

## 2. 3 横断断層(TF系)

---

- 2. 3. 1 TF-1断層
- 2. 3. 2 TF-2断層
- 2. 3. 3 TF-3断層
- 2. 3. 4 TF-4断層
- 2. 3. 5 TF-5断層**
- 2. 3. 6 TF-6断層
- 2. 3. 7 TF-7断層

## 2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

### 2.3.5 TF-5断層【確認位置、性状及び連続性】

#### 【TF-5断層の性状】

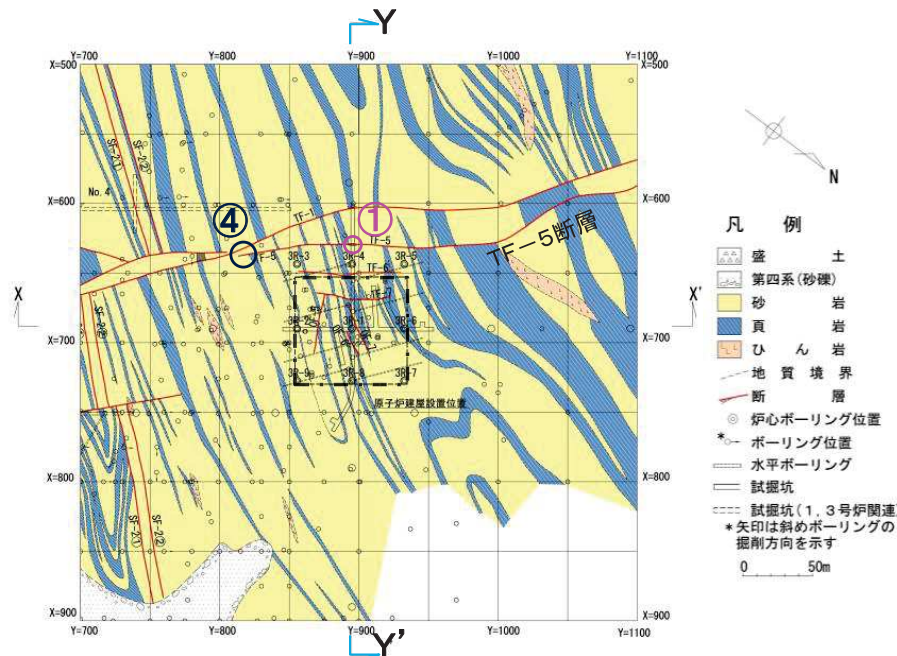
- 3号炉試掘坑内の露頭において、TF-5断層を確認。(①)
- ✓ 試掘坑、炉心ボーリングで確認。(②)
- ✓ NNW-SSE走向、50°～82° SW傾斜。
- ✓ 破碎幅は、角礫状～固結状部の影響ゾーンを含めて最大で約1.5m。

#### 【鉛直方向の連続性】

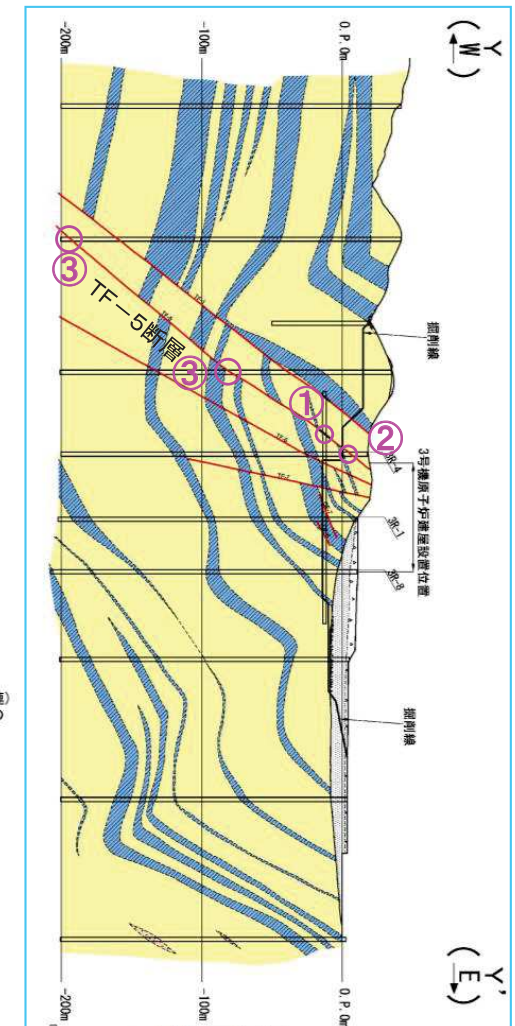
- 深部方向には、O.P.-200m以深まで連続する可能性が否定できない。
- ✓ 2箇所のボーリングコアでTF-5断層を確認。(Y-Y'断面)(③)

#### 【水平方向の連続性】

- 断層の北西端は、小屋取背斜を越えないものと判断。
- 断層の南東端は、3号炉南方の掘削底盤においてTF-1断層に切られている状況を確認。(④)



3号原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.約-14m)



地質鉛直断面図(Y-Y')

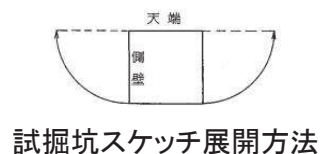


2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

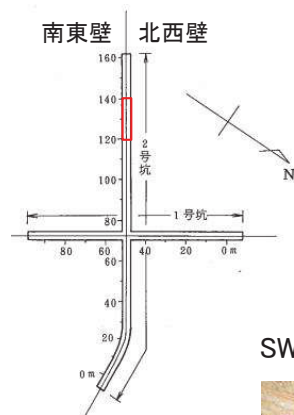
2.3.5 TF-5断層【断層の性状(3号炉試掘坑)】

- 3号炉試掘坑内の露頭において、TF-5断層を確認。
- ✓ 破碎部は、破碎幅の変化に富み、角礫状～固結状部の影響ゾーンを含めて最大で幅約1~1.5mだが、下方へ急激に幅を減じている。

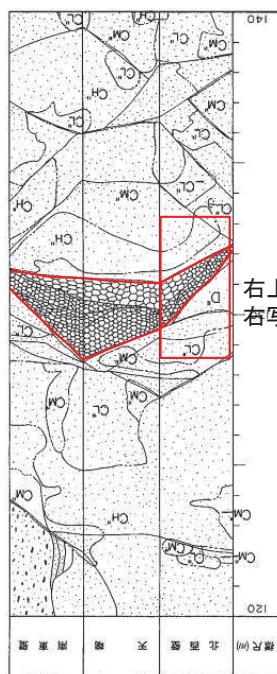
TF-5断層  
(3号炉試掘坑2号坑北西壁)



試掘坑スケッチ展開方法

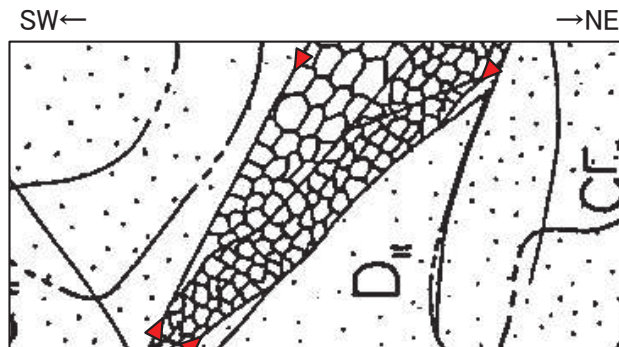


試掘坑配置図

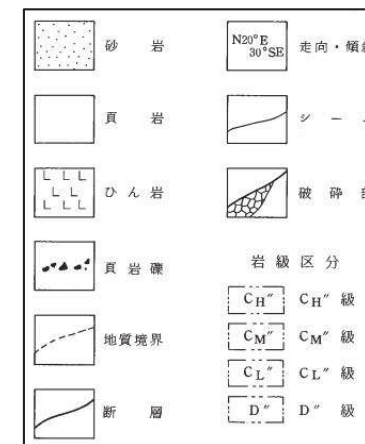


右上拡大図、  
右写真範囲

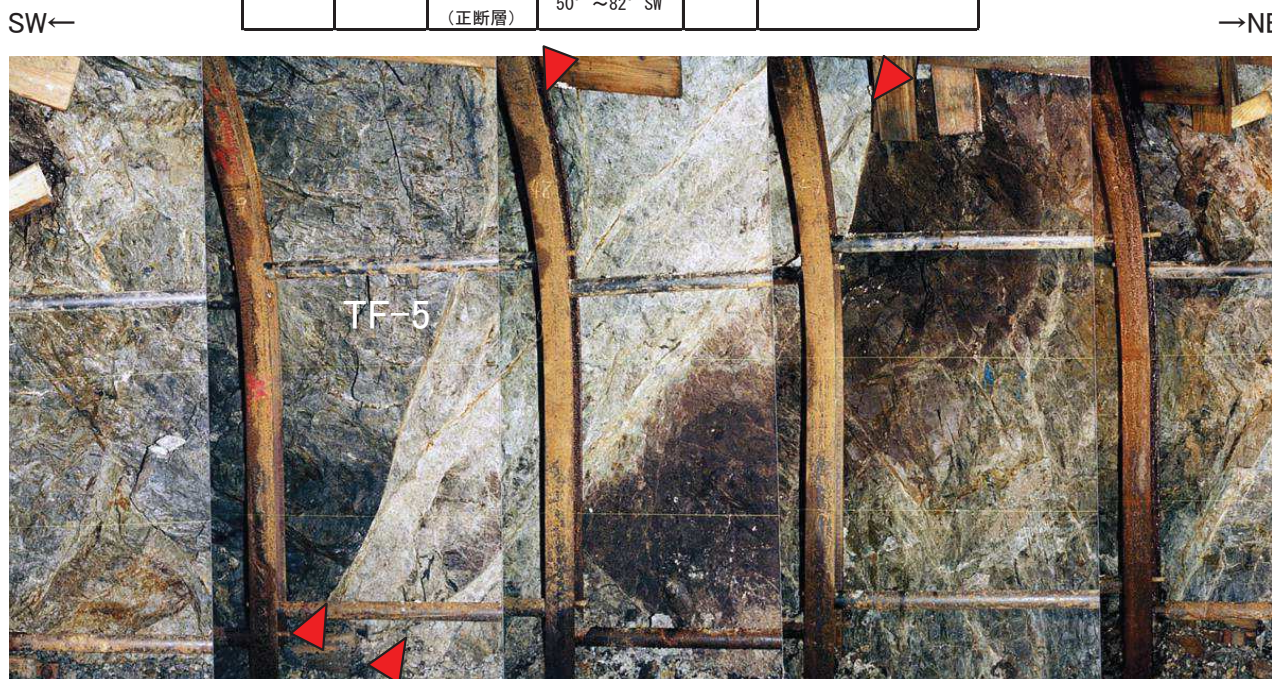
TF-5断層周辺 3号炉試掘坑2号坑展開図



TF-5断層近傍 3号炉試掘坑2号坑北西壁スケッチ  
(展開図を反転)



断層名	断層のタイプ	センス	走向/傾斜	最大破碎幅 (cm)	性状
TF-5	横断断層	南西側下がり (正断層)	N30° ~ 36° W / 50° ~ 82° SW	150	角礫・砂・粘土を含む。



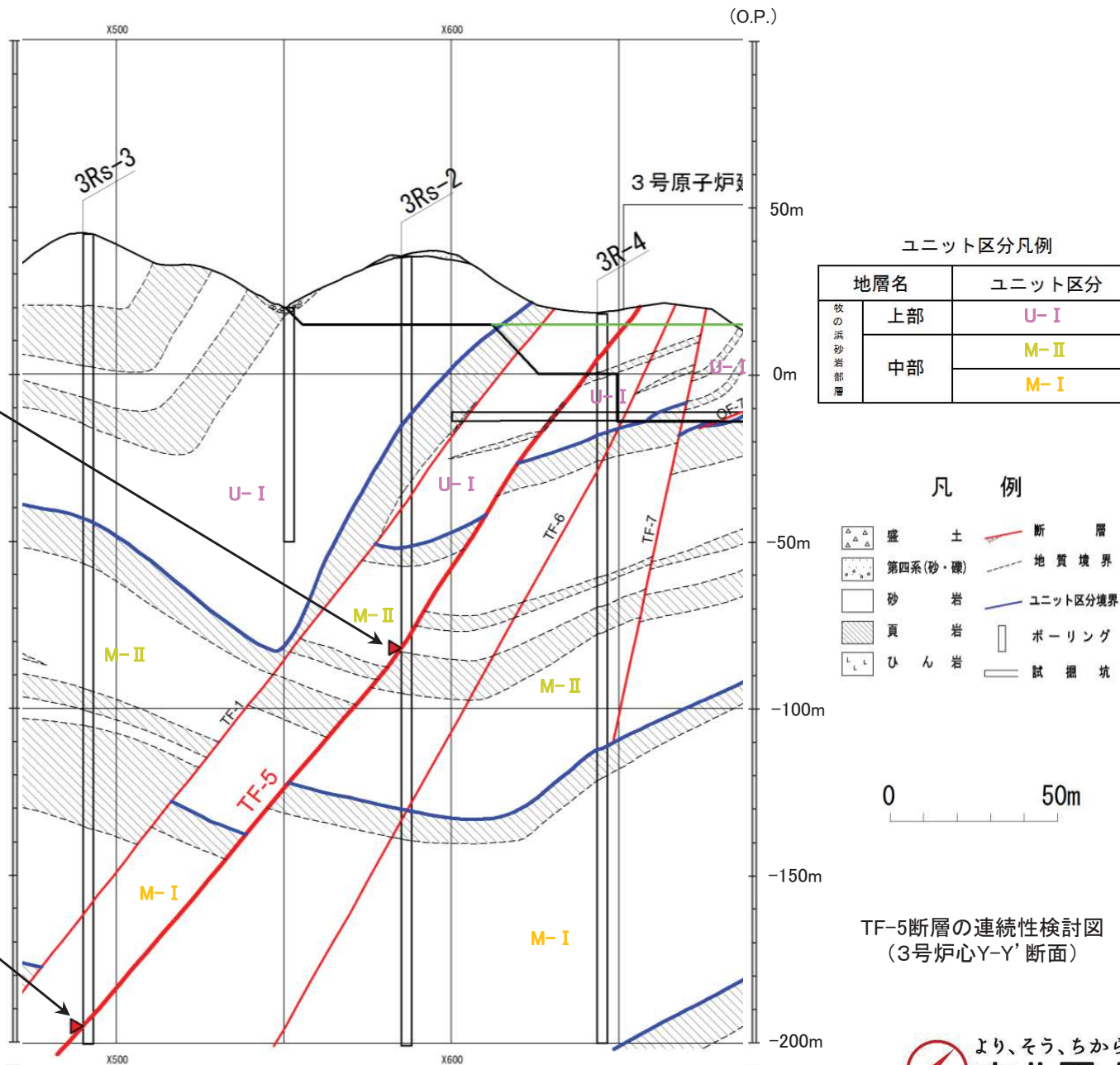
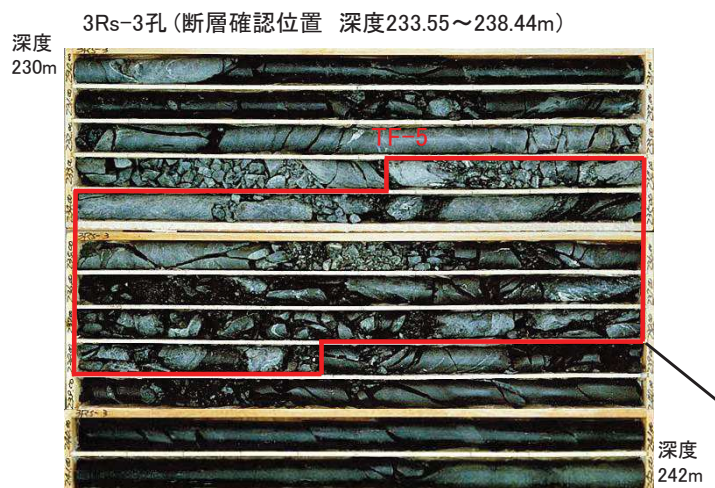
TF-5断層 3号炉試掘坑2号坑北西壁写真



2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.5 TF-5断層【深部方向の連続性(Y-Y'断面)】

- ▶ 深部方向には、O.P.-200m以深まで連続する可能性が否定できない。
- ✓ 深部方向の延長想定位置付近で、3Rs-2孔と3Rs-3孔にTF-5断層に対応する破砕帯を確認。



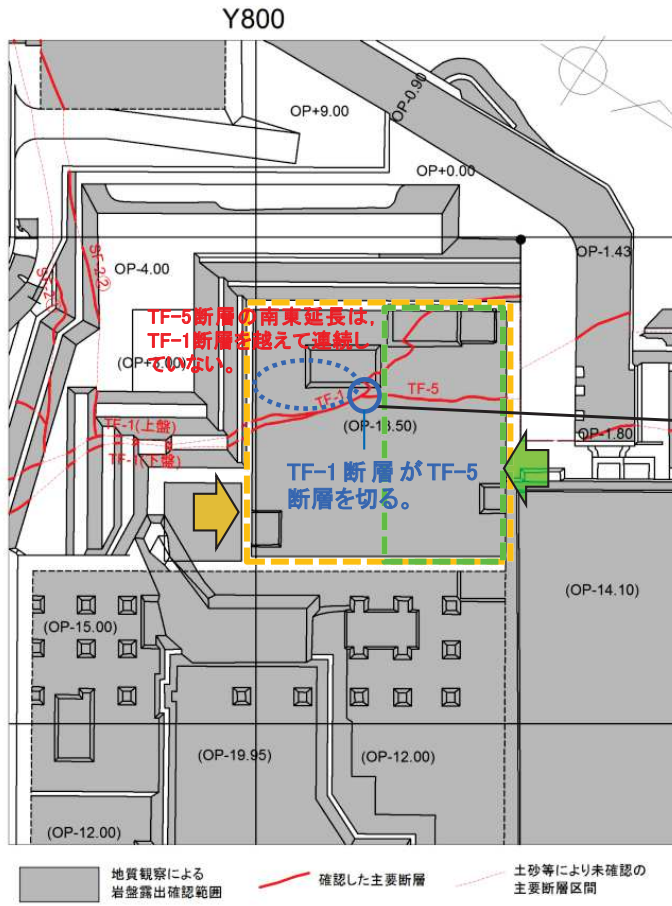


2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

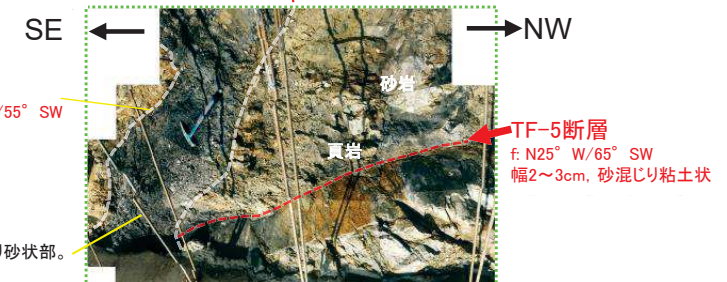
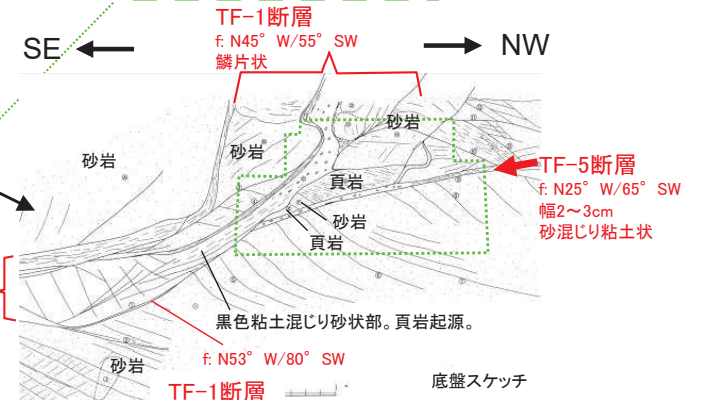
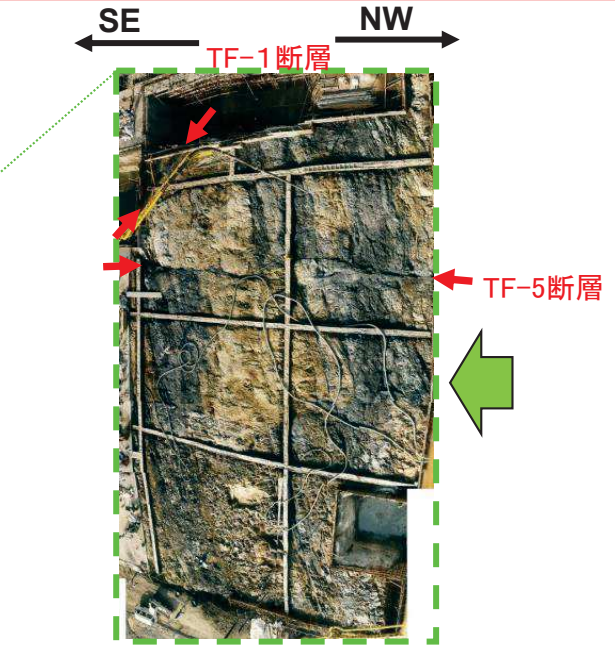
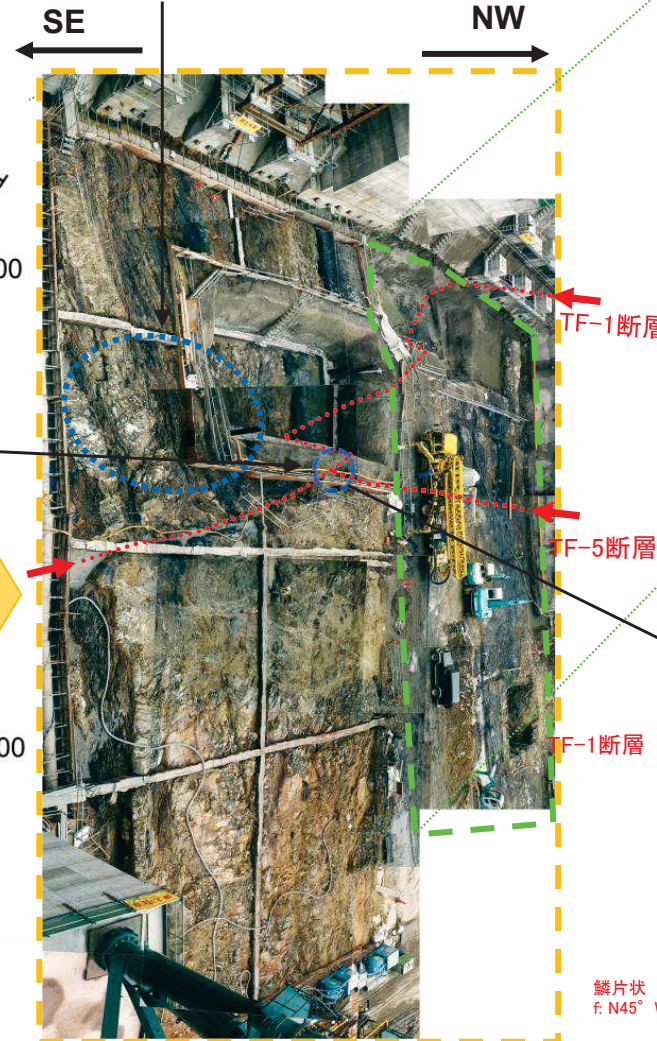
2.3.5 TF-5断層【水平方向の連続性(南端部及びTF-1断層との関係:掘削底盤)】

- 原子炉建屋南方の掘削底面において、TF-5断層がTF-1断層に切られている状況を確認。
- ✓ TF-5断層は、TF-1断層に切られている。
- ✓ TF-5断層の南東延長は、TF-1断層を越えて南側には連続していない。

TF-5断層の南東延長は、TF-1断層を越えて南側には連続していない。



3号原子炉建屋南方の掘削図



3号原子炉建屋南方の掘削時の岩盤状況写真

## 2. 3 横断断層(TF系)

---

- 2. 3. 1 TF-1断層
- 2. 3. 2 TF-2断層
- 2. 3. 3 TF-3断層
- 2. 3. 4 TF-4断層
- 2. 3. 5 TF-5断層
- 2. 3. 6 TF-6断層**
- 2. 3. 7 TF-7断層



2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.6 TF-6断層【確認位置、性状及び連続性】

【TF-6断層の性状】

- 3号炉試掘坑内において、TF-6断層を確認。(①)
- ✓ 試掘坑、水平ボーリングで確認。
- ✓ NW-SE走向, 61° ~ 83° SW傾斜。
- ✓ 破碎幅は、最大で約20cm。
- ✓ 断層面は不規則な形状を示し、全体に分岐してネットワーク状の分布を示す。

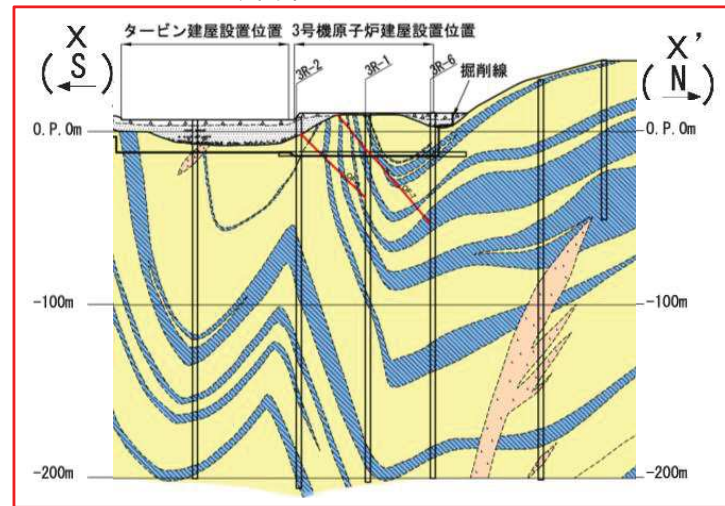
【鉛直方向の連続性】

- 深部方向には、O.P.-200m以深まで連続する可能性が否定できない。
- ✓ 深部方向の想定延長位置のボーリングコアに、断層に対応する可能性のある破碎部が存在することを2孔で確認。(Y-Y'断面)(②)

【水平方向の連続性】

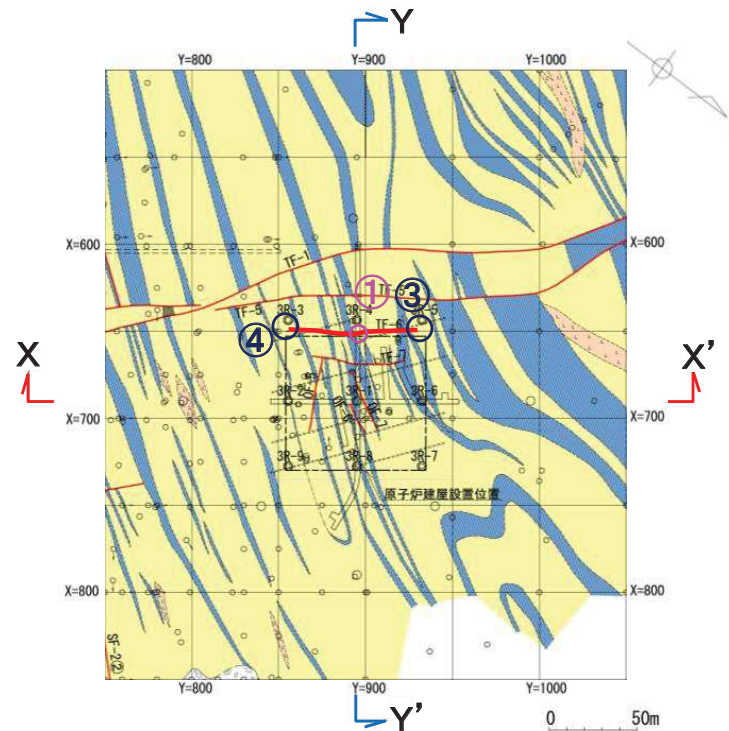
- 断層の北西端は、3号原子炉建屋西端外側付近で消滅。(③)
- ✓ 掘削法面データにより、断層が消滅することを確認。
- 断層の南東端は、3号原子炉建屋南端外側付近(3R-3孔付近)で消滅。(④)
- ✓ 3R-3孔の断層想定延長位置付近のボーリングコアには断層が存在しないことを確認。

地質鉛直断面図(X-X')

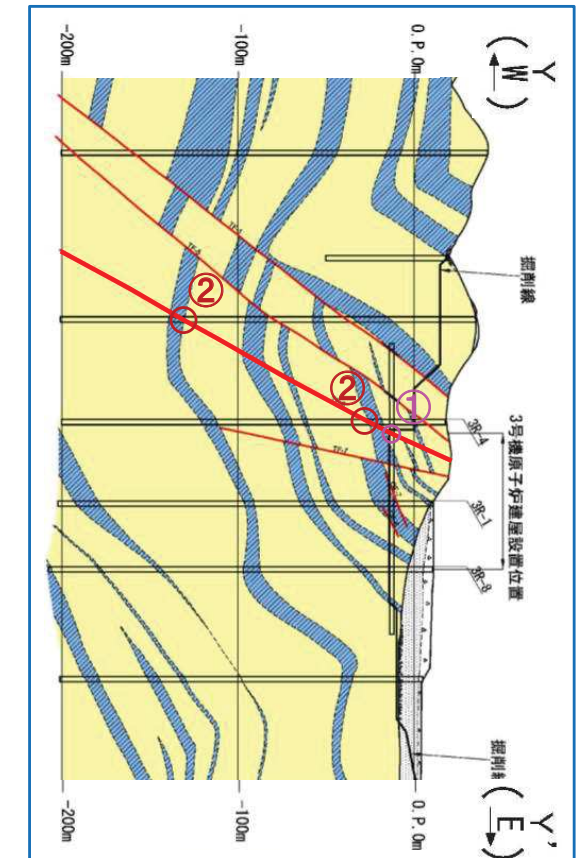


凡例

- 盛土
- 第四系(砂礫)
- 砂岩
- 頁岩
- ひん岩
- 地質境界
- 断層
- 炉心ボーリング位置
- ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑
- 試掘坑(1, 3号炉関連)
- \* 矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す



3号原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.約-14m)



地質鉛直断面図(Y-Y')



2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

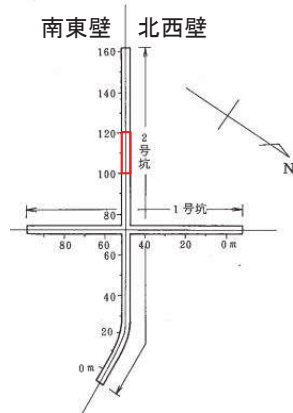
2.3.6 TF-6断層【断層の性状(3号炉試掘坑)】

- 3号炉試掘坑内の露頭において、TF-6断層を確認。
- ✓ 幅5~20cmの破碎部がみられる。
- ✓ 破碎部は主に角礫状破碎部の固結状部からなる。
- ✓ 断層面は不規則な形状を示し、全体に分岐してネットワーク状の分布を示す。

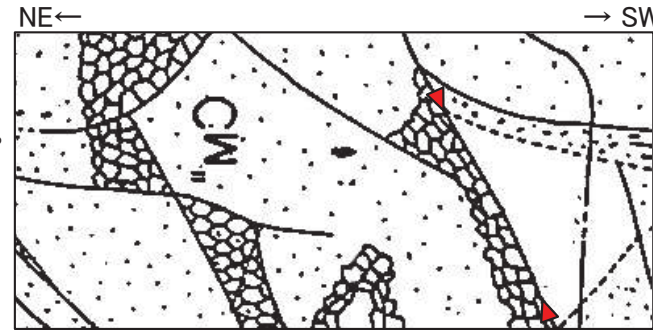
TF-6断層  
(3号炉試掘坑2号坑南東壁)



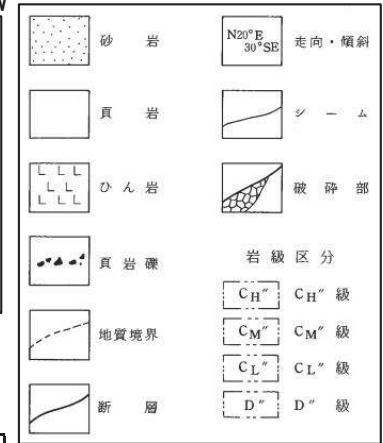
試掘坑スケッチ展開方法



試掘坑配置図

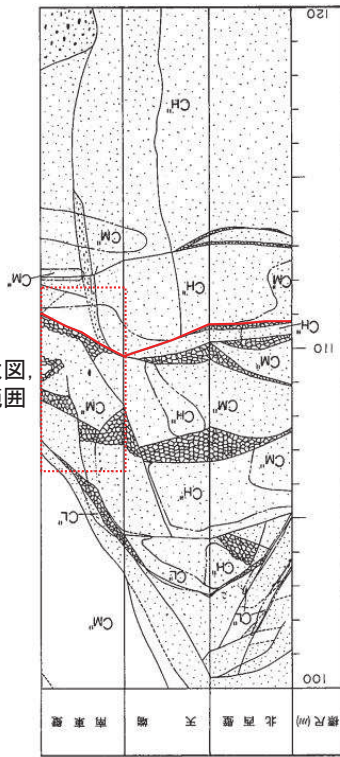


TF-6断層近傍 3号炉試掘坑2号坑南東壁スケッチ  
(展開図を反転)

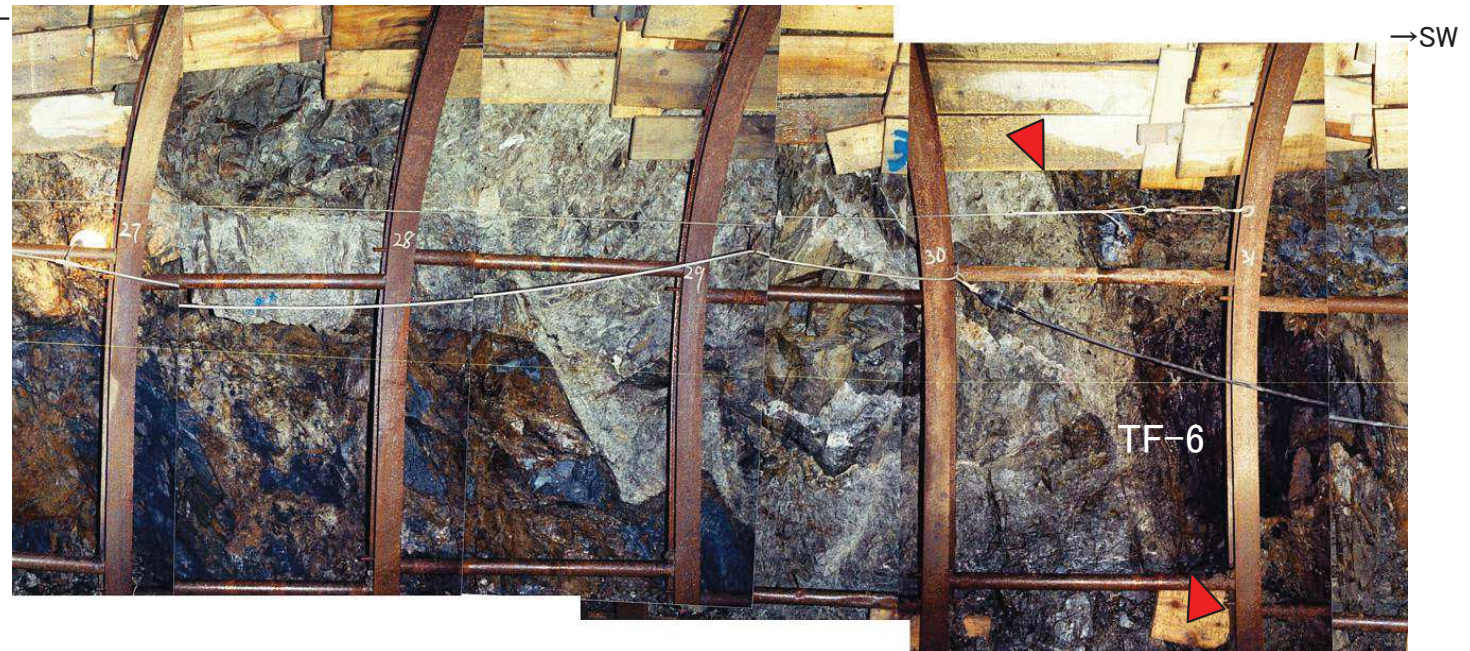


断層名	断層のタイプ	センス	走向／傾斜	最大破碎幅 (cm)	性状
TF-6	横断断層	南西側下がり (正断層)	N25° ~ 41° W / 61° ~ 83° SW	20	砂を含む。角礫状破碎部の固結状。

右上拡大図、  
右写真範囲



TF-6断層周辺 3号炉試掘坑2号坑展開図



TF-6断層 3号炉試掘坑2号坑南東壁写真

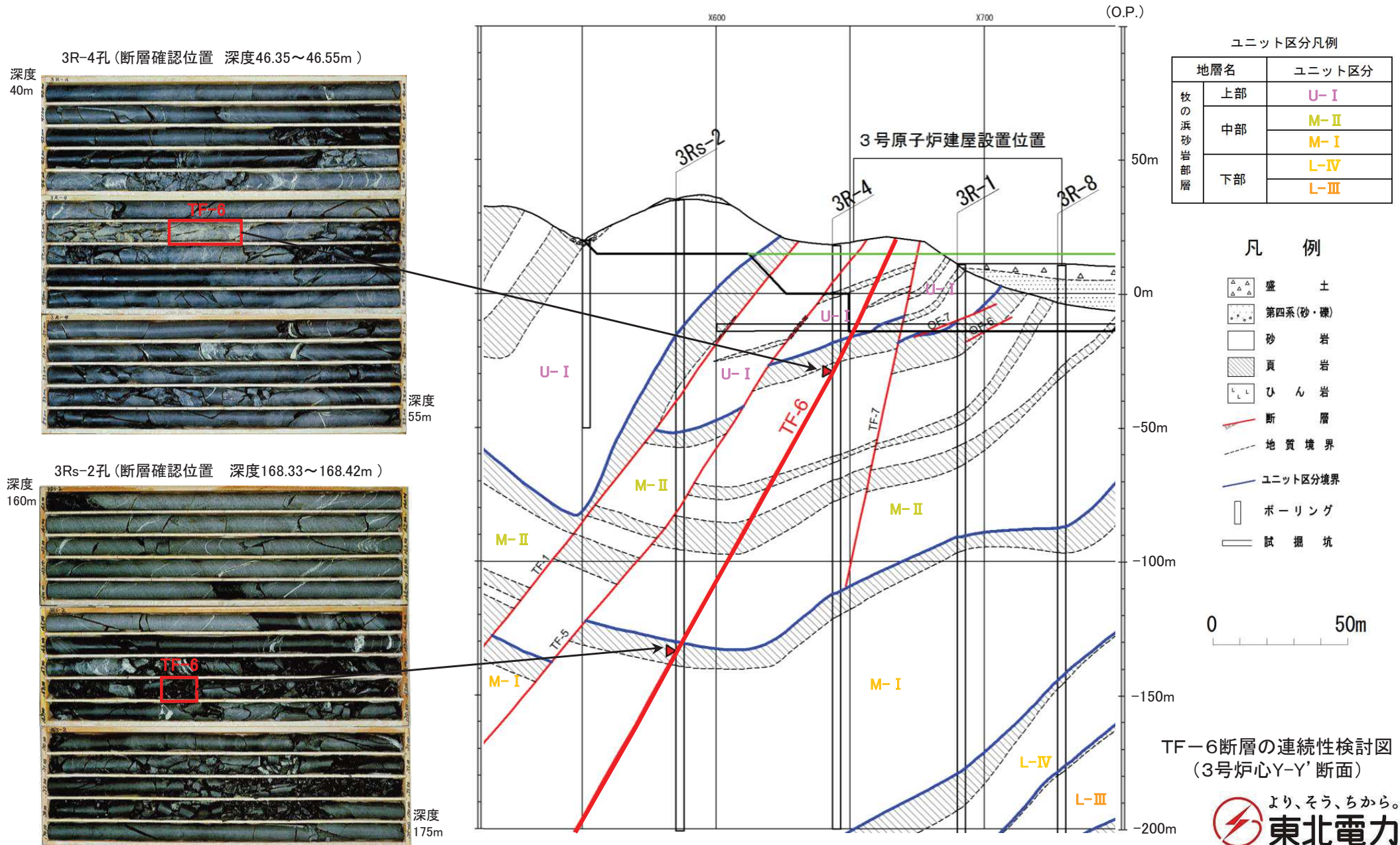


2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

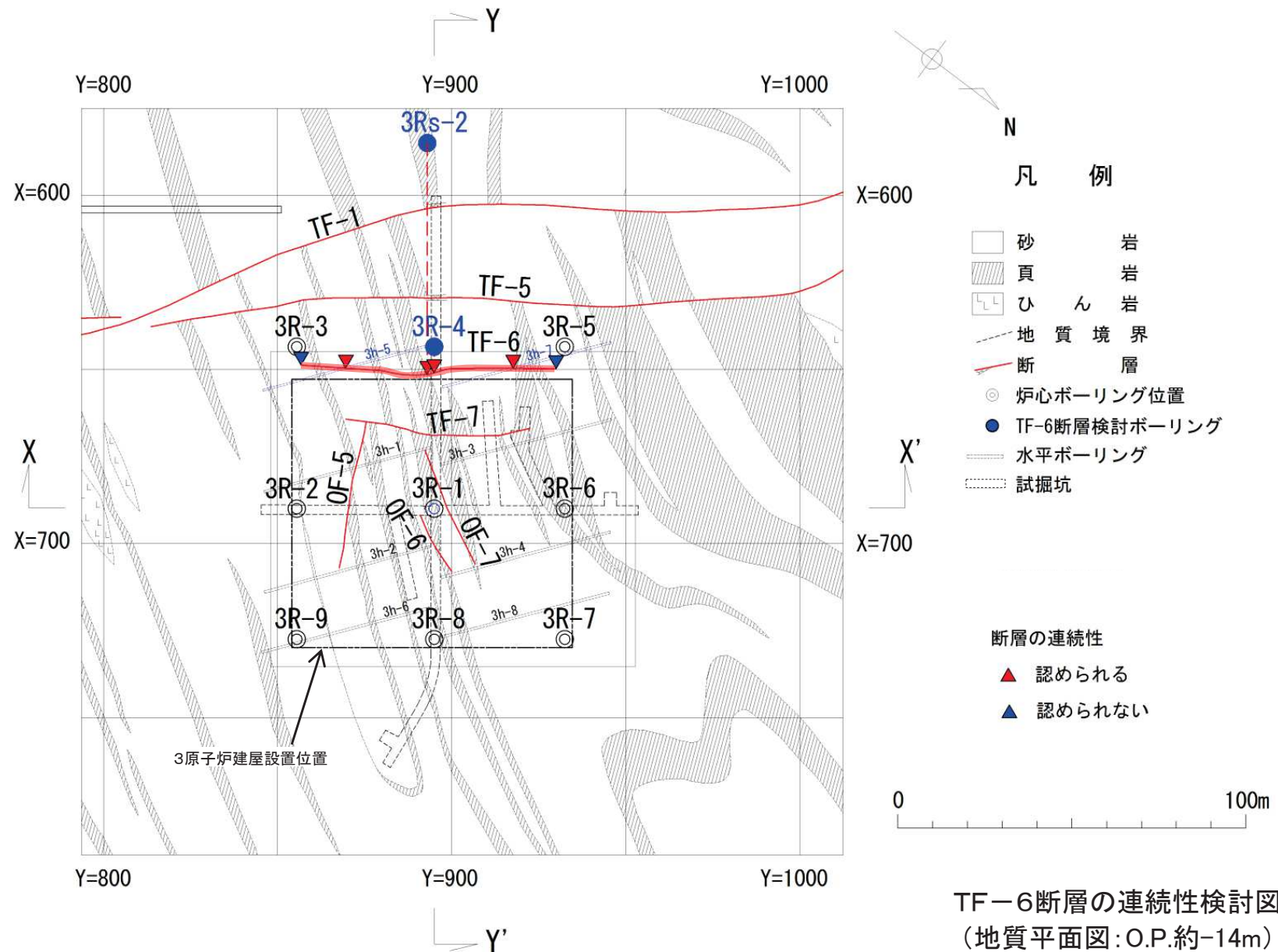
2.3.6 TF-6断層【深部方向の連続性(Y-Y'断面)】

▶ 深部方向には、O.P.-200m以深まで連続する可能性が否定できない。

✓ 深部方向の想定延長位置のボーリングコア(3R-4孔と3Rs-2孔)に、TF-6断層に対応する可能性がある破碎部が存在することを確認。



2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)  
2.3.6 TF-6断層【水平方向の連続性】

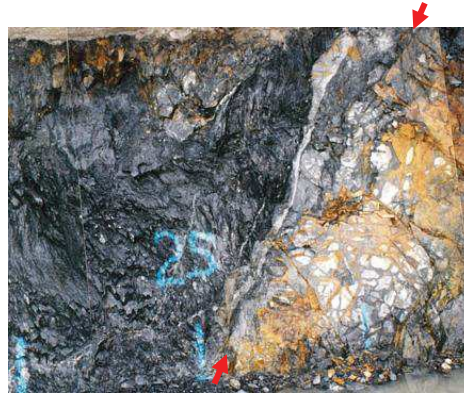




2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.6 TF-6断層【水平方向の連続性(北西端部：掘削法面)】

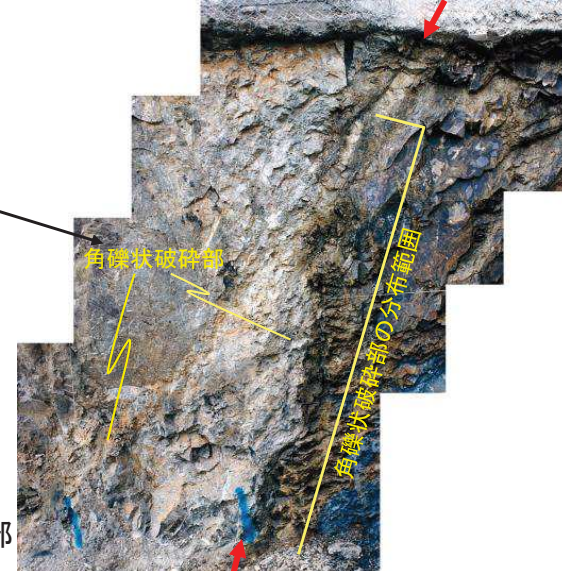
➤ 断層の北西端は、3号原子炉建屋南西端壁面直掘部法面の最上部まで達しておらず、途中で消滅。



直掘部法尻のTF-6断層  
N57° W80° SW(上盤)~N63° W/87° SW  
(下盤)。黒色の葉片状部(幅1cm以下)を伴う。

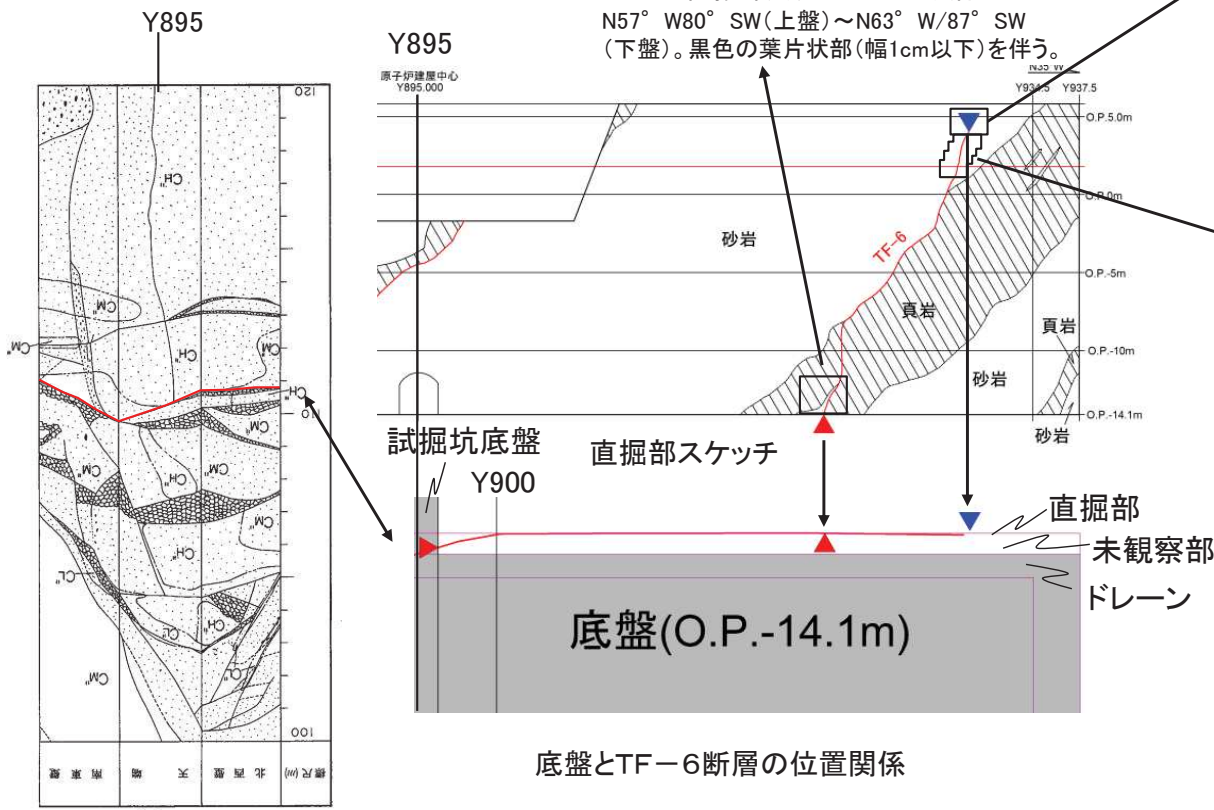


TF-6断層の上方延長



直掘部最上段のTF-6断層延長部  
表面が白濁化した砂岩がロート状に分布するが、せん断面や破碎帯は認められない。

直掘部2段目のTF-6断層  
法面下部~中部に角礫状破碎部が分布。モザイク状を呈し、白色粘土が隙間を充填する。破碎部は、法面上部で消滅。



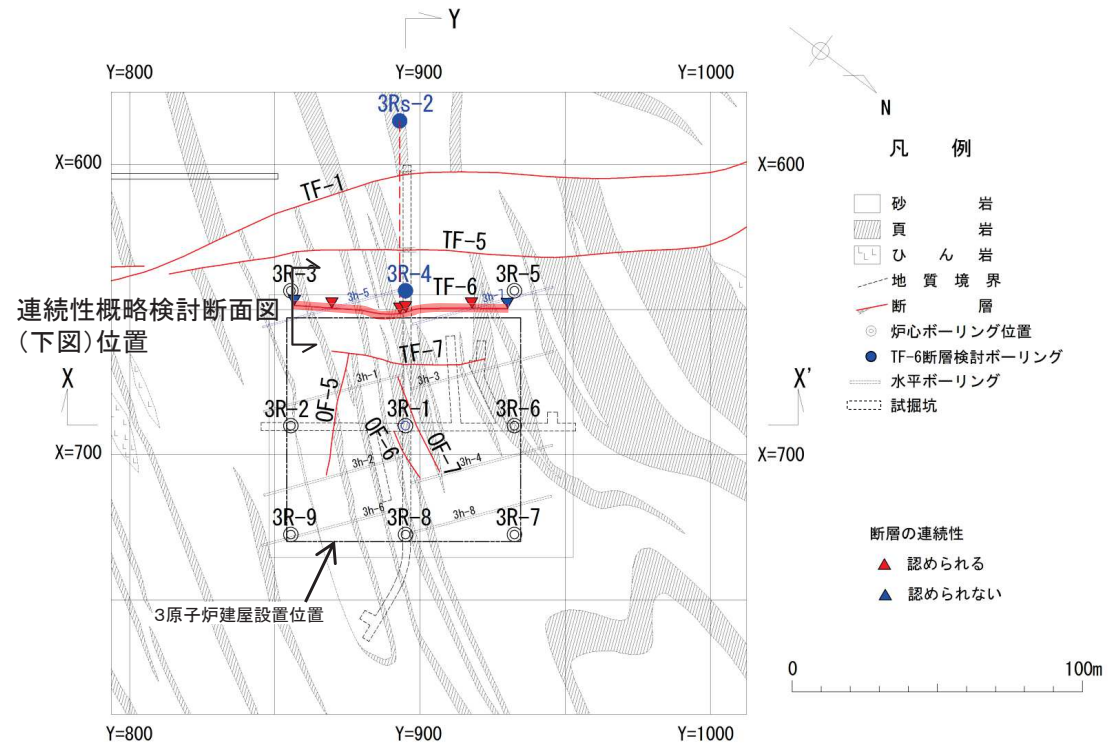
底盤とTF-6断層の位置関係

TF-6断層周辺 3号炉試掘坑2号坑展開図

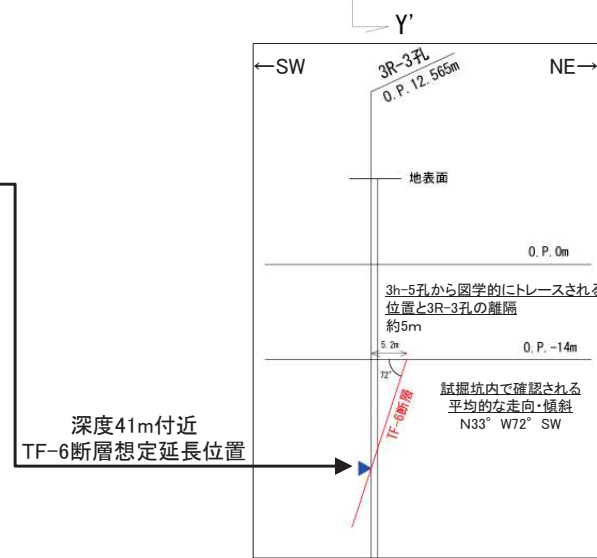
2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.6 TF-6断層【水平方向の連続性(南東端部:ボーリング(3R-3孔))】

➤ 3R-3孔の想定延長位置付近(深度41m付近)にはTF-6断層に対応する断層破碎部は認められない。



3R-3孔(ボーリングコア写真)



3R-3孔近傍の断面図



## 2. 3 横断断層(TF系)

---

- 2. 3. 1 TF-1断層
- 2. 3. 2 TF-2断層
- 2. 3. 3 TF-3断層
- 2. 3. 4 TF-4断層
- 2. 3. 5 TF-5断層
- 2. 3. 6 TF-6断層
- 2. 3. 7 TF-7断層

2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.7 TF-7断層【確認位置、性状及び連続性】

【TF-7断層の性状】

- 3号炉試掘坑内において、TF-7断層を確認。(①)
- ✓ 試掘坑、試験坑で確認。
- ✓ NNW-SSE走向、75° ~ 79° SW傾斜。
- ✓ 破碎幅は、最大で約10cm。

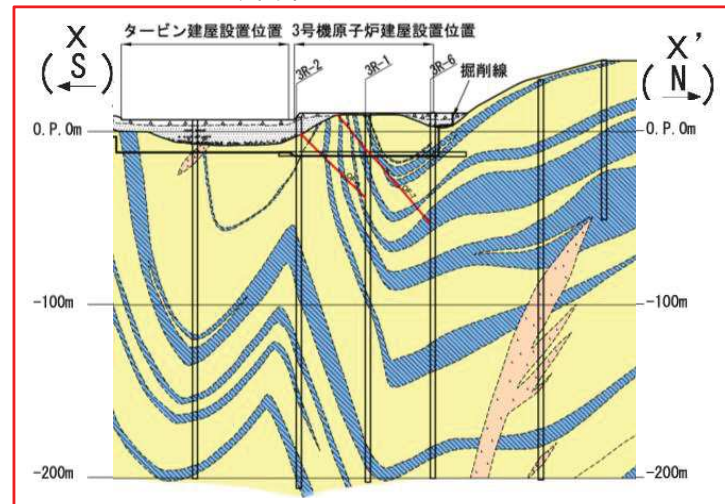
【鉛直方向の連続性】

- 深部方向には連続しない。
- ✓ 非常に連続性の良い頁岩層に顕著な変位が想定されないことを確認。(Y-Y'断面)(②)

【水平方向の連続性】

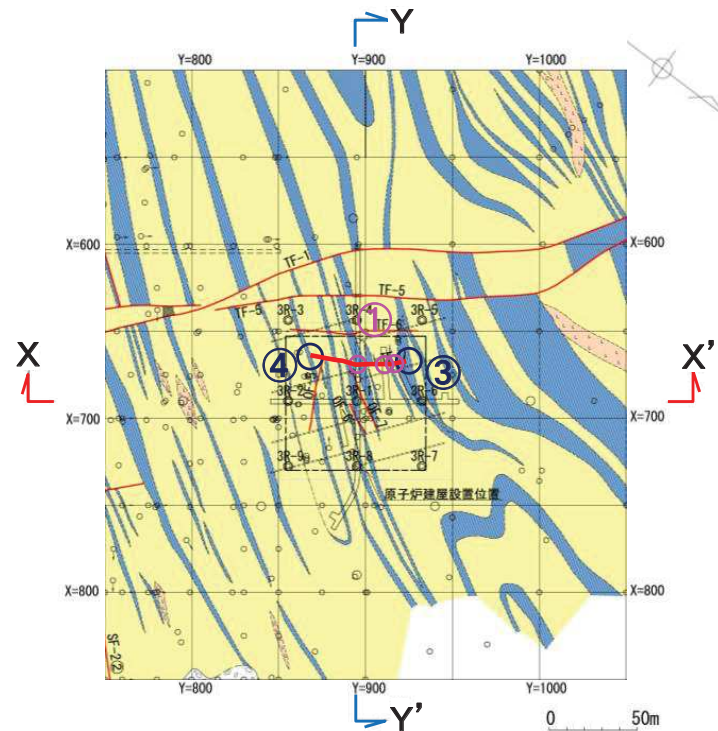
- 断層の北西端は、3号原子炉建屋範囲内(西部付近)で消滅。(③)
- ✓ 試験坑観察データにより、断層が消滅することを確認。
- 断層の南東端は、3号原子炉建屋範囲内(南部付近)で消滅。(④)
- ✓ 水平ボーリング2孔間で、頁岩層が非常に良く連続し、断層による変位が想定されないことを確認。
- 3号原子炉建屋掘削底盤の観察結果によれば、実際にはさらに短い区間で消滅していることを確認。(③, ④)

地質鉛直断面図(X-X')

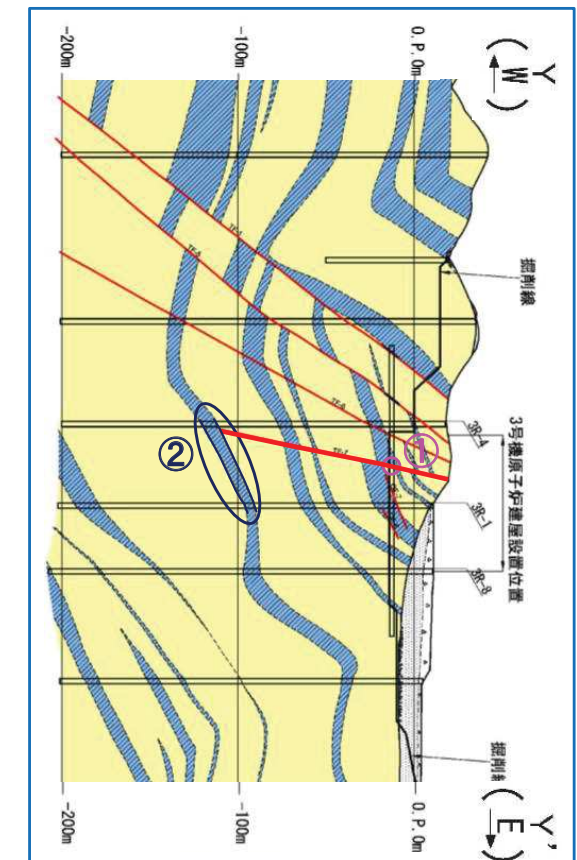


凡例

- 盛土
- 第四系(砂礫)
- 砂岩
- 頁岩
- ひん岩
- 地質境界
- 断層
- 炉心ボーリング位置
- ボーリング位置
- 水平ボーリング
- 試掘坑
- 試掘坑(1, 3号炉関連)
- \* 矢印は斜めボーリングの掘削方向を示す



3号原子炉建屋設置位置周辺の地質水平断面図(O.P.約-14 m)



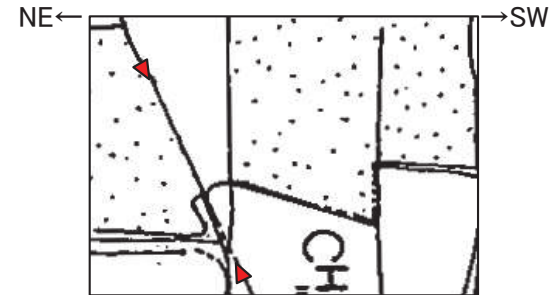
地質鉛直断面図(Y-Y')



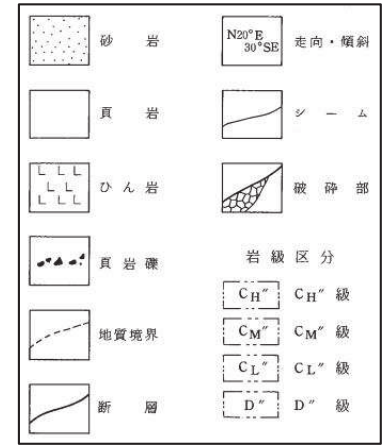
2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.7 TF-7断層【断層の性状(3号炉試掘坑)】

- 3号炉試掘坑内の露頭において、TF-7断層を確認。
- ✓ 幅最大10cmの破碎部がみられる。

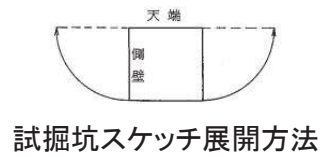


TF-7断層近傍 3号炉試掘坑2号坑南東壁スケッチ  
(展開図を反転)

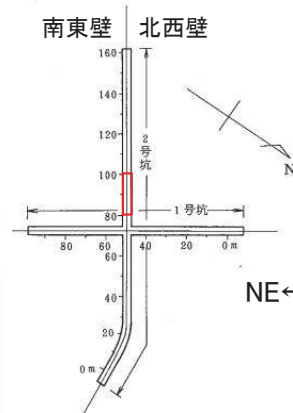


断層名	断層のタイプ	センス	走向／傾斜	最大破碎幅 (cm)	性状
TF-7	横断断層	南西側上がり (逆断層)	N29° ~36° W / 75° ~79° SW	10	角礫・砂・粘土を含む。

TF-7断層 (3号炉試掘坑2号坑南東壁)

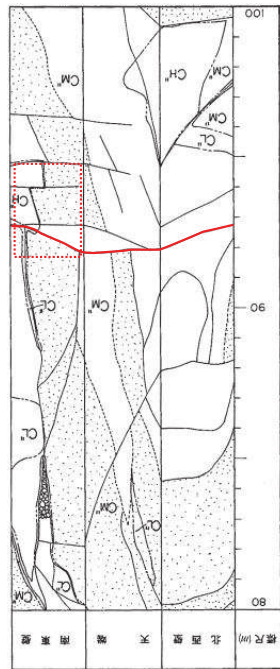


試掘坑スケッチ展開方法



試掘坑配置図

右上拡大図、右写真範囲



TF-7断層周辺 3号炉試掘坑2号坑展開図



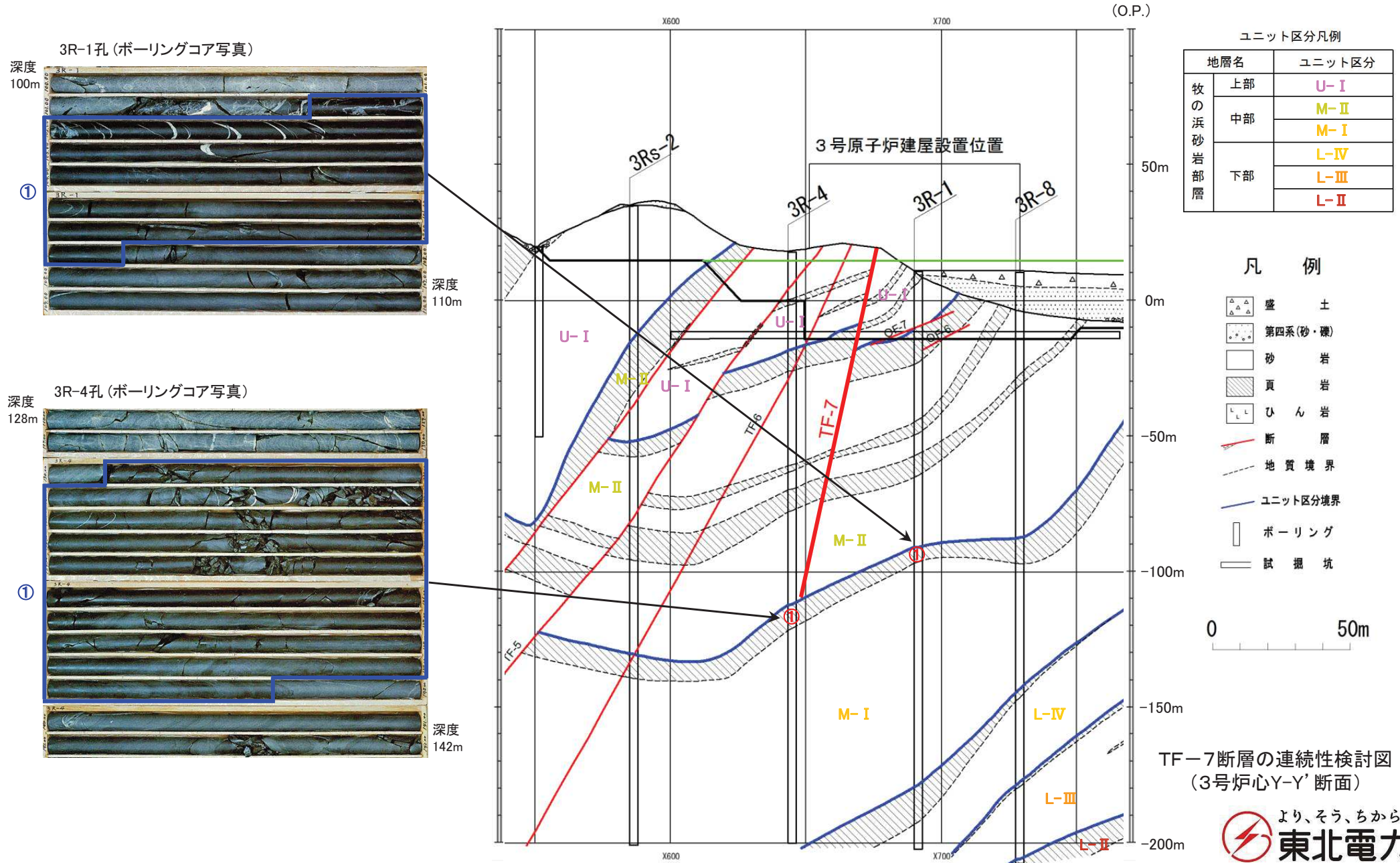
TF-7断層 3号炉試掘坑2号坑南東壁写真



2. 敷地の断層 2.3 横断断層 (TF系)

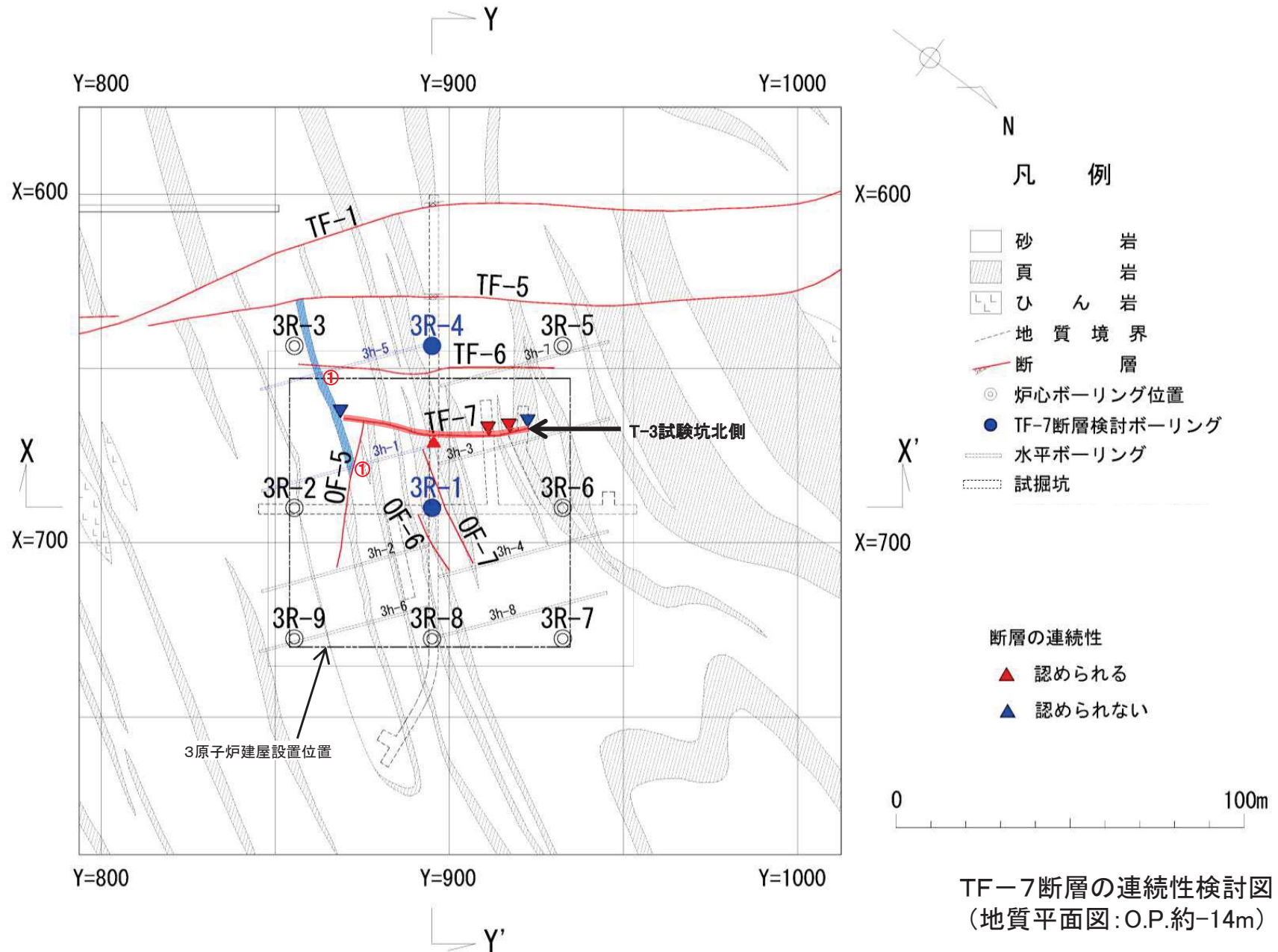
2.3.7 TF-7断層【深部方向の連続性 (Y-Y'断面)】

➤ 断層を挟む2孔間で、頁岩層が非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。



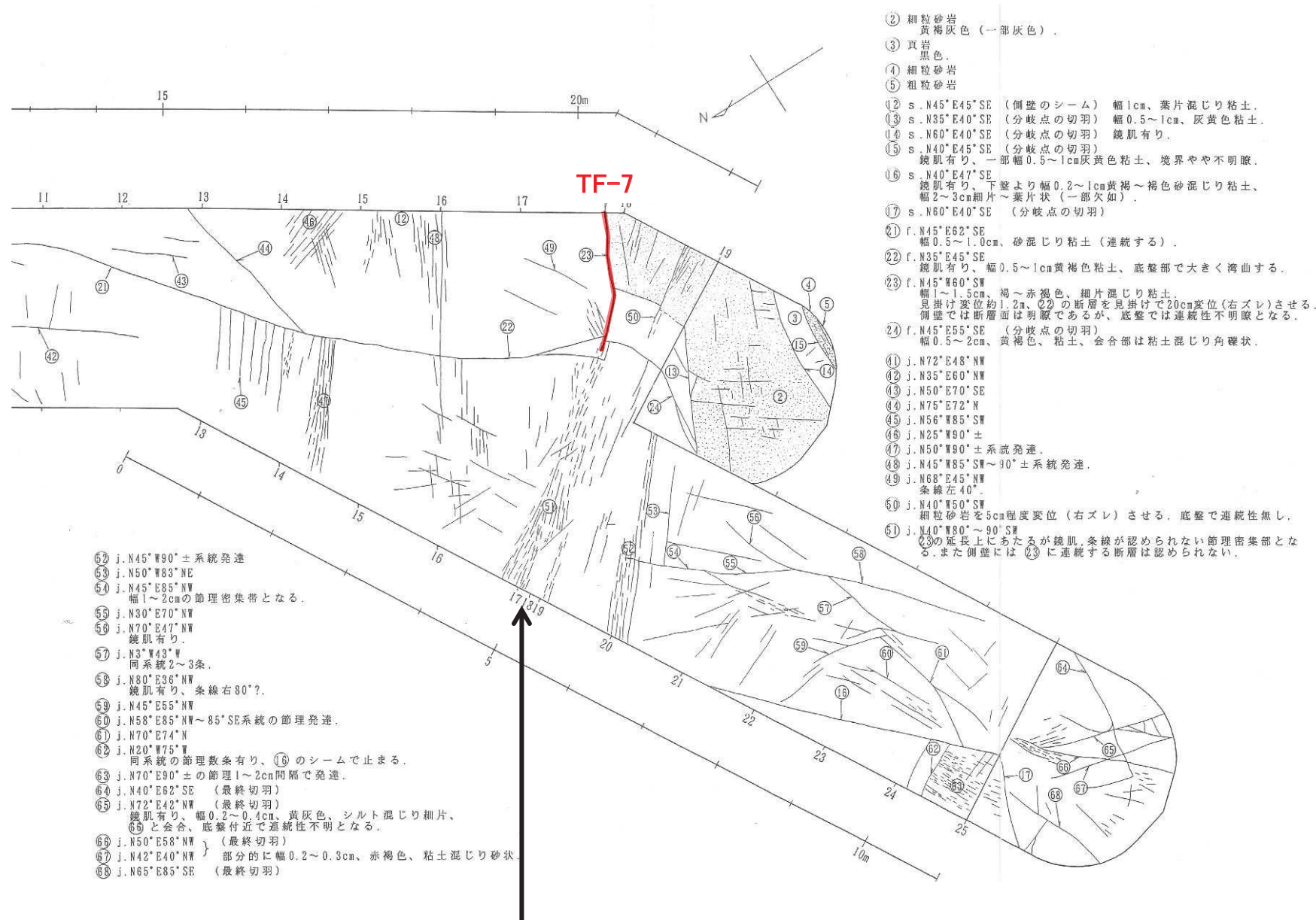


2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)  
2.3.7 TF-7断層【水平方向の連続性】



2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

2.3.7 TF-7断層【水平方向の連続性(北西端部：3号炉T-3試験坑)】



➤ 北西側延長は、T-3試験坑内の南側側壁及び天端で確認されるものの、途中で消滅し北側側壁では認められない。

TF-7断層の連続性検討図  
(T-3試験坑地質スケッチ図)



2. 敷地の断層 2.3 横断断層(TF系)

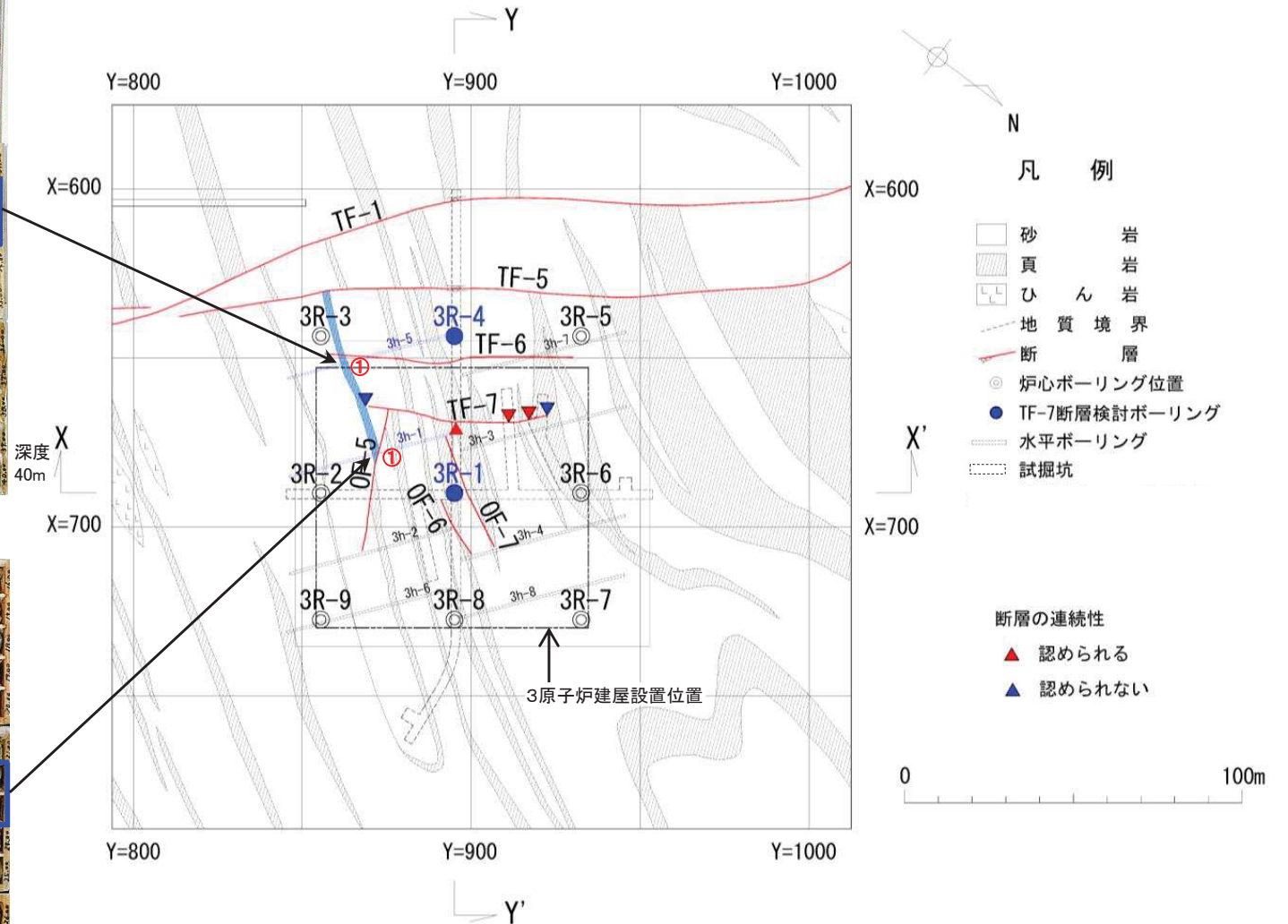
2.3.7 TF-7断層【水平方向の連続性(南東端部:水平ボーリング)】

➤ 水平ボーリング2孔(3h-1孔と3h-5孔)の間で、頁岩層が非常に良く連続し、断層による顕著な変位が想定されないことを確認。

3h-5孔 (ボーリングコア写真)



3h-1孔 (ボーリングコア写真)

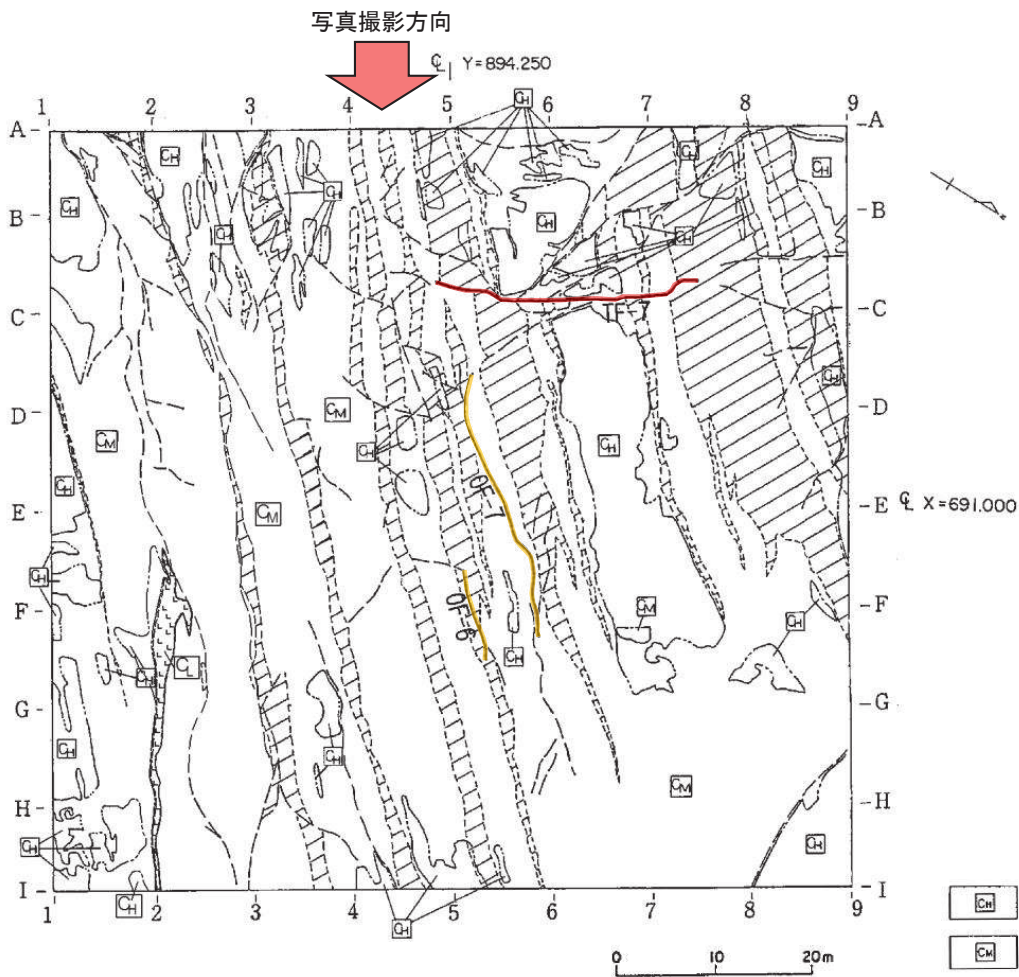




2.3.7 TF-7断層

【水平方向の連続性(断層分布の確認:3号原子炉建屋掘削底盤)】

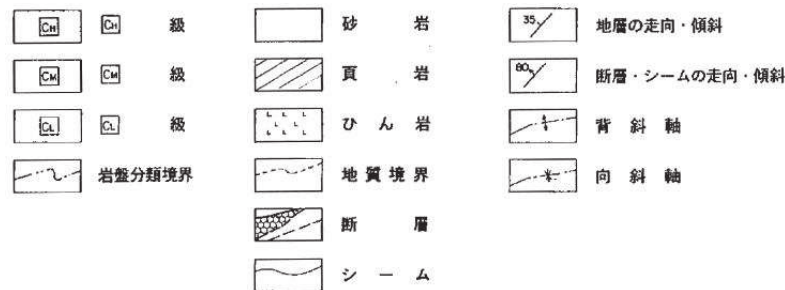
- 断層の南端は、3号原子炉建屋範囲内(東部)付近で消滅。
- ✓ TF-7断層は掘削底盤内で消滅していることを確認。



3号原子炉建屋掘削底盤スケッチ



3号原子炉建屋掘削時の岩盤状況  
(写真は天地を反転)





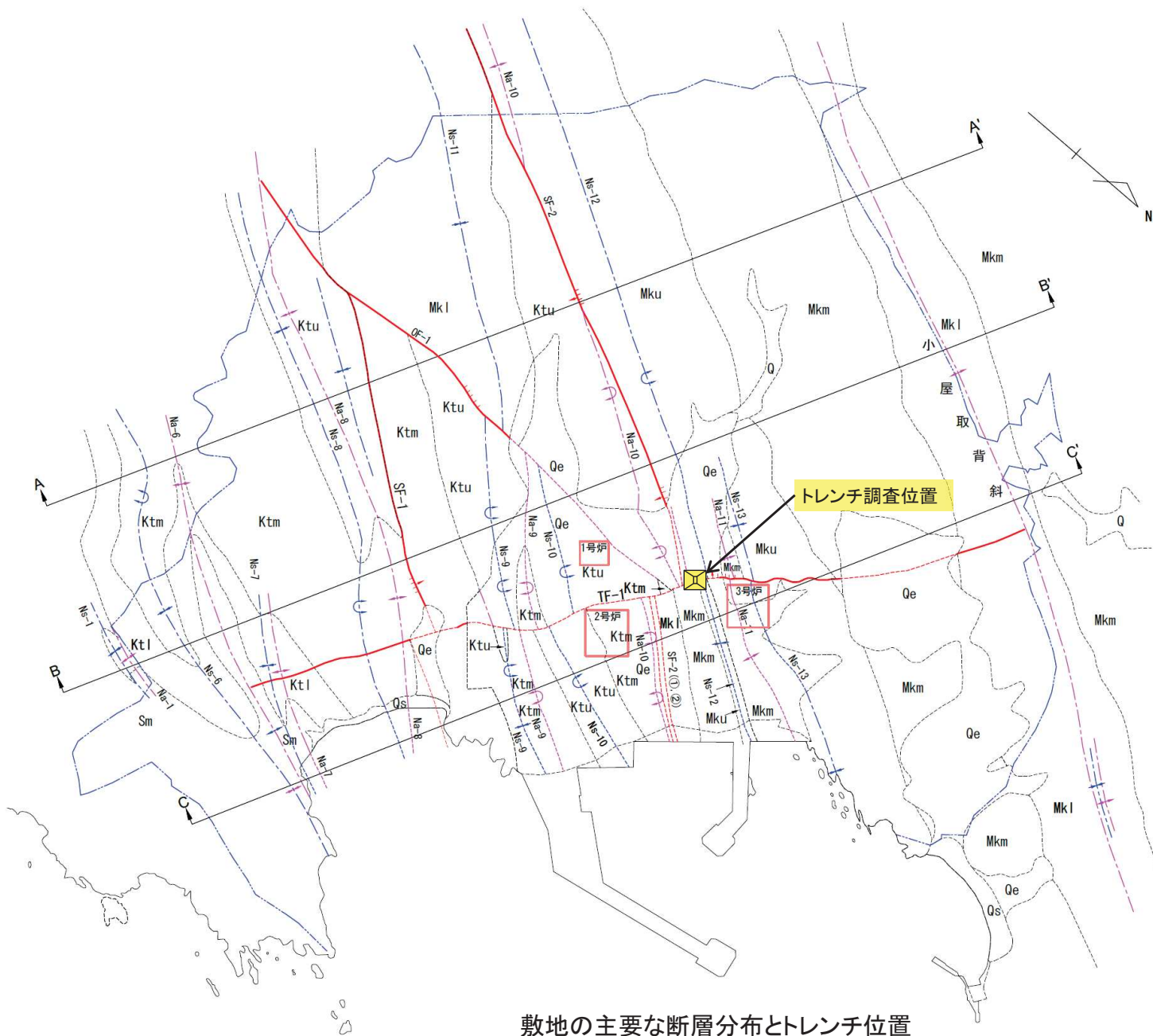
### 3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

---

- 3. 1 TF-1断層トレンチ調査
- 3. 2 南側法面調査結果
- 3. 3 北側法面調査結果
- 3. 4 底盤におけるTF-1断層とひん岩の関係
- 3. 5 トレンチ調査結果のまとめ

3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.1 TF-1断層トレンチ調査【位置図】



敷地の主要な断層分布とトレンチ位置

凡 例	
Qe	盛 土
Qs	海 浜 砂
Q	沖 積 層
Mku	牧の浜砂岩部層(上部)
Mkm	同 上 (中部)
Mkl	同 上 (下部)
Ktu	狐崎砂岩頁岩部層(上部)
Ktm	同 上 (中部)
Ktl	同 上 (下部)
Sm	侍浜頁岩部層

	敷 地 境 界
	地 質 境 界
	断層 ○破線は伏在を表す ○げばは落ちの方向 ○矢印は面の傾斜方向
	褶曲軸 背斜軸 向斜軸 ○破線は伏在を表す
	褶曲軸 背斜軸 (転倒) 向斜軸 ○破線は伏在を表す
	断 面 図 位 置

※地質境界、断層線、褶曲軸の位置は、主にそれらと地表面との交わる線を示している。

1号炉 原子炉建屋設置位置

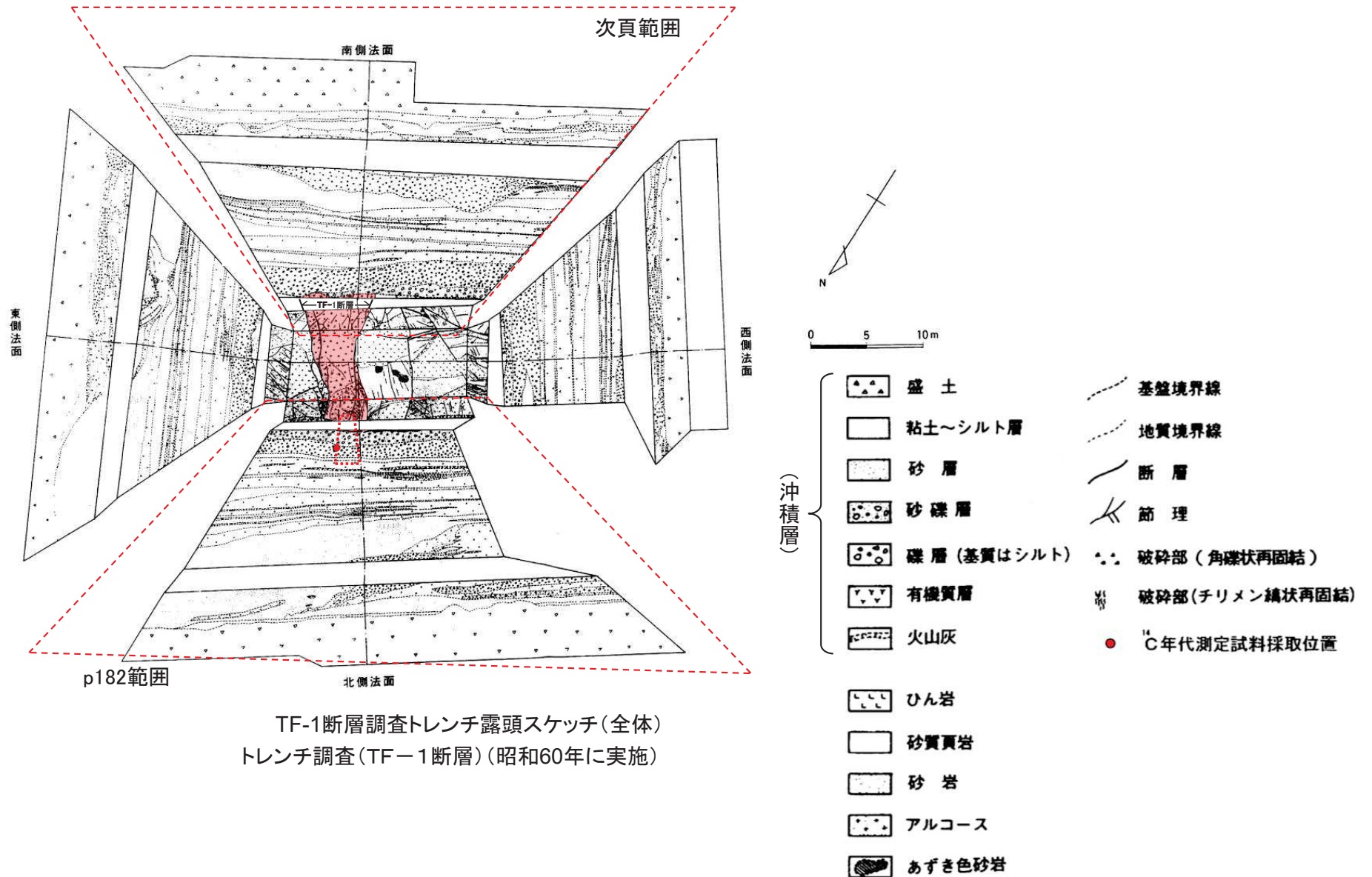




3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.1 TF-1断層トレンチ調査【調査結果(全体展開図)】

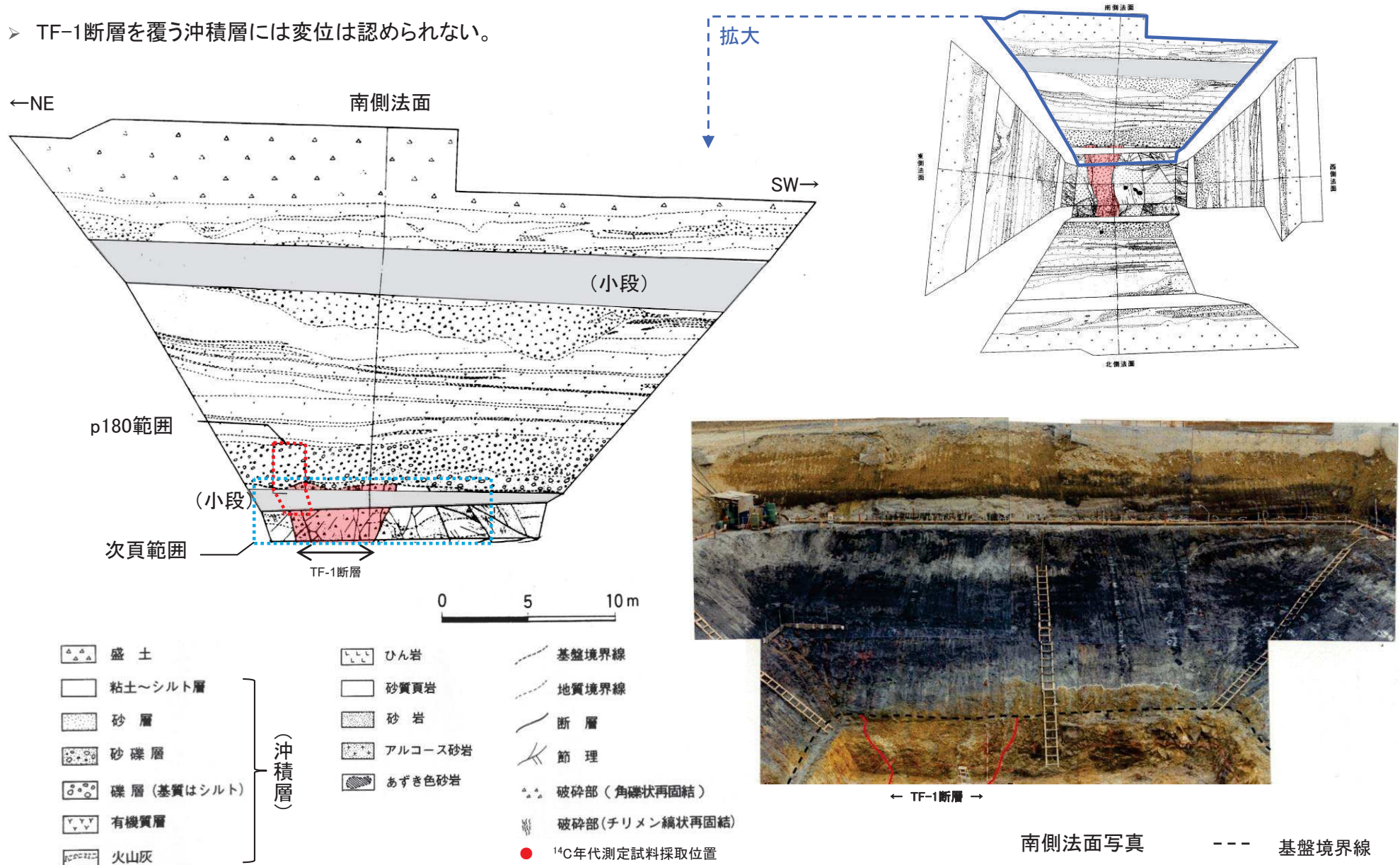
- TF-1断層を対象としたトレンチ調査結果によれば、TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。
- 沖積層最下部付近に含まれる木片及び有機質土の<sup>14</sup>C年代は、16,100±560Y.B.Pである。



3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.2 南側法面調査結果【展開図】

➤ TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。



TF-1断層調査トレンチ露头スケッチ(南側)

トレンチ調査(TF-1断層)(昭和60年に実施)

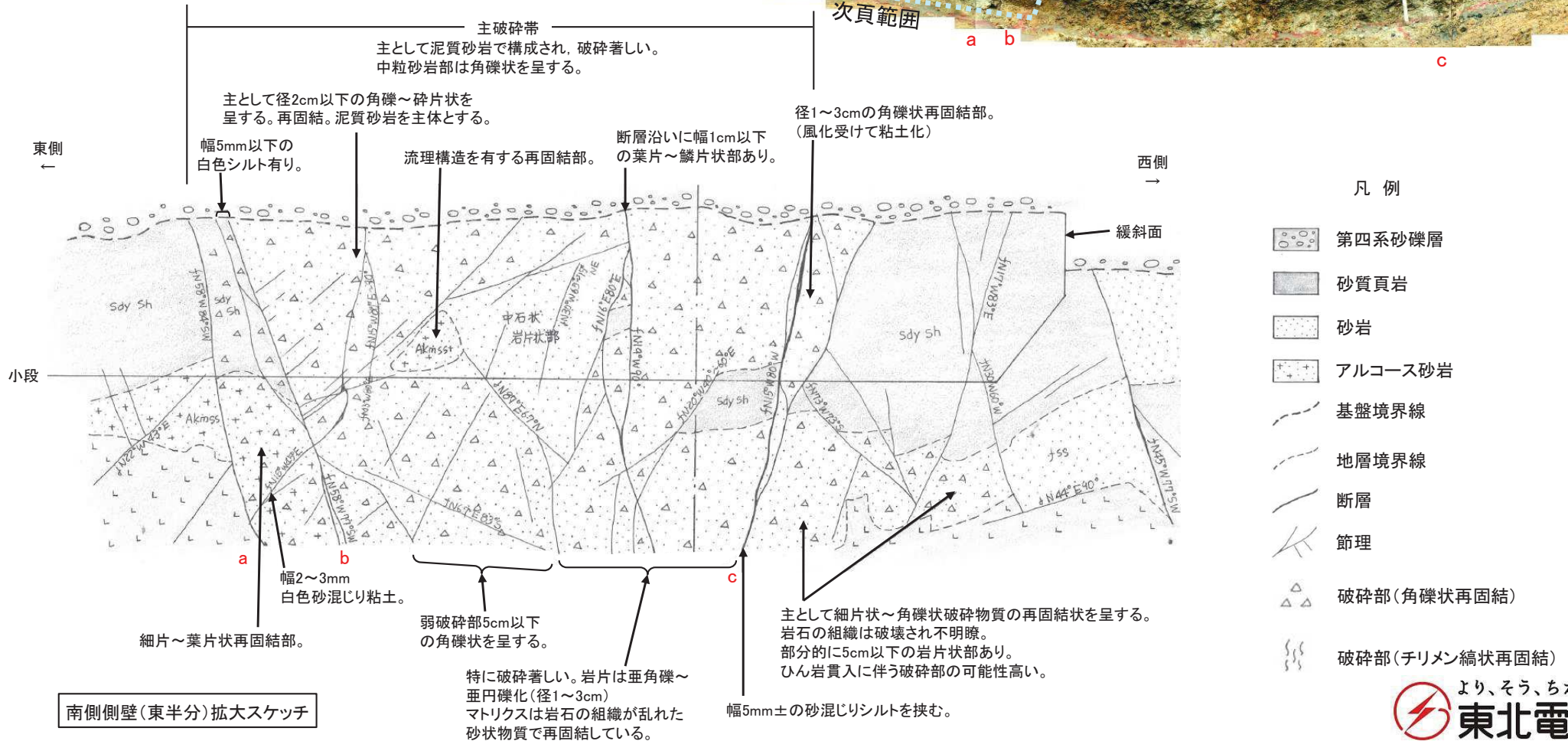
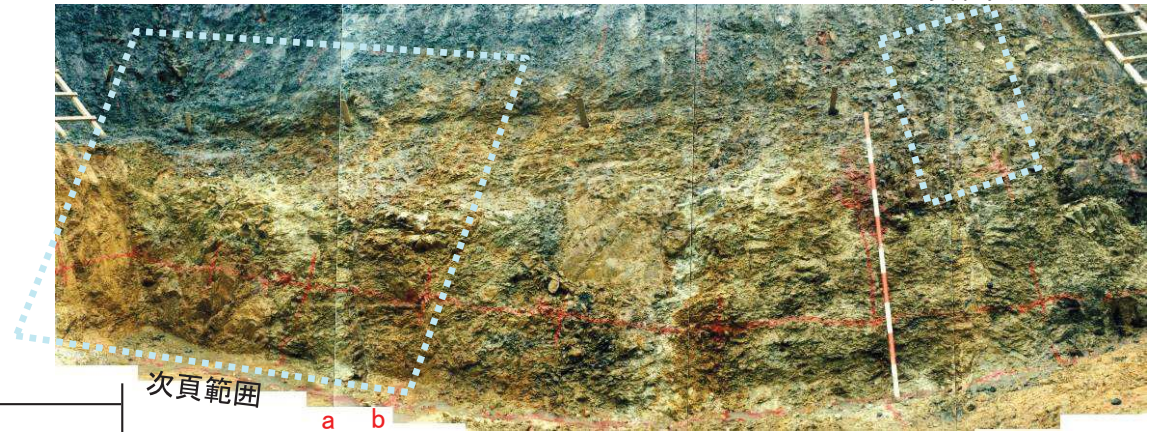


3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.2 南側法面調査結果【TF-1断層周辺拡大スケッチ】

- TF-1断層を覆う沖積層(第四系)には変位は認められない。
- 沖積層基底面の凹凸は侵食によるもの。

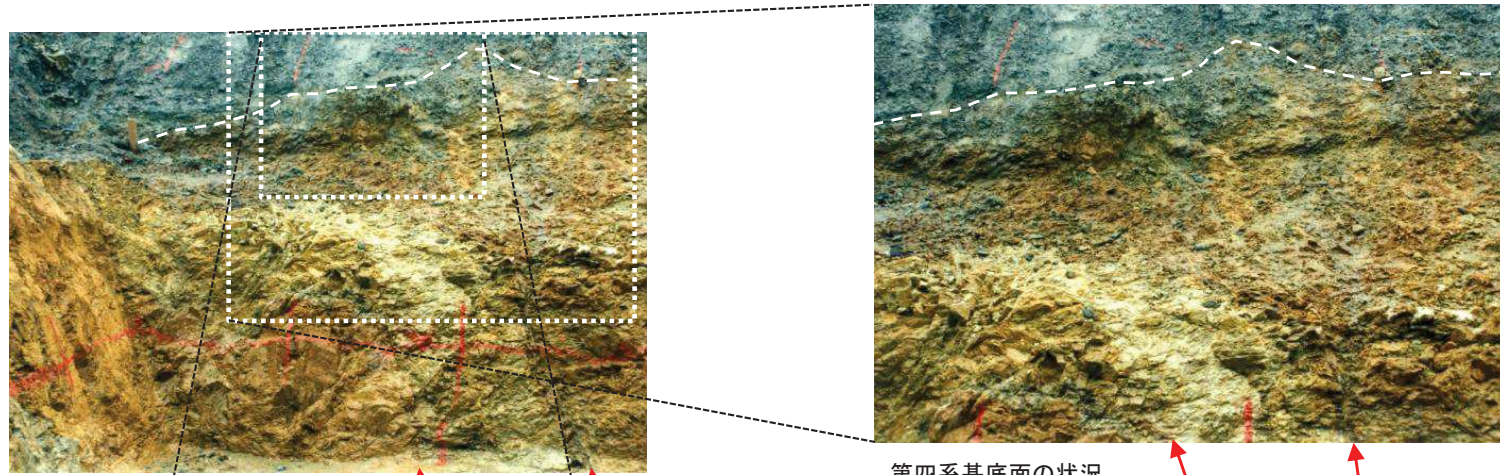
次々頁範囲





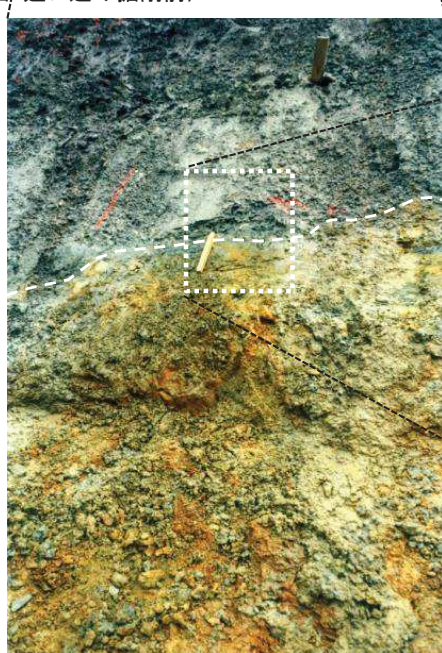
3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.2 南側法面調査結果【断層(下盤側境界)と第四系基底面との関係】



TF-1断層破碎帯下盤側境界と  
第四系基底面との関係  
(南側法面: 追い込み掘削前)

第四系基底面の状況  
(南側法面: 追い込み掘削前)



第四系基底と断層破碎帯の近景  
(南側法面: 追い込み掘削前)



第四系基底と断層破碎帯の近接  
(南側法面: 追い込み掘削前)

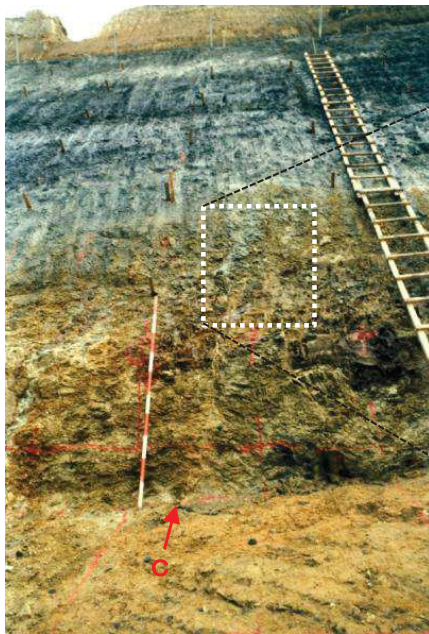
- 著しく風化した基盤岩上面を沖積層(第四系)基底部の礫層が不整合で覆っている。
- せん断面a及びbの位置を挟んで、礫層基底面に変位・変形は認められない。
- ・ 沖積層基底面の凹凸は侵食によるもの。



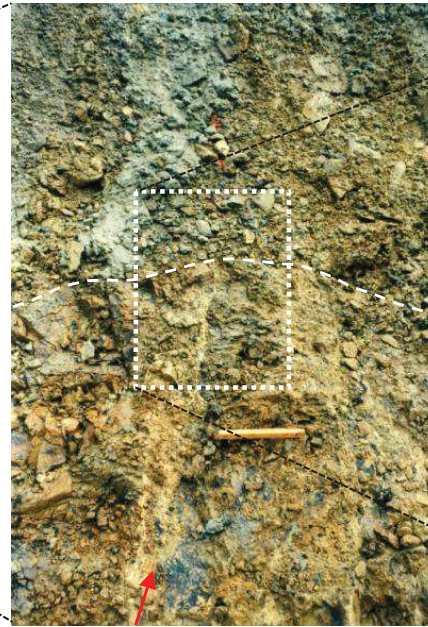
### 3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

## 3.2 南側法面調査結果【断層(上盤側境界)と第四系基底面との関係】

- せん断面cの位置を挟んで、礫層基底面に変位・変形は認められない。
- ・ 沖積層(第四系)基底面の凹凸は侵食によるもの。



遠景写真



近景写真



近接写真

TF-1断層破碎带上盤側境界と第四系基底面との関係  
(南側法面: 追い込み掘削前)

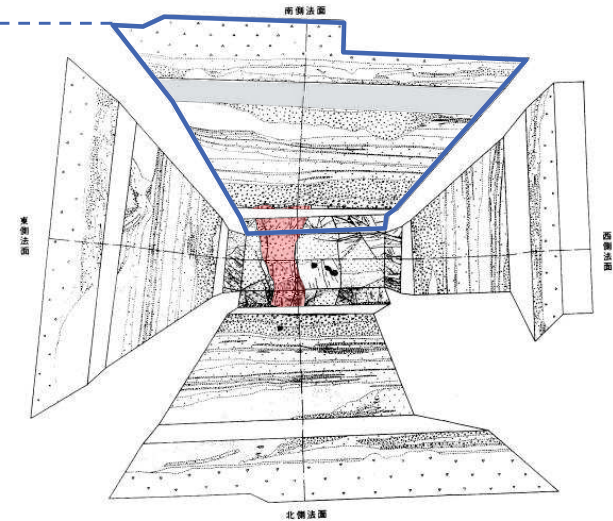
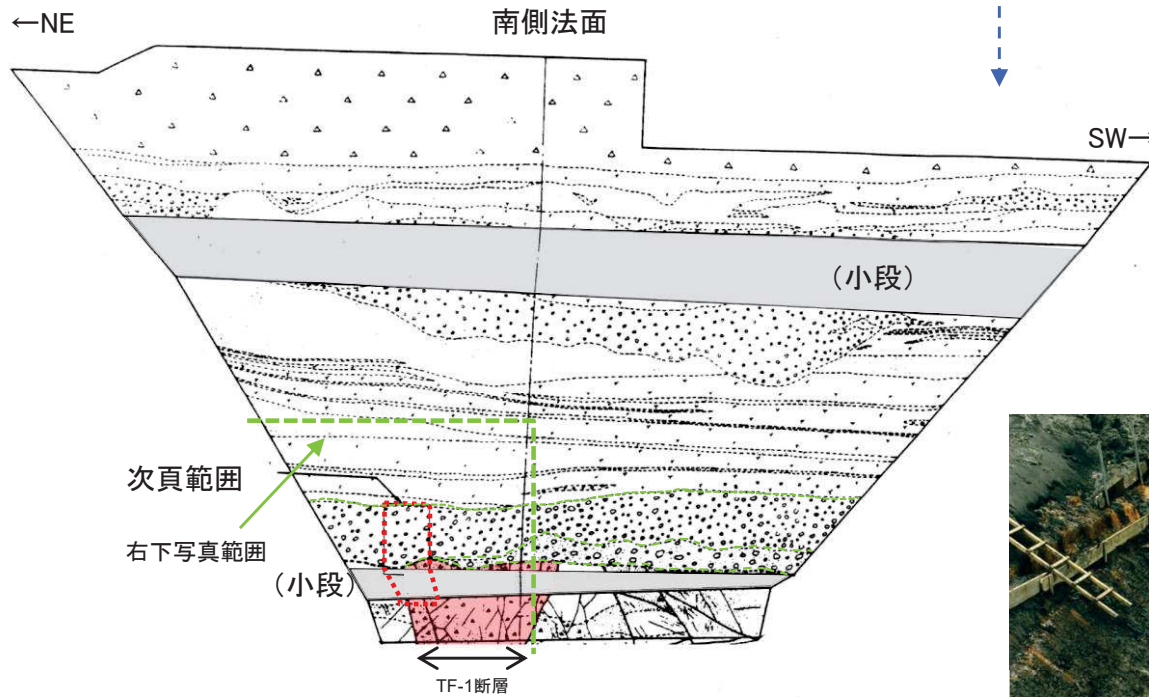


3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.2 南側法面調査結果【追い込み掘削後の東半部法面状況】

➤ TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。

拡大



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

TF-1断層調査トレンチ露頭スケッチ(南側)

トレンチ調査(TF-1断層)(昭和60年に実施)



- 有機質層 (粘土〜シルト層挟む)
- 礫層(基質はシルト)
- 境界面は凹凸に富む
- 砂礫層

岩盤上限面 (準断層の不整合面)

TF-1断層

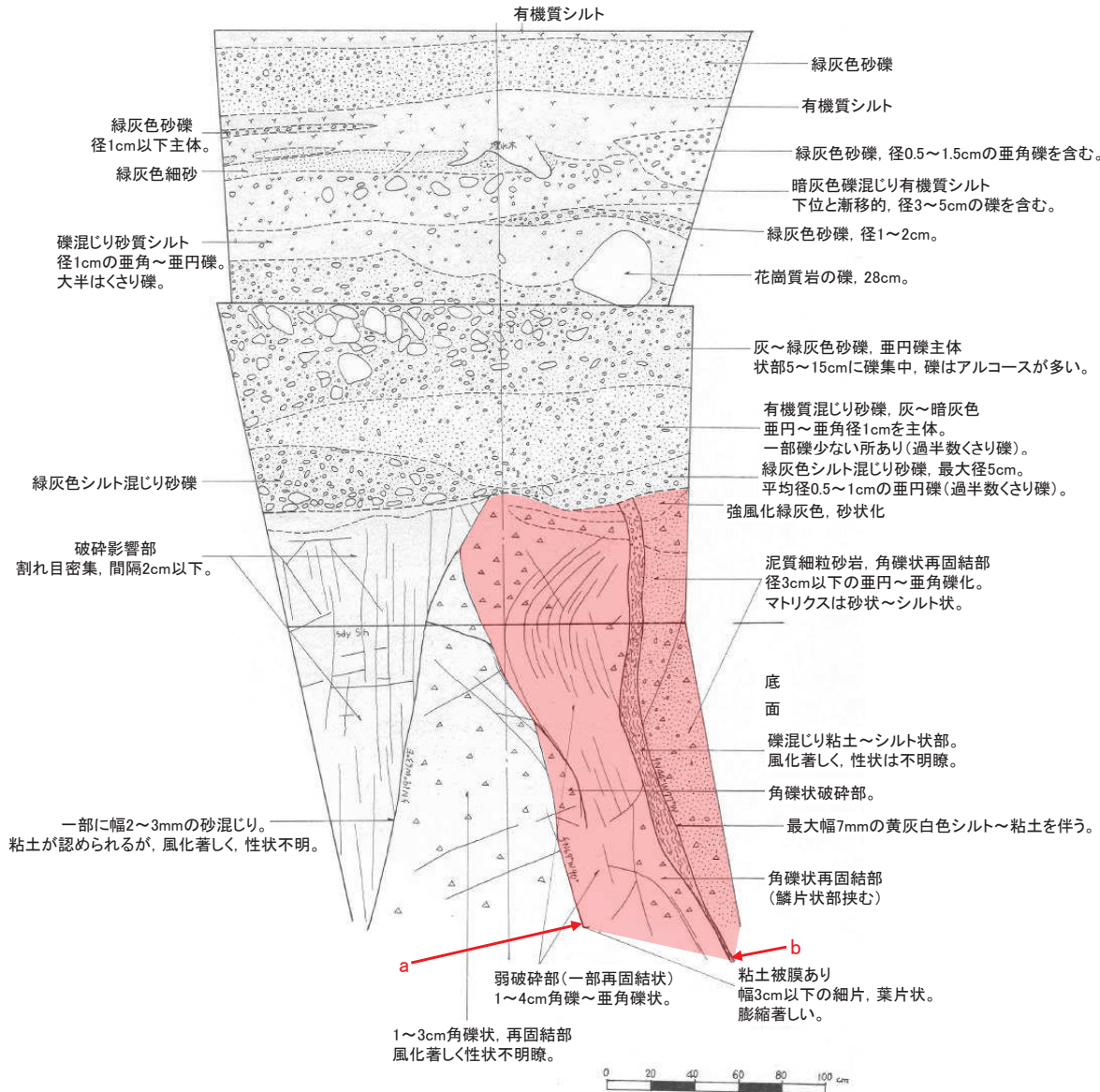
※砂礫層の上部に認められる黒色部は上部の有機質層からの影響によるもの



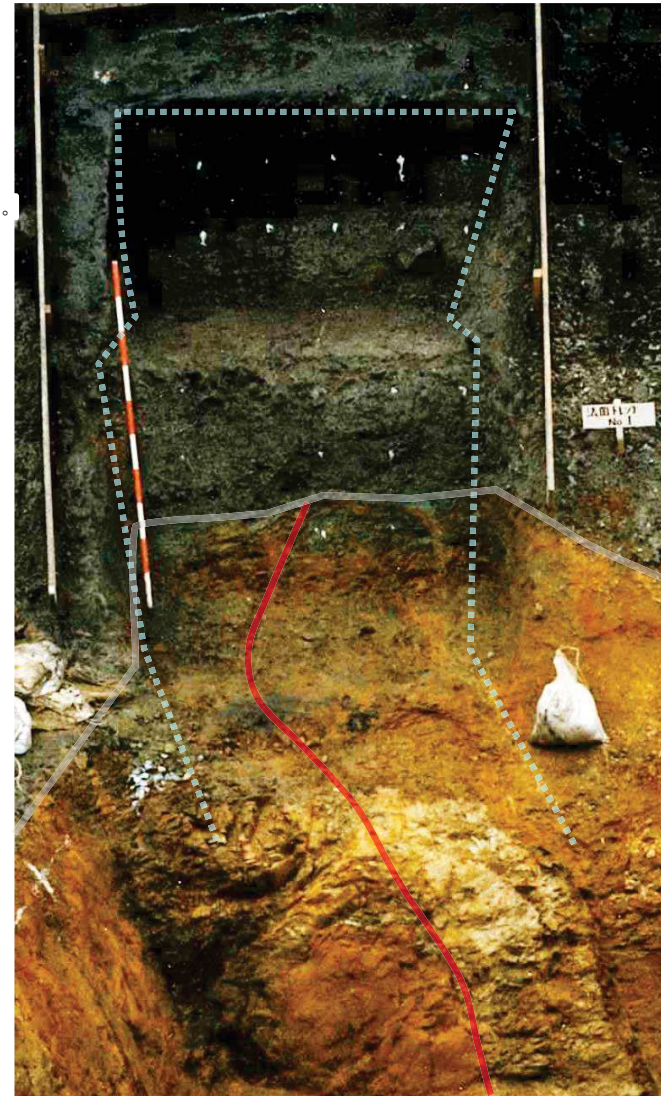
3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.2 南側法面調査結果【追い込み掘削後の詳細観察結果】

▶ TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。



TF-1断層調査トレンチ露頭スケッチ  
(基盤境界付近詳細)



凡例

- 基盤境界線
- 断層
- スケッチ範囲

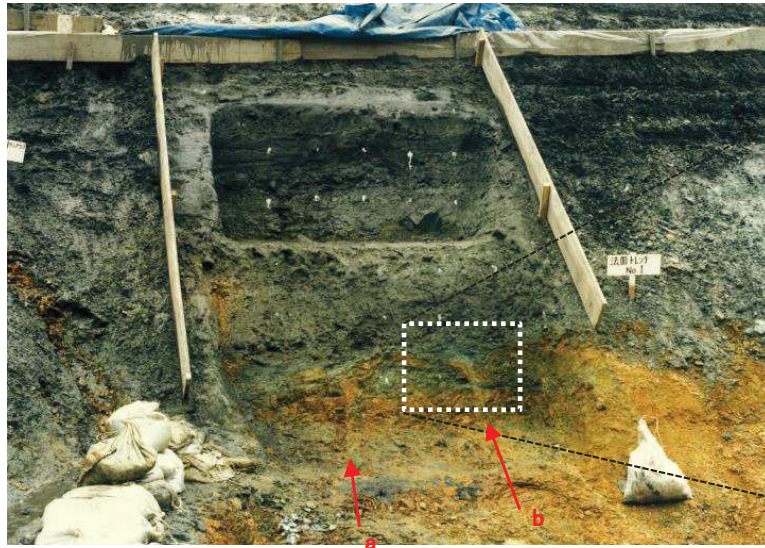
a b  
TF-1断層

TF-1断層調査トレンチ露頭(露頭写真)

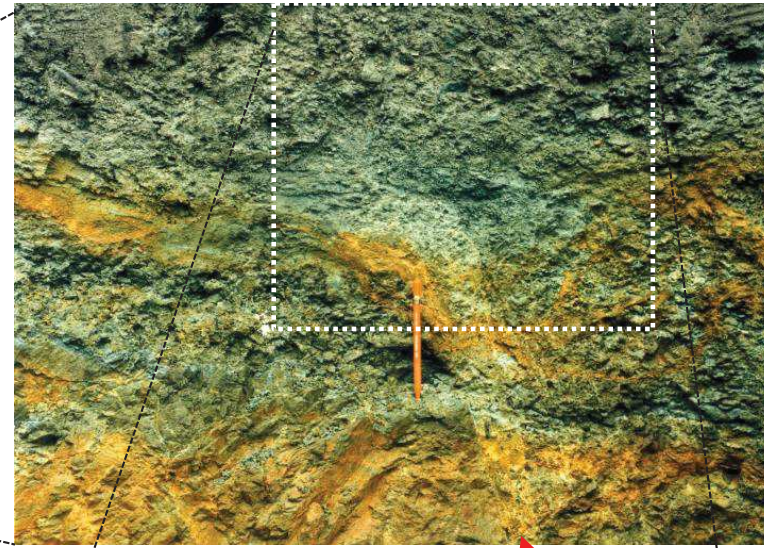


### 3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

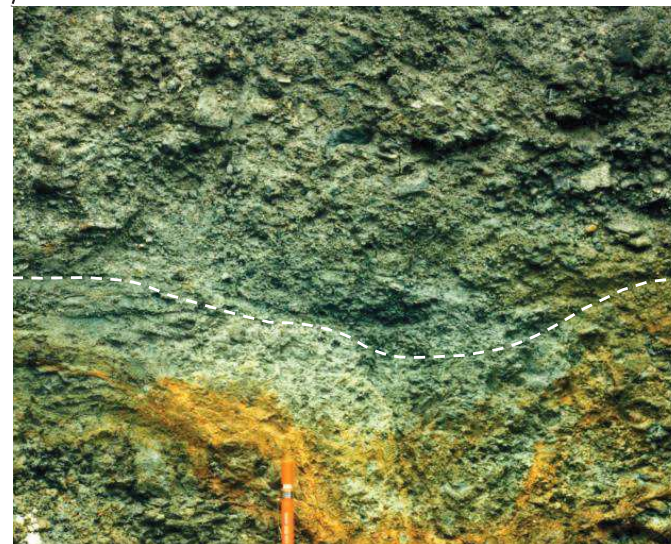
## 3.2 南側法面調査結果【追い込み掘削後の断層ガウジ詳細観察結果】



追い込み掘削箇所の全景



断層面を覆う第四系基底面状況(近景)  
(追い込み掘削箇所)



断層面を覆う第四系基底面状況(近接)  
(追い込み掘削箇所)

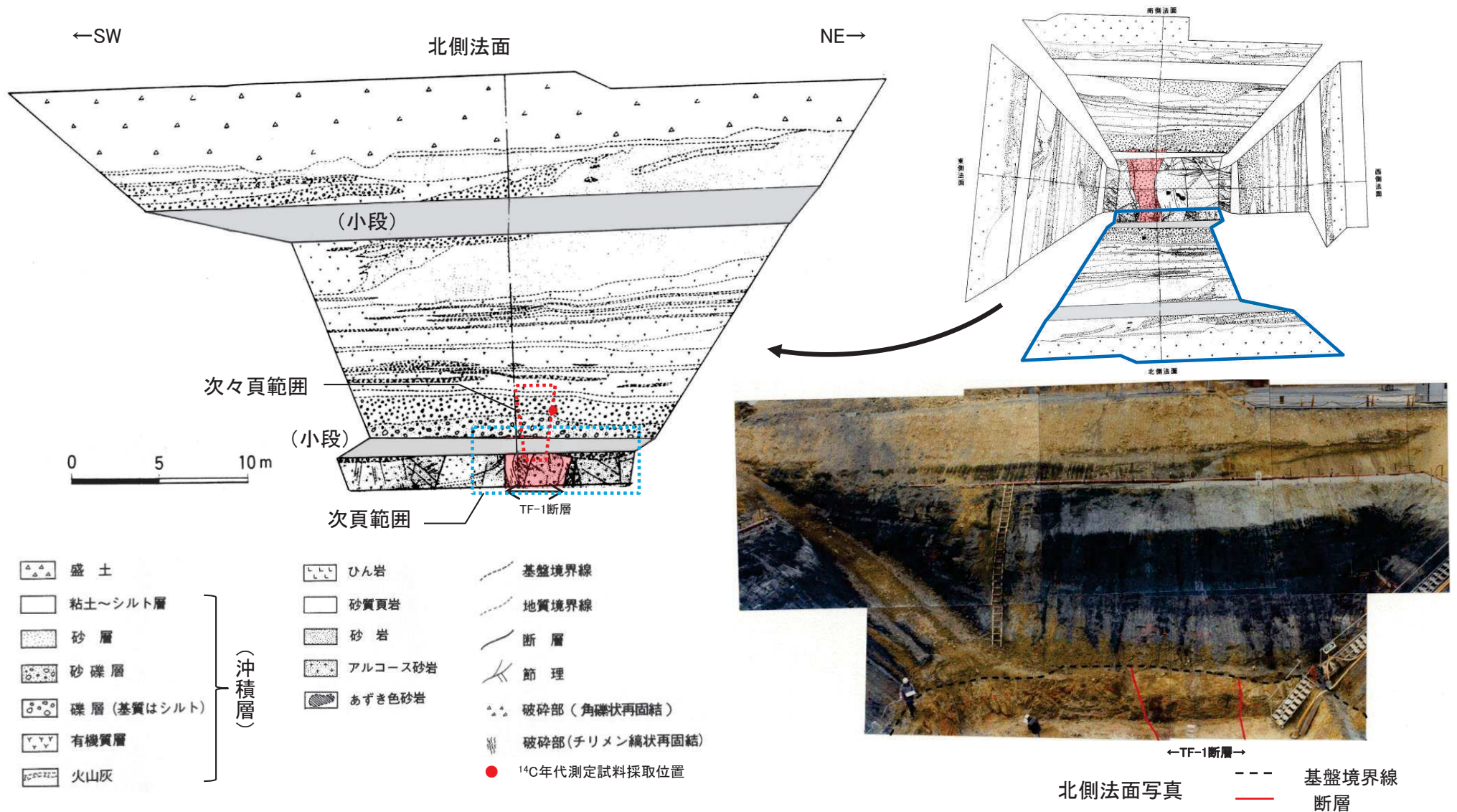
- TF-1断層破碎帯の下盤側境界付近の顕著なせん断面bは沖積層(第四系)基底の侵食面に覆われている。



3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.3 北側法面調査結果【展開図】

- TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。
- 沖積層最下部付近に含まれる木片及び有機質土の<sup>14</sup>C年代は、16,100±560Y.B.Pである。



TF-1断層調査トレンチ露頭スケッチ(北側)

トレンチ調査(TF-1断層)(昭和60年に実施)

北側法面写真

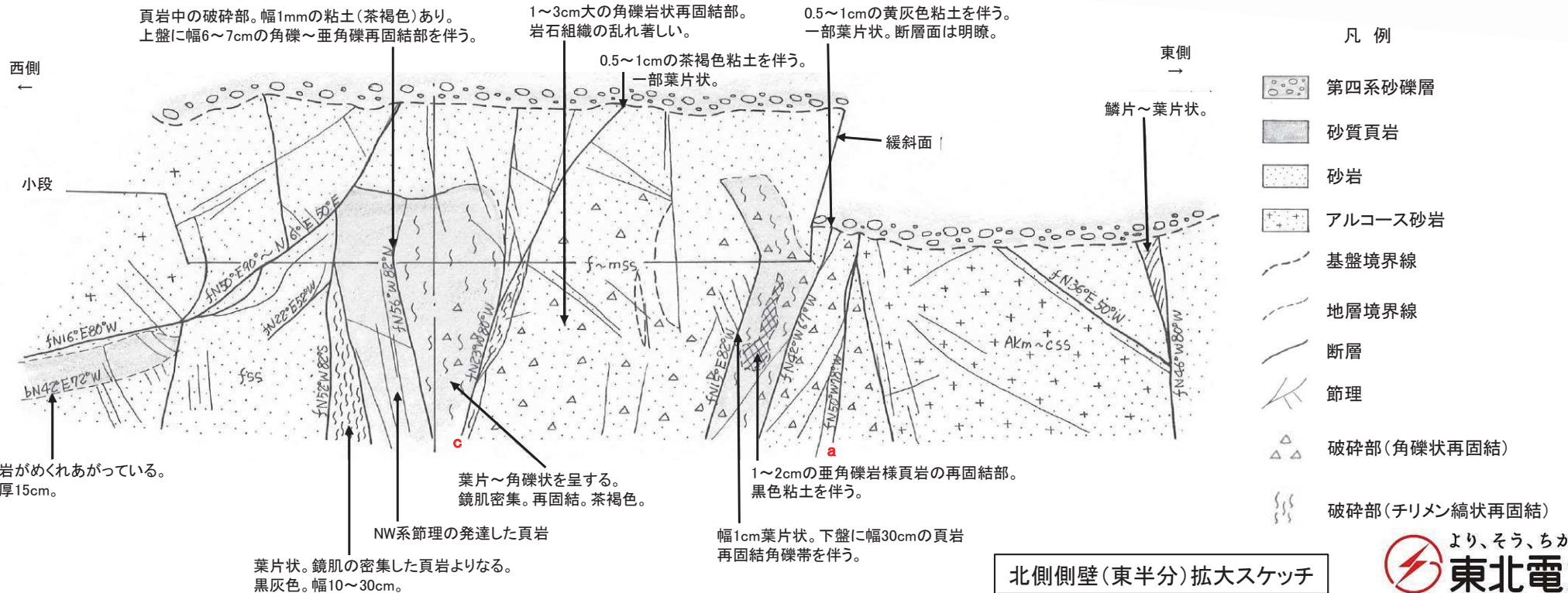
--- 基盤境界線  
— 断層



3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.3 北側法面調査結果【TF-1断層周辺拡大スケッチ】

- TF-1断層を覆う沖積層(第四系)には変位は認められない。
- 沖積層基底面の凹凸は侵食によるもの。

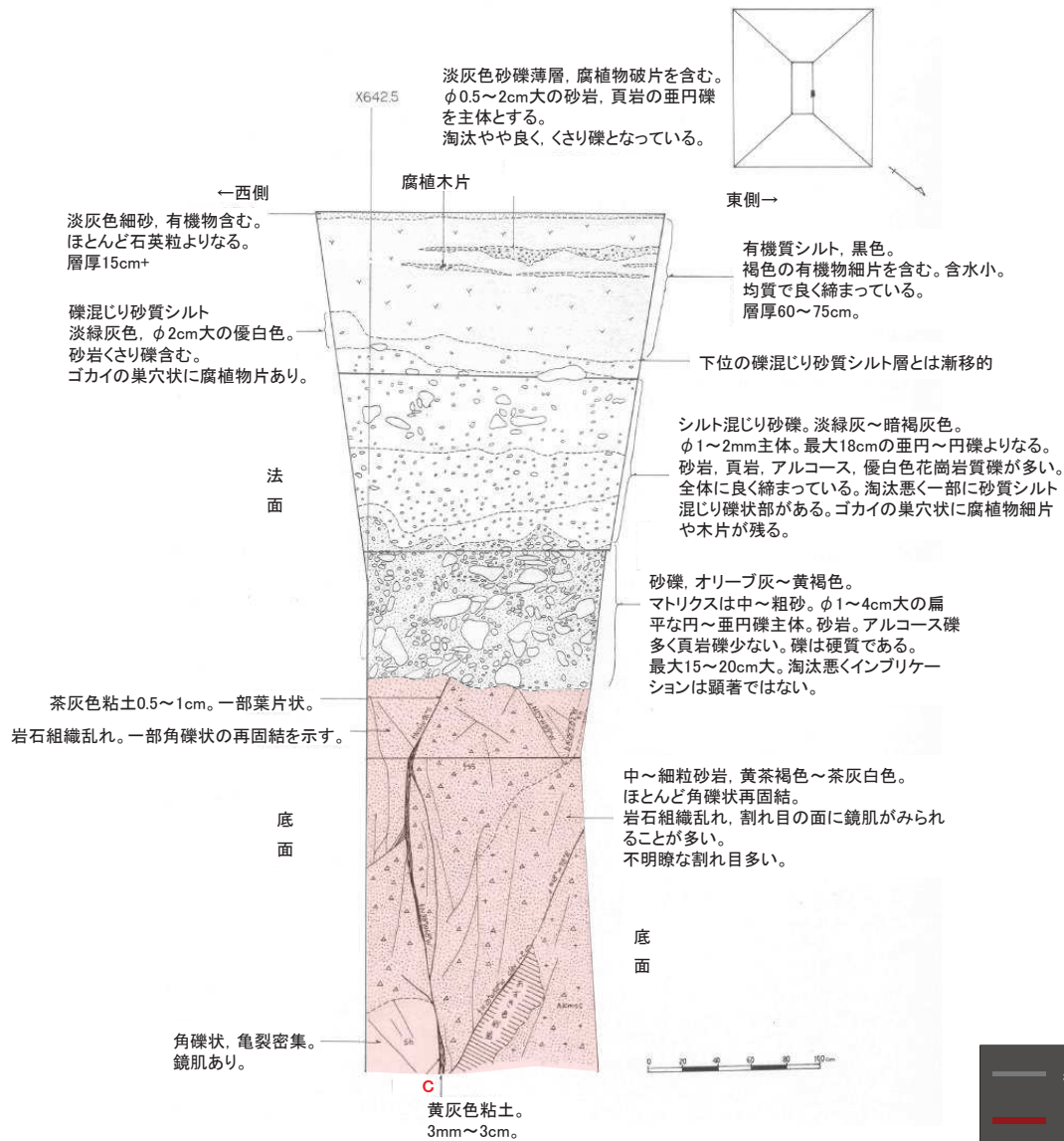




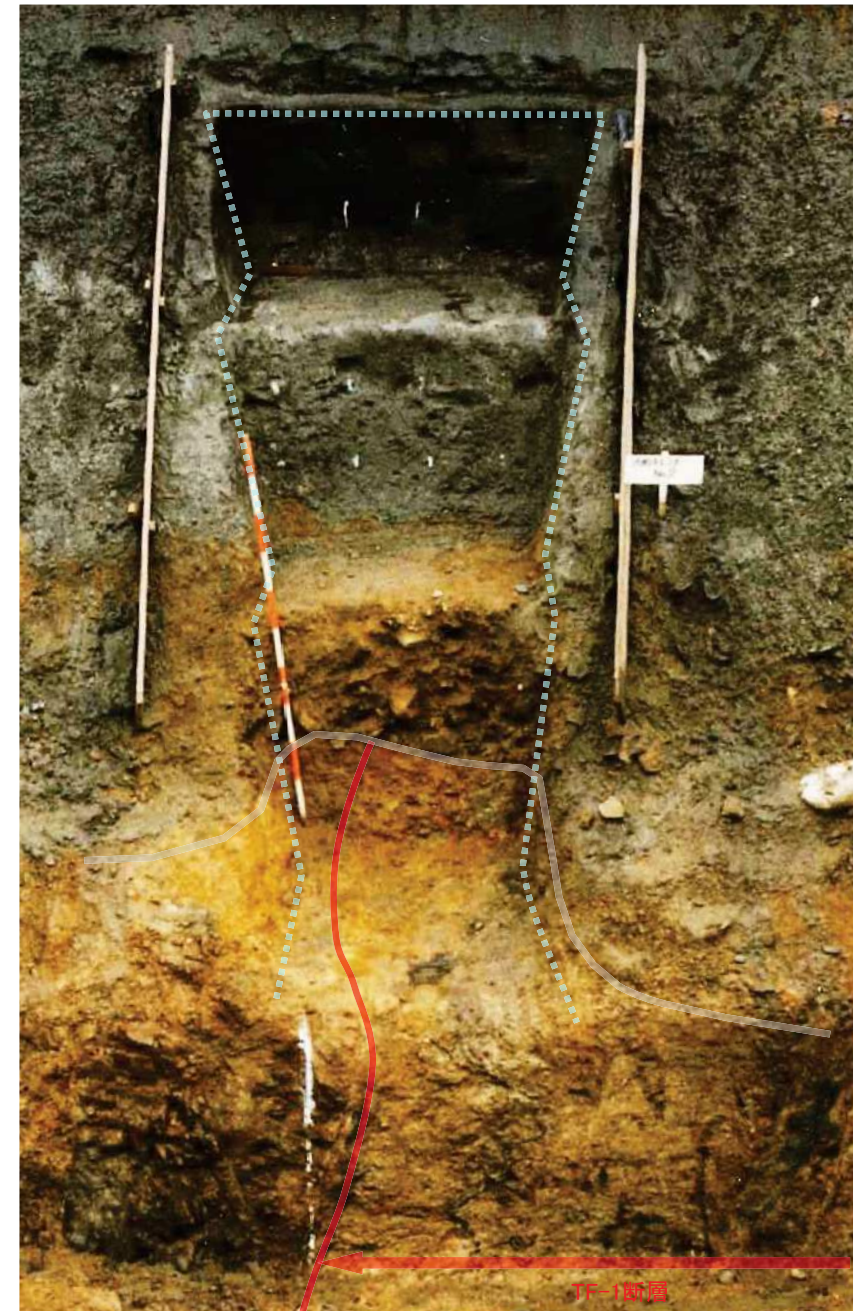
### 3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

## 3.3 北側法面調査結果【追い込み掘削後の詳細観察結果】

➤ TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。



TF-1断層調査トレンチ露頭スケッチ  
(基盤境界付近詳細)

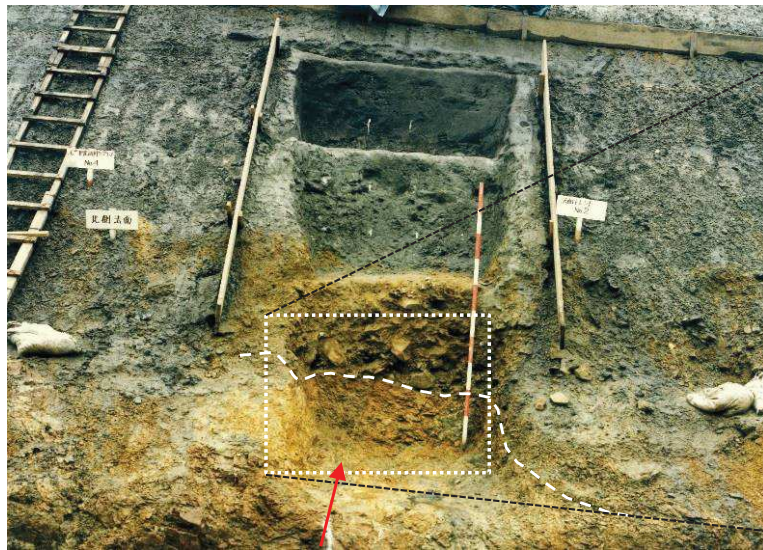


TF-1断層調査トレンチ露頭(露頭写真)

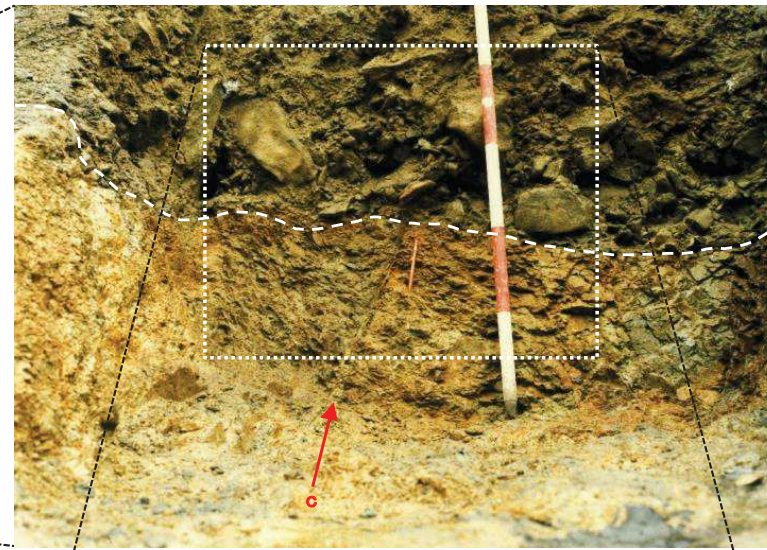


3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.3 北側法面調査結果【追い込み掘削後の断層ガウジ詳細観察結果】



追い込み掘削箇所の全景



断層面を覆う第四系基底面状況(近景)  
(追い込み掘削箇所)



断層面を覆う第四系基底面状況(近接)  
(追い込み掘削箇所)

- TF-1断層破碎帯の上盤側境界付近の顕著なせん断面cは沖積層(第四系)基底の礫層に変位・変形を与えていない。







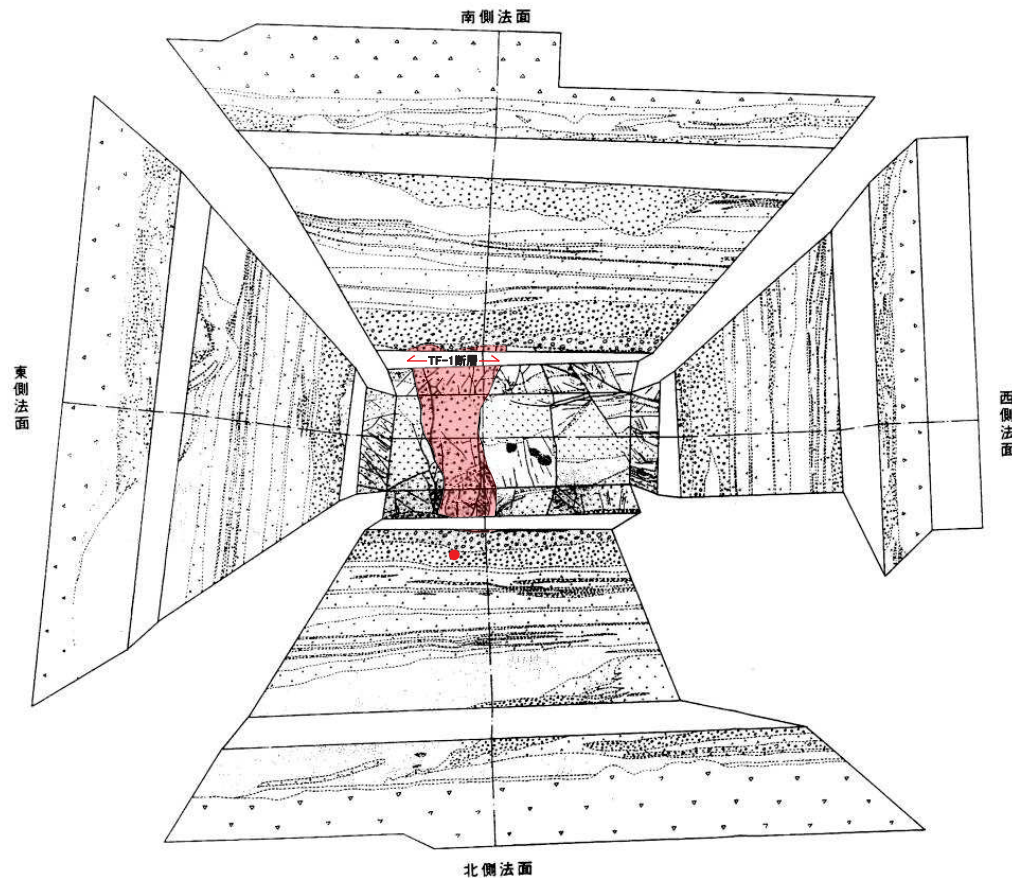
3. 上載地層による評価(トレンチ調査結果)

3.5 トレンチ調査結果のまとめ

- TF-1断層を対象としたトレンチ調査結果によれば、TF-1断層を覆う沖積層には変位は認められない。
- 沖積層最下部付近に含まれる木片及び有機質土の<sup>14</sup>C年代は、16,100±560y.B.Pである。

- 少なくとも、沖積層堆積以降(約16,000年前以降)には、活動していないことを確認。

⇒しかしながら、約12~13万年前の地形面や地層が確認されないことから、断層破碎部の詳細組織観察に基づく、活動性の検討を行う。



TF-1断層調査トレンチ露頭スケッチ(全体)

0 5 10m

N

(沖積層)

	盛土		基盤境界線
	粘土~シルト層		地質境界線
	砂層		断層
	砂礫層		節理
	礫層(基質はシルト)		破碎部(角礫状再固結)
	有機質層		破碎部(チリメン織状再固結)
	火山灰		<sup>14</sup> C年代測定試料採取位置
	ひん岩		
	砂質頁岩		
	砂岩		
	アルコース		
	あずき色砂岩		



## 4. 断層破碎部の詳細検討

---

- 4. 1 最新面を横断する鉱物の検討
- 4. 2 断層破碎部の詳細観察(TF-1断層24B-28孔, 面④)
- 4. 3 最新面の運動センスの検討
- 4. 4 熱水の生成環境

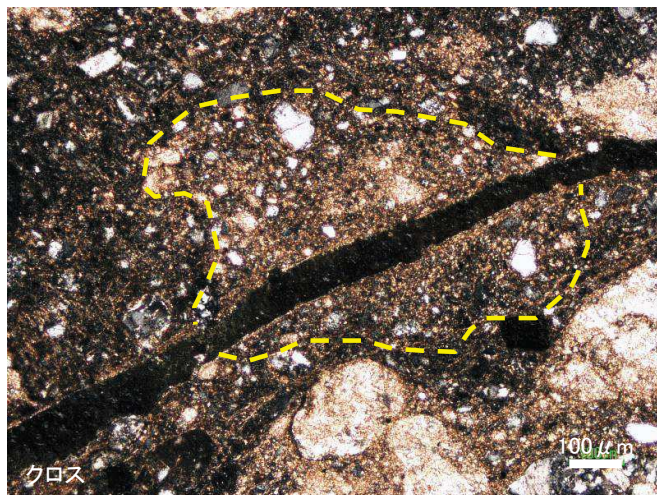
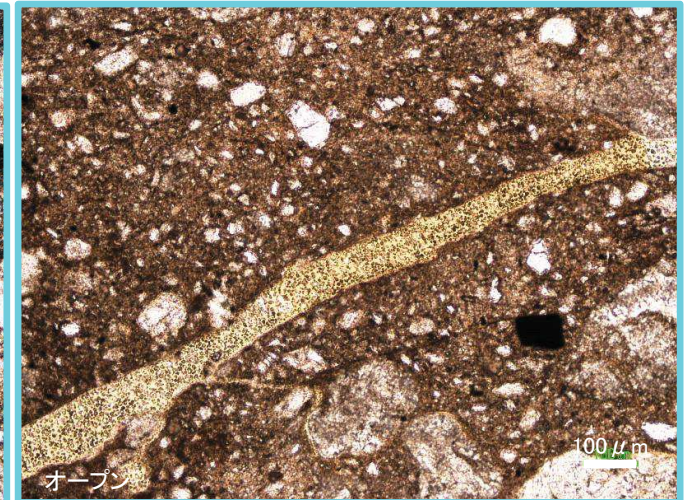
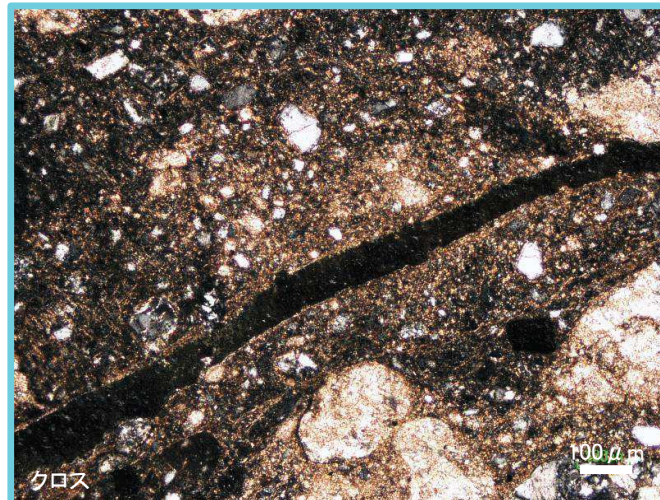
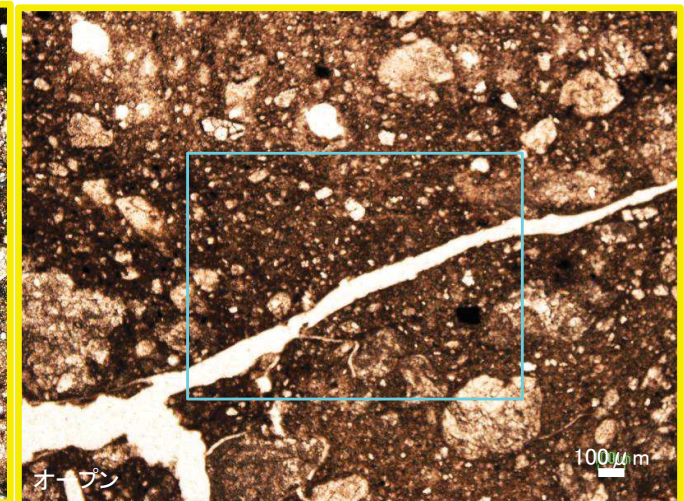


4. 断層破碎部の詳細検討

4.1 最新面を横断する鉱物の検討 【面③' (別の箇所) の薄片観察】



面③' →

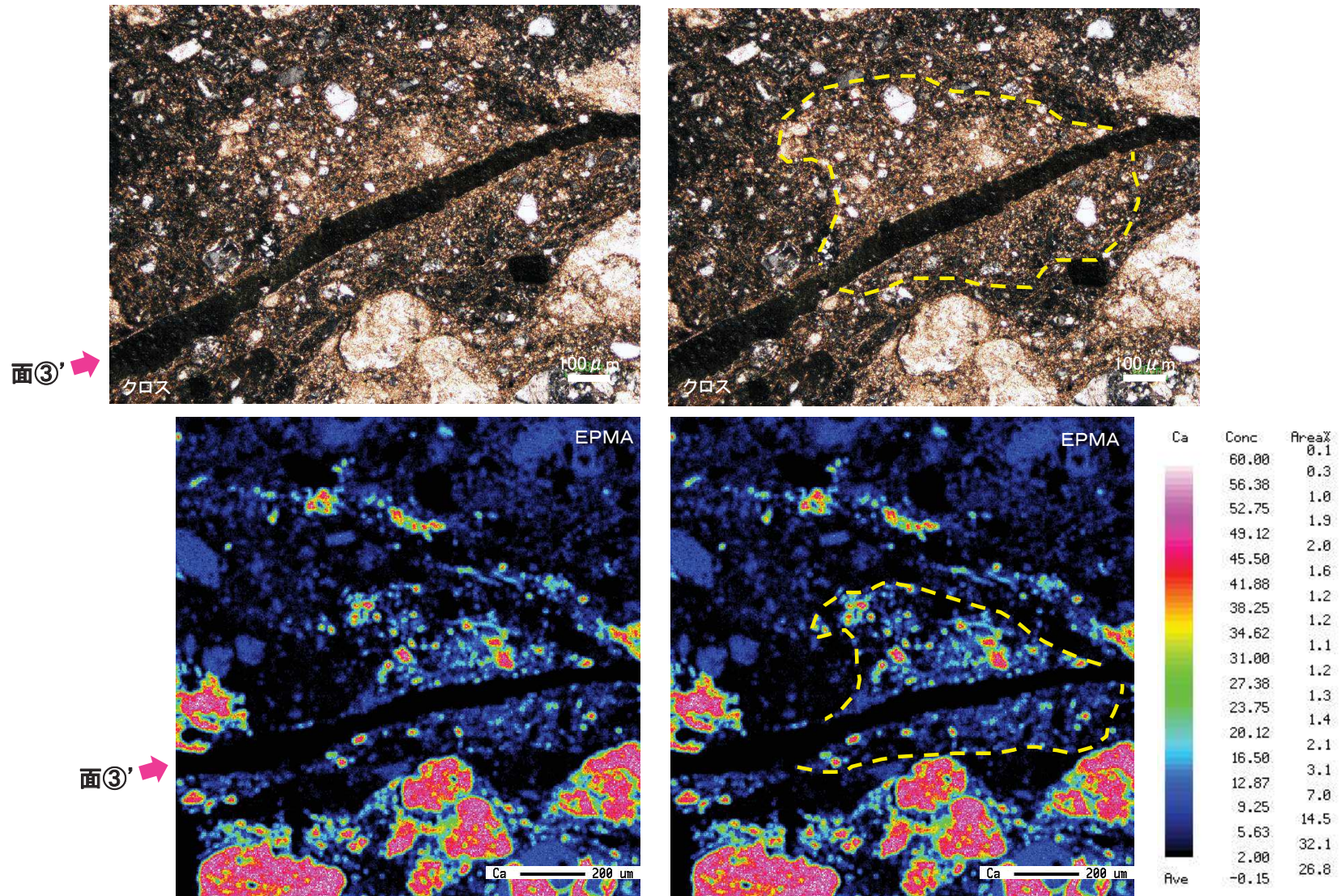


- TF-1断層の最新面である面③' 付近の鉱物の晶出状況を観察した。
- 晶出している鉱物は、オープンで無色、クロスで高次の干渉色を示すことからカルサイトである。
- TF-1断層の最新面である面③' を横断するようにカルサイトが晶出し、面③' の活動に伴う変形は確認されない。



4. 断層破碎部の詳細検討

4.1 最新面を横断する鉱物の検討 【面③' (別の箇所) のTF-1断層EPMA分析】

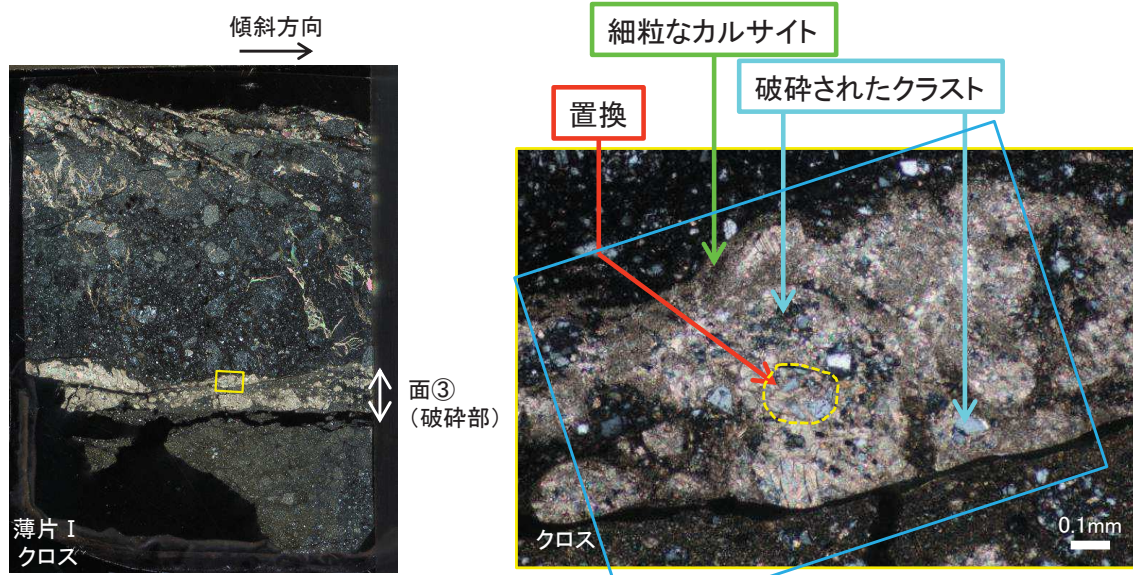


➤ EPMA分析の結果から、晶出している鉱物は、カルシウム濃度の高い領域に対応していることからカルサイトである。

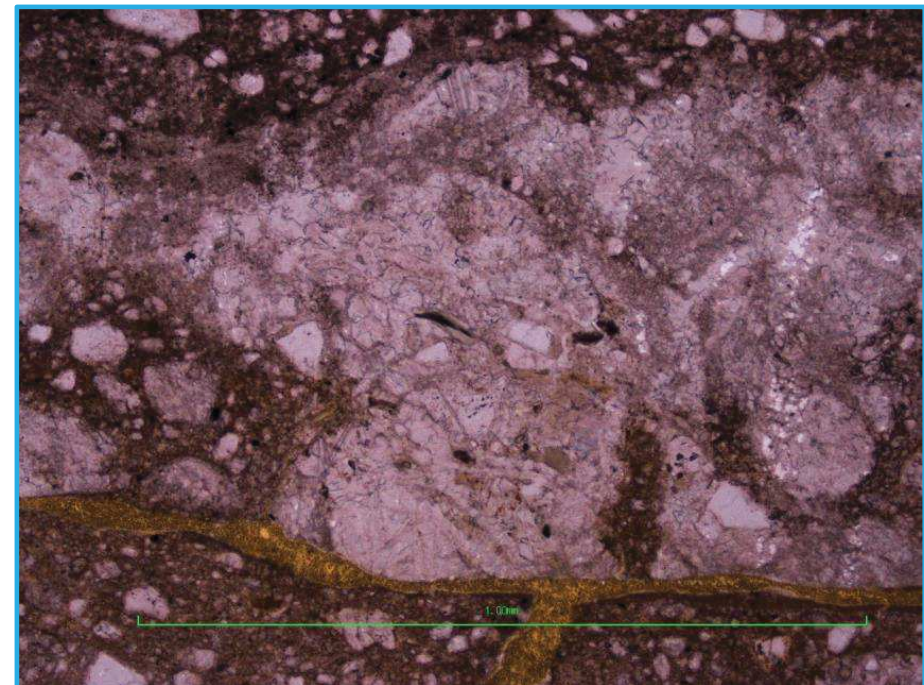
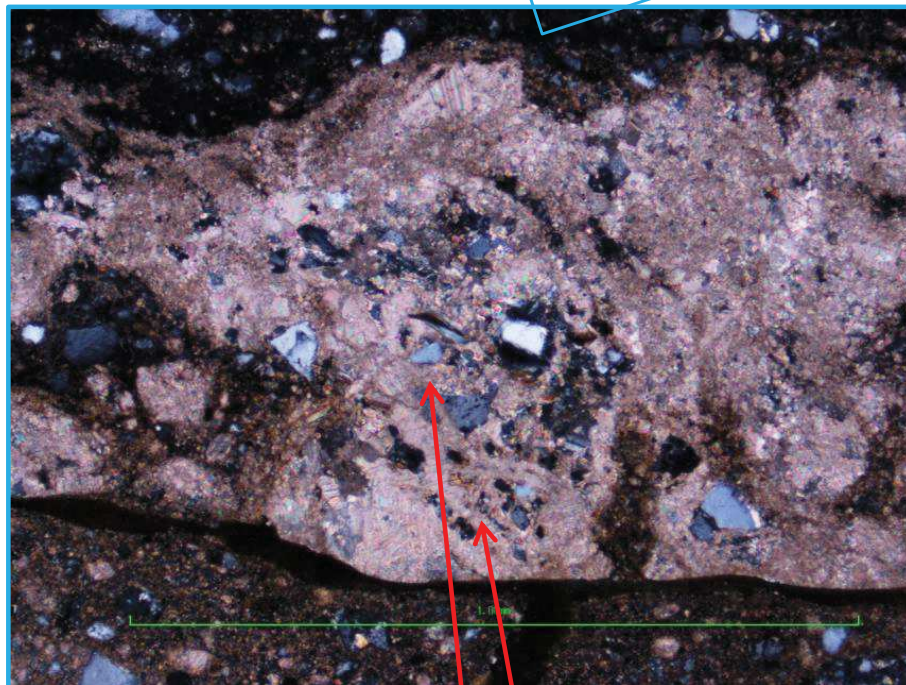


#### 4. 断層破碎部の詳細検討

### 4.1 最新面を横断する鉱物の検討【面③:薄片I】



➤ 石英等のクラストの一部がカルサイトに置換えられている箇所も確認される。



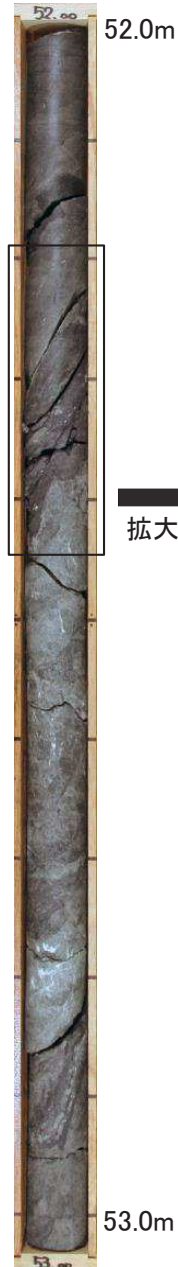
クラスト間にカルサイトが晶出している。



4. 断層破碎部の詳細検討

4.2 断層破碎部の詳細観察(TF-1断層24B-28孔, 面④) 【面④:概要】

24B-28孔  
(コア写真)

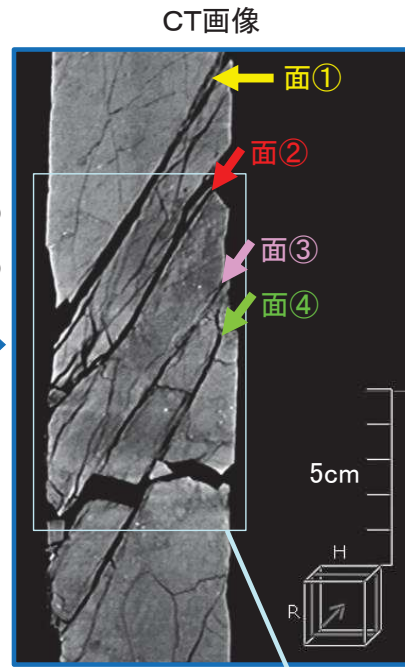
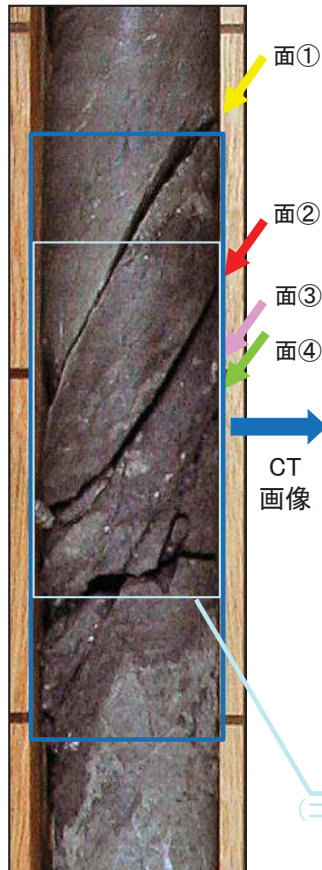


- 面②～④を含むように研磨片を作成し, 面④の観察, 分析を行った。
- 次頁以降に観察結果を示す。

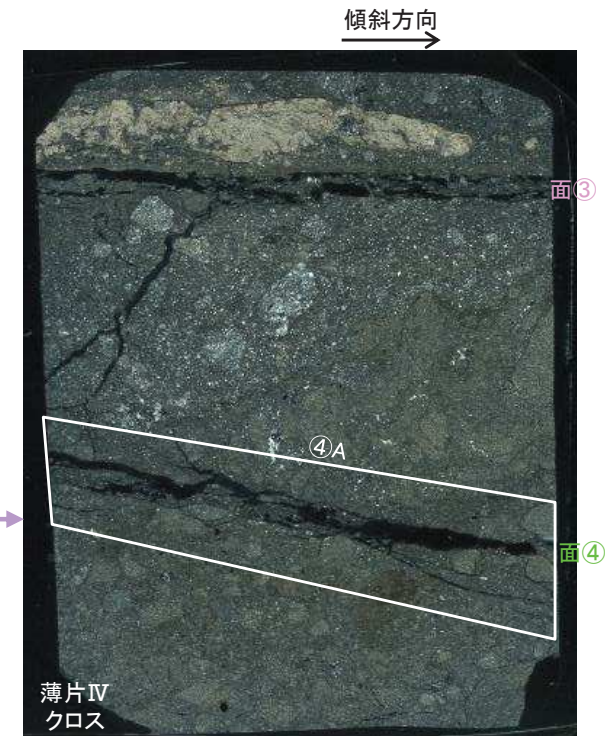
面①:N18W71W  
面②:N52W64SW  
面③:N52W62SW  
面④:N44W61SW

評価項目	拡大範囲	確認内容
最新面の認定	④A	面④付近は, 他の面に比べ破碎・細粒化の程度が弱く, また, 面自体の直線性も優れないことを確認した。

24B-28孔  
コア写真(拡大)



研磨片作成範囲  
(コアを半割りし, 手前側の試料で作成)



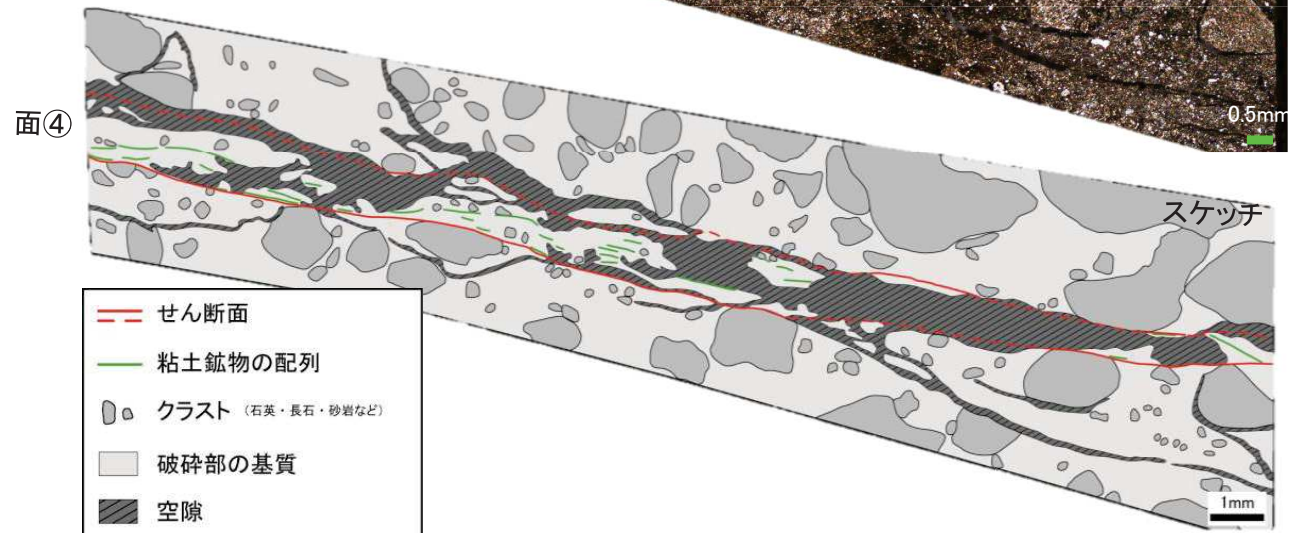
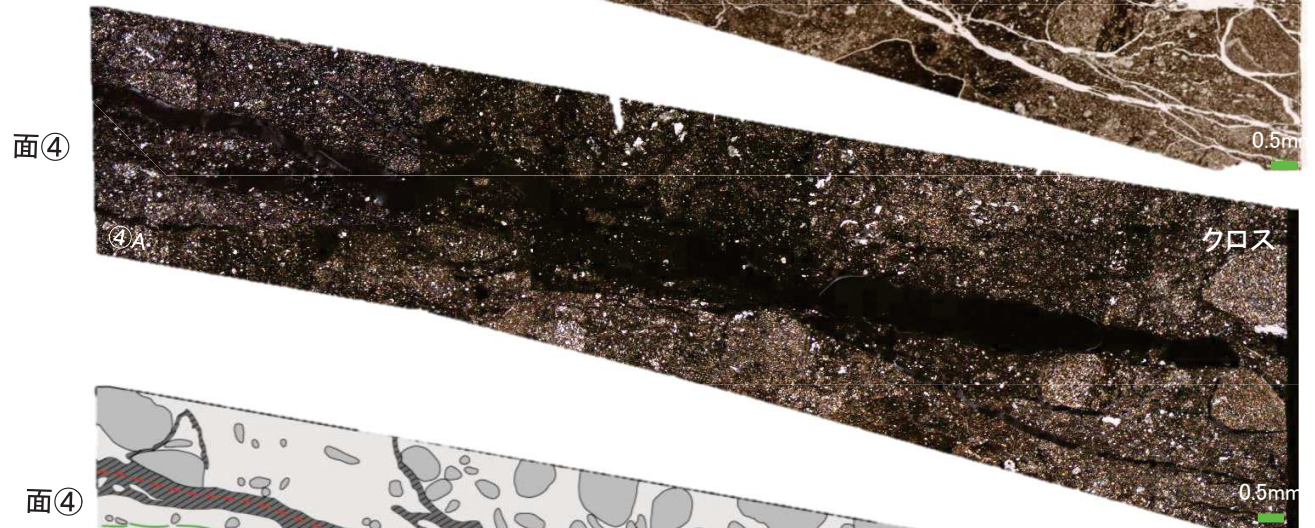
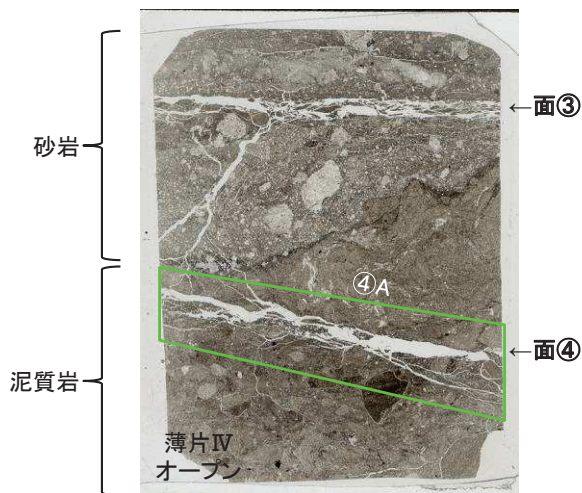
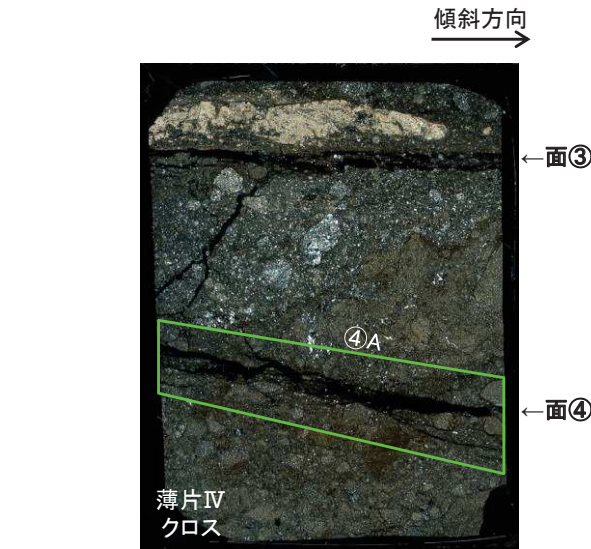


4. 断層破碎部の詳細検討

4.2 断層破碎部の詳細観察(TF-1断層24B-28孔, 面④) 【面④:薄片Ⅳ】

▶ 詳細薄片観察の結果, 面④付近は, 他の面に比べ破碎・細粒化の程度が弱く, また, 面自体の直線性も乏しいことを確認した。

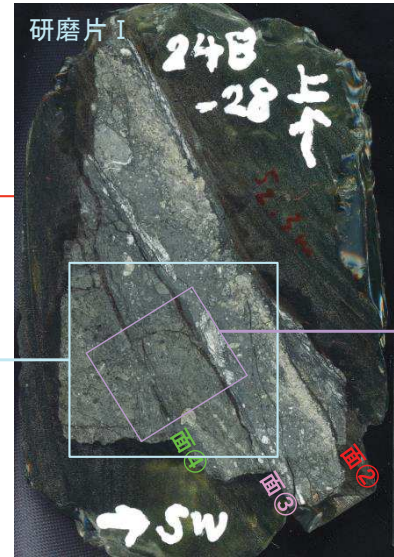
コア観察, ボアホールカメラ観察において, せん断面を認定しづらく, 面自体が不明瞭であることも踏まえ, 面④はTF-1断層の最新面ではないと考えられる。





4. 断層破碎部の詳細検討

第474回審査会合 (H29.6.9)  
資料1-2 p193 再掲

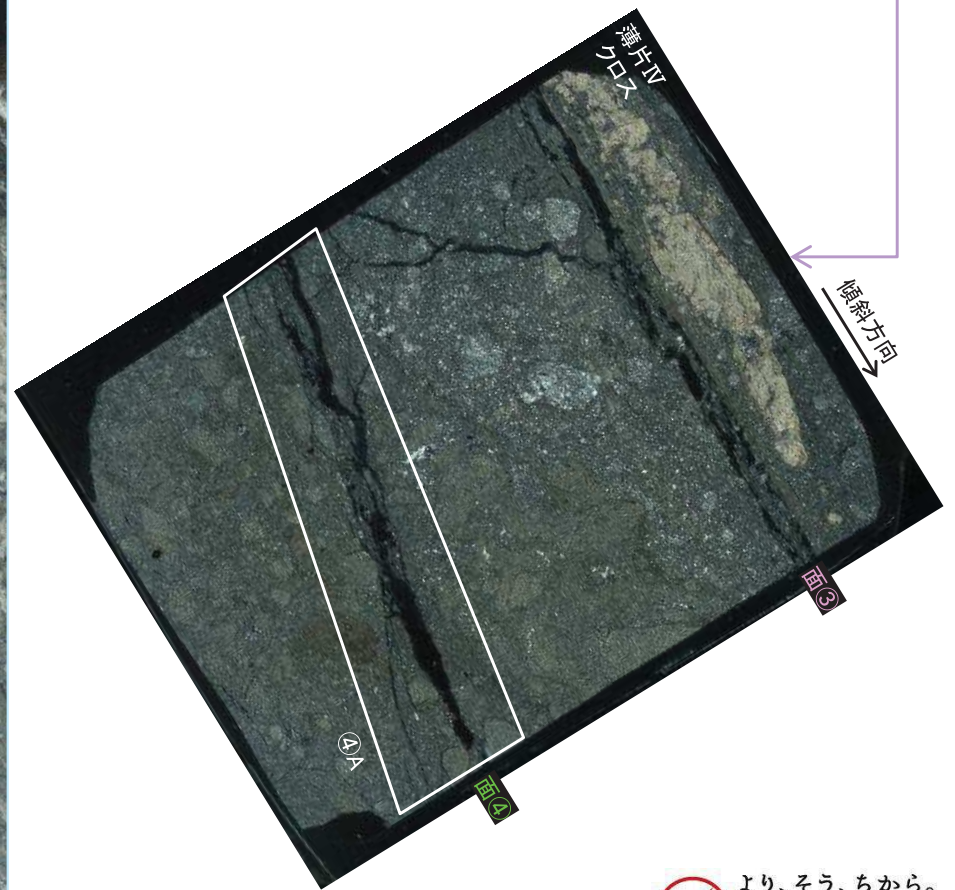
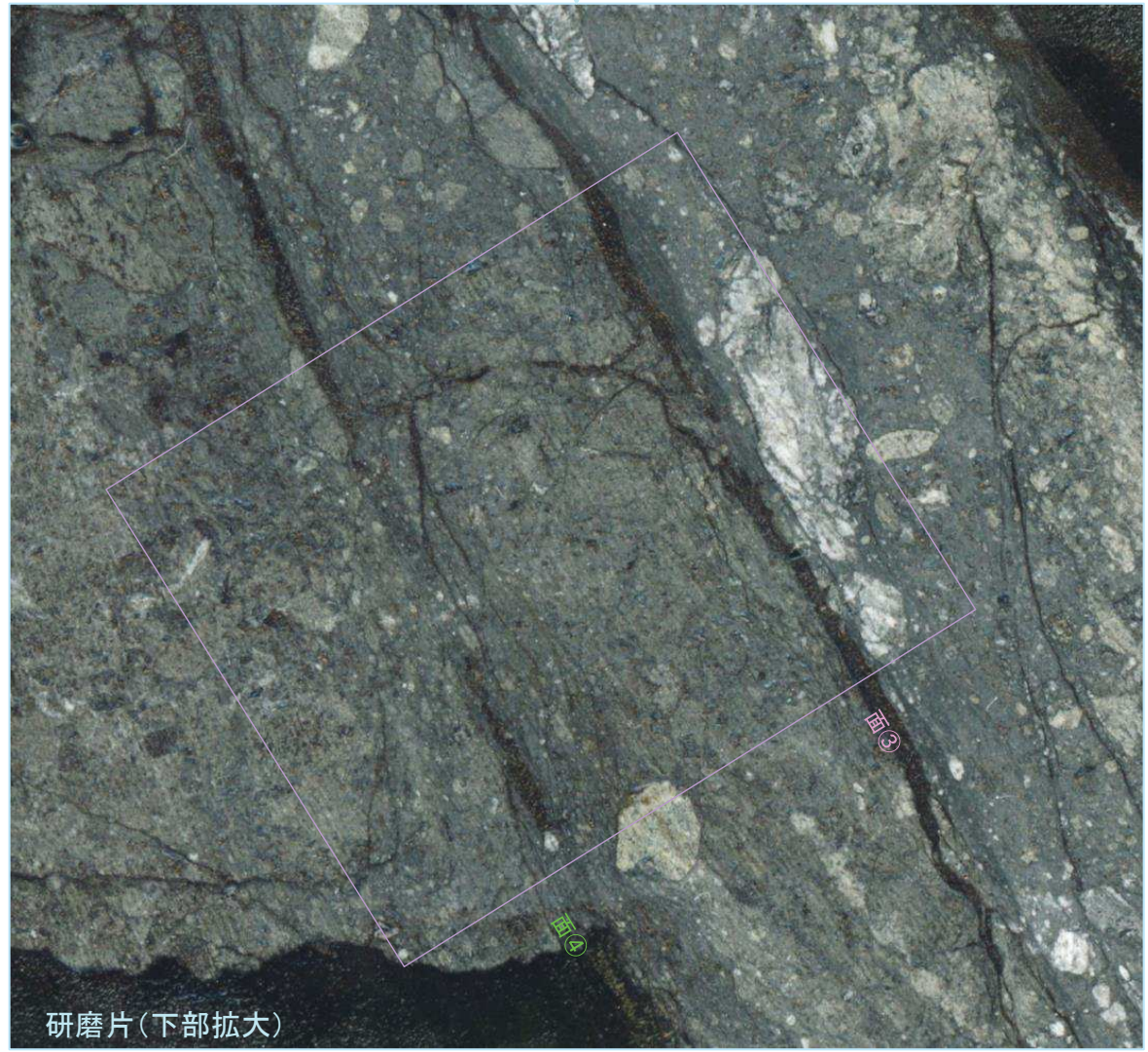


4.2 断層破碎部の詳細観察 (TF-1断層24B-28孔, 面④)

【面④: 研磨片 I】

➤ 面④付近は、細粒化の程度が低く、連続的なY面は確認されない。

研磨片拡大写真

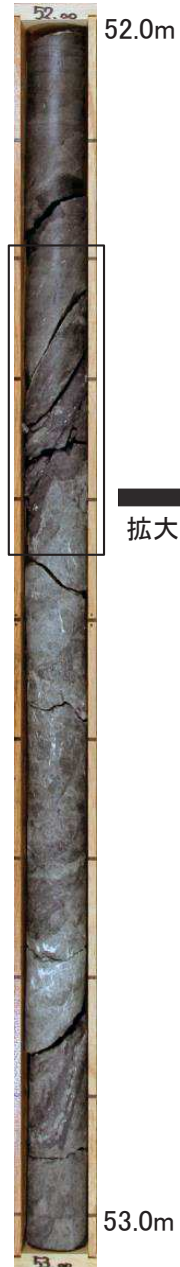




4. 断層破碎部の詳細検討

4.2 断層破碎部の詳細観察(TF-1断層24B-28孔, 面④) 【面④:概要】

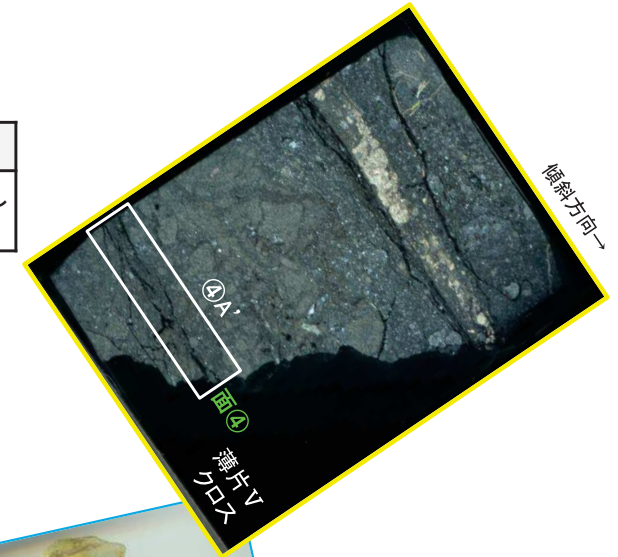
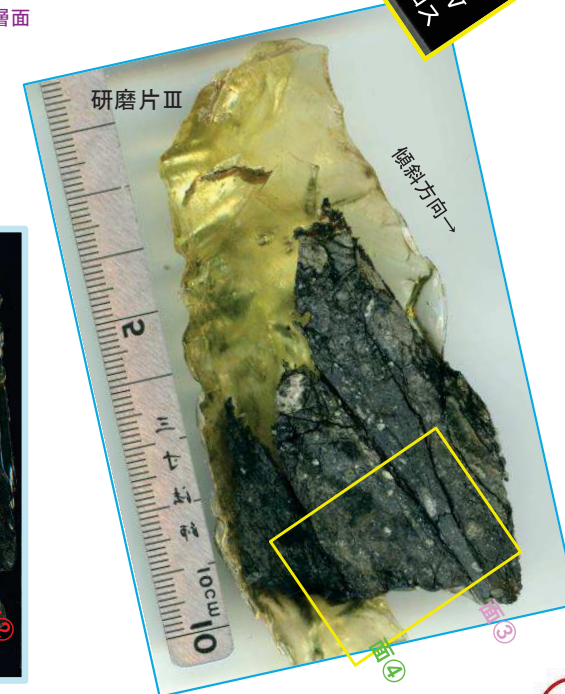
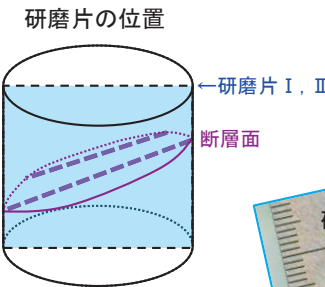
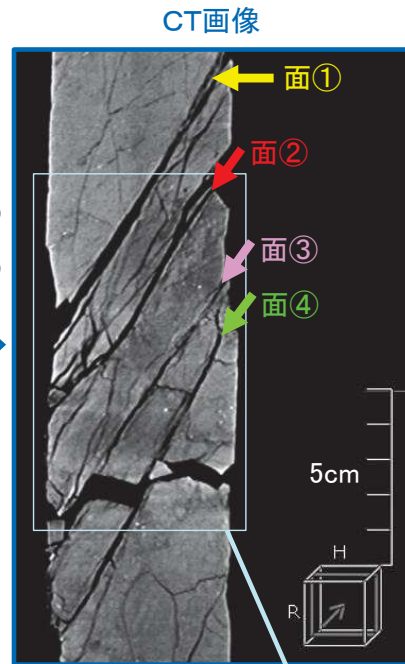
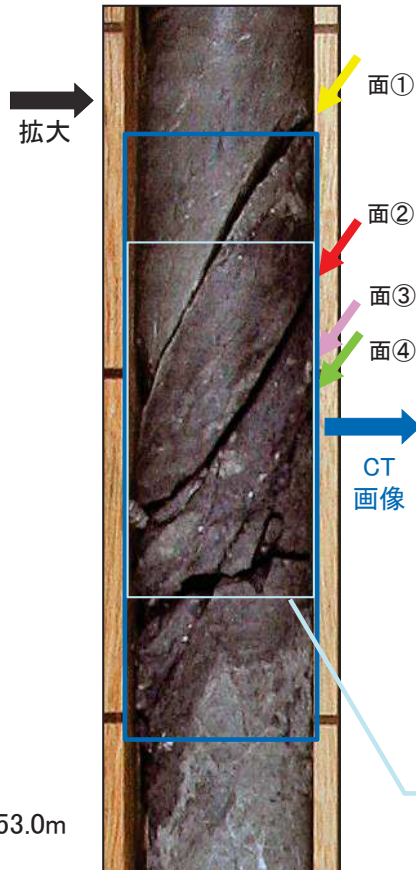
24B-28孔  
(コア写真)



- 面②～④を含むように研磨片を作成し、面④の観察・分析を行った。
- 観察・分析結果は下表のとおりであり、詳細を次頁以降に示す。

評価項目	拡大範囲	確認内容
面①:N18W71W 面②:N52W64SW 面③:N52W62SW 面④:N44W61SW		
最新面の認定	④A'	他の面に比べ破碎・細粒化の程度が弱く、粘土鉱物は断続的にしか確認されず、また、面自体の直線性も乏しい。

24B-28孔  
コア写真(拡大)

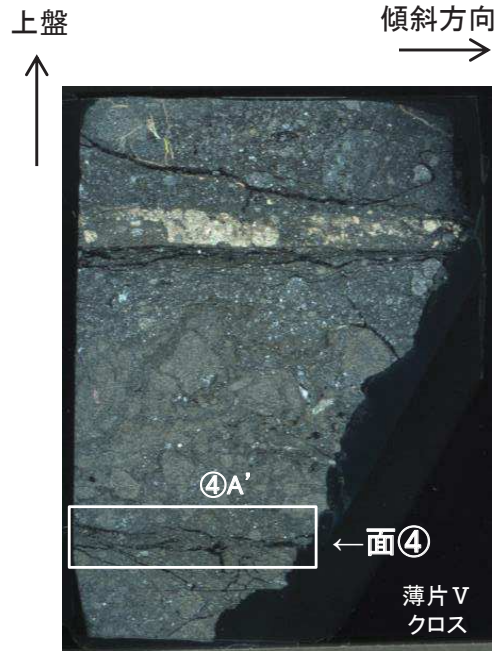


研磨片作成範囲  
(コアを半割りし、手前側の試料で作成)



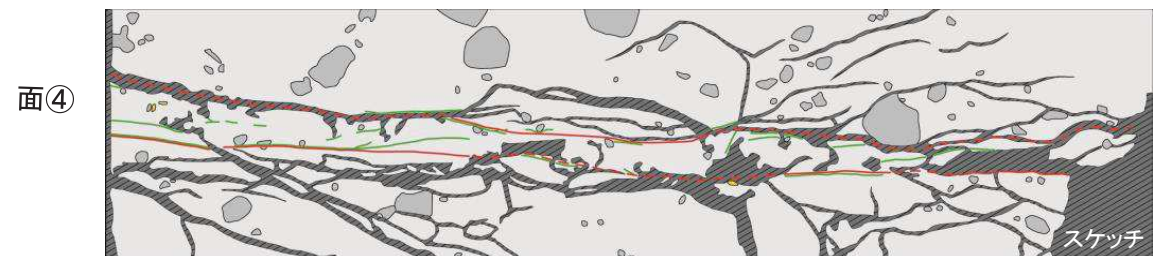
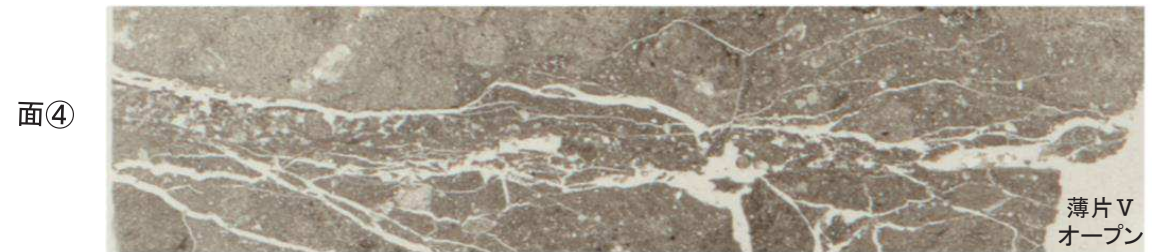
4. 断層破碎部の詳細検討

4.2 断層破碎部の詳細観察 (TF-1断層24B-28孔, 面④) 【面④: 薄片V】



- 面④付近の詳細薄片観察を行った。
- 面④付近は、他の面に比べ破碎・細粒化の程度が弱く、粘土鉱物は断続的にしか確認されず、また、面自体の直線性も乏しいことを確認した。

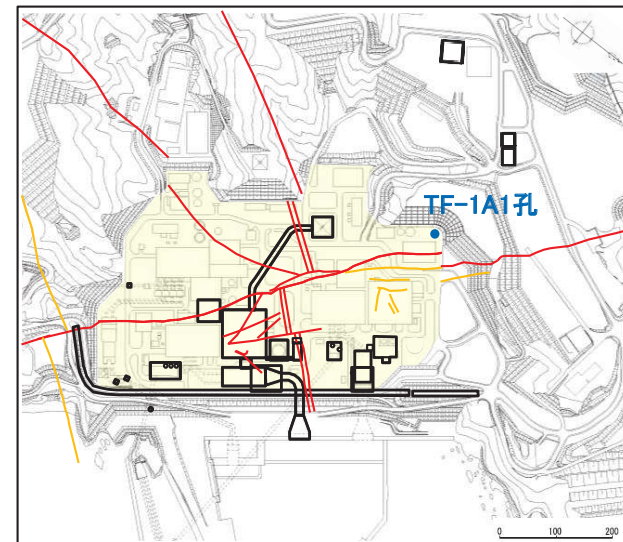
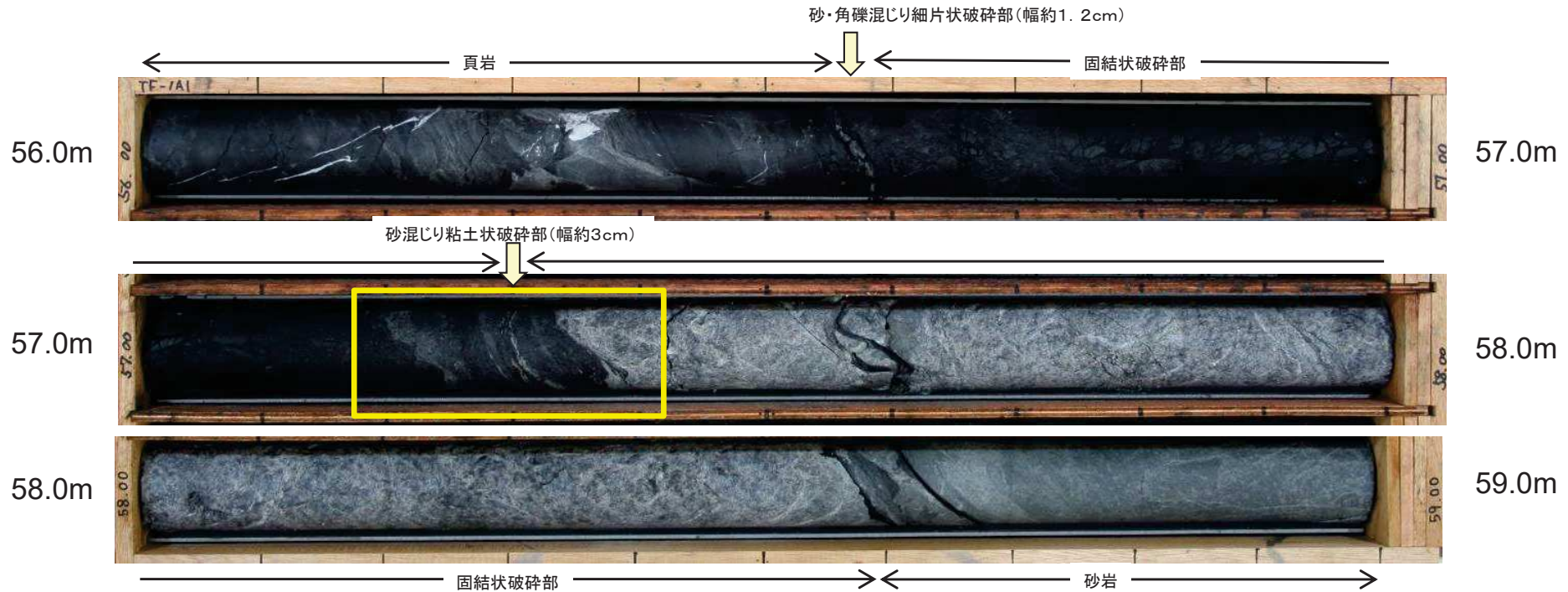
⇒面④はTF-1断層の最新面には該当しない。





#### 4. 断層破碎部の詳細検討

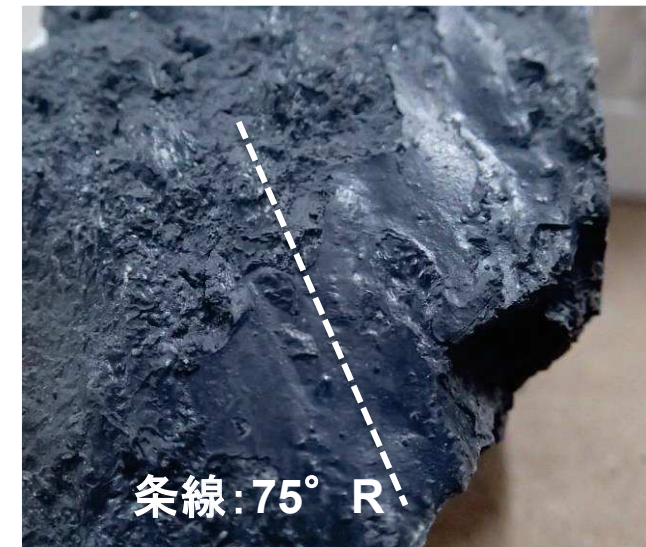
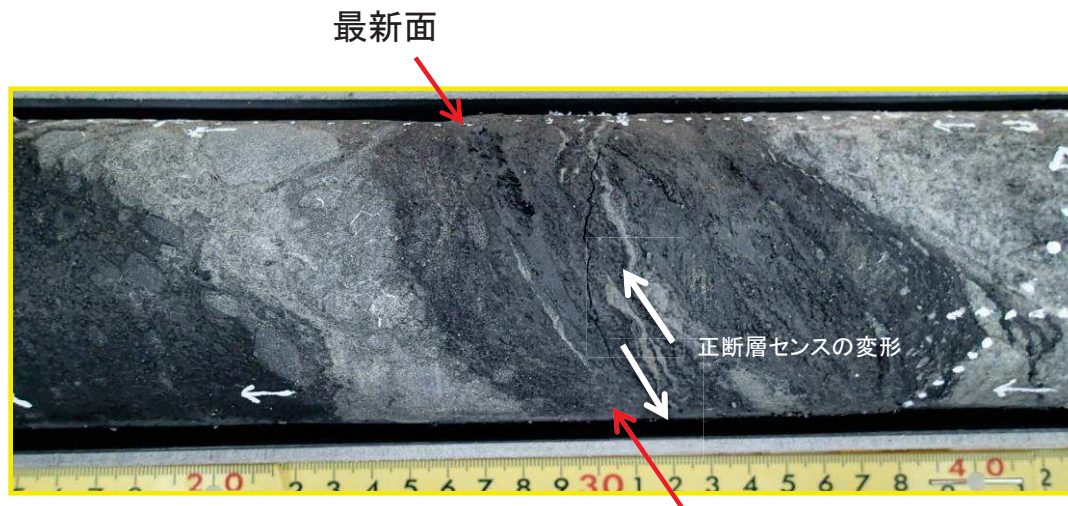
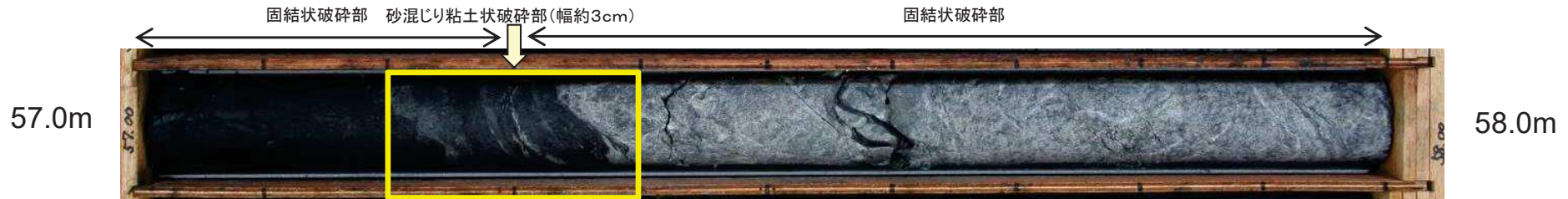
### 4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【TF-1A1孔コア試料】





#### 4. 断層破砕部の詳細検討

### 4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【TF-1A1孔コア試料】

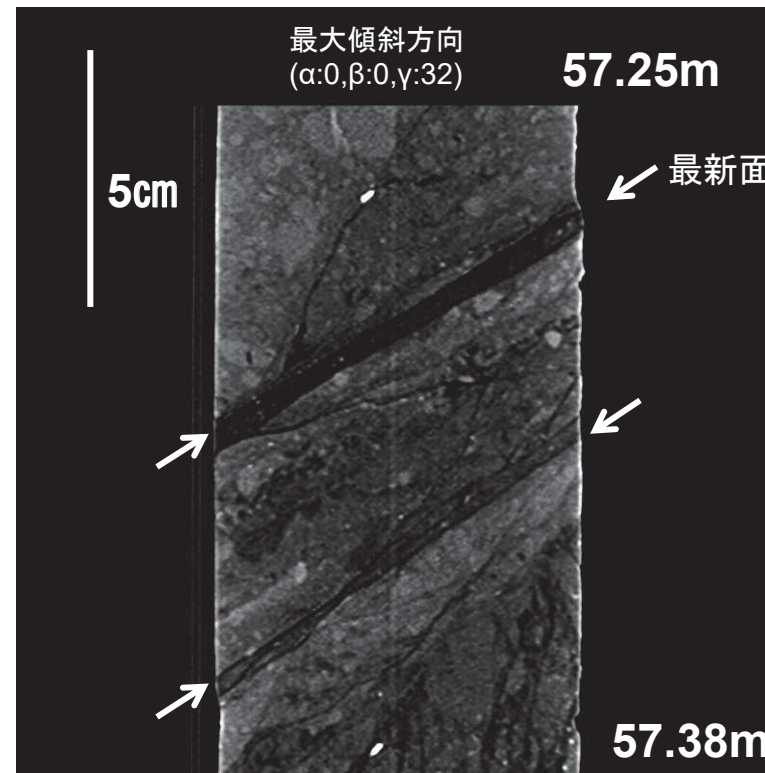


- 最新面は、5～10mmのガウジを狭在。
- 周囲は固結している。
- ガウジの周辺部は正断層センスの変形をしている。
- 最新面における条線は、75° R。



4. 断層破碎部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【CT観察:TF-1A1孔コア試料】



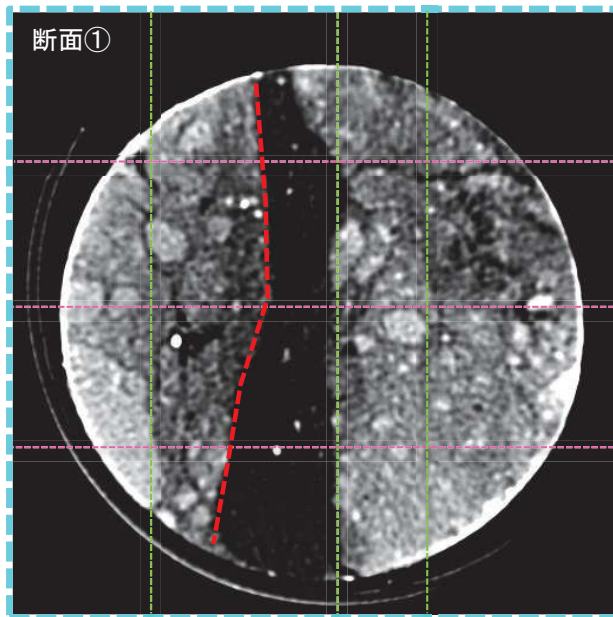
CT観察にて、TF-1断層における最新面を確認した。

- CT画像より、57.3m付近をTF-1断層における最新面と判断した。
  - ・直線性に優れる。
  - ・低密度部が比較的厚い。
  - ・コア観察において、下部の破碎部より条線が多く観察される。

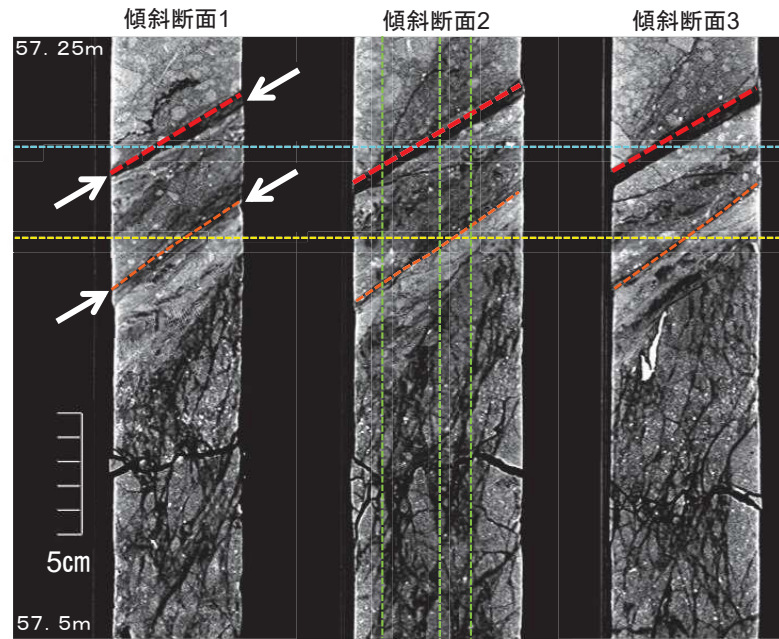


4. 断層破碎部の詳細検討

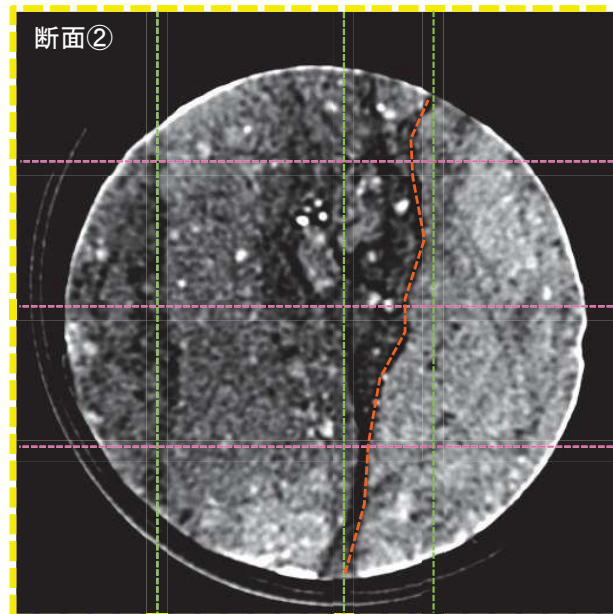
4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【CT観察(複数断面の検討):TF-1A1孔コア試料】



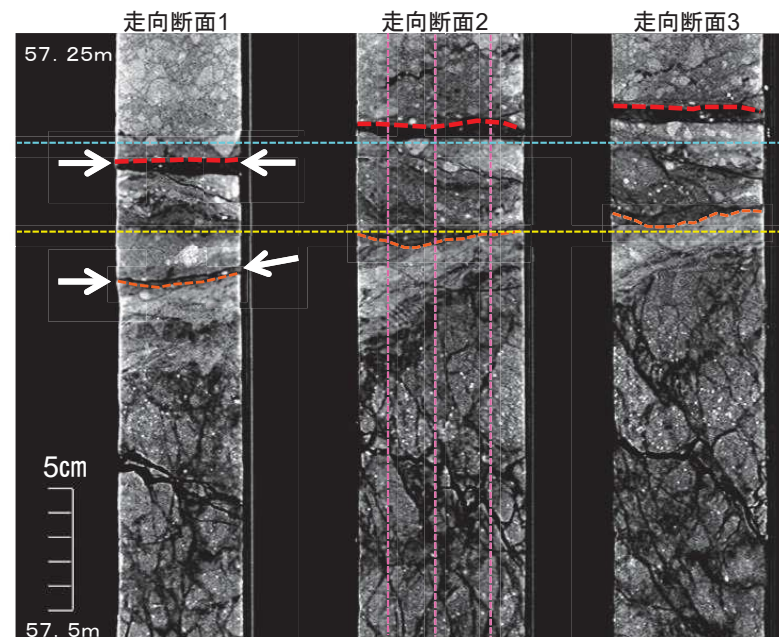
走向断面1 走向断面2 走向断面3



走向断面1 走向断面2 走向断面3



傾斜断面1 傾斜断面2 傾斜断面3



傾斜断面1 傾斜断面2 傾斜断面3

断面①  
断面②

X線CTにて、TF-1断層における最新面を他の断面においても確認した。

- TF-1断層の最新面を57.3m付近と考えることが妥当と判断される。
  - ・直線性に優れる。
  - ・低密度部が比較的厚い。
  - ・コア観察において、下部の破碎部より条線が多く観察される。
- 走向方向の断面観察結果より、下部の面は直線性に欠ける。

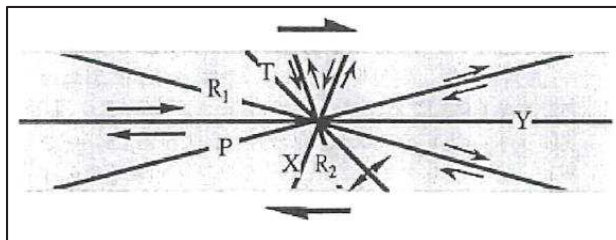
4. 断層破碎部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【変形センスの判読】

・薄片観察における変形センスの判読は、狩野・村田(1998)や、パスキエ・トゥロウ(1999)に従った。

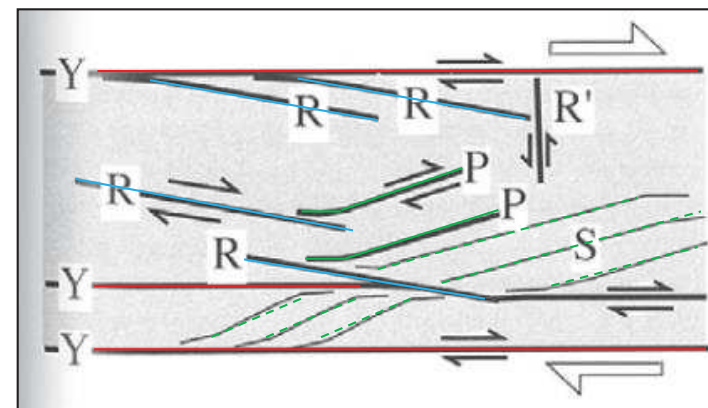
変形構造	・それぞれ特徴的な方位と変位センスを持つせん断面(Yせん断面, Pせん断面, R <sub>1</sub> せん断面等)と粘土鉱物や破碎粒子の配列による面構造からなる。
Yせん断面	・断層の走向に平行な主せん断面。
R <sub>1</sub> せん断面	・Y面に対して時計回りに0° から30° 程度斜交し, 右横ずれ変位を持つせん断面。(右横ずれの場合)
Pせん断面	・Y面に対して反時計回りに0° から30° 程度斜交し, 右横ずれ変位を持つせん断面。(右横ずれの場合)
面構造S	・粘土鉱物の配列による面構造。 ・粒子の配列による面構造。 ・粒度の違いによる面構造。 ・Pせん断面とほぼ平行な面を有する。

脆性断層岩に見られるせん断組織(右横ずれの場合)



(狩野・村田(1998))

注: R<sub>1</sub>せん断面, R<sub>2</sub>せん断面はそれぞれ, Rせん断面, R'せん断面に対応する。

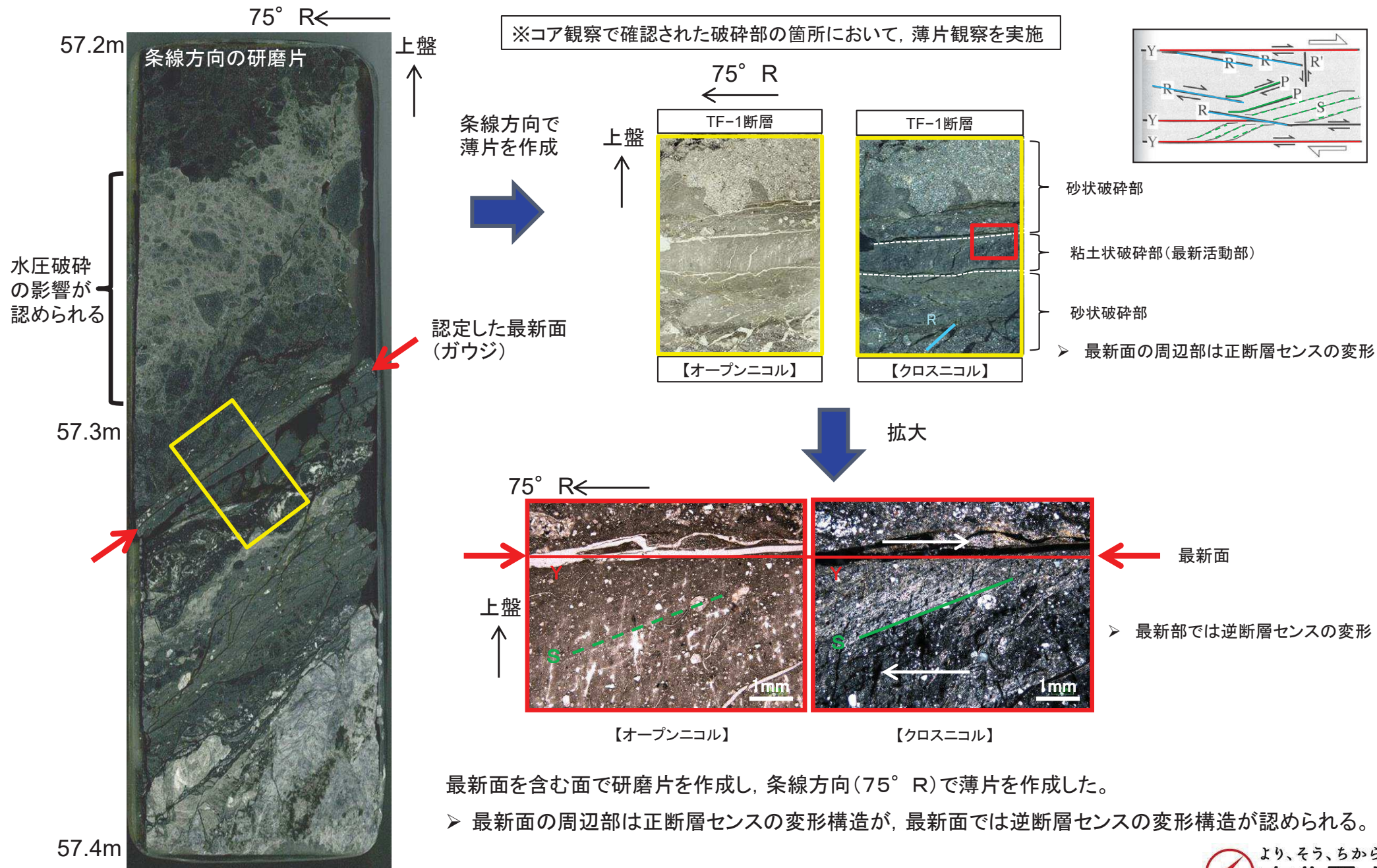


(パスキエ・トゥロウ(1999)に加筆)



### 4.3 最新面の運動センスの検討(1)

#### 【運動センスの確認(研磨片・薄片)①:TF-1A1孔コア試料】



最新面を含む面で研磨片を作成し、条線方向(75° R)で薄片を作成した。

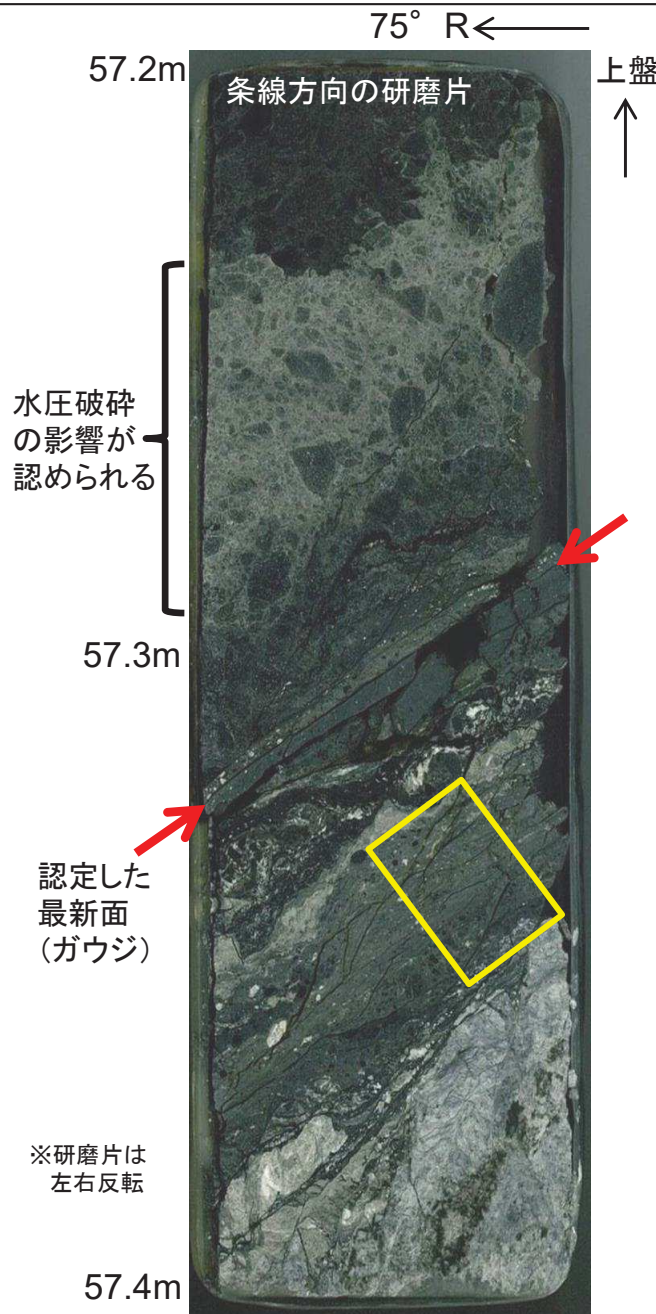
➤ 最新面の周辺部は正断層センスの変形構造が、最新面では逆断層センスの変形構造が認められる。



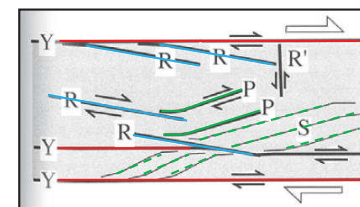
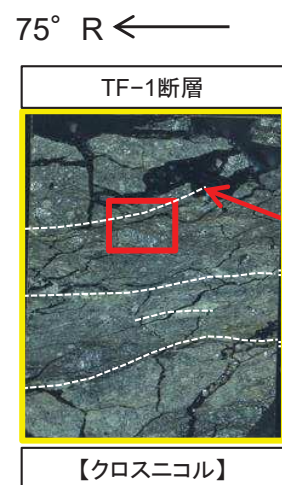
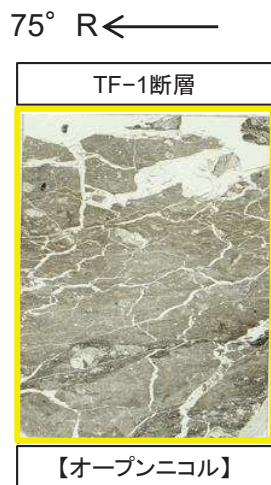
### 4.3 最新面の運動センスの検討(1)

#### 【運動センスの確認(研磨片・薄片)②:TF-1A1孔コア試料】

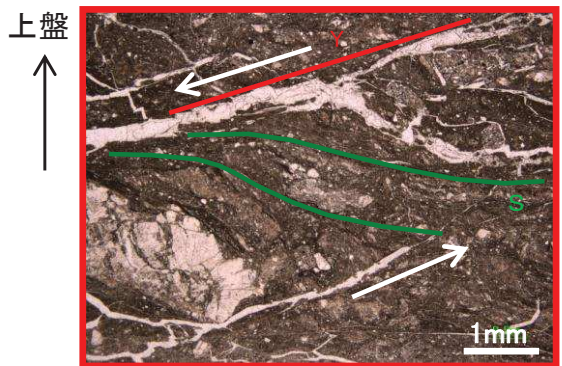
※コア観察で確認された破碎部の箇所において、薄片観察を実施



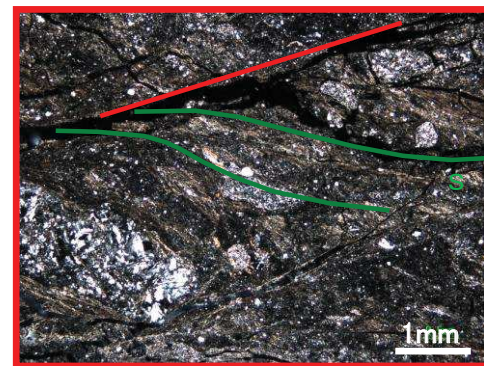
条線方向で薄片を作成



砂状破碎部  
下の写真のY面  
粘土状破碎部  
砂状破碎部



【オープンニコル】



【クロスニコル】

➤ 粘土状破碎部の周辺は正断層センス

最新面を含む面で研磨片を作成し、条線方向(75° R)で薄片を作成した。

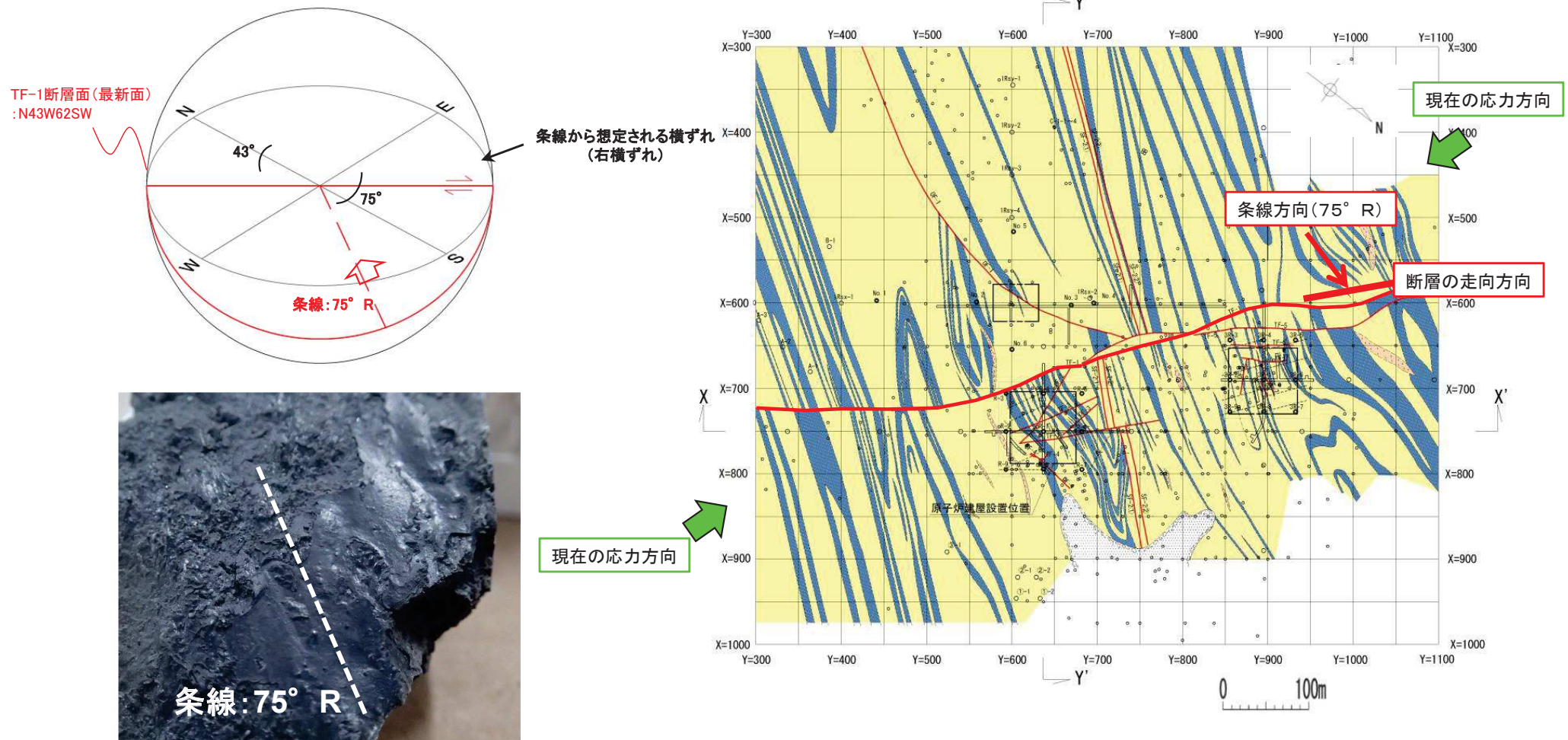
➤ 最新面の周辺部は正断層センスの変形構造が認められる。

※研磨片は左右反転



### 4.3 最新面の運動センスの検討(1)

#### 【条線と現在の応力場の関係:TF-1断層最新面の条線】



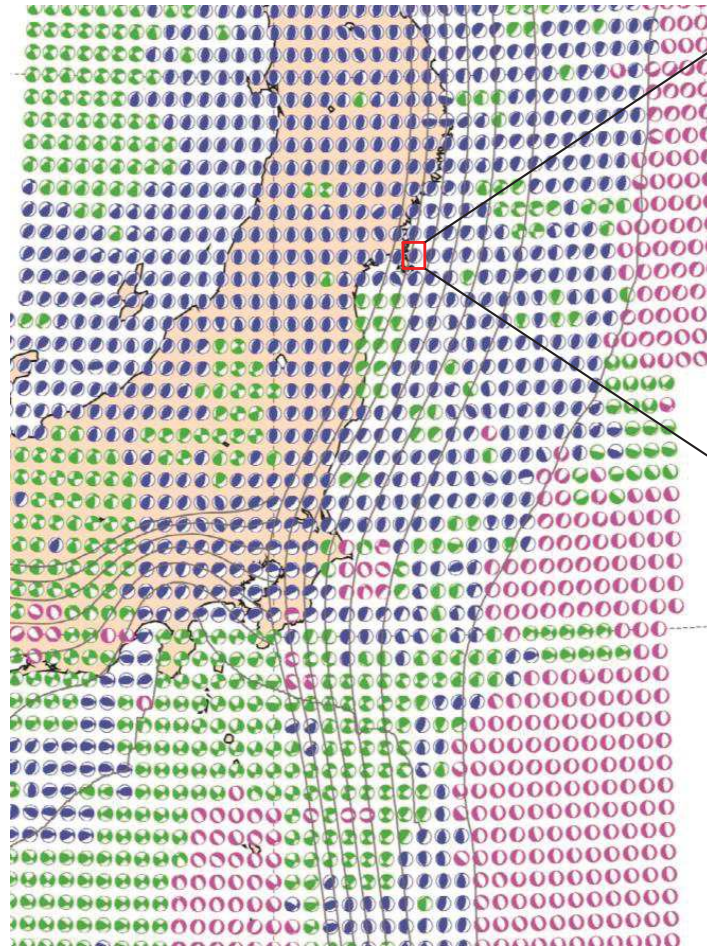
- TF-1断層の最新面の条線観察結果は75° Rであるため、横ずれ成分としては右横ずれセンスを示す。
  - 一方、概ねNW走向のTF-1断層に対して、現在東北地方にかかる応力場は概ねE-W方向~WNW-ESE方向のため、仮に現在の応力場でTF-1断層が動くとする、左横ずれセンスの動きが考えられる。
- ⇒現在の応力場に関するデータについて整理を行った。

4. 断層破碎部の詳細検討

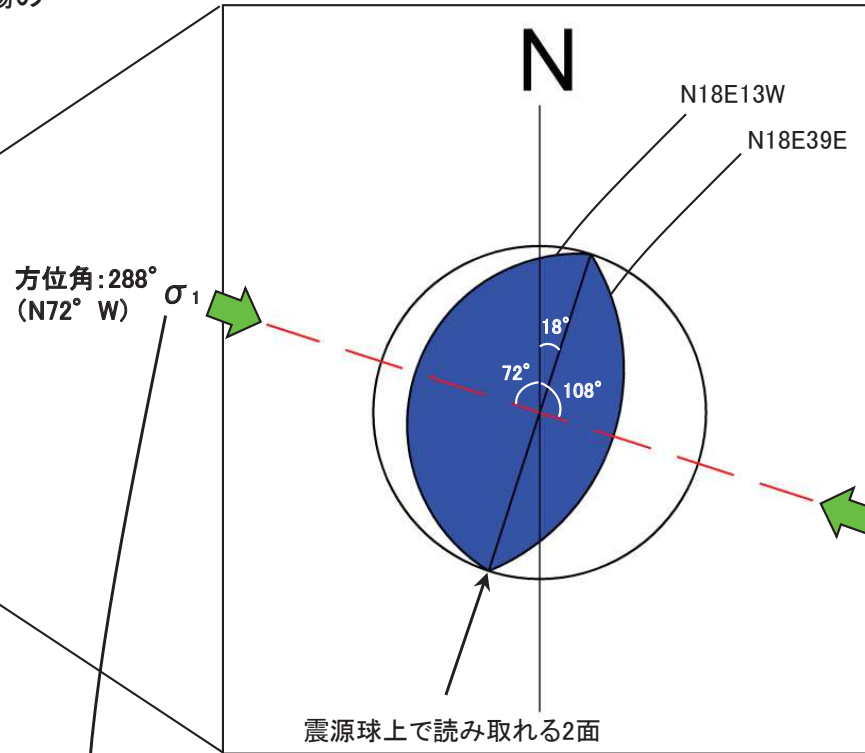
4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【条線と現在の応力場の関係:現在の応力場】

➤ Terakawa and Matsu'ura (2010)の日本列島周辺における応力場の水平パターンに基づき、女川付近の応力場を推定。

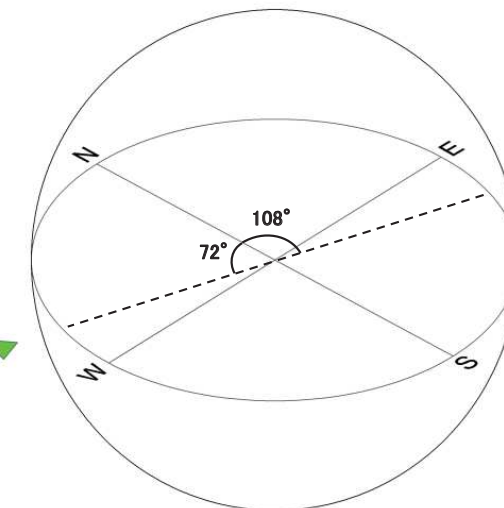
✓ 女川付近については、 $\sigma_1$ の方位角は $108^\circ$  及び $288^\circ$  である。



日本列島周辺における応力場の水平パターン  
(Terakawa and Matsu'ura (2010)に加筆)



- ✓ 2つの節面の交点が水平面にあることから、典型的な逆断層型と考えられる。
- ✓ 2つの節面の接線と直交する方向を $\sigma_1$ として図中より方位を読み取る。



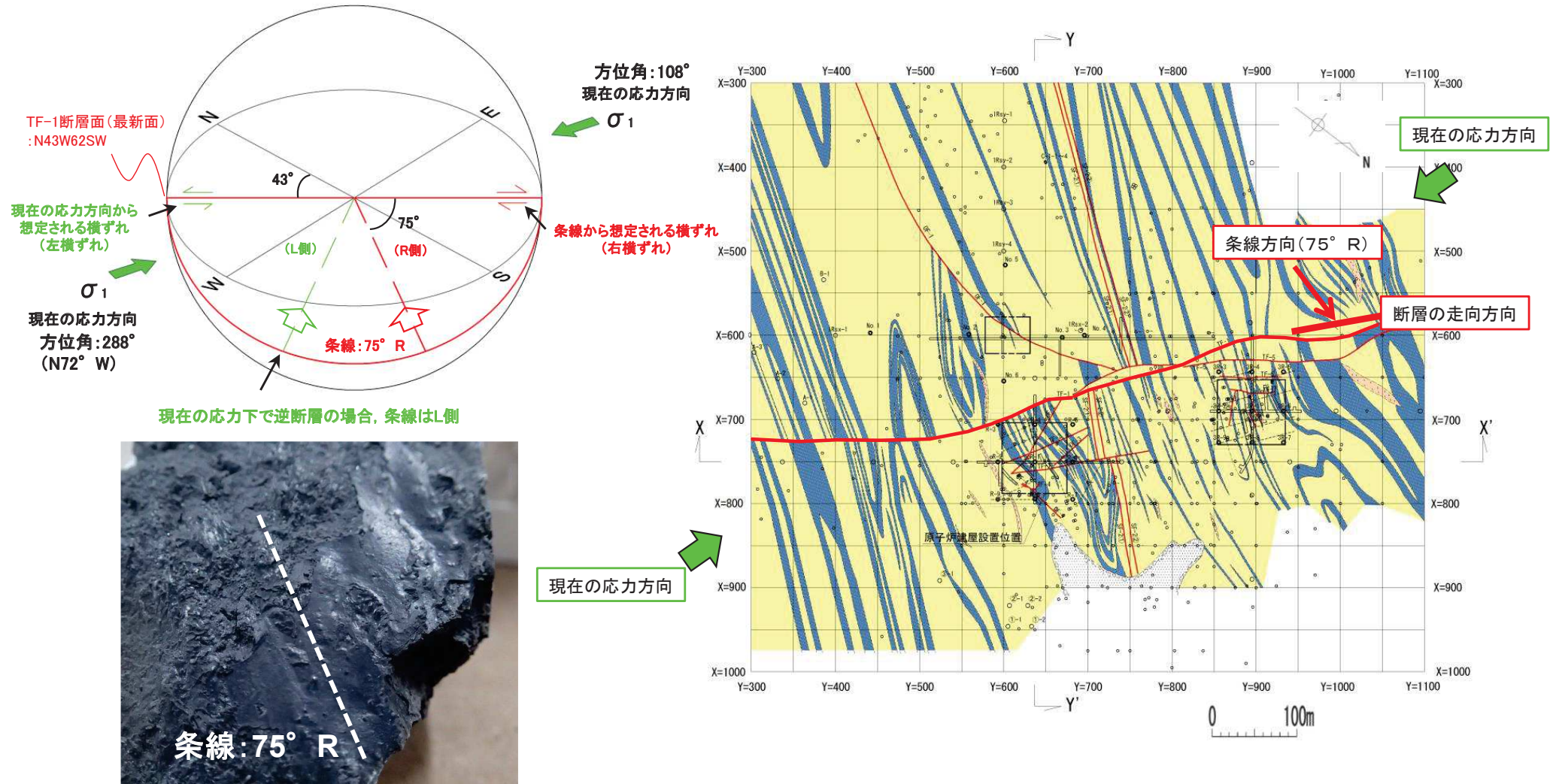
$\sigma_1$   
現在の応力方向  
方位角:  $288^\circ$   
( $N72^\circ W$ )

現在の応力方向  
 $\sigma_1$   
方位角:  $108^\circ$



4. 断層破碎部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(1) 【条線と現在の応力場の関係:TF-1A1孔コア試料】

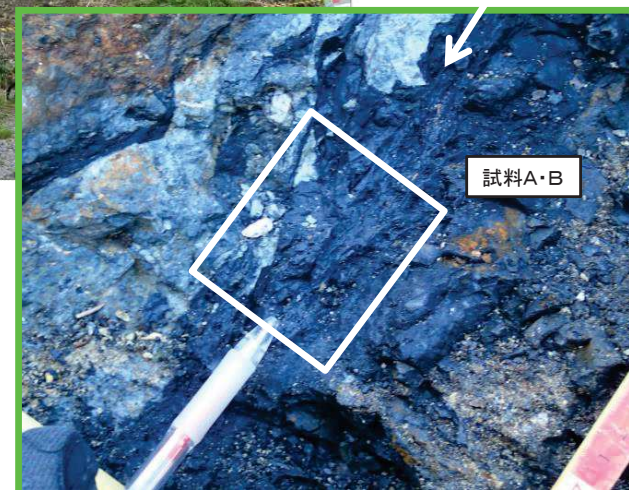
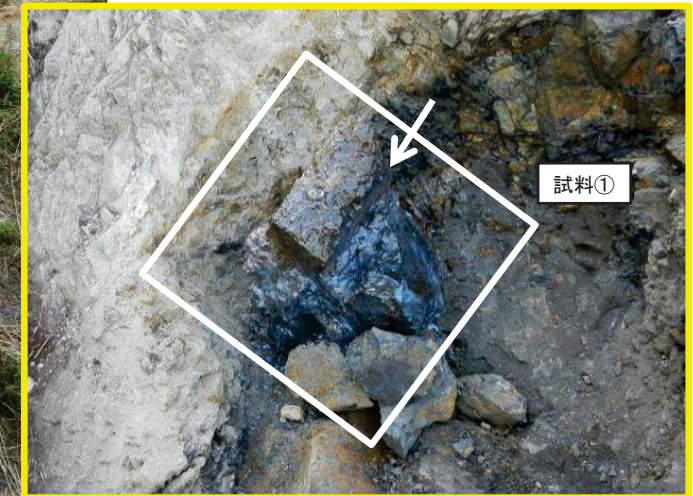
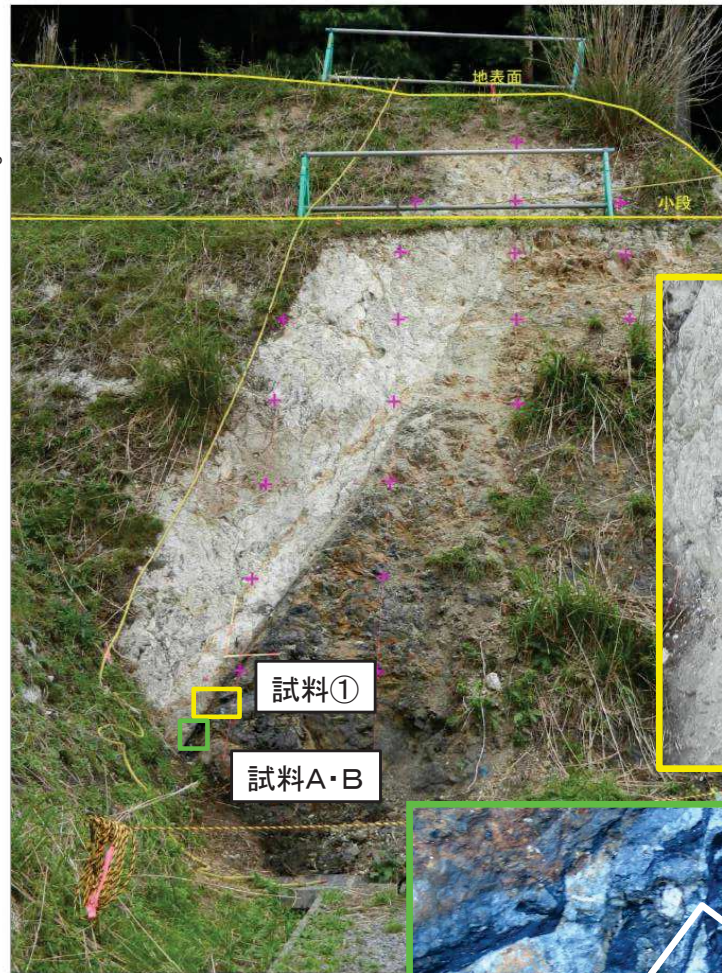
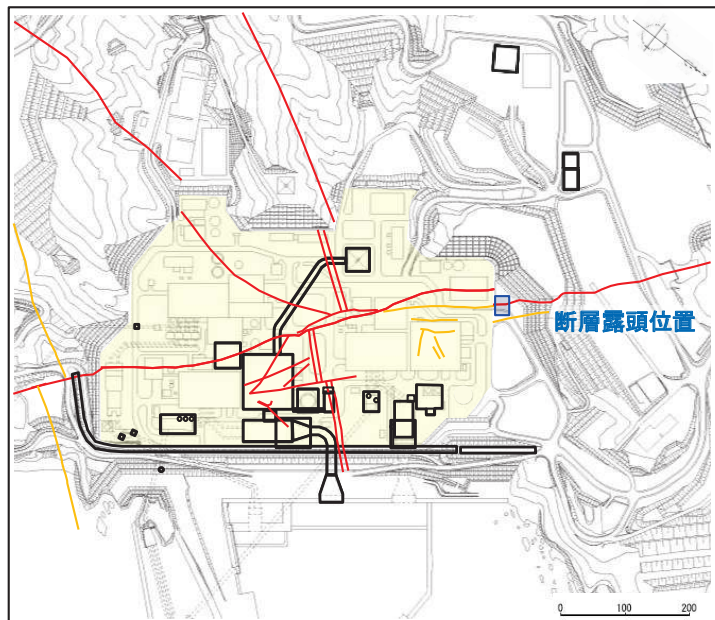


- TF-1断層の最新面の条線観察結果は75° Rであるため、横ずれ成分としては右横ずれセンスを示す。
- 一方、概ねNW走向のTF-1断層に対して、Terakawa and Matsu'ura (2010)に基づく現在の応力場は、断層の走向より反時計回りにやや斜交する方向のため、仮に現在の応力場でTF-1断層が動くとなると、左横ずれセンスの動きが考えられる。  
⇒最新面の条線から想定されるTF-1断層の最終活動を考慮すると、現在の応力場で動いたものではないと考えられる。



### 4.3 最新面の運動センスの検討(2) 【TF-1断層ブロック試料採取位置】

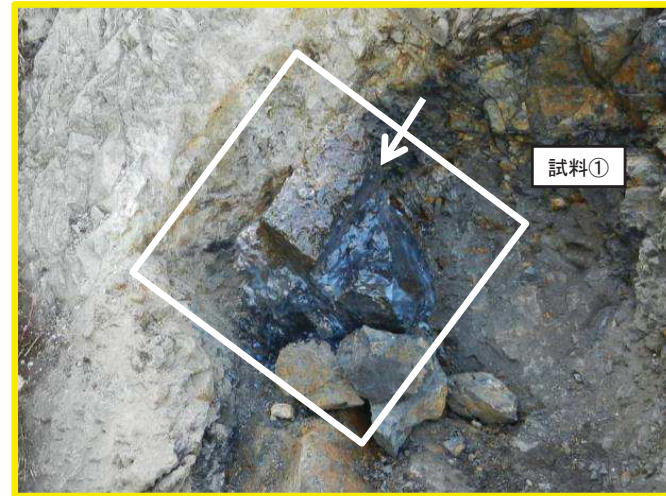
- TF-1断層の上盤側に砂岩, 下盤側に頁岩が分布する。
- TF-1断層は岩相を境する断層である。
- TF-1断層の上盤側にR面が確認され, 大局的には正断層の構造を示す。
- 最新面の認定にあたっては, 露頭観察により破碎部内の直線性及び連続性の高い面について試料の採取を行った。





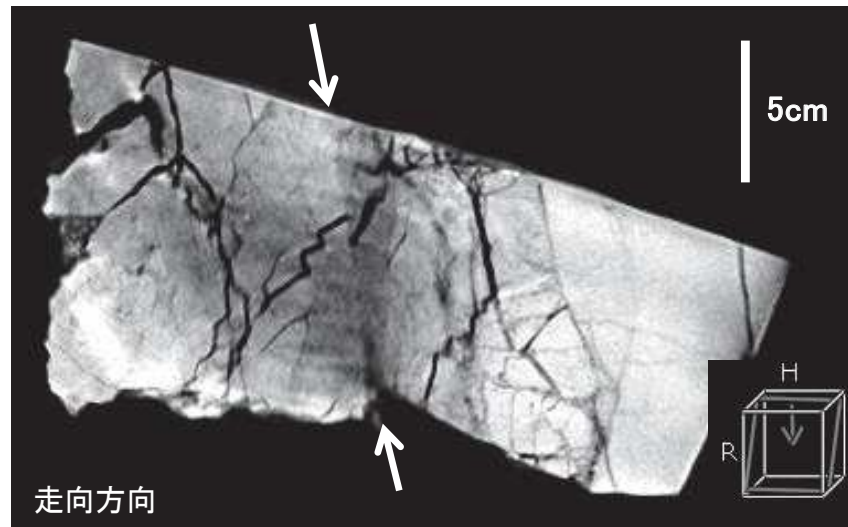
4. 断層破碎部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(2) 【ブロック試料①のCT観察:最新面の認定】

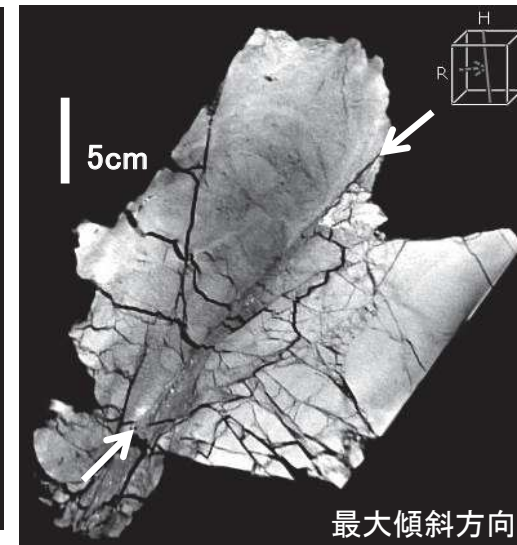


試料①

試料①



走向方向

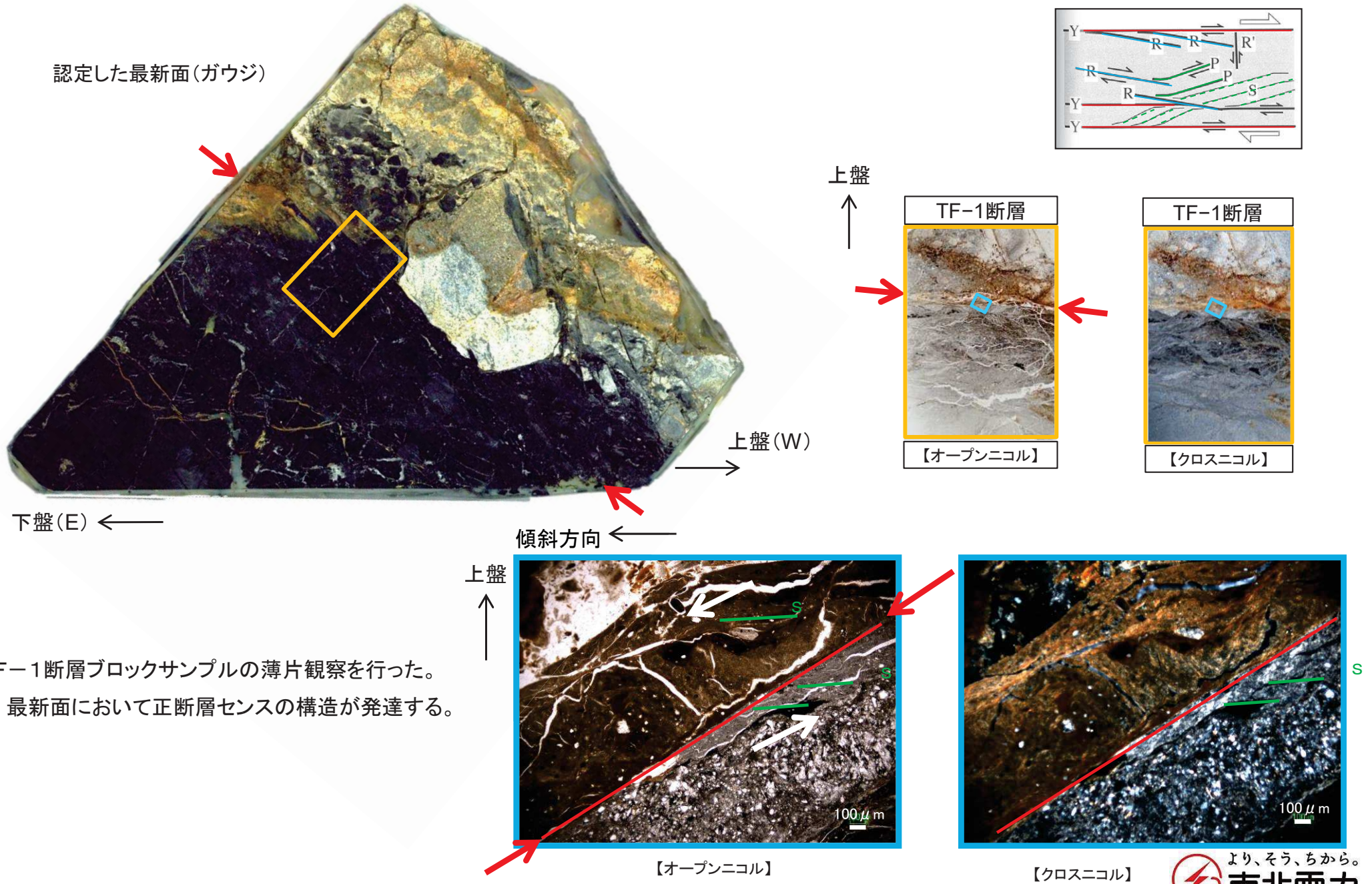


最大傾斜方向

- TF-1断層最新面の認定にあたってはCT画像観察を実施し、内部構造を含む直線性・連続性の高い面(CT画像による最新面)を確認している。

4. 断層破碎部の詳細検討

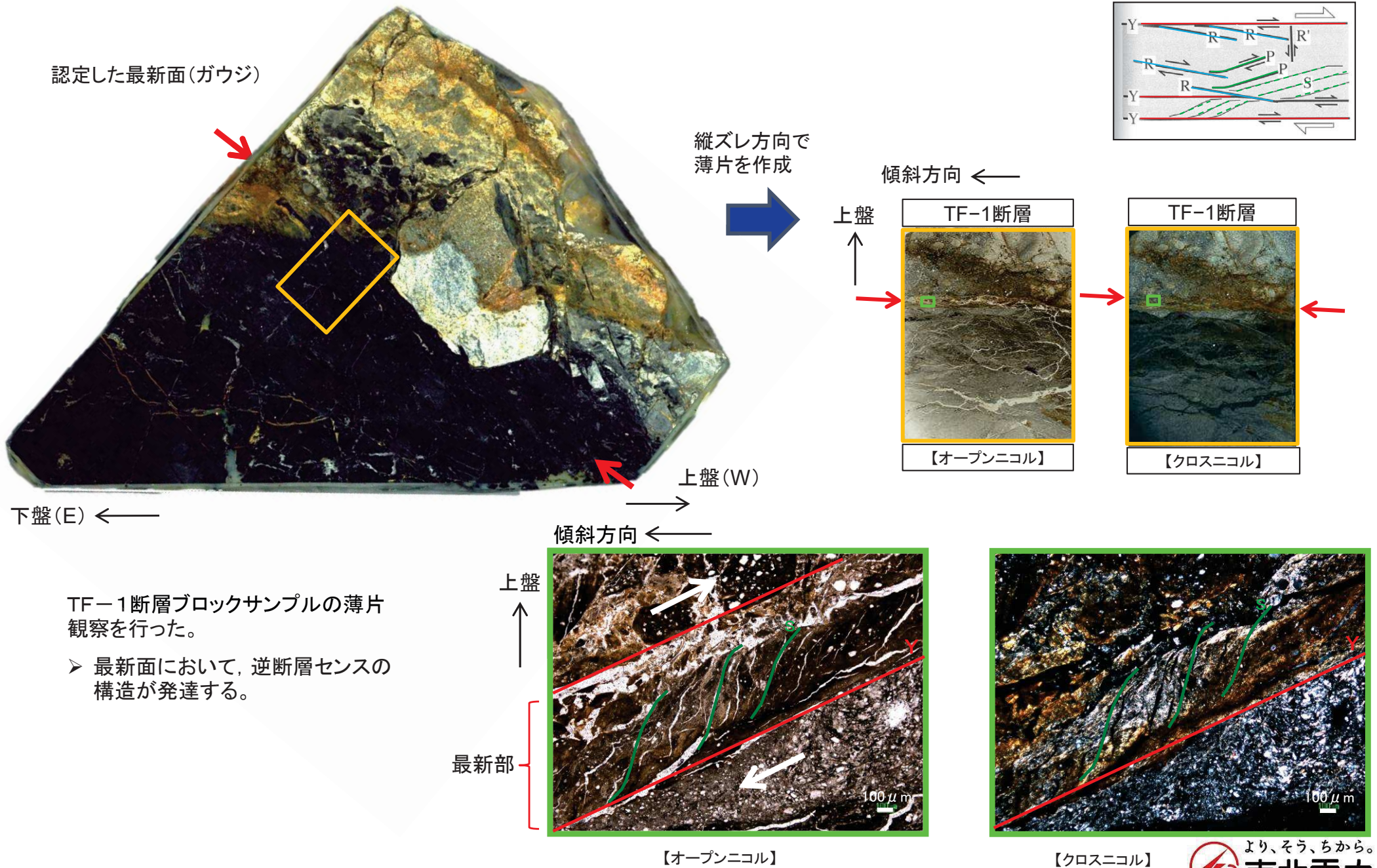
4.3 最新面の運動センスの検討(2) 【ブロック試料①の薄片観察】





4. 断層破碎部の詳細検討

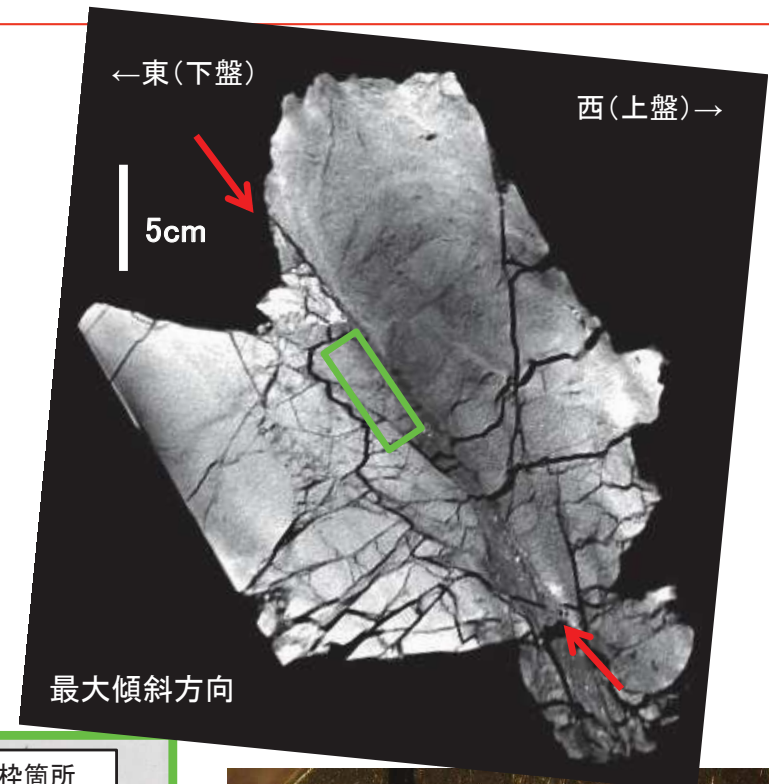
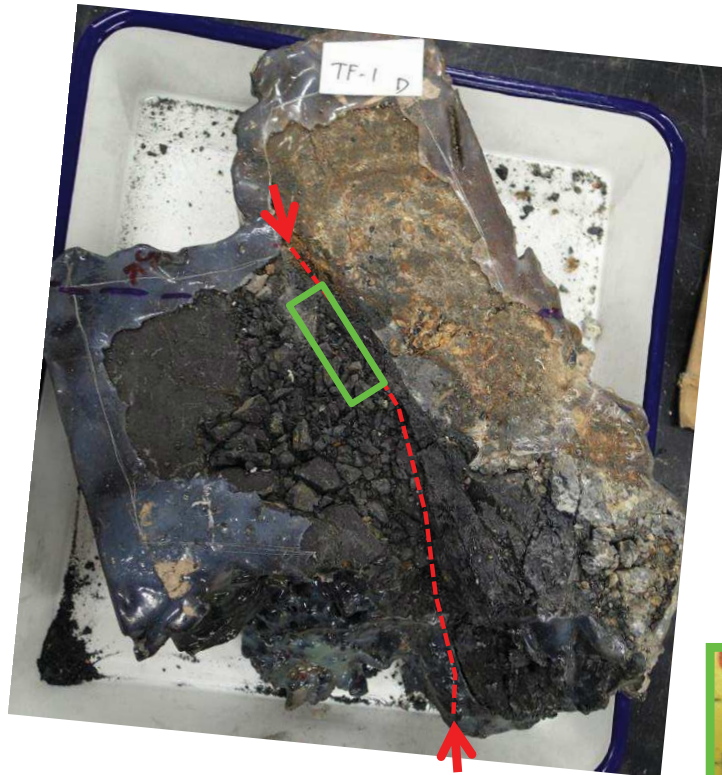
4.3 最新面の運動センスの検討(2) 【ブロック試料①の薄片観察】





4. 断層破碎部の詳細検討

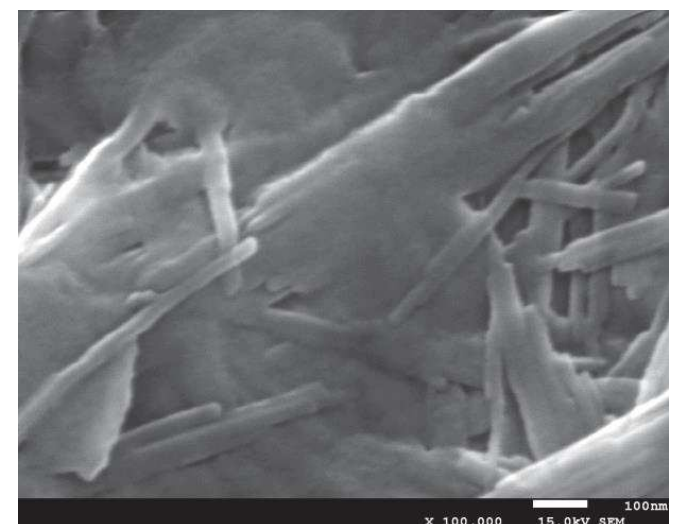
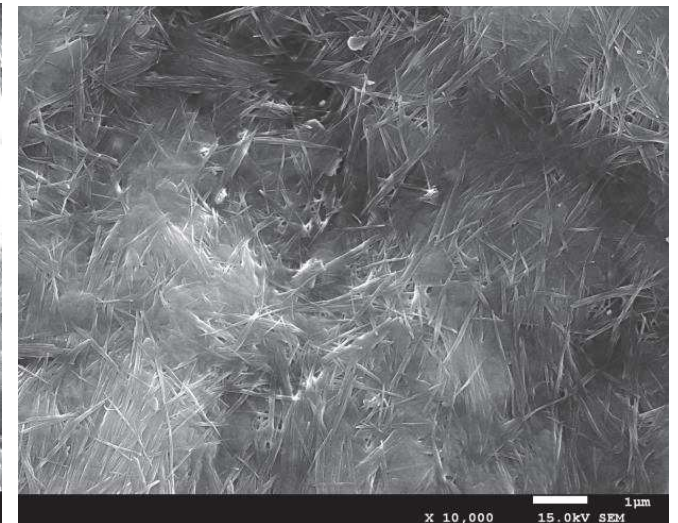
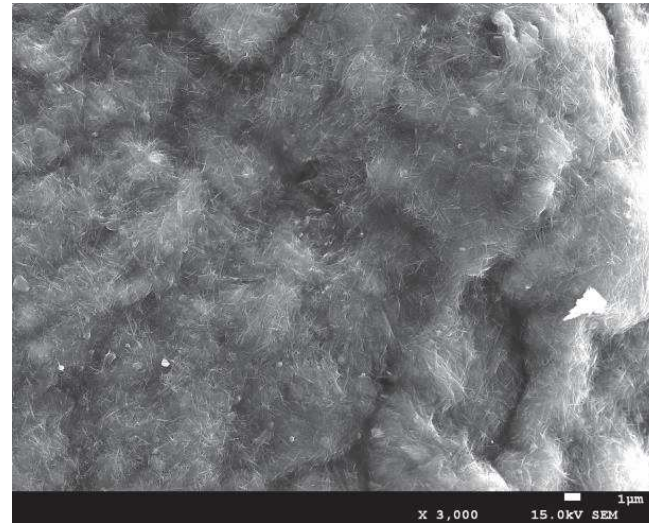
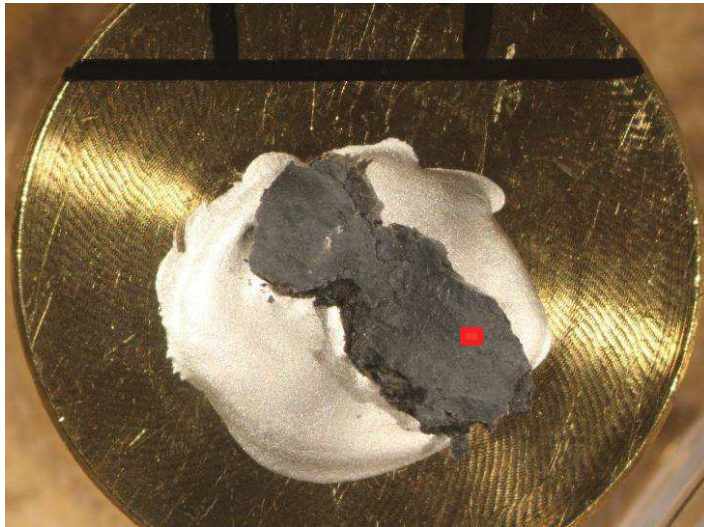
4.3 最新面の運動センスの検討(2) 【ブロック試料①のSEM観察試料】





#### 4. 断層破碎部の詳細検討

### 4.3 最新面の運動センスの検討(2) 【ブロック試料①のSEM観察】



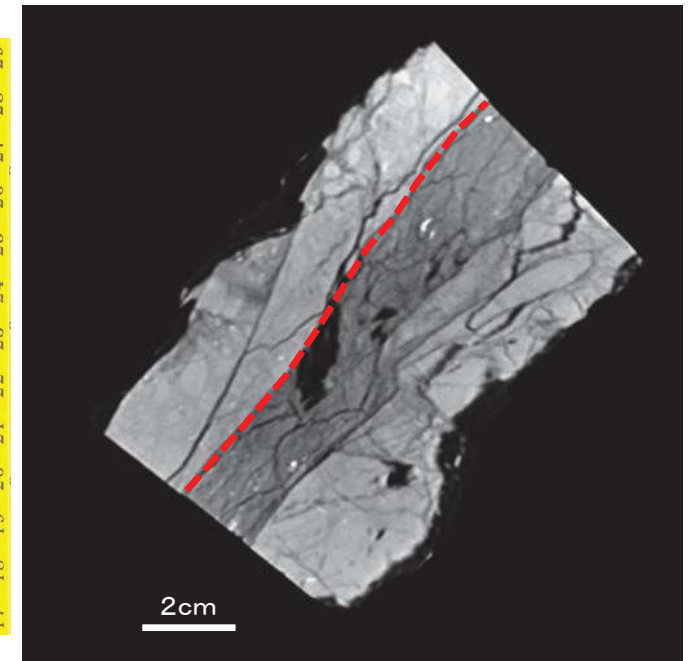
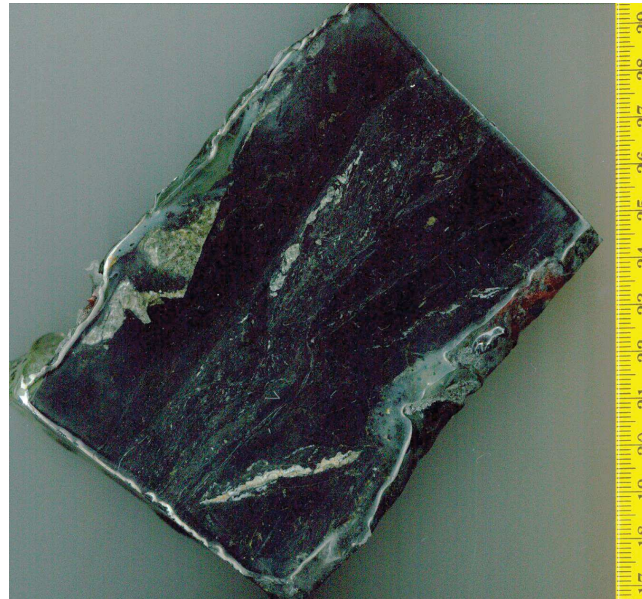
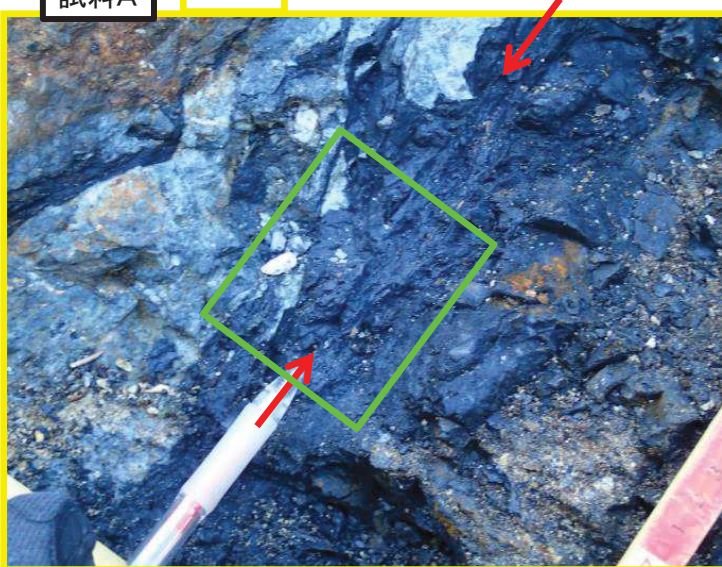
➤ TF-1断層の最新面には長柱状の自形の粘土鉱物が成長し、破壊されていない。



#### 4. 断層破碎部の詳細検討

### 4.3 最新面の運動センスの検討(3) 【試料A:最新面の確認】

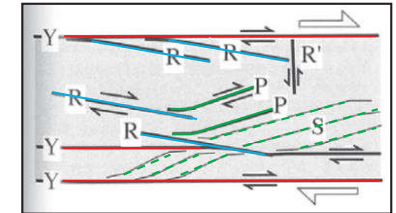
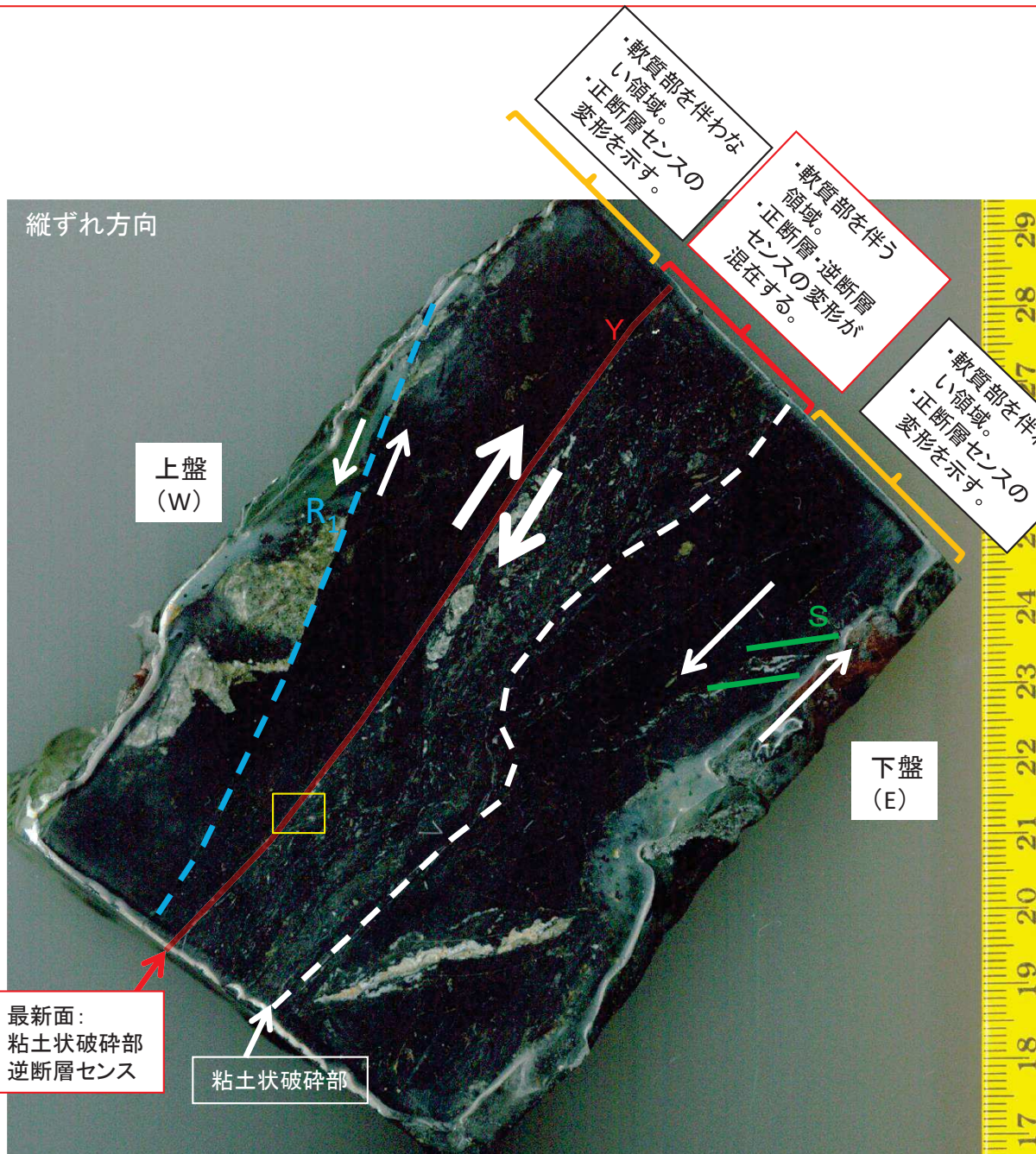
TF-1断層



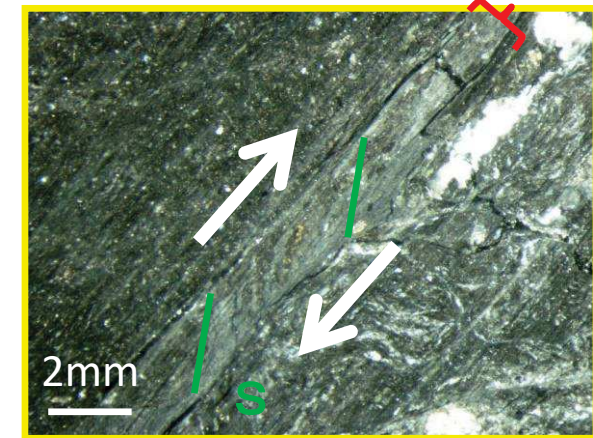


#### 4. 断層破碎部の詳細検討

### 4.3 最新面の運動センスの検討(3) 【試料Aの研磨片・薄片観察】



最新面  
粘土状破碎部

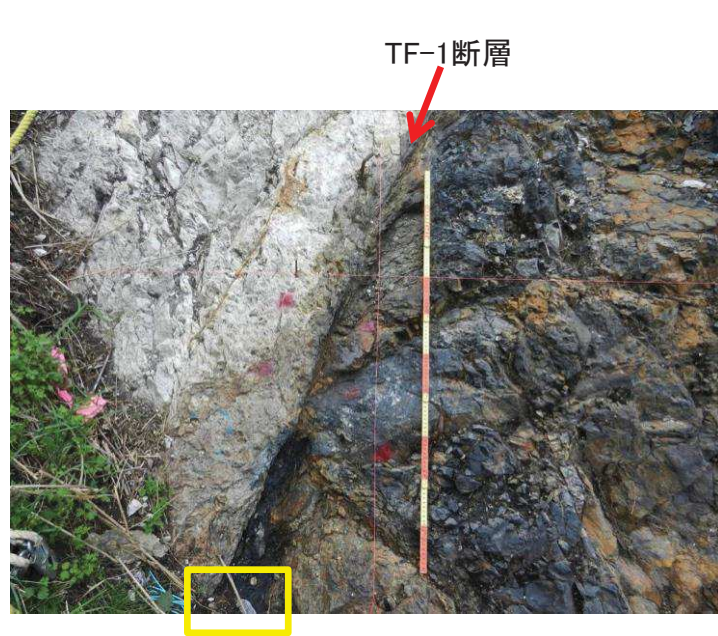


- TF-1断層周辺部は正断層センスの変形構造, 最新面においては逆断層センスの変形構造を示す。
- TF-1断層は大局的には正断層センスの変形構造が確認されたが, 最新面においては逆断層センス主体の変形構造が確認された。

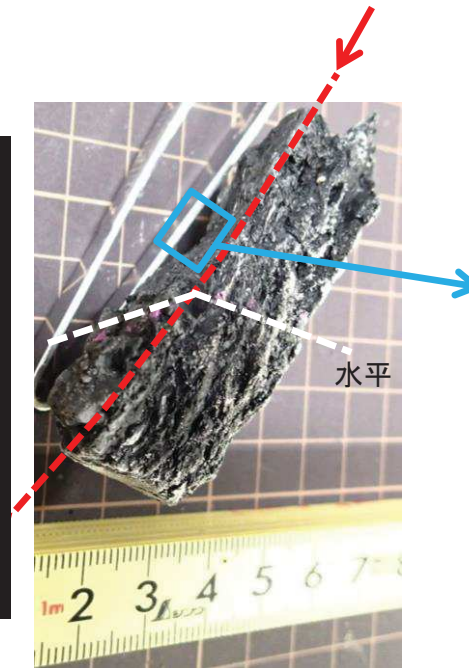
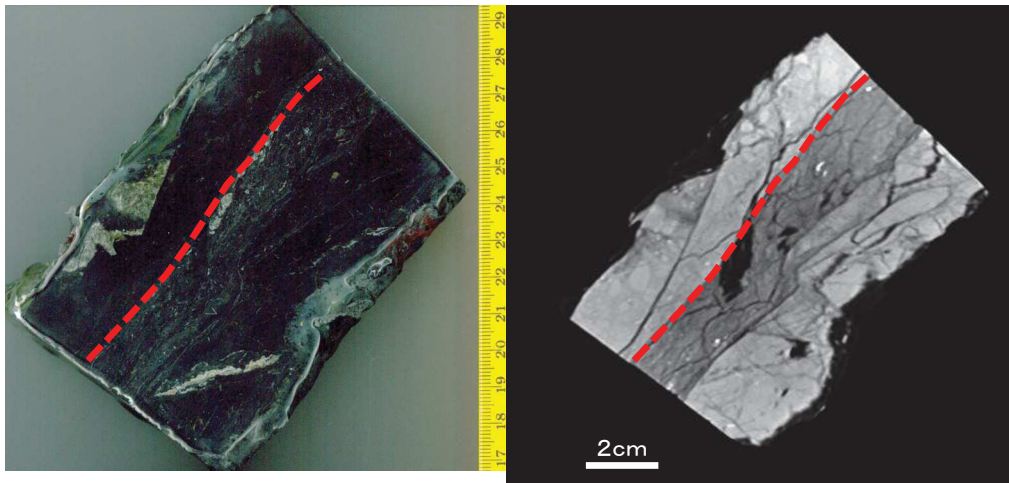


4. 断層破碎部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(3) 【試料AのSEM観察試料】



試料A

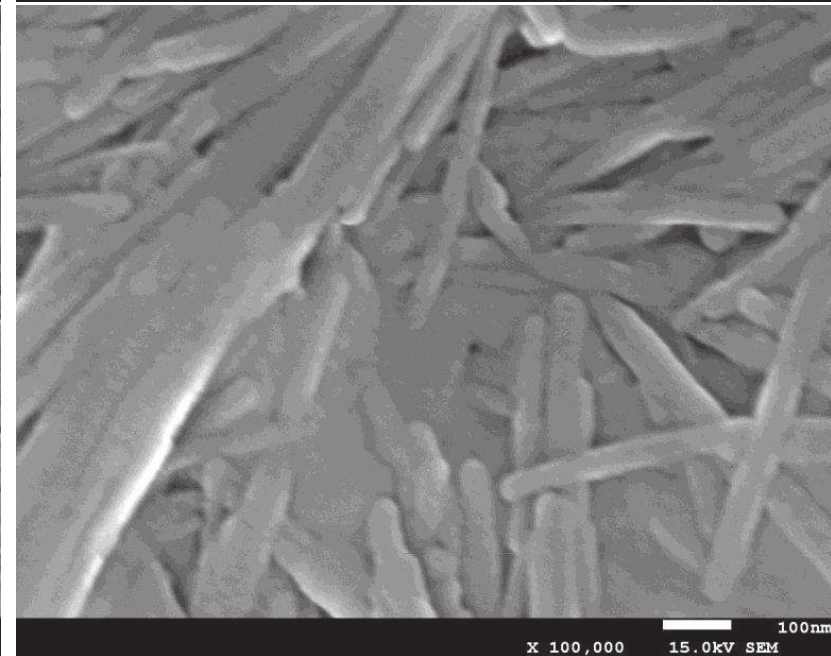
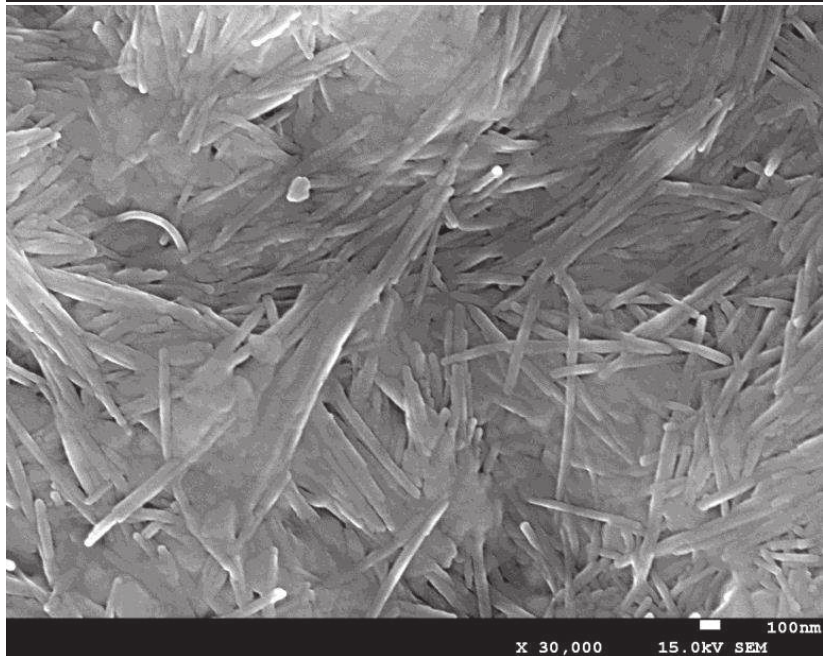
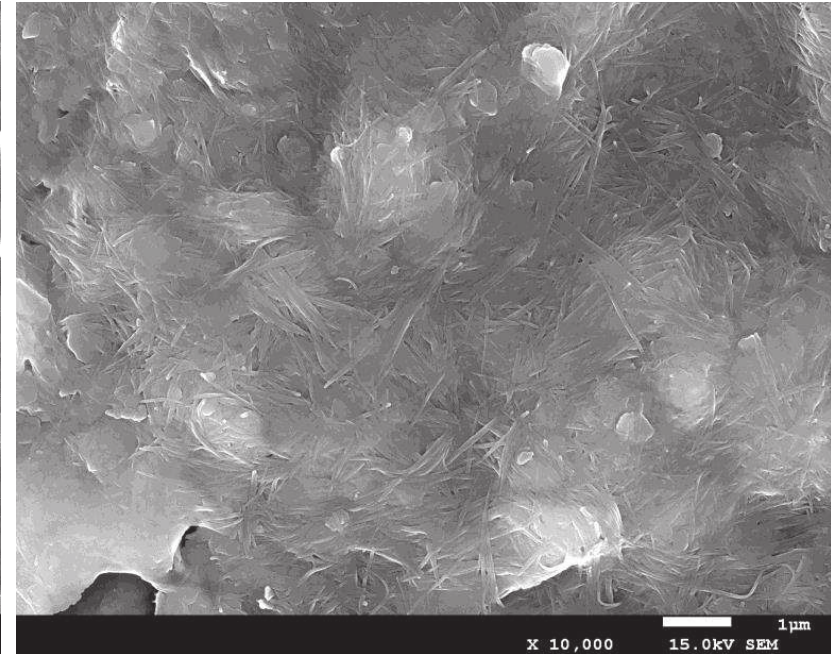
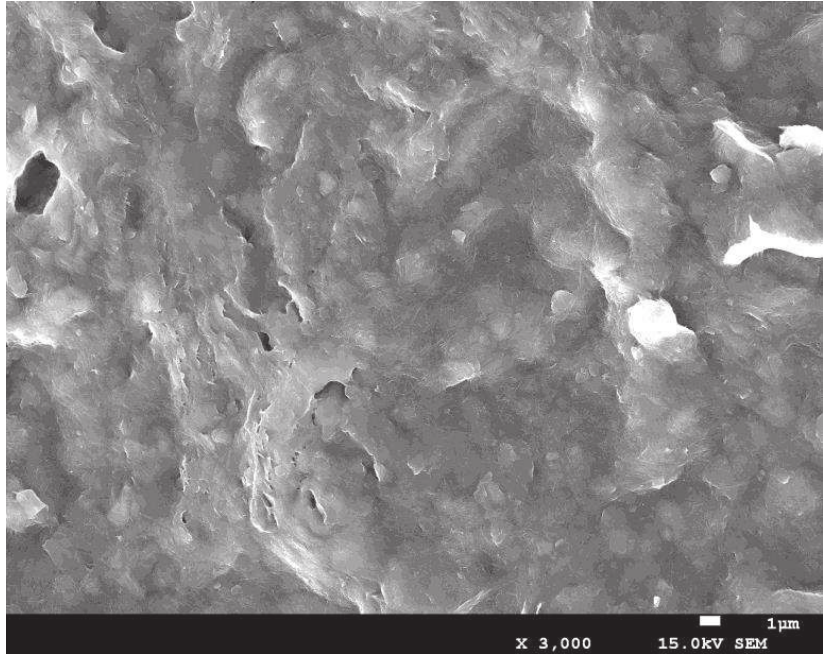




4. 断層破砕部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(3) 【試料AのSEM観察】

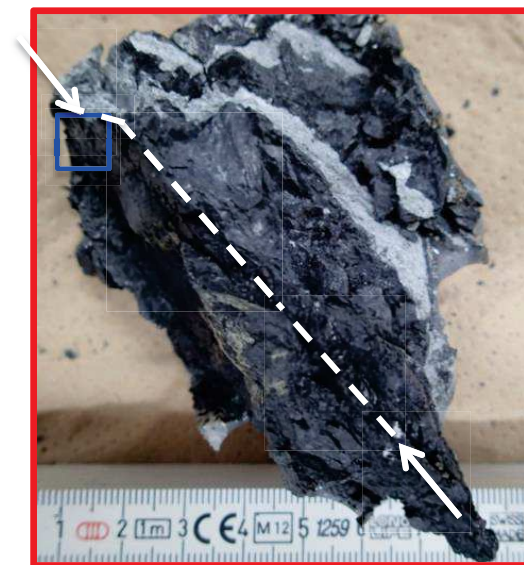
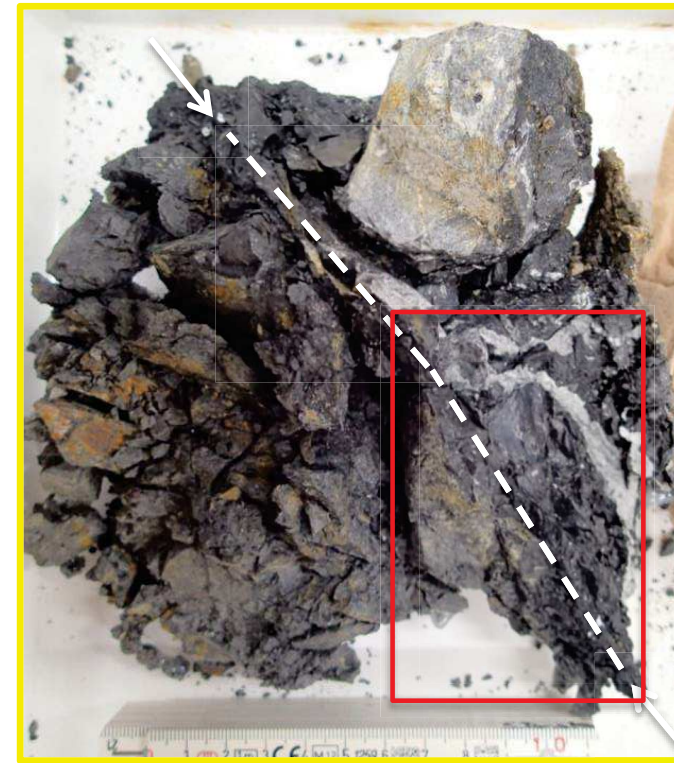
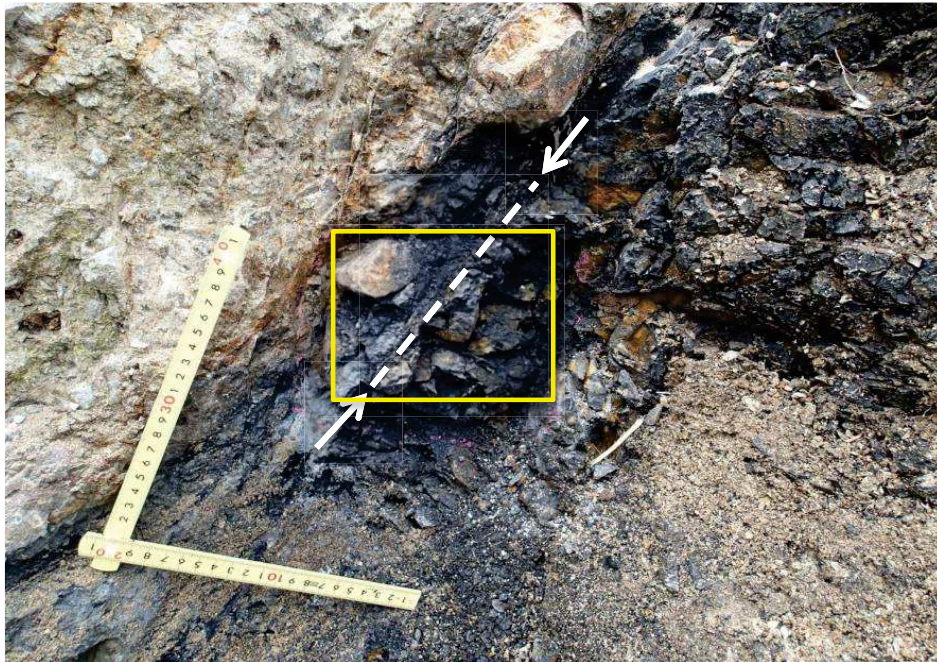
➤ TF-1断層の最新面には長柱状の自形の粘土鉱物が成長し、破壊されていない。





4. 断層破碎部の詳細検討

4.3 最新面の運動センスの検討(4) 【試料BのSEM観察試料】

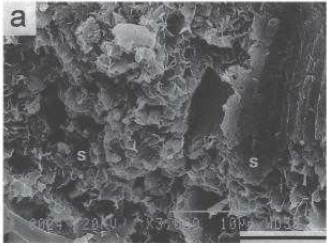
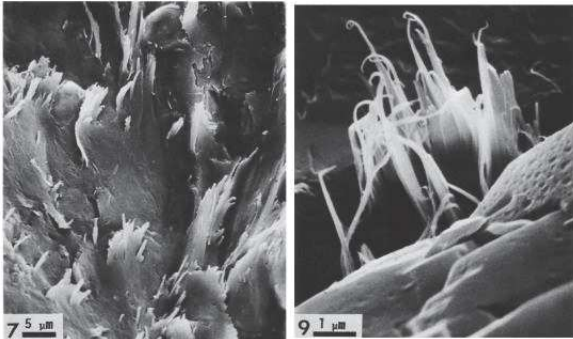
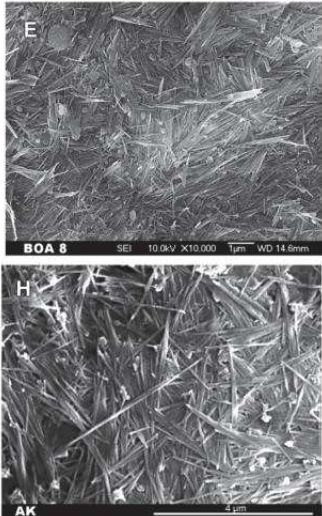




4. 断層破砕部の詳細検討

4.4 熱水の生成環境 【SEM観察による粘土鉱物の形状】

- SEM観察の結果, 形態の特徴から長柱状の粘土鉱物はイライトもしくはパリゴルスカイトの可能性が考えられる。
- 一方, 生成環境の違いからパリゴルスカイトは生成しにくいと考えられる。

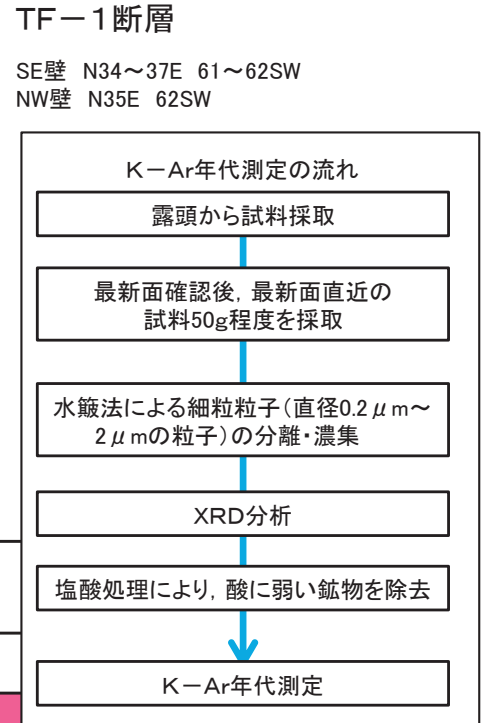
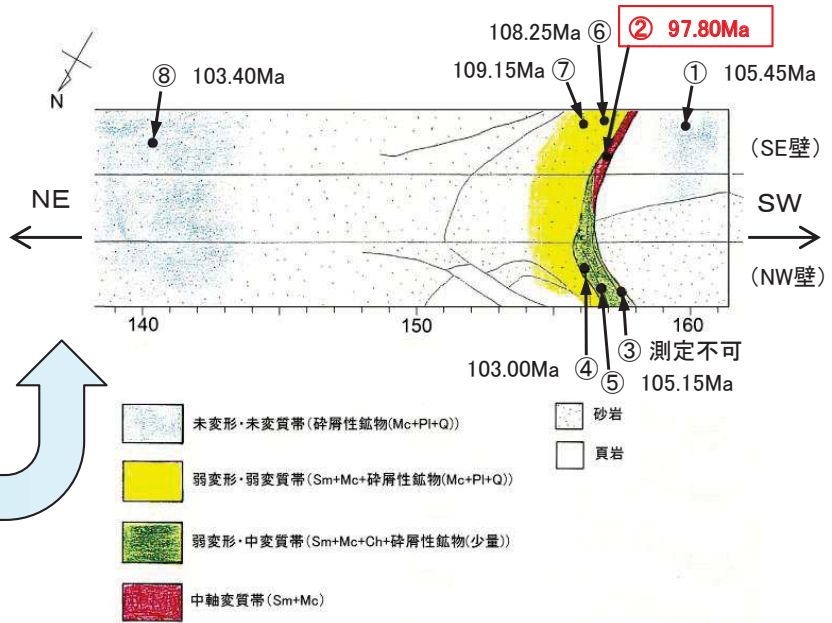
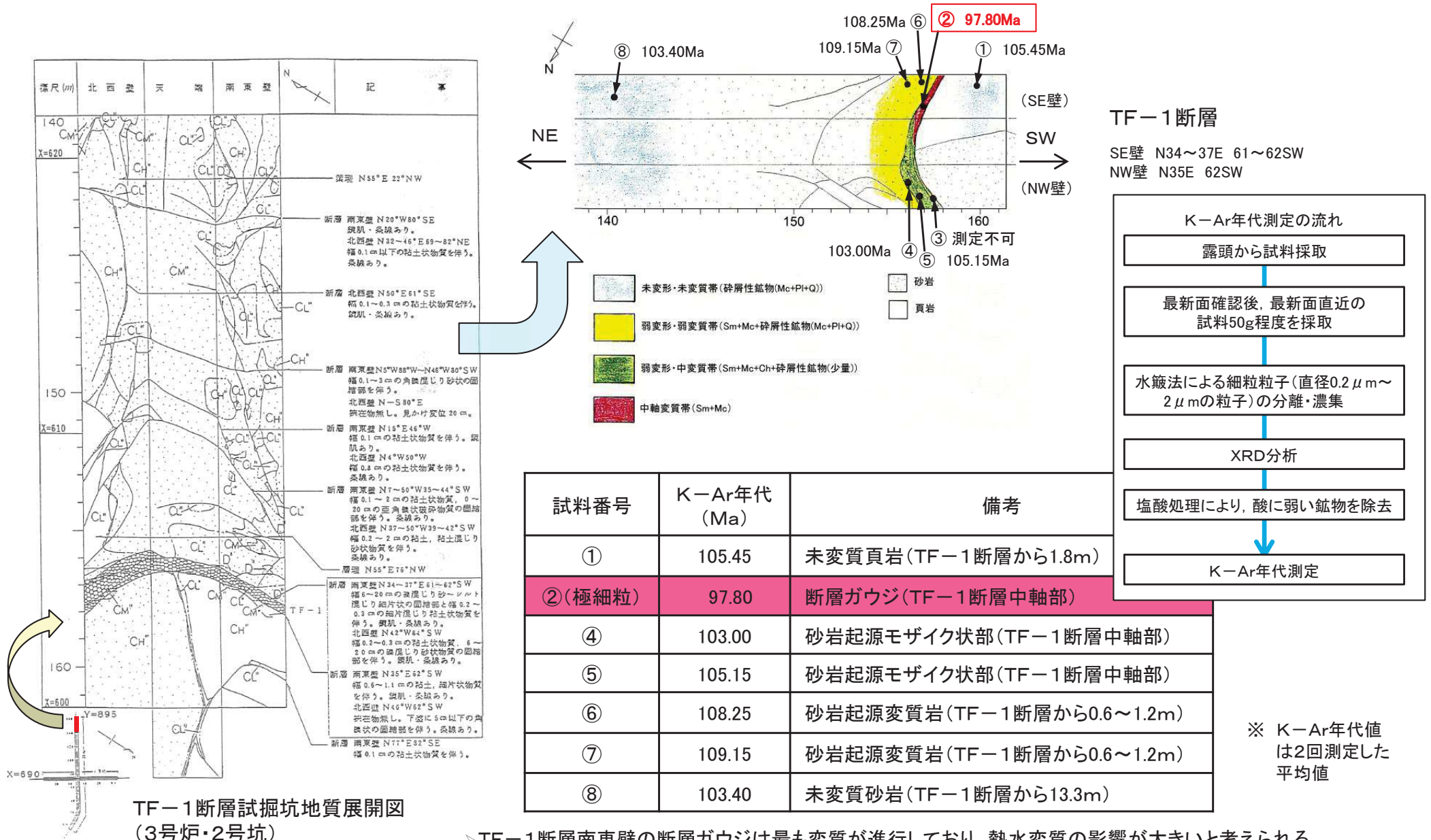
回折角2θ(deg)	6.2	8.8	8.5
鉱物	Smectite	Illite	Palygorskite
SEM画像	 <p>Choo and Chang (2000)</p>	 <p>Keller et al. (1986)</p>	 <p>García-Romero and Suárez (2013)</p>
採取地点	Gokcheonri area, Korea	左 : Silver Hill, Montana 右 : southeastern Missouri	上 : Boa vista, Brazil 下 : Allou Kagne, Senegal
形状	六角網目状	六角板状 長柱状 繊維状	繊維状・長柱状
産状・生成環境	・低温の中性・アルカリ性の下で生成し、広く分布する。	・泥質の堆積物や堆積岩の主成分鉱物として広く産出する。 ・風化土壌や熱水変質粘土中にも普遍的に含まれる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱水作用あるいは風化作用による変質産物, 低温溶液からの沈殿物としてマフィック火山岩, 蛇紋岩, ドロマイト, 石灰岩などに脈状で産出。</li> <li>・ドロマイトや石灰岩に伴う海底堆積物, アルカリ性あるいは塩度の高い湖の堆積物, 塩類に富む土壌に含まれる。</li> </ul>

日本粘土学会編(2009)  
白水(1988)  
Deer et al.(1992)



4. 断層破碎部の詳細検討

4.4 熱水の生成環境 【TF-1断層試料のK-Ar年代測定(既往分析)(参考)】



試料番号	K-Ar年代 (Ma)	備考
①	105.45	未変質頁岩(TF-1断層から1.8m)
②(極細粒)	97.80	断層ガウジ(TF-1断層中軸部)
④	103.00	砂岩起源モザイク状部(TF-1断層中軸部)
⑤	105.15	砂岩起源モザイク状部(TF-1断層中軸部)
⑥	108.25	砂岩起源変質岩(TF-1断層から0.6~1.2m)
⑦	109.15	砂岩起源変質岩(TF-1断層から0.6~1.2m)
⑧	103.40	未変質砂岩(TF-1断層から13.3m)

※ K-Ar年代値は2回測定した平均値

➢TF-1断層南東壁の断層ガウジは最も変質が進行しており、熱水変質の影響が大きいと考えられる。  
➢上記のガウジ(極細粒粘土)から採取した白雲母粘土鉱物のK-Ar年代は、周辺に比べて最も若い年代を示す。  
⇒TF-1断層破碎部内で熱水活動の影響を受けたと考えられるK-Ar年代は97.8Ma。



## 用語の解説

用語	解説
フレキシユラル・スリップ (層面すべり)	多層系の座屈褶曲では、褶曲を形成する際に隣り合う層と層の間にせん断応力が働き、層に沿ったすべり、すなわち層面すべりを伴う。特に層間にせん断に対して弱い層が挟まれている場合には、その層がすべり面、すなわち層面断層として機能している。その面上にはすべりを示す条線がきざまれ、褶曲軸面を境として、すべりのセンスは反対方向になり、いずれも逆断層成分をもつ。フレキシユラル・スリップとは、このような層面すべりを伴う褶曲作用のことである。
へき開	変形作用によって岩石に二次的に生じた細密な面状構造。
スレートへき開	極細粒鉱物の形態定向配列によるへき開。 ※スレート: 細粒堆積物が変形運動で剥離性の発達した細粒片状岩。
K-Ar法	$^{40}\text{K}$ が $^{40}\text{Ar}$ に放射壊変することを利用して岩石・鉱物の年代を測定する方法。
$^{14}\text{C}$ 年代測定 (放射性炭素年代測定)	生物遺体中の放射性炭素 $^{14}\text{C}$ 濃度が、生物の死後、時間とともに減少することを利用した年代測定。
イライト	2八面体型の雲母粘土鉱物。
パリゴルスカイト	Mg質の粘土鉱物。微細な繊維状の形態を示す。
ローモンタイト (濁沸石)	無色・白・黄・赤・褐色などでガラス光沢透明～半透明の柱状結晶、ときに放射状。岩石中の空洞や脈中に産する。
中熱水鉱床	中温・中圧の条件下で熱水溶液から生じた鉱床。生成深度1～4.5kmで温度は200度～300度。
(浅熱水鉱床)	マグマ起源の上昇熱水溶液から地下浅所(1km以内)で、かつ低温条件下(100～200度)で生じた鉱床。
(深熱水鉱床)	地下深所で高温条件(深さ3～10km, 温度300～600度)で生成した鉱床。
WDS	波長分散法。EPMA分析において、X線の強度測定をする際に、分光結晶の回折により特定波長を取り出す方法。
閉鎖温度	岩体がゆっくりと冷却する過程で、鉱物中の放射起原核種の逸散が止まり閉鎖系になった時期。すなわちその鉱物の放射年代に対応する時期における温度のこと。

地学団体研究会編(1996)  
狩野・村田(1998)  
白水(1988)  
Dodson(1973)



## 参考文献

1. 活断層研究会編(1991):[新編]日本の活断層 一分布図と資料, 東京大学出版会
2. 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高 編 (2018):活断層詳細デジタルマップ [新編], 東京大学出版会
3. 日本地すべり学会東北支部(1992):東北の地すべり・地すべり地形 一分布図と技術者のための活用マニュアル
4. 防災科学技術研究所(2009):地すべり地形分布図第40集「一関・石巻」, 国立研究開発法人防災科学技術研究所
5. D.Lockner (1993), The role of acoustic emission in the study of rock fracture, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts , 30, 7, 883-899
6. 滝沢文教・神戸信和・久保和也・秦光男・寒川旭・片田正人(1984):石巻地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所
7. 小貫義男・北村信・中川久夫(1981):北上川流域地質図(二十万分之一)・説明書, 長谷地質調査事務所
8. 石井和彦(1985):南部北上山地牡鹿半島における褶曲およびスレートへき開の形成過程, 地質学雑誌, vol91, no5, p309-321
9. 大槻憲四郎(2009):日本列島新生代テクトニクスの概要解説, 東北地質調査業協会
10. 大槻憲四郎・永広昌之・布原啓史(2011):宮城県の地質, 東北地質調査業協会
11. 永広昌之・越谷信(2012):岩手県の地質, 東北地質調査業協会
12. 蟹澤聰史・大槻憲四郎・永広昌之・吉田武義・風間基樹・鹿野和彦・宝田晋治・脇田浩二・京極正昭・中山政喜・鹿摩貞男・小山利直・三浦昭編(2006):建設技術者のための東北地方の地質, 社団法人 東北建設協会
13. 滝沢文教・久保和也・猪木幸男(1987):寄磯地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所
14. 鎌田耕太郎・滝沢文教(1991):大須地域の地質, 地質調査所
15. 滝沢文教・一色直記・片田正人(1974):金華山地域の地質・62p., 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)地質調査所
16. International Commission on Stratigraphy (2018), INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART v2018/08, (<http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>)
17. 土谷信高・武田朋代・足立達朗・中野伸彦・小山内康人・足立佳子(2015):北上山地の前期白亜紀アダカイト質火成活動とテクトニクス, 岩石鉱物科学, 44, 69-90
18. 河野義礼・植田良夫(1965):本邦産火成岩のK-Ar dating (Ⅱ) 一北上山地の花崗岩類一, 53, 143-154
19. 牧野雅彦・大久保泰邦・中塚正(1992):日本の磁気図, 200万分の1地質編集図, no.23, 地質調査所
20. 長崎康彦(1997):岩石磁気と磁気異常から得られる地質情報-A case study:東北日本前弧陸棚における岩石磁気測定と地磁気異常解析.石油の開発と備蓄, 30,116-129
21. Okuma, S. and Kanaya, H. (2005), Utility of petrophysical and geophysical data to constrain the subsurface structure of the Kitakami plutons, northeast Japan, Earth Planets Space, 57, 727-741
22. 片田正人(1974):北上山地の白亜紀花崗岩質岩類一岩石記載と帯状配列一. 地質調査所報告, no.251, 1-7
23. 中塚正・大熊茂雄(2005):日本空中磁気データベース, 数値地質図, P-6, 地質調査総合センター
24. 狩野謙一・村田明広(1998):構造地質学, 朝倉書店, 298p
25. C.パスキエ・R.トゥロウ(1999):マイクロテクトニクス 微細構造地質学, シュプリンガー・フェアラーク東京, 277p
26. Terakawa and Matsu'ura (2010), The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, Tectonics, 29, TC6008.
27. 日本粘土学会編(2009):粘土ハンドブック(第三版), 技報堂出版株式会社
28. 白水晴雄(1988):粘土鉱物学-粘土科学の基礎-, 朝倉書店
29. W. Deer, R.A. Howie and J. Zussman (1992), Introduction to the Rock-Forming Minerals, Mineralogical Society
30. Choo and Chang (2000), Characteristics of clay minerals in gouges of the Dongrae fault, southeastern Korea, and implications for fault activity, Clays and Clay Minerals, 48, 2, 204-212
31. W. D. Keller, R. C. Reynolds, AND Atsuyuki Inoue (1986), MORPHOLOGY OF CLAY MINERALS IN THE SMECTITE-TO-ILLITE CONVERSION SERIES BY SCANNING ELECTRON MICROSCOPY, Clays and Clay Minerals, Vol. 34, No. 2, 187-197
32. E. García-Romero and M. Suárez (2013), Sepiolite-palygorskite: Textural study and genetic considerations, Applied Clay Science 86, 129-144
33. 地学団体研究会編(1996):新版地学辞典, 平凡社
34. Dodson, M.H. (1973), Closure temperature in cooling geochronological and petrological systems, Contrib. Mineral Petrol., 40, 259-74