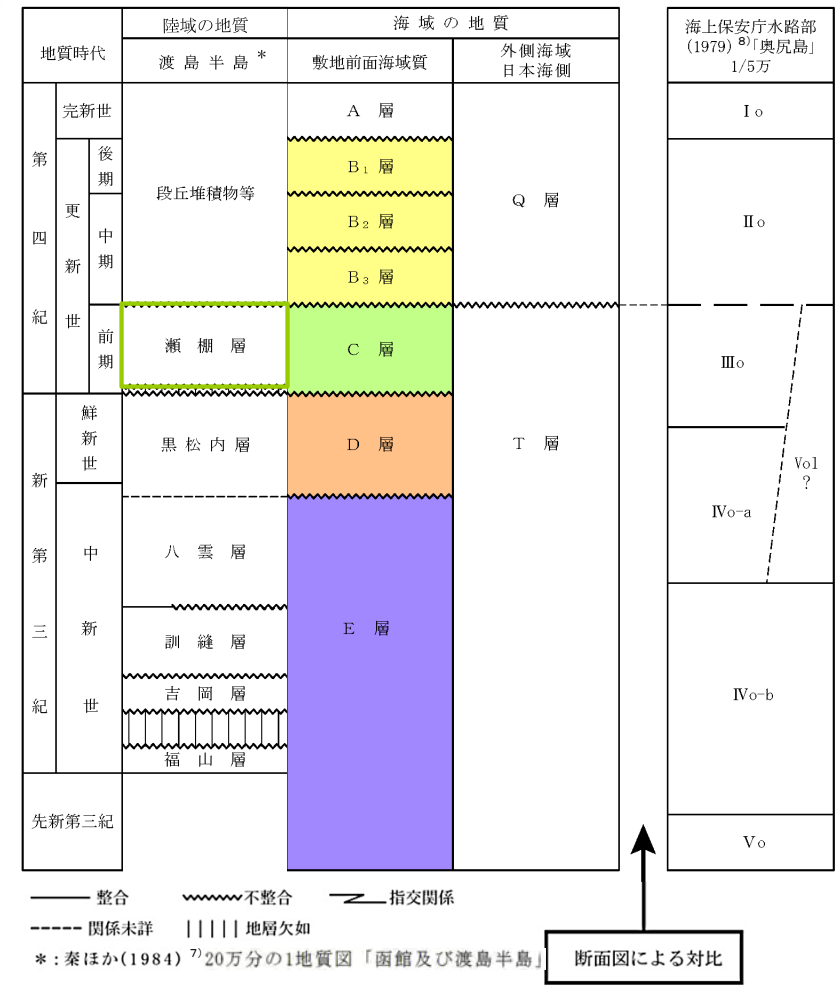
日本海海域の地質層序 (2/2)

| 時代 | 区域 | 西南北海道中南部 (北海道地下資源調査所, 1976) | 奥尻島 (新潟大地鑑 研究報告, 1976) | 調査海域の音響的 層序区分 |
|-------|---------|--------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 第四紀 | 現世 | 沖積層 | 沖積層 | I _o |
| | 更新世 | 段丘堆積物 | 段丘堆積物 | II _o |
| 新第三紀 | 鮮新世 | 狩場山火山岩類 | 勝潤層 | III _o |
| | | 凝灰岩・砂岩類 | 神威山層 | |
| | 中新世 | 黒松内層 | 米岡層 | IV _o -a |
| 八雲層 | | 千疊層 | | |
| 先新第三紀 | 中新世 | 訓縫層 | 釣懸層 | IV _o -b |
| | | 吉岡層 | 青苗川層 | |
| | | 黒松内層 | 花崗岩類 |  | V_{o} |
| 八雲層 | 瀨内熔結凝灰岩 | | | |
| | | 吉岡層 | 奥尻層 | |

海上保安庁水路部(1979)「奥尻島」⁸⁾を編集



鹿野ほか編(1991)⁹⁾を編集

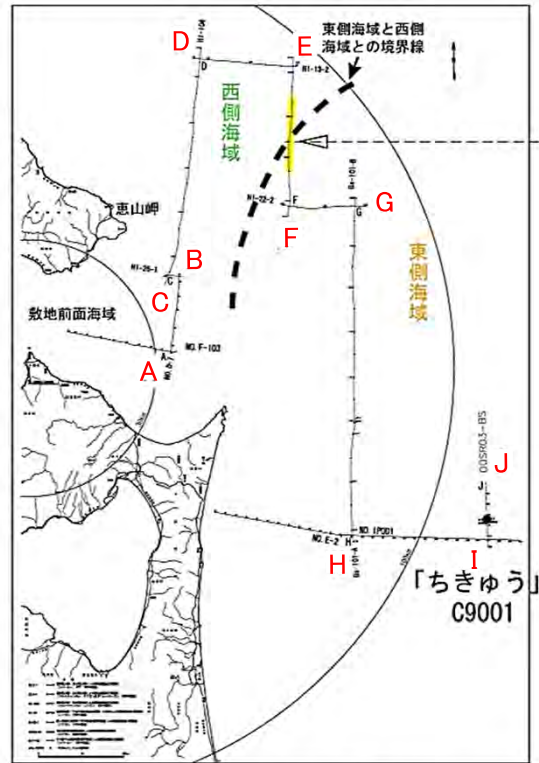


鹿野ほか編(1991)⁹⁾はT層に相当する勝潤層をほぼ瀨棚層に対比しており、
秦ほか(1984)⁷⁾は瀨棚層を前期更新世としていることから、T層は下部更新統以下
の地層に、Q層は中部更新統以上の地層に、それぞれ相当する。

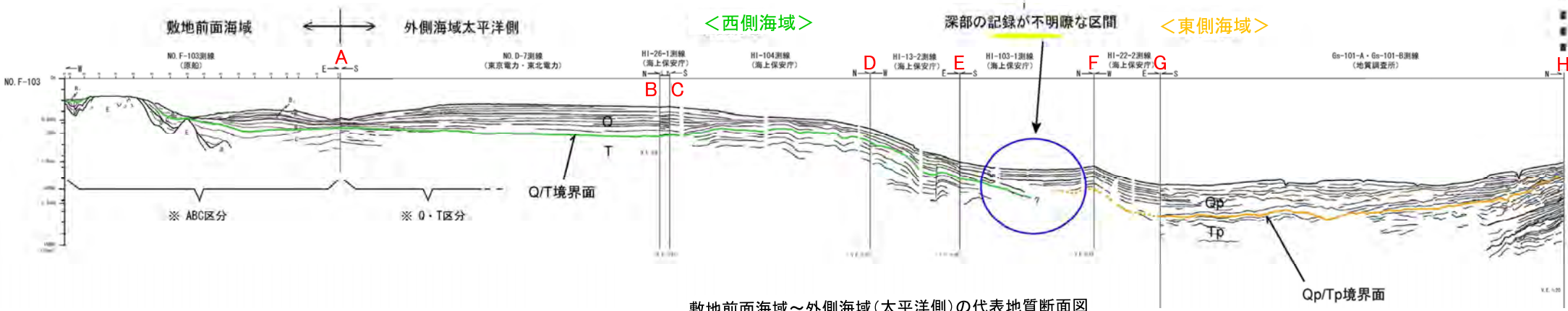
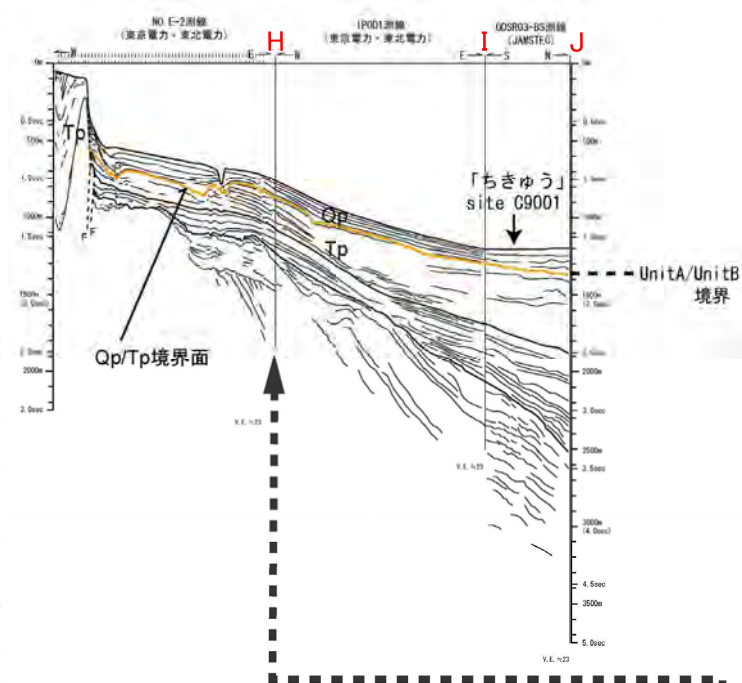
3.5 外側海域の地層の年代評価 (4/7)

太平洋海域の地質層序

- 外側海域(太平洋側)は、西側海域と東側海域に分けて、それぞれ2層に区分した。
- 西側海域の層序は、敷地前面海域のB₃層/C層境界面に連続する反射面をもって、上位をQ層(中部更新統以上の地層)、下位をT層(下部更新統以下の地層)とした。
- 東側海域の層序は、広範囲に連続する反射面をもって、上位をQp層、下位をTp層とした。



外側海域(太平洋側)の代表測線図



敷地前面海域～外側海域(太平洋側)の代表地質断面図

3.5 外側海域の地層の年代評価 (5/7)

太平洋東側海域の地質層序

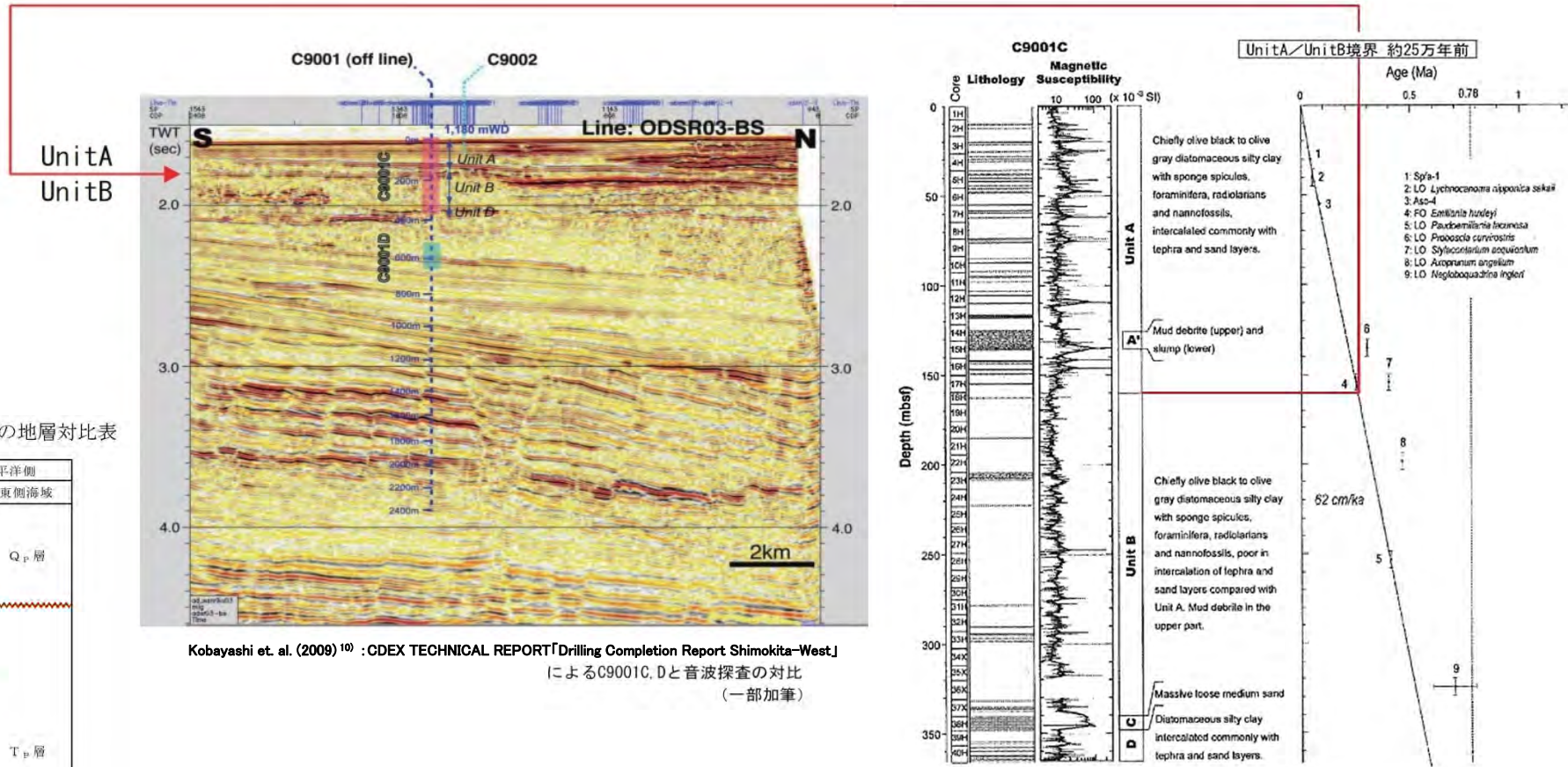


表1 敷地前面海域と外側海域太平洋側の地層対比表

| 地質時代 | 敷地前面海域 | | 外側海域太平洋側 | |
|------|--------|------------------|----------|------------------|
| | 西側海域 | 東側海域 | 西側海域 | 東側海域 |
| 第四紀 | 完新世 | A 層 | Q 層 | Q _p 層 |
| | 更新世 | 後期 |  |  | B_{1} 層 |
| | | 中期 | | B ₂ 層 |
| | 前期 | B ₃ 層 | T 層 | T _p 層 |
| | 鮮新世 | D 層 | | |
| 第三紀 | 中新世 | E 層 | | |
| | 先新第三紀 | | | |

Kobayashi et. al. (2009)¹⁰ : CDEX TECHNICAL REPORT「Drilling Completion Report Shimokita-West」
によるC9001C.Dと音波探査の対比
(一部加筆)

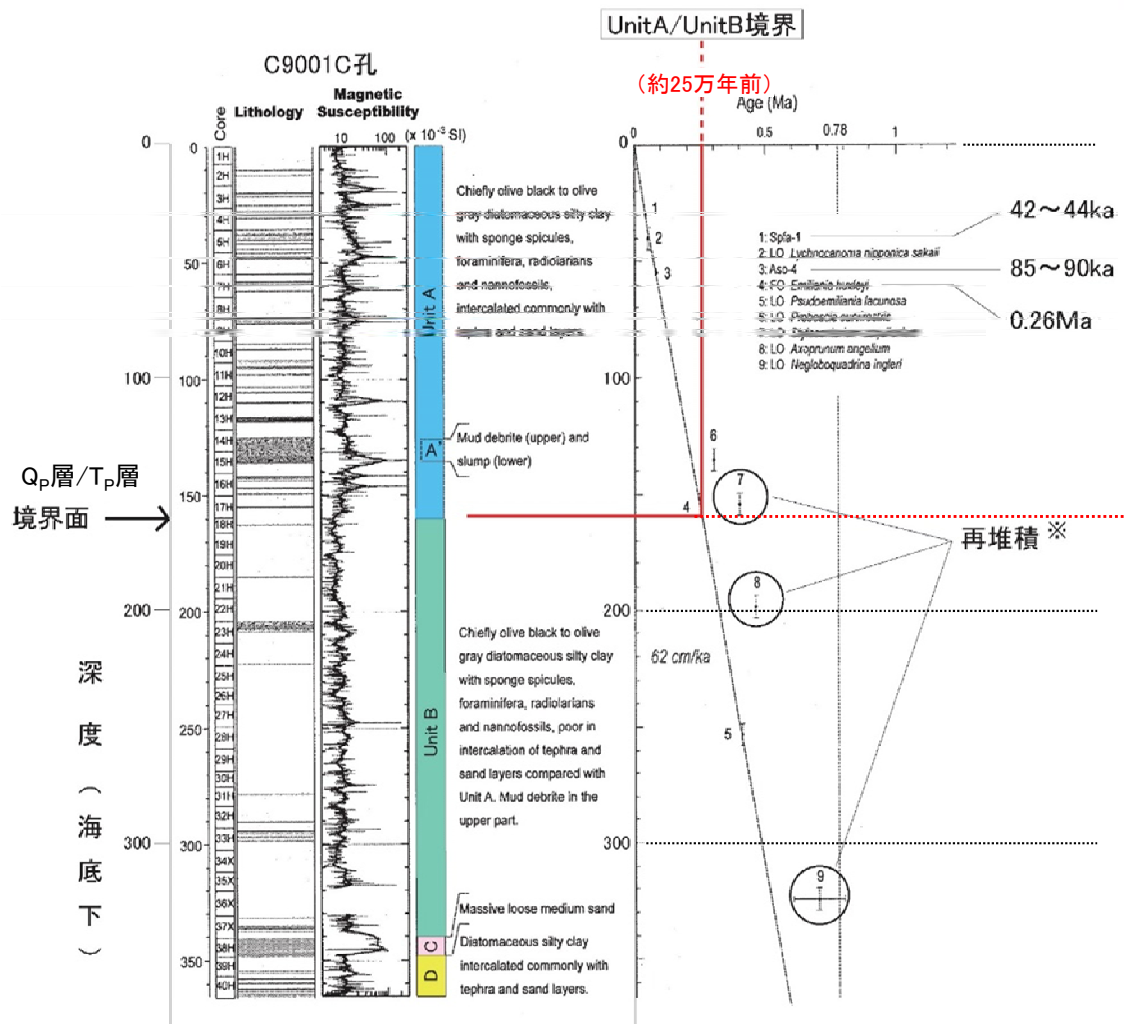
青池(2008)¹¹ による年代モデル (一部加筆)

- 東側海域の層序との対比には、下北半島東方沖でJAMSTECの地球深部探査船「ちきゅう」が掘削した地質試料の年代分析を行った青池(2008)¹¹を使用した。
- 対比の結果、ODSR03-BS測線のQp/Tp境界は、Unit A/Unit B境界とほぼ一致した。このUnit A/Unit B境界の年代値を青池(2008)¹¹の年代モデルから読み取ると約25万年前となる。このことから、Qp層は中部更新統上半部以上の地層に、Tp層は中部更新統下半部以下の地層に相当する。

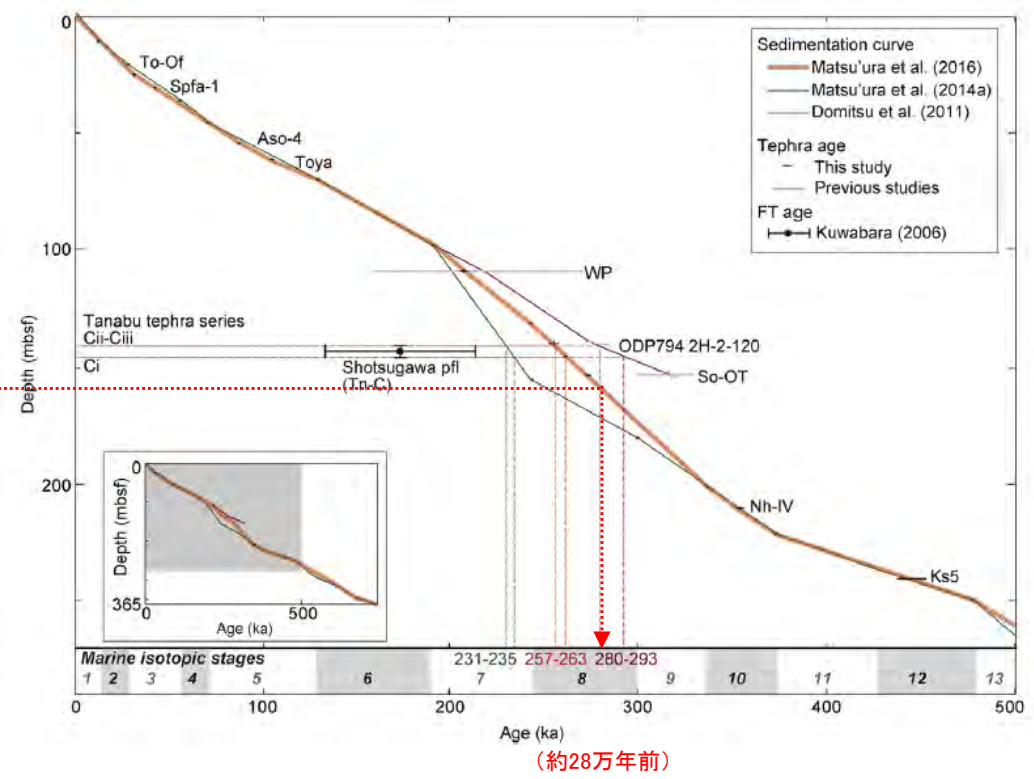


3.5 外側海域の地層の年代評価 (6/7)

太平洋東側海域の地質層序(新知見との対比)



青池(2008)¹¹⁾による年代モデル (一部加筆)



Matsu'ura, Komatsubara(2017)¹²⁾による年代モデル (一部加筆)

- Matsu'ura, Komatsubara(2017)¹²⁾は、地球深部探査船「ちきゅう」が掘削した地質試料である(C9001C)コアの再解析を行い、火山ガラスによる年代モデルを作成している。
- 対比の結果、Qp/Tp境界と対比されている青池(2008)¹¹⁾によるUnit A/Unit B境界の年代値は約28万年前となる。
- したがって、青池(2008)¹¹⁾の年代モデルから読取ったUnit A/Unit B境界の年代値約25万年前と若干の差異はあるものの、中部更新統に位置する境界であることは変更はないため、本海域の断層活動性評価に影響を及ぼすものではない。

3.5 外側海域の地層の年代評価 (7/7)

まとめ

- 日本海海域の層序は、広範囲に連続する反射面をもって、中部更新統以上のQ層及び下部更新統以下のT層の2層に区分される。日本海海域では、Q層/T層の境界面を活動性の評価基準面とした。
- 太平洋海域の西側海域の層序は、広範囲に連続する反射面をもって、中部更新統以上のQ層及び下部更新統以下のT層の2層に区分される。太平洋海域の西側海域では、Q層/T層の境界面を活動性の評価基準面とした。
- 太平洋海域の東側海域の層序は、広範囲に連続する反射面をもって、中部更新統上半部以上のQp層及び中部更新統下半部以下のTp層の2層に区分される。太平洋海域の東側海域では、Qp層/Tp層の境界面を活動性の評価基準面とした。



- 日本海海域及び太平洋海域では、いずれも後期更新世より古い時代の反射面を活動性の評価基準面としているため、安全側の評価となると判断される。

3.6 地層の反射パターン及びP波速度

| | | | |
|-----------------------------|------------|------------------------|-----------|
| 1. 地質構造に関する調査 | 1-1 | 7. 外側海域の断層評価(概ね30km以遠) | 7-1 |
| 2. 敷地極近傍の断層評価 | 2-1 | 8. 沿岸の隆起傾向に関する調査 | 8-1 |
| 3. 敷地周辺の断層評価に係る基礎資料 | 3-1 | 9. 内陸の隆起傾向に関する調査 | 9-1 |
| 3.1 水準点測量 | 3-1 | 10. 完新世の海岸侵食地形に関する調査 |10-1 |
| 3.2 空中写真判読 | 3-9 | 11. 海域の変動履歴の評価 |11-1 |
| 3.3 海上音波探査の諸元・数量 | 3-19 | 12. 地質構造発達史の評価 |12-1 |
| 3.4 敷地前面海域の地層の年代評価 | 3-23 | 13. 隆起のメカニズム評価 |13-1 |
| 3.5 外側海域の地層の年代評価 | 3-35 | | |
| 3.6 地層の反射パターン及びP波速度 | 3-43 | | |
| 4. 周辺陸域の断層評価(30kmまで) | 4-1 | | |
| 5. 周辺陸域の断層評価(30km以遠)に係る基礎資料 | 5-1 | | |
| 6. 敷地前面海域の断層評価(概ね30kmまで) | 6-1 | | |



3.6 地層の反射パターン及びP波速度 (1/4)

敷地前面海域の地質層序(反射面区分)

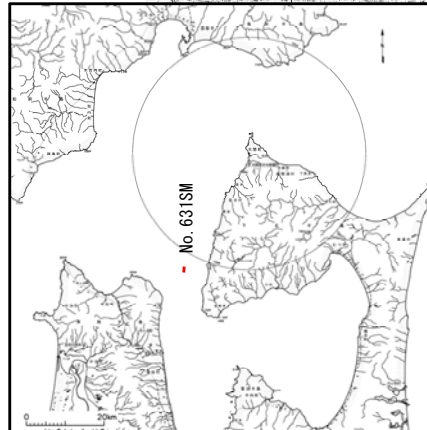
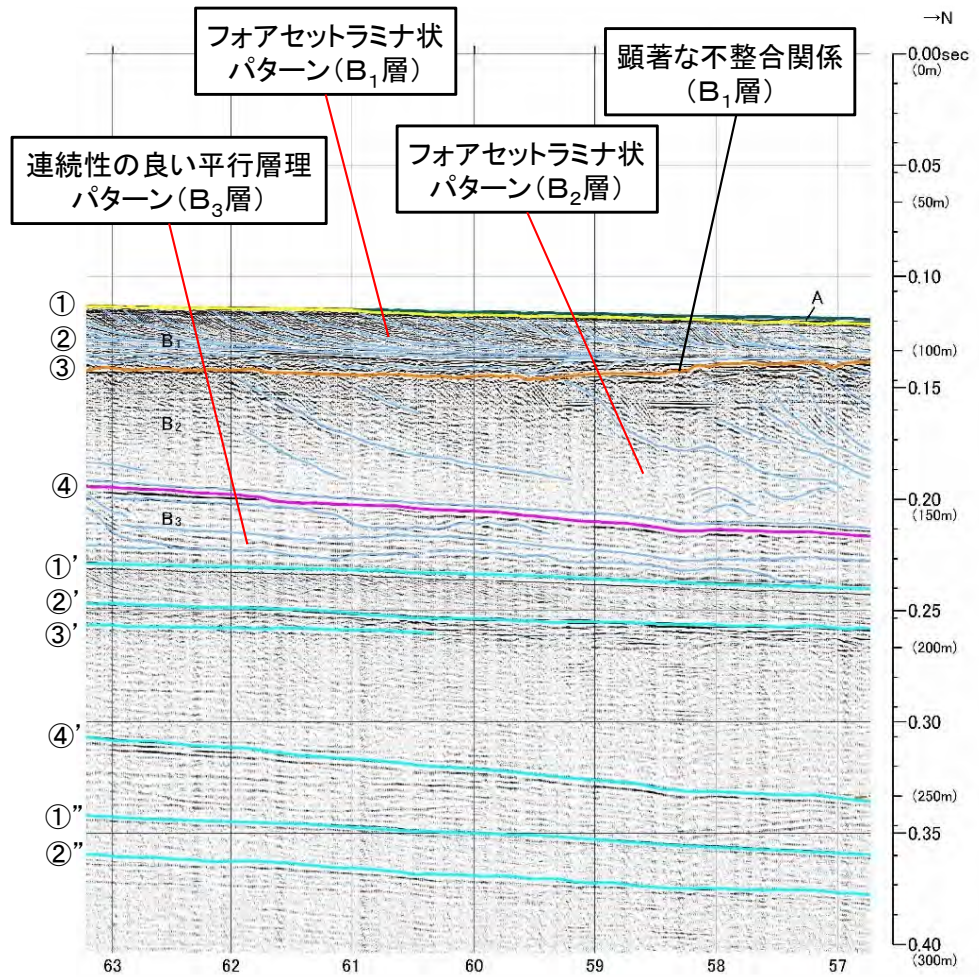
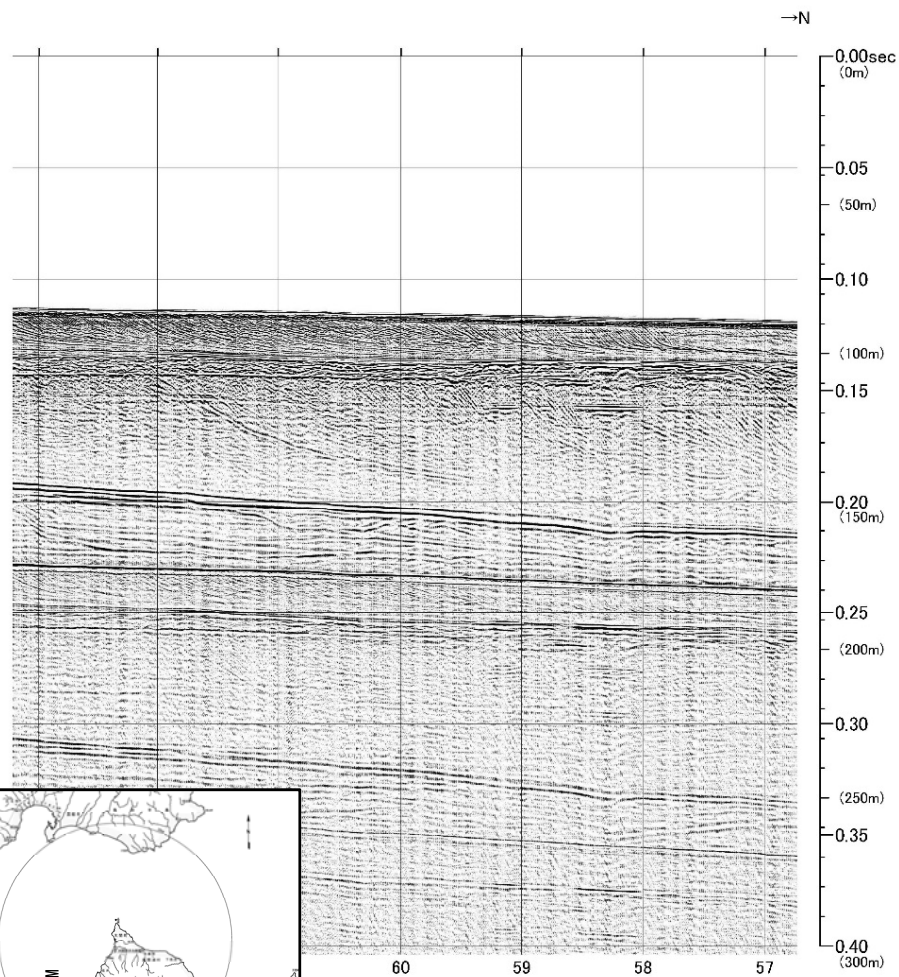
| 地層名 | | 推定される岩質 | 記録パターンの特徴 | 分布 |
|-----|------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A層 | | 未固結の泥、砂及び礫 | <ul style="list-style-type: none"> • 全体的に白っぽく、海底面に平行な連続する平行層理パターンが認められ、下位層の凹部を埋めるように堆積している。 | <ul style="list-style-type: none"> • 下位層が海底面に露出している部分を除き、水深約110m以浅の大陵棚の大部分に分布する。 |
| B層 | B ₁ 層 | やや固結した泥、砂、及びそれらの互層。 (一部に礫層を挟む) | <ul style="list-style-type: none"> • 沿岸側や湾口部ではフォアセットラミナ状パターン、断片的な層理パターン、沖合側では層理間隔が一定で狭く、全体的にコントラストが弱い連続性のよい平行層理パターンが認められる。 • 下位層を沿岸側や湾口部では不整合関係で、沖合側では軽微な不整合関係でそれぞれ覆っている。 | <ul style="list-style-type: none"> • 沿岸部、大間海脚、汐首岬付近等を除く海域に分布し、水深約110m以浅ではほとんどのところでA層に覆われている。 |
| | B ₂ 層 | | <ul style="list-style-type: none"> • 沿岸側や湾口部ではフォアセットラミナ状パターン、断片的な層理パターン、沖合側では連続性のよい強い平行層理パターンが認められる。 • 下位層を沿岸側や湾口部では不整合関係で、沖合側では軽微な不整合関係でそれぞれ覆っている。 | |
| | B ₃ 層 | | <ul style="list-style-type: none"> • 沿岸側では連続性のよい平行層理パターン、沖合側では層理間隔が広く、コントラストが強い連続性のよい平行層理パターンが認められる。 • 大間海脚の東側の海域では顕著な不整合関係で下位層を覆い、また、西側の海域のうち本層分布域縁辺部ではやや顕著な不整合関係で、その沖合側では軽微な不整合関係でそれぞれ下位層を覆っている。 | |
| C層 | | 固結した泥岩、砂岩及びそれらの互層。 (一部に礫岩を挟む) | <ul style="list-style-type: none"> • 沿岸側では層理間隔が一定で狭く、連続性のよい平行層理パターン、沖合側では層理間隔が不規則で、コントラストが強い連続性のよい平行層理パターンが認められる。 • 下位層を沿岸側ではやや顕著な不整合関係で、沖合側では軽微な不整合関係でそれぞれ覆っている。 | <ul style="list-style-type: none"> • 沿岸部、大間海脚、汐首海脚、夏泊崎～牛ノ首岬間等を除く海域に分布し、沿岸付近の一部、大間海脚の北東側斜面及び南西側斜面等を除いたほとんどのところで上位層に覆われている。 |
| D層 | | 固結した泥岩、砂岩、火山碎屑岩等の堆積岩。 | <ul style="list-style-type: none"> • 層理間隔がほぼ一定で、連続性がよい平行層理パターンである。 • 下位層を顕著な不整合関係で覆っている。 | <ul style="list-style-type: none"> • 下位層のE層が海底面もしくは海底面付近に分布している部分を除いた海域に分布し、沿岸付近の一部、大間海脚の北東側斜面及び南西側斜面等を除いたほとんどのところで上位層に覆われている。 |
| E層 | | 固結した泥岩、砂岩、火山碎屑岩等の堆積岩及び火成岩類。 | <ul style="list-style-type: none"> • 全般的に無層理状パターンであるが、一部に平行層理パターンが認められる。 | <ul style="list-style-type: none"> • 敷地前面海域の最下位層であり、大間海脚、汐首海脚南部、両海脚に挟まれた海底水道、沿岸部等では海底に露出し、それ以外のほとんどの海域で上位層に覆われている。 |

3.6 地層の反射パターン及びP波速度 (2/4)

敷地前面海域の代表的な音響反射パターン(A層及びB層)

No. 631SM
[電源開発株式会社]

No. 631SM
[電源開発株式会社]



• 音波探査記録の判読では、海底面や地層境界等の多重反射による偽像を認識した上で、地層境界を反映した反射面を判読している。

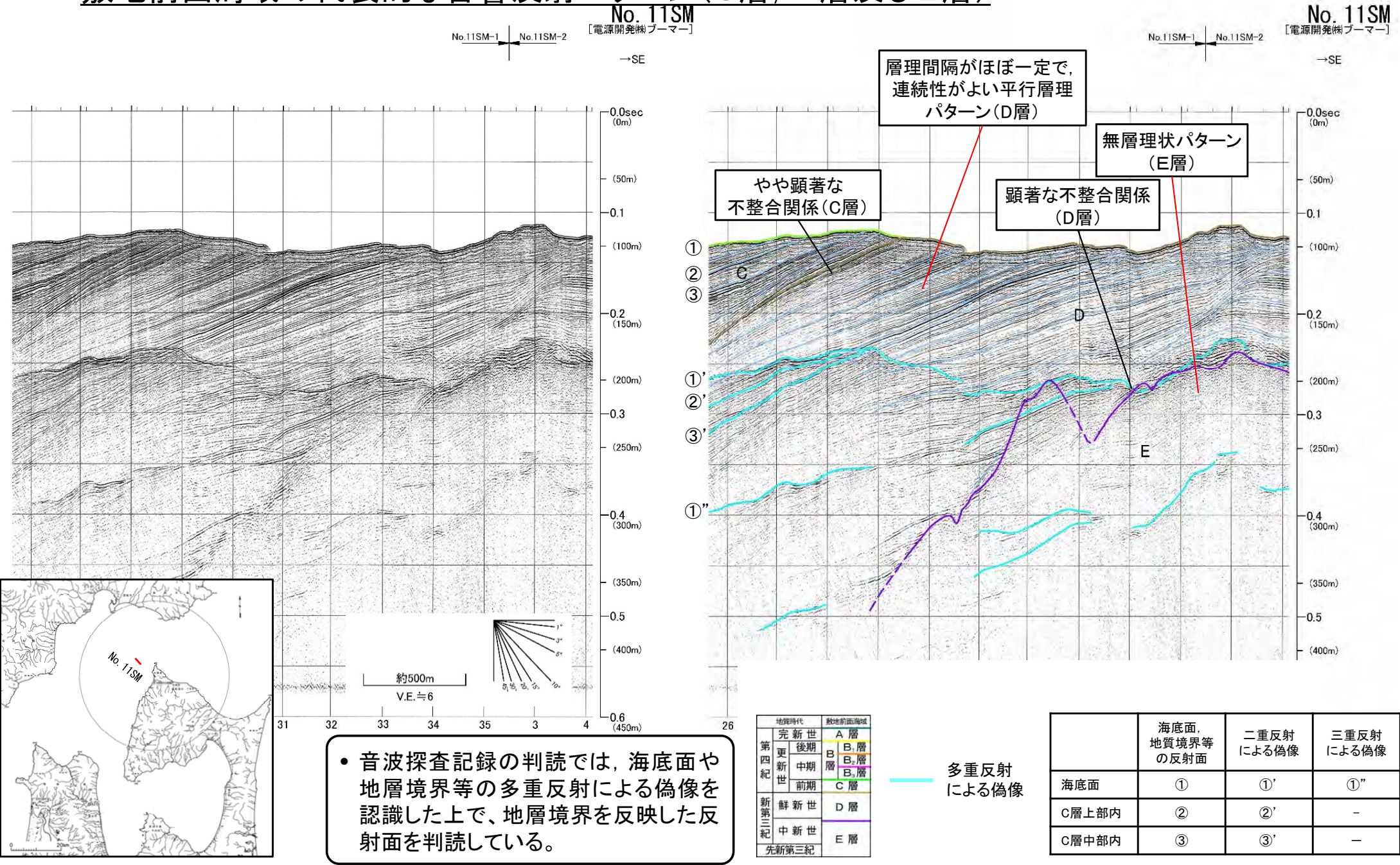
| 地質時代 | 敷地前面海域 |
|-------------|---------------------|
| 第四紀 更新世 | 後期 A層 |
| | 中期 B層 |
| | 前期 B ₂ 層 |
| | C層 |
| 第三紀 新第三紀 | 鮮新世 D層 |
| | 中新世 E層 |

多重反射による偽像

| | 海底面、地質境界等の反射面 | 二重反射による偽像 | 三重反射による偽像 |
|-----------------------------------|---------------|-----------|-----------|
| 海底面 | ① | ①' | ①'' |
| B ₁ 層内 | ② | ②' | ②'' |
| B ₁ 層/B ₂ 層 | ③ | ③' | — |
| B ₂ 層/B ₃ 層 | ④ | ④' | — |

3.6 地層の反射パターン及びP波速度 (3/4)

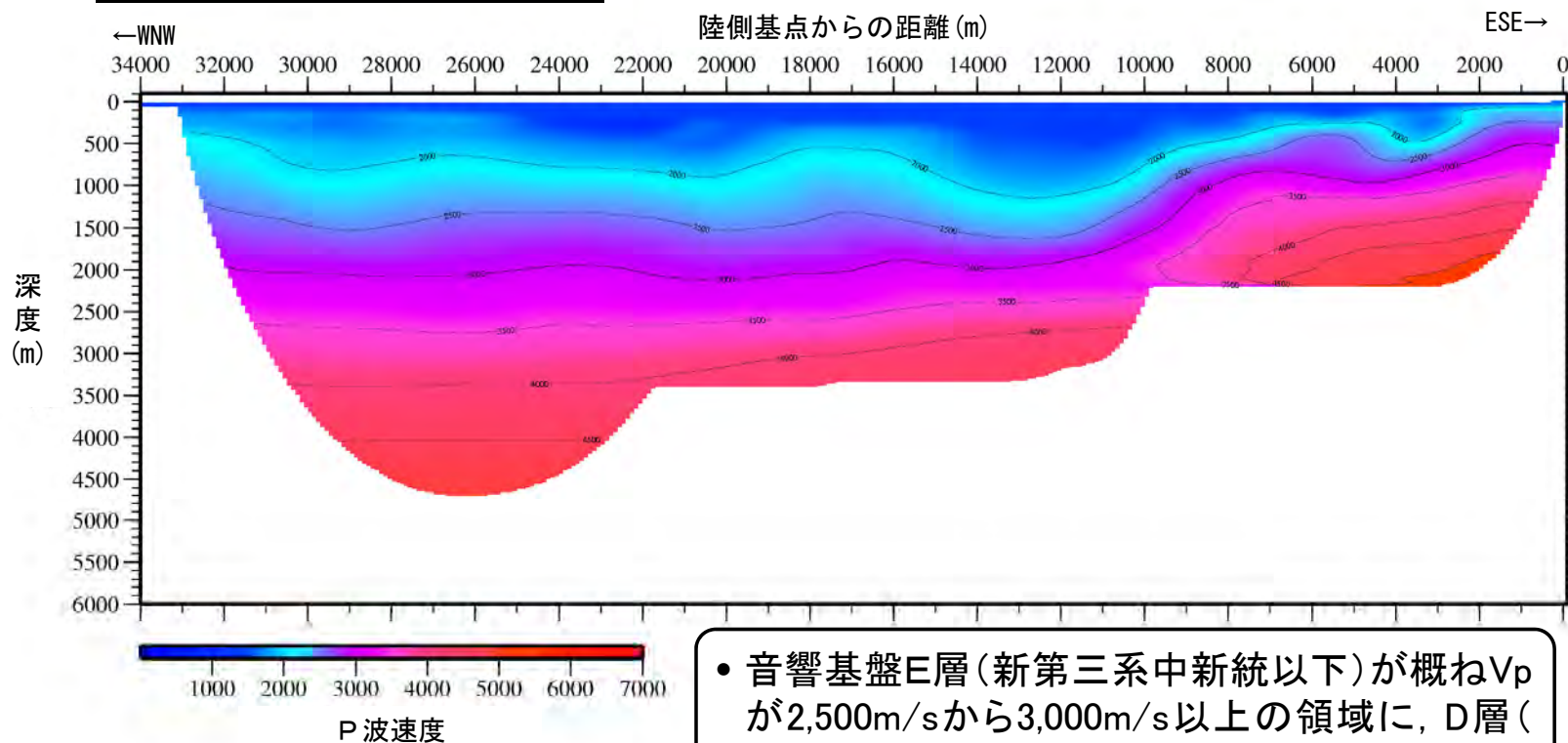
敷地前面海域の代表的な音響反射パターン(C層, D層及びE層)



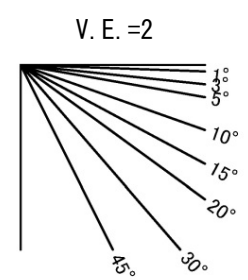
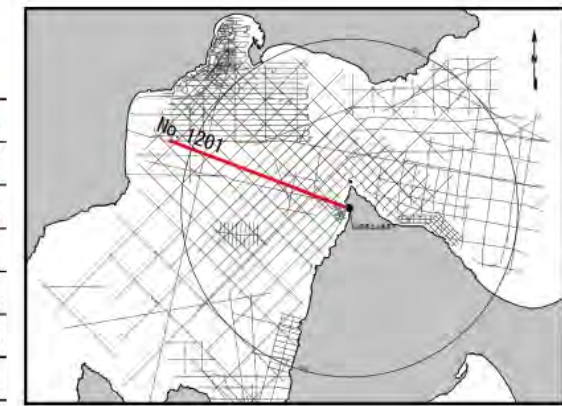
3.6 地層の反射パターン及びP波速度 (4/4)

海底地質断面とP波速度構造の対比

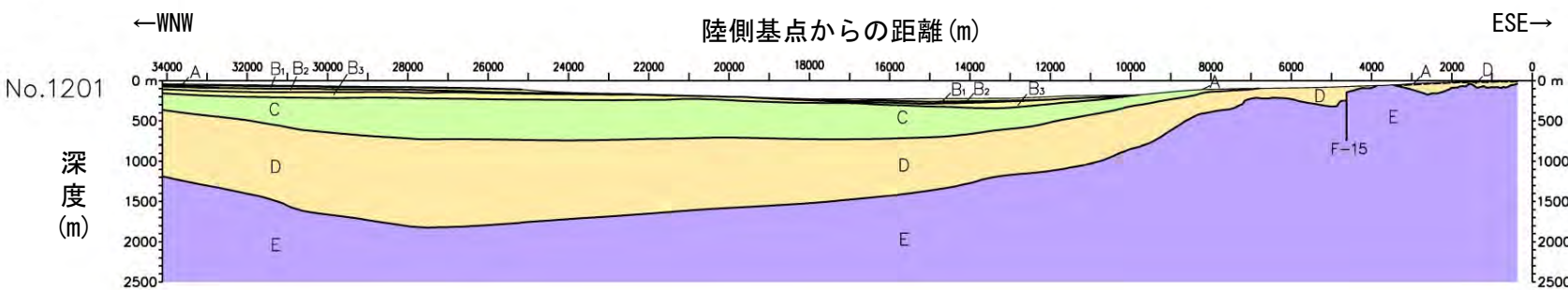
屈折法によるP波速度構造



● 音響基盤E層(新第三系中新統以下)が概ねVpが2,500m/sから3,000m/s以上の領域に、D層(主に鮮新統)が2,000m/s~2,500m/sの領域に該当している。



海底地質断面図



- 凡 例
- A 層
 - B₁
 B₂
 B₃ B 層
 - C 層
 - D 層
 - E 層
 - 断 層
 - F-15
 - (---) 地層境界(推定)

※深度は音速度を1500m/secと仮定した場合の値を示す

(余白)