

志賀原子力発電所2号炉 敷地周辺の地質・地質構造について

敷地近傍の断層の評価
(コメント回答)
追加資料

2023年6月29日
北陸電力株式会社

余白

目次

1. 敷地周辺の地質・地質構造について

1.1 陸域の地形, 地質・地質構造

- (1) 地形
- (2) 地質・地質構造

1.2 海域の地形, 地質・地質構造

- (1) 地形
- (2) 地質・地質構造

1.3 敷地近傍の地形, 地質・地質構造

- (1) 地形
- (2) 地質・地質構造

1.4 能登半島の段丘面高度分布

2. 敷地周辺の断層の評価

2.1 敷地周辺の断層の評価(概要)

- (1) 陸域
- (2) 海域

2.2 敷地近傍陸域の断層の評価

.....6

2.2.1 福浦断層

- (1) 福浦断層の評価結果
- (2) 福浦断層の文献調査
- (3) 福浦断層の地形調査
- (4) 福浦断層の活動性
- (5) 福浦断層の反射法地震探査
- (6) 福浦断層南部の分布
- (7) 福浦断層の端部
- (8) 福浦断層周辺に認められる谷地形
- (9) 福浦断層周辺の重力異常
- (10) 2号炉の耐震重要施設及び重大事故等対処施設との位置関係

2.2.2 断層o

.....7

- (1) 断層oの評価結果10
- (2) 大坪川ダム建設時の地質観察データ及び断層oの文献調査12
- (3) 断層oの地形調査15
- (4) 断層oの地質調査19
- (5) 断層oの活動性28
 - (5)-1 地形面の変位の有無による評価に用いる海成段丘面29
 - (5)-2 鉱物脈法による評価に用いる変質鉱物35
 - (5)-3 地形面の変位の有無による評価38
 - (5)-4 鉱物脈法による評価53
 - (5)-5 破碎部性状の比較からの評価
 - (5)-6 切り合い関係からの評価
- (6) 断層oの端部

目次

2.2.3 長田付近の断層

- (1) 長田付近の断層の評価結果
- (2) 長田付近の断層の文献調査
- (3) 長田付近の断層の地形調査
- (4) 長田付近の断層の地質調査
- (5) 長田付近の断層周辺の重力異常

2.2.4 和光台南の断層

- (1) 和光台南の断層の評価結果
- (2) 和光台南の断層の文献調査
- (3) 和光台南の断層の地形調査
- (4) 和光台南の断層の地質調査
- (5) 和光台南の断層周辺の重力異常

2.2.5 高ツボリ山北西方Ⅰリニアメント

- (1) 高ツボリ山北西方Ⅰリニアメントの評価結果
- (2) 高ツボリ山北西方Ⅰリニアメントの文献調査
- (3) 高ツボリ山北西方Ⅰリニアメントの地形調査
- (4) 高ツボリ山北西方Ⅰリニアメントの地質調査
- (5) 高ツボリ山北西方Ⅰリニアメント周辺の重力異常

2.2.6 高ツボリ山北西方Ⅱリニアメント

- (1) 高ツボリ山北西方Ⅱリニアメントの評価結果
- (2) 高ツボリ山北西方Ⅱリニアメントの文献調査
- (3) 高ツボリ山北西方Ⅱリニアメントの地形調査
- (4) 高ツボリ山北西方Ⅱリニアメントの地質調査
- (5) 高ツボリ山北西方Ⅱリニアメント周辺の重力異常

2.2.7 高ツボリ山東方リニアメント

- (1) 高ツボリ山東方リニアメントの評価結果
- (2) 高ツボリ山東方リニアメントの文献調査
- (3) 高ツボリ山東方リニアメントの地形調査
- (4) 高ツボリ山東方リニアメントの地質調査
- (5) 高ツボリ山東方リニアメントの反射法地震探査
- (6) 高ツボリ山東方リニアメント周辺の重力異常

2.3 敷地近傍海域の断層の評価

2.3.1 碁盤島沖断層

- (1) 碁盤島沖断層の評価結果
- (2) 碁盤島沖断層の分布及び文献調査
- (3) 碁盤島沖断層周辺の海底地形
- (4) 碁盤島沖断層の活動性
- (5) 碁盤島沖断層の端部
- (6) 碁盤島沖断層周辺の重力異常

2.3.2 兜岩沖断層

- (1) 兜岩沖断層の評価結果
- (2) 兜岩沖断層の分布及び文献調査
- (3) 兜岩沖断層周辺の海底地形
- (4) 兜岩沖断層の活動性
- (5) 兜岩沖断層の端部
- (6) 兜岩沖断層周辺の重力異常

2.4 敷地周辺陸域の断層の評価

2.4.1 富来川南岸断層

2.4.1.1 富来川南岸断層

- (1) 富来川南岸断層の評価結果
- (2) 富来川南岸断層の文献調査
- (3) 富来川南岸断層の地形調査
- (4) 富来川南岸断層の活動性
- (5) 富来川南岸断層の反射法地震探査
- (6) 富来川南岸断層の端部

2.4.1.2 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の地質構造

- (1) 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の地質構造の評価結果
 - (2) 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の海域の地質構造調査
- (参考) 富来川南岸断層～兜岩沖断層間の地形面の地質調査

目次

【巻末資料】

- 巻末資料1 海域の地質層序について
- 巻末資料2 能登半島西岸域における完新世の海水準変動
- 巻末資料3 能登半島の段丘面高度分布と地質構造等との関係
- 巻末資料4 能登半島西岸の段丘面高度分布に関する検討

参考文献

……参-1

2.2 敷地近傍陸域の断層の評価

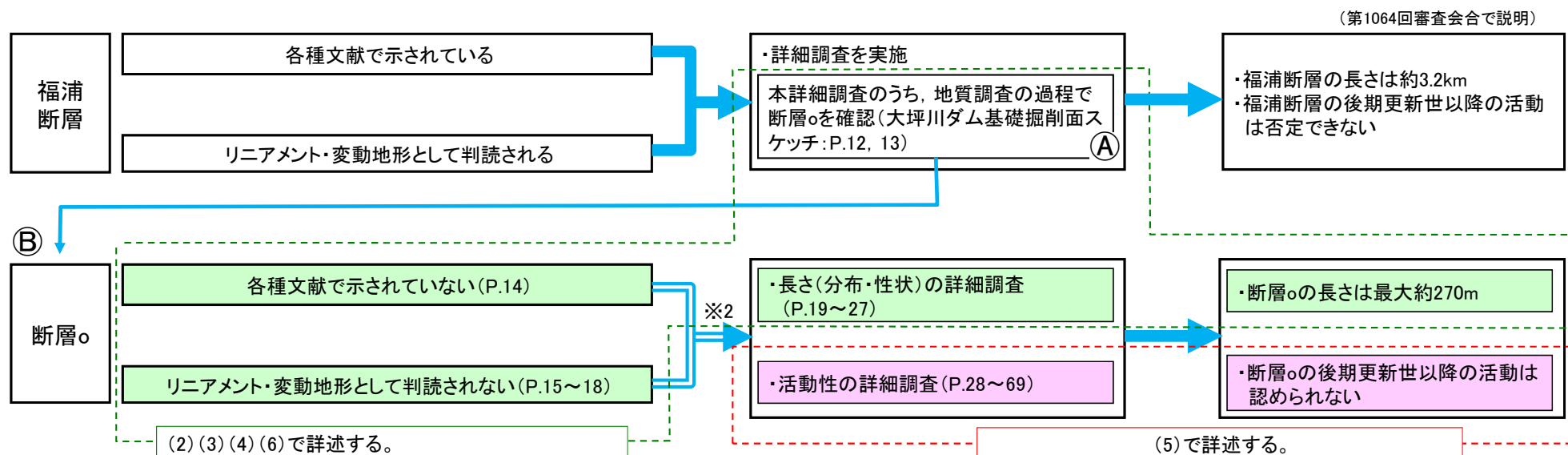
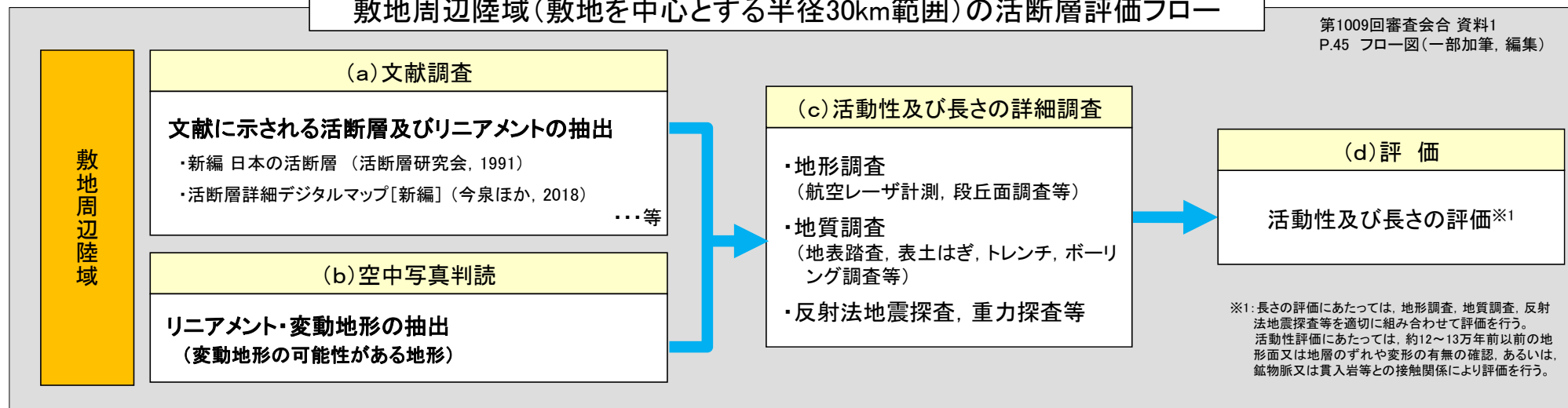
2.2.2 断層。

2.2.2 敷地周辺の活断層評価フローにおける断層oの評価について (第1105回審査会合における説明内容)

- 敷地周辺の活断層評価は、下図に示すとおり、(a)文献調査 (b)空中写真判読 (c)活動性及び長さの詳細調査 (d)評価 の流れで実施することとしている(第1009回審査会合 資料1 P.45で説明)。
- 断層oは、福浦断層の(c)の地質調査の過程で、福浦断層南部の断層分布を確認するにあたって、大坪川ダム建設時の地質観察データを確認した結果、確認された断層である。(下図A)
- ここで確認された断層oについて、改めて(a)文献調査及び(b)空中写真判読を実施した結果、(a)(b)では抽出されない。しかし、敷地近傍にあることを考慮して、(c)活動性及び長さの詳細調査、(d)評価を実施した。(下図B)

敷地周辺陸域(敷地を中心とする半径30km範囲)の活断層評価フロー

第1009回審査会合 資料1
P.45 フロー図(一部加筆, 編集)



※2:断層oは、(a)文献調査及び(b)空中写真判読のいずれにおいても抽出されないものの、敷地近傍にあることを考慮して、(c)活動性及び長さの詳細調査、(d)評価を実施。

2.2.2 断層oの活動性評価方針(第1105回審査会合における説明内容)

- 第2回現地調査以前は、「①地形面の変位の有無による評価」と「②鉱物脈法による評価」の2つを主たる根拠として評価していたが、第2回現地調査で説明した②の鉱物脈データについては、断層の最新面と鉱物脈との関係が明瞭でないことから、断層oの活動性評価の方針について再検討を行った。
- 活動性評価方針の再検討にあたり、これまでの地形調査、地質調査、薄片観察等により取得したデータについて、活動性評価をする上で十分な内容か考察するとともに、拡充すべきデータについて検討し、断層oの活動性評価方針を以下のとおりまとめた。

断層oの活動性評価方針

〔活動性評価に関する各評価項目の内容とデータ拡充の内容〕(データ拡充は赤文字で示す)

主たる根拠に用いる評価手法

①地形面の変位の有無による評価

〈評価手法の考察〉

・断層oの直上には約12~13万年前以前の地形面または地層は残存していないが、断層oの周辺には、海成段丘面が広く分布している。よって、同段丘面の編年を確認した上で、断層oの運動方向が縦ずれ主体の逆断層センスであることを踏まえ、断層oを挟んで分布する同一海成段丘面の高度分布を用いて、活動性評価を行うことができる。

・なお、今回、同評価の現実性を向上させるために、データ拡充を行う。

〈評価の概要〉

段丘面の分布、年代の確認

・断層oの周辺には海成段丘面の高位段丘Ib面が分布する

(根拠)
・段丘面調査※1
・年代評価(MISとの対比)

※1:断層oを挟んで分布する高位段丘Ib面において火山灰や赤色土壌等の有無を確認することにより、高位段丘Ib面と判読した確度を高める。

段丘面の变位の有無からみた断層oの活動性の確認

・断層oを挟んで分布する高位段丘Ib面、地形面下の岩盤上面※2に高度差は認められない。

(根拠)
・地形面調査
・岩盤上面調査※2

※2:地形面の標高に加え、岩盤上面の標高データを取得し、断層oを挟んで同じ時期に形成された波食台の高度差の有無を確認する。

断層oの最新活動は、高位段丘Ib面の形成以前である。

②鉱物脈法による評価

〈評価手法の考察〉

・断層oの最新ゾーンにI/S混合層が認められたことから、断層oの最新面とI/S混合層との切り合い関係を確認することにより、I/S混合層生成以降の断層oの活動の有無を評価することができる。

・ただし、断層o周辺の岩盤は強く変質作用を受けているため、薄片試料の作成過程で2次的な割れ目が生じやすい(観察上の困難さがある)。

〈評価の概要〉

OS-7孔の薄片の確認

・最新面と粘土鉱物(I/S混合層)との切り合い関係は不明瞭である。

(根拠)
・各種分析
・薄片観察

当該データを活動性評価の根拠として用いることはできない。

今後、追加ボーリングから作成した薄片を観察することにより、断層の最新面と鉱物脈との関係が明瞭なデータの取得を試みる。

主たる根拠を補足するための評価手法

③破砕部性状の比較からの評価

〈評価手法の考察〉

・断層oは、敷地近傍の別所岳安山岩類中に分布する断層であり、同層中の活断層である福浦断層と非活断層である敷地内断層が近接して分布する。これまでの調査によって、敷地内断層及び福浦断層の薄片観察データを多数取得しており、それぞれの破砕部性状の特徴が明確になっている。したがって、断層oの薄片観察により、断層oが活断層・非活断層のいずれに類似するか確認することができる。

〈評価の概要〉

福浦断層及び敷地内断層との比較

・断層oや敷地内断層において、福浦断層のような層状構造は観察されず、複合面構造は、福浦断層と比べて不明瞭である。

・福浦断層では断層ガウジ中に複合面構造が広く認められるのに対し、断層oではY面付近を除いてほとんどP面やR1面が認められない。

(根拠)
・ボーリング調査※3
・薄片観察※3

※3:実施済の追加ボーリングにおいてコア観察、薄片観察を実施し、断層oの破砕部性状(層状構造や明瞭な複合面構造の有無等)を確認する。

断層oの破砕部性状は、活断層である福浦断層とは異なり、非活断層である敷地内断層と類似する。

④切り合い関係からの評価

〈評価手法の考察〉

・断層oは福浦断層に近接して分布していることから、福浦断層との関係について検討を行うことで、福浦断層との相対的な新旧関係の情報を得ることができる。

〈評価の概要〉

福浦断層との新旧関係の確認

・断層oは福浦断層(西側)を越えて下盤側には連続しない。

・断層oと福浦断層は分岐や共役の関係ではない。

(根拠)
・ボーリング調査
・薄片観察(運動方向)
・条線観察
・文献調査

断層oは、福浦断層に切られていると考えられることから、活断層である福浦断層よりも断層oの活動が古いと判断した。

〔断層oの活動性評価方針〕

- ・「①地形面の变位の有無による評価」の評価結果を根拠として、断層oに後期更新世以降の活動がないと評価し、さらに、「③破砕部性状の比較からの評価」と「④切り合い関係からの評価」の評価結果が、①の評価結果と整合することを確認する。
- ・なお、「②鉱物脈法による評価」については、今後、説明性の高いデータが得られた場合には、活動性評価の根拠として用いることとする。

2.2.2 (1) 断層oの評価結果

【大坪川ダム建設時の地質観察データ】(P.12, 13)

○ 大坪川ダム基礎掘削面において安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に、走向・傾斜がN45~60° E/69~77° SEのシーム(断層o)が連続して認められる。

【文献調査】(P.14)

○ 断層oに対応する位置に、活断層、推定活断層、活撓曲、リニアメント、地質断層等を示した文献はない。

【空中写真判読】(P.15~18)

○ 断層oに対応する位置に直線的な崖地形が認められるが、崖地形の延長方向に崖地形・鞍部等は連続せず、崖地形及びその延長線上を挟んだ両側の地形面に一様な高度差は認められないことから、リニアメント・変動地形は判読されない。

【地質調査】

○ 大坪川ダム左岸におけるボーリング調査(OS-5.5' 孔, OS-5.5' 孔, OS-5孔, OS-6孔, OS-6.5孔, OS-7孔, OS-8孔)の結果、主に安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に、NE-SW走向、南東傾斜、破碎部幅9.9~51cmの断層oが認められる(P.19~24)。

○ 大坪川ダムの建設時の地質観察データ及び大坪川ダム左岸におけるボーリング調査の結果、断層oの下盤側の安山岩は強く変質を受けており、軟質化していることから、断層oに沿って認められる直線的な崖地形は、変質部の境界である断層oを境に下盤側が差別侵食を受けたことにより形成されたものと考えられる(P.25~27)。

【連続性評価】

○ 断層oの連続性に関する調査の結果、北端は福浦断層(西側)との交点、南端はOS-5.5孔の位置となり、断層oの長さは最大でも約270mである。

○ さらに、断層oの北方延長で実施した反射法地震探査(福浦測線, A測線)、南方延長で実施した表土はぎ調査(ルートマップJ, 谷地形・鞍部)及び反射法地震探査(F測線)においても、断層oは認められない。

【活動性評価】

①地形面の変位の有無による評価

段丘面内縁標高、旧汀線高度に基づく検討(P.38~42) 地形面・岩盤上面高度の比較(P.43~52)

・断層o及びその延長位置を挟んで分布する中位段丘I面、高位段丘Ia面、Ib面の段丘面内縁標高、旧汀線高度に、断層oの上盤側(南東側)が一樣に高い傾向は認められない。

・地形面や岩盤上面の高度を比較した結果、断層o及びその延長位置を挟んで分布する段丘面において、地形面や岩盤上面に断層oの上盤側(南東側)が一樣に高くなるような系統的な高度差は認められないことから、断層oによる隆起は認められない。

・断層oにおいて、震源として考慮する活断層と評価した福浦断層で見られるような地形面や岩盤上面の高度差は認められない。

⇒断層oに後期更新世以降の活動は認められない。…①

②鉱物脈法による評価

OS-5.5' 孔 薄片①(P.62~65)

・粘土鉱物(I/S混合層)が最新面を横断して分布し、最新面が不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。

⇒断層oの最新活動はI/S混合層の生成以前であり、断層oに後期更新世以降の活動は認められない。…②

OS-7孔 薄片③, 薄片④

OS-7孔 薄片②(補足資料2.2-2(5))

・粘土鉱物(I/S混合層)が最新面付近に分布し、最新面が不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。…①

・ただし、最新面と粘土鉱物(I/S混合層)との切り合い関係は不明確である。

※1: 評価結果②と整合する。

③破碎部性状の比較からの評価

福浦断層及び敷地内断層との比較

・断層oにおいて福浦断層のような層状構造は観察されない。
・断層oで認められる複合面構造は、福浦断層と比べて不明瞭である。
・福浦断層では断層ガウジ中に複合面構造が広く認められるのに対し、断層oのOS-6.5孔, OS-7孔では最新面付近を除いてほとんどP面やR1面が認められない。
⇒断層oは、震源として考慮する活断層である福浦断層とは異なり、敷地内断層と類似した破碎部性状を有する。…③

※2: 評価結果①②と整合する。

④切り合い関係からの評価

福浦断層との新旧関係の確認

・ボーリング調査(OS-9孔)の結果、断層oは福浦断層(西側)を越えて下盤側には連続しない。
・断層oと福浦断層の分布や運動方向等について検討を行った結果、両断層は分岐や共役の関係ではない。
⇒断層oは、福浦断層に切られている可能性がある。…④

※3: 評価結果①②と整合する。

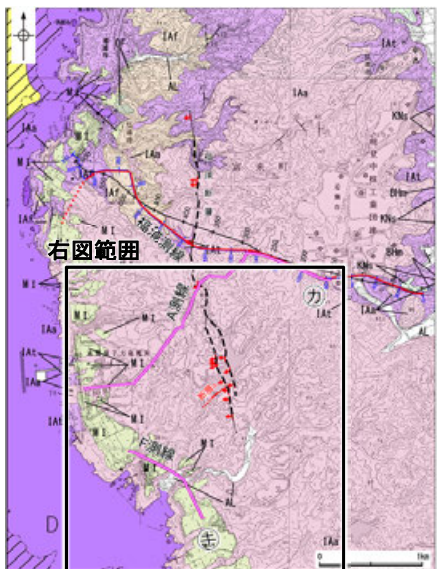
黄色背景: 断層の後期更新世以降の活動を否定するにあたり、地形面や鉱物脈の年代及び断層による変位・変形がないことが明確に確認できるデータ(主たる根拠)

赤色背景: 鉱物脈法による評価において、断層oの中で最新面と鉱物脈との切り合い関係が最も明確であると評価したデータ

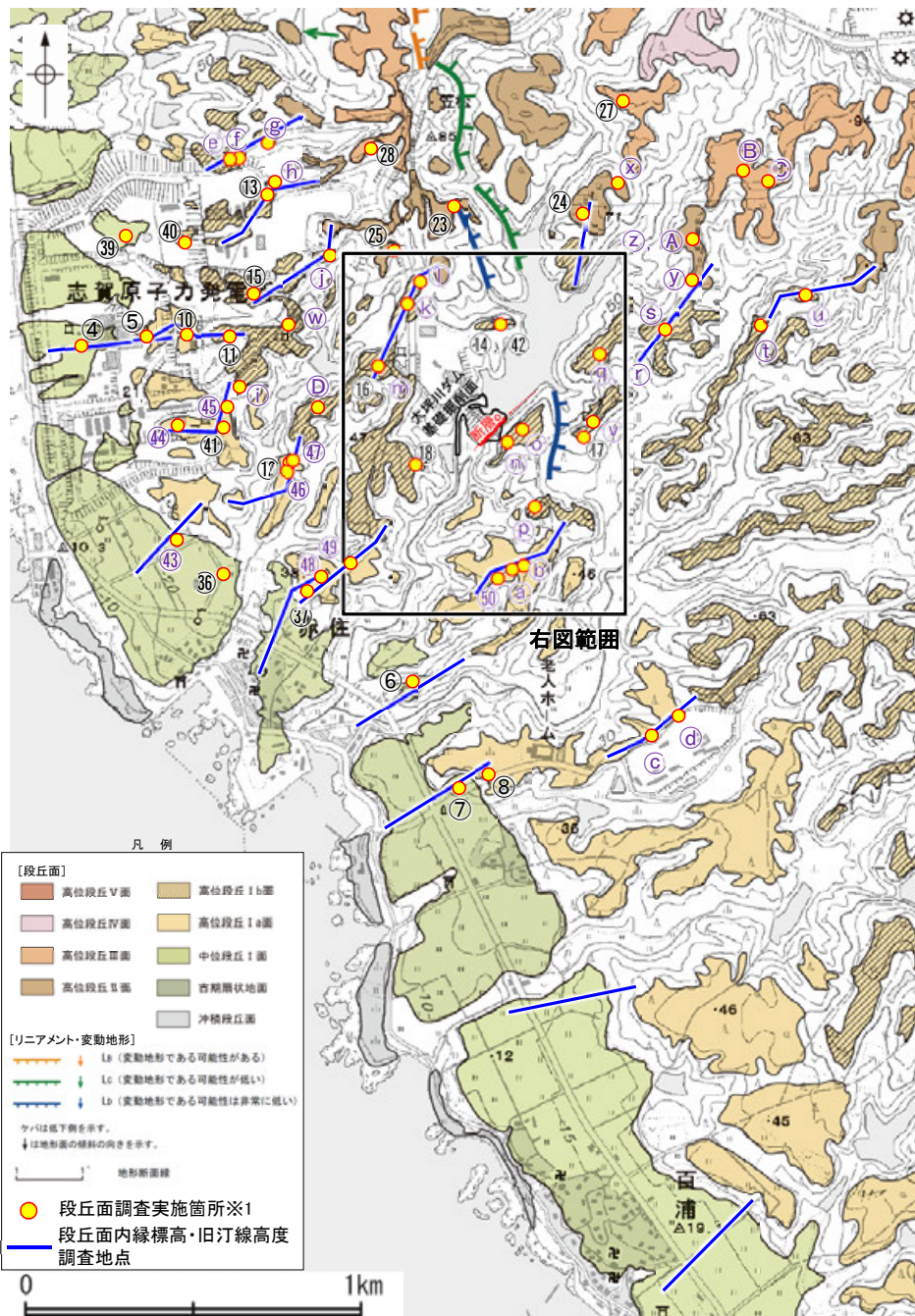
断層oの評価

地形面の変位の有無による評価及び鉱物脈法による評価の結果、断層oに後期更新世以降の活動は認められない。なお、その他の調査データについても上記評価と整合する。

【調査位置図】

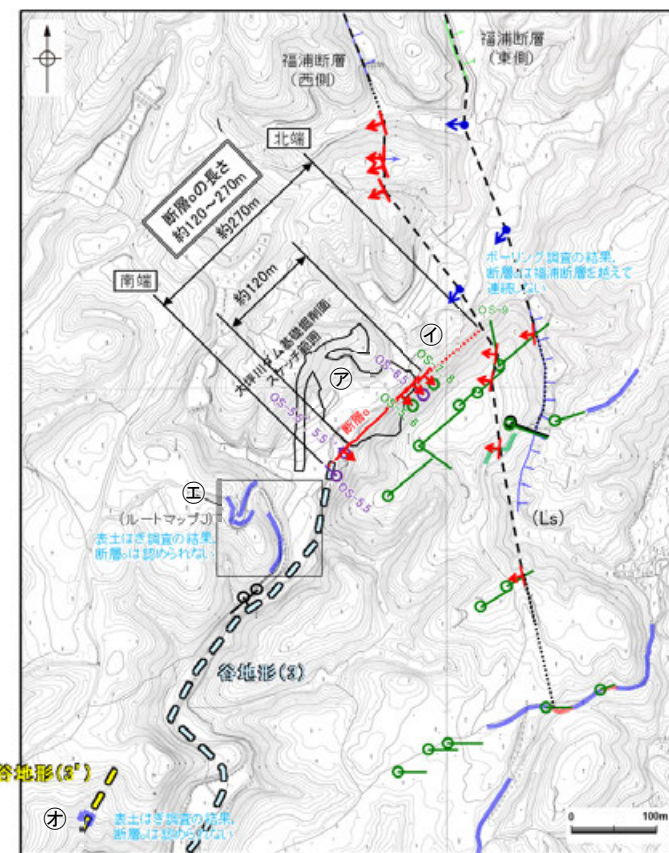


位置図



- 凡例
- [段丘面]
 - 高台段丘Ⅴ面
 - 高台段丘Ⅳ面
 - 高台段丘Ⅲ面
 - 高台段丘Ⅱ面
 - 高台段丘Ⅰb面
 - 高台段丘Ⅰa面
 - 中位段丘Ⅰ面
 - 奇形階段地面
 - 沖積段丘面
 - [リニアメント・変動地形]
 - Lb (変動地形である可能性がある)
 - Lc (変動地形である可能性が低い)
 - Ld (変動地形である可能性は非常に低い)
 - ケハは地下断面を示す。
↓は地形面の傾斜の向きを示す。
 - 地形断面線
 - 段丘面調査実施箇所※1
 - 段丘面内縁標高・旧汀線高度調査地点

段丘面分布図 (右表④の調査位置図)



大坪川ダム付近 調査位置図(旧地形)

断層に関する調査一覧表

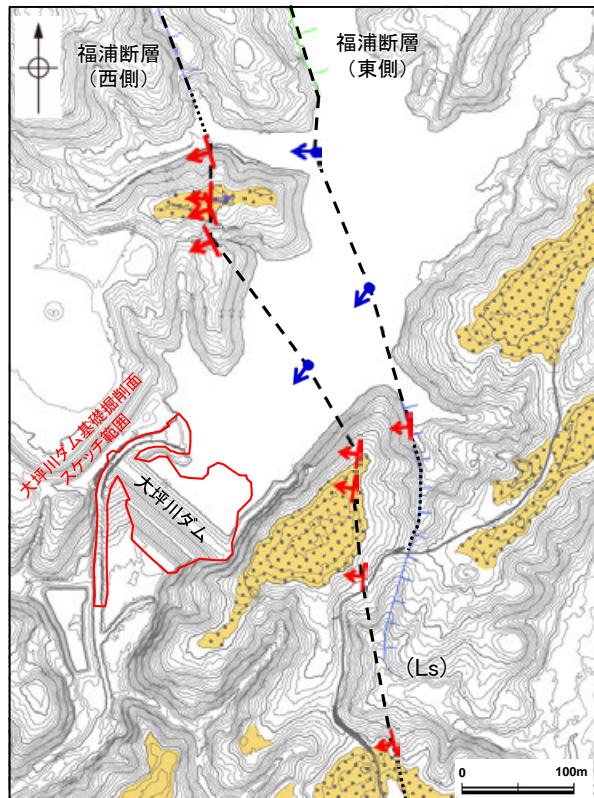
内容	位置	目的	参照頁
⑦ 露頭調査	大坪川ダム基礎掘削面	断層の分布を確認	P.12, 13
① ポーリング調査	大坪川ダム左岸 ・OS-5~OS-9孔, OS-5.5孔, OS-6.5孔	断層の性状、連続性を確認 断層の活動性評価	P.19~24
② 段丘面調査	大坪川ダム付近	断層の活動性評価	P.29~34
⑤ 表土はぎ調査	断層○南方延長(ルートマップJ)	断層の連続性を確認	—
④ 表土はぎ調査	断層○南方延長(谷地形3')	断層の連続性を確認	—
③ 反射法地震探査	断層○北方延長(福浦断層中央付近) ・福浦測線	断層の連続性を確認	—
⑥ 反射法地震探査	断層○南方延長(福浦断層南端付近) ・F測線	断層の連続性を確認	—

※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

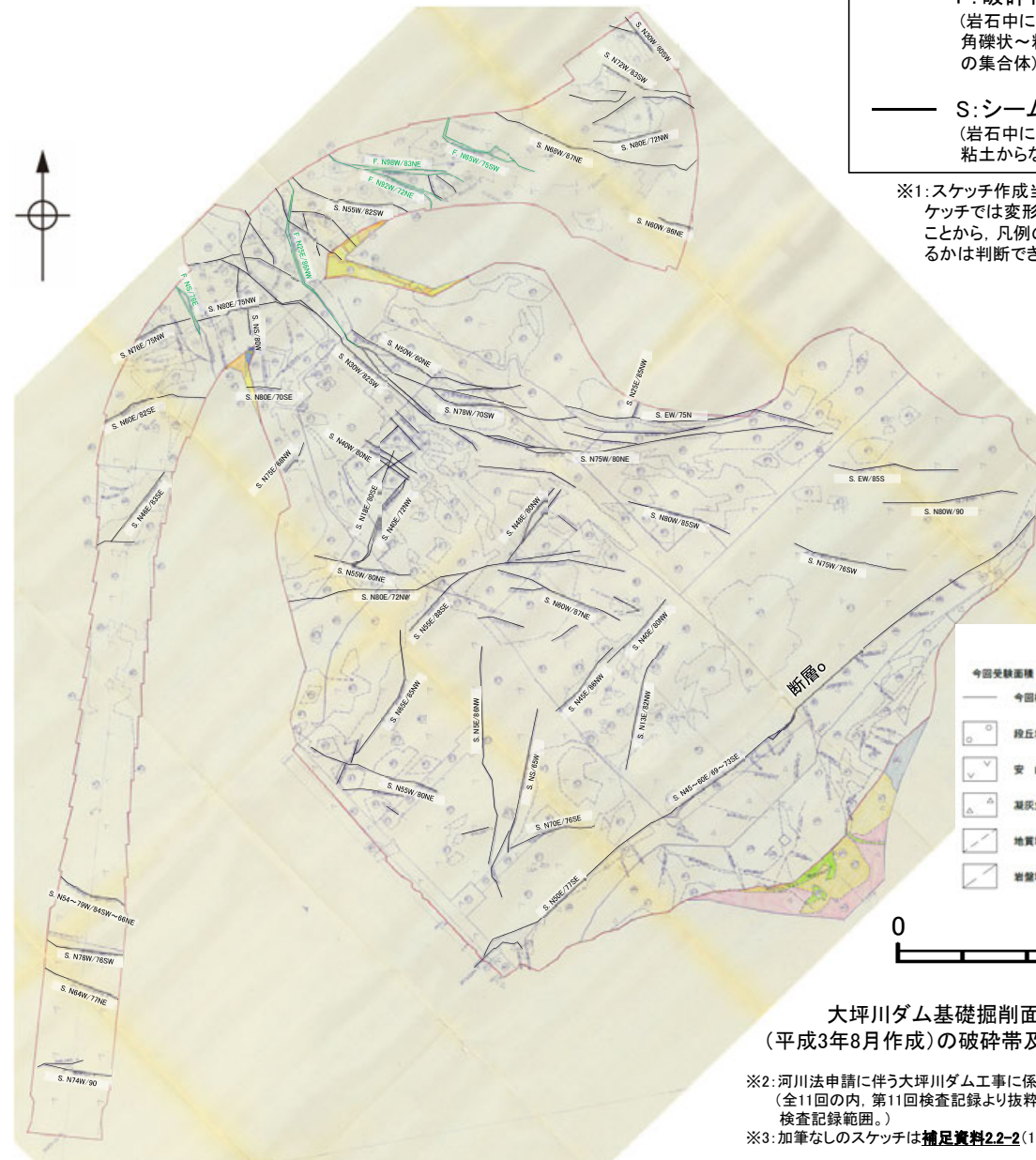
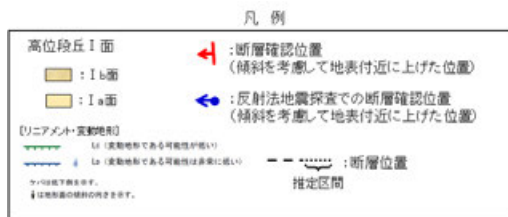
2.2.2 (2) 大坪川ダム建設時の地質観察データ

- 福浦断層南部の断層分布を確認するにあたって、大坪川ダムの建設時の地質観察データを確認した結果、破碎帯及びシームが示されている。
- これらの破碎帯及びシームは、概ね連続性に乏しく、福浦断層と走向・傾斜が調和的で連続性のあるものは認められない。
- なお、基礎掘削面南東部の安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界にNE-SW走向のシーム(断層o)が連続して示されているものの、南東傾斜であり、福浦断層の西傾斜とは整合しない。

【大坪川ダム基礎掘削面 地質観察スケッチ】



大坪川ダム基礎掘削面 位置図



- F: 破碎帯※1
(岩石中において帯状の分布を示す角礫状～粘土状や不規則な割れ目の集合体)
- S: シーム※1
(岩石中において岩片混じり粘土や粘土からなる薄い軟弱層)

※1: スケッチ作成当時の定義に基づく。このスケッチでは変形構造の有無が確認できないことから、凡例の破碎帯とシームが断層であるかは判断できない。

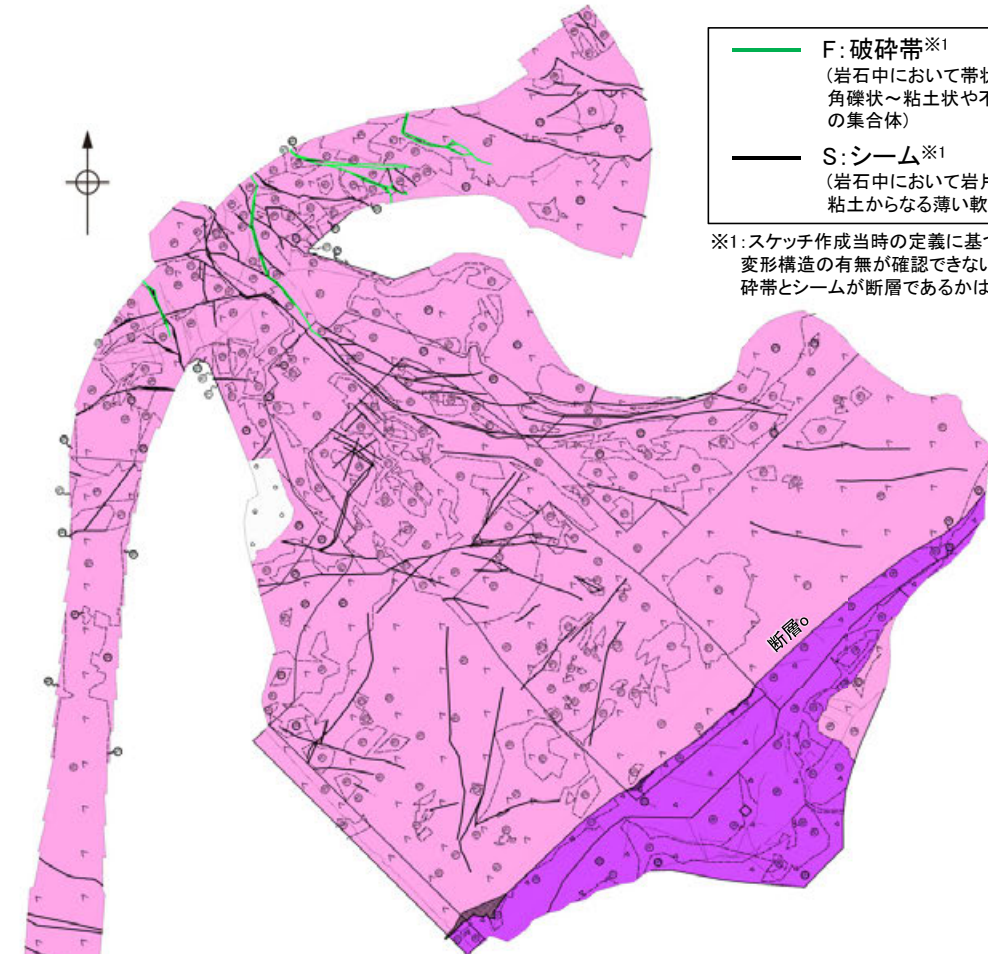


大坪川ダム基礎掘削面スケッチ※2, 3
(平成3年8月作成)の破碎帯及びシームをトレース

※2: 河川法申請に伴う大坪川ダム工事に係る地盤検査記録(全11回の内、第11回検査記録より抜粋。着色部は、第11回検査記録範囲。)
 ※3: 加筆なしのスケッチは補足資料2.2-2(1)

断層○

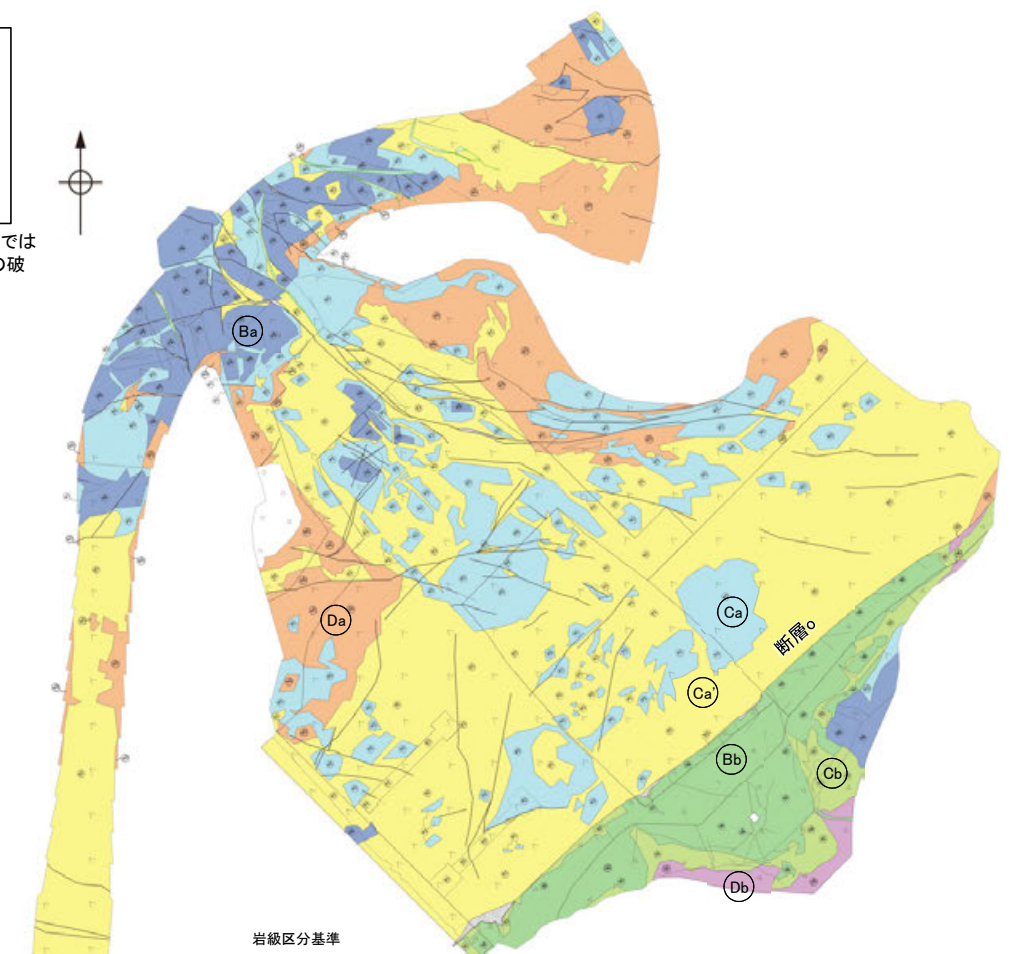
【大坪川ダム基礎掘削面 地質分布図, 岩級区分図】



F: 破碎帯※1
(岩石中において帯状の分布を示す角礫状～粘土状や不規則な割れ目の集合体)

S: シーム※1
(岩石中において岩片混じり粘土や粘土からなる薄い軟弱層)

※1: スケッチ作成当時の定義に基づく。このスケッチでは変形構造の有無が確認できないことから、凡例の破碎帯とシームが断層であるかは判断できない。



岩級区分基準

安山岩		凝灰角礫岩	
岩級	特徴	岩級	特徴
Ba	節理間隔は5～10cm程度で、ハンマーで強打すると節理に沿って割れるか、斜利な割れ口ができて割れる。ハンマーの軽打で高音を発する。	Bb	節理はほとんどなく、ヘアークラック程度のひび割れもほとんどない。ハンマーで強打すると斜利な割れ口ができて割れる。ハンマーの軽打で中高音を発する。
Ca	節理間隔は5cm程度で、ハンマーで打撃すると節理に沿って容易に砕け、岩片状になる。ハンマーの軽打で低音を発する。	Cb	ヘアークラック程度の節理あるいはひび割れが5cm程度以下の間隔であり、ハンマーの打撃で容易に砕ける。ハンマーの軽打で低音を発する。
Ca'	節理間隔は5cm程度で、ハンマーで打撃すると節理に沿って容易に砕け、岩片状になる。ハンマーの軽打で低音を発する。熱水変質している。	Db	ハンマービックが突き刺さり容易に崩すことができる。
Da	ハンマービックが突き刺さり容易に崩すことができる。		

- 凡例
- 段丘堆積物
 - 安山岩
 - 凝灰角礫岩
 - 地質境界線
 - 岩盤境界線
 - 節理
 - 凝灰部

0 50m

大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(平成3年8月作成)を基に作成した
地質分布図

0 50m

大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(平成3年8月作成)を基に作成した
岩級区分図

・断層○の下盤側(北西側)には、Ca'(ハンマーで打撃すると容易に砕け、熱水変質している)の岩級区分を示す安山岩が広く分布している。

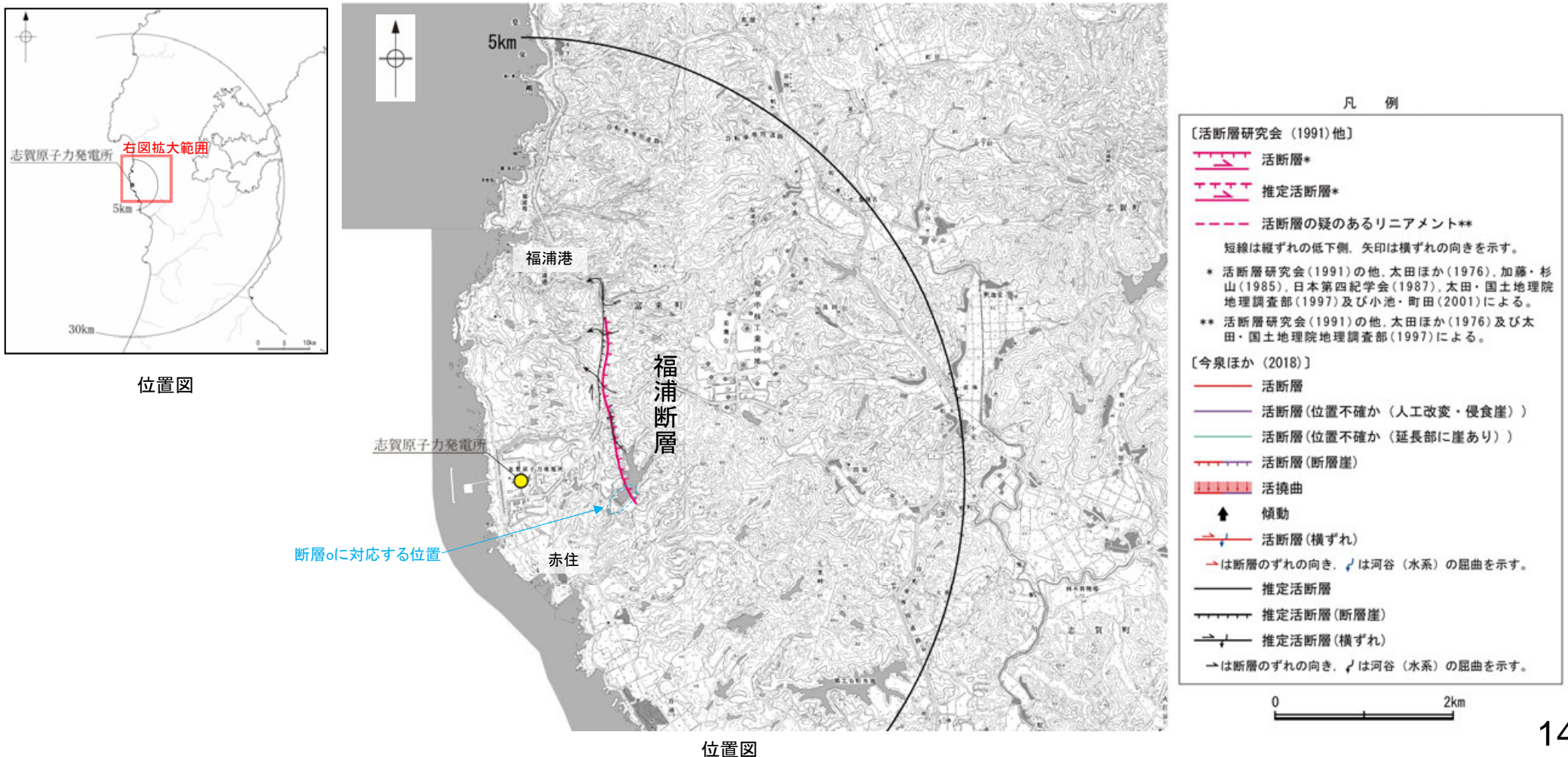
2.2.2 (2) 断層oの文献調査

【福浦断層】

- 太田ほか(1976)は、敷地から約1km東方に活断層を図示し、これを福浦断層と命名して、長さ2.5km、西側の海成段丘H₂面(>22万年前)が21m隆起、逆断層、平均変位速度Cクラス(1~10cm/1000年)、タイプⅢ(段丘面の局地的変位を引きおこした小規模な活断層)と記載している。
- 「新編 日本の活断層」(活断層研究会, 1991)は、太田ほか(1976)とほぼ同じ位置に福浦断層(確実度 I, 東側低下)を図示し、N-S走向、長さ2.5km、活動度C、西側の海成段丘H₂面が20m隆起と記載している。
- 「活断層詳細デジタルマップ[新編]」(今泉ほか, 2018)は、東側低下の断層崖及び右横ずれの水系の屈曲を伴う推定活断層を図示している。なお、断層の諸元に関する記載はない。
- その他、木村・恒石(1978)は、福浦断層の存在を想定し、東下りの正断層あるいは東下りの鉛直に近い逆断層であろうと記載している。加藤・杉山(1985)は、主として第四紀後期に活動した、東側落下で平均変位速度が1m/10³年未満の活断層を図示している。また、日本第四紀学会(1987)は、第四紀後期に活動した推定活断層を図示し、東側落下としている。太田・国土地理院地理調査部(1997)は、活断層を図示している。小池・町田(2001)は、東側落下の活断層を図示し、断層のタイプは逆断層で、海成段丘面H₂面(40.8万年)が21m上下変動し、平均上下変動速度が0.5m/万年と記載している。
- 「活断層データベース」(産業技術総合研究所地質調査総合センター)は、福浦断層を起震断層・活動セグメントとして示していない。

【断層o】

○上記の文献の他、地質図幅を含めた文献を確認した結果、断層oに対応する位置に、活断層、推定活断層、活撓曲、リニアメント、地質断層等を示した文献はない(補足資料1.1-1)。



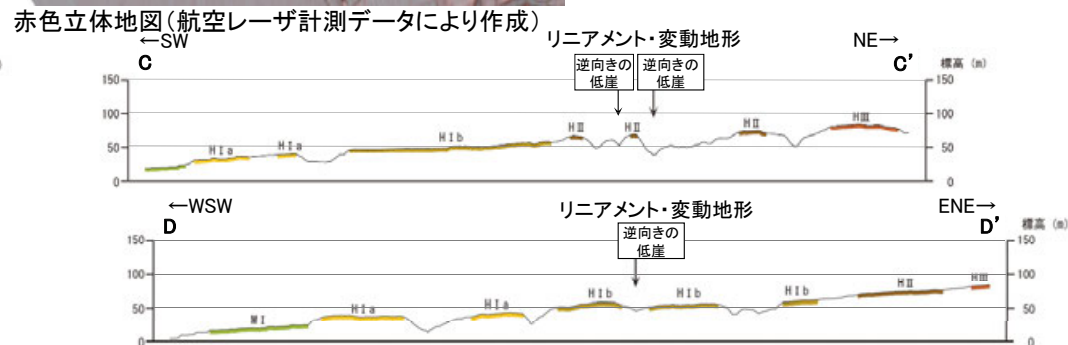
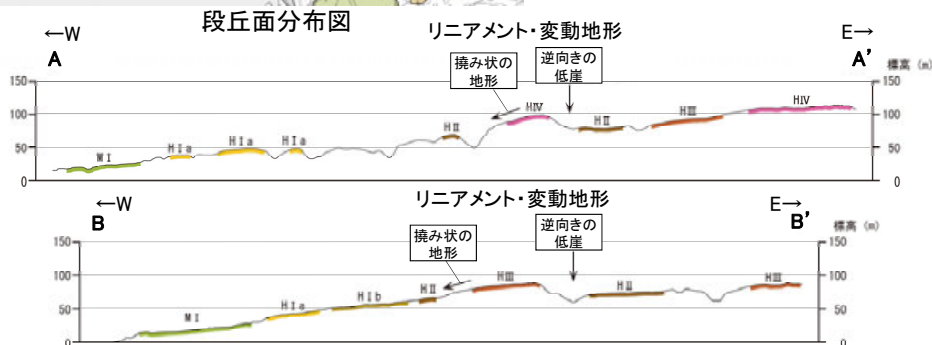
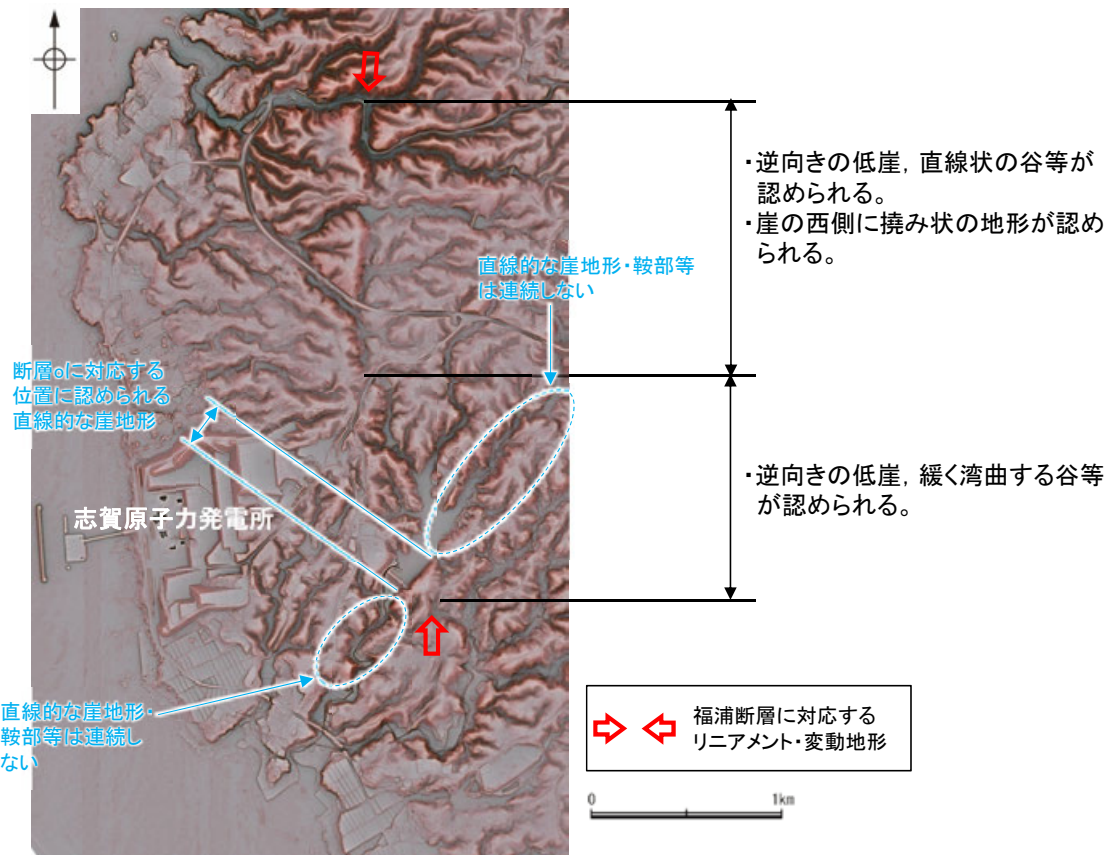
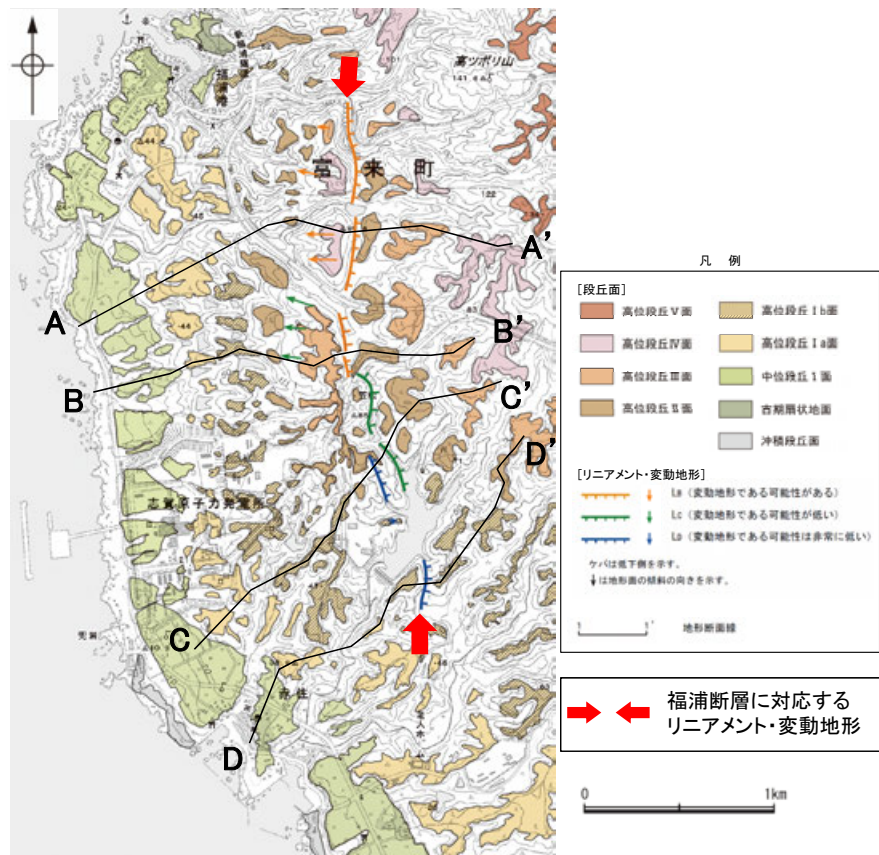
2.2.2 (3) 断層oの地形調査 —空中写真判読—

【福浦断層】

○活断層研究会(1991)に図示された福浦断層及び今泉ほか(2018)で図示された推定活断層とほぼ同じ位置の約2.7km区間に、逆向きの低崖、直線状の谷及び撓み状の地形からなるBランク、逆向きの低崖、緩く湾曲する谷等からなるCランク及びDランクのリニアメント・変動地形を判読した。

【断層o】

○断層oに対応する位置に直線的な崖地形が認められるが、崖地形の延長方向に崖地形・鞍部等は連続せず、崖地形及びその延長線上を挟んだ両側の地形面に一様な高度差は認められない(P.16~18)ことから、リニアメント・変動地形は判読されない。

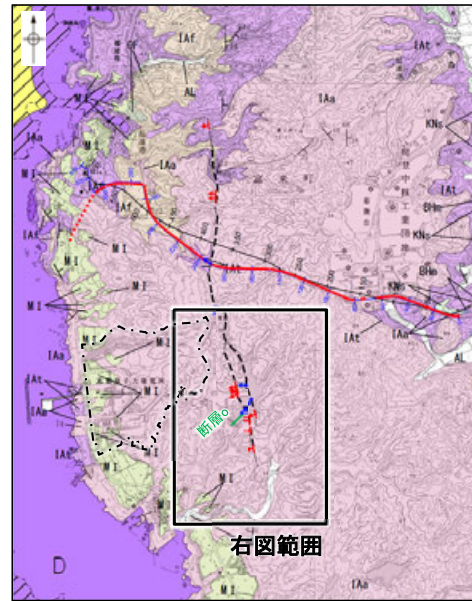


地形断面図(H:V=1:2) (航空レーザ計測データにより作成)

2.2.2 (3) 断層oの地形調査

【福浦断層南部の地形図】

- 大坪川ダム建設前の地形図(下図)及び赤色立体地図(次頁)を確認した結果,断層oに沿って,北東-南西方向に直線的な崖地形が認められる。
- この崖地形は,約200m区間で認められるが,福浦断層のリニアメント・変動地形付近で途絶えている。
- 断層oの南方延長には,谷地形(3)(2.2.1(8))が分布するが,谷地形・鞍部の位置で表土はぎ調査を実施した結果,断層は認められない。

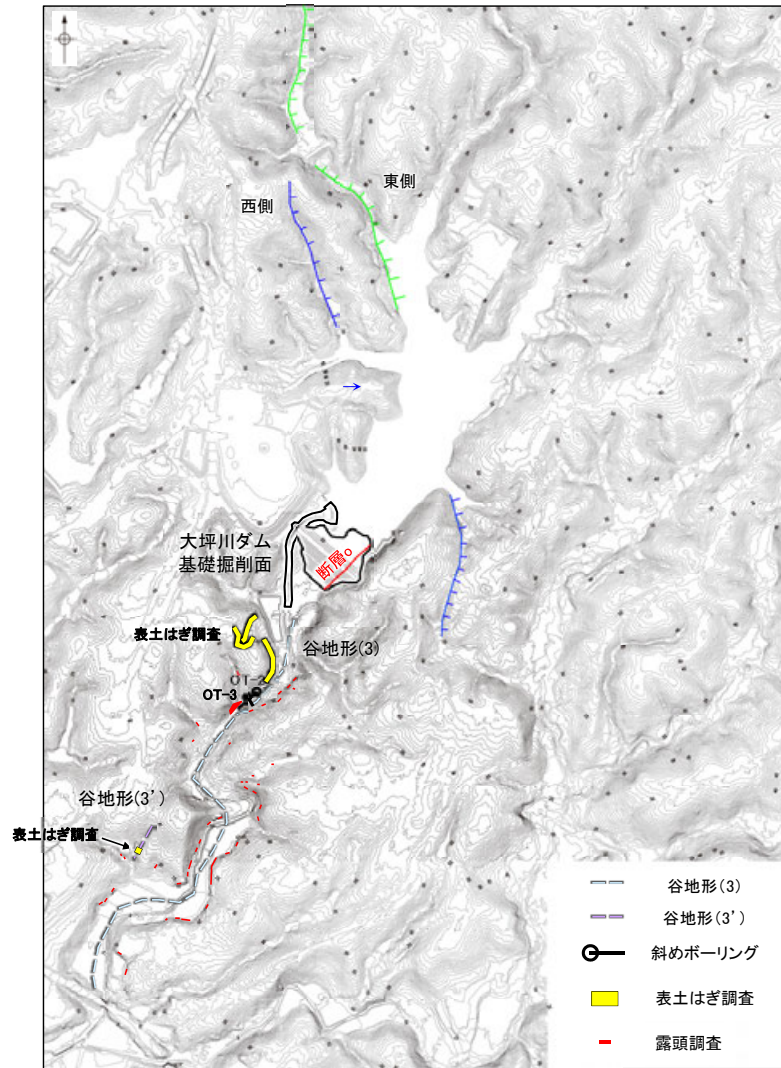


位置図

地質	地層・岩石名
第四紀	AL 沖積層
第三紀	QF 古期扇状地堆積層
	M1 中位段丘1面堆積層
新第三紀	IAb 別所谷安山岩類 安山岩
	IAT 別所谷安山岩類 安山岩質火砕岩 (湖沢角礫岩)
	IAT 別所谷安山岩類 安山岩質
	IAT 別所谷安山岩類 デイライト質火砕岩 (湖沢岩)

- 断層確認位置
- 反射法地震探査での断層確認位置
- 敷地
- 断層位置
- 相対区間

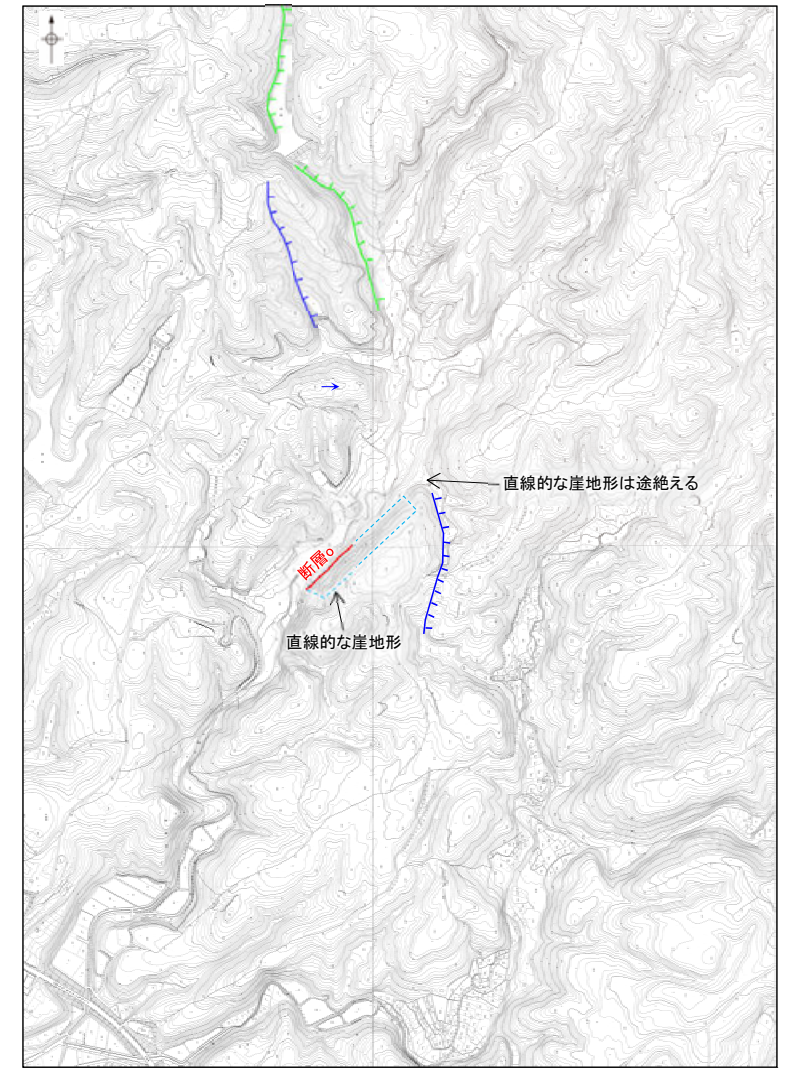
- (リニアメント・変動地形)
- Ls (変動地形である可能性がある)
- Lc (変動地形である可能性が低い)
- Ld (変動地形である可能性は非常に低い)
- 下向き
- 上向き



地形図

航空レーザ計測(2007年実施)により作成

0 200m

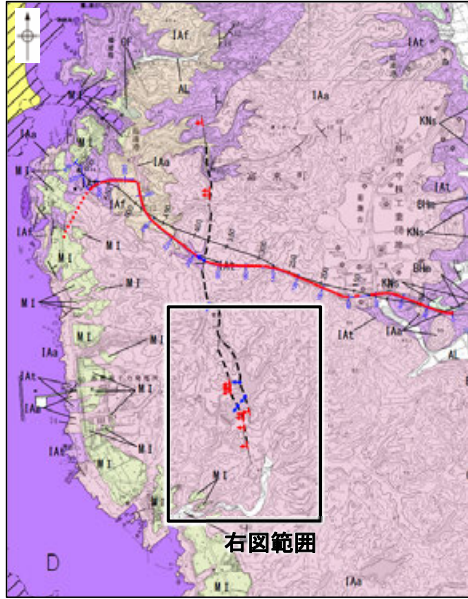


大坪川ダム建設前の地形図
(1985年撮影の空中写真により作成)

0 200m

断層

【福浦断層南部の赤色立体地図】

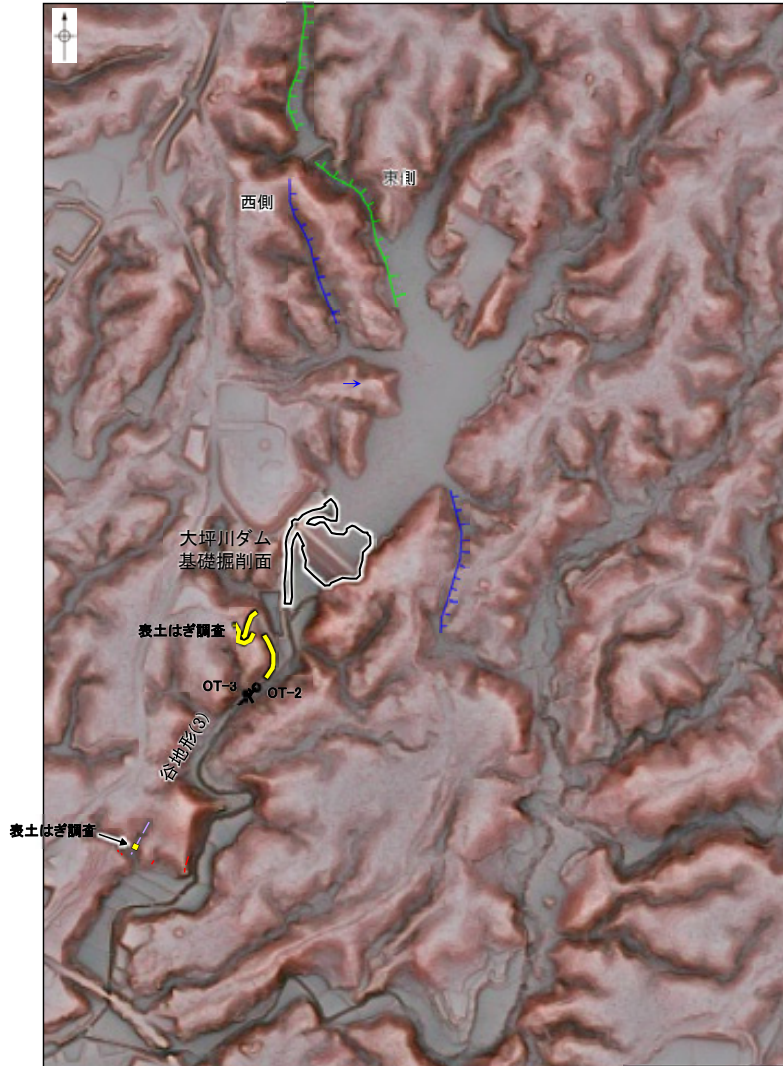


位置図

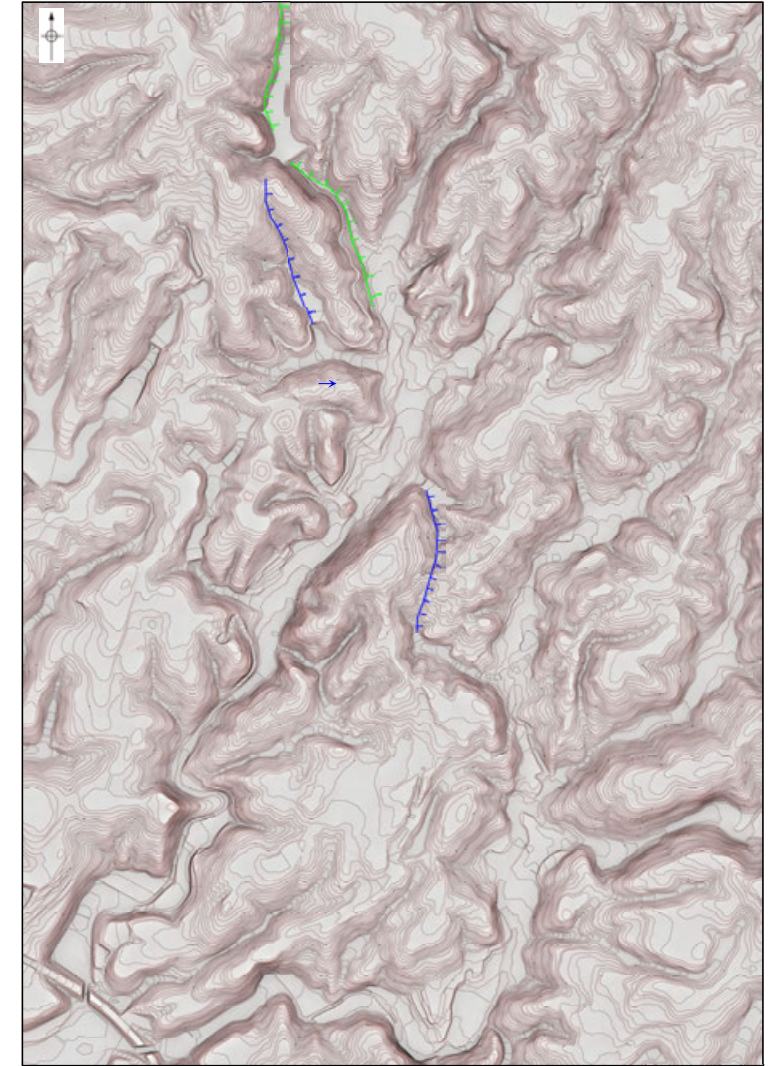
地質時代	地層・岩石名
更新世	AL 沖積層
第四紀	QF 古期扇状地堆積層
更新世	M1 中位段丘I面堆積層
新第三紀	IAa 別所谷安山岩類 安山岩
	IAb 別所谷安山岩類
	IAC 安山岩質火砕岩 (湖灰角礫岩)
	IAD 別所谷安山岩類 安山岩質〜デサイト質火砕岩 (湖灰岩)

- ▲ 断層確認位置
- ← 反射法地震探査での断層確認位置
- 断層位置
- 推定区間

- 【リニアメント・変動地帯】
- L_a (変動地形である可能性がある)
 - L_b (変動地形である可能性が高い)
 - L_c (変動地形である可能性は非常に高い)
- △は数字を示す。
↓は地形面の傾斜の向きを示す。



赤色立体地図
航空レーザ計測(2007年実施)により作成

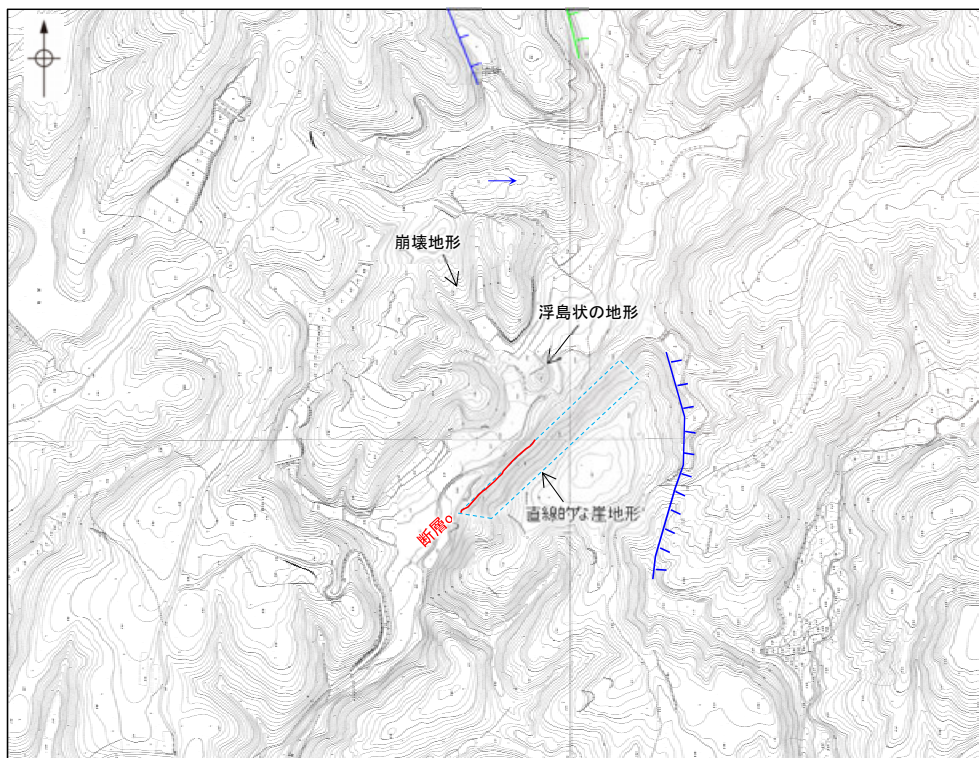


大坪川ダム建設前の赤色立体地図
(1985年撮影の空中写真により作成)

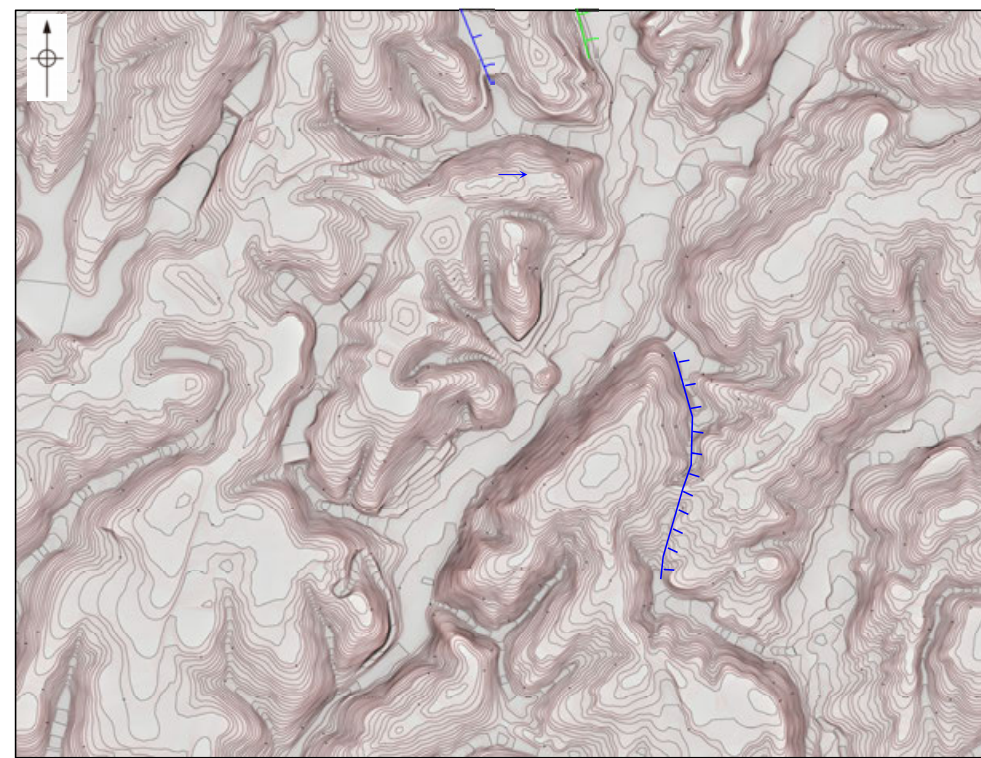
断層o

【福浦断層南部の地形図(拡大)】

- 大坪川ダム左岸では、断層oに沿って直線的な崖地形が認められるが、その区間は200m程度であり、連続性に乏しい。
- 直線的な崖地形におけるボーリング調査(OS-5孔, OS-6孔, OS-6.5孔, OS-7孔, OS-8孔)の結果、断層oは凝灰角礫岩と安山岩の地層境界をなし、断層oを境に下盤側(北西側)の安山岩は強く変質し、軟質化している(P.25~27)。
- よって、断層oに沿って認められる直線的な崖地形は、岩盤の硬軟の差を反映した差別侵食地形であると判断される。
- また、断層oの西側の湖内には、浮島状の地形が認められる。この浮島状の地形の北西側に崩壊地形が認められることから、この地形は北西側の斜面から崩れ落ちた土砂によってできた小丘(流れ山)であり、周辺が侵食によって削られて取り残された地形であると考えられる。
- この浮島状の地形の北東-南西方向に、同様な地形が連続して認められないため、この地形は断層oの活動に起因するものではないと考えられる。



大坪川ダム建設前の地形図
(1985年撮影の空中写真により作成)



大坪川ダム建設前の赤色立体地図
(1985年撮影の空中写真により作成)

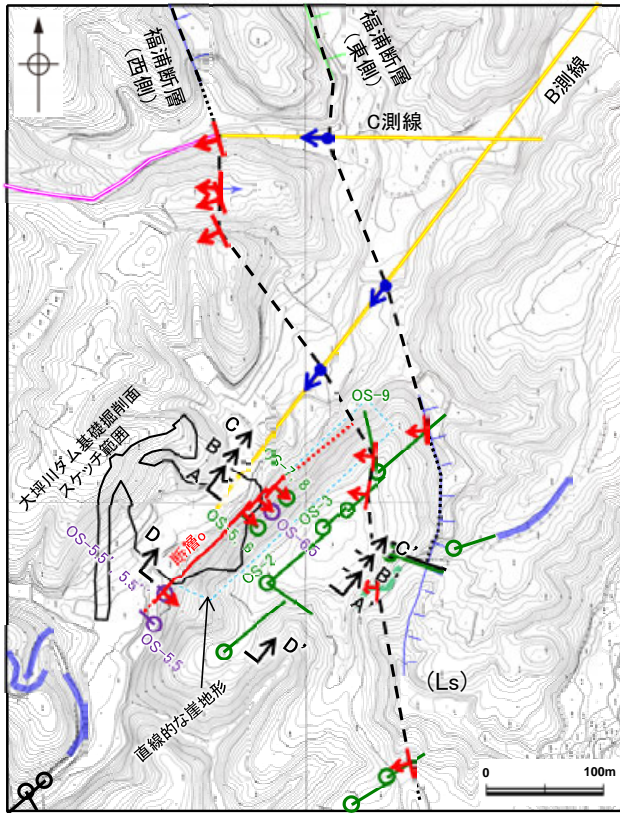
2.2.2 (4) 断層oの地質調査 —ボーリング調査—

○大坪川ダム左岸におけるボーリング調査(OS-5.5'孔, OS-5.5''孔, OS-5孔, OS-6孔, OS-6.5孔, OS-7孔, OS-8孔)の結果, 主に安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界※1に, NE-SW走向, 南東傾斜, 破碎部幅9.9~51cmの断層oが認められる。

○大坪川ダム建設時の地質観察データ及び大坪川ダム左岸の直線的な崖地形におけるボーリング調査の結果, 断層oの下盤側の安山岩は強く変質を受けており, 軟質化していることから, 断層oに沿って認められる直線的な崖地形は, 変質部の境界である断層oを境に下盤側が差別侵食を受けたことにより形成されたものと考えられる。

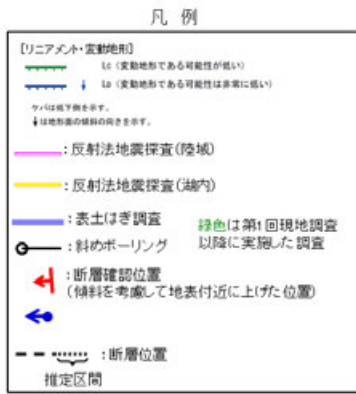
※1: 大坪川ダム下流で実施したボーリング調査(OS-5.5'孔, OS-5.5''孔)において, 断層oが安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界でなく, 凝灰角礫岩中に認められることについての考察はP.24

紫字: 第1105回審査会合以降の追加箇所

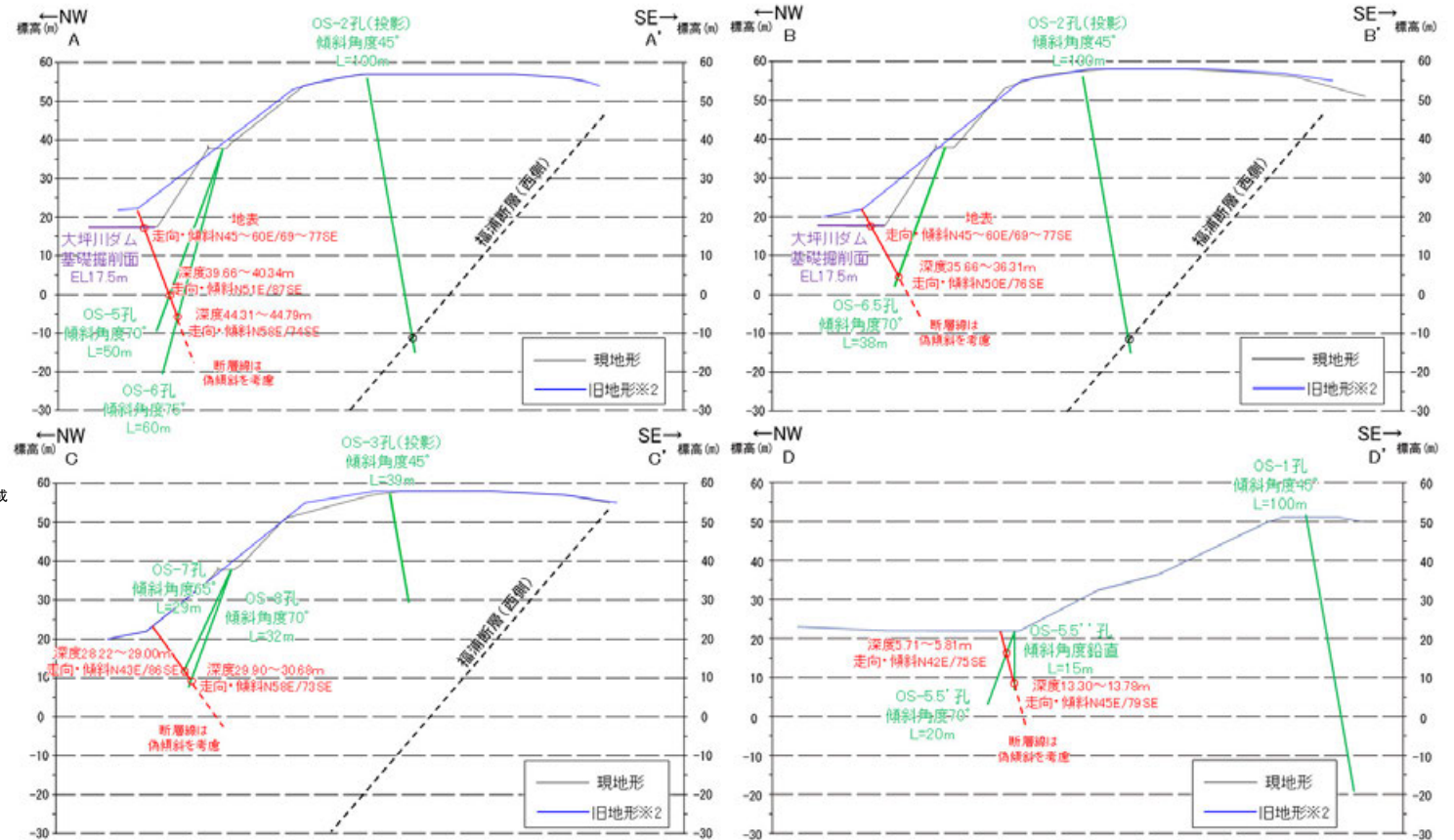


大坪川ダム付近 調査位置図(旧地形※2)

※2: 地形変化前の航空写真(当社撮影(1985年), 縮尺8千分の1)から作成



断層o							
名称	確認位置 確認深度(m)	標高(m)	走向・傾斜 (走向は真北)	破碎部の幅 (cm)	粘土状破碎部 の幅(cm)	砂状・角礫状破碎部 の幅(cm)	備考
大坪川ダム基礎掘削面	地表	EL17.5付近	N45~60E/69~77SE	—	—	—	直線的な崖地形 の分布範囲
OS-5孔	39.66~40.34	EL0.62~-0.02	N51E/87SE	49	6.2, 5.8	—	
OS-6孔	44.31~44.79	EL-4.91~-5.37	N58E/74SE	24	5.5	—	
OS-6.5孔	35.66~36.31	EL4.33~3.72	N50E/76SE	43	12, 11	—	
OS-7孔	28.22~28.90	EL12.29~11.68	N43E/86SE	35	11	—	
OS-8孔	29.90~30.68	EL9.77~9.04	N58E/73SE	51	4.0	—	直線的な崖地形 の延長位置
OS-5.5'孔	5.71~5.81	EL16.48~16.39	N42E/75SE	9.9	0.5, 1.6	7.8	
OS-5.5''孔	13.30~13.78	EL8.55~8.07	N45E/79SE	15	4.9	—	

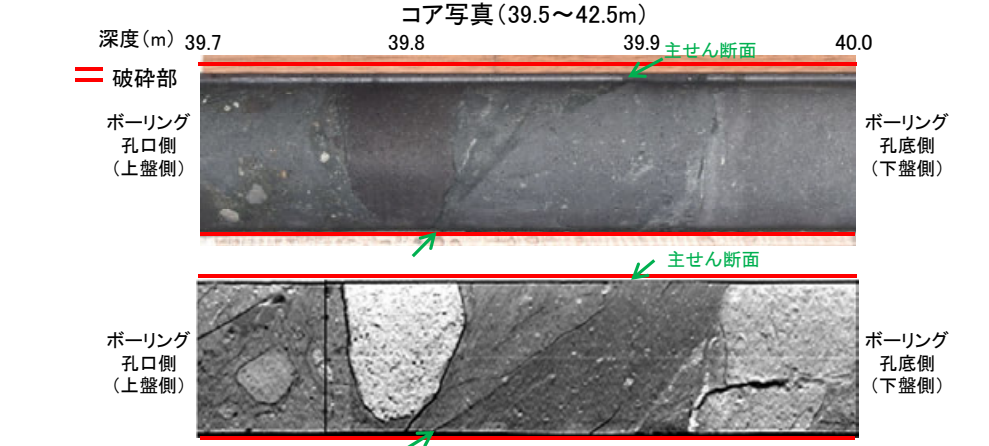
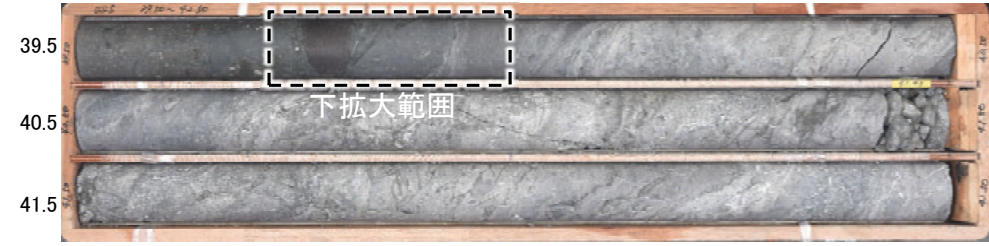


断面図(H:V=1:1)

断層o

【OS-5孔, OS-6孔(コア観察, CT画像観察, 条線観察)】

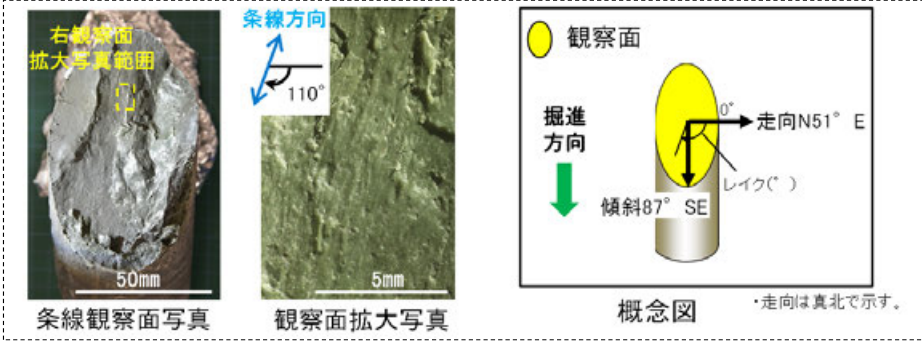
OS-5孔(孔口標高37.89m, 掘進長50m, 傾斜70°)



拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

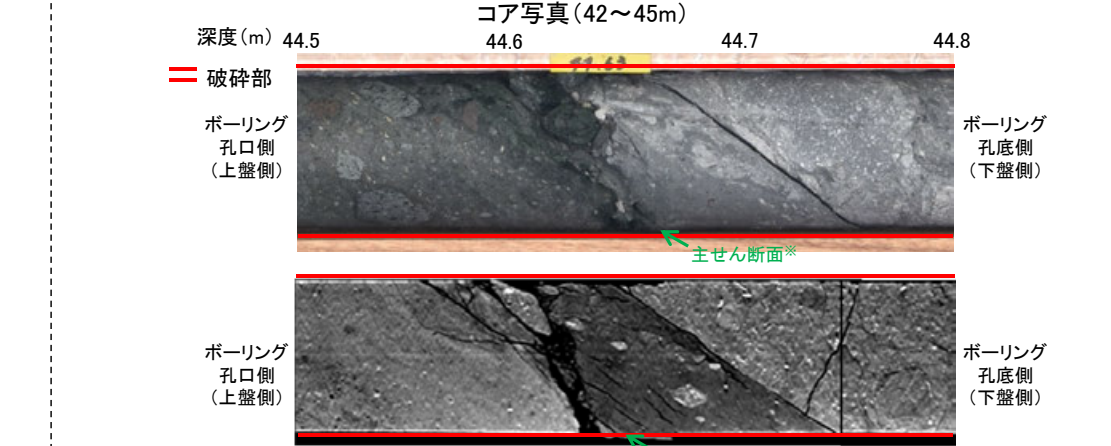
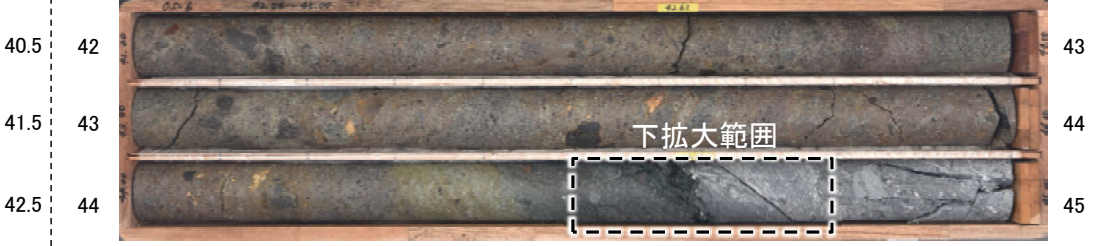
深度39.66~40.34mに、見掛けの傾斜角10~60°の厚さ47~49cmの破碎部が認められる。
厚さ4.4~6.2cmの灰色の粘土状破碎部及び厚さ5.1~5.8cmの灰~明緑灰色の粘土状破碎部及び厚さ37~38cmの固結した破碎部からなる。

- 断層oは凝灰角礫岩(上盤側)と安山岩(下盤側)の岩相境界をなす。
- 下盤側の安山岩は、変質を受けており、やや軟質である。
- 主せん断面の下盤側の観察面で110° Rの条線が認められる。



OS-5孔の深度39.66~40.34mに認められる破碎部は、走向・傾斜(N51E/87SE)が断層oと調和的で、安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布するなど大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層oと類似した特徴を有し、浅部方向の大坪川ダム基礎掘削面や深部方向のOS-6孔に連続する(P.19, A-A' 断面)ことから、断層oに対応する破碎部と判断した。

OS-6孔(孔口標高37.89m, 掘進長60m, 傾斜75°)



※主せん断面位置は掘進境界にあたり、一部でコアが乱れている 拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

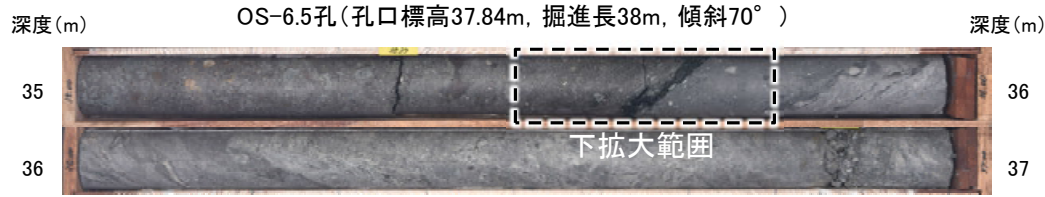
深度44.31~44.79mに、見掛けの傾斜角40~60°の厚さ24cmの破碎部が認められる。
厚さ5.5cmの緑黒~灰色の粘土状破碎部及び厚さ18~19cmの固結した破碎部からなる。

- 断層oは凝灰角礫岩(上盤側)と安山岩(下盤側)の岩相境界をなす。
- 下盤側の安山岩は、変質を受けており、やや軟質である。

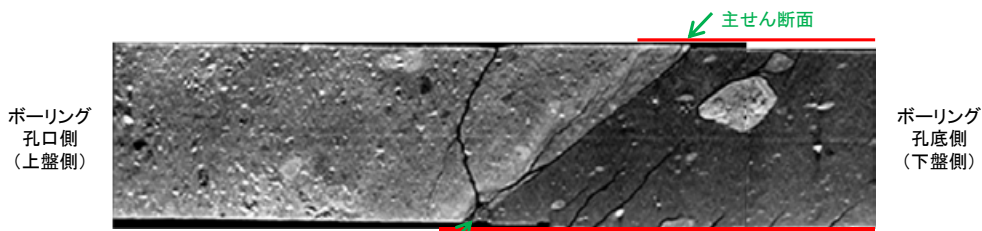
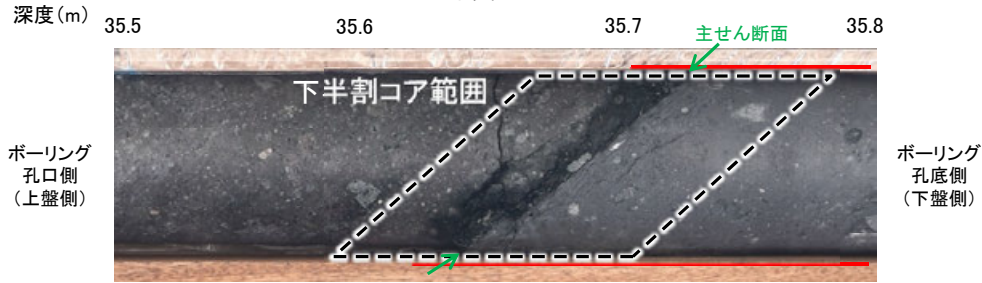
OS-6孔の深度44.31~44.79mに認められる破碎部は、走向・傾斜(N58E/74SE)が断層oと調和的で、安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布するなど大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層oと類似した特徴を有し、浅部方向の大坪川ダム基礎掘削面やOS-5孔に連続する(P.19, A-A' 断面)ことから、断層oに対応する破碎部と判断した。

断層

【OS-6.5孔, OS-7孔(コア観察, CT画像観察)】



コア写真(35~37m)



≡ 破砕部

拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

深度35.66~36.31mに、見掛けの傾斜角50~70°の厚さ40~43cmの破砕部が認められる。厚さ9.6~12cmの緑灰色の粘土状破砕部及び厚さ11cmの灰~灰白色の粘土状破砕部及び厚さ13~15cmの固結した破砕部からなる。

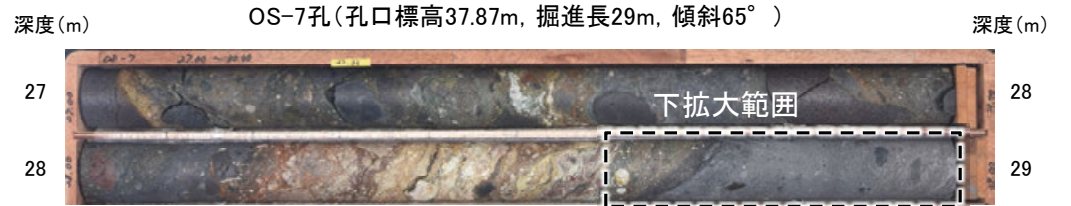
- ・断層は凝灰角礫岩(上盤側)と安山岩(下盤側)の岩相境界をなす。
- ・下盤側の安山岩は、変質を受けており、やや軟質である。

主せん断面



半割コア写真(OS-6.5孔)

・OS-6.5孔の深度35.66~36.31mに認められる破砕部は、走向・傾斜(N50E/76SE)が断層と調和的で、安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布するなど大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層と類似した特徴を有し、浅部方向の大坪川ダム基礎掘削面に連続する(P.19, B-B'断面)ことから、断層に対応する破砕部と判断した。



コア写真(27~29m)



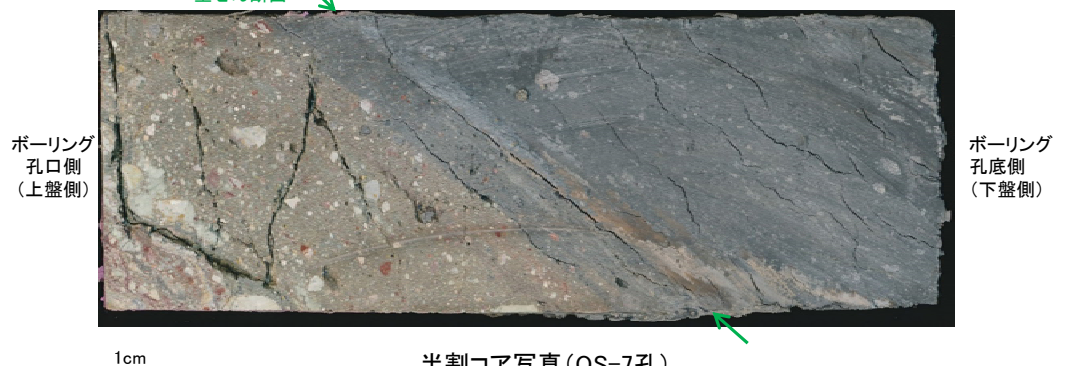
≡ 破砕部

拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

深度28.22~28.90mに、見掛けの傾斜角20~75°の厚さ33~35cmの破砕部が認められる。厚さ9.0~11cmの青灰色の粘土状破砕部及び厚さ24cmの固結した破砕部からなる。

- ・断層は凝灰角礫岩(上盤側)と安山岩(下盤側)の岩相境界をなす。
- ・下盤側の安山岩は、変質を受けており、やや軟質である。

主せん断面

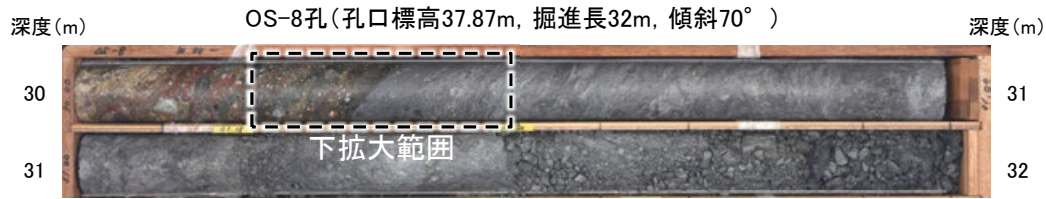


半割コア写真(OS-7孔)

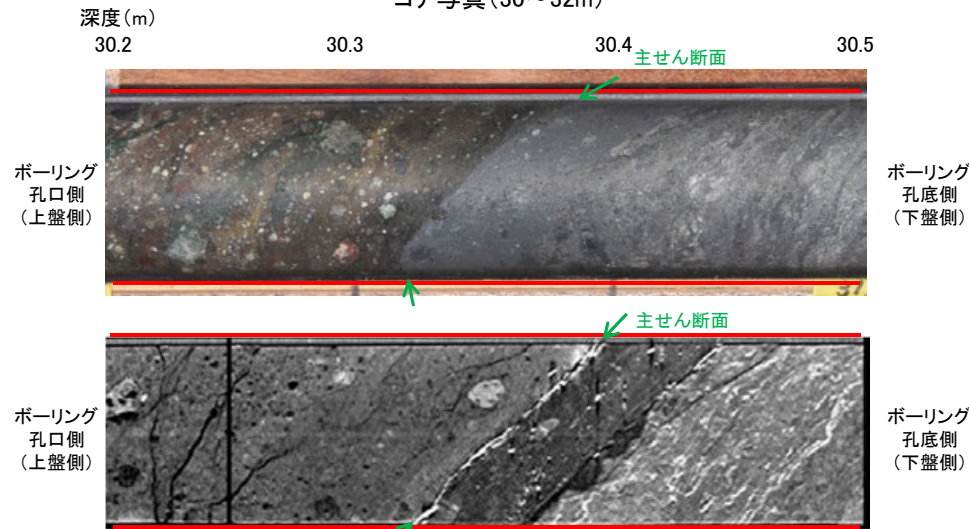
・OS-7孔の深度28.22~28.90mに認められる破砕部は、走向・傾斜(N43E/86SE)が断層と調和的で、安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布するなど大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層と類似した特徴を有し、深部方向のOS-8孔に連続する(P.19, C-C'断面)ことから、断層に対応する破砕部と判断した。

断層o

【OS-8孔(コア観察, CT画像観察)】



コア写真(30~32m)

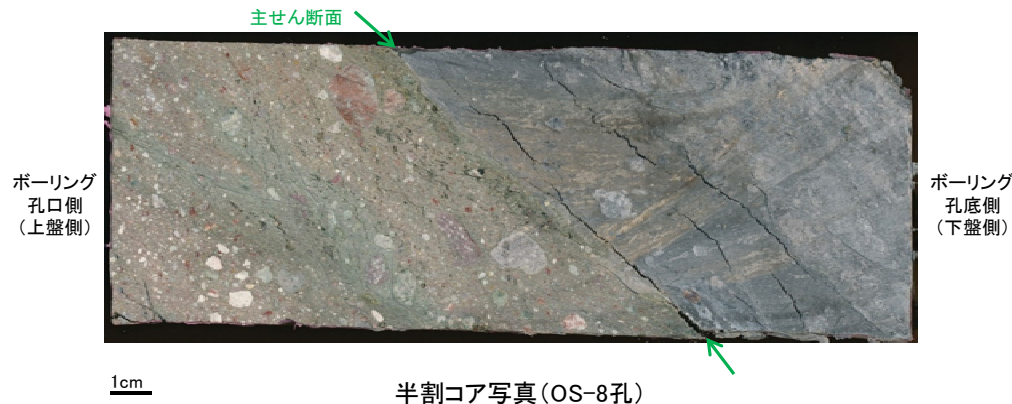


== 破砕部

拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

深度29.90~30.68mに、見掛けの傾斜角30~60°の厚さ49~51cmの破砕部が認められる。
厚さ3.6~4.0cmの灰色の粘土状破砕部及び厚さ47cmの固結した破砕部からなる。

- ・断層oは凝灰角礫岩(上盤側)と安山岩(下盤側)の岩相境界をなす。
- ・下盤側の安山岩は、変質を受けており、やや軟質である。

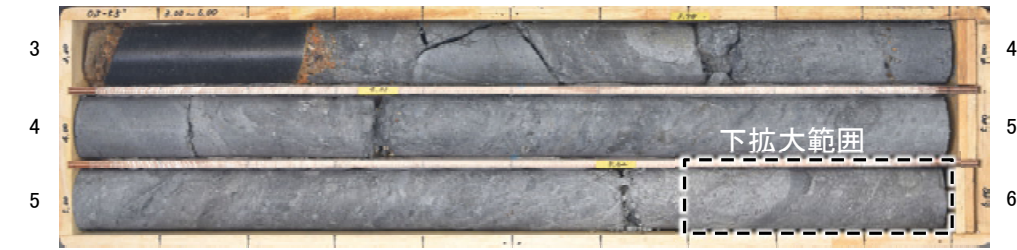


・OS-8孔の深度29.90~30.68mに認められる破砕部は、走向・傾斜(N58E/73SE)が断層oと調和的で、安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布するなど大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層oと類似した特徴を有し、浅部方向のOS-7孔に連続する(P.19, C-C'断面)ことから、断層oに対応する破砕部と判断した。

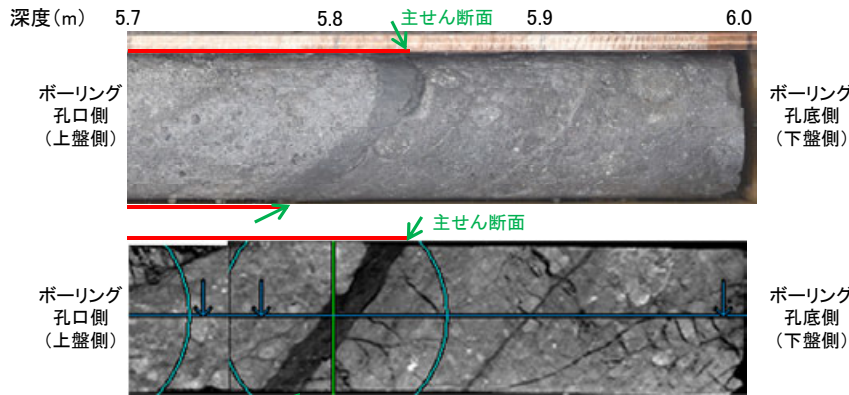
断層

【OS-5.5' 孔, OS-5.5' ' 孔(コア観察, CT画像観察)】

OS-5.5' 孔(孔口標高21.85m, 掘進長20m, 傾斜70°)



コア写真(3~6m)



破砕部

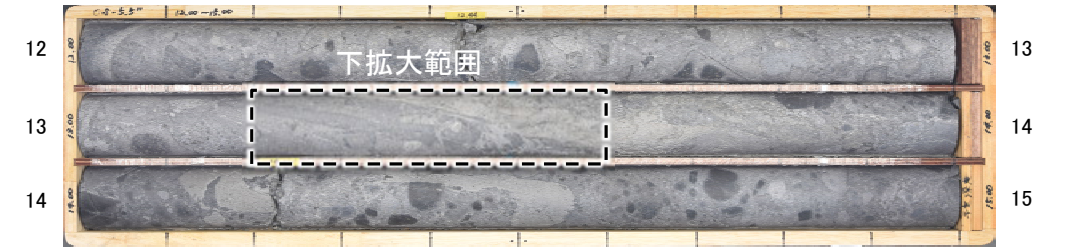
拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

深度5.71~5.81mに、見掛けの傾斜角45~60°の厚さ5.7~9.9cmの破砕部が認められる。厚さ0.2~0.5cmの灰色の粘土状破砕部及び厚さ4.5~7.8cmの灰白色の角礫状破砕部及び厚さ1.0~1.6cmの灰色の粘土状破砕部からなる。

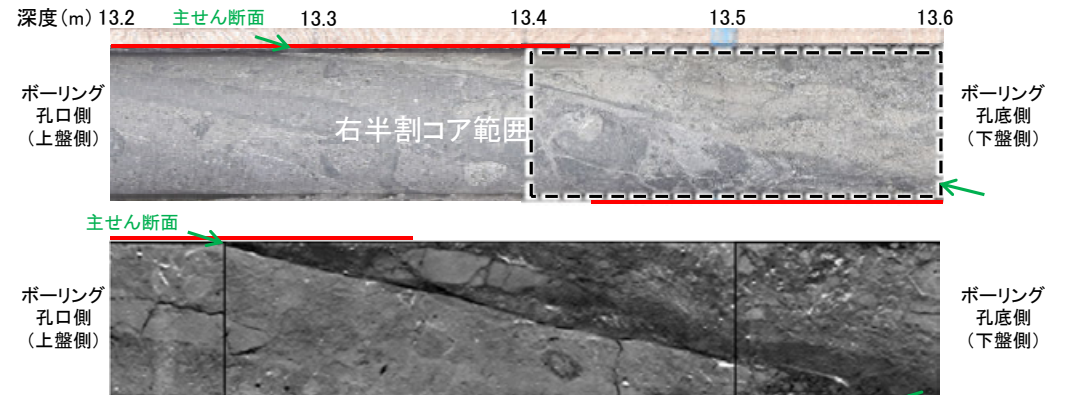
- 断層は凝灰角礫岩中に認められる。
- 凝灰角礫岩は、強く変質を受けており、やや軟質である。

OS-5.5' 孔の深度5.71~5.81mに認められる破砕部は、大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層とは異なり安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布しないものの、走向・傾斜(N42E/75SE)が断層と調和的であること、OS-5~8孔の断層と同様に厚い未固結な破砕部を伴うこと、大坪川ダム基礎掘削面で確認した断層に近接すること、深部方向のOS-5.5' ' 孔に連続する(P.19, D-D' 断面)ことから、断層に対応する破砕部と判断した。

OS-5.5' ' 孔(孔口標高21.85m, 掘進長15m, 傾斜鉛直)



コア写真(12~15m)

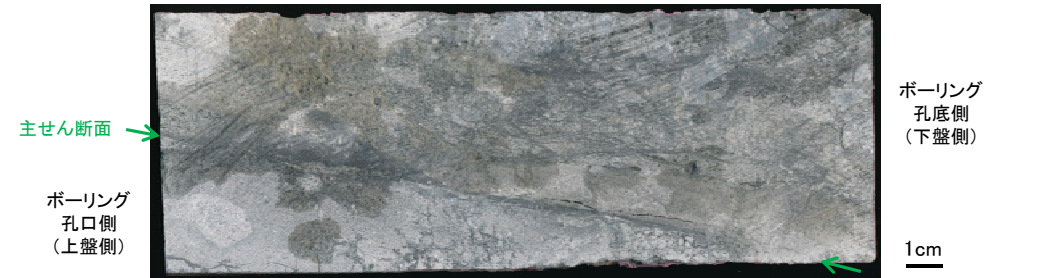


破砕部

拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

深度13.30~13.78mに、傾斜角70~90°の厚さ9.1~15cmの破砕部が認められる。厚さ0.5~4.9cmの灰~灰白色の粘土状破砕部及び厚さ9.0~10cmの固結した破砕部からなる。

- 断層は凝灰角礫岩中に認められる。
- 凝灰角礫岩は、強く変質を受けており、やや軟質である。



半割コア写真(OS-5.5' ' 孔)

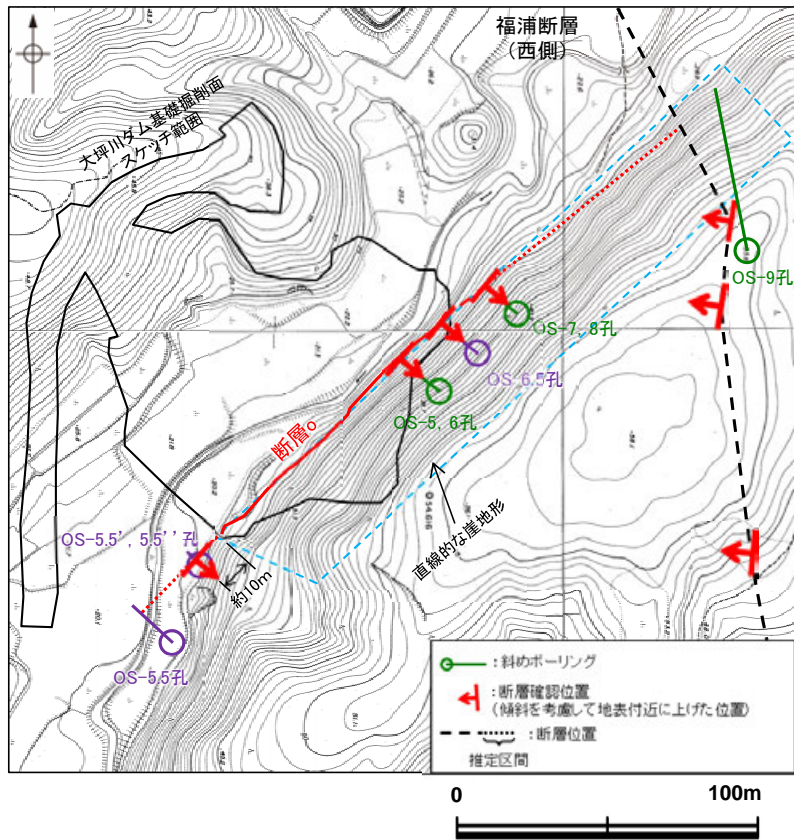
OS-5.5' ' 孔の深度13.30~13.78mに認められる破砕部は、大坪川ダム基礎掘削面スケッチの断層とは異なり安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に分布しないものの、走向・傾斜(N45E/79SE)が断層と調和的であること、OS-5~8孔の断層と同様に厚い未固結な破砕部を伴うこと、大坪川ダム基礎掘削面で確認した断層に近接すること、浅部方向のOS-5.5' ' 孔に連続する(P.19, D-D' 断面)ことから、断層に対応する破砕部と判断した。

断層

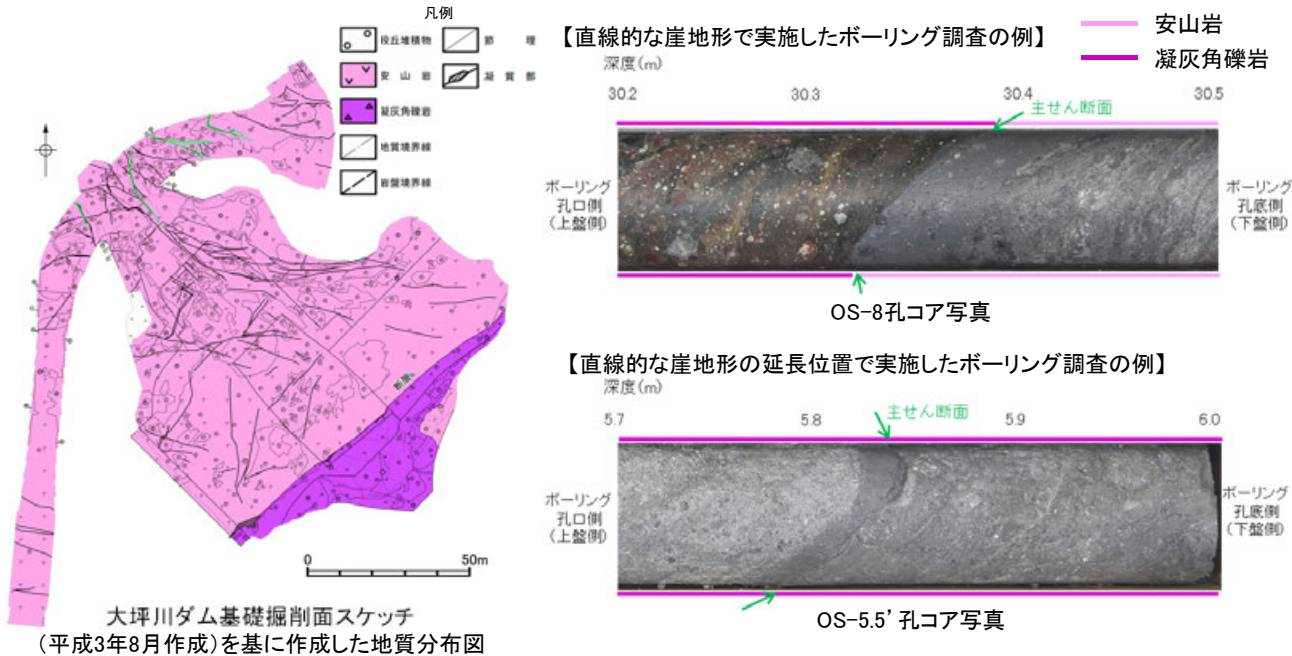
【断層と岩相分布の関係についての考察】

- 大坪川ダム左岸におけるボーリング調査のうち、直線的な崖地形で実施したOS-5孔、OS-6孔、OS-6.5孔、OS-7孔、OS-8孔では、断層は安山岩と凝灰角礫岩の岩相境界に認められるが、直線的な崖地形の延長位置にあたる大坪川ダムの下流で実施したOS-5.5'孔、OS-5.5''孔では、岩相境界に破碎部は認められない。(P.19~23)。
- 単一の岩相(凝灰角礫岩)中に認められるOS-5.5'孔の深度5.71~5.81mやOS-5.5''孔の深度13.30~13.78mの破碎部は、走向・傾斜や性状が断層と調和的であることや、大坪川ダム基礎掘削面で確認した断層に近接する(離隔距離約10m)位置であることから、断層に対応する破碎部と判断した。
- なお、敷地の海岸部露岩域においても断層と同様に、断層が岩相境界から単一の岩相中へ連続的に分布する状況が認められる(右下図)。

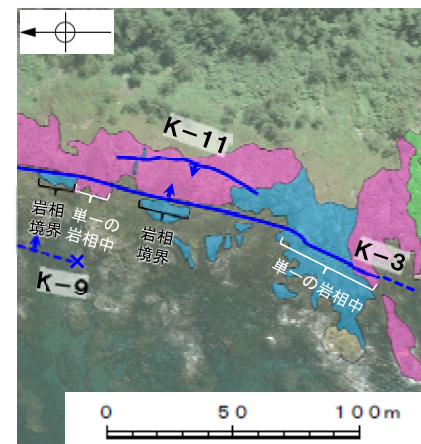
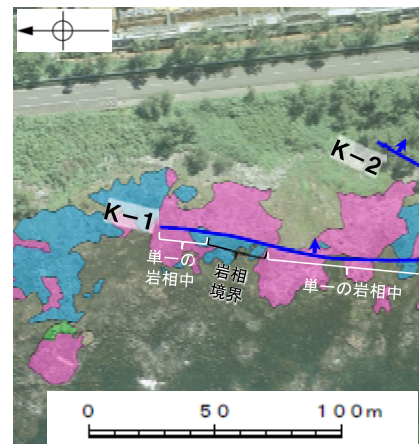
紫字: 第1105回審査会合以降の追加箇所



大坪川ダム建設前の地形図
(1985年撮影の空中写真により作成)



大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(平成3年8月作成)を基に作成した地質分布図

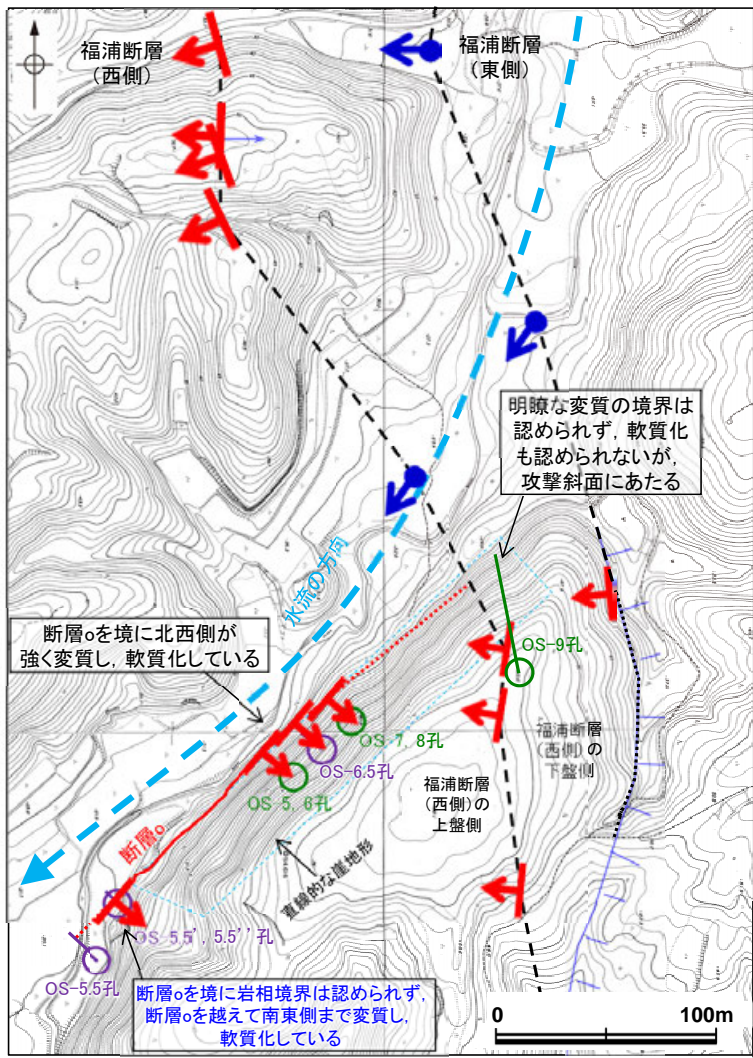


敷地の海岸部露岩域における断層と岩相分布との関係(左:K-1北部, 右:K-3南部)

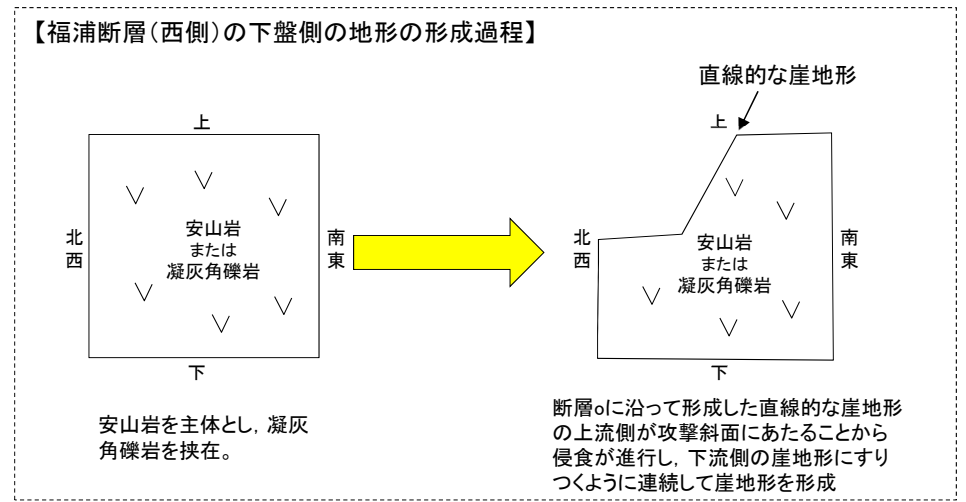
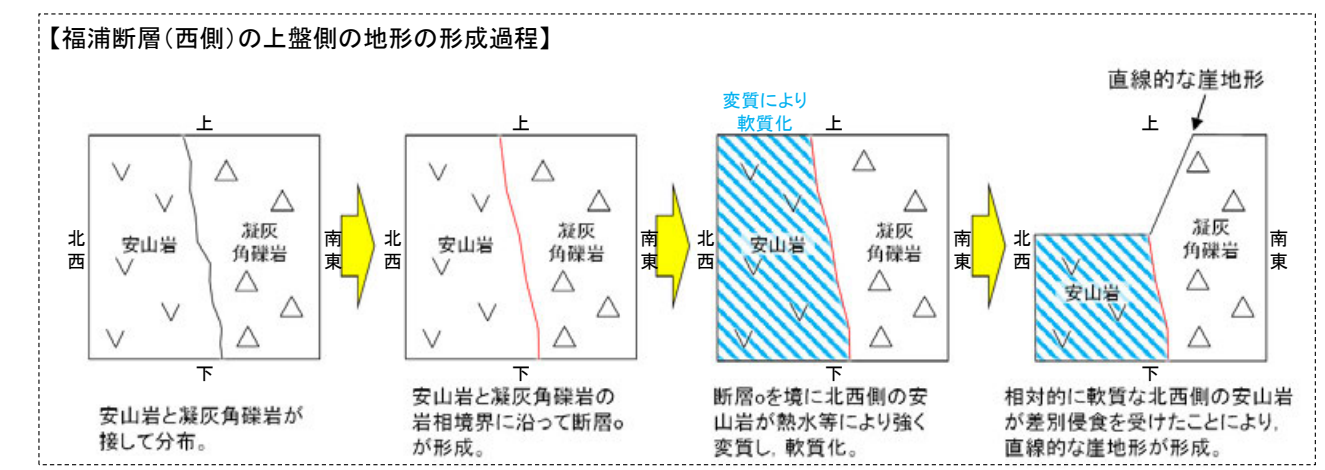
2.2.2 (4) 断層oの地質調査 —地質データを踏まえた直線的な崖地形の形成過程の考察—

- 断層oに沿って認められる直線的な崖地形は、福浦断層(西側)を越えて、福浦断層(東側)付近まで連続して認められる。
- 福浦断層(西側)の上盤側では、断層oを境に北西側が強く変質し、軟質化している(次頁左、次々頁)ことから、直線的な崖地形は、変質部の境界である断層oを境に北西側が差別侵食を受けたことにより形成されたものと考えられる。
- 一方、福浦断層(西側)の下盤側では、上盤側で見られるような明瞭な変質の境界は認められず、軟質化も認められない(次頁右)ものの、直線的な崖地形が福浦断層(西側)の上盤側から連続して認められる。この地形については、断層oの北西側が差別侵食を受けたことにより、直線的な崖地形が形成し、その上流側が攻撃斜面にあたることから侵食が進行し、下流側の崖地形にすりつくように連続して崖地形が形成されたものと考えられる。
- また、直線的な崖地形の南西方延長位置では、断層oを境に岩相境界は認められず、断層oを越えて南東側まで変質し、軟質化している(データ集1)。このことは、当該位置付近で崖地形の直線性がなくなり、南東側に削り込まれたような地形となっていることと整合する。

紫字: 第1105回審査会合以降の追加箇所

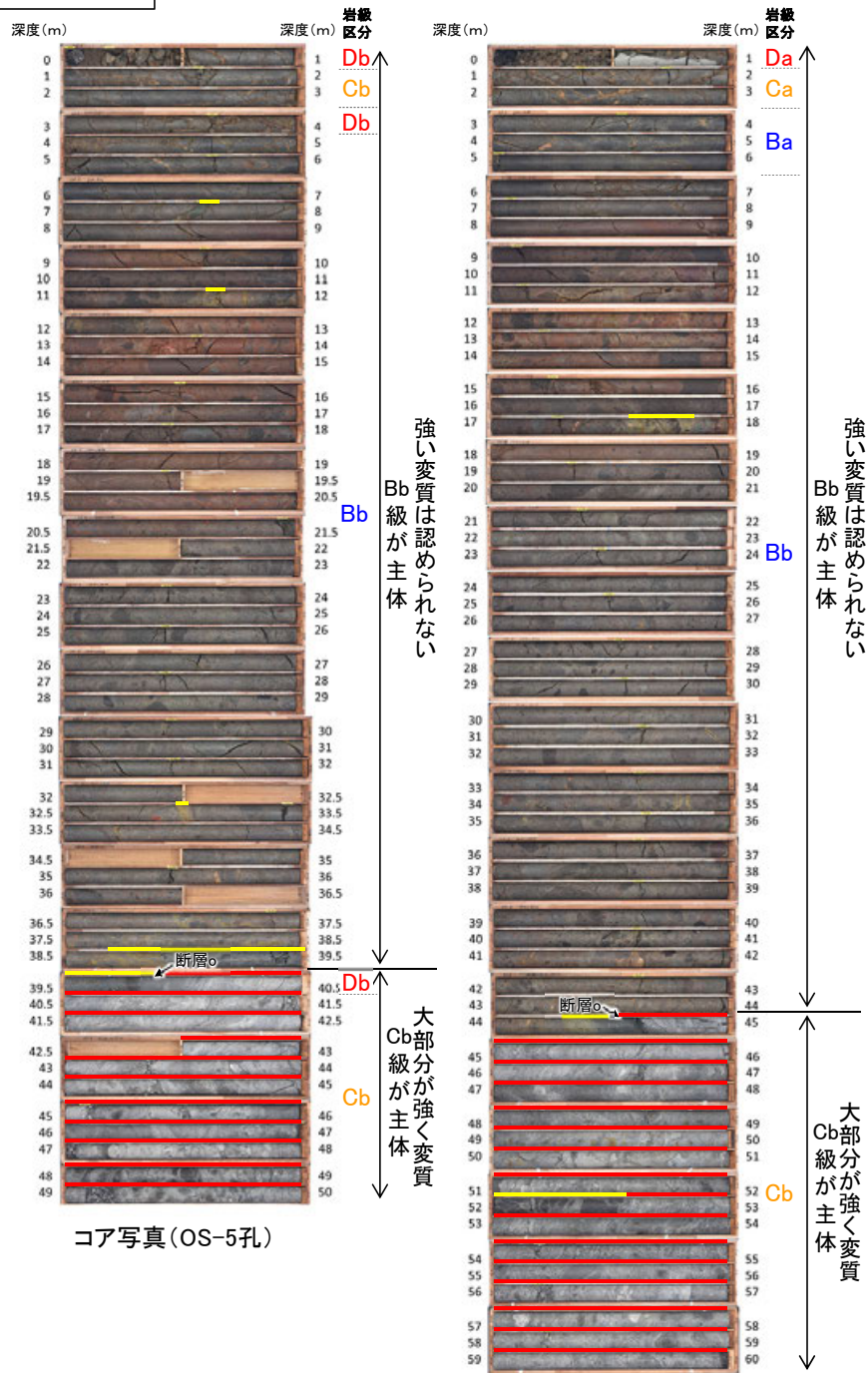


大坪川ダム建設前の地形図
(1985年撮影の空中写真により作成)

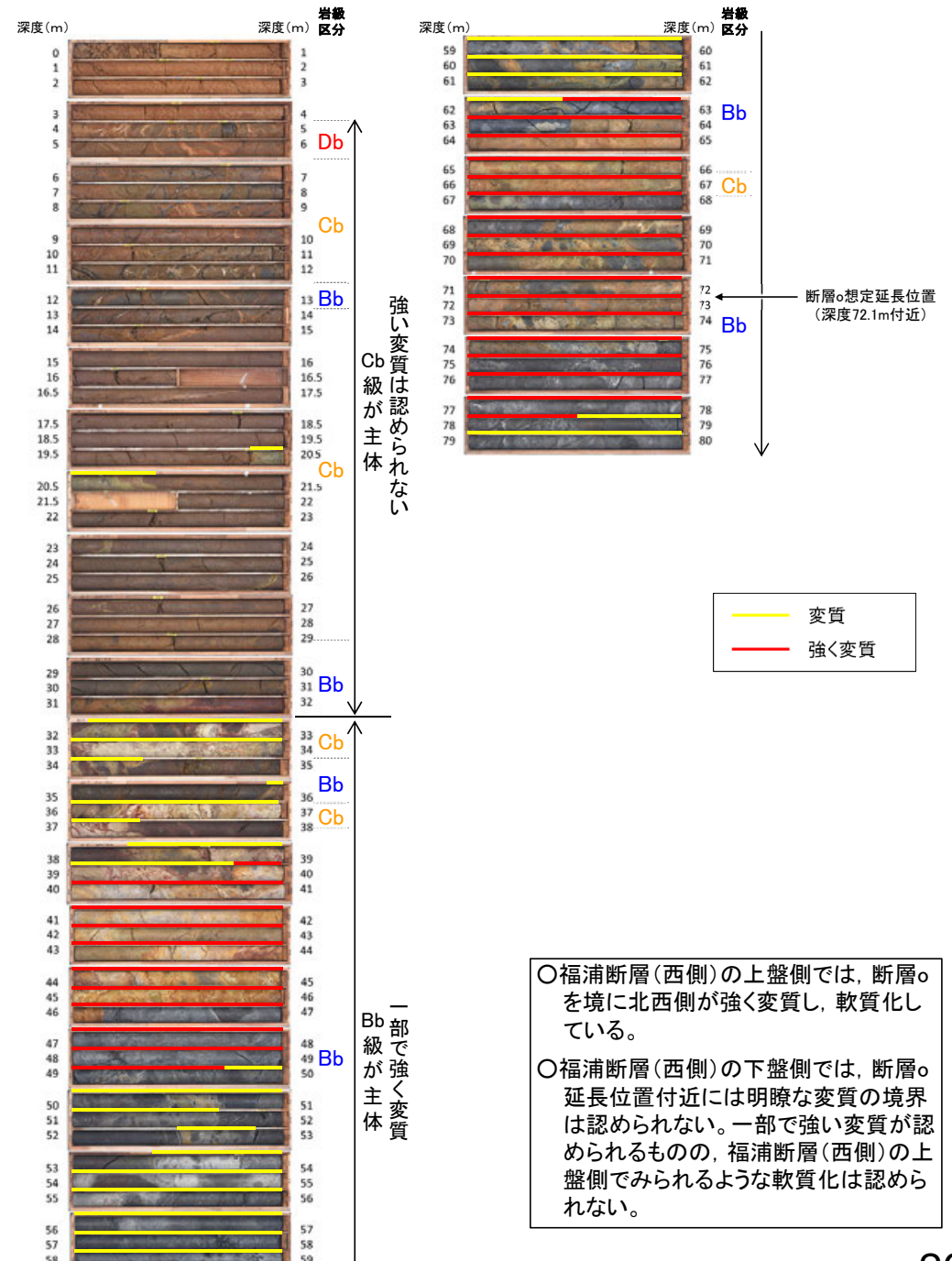


断層○

【福浦断層(西側)の上盤側】



【福浦断層(西側)の下盤側】



○福浦断層(西側)の上盤側では、断層○を境に北西側が強く変質し、軟質化している。

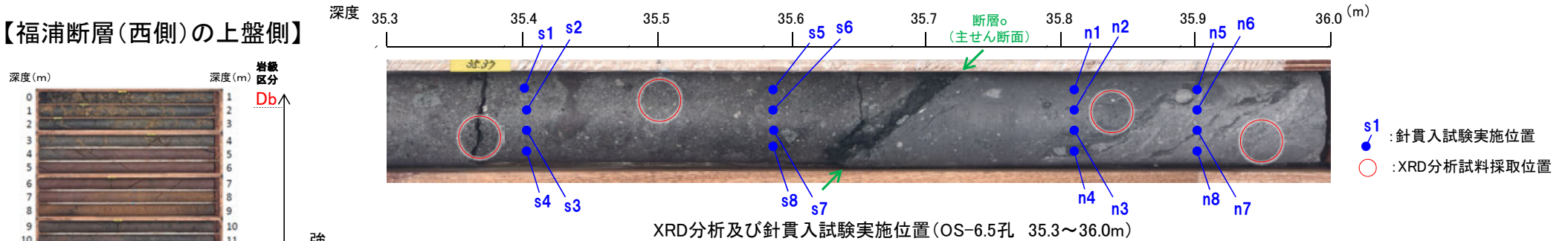
○福浦断層(西側)の下盤側では、断層○延長位置付近には明瞭な変質の境界は認められない。一部で強い変質が認められるものの、福浦断層(西側)の上盤側でみられるような軟質化は認められない。

断層o

【断層oの南東側(上盤側)と北西側(下盤側)の比較(XRD分析, 針貫入試験)】

- 福浦断層(西側)の上盤側では、断層oを境に北西側が強く変質し、軟質化していることを定量的なデータで確認するために、断層oの南東側(上盤側)と北西側(下盤側)でXRD分析及び針貫入試験を実施した。
- XRD分析の結果、断層oの南東側(上盤側)では斜長石や輝石類が検出され、変質鉱物であるスメクタイトがわずかに検出されるのに対し、北西側(下盤側)では斜長石や輝石類はほとんど検出されず、変質鉱物であるスメクタイトや黄鉄鉱が比較的多く検出されることから、断層oの北西側(下盤側)は南東側(上盤側)と比べて変質を強く被っていることが確認できた。
- 針貫入試験の結果、断層oの南東側(上盤側)では43~63N/mm、北西側(下盤側)では2~3N/mmの針貫入勾配を示し、断層oの北西側(下盤側)は南東側(上盤側)と比べて軟質化していることが確認できた。

【福浦断層(西側)の上盤側】



XRD分析結果

孔名	分析箇所		検出鉱物									
	対象	深度(m)	石英	クリストバライト	トリディマイト	カリ長石	斜長石	輝石類	雲母鉱物	スメクタイト	黄鉄鉱	赤鉄鉱
OS-6.5孔	断層oの南東側(上盤側)	35.37	+			△	+		±			
		35.50	±			△	±		±			±
	断層oの北西側(下盤側)	35.83	△	△	±	±				+	△	
		35.95	△	△		±			±	+	△	

量比
△:少量(500~2,500cps), +:微量(250~500cps), ±:きわめて微量(<250cps).

針貫入試験結果

孔名	測定箇所			針貫入勾配(N/mm)	平均値(N/mm)
	対象	深度(m)	測点番号		
OS-6.5孔	断層oの南東側(上盤側)	35.40	s1	50	63
			s2	50	
			s3	100	
			s4	50	
	断層oの北西側(下盤側)	35.59	s5	50	43
			s6	33	
			s7	40	
			s8	50	
OS-6.5孔	断層oの北西側(下盤側)	35.81	n1	4	3
			n2	2	
			n3	2	
			n4	2	
	断層oの北西側(下盤側)	35.90	n5	1	2
			n6	1	
			n7	1	
			n8	3	

XRD分析 測定諸元

装置:理学電気製 MultiFlex Divergence Slit:1°
 Target:Cu(Kα) Scattering Slit:1°
 Monochromator:Graphite 湾曲 Receiving Slit:0.3mm
 Voltage:40kV Scanning Sped:2° /min
 Current:40mA Scanning Mode:連続法
 Detector:SC Sampling Range:0.02°
 Calculation Mode:cps Scanning Range:2~65°

【針貫入試験の測定方法】

- ・ボーリングコアに針を貫入し、その貫入長さおよび貫入荷重を測定して、その関係から針貫入勾配を求める試験である。
- ・試験にあたり、断層oの南東側(上盤側)の2箇所及び北西側(下盤側)の2箇所に対して、各4点程度の計測を行い、その平均値をその箇所における針貫入勾配値※とした。
- ・なお測定は、できるだけ平滑な箇所を基質を対象に実施した。
- ・※貫入深さ1mm未満で貫入荷重100Nに達した計測値は針貫入勾配を100N/mmとして算出

コア写真(OS-6.5孔)

強く変質

2.2.2 (5) 断層oの活動性 — 評価手法及び評価地点 —

■ 地形面の変位の有無による評価

- 断層oは敷地近傍に分布する短い断層(長さも最大でも約270m)であることから、活動性について慎重に評価を行うために、地表付近で断層oの分布を確認した約270m区間の延長上の地下深部に震源断層が存在する場合を想定して検討を行った。
- 断層oの直上には約12～13万年前以前の地形面または地層は残存していないが、断層oの周辺には、海成段丘面が広く分布している(P.29～34)。
- 断層oの運動方向が縦ずれ主体の南東側隆起の逆断層センスであることを踏まえ、断層oが後期更新世以降に活動した場合、断層oの上盤側(南東側)に分布する段丘面が高くなるような高度差が生じるものと考えられる。また、地下深部に存在する断層の活動による影響を受けて、断層oの上盤側(南東側)が一様に高くなるような系統的な高度差が生じる可能性がある。
- よって、段丘面の編年を確認した上で、断層o及びその延長位置を挟んで分布する同一海成段丘面の段丘面内縁標高、旧汀線高度や地形面、岩盤上面の高度を比較し、系統的な高度差の有無の確認を行った。
- また、断層oを挟んで分布する段丘面の比高と、震源として考慮する活断層と評価した福浦断層を挟んで分布する段丘面の比高に違いがあるか比較を行うことにより、断層oの活動の有無を評価した。

■ 鉱物脈法による評価

- 敷地で確認される少なくとも後期更新世以降に生成したものではないと評価した変質鉱物(I/S混合層)は、敷地周辺一帯にも広く分布していることから、敷地近傍に分布する断層oの鉱物脈法による評価にあたっては、I/S混合層を用いて評価を行うことができる(P.35～37)。
- OS-7孔において、断層oの最新ゾーンにI/S混合層が認められたことから、断層oの最新面とI/S混合層との切り合い関係を確認することにより、I/S混合層生成以降の断層oの活動の有無を評価した。

■ 破碎部性状の比較からの評価

- 断層oは、敷地近傍の別所岳安山岩類中に分布する断層であり、同層中の活断層である福浦断層と非活断層である敷地内断層が近接して分布する。これまでの調査によって、敷地内断層及び福浦断層の薄片観察データを多数取得しており、それぞれの破碎部性状の特徴が明確になっている。したがって、断層oの薄片観察により、断層oが活断層・非活断層のいずれに類似するか確認を行った。

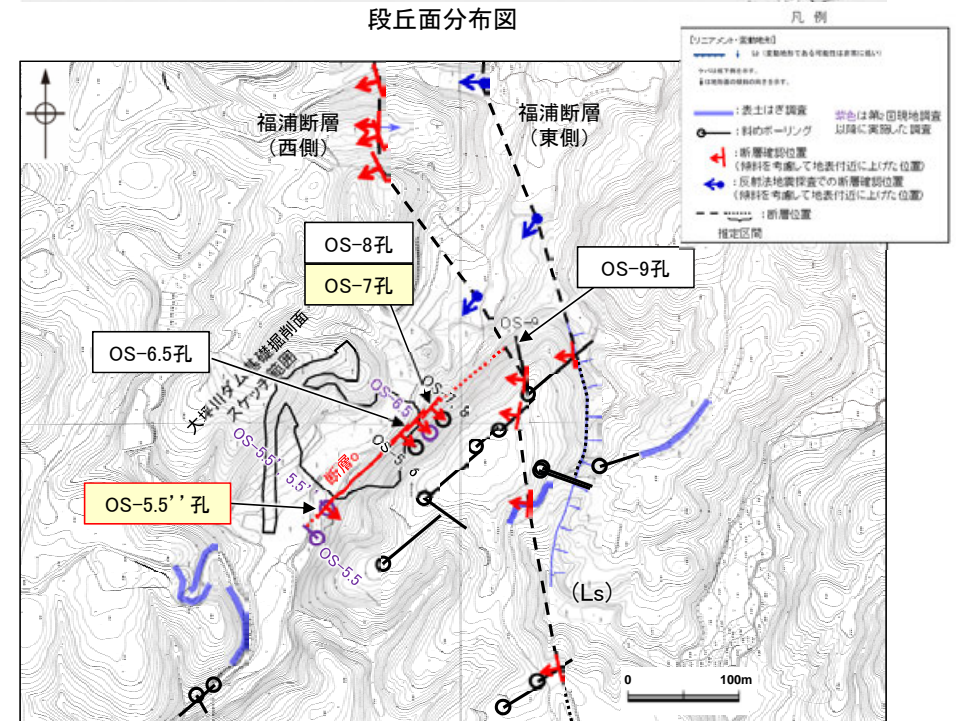
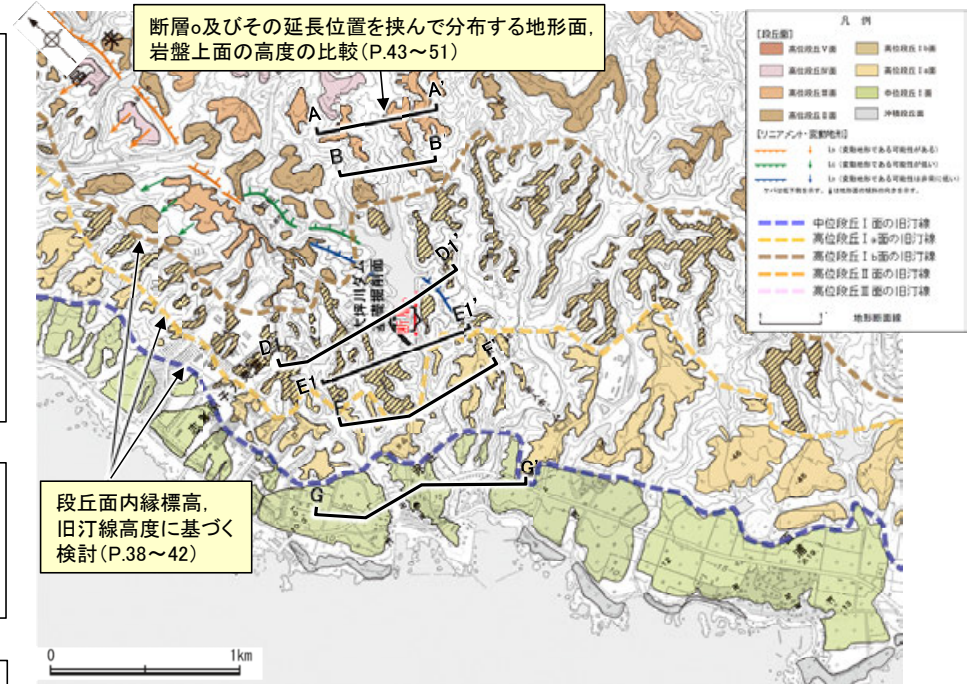
■ 切り合い関係からの評価

- 断層oは福浦断層に近接して分布していることから、福浦断層との関係について確認し、福浦断層との相対的な新旧関係について検討を行った。

評価手法	評価地点	掲載箇所
地形面の変位の有無による評価	段丘面内縁標高、旧汀線高度に基づく検討	P.38～42
	地形面、岩盤上面の高度の比較	P.43～51
鉱物脈法による評価	OS-5.5' 孔 薄片①	P.61～65
	OS-7孔 薄片③	—
	OS-7孔 薄片④	—
	OS-7孔 薄片②	補足資料2.2-2(5)
破碎部性状の比較からの評価	OS-6.5孔	—
	OS-7孔	
	OS-8孔	
切り合い関係からの評価	OS-9孔	—

黄色網掛け : 断層の後期更新世以降の活動を否定するにあたり、地形面や鉱物脈の年代及び断層による変位・変形がないことが明確に確認できるデータ(主たる根拠)

黄色網掛け : 鉱物脈法による評価において、断層oの中で最新面と鉱物脈との切り合い関係が元々明確であると評価したデータ



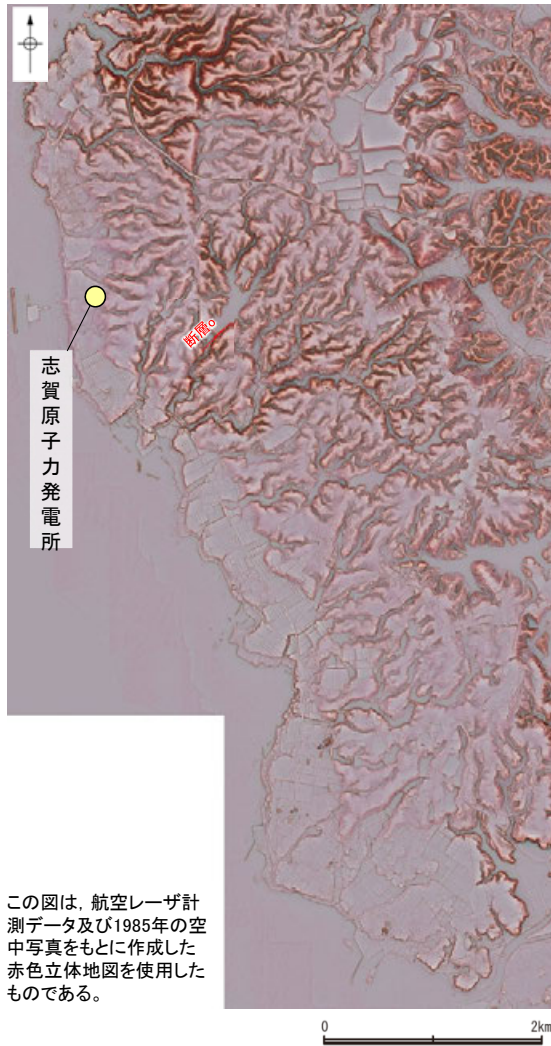
大坪川ダム付近 調査位置図(旧地形)

2.2.2 (5)-1 断層oの活動性 —地形面の変位の有無による評価に用いる海成段丘面—

○断層o周辺の段丘面の分布状況及びそれらの形成年代に関する調査結果を以下に示す(下図～P.34)。

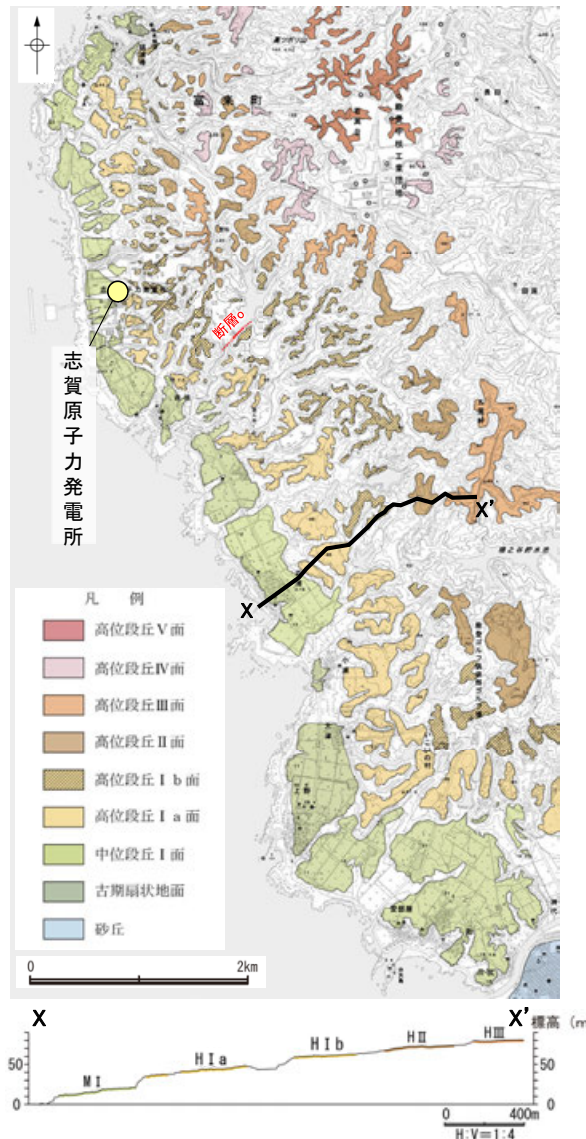
【能登半島南西岸の海成段丘面の分布 —段丘面調査①—】

- 断層oの位置する能登半島南西岸では、海岸線に平行な海食崖で境された平坦面が階段状に分布し、これらは海成段丘面の地形的特徴をよく示している。
- これらの地形面は、下位から中位段丘 I 面及び高位段丘 I a面, I b面, II 面, III 面, IV 面, V 面に区分される。上位の段丘面ほど、開析が進んでいる。
- 中位段丘 I 面の発達をよく、段丘面内縁は明瞭で(左下図, 中下図), 文献(小池・町田, 2001)で示されるMIS5eの旧汀線の位置(右下図)とほぼ同じである。



この図は、航空レーザ計測データ及び1985年の空中写真をもとに作成した赤色立体地図を使用したものである。

赤色立体地図(当社作成)



段丘面分布図及び断面図(当社作成)

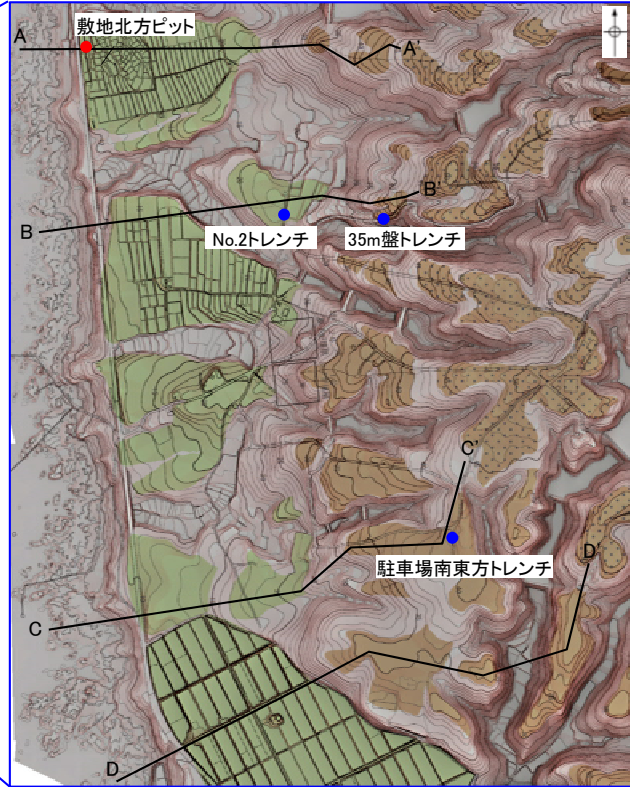
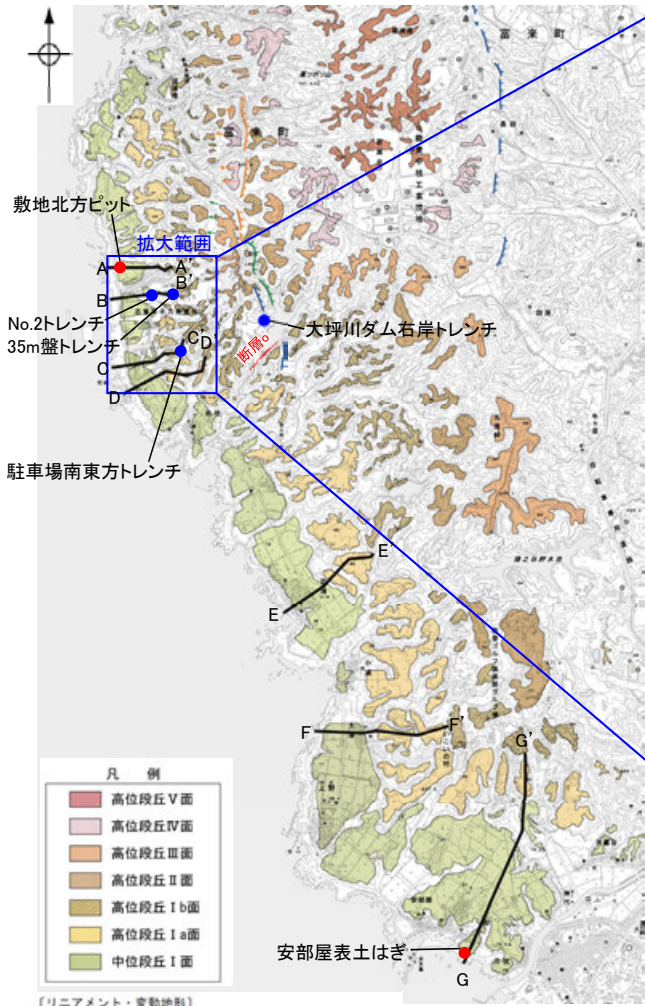


段丘面分布図
(小池・町田(2001)に一部加筆)

断層o

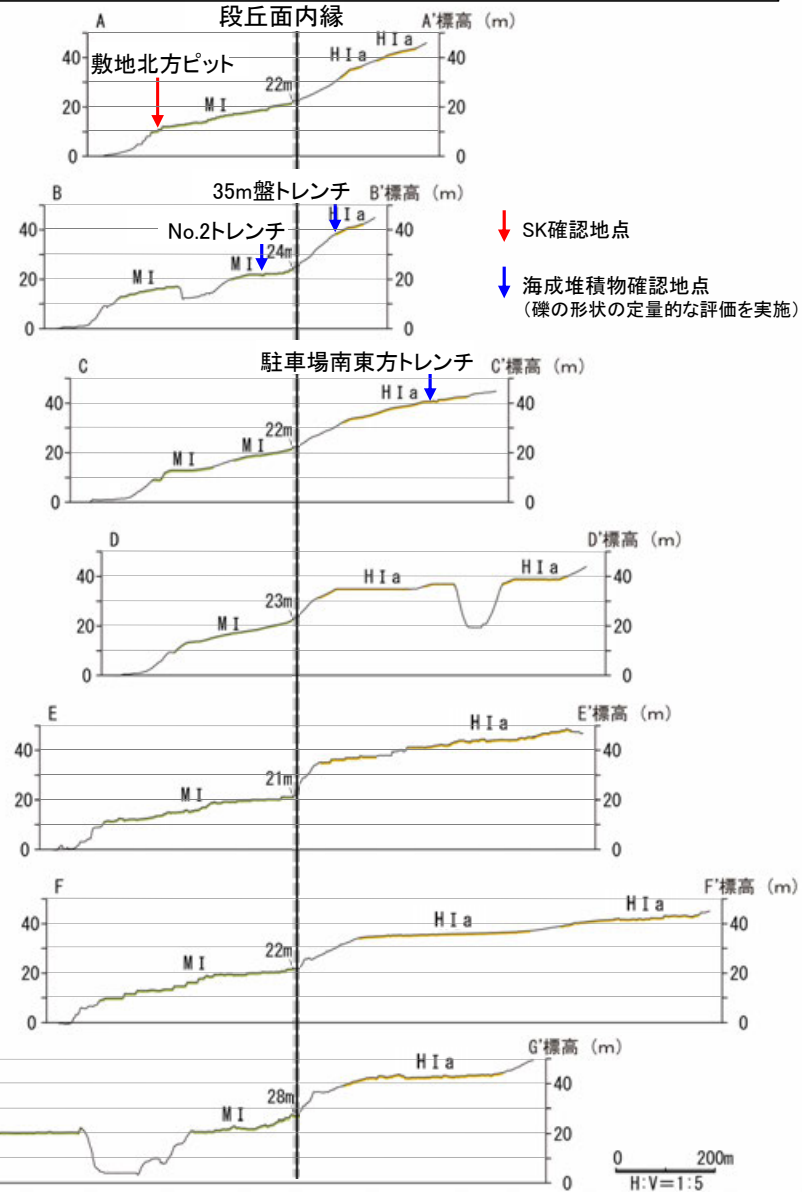
【能登半島南西岸の海成段丘面の分布 一段丘面調査②】

○断層oの位置する能登半島南西岸は、前頁のとおり海成段丘面の地形的特徴をよく示しているが、海成段丘面であることを確認するため、以下の地質調査により海成堆積物、火山灰などのデータを取得している。
 ○中位段丘 I 面の段丘面内縁は海岸線に沿って標高22m程度で連続し、中位段丘 I 面の前縁(敷地北方ピット)において被覆層である赤褐色土壌の下部にSK(10.5万年前)が確認された。
 ○中位段丘 I 面(No.2トレンチ), 高位段丘 I a面(35m盤トレンチ, 駐車場南東方トレンチ)及び I b面(大坪川ダム右岸トレンチ)においてトレンチ調査を実施した結果、海成堆積物が確認された(次頁に礫の形状の定量的な評価結果を示す)。



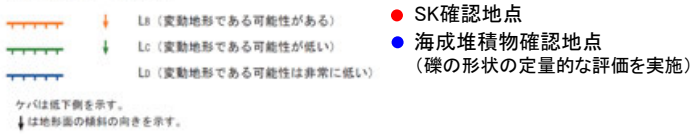
拡大図

・敷地において、高位段丘 I 面は、高位段丘 I a面と I b面に細区分される。



地形断面図

・地形断面図は、航空レーザ計測及び地形改変前の空中写真測量により作成した数値標高モデル(DEM)を用いて作成した。



地形断面の測線及び調査地点位置図

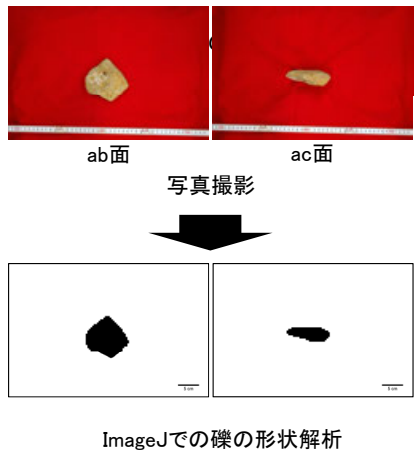
断層o

【礫の形状の定量的な評価(真円度分析結果)】

- 中位段丘 I 面 (No.2トレンチ), 高位段丘 I a面 (35m盤トレンチ, 駐車場南東方トレンチ) 及び I b面 (大坪川ダム右岸トレンチ) において, 岩盤直上の堆積物から採取した礫の形状について, 本地域の海成堆積物と定量的な分析により比較を行うために, 解析ソフトImageJによって真円度の計測を実施した。
- その結果, No.2トレンチ, 35m盤トレンチ, 駐車場南東方トレンチ及び大坪川ダム右岸トレンチの平均真円度は0.77以上であり, 本地域の海成堆積物と同程度に円磨が進んでいることが確認された。

○したがって, No.2トレンチ, 35m盤トレンチ, 駐車場南東方トレンチ及び大坪川ダム右岸トレンチの堆積物は, 海成堆積物であると判断される。

No.2トレンチ, 35m盤トレンチ, 駐車場南東方トレンチの調査結果については, 第1121回審査会合 机上配布資料2 P.5.2-1-43~5.2-1-69
大坪川ダム右岸トレンチの調査結果については, 第1064回審査会合 資料1 P.44

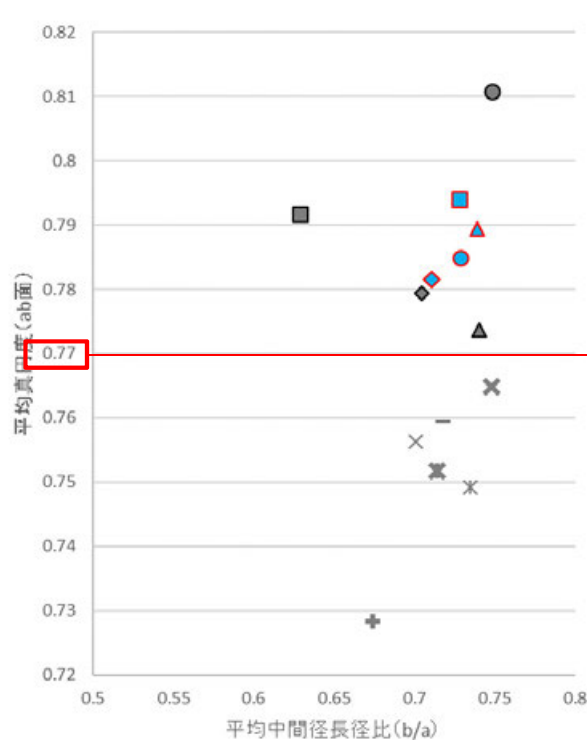


ab面の真円度の値と, ab面, ac面における楕円近似の短径長径比を測定。
ただし, 風化による形状への影響が大きい径5cm未満の礫を除くため, ab面における長径(a)と中間径(b)の平均値, ac面における長径(a)と短径(c)の平均値のいずれかが5cm未満の礫については, 計算に含めない。

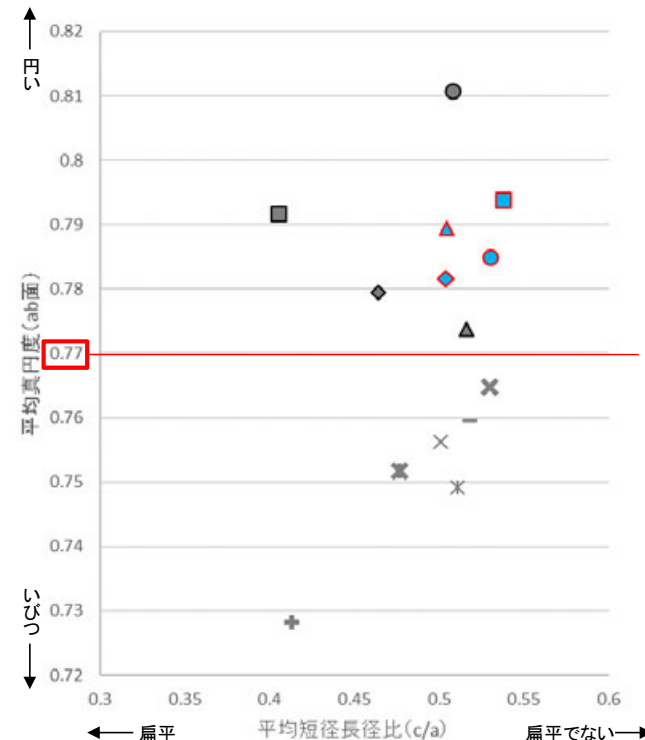
(ImageJでの礫の形状解析)

真円度(Circularity) = $4\pi \cdot \text{面積} / (\text{周囲長})^2$
楕円近似の中間径長径比(よこ置き) = b/a
楕円近似の短径長径比(たて置き) = c/a

【礫の形状の計測結果】



平均真円度 (ab面) と平均中間径長径比 (b/a) の関係図
(ab面の二次元的な形状を表す)



平均真円度 (ab面) と平均短径長径比 (c/a) の関係図
(三次元的な形状を表す)

- 凡例
(括弧内の数字は試料数)
- 中位段丘 I 面
 - 安部屋表土はぎ (21)
 - ▲ No.2トレンチ (17)
 - 高位段丘 I a面
 - 35m盤トレンチ (10)
 - 駐車場南東方トレンチ (38)
 - 高位段丘 I b面
 - ◆ 大坪川ダム右岸トレンチ (12)
 - 現海浜
 - ▲ 敷地前面海岸B (122)
 - ◆ 敷地前面海岸C (111)
 - 敷地前面海岸D (115)
 - 古期扇状地
 - 生神南部 (48)
 - 開析谷
 - * 事務本館前トレンチ (24)
 - × No.1トレンチ (34)
 - 現河床
 - * 神川本流 (81)
 - * 神川支流 (96)
 - ◆ 小浦川 (132)

断層。

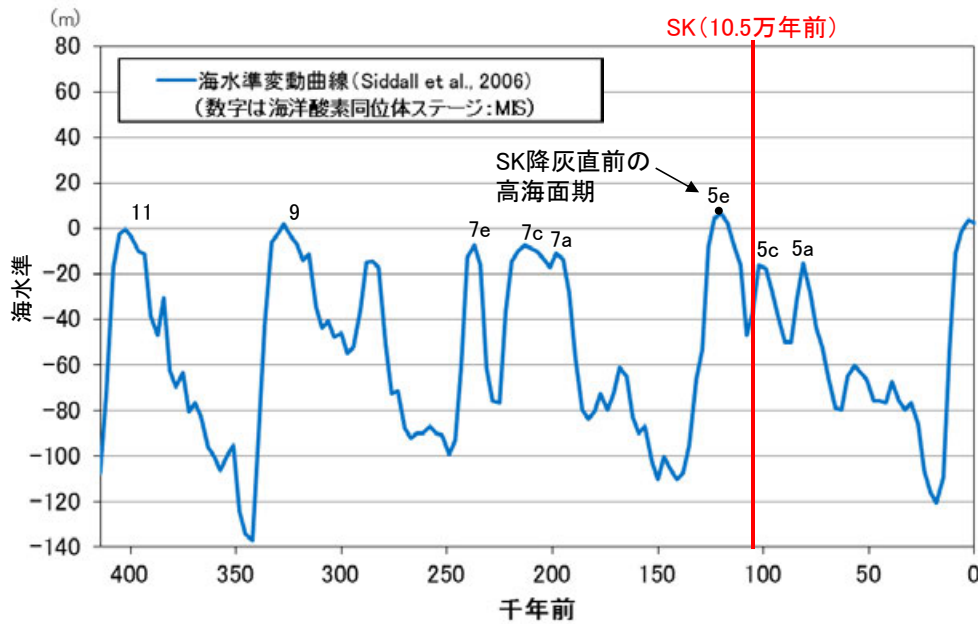
【能登半島南西岸の海成段丘面の年代評価 —海洋酸素同位体ステージ(MIS)との対比—】

- 地形調査(前々頁), 地質調査(前頁)で確認した海成段丘面については, 海洋酸素同位体ステージ(MIS)と対比することにより, 形成年代を明確に評価することができる。
- 中位段丘 I 面の前縁において被覆層である赤褐色土壌の下部にSK(10.5万年前)が確認されたことから, 中位段丘 I 面はSK降灰直前の高海面期であるMIS5e(約12~13万年前)に形成されたと評価した。
- 高位段丘 I a面は, MIS5eの旧汀線高度より高い標高に分布することから, MIS5e(約12~13万年前)より古い高海面期に形成されたと評価した。
- 高位段丘 I b面及びそれより上位の高位段丘面(Ⅱ面, Ⅲ面・・・)については, 高位段丘 I a面よりも高い標高に分布することから, さらに古い高海面期に形成されたと評価した。
- なお, 高位段丘 I a面や I b面は, MIS5eに形成された中位段丘 I 面には分布しない赤色土壌が認められるという特徴を有する。(赤色土壌等の確認結果は次頁)

中位段丘 I 面を構成する海成堆積物(M I 段丘堆積物)
⇒中位段丘 I 面の形成時(約12~13万年前)に堆積したと推定できる。

高位段丘 I a面を構成する海成堆積物(H I a段丘堆積物)
⇒高位段丘 I a面の形成時(約12~13万年前より古い高海面期)に堆積したと推定できる。

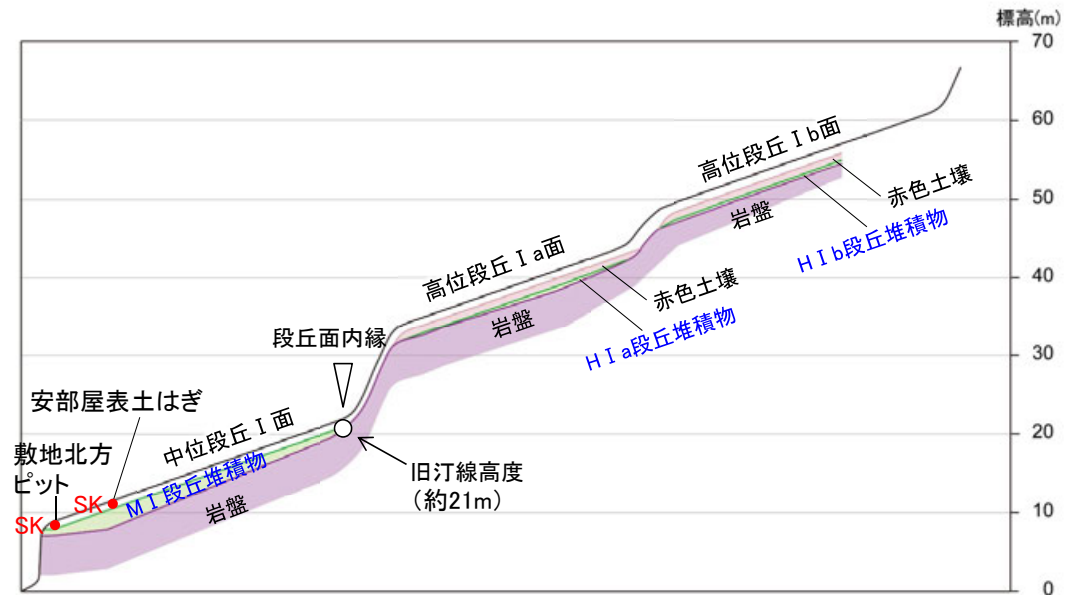
高位段丘 I b面を構成する海成堆積物(H I b段丘堆積物)
⇒高位段丘 I b面の形成時(約12~13万年前より古い高海面期)に堆積したと推定できる。



海水準変動曲線

テフラの年代
(町田・新井, 2011)

SK: 10.5万年前



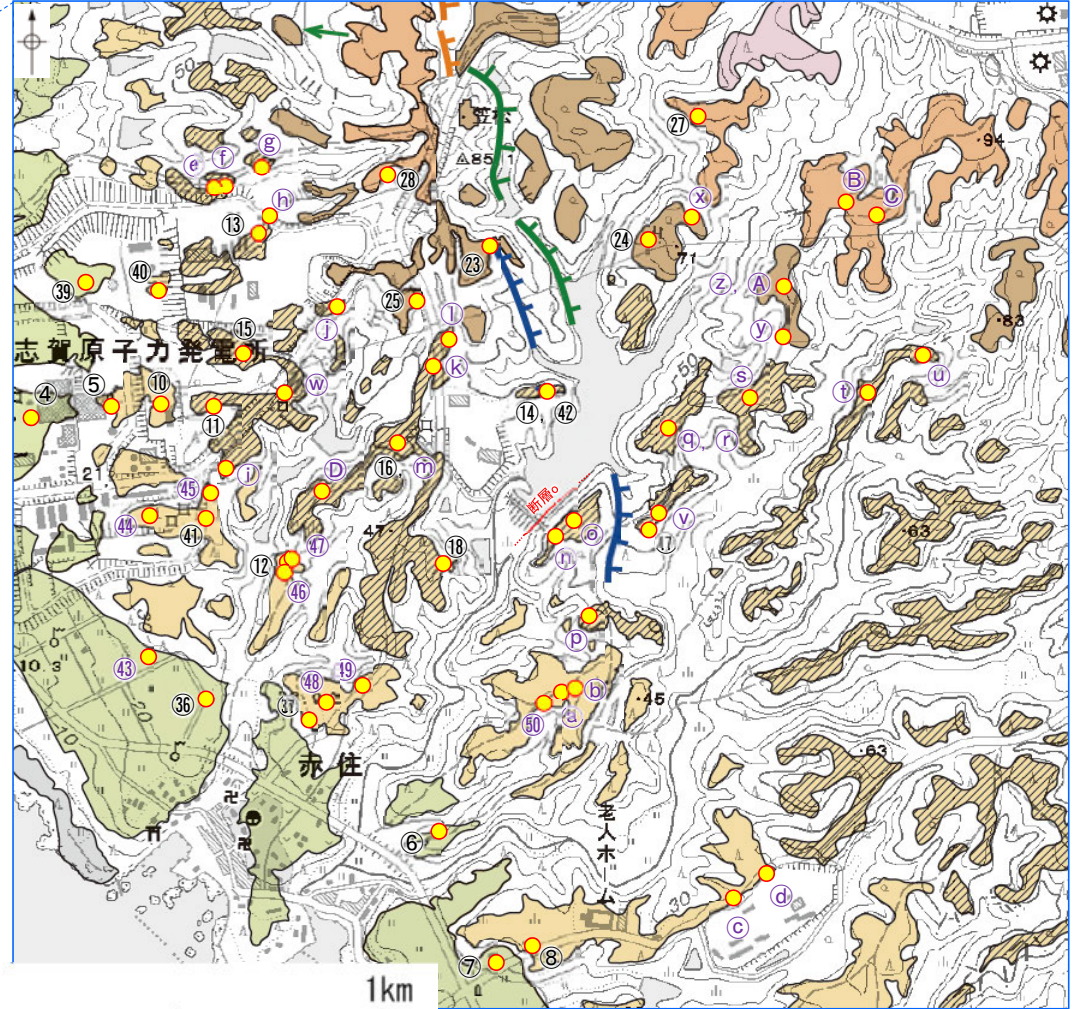
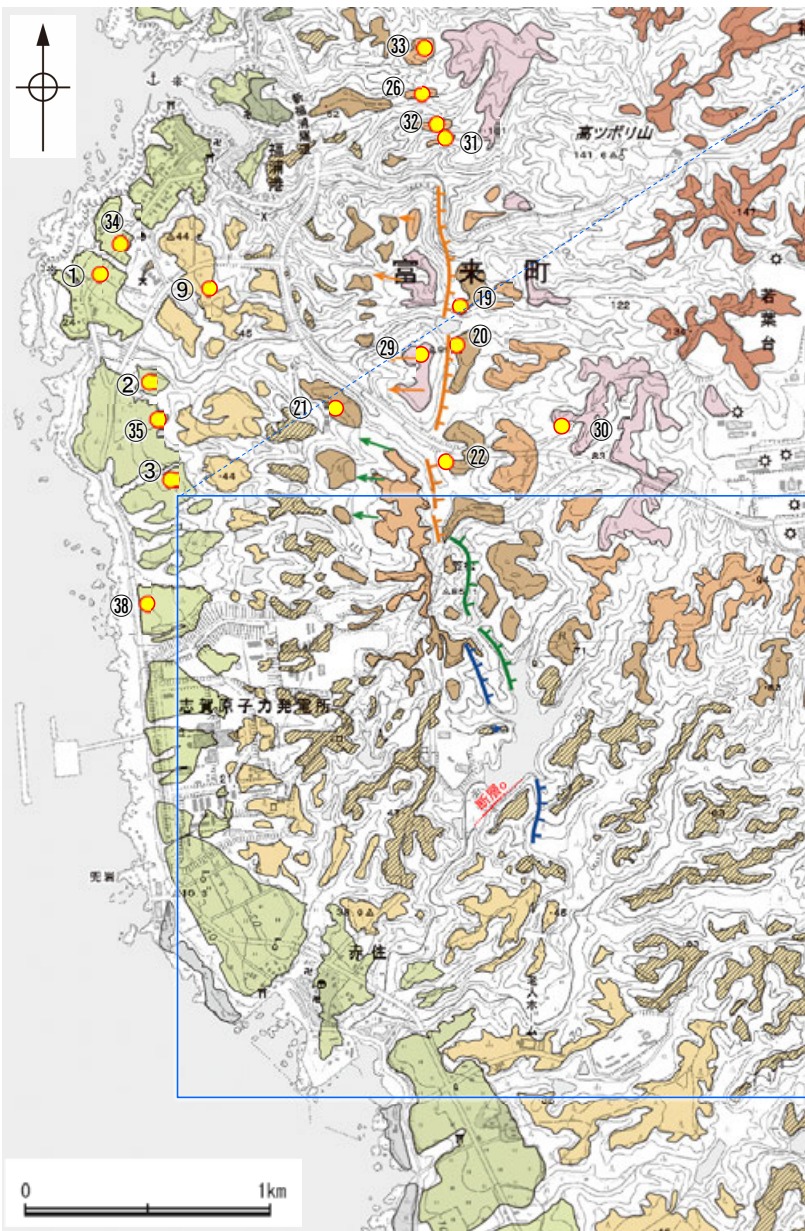
中位段丘 I 面, 高位段丘 I a面, I b面の模式断面図

断層○

【断層○周辺の段丘面調査】

紫字: 第1064回審査会合以降の追加変更箇所

○断層の周辺には、中位段丘Ⅰ面、高位段丘面(Ⅰa面、Ⅰb面、Ⅱ面、Ⅲ面、Ⅳ面)が分布している。
○これらの地形面については、海成段丘面と判読した確度を高めるために、露頭調査、トレンチ調査、ピット調査、ボーリング調査、コアサンプラー調査、検土杖調査を実施し、高位段丘面の特徴として認められる赤色土壌やK-Tz(9.5万年前)等の火山灰の分布に関する地質データを取得しており、段丘面区分と概ね整合することを確認した(詳細は補足資料2.2-1(1))。



● 段丘面調査実施箇所

凡例	
【段丘面】	
■ 高位段丘Ⅱ面	■ 高位段丘Ⅰb面
■ 高位段丘Ⅰa面	■ 高位段丘Ⅰa面
■ 高位段丘Ⅱ面	■ 中位段丘Ⅰ面
■ 高位段丘Ⅱ面	■ 古期扇状地面
■ 沖積段丘面	
【リニアメント-変動地形】	
— (紫)	① (変動地形である可能性がある)
— (青)	② (変動地形である可能性が高い)
— (緑)	③ (変動地形である可能性が低い)
— (赤)	④ (変動地形である可能性は非常に低い)

段丘面分布図

紫字:第1064回審査会合以降の追加変更箇所

【断層o周辺の段丘面調査】

調査地点	段丘面区分	調査方法	土壌	火山灰	標高(m)		備考
					地形面	岩盤上面	
①	中位段丘I面	ビット、ボーリング、コアサンプラー調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	23.4	21.7	No.1
					25.9	24.1	No.2
					27.4	26.0	No.3
					28.5	26.7	No.4
②	中位段丘I面	ビット調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	22.3	20.0	No.1
					26.5	25.3	No.2
					26.7	24.7	No.3
③	中位段丘I面	ビット調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	16.5	14.9	No.1
					18.5	16.4	No.2
					20.4	18.2	No.3
					23.4	21.9	No.4
					26.0	24.4	No.5
④	中位段丘I面	ボーリング調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	18.2	18.0	No.1
					19.9	19.1	No.2
					20.5	19.8	No.3
					21.9	20.4	No.4
⑤、⑩	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	33.8	32.5	⑤No.8/⑩No.1
					34.9	33.7	⑤No.9/⑩No.2
					37.5	34.1	⑤No.10/⑩No.3
					38.2	37.2	⑩No.4
⑥	中位段丘I面	ビット調査	赤褐色土壌あり	K-Tz	22.3	20.1	No.1
					23.3	20.9	No.2
					25.4	24.7	No.3
⑦	中位段丘I面	コアサンプラー調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	27.4	24.7	No.1
					28.3	24.7	No.2
⑧	高位段丘Ia面	露頭調査	赤色土壌あり	—	33.0	32.0	No.3
⑨	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤色土壌あり	×	45.6	44.0	
⑪	高位段丘Ib面	ボーリング調査	なし	—	46.4	45.3	No.6
⑫	高位段丘Ia面	トレンチ調査(えん堤左岸トレンチ)	赤色土壌あり	AT, K-Tz	38.6	35.7	
⑬	高位段丘Ib面	ビット調査	赤色土壌あり	—	58.0	55.7	
⑭	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	—	52.1	—	
⑮	高位段丘Ib面	ビット調査	赤色土壌あり	—	53.0	50.0	
⑯	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	—	52.0	—	
⑰	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	—	52.0	—	
⑱	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	—	45.0	42.0	
⑲	高位段丘II面	コアサンプラー調査	赤色土壌あり	K-Tz	84.8	83.1	
⑳	高位段丘II面	コアサンプラー調査	赤色土壌あり	—	79.8	78.4	
㉑	高位段丘II面	露頭調査	赤色土壌あり	—	62.0	59.6	
㉒	高位段丘II面	コアサンプラー調査	赤色土壌あり	—	70.8	67.6	
㉓	高位段丘II面	コアサンプラー調査	赤色土壌あり	—	74.7	—	
㉔	高位段丘II面	露頭調査	赤色土壌あり	—	68.0	65.0	
㉕	高位段丘II面	露頭調査	赤色土壌あり	—	72.0	69.9	
㉖	高位段丘III面	露頭調査	なし	×	83.0	82.0	
㉗	高位段丘III面	露頭調査	赤色土壌あり	—	82.0	79.7	
㉘	高位段丘III面	ビット調査	赤色土壌あり	—	78.0	—	
㉙	高位段丘IV面	ビット調査	赤色土壌あり	—	99.0	96.4	
㉚	高位段丘IV面	露頭調査	赤色土壌あり	K-Tz	102.0	—	

テフラの年代(町田・新井, 2011)

AT: 2.8万~3万年前
Aso-4: 8.5万~9万年前
K-Tz: 9.5万年前
SK: 10.5万年前

火山灰凡例

×: 火山灰検出せず
—: 分析未実施

調査地点	段丘面区分	調査方法	土壌	火山灰	標高(m)		備考
					地形面	岩盤上面	
㉛	高位段丘III面	検土杖調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	89.0	—	
㉜	高位段丘III面	検土杖調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	82.0	—	
㉝	高位段丘III面	検土杖調査	赤褐色土壌あり	AT	99.0	—	
㉞	中位段丘I面	ボーリング調査	なし	AT	27.9	26.6	
㉟	中位段丘I面	ボーリング調査	なし	AT, K-Tz	24.2	22.6	
㊱	中位段丘I面	露頭調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	27.2	—	
㊲	高位段丘Ia面	露頭調査	赤色土壌あり	K-Tz	34.0	31.2	
㊳	中位段丘I面	ビット、ボーリング調査	赤褐色土壌あり	Aso-4, K-Tz, SK	9.6	7.2	
㊴	中位段丘I面	トレンチ調査(No.2トレンチ)	赤褐色土壌あり	K-Tz	21.5	19.2	海成堆積物確認(礫の形状の定量的な評価を実施)
㊵	高位段丘Ia面	トレンチ調査(35m盤トレンチ)	赤色土壌あり	K-Tz	35.1	33.7	
㊶	高位段丘Ia面	トレンチ調査(駐車場南東方トレンチ)	赤色土壌あり	K-Tz	41.3	38.6	
㊷	高位段丘Ib面	トレンチ調査(大坪川ダム右岸トレンチ)	赤色土壌あり	AT, K-Tz	51.8	49.1	
㊸	中位段丘I面	ボーリング調査	なし	—	24.0	22.5	
㊹	高位段丘Ia面	ビット調査	赤色土壌あり	AT, K-Tz	34.7	32.5	
㊺	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤褐色土壌あり	—	43.7	41.2	
㊻	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤色土壌あり	AT, K-Tz	39.1	37.5	
㊼	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤色土壌あり	AT, K-Tz	40.8	37.5	
㊽	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	38.8	36.4	
㊾	高位段丘Ia面	ボーリング調査	なし	—	38.6	37.7	
㊿	高位段丘Ia面	ボーリング調査(FD-5孔)	なし	—	37.2	36.1	
㉠	高位段丘Ia面	ボーリング調査(FD-4孔)	なし	×	38.9	37.7	
㉡	高位段丘Ia面	ボーリング調査(FD-7孔)	なし	—	39.0	38.0	
㉢	高位段丘Ia面	ボーリング調査	なし	—	38.9	36.0	
㉣	高位段丘Ia面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	42.3	40.5	
㉤	高位段丘Ib面	ビット調査	赤色土壌あり	AT, K-Tz	55.0	53.8	
㉥	高位段丘Ib面	ビット調査	赤褐色土壌あり	AT	57.0	56.4	
㉦	高位段丘Ib面	ビット調査	赤色土壌あり	AT	61.0	59.7	
㉧	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	—	59.6	57.7	
㉨	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	44.8	43.6	
㉩	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	64.4	63.7	
㉪	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	AT, K-Tz	56.2	54.7	
㉫	高位段丘Ib面	ボーリング調査	なし	—	58.7	58.2	
㉬	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	49.0	47.7	
㉭	高位段丘Ib面	ボーリング調査(OS-2孔)	赤色土壌あり	K-Tz	55.9	53.2	
㉮	高位段丘Ib面	ボーリング調査(OS-3孔)	赤色土壌あり	—	57.2	55.4	
㉯	高位段丘Ib面	ボーリング調査(FD-8孔)	赤色土壌あり	×	48.3	47.3	
㉺	高位段丘Ib面	検土杖調査	赤褐色土壌あり	AT	56.0	—	
㉻	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	55.9	53.0	
㉼	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	59.2	57.2	
㉽	高位段丘Ib面	露頭調査	赤色土壌あり	—	60.2	58.5	
㉾	高位段丘Ib面	ボーリング調査	なし	—	61.6	60.8	
㉿	高位段丘Ib面	ボーリング調査	なし	—	51.7	51.6	
㊀	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	52.6	51.0	
㊁	高位段丘II面	ボーリング調査	なし	—	71.4	70.3	
㊂	高位段丘II面	露頭調査	赤褐色土壌あり	—	68.3	67.0	
㊃	高位段丘II面	検土杖調査	赤褐色土壌あり	AT, K-Tz	74.0	—	
㊄	高位段丘II面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	74.1	72.7	
㊅	高位段丘III面	露頭調査	赤色土壌あり	—	81.9	80.6	
㊆	高位段丘III面	検土杖調査	赤褐色土壌あり	AT	81.0	80.2	
㊇	高位段丘Ib面	ボーリング調査	赤色土壌あり	—	48.0	46.8	

2.2.2 (5)-2 断層の活動性 – 鉱物脈法による評価に用いる変質鉱物 –

敷地の地質・地質構造(第1121回審査会合)における説明内容

■ 鉱物脈法による活動性評価

- ・鉱物脈法は、「鉱物脈又は貫入岩等との接触関係を解析する」*手法である。敷地においては、変質鉱物からなる鉱物脈が破碎部中や母岩の割れ目に沿って認められる。よって、断層活動(最新面)と変質鉱物等との関係から、断層の最新活動年代を評価する。

敷地で確認される変質鉱物の詳細

- ・粘土状破碎部中には、変質鉱物として粘土鉱物のスメクタイトが共通して認められる。この粘土鉱物は、粘土分を濃集したXRD分析による結晶構造及びEPMA分析による化学組成を踏まえると、数十%のイライトが混合するイライト/スメクタイト混合層(以下、I/S混合層)である。さらに、CEC分析、XAFS分析、HRTEM観察による結果は、これらの粘土鉱物がI/S混合層であることを支持する。
- ・また、粘土鉱物以外の白色鉱物については、XRD分析及び薄片観察を実施した結果、オパールCT及びフィリップサイトであることを確認した。

変質鉱物の後期更新世以降の生成可能性の評価

- ・「約12~13万年前以降の敷地の地温分布」と「変質鉱物の生成温度の最低値」を比較し、約12~13万年前以降の敷地の温度環境下で変質鉱物が生成するか否かを評価した。
- ・約12~13万年前以降の敷地の地温分布は、敷地の温度検層結果及び敷地周辺の地温分布や能登半島の火成活動に関する文献調査の結果から、現在の敷地の地温分布と同程度であると評価した。文献に基づく変質鉱物の生成温度の最低値は、約12~13万年前以降の敷地の推定地温分布よりも数十℃以上高い。よって、約12~13万年前以降の敷地の地温分布では、敷地の変質鉱物は、その確認標高で生成せず、敷地の変質鉱物(I/S混合層等)は約12~13万年前以降に生成したものではない。

変質鉱物の生成環境の検討及び生成年代の推定

- ・上記を踏まえ、敷地の変質鉱物が生成し得る環境を検討し、生成年代を推定した。
- ・敷地の変質鉱物が生成するには、その確認標高の地温よりも高温である必要があることから、①現在と同程度の地温分布で、より高温の地下深部において生成し、現在の確認標高まで隆起したか、もしくは②敷地の地温分布が現在よりも高温となる環境下で生成したと考えられる。つまり、生成環境は、「①地下深部(地温勾配相当の高温)での生成」もしくは「②熱水(地温勾配以上の高温)による生成」である。
 - ①について、I/S混合層が敷地周辺の別所岳安山岩類中にも広く認められることから、敷地周辺一帯は同じような環境下で変質を被ったと考えられること、及び粘土状破碎部(I/S混合層からなる変質部)全体を横断している碎屑岩脈が地下深部の高封圧下で形成したと考えられることを踏まえ、敷地の変質鉱物は、地下深部で敷地周辺一帯が変質し、その後、敷地周辺一帯が隆起して現在の位置で確認されているものと判断した。
 - ②について、敷地の斜長石には曹長石化が認められないことから、敷地は少なくとも斜長石が曹長石化するような高温の熱水の影響は受けていないと考えられる。よって、敷地の変質鉱物は、「①地下深部での生成」の可能性が高いと判断した。一方で、斜長石が曹長石化しない程度の熱水の影響を受けて生成した可能性は否定できない。
- ・生成環境に関する検討結果を踏まえ、生成年代を推定した。地下深部での生成年代は、地殻の隆起速度を一定と仮定すると、変質鉱物の生成温度が約50℃以上であることから、約6Ma以前と推定した。なお、曹長石化しない程度の熱水により生成した場合の生成年代は、能登半島で最後に火成活動が認められた9Ma以前と推定した。

変質鉱物の生成年代評価のまとめ

- ・5.3(1-2)及び5.3(1-3)を踏まえ、敷地の変質鉱物(I/S混合層等)は、少なくとも後期更新世以降に生成したものではないと評価した。なお、変質鉱物と第四系との関係やI/S混合層のK-Ar年代値等についても、この生成年代評価と整合する。

碎屑岩脈の形成年代評価

- ・S-1の粘土状破碎部中には碎屑岩脈が認められ、この碎屑岩脈について薄片観察を実施した。その結果、碎屑岩脈は、未固結な状態で高い圧力を受けて貫入したことが示唆されることから、地下深部の高封圧下で形成したと判断した。一方で、この確認標高は、約12~13万年前以降、現在とほぼ同じ低封圧下にあり、高封圧下で形成する碎屑岩脈は形成しないと判断した。よって、碎屑岩脈は少なくとも後期更新世以降に形成したものではないと評価した。

評価に用いる変質鉱物

- ・少なくとも後期更新世以降に生成したものではないと評価した変質鉱物(I/S混合層等)及び少なくとも後期更新世以降に形成したものではないと評価した碎屑岩脈を用いて鉱物脈法による活動性評価を行う。

【鉱物脈法による活動性評価に用いる変質鉱物】(敷地の地質・地質構造(第1121回審査会合)における説明内容)

■敷地で確認される変質鉱物の詳細 (第1121回審査会合 資料1-1 P.5-27~5-35)

<粘土鉱物>

- ・XRD分析(粘土分濃集)による結晶構造
- ・EPMA分析による化学組成
- ⇒粘土鉱物(スメクタイト)は、I/S混合層である。

I/S混合層であることを支持する。

- ・CEC分析
- ・XAFS分析
- ・HRTEM観察

<白色鉱物>

- ・XRD分析, 薄片観察
- ⇒粘土鉱物以外の白色鉱物は、オパールCT及びフィリップサイトである。

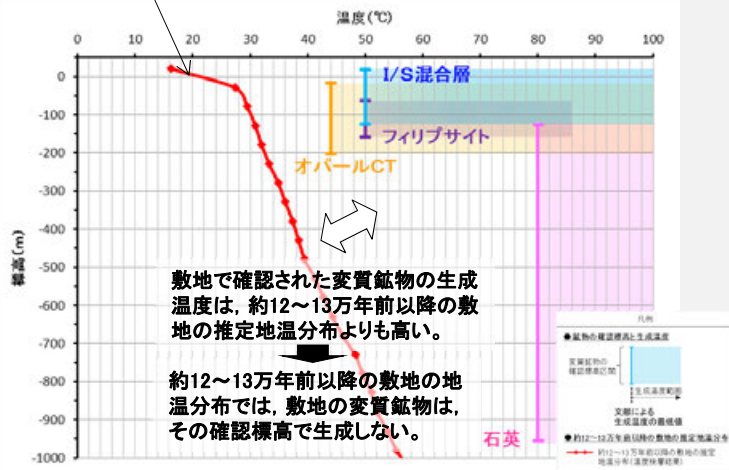
■変質鉱物の後期更新世以降の生成可能性の評価

(第1121回審査会合 資料1-1 P.5-36)

○「約12~13万年前以降の敷地の地温分布」と「変質鉱物の生成温度の最低値」を比較し、約12~13万年前以降の敷地の温度環境下で変質鉱物が生成するかどうかを評価した。

- ・温度検層, 文献調査(敷地周辺の地温分布, 能登半島の火成活動)

約12~13万年前以降の敷地の地温分布は、現在と同程度である。



敷地の変質鉱物(I/S混合層等)は、約12~13万年前以降に生成した**ものではない**。

■変質鉱物の生成環境の検討及び生成年代の推定(第1121回審査会合 資料1-1 P.5-37~5-40)

○左記を踏まえ、敷地の変質鉱物が生成し得る環境を検討し、生成年代を推定した。

- ・敷地の変質鉱物が生成するには、その確認標高の地温よりも高温である必要があることから、①現在と同程度の地温分布で、より高温の地下深部において生成し、現在の確認標高まで隆起したか、もしくは②敷地の地温分布が現在よりも高温となる環境下で生成したと考えられる。

【①地下深部(地温勾配相当の高温)での生成】

- ・敷地周辺の変質に関する調査
- ⇒I/S混合層が敷地周辺の別所岳安山岩類中にも広く認められることから、敷地周辺一帯は同じような環境下で変質を被ったと考えられる。

- ・砕屑岩脈
- ⇒砕屑岩脈は、地下深部の高封圧下で形成したと考えられる。

<生成環境の検討>

敷地の変質鉱物は、地下深部で敷地周辺一帯が変質し、その後、敷地周辺一帯が隆起して現在の位置で確認されているものと判断した。

<生成年代の推定>

敷地の変質鉱物の地下深部での生成年代は、地殻の隆起速度を一定と仮定し、約6Ma以前と推定した。

【②熱水(地温勾配以上の高温)による生成】

- ・斜長石の曹長石化検討
- ⇒敷地の斜長石には、曹長石化が認められない。

<生成環境の検討>

・敷地は、少なくとも斜長石が曹長石化するような高温の熱水の影響を受けていない。⇒敷地の変質鉱物は、「①地下深部での生成」の可能性が高いと判断した。一方で、曹長石化しない程度の熱水の影響を受けて生成した可能性は否定できない。

<生成年代の推定>

仮に、熱水により生成したとした場合、敷地の変質鉱物の生成年代は、能登半島で最後に火成活動が認められた9Ma以前と推定した。

■変質鉱物の生成年代評価のまとめ(第1121回審査会合 資料1-1 P.5-41~5-44)

敷地の変質鉱物(I/S混合層等)は、**少なくとも後期更新世以降に生成した**ものではない****。

↑生成年代評価と整合する。

- ・変質鉱物と第四系との関係, K-Ar年代値(I/S混合層), U-Pb年代値(オパールCT), 生成温度・期間に関する文献調査

<生成環境に関する追加検討>

- ・能登半島周辺の地質構造に関する既往知見との関係
- ・新第三紀堆積岩における変質状況の確認

■評価に用いる変質鉱物(第1121回審査会合 資料1-1 P.5-46)

少なくとも後期更新世以降に生成した**ものではない**と評価した変質鉱物(I/S混合層等)及び少なくとも後期更新世以降に形成した**ものではない**と評価した砕屑岩脈を用いて鉱物脈法による活動性評価を行う。

■砕屑岩脈の形成年代評価(第1121回審査会合 資料1-1 P.5-45)

<砕屑岩脈>

- ・薄片観察
- ・地形図
- ⇒砕屑岩脈は、地下深部の高封圧下で形成した。
- ⇒確認標高は、約12~13万年前以降、現在とほぼ同じ低封圧下であり、高封圧下で形成する砕屑岩脈は形成しない。

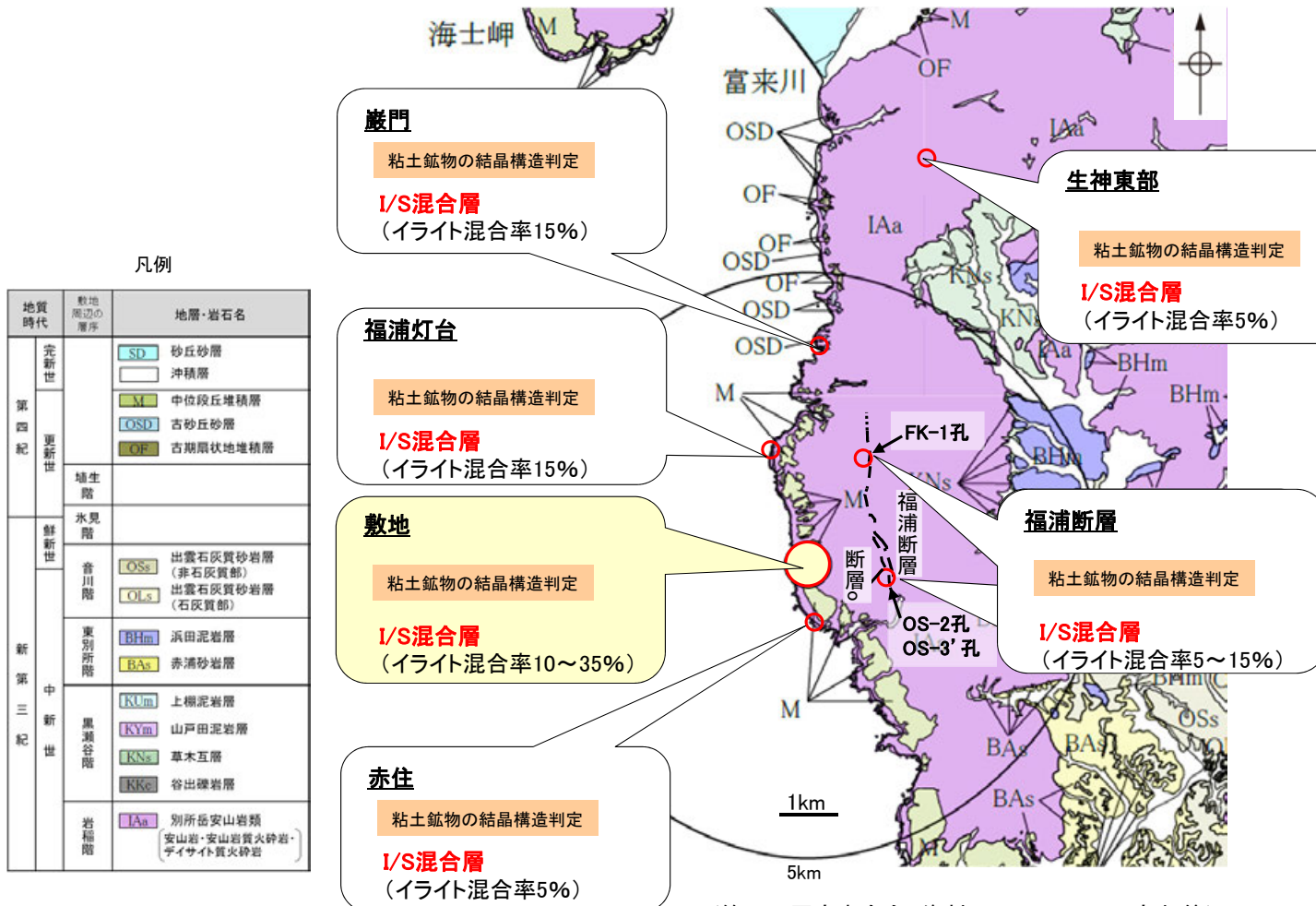
砕屑岩脈は、**少なくとも後期更新世以降に形成した**ものではない****。

【断層の鉱物脈法による活動性評価に用いる変質鉱物】

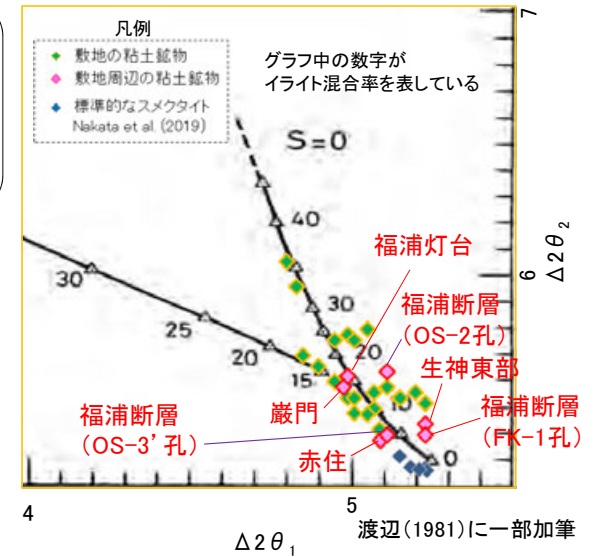
- 敷地周辺の赤住、福浦灯台、巖門、生神東部及び福浦断層で認められる粘土鉱物を対象として、粘土鉱物のXRD分析による結晶構造判定を行った結果、これらの敷地周辺で確認される粘土鉱物は、敷地と同程度のイライト混合率をもつI/S混合層であると判定した(第1121回審査会合 机上配布資料2 P.5.3-2-169)。
- よって、敷地で確認される変質鉱物(I/S混合層)が、敷地内に限って分布するものではなく、敷地周辺の別所岳安山岩類中にも広く分布することから、敷地周辺一帯は同じような環境下で変質を被ったと判断した。

○敷地で確認される少なくとも後期更新世以降に生成したものではないと評価した変質鉱物(I/S混合層)は、敷地周辺一帯にも広く分布していることから、敷地近傍に分布する断層の鉱物脈法による評価にあたっては、I/S混合層を用いて評価を行う。

<敷地周辺の別所岳安山岩類で確認される変質鉱物>



<粘土鉱物の結晶構造判定結果>



(第1121回審査会合 資料1-1 P.5-40 に一部加筆)

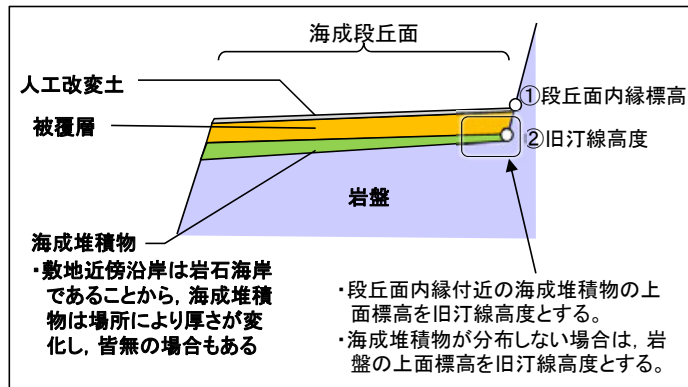
2.2.2 (5)-3 断層oの活動性 —地形面の変位の有無による評価(段丘面内縁標高, 旧汀線高度に基づく検討) —

コメントNo.48の回答

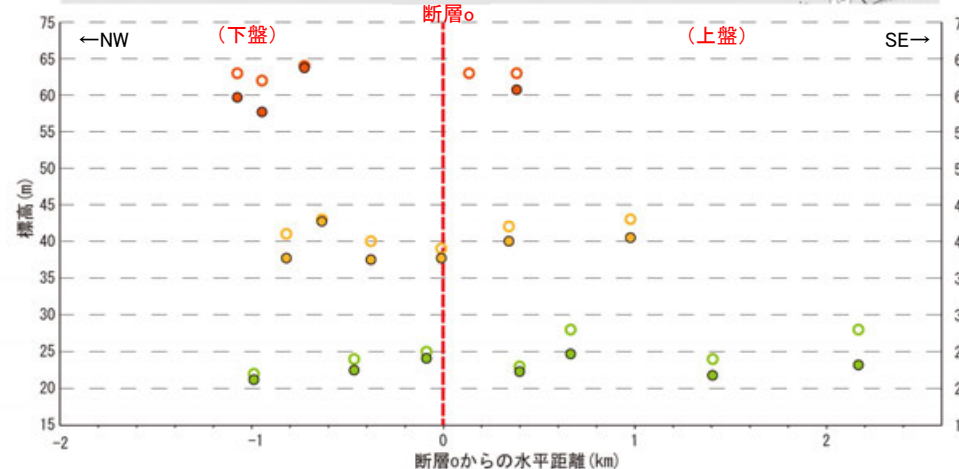
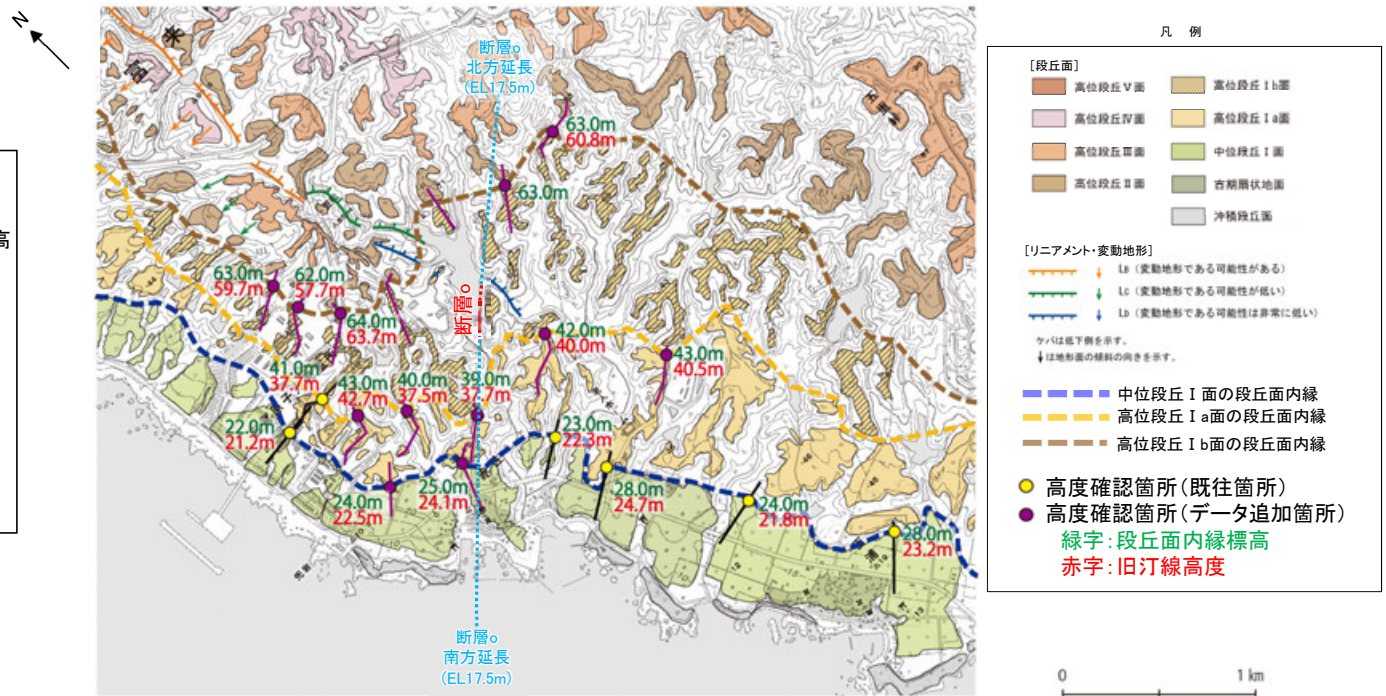
○断層o周辺において, 中位段丘 I 面, 高位段丘 I a面, I b面の段丘面内縁標高, 旧汀線高度*の分布について検討した。
 ○その結果, 断層o及びその延長位置を挟んで, 断層oの上盤側(南東側)においてこれらの高度が一様に高い傾向は認められない。
 ○ただし, 高位段丘 I b面については, 断層o上盤側のデータが少なく, 高度分布の傾向に関する評価の信頼性に劣る。

○断層o及びその延長位置を挟んで分布する中位段丘 I 面, 高位段丘 I a面, I b面の段丘面内縁標高, 旧汀線高度に, 断層oの上盤側(南東側)が一様に高い傾向は認められない。

※旧汀線高度は, 段丘面内縁付近の海成堆積物の上面標高とし, 海成堆積物が分布しない場合は岩盤の上面標高とした(下図参照)。



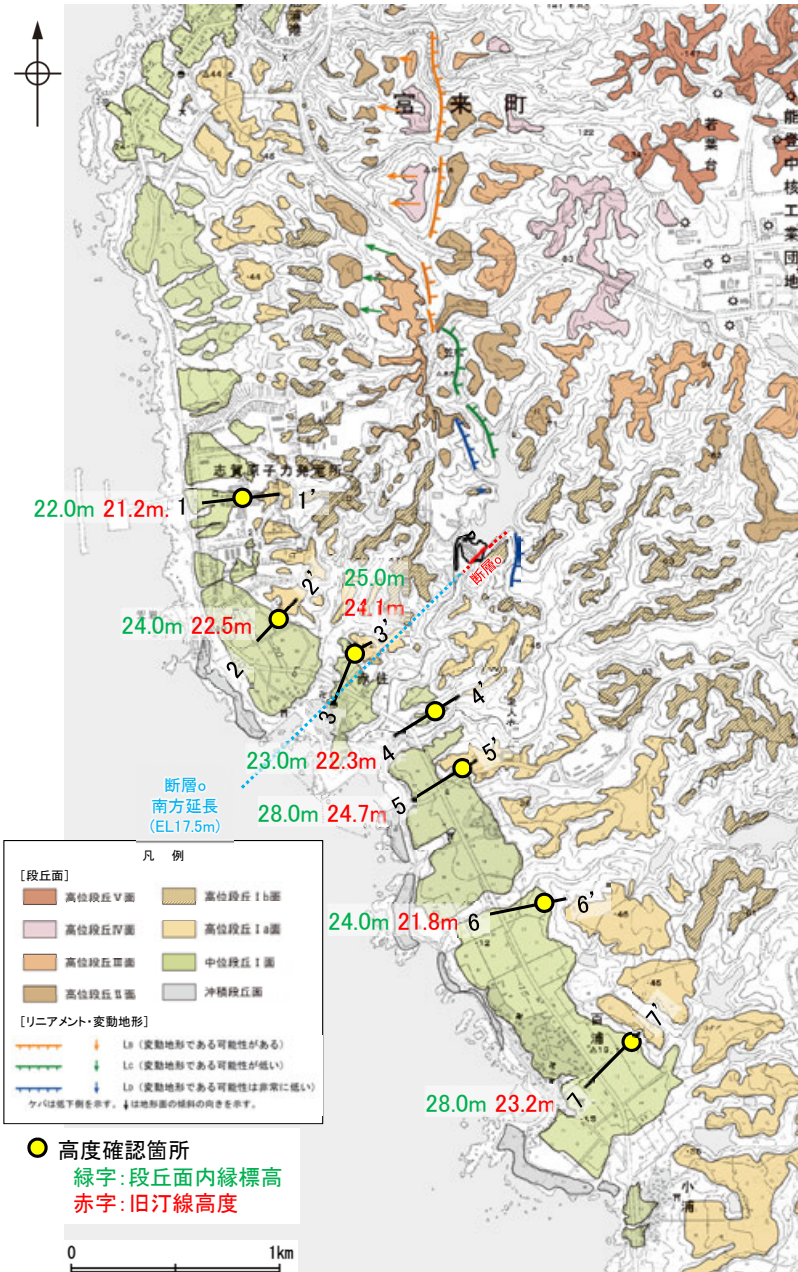
海成段丘面の模式断面図



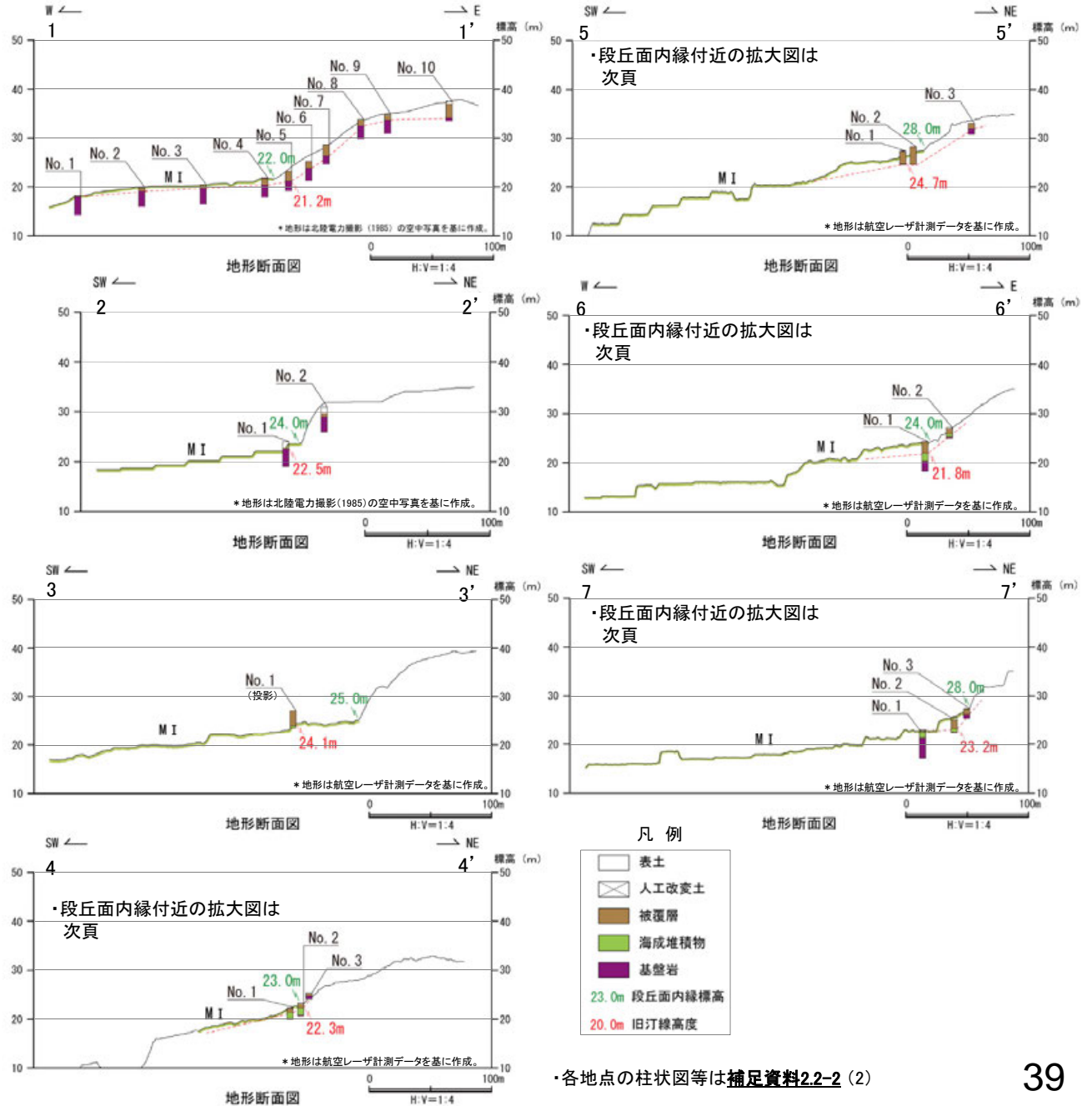
中位段丘 I 面, 高位段丘 I a面, I b面の高度分布

【段丘面内縁標高, 旧汀線高度に基づく検討(中位段丘 I 面)】

○断層oの周辺に分布する中位段丘 I 面の段丘面内縁標高はEL22~28m付近, 旧汀線高度はEL21~25m付近である。

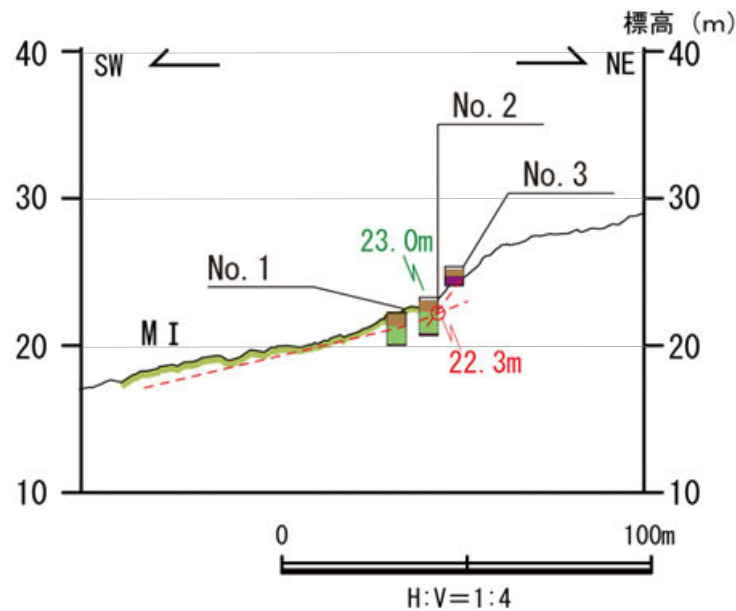


位置図

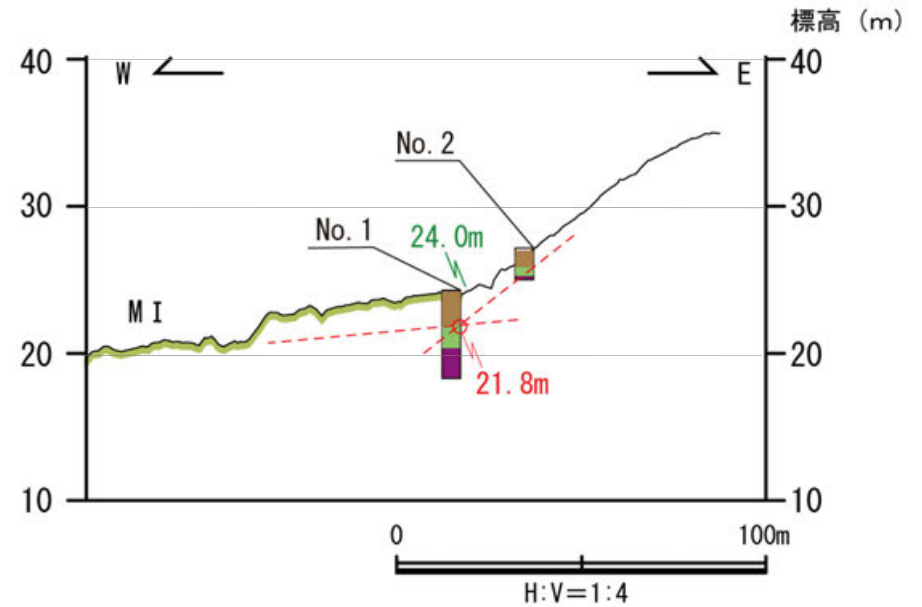


・各地点の柱状図等は補足資料2.2-2 (2)

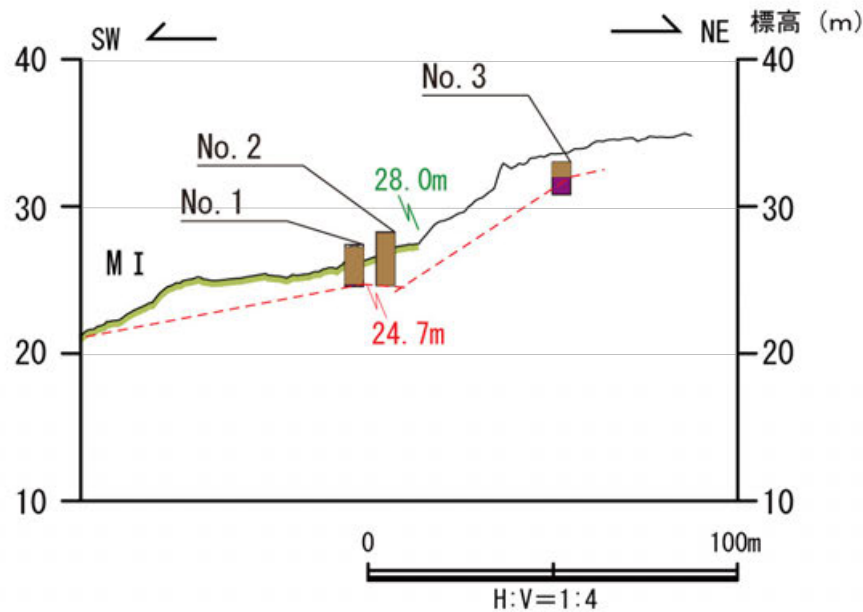
【段丘面内縁標高, 旧汀線高度に基づく検討(中位段丘 I 面: 段丘面内縁付近拡大)】



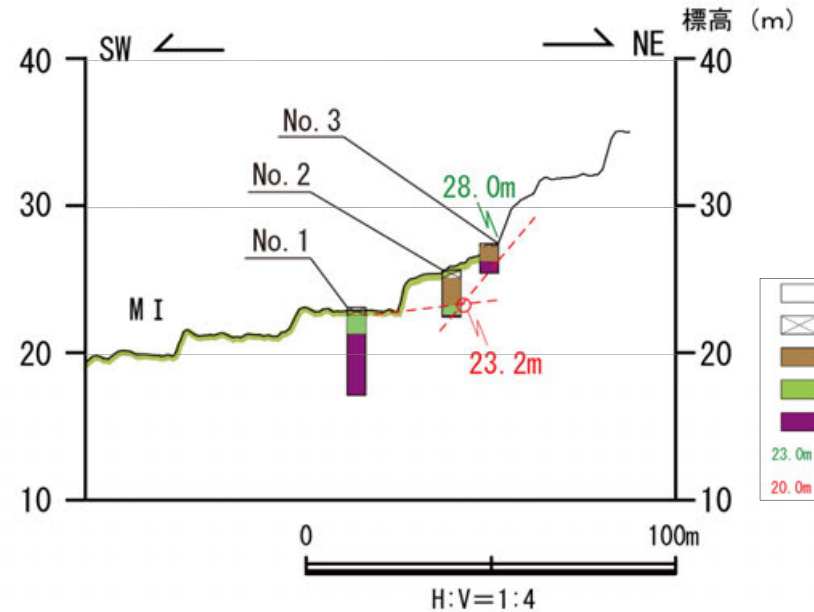
4-4' 断面 段丘面内縁付近拡大



6-6' 断面 段丘面内縁付近拡大



5-5' 断面 段丘面内縁付近拡大

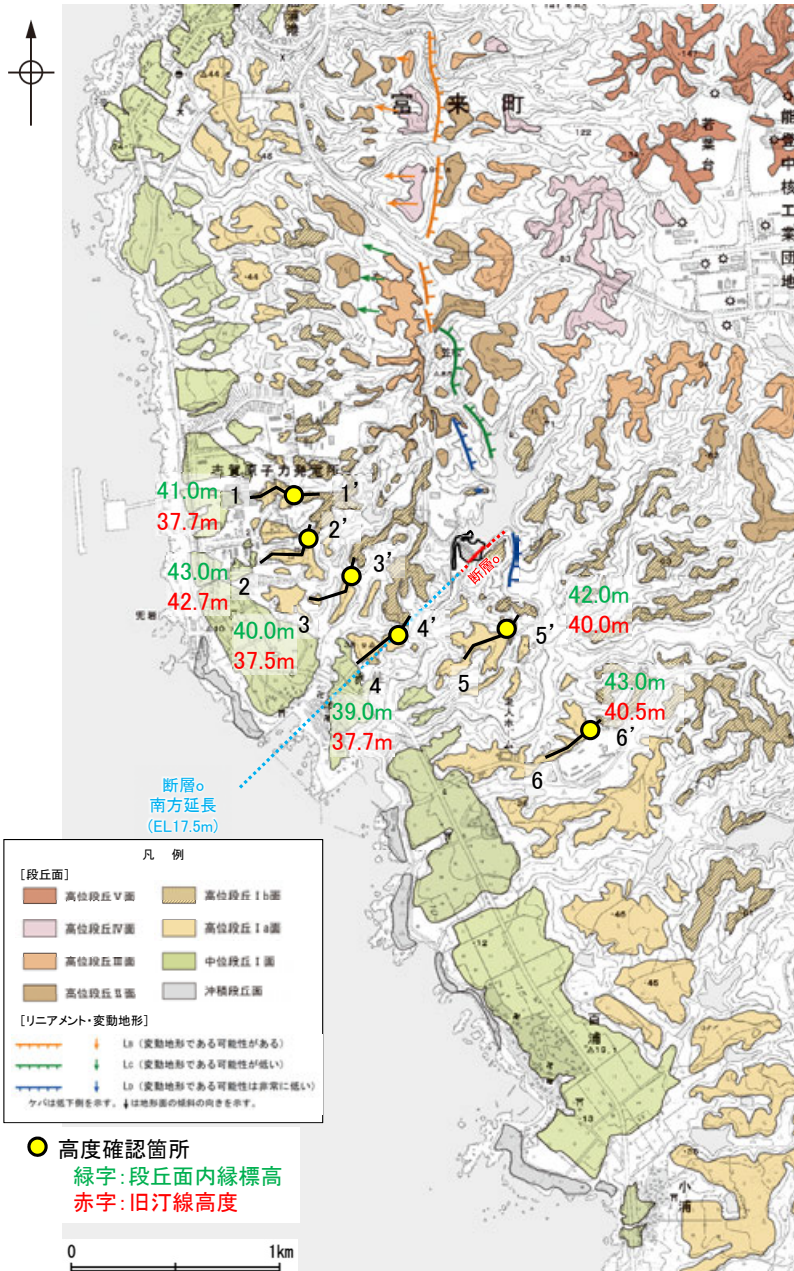


7-7' 断面 段丘面内縁付近拡大

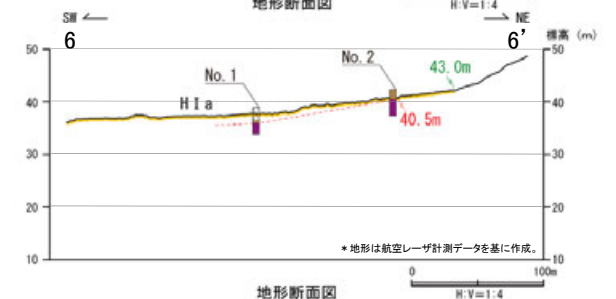
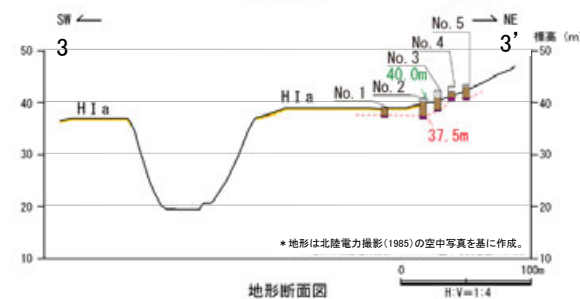
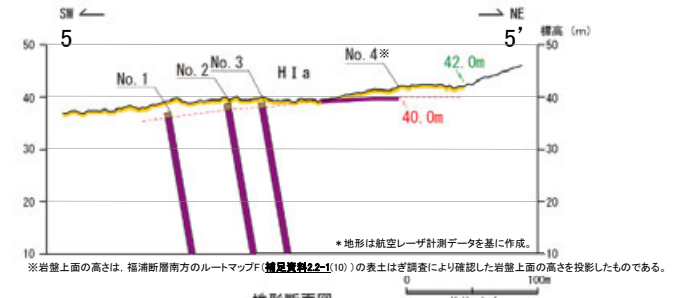
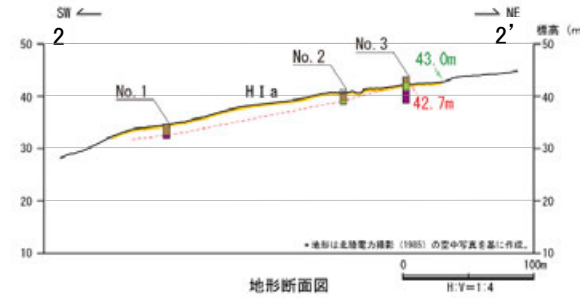
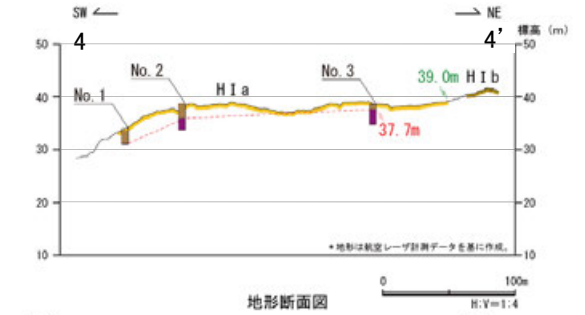
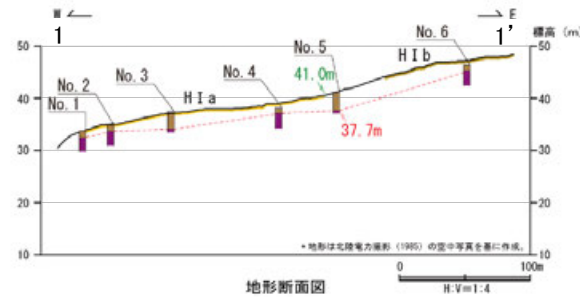
- 凡例
- 表土
 - ▨ 人工改変土
 - 被覆層
 - 海成堆積物
 - 基盤岩
 - 23.0m 段丘面内縁標高
 - 20.0m 旧汀線高度

【段丘面内縁標高, 旧汀線高度に基づく検討(高位段丘 I a面)】

○断層oの周辺に分布する高位段丘 I a面の段丘面内縁標高はEL39~43m付近, 旧汀線高度はEL37~43m付近である。



位置図



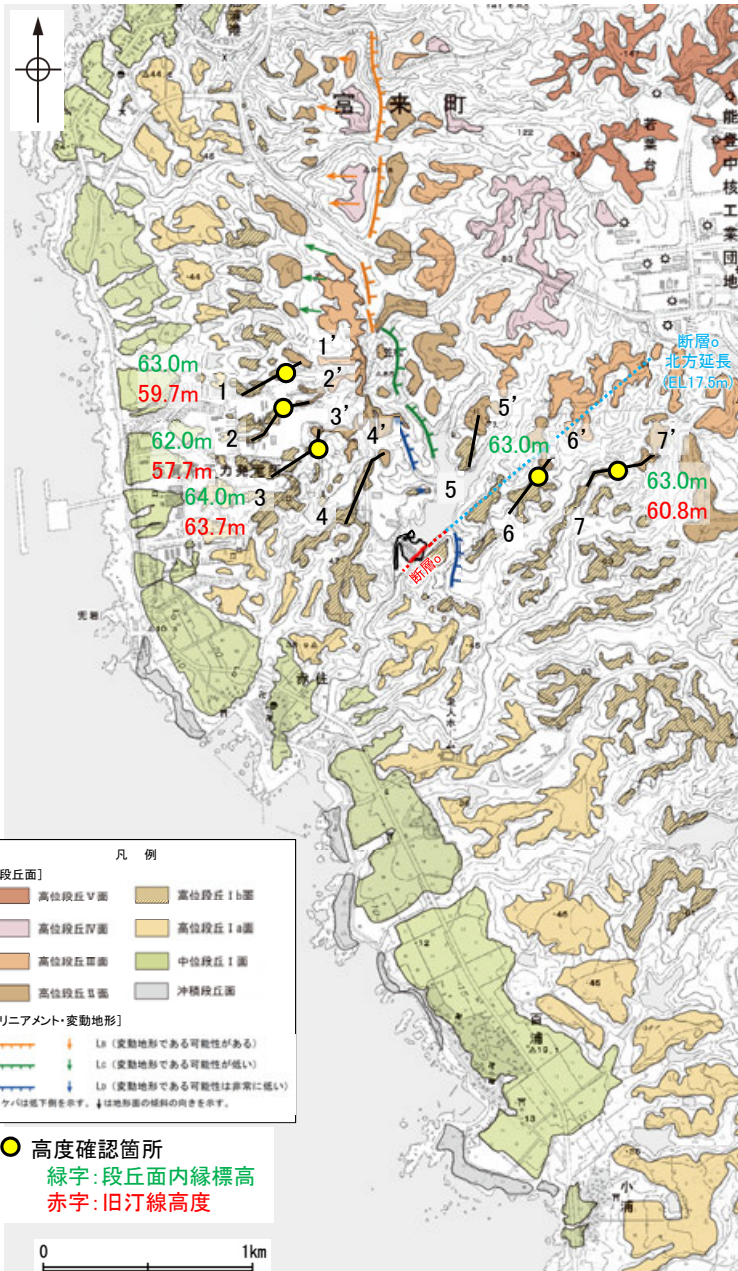
凡例



・各地点の柱状図等は補足資料2.2-2 (2)

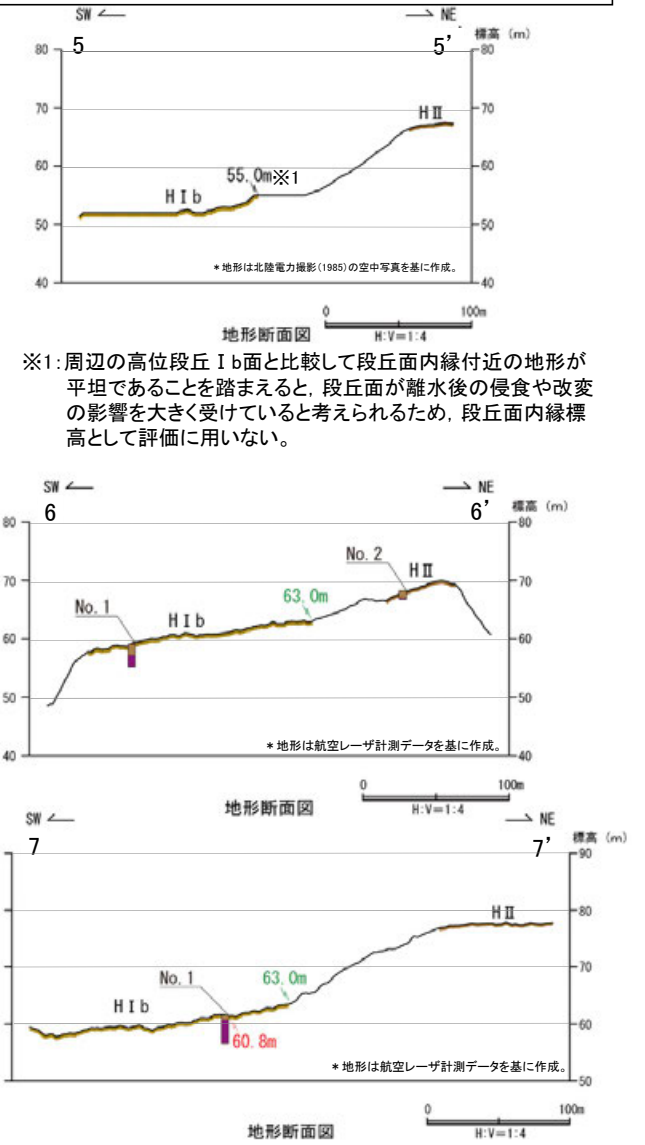
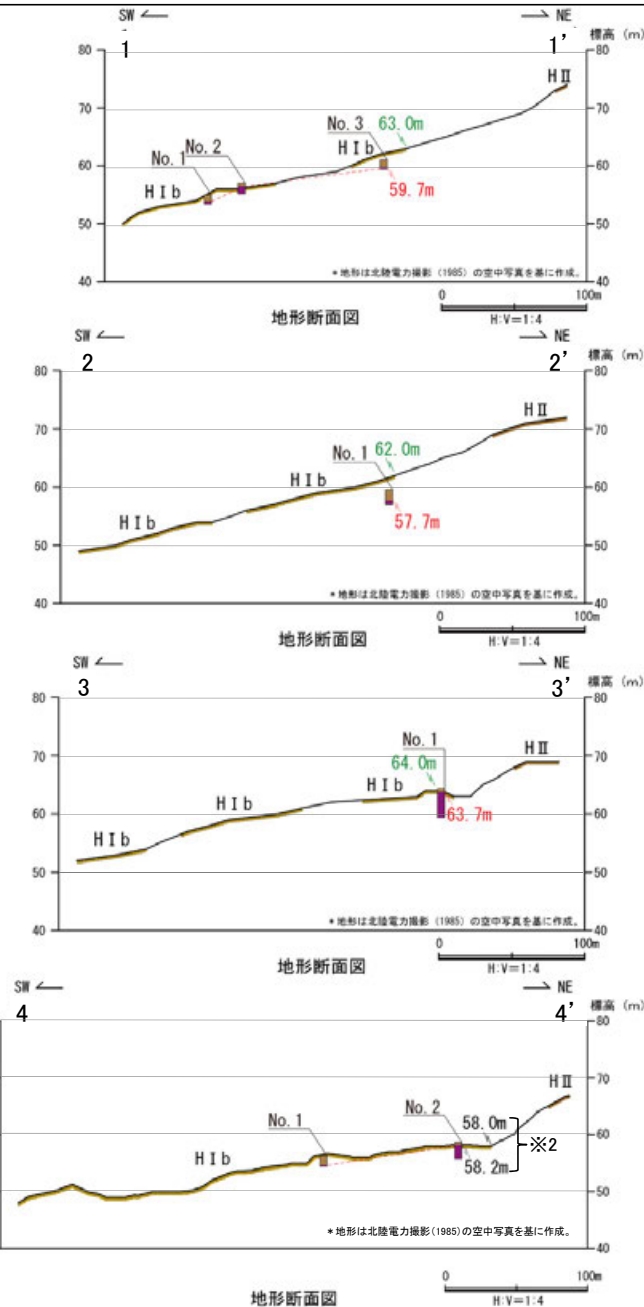
【段丘面内縁標高，旧汀線高度に基づく検討(高位段丘 I b面)】

○断層oの周辺に分布する高位段丘 I b面の段丘面内縁標高はEL62~64m付近，旧汀線高度はEL57~64m付近である。



位置図

・各地点の柱状図等は補足資料2.2-2 (2)



※1: 周辺の高位段丘 I b面と比較して段丘面内縁付近の地形が平坦であることを踏まえると，段丘面が離水後の侵食や改変の影響を大きく受けていると考えられるため，段丘面内縁標高として評価に用いない。

※2: 段丘面内縁付近の地形面標高がNo.2地点の岩盤上面高度と比べて低いことや，段丘面内縁付近に谷が入り込んでいること(補足資料2.2-2 (2)P.2.2-2-25)を踏まえると，段丘面が離水後の侵食や改変の影響を大きく受けていると考えられるため，段丘面内縁標高及び旧汀線高度として評価に用いない。

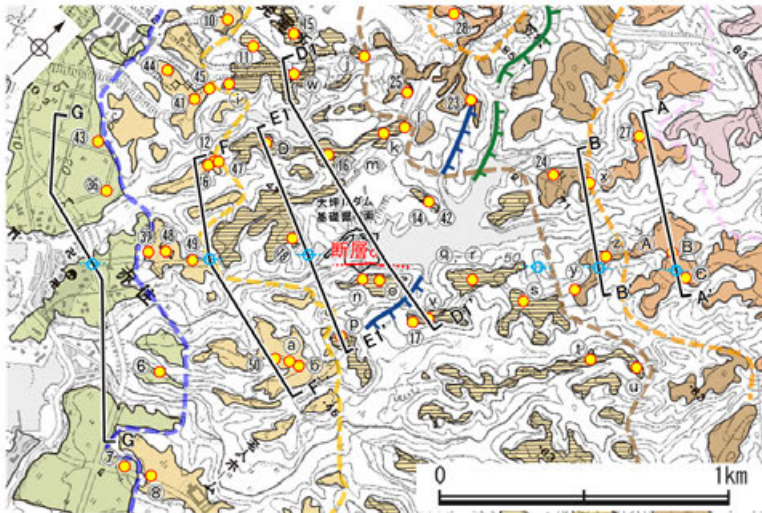


2.2.2 (5)-3 断層oの活動性 —地形面の変位の有無による評価(断層o及びその延長位置を挟んで分布する地形面)—

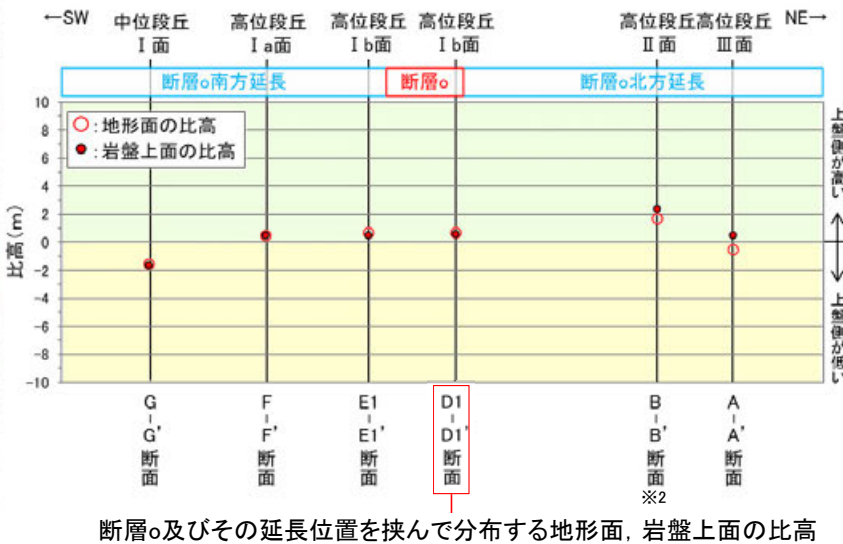
コメントNo.48の回答

- 断層oの活動による地形面の変位の有無を確認するために、断層o及びその延長位置を挟んで分布する段丘面の比高を確認した。
- 断層oを挟んで分布する高位段丘 I b面における上盤側(南東側)と下盤側(北西側)の比高は、地形面は0.7m、岩盤上面は0.6mである(D1-D1' 断面)(P.45)。
- 断層oの北方延長及び南方延長位置を挟んで分布する中位段丘 I 面、高位段丘 I a面、I b面、II 面、III 面における上盤側(南東側)と下盤側(北西側)の比高は、地形面は-1.5m~1.7m、岩盤上面は-1.6m~2.4mの範囲ではつきが認められる(A-A', B-B', E1-E1', F-F', G-G' 断面)(P.46, 47)。
- 断層o及びその延長位置を挟んで分布する中位段丘 I 面、高位段丘 I a面、I b面、II 面、III 面において、地形面や岩盤上面に断層oの上盤側(南東側)が一様に高くなるような系統的な高度差は認められない。

○地形面や岩盤上面の高度を比較した結果、断層o及びその延長位置を挟んで分布する段丘面において、地形面や岩盤上面に断層oの上盤側(南東側)が一様に高くなるような系統的な高度差は認められないことから、断層oによる隆起は認められない。



段丘面分布図



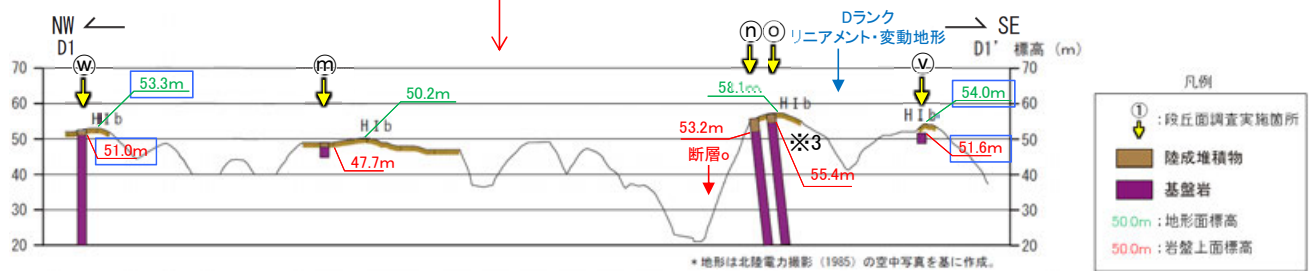
断層o及びその延長位置を挟んで分布する地形面、岩盤上面の比高

- ・断層oを挟んで分布する段丘面において、地形面や岩盤上面の高度を比較するにあたり、旧汀線と概ね平行な方向の断面線を設定した(次頁)。
- ・各断面における、断層oの上盤側(南東側)の地形面と下盤側(北西側)の地形面との比高(○)を左図に示す。
- ・また、各断面における、断層oの上盤側(南東側)の岩盤上面と下盤側(北西側)の岩盤上面との比高(●)も併せて左図に示す。
- ・なお、断層oの上盤側(南東側)及び下盤側(北西側)のそれぞれで複数の標高データがある場合には、離水後の侵食や改変の影響を受けていないと考えられる最も標高の高いデータを用いることとする。

※2:断層oの北方延長が、B-B' 断面中央の谷に位置すると仮定した場合の比高を示す。



※1:段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)



地形断面図(D1-D1' 断面の例)

※3:当該段丘面は、福浦断層直近の上盤側(西側)に分布することから、福浦断層による隆起の影響を受けていると考えられる。

D1-D1' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	54.0m-53.3m=0.7m
岩盤上面標高	51.6m-51.0m=0.6m

凡例

1.0m	: 上盤側が高い
-1.0m	: 上盤側が低い

断層o

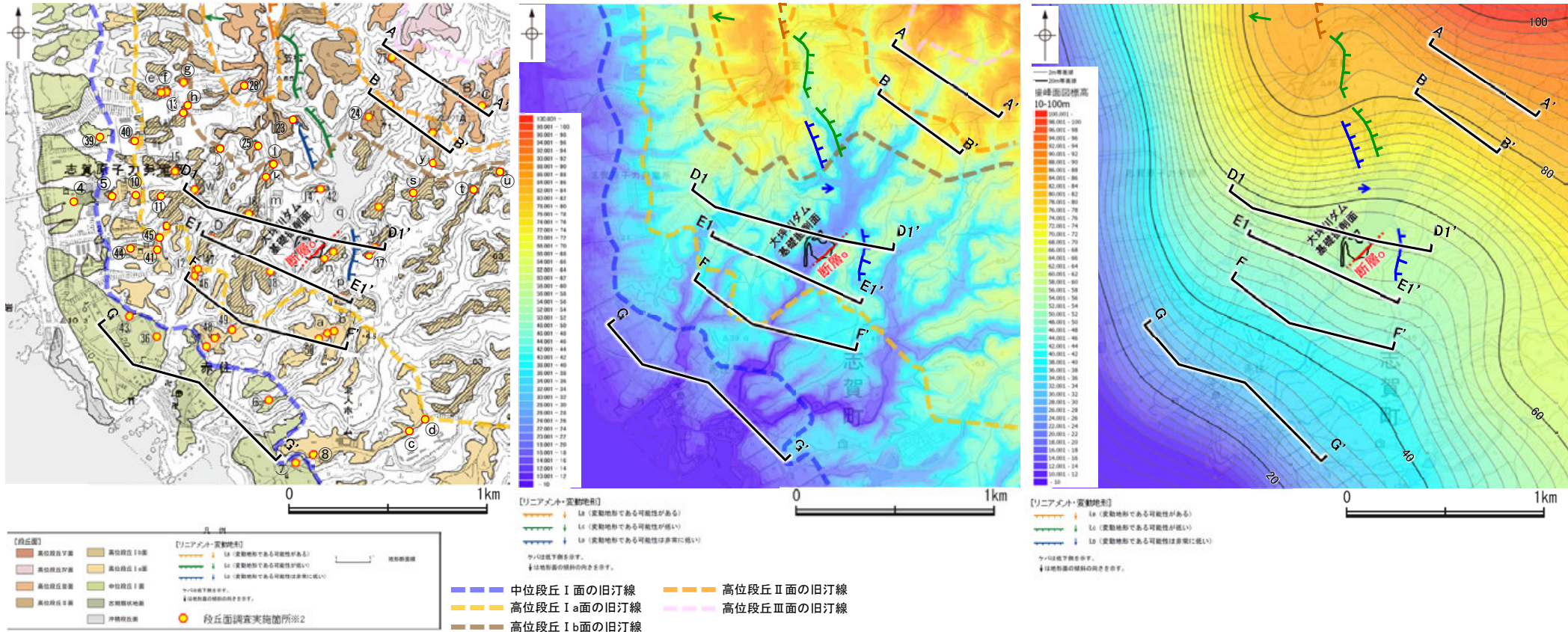
【高度比較断面の設定(断層o)】

○断層oの活動性について地形面の変位の有無による評価を行うために、断層oを挟んで分布する段丘面において地形面や岩盤上面の高度を比較するにあたり、以下の①の考え方に基づき断面線を設定した。

①: 段丘面は海側に向かって緩く傾斜していることから、旧汀線と概ね平行な方向に断面線を設定する必要がある。ただし当該範囲の旧汀線は入り組んだ形状を示すため、高度帯毎に色を変えて表現した地形標高段彩図や、複雑な起伏のある山地の大局的な高度分布や形態を把握することのできる接峰面図も用いることにより、旧汀線と概ね平行な方向に断面線を設定した。

○以上を踏まえて設定した6断面(A-A', B-B', D1-D1', E1-E1', F-F', G-G' 断面)*1において、地形面や岩盤上面の高度比較を行う。

*1: 第1105回審査会合において示していたC-C', D-D', E-E' 断面は、旧汀線と斜交しており、段丘面の海側への傾斜を考慮していない断面であること、C1-C1' 断面は、段丘面が離水後の侵食や改変の影響を大きく受けていると考えられることから、高度比較断面から除外した(詳細は補足資料2.2-2(3))。



*2: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

断面線位置図(基図は段丘面分布図)

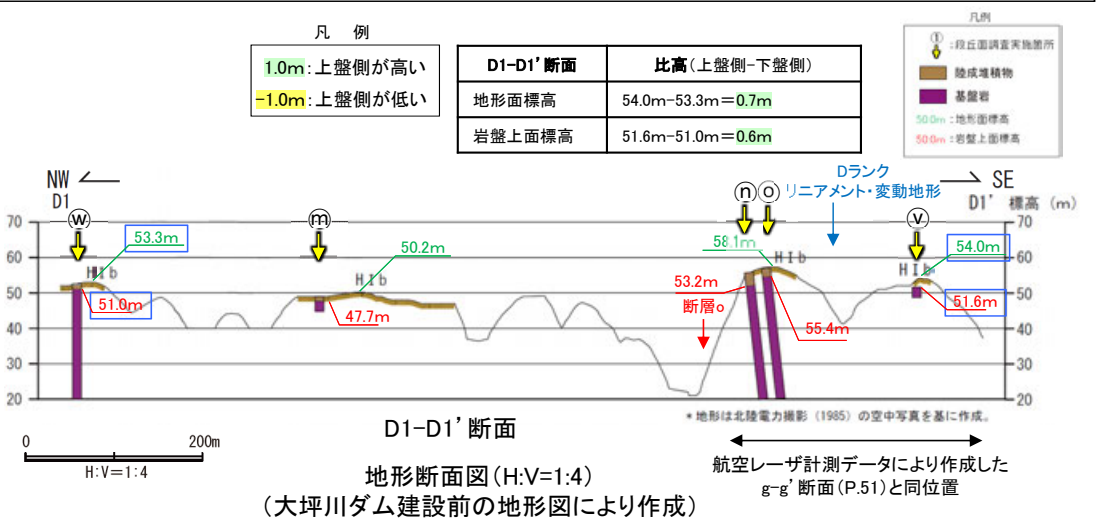
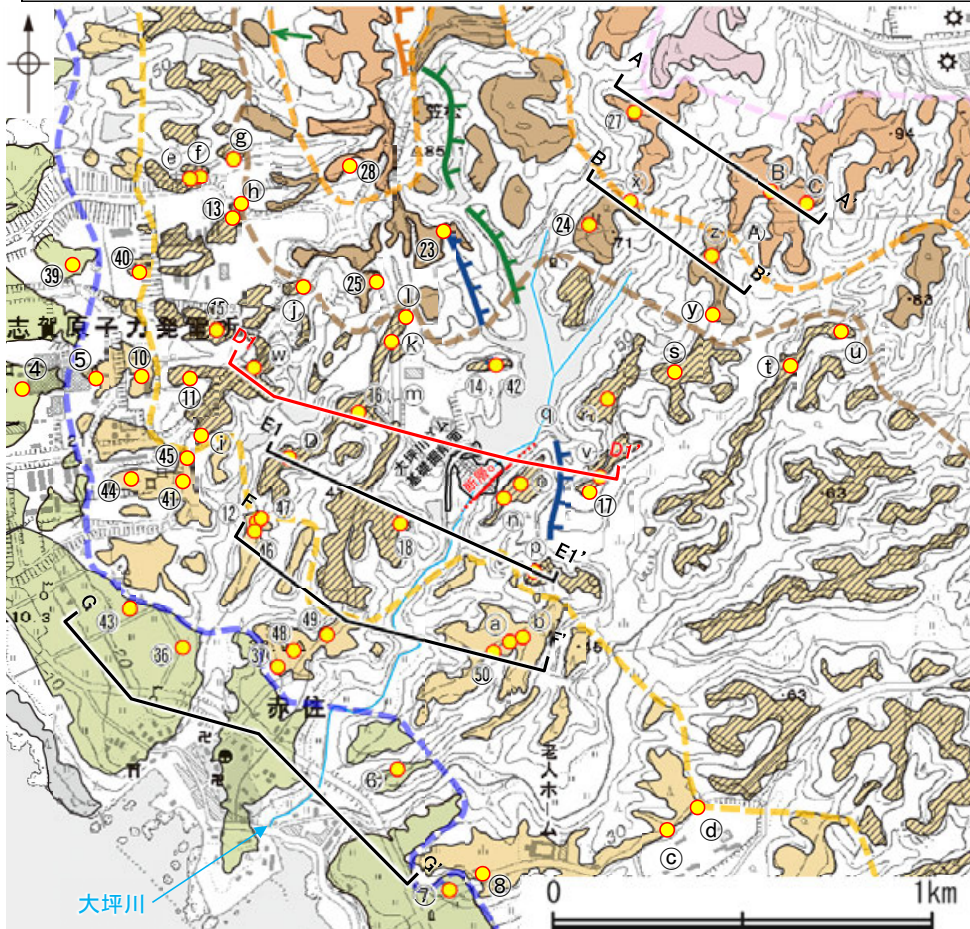
断面線位置図(基図は地形標高段彩図)
(航空レーザ計測データ及び1985年撮影の空中写真を基に作成)

断面線位置図(基図は接峰面図)
(航空レーザ計測データ及び1985年撮影の空中写真を基に、方眼法により作成(300m方眼))

断層o

【大坪川ダム周辺 地形断面図(断層oを挟んで分布する地形面)1/3】

- 断層oを挟んで分布する高位段丘I b面の高度を比較するために、旧汀線と概ね平行な方向に断面線(D1-D1'断面)を設定し、地形面及び岩盤上面の高度を比較した結果、断層oを挟んで分布する高位段丘I b面における上盤側(南東側)と下盤側(北西側)の比高について、地形面は0.7m、岩盤上面は0.6mである(下図)。
- 断層oの北方延長及び南方延長位置を挟んで分布する中位段丘I面、高位段丘I a面、I b面、II面、III面の高度を比較するために、旧汀線と概ね平行な方向に断面線(A-A', B-B', E1-E1', F-F', G-G'断面)を設定し、地形面及び岩盤上面の高度を比較した結果、断層oの北方延長及び南方延長位置を挟んで分布する中位段丘I面、高位段丘I a面、I b面、II面、III面における上盤側(南東側)と下盤側(北西側)の比高について、地形面は-1.5m~1.7m、岩盤上面は-1.6m~2.4mの範囲でばらつきが認められる(次頁、次々頁)。
- なお、上記の評価にあたっては、侵食や改変の影響を受けていないと考えられる最も標高の高いデータを用いることに加え、福浦断層による隆起の影響を受けていない段丘面のデータを用いている。



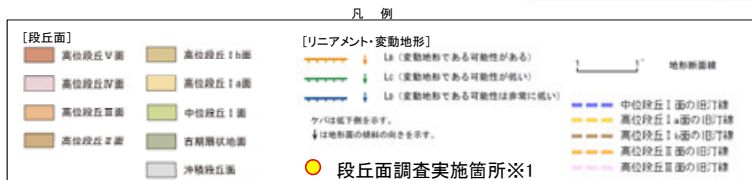
【検討に用いる地形面の選定について】

断層oの下盤側(北西側)

- 断層oの下盤側(北西側)に位置する㊸地点と㊹地点の分布高度を比較すると、㊹地点が低くなっている。
- このことは、㊹地点が㊸地点と比べて大坪川の近くに位置することから、㊹地点が離水後の侵食の影響を強く受け、標高が低くなったためであると考えられる。
- よって、相対的に侵食の影響が小さい㊸地点を、D1-D1'断面における断層oの下盤側(北西側)のデータとして用いた。

断層oの上盤側(南東側)

- 断層oの上盤側(南東側)に位置する㊺、㊻地点と㊼地点の分布高度を比較すると、㊺、㊻地点が高くなっている。
- このことは、㊺、㊻地点は、福浦断層直近の上盤側(西側)に分布することから、福浦断層による隆起の影響を受けているためであると考えられる。
- ㊼地点は、福浦断層の下盤側(東側)に分布することから福浦断層による隆起の影響を受けていないと考えられる。
- よって、福浦断層による隆起の影響を受けていない㊼地点をD1-D1'断面における断層oの上盤側(南東側)のデータとして用いた。

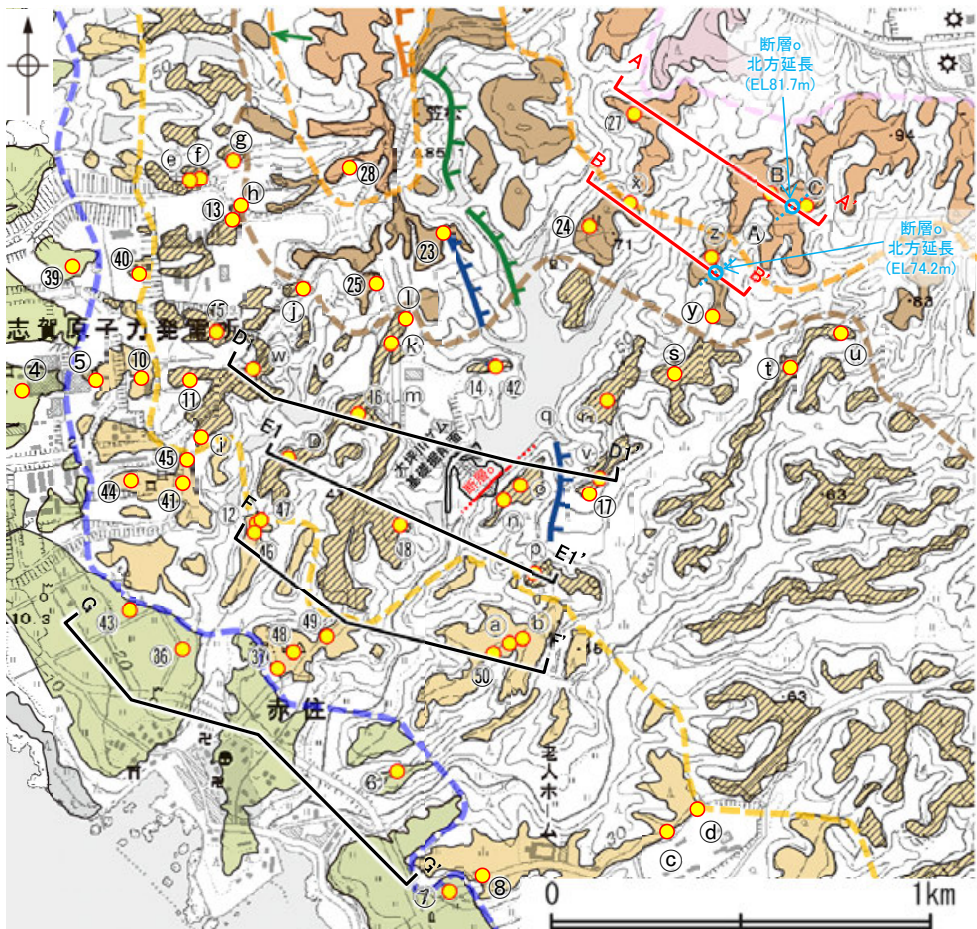


段丘面分布図

※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

断層○

【大坪川ダム周辺 地形断面図(断層○の北方延長位置を挟んで分布する地形面)2/3】



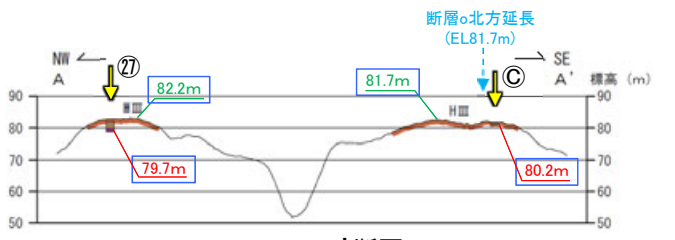
凡例
1.0m: 上盤側が高い
-1.0m: 上盤側が低い

A-A' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	81.7m-82.2m=-0.5m
岩盤上面標高	80.2m-79.7m=0.5m

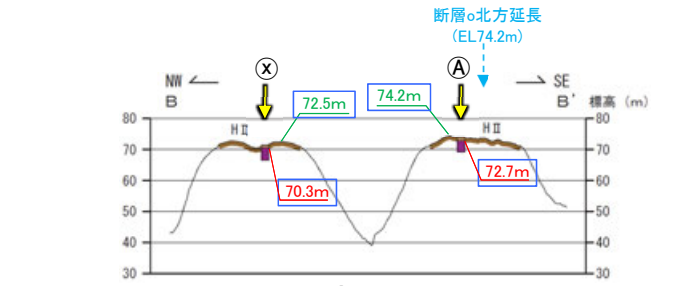
B-B' 断面	比高(上盤側-下盤側)※2
地形面標高	74.2m-72.5m=1.7m
岩盤上面標高	72.7m-70.3m=2.4m

※2: 断層○が北方延長が、B-B' 断面中央の谷に位置すると仮定した場合の比高を示す。

凡例
①: 段丘面調査実施箇所
陸成堆積物
基盤岩
50.0m: 地形面標高
50.0m: 岩盤上面標高



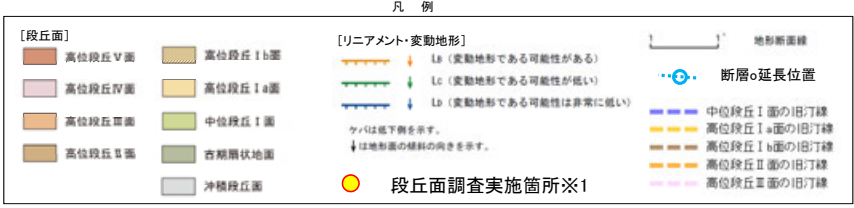
A-A' 断面



B-B' 断面

0 200m
H:V=1:4

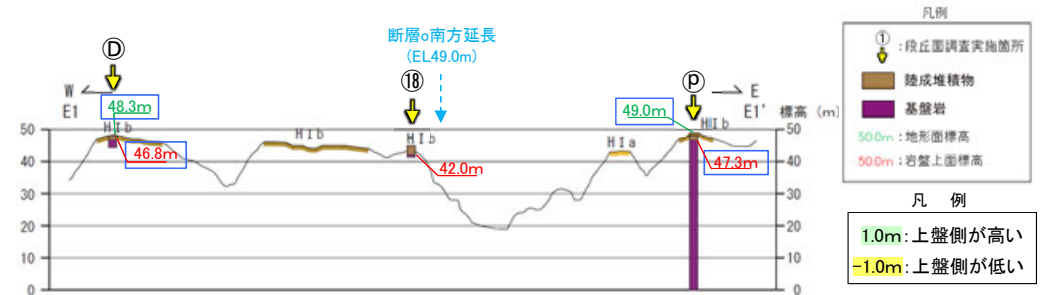
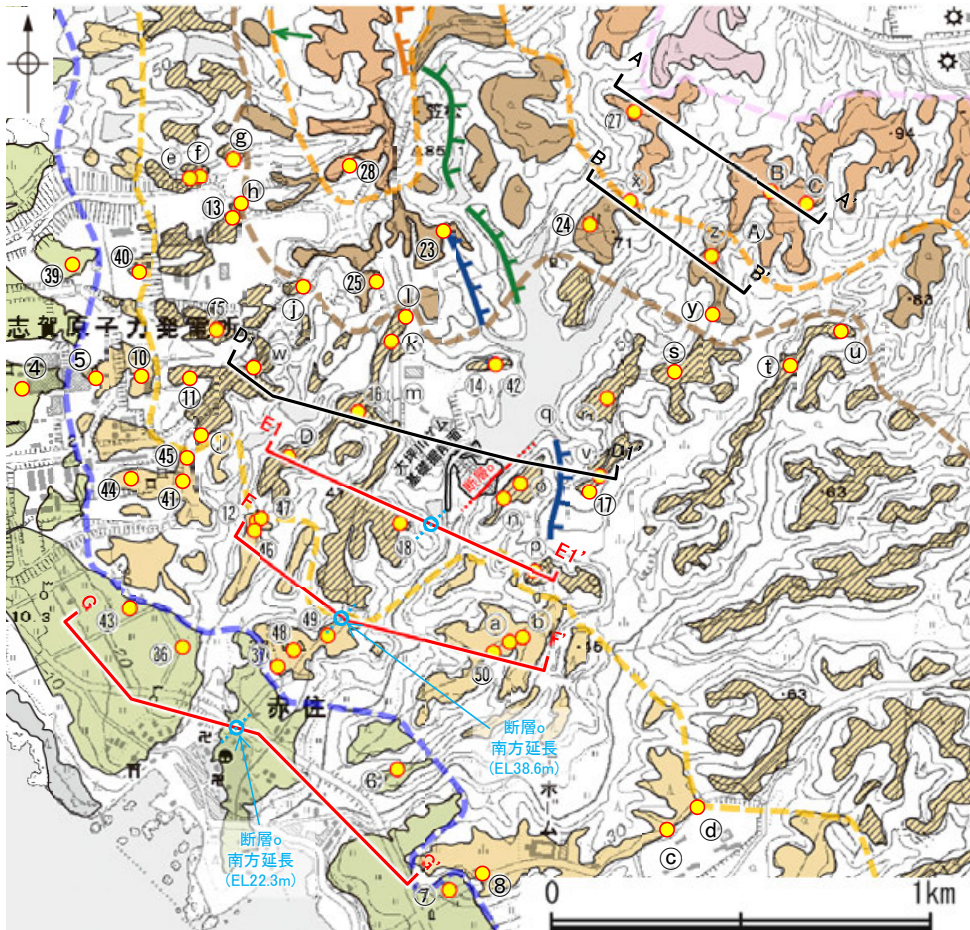
地形断面図(H:V=1:4)
(断面は航空レーザー計測データにより作成)



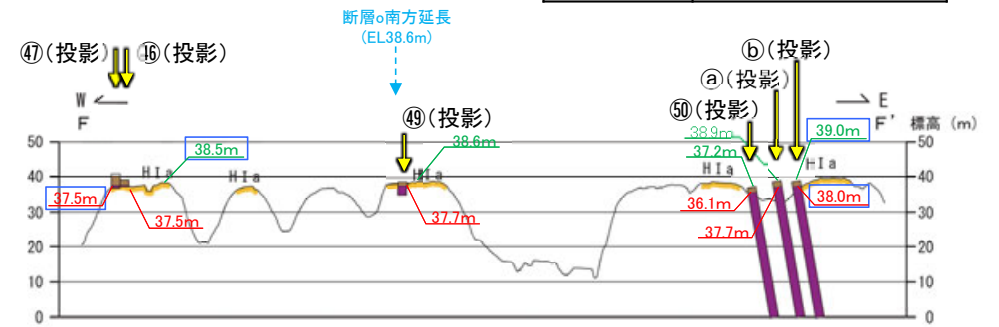
段丘面分布図 ※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

断層○

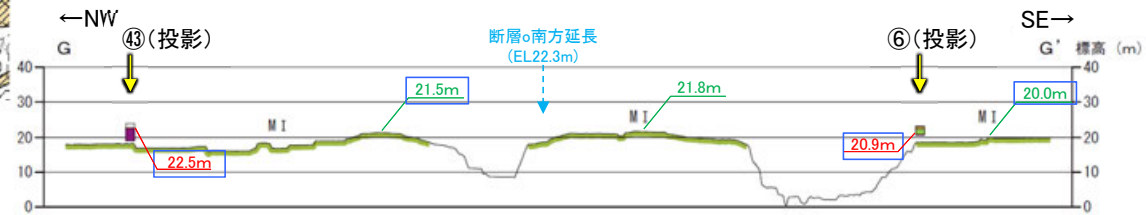
【大坪川ダム周辺 地形断面図(断層○の南方延長位置を挟んで分布する地形面)3/3】



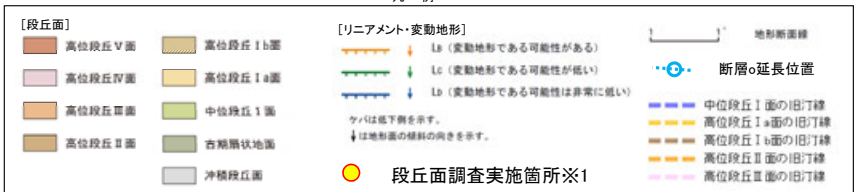
E1-E1' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	49.0m-48.3m=0.7m
岩盤上面標高	47.3m-46.8m=0.5m



F-F' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	39.0m-38.5m=0.5m
岩盤上面標高	38.0m-37.5m=0.5m



G-G' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	20.0m-21.5m=-1.5m
岩盤上面標高	20.9m-22.5m=-1.6m



地形断面図 (H:V=1:4)

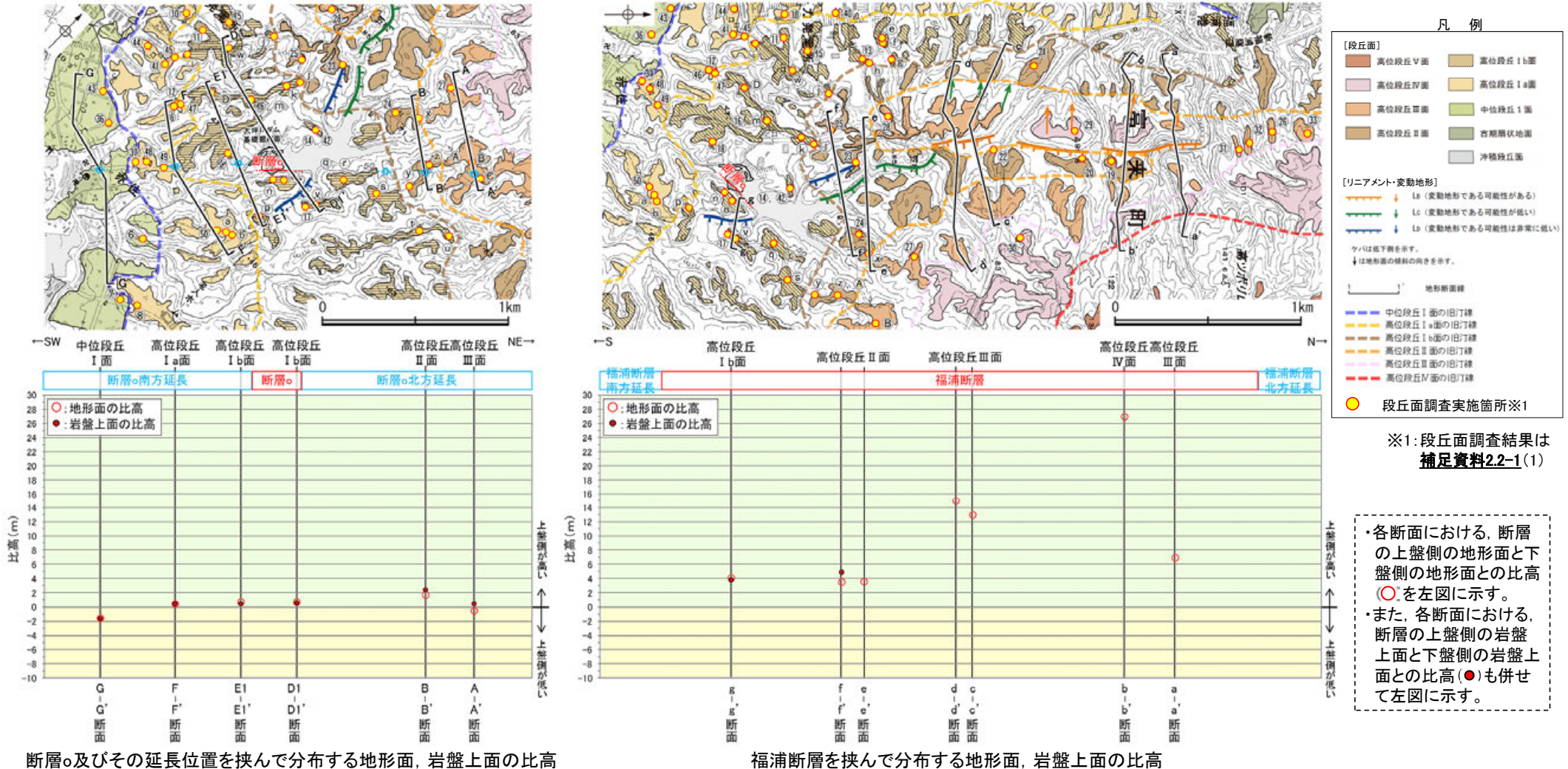
(F-F', G-G' 断面は航空レーザ計測データ, E1-E1' 断面は大坪川ダム建設前の地形図により作成)

段丘面分布図 ※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

2.2.2 (5)-3 断層の活動性 — 地形面の変位の有無による評価 (断層o及び福浦断層を挟んで分布する段丘面の比高の比較) —

コメントNo.48の回答

- 断層o及びその延長位置を挟んで分布する段丘面の比高と、震源として考慮する活断層と評価した福浦断層を挟んで分布する段丘面の比高を比較した。
 - 断層oを挟んで分布する高位段丘I b面における上盤側(南東側)と下盤側(北西側)の比高は、地形面は0.7m、岩盤上面は0.6mである(D1-D1'断面)(P.45)。また、断層oの延長位置を挟んで分布する中段丘I面、高位段丘I a面、I b面、II面、III面における上盤側(南東側)と下盤側(北西側)の比高は、地形面は-1.5m~1.7m、岩盤上面は-1.6m~2.4mの範囲でばらつきが認められる(A-A', B-B', E1-E1', F-F', G-G'断面)(P.46, 47)。
 - 福浦断層を挟んで分布する高位段丘I b面、II面、III面、IV面における上盤側(西側)と下盤側(東側)の比高は、地形面は3.5m~27m、岩盤上面は3.8m~4.9mである。なお、地形面や岩盤上面に福浦断層の上盤側(西側)が一様に高くなる系統的な高度差が認められる(a-a', b-b', c-c', d-d', e-e', f-f', g-g'断面)(P.50, 51)。
- 断層oにおいて、震源として考慮する活断層と評価した福浦断層で見られるような地形面や岩盤上面の高度差は認められない。



断層o及びその延長位置を挟んで分布する地形面、岩盤上面の比高

断層o	比高(上盤側-下盤側)					
	G-G'	F-F'	E1-E1'	D1-D1'	B-B'	A-A'
地形面	-1.5m	0.5m	0.7m	0.7m	1.7m	-0.5m
岩盤上面	-1.6m	0.5m	0.5m	0.6m	2.4m	0.5m

福浦断層を挟んで分布する地形面、岩盤上面の比高

福浦断層	比高(上盤側-下盤側)						
	g-g'	f-f'	e-e'	d-d'	c-c'	b-b'	a-a'
地形面	4.1m	3.5m	3.6m	15m	13m	27m	7m
岩盤上面	3.8m	4.9m	—	—	—	—	—

断層

【高度比較断面の設定(福浦断層)】

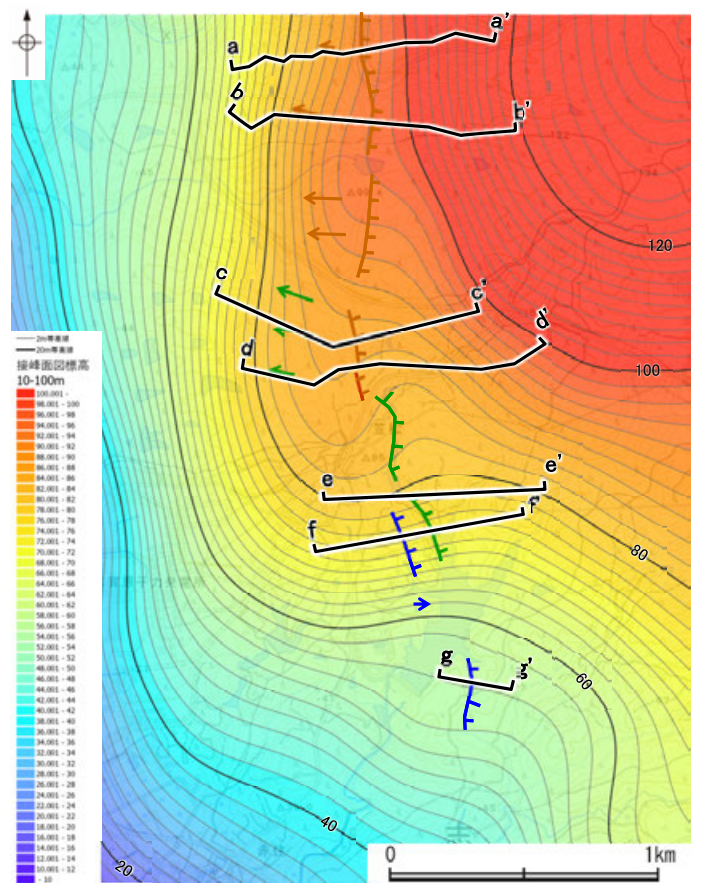
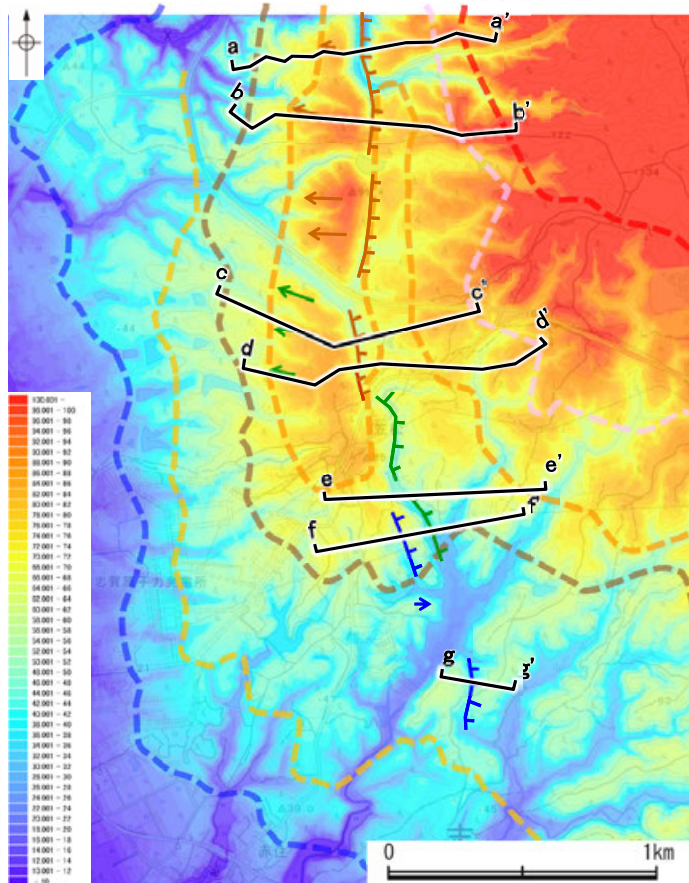
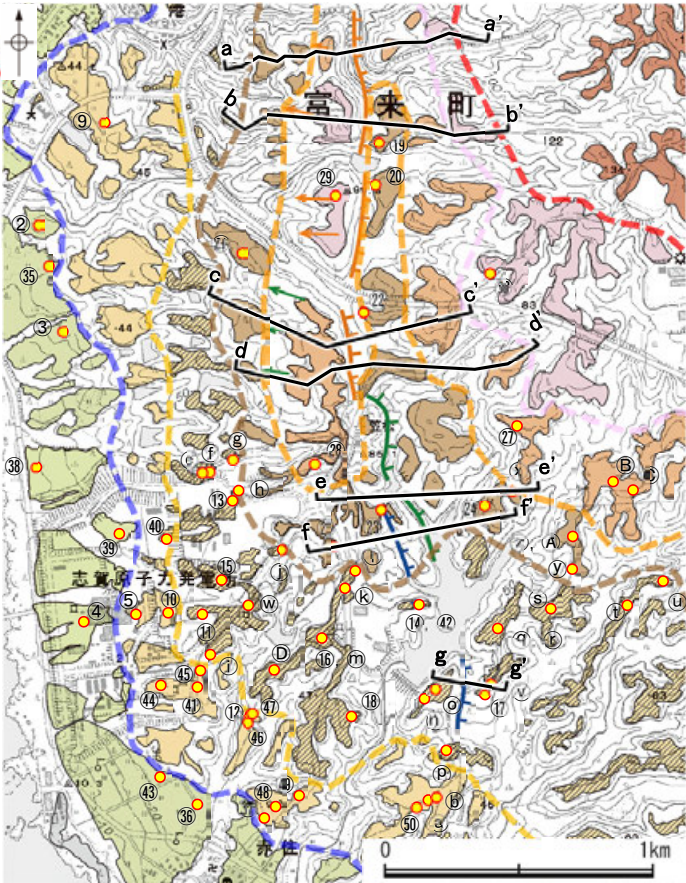
○福浦断層を挟んで分布する段丘面において地形面や岩盤上面の高度を比較するにあたり、以下の①②の考え方に基づき断面線を設定した。

①：段丘面は海側に向かって緩く傾斜していることから、旧汀線と概ね平行な方向に断面線を設定する必要がある。ただし当該範囲の旧汀線は入り組んだ形状を示すため、高度帯毎に色を変えて表現した地形標高段彩図や、複雑な起伏のある山地の大局的な高度分布や形態を把握することのできる接峰面図も用いることにより、旧汀線と概ね平行な方向に断面線を設定した(e-e', f-f', g-g' 断面)。

②：福浦断層の北部では、旧汀線が福浦断層と平行に分布しており、①旧汀線と概ね平行な方向の断面線を設定することができないため、福浦断層や旧汀線と概ね直交する方向に断面線を設定した(a-a', b-b', c-c', d-d' 断面)。

○以上を踏まえて設定した7断面(a-a', b-b', c-c', d-d', e-e', f-f', g-g' 断面)^{※1}において、地形面や岩盤上面の高度比較を行う。

※1: 第1105回審査会合において示していたI-I' 断面は、段丘面が離水後の侵食や改変の影響を大きく受けていると考えられることから、高度比較断面から除外した(詳細は補足資料2.2-2(3))。



- 中段段丘 I 面の旧汀線
- 高位段丘 II 面の旧汀線
- 高位段丘 I a 面の旧汀線
- 高位段丘 I b 面の旧汀線
- 高位段丘 III 面の旧汀線
- 高位段丘 IV 面の旧汀線

断面線位置図(基図は地形標高段彩図)
(航空レーザ計測データ及び1985年撮影の空中写真を基に作成)

断面線位置図(基図は接峰面図)
(航空レーザ計測データ及び1985年撮影の空中写真を基に、方眼法により作成(300m方眼))

※2: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)
断面線位置図(基図は段丘面分布図)

断層

【福浦断層北部 地形断面図(福浦断層を挟んで分布する地形面)1/2】

【福浦断層北部】(下图)

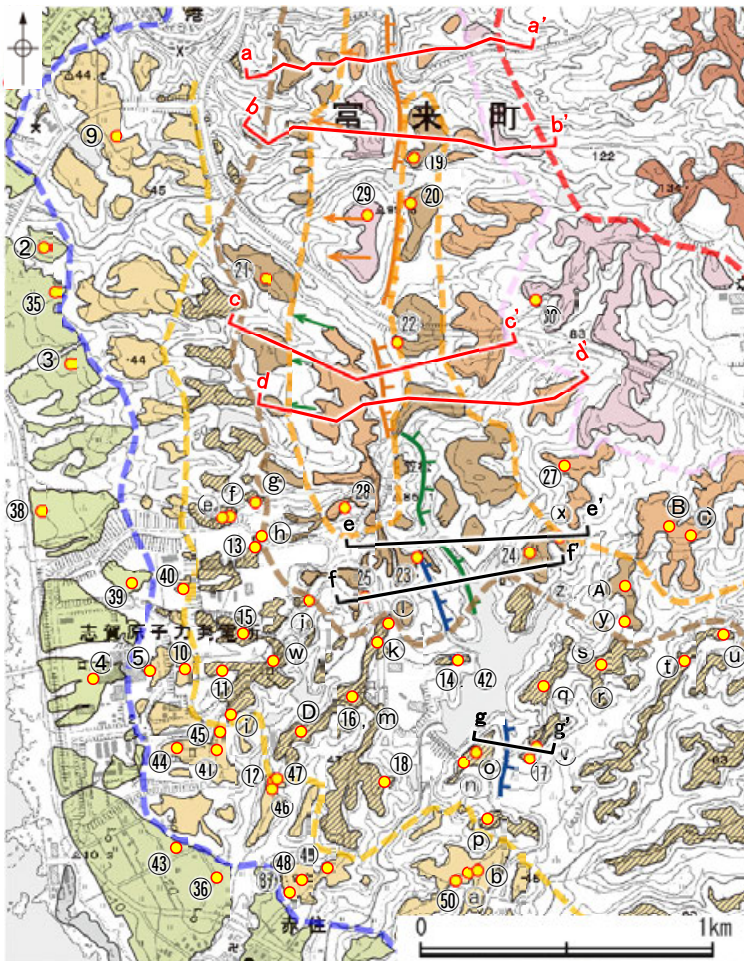
○福浦断層の北部において、福浦断層を挟んで分布する高位段丘面の高度を比較するために、前頁⑧の考え方にに基づき、福浦断層や旧汀線と概ね直交する方向に断面線(a-a', b-b', c-c', d-d' 断面)を設定した。

○これらの測線は旧汀線と直交する方向であり、福浦断層を挟んだ段丘面の高度比較にあたっては、段丘面の海側への傾斜を考慮し、段丘面の平均勾配を示す線の断層を挟んだ比高を用いた。また、平均勾配の設定にあたっては、福浦断層上盤側に断層と関連する撓み状の地形があることから、下盤側の段丘面を基準とした。

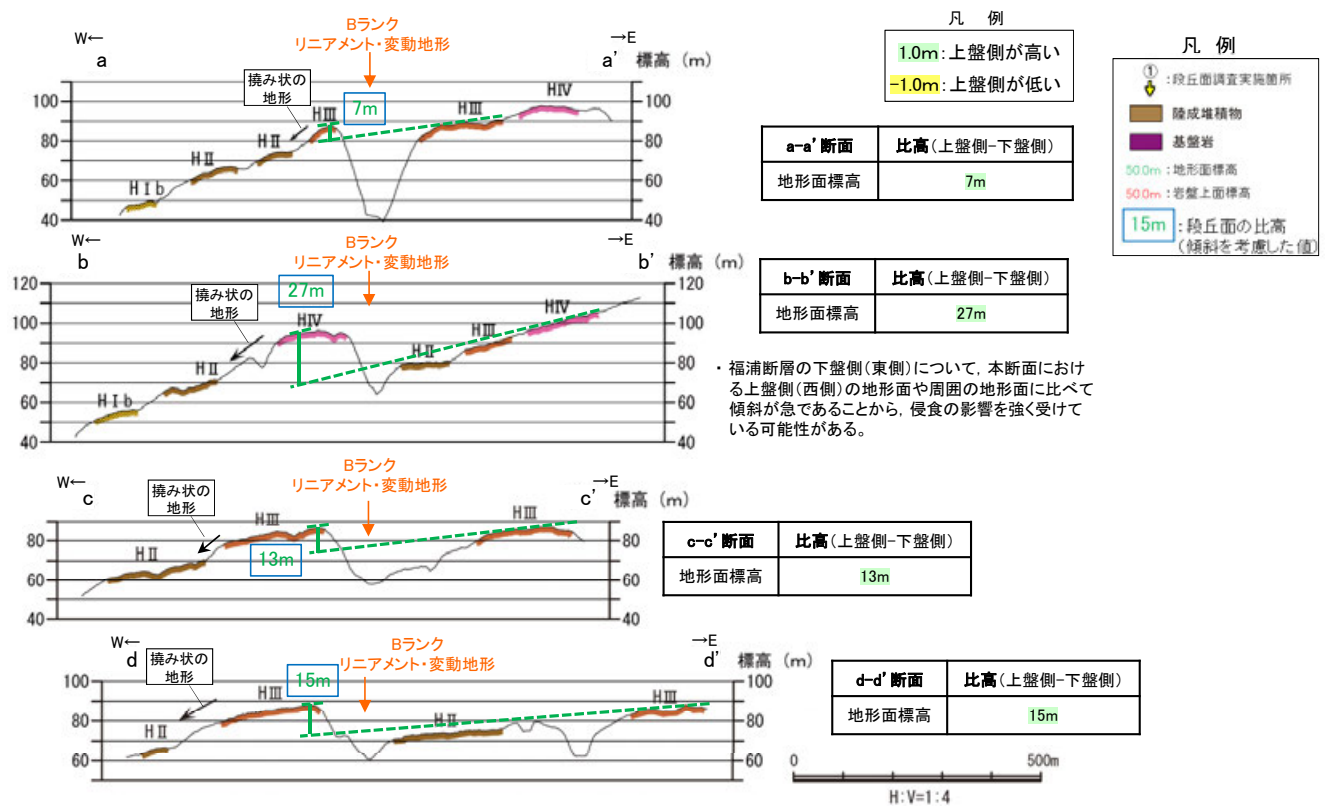
○その結果、福浦断層を挟んで分布する高位段丘Ⅲ、Ⅳ面において、地形面に福浦断層の上盤側(西側)が一様に高くなる系統的な高度差が認められる。

【福浦断層南部(大坪川ダム周辺)】(次頁)

○大坪川ダム周辺において、福浦断層を挟んで分布する高位段丘Ⅰb面及び高位段丘Ⅱ面の高度を比較するために、旧汀線と概ね平行な方向に断面線(e-e', f-f', g-g' 断面)を設定し、地形面及び岩盤上面の高度を比較した結果、福浦断層を挟んで分布する高位段丘Ⅰb面及び高位段丘Ⅱ面において、地形面及び岩盤上面に福浦断層の上盤側(西側)が一様に高くなる系統的な高度差が認められる。



段丘面分布図



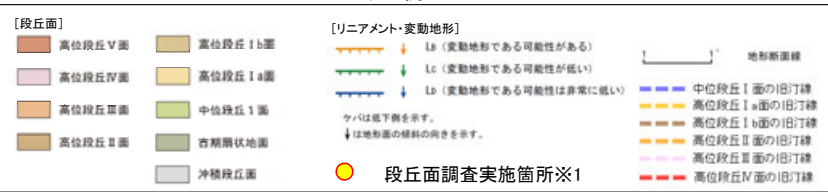
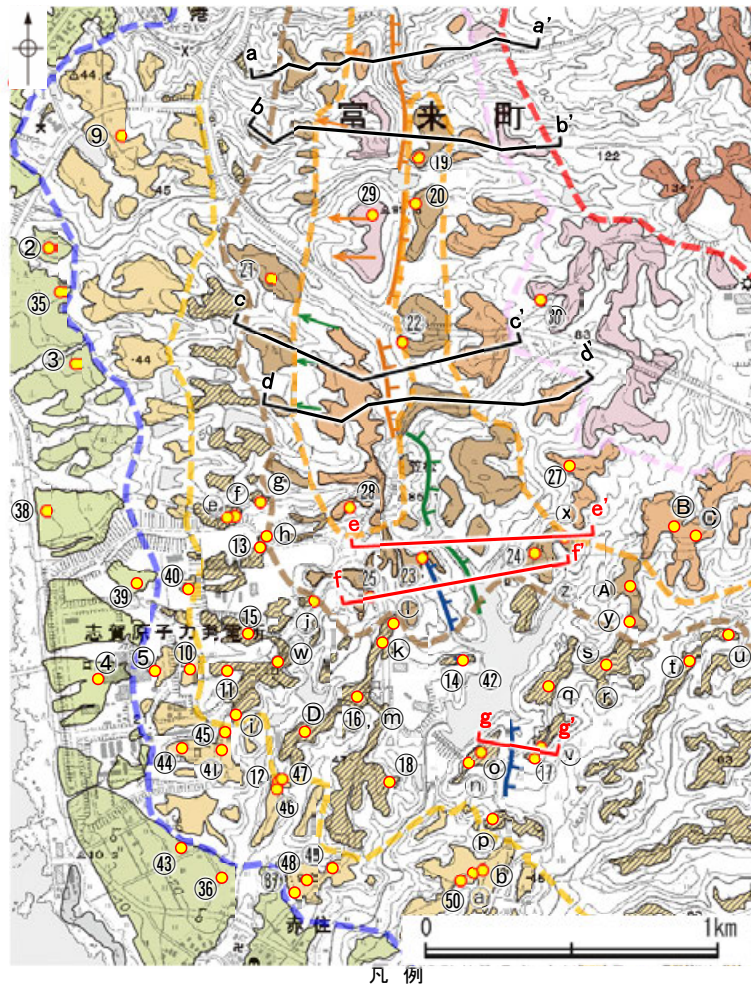
地形断面図(H:V=1:4)(断面は航空レーザ計測データにより作成)



※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

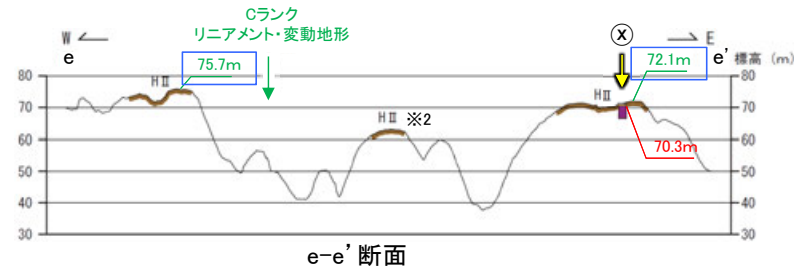
断層

【大坪川ダム周辺 地形断面図(福浦断層を挟んで分布する地形面)2/2】



段丘面分布図

※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(1)

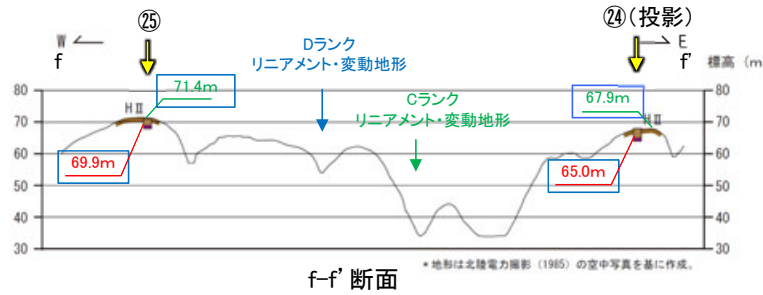


凡例

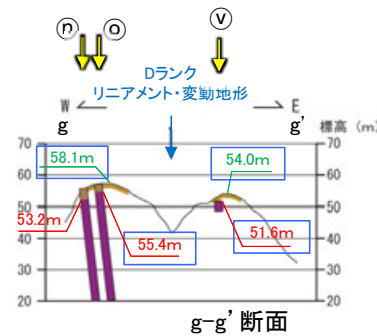
1.0m:	上盤側が高い
-1.0m:	上盤側が低い

e-e' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	75.7m-72.1m=3.6m
岩盤上面標高	—

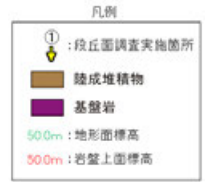
※2: この面は、同じく福浦断層の下盤側に分布する東方の高位段丘II面と比べても分布高度が低いことから、地形面形成時に標高が低い部分であった可能性が考えられる。



f-f' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	71.4m-67.9m=3.5m
岩盤上面標高	69.9m-65.0m=4.9m



g-g' 断面	比高(上盤側-下盤側)
地形面標高	58.1m-54.0m=4.1m
岩盤上面標高	55.4m-51.6m=3.8m



地形断面図 (H:V=1:4)

(e-e', g-g' 断面は航空レーザー計測データ, f-f' 断面は大坪川ダム建設前の地形図により作成)

余白

2.2.2 (5)-4 断層oの活動性 — 鉱物脈法による評価(OS-5.5' 孔) —

コメントNo.49の回答

【最新面の認定】

OS-5.5' 孔で認められる断層oにおいて、巨視的観察及び微視的観察を実施し、最新ゾーンの上盤側の境界に最新面を認定した(P.54~57)。

【鉱物の同定】

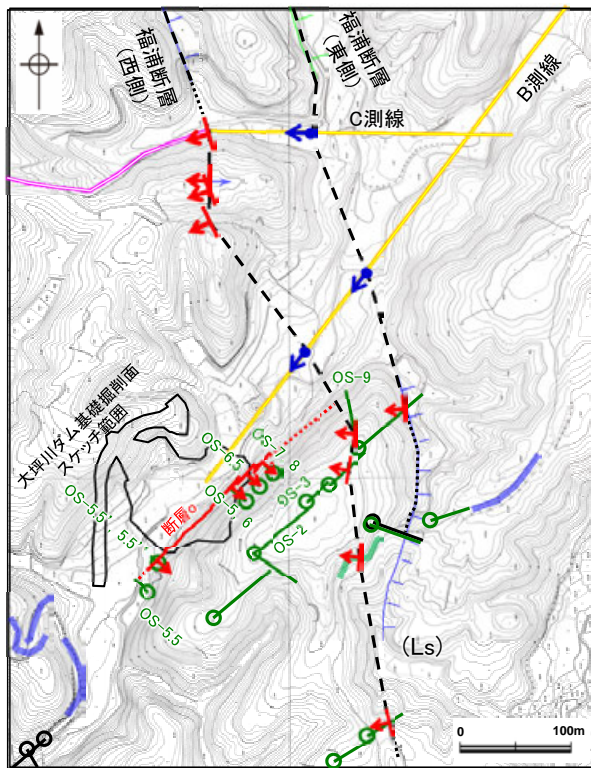
○微視的観察により確認した粘土鉱物は、EPMA分析(定量)による化学組成の検討結果及びXRD分析による結晶構造判定結果から、I/S混合層であると判断した(P.58, 59)。

【変質鉱物の分布と最新面との関係】

○EPMA分析(マッピング)や薄片観察により、粘土鉱物(I/S混合層)の分布範囲を確認した結果、粘土鉱物(I/S混合層)は最新ゾーン及びその周辺に分布している(P.60, 61)。

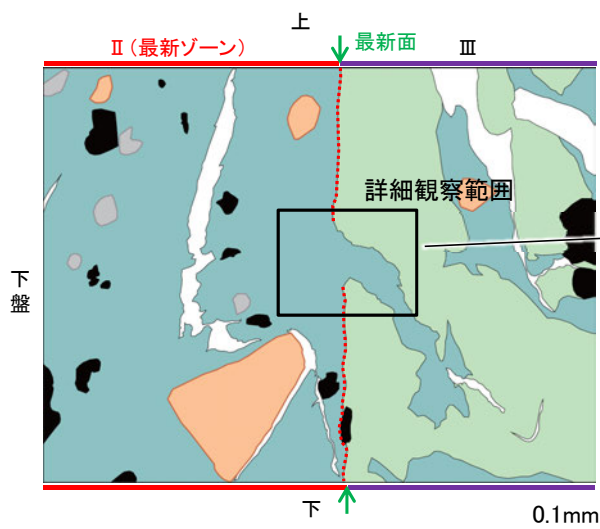
○OS-5.5' 孔の薄片①の範囲Aにおいて、粘土鉱物(I/S混合層)が最新面を横断して分布し、最新面が不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない(P.62~65)。

○以上のことを踏まえると、断層oの最新活動はI/S混合層の生成以前であり、断層oに後期更新世以降の活動は認められない。



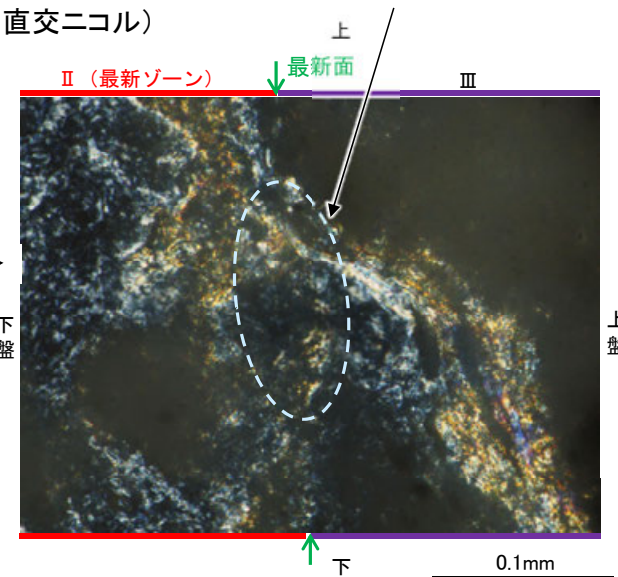
大坪川ダム付近 調査位置図(旧地形※)

※地形改変前の航空写真(当社撮影(1985年), 縮尺8千分の1)から作成



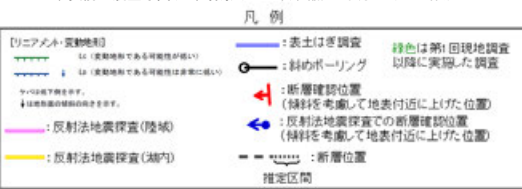
OS-5.5' 孔 薄片①
範囲Aスケッチ

(直交ニコル)



詳細観察範囲写真

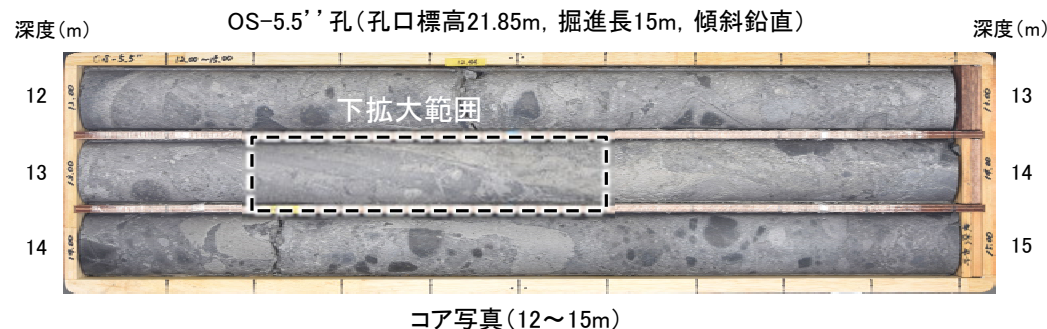
- ・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形(せん断面や引きずりなど)は認められない(P.62~64)。
- ・不連続箇所には、I/S混合層生成以降の注入の痕跡や、薄片作成時等の乱れの影響は認められない(P.62~64)。



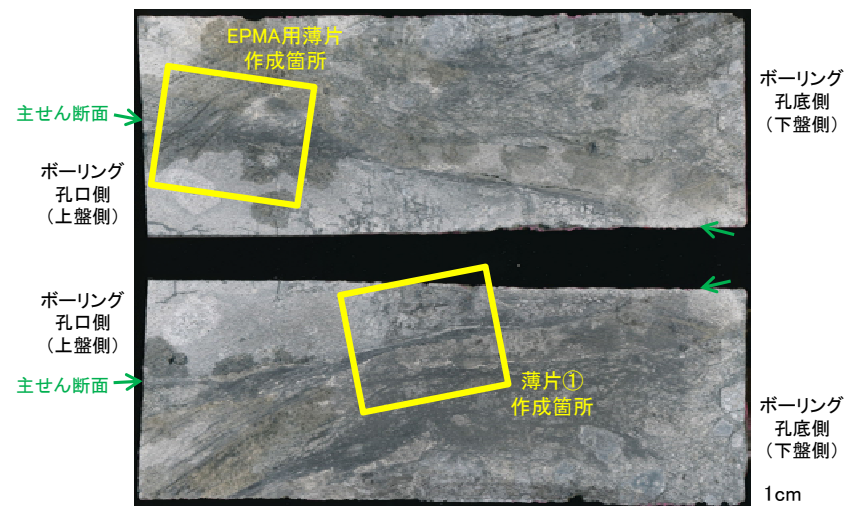
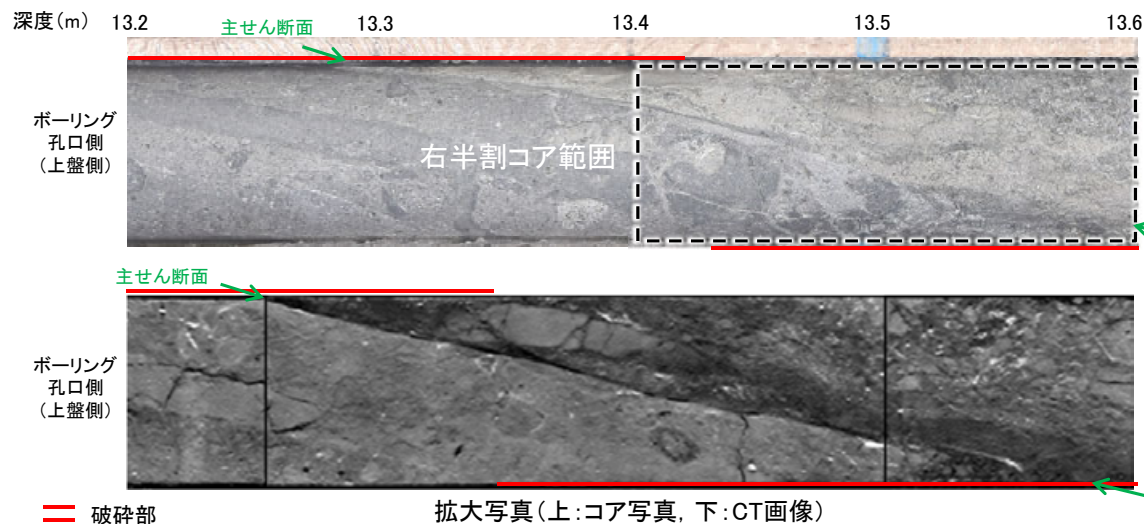
2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 —最新面の認定(巨視的観察)—

○OS-5.5' 孔の深度13.40m付近で認められる断層 σ において、巨視的観察(ボーリングコア観察, CT画像観察)を実施し、最も直線性・連続性がよい断層面を主せん断面として抽出した。

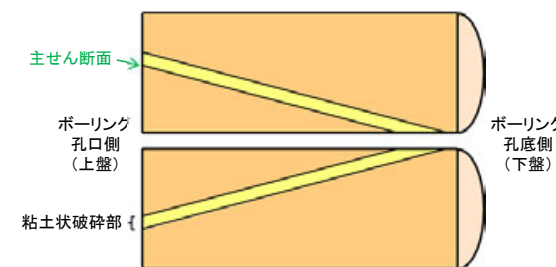
○隣接孔(OS-5孔)の主せん断面における条線観察の結果、概ね高角(110° R)の条線方向が確認されたことから、90° Rの方向で2枚(薄片①, EPMA用薄片)の薄片を作成した。



深度13.30~13.78mに、傾斜角70~90°の厚さ9.1~15cmの破碎部が認められる。
厚さ0.5~4.9cmの灰~灰白色の粘土状破碎部及び厚さ9.0~10cmの固結した破碎部からなる。



半割(90° R)コア写真(OS-5.5' 孔)



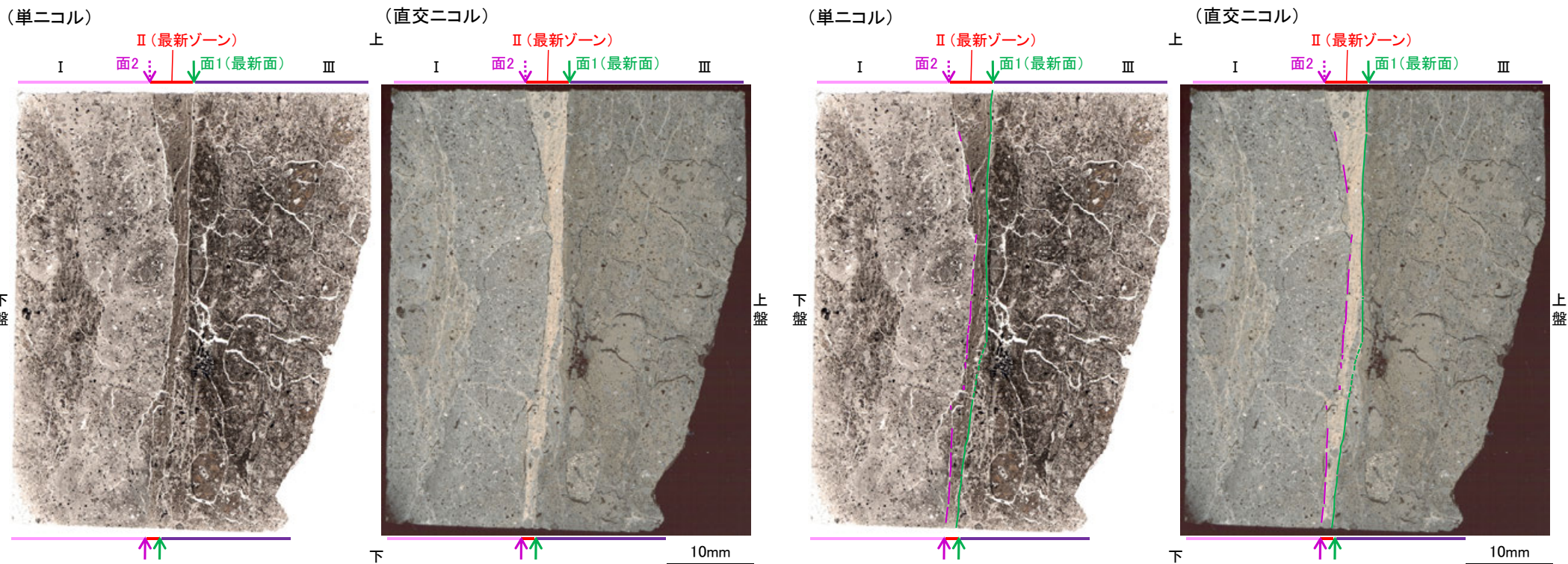
半割コア断面模式図

2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 ー最新面の認定(微視的観察)ー

コメントNo.49の回答

- 薄片①で実施した微視的観察(薄片観察)の結果、色調や礫径などから、下盤側よりⅠ、Ⅱ、Ⅲに分帯した。
- そのうち、最も細粒化している分帯Ⅱを最新ゾーンとして抽出した。
- 最新ゾーンと分帯Ⅲとの境界に、面1(緑矢印)が認められる。面1は最新ゾーンの中では比較的直線性・連続性がよい面である。
- 最新ゾーンと分帯Ⅰとの境界に、面2(紫矢印)が認められる。面2は薄片中央部では直線的・連続的に観察されるが、薄片上部では湾曲し不明瞭になり(下写真)、その延長位置のEPMA用薄片では認められなくなる(次頁)。
- 最新ゾーンに認められるY面は面1、面2のみであり、その中で最も直線性・連続性のよい面1を最新面と認定し、変質鉱物との関係を確認する。

分帯とコア観察における破碎部区分との対応
 ・分帯Ⅰ, 分帯Ⅱ(最新ゾーン) ……断層ガウジ
 ・分帯Ⅲ ……断層角礫

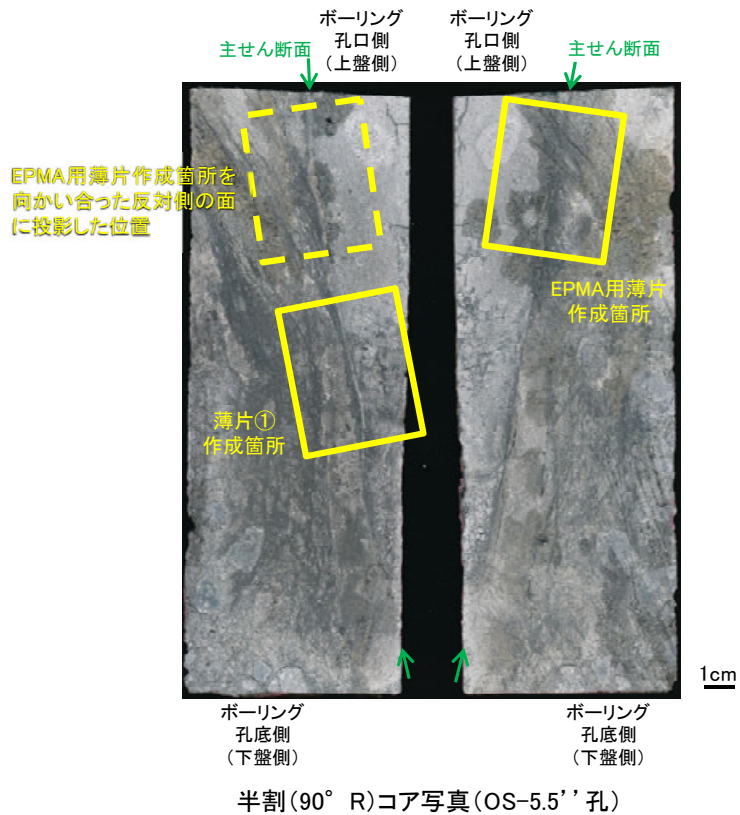


薄片①写真(OS-5.5' _90R) (右は解釈線を加筆)

— : Y面(破線は不明瞭箇所)

- Ⅰ: 単ニコルで灰褐～暗褐色、直交ニコルで暗灰～暗褐灰色の干渉色を呈する安山岩からなる。径4mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれており、径10mm程度の岩片も認められる。岩片、鉱物片は歪角～歪円形である。基質中や割れ目、岩片の縁辺部には粘土鉱物が生成している。
- Ⅱ(最新ゾーン): 単ニコルで暗褐灰色、直交ニコルで黄～褐灰色の干渉色を呈する、粘土鉱物を含む細粒物からなる。径1mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれる。岩片、鉱物片は円～歪角形である。基質中や割れ目、岩片の縁辺部には粘土鉱物が生成している。
- Ⅲ: 単ニコルで暗褐～褐灰色、直交ニコルで暗褐灰～暗褐色の干渉色を呈する凝灰角礫岩からなる。径10mm以下の岩片や鉱物片が細粒な基質中に含まれる。岩片、鉱物片は歪円～歪角形である。基質中や割れ目、岩片の縁辺部には粘土鉱物が生成している。

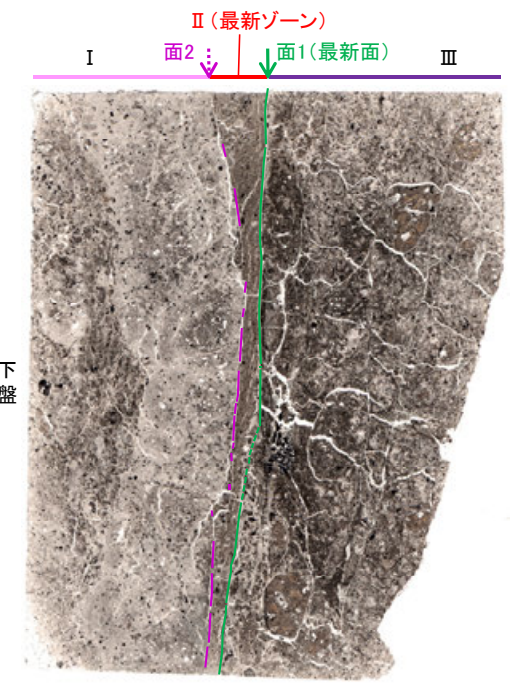
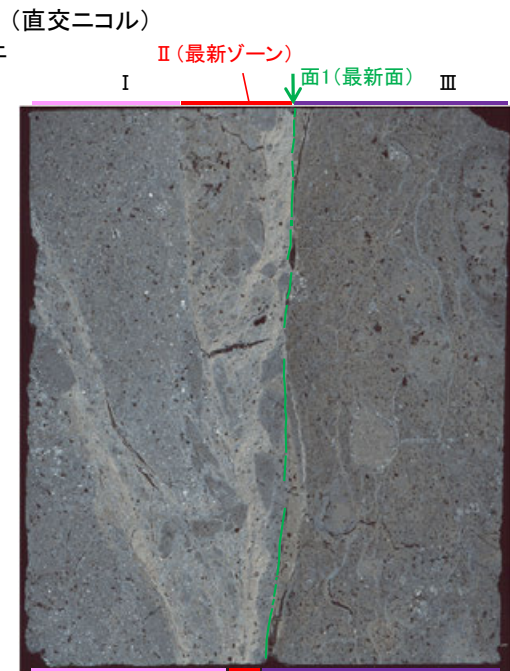
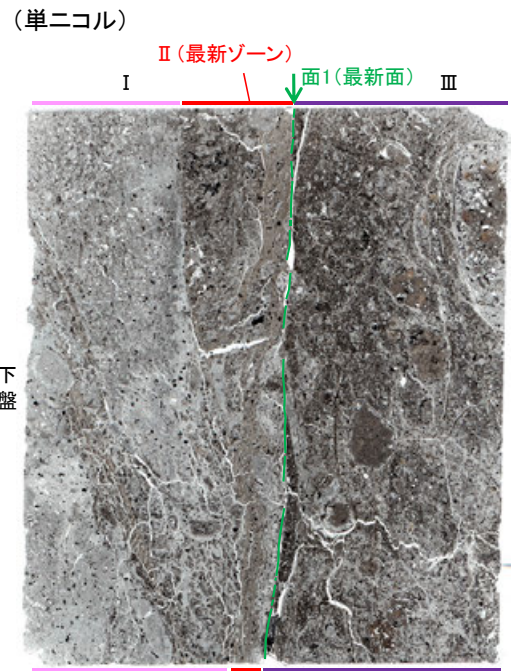
←… : 延長位置



・薄片①において、最新ゾーンと分帯 I との境界に面2 (紫矢印) が認められる。面2は薄片①の上部で湾曲し不明瞭になり、その延長位置のEPMA用薄片では認められなくなる。

— : Y面 (破線は不明瞭箇所)

←... : 延長位置



薄片①写真(OS-5.5' 孔)

10mm

2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 一面2の詳細観察(2/2) -

(直交ニコル) II (最新ゾーン) 面1(最新面) III

下盤 上盤

10mm

EPMA用薄片写真(OS-5.5' 孔) (左右反転)

(単ニコル) I II (最新ゾーン)

下盤

(直交ニコル) I II (最新ゾーン)

上盤

1mm

・EPMA用薄片において、最新ゾーンの下盤側境界にY面は認められない

(直交ニコル) II (最新ゾーン) 面2(紫矢印) 面1(最新面) III

下盤 上盤

10mm

薄片①写真(OS-5.5' 孔)

←… : 延長位置

(単ニコル) I 面2(紫矢印) II (最新ゾーン) 面1(最新面) III

下盤

(直交ニコル) I 面2(紫矢印) II (最新ゾーン) 面1(最新面) III

上盤

1mm

・EPMA用薄片において、面2の延長位置にY面は認められない

・面2は薄片①の上部で不明瞭になる

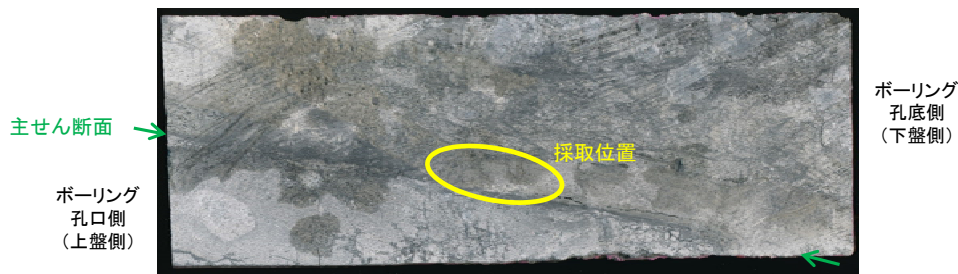
・面1が直線的・連続的に認められる

・薄片①において、最新ゾーンと分帯 I との境界に面2 (紫矢印) が認められる。面2は薄片①の上部で湾曲し不明瞭になり、その延長位置のEPMA用薄片では認められなくなる。

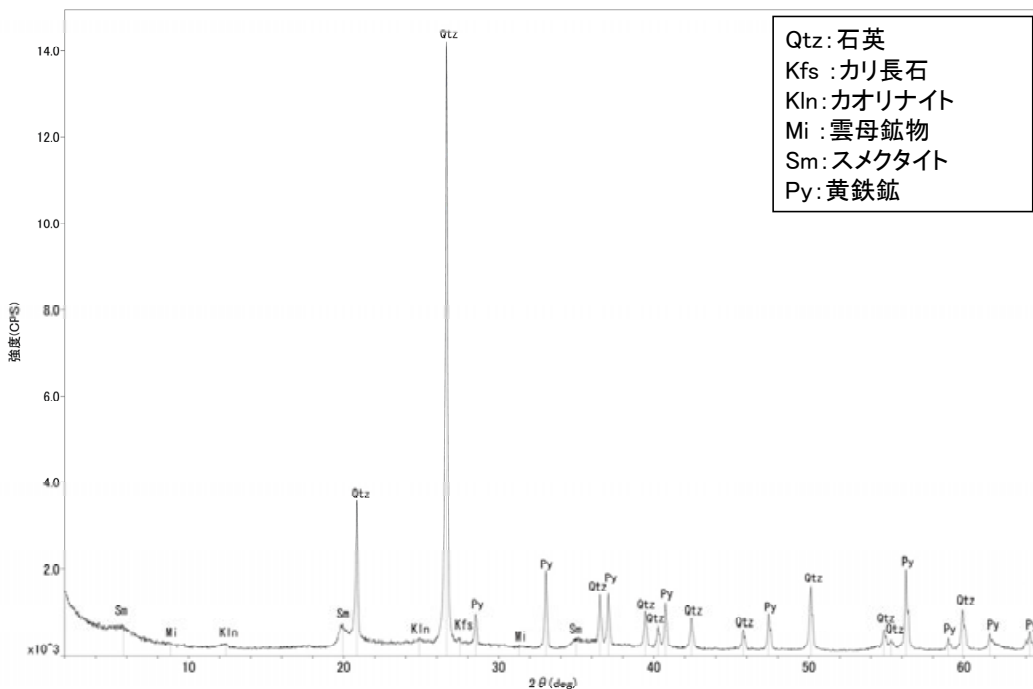
2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 — 鉱物の同定(XRD分析) —

OS-5.5' 孔の主せん断面付近でXRD分析を実施した結果、主な粘土鉱物としてスメクタイトが認められ、その他の変質鉱物として石英、黄鉄鉱などが認められる。

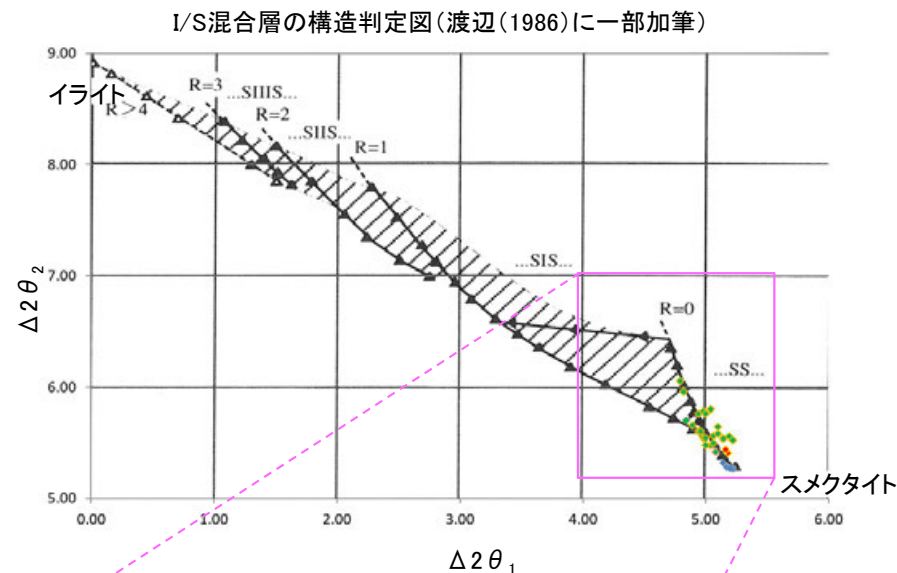
○スメクタイトについて詳細な結晶構造判定を行うために、同一断層の別孔(OS-6.5孔, OS-8孔)の破碎部においてXRD分析(粘土分濃集)を実施した結果、I/S混合層と判定した。



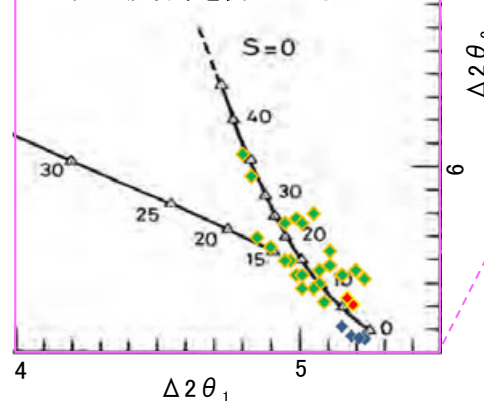
XRD分析試料採取箇所(OS-5.5' 孔_13.50m付近)



回折チャート(不定方位)_OS-5.5' 孔 ・回折チャート(定方位, EG処理)については, P.66,67



グラフ中の数字がイライト混合率を表している



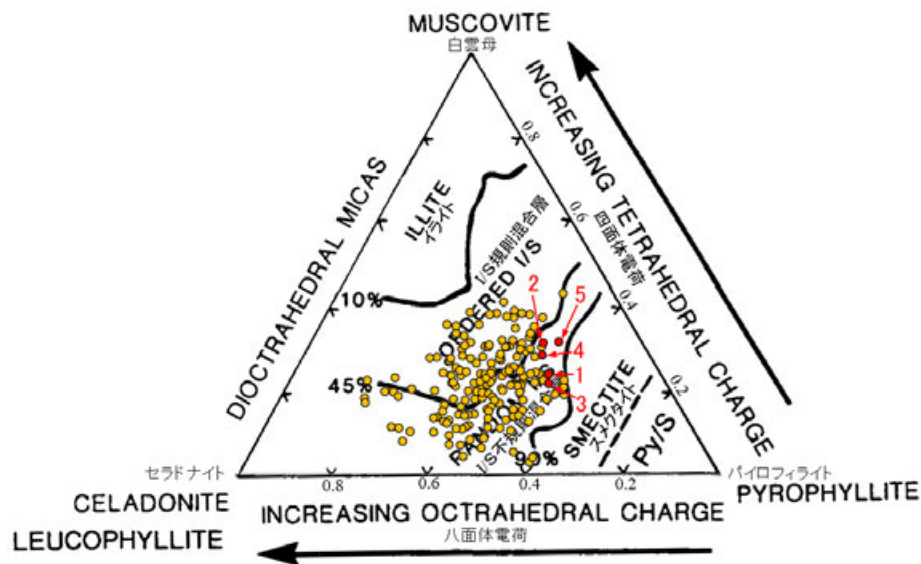
- ◆ 断層o (OS-6.5孔, OS-8孔)
- ◆ 敷地の粘土鉱物
- ◆ 標準的なスメクタイト Nakata et al.(2019)

I/S混合層の構造判定図(渡辺(1981))に一部加筆

2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 - 鉱物の同定(EPMA分析(定量)) -

コメントNo.49の回答

○EPMA用薄片で実施したEPMA分析(定量)による化学組成の検討結果から、最新ゾーンやその周辺に分布する粘土鉱物はI/S混合層であると判断した。

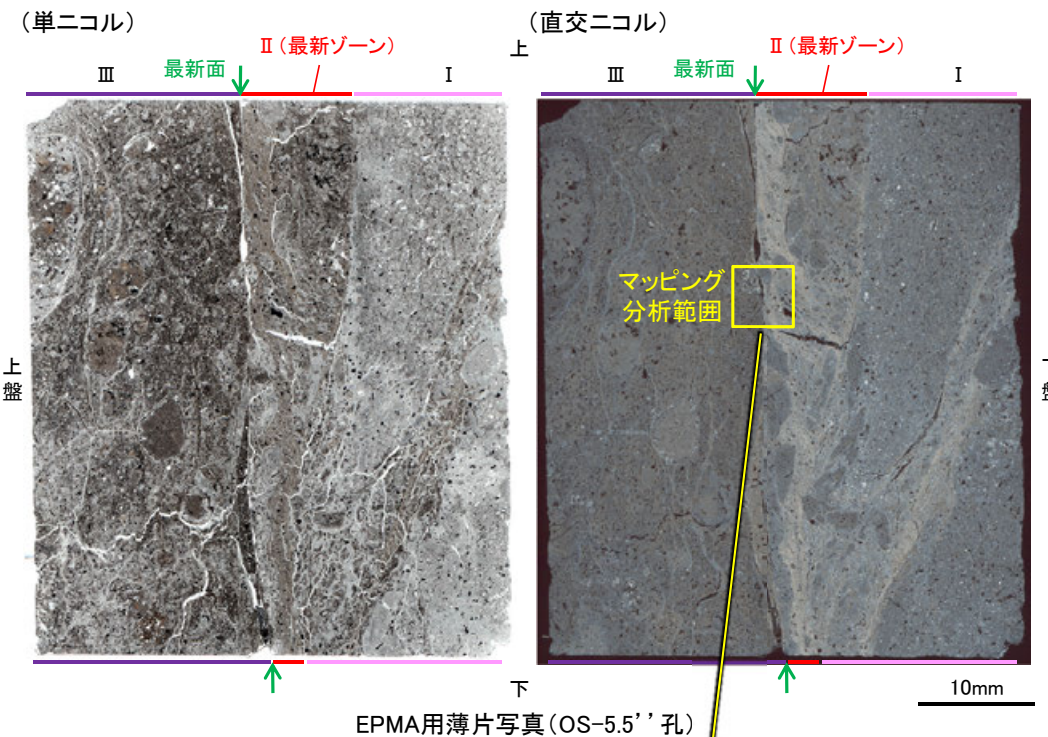


・詳細は、P.68

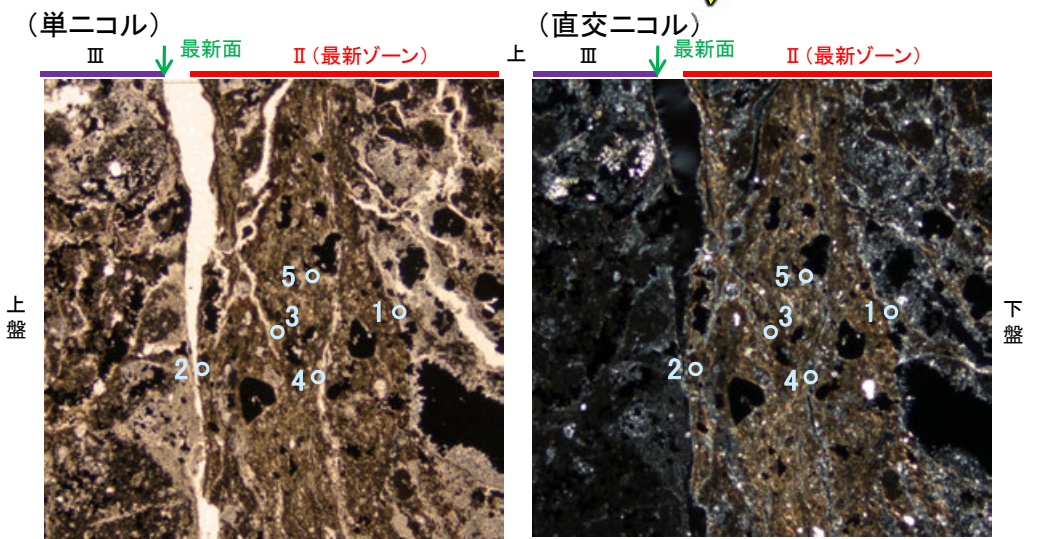
- 分析値(断層o.OS-5.5' 孔)
分析番号*位置は右図
- その他の分析値(敷地の粘土鉱物)

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連鉱物の化学組成
(Srodon et al. (1984)に一部加筆)

※:分析番号1, 4は灰色の粘土鉱物, 分析番号2, 3, 5は黄色の粘土鉱物を対象に分析を実施した。



EPMA用薄片写真(OS-5.5' 孔)



マッピング分析範囲写真

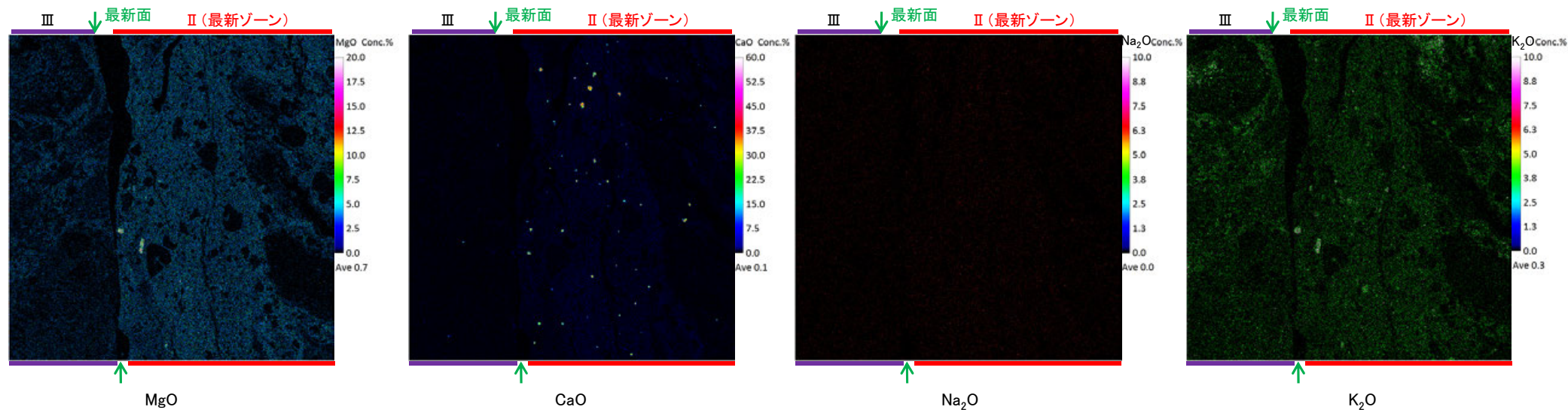
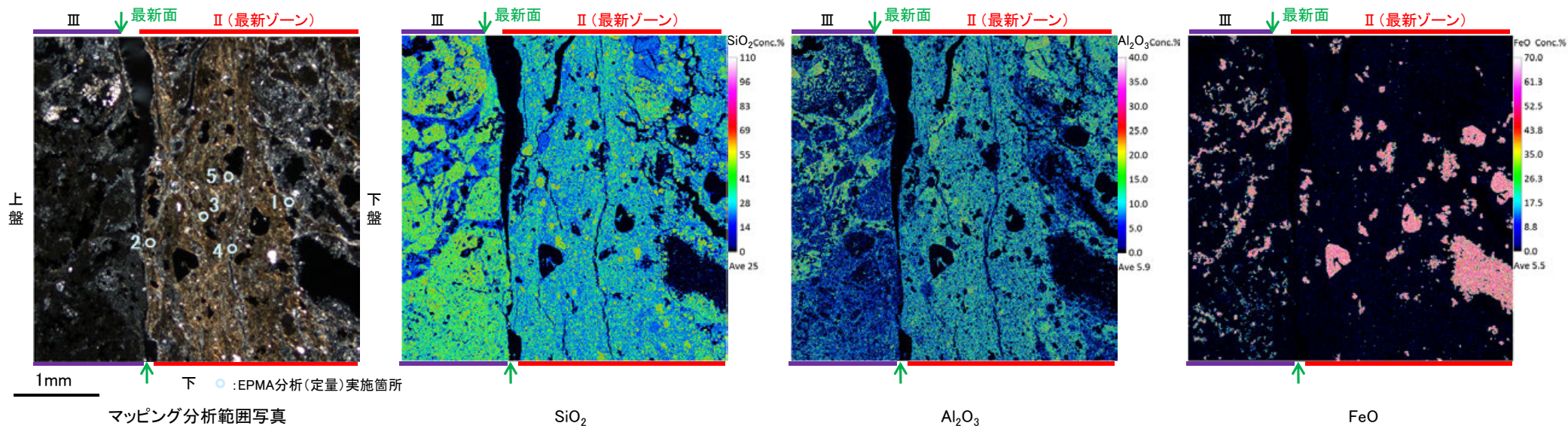
2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 —変質鉱物の分布(EPMA分析(マッピング))—

コメントNo.49の回答

○EPMA用薄片でEPMA分析(マッピング)を実施した結果, EPMA分析(定量)で認められたI/S混合層が最新ゾーンやその周辺に分布していることを確認した。

(直交ニコル)

上

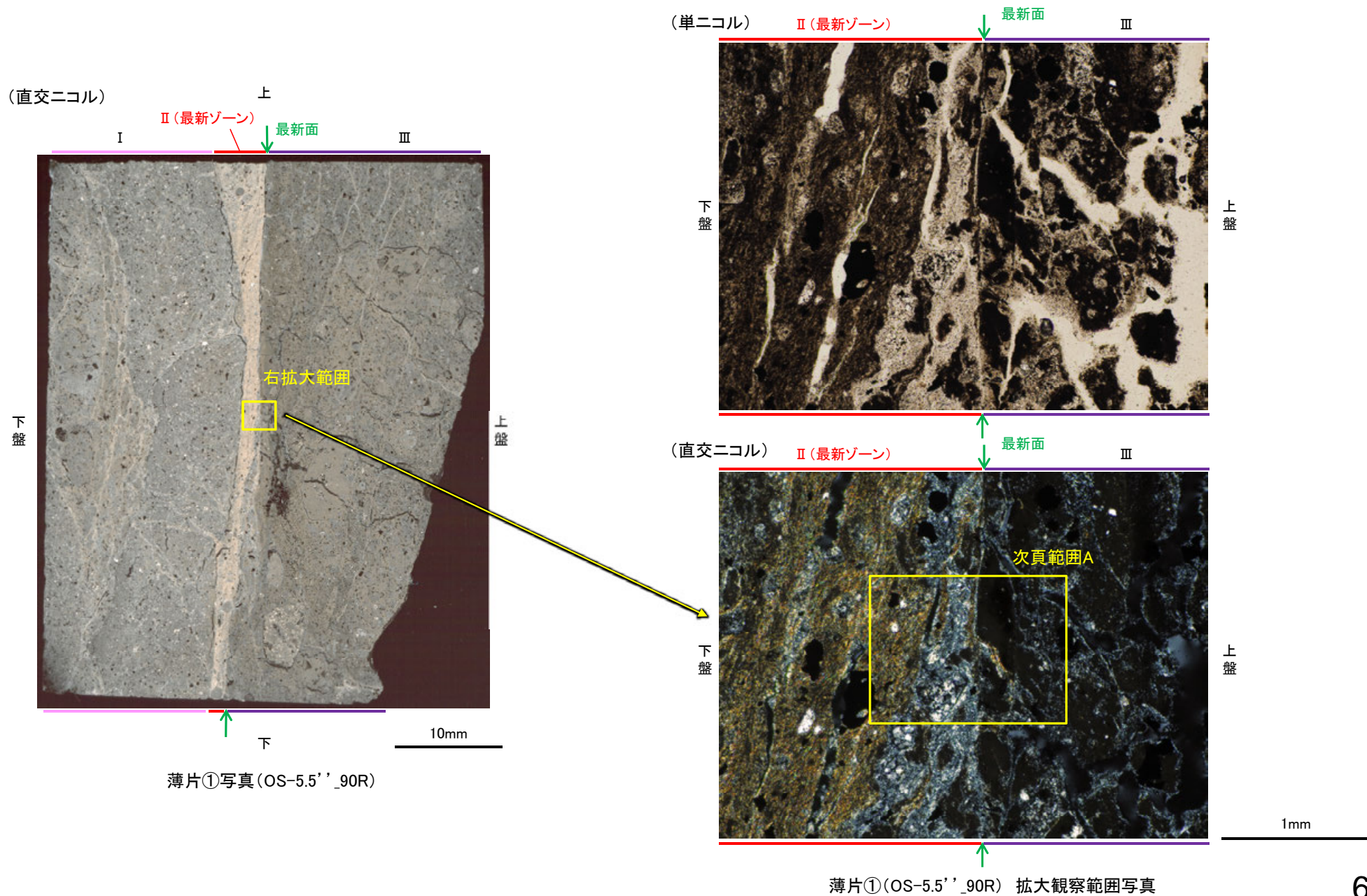


2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5'' 孔 - 変質鉱物の分布(薄片観察) -

コメントNo.49の回答

○薄片①で実施した薄片観察や、EPMA用薄片で実施したEPMA分析(マッピング)における化学組成の観点での観察により、粘土鉱物(I/S混合層)の分布範囲を確認した結果、粘土鉱物(I/S混合層)が最新ゾーンやその周辺に分布している。

○この粘土鉱物(I/S混合層)と最新面との関係を確認する。

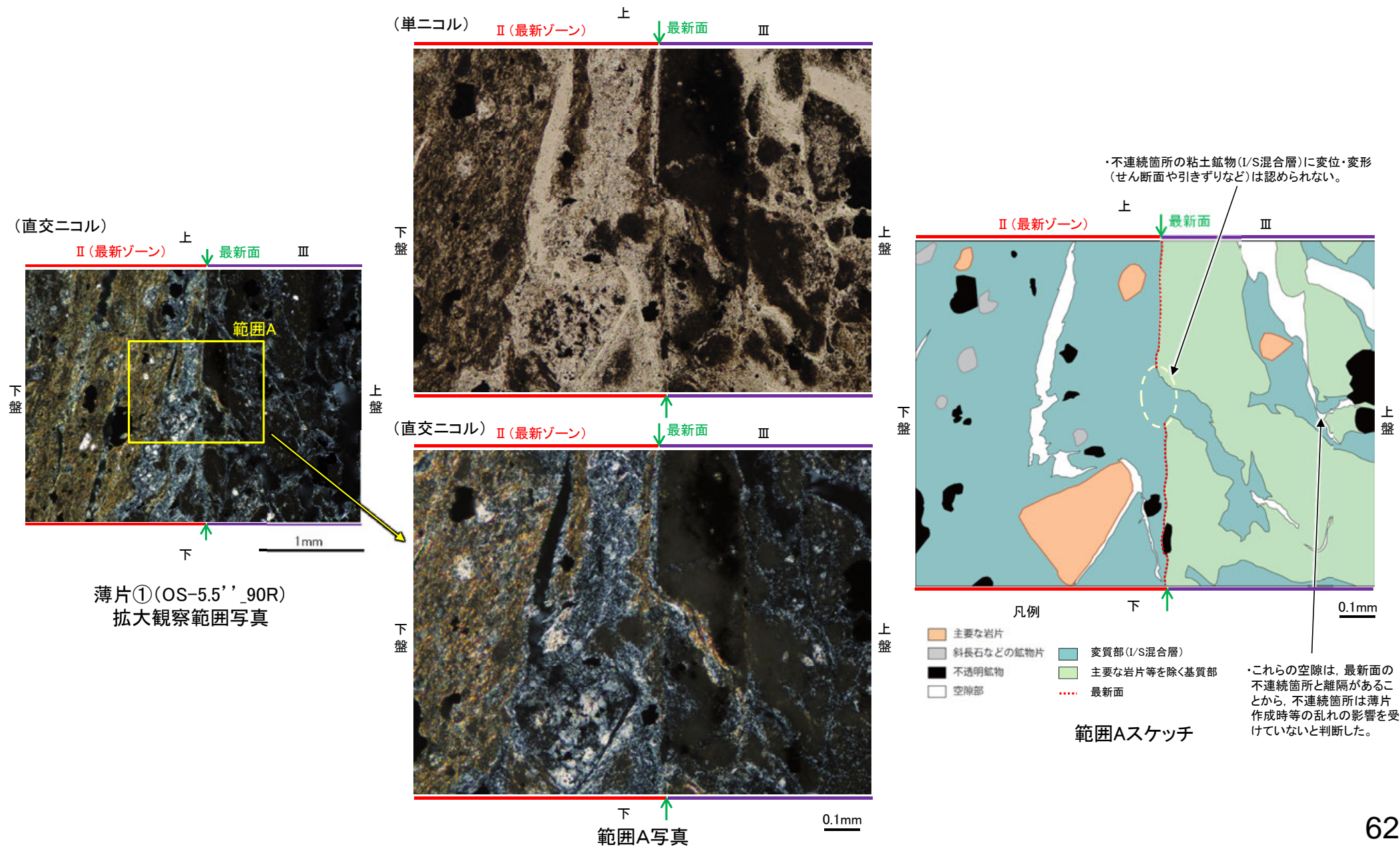


2.2.2 (5)-4 断層。OS-5.5' 孔 - 最新面とI/S混合層との関係(範囲A) -

コメントNo.49の回答

○薄片①の範囲Aにおいて詳細に観察した結果、粘土鉱物(I/S混合層)が最新面を横断して分布し、最新面が不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。

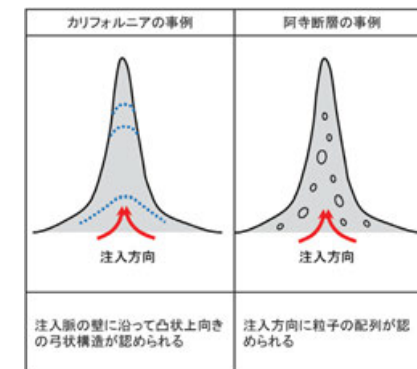
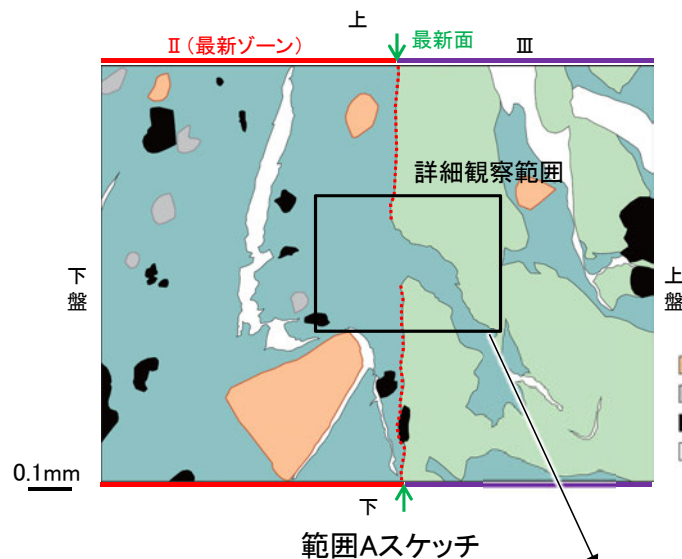
○なお、不連続箇所においてI/S混合層生成以降の注入現象の有無を確認した結果、弓状構造や粒子の配列などの注入の痕跡は認められない。



断層o_OS-5.5' 孔

・範囲Aにおいて詳細に観察した結果、粘土鉱物(I/S混合層)が最新面を横断して分布し、最新面が不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形は認められない。
 ・なお、不連続箇所においてI/S混合層生成以降の注入現象の有無を確認した結果、弓状構造や粒子の配列などの注入の痕跡は認められない。

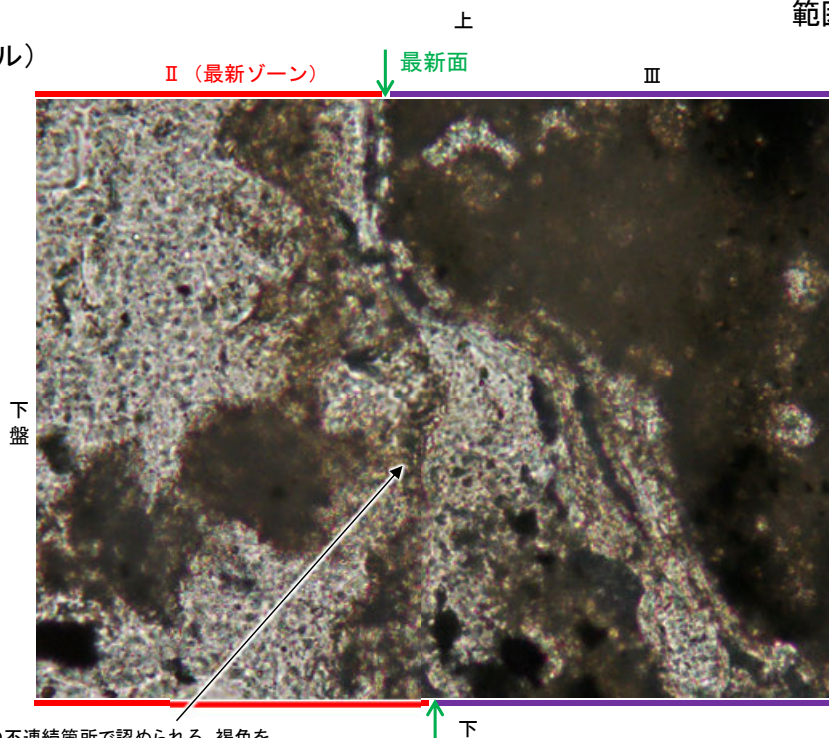
【詳細観察(範囲A)】



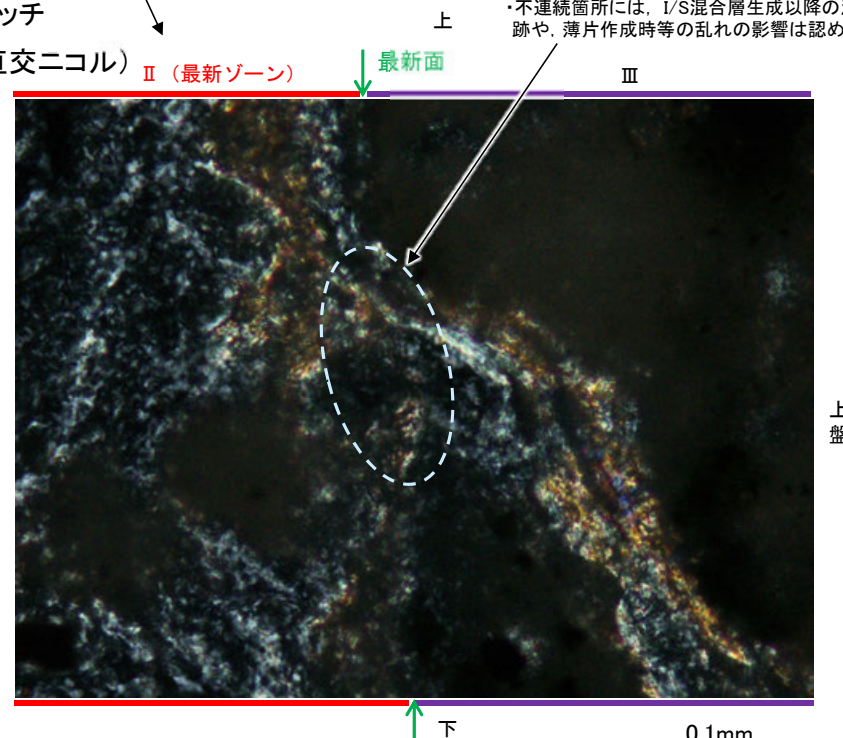
注入現象の事例
(関西電力株式会社, 2016)

・不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形(せん断面や引きずりなど)は認められない。
 ・不連続箇所には、I/S混合層生成以降の注入の痕跡や、薄片作成時等の乱れの影響は認められない。

(単ニコル)



(直交ニコル)



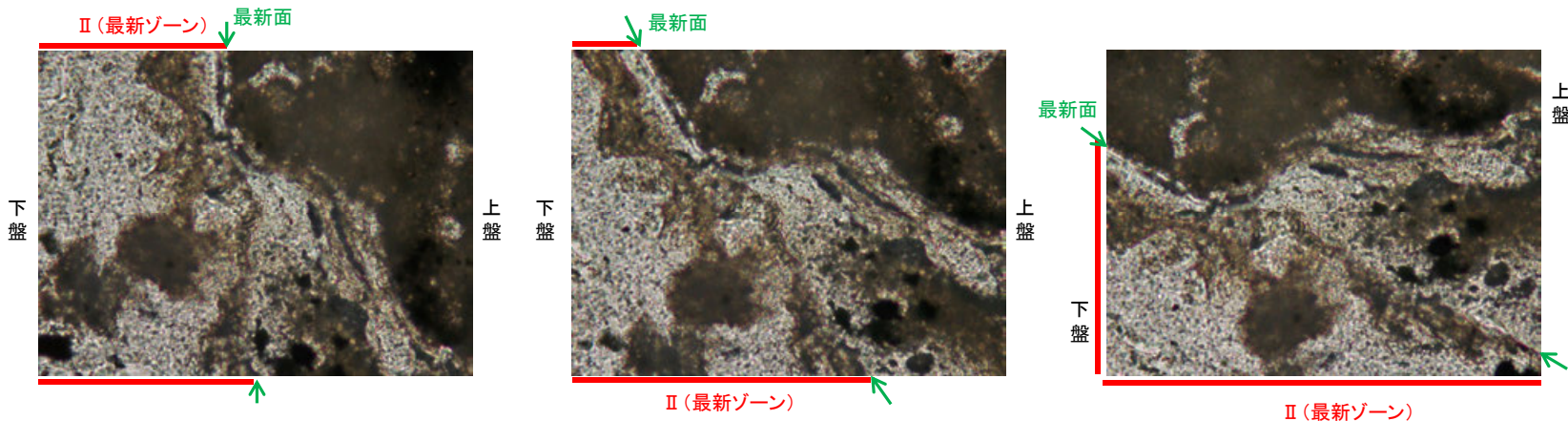
・最新面の不連続箇所にて認められる、褐色を呈する筋状部についての検討結果は次々頁

詳細観察範囲写真

断層o_OS-5.5' 孔

【ステージ回転(範囲A)】

(単ニコル)

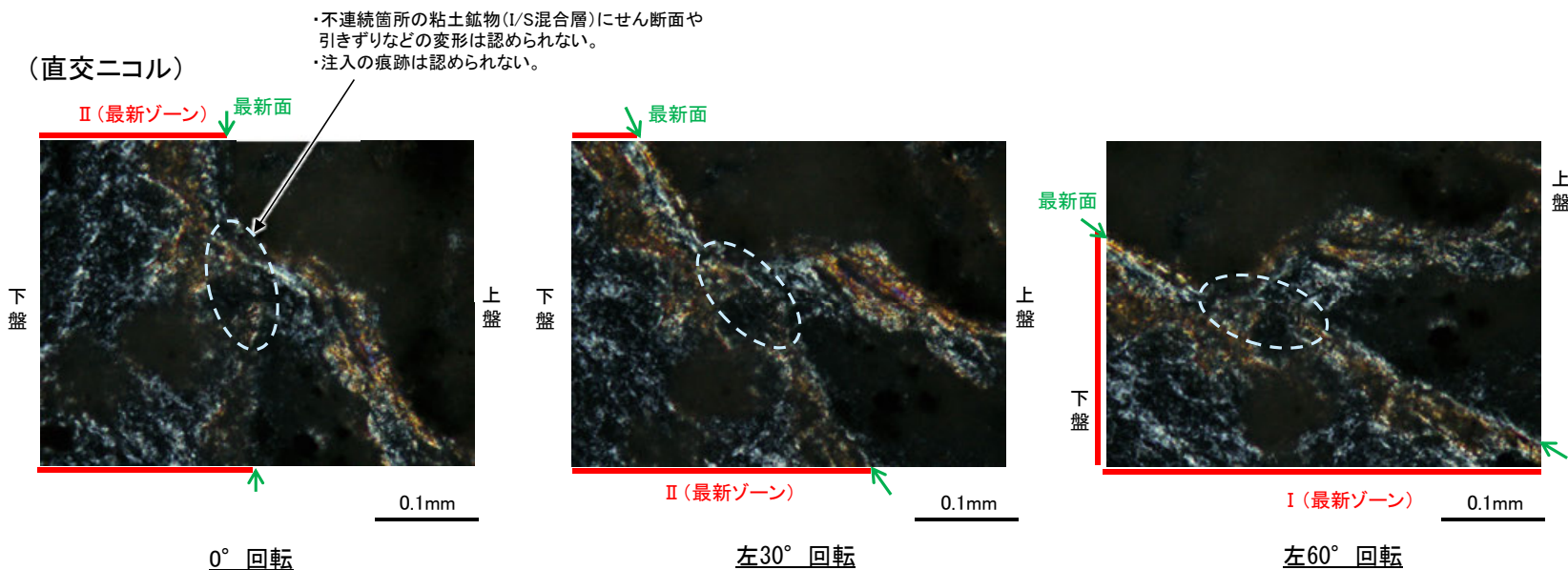


カリフォルニアの事例	阿寺断層の事例
注入面の壁に沿って凸状上向き の弓状構造が認められる	注入方向に粒子の配列が認 められる

注入現象の事例
(関西電力株式会社, 2016)

←… : 延長位置

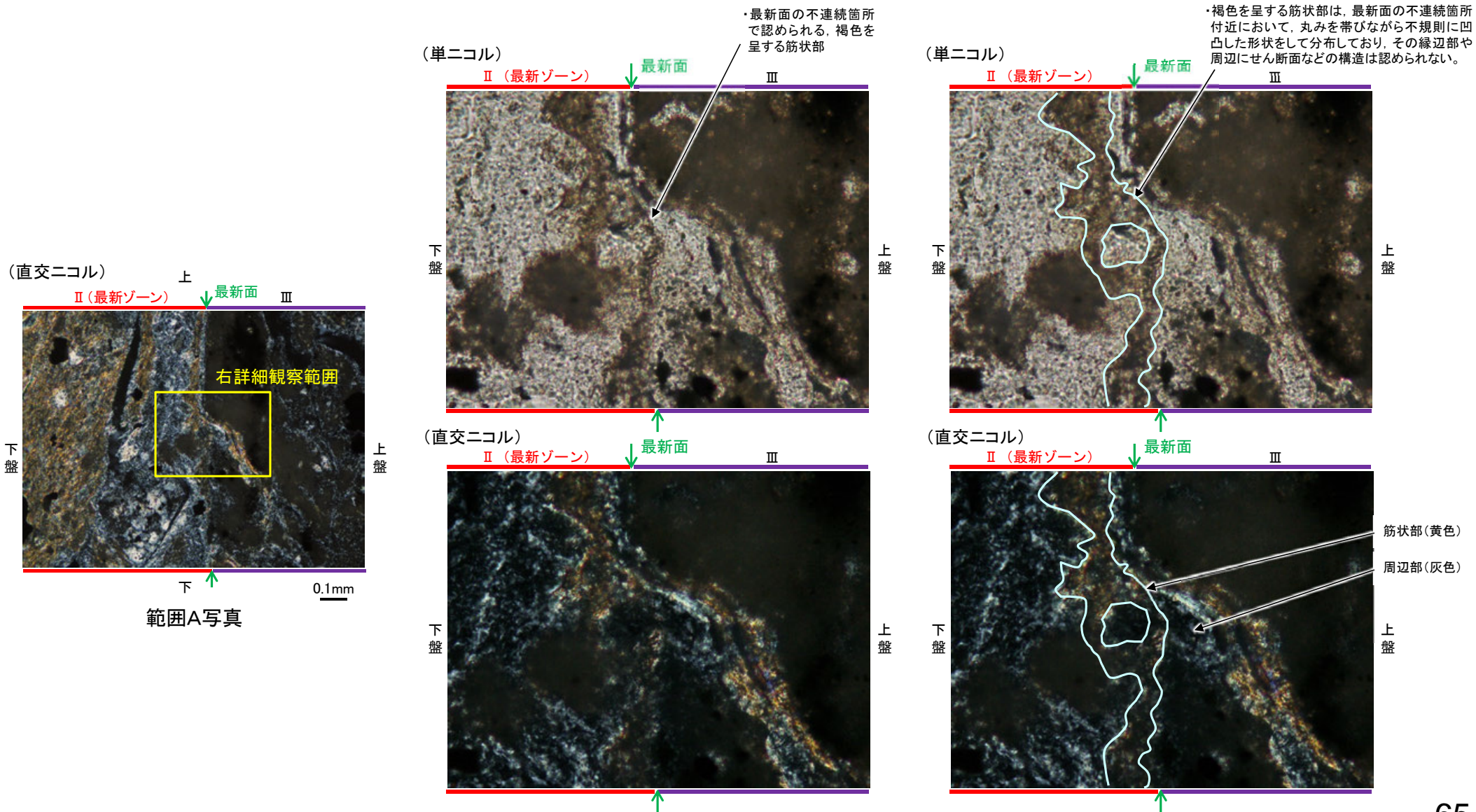
(直交ニコル)



断層o_OS-5.5' 孔

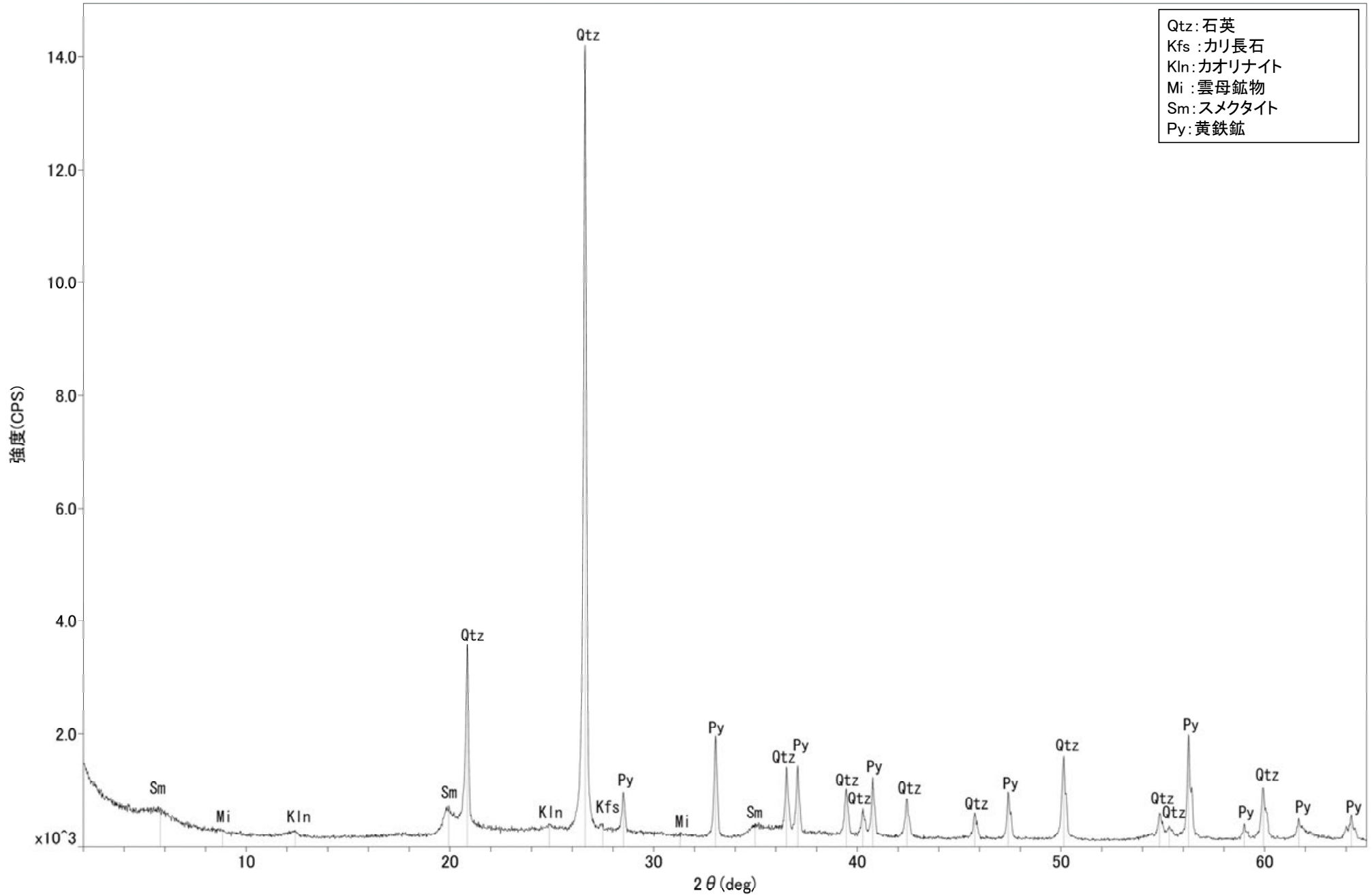
【褐色を呈する筋状部についての検討】

- 最新面の不連続箇所において、褐色を呈する筋状部が認められる(単ニコル)ことから、当該箇所が断層運動に起因するか否かを確認するために、詳細な観察を行った。
- 観察の結果、褐色を呈する筋状部(単ニコル)は、最新面の不連続箇所付近において、丸みを帯びながら不規則に凹凸した形状をして分布しており、その縁辺部や周辺にせん断面などの構造は認められない(単ニコル、直交ニコル)ことから、当該箇所は断層活動に起因したものではないと判断した。
- なお、EPMA分析の結果(P.59, 60)、この褐色を呈する筋状部(直交ニコルで黄色)とその周辺部(直交ニコルで灰色)はいずれもI/S混合層と判断されることから、細粒度の違いで干渉色が異なって観察されたものと考えられる。



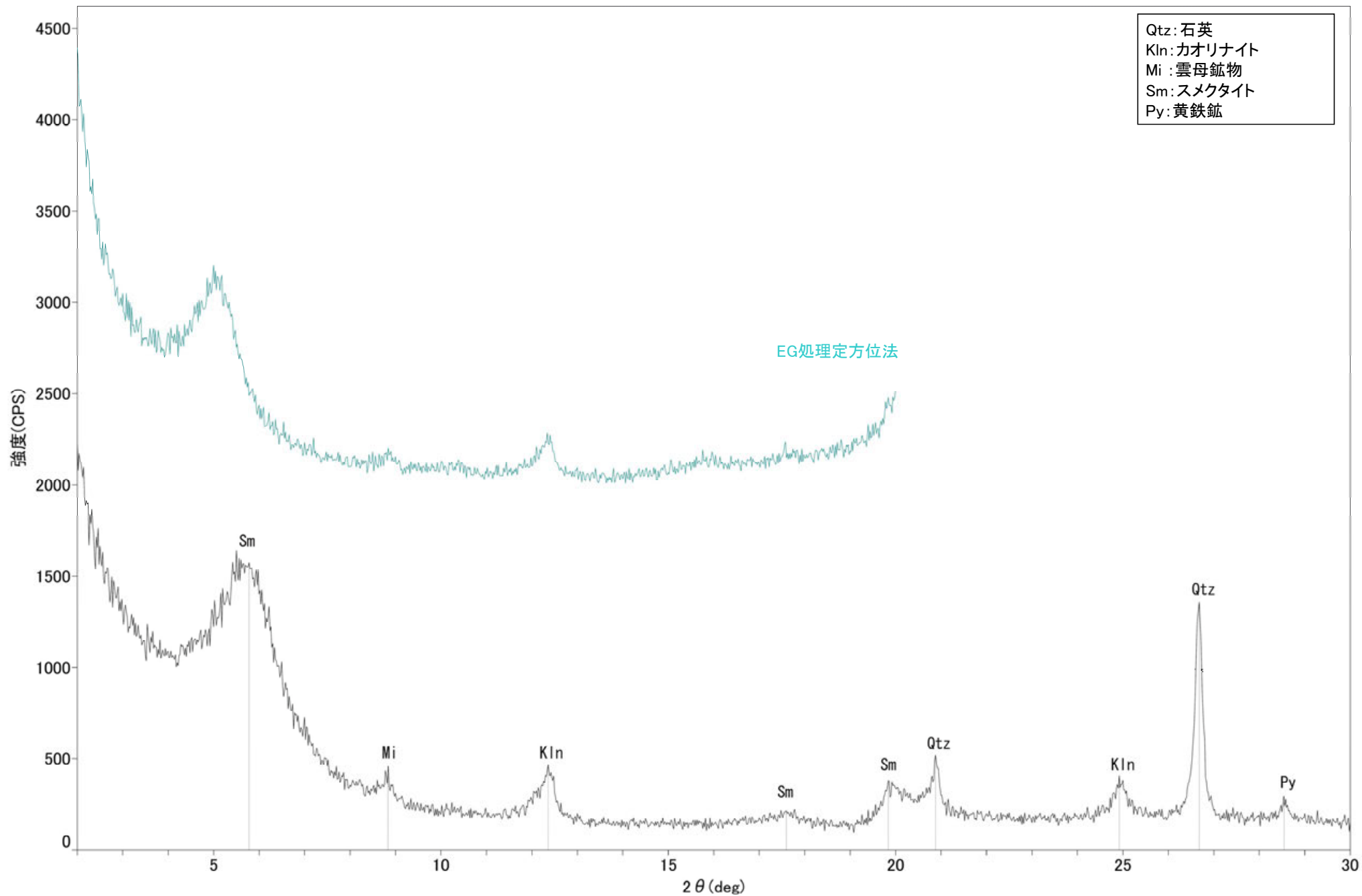
詳細観察範囲写真(右は解釈線を加筆)

(参考) OS-5.5' ' 孔 -X線回折チャート 不定方位-



回折チャート 不定方位

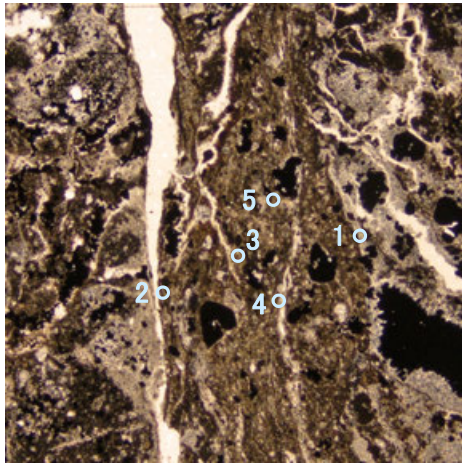
(参考) OS-5.5' ' 孔 —X線回折チャート 定方位 EG処理—



回折チャート 定方位(EG処理も合わせて表示)

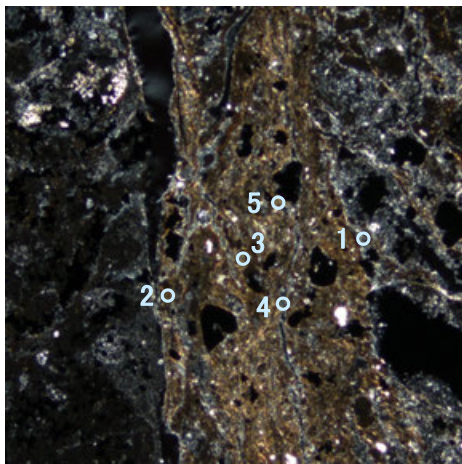
(参考) OS-5.5' 孔 —EPMA分析結果, 化学組成検討—

単ニコル



1mm

直交ニコル



1mm

分析位置(分析範囲)

【EPMA分析結果】

分析位置	1	2	3	4	5
[EPMA分析値(%)]					
SiO ₂	57.06	51.25	52.89	51.45	48.79
TiO ₂	0.47	0.15	0.75	0.10	0.07
Al ₂ O ₃	25.01	24.27	22.86	23.56	23.33
TFe ₂ O ₃	1.14	0.81	0.76	0.94	1.06
MnO	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02
MgO	3.22	2.85	2.81	3.17	2.67
CaO	0.82	0.67	0.66	1.03	0.70
Na ₂ O	0.21	0.25	0.20	0.20	0.12
K ₂ O	0.89	1.73	0.74	0.76	1.02
total	88.85	82.00	81.67	81.21	77.78

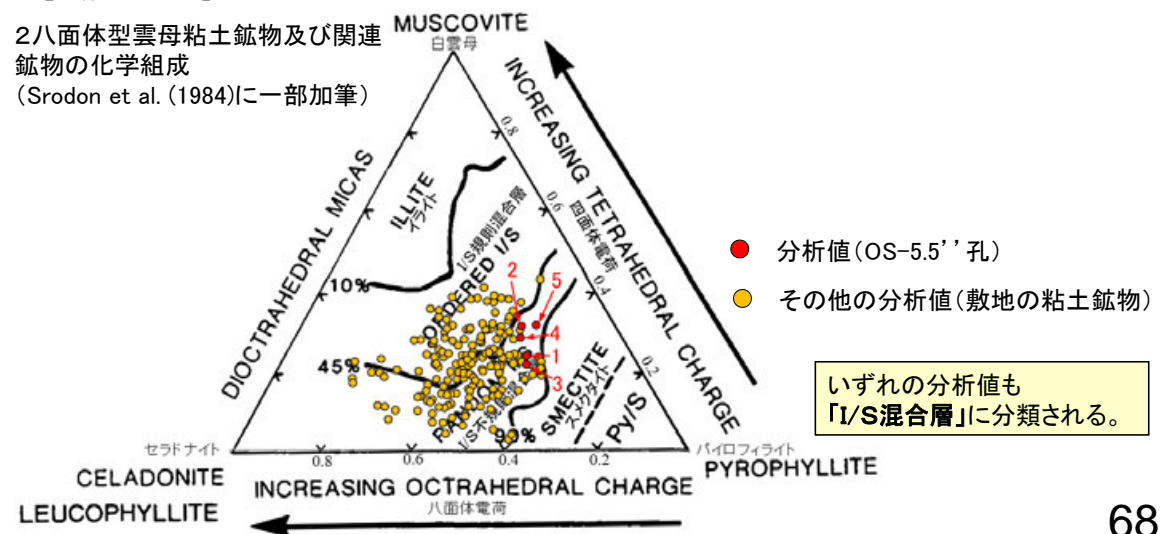
カリウムを含むことを確認した。

【EPMA分析結果に基づく組成式】

位置	組成式
1	(Ca _{0.06} Na _{0.03} K _{0.08} Mg _{0.08})(Fe _{0.06} Al _{1.71} Mg _{0.24})(Si _{3.76} Al _{0.24})O ₁₀ (OH) ₂
2	(Ca _{0.05} Na _{0.03} K _{0.16} Mg _{0.10})(Fe _{0.04} Al _{1.75} Mg _{0.21})(Si _{3.69} Al _{0.31})O ₁₀ (OH) ₂
3	(Ca _{0.05} Na _{0.03} K _{0.07} Mg _{0.05})(Fe _{0.04} Al _{1.71} Mg _{0.25})(Si _{3.78} Al _{0.22})O ₁₀ (OH) ₂
4	(Ca _{0.08} Na _{0.03} K _{0.07} Mg _{0.12})(Fe _{0.05} Al _{1.72} Mg _{0.23})(Si _{3.72} Al _{0.28})O ₁₀ (OH) ₂
5	(Ca _{0.06} Na _{0.02} K _{0.10} Mg _{0.12})(Fe _{0.06} Al _{1.76} Mg _{0.18})(Si _{3.69} Al _{0.31})O ₁₀ (OH) ₂

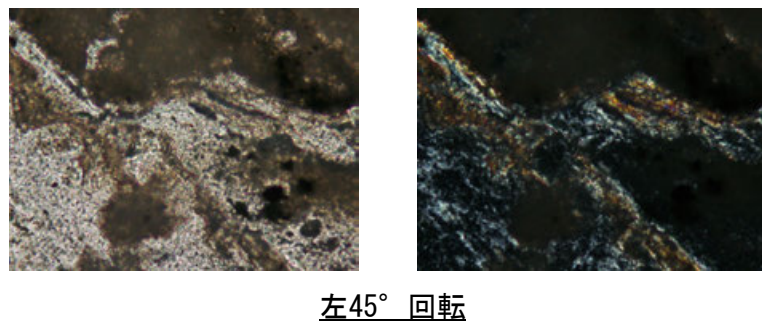
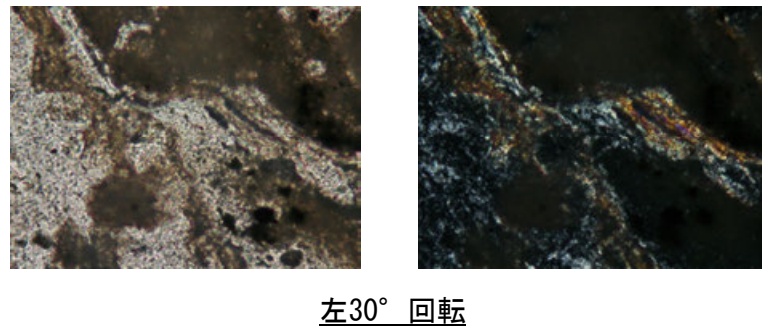
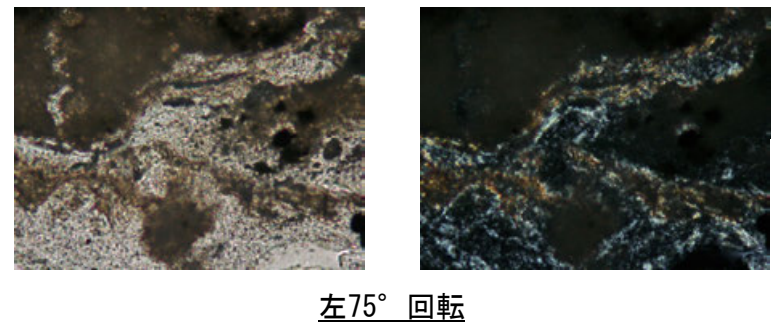
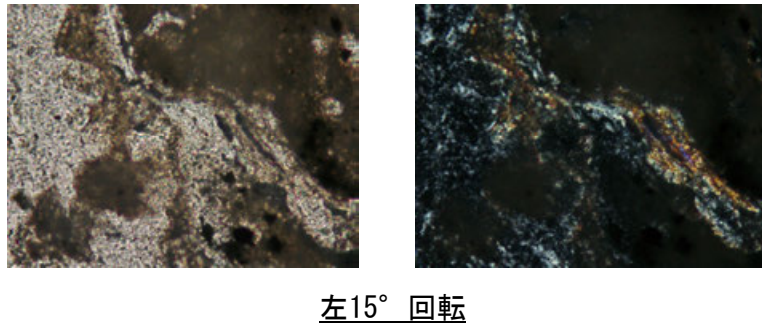
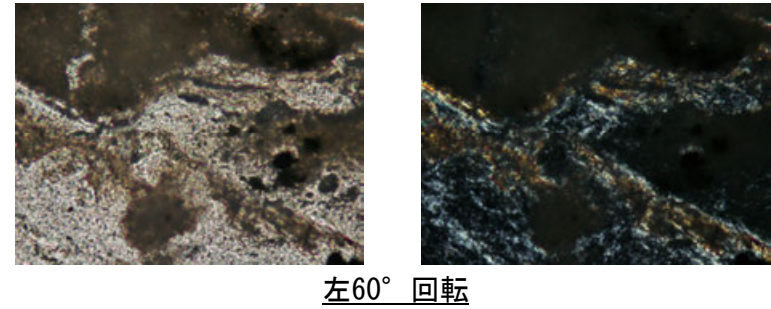
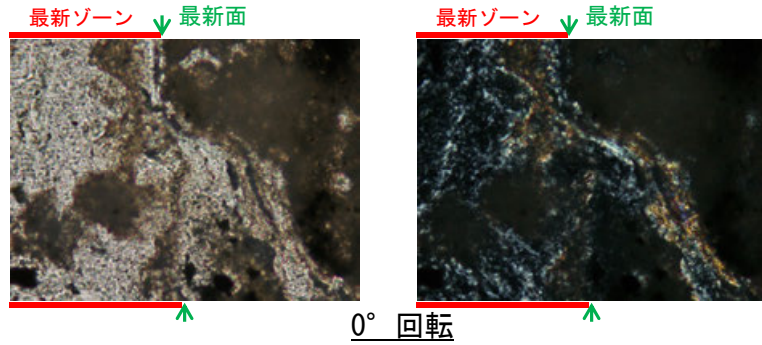
【文献との対応】

2八面体型雲母粘土鉱物及び関連
 鉱物の化学組成
 (Srodon et al. (1984)に一部加筆)



(参考) OS-5.5' ' 孔 ー ステージ回転写真 (範囲A) ー

○ 薄片写真を15° 刻みでステージ回転させたものを以下に示す。



0.1mm

参考文献

- 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高(編)(2018):活断層詳細デジタルマップ[新編],東京大学出版会.
- 関西電力株式会社(2016):美浜発電所3号炉 地盤(敷地の地質・地質構造)について,平成28年5月20日 第361回審査会合,机上配布資料2, 22-27.
- 加藤碩一・杉山雄一(編)(1985):50万分の1活構造図「金沢」,地質調査所.
- 活断層研究会(編)(1991):新編日本の活断層—分布図と資料—,東京大学出版会.
- 木村敏雄・恒石幸正(1978):太田陽子・松田時彦・平川一臣著「能登半島の活断層」に対して,第四紀研究, 17(1), 39-42.
- 小池一之・町田洋(編)(2001):日本の海成段丘アトラス,東京大学出版会.
- 町田洋・新井房夫(2011):新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺](第2刷),東京大学出版会.
- Nakata, E., Yukawa, M., Okumura, H., Hamada, M. (2019): K-Ar dating by smectite extracted from bentonite formations, E3S Web of Conference, 98, 12015.
- 日本第四紀学会(編)(1987):日本第四紀地図,東京大学出版会.
- 太田陽子・国土地理院地理調査部(1997):「能登半島」1:100,000,地殻変動土地条件図,国土地理院技術資料, D.1-No.347, 国土地理院.
- 太田陽子・松田時彦・平川一臣(1976):能登半島の活断層,第四紀研究, 15, 109-128.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター:活断層データベース <<https://gbank.gsj.jp/activefault/>>(参照2021-4-21).
- Siddall, M., Chappell, J., Potter E. K.(2006): Eustatic sea level during past interglacials, Sirocko, F., Litt, T., Claussen, M., Sanchez-Goni, M. F. editors. The climate of past interglacials, Elsevier, Amsterdam, 75-92.
- Srodon, J., Eberl, D. D. (1984): Illite, Micas (Reviews in Mineralogy, vol 3), S. W. BEILEY, editor., Mineralogical Society of America, 495-544.
- 渡辺隆(1981):イライト／モンモリロナイト混合層鉱物の混合層構造の判定,鉱物学雑誌, 第15巻 特別号, 32-41.
- 渡辺隆(1986):混合層粘土鉱物の構造解析と判定法の諸問題,粘土科学, 第26巻, 第4号, 238-246.

余白