

2.3 上載地層によるF-1断層の活動性評価

目次

活動性評価の流れ	P.2
(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)	P.3
(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)	P.18
(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層	P.28
(4) F-1断層の活動性評価	P.54

活動性評価の流れ

(1) F-1断層の認定 (性状確認調査及び地質構造確認調査)

- 開削調査箇所 (北側・南側) に認められるF-1断層と考えられる断層をF-1断層に認定するため、F-1断層本体のデータ拡充を目的に実施した性状確認調査及び地質構造確認調査結果に基づき、F-1断層の性状・連続性の検討を実施。
- F-1断層の性状については、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施したR1敷地-2' ボーリング※を基本とする。
※R1敷地-2'ボーリング(φ86)は、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施していることから、F-1断層の性状確認の基本となるため、別孔(R1敷地-2'ボーリング:φ116)も掘削している。

認定の基本となるF-1断層の性状及び分布状況を明確化

(2) F-1断層の認定 (開削調査箇所)

- 開削調査箇所 (北側・南側) に認められるF-1断層と考えられる断層について、F-1断層との位置関係も踏まえ、F-1断層との性状 (走向・傾斜, 条線, 微細構造等) の類似性を確認。

開削調査箇所におけるF-1断層の認定

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

- 開削調査箇所 (北側・南側) において、以下の検討及び観察を実施。
 - a. F-1断層とその上位に認められる小断層の関連性
 - b. F-1断層と小断層の累積性
 - c. 小断層の上端付近の詳細観察

F-1断層開削調査箇所付近の地層区分に関する検討の結果、**ケース1**及び**ケース3**の2ケースが考えられるが、ここでは、**ケース1**の場合について記載。

開削調査箇所 (北側・南側) における活動性評価

(4) F-1断層の活動性評価

ケース1及び**ケース3**の2ケースについて記載。

開削調査箇所 (北側・南側) 及びF-1断層開削調査箇所を踏まえた、F-1断層の総合的な活動性評価

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

①F-1断層の性状の確認

一部修正 (R1/11/7審査会合)

- 開削調査箇所(北側)及び開削調査箇所(南側)においては、F-1断層と考えられる断層が認められる。
- 当該断層をF-1断層と認定するため、F-1断層本体のデータ拡充を図るために実施した性状確認調査及び地質構造確認調査結果に基づき、F-1断層の性状・連続性の検討を実施した(調査位置は、P12参照)。
- F-1断層の性状については、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施したR1敷地-2' ボーリング^{※1}を基本とした。
- 本ボーリング調査の結果、F-1断層推定深度^{※2}(約18m)付近には、F-1断層と類似した特徴を有する劣化部^{※3}(約14.2~14.8m)が認められる。
- 当該劣化部は、走向・傾斜がF-1断層と類似^{※4}し、F-1断層の可能性が考えられることから、劣化部中に認められる粘土部について、X線CT画像観察、条線観察及び薄片観察を行い、変位センス及び性状を確認した。
- 各種観察結果を下表に示す。
- なお、薄片観察を実施するに当たっては、狩野・村田(1998)における破砕帯の分類を踏まえ、泊発電所における破砕帯の分類を定義した(次頁参照)。

R1敷地-2' ボーリングにおける観察結果一覧

深度(m)	X線CT画像観察	条線観察	薄片観察
14.25	○低密度帯が認められる	○厚さ約1mmの軟質粘土が挟在する ○条線及び鏡肌は認められない	○全体に高干渉色を示す粘土鉱物が網状に分布する ○断層を示す組織は不明瞭で、強く変質の影響を受けている
14.30	○低密度帯が認められる	— ^{※5}	○全体に高干渉色を示す粘土鉱物が網状に分布する ○断層を示す組織は不明瞭で、強く変質の影響を受けている
14.57	○低密度帯が認められ、さらに連続する直線的な低密度帯が認められる	○厚さ約1mmの軟質粘土が挟在する ○条線を伴う平滑な面構造が認められる ○レイク角は80° L	○約1mmの幅で粘土状破砕部が直線的に連続する ○あまり明瞭ではないものの、逆断層センスを示すP面や鉱物片の配列が認められる ○下盤には破砕した断層岩片が認められる
14.65	○低密度帯が認められる	○厚さ約~15mmの軟質粘土が挟在する ○条線を伴う平滑な面構造が認められる ○レイク角は70° L	○粘土状破砕部はやや不明瞭だが、直線的に分布する ○粘土状破砕部と砂状破砕部は粘土状破砕部を伴わない高角な剪断面で変位している
14.79	○低密度帯が認められる	○厚さ約1mmの軟質粘土が挟在する ○条線及び鏡肌は認められない	○粘土状破砕部は連続するが、直線性に乏しい ○変位センスを示す複合面構造は認められない

※1 R1敷地-2'ボーリング(φ86)は、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施していることから、F-1断層の性状確認の基本となるため、別孔(R1敷地-2' ボーリング: φ116)も掘削している。

※2 1,2号炉調査結果に基づくF-1断層の走向・傾斜より推定される深度。

※3 粘土を挟在若しくは付着する割れ目。

※4 同位置で実施したR1敷地-2'ボーリング(φ86)において、当該劣化部と同深度に認められる同様な劣化部の走向・傾斜は、N11° W/58° W及びN13° W/53° W。

(参考) 1,2号炉調査において確認されたF-1断層の走向・傾斜は「N8° E~20° W/43° ~54° W」

※5 コア形状が砂礫状のため未実施。



- 各種観察の結果、深度14.57mの粘土部がF-1断層の最新活動部であると判断される。
- 各種観察において認められるF-1断層の特徴は以下のとおり。
 - ・ボーリングコア観察の結果、未固結な粘土部が認められ、連続する直線的な面構造を伴う。
 - ・X線CT画像観察の結果、低密度帯が認められ、さらに連続する直線的な低密度帯を伴う。
 - ・条線観察の結果、条線を伴う平滑な面構造が認められ、レイク角は70~80° Lである。
 - ・薄片観察の結果、直線的な分布を示す粘土状破砕部が認められ、その周辺に砂状破砕部及び角礫状破砕部が認められる。また逆断層センスを示す複合面構造が認められる。

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

②破砕帯の定義

○薄片観察を実施するに当たっては、狩野・村田(1998)における破砕帯の分類をふまえ、泊発電所における破砕帯の分類を下表の通り定義した。

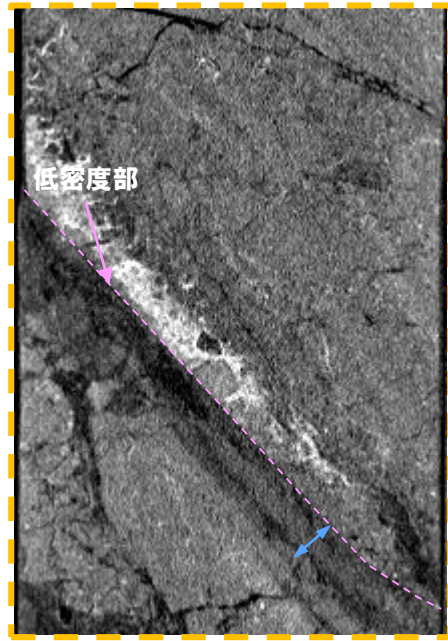
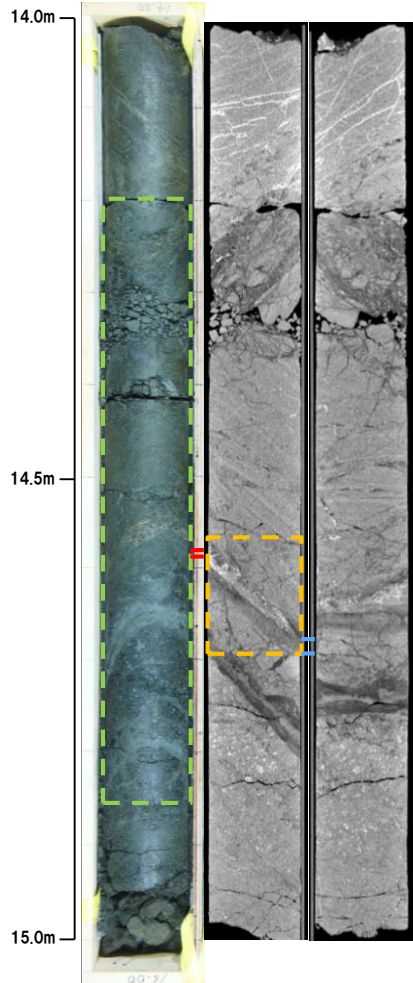
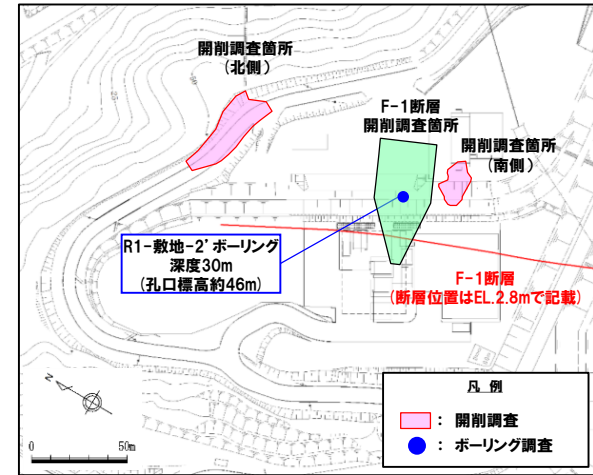
(泊発電所における) 破砕帯の分類			狩野・村田(1998)における分類		
破砕帯	挟在粘土の硬軟による区分	粒度による区分	粘土状破砕部	断層ガウジ	手で壊せるほど軟弱で、粘土状の細粒な基質部が多い箇所(破砕岩片<30%)
		粒度による区分	砂状破砕部	断層角礫	粘土状破砕部(断層ガウジ)に比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多い箇所(破砕岩片>30%)
			角礫状破砕部		
	粒度による区分	固結した粘土状破砕部 固結した砂状破砕部 固結した角礫状破砕部	カタクレーサイト*	基質と岩片が固結している箇所	

※敷地内においてカタクレーサイトは確認されていないが、固結しているか否かの観点において同義とする。

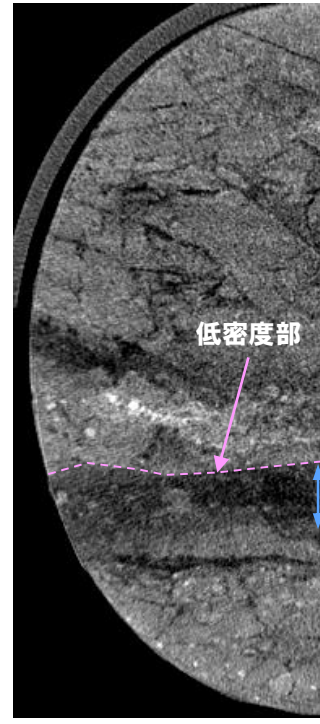
(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

③ R1敷地-2' ボーリング (14.57m) -X線CT画像観察結果-

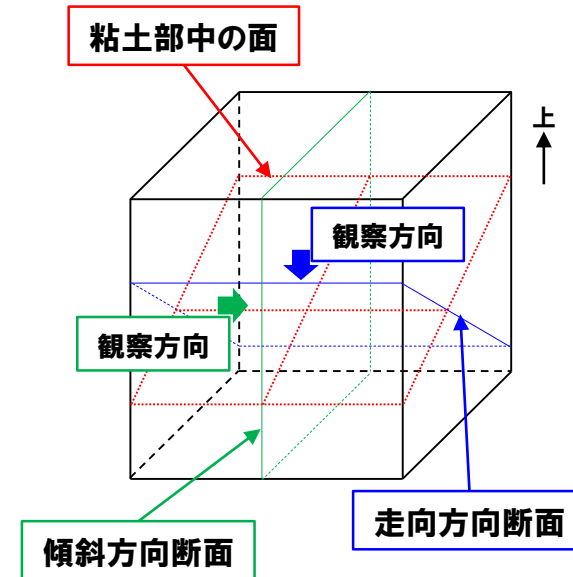
○X線CT画像観察の結果、低密度帯が認められ、さらに連続する直線的な低密度部が認められる。



傾斜方向断面



走向方向断面



←→ : 低密度帯 □ : 劣化部
 ←→ : 粘土部 □ : 傾斜方向断面位置

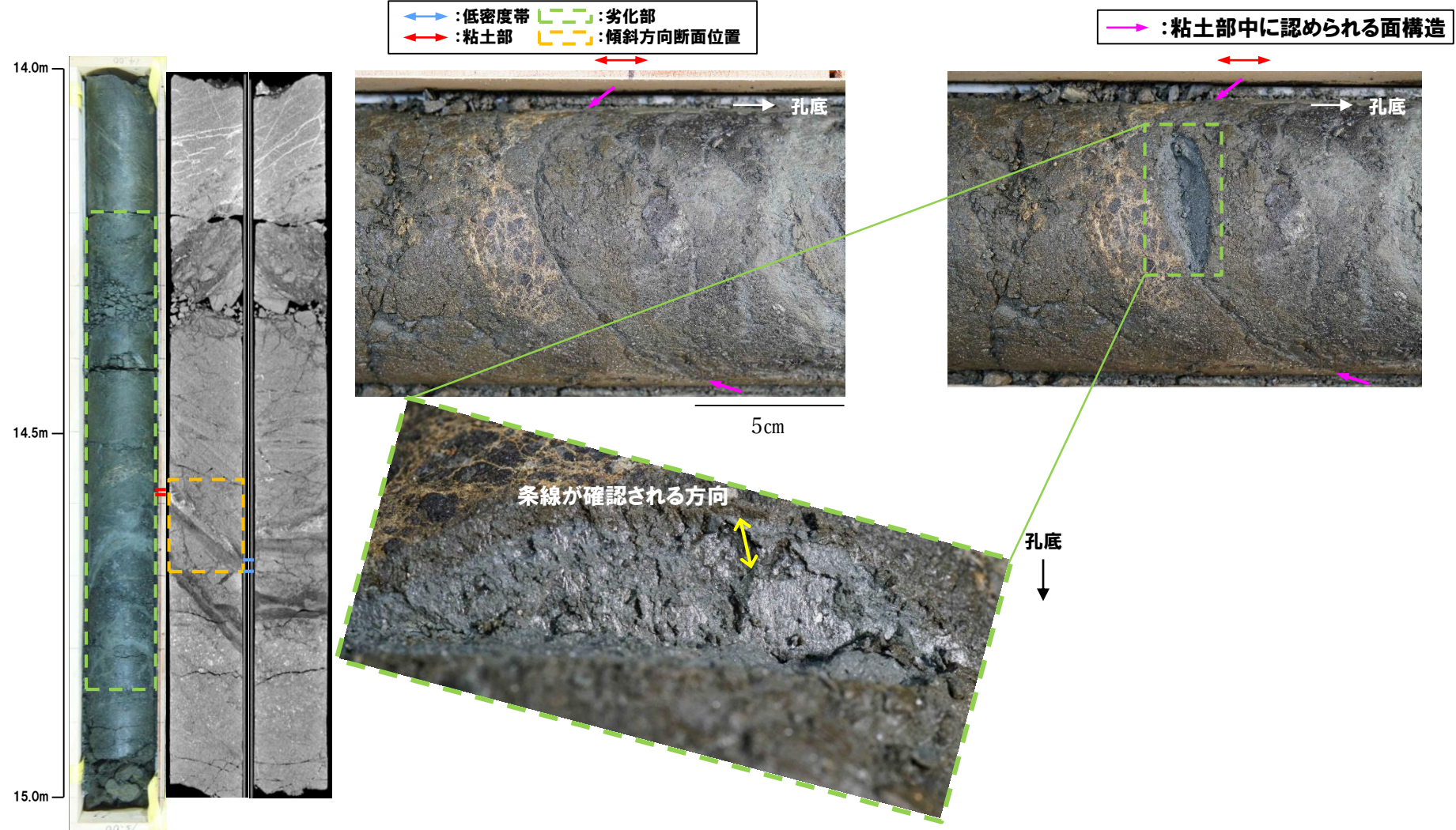
(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

③ R1敷地-2' ボーリング (14.57m) -条線観察結果-

- 粘土部中に認められる面構造を深部側から浅部側へ観察を行った。
- 厚さ約1mmの軟質粘土の挟在が認められる。
- 最急勾配方向と約10° 斜交する条線が認められ、浅部から深部方向に読み直すとレイク角は80° Lとなる。

←→ : 低密度帯 ┌┐ : 劣化部
←→ : 粘土部 ┌┐ : 傾斜方向断面位置

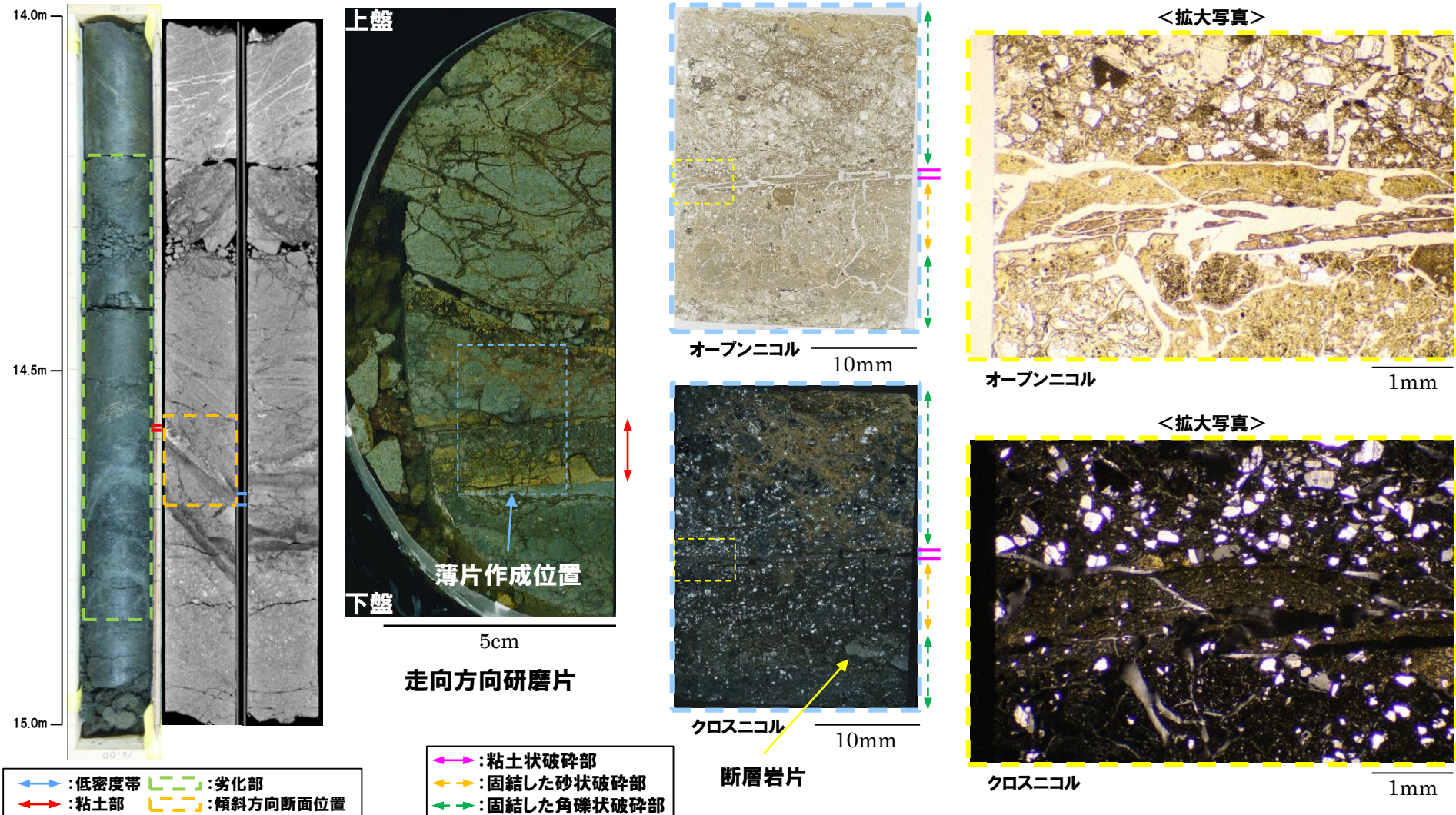
→ : 粘土部中に認められる面構造



(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

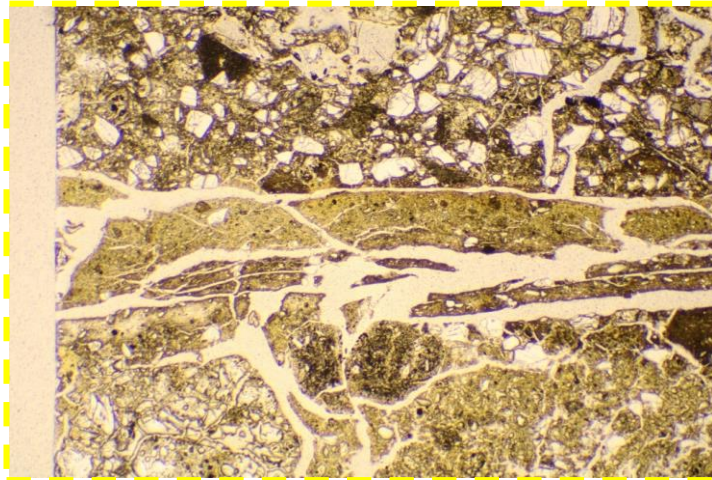
③ R1敷地-2' ボーリング(14.57m) - 走向方向薄片観察結果(1/2) -

- 約1mmの幅で粘土状破碎部が直線的に連続する。
- 変位センスを示す明瞭な複合面構造は認められない。
- 下盤には破碎した断層岩片が認められる。



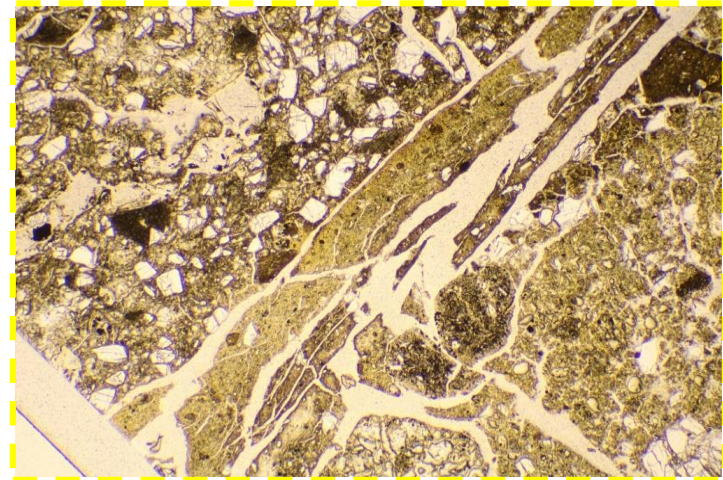
(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

③ R1敷地-2' ボーリング(14.57m) - 走向方向薄片観察結果(2/2) -



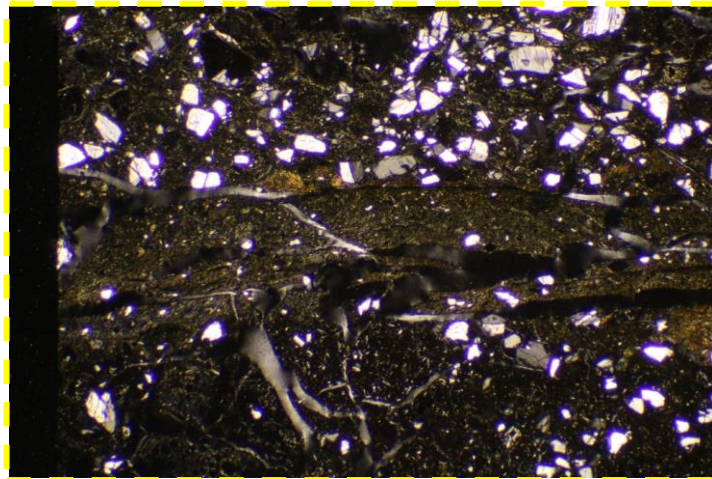
オープンニコル

1mm



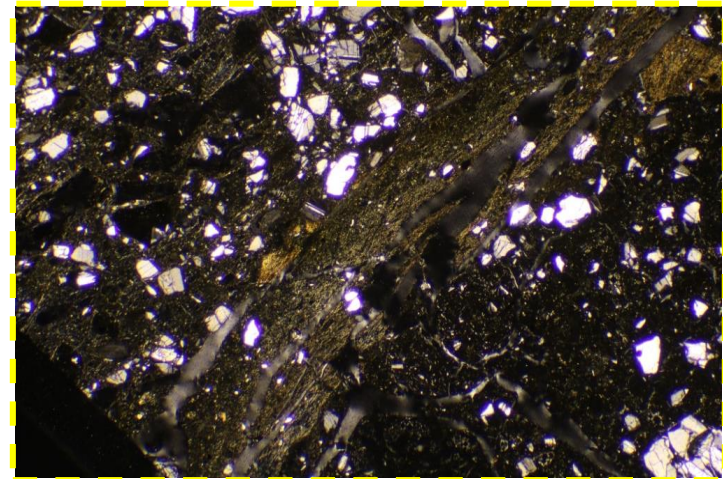
オープンニコル(左に45° 回転)

1mm



クロスニコル

1mm



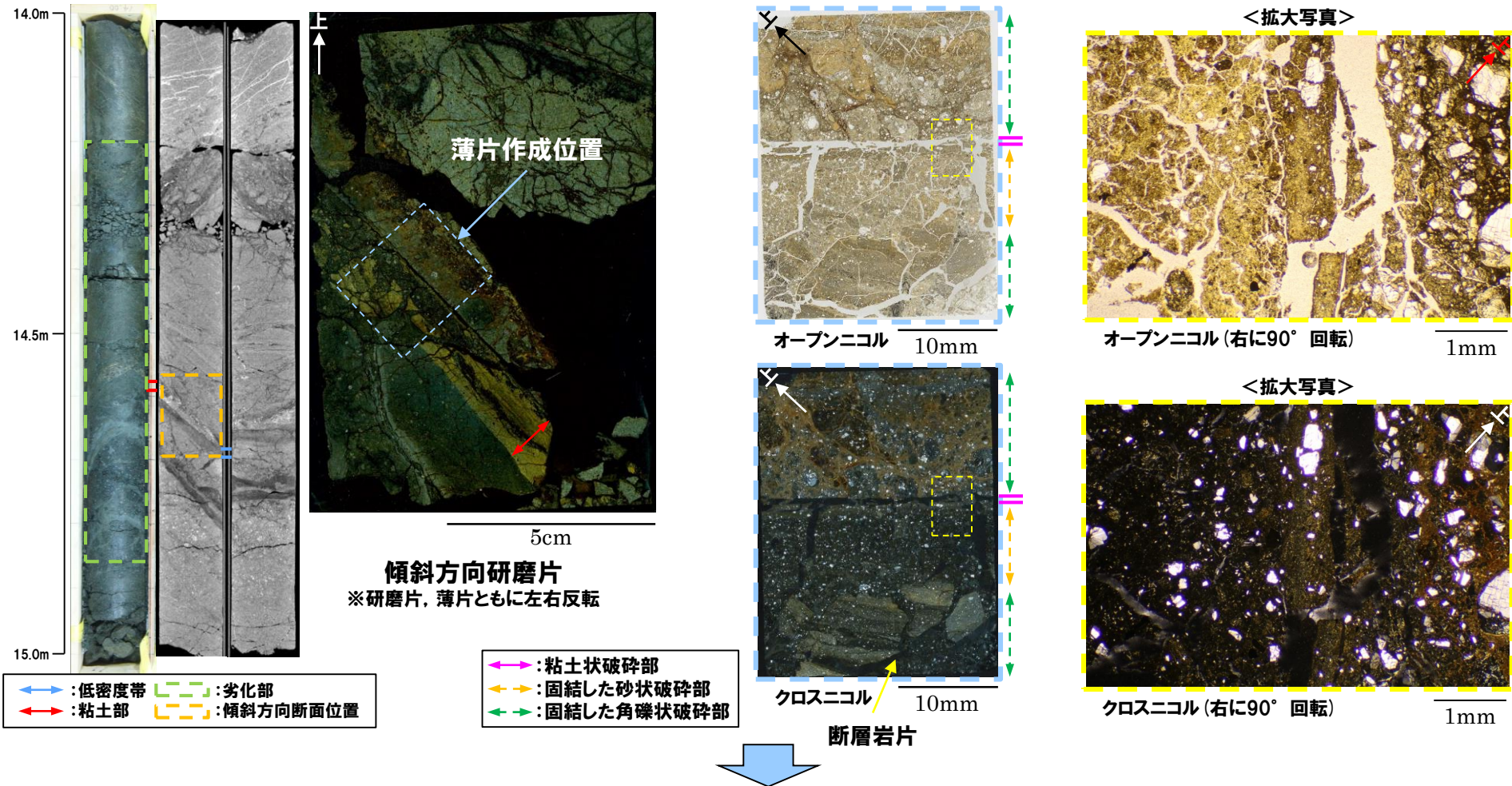
クロスニコル(左に45° 回転)

1mm

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

③ R1敷地-2' ボーリング(14.57m) - 傾斜方向薄片観察結果(1/2) -

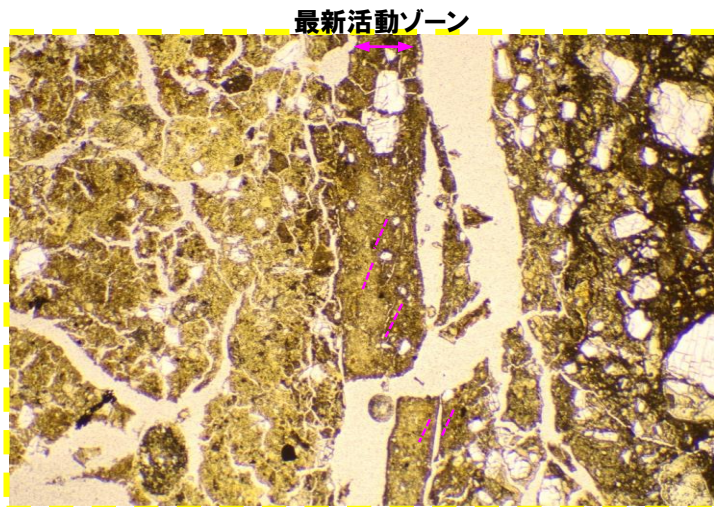
- 約1mmの幅で粘土状破碎部が直線的に連続する。
- あまり明瞭ではないものの、逆断層センスを示すP面や鉱物片の配列が認められる。
- 下盤には破碎した断層岩片が認められる。



○X線CT画像観察、条線観察及び薄片観察の結果、当該粘土部はF-1断層の最新活動部であると判断される。

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

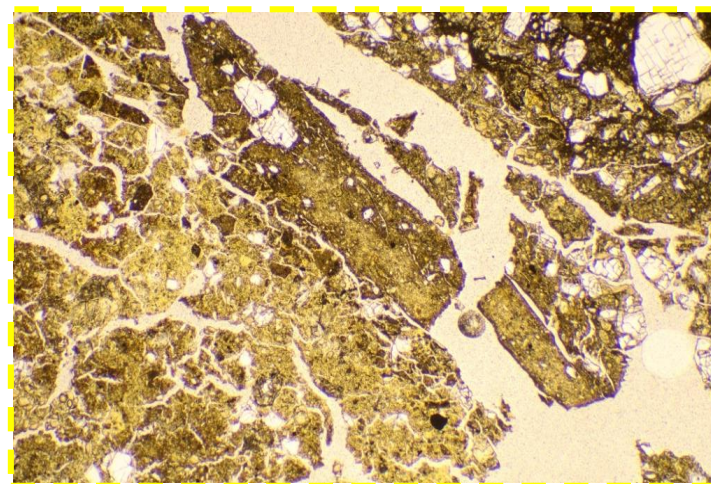
③ R1敷地-2' ボーリング(14.57m) -傾斜方向薄片観察結果(2/2) -



オープンニコル

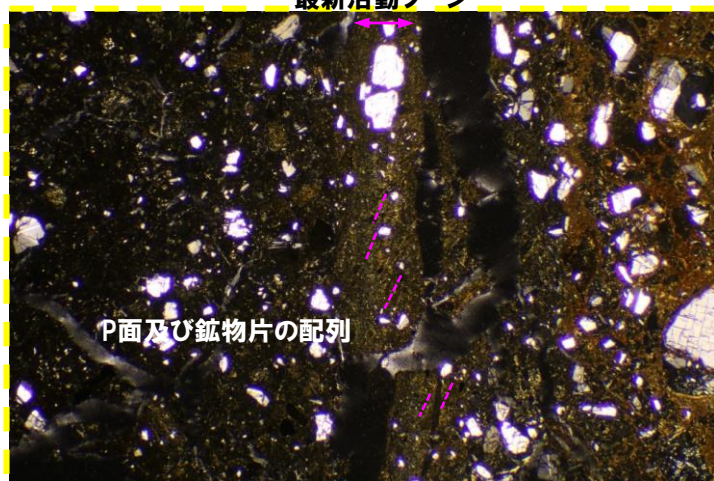
最新活動ゾーン

1mm



オープンニコル(左に45°回転)

1mm

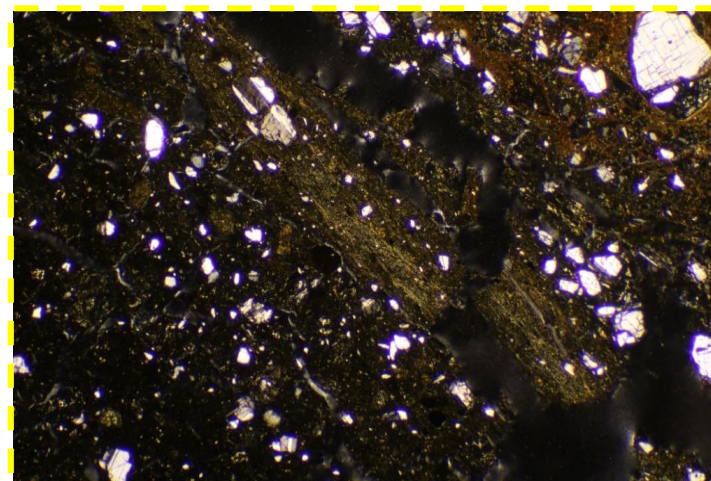


クロスニコル

最新活動ゾーン

P面及び鉱物片の配列

1mm



クロスニコル(左に45°回転)

1mm

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

④F-1断層の認定(1/2)

- 先の検討においてR1敷地-2' ボーリング※1に認められるF-1断層の特徴に基づき、性状確認調査及び地質構造確認調査におけるボーリング調査結果を用いたF-1断層の認定を行った。
- F-1断層の認定は、以下の手順で実施した。
 - ・ボーリングコア観察による割れ目の抽出
 - ・ポアホールテレビ画像による孔壁観察及びX線CT画像観察結果に基づく劣化部の認定
 - ・F-1断層の走向・傾斜及び推定深度に関する検討
 - ・薄片観察による性状の類似性の観点を踏まえた微細構造の確認
- F-1断層の認定手順の詳細については、P14～P15に示す。
- なお、F-1断層の認定に当たっては、R1敷地-2' ボーリング※1に認められるF-1断層の特徴を踏まえ、F-1断層が含まれる可能性のあるボーリングコア中の劣化部を「未固結な粘土を挟在若しくは付着する割れ目及びその周辺に分布する節理、裂かを伴う帯」として定義した(P13参照)。
- F-1断層に認定された劣化部は以下のとおり(調査位置は、次頁参照)。

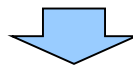
【性状確認調査】(P16参照)

- ・R1敷地-1ボーリング (深度約27.80～27.95m)
- ・R1敷地-2' ボーリング (深度約14.20～14.80m)
- ・R1敷地-3ボーリング (深度約12.30～12.60m)
- ・R1敷地-4ボーリング (深度約48.30～48.60m, 深度約49.40m～49.60m)

【地質構造確認調査】(P17参照)

- ・R1敷地-6ボーリング (深度約134.70～134.90m)

- 次に、地質構造確認調査として、F-1断層を含む浅部の地質構造を確認するため、反射法地震探査を実施した。
- 探査測線は、敷地の基盤をなす新第三系上部中新統の神恵内層の走向(大局的にはほぼNW-SE)に概ね直交するように設定した。
- 反射法地震探査結果は、測線沿いにおいて実施したボーリング調査(性状確認調査及び地質構造確認調査)結果と対比した。
- 反射法地震探査の結果、敷地の基盤をなす神恵内層については、海側傾斜の同斜構造を示す状況が確認され、F-1断層については、ボーリング調査結果においてF-1断層を確認している深度付近において、やや反射面の不連続が認められる。



- 性状確認調査及び地質構造確認調査において、F-1断層に認定された劣化部は以下のとおり。

【性状確認調査】

- ・R1敷地-1ボーリング (深度約27.80～27.95m)
- ・R1敷地-2' ボーリング (深度約14.20～14.80m)
- ・R1敷地-3ボーリング (深度約12.30～12.60m)
- ・R1敷地-4ボーリング (深度約48.30～48.60m, 深度約49.40m～49.60m)

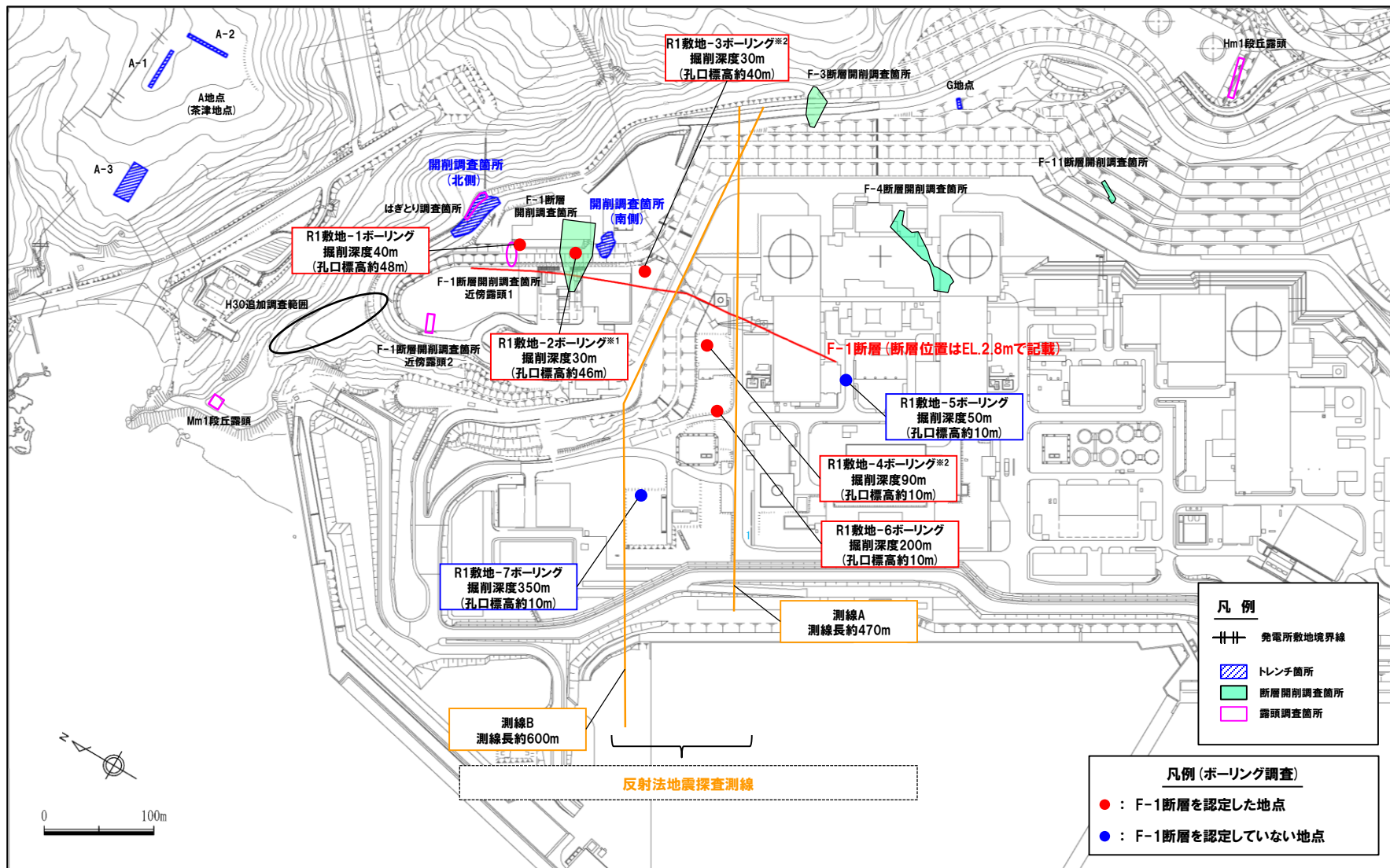
【地質構造確認調査】

- ・R1敷地-6ボーリング (深度約134.70～134.90m)

- 性状確認調査及び地質構造確認調査において認められるF-1断層の分布状況は、1,2号炉調査結果と調和的である。

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

④F-1断層の認定(2/2)



調査位置図(改変後の地形)

※1 R1敷地-2ボーリング(φ86)は、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施していることから、F-1断層の性状確認の基本となるため、別孔(R1敷地-2'ボーリング:φ116)も掘削している。
 ※2 当該ボーリングは、F-1断層の性状確認を主目的として実施するが、調査結果は、反射法地震探査結果との対比にも用いる。

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

⑤劣化部の定義及び分類

- R1敷地-2' ボーリング調査の結果, F-1断層は各種観察において以下のような特徴が認められる。
 - ・ボーリングコア観察の結果, 未固結な粘土部が認められ, 連続する直線的な面構造を伴う。
 - ・X線CT画像観察の結果, 低密度帯が認められ, さらに連続する直線的な低密度部を伴う。
 - ・条線観察の結果, 条線を伴う平滑な面構造が認められ, レイク角は70~80° Lである。
 - ・薄片観察の結果, 直線的な分布を示す粘土状破碎部が認められ, その周辺に砂状破碎部, 角礫状破碎部が認められる。また逆断層センスを示す, 複合面構造が認められる。
- 以上の特徴からF-1断層が含まれる可能性のある, ボーリングコア中の劣化部を「未固結な粘土を挟在若しくは付着する割れ目及びその周辺に分布する節理, 裂かを伴う帯」と定義する。
- なお, 1, 2号炉調査及び3号炉調査結果に基づき認定された, F-1断層~F-11断層がいずれも未固結な粘土部を伴うことを踏まえ, 固結した粘土については, 劣化部の対象外とする。
- また, 劣化部については下表の通り, 破碎帯, 漸移帯及び変質帯に区分する。

劣化部		未固結な粘土を挟在若しくは付着する割れ目及びその周辺に分布する節理, 裂かを伴う帯	3号炉調査における粘土部及び破碎部 ^{※1} 3号炉調査における漸移部
	破碎帯	断層活動に伴い岩石が機械的に破碎され, 不規則な割れ目の集合体をなし, 粘土状破碎部, 砂状破碎部及び角礫状破碎部から構成されるある幅を持った帯(地学団体研究会編「新版地学事典」(1996)参照)及びコア観察, X線CT画像で明瞭に連続する直線的な構造を伴う帯	
	漸移帯	破碎帯の形成に起因する節理や裂かが密集する帯	
	変質帯 ^{※2}	肉眼で脱色, 網状粘土の発達若しくは原岩組織が残っていないなどの変質の影響が認められる帯	

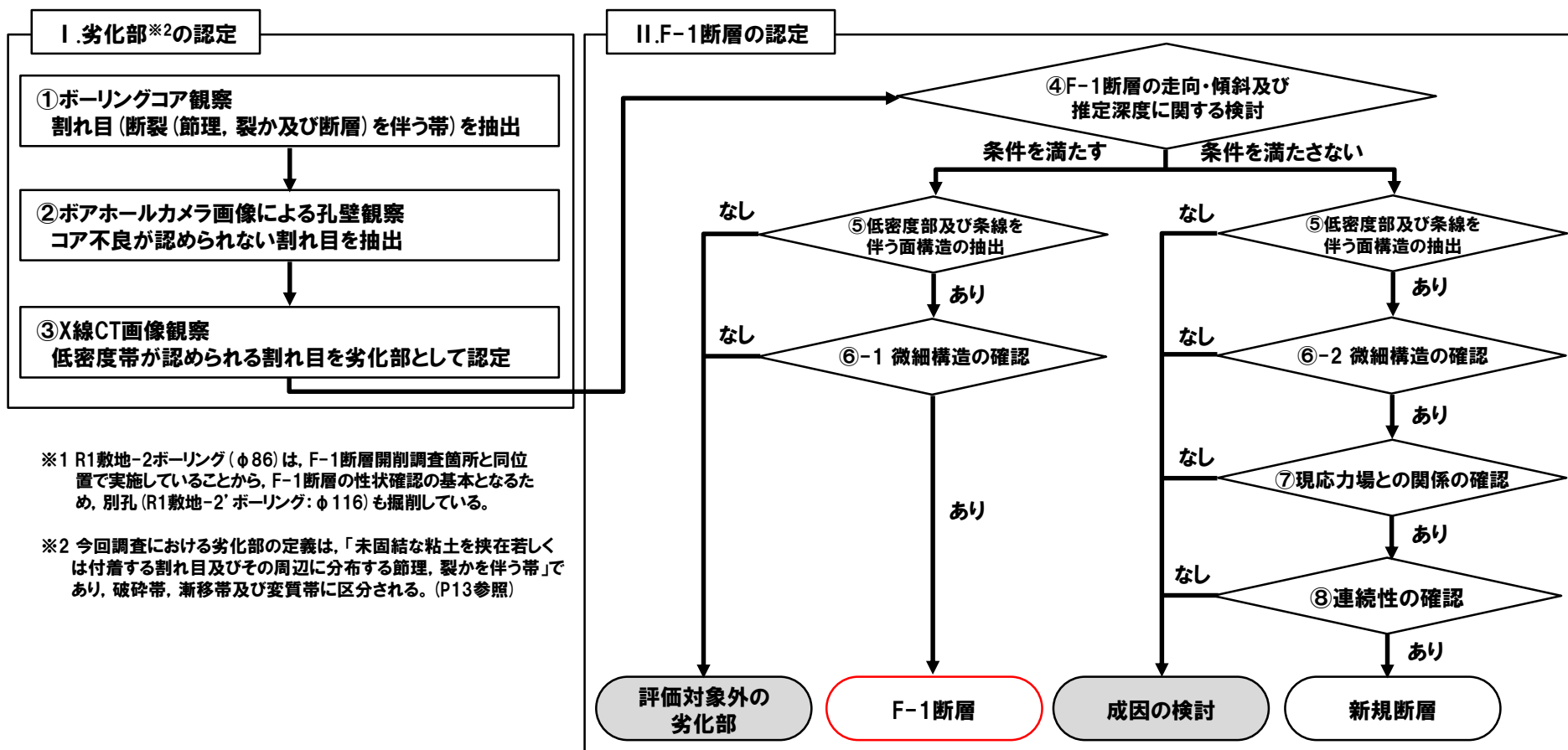
※1 地学団体研究会編「新版地学事典」(1996)の記載や今回の観察(X線CT画像観察, 薄片観察等)結果を踏まえ, 破碎帯として一括区分することとした。

※2 3号炉調査においては, 粘土部に含まれる範囲であるが, 構造的な可能性が低いものであることから切り分けを行った。

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

⑥F-1断層の認定手順(1/2)

- P11におけるF-1断層の認定手順の詳細を以下に示す。
- 認定手順については、1,2号炉調査及び3号炉調査の認定手順に基づき、R1敷地-2'※1ボーリング調査から得られたF-1断層の性状を踏まえ策定した。
- ボーリングコア観察から、割れ目(断裂(節理, 裂か及び断層)を伴う帯)を抽出した上で、ボアホールカメラ画像による孔壁観察及びX線CT画像観察の結果を踏まえ、劣化部※2の認定を行う。
- 認定された劣化部について、F-1断層の走向・傾斜及び推定深度に関する検討を行い、F-1断層と考えられる破碎帯を伴う劣化部であるか否かの評価を行う。
- 劣化部から抽出した破碎帯について、性状の類似性の観点を踏まえ、微細構造の確認を行い、F-1断層の認定を行う。



※1 R1敷地-2'ボーリング(φ86)は、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施していることから、F-1断層の性状確認の基本となるため、別孔(R1敷地-2'ボーリング:φ116)も掘削している。

※2 今回調査における劣化部の定義は、「未固結な粘土を挟在若しくは付着する割れ目及びその周辺に分布する節理、裂かを伴う帯」であり、破碎帯、漸移帯及び変質帯に区分される。(P13参照)

⑥F-1断層の認定手順(2/2)

I.劣化部の認定

① ボーリングコア観察

- 割れ目(断裂(節理、裂か及び断層)を伴う帯)を抽出
3号炉調査時の認定手順における割れ目の特徴である「粘土の挟在若しくは付着」、「未風化岩盤中の風化」、「鏡肌、条線の発達」、「上下での岩種の相違」及び「幅10cm以上でコアの形状が土砂～角礫状の区間」について着目する

② ボアホールカメラ画像による孔壁観察

- ボアホールカメラ画像観察により、①で抽出した割れ目において、以下の特徴を有するものを抽出
・コア不良が認められず、抽出した割れ目と同様の特徴が孔壁に認められる
- 上記特徴を有する割れ目について、走向・傾斜を計測

③ X線CT画像観察

- 以下の特徴を有する割れ目を劣化部として認定
・未固結な粘土を有すると考えられる低密度帯

II.F-1断層の認定

④ F-1断層の走向・傾斜及び推定深度に関する検討

- ③で認定した劣化部のうち、F-1断層と類似する走向・傾斜を有し、且つ推定深度付近に出現するものをF-1断層の可能性を有する劣化部として判定
 - 走向・傾斜
1,2号炉調査結果に基づくF-1断層の走向・傾斜より $\pm 15^\circ$ の範囲内^{※3}
^{※3} 1,2号炉調査において確認されたF-1断層の走向・傾斜は「N8° E~20° W/43° ~54° W」であり、走向で約30°、傾斜で約10°のばらつきが認められる。
このため、既往のF-1断層の走向・傾斜にそれぞれ $\pm 15^\circ$ を加えた範囲に該当するものを類似したものとみなす。
 - 推定深度
1,2号炉調査結果に基づくF-1断層の走向・傾斜より推定される深度付近^{※4}
^{※4} 地質構造確認ボーリングについては、1,2号炉調査結果に基づくF-1断層の分布と離隔があるため、走向・傾斜のばらつきを考慮し、より広い範囲に注意を払う。

⑤ 低密度部及び条線を伴う面構造の抽出

- X線CT画像観察及び条線観察により、以下の特徴を確認
 - 低密度帯中に連続する直線的な低密度部
 - 条線及び鏡肌を有する連続する直線的な面構造
- 上記の「a」且つ「b」の特徴が認められる破砕帯を抽出^{※5}
^{※5} 「b」のみが明瞭に確認されない場合においては、隣接するボーリング地点の状況等を考慮する。

⑥-1 微細構造の確認

- 薄片観察により、⑤で抽出した破砕帯に含まれる低密度部及び面構造の微細構造について、以下の特徴を確認
 - 逆断層センスの複合面構造 ^{※6} 明瞭に連続する直線的な構造で、他の粘土状破砕部やせん断面に切断されていないもの。
 - 最新活動ゾーン^{※6}
- 上記の「a」且つ「b」の特徴が認められる破砕帯を抽出

⑥-2 微細構造の確認

- 新規断層の認定手順となるため、⑥-1に示す特徴からF-1断層の特徴である「逆断層センス」を除外し、微細構造について確認

⑦ 現応力場との関係の確認

- 抽出された破砕帯の運動センスが東西圧縮の現応力場で形成されるかを検討

⑧ 連続性の確認

- 同様な性状が認められる破砕帯が隣接する複数のボーリング孔や試掘坑等において認められる場合、新規断層として認定

(1) F-1断層の認定(性状確認調査及び地質構造確認調査)

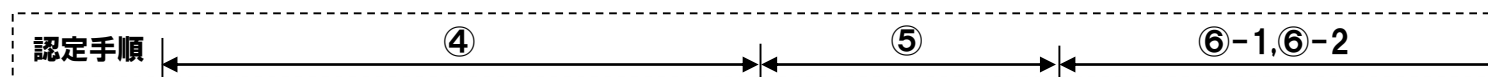
⑦性状確認調査

- 性状確認調査におけるF-1断層の認定に関する検討結果を下表に示す。
- F-1断層に認定された劣化部※1は以下のとおり。
 - ・R1敷地-1ボーリング (深度約27.80～27.95m)
 - ・R1敷地-2'ボーリング※2 (深度約14.20～14.80m)
 - ・R1敷地-3ボーリング (深度約12.30～12.60m)
 - ・R1敷地-4ボーリング (深度約48.30～48.60m, 深度約49.40m～49.60m)
- 各種観察結果の詳細については、2.4章参照。
- 下表に示す劣化部は、F-1断層と類似する走向・傾斜を有し、且つF-1断層の推定深度付近に出現するものであるため、それ以外の劣化部の検討結果については、今後説明予定。

※1 劣化部の定義は、「未固結な粘土を挟む若しくは附着する割れ目及びその周辺に分布する節理、裂かを伴う帯」であり、破碎帯、漸移帯及び変質帯に区分される。

※2 R1敷地-2'ボーリング(φ86)は、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施していることから、F-1断層の性状確認の基本となるため、別孔(R1敷地-2'ボーリング:φ116)も掘削している。

性状確認調査におけるF-1断層の認定に関する検討結果



ボーリング孔	劣化部のうち 破碎帯の 確認深度 (m)	走向・傾斜の整合			推定深度 との整合	低密度部 の有無	面構造 の有無	複合面構造 の有無	最新活動 ゾーンの有無	運動センス	F-1断層認定箇所	
		走向	傾斜	判定								
R1敷地-1	27.89	N9W	50W	○	○	○	○	○	○	逆断層	○	
R1敷地-2'	14.25	(参考)※3 N11W/58W N13W/53W		○	○	×	×	×	×			
	14.30			○	○	×	×	×	×			
	14.57			○	○	○	○	○	○	○	逆断層	○
	14.65			○	○	○	○	×	×	×		
	14.79			○	○	×	×	×	×			
R1敷地-3	10.57	N24W	65W	○	○	○	○	○	×			
	12.51	N30W	58W	○	○	○	○	○	○	逆断層	○	
R1敷地-4	48.39	N7W	56W	○	○	○	○	○	○	逆断層	○	
	49.45	N2W	44W	○	○	○	○	○	○	逆断層	○	
R1敷地-5	該当なし											

※3 R1敷地-2'ボーリング(φ86)におけるF-1断層の走向・傾斜。

(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

①まとめ(1/2)

- 性状確認調査のうち、以下に示す劣化部がF-1断層に認定されている。
 - ・R1敷地-1ボーリング (深度約27.80~27.95m)
 - ・R1敷地-2'ボーリング (深度約14.20~14.80m)
 - ・R1敷地-3ボーリング (深度約12.30~12.60m)
 - ・R1敷地-4ボーリング (深度約48.30~48.60m, 深度約49.40m~49.60m)
- 性状確認調査は、1,2号炉調査結果に基づき、標高2.8mに示されたF-1断層の走向方向の延長線沿いにおいてボーリングを実施しており、F-1断層の認定深度は、概ねF-1断層の推定深度※¹付近に位置する。
- したがって、F-1断層位置の確度は高いものであると考えられ、開削調査箇所(北側・南側)は、いずれもF-1断層の走向方向の延長線沿いに位置している。
- このため、開削調査箇所(北側・南側)に認められるF-1断層と考えられる断層※²は、F-1断層である可能性が高いものと判断される。
- 上述の状況を踏まえ、当該断層については、F-1断層との性状の類似性を確認することを以って、F-1断層の認定を行う。
- 性状の類似性の確認項目を以下に示す。
 - ・露頭観察により認められる走向・傾斜が、1,2号炉調査において確認されたF-1断層の走向・傾斜に一致すること。
 - ・条線観察により認められる運動センスが、R1敷地-2'ボーリング※³で認められるF-1断層の特徴と類似すること。
 - ・X線CT画像観察により認められる低密度部が、R1敷地-2'ボーリング※³で認められるF-1断層の特徴と類似すること。
 - ・薄片観察により認められる断層の微細構造が、R1敷地-2'ボーリング※³で認められるF-1断層の特徴と類似すること。
- なお、開削調査箇所(南側)に認められるF-1断層と考えられる断層については、以下に示す状況であることから、当該断層の性状確認は、露頭観察及び条線観察の2項目とする。
 - ・F-1断層開削調査箇所に近接する。
 - ・F-1断層に認定されたボーリング地点のうち、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施したR1敷地-2'ボーリング※³及びその南側に位置するR1敷地-3ボーリングの中間地点に位置する。
- 各種観察結果を以下に示す。

【開削調査箇所(北側)】(P20及びP22~P27参照)

- 走向・傾斜は、N4° W/54° Wであり、1,2号炉調査結果において確認されたF-1断層の走向・傾斜(N8° E~20° W/43° ~54° W)に一致する。
- 各種観察により認められる当該断層の性状は、次頁の表に示すとおり、R1敷地-2'ボーリング※³で認められるF-1断層の特徴と類似する。

【開削調査箇所(南側)】(P21参照)

- 走向・傾斜は、NS/46° Wであり、1,2号炉調査結果において確認されたF-1断層の走向・傾斜(N8° E~20° W/43° ~54° W)に一致する。
- 条線観察により認められる当該断層の性状は、次頁の表に示すとおり、R1敷地-2'ボーリング※³で認められるF-1断層の特徴と類似する。

(次頁に続く)

※1 1,2号炉調査結果に基づくF-1断層の走向・傾斜より推定される深度。

※2 当該断層は、以下の理由から、F-1断層と考えられる。

- ・F-1断層開削調査箇所において確認されたF-1断層の走向の延長方向に確認される。
- ・F-1断層開削調査箇所において確認されたF-1断層と同センス(西上がり逆断層)である。

※3 R1敷地-2'ボーリング(φ86)は、F-1断層開削調査箇所と同位置で実施していることから、F-1断層の性状確認の基本となるため、別孔(R1敷地-2'ボーリング:φ116)も掘削している。

(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

①まとめ(2/2)

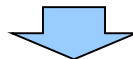
(前頁からの続き)

開削調査箇所(北側)及び開削調査箇所(南側)に認められるF-1断層と考えられる断層の観察結果一覧

調査箇所	条線観察	X線CT画像観察※4	薄片観察
開削調査箇所 (北側)	○条線を伴う平滑な面構造が認められる ○レイク角は85° L	○連続する直線的な低密度部が認められる	○粘土状破碎部が直線的に連続する ○逆断層センスを示すP面及びR ₁ 面が認められる
開削調査箇所 (南側)	○条線を伴う平滑な面構造が認められる ○レイク角は73° L	—※5	—※5
R1敷地-2'ボーリング (F-1断層確認深度14.57m)	○条線を伴う平滑な面構造が認められる ○レイク角は80° L	○低密度帯が認められ、さらに連続する直線的な低密度部が認められる	○約1mmの幅で粘土状破碎部が直線的に連続する ○あまり明瞭ではないものの、逆断層センスを示すP面や鉱物片の配列が認められる ○下盤には破碎した断層岩片が認められる

※4 開削調査箇所(北側)においては、マイクロフォーカスX線CTを実施。(性状確認調査及び地質構造確認調査においては、ヘリカルX線CTを実施。)

※5 開削調査箇所(南側)では、実施していない。



○開削調査箇所(北側・南側)において認められるF-1断層と考えられる断層は、F-1断層に認定される。

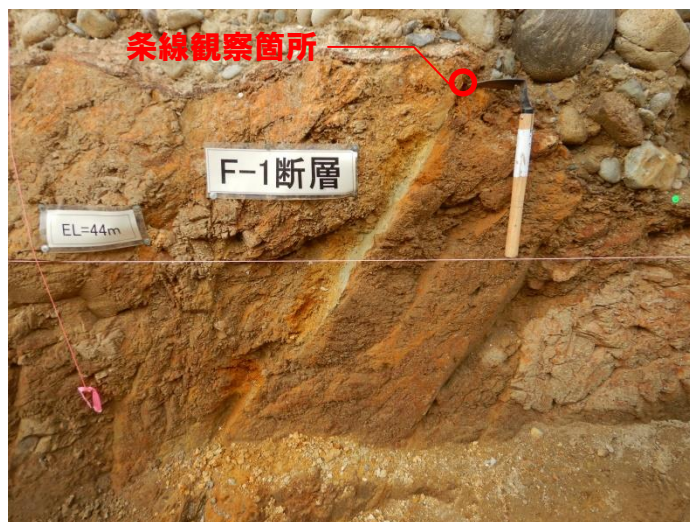
(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

②露頭観察及び条線観察結果(開削調査箇所(北側))

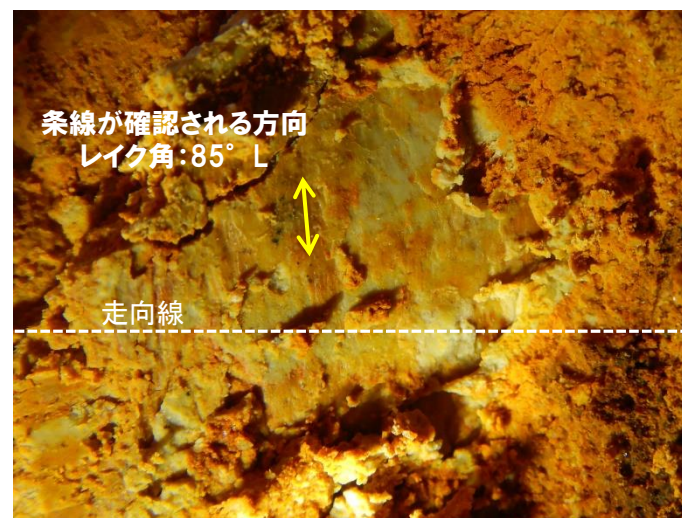
○露頭観察及び条線観察の結果、開削調査箇所(北側・南側)に認められるF-1断層と考えられる断層の性状を本頁及び次頁に示す。

【開削調査箇所(北側)】

- 走向・傾斜は、 $N4^{\circ} W/54^{\circ} W$ であり、1,2号炉調査結果において確認されたF-1断層の走向・傾斜($N8^{\circ} E\sim 20^{\circ} W/43^{\circ}\sim 54^{\circ} W$)に一致する。
- 当該断層は、西上がり逆断層であり、1,2号炉調査結果において確認されたF-1断層と同じ変位センスである。
- 条線を伴う平滑な面構造が認められる。
- レイク角は $85^{\circ} L$ であり、R1敷地-2'ボーリングで認められるレイク角($80^{\circ} L$)と類似する。



開削調査箇所(北側)北側壁面



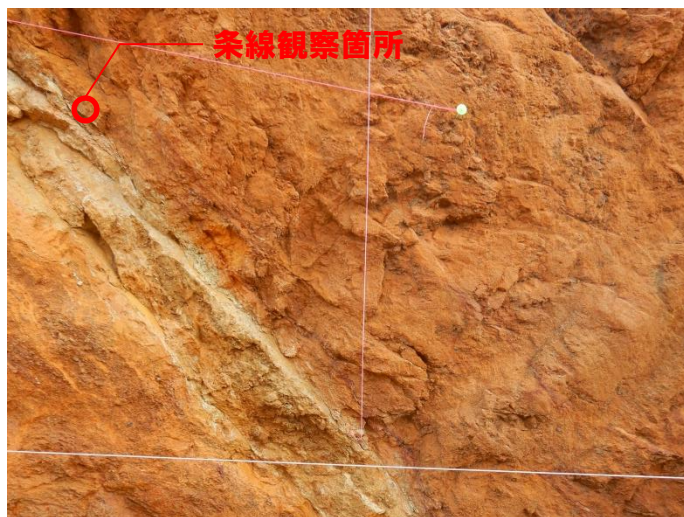
条線観察状況写真(上盤側から下盤側を望む)

(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

②露頭観察及び条線観察結果(開削調査箇所(南側))

【開削調査箇所(南側)】

- 走向・傾斜は、NS/46° Wであり、1,2号炉調査結果において確認されたF-1断層の走向・傾斜 (N8° E~20° W/43° ~54° W) に一致する。
- 当該断層は、西上がり逆断層であり、1,2号炉調査結果において確認されたF-1断層と同じ変位センスである。
- 条線を伴う平滑な面構造が認められる。
- レイク角は73° Lであり、R1敷地-2' ボーリングで認められるレイク角(80° L)と類似する。



開削調査箇所(南側)南側壁面



条線観察状況写真(下盤側から上盤側を望む)

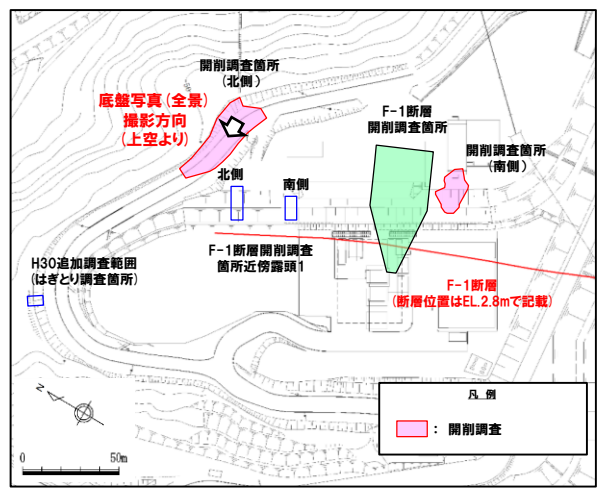
(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

③開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の性状の確認

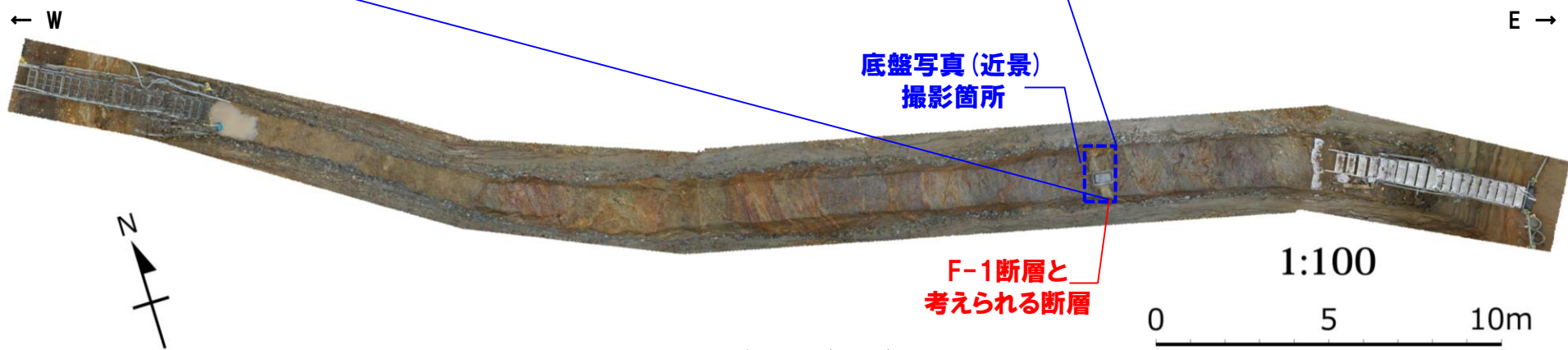
○X線CT画像観察及び薄片観察に用いたブロック試料の採取箇所を以下に示す。



底盤写真(近景)



調査位置図



底盤写真(全景)

1:100
0 5 10m

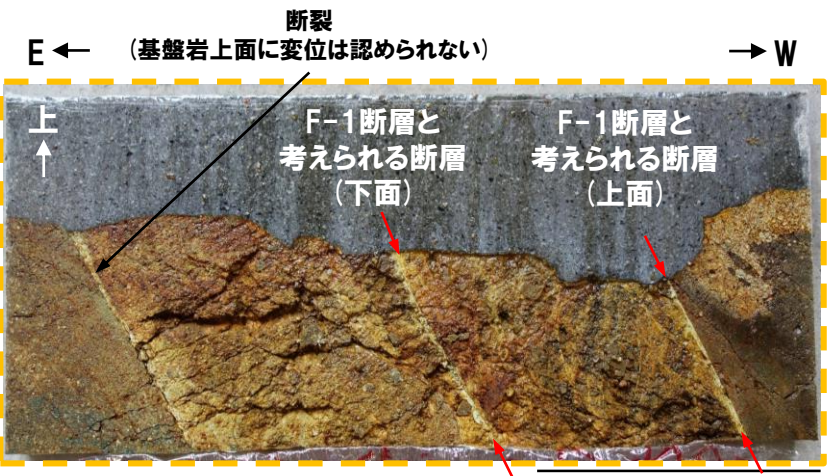
(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

③開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の性状の確認-X線CT画像観察結果-

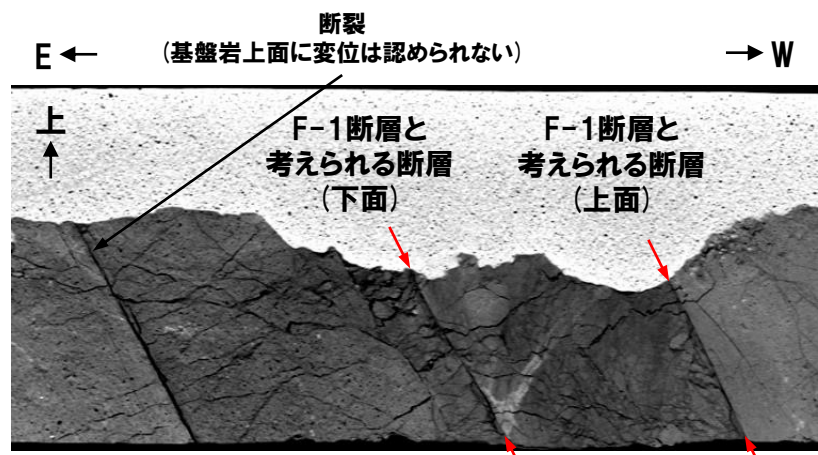
- マイクロフォーカスX線CT画像観察の結果, F-1断層と考えられる断層の上面及び下面において連続する直線的な低密度部が認められる。
- 上述の性状は, R1敷地-2' ボーリングにおけるF-1断層の性状と類似する。
- また, F-1断層周辺では, F-1断層と考えられる断層の下面東側のような断裂が密集して分布するが, 基盤岩上面に変位は認められない。



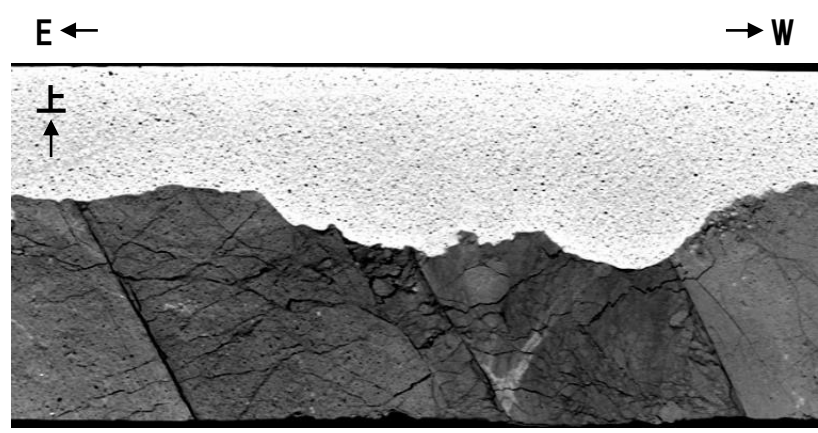
底盤写真(近景)



傾斜方向サンプル写真



マイクロフォーカスX線CT画像(解釈線あり)



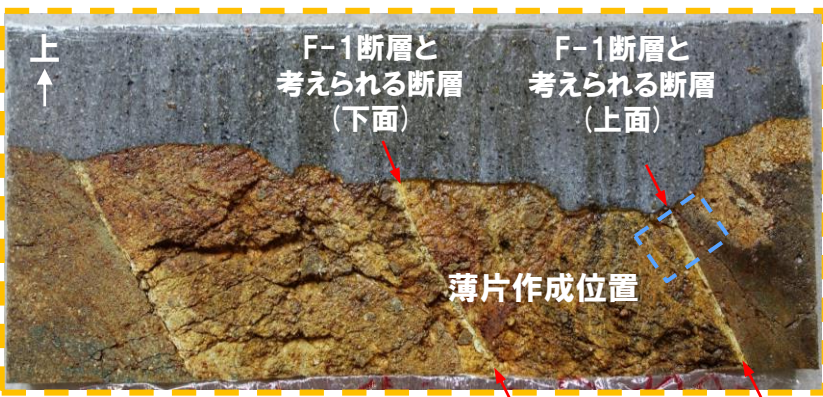
マイクロフォーカスX線CT画像(解釈線なし)

(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

③開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の性状の確認-薄片観察結果 上面側(1/2)-

- 粘土状破碎部は直線的に連続し、特に上盤側の境界面はシャープで直線的である。
- 粘土状破碎部では、逆断層センスを示すP面及び R_1 面が認められる。
- 上述の性状は、R1敷地-2'ボーリングにおけるF-1断層の性状と類似する。

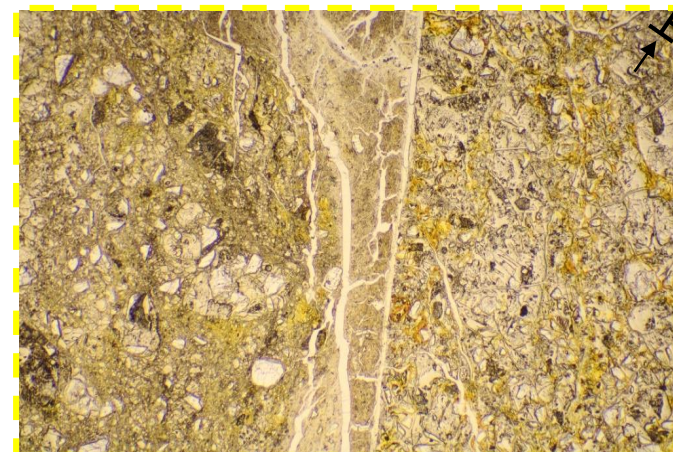
E ← → W



傾斜方向サンプル写真

10cm

<拡大写真>

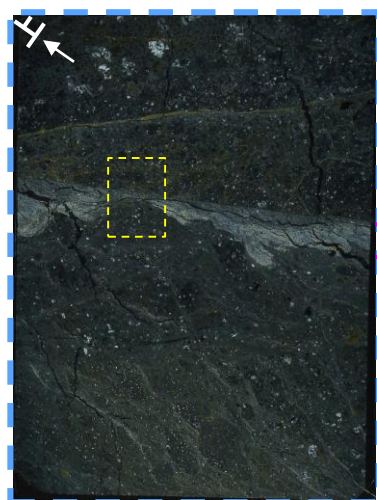


オープンニコル(右に90°回転)
<拡大写真>

1mm

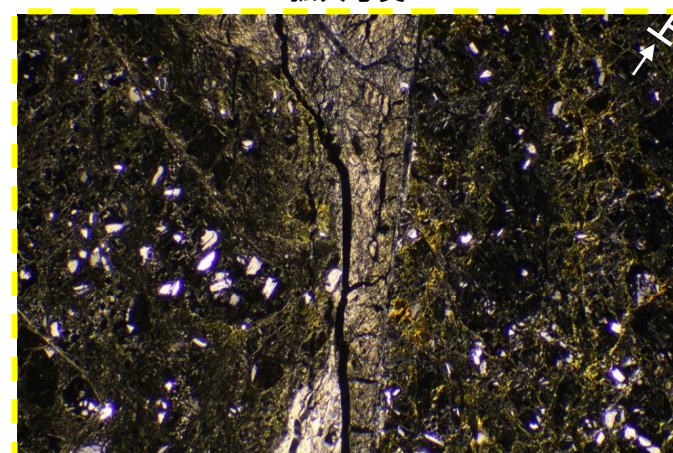


オープンニコル 10mm



クロスニコル 10mm

- ↔ : 粘土状破碎部
- ↔ : 固結した粘土状破碎部
- ↔ : 固結した砂状破碎部
- ↔ : 固結した角礫状破碎部

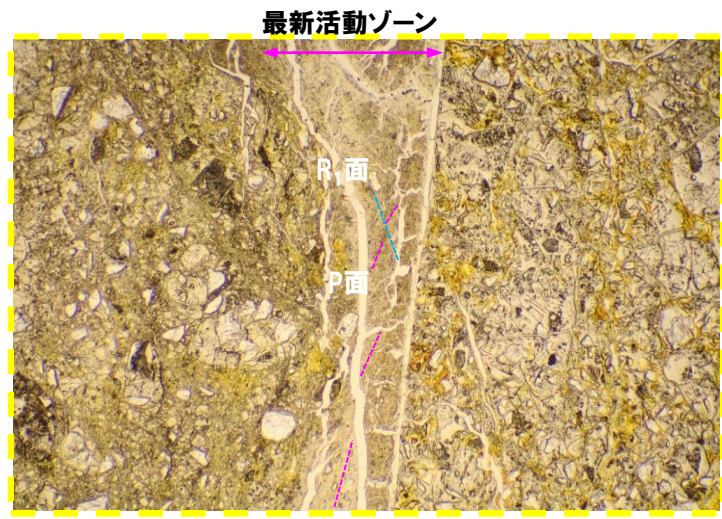


クロスニコル(右に90°回転)

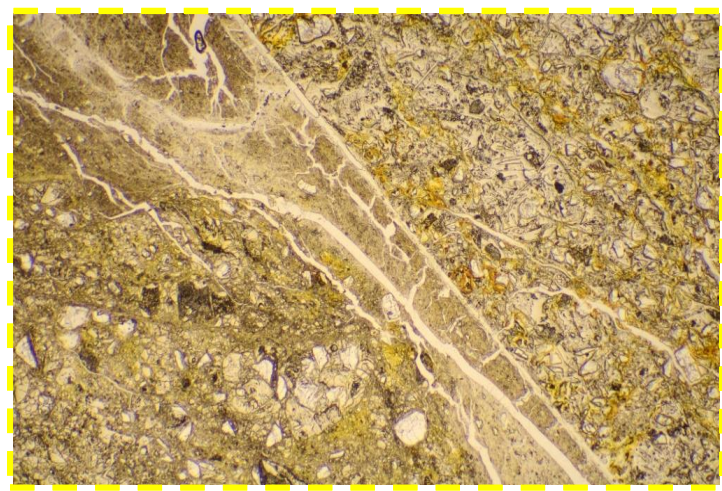
1mm

(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

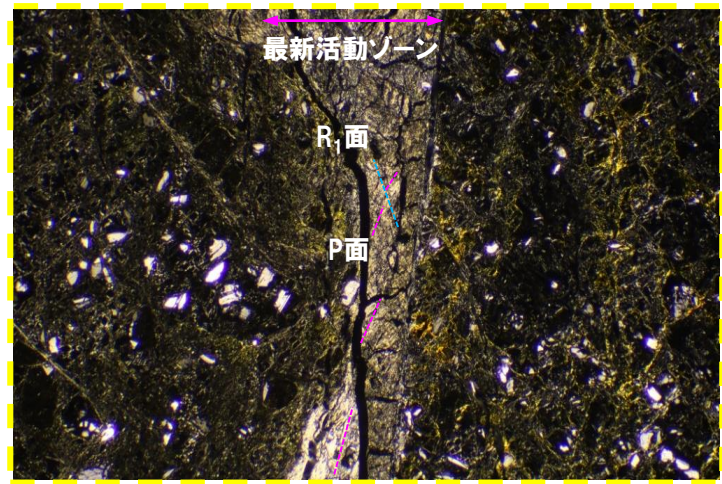
③開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の性状の確認-薄片観察結果 上面側(2/2)-



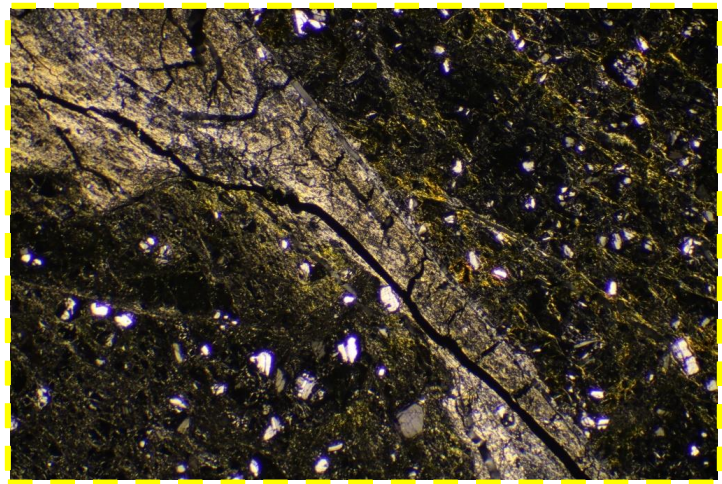
オープンニコル 1mm



オープンニコル(左に45°回転) 1mm



クロスニコル 1mm



クロスニコル(左に45°回転) 1mm

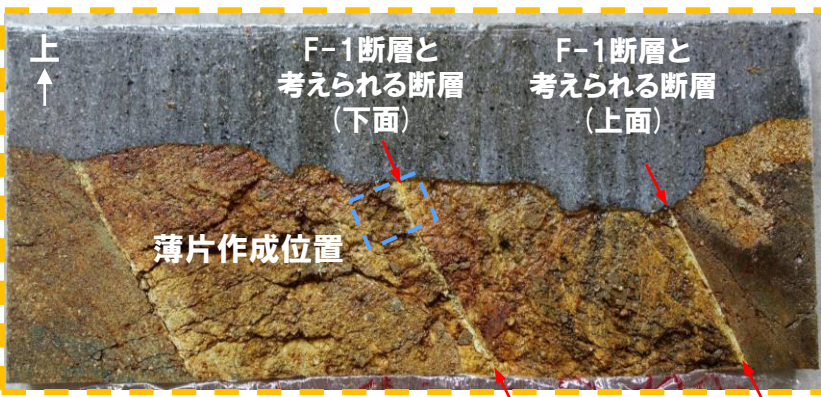
(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

③開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の性状の確認-薄片観察結果 下面側(1/2)-

- 粘土状破碎部は直線的に連続し、特に上盤側の境界面はシャープで直線的である。
- 粘土状破碎部では、逆断層センスを示すP面が認められる。
- 上述の性状は、R1敷地-2'ボーリングにおけるF-1断層の性状と類似する。

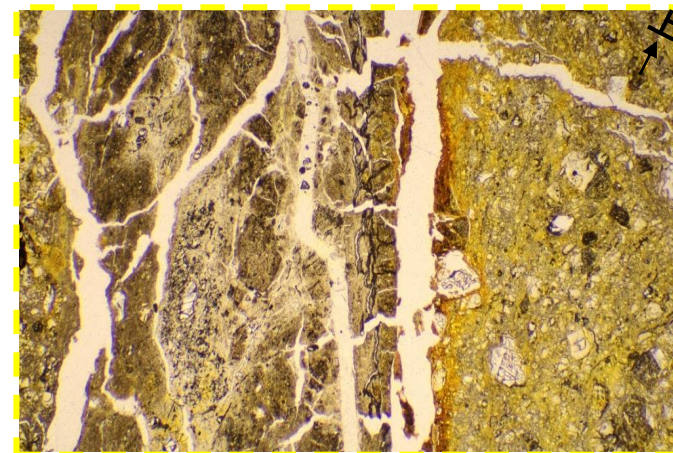
E ← → W

<拡大写真>



傾斜方向サンプル写真

10cm



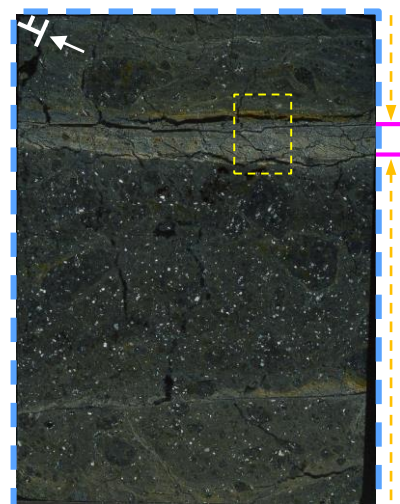
オープンニコル(右に90°回転)

1mm



<拡大写真>

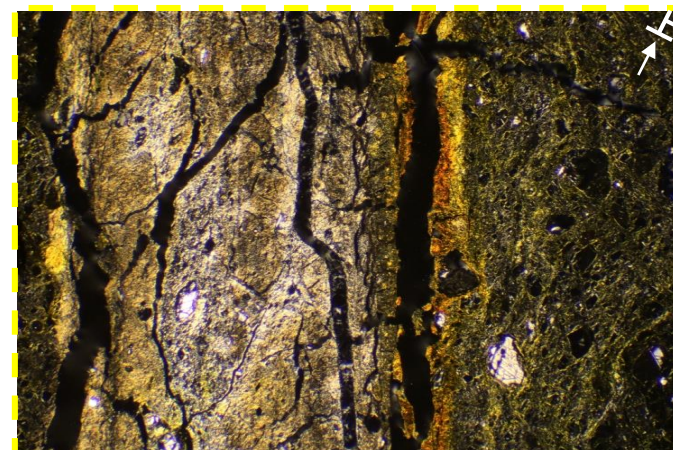


オープンニコル 10mm



クロスニコル 10mm

 : 粘土状破碎部
 : 固結した砂状破碎部



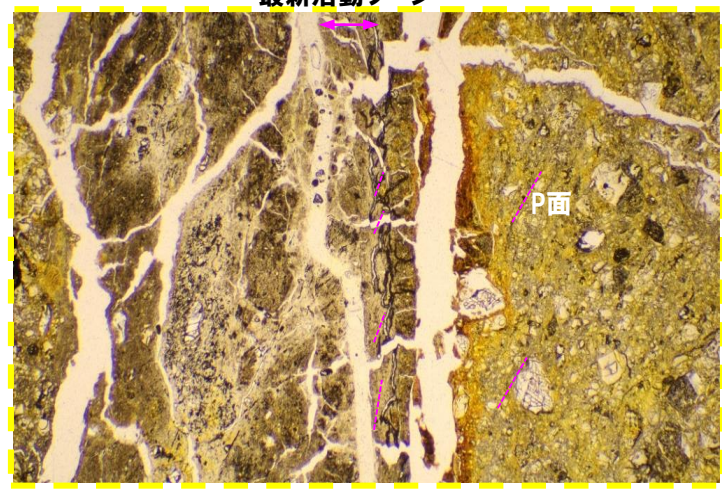
クロスニコル(右に90°回転)

1mm

(2) F-1断層の認定(開削調査箇所)

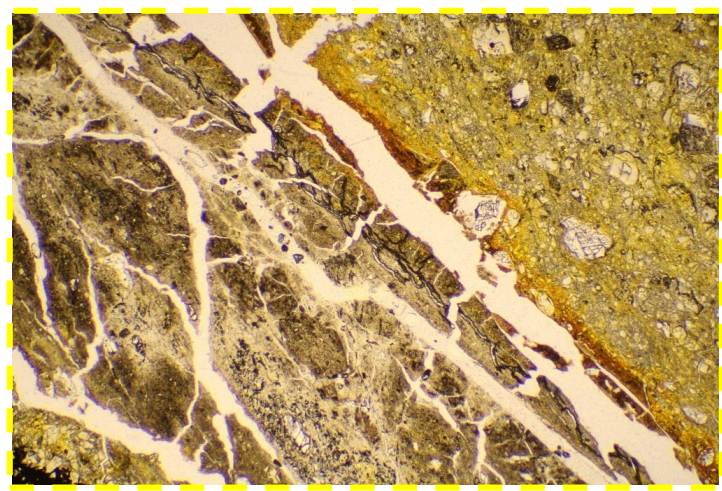
③開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の性状の確認-薄片観察結果 下面側(2/2)-

最新活動ゾーン



オープンニコル

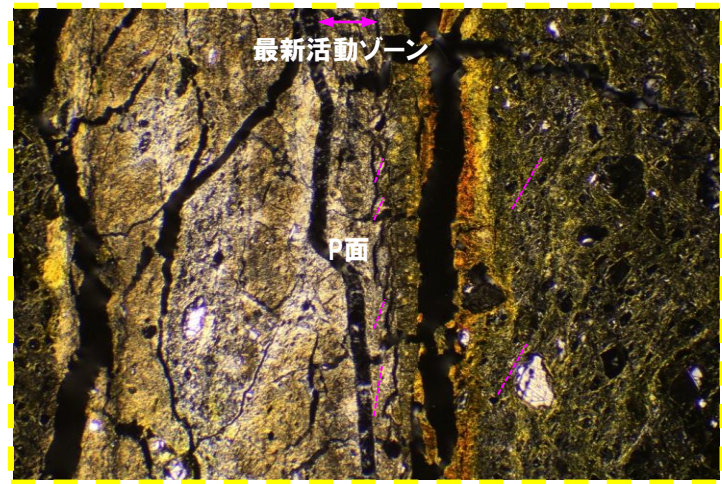
1mm



オープンニコル(左に45°回転)

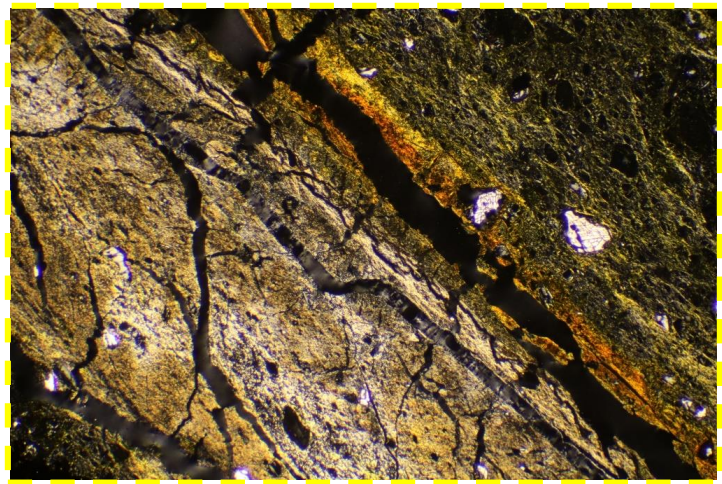
1mm

最新活動ゾーン



クロスニコル

1mm



クロスニコル(左に45°回転)

1mm

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側)(1/10)

○F-1断層開削調査箇所付近の地層区分に関する検討の結果、**ケース1**及び**ケース3**の2ケースが考えられるが、ここでは、**ケース1**の場合について記載。

【a.F-1断層と小断層の関連性(P30参照)】

- 開削調査箇所(北側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がN4° W/54° Wの西上がり逆断層である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の砂礫層には西上りの撓曲構造及び礫の再配列が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- 以下の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。
 - ・小断層は、F-1断層及び西上りの撓曲構造の延長方向に分布し、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスを示す。
- なお、上記は北側壁面の状況であるが、南側壁面においても、西上がり逆断層センスのF-1断層及び西上りの撓曲構造の延長方向に、西上がり逆断層センスの小断層が認められる(2.2章P10~P12参照)。

【b.F-1断層と小断層の累積性(P31~P32参照)】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、北側壁面及び南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約13~18cmであり、変位・変形の累積は認められない。

【c.小断層上端付近の詳細観察(P33~P37参照)】

- F-1断層に関連する小断層が影響を及ぼしている範囲について、より詳細に確認するため、MIS9以前の海成層及び本層に挟在する河成の堆積物の層相境界付近において、はざとり転写試料を用いた地質構造の観察及びブロック試料を用いたX線CT画像による内部構造の観察を実施した。
- F-1断層に関連する小断層は、以下の状況から、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
 - ・河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、小断層による変位は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、堆積構造の乱れ等は認められない。



- F-1断層に関連する小断層は、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、本層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

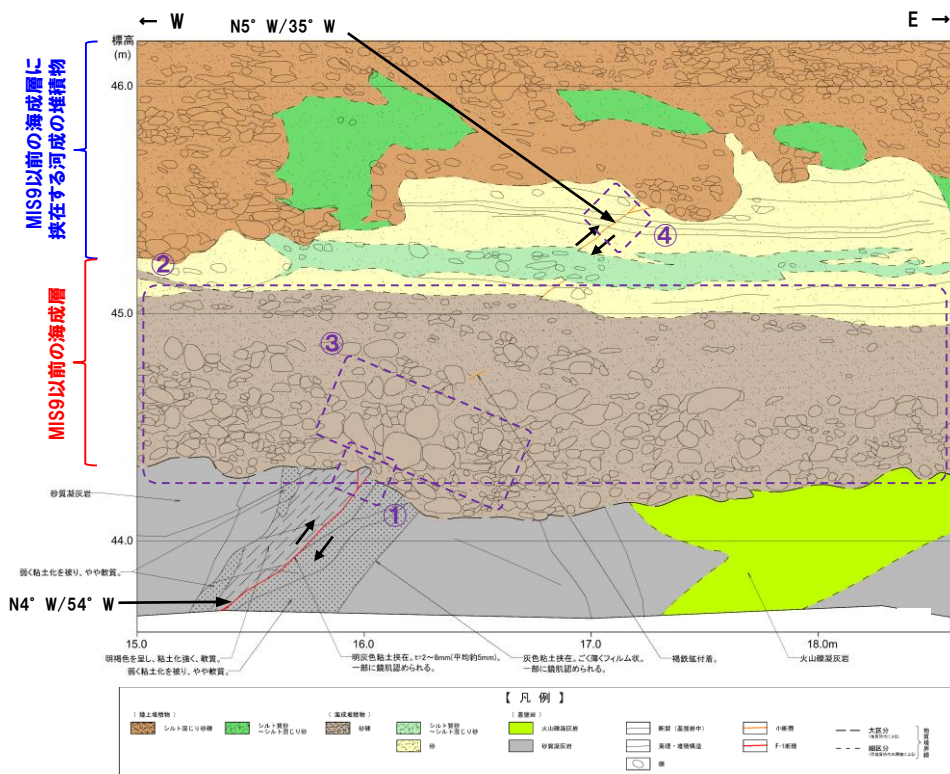
①開削調査箇所(北側) (3/10)

【a.F-1断層と小断層の関連性】

- 開削調査箇所(北側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がN4° W/54° Wの西上がり逆断層(下図①の範囲)である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の砂礫層には西上りの撓曲構造(下図②の範囲)及び礫の再配列(下図③の範囲)が認められる。
- F-1断層及び西上りの撓曲構造の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層(下図④の範囲)が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。



開削調査箇所(北側)北側壁面 F-1断層付近 拡大写真



開削調査箇所(北側)北側壁面 F-1断層付近 詳細スケッチ

○以上の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側)(4/10)

【b.F-1断層と小断層の累積性】

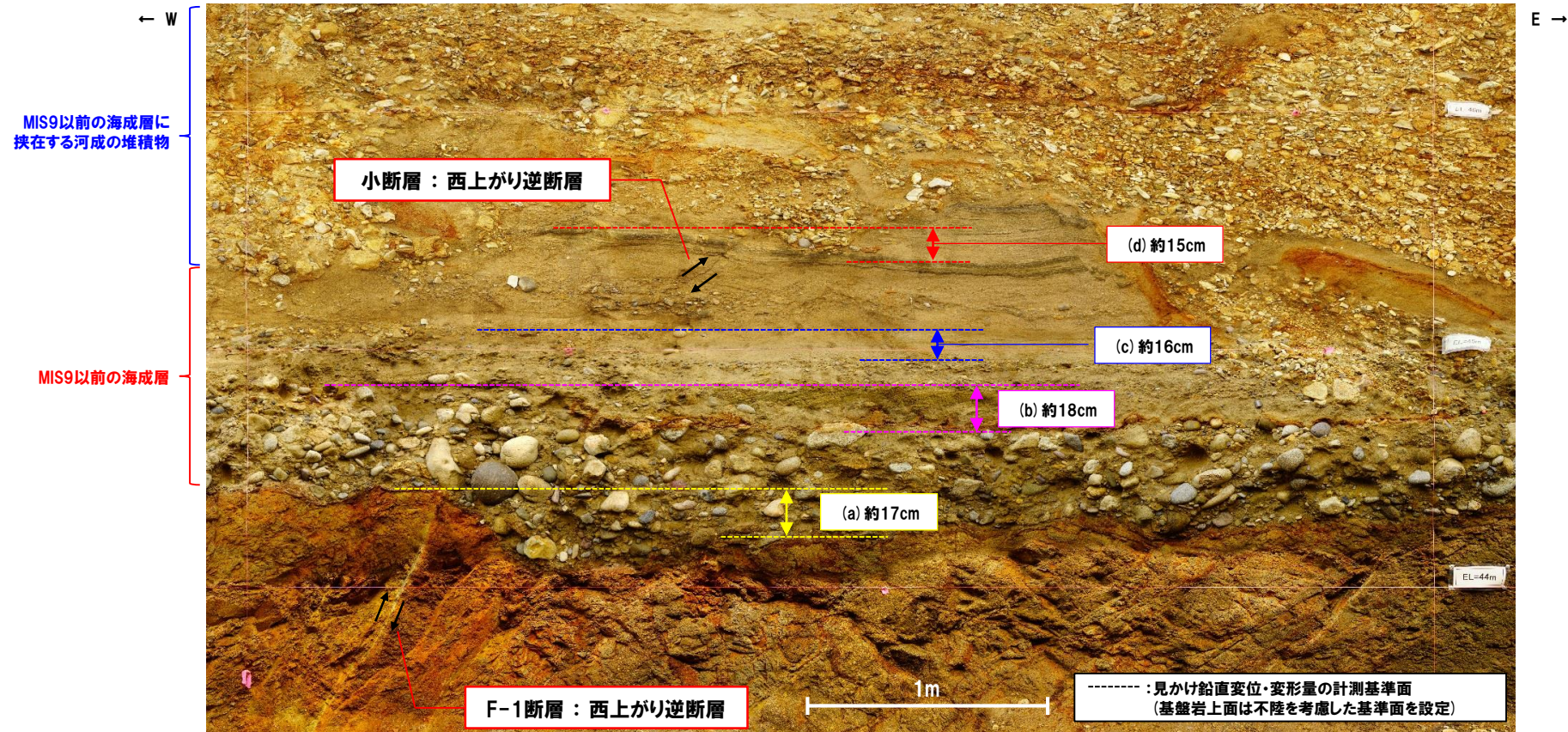
○F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、北側壁面及び南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。

○見かけ鉛直変位・変形量は、断層を挟んだ砂層中の葉理の上面等を計測基準面とし、その高度差を計測した。

<計測結果(北側壁面)>

- 基盤岩上面(a)：約17cm
- MIS9以前の海成層中
 - ・砂礫層上面(b)：約18cm
 - ・砂層中に挟在する礫の薄層の上面(c)：約16cm
 - ・砂層中の葉理の上面(d)：約15cm

(次頁へ続く)



F-1断層

開削調査箇所(北側)北側壁面写真

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側) (5/10)

(前頁からの続き)

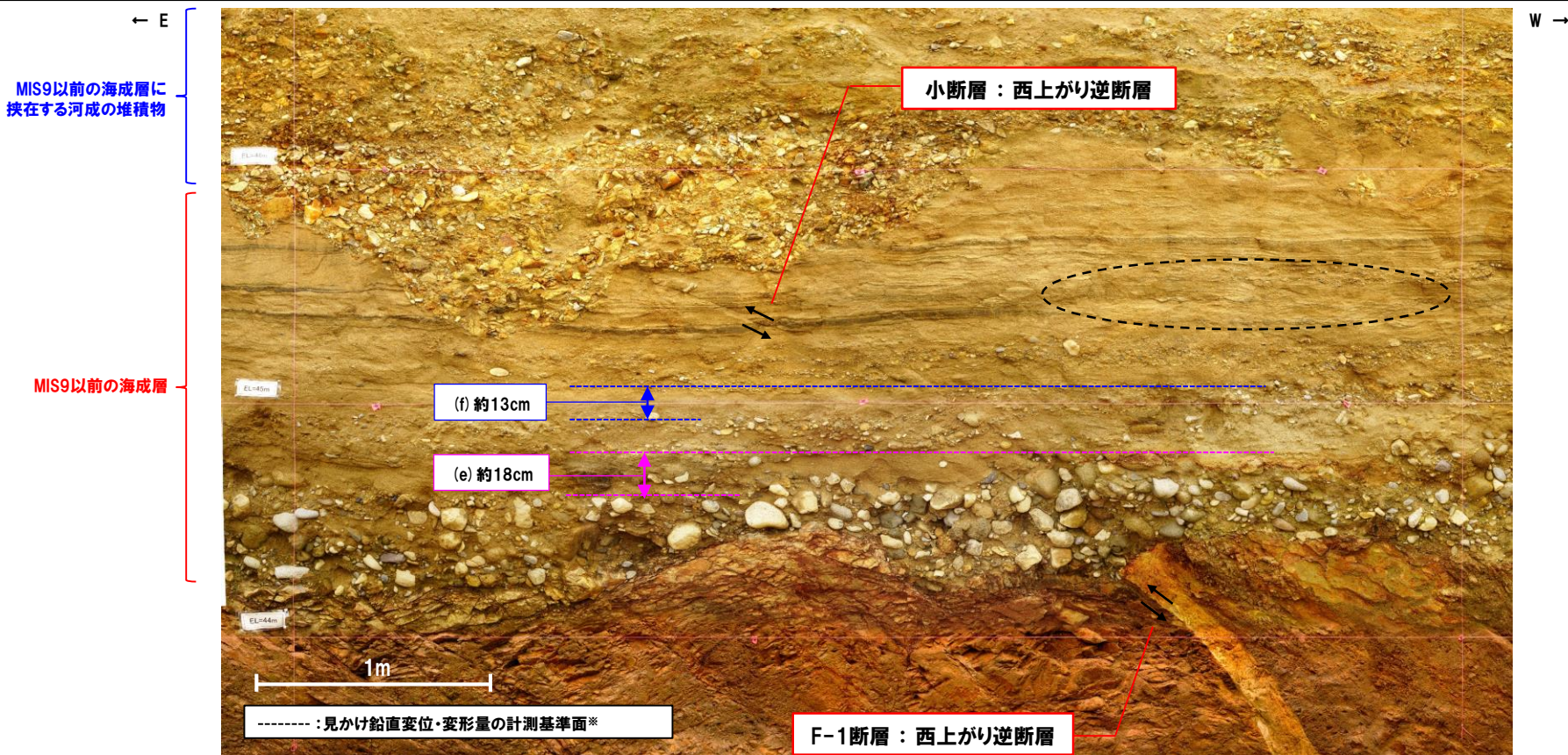
<計測結果(南側壁面)>

○MIS9以前の海成層中

・砂礫層上面(e) : 約18cm

・砂層中に挟在する礫の薄層の上面(f) : 約13cm

○南側壁面において、F-1断層及び小断層には、変位・変形の累積は認められない。



*基礎岩上面については、北側壁面と比較し、不陸が大きいため、本計測を実施していない。
また、砂層中の葉理の上面については、丸囲みの破線箇所においてやや不明瞭となることから、本計測を実施していない。

開削調査箇所(北側) 南側壁面写真

F-1断層

○F-1断層及び小断層には、変位・変形の累積は認められない。

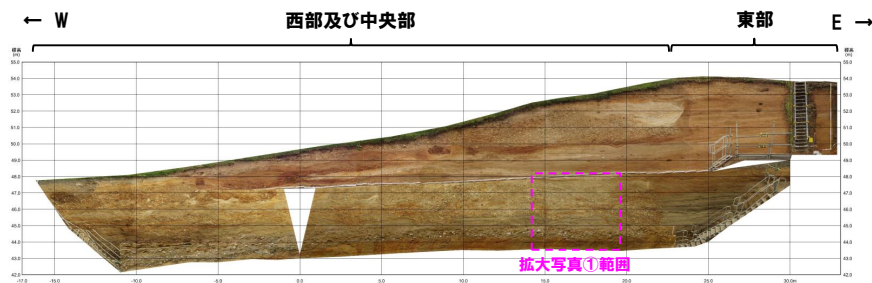
(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側)(6/10)

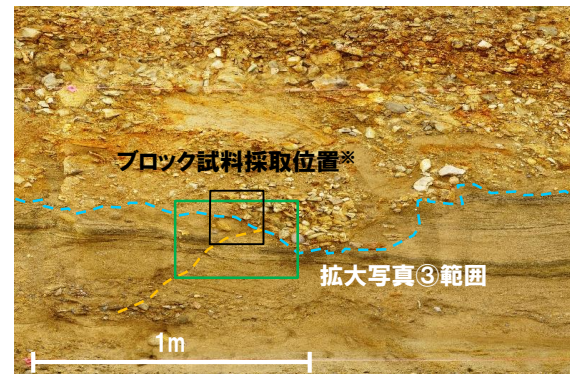
【c.小断層上端付近の詳細観察】

○F-1断層に関連する小断層が影響を及ぼしている範囲について、より詳細に確認するため、MIS9以前の海成層及び本層に挟在する河成の堆積物の層相境界付近において、以下2種類の観察を実施した。

- ・はぎとり転写試料を用いた地質構造の観察 (P34参照)
- ・ブロック試料を用いたX線CT画像による内部構造の観察 (P35～P36参照)

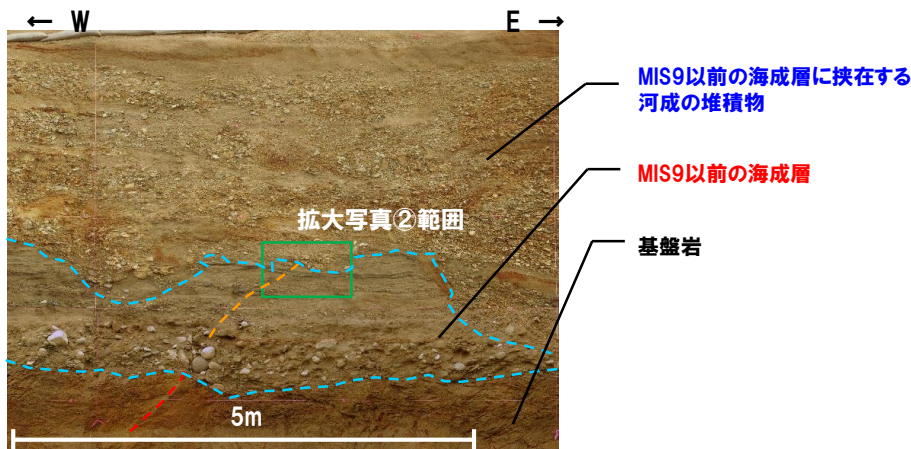


開削調査箇所(北側)北側壁面写真

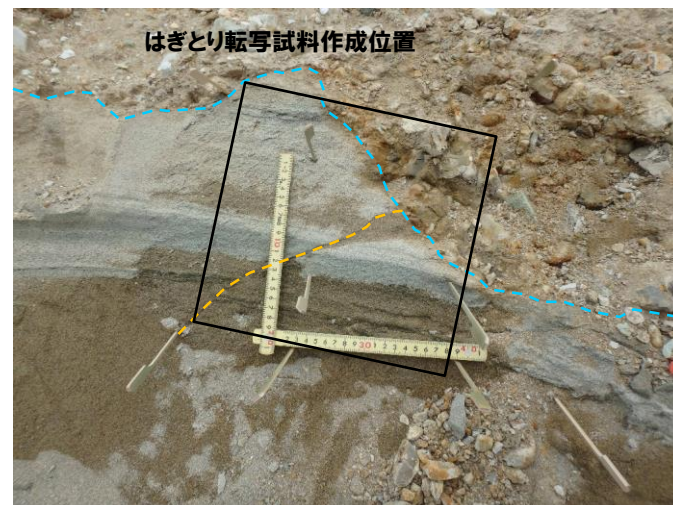


拡大写真②(解釈線あり)

※ブロック試料は、はぎとり転写試料を作成した後に、図示位置にて採取した。



拡大写真①(解釈線あり)



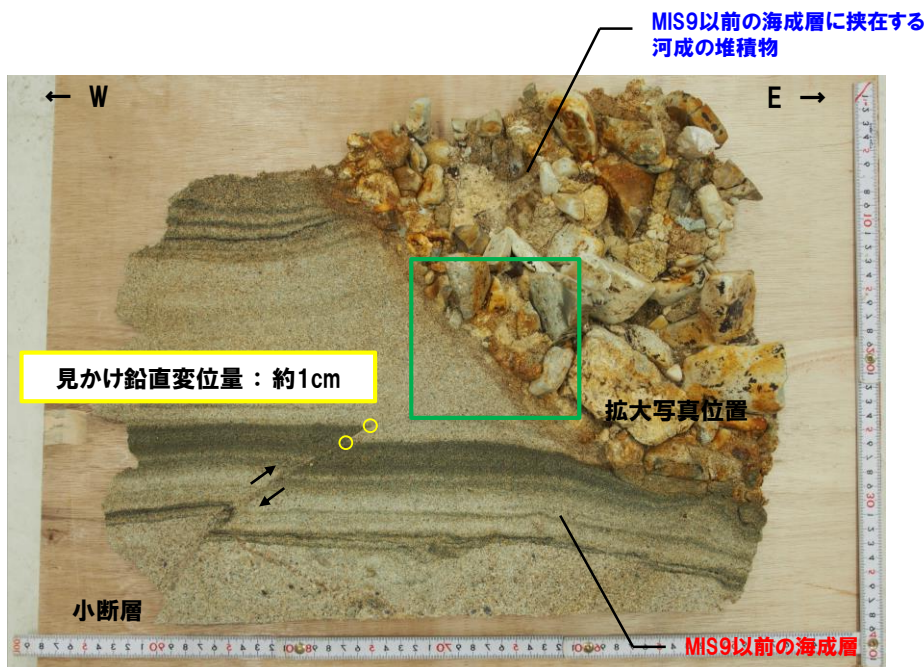
拡大写真③(解釈線あり)

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側)(7/10)

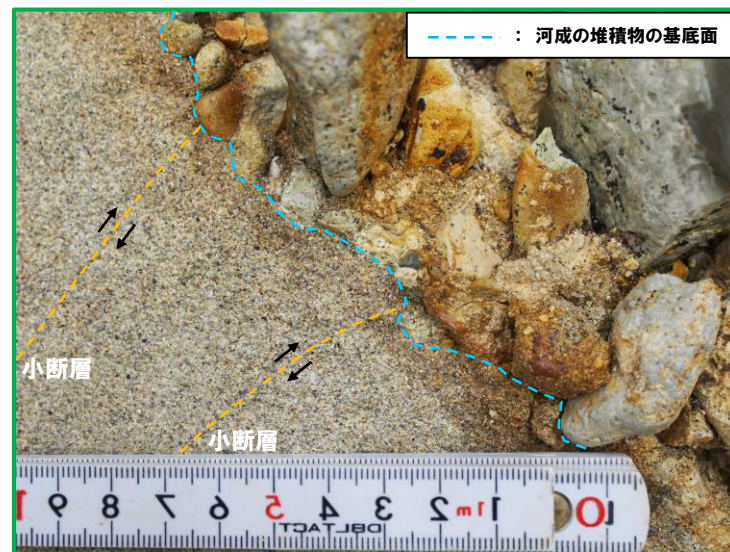
【c.小断層上端付近の詳細観察(はぎとり転写試料)】

- F-1断層に関連する小断層は、MIS9以前の海成層に挟まる河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
- 河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、小断層による変位は認められない。
- 河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
- 河成の堆積物中の礫は、基底面(チャンネル壁)に沿って比較的定向配列しており、堆積構造の乱れ等は認められない。

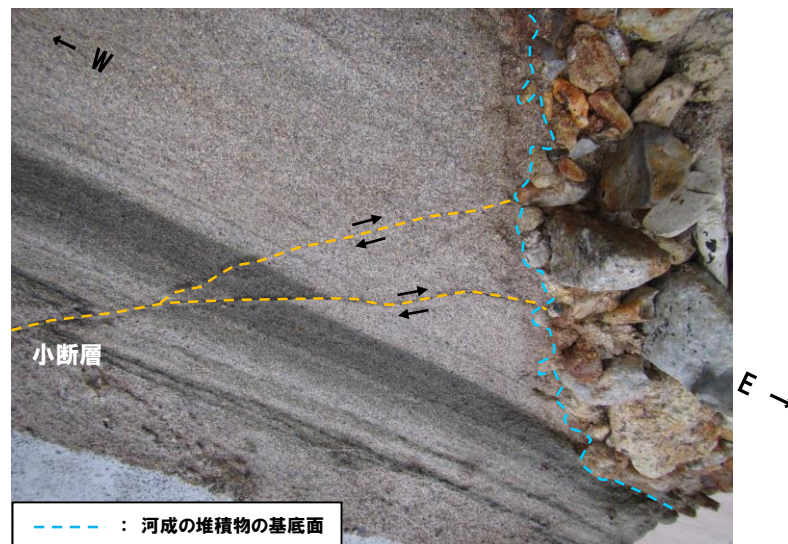


○ : 見かけ鉛直変位量の計測箇所(砂層中の葉理のスレ)

はぎとり転写試料 写真(左右反転)(解釈線あり)



小断層上端付近 拡大写真(左右反転)(解釈線あり)



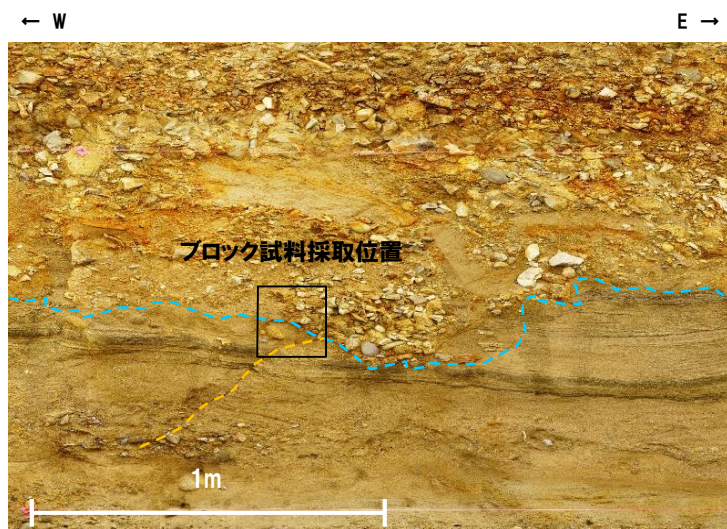
はぎとり転写試料 写真(斜め上方より撮影, 左右反転)(解釈線あり)

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側)(8/10)

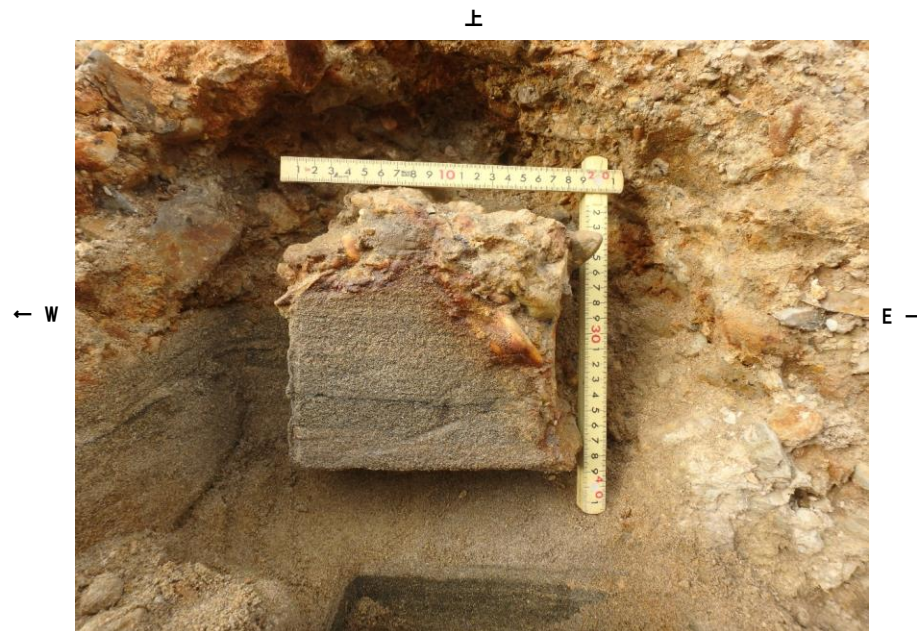
【c.小断層上端付近の詳細観察(ブロック試料)】

- ブロック試料について、マイクロフォーカスX線CT画像により、内部構造を観察した。
- F-1断層に関連する小断層は、ブロック試料中で明瞭に2条に分岐している。
- 分岐した2条の小断層は、それぞれMIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
- 小断層の見かけ鉛直変位量は、ブロック下方で約8mm(次頁図(a)), 上方で2条に分岐した後も計約8mm(次頁図(b)及び(c)の合計)であり、変位量の減衰は認められない。
- 河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、2条の小断層による変位は認められない。
- 河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
- 河成の堆積物中に、堆積構造の乱れ等は認められない。



- : 小断層
- : 河成の堆積物の基底面

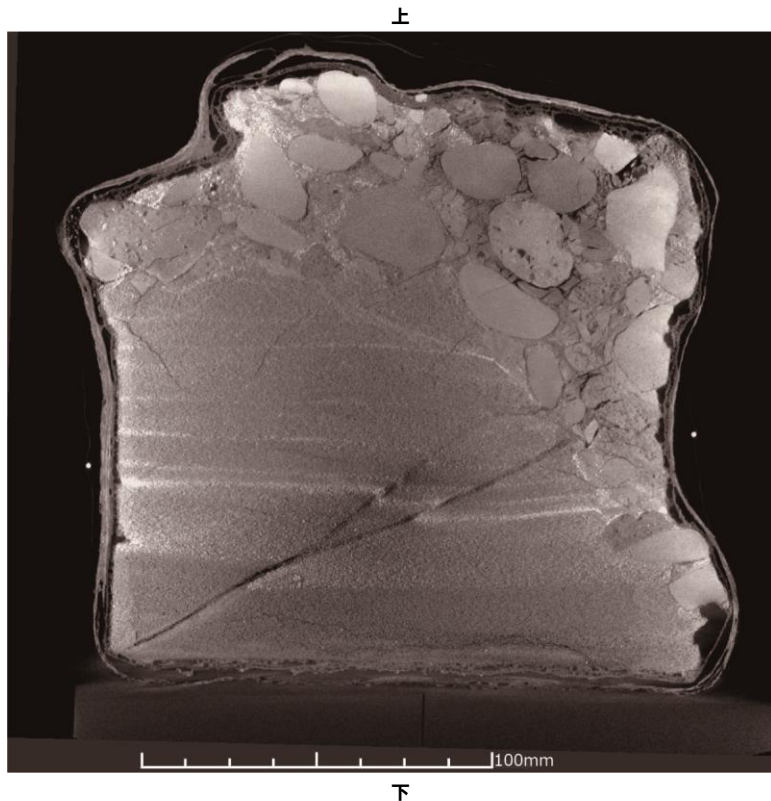
開削調査箇所(北側)北側壁面
小断層上端付近 拡大写真



ブロック試料 採取時状況写真

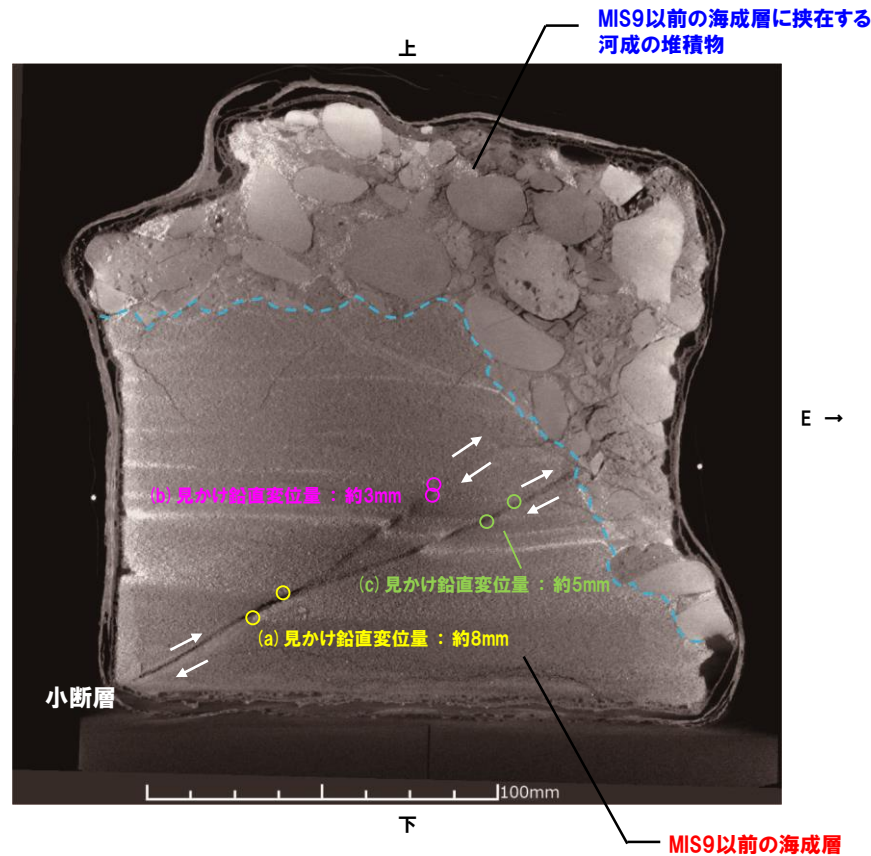
(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側) (9/10)



【マイクロフォーカスX線CT 撮影条件】
 ○画素サイズ : 106 μm/pixel

マイクロフォーカスX線CT画像 (解釈線なし)



--- : 河成の堆積物の基底面
 ○ : 見かけ鉛直変位量の計測箇所(砂層中の葉理のズレ)

マイクロフォーカスX線CT画像 (解釈線あり)

MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物

MIS9以前の海成層

(b) 見かけ鉛直変位量 : 約3mm

(c) 見かけ鉛直変位量 : 約5mm

(a) 見かけ鉛直変位量 : 約8mm

小断層

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

①開削調査箇所(北側)(10/10)

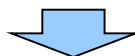
【c.小断層上端付近の詳細観察(まとめ)】

(はぎとり転写試料)

- F-1断層に関連する小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
- 河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、小断層による変位は認められない。
- 河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
- 河成の堆積物中の礫は、基底面(チャンネル壁)に沿って比較的定向配列しており、堆積構造の乱れ等は認められない。

(ブロック試料)

- ブロック試料について、マイクロフォーカスX線CT画像により、内部構造を観察した。
- F-1断層に関連する小断層は、ブロック試料中で明瞭に2条に分岐している。
- 分岐した2条の小断層は、それぞれMIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
- 小断層の見かけ鉛直変位量は、ブロック下方で約8mm、上方で2条に分岐した後も計約8mmであり、変位量の減衰は認められない。
- 河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、2条の小断層による変位は認められない。
- 河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
- 河成の堆積物中に、堆積構造の乱れ等は認められない。



- F-1断層に関連する小断層は、以下の状況から、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
 - ・河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、小断層による変位は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、堆積構造の乱れ等は認められない。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(1/12)

一部修正(R1/11/7審査会合)

○F-1断層開削調査箇所付近の地層区分に関する検討の結果、**ケース1**及び**ケース3**の2ケースが考えられるが、ここでは、**ケース1**の場合について記載。

【a.F-1断層と小断層の関連性(P40～P44参照)】

- 開削調査箇所(南側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がNS/46°Wの西上がり逆断層である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の砂礫層には西上りの撓曲構造及び礫の再配列が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- F-1断層の上盤側には、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスの小断層が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- 以下の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。
 - ・小断層のうち、西上がり逆断層センスのものは、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である。
 - ・小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのものは、F-1断層の上盤側において、西上りの撓曲構造の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。
- なお、上記は南側壁面の状況であるが、北側壁面※においても、西上がり逆断層センスのF-1断層が認められる(2.2章 P27～P28参照)。

【b.F-1断層と小断層の累積性(P45～P48参照)】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- F-1断層及び小断層には、以下の状況から、変位・変形の累積は認められないものと判断される。
 - ・基盤岩上面及びMIS9以前の海成層中の礫混じり砂層の上面における、F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約29～33cmであり、変位・変形の累積は認められない。
 - ・MIS9以前の海成層上部の砂層中の小断層の見かけ鉛直変位量の総和(約19.5～22.5cm)は、下方のF-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量(約29～33cm)と比較して小さいものの、MIS9以前の海成層下部の砂礫層には撓曲構造が認められることを踏まえると、MIS9以前の海成層上部の砂層も変形を受けているものと考えられることから、鉛直変位・変形量としては、下方の見かけ鉛直変位・変形量と大きな差はないものと考えられる。

【c.小断層上端付近の観察(P49参照)】

- 上田・谷(1999)によると、未固結層中の基底面に逆断層変位が生じた場合、未固結層中に形成される剪断層は、下部から上部へ向って成長するが、まず底盤の断層より低角度で成長し、その後、基盤の断層変位をまかなうように、底盤の断層の延長方向に新たに高角度のものが発生するとされている。
- このことから、F-1断層に関連する小断層のうち、最も高角度で上方まで延長が認められる西上がり逆断層の上端付近について、観察を実施した。
- 当該小断層は、以下の状況から、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物の基底面直下まで変位を与えている。
 - ・斜面堆積物の基底面に、小断層による変位は認められない。
 - ・斜面堆積物中に、剪断面は認められない。

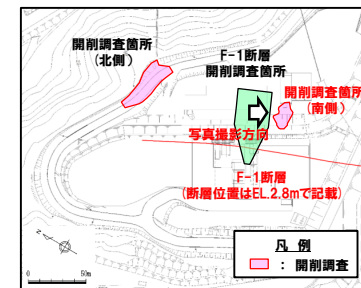
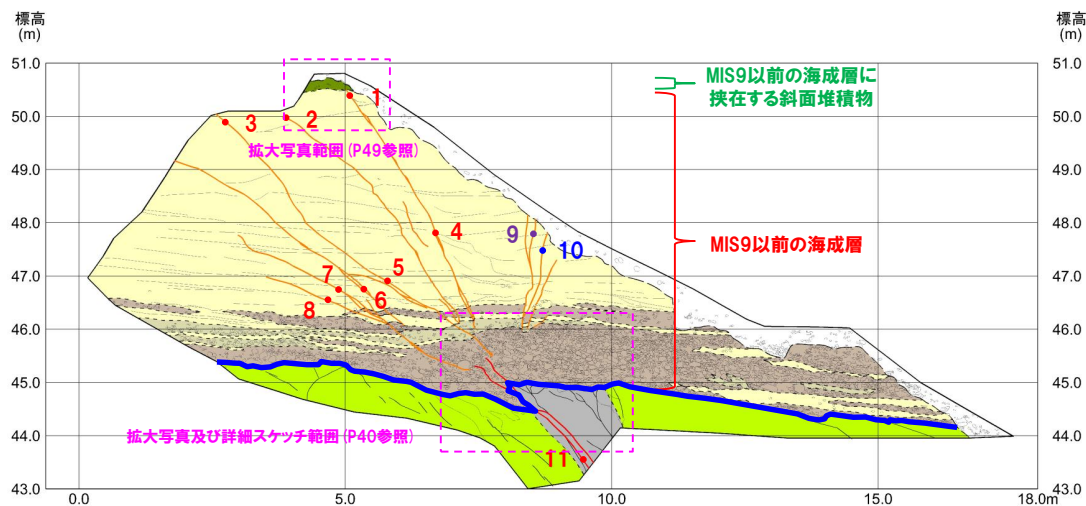
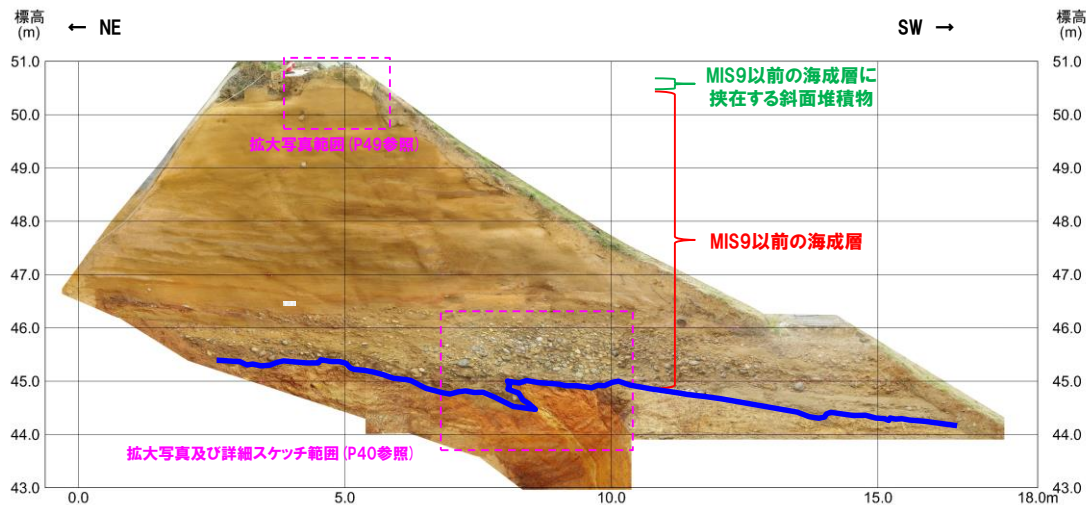
※北側壁面は、改変により一部消失しており、西上りの撓曲構造及び西上がり逆断層センスの小断層は確認できない。



- F-1断層に関連する小断層は、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、本層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

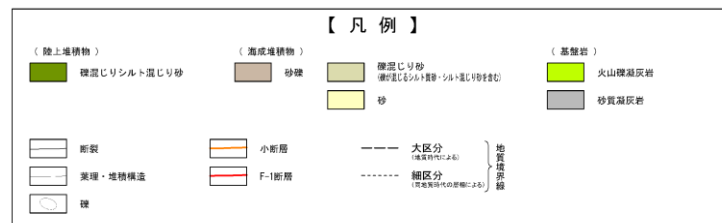
②開削調査箇所(南側) (2/12)



調査位置図

走向・傾斜

【小断層】	
1. N20° W/50° W	西上がり逆断層
2. N22° E/32° W	
3. N14° E/40° W	
4. N32° W/73° W	
5. N42° W/24° W	
6. N40° W/46° W	
7. N46° W/36° W	
8. N50° W/26° W	
9. N2° E/80° W	東上がり逆断層
10. N2° W/86° W	東落ち正断層
【F-1断層】	
11. NS/46° W	西上がり逆断層



開削調査箇所(南側) 南側壁面 写真及びスケッチ

(凡例) 地層境界
— : 基盤岩上面

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

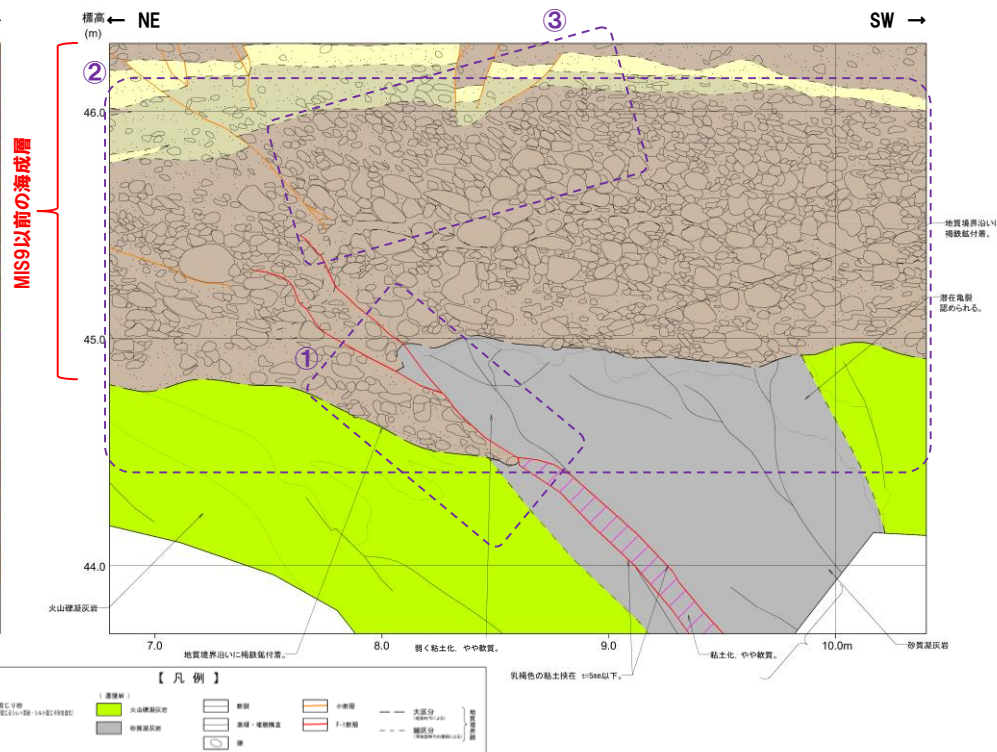
②開削調査箇所(南側) (3/12)

【a.F-1断層と小断層の関連性】

- 開削調査箇所(南側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がNS/46° Wの西上がり逆断層(下図①の範囲)である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の砂礫層には西上りの撓曲構造(下図②の範囲※)及び礫の再配列(下図③の範囲)が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層(次頁図④の範囲)が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- F-1断層の上盤側には、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスの小断層(次頁図⑤の範囲)が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。

(次頁へ続く)

※ 次頁図⑥の範囲に含まれる。



開削調査箇所(南側)南側壁面 F-1断層付近 拡大写真

開削調査箇所(南側)南側壁面 F-1断層付近 詳細スケッチ

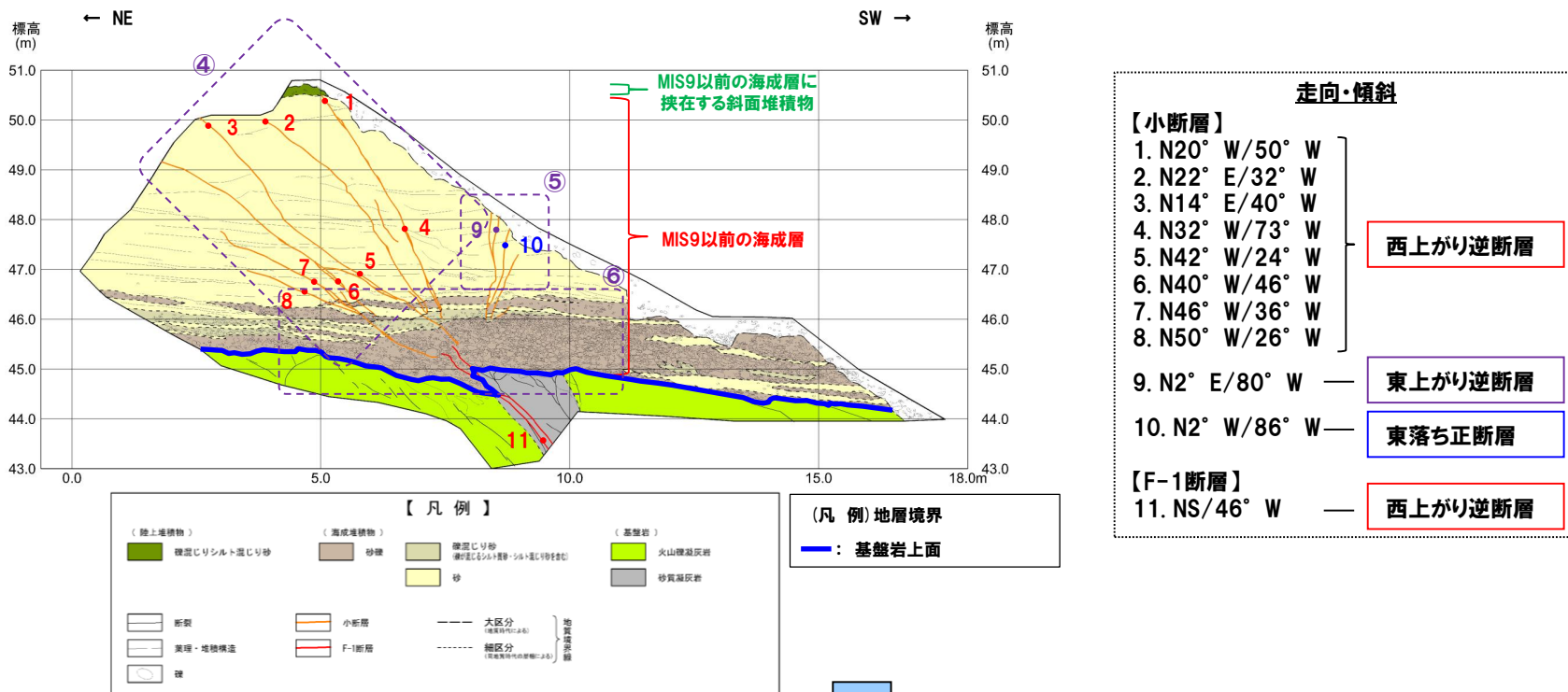
(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(4/12)

(前頁からの続き)

○小断層のうち、西上がり逆断層センスのもの(下図④の範囲)は、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である(P42~P43参照)。

○小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのもの(下図⑤の範囲)は、F-1断層の上盤側において、西上りの撓曲構造(下図⑥の範囲)の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。



開削調査箇所(南側)南側壁面 スケッチ

○以上の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(5/12)

○F-1断層と小断層は連続しないが、両断層の関連性を検討するため、断層模型実験に関する文献である上田・谷(1999)「**基盤の断層変位に伴う第四紀層及び地表の変形状況の検討(その2) - 正断層, 逆断層模型実験 -**」をレビューした。

【研究目的】

○基盤の正, 逆断層変位に伴う第四紀層(特に砂礫層)及び地表の変形状況が、基盤の断層型, 断層傾斜角, 断層変位置, 第四紀層の層厚等の違いにより、どのように変化するかを断層模型実験により解明する。

【研究概要】

○高さ2m, 幅0.4mの土槽を用い, 上記条件を変えて変形状況の解析を実施。
○また, 地震断層と対比し, 縦ずれ断層の発達過程, 形状の特徴, 断層型による地盤表面到達位置の違い, 断層型と地盤表面出現時の変位置との関係等について検討を実施。

【模型実験結果】

○未固結層の基底面に逆断層変位が生じた場合, 未固結層中では剪断層※が形成され, 剪断層は下部から未固結層上部へ向って成長する。
○剪断層は底盤の断層傾斜角が 45° ~ 90° の場合, 上に凸の曲線状となり, 底盤の断層より低角度で成長する。
○その後, 基盤の断層変位をまかなうように, 底盤の断層の延長方向に新たな高角度の剪断層が発生する。

※地盤の破壊において発生するすべり面は, 実際には地盤を構成する粒子の大きさの20倍程度の厚さを有し, 歪みが周囲よりも極端に集中した帯状の層である。この層を剪断層という。

【次頁実験仕様】

地盤材料: 豊浦標準砂

・比重 (G_s): 2.635

・50%粒径 (D_{50}): 0.17mm

・密度 (ρ_d): 1.60g/cm³

・間隙比 (e): 0.64

土槽の幅×長さ: 400mm×1,550mm

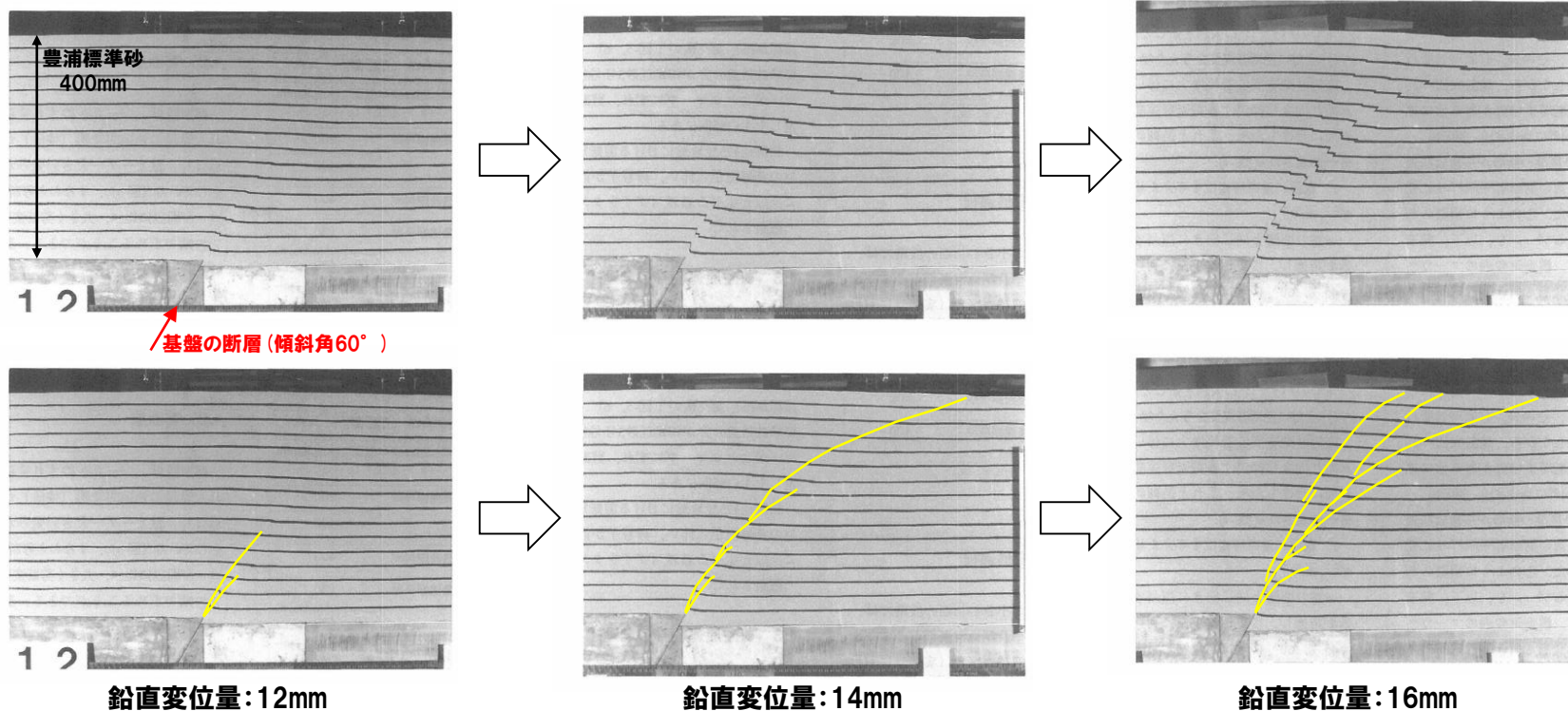
層厚: 400mm

断層傾斜角 (α): 60°

変位方向: 逆断層変位

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(6/12)



逆断層模型実験結果(断層傾斜角:60°の例)(上田・谷(1999)に加筆)

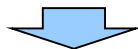
○第四紀層の基底面に逆断層変位が生じた場合、第四紀層中の断層は雁行配列し、基盤の断層変位をまかなうように同一な変位方向の断層が互いにラップして発達する。

○開削調査箇所(南側)に認められる小断層のうち、西上がり逆断層センスのものは、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(7/12)

- 逆断層付近に認められる地質構造を確認するため、加藤(2010)「地震と活断層の科学(普及版)」をレビューした。
- 地震逆断層の例としては、陸羽地震の千屋断層があげられるとされている。
- その模式断面(図2.43)では、主断層である逆断層の上盤側に地形的な高まり(バルジ)がみられ、副次的な正断層が発達しているとされている。
- これは、Friedmanほか(1976)が石灰岩と砂岩の人工的な薄互層試料を封圧下で変形させた実験結果(図2.44)とよく一致し、千屋断層の地下応力状態や、深部での断層面の高角化なども同様であろうと推定される(両者の異なる点は、千屋断層における共役な副次的逆断層の存在であるが、これは実験条件を変えれば生じうると思われる。)とされている。



- 逆断層の上盤側には、断層変位に伴う地形的な高まり(バルジ)及び撓曲構造が認められ、これらに起因する小断層が発達する。



- 開削調査箇所(南側)に認められる小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのものは、F-1断層の上盤側において、西上がりの撓曲構造の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。

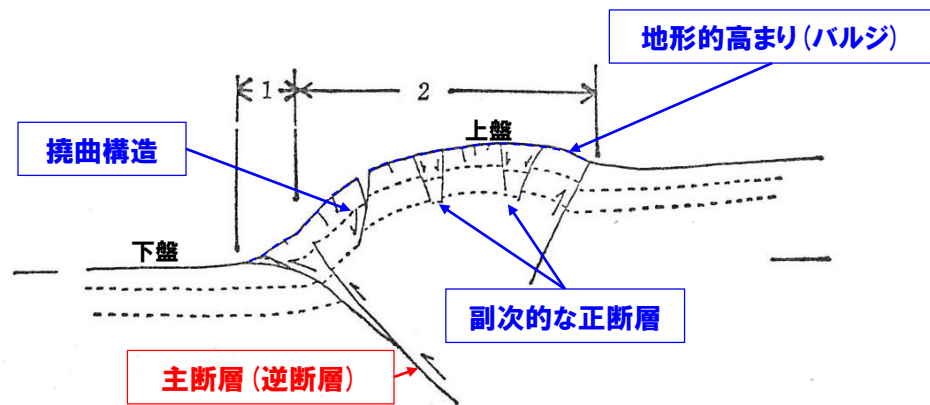


図 2.43 陸羽地震の地震断層をモデルとした逆断層の模式断面図(松田ほか, 1980)

1: 短縮部, 2: 表層の伸張部.

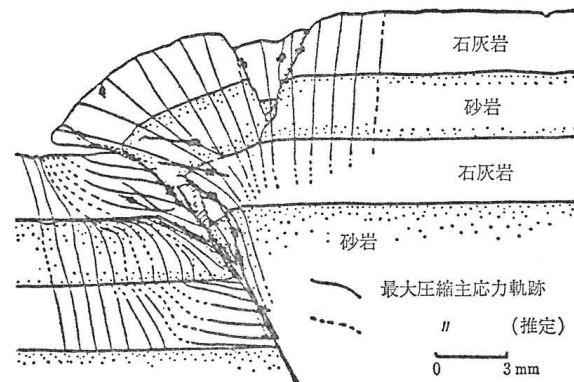


図 2.44 faulted drape fold の実験結果の一例(Friedman, et al., 1976)

65°の角度で切断した砂岩を封圧1kbで、 10^{-4} cm/sの速度で軸方向から押し、切断面に沿って0.63 cm すべらせたときの上盤層(被覆層)の破壊様式と応力像。

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(8/12)

【b.F-1断層と小断層の累積性】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、南側壁面※1における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- 見かけ鉛直変位・変形量は、断層を挟んだ砂層中の葉理の上面等を計測基準面とし、その高度差を計測した。
- MIS9以前の海成層上部の砂層中に認められる数条の小断層については、露頭の広範囲に分布しており、見かけ鉛直変位・変形量の計測基準面の設定が難しいことから、各小断層の見かけ鉛直変位量を計測した。

<計測結果(P46～P48参照)>

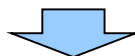
見かけ鉛直変位・変形量

- 基盤岩上面(a) : 約33cm
- MIS9以前の海成層下部の礫混じり砂層の上面(b) : 計約29cm (約21cm + 約8cm)

見かけ鉛直変位量

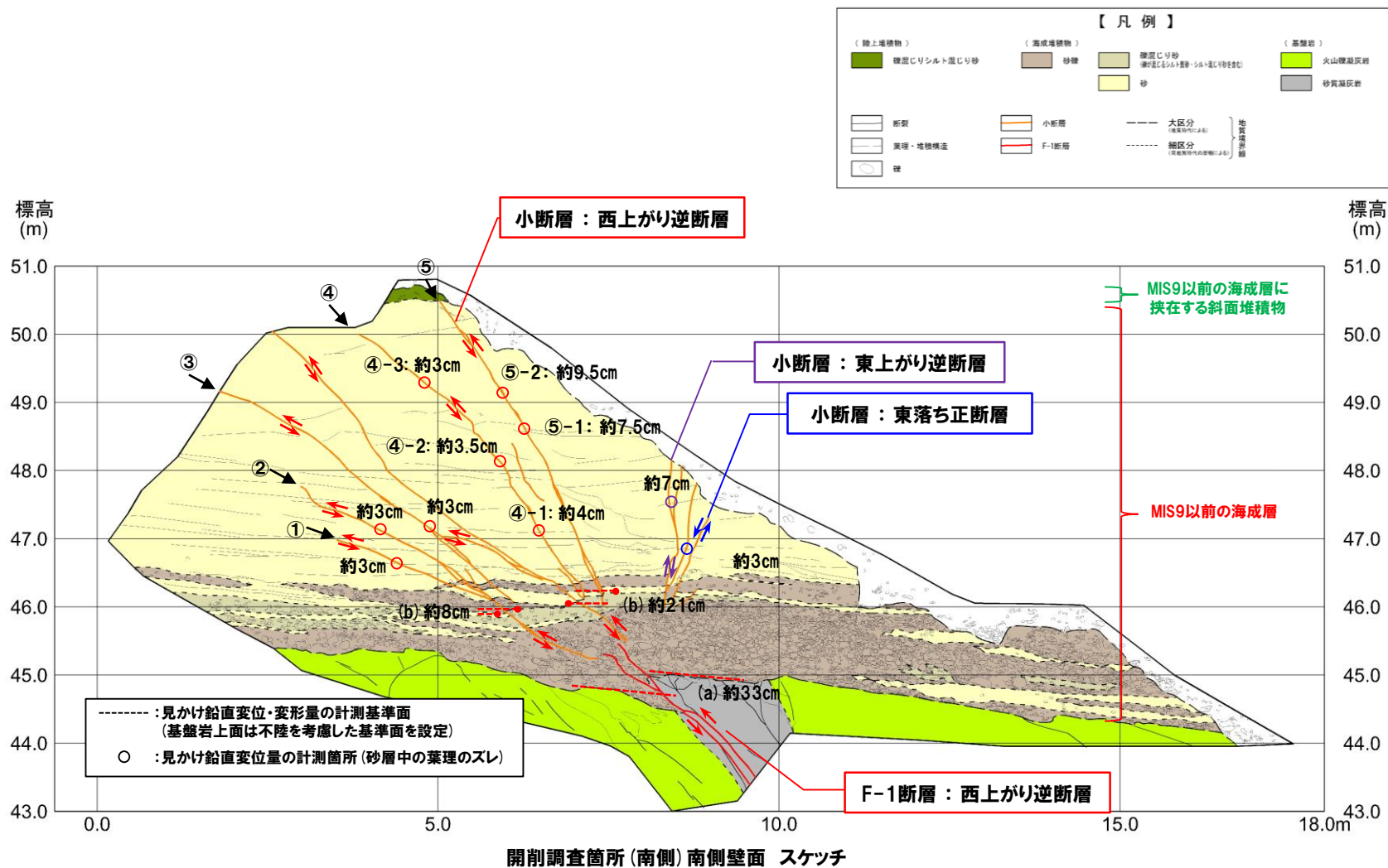
- MIS9以前の海成層上部の砂層中の葉理のスレ※2(c) : 計約19.5～22.5cm
(①約3cm, ②約3cm, ③約3cm, ④約3～4cm, ⑤約7.5～9.5cm)

※1 北側壁面は、改変により一部消失しており、小断層の連続を確認できないことから、見かけ鉛直変位・変形量の計測は実施していない。
 ※2 小断層のうち、西上がり逆断層の見かけ鉛直変位量を記載。



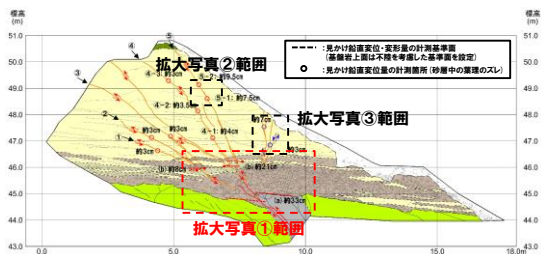
- F-1断層及び小断層には、以下の状況から、変位・変形の累積は認められないものと判断される。
 - ・基盤岩上面及びMIS9以前の海成層下部の礫混じり砂層の上面における、F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約29～33cmであり、変位・変形の累積は認められない。
 - ・MIS9以前の海成層上部の砂層中の小断層の見かけ鉛直変位量の総和(約19.5～22.5cm)は、下方のF-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量(約29～33cm)と比較して小さいものの、MIS9以前の海成層下部の砂礫層には撓曲構造が認められることを踏まえ、MIS9以前の海成層上部の砂層も変形を受けているものと考えられることから、鉛直変位・変形量としては、下方の見かけ鉛直変位・変形量と大きな差はないものと考えられる。

②開削調査箇所(南側)(9/12)



(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

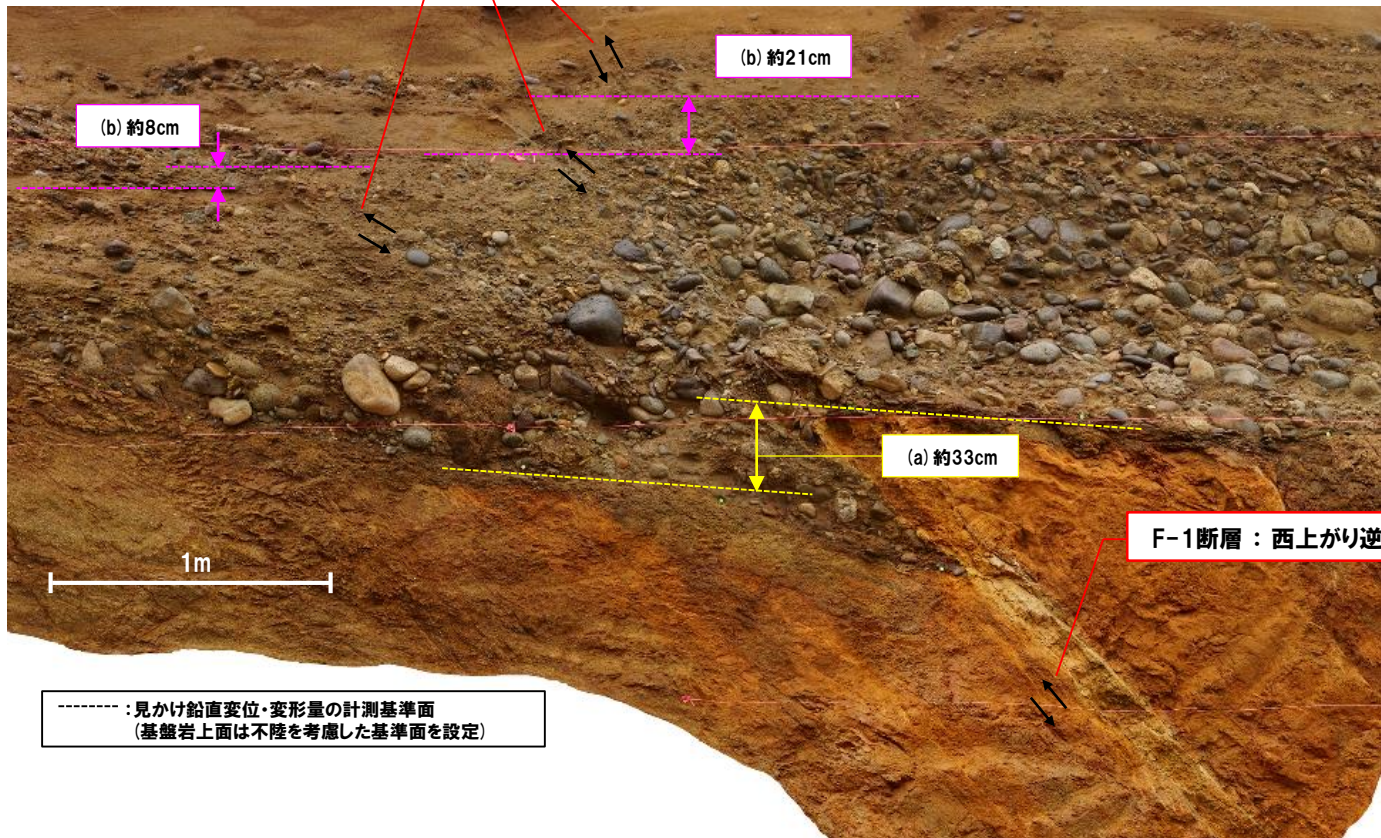
②開削調査箇所(南側)(10/12)



開削調査箇所(南側)南側壁面 スケッチ

小断層：西上がり逆断層

← NE
MIS9以前の海成層

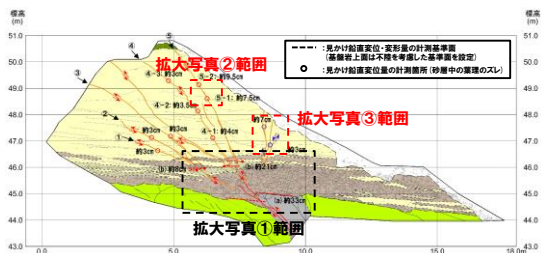


開削調査箇所(南側)南側壁面 拡大写真①

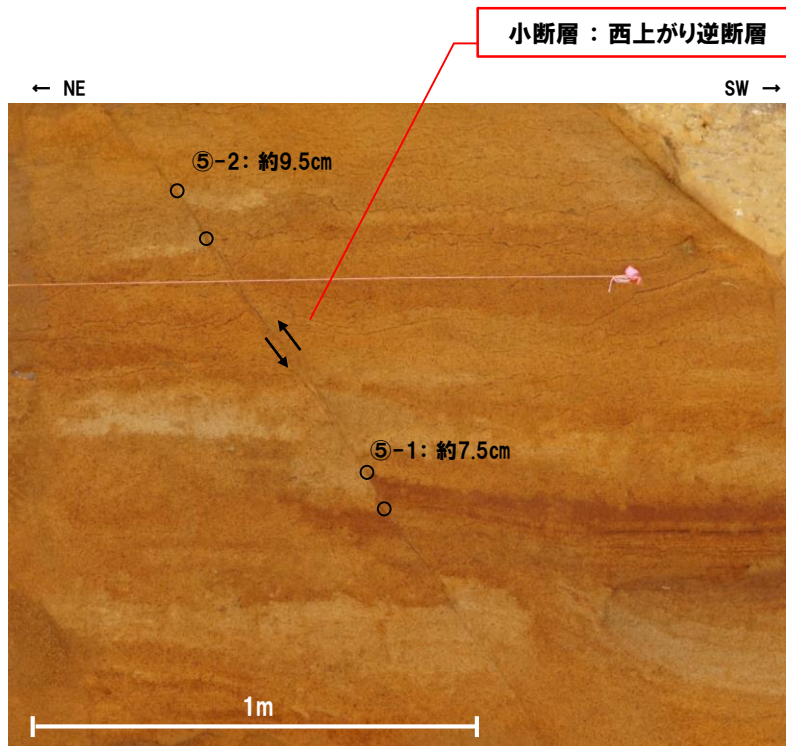
F-1断層

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

②開削調査箇所(南側)(11/12)

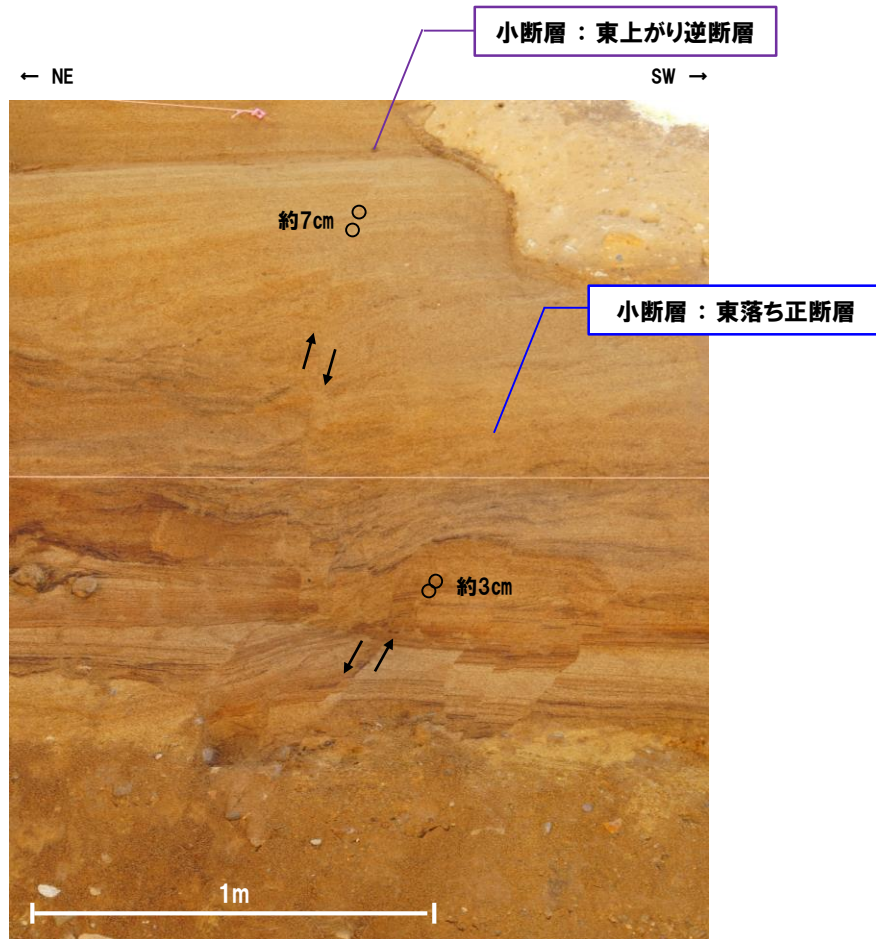


開削調査箇所(南側)南側壁面 スケッチ



○ : 見かけ鉛直変位の計測箇所(砂層中の葉理のスレ)

開削調査箇所(南側)南側壁面 拡大写真②



○ : 見かけ鉛直変位の計測箇所(砂層中の葉理のスレ)

開削調査箇所(南側)南側壁面 拡大写真③

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

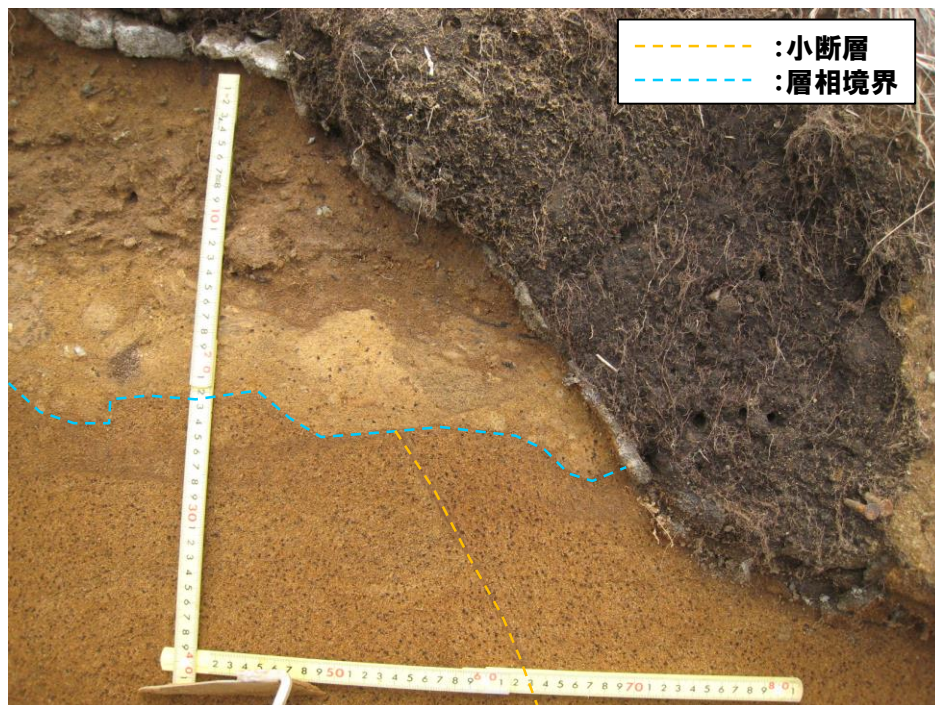
②開削調査箇所(南側)(12/12)

【c.小断層上端付近の観察】

- 上田・谷(1999)によると、未固結層中の基底面に逆断層変位が生じた場合、未固結層中に形成される剪断層は、下部から上部へ向って成長するが、まず底盤の断層より低角度で成長し、その後、基盤の断層変位をまかなうように、底盤の断層の延長方向に新たに高角度のものが発生するとされている(P42~P43参照)。
- このことから、F-1断層に関連する小断層のうち、最も高角度で上方まで延長が認められる西上がり逆断層の上端付近について、観察を実施した。
- 当該小断層は、以下の状況から、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物の基底面直下まで変位を与えている。
 - ・斜面堆積物の基底面に、小断層による変位は認められない。
 - ・斜面堆積物中に、剪断面は認められない。



開削調査箇所(南側)南側壁面
小断層上端付近 拡大写真(解釈線あり)



拡大写真(解釈線あり)

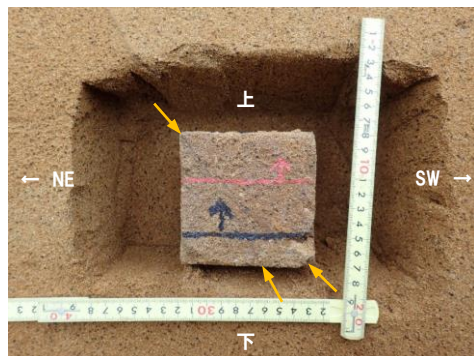
(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

(参考) F-1断層に関連する小断層の性状-走向方向 (1/2) -

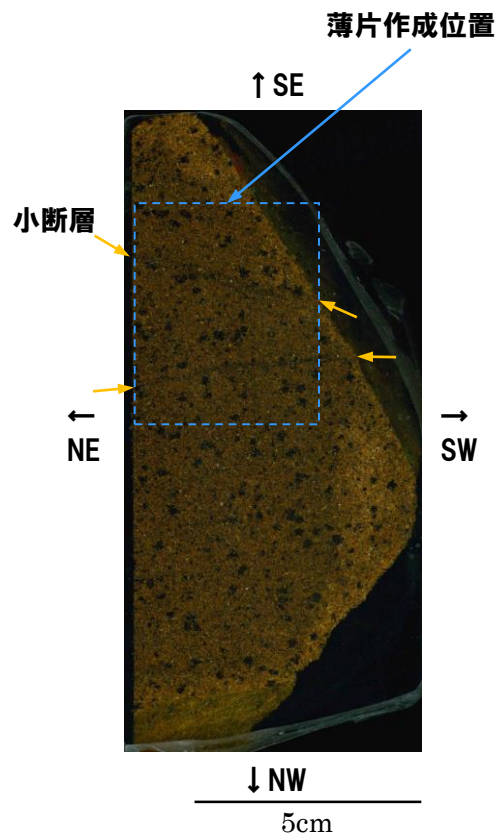
- F-1断層に関連する小断層のうち、最も高角度で上方まで延長が認められる西上がり逆断層について、ブロック試料を採取し、X線CT画像観察及び薄片観察により、その性状を走向方向において詳細に確認した。
- X線CT画像観察の結果、連続する低密度部が認められ、低密度部の周辺1mm程度は高密度化が認められる。



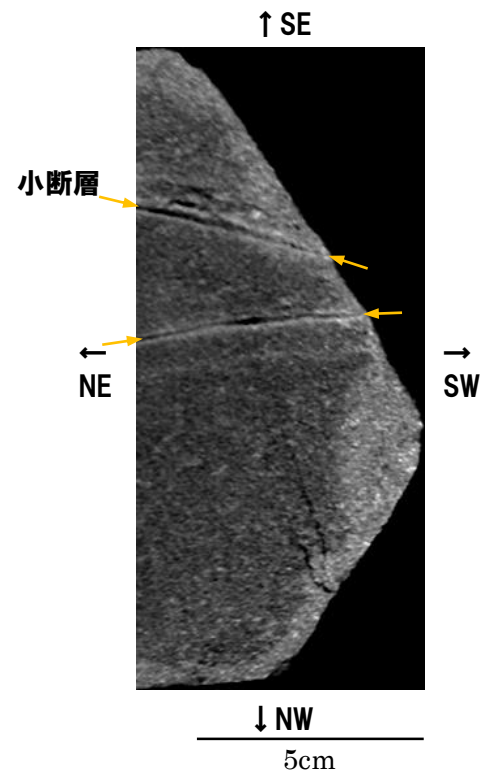
開削調査箇所(南側)南側壁面
小断層上端付近 拡大写真



ブロック試料 採取時状況写真



走向方向研磨片



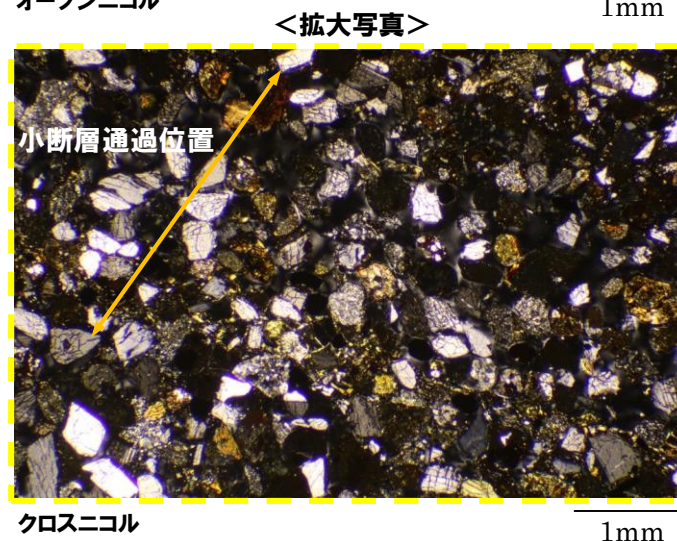
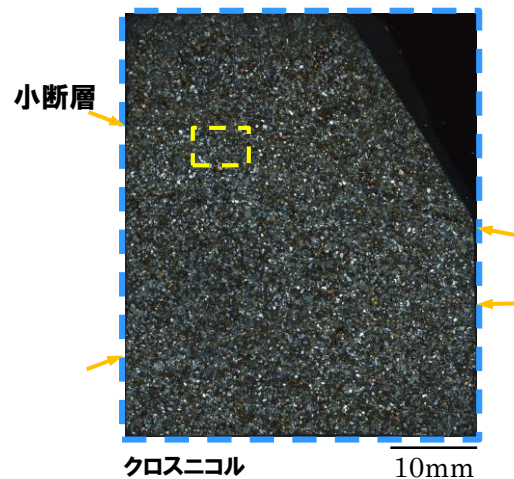
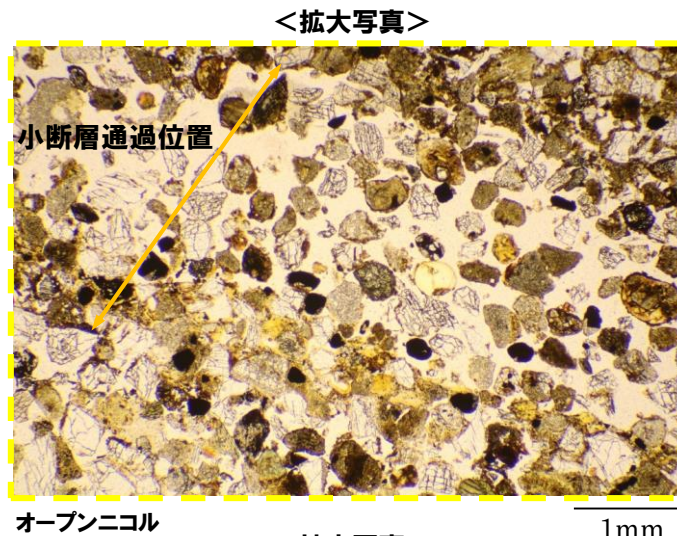
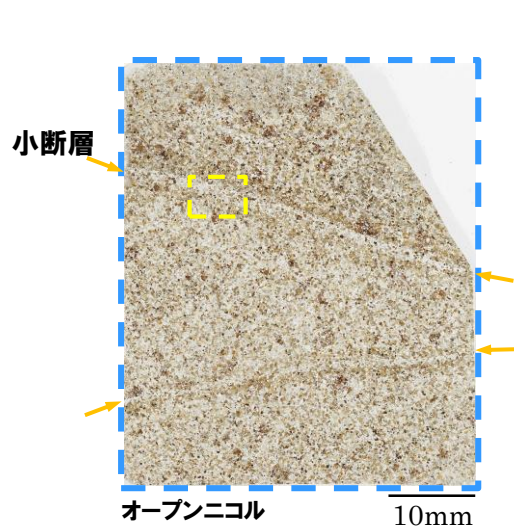
X線CT画像(走向方向断面)

(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

(参考) F-1断層に関連する小断層の性状-走向方向 (2/2) -

○薄片観察の結果、以下の状況を確認した。

- ・小断層通過位置は空隙となっており、空隙の縁に分布する砂粒子の基質には泥質物の濃集が認められる。
- ・剪断面は認められず、変位センスを示す複合面構造は認められない。

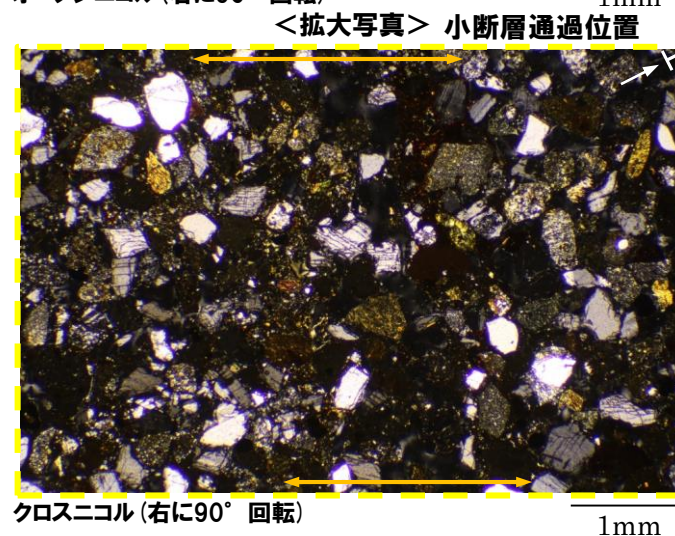
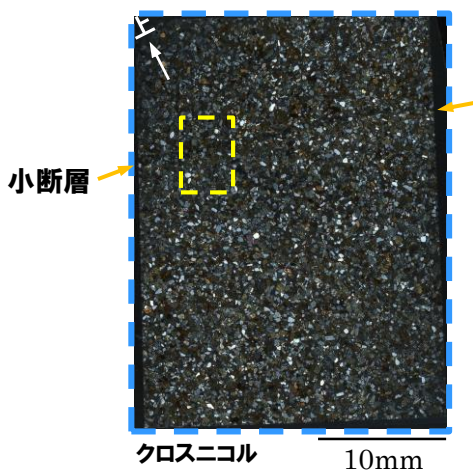
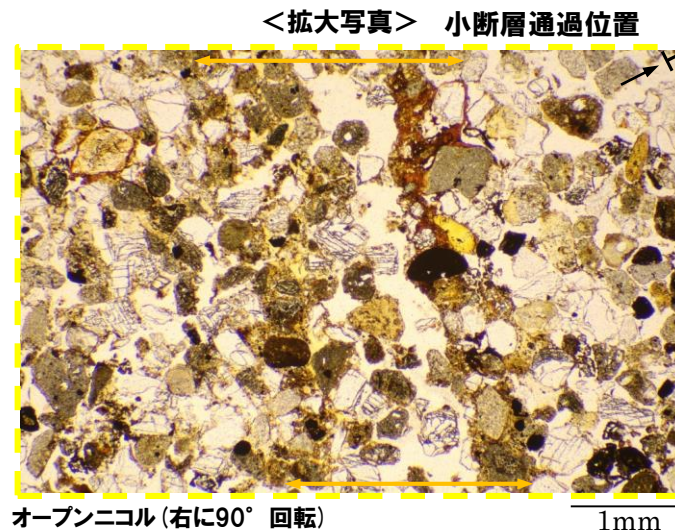
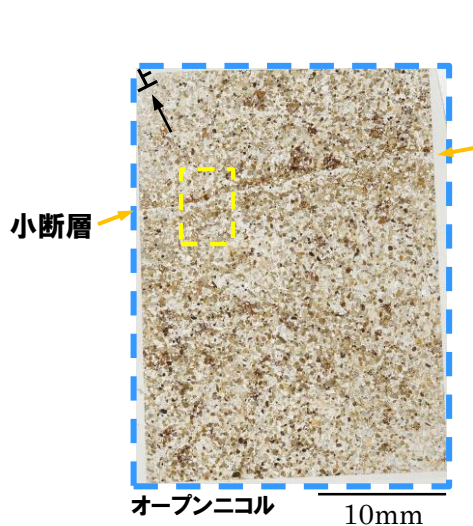


(3) 開削調査箇所におけるF-1断層及び小断層

(参考) F-1断層に関連する小断層の性状-傾斜方向 (2/2) -

○薄片観察の結果、以下の状況を確認した。

- ・小断層通過位置は空隙となっており、空隙の縁に分布する砂粒子の基質には泥質物の濃集が認められる。
- ・剪断面は認められず、変位センスを示す複合面構造は認められない。



(4) F-1断層の活動性評価

①まとめ

○4章の検討結果に基づいた上載地層により、F-1断層及び小断層が認められる開削調査箇所（北側・南側）及びF-1断層開削調査箇所において、F-1断層の活動性評価を下表のとおり実施した。

F-1断層の活動性評価結果

調査箇所	ケース1 (F-1断層開削調査箇所における岩内層をMIS9以前の海成層に地層区分した場合)	ケース3 (積丹半島西岸におけるHm3段丘をMIS9の海成段丘とした場合)
開削調査箇所 (北側) (P56~P57 及び P63~P64参照)	<p>○小断層は、以下の状況から、F-1断層と関連するものと判断される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小断層は、F-1断層及び西上がりの撓曲構造の延長方向に分布し、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスを示す。 <p>○F-1断層に関連する小断層は、<u>MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、本層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていない</u>ことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。</p>	<p>○小断層は、以下の状況から、F-1断層と関連するものと判断される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小断層は、F-1断層及び西上がりの撓曲構造の延長方向に分布し、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスを示す。 <p>○F-1断層に関連する小断層は、<u>Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えているが、本層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていない</u>ことから、F-1断層の最新活動は、Hm3段丘堆積物(MIS9)堆積中であり、それ以降の活動は認められない。</p>
開削調査箇所 (南側) (P58~P59 及び P65~P66参照)	<p>○小断層は、以下の状況から、F-1断層と関連するものと判断される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小断層のうち、西上がり逆断層センスのものは、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である。 ・小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのものは、F-1断層の上盤側において、西上がりの撓曲構造の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。 <p>○F-1断層に関連する小断層は、<u>MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、本層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていない</u>ことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。</p>	<p>○小断層は、以下の状況から、F-1断層と関連するものと判断される。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小断層のうち、西上がり逆断層センスのものは、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である。 ・小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのものは、F-1断層の上盤側において、西上がりの撓曲構造の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。 <p>○F-1断層に関連する小断層は、<u>Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えているが、本層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていない</u>ことから、F-1断層の最新活動は、<u>Hm3段丘堆積物(MIS9)堆積中</u>であり、それ以降の活動は認められない。</p>

(4) F-1断層の活動性評価

F-1断層の活動性評価結果

調査箇所	ケース1 (F-1断層開削調査箇所における岩内層をMIS9以前の海成層に地層区分した場合)	ケース3 (積丹半島西岸におけるHm3段丘をMIS9の海成段丘とした場合)
F-1断層 開削調査箇所 (P60~P62 及び P67~P68参照)	【開削調査(北側・南側)の結果を踏まえた見解】 <ul style="list-style-type: none"> ○F-1断層と小断層は関連するものであり、<u>小断層の上端は、MIS9以前の海成層上部の砂層中において止まっているが、侵食されているものか、消滅しているものかを現有データで判断することはできない。</u> ○このため、本調査箇所においては、上載地層法によるF-1断層の活動性を評価することは困難である。 	【開削調査(北側・南側)の結果を踏まえた見解】 <ul style="list-style-type: none"> ○F-1断層と小断層は関連するものであり、<u>小断層の上端は、Hm3段丘堆積物(MIS9)上部の砂層中において止まっているが、侵食されているものか、消滅しているものかを現有データで判断することはできない。</u> ○このため、本調査箇所においては、上載地層法によるF-1断層の活動性を評価することは困難である。



(ケース1)

- F-1断層に関連する小断層は、開削調査箇所(北側・南側)及びF-1断層開削調査箇所において、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- 小断層は、開削調査箇所(北側)において、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物に、開削調査箇所(南側)において、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていない。
- 以上より、小断層は、複数の調査箇所において、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物及び斜面堆積物には変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

(ケース3)

- F-1断層に関連する小断層は、開削調査箇所(北側・南側)及びF-1断層開削調査箇所において、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えている。
- 小断層は、開削調査箇所(北側)において、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する河成の堆積物に、開削調査箇所(南側)において、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていない。
- 以上より、小断層は、複数の調査箇所において、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えているが、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する河成の堆積物及び斜面堆積物には変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、Hm3段丘堆積物(MIS9)堆積中であり、それ以降の活動は認められない。



- いずれのケースにおいても、F-1断層は、後期更新世以降の活動は認められないことから、将来活動する可能性のある断層等ではないと評価される。

(4) F-1断層の活動性評価

②-1 (ケース1) 開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の活動性評価(1/2)

【a.F-1断層と小断層の関連性】

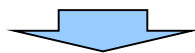
- 開削調査箇所(北側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がN4° W/54° Wの西上がり逆断層である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の砂礫層には西上がりの撓曲構造及び礫の再配列が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- 以下の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。
 - ・小断層は、F-1断層及び西上がりの撓曲構造の延長方向に分布し、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスを示す。
- なお、上記は北側壁面の状況であるが、南側壁面においても、西上がり逆断層センスのF-1断層及び西上がりの撓曲構造の延長方向に、西上がり逆断層センスの小断層が認められる。

【b.F-1断層と小断層の累積性】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、北側壁面及び南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約13~18cmであり、変位・変形の累積は認められない。

【c.小断層上端付近の詳細観察】

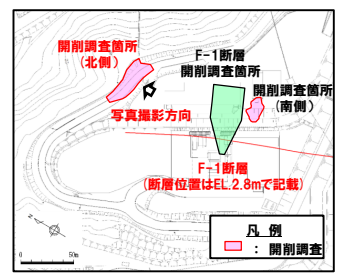
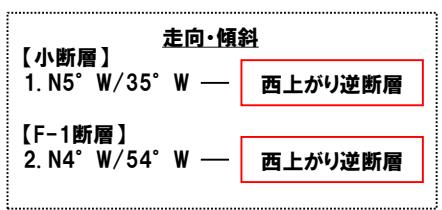
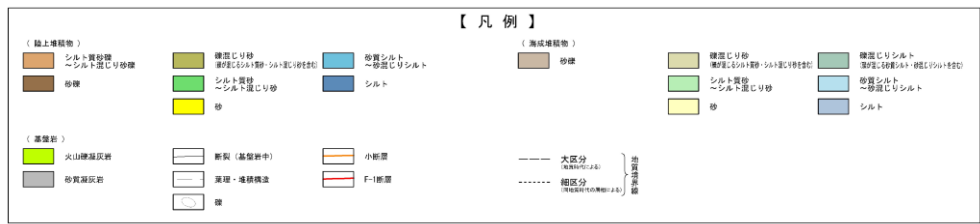
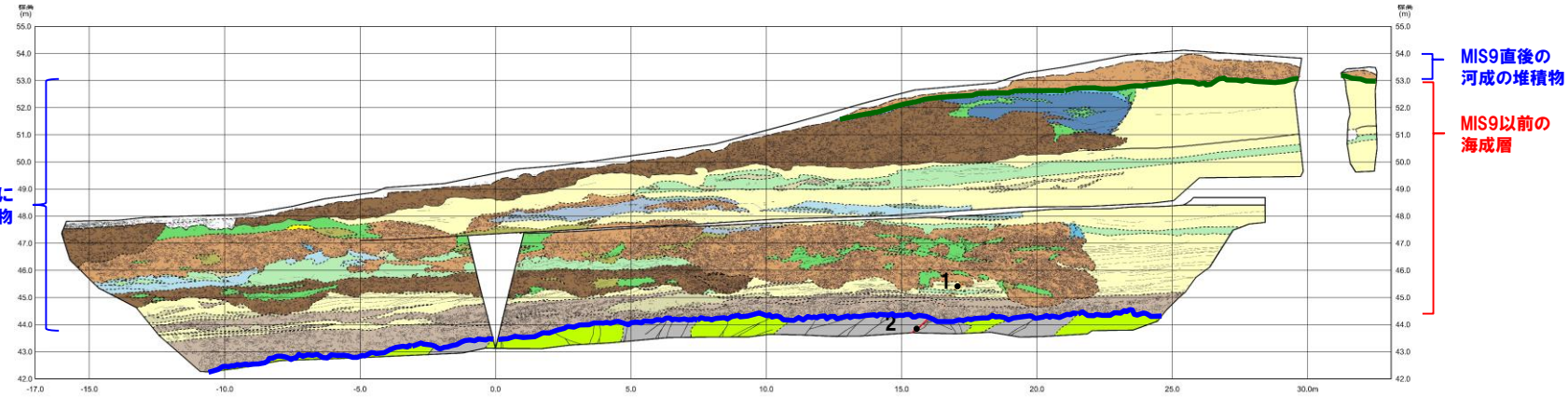
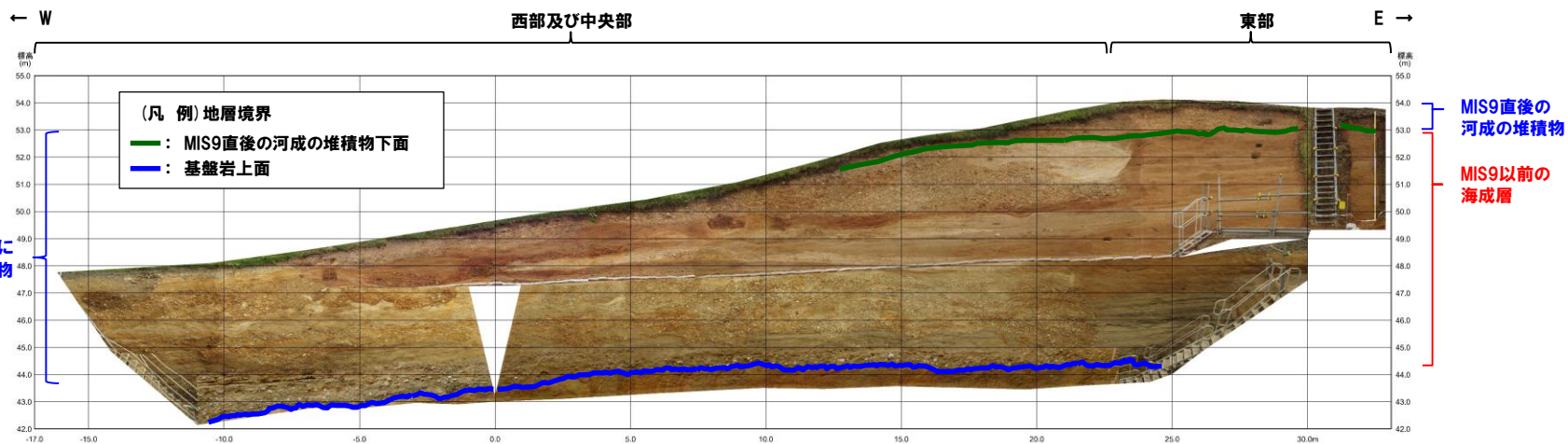
- F-1断層に関連する小断層が影響を及ぼしている範囲について、より詳細に確認するため、MIS9以前の海成層及び本層に挟在する河成の堆積物の層相境界付近において、はぎとり転写試料を用いた地質構造の観察及びブロック試料を用いたX線CT画像による内部構造の観察を実施した。
- F-1断層に関連する小断層は、以下の状況から、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
 - ・河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、小断層による変位は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、堆積構造の乱れ等は認められない。



- F-1断層に関連する小断層は、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、本層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

(4) F-1断層の活動性評価

②-1 (ケース1) 開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の活動性評価(2/2)



開削調査箇所(北側)北側壁面 写真及びスケッチ

調査位置図

(4) F-1断層の活動性評価

②-2 (ケース1) 開削調査箇所(南側)におけるF-1断層の活動性評価(1/2)

一部修正 (R1/11/7審査会合)

【a.F-1断層と小断層の関連性】

- 開削調査箇所(南側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がNS/46° Wの西上がり逆断層である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の砂礫層には西上りの撓曲構造及び礫の再配列が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- F-1断層の上盤側には、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスの小断層が認められ、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えている。
- 以下の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。
 - ・小断層のうち、西上がり逆断層センスのものは、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である。
 - ・小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのものは、F-1断層の上盤側において、西上りの撓曲構造の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。
- なお、上記は南側壁面の状況であるが、北側壁面※においても、西上がり逆断層センスのF-1断層が認められる。

【b.F-1断層と小断層の累積性】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- F-1断層及び小断層には、以下の状況から、変位・変形の累積は認められないものと判断される。
 - ・基盤岩上面及びMIS9以前の海成層中の礫混じり砂層の上面における、F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約29~33cmであり、変位・変形の累積は認められない。
 - ・MIS9以前の海成層上部の砂層中の小断層の見かけ鉛直変位量の総和(約19.5~22.5cm)は、下方のF-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量(約29~33cm)と比較して小さいものの、MIS9以前の海成層下部の砂礫層には撓曲構造が認められることを踏まえると、MIS9以前の海成層上部の砂層も変形を受けているものと考えられることから、鉛直変位・変形量としては、下方の見かけ鉛直変位・変形量と大きな差はないものと考えられる。

【c.小断層上端付近の観察】

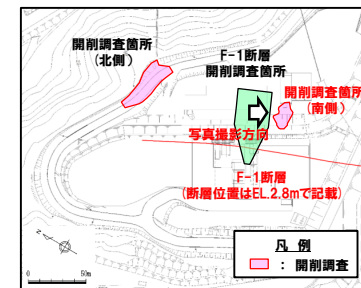
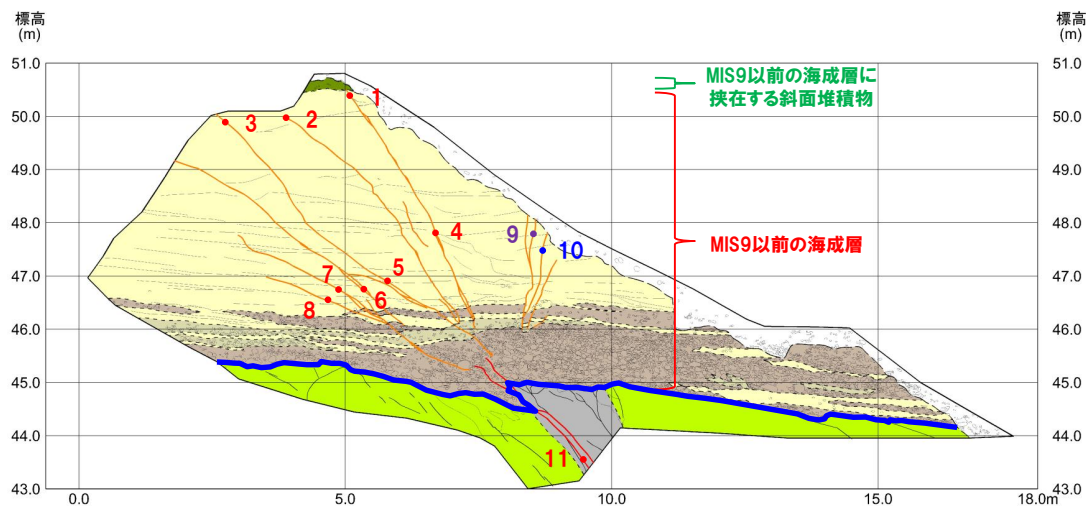
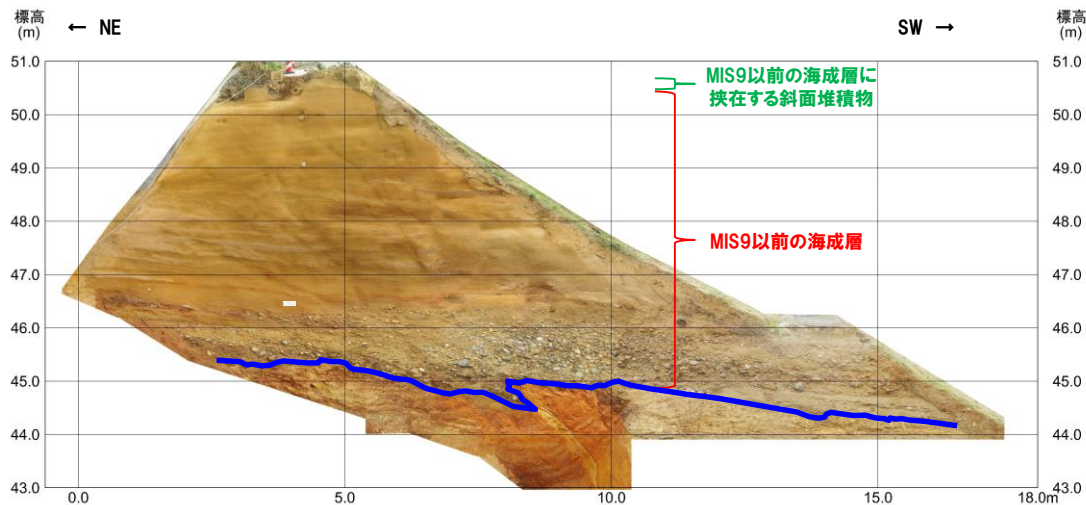
- 上田・谷(1999)によると、未固結層中の基底面に逆断層変位が生じた場合、未固結層中に形成される剪断層は、下部から上部へ向って成長するが、まず底盤の断層より低角度で成長し、その後、基盤の断層変位をまかなうように、底盤の断層の延長方向に新たに高角度のものが発生するとされている。
- このことから、F-1断層に関連する小断層のうち、最も高角度で上方まで延長が認められる西上がり逆断層の上端付近について、観察を実施した。
- 当該小断層は、以下の状況から、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、MIS9以前の海成層に挟在する斜面堆積物の基底面直下まで変位を与えている。
 - ・斜面堆積物の基底面に、小断層による変位は認められない。
 - ・斜面堆積物中に、剪断面は認められない。

※北側壁面は、改変により一部消失しており、西上りの撓曲構造及び西上がり逆断層センスの小断層は確認できない。

- F-1断層に関連する小断層は、MIS9以前の海成層に変位・変形を与えているが、本層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、MIS9以前の海成層堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

(4) F-1断層の活動性評価

②-2 (ケース1) 開削調査箇所(南側)におけるF-1断層の活動性評価 (2/2)



調査位置図

走向・傾斜

【小断層】

- 1. N20° W/50° W
- 2. N22° E/32° W
- 3. N14° E/40° W
- 4. N32° W/73° W
- 5. N42° W/24° W
- 6. N40° W/46° W
- 7. N46° W/36° W
- 8. N50° W/26° W

西上がり逆断層

- 9. N2° E/80° W

東上がり逆断層

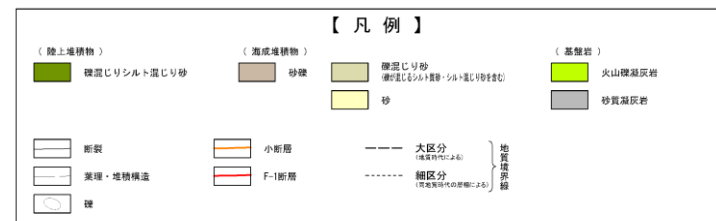
- 10. N2° W/86° W

東落ち正断層

【F-1断層】

- 11. NS/46° W

西上がり逆断層



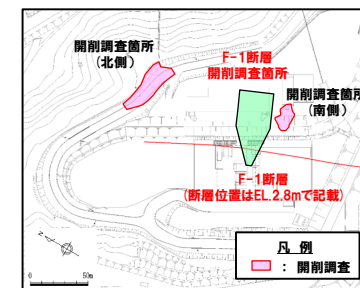
開削調査箇所(南側)南側壁面 写真及びスケッチ

(凡例) 地層境界
— : 基盤岩上面

(4) F-1断層の活動性評価

②-3 (ケース1) F-1断層開削調査箇所におけるF-1断層の活動性評価 (1/3)

- F-1断層開削調査箇所では、基盤岩(神恵内層)の上位にMIS9以前の海成層(亜円～円礫主体の礫層及び葉理の認められる砂層)、その上位にMIS9直後の河成の堆積物(砂礫層)が認められる。
- F-1断層開削調査箇所に認められるF-1断層は、走向・傾斜がN2°～20°W/43°～55°Wの西上がり逆断層であり、基盤岩を覆うMIS9以前の海成層下部の礫層に変位を与えている(次頁図①の範囲)。
- F-1断層は、MIS9以前の海成層上部の砂層には達していない(次頁図②の範囲)。
- MIS9以前の海成層上部の砂層中には約10条の小断層が認められるが、本層中で消滅し、F-1断層に連続しない(次頁図③の範囲)。
- H31.2.22審査会合においては、小断層はF-1断層と関連しないものであると説明した。
- しかし、開削調査箇所(北側・南側)に認められるF-1断層と小断層は関連するものであり、本調査箇所と同一層準に認められることを踏まえると、本調査箇所に認められるF-1断層と小断層も関連するものと判断される。



調査位置図



- F-1断層と小断層は関連するものであり、小断層の上端は、MIS9以前の海成層上部の砂層中において止まっているが、侵食されているものか、消滅しているものかを現有データで判断することはできない。
- このため、本調査箇所においては、上載地層法によるF-1断層の活動性を評価することは困難である。

(4) F-1断層の活動性評価

②-3 (ケース1) F-1断層開削調査箇所におけるF-1断層の活動性評価 (3/3)

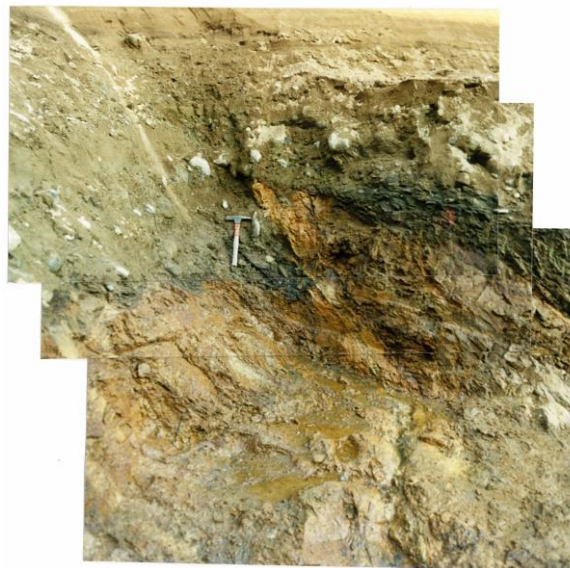


写真3 SK.1近景 (昭和57年秋頃撮影)



写真4 SK.2近景 (昭和57年秋頃撮影)



写真5 SK.3近景 (昭和57年秋頃撮影)

(4) F-1断層の活動性評価

③-1 (ケース3) 開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の活動性評価(1/2)

【a.F-1断層と小断層の関連性】

- 開削調査箇所(北側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がN4° W/54° Wの西上がり逆断層である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うHm3段丘堆積物(MIS9)下部の砂礫層には西上りの撓曲構造及び礫の再配列が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層が認められ、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えている。
- 以下の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。
 - ・小断層は、F-1断層及び西上りの撓曲構造の延長方向に分布し、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスを示す。
- なお、上記は北側壁面の状況であるが、南側壁面においても、西上がり逆断層センスのF-1断層及び西上りの撓曲構造の延長方向に、西上がり逆断層センスの小断層が認められる。

【b.F-1断層と小断層の累積性】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、北側壁面及び南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約13~18cmであり、変位・変形の累積は認められない。

【c.小断層上端付近の詳細観察】

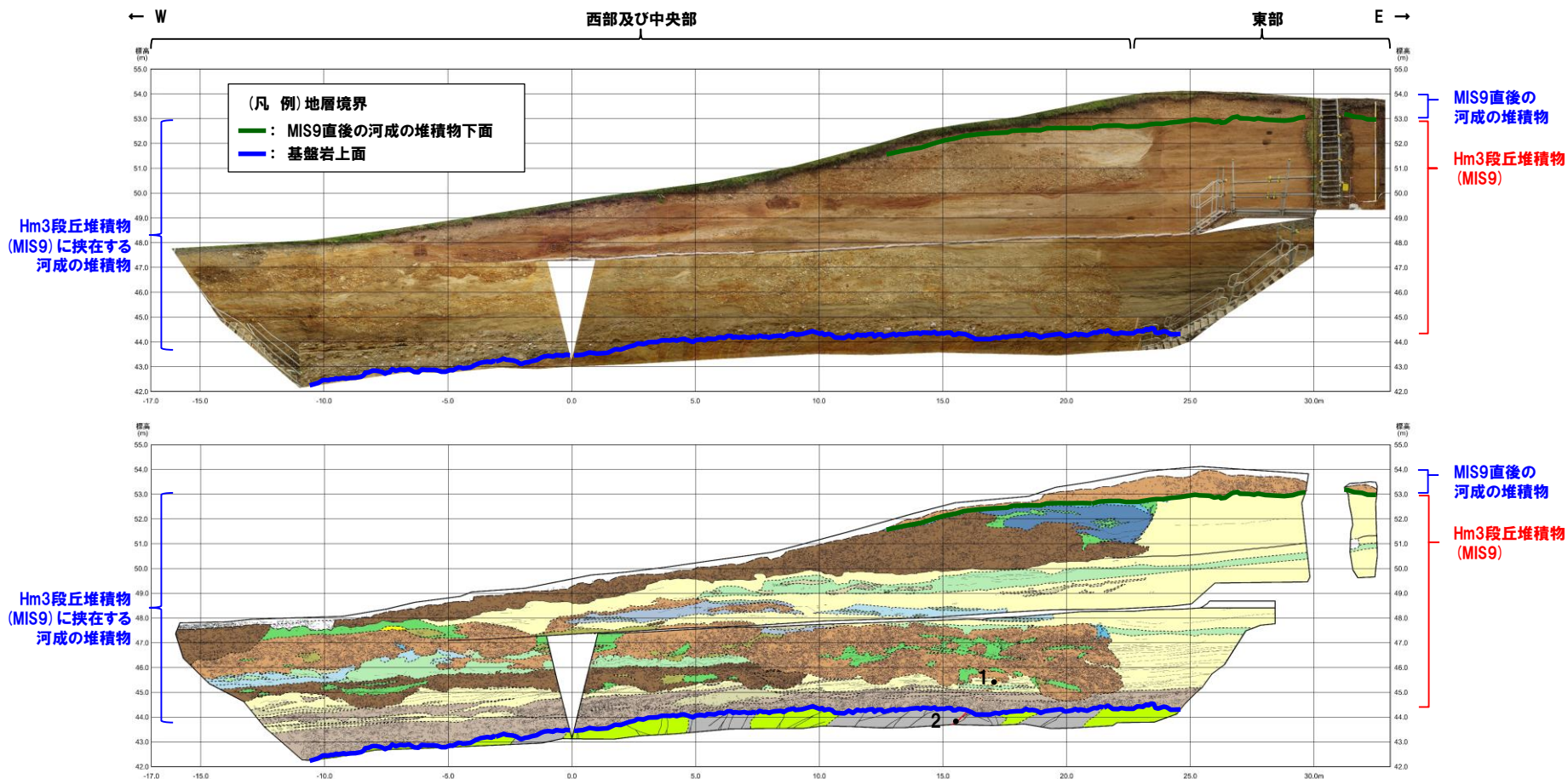
- F-1断層に関連する小断層が影響を及ぼしている範囲について、より詳細に確認するため、Hm3段丘堆積物(MIS9)及び本層に挟在する河成の堆積物の層相境界付近において、はぎとり転写試料を用いた地質構造の観察及びブロック試料を用いたX線CT画像による内部構造の観察を実施した。
- F-1断層に関連する小断層は、以下の状況から、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)直下まで変位を与えている。
 - ・河成の堆積物の基底面(チャンネル壁)に、小断層による変位は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、剪断面は認められない。
 - ・河成の堆積物中に、堆積構造の乱れ等は認められない。



- F-1断層に関連する小断層は、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えているが、本層に挟在する河成の堆積物に変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、Hm3段丘堆積物(MIS9)堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

(4) F-1断層の活動性評価

③-1 (ケース3) 開削調査箇所(北側)におけるF-1断層の活動性評価(2/2)

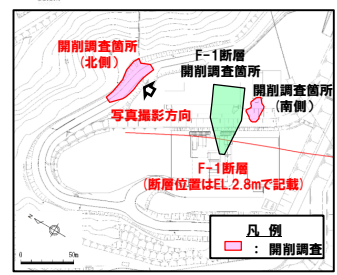
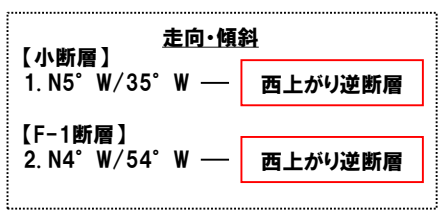
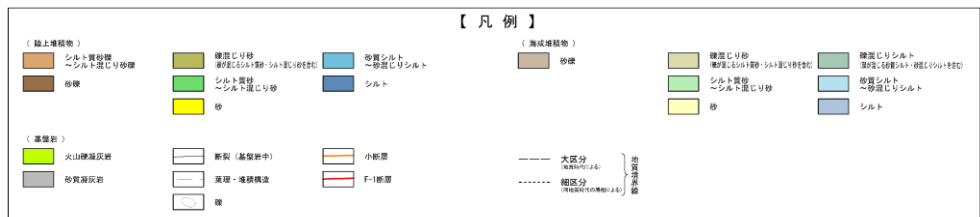


Hm3段丘堆積物 (MIS9) に挟在する河成の堆積物

MIS9直後の河成の堆積物
Hm3段丘堆積物 (MIS9)

Hm3段丘堆積物 (MIS9) に挟在する河成の堆積物

MIS9直後の河成の堆積物
Hm3段丘堆積物 (MIS9)



開削調査箇所(北側)北側壁面 写真及びスケッチ

調査位置図

(4) F-1断層の活動性評価

③-2 (ケース3) 開削調査箇所(南側)におけるF-1断層の活動性評価(1/2)

一部修正 (R1/11/7審査会合)

【a.F-1断層と小断層の関連性】

- 開削調査箇所(南側)に認められるF-1断層は、走向・傾斜がNS/46° Wの西上がり逆断層である。
- F-1断層は、基盤岩上面に変位を与えており、基盤岩を覆うHm3段丘堆積物(MIS9)下部の砂礫層には西上りの撓曲構造及び礫の再配列が認められる。
- F-1断層の延長方向には、F-1断層と連続しないものの、F-1断層と同様、西上がり逆断層センスの小断層が認められ、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えている。
- F-1断層の上盤側には、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスの小断層が認められ、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えている。
- 以下の状況から、F-1断層と小断層は関連するものと判断される。
 - ・小断層のうち、西上がり逆断層センスのものは、F-1断層の延長方向に雁行状に発達しており、上田・谷(1999)の逆断層模型実験結果と調和的である。
 - ・小断層のうち、東上がり逆断層センス及び東落ち正断層センスのものは、F-1断層の上盤側において、西上りの撓曲構造の直上に発達していることから、加藤(2010)を踏まえると、撓曲構造の形成に起因する副次的なものと考えられる。
- なお、上記は南側壁面の状況であるが、北側壁面※においても、西上がり逆断層センスのF-1断層が認められる。

【b.F-1断層と小断層の累積性】

- F-1断層及び小断層の変位・変形の累積性について確認するため、南側壁面における見かけ鉛直変位・変形量を計測した。
- F-1断層及び小断層には、以下の状況から、変位・変形の累積は認められないものと判断される。
 - ・基盤岩上面及びHm3段丘堆積物(MIS9)中の礫混じり砂層の上面における、F-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量は約29~33cmであり、変位・変形の累積は認められない。
 - ・Hm3段丘堆積物(MIS9)上部の砂層中の小断層の見かけ鉛直変位量の総和(約19.5~22.5cm)は、下方のF-1断層及び小断層の見かけ鉛直変位・変形量(約29~33cm)と比較して小さいものの、Hm3段丘堆積物(MIS9)下部の砂礫層には撓曲構造が認められることを踏まえると、Hm3段丘堆積物(MIS9)上部の砂層も変形を受けているものと考えられることから、鉛直変位・変形量としては、下方の見かけ鉛直変位・変形量と大きな差はないものと考えられる。

【c.小断層上端付近の観察】

- 上田・谷(1999)によると、未固結層中の基底面に逆断層変位が生じた場合、未固結層中に形成される剪断層は、下部から上部へ向って成長するが、まず底盤の断層より低角度で成長し、その後、基盤の断層変位をまかなうように、底盤の断層の延長方向に新たに高角度のものが発生するとされている。
- このことから、F-1断層に関連する小断層のうち、最も高角度で上方まで延長が認められる西上がり逆断層の上端付近について、観察を実施した。
- 当該小断層は、以下の状況から、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないと判断される。
 - ・小断層は、Hm3段丘堆積物(MIS9)に挟在する斜面堆積物の基底面直下まで変位を与えている。
 - ・斜面堆積物の基底面に、小断層による変位は認められない。
 - ・斜面堆積物中に、剪断面は認められない。

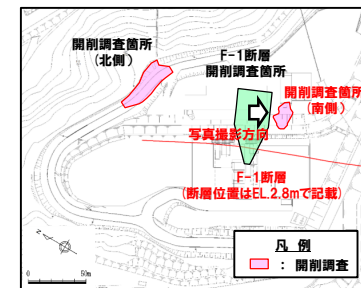
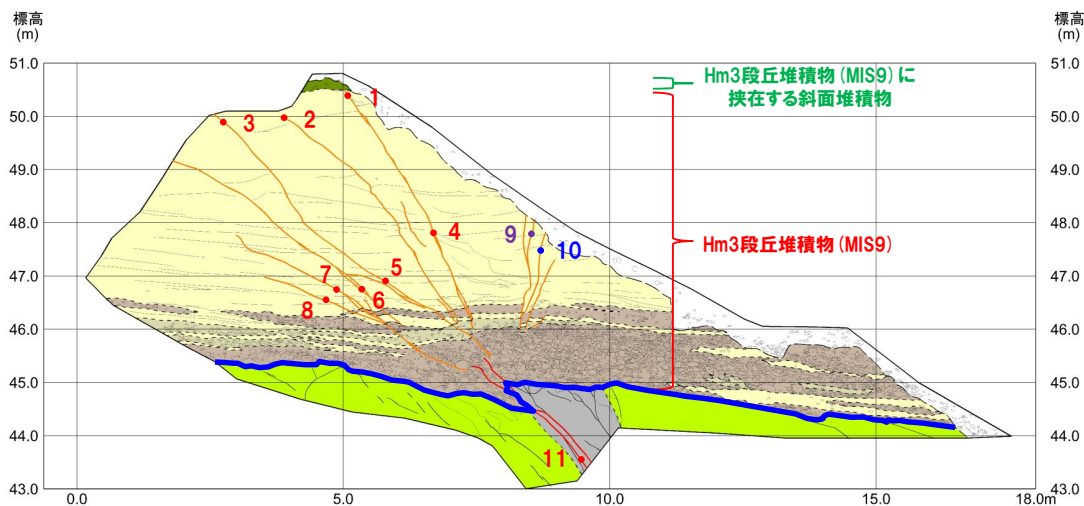
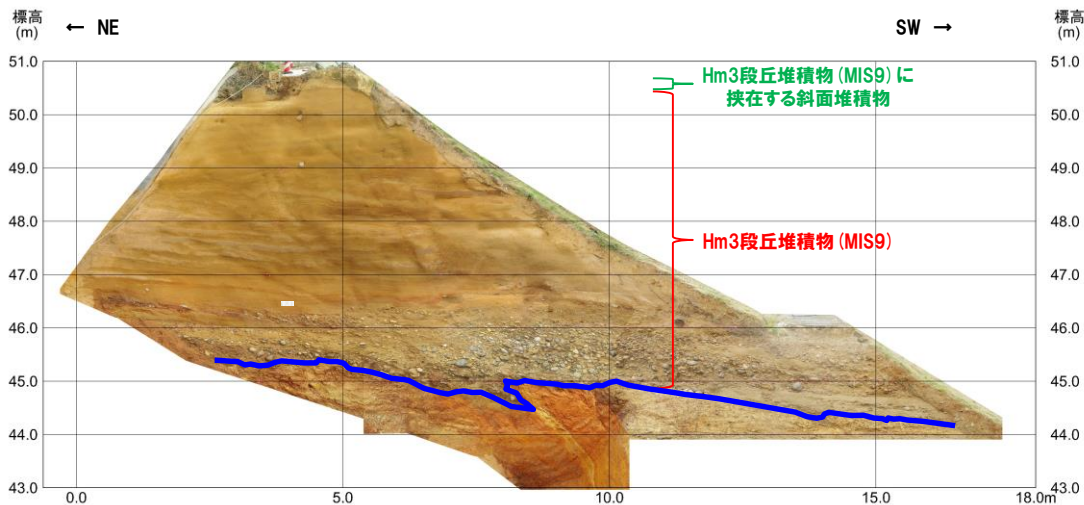
※北側壁面は、改変により一部消失しており、西上りの撓曲構造及び西上がり逆断層センスの小断層は確認できない。



- F-1断層に関連する小断層は、Hm3段丘堆積物(MIS9)に変位・変形を与えているが、本層に挟在する斜面堆積物に変位・変形を与えていないことから、F-1断層の最新活動は、Hm3段丘堆積物(MIS9)堆積中であり、それ以降の活動は認められない。

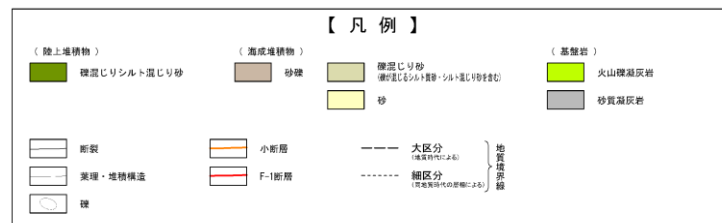
(4) F-1断層の活動性評価

③-2 (ケース3) 開削調査箇所(南側)におけるF-1断層の活動性評価 (2/2)



調査位置図

走向・傾斜	
【小断層】	
1. N20° W/50° W	西上がり逆断層
2. N22° E/32° W	
3. N14° E/40° W	
4. N32° W/73° W	
5. N42° W/24° W	
6. N40° W/46° W	
7. N46° W/36° W	
8. N50° W/26° W	
9. N2° E/80° W	東上がり逆断層
10. N2° W/86° W	東落ち正断層
【F-1断層】	
11. NS/46° W	西上がり逆断層



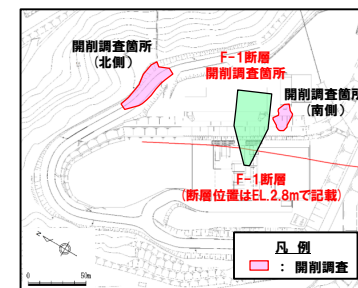
開削調査箇所(南側)南側壁面 写真及びブスケッチ

(凡例) 地層境界
 — : 基盤岩上面

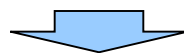
(4) F-1断層の活動性評価

③-3 (ケース3) F-1断層開削調査箇所におけるF-1断層の活動性評価(1/2)

- F-1断層開削調査箇所では、基盤岩(神恵内層)の上位にHm3段丘堆積物(MIS9)(垂円～円礫主体の礫層及び葉理の認められる砂層)、その上位にMIS9直後の河成の堆積物(砂礫層)が認められる。
- F-1断層開削調査箇所に認められるF-1断層は、走向・傾斜がN2°～20°W/43°～55°Wの西上がり逆断層であり、基盤岩を覆うHm3段丘堆積物(MIS9)下部の礫層に変位を与えている(次頁図①の範囲)。
- F-1断層は、Hm3段丘堆積物(MIS9)上部の砂層には達していない(次頁図②の範囲)。
- Hm3段丘堆積物(MIS9)上部の砂層中には約10条の小断層が認められるが、本層中で消滅し、F-1断層に連続しない(次頁図③の範囲)。
- H31.2.22審査会合においては、小断層はF-1断層と関連しないものであると説明した。
- しかし、開削調査箇所(北側・南側)に認められるF-1断層と小断層は関連するものであり、本調査箇所と同一層準に認められることを踏まえると、本調査箇所に認められるF-1断層と小断層も関連するものと判断される。



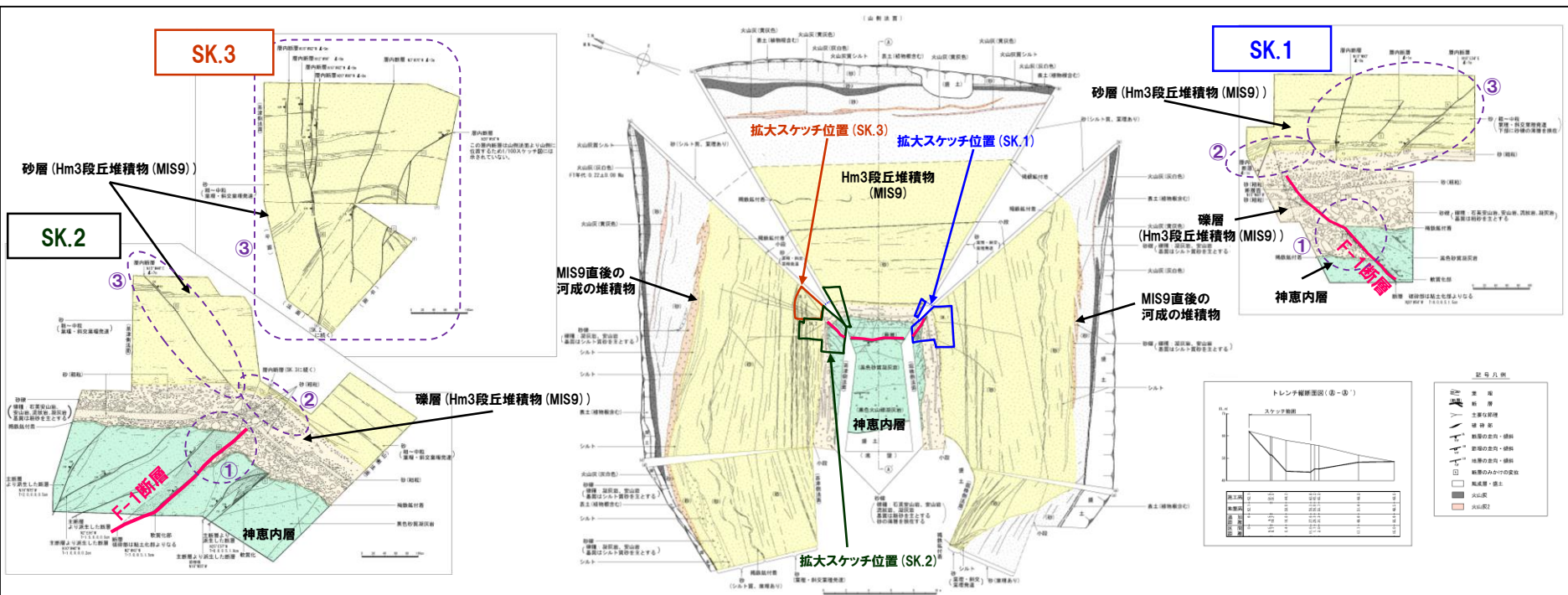
調査位置図



- F-1断層と小断層は関連するものであり、小断層の上端は、Hm3段丘堆積物(MIS9)上部の砂層中において止まっているが、侵食されているものか、消滅しているものかを現有データで判断することはできない。
- このため、本調査箇所においては、上載地層法によるF-1断層の活動性を評価することは困難である。

(4) F-1断層の活動性評価

③-3 (ケース3) F-1断層開削調査箇所におけるF-1断層の活動性評価 (2/2)



F-1断層露頭スケッチ (昭和57年夏頃作成)

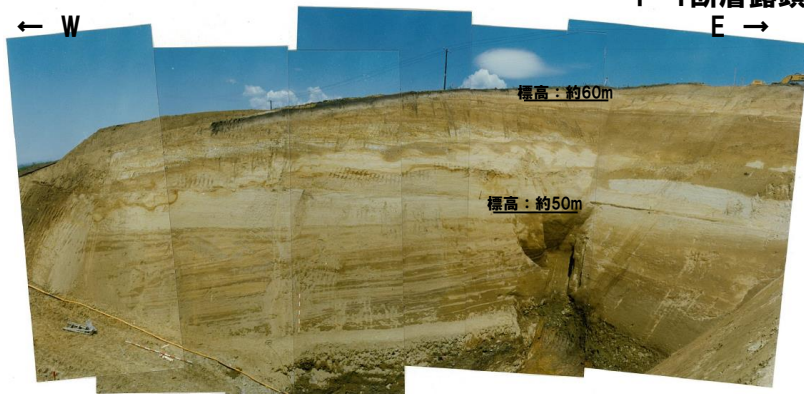


写真1 北側壁面を望む (昭和57年秋頃撮影)

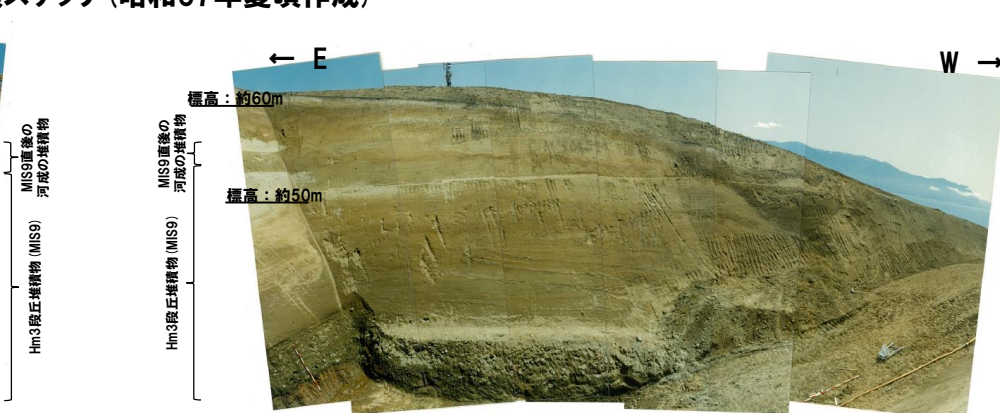


写真2 南側壁面を望む (昭和57年秋頃撮影)