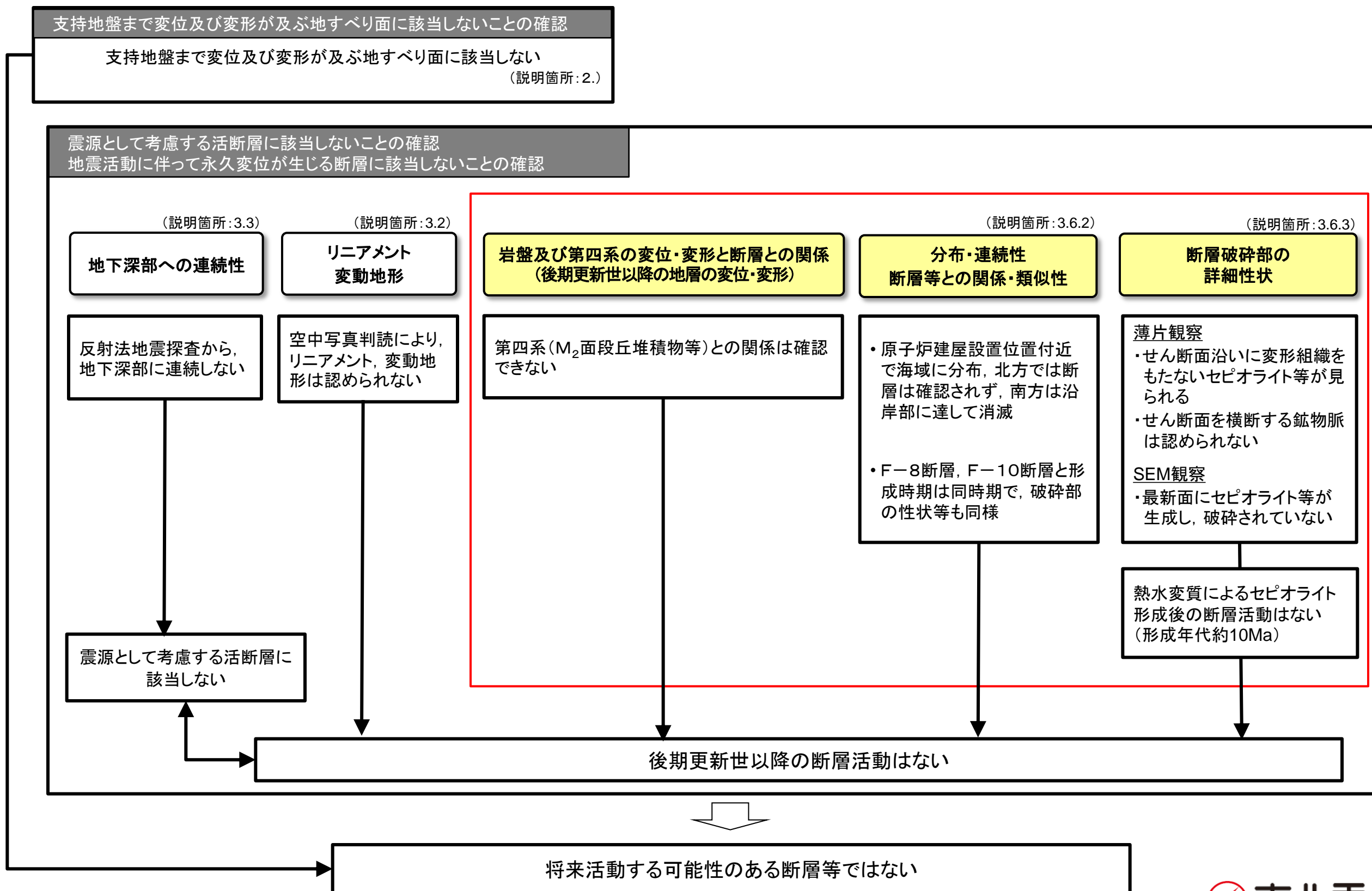


### 3. 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の 直下の断層の活動性評価

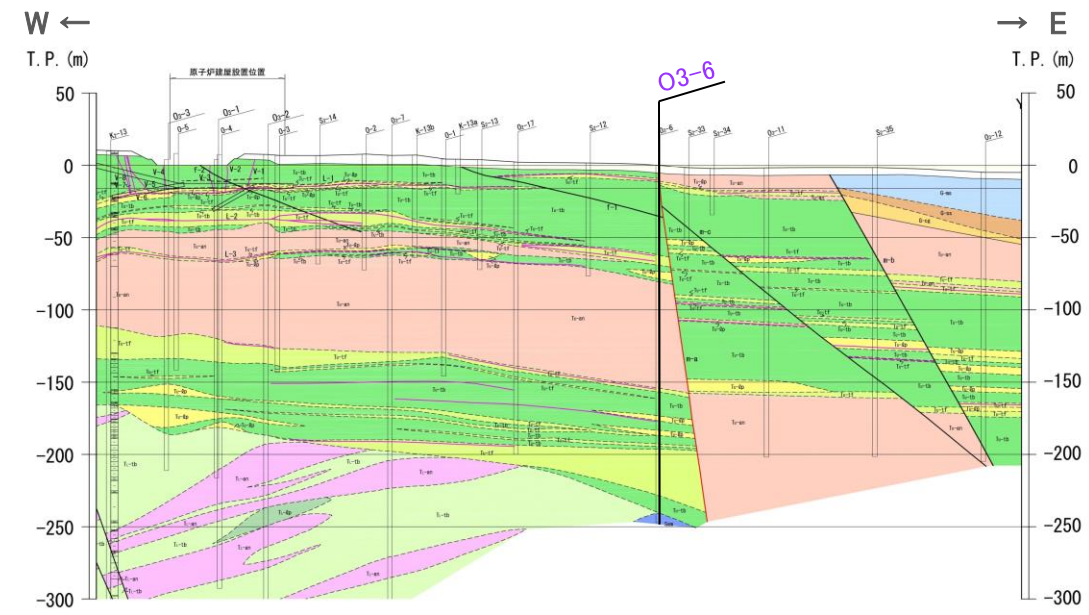
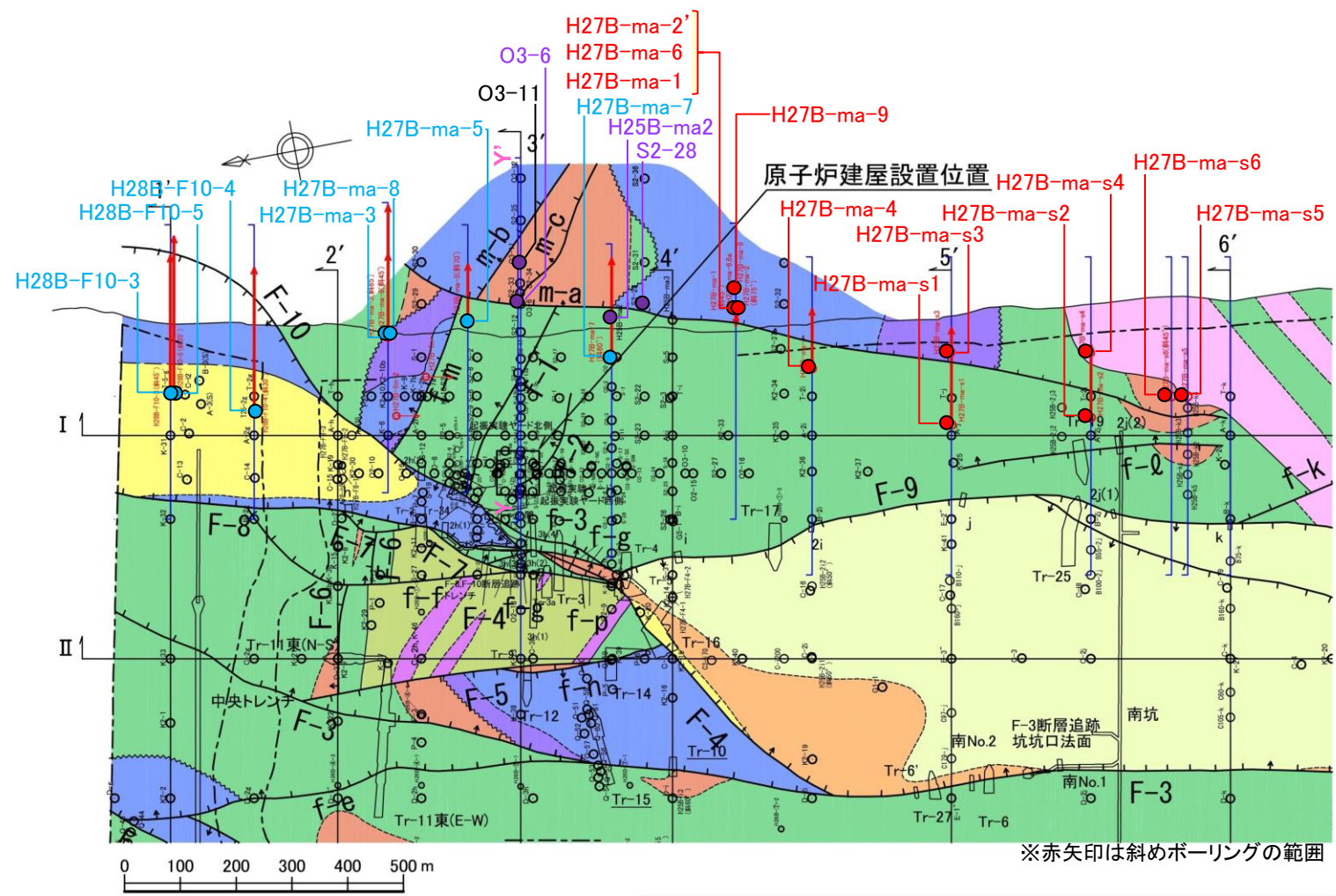
- 3.1 断層の選定と概要
- 3.2 原子炉施設設置位置の地形
- 3.3 震源として考慮する活断層に関する評価
- 3.4 f-1断層の活動性評価
- 3.5 f-2断層の活動性評価
- 3.6 m-a断層の活動性評価
  - 3.6.1 調査, 評価の概要
  - 3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性
  - 3.6.3 断層破碎部の詳細性状
  - 3.6.4 まとめ

# m-a断層に関する調査, 活動性評価



# m-a断層の調査位置

- m-a断層は原子炉施設設置位置の既往ボーリングO3-6孔, S2-28孔, H25B-ma2, 取水口基礎掘削面で確認されている。
- m-a断層の分布・連続性, 破碎部の性状を確認する目的でボーリング調査を実施した。



※赤矢印は斜めボーリングの範囲

追加調査	● m-a断層を確認したボーリング孔
	● m-a断層を確認していないボーリング孔
	○ m-a断層を確認した既往のボーリング孔

蒲野沢層	Ge e部層 砂岩	敷地境界
	Gd d部層 礫岩・砂岩	地層境界
	Ge c部層 砂岩	地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合)
	Gb b部層 泥岩	岩種境界
	Ga a部層 礫岩・砂岩	F-3 主要断層
	D 安山岩岩脈	f-b その他の断層 (破線は推定断層)
泊層 上部層	Tu-tb 火山砕屑岩	(断層線のケバは落ちの方向、矢印は面の傾斜方向)
	Tu-an 安山岩溶岩	1' 地質断面図位置
泊層 下部層	Tl-tb 火山砕屑岩	
	Tl-an 安山岩溶岩	

岩種区分

第四系	岩種境界
G-ms 泥岩	不整合境界
G-ss 砂岩	変質鉱物脈
G-og 礫岩	f-1 断層
b部層 蒲野沢層	O3-1 炉心ボーリング
Tu-tb 凝灰角礫岩	ボーリング位置
Tu-qp 火山礫凝灰岩	試掘坑 敷高T.P. 約 -16m
Tu-tf 凝灰岩	
Tu-an 安山岩溶岩	
泊層 上部層	
Tl-tb 凝灰角礫岩	
Tl-qp 火山礫凝灰岩	
泊層 下部層	
Tl-an 安山岩溶岩	
Sa-m 泥岩	

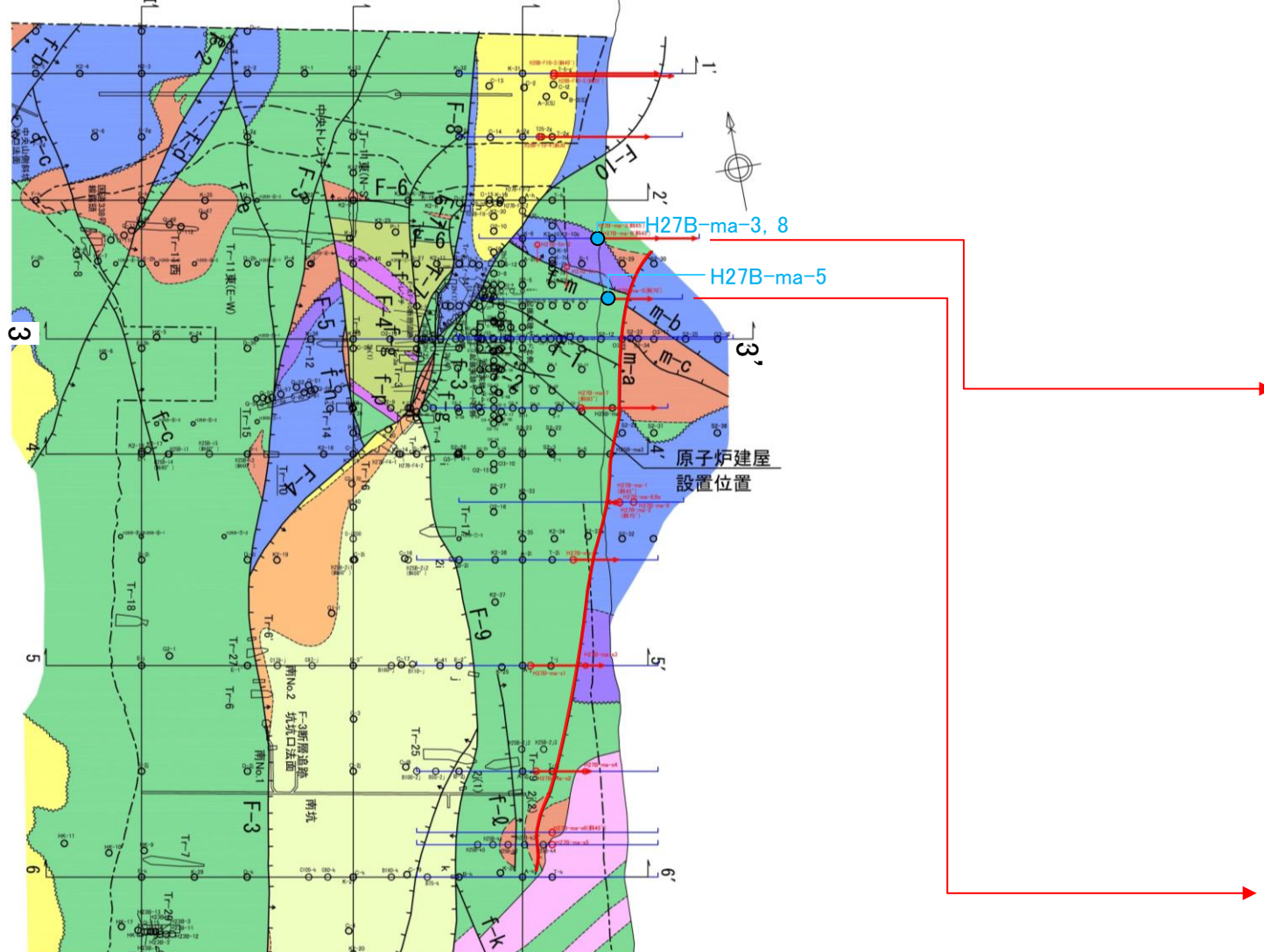
猿ヶ森層

m-a断層の分布(地質構造図)

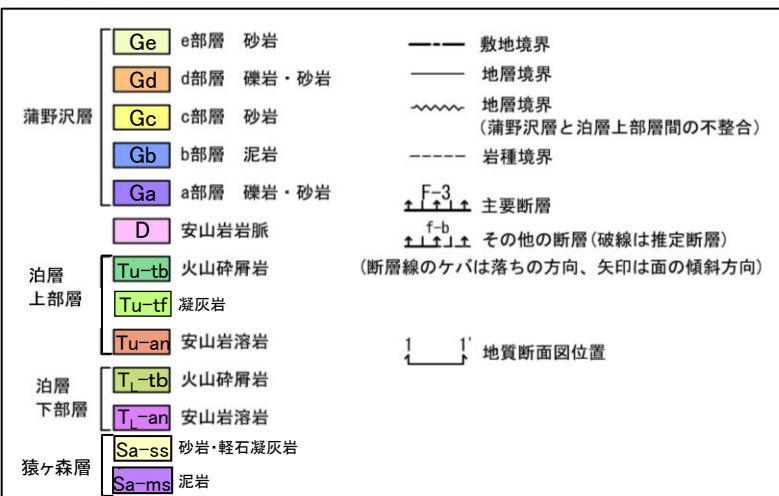
原子炉施設設置位置の地質鉛直断面図(Y-Y'断面)

### 3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性 敷地北部のm-a断層の分布

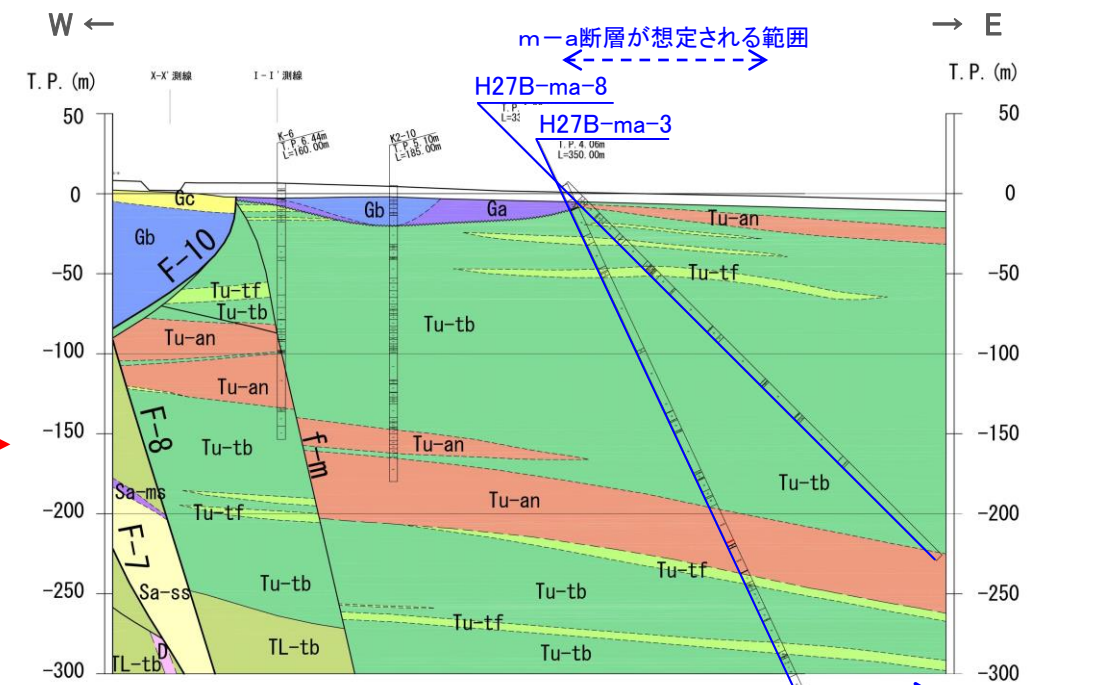
- 2h+83断面のH27B-ma-5孔では, 南方の2h-22測線(3断面)で確認されたm-a断層が確認されなかった。
  - 2h-60断面のH27B-ma-3孔, H27B-ma-8孔では, m-a断層が想定される範囲において断層は確認されなかった。
- ⇒m-a断層は, 2h+83断面では走向がやや東側に変化, もしくは深部で傾斜がやや緩くなり, 2h-60断面では消滅していると考えられる。



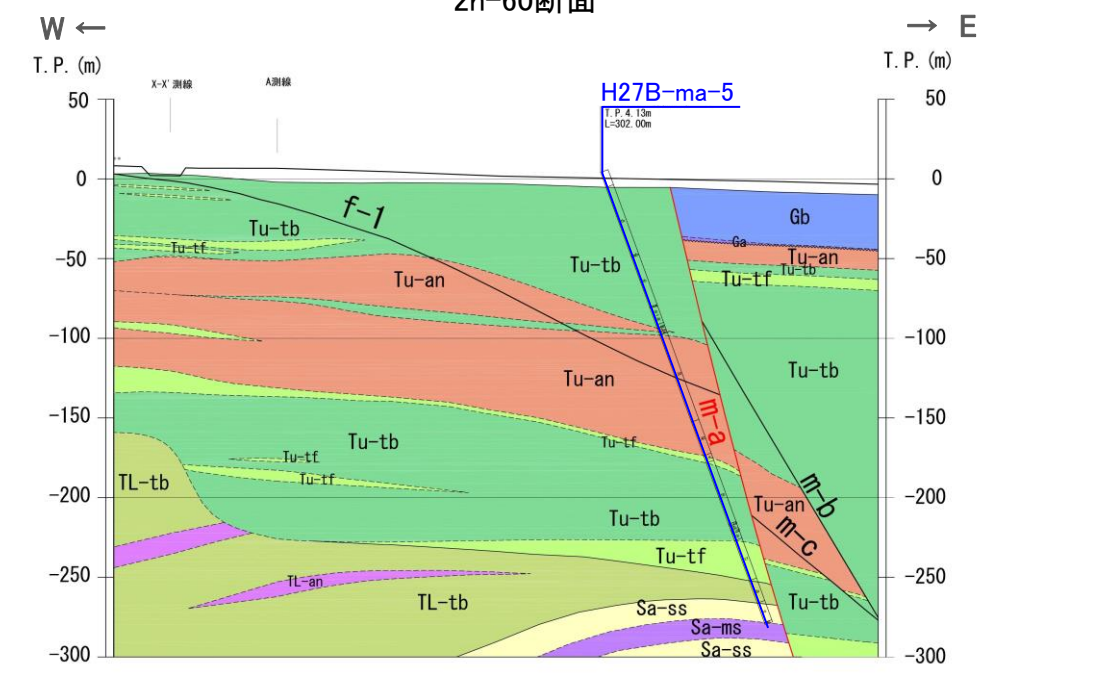
ボーリング調査位置図  
(地質構造図)



- 追加調査
- m-a断層を確認したボーリング孔
  - m-a断層を確認していないボーリング孔
  - m-a断層を確認した既往のボーリング孔



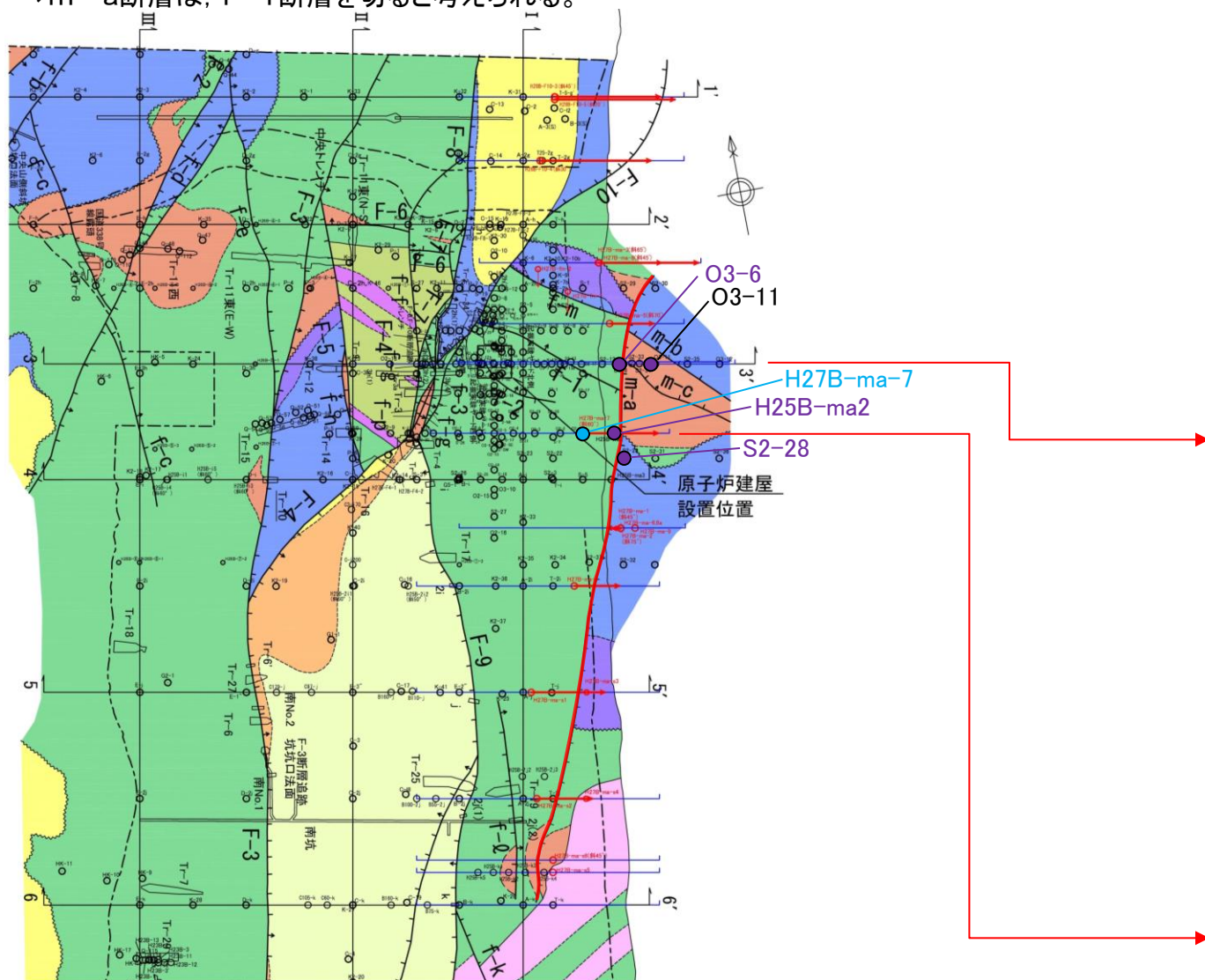
H27B-ma-3孔より西側は, 溶岩の連続性からm-a断層が通らないことを確認  
2h-60断面



2h+83断面

# 原子炉施設設置位置のm-a断層の分布(1)

- 原子炉施設設置位置では, 既往の3h-22断面(3断面)のO3-6孔, 3h+141断面のH25B-ma-2孔でm-a断層が確認されているとともに, 取水口の基礎掘削面でm-a断層を確認している。
- m-a断層は, 走向N15°, 傾斜E80° E, 最大破碎幅0.5mである。O3-6孔, O3-11孔における泊層安山岩層の対比から, m-a断層の見かけ鉛直変位量は約70mである。  
⇒3h+141断面のH27B-ma-7孔では, m-a断層が確認されなかったことから, m-a断層は, 深部で傾斜がやや緩くなっている可能性がある。
- 3h-22断面(3断面)では, O3-6孔でm-a断層及びf-1断層を確認しているが, m-a断層の上盤側のO3-11孔では, f-1断層は確認されない。  
⇒m-a断層は, f-1断層を切ると考えられる。

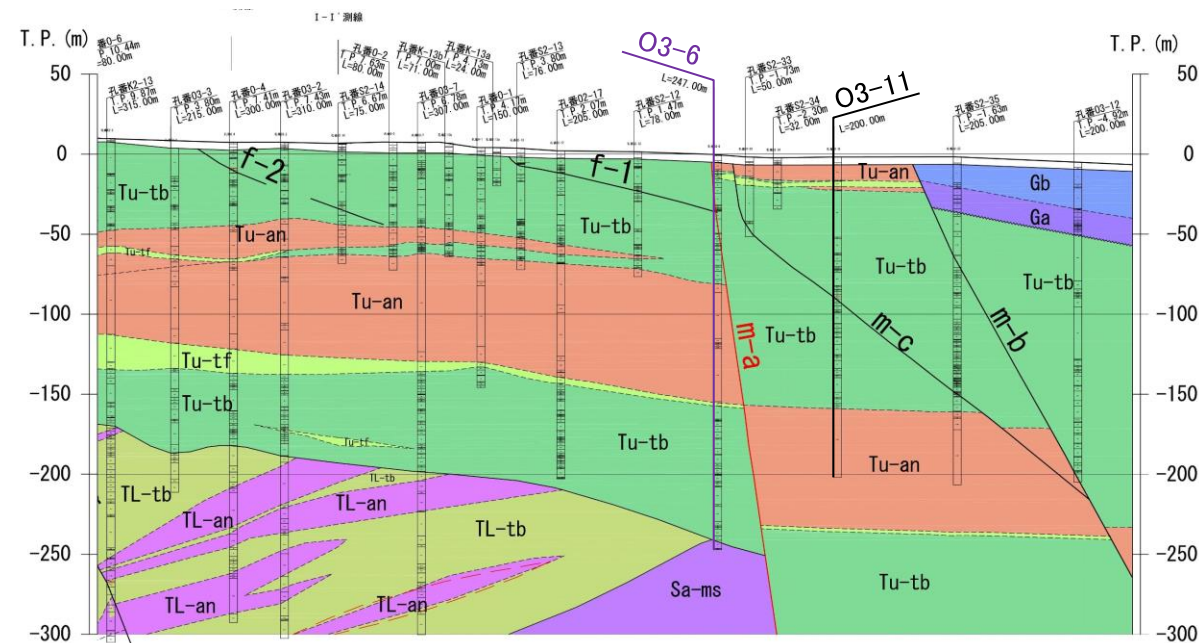


ボーリング調査位置図  
(地質構造図)

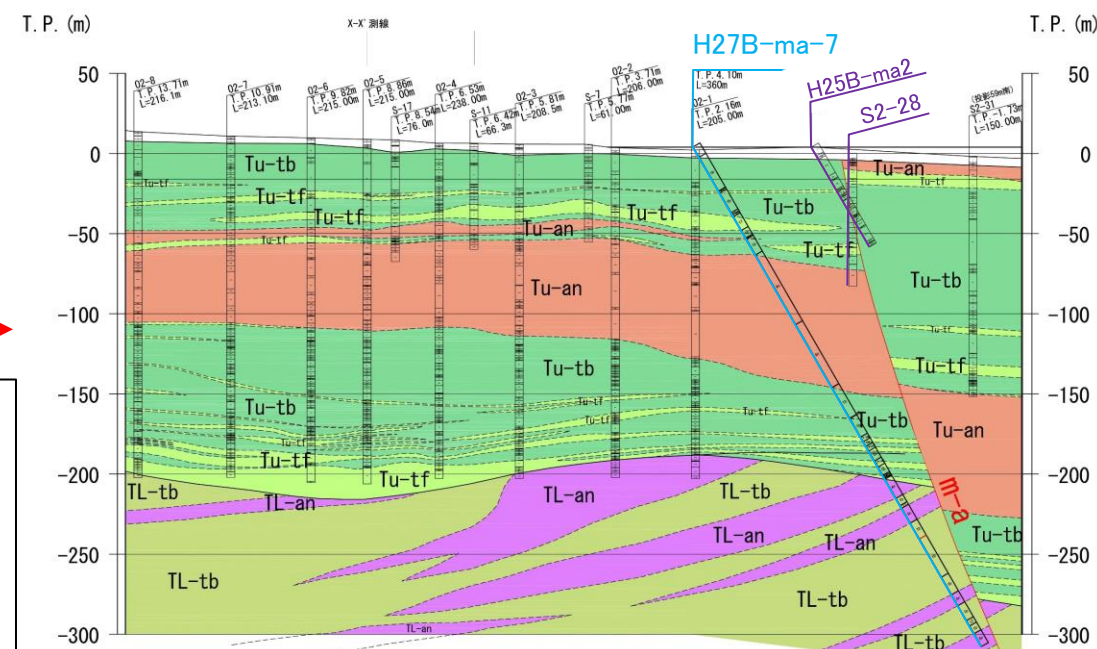
- 追加調査
- m-a断層を確認したボーリング孔
  - m-a断層を確認していないボーリング孔
  - m-a断層を確認した既往のボーリング孔

Ge	e部層 砂岩	---	敷地境界
Gd	d部層 礫岩・砂岩	---	地層境界
Gc	c部層 砂岩	---	地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合)
Gb	b部層 泥岩	---	岩種境界
Ga	a部層 礫岩・砂岩	---	
D	安山岩岩脈	---	
Tu-tb	火山砕屑岩	---	F-3 主要断層
Tu-tf	凝灰岩	---	f-b その他の断層(破線は推定断層)
Tu-an	安山岩溶岩	---	(断層線のケバは落ちの方向、矢印は面の傾斜方向)
Ti-tb	火山砕屑岩	---	
Ti-an	安山岩溶岩	---	
Sa-ss	砂岩・軽石凝灰岩	---	
Sa-ms	泥岩	---	

地質断面図位置



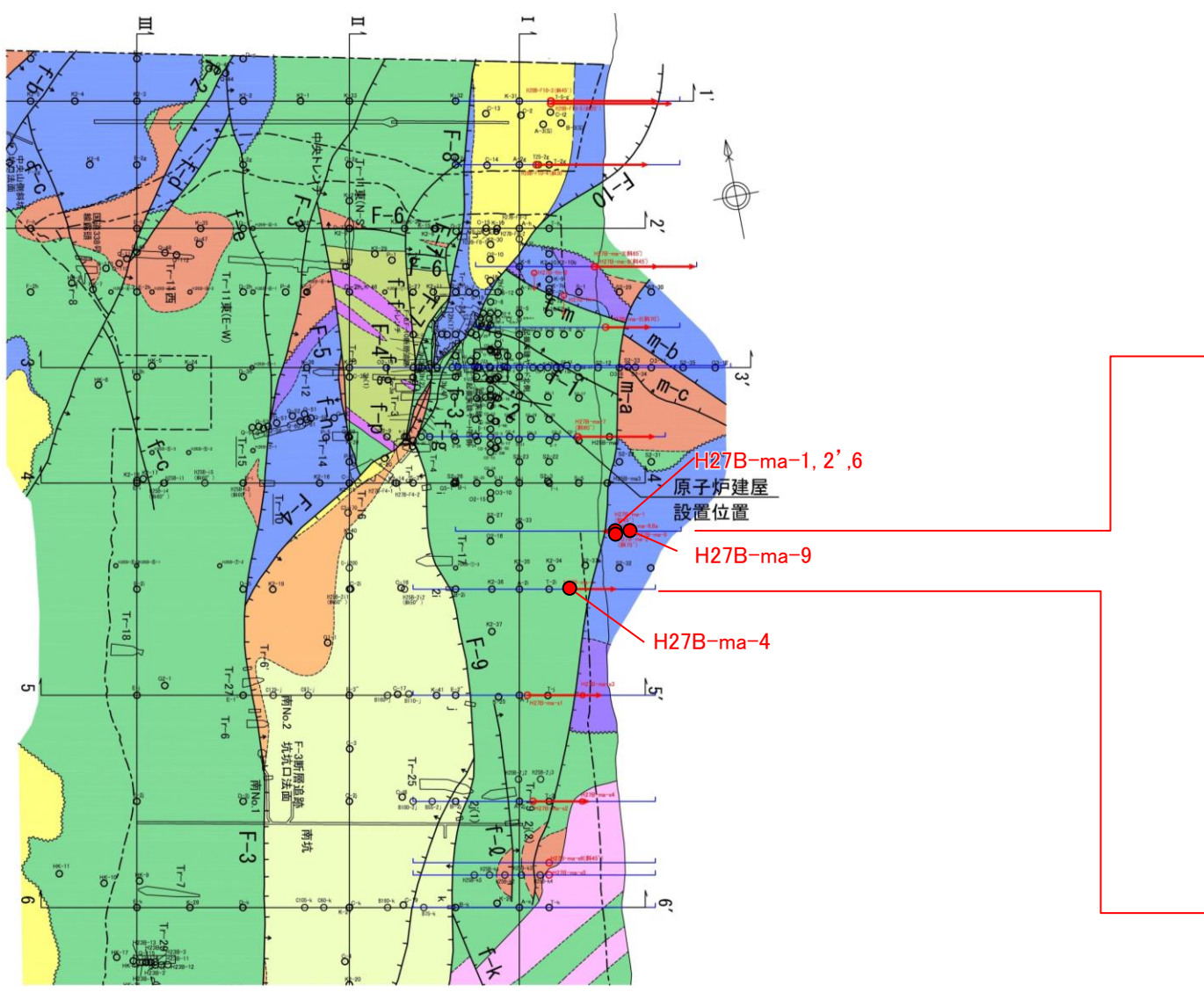
3h-22断面(3断面)



3h+141断面

# 原子炉施設設置位置のm-a断層の分布(2)

➤ 原子炉施設設置位置より南においては, i+114断面上のH27B-ma-1孔, H27B-ma-2'孔, H27B-ma-6孔, H27B-ma-9孔, 2i断面上のH27B-ma-4孔でm-a断層を確認した。

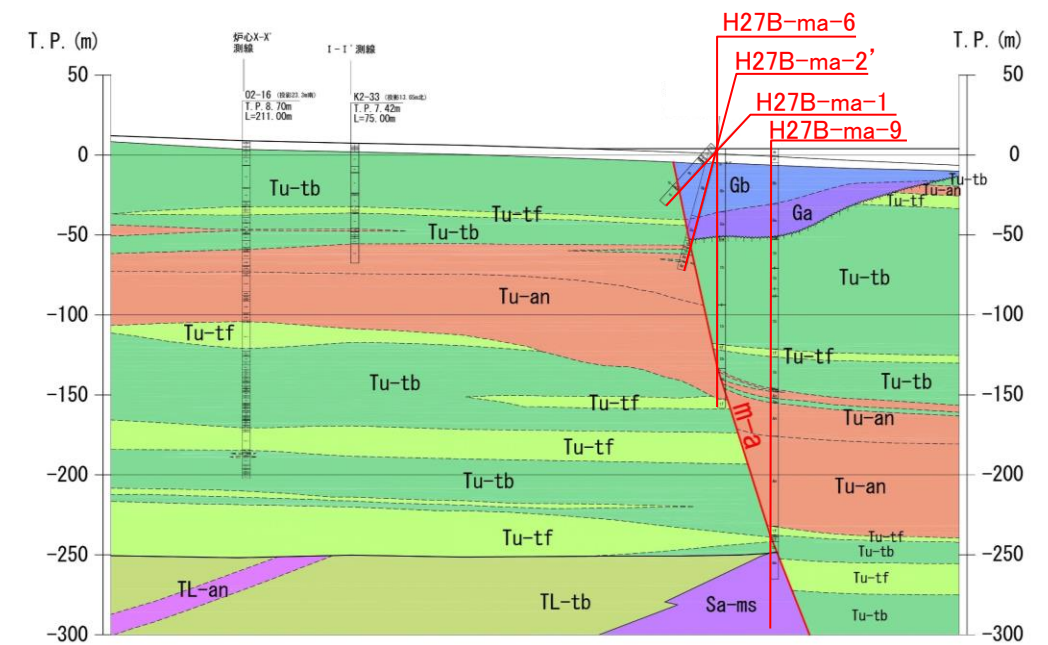


ボーリング調査位置図  
(地質構造図)

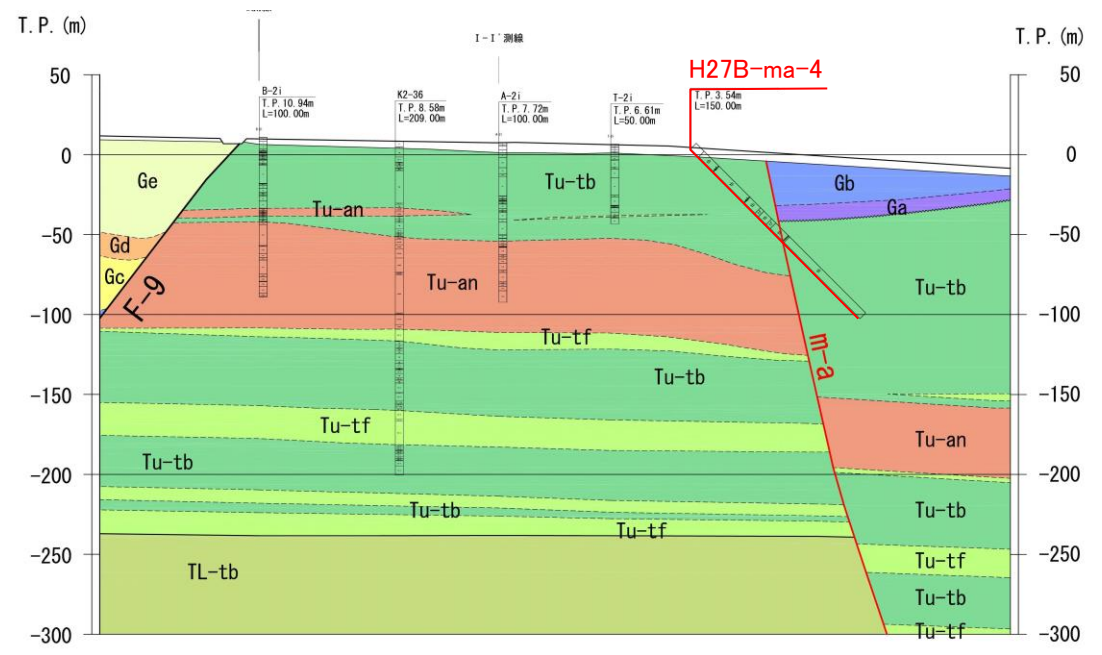
蒲野沢層	Ge	e部層 砂岩	---	敷地境界
	Gd	d部層 礫岩・砂岩	---	地層境界
	Gc	c部層 砂岩	---	地層境界
	Gb	b部層 泥岩	---	地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合)
	Ga	a部層 礫岩・砂岩	---	岩種境界
	D	安山岩岩脈	+	主要断層
泊層	Tu-tb	火山砕屑岩	+	その他の断層(破線は推定断層)
上部層	Tu-tf	凝灰岩	+	(断層線のケバは落ちの方向、矢印は面の傾斜方向)
	Tu-an	安山岩溶岩		
泊層	Tl-tb	火山砕屑岩		
下部層	Tl-an	安山岩溶岩		
猿ヶ森層	Sa-ss	砂岩・軽石凝灰岩		
	Sa-ms	泥岩		

追加調査

- m-a断層を確認したボーリング孔
- m-a断層を確認していないボーリング孔
- m-a断層を確認した既往のボーリング孔



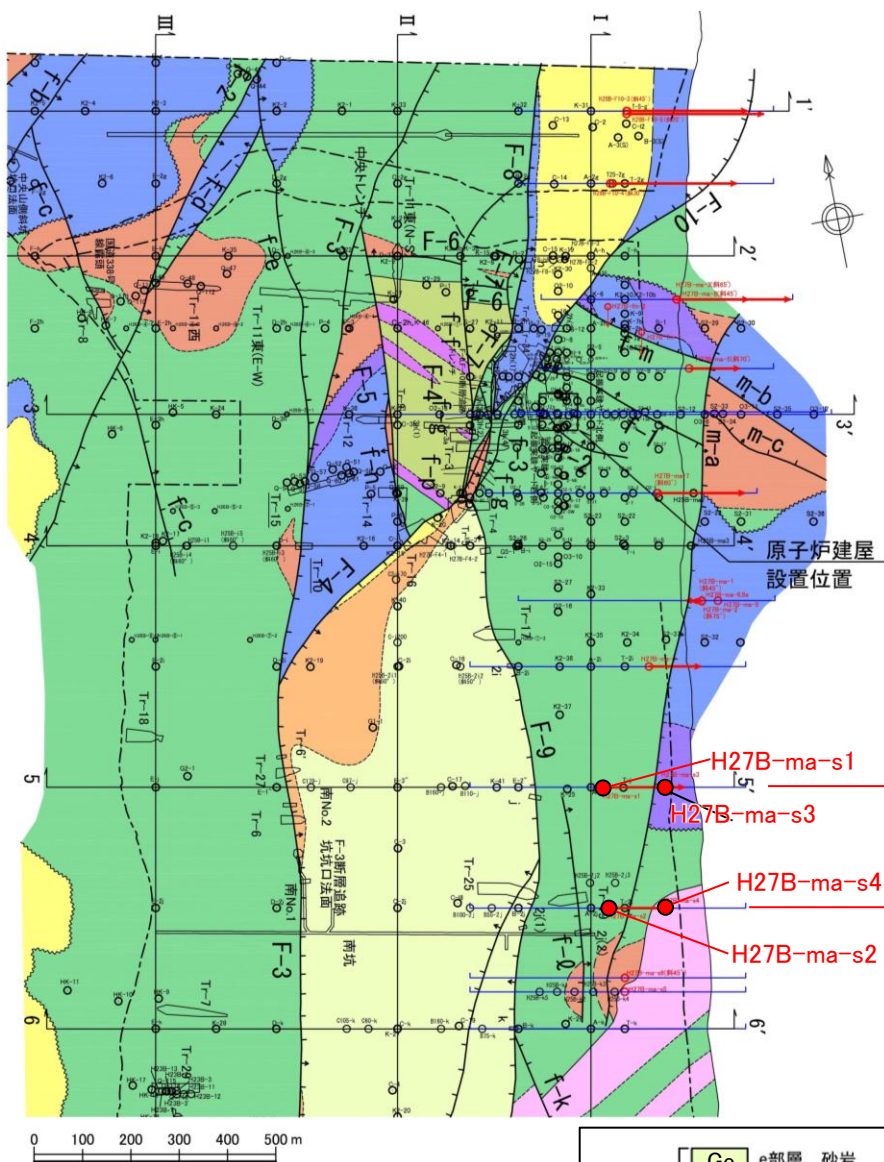
i+114断面図



2i 断面

### 3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性 敷地中部のm-a断層の分布(1)

➤ j断面のH27B-ma-s1孔, H27B-ma-s3孔, 2j断面のH27B-ma-s2孔, H27B-ma-s4孔では, m-a断層を確認した。

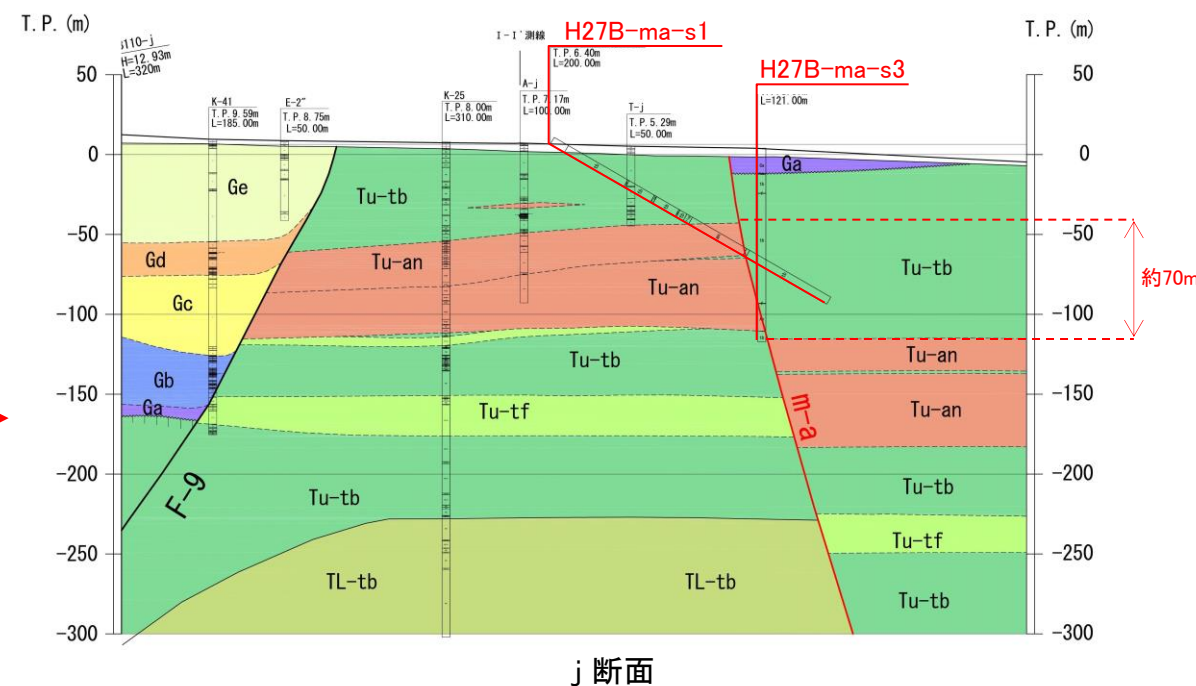


ボーリング調査位置図  
(地質構造図)

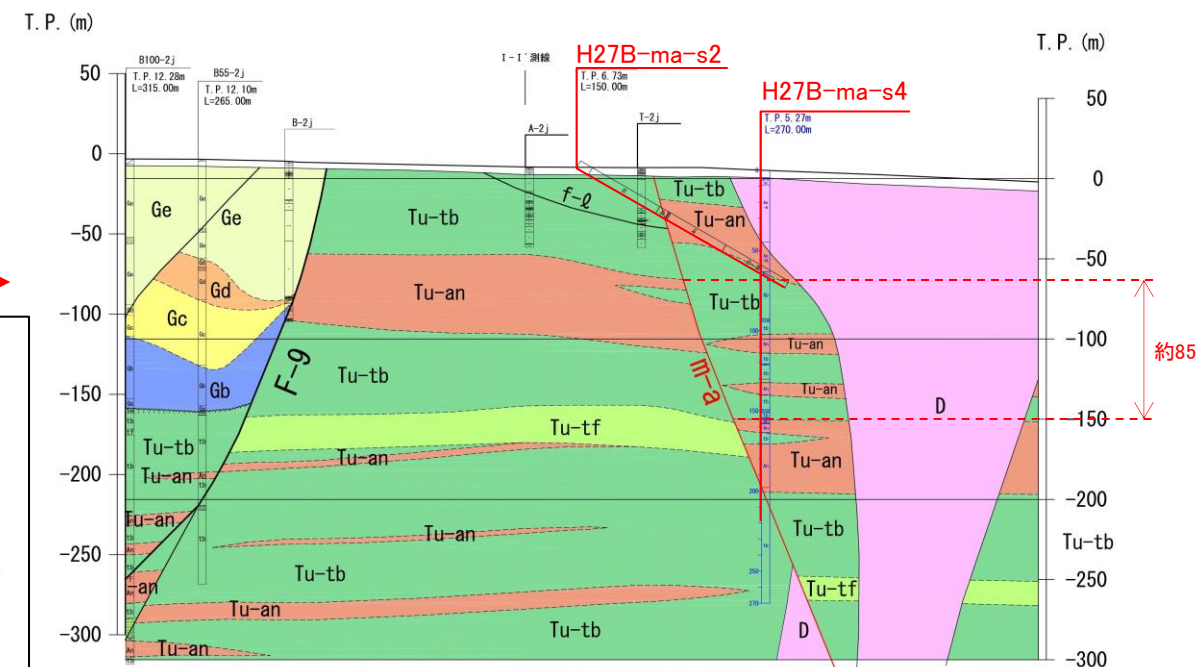


追加調査

- m-a断層を確認したボーリング孔
- m-a断層を確認していないボーリング孔
- m-a断層を確認した既往のボーリング孔



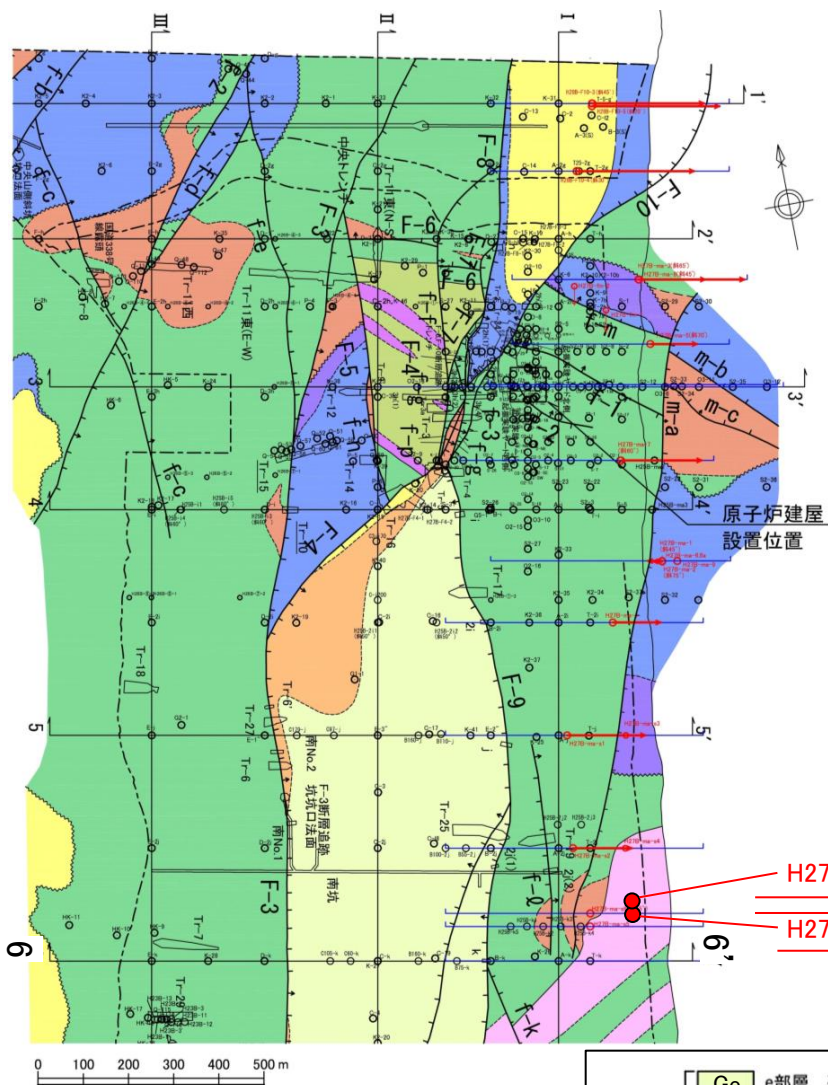
j 断面



2j 断面

# 敷地中部のm-a断層の分布(2)

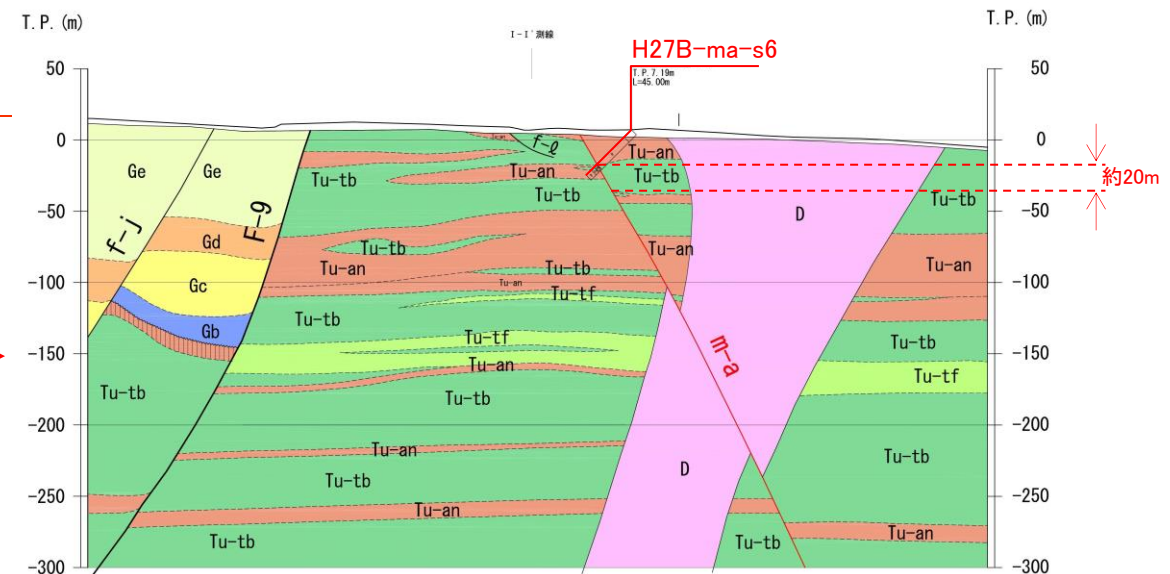
➢ 2j+144.5断面のH27-ma-s6孔, 2j+173.5断面の H27-ma-s5孔でm-a断層を確認した。  
 ⇒m-a断層は, 南方に向かって見かけ鉛直変位量が小さくなり, 6-6' 断面付近で消滅すると考えられる。



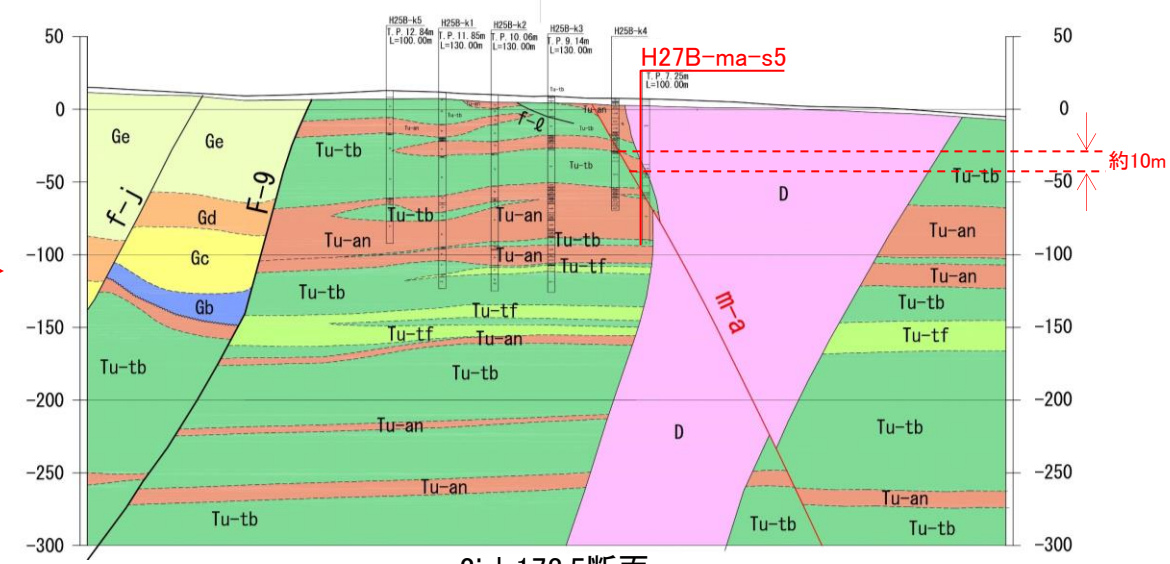
ボーリング調査位置図  
(地質構造図)

Ge	e部層	砂岩	---	敷地境界
Gd	d部層	礫岩・砂岩	---	地層境界
Gc	c部層	砂岩	---	地層境界 (蒲野沢層と泊層上部層間の不整合)
Gb	b部層	泥岩	---	岩種境界
Ga	a部層	礫岩・砂岩	+	F-3 主要断層
D	安山岩岩脈		+	その他の断層(破線は推定断層)
Tu-tb	泊層上部層	火山砕屑岩	+	(断層線のケバは落ちの方向、矢印は面の傾斜方向)
Tu-tf		凝灰岩		
Tu-an		安山岩溶岩		
Ti-tb	泊層下部層	火山砕屑岩		
Ti-an		安山岩溶岩		
Sa-ss	猿ヶ森層	砂岩・軽石凝灰岩		
Sa-ms		泥岩		

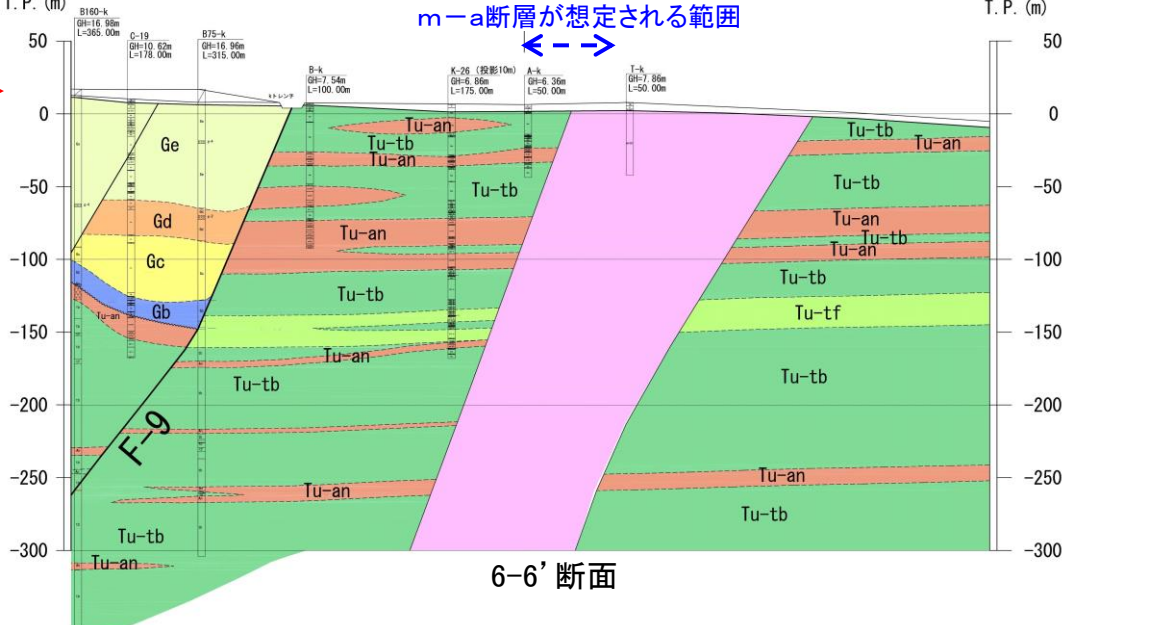
- 追加調査
- m-a 断層を確認したボーリング孔
  - m-a 断層を確認していないボーリング孔
  - m-a 断層を確認した既往のボーリング孔



2j+144.5断面



2j+173.5断面

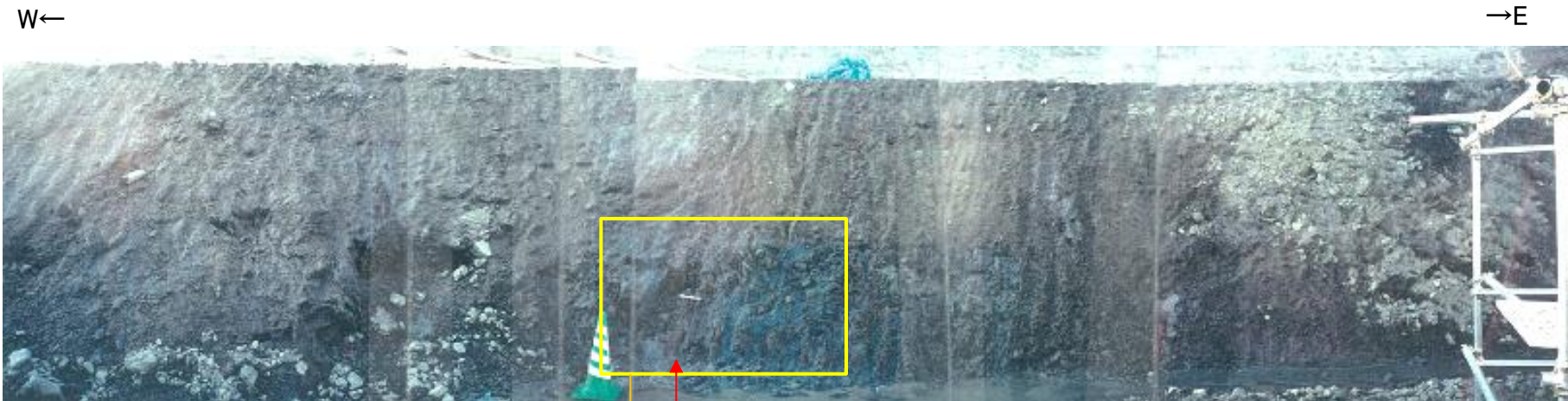
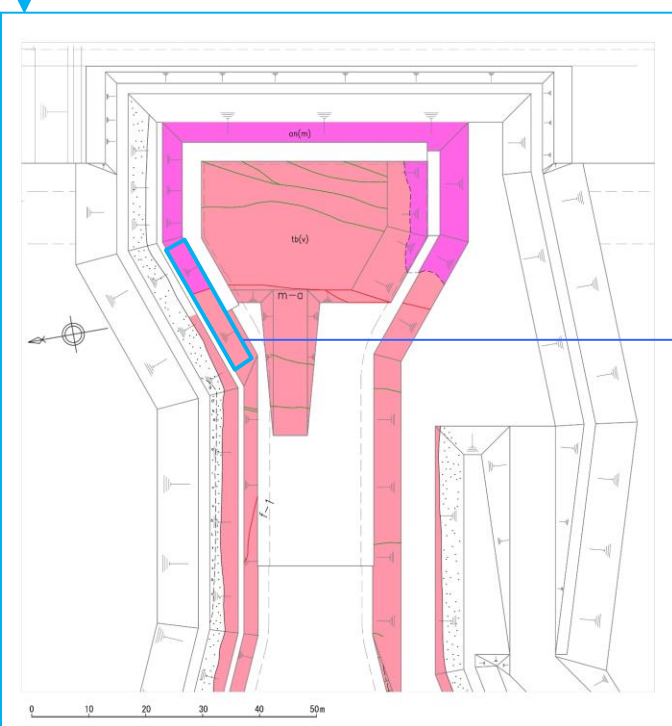
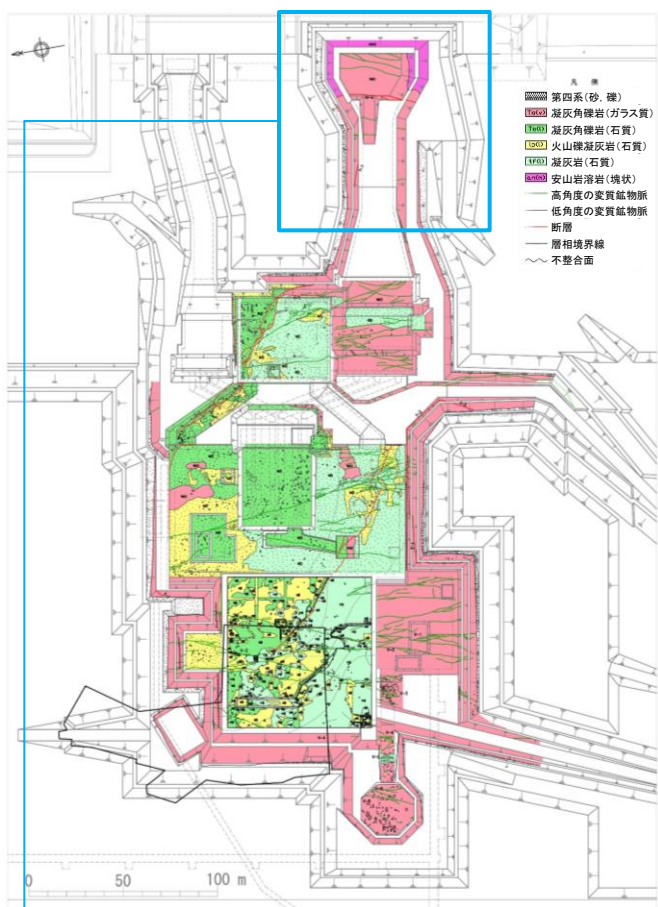


6-6' 断面



# 取水口基礎掘削法面のm-a断層の性状(北法面)

- m-a断層は, 取水口北法面の凝灰角礫岩と安山岩溶岩の境界部に分布する。
- m-a断層の破碎部付近は, 赤褐色を呈し, やや割れ目が多い。



泊層上部層 凝灰角礫岩      m-a断層 (N10°E80°E)      泊層上部層 安山岩溶岩

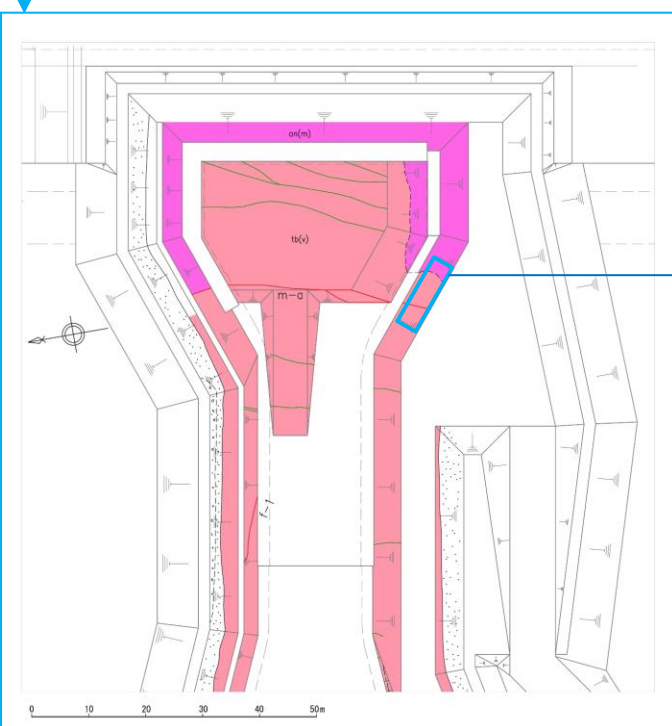
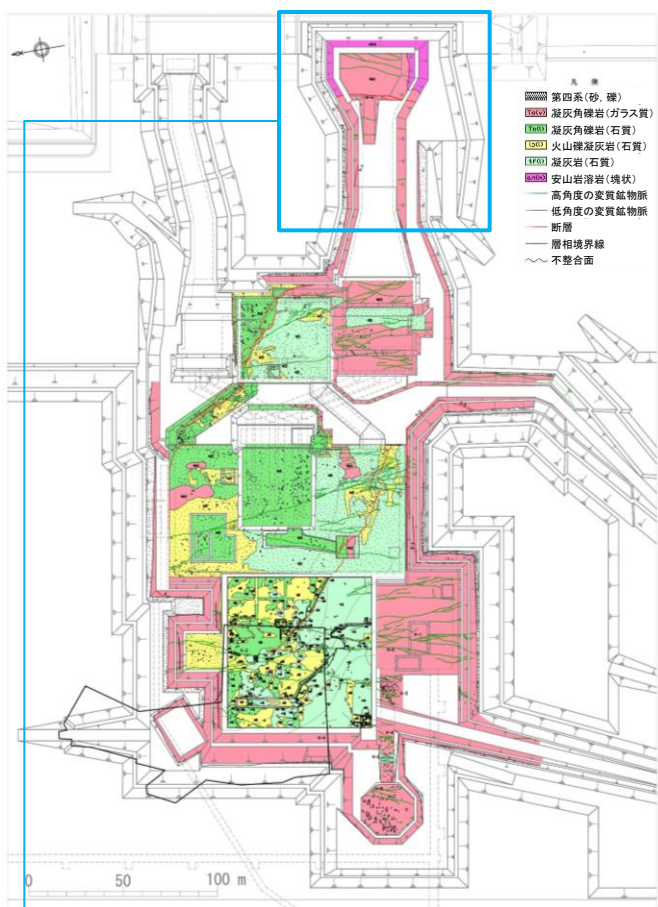


泊層上部層 凝灰角礫岩      泊層上部層 安山岩溶岩

m-a断層  
部分的に粘土を挟むせん断面  
下盤側約50cmはやや割れ目が多い

取水口北法面のm-a断層の性状

# 取水口基礎掘削法面のm-a断層の性状(南法面上部)



- m-a断層は, 取水口南法面上部の凝灰角礫岩と安山岩溶岩の境界部に確認されている。
- m-a断層の破碎部は, セピオライトよりなり, 幅は10cm以下である。



泊層上部層 安山岩溶岩  
 やや割れ目が多い  
 小破碎部  
 m-a断層  
 泊層上部層 凝灰角礫岩

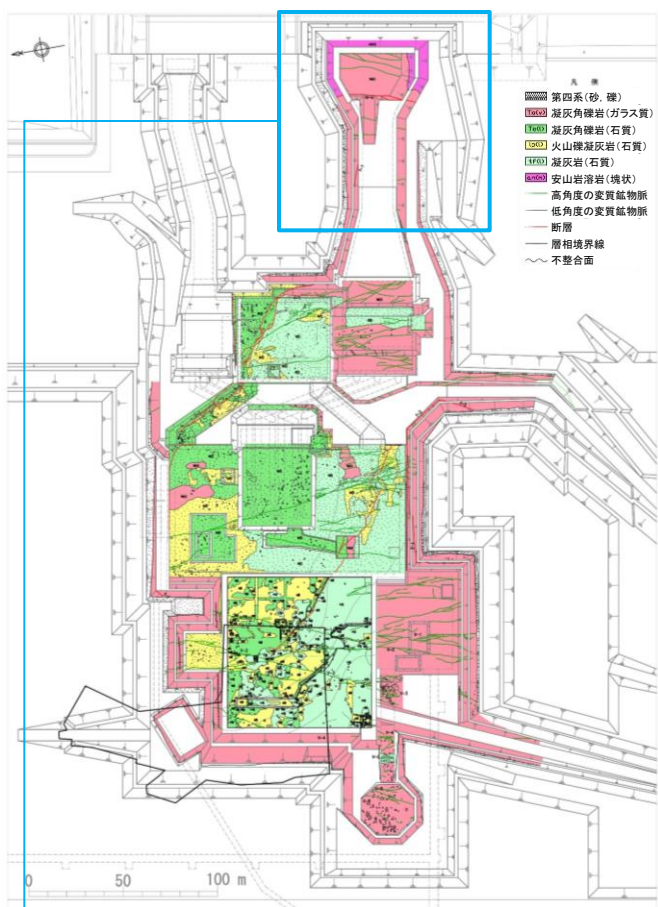


m-a断層

取水口南法面上部のm-a断層の性状

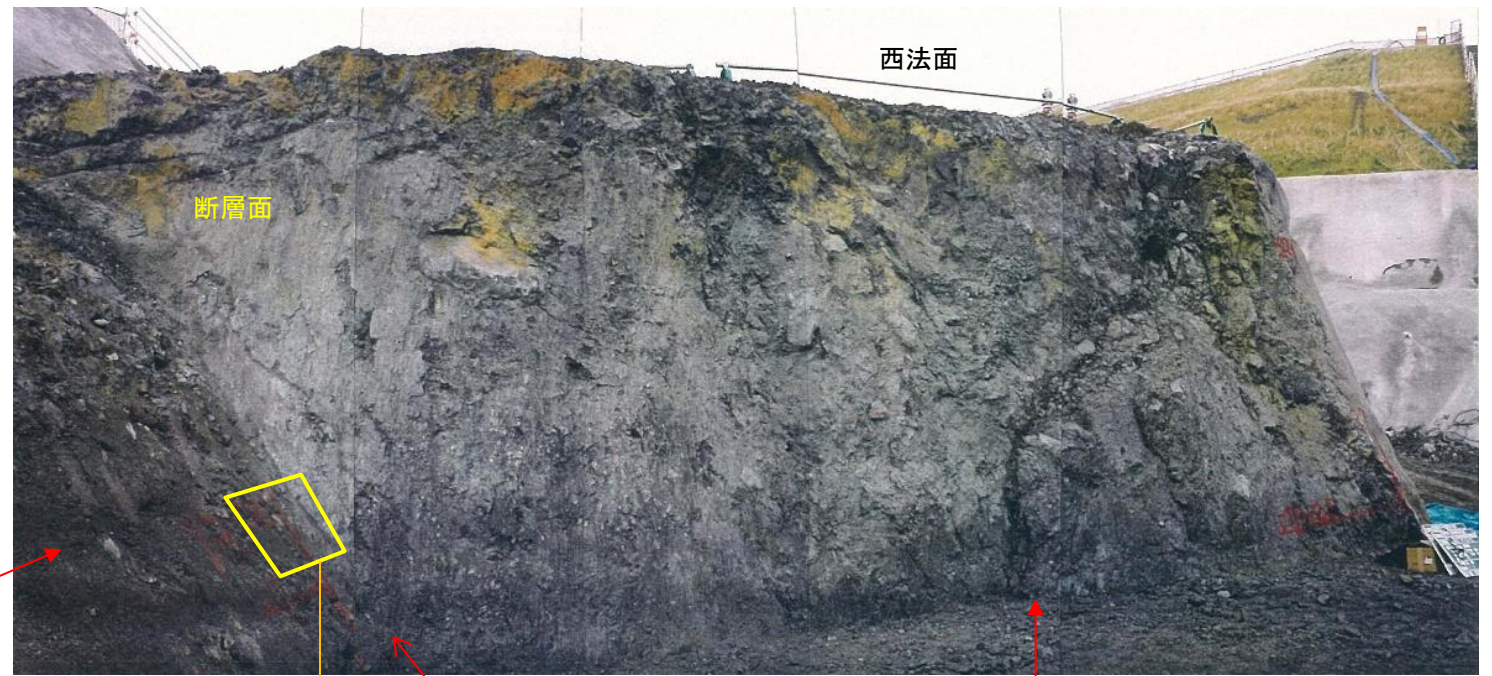
# 取水口基礎掘削法面のm-a断層の性状(西法面)

- m-a断層は, 取水口西法面上部に確認されている。
- m-a断層は, 断層面が法面に露出し, 縦ずれの条線を有している。
- m-a断層破碎部は, 幅約10cm以下のセピオライトよりなる。

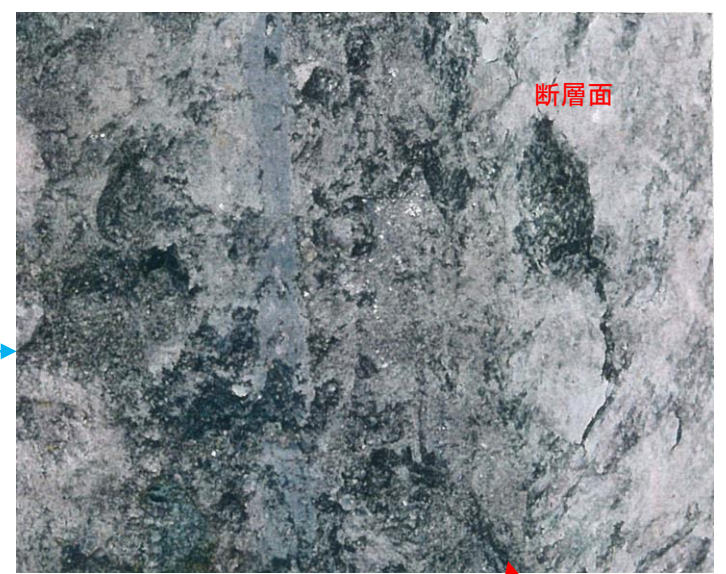
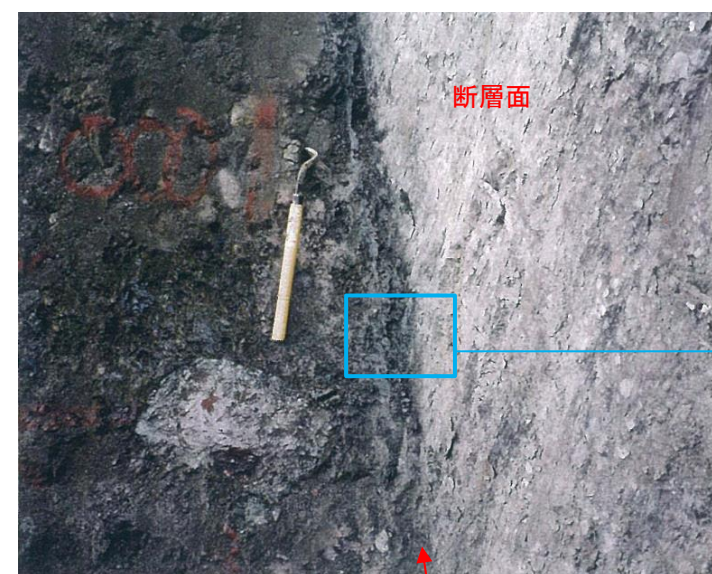
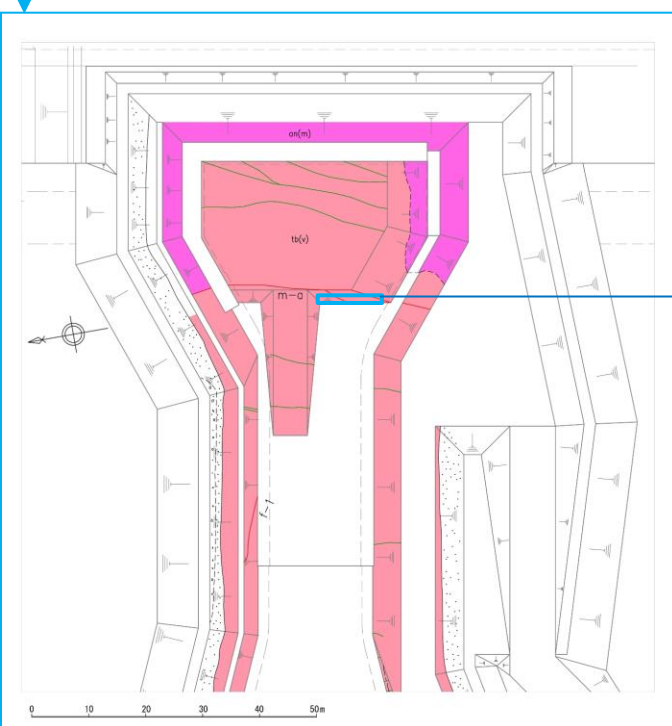


S←

→N



南法面



取水口西法面上部のm-a断層の性状

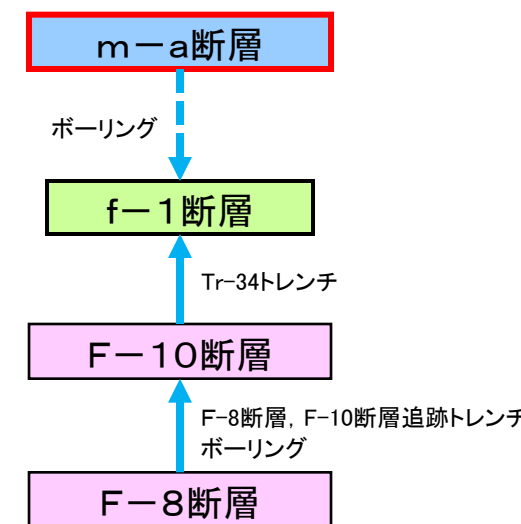
3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性

# m-a断層と周辺の断層の新旧関係と破碎部等の性状

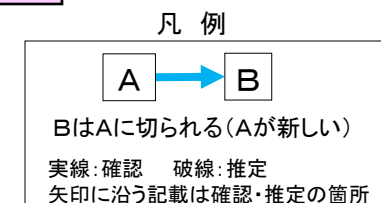
- f-1断層との新旧関係(m-a断層, F-10断層はf-1断層を切る), 断層の走向, 傾斜, 移動のセンス, 断層破碎部がセピオライト化していること等の類似性から, m-a断層は, F-8断層, F-10断層の形成とほぼ同時期と考えられる。
  - m-a断層は, 施設近傍等の複数のボーリングコアで, SEM観察により, 破碎部にセピオライトが晶出し破碎されていないことが認められ, F-8断層, F-10断層, f-1断層でも同様の性状が確認されている。
  - F-8断層, F-10断層では, 破碎部が固結・岩石化した箇所, 石英(玉髄)脈が充填, 横断した箇所が認められている。
- ⇒ m-a断層は, 熱水変質の過程, SEM観察の結果, ほぼ同時期に形成されたと考えられるF-8断層, F-10断層の破碎部の性状等から, 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。

断層の新旧関係と破碎部の性状

断層名 新 ← ← ← → → → 旧	断層破碎部の性状			
	固結・岩石化した箇所がある	セピオライトが晶出し破碎されていない (SEM観察)	石英(玉髄)脈が充填, 横断している箇所がある	年代値
F-8断層	○	○	○ (O <sub>2</sub> -10孔)	約10Ma (セピオライトの形成年代)
F-10断層	○	○	—	—
m-a断層	—	○	—	—
f-1断層	—	○	—	—



原子炉施設設置位置の断層の新旧関係



## 3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性

## m-a断層とF-8断層, F-10断層の比較

## 走向, 傾斜, 移動のセンス

- m-a断層とF-8断層, F-10断層は, 概ねN-S~NE-SW走向で, m-a断層とF-8断層は東落ち, F-10断層は西落ちであるが, いずれも高角度の正断層である。
- 地表付近では, 蒲野沢層と泊層上部層の境界をなす。

## 破碎部の性状

- 蒲野沢層と泊層の境界部では, m-a断層, F-8断層, F-10断層ともに, 破碎部は粘土状を主体とする非固結な破碎部が主体である。
- 深部の泊層中の破碎部は, m-a断層, F-8断層, F-10断層ともに熱水変質によりセピオライト化していることが多く, 破碎幅も同程度である。
- 泊層中の破碎部には, 非固結~固結~固結・岩石化の性状が認められ, F-8断層, F-10断層には, 固結・岩石化した破碎部も確認される。m-a断層では, 固結・岩石化した破碎部は確認されていないが, 一部に固結した破碎部が認められる。
- m-a断層, F-8断層, F-10断層ともに, 破碎部の薄片観察では, 最新面を横断する粘土鉱物脈は認められないものの, せん断面沿いに変形組織を持たないセピオライト(形成年代は約10Ma)が認められ, また, SEM観察では, 最新面にセピオライトが晶出し破碎されていないことが確認される。
- 敷地の断層の破碎部には, 珪化作用を受けて破碎部を石英(玉髓)脈が充填, 横断している箇所が認められるが, m-a断層, F-8断層, F-10断層の中では, F-8断層にその存在が確認される。

## 形成時期

- f-1断層との新旧関係(m-a断層, F-10断層はf-1断層を切る), 断層の走向, 傾斜, 移動のセンス, 断層破碎部がセピオライト化していること等の類似性から, m-a断層は, F-8断層, F-10断層の形成とほぼ同時期と考えられる。






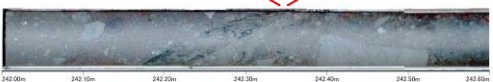




m-a断層は, F-8断層, F-10断層と比較して, 走向, 傾斜, 移動のセンスが類似し, 熱水変質によるセピオライト化が見られるなど, 破碎部の性状も類似しており, F-8断層, F-10断層とほぼ同時期の中新世の引張応力状態下で形成され, 熱水変質を受けたものと考えられる。

m-a断層は, 岩石化した破碎部, 破碎部を充填, 横断する石英(玉髓)脈は確認されていないものの, 熱水変質の過程, 最新面のセピオライトが破碎されていないこと(SEM観察)等において, F-8断層, F-10断層と類似している。

3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性

m-a断層とF-8断層, F-10断層の比較

m-a断層とF-8断層, F-10断層の比較




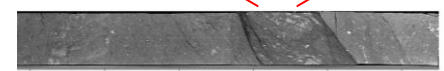
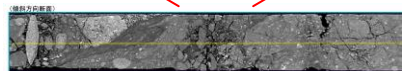
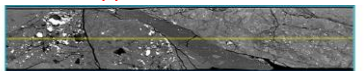





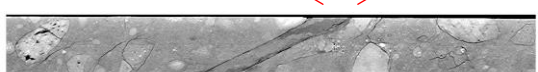


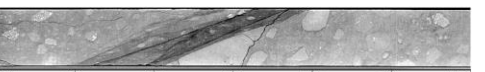
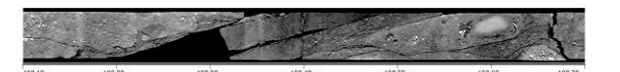
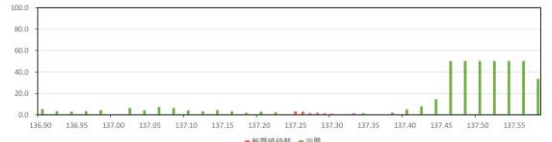
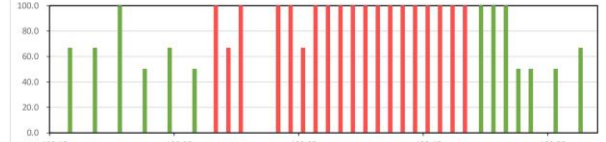
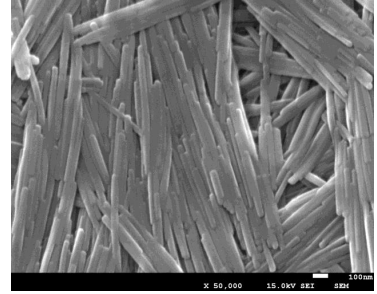
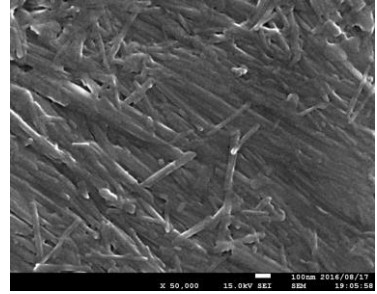
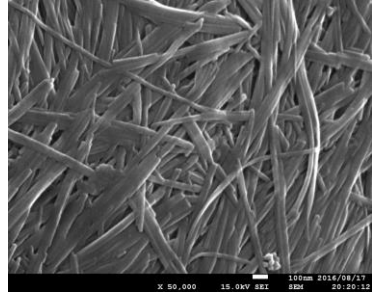
項目		m-a断層	F-8断層	F-10断層	
走向・傾斜		N21° W~39° E 65° E~88° E	N18° W~68° E 67° SE~90°	N36° ~75° E 55° ~71° NW	
見かけ鉛直変位量(m)		85	200	110以上	
移動のセンス		正	正	正	
落ちの方向		E	E	W	
破碎部の性状	G/T※	最大幅(cm)	[14]	75	35
		性状	非固結(粘土状主体)	非固結(粘土状主体)	非固結(粘土状主体)
		変質	—	スメクタイト化	スメクタイト化
		コア写真	 H27B-ma-1b 深度36.10m 幅10cm 非固結	 A78-h8 深度85.30m 幅10cm 非固結	 A-h25 深度45.95m 幅3cm 非固結
	T/T※	最大幅(cm)	[50]	[18]	[35]
		性状	非固結, 固結・非固結混在, 固結	非固結, 固結, 固結・岩石化	非固結, 固結・非固結混在, 固結, 固結・岩石化
		変質	セピオライト化	セピオライト化(一部で石英(玉髓)脈確認)	セピオライト化
		コア写真	 H27B-ma-9孔 深度242.30m 幅3cm 固結	 H27B-F8-1 深度176.9m, 幅8cm 固結・岩石化	 H27B-F8-2 深度144.6m, 幅4cm 固結・岩石化
			 H27B-ma-6 深度137.3m, 幅7cm, 非固結	 O2-10 深度192.45m, 幅7cm 固結・岩石化	

※G/T: 蒲野沢層, 泊層上部層境界部の破碎部 T/T: 泊層中の破碎部  
[: ボーリングコアの破碎幅

3.6.2 分布・連続性, 断層等との関係・類似性

m-a断層とF-8断層, F-10断層の比較

m-a断層とF-8断層, F-10断層の比較

項目		m-a断層	F-8断層	F-10断層
G/T※	コア写真	 H27B-ma-1b 深度36.10m 幅10cm 非固結	 A78-h8 深度85.30m 幅10cm 非固結	 A-h25 深度45.95m 幅3cm 非固結
	CT画像	 H27B-ma-1b 深度36.10m	 A78-h8 深度85.30m	 A-h25 深度45.95m
破碎部の性状	コア写真	 H27B-ma-9孔 深度242.30m 幅3cm 固結	 H27B-F8-1 深度176.9m, 幅8cm 固結・岩石化	 H27B-F8-2 深度144.6m, 幅4cm 固結・岩石化
	CT画像	 H27B-ma-9孔 深度242.30m 幅3cm	 H27B-F8-1 深度176.9m	 H27B-F8-2 深度144.6m
	コア写真	 H27B-ma-6 深度137.3m, 幅7cm 非固結	 O2-10 深度192.45m, 幅7cm 固結・岩石化	
	CT画像	 H27B-ma-6 深度137.3m	 O2-10 深度192.45m, 幅7cm	
	針貫入勾配	 H27B-ma-6	 O2-10	
	最新面のSEM画像	 H27B-ma-6 m-a断層破碎部 (×50000)	 H27B-F8-1 F-8断層破碎部 (×50000)	 H27B-F8-2 F-10断層破碎部 (×50000)

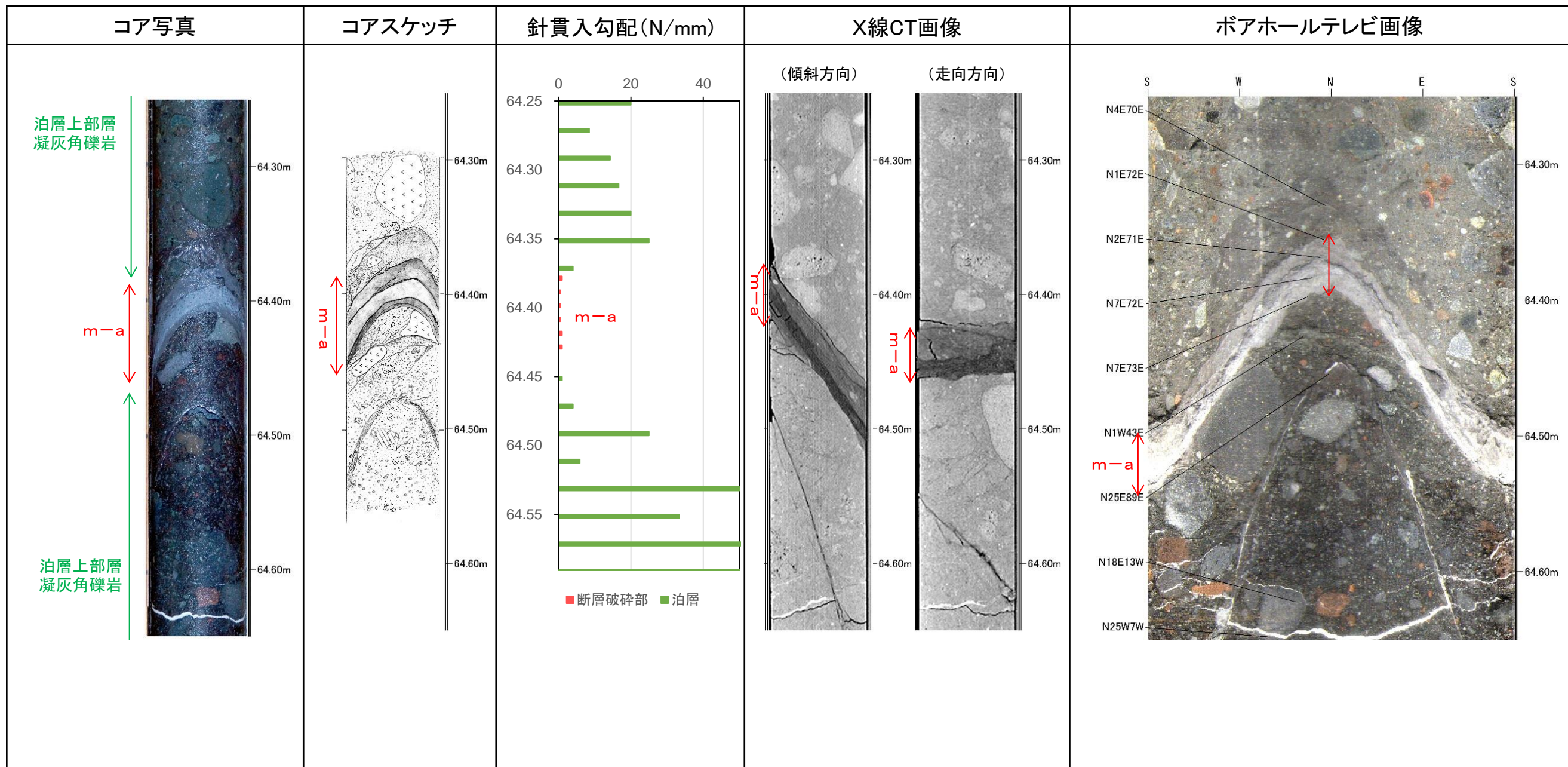
※G/T: 蒲野沢層, 泊層上部層境界部の破碎部 T/T: 泊層中の破碎部

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の性状(H27B-ma-2' 孔)

- H27B-ma-2' 孔は、下方傾斜75° で西向きに掘削し、泊層上部層中のm-a断層破碎部の試料を採取した。
- m-a断層は、幅2cm~3cmであり、白色~灰白色で非固結状をなす。
- X線CT画像ではセピオライト化する破碎部中に非変質の安山岩礫が含まれている。
- ボアホールテレビ画像では白色セピオライトが熱水変質脈の形態を保持しており、明瞭なせん断面は認められない。

m-a断層破碎部の性状(m-a断層:H27B-ma-2' 孔)

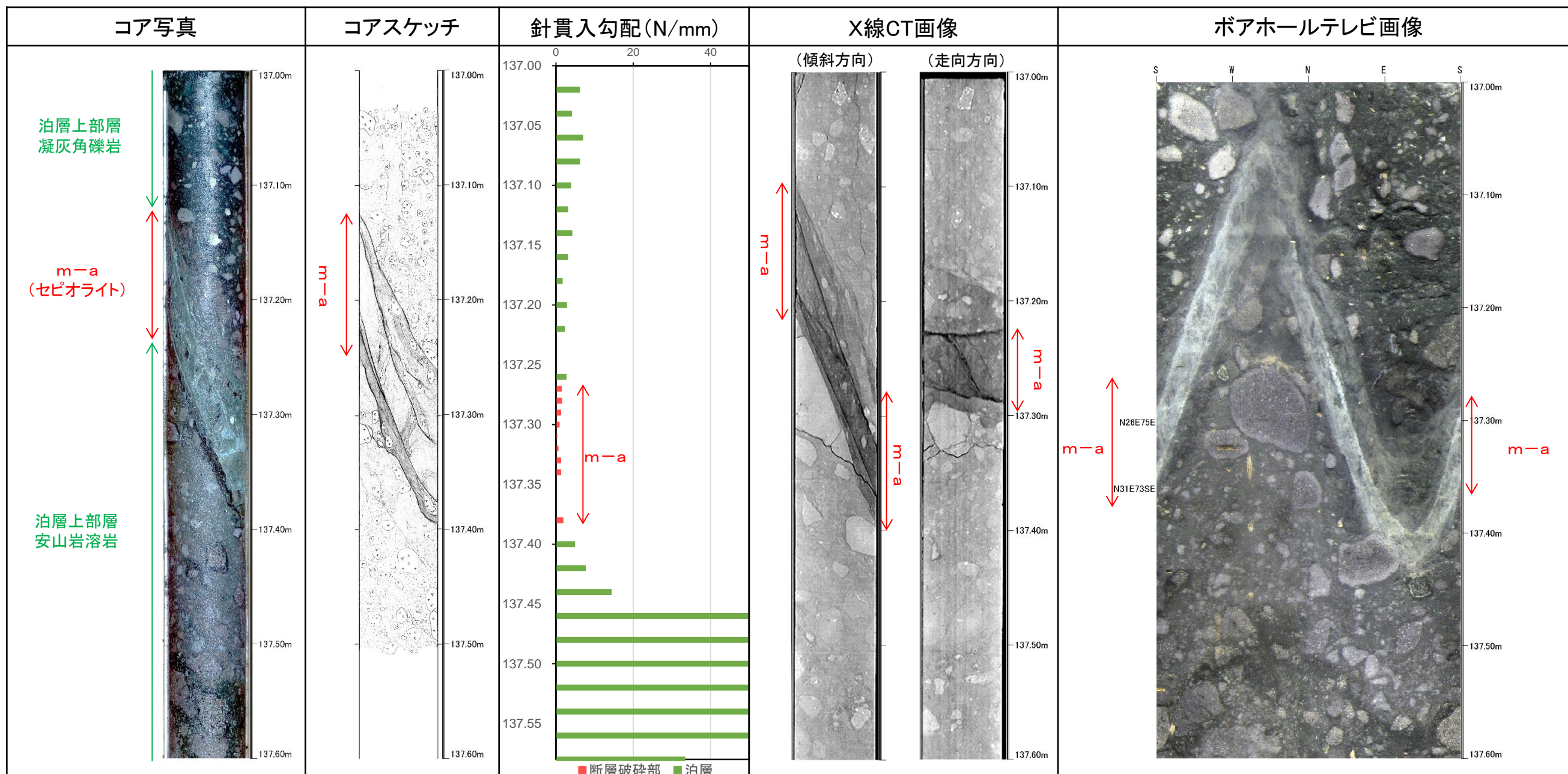




# m-a断層破碎部の性状(H27B-ma-6孔)

- H27B-ma-6孔は、鉛直で掘削し、泊層上部層中のm-a断層破碎部の試料を採取した。
- m-a断層は、幅5cm~6cmであり、白色~灰白色で非固結状をなす。
- X線CT画像ではセピオライト化する破碎部中に非変質の安山岩礫が含まれている。
- ボアホールテレビ画像では白色セピオライト脈が不明瞭となり不連続であり、熱水変質脈の形態を保持しており、明瞭なせん断面は認められない。

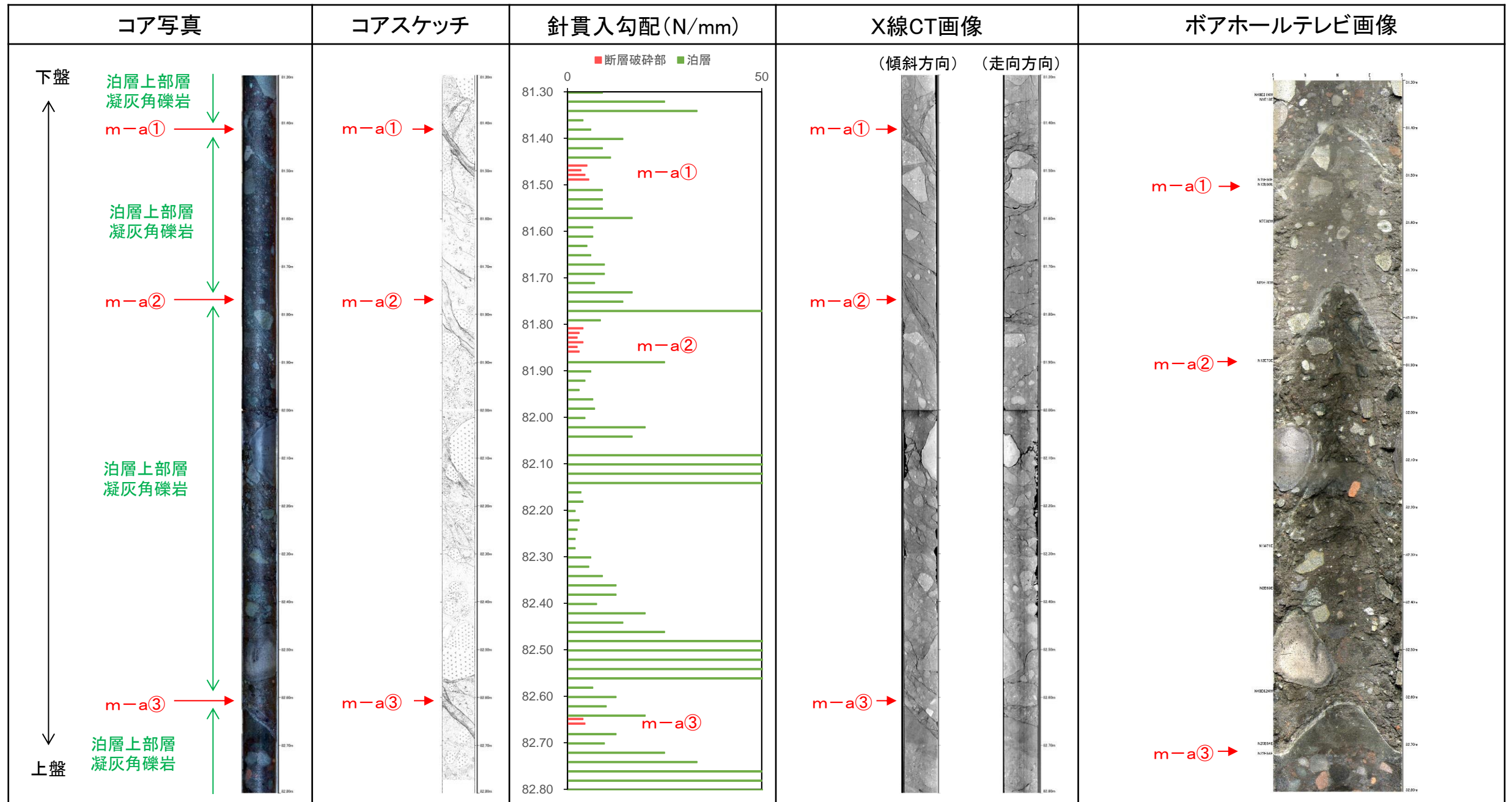
m-a断層破碎部の性状(m-a断層:H27B-ma-6孔)



# m-a断層破碎部の性状(H27B-ma-4孔)

- H27B-ma-4孔は、下方傾斜45°で東向きに掘削し、m-a断層の下盤側より上盤側に掘削して試料を採取した。
- m-a断層破碎部は、泊層上部層の凝灰角礫岩中で3条に分岐しており、それぞれの幅は1cm~3cmである。破碎部は、母岩に比較して軟質であり、非固結状をなす。

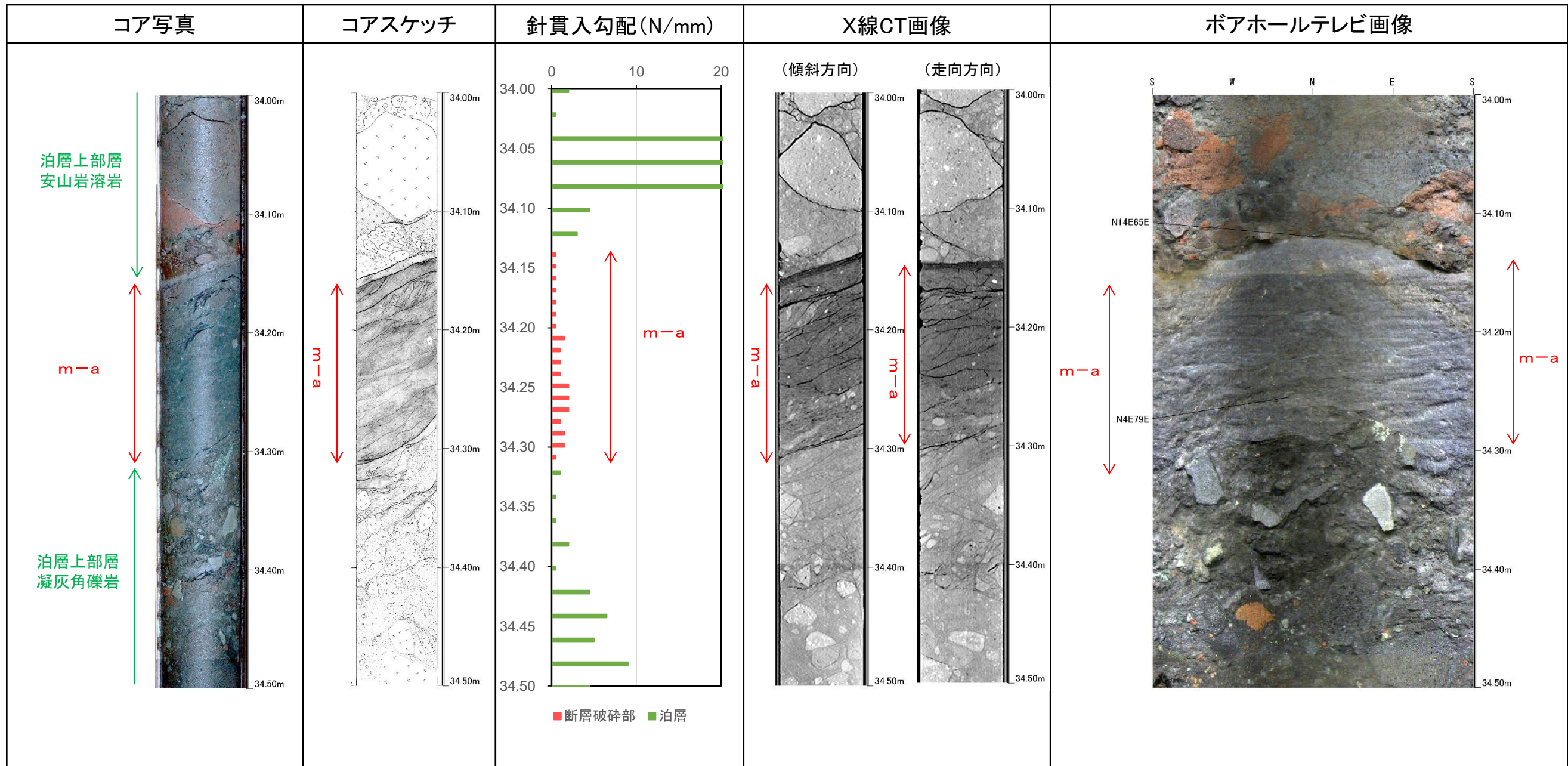
m-a断層破碎部の性状(m-a断層:H27B-ma-4孔)



# m-a断層破碎部の性状(H27B-ma-s6孔)

- H27B-ma-s6孔は、下方傾斜45°で西向きに掘削し、m-a断層の上盤側より下盤側に向かって掘削して試料を採取した。
- m-a断層破碎部は、泊層上部層の溶岩と凝灰角礫岩の境界にあり、幅は約15cmであり、両側に薄い非固結部よりなる粘土を伴う固結・非固結混在の性状である。

m-a断層破碎部の性状(m-a断層:H27B-ma-s6孔)

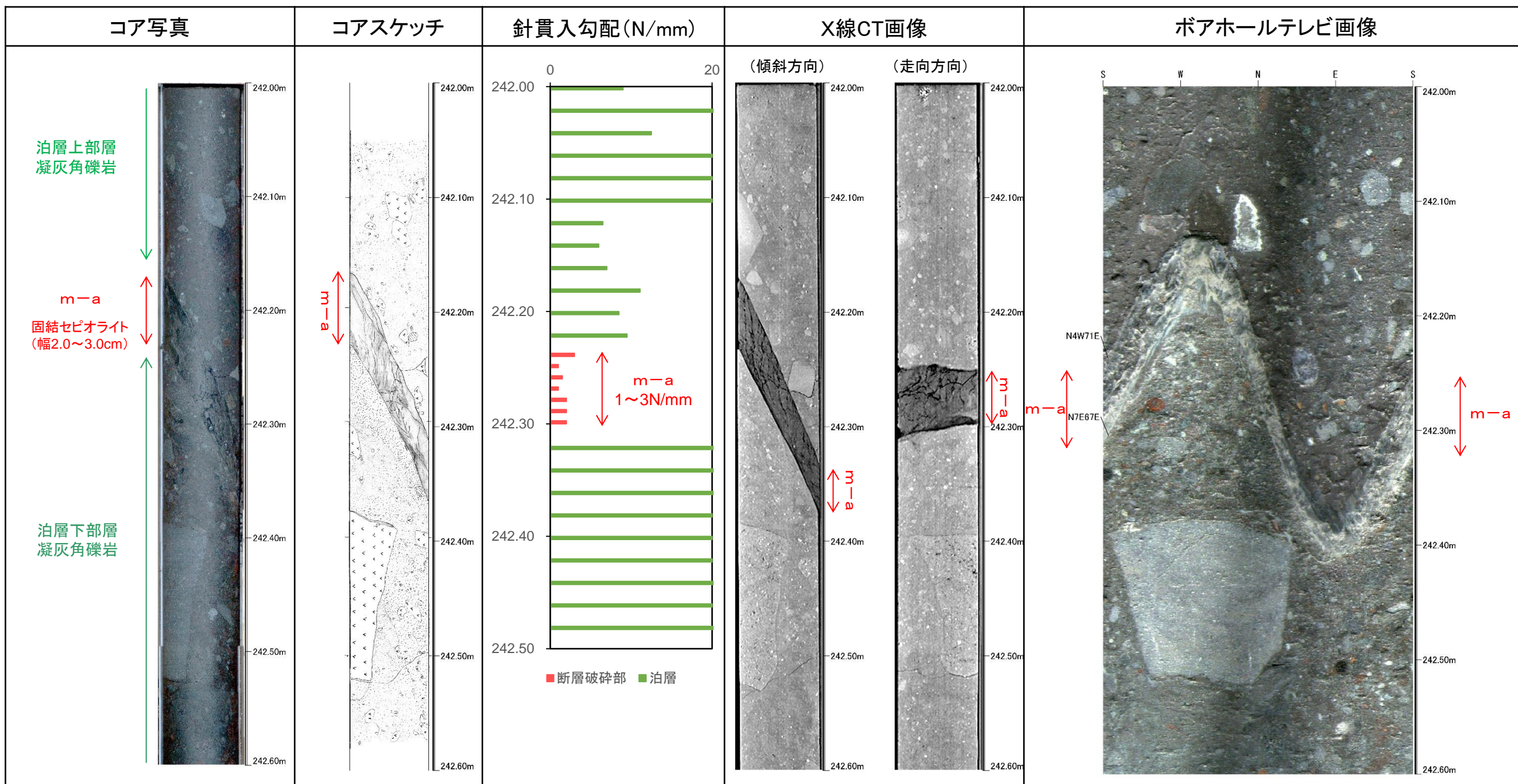


### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の性状(H27B-ma-9孔)

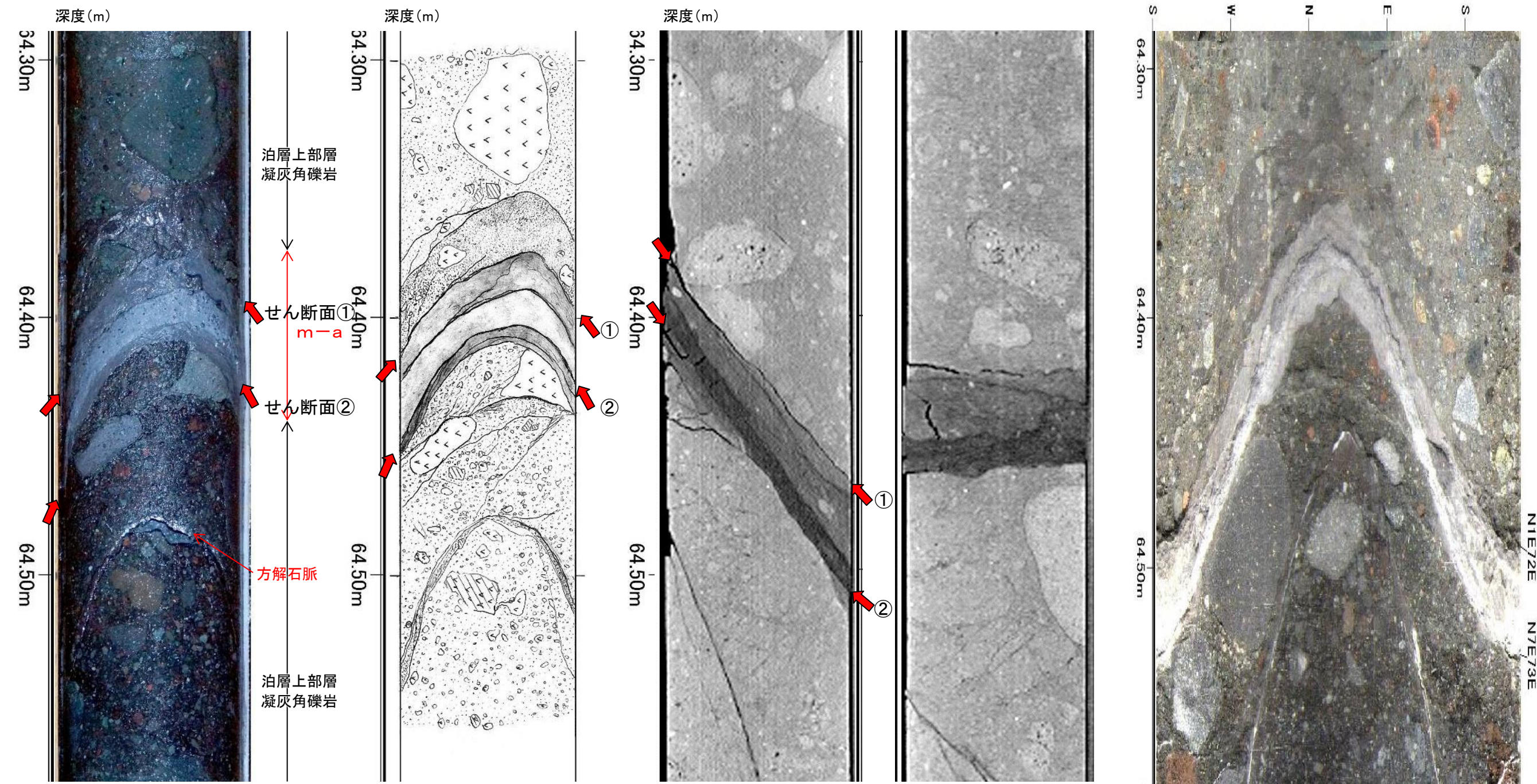
- H27B-ma-9孔は、鉛直で掘削し、深度約242mで泊層中のm-a断層破碎部の試料を採取した。
- m-a断層は、白色～灰黒色(白色部は掘削後に暗色化)のセピオライトよりなり、固結している。
- ボアホールテレビ画像ではセピオライトと上下盤の母岩は密着している。

m-a断層破碎部の性状(H27B-ma-9孔)



# m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-2' 孔, CT画像等)

- コア観察, CT画像及びボアホールテレビ画像から, H27B-ma-2' 孔のm-a断層破碎部は軟質化している。
- 断層破碎部中には比較的直線的で明瞭な2条のせん断面(せん断面①, ②)が認められる。



m-a断層破碎部コア写真(左)・スケッチ(右)

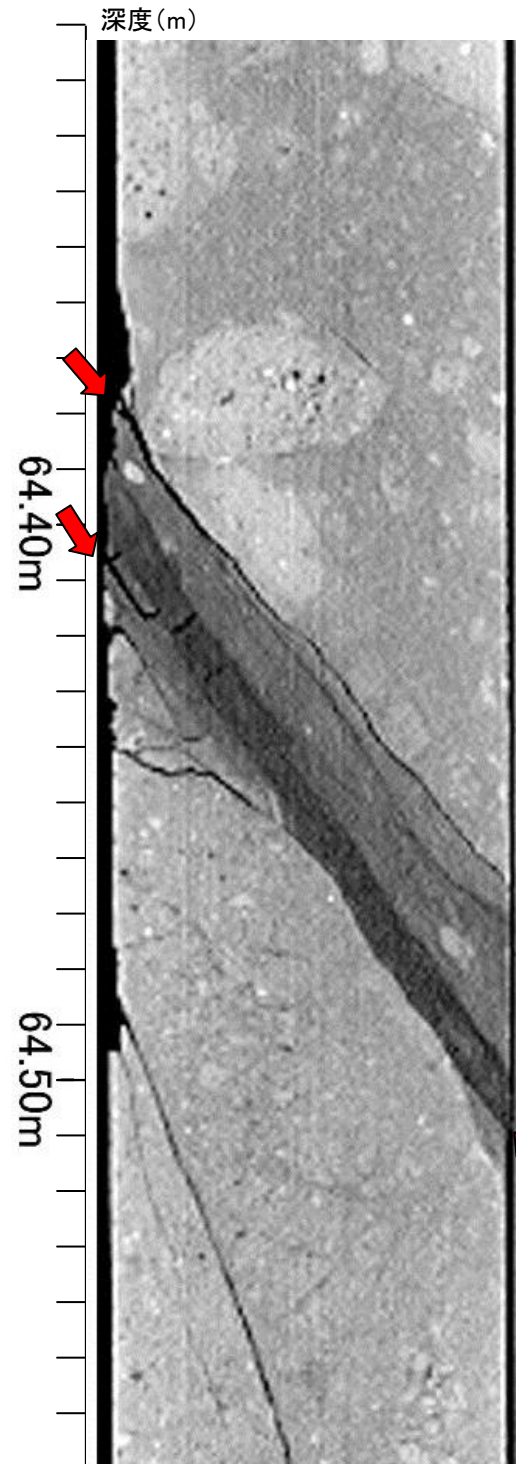
m-a断層破碎部X線CT画像:傾斜方向(左)・走向方向(右)

m-a断層破碎部ボアホールテレビ画像  
縦:横=1:2で表示

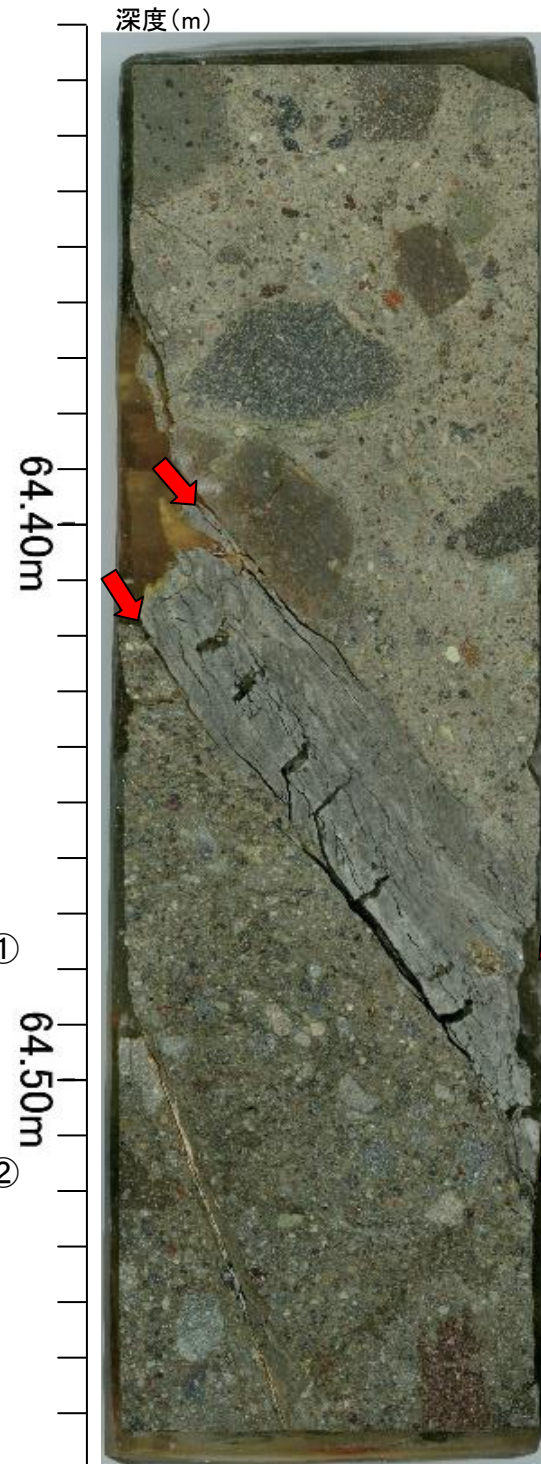
# m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-2' 孔, 研磨片)

【研磨片観察によるせん断面の連続性, 断層破碎部の性状, 運動センス】

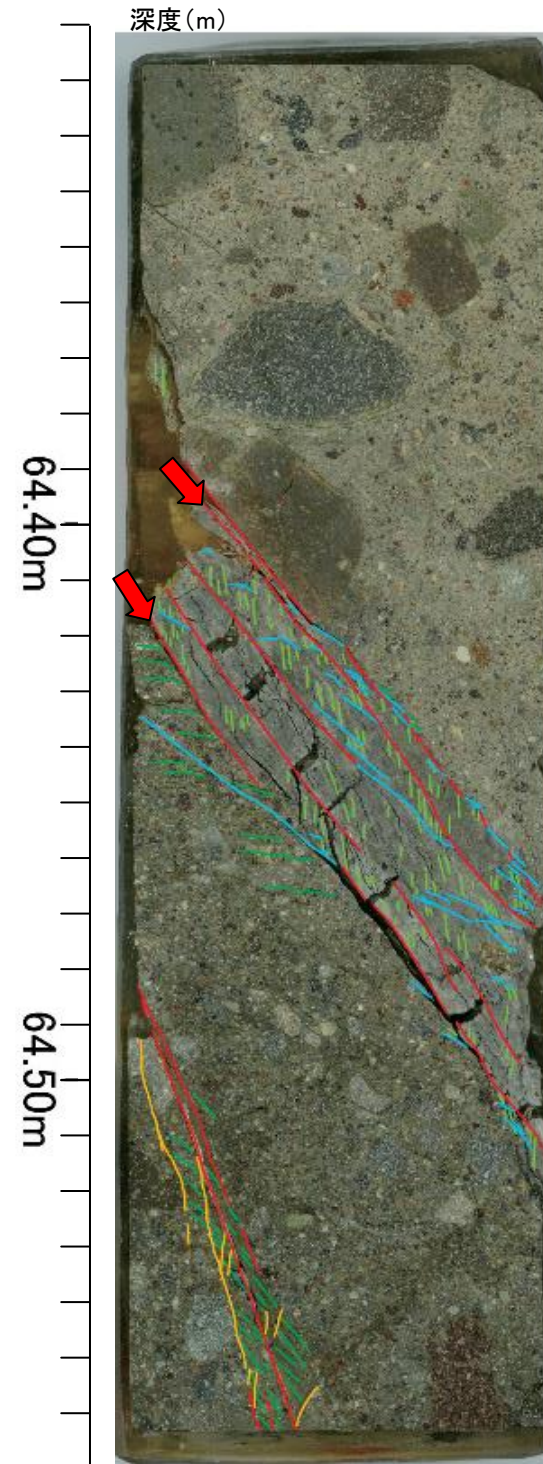
- せん断面①, ②は概ね連続し, いずれも逆断層センスの変形構造が認められる。  
⇒せん断面①, ②について薄片観察を行った。



m-a断層破碎部X線CT画像:傾斜方向

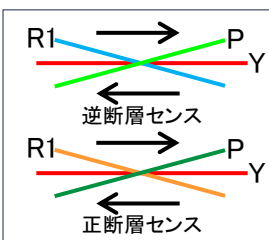


m-a断層破碎部研磨片



せん断面①  
・逆断層の変位センスを示す。

せん断面②  
・逆断層の変位センスを示す。



# m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-2'孔, 薄片観察結果(せん断面①))

【薄片観察によるせん断面①の性状】

➢ せん断面は連続性はよく, 周囲に逆断層センスの変形が認められる。

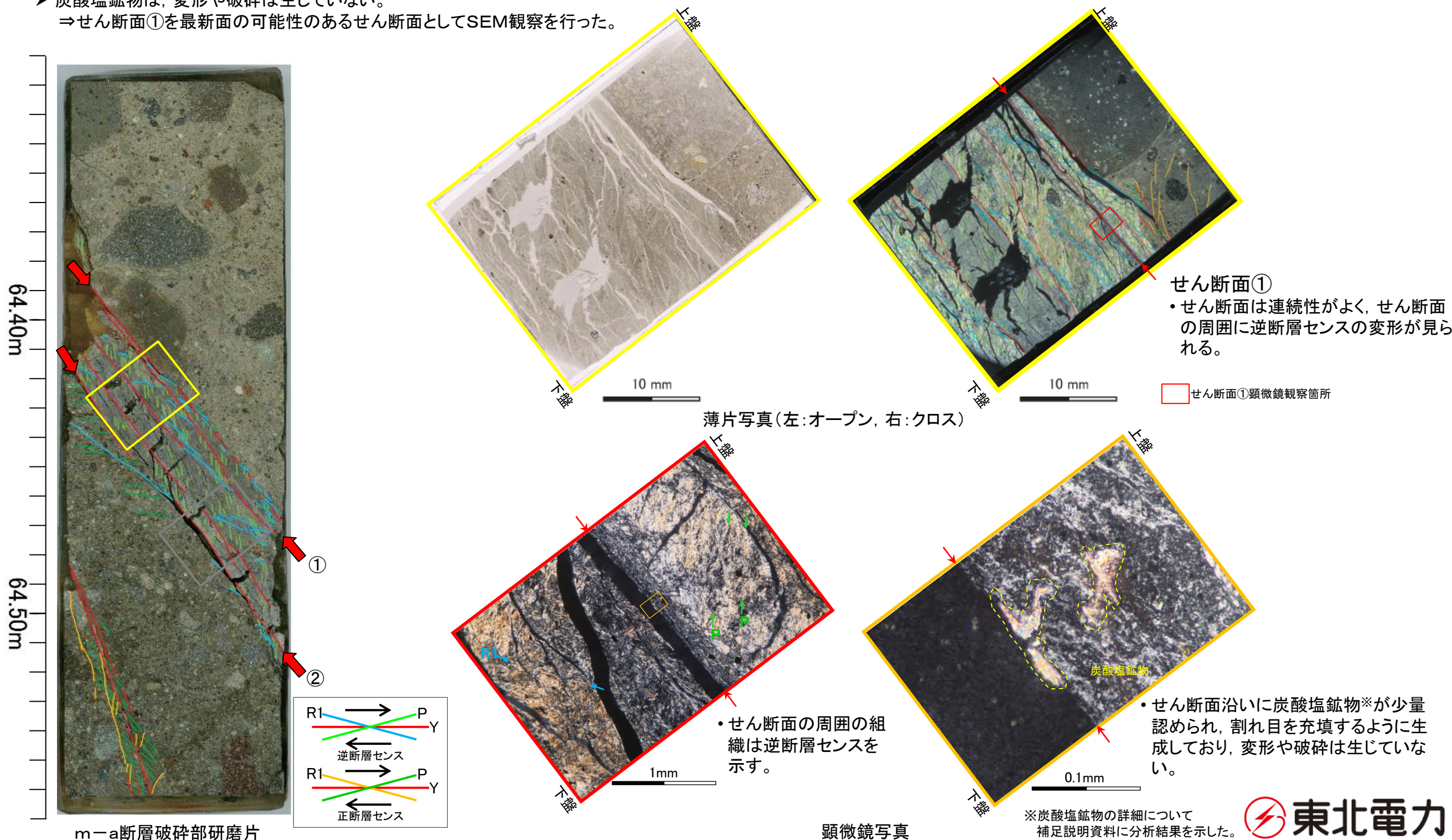
【せん断面を横断する鉱物脈】

➢ せん断面を横断する鉱物は認められないが, せん断面沿いに炭酸塩鉱物が部分的に認められ, 割れ目を充填するように生成している。

【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

➢ 炭酸塩鉱物は, 変形や破碎は生じていない。

⇒せん断面①を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



# m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-2'孔, 薄片観察結果(せん断面②))

【薄片観察によるせん断面②の性状】

➤ せん断面は直線的に発達し、せん断面の周囲の組織は逆断層センスを示す。

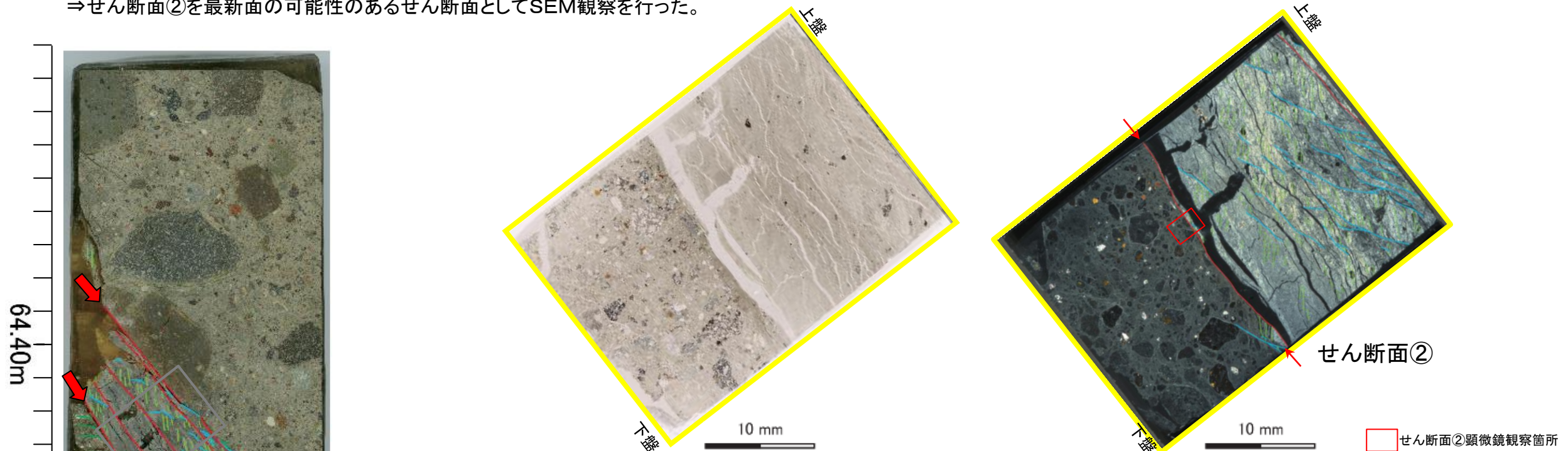
【せん断面を横断する鉱物脈】

➤ せん断面を横断する鉱物は認められないが、せん断面沿いに炭酸塩鉱物が部分的に認められ、割れ目を充填するように生成している。

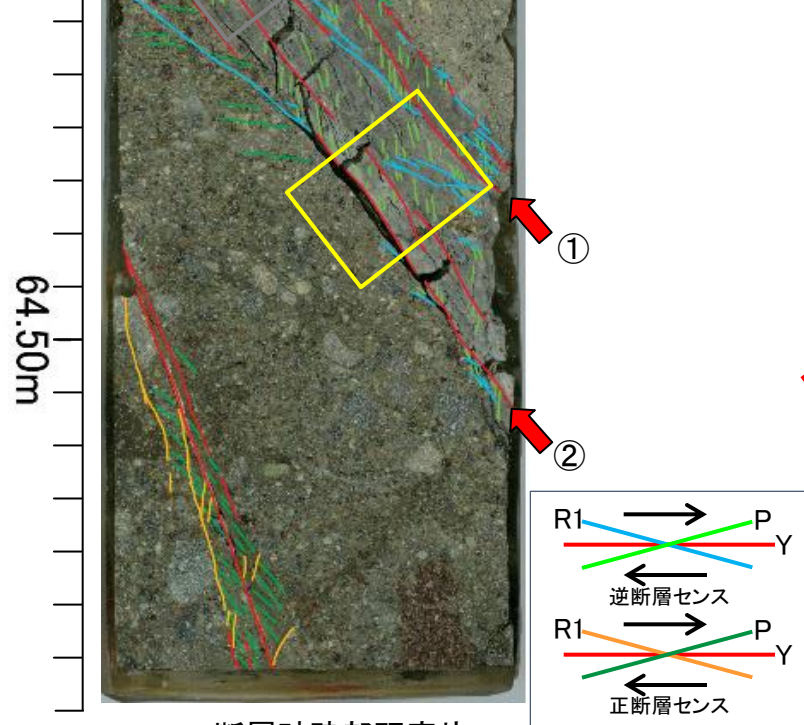
【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

➤ 炭酸塩鉱物は、変形や破碎は生じていない。

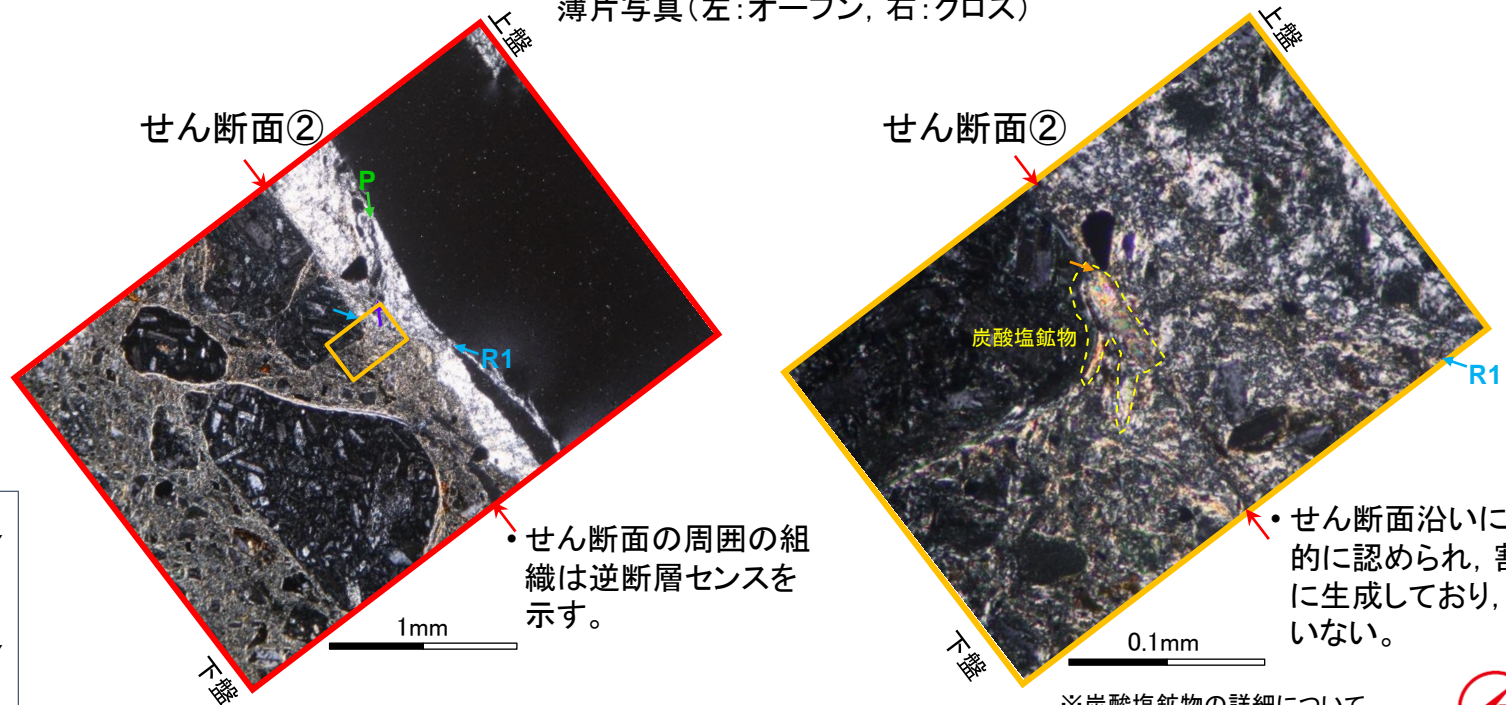
⇒せん断面②を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



薄片写真(左:オープン, 右:クロス)



m-a断層破碎部研磨片



顕微鏡写真

•せん断面沿いに炭酸塩鉱物※が部分的に認められ、割れ目を充填するように生成しており、変形や破碎は生じていない。

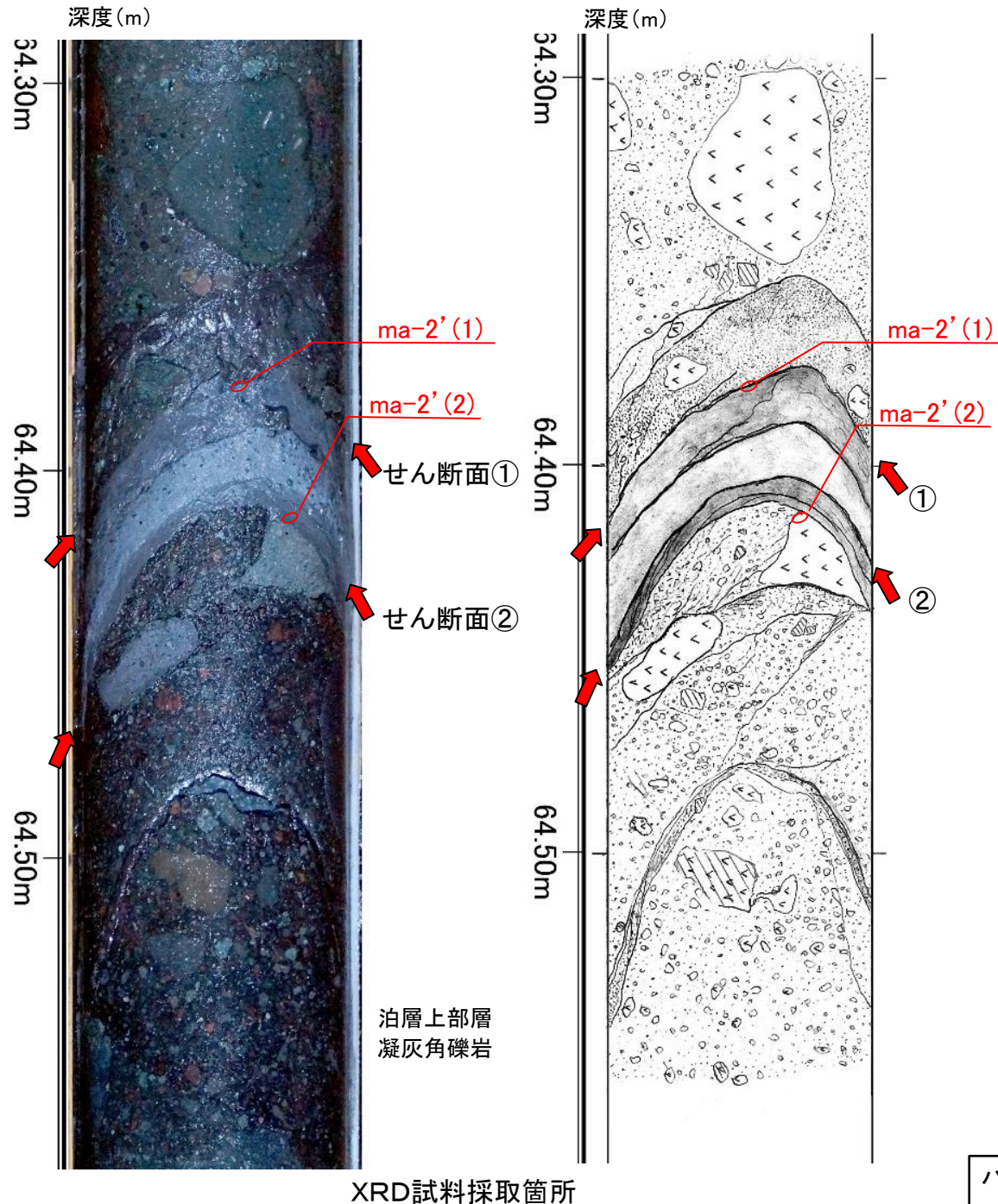
※炭酸塩鉱物の詳細について補足説明資料に分析結果を示した。



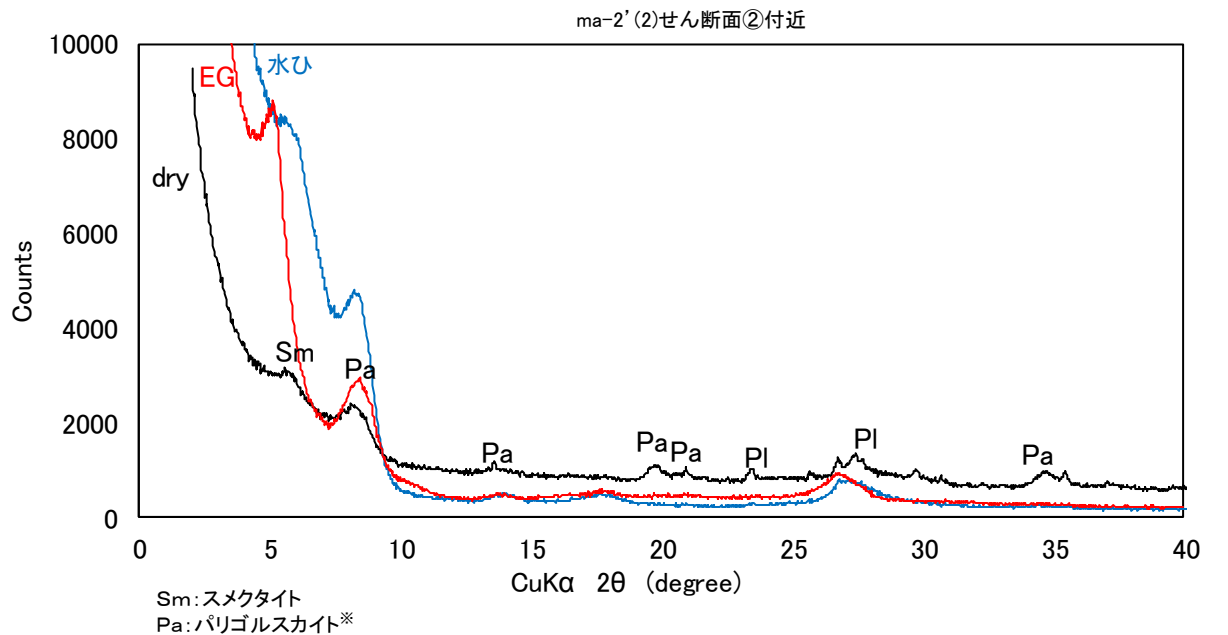
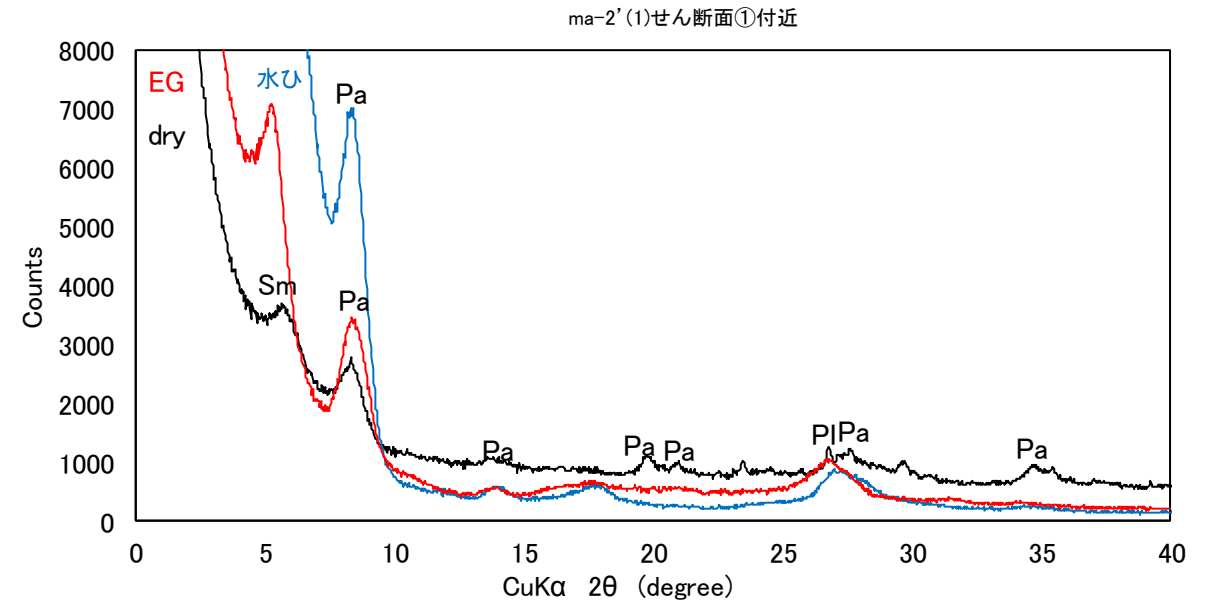
m-a断層破碎部の組織観察(2.破碎部を構成する粘土鉱物の確認:H27B-ma-2'孔, XRD分析結果)

➤ 断層破碎部を構成する粘土鉱物は主としてスメクタイト, パリゴルスカイトからなる。

試料番号	地質状況	構成する主な粘土鉱物
ma-2'(1)	断層破碎部(せん断面①付近)	スメクタイト, パリゴルスカイト
ma-2'(2)	断層破碎部(せん断面②付近)	スメクタイト, パリゴルスカイト



XRD試料採取箇所

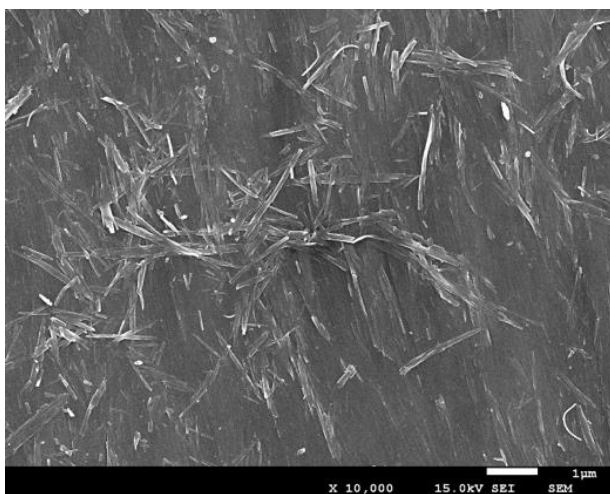
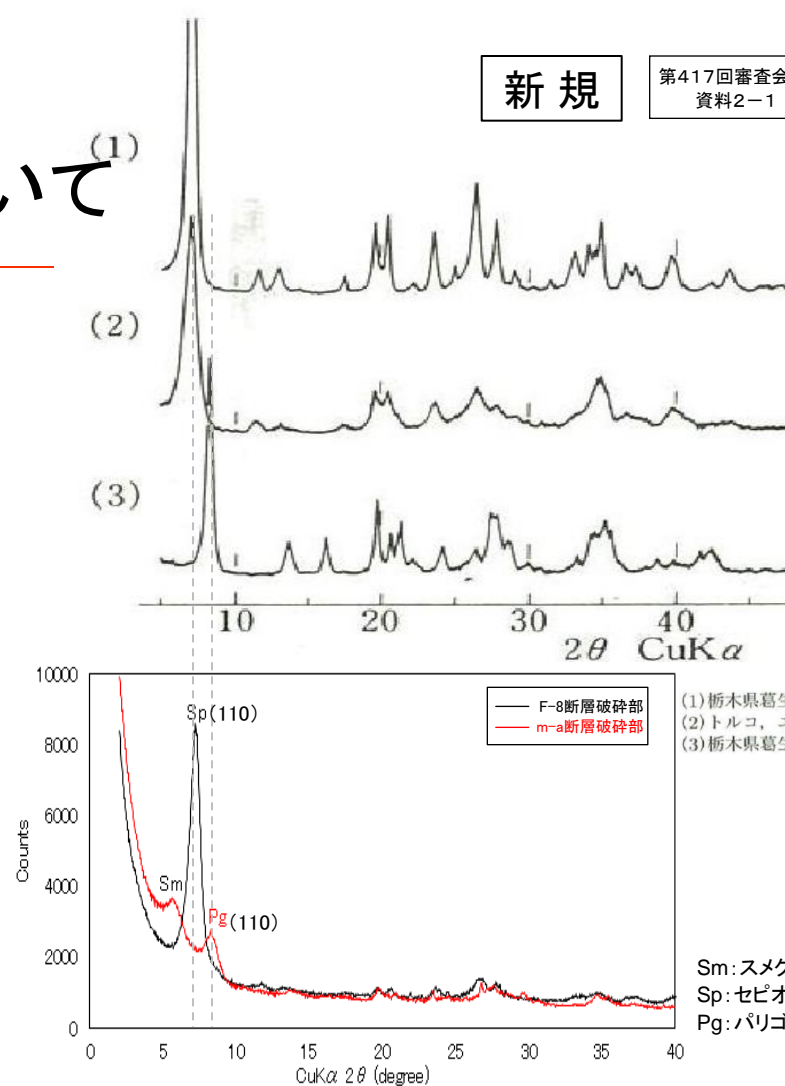


パリゴルスカイト : セピオライト類似したマグネシウムケイ酸塩鉱物であり, XRDでは8.2°付近にピークが認められる。その他セピオライトとの比較は次頁に示す。

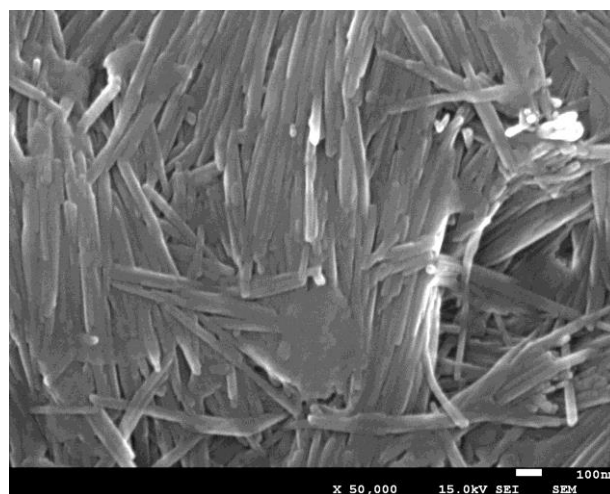
### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## (参考) セピオライトとパリゴルスカイトについて

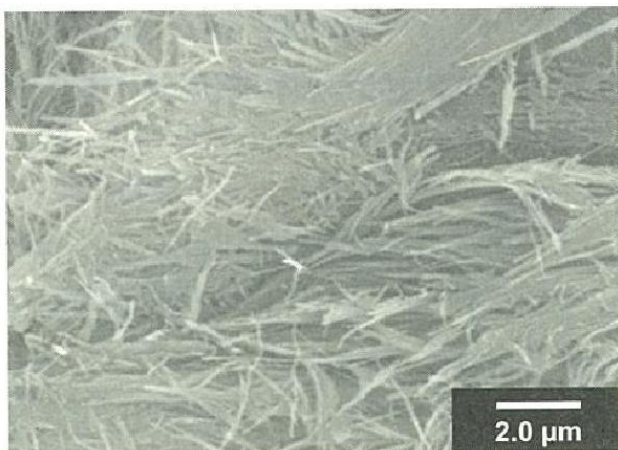
- セピオライトとパリゴルスカイトはともに2:1リボン型構造を持つMg質粘土鉱物で、微細な繊維状の形態を示す。
- セピオライトよりパリゴルスカイトの方がアルミニウムに富む。
- 大塚ほか(1992)は日本において各地で熱水変質で生成したセピオライト、パリゴルスカイトの産出事例を報告している。
- X線の特徴では、セピオライトは1.2nm(110)、パリゴルスカイトは1.05nm(110)に強い回折線が見られる。



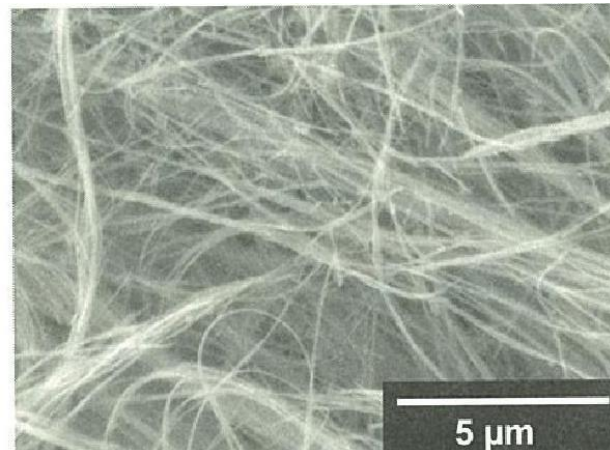
東通(F-8断層破碎部)  
セピオライトのSEM像



東通(m-a断層破碎部)  
パリゴルスカイトのSEM像



中国河南省産セピオライトの  
SEM像※1



中国河貴州省産パリゴルスカイトの  
SEM像※1

※1 粘土鉱物学会(2009)

化合物	F-8断層 セピオライト※4	m-a断層 パリゴルスカイト※4	青函トンネル産 Fe-セピオライト※2	栃木県葛生 大叶鉱山産 パリゴルスカイト※3
SiO <sub>2</sub>	62.74	69.78	52.17	53.75
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.13	0.20	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50	13.97	1.47	10.23
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	8.16	1.83
FeO	10.89	2.51	1.43	0.26
MgO	19.97	12.15	18.28	9.39
CaO	0.14	0.00	0.11	2.29
Na <sub>2</sub> O	4.85	0.84	0.12	tr.
MnO	0.75	0.00	0.09	-
K <sub>2</sub> O	0.15	0.62	0.15	0.02
H <sub>2</sub> O(+)	-	-	9.38	12.04
H <sub>2</sub> O(-)	-	-	8.29	10.16
<b>Total</b>	<b>99.99</b>	<b>100.00</b>	<b>99.85</b>	<b>99.97</b>

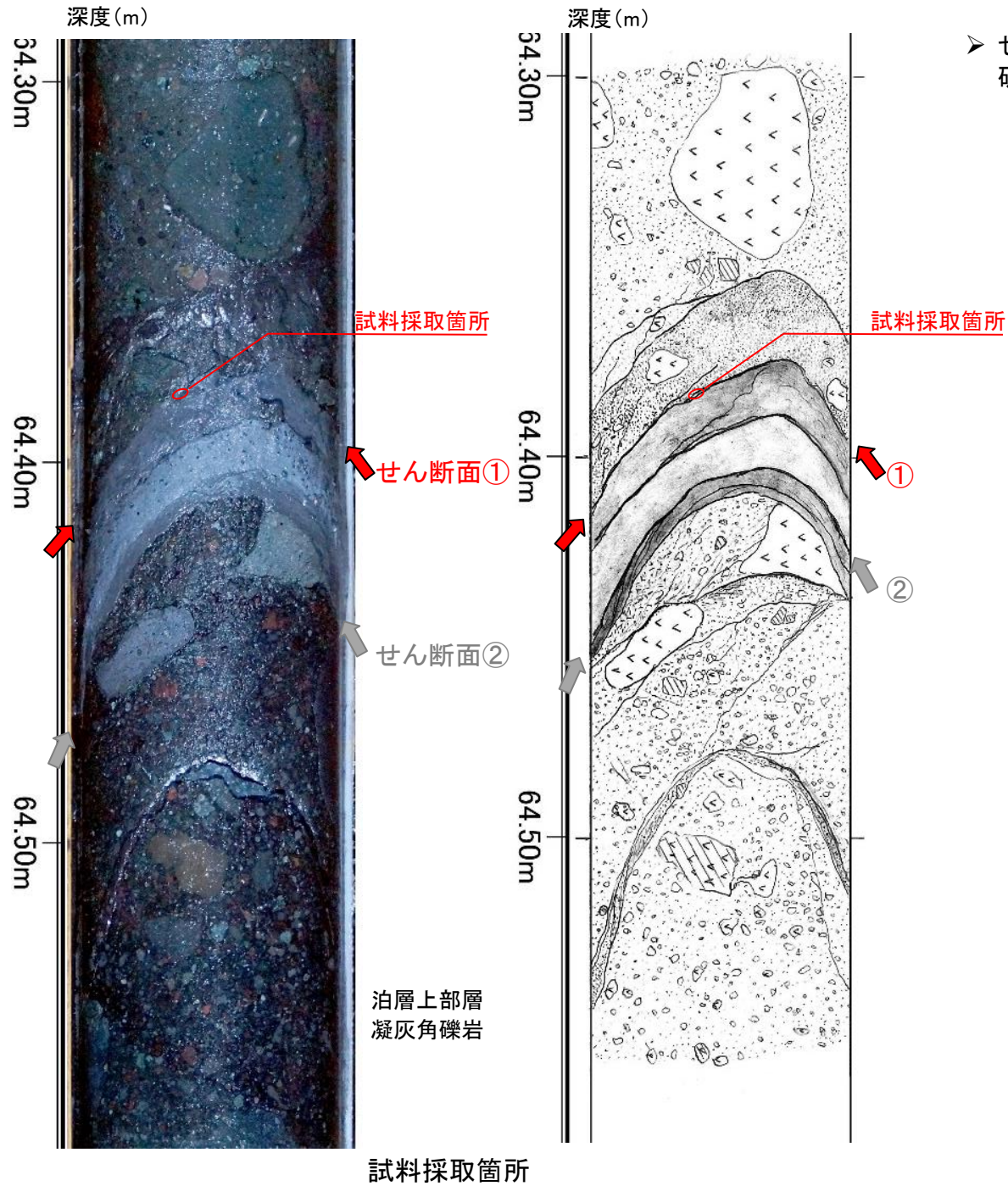
※2: Sakamoto et al., 1980

※3: Minata et al., 1960

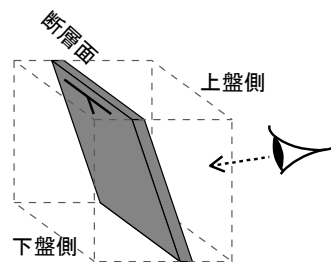
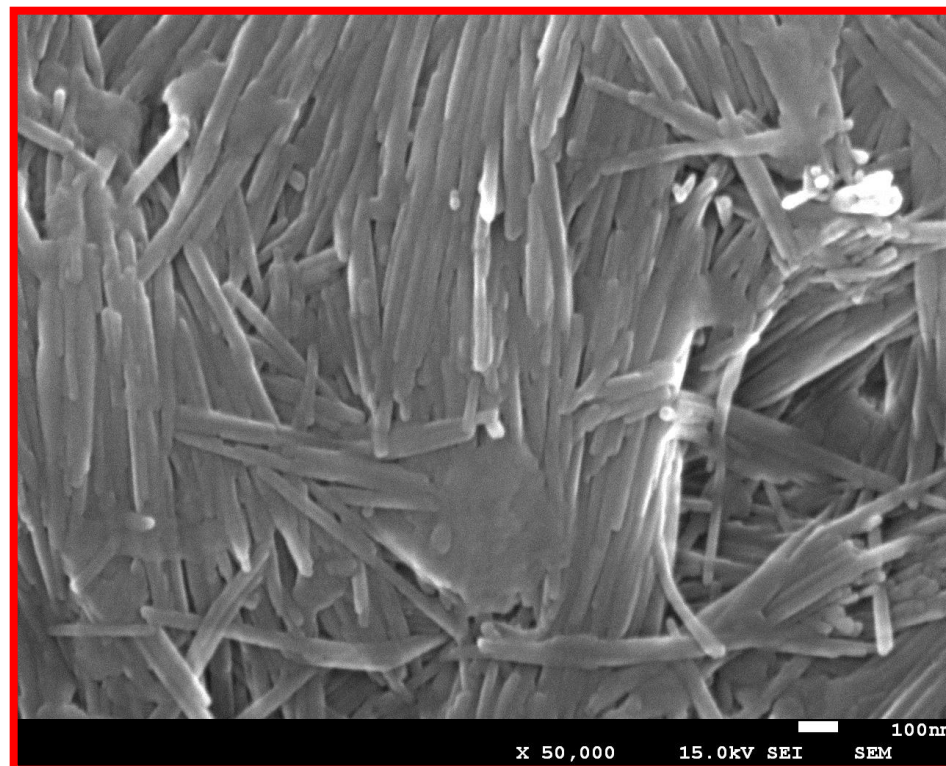
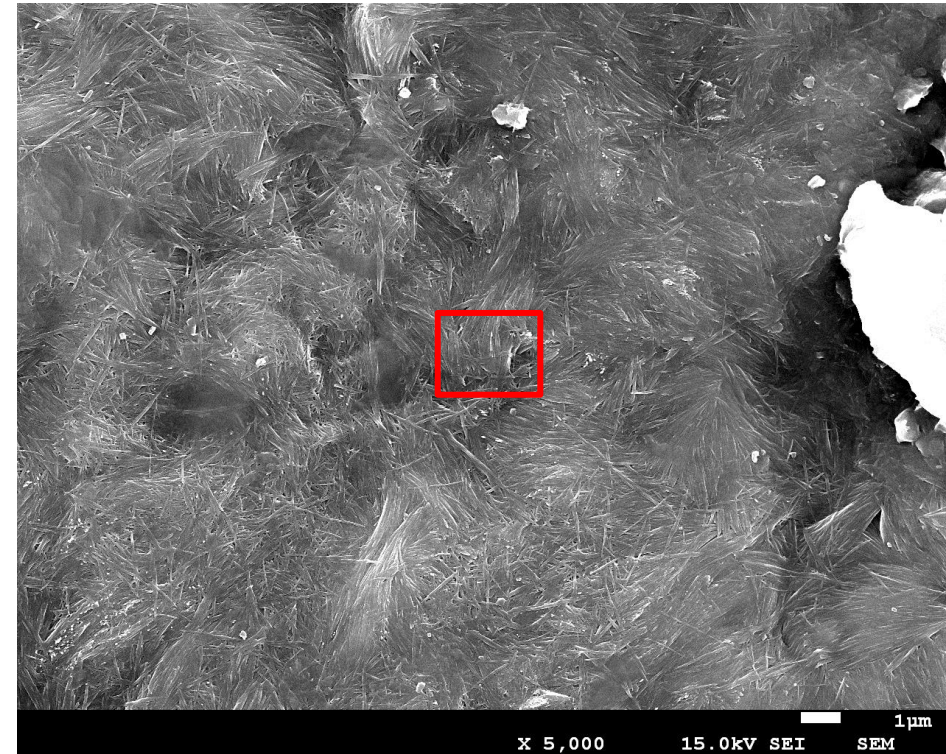
※4: F-8断層, m-a断層の分析値は100%換算

(単位:w%)

m-a断層破碎部の組織観察(3.最新面の鉱物の晶出状況:H27B-ma-2'孔, SEM観察(せん断面①))

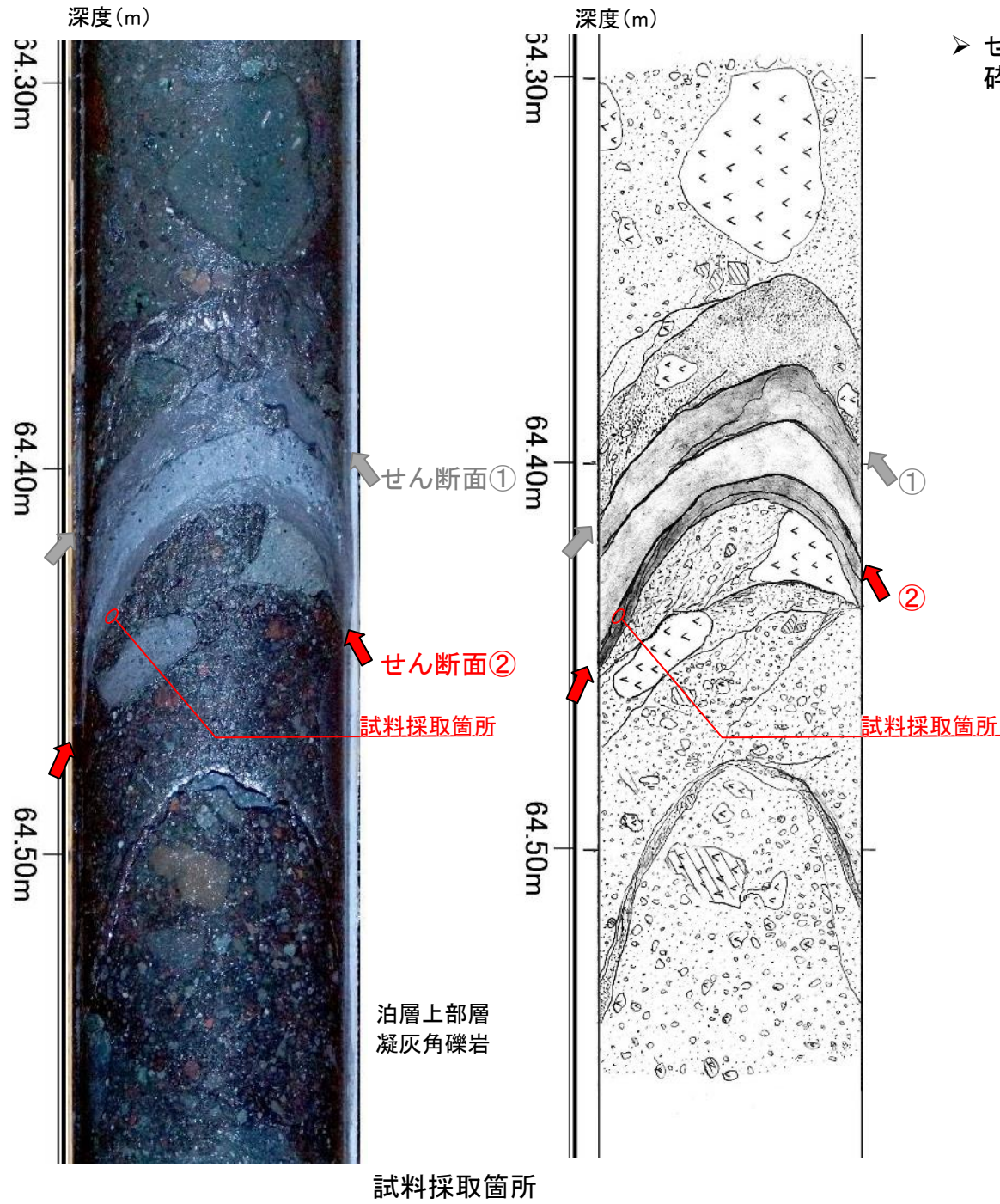


▶ せん断面①のSEM観察の結果, 繊維状の自形のパリゴルスカイトが生成している様子が見られ, 破碎を受けた組織は認められない。

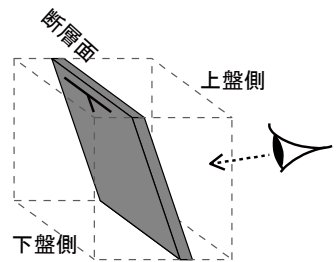
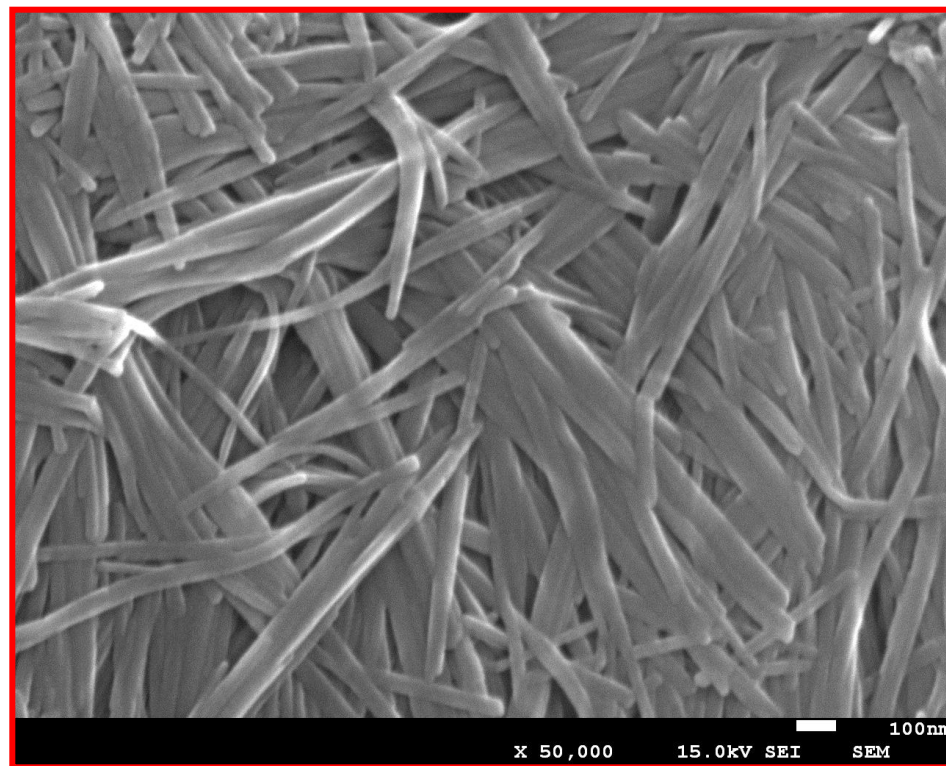
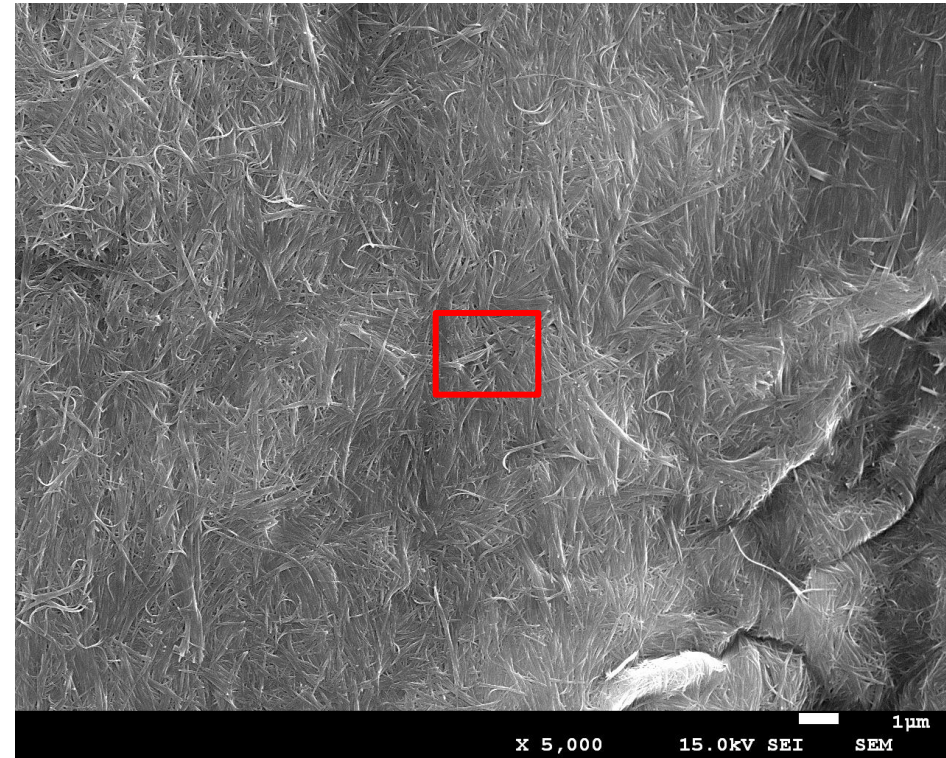


上盤側から断層面を観察

m-a断層破碎部の組織観察(3.最新面の鉱物の晶出状況:H27B-ma-2'孔, SEM観察(せん断面②))



▶ せん断面②のSEM観察の結果, 繊維状の自形のパリゴルスカイトが生成している様子が見られ, 破碎を受けた組織は認められない。

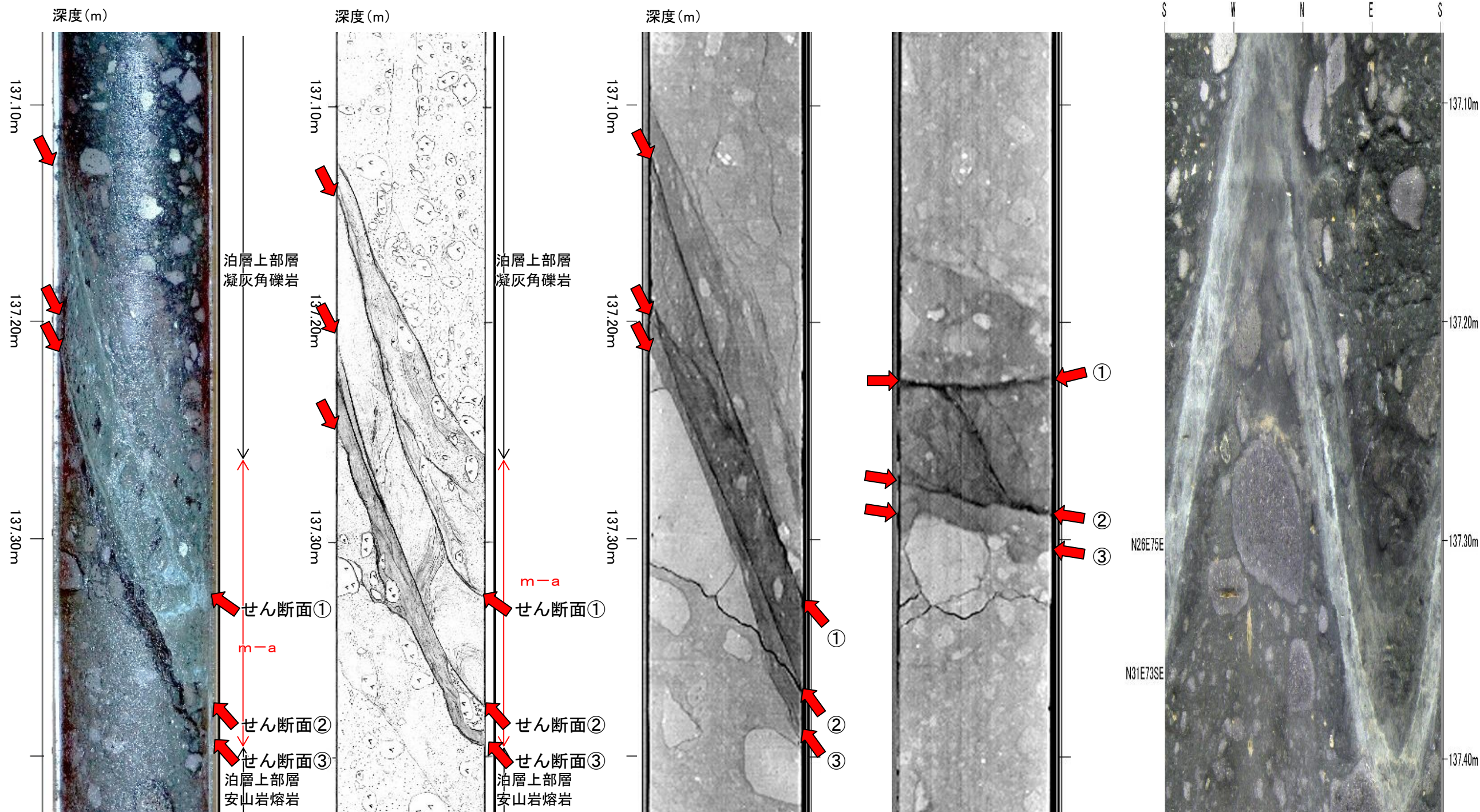


上盤側から断層面を観察

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-6孔, CT画像等)

- H27B-ma-6孔のm-a断層破碎部は、幅5~6cmで、白色~灰白色で半固結~非固結状をなす。
- 断層破碎部中には比較的直線的で明瞭な3条のせん断面(せん断面①~③)が認められる。



m-a断層破碎部コア写真(左)・スケッチ(右)

m-a断層破碎部X線CT画像:傾斜方向(左)・走向方向(右)

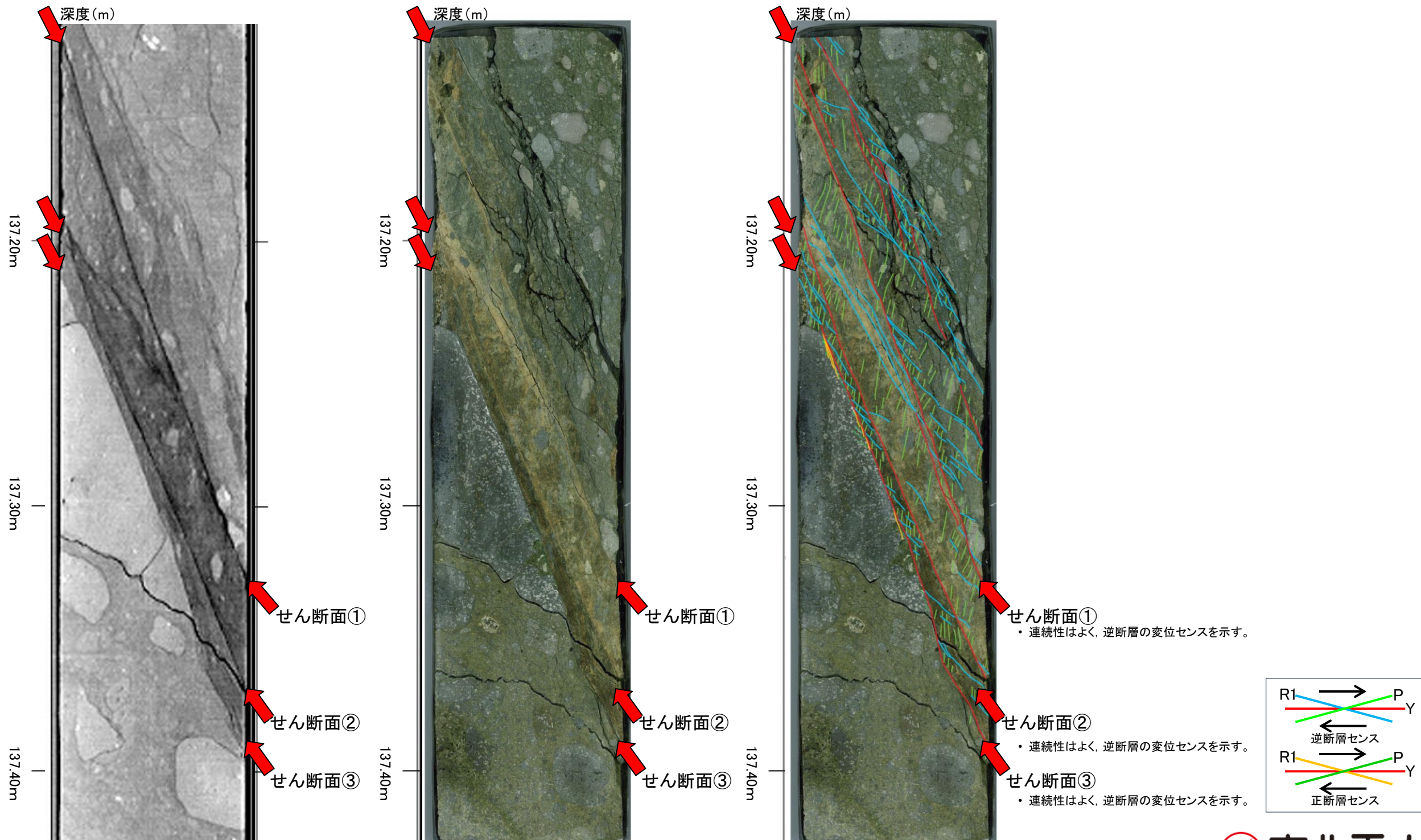
m-a断層破碎部ボアホールテレビ画像

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-6孔, 研磨片)

【研磨片観察によるせん断面の連続性, 断層破碎部の性状, 運動センス】

- せん断面①～③は一部湾曲するが, 概ね連続性が良く, いずれも逆断層センスの変形構造が認められる。  
⇒せん断面①～③について最新面の可能性があるせん断面として薄片観察を行った。



### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-6孔, 薄片, 顕微鏡観察結果(せん断面①))

【薄片観察によるせん断面①の性状】

➢ せん断面は直線的に発達し, せん断面の周囲の組織は逆断層センスを示す。

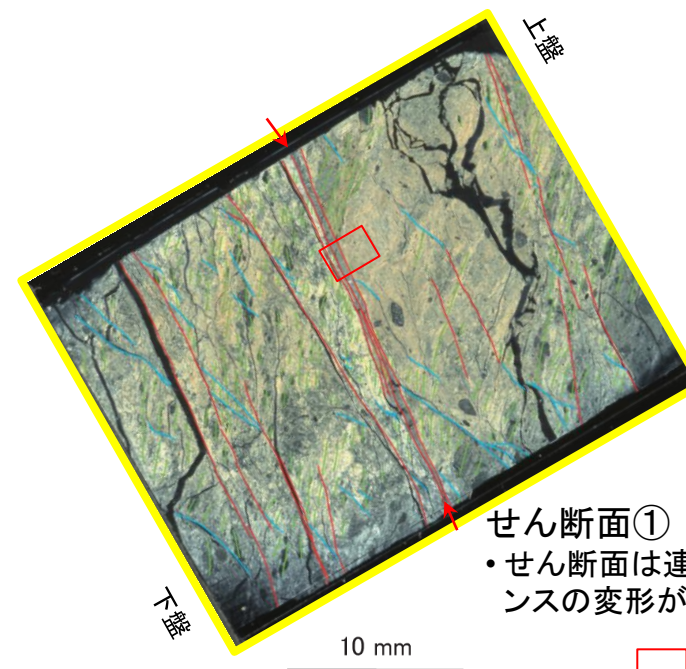
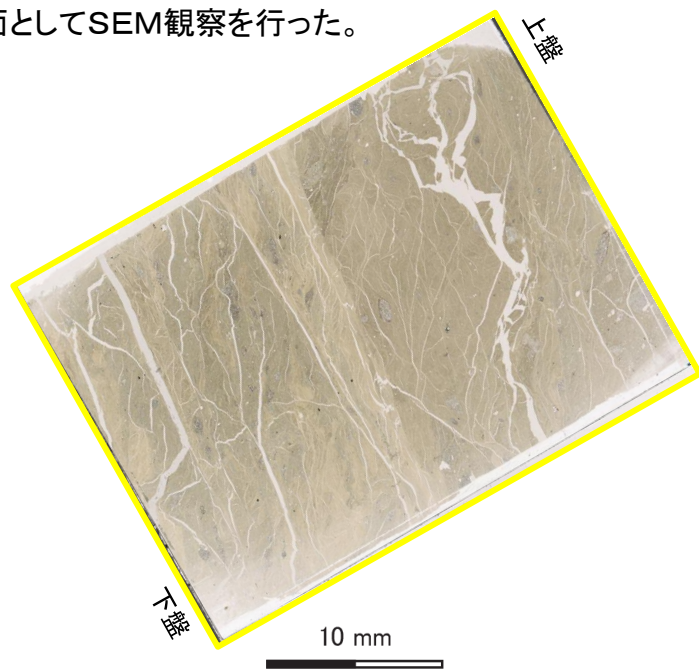
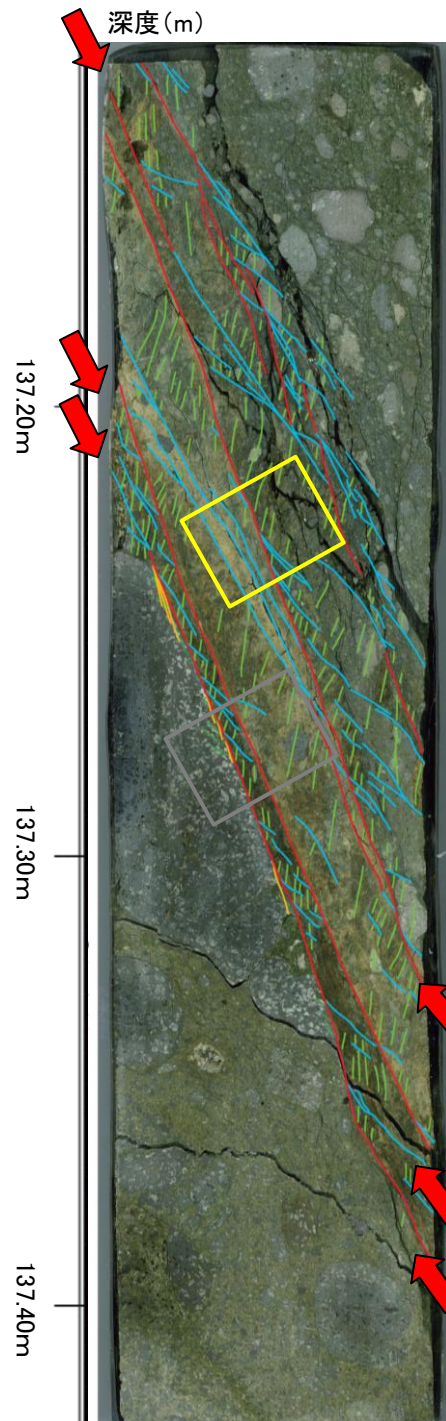
【せん断面を横断する鉱物脈】

➢ せん断面を横断する鉱物は認められない。

【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

➢ せん断面に沿って粘土鉱物が認められるが変形や破碎の有無は不明である。

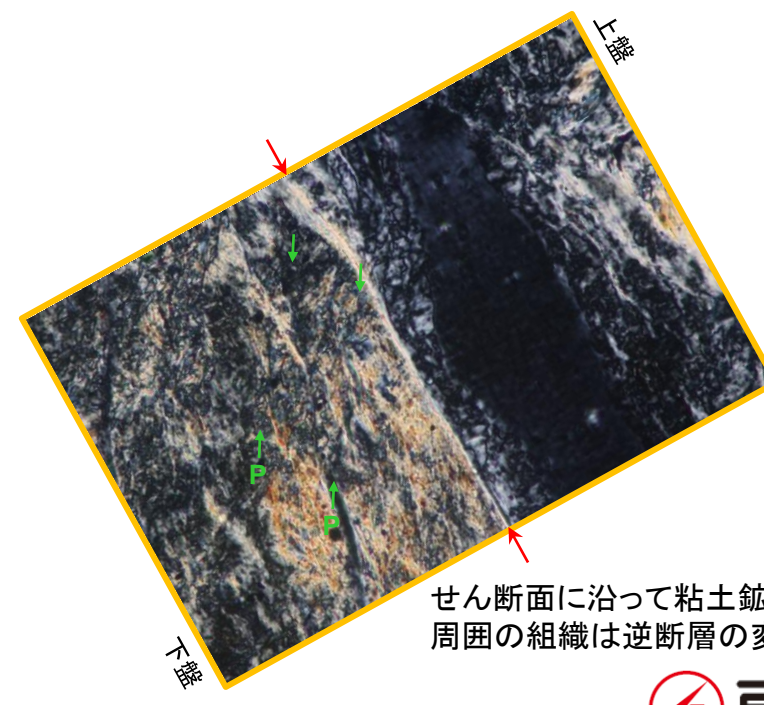
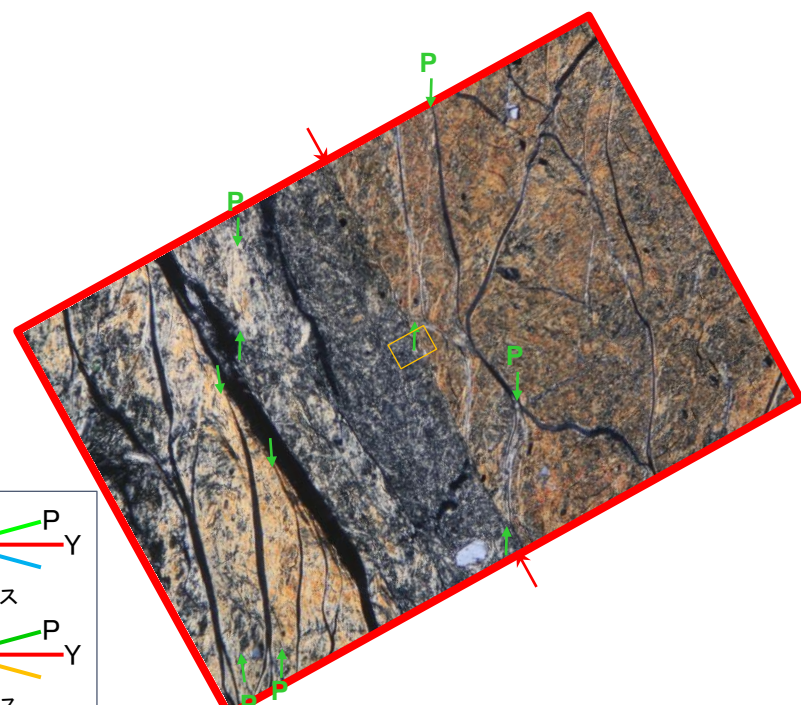
⇒せん断面①を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



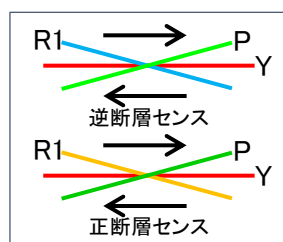
せん断面①  
•せん断面は連続性がよく, 逆断層センスの変形が見られる。

□せん断面①顕微鏡観察箇所

薄片写真(左:オープン, 右:クロス)



せん断面に沿って粘土鉱物が認められる。  
周囲の組織は逆断層の変位センスを示す。



顕微鏡写真

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-6孔, 薄片, 顕微鏡観察結果(せん断面②))

【薄片観察によるせん断面②の性状】

➢ せん断面は連続性がよく, 逆断層センスの変形が見られる。

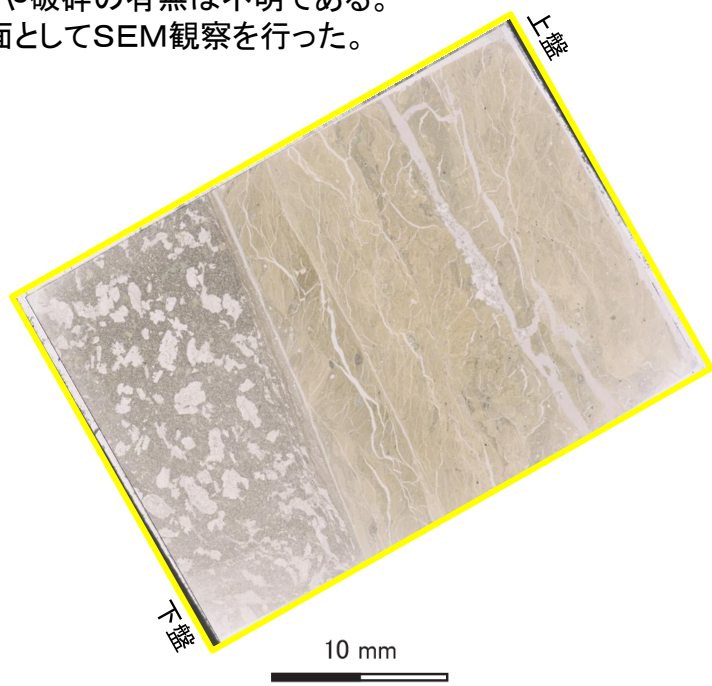
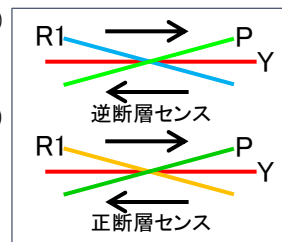
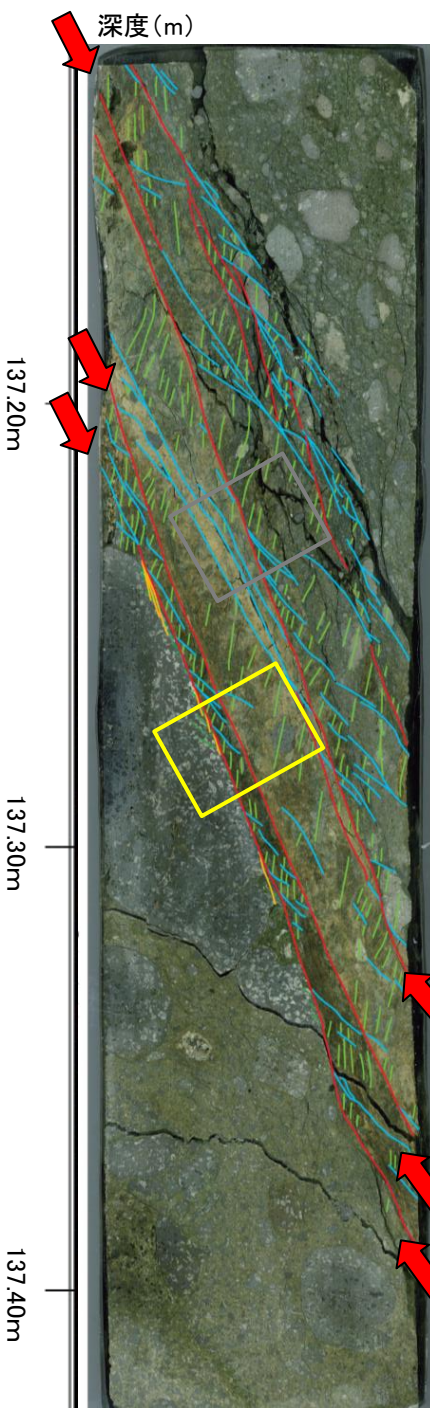
【せん断面を横断する鉱物脈】

➢ せん断面を横断する鉱物は認められない。

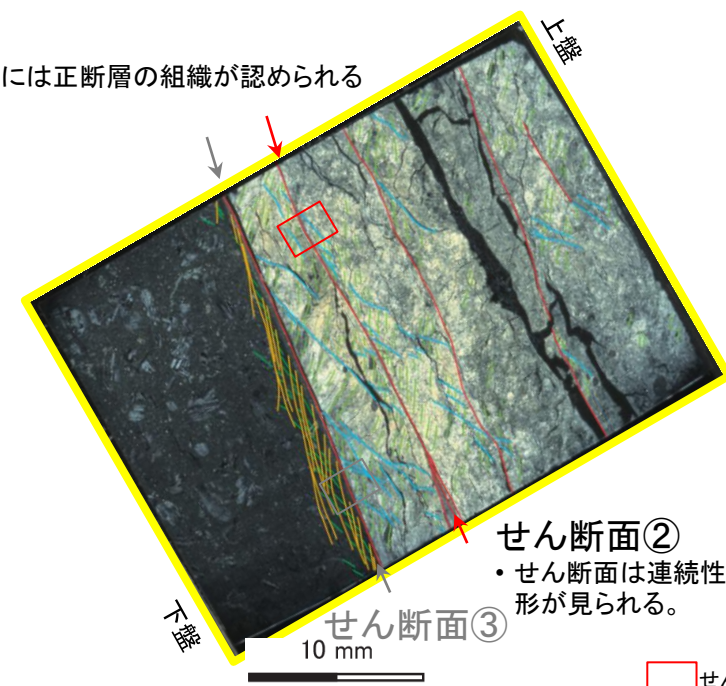
【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

➢ せん断面に沿って粘土鉱物が認められるが変形や破碎の有無は不明である。

⇒せん断面②を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



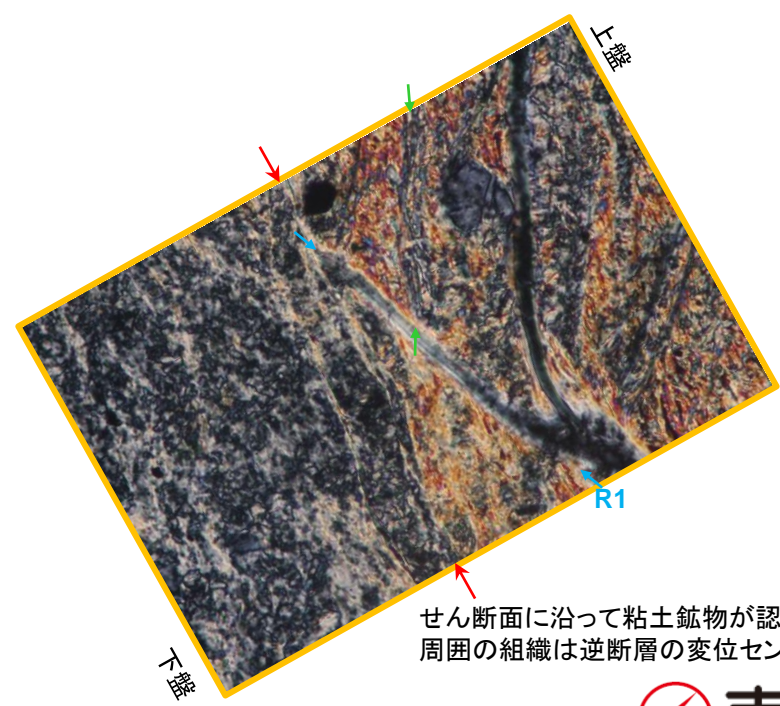
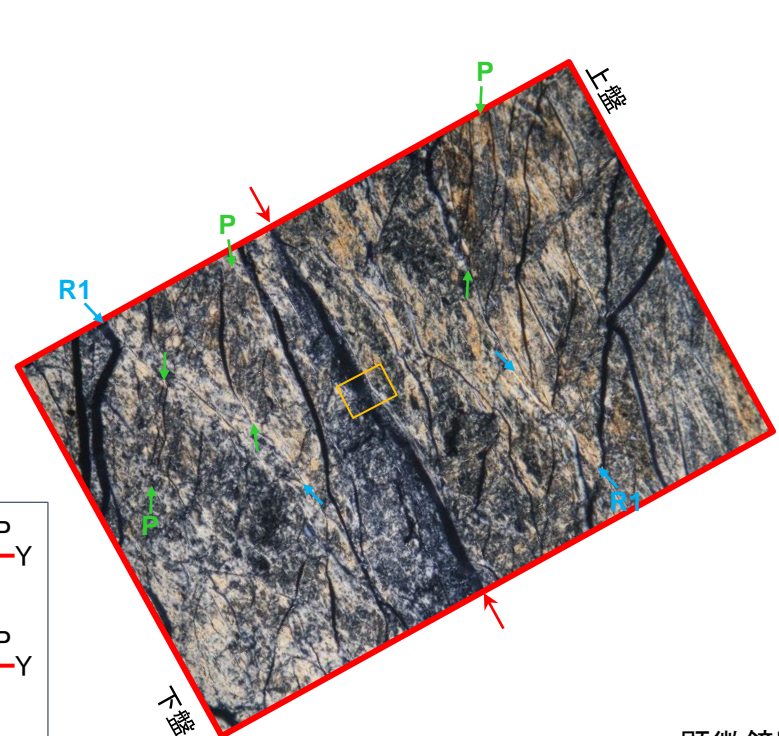
薄片写真(左:オープン, 右:クロス)



せん断面②顕微鏡観察箇所

・下盤側には正断層の組織が認められる

せん断面②  
・せん断面は連続性がよく, 逆断層センスの変形が見られる。



せん断面に沿って粘土鉱物が認められる  
周囲の組織は逆断層の変位センスを示す。

顕微鏡写真



### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-6孔, 薄片, 顕微鏡観察結果(せん断面③))

【薄片観察によるせん断面③の性状】

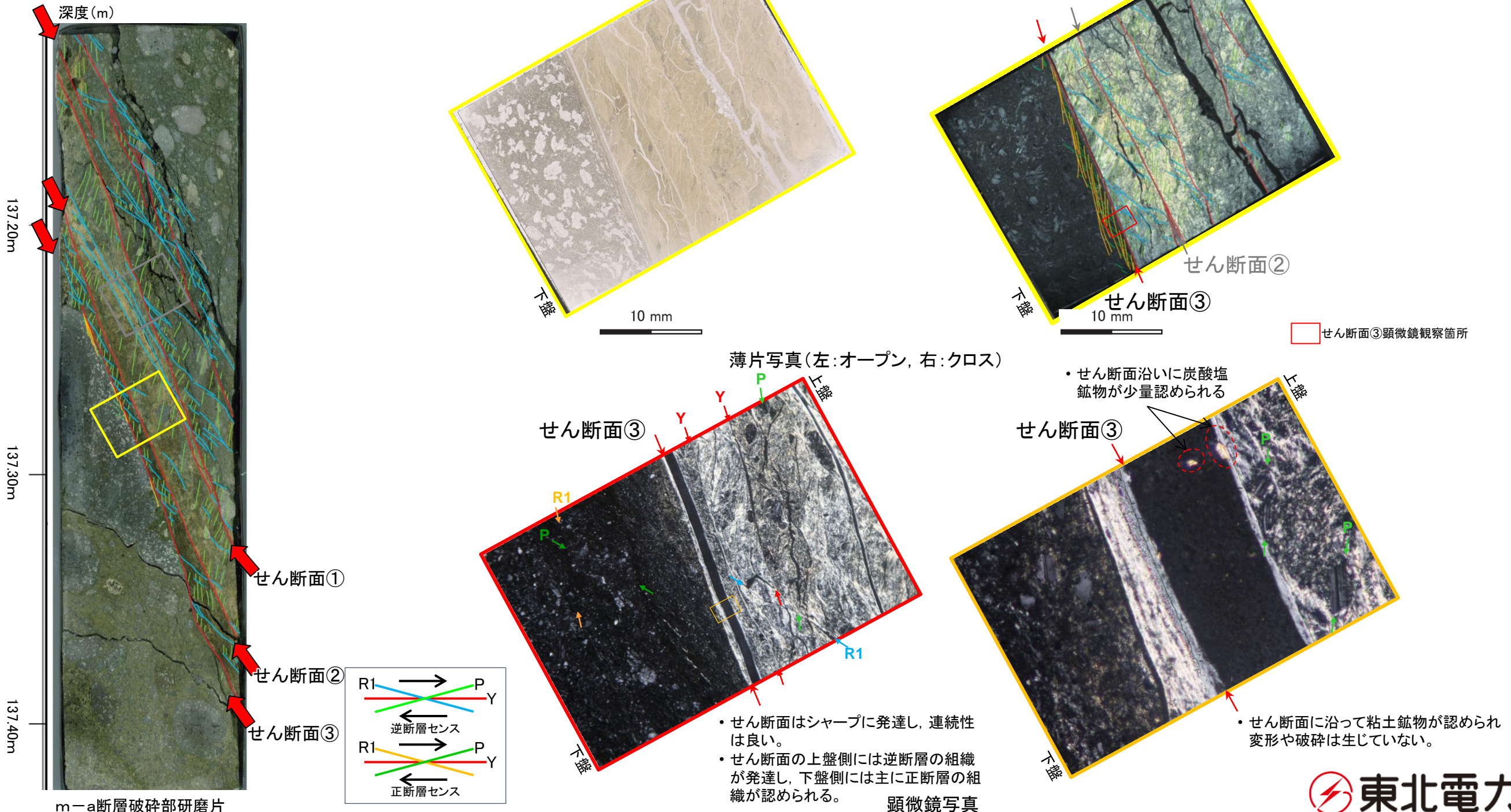
- せん断面はシャープに発達し, 連続性は良い。
- せん断面の上盤側には逆断層の組織が発達し, 下盤側には主に正断層の組織が認められる。

【せん断面を横断する鉱物脈】

- せん断面を横断する鉱物脈は認められない。

【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

- せん断面に沿って粘土鉱物が認められ変形や破碎は生じていない。  
⇒せん断面③を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。

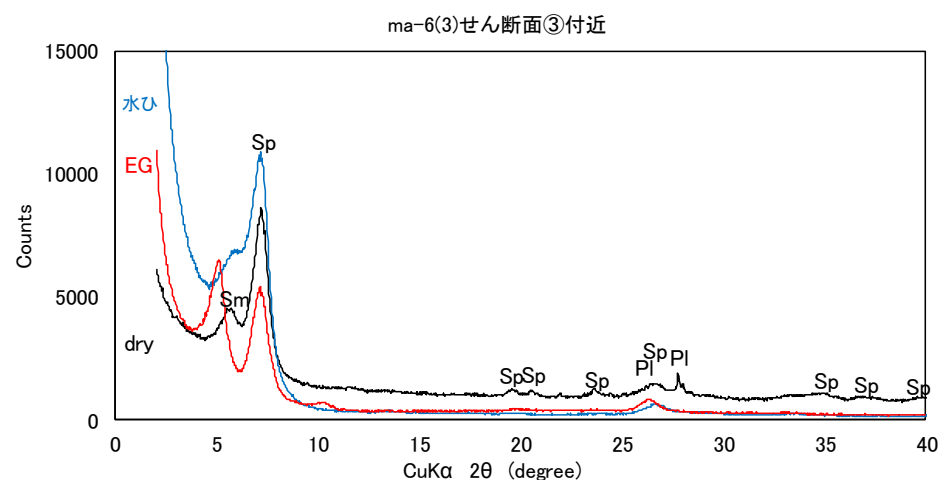
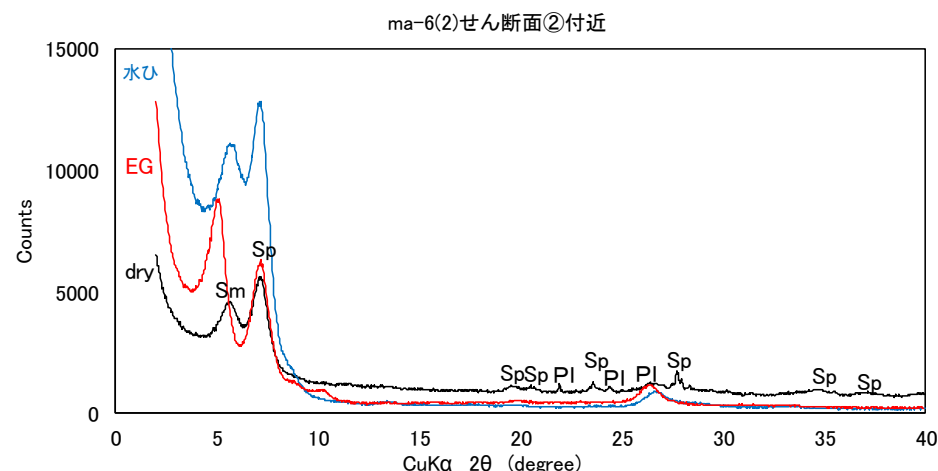
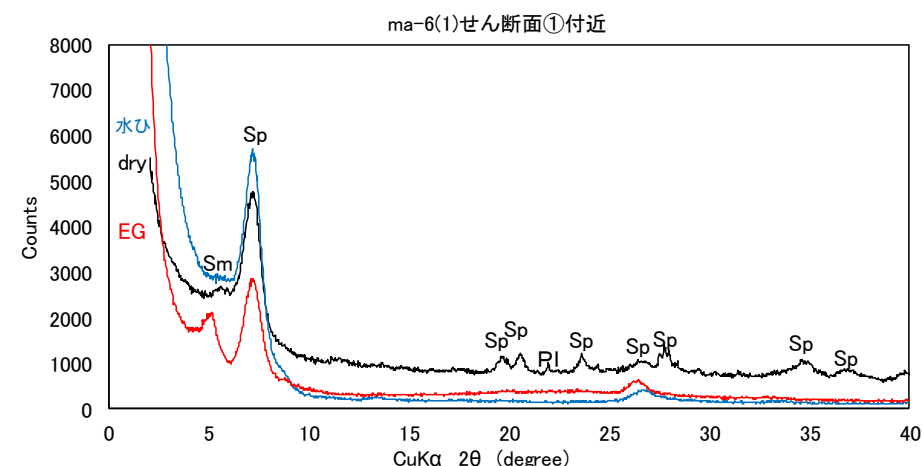
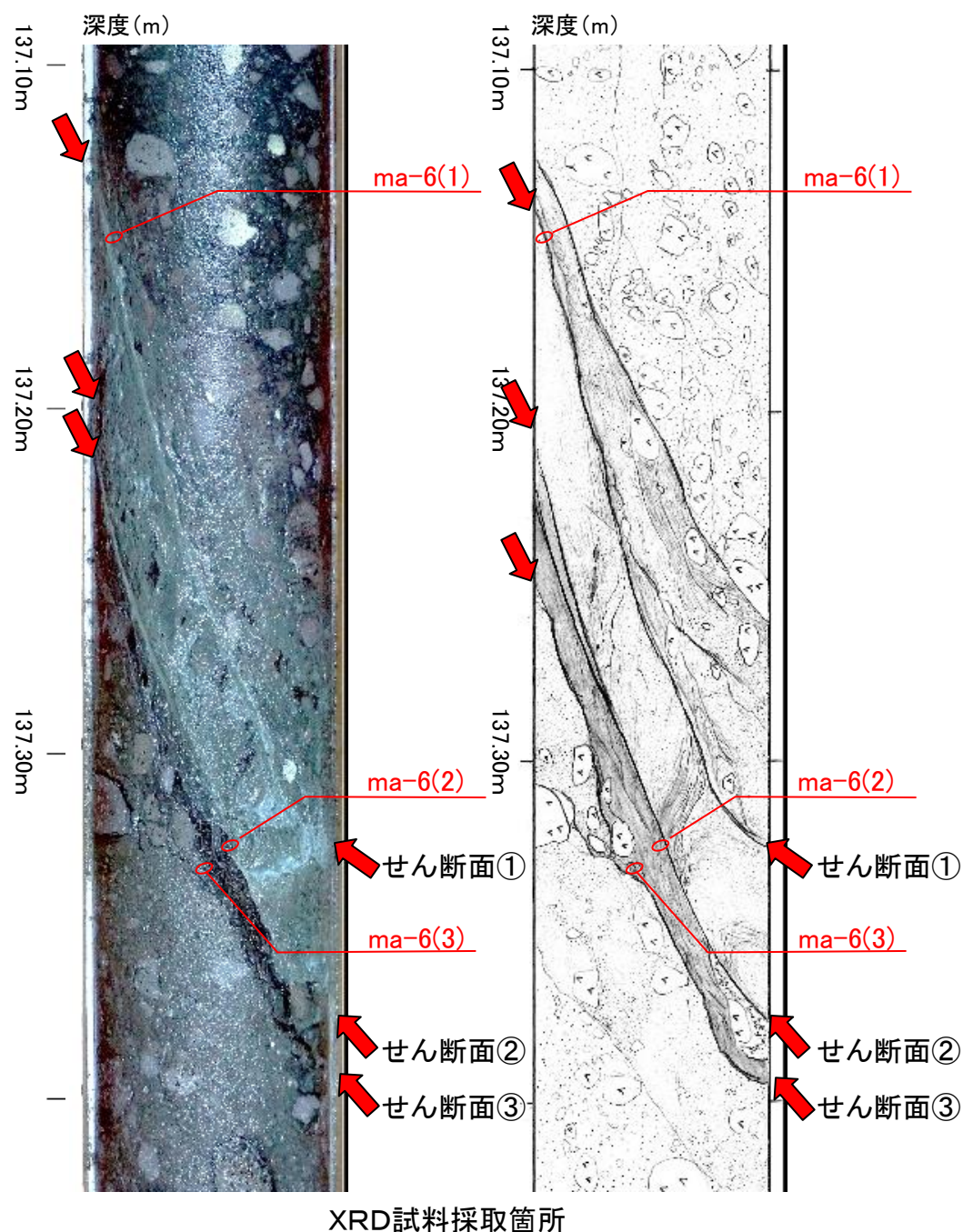


### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(2.破碎部を構成する粘土鉱物の確認:H27B-ma-6孔, XRD分析結果)

➤ 断層破碎部を構成する粘土鉱物は主としてセピオライト, スメクタイトからなる。

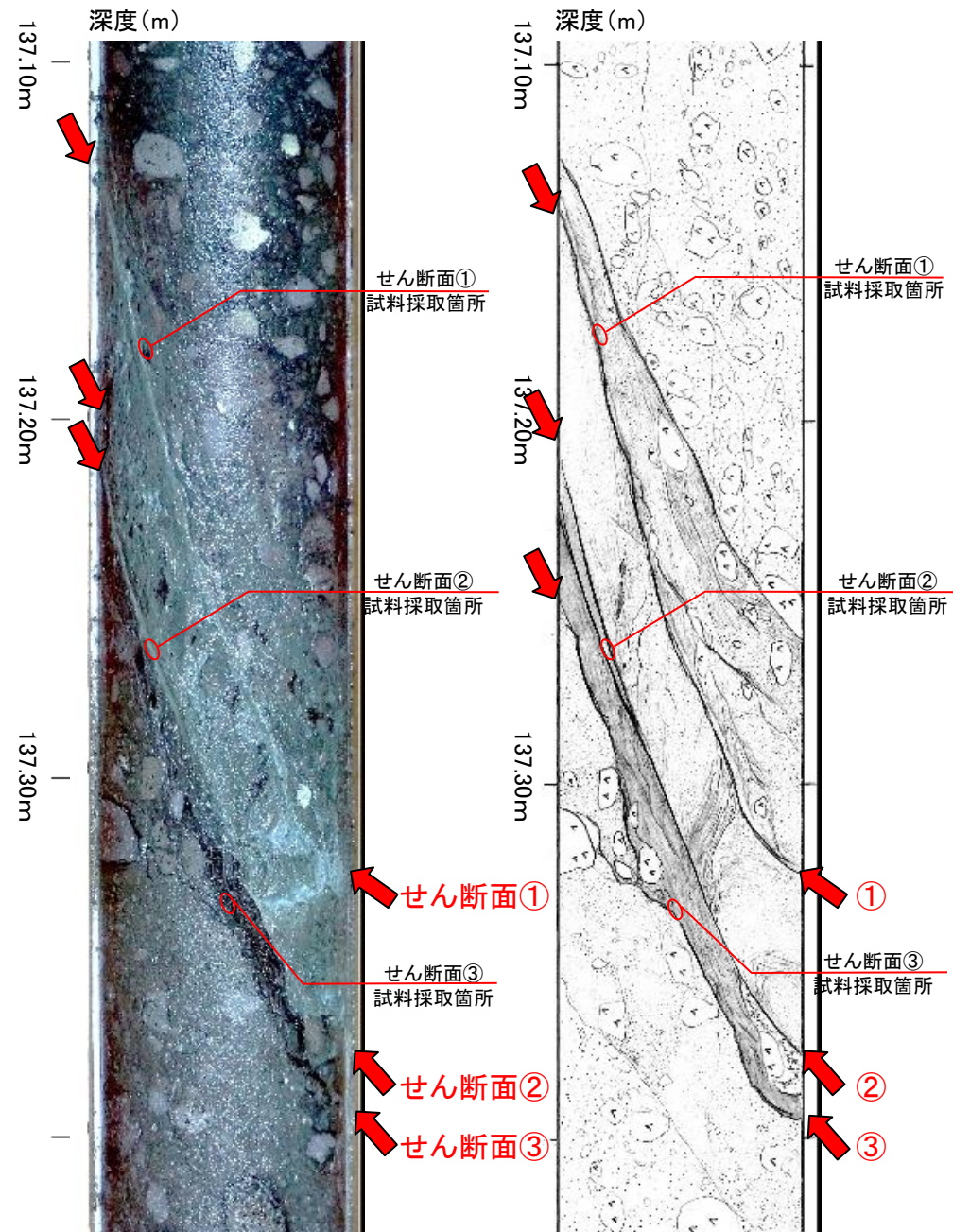
試料番号	地質状況	構成する主な粘土鉱物
ma-6(1)	断層破碎部(せん断面①付近)	スメクタイト, セピオライト
ma-6(2)	断層破碎部(せん断面②付近)	スメクタイト, セピオライト
ma-6(3)	断層破碎部(せん断面③付近)	スメクタイト, セピオライト



Sm: スメクタイト  
Sp: セピオライト

# m-a断層破碎部の組織観察(3.最新面の鉱物の晶出状況:H27B-ma-6孔, SEM観察)

➤ H27B-ma-6孔のm-a断層破碎部で最新面の可能性があるせん断面についてSEM観察した結果、繊維状の自形のセピオライトが生成している様子がみられ、破碎を受けた組織は認められない。



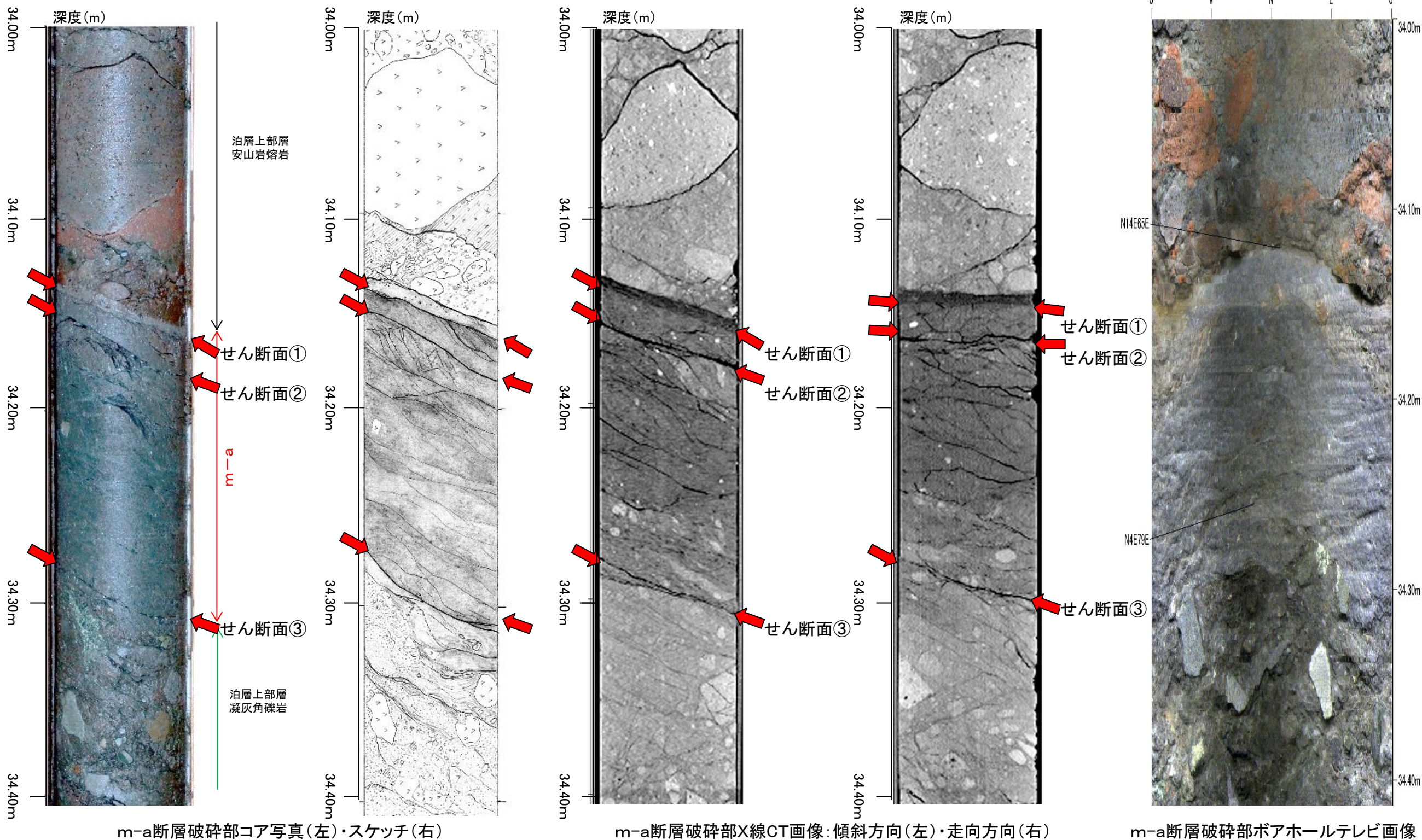
試料採取箇所

	× 5000	× 50000
せん断面①	 X 5,000 15.0kV SEI SEM 1µm	 X 50,000 15.0kV SEI SEM 100nm
せん断面②	 X 5,000 15.0kV SEI SEM 1µm	 X 50,000 15.0kV SEI SEM 100nm
せん断面③	 X 5,000 15.0kV SEI SEM 1µm	 X 50,000 15.0kV SEI SEM 100nm

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-s6孔, CT画像等)

- H27B-ma-s6孔のm-a断層破碎部は、泊層上部層の溶岩と凝灰角礫岩の境界にあり、幅は約15cmであり、両側に薄い非固結部よりなる粘土を伴う固結・非固結混在型である。
- 断層破碎部中には比較的直線的で明瞭な3条のせん断面(せん断面①~③)が認められる。

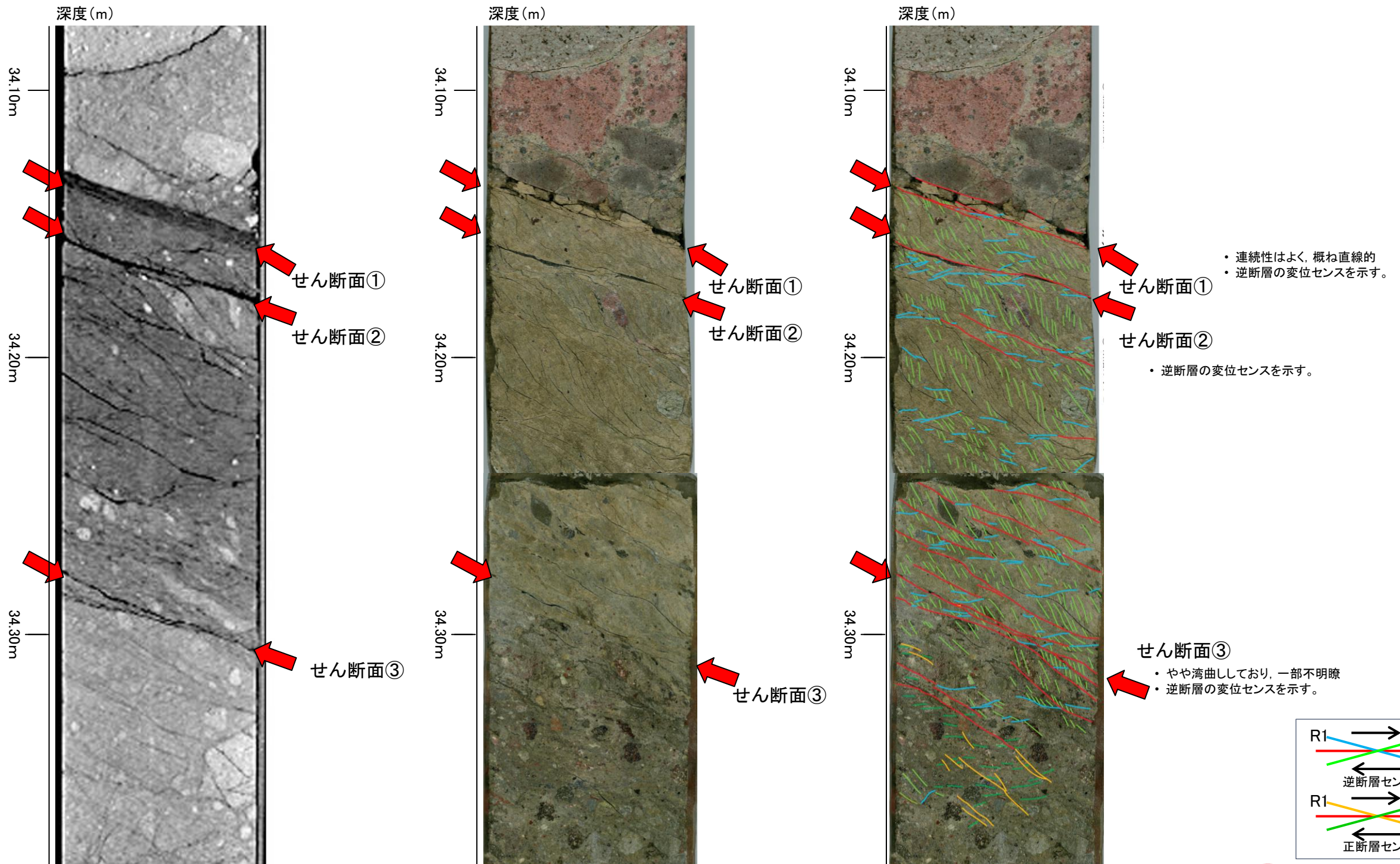


### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-s6孔, 研磨片)

【研磨片観察によるせん断面の連続性, 断層破碎部の性状, 運動センス】

- せん断面①, ②は概ね連続性が良く, せん断面③は一部不明瞭でやや湾曲する。いずれも逆断層センスの変形構造が認められる。  
⇒せん断面①~③について薄片観察を行った。



m-a断層破碎部X線CT画像

m-a断層破碎部研磨片

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-s6孔, 薄片, 顕微鏡観察結果(せん断面①))

【薄片観察によるせん断面①の性状】

・せん断面は直線的に発達し, 逆断層の組織が発達する。

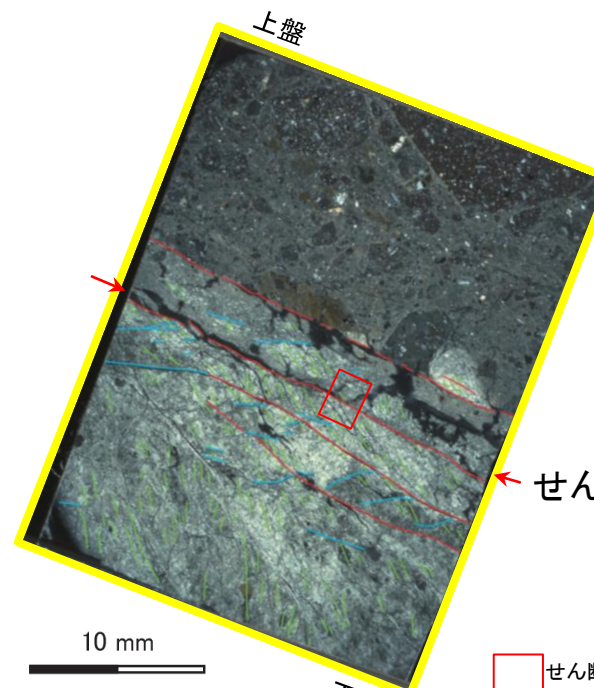
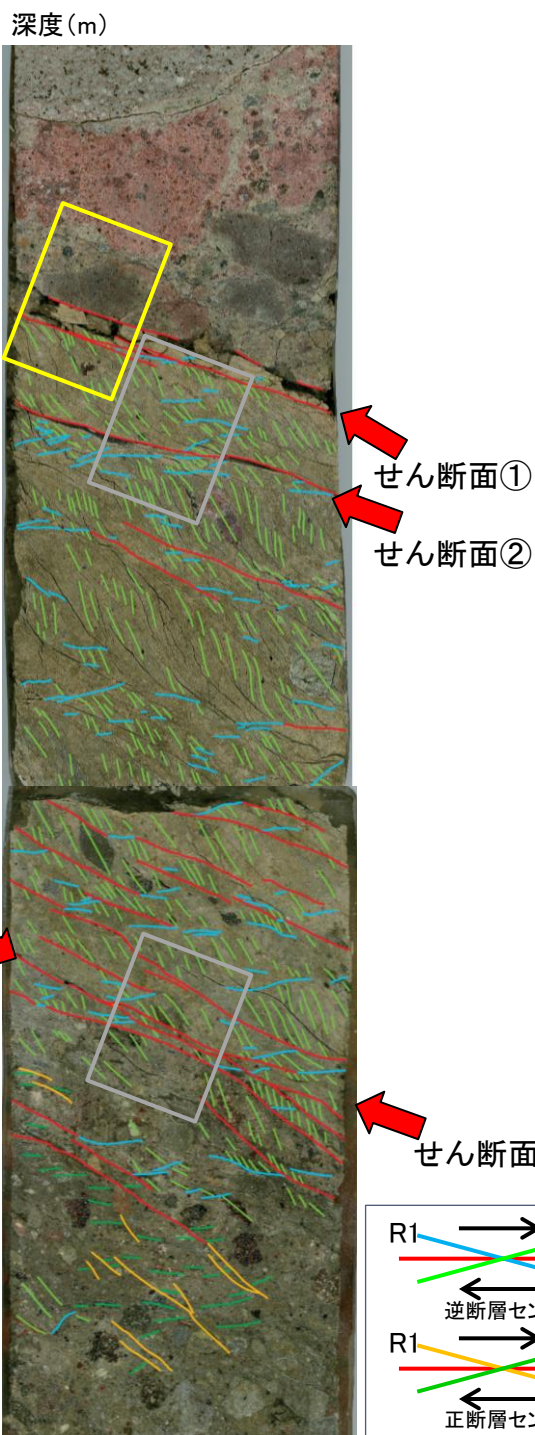
【せん断面を横断する鉱物脈】

➢せん断面を横断する鉱物脈は認められない。

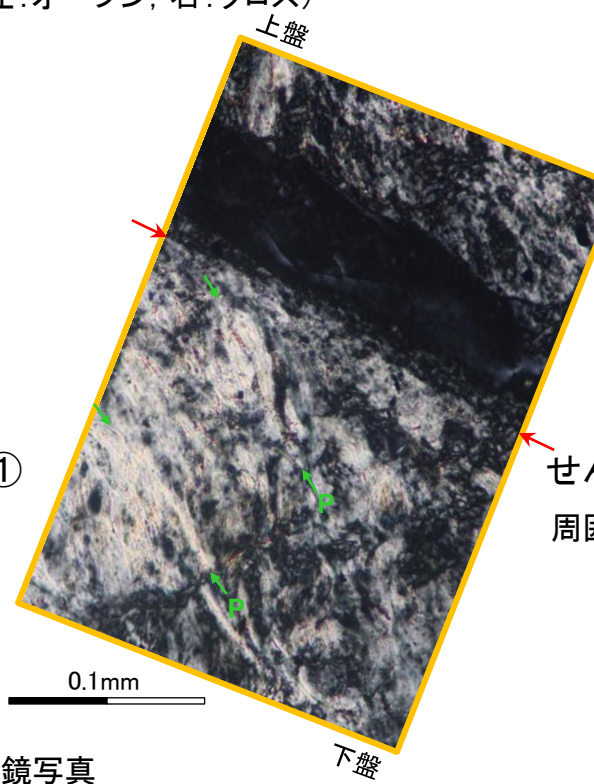
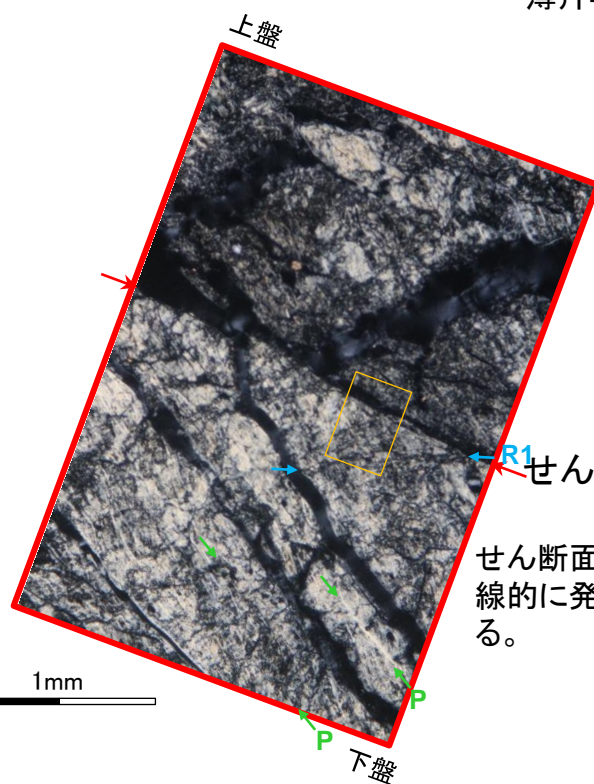
【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

➢せん断面の粘土鉱物は不明瞭であり, 変形や破碎の有無は不明である。

⇒せん断面①を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



薄片写真(左:オープン, 右:クロス)



顕微鏡写真

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-s6孔, 薄片, 顕微鏡観察結果(せん断面②))

【薄片観察によるせん断面②の性状】

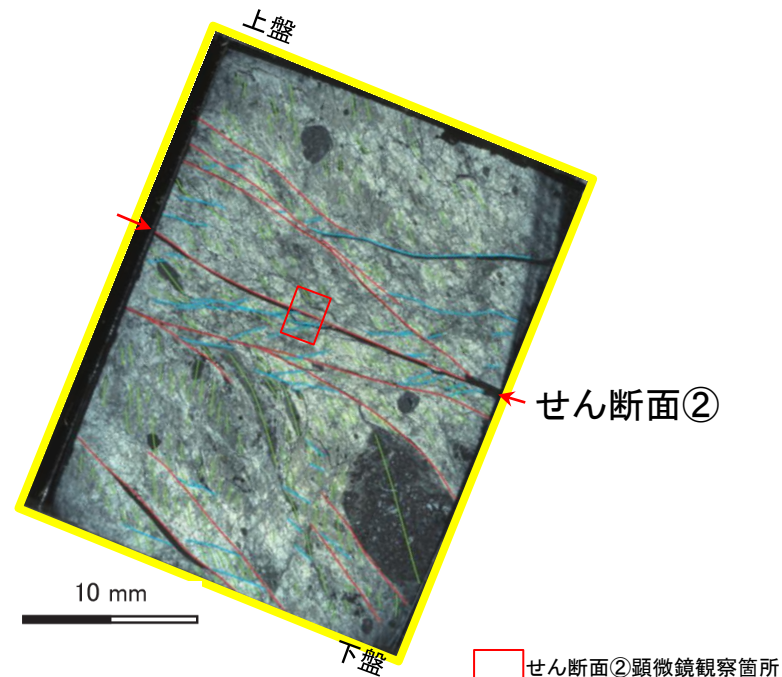
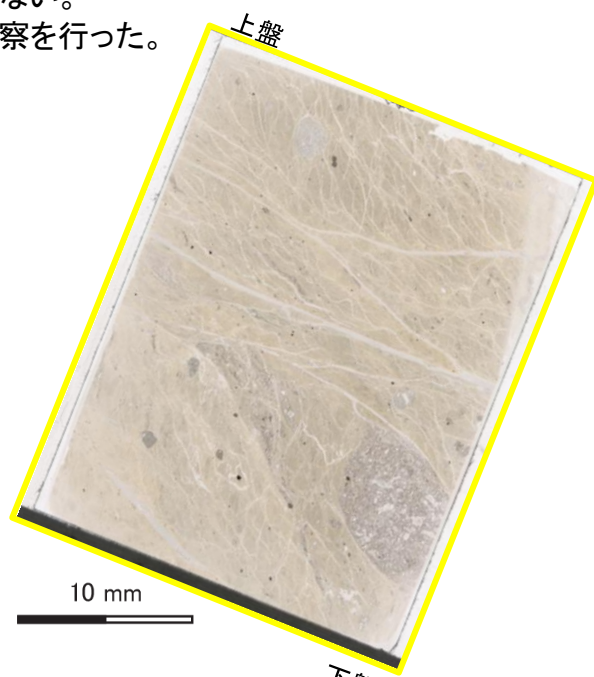
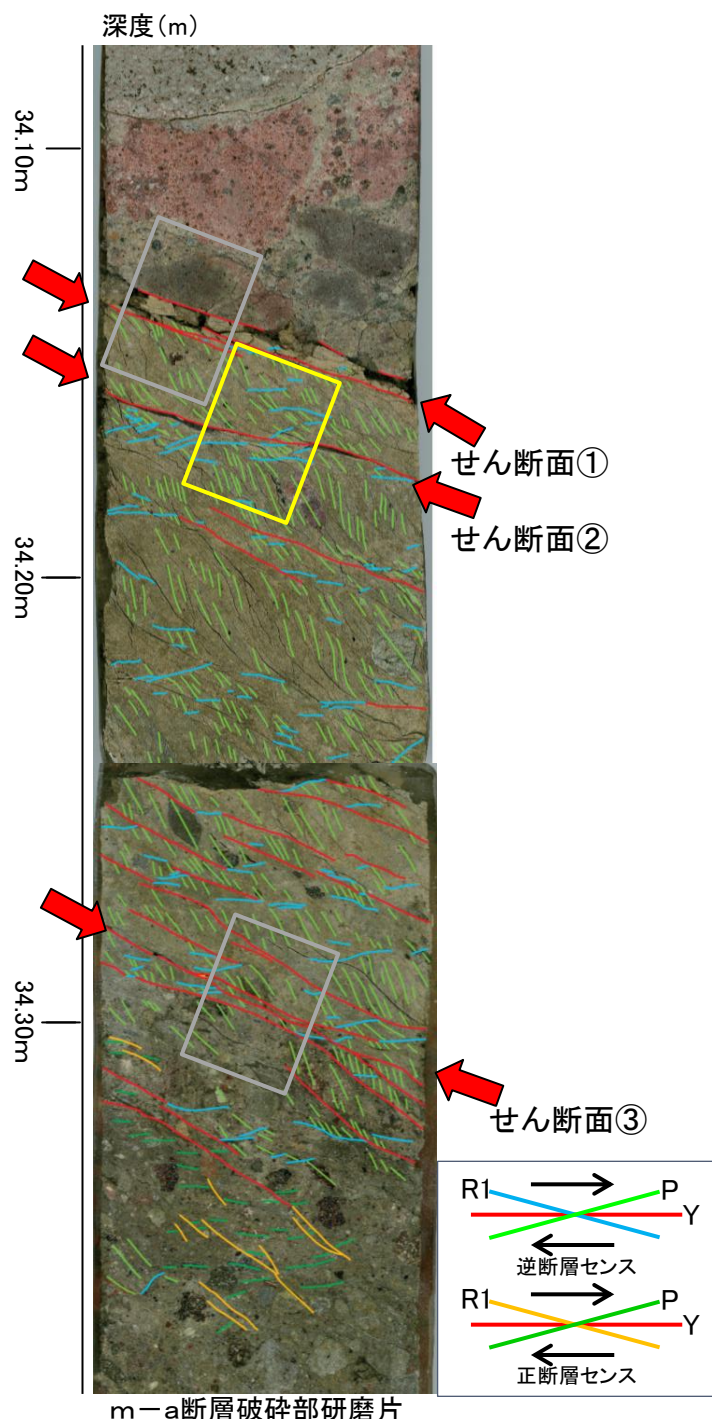
- せん断面は一部湾曲するが, 比較的シャープに発達する。
- 周囲の組織は逆断層センスを示す。

• 【せん断面を横断する鉱物脈】

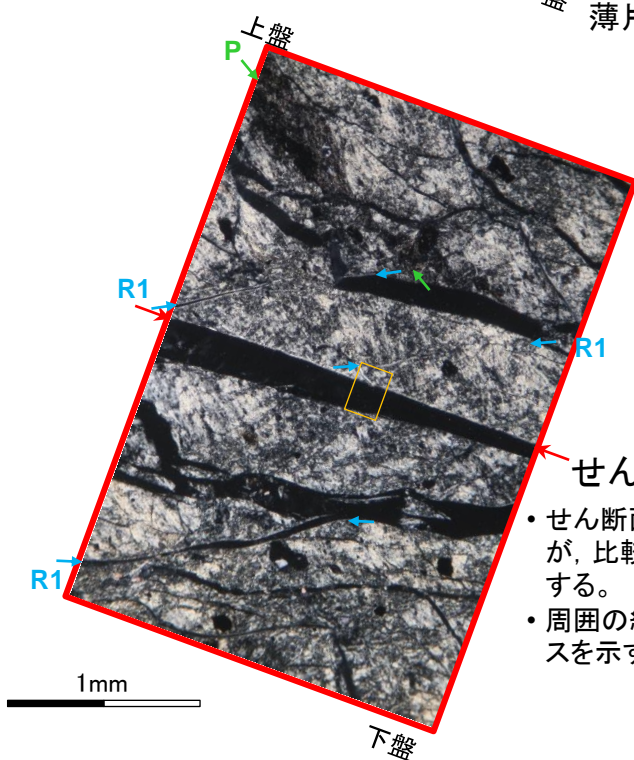
- せん断面を横断する鉱物は認められない。

【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

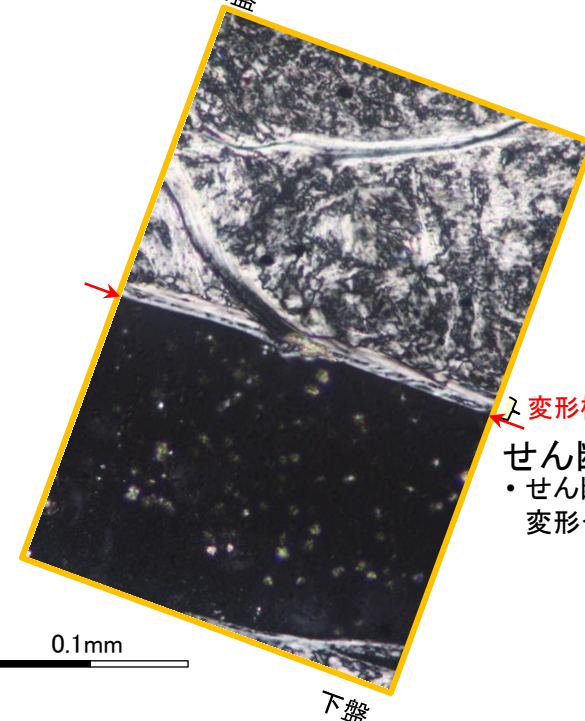
- せん断面に沿って粘土鉱物が認められ, 変形や破碎は生じていない。  
⇒せん断面②を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



薄片写真(左:オープン, 右:クロス)



- せん断面は一部湾曲するが, 比較的シャープに発達する。
- 周囲の組織は逆断層センスを示す。



- 変形構造が見られない粘土鉱物
- せん断面に沿って粘土鉱物が認められ, 変形や破碎は生じていない。

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(1.最新面の認定:H27B-ma-s6孔, 薄片, 顕微鏡観察結果(せん断面③))

【薄片観察によるせん断面③の性状】

・せん断面はシャープに発達し, 周囲の組織は逆断層センスを示す。

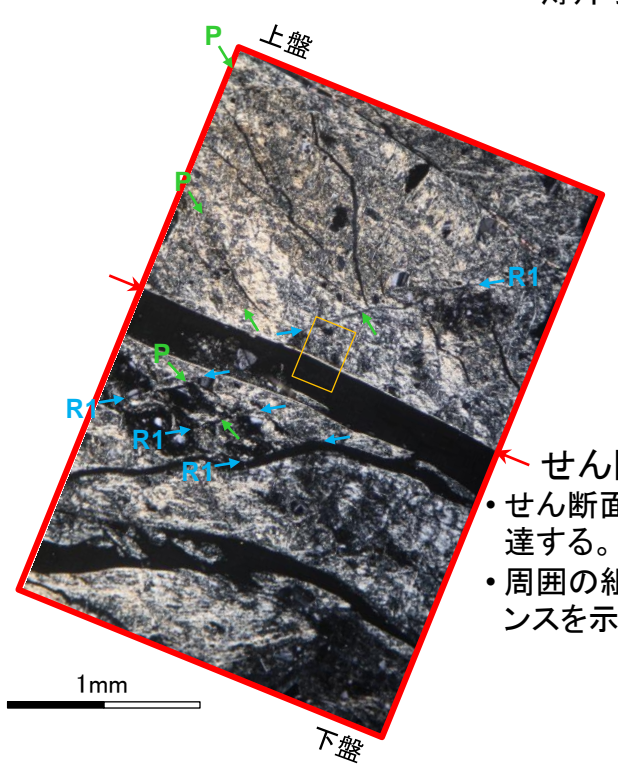
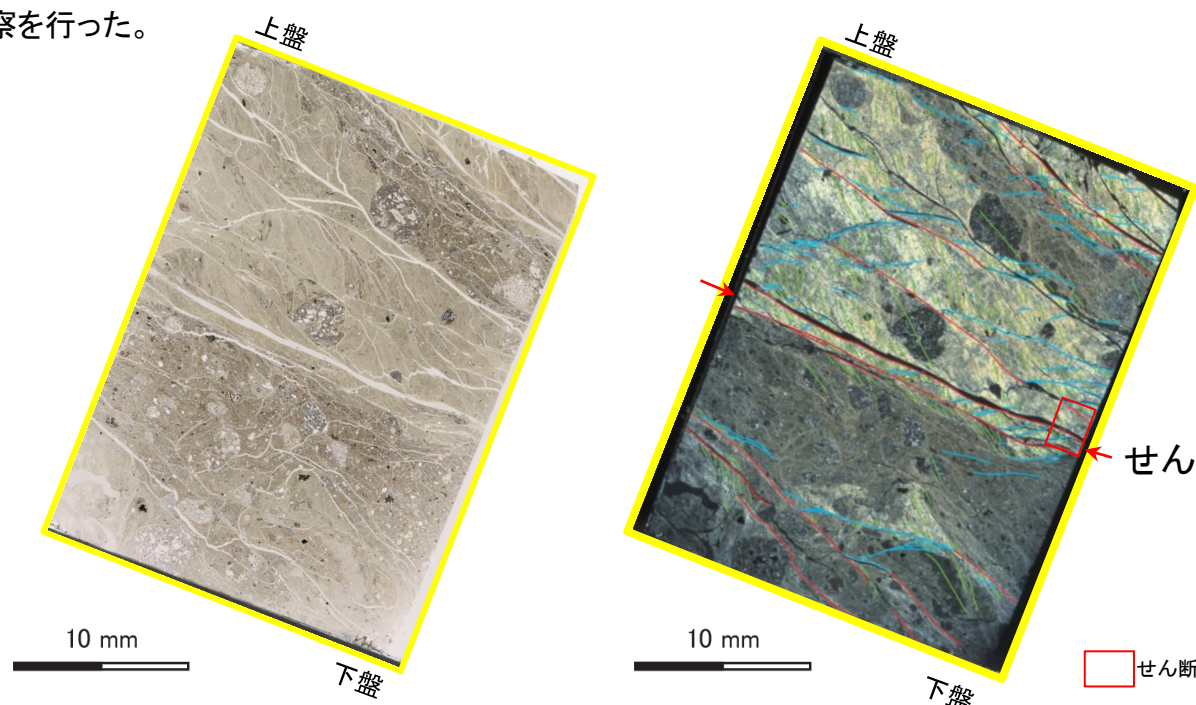
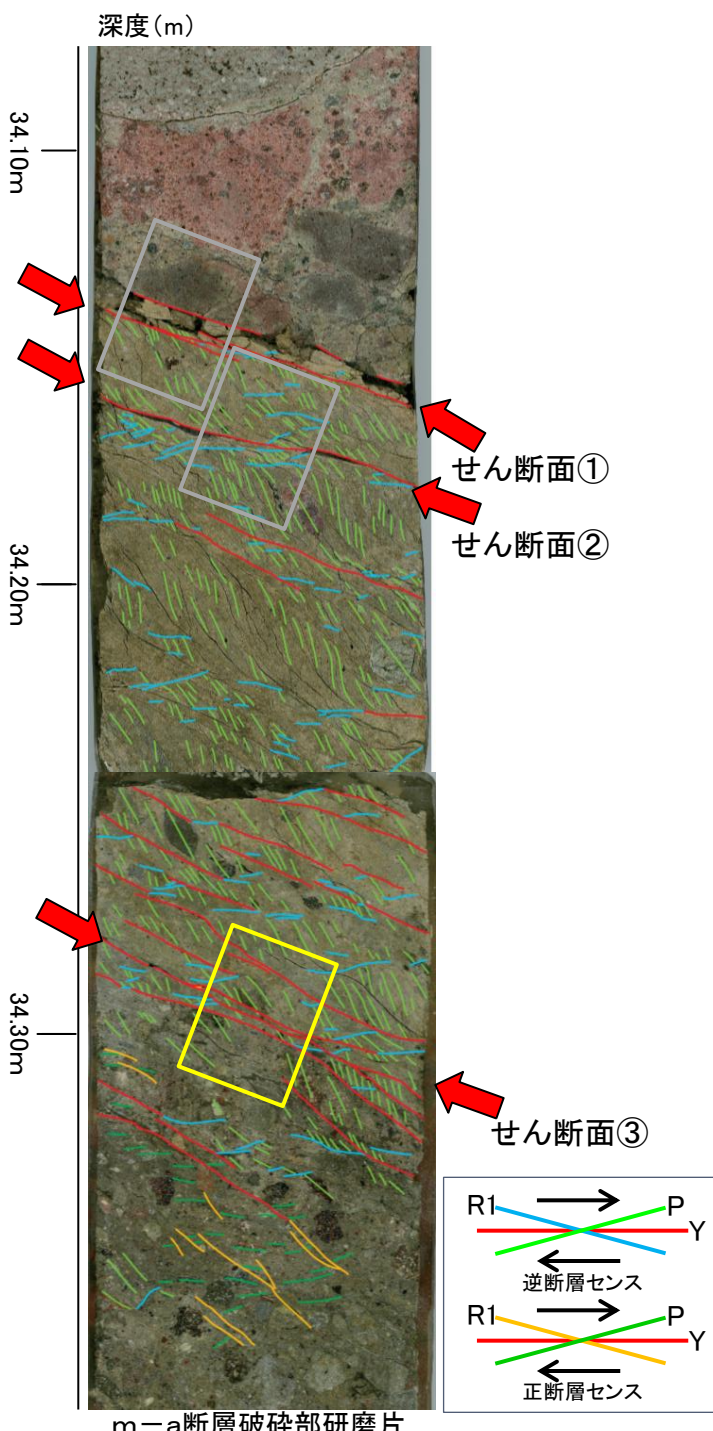
・【せん断面を横断する鉱物脈】

➢せん断面を横断する鉱物脈は認められない。

【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

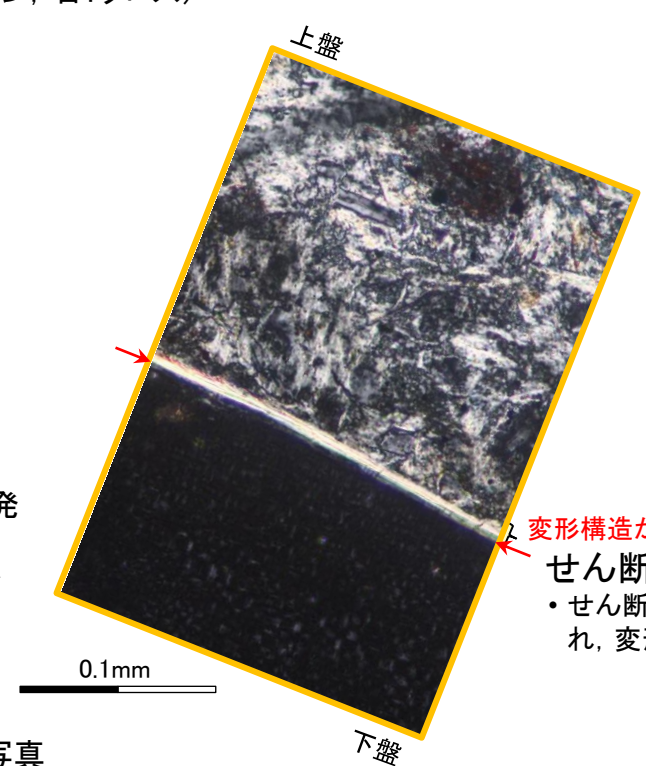
➢せん断面に沿って粘土鉱物が認められ, 変形や破碎は生じていない。

⇒せん断面③を最新面の可能性のあるせん断面としてSEM観察を行った。



せん断面③

- ・せん断面はシャープに発達する。
- ・周囲の組織は逆断層センスを示す。



変形構造が見られない粘土鉱物

せん断面③

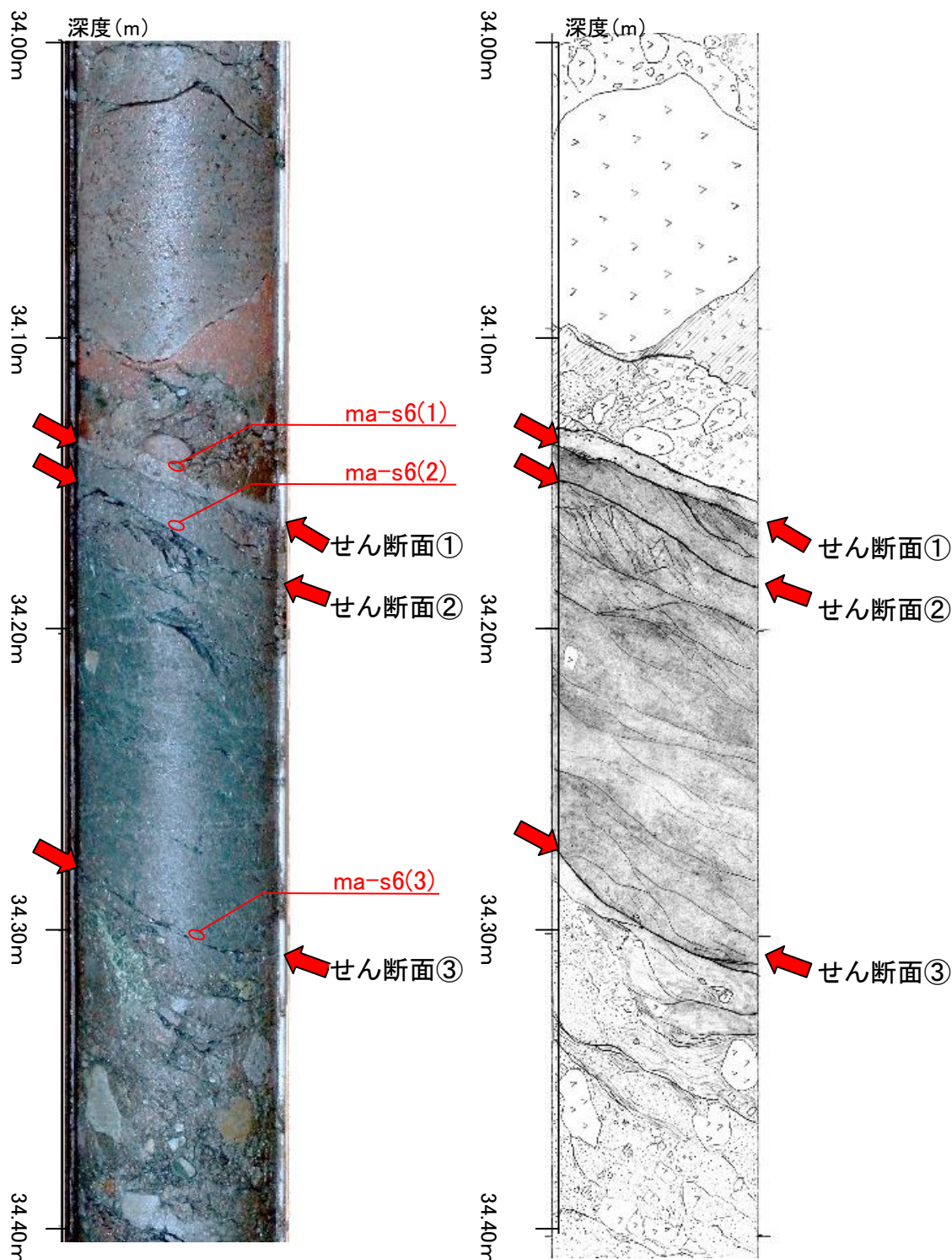
- ・せん断面に沿って粘土鉱物が認められ, 変形や破碎は生じていない。



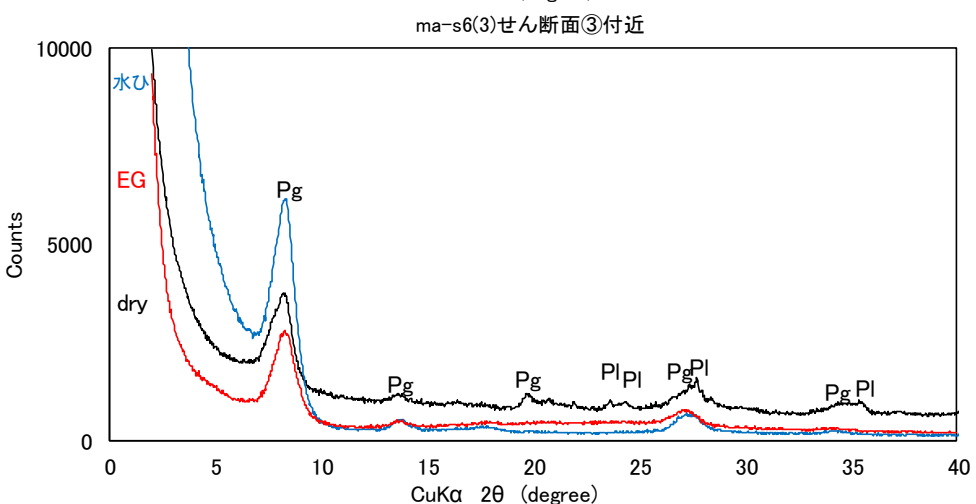
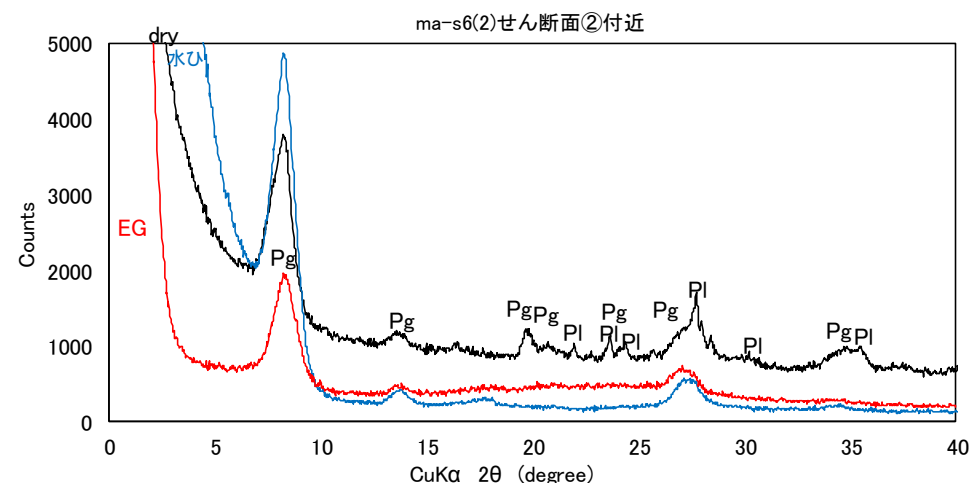
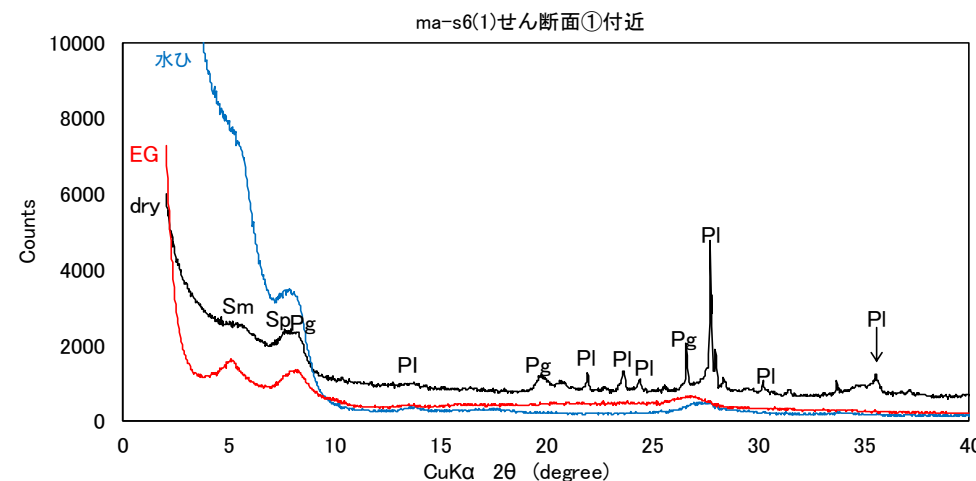
# m-a断層破碎部の組織観察 (2. 破碎部を構成する粘土鉱物の確認: H27B-ma-s6孔, XRD分析結果)

➤ 断層破碎部を構成する粘土鉱物は主としてパリゴルスカイト, スメクタイトからなる。

試料番号	地質状況	構成する主な粘土鉱物
ma-s6(1)	断層破碎部 (せん断面①付近)	スメクタイト, セピオライト, パリゴルスカイト
ma-s6(2)	断層破碎部 (せん断面②付近)	パリゴルスカイト
ma-s6(3)	断層破碎部 (せん断面③付近)	パリゴルスカイト



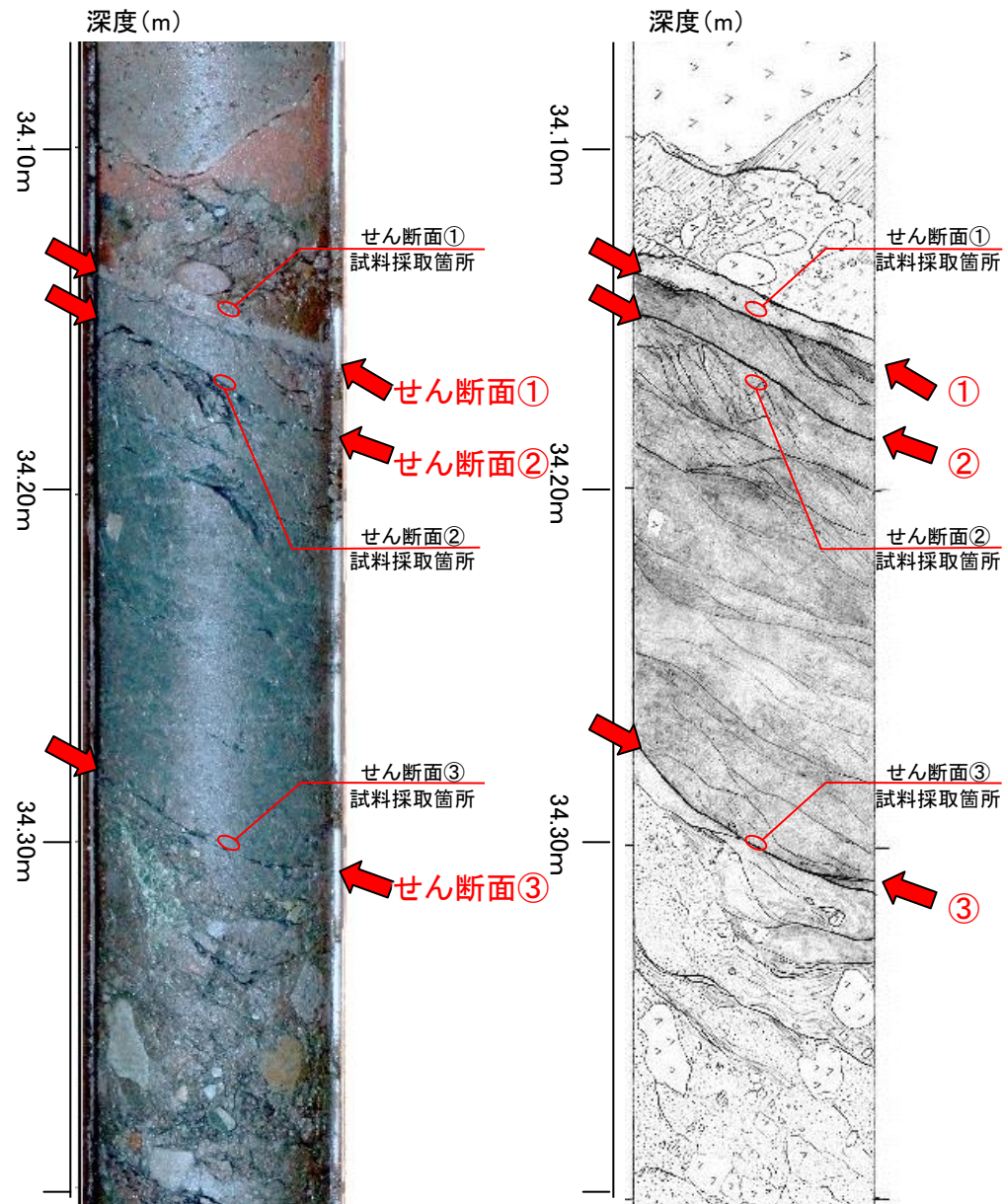
XRD試料採取箇所



Sm: スメクタイト  
Sp: セピオライト

# m-a断層破碎部の組織観察(3.最新面の鉱物の晶出状況:H27B-ma-s6孔, SEM観察)

➤ H27B-ma-s6孔のm-a断層破碎部で最新面の可能性があるせん断面についてSEM観察した結果、繊維状の自形のセピオライトまたはパリゴルスカイトとその間を埋めるようにスメクタイトが見られ、破碎を受けた組織は認められない。



試料採取箇所

	× 5000	× 50000
せん断面①		
せん断面②		
せん断面③		

### 3.6.3 断層破碎部の詳細性状

## m-a断層破碎部の組織観察(まとめ)

- m-a断層破碎部の最新活動面のSEM観察結果から、最新活動面には自形のセピオライトまたはパリゴルスカイトが晶出しており、破碎されていないことが確認された。
- また、顕微鏡観察の結果からも、最新面上に変形構造がない粘土鉱物や、割れ目を充填する炭酸塩鉱物が確認された。  
⇒m-a断層は、粘土鉱物の生成以降の断層活動はないと考えられる。

m-a断層破碎部の組織観察結果

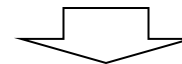
項目	最新面の認定				破碎部を構成する粘土鉱物	せん断面を横断する鉱物脈	最新面の鉱物の晶出状況		
	露頭観察	CT観察	研磨片観察	薄片観察			XRD分析	薄片観察	SEM観察
確認内容	断層破碎部の性状		直線性・連続性に富むせん断面	運動センス					
H27B-ma-2'	非固結	せん断面①	直線的	逆断層センス	最新面の可能性	スメクタイト パリゴルスカイト	認められないが、炭酸塩鉱物が少量認められ、割れ目を充填するように生成	粘土鉱物は認められるが、変形の有無は不明	自形のパリゴルスカイトが晶出し、破碎されていない
		せん断面②	直線的	逆断層センス	最新面の可能性	スメクタイト パリゴルスカイト	認められないが、炭酸塩鉱物が少量認められ、割れ目を充填するように生成	粘土鉱物は認められるが、変形の有無は不明	自形のセピオライトが晶出し、破碎されていない
H27B-ma-6	非固結	せん断面①	直線的	逆断層センス	最新面の可能性	スメクタイト セピオライト	認められない	粘土鉱物は認められるが、変形の有無は不明	自形のパリゴルスカイトが晶出し、破碎されていない
		せん断面②	連続性は良くシャープ	逆断層センス	最新面の可能性	スメクタイト セピオライト	認められない	粘土鉱物は認められるが、変形の有無は不明	自形のセピオライトが晶出し、破碎されていない
		せん断面③	連続性は良くシャープ	逆断層センス	最新面の可能性	スメクタイト セピオライト	認められない	変形構造がない粘土鉱物が認められる	自形のセピオライトが晶出し、破碎されていない
H27B-ma-s6	非固結	せん断面①	直線的	逆断層センス	最新面の可能性	スメクタイト セピオライト パリゴルスカイト	認められない	せん断面沿いの粘土鉱物は不明瞭	自形のセピオライトとその間を埋めるようにスメクタイトが認められる
		せん断面②	一部湾曲するが、比較的シャープに発達	逆断層センス	最新面の可能性	パリゴルスカイト	認められない	変形構造がない粘土鉱物が認められる	自形のパリゴルスカイトが晶出し、破碎されていない
		せん断面③	シャープに発達	逆断層センス	最新面の可能性	パリゴルスカイト	認められない	変形構造がない粘土鉱物が認められる	自形のパリゴルスカイトが晶出し、破碎されていない

# m-a断層の活動性評価

## m-a断層の活動性評価

- 震源として考慮する活断層に該当しないことの確認
- 地震活動に伴って永久変位が生じる断層に該当しないことの確認

確認項目と評価の観点		説明箇所	調査結果
地下深部への連続性	地下深部まで連続する断層かどうか	3.3	・反射法地震探査から、地下深部に連続しない。
リニアメント、変動地形	断層に対応するリニアメント、変動地形の有無	3.2	・空中写真判読により、リニアメント、変動地形は認められない。
岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係	後期更新世以降(約12~13万年前以降)の地層の変位・変形の有無	—	・第四系(M <sub>2</sub> 面段丘堆積物等)との関係は確認できない。
分布・連続性断層等との関係・類似性	新旧関係が判断できる断層等の有無	3.6.2	・原子炉建屋設置位置付近で海域に分布するが、北方では断層は確認されず、南方は沿岸部に達して消滅する。 ・F-8断層, F-10断層と形成時期がほぼ同時期であり、断層破碎部の詳細性状(薄片観察, SEM観察等)も同様である。
断層破碎部の詳細性状	ボーリングコア	固結・岩石化した断層破碎部の有無	・認められない。
	薄片観察	最新面沿いの粘土鉱物の晶出状況	・最新面を横断する粘土鉱物脈は認められず、炭酸塩鉱物が部分的に認められ、割れ目を充填するように生成している。 ・せん断面沿いに変形組織を持たないセピオライト及びパリゴルスカイトが見られる。
	SEM観察	最新面沿いの粘土鉱物の破碎の有無	・最新面にはセピオライト及びパリゴルスカイトが生成し、破碎を受けた組織は認められず、熱水変質によりセピオライト及びパリゴルスカイトが形成されて以降の活動はない。 ・セピオライトの形成時期は約10Ma(K-Ar法)である。



m-a断層は、「将来活動する可能性のある断層等」に該当しない

## 4. 総合評価

---

# f-1断層, f-2断層, m-a断層に関する評価(まとめ)

## f-1断層, f-2断層, m-a断層の活動性評価

- 震源として考慮する活断層に該当しないことの確認
- 地震活動に伴って永久変位が生じる断層に該当しないことの確認
- 支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面がないことの確認

確認項目と評価の観点		調査結果			
		f-1断層	f-2断層	m-a断層	
地すべり面の有無		・敷地及び敷地近傍の地形, 地表地質調査等から, 支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面に該当しない。			
地下深部への連続性	地下深部まで連続する断層かどうか	・深部は, F-10断層に切られ, 地下深部に連続しない。	・深部はT.P.約-45m以深に連続しない。	・反射法地震探査から, 地下深部に連続しない。	
リニアメント変動地形	断層に対応するリニアメント, 変動地形の有無	・認められない。	・認められない。	・認められない。	
岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係	後期更新世以降(約12~13万年前以降)の地層の変位・変形の有無	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第四系基底面に段差はない。</li> <li>・f-1断層延長上の第四系(M<sub>2</sub>面段丘堆積物)に断裂や礫の再配列は認められない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第四系(M<sub>2</sub>面段丘堆積物)及びその基底面に変位・変形を与えていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第四系(M<sub>2</sub>面段丘堆積物等)との関係は確認できない。</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>【岩盤上面の形態, 小断裂, 劣化部】</li> <li>・岩盤上面の形態は, 走向方向で変化, 第四系基底面の高まりも広がりをもつものではない。</li> <li>・第四系中の小断裂は形態, 変位量が走向方向で変化し, 連続性がない。</li> <li>・劣化部は, 岩盤の表層部に限られ, 深部の岩盤は劣化部がなく新鮮。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【変位のない断裂】</li> <li>・変位のない断裂はf-2断層と関係しない。</li> </ul>		
分布・連続性断層等との関係・類似性	新旧関係が判断できる断層等の有無	<ul style="list-style-type: none"> <li>・F-10断層に切られ, F-10断層はF-8断層に切られる。</li> <li>・F-8断層は石英(玉髓)脈が破碎部を充填, 横断。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱水変質以降, 変位していない高角度の変質鉱物脈(形成時期約10Ma)に切られる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海域に分布, 北方で断層は確認されず, 南方は沿岸部に達して消滅。</li> <li>・F-8断層, F-10断層と同様の形成時期, 破碎部性状。</li> </ul>	
断層破碎部の詳細性状	ボーリングコア	固結・岩石化した断層破碎部の有無	・認められない。	・認められない。	・認められない。
	薄片観察	最新面沿いの粘土鉱物脈の晶出状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新面を横断する粘土鉱物脈は認められない。</li> <li>・せん断面沿いに変形組織を持たないセピオライト等が認められる。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新面を横断する粘土鉱物脈は認められず, 炭酸塩鉱物が部分的に認められ, 割れ目を充填するように生成している。</li> <li>・せん断面沿いに変形組織を持たないセピオライト等が見られる。</li> </ul>
	SEM観察	最新面沿いの粘土鉱物の破碎の有無	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新面にはセピオライトが生成し, 破碎を受けた組織は認められない。</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最新面にはセピオライト等が生成し, 破碎を受けた組織は認められない。</li> </ul>

f-1断層, f-2断層, m-a断層は, 「将来活動する可能性のある断層等」に該当しない

# 参考文献

1. 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
2. 一般社団法人斜面防災対策技術協会(2005):青森県の地すべり防止区域指定地
3. 国立研究開発法人防災科学技術研究所(2009):地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」
4. 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
5. Hendricks, S.B.・Ross, C.S(1941): Chemical composition and genesis of glauconite and celadnite. Amer. Min., 26, 683-708.
6. 日本粘土学会編(2009):粘土ハンドブック(第三版), 技報堂出版
7. Sakamoto T.・ Suzuki S.・ Tatematsu H・ Otsuka R. (1980):Iron-Sepiolite from the Seikan Tunnel, Japan. J. Japan. Assoc. Miner. Petr. Econ. Geol., 75, 164-171.
8. Minata, H., Imai, N., Otsuka, R. (1969) :Jour Japan. Assoc Miner. Petr. Econ. Geol., 61, 125-139.
9. Imai, N., Otsuka, R. and Nakamura, T. (1967):An occurrence of well-crystallized sepiolite from the Akatani iron mine, Niigata Pref., Northeastern Japan. Jour. Japan. Assoc. Min. Pet. Econ. Geol., 57, 39-56.
10. 大塚良平・下田右・下坂康哉・永田洋・篠原也寸志・清水雅浩・坂本尚史(1992):セピオライトの産状と鉱物学的性質, 粘土科学, vol. 32, No. 3, pp.154-172.
11. 植田良夫・鈴木光郎(1973):東北日本産海緑石とセラドナイトのK-Ar年代. 地質学論集, 8, 151-159.
12. Watanabe N.・Takimoto T.・Shuto K.・Itaya T. (1993) :K-Ar ages of the Miocene volcanic rocks from the Tomari area in the Simokita Peninsula, Northeast Japan arc. J.Min.Petr.Econ.Geol., 88, 352-358.