

- 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）

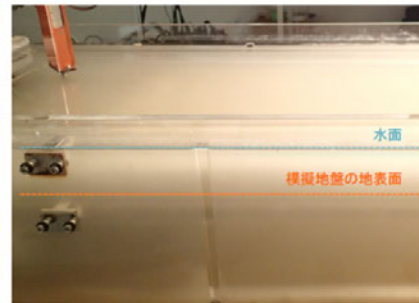
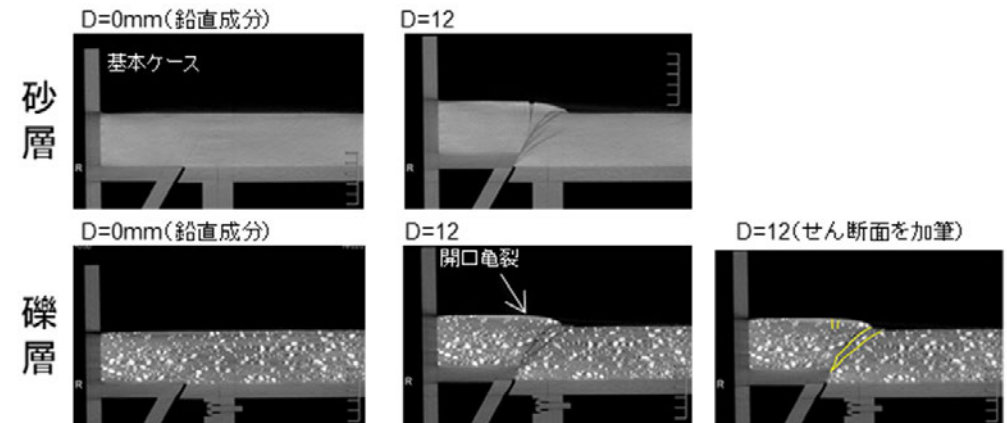
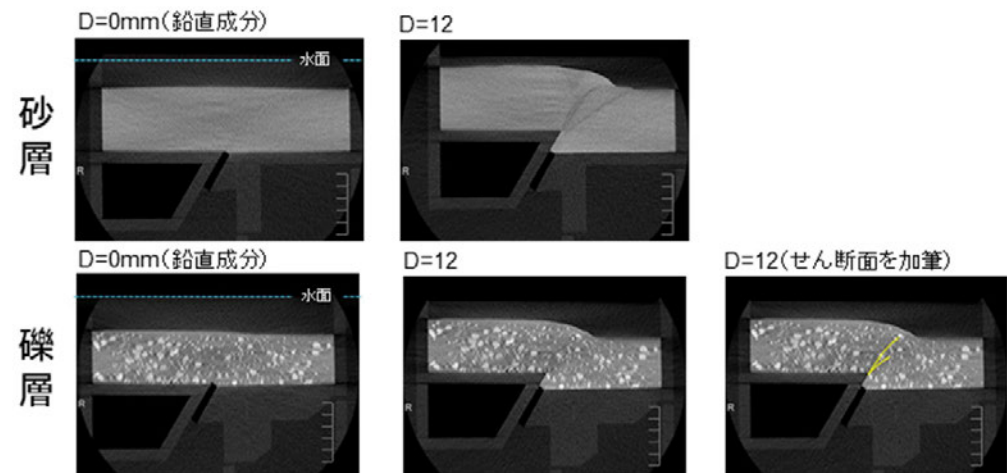


図-4 土槽を浸水させることで水中の未固結堆積物を模擬

(a) 乾燥状態



(b) 浸水状態（水中）



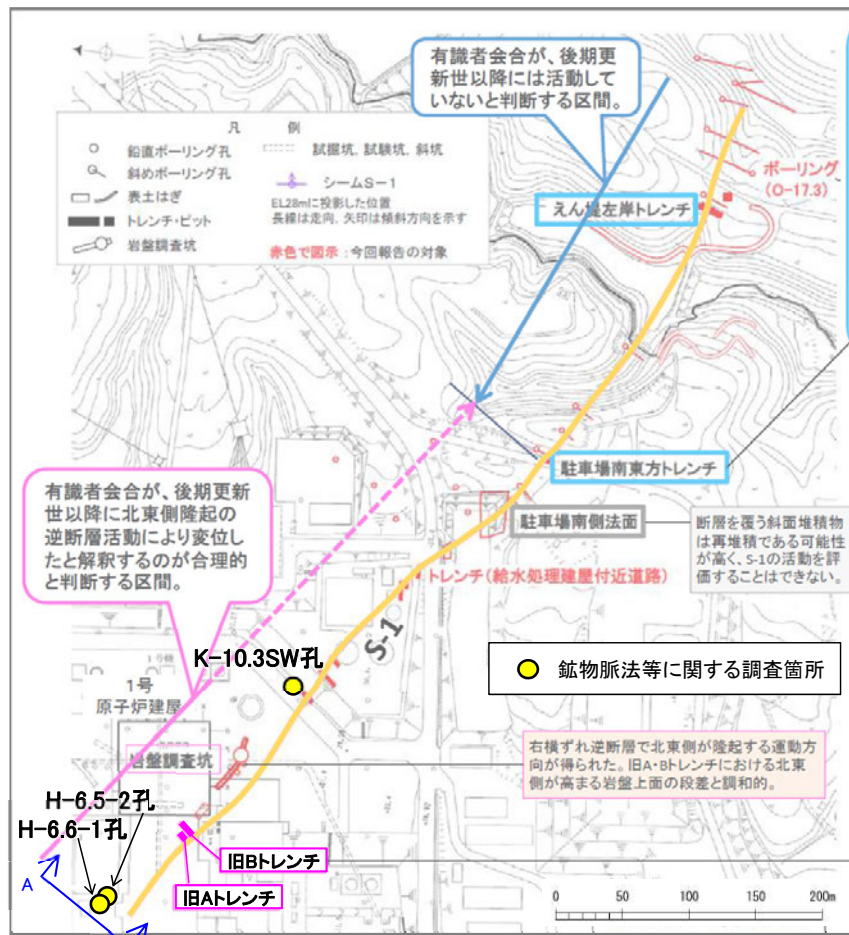
【主な成果】

- 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。

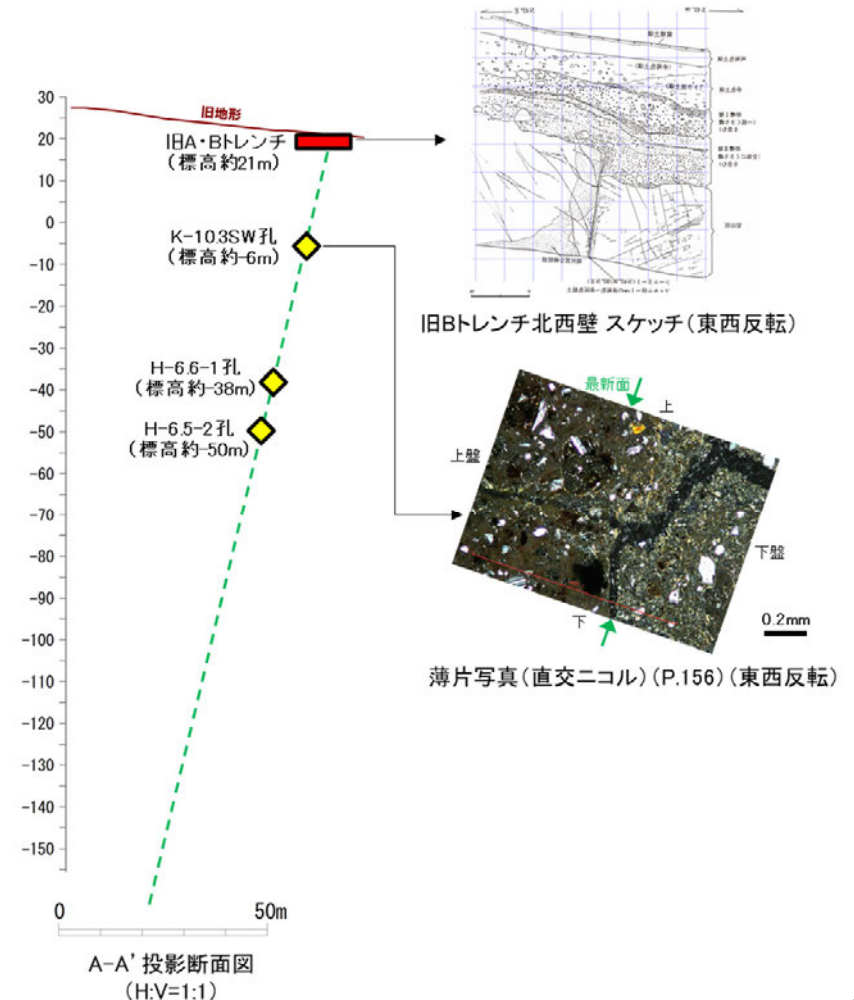
6.1.3 検討3:S-1北西部の鉱物脈法等による評価

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.120～160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、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層、少なくとも後期更新世以降に生成されたものではない)に変位・変形は認められない。



(「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、不連続箇所の粘土鉱物(I/S混合層、少なくとも後期更新世以降に生成されたものではない)に変位・変形は認められない。	P.399, 400

○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.383 ~386

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.389 ~393
	(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.394, 395
	(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.396 ~398



【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。

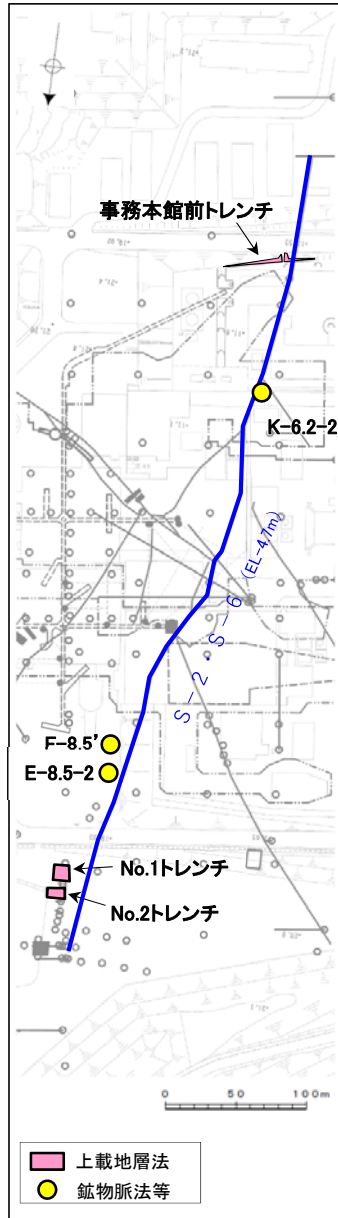
6.2 S-2・S-6の有識者会合の評価と追加検討について

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

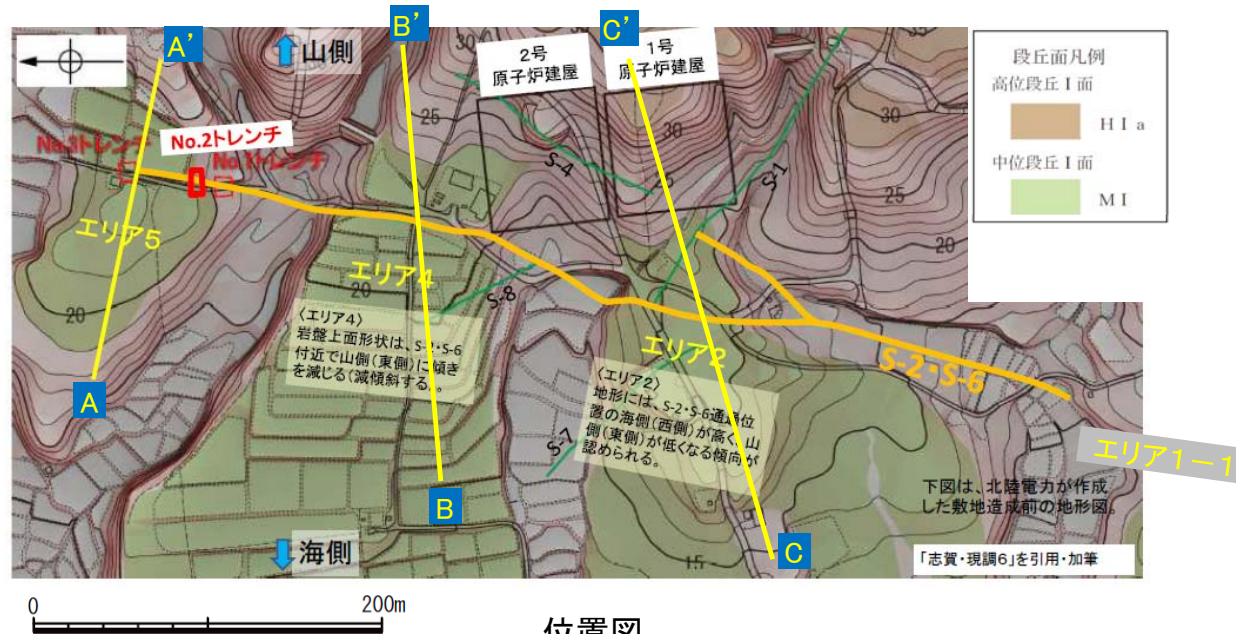
【当社の評価】	【有識者の評価】
<p>(地形)</p> <p>S-2・S-6 周囲の地形は、周辺の岩盤性状を反映して形成された組織地形や人工改変により形成されたものと推定される。</p>	<p>赤文字: 当社の評価と異なるもの及び今後の課題</p> <p>S-2・S-6付近では、地形、岩盤上面高度ともに、S-2・S-6通過位置の海側(西側)の方が高く、山側(東側)が低い傾向が認められる。</p>
<p>(事務本館前トレンチ)</p> <p>S-2・S-6は、5,970±40yBPの木片を含む堆積物に覆われ、同堆積物に変位・変形は認められない。</p>	<p>当トレンチでは、後期更新世におけるS-2・S-6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.417 ~422</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(I/S混合層、少なくとも後期更新世以降に生成されたものではない)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(I/S混合層)に変位・変形は認められない。</p>	<p>P.423, 424</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>検討1</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>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>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>	<p>P.405 ~416</p>
<p>検討4</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>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.425 ~435</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>			

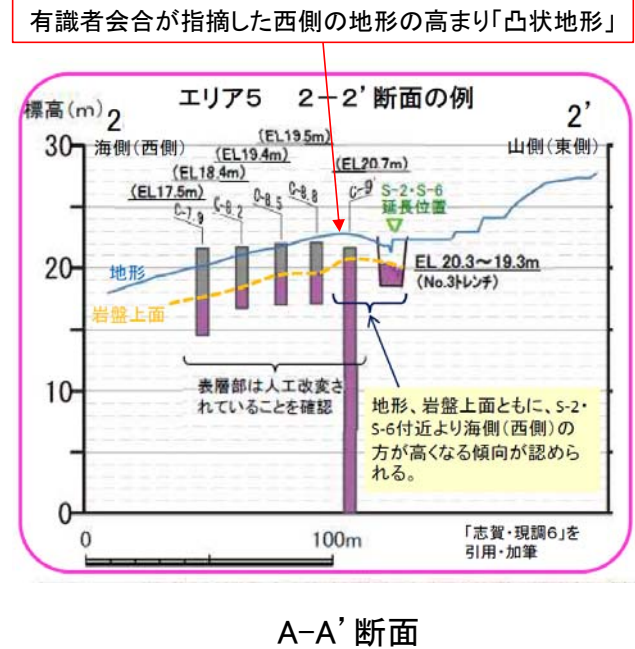
6.2.1 検討1 : S-2・S-6付近の地形等に関する検討

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)

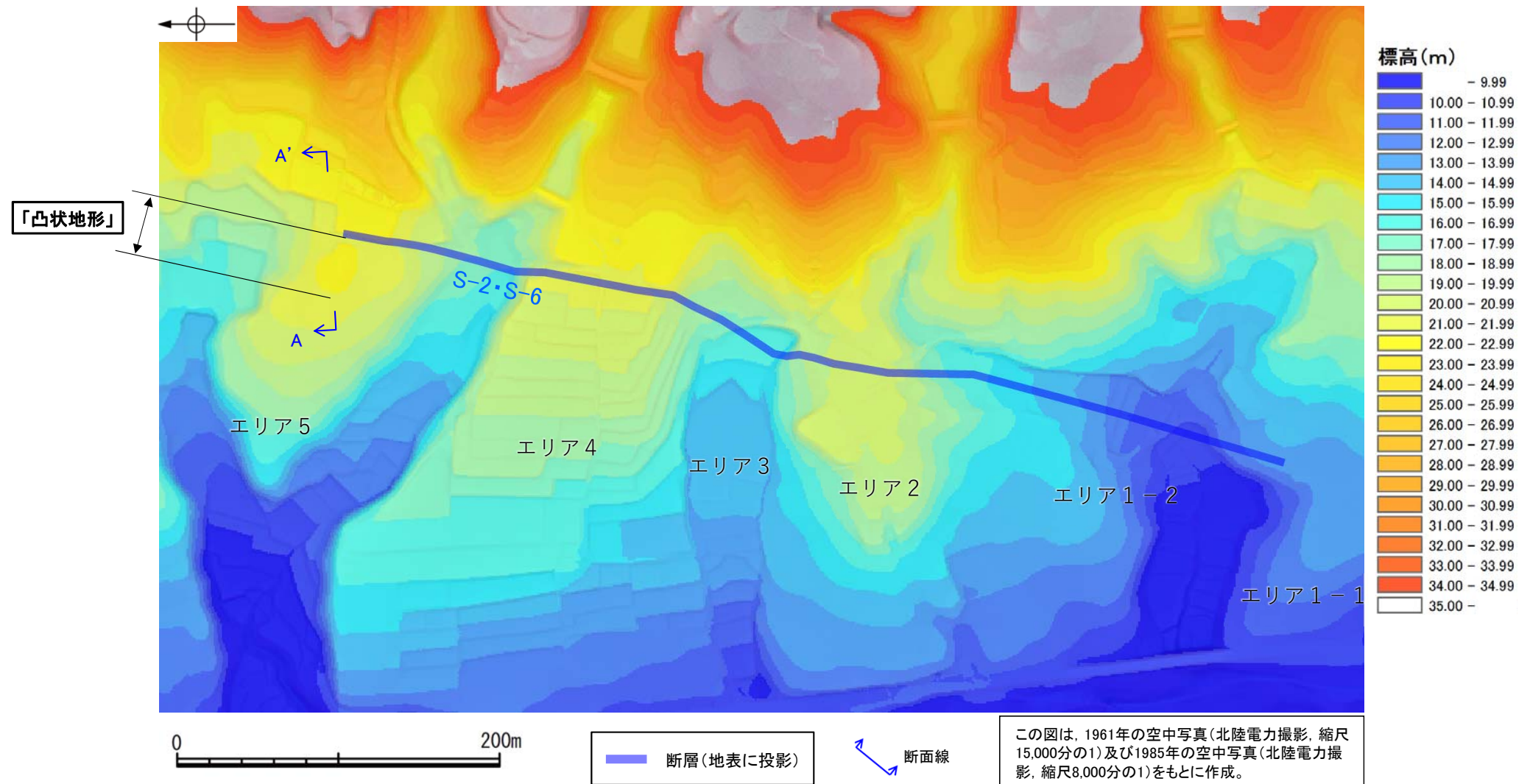


有識者会合が指摘した西側の地形の高まり「凸状地形」

有識者会合の評価		有識者会合以降のデータ拡充	検討内容
(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。 	<ul style="list-style-type: none"> S-2・S-6付近の地形、岩盤上面分布の作成 	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.407~409)。
(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。 	<ul style="list-style-type: none"> 「凸状地形」周辺のボーリング調査 	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.410~416)。

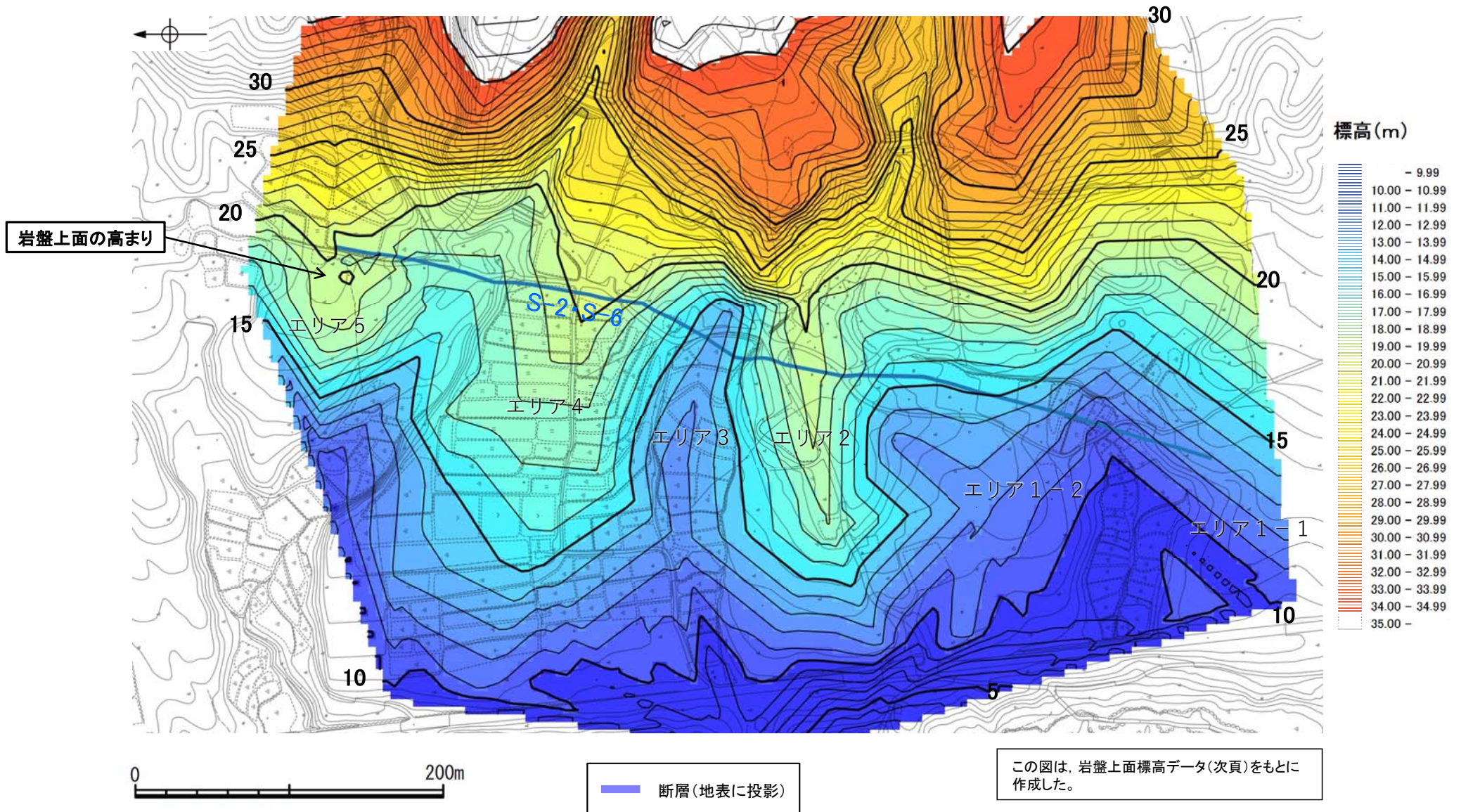
○S-2・S-6北部に位置するエリア5において、「凸状地形」が認められる(A-A'断面*)。
 ○これをS-2・S-6の活動による変動地形と考えた場合、S-2・S-6の南北全線にわたって同様に地形の高まりが生じると考えられる。
 ○しかしながら、実際のS-2・S-6付近の地形は、海側(西側)に向かって徐々に低下しており、S-2・S-6より海側がエリア5と同様に一樣に高まる
 ないしは減傾斜する傾向は認められない。

※A-A'断面はP.411



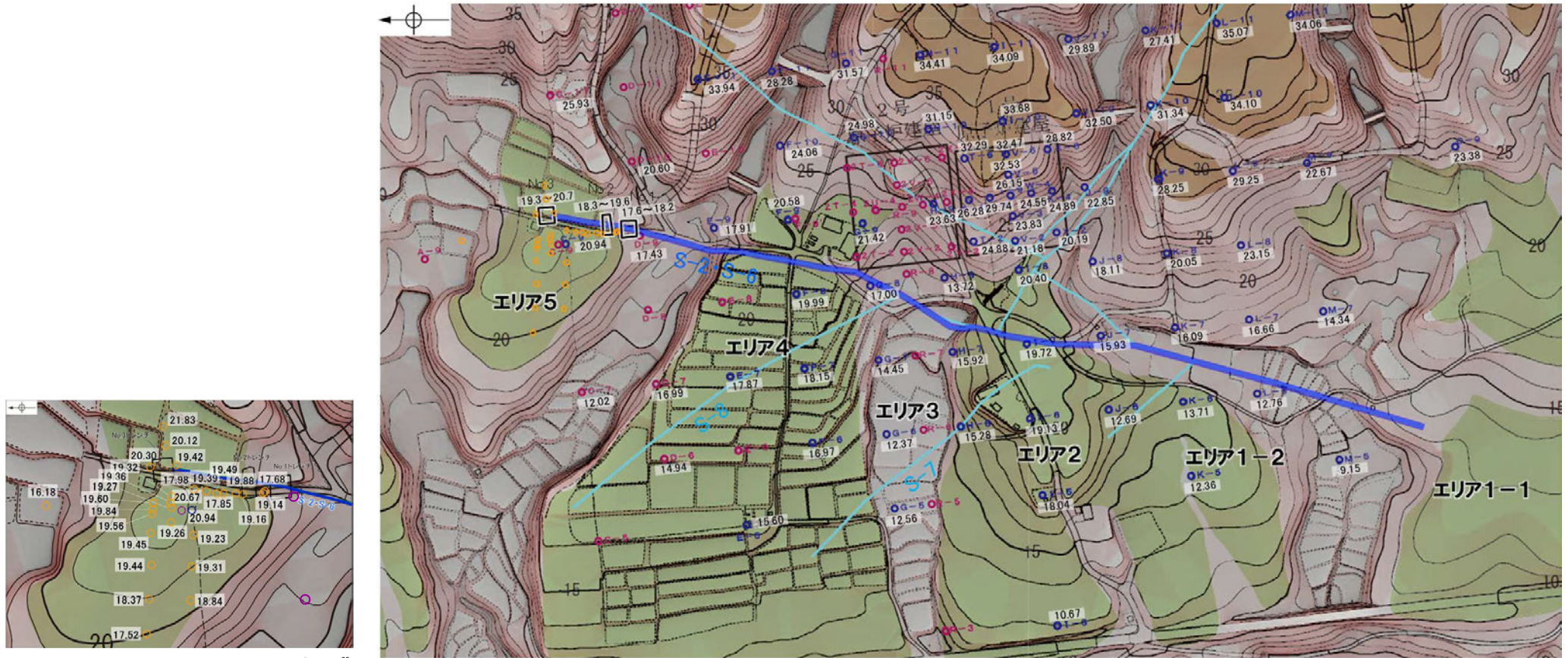
発電所建設以前の地形標高段彩図

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)

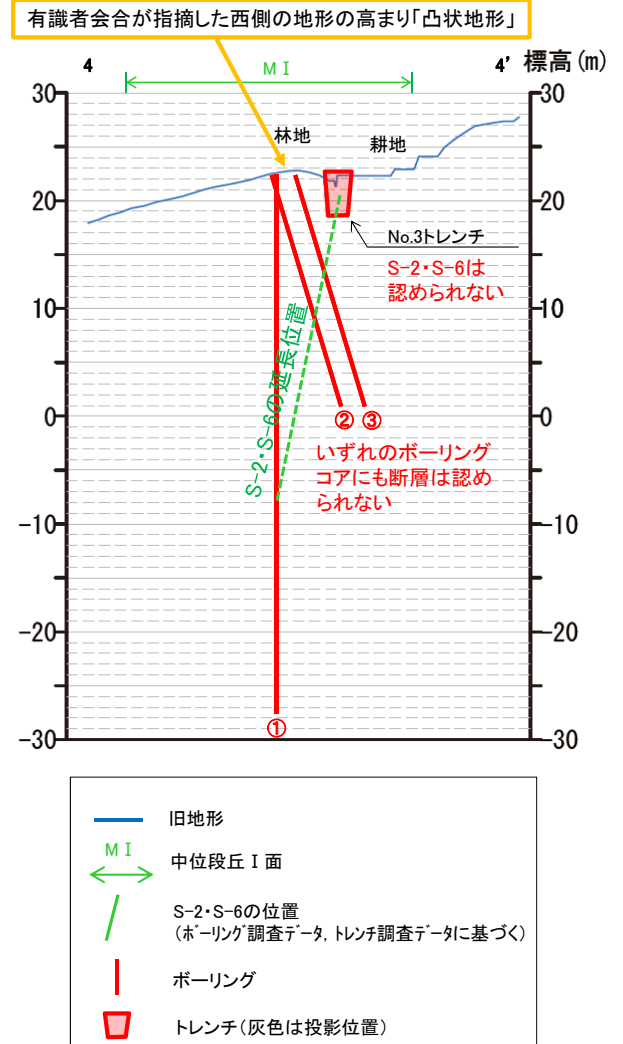
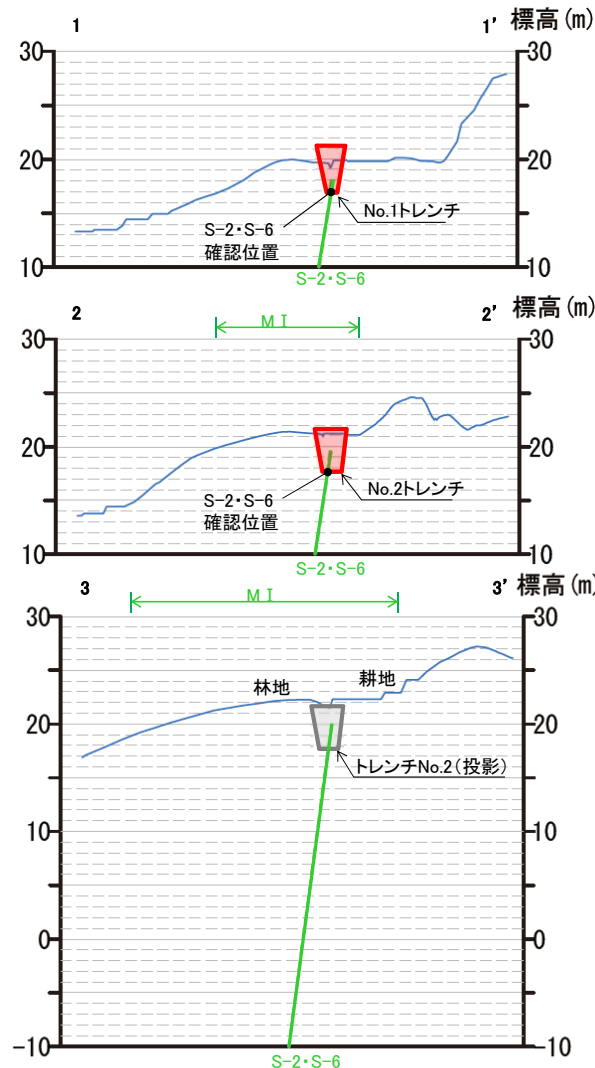
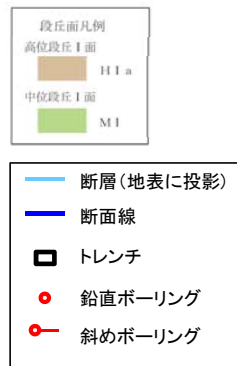
この図は、1961年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺15,000分の1)及び1985年の空中写真(北陸電力撮影、縮尺8,000分の1)をもとに作成した地形図(等高線は1m間隔)に、空中写真判読及び既存ボーリングの地質データ等に基づいた段丘面分布を示したものの。



○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(P.413,414)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.415,416)。



位置図(エリア5)

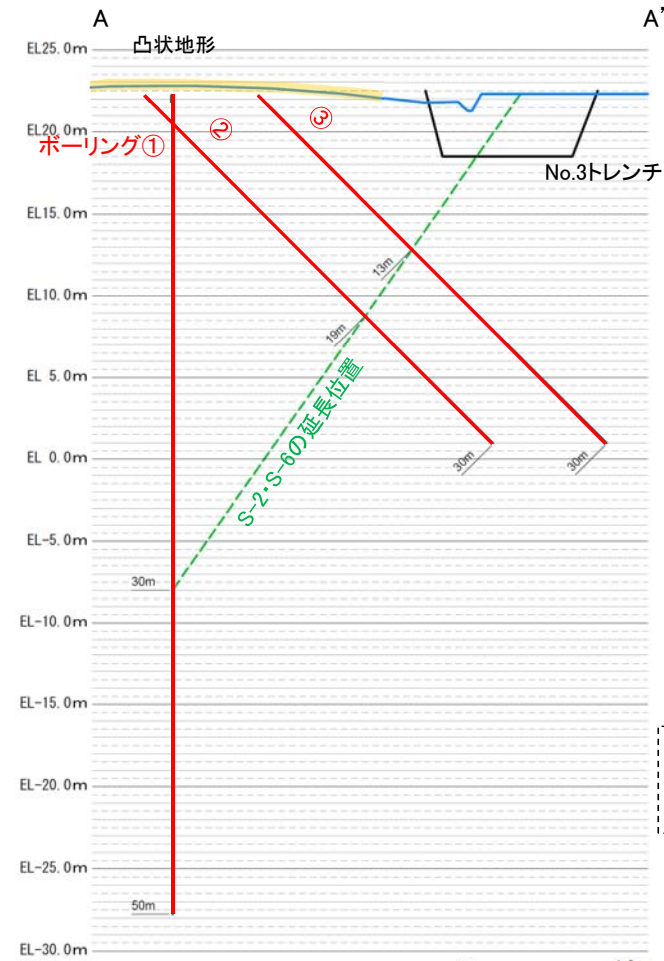


地形断面図(H:V=1:5)

- 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



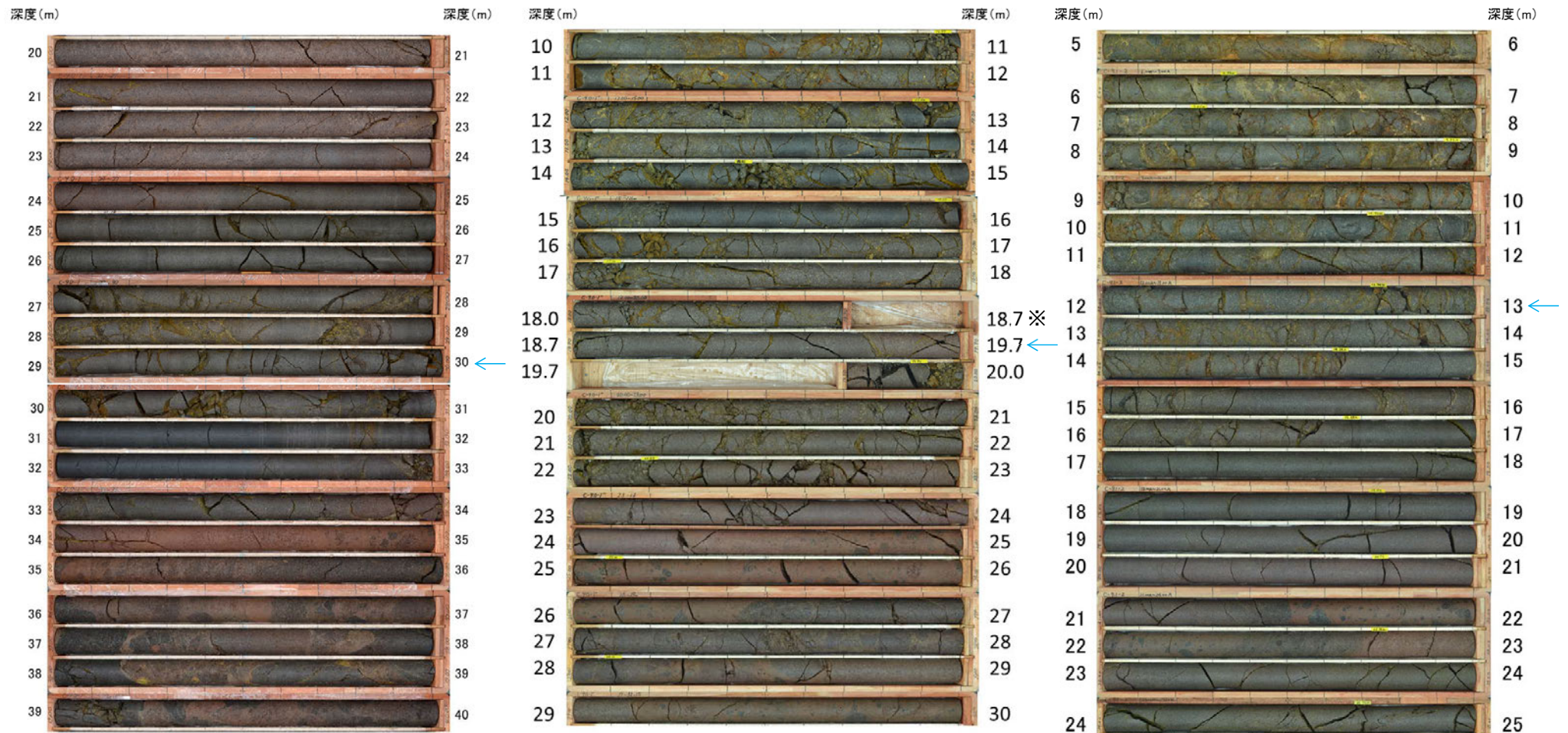
No.3トレンチの露頭調査結果は、[補足資料6.2-1](#) (1)P.6.2-1-10~12

・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)

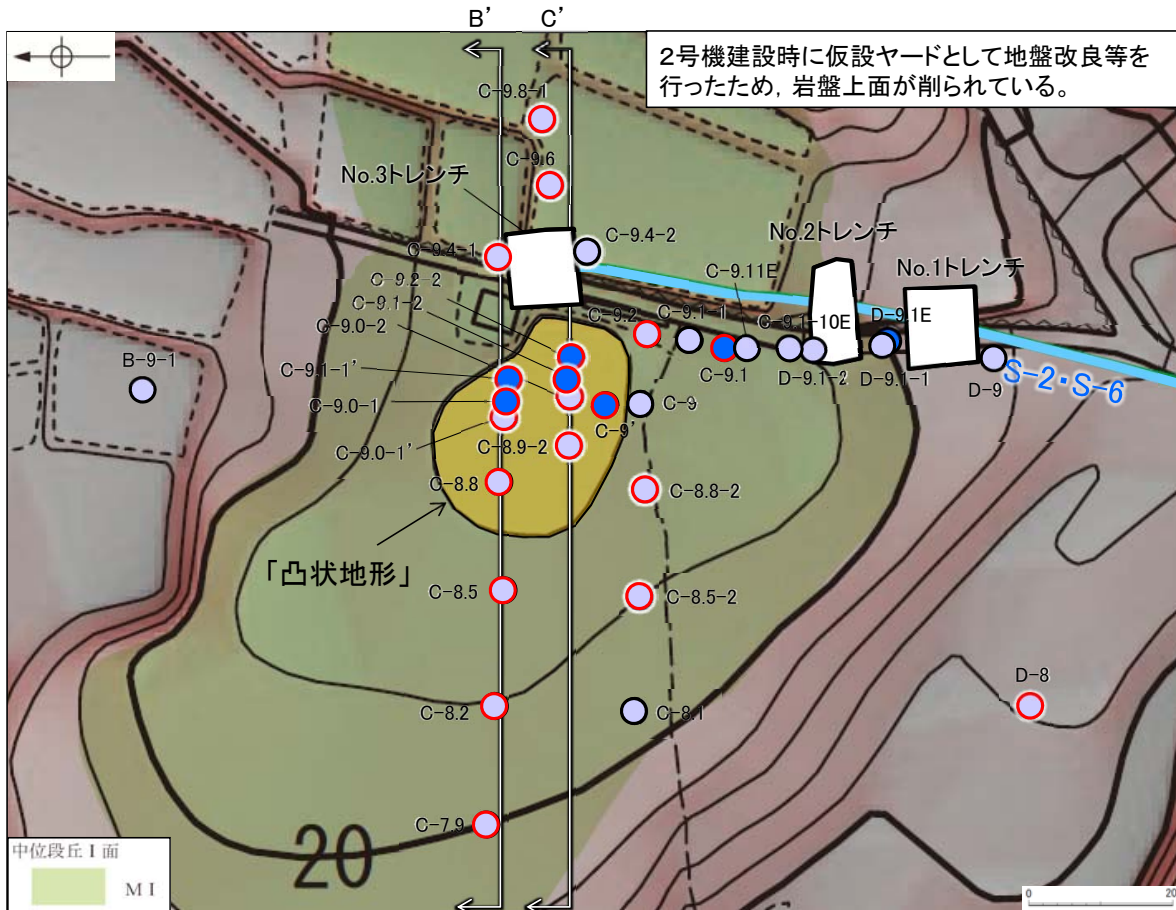
ボーリング②
コア写真(深度10~30m)
(S-2・S-6想定深度19m)

ボーリング③
コア写真(深度5~25m)
(S-2・S-6想定深度13m)

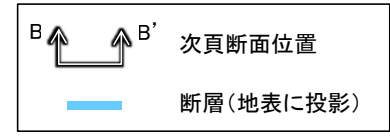
※18.7~19.7m間はS-2・S-6の想定延長位置にあたり、割れ目の詳細観察のため、コアの切断位置を変更した。

○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)。



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いる。



地質分布図

(基図は旧地形の段丘面分布図)

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

(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
標準偏差		0.23	0.25	0.41
S波速度 (km/s)	平均値	3.06	2.98	1.90
	標準偏差	0.10	0.18	0.23
動弾性係数 (×10 ⁹ N/m ²)	平均値	65.1	61.9	21.8
	標準偏差	(66.4)	(63.1)	(22.2)
動ポアソン比	平均値	0.29	0.29	0.23
	標準偏差	0.02	0.02	0.02
試験個数	21	123	317	151
	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	平均値	156.2	147.9
標準偏差		(1,593)	(1,508)	(152)
静弾性係数 (×10 ⁹ N/m ²)	平均値	59.6	57.3	12.0
	標準偏差	(60.8)	(58.4)	(12.2)
静ポアソン比	平均値	0.25	0.25	0.25
	標準偏差	0.02	0.03	0.06
試験個数	4	33	65	42
	引張強度 (N/mm ²)	平均値	10.8	9.8
標準偏差		(110)	(100)	(15)

・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。

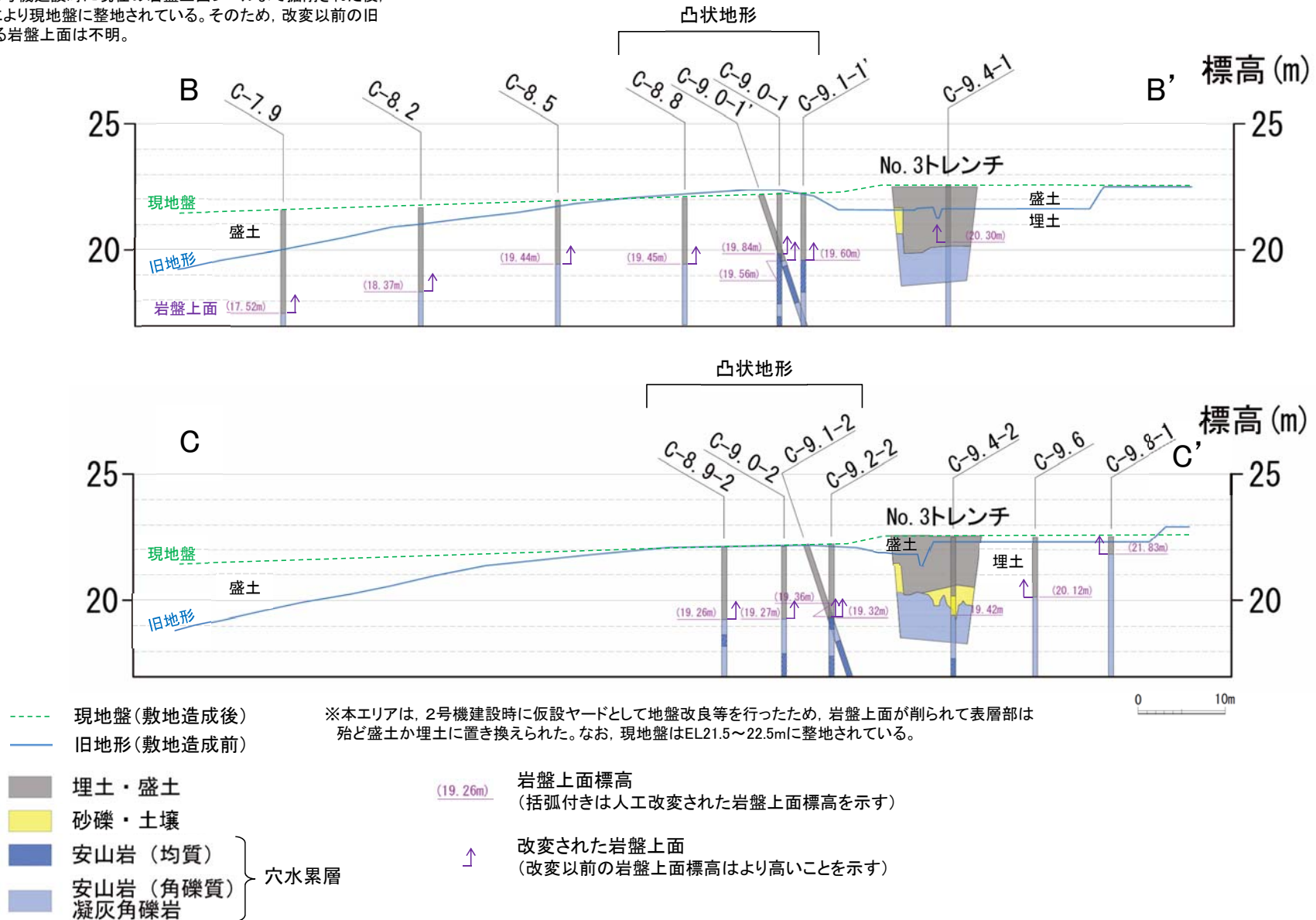
・安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩は、ほぼ同程度の硬さである。

※ 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

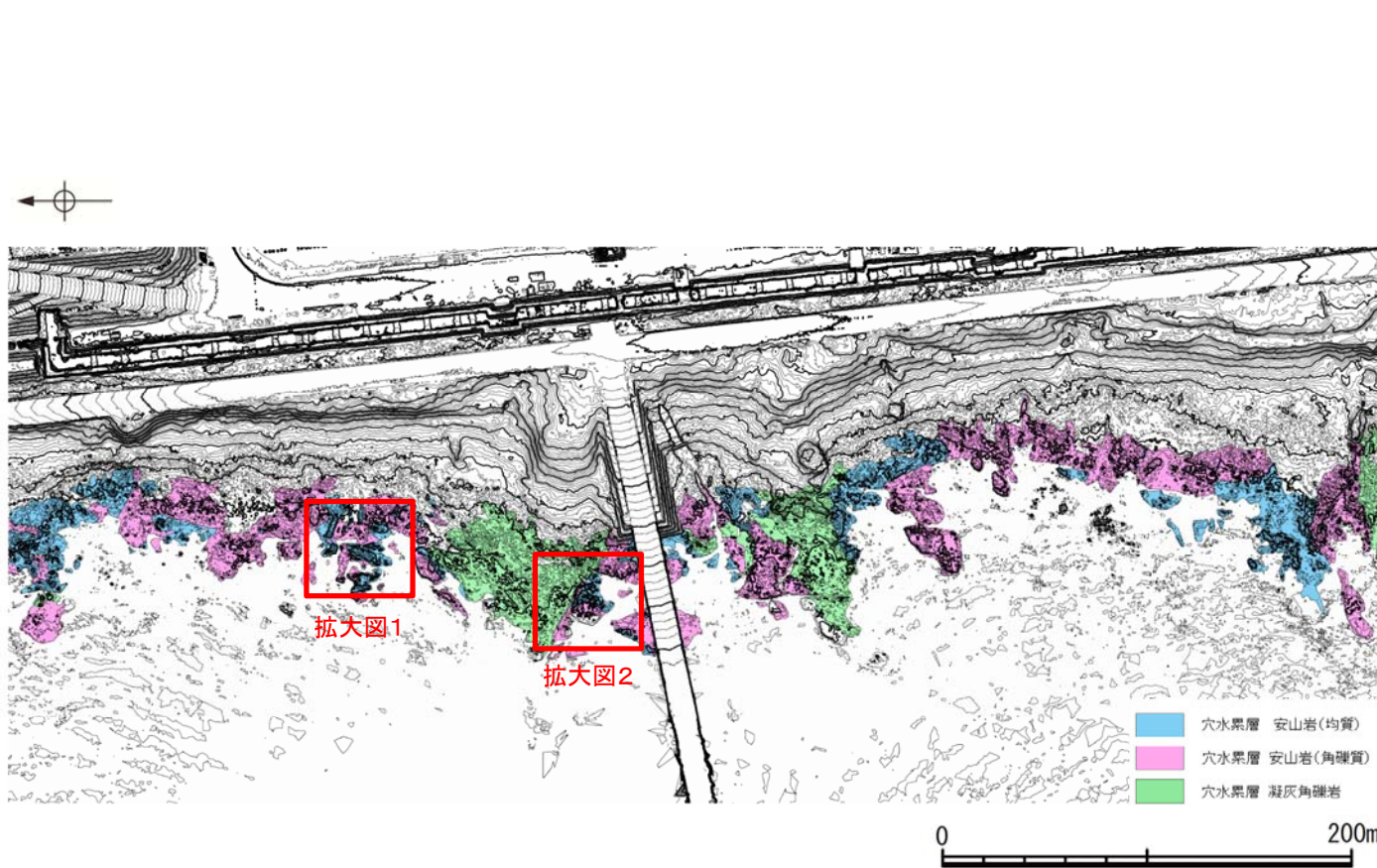
【「凸状地形」と周辺岩盤の硬軟の関係 ー断面図ー】

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、変更以前の旧地形における岩盤上面は不明。

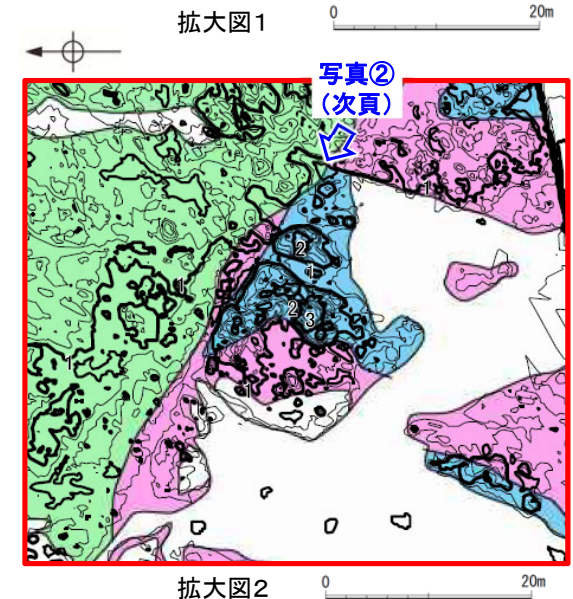
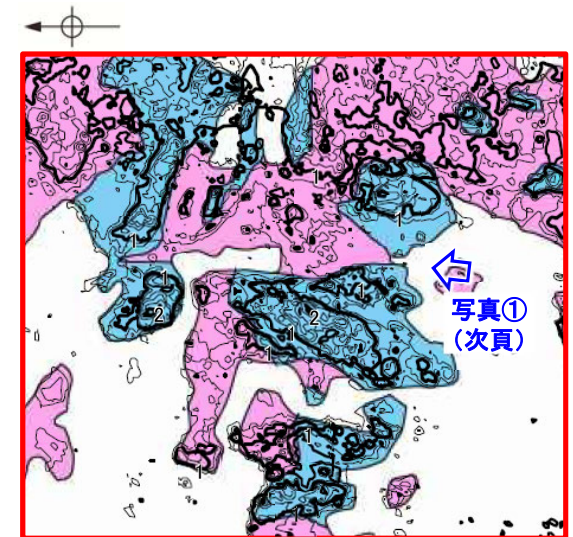


地形地質断面図 (H:V=1:3)

○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)



【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)

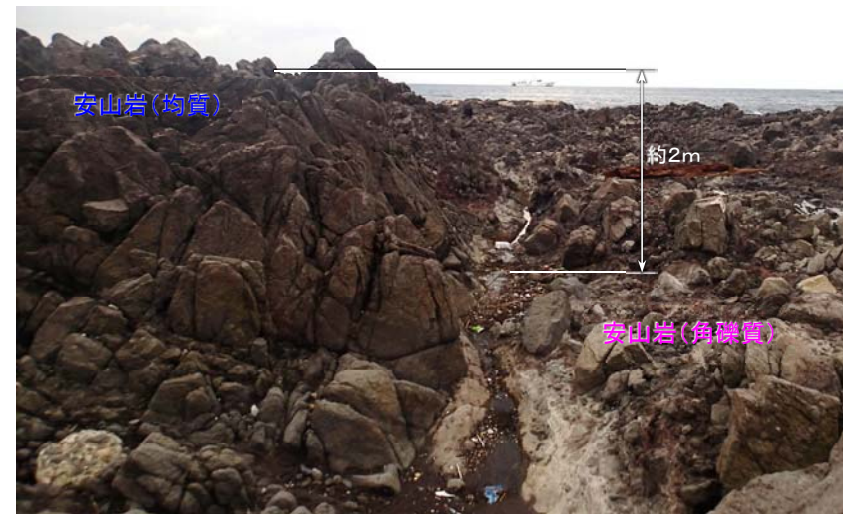
E(山側)→



写真①

←SW

NE→

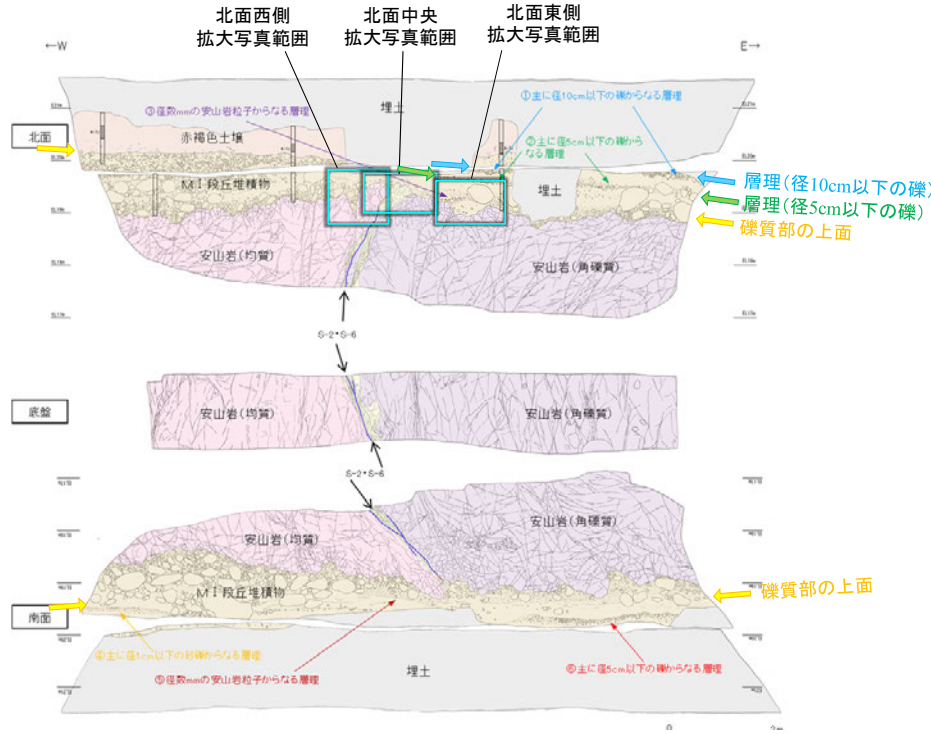


写真②

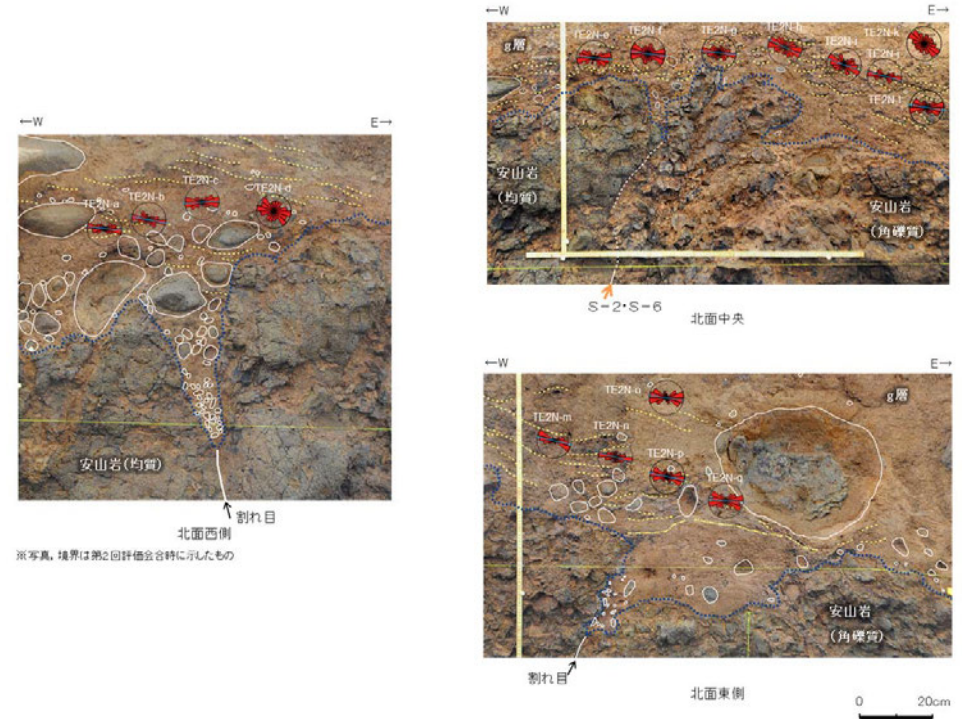
6.2.2 検討2:No.2トレンチの層理面等の傾斜に関する検討

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 ー概要ー

- 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

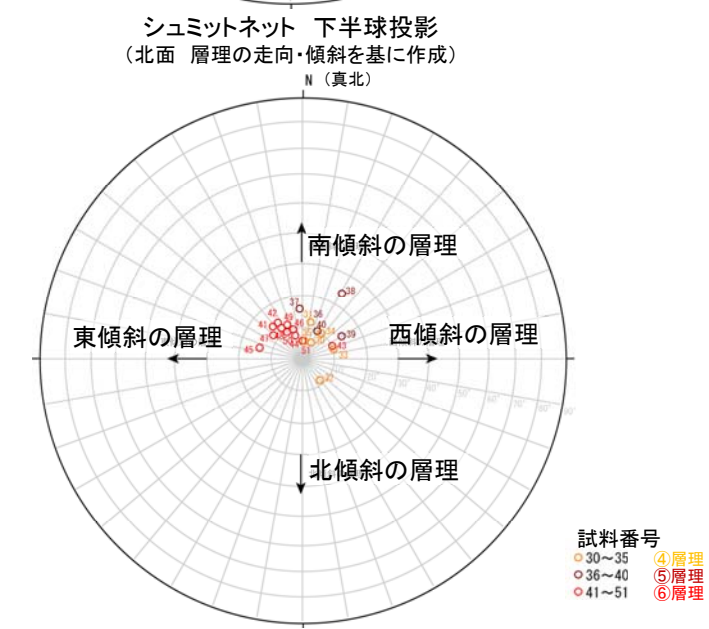
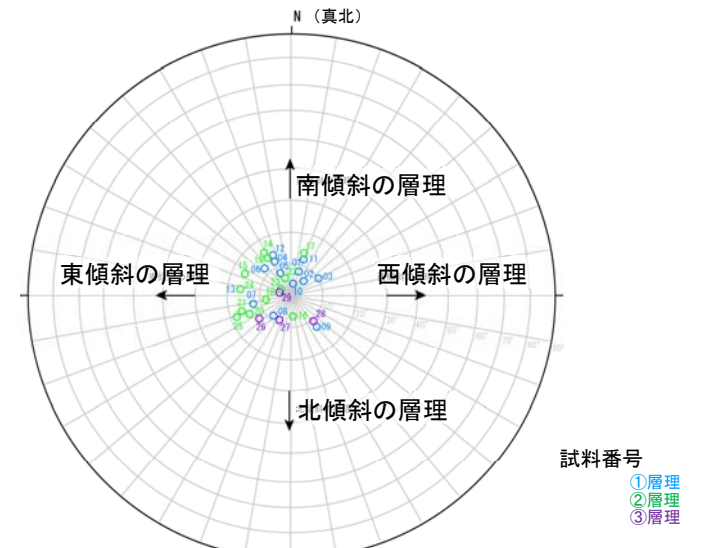
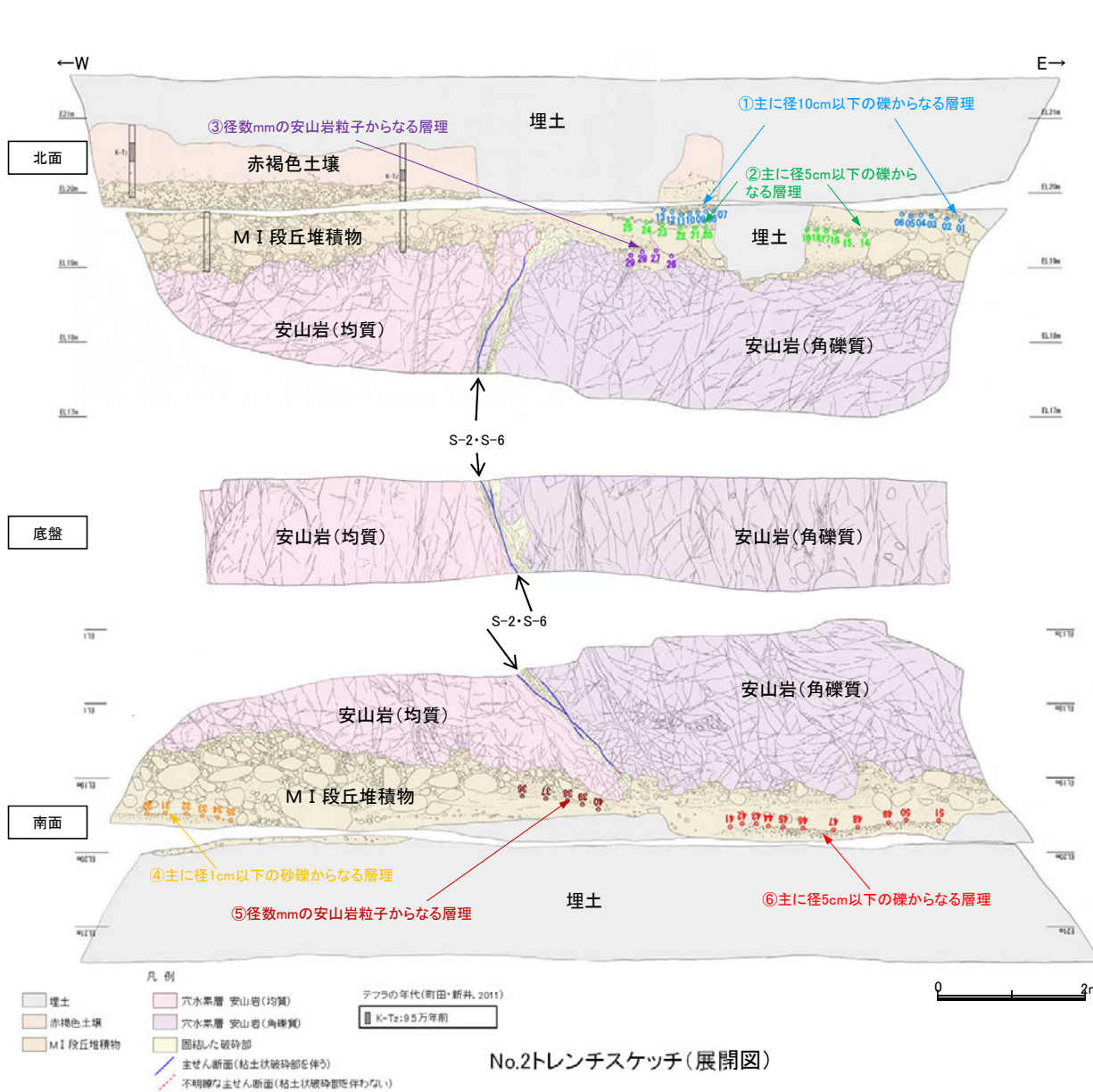
有識者会合の評価	
(1)	<ul style="list-style-type: none"> 南北両面において、岩盤上位のM I 段丘堆積物最下部に位置する礫質部の上面が、全体として山側(東側)が低くなっている(左上図の黄色矢印)。No.2トレンチではM I 段丘堆積物全体が同様に山側が低くなる傾向があり、特に北面においては、M I 段丘堆積物中で上記礫質部の数10cm上位に認められる“主に径5cm以下の礫からなる層理”と、その上位の径10cm以下の礫からなる層理において、その傾向が明瞭に確認できる(左上図の緑色・青色矢印)。
(2)	<ul style="list-style-type: 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向を定量的に確認し、層理が山側に傾く傾向がみられるかを確認する(P.419)。</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.420~422)。</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 – 層理の傾斜方向 –

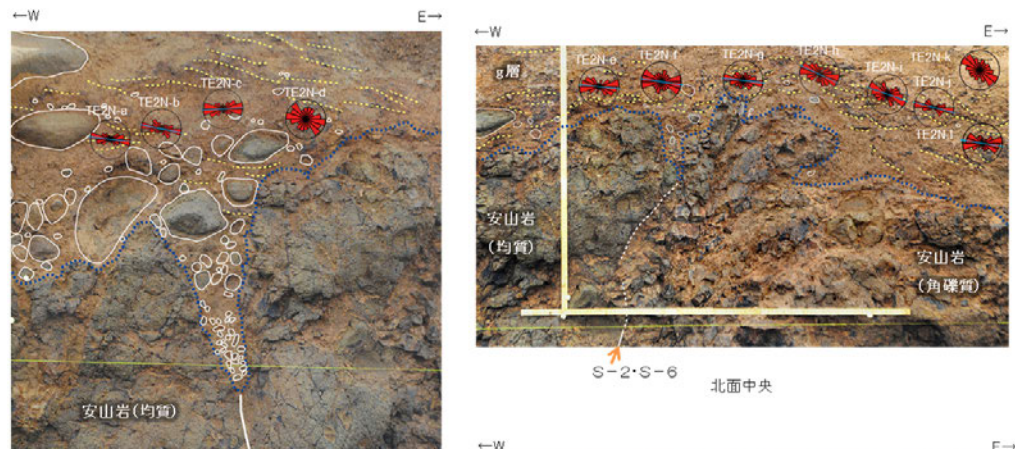
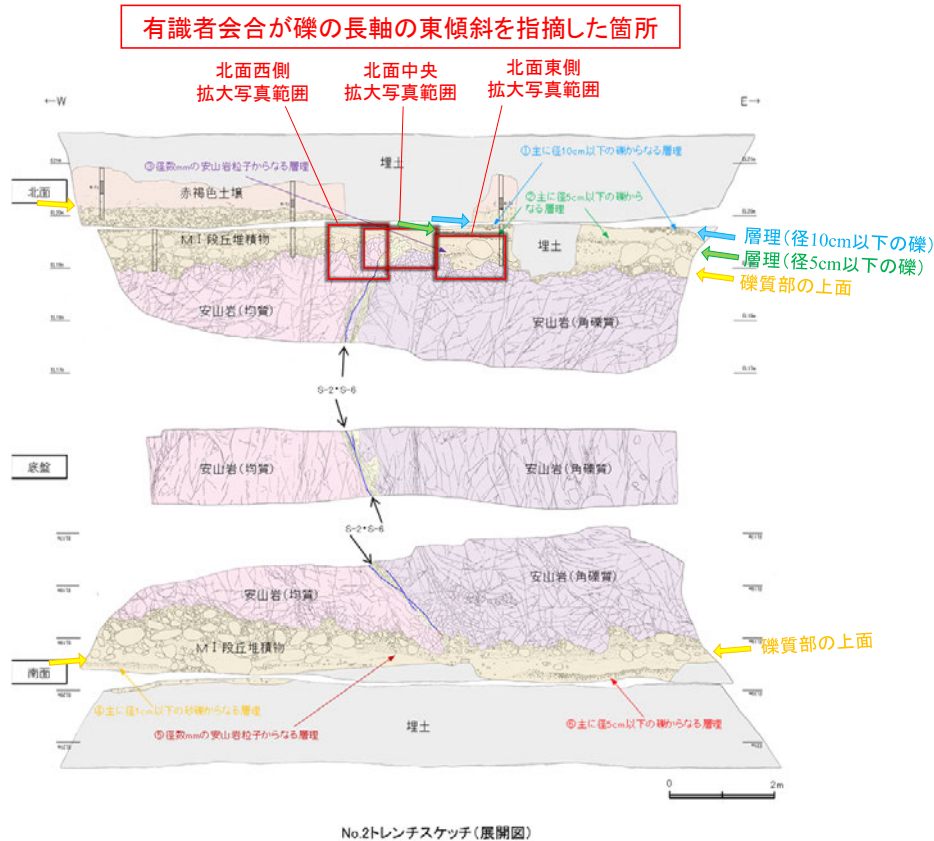
○有識者会合は、北面東側のM I 段丘堆積物において山側(東側)に傾斜する層理(下スケッチ図 ※①②層理)が認められることから、M I 段丘堆積物全体が山側が低くなる傾向があると評価している。

○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。



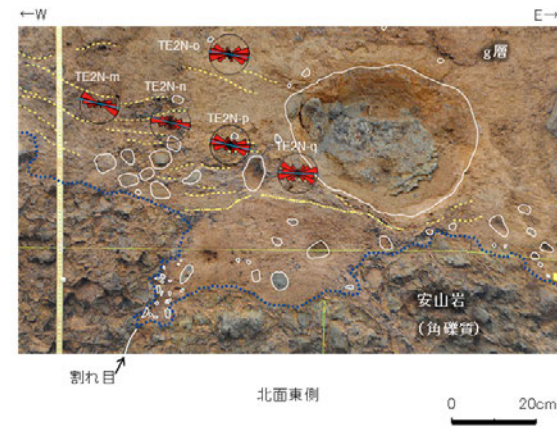
- 有識者会合は、M I 段丘堆積物中の礫等の長軸の角度分布も、北面中央、北面西側及び北面東側の全ての場所において、山側(東側)に緩く傾斜すると評価している。
- 当社は、有識者会合が指摘した箇所以外に、No.2トレンチ南北両面においてM I 段丘堆積物中の礫等の長軸の角度分布を確認しているが、礫等の長軸が一様に山側(東側)に傾斜する傾向は認められない(次頁、次々頁)。

【有識者会合が指摘した箇所の調査結果】



※写真、境界は第2回評価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

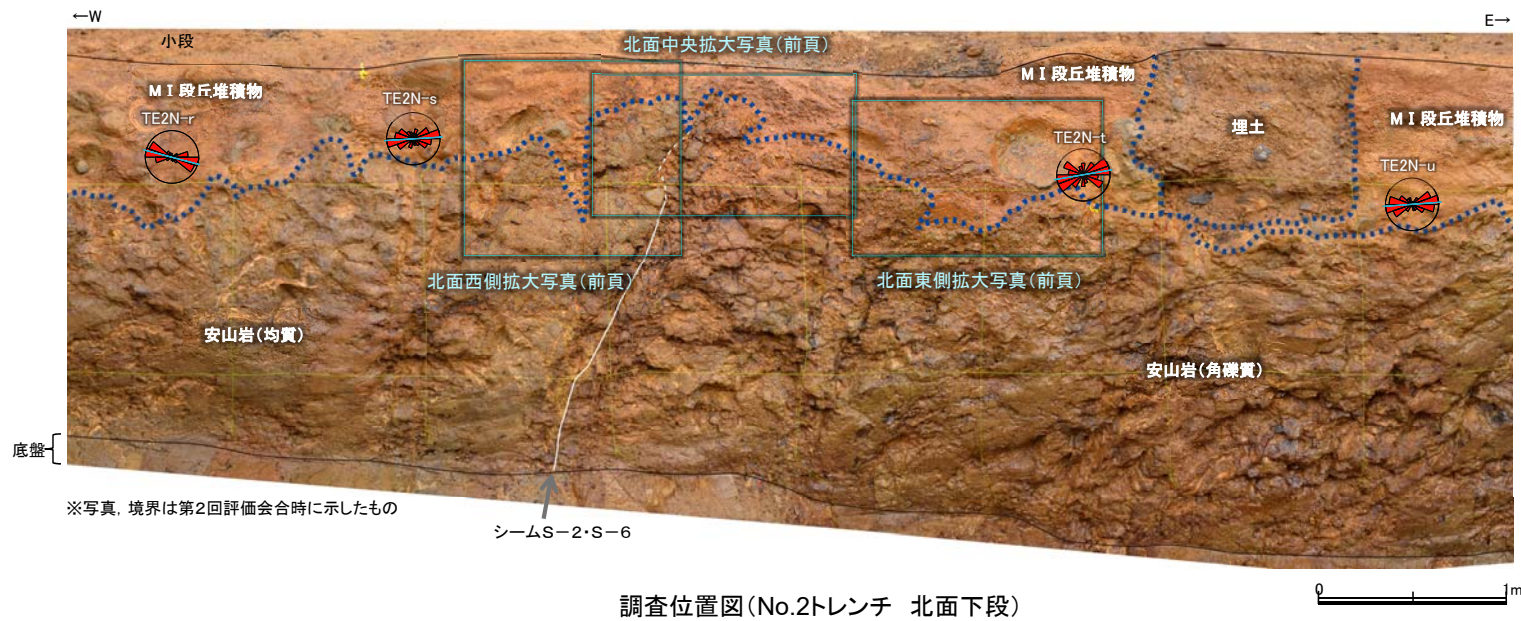


17試料中15試料で、有意確率5%未満であり、礫等の長軸方向に方向性が認められる。

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)】



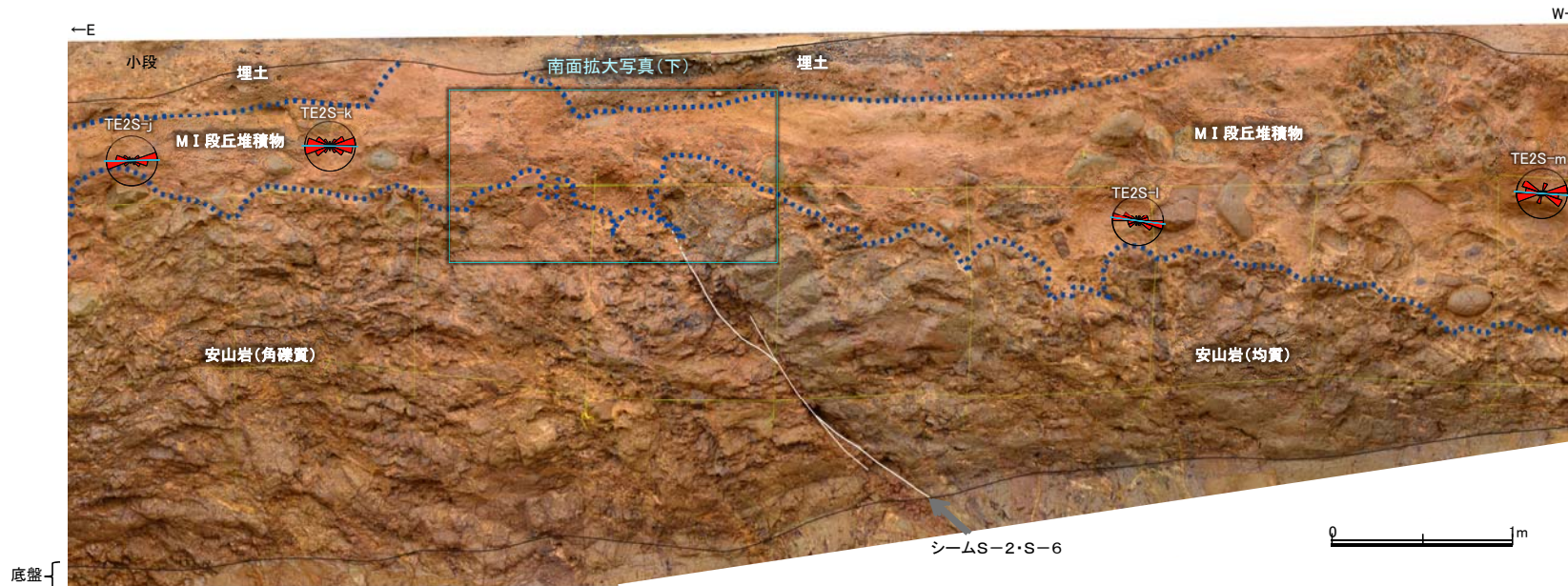
解析結果

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)】



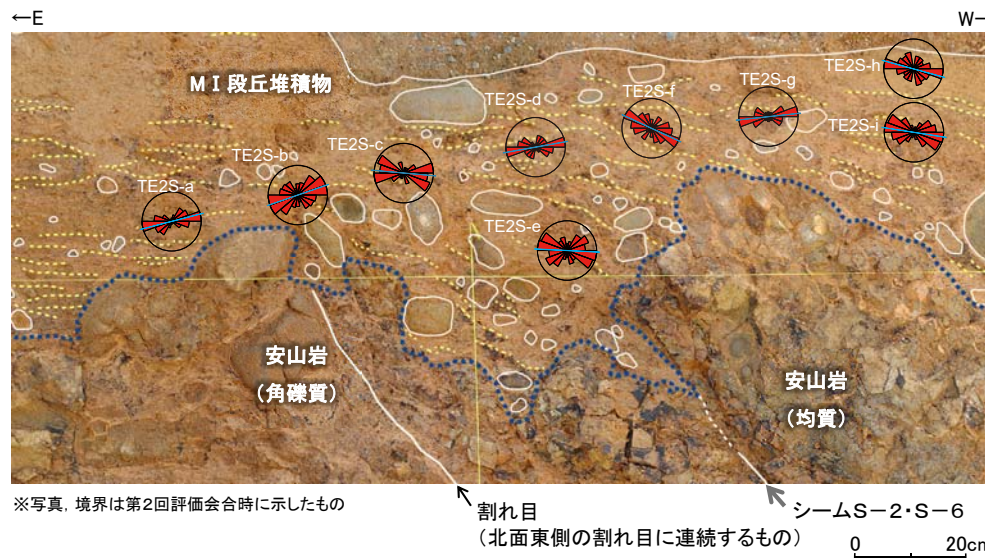
解析結果

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)



※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)

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}

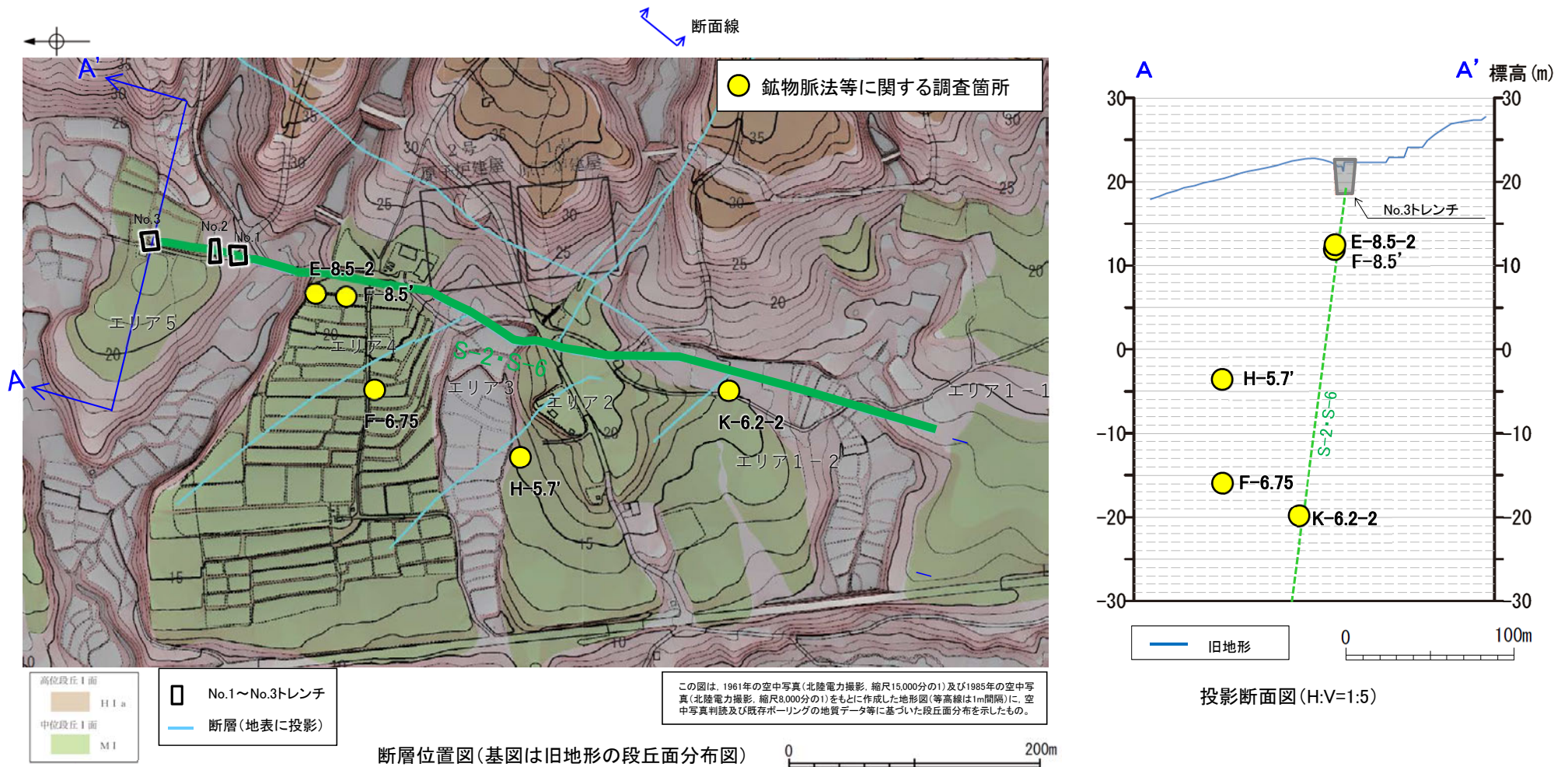
いずれの試料も有意確率5%未満であり、礫等の長軸方向に方向性が認められる。

・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

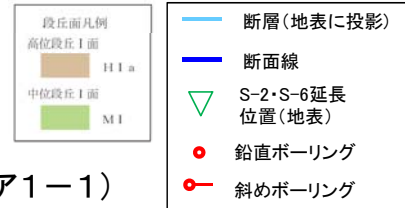
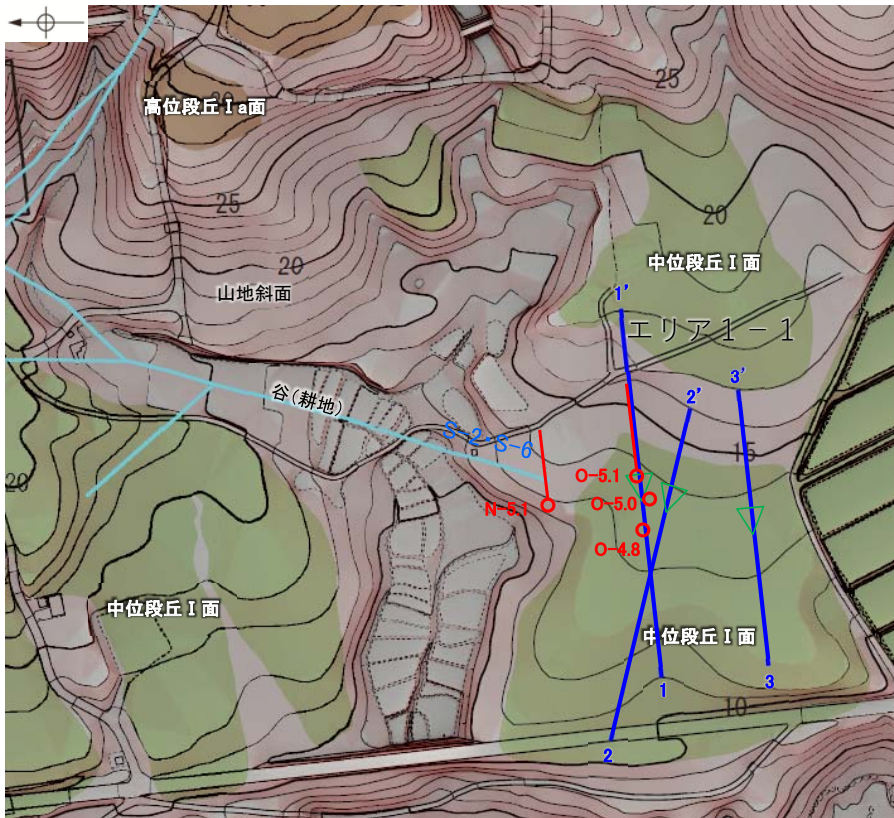
6.2.3 検討3:S-2・S-6及びその周辺の岩盤中のせん断面における鉱物脈法等による評価

- 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.177~215, H-5.7'孔はP.268~281, F-6.75孔はP.284~294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, 少なくとも後期更新世以降に生成されたものではない)に変位・変形は認められない。

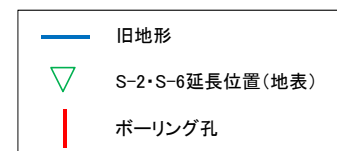
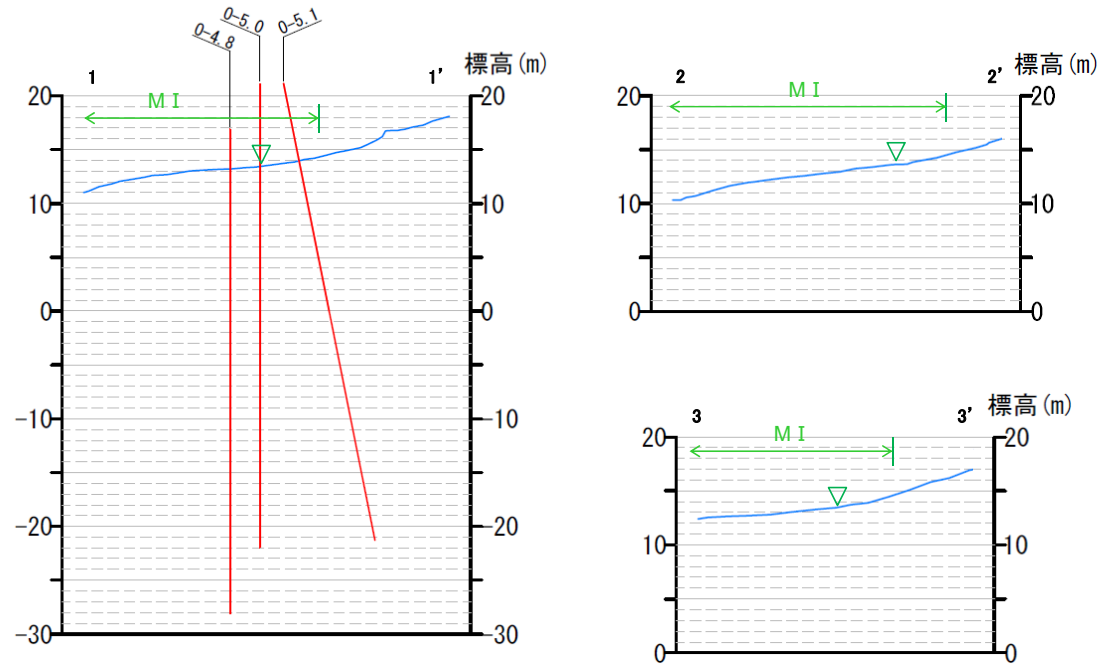


6.2.4 検討4：S-2・S-6の連続性（深部方向，走向延長方向）の検討

○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.427~432)、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。

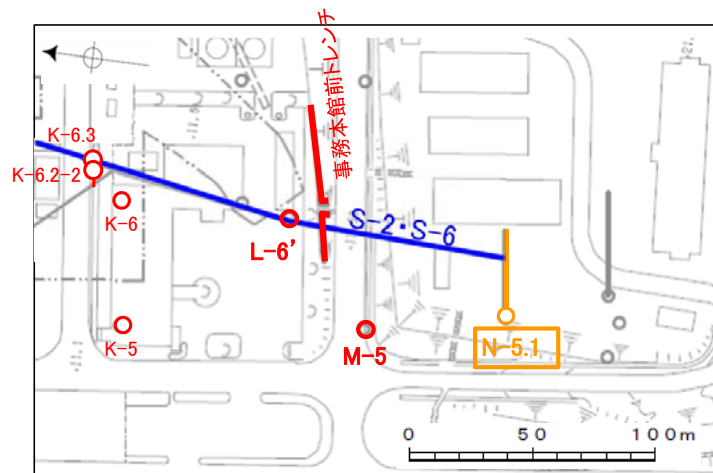
【ボーリング調査結果 N-5.1孔①】

【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】

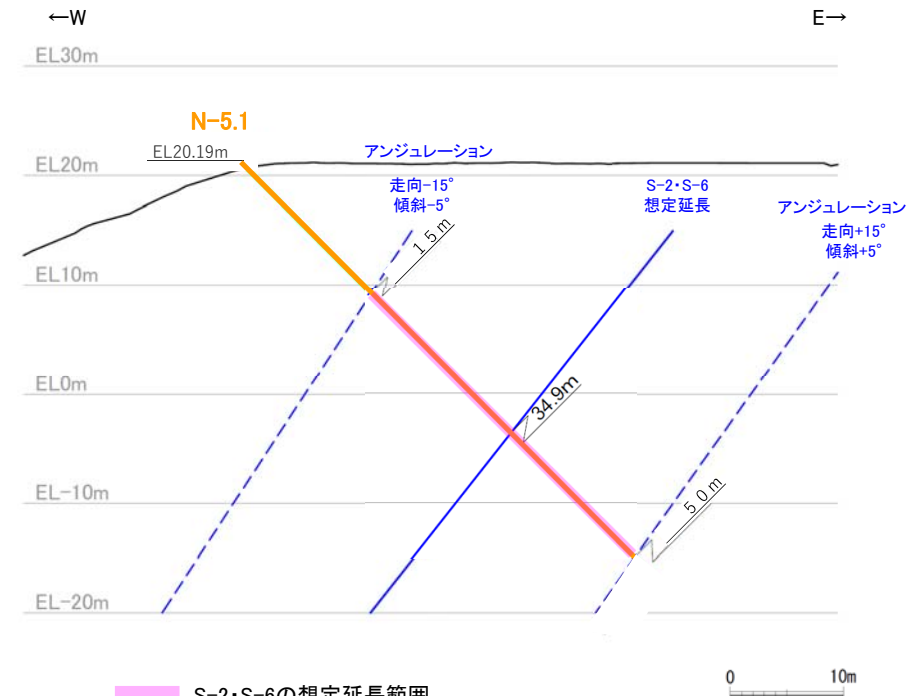
- ・右の断面図に示すとおり、S-2・S-6の想定延長範囲は、深度15～50mとなる。
- ・想定延長範囲において、S-2・S-6は認められない。
- （想定延長範囲のコア写真は、次頁）



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

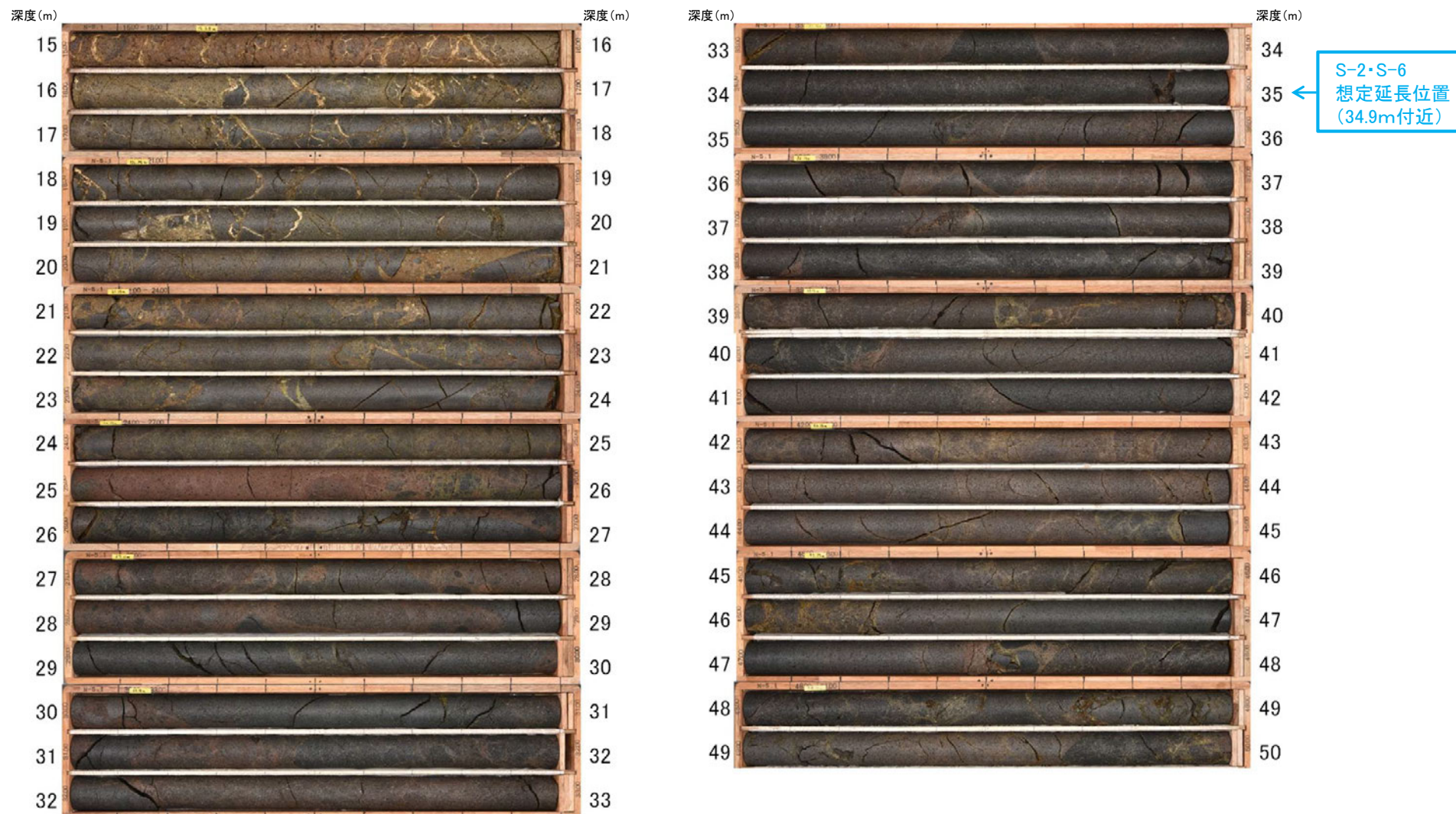


N-5.1孔断面図
(掘進方向)

— 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】

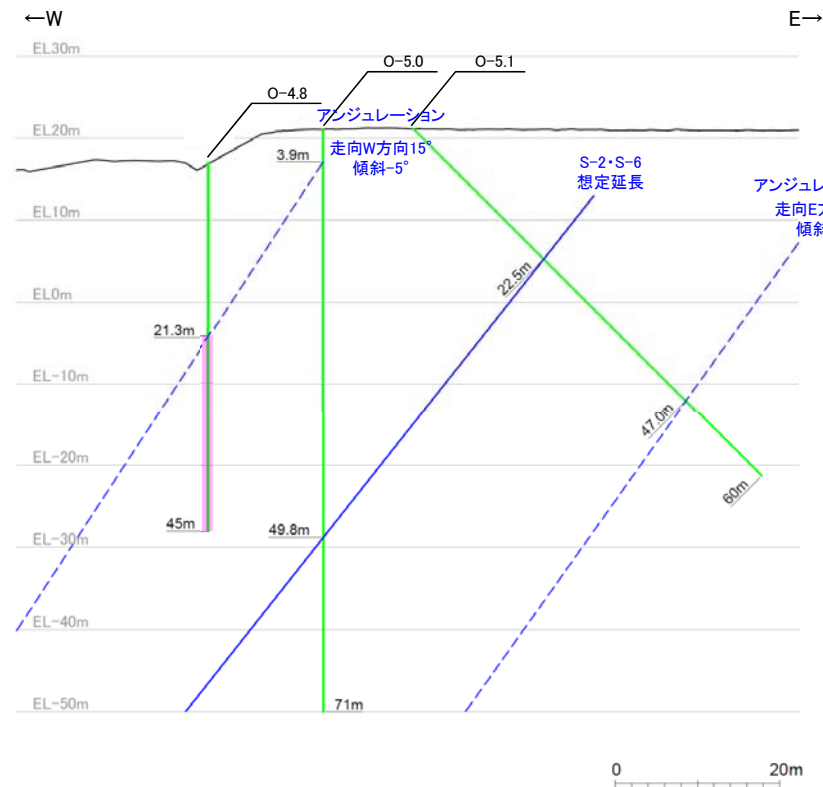
【S-2・S-6南西延長の評価】

・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】

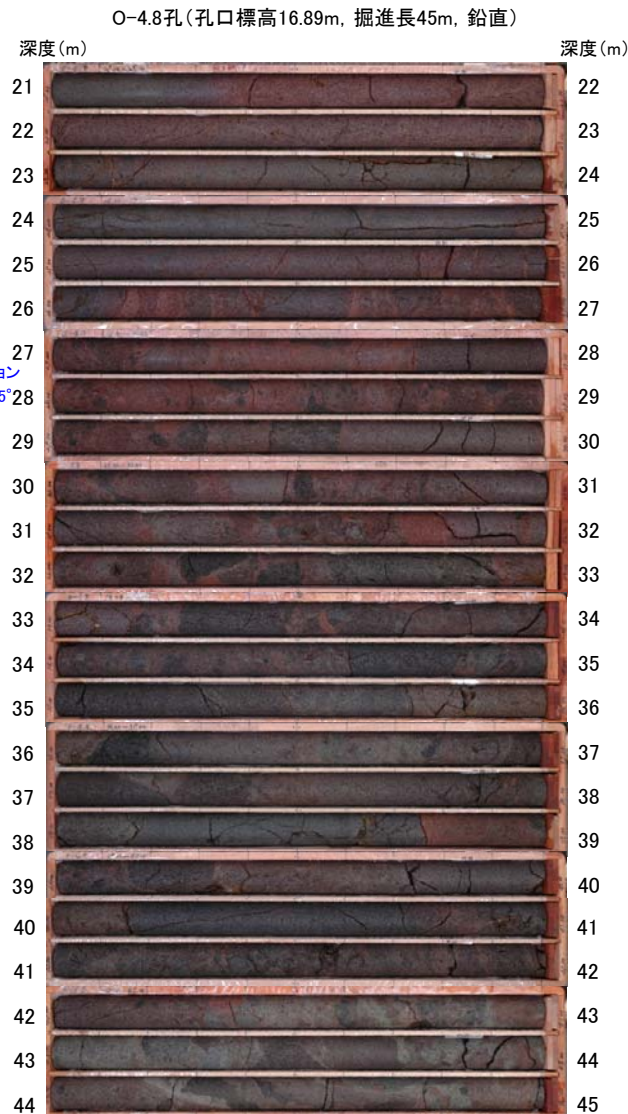
・下の断面図に示すとおり、S-2・S-6の想定延長範囲は、深度21.3m～孔底以深となる。

・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。

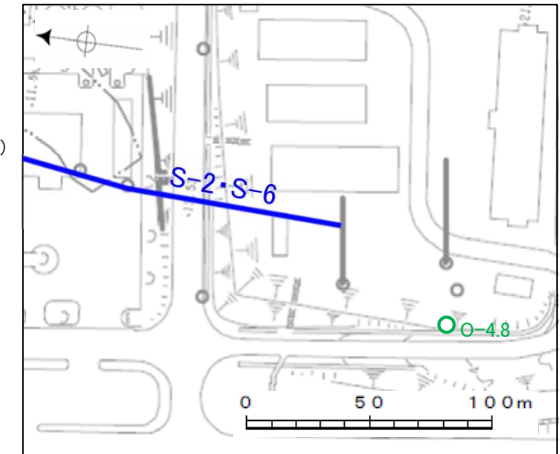


— S-2・S-6の想定延長範囲
— ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1

断面図(掘進方向)



コア写真(深度21~45m)



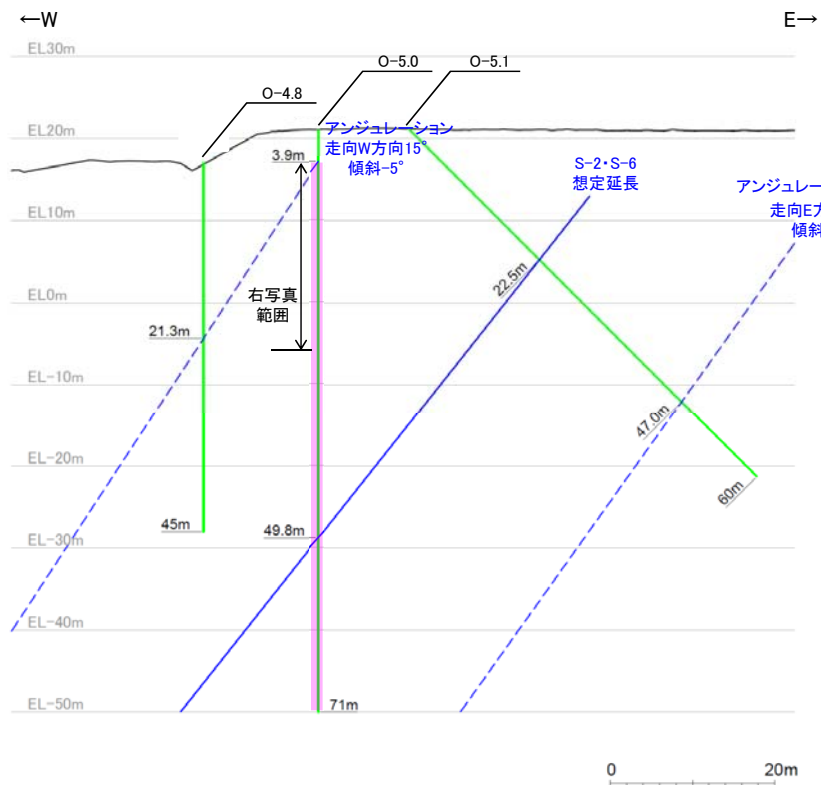
調査位置図

— 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】

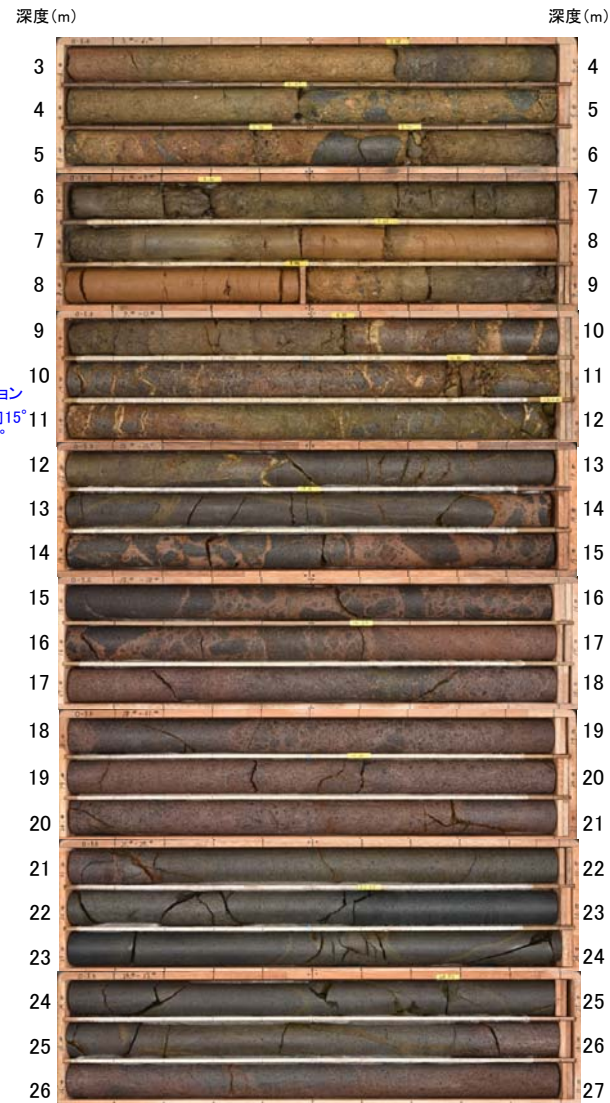
【O-5.0孔の評価】

- ・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。

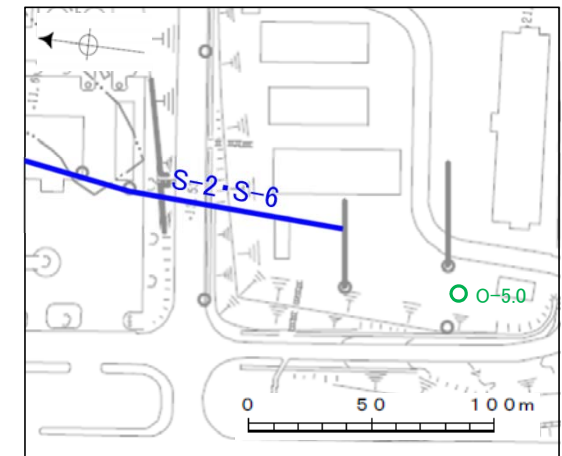


— S-2・S-6の想定延長範囲
— ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1
 断面図(掘進方向)

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

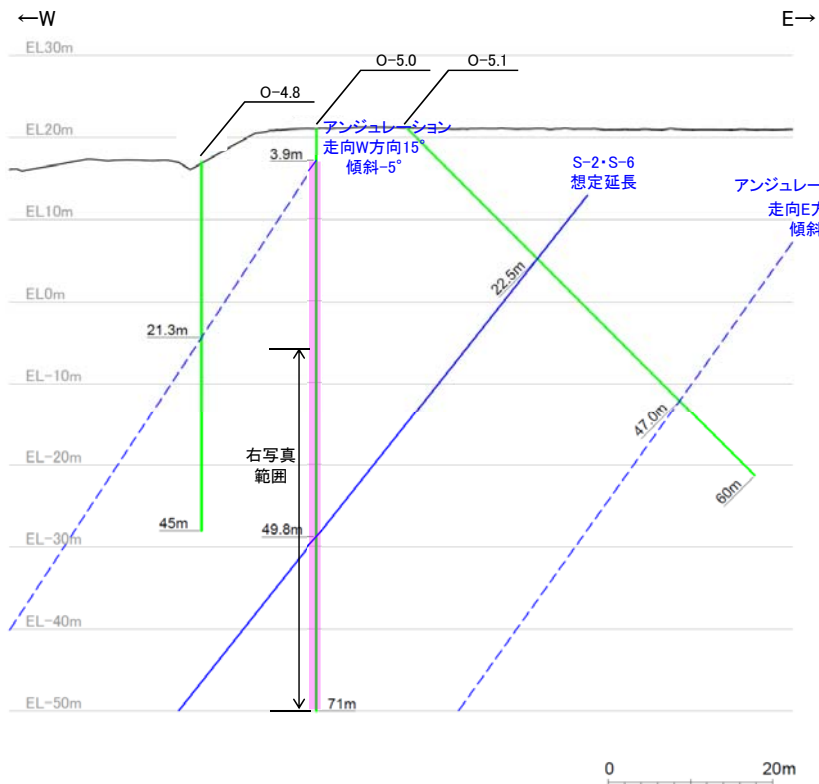
- S-2・S-6(EL-4.7m)
- ボーリング箇所

【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)

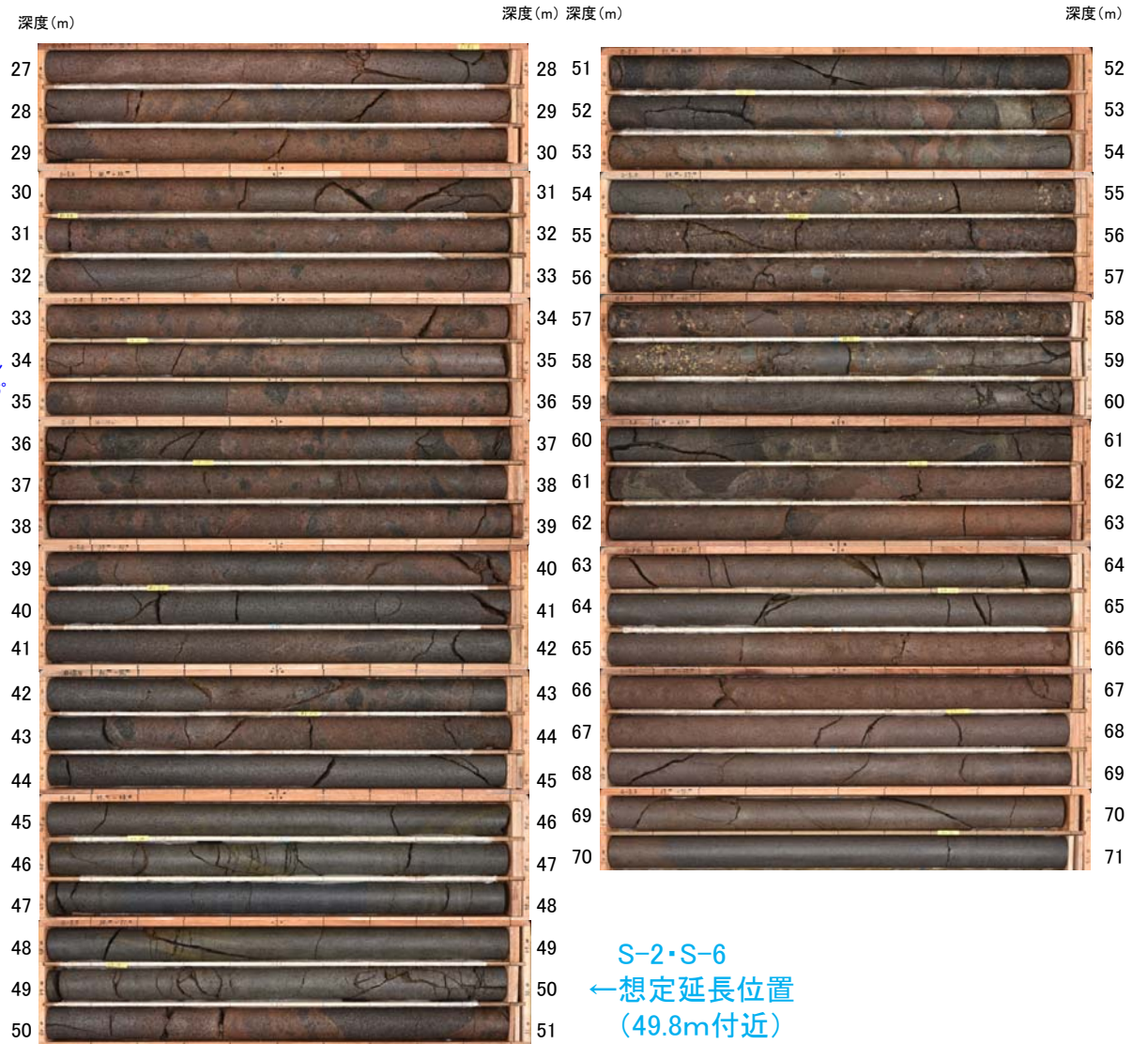
【O-5.0孔の評価】

- 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)



S-2・S-6
←想定延長位置
(49.8m付近)

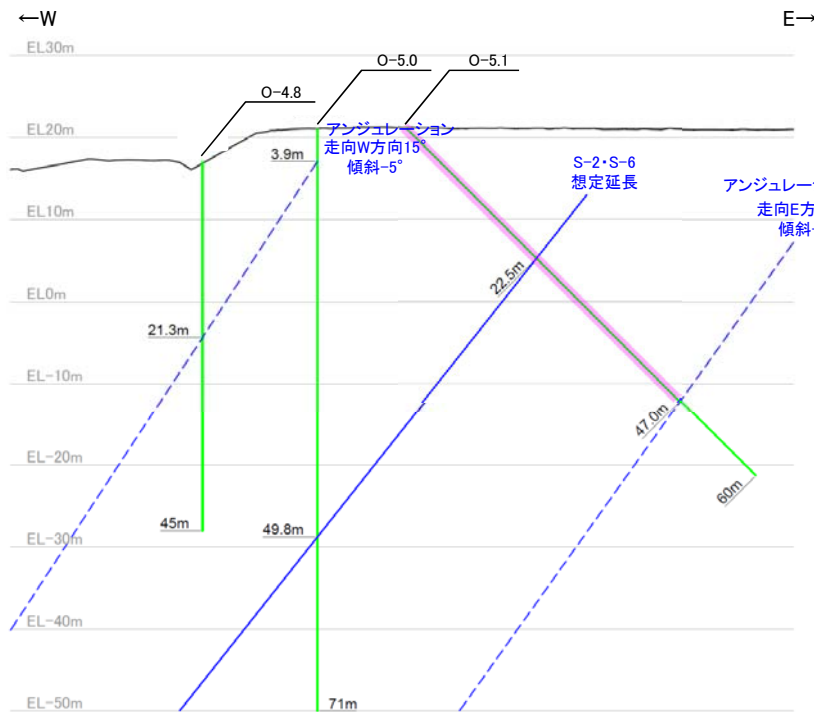
コア写真(27～71m)

【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。

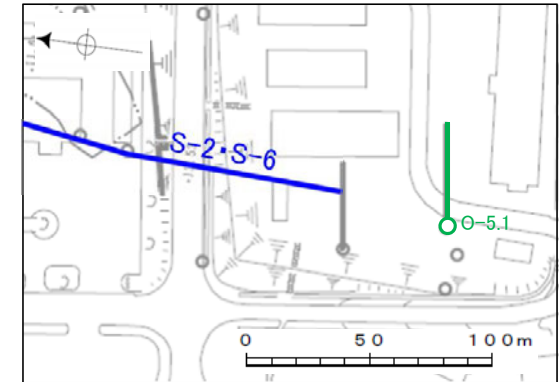


S-2・S-6の想定延長範囲
 ボーリング孔O-4.8, O-5.0, O-5.1
 断面図(掘進方向)

S-2・S-6
想定延長位置
(22.5m付近)



コア写真(深度0～47m)

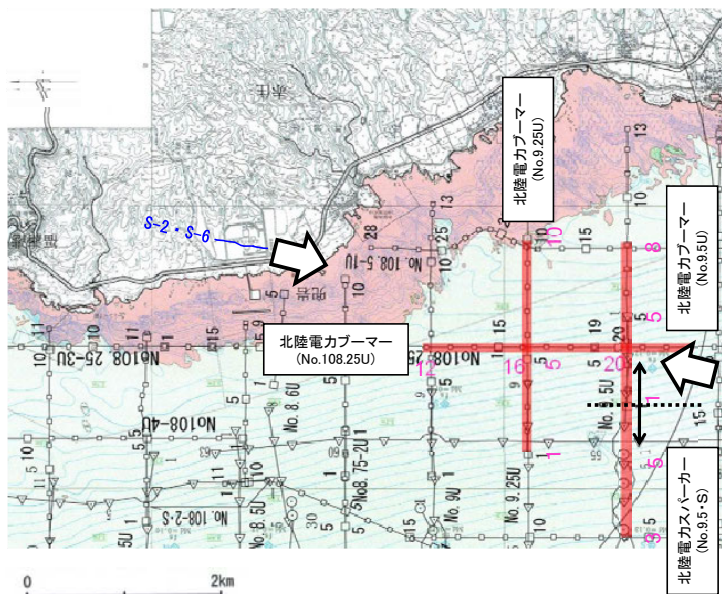


調査位置図

— 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)

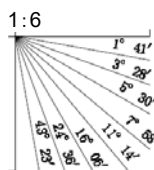
- No.8 調査測線(北陸電力:スーパー・シングルチャンネル・約2450ジュール)
- No.9・S 調査測線(北陸電力:スーパー・シングルチャンネル・約360ジュール)
- No.8U 調査測線(北陸電力:プーマー・マルチチャンネル・約200ジュール)

石川県(1997)の底質凡例

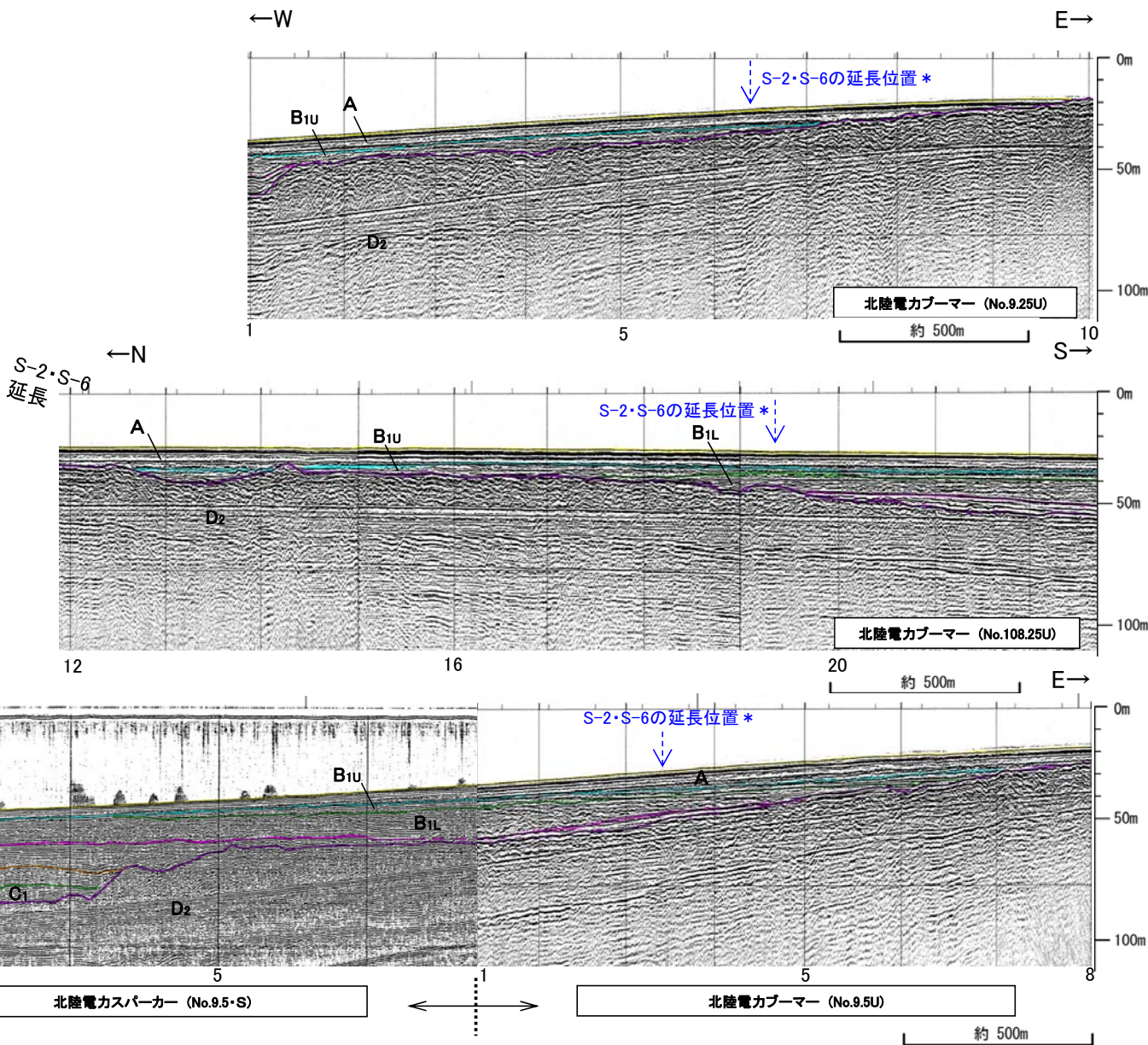
- S-2・S-6(EL-4.7m)
- 右図記録範囲

- 岩石
- 中砂
- 細砂

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



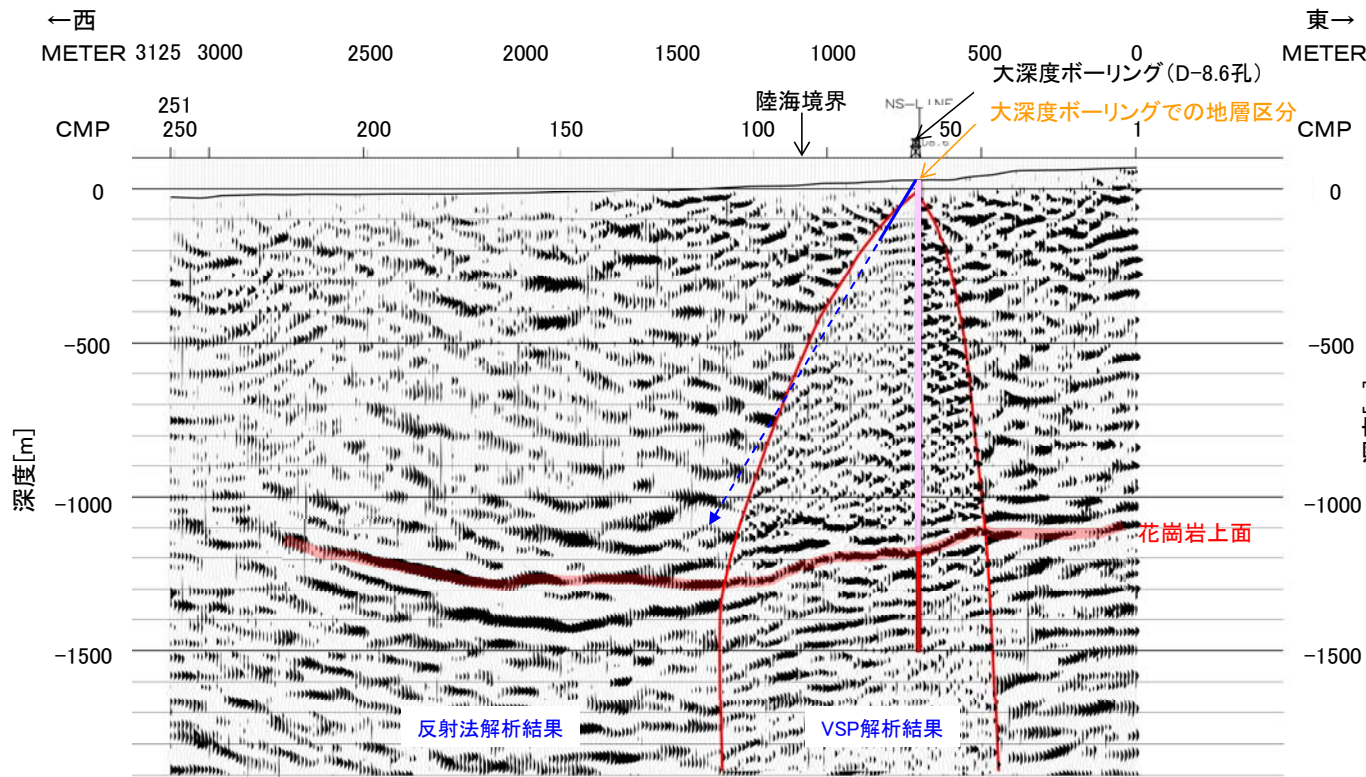
地質時代	地質層序
第四紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層 B _{1L} 層
	中期 B ₂ 層 B ₃ 層
第三紀	前期 C ₁ 層 C ₂ 層
	中新世 D ₁ 層
古第三紀	D ₂ 層
先第三紀	



* 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。

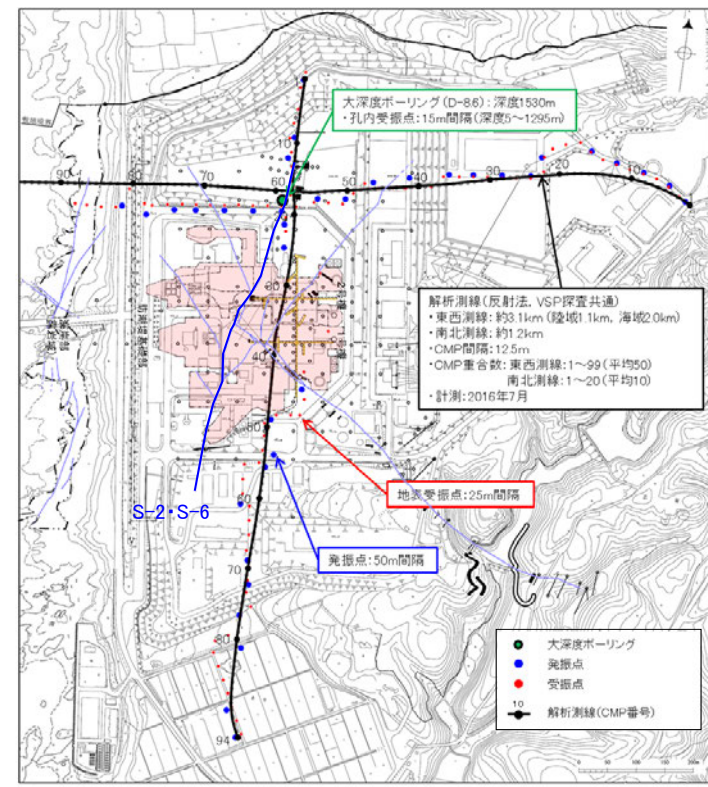
○有識者会合は、広域的枠組みの中での敷地の地形・地質構造に関する検討として、ボーリングで得られた点情報だけでなく、VSP探査などの物理探査により、敷地内の断層の連続性と敷地周辺の断層との関係を明らかにすることを今後の課題⑤としている。

○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

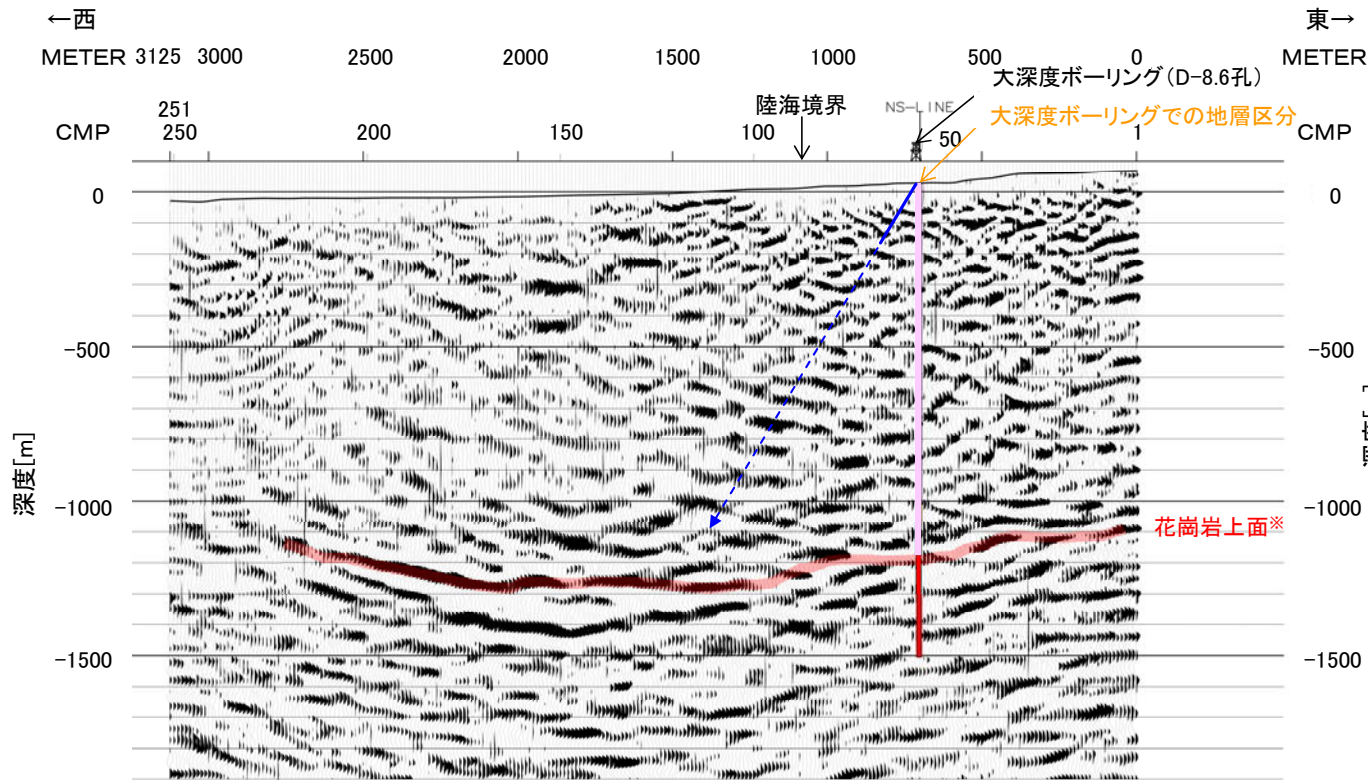


調査位置図

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】



凡 例

- : 古第三系～新第三系
- : 花崗岩

S-2・S-6の地下延長

※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.417 ~422

・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、不連続箇所粘土鉱物(I/S混合層、少なくとも後期更新世以降に生成されたものではない)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)に変位・変形は認められない。	P.423, 424

○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.405 ~416
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.425 ~435



【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.
- 青柳宏一(1978):海成泥質堆積物の続成作用, 地質学論集, No.15, 3-14.
- Bjørlykke, K.(2010): Petroleum Geoscience, From Sedimentary Environments to Rock Physics-Second Edition, Springer, 220.
- 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.
- Correchera, V., Garcia-Guineab, J., Bustillo, M. A., & Garcia, R. (2009). Study of the thermoluminescence emission of a natural α -cristobalite. Radiation Effects & Defects in Solids, 164, 59-67.
- 藤則雄・板倉淳(1994):能登地区における地質学的・地球科学的視点からの温泉の実態について, 金沢大学教育学部紀要(自然科学編), 第43号.
- 福士圭介(2008):粘土によるイオン吸着のモデリング, 粘土化学, 第47巻, 第2号, 93-103.
- 原子力発電環境整備機構(2014):影響要因への対応に関する補足資料, 第5回総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会原子力小委員会地層処分技術ワーキンググループ, 参考資料1.
- 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.
- 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.
- 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.
- Hawkins, D. B., Sheppard, R. D., and Gude, A. J. 3rd.(1978): Hydrothermal synthesis of Clinoptilolite and comments on the assemblage Phillipsite-Clinoptilolite-Mordenite, Natural Zeolites, 337-343.
- 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.
- 飯島東(1986):天然ゼオライトの産状, 粘土化学, 第26巻, 90-103.
- 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.
- 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>.
- 兼岡一郎(1998):年代測定概論, 東京大学出版会.
- 鹿野和彦(1978):秋田油田における自生鉱物, 特に沸石・珪酸鉱物の形成に関する速度論的考察, 地質学論集, No.15, 119-134.
- Kano, K. (1983): Ordering of Opal-CT in diagenesis, Geochemical Journal, Vol.17, 87-93.
- 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.
- Karnland, O., Sanden, T., Johannesson, L. K., Eriksen, T. E., Jansson, M., Wold, S., Pedersen, K., Motamedi, M., Rosborg, B. (2000): Long term test of buffer material Final report on the pilot parcels, SKB, TR-00-22.

参考文献

- 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.
- 松原聰(2002):沸石の種類, *岩石鉱物科学*31, 261-267.
- 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.
- Meakins, R. L., Clark, G. J., & Dickson, B. L. (1978). Thermoluminescence studies of some natural and synthetic opals. *American Mineralogist*, 63, 737-743.
- Meunier, A., Velde, B. (2010): *Illite*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 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.
- 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.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・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.
- 中田英二・千木良雅弘(1996):安山岩の貫入が珪藻土に与える地球科学的影響(その1) 鉱物の分布とオパール結晶構造の変化, *電力中央研究所報告*.
- Nakata, E., Yukawa, M., Okumura, H., Hamada, M. (2019): K-Ar dating by smectite extracted from bentonite formations, *E3S Web of Conference*, 98, 12015.
- 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.
- 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.
- O'Neil, J. R., Clayton, R. N. (1964): Oxygen isotopic geothermometry, In Graig, H., Miller, S. L., Wasserburg, G. J., (eds.), *Isotopic and cosmic chemistry*, Amsterdam Netherlands, North Holland Publishing Co., 157-168.
- 太田久仁雄・阿部寛信・山口雄大・國丸貴紀・石井英一・操上広志・戸村豪治・柴野一則・濱 克宏・松井裕哉・新里忠史・高橋一晴・丹生屋純夫・大原英史・浅森浩一・森岡宏之・舟木泰智・茂田直孝・福島龍朗(2007):幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階(第1段階)研究成果報告書 分冊「深地層の科学的研究」, *JAEA-Research 2007-044*.
- 大山正雄(2014):地熱発電と温泉との共存の問題, *温泉科学(J. Hot Spring Sci.)*, 63, 341-352.
- 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(2005):日本温泉・鉱泉分布図及び一覧(第2版)CD-ROM版, 数値地質図GT-2.
- 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.
- 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.
- 佐々木詔雄, 藤岡展价, 藤岡一男(1982):埋没続成下における堆積層中の沸石帯の生成要因, *石油技術協会誌*, 第47巻, 第1号.

参考文献

- 佐々木詔雄(1991): 続成変化に見られる時間的要素—海成層中の沸石化作用を例として—, 粘土科学, 第31巻, 第1号, 7-13.
- 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.
- Sheppard, S. M. F., Gilg, H. A.(1996): Stable isotope geochemistry of clay minerals, *Clay Minerals*, 31, 1-24.
- 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.
- 白水晴雄(2010): 粘土鉱物学(新装版)—粘土化学の基礎—, 朝倉書店.
- Srodon, J., Eberl, D. D. (1984): Illite, Micas (Reviews in Mineralogy, vol 13), S. W. BEILEY, editor., Mineralogical Society of America, 495-544.
- 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—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.
- Velde, B., Iijima, A.(1988): Comparison of clay and zeolite mineral occurrences in neogene age sediments from several deep wells, *Clays and Clay Minerals*, Vol.36, No.4, 337-342.
- 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.

余白