

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)
断層oの活動性評価方針

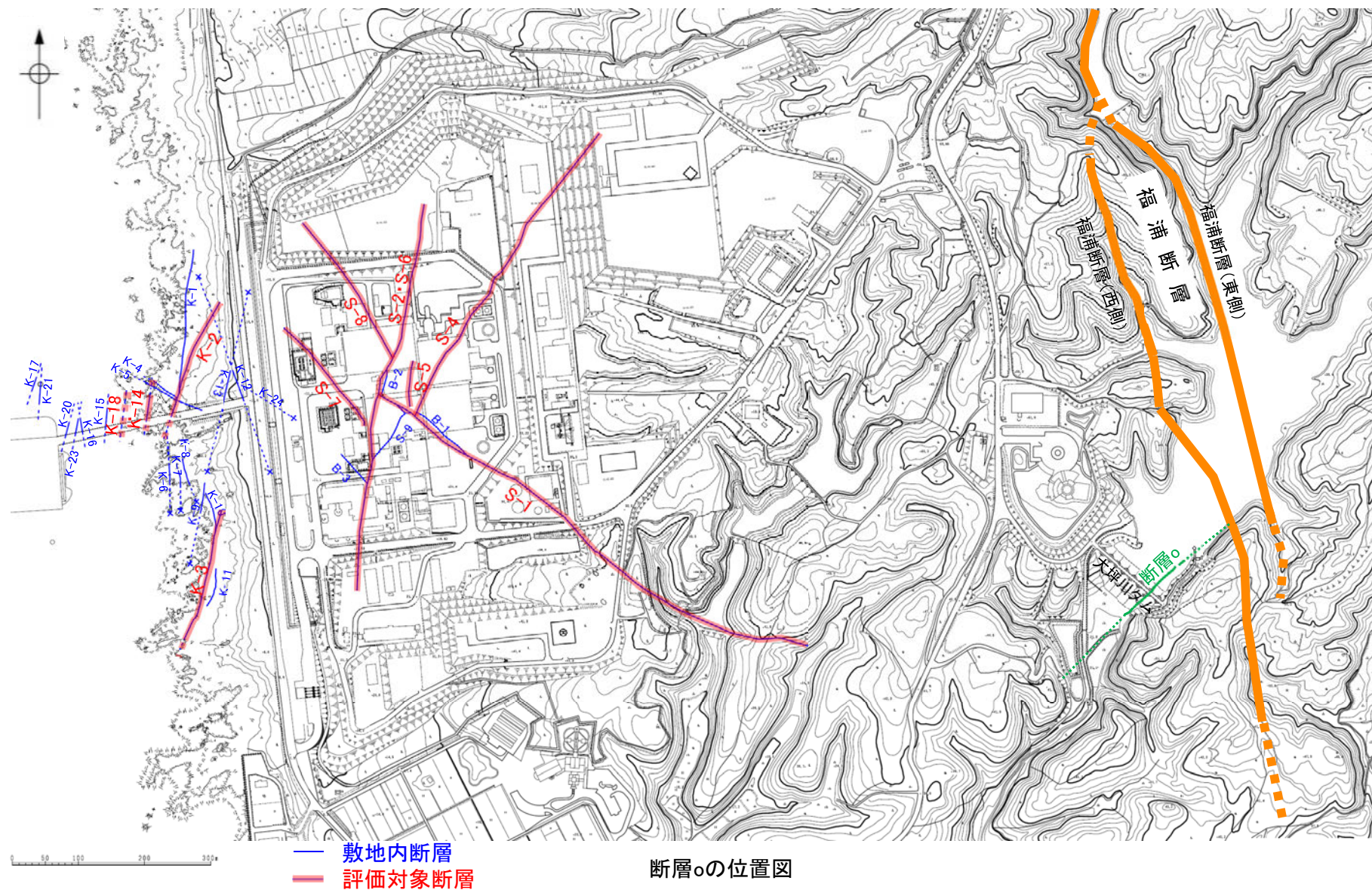
2022年12月23日
北陸電力株式会社

余白

はじめに

○当社は、2022年10月13、14日の第2回現地調査で受けたコメントの内、「断層oの活動性評価方針を示すこと」とのコメントについて、第1090回審査会合(2022年11月11日)で回答を行った。

○上記審査会合において、「事業者のコメント回答の内容は、活動性評価方針の変更点とその経緯、データ拡充の目的、内容、期間、調査位置の選定理由の記載が不十分、活動性評価の論理構成が明確ではない。」との指摘があったことを踏まえ、今回、改めて断層oの活動性評価方針について回答するものである。



コメント一覧(未回答分)

【敷地の地質・地質構造】

区分	No.	コメント			備考
		開催回	日付	内容	
鉬物脈	129	第1073回	2022.9.16	敷地の粘土鉬物のEPMA分析の結果、AlとFeの含有量の違いが生じた原因の考察について、より具体的に記載すること。	次回以降説明
鉬物脈	130	第1073回	2022.9.16	FK-1孔のイライト混合率が敷地の粘土鉬物(I/S混合層)に比べて小さいことについて、福浦断層の粘土鉬物のXRD分析データを追加し、データに基づく考察を加えること。	次回以降説明
上載地層法 (S-4)	131	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	35m盤トレンチの新北面において、ブロックサンプリング等を実施し、断層が岩盤上面まで達しているか確認し、当該地点で上載地層法が適用可能か検討すること。	次回以降説明
敷地内断層と活断層との破碎部 性状の比較	132	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	福浦断層の大坪川ダム右岸北道路法面・南道路底盤において、敷地内断層と異なる点として、白色脈が断層によって切られている状況の観察結果を示すこと。	次回以降説明
鉬物脈	133	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	大坪川ダム付近のボーリングコアで認められる青色の物質(セラドナイト)のK-Ar年代分析データを資料に添付すること。	次回以降説明
鉬物脈法	134	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	各評価対象断層の鉬物脈法による活動性評価において、どの薄片を主たる根拠とするかを明確に示すこと。	次回以降説明
鉬物脈法 (K-18)	135	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	H-0.2-75孔 薄片②において、最新面の延長位置に認められる割れ目をせき止めるように高角度で横断する鉬物脈について、詳細な観察結果を示すこと。	次回以降説明
鉬物脈法 (K-3)	136	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	M-2.2孔において、岩片の縁辺から内部まで認められる脈状の粘土鉬物が、マトリクスの中まで連続していることについて、詳細な観察結果を示すこと。	次回以降説明

コメント一覧(未回答分)

【敷地周辺の地質・地質構造】

区分	No.	コメント			備考
		開催回	日付	内容	
富来川断層	26	第1009回	2021.10.14	富来川南岸断層の北東方に位置する富来川断層の評価について、文献との対応や富来川南岸断層との関係も含めて説明すること。	次回以降説明
福浦断層	36	第1064回	2022.7.29	福浦断層の地質調査に基づく傾斜角を示したうえで、地震動評価にあたって設定する傾斜角や、敷地境界及び各々の耐震重要施設からの最短距離について記載すること。	次回以降説明
福浦断層	37	第1064回	2022.7.29	断層上下盤の岩盤中で採取した試料の化学分析値等から、岩盤中に認められる粘土質の物質がどのような物質であるか確認し、説明すること。	次回以降説明
富来川南岸断層	38	第1064回	2022.7.29	北東端の評価について、地質調査で断層が認められなくなる地点を明示したうえで、断層の長さを直線的な重力異常急変部が途絶える地点までと評価した根拠を記載すること。	次回以降説明
富来川南岸断層	39	第1064回	2022.7.29	Loc.Aにおける調査データについて、断層推定位置の周辺に分布する露頭の写真を追加して示すこと。	次回以降説明
福浦断層	41	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	ルートマップにおいて、岩相分布や破碎部等に関する地質学的記載を充実させること。	次回以降説明
福浦断層	42	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	大坪川ダム右岸トレンチから推定される福浦断層の変位量・活動履歴について、北壁面だけでなく南壁面の観察結果も含めて、整合的な説明を行うこと。	次回以降説明
福浦断層	43	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	大坪川ダム右岸トレンチのXRD分析・XRF分析データについて、北壁面の西側から東側へ順に整理して示すこと。	次回以降説明
福浦断層	44	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	福浦断層とその他の破碎部との違いが分かるように、性状、破碎部の幅などの特徴を整理して記載し、福浦断層と判断する根拠について整理すること。	次回以降説明
断層○	45	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	断層○について、地形・地質データに基づき、どのような方針で活動性評価を行うのか検討すること。	今回説明
ボーリングコア	46	第2回 現地調査	2022.10.13, 14	ボーリングコアにおいて、ドレライトや水冷破碎岩が認められる箇所について、柱状図に記載すること。	次回以降説明
断層○	47	第1090回	2022.11.11	断層○の活動性評価方針について、変更点とその経緯、データ拡充の目的、評価の論理構成等を明確にすること。	今回説明

断層oの活動性評価方針（既往方針からの見直しの経緯）

○断層oの活動性評価方針の見直しの経緯について以下に示す。

断層oの活動性評価方針(既往)

第1064回審査会合(2022.7.29)で説明

(考え方)

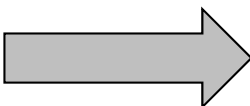
「①地形面の変位の有無による評価」と「②鉱物脈法による評価」の2つを主たる根拠として評価する。

① 地形面の変位の有無による評価

断層oを挟んで高位段丘 I b面(約12～13万年前より古い高海面期に形成)に高度差が認められない。

② 鉱物脈法による評価

断層oの最新面をI/S混合層(少なくとも後期更新世以降に生成したものではない)が横断して分布し、そこに変位・変形は認められない。^{※1}



※1

第2回現地調査で説明した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はなく、断層oの活動性評価の方針について再検討を求められた。

断層oの活動性評価方針

①, ②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する。

断層oの活動性評価方針(今回見直し)

(考え方)

- ・第2回現地調査で説明した鉱物脈データを再観察した結果、当該データを評価に用いることは困難と判断したことから、「①地形面の変位の有無による評価」を主たる根拠とする。
- ・①の評価の確実性を向上させるために、データ拡充を行う(下記^{※2})。
- ・さらに、①の評価結果の信頼性を向上させるため、他の調査結果と①の評価結果が整合することを確認する(下記^{※3})。

① 地形面の変位の有無による評価

断層oを挟んで高位段丘 I b面(約12～13万年前より古い高海面期に形成)に高度差が認められないことから、断層oの最新活動は高位段丘 I b面の形成以前である。なお、今回、同評価の確実性を向上させるために、評価に用いた地形面を海成段丘面と認定した根拠を充実させた上で、段丘面下の岩盤上面にも高度差が認められないことを確認する。^{※2}

② 鉱物脈法による評価

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。

③ 活断層・非活断層との破碎部性状の比較からの評価

断層oの破碎部性状は、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 福浦断層との切り合い関係からの評価

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。

※3

断層oの活動性評価方針

- ・①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と④の評価結果について、①の評価結果と整合することを確認する。
- ・なお、②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。

目 次

(1) 敷地周辺の活断層評価フローにおける断層○の評価について	 8
(2) 断層○の分布・性状(既往調査)	 10
(3) 断層○の活動性評価	 19
(3)-1 断層○の活動性評価方針	 20
(3)-2 断層○の活動性評価に関するデータ	 22
(4) 断層○に関する追加調査計画	 43
 (参考) 断層○の既往データ (第1064回審査会合 資料1抜粋)	 46
 参考文献	 87

(1) 敷地周辺の活断層評価フローにおける断層○の評価について

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

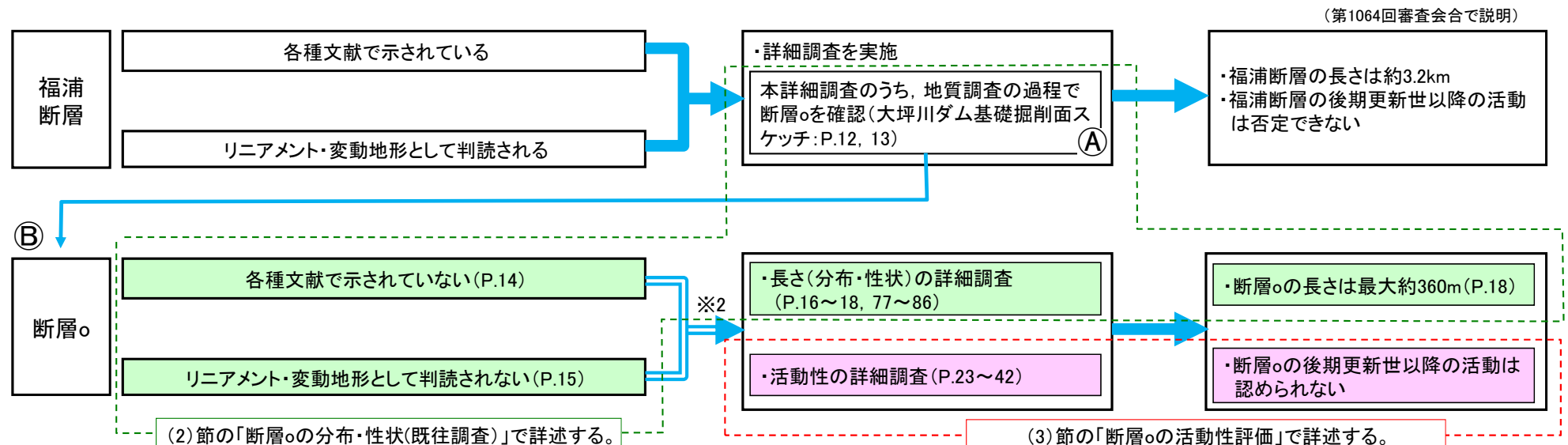
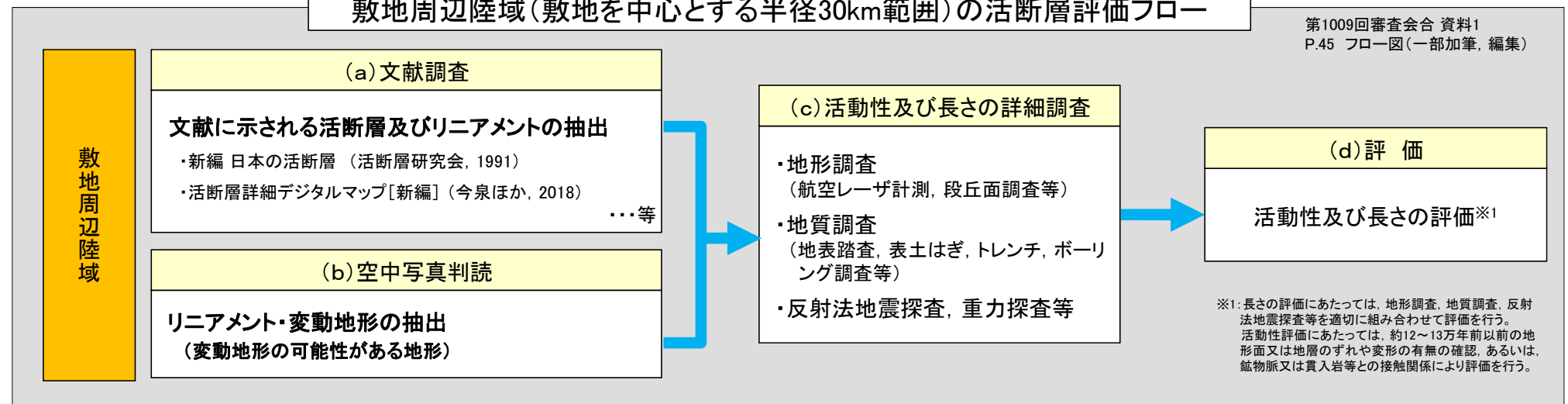
○敷地周辺の活断層評価は、下図に示すとおり、(a)文献調査 (b)空中写真判読 (c)活動性及び長さの詳細調査 (d)評価 の流れで実施することとしている(第1009回審査会合 資料1 P.45で説明)。

○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①)

○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②)

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。

なお、(4) 節では、(2) (3) の評価に関連して今回データ拡充する内容について整理している。

(2) 断層^oの分布・性状(既往調査)

断層oの分布・性状(既往調査) 一概要一

○断層oに関するこれまでの調査から、以下のとおり断層oの分布・性状について把握している。

【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)

○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～OS-8孔)の結果、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24～51cmの断層oが認められる(P.16, 17)。

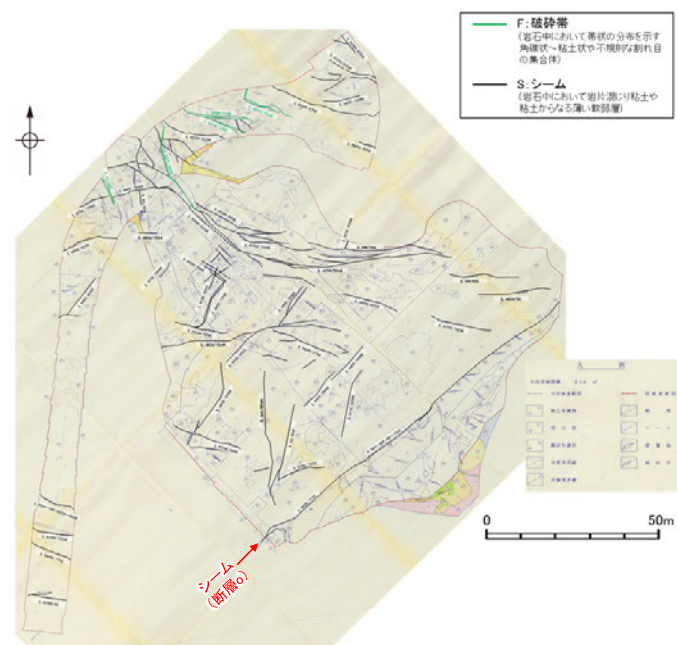
○大坪川ダムの建設時の地質観察データ及び大坪川ダム左岸におけるボーリング調査(OS-5～OS-8孔)の結果、断層oの下盤側の安山岩は強く変質を受けており、軟質化していることから、断層oに沿って認められる直線的な崖地形は、変質部の境界である断層oを境に下盤側が差別侵食を受けたことにより形成されたものと考えられる(P.13, 16, 17)。

【連続性評価】(P.18)

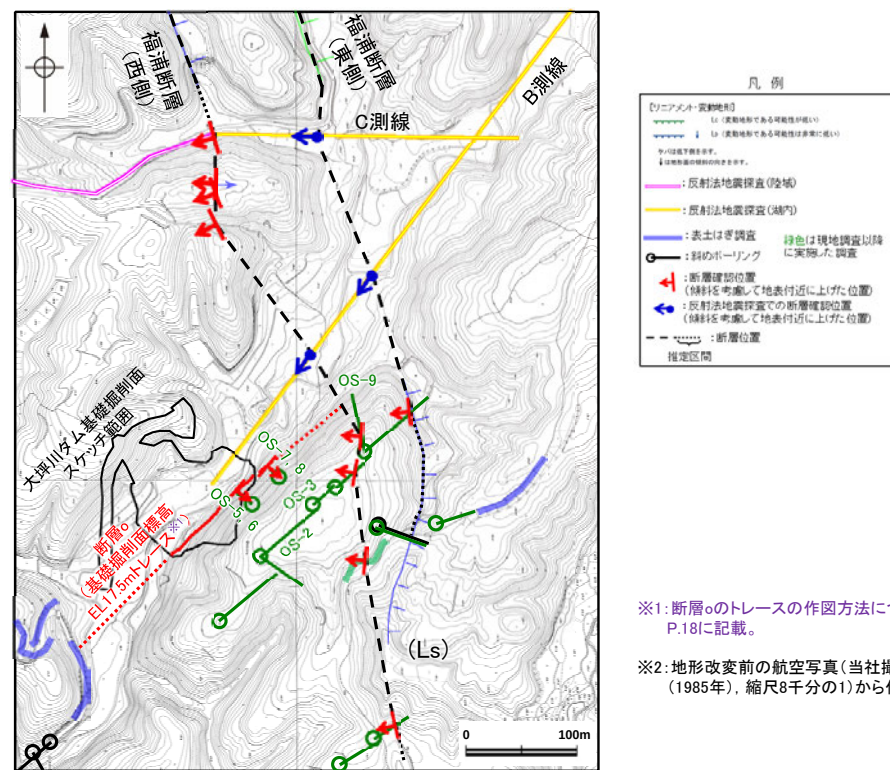
○断層oの連続性に関する調査の結果、北端は福浦断層(西側)との交点、南端は表土はぎ調査(ルートマップJ)の位置となり、断層oの長さは最大でも約360mである。

○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(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。

紫字：第1090回審査会合以降に追記・変更



大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(詳細はP.12, 13)



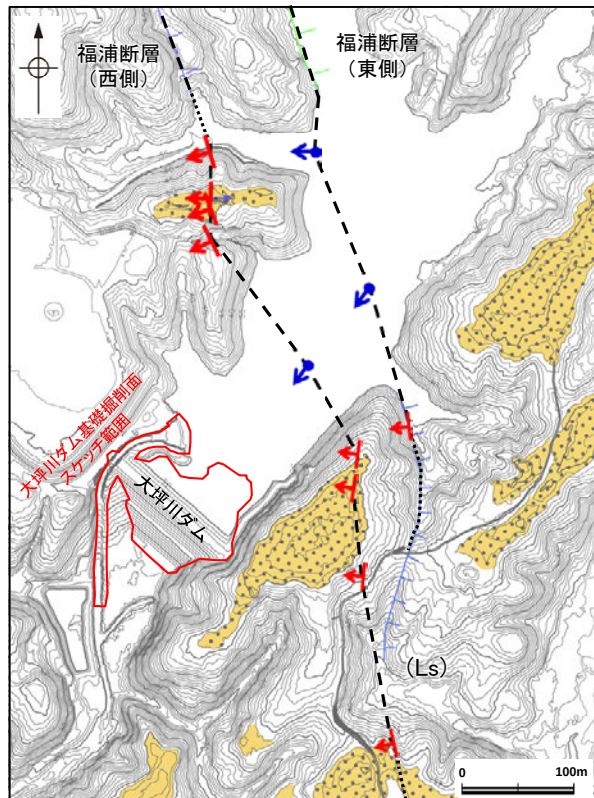
※1: 断層oのトレースの作図方法についてはP.18に記載。

※2: 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

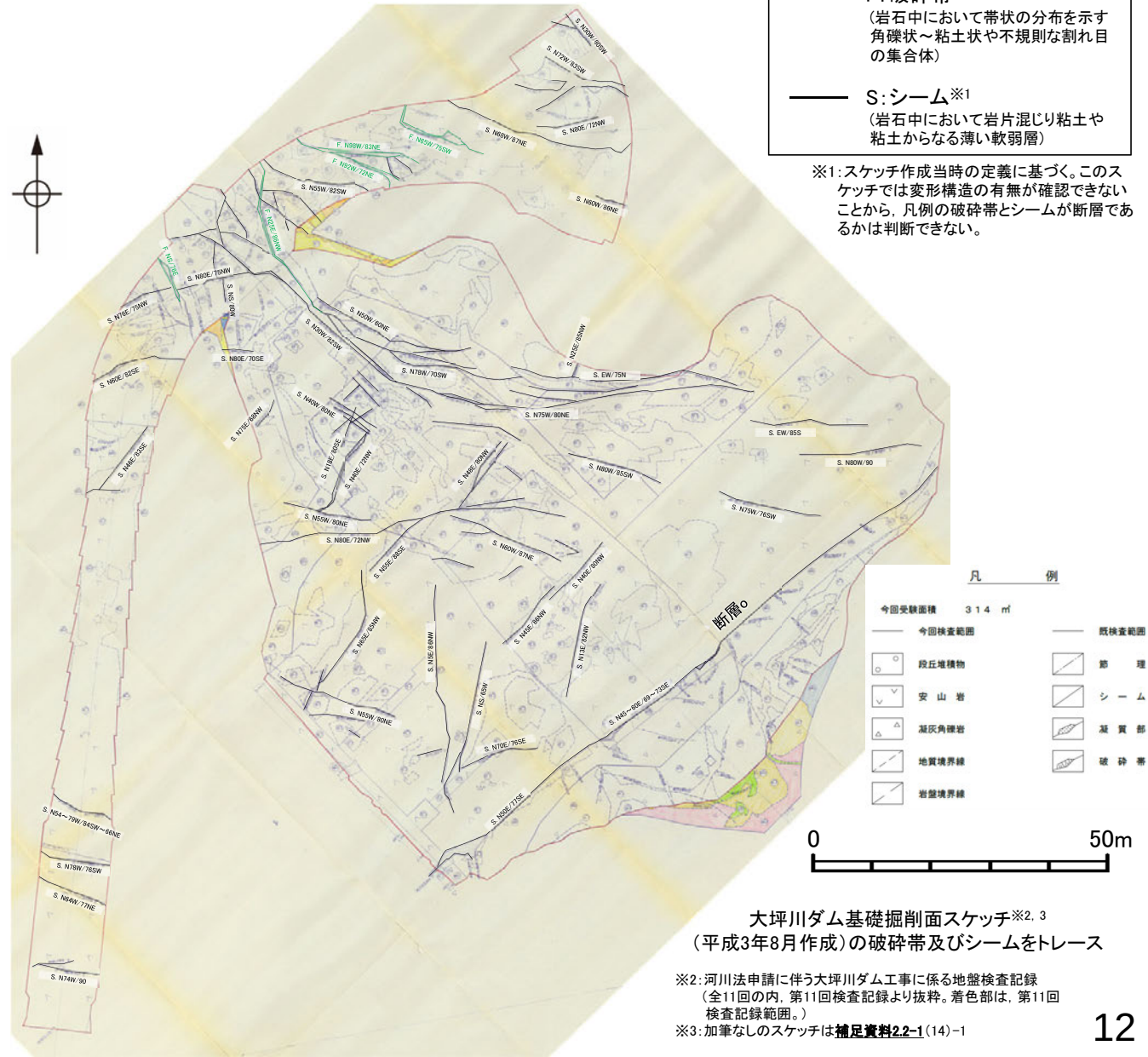
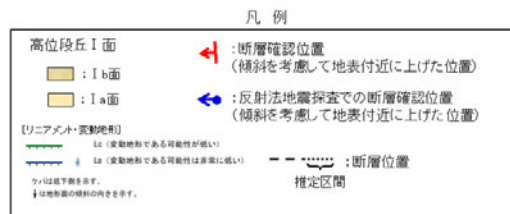
断層の分布・性状(既往調査) ー大坪川ダム建設時の地質観察データー

- 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

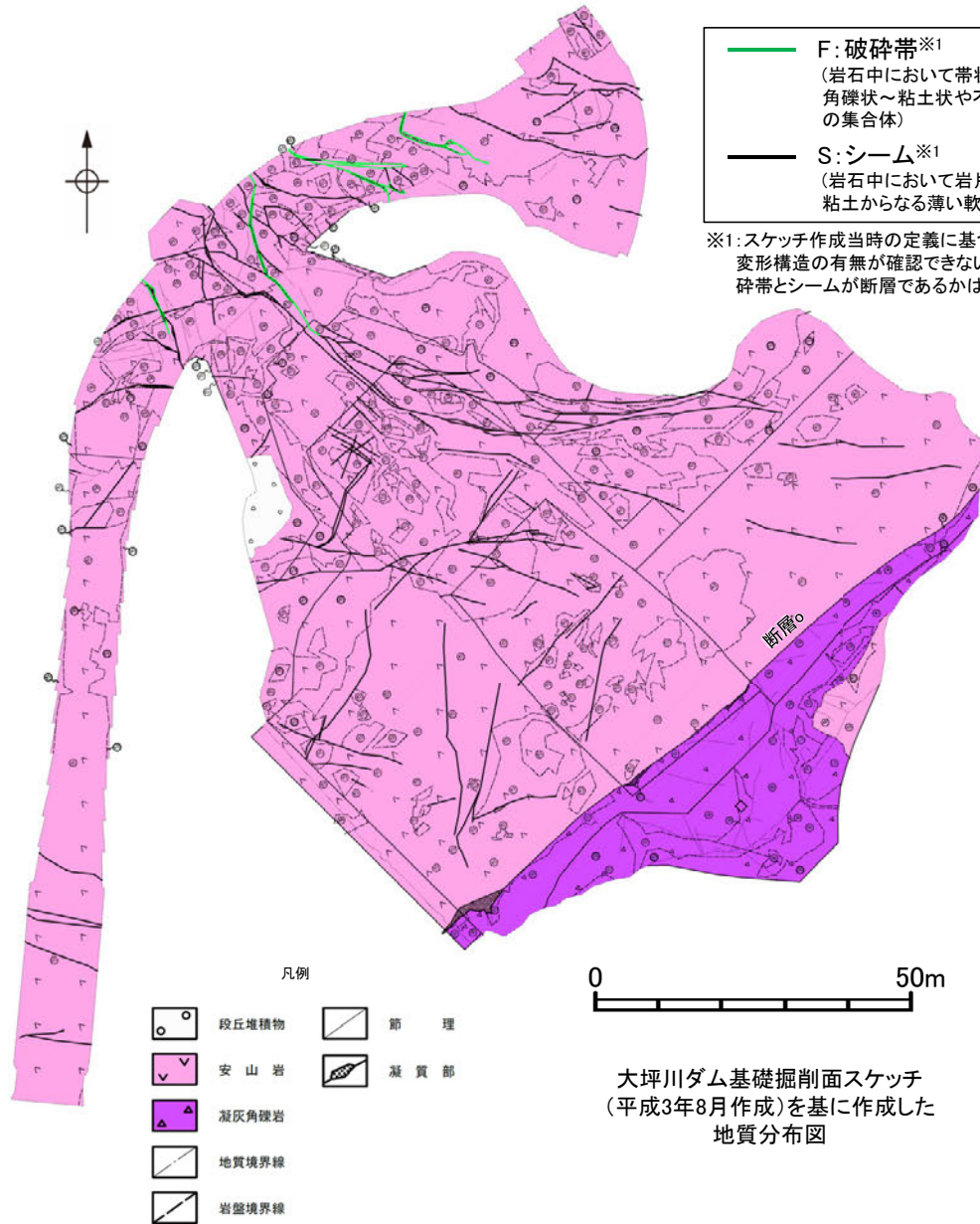


大坪川ダム基礎掘削面スケッチ※2.3
(平成3年8月作成)の破碎帯及びシームをトレース

※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2.2-1(14)-1

【大坪川ダム基礎掘削面 地質分布図, 岩級区分図】

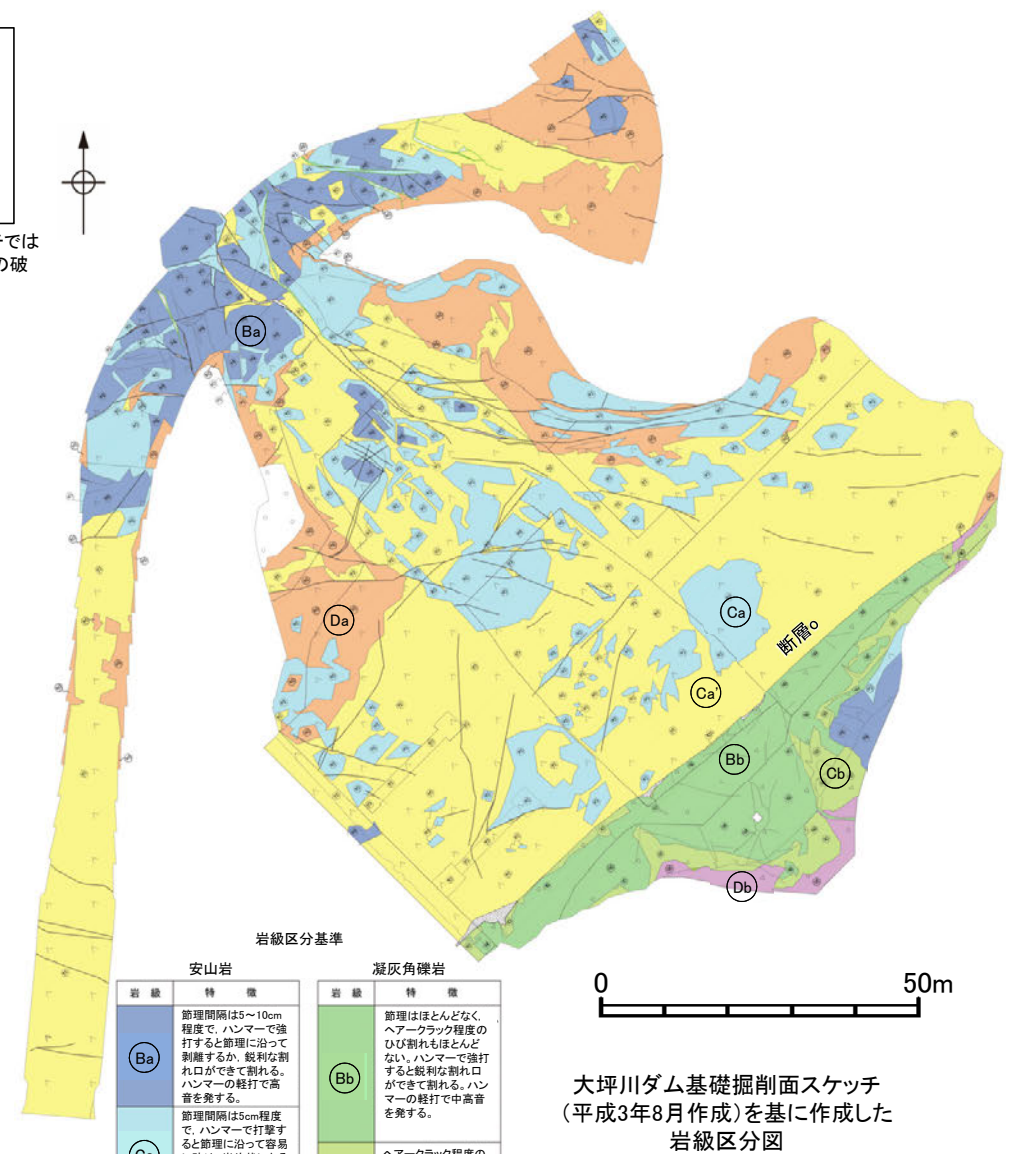


大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(平成3年8月作成)を基に作成した
地質分布図

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。割れ口が鋭利で、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鋭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	ハンマーピックが突き刺さり容易に崩すことができる。
Da	ハンマーピックが突き刺さり容易に崩すことができる。		

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o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。

断層oの分布・性状(既往調査) 一文献調査一

【福浦断層】

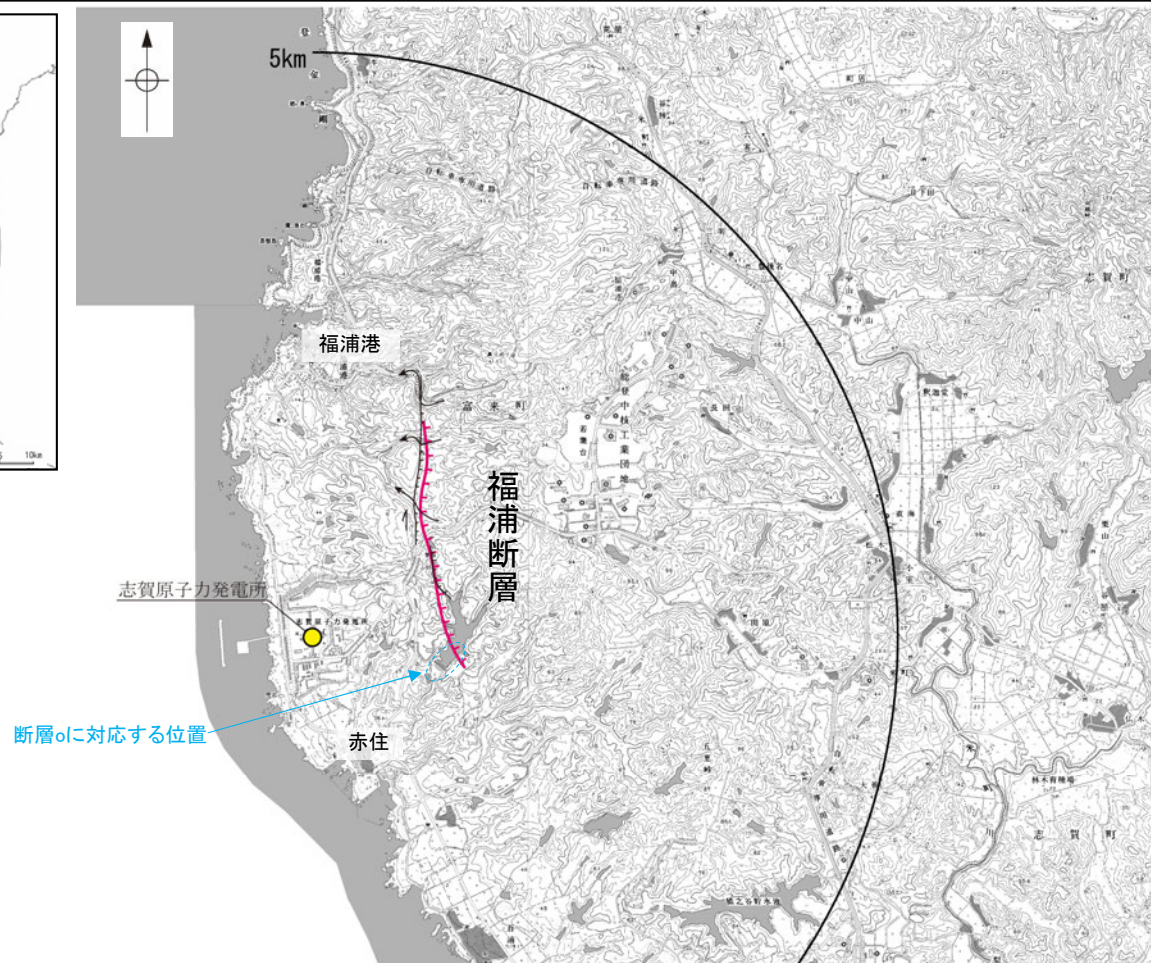
- 太田ほか(1976)は、敷地から約1km東方に活断層を図示し、これを福浦断層と命名して、長さ2.5km、西側の海成段丘H₂面(>22万年前)が21m隆起、逆断層、平均変位速度Cクラス(1~10cm/1000年)、タイプⅢ(段丘面の局地的変位を引きおこした小規模な活断層)と記載している。
- 「新編 日本の活断層」(活断層研究会, 1991)は、太田ほか(1976)とほぼ同じ位置に福浦断層(確実度 I, 東側低下)を図示し、N-S走向、長さ2.5km、活動度C、西側の海成段丘H₂面が20m隆起と記載している。
- 「活断層詳細デジタルマップ[新編]」(今泉ほか, 2018)は、東側低下の断層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)。



位置図



位置図

紫字: 第1090回審査会合以降に追記

凡 例

【活断層研究会 (1991) 他】

- 活断層*
- 推定活断層*
- 活断層の疑のあるリニアメント**

短線は縦ずれの低下側、矢印は横ずれの向きを示す。

* 活断層研究会(1991)の他、太田ほか(1976)、加藤・杉山(1985)、日本第四紀学会(1987)、太田・国土地理院地理調査部(1997)及び小池・町田(2001)による。
** 活断層研究会(1991)の他、太田ほか(1976)及び太田・国土地理院地理調査部(1997)による。

【今泉ほか (2018)】

- 活断層
- 活断層(位置不確か(人工改変・侵食崖))
- 活断層(位置不確か(延長部に崖あり))
- 活断層(断層崖)
- 活撓曲
- 傾動
- 活断層(横ずれ)
- は断層のずれの向き、↘は河谷(水系)の屈曲を示す。
- 推定活断層
- 推定活断層(断層崖)
- 推定活断層(横ずれ)
- は断層のずれの向き、↘は河谷(水系)の屈曲を示す。

0 2km

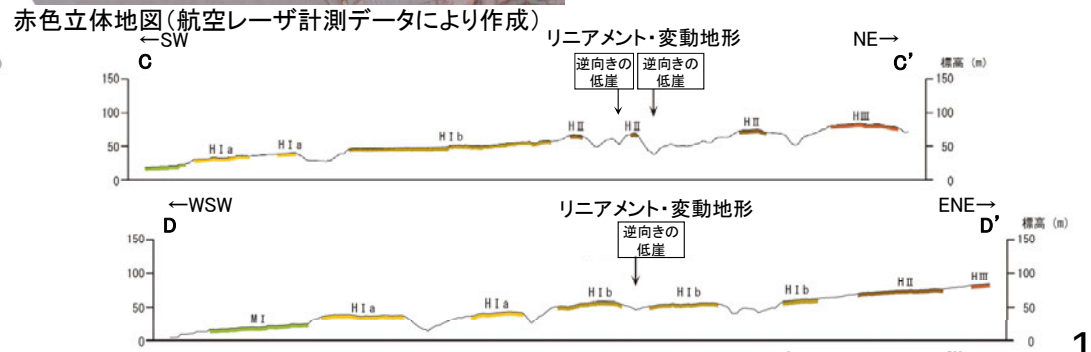
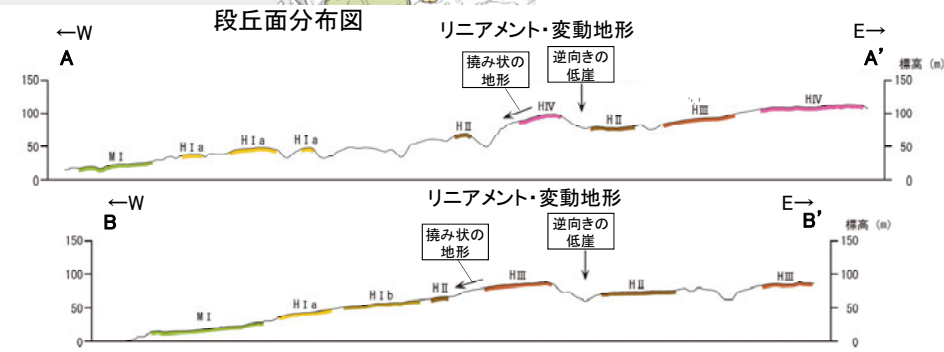
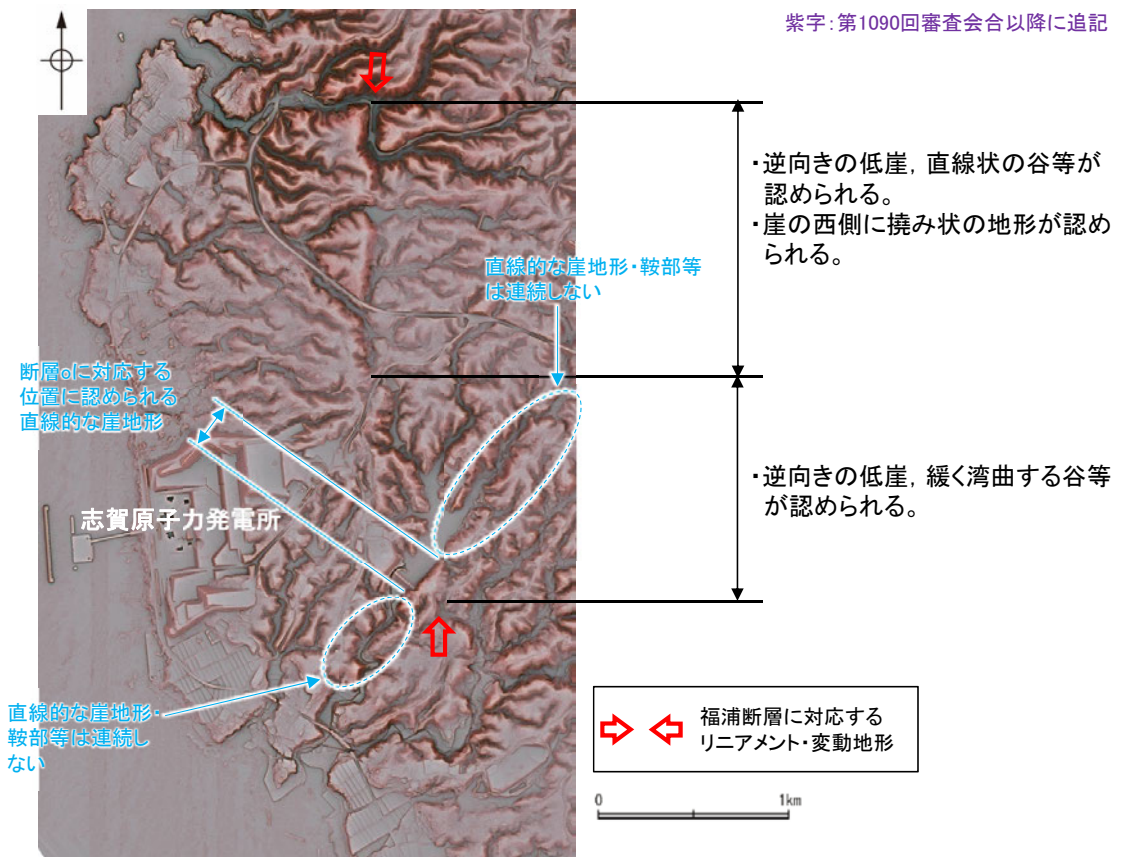
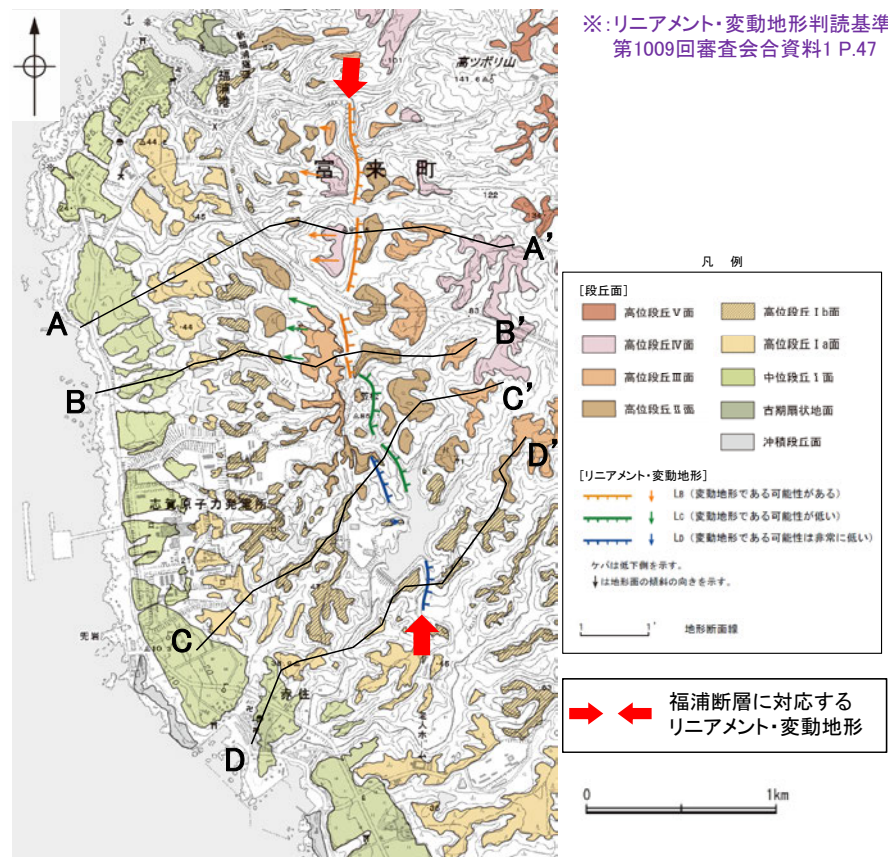
断層oの分布・性状(既往調査) ー空中写真判読ー

【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.28～30)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)

断層oの分布・性状(既往調査) ー地質調査ー

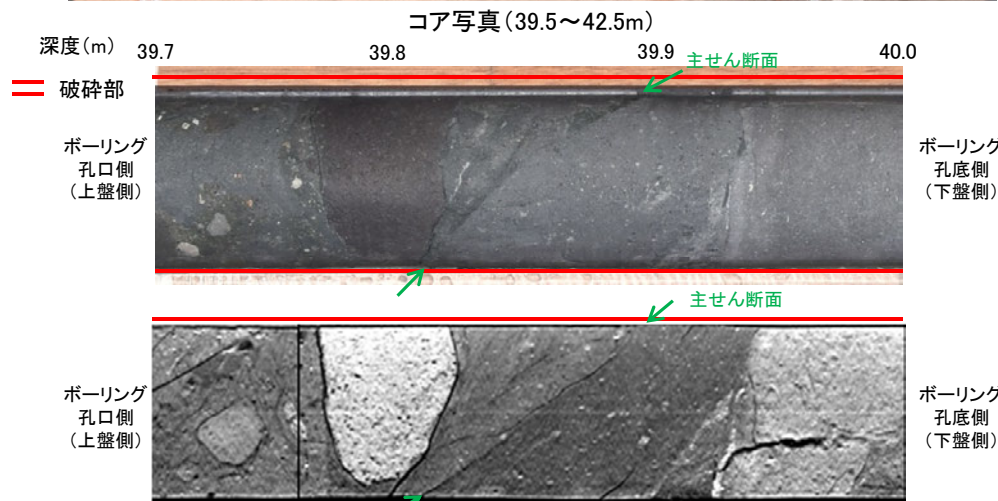
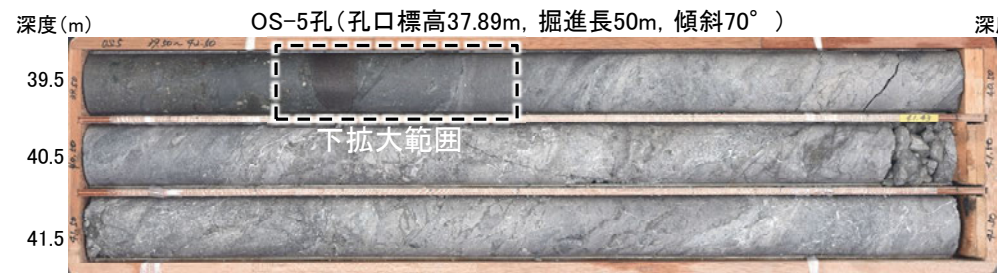
○断層oの分布・性状に関する地質調査結果を以下に示す(P16, 17)。

- 大坪川ダム左岸におけるボーリング調査(OS-5～OS-8孔)の結果, 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24～51cmの断層oが認められる。
- 断層oの下盤側(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※。

※差別侵食地形と判断した根拠として, 上下盤の岩盤の変質の違いや硬軟の差を示す定量的なデータを追加取得する(データ拡充 v, P.44, 45)。

紫字: 第1090回審査会合以降に追記

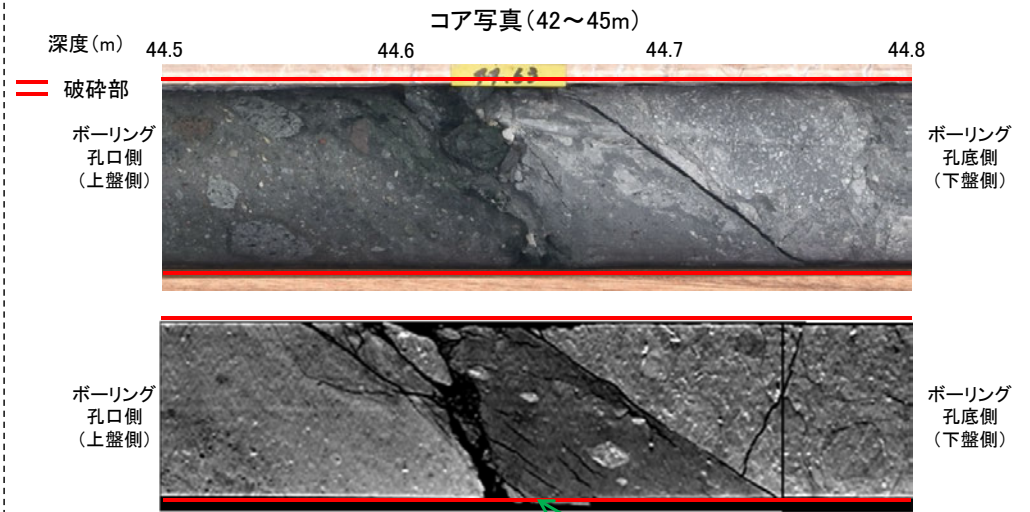
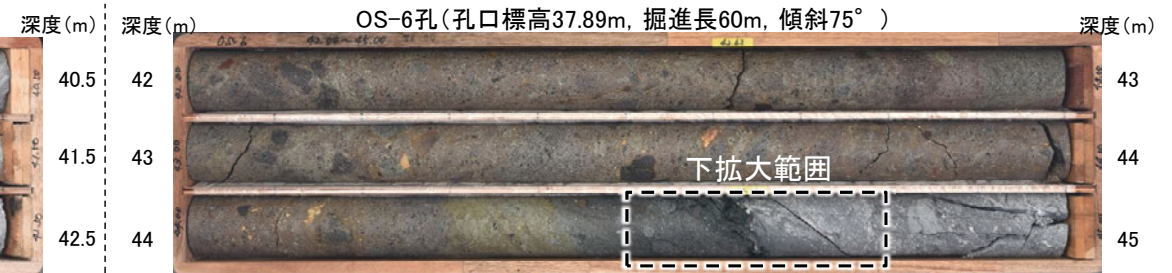
【OS-5孔, OS-6孔】



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。



主せん断面※

拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

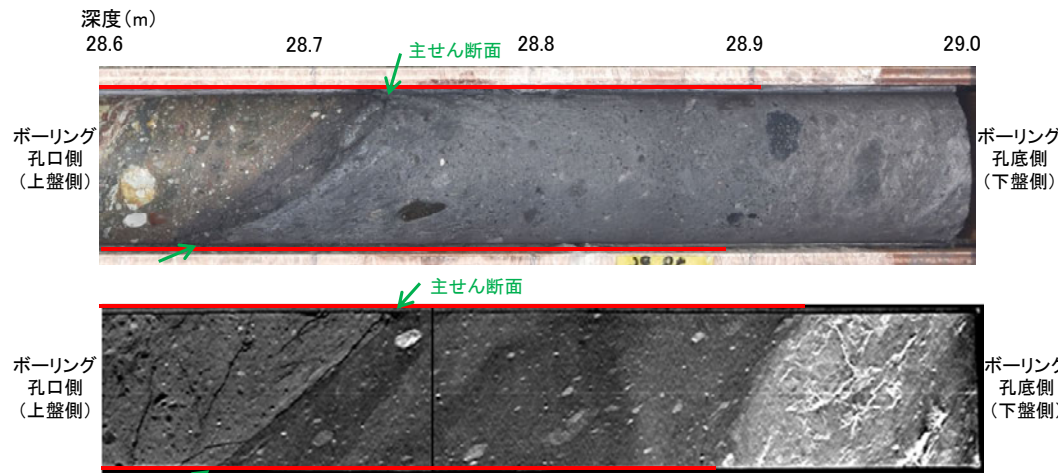
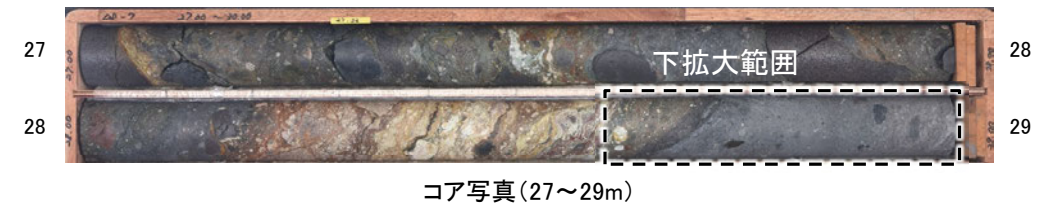
※主せん断面位置は掘進境界にあたり, 一部でコアが乱れている

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-7孔, OS-8孔】

OS-7孔(孔口標高37.87m, 掘進長29m, 傾斜65°)

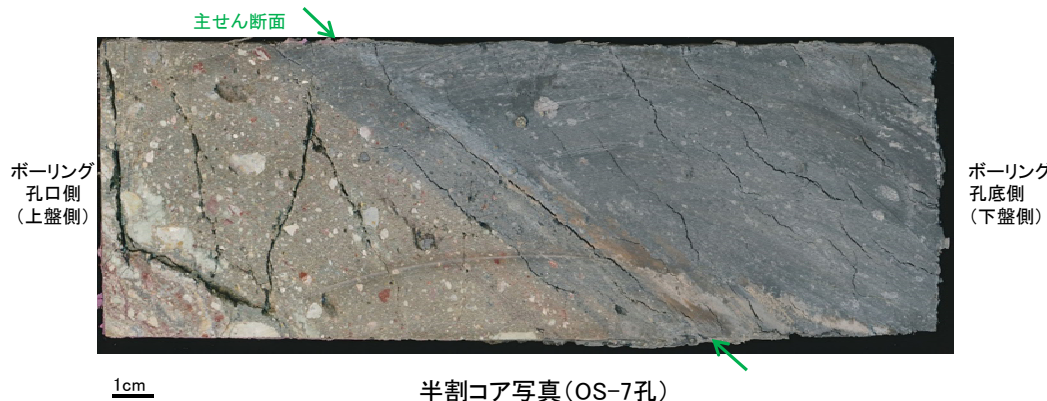


== 破砕部

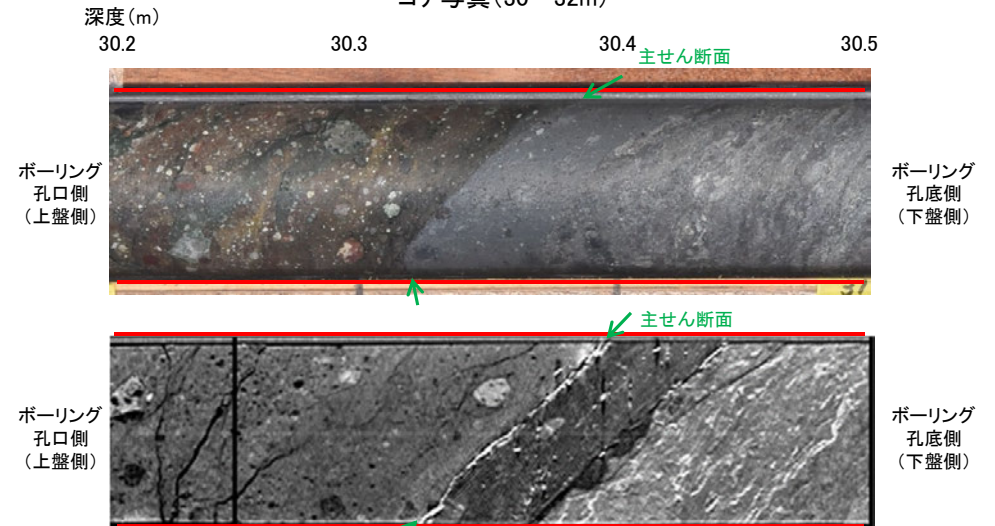
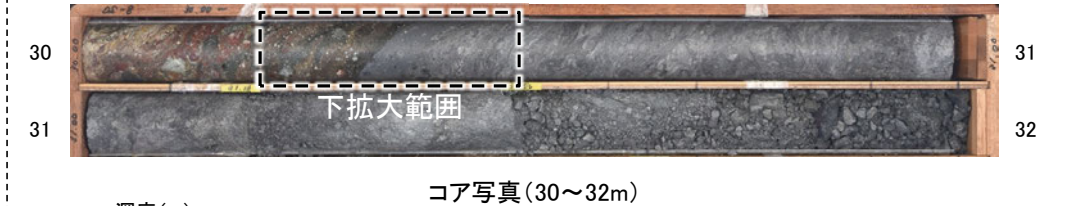
拡大写真(上:コア写真, 下:CT画像)

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。



OS-8孔(孔口標高37.87m, 掘進長32m, 傾斜70°)

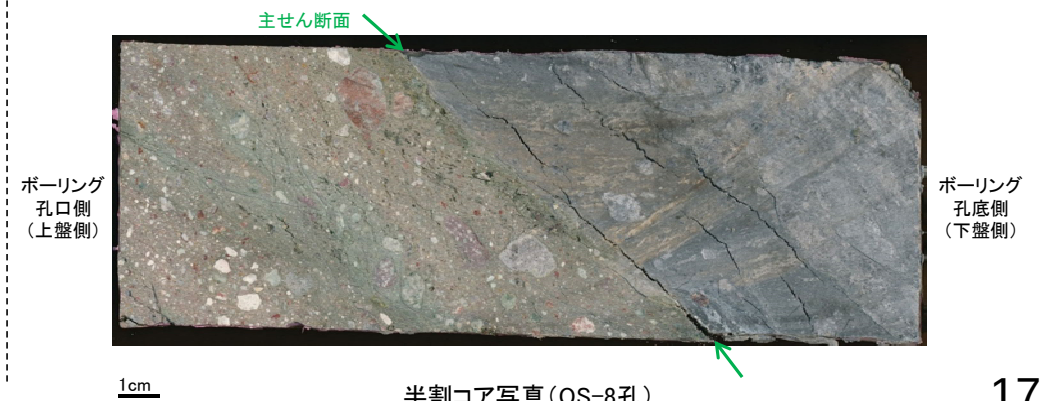


== 破砕部

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。



断層oの分布・性状(既往調査) —連続性評価—

○大坪川ダム基礎掘削面及びボーリングOS-5～8孔において、断層oの分布を約120m区間確認している。その北方の福浦断層(西側)を越えた位置で実施したOS-9孔において、断層oに対応する断層が認められないことから、断層oは福浦断層(西側)を越えて下盤側に連続しないと判断した。また、南方のルートマップJの表土はぎ箇所において、断層oの延長位置にあたる位置に、断層は認められない。よって、断層長さは最大でも福浦断層(西側)との交点(北端)からルートマップJの表土はぎ箇所(南端)までの約360m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(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。

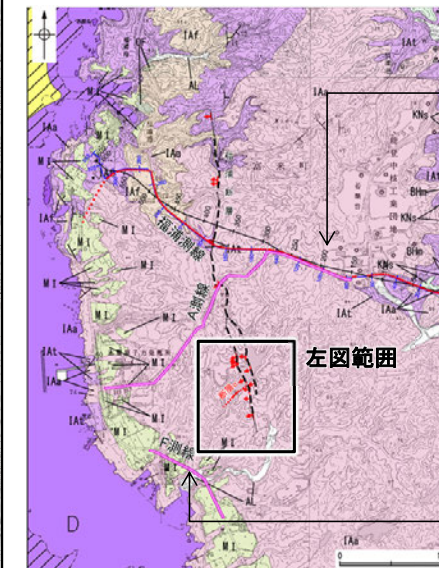
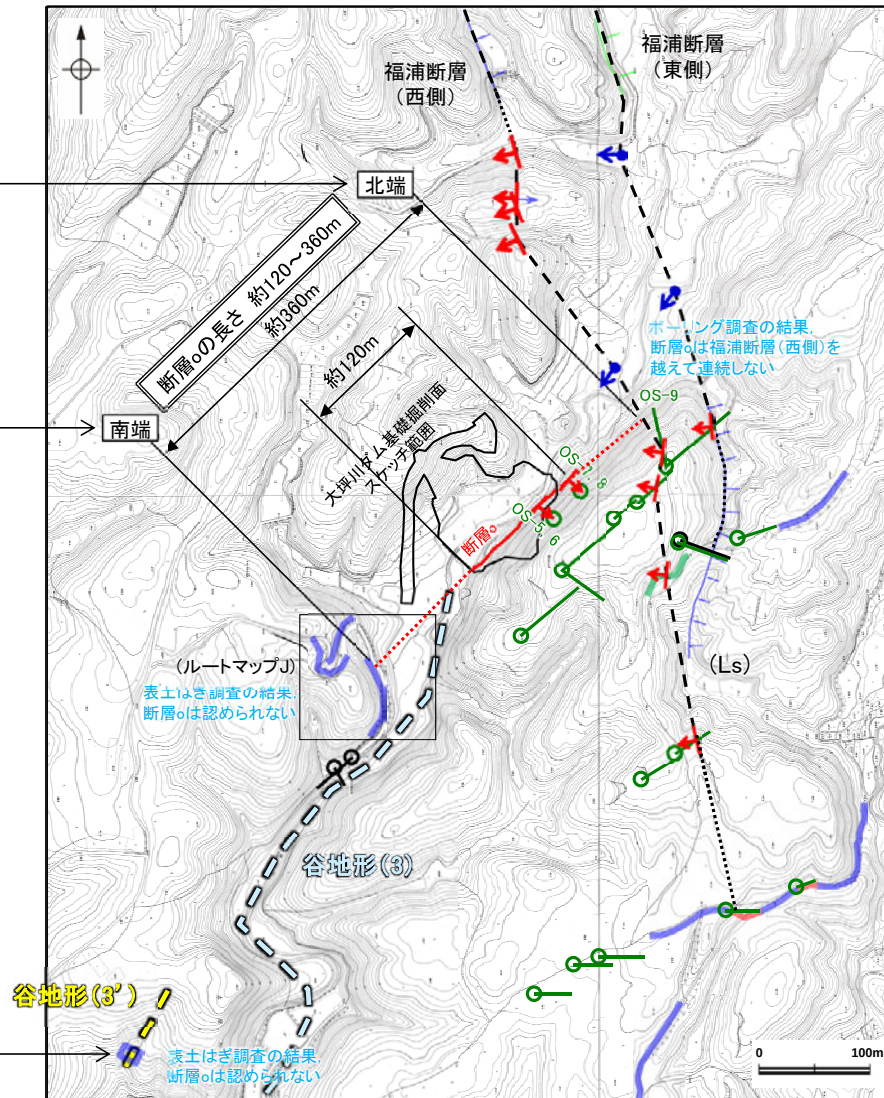
紫字: 第1090回審査会合以降に追記・変更

●北端
ボーリング調査(OS-9孔)の結果、断層oに対応する断層が認められない(P.77～80)ことから、断層oは福浦断層(西側)を越えて下盤側に連続しないと判断した。
⇒福浦断層(西側)との交点を北端と評価

●南端
表土はぎ調査(ルートマップJ※)の結果、断層oの延長位置にあたる位置に、断層は認められない(P.82, 83)。
⇒ルートマップJの表土はぎ箇所を南端と評価

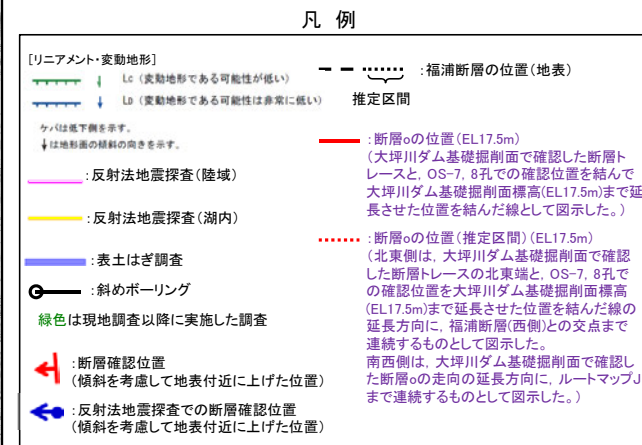
※: ルートマップJについて、岩相分布や破砕部等に関する地質学的記載を充実させる(データ拡充vi, P.44, 45)。

●南方延長
表土はぎ調査の結果、断層oの延長位置付近にあたる谷地形・鞍部の位置に、断層は認められない(P.84, 85)。



●北方延長
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)の結果、断層oは北方に連続しない(P.81)。

●南方延長
断層oの南方延長で実施した反射法地震探査(F測線)の結果、断層oは南方に連続しない(P.86)。



大坪川ダム付近 調査位置図(旧地形)

(3) 断層oの活動性評価

(3)-1 断層oの活動性評価方針

断層oの活動性評価方針

- これまでは、「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（P.42）ことを踏まえると、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（P.23～27）

- ・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面と判断した確度を高める（データ拡充Ⅰ、P.34、44、45）。

段丘面の変位の有無からみた断層oの活動性の確認（P.28～35）

- ・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（データ拡充Ⅱ、P.34、44、45）。

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次の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（P.36）

- ・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。（データ拡充Ⅲ、P.36、44、45）。

主たる根拠を補足するための評価手法

③破碎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（P.37～39）

- ・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の破碎部性状（層状構造や明瞭な複合面構造の有無等）を確認する（データ拡充Ⅳ、P.39、44、45）。

断層oの破碎部性状は、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（P.40～42）

- ・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地形面の変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破碎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。

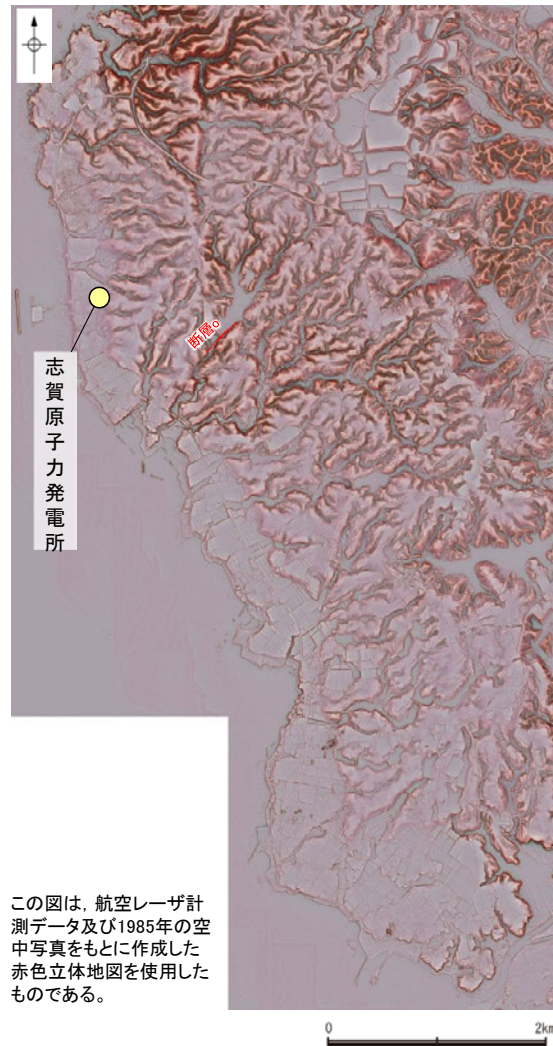
(3)-2 断層oの活動性評価に関するデータ

①地形面の変位の有無に関するデータ 一段丘面の分布, 年代の確認ー

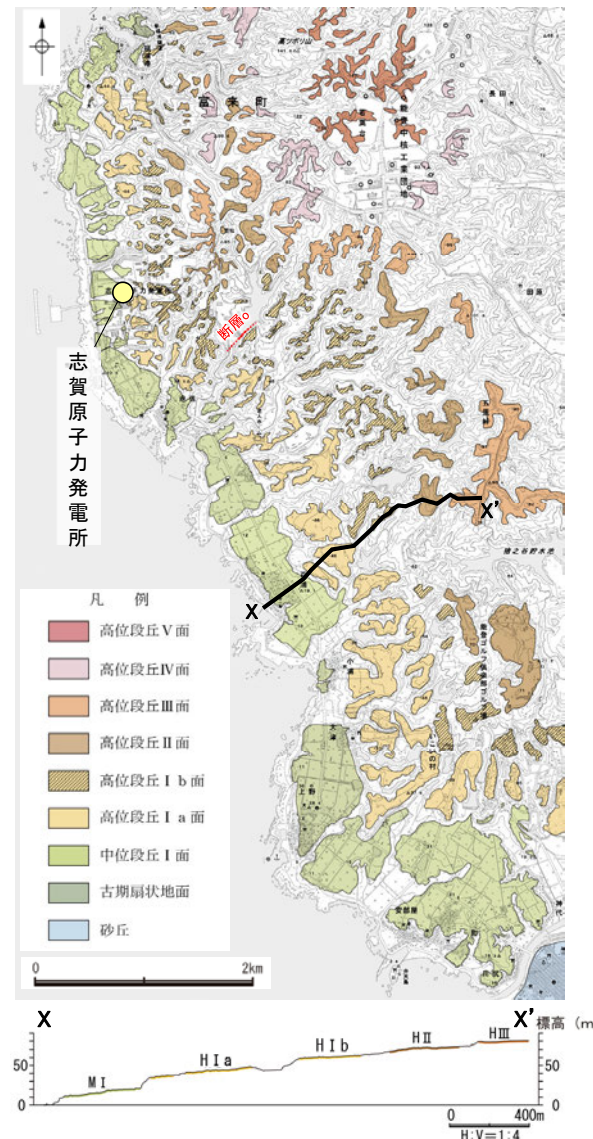
○断層o周辺の段丘面の分布状況及びそれらの形成年代に関する調査結果を以下に示す(P.23～27)。

【能登半島南西岸の海成段丘面の分布 一段丘面調査①ー】

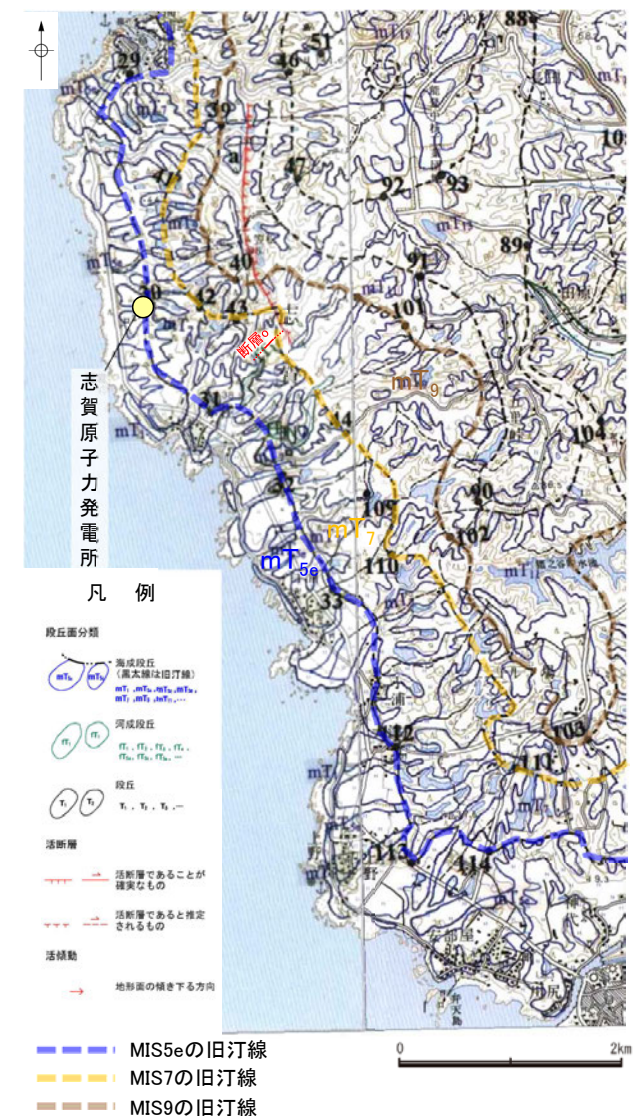
- 断層oの位置する能登半島南西岸では、海岸線に平行な海食崖で境された平坦面が階段状に分布し、これらは海成段丘面の地形的特徴をよく示している。
- これらの地形面は、下位から中位段丘Ⅰ面及び高位段丘Ⅰa面、Ⅰb面、Ⅱ面、Ⅲ面、Ⅳ面、Ⅴ面に区分される。上位の段丘面ほど、開析が進んでいる。
- 中位段丘Ⅰ面の発達はよく、段丘面内縁は明瞭で(左下図、中下図)、文献(小池・町田, 2001)で示されるMIS5eの旧汀線の位置(右下図)とほぼ同じである。



赤色立体地図(当社作成)



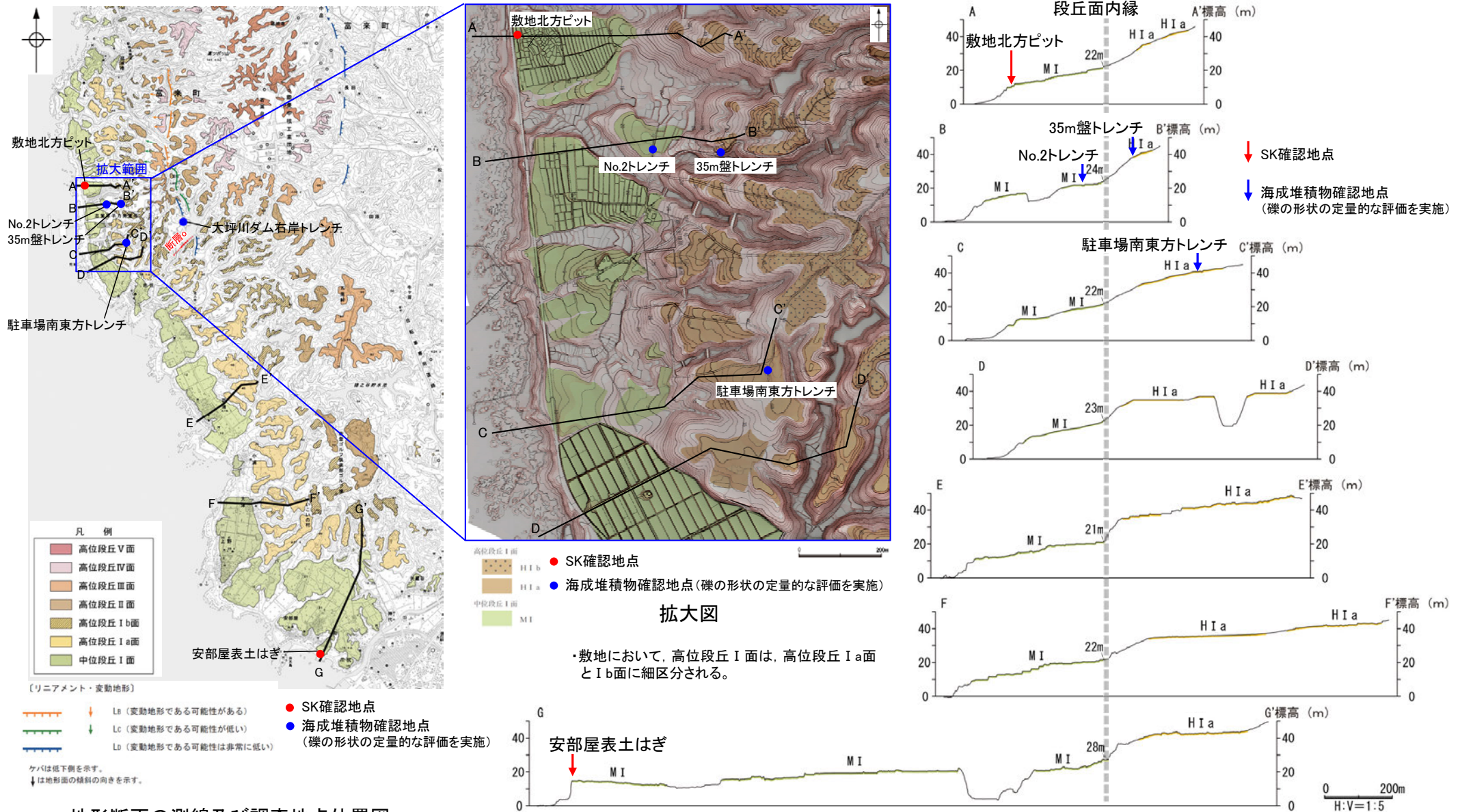
段丘面分布図及び断面図(当社作成)



段丘面分布図
(小池・町田(2001)に一部加筆)

【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)。



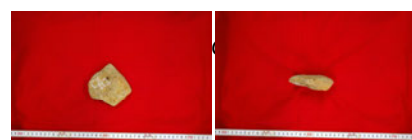
【礫の形状の定量的な評価(真円度分析結果)】

○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。

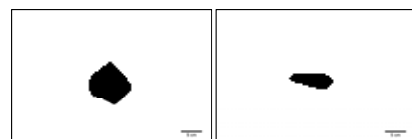
○その結果, No.2トレンチ, 35m盤トレンチ, 駐車場南東方トレンチ及び大坪川ダム右岸トレンチの平均真円度は0.77以上であり, 本地域の海成堆積物と同程度に円磨が進んでいることが確認された。

○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1049回審査会合 資料1 P.555~561
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.39~47



写真撮影



ImageJでの礫の形状解析

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未満の礫を除外するため, 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。

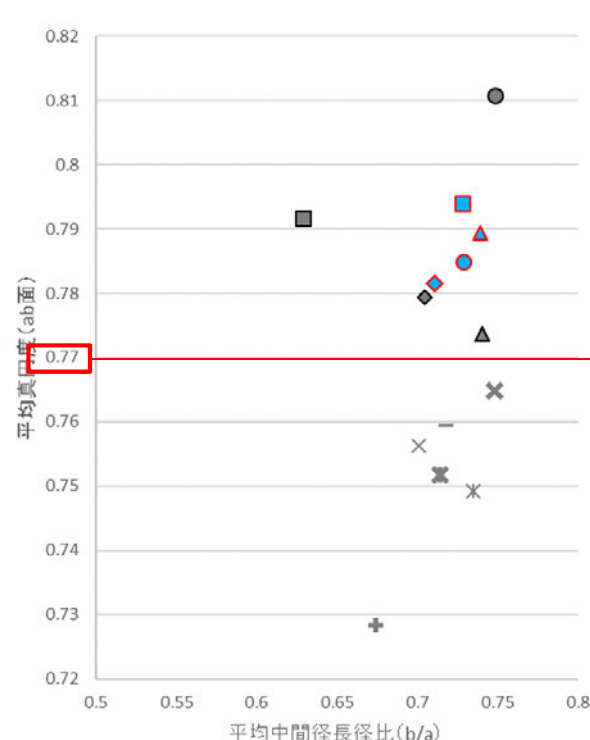
(ImageJでの礫の形状解析)

真円度(Circularity) = $4\pi \cdot \text{面積} / (\text{周囲長})^2$

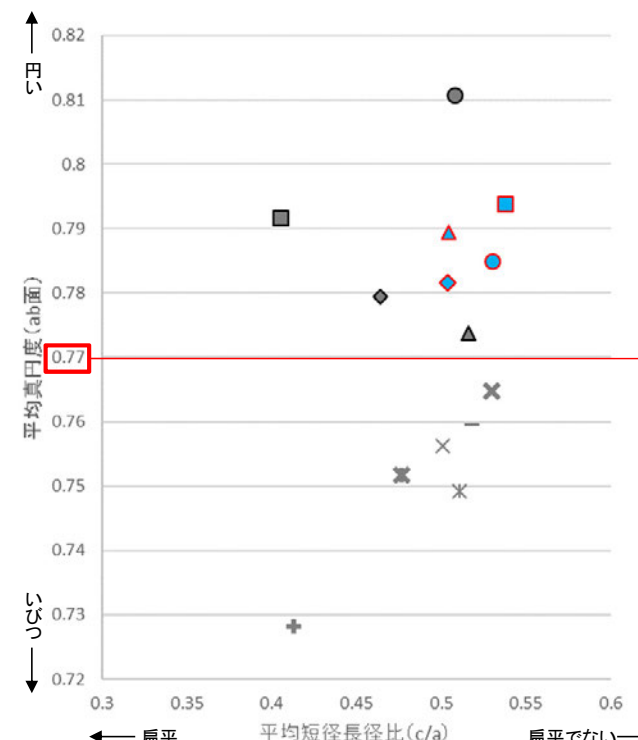
楕円近似の中間径長径比(よこ置き) = b/a

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)

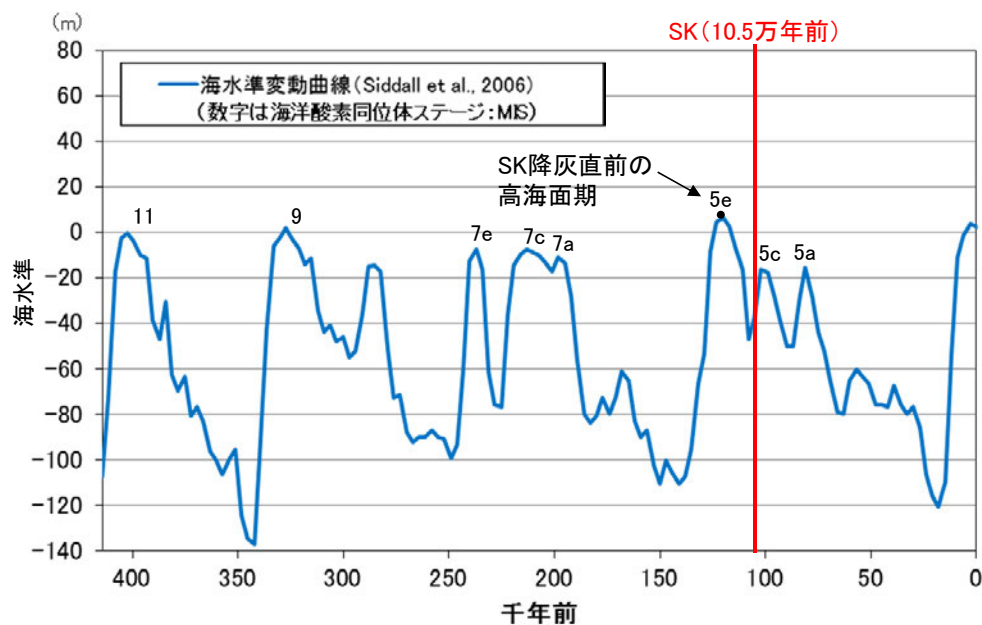
【能登半島南西岸の海成段丘面の年代評価 ―海洋酸素同位体ステージ(MIS)との対比―】

- 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)

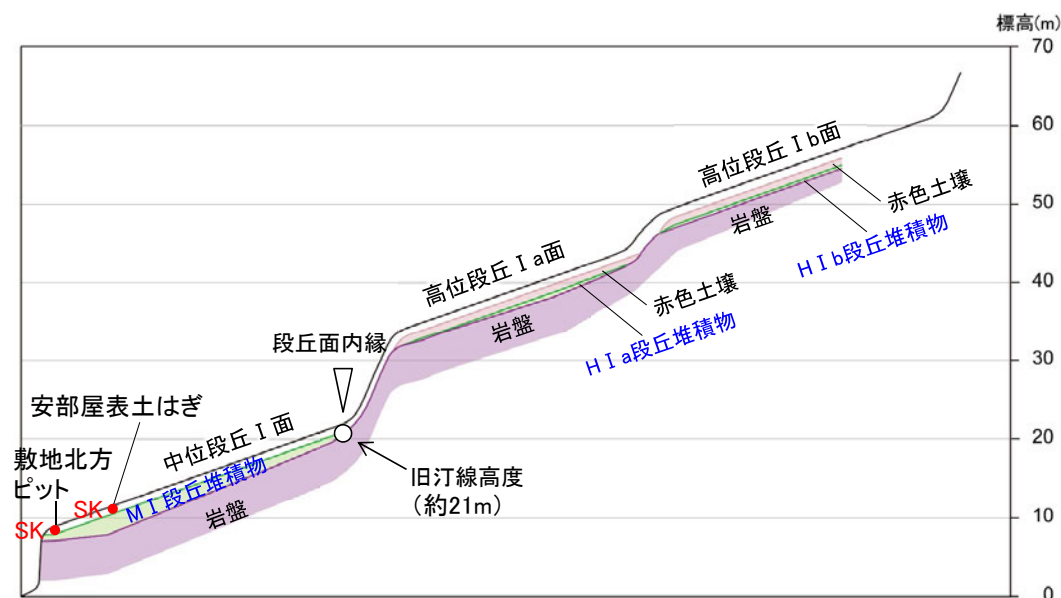
中位段丘 I 面を構成する海成堆積物(MI 段丘堆積物)
⇒中位段丘 I 面の形成時(約12~13万年前)に堆積したと推定できる。

高位段丘 I a面を構成する海成堆積物(HI 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(HI 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



中位段丘 I 面, 高位段丘 I a面, I b面の模式断面図

テフラの年代
(町田・新井, 2011)

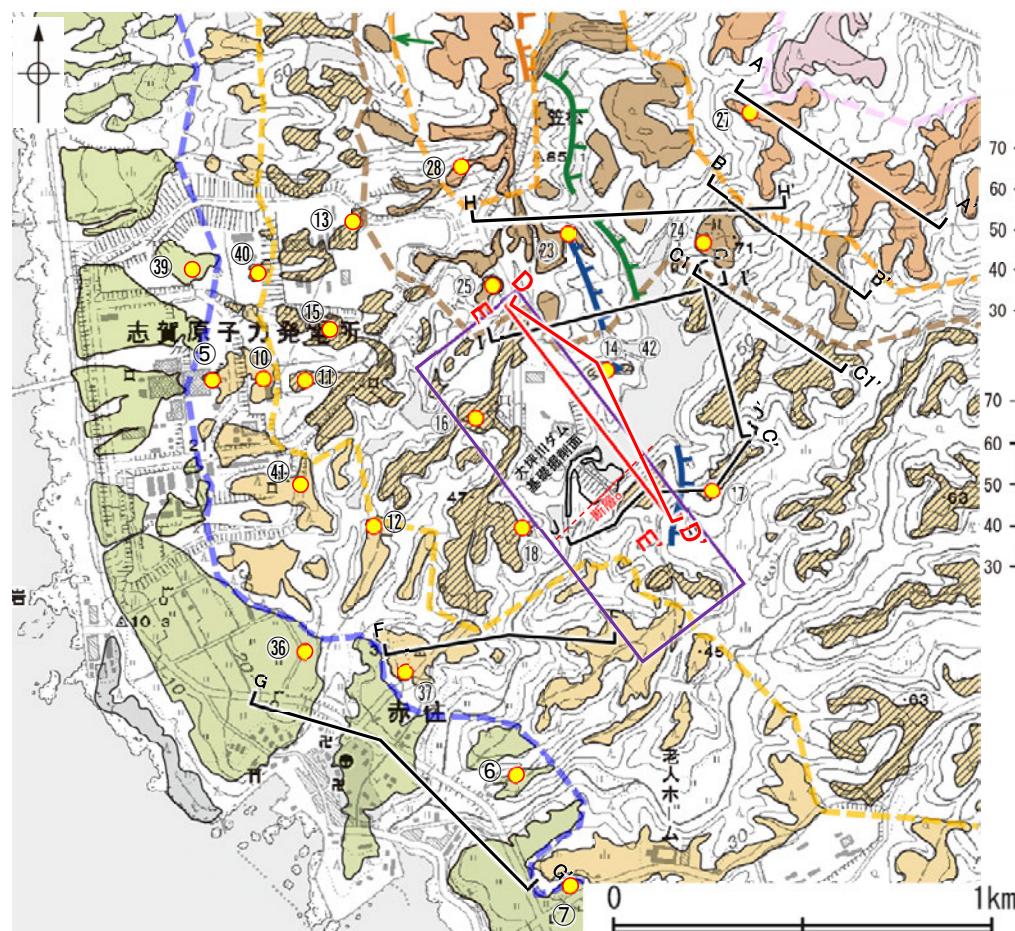
SK: 10.5万年前

①地形面の変位の有無に関するデータ ー地形面の変位の有無の確認ー

- 地形面の変位の有無による評価を行うにあたり、断層o及び福浦断層を挟んで分布する地形面の高度を比較したデータを以下に示す。(P.28～33)
- 断層oを挟んで分布する地形面の高度を比較するにあたって、以下の点を考慮して断面線の設定を行った。
 - ・福浦断層の活動による影響を除くために、断層oを挟んで分布する地形面がそれぞれ福浦断層の上盤側(西側)にあるものを比較する、あるいはそれぞれ福浦断層の下盤側(東側)にあるものを比較する。
 - ・比較対象である地形面は海側に向かって緩く傾斜していることから、旧汀線あるいは現海岸線と平行な方向に断面線を設定する。

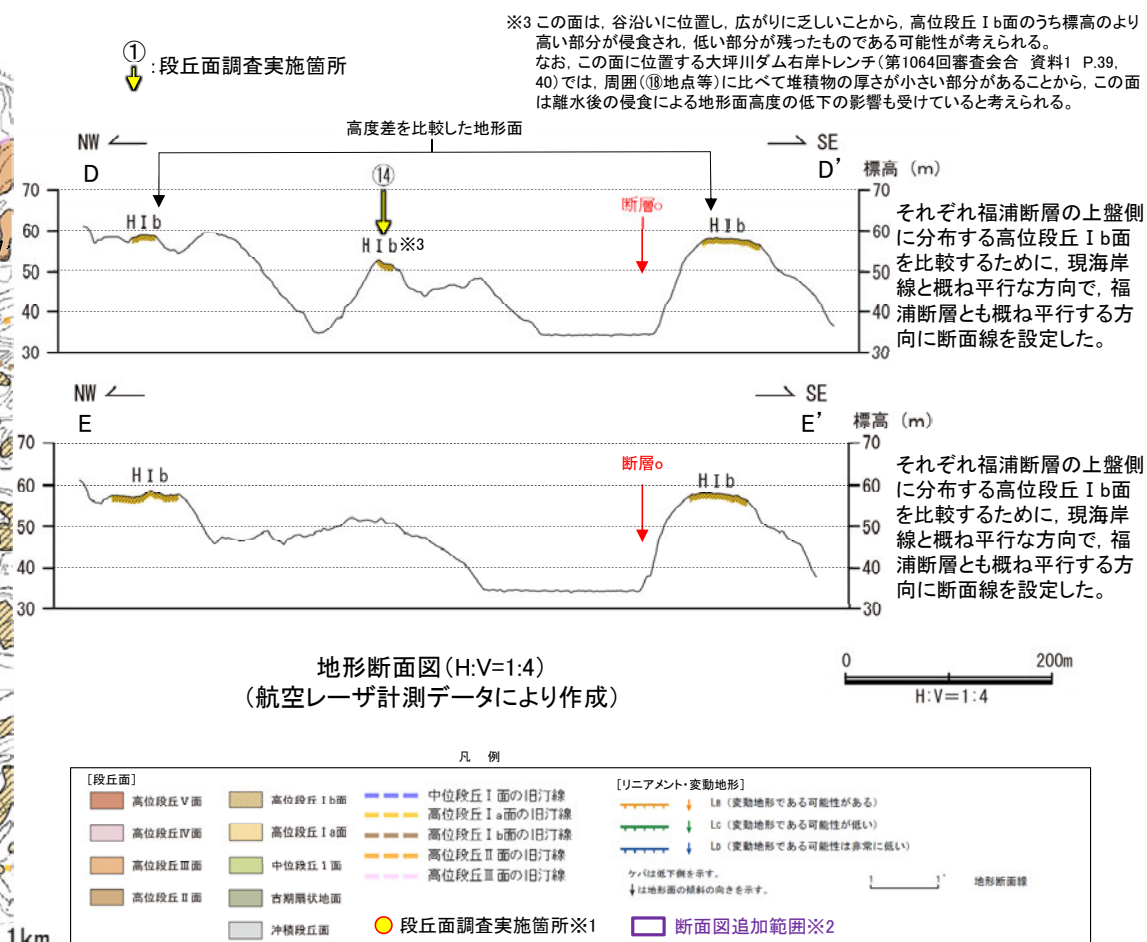
【地形断面図1/4 ー断層oを挟んで分布する地形面ー】

- 断層oは福浦断層の上盤側に位置する断層であることから、断層oを挟んでそれぞれ福浦断層の上盤側(西側)に分布する高位段丘I b面の高度を比較するために、現海岸線と概ね平行な方向で、福浦断層とも概ね平行な方向に断面線(D-D', E-E' 断面)を設定した。
- 地形面の高度を比較した結果、断層oを挟んで、大坪川ダム右岸と左岸に分布する高位段丘I b面に高度差は認められない。



段丘面分布図

※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(11)

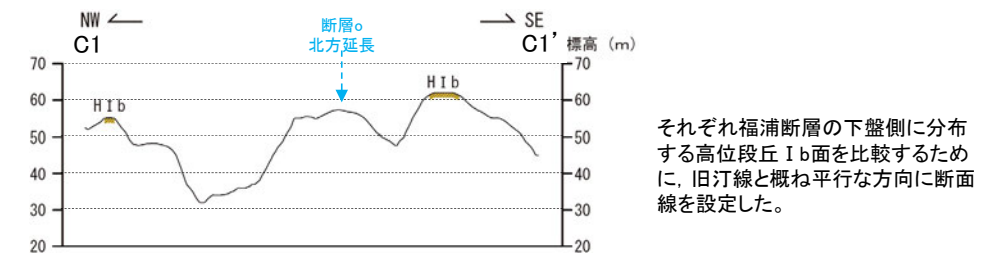
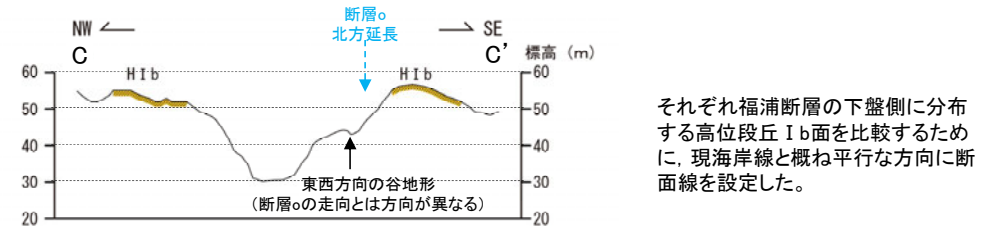
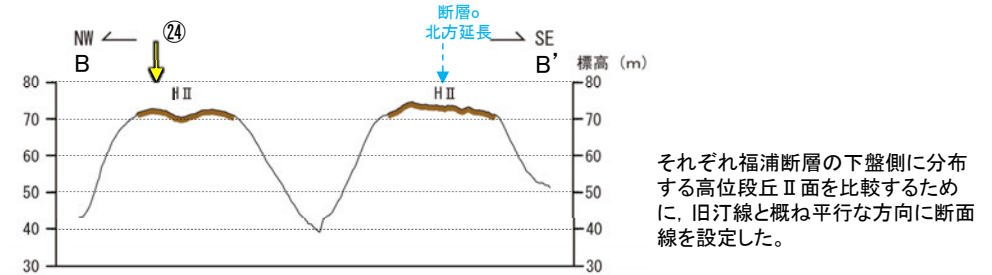
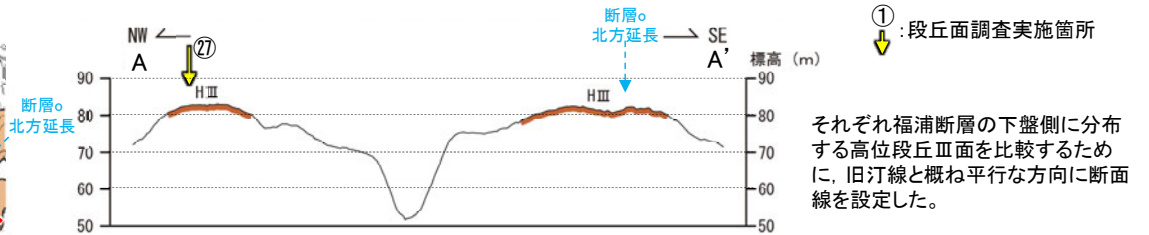
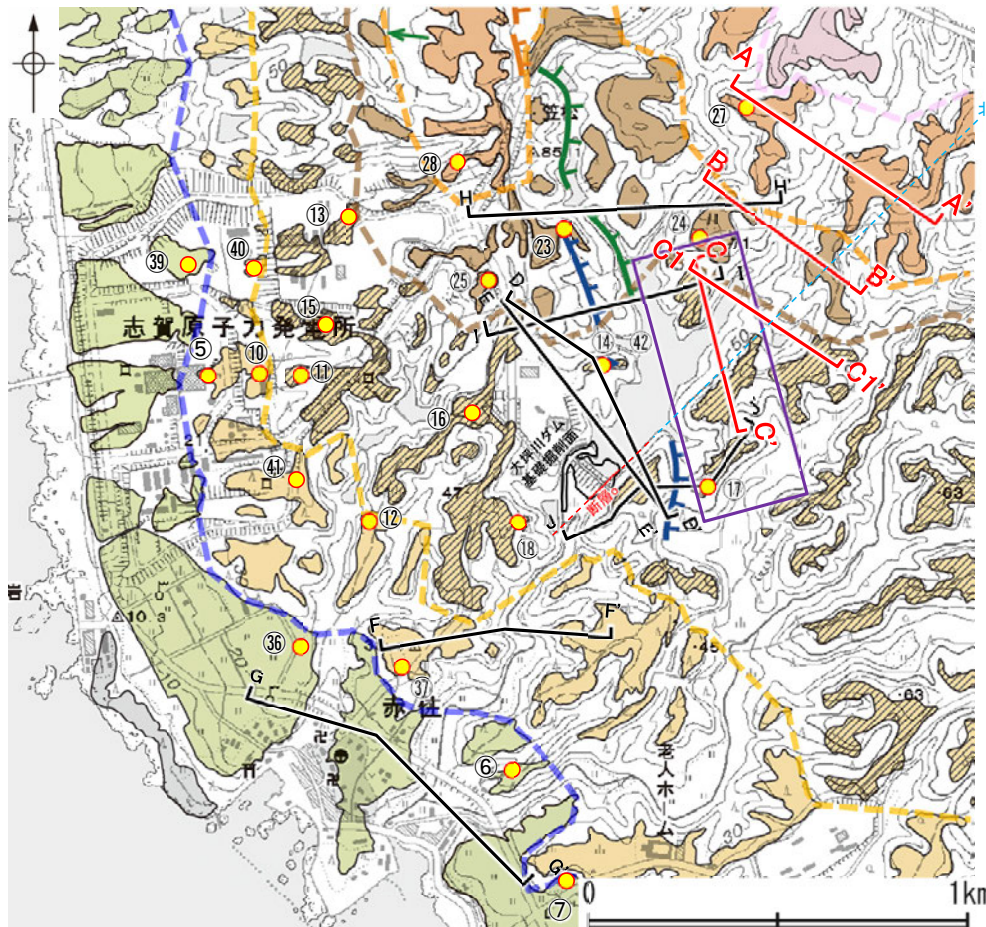


【地形断面図2/4 ー断層oの北方延長位置を挟んで分布する地形面ー】

○断層oの北方延長位置を挟んで、それぞれ福浦断層の下盤側(東側)に分布する高位段丘Ⅰb面、Ⅱ面、Ⅲ面の高度を比較するために、旧汀線または現海岸線と概ね平行な方向に断面線(A-A', B-B', C-C', C1-C1' 断面)を設定した。

○地形面の高度を比較した結果、断層oの北方延長位置を挟んで分布する高位段丘Ⅰb面では、C1-C1' 断面において、断層oの北方延長位置の東側の段丘面標高が西側に比べてやや高いものの、A-A', B-B', C-C' 断面においては、断層oの北方延長位置を挟んで、高位段丘Ⅰb面、Ⅱ面、Ⅲ面に高度差は認められない。

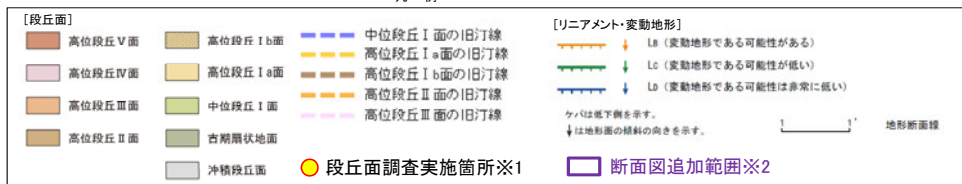
○したがって、断層oの北方延長位置を挟んで分布する地形面には、東側が一様に高くなるような系統的な高度差は認められない。



地形断面図(H:V=1:4)

(A-A', B-B' 断面は航空レーザ計測データ, C-C', C1-C1' 断面は大坪川ダム建設前の地形図により作成)

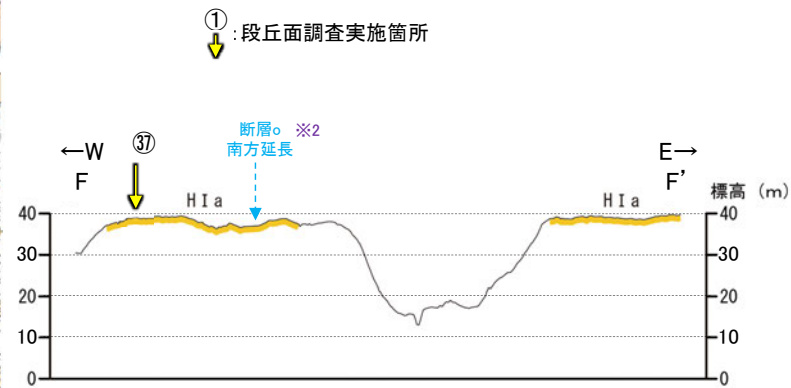
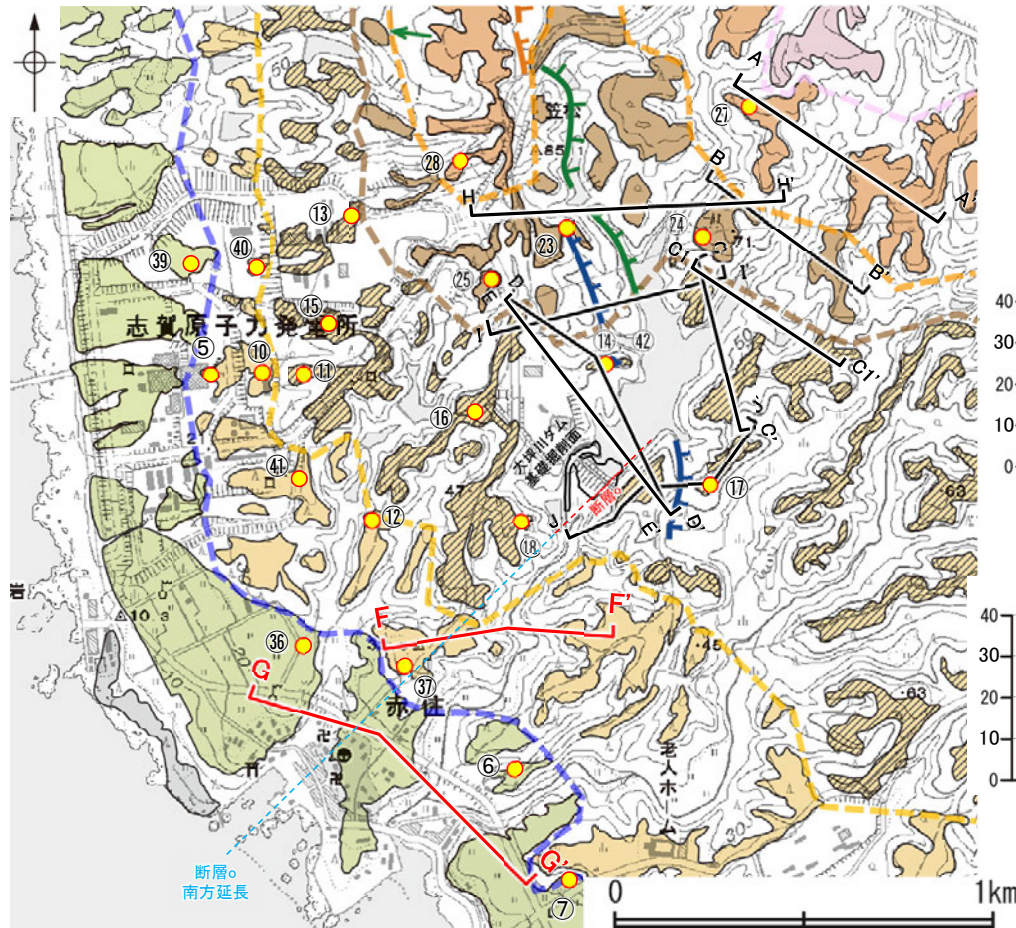
※2: 複数の断面で片側が一様に高くなる系統的な高度差がないか確認を行うため、現海岸線と平行な方向で断面図の追加を検討する。



段丘面分布図 ※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(11)

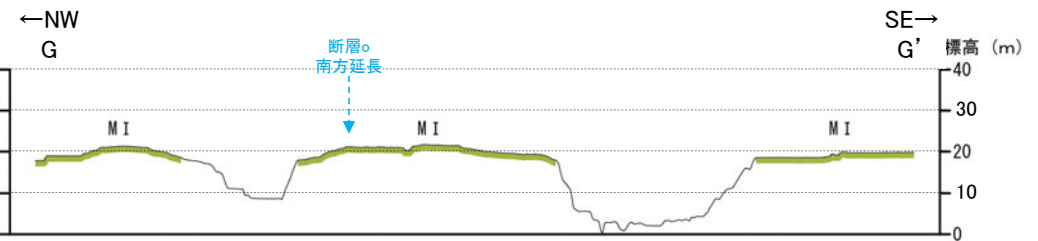
【地形断面図3/4 ー断層oの南方延長位置を挟んで分布する地形面ー】

- 断層oの南方延長位置を挟んで分布する中位段丘Ⅰ面及び高位段丘Ⅰa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(F-F', G-G'断面)を設定した。
- 地形面の高度を比較した結果、断層oの南方延長位置を挟んで、中位段丘Ⅰ面、高位段丘Ⅰa面に高度差は認められない。



※2: F-F'断面における断層oの南方延長位置については、大坪川ダム基礎掘削面で確認した断層トレースの延長位置に修正。

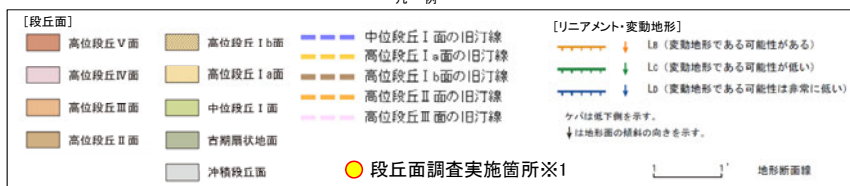
それぞれ福浦断層の上盤側に分布する高位段丘Ⅰa面を比較するために、旧汀線と概ね平行な方向に断面線を設定した。



それぞれ福浦断層の上盤側に分布する中位段丘Ⅰ面を比較するために、旧汀線と概ね平行な方向に断面線を設定した。

地形断面図(H:V=1:4)
(航空レーザ計測データにより作成)

0 200m
H:V=1:4

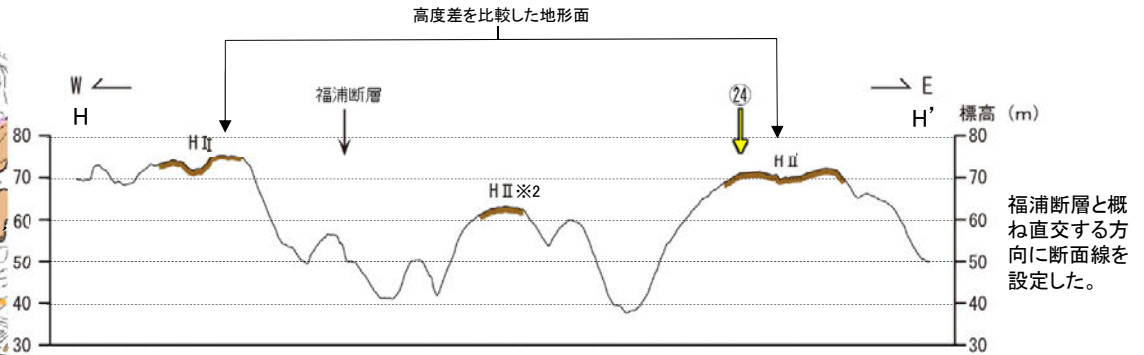
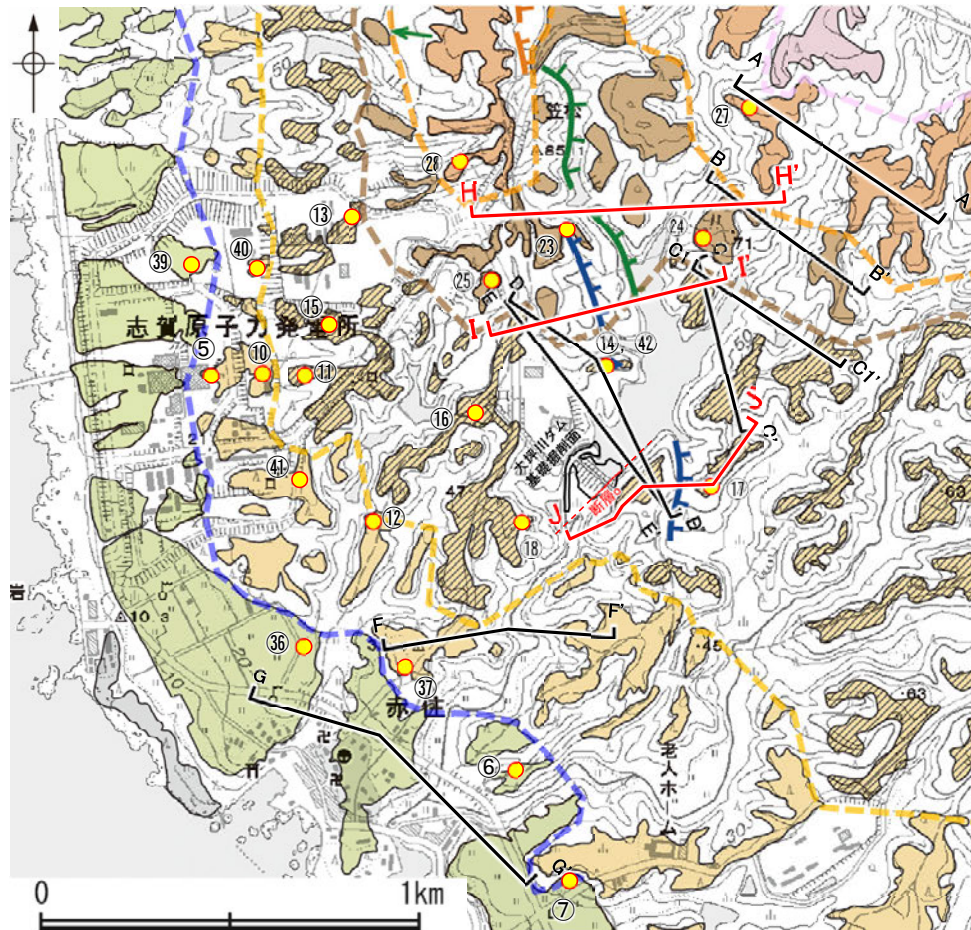


段丘面分布図

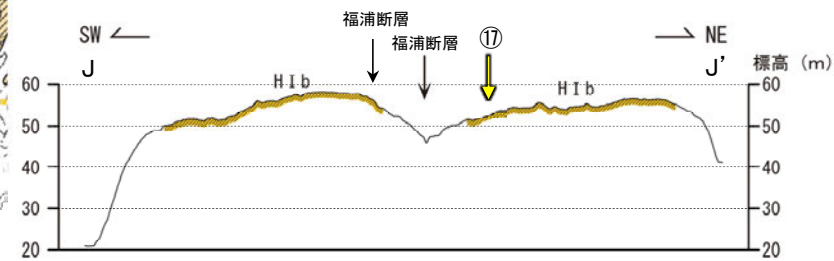
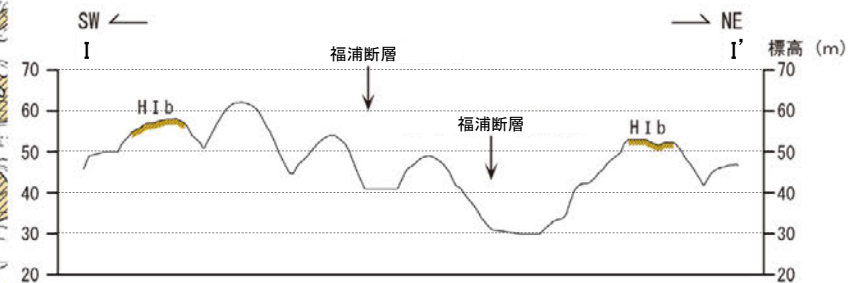
※1: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(11)

【地形断面図4/4 ー福浦断層を挟んで分布する地形面ー】

- 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、福浦断層と概ね直交する方向に断面線(H-H', I-I', J-J'断面)を設定した。
- 大坪川ダム左岸において、福浦断層を挟んで分布する高位段丘Ⅰb面では、福浦断層の上盤側(西側)の段丘面標高が下盤側(東側)に比べてやや高くなる(J-J'断面)。
- 大坪川ダム湖の北方の高位段丘Ⅰb面,Ⅱ面においても、同様の傾向が認められる(H-H', I-I'断面)。
- したがって、福浦断層を挟んで分布する地形面には、上盤側(西側)が一様に高くなるような系統的な高度差が認められる。



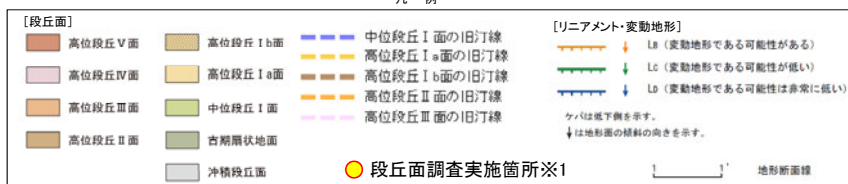
※2 この面は、同じく福浦断層の下盤側に分布する東方の高位段丘Ⅱ面と比べても分布高度が低いことから、地形面形成時に標高が低い部分であった可能性が考えられる。



①: 段丘面調査実施箇所

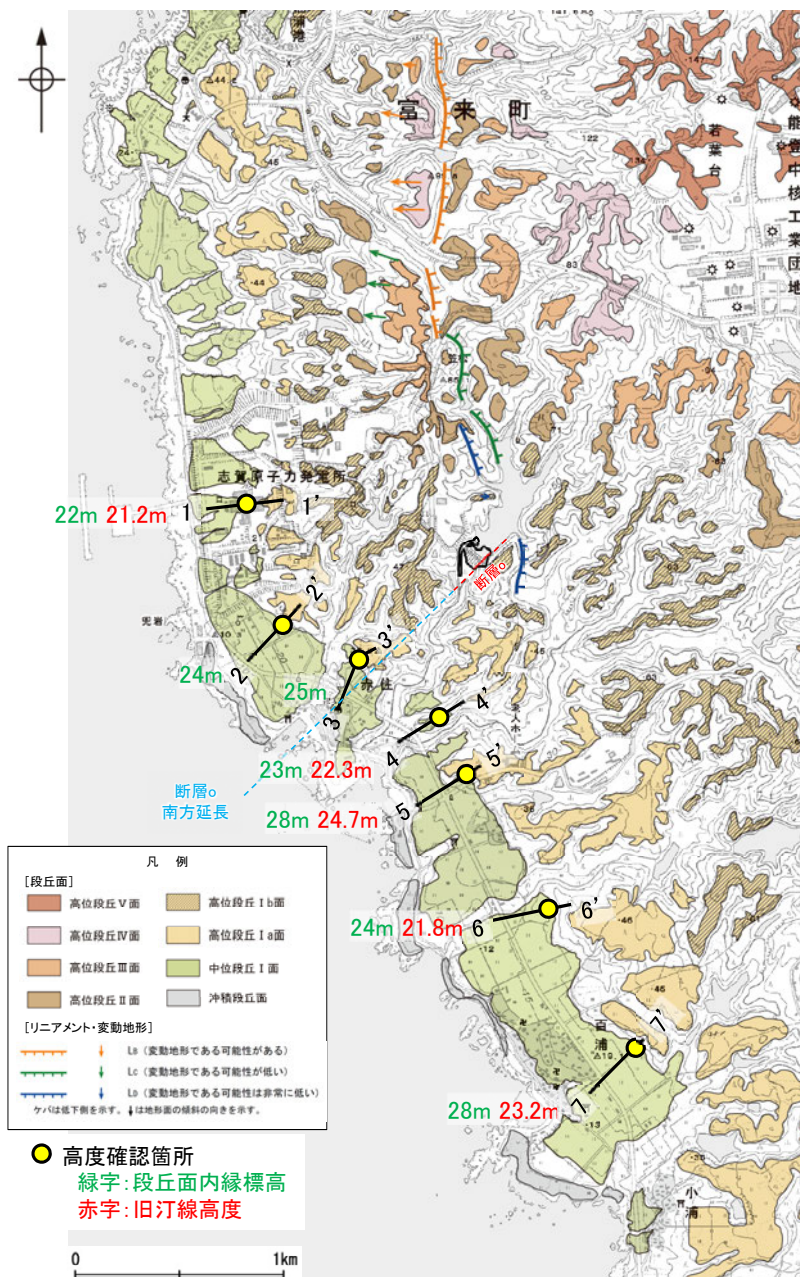
地形断面図(H:V=1:4)

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

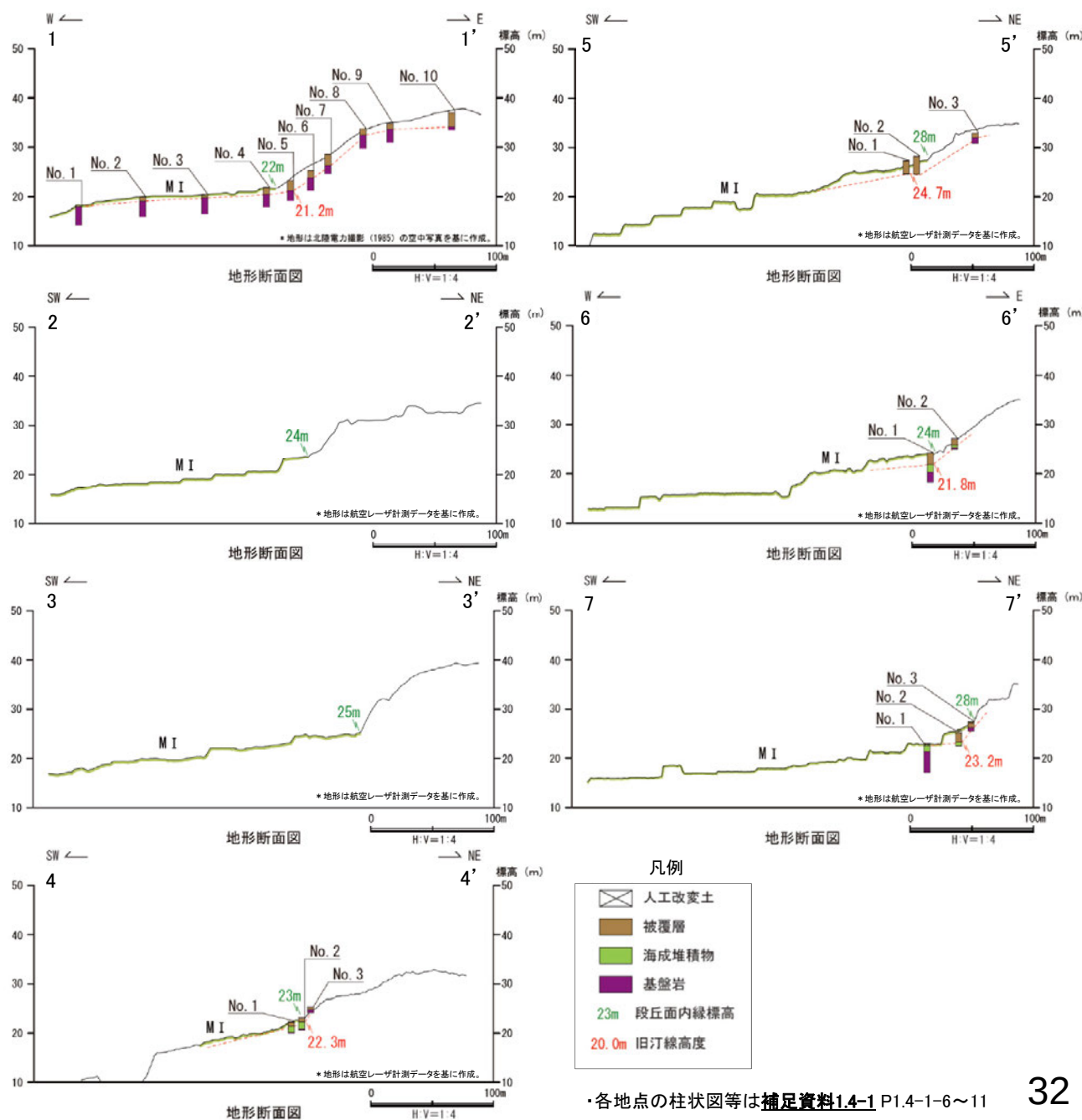


【断層oの南方延長に分布する中位段丘 I 面旧汀線高度】

○断層oの南方延長に分布する中位段丘 I 面の旧汀線高度はEL21～25m付近で、ほぼ同じ高度で連続し、断層oの延長位置を境に片側が高い傾向は認められない。

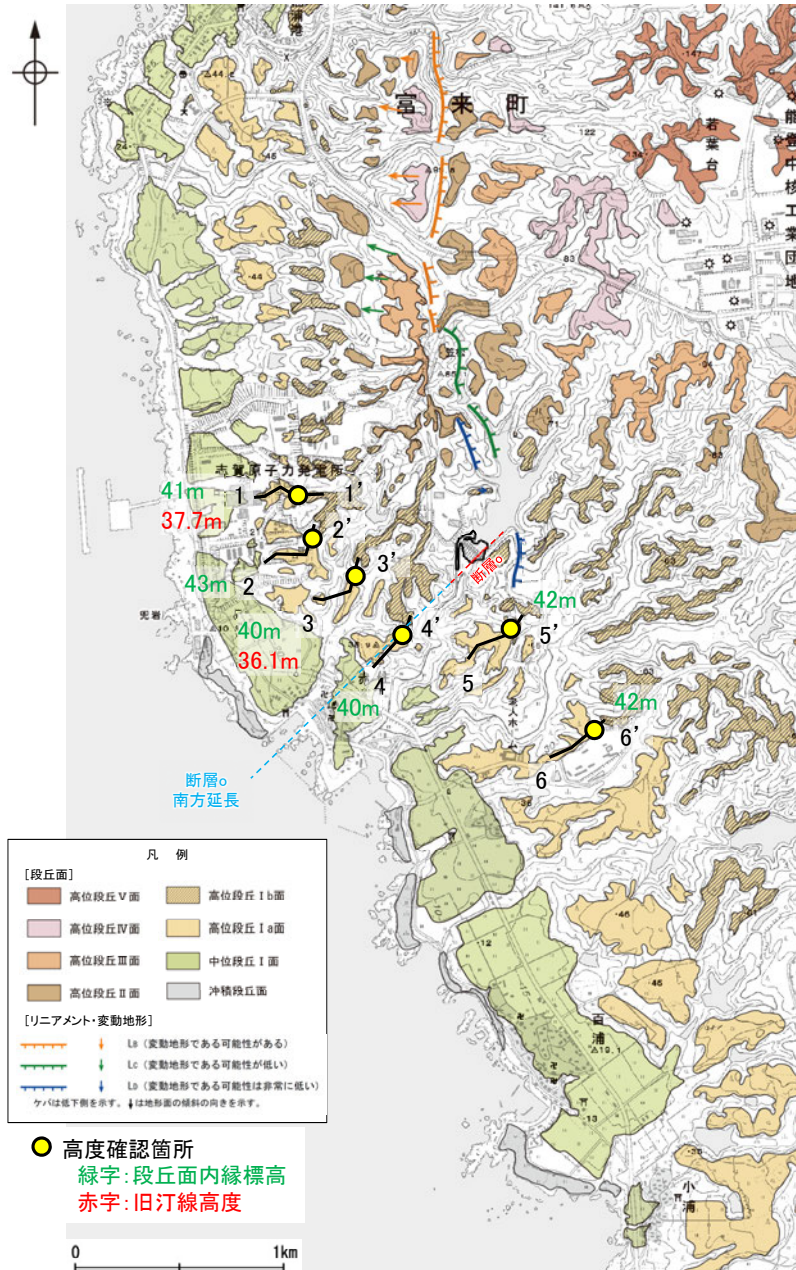


位置図

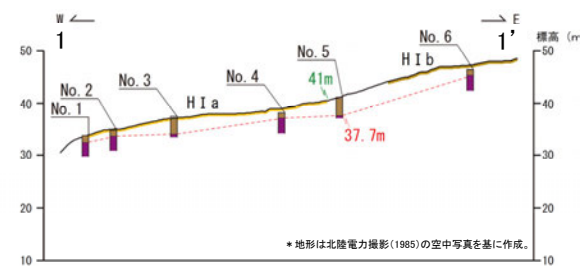


【断層oの南方延長に分布する高位段丘 I a面段丘面内縁標高】

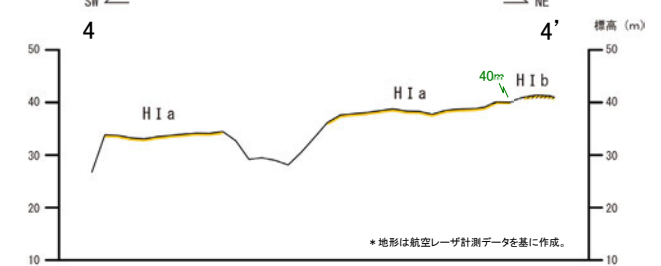
○断層oの南方延長に分布する高位段丘 I a面の段丘面内縁標高はEL42m付近で、ほぼ同じ高度で連続し、断層oの延長位置を境に片側が高い傾向は認められない。



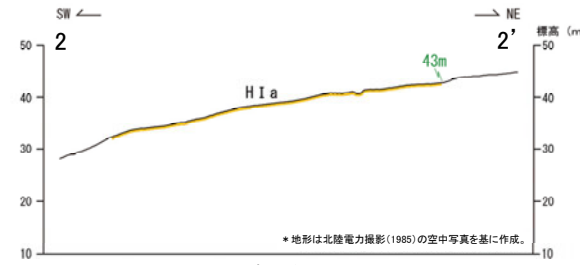
位置図



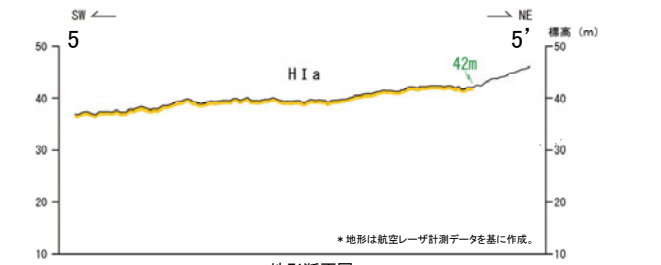
地形断面図



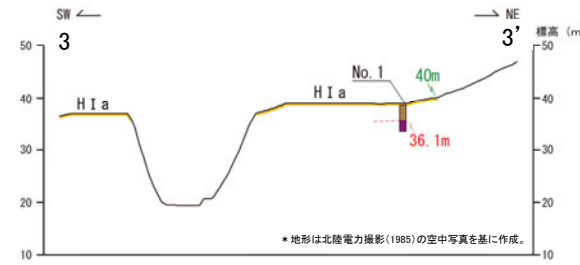
地形断面図



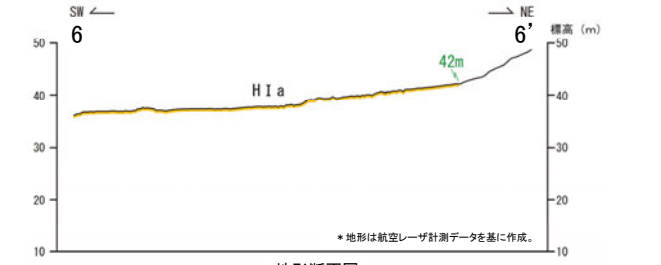
地形断面図



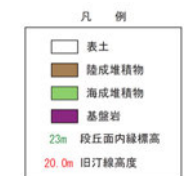
地形断面図



地形断面図



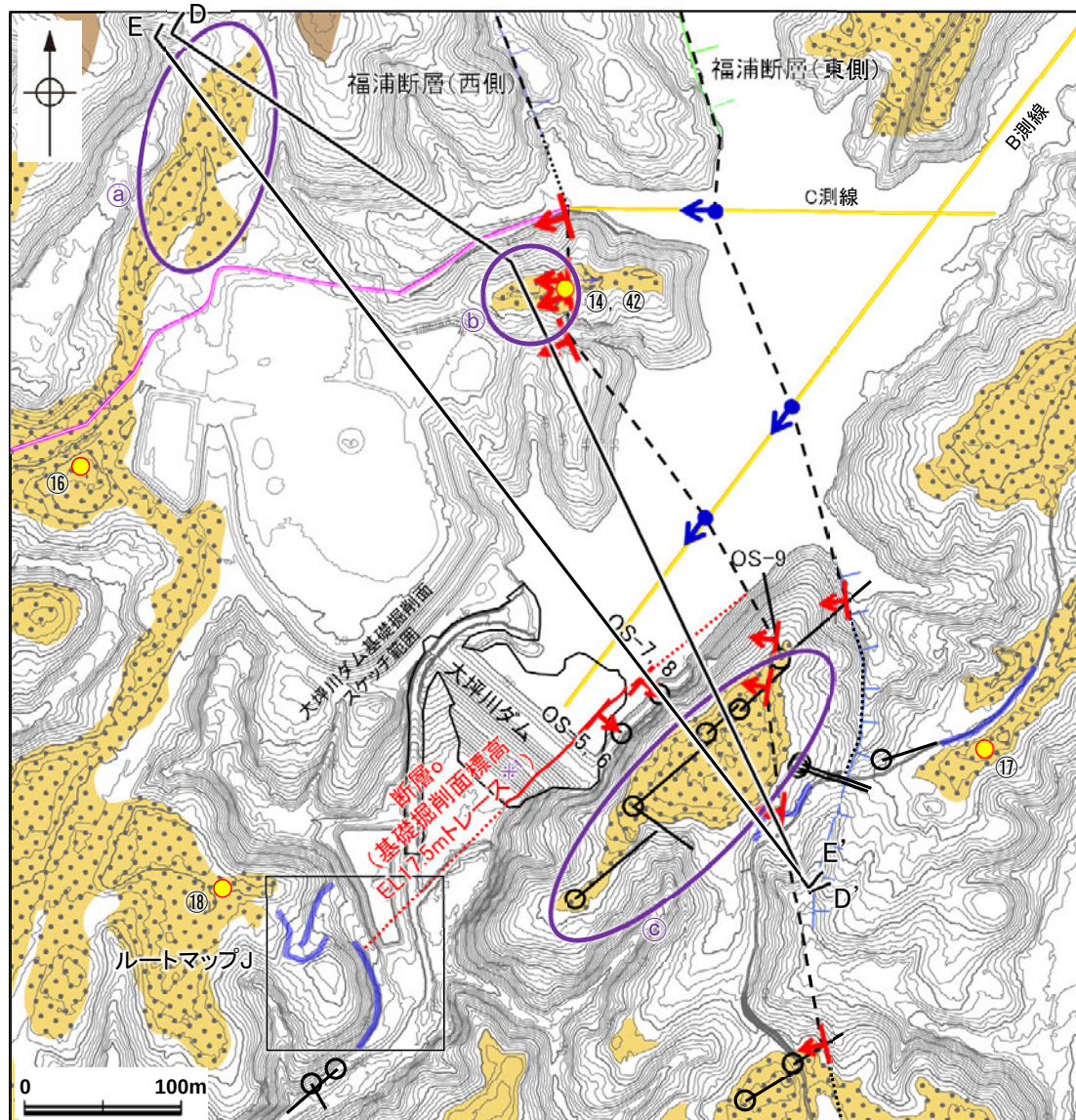
地形断面図



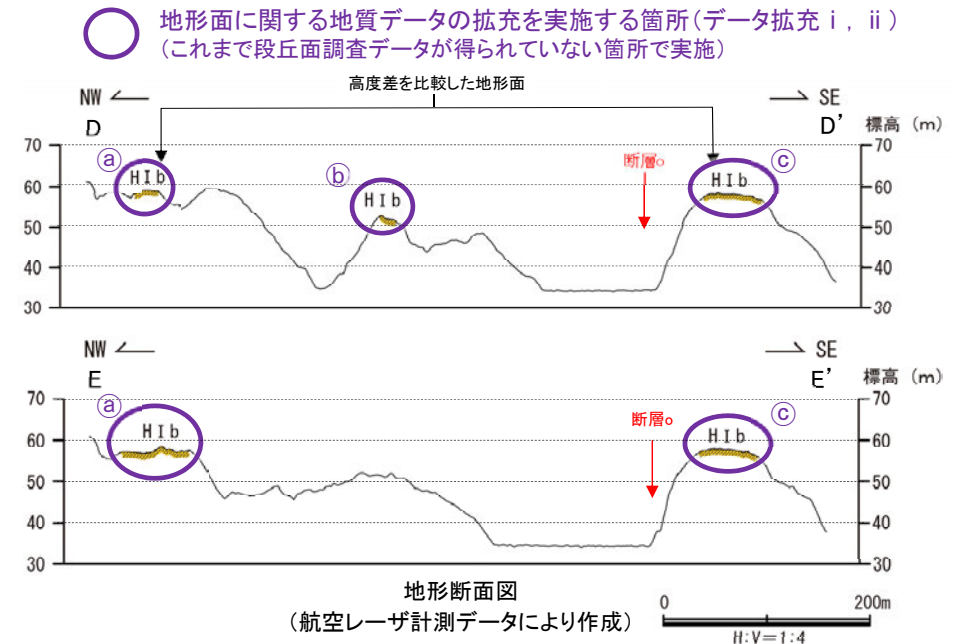
紫字: 第1090回審査会合以降に追記

【地形面の変位の有無に関するデータ拡充】

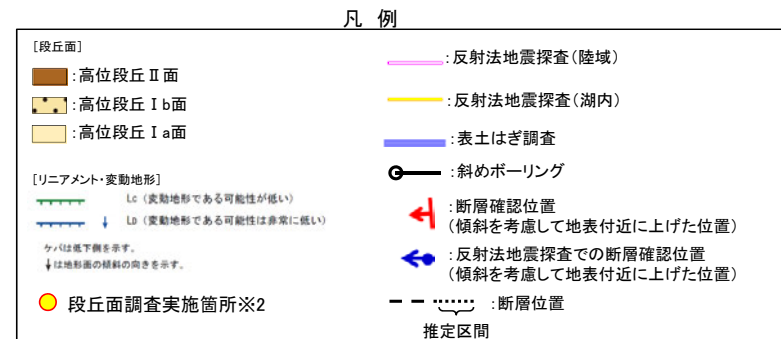
- 断層oの周辺には高位段丘Ib面(約12~13万年前より古い高海面期に形成したことが明確な地形面)が分布することから、断層oを挟んでこれらの地形面のずれや変形の有無を確認することにより、約12~13万年前以降の断層oの活動の有無を判断することができる。
- これまで、近接する活断層である福浦断層の活動による影響を除くために、現海岸線と概ね平行な方向で、福浦断層とも概ね平行な方向に断面線を設定したD-D'断面及びE-E'断面において、断層oを挟んで分布する高位段丘Ib面に高度差は認められないと評価しているものの、高位段丘Ib面と判読した確度を高めることを目的として、既存のボーリングコア・トレンチ観察、表土はぎ調査等を実施し、火山灰や赤色土壌等の有無に関する地質データを拡充する(データ拡充 i, P.44, 45)。
- また、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について確認を行う(データ拡充 ii, P.44, 45)。
- 上記の評価にあたって、D-D'断面及びE-E'断面以外の断面図の追加を検討し、福浦断層のように複数の断面で片側が一樣に高くなる系統的高度差がないか、複数の断面により確認を行う(P.28, 29)。



調査位置図



- ・地形断面図による地形面等の高さの検討にあたっては、航空レーザ計測データによる0.1m単位での標高値を示し説明予定。
- ・各地点で実施する調査は以下の通り
- ①: 表土はぎ調査、火山灰分析 ②: 既存のトレンチ観察 ③: 既存のボーリングコア観察、火山灰分析



※1: 断層oのトレースの作図方法についてはP.18に記載。

※2: 段丘面調査結果は補足資料2.2-1(11)

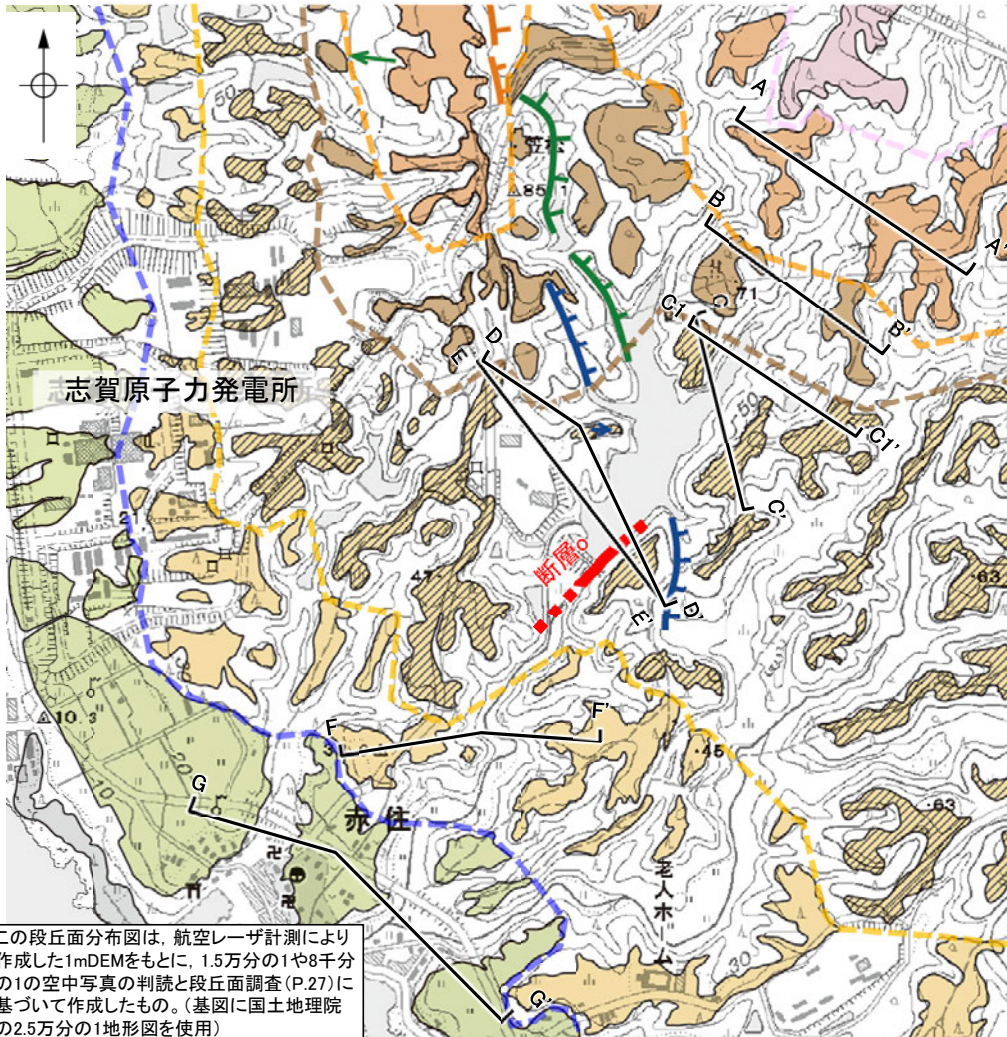
【(参考)文献による段丘面分布図との関係】

○当社が作成した段丘面分布図と小池・町田(2001)による段丘面分布図を比較して示す。

○中位段丘Ⅰ面の旧汀線については、小池・町田(2001)による海成段丘 mT_{5e} と概ね整合している(P.23)が、それより上位の面の旧汀線については、特に断層 σ 付近の高位段丘Ⅰa面と海成段丘 mT_7 において位置が異なる。

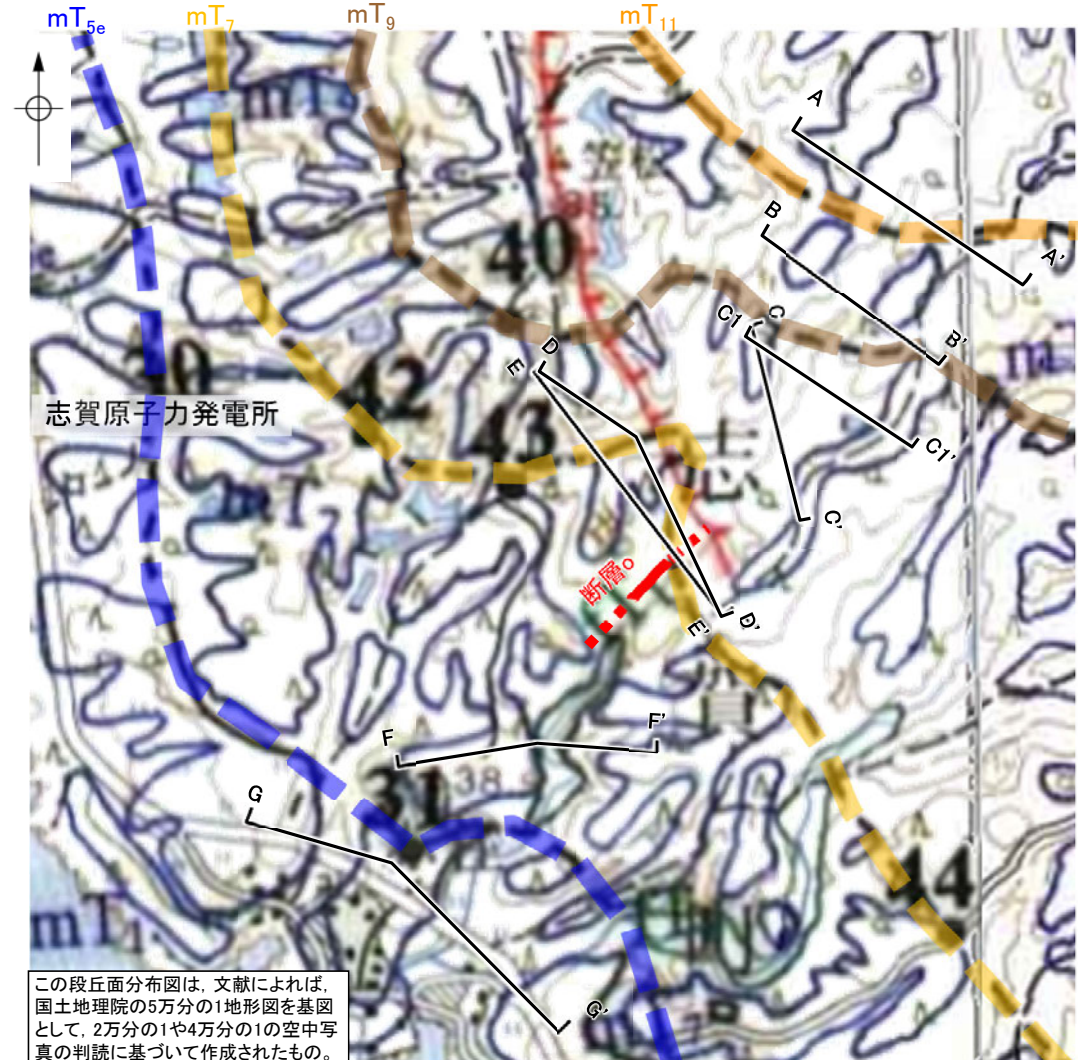
○ただし、A-A'～G-G'の各断面(P.28～30)において断層 σ 及びその延長位置を挟んで高度を比較した地形面は、小池・町田(2001)による旧汀線でも、それぞれ概ね同一時期に形成された海成段丘が分布するエリアに位置している。

○したがって、当社と小池・町田(2001)で旧汀線の位置が異なることは、地形面の変位の有無により断層 σ の活動性評価を行う上で影響はない。



- 中位段丘Ⅰ面の旧汀線
- 高位段丘Ⅰa面の旧汀線
- 高位段丘Ⅰb面の旧汀線
- 高位段丘Ⅱ面の旧汀線
- 高位段丘Ⅲ面の旧汀線

段丘面分布図(当社作成)



- mT_{5e} の旧汀線
- mT_7 の旧汀線
- mT_9 の旧汀線
- mT_{11} の旧汀線

段丘面分布図
(小池・町田(2001)に一部加筆)

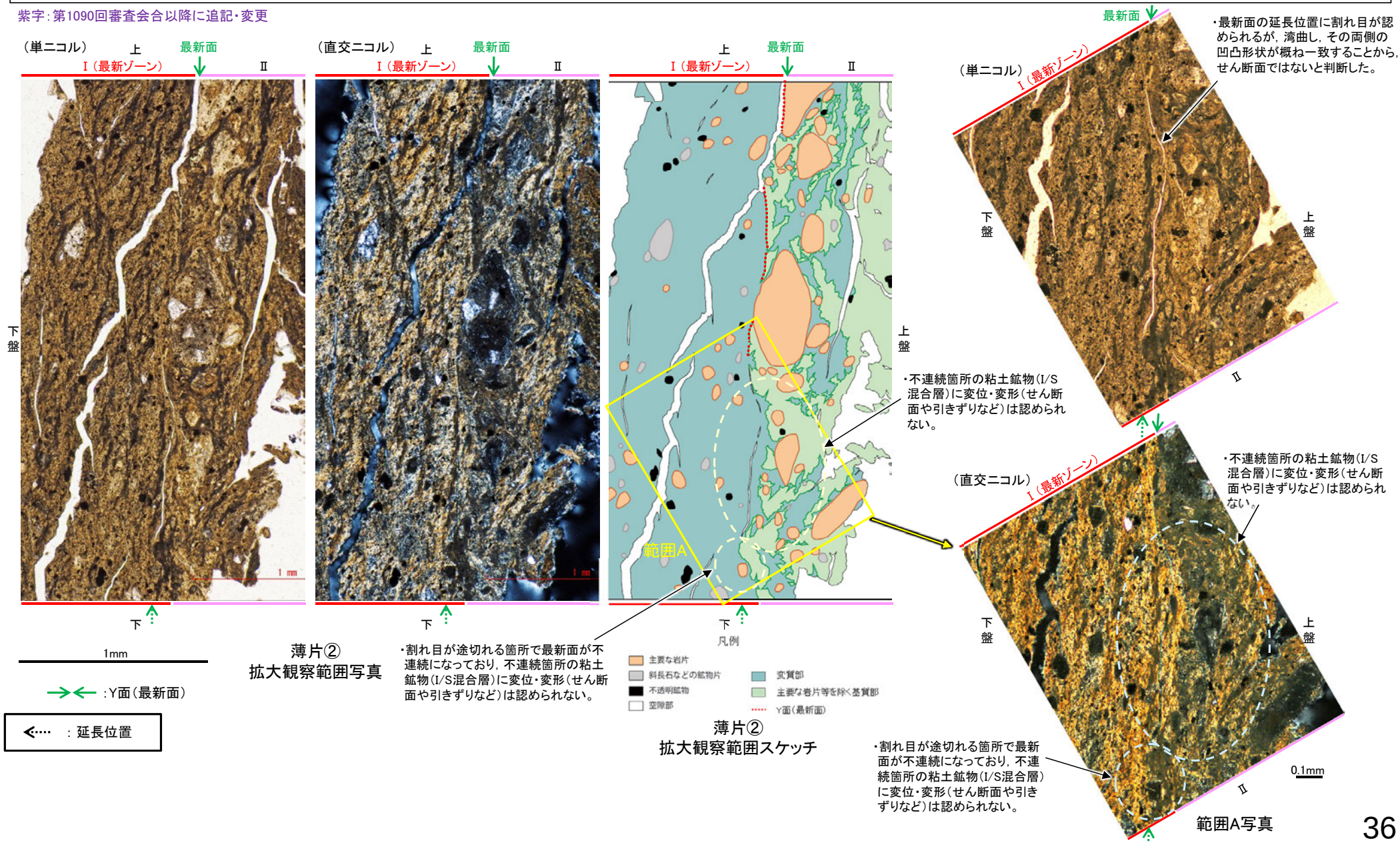
② 鉱物脈法に関するデータ

○薄片②の範囲A(本頁)、範囲B(P.60)、範囲C(P.61)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。

○ただし、第2回現地調査(2022.10.13,14)における議論を踏まえ、範囲Aの再観察を行った結果、粘土鉱物(I/S混合層)が最新面を明瞭に横断しておらず、最新面と粘土鉱物(I/S混合層)との切り合い関係が不明確であることから、活動性評価の根拠に用いることはできないと評価した。

○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、最新面と鉱物脈との関係を確認し、説明性の高いデータが得られた場合は、活動性評価の根拠として用いる(データ拡充 iii, P.44, 45)。

紫字：第1090回審査会合以降に追記・変更



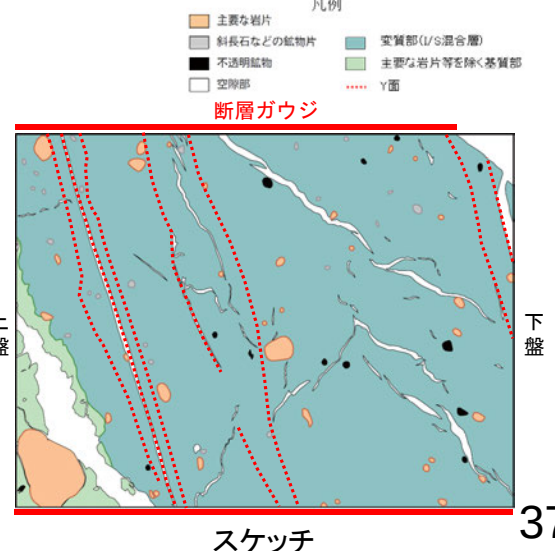
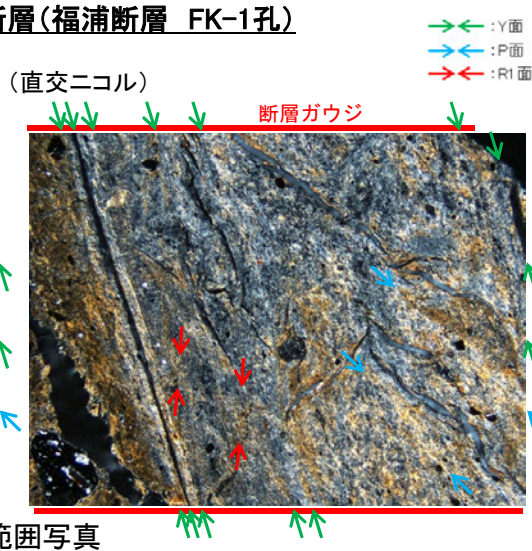
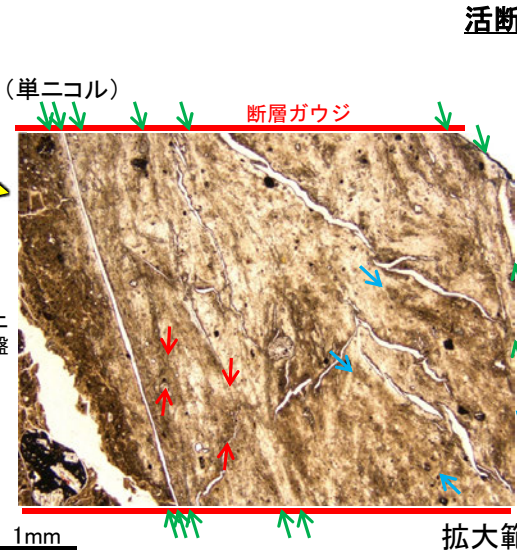
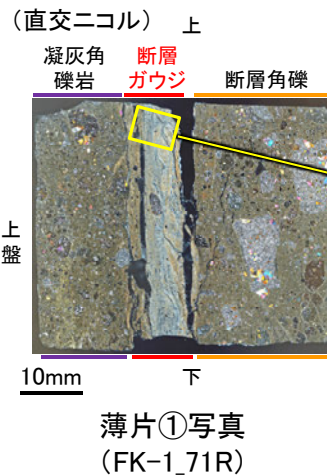
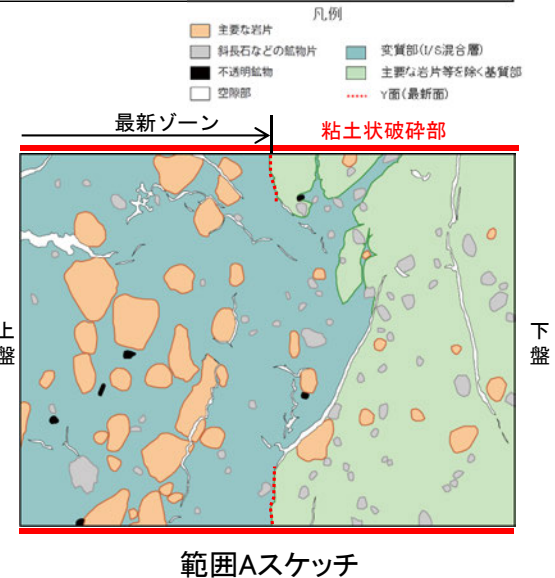
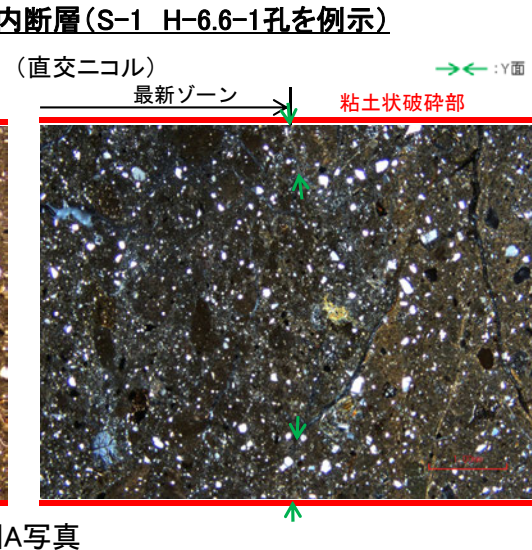
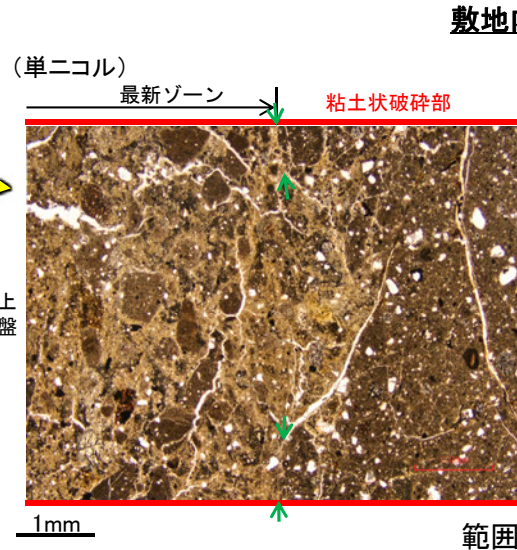
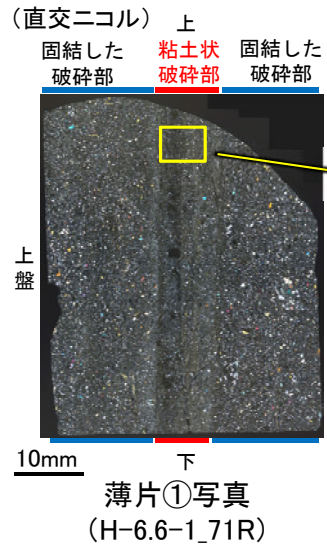
③ 破砕部性状に関するデータ

➤ 断層oの破砕部性状を検討するにあたり、比較対象である敷地内断層及び福浦断層における破砕部性状に関するデータを以下に示す(P.37～39)。

【破砕部性状に関するデータ — 活断層と非活断層との比較 —】

- 非活断層である敷地内断層と活断層である福浦断層の薄片を比較した結果、敷地内断層において活断層のような明瞭な複合面構造や層状構造は認められず、Y面は連続性に乏しく不明瞭である。
- また、Y面とI/S混合層との関係を比較した結果、敷地内断層※1はY面(最新面)を横断して分布する粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形を与えていないのに対し、福浦断層は粘土鉱物(I/S混合層)に変位・変形を与えている。
- 以上の破砕部の特徴を踏まえ、断層oの破砕部性状がどちらの断層に類似するかについて確認することにより、断層oの活動性に関する情報を得ることができる。

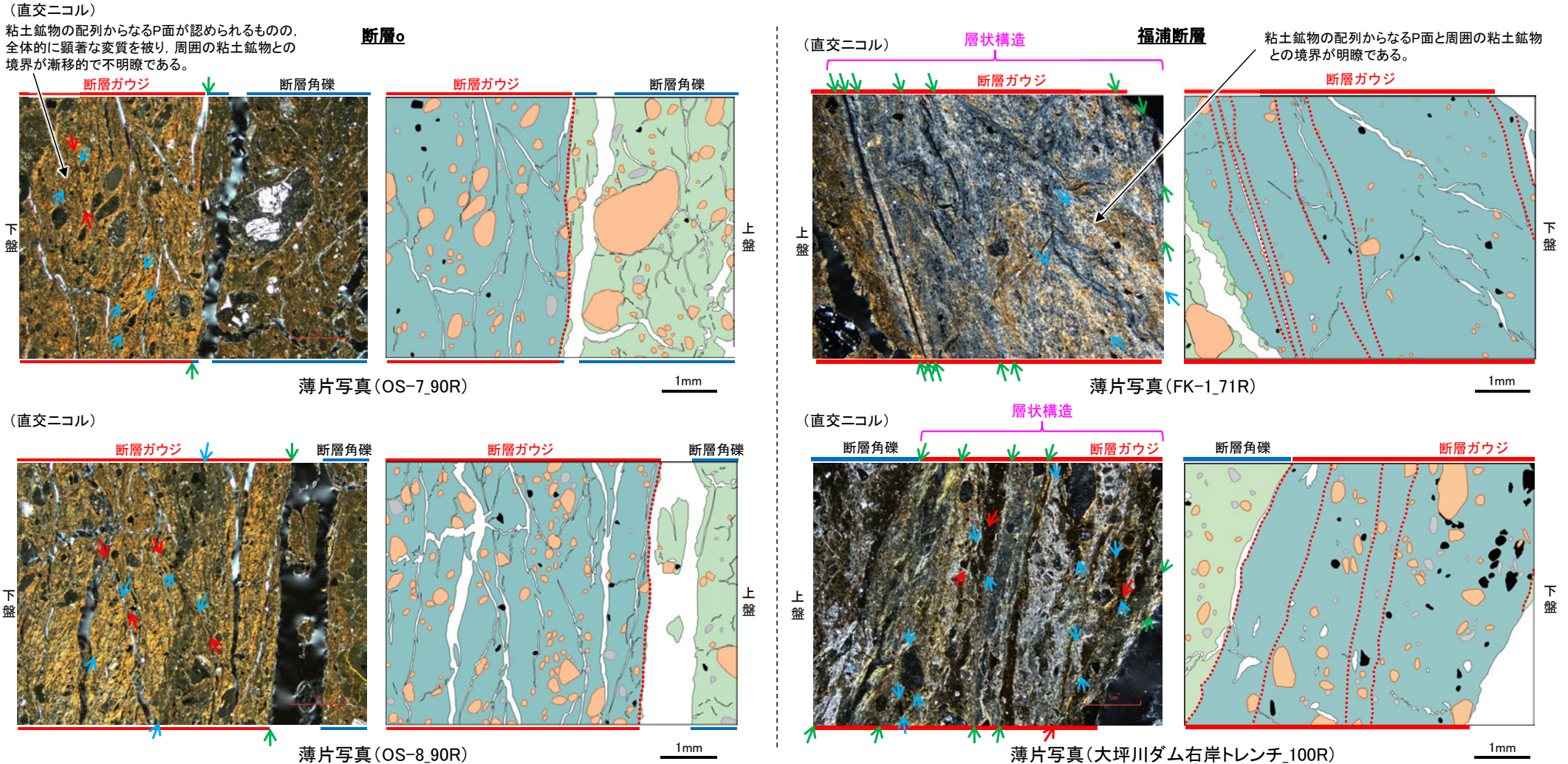
※1: 詳細は第1049回審査会合 資料1 5.2.2～5.2.11



【破砕部性状に関するデータ ―断層oと活断層との比較―】

紫字: 第1090回審査会合以降に追記

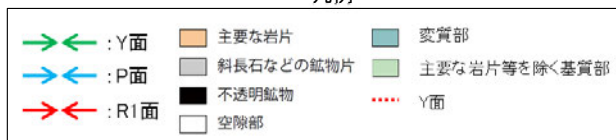
- 断層oと福浦断層の薄片を比較した結果、断層oにおいて福浦断層のような層状構造は観察されず、繰り返し活動した構造は認められない。
- また、断層oで認められる複合面構造は、福浦断層と比べて不明瞭であり、OS-7孔の薄片ではY面付近を除いてほとんどP面やR1面が認められない。
- したがって、断層oの破砕部性状は、活断層である福浦断層とは異なり、非活断層である敷地内断層(前頁)と類似する。



断層oの薄片観察結果

- ・断層ガウジと断層角礫の境界にのみY面が認められる。
- ・粘土鉱物が層状に分布する層状構造は観察されない。
- ・P面やR1面は不明瞭であり、OS-7孔の薄片ではY面付近を除いてほとんどP面やR1面が認められない。

凡例



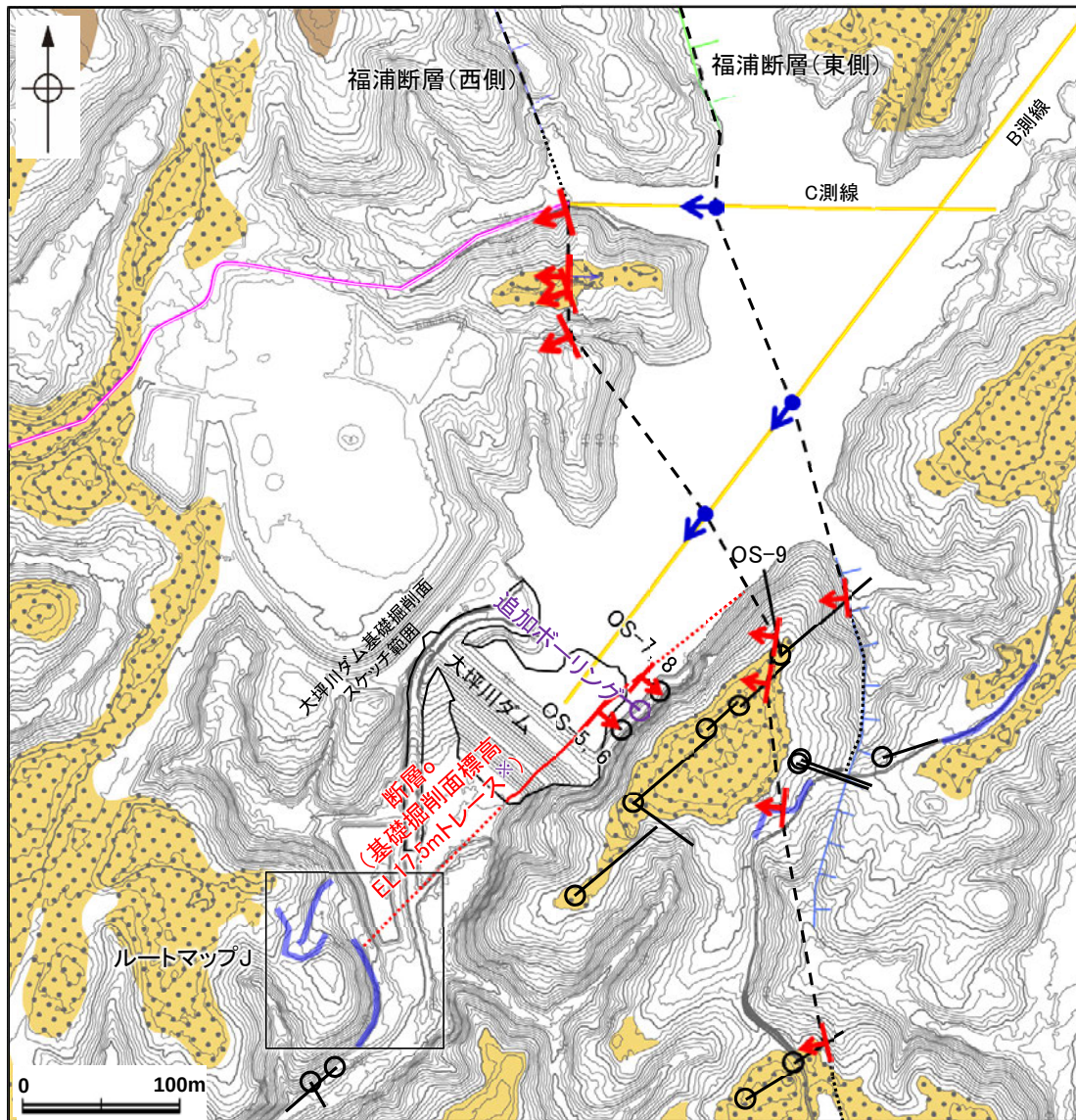
福浦断層の薄片観察結果

- ・断層ガウジ中に、複数の明瞭なY面が認められる。
- ・粘土鉱物が層状に分布する層状構造が観察される。
- ・岩片や粘土鉱物の定向配列からなる明瞭なP面やこれらの配列を切断するR1面が、断層ガウジ中に広く認められる。

【破砕部性状に関するデータ拡充】

○断層○の破砕部性状について、非活断層である敷地内断層と活動層である福浦断層との比較を行い、どちらの断層に類似するかについて確認するために、実施済みの追加ボーリングのコア観察及び薄片観察により、破砕部性状に関するデータを拡充する(データ拡充iv, P.44, 45)。

紫字: 第1090回審査会合以降に追記



追加ボーリング箇所(データ拡充iv)

凡 例

[段丘面]		反射法地震探査(陸域)
高位段丘Ⅱ面		反射法地震探査(湖内)
高位段丘Ⅰb面		表土はぎ調査
高位段丘Ⅰa面		斜めボーリング
[リニアメント・変動地形]		断層確認位置
Lc (変動地形である可能性が低い)		(傾斜を考慮して地表付近に上げた位置)
Ld (変動地形である可能性は非常に低い)		反射法地震探査での断層確認位置
ケハは低下側を示す。		(傾斜を考慮して地表付近に上げた位置)
↓は地形面の傾斜の向きを示す。		断層位置
		推定区間

※: 断層○のトレースの作図方法についてはP.18に記載。

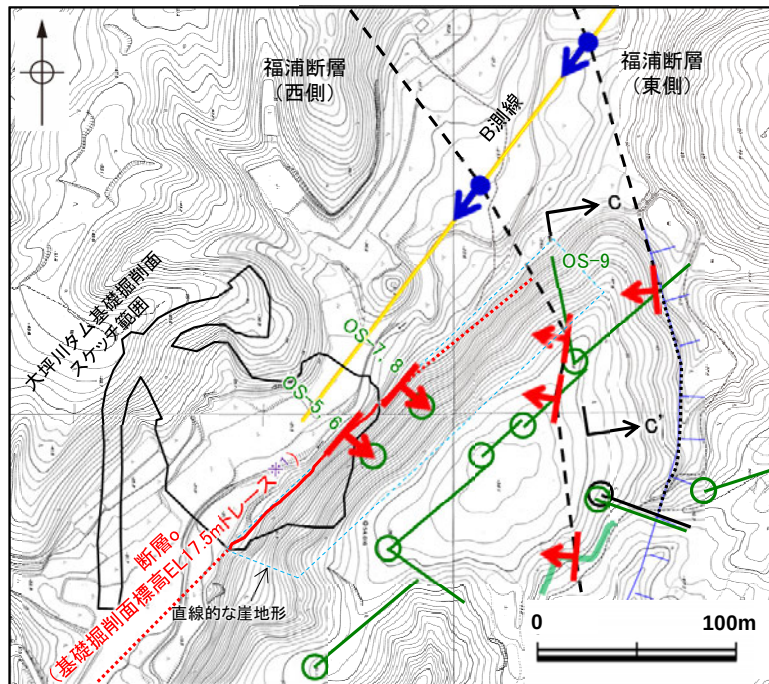
④ 切り合い関係に関するデータ

➤ 福浦断層と断層oの切り合い関係を検討するにあたり、福浦断層と断層oの分布形態及び運動方向に関するデータを以下に示す(P.40～42)。

- 断層oは、大坪川ダム左岸の直線的な崖地形に沿った位置に出現すると想定されることから、断層oが福浦断層(西側)を越えて北方に連続するかどうかを確認するために、福浦断層(西側)の下盤側において、ボーリング調査(OS-9孔)を実施した。
- 断層oの想定延長位置を含んだ範囲において、断層の有無の確認を行った結果、福浦断層(西側)の上盤側で認められた断層oと同様の性状を有する破碎部が認められなかったことから、断層oは福浦断層(西側)を越えて下盤側には連続しないと判断した。
- このことから、断層oは福浦断層(西側)に切られているか、福浦断層の分岐、共役断層である可能性が考えられる。
- 一方、文献や断層oと福浦断層との分布や運動方向等のデータに基づけば、両断層は分岐や共役の関係ではない(次頁、次々頁)。
- したがって、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活動が古いと判断した。*

※福浦断層は約12～13万年前以降の活動が否定できないことから、福浦断層との相対的な新旧関係に基づき、断層oの約12～13万年前以降の活動の有無については明確に判断できないものの、断層oの活動が福浦断層よりも古いことは、①地形面の変位の有無による評価結果と整合する。

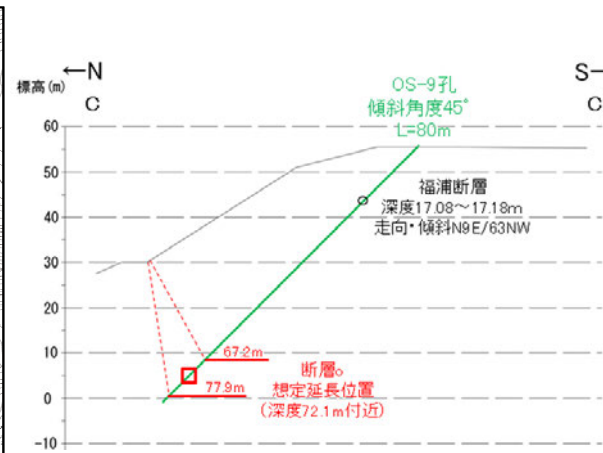
紫字：第1090回審査会合以降に追記



大坪川ダム付近 調査位置図(旧地形※2)

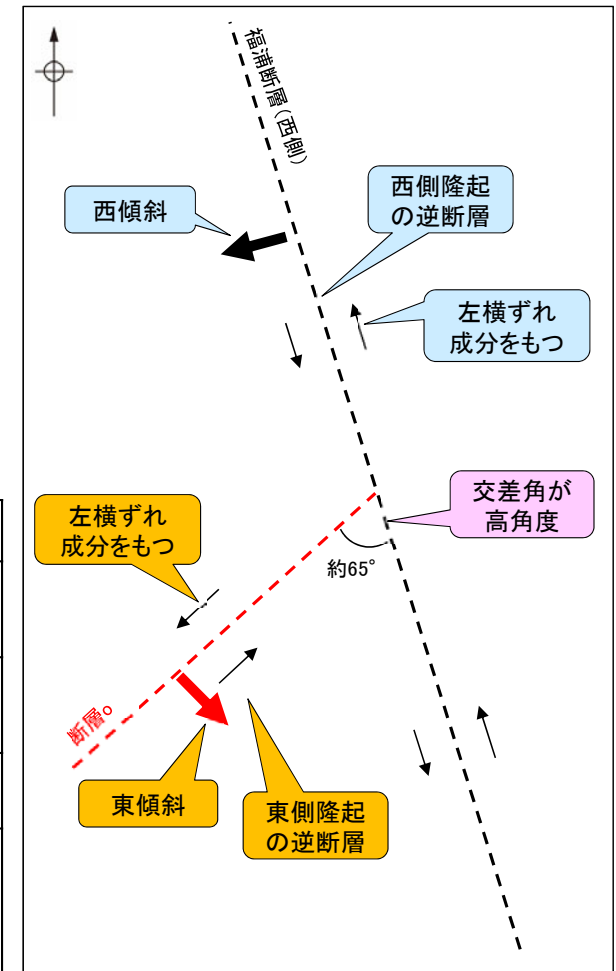
※1:断層oのトレスの作図方法についてはP.18に記載。

※2: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



旧地形※断面図(H:V=1:1)

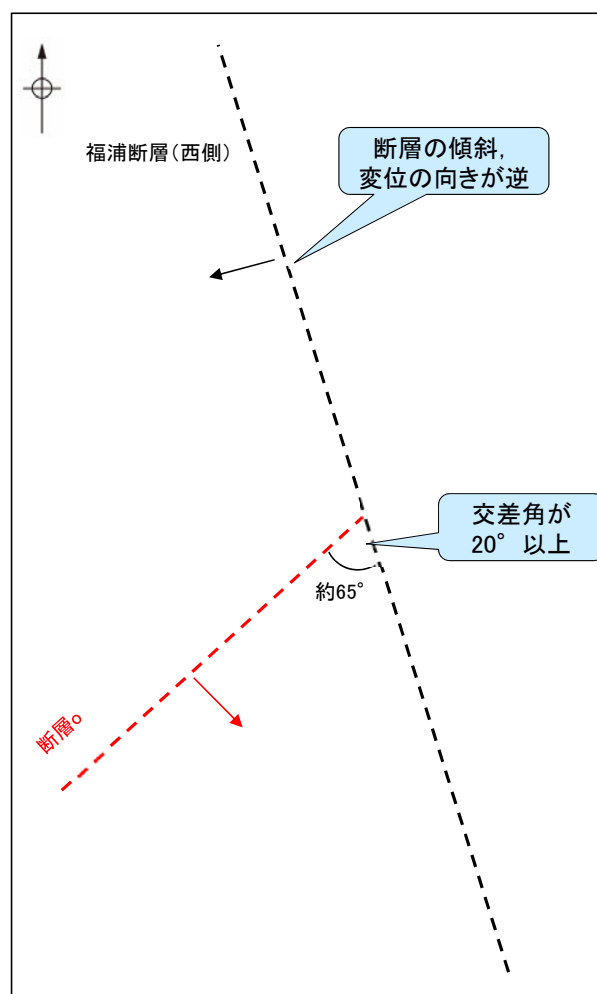
項目	断層oの特徴	OS-9孔の調査結果
地形との対応	断層oは大坪川ダム左岸の直線的な崖地形に沿ってNE-SW方向に分布しており、断層トレスの屈曲はほぼ認められない。	大坪川ダム左岸の直線的な地形に沿った想定延長位置付近に、断層oと類似した性状を有する破碎部は認められない。
岩相境界	大坪川ダム基礎掘削面スケッチ及びOS-5～8孔で認められる断層oは、凝灰角礫岩と安山岩の岩相境界に分布する。	凝灰角礫岩と安山岩の岩相境界に破碎部は認められない。
変質の程度	OS-5～8孔で認められる断層oの下盤側の安山岩は強く変質を被っている。	強く変質を被っている区間は認められない。
走向・傾斜・破碎部の幅・連続性	大坪川ダム基礎掘削面で確認した走向・傾斜はN45～60° E/69～77° SE。 OS-5～8孔で確認した破碎部の幅は24～51cmであり、幅4～11cmの未固結な破碎部を伴う。断層oは長さ約120m区間で確認。	確認された破碎部は、いずれも断層oと走向・傾斜、性状が異なる。あるいは連続性に乏しい破碎部であり、断層oに対応しない。



断層oと福浦断層の模式図
(太矢印は傾斜方向、細矢印は変位方向を示す)

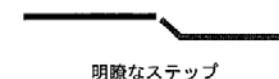
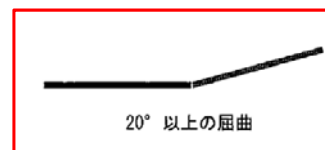
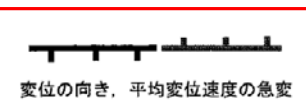
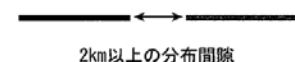
【断層oと福浦断層の関係(分岐断層の可能性に関する検討)】

- 断層oが福浦断層の分岐断層である可能性について検討を行った。
- 吉岡ほか(2005)は、「2つの断層間に 20° 以上の急激な走向変化、変位の向きが急変がある場合には、別の活動セグメントとする」としていることから、2つの断層の交差角が 20° 未満で、変位の向きが同じである場合、両断層は同一の活動セグメントで分岐断層の可能性があると考えられる。
- 断層oは、福浦断層と高角で会合する関係にあり、その交差角が 20° 以上である。
- また、断層の傾斜方向が逆であり、断層oは東側隆起、福浦断層は西側隆起の逆断層であるため、変位の向きが逆である。
- 以上のことから、福浦断層の分岐断層ではないと判断した。

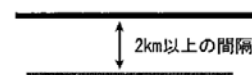


断層oと福浦断層の模式図
(矢印は傾斜方向を示す)

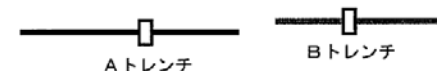
1) ほぼ一線に並ぶ2つの断層間に以下のような不連続が見られる場合



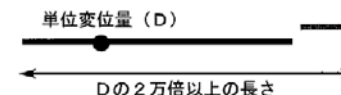
2) 並走する断層間に、走向と直交する方向に2km以上の間隔がある場合



3) 2地点で異なる活動履歴が得られた場合



4) 断層の長さがある地点の単位変位量の2万倍を超えた場合



活動セグメント区分基準の模式図
(吉岡ほか, 2005)

【断層oと福浦断層の関係(共役断層の可能性に関する検討)】

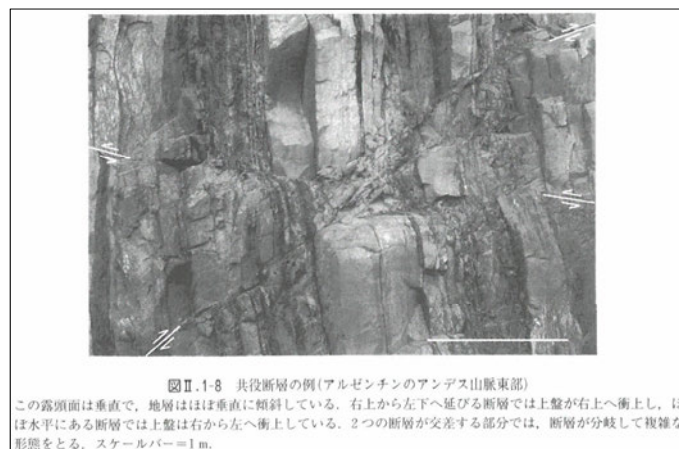
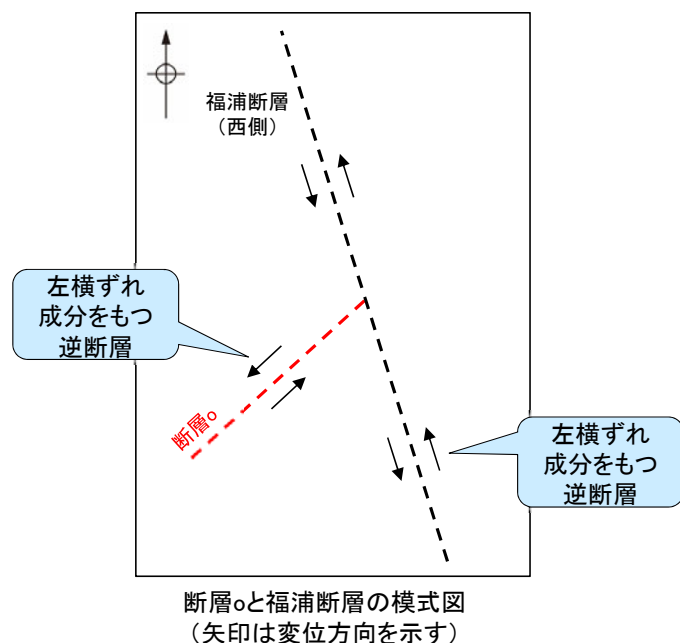
○断層oと福浦断層が共役断層である可能性について検討を行った。

○狩野・村田(1998)は、「2方向の断層の交差する鋭角を挟む方向に短縮する変位成分、鈍角方向に伸張成分をもち、かつ破碎帯の性質が同様なものを共役断層と呼ぶ」としている。

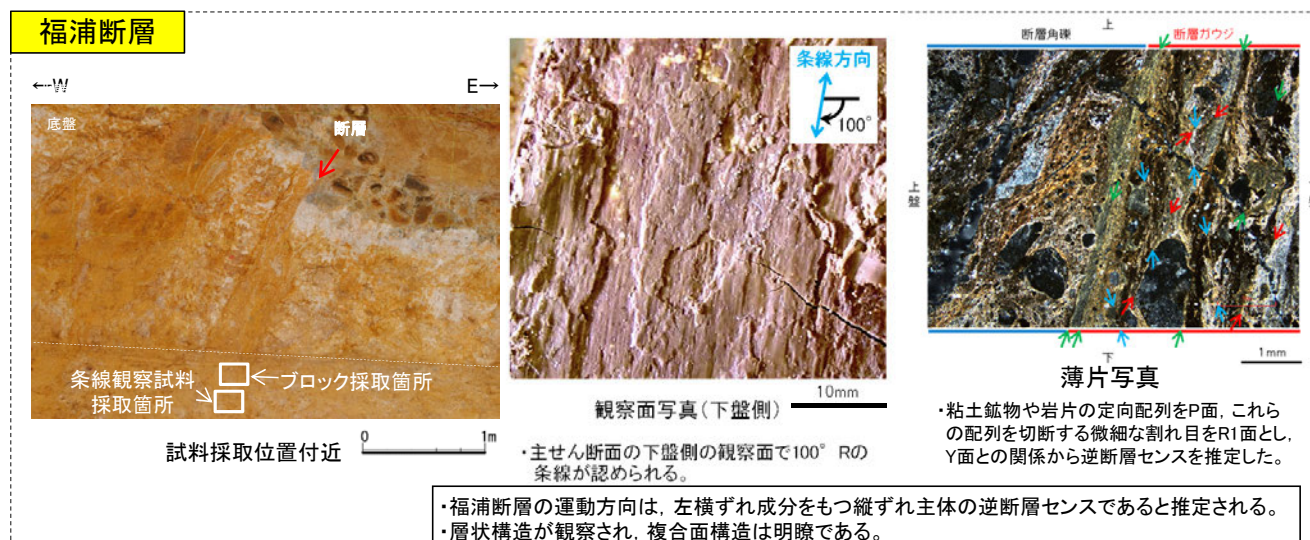
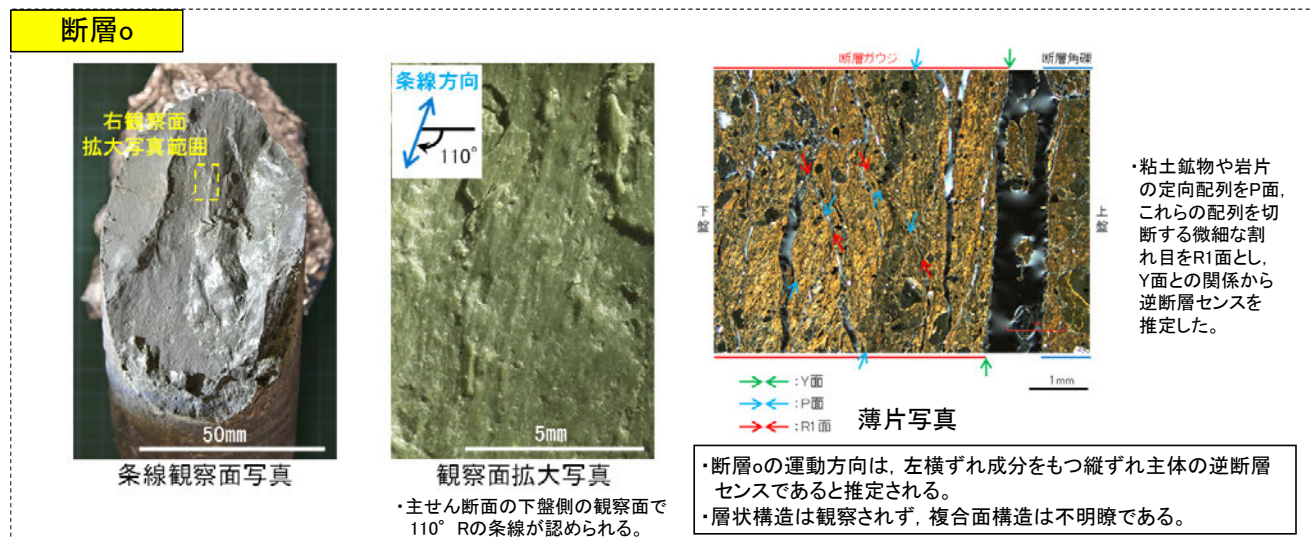
○断層oと福浦断層の運動方向を確認した結果、断層oは鋭角を挟む方向が短縮する変位成分をもつに対し、福浦断層は鋭角を挟む方向が伸張する変位成分をもつ。

○また、断層oと福浦断層の薄片を比較した結果、断層oにおいて福浦断層のような層状構造は観察されず、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ことから、これらは破碎部の性質が異なる(P.38)。

○以上のことから、これらは共役断層ではないと判断した。



共役断層の例(狩野・村田, 1998)



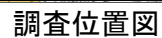
(4) 断層oに関する追加調査計画

断層oに関する追加調査計画

○前節までに述べたデータ拡充のための追加調査計画を以下の表に整理して示す。

【断層oに関する追加調査計画】

調査の目的			調査の内容	完了時期(予定)	関連頁
地形面の変位の有無に関するデータ拡充	データ拡充 i	【段丘面調査】 断層oを挟んで分布する高位段丘 I b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 I b面と判読した確度を高める。	・既存のボーリングコア観察 ・既存のトレンチ観察 ・表土はぎ調査 ・火山灰分析	【調査】 2022年11月中旬 【分析】 2022年11月下旬	P.21, 34
	データ拡充 ii	【岩盤上面調査】 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。	・既存のボーリングコア観察 ・既存のトレンチ観察 ・表土はぎ調査	2022年11月下旬	P.21, 34
鉱物脈法に関するデータ拡充	データ拡充 iii	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、最新面と鉱物脈との関係を確認し、説明性の高いデータが得られた場合は、活動性評価の根拠として用いる。	・薄片観察	(継続的に実施)	P.21, 36
破砕部性状に関するデータ拡充	データ拡充 iv	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。	・追加ボーリングコア観察 ・薄片観察	2022年11月下旬	P.21, 39
上下盤の変質等に関するデータ拡充	データ拡充 v	断層oに沿って認められる直線的な崖地形を差別侵食地形と判断した根拠として、実施済みの追加ボーリングのコア試料を用いて、上下盤の岩盤の変質の違いや硬軟の差を示す定量的なデータを取得する。	・XRD分析 ・針貫入試験	2022年12月上旬	P.16
南端に関するデータ拡充	データ拡充 vi	断層oの南端と評価しているルートマップJにおいて、岩相分布や破砕部の有無等に関する地質学的記載を充実させる。	・露頭観察	2022年11月下旬	P.18



- 凡 例

[段丘面]	 : 反射法地震探査(陸域)
 : 高位段丘Ⅱ面	 : 反射法地震探査(湖内)
 : 高位段丘Ⅰb面	 : 表土はぎ調査
 : 高位段丘Ⅰa面	 : 斜めボーリング
[リニアメント・変動地形]	 : 断層確認位置 (傾斜を考慮して地表付近に上げた位置)
 Lc (変動地形である可能性が高い)	 : 反射法地震探査での断層確認位置 (傾斜を考慮して地表付近に上げた位置)
 Ld (変動地形である可能性は非常に低い)	 : 断層位置 推定区間
ゲタは低下面を示す。 ↓は地形面の傾斜の向きを示す。	
 段丘面調査実施箇所※2	

※2:段丘面調査結果は補足資料2.2-1(11)

(参考) 断層oの既往データ (第1064回審査会合 資料1抜粋)

・「(参考)断層oの既往データ」については、断層oのデータ確認のために第1064回審査会合 資料1の抜粋を掲載しているが、「断層oの活動性評価方針」を踏まえて、今後資料の修正を実施する。

断層oの既往データ —調査項目—

- 大坪川ダム基礎掘削面スケッチにおいて、破碎帯及びシームが示されている。これらの中で、安山岩と凝灰角礫岩の境界にNE-SW走向、南東傾斜のシームが連続して示されている(左下図1)。
- このシームの連続性・活動性及び福浦断層との関係について確認するために、以下の調査(図2、図3)を行った。(調査の結果、このシームに対応する破碎部を確認したことから、以下では断層oと呼ぶ)

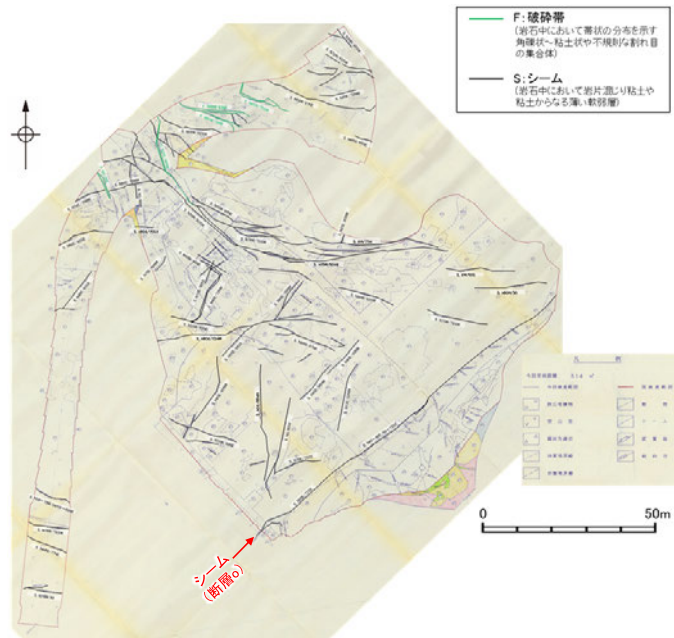


図1 大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(詳細はP.52, 53)

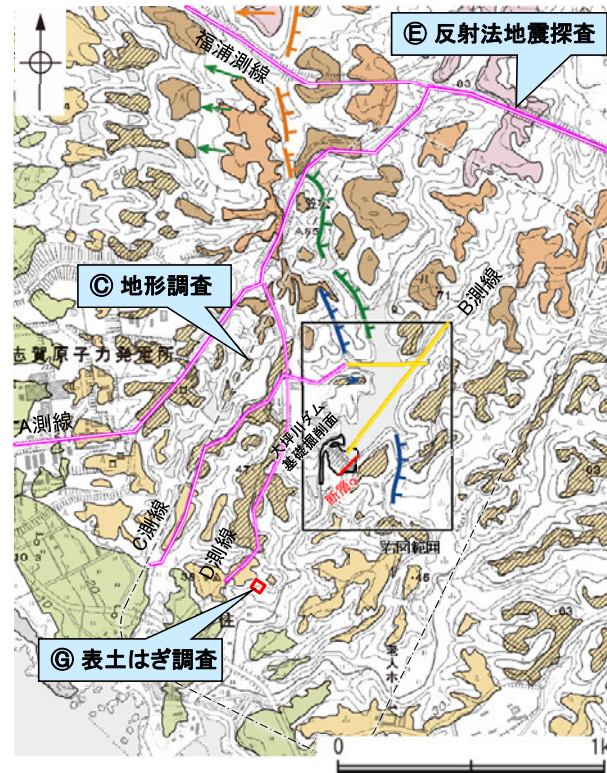


図2 福浦断層南部 調査位置図

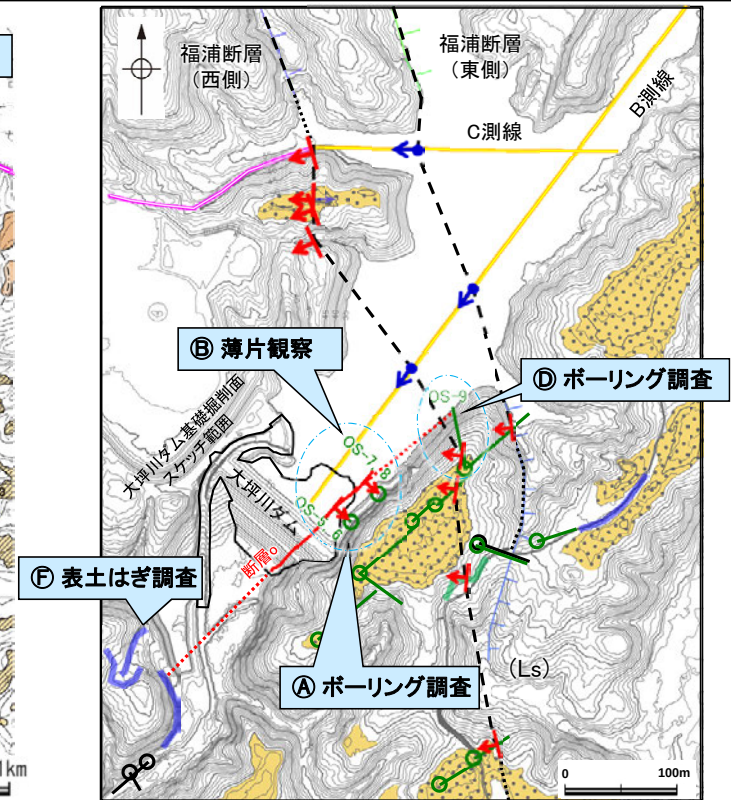
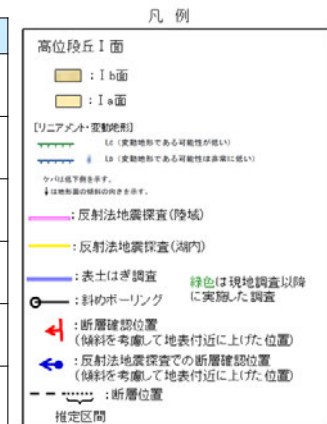


図3 大坪川ダム付近 調査位置図

調査位置	調査項目	調査目的・内容	記載頁
①	ボーリング調査 (OS-5～OS-8孔)	・大坪川ダム基礎掘削面スケッチのシーム(断層o)の性状を確認するために、大坪川ダム左岸においてボーリング調査を実施した。	P.54, 55, 63
②	薄片観察 (OS-7, OS-8孔)	・断層oの活動性評価及び断層oと福浦断層との性状の比較を行うために、薄片観察を実施した。	P.55～68
③	地形調査	・断層oの活動性及び福浦断層との関係を確認するために、それぞれの断層と地形との関係について確認を行った。	P.69～76
④	ボーリング調査 (OS-9孔)	・断層oが福浦断層(西側)を越えて北方に連続するかどうかを確認するために、福浦断層(西側)の下盤側において、ボーリング調査を実施した。	P.77～80
⑤	反射法地震探査 (福浦測線, A測線)	・断層oの北方への連続性を確認するために、反射法地震探査記録の確認を行った。	P.81
⑥・⑦	表土はぎ調査	・断層oの南方への連続性を確認するために、表土はぎ調査を実施し、断層の有無の確認を行った。	P.82～85

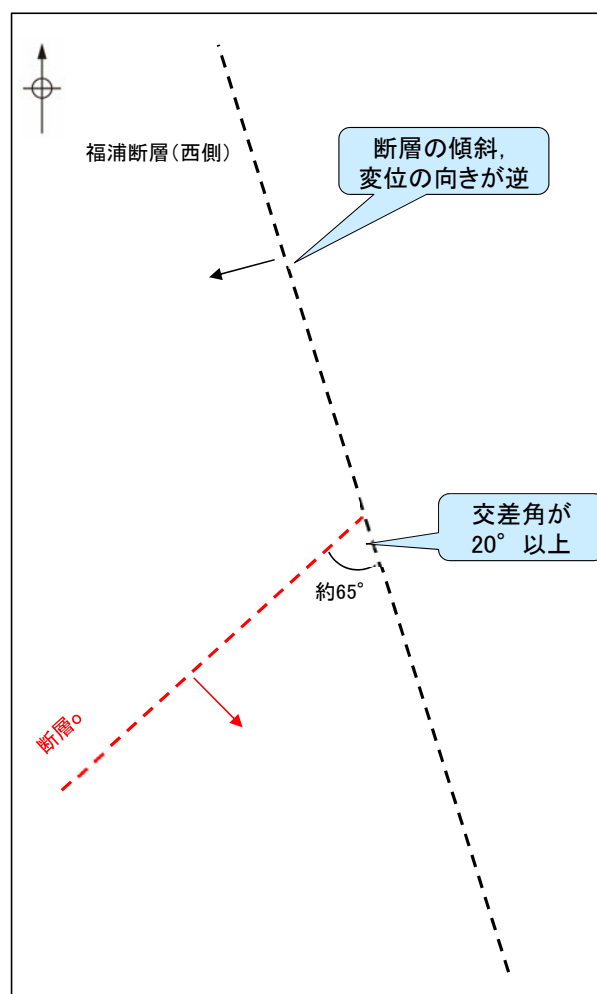


○断層oを挟んで高位段丘I b面に高度差は認められず、薄片観察の結果、断層oの最新活動はI/S混合層の生成以前であることから、断層oに後期更新世以降の活動はないと評価した。

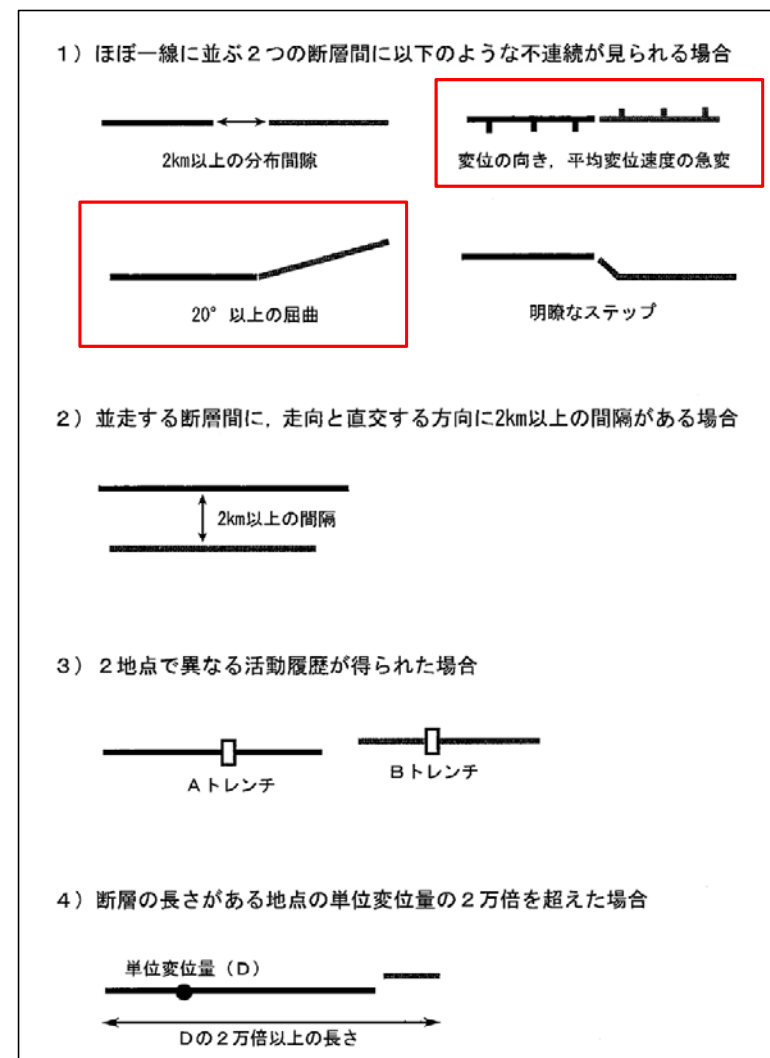


【断層oと福浦断層の関係(分岐断層の可能性に関する検討)】

- 断層oが福浦断層の分岐断層である可能性について検討を行った。
- 吉岡ほか(2005)は、「2つの断層間に 20° 以上の急激な走向変化、変位の向きの急変がある場合には、別の活動セグメントとする」としていることから、2つの断層の交差角が 20° 未満で、変位の向きが同じである場合、両断層は同一の活動セグメントで分岐断層の可能性があると考えられる。
- 断層oは、福浦断層と高角で会合する関係にあり、その交差角が 20° 以上である。
- また、断層の傾斜方向が逆であり、断層oは東側隆起、福浦断層は西側隆起の逆断層であるため、変位の向きが逆である。
- 以上のことから、福浦断層の分岐断層ではないと判断した。



断層oと福浦断層の模式図
(矢印は傾斜方向を示す)



活動セグメント区分基準の模式図
(吉岡ほか, 2005)

【断層oと福浦断層の関係(共役断層の可能性に関する検討)】

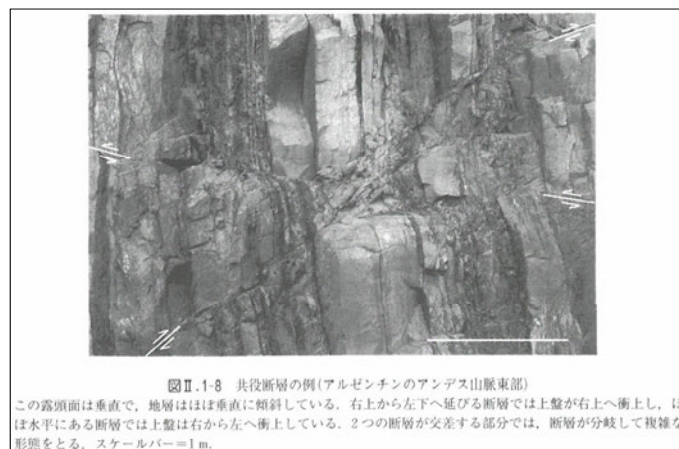
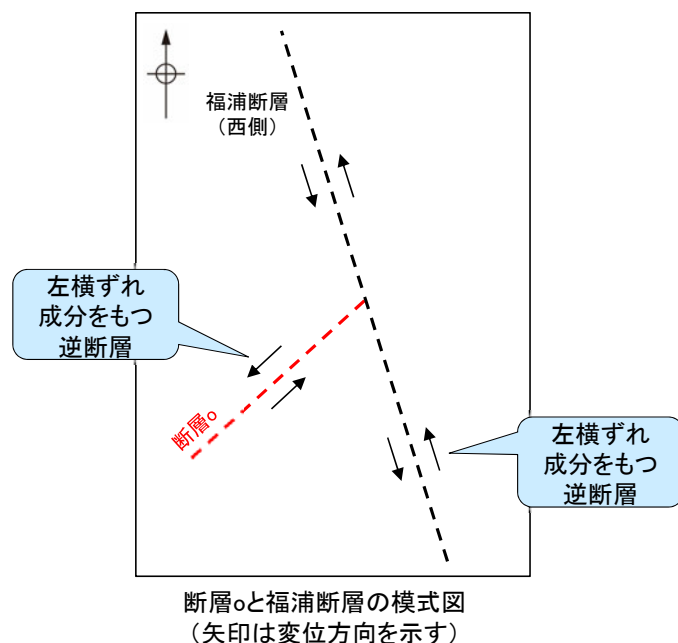
○断層oと福浦断層が共役断層である可能性について検討を行った。

○狩野・村田(1998)は、「2方向の断層の交差する鋭角を挟む方向に短縮する変位成分、鈍角方向に伸張成分をもち、かつ破碎帯の性質が同様なものを共役断層と呼ぶ」としている。

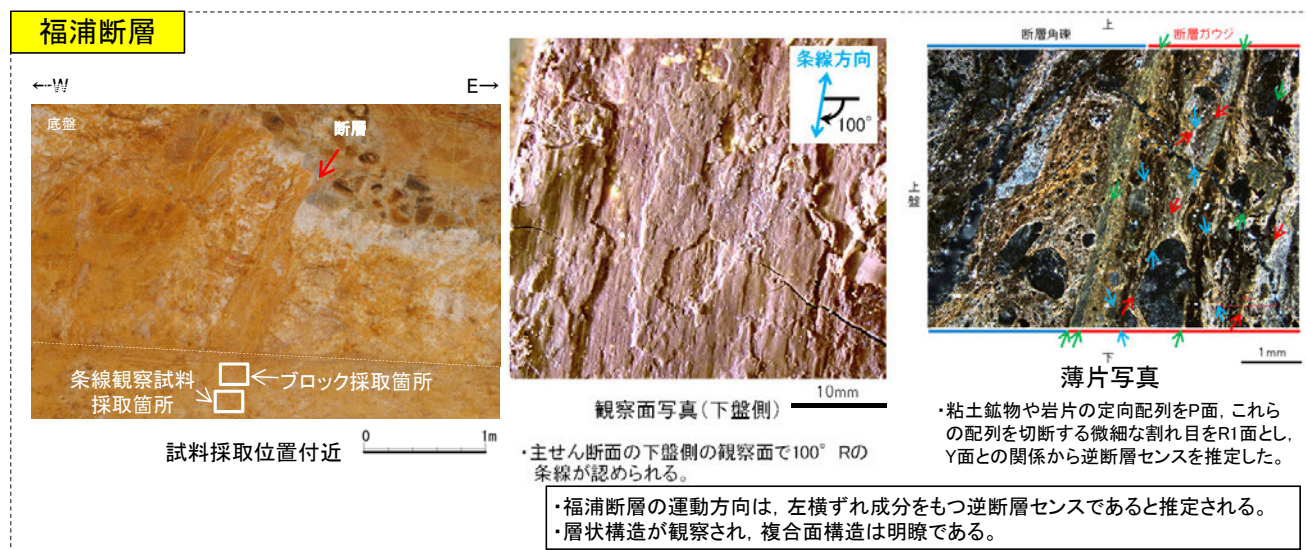
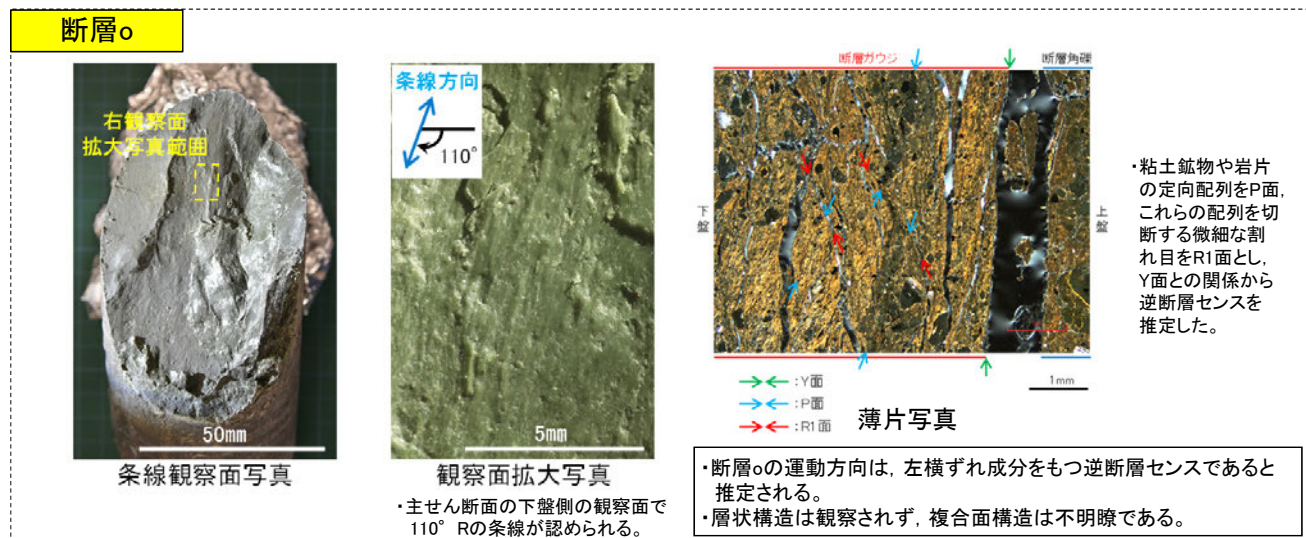
○断層oと福浦断層の運動方向を確認した結果、断層oは鋭角を挟む方向が短縮する変位成分をもつに対し、福浦断層は鋭角を挟む方向が伸張する変位成分をもつ。

○また、断層oと福浦断層の薄片を比較した結果、断層oにおいて福浦断層のような層状構造は観察されず、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ことから、これらは破碎部の性質が異なる(P.68)。

○以上のことから、これらは共役断層ではないと判断した。

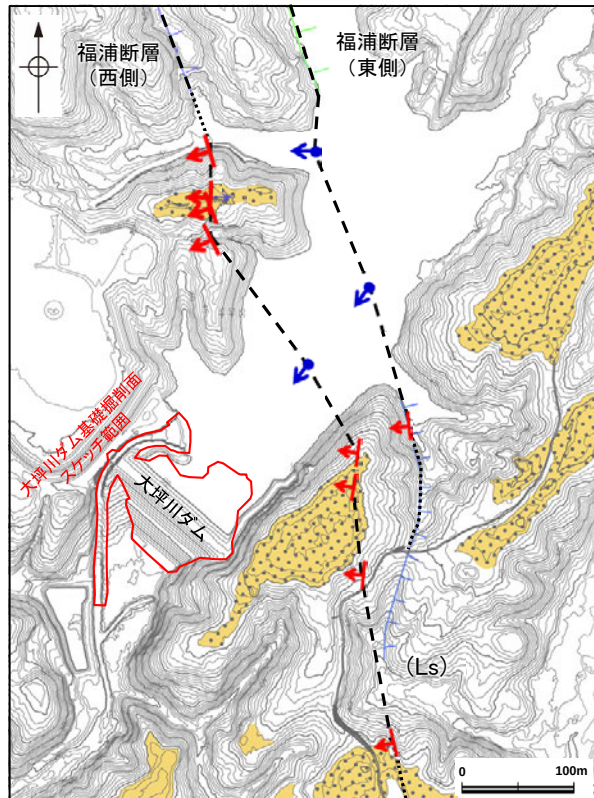


共役断層の例(狩野・村田, 1998)

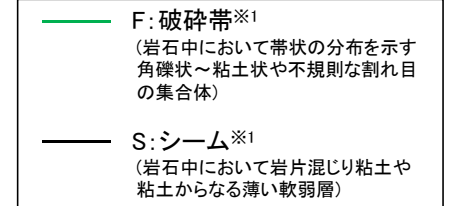
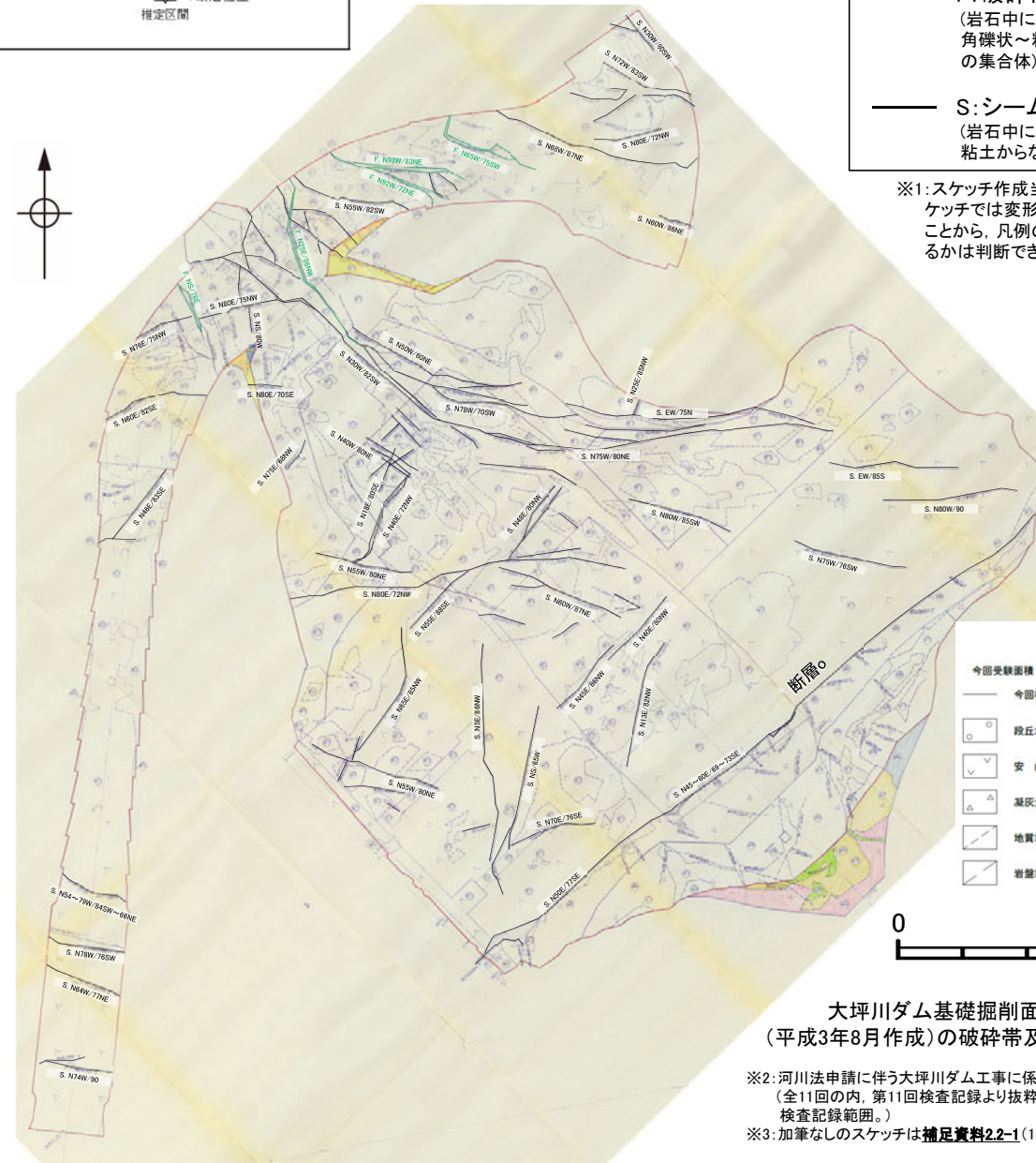
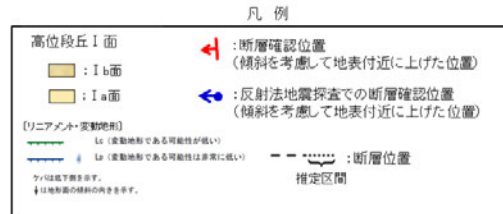


断層

【大坪川ダム基礎掘削面 地質観察スケッチ】

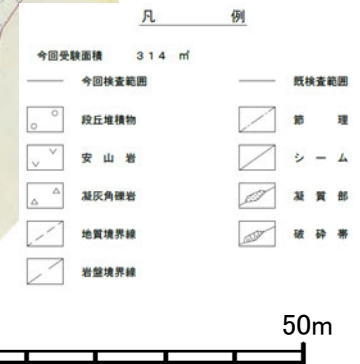


大坪川ダム基礎掘削面 位置図



※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。



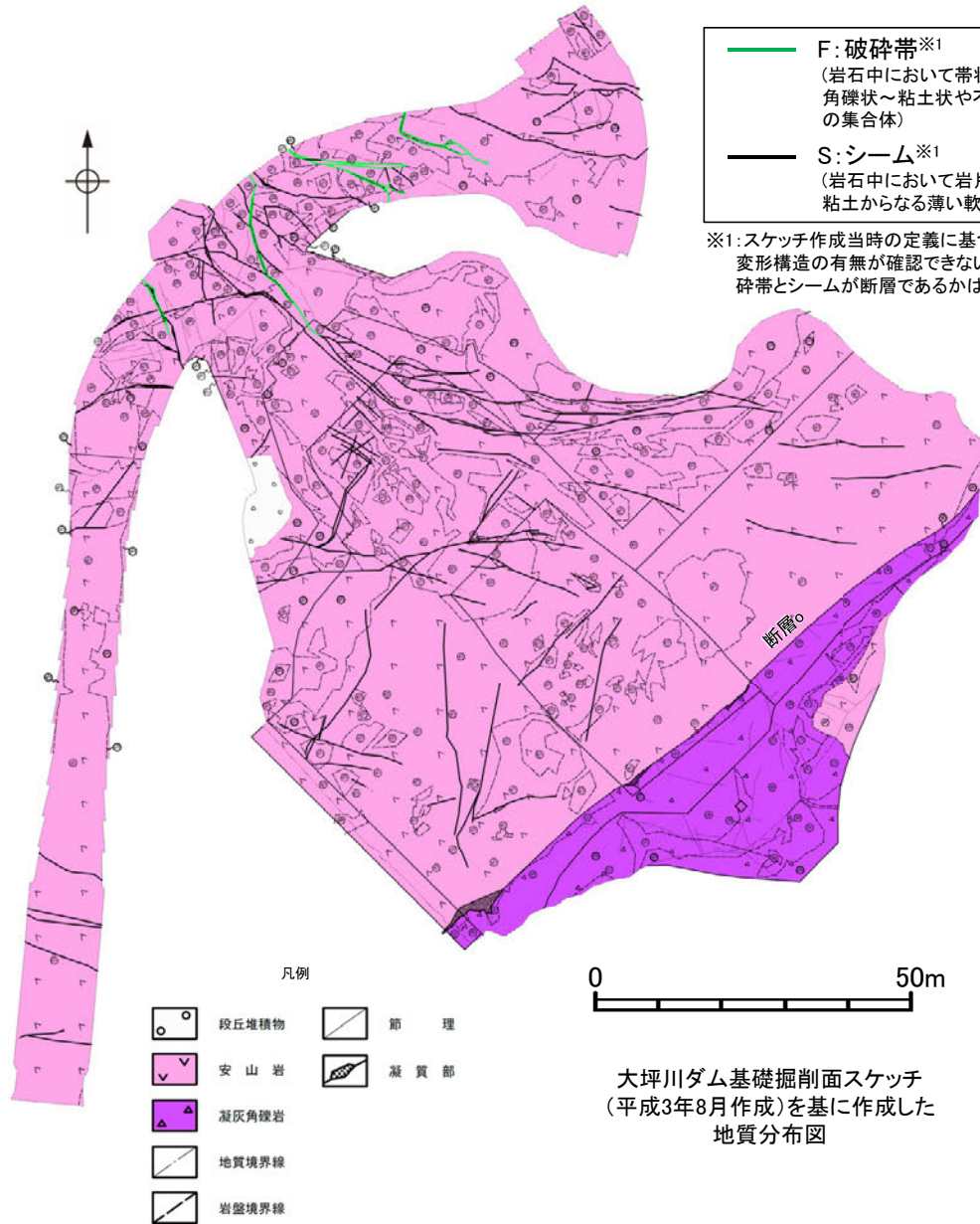
大坪川ダム基礎掘削面スケッチ※2, 3
 (平成3年8月作成)の破碎帯及びシームをトレース

※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2.2-1(14)-1

断層○

【大坪川ダム基礎掘削面 地質分布図, 岩級区分図】

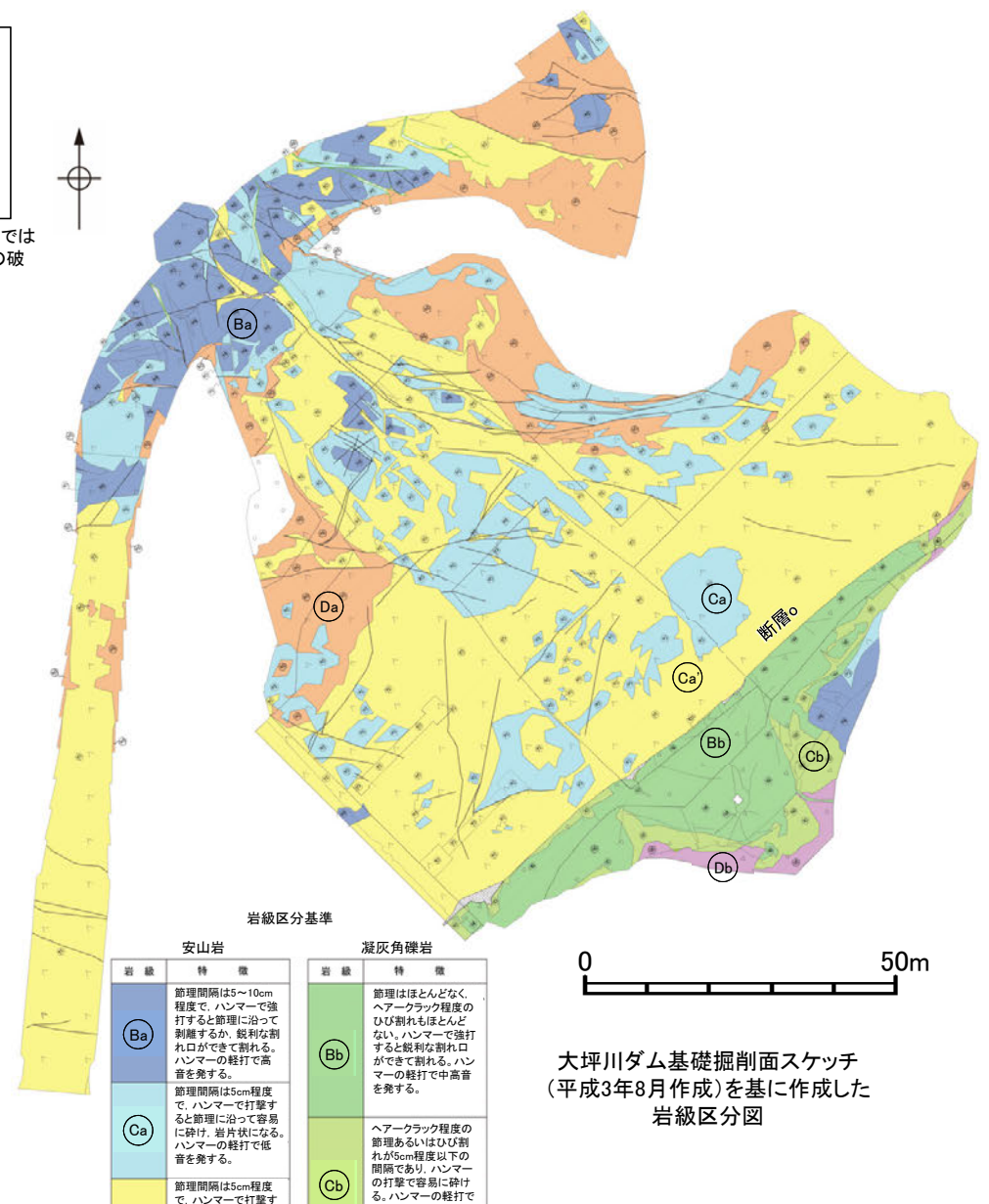


大坪川ダム基礎掘削面スケッチ
(平成3年8月作成)を基に作成した
地質分布図

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)

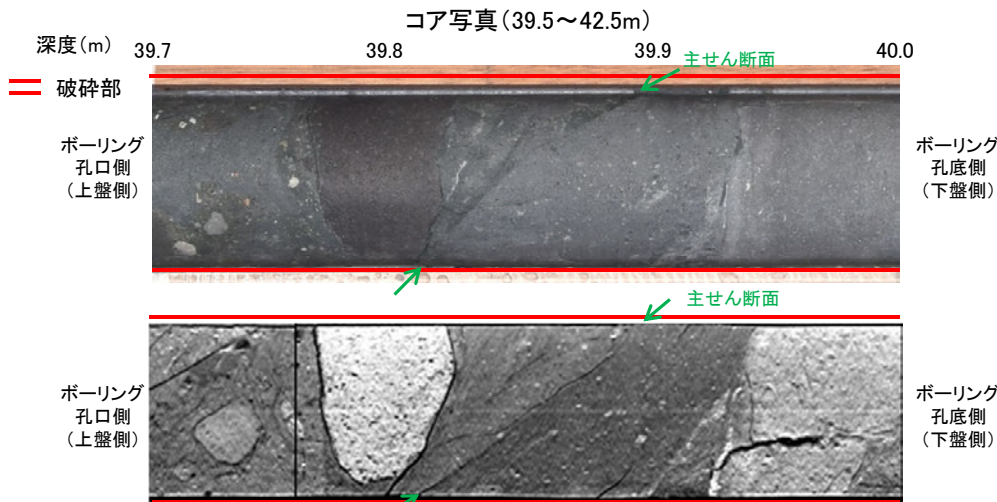
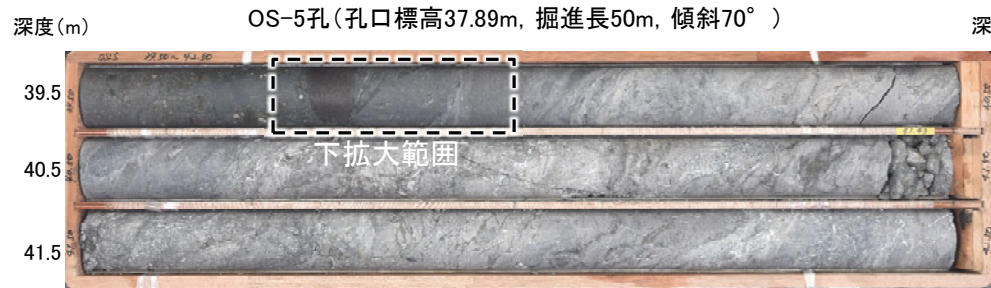
※1: スケッチ作成当時の定義に基づく。このスケッチでは
変形構造の有無が確認できないことから、凡例の破
碎帯とシームが断層であるかは判断できない。



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

断層oの既往データ — ①ボーリング調査(OS-5～8孔), ②薄片観察(OS-7孔, OS-8孔) —

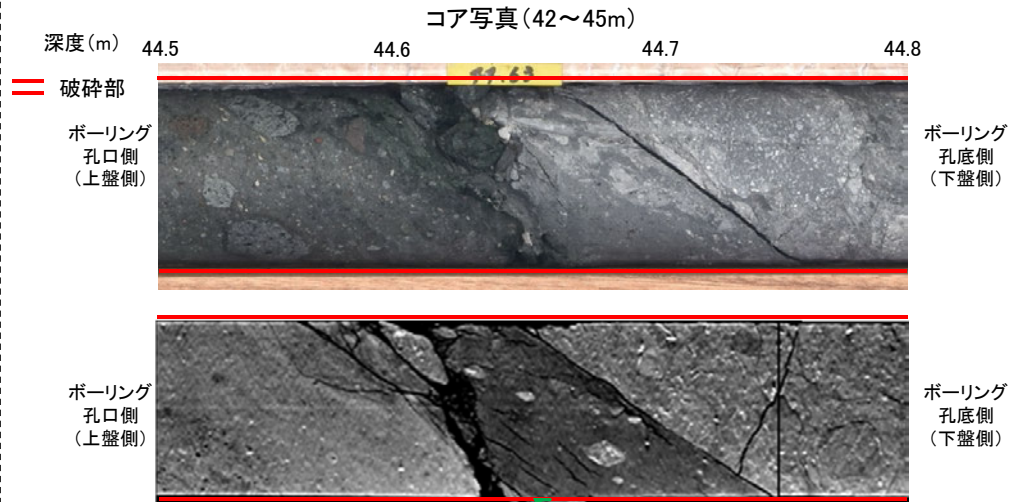
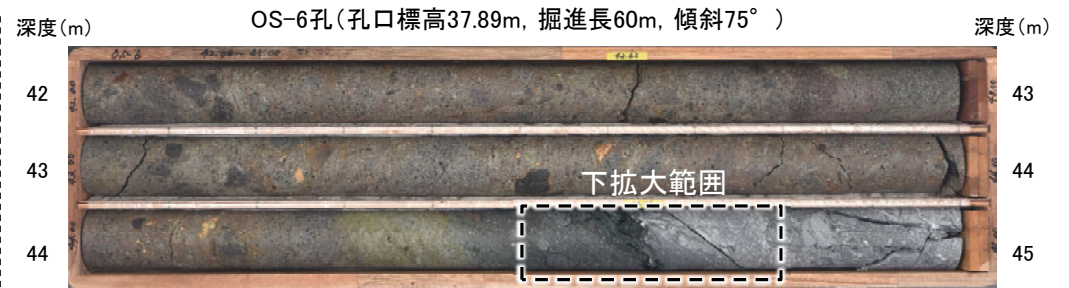
【断層oの性状(OS-5孔, OS-6孔)】



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の破砕部が認められる。
厚さ4.4～6.2cmの灰色の粘土状破砕部及び厚さ5.1～5.8cmの灰～明緑灰色の粘土状破砕部及び厚さ37～38cm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。
- 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。

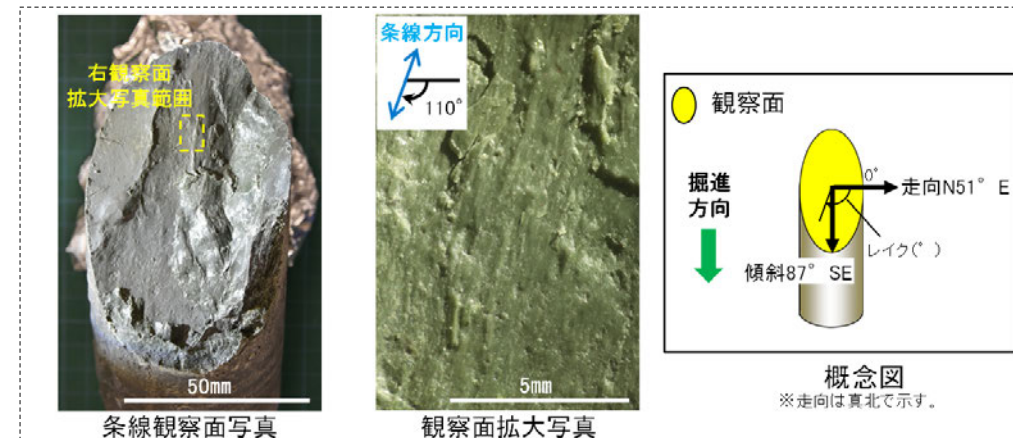


※主せん断面位置は掘進境界にあたり, 一部でコアが乱れている

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の破砕部が認められる。
厚さ5.5cmの緑黒～灰色の粘土状破砕部及び厚さ18～19cm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。



- 断層oの主せん断面の下盤側で観察される条線方向は110° Rである。
- 薄片観察(P.56)を踏まえると, 断層oの運動方向は左横ずれ逆断層センスである。

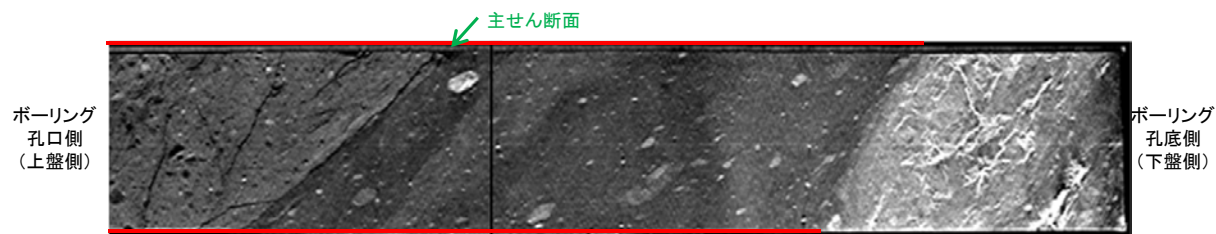
断層o

【断層oの性状(OS-7孔)1/8】

OS-7孔(孔口標高37.87m, 掘進長29m, 傾斜65°)



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。



1cm

半割コア写真(OS-7孔)

※隣接孔(OS-5孔)の条線方向が概ね高角(110° R)であることから、90° Rの方向で薄片①と②を作成した。

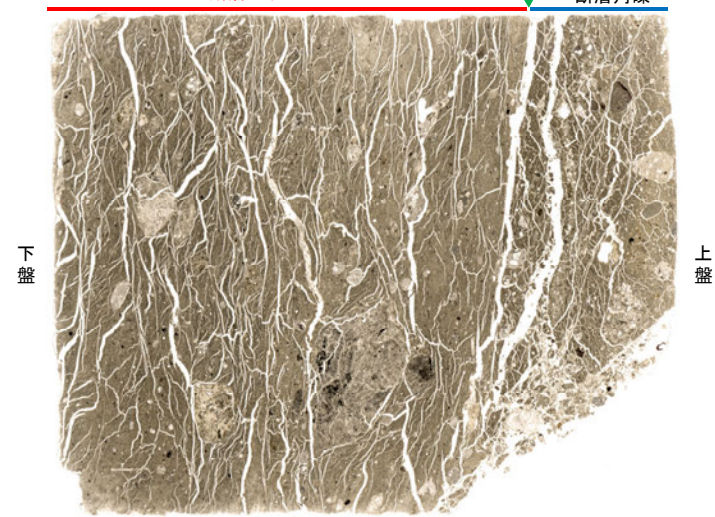
(単ニコル)

断層ガウジ

上

Y面(主せん断面に対応する位置)

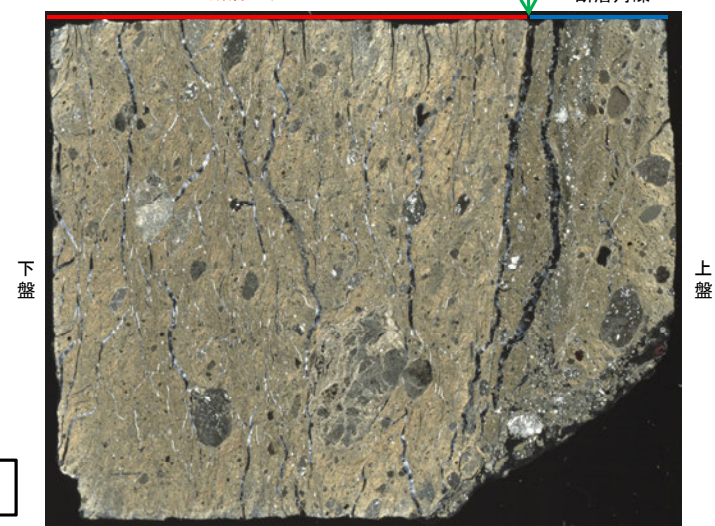
断層角礫



(直交ニコル)

断層ガウジ

断層角礫



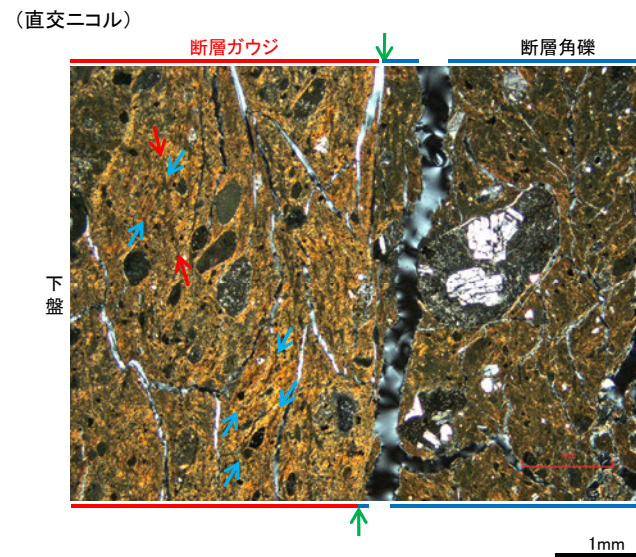
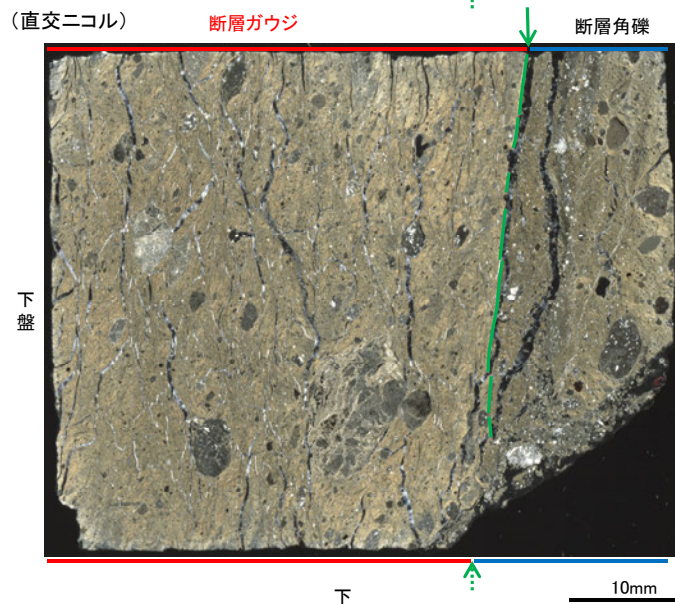
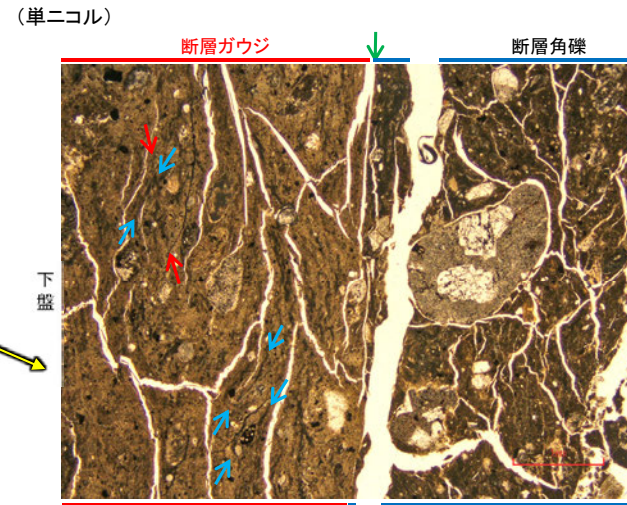
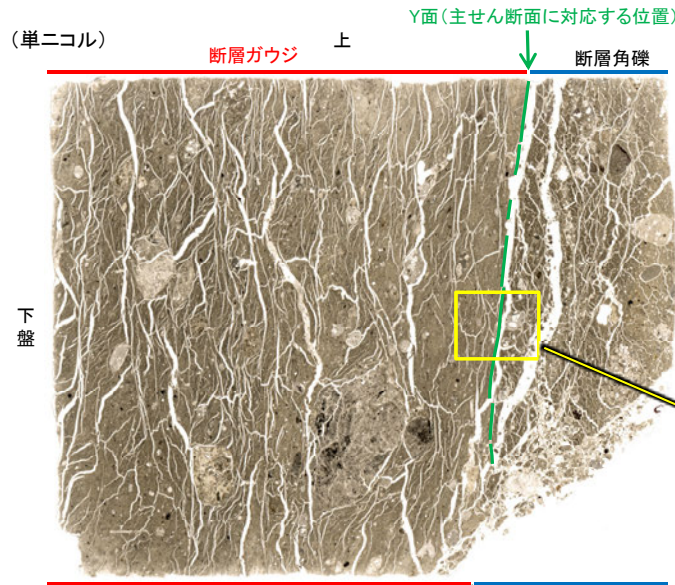
10mm

薄片①写真(OS-7_90R)

・OS-7孔で認められる断層oの主せん断面において、90° Rの方向で2枚の薄片(薄片①及び②)を作成した。

断層

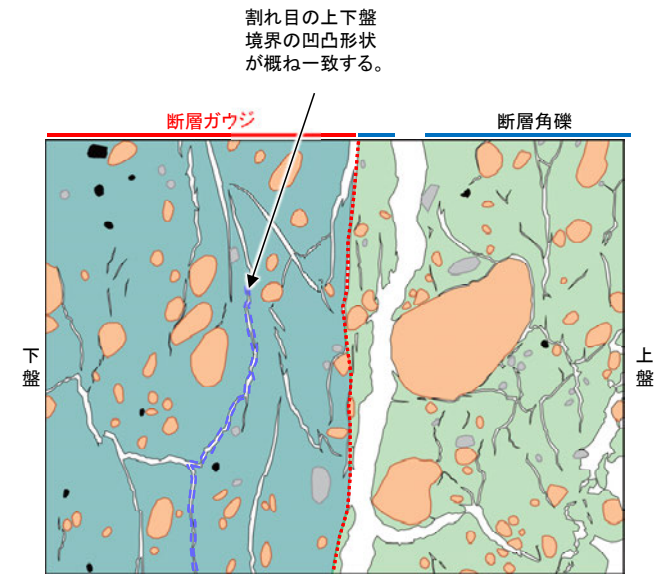
【断層の性状(OS-7孔, 薄片①)2/8】



拡大写真

・粘土鉱物の定向配列をP面, これらの配列を切断する微細な割れ目をR1面とし, Y面との関係から逆断層センスを推定した。

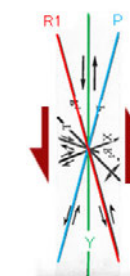
・断層ガウジ中に多く観察される割れ目は, その両側の凹凸形状が概ね一致することから, 断層活動によって生じたせん断面ではなく, 主せん断面付近の強い変質により多く生成された粘土鉱物が, 薄片作成時等に乾燥収縮して生じたものであると判断した。



凡例

- 主要な岩片
- 斜長石などの鉱物片
- 不透明鉱物
- 空隙部
- 変質部
- 主要な岩片等を除く基質部
- Y面
- 割れ目の凹凸形状の例

スケッチ



・OS-7孔の薄片①を観察した結果, Y面付近の一部に不明瞭ながらP面やR1面が認められ, Y面との関係から逆断層センスを推定した。

せん断センスを示す複合面構造
(狩野・村田(1998)に加筆)

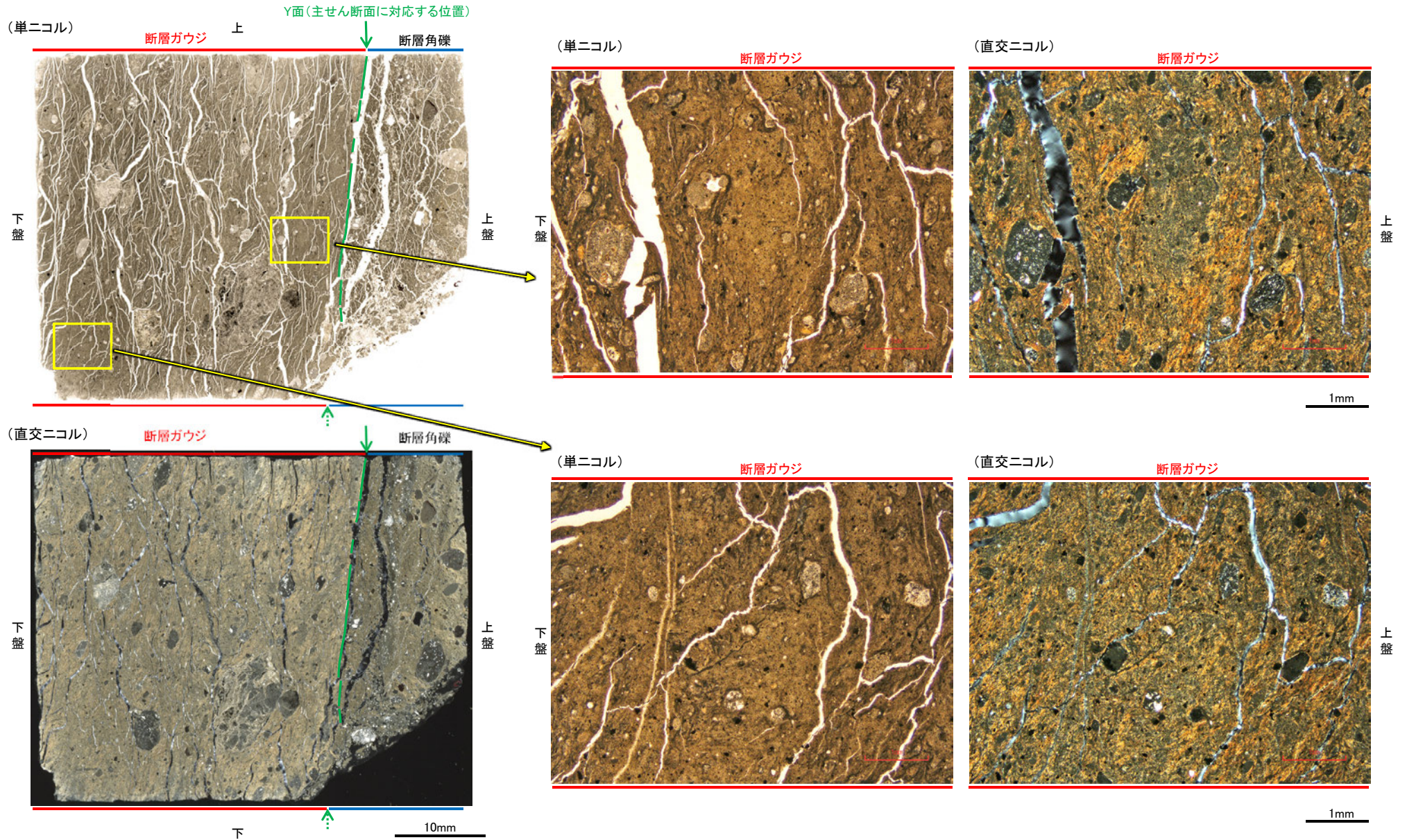
薄片①写真(OS-7.90R)
(解釈線あり)

- Y面
- P面
- R1面

← : 延長位置

断層o

【断層oの性状(OS-7孔, 薄片①)3/8】



薄片①写真(OS-7_90R)
(解釈線あり)

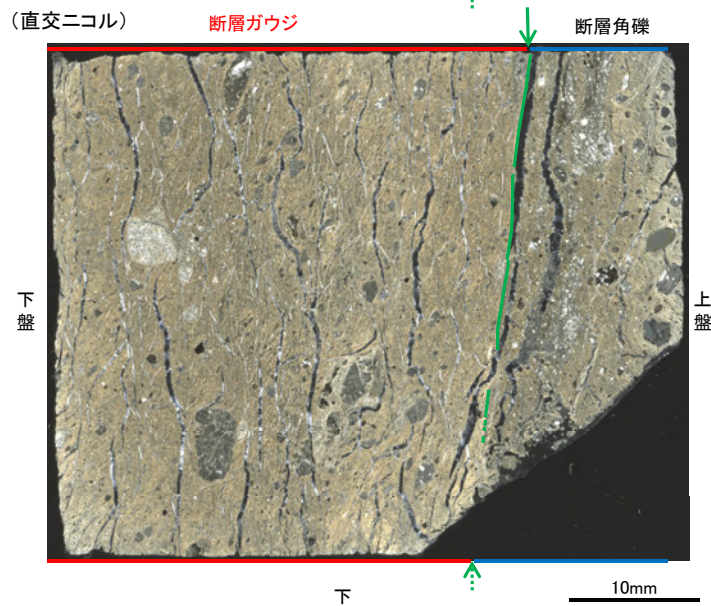
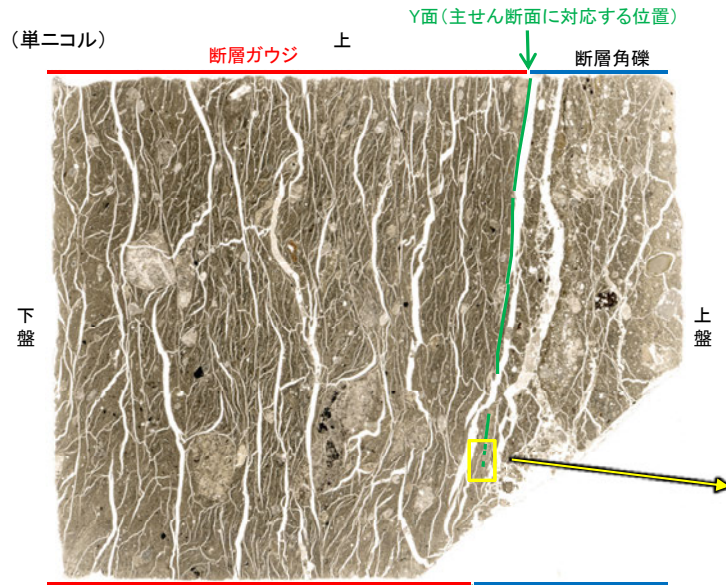
→← : Y面

←… : 延長位置

・Y面付近(前頁)を除いてほとんどP面やR1面が認められない。

断層

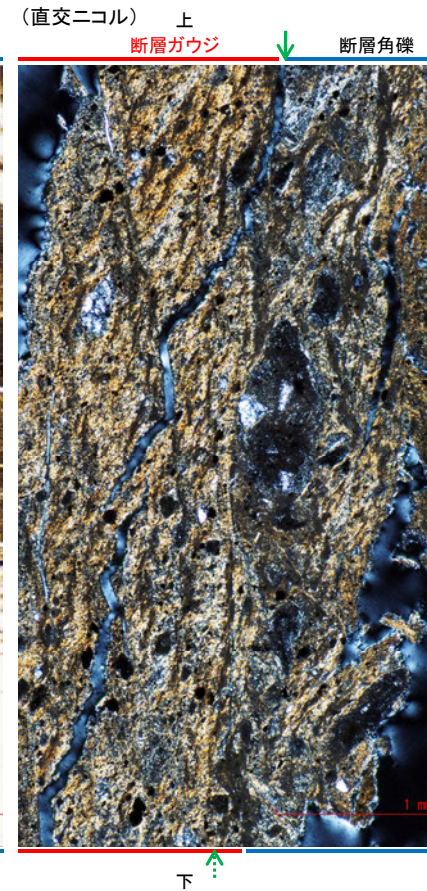
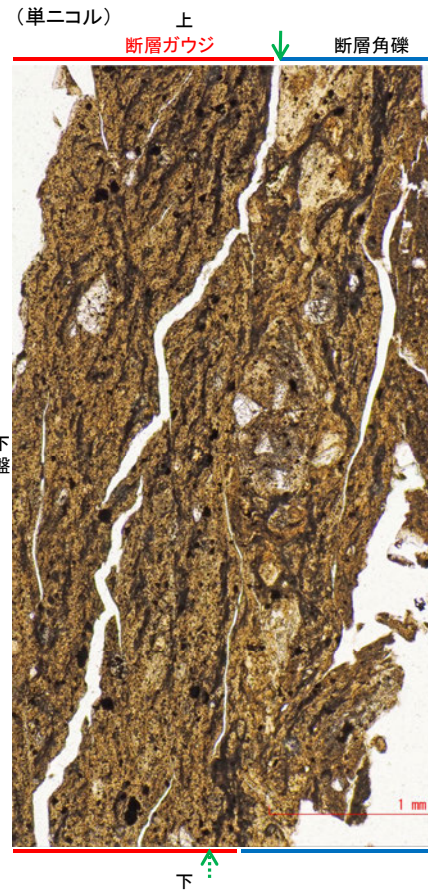
【断層の性状(OS-7孔, 薄片②)4/8】



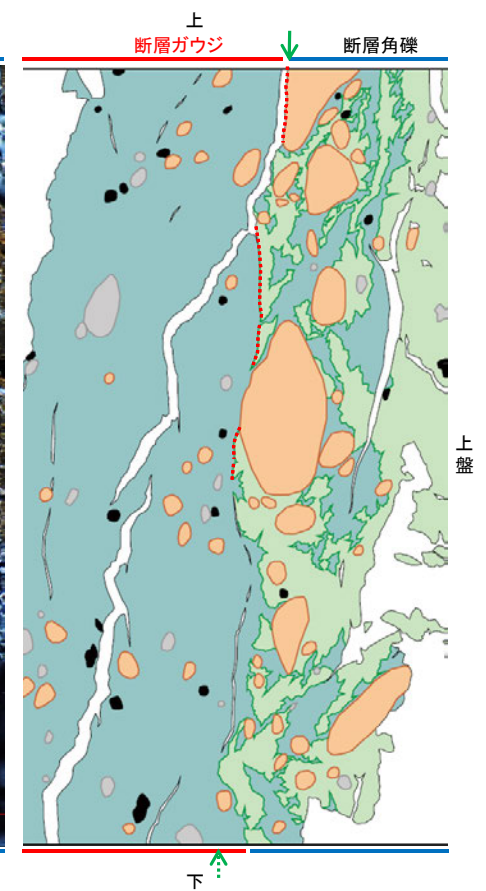
薄片②写真(OS-7.90R)
(解釈線あり)

→← : Y面

←… : 延長位置



拡大写真



凡例

- 主要な岩片
- 斜長石などの鉱物片
- 不透明鉱物
- 空隙部
- 変質部(I/S混合層)
- 主要な岩片等を除く基質部
- Y面

スケッチ

※隣接孔(OS-8孔)で実施したXRD分析による結晶構造判定結果より、断層の主せん断面付近で検出された粘土鉱物(スメクタイト)はI/S混合層であると判定した(P.66)。

・OS-7孔の薄片①(前頁)を作成した箇所から2mm程度削り込んだ位置で作成した薄片②を観察した結果、粘土鉱物(I/S混合層※)がY面を横断して分布し、Y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※)にせん断面や引きずりなどの変形は認められない。