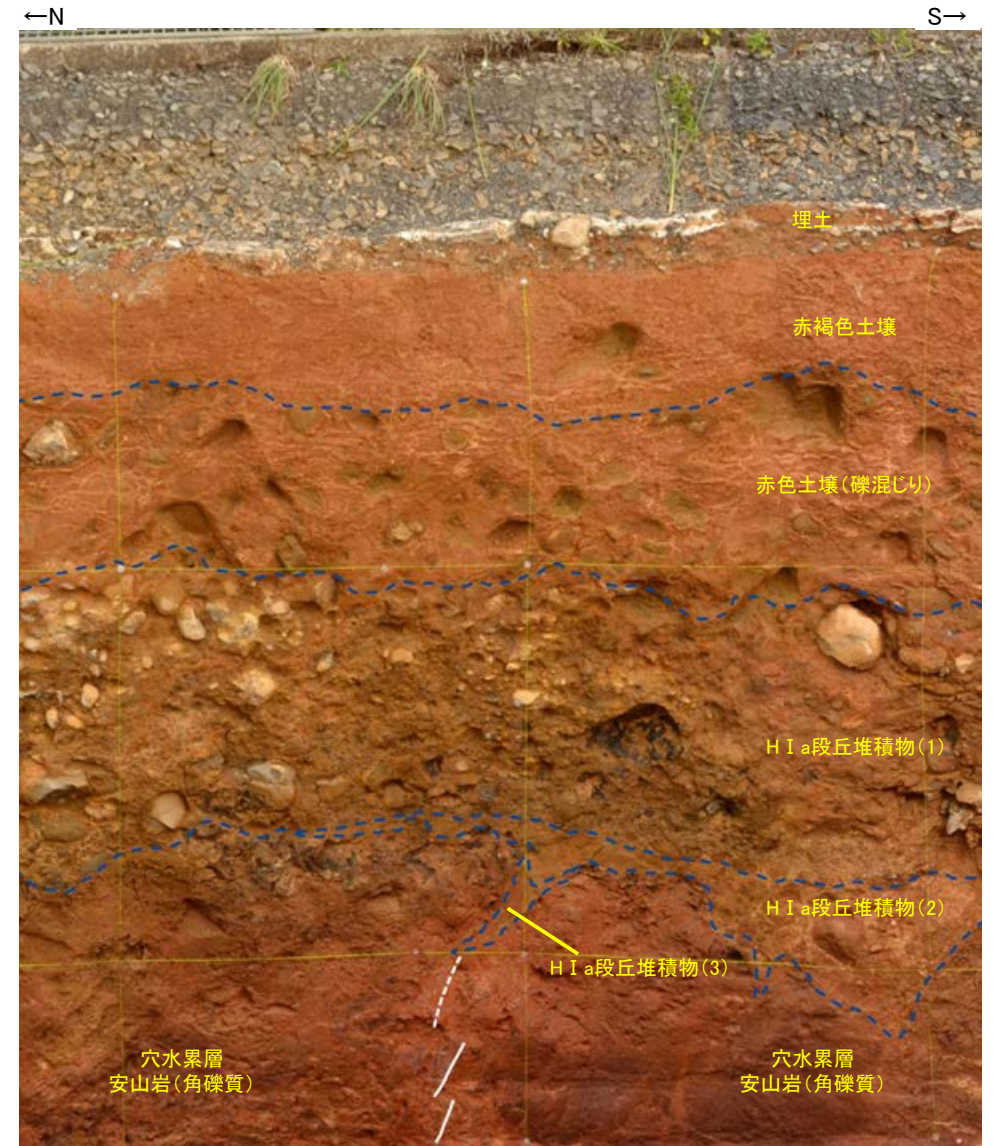


【東壁面拡大写真】



東壁面拡大写真



東壁面拡大写真(S-1等を加筆)

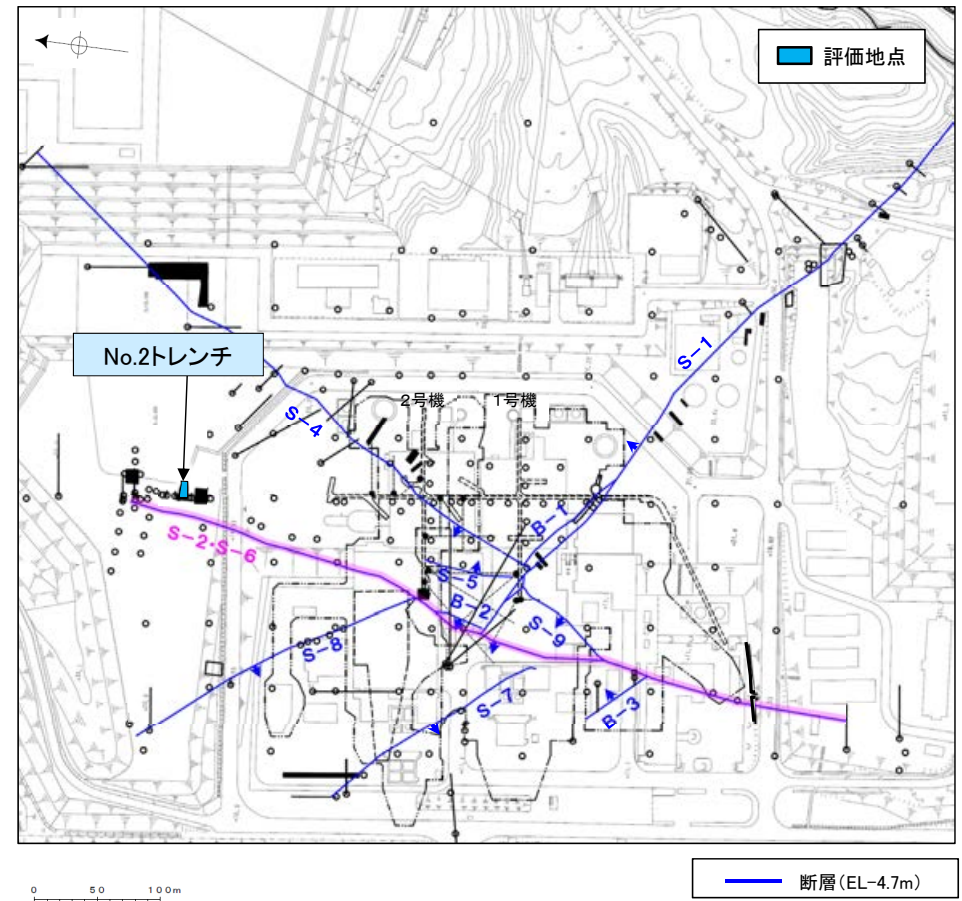
5.3.3 S-2·S-6

5.3.3 S-2・S-6の上載地層法による評価

■上載地層法による評価

- 中位段丘 I 面に位置するNo.2トレンチにおいて、S-2・S-6を確認した。
- No.2トレンチには、約12～13万年前に堆積した地層であるM I 段丘堆積物が分布する。
- S-2・S-6が分布する基盤岩の直上に、約12～13万年前に堆積した地層が確認できることから、No.2トレンチにおいて、S-2・S-6の上載地層法による評価を行った。

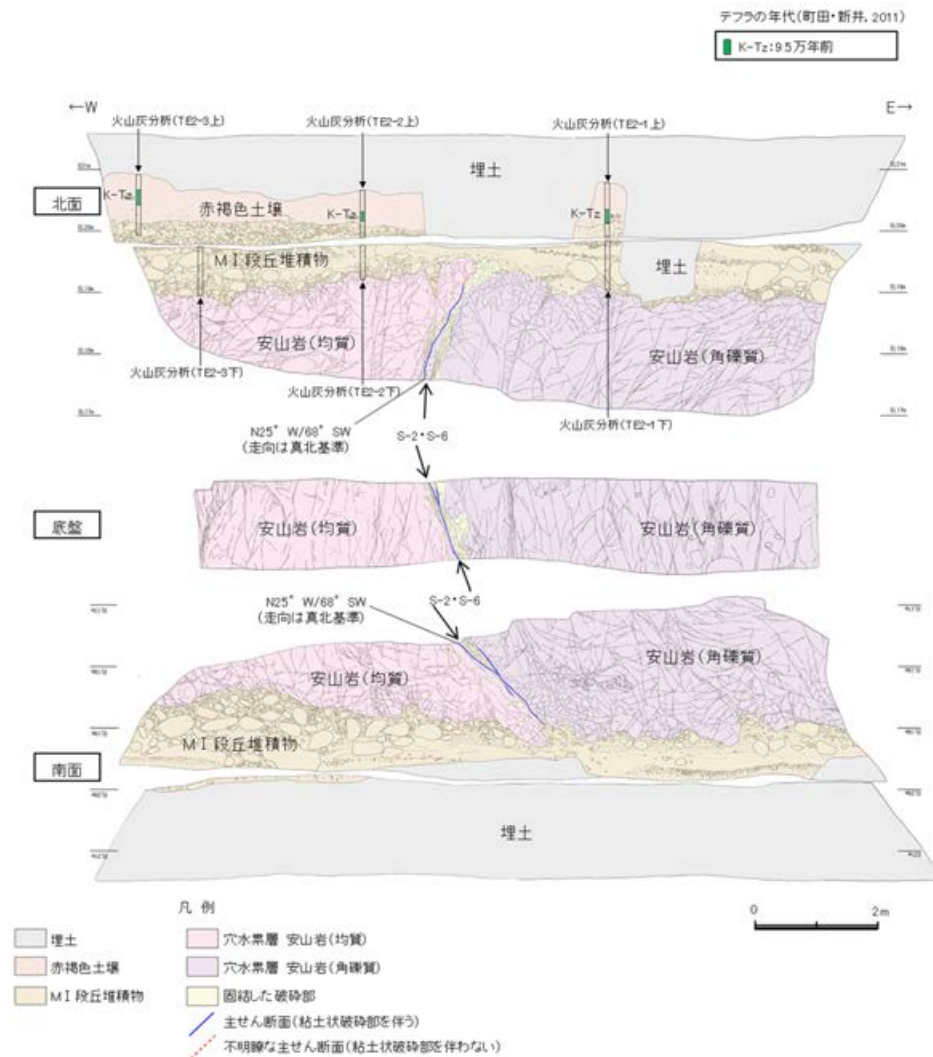
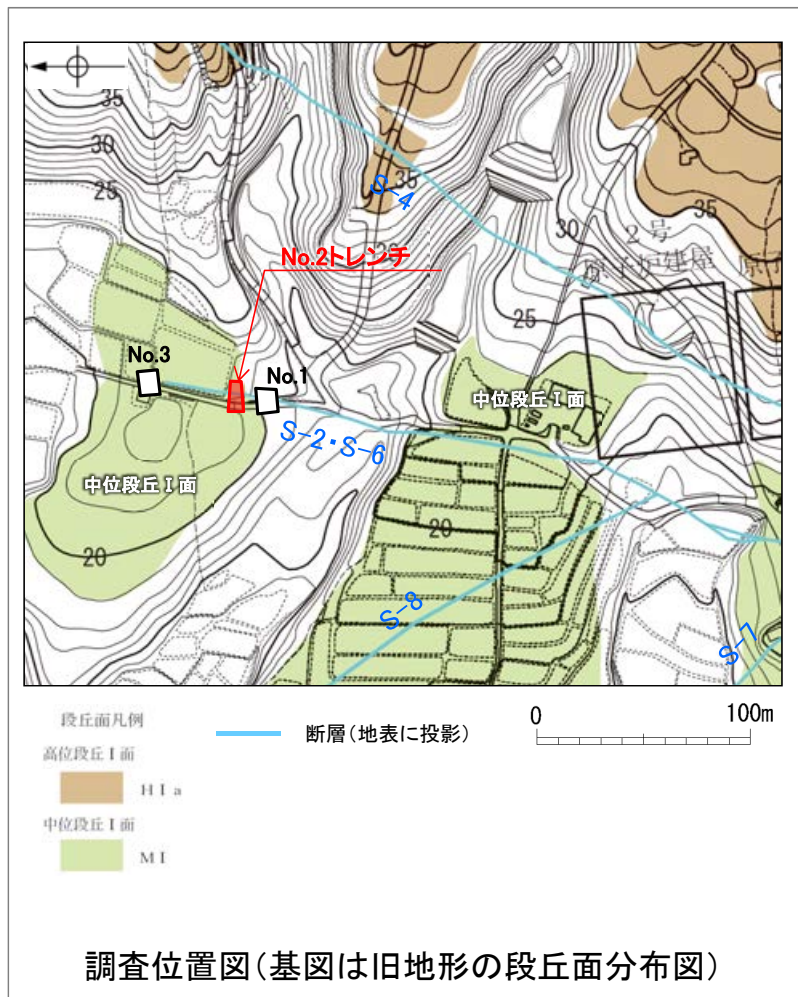
評価地点	記載頁
No.2トレンチ	P.338～341



位置図

5.3.3 S-2・S-6 No.2トレンチ ー概要ー

- S-2・S-6の活動性評価を行うため、中位段丘I面を判読した位置において、トレンチ調査(No.2トレンチ)を実施した。
- No.2トレンチにおいて、幅5~40cmの固結した破碎部及び幅フィルム状~2mmの粘土状破碎部からなるS-2・S-6を確認。
- 基盤の安山岩(均質)及び安山岩(角礫質)の上位には、下位からM I 段丘堆積物、赤褐色土壌が分布する。
- S-2・S-6は基盤直上のM I 段丘堆積物(約12~13万年前に堆積した地層)に変位・変形を与えていない。



5.3.3 S-2・S-6 No.2トレンチ -S-2・S-6と上載地層との関係-

○上載地層との関係を詳細に観察した結果、S-2・S-6は基盤直上のM I 段丘堆積物に変位・変形を与えていない(次頁, 次々頁)。

赤褐色土壌

- ・色調5YR4/8及び7.5YR5/6, ごく一部でトラ斑が認められる。
- ・シルト質粘土からなる。よく締まっており, 中程度の垂角塊状土壌構造が認められる。

M I 段丘堆積物

- ・砂礫層からなり, 色調は7.5YR5/8~10YR5/8で, 基質はシルト質中~粗粒砂であり, 径5~20cmの安山岩垂円~垂角礫を25~50%含む。また, 最大80cmの礫がわずかに混じる。上部20~40cm間では, 比較的小さな径(2~8cm程度)の礫を40~60%含む。径5cm以下の礫はクサリ礫化が進む。
- ・よく締まっており, 強い指圧でわずかに跡が残る。一部で白色細粒物(ギブサイト)が認められる。
- ・径数mm~10cm以下の礫等からなる層理が複数認められる。

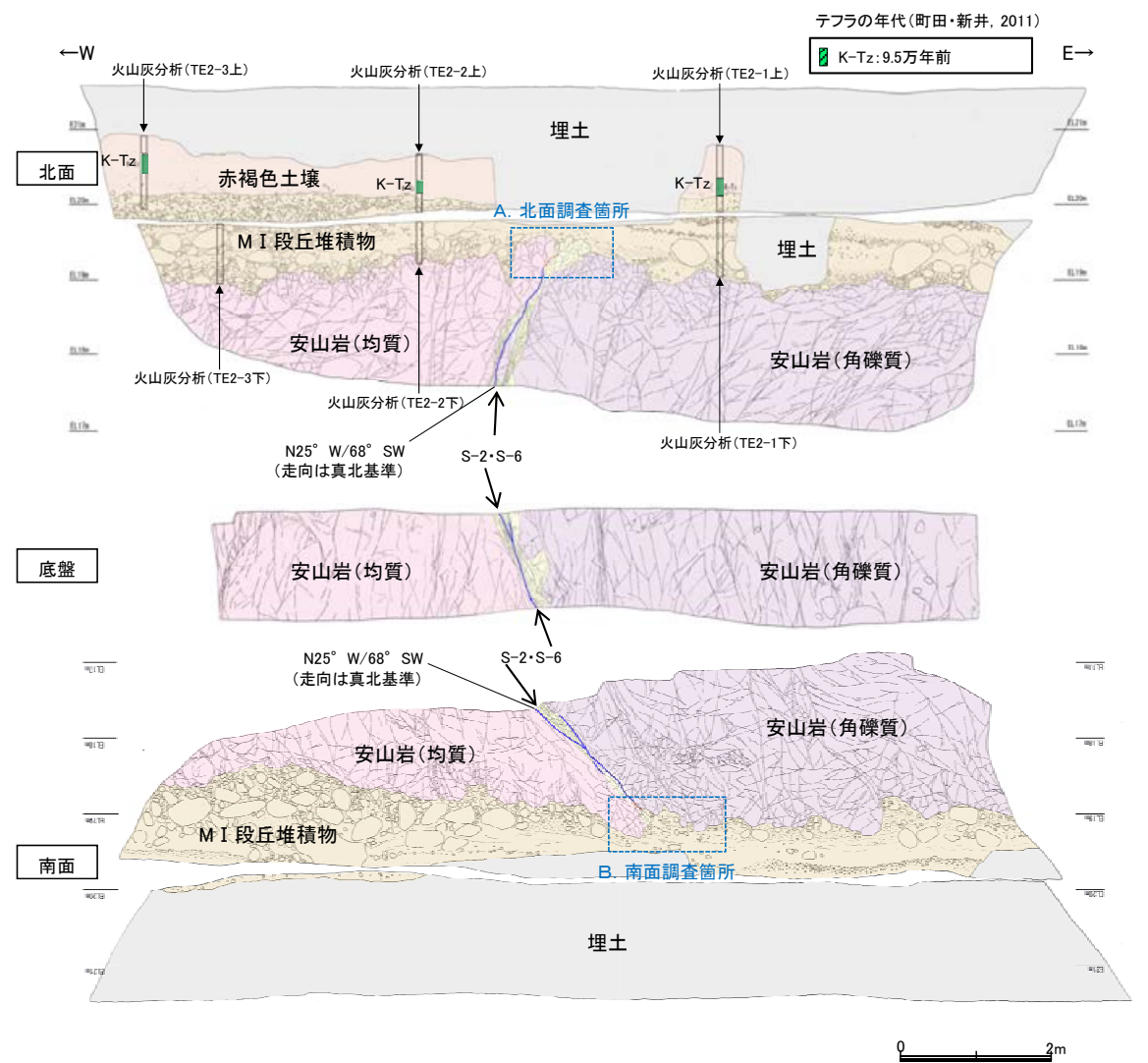
S-2・S-6

- ・西側の安山岩(均質)と東側の安山岩(角礫質)の境界に位置する。
- ・走向・傾斜N25° W/68° SW(走向は真北基準)で, 幅5~40cmの固結した破砕部及び幅フィルム状~2mmの明褐色~明褐色を呈する粘土状破砕部からなる。
- ・S-2・S-6は基盤直上のM I 段丘堆積物に変位・変形を与えていない。

【火山灰分析結果】

- ・赤褐色土壌中から, K-Tz(9.5万年前)が認められる。

- 凡例
- 埋土
 - 赤褐色土壌
 - M I 段丘堆積物
 - 穴水累層 安山岩(均質)
 - 穴水累層 安山岩(角礫質)
 - 固結した破砕部
 - 主せん断面(粘土状破砕部を伴う)
 - 不明瞭な主せん断面(粘土状破砕部を伴わない)



No.2トレンチスケッチ(展開図)

【北面拡大写真】



A.北面調査箇所

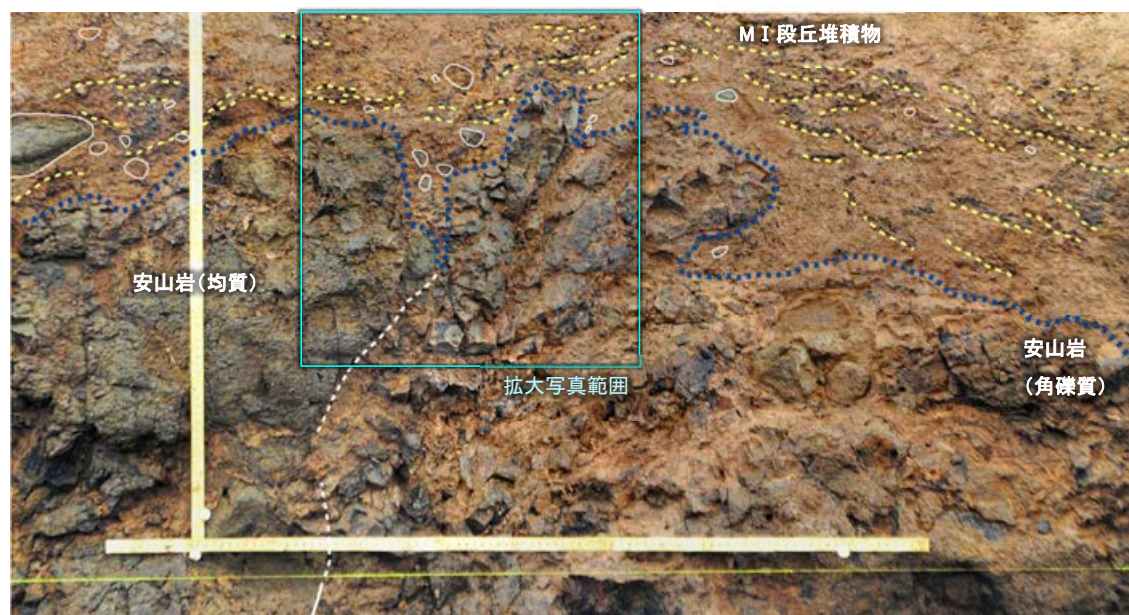


S-2·S-6

0 10cm

S-2·S-6上部付近拡大写真

- 礫
- 堆積構造
- 岩盤上面
- 主せん断面
- 不明瞭な主せん断面



S-2·S-6

A.北面調査箇所(礫, 構造等を加筆)

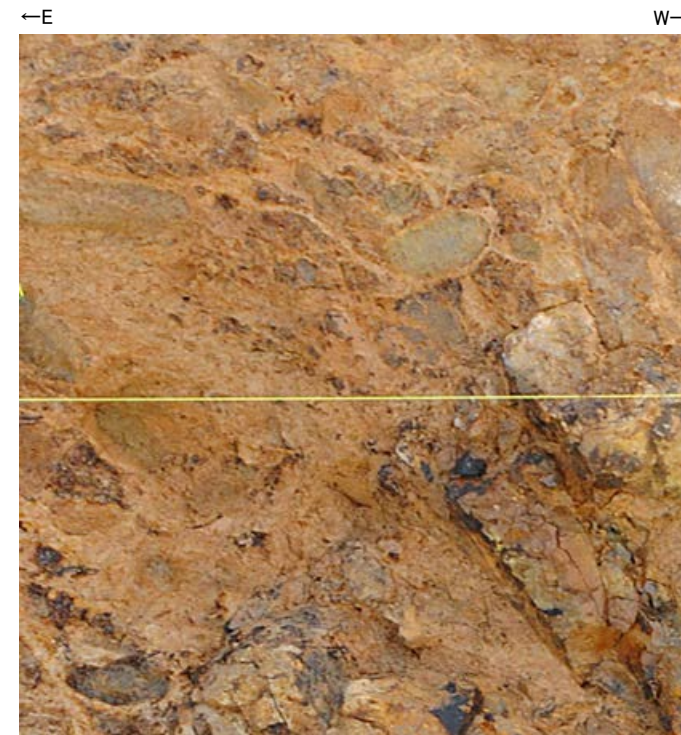
0 20cm

- ・S-2・S-6付近の岩盤上面(図中青点線)の凹部には、MI段丘堆積物が入り込むように堆積している。
- ・凹部を挟んで両側のMI段丘堆積物の基底は、ほぼ同じ高さである。
- ・S-2・S-6直上のMI段丘堆積物中には、せん断面は認められない。
- ・S-2・S-6上方のMI段丘堆積物中には、堆積構造(図中黄点線)が認められ、この堆積構造に乱れは認められない。

【南面拡大写真】



B. 南面調査箇所

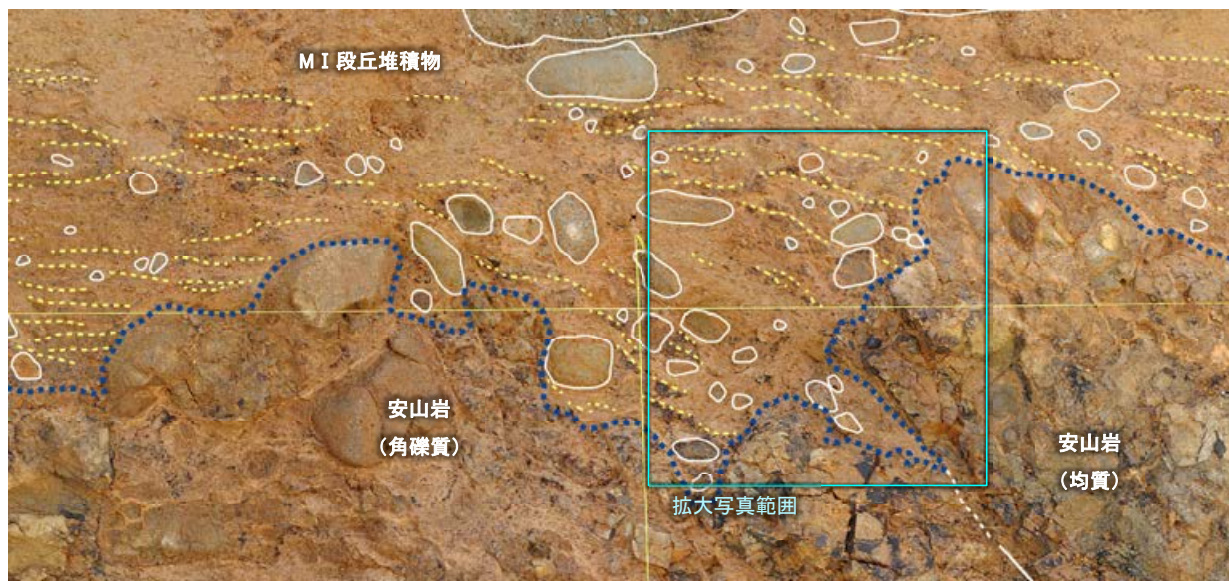


S-2·S-6

0 10cm

S-2·S-6上部付近拡大写真

- 礫
- 堆積構造
- 岩盤上面
- 主せん断面
- 不明瞭な主せん断面



S-2·S-6

- ・ S-2・S-6付近の岩盤上面(図中青点線)の凹部には、M I 段丘堆積物が入り込むように堆積している。
- ・ 凹部を挟んで両側のM I 段丘堆積物の基底は、ほぼ同じ高さである。
- ・ S-2・S-6直上のM I 段丘堆積物中には、せん断面は認められない。
- ・ S-2・S-6上方のM I 段丘堆積物中の凹部には、西側の岩盤面に対してアバットする堆積構造(図中黄点線)が認められ、この堆積構造に乱れは認められない。

B. 南面調査箇所(礫, 構造等を加筆)

5.3.4 S-4

5.3.4 S-4の上載地層法による評価

■上載地層法による評価

- 高位段丘 I a面に位置する35m盤トレンチにおいて、S-4を確認した。
- 35m盤トレンチには、約12～13万年前以前に堆積した地層であるH I a段丘堆積物が分布する。
- S-4が分布する基盤岩の直上に、約12～13万年前以前に堆積した地層が確認できることから、35m盤トレンチにおいて、S-4の上載地層法による評価を行った。

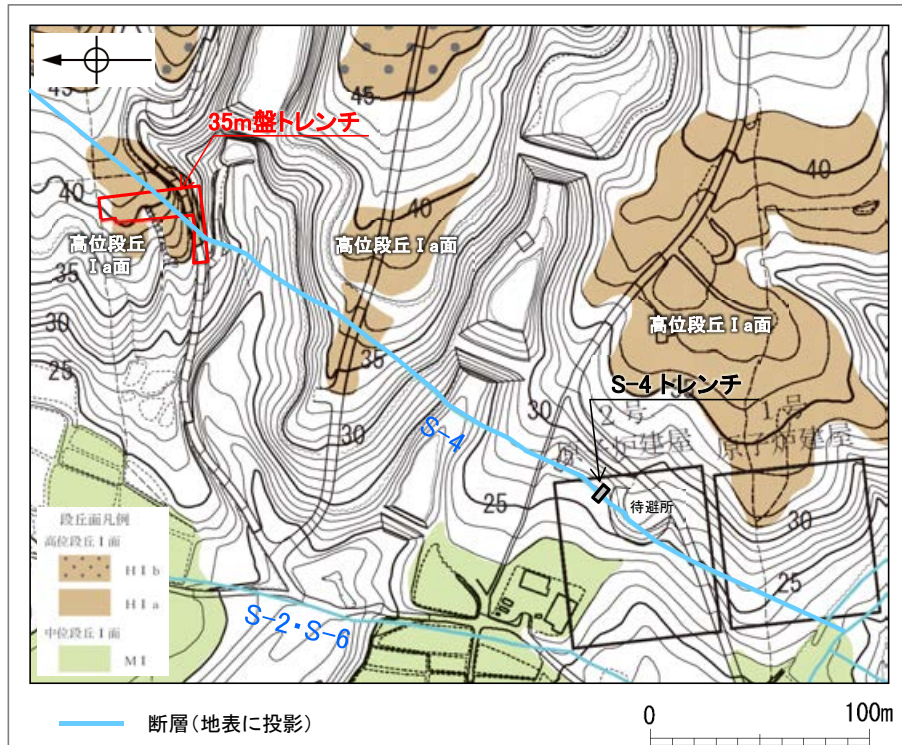
評価地点	記載頁
35m盤トレンチ	P.344～357



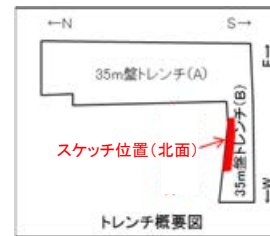
位置図

5.3.4 S-4 35m盤トレンチ ー概要ー

- S-4の活動性評価を行うため、高位段丘 I a面を判読した位置において、トレンチ調査(35m盤トレンチ)を実施した。
- 35m盤トレンチにおいて、幅2~20cmの固結した破碎部及び幅フィルム状~3cmの粘土状破碎部からなるS-4を確認。
- 基盤の安山岩(角礫質)の上位には、下位からH I a段丘堆積物、赤色土壌、赤褐色土壌が分布する。
- S-4は基盤直上のH I a段丘堆積物(約12~13万年前以前に堆積した地層)に変位・変形を与えていない。

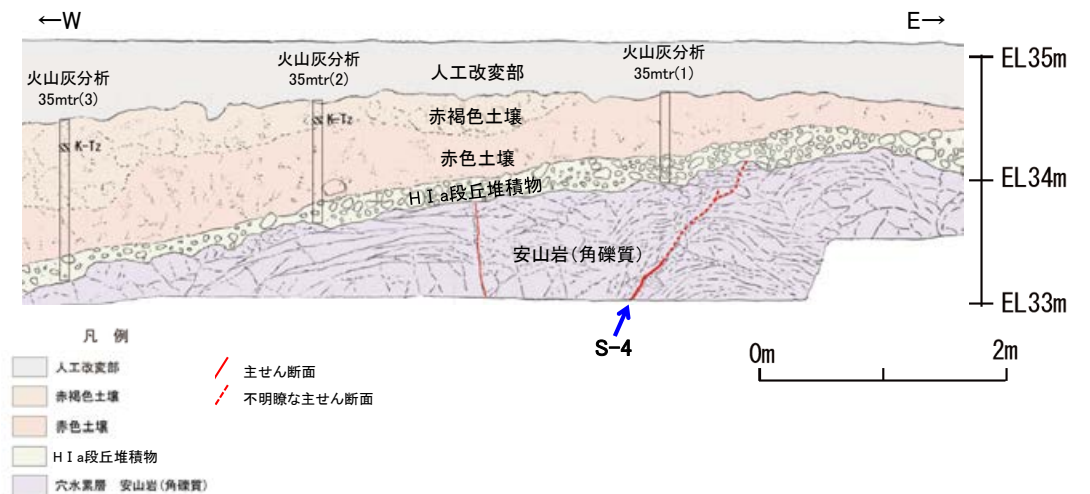


調査位置図(基図は旧地形の段丘面分布図)



テフラの年代(町田・新井, 2011)

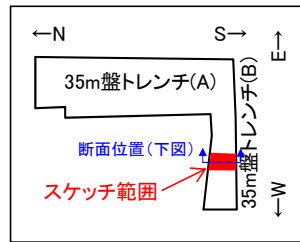
K-Tz: 9.5万年前



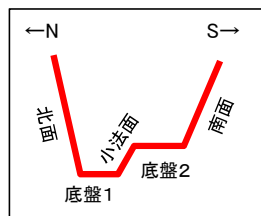
35m盤トレンチ 北面スケッチ

5.3.4 S-4 35m盤トレンチ —S-4と上載地層との関係—

○上載地層との関係を詳細に観察した結果, S-4は基盤直上のH I a段丘堆積物に変位・変形を与えていない(次頁, 次々頁)。

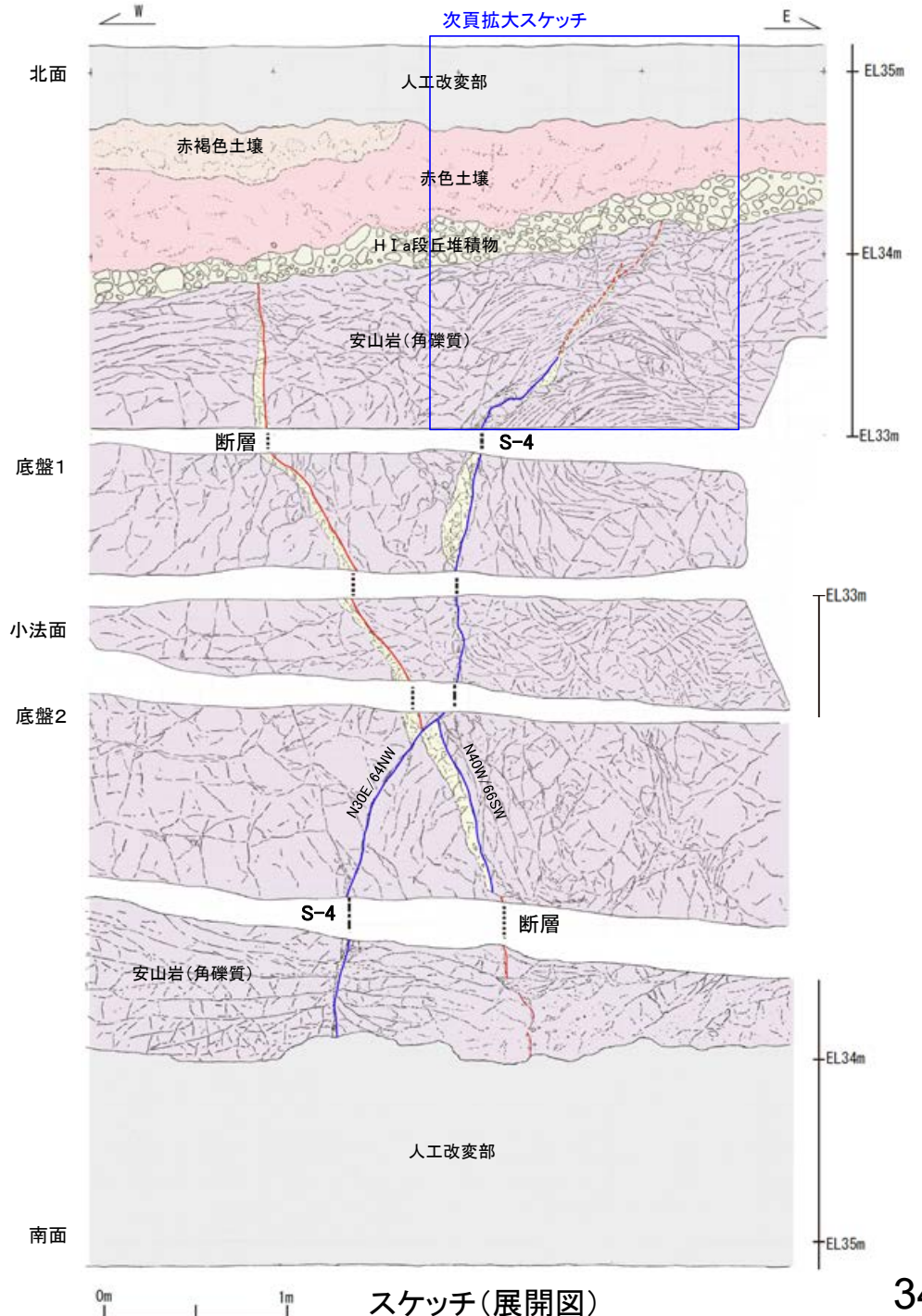


トレンチ概要図



模式断面図

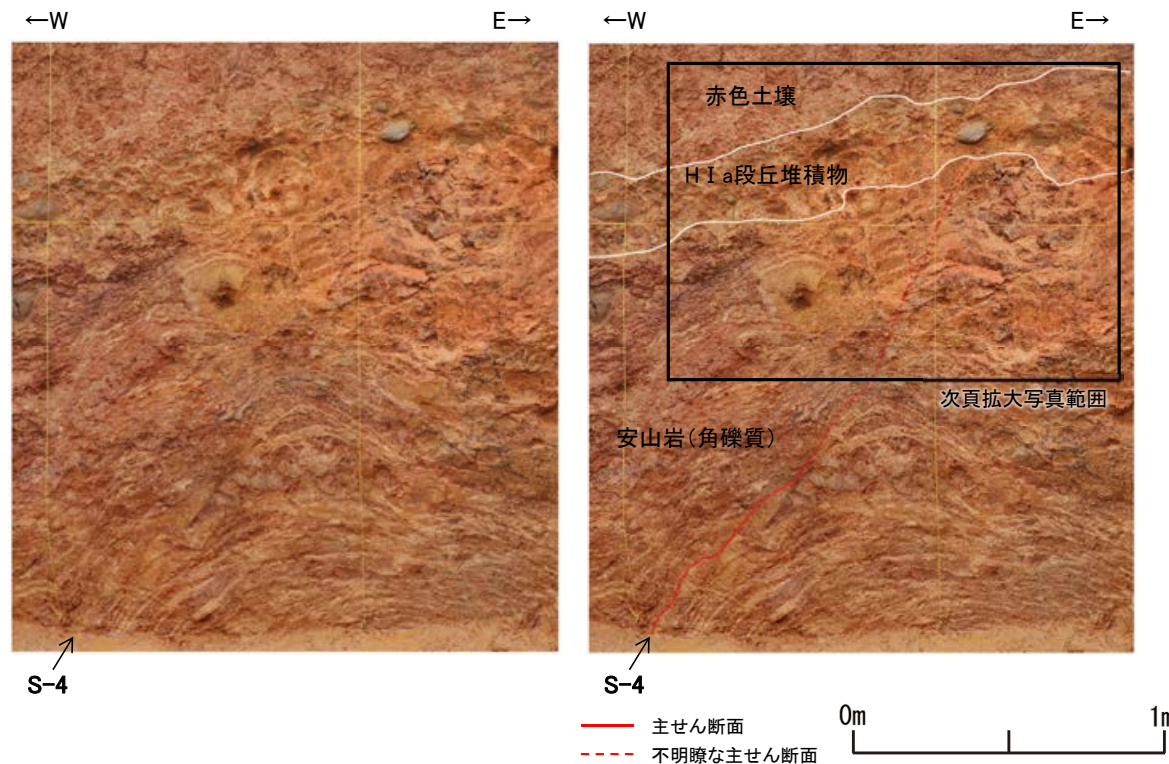
- 人工改変部
- 赤褐色土壌
- 赤色土壌
- H I a段丘堆積物
- 穴水累層 安山岩(角礫質)
- 固結した破砕部
- 主せん断面(粘土状破砕部を伴う)
- 主せん断面(粘土状破砕部を伴わない)
- 破線は主せん断面が不明瞭な箇所



・本トレンチには, S-4の他にS-4に斜交する断層が認められる。S-4に斜交する断層は, 底盤にてS-4に切られており, さらに基盤直上のH I a段丘堆積物にも変位・変形を与えていない(P.355~357)。

【写真・拡大スケッチ(北面)】

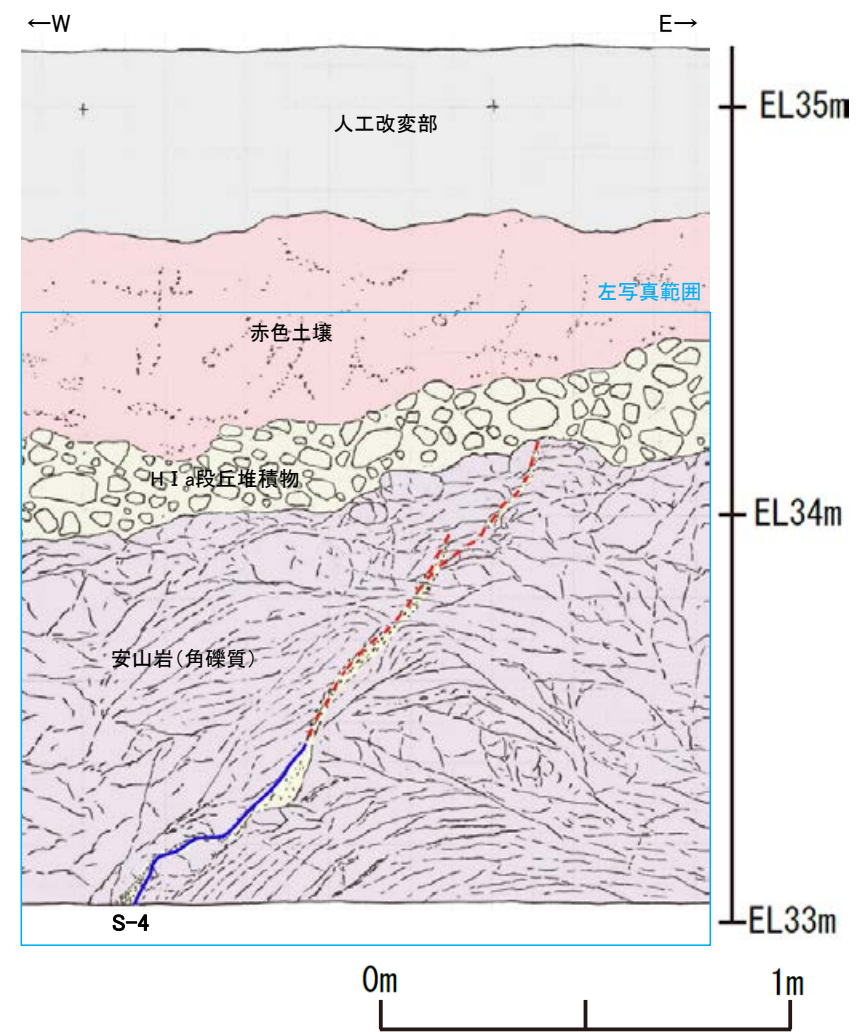
【S-4】
S-4は、走向・傾斜N30° E/64° NW(走向は真北基準)で、幅2~10cmの固結した破砕部及び幅フィルム状~3cmの灰褐色~明褐色を呈する粘土状破砕部からなる。
北面においてタマネギ状風化に伴う割れ目が形成され、断層トレースが不明瞭となっている。S-4は、法面の上部において2条に分岐し、西側の破砕部は岩盤中で消失する。東側の破砕部は岩盤の上面まで追跡でき、岩盤を覆うH I a段丘堆積物に変位・変形を与えていない。



35m盤トレンチ(B)北面 写真

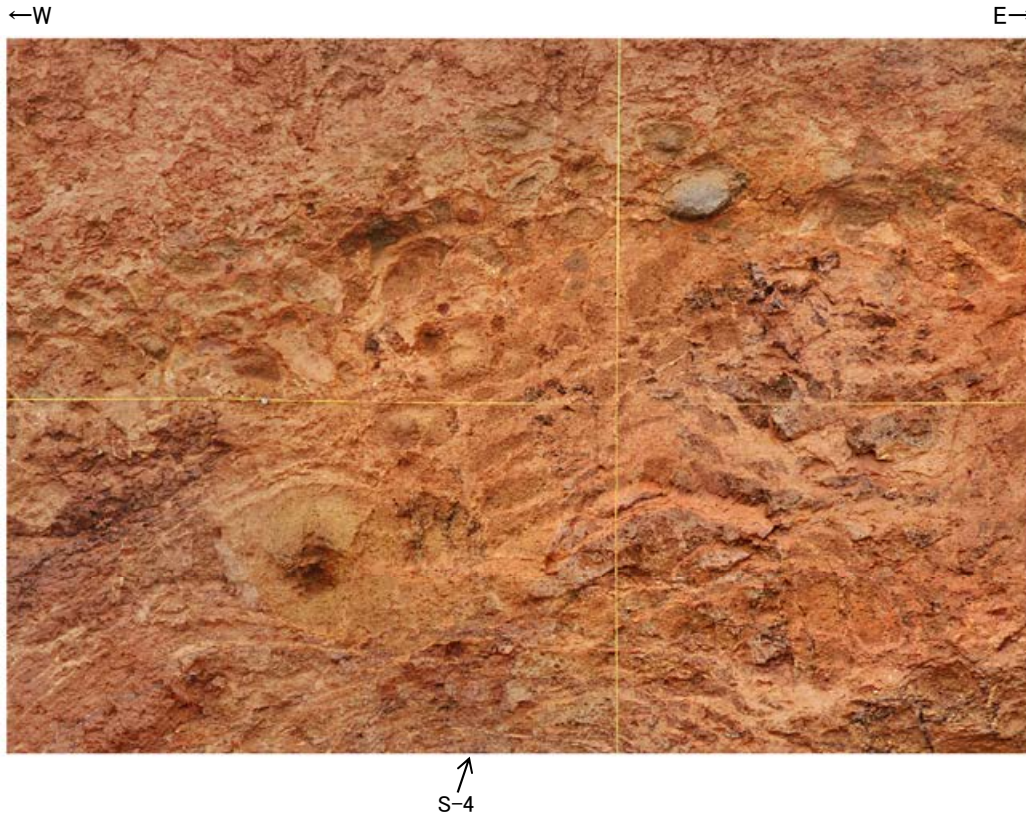
(地質境界等を加筆)

- 人工改変部
- 赤褐色土壌
- 赤色土壌
- H I a段丘堆積物
- 穴水累層 安山岩(角礫質)
- 固結した破砕部
- 主せん断面(粘土状破砕部を伴う)
- 不明瞭な主せん断面(粘土状破砕部を伴わない)

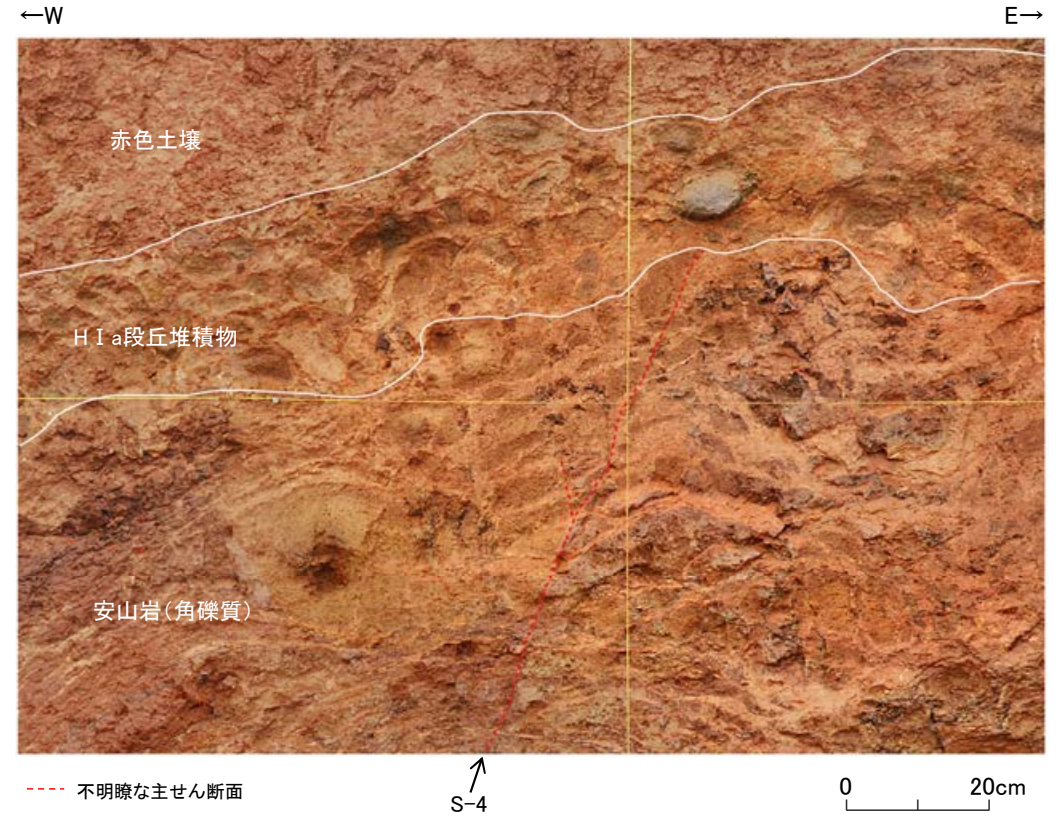


35m盤トレンチ(B)北面 拡大スケッチ

【拡大写真(北面)】

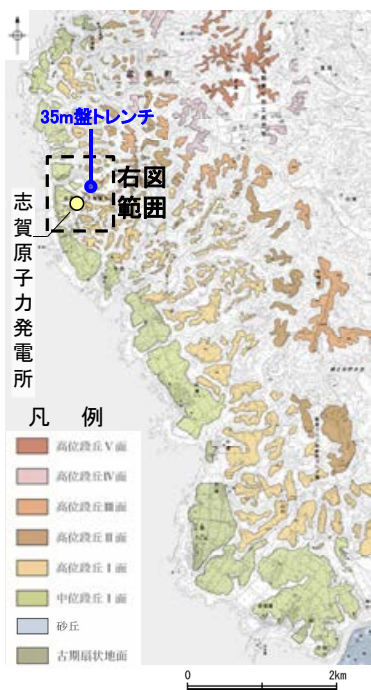


岩盤上面付近 拡大写真

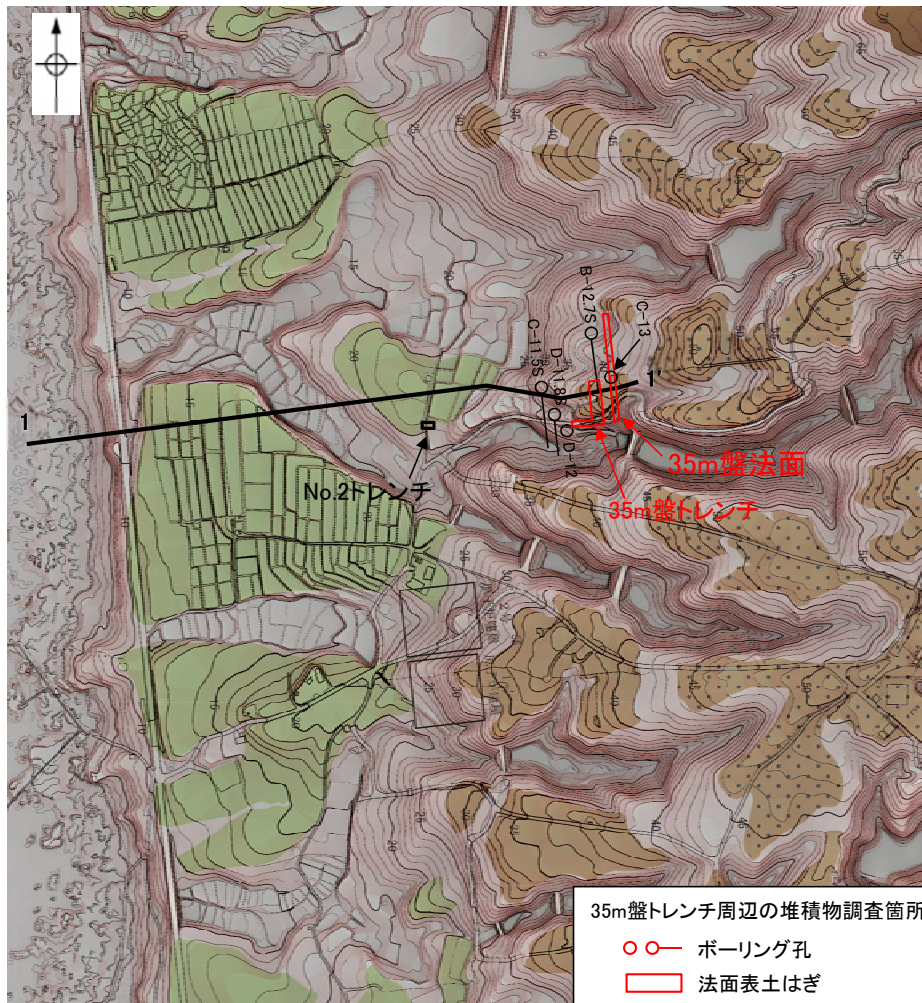


岩盤上面付近 拡大写真(S-4等を加筆)

- 35m盤トレンチは、高位段丘 I a面の縁辺付近に位置することから、当該箇所において比較的植生の少ない空中写真を用いて詳細に地形判読を行った(次頁, 次々頁)。
- 35m盤トレンチに分布する堆積物が、約12~13万年前より古い高海面期に堆積した海成段丘堆積物(H I a段丘堆積物)であると評価したことについて、その評価の妥当性を確認するため、35m盤トレンチの位置する高位段丘 I a面周辺のボーリングコア及び35m盤法面において、堆積物の分布状況等について確認を行った(P.351~354)。

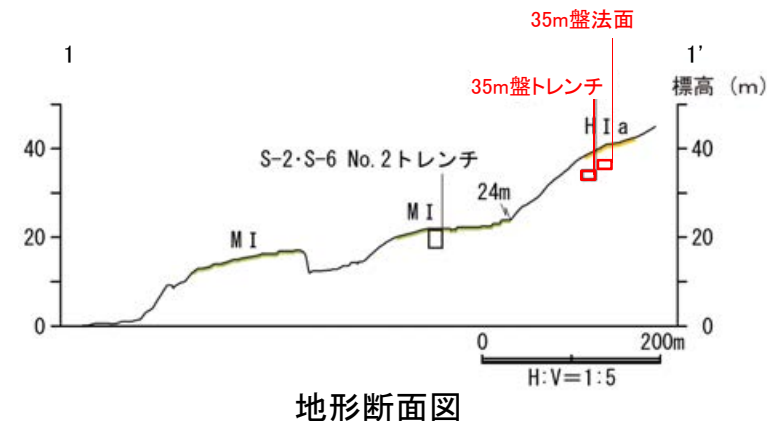


位置図

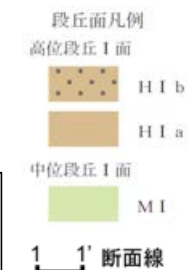


調査位置図

(1985年撮影, 縮尺8,000分の1の空中写真を用いて作成した旧地形図)



地形断面図



- 35m盤トレンチの周辺地形について、当該箇所において比較的植生が少ない1975年撮影（縮尺10,000分の1）の写真を用いて、空中写真判読を行った。
- 地形判読の結果、35m盤トレンチの周辺には、平坦面が広がりをもって分布していることから、この平坦面に分布する堆積物について、調査範囲を広げて確認を行うこととした。

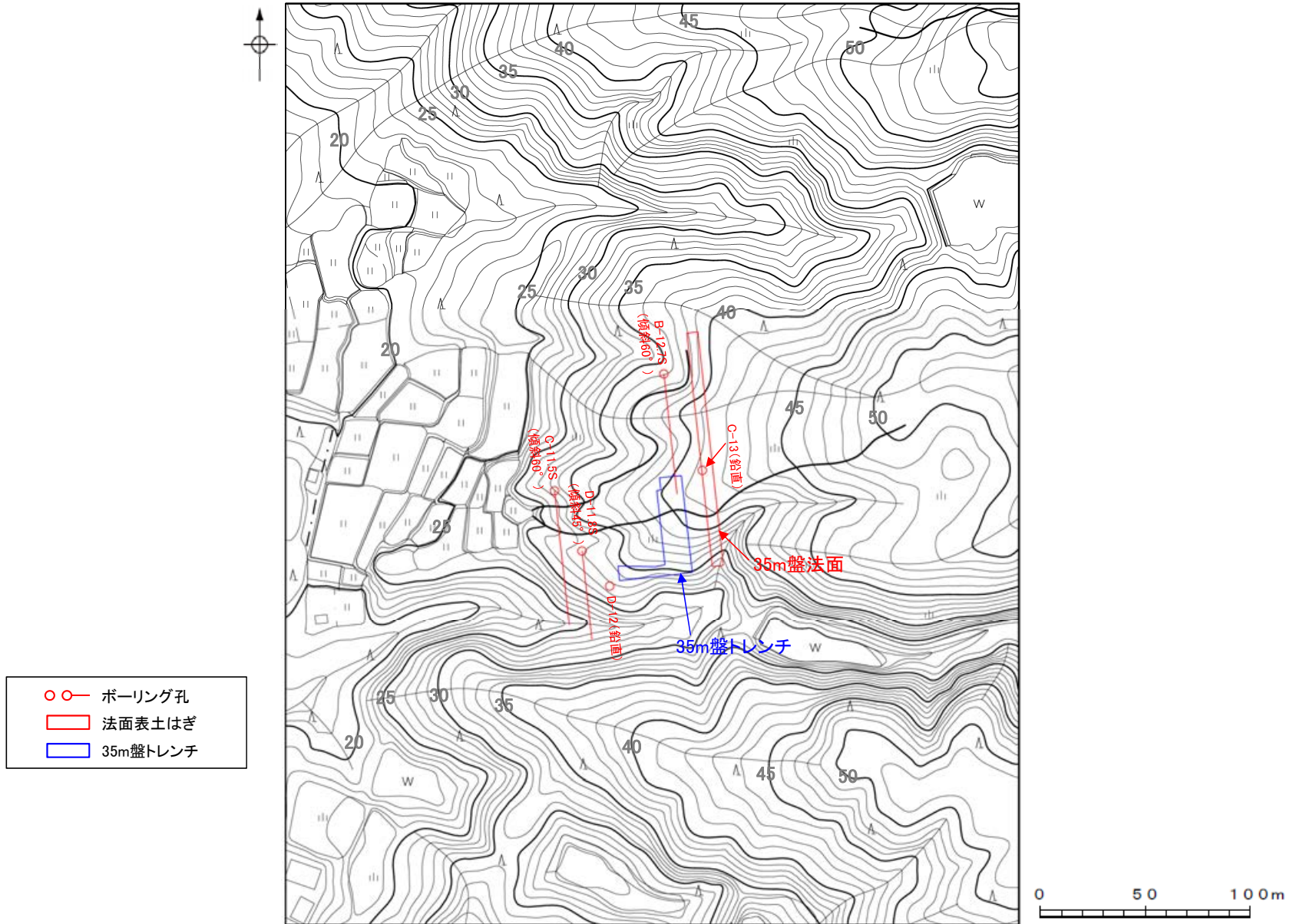


国土地理院撮影の空中写真

整理番号	CCB-75-18
コース番号	C36
写真番号	1, 2
撮影年月日	1975年9月1日
撮影縮尺	1/10,000

（実体視できるように2枚の写真を横に並べた）

国土地理院撮影の空中写真（1975年撮影，縮尺10,000分の1）
35m盤トレンチ及び35m盤法面位置を加筆



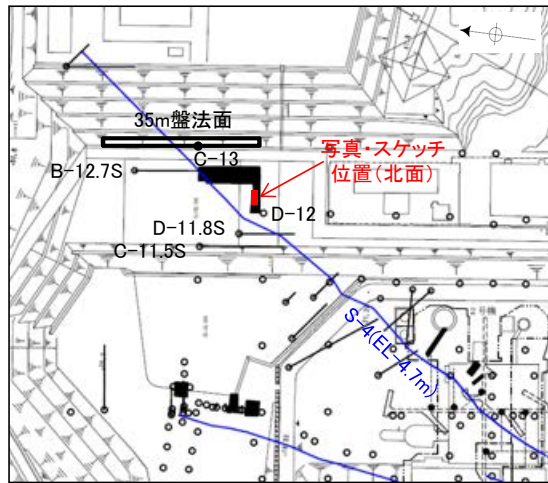
地形図(1975年撮影, 縮尺10,000分の1の空中写真より作成)
ボーリング・トレンチ等の位置を加筆

5.3.4 S-4 35m盤トレンチ (補足1-2)35m盤トレンチ周辺の堆積物の分布状況

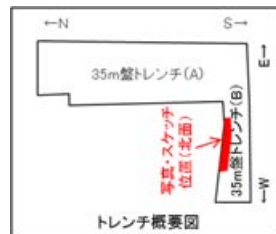
コメントNo.90の回答

- 35m盤トレンチに分布するH I a段丘堆積物は、他の地点に比べて厚さが薄く、西側に傾斜して分布している(下写真・スケッチ)。
- この堆積物の分布の広がりを確認するために周辺のボーリングコア(B-12.7S孔, C-11.5S孔, D-11.8S孔, D-12孔)を確認したところ、当該エリアは35m盤に整地されたことにより人工改変を受けており、堆積物は取り除かれていた(次頁)。
- しかしながら、C-13孔には堆積物(シルト)が認められたことから、人工改変の影響を受けておらず堆積物が残存する可能性のある、35m盤法面の表土はぎ調査を行い、堆積物の分布状況の確認を行った(次々頁)。

【35m盤トレンチ】



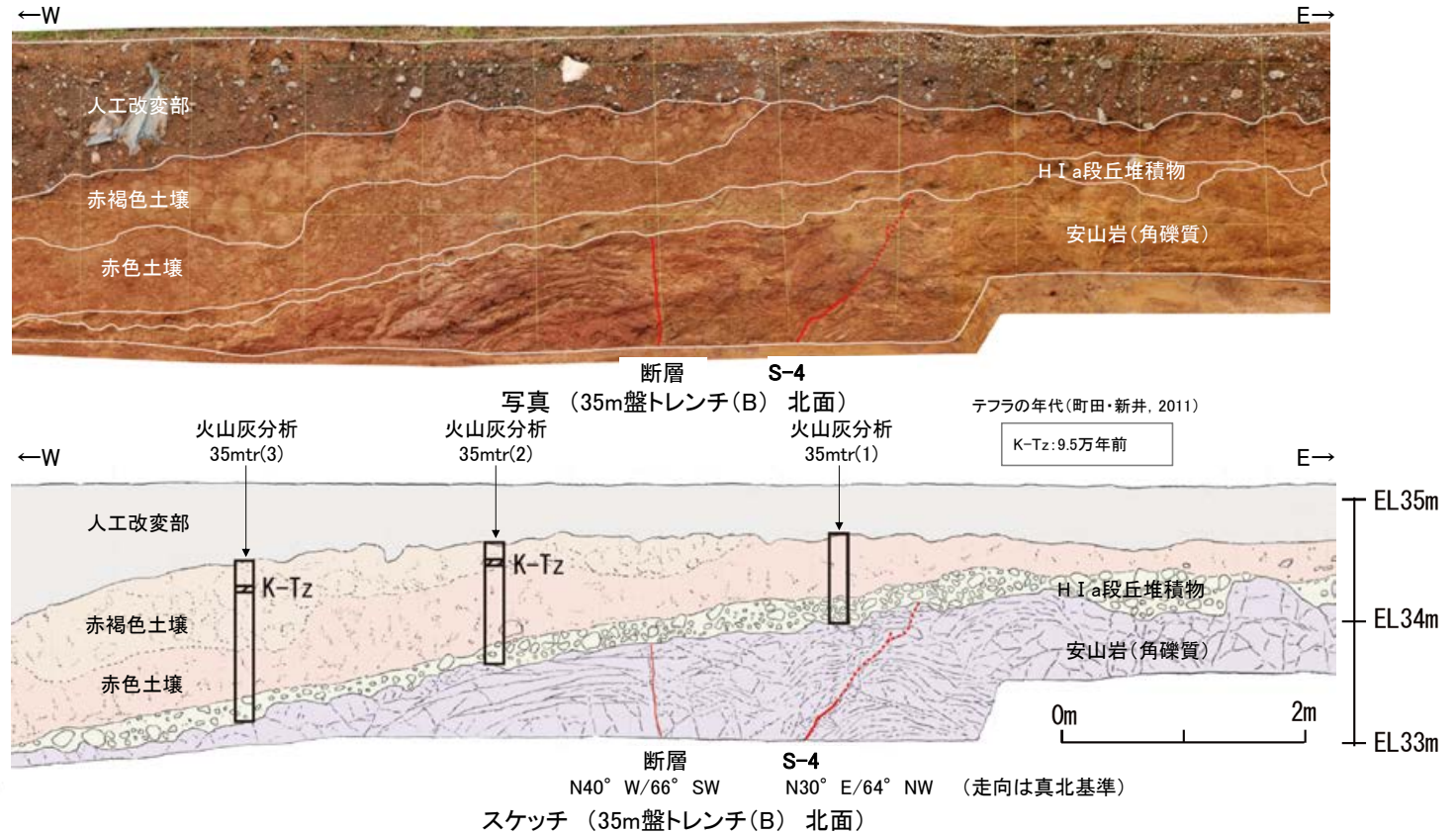
位置図



トレンチ概要図

凡例

- 人工改変部
- 赤褐色土壌
- 赤色土壌
- H I a段丘堆積物
- 穴水層 安山岩(角礫質)
- 主せん断面
- 不明瞭な主せん断面



赤褐色土壌

- ・色調5YR4/6~7.5YR5/8, 弱いトラ斑を伴う。
- ・中程度の角塊~亜角塊状土壌構造が認められる。

赤色土壌

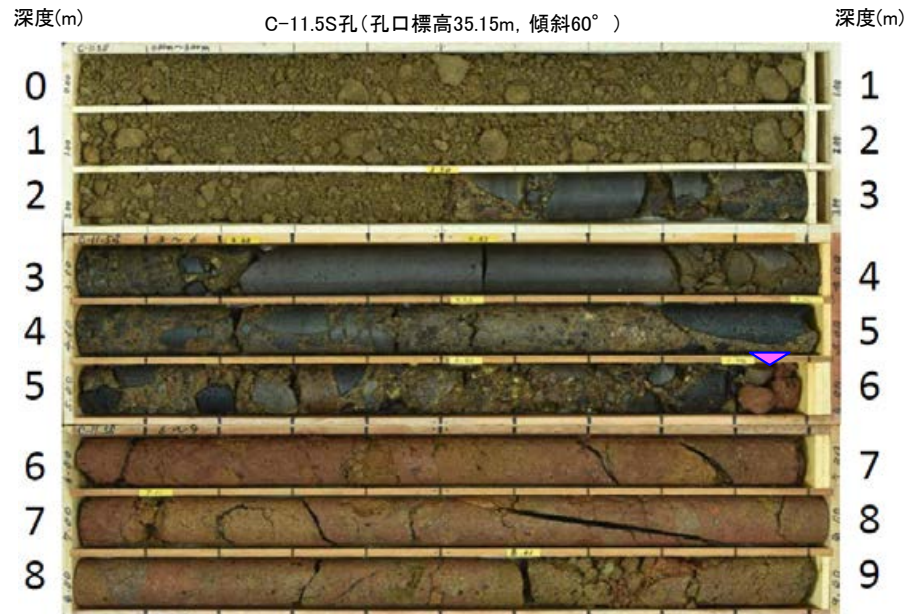
- ・色調5YR4/6~7.5YR5/8, トラ斑を伴う。
 - ・中程度の角塊状土壌構造が認められる。
- (トラ斑を伴う赤色土壌は、松井・加藤(1965), 成瀬(1974), 阿部ほか(1985), Nagatsuka, S. and Maejima, Y. (2001), 赤木ほか(2003)等によれば、下末吉期の温暖な気候下で形成されたと考えられ、いずれも高位段丘を識別する重要な特徴とされている。)

H I a段丘堆積物

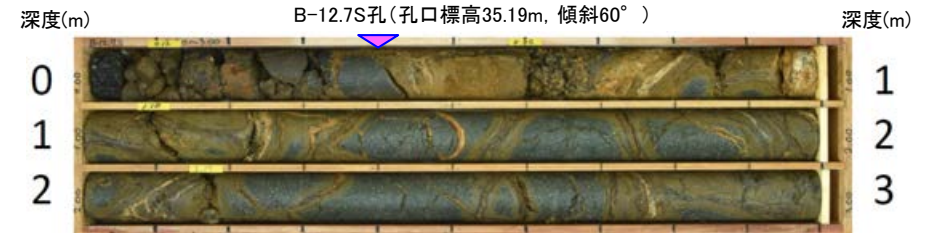
- ・砂礫層からなる。基質はシルト質細粒砂であり、礫は亜円~亜角礫を主体とし、円礫も混じる。
- ・礫は半クサリ化している。

【35m盤トレンチ周辺のボーリングコア】

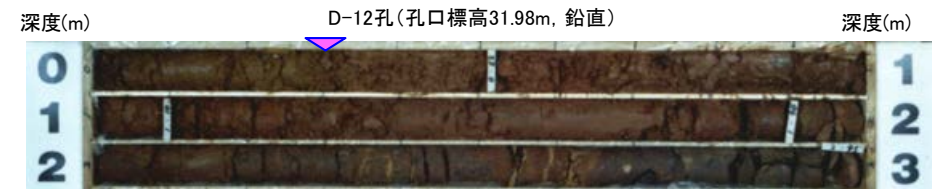
柱状図等のデータは、[データ集1, 2, 3](#)



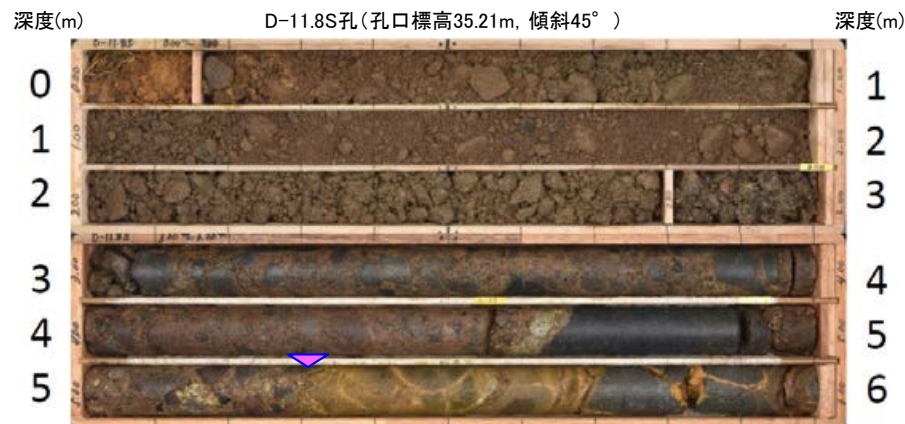
コア写真(C-11.5S孔 深度0~9m)
岩盤(深度5.95m~)の上位には盛土のみ認められる



コア写真(B-12.7S孔 深度0~3m)
岩盤(深度0.40m~)の上位には盛土のみ認められる



コア写真(D-12孔 深度0~3m)
岩盤(深度0.30m~)の上位には表土のみ認められる



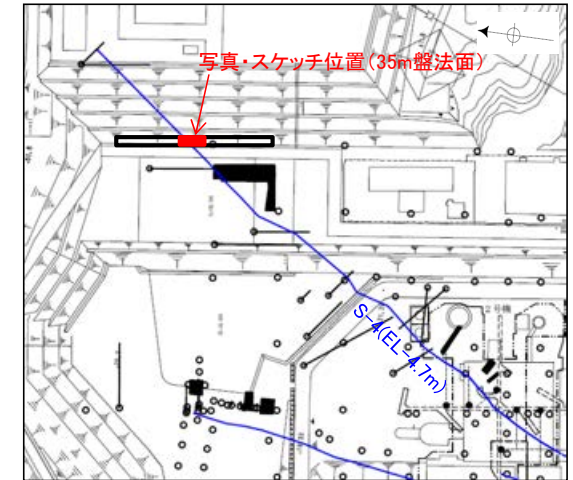
コア写真(D-11.8S孔 深度0~6m)
岩盤(深度5.30m~)の上位には盛土のみ認められる



コア写真(C-13孔 深度0~3m)
岩盤(深度2.40m~)の上位に堆積物(シルト)が認められる

▼ 岩盤上面深度

- 35m盤法面の表土はぎ調査の結果、岩盤の凹地を埋めるように分布する堆積物を確認した。
- この堆積物の礫は、安山岩亜円～亜角礫主体であり、円礫も混じる。礫の形状の定量的な指標に基づく検討(次頁)の結果、海成堆積物であると判断される。
- また、この堆積物の分布標高は、高位段丘 I a面に位置する35m盤トレンチと同程度であることから、この堆積物は35m盤トレンチと同時期に堆積したH I a段丘堆積物であると判断される。



位置図

○35m盤トレンチの周辺において、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)が広がりをもって分布していることが確認できたことから、35m盤トレンチのH I a段丘堆積物を上載地層法による評価に用いることができると判断した。

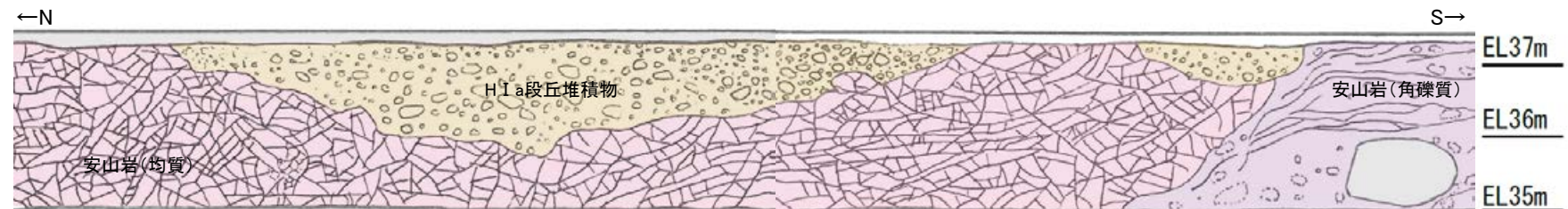
【35m盤法面 堆積物の調査結果】



写真(35m盤法面)

凡例

	人工改変部
	H I a段丘堆積物
	穴水累層 安山岩(均質)
	穴水累層 安山岩(角礫質)



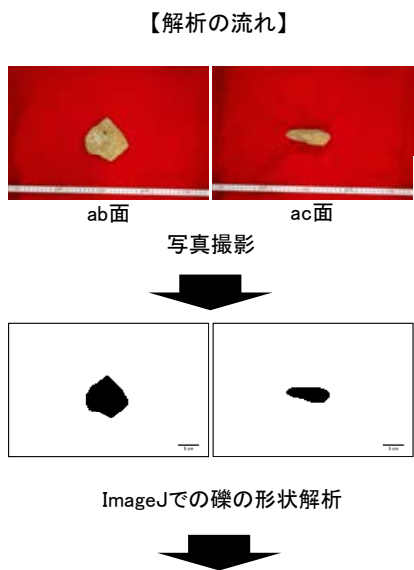
スケッチ(35m盤法面)



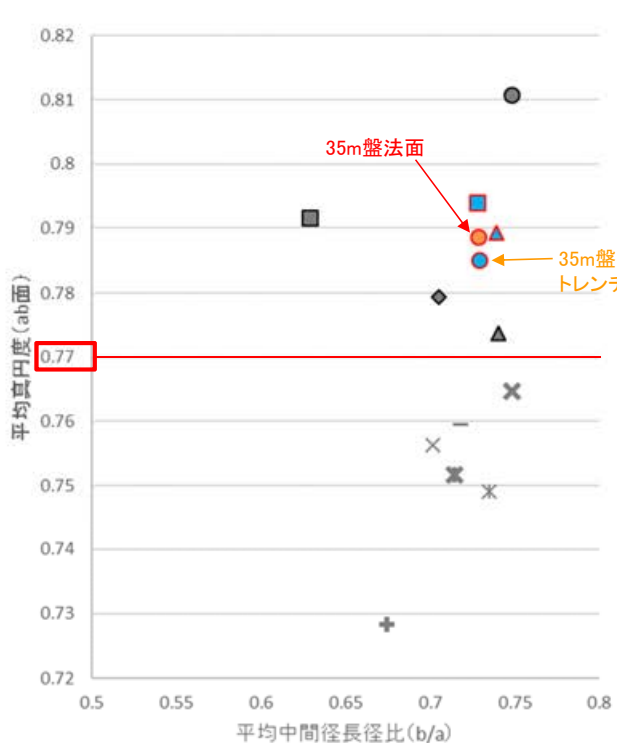
H I a段丘堆積物
 基質は細～中粒砂からなり、にぶい黄褐色～明褐色(10Y5/3～7.5YR5/6)を呈する砂礫層。
 径3～35cmの安山岩礫を40～60%以上含み、礫同士が接した礫支持構造が認められる。
 亜円～亜角礫を主体とし、円礫も混じる。礫は半クサリ礫化している。基質は良く締まっており、指圧であとが残らない。一部は半固結している。

- 35m盤法面の堆積物について、P.314と同じ手法により、礫の真円度と楕円近似の短径長径比を計測した結果、他の地点の海成堆積物と判断した堆積物と同様に平均真円度は0.77以上であり、陸成堆積物と比べて円磨が進んでいる。
- また、近接して位置する35m盤トレンチの堆積物と、真円度、短径長径比ともに同程度の値を示す。
- したがって、35m盤法面及び35m盤トレンチの堆積物は、礫の形状が類似しており、ともに海成堆積物であると判断される。

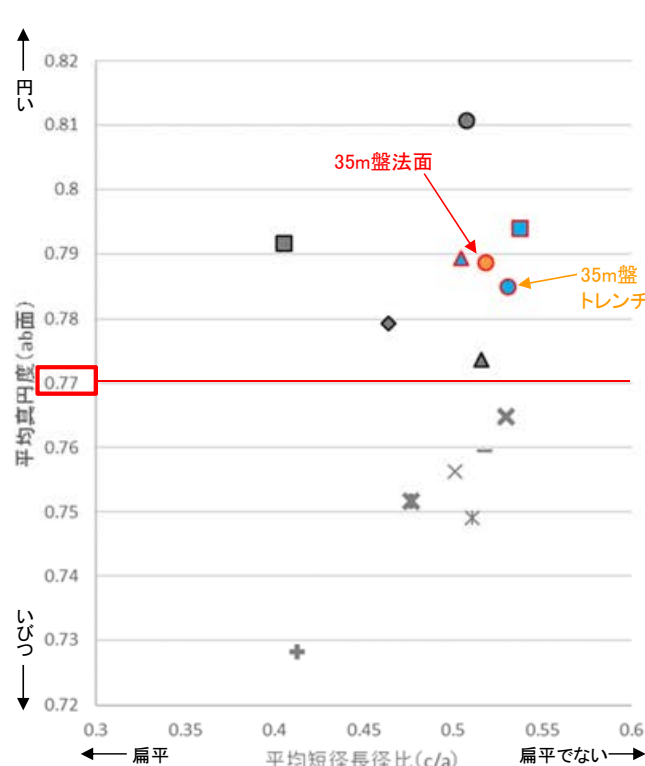
【礫の形状の計測結果】



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、ab面における長径(a)+中間径(b)の値、ac面における長径(a)+短径(c)の値のいずれかが10cm未満の礫については、平均真円度、平均中間径長径比、平均短径長径比の計算に含めない。



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)

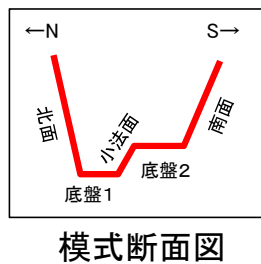
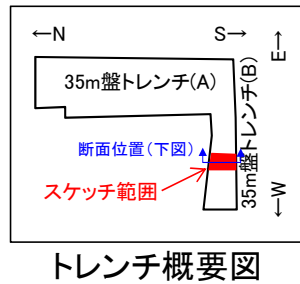


平均真円度(ab面)と平均短径長径比(c/a)の関係図
(三次元的な形状を表す)

- 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Ia面
 - 35m盤トレンチ(10)
 - 駐車場南東方トレンチ(38)
 - 35m盤法面(31)
 - 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)

5.3.4 S-4 35m盤トレンチ (補足2)S-4に斜交する断層について

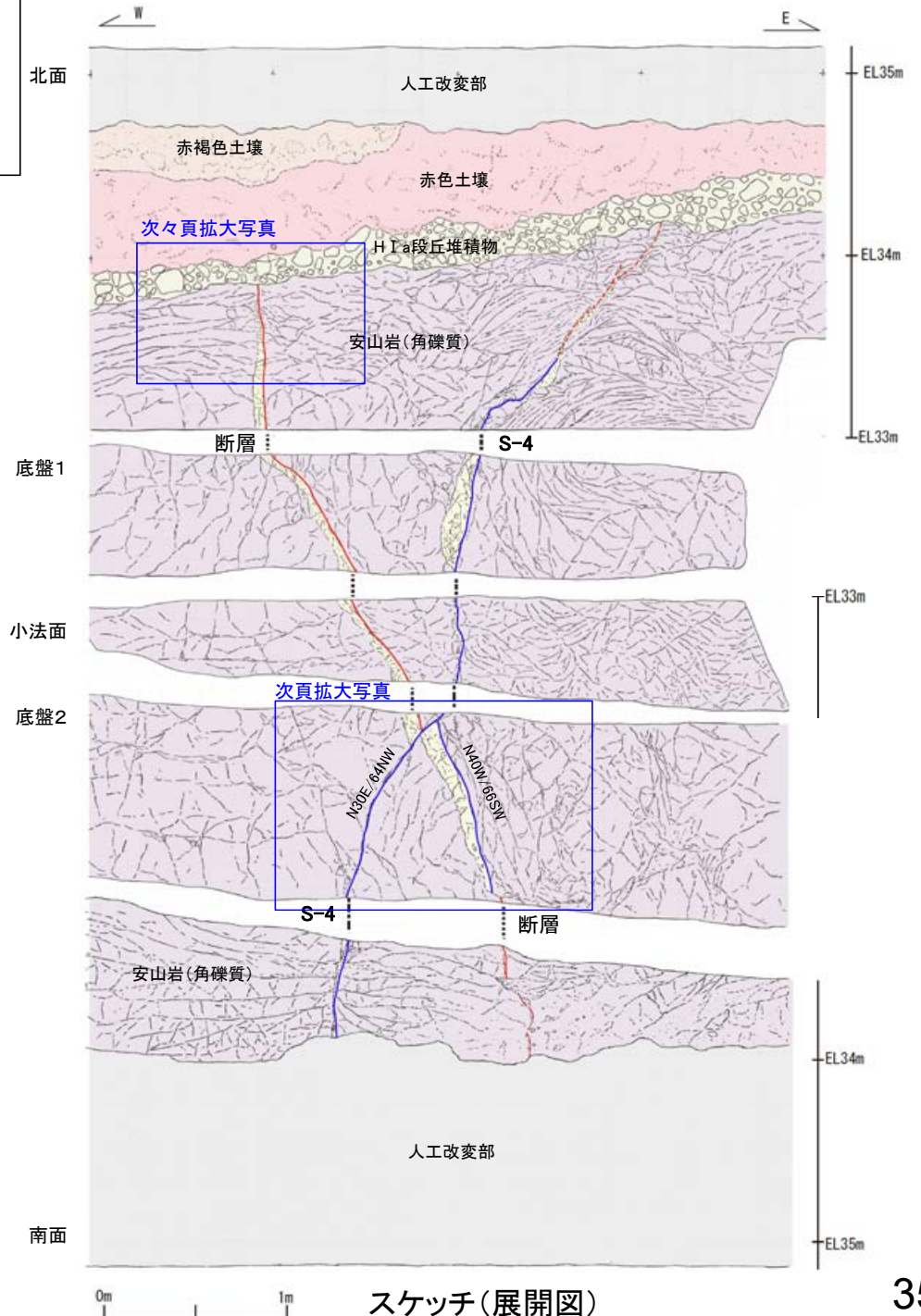
○本トレンチには、S-4に斜交する断層が認められる。
 ○S-4に斜交する断層は、底盤にてS-4に切られており、さらに基盤直上のH I a段丘堆積物にも変位・変形を与えていない(次頁, 次々頁)。



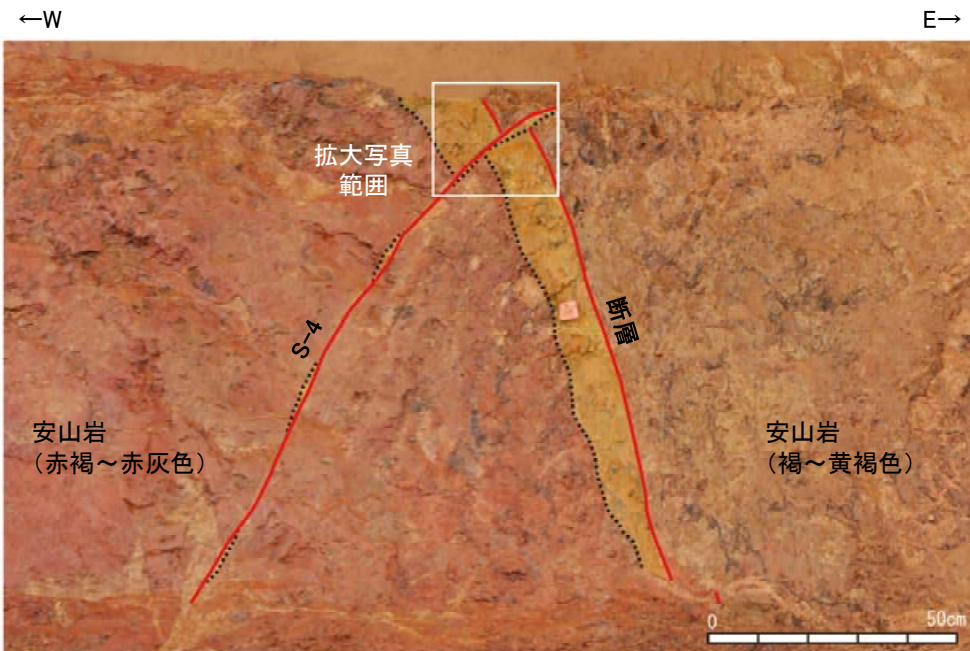
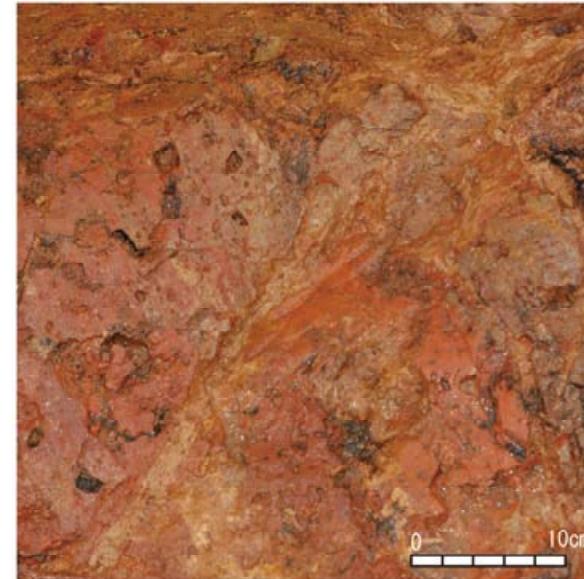
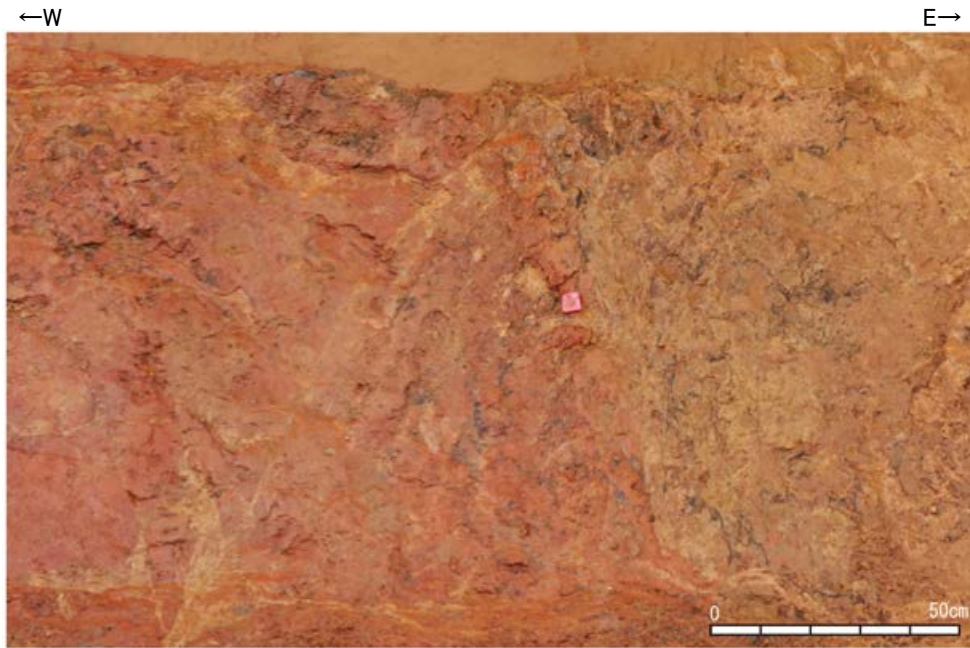
- 人工改変部
- 赤褐色土壌
- 赤色土壌
- H I a段丘堆積物
- 穴水累層 安山岩(角礫質)
- 固結した破砕部
- 主せん断面(粘土状破砕部を伴う)
- 主せん断面(粘土状破砕部を伴わない)
- 破線は主せん断面が不明瞭な箇所

【S-4に斜交する断層】

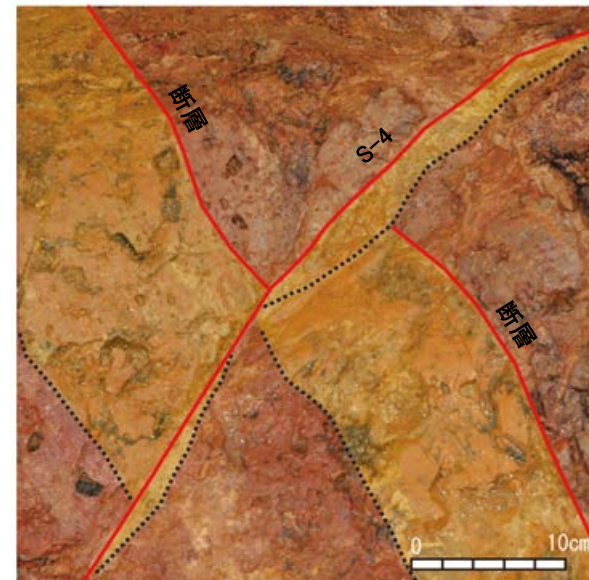
・断層は、走向・傾斜N40° W/66° SW(走向は真北基準)で、主に幅2~10cmの固結した破砕部からなり、内部に塑性流動状の構造が認められる。主せん断面は褐色~黄灰色安山岩と赤褐~赤灰色安山岩の岩相境界となっているが大部分で密着している。また、底盤2において、S-4に切られている。
 ・北面の上部で低角度の割れ目が形成され、断層トレースが不明瞭となっている。断層は、岩盤の上面まで追跡でき、基盤直上のH I a段丘堆積物に変位・変形を与えていない。



OS-4に斜交する断層は、底盤においてS-4に切られている。



S-4に斜交する断層 底盤写真(下は断層等を加筆)

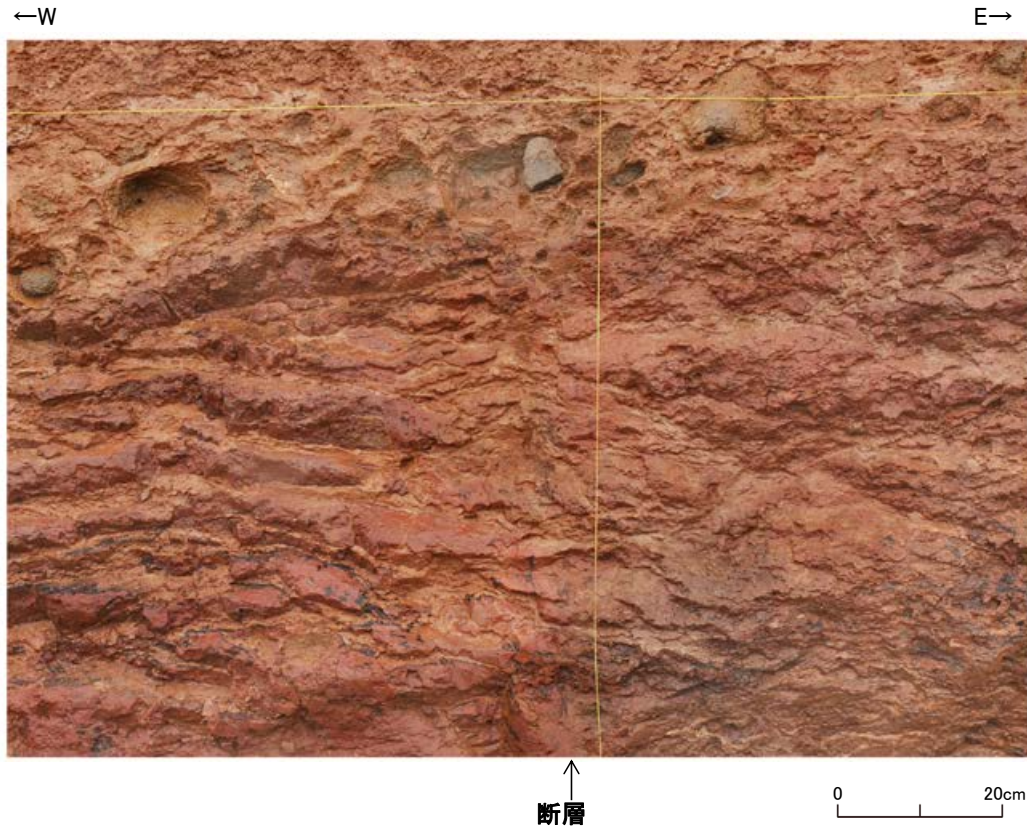


S-4との交差部 拡大写真 (下は断層等を加筆)

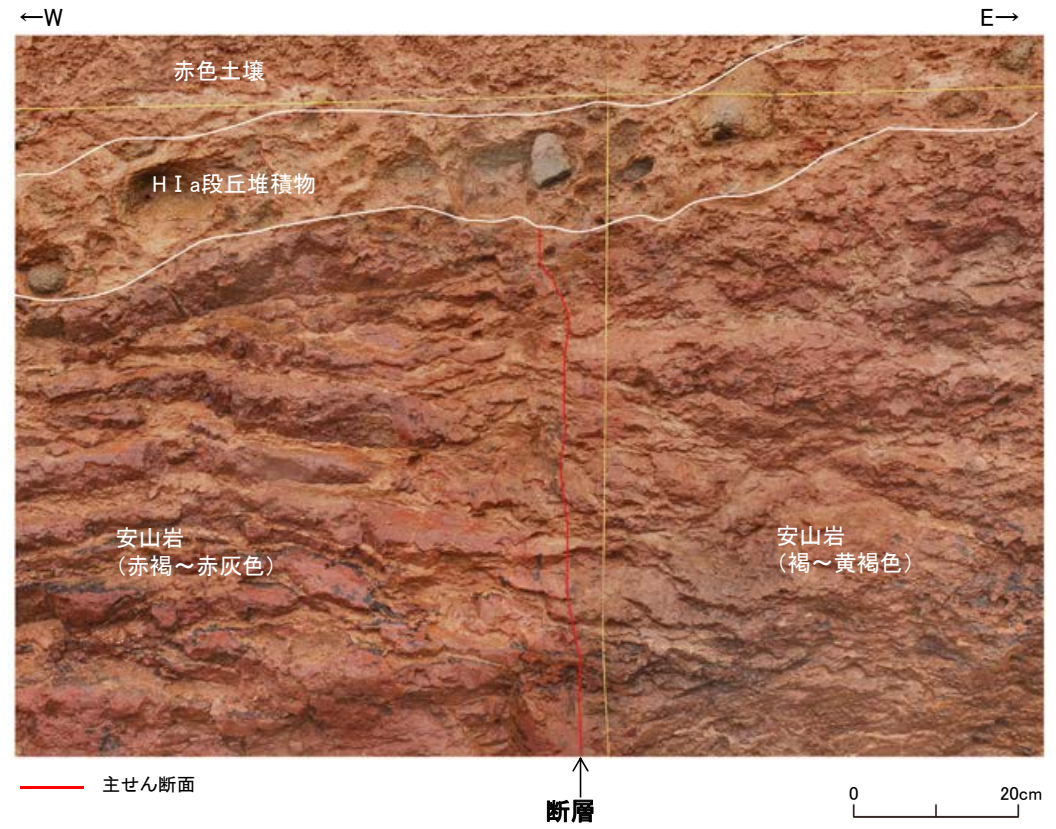
- ・S-4と斜交する断層は、褐～黄灰色安山岩と赤褐～赤灰色安山岩の岩相境界となっている。
- ・S-4との交差部では、S-4が連続して直線的に連続するのに対して、S-4に斜交する断層はS-4の主せん断面に沿って分布するレンズ状の固結した破碎部の縁に沿って、見かけ左に約10cm変位している。
- ・また、主せん断面の変位とともに、断層に伴う岩相境界や固結した破碎部も、同様に見かけ左に約10cm変位している。

— 主せん断面
 - - - 固結した破碎部

OS-4に斜交する断層は、北面において基盤直上のH I a段丘堆積物に変位・変形を与えていない。



S-4に斜交する断層 拡大写真



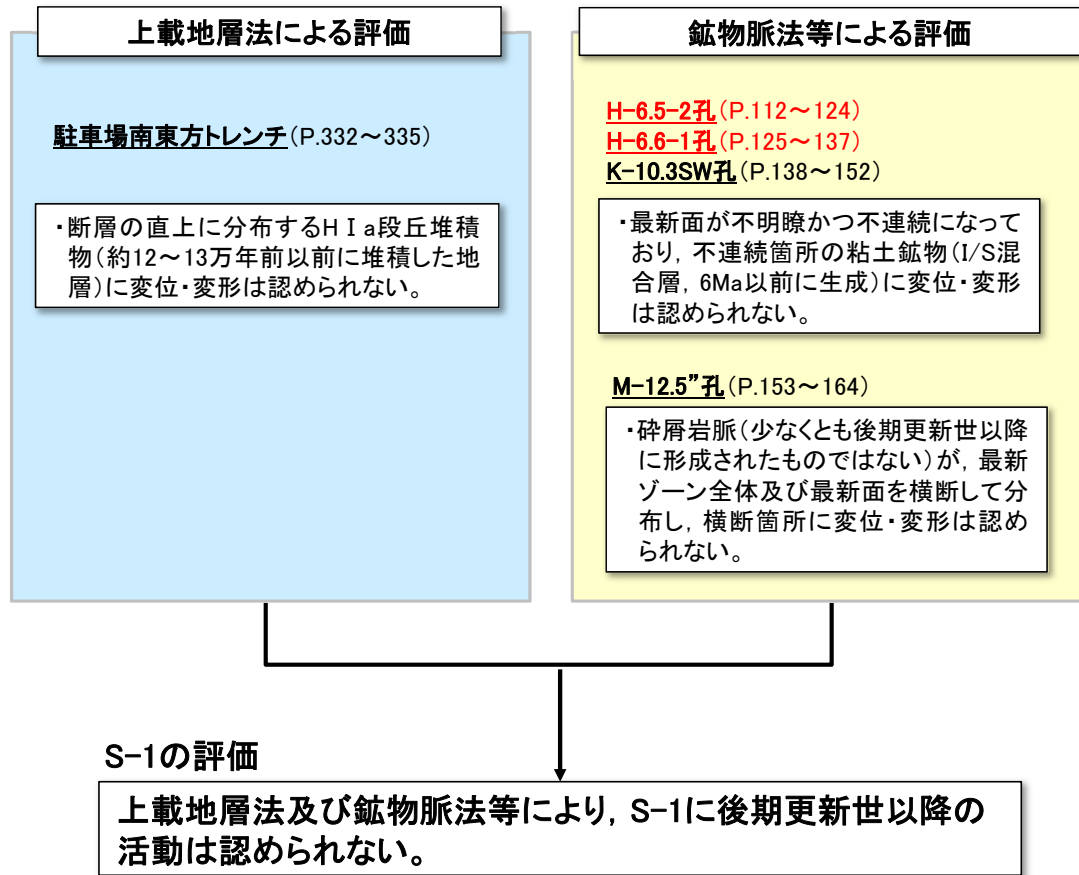
S-4に斜交する断層 拡大写真(地質境界等を加筆)

・北面の上部で低角度の割れ目が形成され、断層トレースが不明瞭となっている。断層は、岩盤の上面まで追跡でき、基盤直上のH I a段丘堆積物に変位・変形を与えていない。

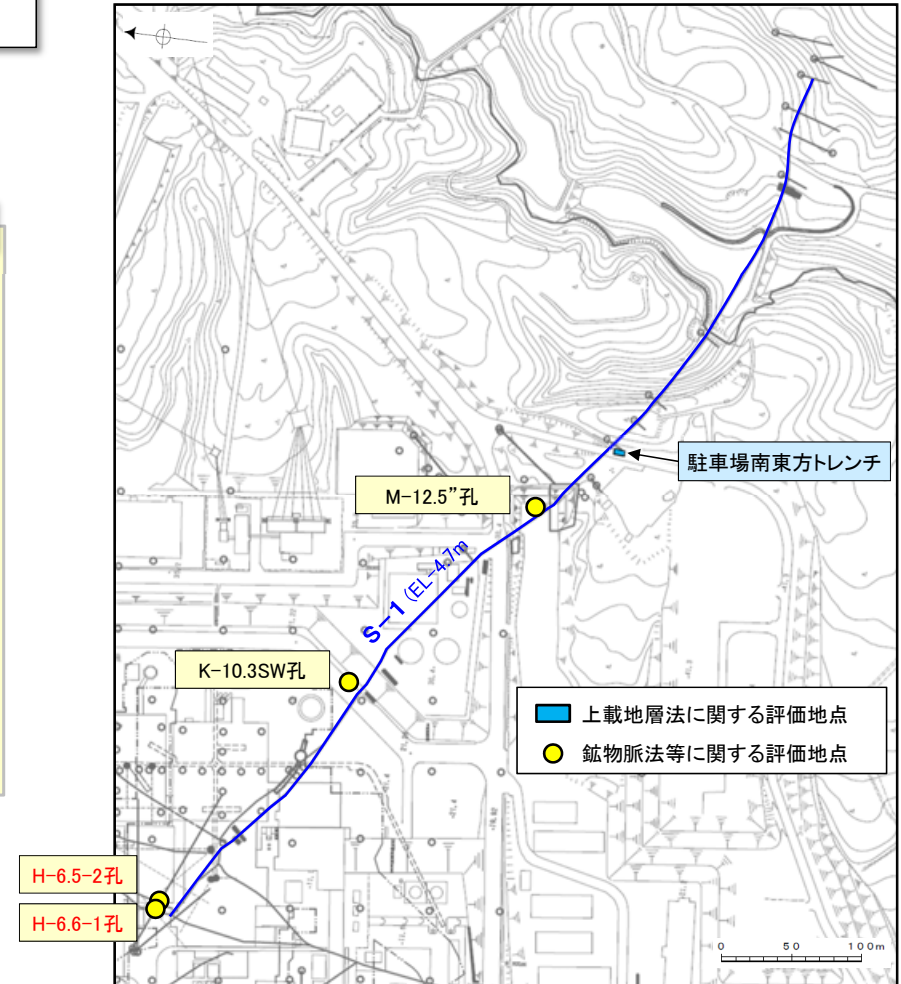
5.4 活動性評価 まとめ

5.4 S-1の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前に堆積した地層であるH I a段丘堆積物が分布する駐車場南東方トレンチにおいて、上載地層法による評価を行った。
- ・4地点(H-6.5-2孔, H-6.6-1孔, K-10.3SW孔, M-12.5”孔)において、鉞物脈法等による評価を行った。



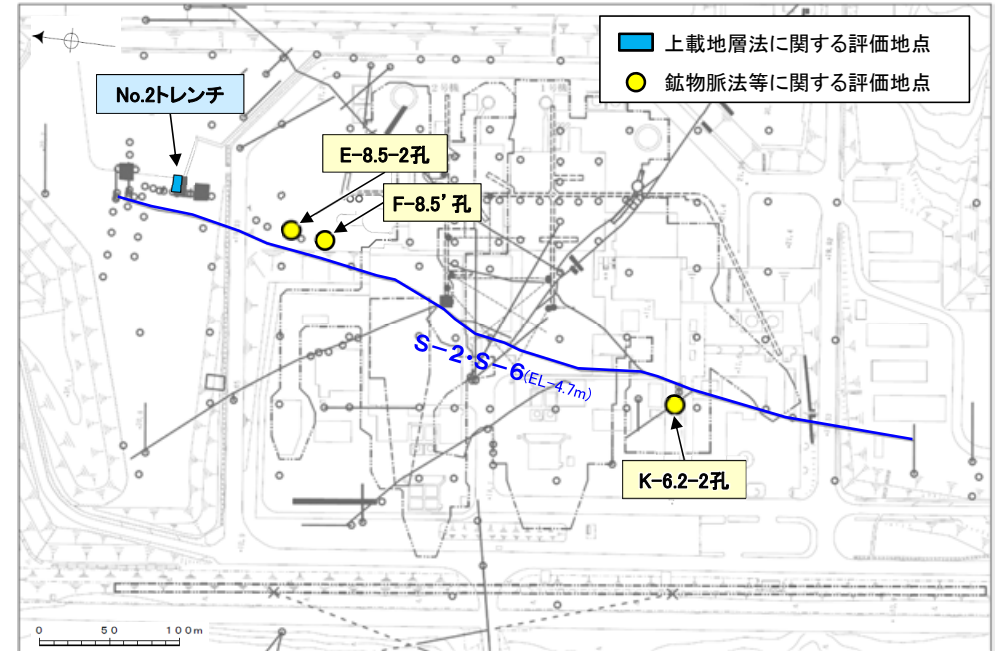
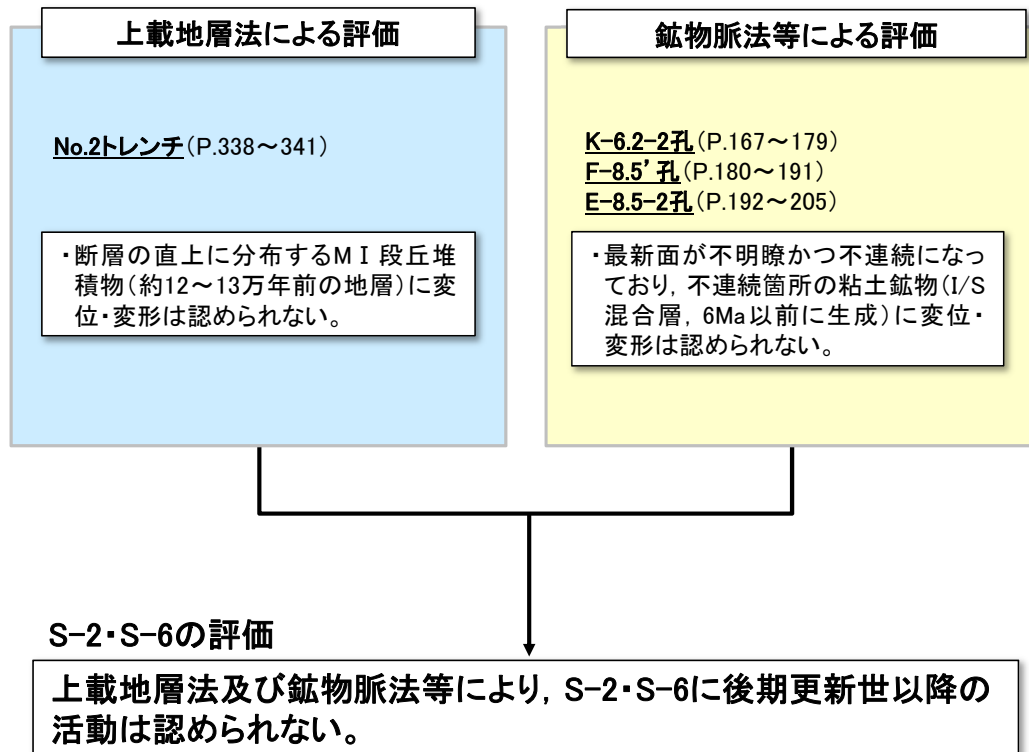
赤字: 第788回審査会合以降の追加箇所



位置図

5.4 S-2・S-6の活動性評価 まとめ

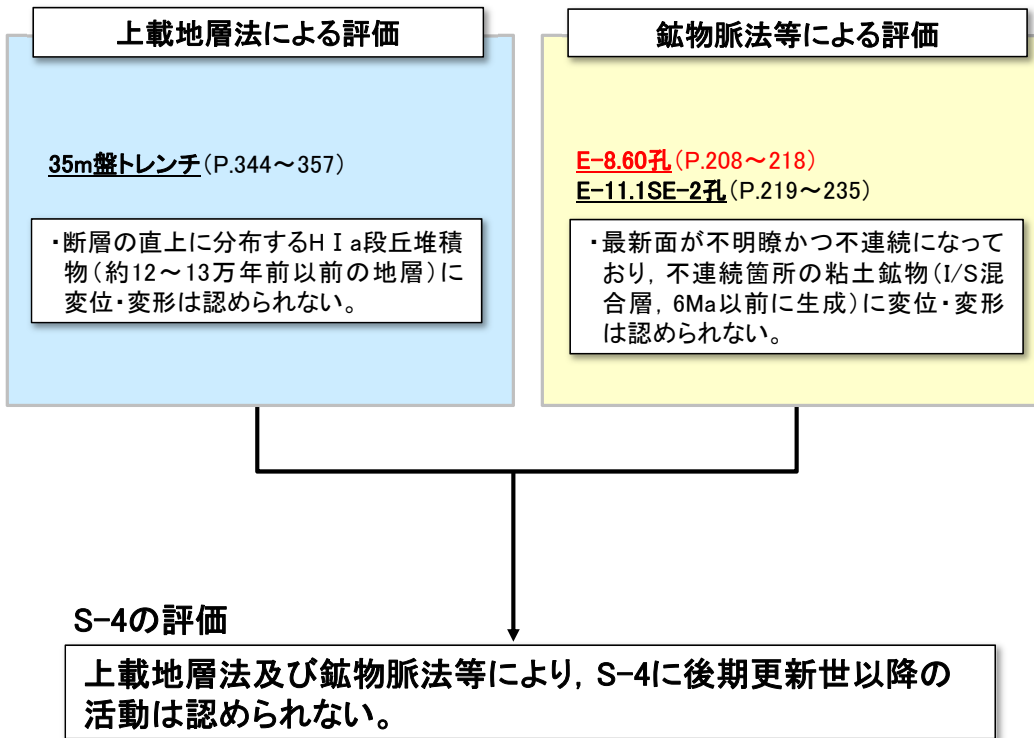
- ・約12～13万年前に堆積した地層であるM I 段丘堆積物が分布するNo.2トレンチにおいて、上載地層法による評価を行った。
- ・3地点 (K-6.2-2孔, F-8.5' 孔, E-8.5-2孔)において、鉞物脈法等による評価を行った。



位置図

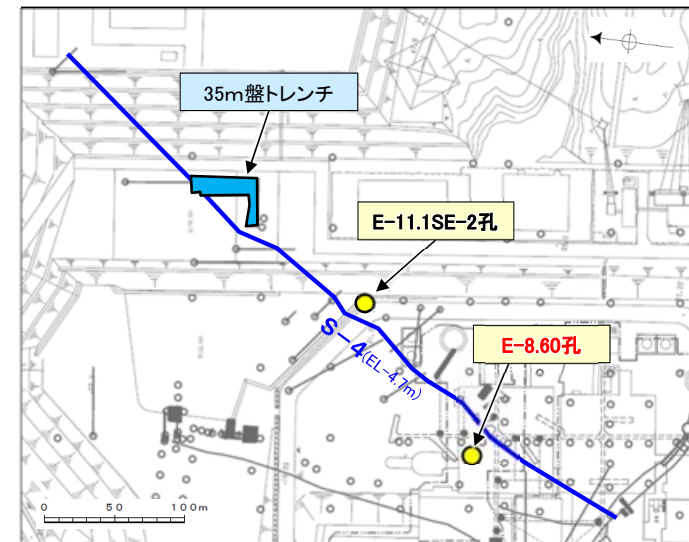
5.4 S-4の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前に堆積した地層であるH I a段丘堆積物が分布する35m盤トレンチにおいて、上載地層法による評価を行った。
- ・2地点(E-8.60孔, E-11.1SE-2孔)において、鉞物脈法等による評価を行った。



赤字: 第788回審査会合以降の追加箇所

- 上載地層法に関する評価地点
- 鉞物脈法等に関する評価地点



位置図

5.4 S-5の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。
- ・2地点(H-5.4-4E孔，R-8.1-1-3孔)において，鉞物脈法等による評価を行った。

上載地層法による評価

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。

鉞物脈法等による評価

H-5.4-4E孔 (P.243～246)

- ・最新ゾーンは，周辺の固結した破碎部と類似した性状を有し，直線性・連続性のよい面構造は認められないことから，固結した破碎部形成以降(少なくとも6Ma以降)の活動はないと判断される。

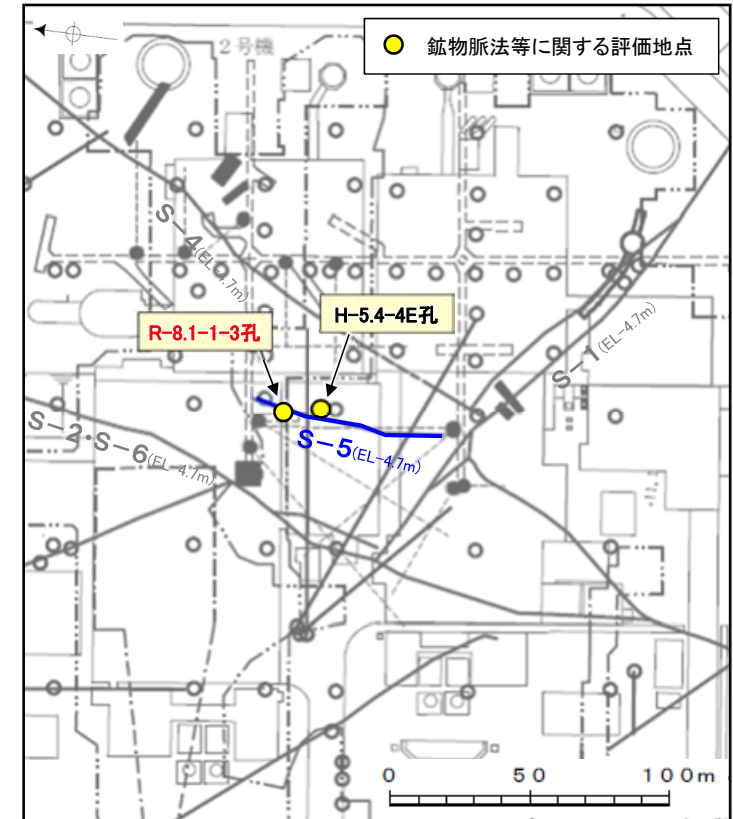
R-8.1-1-3孔 (P.247～256)

- ・最新面が不明瞭かつ不連続になっており，不連続箇所の粘土鉞物(I/S混合層，6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。

S-5の評価

鉞物脈法等により，S-5に後期更新世以降の活動は認められない。

赤字：第788回審査会合以降の追加箇所



位置図

5.4 S-7の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。
- ・H-5.7' 孔において，鉍物脈法等による評価を行った。

上載地層法による評価

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。

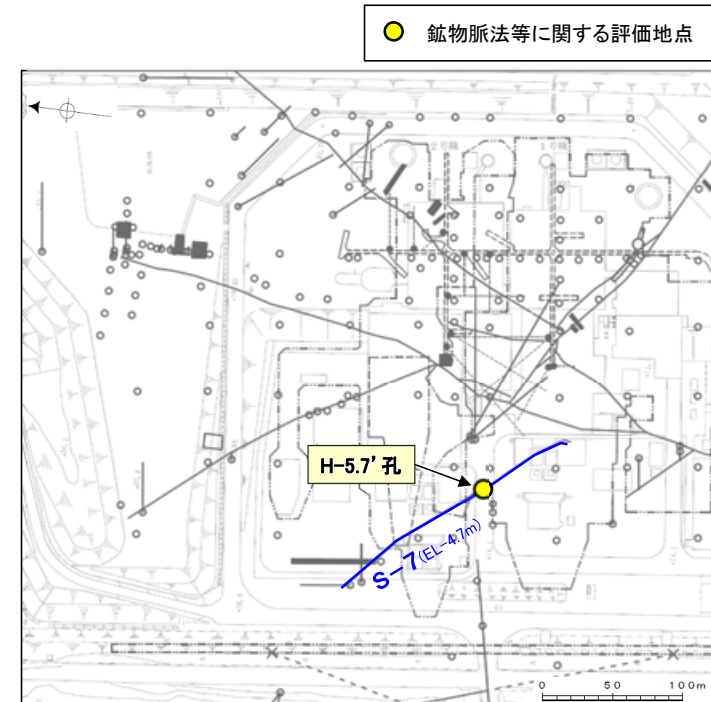
鉍物脈法等による評価

H-5.7' 孔 (P.259～272)

- ・最新面が不明瞭かつ不連続になっており，不連続箇所粘土鉍物(I/S混合層，6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。

S-7の評価

鉍物脈法等により，S-7に後期更新世以降の活動は認められない。



位置図

5.4 S-8の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。
- ・F-6.75孔において，鉍物脈法等による評価を行った。

上載地層法による評価

・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。

鉍物脈法等による評価

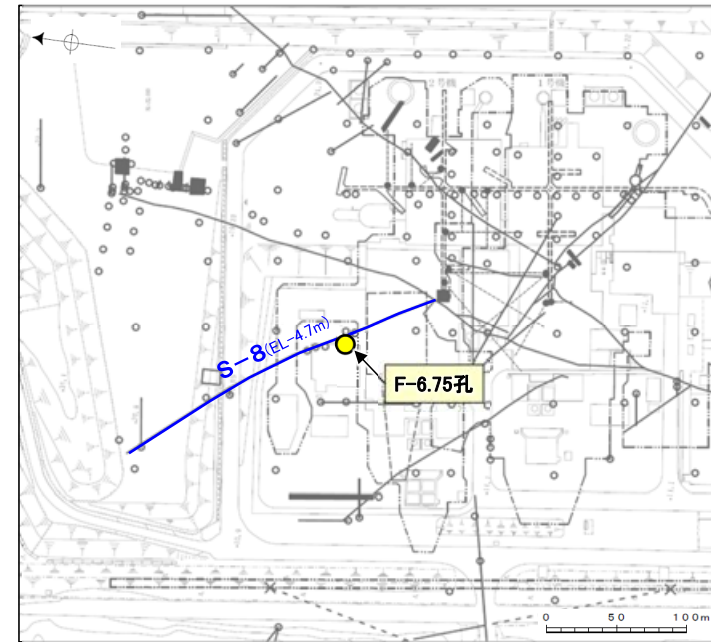
F-6.75孔 (P.276～286)

・最新面が不明瞭かつ不連続になっており，不連続箇所粘土鉍物 (I/S混合層，6Ma以前に生成) に変位・変形は認められない。

S-8の評価

鉍物脈法等により，S-8に後期更新世以降の活動は認められない。

● 鉍物脈法等に関する評価地点



位置図

5.4 K-2の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。
- ・H-1.1孔において，鉍物脈法等による評価を行った。

上載地層法による評価

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。

鉍物脈法等による評価

H-1.1孔 (P.53～67)

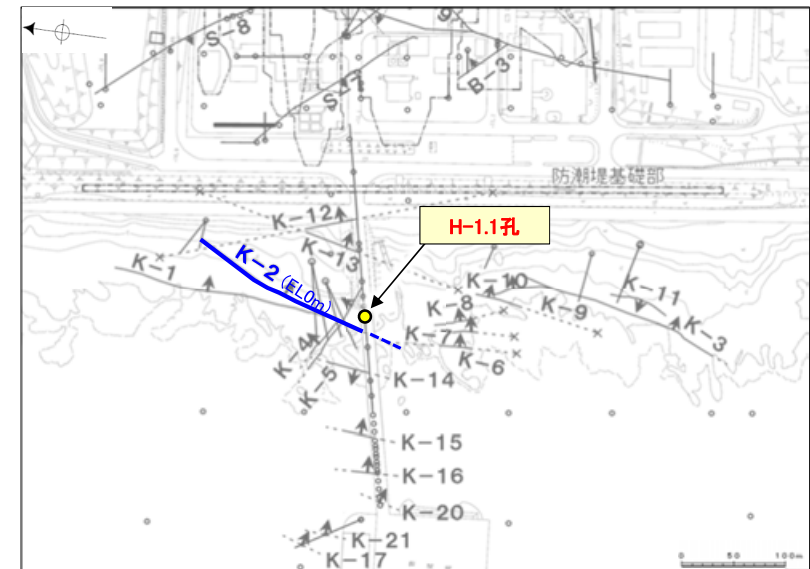
- ・オパールCT(6Ma以前に生成)が最新ゾーン全体及び最新面を横断して分布し，横断箇所に変位・変形は認められない。

K-2の評価

鉍物脈法等により，K-2に後期更新世以降の活動は認められない。

赤字：第788回審査会合以降の追加箇所

● 鉍物脈法等に関する評価地点



位置図

5.4 K-3の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。
- ・2地点(N-2.3-1孔，K-3露頭 a地点)において，鉬物脈法等による評価を行った。

上載地層法による評価

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。

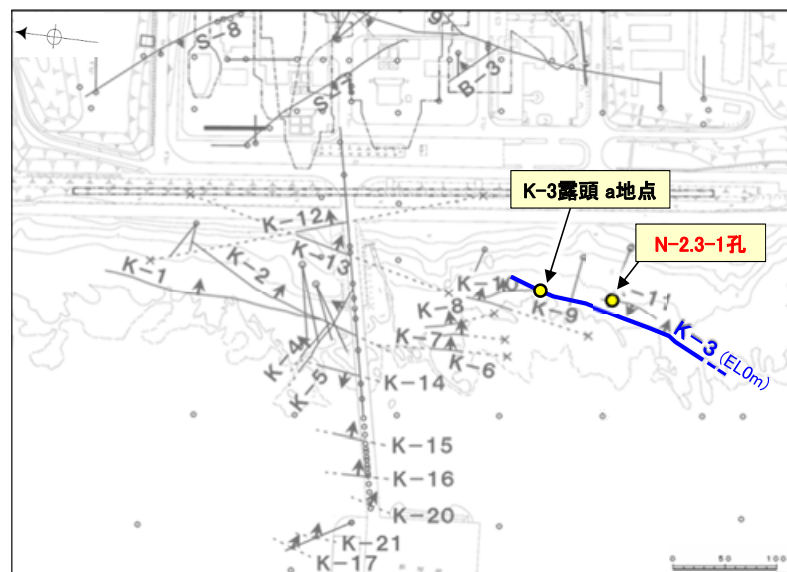
鉬物脈法等による評価

N-2.3-1孔，K-3露頭 a地点 (P.100～109)

- ・最新ゾーンは，固結した破碎部からなり，周辺の固結した破碎部と類似した性状を有し，直線性・連続性のよい面構造が認められないことから，固結した破碎部形成以降(少なくとも6Ma以降)の活動はないと判断される。
- ・また，最新ゾーンに破碎流動が認められ，その形成環境について知見に照らした結果，最新ゾーンは封圧の小さな地表付近ではなく，地下深部で形成されたものと判断される。平均隆起速度を用いた形成年代の検討の結果，最新ゾーンは6Ma以前に形成されたと考えられ，上記の評価と概ね整合する。

赤字: 第788回審査会合以降の追加箇所

● 鉬物脈法等に関する評価地点



位置図

K-3の評価

鉬物脈法等により，K-3に後期更新世以降の活動は認められない。

5.4 K-14の活動性評価 まとめ

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。
- ・2地点（H' -- -1.3孔，H -- -0.3-80孔）において，鉍物脈法等による評価を行った。

上載地層法による評価

- ・約12～13万年前以前の地形面，地層が確認できないことから，上載地層法による評価を実施できない。

鉍物脈法等による評価

H' -- -1.3孔 (P.70～87)

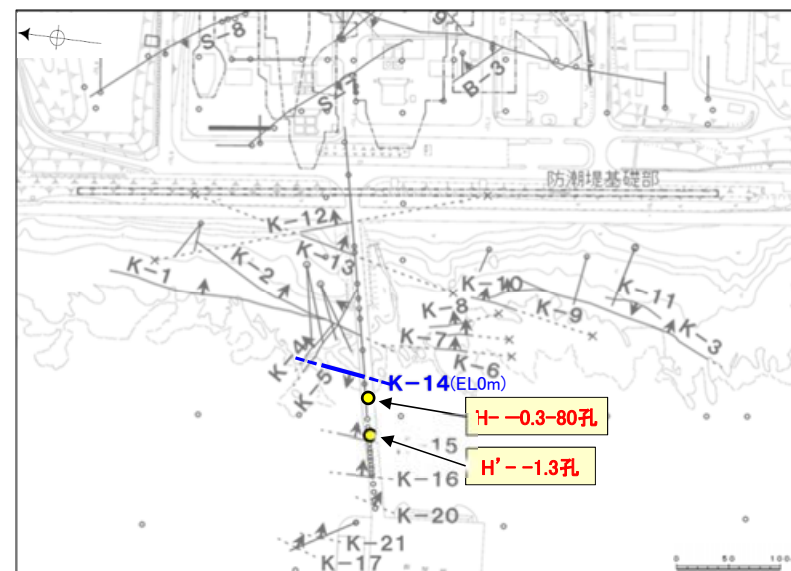
- ・フィリップサイト(6Ma以前に生成)の柱状結晶が最新面に接して晶出しており，この柱状結晶に破碎や変形は認められない。
- ・最新面直近に十字状の形態をなす自形のフィリップサイト(6Ma以前に生成)の結晶が認められ，この結晶にも破碎や変形は認められない。

H -- -0.3-80孔 (P.88～97)

- ・最新面が不明瞭かつ不連続になっており，不連続箇所の粘土鉍物(I/S混合層，6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。

赤字：第788回審査会合以降の追加箇所

● 鉍物脈法等に関する評価地点



位置図

K-14の評価

鉍物脈法等により，K-14に後期更新世以降の活動は認められない。

6. 有識者会合の評価に対する検討

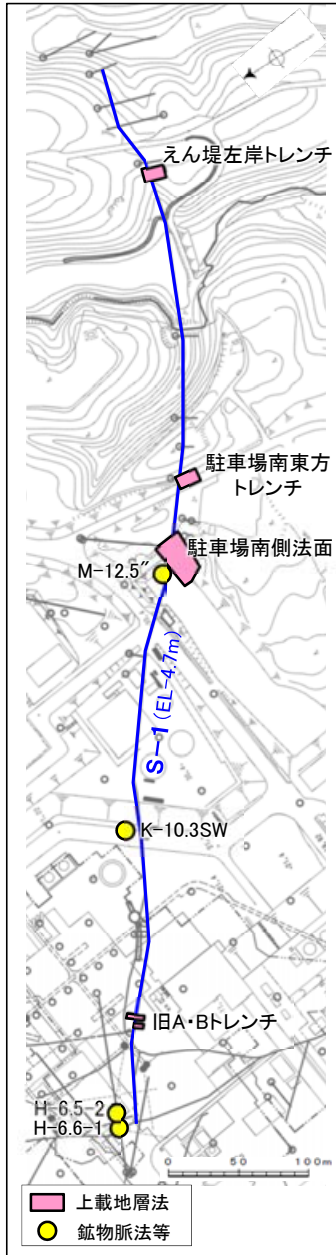
6.1 S-1の有識者会合の評価と追加検討について

6.1 S-1の有識者会合の評価と追加検討について ー概要ー

OS-1の活動性については、有識者会合において議論、評価がされている。

○同会合における当社及び有識者の評価と、両者で評価の異なるもの及び同会合が示した「今後の課題」を踏まえ実施した追加検討について以下に示す。

【有識者会合の評価(概要)】



S-1の調査位置図

【当社の評価】

(えん堤左岸トレンチ)

S-1を含む岩盤の上面及びその上位の高位段丘I面の堆積物に変位・変形は認められず、少なくとも12~13万年前以降の活動はない。

(駐車場南東方トレンチ)

S-1を含む岩盤の上面及びその上位の高位段丘I面の堆積物に変位・変形は認められず、少なくとも12~13万年前以降の活動はない。

(駐車場南側法面)

S-1を含む岩盤の上面及びその上位の高位段丘I面相当の堆積物に変位・変形は認められず、12~13万年前以降の活動はない。

(旧A・Bトレンチ)

旧A・Bトレンチについては、いずれの壁面においても、段差部周辺の砂礫II層には断層変位を示唆するようなせん断面や地層の擾乱は認められないことから、中位段丘面I面を構成する堆積層に断層活動の影響は及んでいない。(志賀1号安全審査における現地調査では、トレンチ壁面を直接確認している。)

【S-1の活動性評価】

S-1は、少なくとも12~13万年前以降の活動は認められない。

【有識者の評価】

赤文字: 当社の評価と異なるもの及び今後の課題

S-1は岩盤上面及び高位段丘I面堆積物に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降には活動していないと考えられる。

S-1は少なくとも高位段丘I面堆積物に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降には活動していないと考えられる。

S-1は岩盤上面や堆積物に変位・変形を与えた様子は認められないものの、**上載層は再堆積である可能性が高く、S-1の後期更新世以降の活動を判断することができない。**

旧A・Bトレンチは、4つ全ての壁面において、
 ③S-1に沿ってMIS5eの波食面の**岩盤上面に一樣な段差が認められる。**
 ⑤段差沿い及び肩部分に**軟質な凝灰質な細粒部が分布する。**
 ⑥上位の堆積物の**層理面は全て南西側に傾斜し、一部の壁面を除き、段差直上で層理面の増傾斜も認められる。**
 以上から、S-1はMIS5eの海成堆積物堆積後に**変位したと解釈するのが合理的と判断した。**

S-1南東部は、後期更新世以降の活動はないと判断する。
S-1北西部は、後期更新世以降に、北東側隆起の逆断層活動により変位したと解釈するのが合理的と判断する。

【今後の課題】

- 今回の評価は、限られた資料やデータに基づいて行われており、より正確・確実な評価にするためには、以下に示すデータ等の拡充が必要と考える。
- ①1号原子炉建屋等建設時における、S-1とその周囲の形状を示す未提示の写真やスケッチの提示。
 - ②S-1、S-2・S-6等の断層破砕帯やその母岩の鉱物学的・地球化学的分析。
 - ③S-1、S-2・S-6及びこれらの周囲に存在するせん断面について、これらを横断する**鉱物脈の有無(ある場合はその構成鉱物)**、条線を含む構造同士の切断関係に関する検討。

【新たな追加検討(内容・結果)】

○新たにS-1北西部で実施した鉱物脈法等による評価(検討3)により、S-1北西部に後期更新世以降の活動は認められない。

検討内容		検討結果	記載頁
検討3	旧A・Bトレンチ地下延長部において、 鉱物脈法等による評価を実施した。	旧A・Bトレンチ地下延長部において、S-1の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所粘土鉱物(I/S混合層、6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。	P.387, 388

○有識者の評価に至った個別事象についても追加の検討(検討1, 2)を行い、当社の評価の妥当性を再確認した。

検討内容		検討結果	記載頁
検討1	駐車場南側法面の堆積物を被覆する赤色土壌等について、CT画像観察等を行い、再堆積の可能性について検討する。	赤色土壌には明瞭な斑紋構造が認められ、この斑紋構造は数万年スケールの時間で生じるとされていることから、再堆積の可能性はない。	P.371 ~374

検討内容		検討結果	記載頁
検討2	(1) 旧A・Bトレンチ周辺の地形と岩盤上面形状のデータから、旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差の成因を検討する。	同段差は、河川の侵食作用によりS-1沿いに形成されたものと考えられる。	P.377 ~381
	(2) 軟質と評価された凝灰質な細粒部について、針貫入試験を行い、硬軟を確認する。	同細粒部は岩盤と同程度の硬度を有しており、段差部において侵食されずに残ったものと考えられる。	P.382, 383
	(3) 旧A・Bトレンチを模擬した堆積実験及び断層変位実験を行い、層理面の傾斜の成因について検討する。	同傾斜は、S-1の変位により形成されたものではなく、段差を埋める堆積構造であると考えられる。	P.384 ~386

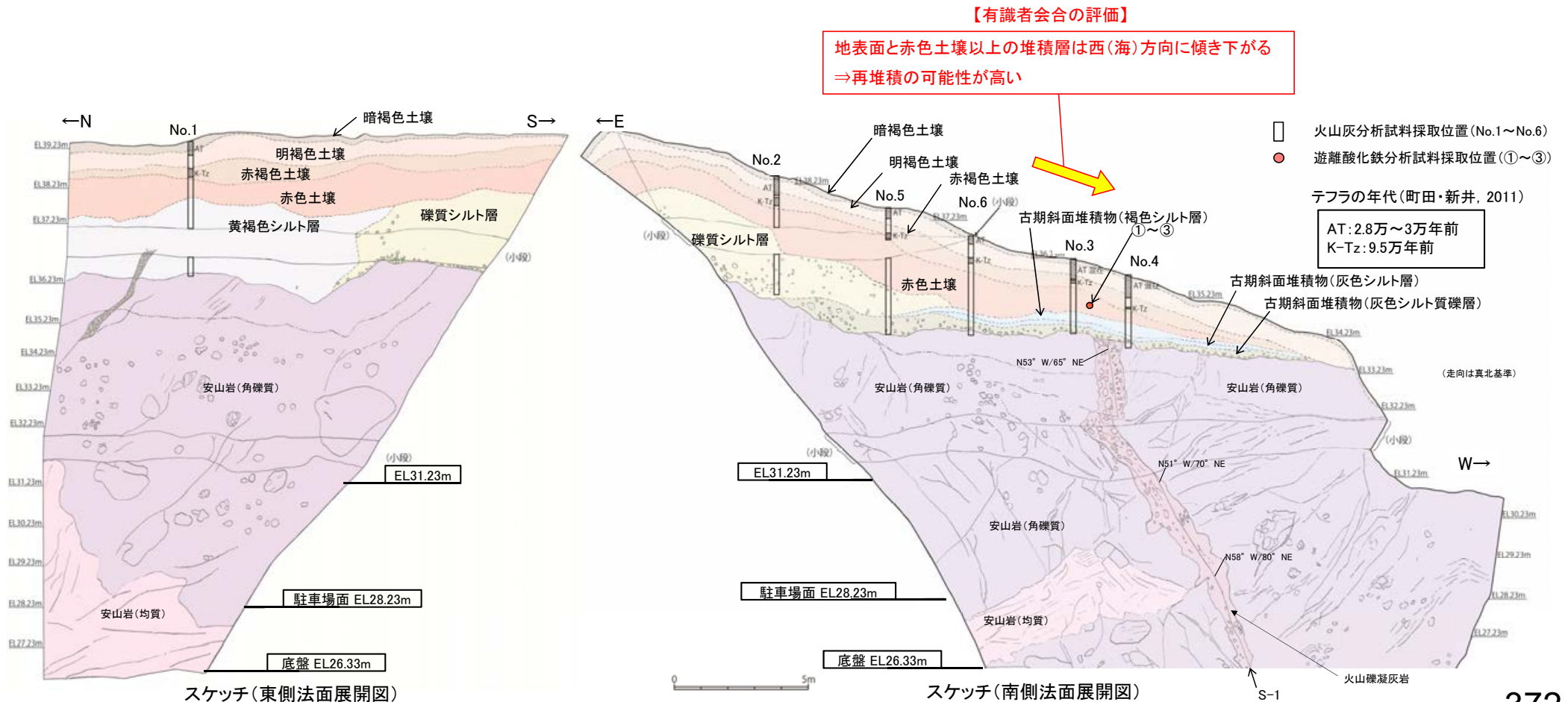
【S-1において実施した追加検討結果(まとめ)】

OS-1北西部に後期更新世以降の活動は認められない。

6.1.1 検討1:赤色土壌の再堆積に関する検討(駐車場南側法面)

6.1.1 検討1: 赤色土壌の再堆積に関する検討(駐車場南側法面)

- 有識者会合は、駐車場南側法面は高位段丘I面の端部の斜面であり、地表面、層理面ともに西(海)方向へ傾き下がることから、岩盤直上の堆積物は斜面堆積物であり、テフラやそれを含む赤色土は再堆積である可能性が高いと評価している。
- そこで、赤色土壌及び赤褐色土壌の斑紋構造の有無に着目し、土壌の斑紋構造はその形成後の再堆積が無いことを示している知見(濱田・幡谷, 2015)に基づき、肉眼観察及び内部構造を把握するためのCT画像観察を行い、再堆積の可能性についての検討を行った。
- 検討の結果、S-1付近(斜面下側)において、赤褐色土壌については、全体的に乱れており、斑紋が認められないことから、再堆積物を含む可能性があるものの、赤色土壌については、明瞭な斑紋構造が認められる(次頁)。この斑紋構造は、数万年スケールの時間で生じる(次々頁)とされていることから、赤色土壌は再堆積の可能性はない。



【斑紋構造の観察】

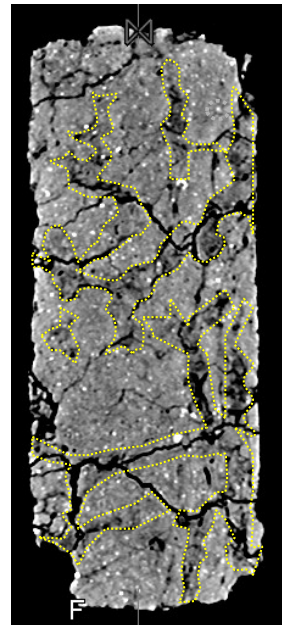
【再堆積の検討の着目点】

- ・肉眼観察において、斑紋が明瞭。(CT画像において、密度のコントラストが明瞭。)
- ・肉眼観察において、斑紋が認められない。(CT画像において、乱れている。)

⇒再堆積ではない(=整然相)
⇒再堆積物を含んでいる可能性



肉眼観察



XCT画像
(密度の高い部分が白く映る)

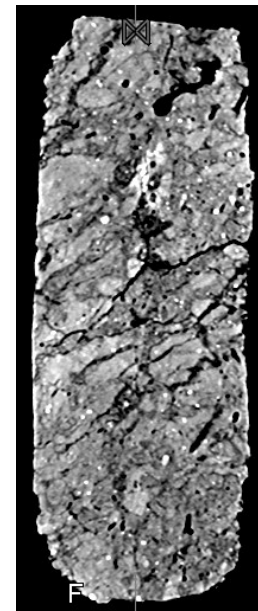
試料4: 赤色土壌

- ・肉眼観察において、赤色部を呈した土壌中に、淡色の明瞭な斑紋(図中黄枠部)が認められる。
- ・CT画像において、密度のコントラストが明瞭。(図中黄枠部が密度が高く、肉眼観察の斑紋に相当)

⇒ 再堆積ではない(=整然相)



肉眼観察

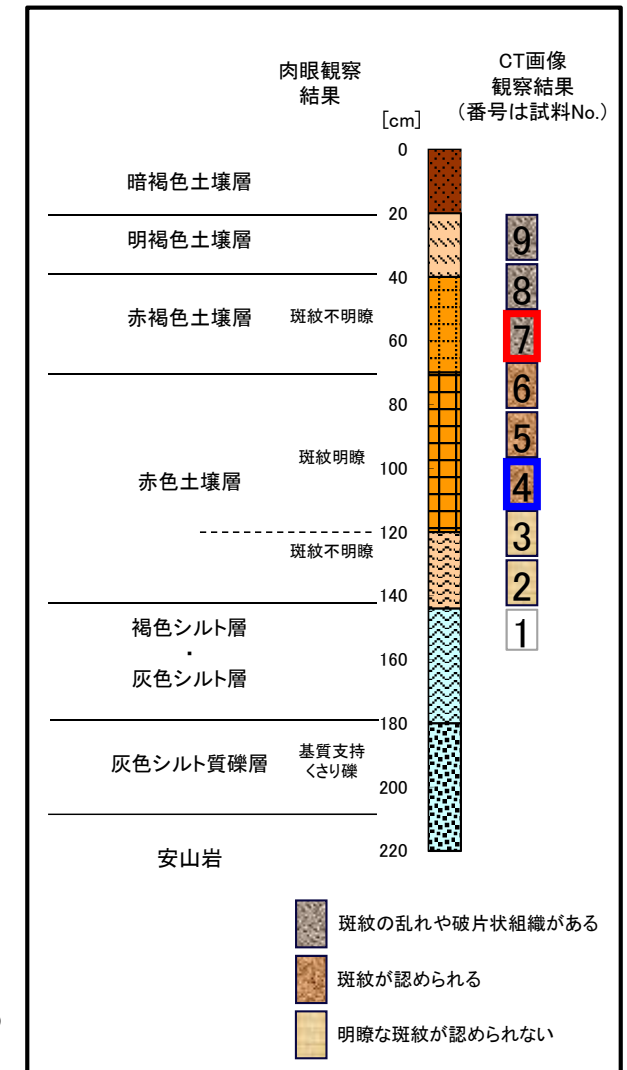


XCT画像
(密度の高い部分が白く映る)

試料7: 赤褐色土壌

- ・肉眼観察において、全体的に赤褐色を呈しており、色調のコントラストが不明瞭であり、斑紋が認められない。
- ・CT画像において、全体的に乱れている。

⇒ 再堆積物を含む可能性

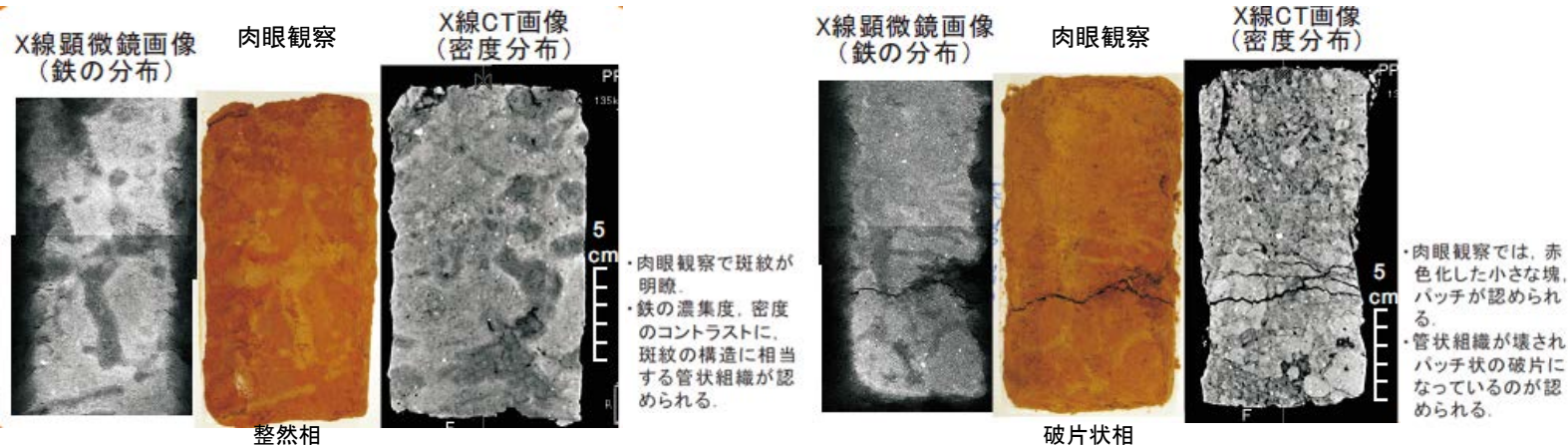


肉眼観察及びCT画像観察結果

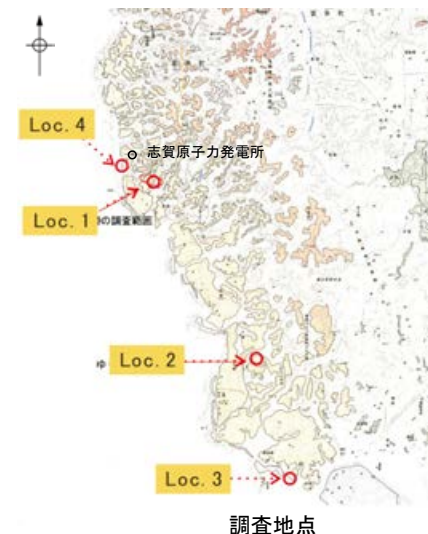
【斑紋構造の形成期間や再堆積との関係等に関する知見(濱田・幡谷, 2015)】

・能登半島中部西岸の中位段丘及び高位段丘の土壌を対象に、斑紋構造を肉眼観察・X線CT・X線顕微鏡により詳細観察し、斑紋を赤色部・淡色部に分離し、XRD・XRF・遊離酸化鉄分析等を実施。

① 高位段丘被覆層の露頭(Loc.1)における整然相と破片状相(=整然相が崩れて再堆積したもの)における組織の特徴



➤ 整然相では破片状相に比べて、斑紋が明瞭であり、斑紋構造に相当するように、鉄の濃集度や密度のコントラストが明瞭。



整然相に関する観察結果

② 斑紋構造の成因

⇒ 赤色部は褐色部よりも密度及び鉄の含有率が高いことから、斑紋構造は鉄の濃集を伴う疑似グライ化によるものと判断。(疑似グライ化作用は生物作用が活発になる温暖期により進む。)

③ 赤色部と褐色部の比較

⇒ 赤色部は褐色部よりも赤鉄鉱の割合が多く、結晶化していることから、赤色部は疑似グライ化後の酸化・結晶化により赤鉄鉱が増加したことによるもの。
・一旦酸化・結晶化した赤鉄鉱は、非常に安定でほとんど移動しない。
・赤鉄鉱は高温条件の場合に形成。

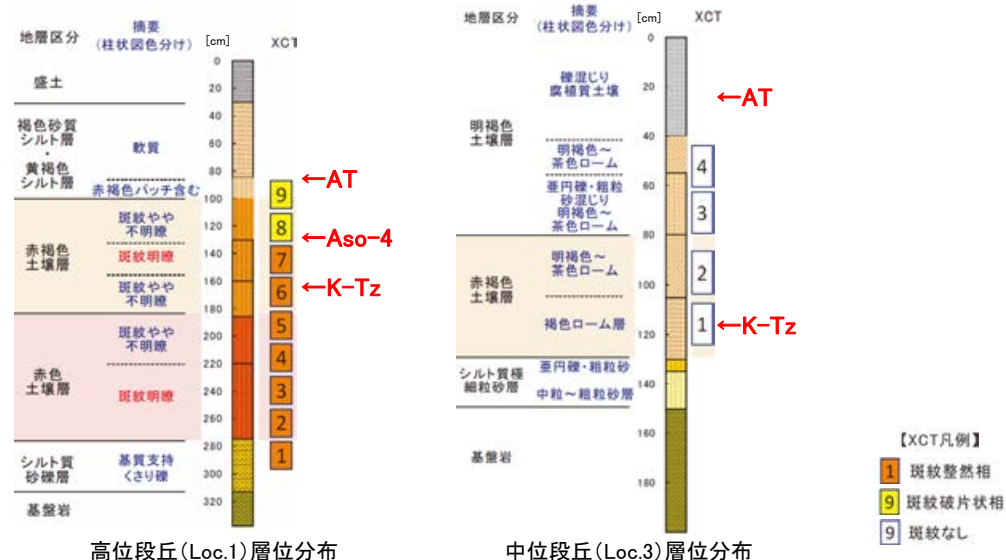
➤ 斑紋の赤色化は赤鉄鉱の含有量に相関し、赤鉄鉱形成が高温時であることから、赤鉄鉱の増加は、主に過去の温暖期に形成されたと考えられる。

④ 赤色土壌と赤褐色土壌の比較

⇒ 赤色土壌は赤褐色土壌よりも鉄の含有率及び赤鉄鉱の割合が高く、結晶化していることから、赤色土壌のほうが、より長期の温暖期の風化を受けている。

➤ 斑紋構造中の赤鉄鉱の増加は、数万年スケールの時間で生じる。

⑤ 赤色土壌の形成年代: 考察



➤ 高位段丘には赤色土壌と赤褐色土壌の両方が認められるが、中位段丘には赤褐色土壌しか認められない。また、赤色土壌の斑紋構造は、K-Tz(9.5万年前)等を含む赤褐色土壌より下位に位置し、より長期の温暖期の風化を受けていることから、その形成年代は少なくとも12~13万年前以前と判断される。

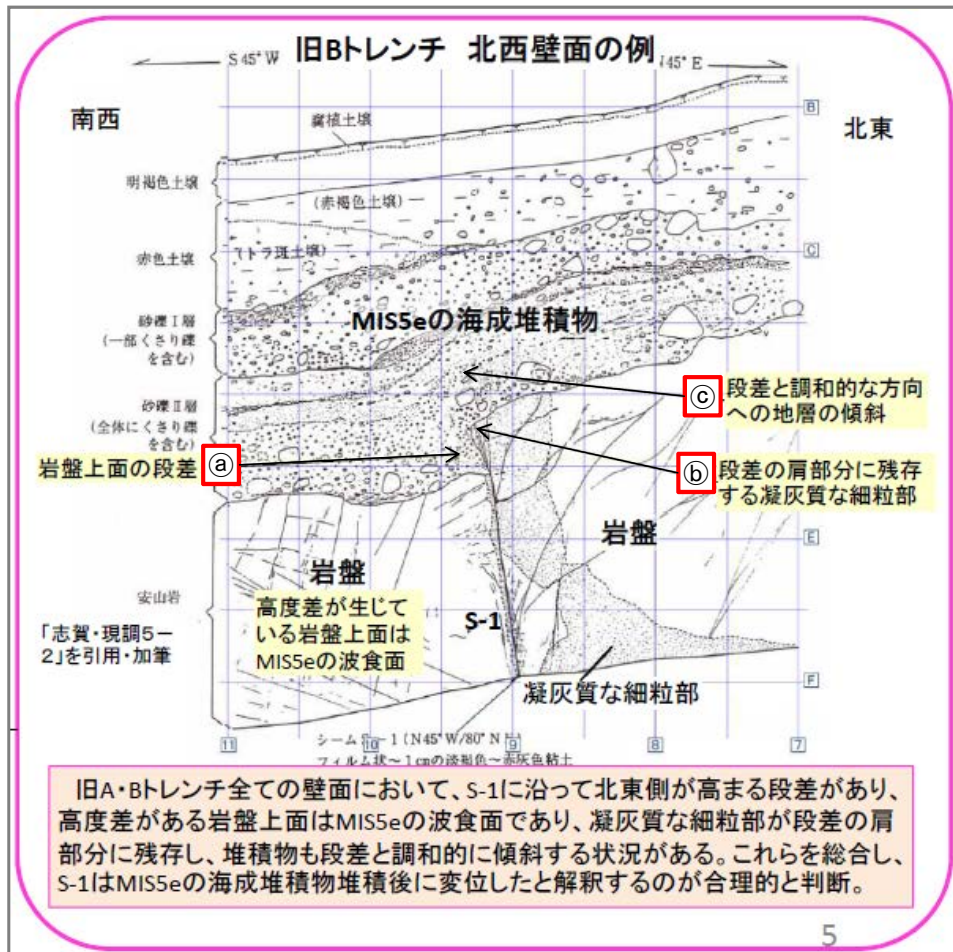
6.1.2 検討2:旧A・Bトレンチに関する検討

6.1.2 検討2:旧A・Bトレンチに関する検討 — 検討内容 —

○有識者会合は、旧A・Bトレンチにおいて、S-1に沿ってMIS5eの波食面である岩盤上面にほぼ一様な段差が認められること(下図①)、その段差沿い及び肩部分の岩盤には軟質な細粒部が認められること(下図②)、堆積物の層理面はすべて南西側(段差と調和的な方向)に傾斜しており、段差直上において層理面の系統的な増傾斜も認められること(下図③)から、S-1はMIS5eの海成堆積物堆積後に変位したと解釈するのが合理的であると評価している。

○この有識者会合の評価について、下記右に示す検討(1)～(3)を行った。

○なお、有識者会合は、旧A・Bトレンチの岩盤の上位に分布する砂礫I層・II層を「MIS5eの海成堆積物」としているが、前述した海成堆積物の認定基準(P.317)に基づき、海成段丘堆積物を認定することができないことから、陸成堆積物の可能性も考慮して検討を行った。



旧A・Bトレンチ全ての壁面において、S-1に沿って北東側が高まる段差があり、高度差がある岩盤上面はMIS5eの波食面であり、凝灰質な細粒部が段差の肩部分に残存し、堆積物も段差と調和的に傾斜する状況がある。これらを総合し、S-1はMIS5eの海成堆積物堆積後に変位したと解釈するのが合理的と判断。

有識者会合による旧A・Bトレンチの評価

(「北陸電力株式会社志賀原子力発電所の敷地内破砕帯の評価について(報告) 平成28年4月27日原子力規制庁」に加筆)

有識者会合の評価

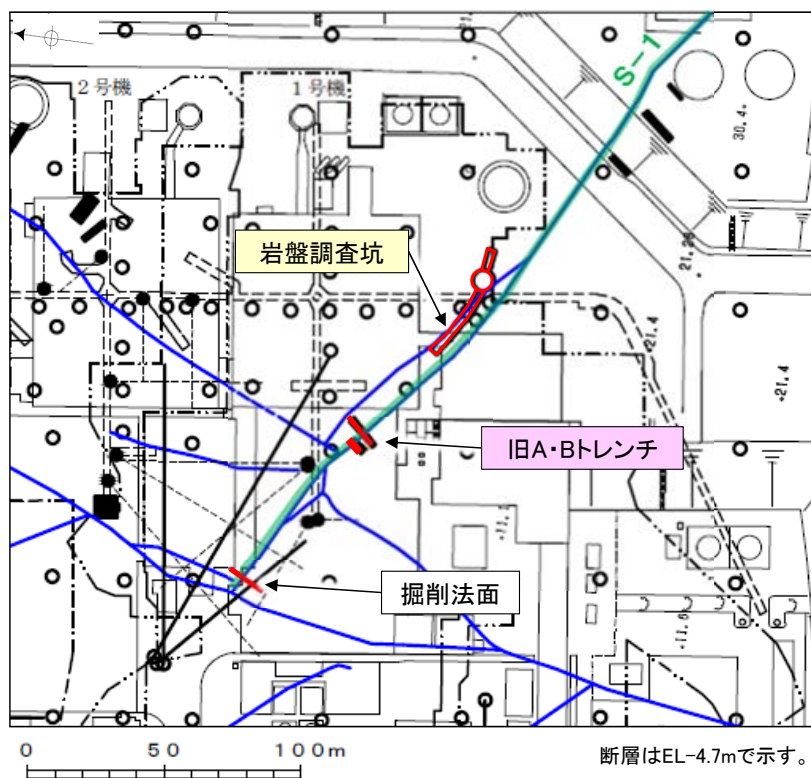
- ① **岩盤上面の段差**
 - ・旧A・Bトレンチにおいて、S-1に沿って岩盤上面にほぼ一様な段差が認められる。
 - ・岩盤上面はMIS5eの波食面であり、波食面に系統的な段差が認められることは、岩盤上面がほぼ平坦に削剝された後に、S-1のずれによって段差が生じたことを示唆する。
- ② **岩盤部の凝灰質な細粒部**
 - ・段差沿い及び肩部分には軟質な細粒部が分布する。
 - ・段差が侵食により形成された場合、S-1の南西側の硬質な安山岩だけが侵食され、軟質と思われる細粒部が肩部分や壁面に残ることは難しいと思われる。
- ③ **堆積物の変位・変形の有無**
 - ・上位の堆積物の層理面は全て南西側に傾斜しており、一部の壁面を除けば段差直上において層理面の増傾斜も認められる。
 - ・これらの地層の傾斜は、個々には、堆積構造と解釈する余地もあるが、S-1の変位によって形成されたとも解釈できる。

データ拡充・検討内容

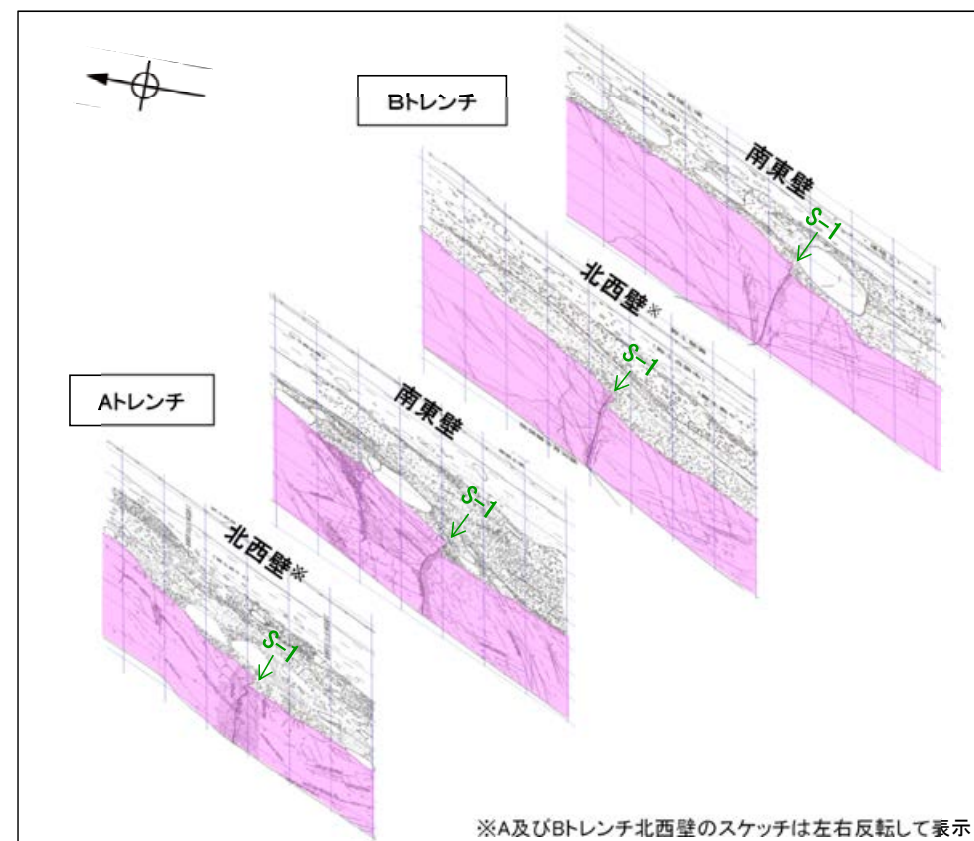
- (1) **岩盤上面の段差の検討**
(建設時のデータによる検討) 今後の課題①に対応
内容: 旧A・Bトレンチ付近に位置する建設時の掘削法面において、岩盤上面の段差の連続性の有無を確認した(P.377～380)。また、発電所建設前の地形との関係から、旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差の成因について考察を行った(P.381)。
- (2) **凝灰質な細粒部の硬さに関する検討**
(細粒部の針貫入試験)
内容: 段差の地下延長部にあたる岩盤調査坑において、S-1沿いに分布する凝灰質な細粒部(固結した破砕部)と周辺の母岩(凝灰角礫岩)の硬さを、針貫入試験により比較した(P.382,383)。
- (3) **層理面の傾斜等に関する検討**
(堆積実験, 断層変位実験)
内容: 段差と調和的な方向への地層の傾斜が、堆積構造か、断層運動によるものか判断するための知見を得るため、旧A・Bトレンチを模擬した堆積実験・断層変位実験を行った(P.384～386)。

(1) 旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差の検討 ー概要ー

- 有識者会合は、旧A・Bトレンチの4つの全ての壁面において、S-1に沿って岩盤上面にほぼ一様な段差が認められ(右下図)、この岩盤上面はMIS5eの波食面であることから、波食面に系統的な高度差が認められることは、岩盤上面がほぼ平坦に削剥された後に、S-1のずれによって段差が生じたことを示唆すると評価している。
- 有識者会合は、上記評価は限られた資料やデータに基づいて行われていることから、より正確・確実な評価にするために、1号原子炉建屋建設時等におけるS-1とその周囲の形状を示す未提示の写真やスケッチの提示を今後の課題①としている。
- 今後の課題①を踏まえ、仮にS-1のずれにより、MIS5eの波食面に高度差が生じたとした場合、同じ中位段丘I面上に位置する建設時の掘削法面にも同程度の高度差を持つ段差が認められるはずであるが、そのような状況が見られるか否かについて検討を行った(P.378～380)。
- また、旧A・Bトレンチの4つの壁面と人工改変前の地形との関係から、段差の成因について考察を行った(P.381)。
- 以上の検討の結果、旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差は、河川の侵食作用によりS-1沿いに形成されたものと考えられる。



調査位置図

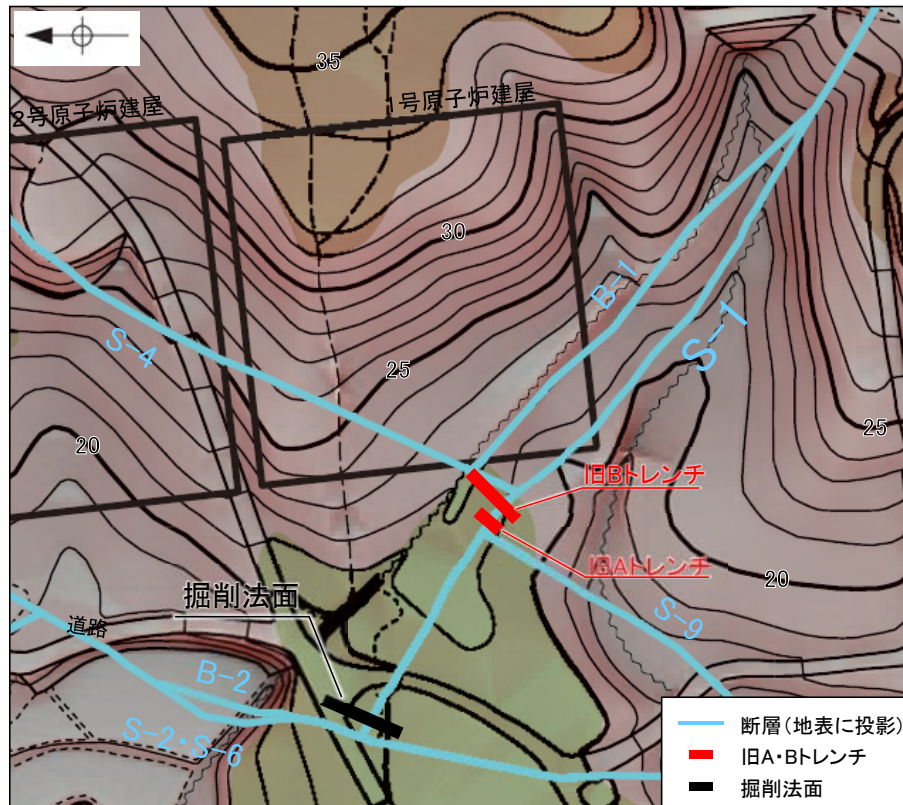


トレンチ壁面の位置関係

(1) 旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差の検討 — 掘削法面との比較 —

- 旧A・Bトレンチにおいては、岩盤上面がS-1を境にして北東側が南西側に対して見かけ20~35cm高い段差が認められる。
- 仮にS-1のずれにより、MIS5eの波食面に高度差が生じた場合、同じ中位段丘I面上に位置する建設時の掘削法面にも同程度の高度差を持つ段差が認められるはずであるが、掘削法面における調査の結果、そのような波食面の高度差は認められない(次頁)。
- このことから、旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差は、後期更新世以降にS-1の変位により形成されたものではないと判断される。

【旧A・Bトレンチ 位置図及びスケッチ】

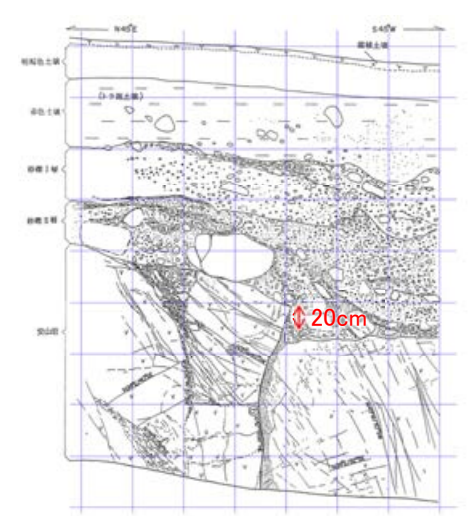


段丘面凡例
高位段丘I面
MI a
中位段丘I面
MI

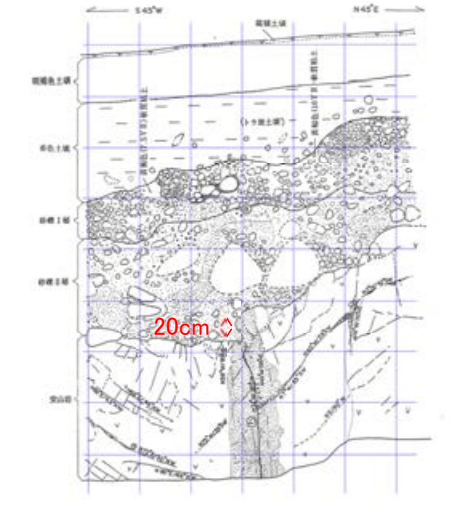
この図は、1985年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺8,000分の1)、1961年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺15,000分の1)及び水準測量結果をもとに作成した立体地図(等高線は1m間隔)を基図として、空中写真判読及び既存ボーリングの地質データ等に基づいた段丘面分布等を示したものである。



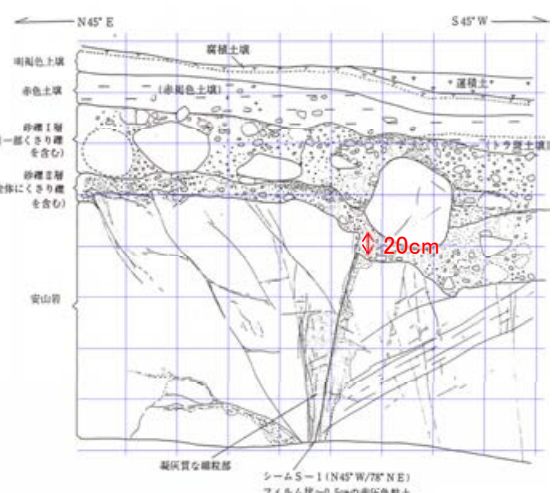
旧地形図(立体地図)



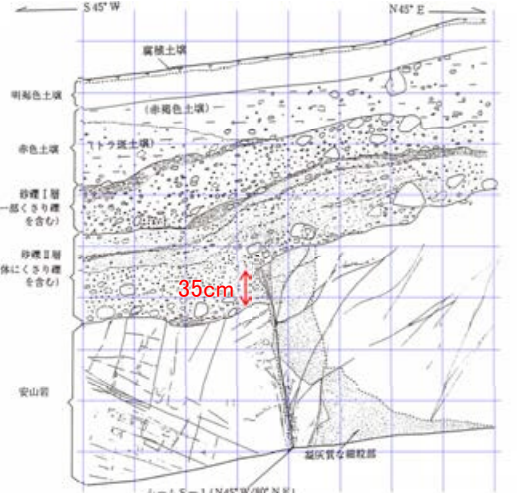
旧Aトレンチ南東壁面スケッチ



旧Aトレンチ北西壁面スケッチ

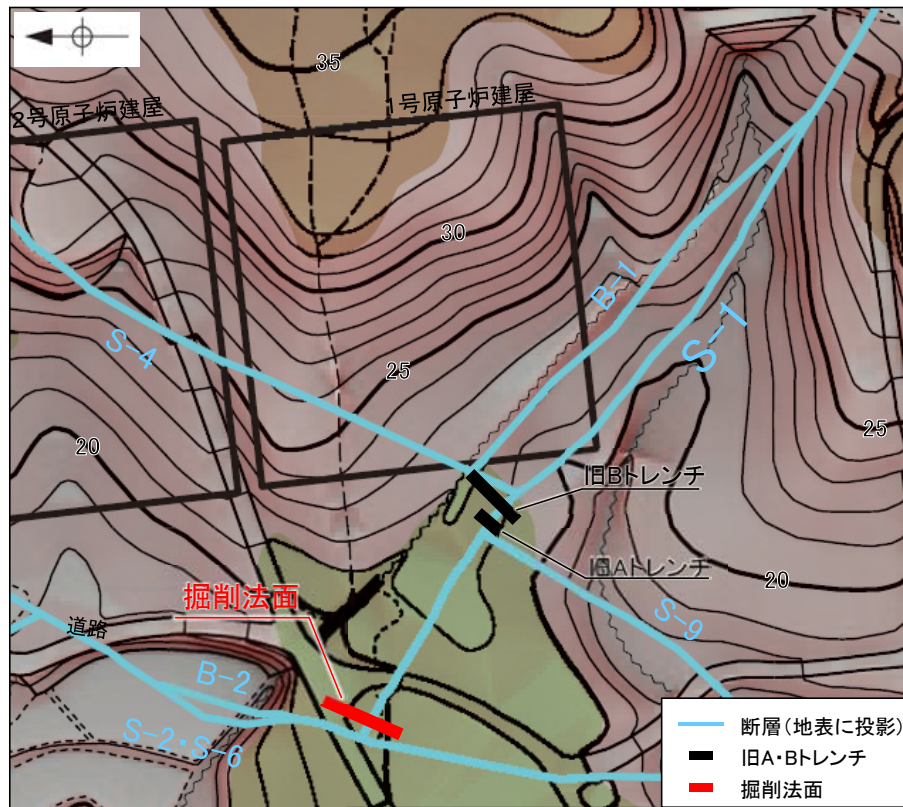


旧Bトレンチ南東壁面スケッチ



旧Bトレンチ北西壁面スケッチ

【掘削法面 位置図及びスケッチ】

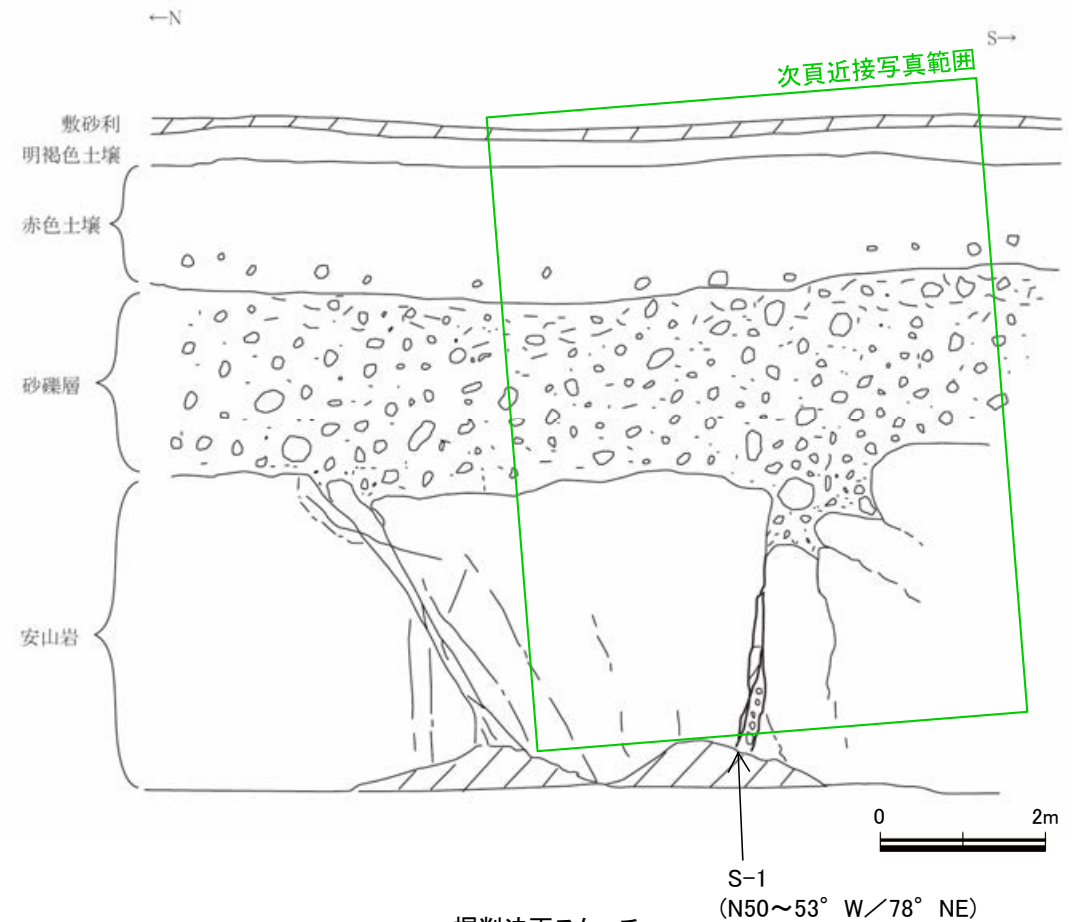


段丘面凡例
高位段丘1面
H1a
中位段丘1面
M1

この図は、1985年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺8,000分の1)、1961年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺15,000分の1)及び水準測量結果をもとに作成した立体地図(等高線は1m間隔)を基図として、空中写真判読及び既存ボーリングの地質データ等に基づいた段丘面分布等を示したものである。



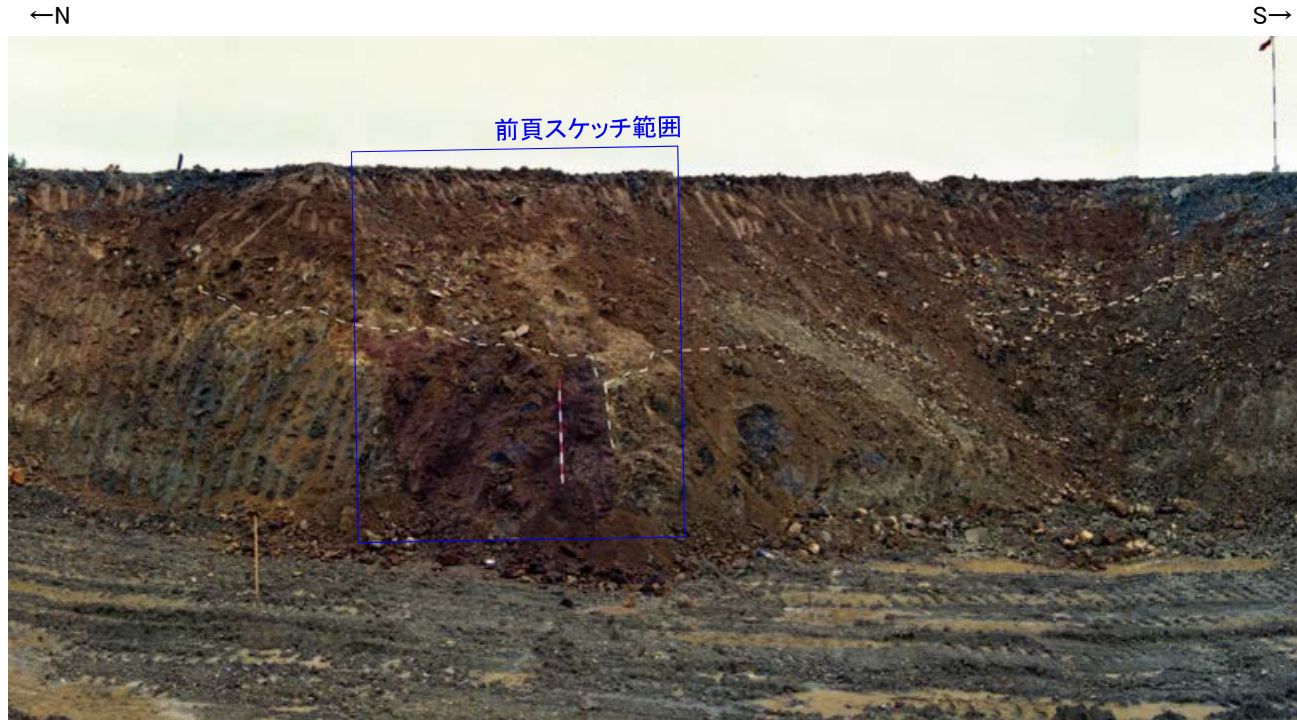
旧地形図(立体地図)



掘削法面スケッチ

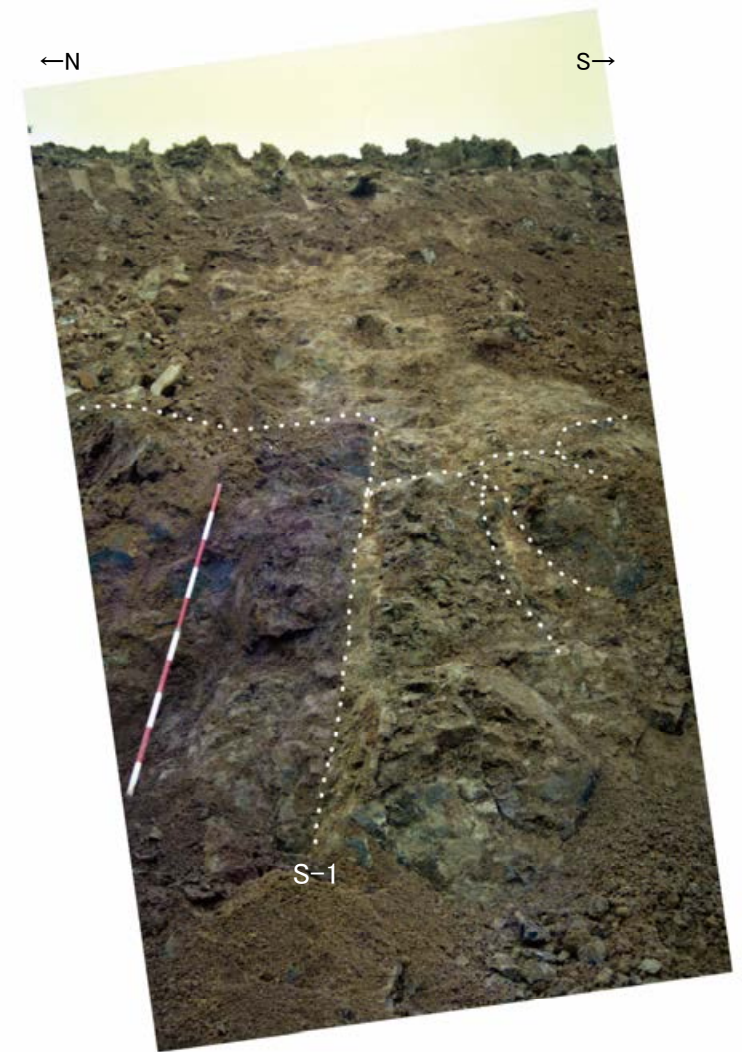
・S-1沿いに侵食による岩盤の窪みが認められるものの、その窪みを挟んで岩盤上面の高度差は認められない。

【掘削法面 S-1近接写真】



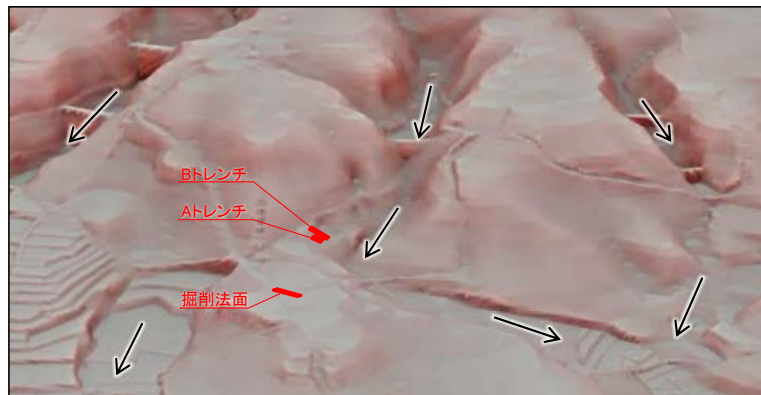
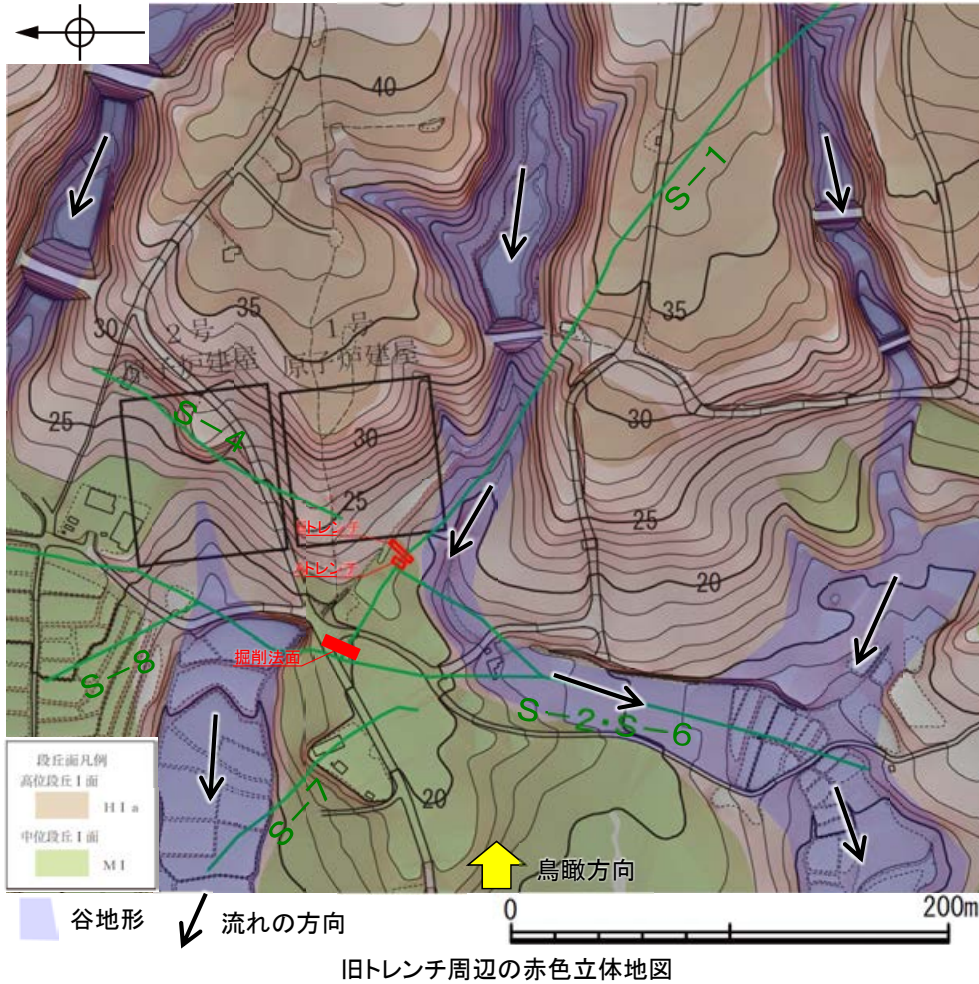
掘削法面 全景写真
(岩盤上面, S-1を白破線で加筆)

※全景写真, 拡大写真にある赤白ポールの高さは2m
(赤, 白部分が20cmで交互に色分けされている)



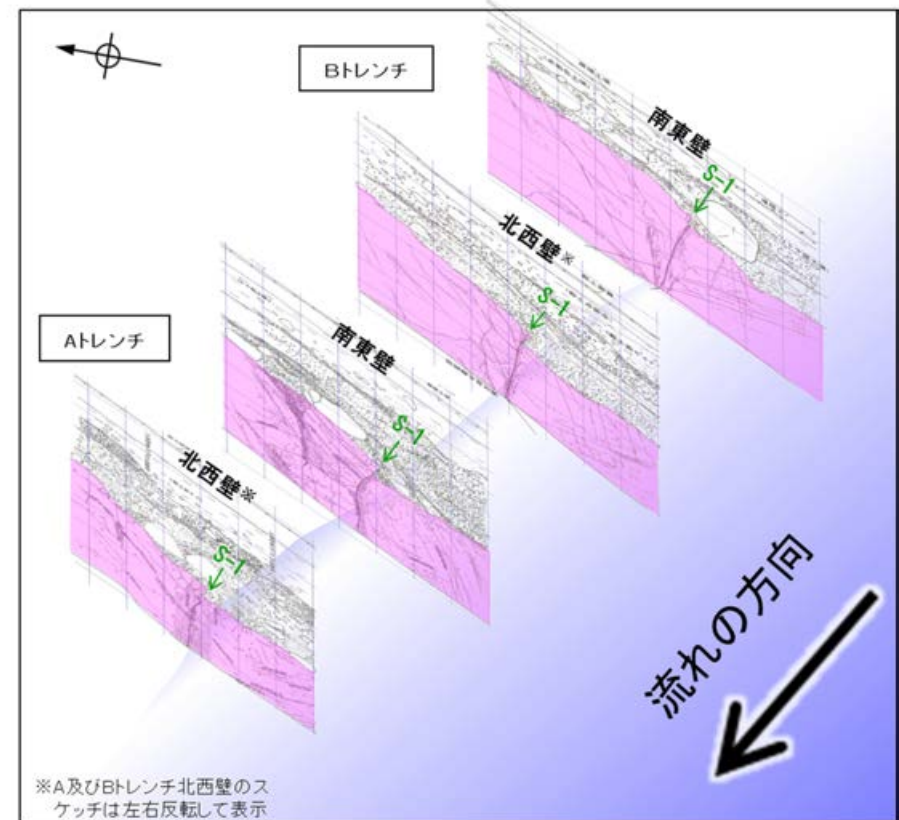
掘削法面 近接写真
(岩盤上面, 割れ目, S-1を白点で加筆)

(1) 旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差の検討 — 段差の成因の考察 —



鳥瞰図(H:V=1:3)

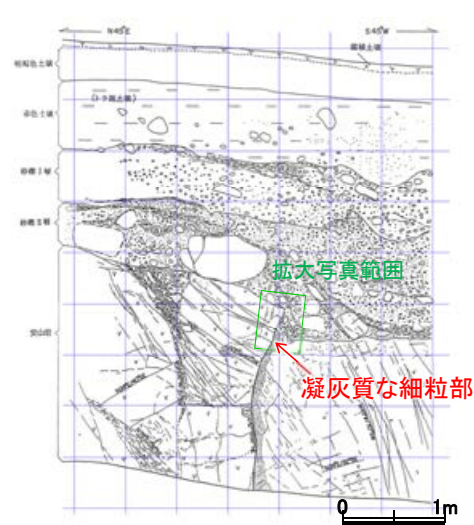
- 旧A・Bトレンチでは岩盤上面に段差が認められたが、掘削法面では岩盤上面に高度差が認められなかったことについて、地形の観点から考察を行った。
- 旧A・Bトレンチは、中位段丘I面の縁辺部に位置し、南側には高位段丘Ia面と中位段丘I面を開析する谷が近接しているため、同トレンチの南西側は河川の営力を受けやすい位置関係にある。
- それに対して、掘削法面は、中位段丘I面上で、河川の営力を受けにくい位置にある。
- このことから、旧A・Bトレンチでは、S-1の割れ目を介して、南西側の一部の岩盤が侵食作用を受け、段差が形成されたものと考えられる。



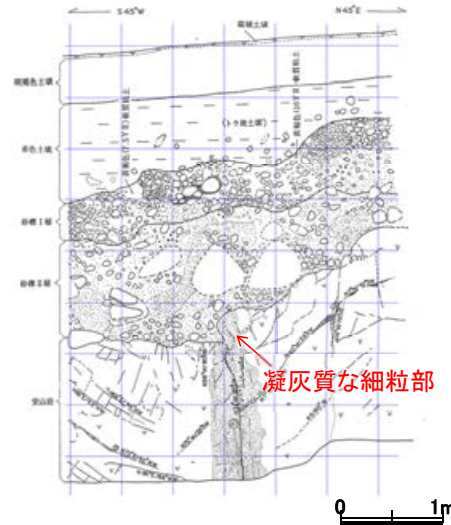
トレンチ壁面の位置関係

(2) 凝灰質な細粒部の硬さに関する検討 ー概要ー

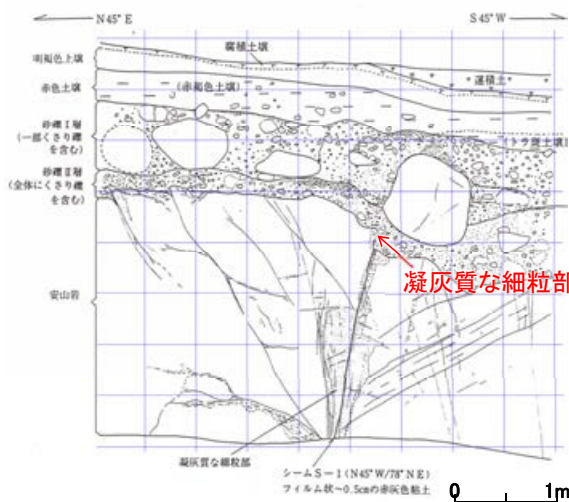
- 有識者会合は、旧A・Bトレンチにおいて、岩盤上面の段差沿い及び肩部分の岩盤には“軟質な”細粒部が存在することから、S-1沿いの差別侵食ではなく、S-1のずれによって段差が生じたことを示唆すると評価している。
- 当社は、当時のスケッチの記載での「凝灰質な細粒部」は固結した破碎部あるいは細粒凝灰岩であり、周辺母岩と同程度の硬さを有していることから、当該細粒部は、差別侵食により段差が形成された際に、侵食されずに残ったものと評価している。
- この評価を検証するために、旧A・Bトレンチに近接した位置にある岩盤調査坑において、針貫入試験により、S-1に沿って分布する凝灰質な細粒部の硬度について定量的に測定を行った結果、凝灰質な細粒部は岩盤と同程度の硬度を有している(次頁)。
- したがって、旧A・Bトレンチの段差の肩部分や壁面に分布する細粒部は、段差部において侵食されずに残ったものと考えられる。



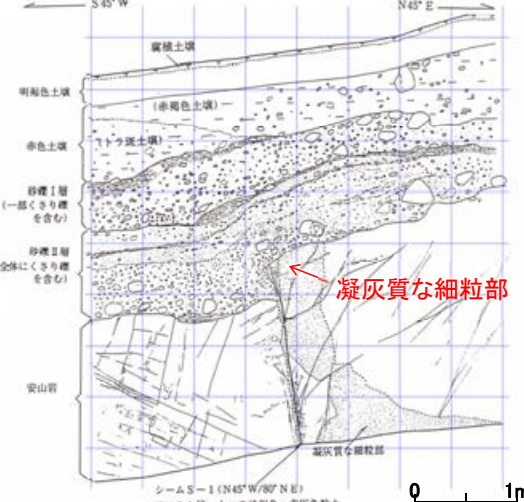
旧Aトレンチ南東壁面スケッチ



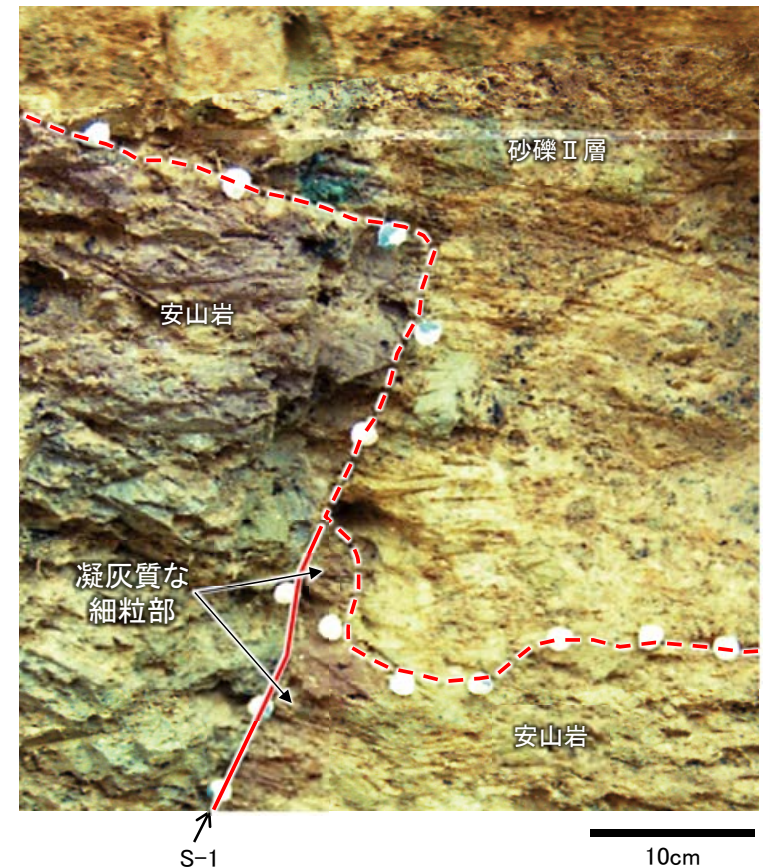
旧Aトレンチ北西壁面スケッチ



旧Bトレンチ南東壁面スケッチ



旧Bトレンチ北西壁面スケッチ



S-1
旧Aトレンチ南東壁面 シーム付近拡大写真
(シーム及び岩盤/堆積物境界を加筆)

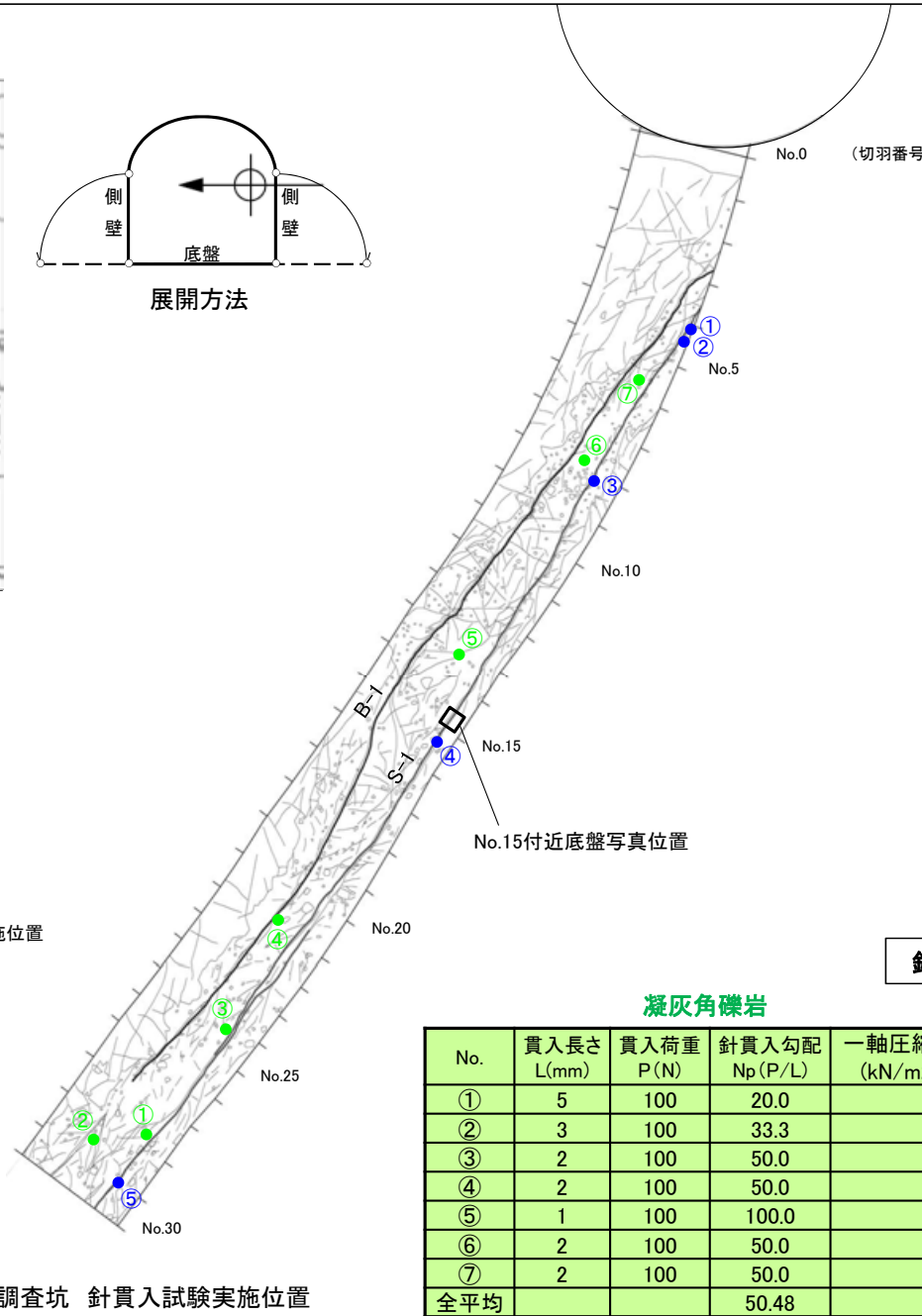
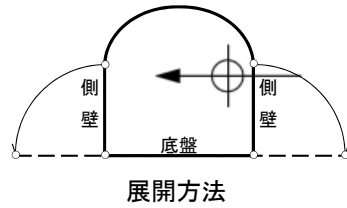
・旧Aトレンチ南東壁において、S-1に沿って分布する凝灰質な細粒部は、段差の下側のみに存在しており、差別侵食により段差が形成された際に残ったものと考えられる。

(2) 凝灰質な細粒部の硬さに関する検討 — 針貫入試験 —

○旧A・Bトレンチに近接した位置にある岩盤調査坑において、S-1に沿って分布する凝灰質な細粒部の硬度を定量的に測定するために、針貫入試験を行った結果、周辺の凝灰角礫岩と同程度の値を示しており、敷地の穴水累層の安山岩(角礫質)や凝灰角礫岩と同程度の硬度を有している。

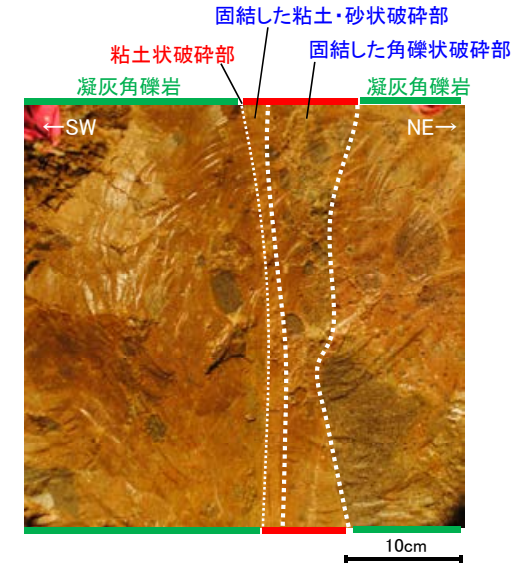


断層はEL-4.7mで示す。
位置図



- 凝灰角礫岩の針貫入試験実施位置
- 凝灰質な細粒部(固結した破砕部)の針貫入試験実施位置

岩盤調査坑 針貫入試験実施位置



No.15付近底盤写真

※針貫入勾配からの一軸圧縮強度の換算式(宗村・北村, 2009)

$$y=0.978x+2.621 \text{ (相関係数}0.914\text{)}$$

y: 一軸圧縮強度の対数値

x: 針貫入勾配(N_p =貫入力(N)/貫入量(mm))の対数値

針貫入試験結果

凝灰角礫岩

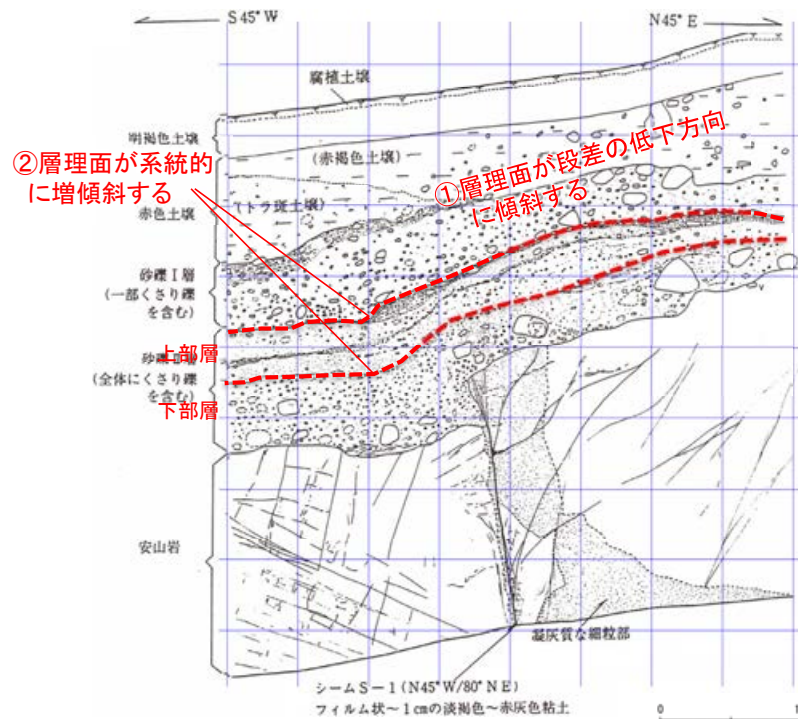
No.	貫入長さ L(mm)	貫入荷重 P(N)	針貫入勾配 N_p (P/L)	一軸圧縮強度 (kN/m^2)※
①	5	100	20.0	7824
②	3	100	33.3	12894
③	2	100	50.0	19169
④	2	100	50.0	19169
⑤	1	100	100.0	37757
⑥	2	100	50.0	19169
⑦	2	100	50.0	19169
全平均			50.48	19347

凝灰質な細粒部(固結した破砕部)

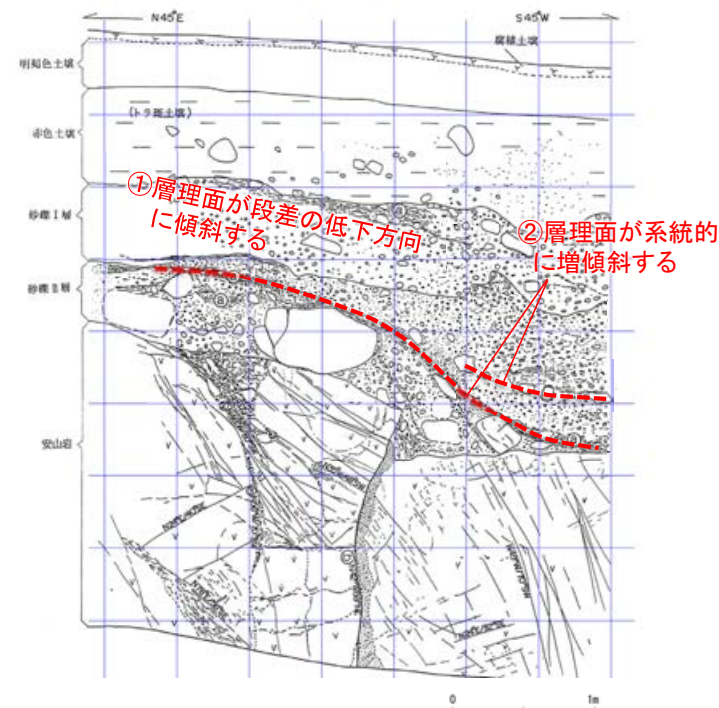
No.	貫入長さ L(mm)	貫入荷重 P(N)	針貫入勾配 N_p (P/L)	一軸圧縮強度 (kN/m^2)※
①	3	100	33.3	12894
②	2	100	50.0	19169
③	2	100	50.0	19169
④	2	100	50.0	19169
⑤	3	100	33.3	12894
全平均			43.33	16665

(3) 旧A・Bトレンチの層理面の傾斜等に関する検討 一概要一

- 有識者会合は、旧A・Bトレンチにおいて、岩盤の上位に分布する堆積物の層理面は、全て南西側(S-1の段差と調和的な方向)に傾斜しており(下図①)、一部の壁面を除けば段差直上において層理面の系統的な増傾斜も認められる(下図②)ことから、この堆積物(砂礫Ⅱ層)の堆積後にS-1が変位したと解釈するのが最も合理的であると評価している。
- 当社は、段差部周辺の砂礫Ⅱ層には断層変位を示唆するようなせん断面や地層の擾乱は認められないことから、上記①②は、既存の段差を砂礫層が埋めるように堆積した堆積構造を示していると評価している。
- この評価を検証するために、既存の段差を陸側(山側)からの堆積物が埋めるケースを模擬した堆積実験(次頁)及び砂礫層が断層変位を受けたケースを模擬した断層変位実験(次々頁)を実施し、旧A・Bトレンチの堆積物でみられる構造との比較検討を行った。
- 検討の結果、層理面の傾斜等は、S-1の変位により形成されたものではなく、段差を埋める堆積構造であると考えられる。



Bトレンチ北西壁 スケッチ



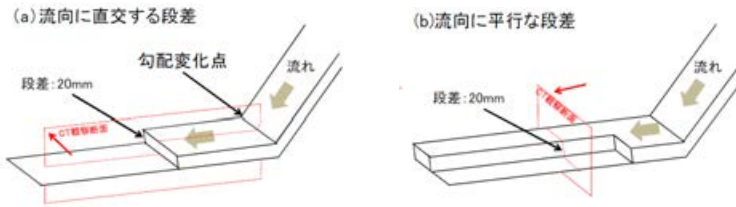
Aトレンチ南東壁 スケッチ

○旧A・Bトレンチを模擬して、既存の段差を陸側(山側)からの堆積物(砂礫)が埋める場合の段差付近の砂礫層内部に見られる構造の特徴について確認した。

○実験の結果、旧A・Bトレンチに見られる砂礫層の構造について、既存の段差を砂礫層が埋積したとする評価を支持する知見が得られた。

実験条件

装置: アクリル製小型水路
 基盤の段差: 水平区間の底盤に段差を配置
 段差の形状: 高さ20mm, 傾斜は90° とオーバーハングで60° と75°
 段差の向き: 流向に対して平行と直交
 材料: 1号砂利, 3号砂利, 8号珪砂, 水の混合
 (砂礫含有量は約50vol%)
 (粒子径は中央値でそれぞれ約6, 2, 0.08mm)
 撮影: 堆積時をビデオカメラで,
 堆積後に医療用X線CTで撮影



【主な成果】

- 礫を含む高濃度密度流を模擬した堆積物は、粗粒な礫に富む下部層と砂に富む上部層に分けられた。
- 基盤岩に段差がある場合、段差が流向に直交する場合も平行な場合も、段差の直近では礫の長軸が立ち上がることや下段方向に傾斜することが確認された。
- 段差近傍で上段から下段に層構造が傾斜すること、地層が撓むような形状を示すことが確認された。

堆積作用によっても断層の直近で礫の長軸が急傾斜になることや地層が撓むような構造が生じることが確認できた。

(a) 流向に直交する段差がある場合の堆積構造

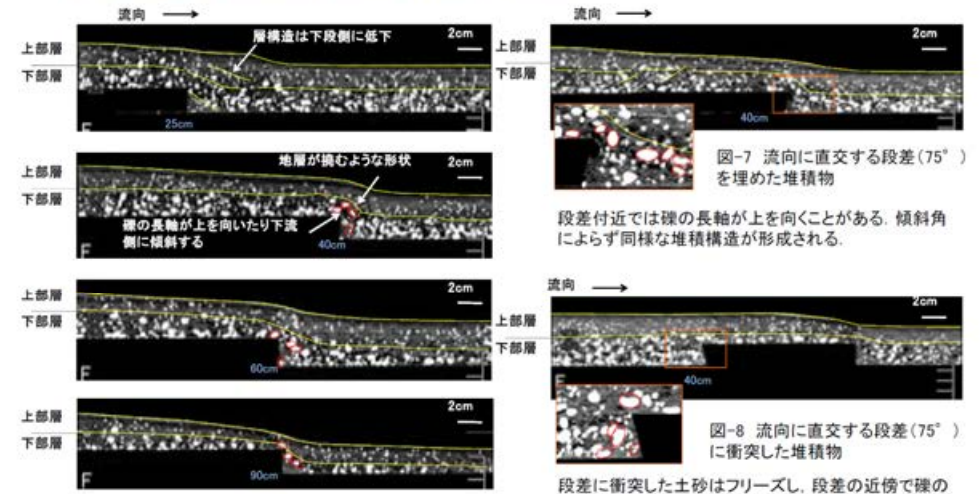


図-6 流向に直交する段差(90°)を埋めた堆積物。青字は勾配変化点からの距離

段差付近では礫の長軸が上を向いたり下流側に傾斜する。下部層と上部層を分ける層構造は段差の直上もしくはやや下流側で地層が上に撓むような形状を示す(図-6, 7)。

(b) 流向に平行な段差がある場合の堆積構造

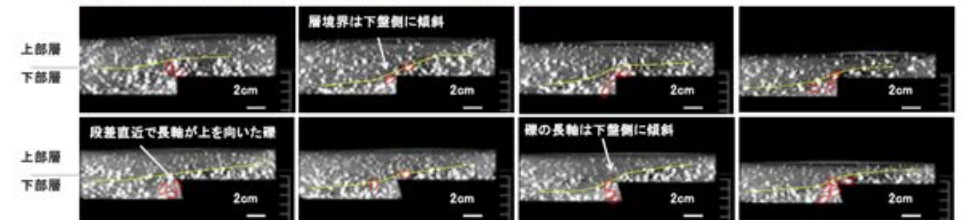


図-9 流向に平行な段差を埋めた堆積物。左がより上流側の断面。上段: 段差角度90°, 下段: 段差角度75°

段差の上段から下段の方向に層構造が緩く傾斜する。段差近傍の下段側では礫の長軸方向が鉛直方向に近くなったり、下段側に傾斜する。段差の傾斜角によらず同様な傾向が見られた(図-9)

- 有識者会合は、淘汰の悪い砂礫層の場合や、含水条件で流動性を持つ場合、せん断面や地層の擾乱は必ずしも判断できないため、旧A・Bトレンチの砂礫Ⅱ層が変位・変形を受けている可能性は否定できないと評価している。
- そこで、砂礫層の断層運動による変形様式を実験的に検討することを目的に、乾燥状態・浸水状態における砂礫の混合試料を用いた断層変位実験を実施した結果、いずれの場合も同様にせん断面や地層の擾乱が生じることが確認された。
- この知見を踏まえると、旧A・Bトレンチの砂礫Ⅱ層にはせん断面や地層の擾乱が認められないことから、断層運動による変位・変形を受けていないと判断される。

実験条件

装置：アクリル製土槽（2種類）（図-3）
 地盤材料：砂（8号珪砂），礫（3号砂利，1号砂利）
 礫層配合：8号珪砂：3号砂利：1号砂利=15：2：3（重量比）
 層厚：約40～50mm
 湿潤状態：乾燥状態¹⁾，湿潤状態（含水比約26%），浸水状態（図-4）
 断層運動：逆断層運動（傾斜角=60°，75°）
 変位速度：0.01mm/s（鉛直成分）
 撮影：変位量2mm毎にX線CTで撮影



図-3 断層模型実験に用いたアクリル製の土槽（写真は水中用）

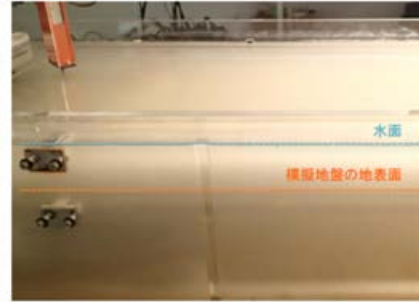
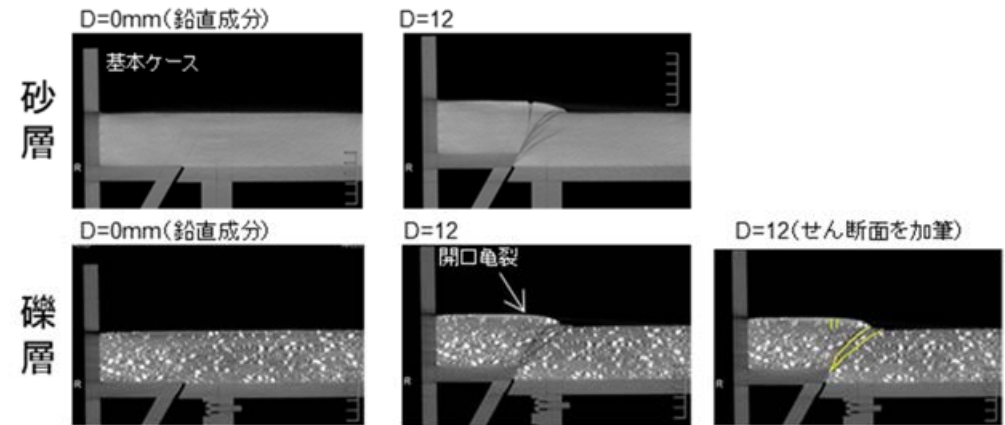
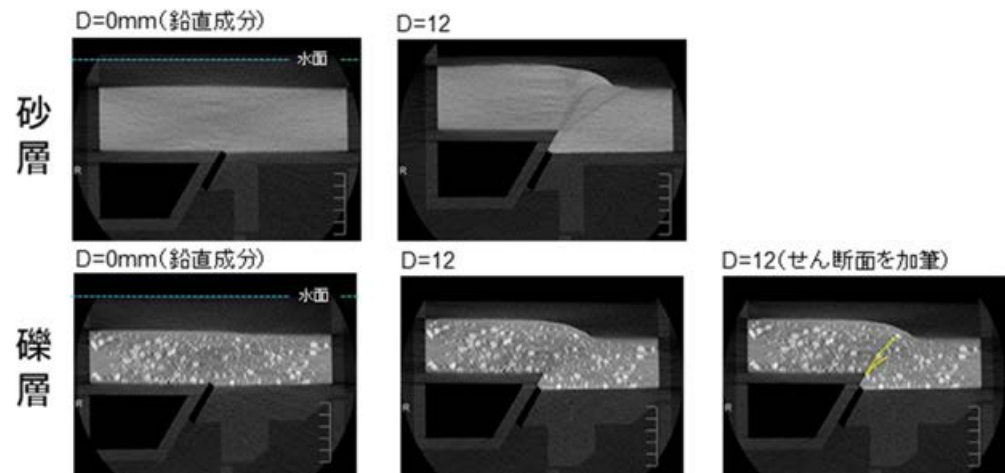


図-4 土槽を浸水させることで水中の未固結堆積物を模擬

(a) 乾燥状態



(b) 浸水状態（水中）



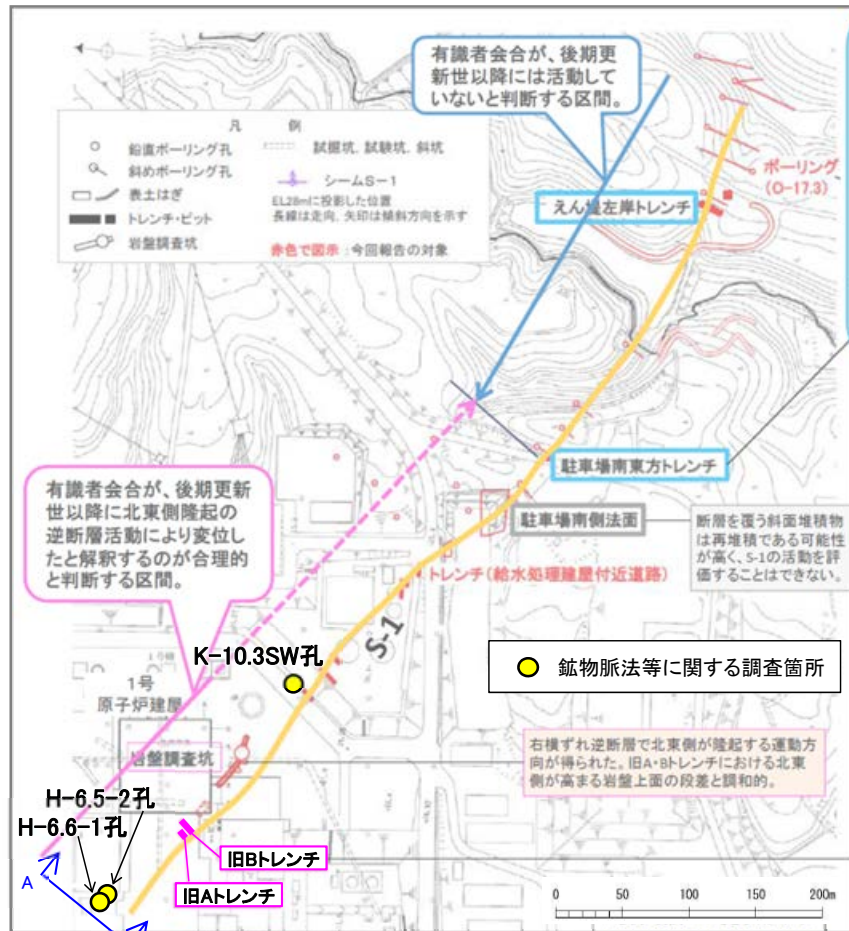
【主な成果】

- 乾燥状態，浸水状態（水中）いずれにおいても、礫層が変位・変形を受けた場合、淘汰の良い砂層の場合と同様に、せん断面や礫の回転が生じることが確認された。

6.1.3 検討3:S-1北西部の鉱物脈法等による評価

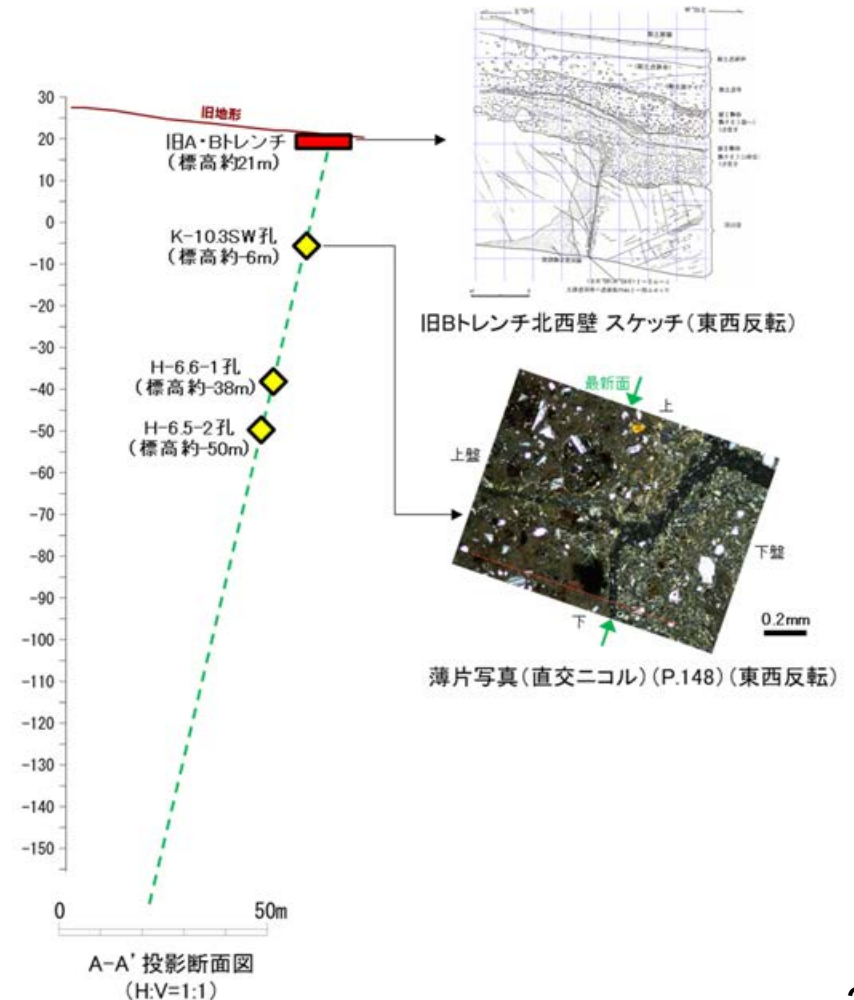
6.1.3 検討3:S-1北西部の鉱物脈法等による評価

- 有識者会合は、S-1の南東部については後期更新世以降の活動はないと評価しているが、旧A・Bトレンチ既往スケッチ及び写真等の情報から、S-1の北西部については、後期更新世以降に、北東側隆起の逆断層活動により変位したと解釈するのが合理的であると評価している。
- 有識者会合によれば、上記評価は、限られた資料やデータに基づいて行われており、より正確・確実な評価にするためには、「今後の課題」に示すデータ等の拡充が必要としていることから、「今後の課題」を踏まえ、旧A・Bトレンチ地下延長部において、鉱物脈法等による評価を実施した(P.112～152で前述)。
- 仮にS-1北西部が北東側隆起の逆断層活動により変位したとした場合、地下延長部のS-1も同センスの変位が生じているはずであるが、鉱物脈法等による評価の結果、S-1の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所を粘土鉱物(I/S混合層、6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。



位置図

(「北陸電力株式会社志賀原子力発電所の敷地内破碎帯の評価について(報告) 平成28年4月27日原子力規制庁」に加筆)



6.1.4 S-1の有識者会合の評価と追加検討 まとめ

6.1.4 S-1の有識者会合の評価と追加検討 まとめ

○新たにS-1北西部で実施した鉱物脈法等による評価(検討3)により、S-1北西部に後期更新世以降の活動は認められない。

検討内容		検討結果	記載頁
検討3	旧A・Bトレンチ地下延長部において、鉱物脈法等による評価を実施した。	S-1の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所粘土鉱物(I/S混合層, 6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。	P.387, 388

○有識者の評価に至った個別事象についても追加の検討(検討1, 2)を行い、当社の評価の妥当性を再確認した。

検討内容		検討結果	記載頁
検討1	駐車場南側法面の堆積物を被覆する赤色土壌等について、CT画像観察等を行い、再堆積の可能性について検討する。	赤色土壌には明瞭な斑紋構造が認められ、この斑紋構造は数万年スケールの時間で生じるとされていることから、再堆積の可能性はない。	P.371 ~374

検討内容		検討結果	記載頁
検討2	(1) 旧A・Bトレンチ周辺の地形と岩盤上面形状のデータから、旧A・Bトレンチの岩盤上面の段差の成因を検討する。	同段差は、河川の侵食作用によりS-1沿いに形成されたものと考えられる。	P.377 ~381
	(2) 軟質と評価された凝灰質な細粒部について、針貫入試験を行い、硬軟を確認する。	同細粒部は岩盤と同程度の硬度を有しており、段差部において侵食されずに残ったものと考えられる。	P.382, 383
	(3) 旧A・Bトレンチを模擬した堆積実験及び断層変位実験を行い、層理面の傾斜の成因について検討する。	同傾斜は、S-1の変位により形成されたものではなく、段差を埋める堆積構造であると考えられる。	P.384 ~386



【S-1において実施した追加検討結果(まとめ)】

S-1北西部に後期更新世以降の活動は認められない。

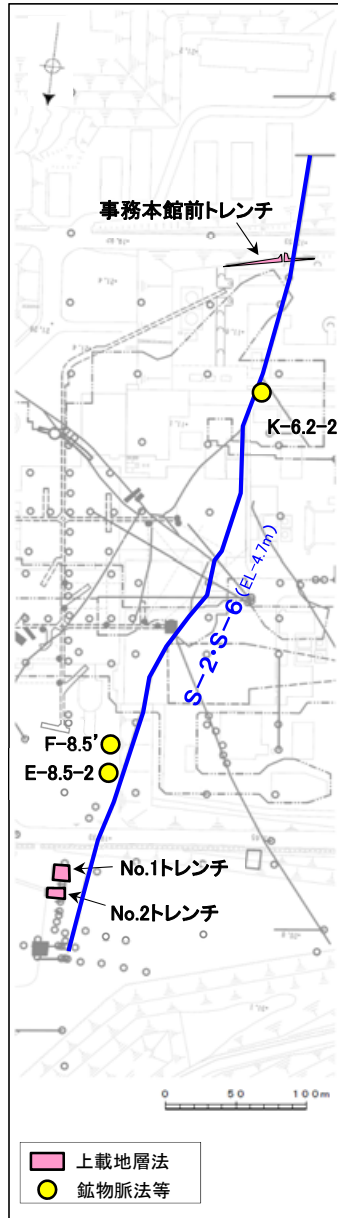
6.2 S-2・S-6の有識者会合の評価と追加検討について

6.2 S-2・S-6の有識者会合の評価と追加検討について ー概要ー

○S-2・S-6の活動性については、有識者会合において議論、評価がされている。
○同会合における当社及び有識者の評価と、両者で評価の異なるもの及び同会合が示した「今後の課題」を踏まえ実施した追加検討について以下に示す。

【有識者会合の評価(概要)】

【新たな追加検討(内容・結果)】



S-2・S-6の調査位置図

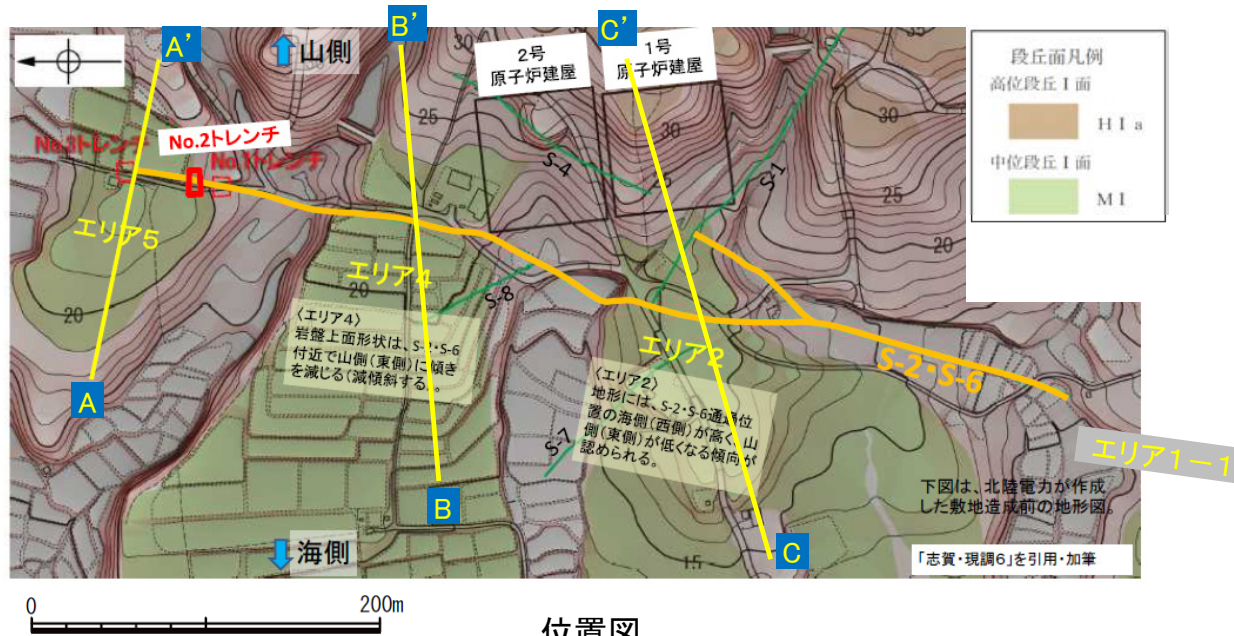
【当社の評価】	【有識者の評価】
<p>(地形)</p> <p>S-2・S-6 周囲の地形は、周辺の岩盤性状を反映して形成された組織地形や人工改変により形成されたものと推定される。</p>	<p>赤文字: 当社の評価と異なるもの及び今後の課題</p> <p>S-2・S-6付近では、地形、岩盤上面高度ともに、S-2・S-6通過位置の海側(西側)の方が高く、山側(東側)が低い傾向が認められる。</p>
<p>(事務本館前トレンチ)</p> <p>S-2・S-6は、5,970±40yBPの木片を含む堆積物に覆われ、同堆積物に変位・変形は認められない。</p>	<p>当トレンチでは、後期更新世におけるS-2・S-6の活動性を評価することはできないと判断する。</p>
<p>(No.1トレンチ)</p> <p>S-2・S-6は、ATを含む再堆積した地層に覆われ、同堆積物に変位・変形は認められない。</p>	<p>当トレンチでは、後期更新世におけるS-2・S-6の活動性を評価することはできないと判断する。</p>
<p>(No.2トレンチ)</p> <p>S-2・S-6は、岩盤の上面及びその直上のMIS5eの海成堆積層に変位・変形が認められないことから、12万~13万年前以降の活動はない。</p>	<p>No.2トレンチではS-2・S-6に沿う明瞭な変位は認められないが、MIS5eの海成堆積物中の層理面が山側(東側)に向かって緩やかに傾斜している状況が認められた。</p>
<p>【S-2・S-6の活動性評価】</p> <p>S-2・S-6は、少なくとも12~13万年前以降の活動は認められない。</p>	<p>S-2・S-6は、後期更新世以降に左横ずれ成分を持つ西側隆起の逆断層として活動した可能性がある。この際、S-2・S-6の地下延長部の断層が活動し、地表付近の新第三系及び上部更新統に変形を及ぼしたものと判断する。</p>
<p>【今後の課題】</p> <p>今回の評価は、限られた資料やデータに基づいて行われており、より正確・確実な評価にするためには、以下に示すデータ等の拡充が必要と考える。</p> <p>②S-1, S-2・S-6等の断層破砕帯やその母岩の鉱物学的・地球化学的分析。</p> <p>③S-1, S-2・S-6及びこれらの周囲に存在するせん断面について、これらを横断する鉱物脈の有無(ある場合はその構成鉱物)、条線を含む構造同士の切断関係に関する検討。</p> <p>④S-1, S-2・S-6の連続性(深部方向、走向延長方向)及び活動性に関する地質・地質構造に関する調査。</p> <p>⑤敷地周辺に分布する断層の調査(平面方向及び地下方向)と、その広域的枠組みの中での敷地の地形・地質構造に関する詳細な検討。</p>	

検討内容	検討結果	記載頁
<p>○ No.2トレンチでは、MIS5eの海成堆積物中の層理面等が山側に向かって一様に傾斜する傾向は認められない(検討2)。</p>	<p>山側に傾斜する層理面を含めトレンチ内の全ての層理面について、傾斜の有無を定量的(碟の長軸角度分析等)に確認する。</p>	<p>MIS5eの海成堆積物中の層理面等が山側に向かって一様に傾斜する傾向は認められないことを確認した。</p> <p>P.405 ~410</p>
<p>・No.2トレンチ周辺は建設時に地盤改良等の人工改変を受けており、MIS5eの海成堆積物の堆積構造に関する更なるデータの取得は困難であることから、より広域的な検討(検討3, 1, 4)を行うこととした。</p>		
<p>○ S-2・S-6及びその上盤側にあるS-7, S-8の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(1/S混合層, 6Ma以前に生成)に変位・変形は認められないことを確認した(検討3)。</p>	<p>S-2・S-6及びその上盤側の岩盤中のせん断面(S-7, S-8)に対して、鉱物脈法等による評価を実施した。</p>	<p>S-2・S-6及びその上盤側にあるS-7, S-8の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(1/S混合層, 6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。</p> <p>P.411, 412</p>
<p>○ 地形、岩盤上面ともにS-2・S-6に沿って一様に海側が高い傾向は認められず、さらに、地下深部に変位を与える断層はない(検討1, 4)。</p>		
<p>S-2・S-6付近の地形及び岩盤上面形状を確認し、指摘された「凸状地形」付近でボーリング調査を行い、S-2・S-6の海側隆起の有無を検討する。</p>	<p>S-2・S-6に沿って一様に海側が高い傾向は認められず、また、指摘の「凸状地形」の地下には、同地形を隆起させる断層がないことを確認した。</p>	<p>P.393 ~404</p>
<p>S-2・S-6の南方延長への連続性をボーリング及び音波探査記録で確認し、地下深部への連続性を反射法・VSP探査により確認する。</p>	<p>S-2・S-6は南方延長や地下深部へは連続しないことを確認した。</p>	<p>P.413 ~423</p>
<p>【S-2・S-6において実施した追加検討結果(まとめ)】</p> <p>○「S-2・S-6の地下延長部の断層が活動し、地表付近の上部更新統等に変形を及ぼした」との評価は考え難い。</p>		

6.2.1 検討1 : S-2・S-6付近の地形等に関する検討

6.2.1 検討1：S-2・S-6付近の地形等に関する検討 ー概要ー

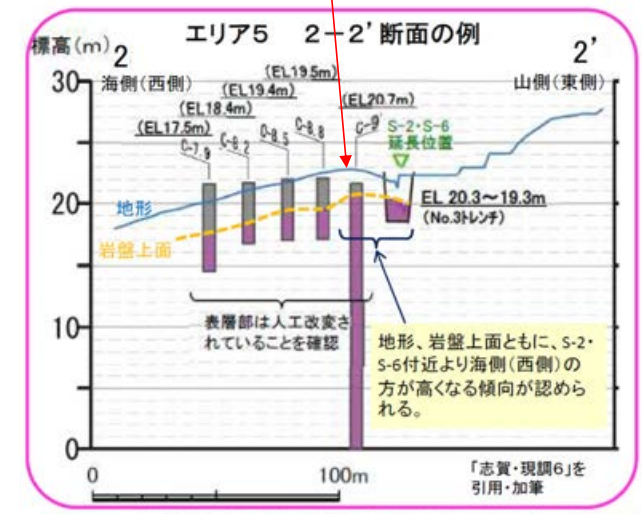
- 有識者会合は、下表左に示す(1)、(2)のことから、S-2・S-6付近の地形、岩盤上面の高まりは、S-2・S-6の後期更新世以降の活動で生じた、海側(西側)隆起の変動地形であることを示唆すると評価している。
- これらの評価に対して、下表右に示すデータ拡充及び検討を行った。
- 検討の結果、地形及び岩盤上面ともにS-2・S-6に沿って一様に海側が高い傾向は認められず、また、有識者会合が指摘した西側の地形の高まり(以下、「凸状地形」)の地下には、同地形を隆起させる断層がないことを確認した。



位置図

(「北陸電力株式会社志賀原子力発電所の敷地内破砕帯の評価について(報告)平成28年4月27日原子力規制庁」に加筆)

有識者会合が指摘した西側の地形の高まり「凸状地形」



A-A' 断面

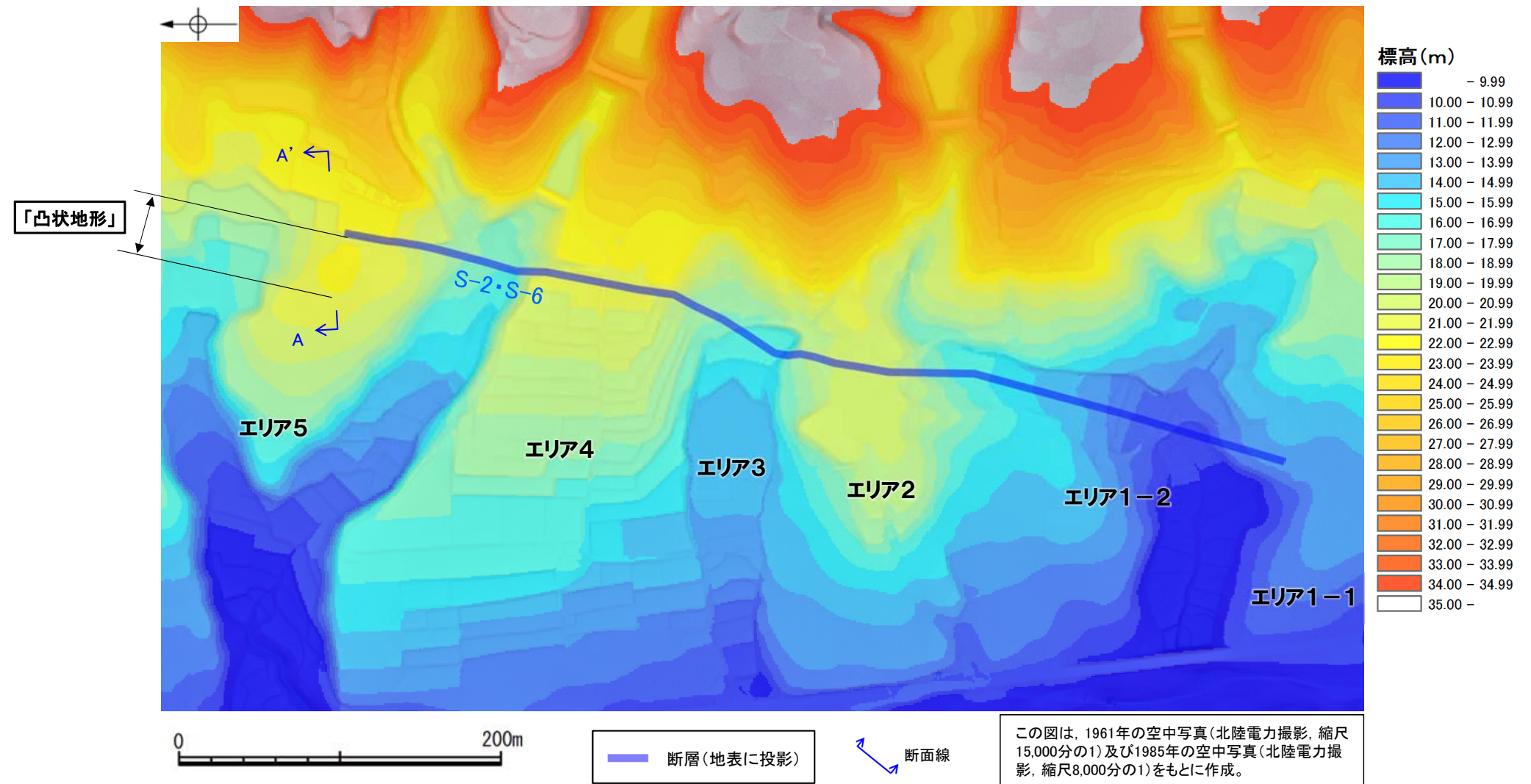
有識者会合の評価	
(1)	<ul style="list-style-type: none"> エリア2のC-C'断面において、敷地造成前の地形に、S-2・S-6通過位置の海側(西側)が高く、山側(東側)が低くなる傾向が認められる。 エリア4のB-B'断面において、敷地造成前の地形は単調に海側(西側)に向かい低くなる傾向を示すのに対し、1号機設置時のボーリングコア試料に基づく岩盤上面形状は、S-2・S-6付近で山側(東側)に傾きを減じる。
(2)	<ul style="list-style-type: none"> エリア5のA-A'断面において、敷地造成前の地形は、S-2・S-6通過位置の海側(西側)が高く、山側(東側)が低くなる特徴が認められる。また岩盤上面の高度についても、S-2・S-6より海側(西側)は発電所建設のために改変され、岩盤上部が掘削・除去されているにもかかわらず、海側の岩盤上面の方が改変されていないS-2・S-6付近の岩盤上面よりも高い。

有識者会合以降のデータ拡充	検討内容
<ul style="list-style-type: none"> S-2・S-6付近の地形、岩盤上面分布の作成 	<p>仮に海側(西側)隆起の変動地形であれば、地形、岩盤上面ともにS-2・S-6全線に沿って一様に海側が高まるないしは減傾斜すると考えられるが、エリア2、エリア4を含むS-2・S-6全線に沿ってそのような傾向が認められるか否かについて確認を行う(P.395~397)。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 「凸状地形」周辺のボーリング調査 	<p>エリア5でみられる地形、岩盤上面ともに海側(西側)の高まりについては、ボーリング調査により深部の断層の有無の確認を行い、さらに「凸状地形」の成因について考察を行う(P.398~404)。</p>

各エリアの調査結果は、[補足資料6.2-1](#)(1) P.6.2-1-3~9

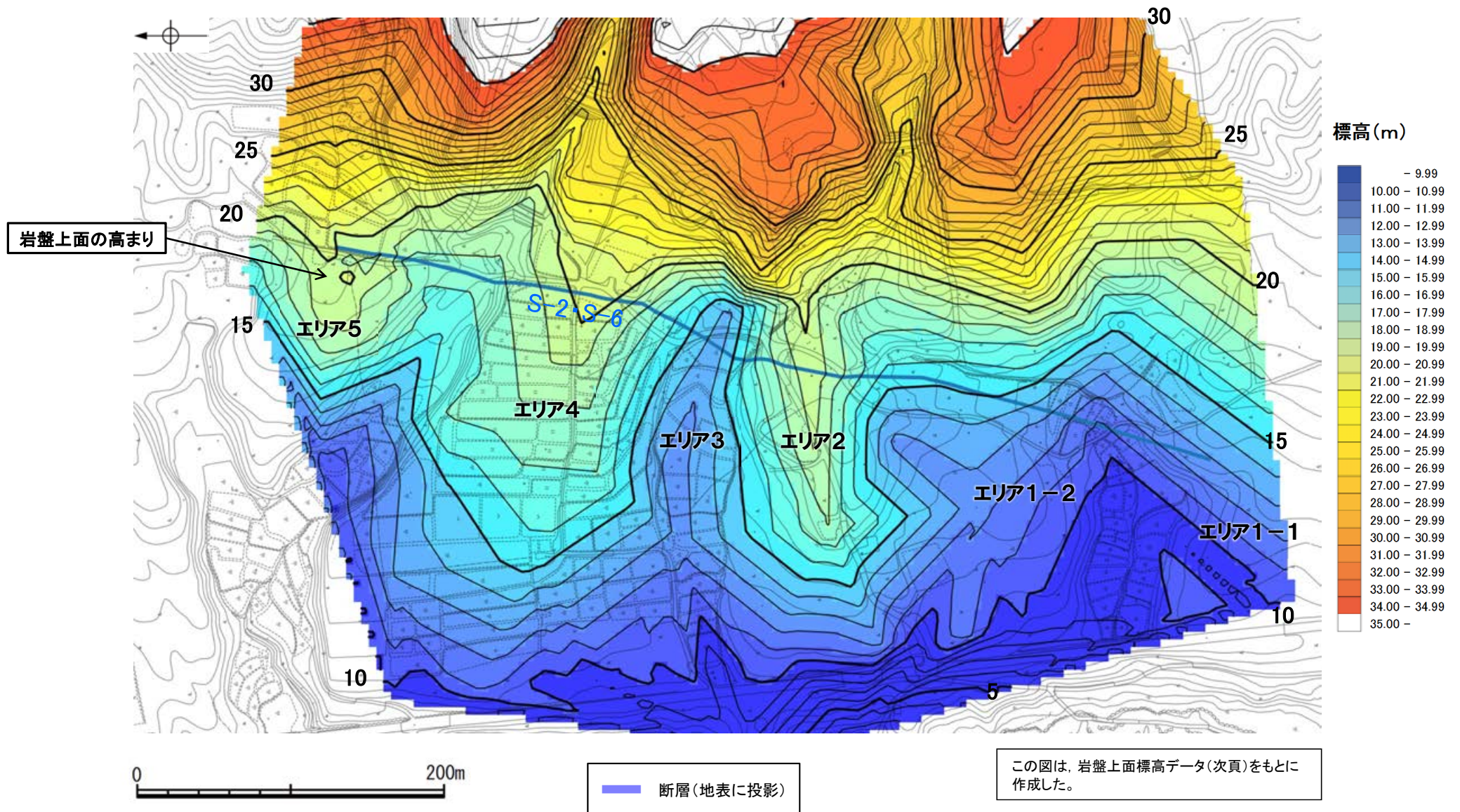
○S-2・S-6北部に位置するエリア5において、「凸状地形」が認められる(A-A'断面*)。
 ○これをS-2・S-6の活動による変動地形と考えた場合、S-2・S-6の南北全線にわたって同様に地形の高まりが生じると考えられる。
 ○しかしながら、実際のS-2・S-6付近の地形は、海側(西側)に向かって徐々に低下しており、S-2・S-6より海側がエリア5と同様に一樣に高まる
 ないしは減傾斜する傾向は認められない。

※A-A'断面はP.399



発電所建設以前の地形標高段彩図

OS-2・S-6北部に位置するエリア5において、岩盤上面の高まりが認められる。
 ○これをS-2・S-6の活動による変動地形と考えた場合、S-2・S-6の南北全線にわたって同様に岩盤上面の高まりが生じると考えられる。
 ○しかしながら、実際のS-2・S-6付近の岩盤上面は、海側(西側)に向かって徐々に低下しており、S-2・S-6より海側がエリア5と同様に一様に高まるないしは減傾斜する傾向は認められない。

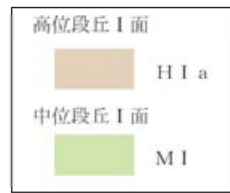


岩盤上面標高段彩図

【岩盤上面標高データ】



エリア5周辺の拡大図



- ボーリング孔(1号機建設時)
- ボーリング孔(2号機建設時)
- ボーリング孔(2号機建設以降)
- No.1~No.3トレンチ
- 断層(地表に投影)

数字は岩盤上面の標高(m)

この図は、1961年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺15,000分の1)及び1985年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺8,000分の1)をもとに作成した地形図(等高線は1m間隔)に、空中写真判読及び既存ボーリングの地質データ等に基づいた段丘面分布を示したものである。

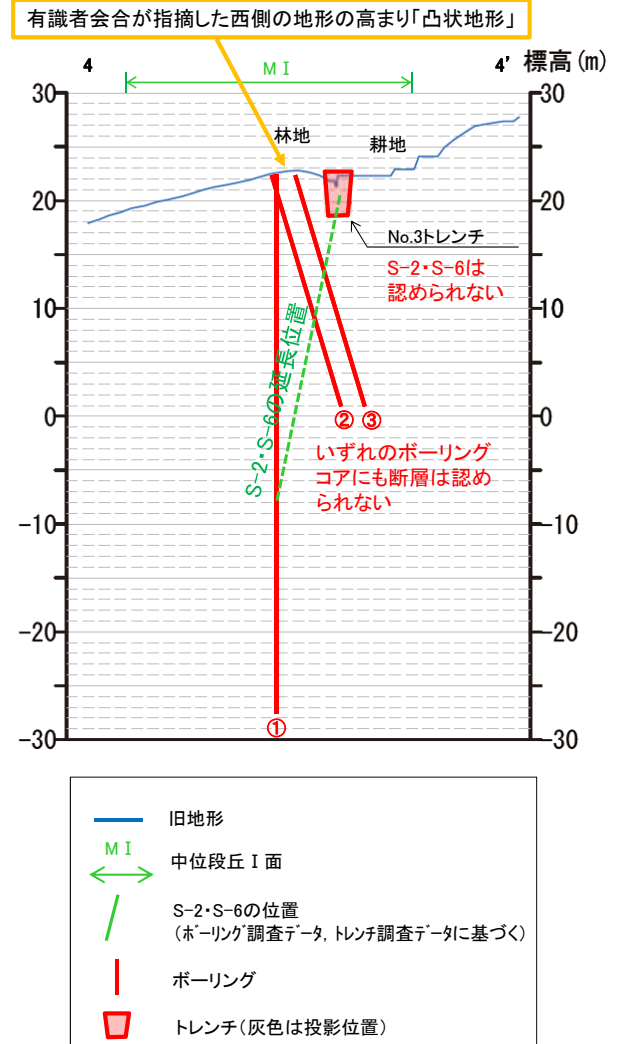
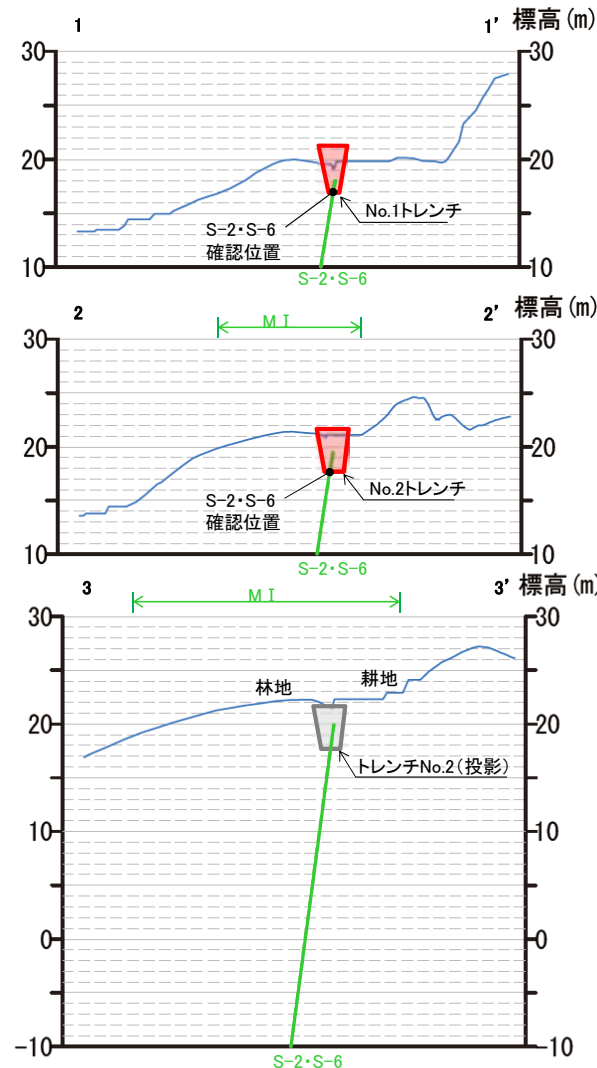
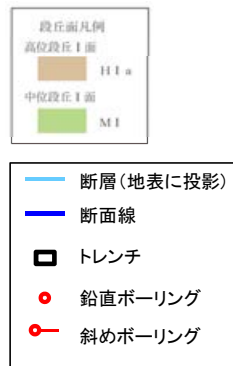


6.2.1 検討1:S-2・S-6付近の地形等に関する検討 — エリア5周辺の地形 —

○有識者会合は、エリア5において、地形、岩盤上面ともにS-2・S-6付近より海側(西側)の方が高くなることを指摘しているが、ボーリング調査の結果、西側を隆起させるような断層は認められない(次頁)。
○また、「凸状地形」の頂部付近には、相対的に堅硬である安山岩(均質)が周辺よりもやや優勢に分布していることから、「凸状地形」は、波蝕台形成時における岩盤上面の起伏を反映した局所的なものと推定される(P.403,404)。



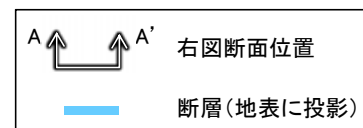
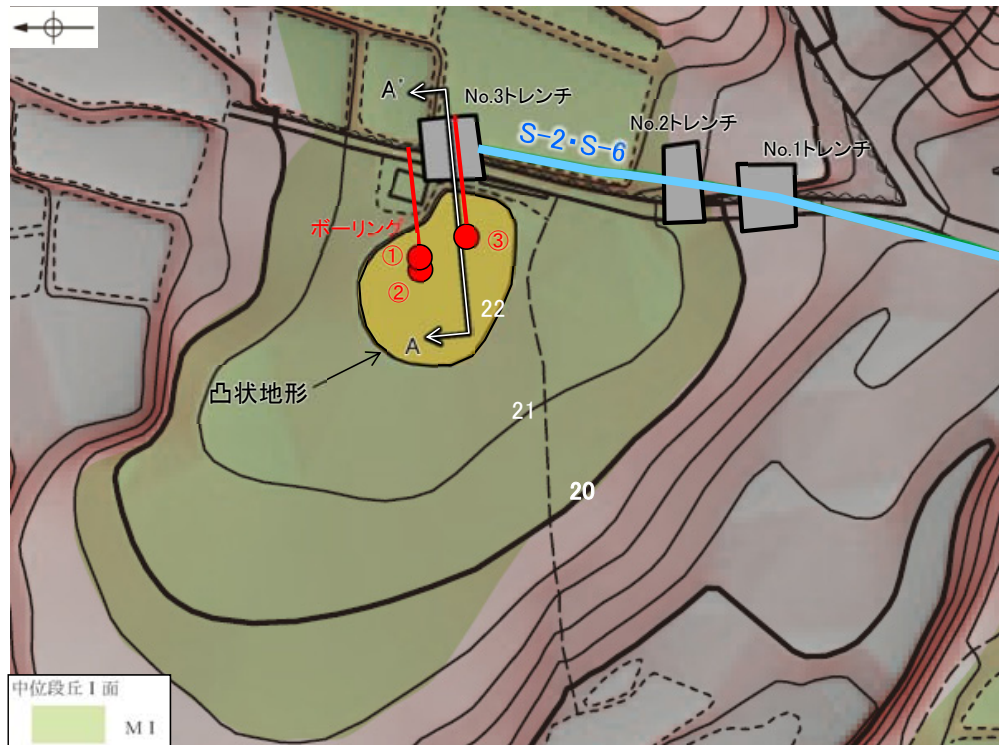
位置図(エリア5)



地形断面図(H:V=1:5)

6.2.1 検討1：S-2・S-6付近の地形等に関する検討 —「凸状地形」の深部における断層の有無—

- エリア5において、S-2・S-6の北方に西側が高い「凸状地形」が認められたことから、この基部において、西側を隆起させるような断層の有無を確認するために、凸部の頂部付近から3本のボーリング調査を実施した。
- その結果、いずれのボーリングコアにも深部に断層は認められないことが確認された(次頁)。
- また、S-2・S-6はNo.1, No.2トレンチでは確認されるが、「凸状地形」が最も顕著に表れているNo.3トレンチにおいては確認されない。



調査位置図



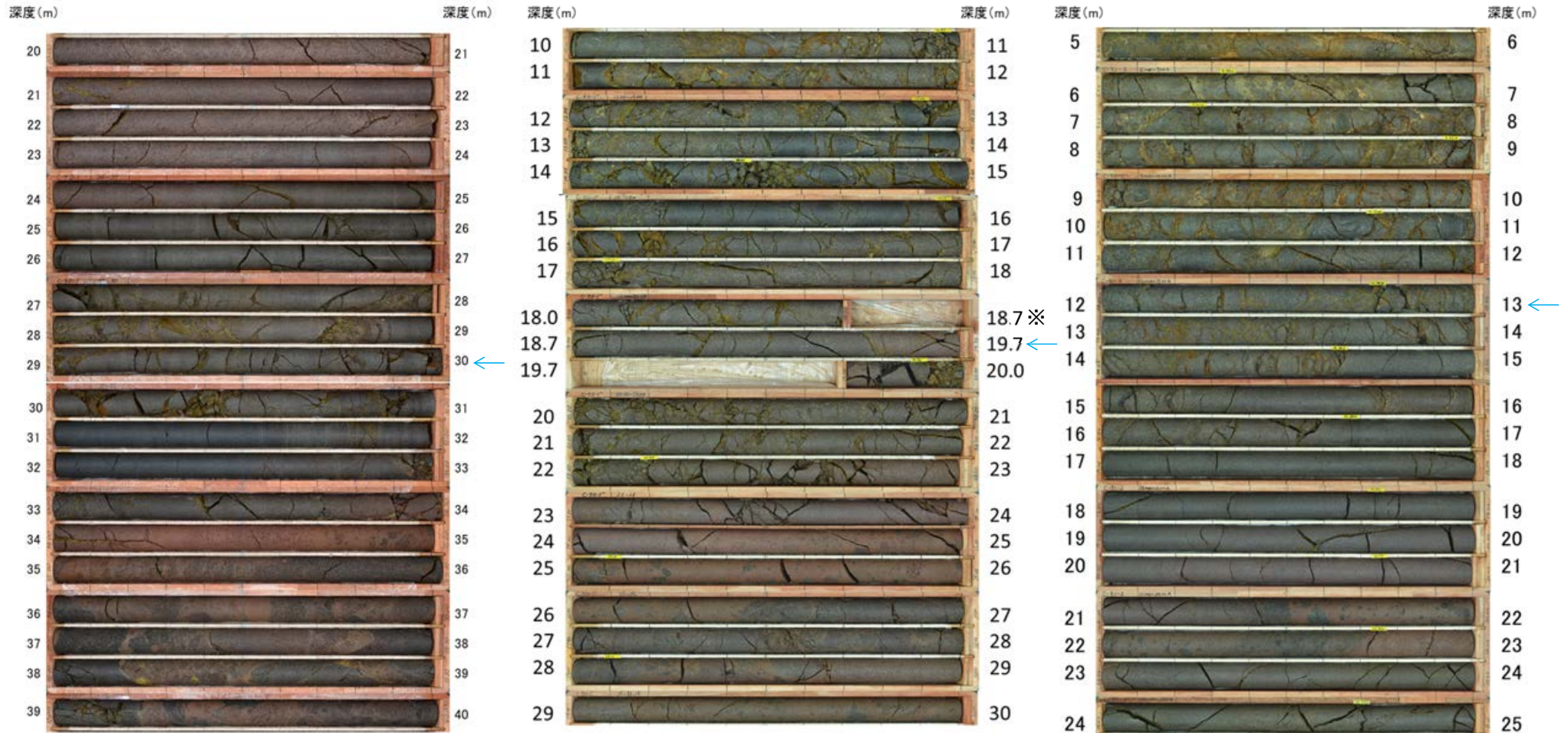
No.3トレンチの露頭調査結果は、[補足資料6.2-1](#) (1)P.6.2-1-10~12

・いずれのボーリングコアにも断層は認められない。

投影断面図

【「凸状地形」の深部における断層の有無 ボーリングコア写真】

← S-2・S-6想定延長位置



ボーリング①
コア写真(深度20~40m)
(S-2・S-6想定深度30m)

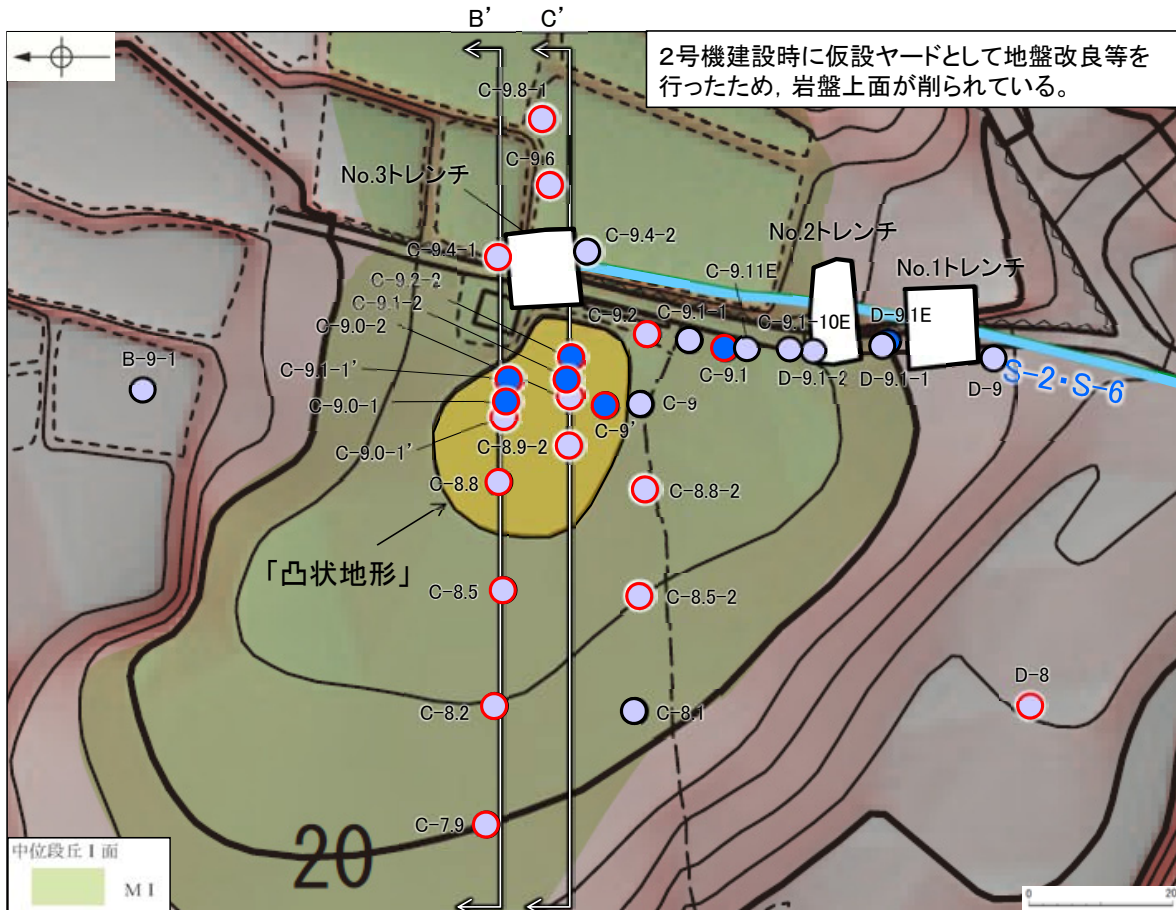
ボーリング②
コア写真(深度10~30m)
(S-2・S-6想定深度19m)

ボーリング③
コア写真(深度5~25m)
(S-2・S-6想定深度13m)

※18.7~19.7m間はS-2・S-6の想定延長位置にあたり、割れ目の詳細観察のため、コアの切断位置を変更した。

○このエリアの表層部については2号機建設工事の際に人工改変を受けている(一度掘削した後、埋土・盛土により現地盤に整地されている)ことから、岩盤上面の地質の状況を直接確認することはできないが、現状の地質の状況が分かる範囲で「凸状地形」の成因について検討するため、周辺で群列ボーリングを実施し、岩盤の性状について検討した。

○群列ボーリングの結果、「凸状地形」の頂部付近の浅層部は、相対的に堅硬である安山岩(均質)が周辺よりやや優勢に分布していることが確認された(本頁に平面図、次頁に断面図を示す)。



次頁断面位置
断層(地表に投影)

岩盤最上位の岩種
(赤丸箇所は岩盤上面が改変されているため、埋土・盛土直下位の岩種を示す)

- 穴水累層 安山岩(均質)
- 穴水累層 安山岩(角礫質)・凝灰角礫岩

地質分布図
(基図は旧地形の段丘面分布図)

(参考)岩石試験一覧表*

岩種	安山岩(均質)		安山岩(角礫質)	凝灰角礫岩
	Aa	Ba	Bb	Bb
試験個数	21	123	317	151
密度 (g/cm ³)	平均値	2.71	2.68	2.27
	標準偏差	0.06	0.05	0.09
吸水率 (%)	平均値	1.12	1.34	12.58
	標準偏差	0.58	0.56	2.45
有効孔隙率 (%)	平均値	2.98	3.53	25.28
	標準偏差	1.41	1.37	3.61
試験個数	21	123	317	151
	P波速度 (km/s)	平均値	5.65	5.53
超音波 速度 (km/s)	標準偏差	0.23	0.25	0.41
	平均値	3.06	2.98	1.90
弾性係数 (×10 ⁹ N/m ²)	標準偏差	0.10	0.18	0.23
	平均値	65.1	61.9	21.8
測定 (×10 ⁴ kg/cm ²)	標準偏差	(66.4)	(63.1)	(22.2)
	平均値	4.9	7.5	5.7
動ポアソン比	標準偏差	(5.0)	(7.6)	(5.8)
	平均値	0.29	0.29	0.33
試験個数	標準偏差	0.02	0.02	0.02
	21	123	317	151
一軸圧縮強度 (N/m ²)	平均値	156.2	147.9	14.9
	標準偏差	(1,593)	(1,508)	(152)
静弾性係数 (×10 ⁹ N/m ²)	標準偏差	34.9	33.8	6.1
	平均値	59.6	57.3	12.0
試験 (×10 ⁴ kg/cm ²)	標準偏差	(60.8)	(58.4)	(12.2)
	平均値	7.4	8.5	5.5
試験	標準偏差	(7.5)	(8.7)	(5.6)
	平均値	0.25	0.25	0.25
試験	標準偏差	0.02	0.03	0.06
	試験個数	4	33	65
引張強度 (N/m ²)	平均値	10.8	9.8	1.5
	標準偏差	(110)	(100)	(15)
試験	平均値	—	2.6	0.6
	標準偏差	—	(26)	(6)

● 穴水累層の3岩種のうち、安山岩(均質)は他の2岩種に比べて硬質である。

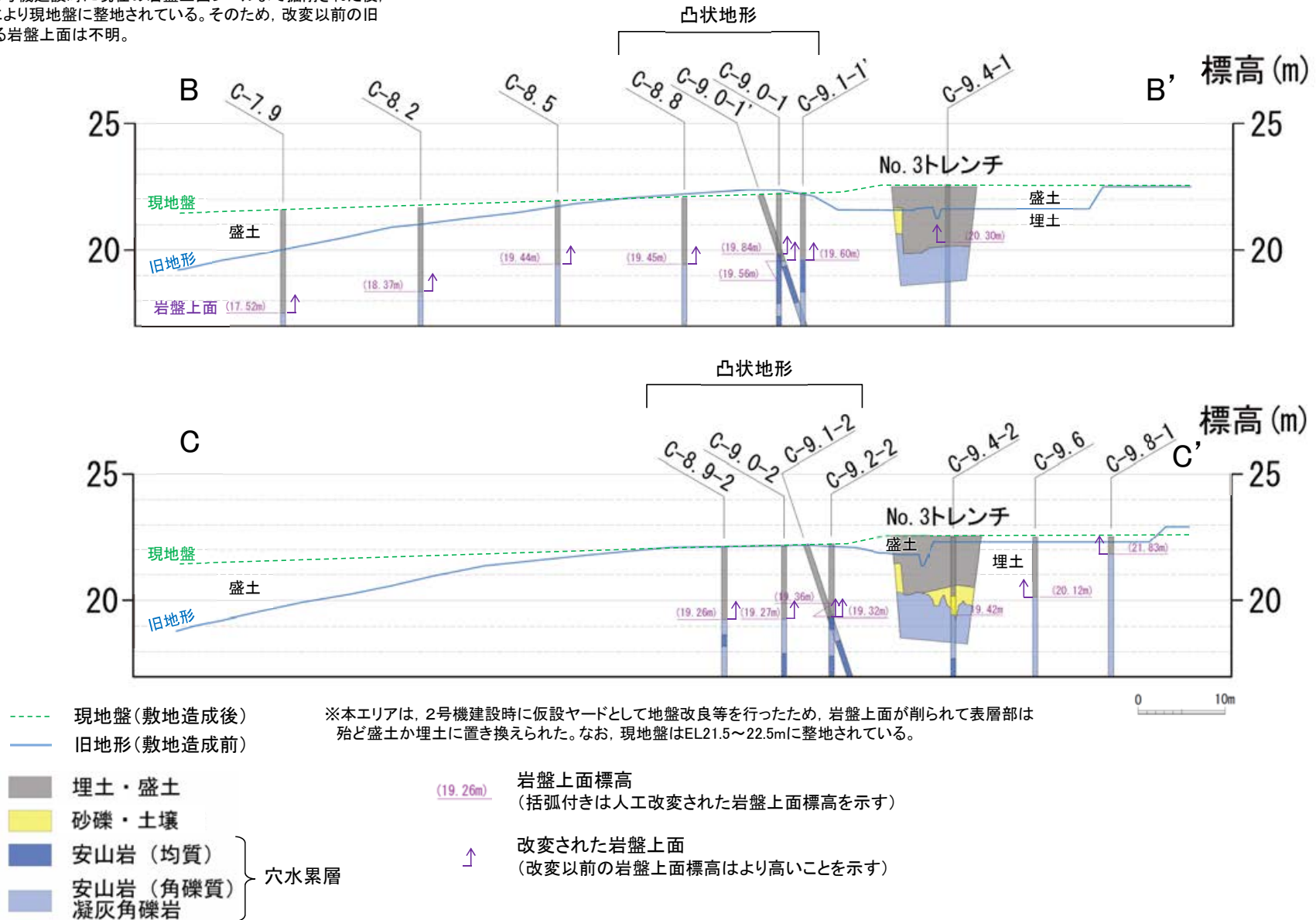
● 安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩は、ほぼ同程度の硬さである。

* 敷地全域のボーリングコア等による3岩種の平均物性値(志賀原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(2号原子炉の増設)参照)

各ボーリングデータについては、補足資料6.2-1(2) P.6.2-1-25~34

【「凸状地形」と周辺岩盤の硬軟の関係 ー断面図ー】

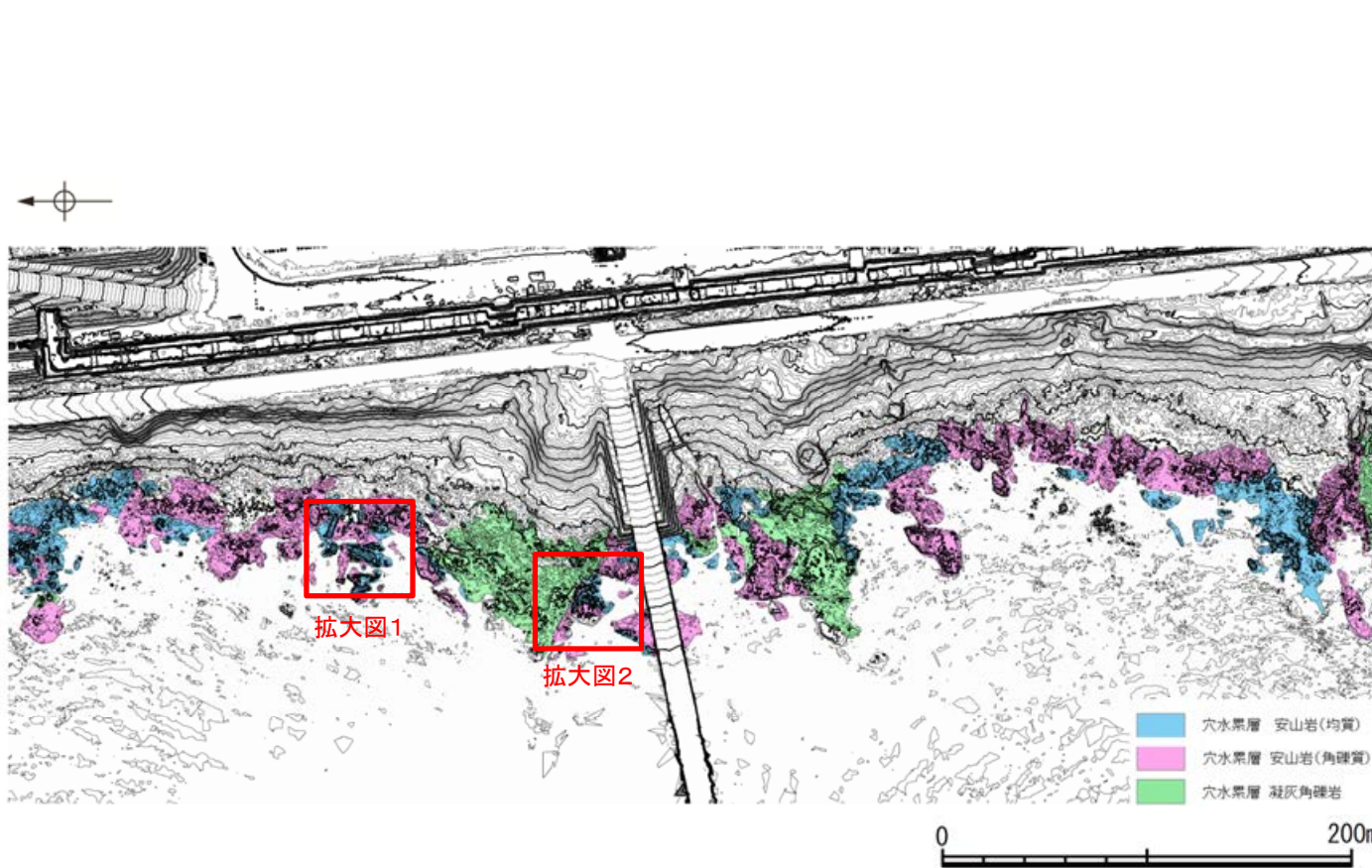
旧地形は、2号機建設時に現在の岩盤上面レベルまで掘削された後、埋土・盛土により現地盤に整地されている。そのため、改変以前の旧地形における岩盤上面は不明。



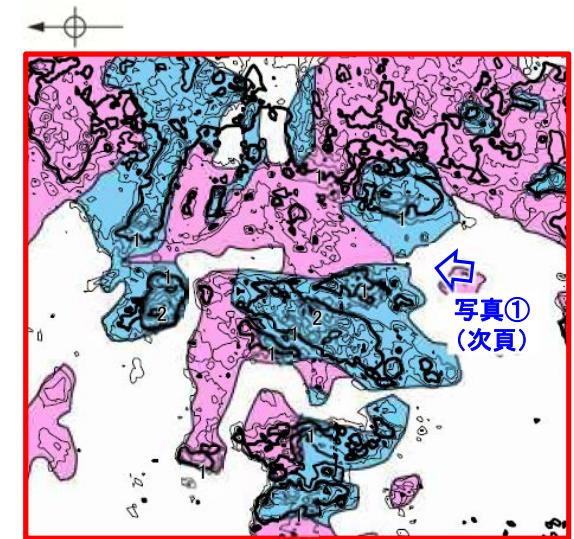
※本エリアは、2号機建設時に仮設ヤードとして地盤改良等を行ったため、岩盤上面が削られて表層部は殆ど盛土か埋土に置き換えられた。なお、現地盤はEL21.5~22.5mに整地されている。

地形地質断面図 (H:V=1:3)

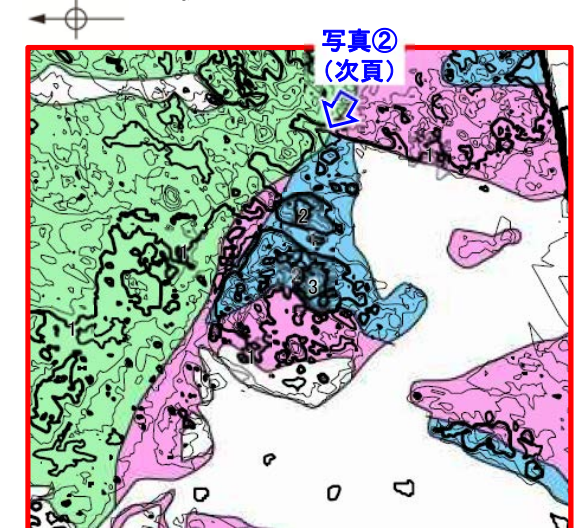
○敷地内と同じ穴水累層の安山岩が広く分布する海岸部では、岩盤上面の形状が凹凸に富む状況が確認されるとともに、安山岩(角礫質)と安山岩(均質)が接して分布する箇所において、相対的に堅硬な安山岩(均質)が高まりとして残る状況が確認される(本頁, 次頁)。
○「凸状地形」付近で実施したボーリング調査によれば、断層は認められず、「凸状地形」の頂部付近には、相対的に堅硬である安山岩(均質)が周辺よりもやや優勢に分布していることから、「凸状地形」は、波蝕台形成時における岩盤上面の起伏を反映した局所的なものと推定される。



海岸部地形図
(ヘリレーザ計測により作成。コンター間隔20cm。露岩域の岩種分布を着色)



拡大図1



拡大図2

【安山岩(均質)と安山岩(角礫質)の硬軟の差による段差の例】

←W(海側)

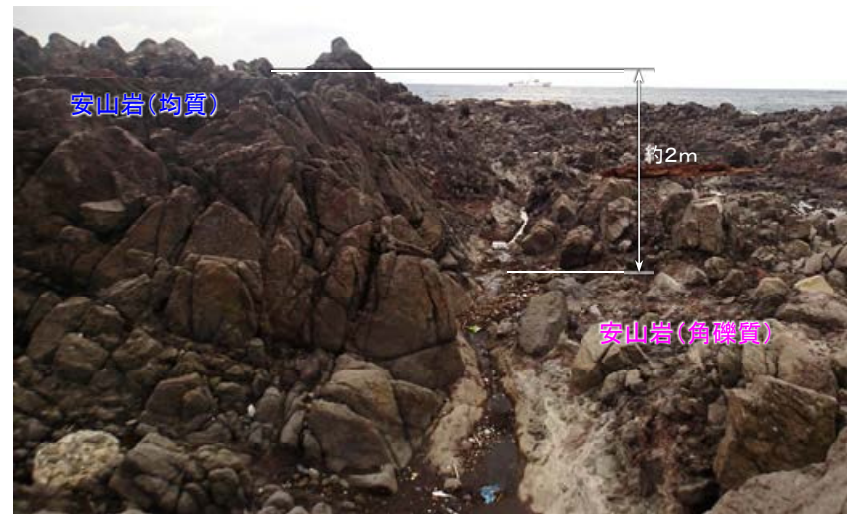
E(山側)→



写真①

←SW

NE→

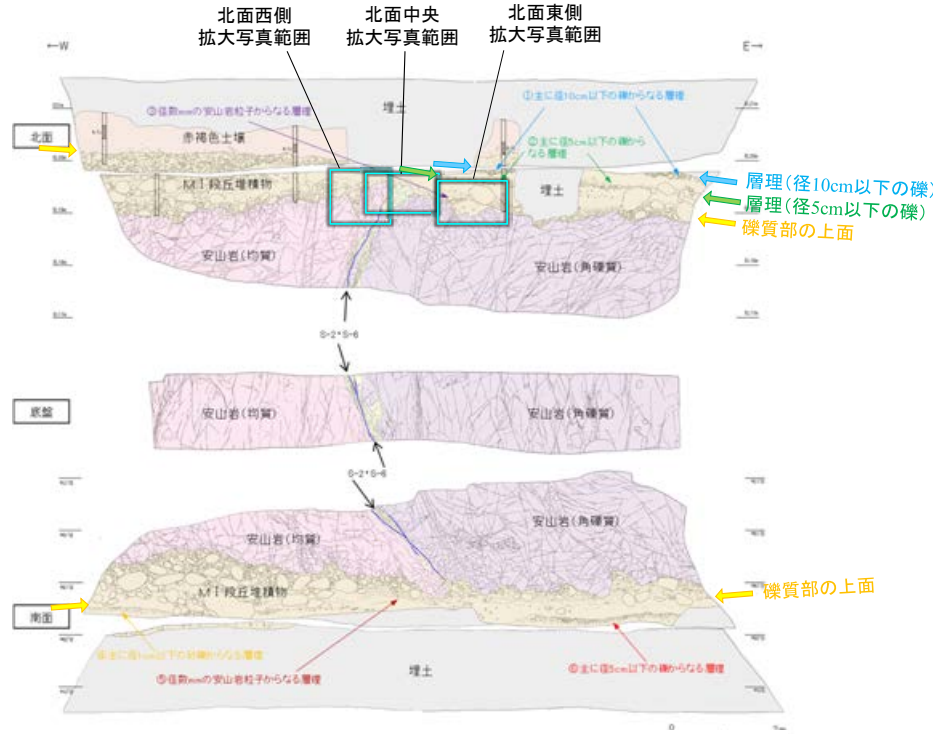


写真②

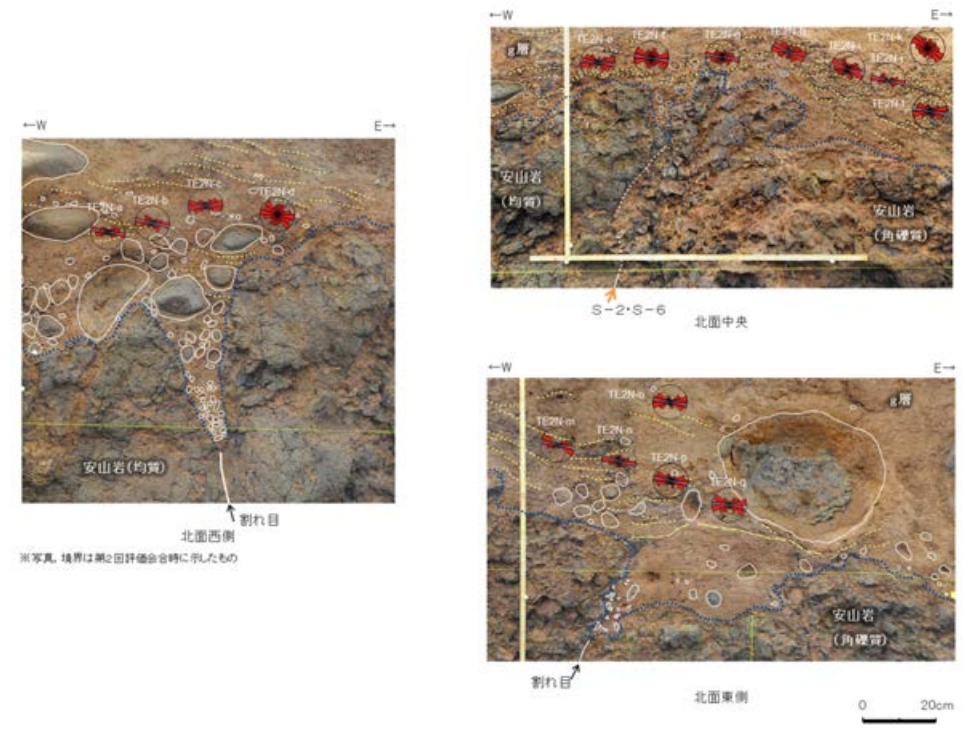
6.2.2 検討2:No.2トレンチの層理面等の傾斜に関する検討

6.2.2 検討2: No.2トレンチの層理面等の傾斜に関する検討 一概要一

- 有識者会合は、下表(1), (2)のことから、No.2トレンチのM I 段丘堆積物が山側(東側)に傾斜すると評価している。
- これらの評価に対して、下表右に示すデータ拡充及び検討を行った。
- 検討の結果、MIS5eの海成堆積物中の層理面等が山側に向かって一様に傾斜する傾向は認められないことを確認した。



No.2トレンチスケッチ 展開図
(有識者が示した層理, 礫質部の上面を加筆)



拡大写真

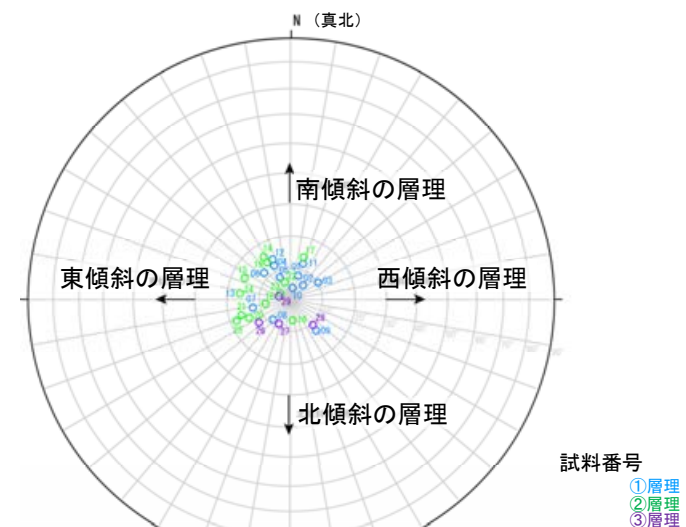
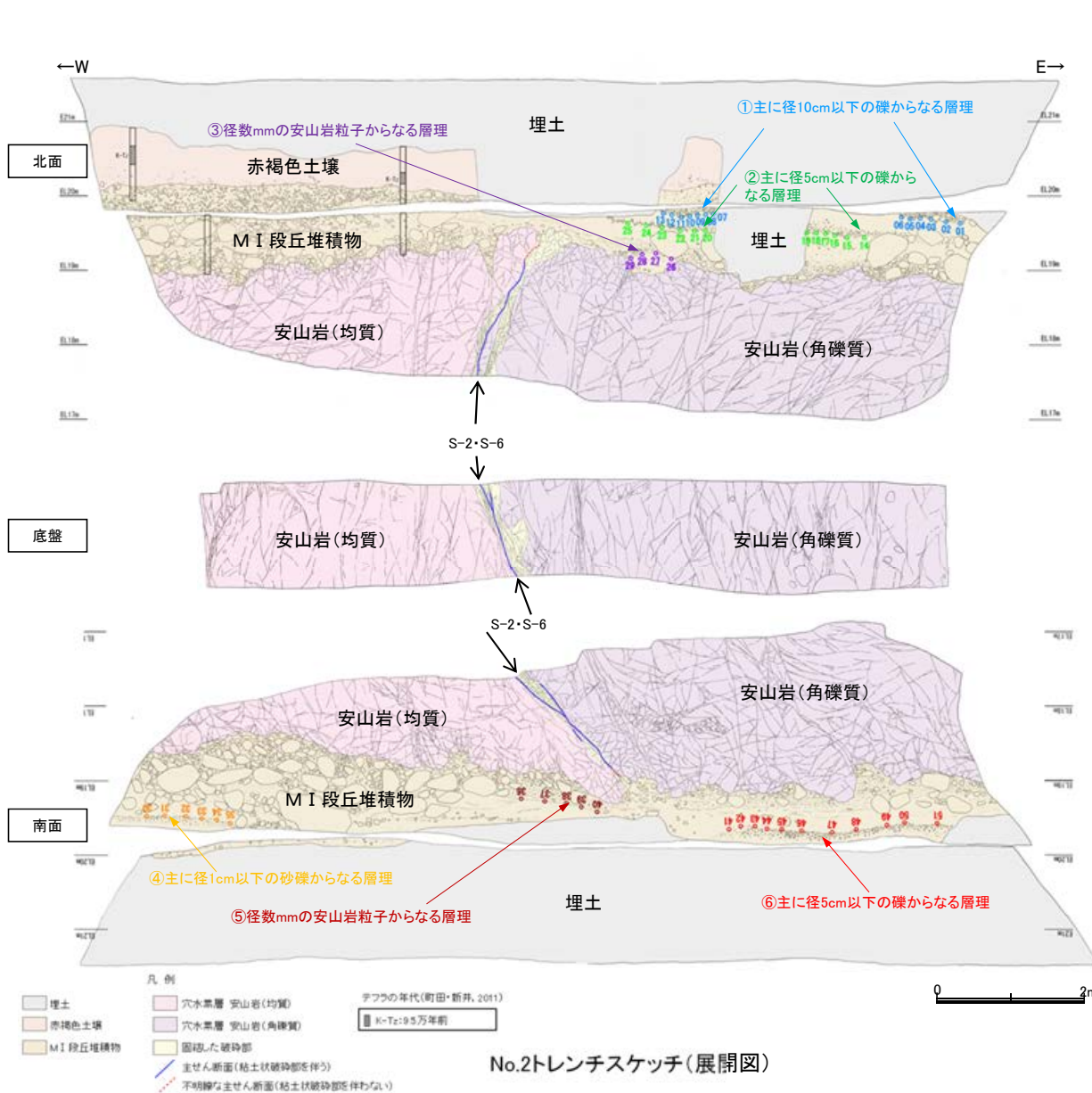
有識者会合の評価	
(1)	<ul style="list-style-type: none"> 南北両面において、岩盤上位のM I 段丘堆積物最下部に位置する礫質部の上面が、全体として山側(東側)が低くなっている(左上図の黄色矢印)。No.2トレンチではM I 段丘堆積物全体が同様に山側が低くなる傾向があり、特に北面においては、M I 段丘堆積物中で上記礫質部の数10cm上位に認められる“主に径5cm以下の礫からなる層理”と、その上位の径10cm以下の礫からなる層理において、その傾向が明瞭に確認できる(左上図の緑色・青色矢印)。
(2)	<ul style="list-style-type: none"> M I 段丘堆積物中の礫等の長軸の角度分布も、北面中央、北面西側及び北面東側の全ての場所において、山側(東側)に緩く傾斜する(右上図)。

有識者会合以降のデータ拡充	検討内容
<ul style="list-style-type: none"> シュミットネットによる定量的な観察 	<p>No.2トレンチ南北両面の層理の傾斜を定量的に確認し、層理が山側に傾く傾向がみられるかを確認する(P.407)。</p>
<ul style="list-style-type: none"> 礫の長軸角度分布解析 	<p>有識者会合が礫の長軸の東傾斜を指摘した箇所以外も含め、トレンチ全体において礫の長軸の角度分布解析を実施し、礫の長軸が山側に傾く傾向がみられるかを確認する(P.408~410)。</p>

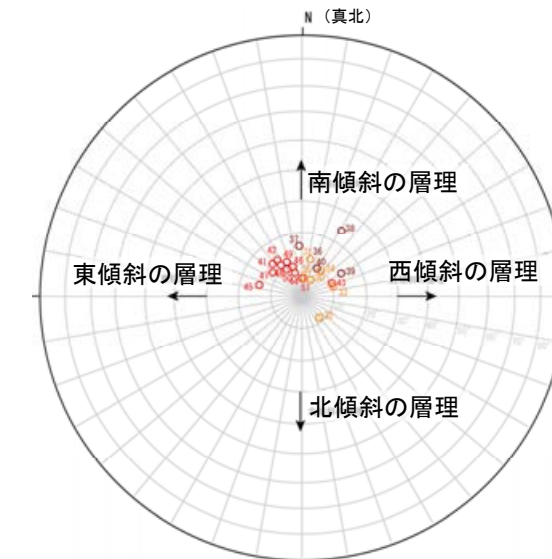
6.2.2 検討2: No.2トレンチの層理面等の傾斜に関する検討 ー層理の傾斜方向ー

○有識者会合は、北面東側のM I 段丘堆積物において山側(東側)に傾斜する層理(下スケッチ図 ※①②層理)が認められることから、M I 段丘堆積物全体が山側が低くなる傾向があると評価している。

○トレンチ両面の層理の傾向をシュミットネットにより定量的に確認した結果、M I 段丘堆積物全体の層理が一様に山側(東側)に傾斜する傾向は認められない。



シュミットネット 下半球投影
(北面 層理の走向・傾斜を基に作成)

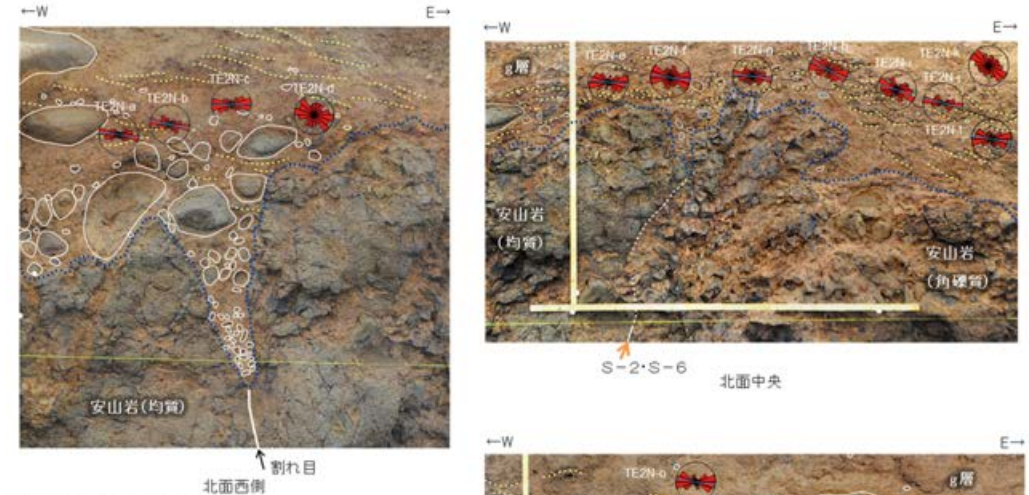
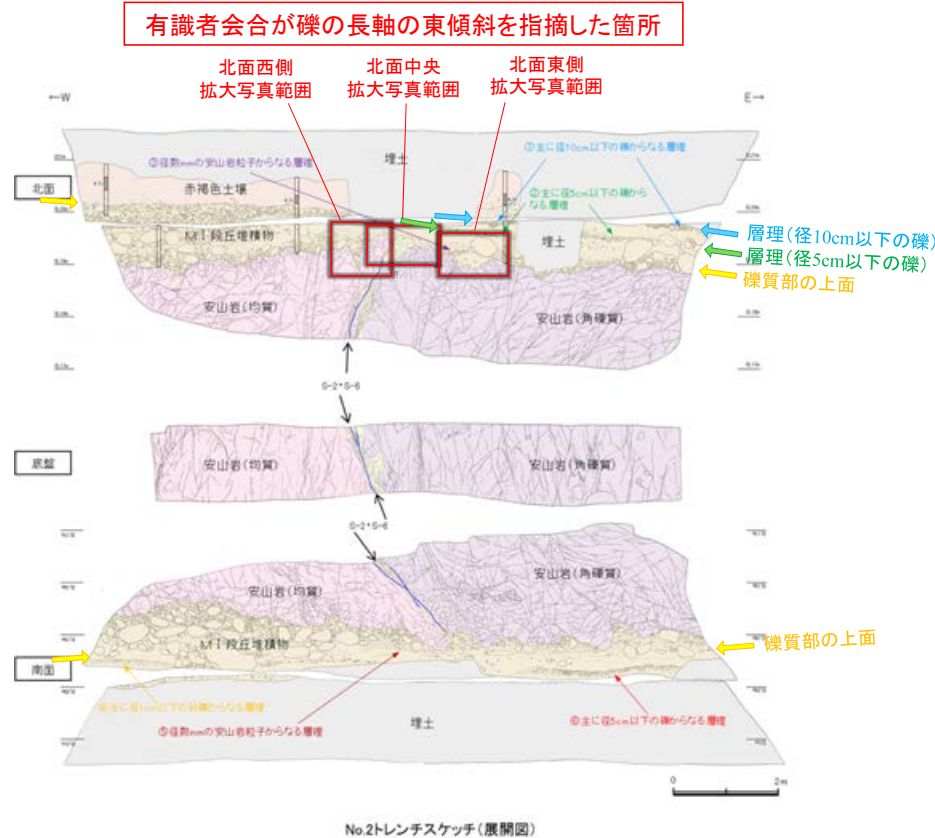


シュミットネット 下半球投影
(南面 層理の走向・傾斜を基に作成)

6.2.2 検討2: No.2トレンチの層理面等の傾斜に関する検討 ー礫の長軸方向ー

- 有識者会合は、M I 段丘堆積物中の礫等の長軸の角度分布も、北面中央、北面西側及び北面東側の全ての場所において、山側(東側)に緩く傾斜すると評価している。
- 当社は、有識者会合が指摘した箇所以外に、No.2トレンチ南北両面においてM I 段丘堆積物中の礫等の長軸の角度分布を確認しているが、礫等の長軸が一様に山側(東側)に傾斜する傾向は認められない(次頁、次々頁)。

【有識者会合が指摘した箇所の調査結果】



※写真、境界は第2回評議会合時に示したもの
※水平を基準(0°)とし、左回りを正とする。

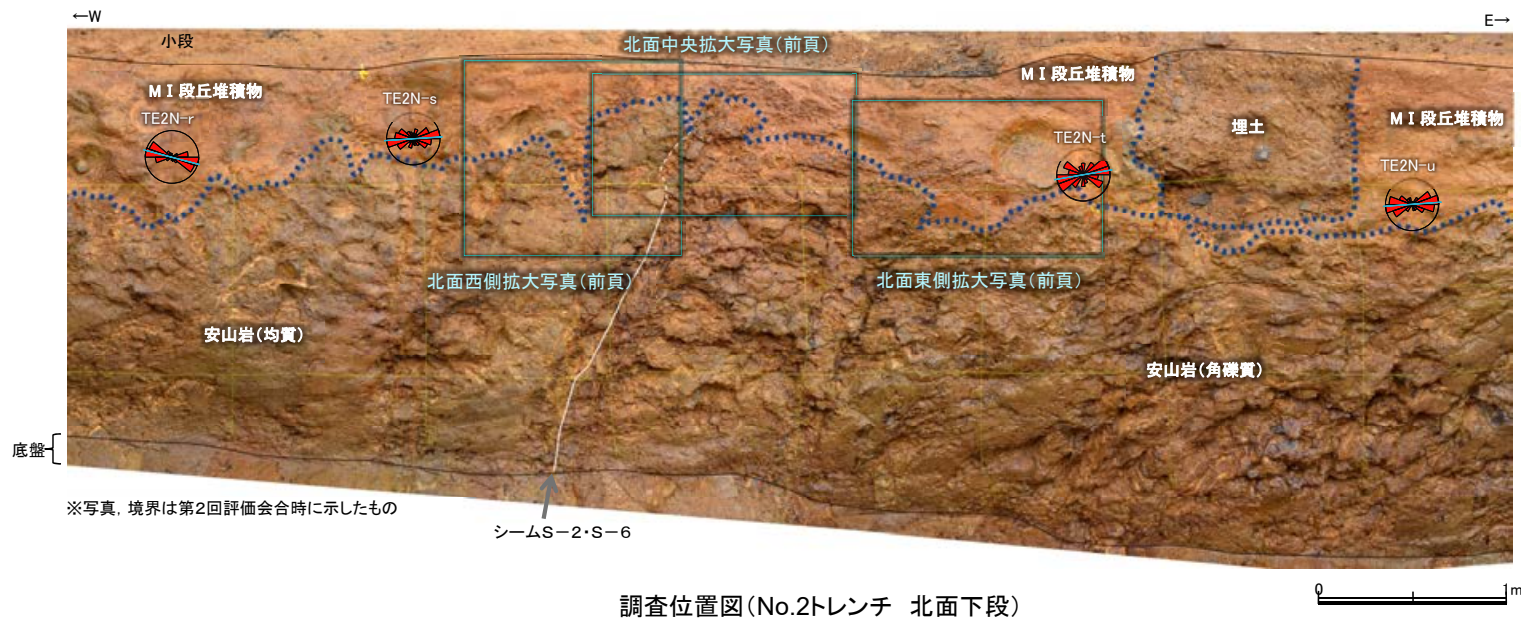
薄片番号	粒子数	平均角度 [※] (°)	有意確率 (%)
TE2N-a	120	-6.43	1.22×10^{-10}
TE2N-b	136	-11.68	4.25×10^{-6}
TE2N-c	95	3.59	4.33×10^{-5}
TE2N-d	131	-26.14	9.73
TE2N-e	122	-6.33	6.44×10^{-8}
TE2N-f	88	-7.97	1.11
TE2N-g	150	-6.28	3.77×10^{-3}
TE2N-h	115	-25.74	2.03×10^{-3}
TE2N-i	94	-19.59	1.83×10^{-1}
TE2N-j	100	-14.76	1.49×10^{-12}
TE2N-k	74	-32.74	9.46
TE2N-l	116	-9.51	6.43×10^{-6}
TE2N-m	112	-13.30	7.01×10^{-14}
TE2N-n	115	-16.00	2.55×10^{-3}
TE2N-o	86	-8.55	3.83×10^{-6}
TE2N-p	78	-12.06	4.56×10^{-3}
TE2N-q	69	-4.09	3.96×10^{-3}

17試料中15試料で、有意確率5%未満であり、礫等の長軸方向に定向性が認められる。

礫の長軸の東傾斜が認められる箇所(有識者会合による)

・上写真の調査範囲においては、礫の長軸方向は10°程度山側(東側)に傾斜する傾向がみられる。

【有識者会合が指摘した箇所以外の調査結果 (No.2トレンチ北面)】



解析結果

薄片番号	粒子数	平均角度 (°)	有意確率 (%)
TE2N-r	105	-14.77	7.18×10^{-15}
TE2N-s	81	3.60	1.88×10^{-2}
TE2N-t	45	9.84	1.27
TE2N-u	80	3.98	2.81×10^{-7}

いずれの試料も有意確率5%未満であり、礫等の長軸方向に定向性が認められる。

・礫の長軸方向が一様に山側(東側)に傾斜する傾向は見られない。

【有識者会合が指摘した箇所以外の調査結果 (No.2トレンチ南面)】



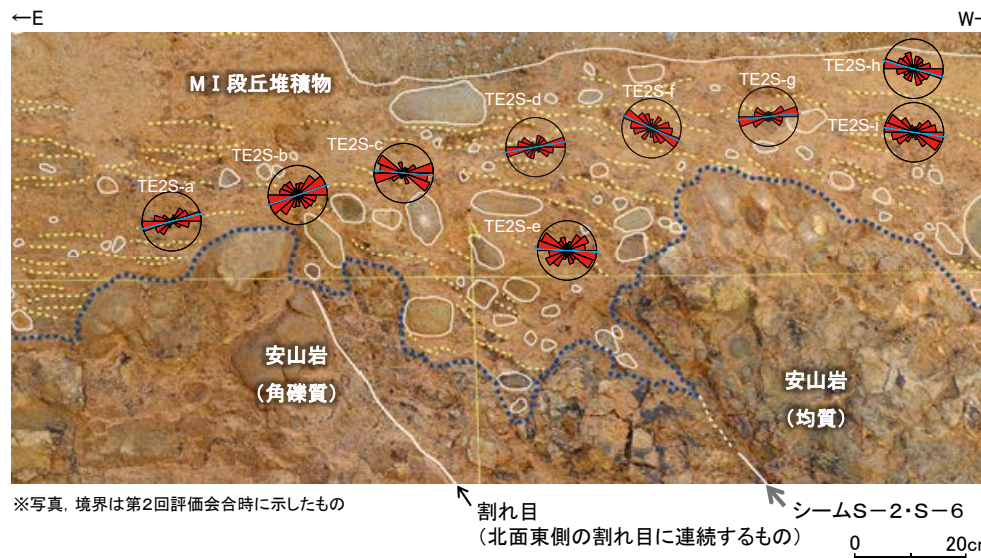
解析結果

薄片番号	粒子数	平均角度 (°)	有意確率 (%)
TE2S-j	111	1.32	9.92×10^{-17}
TE2S-k	115	-0.41	8.52×10^{-10}
TE2S-l	14	-7.41	2.00
TE2S-m	59	-4.32	4.72×10^{-4}

いずれの試料も有意確率5%未満であり、礫等の長軸方向に方向性が認められる。

※写真、境界は第2回評価会合時に示したもの

調査位置図 (No.2トレンチ 南面下段)



解析結果

薄片番号	粒子数	平均角度 (°)	有意確率 (%)
TE2S-a	94	14.39	7.30×10^{-7}
TE2S-b	116	19.08	3.51×10^{-3}
TE2S-c	65	-5.24	9.42×10^{-6}
TE2S-d	37	10.20	2.93×10^{-1}
TE2S-e	69	-2.79	1.19
TE2S-f	90	-24.76	2.77×10^{-3}
TE2S-g	80	6.33	1.51×10^{-7}
TE2S-h	63	-15.35	1.50×10^{-1}
TE2S-i	77	-8.87	6.56×10^{-4}

いずれの試料も有意確率5%未満であり、礫等の長軸方向に方向性が認められる。

※写真、境界は第2回評価会合時に示したもの

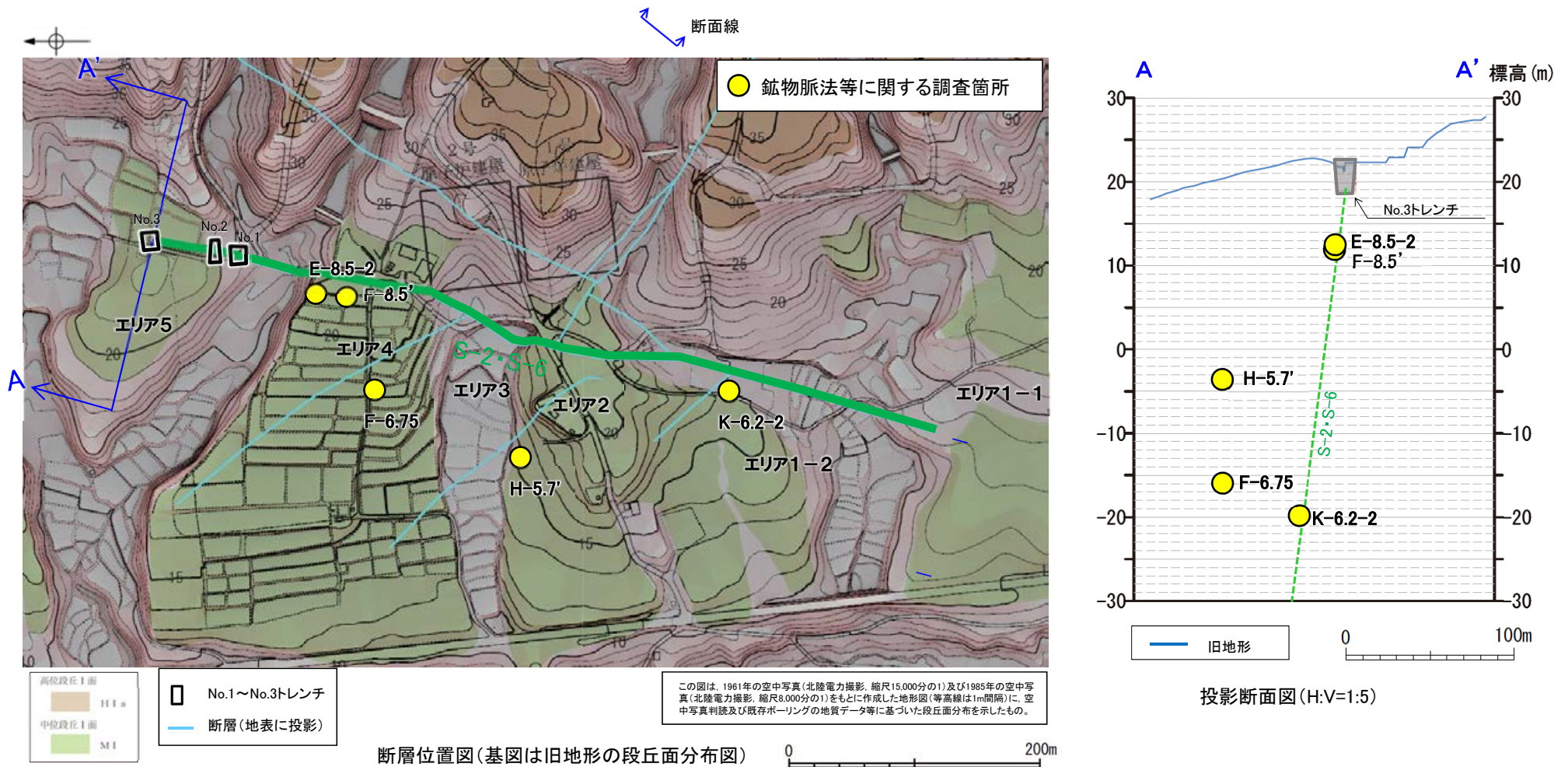
南面 拡大写真 (解析結果等を加筆)

・礫の長軸方向が一様に山側(東側)に傾斜する傾向は見られない。

6.2.3 検討3：S-2・S-6及びその周辺の岩盤中のせん断面における 鉍物脈法等による評価

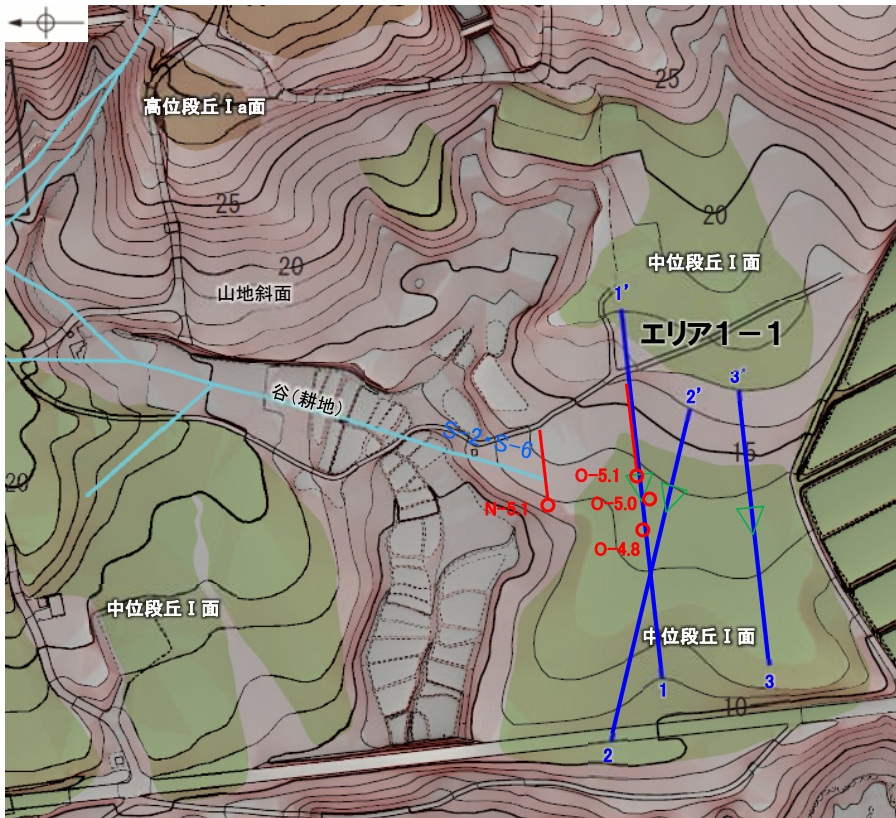
6.2.3 検討3:S-2・S-6及びその周辺の岩盤中のせん断面における鉱物脈法等による評価

- 有識者会合は、No.2トレンチではS-2・S-6に沿う明瞭な変位は認められないとしているものの、S-2・S-6は、後期更新世以降に、西側隆起の逆断層として活動した可能性があり、この際、S-2・S-6の地下延長部の断層が後期更新世以降に活動し、地表付近に変形を及ぼしたものと判断すると評価している。
- 仮にS-2・S-6の地下延長部の断層が西側隆起の逆断層活動により変位し、地表付近に変形を与えた場合、S-2・S-6及びその上盤側の岩盤中のせん断面(S-7, S-8)に分布する変質鉱物に変位を与えられ考えられる。そこで、S-2・S-6及びその上盤側のS-7, S-8を対象に、**鉱物脈法等による評価**を実施した(E-8.5-2孔, F-8.5'孔, K-6.2-2孔はP.167~205, H-5.7'孔はP.259~273, F-6.75孔はP.276~286で前述)。
- 鉱物脈法等による評価の結果、S-2・S-6及びその上盤側のS-7, S-8の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層, 6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。

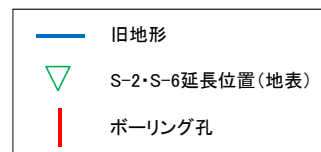
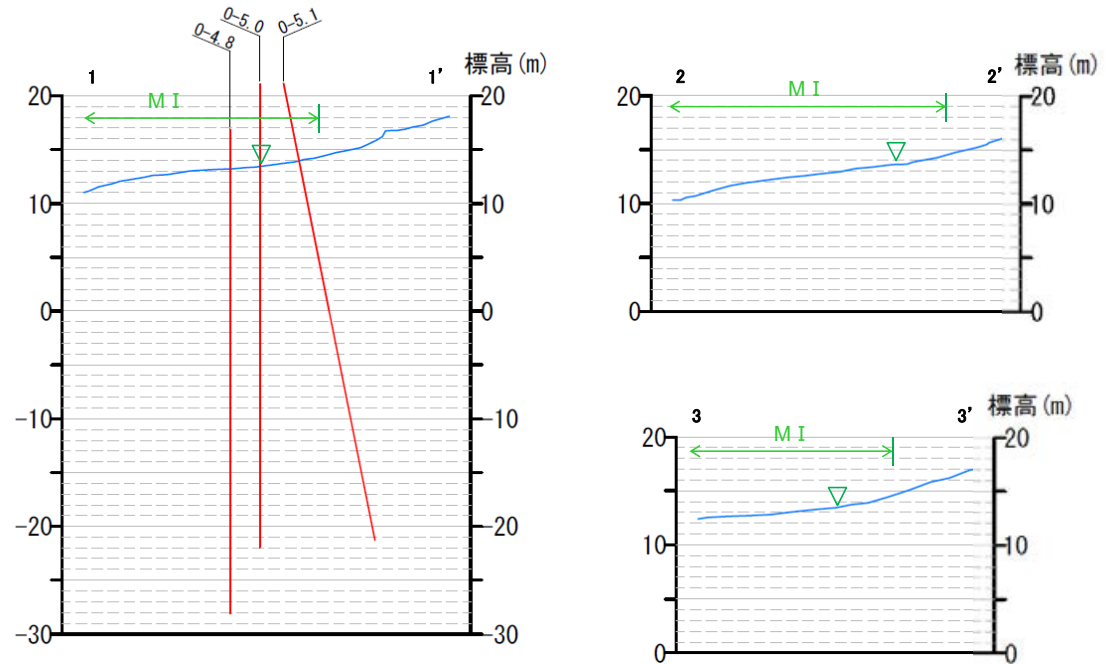
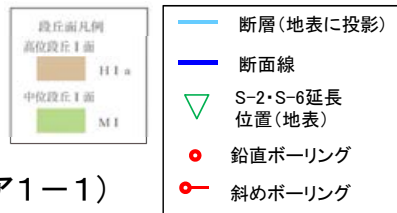


6.2.4 検討4：S-2・S-6の連続性（深部方向，走向延長方向）の検討

○有識者会合は、S-2・S-6南方延長における断層露頭の有無とその状況を確認することを今後の課題④(2)、S-2・S-6南方延長(エリア1-1)における中位段丘I面堆積物との関係を調査することを、今後の課題④(3)としている。
○ボーリング調査の結果、S-2・S-6は、N-5.1孔以南に認められないことから(P.415~420)、南方延長の中位段丘I面及び露岩域まで連続しない。



位置図(エリア1-1)



地形断面図(H:V=1:5)

・ボーリング調査の結果によれば、S-2・S-6はN-5.1孔以南のボーリング孔では認められない。

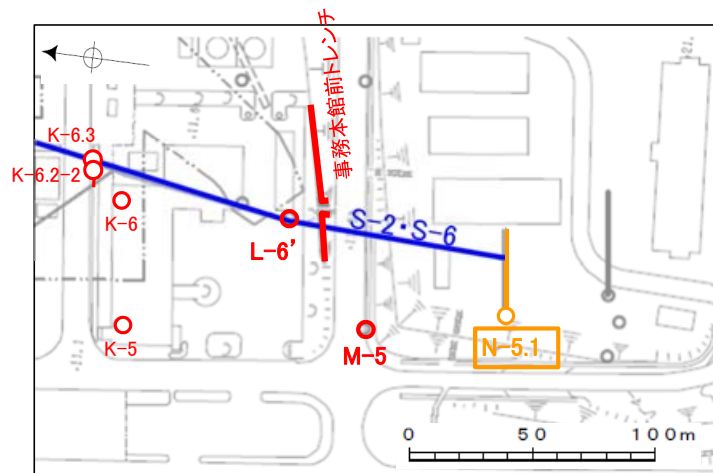
【ボーリング調査結果 N-5.1孔①】

【S-2・S-6南端の評価】

- ・基礎掘削面から南方に追跡した結果、L-6' 孔、事務本館前トレンチ、M-5孔付近までS-2・S-6を確認。
- ・L-6' 孔と事務本館前トレンチで確認したS-2・S-6の位置、走向・傾斜を考慮して、南方への想定延長範囲を設定。
- ・N-5.1孔の想定延長範囲内に、S-2・S-6が認められないため、S-2・S-6はこれ以上連続しない。

【N-5.1孔の評価】

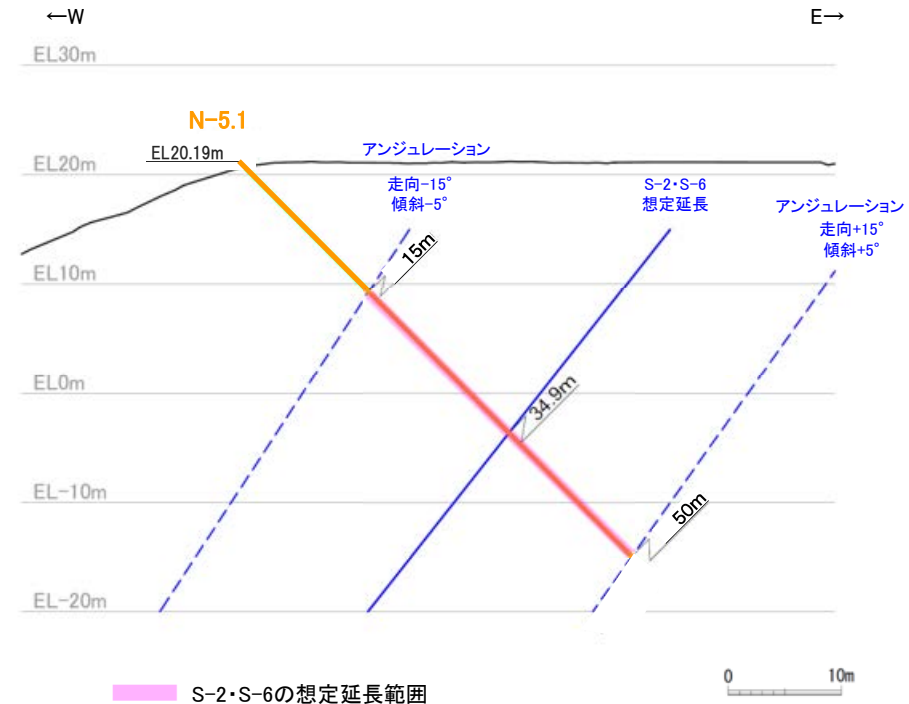
- ・右の断面図に示すとおり、S-2・S-6の想定延長範囲は、深度15～50mとなる。
- ・想定延長範囲において、S-2・S-6は認められない。
- （想定延長範囲のコア写真は、次頁）



調査位置図

— S-2・S-6 (EL-4.7m)

赤: S-2・S-6が認められる箇所
 橙: S-2・S-6端部においてS-2・S-6が認められない箇所

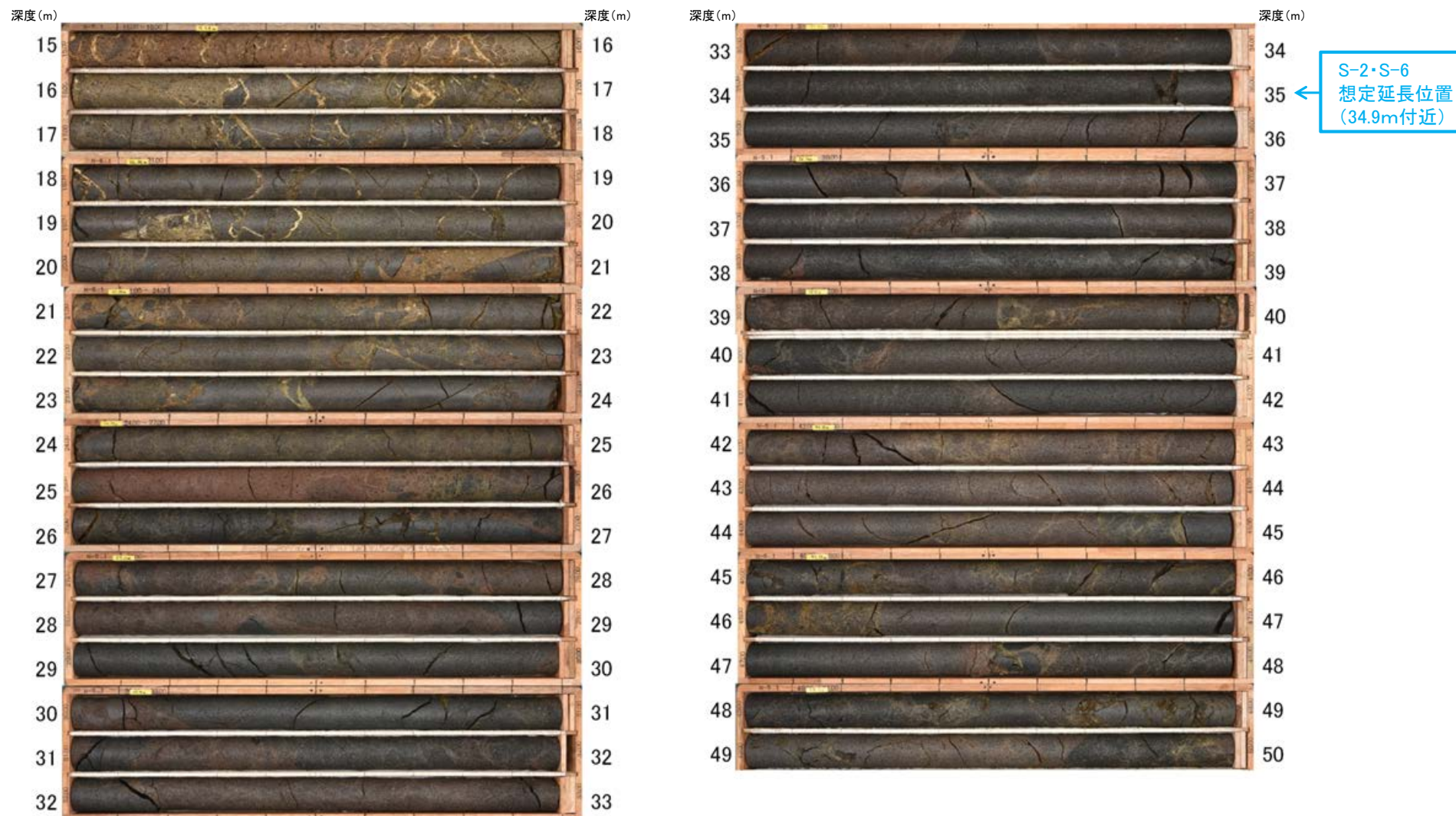


N-5.1孔断面図
（掘進方向）

— S-2・S-6の想定延長範囲

【ボーリング調査結果 N-5.1孔②】

N-5.1孔(孔口標高20.19m, 掘進長50m, 傾斜45°)



コア写真(深度15~50m)

N-5.1孔において、S-2・S-6の想定延長範囲(深度15~50m)にS-2・S-6は認められない。

【ボーリング調査結果 O-4.8孔】

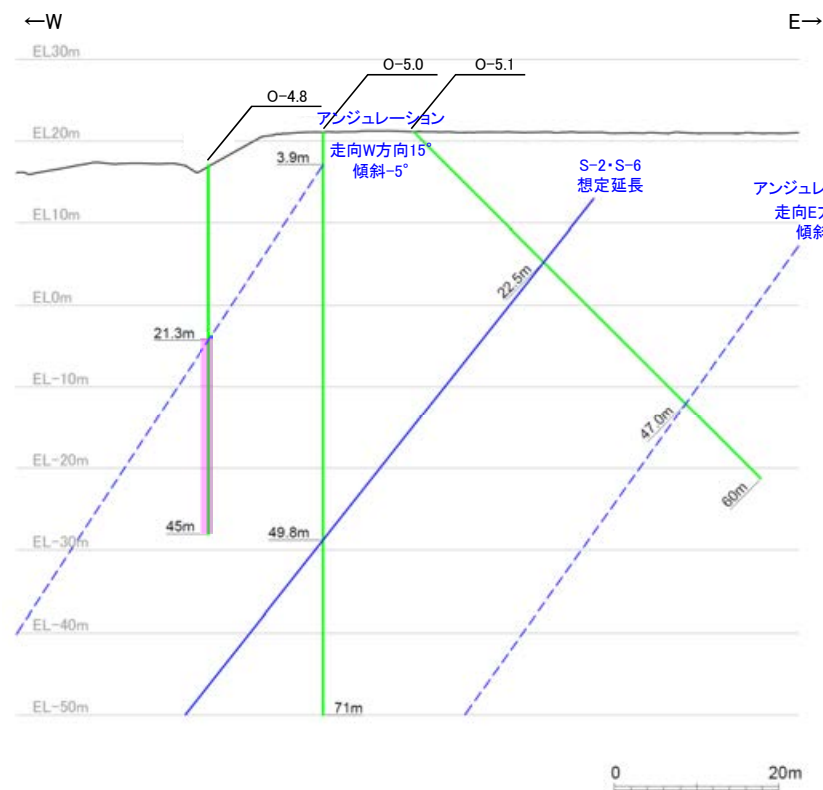
【S-2・S-6南西延長の評価】

・S-2・S-6は、さらに延長部でも、O-4.8孔、O-5.0孔及びO-5.1孔の3孔で連続しないことを確認している。

【O-4.8孔の評価】

・下の断面図に示すとおり、S-2・S-6の想定延長範囲は、深度21.3m～孔底以深となる。

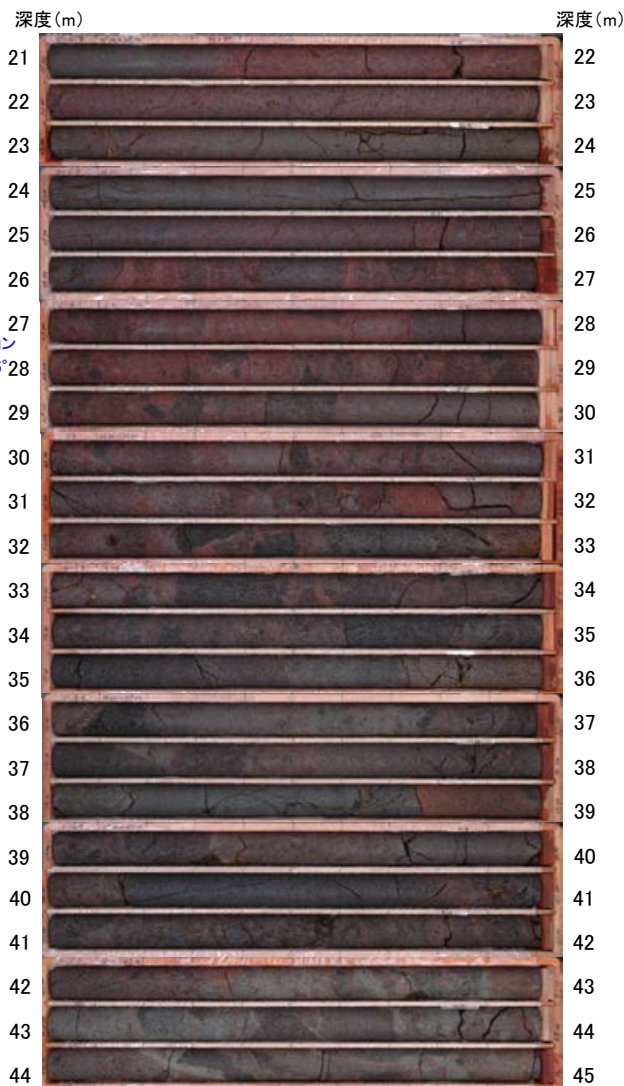
・想定延長範囲において、S-2・S-6に対応する破砕部は認められない。



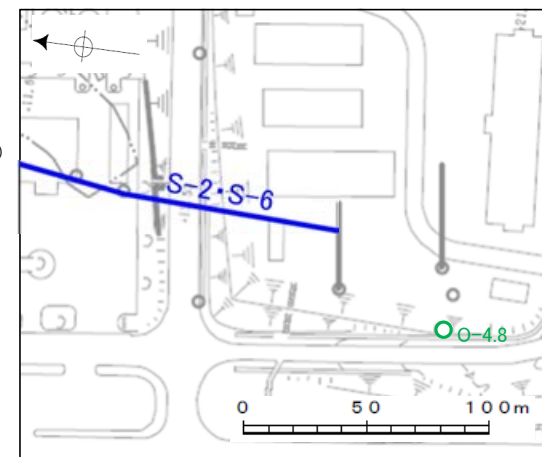
■ S-2・S-6の想定延長範囲
■ ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1

断面図(掘進方向)

O-4.8孔(孔口標高16.89m, 掘進長45m, 鉛直)



コア写真(深度21~45m)



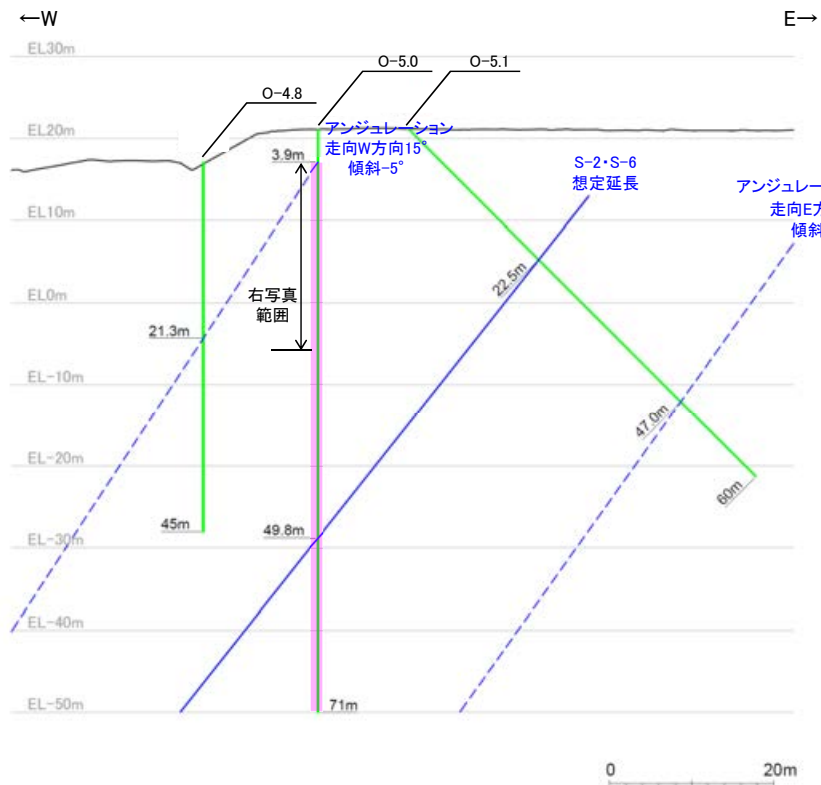
調査位置図

— S-2・S-6(EL-4.7m)
○ ボーリング箇所

【ボーリング調査結果 O-5.0孔①】

【O-5.0孔の評価】

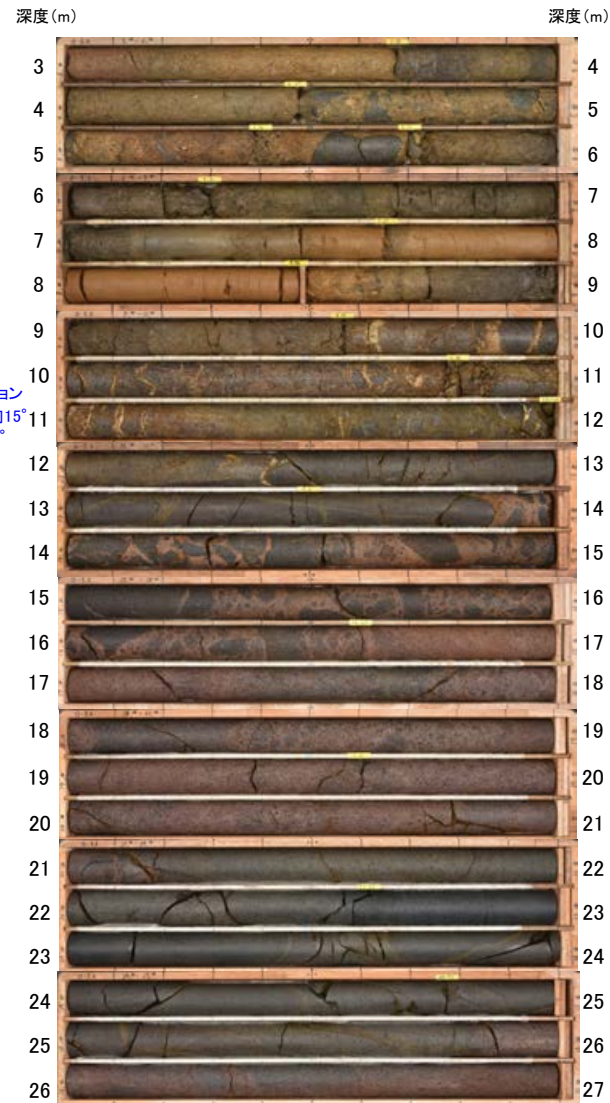
- ・下の断面図に示すとおり、S-2・S-6の想定延長範囲は、深度3.9m～孔底以深となる。
- ・想定延長範囲において、S-2・S-6に対応する破碎部は認められない。



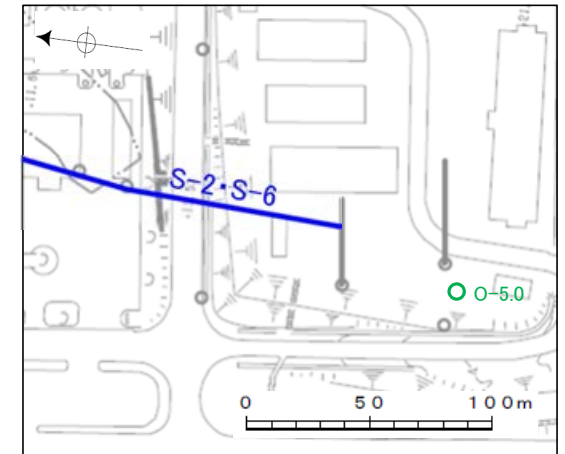
— S-2・S-6の想定延長範囲
— ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1

断面図(掘進方向)

O-5.0孔(孔口標高21.08m, 掘進長71m, 鉛直)



コア写真(深度3~27m)



調査位置図

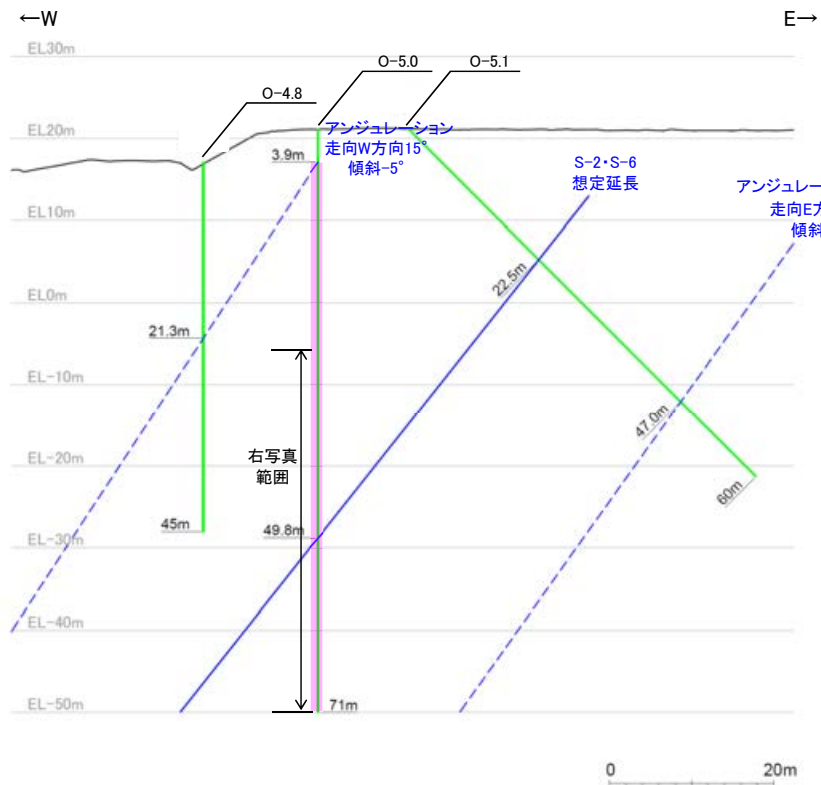
- S-2・S-6(EL-4.7m)
- ボーリング箇所

【ボーリング調査結果 O-5.0孔②】

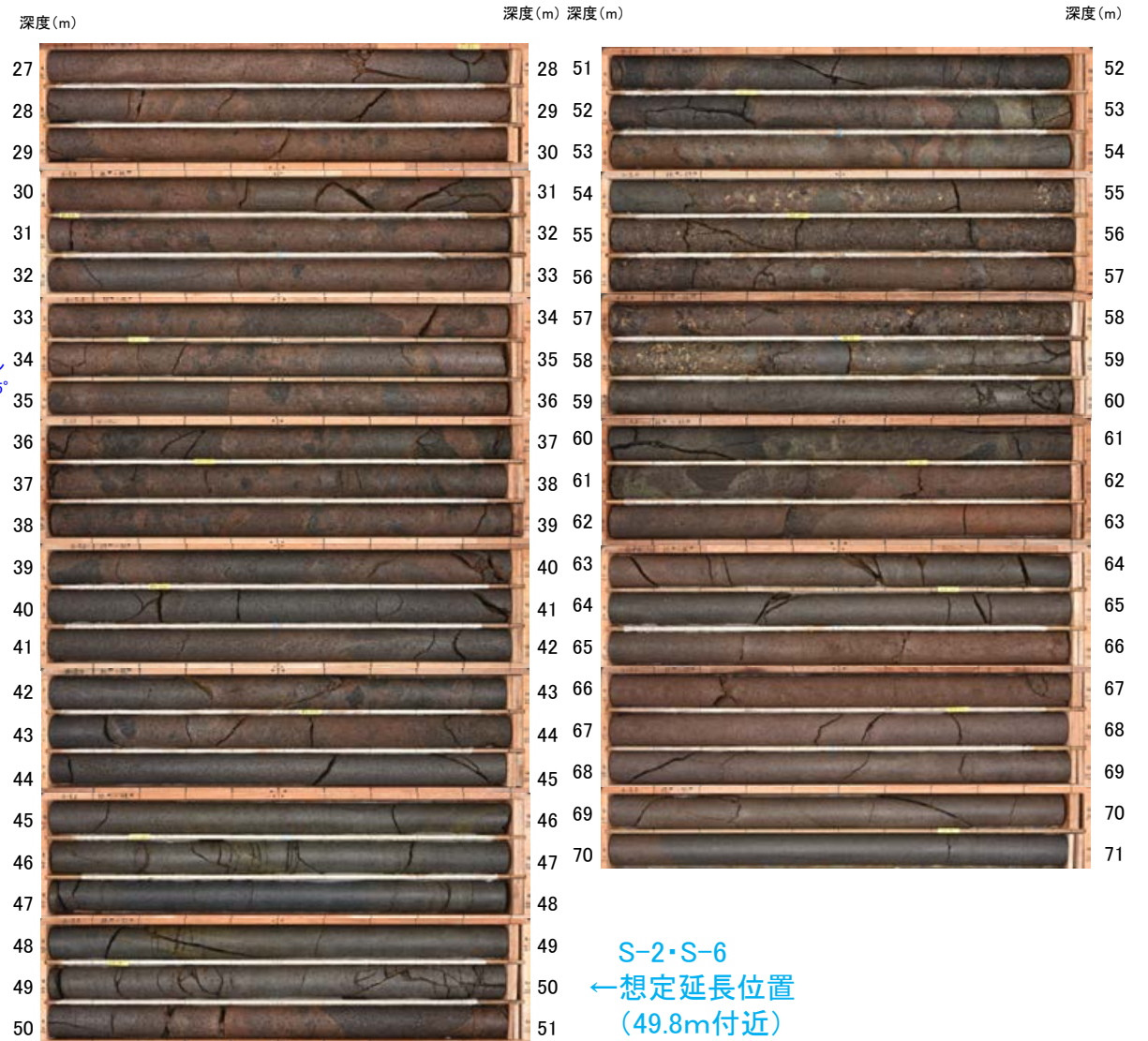
O-5.0孔(孔口標高21.08m, 掘進長71m, 鉛直)

【O-5.0孔の評価】

- 下の断面図に示すとおり, S-2・S-6の想定延長範囲は, 深度3.9m～孔底以深となる。
- 想定延長範囲において, S-2・S-6に対応する破碎部は認められない。



— S-2・S-6の想定延長範囲
— ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1
 断面図(掘進方向)



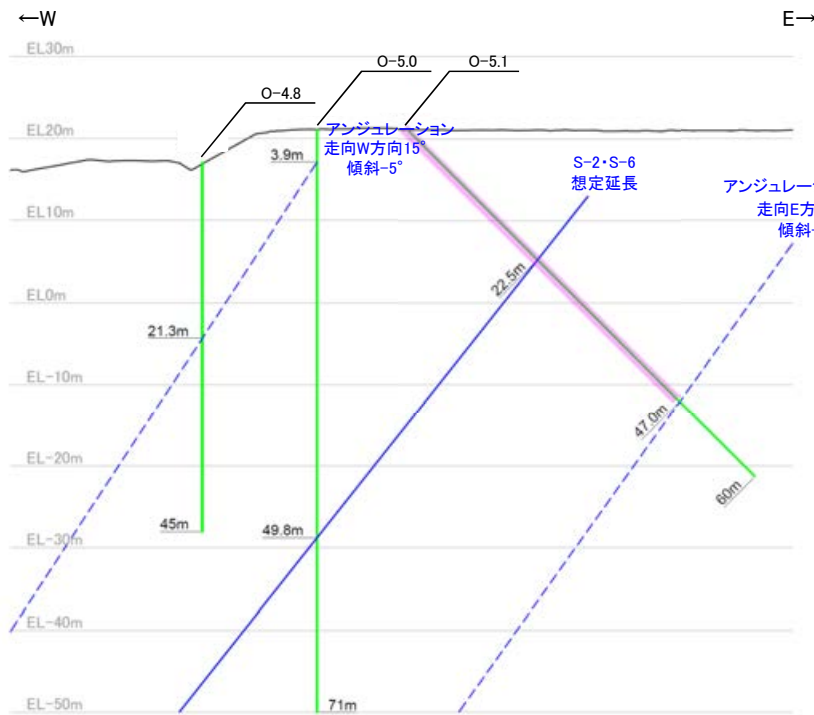
← S-2・S-6
 ←想定延長位置
 (49.8m付近)

コア写真(27～71m)

【ボーリング調査結果 O-5.1孔】

【O-5.1孔の評価】

- ・下の断面図に示すとおり、S-2・S-6の想定延長範囲は、孔口以浅～深度47.0mとなる。
- ・想定延長範囲において、S-2・S-6に対応する破碎部は認められない。



S-2・S-6の想定延長範囲
 ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1
 断面図(掘進方向)

S-2・S-6
 の想定延長位置
 (22.5m付近)



コア写真(深度0~47m)

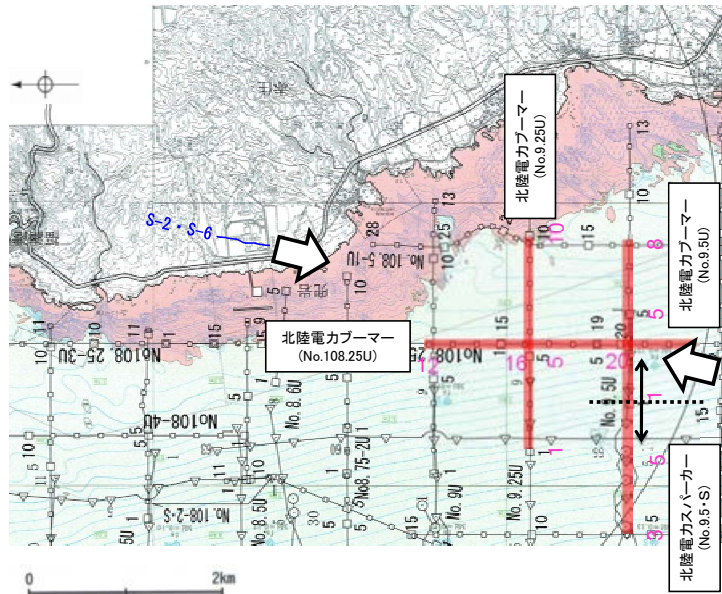


調査位置図

S-2・S-6(EL-4.7m)
 ボーリング箇所

6.2.4 検討4:S-2・S-6の連続性(深部方向, 走向延長方向)の検討 - 南方延長海域 -

- 有識者会合は, 南方延長海域における音波探査記録結果を再検討することを, 今後の課題④(4)としている。
- 音波探査記録の解析の結果, S-2・S-6の南方延長海域において断層は認められない。



位置図(石川県(1997)に一部加筆)

- No.8 調査測線(北陸電力:スーパー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No.9-S 調査測線(北陸電力:スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- No.8U 調査測線(北陸電力:ブーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)

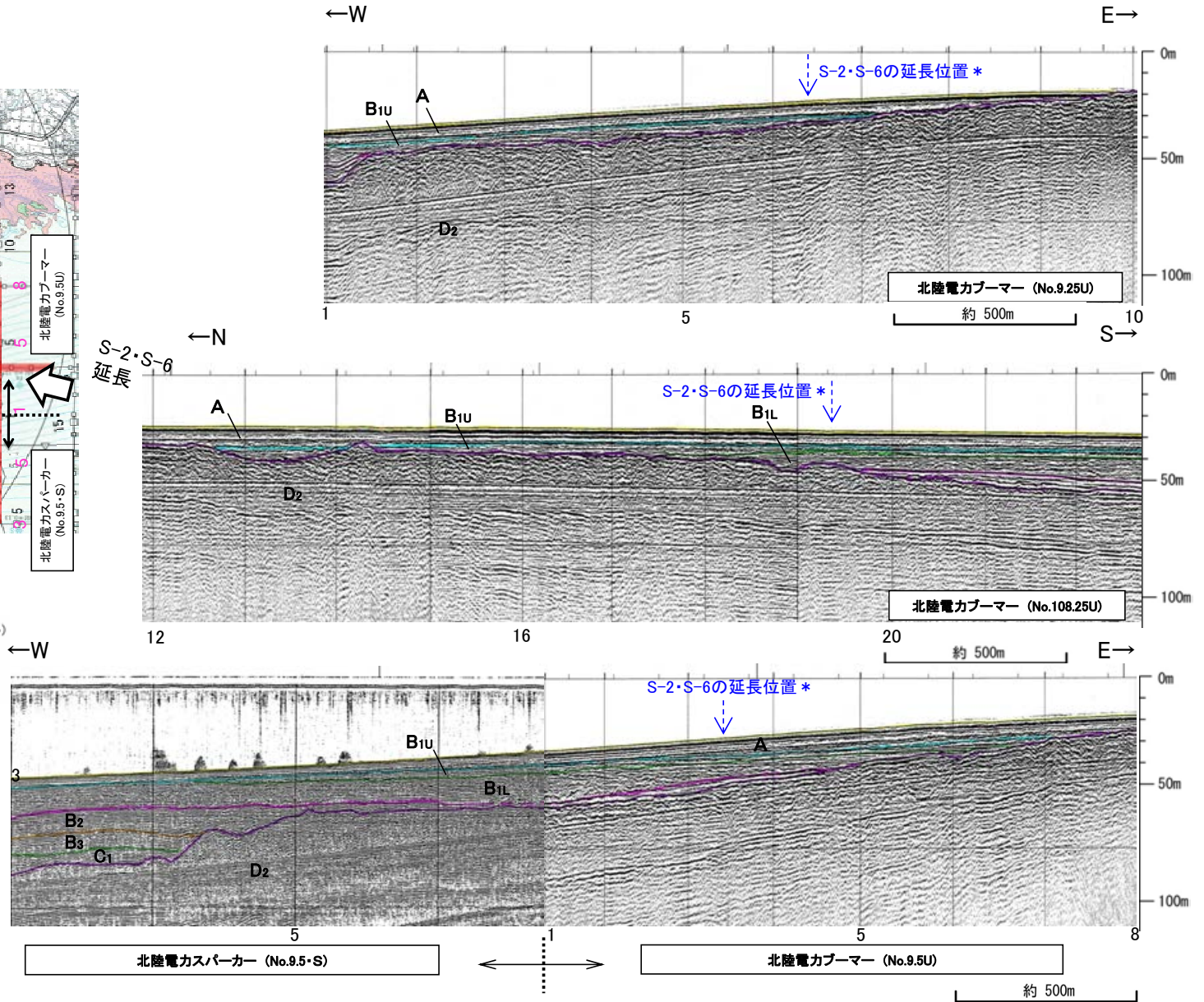
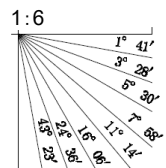
石川県(1997)の底質凡例

- S-2・S-6(EL-4.7m)
- 右図記録範囲

- 岩石
- 中砂
- 細砂

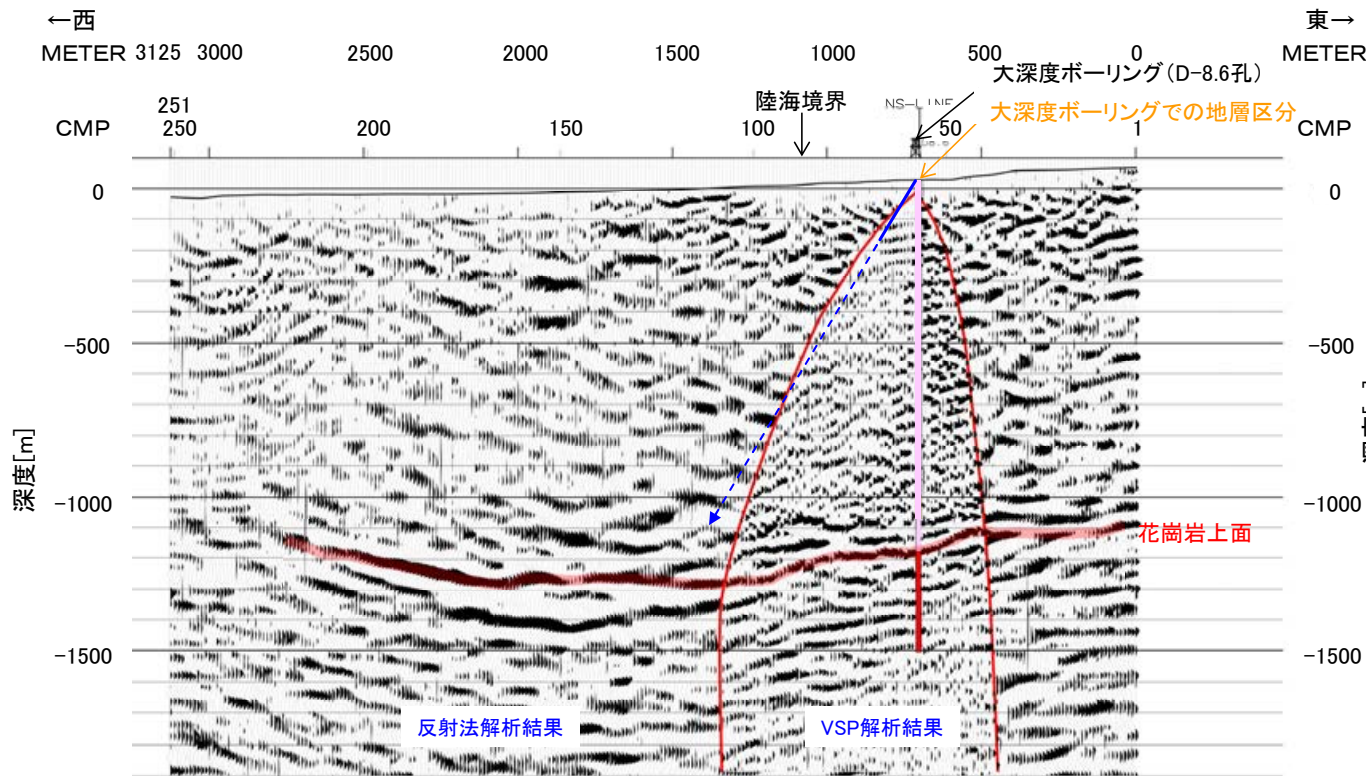
地質時代	地質層序
第四紀	更新世 前期 A層
	更新世 後期 B ₁ 層 B ₁₁ 層 B ₁₂ 層
	更新世 中期 B ₂ 層 B ₃ 層
第三紀	新第三紀 C ₁ 層 C ₂ 層
	中新世 D ₁ 層
古第三紀	D ₂ 層
先第三紀	

石川県(1997):1:33,000漁場環境図「富来・志賀・羽咋海域」, 石川県



* S-2・S-6の延長位置は, S-2・S-6の平均走向・平均傾斜角に基づき, 海底面での位置を図示している。

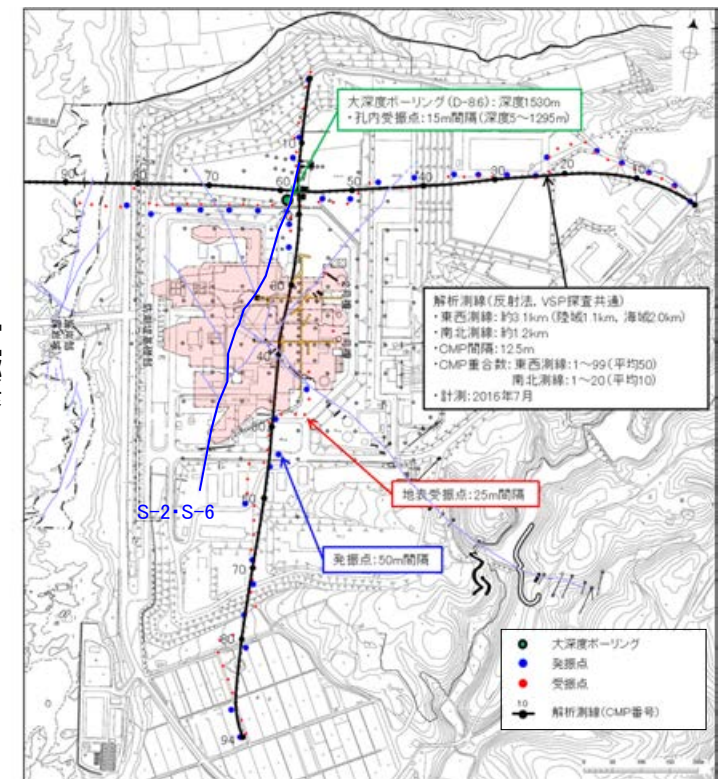
- 有識者会合は、広域的枠組みの中での敷地の地形・地質構造に関する検討として、ボーリングで得られた点情報だけでなく、VSP探査などの物理探査により、敷地内の断層の連続性と敷地周辺の断層との関係を明らかにすることを今後の課題⑤としている。
- 反射法・VSP探査の結果、S-2・S-6の地下延長の花崗岩上面に相当する反射面に、変位を与える断層は認められない。



凡例

- 古第三系～新第三系
- 花崗岩

S-2・S-6の地下延長

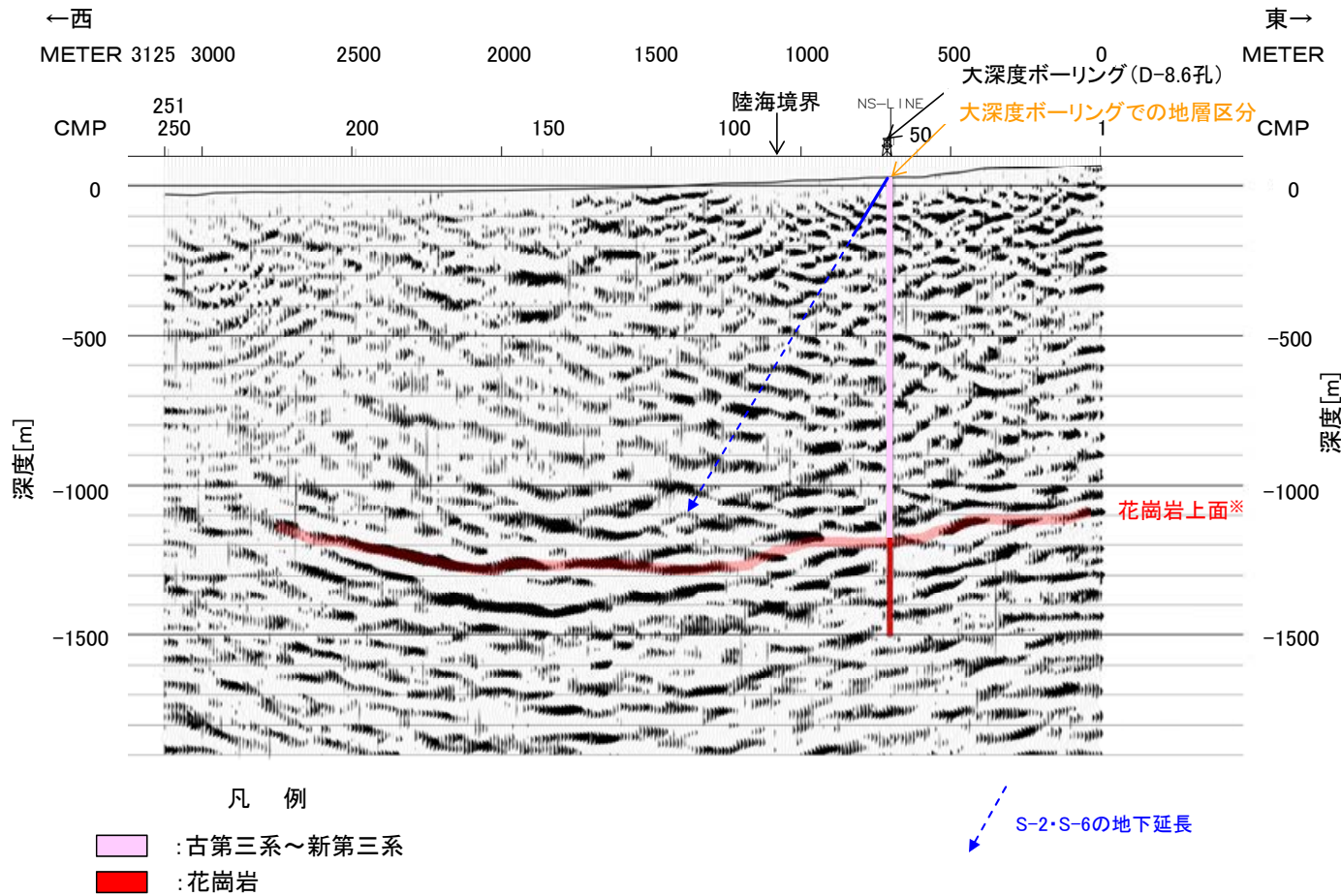


調査位置図

反射法・VSP探査結果(東西測線: 深度断面)※

※マイグレーション処理後の時間断面から深度変換を行い作成

【反射法のための断面】



※VSP探査結果に基づいて花崗岩上面をトレース

反射法地震探査結果(東西測線:深度断面)※

※マイグレーション処理後の時間断面から深度変換を行い作成

6.2.5 S-2・S-6の有識者会合の評価と追加検討 まとめ

6.2.5 S-2・S-6の有識者会合の評価と追加検討 まとめ

○No.2トレンチでは、MIS5eの海成堆積物中の層理面等が山側に向かって一様に傾斜する傾向は認められない(検討2)。

	検討内容	検討結果	記載頁
検討2	山側に傾斜する層理面を含めトレンチ内の全ての層理面について、傾斜の有無を定量的(礫の長軸角度分析等)に確認する。	MIS5eの海成堆積物中の層理面等が山側に向かって一様に傾斜する傾向は認められないことを確認した。	P.405 ~410

・No.2トレンチ周辺は建設時に地盤改良等の人工改変を受けており、MIS5eの海成堆積物の堆積構造に関する更なるデータの取得は困難であることから、より広域的な検討(検討3, 1, 4)を行うこととした。

○S-2・S-6及びその上盤側のS-7, S-8の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層, 6Ma以前に生成)に変位・変形は認められないことを確認した(検討3)。

	検討内容	検討結果	記載頁
検討3	S-2・S-6及びその上盤側の岩盤中のせん断面(S-7, S-8)に対して、鉱物脈法等による評価を実施した。	S-2・S-6及びその上盤側のS-7, S-8の最新面が不明瞭かつ不連続になっており、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層, 6Ma以前に生成)に変位・変形は認められない。	P.411, 412

○地形、岩盤上面ともにS-2・S-6に沿って一様に海側が高い傾向は認められず、さらに、地下深部に変位を与える断層はない(検討1, 4)。

	検討内容	検討結果	記載頁
検討1	S-2・S-6付近の地形及び岩盤上面形状を確認し、指摘された「凸状地形」付近でボーリング調査を行い、S-2・S-6の海側隆起の有無を検討する。	地形、岩盤上面ともにS-2・S-6に沿って一様に海側が高い傾向は認められず、また、指摘の「凸状地形」の地下には、同地形を隆起させる断層がないことを確認した。	P.393 ~404
検討4	S-2・S-6の南方延長への連続性を音波探査記録で確認し、地下深部への連続性を反射法・VSP探査により確認する。	S-2・S-6は南方延長や地下深部へは連続しないことを確認した。	P.413 ~423



【S-2・S-6において実施した追加検討結果(まとめ)】

「S-2・S-6の地下延長部の断層が活動し、地表付近の上部更新統等に変形を及ぼした」との評価は考え難い。

有識者会合により示された「今後の課題」

今後の課題

<p>①1号原子炉建屋等建設時等における、S-1とその周囲の形状を示す未提示の写真やスケッチの提示。</p>	<p>変位が疑われる、S-1の北西部及びその周囲に存在するせん断面の活動性の判断に資する資料として、1号原子炉建屋やタービン建屋の建設時の掘削・整地作業の際に現れた露頭及び旧A・Bトレンチにおける、S-1とその周囲の形状を示す未提示の写真やスケッチを改めて探して提示する。</p>
<p>②S-1、S-2・S-6等の断層破碎帯やその母岩の鉱物学的・地球化学的分析。</p>	<p>S-1、S-2・S-6等の水平的及び深部方向への連続性や形成環境を検討するために、断層破碎帯及び母岩を構成する物質の、より詳細で多面的な鉱物学的・地球化学的分析を通じて比較検討する。</p>
<p>③S-1、S-2・S-6及びこれらの周囲に存在するせん断面について、これらを横断する鉱物脈の有無(ある場合はその構成鉱物)、条線を含む構造同士の切断関係に関する検討。</p>	<p>敷地内に分布するせん断面形成の時期を検討する上では、せん断面を横断する鉱物脈を検討することが有効と思われる。</p> <p>また、「将来活動する可能性のある断層等」を判断する上では、最も新しい構造を判断することが重要である。このため、敷地内の断層同士の切断関係やせん断面上の条線同士に新旧関係がないかについて検討する。</p>
<p>④S-1、S-2・S-6の連続性(深部方向、走向延長方向)及び活動性に関する地質・地質構造に関する調査。</p>	<p>(1)No.2トレンチ付近でS-2・S-6の海側(西側)においてMIS5eの海成堆積物と考えられる地層が山側へ傾く範囲を確認する。</p> <p>(2)S-2・S-6南方延長における断層露頭の有無とその状況を確認する。</p> <p>(3)S-2・S-6南方延長において中位段丘I面堆積物との関係を調査する。</p> <p>(4)S-2・S-6南方延長海域における音波探査記録結果を再検討する。</p>
<p>⑤敷地周辺に分布する断層の調査(平面方向及び地下方向)と、その広域的枠組みの中での敷地の地形・地質構造に関する詳細な検討。</p>	<p>兜岩沖断層や富来川南岸断層、福浦断層など周辺活断層も含めた広域的な枠組みの中で、敷地内の断層の位置付け等も検討する。このためS-1、S-2・S-6などの敷地内の断層の連続性と、敷地周辺に分布する断層との関係を明らかにする。岩盤中の地質構造の調査にあたっては、ボーリング調査は点の情報であるため、VSP(Vertical Seismic Profile)探査などの物理探査により、ボーリングで得られた点情報を面として繋ぐことを試みる必要がある。</p>
<p>⑥“沖積段丘”と称されている完新世段丘の形成要因や高度分布に関する調査・検討。完新世段丘の存在と高度分布から海底に推定される断層と、既知の敷地内及び周辺に分布する断層との連続性、活動時期・履歴に関する調査。</p>	<p>敷地周辺から福浦～富来間では、2段の完新世段丘面が報告され(渡辺ほか, 2015)、M面やH面も同様に北方へ高くなる。この隆起運動は間欠的な地震性隆起を示唆しており、段丘面形成要因として渡辺ほか(2015)によって指摘される海底活断層の位置形状、兜岩沖断層や富来川南岸断層への連続性や敷地内破碎帯への地下延長方向を含めた連続性の検討、及び活動時期・履歴を検討する。特に、兜岩沖断層との関係については、同断層の活動性や規模、活動時期・履歴等の判断に必要な情報を検討する。</p>

参考文献

- 阿部勝征・岡田篤正・垣見俊弘(1985):地震と活断層, アイ・エス・ユー株式会社.
- Adisaputra, M. K., Kusnida, D.(2010): Paleocene postgenetic Accumulation of Nannoplankton on the Phillipsite Minerals in Roo Rise, Indian Ocean, Jurnal Geologi Indonesia, Vol.5 No.1 Maret 2010 : 49-56.
- 赤木功・井上弦・長友由隆(2003):九州南部に分布する赤黄色土(古赤色土)の産状, 日本土壌肥料学雑誌, 74, 623-630.
- 青木かおり・町田洋(2006):日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成-K₂O-TiO₂図によるテフラの識別, 地質調査研究報告, 57, 239-258.
- 防災科学技術研究所(2001):地すべり地形分布図 第12集「金沢・七尾・輪島」, 防災科学技術研究所研究資料, 第210号.
- 原子力規制庁:北陸電力株式会社志賀原子力発電所の敷地内破砕帯の評価について(報告), 平成28年4月27日 平成28年度 第6回原子力規制委員会, 資料1-1.
- 服部貴志・浜田昌明・高山陶子・小野田敏・坂下学・山口弘幸・平松良浩(2014):古砂丘・古期扇状地に関する空中写真を活用したDEM解析による地形特性の検討, 地形, Vol.35, no.4.
- 濱田崇臣・幡谷竜太(2015):能登半島志賀町に分布する海成段丘のローム層に発達する斑紋構造の形成時期, 日本地質学会第122年学術大会講演要旨, 301.
- 本多亮・澤田明宏・古瀬慶博・工藤健・田中俊行・平松良浩(2012):金沢大学重力データベースの公表, 測地学会誌, 58, 4, 153-160.
- Hoshino, K., Koide, H., Inami, K., Iwamura, S., Mitsui, S. (1972): Mechanical properties of Japanese Tertiary sedimentary rocks under high confining pressures, Geol. Surv. Jpn., Rep. No.244.
- 池原研・井上卓彦・村上文敏・岡村行信(2007):能登半島西方沖の堆積作用・完新世堆積速度と活断層の活動間隔, 東京大学地震研究所彙報, 82, 313-319.
- 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.
- 飯島東(1986):天然ゼオライトの産状, 粘土化学, 第26巻, 90-103.
- Inoue, A.(1995): Formation of Clay Minerals in Hydrothermal Environments, In Velde, B. (ed.) Origin and Mineralogy of Clays, Springer, 268-329.
- 井上厚行(2003):熱水変質作用, 資源環境地質学, 資源地質学会, 195-202.
- 石川県(1997):1:33,000漁場環境図「富来・志賀・羽咋海域」, 石川県.
- 石渡明・田上雅彦・谷尚幸・大橋守人・内藤浩之(2019):海岸礫は河川礫より円くて扁平である. 地質学会HP, <http://www.geosociety.jp/faq/content0864.html>.
- 狩野謙一・村田明広(1998):構造地質学, 朝倉書店.
- 関西電力株式会社: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, 資料1-2.
- 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.
- Kim, J. W., Dong, H., Seabaugh, J., Newell, S. W., Eberl, D. D. (2004): Role of Microbes in the Smectite-to-Illite Reaction, Science, 303, 830-832.
- 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.
- 国土地理院(2006):<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/gravity/grv_serach/gravity.pl>, (参照2006-12-21).
- 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.
- Maejima, W. (1982): Texture and stratification of gravelly beach sediments, Enju beach Kii Peninsula, Japan. Journal of Geosciences, Osaka University, 2583, 35-51.
- 松井健・加藤芳朗(1965):中国・四国地方およびその周辺における赤色土の産状と生成時期—西南日本の赤色土の生成にかんする古土壌学的研究第2報, 資源研究所彙報, 64.
- 松原聰(2002):沸石の種類, 岩石鉱物科学31, 261-267.
- 溝口一生, 上原真一, 谷口友規, 飯塚幸子, 飯田高弘, 渡辺剛士(2019):高間隙な凝灰角礫岩の脆性-延性遷移に関する三軸変形試験:能登半島に産する中新世穴水累層を例として, 日本地質学会第126年学術大会, R13-P-9.
- Mogi, K.(1965): Deformation and fracture of rocks under confining pressure (2), Elasticity and plasticity of some rocks. Bull, Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ. 43, 349-379.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下宏幸・田原敬治・公文富士夫(2007):長野県, 高野層ポーリングコア(TKN-2004)に挟在する広域テフラ層の層序と編年, 第四紀研究, 46-4, 305-325.
- 永塚鎮男(1975):西南日本の黄褐色森林土および赤色土の生成と分類に関する研究, 農業技術研究所報告B第26号別刷.
- Nagatsuka, S., Maejima, Y.(2001): Dating of Soils on the Raised Coral Reef Terraces of Kikai Island in the Ryukyus, Southwest Japan: With Special Reference to the Age of Red-Yellow Soils, The Quaternary Research,40,137-147.

参考文献

- Nakata, E., Yukawa, M., Okumura, H., Hamada, M. (2019): K-Ar dating by smectite extracted from bentonite formations, E3S Web of Conference, 98, 12015.
- 日本粘土学会編(2009): 粘土ハンドブック 第3版, 技報堂出版.
- 日本地質学会編(2006): 日本地方地質誌4 中部地方, 朝倉書店.
- 成瀬洋(1974): 西南日本太平洋岸地域の海岸段丘に関する2・3の考察, 大阪経大論集, 99.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013b): 日本の火山(第3版), 1:2,000,000 地質編集図, 11.
- 尾崎正紀(2010): 能登半島北部の20万分の1地質図及び説明書, 海陸シームレス地質情報集, 「能登半島北部沿岸域」, 数値地質図S-1, 地質調査総合センター.
- Paterson, M. S., Wong, T. (2005): Experimental Rock Deformation – The Brittle Field (Second, Completely Revised and Updated Edition), Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 産業技術総合研究所: 地質図navi(<https://gbank.gsj.jp/geonavi>) (参照2019-8-22).
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013a): 日本重力データベースDVD版, 数値地質図P-2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Sheppard, R. A., Fitzpatrick, J. J.(1989): Phillipsite from silicic tuffs in saline, alkaline-lake deposits, Clays and Clay Minerals, Vol.37, No.3, 243-247.
- 白水晴雄(2010): 粘土鉱物学(新装版) – 粘土化学の基礎 –, 朝倉書店.
- 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 13), S. W. BEILEY, editor., Mineralogical Society of America, 495-544.
- 宗村知明・北村晴夫(2009): 針貫入試験による一軸圧縮強度の推定例, 全地連「技術e-フォーラム2009」松江, No.2009_59.
- 菅野三郎・奥村清(1978): 地学の調べ方, コロナ社.
- 高木秀雄(1998): 破碎一塑性遷移領域の断層岩類, 地質学論集, 第50号, 59-72.
- 田中姿郎(2017): 断層模型実験による礫層に発達する変形構造の検討(その2), 日本応用地質学会平成29年度研究発表会講演論文集, 263-264.
- 田中姿郎(2018): 基盤岩の段差を埋める礫層の構造に関する検討, 日本地球惑星科学連合2018年大会, HCG24-P09.
- The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001): Gravity measurements and database in southwest Japan, Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM), Bull. Nagoya University Museum, Special Rep., No.9.
- 宇波謙介・福土圭介・高橋嘉夫・板谷徹丸・丹羽正和(2019a): 能登半島西岸域の中新世安山岩中に認められる変質鉱物中のカリウムの存在状態とK-Ar年代の意義, 2019年度 日本地球化学学会年会, 3P19.
- 宇波謙介・福土圭介・高橋嘉夫・丹羽正和(2019b): 能登半島西岸域の中新世安山岩中に認められる粘土鉱物中のカリウムの存在状態, 第63回粘土科学討論会, P11.
- Utada, M.(1980): Hydrothermal Alterations Related to Igneous Activity in Cretaceous and Neogene Formations of Japan, Granitic Magmatism and Related Mineralization, Min. Geol. Special Issue, 8, 67-83.
- 渡辺満久・中村優太・鈴木康弘(2015): 能登半島南西岸変動地形と地震性隆起, 地理学評論, 88, 235-250.
- 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.
- Watanabe, T.(1988): The structural model of illite/smectite interstratified mineral and the diagram for its identification, Clay Science, 7, 97-114.
- Yamamoto, A., Shichi, R., Kudo, T.(2011): Gravity database of Japan (CD-ROM), Earth Watch Safety Net Research Center, Chubu Univ., Special Publication, No.1.
- 吉村尚久(2001): 粘土鉱物と変質作用, 地学団体研究会.