



H4-CA-180-R01

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので、公開できません。

浜岡原子力発電所 敷地の地質・地質構造（コメント回答）

2020年4月20日

審査会合・現地調査におけるコメント一覧（未回答分）

No.	コメント概要	コメント時期	コメント回答該当箇所
78	敷地内の断層の活動性をEW系正断層のうち規模の大きなH断層系の活動性評価で代表できるのか、及びH断層系の活動性をH-9断層の活動性評価で代表できるのか、という2点について、下記コメント（コメントNo.79～84）を踏まえ十分な根拠を示し説明性を向上させること。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> 本編（3.敷地の地質・地質構造，4.H断層系の活動性評価） 補足説明資料（4.H断層系の活動性をH-9断層で代表させる点について）
79	活動性評価の対象とする断層の選定にあたっては，NS系正断層も，他の断層グループと同様に扱い整理すること。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> 本編（3.敷地の地質・地質構造）
80	連続性の良い断層間の関係のうち，EW系逆断層とEW系正断層との関連性については根拠に基づき説明すること。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> 本編（3.敷地の地質・地質構造） 補足説明資料（1.広域的な引張応力場で形成される逆断層についての知見）
81	ボーリング・露頭調査により陸域及び海域において確認されたH断層系について，反射法地震探査等との対応関係を示すこと。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> 補足説明資料（2.H断層系の分布の各種調査間の対応）
82	反射法地震探査の深部に認められる強反射面等について，ボーリング調査による地質情報との関連を示すこと。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> 本編（4.3 敷地深部の地質構造とH断層系） 補足説明資料（3.反射法地震探査とボーリング調査による地質情報との対応）
83	反射記録については，元となる時間断面を提出すること。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> データ集1（反射法地震探査解析結果）
84	地すべり移動体内の構造に関する知見として引用しているMoore et al.(2015)については，文献の内容を精査し，適切に引用すること。	2019年12月20日 第817回審査会合	<ul style="list-style-type: none"> 本編（4.H断層系の形成要因） 補足説明資料（5.Moore et al.(2015)について）

回答済みコメント（No.1～77）の一覧は補足説明資料7章に掲載

目次

1. 既往知見等の整理	
2. 敷地の地形	
3. 敷地の地質・地質構造	6
(1) 敷地の地質	7
(2) 敷地の断層	15
(3) 活動性評価の対象とする断層の選定	42
4. H断層系の活動性評価	80
4.1 H断層系の分布	82
(1) 陸域（ボーリング・露頭）における検討	83
(2) 海域における分布の検討	109
4.2 H断層系の性状	125
(1) 露頭等の観察結果	126
(2) 試料分析・測定結果	147
4.3 敷地深部の地質構造とH断層系	163
(1) 敷地深部の地質構造の概要	164
(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討	174
(3) H断層系の深部への連続性に関する検討	185
4.4 H断層系の形成要因	212
(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造	213
(2) 地すべりに関する知見	218
(3) 敷地深部のbedding-slip fault	226
4.5 上載地層による活動性評価	
(1) H-9断層と上載地層の関係（BF4地点における調査）	
(2) BF1地点の古谷泥層 （BF1地点及び比木2地点における調査）	
(3) BF4地点の泥層の堆積年代 （BF1地点及び比木2地点の古谷泥層との対比）	
H断層系の活動性評価のまとめ	240

【補足説明資料】

1. 広域的な引張応力場で形成される逆断層についての知見
2. H断層系の分布の各種調査間の対応
3. 反射法地震探査とボーリング調査による地質情報との対応
4. H断層系の活動性をH-9断層で代表させる点について
5. Moore et al.(2015)について
6. 前回の審査会合からの主な追加，修正
7. 既往コメント一覧
8. 参考文献一覧

【データ集】

1. 反射法地震探査解析結果
2. ボーリング柱状図，コア写真

薄文字の項目は前回会合資料からの変更がないため今回の資料では省略

＜過去の審査会合資料との関係について＞
過去の審査会合における既報告事項を含む頁には、既提出資料との関係についての注釈を頁右上に記載する。

（注釈例）

第443回 資料2-1

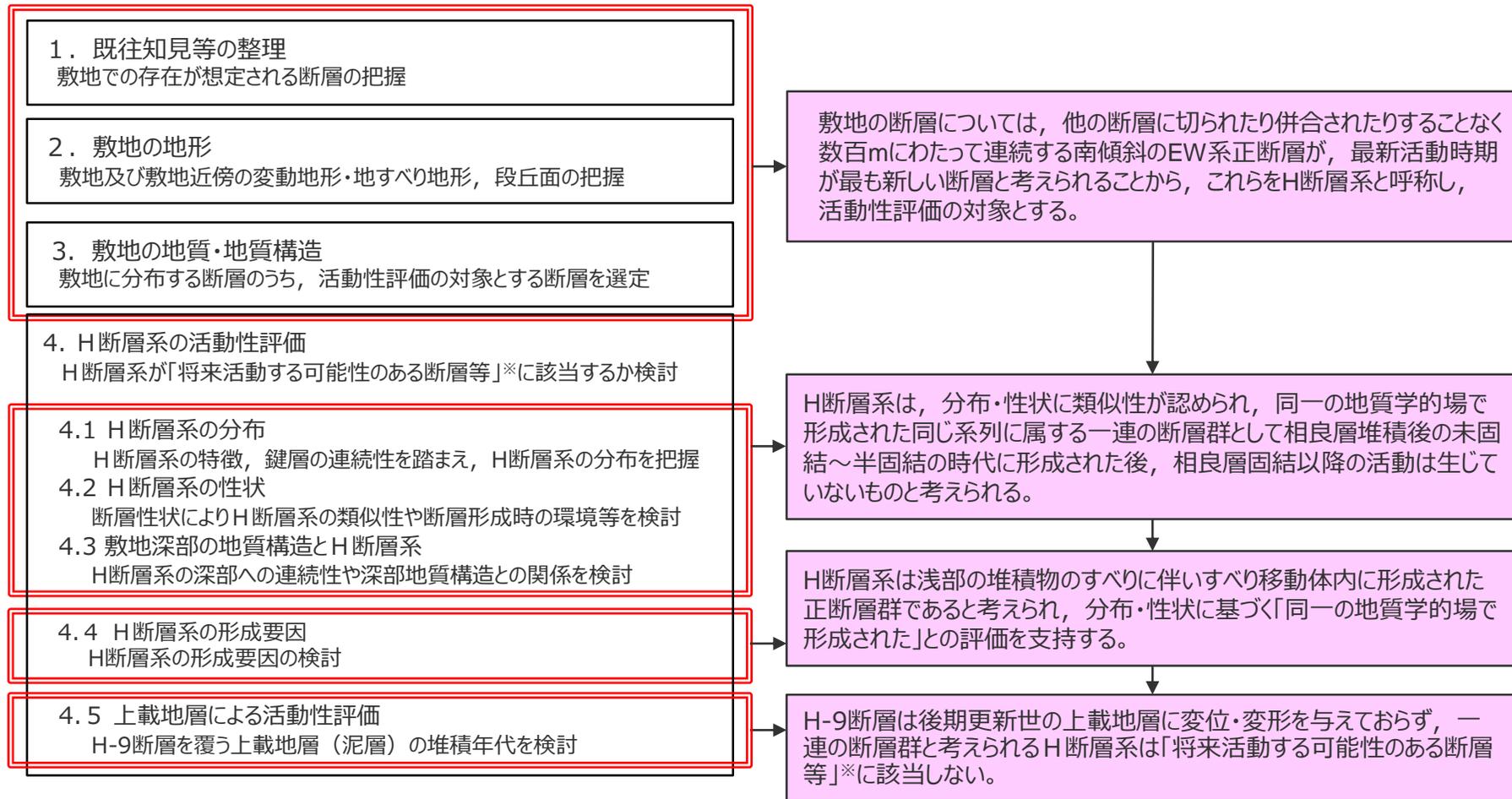
①	②
p.14	追記
③	④

①資料を提出した審査会合開催回

②資料番号

③該当頁

- ④「一部修正」：既提出資料から評価を見直したもの。
「追記」：既提出資料から評価の見直しはないものの、記載の充実、適正化を図ったもの。
「再掲」：既提出資料から変更のないもの。
(スライドタイトルの変更等軽微な変更を含む。)



※「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」による「将来活動する可能性のある断層等」：
 ・震源として考慮する活断層
 ・地震活動に伴って永久変位が生じる断層
 ・支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面

【検討方針】

1. 既往知見等の整理
 - ・ 及び敷地近傍の地質・地質構造及び地すべり地形に関する既往知見等を整理し、敷地での存在が想定される断層について検討する。
2. 敷地の地形
 - ・ 敷地及び敷地周辺においてリニアメント・変位地形及び地すべり地形の有無を確認するとともに、段丘面区分を行う。
3. 敷地の地質・地質構造
 - ・ 敷地に分布する断層を分類し、分類した各断層グループの切り切れ関係から活動性評価の対象とする断層を選定する。
4. H断層系の活動性評価
 - ・ 敷地及び敷地前面海域におけるH断層系の分布・性状を確認する。
 - ・ 敷地深部の地質構造を把握し、文献による知見も踏まえ、H断層系の深部への連続性や深部地質構造との関係を検討する。
 - ・ H-9断層により変位・変形を受けていない上載地層の堆積時期を検討する。

【検討結果】

1. 既往知見等の整理
 - ・ 敷地において、活断層、活褶曲等の活構造及び地すべり地形の存在を示唆する文献は確認されない。
2. 敷地の地形
 - ・ 敷地には活断層を示唆する変動地形や地すべり地形は認められない。
 - ・ 敷地には段丘面は判読されないが、敷地北側にはMIS5c及びMIS5aと考えられる段丘面が判読される。
3. 敷地の地質・地質構造
 - ・ 敷地の断層は、EW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層、NS系正断層、flexural-slip faultの5つに分類される。
 - ・ EW系正断層（南傾斜断層）のうち、他の断層に切られたり併合されることなく東西に数百mに渡って連続する断層が、最新活動時期が最も新しい断層と考えられることから、これらをH断層系と呼称し、活動性評価の対象とする。
4. H断層系の活動性評価
 - ・ H断層系は、分布・性状に類似性が認められ、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群として相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成された後、相良層固結以降の活動は生じていないものと考えられる。また、H断層系は深部に連続しない。
 - ・ H断層系は他の断層活動や火山活動に伴い形成された構造ではなく浅部の堆積物のすべりに伴いすべり移動体内に形成された正断層群であると考えられ、成因による検討からも、「同一の地質学的場で形成された」との評価を支持する。
 - ・ H断層系は、分布・性状及び推定される形成要因から同一の断層群と考えられるため、活動性評価については、上載地層の分布するH-9断層を対象に行う。
 - ・ H-9断層が後期更新世（約12～13万年前）の堆積物である古谷泥層に対比される泥層に変位・変形を与えていないことから、H-9断層は、後期更新世（約12～13万年前）以降活動していないものと判断され、H断層系の活動時期はその性状から相良層が固結するよりも前と考えられるものの、活動性評価によっても、H断層系は後期更新世（約12～13万年前）以降活動していないものと判断される。
 - ・ これらの検討結果から、H断層系は将来活動する可能性のある断層等に該当しないものと評価した。

薄文字の項目は前回合資資料からの変更がないため今回の資料では省略

第817回(2019.12.20)審査会合からの主な追加, 修正

項目	既報告検討事項	主な追加・修正事項		
		本資料記載事項	補足説明資料記載事項	主な追加調査
1. 既往知見等の整理	<ul style="list-style-type: none"> 文献により敷地の地質・地質構造の知見を把握。 			
2. 敷地の地形	<ul style="list-style-type: none"> 空中写真判読等により敷地の変動地形を検討。 			
3. 敷地の地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 敷地の断層を, センス, 走向により分類。分類した断層の切り切られの関係から検討対象断層を選定。 	<ul style="list-style-type: none"> NS系正断層を他の断層グループ同様, その特徴, 切り切れ関係を整理。 EW系逆断層に関する評価の考え方を記載。 	<ul style="list-style-type: none"> 広域的な引張応力場で形成される逆断層についての知見を整理。 	
4. H断層系の活動性評価	<ul style="list-style-type: none"> 露頭, ボーリング調査等によりH断層系の分布を検討。 			
4.1 H断層系の分布				
4.2 H断層系の性状	<ul style="list-style-type: none"> 露頭, ボーリングコア観察, 各種分析によりH断層系の性状を把握。 	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤において断層が活動した場合の性状との対比を実施 		
4.3 敷地深部の地質構造とH断層系	<ul style="list-style-type: none"> 大深度ボーリング孔の孔壁調査による地層の走向・傾斜の変化の分析, 反射法地震探査により, H断層系の深部への連続性を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> 反射断面における深部強反射面について大深度ボーリング調査との対比により考察し, 地質との対応関係を検討。 H断層系の同一性について岩盤において断層が活動した際の性状や, 正断層群の一般的特徴に関する知見を踏まえ検討。 		
4.4 H断層系の形成要因	<ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の活断層分布や応力場に基づく検討から形成要因を地すべりに絞り込み, 大深度ボーリングコアのCT画像解析により, 層理面沿いに正断層センスの変形構造が敷地深部に分布していることを確認。 	<ul style="list-style-type: none"> Moore et al.(2015)を地すべりの事例として引用している点についての見解を記載。 	<ul style="list-style-type: none"> Moore et al.(2015)について精査し, H断層系との類似点・相違点を整理。 	
4.5 上載地層による活動性評価	<ul style="list-style-type: none"> H-9断層により変位変形を受けていない上載地層が, 地形・層相等から近傍の古谷泥層と対比されることを検討。 			

詳細は補足説明資料6章に掲載

1 敷地の地質・地質構造

【検討内容】

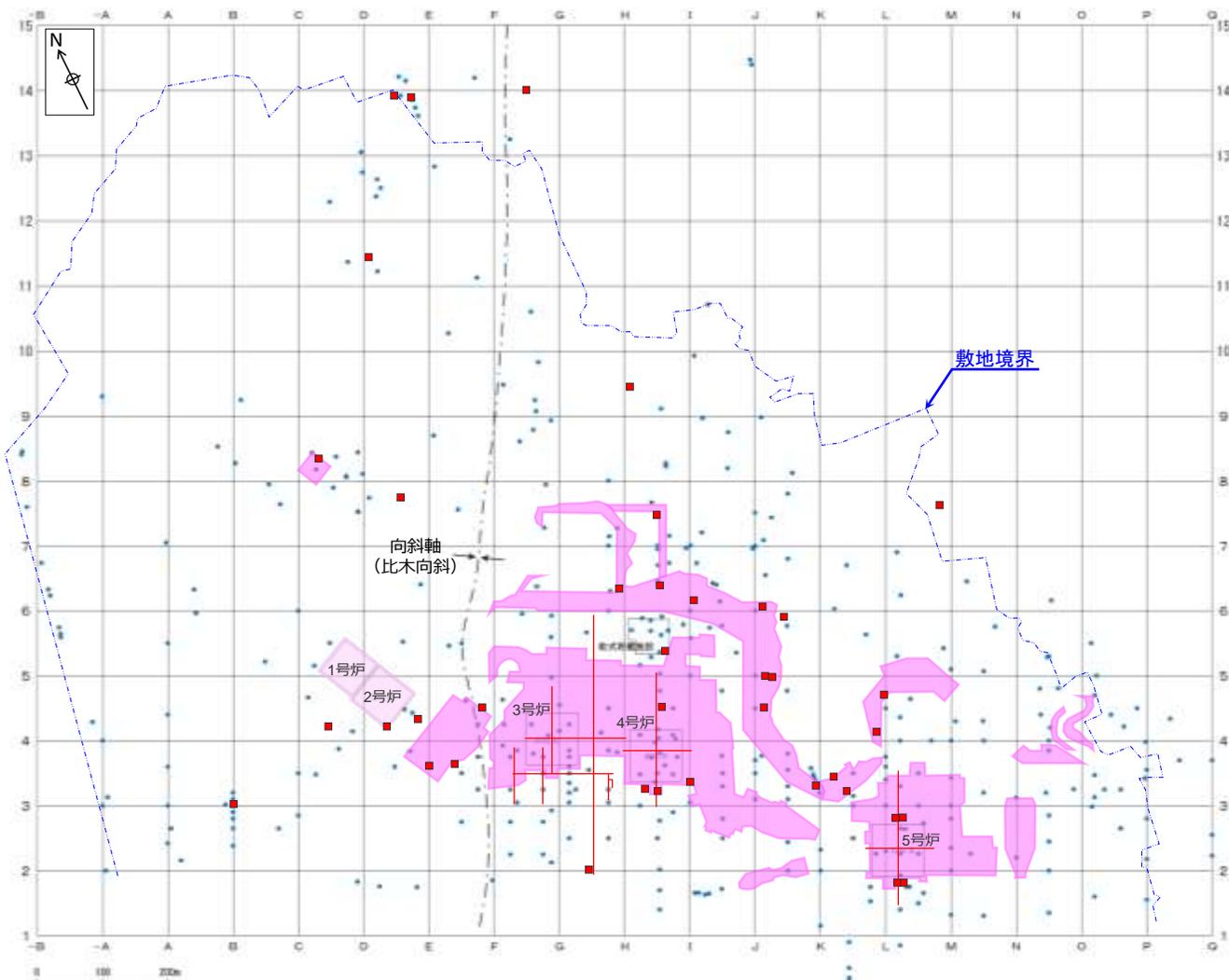
敷地内の詳細な調査により敷地の地質・地質構造を把握し、確認される断層を分類したうえで、分類した各断層グループの切り切れ関係から活動性評価の対象とする断層を選定する。

(1) 敷地の地質

【検討内容】

敷地の地質・地質構造の概要を示す。

敷地の調査位置図



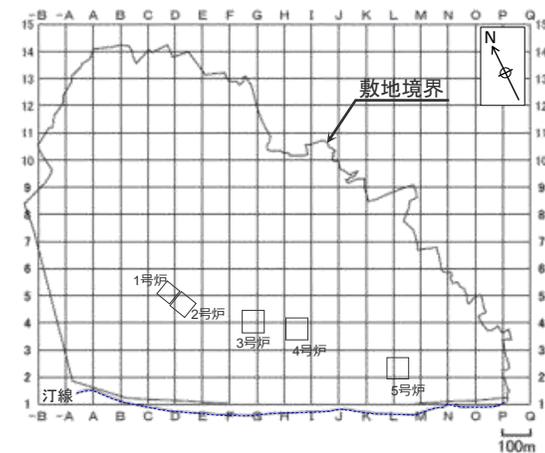
敷地における地質調査位置図

・ 敷地の地質・地質構造を把握するためボーリング調査，露頭調査（構造物基礎，法面，試掘坑）を実施した。

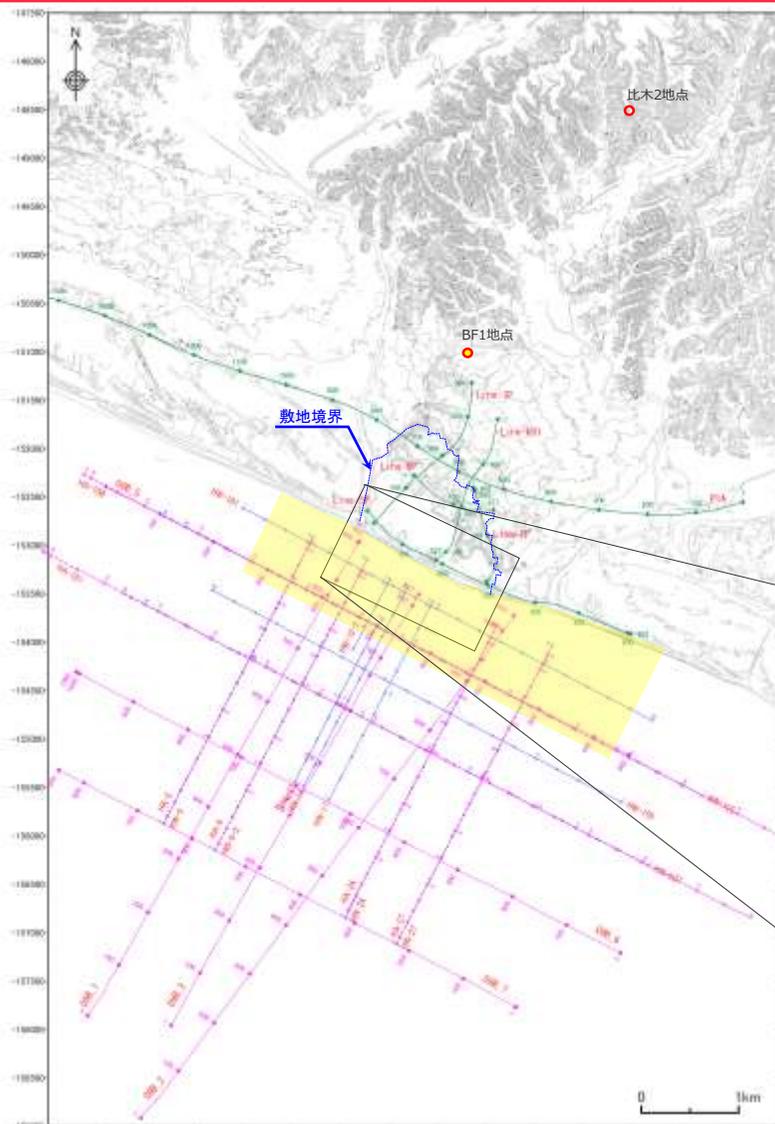
<凡例>

- ボーリング調査地点
(敷地陸域の断層分布を検討するために用いた孔を記載)
- 露頭調査地点 (断層露頭)
- 露頭調査地点 (構造物基礎, 法面)
- 露頭調査地点 (3号炉増設調査より前※)
- 試掘坑位置

※断層分布に関する調査のみ



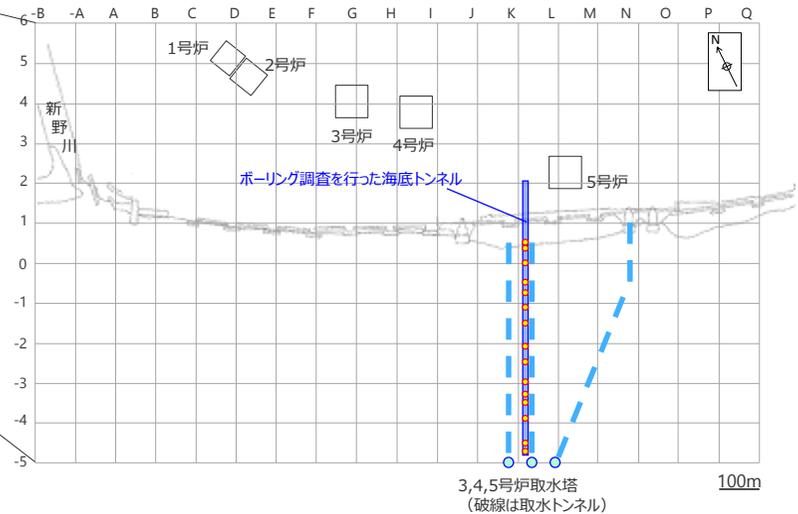
敷地及び敷地極近傍の調査位置図



• 敷地及び敷地極近傍（左図の範囲）の地質・地質構造を把握するためボーリング調査，露頭調査，サイドスキャンソナー調査及び地下構造調査（反射法地震探査及び海上音波探査）を実施した。

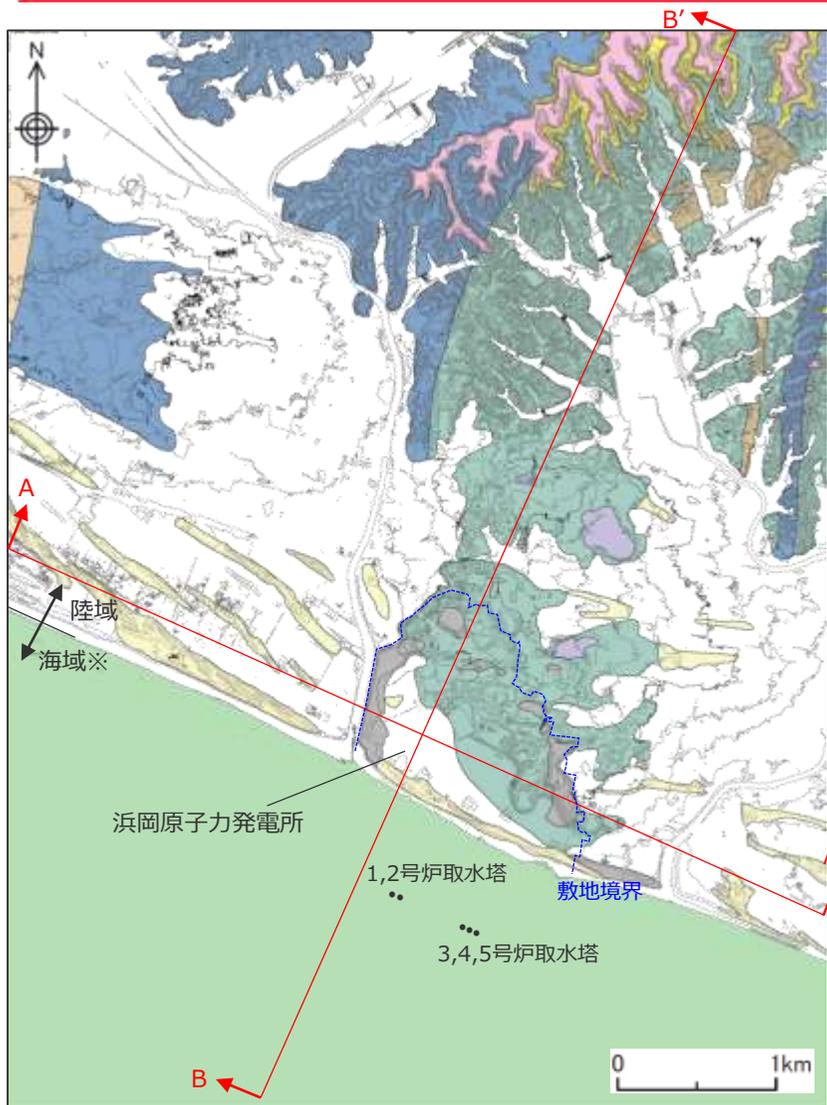
<凡例>

- ボーリング，露頭調査地点（海域はボーリング調査のみ）
- 反射法地震探査測線
- 海上音波探査測線（ウォーターガン）
- 海上音波探査測線（エアガン）
- サイドスキャンソナー調査範囲



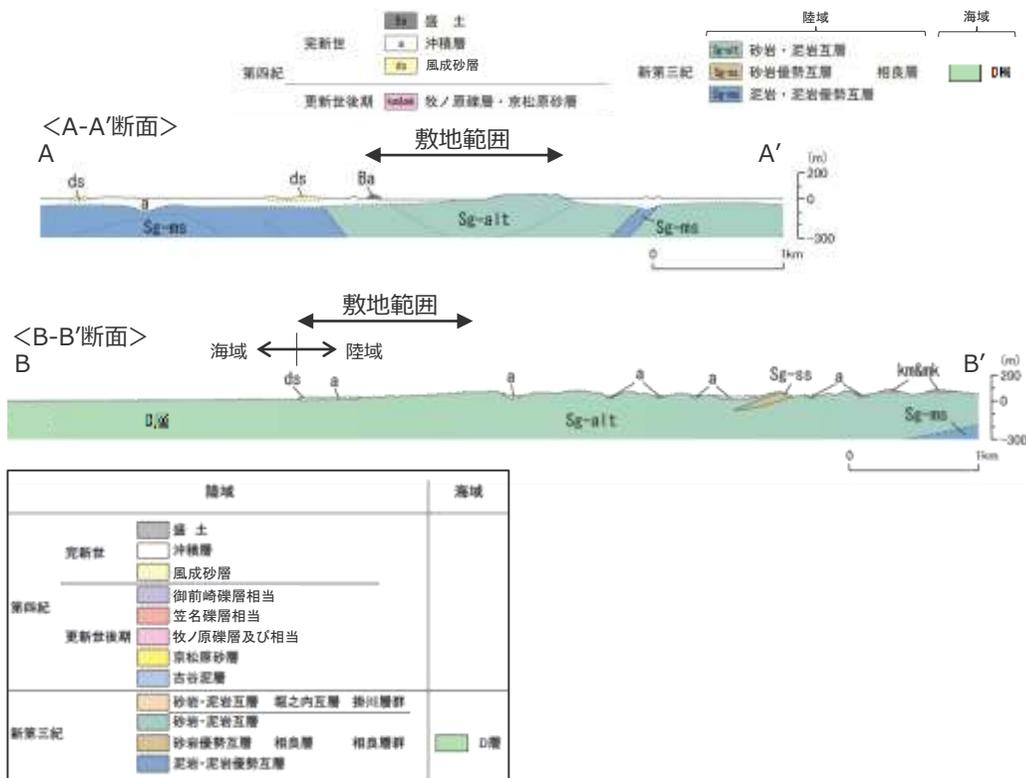
敷地，敷地極近傍における地質調査位置図

敷地の地質の概要



※海域についてはA層（完新統）を除いて記載した。

- 敷地及び敷地北側には、新第三紀中新世後期から鮮新世前期に堆積した相良層群相良層が分布し、その上を風成砂層が覆う。相良層は敷地前面海域にも連続的に分布し（D層）、その上を完新統（A層）が覆う。
- 相良層は、中部半深海（水深600～1,000m程度）の海底（堆積盆）に堆積した堆積岩であり（杉山ほか（1988））、火山フロントから離れており火成活動が見られない地域である（中野ほか（2013））ことから、熱水などによる影響は認められない。
- 敷地北側には、御前崎礫層～古谷泥層に対比される段丘堆積物が標高40～50m程度にかけて、局所的に分布する。

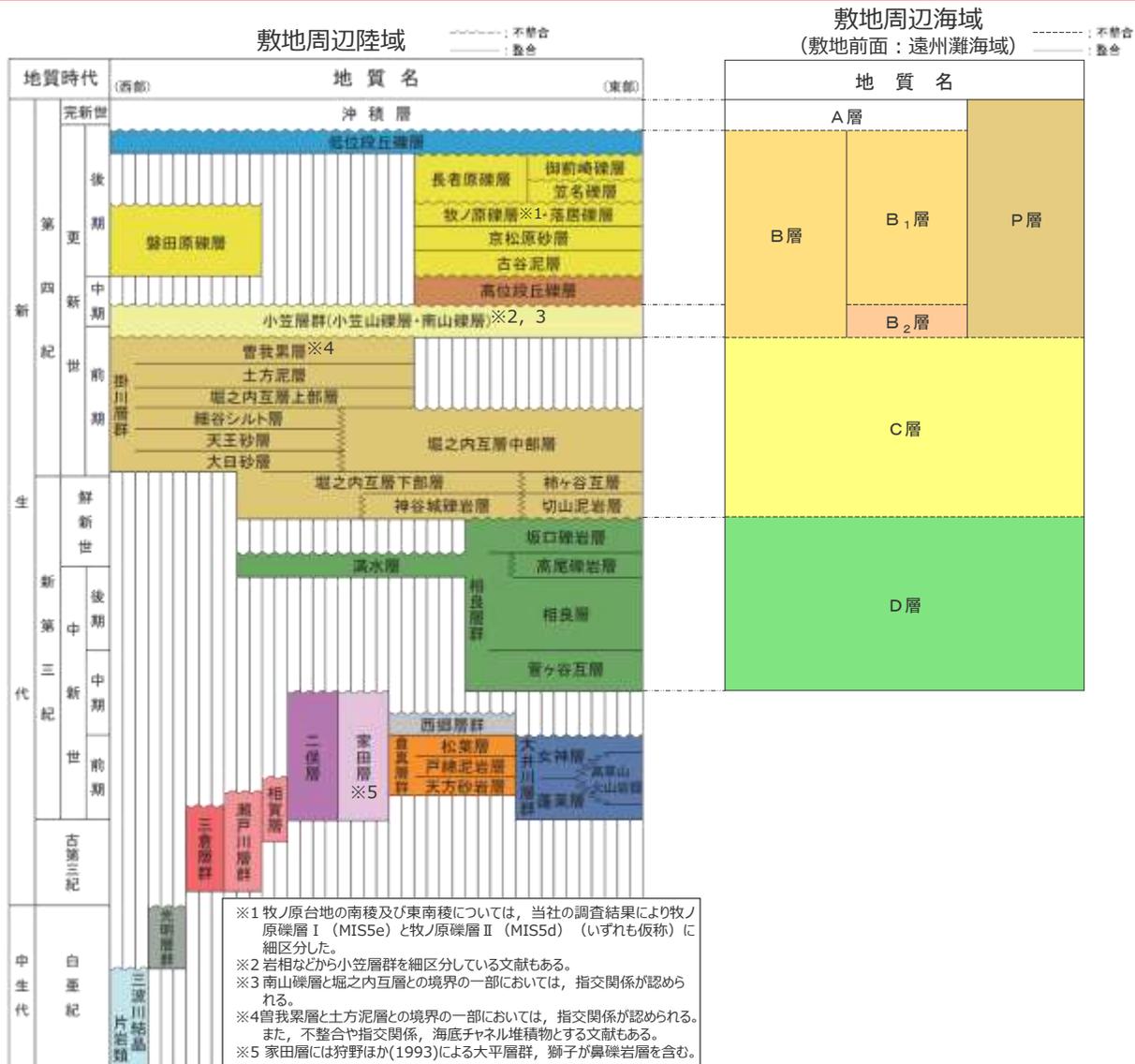


敷地及び敷地北側の地質層序表

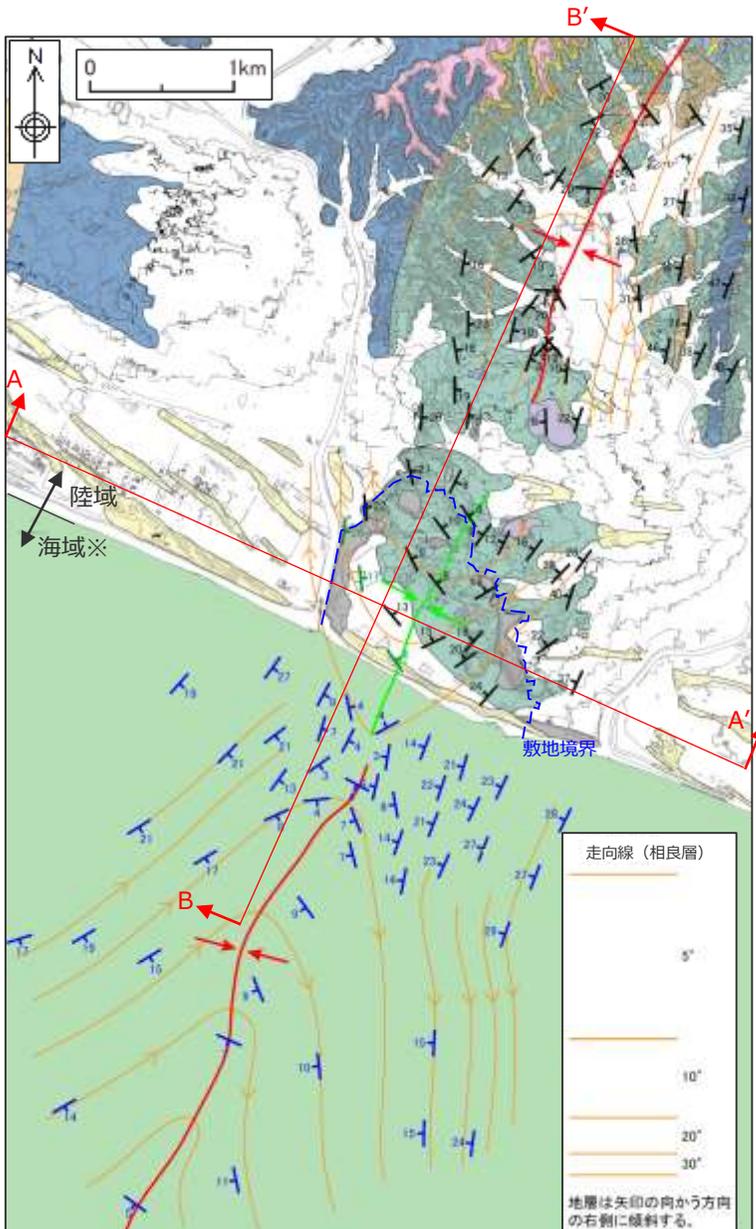
時代		地層名	層厚	構成岩石	地層の概要	
第四紀	完新世	風成砂層	0.5～10数m	砂	よく淘汰された中～粗粒砂よりなる。 海岸線に平行に砂丘を形成している。	
		現海浜堆積物	0.5～6m	砂, 礫	海岸部の汀線付近に分布する。	
		海成礫混じり砂層	4～6m	砂, 礫	敷地内の標高0～6mに分布する。	
		沖積層	山地部	20m以下	砂, シルト	シルト層は有機質物質を含む。
	海岸部		25m以下	礫, 砂, シルト	シルト層及び砂層は有機質物質を含む。 礫径は数mm～数cmの円礫よりなる。	
	後期更新世	段丘堆積物	御前崎礫層相当層	2～3m	礫, シルト	礫は亜円ないし円礫で主に径1～3cmよりなる。
			笠名礫層相当層※	3m以下	礫, 砂	礫は扁平礫を含む円礫で主に径3～10cmよりなる。
			牧ノ原礫層相当層※	7m	礫	礫は亜円～円礫で主に径5～15cmよりなる。
			京松原砂層相当層※	1m	礫	礫は扁平礫を含む円礫で主に径1～5cmよりなる。
			古谷泥層※	10m以下	シルト～粘土, 砂, 礫	シルト・粘土を主体とし, 下部に砂, 扁平礫を含む円礫を挟む
新第三紀	鮮新世前期～中新世後期	相良層群相良層	1,500m以上	砂岩泥岩互層	凝灰岩層や軽石層を挟む。連続性が良く厚みがあり特徴的な凝灰岩層については, 上位よりK-1, K-2, K-3・・・と付番し, 鍵層として地層の対比に使用している。	

※敷地には分布せず, 敷地北側に分布する。

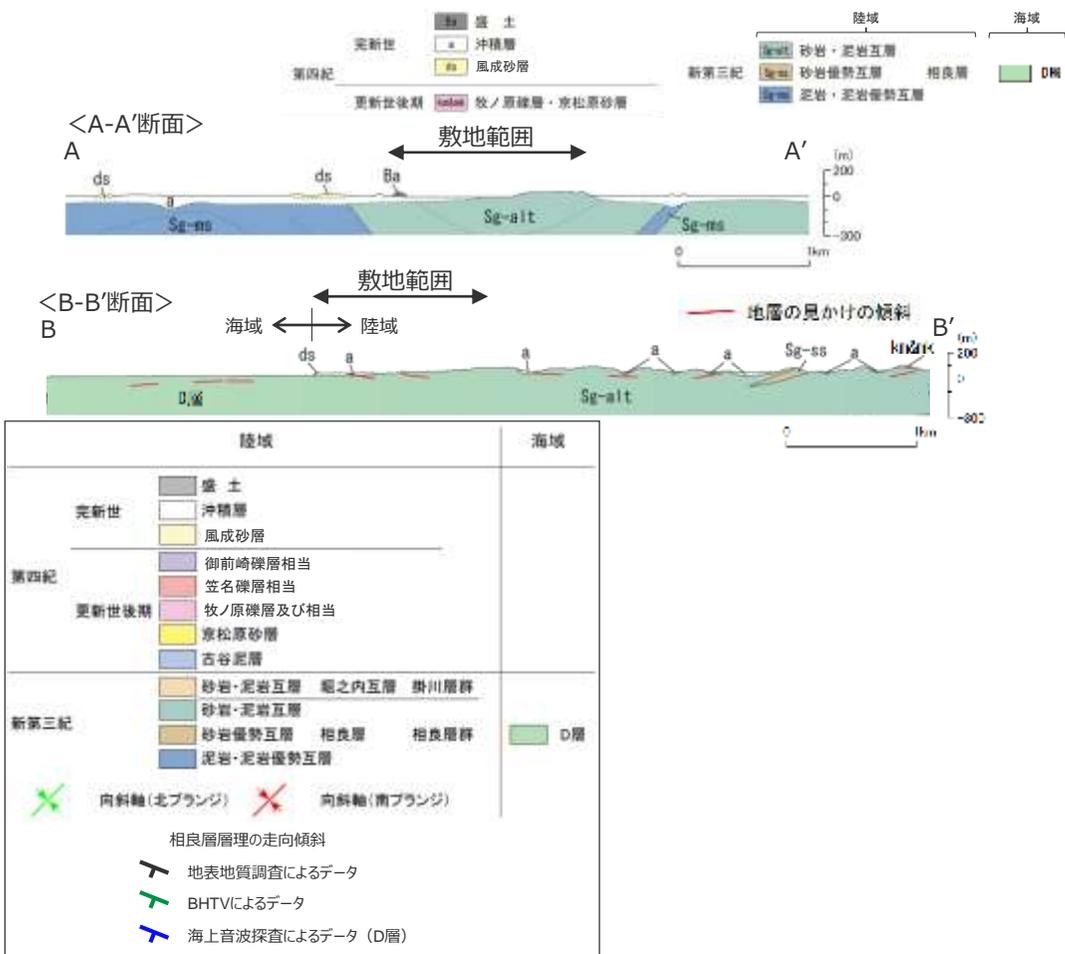
(参考) 敷地周辺の地質層序表



敷地の地質構造の概要



- 敷地極近傍 (左図の範囲) の相良層には、北北東 - 南南西方向の向斜軸 (比木向斜) が認められる。
- 敷地極近傍において、大局的には、向斜軸は南にプランジし相良層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示すが、敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲においては、向斜軸は北にプランジし相良層は向斜軸を中心に北に開いた構造を示す。



※海域についてはA層 (完新統) を除いて記載した。

3(1) 敷地の地質のまとめ

【検討結果】

- 敷地及び敷地北側には、新第三紀中新世後期から鮮新世前期に堆積した相良層群相良層が分布し、その上を風成砂層が覆う。相良層は敷地前面海域にも連続的に分布し（D層）、その上を完新統（A層）が覆う。
- 敷地極近傍の相良層には、北北東－南南西方向の向斜軸（比木向斜）が認められる。大局的には、向斜軸は南にプレンジし相良層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示すが、敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲においては、向斜軸は北にプレンジし相良層は向斜軸を中心に北に開いた構造を示す。

(2) 敷地の断層

【検討内容】

「1.既往知見等の整理」の検討結果を踏まえ、敷地内の調査により、敷地の断層の確認、分類を行う。



敷地の断層の検討方針

【検討方針】

- 「1.既往知見等の整理」の検討結果より、敷地での存在が想定される断層として、以下の断層が挙げられる。
(文献調査結果より)
 - ① 東西走向の正断層
 - ①' 南北走向の逆断層 (西北西 - 東南東圧縮系断層)
 - ①'' 北北西 - 南南東圧縮系断層
 - ② 褶曲に伴う断層 (層面すべり (flexural-slip fault) , 逆断層)
(従来審査での当社評価内容より)
 - ③ A-17断層
- これらの断層を念頭に、さらにその他の断層の存在の可能性も考慮したうえで、露頭調査 (法面・試掘坑) 及び地下構造調査により、敷地の断層の確認、分類を行う。
- なお、「②褶曲に伴う断層」のうち、逆断層は、「①'南北走向の逆断層 (西北西 - 東南東圧縮系断層)」として検討を行う。

敷地での存在が想定される断層		敷地の断層の確認 (調査方法)
文献	① 東西走向の正断層 ①' 南北走向の逆断層 (西北西 - 東南東圧縮系断層) ①'' 北北西 - 南南東圧縮系断層	変動地形学的調査※ 地下構造調査 〔反射法地震探査〕 〔海上音波探査〕 露頭調査 (法面・試掘坑・構造物基礎)
	② 褶曲に伴う断層 (層面すべり (flexural-slip fault))	変動地形学的調査※ 露頭調査(法面)
従来審査	③ A-17断層	変動地形学的調査※ 地下構造調査 〔反射法地震探査〕 〔海上音波探査〕 露頭調査 (法面・試掘坑・構造物基礎)
その他の断層		変動地形学的調査※ 地下構造調査 〔反射法地震探査〕 〔海上音波探査〕 露頭調査 (法面・試掘坑・構造物基礎)

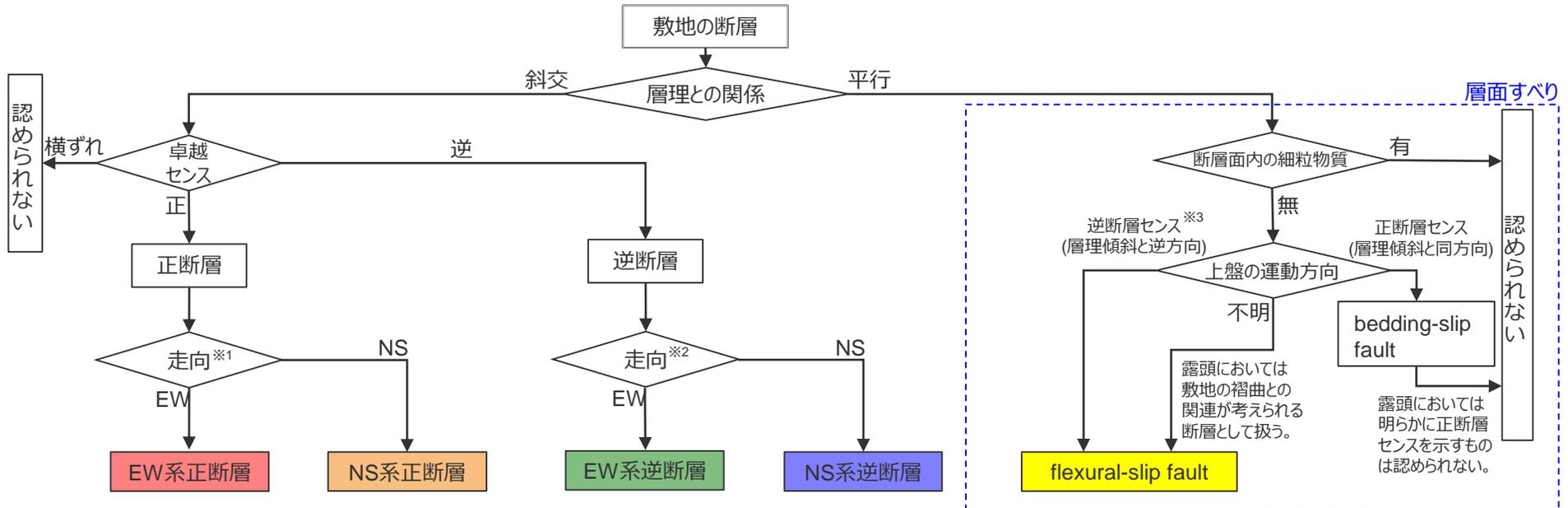
※変動地形学的調査結果については、「2.敷地の地形」参照。

確認された断層の分類

- 露頭調査により確認された断層は、層理との関係、運動センス、走向により、以下の通りEW系正断層、NS系正断層、EW系逆断層、NS系逆断層及びflexural-slip faultに分類した。
- なお、次節「(3)活動性評価の対象とする断層の選定」に関する検討には用いないが、正断層及び逆断層については断層面内に細粒物質が含まれる開離型断層と含まれないゆ着型断層が存在する。

【参考】第817回審査会合（従来）からの変更点

- (従来)
- 正断層・逆断層をそれぞれEW系正断層、EW系逆断層及びNS系逆断層と分類、呼称。
 - 稀に認められる南北走向の正断層を「ほとんど認められない」と表記。
- (今回)
- NS系正断層の扱いを見直し、正断層・逆断層をそれぞれEW系正断層、NS系正断層、EW系逆断層及びNS系逆断層と分類、呼称。



※1 N60°E～EW～N10°WをEW走向，それ以外をNS系走向とした。

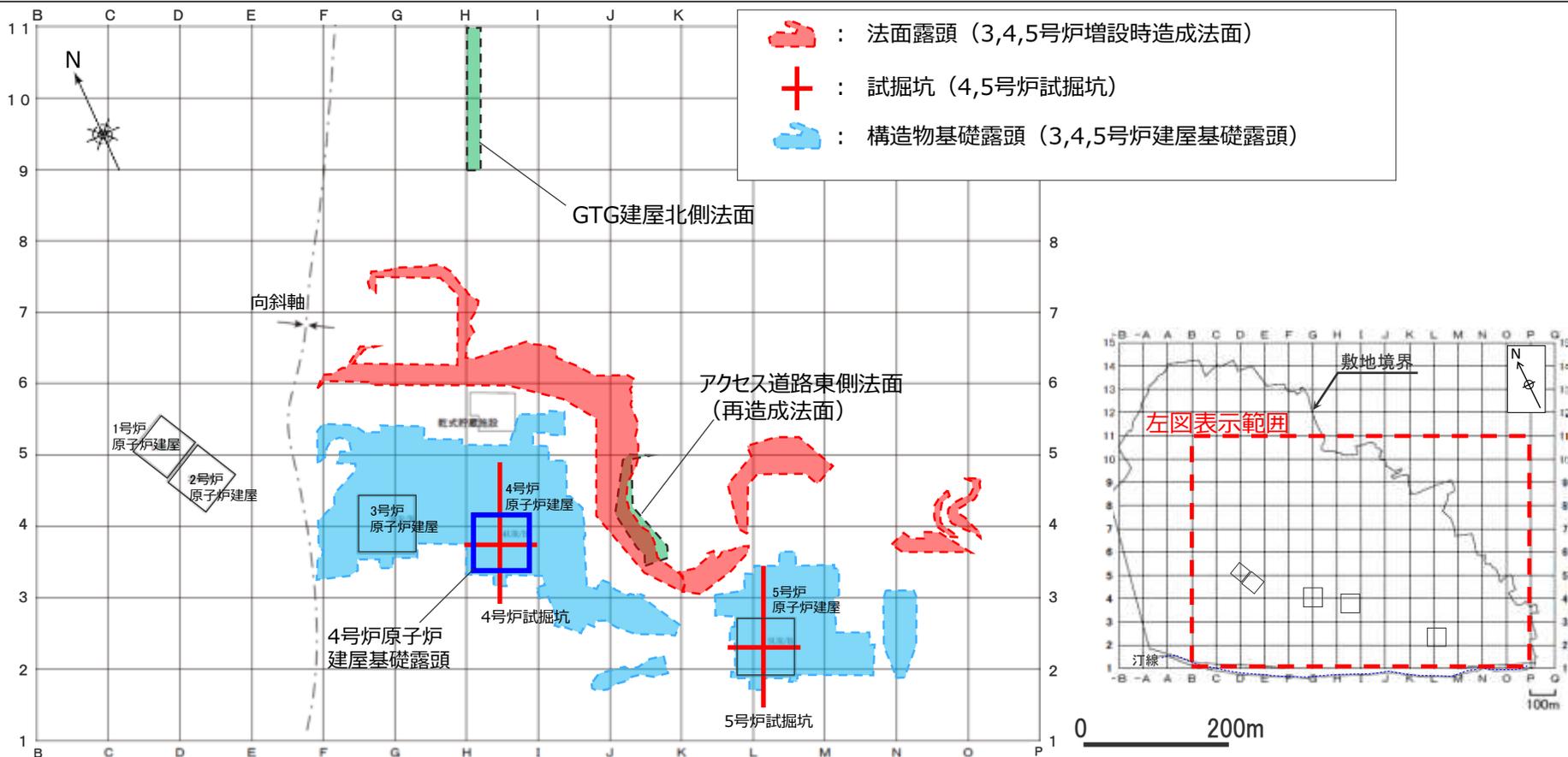
※2 N60°E～NS～N30°WをNS走向，それ以外をEW走向とした。

※3 露頭においては明らかに逆断層センスを示すものは認められないものの、褶曲に伴う断層に関する知見を踏まえ、逆断層センスのものが存在するものとして扱う。

敷地の断層の調査（露頭調査）

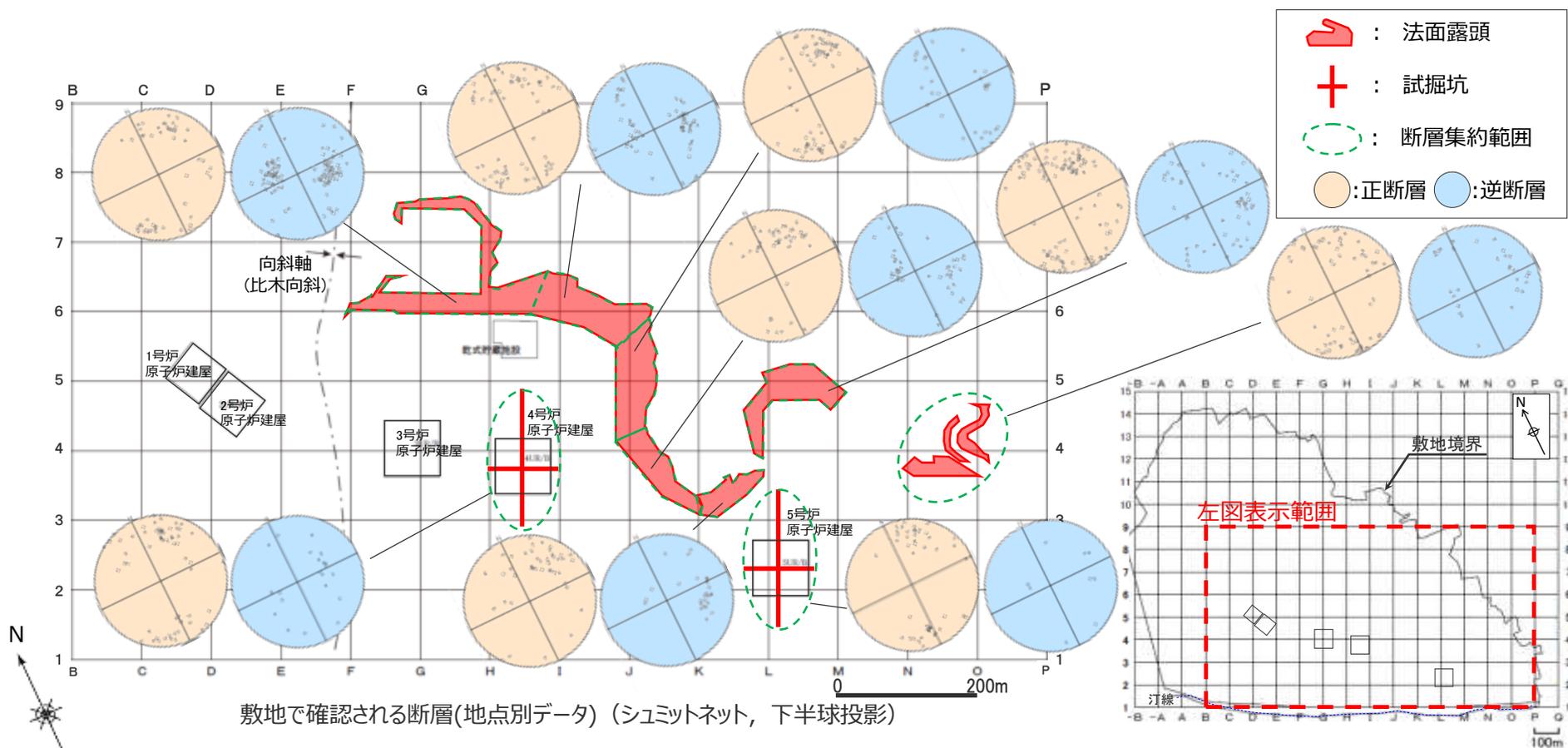
- 敷地の断層について、各露頭において以下の調査を行った。
- 敷地の断層及びその分布を確認するため、法面・試掘坑（3,4,5号炉増設時造成法面・4,5号炉試掘坑）において調査を実施し、確認された断層をセンス・走向傾斜から分類した。
- これらの断層の規模を把握するため、法面・試掘坑において各断層グループの断層の持つ落差について整理した。また、構造物基礎露頭（4号原子炉建屋基礎露頭）において各断層グループの断層の全長について整理するとともに、より広域な露頭（3,4,5号炉建屋基礎露頭）において連続性の良い断層の分布を確認した。
- また、4号炉増設時法面を再造成したアクセス道路東側法面及びGTG建屋※北側法面においては、flexural-slip faultの分布の確認を行った。

※GTG建屋・・・緊急時ガスタービン発電機建屋



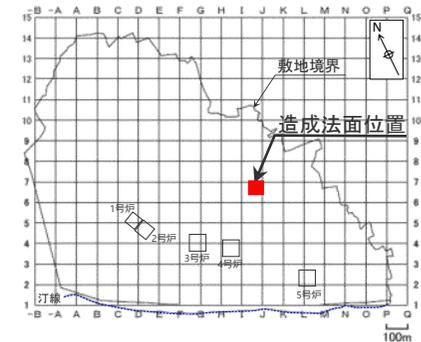
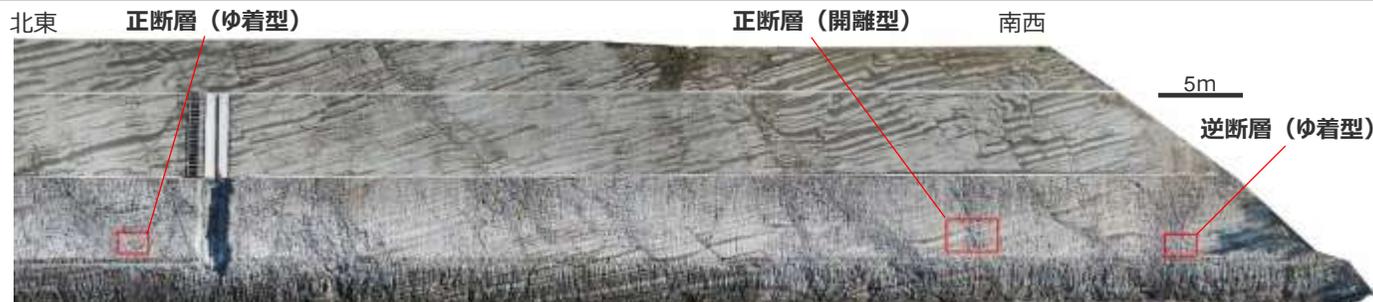
敷地の断層の分布（法面・試掘坑調査結果）

- 法面・試掘坑により敷地内の広範囲の露頭を調査したところ、正断層及び逆断層が確認された。
- いずれの露頭においても、確認される断層の走向傾斜は同様の傾向を示し、主に東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。
- 東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層は、敷地近傍に見られる断層についての知見（鈴木（1972））に示される正断層及び逆断層と走向傾斜が概ね一致する。
- 今回調査した範囲において、横ずれセンスの卓越する断層は確認されなかった。



敷地の断層の観察例

- 敷地に見られる逆断層及び正断層の観察例として、敷地内における造成法面の露頭観察結果を示す。
- 敷地に見られる断層のセンスは、断層を挟んだ凝灰岩層または特徴的な砂岩層のずれにより判別できる。
- 正断層は、レンズ状砂岩や、周辺砂岩・凝灰岩の引きずりを伴うことがあり、これら変形構造からもセンスが判別できる。
- いずれのセンスの断層も、断層面に細粒物質を伴わない断層（ゆ着型断層）と、細粒物質を伴う断層（開離型断層）が確認される。



造成法面全体図



緑枠部拡大



緑枠部拡大

細粒物質



正断層

緑枠部拡大

ゆ着型断層・開離型断層の分類について

- 断層面の密着性による断層の分類について、大塚(1948)、井尻ほか(1955)、垣見(1965)は、断層面がゆ着し、容易に面を出せないような断層を「ゆ着断層」や「面なし断層」として示している。また、衣笠ほか(1969)、小断層解析グループ(1973)、照井ほか(1993)は、断層の観察の際、断層面そのものを掘り出せる断層（開離型）であるか、断層の両盤の間の物質が周囲の岩石と同程度に固結した断層（ゆ着型）であるかにより分類し、地学団体研究会(1996)は、両盤の断層が密着していない断層を「開いた断層」、両盤が密着し、固結した断層を「閉じた断層」としている。（次頁参照。）
- これらの知見を踏まえ、当社は、断層面に軟質な細粒物質を含み断層面が容易に分離する断層を「開離型断層」、断層面に軟質な細粒物質を含まず断層面を挟んだ両盤が密着している断層を「ゆ着型断層」とした。
- ゆ着型断層及び開離型断層に対してそれぞれ実施した針貫入試験によると、ゆ着型断層と開離型断層の貫入勾配には大きな差異が見られ、両者は明確に区分される。（次々頁参照。）
- なお、それぞれの断層の形成時期について、地層がまだ十分に固化しないうちにゆ着型の断層が生じ、その後岩質や封圧条件が変化してから開離型の断層ができた可能性がある、との知見がある。（例えば、小断層解析グループ(1973)。）

開離型断層の例



ゆ着型断層の例



※ゆ着型断層は、断層面露出後の風化等の影響により、断層面が軟質化し、開離型断層と同様な性状を呈する場合があるため、断層面露出直後の性状により判断している。

(参考) ゆ着型断層・開離型断層の分類に関する知見※

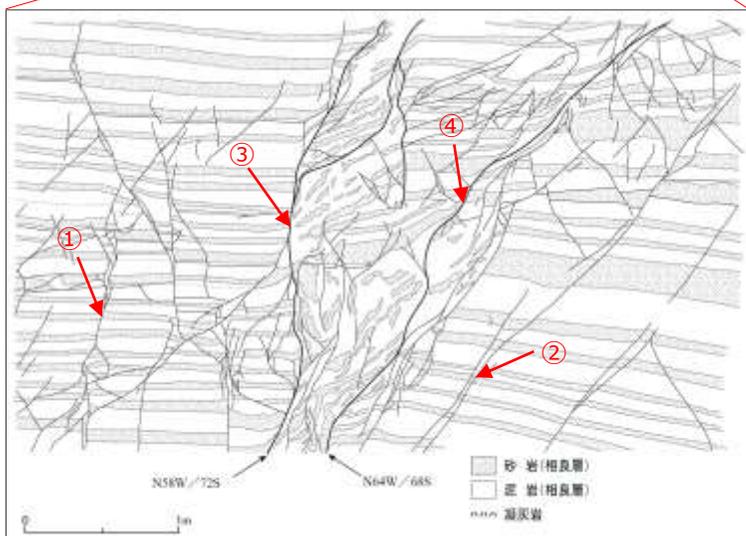
※ 知見の詳細は、第704回審査会合資料1-2 補足説明資料参照。

断層面の密着性により断層を分類した研究は以下のようなものがある。

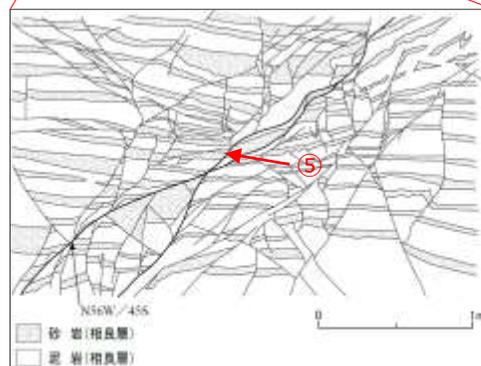
- 大塚(1948)は、断層を活断層、休断層、ゆ着断層の3つに分類し、ゆ着断層を、地質時代に生じてその両側の地塊がそれ以降全く動かずゆ着してしまったもの、としている。
- 井尻ほか(1955)は、断層面をはがしてみることができず、断層の上盤と下盤とは、幅が1mm程度の暗色の泥岩のような物質によって癒着している断層を観察し、このような、断層面が失われる傾向にある断層を“面なし断層”と呼んでいる。また、面なし断層は、地層がまだ十分に固化しないうちに生じ、断層の両盤が融着し、断層面が不鮮明になったものと推察している。
- 垣見(1965)は、断層面の性質に着目した断層の分類について説き、断層のなかには、断層面がくっついていて、ハンマーでも面を出せないようなものもあり、面なし断層と呼ばれているとしている。この面なし断層は、断層間物質が両側の盤の性質とほとんど同じなので、地層が固結するときに、断層間物質も一緒に固結したと考えられるとしている。
- 衣笠ほか(1969)は、断層を、その性質において、断層面そのものを掘り出せる断層（開離型）であるか断層の両盤の間の物質が周囲の岩石と同程度に固結した断層（ゆ着型）であるかに着目し、分類している。
- 小断層解析グループ(1973)は、ハンマーで容易にたたき出せる程度に開離（open）している断層や、断層がゆ着（closed）して白色のスジ状を呈する断層等に区分し、最初にゆ着型の断層が生じ、その後岩質や封圧条件が変化してから開離型の断層ができた可能性があるとしている。
- 照井ほか(1993)は、断層性状の観察において、ハンマーなどで直接断層面を掘出し観察することが可能な断層について、開離型の用語を用いている。
- 地学団体研究会(1996)は、両盤の断層が密着していない断層を「開いた断層」、両盤が密着し、固結した断層を「閉じた断層」としている。

(参考) ゆ着型断層・開離型断層の針貫入試験結果

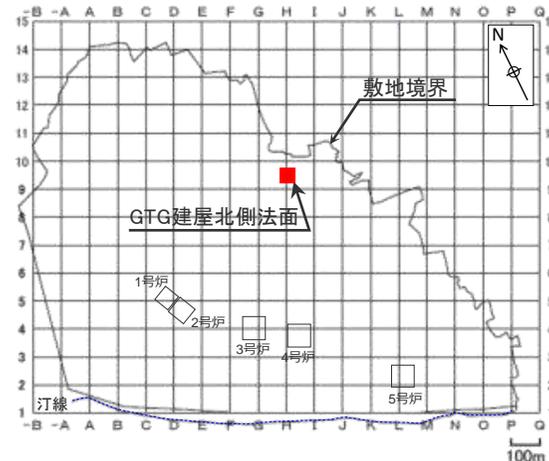
- 敷地内のGTG建屋北側法面において、ゆ着型断層と開離型断層の針貫入試験を実施し、貫入勾配（貫入荷重(N)/針の貫入長さ(mm)）を指標として、硬さの定量的な評価を行った。
- ゆ着型断層と開離型断層の貫入勾配には大きな差異が見られ、両者は明確に区分される。



(Aの範囲のスケッチ)



(Bの範囲のスケッチ)



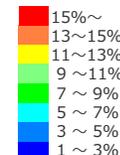
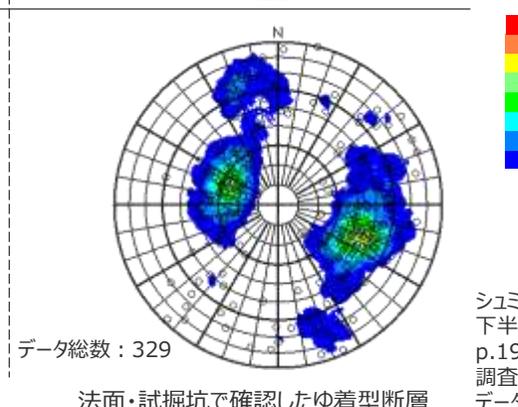
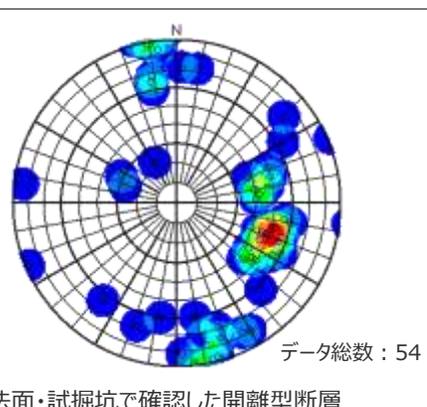
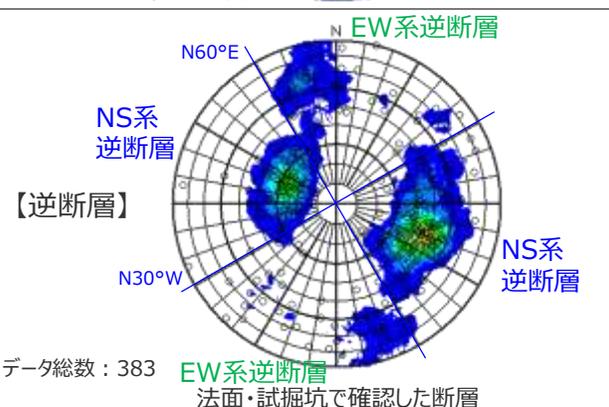
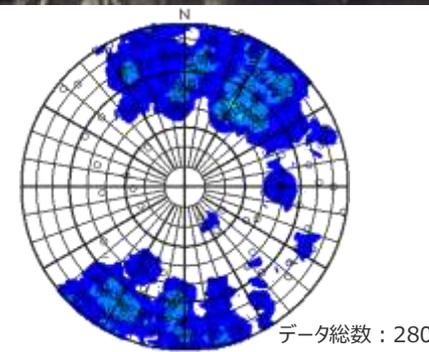
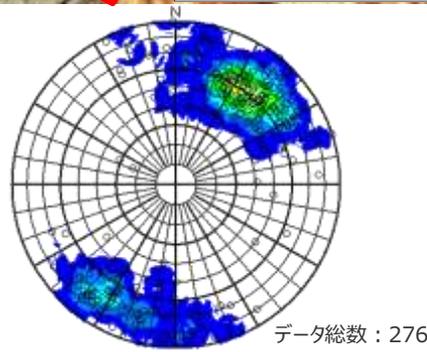
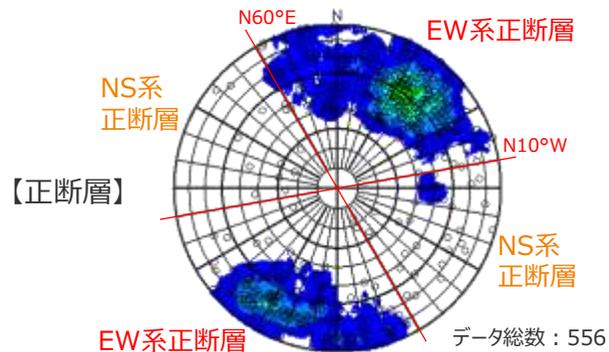
地点	対象断層	貫入勾配※ (N/mm)
①	ゆ着型断層	6.17
②	ゆ着型断層	4.57
③	開離型断層 (H-6断層上盤)	0.20
④	開離型断層 (H-6断層下盤)	0.27
⑤	開離型断層	0.23

※ 各測定点において5回測定し、最大値と最小値を除外した平均値を記載。

<針貫入試験実施地点 (①~⑤) >

確認される断層（法面・試掘坑調査結果）

- 露頭調査の結果、主に東西走向の高角正断層、南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。
- 確認された正断層及び逆断層は、いずれも断層面に厚さ数mm程度の細粒物質を伴う断層（開離型断層）と、断層面に細粒物質を伴わない断層（ゆ着型断層）に分類される。
- 正断層のうち、走向がN60°E～EW～N10°Wの断層をEW系正断層、それ以外の断層をNS系正断層とした。
- 逆断層のうち、走向がN60°E～NS～N30°Wの断層をNS系逆断層、それ以外の断層をEW系逆断層とした。

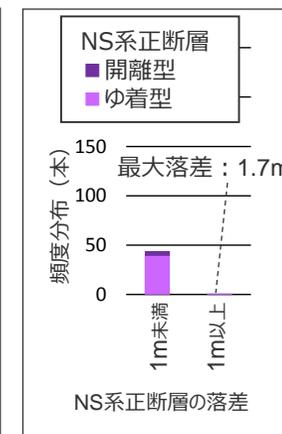
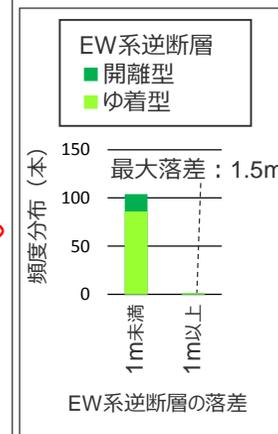
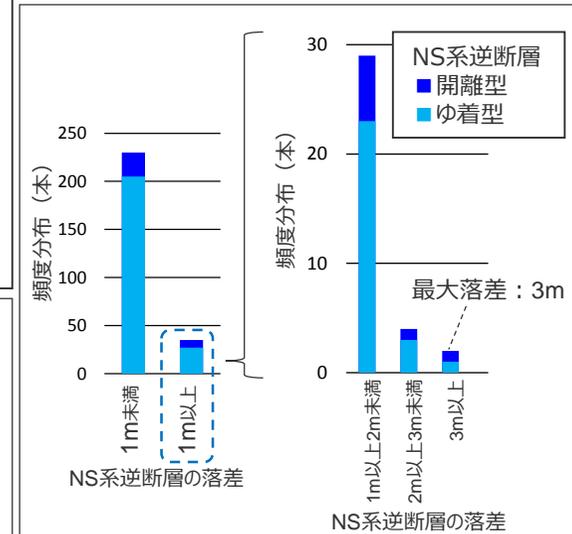
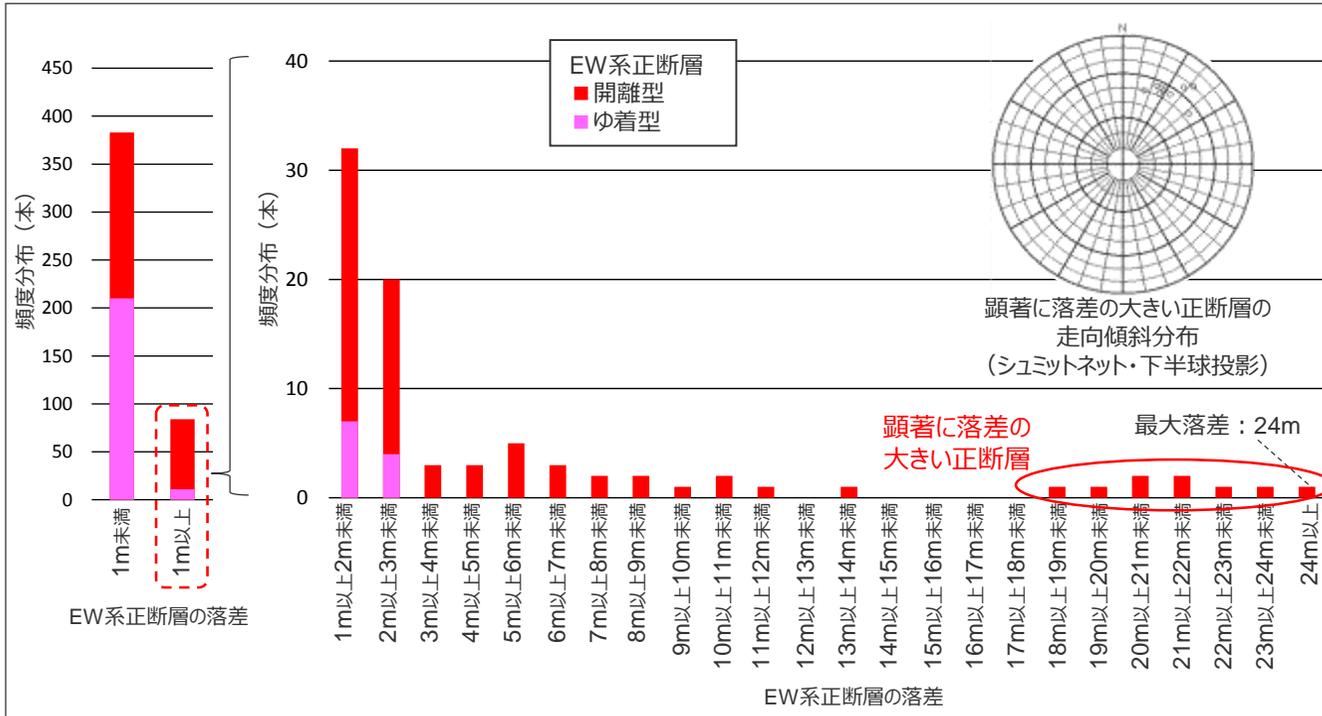


シュミットネット
下半球投影
p.19記載の露頭
調査による断層
データを集約。



断層の落差 (法面・試掘坑調査結果)

- 敷地の断層の規模を把握するため、露頭調査（法面・試掘坑）で確認された断層（p.24における集約結果）について、断層落差※により整理した。
- いずれの断層グループにおいても、大半の断層の落差は1m未満と小さい。
- 正断層については、EW系正断層、NS系正断層ともに落差1m以上の断層が低い頻度で見られる。EW系正断層には、顕著に落差の大きい断層（いずれも南傾斜）が数本確認され、EW系正断層の最大落差は24mである。NS系正断層の最大落差は1.7mである。
- 逆断層については、NS系逆断層、EW系逆断層ともに落差1m以上の断層が低い頻度で見られる。NS系逆断層の最大落差は3m、EW系逆断層の最大落差は1.5mである。
- 確認される断層の数に着目すると、EW系正断層が最も多く、次いでNS系逆断層、EW系逆断層、NS系正断層の順である。



※ 一部の落差が小さい断層を除き、落差は層間落差により整理した。

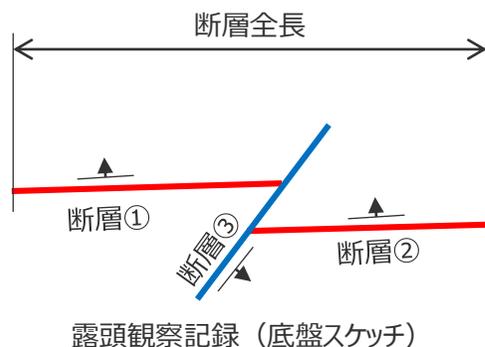
断層の全長（構造物基礎露頭調査）

- 敷地の断層の規模を把握するため、構造物基礎露頭（4号原子炉建屋基礎）で確認された断層について、断層の全長をその断層の落差との関係と併せて整理した。
- 検討対象とする断層は、露頭観察記録（1/100スケッチ）に記載された傾斜方向と鍵層（凝灰岩層または砂岩層）の変位方向によって断層の変位センスが確認できる断層とした。なお、傾斜の記載がない、または鍵層を横断していない断層は小規模な断層の中でも特に小規模であると判断し、検討対象から除外した。

構造物基礎露頭（4号原子炉建屋基礎）における断層の全長及び落差の考え方

【断層の全長】

- 観察範囲（4号炉原子炉建屋基礎露頭）における、水平面上の断層長さをその断層の全長とした。
- 他の断層に切られると判断される断層については、切られる前の断層の長さも合算して断層の全長とした。

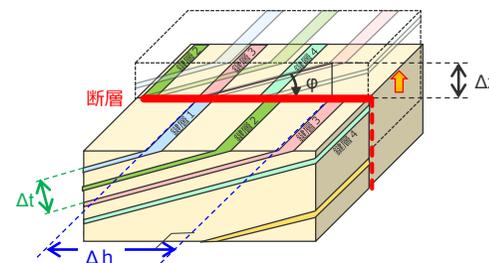


断層①と②の走向・傾斜，落差，変位センス及び断層③の変位によるスケッチ上の見かけの水平変位量を踏まえ，断層①と②が同一の断層（断層③に切られる断層）と判断される場合には，断層①と②の断層長さを合算して断層の全長とする。

【断層の落差】

- 断層を挟んで隣り合う異なる地層間の層厚（層間落差）または同一地層の見かけの水平変位量と地層の傾斜角※から算出した鉛直変位量を落差とした。

※4号炉原子炉建屋基礎付近の地層の傾斜角：15°N



- 断層を挟んで隣り合う異なる地層間の層厚（層間落差）： Δt
- 同一地層の見かけの水平変位量と地層の傾斜角から算出した鉛直変位量： Δz

$$\left[\begin{array}{l} \Delta z = \Delta h \tan \phi \\ \phi : \text{地層（相良層）の傾斜角（15°）} \\ \Delta h : \text{同一地層（鍵層）の水平変位量：} \end{array} \right]$$

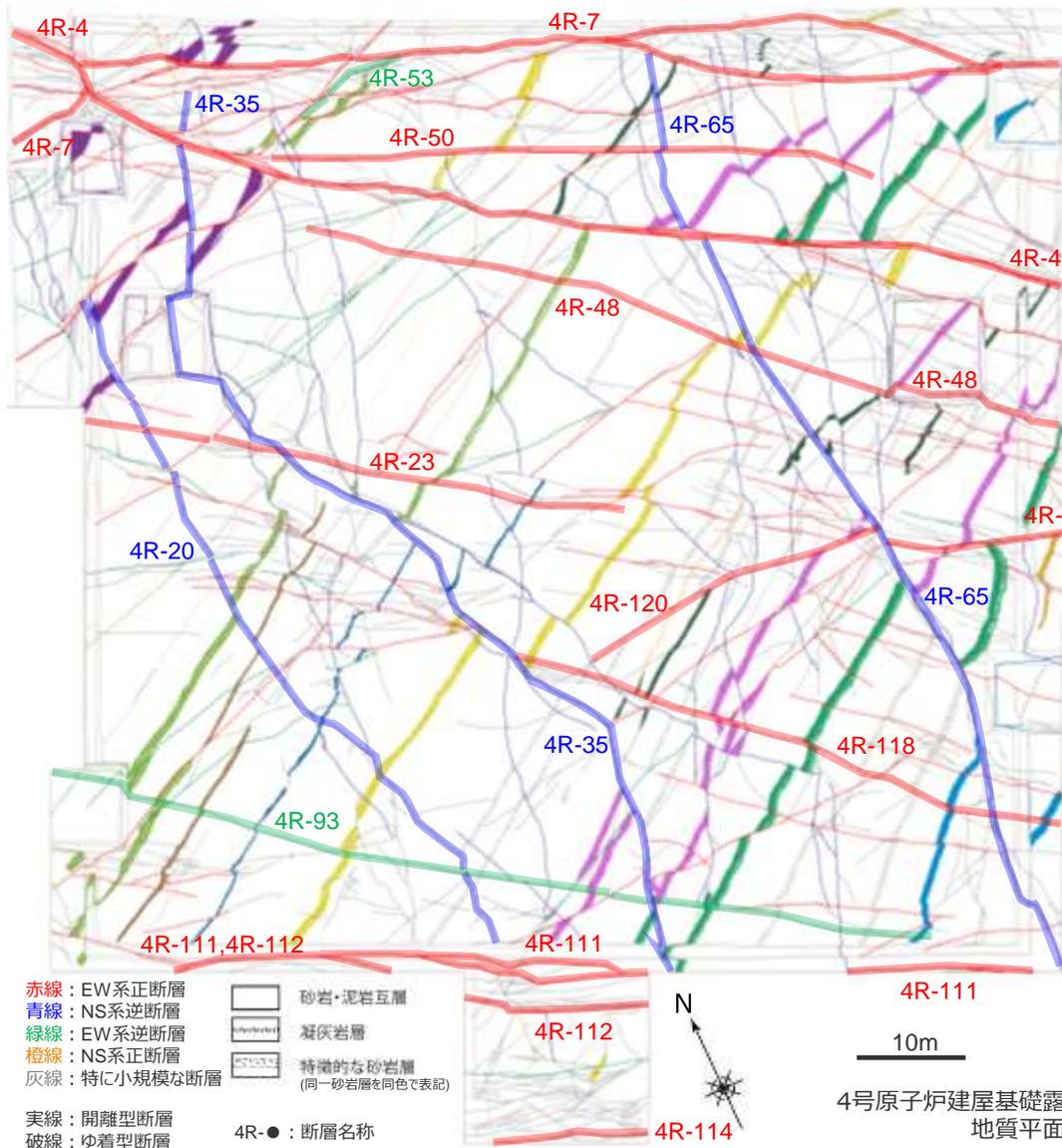
【補足】

4号炉原子炉建屋基礎付近の地層の傾斜角を踏まえれば，層間落差（ Δt ）と鉛直変位量（ Δz ）の理論的な誤差は，3%程度である。（ $\Delta t = \Delta z \cos 15^\circ$ ）

断層の全長（構造物基礎露頭調査結果）

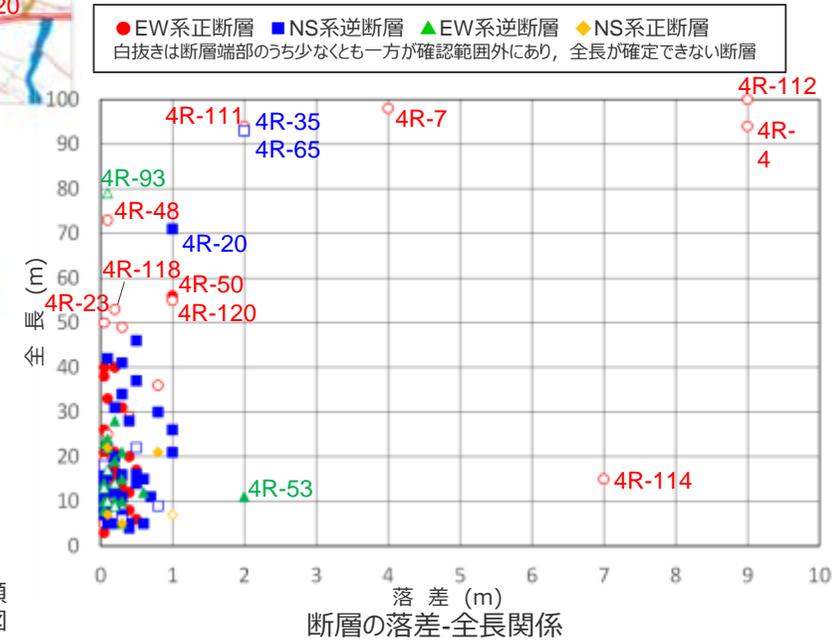
4号原子炉建屋基礎露頭

中部電力



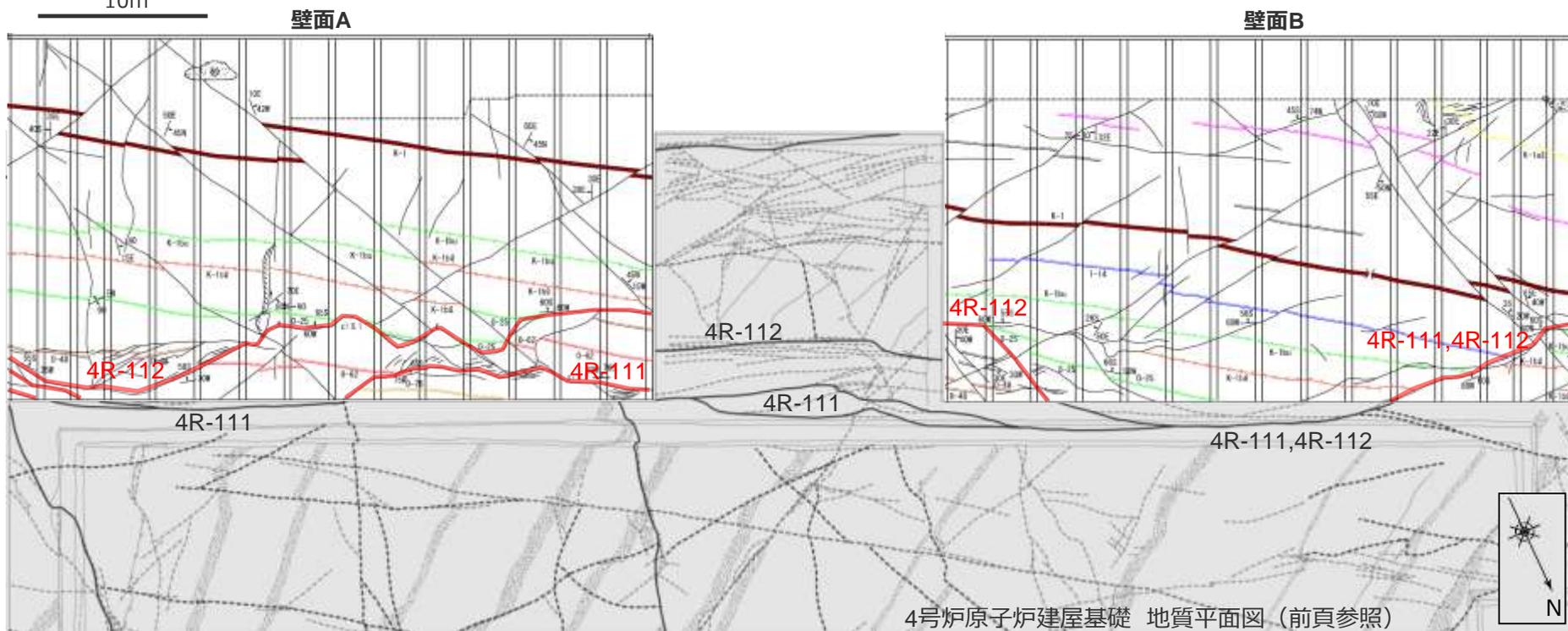
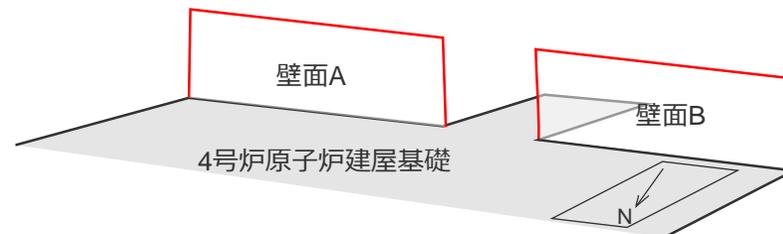
- ・4号原子炉建屋基礎露頭において、各断層グループの断層の全長について整理した。
- ・いずれの断層グループにおいても、大半の断層は全長50m以下と短く、これらのうちほとんどの断層の落差は概ね1m以下と小さい。
- ・EW系正断層には、全長100m近い比較的長い断層が数本見られ(4R-4,7,111,112断層)、これらの断層の落差は比較的大きい。さらに、これらの断層の一部(4R-4,111,112断層)は切られずに露頭範囲を超えて連続する。
- ・NS系逆断層には、全長70~90m程度の比較的長い断層が数本見られ(4R-20,35,65断層)、これらの断層の落差は比較的大きいが、露頭範囲において他の断層で連続性が途切れている。
- ・EW系逆断層には、全長80m程度の比較的長い断層が見られる(4R-93断層)が、この断層の落差は比較的小さく、他の断層で連続性が途切れている。
- ・NS系正断層はいずれも短く、長い断層でも全長20m程度である。
- ・確認される断層の数に着目すると、EW系正断層が最も多く(79本)、次いでNS系逆断層(43本)、EW系逆断層(24本)、NS系正断層(5本)の順である。

露頭観察記録の詳細は第817回審査会合 机上配布資料2参照。



(参考) 4号炉原子炉建屋南側の壁面状況

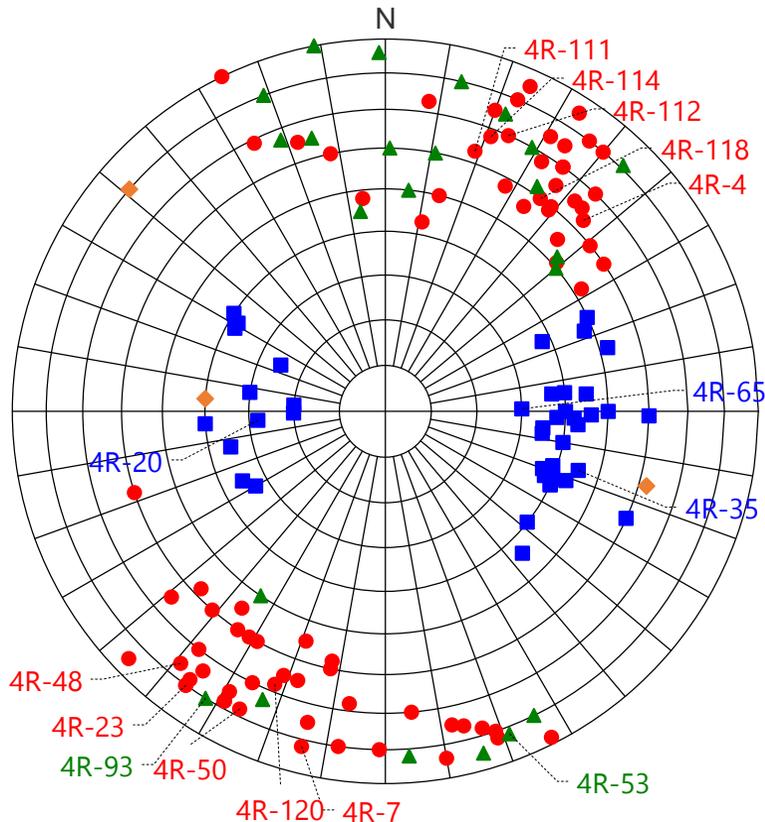
- 4号原子炉建屋南側壁面では4R-111,4R-112断層が分岐（併合）しながら、切られずに露頭範囲を超えて連続する。



(参考) 4号炉原子炉建屋基礎露頭における断層の走向傾斜

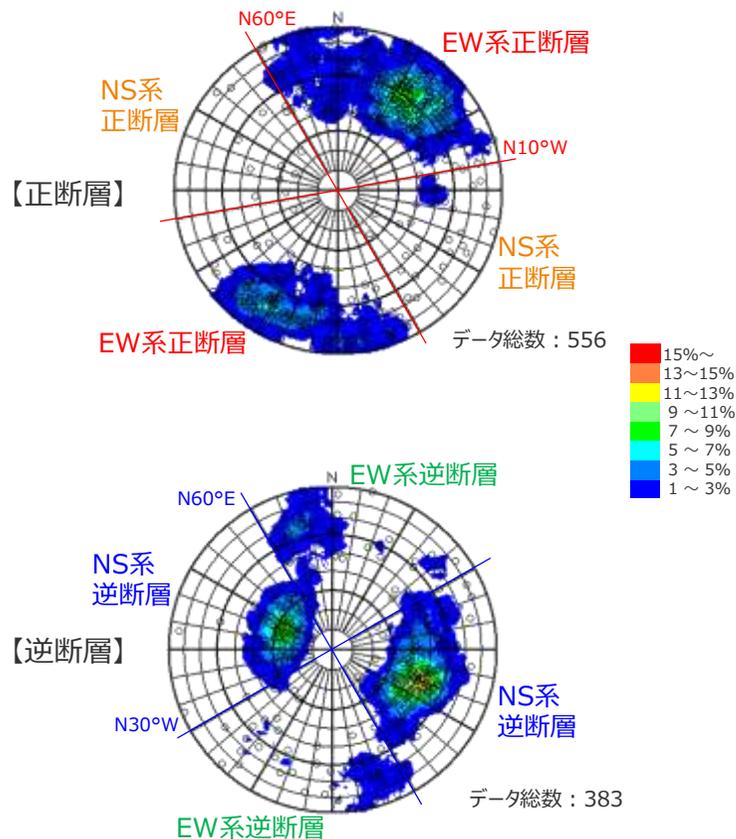
・4号原子炉建屋基礎露頭における断層の走向傾斜及びその頻度分布は、法面・試掘坑において確認した断層の走向傾斜と同様の傾向を示す。

● EW系正断層 ■ NS系逆断層 ▲ EW系逆断層 ◆ NS系正断層
 4R-● : 断層名称 (前々頁の図中で示した断層について表記)



4号炉原子炉建屋基礎露頭における断層の走向傾斜*
 (シュミットネット 下半球投影)

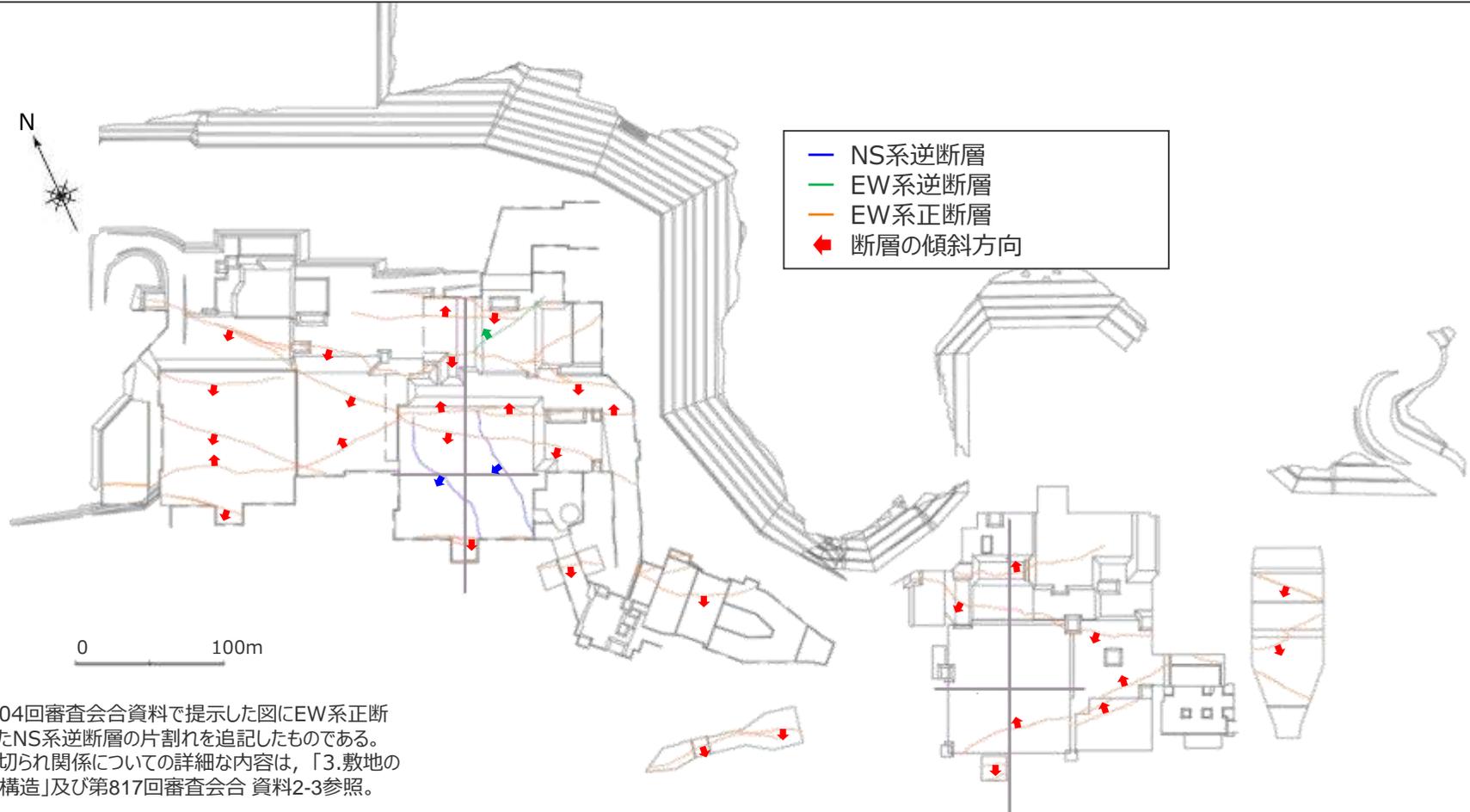
※露頭観察記録 (1/100スケッチ) に傾斜角の記載がある断層データから作成。
 (露頭観察記録の詳細は第817回審査会合 机上配布資料2参照。)



法面・試掘坑における断層の走向傾斜【再掲】
 (シュミットネット 下半球投影)

断層の連続性（構造物基礎露頭調査結果 3,4,5号炉建屋基礎露頭）

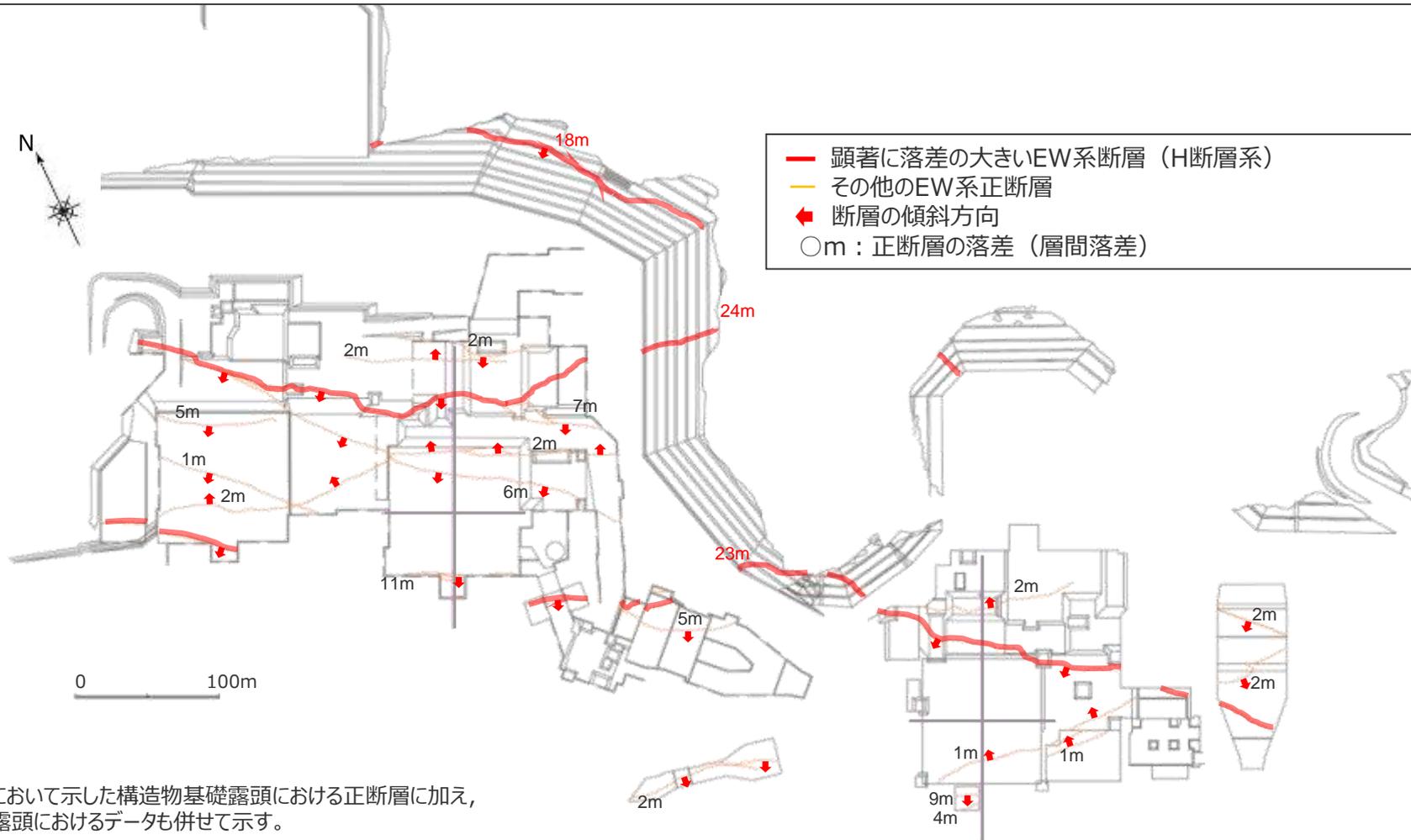
- 4号炉原子炉建屋基礎露頭においては、切られずに露頭範囲を超えて連続する断層（いずれもEW系正断層）も確認されることから、検討範囲を拡大し、3,4,5号炉建屋基礎露頭において、構造物幅（80m程度）を超えて切られずに連続する断層を示す。
- NS系逆断層、EW系逆断層は4号炉原子炉建屋内で見られたように、長い断層でも他の断層（EW系正断層）により連続性が途切れるのに対し、EW系正断層は、NS系逆断層、EW系逆断層に比べ連続性が良く、分岐（併合）を伴いながら、東西方向に数百mにわたって連続するものもある。なお、NS系正断層には、構造物幅を超えて切られずに連続する断層は見られない。



上図は第704回審査会合資料で提示した図にEW系正断層に切られたNS系逆断層の片割れを追記したものである。断層の切り切れ関係についての詳細な内容は、「3.敷地の地質・地質構造」及び第817回審査会合資料2-3参照。

断層の連続性（構造物基礎露頭調査結果 3,4,5号炉建屋基礎露頭）

- 3,4,5号炉建屋基礎露頭において、構造物幅（80m程度）を超えて切れずに連続するEW系正断層について、その落差に着目すると、いずれの断層の落差も1m以上と比較的大きく、落差が大きい断層ほど連続性が良い傾向にあり、顕著に落差の大きいEW系正断層（落差概ね15m以上）が、一定の間隔を持って平行に分布する。



前頁において示した構造物基礎露頭における正断層に加え、法面露頭におけるデータも併せて示す。

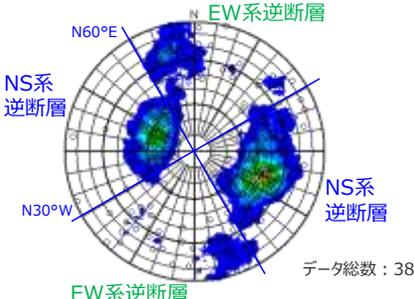
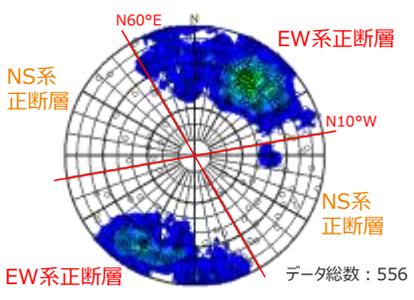
敷地の相良層へ作用する力と敷地の断層との関係

各断層グループの走向傾斜から、敷地の相良層へ作用する力（次頁参照）との関係について検討した。

- NS系逆断層については、広域応力場（東西圧縮）との関連がみられ、EW系正断層については、南北方向に作用する重力性の引張力との関連がみられる。
- 一方で、EW系逆断層及びNS系正断層については、いずれも広域応力場等相良層へ作用する力との関連は見られない。

➡ EW系逆断層及びNS系正断層は、広域応力場等相良層へ作用する力に関連したNS系逆断層またはEW系正断層の活動に関連し、形成されたと考えられる。

敷地の相良層へ作用する力と敷地の断層との関係

敷地の相良層へ作用する力			敷地の断層		
	発生要因	作用方向※	頻度分布 シュミットネット下半球投影(再掲)	断層 グループ	相良層へ作用する 力との関係
圧縮力	プレートの沈み込みによる 東西方向の圧縮力			NS系逆断層	関連がみられる。
				EW系逆断層	関連がみられない。
引張力	堆積場の南側傾斜または 北側隆起による南北方向 の引張力（重力性）			EW系正断層	関連がみられる。
				NS系正断層	関連がみられない。

※図面上側が真北。引張応力方向は比木向斜のプランジ方向(敷地深部)、圧縮応力方向は比木向斜軸直交方向で記載。

既往知見等から敷地の相良層へ作用する力について検討した。

●敷地及びその周辺の広域応力場（鮮新世中期以降）

（広域応力場を生むプレート運動）

- ・杉山ほか（1988）は、御前崎地域の段丘に認められる北東-南西方向の変形・変位のうち、少なくとも同方向の褶曲及び南東方向への傾動は、相良層群の北東-南西方向の褶曲と同様に北西-南東方向の圧縮力によって形成されたと考えられるとし、また、このような側方圧縮は、南海トラフ及び駿河トラフから潜り込んでいるフィリピン海プレートの北西進に起因すると推定している。

（フィリピン海プレートの運動方向）

- ・杉山（1989）は、主に静岡地域の堆積-造構作用のデータに基づき、西南日本前弧域の新生代テクトニクスを述べるなかで、フィリピン海プレートの相対運動方向は、鮮新世中頃から中期更新世の中頃（3-0.5Ma頃）までは西-西南西方向、中期更新世の中頃以降（ほぼ0.5Ma以降）は西北西方向と考えられる、としている。
- ・高橋（2004）は、黒滝不整合（2.5～3.3Maの間）のタイミングをもって、フィリピン海プレートのオイラー極が現在の位置に移動したと考えられる、としている。

（現在の広域応力場）

- ・国土地理院（1997）による1883年～1994年の中部・近畿地方の地殻歪によると、敷地周辺は概ね北西-南東方向の圧縮歪が卓越する圧縮場にある。

➡敷地周辺は、相良層が堆積を終える前（鮮新世中期ごろ）から現在まで、東西方向の圧縮応力場にある。

●敷地の相良層の堆積場

- ・相良層は前弧斜面上の堆積物（杉山（1992））である。
- ・敷地深部の地層は海（南）側へ傾斜している。（詳細は4.3章参照。）

➡敷地の相良層へは、その堆積時から、堆積場の南側傾斜または北（陸）側隆起による重力性の南北方向の引張力が働いていた。



敷地の断層（正断層・逆断層）の特徴

法面・試掘坑及び構造物基礎露頭において、確認した敷地の断層（正断層・逆断層）の特徴は以下の通り。

（断層の分布・分類）

- いずれの露頭においても、確認される断層の走向傾斜は、同様の傾向を示し、主に東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。（正断層のうち、走向がN60°E～EW～N10°Wの断層をEW系正断層、それ以外の断層をNS系正断層とし、逆断層のうち、走向がN60°E～NS～N30°Wの断層をNS系逆断層、それ以外の断層をEW系逆断層とした。）
- いずれの断層も断層面内に厚さ数mm程度の細粒物質を伴う断層（開離型断層）と、断層面内に細粒物質を伴わない断層（ゆ着型断層）に分類される。

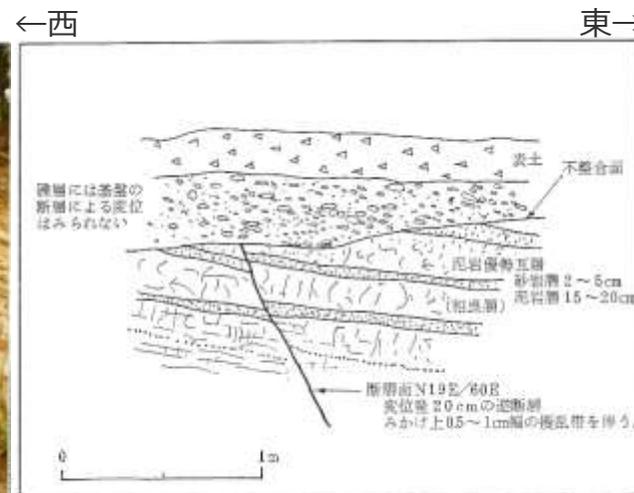
（断層の数，落差，全長，連続性）

断層グループ	断層の数の相対関係※	断層の落差	断層の全長，連続性	相良層へ作用する力との関係
EW系正断層	多 (79本)	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は落差1m未満。 • 落差1m以上の断層が低頻度で見られ、顕著に落差の大きい断層（いずれも南傾斜）が数本確認される。 • 最大落差は24m。 	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は全長50m未満。 • 数百m切れずに連続するものもあり、これらの断層の落差は、いずれも1m以上と比較的大きい。 • 落差が大きい断層ほど連続性が良い傾向にあり、顕著に落差の大きい断層が、一定の間隔を持って平行に分布する。 	重力性の引張力（南北方向）との関連がみられる。
NS系逆断層	中 (43本)	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は落差1m未満。 • 落差1m以上の断層が低頻度で見られる。 • 最大落差は3m。 	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は全長50m未満。 • 長い断層でも他の断層（EW系正断層）により連続性が途切れる。 	広域応力場（東西圧縮）との関連がみられる。
EW系逆断層	少 (24本)	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は落差1m未満。 • 落差1m以上の断層が低頻度で見られる。 • 最大落差は1.5m。 	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は全長50m未満。 • 長い断層でも他の断層（EW系正断層）により連続性が途切れる。 	関連がみられない。 → NS系逆断層またはEW系正断層の活動に関連し、形成されたと考えられる。
NS系正断層	極少 (5本)	<ul style="list-style-type: none"> • 大半の断層は落差1m未満。 • 落差1m以上の断層が極低頻度で見られる。 • 最大落差は1.7m。 	<ul style="list-style-type: none"> • 長い断層でも全長20m程度であり、連続性に乏しい。 	

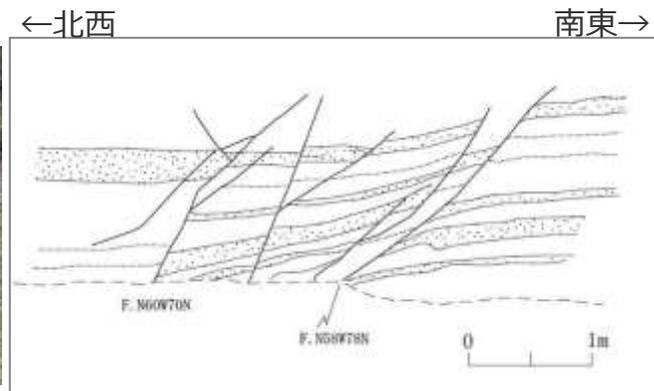
※（）内は4号炉原子炉建屋基礎露頭内で見られる断層の本数。

(参考) 敷地近傍の小断層の例

敷地近傍においても、敷地内の断層と同様な、南北走向の逆断層(Loc.A)、東西走向の正断層(Loc.B)が認められる。(いずれも断層面内に細粒物質を伴わない、ゆ着型断層。)



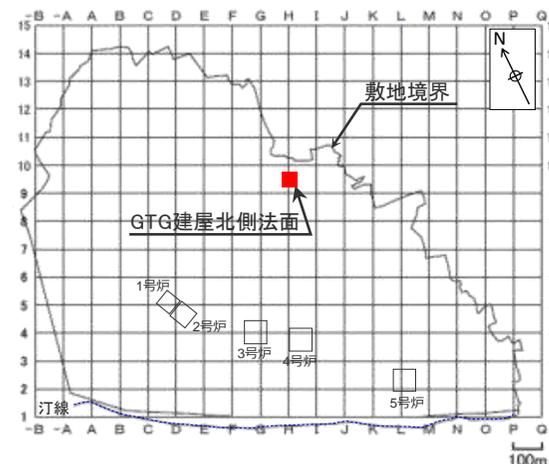
Loc.A



Loc.B

flexural-slip fault の観察例①

- GTG建屋北側法面において，層面すべりの知見等に基づき層理面を観察したところ，層理沿いに黒色の境界層が確認された。
- この黒色の境界層は固結しており，細粒物質は認められない。また，この黒色の境界層を詳細に観察すると，砂岩と泥岩とが混在したような性状が認められた。
- 露頭観察からは，この黒色の境界層の運動センスは確認できないが，本層は層理に平行であることから敷地の褶曲に伴う層面すべりである可能性が考えられるため，ここでは断層（flexural-slip fault）として扱う。



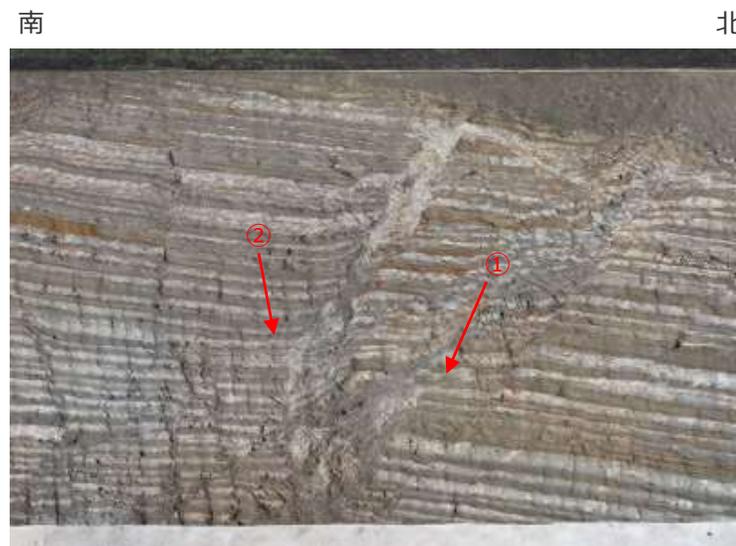
黒色の境界層

(右の写真①の拡大)



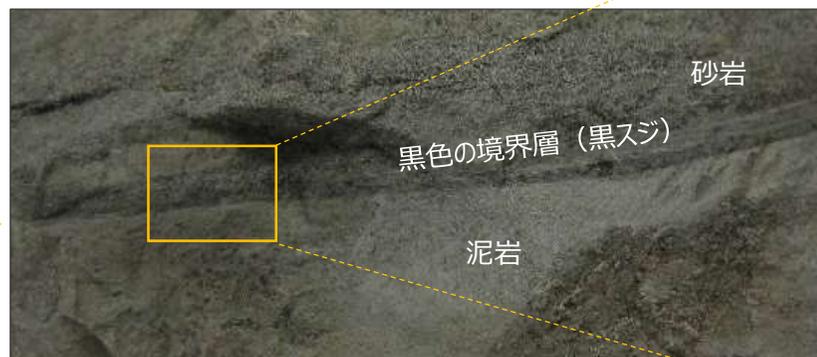
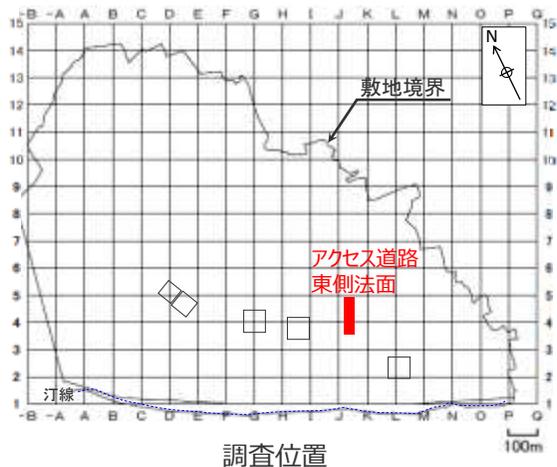
黒色の境界層

(右の写真②の拡大)



flexural-slip fault の観察例②

- アクセス道路東側法面において、層面すべりの知見等に基づき層理面を観察したところ、層理沿いに黒色の境界層が確認された。この黒色の境界層は固結しており、細粒物質は認められない。また、この黒色の境界層を詳細に観察すると、砂岩と泥岩とが混在したような性状が認められた。
- 露頭観察からは、この黒色の境界層のセンス（上盤側の運動方向）は確認できないが、本層は層理に平行であることから敷地の褶曲に伴う層面すべりである可能性が考えられるため、ここでは断層（flexural-slip fault）として扱う。



50mm

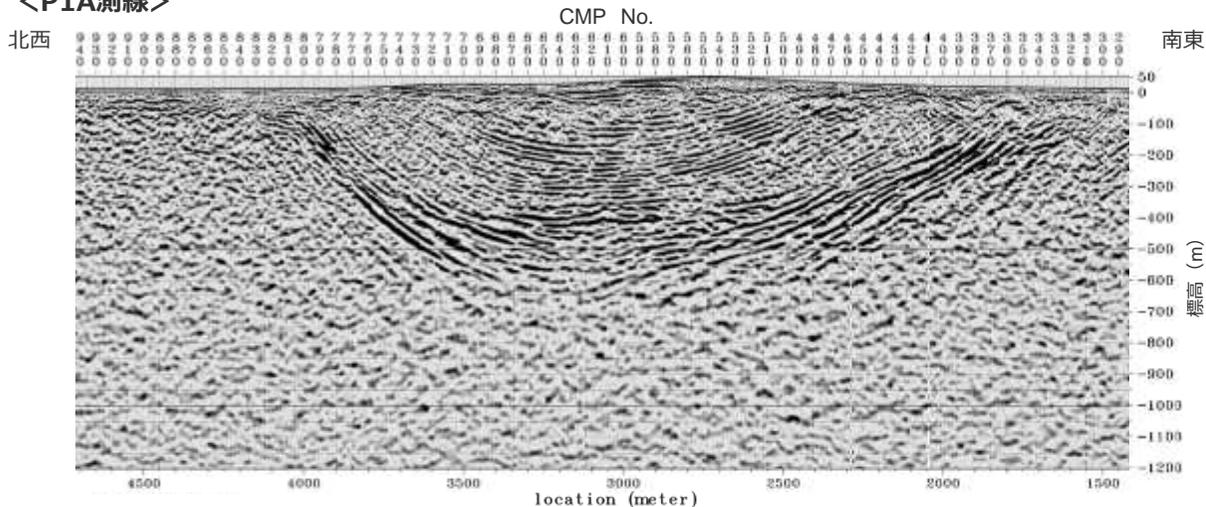


5mm

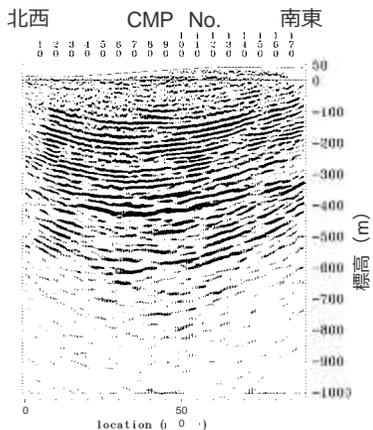
地下構造調査結果（陸域東西測線：反射法地震探査P1A,5P,6P測線）

- 地下構造調査（反射法地震探査：東西測線）の結果からは、敷地及び敷地近傍において、「敷地での存在が想定される断層」とした「A-17断層」（南北走向の逆断層）と同傾向で地下深部から連続し地表付近まで及んでいる断層は確認されず、それ以外にも地下深部から地表付近まで及ぶような変位の累積性を有する断層も確認されない。

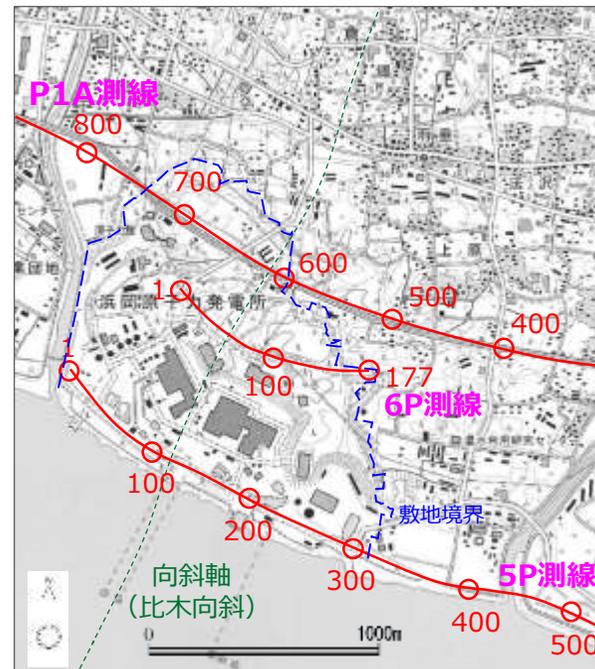
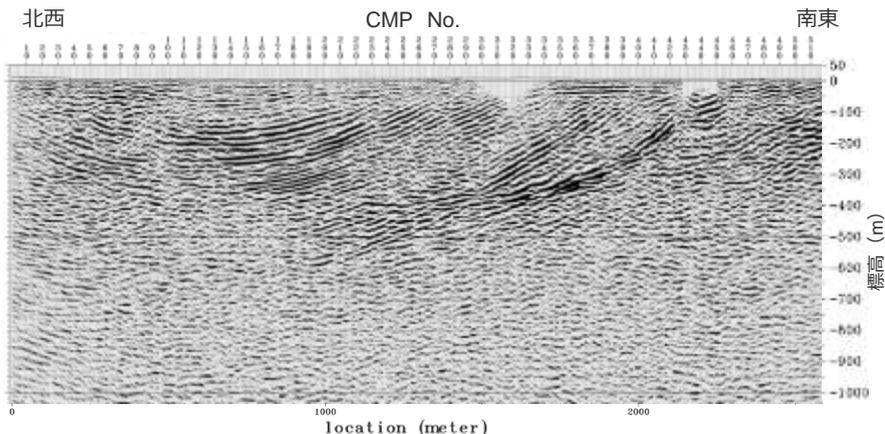
<P1A測線>



<6P測線>



<5P測線>



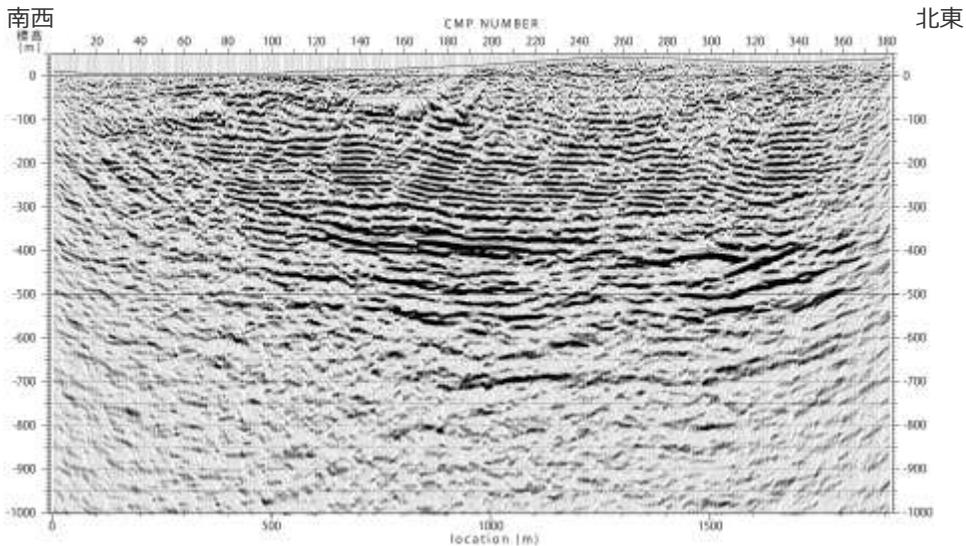
反射法地震探査測線位置図

(測線上の数字はCMP(共通中間点)番号を表わす。)

縦横比1:1で表示。

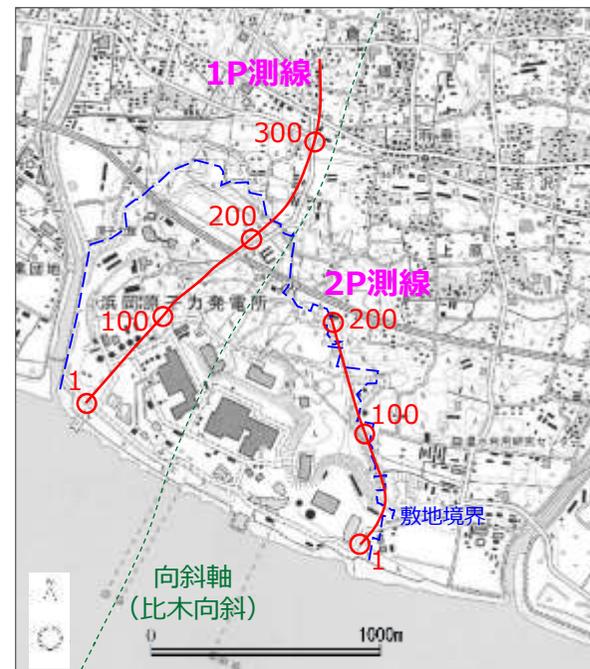
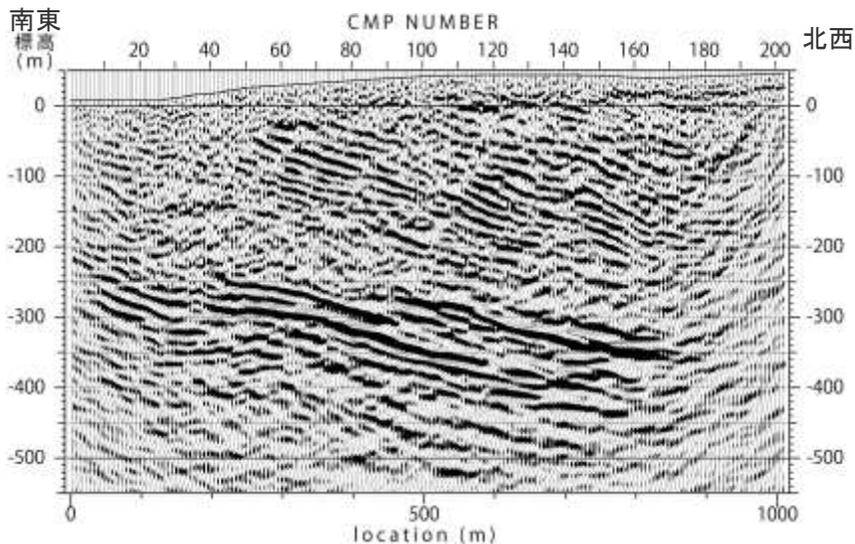
地下構造調査結果（陸域南北測線：反射法地震探査1P,2P測線）

<1P測線>



- 地下構造調査（反射法地震探査：南北測線）の結果からは、敷地及び敷地近傍において、地下深部から地表付近まで及ぶような変位の累積性を有する断層は確認されない。
- 敷地内から敷地の北側にかけての浅部において、南傾斜の明瞭な不連続面が規則的（ほぼ等間隔で平行）に認められ、複数の平行する南傾斜の断層群が想定される。これらの一部は後述するH断層であると考えられる。（H断層系の詳細は「4.H断層系の活動性評価」参照。）

<2P測線>



反射法地震探査測線位置図

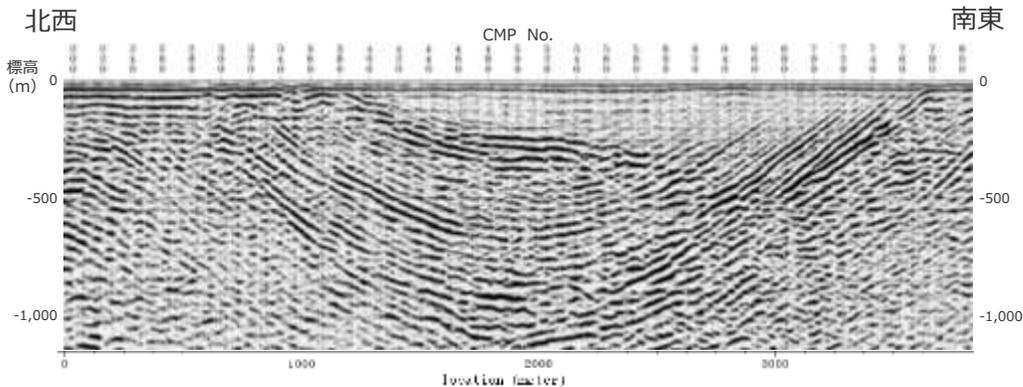
(測線上の数字はCMP(共通中間点)番号を表わす。)

縦横比1:1で表示。

地下構造調査結果（海域測線：海上音波探査09B-5, 09B-2測線）

- 地下構造調査（海上音波探査：東西測線，南北測線）の結果からは，敷地近傍において，「敷地での存在が想定される断層」とした「A-17断層」（南北走向の逆断層）と同傾向で地下深部から連続し地表付近まで及んでいる断層は確認されず，それ以外にも地下深部から地表付近まで及ぶような変位の累積性を有する断層も確認されない。

<09B-5測線> 東西測線

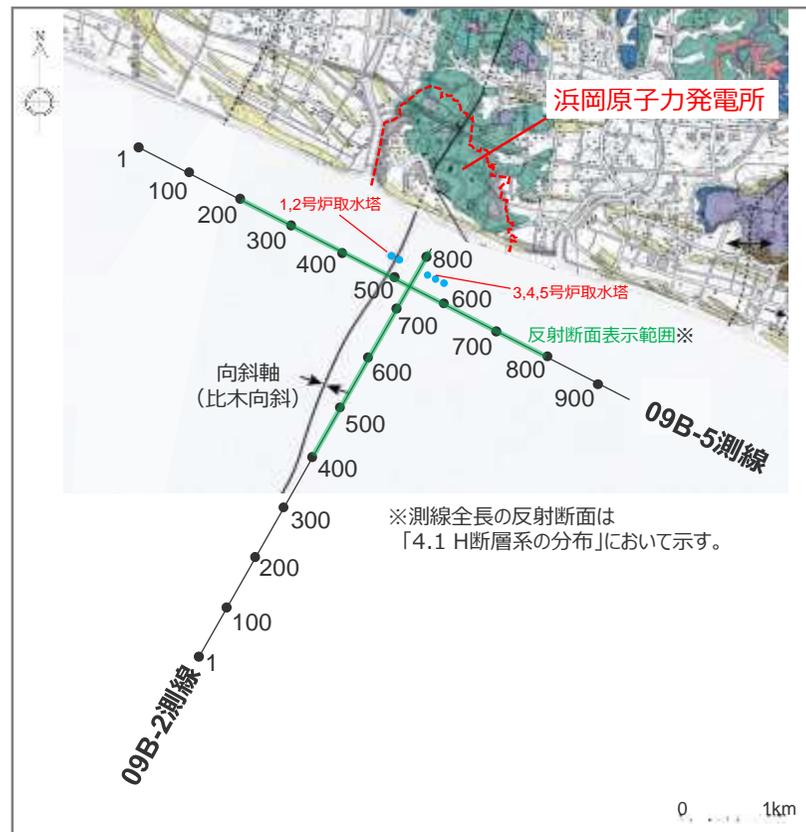
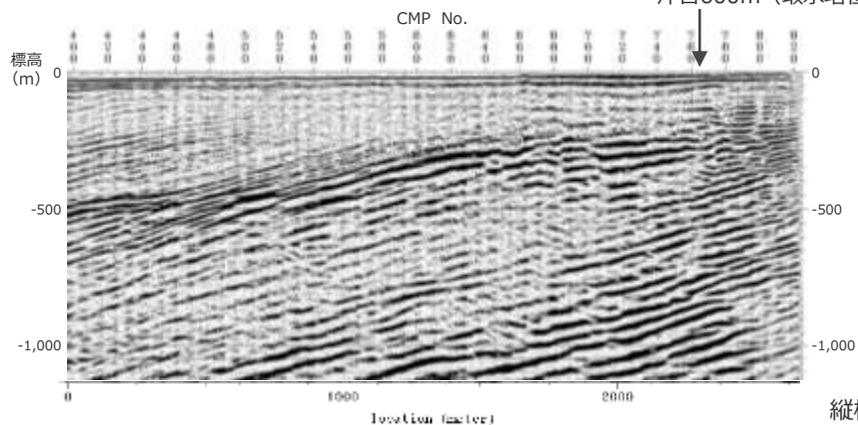


<09B-2測線> 南北測線

南西(海側)

北東(陸側)

沖合600m (取水塔位置)



※測線全長の反射断面は「4.1 H断層系の分布」において示す。

海上音波探査測線位置図

(測線上の数字はCMP番号を表わす。)

縦横比1:1で表示。



3(2) 敷地の断層のまとめ

【検討結果】

- 敷地内の広範囲の露頭を調査したところ、いずれの露頭においても、確認される断層の走向傾斜は、同様の傾向を示し、主に東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。(それぞれEW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層と分類。) いずれの断層もそれぞれ断層面内に厚さ数mm程度の細粒物質を伴う断層(開離型断層)と、断層面内に細粒物質を伴わない断層(ゆ着型断層)に分類される。
- NS系逆断層は広域応力場との関連が、EW系正断層は重力性の引張力との関連がそれぞれみられる。一方でNS系正断層及びEW系逆断層については、いずれも広域応力場等相良層へ作用する力との関連はみられない。
- 法面露頭からは、褶曲に伴うと考えられるflexural-slip faultが確認される。
- 敷地及び敷地近傍において、「敷地での存在が想定される断層」として「A-17断層」(南北走向の逆断層)と同傾向で地下深部から連続し地表付近まで及んでいる断層は確認されず、それ以外にも地下深部から地表付近まで及ぶような変位の累積性を有する断層も確認されない。

敷地での存在が想定される断層		敷地の断層の確認		
		調査方法	調査結果	
			確認結果	分類
文献	① 東西走向の正断層 ①' 南北走向の逆断層 (西北西-東南東圧縮系断層) ①'' 北北西-南南東圧縮系断層	変動地形学的調査※1	確認されない。	・EW系正断層 (H断層系※2)
		地下構造調査	複数の平行する南傾斜の断層群が想定される。	
		露頭調査	主に東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。 いずれの断層も、断層面に細粒物質を伴わない断層と、細粒物質を伴う断層が確認される。	・EW系正断層 ・NS系逆断層 ・EW系逆断層 ・NS系正断層 (それぞれ開離型断層、ゆ着型断層に分類される。)
	② 褶曲に伴う断層 (層面すべり) (flexural-slip fault))	変動地形学的調査※1	確認されない。	・flexural-slip fault
露頭調査(法面)	flexural-slip faultである可能性のある黒色の境界層が確認される。			
従来審査	③A-17断層	変動地形学的調査※1	確認されない。	
		地下構造調査		
		露頭調査		
その他の断層		変動地形学的調査※1	確認されない。	
		地下構造調査		
		露頭調査		

※1 変動地形学的調査結果については、「2.敷地の地形」参照。

※2 H断層系の詳細については、「4.H断層系の活動性評価」参照。

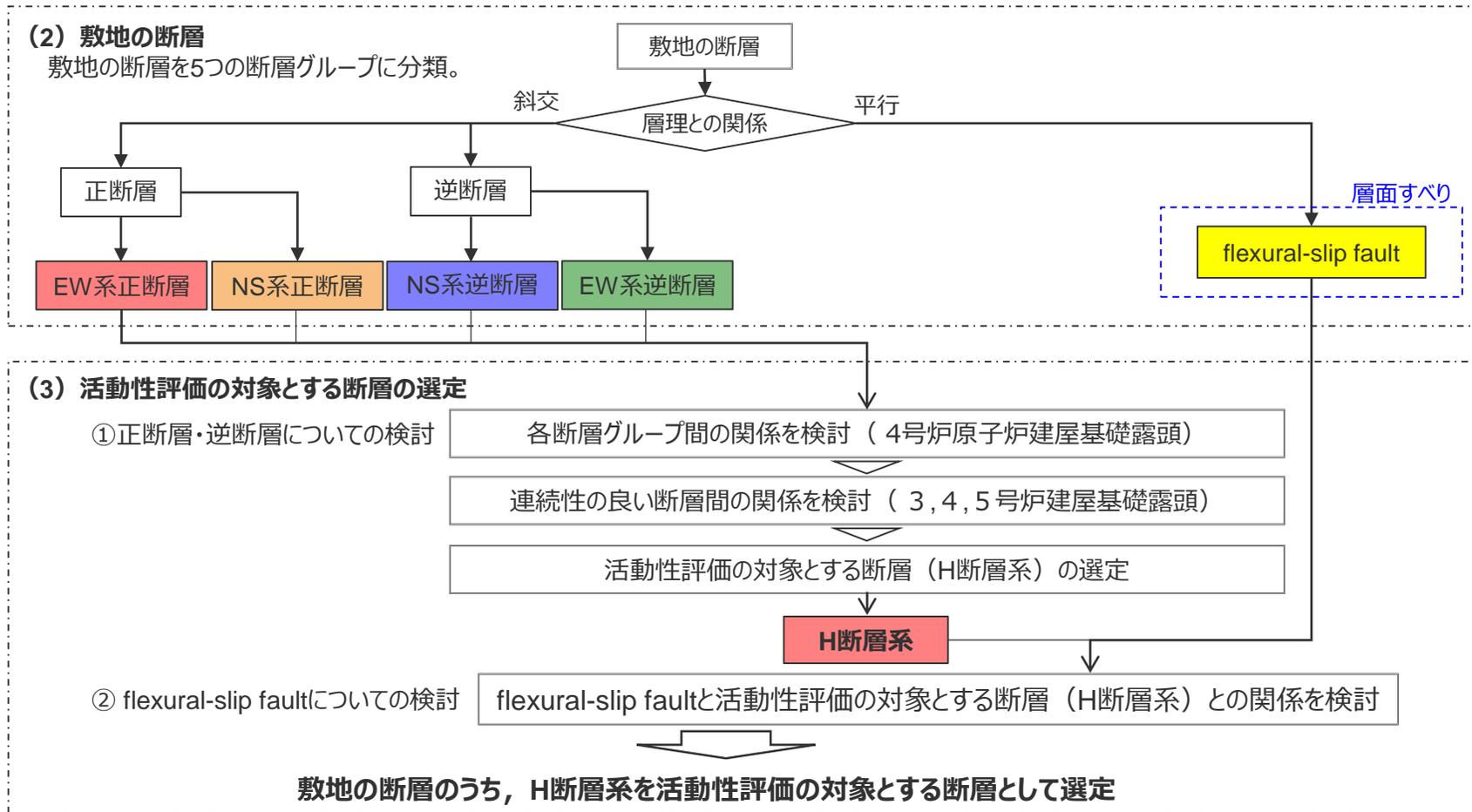
(3) 活動性評価の対象とする断層の選定

【検討内容】

「(2)敷地の断層」の分類に従い分類された断層の切り切れ関係から、活動性評価の対象とする断層を選定する。

本節の検討の流れ

- 前節において確認，分類した敷地の断層から，活動性評価の対象とする断層の選定を行う。
- 検討は，まず，正断層・逆断層（EW系正断層，NS系正断層，NS系逆断層，EW系逆断層）について，4号炉原子炉建屋基礎露頭より各断層グループ間の関係を検討した後，検討範囲を3，4，5号炉建屋基礎露頭に拡張し連続性の良い断層間の関係を検討したうえで，敷地の正断層・逆断層から活動性評価の対象とする断層を選定する。
- 次いで，flexural-slip faultと活動性評価の対象として選定された断層（H断層系）との関係を検討する。



活動性評価の対象とする断層の選定におけるゆ着型断層／開離型断層の分類について  中部電力

- 当社は、断層面の密着性による断層の分類についての知見（衣笠ほか（1969）等）を踏まえ、敷地の正断層・逆断層について、断層面に軟質な細粒物質を含み断層面が容易に分離する断層を「開離型断層」、断層面に軟質な細粒物質を含まず断層面を挟んだ両盤が密着している断層を「ゆ着型断層」と評価している。
- また、ゆ着型断層が生じ、その後開離型断層ができた可能性があるとの知見（例えば、小断層解析グループ（1973））を踏まえ、ゆ着型断層と開離型断層の切り切れ関係（ゆ着型断層は、開離型断層に一方向的に切られる。）を試掘坑及び法面での露頭調査により確認している。
- 一方で、「1条の断層でも、砂岩を切る部分が癒着型なのに泥岩を切る部分が開離型ということがよくある」という知見（山路（2001））があり、また、敷地内においても長大な法面等の大規模露頭で見られる比較的長い開離型断層の一部には、同一の連続する断層内で部分的にゆ着型断層の性状を示す断層が確認される。（このような断層は、基本的に開離型断層と評価している。）
- 敷地の正断層・逆断層の大半は、ゆ着型断層と開離型断層に明確に分類され、それらの切り切れ関係も基本的には成り立つものと考えられるが、上記を踏まえれば、既存の調査結果においては、大部分で開離型の性状を示す断層が、観察範囲が限定的または他の断層に切られているなどの影響により比較的短い断層として確認される場合、その部分的な性状でゆ着型断層と評価された結果が含まれる可能性も考えられる。
- そこで、活動性評価の対象とする断層の選定にあたっては、ゆ着型・開離型の分類を使用せず検討を行う。

<参考> 山路（2001）の概要

- 小断層解析についての総説として、小断層解析の理論、研究史、露頭での注意点、今後の課題・展望等を論じている。
- 「露頭観察の注意点を学ぶのによい」文献として衣笠ほか（1969）と岩松・横田（1969）を挙げるとともに、「60年代に開発された小断層の記載法は今日でも役にたつ」とし、「小断層解析をおこなう者にとって必読の文献」として垣見ほか（1966）や衣笠ほか（1969）を挙げている。
- 一方で、露頭での記載の問題として、小断層の記載法に関し、「衣笠ほか（1969）によるクライテリアが使われているが、実際に使ってみて不満感を禁じ得ない。彼らは断層面を掘り出すことができるか否かで、開離型と癒着型を区別している。しかし1条の断層でも、砂岩を切る部分が癒着型なのに泥岩を切る部分が開離型ということがよくある。」としている。

部分的にゆ着型断層の性状を示す開離型断層の例

- 敷地内に見られる比較的長い開離型断層の一部には、同一の連続する断層内で部分的にゆ着型断層の性状を示す断層が確認される。
(このような断層は、基本的に開離型断層と評価している。)



ゆ着型断層と開離型断層両方の性状を示す断層 (逆断層)



1-1拡大

開離型断層の性状 (断層面内に細粒物質を伴う) を示す箇所



1-2拡大

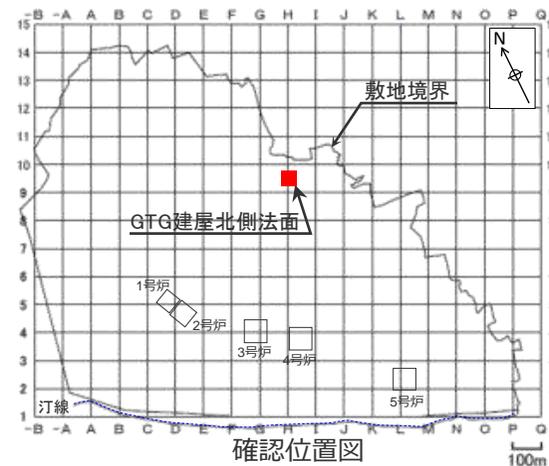


2-1拡大

ゆ着型断層の性状 (断層面内に細粒物質を伴わない) を示す箇所



2-2拡大



確認位置図

① 正断層・逆断層についての検討

各断層グループ間の関係（4号炉原子炉建屋基礎露頭）



連続性の良い断層間の関係（3, 4, 5号炉建屋基礎露頭）



活動性評価の対象とする断層の選定



② flexural-slip faultについての検討

flexural-slip faultと活動性評価の対象とする断層（H断層系）との関係



各断層グループ間に関する関係についての調査地点

各断層グループ間に関する関係について検討するにあたり、関連する前節までの検討結果は以下の通りである。

「1.既往知見等の整理」

- 敷地及び敷地近傍には、新第三系の相良層群が一様に分布する。
- 敷地において、活断層及び地すべり地形の存在を示唆する文献は確認されない。
- 敷地及び敷地近傍には、北東-南西方向の新第三系及び下部更新統の褶曲構造が認められ、比木向斜の褶曲軸が敷地内を通る。
- 敷地近傍には東西走向正断層、南北走向逆断層をはじめとした小断層がみられる。(鈴木(1972)、Hirono(1998))

「2.敷地の地形」

- 敷地には活断層を示唆する変動地形や地すべり地形は認められない。

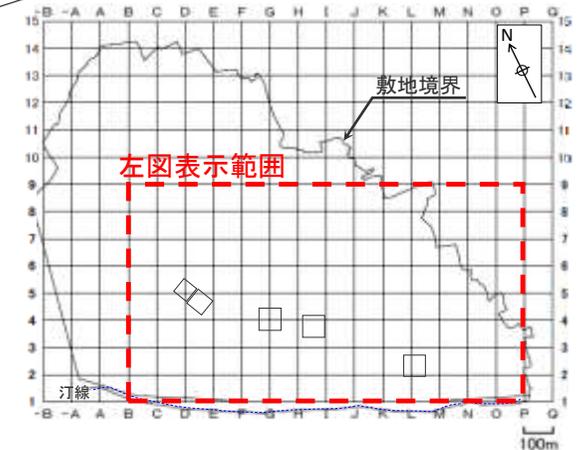
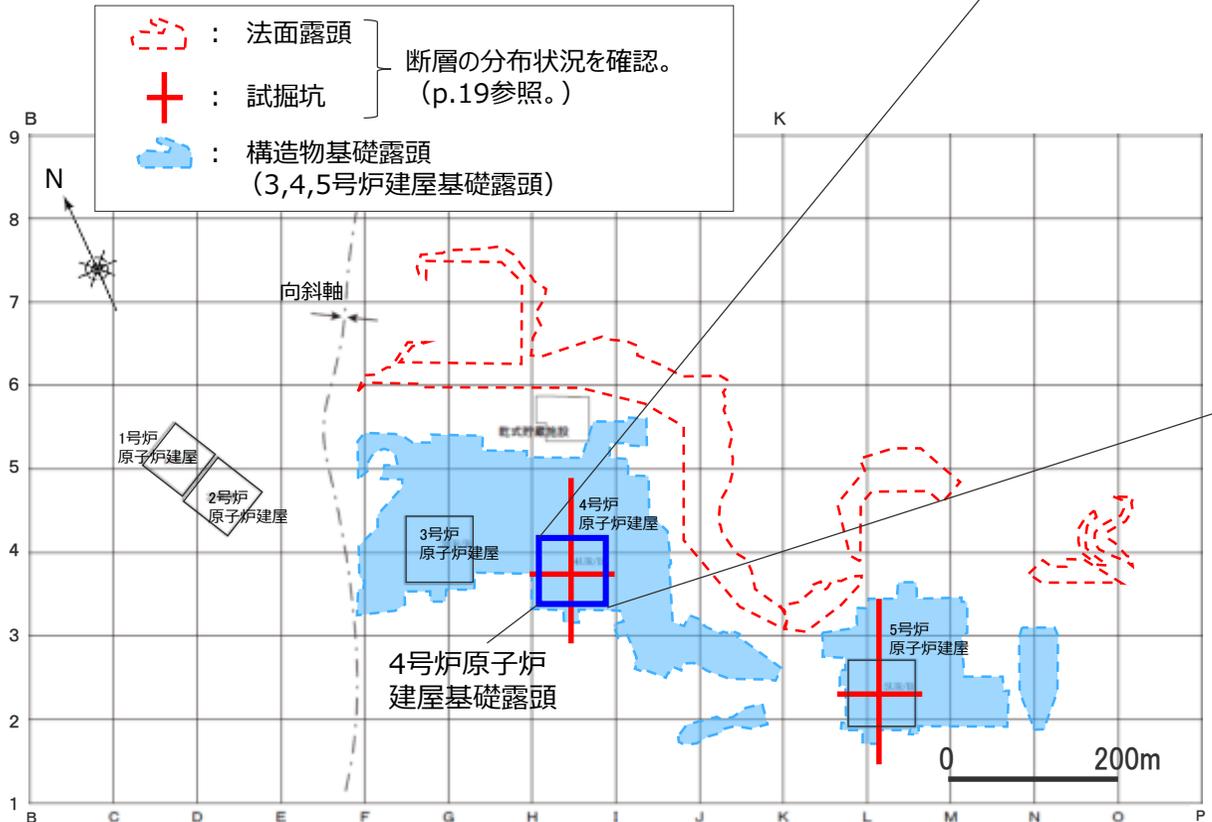
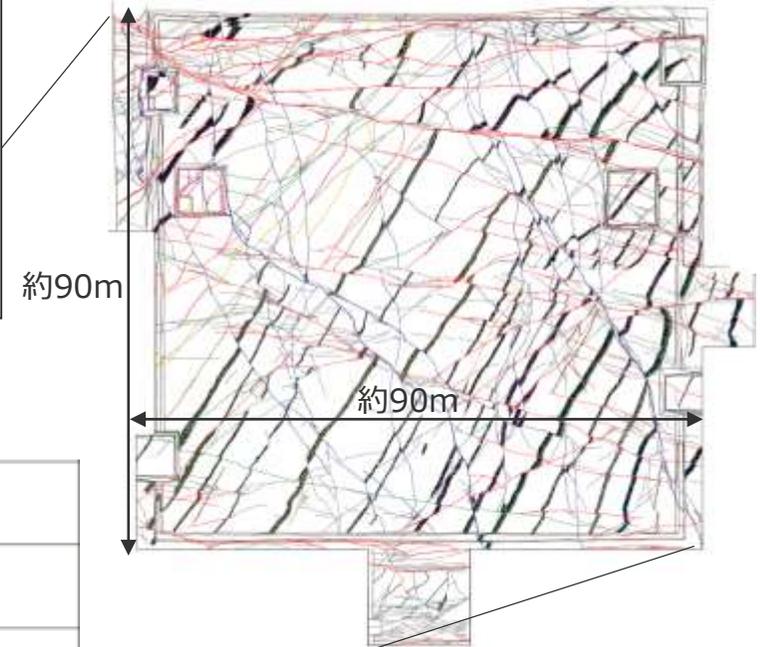
「3.敷地の地質・地質構造」(前節まで)

- 敷地には相良層群相良層が一様に分布する。
- 敷地極近傍の相良層には、北北東-南南西方向の向斜軸(比木向斜)が認められる。
- 法面・試掘坑により敷地内の広範囲の露頭を調査したところ、いずれの露頭においても、主に東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。(それぞれEW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層と分類。)

同一の地質構造(比木向斜)内にあり、かつ一様な地質(相良層群相良層)である敷地において、広範囲な露頭調査を実施したところ、いずれの露頭においても、同様の断層が分布すると確認できていることから、まずは敷地内で詳細な観察記録(1/100スケッチ)のある4号炉原子炉建屋基礎露頭で代表してEW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層の切り切れ関係を検討する。

調査地点位置及び検討対象断層

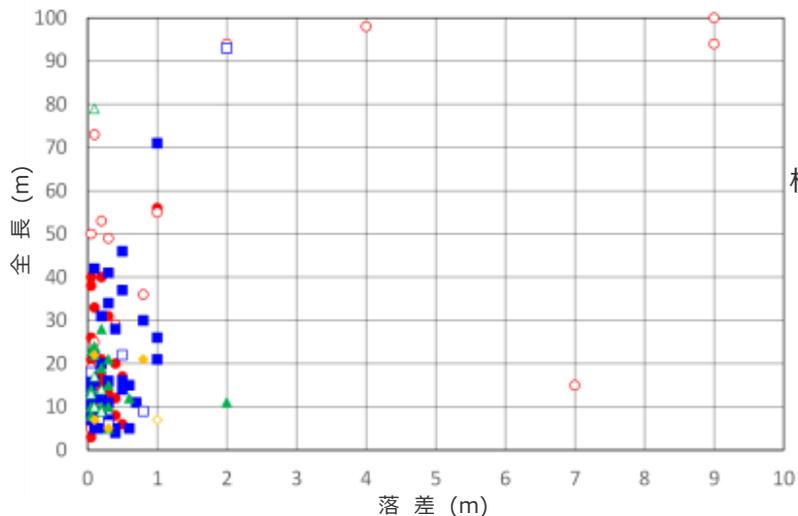
- 詳細な露頭観察記録（1/100スケッチ）のある4号炉原子炉建屋基礎露頭において、EW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層の最新活動時期の関係を、断層間の切り切れ関係から検討した。
- 検討対象とする断層は、スケッチに記載された傾斜方向と鍵層（凝灰岩層または砂岩層）の変位方向によって断層の変位センスが確認できる断層とした。なお、傾斜の記載がない、または鍵層を横断していない断層は、小規模な断層の中でも特に小規模であることから検討対象から除外した。
（露頭観察記録の詳細はp.27及び第817回審査会合 机上配布資料2参照。）



切られることが確認できる断層／確認できない断層への分類

- 4号炉原子炉建屋基礎露頭で確認される断層について、同露頭範囲内において、他の断層に、切られることが確認できる（スケッチ上で、切られた断層の片割れが確認できる）断層と、切られることがと確認できない（スケッチ上で、切られた断層の片割れが確認できない）断層に分類して以降の検討を実施した。

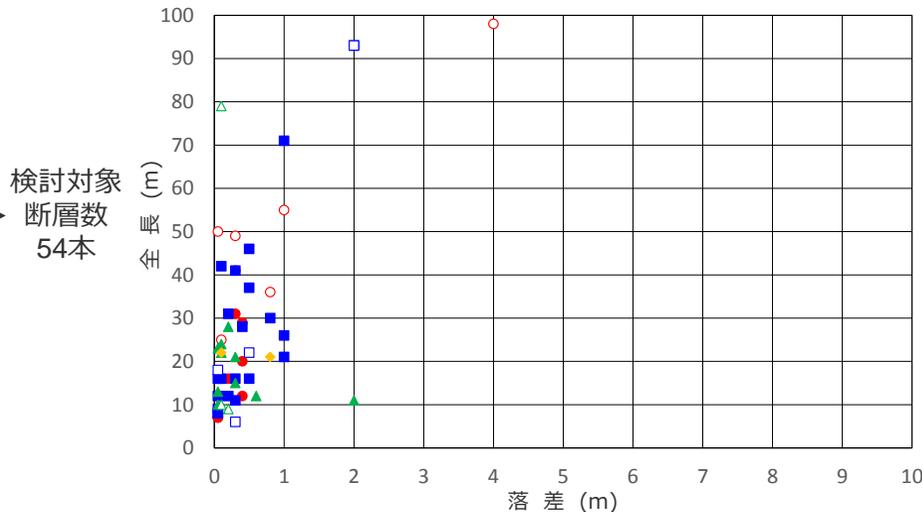
● EW系正断層 ■ NS系逆断層
▲ EW系逆断層 ◆ NS系正断層
白抜きは断層端部のうち少なくとも一方が確認範囲外にあり、全長が確定できない断層



4号炉原子炉建屋基礎露頭 断層の落差-全長関係 (p.27再掲)

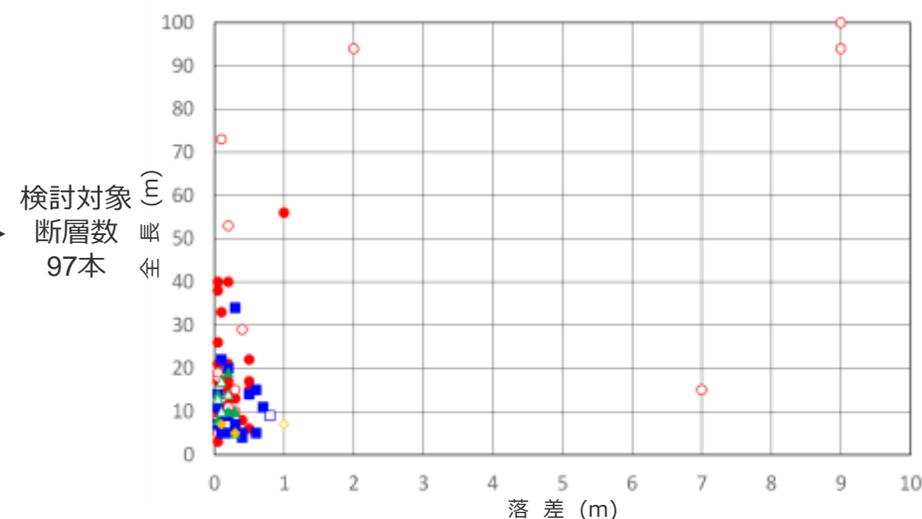
検討対象
断層数
151本

切られることが確認できる断層



検討対象
断層数
54本

切られることが確認できない断層



検討対象
断層数
97本

各断層グループ間の切り切れ関係

- まず、他の断層に切られることが確認できる断層に着目し、これらの断層とこれらの断層を切る断層を示す。
- 各断層グループの切り切れ関係を見ると、EW系正断層とNS系逆断層、NS系逆断層とEW系逆断層、EW系逆断層とEW系正断層はそれぞれ互いに切り切れ関係にある。
- NS系正断層は、EW系正断層に切られる。(NS系逆断層を切るNS系正断層(4R-79)もEW系正断層に切られる。)

各断層の切り切れ関係

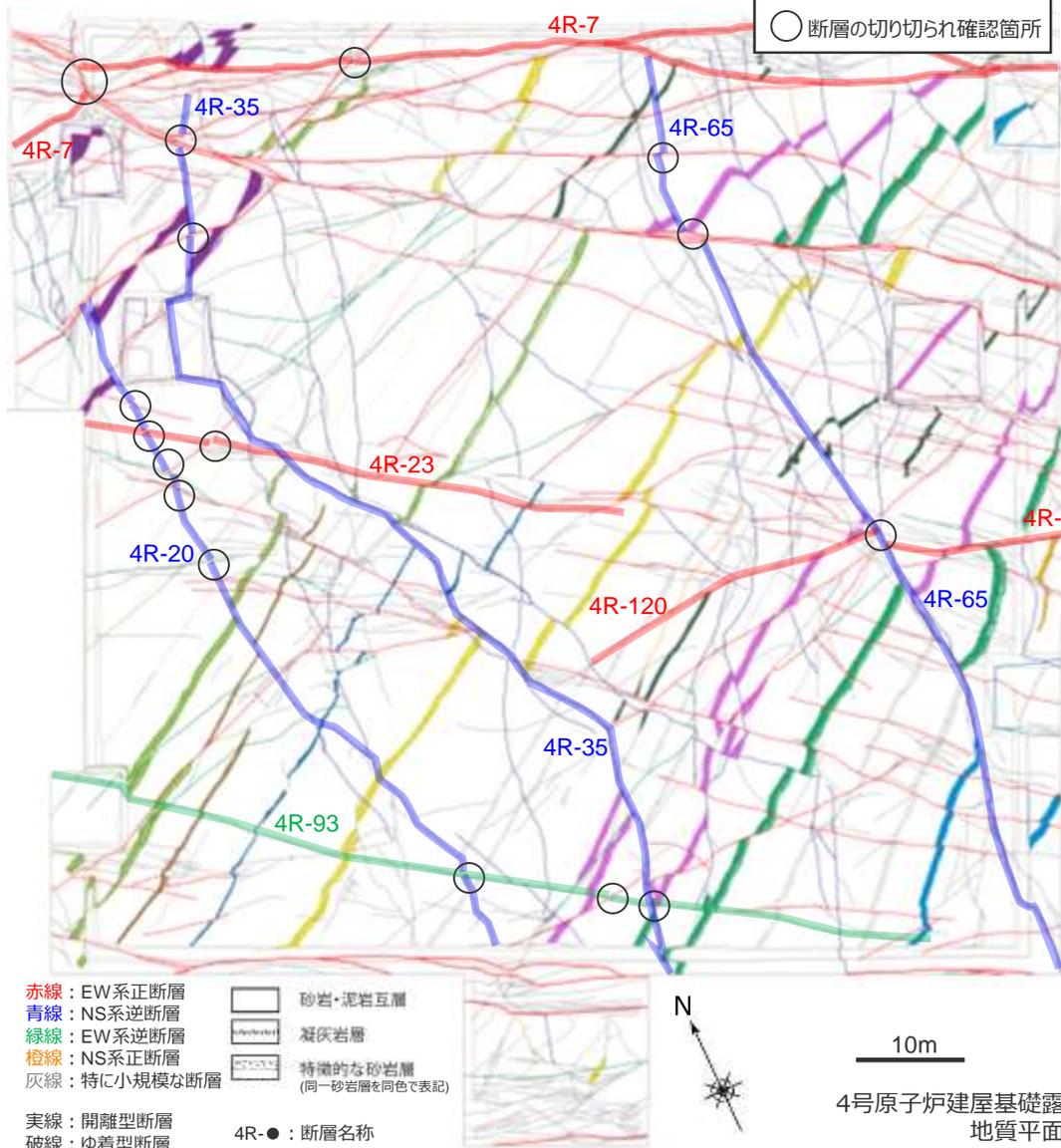
断層A 切られることが 確認できる断層	断層B 断層Aを切る断層 (断層Bが断層Aを切る)												
	断層名称及び 断層グループ		断層名称及び 断層グループ		断層名称及び 断層グループ		断層名称及び 断層グループ		断層名称及び 断層グループ				
4R-7	EW正	4R-4	EW正	4R-19	EW正								
4R-10	EW逆	4R-11	NS逆										
4R-11	NS逆	4R-13	EW正										
4R-14	NS逆	4R-18	EW逆										
4R-15	NS逆	4R-18	EW逆										
4R-17	EW逆	4R-19	EW正										
4R-19	EW正	4R-4	EW正	4R-31	EW正								
4R-20	NS逆	4R-21	EW正	4R-22	EW正	4R-23	EW正	4R-24	EW逆	4R-87	EW逆	4R-93	EW逆
4R-23	EW正	4R-39	EW正										
4R-34	EW正	4R-35	NS逆										
4R-35	NS逆	4R-4	EW正	4R-19	EW正	4R-111	EW正	4R-112	EW正				
4R-36	NS逆	4R-21	EW正	4R-35	NS逆	4R-91	EW逆	4R-106	EW逆				
4R-37	NS逆	4R-38	EW正										
4R-39	EW正	4R-24	EW逆										
4R-41	NS逆	4R-44	EW逆										
4R-43	EW逆	4R-41	NS逆										
4R-44	EW逆	4R-36	NS逆	4R-42	EW逆	4R-48	EW正						
4R-45	EW逆	4R-48	EW正										
4R-46	NS逆	4R-4	EW正	4R-43	EW逆	4R-44	EW逆	4R-47	EW逆				
4R-47	EW逆	4R-41	NS逆	4R-48	EW正								
4R-51	NS逆	4R-4	EW正	4R-50	EW正								
4R-53	EW逆	4R-31	EW正										
4R-57	EW正	4R-48	EW正	4R-116	EW正								
4R-58	NS逆	4R-56	EW正										
4R-59	NS逆	4R-57	EW正										
4R-64	NS逆	4R-117	NS逆	4R-118	EW正	4R-120	EW正						
4R-65	NS逆	4R-4	EW正	4R-50	EW正								
4R-70	NS逆	4R-67	EW正										
4R-72	NS逆	4R-4	EW正										
4R-75	NS逆	4R-48	EW正	4R-80	EW正								
4R-77	EW正	4R-65	NS逆										
4R-79	NS正	4R-82	EW正										
4R-81	NS逆	4R-79	NS正	4R-82	EW正								
4R-88	EW逆	4R-93	EW逆										
4R-89	EW正	4R-93	EW逆										
4R-90	EW逆	4R-20	NS逆	4R-93	EW逆								
4R-93	EW逆	4R-35	NS逆	4R-109	EW正								
4R-97	NS逆	4R-7	EW正										
4R-100	NS逆	4R-23	EW正	4R-35	NS逆	4R-93	EW逆	4R-117	NS逆				
4R-107	NS逆	4R-93	EW逆										
4R-108	EW逆	4R-118	EW正										
4R-109	EW正	4R-35	NS逆	4R-118	EW正	4R-126	EW正	4R-149	NS逆				
4R-120	EW正	4R-65	NS逆										
4R-122	NS正	4R-120	EW正										
4R-123	NS逆	4R-71	EW正	4R-139	EW正	4R-140	EW正	4R-141	EW正				
4R-124	NS逆	4R-125	EW正										
4R-125	EW正	4R-118	EW正										
4R-127	NS逆	4R-109	EW正	4R-126	EW正								
4R-128	EW正	4R-109	EW正										
4R-130	NS逆	4R-109	EW正	4R-126	EW正								
4R-134	EW正	4R-65	NS逆										
4R-136	EW逆	4R-135	EW正										
4R-138	EW正	4R-64	NS逆	4R-135	EW正	4R-137	NS逆						
4R-147	EW逆	4R-93	EW逆										

断層名称(4R-●)が、赤字の断層は他の断層に切られることが確認できる断層を、黒字の断層は他の断層に切られることが確認できない断層を、それぞれ表す。

各断層の詳細については、第817回審査会合机上配布資料2参照。

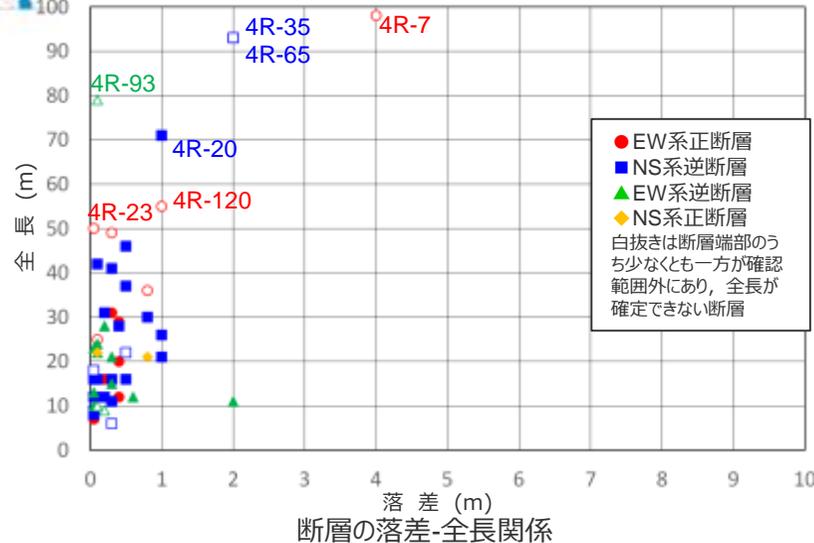
EW正 :EW系正断層 NS正 :NS系正断層
NS逆 :NS系逆断層 EW逆 :EW系逆断層

切られることが確認できる断層の例（全長50m以上の断層）

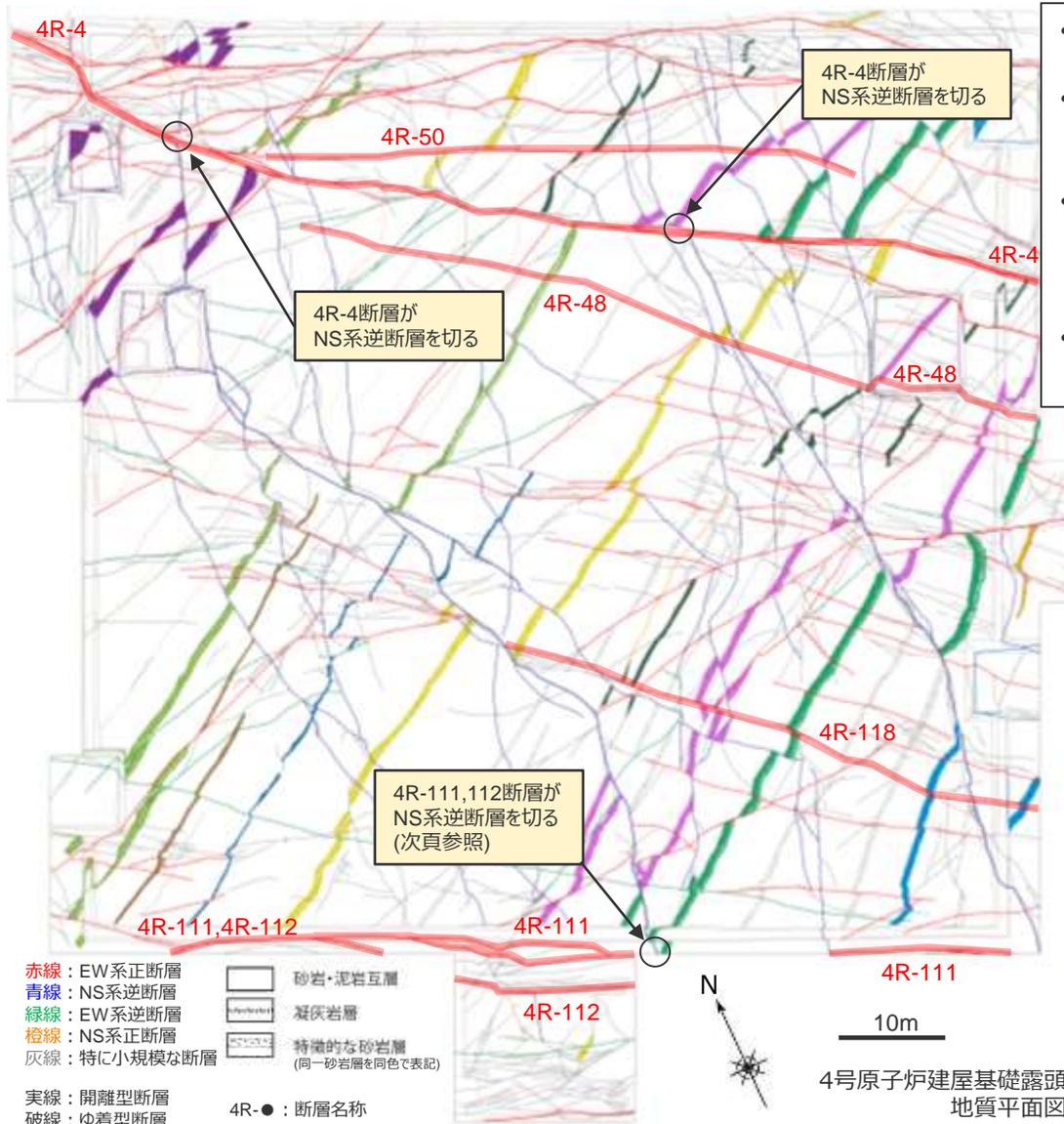


- 他の断層に切られることが確認できる断層（全長50m以上）と他の断層との切り切れ関係を示す。
- EW系正断層とNS系逆断層，NS系逆断層とEW系逆断層，EW系逆断層とEW系正断層はそれぞれ互いに切り切れ関係にある。

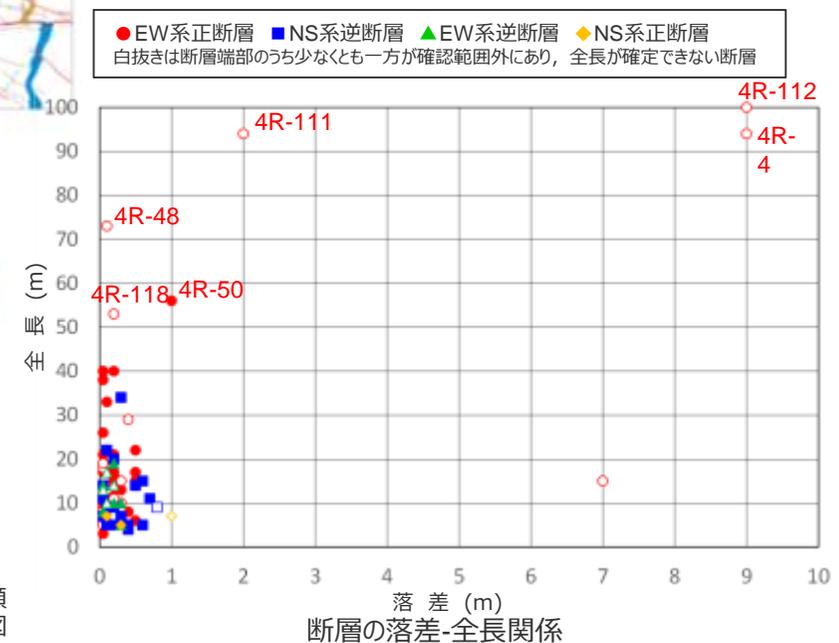
切られる断層	切る断層	切られる断層	切る断層
4R-7 (EW系正断層)	EW系正断層	4R-65 (NS系逆断層)	EW系正断層
4R-20 (NS系逆断層)	EW系正断層 EW系逆断層	4R-93 (EW系逆断層)	EW系正断層 NS系逆断層
4R-23 (EW系正断層)	EW系正断層	4R-120 (EW系正断層)	NS系逆断層
4R-35 (NS系逆断層)	EW系正断層		



切られることが確認できない断層

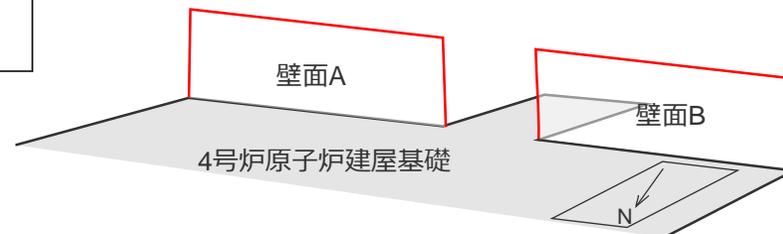


- 他の断層に切られることが確認できない断層に着目し、その連続性、落差について確認した。
- 大半の断層は、短く（全長50m未満）落差も小さい（落差1m未満）断層であり、これらの規模（全長、落差）を上回る断層は、いずれもEW系正断層である。
- EW系正断層には他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層(4R-4,111,112)が見られ、これらの断層は直交するNS系逆断層（EW系正断層及びEW系逆断層と互いに切り切れ関係）を切る。
- EW系正断層のうち、他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層の落差は他のEW系正断層に比べ大きい。

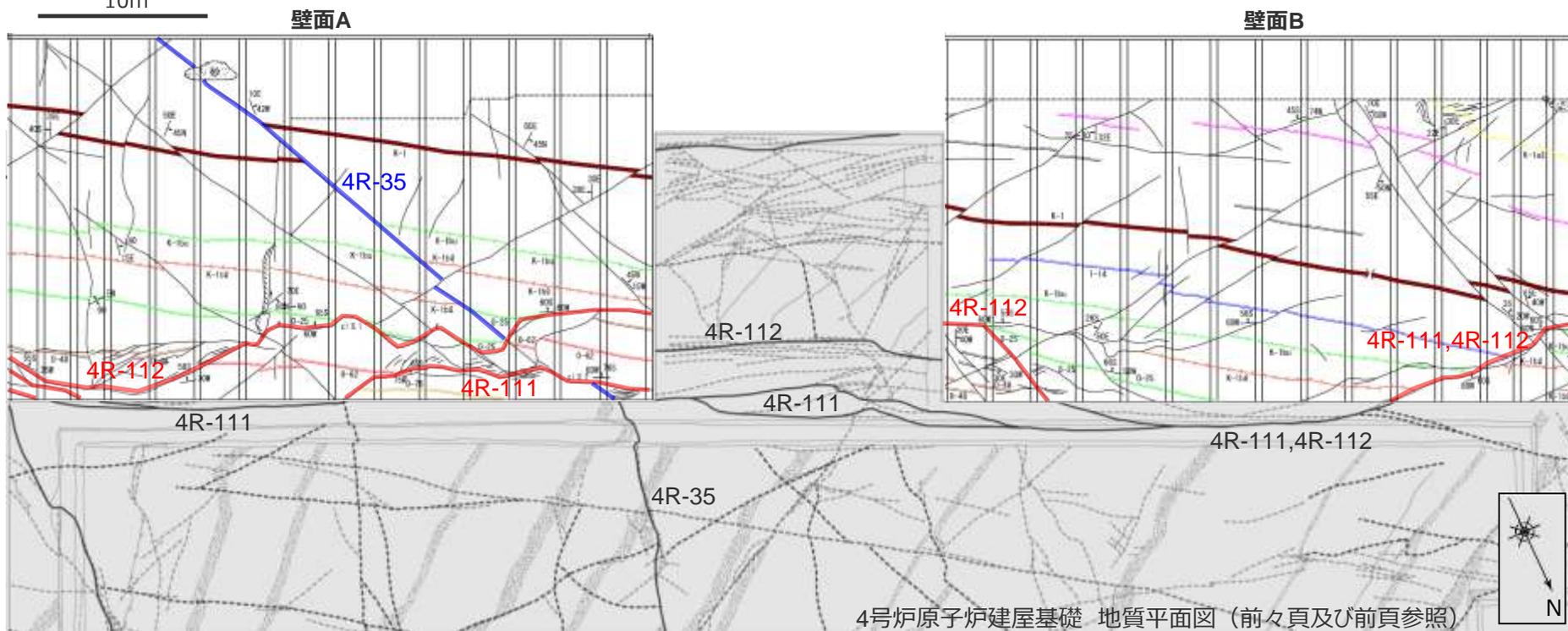


(参考) 4号炉原子炉建屋南側の壁面状況

- 4号原子炉建屋南側壁面では4R-111,4R-112断層（EW系正断層）が分岐（併合）しながら、他の断層に切られずに露頭範囲を超えて連続する。
- 4R-111,4R-112断層は直交する4R-35断層（NS系逆断層）を切る。



4号原子炉建屋基礎露頭（前々頁及び前頁）との位置関係



4号炉原子炉建屋基礎 地質平面図（前々頁及び前頁参照）



各断層グループ間に関する係についての検討結果

4号炉原子炉建屋基礎露頭において、EW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層の関係を、断層間の切り切れ関係から検討した。

検討結果

- 露頭範囲内で他の断層に切られることが確認できる断層に着目すると、EW系正断層とNS系逆断層、NS系逆断層とEW系逆断層、EW系逆断層とEW系正断層はそれぞれ互いに切り切れ関係にあり、NS系正断層はEW系正断層に切られる。
- 他の断層に切られることが確認できない断層に着目すると、大半の断層は短く（全長50m未満）落差も小さい（落差1m未満）断層であり、これらを除く断層は、いずれもEW系正断層のみである。
- EW系正断層には他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層が見られ、これらの断層は直交するNS系逆断層（EW系正断層及びEW系逆断層と互いに切り切れ関係）を切る。
- EW系正断層のうち、他の断層に切られることなく露頭範囲を超えて連続する断層の落差は、他のEW系正断層の落差に比べ大きい。

他の断層に切られることが確認できる断層に着目した各断層グループ間の切り切れ関係からは、NS系正断層については、最新活動時期が一部のEW系正断層よりも古いと考えられるものの、他の断層グループ（EW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層：それぞれ互いに切り切れ）には、最新活動時期に明確な新旧関係は見られない。

しかし、これら互いに切り切れ関係にある断層グループの一つであるNS系逆断層を切り、他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続するEW系正断層（落差が比較的大きい特徴を持つ）が存在することを踏まえれば、EW系正断層のうち、比較的大きい落差を持つ断層の中に最新活動時期が最も新しいと考えられる断層が存在すると考えられる。

これらの断層は他の断層に切られず同露頭範囲を超えて連続することから、確認範囲をさらに拡大して、各断層グループ間の関係を確認するとともに、EW系正断層をさらに細分し、最新活動時期の最も新しい断層の絞り込みを行う。

① 正断層・逆断層についての検討

各断層グループ間の関係（4号炉原子炉建屋基礎露頭）



連続性の良い断層間の関係（3, 4, 5号炉建屋基礎露頭）



活動性評価の対象とする断層の選定

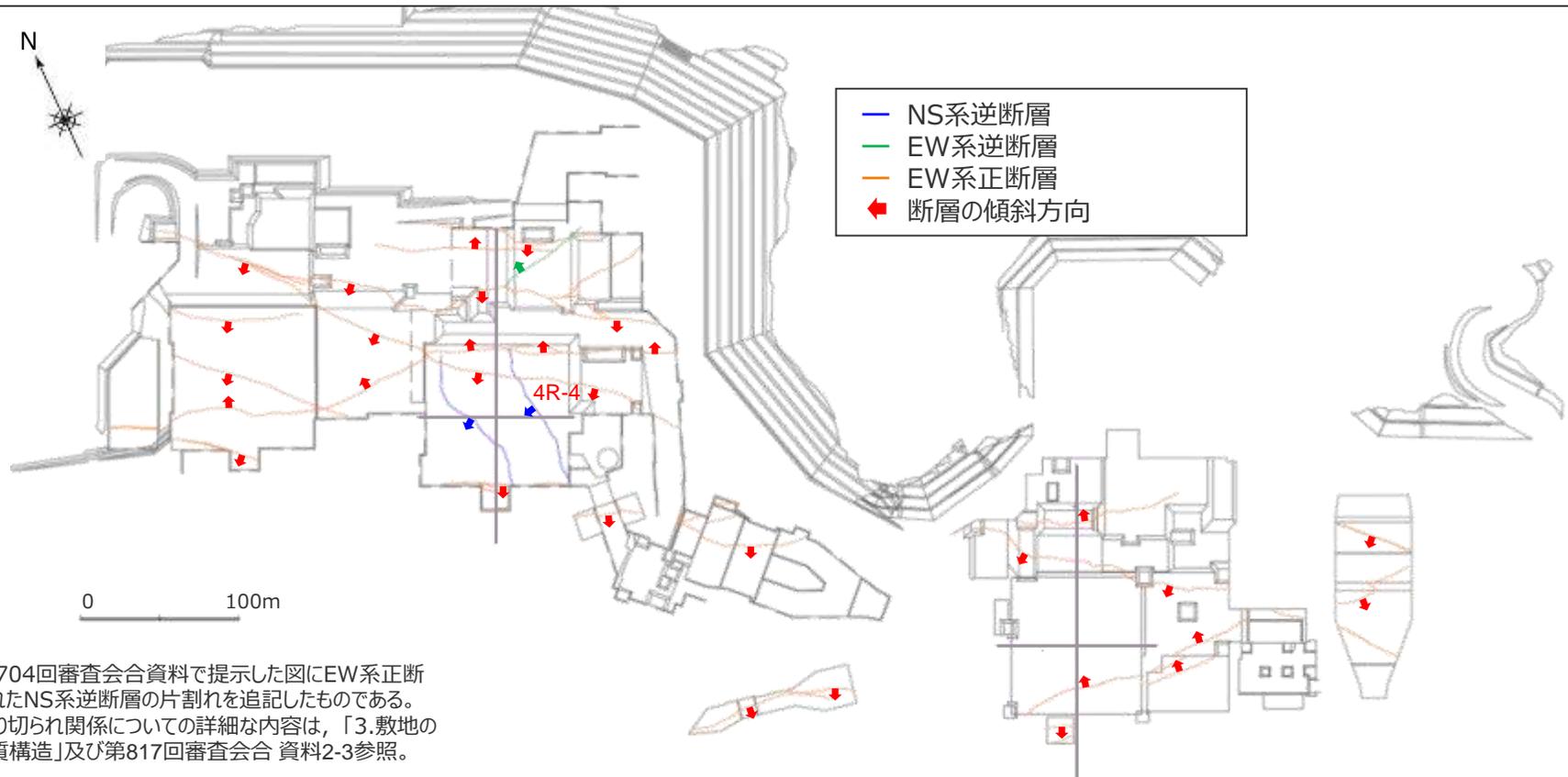


② flexural-slip faultについての検討

flexural-slip faultと活動性評価の対象とする断層（H断層系）との関係

連続性の良い断層の分布 (3,4,5号炉建屋基礎露頭)

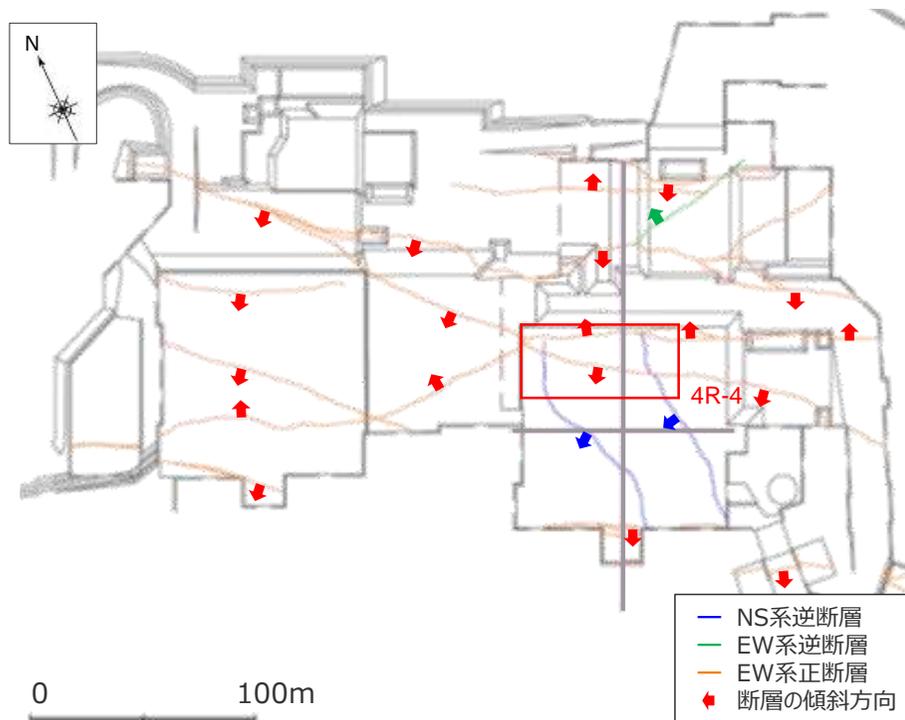
- 連続性の良い断層を対象に、各断層グループ間の関係を確認するとともに、EW系正断層をさらに細分し、最新活動時期の最も新しい断層を絞り込むため、構造物基礎露頭 (3,4,5号炉建屋基礎露頭) において、構造物幅 (80m程度) を超えて切られることなく連続する断層を示す。
- 切られることなく4号炉原子炉建屋基礎露頭範囲を超えて連続するEW系正断層 (4R-4) をはじめ、EW系正断層は、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層に比べ連続性が良く、分岐 (併合) を伴いながら、東西方向に数百mにわたって連続するものもある。
- NS系逆断層は、上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず、これらの正断層に切られる。
- EW系逆断層は、上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず、これらの正断層に規制される。
- NS系正断層には、構造物幅を超えて切られることなく連続する断層は見られない。



上図は第704回審査会合資料で提示した図にEW系正断層に切られたNS系逆断層の片割れを追記したものである。断層の切り切れ関係についての詳細な内容は、「3.敷地の地質・地質構造」及び第817回審査会合資料2-3参照。

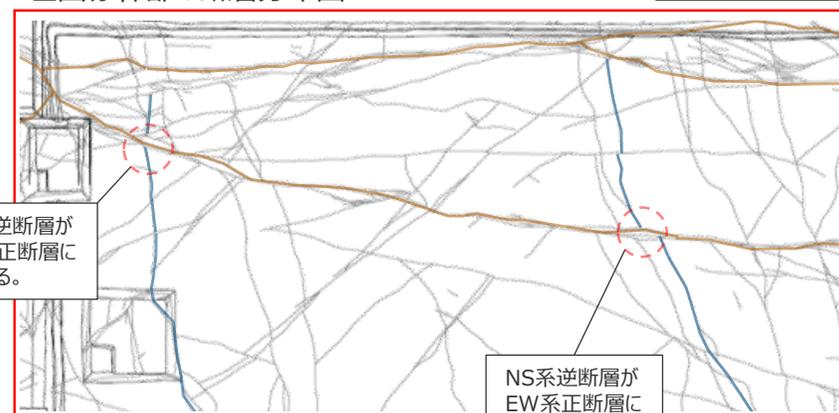
EW系正断層とNS系逆断層の関係(4号炉建屋基礎露頭拡大)

- 切られることなく4号炉原子炉建屋基礎露頭範囲を超えて連続するEW系正断層（4R-4）をはじめ、EW系正断層は、NS系逆断層、EW系逆断層に比べ連続性が良く、分岐（併合）を伴いながら、東西方向に数百mにわたって連続するものもある。
- NS系逆断層は、上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず、これらの正断層に切られる。



左図赤枠部の断層分布図

10m



NS系逆断層がEW系正断層に切られる。

NS系逆断層がEW系正断層に切られる。

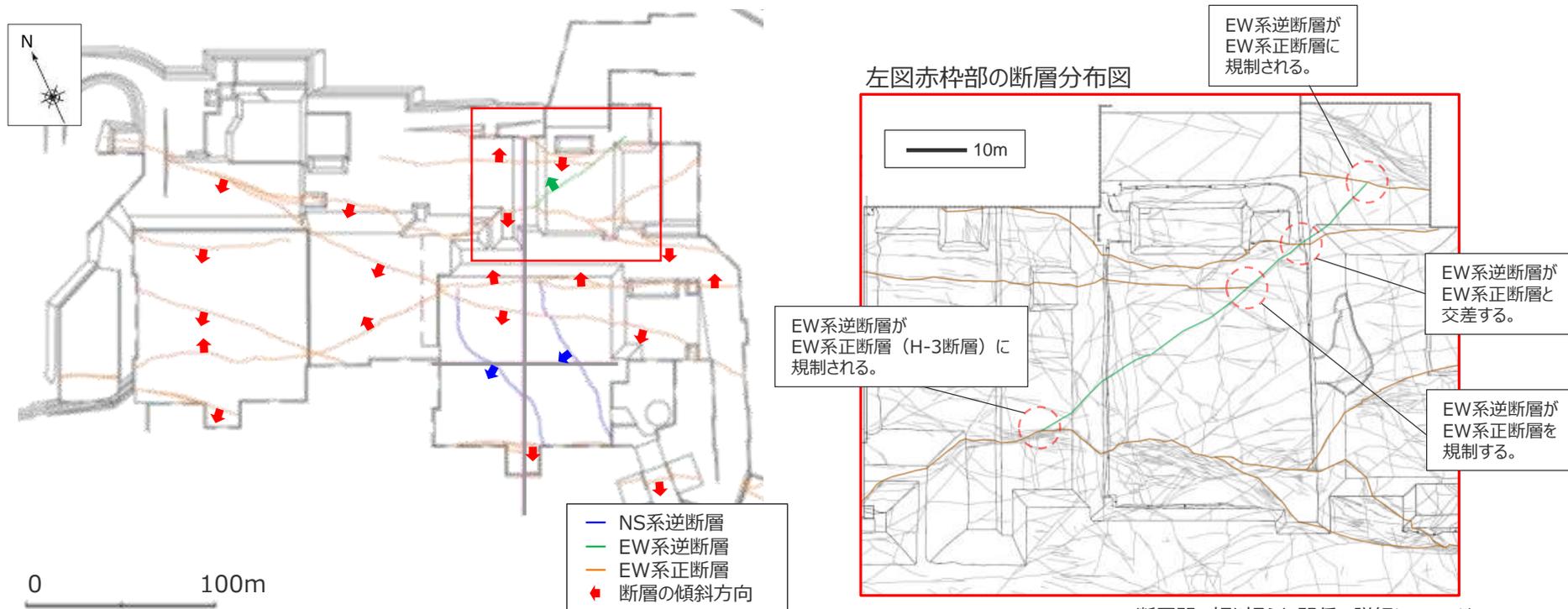
断層間の切り切れ関係の詳細については、第817回審査会合 資料2-3参照。

EW系正断層とEW系逆断層の関係(4号炉建屋基礎露頭拡大)

- EW系正断層は、NS系逆断層、EW系逆断層に比べ連続性が良く、分岐（併合）を伴いながら、東西方向に数百mにわたって連続するものもある。
- EW系逆断層は、上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず、これらの正断層に規制される。
- なお、下図に示すEW系逆断層は、EW系正断層を規制する、またはEW系正断層と交差する箇所があるが、最終的に別のEW系正断層に規制される。

本頁で示すEW系逆断層については、EW系正断層の活動に従属し形成された断層または見かけ逆断層※のEW系正断層である。（詳細は後述）

※ 正断層として形成された後、その断層周辺の地層が回転し傾斜方向が変わることで逆断層のように見えるようになった断層、または、正断層であるが、高角であるためオーバーハングにより表層付近で逆断層のように見える断層。



断層間の切り切り関係の詳細については、第817回審査会合 資料2-3参照。

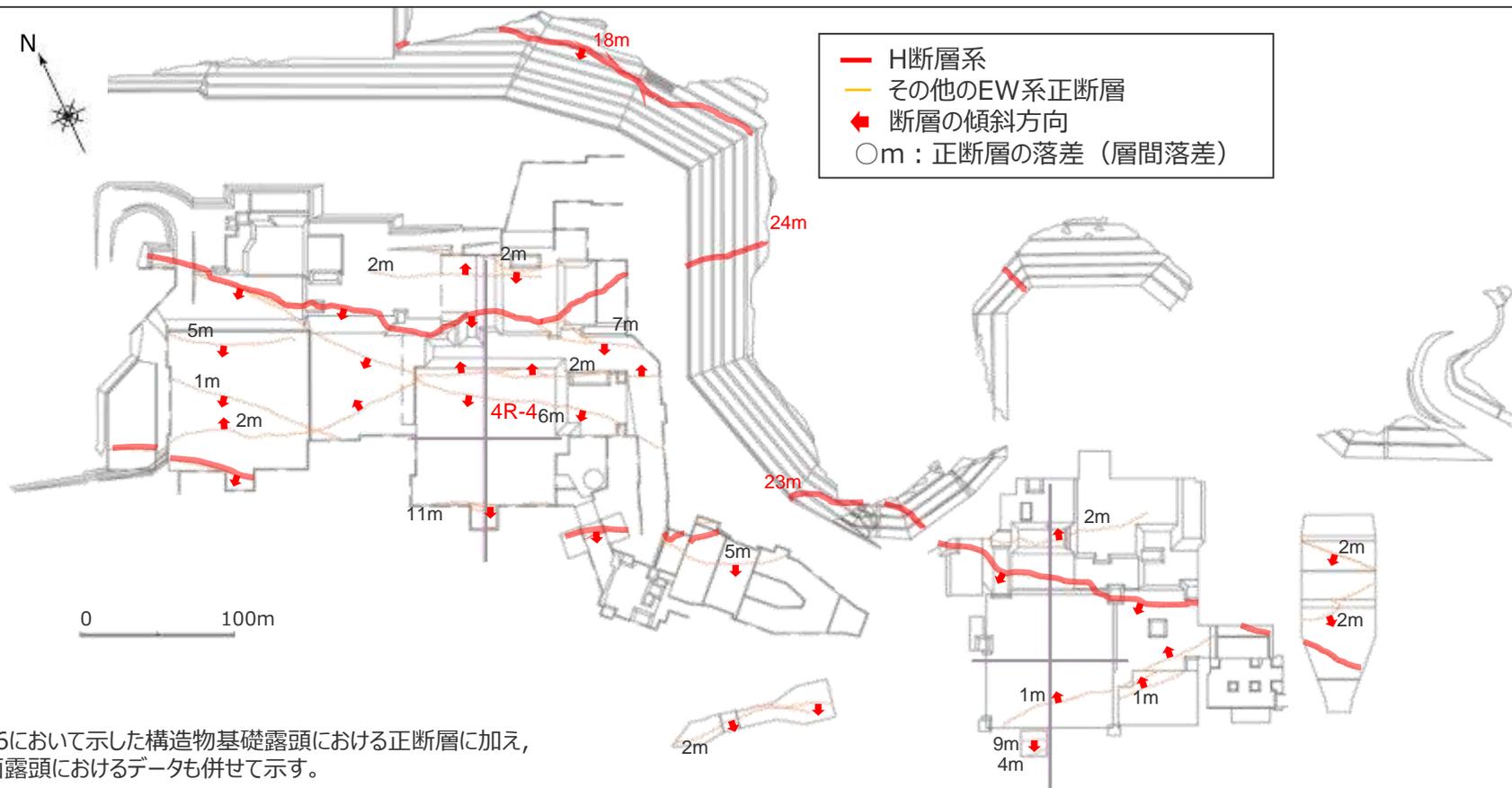
EW系正断層同士の関係（3,4,5号炉建屋基礎露頭）

- 構造物基礎露頭（3,4,5号炉建屋基礎露頭）において、構造物幅（80m程度）を超えて連続するEW系正断層を示す。
- 北傾斜正断層は、南傾斜正断層に切られる。
- 南傾斜正断層には、他の断層に切られたり併合※されたりすることなく東西に数百mに渡って連続する断層が存在する。

※併合関係については、相対的に落差が大きい断層を併合する（連続する）断層、小さい断層を併合される（連続しない）断層とする。

この、他の断層に切られたり併合されたりすることなく数百mにわたって連続する南傾斜のEW系正断層を、H断層系とする。

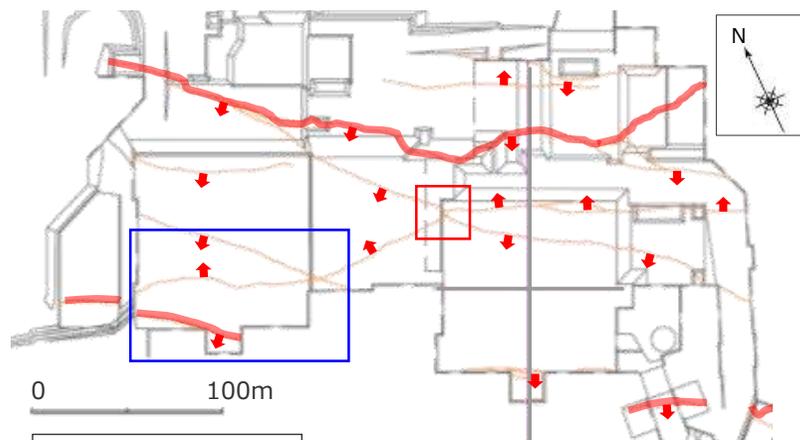
- H断層系は顕著に大きな落差（概ね15m以上）を有する特徴を持ち、一定の間隔を持って平行に分布する。
- 切られることなく4号炉原子炉建屋基礎露頭範囲を超えて連続するEW系正断層（4R-4）は、同露頭の北西においてH断層系に併合される。



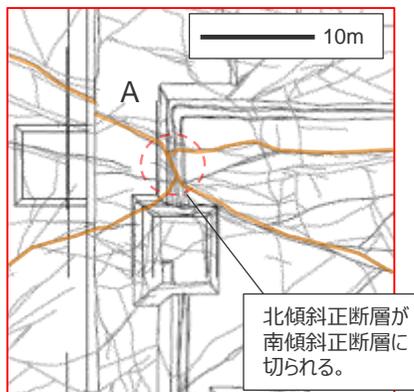
p.56において示した構造物基礎露頭における正断層に加え、法面露頭におけるデータも併せて示す。

EW系正断層同士の関係 (3号炉原子炉建屋基礎露頭拡大)

- 北傾斜正断層は、南傾斜正断層に切られる。
- なお、下図に示す北傾斜正断層は、南傾斜正断層を切る箇所があるが、別の南傾斜正断層に切られる。
- 南傾斜正断層には、他の断層に切られたり併合※されたりすることなく東西に数百mに渡って連続する断層が存在する。(詳細を次頁以降に示す。)
※併合関係については、相対的に落差が大きい断層を併合する(連続する)断層、小さい断層を併合される(連続しない)断層とする。
- この、他の断層に切られたり併合されたりすることなく数百mにわたって連続する南傾斜のEW系正断層を、H断層系とする。



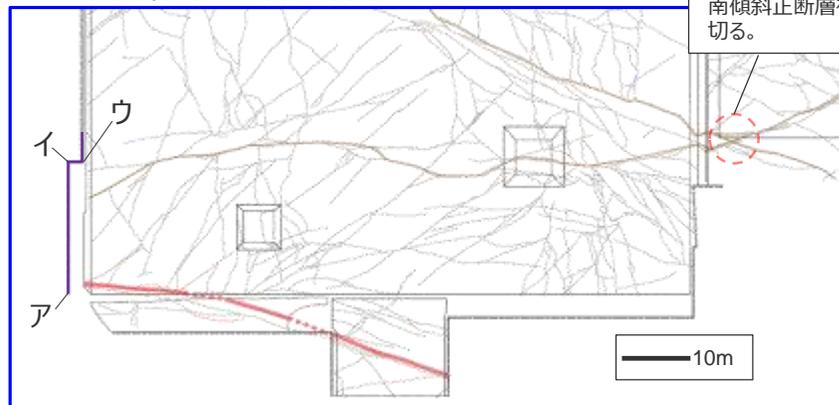
左図赤枠部の断層分布図



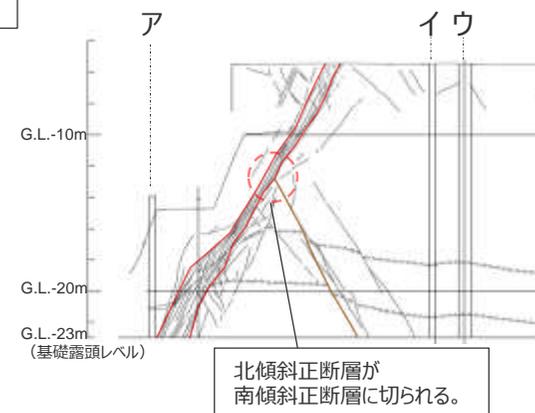
断層間の切り切れ関係の詳細については、
第817回審査会合 資料2-3参照。

- H断層系
- その他のEW系正断層
- ◆ 断層の傾斜方向

左上図青枠部の断層分布図

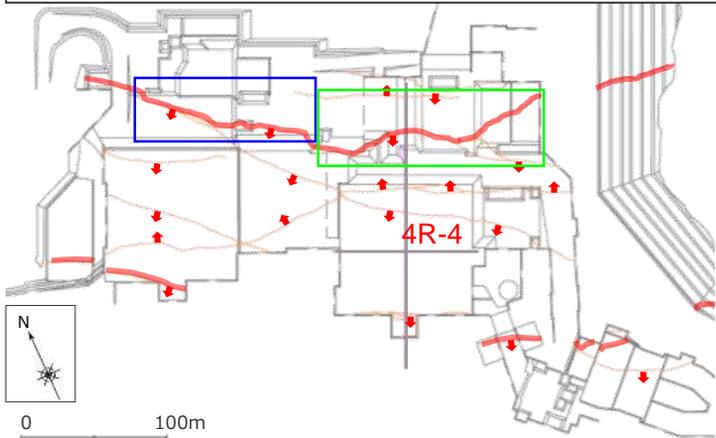


左図ア～ウ区間壁面スケッチ



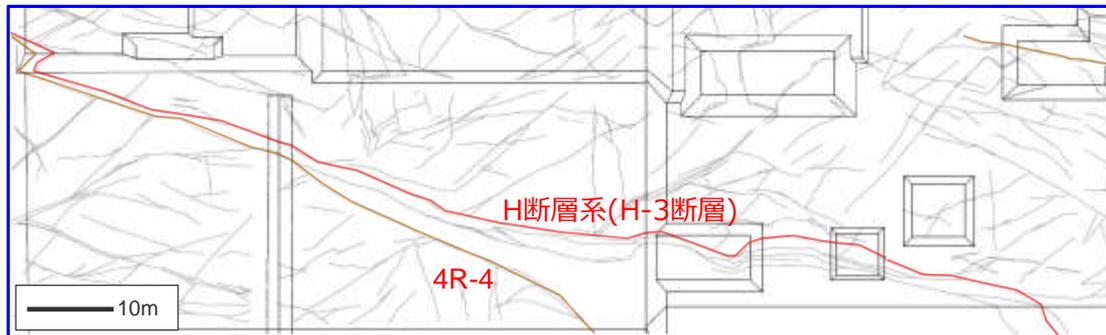
H断層系の連続性（3号炉建屋～4号炉建屋）

- H断層系は、他の断層に切られたり併合されたりすることなく連続する。
- 切られることなく4号炉原子炉建屋基礎露頭範囲を超えて連続するEW系正断層（4R-4）は、同露頭の北西においてH断層系に併合される。

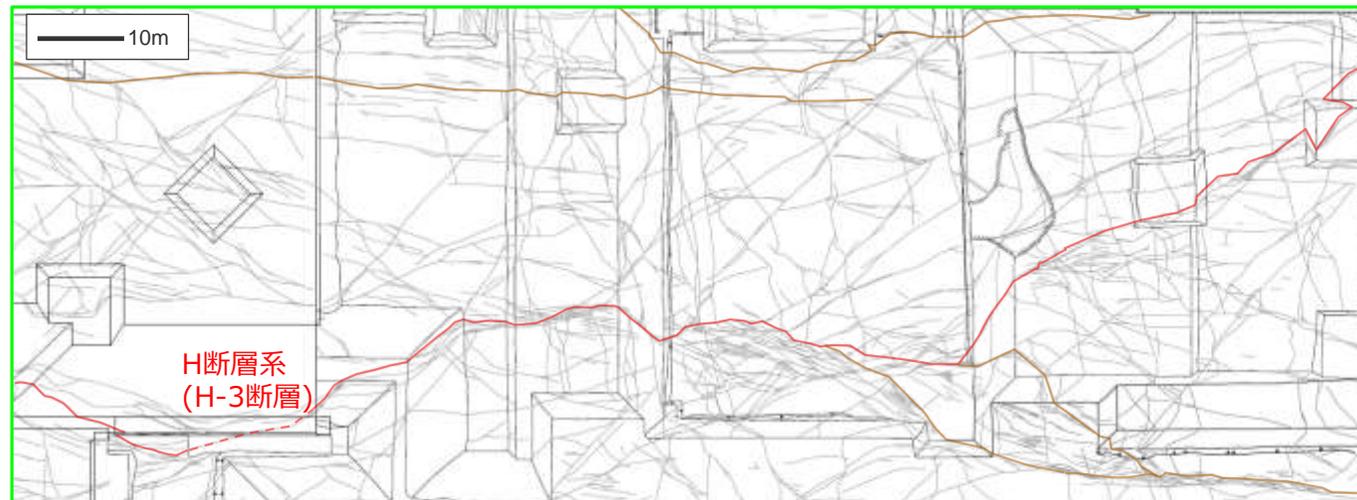


- H断層系
- その他のEW系正断層
- ➡ 断層の傾斜方向

左図青枠部の断層分布図

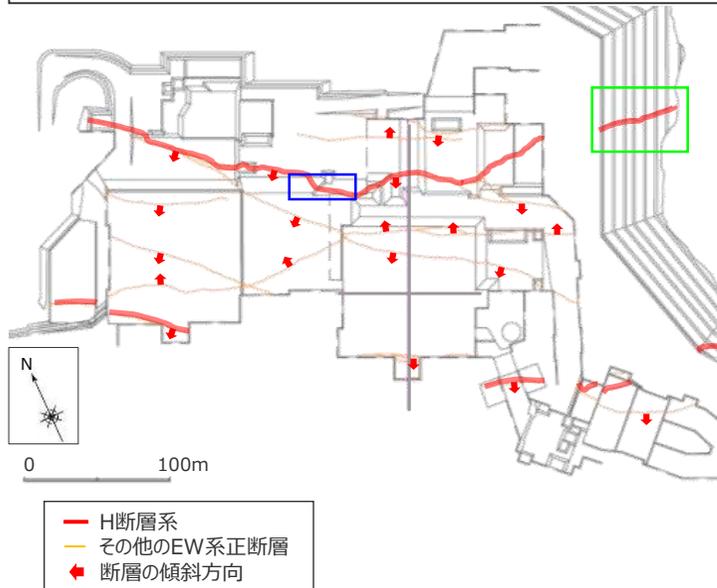


左上図緑枠部の断層分布図

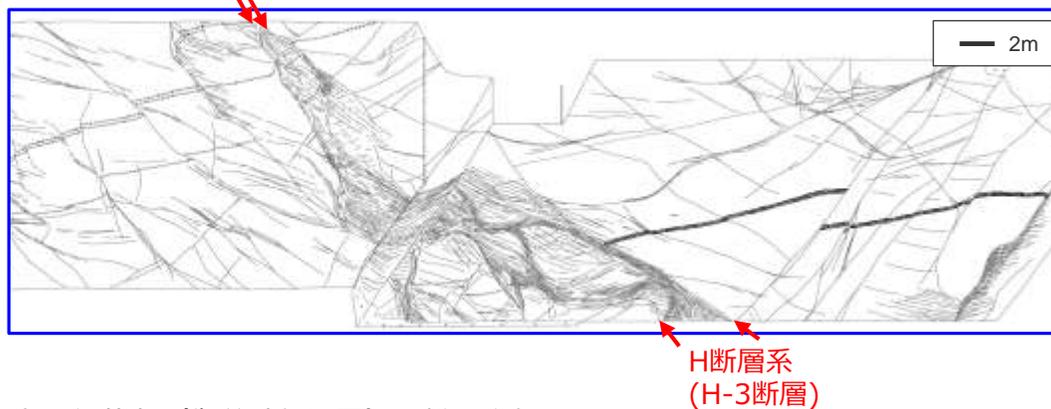


H断層系の連続性（3号炉建屋～4号炉建屋，御前崎側法面）

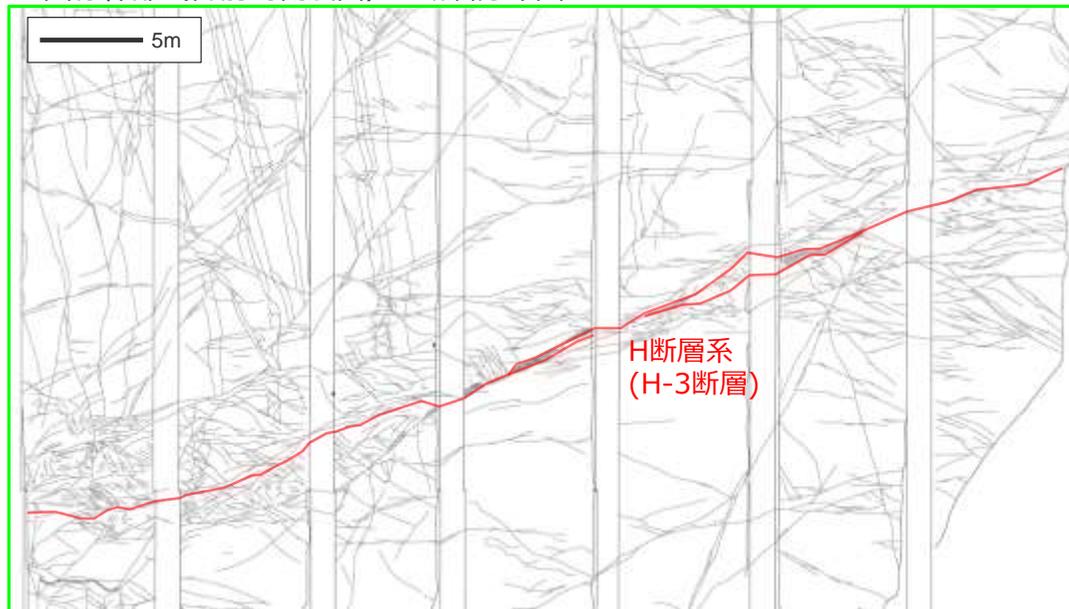
- H断層系は，他の断層に切られたり併合されたりすることなく連続する。



左図青枠部の法面露頭スケッチ

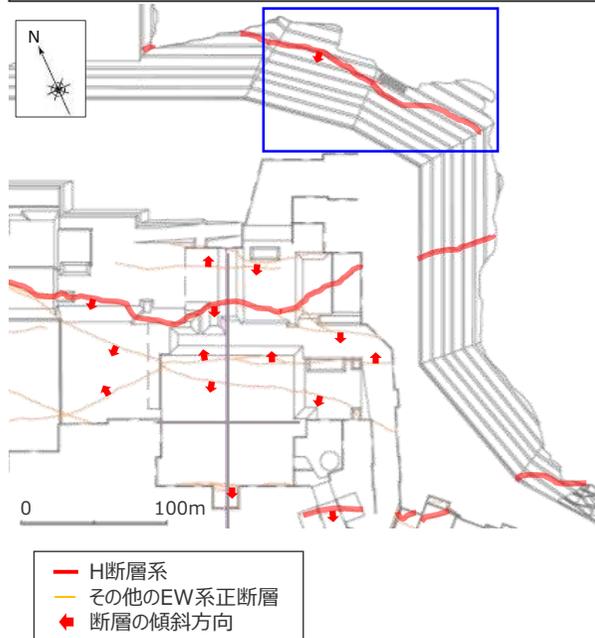


左図緑枠部（御前崎側法面）の断層分布図

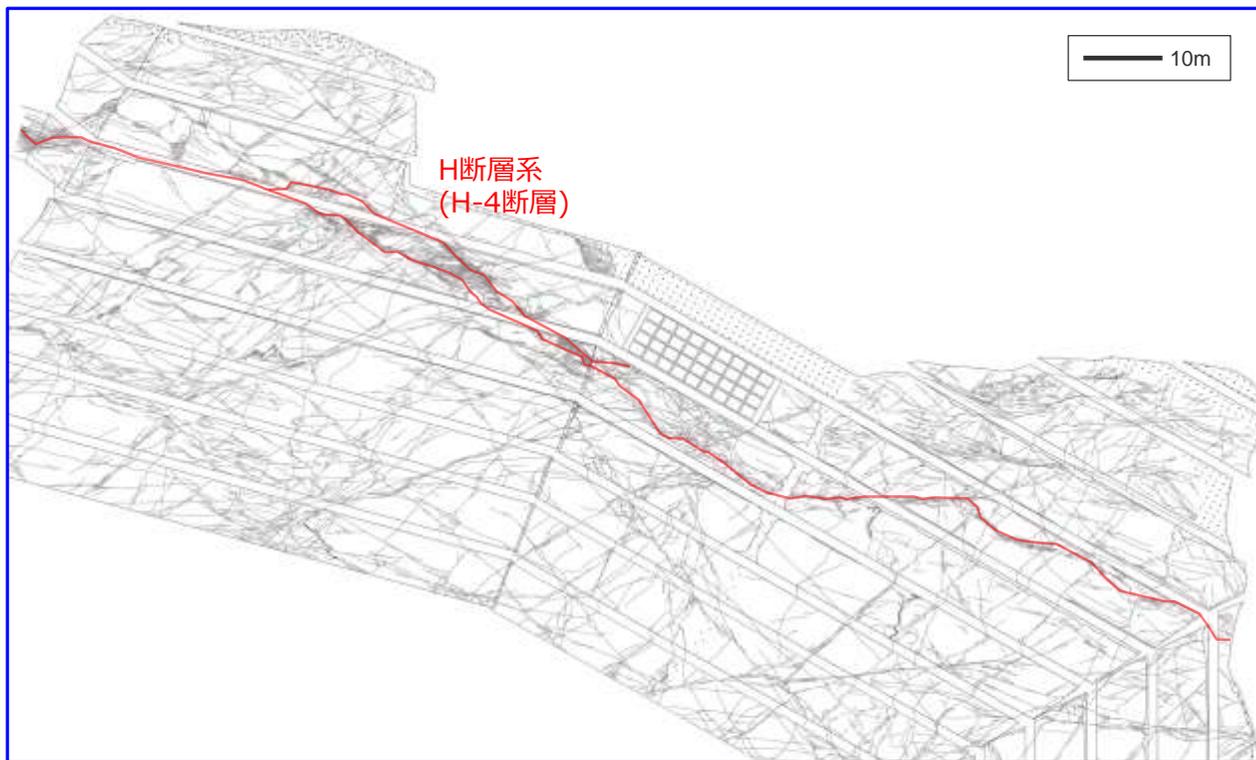


H断層系の連続性（山側法面）

- H断層系は、他の断層に切られたり併合されたりすることなく連続する。

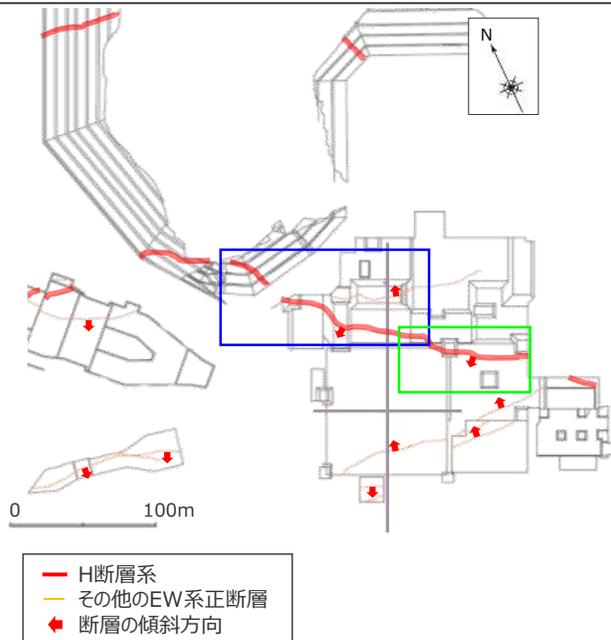


左図緑枠部（山側法面）の断層分布図

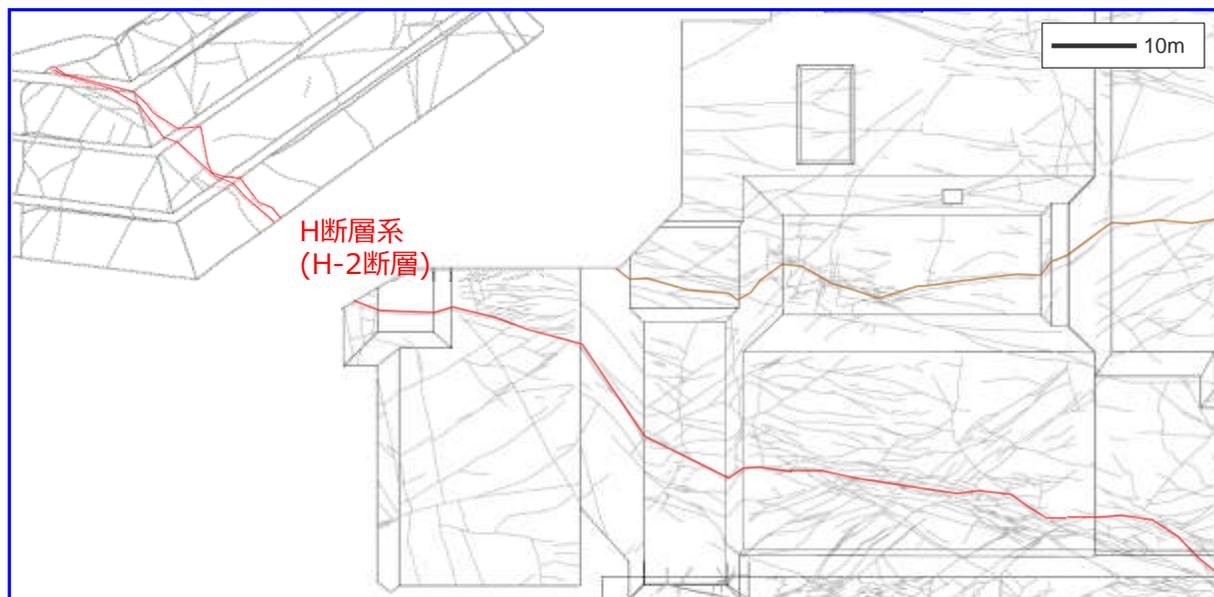


H断層系の連続性 (5号炉建屋)

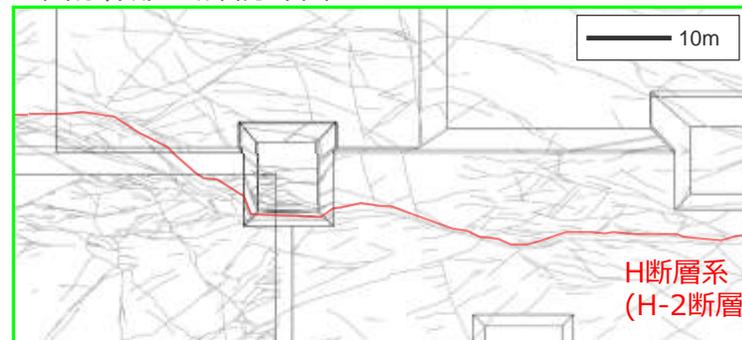
- H断層系は、他の断層に切られたり併合されたりすることなく連続する。



左図青枠部の断層分布図



左図緑枠部の断層分布図



連続性の良い断層間の関係の検討結果

3,4,5号炉建屋基礎露頭において、連続性の良い断層を対象に、各断層グループ間の関係を確認し、EW系正断層をさらに細分し最新活動時期の最も新しい断層の絞り込みを行った。

検討結果

(各断層グループ間の関係)

- EW系正断層は、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層に比べ連続性が良く、分岐（併合）を伴いながら、東西方向に数百mにわたって連続するものもある。
- NS系逆断層及びEW系逆断層は、上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず、NS系逆断層はEW系正断層に切られ、EW系逆断層はEW系正断層に規制される。なお、NS系正断層には、構造物幅を超えて切られずに連続する断層は見られない。

(EW系正断層同士の関係)

- EW系正断層のうち、北傾斜正断層は、南傾斜正断層に切られる。
- 南傾斜正断層には、他の断層に切られたり併合されことなく東西に数百mに渡って連続する断層が存在する。
- この、他の断層に切られたり併合されたりすることなく数百mにわたって連続する南傾斜のEW系正断層を、H断層系とする。
- H断層系は顕著に大きな落差（概ね15m以上）を有する特徴を持つ。

敷地の断層の形成過程についての考察

ここまで検討したEW系正断層・NS系逆断層・EW系逆断層・NS系正断層の特徴を踏まえ、これらの断層グループ間の切り切れ関係から、敷地の断層の形成過程について考察する。

各断層グループの特徴 ((2)敷地の断層 参照)

断層グループ	断層の数の相対関係	断層の落差	断層の全長, 連続性	相良層へ作用する力との関係
EW系正断層	多	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は落差1m未満。 顕著に落差の大きい南傾斜断層が数本確認され、最大落差は24m。 	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は全長50m未満。 数百m切られずに連続するものもある。(いずれも落差1m以上) 落差が大きい断層ほど連続性が良い傾向。 顕著に落差の大きい断層が、一定の間隔を持って平行に分布。 	重力性の引張力(南北方向)との関連がみられる。
NS系逆断層	中	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は落差1m未満。 最大落差は3m。 	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は全長50m未満。 長い断層でも他の断層(EW系正断層)により連続性が途切れる。 	広域応力場(東西圧縮)との関連がみられる。
EW系逆断層	少	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は落差1m未満。 最大落差は1.5m。 	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は全長50m未満。 長い断層でも他の断層(EW系正断層)により連続性が途切れる。 	関連がみられない。 →NS系逆断層またはEW系正断層の活動に関連し、形成されたと考えられる。
NS系正断層	極少	<ul style="list-style-type: none"> 大半の断層は落差1m未満。 最大落差は1.7m。 	<ul style="list-style-type: none"> 長い断層でも全長20m程度であり、連続性に乏しい。 	

断層の切り切れ関係

NS系正断層を除く各断層グループ間の切り切れ関係(それぞれ互いに切り切れ)からは、各断層グループの最新活動時期に明確な新旧関係は見られない(NS系正断層は、EW系正断層に切られ、その最新活動時期は一部のEW系正断層よりも古いと考えられる)が、これら互いに切り切れ関係にある断層グループの一つであるNS系逆断層を切り、他の断層に切られず東西方向に数百mにわたって連続するEW系正断層(落差が比較的大きい特徴を持つ)が存在する。連続性の良い断層に着目すると、NS系逆断層及びEW系逆断層は、上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず、NS系逆断層はEW系正断層に切られ、EW系逆断層はEW系正断層に規制される。NS系正断層には、構造物幅を超えて切られずに連続する断層は見られない。

断層の切り切れ関係から次のような敷地の断層の形成過程が推定される。

- ① 小規模な断層(短く、落差も小さい断層)として、EW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層がほぼ同時期に形成された。
- ② ある程度の間隔を持ってひずみが局所化し、最後に平行なEW系正断層が大きな変位を生じた。

なお、断層の切り切れ関係に加え各断層グループの特徴(断層の規模及び相良層へ作用する力との関係)を踏まえると、上記②において、一部のEW系逆断層(EW系正断層に規制されるEW系逆断層)がEW系正断層の活動に関連して形成されたと考えられる。

(EW系逆断層がEW系正断層の活動の形成要因については、次頁において詳細に示す。)

EW系逆断層について

EW系逆断層は、NS系逆断層またはEW系正断層の活動に関連し形成されたと考えられるが、EW系逆断層の一部には、EW系正断層に規制される断層（EW系正断層に切られた片割れが確認できない断層）が見られることから、EW系逆断層について、その形成要因についてより詳細に検討し、EW系正断層に規制されるEW系逆断層の活動性評価の考え方を示す。

EW系逆断層の形成要因

- EW系逆断層は、その運動方向を踏まえれば、南北方向の圧縮力により形成されたと考えられるが、敷地の相良層へは、その堆積時から南北方向の引張力（重力性）が働いていたものと考えられる。
- すなわちEW系逆断層は、「引張応力場で形成される逆断層」であることから、関連する既往知見を踏まえてその形成要因及び活動性を考察した。

【引張応力場で形成される逆断層についての知見】（本欄に記載した各文献の詳細は、補足説明資料1章参照。）

- 引張応力場で観察される逆断層については、実現象の観察、室内実験及び数値解析等による多くの検討事例が存在する。
- これら逆断層の形成要因は以下の2つに大別できるが、いずれも逆断層は正断層の活動に従属し形成された断層である。

（1）正断層の活動時に断層面の凹凸により生じる局所的な圧縮応力

- ✓ Brumbaugh(1984)は、アリゾナの正断層の上盤ブロックにみられる逆断層を含んだ圧縮構造の形成要因を、広域的な引張応力場における正断層活動時に不均一または湾曲した断層面上での上盤ブロック内の副ブロック間に生じた局所的な圧縮応力で説明している。
- ✓ McClay and Ellis(1987)は、基盤の伸長により引張場とした砂箱での実験により、ランプフラット構造をもつ基盤の実験では、局所的な逆断層が形成されることを指摘している。
- ✓ Fossen and Gabrielsen(1996)は、引張場とした石膏に発生する断層の形態について検討し、基盤がランプとなる実験ケースでは、ランプの発達中の局所的な圧縮に関連して逆断層センスの小断層が発生することを確認している。

（2）正断層の活動に伴う他の正断層の後方回転または高角正断層のオーバーハング（正断層の傾斜方向の変化による見かけ逆断層化）

- ✓ Fossen and Gabrielsen(1996)は、引張場とした石膏に発生する断層の形態について検討し、基盤がランプとなる実験ケースでは、正断層が回転し逆断層化することを確認している。
- ✓ Nollet et al.(2012)は、数値解析により、基盤に正断層センスの変位を与えた際、その正断層傾斜が基盤上の未固結砂中のせん断帯の進展に与える影響を検討する中で、正断層傾斜が70°以上となるケースでは、断層面がオーバーハングし、表層では逆断層として確認される断層が深部では正断層へと遷移する様子を示している。

- 上記既往知見と敷地の断層の対応（次頁参照）を踏まえれば、EW系逆断層は、EW系正断層活動時に生じる局所的な圧縮応力またはEW系正断層の傾斜方向の変化による見かけ逆断層化のいずれか要因で形成されたと考えられる。

➡ EW系逆断層は、EW系正断層の活動に従属し形成された断層または見かけ逆断層のEW系正断層であると考えられる。

EW系正断層に規制されるEW系逆断層の活動性評価の考え方

EW系正断層に規制されるEW系逆断層についても、EW系正断層の活動に従属し形成された断層または見かけ逆断層のEW系正断層であると考えられることから、その活動性はEW系正断層の活動性評価で代表させる。

引張応力場で形成される逆断層についての知見と敷地の断層との比較

- 既往知見における断層（引張応力場で形成される逆断層及びその形成要因を生む正断層）の特徴と敷地の断層（EW系逆断層及びEW系正断層（EW系逆断層と概ね同走向））の特徴を比較した。
- ➡ 既往知見において、逆断層の形成要因は（1）正断層活動時に生じる局所的な圧縮応力、（2）正断層の見かけ逆断層化に大別できるが、既往知見における断層の特徴が敷地の断層にもみられることを踏まえれば、敷地においても、EW系逆断層は、EW系正断層活動時に生じる局所的な圧縮応力またはEW系正断層の見かけ逆断層化のいずれかの要因で形成されたと考えられる。

既往知見における断層の特徴と敷地の断層の特徴の比較（各文献の詳細は、補足説明資料1章参照。）

引張応力場で形成される逆断層についての知見	検討対象	引張応力場で形成される逆断層の特徴	逆断層の形成要因		逆断層の形成要因を生む正断層の特徴		
	Brumbaugh (1984)	実現象の観察（露頭）	• 逆断層の形成要因を生む正断層の上盤に分布する	(1) 正断層活動時に生じる局所的な圧縮応力		• 断層面が不均一または湾曲	➡断層面に凹凸がみられる
	McClay and Ellis (1987)	室内実験	• 逆断層の形成要因を生む正断層に比べ変位量は小さい • 試験体全体で生じる正断層に比べ数は少ない			• 断層面がランプフラット	
	Fossen and Gabrielsen (1996)	室内実験	• 逆断層の形成要因を生む正断層に比べ変位量は小さい • 試験体全体で生じる正断層に比べ数は少ない • 正断層付近に分布する			• 断層面がランプフラット	
	Nollet et al. (2012)	数値解析	• 高角である	(2) 正断層の傾斜方向の変化による見かけ逆断層化	正断層の後方回転	• 地層の後方回転を伴う	
			正断層のオーバーハング		• 高角である		
敷地の断層	検討対象	EW系逆断層の特徴			EW系正断層の特徴		
	実現象の観察（露頭）	• 直交方向には広域的な圧縮力は作用せず、重力性の引張力が作用している。 • 高角である • EW系正断層に比べ変位量は小さい • EW系正断層に比べ数は少ない • 正断層の上盤、下盤いずれにも分布			• 高角である • 断層面はうねっており、平面的ではない（H断層系※） • 地層の後方回転が認められる（H断層系※）		

※H断層系の性状及びH断層系による地層の後方回転については、「4.H断層系の活動性評価」参照。

① 正断層・逆断層についての検討

各断層グループ間の関係（4号炉原子炉建屋基礎露頭）



連続性の良い断層間の関係（3, 4, 5号炉建屋基礎露頭）



活動性評価の対象とする断層の選定



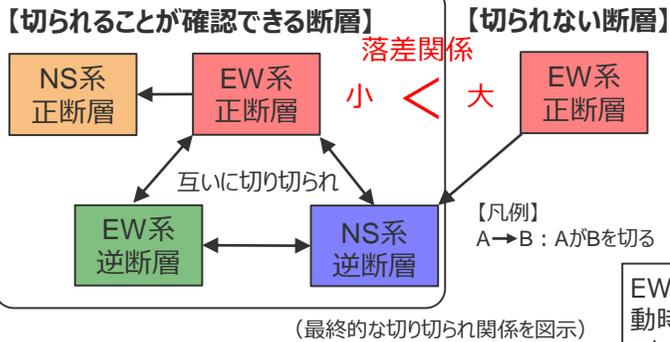
② flexural-slip faultについての検討

flexural-slip faultと活動性評価の対象とする断層（H断層系）との関係

活動性評価の対象とする断層の選定

各断層グループの切り切れ関係及びそれらから推定される敷地の断層の形成過程を踏まえ、活動性評価の対象とする断層として、H断層系を選定した。

各断層グループ間の関係 (4号炉原子炉建屋基礎露頭における検討)

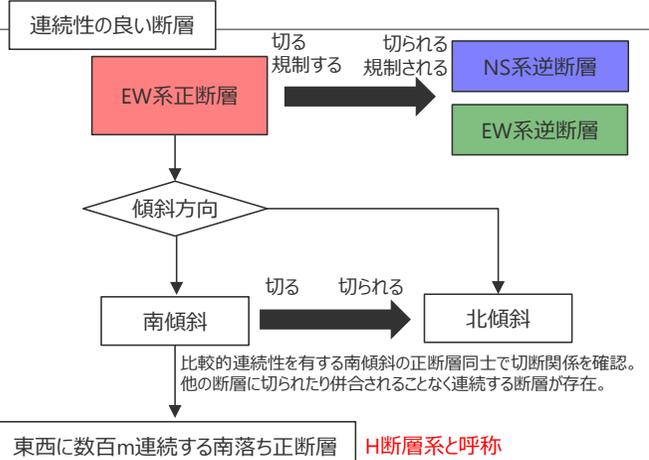


- EW系正断層とNS系逆断層, NS系逆断層とEW系逆断層, EW系逆断層とEW系正断層はそれぞれ互いに切り切れ関係にあり, NS系正断層はEW系正断層に切られる。
- EW系正断層には, 他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層が見られ, これらの断層は直交するNS系逆断層 (EW系正断層及びEW系逆断層と互いに切り切れ関係) を切る。
- EW系正断層のうち, 他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層の落差は他のEW系正断層に比べ大きい。

EW系正断層のうち, 比較的大きい落差を持つ断層の中に最新活動時期が最も新しいと考えられる断層が存在すると考えられる。これらの断層は他の断層に切られず同露頭範囲を超えて連続する。

検討対象範囲を拡大し連続性の良い断層を対象に, 各断層グループ間の関係を確認するとともに, EW系正断層をさらに細分し最新活動時期の最も新しい断層を絞り込む。

連続性の良い断層間の関係 (3,4,5号炉建屋基礎露頭における検討)



- EW系正断層は, NS系逆断層, EW系逆断層及びNS系正断層に比べ連続性が良く, 分岐 (併合) を伴いながら, 東西方向に数百mにわたって連続するものもある。
- NS系逆断層, EW系逆断層は, 上記の東西方向に数百mにわたって連続するようなEW系正断層を越えては連続せず, NS系逆断層はEW系正断層に切られ, EW系逆断層はEW系正断層に規制される。
- EW系正断層 (北傾斜) は, EW系正断層 (南傾斜) に切られる。
- EW系正断層 (南傾斜) には, 他の断層に切られたり併合されたりすることなく東西に数百mに渡って連続する断層が存在する。
- 他の断層に切られたり併合されたりすることなく数百mにわたって連続する南傾斜のEW系正断層を, H断層系とする。
- H断層系は顕著に大きな落差 (概ね15m以上) を有する特徴を持つ。

推定される敷地の断層形成過程

- 小規模な断層として, EW系正断層, NS系逆断層, EW系逆断層及びNS系正断層がほぼ同時期に形成。
 - ある程度の間隔をもってひずみが局所化, 最後に平行なEW系正断層が大きく変位。(EW系逆断層も形成)
- なお, 上記②において, 一部のEW系逆断層 (EW系正断層に規制されるEW系逆断層) がEW系正断層の活動に関連して形成。

EW系正断層に規制されるEW系逆断層は, EW系正断層の活動に従属し形成された断層または見かけ逆断層のEW系正断層である。

断層形成過程の考察

他の断層に切られたり併合されたりすることなく数百mにわたって連続する南傾斜のEW系正断層 (H断層系) が最新活動時期が最も新しい断層と考えられる。

その他の断層は, H断層系よりも最新活動時期が古い, または, H断層系を含むEW系正断層の活動に従属し形成された断層もしくは見かけ逆断層のEW系正断層であると考えられる。以上より, H断層系を活動性評価の対象とする断層として選定する。

① 正断層・逆断層についての検討

各断層グループ間の関係（4号炉原子炉建屋基礎露頭）



連続性の良い断層間の関係（3, 4, 5号炉建屋基礎露頭）



活動性評価の対象とする断層の選定

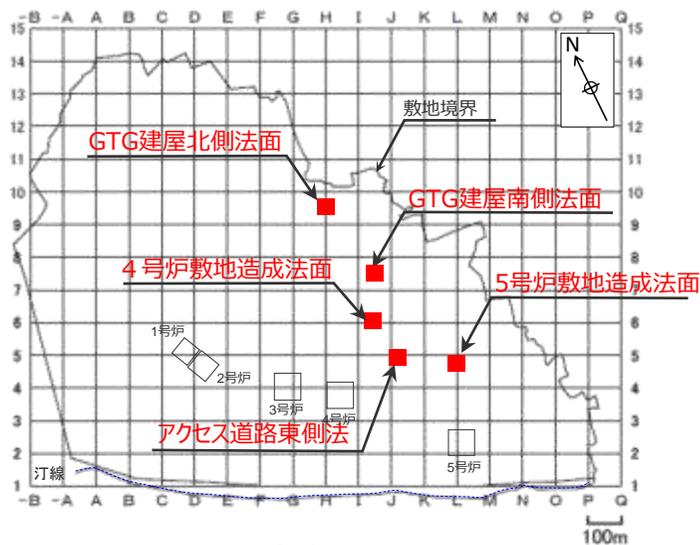


② flexural-slip faultについての検討

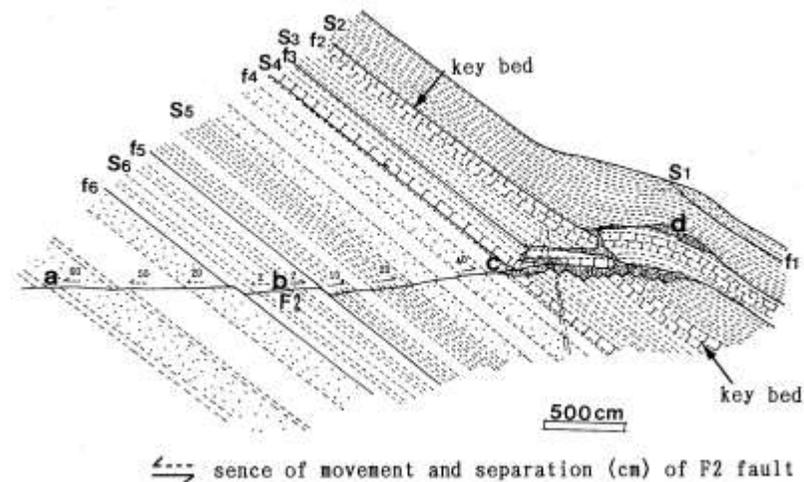
flexural-slip faultと活動性評価の対象とする断層（H断層系）との関係

flexural-slip faultとH断層系の関係

- 活動性評価の対象としたH断層系と、flexural-slip faultの関係について検討する。
- 法面露頭においては、層理に平行な黒色の境界層として敷地の褶曲に伴う層面すべりの可能性である構造（flexural-slip fault）が確認できる（「(2)敷地の断層」参照）ことから、まずは、これらとH断層系の切り切れ関係について確認した。
- さらに、敷地におけるflexural-slip faultすべてが必ずしも上記の様な構造として認識できるものとは限らないことから、続いて相良層の層理をflexural-slip faultと仮定し、相良層の層理とH断層系の切り切れ関係を確認した。
- なお、仮にflexural-slip faultがH断層系を切る（H断層系に変位を及ぼす）場合は、横山（1995）に見られるような構造が確認できると想定される。



調査位置図

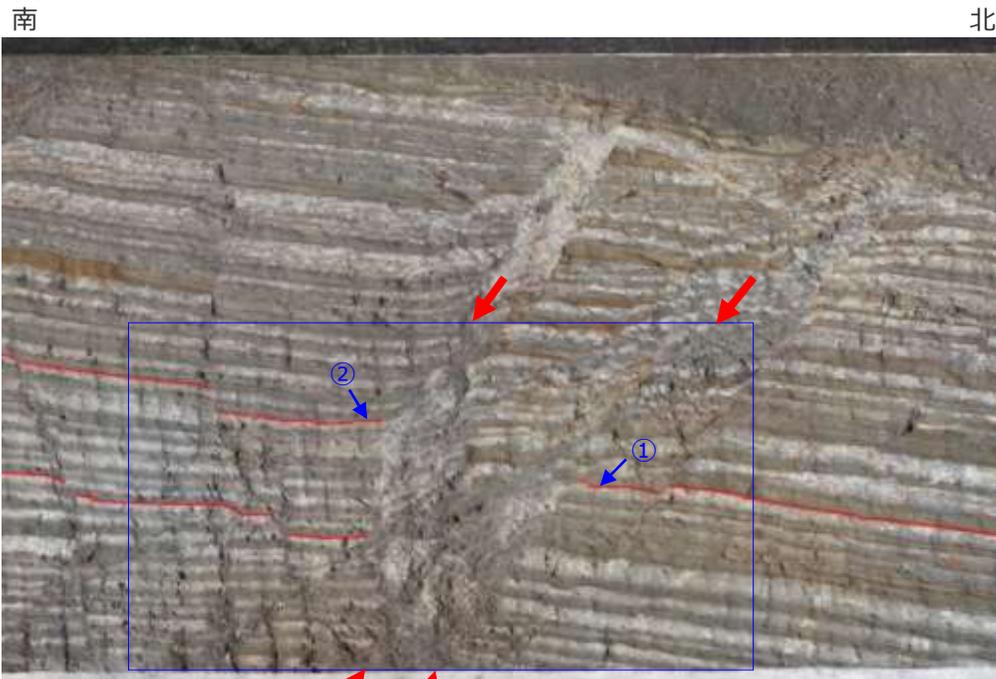


横山 (1995)

flexural-slip faultが他の断層を切る例 (F2断層を層理面が切る)

flexural-slip faultとH断層系の関係

- GTG建屋北側法面において、flexural-slip faultと想定した層理に平行な黒色の境界層は、H-6断層と近接している。
- 両者は直接的な関係は認められないものの、黒色の境界層の延長部はH-6断層を越えて連続しない。



断層面 (H-6断層)

※赤線は黒色の境界層



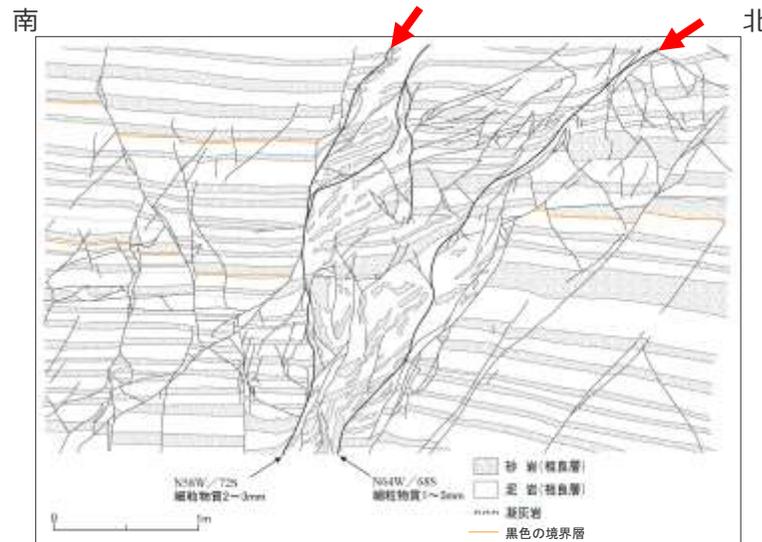
(上図②付近の拡大)

黒色の境界層

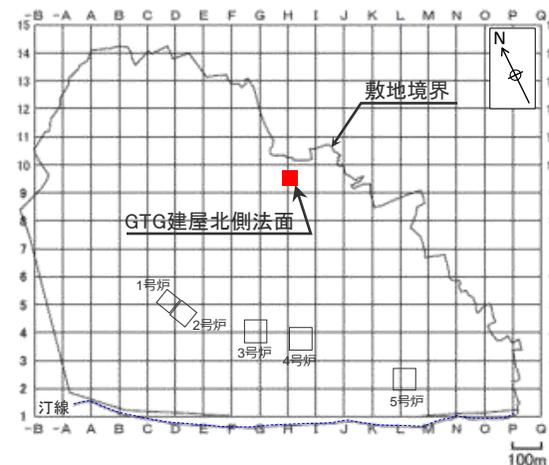


(上図①付近の拡大)

黒色の境界層

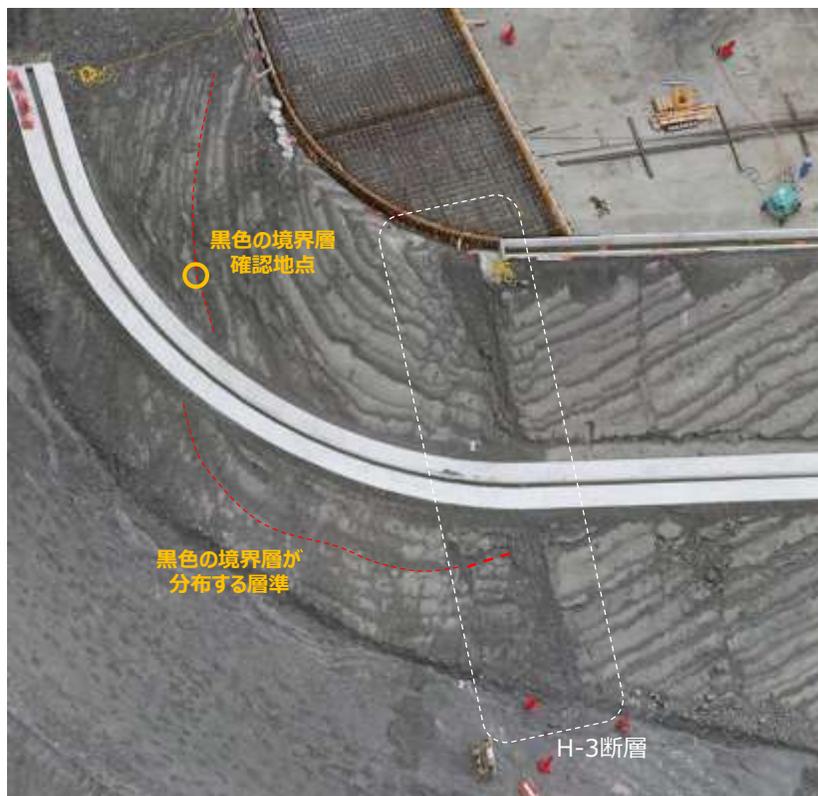
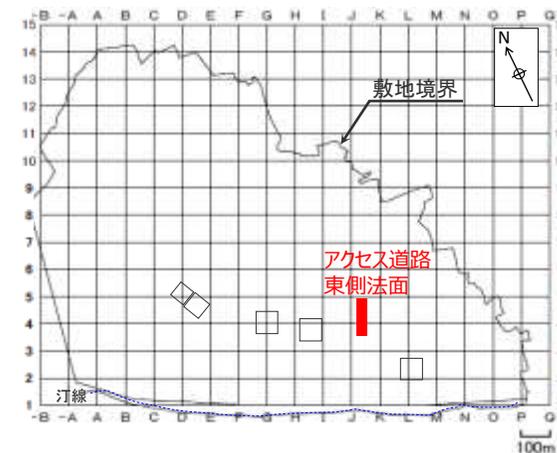


(写真青枠部分のスケッチ)



flexural-slip faultとH断層系の関係

- アクセス道路東側法面において、flexural-slip faultと想定した層理に平行な黒色の境界層は連続性に乏しいことから、黒色の境界層が分布する層準とH-3断層の関係を検討した。
- その結果、黒色の境界層が分布する層準は、H-3断層により切られており、H-3断層を越えて連続しないことを確認した。



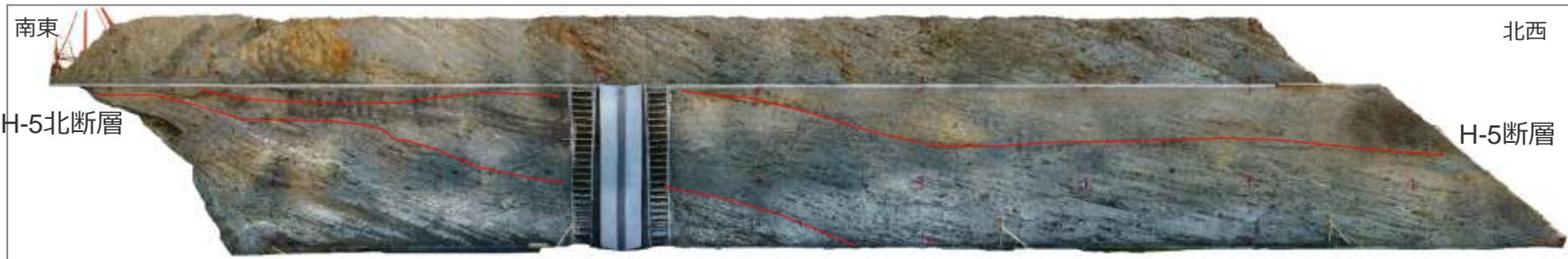
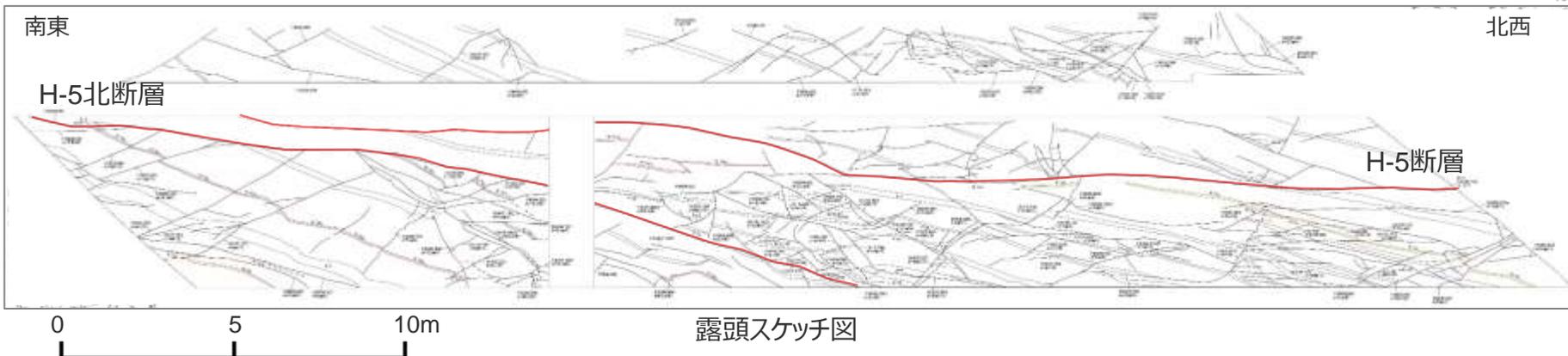
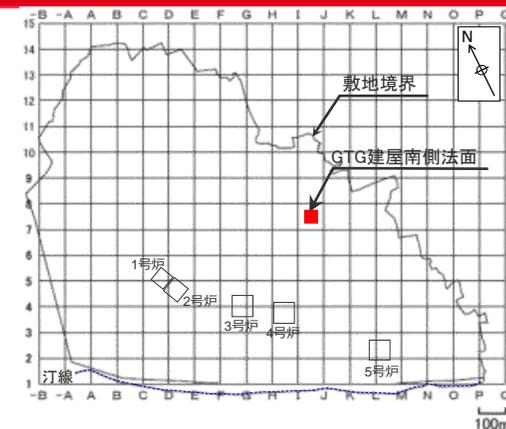
(右の写真赤枠部分の拡大)



相良層層理とH断層系の関係（露頭その1）

<GTG建屋南側法面(北面)の調査>

- 法面上では、相良層の層理は見かけ上北西傾斜を示す。また、H-5断層及びH-5北断層がほぼ水平方向に連続して確認される。
- 法面上では、H-5断層及びH-5北断層は若干うねりながら連続して分布しており、それぞれの断層に変位を与える層理は認められない。
- 層理は固結しており、軟弱な物質は挟在していない。

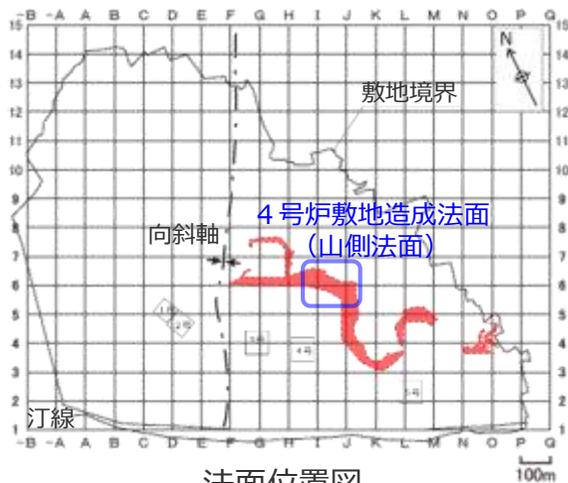


露頭全体写真

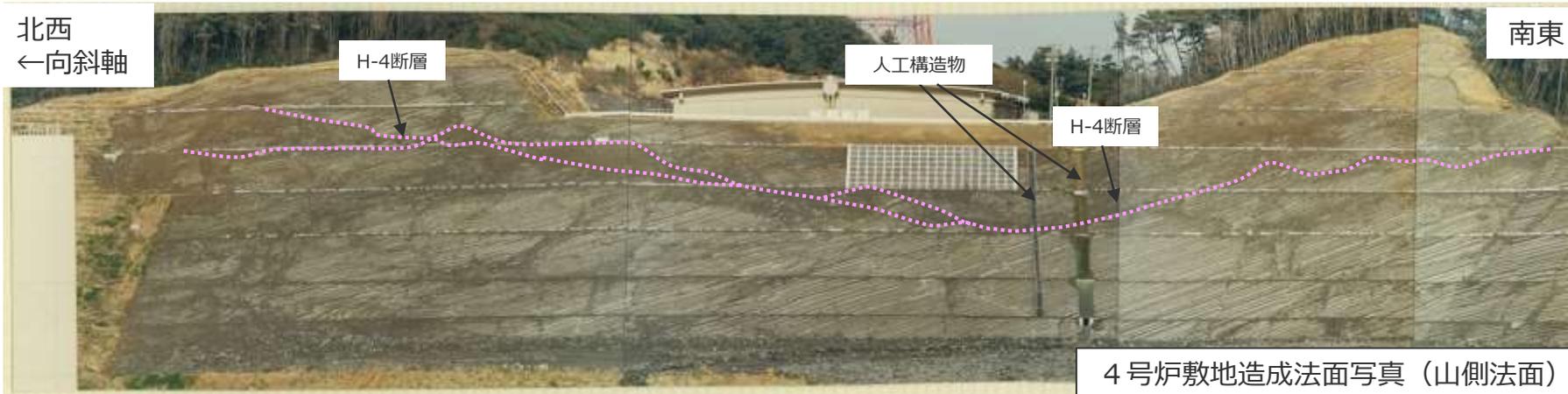
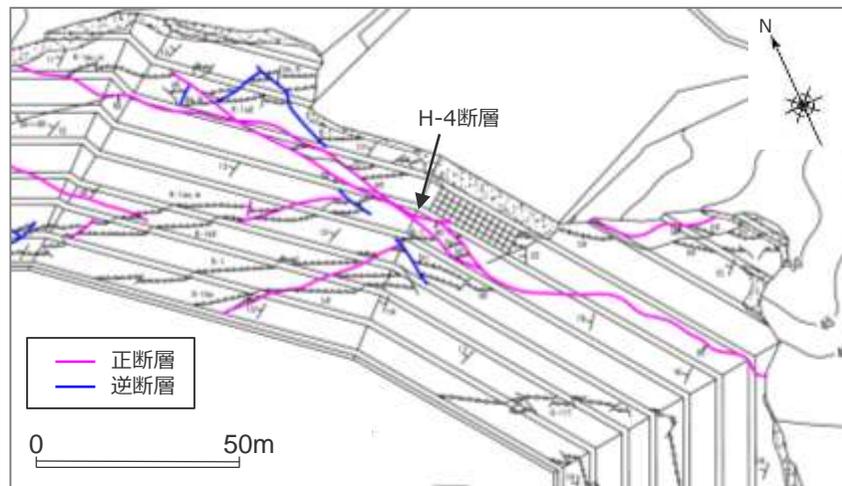
相良層層理とH断層系の関係（露頭その2）

＜4号炉敷地造成法面（山側法面）の調査＞

- 法面上では，相良層の層理は見かけ上北西傾斜を示す。また，H-4断層がほぼ水平方向に連続して確認される。
- H-4断層は若干うねりながら連続して分布しており，H-4断層に変位を与える層理は認められない。



法面位置図



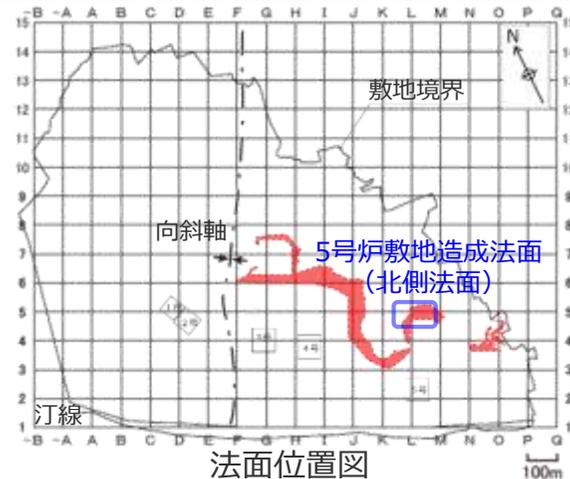
相良層層理とH断層系の関係（露頭その3）

＜5号炉敷地造成法面（北側法面）の調査＞

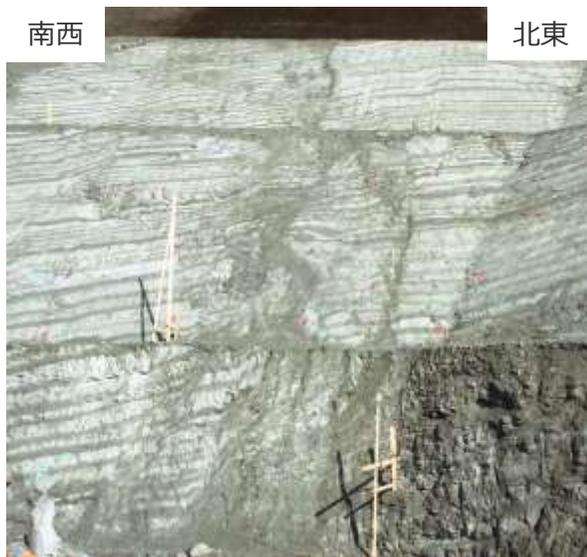
- 前頁記載の法面よりも向斜軸から離れた5号炉敷地造成法面（北側法面）においても、層理について確認する。



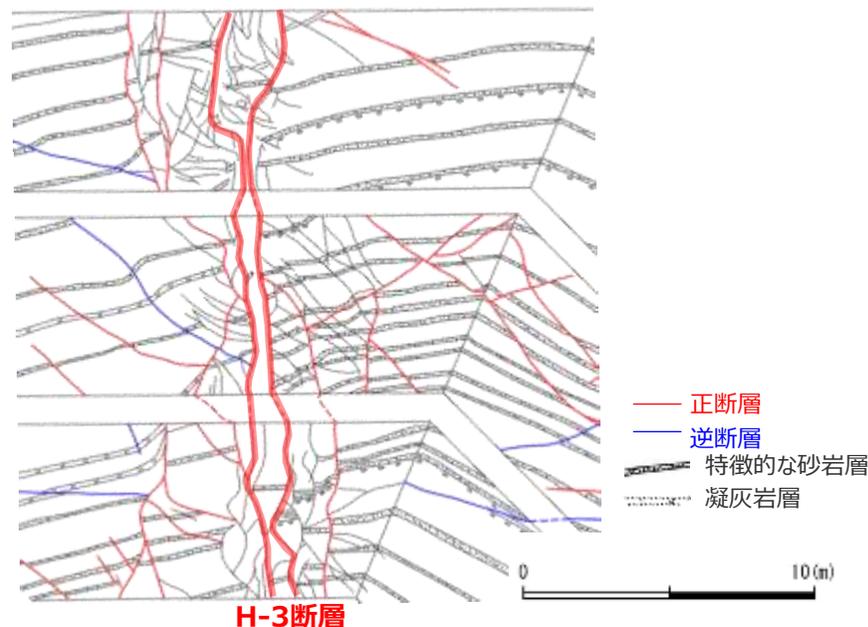
5号炉敷地造成法面写真（北側法面）



- 法面上では、相良層の層理は見かけ上南西傾斜を示す。また、H-3断層が見かけ上ほぼ鉛直方向に連続して確認される。
- H-3断層は若干うねりながら連続して分布しており、H-3断層に変位を与える層理は認められない。



H-3断層



3.(3) 活動性評価の対象とする断層の選定のまとめ

【検討結果】

① 正断層・逆断層についての検討

(EW系正断層・NS系逆断層・EW系逆断層・NS系正断層の関係)

- 他の断層に切られる断層に着目すると、EW系正断層とNS系逆断層、NS系逆断層とEW系逆断層、EW系逆断層とEW系正断層はそれぞれ互いに切り切れ関係にあり、NS系正断層はEW系正断層に切られる。
 - EW系正断層には他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層が見られ、これらの断層は直交するNS系逆断層（EW系正断層及びEW系逆断層と互いに切り切れ関係）を切る。
 - EW系正断層のうち、他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続する断層の落差は他のEW系正断層に比べ大きい。
- ➔ EW系正断層のうち、比較的大きい落差を持つ断層の中に最新活動時期が最も新しいと考えられる断層が存在すると考えられる。

(連続性の良い断層間関係)

- NS系逆断層は、EW系正断層に切れ、EW系逆断層は、EW系正断層に規制される。（規制されるEW系逆断層は、EW系正断層の活動に従属し形成された断層であると考えられる。）なお、NS系正断層には、構造物幅を超えて切られずに連続する断層は見られない。
- EW系正断層のうち北傾斜断層は、南傾斜断層に切られる。
- EW系正断層（南傾斜断層）には、一定の間隔を持って、他の断層に切られたり併合されことなく東西に数百mに渡って連続する断層が存在する。
- 他の断層に切られたり併合されことなく東西に数百mに渡って連続する南傾斜のEW系正断層をH断層系と呼称する。

(活動性評価の対象とする断層)

- EW系正断層・NS系逆断層・EW系逆断層・NS系正断層の関係及び連続性の良い断層間関係を踏まえれば、他の断層に切られたり併合されことなく東西に数百mに渡って連続する南傾斜のEW系正断層（H断層系）が最新活動時期が最も新しい断層であると考えられる。その他の断層は、H断層系よりも最新活動時期が古い、または、H断層系を含むEW系正断層の活動に従属し形成された断層もしくは見かけ逆断層のEW系正断層であると考えられる。
- ➔ H断層系を活動性評価の対象とする断層として選定する。

② flexural-slip faultについての検討

(flexural-slip faultとH断層系関係)

- flexural-slip faultとH断層系関係について、flexural-slip faultと想定した層理に平行な黒色の境界層はH断層系を越えて連続しない。さらに、相良層の層理をflexural-slip faultと仮定した場合においても、H断層系に変位を与える層理は認められない。これらのことから、H断層系が活動して以降flexural-slip faultは活動していないと考えられる。

【評価】

- 敷地の断層のうち、H断層系を活動性評価の対象とする断層として選定する。

3. 敷地の地質・地質構造のまとめ

【検討結果】

(1) 敷地の地質

- 敷地及び敷地北側には、新第三紀中新世後期から鮮新世前期に堆積した相良層群相良層が分布し、その上を風成砂層が覆う。相良層は敷地前面海域にも連続的に分布し（D層）、その上を完新統（A層）が覆う。
- 敷地極近傍の相良層には、北北東－南南西方向の向斜軸（比木向斜）が認められる。大局的には、向斜軸は南にプランジし相良層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示すが、敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲においては、向斜軸は北にプランジし相良層は向斜軸を中心に北に開いた構造を示す。

(2) 敷地の断層

- 法面・試掘坑露頭調査により、主に東西走向の高角正断層及び南北走向の低角逆断層及び東西走向の高角逆断層が確認され、稀に南北走向の正断層が確認される。（それぞれEW系正断層、NS系逆断層、EW系逆断層及びNS系正断層と分類。）
- 法面露頭からは、褶曲に伴うと考えられるflexural-slip faultが確認される。
- 敷地及び敷地近傍において、「敷地での存在が想定される断層」とした「A-17断層」（南北走向の逆断層）と同傾向で地下深部から連続し地表付近まで及んでいる断層は確認されず、それ以外にも地下深部から地表付近まで及ぶような変位の累積性を有する断層も確認されない。

(3) 活動性評価の対象とする断層の選定

- 他の断層に切られる断層に着目すると、これらの断層の切り切れ関係からは、EW系正断層、NS系逆断層及びEW系逆断層の最新活動時期に明確な新旧関係は見られないが、これら互いに切り切れ関係にある断層グループの一つであるNS系逆断層を切り、他の断層に切られず露頭範囲を超えて連続するEW系正断層（落差が比較的大きい特徴を持つ）が存在することを踏まえれば、EW系正断層のうち、比較的大きい落差を持つ断層の中に最新活動時期が最も新しいと考えられる断層が存在すると考えられる。
- さらに広範囲でEW系正断層を中心とした連続性の良い断層間の関係を確認したところ、NS系逆断層はEW系正断層に切れ、EW系逆断層はEW系正断層に規制される。また、EW系正断層のうち北傾斜断層は、南傾斜断層に切られる。
- EW系正断層（南傾斜断層）のうち、他の断層に切られず東西に数百mに渡って連続する断層が、最新活動時期が最も新しい断層と考えられる。これらをH断層系と呼称し、活動性評価の対象とする断層として選定する。
- H断層系とflexural-slip faultの関係について、flexural-slip faultと想定した層理に平行な黒色の境界層はH断層系を越えて連続しない。さらに、相良層の層理をflexural-slip faultと仮定した場合においても、H断層系に変位を与える層理は認められない。これらのことから、H断層系が活動して以降flexural-slip faultは活動していないと考えられる。

【評価及び次章での検討方針】

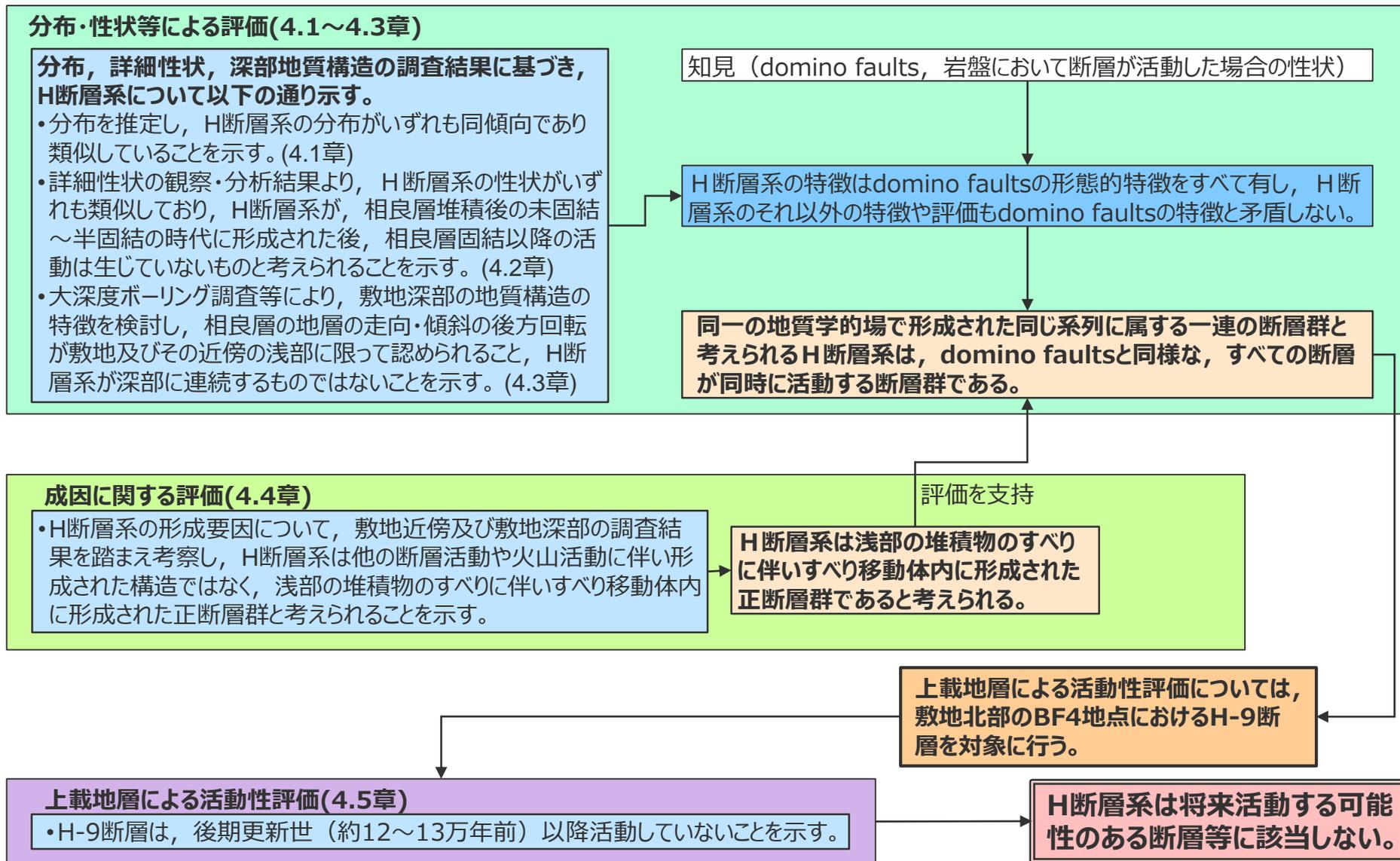
敷地においては、最後に活動した断層と考えられるH断層系を活動性評価の対象とし、以降の検討を行う。

4 H断層系の活動性評価

【検討内容】

- ボーリング調査，海上音波探査等により敷地及び敷地前面海域におけるH断層系の分布を推定する。
- 露頭における観察，試料分析等によりH断層系の性状を検討する。
- 反射法地震探査や大深度ボーリング調査により敷地の地下深部の地質構造を把握するとともに，H断層系の深部への連続性を検討する。
- 文献調査結果，H断層系の分布・性状，敷地の深部構造調査結果から，H断層系の形成要因を検討する。
- 上載地層法に基づいた活断層評価を行う。
- 上記検討より，H断層系は将来活動する可能性のある断層等に該当しないことを示す。

4章の検討の流れ



4.1 H断層系の分布

【検討内容】

- 露頭調査及びボーリング調査により，H断層系の分布を推定する。
- 敷地前面海域についても，海底トンネルからのボーリング調査，海上音波探査等により，H断層系の分布を推定する。
- 上記により推定されたH断層系の分布がいずれも同傾向であり類似していることを示す。

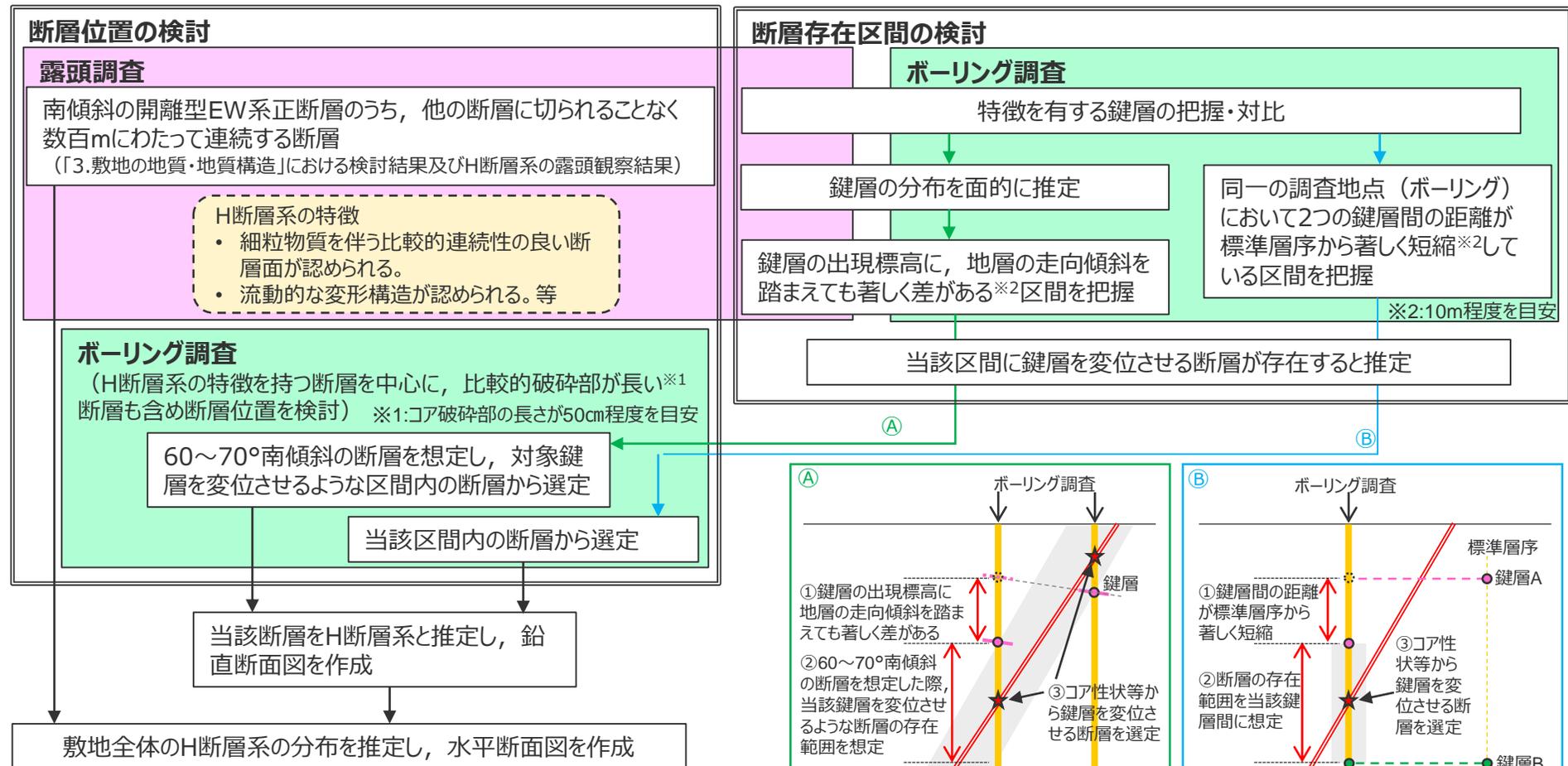
(1) 陸域（ボーリング・露頭）における検討

【検討内容】

陸域及び前面海域の一部について、露頭調査及びボーリング調査によりH断層系の分布を推定するとともに、重要施設との位置関係を確認する。

H断層系の分布に関する基本検討フロー

- 活動性評価の対象とする断層を抽出する際、『南傾斜の開離型EW系正断層のうち、他の断層に切られることなく数百mにわたって連続する断層』をH断層系としたが、H断層系の分布把握に際しては、それらに加え、H断層系の特徴を踏まえ、落差が有意に大きく、断層面に挟まれた区間に著しく流動的な変形構造を伴う断層をH断層系として検討する。
- 検討は、まず、敷地には鍵層となる凝灰岩層が分布することから、鍵層の落差※に着目して断層分布の検討を行う。具体的には、露頭調査・ボーリング調査による鍵層の分布標高に有意な落差が認められるか否かにより断層の存在区間の推定を行う。次いで、鍵層分布と統合的な変位を与える断層をボーリングコアから選定※※し、敷地全体のH断層系の分布を推定する。なお、断層による鍵層の変位を検討する際には、分岐・合流により近接する複数の断層で落差を分担している場合があることも考慮する。※目安：落差10m程度以上 ※目安：流動的な変形構造の有無、破碎部の厚さ50cm程度以上



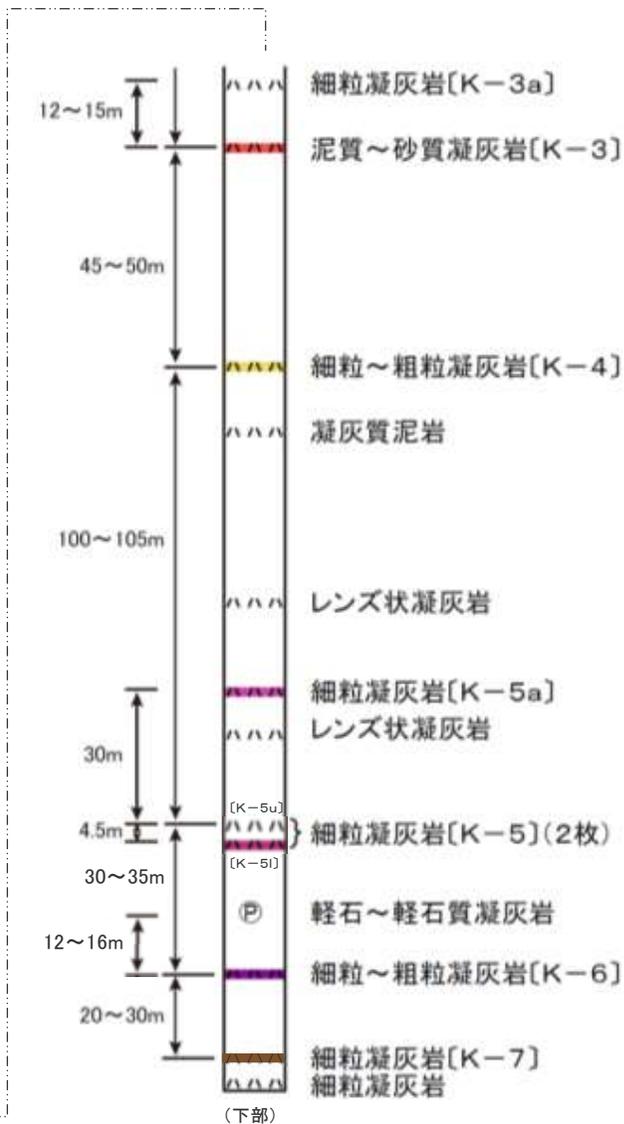
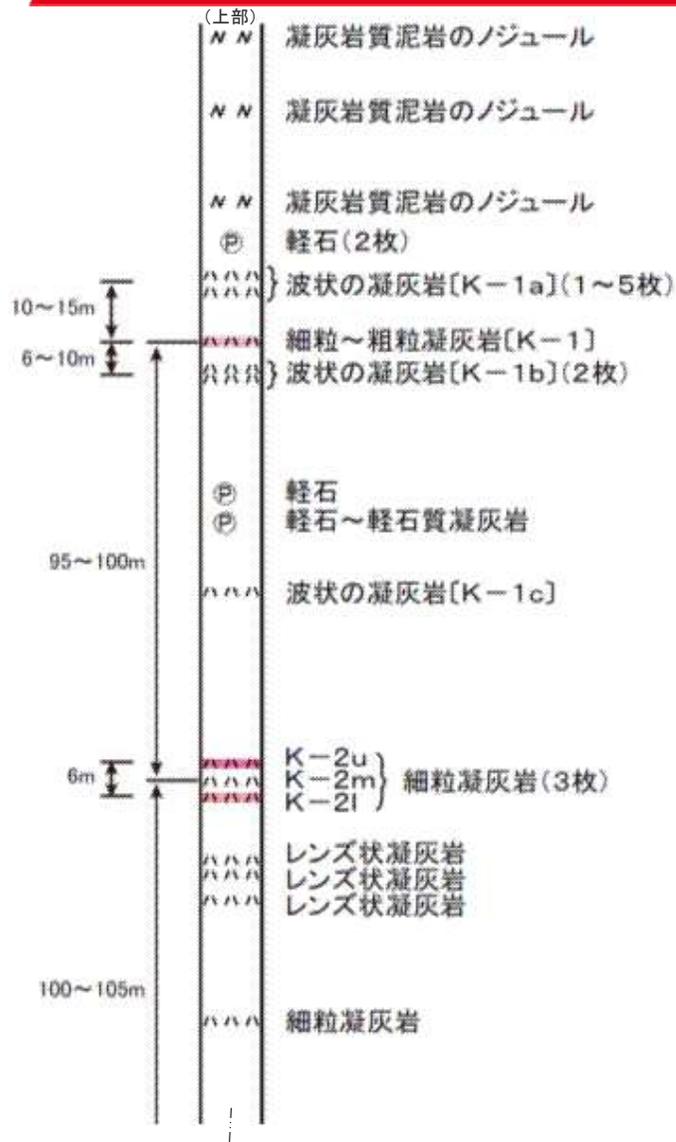
①

鍵層の連続性の検討

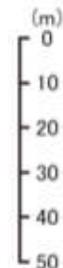
【検討内容】

鍵層の連続性を面的に検討し、鍵層に有意な落差が生じH断層系の存在が想定される区間を把握する。

敷地の模式柱状図



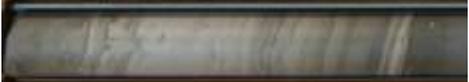
- H断層系は有意に大きな落差を有することから、断層の落差の判定に用いる指標となる鍵層を検討した。
- 敷地内の相良層には、連続性の良い特徴的な凝灰岩層が認められる。
- これらを上位から、K-1, K-2, K-3...K-7と呼称し、鍵層として地層の対比に用いる。



敷地にみられる代表的な凝灰岩（1）

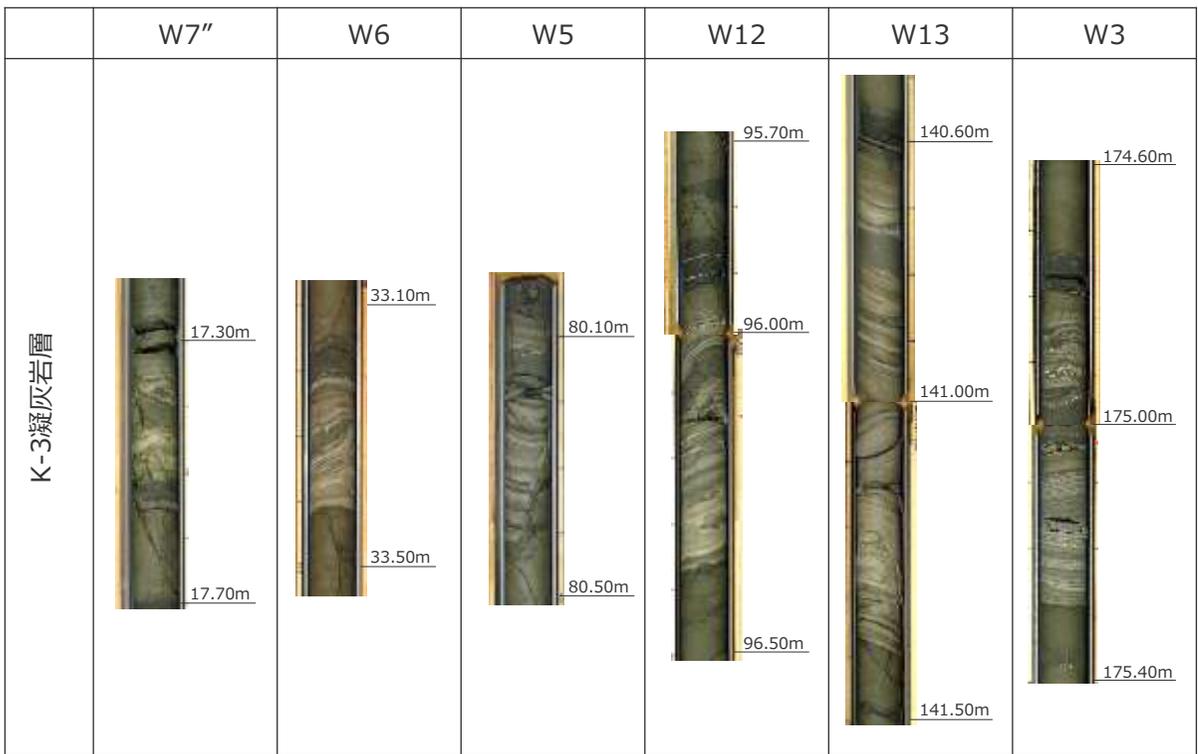
鍵層名	写 真 (左側が上部で右側が下部。コア箱に記載の黒点間は10cm。)	特 徴
K-1au K-1am	 <p style="text-align: center;">K-1au K-1am</p>	厚さ約1cmの帯状～レンズ状の白色凝灰岩と、厚さ約2cmの帯状の白色凝灰岩からなり、厚さ3～5cmの細粒砂岩を間に挟在する。
K-1al		厚さ約2cmの帯状～レンズ状の白色凝灰岩からなり、厚さ約16cmの泥岩中に挟在する。
K-1		厚さ約20～30cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩からなり、比較的明瞭な境界で大きく3区分される。下部は厚さ2～3cmの白色凝灰岩からなり、下位に厚さ1cmの泥岩及び最下部に厚さ数mmの白色凝灰岩を特徴的に伴っている。中部は、下位の泥岩から上方に漸移的に白色凝灰岩との細互層になる。上部も、下位の泥層から上方に漸移的に泥質凝灰岩となる。
K-1b		上部は厚さ2～4cm、下部は厚さ1～3cmの白色凝灰岩からなり、共に厚さ約18cmの泥岩中に挟在する。下部の凝灰岩は、上部の約2m下位に位置する。
K-1c		厚さ約1cm～のレンズ状の白色凝灰岩からなり、厚さ約4cmの砂岩直下に挟在する。約60cm上位にレンズ状の凝灰岩が認められる。
K-2u		厚さ約20cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩からなり、最下部に2枚の厚さ数mmの白色凝灰岩層を伴う。
K-2m		厚さ約15cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩からなり、下部及び上部に厚さ数mmの白色凝灰岩層を5枚程度挟む。
K-2l		厚さ約25cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩及び砂岩からなる。最下部の厚さ3～4cmの白色凝灰岩は中位に泥質部があり2分される。中部及び上部は凝灰質泥岩からなり、凝灰岩質砂岩薄層を挟む。

敷地にみられる代表的な凝灰岩（2）

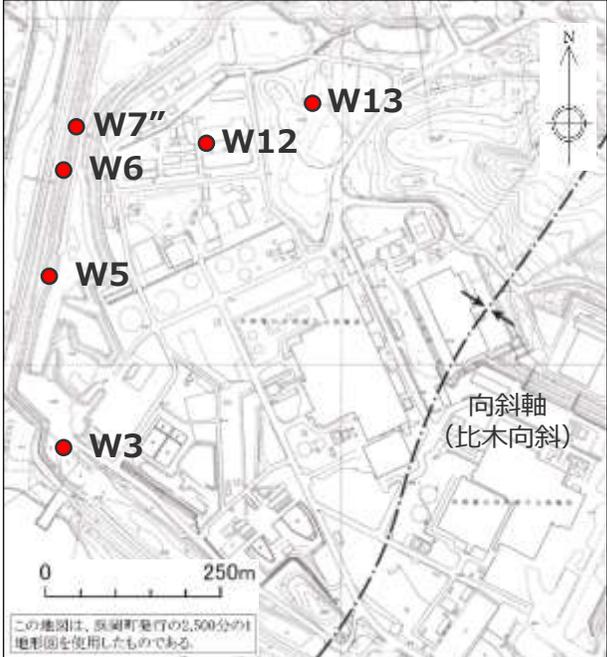
鍵層名	写 真 (左側が上部で右側が下部。コア箱に記載の黒点間は10cm。)	特 徴
K-3a		厚さ約10cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩からなり、比較的明瞭な境界で3区分される。下部に厚さ3～4cmの白色凝灰岩、中部は厚さ2～3cmの泥質凝灰岩、上部は凝灰岩質泥岩からなり、厚さ約25cmの泥岩中に狭在する。
K-3		厚さ約70cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩及び凝灰質砂岩の細互層。主に白色細粒凝灰岩からなり比較的単調な縞状模様を呈する。最下部付近には径数mmの軽石が散在し、最上部には厚さ約4cmの軽石まじり細～中粒砂が分布する。
K-4		厚さ30～40cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩及び凝灰質砂岩の細互層。中部は厚さ約10cmの白色細粒凝灰岩からなり、上位の凝灰質砂岩との境界が明瞭である。最下部には厚さ数mmの白色細粒凝灰岩が見られる。
K-5a		厚さ2～4cmの白色凝灰岩からなり、厚さ約2cmの砂岩の直上に位置する。
K-5	 K-5u K-5l	上位と下位に約5m離れた厚さ約10cmの2枚の白色凝灰岩～凝灰質泥岩の細互層。上部層は主に白色細粒凝灰岩からなり、最下部に軽石質凝灰岩を伴う。下部層は2層の白色細粒凝灰岩薄層からなる。
K-6		最大厚さ約2mの白色凝灰岩～凝灰質泥岩及び凝灰質砂岩の細互層。上下の境界は漸移的な場合も多く、厚さ及び層相の変化が激しいが、概ね中部に厚さ10cm程度の砂質部を挟む。また、上位に平行葉理の明瞭な厚さ約10cmの軽石まじり凝灰質砂岩が認められる。
K-7		最大厚さ約30cmの白色凝灰岩～凝灰質泥岩及び凝灰質砂岩の細互層。上部は主に白色細粒凝灰岩、下部は凝灰質泥岩及び凝灰質砂岩からなり、最下部に厚さ約1cmの白色細粒凝灰岩が見られる。

鍵層の把握・対比（一例）

- 敷地の代表的な凝灰岩のうち、敷地西側を中心に層相に基づき抽出したK-3凝灰岩層を下記に示す。
- 地層の削り込みや小断層の影響等により凝灰岩層の厚さに変化はあるものの、いずれの地点においても前頁に示す鍵層の特徴より対比が可能である。
- なお、これらの凝灰岩層より、いくつかを抽出して実施した火山灰分析（火山ガラスの屈折率）の結果を右下表に示す。
- いずれも屈折率1.510付近にピークを持つ分布特性を示す。



(数値は深度表示)



<火山灰分析の結果>

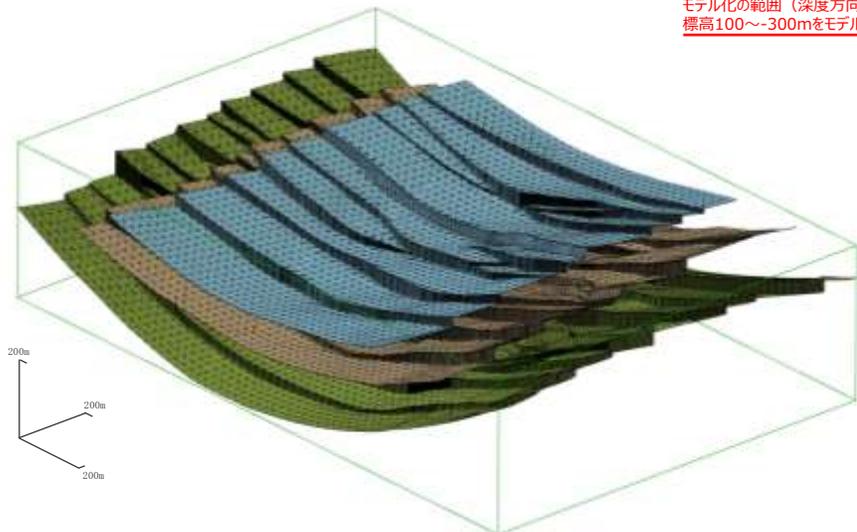
孔名	試料採取深度	火山ガラスの屈折率(nd)				
		1.490	1.500	1.510	1.520	1.530
W3	175.28			■		
W5	80.38			■		
W6	33.36			■		
W7''	17.57			■		
W12	96.36			■		
W13	141.38			■		

鍵層の連続性の検討

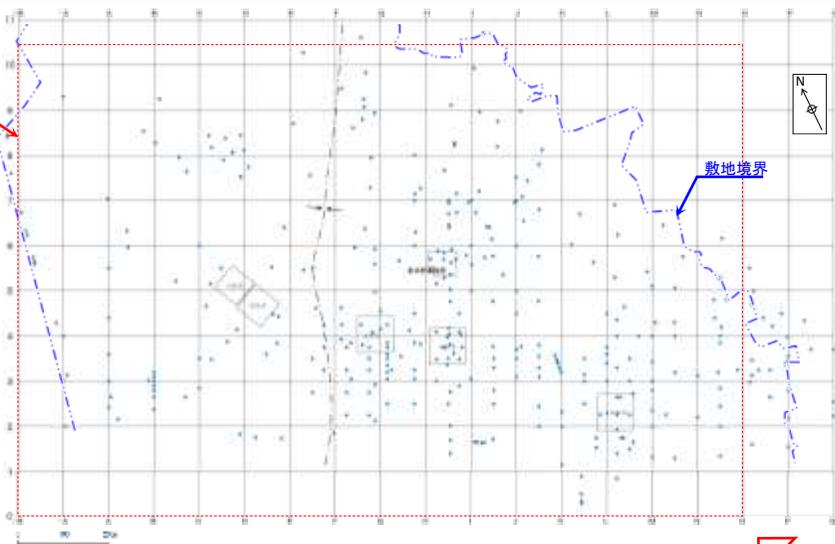
- H断層系の分布の把握にあたり、ボーリング孔に認められる鍵層の標高から、鍵層の連続性※を三次元的に検討し、断層の存在する区間を推定した。
- K-1～K-3凝灰岩層の三次元分布を以下に示す。

※2点間のボーリング孔間の鍵層の分布標高差が、地層の走向傾斜等の影響を考慮した上で概ね10m以下であれば鍵層が連続的に分布するものとした。

<K-1～K-3凝灰岩層の三次元分布>



モデル化の範囲（深度方向は、
標高100～-300mをモデル化）



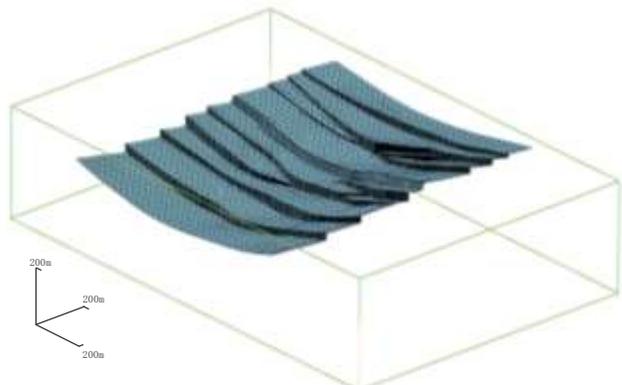
鍵層の連続性の検討に用いたボーリング孔

三次元分布
モデルの視点

<K-1凝灰岩層の三次元分布>

<K-2凝灰岩層の三次元分布>

<K-3凝灰岩層の三次元分布>



(各孔におけるK-1～K-3凝灰岩層の分布等の詳細は、第817回審査会合 机上配布資料1に示す。)

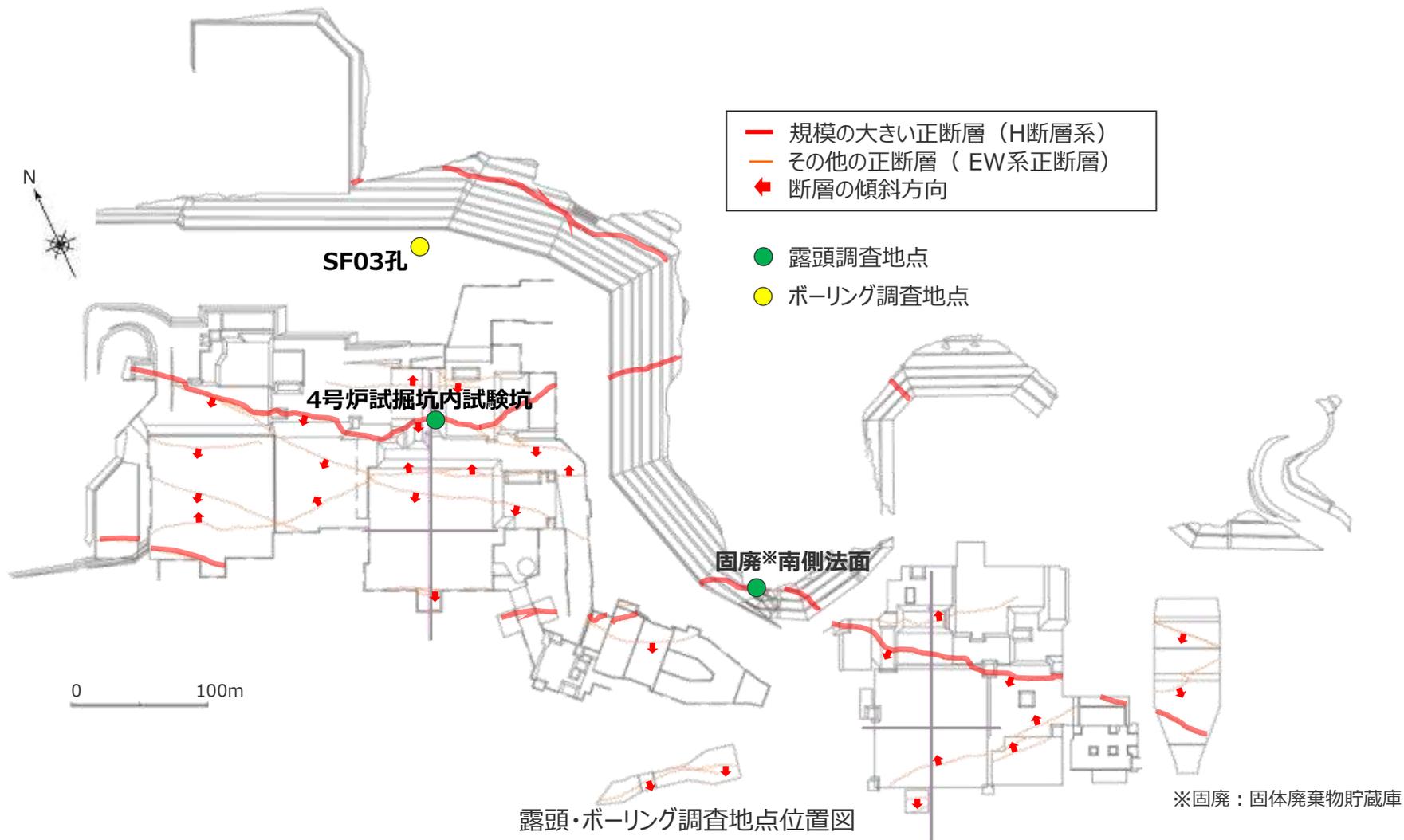
② H断層系の特徴

【検討内容】

H断層系の位置を推定するにあたり，H断層系であることを確認している断層の特徴を把握する。

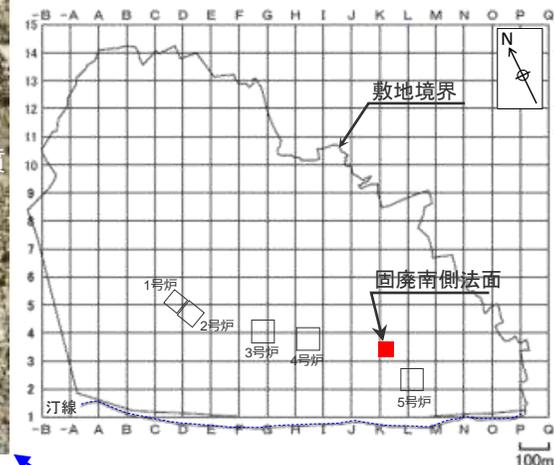
H断層系の詳細観察例

- 『3.敷地の地質・地質構造』において、その分布の一部を確認したH断層系について、その特徴を把握するため、露頭及びボーリングコアでの詳細な観察例を示す。

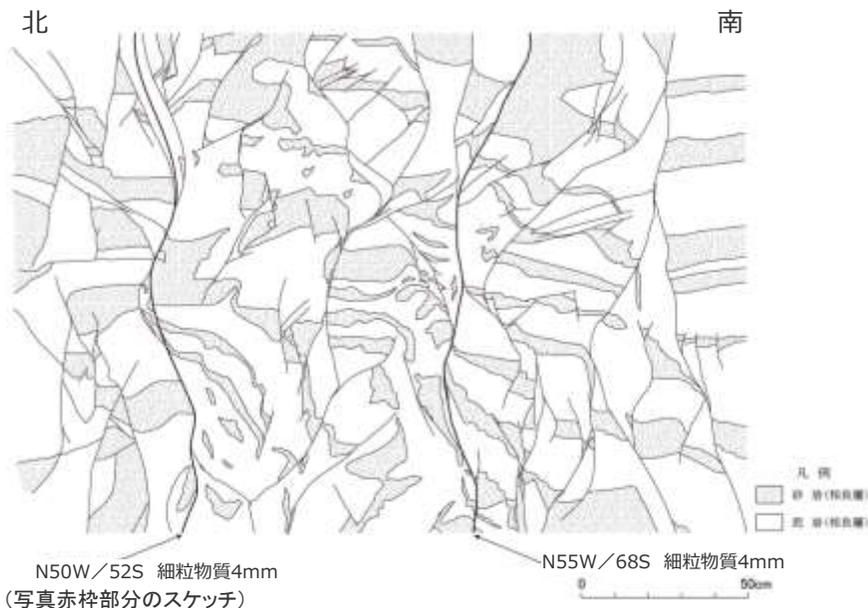


H断層系の露頭観察例（H-2断層（固廃南側法面））

- 露頭で確認されるH断層系の例（固廃南側法面におけるH-2断層）を示す。
- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その周囲には砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、周囲の小断層を切っている。また、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層面は著しくなっており、平面的ではない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- 断層面を研磨して観察を行った結果、細粒物質が一部で不明瞭になっている。



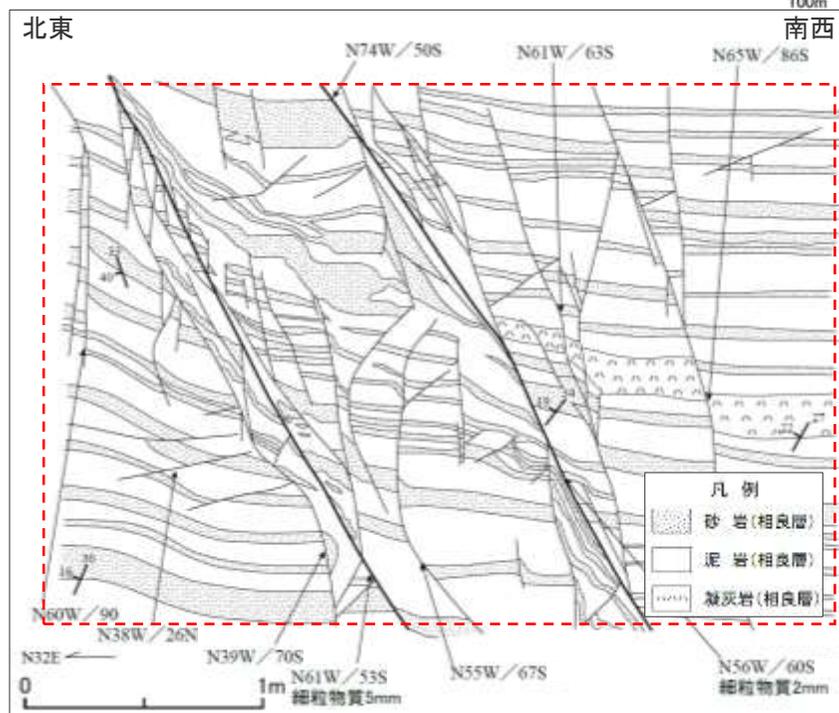
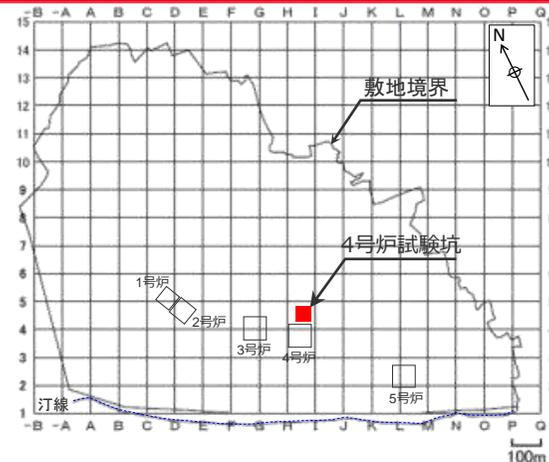
上盤側の断層面を研磨した状況



断層面

H断層系の露頭観察例 (H-3断層 (4号炉試験坑))

- 露頭で確認されるH断層系の例 (4号炉試験坑におけるH-3断層) を示す。
- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間やその周囲には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、周囲の小断層を切っている。また、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。



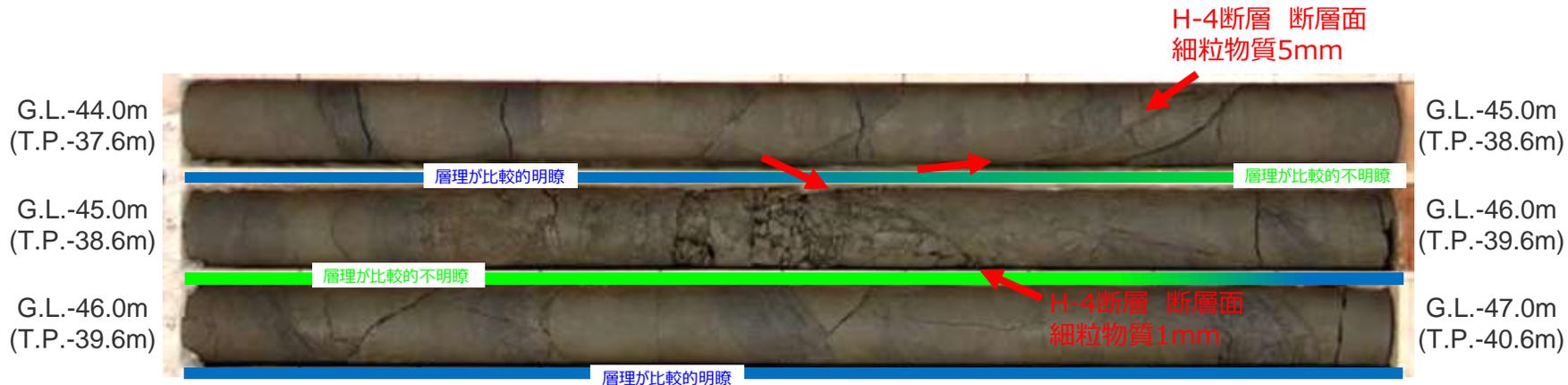
(右図赤枠部分の写真)

断層面

断層面

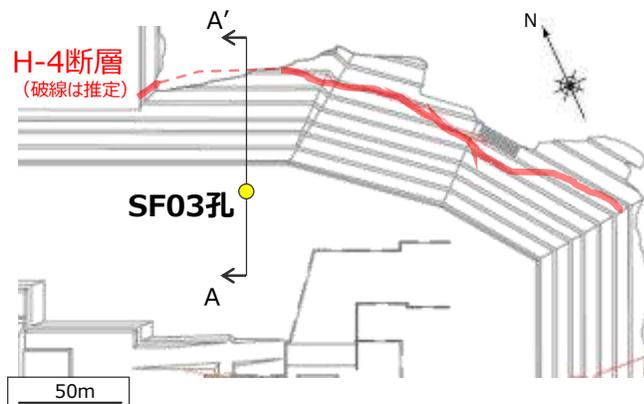
H断層系のボーリングコア観察例（H-4断層（SF03孔））

- ボーリングコアで確認されるH断層系の例（SF03孔におけるH-4断層）を示す。
- ボーリングコアからは細粒物質を伴う高角な2条の断層面が確認できる。
- 細粒物質を伴う高角な断層面に挟まれた区間及びその周辺の層理は健岩部に比べ不明瞭であり、このことは露頭で確認できる砂岩の膨縮やレンズ状の構造，明瞭な引きずりなど，流動的な変形構造に対応する。

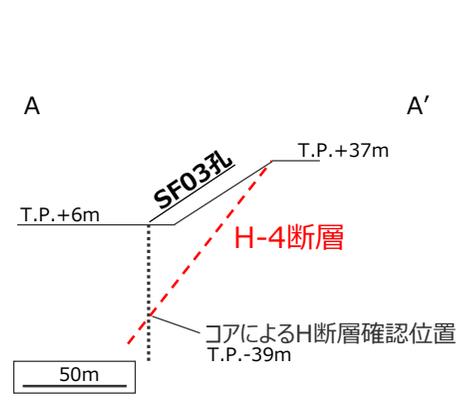


【参考】 地表面で確認されるH断層系との関係

平面図（地表面におけるH断層系確認位置）



A-A'断面（地表面とコアとの位置関係）



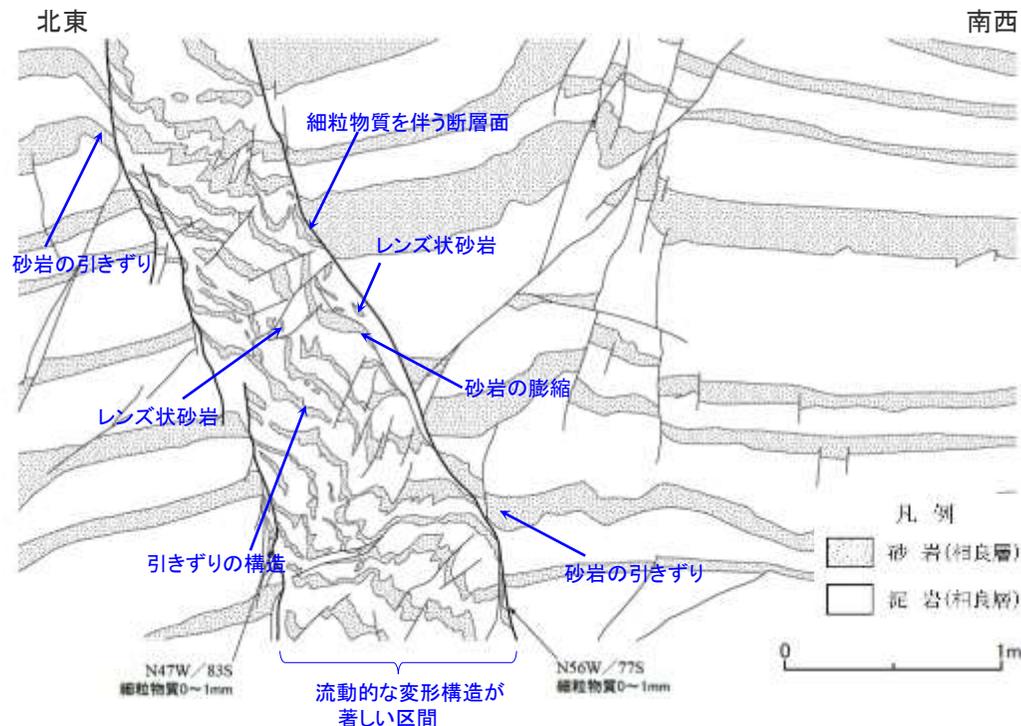
H断層系の一般的特徴

<分布形態>

- 東西～北西-南東走向に分布する南落ちの正断層。
- その他の断層に比べ、断層の落差が有意に大きい。(落差15m程度以上)

<断層性状>

- 細粒物質を伴う断層面が認められる。
- 断層面周辺の砂岩や凝灰岩には、膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められ、この構造はボーリングコアにおいては不明瞭な層理として確認できる。
- 特に、細粒物質を伴う断層に挟まれた区間(幅数十cm～数m程度)は流動的な変形構造が著しい場合が多い。
- 断層面はうねっており、平面的ではない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- 周囲には小断層が複数分布するが、細粒物質を伴う断層面がこれらの小断層を切っている。



H断層系の一般的特徴 (H-3断層露頭の事例)

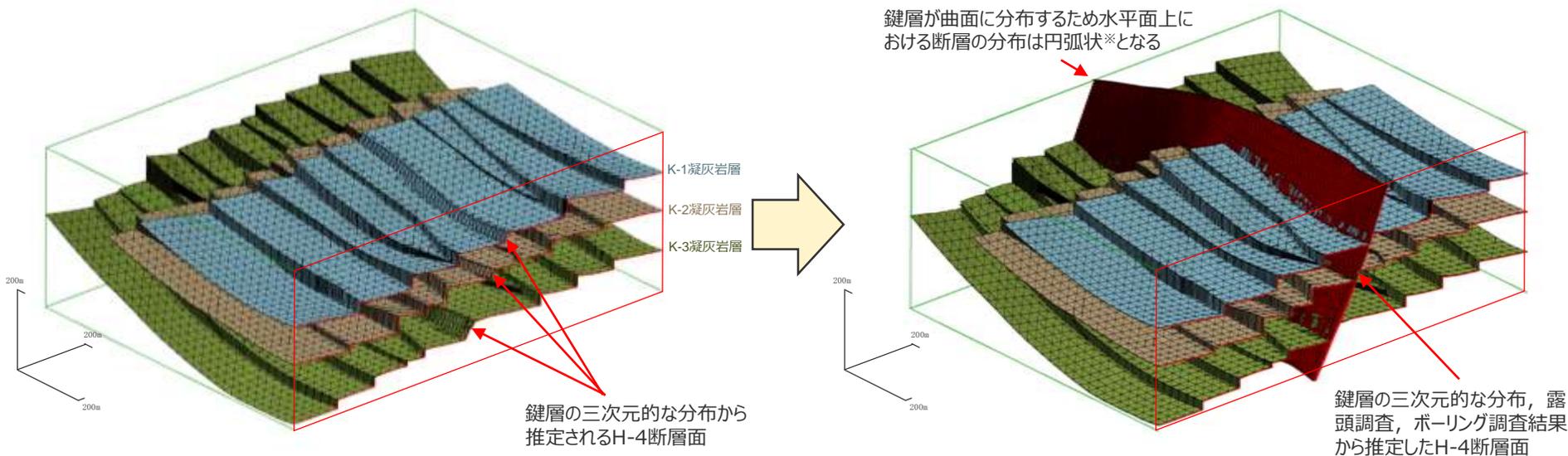
③ 陸域及び取水トンネル付近におけるH断層系の分布

【検討内容】

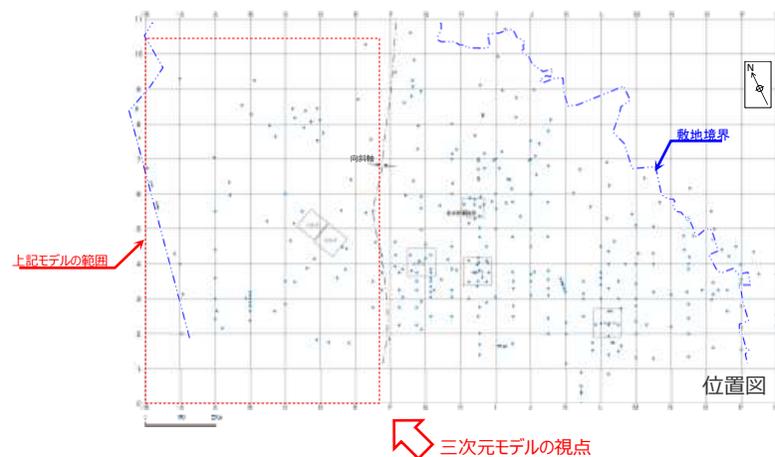
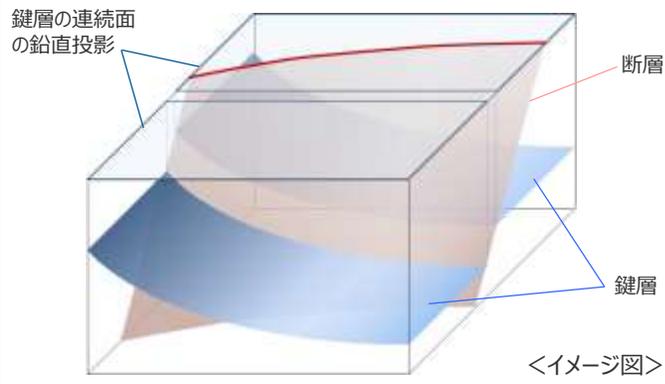
鍵層に有意な落差が生じH断層系の存在が想定される区間（①における検討結果）において、H断層系の特徴（②における検討結果）を有する断層を、ボーリングコア及び露頭より確認し、H断層系の位置を推定する。

H断層系の分布の検討～H-4断層の例

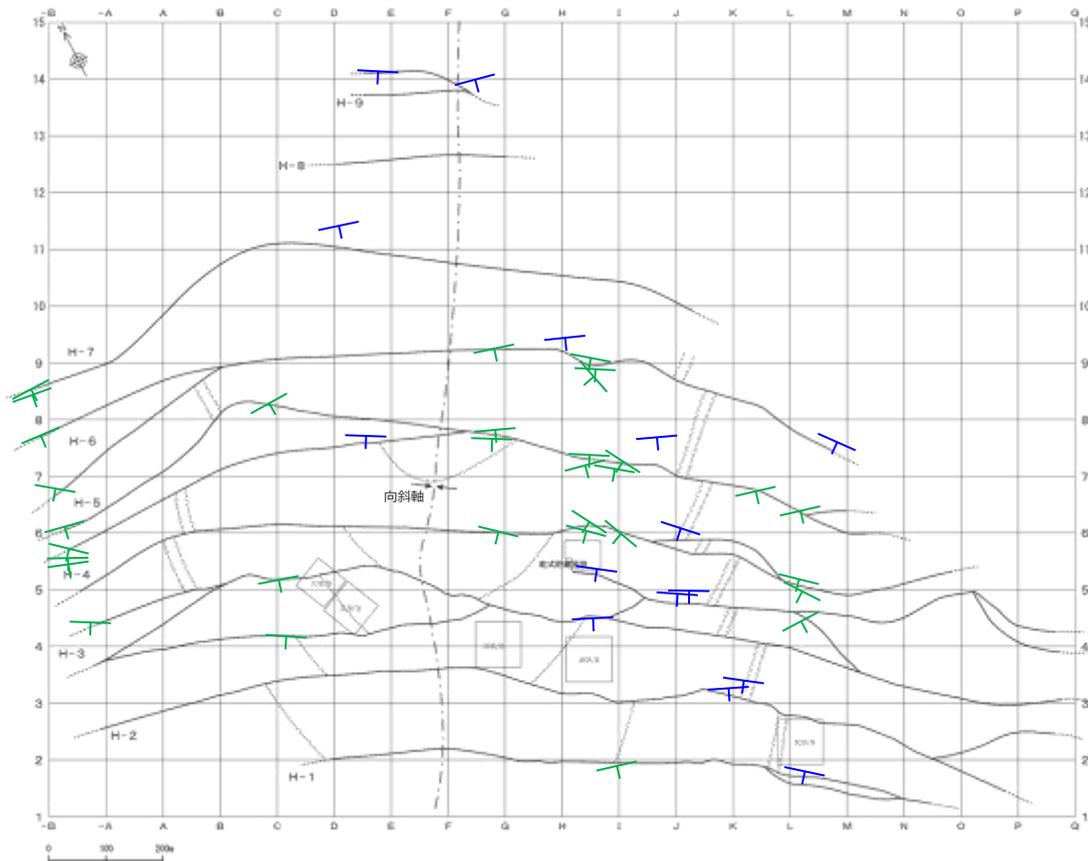
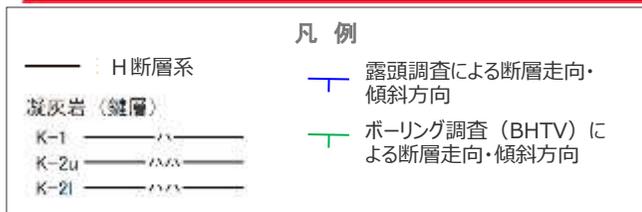
• H断層系の分布の検討にあたっては、鍵層の三次元的な分布から断層の存在する区間を推定し、露頭調査で確認された南傾斜の正断層の延長として、凝灰岩層を変位させる断層をボーリング調査から抽出し、H断層系の断層面を推定した。(下図 (H断層系の分布形状) の詳細は、第704回審査会合資料1-2 補足説明資料参照。)



※鍵層分布は曲面のため、断層に区切られた鍵層の連続面の鉛直投影が直線状でも、断層が傾斜しているため、断層の水平分布は曲線状となる。

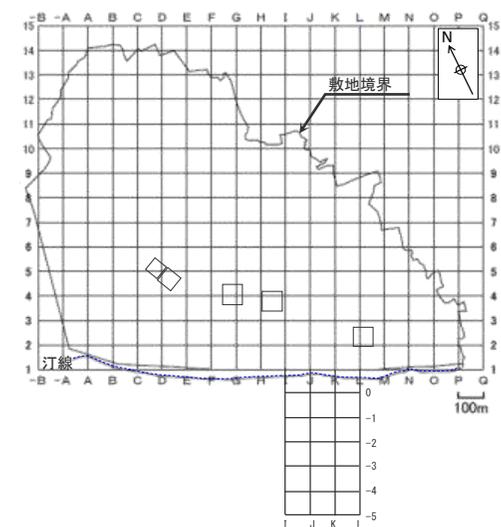
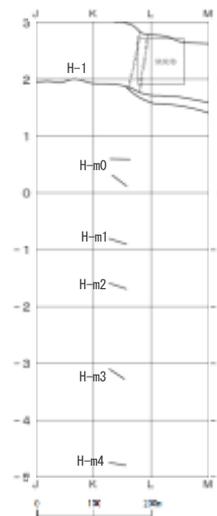


H断層系分布図 (水平断面)



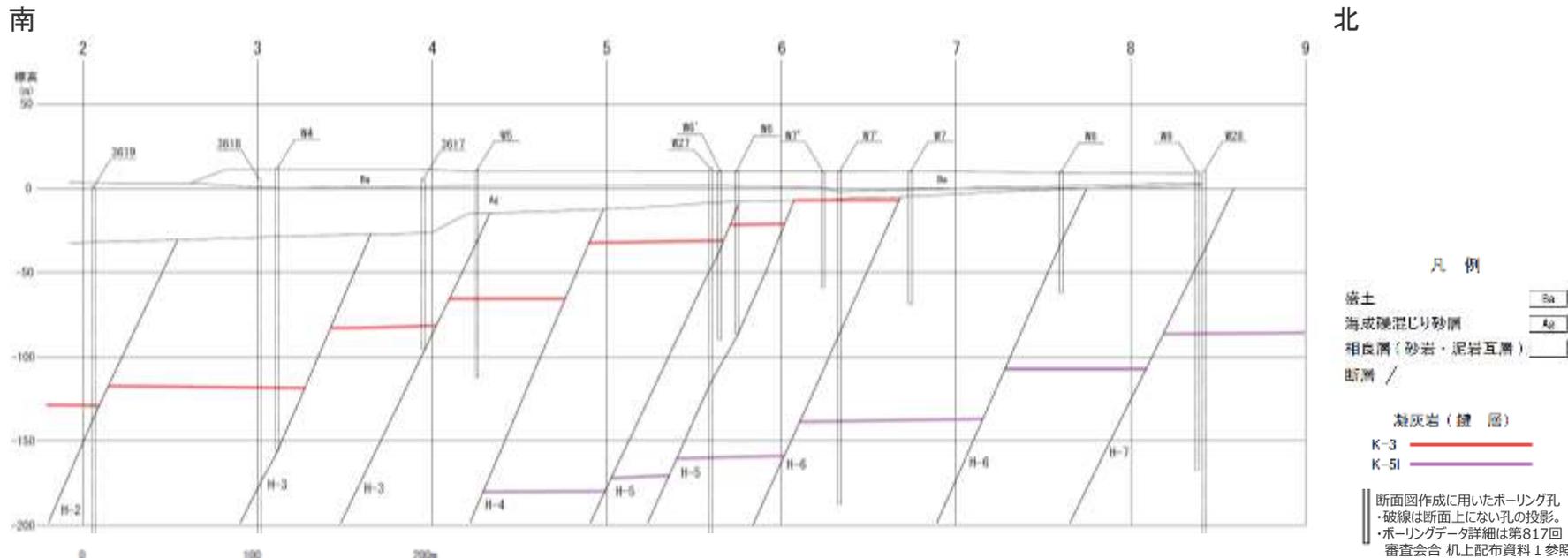
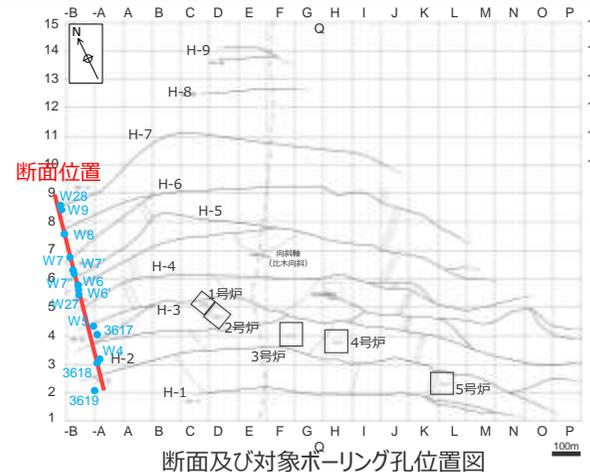
地質水平断面図 (T.P.-13.5m) 左：陸域, 右：海域

- 露頭調査及びボーリング調査より、鍵層の落差・連続性、断層性状、一部BHTVによる断層の走向・傾斜に基づき、H断層系の分布を推定した。
 - H断層系は、走向N40～80°Wで、海岸線とほぼ平行に50～150m程度の間隔で、汀線から陸側約1.5kmの敷地北側までの範囲に9本が、汀線から沖合約600mの取水塔にかけて5本分布することが確認されている。
 - H断層系は、直線的に連続するものではなく、向斜軸部付近を中心に南（海側）に開いた緩い弧状に分布し、分岐、屈曲する。
 - これら確認されたH断層系について、陸域については海側より、H-1、H-2、H-3…H-9断層と、海域については陸側より、H-m0、H-m1…H-m4断層と呼称する※。
- ※分岐と考えられるものは同一の附番としている。
- なお、H断層系はいずれも本図範囲より東西方向へ延長するものと考えられる。



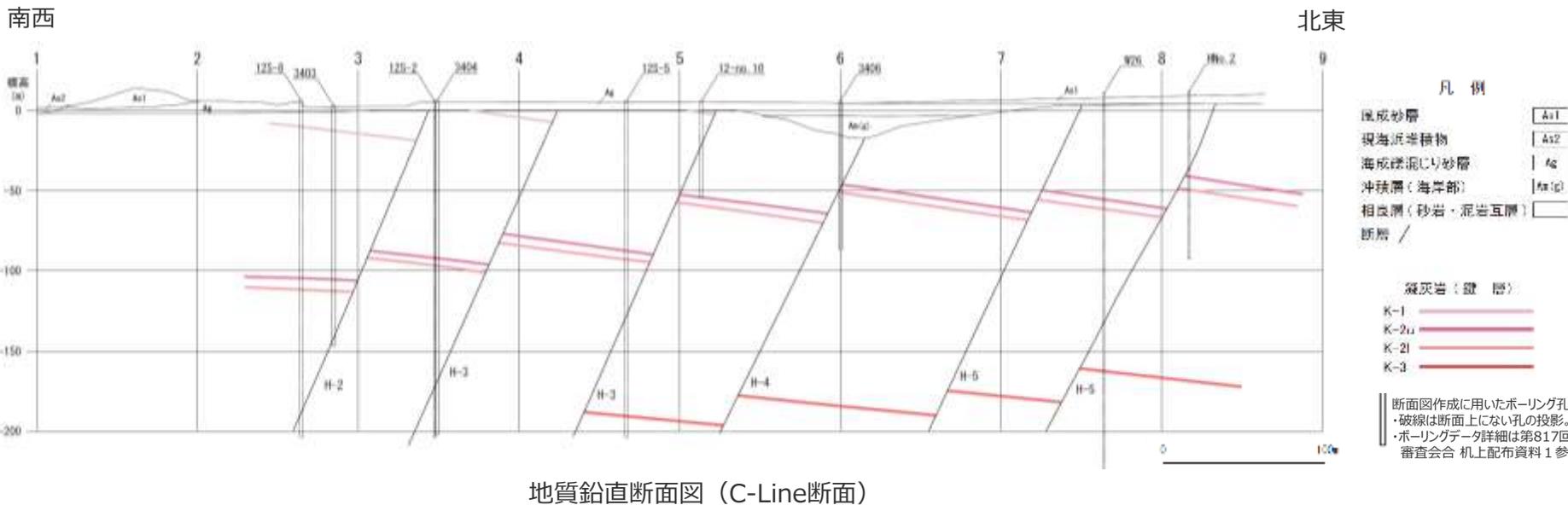
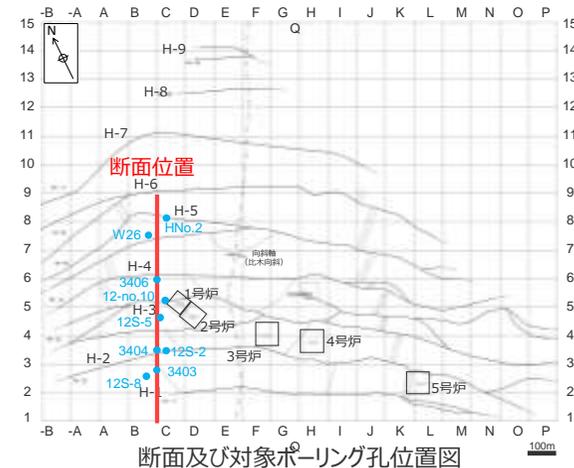
H断層系分布図（鉛直断面 敷地西側）

- 敷地西側盛土沿いの地質断面図によると、敷地内から敷地北側にかけて、南（海側）に60～70°傾斜したH断層系が確認される。
- H断層系は50～150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は10～30m程度、南側低下の正断層であることが確認される。
- なお、本断面は向斜軸に対し斜交しているため、地層の偽傾斜がほぼ水平を呈している。



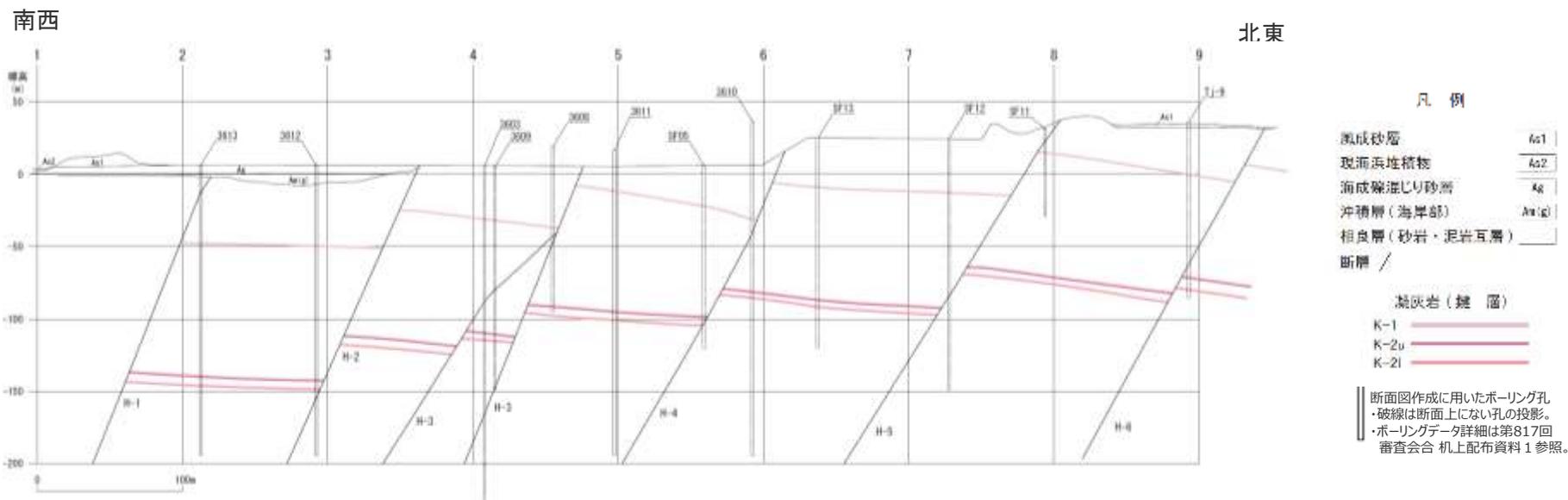
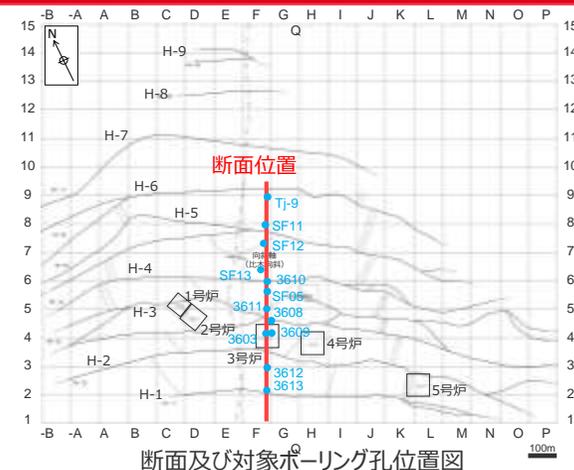
H断層系分布図（鉛直断面 1, 2号炉付近）

- 1号炉及び2号炉の西側を通るC-Lineの地質断面図によると、敷地内から敷地北側にかけて、南西（海側）に60~70°傾斜したH断層系が確認される。
- H断層系は70~150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は20~30m程度、南西側低下の正断層であることが確認される。
- 鍵層等の層理は北東方向へ傾斜している。



H断層系分布図（鉛直断面 3号炉付近）

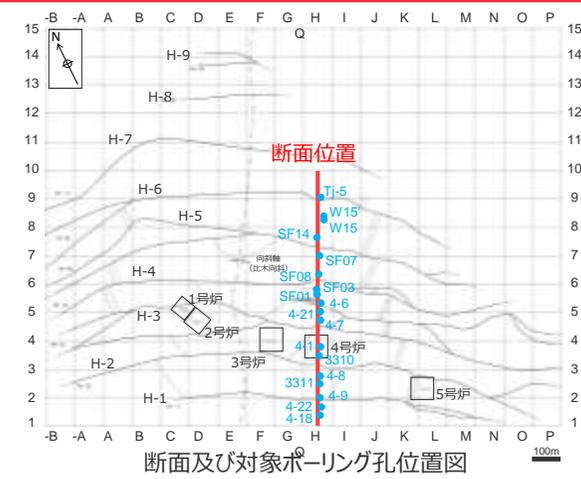
- 3号炉を通るG-12-Lineの地質断面図によると、敷地内から敷地北側にかけて、南西（海側）に60～70°傾斜したH断層系が確認される。
- H断層系は100～150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は20～40m程度、南西側低下の正断層であることが確認される。
- 鍵層等の層理は北東方向へ傾斜している。



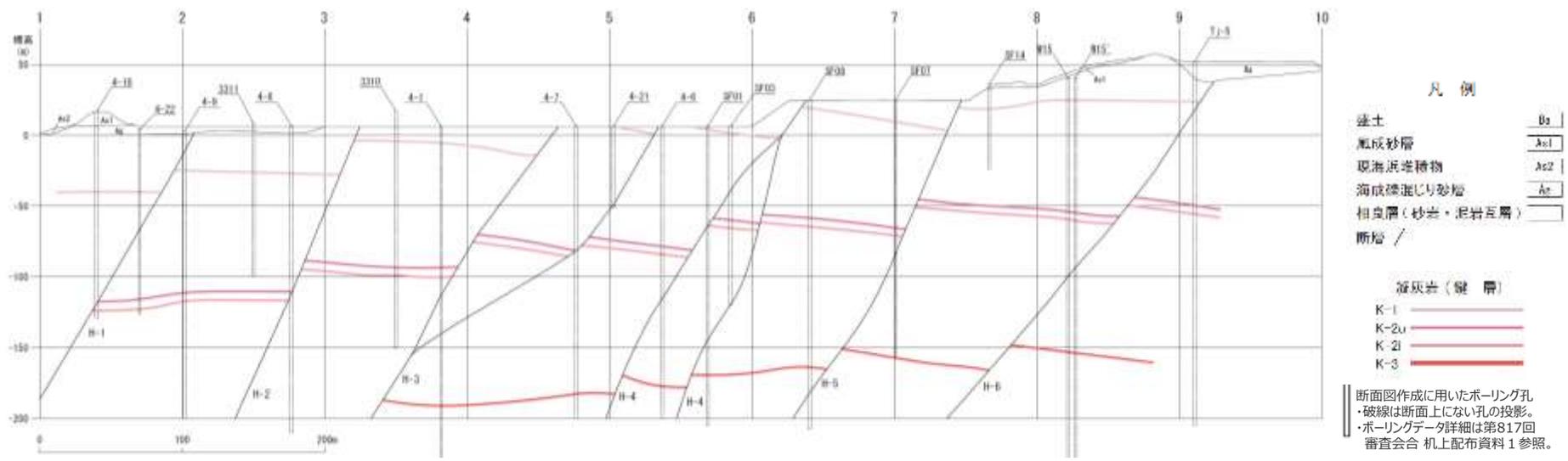
地質鉛直断面図（G-12-Line断面）

H断層系分布図（鉛直断面 4号炉付近）

- 4号炉を通るH+47-Lineの地質断面図によると、敷地内から敷地北側にかけて、南西（海側）に50~70°傾斜したH断層系が確認される。
- H断層系は70~150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は10~40m程度、南西側低下の正断層であることが確認される。
- 鍵層等の層理は北東方向へ傾斜している。



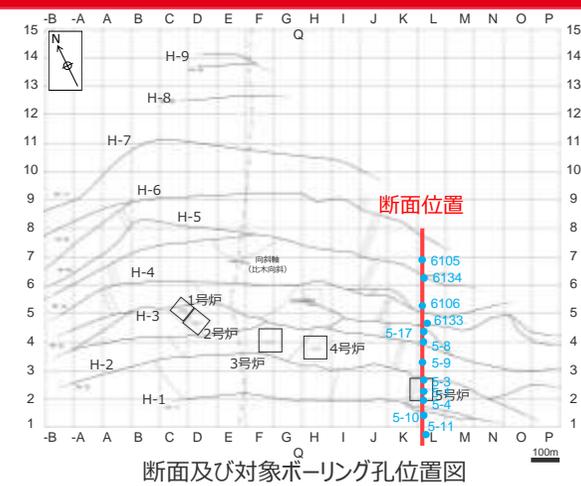
南西 北東



地質鉛直断面図（H+47-Line断面）

H断層系分布図 (鉛直断面 5号炉付近)

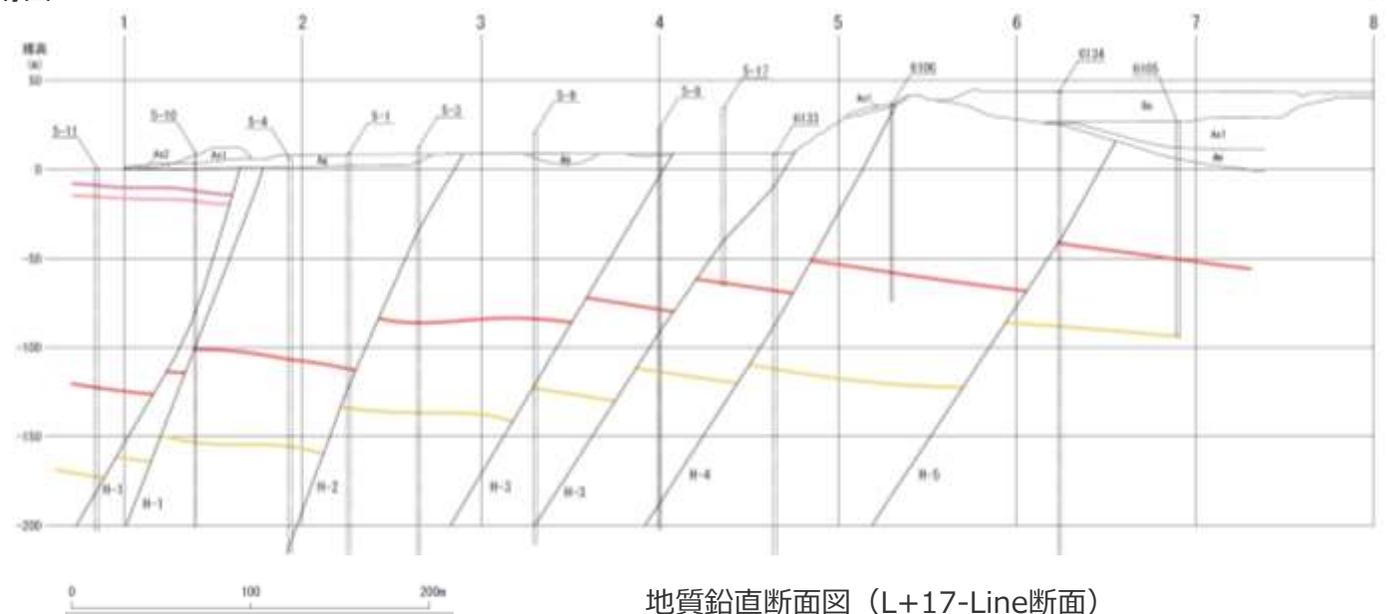
- 5号炉を通るL+17-Lineの地質断面図によると、敷地内から敷地北側にかけて、南西（海側）に60～70°傾斜したH断層系が確認される。
- H断層系は70～150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は20～30m程度、南西側低下の正断層であることが確認される。
- 鍵層等の層理は北東方向へ傾斜している。



断面及び対象ボーリング孔位置図

南西

北東



地質鉛直断面図 (L+17-Line断面)

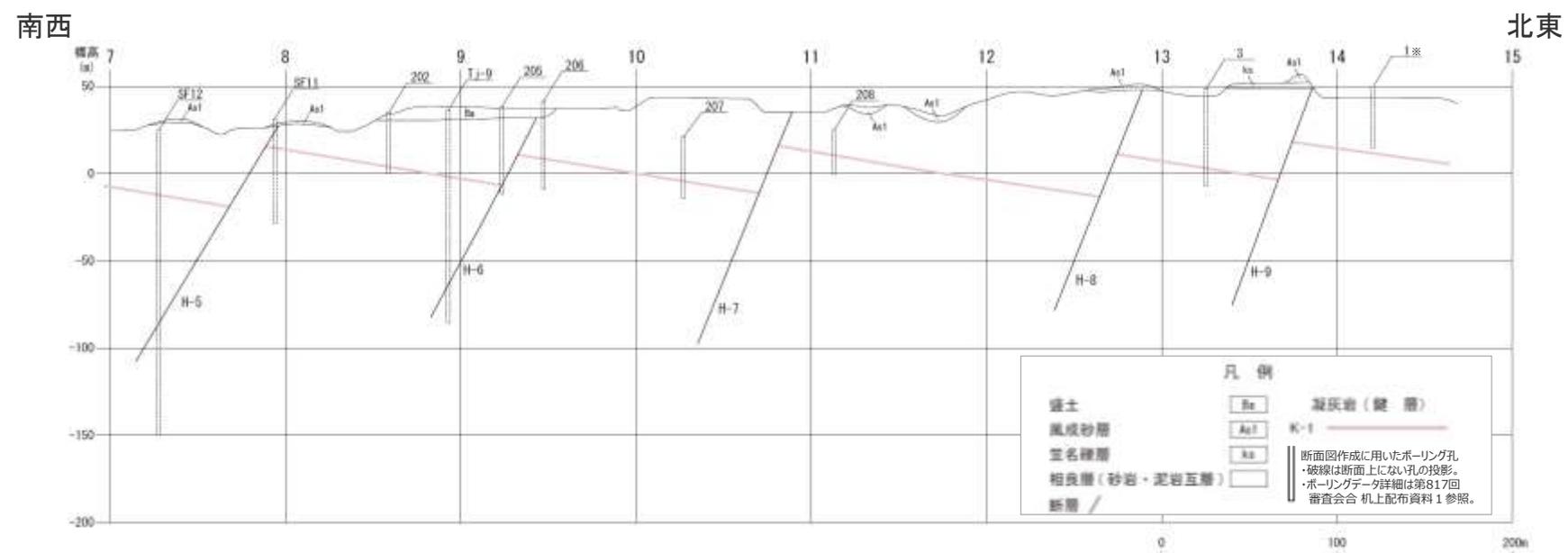
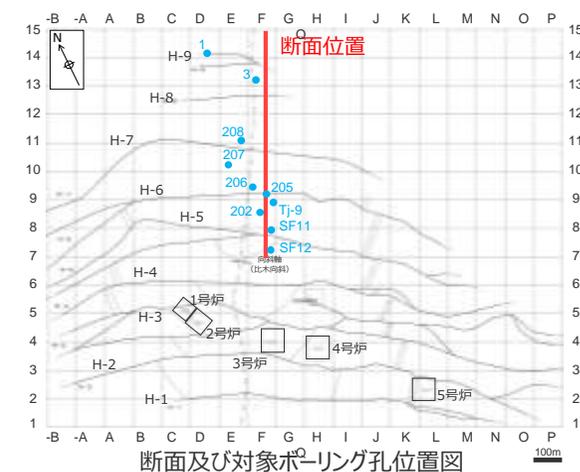
凡例

盛土	Ba
風成砂層	As1
現海浜堆積物	As2
海成礫混じり砂層	Ag
沖積層 (山地部)	An
相良層 (砂岩・泥岩互層)	An
断層 /	
凝灰岩 (鍵層)	
K-2u	
K-2l	
K-3	
K-4	

断面図作成に用いたボーリング孔
・破線は断面上にない孔の投影。
・ボーリングデータ詳細は第817回
審査会合 机上配布資料 1 参照。

H断層系分布図 (鉛直断面 敷地北側)

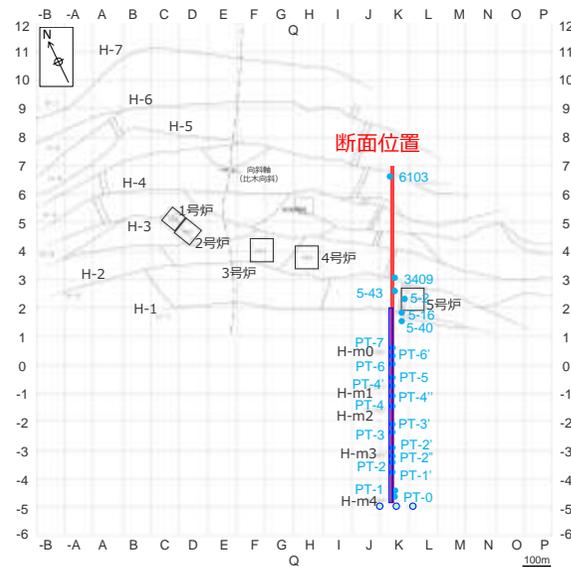
- 敷地の中央付近を通るF+60-Lineの地質断面図によると、敷地内から敷地北側にかけて、南西（海側）に50～70°傾斜したH断層系が確認される。
- H断層系は100～150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は20～30m程度、南西側低下の正断層であることが確認される。
- 鍵層等の層理は北東方向へ傾斜している。



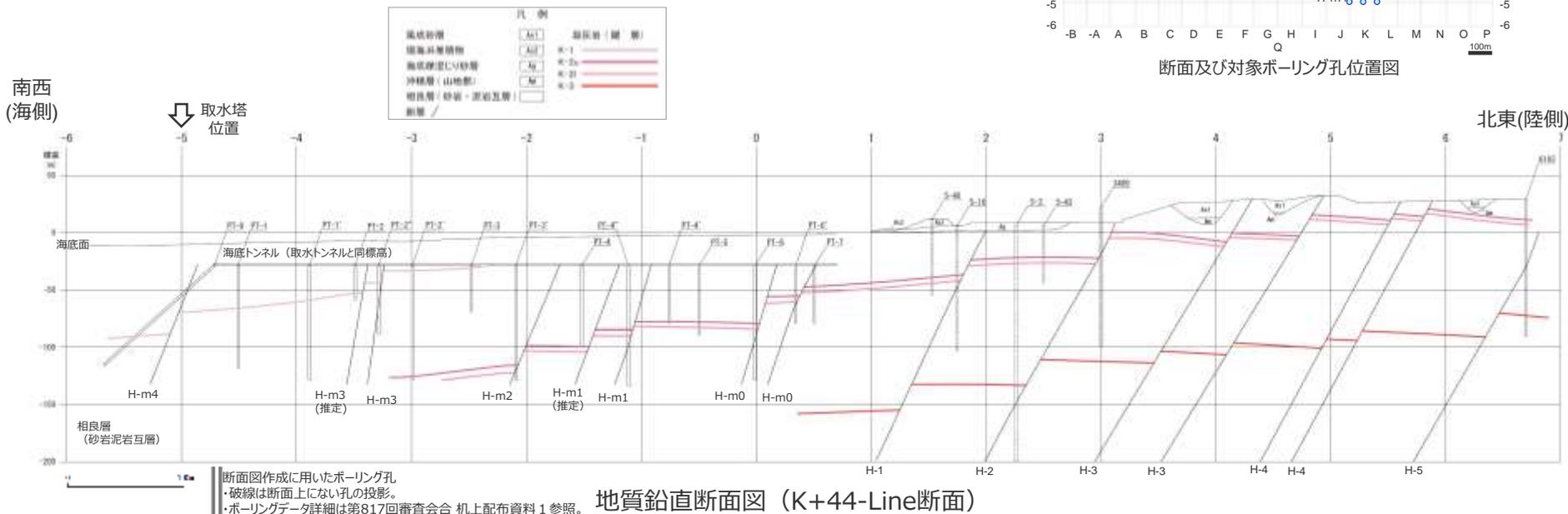
※1孔は、向斜軸西翼で実施したボーリングを投影しているため、図上は、凝灰岩層に到達していない図となっている。
(K-1凝灰岩層は、標高26.96mで確認)

海域部を含むH断層系分布図（鉛直断面）

- 3, 4号炉取水トンネル間の海底トンネル及びその陸側延長の地質断面図によると、海域においても陸域同様、南西（海側）に60~70°傾斜したH断層系が確認される。
- 海域のH断層系も100~150m程度の間隔で分布し、鍵層の対比から、鉛直変位量は10~20m程度、南西側低下の正断層であることが確認される。
- 陸域部の鍵層等の層理は北東方向へ傾斜しており、海域部に向かって徐々に南西方向へ変化している。

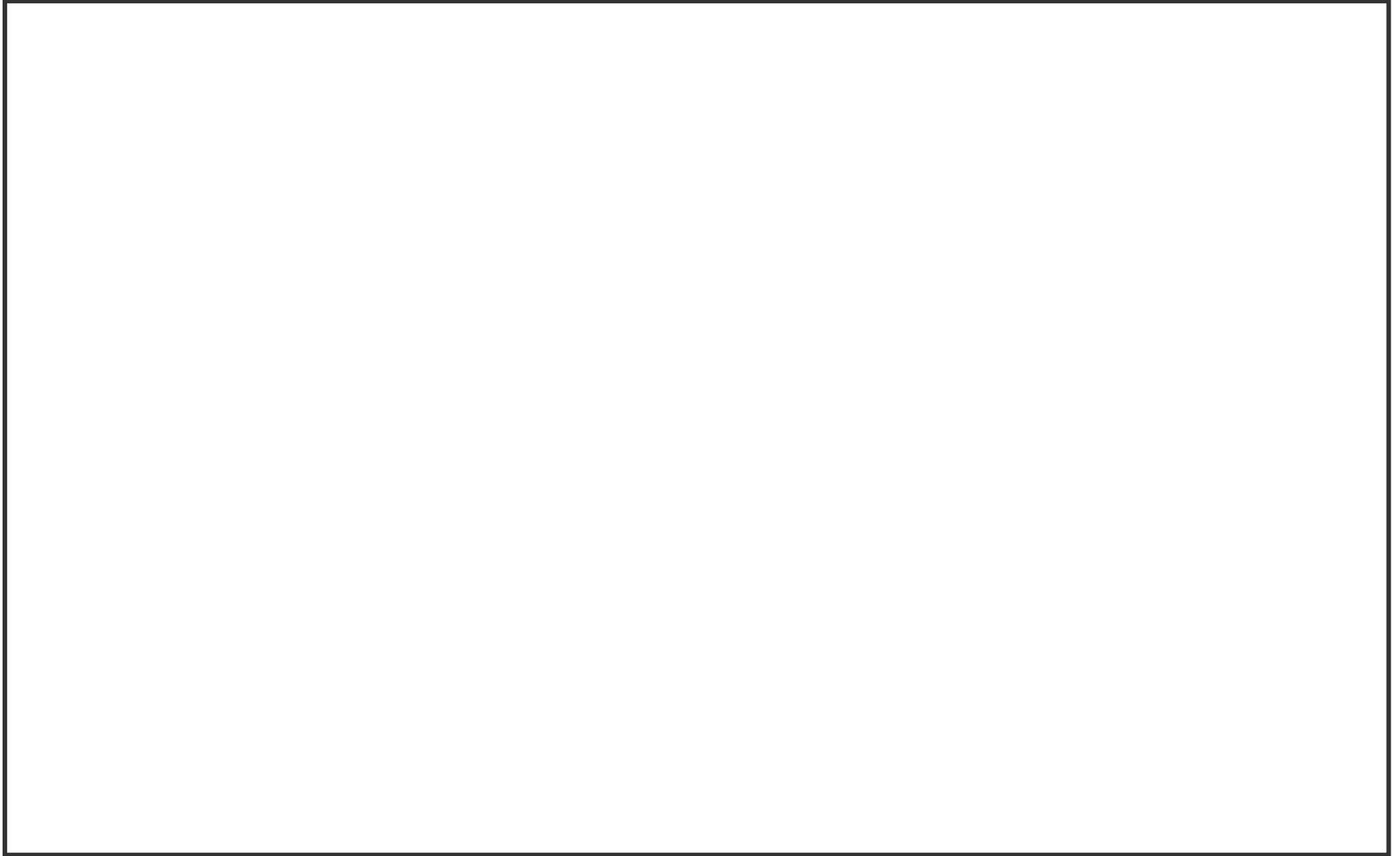


断面及び対象ボーリング孔位置図

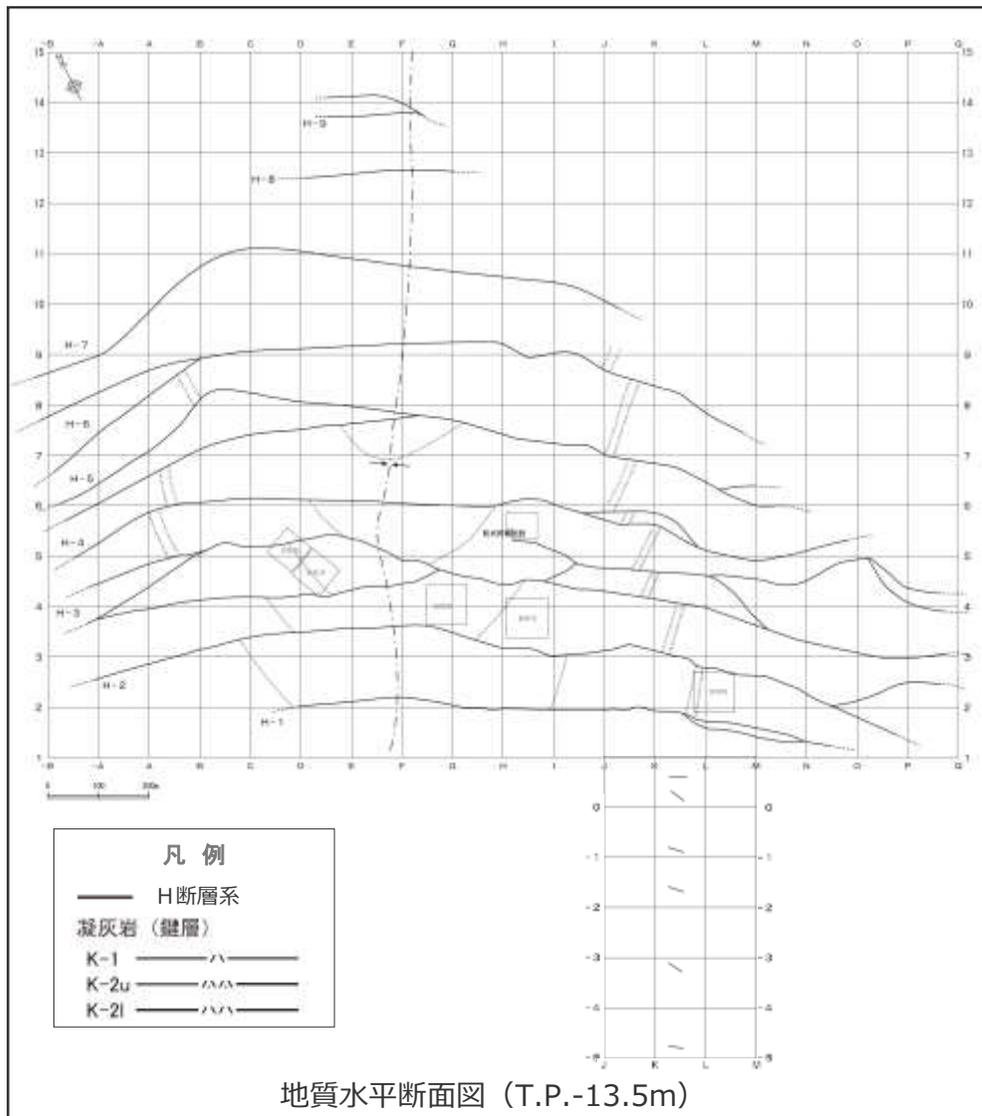


H断層系と重要施設の位置関係

枠囲みの内容は機密事項に
属しますので、公開できません。



4.1(1) 陸域（ボーリング・露頭）における検討のまとめ



【検討結果】

- 1a 東西走向の南傾斜で南落ちの正断層で、ほぼ同じ傾斜及び落差を持つ。
 - H断層系は、いずれも、走向N40~80°W、傾斜概ね60°Sの南側低下で、落差が20m程度の正断層。
- 1b ほぼ同じ間隔で並走する。
 - H断層系は、海岸線とほぼ平行に50~150m程度の間隔で分布する。
- 1c 向斜軸部付近を中心に南に開いた緩い弧状を呈す。
 - H断層系は、直線的に連続するものではなく、向斜軸部付近を中心に南（海側）に開いた緩い弧状に分布し、分岐・屈曲する。
- 1d 汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されている。
 - H断層系は、汀線から陸側約1.5kmの敷地北側までの範囲に9本が、汀線から沖合約600mの取水塔にかけて5本分布することが確認されている。

（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）

(2) 海域における分布の検討

【検討内容】

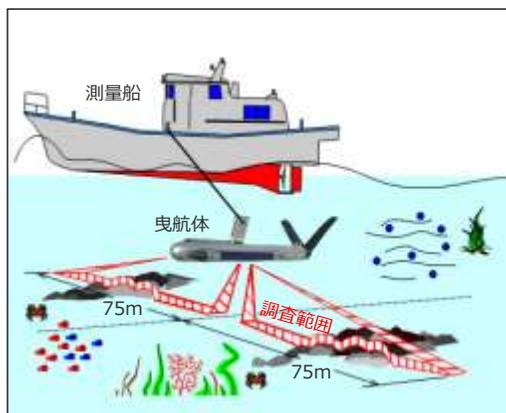
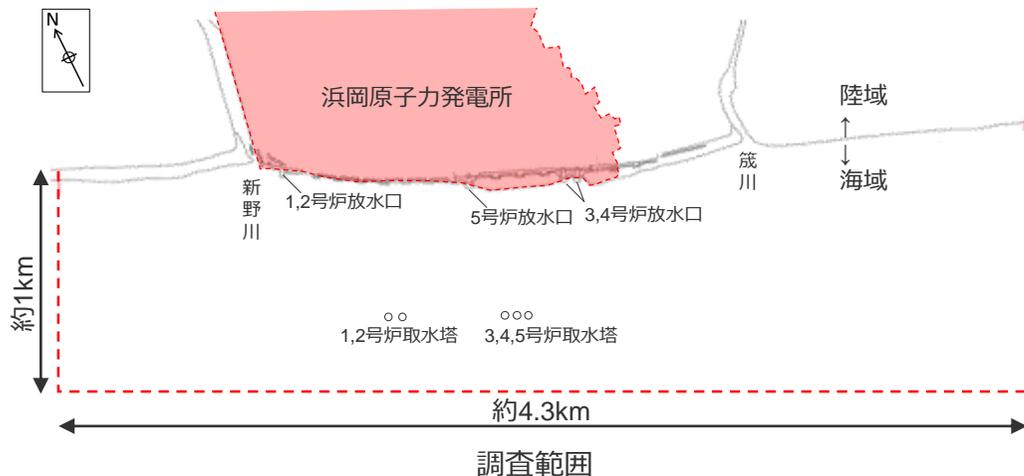
重要施設が設置されていない敷地前面海域※については、海底地形や音波探査記録からH断層系の分布を推定する。

※取水トンネル付近については、(1)陸域（ボーリング・露頭）における検討において、海底トンネル内より実施したボーリング調査による分布を提示済み。

敷地前面の海底地形調査（サイドスキャンソナー調査）

<調査の概要>

- 敷地前面海域におけるH断層系の分布範囲について、海底地形から検討するため、サイドスキャンソナー調査を行った。
- 調査は、敷地前面海域の取水設備設置地盤を十分包絡するよう、東西方向約4.3 km、沖合に約1 km程度の範囲で設定した。



調査イメージ



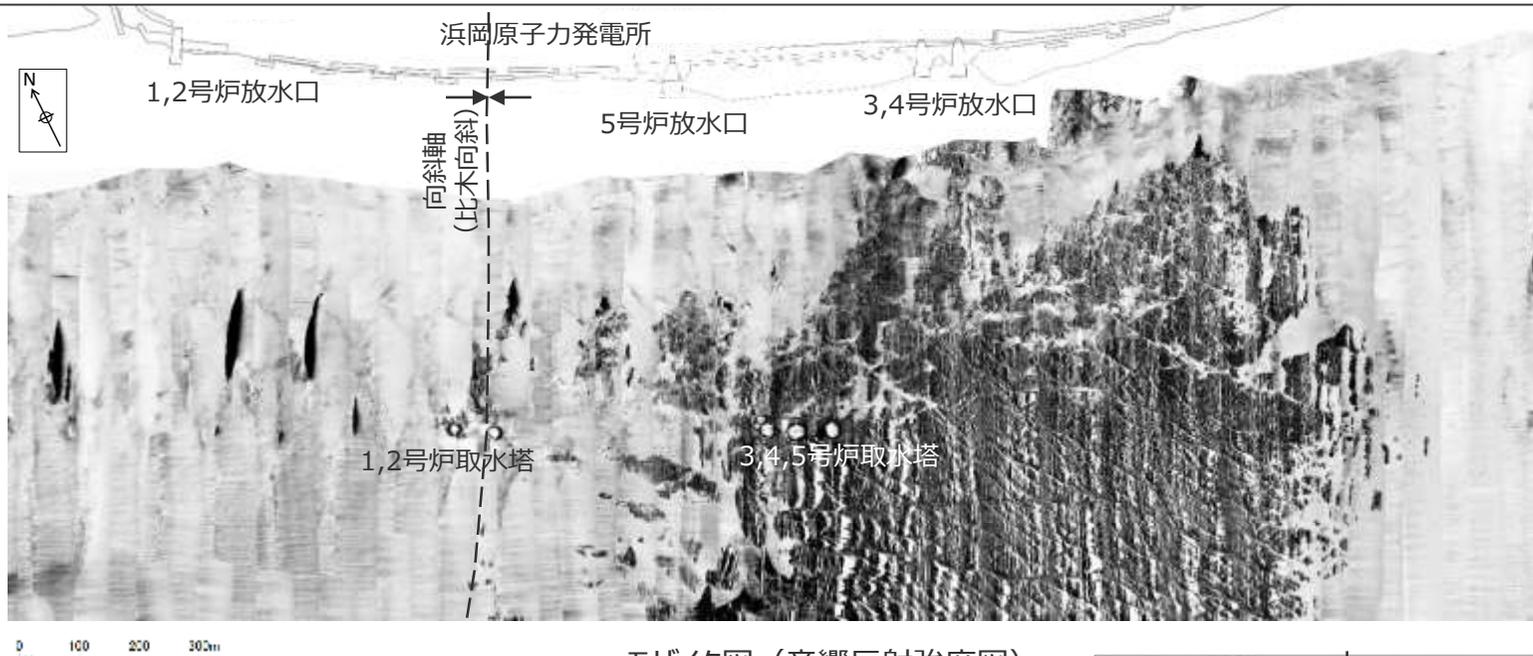
調査機材

サイドスキャンソナー調査諸元

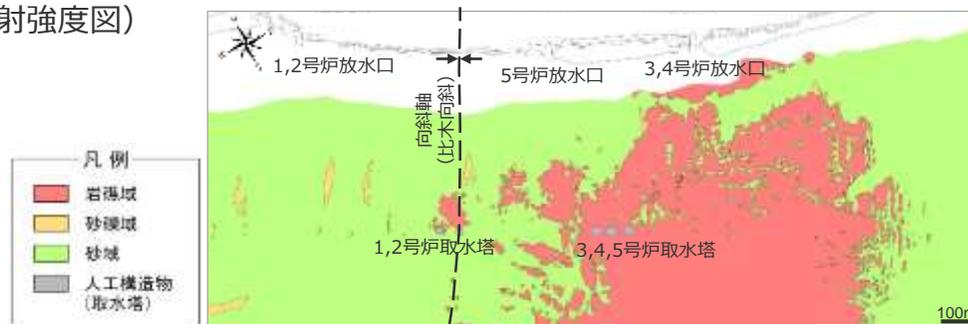
サイドスキャンソナー仕様	周波数	130kHz・445kHz（2周波）
	パルス幅	25～400μsec
	水平ビーム角	130kHz 1.0° 445kHz 0.2°
	最大レンジ	片側450m（130kHz） 片側150m（445kHz）
	垂直ビーム角	40°
	TVGレンジ	80dB
	信号処理	曳航体にDPU内蔵
	センサー	ピッチ・ロール・方位センサー標準装備
	耐圧	1,500m
	曳航体サイズ	122cm長，8.9cm径，空中重量：29kg
	収録装置	SonarPro搭載のPC
	TPU (Transceiver / Processor Unit)	100Base-T Ethernet LAN NMEA0183ナビゲーション入力信号
電源	120W@110～240VAC	
ケーブル	ケブラー 25m & 150m	
調査時期	2016年11月，2017年7月	

海底地形調査結果（モザイク図）

- サイドスキャンソナーによる調査結果として、モザイク図（海底からの音響反射強度図）を示す。
- 前面海域3,4,5号炉取水塔から東側において広く露岩しており、相良層群の互層を反映したと考えられる南北方向の明暗を交互に繰り返す縞状構造と、それらと斜交するH断層系を含む断層構造あるいは侵食谷と考えられる線状の構造が確認される。



モザイク図（音響反射強度図）



【参考】モザイク図より作成した海底面の底質分布

(参考) モザイク図の解釈について

<反射強度と底質の関係について>

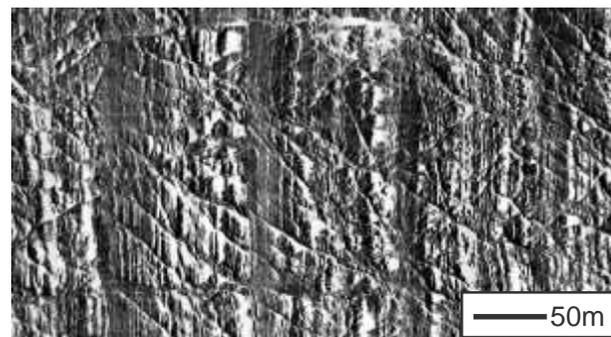
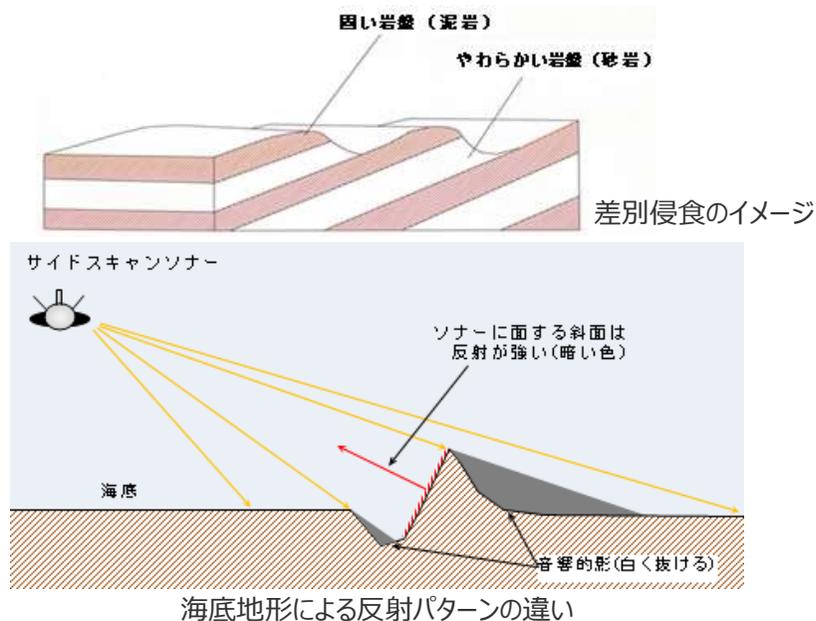
モザイク図はソナーが発振した音波の反射強度を画像化したもので、反射が強ければ暗く（黒色）、反射が弱ければ明るく（白色）表現され、色の濃淡から底質を判別することができる。

反射強度と底質の関係

反射強度	弱	←————→		強
画像表現	明るい	←————→		暗い
底質	泥	砂	礫	岩

<縞状構造の解釈について>

発電所前面の岩礁は、モザイク図上で明暗を交互に繰り返す縞状構造を示す。この反射パターンは、海底で緩傾斜をなす相良層群（砂岩泥岩互層）が差別侵食を受けた結果、起伏に富んだ地形となったことに起因する。同様の地形は、御前崎海岸の岩礁でも確認される。



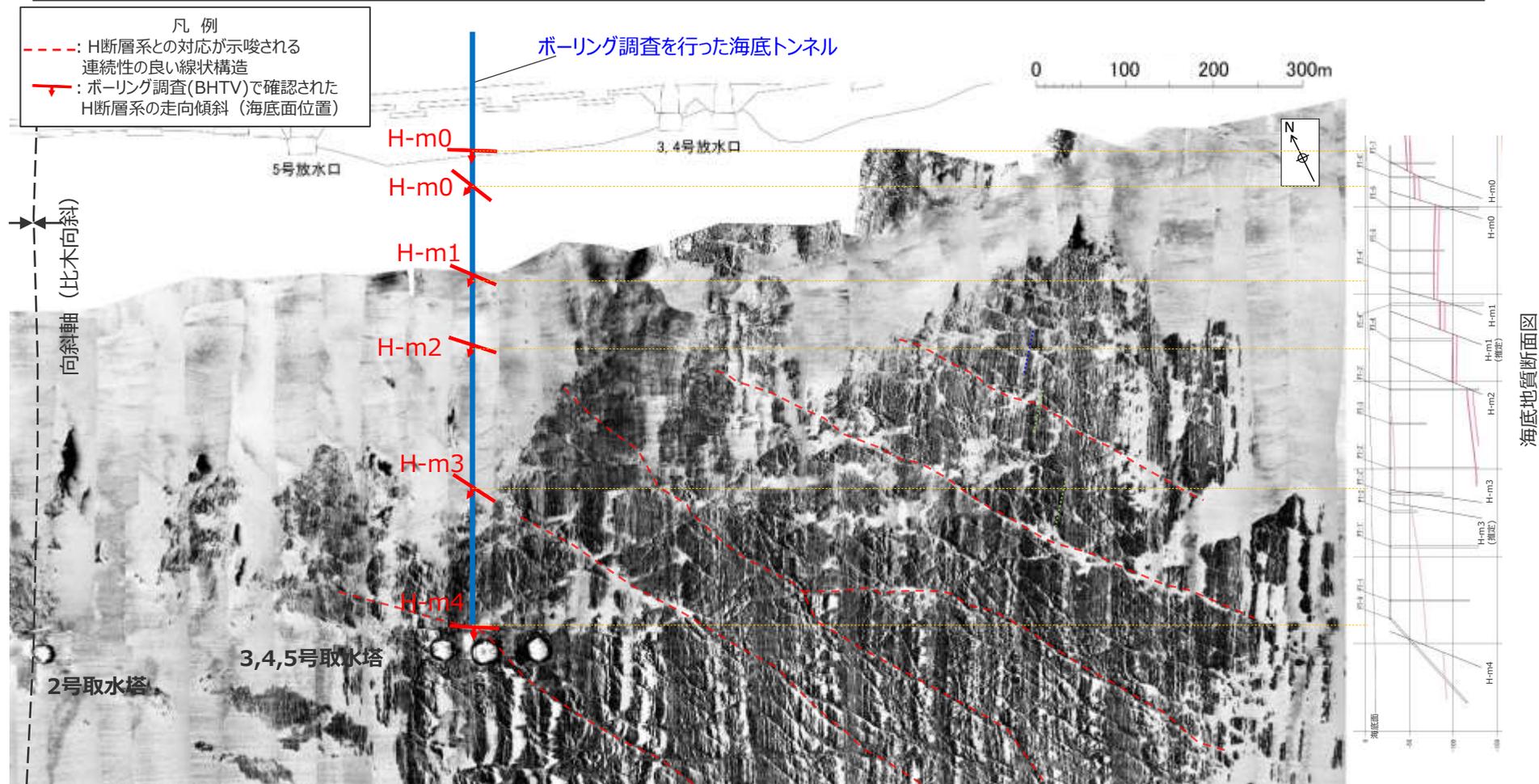
モザイク図に見られる岩礁域の縞状構造
(図面横方向に明暗パターンを繰り返す)



御前崎海岸岩礁の縞状構造
(砂岩泥岩互層)

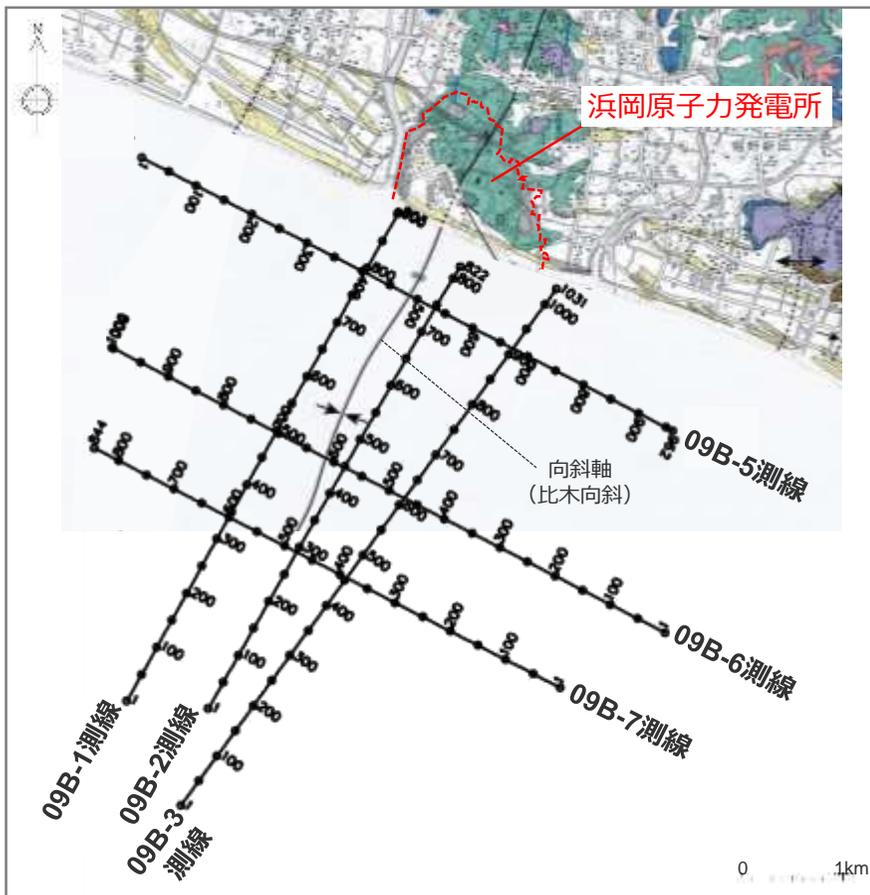
ボーリング調査結果と海底地形調査結果との対応について

- 海底トンネルからのボーリング調査で確認された海域のH断層系と、海底地形調査で確認された線状構造との対応を確認した。
- その結果、ボーリング調査で確認されたH断層系は、海底地形調査で確認された線状構造のうち、比較的連続性の良いものとの対応が示唆され、比木向斜東翼において、南側（海側）に緩く弧を描くように分布している。
- その他の線状構造は、陸域の調査でも確認される小断層系か、あるいは侵食による谷地形と考えられる。



海域における地下構造調査（海上音波探査）

- ・ 敷地前面海域におけるH断層系の分布範囲について、海上音波探査により地下構造を把握し、検討する。
- ・ 海上音波探査は、敷地前面海域において、南北方向に3本、東西方向に3本の測線で実施した。
- ・ 調査諸元は以下に示す通りであり、探査目標深度は約1,000mとして設定した。



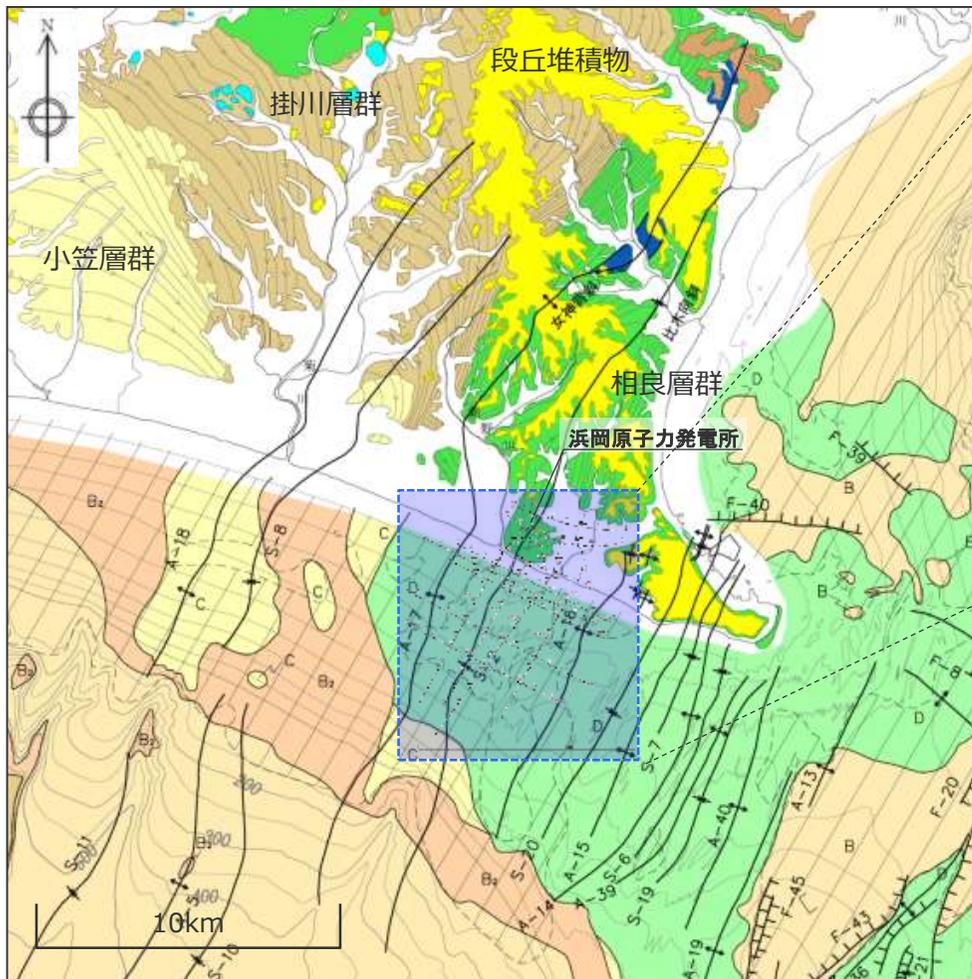
海上音波探査測線図（測線上の数字はCMP番号を表わす。）

海上音波探査諸元

音源	エアガン (チャンバー容量：460Cu.in及び40Cu.in)
発振点間隔	12.5m
最大受振距離	600m程度
標準同時収録チャンネル	48ch
サンプリング間隔	1m s
収録システム	デジタル収録式地震探鉱器（24ビットA/D変換）
収録時間	3秒
受振器	ストリーマケーブル
受振点間隔	12.5m
調査時期	2009年11月

敷地前面海域の地質の層序について

- 敷地前面海域における海上音波探査範囲は、広く露岩しており、その地層は遠州灘海域のD層（新第三紀中新世～鮮新世前期）であり、陸域の相良層群に該当する。

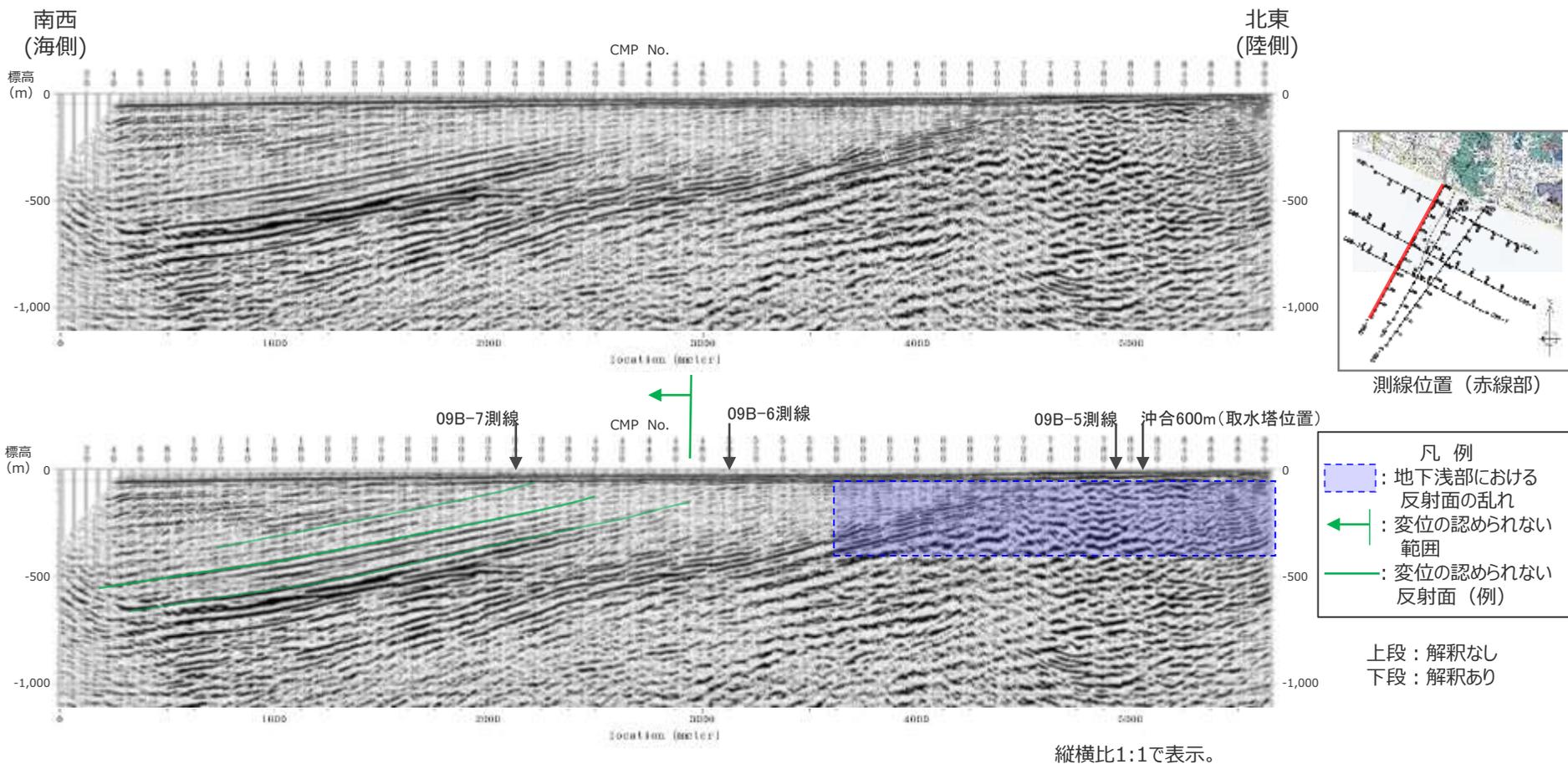


海上音波探査測線図

地質時代		遠州灘海域		
第四紀	完新世	A層		P層
	更新世	後期	B ₁ 層	
		中期	B ₂ 層	
		前期	C層	
新第三紀	鮮新世	C層		
	中新世	D層		

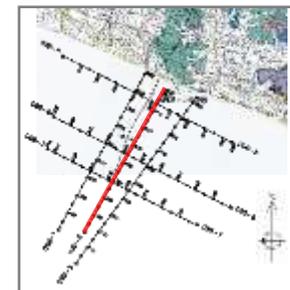
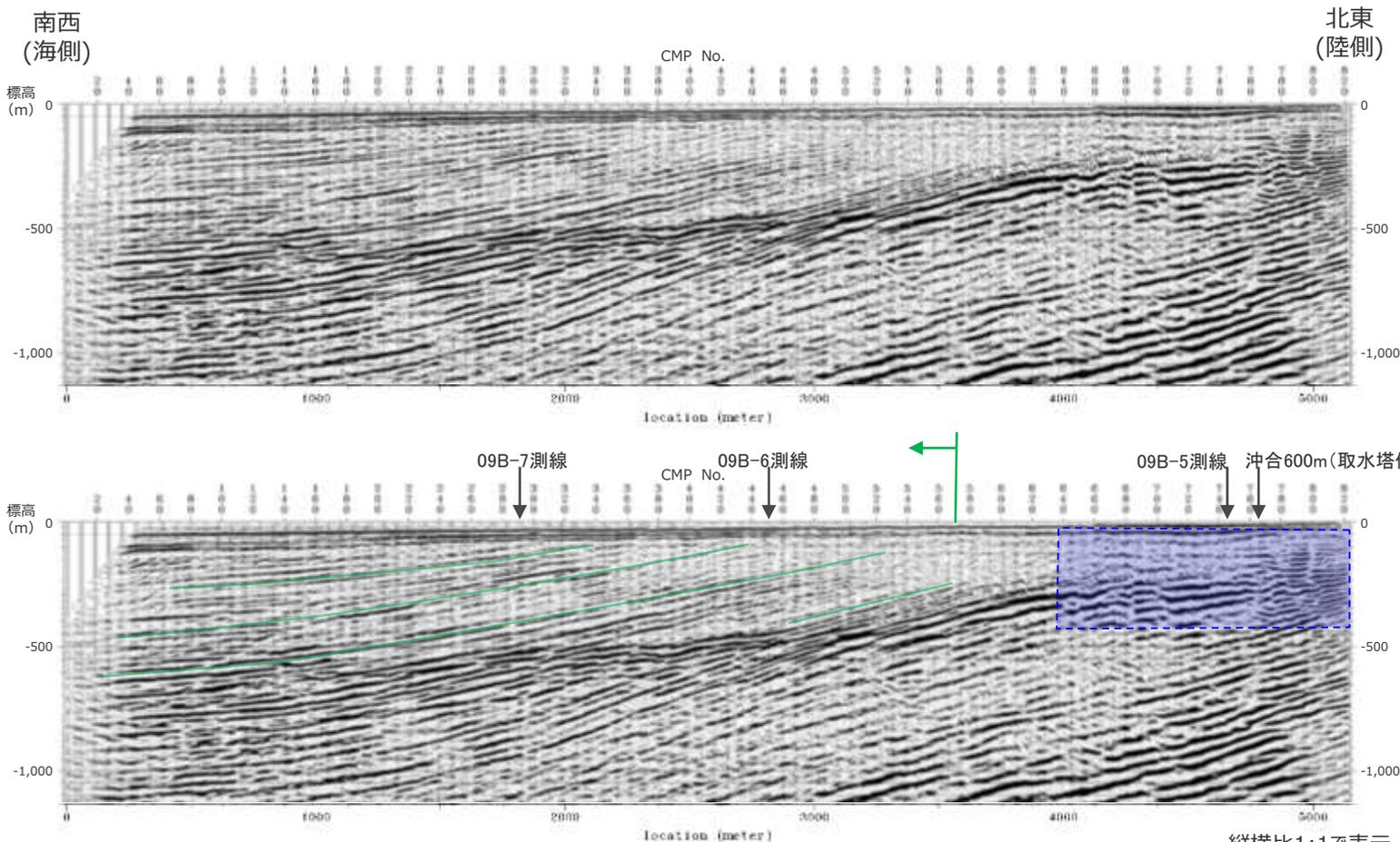
地下構造調査結果（海上音波探査 09B-1測線（南北測線1/3））

- 陸側からCMPNo.580付近（汀線から沖合2.2km程度）までは、標高-300~-400m程度以上の浅部に反射面の乱れが認められ、これらの乱れはH断層系との関連が考えられる。
- CMPNo.470付近から沖合では、海底面から沖側に約10°の勾配で緩やかに傾斜する反射面が平行して複数認められ、これらの反射面に変位は認められない。



地下構造調査結果（海上音波探査 09B-2測線（南北測線2/3））

- 陸側からCMPNo.640付近（汀線から沖合1.4km程度）までは、標高-300~-400m程度以上の浅部に反射面の乱れが認められ、これらの乱れはH断層系との関連が考えられる。
- CMPNo.570付近から沖合では、海底面から沖側に約10°の勾配で緩やかに傾斜する反射面が平行して複数認められ、これらの反射面に変位は認められない。



測線位置（赤線部）

凡例

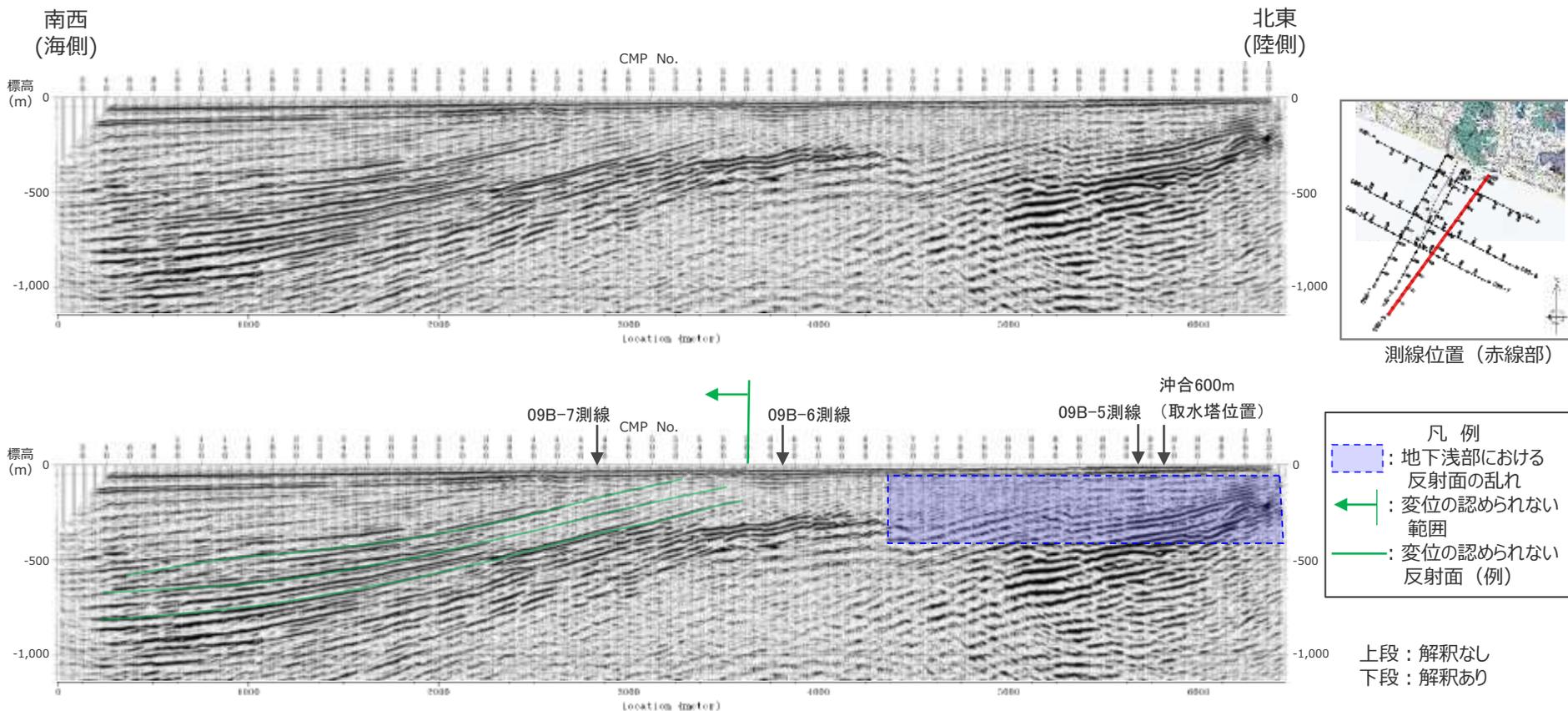
- : 地下浅部における反射面の乱れ
- : 変位の認められない範囲
- : 変位の認められない反射面（例）

上段：解釈なし
下段：解釈あり

縦横比1:1で表示。

地下構造調査結果（海上音波探査 09B-3測線（南北測線3/3））

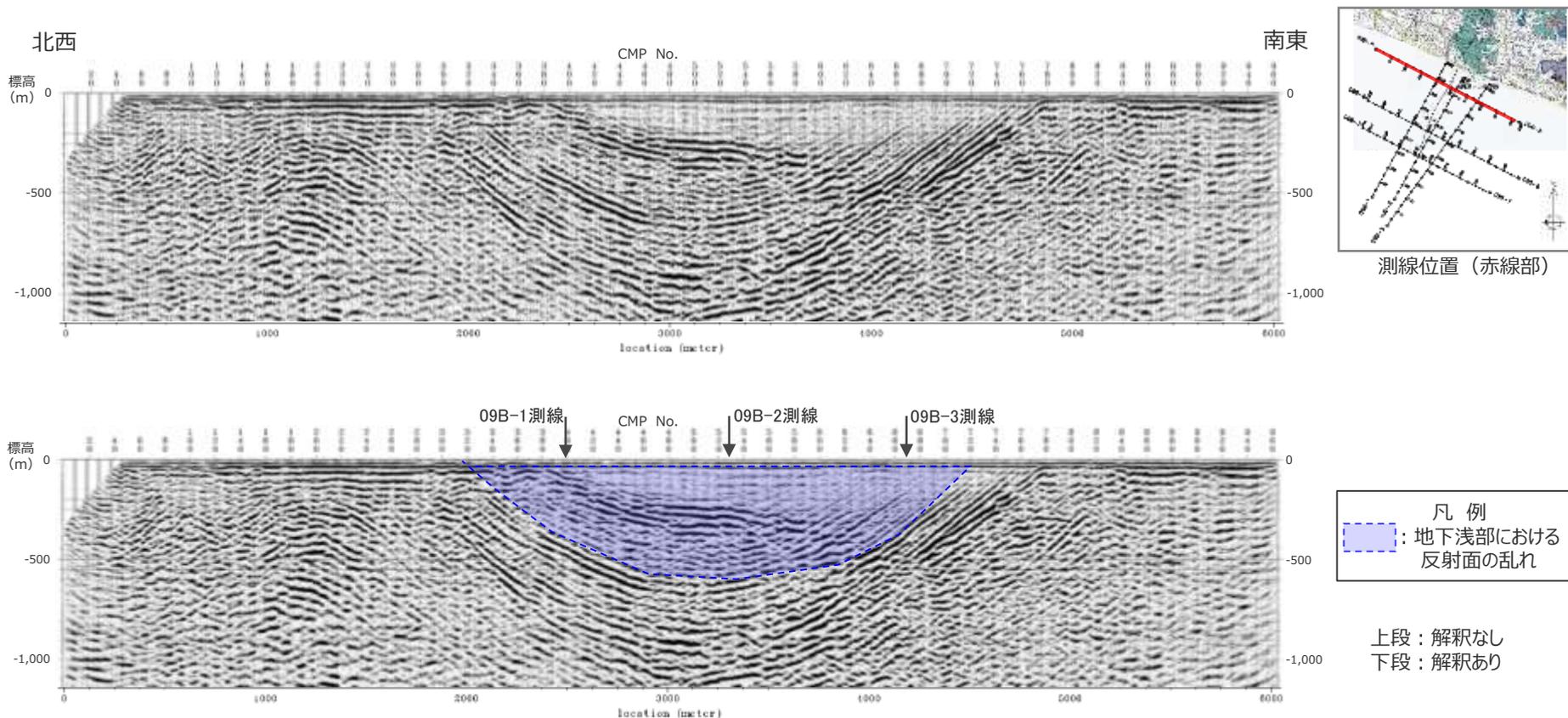
- 陸側からCMPNo.700付近（汀線から沖合2km程度）までは、標高-300~-400m程度以上の浅部に反射面の乱れが認められ、これらの乱れはH断層系との関連が考えられる。
- CMPNo.580付近から沖合では、海底面から沖側に約10°の勾配で緩やかに傾斜する反射面が平行して複数認められ、これらの反射面に変位は認められない。



縦横比1:1で表示。

地下構造調査結果（海上音波探査 09B-5測線（東西測線1/3））

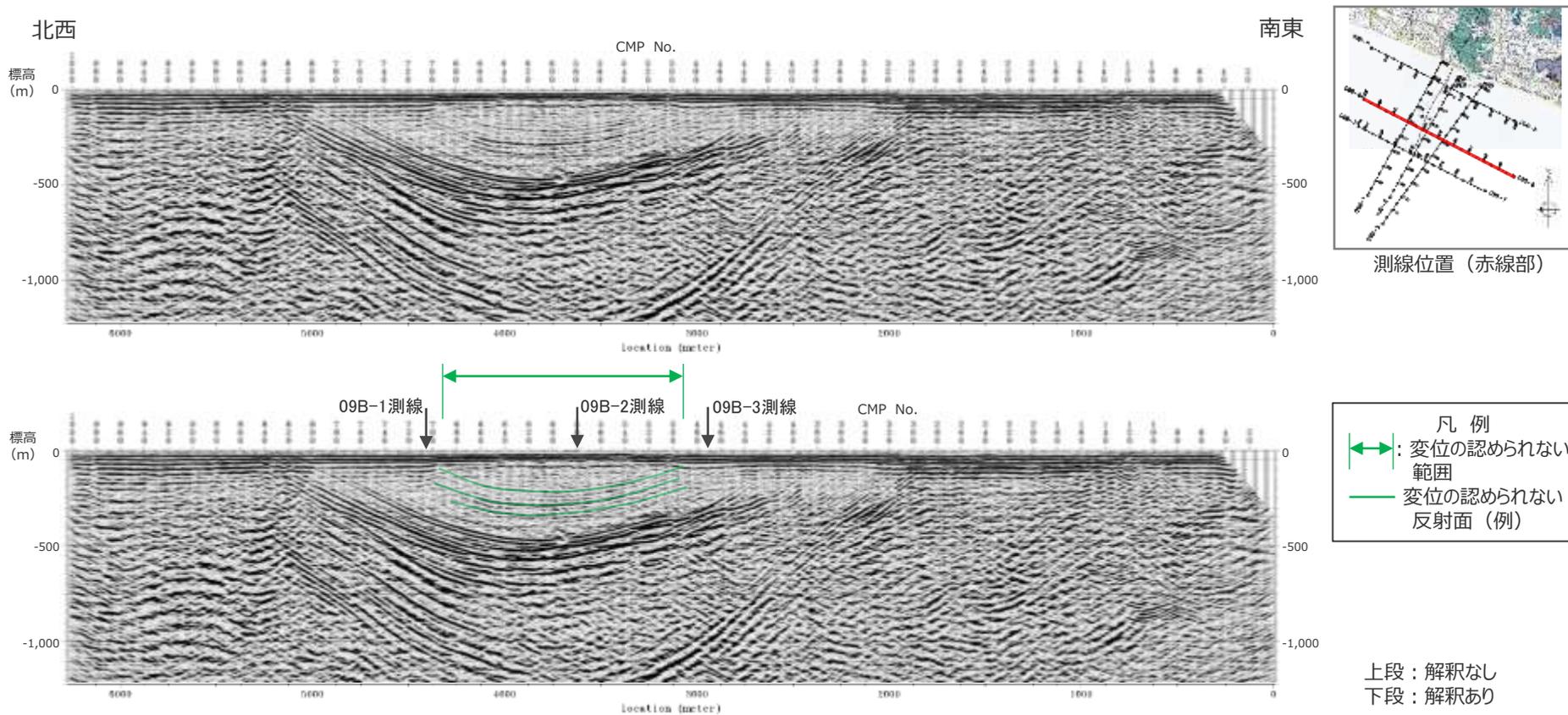
- 本測線は、汀線から沖合約0.8km（取水塔位置から沖合約0.2km）に位置する。
- 測線の中央部では比木向斜に対応する褶曲構造が明瞭に確認される。
- CMPNo.320～No.720にかけて、向斜構造に整合的な連続する反射面が認められ、その上部（標高-300～-600m程度以上の浅部）に反射面の乱れが認められる。これらの乱れはH断層系との関連が考えられる。



縦横比1:1で表示。

地下構造調査結果（海上音波探査 09B-6測線（東西測線2/3））

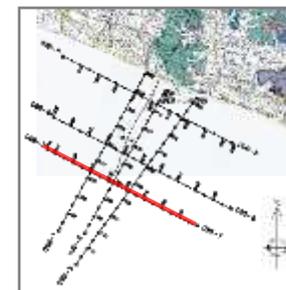
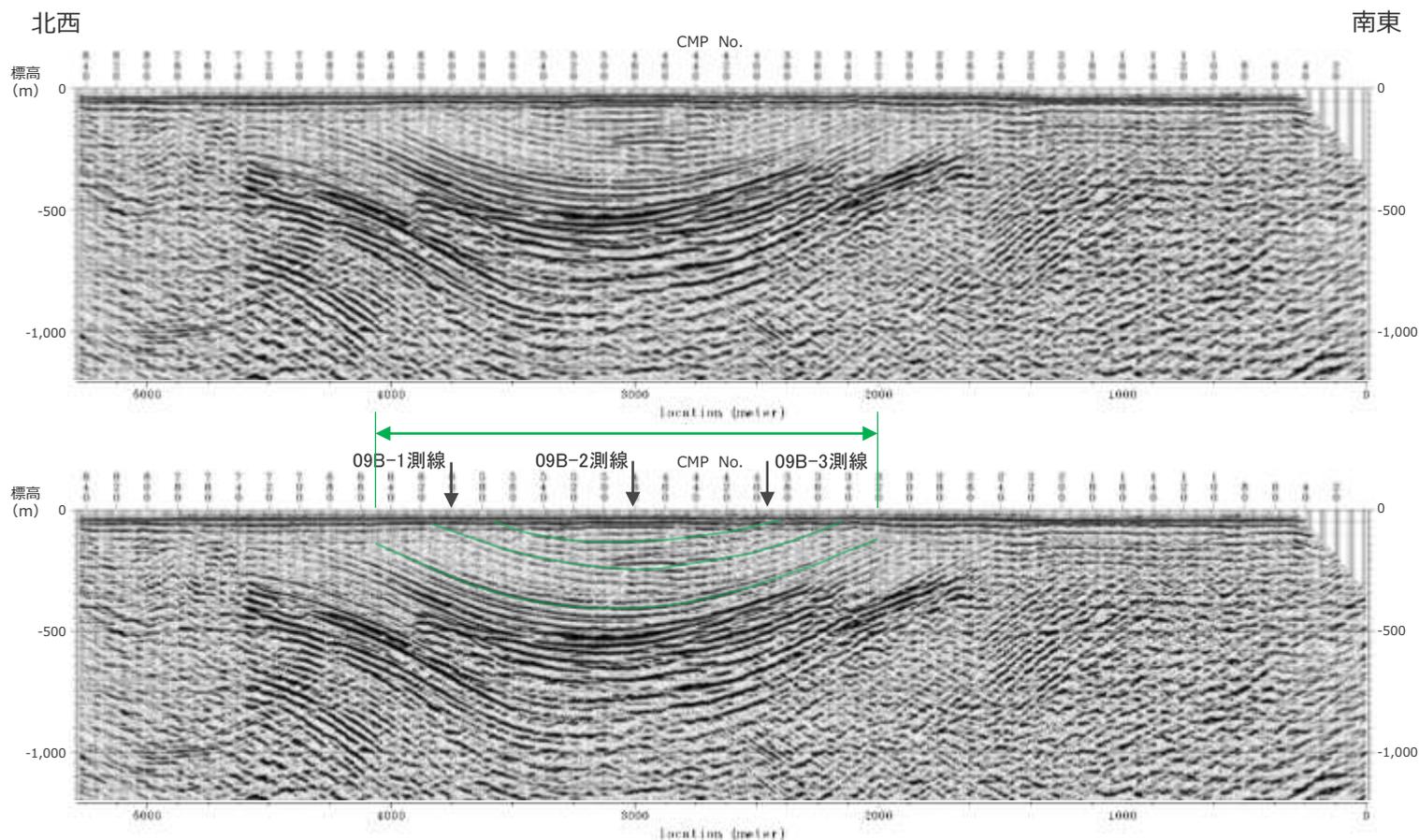
- 本測線は、汀線から沖合約2.6kmに位置する。
- 測線の中央部では比木向斜に対応する褶曲構造が明瞭に確認される。
- 本測線では、09B-5測線で認められるような浅部の反射面の乱れは認められない。
- CMPNo.490～No.690にかけて、向斜構造に整合的な複数の反射面が整然として認められ、これらの反射面に変位は認められない。



縦横比1:1で表示。

地下構造調査結果（海上音波探査 09B-7測線（東西測線3/3））

- 本測線は、汀線から沖合約3.6kmに位置する。
- 測線の中央部では比木向斜に対応する褶曲構造が明瞭に確認される。
- 本測線では、09B-5測線で認められるような浅部の反射面の乱れは認められない。
- CMPNo.320～No.650にかけて、向斜構造に整合的な複数の反射面が整然として認められ、これらの反射面に変位は認められない。



測線位置（赤線部）

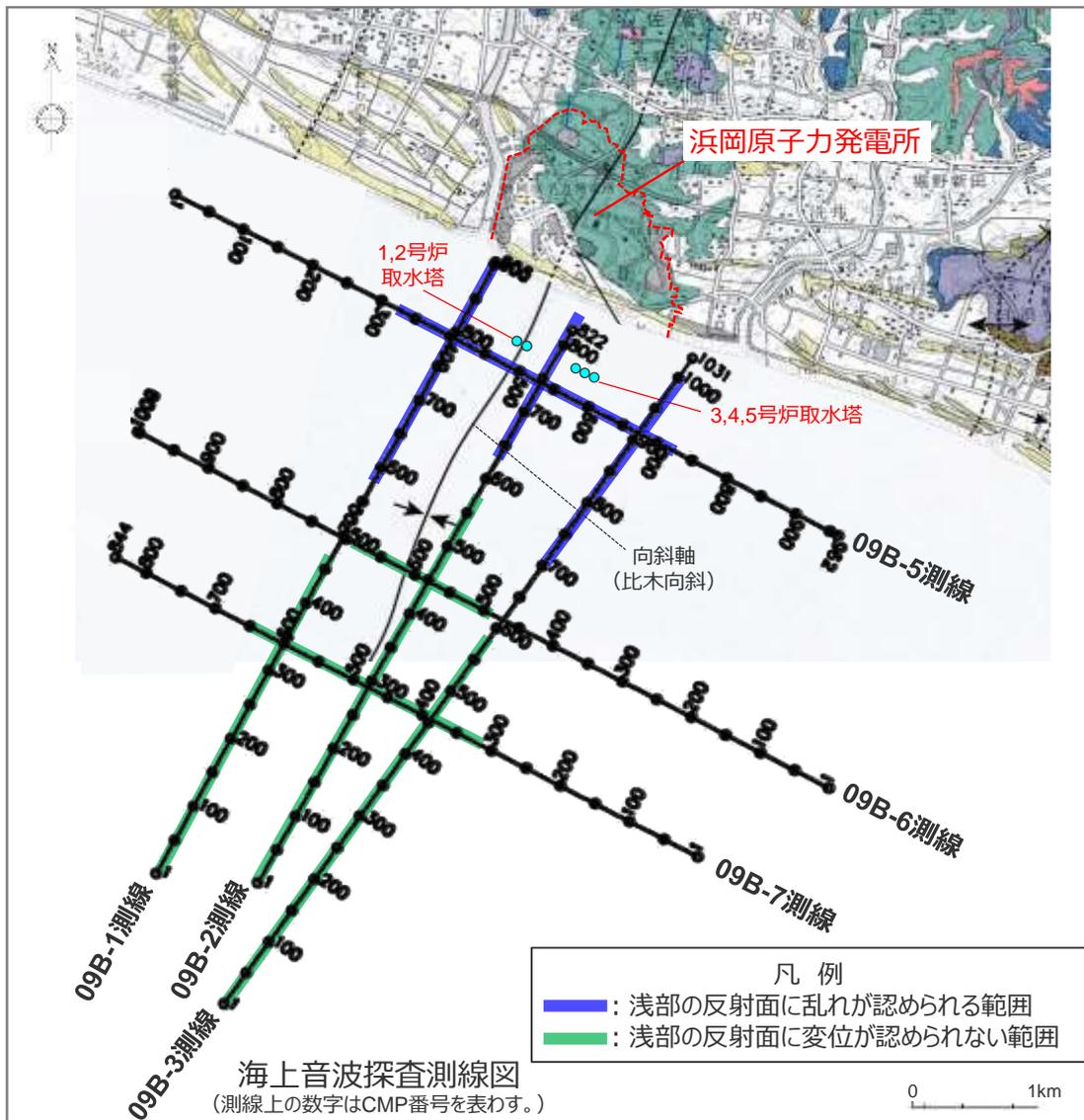
凡例

- ↔: 変位の認められない範囲
- : 変位の認められない反射面（例）

上段：解釈なし
下段：解釈あり

縦横比1:1で表示。

4.1(2) 海域におけるH断層系の分布範囲の調査結果のまとめ



<検討結果>

- 1e 少なくとも沖合2km程度より遠方には分布しない。
- 海上音波探査記録には、汀線から沖合2 km程度の範囲においてH断層系との関連が考えられる浅部の反射面の乱れが認められるが、それより沖合では、向斜軸を中心とした幅1~2 km程度の範囲において、浅部の反射面に変位は認められない。

(検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。)

4.1 H断層系の分布のまとめ

【検討結果】

(1) 陸域（ボーリング・露頭）における検討

1a 東西走向の南傾斜で南落ちの正断層で、ほぼ同じ傾斜及び落差を持つ。

- ・ H断層系は、いずれも、走向N40～80°W、傾斜概ね60°Sの南側低下で、落差が20m程度の正断層。

1b ほぼ同じ間隔で並走する。

- ・ H断層系は、海岸線とほぼ平行に50～150m程度の間隔で分布する。

1c 向斜軸部付近を中心に南に開いた緩い弧状を呈す。

- ・ H断層系は、直線的に連続するものではなく、向斜軸部付近を中心に南（海側）に開いた緩い弧状に分布し、分岐・屈曲する。

1d 汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されている。

- ・ H断層系は、汀線から陸側約1.5kmの敷地北側までの範囲に9本が、汀線から沖合約600mの取水塔にかけて5本分布することが確認されている。

(2) 海域におけるH断層系の分布範囲の調査結果

1e 少なくとも沖合2km程度より遠方には分布しない。

- ・ 海上音波探査記録には、汀線から沖合2 km程度の範囲においてH断層系との関連が考えられる浅部の反射面の乱れが認められるが、それより沖合では、向斜軸を中心とした幅1～2km程度の範囲において、浅部の反射面に変位は認められない。

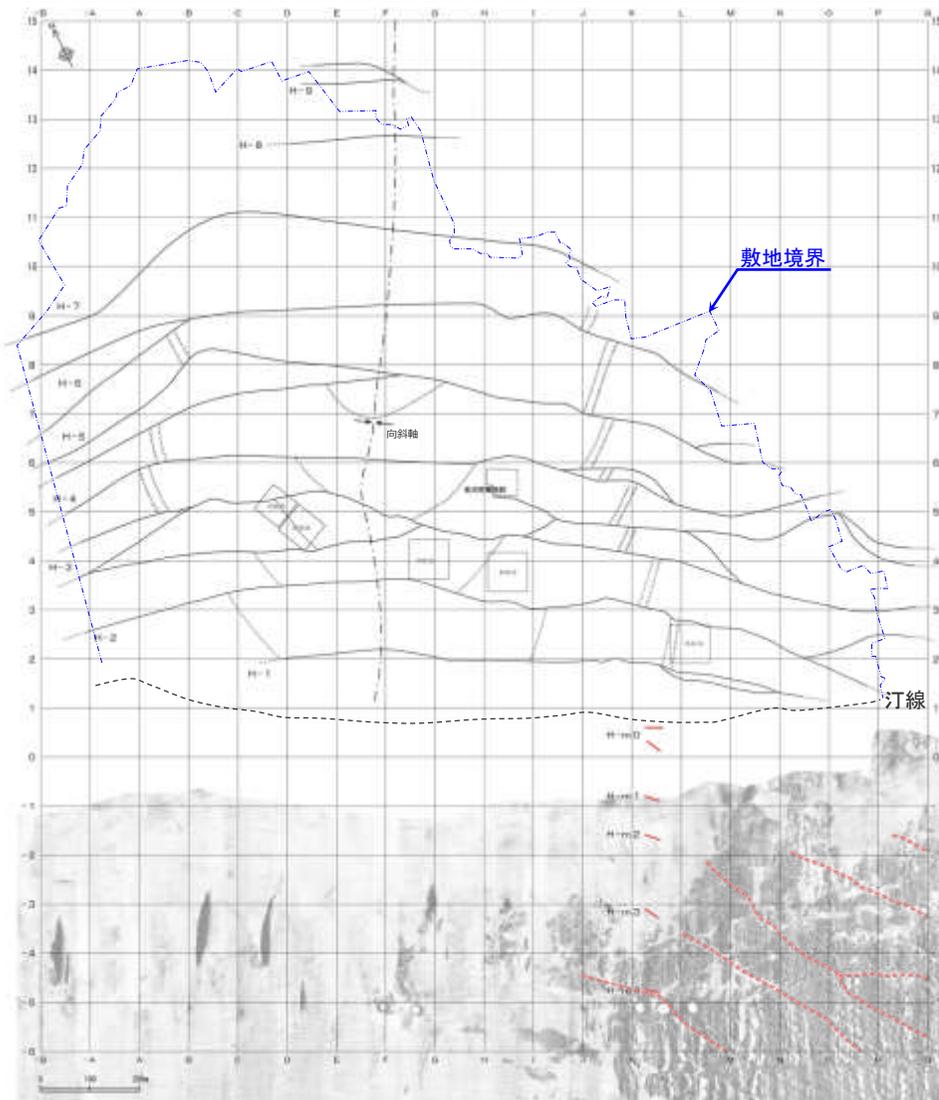
（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）

【評価】

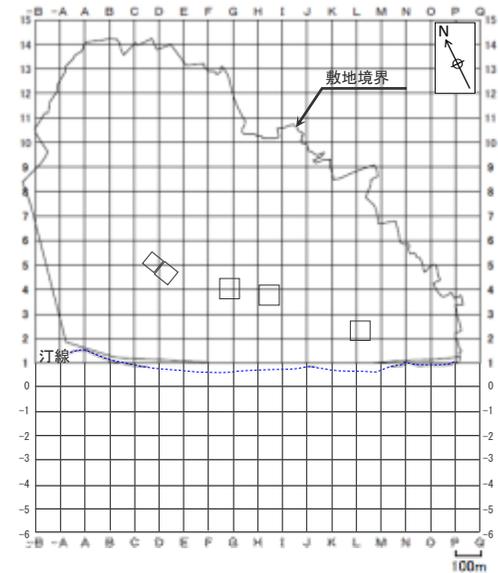
上記調査結果より、H断層系について以下の通り評価する

- ・ 分布形態（走向、傾斜、センス、落差、断層の分布間隔、線形）に類似性が認められる。（検討結果 1a,1b,1c）
- ・ 敷地北側から前面海域にかけての限られた範囲に分布するものと推定される。（検討結果 1d,1e）

4.1 H断層系の分布のまとめ (分布図)



• 露頭調査，ボーリング調査等により推定される陸域におけるH断層系の平面分布と，サイドスキャンソナー調査により認められる海域におけるH断層系との対応が示唆される連続性の良い線状構造を併せて示す。



凡例

- H断層系
- - - H断層系との対応が示唆される連続性の良い線状構造

凝灰岩 (鍵層)

- K-1 ————
- K-2u ————
- K-2l ————

地質水平断面図 (陸域はT.P.-13.5m, 海域は海底面)

4.2 H断層系の性状

【検討内容】

- 露頭においてH断層系の詳細構造を確認するとともに、ブロック試料及び薄片により微細構造を観察し、H断層系の性状を把握する。
- H断層系の断層面に含まれる細粒物質を採取し、成分分析、粒度分析等を行い、断層内細粒物質の性状を把握する。
- 上記調査・分析結果によるH断層系の性状がいずれも類似しており、H断層系が、相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成された後、相良層固結以降の活動は生じていないものと考えられることを示す。

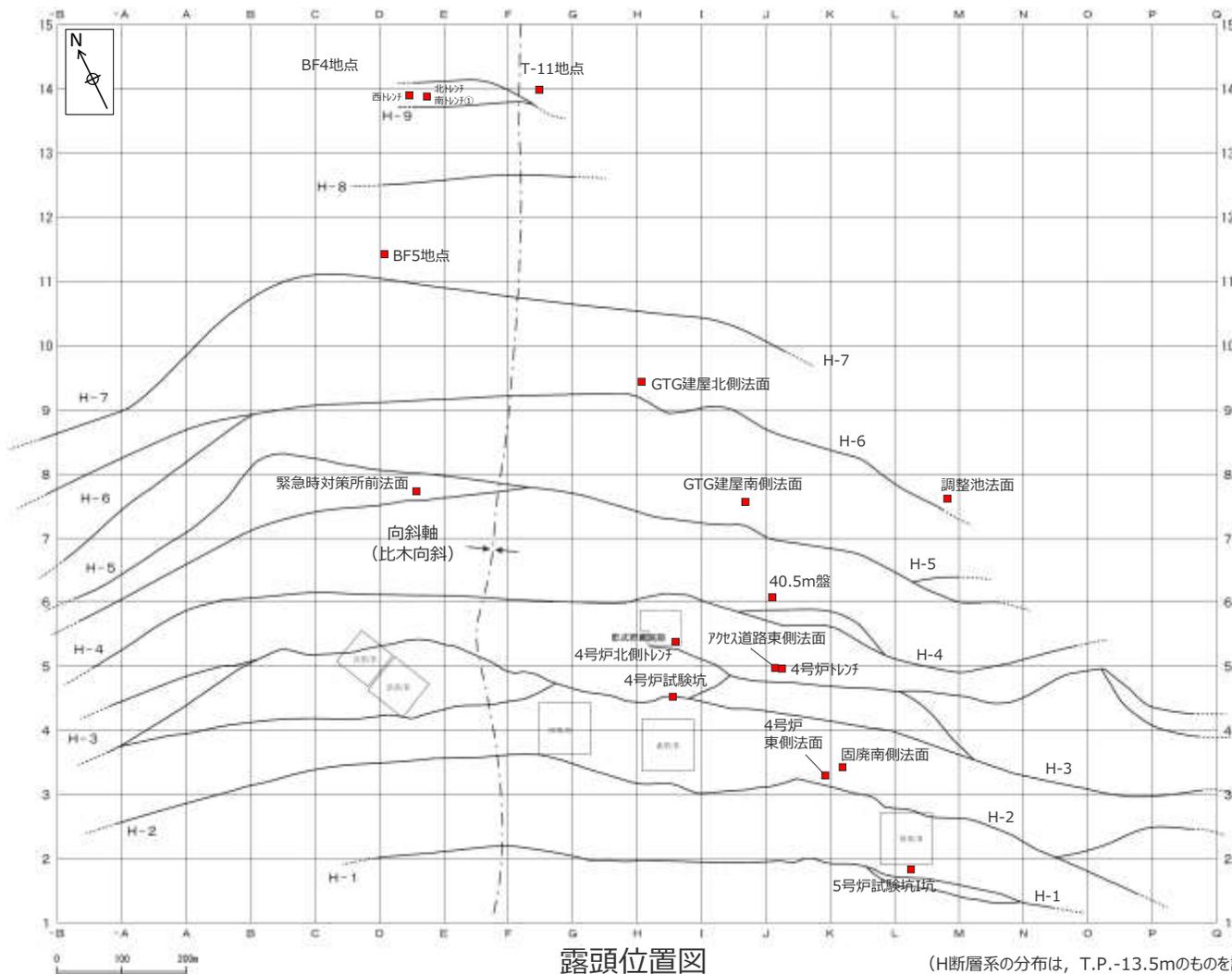
(1) 露頭等の観察結果

【検討内容】

露頭，ブロック試料，薄片，ボーリングコアによるH断層系の観察結果を示す。

H断層系の露頭観察地点

- H断層系の性状を把握するため、前章にて分布の検討を行ったH断層系の各断層について、その露頭等の観察を行った。
- 本資料では、H-1～H-7、H-9断層の露頭を各1箇所程度ずつ、及びH-3断層の薄片観察結果を示す。(その他の確認地点については、第704回審査会合資料1-3 参考資料参照)



露頭位置図

(H断層系の分布は、T.P.-13.5mのものを記載。)

H-1断層（5号炉試験坑I孔）(1/1) ～露頭観察

- 細粒物質を伴う複数の平行な断層面が認められ、その断層面の周囲には、砂岩や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 細粒物質を伴う下盤側の断層は比較的連続性があるが、上盤側の断層は連続性に乏しい。
- この地点における主断層面は、細粒物質を伴い連続性の良い下盤側の断層であると考えられるが、断層面を詳細に見るとうねっており、平面的ではない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。

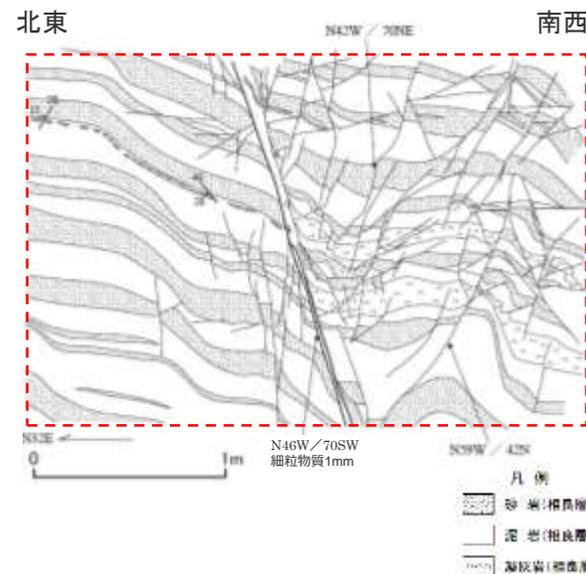
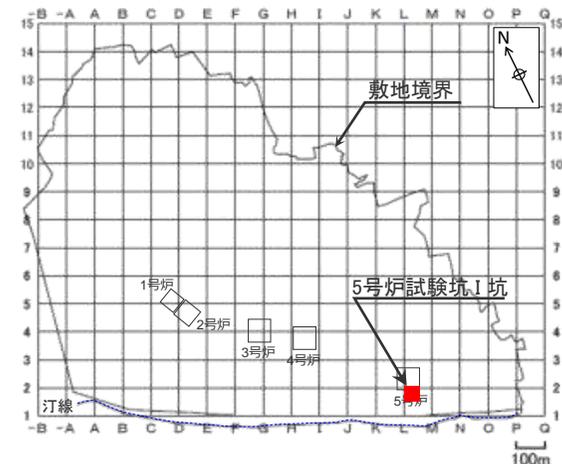


断層面 断層面



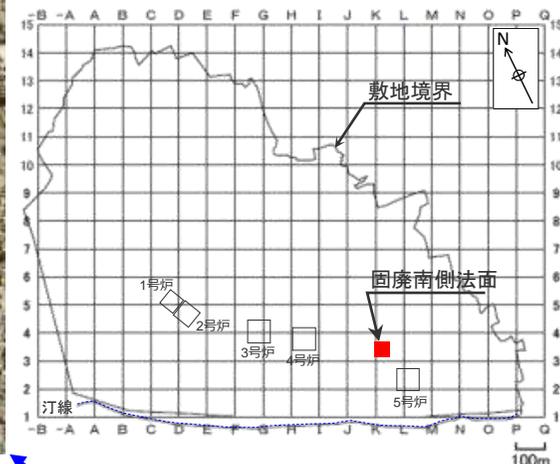
(右図赤枠部分の写真)

断層面 断層面

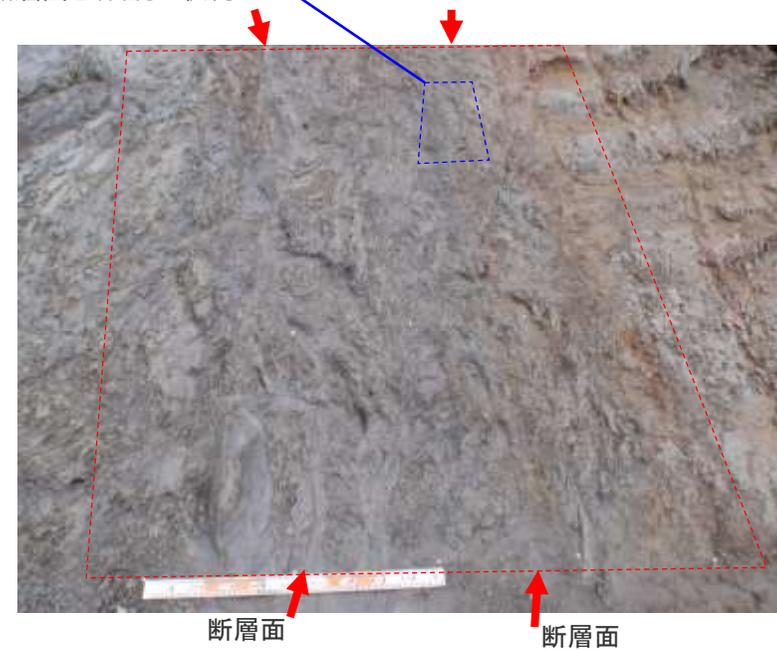
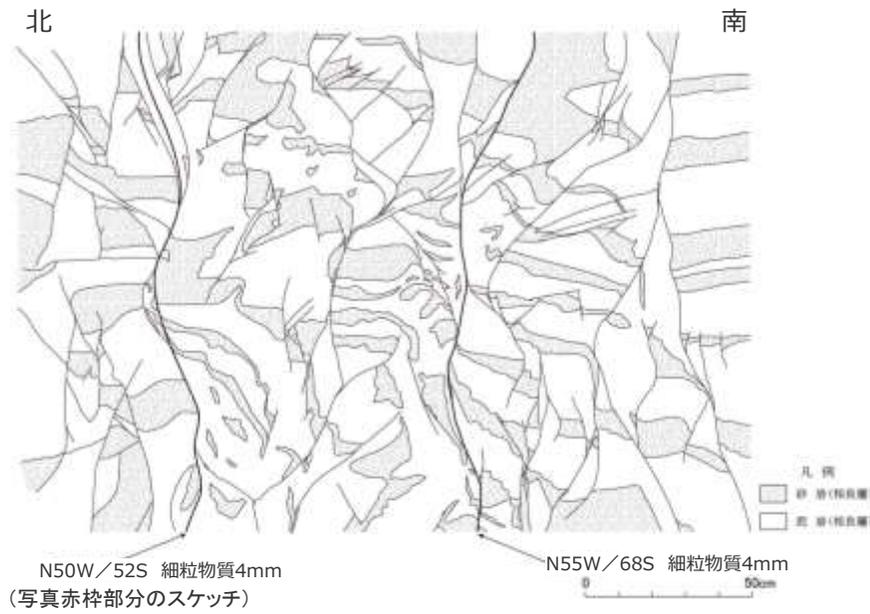


H-2断層（固廃南側法面）（1/1） ～露頭観察

- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その周囲には砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、周囲の小断層を切っている。また、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層面は著しくうねっており、平面的ではない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破砕部は認められない。
- 断層面を研磨して観察を行った結果、細粒物質が一部で不明瞭になっている。



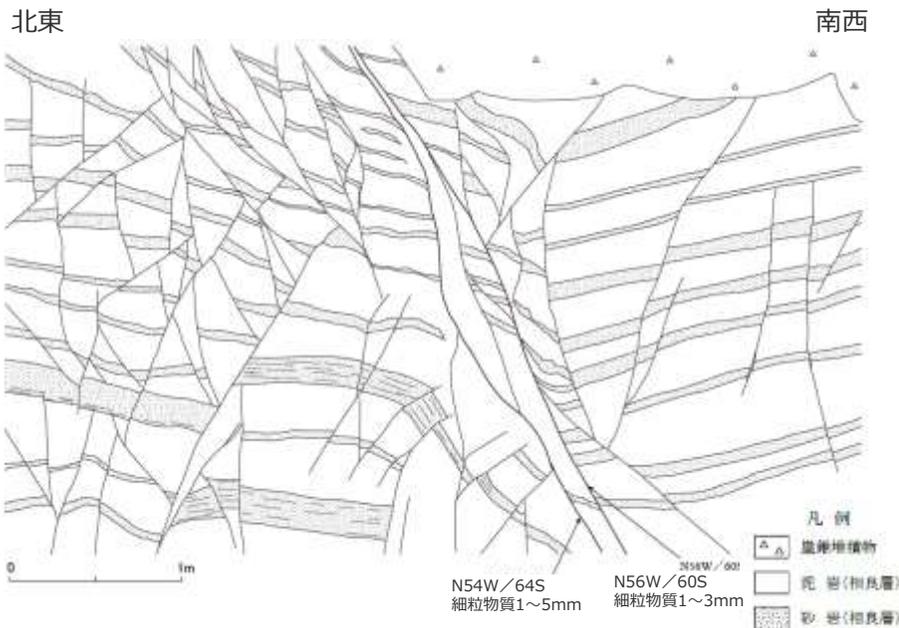
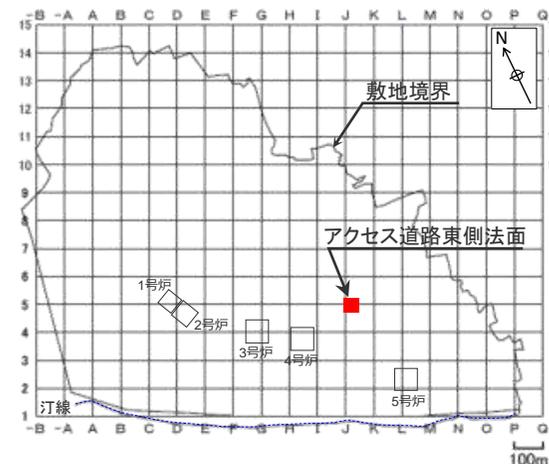
上盤側の断層面を研磨した状況



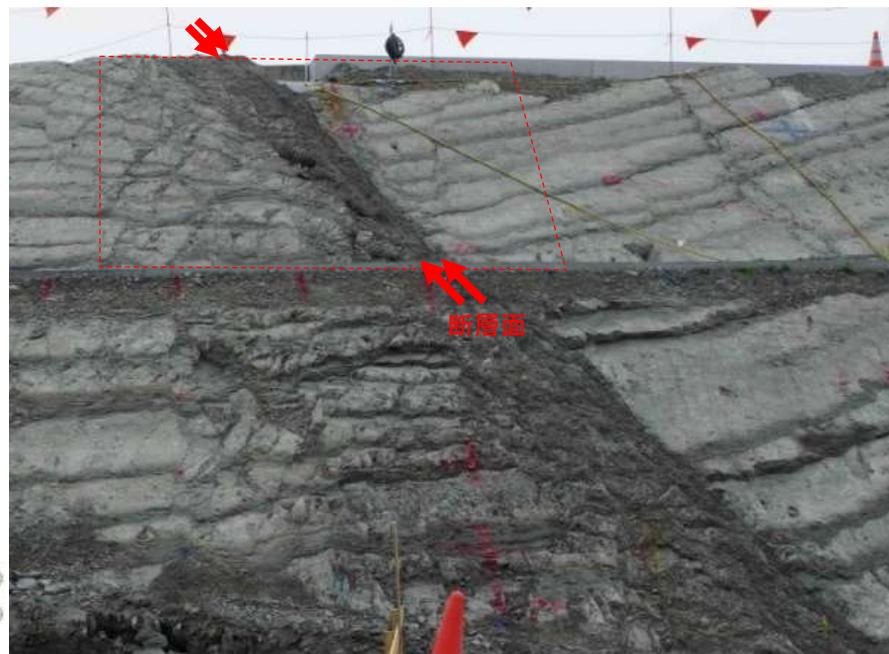
断層面 断層面

H-3断層 (アクセス道路東側法面) (1/4) ~露頭観察

- H断層系 (H-3断層) 露頭観察結果を示す。
- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、著しく流動的な変形構造が認められる。
- 2条の断層面を挟んだ上盤側及び下盤側には、砂岩の引きずりが認められ、これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 下盤側の断層面はうねっており、平面的ではない。この地点における主断層面は、比較的直線性の良い上盤側の断層面であると考えられる。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。

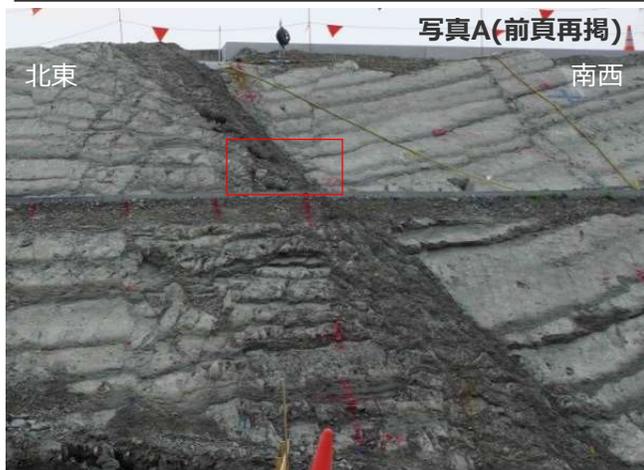


(写真赤枠部分のスケッチ)



H-3断層（アクセス道路東側法面）（2/4） ～露頭観察

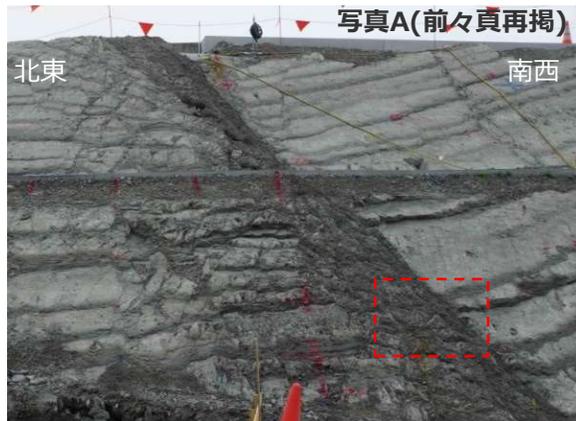
- H断層系(H-3断層)露頭において、主断層面と考えられる上盤側の断層面を研磨し、詳細な観察を行った。
- 断層面には明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- 断層面に確認される幅数mm程度の細粒物質には、①不明瞭となる箇所、砂層が②入り込む③横断する④レンズ状となって狭在する箇所といった流動的な変形構造が認められる。



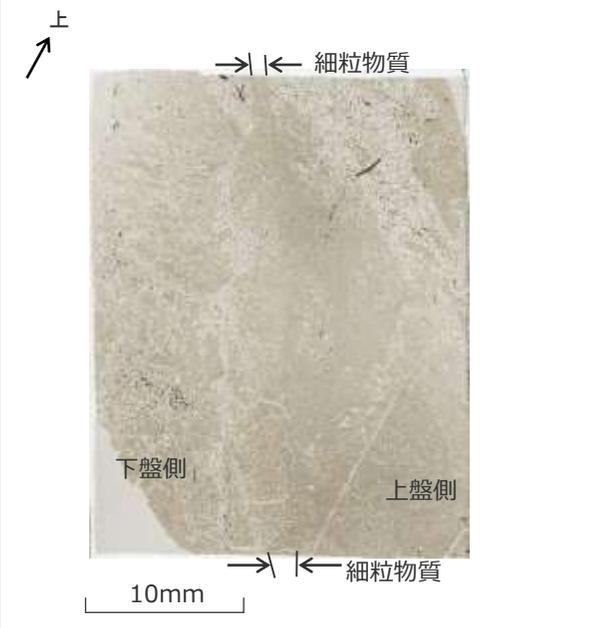
- <凡 例>
- ①：細粒物質が不明瞭となる
 - ②：細粒物質に砂層が入り込む
 - ③：細粒物質を砂層が横断する
 - ④：細粒物質にレンズ状砂層が狭在する

H-3断層 (アクセス道路東側法面) (3/4) ~ブロック試料観察

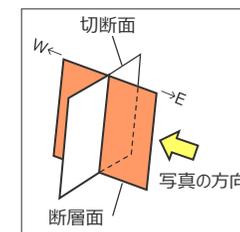
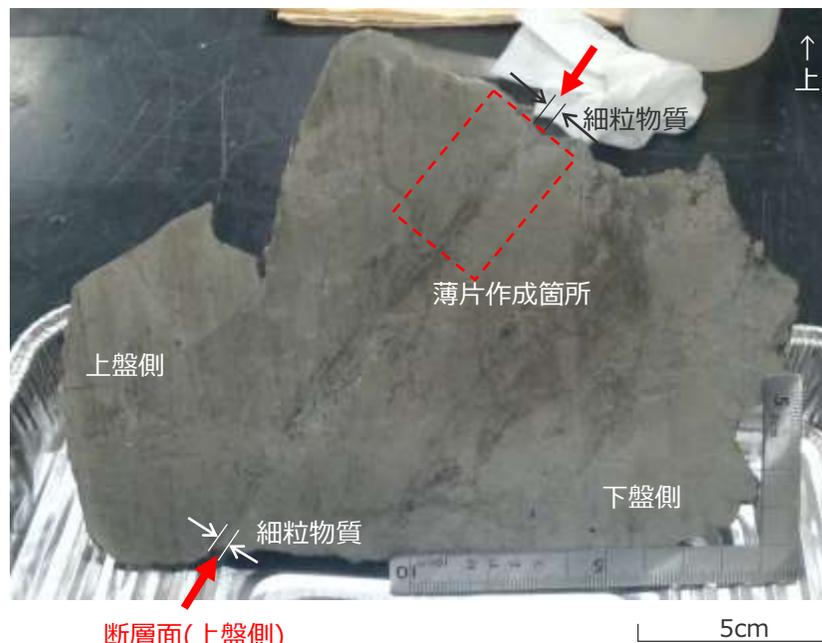
- H断層系(H-3断層)露頭の主断層面と考えられる上盤側の断層面付近からブロック試料を採取し、観察を行った。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- ブロック試料からは薄片を作成し、断層面の詳細な観察を行った。



<ブロック試料から作成した薄片写真(単ニコル)>



<ブロック試料(傾斜方向断面)>



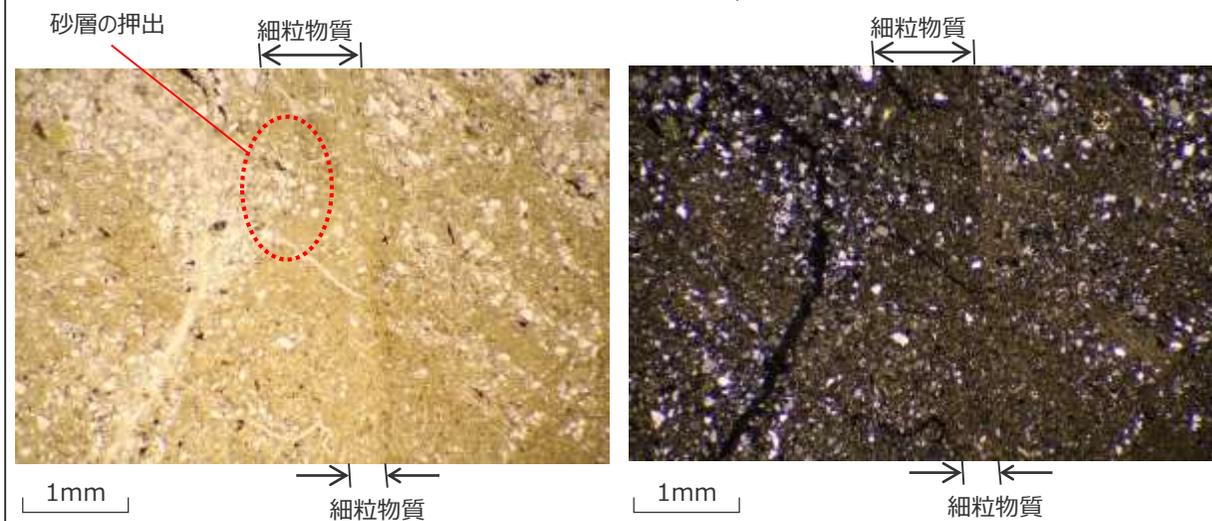
H-3断層（アクセス道路東側法面）（4/4） ～薄片観察

- ブロック試料（前頁参照）より作成した薄片の観察結果を示す。
- 断層面には細粒物質が確認されるが、明瞭なせん断面は認められない。
- 細粒物質中には、周辺の母岩や砂岩層を構成するような粒径の大きな砂粒子が認められ、顕著な細粒化は確認されない。
- 細粒物質中には活断層に特徴的なくり返しの活動を示す層状の構造は認められない。
- 細粒物質と母岩との境界付近に見られる化石（有孔虫）には、破碎や変形は認められない。また、細粒物質中には周辺からの砂層の押出が認められる。

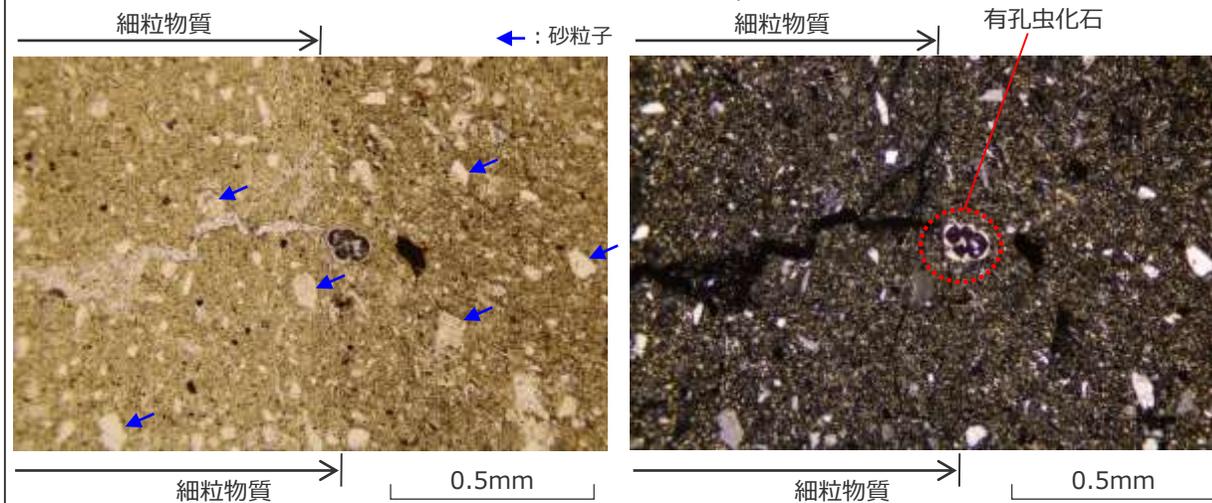
<ブロック試料から作成した薄片写真（単ニコル）>



<薄片写真①部分の鏡下写真（左：単ニコル，右：直交ニコル）>

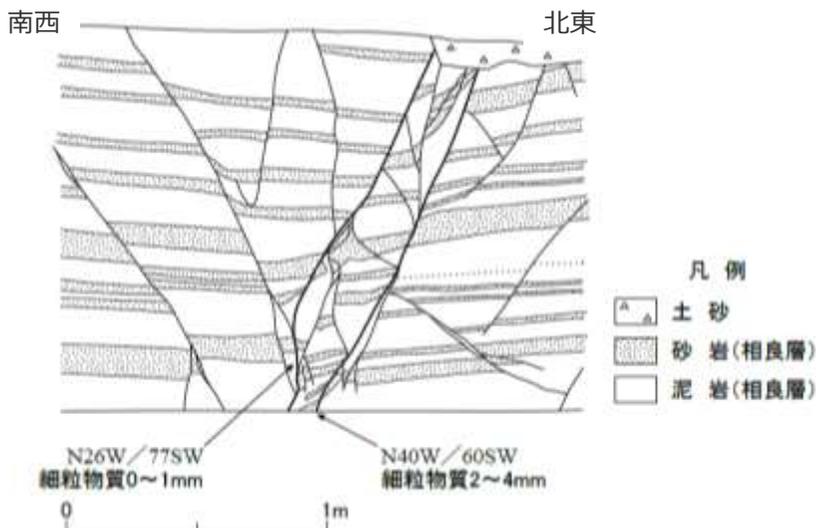
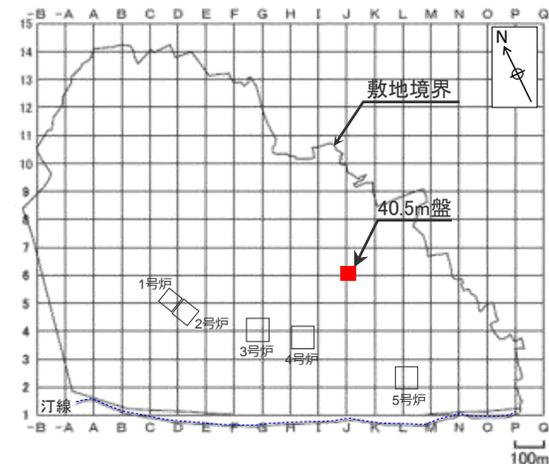
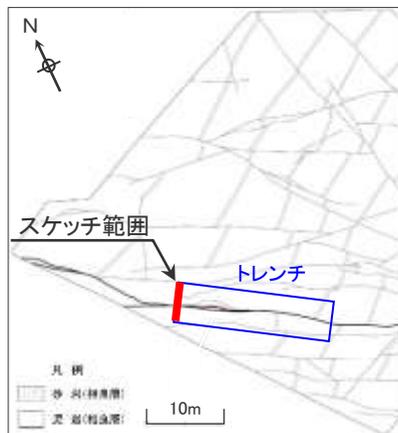


<薄片写真②部分の鏡下写真（左：単ニコル，右：直交ニコル）>



H-4断層 (40.5m盤(西側)) (1/1) ~露頭観察

- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 断層間の砂岩は、下盤側の断層に向かって薄くなり、傾斜を増す。
- これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 下盤側の断層は比較的直線的で連続性があるが、上盤側の断層はうねっており連続性に乏しい。
- この地点における主断層面は、変位量が大きく、細粒物質を伴い比較的連続性の良い下盤側の断層であると考えられる。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。

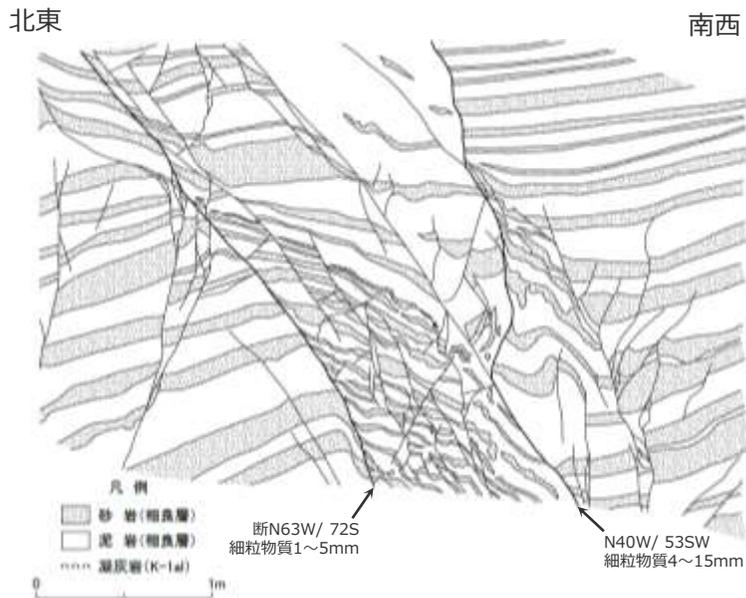
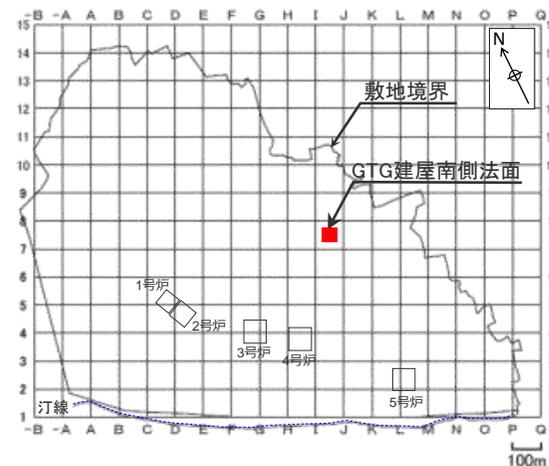


(写真赤枠部分のスケッチ)

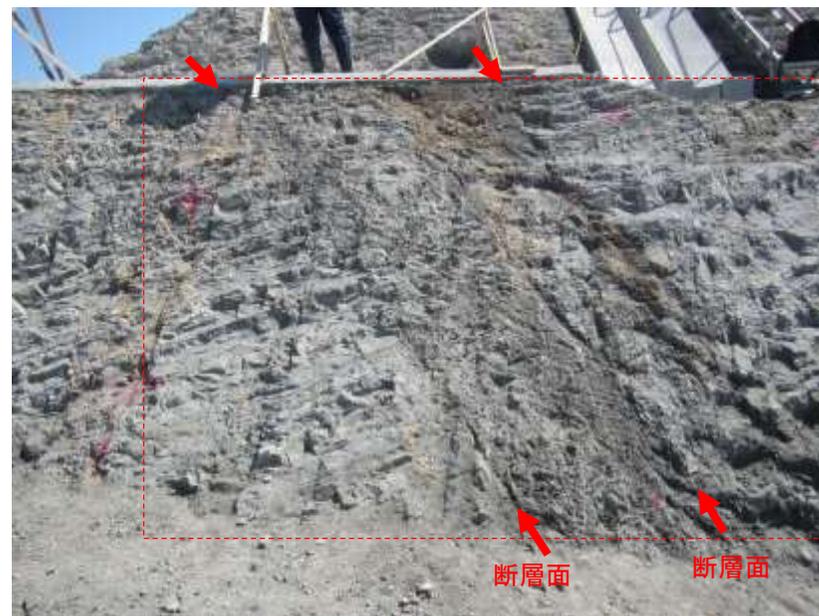


H-5断層 (GTG建屋南側法面(西面)) (1/2) ～露頭観察

- 細粒物質を伴う2条の断層面が認められ、その断層面の周囲には、砂岩や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層間の砂岩は、上盤側の断層に向かって薄くなり、傾斜を増す。
- 2条の断層を挟んだ上盤側及び下盤側には、砂岩の引きずりが認められ、これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。



(写真赤枠部分のスケッチ)

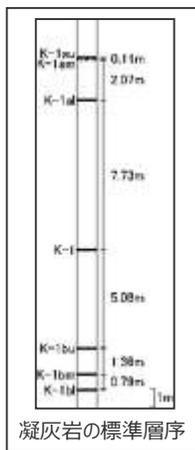
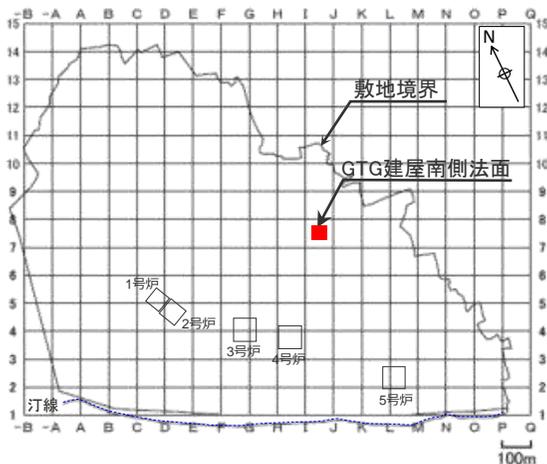
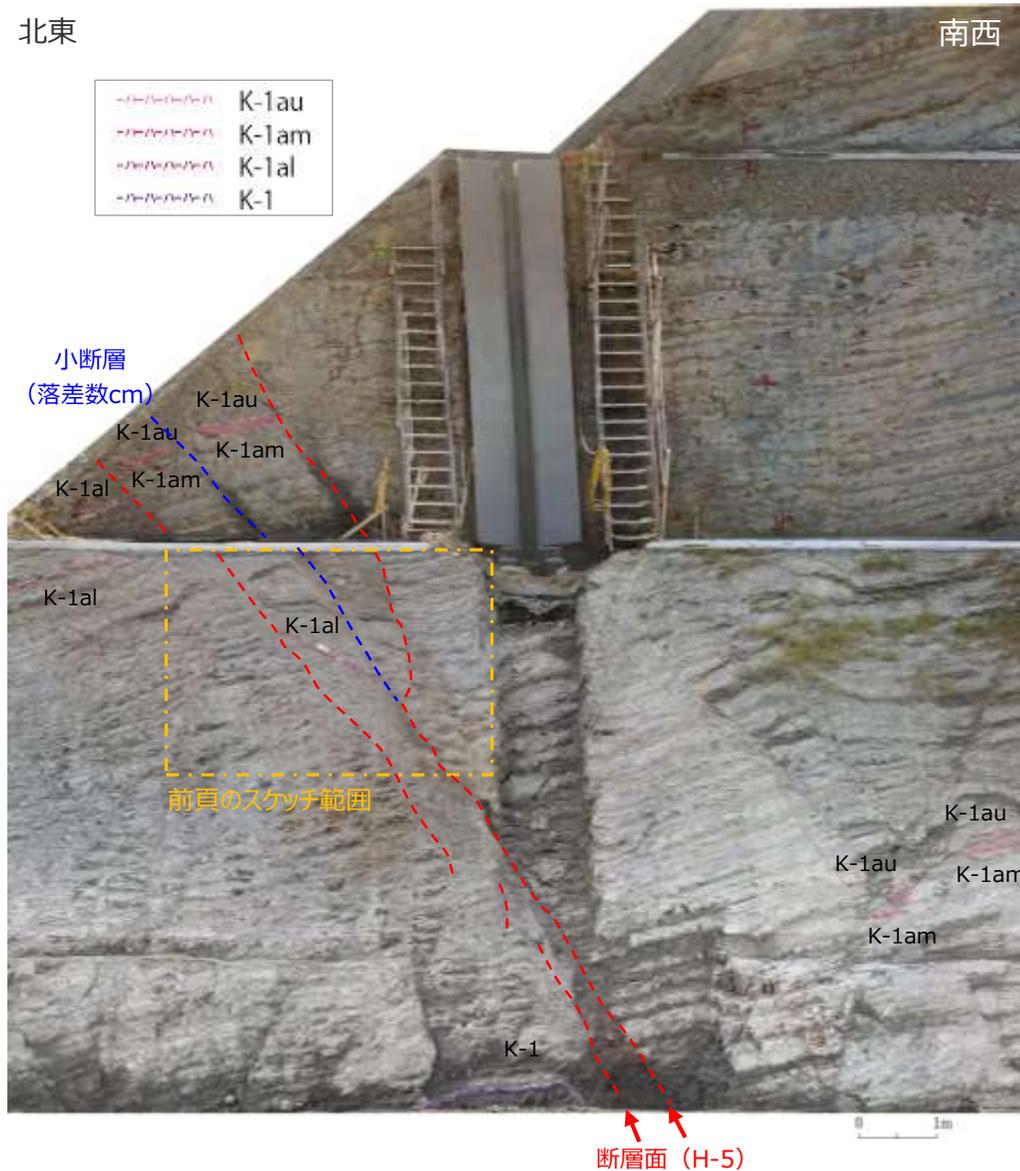


H-5断層 (GTG建屋南側法面(西面)) (2/2) ～露頭観察

- 法面工事の進捗に伴い下部の掘削が進んだことから、露頭観察を実施した。
- GTG建屋南側法面のH-5断層では、断層の上盤側と下盤側、及び小断層に挟まれた区間に複数の凝灰岩層 (K-1, K-1au, K-1am, K-1al) が確認される。
- これらの凝灰岩層の対比から、上盤側の断層は7m程度、下盤側の断層は2m程度の落差を有する。なお、これらの断層に挟まれた小断層の落差は数cm程度である。
- また、下盤側の断層は、下部で連続性が不明瞭となり、上盤側の断層面もうなっており、平面的ではない。
- 断層の連続性や凝灰岩層の対比による落差から、この地点における主断層面は、上盤側の断層面であると考えられる。

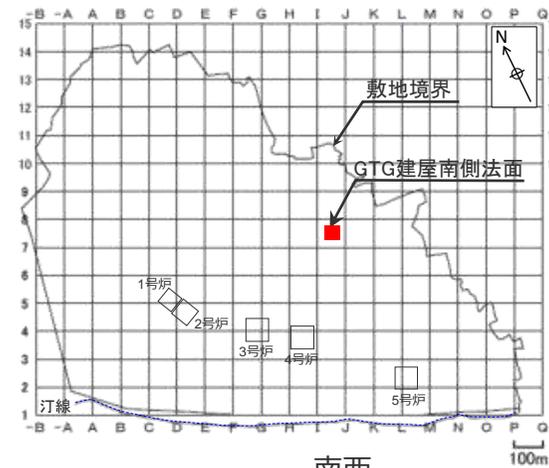
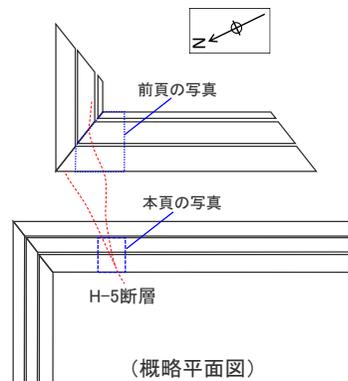
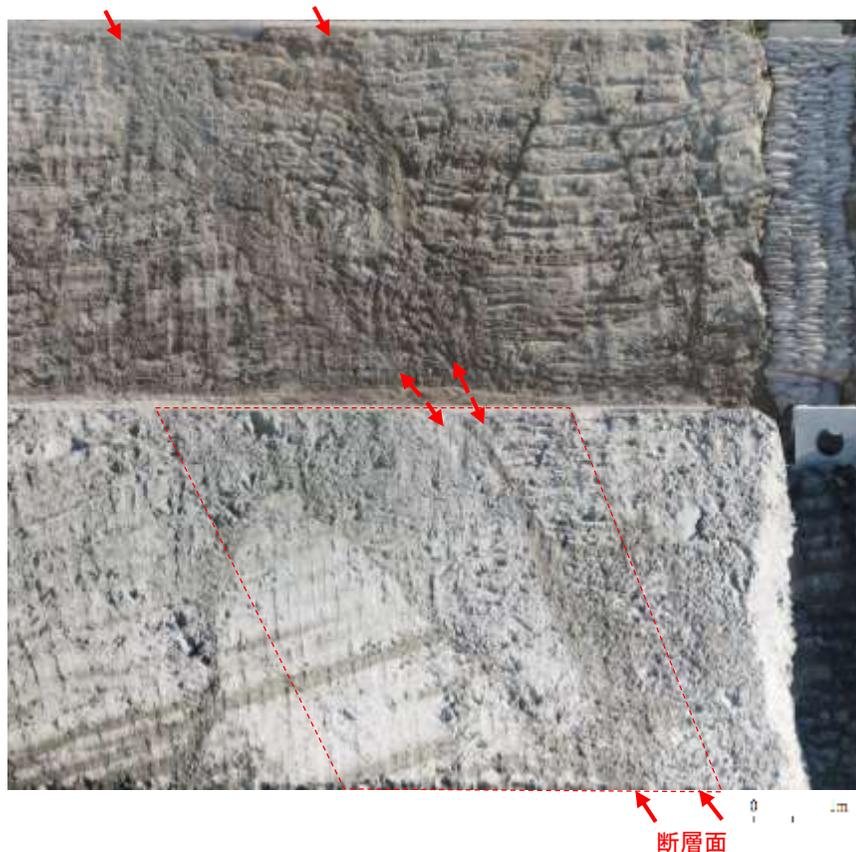
北東

南西



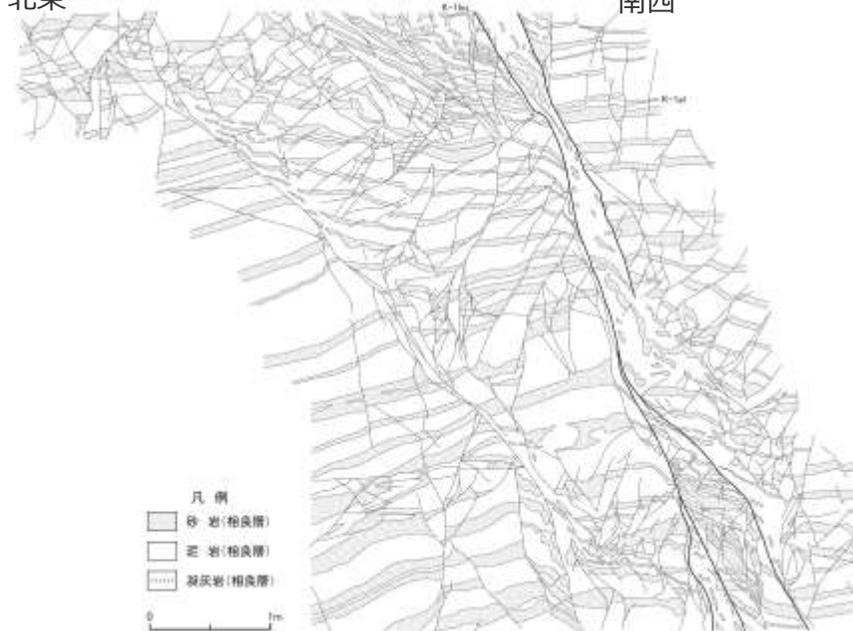
(参考) H-5断層 (GTG建屋南側法面(西面)) ~露頭観察

- GTG建屋南側法面の最下部では、H-5断層が分岐する状況が確認できる。
- それぞれの断層は、一部不明瞭になりながら間隔を狭めている。
- これら断層の周囲には、砂岩や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 2条の断層を挟んだ凝灰岩層の対比より、これらの断層は14m程の落差を有することが分かる。



北東

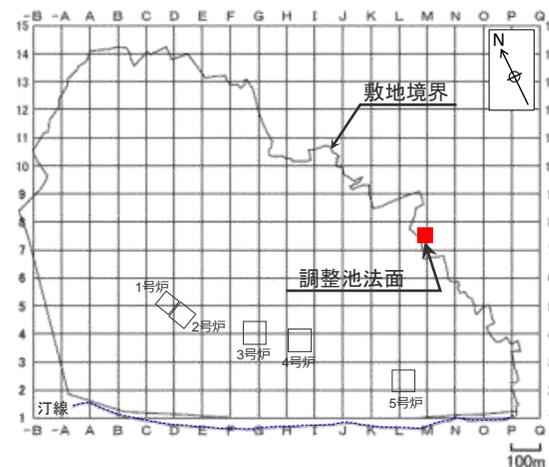
南西



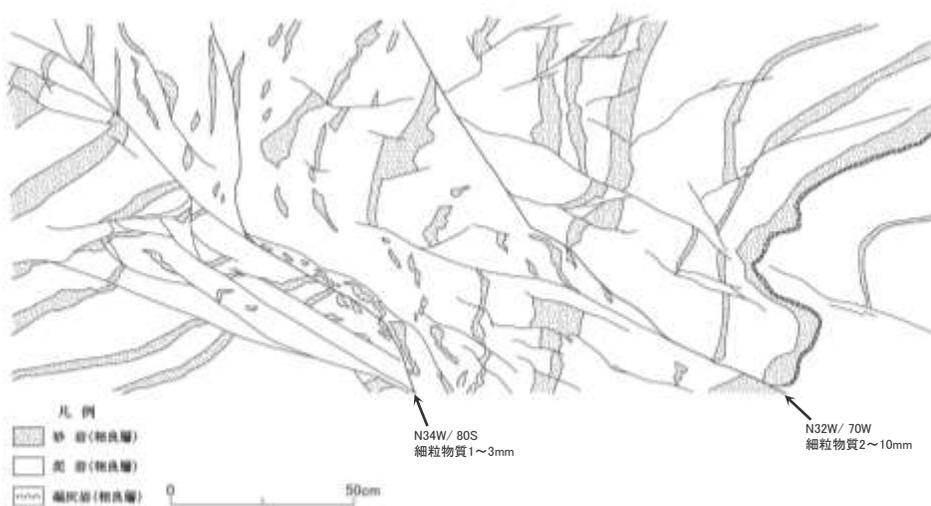
(写真赤枠部分のスケッチ)

H-6断層（調整池法面）（1/1） ～露頭観察

- 細粒物質を伴う2条の断層面が認められ、その断層面の周囲には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層間の砂岩は、両断層に向かって薄くなり、レンズ状を呈する。
- これらの変形構造から正断層センスであることがわかる。
- 断層面は著しくうねっており、平面的でない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。



北西 南東

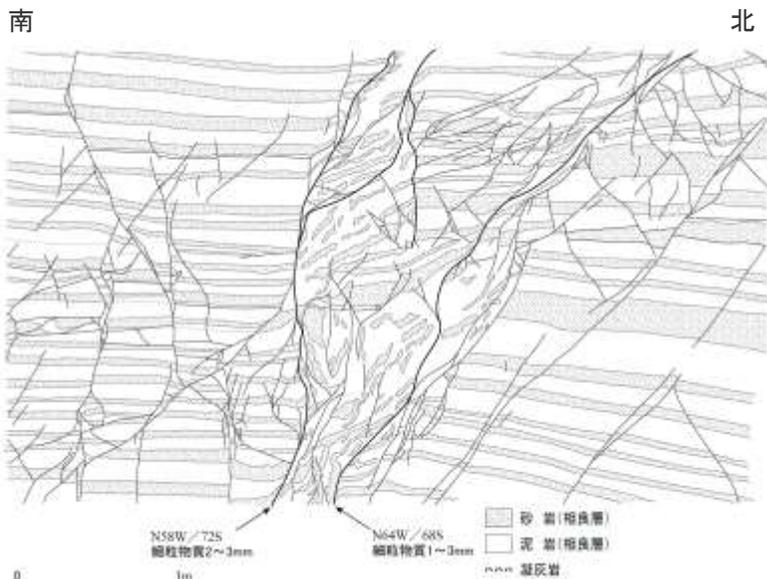
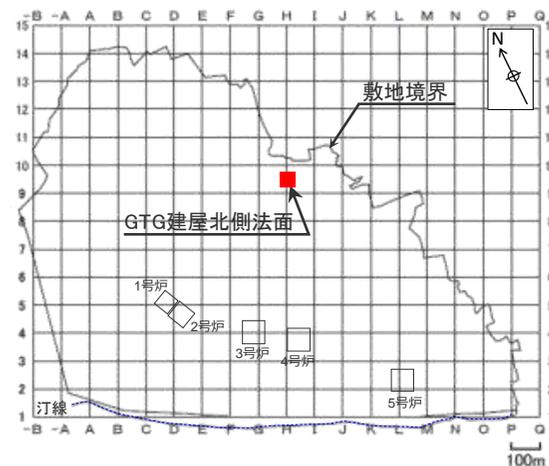


(写真赤枠部分のスケッチ)

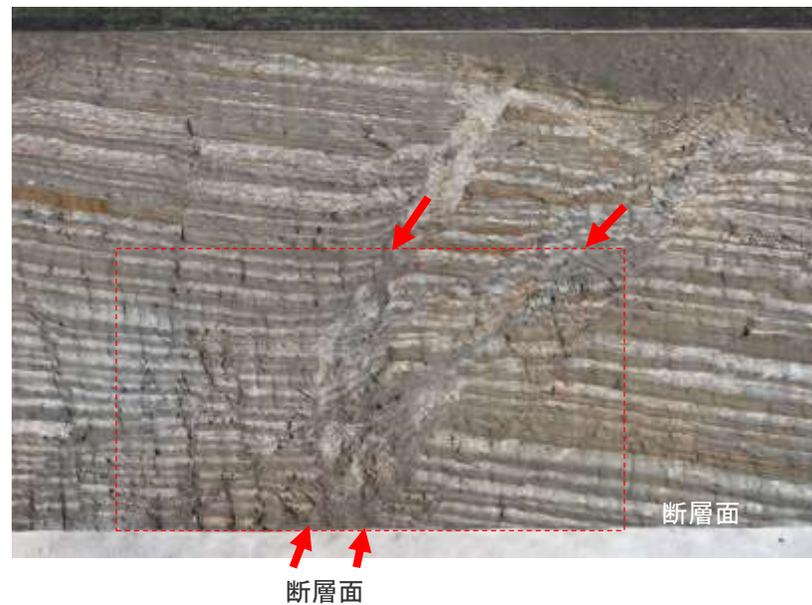


H-6断層 (GTG建屋北側法面) (1/1) ～露頭観察

- GTG建屋北側の標高約40mの法面で確認されたH-6断層は、細粒物質を伴う2条の断層面が認められ、その断層面の周囲には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層間の砂岩は、両断層に向かって薄くなり、レンズ状を呈する。
- これらの変形構造から正断層センスであることがわかる。
- 断層面は著しくうねっており、平面的でない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。

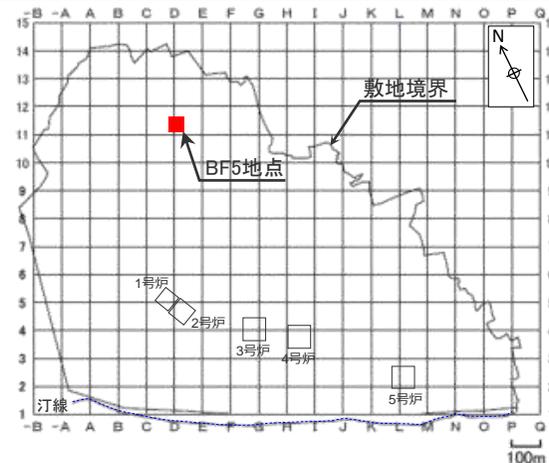


(写真赤枠部分のスケッチ)

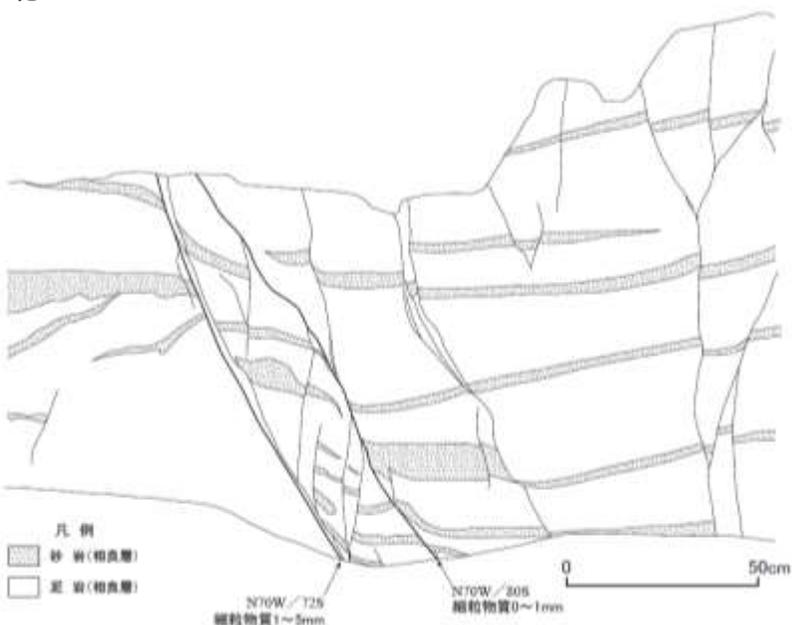


H-7断層 (BF5地点) (1/1) ~露頭観察

- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層面の周囲には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 2条の断層を挟んだ上盤側及び下盤側には、砂岩や凝灰岩の引きずりが認められ、これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 断層面は、ややうねっており連続性に乏しい。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。



北 南

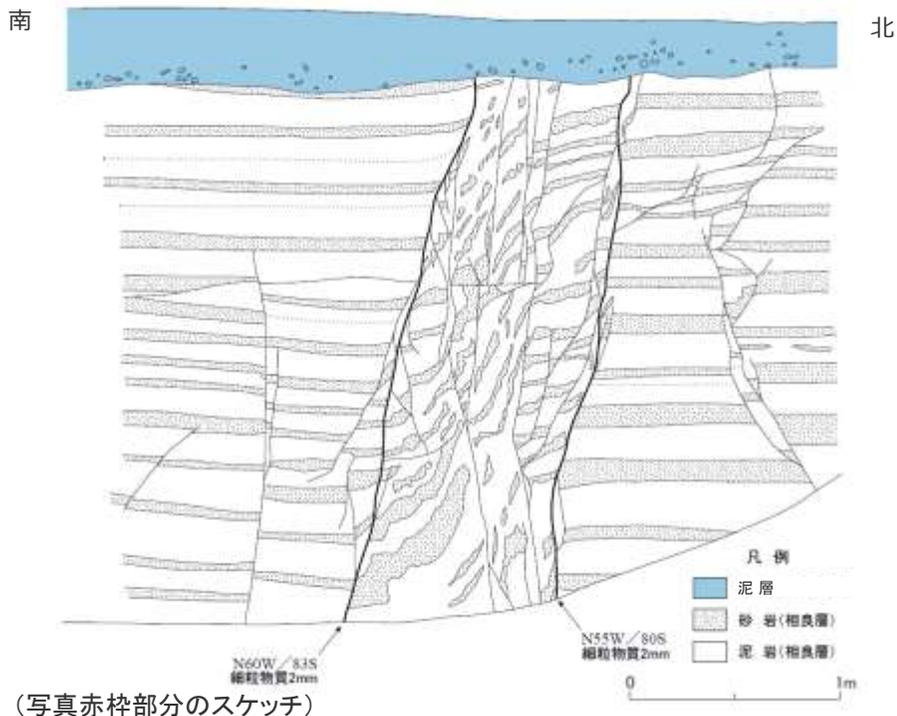
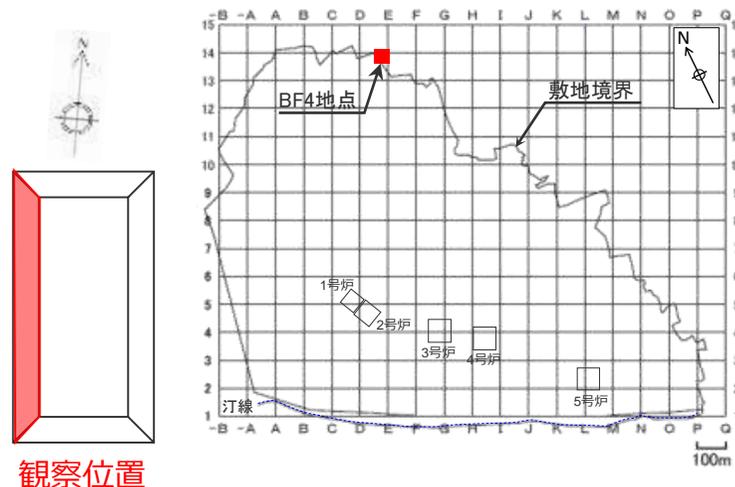


(写真赤枠部分のスケッチ)



H-9断層 (BF4地点北トレンチ(西側)) (1/1) ～露頭観察～

- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、著しく流動的な変形構造が認められる。
- 断層面を挟んだ上盤側及び下盤側には、砂岩の引きずりが認められ、これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 断層面は、ややうねっており、平面的ではない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- 北トレンチのH-9断層については、上部を泥層が不整合に覆っており、泥層の基底面に変位や変形は認められない。(泥層についての詳細は「4.4 上載地層による活動性評価」参照。)



海域のH断層系 (ボーリングコア観察結果)

- 海域のH断層系のボーリングコア観察結果からは、細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、断層面に挟まれた区間やその周囲には砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- 断層面はややうねっており、明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。

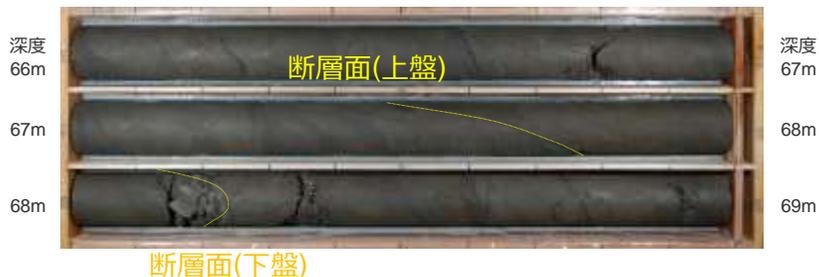
●H-m0断層 (PT-6'孔(孔口標高:-28.88m))



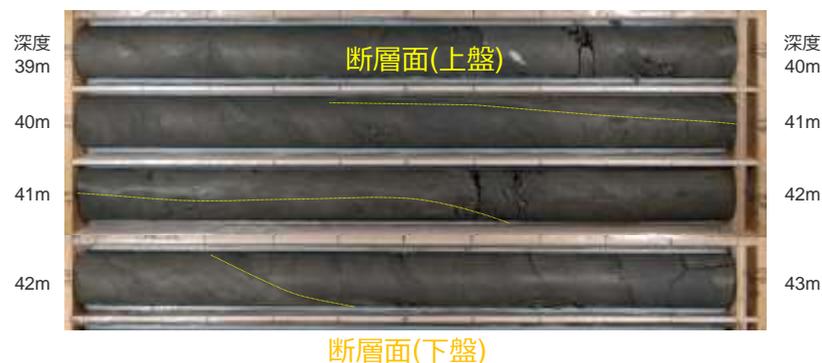
●H-m2断層 (PT-3'孔(孔口標高:-28.68m))



●H-m0断層 (PT-6孔(孔口標高:-28.89m))



●H-m3断層 (PT-2''孔(孔口標高:-28.49m))



●H-m1断層 (PT-4''孔(孔口標高:-28.79m))



●H-m4断層 (PT-0孔※ (孔口標高:-28.38m))



※斜めボーリング孔 傾斜角：水平から下方42°

H断層系の観察結果のまとめ

陸域部（露頭名称）		露頭観察結果								備考
		走向傾斜	細粒物質の有無	明瞭なせん断面の有無	角礫状破砕部の有無	断層面のうねり	流動的な変形構造の有無			
							膨縮	レンズ状構造	引きずり	
H-1	5号炉試験坑I坑	N46°W/70°SW	有	無	無	有	有	有	有	
H-2	4号炉東側法面	N62~76°W/76°S	有	無	無	有	有	有	有	
	固廃南側法面	N50~55°W/52~58°S	有	無	無	有	有	有	有	
H-3	4号炉試験坑	N56~74°W/50°S~60°SW	有	無	無	やや有	有	有	有	
	4号炉トレンチ	N36~70°W/58~73°S	有	無	無	有	有	有	有	
	4号炉北側トレンチ	N50~58°W/57~60°S	有	無	無	やや有	有	有	有	薄片による詳細観察を実施
	アクセス道路東側法面	N47~56°W/77~83°S	有	無	無	有	有	有	有	
H-4	アクセス道路東側法面	N54~56°W/60~64°S	有	無	無	有	有	有	有	薄片による詳細観察を実施
	40.5m盤（水平面）	N53~57°W/45~58°S	有	無	無	有	有	有	有	薄片による詳細観察を実施
	40.5m盤（西側）	N26~40°W/60~77°SW	有	無	無	有	有	有	有	
H-5	40.5m盤（東側）	N54~62°W/60~72°S	有	無	無	やや有	有	—	有	
	緊急時対策所前法面	N56~64°W/62~63°S	有	無	無	有	有	有	有	薄片による詳細観察を実施
H-6	GTG建屋南側法面（西面）	N40~63°W/53°SW~72°S	有	無	無	有	有	有	有	
	調整池法面	N32~34°W/70~80°S	有	無	無	有	有	有	有	
H-7	GTG建屋北側法面	N58~64°W/68~72°S	有	無	無	有	有	有	有	
	BF5地点	N70°W/72~80°S	有	無	無	やや有	有	有	有	
H-9	T-11地点	N70~73°W/70~78°S	有	無	無	有	有	有	有	
	BF4地点南トレンチ①	N57~58°W/87°S~81°N	有	無	無	有	有	有	有	
	BF4地点西トレンチ（底面）	N36~42°W/72°S~90°	有	無	無	やや有	有	有	有	薄片による詳細観察を実施
	BF4地点北トレンチ（西側）	N55~60°W/80~83°S	有	無	無	やや有	有	有	有	

「—」：露頭観察では不明瞭なもの

（表中網掛部の観察結果については、第704回審査会合資料1-3 参考資料参照。）

海域部（ボーリング孔名）		コア観察結果								備考
		走向傾斜	細粒物質の有無	明瞭なせん断面の有無	角礫状破砕部の有無	断層面のうねり	流動的な変形構造の有無			
							膨縮	レンズ状構造	引きずり	
H-m0（北）	PT-6'（ボーリングコア）	N73°E~62°W/72~78°S	有	無	無	やや有	有	有	有	
H-m0（南）	PT-6（ボーリングコア）	N26~30°W/59°W~78°S	有	無	無	有	有	有	有	
H-m1	PT-4"（ボーリングコア）	N41~49°W/69~74°S	有	無	無	有	有	有	有	
H-m2	PT-3'（ボーリングコア）	N46~54°W/71~74°S	有	無	無	やや有	有	有	有	
H-m3	PT-2"（ボーリングコア）	N31~35°W/82~87°S	有	無	無	有	有	有	有	
H-m4	PT-0（ボーリングコア）	N61~63°W/58~66°S	有	無	無	やや有	有	有	有	

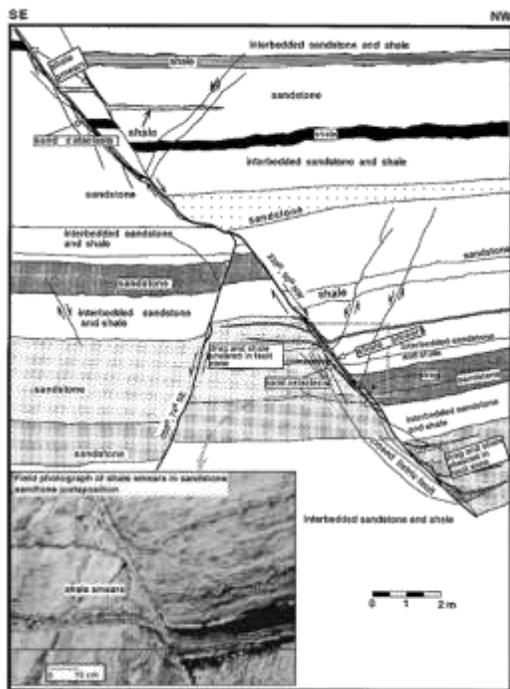
(参考) H断層系の露頭性状に類似する断層に関する知見

(知見の詳細は、第704回審査会合資料1-2 補足説明資料参照。)

- H断層系と露頭性状の類似する事例について文献調査を行った結果、以下の事例において、母岩が概ね固結度の低い状態において形成された正断層の断層露頭において、複数の主断層面と、その間に狭在される変形帯（ダメージゾーン、断層岩）から構成される断層帯の構造が確認されており、また断層帯周囲には、レンズ状砂岩や頁岩の引きずり等が認められるとしている。

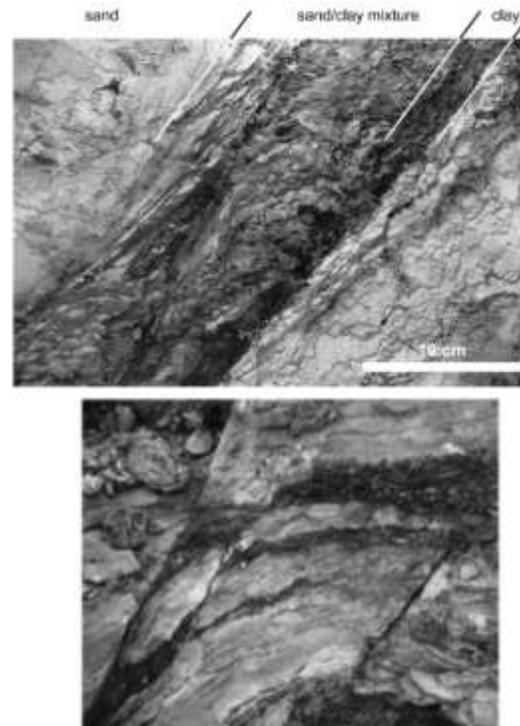
Burhannudinnur and Morley (1997)

- インドネシアのボルネオ島の中新世～鮮新世のMiri層群中に見られる、固結度の低い砂岩・泥岩中に発達する正断層について、複数の平行な正断層とその間や周囲に分布する変形帯（deformation zone）や破碎変形したシーム（cataclasis seam）を報告するとともに、断層面がキックや分岐、またリストリックな分布形態を示すことや、頁岩の引きずりや砂岩のレンズ状構造などを報告している。



van der Zee and Urai (2005)

- マレーシア、サワラク州のミリ近郊の、中新統のMiri層群に属する、扇状地性の砂泥互層の堆積岩の浅部に形成された正断層群を調査し、構造要素として“クレイスミア”、“平行なストランド（線状構造）の伸縮”、“断層に境されるレンズの変形”を挙げ、母岩の固結度は小さく、変形は母岩の固結前と推定している。



4.2(1) H断層系の露頭等の観察結果のまとめ

【検討結果】

2a 断層面周辺には流動的な変形構造が認められる。

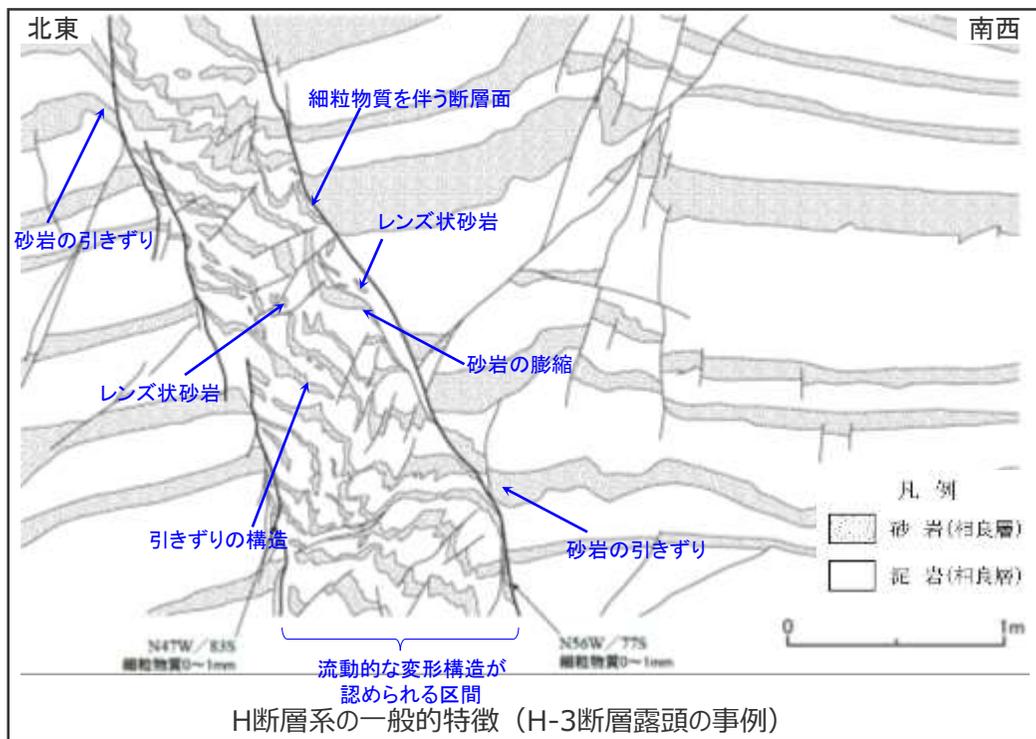
- 露頭観察によると、H断層系の各断層とも、細粒物質を伴う2条程度の平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間や周囲には、砂岩や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。

2b 断層面はうねっており、平面的ではない。

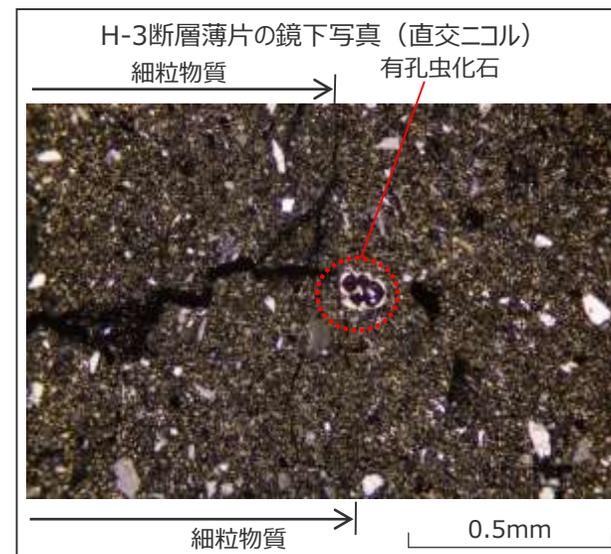
- 露頭観察によると、H断層系の断層面は、各断層ともうねっており平面的ではない。また、大局的には連続的に見えるが、詳細に観察すると連続性の乏しい箇所も見られる。

2c 断層面及びその近傍において、破碎を伴う活動様式は認められない。

- 露頭観察によると、H断層系の各断層とも断層面には明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- ブロック試料及び薄片観察によると、H断層系の断層面内の細粒物質には、明瞭なせん断面や、活断層に特徴的なくり返しの活動を示す層状の構造は認められない。また、断層面及びその近傍において顕著な細粒化や有孔虫化石の破碎・変形は認められない。



(検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。)



岩盤において断層が活動した場合の性状との対比結果

【岩盤において断層が活動した場合の性状に関する知見】

- 一般に、岩盤において断層が活動した場合は以下のよ
うな性状を有するとされている(狩野・村田(1998))。
 - ・断層面周囲には角礫状の岩片とそれらを取り込ん
だ細粒の基質よりなる。
 - ・平滑な断層面を形成している。

【H断層系の性状に関する検討結果】

- 2a 断層面周辺には流動的な変形構造が認められる。
 - ・露頭観察によると、H断層系の各断層とも、細粒物質を伴う2条程度の
平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間や周囲には、砂岩
や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形
構造が認められる。
- 2b 断層面はうねっており、平面的ではない。
 - ・露頭観察によると、H断層系の断層面は、各断層ともうねっており平面的
ではない。また、大局的には連続的に見えるが、詳細に観察すると連続性
の乏しい箇所も見られる。
- 2c 断層面及びその近傍において、破碎を伴う活動様式は認められない。
 - ・露頭観察によると、H断層系の各断層とも断層面には明瞭なせん断面は認
められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
 - ・ブロック試料及び薄片観察によると、H断層系の断層面内の細粒物質には、
明瞭なせん断面や、活断層に特徴的なくり返しの活動を示す層状の構造は
認められない。また、断層面及びその近傍において顕著な細粒化や有孔虫
化石の破碎・変形は認められない。

【評価】

岩盤において断層が活動した際、角礫状の岩片や平滑な断層面※という性状を有するとされているが、H断層系に属するいずれの断層も、角礫状の破碎部は認められず断層面はうねっており平面的ではない。したがって、H断層系は、相良層が固結した時代以降、活動していないものと考えられる。

※狩野・村田(1998)では、露頭レベルの観察において「平滑な断層面」との記載があることから、露頭においてH断層系が「うねっており平面的でない」とする観察結果と対比できるものと考えた。

(2) 試料分析・測定結果

【検討内容】

X線回析，粒度等の試料分析・測定結果を示す。

試料分析・測定項目

- H断層系の細粒物質を中心に下記の分析・測定を行い，断層内細粒物質等の性状についてより定量的な検討を行った。

分析・測定項目	目的
X線回折分析	各断層の細粒物質や母岩（相良層）の鉱物組成を分析し，その特徴を考察する。
石英粒子表面構造解析	各断層の細粒物質中の石英粒子について，その表面構造を観察し，その特徴を考察する。
粒度分析	各断層の細粒物質の粒度分布特性を把握し，その特徴を考察する。
砂粒子の分析	各断層の細粒物質中及び母岩（相良層）中の砂粒子について，薄片を用いて粒径や円磨度を分析し，その特徴を考察する。
帯磁率・硬度測定	各断層や母岩（相良層）の帯磁率・硬度を測定し，その特徴を考察する。

H断層系の細粒物質のX線回折分析（その1）

- ・ H断層系の細粒物質及び母岩である相良層から試料を採取し、X線回折分析による鉱物組成分析を実施した。
- ・ H-1～H-5断層、H-9断層、及びH-m0～H-m4断層は、いずれも石英、斜長石、雲母類、緑泥石、スメクタイト等からなり、鉱物組成は非常によく類似している。また、相良層も石英、斜長石を主体とし、H断層系と同様の鉱物組成を示す。これらのことから、H断層系にみられる鉱物は相良層の性質を直接反映しており、母岩である相良層とともに一様に続成作用を受けているものと考えられる。
- ・ スメクタイトや雲母類、緑泥石等の粘土鉱物には、相良層と比較して顕著な増加は認められない。
- ・ 方解石は、相良層の堆積過程等を考慮すると、化石の成分を検出しているものと考えられる。
- ・ シデライトや黄鉄鉱は、風化や化学変化に強いことや、相良層が海底（堆積盆）の堆積物であり熱水等の影響を受けておらず堆積環境では生成されないことを考慮すると、堆積過程で上流から供給されたものと考えられる。
- ・ ジプサムは、露頭による風化作用により二次的に形成されたものと考えられる。

試料名	採取位置	含有鉱物									
		石英 Qz	斜長石 Pl	方解石 Cal	シデライト Sid	ジプサム Gy	黄鉄鉱 Py	雲母類 Mc	緑泥石 Chl	スメクタイト Sm	
H-1	W1上	W1ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
	W1下	W1ボーリングコア 下盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
H-2	H-2上	4号炉東側法面 上盤境界の細粒物質	○	+	+				-	-	-
	H-2下	4号炉東側法面 下盤境界の細粒物質	○	+	+				-	-	-
	H-2上盤泥岩	4号炉東側法面 上盤側泥岩（相良層）	◎	+	+				-	-	-
	H-2上盤	4号炉東側法面 上盤境界の細粒物質	○	+	+	+		-	-	-	-
	H-2混交帯	4号炉東側法面 断層面の間	◎	+	+				-	-	-
	H-2下盤	4号炉東側法面 下盤境界の細粒物質	◎	△	+				-	-	-
H-3	H-3北N	4号炉北側トレンチ 上盤境界の細粒物質	◎	△	△	△		+	+	+	+
	H-3北S	4号炉北側トレンチ 下盤境界の細粒物質	◎	○	△	+		-	+	+	+
H-4	H-4東	4号北側試験坑（東側）の細粒物質	◎	○	△	-		-	+	+	+
	H-4西	4号北側試験坑（西側）の細粒物質	◎	○	△	+			+	+	+

【凡 例】 ◎：極多量， ○：多量， △：中量， +：少量， -：微量， 空欄：認められず

（各分析結果の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.30～88に示す。）

H断層系の細粒物質のX線回折分析（その2）

試料名	採取位置	含有鉱物									
		石英 Qz	斜長石 Pl	方解石 Cal	シダライト Sid	ジプサム Gy	黄鉄鉱 Py	雲母類 Mc	緑泥石 Chl	スメクト Sm	
H-4	H-4上盤泥岩	40.5m盤水平面 上盤側泥岩（相良層）	◎	+		-			-	-	-
	H-4上盤	40.5m盤水平面 上盤境界の細粒物質	◎	△					-	-	-
	H-4混交帯	40.5m盤水平面 断層面の間	◎	△			-		-	-	-
	H-4下盤	40.5m盤水平面 下盤境界の細粒物質	◎	△					-	-	-
	H-4下盤泥岩	40.5m盤水平面 下盤側泥岩（相良層）	◎	△					-	-	-
H-5	H-5N	緊急時対策所前法面 下盤境界の細粒物質	◎	○			△		+	+	+
	H-5S	緊急時対策所前法面 上盤境界の細粒物質	◎	○		+	-		+	+	△
H-9	T11	T-11地点 上盤境界の細粒物質	○	+					-	-	-
	T11泥岩	T-11地点北側の泥岩	○	+					-	-	-
H-m0	PT-6上	PT-6ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
H-m1	PT-4"上	PT-4"ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
	PT-4"下	PT-4"ボーリングコア 下盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
H-m2	PT-3'上	PT-3'ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
	PT-3'下	PT-3'ボーリングコア 下盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
H-m3	PT-2"上	PT-2"ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
	PT-2"下	PT-2"ボーリングコア 下盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
H-m4	PT-0上	PT-0ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
	PT-0下	PT-0ボーリングコア 下盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
相良層	3A-1	3号排気筒近傍ボーリングコア（相良層）	◎	○	△	+			+	+	+
	3A-2	3号排気筒近傍ボーリングコア（相良層）	◎	○	△	+			+	+	+
	4A-1	4号排気筒近傍ボーリングコア（相良層）	◎	○	△	+			+	+	+
	4A-2	4号排気筒近傍ボーリングコア（相良層）	◎	○	△	+			+	+	+
	5A-1	5号排気筒近傍ボーリングコア（相良層）	◎	○	○	+			+	+	+
	5A-2	5号排気筒近傍ボーリングコア（相良層）	◎	○	○	+			+	+	+

【凡 例】 ◎：極多量， ○：多量， △：中量， +：少量， -：微量， 空欄：認められず

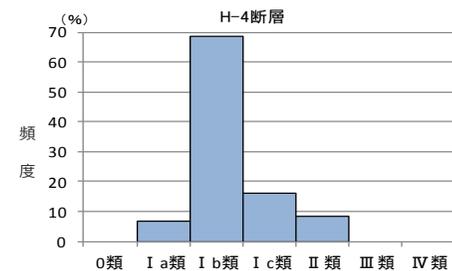
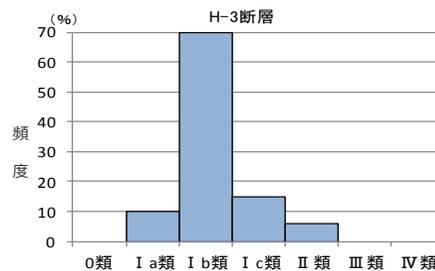
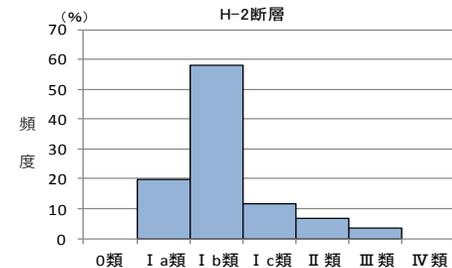
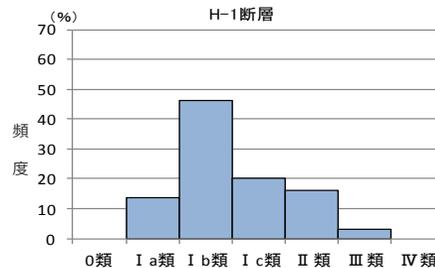
（H-m0～H-m4の分析結果の詳細は、第654回審査会合 資料1-3 pp.3～22に、
それ以外の分析結果の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.30～88に示す。）

H断層系の細粒物質中の石英粒子の表面構造解析

- H断層系の細粒物質中に含まれる74～250μmの石英粒子について、走査型電子顕微鏡観察により表面構造解析を実施した。
- 表面構造の判断基準は、金折ほか（1978）によるⅠ～Ⅳ類の分類基準に、当社において各分類ごとに「形状及び嶺線」、「表面の平滑さ」、「起伏量」、「空洞（溶蝕孔）」の詳細項目を追加して細分化し、判断基準とした。
- H-1～H-4断層及びH-9断層の石英粒子の表面構造は、主としてⅠb類に分類され、いずれの断層でも同様の傾向を示す。

表面構造の判断基準（金折ほか（1978）を基に当社にて作成）

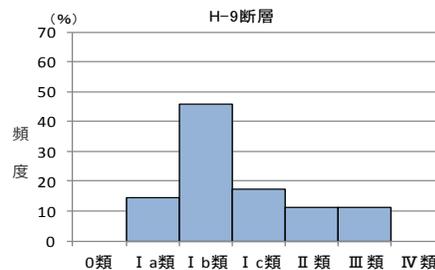
分類	形状及び嶺線	表面の平滑さ	起伏量	空洞 (溶蝕孔)	(参考) 金折ほか(1978) による分類基準
0	角ばっている	なめらか	なし	なし	
Ⅰ	a	なめらか	部分的	小穴点在	石英粒子の表面がなめらかな面をもつ
	b	なめらか	部分的	小穴	
	c	なめらか	小さい 1～3μm	小穴	
Ⅱ	やや角ばっている	部分的になめらか	小さい 3～5μm	小穴	部分的になめらかな面をもつ
Ⅲ	著しく丸みを帯びている	かなり起伏に富む 平坦面を残さない	5～10μm	大きい	なめらかな面を完全に持たなくなり起伏が大きい
Ⅳ	完全に丸い	著しい起伏	10～50μm 以上	大部分が連続する	著しく空洞が発達している



石英粒子表面構造解析結果

断層名	0類	Ⅰ類			Ⅱ類	Ⅲ類	Ⅳ類	合計
		I a	I b	I c				
H-1	0 (0)	17 (14)	57 (46)	25 (20)	20 (16)	4 (3)	0 (0)	123
H-2	0 (0)	43 (20)	126 (58)	25 (12)	15 (7)	8 (4)	0 (0)	217
H-3	0 (0)	12 (10)	85 (70)	18 (15)	7 (6)	0 (0)	0 (0)	122
H-4	0 (0)	7 (7)	72 (69)	17 (16)	9 (9)	0 (0)	0 (0)	105
H-9	0 (0)	5 (14)	16 (46)	6 (17)	4 (11)	4 (11)	0 (0)	35

単位：個、（ ）内は百分率で小数点以下四捨五入

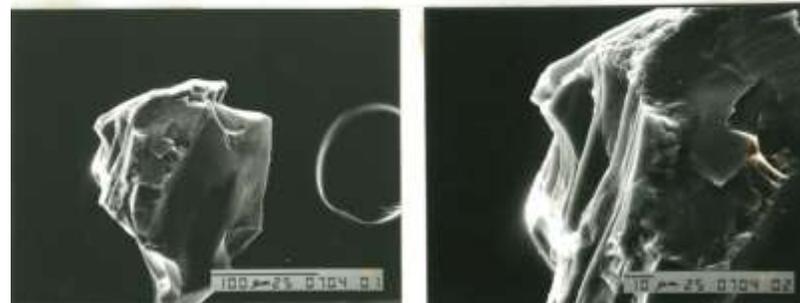
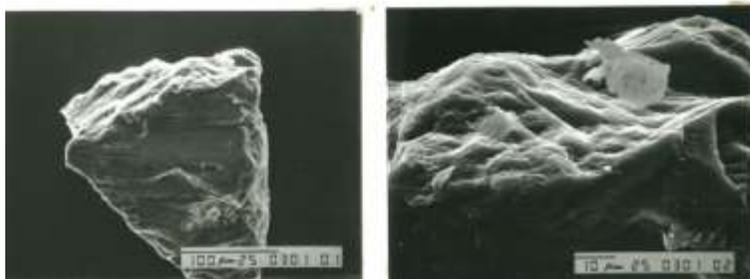
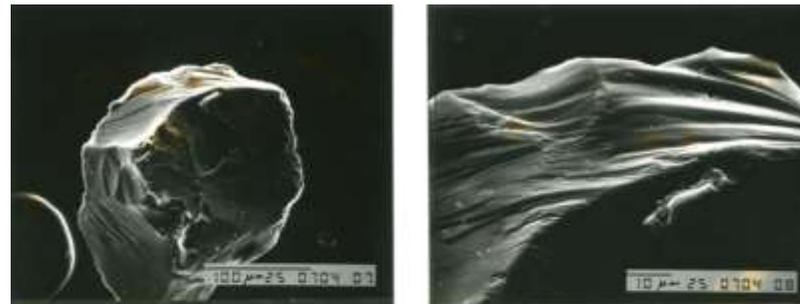
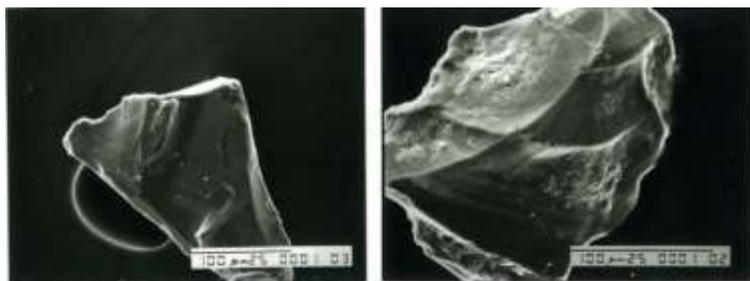


石英粒子の表面構造解析結果（頻度分布）

（各分析試料の採取位置は、第608回審査会合 資料1-1-3 p.90に示す。）

(参考) 石英粒子の表面構造の観察例

- H-2断層とH-3断層の石英粒子の表面構造解析結果（I b類）を示す。
- いずれも、石英粒子の表面は滑らかな面をもち、粒子の縁や嶺はやや丸い。また、石英表面には部分的に小穴が分布する。

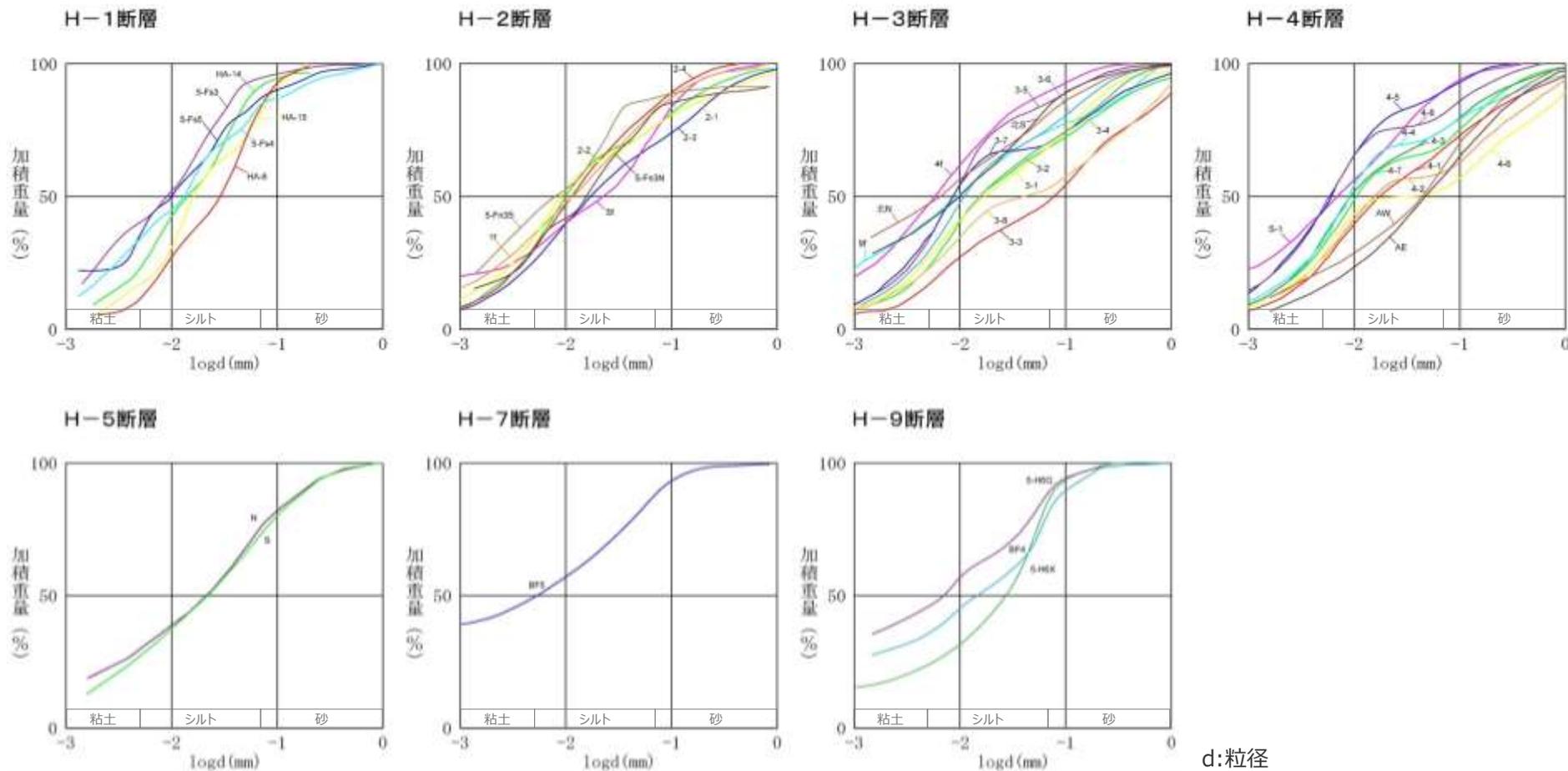


<H-2断層の石英粒子表面構造（I b類）>

<H-3断層の石英粒子表面構造（I b類）>

H断層系の細粒物質の粒度分析

- H断層系の細粒物質の粒度分析（ふるい分析，沈降分析）を実施し，その粒度分布について検討した。
- いずれの断層の細粒物質の粒度分布も砂と泥が混合した状態を示しており，粒度分布に断層による顕著な差異は認められない。
- H断層系の細粒物質に顕著な細粒化（細粒分の割合が著しく多くなる傾向）は認められない。



d: 粒径

(分析は，日本工業規格（JIS A 1204）に基づくふるい分析，沈降分析により実施。
各分析試料の採取位置は，第608回審査会合 資料1-1-3 p.92に示す。)

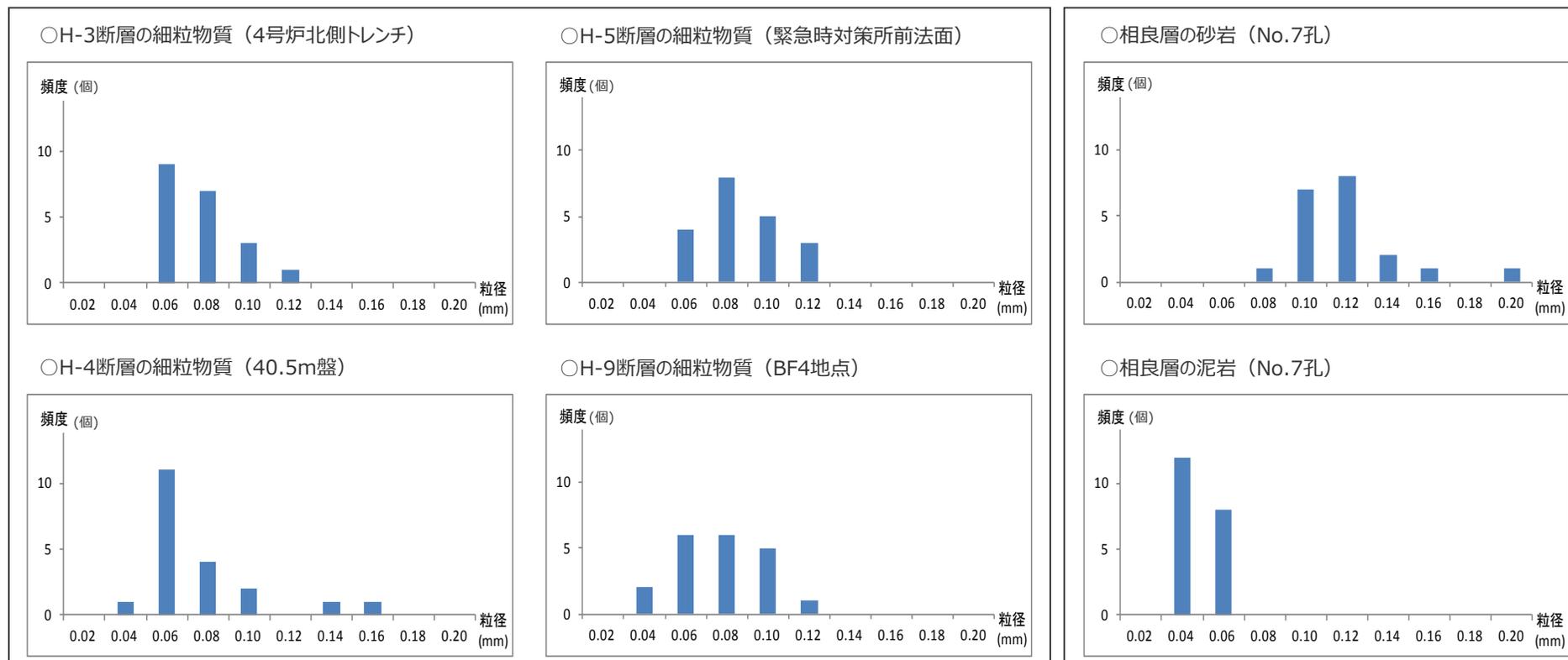
H断層系の細粒物質中の砂粒子の分析（1 / 2 粒度分析）

- H断層系の細粒物質に含まれる砂粒子の粒度分析を実施し、その粒度分布について検討した。
- 粒度分布は、H断層系細粒物質の薄片試料鏡下写真（倍率：100倍）1枚から確認できる砂粒子のうち、大きいものから上位20個の砂粒子の粒径※から求めた。また、相良層の砂岩泥岩それぞれに含まれる砂粒子についても同様の計測を行い、その粒度分布を求めた。
- H断層系の細粒物質中の砂粒子の最大粒径は、いずれの断層においても、砂岩中の砂粒子の最大粒径よりも小さいが、泥岩中の砂粒子の最大粒径よりは大きい。

※砂粒子の長軸長ささと短軸長ささをそれぞれ計測し、粒径= $\sqrt{\text{長軸長さ} \times \text{短軸長さ}}$ として結果を取りまとめた。

<細粒物質中の砂粒子の粒度分布>

<相良層中の砂粒子の粒度分布>



（各分析結果の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.93～99に示す。）

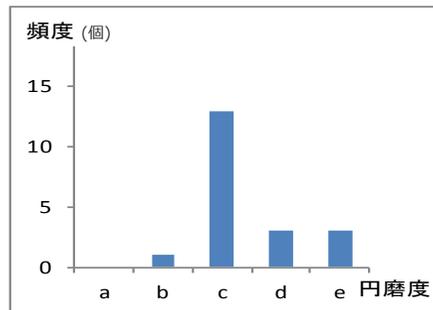
H断層系の細粒物質中の砂粒子の分析（2 / 2 円磨度分析）

- 前頁において粒度分析を行った砂粒子について、その円磨度を測定した。なお、円磨度は、砕屑性堆積物研究会（1983）の方法を用いて測定した。
- 各断層の細粒物質及び相良層（砂岩泥岩）に含まれる砂粒子は、いずれも「やや丸い」を中心とする形状を示し、顕著な差異は認められない。

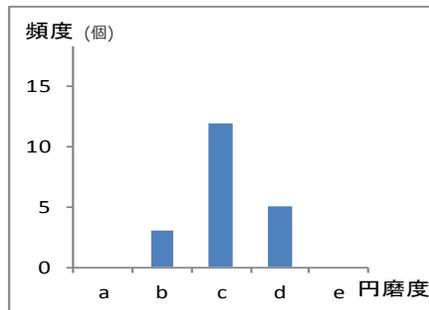
＜細粒物質中の砂粒子の円磨度＞

＜相良層中の砂粒子の円磨度＞

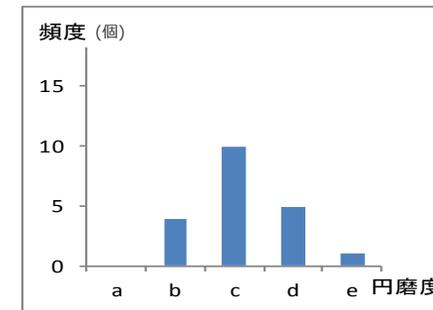
○H-3断層の細粒物質（4号炉北側トレンチ）



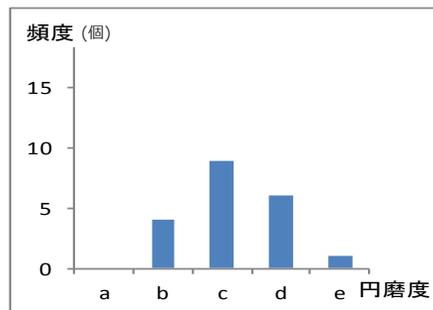
○H-5断層の細粒物質（緊急時対策所前法面）



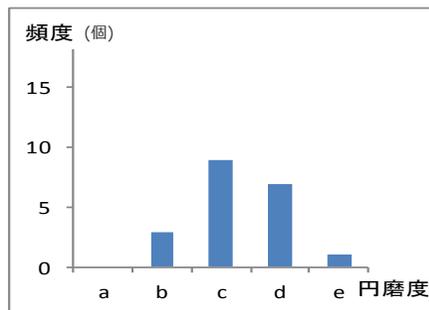
○相良層の砂岩（No.7孔）



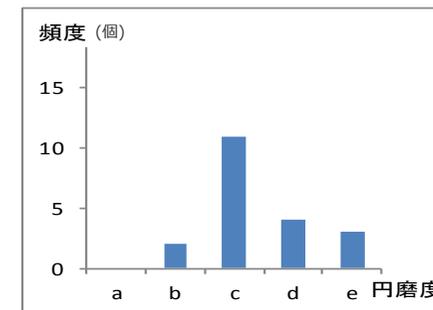
○H-4断層の細粒物質（40.5m盤）



○H-9断層の細粒物質（BF4地点）



○相良層の泥岩（No.7孔）



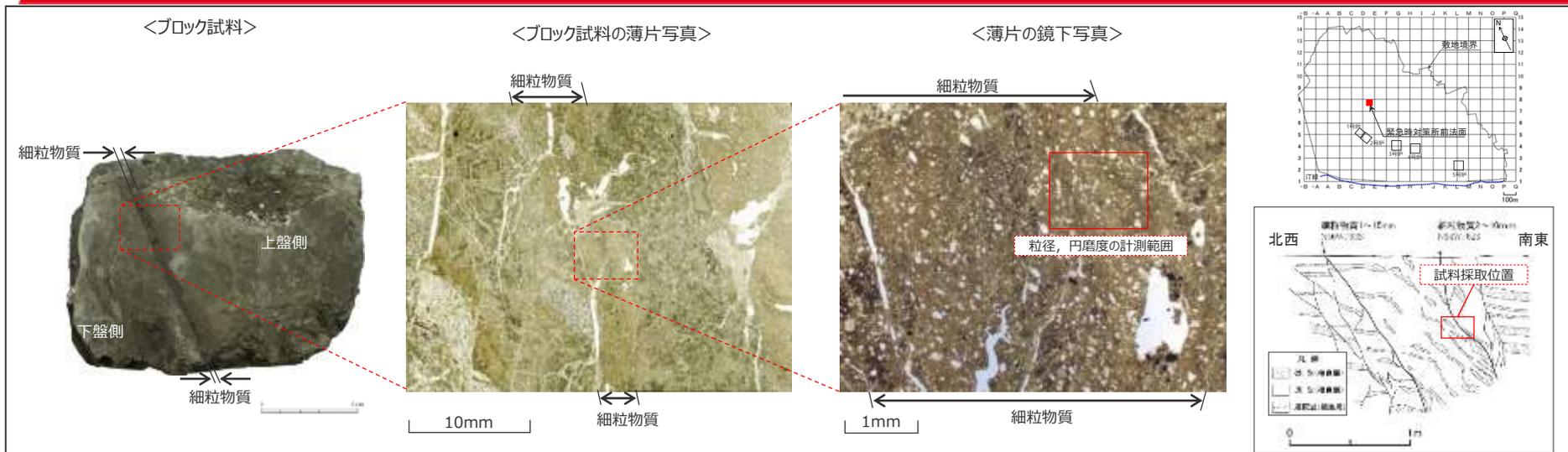
＜凡例＞ a：角張っている b：やや角張っている c：やや丸い d：丸い e：非常に丸い

（各分析結果の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.93～99に示す。）

【砂粒子の分析のまとめ】

- H断層系の細粒物質中の砂粒子の粒度分布、円磨度分布に、断層による顕著な差異は認められない。
- 細粒物質中の砂粒子は、母岩である相良層（砂岩）中の砂粒子よりもやや小さいものの、円磨度は相良層中の砂粒子とほぼ同様であり、砂粒子の顕著な円磨は認められない。

(参考) 砂粒子の粒径, 円磨度の測定例



<単コル>

<直交コル>

No	粒径 (mm)		円磨度												
	長軸	短軸													
1	0.10	0.07	b	5	0.11	0.08	c	9	0.10	0.05	c	13	0.13	0.09	c
2	0.11	0.06	d	6	0.17	0.08	c	10	0.10	0.05	d	14	0.07	0.03	b
3	0.10	0.04	d	7	0.10	0.04	d	11	0.10	0.04	c	15	0.12	0.08	c
4	0.13	0.05	c	8	0.15	0.09	c	12	0.09	0.05	d	16	0.09	0.05	c

<凡例>

a: 角張っている
 b: やや角張っている
 c: やや丸い
 d: 丸い
 e: 非常に丸い

円磨度の区分例
 砂屑性堆積物研究会 (1983)

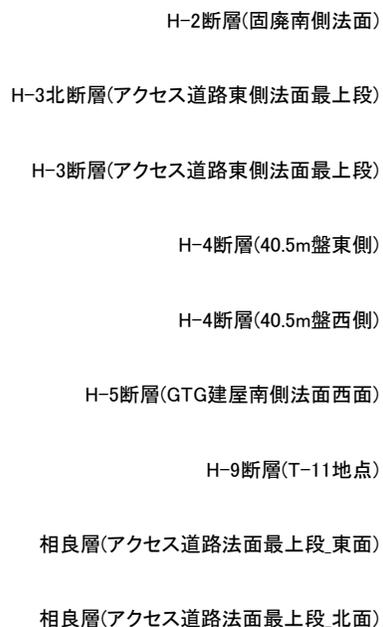
各露頭における帯磁率・硬度の測定結果（その1）

- H断層系露頭において、携帯型帯磁率計及び山中式土壌硬度計を用いて、帯磁率と硬度の測定を行った。
- 測定は、基本的にH断層系の①：細粒物質を伴う断層面，②：その断層面に挟まれた流動的な変形ゾーン，③：①②周辺の相良層（健岩部）を横断するように測線を設定して実施し、比較対象としてH断層系や小断層系の影響を受けていない相良層（健岩部）においても同様の測定を行った。
- まず、各露頭測線における帯磁率・硬度の測定結果を平均値で示す。
- 帯磁率の測定結果は、いずれの露頭においても10(10^{-5} SI)前後の値を平均として、5~20(10^{-5} SI)程度の範囲の値を示す。
- 硬度の測定結果は、T-11地点（H-9断層）は風化によると思われる影響があるものの、それ以外の断層では30(mm)前後の値を平均として25~35(mm)程度の範囲の値を示す。また、相良層（健岩部）露頭においては、硬度はやや高めの値を示す。

<帯磁率の測定結果>

帯磁率(10^{-5} SI)

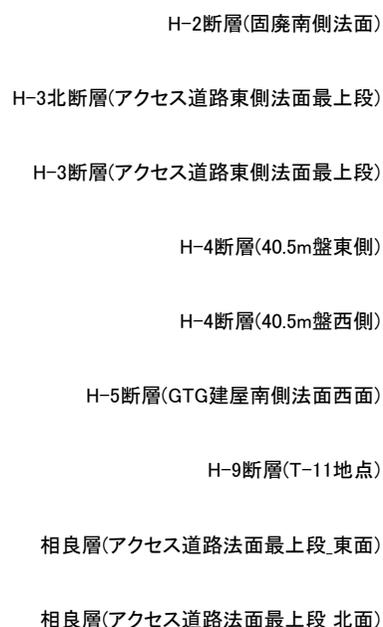
1 10 100 1000



<硬度の測定結果>

硬度(mm)

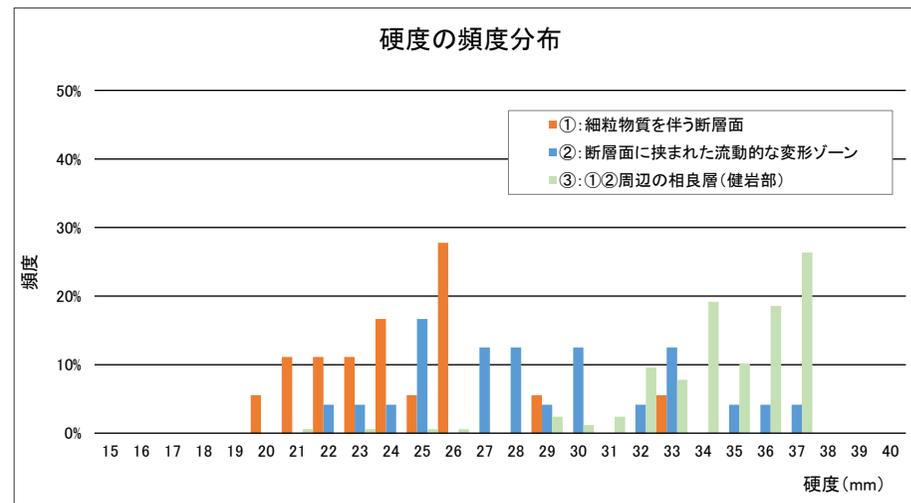
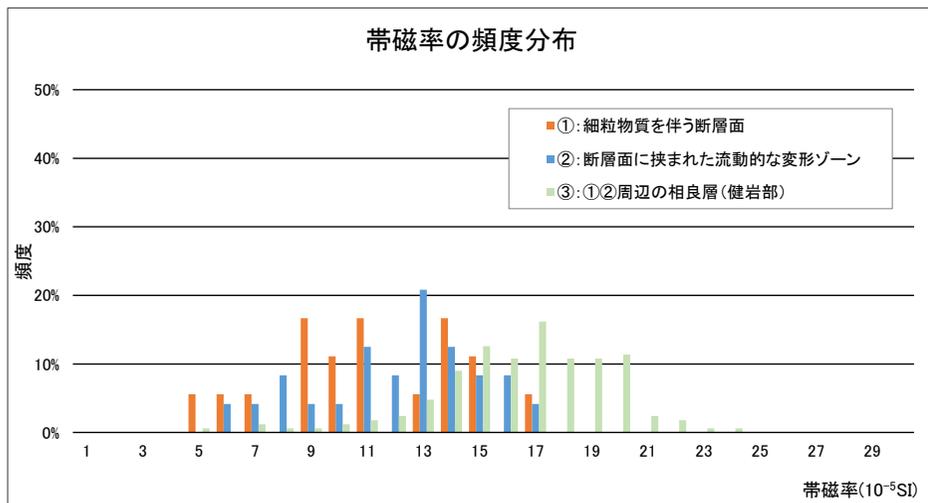
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50



(各露頭のグラフは、断層面や流動的な変形ゾーン、健岩部を含んだデータで作成。
各露頭の測定結果等の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.100~111に示す。)

各露頭における帯磁率・硬度の測定結果（その2）

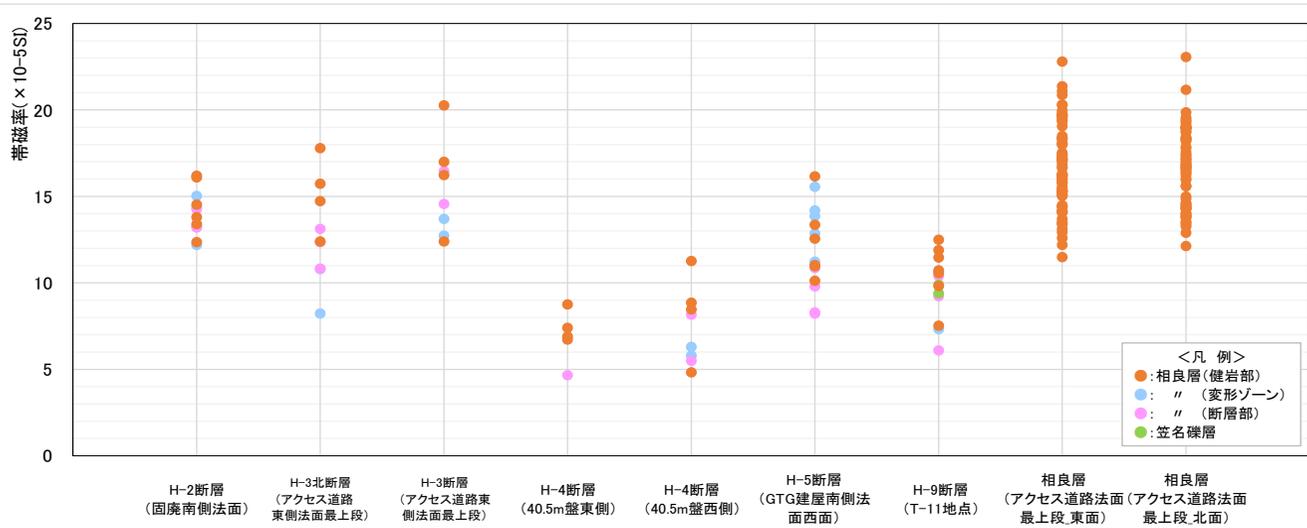
- 次に、前頁に示した各露頭の測定結果を集計し、測定箇所（①：細粒物質を伴う断層面、②：その断層面に挟まれた流動的な変形ゾーン、③：①②周辺の相良層（健岩部））ごとにデータを分類した。
- 帯磁率は、5～20(10^{-5} SI)程度の範囲の値を示す。測定箇所毎に比較すると、①②に比べ、③は全体的に高い傾向を示す。この点について、次頁で考察する。
- 硬度は、断層面と健岩部には明確に違いが認められる。なお、断層面に挟まれた流動的な変形ゾーンでの測定値は、断層面と健岩部の測定値の間に分布する。



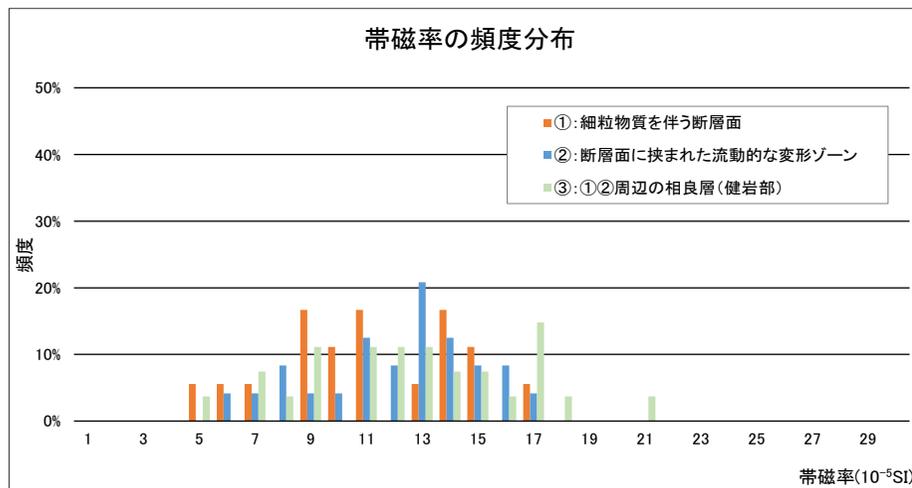
各露頭における帯磁率の測定結果に対する考察

＜各露頭の帯磁率の測定結果＞

- 帯磁率の結果について、各露頭の測定結果を右図に示す。
- H断層系の露頭の測定結果は、露頭毎にばらつきが認められるものの、いずれの層相も5~20(10^{-5} SI)程度の範囲の値を示す。
- その中で、H-3北断層とH-3断層はやや高い傾向を示し、同じ露頭である相良層の健岩部（アクセス道路法面最上段東面、北面）も同様の傾向を示すこと、及び相良層の健岩部は、H断層系露頭に比べてデータ数が非常に多くなっており統計上の偏りが大きくなることから、各層相の傾向を把握する頻度分布の検討では、H断層系の露頭データを用いて再評価する。
- 再評価した結果を右下に示す。帯磁率は、いずれの層相においても10(10^{-5} SI)前後の値を平均として、5~20(10^{-5} SI)程度の範囲の値を示し、層相による違いは認められない。



頻度分布の検討を行う露頭データ

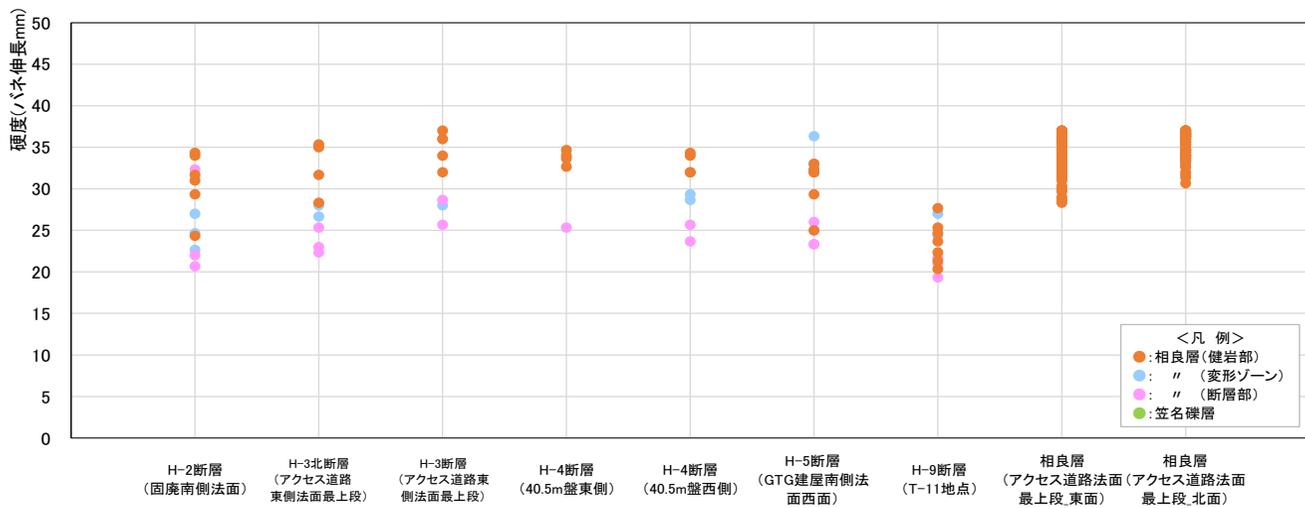


(各露頭の測定結果等の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.100~111に示す。)

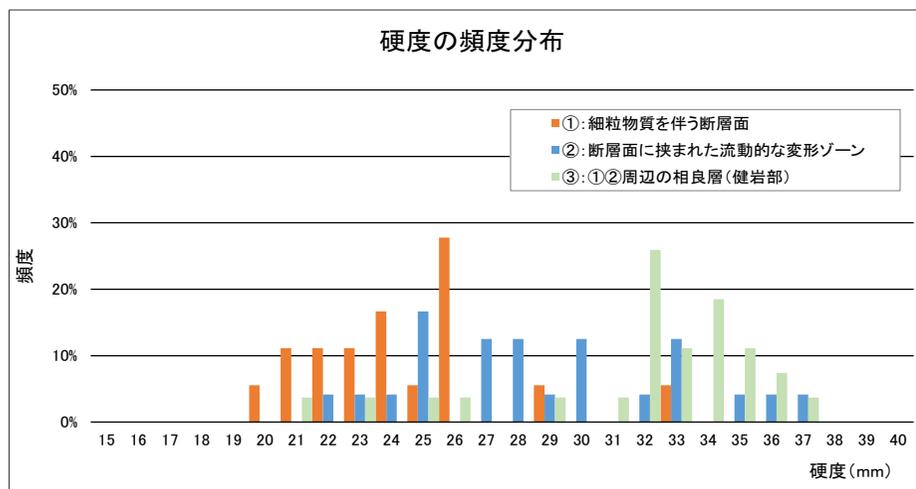
(参考) 各露頭における硬度の測定結果

<各露頭の硬度の測定結果>

- 硬度の測定結果についても、同様の検討を行った。各露頭の測定結果を右図に示す。
- H断層系の露頭の測定結果からは、断層面と健岩部には明確に違いが認められ、断層面に挟まれた流動的な変形ゾーンでの測定値は、断層面と健岩部の測定値の間に分布する。
- なお、相良層の健岩部（アクセス道路法面最上段東面、北面）と同じ露頭であるH-3北断層、及びH-3断層の健岩部は同程度の値を示す。
- 硬度においても、相良層の健岩部は、H断層系露頭に比べてデータ数が非常に多くなっており統計上の偏りが大きくなることから、各層相の傾向を把握する頻度分布の検討では、H断層系の露頭データを用いて再評価した。
- 再評価した結果を右下に示す。硬度の測定結果は、断層面と健岩部には明確に違いが認められ、断層面に挟まれた流動的な変形ゾーンでの測定値は、断層面と健岩部の測定値の間に分布する。



頻度分布の検討を行う露頭データ



(各露頭の測定結果等の詳細は、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.100～111に示す。)

4.2(2) 試料分析・測定結果のまとめ

【検討結果】

2d 各断層・母岩とも鉱物組成は非常によく類似。

- ・ H断層系の各断層の細粒物質の鉱物組成は非常によく類似しており、母岩の相良層も同様の鉱物組成である。また、主体鉱物である石英粒子の表面構造は、いずれの断層でも類似している。

2e 各断層の細粒物質は、粒度・円磨度ともに差異はなく、顕著な細粒化や円磨は認められない。

- ・ 細粒物質の粒度分布、細粒物質中の砂粒子の粒度分布・円磨度分布に、断層による差異は認められない。
- ・ 細粒物質に顕著な細粒化は認められず、細粒物質中の砂粒子にも顕著な円磨は認められない。

(検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。)

分析・測定項目	目 的	結 果
X線回折分析	各断層の細粒物質や母岩（相良層）の鉱物組成を分析し、その特徴を考察する。	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの断層の細粒物質も、石英，斜長石，雲母類，緑泥石，スメクタイト等からなり、鉱物組成は非常によく類似している。 ・相良層も石英，斜長石を主体とし，H断層系と同様の鉱物組成を示す。
石英粒子表面構造解析	各断層の細粒物質中の石英粒子について、その表面構造を観察し、その特徴を考察する。	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの断層の細粒物質中の石英粒子の表面構造も、主にI b類に分類される。
粒度分析	各断層の細粒物質の粒度分布特性を把握し、その特徴を考察する。	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの断層の細粒物質の粒度分布も、砂と泥が混合した状態を示し、粒径分布に断層による差異は認められない。 ・H断層系の細粒物質に顕著な細粒化は認められない。
砂粒子の分析	各断層の細粒物質中及び母岩（相良層）中の砂粒子について、薄片を用いて粒径や円磨度を分析し、その特徴を考察する。	<ul style="list-style-type: none"> ・細粒物質中の砂粒子の粒度分布，円磨度分布に，断層による差異は認められない。 ・細粒物質中の砂粒子の円磨度は相良層中の砂粒子とほぼ同様であり，砂粒子の顕著な円磨は認められない。
帯磁率・硬度測定	各断層や母岩（相良層）の帯磁率・硬度を測定し、その特徴を考察する。	<ul style="list-style-type: none"> ・いずれの断層においても帯磁率・硬度は同様の値を示す。 ・帯磁率の値は，H断層系と相良層に差異は無く，硬度は相良層がH断層系に比べやや高い値を示す。

4.2 H断層系の性状のまとめ

【検討結果】

(1) 露頭等の観察結果

2a 断層面周辺には流動的な変形構造が認められる。

- 露頭観察によると、H断層系の各断層とも、細粒物質を伴う2条程度の平行な断層面が認められ、その断層面に挟まれた区間や周囲には、砂岩や凝灰岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。

2b 断層面はうねっており、平面的ではない。

- 露頭観察によると、H断層系の断層面は、各断層ともうねっており平面的ではない。また、大局的には連続的に見えるが、詳細に観察すると連続性の乏しい箇所も見られる。

2c 断層面及びその近傍において、破碎を伴う活動様式は認められない。

- 露頭観察によると、H断層系の各断層とも断層面には明瞭なせん断面は認められず、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- ブロック試料及び薄片観察によると、H断層系の断層面内の細粒物質には、明瞭なせん断面や、活断層に特徴的なくり返しの活動を示す層状の構造は認められない。また、断層面及びその近傍において顕著な細粒化や有孔虫化石の破碎・変形は認められない。

(2) 試料分析・測定結果

2d 各断層・母岩とも鉱物組成は非常によく類似。

- H断層系の各断層の細粒物質の鉱物組成は非常によく類似しており、母岩の相良層も同様の鉱物組成である。また、主体鉱物である石英粒子の表面構造は、いずれの断層でも類似している。

2e 各断層の細粒物質は、粒度・円磨度ともに差異はなく、顕著な細粒化や円磨は認められない。

- 細粒物質の粒度分布、細粒物質中の砂粒子の粒度分布・円磨度分布に、断層による差異は認められない。
- 細粒物質に顕著な細粒化は認められず、細粒物質中の砂粒子にも顕著な円磨は認められない。

(検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。)

【評価】

上記調査結果より、H断層系について以下の通り評価する

- 性状（露頭観察結果、含有鉱物等）に類似性が認められる。（検討結果2a,2b,2c,2d,2e）
- 相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成された。（検討結果2a,2b,2c,2e）
- 相良層固結以降の活動は生じていない。（検討結果2a,2b,2c,2d,2e）

4.3 敷地深部の地質構造とH断層系

【検討内容】

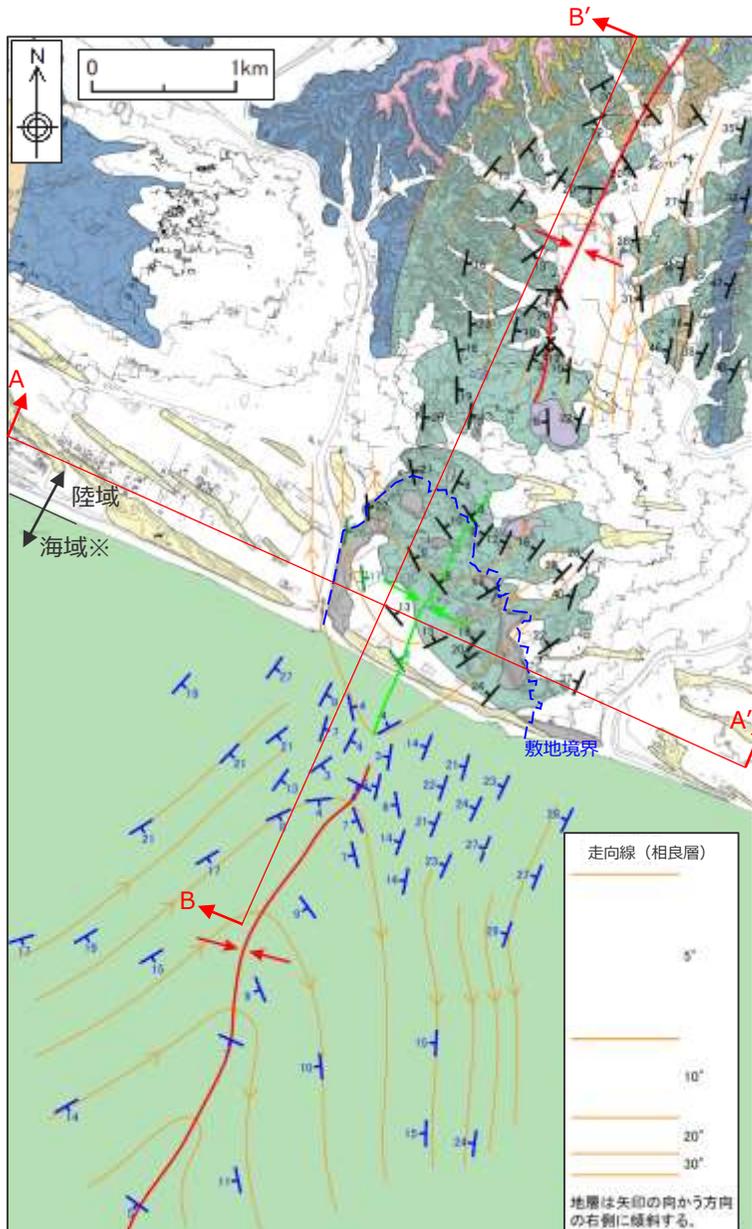
- 大深度ボーリング調査等により、敷地深部の地質構造の特徴を検討し、相良層の地層の走向・傾斜の後方回転が敷地及びその近傍の浅部に限って認められること、H断層系が深部に連続するものではないことを示す。

(1) 敷地深部の地質構造の概要

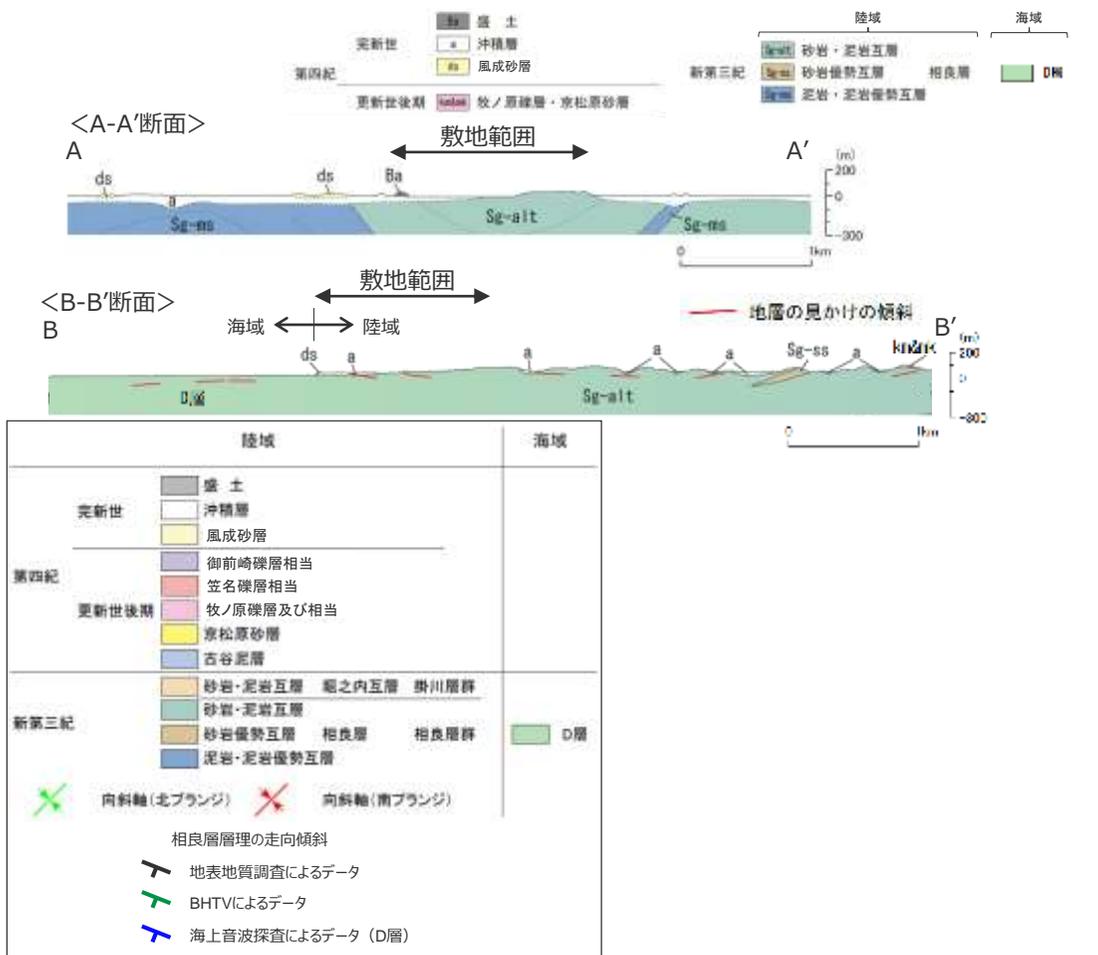
【検討内容】

反射法地震探査などにより敷地深部の地質構造の特徴を把握する。

敷地極近傍地表付近における地質構造の概要



- 敷地極近傍 (左図の範囲) の相良層には、北北東-南南西方向の向斜軸 (比木向斜) が認められる。
- 敷地極近傍において、大局的には向斜軸は南にプランジし相良層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示すが、敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲においては、向斜軸は北にプランジし相良層は向斜軸を中心に北に開いた構造を呈しており、大局的な構造とは逆傾向を示す。



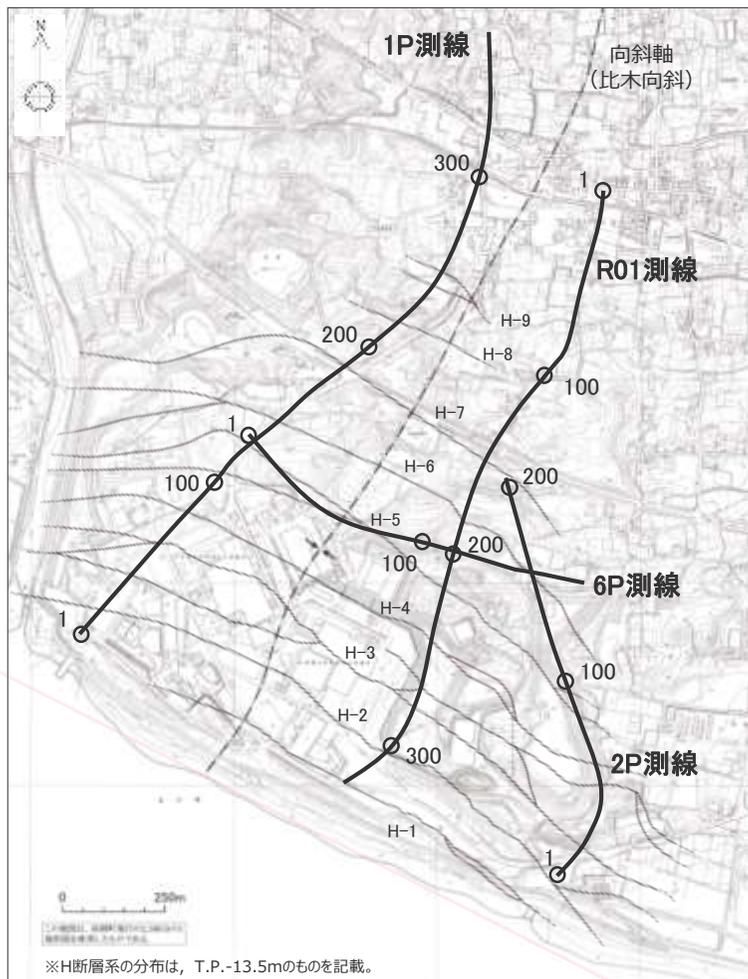
※海域についてはA層 (完新統) を除いて記載した。

地下構造調査（反射法地震探査）による検討

- 反射法地震探査により敷地深部の地質構造を検討した。反射法地震探査の諸元は以下に示す通りである。

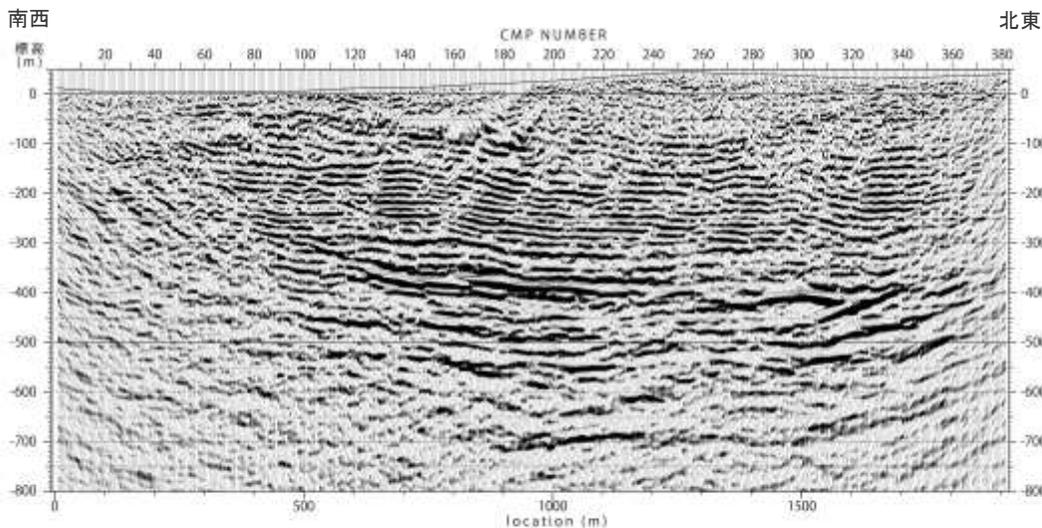
<反射法地震探査諸元>

震源	中型バイブレータ車 8t×1台 (一部に起振車(油圧インパクト) 6t×1台)
発振点間隔	10m
スイープ周波数	10~110Hz
スイープ回数	7~10回 5~10回 (R01測線)
スイープ時間	18秒 16秒 (R01測線)
収録システム	GDAPS-3 150チャンネル RT2 System (R01測線)
収録時間	3秒 (500Hz) 3秒 (1000Hz) (R01測線)
受振器	速度型10Hz, 6個/グループ 速度型10Hz, 3個/グループ (R01測線)
受振点間隔	10m

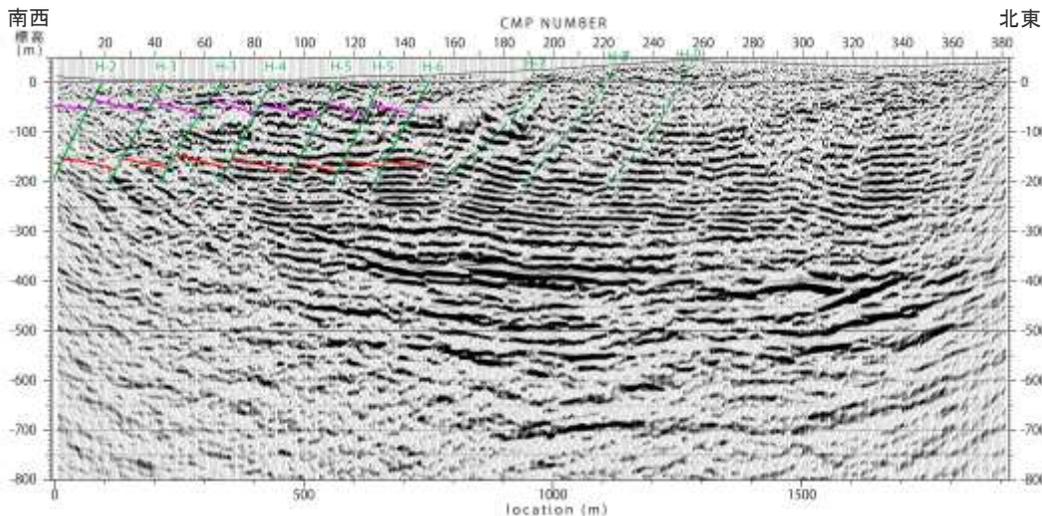


反射法地震探査測線位置図 (測線上の数字はCMP番号を表わす。)

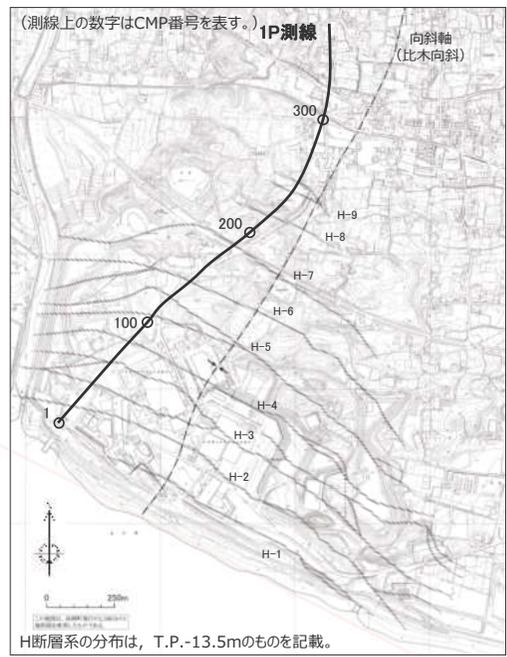
地下構造調査結果（反射法地震探査 1P測線）



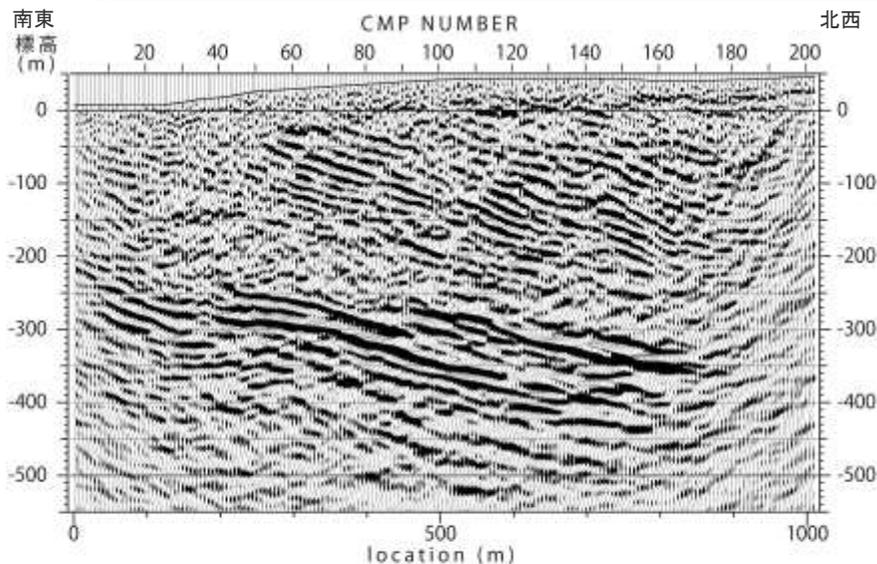
- 反射法地震探査1P測線における、敷地内から敷地の北側にかけての地下構造を示す。
- 地表から標高-300m付近までの反射面は概して弱く、南傾斜の明瞭な不連続面が規則的（ほぼ等間隔で平行）に認められ、ほぼ等間隔に並走する南傾斜の正断層群というH断層系の特徴と良く一致している。また、それらの不連続面の間には比較的整然と連続する複数の反射面が認められる。
- 一方、標高-300~-400m程度から標高-600m付近までの反射面は概して強く比較的安全性も良いものが多い。特に標高-300~-400m付近の反射面は連続性が良い。この付近でも局所的な不連続面を解釈することはできるものの、規則的で明瞭な不連続面群は認められず、少なくともこの深度付近に深においてH断層系のような等間隔に並走する断層群は分布していないものと考えられる。さらに、深部まで延伸するような明瞭な不連続面は認められず、地下深部から地表に連続するような断層も想定されない。
- 露頭及びボーリング調査により作成した3DモデルによるH断層の分布は、反射法地震探査における南傾斜の明瞭な不連続面と整合的であり、その不連続面はモデル作成深度（標高-200m）より深部に追跡できるものの、標高-300m程度以深まで有意に連続するような不連続面は認められない。
- また、浅部から深部にかけて、反射面の傾斜が緩くなっていく傾向がみられる。



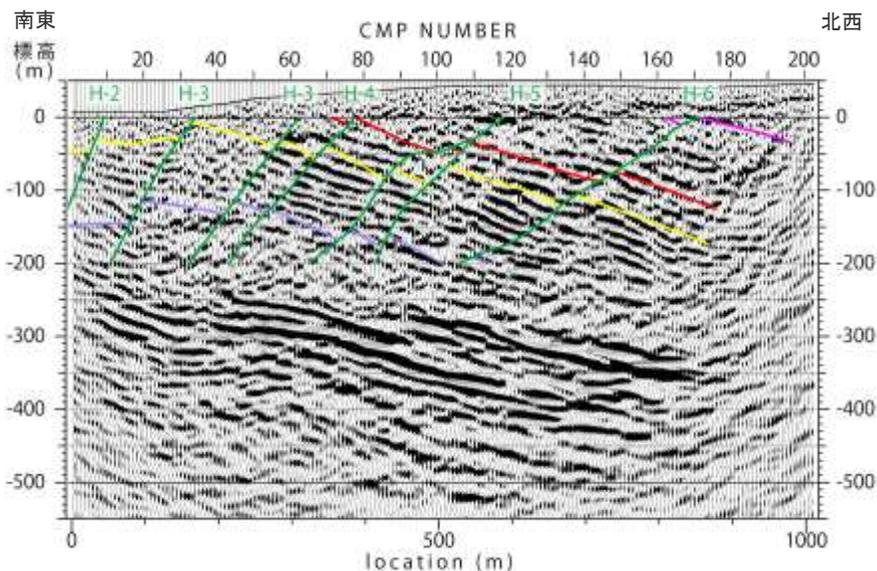
- 凡例
- H断層（3Dモデル）
 - - H断層（平面分布からの推定*）
 - 凝灰岩層（K-2u）
 - 凝灰岩層（K-3）
- いずれも3Dモデル範囲（標高-200mまで）を記載
*H-9断層は落差の大きいH-9北断層を表示
- 上段：解釈なし
下段：解釈あり
- 縦横比1:1で表示。



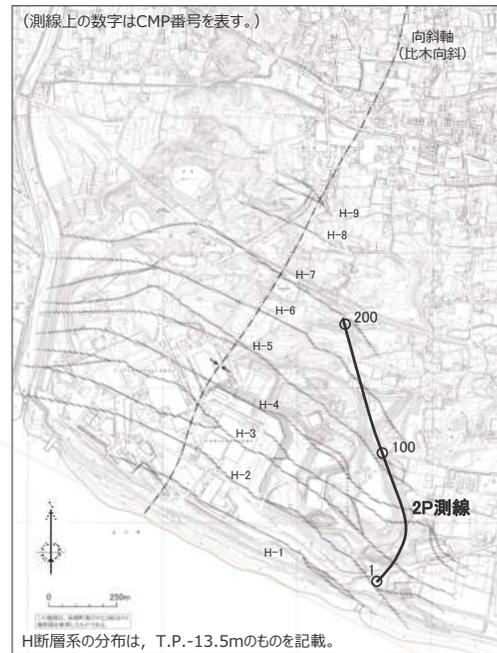
地下構造調査結果（反射法地震探査 2P測線）



- 反射法地震探査2P測線における、敷地内の地下構造を示す。
- 地表から標高-300m付近までの反射面は概して弱く、南傾斜の明瞭な不連続面が規則的（ほぼ等間隔で平行）に認められ、ほぼ等間隔に並走する南傾斜の正断層群というH断層系の特徴と良く一致している。また、それらの不連続面の間には比較的整然と連続する複数の反射面が認められる。
- 一方、標高-300~-400m程度以深の反射面は概して強く比較的連続性も良いものが多い。特に標高-300~-400m付近の反射面は連続性が良い。この付近でも局所的な不連続面を解釈することはできるものの、規則的で明瞭な不連続面群は認められず、少なくともこの深度付近以深においてH断層系のような等間隔に並走する断層群は分布していないものと考えられる。さらに、深部まで延伸するような明瞭な不連続面は認められず、地下深部から地表に連続するような断層も想定されない。
- 露頭及びボーリング調査により作成した3DモデルによるH断層の分布は、反射法地震探査における南傾斜の明瞭な不連続面と整合的であり、その不連続面はモデル作成深度（標高-200m）より深部に追跡できるものの、標高-300m程度以深まで有意に連続するような不連続面は認められない。
- また、浅部から深部にかけて、反射面の傾斜が緩くなっていく傾向がみられる。
- なお、2P測線は向斜軸と斜交しているため、反射面は北傾斜が強調されている。

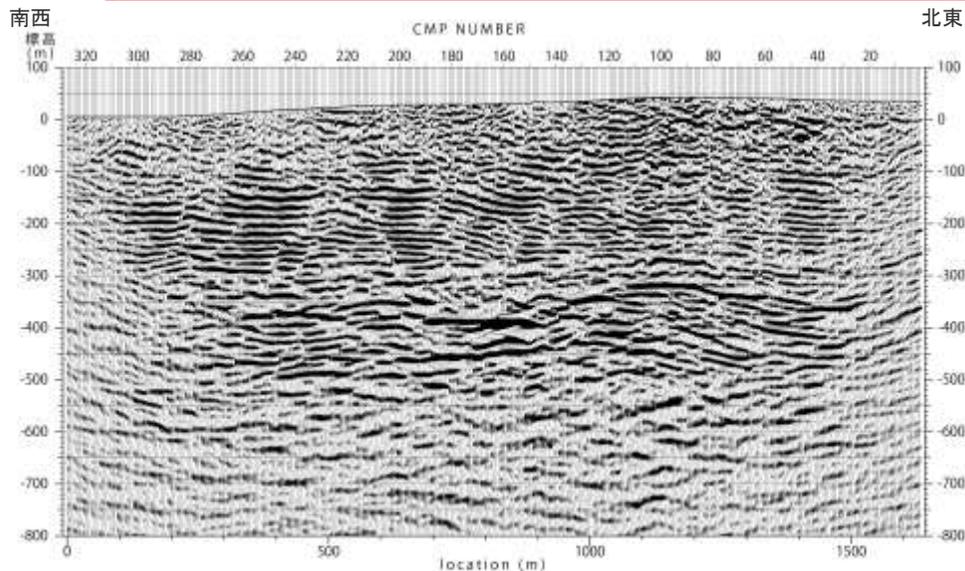


- 凡例
- ／ H断層（3Dモデル）
 - 凝灰岩層（K-2u）
 - 凝灰岩層（K-3）
 - 凝灰岩層（K-4）
 - 凝灰岩層（K-5）
- いずれも3Dモデル範囲（標高-200mまで）を記載
- 上段：解釈なし
下段：解釈あり
- 縦横比1:1で表示。

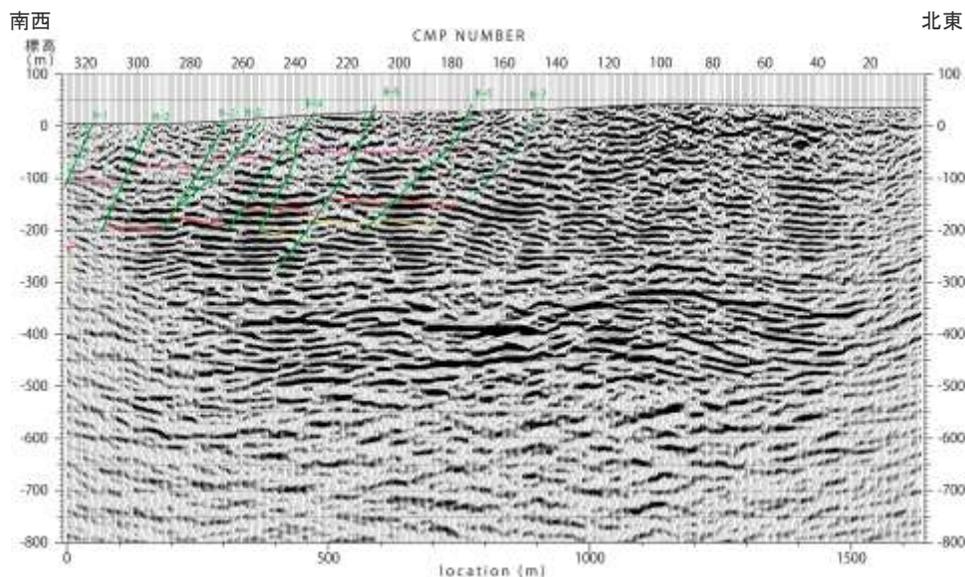


H断層系の分布は、T.P.-13.5mのものを記載。

地下構造調査結果（反射法地震探査 R01測線）

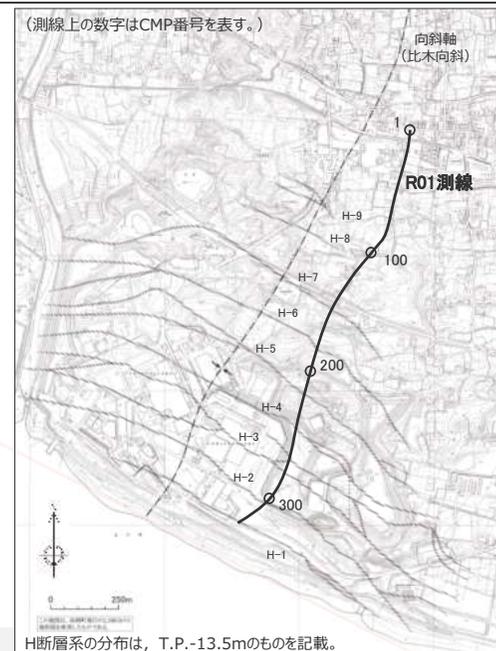


- 反射法地震探査R01測線における、敷地内の地下構造を示す。
- 地表から標高-300m付近までの反射面は概して弱く、南傾斜の明瞭な不連続面が規則的（ほぼ等間隔で平行）に認められ、ほぼ等間隔に並走する南傾斜の正断層群というH断層系の特徴と良く一致している。また、それらの不連続面の間には比較的整然と連続する複数の反射面が認められる。
- 一方、標高-300~-400m程度から標高-600m付近までの反射面は概して強く比較的連続性も良いものが多い。この付近でも局所的な不連続面を解釈することはできるものの、規則的で明瞭な不連続面群は認められず、少なくともこの深度付近に深においてH断層系のような等間隔に並走する断層群は分布していないものと考えられる。さらに、深部まで延伸するような明瞭な不連続面は認められず、地下深部から地表に連続するような断層も想定されない。なお、深部の強反射面の比較的波長の長いうねりは、反射法測線と褶曲軸間の距離の変化の影響による可能性が考えられる。
- 露頭及びボーリング調査により作成した3DモデルによるH断層の分布は、反射法地震探査における南傾斜の明瞭な不連続面と整合的であり、その不連続面はモデル作成深度（標高-200m）より深部に追跡できるものの、標高-300m程度以深まで有意に連続するような不連続面は認められない。
- また、浅部から深部にかけて、反射面の傾斜が緩くなっていく傾向がみられる。



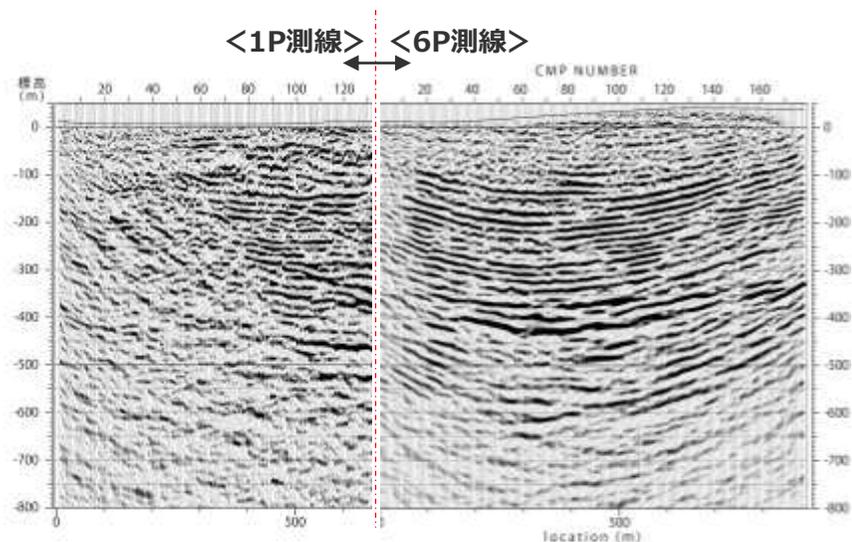
- 凡例
- /// H断層（3Dモデル）
 - H断層（平面分布からの推定）
 - 凝灰岩層（K-1）
 - 凝灰岩層（K-2u）
 - 凝灰岩層（K-3）
 - 凝灰岩層（K-4）
- いずれも3Dモデル範囲（標高-200mまで）を記載

上段：解釈なし
 下段：解釈あり
 縦横比1:1で表示。

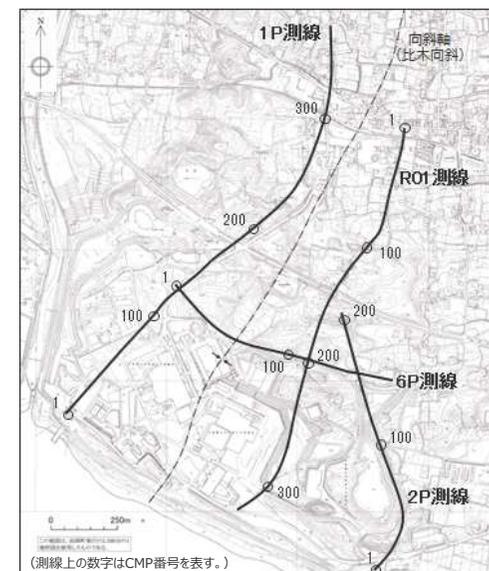
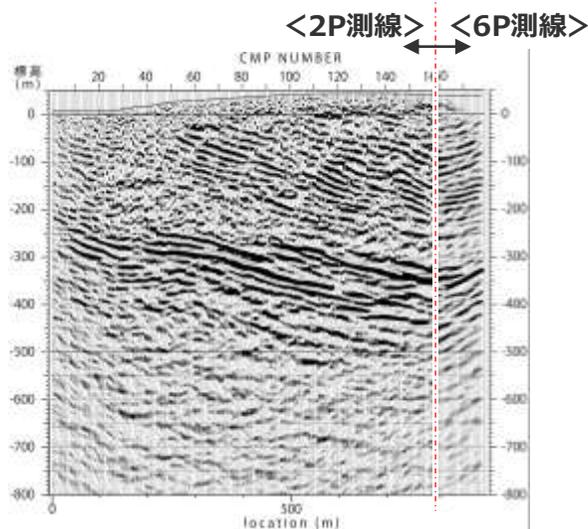
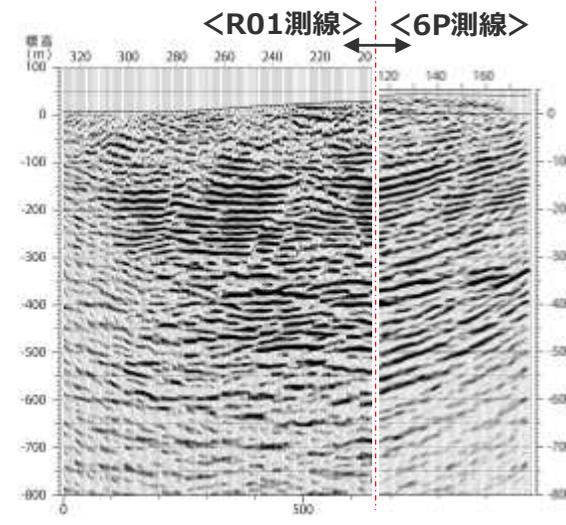


H断層系の分布は、T.P.-13.5mのものを記載。

反射法地震探査に認められる反射パターンの連続性



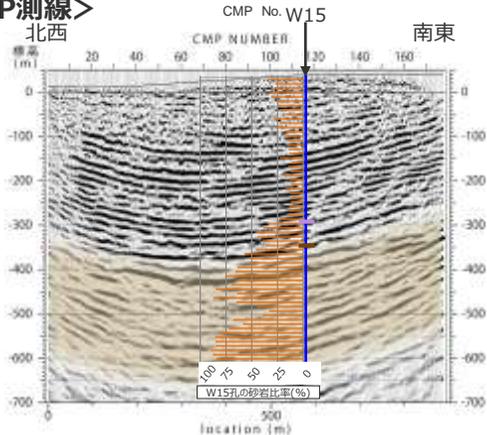
- 各南北測線の反射断面において、浅部と深部とでは反射パターンの相違が認められる。いずれの測線においても、浅部（地表から標高-300m付近）では、概して弱い反射面に南傾斜の不連続面が規則的に認められ、深部（標高-300~-400m程度から標高-600m付近）では、概して強く比較的連続性の良い反射面が認められる。
- 反射面の連続性を複数の反射断面により検討した結果、各断面交差部において反射パターンの変化する深度は概ね一致していることから、これら反射パターンの異なる地層はいずれも敷地全域にわたり分布しているものと推定される。



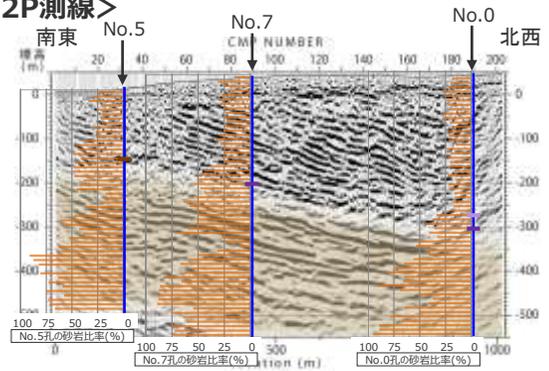
反射断面における反射パターンと地質との対応

- 概して弱い反射面に南傾斜の不連続面が規則的に認められる浅部と、概して強く比較的連続性の良い反射面が認められる深部について、地質との対応をボーリングコアにより検討した。
- 各測線の反射断面に大深度ボーリング調査結果（砂岩比率）を重ね描いてみると、概して弱い反射面を呈する浅部の地層は砂岩比率が比較的低く（10～30%程度）、敷地の地表付近で一般的に見られる相良層にあたる。一方、概して強い反射面を呈する深部の地層は、K-5～K-7層準付近に深に分布する砂岩比率の高い（50%程度以上）相良層にあたる。

<6P測線>

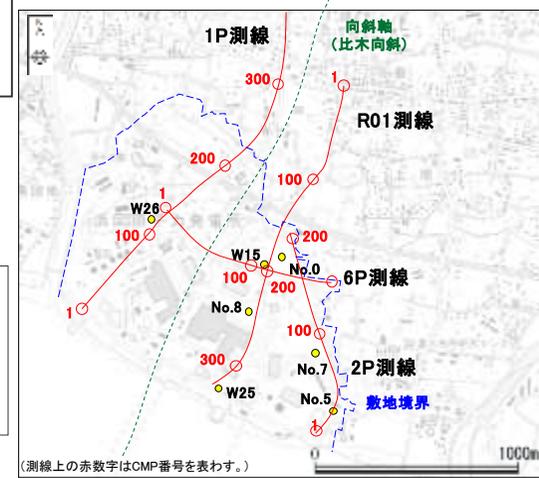


<2P測線>

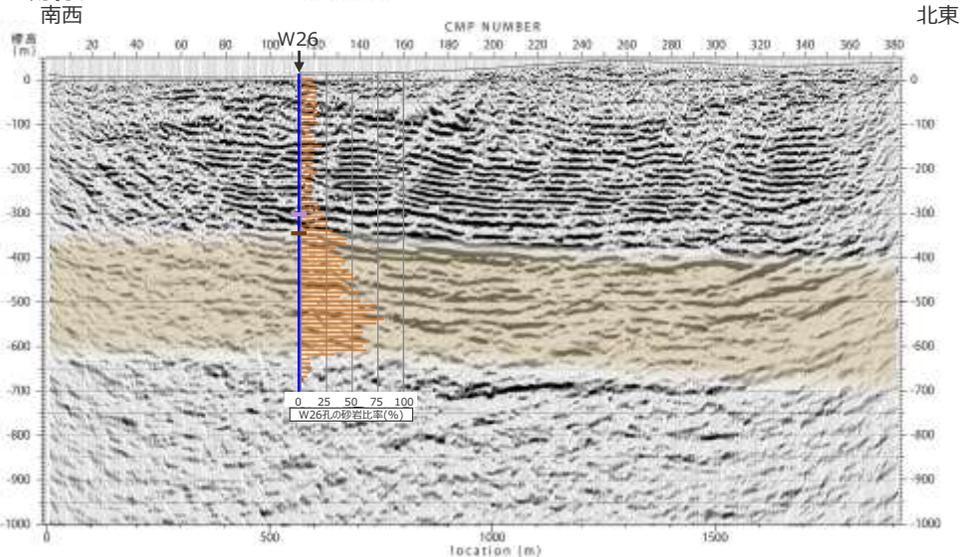


<凡例>
 ■ K-5凝灰岩層
 ■ K-6凝灰岩層
 ■ K-7凝灰岩層
 ■ 砂岩比率の高い相良層
 (ボーリングにより確認した凝灰岩層を記載)

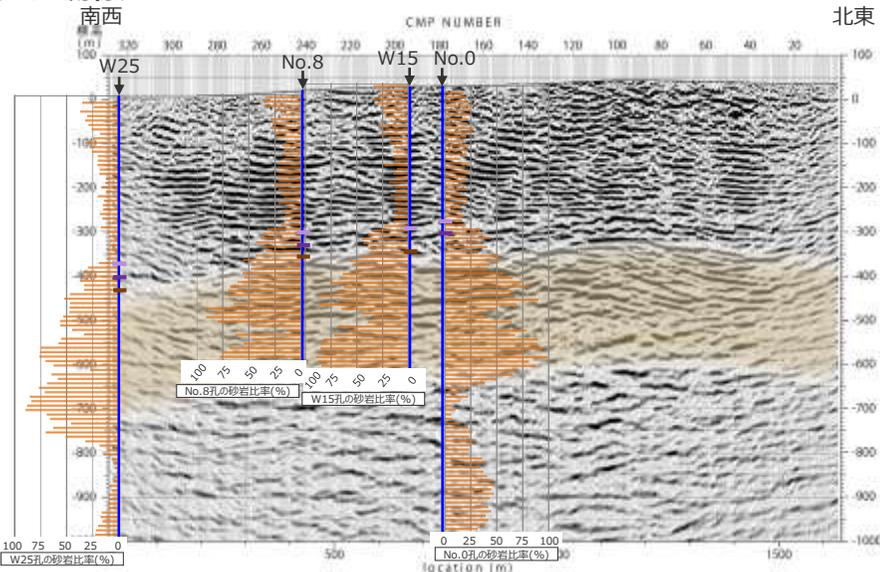
縦横比1:1で表示。



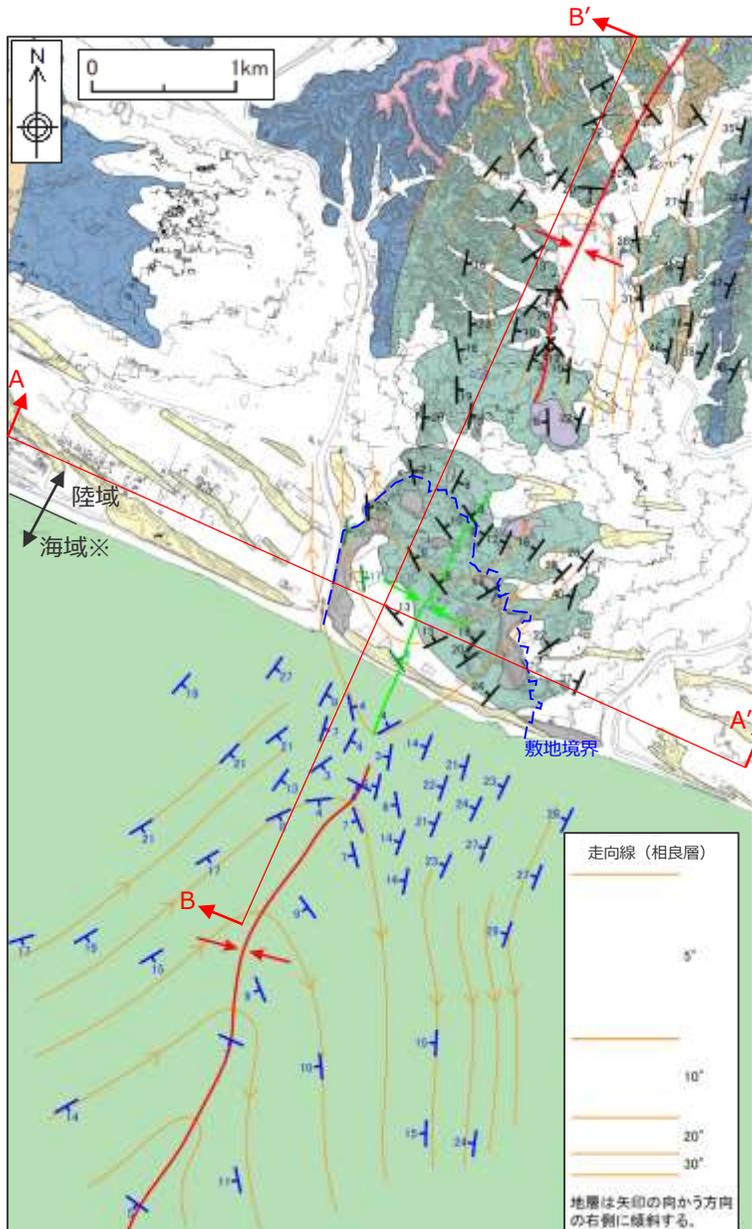
<1P測線>



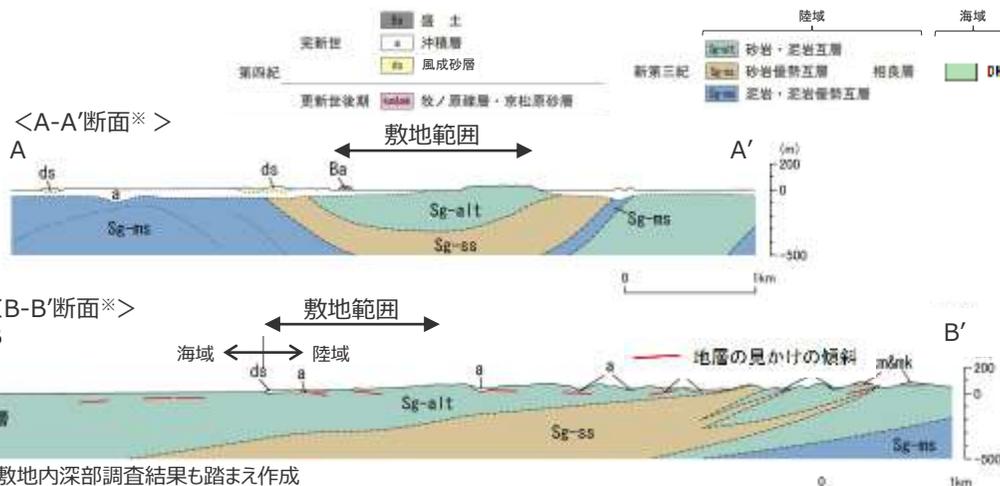
<R01測線>



敷地極近傍に認められる砂岩比率の高い相良層



- 敷地内のボーリング調査において認められた砂岩比率の高い相良層は、敷地極近傍において認められる、砂岩優勢互層に対応する。
- 砂岩優勢互層は、敷地の2~3km程度北方の地表付近において、比木向斜の向斜軸を中心に南に開いた相良層の大局的な構造を反映し、向斜軸から両翼にかけて砂岩泥岩互層に挟まれて分布する。
- 本層の地表付近の分布域から南方へは、相良層の南傾斜の構造を反映し、比木向斜東翼においては沖積層に覆われ、比木向斜西翼においては砂岩泥岩互層と指交しつつ、深部にそれぞれ没し、敷地付近において、標高-300m程度の深部に連続するものと推定される。



※海域についてはA層 (完新統) を除いて記載した。

4.3(1) 敷地深部の地質構造の概要のまとめ

【検討結果】

(1) 敷地深部の地質構造の把握

3a 地表付近の走向傾斜が敷地内では北に開く

- 敷地極近傍地表付近において、大局的には向斜軸は南にプランジし相良層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示すが、敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲においては、向斜軸は北にプランジし相良層は向斜軸を中心に北に開いた構造を示す。

3b 深部に行くに従い反射面の傾斜が緩くなっていく。

- 反射法地震探査の結果によると、浅部から深部にかけて、反射面の傾斜が緩くなっていく傾向がみられる。

3c 浅部（標高-300m付近以浅）の反射面は南傾斜の平行する断層群により分断されているのに対し、深部※（標高-300～-400m程度以深）の反射面は概して強く比較的連続性が良い。

- 反射法地震探査の結果によると、浅部と深部とでは反射パターンの相違が認められる。浅部（地表から標高-300m付近）では、概して弱い反射面に南傾斜の不連続面が規則的に認められ、深部（標高-300～-400m程度以深から標高-600m付近）では、概して強く比較的連続性の良い反射面が認められる。
- 大深度ボーリング調査結果（砂岩比率）によると、概して弱い反射面を呈する浅部の地層は砂岩比率が比較的low、敷地の地表付近で一般的に見られる相良層にあたる。一方、概して強い反射面を呈する深部の地層は、K-5～K-7層準付近以深に分布する砂岩比率の高い相良層にあたる。

※砂岩比率の高い相良層にあたる

（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）



【考察及び詳細調査の方針】

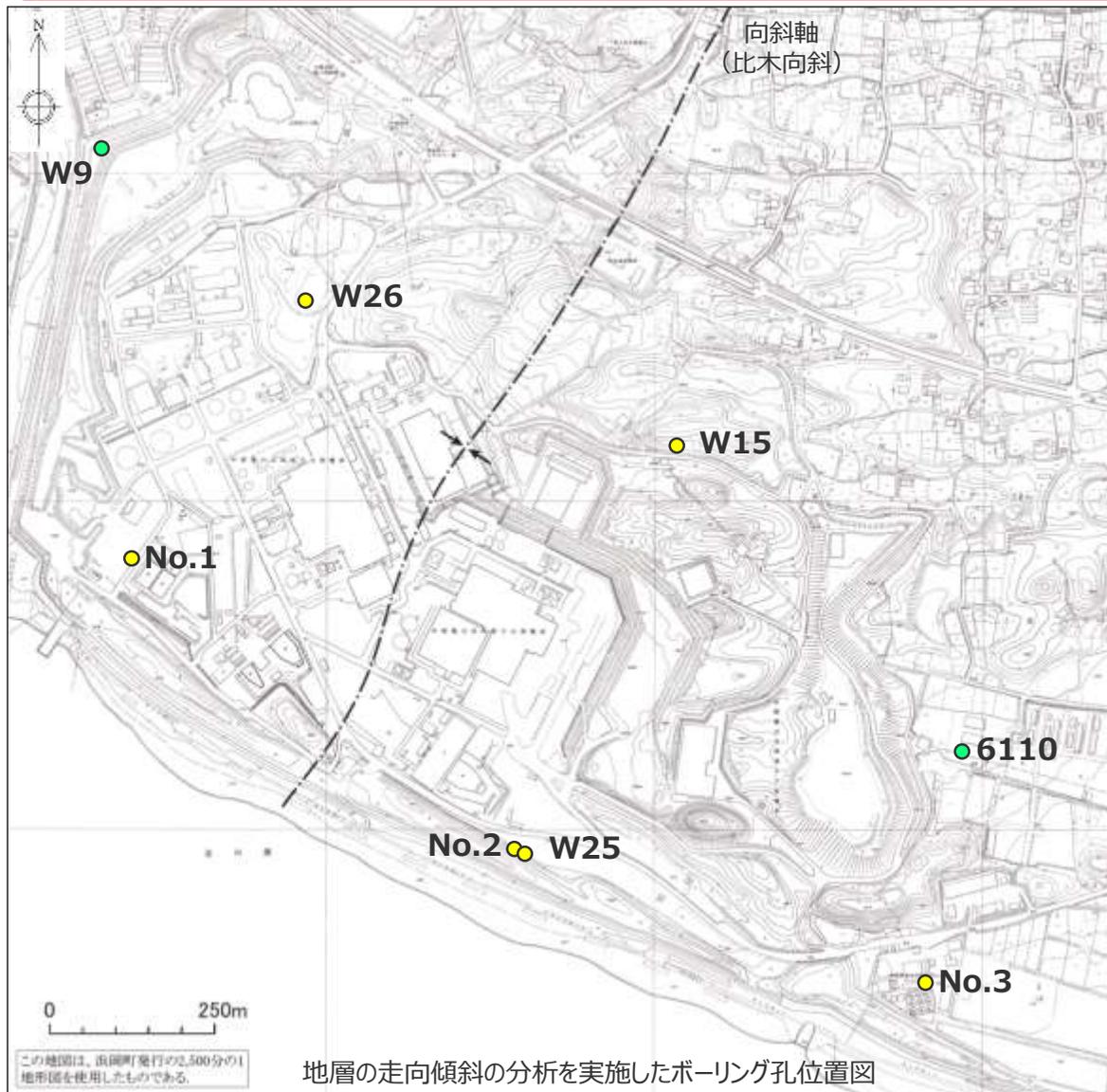
- 敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲において、地表付近の相良層は、大局的な構造とは逆傾向の北に開いた構造を示す。この構造は、反射法地震探査の結果を踏まえると深部構造が反映されたものではない可能性があるものの、探査測線が褶曲軸と斜交しており正確な分析が困難である。そこで、大深度ボーリング調査等により詳細に検討する。➡4.3(2)
- 敷地の地表付近に認められるH断層系は、反射法地震探査の結果を踏まえると深部に連続しないものと解釈できるため、大深度ボーリング調査により詳細に検討する。➡4.3(3)

(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討

【検討内容】

敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲において、地表付近の相良層にみられる北に開いた構造の範囲を、大深度ボーリング調査等により詳細に把握する。

敷地深部の地質・地質構造調査（大深度ボーリング調査）



• 敷地深部の地質・地質構造について検討するため、大深度孔を中心としたボーリング調査を行った。

- 敷地及び敷地北側においてのみ局所的に地層が北に開いた構造に関し、深度方向の傾向を確認するため、BHTVによりボーリング孔の孔壁調査を実施した。
- 地層の走向傾斜は、断層近傍や顕著な削り込みが認められる等、地層が乱されている可能性のある箇所を避け、初生構造（層理、ラミナ等）を読み取った。

地層の走向傾斜の分析を実施したボーリング孔

孔番	掘削深度 (m)	コア採取	BHTVによる孔壁調査 (孔口からのデータ取得長)	調査年度
大深度ボーリング（左図●）				
No.1	1,500	—	FMI(全長)	2009
No.2	1,500	—	FMI(全長)	2009
No.3	1,500	—	FMI(全長)	2009
W15	653	○	○(約650m)	2016
W25	1,008	○	○(約500m)	2017
W26	703	○	○(約630m)	2017
地質調査ボーリング（左図●）				
6110	270	○	○(全長)	2010
W9	177	○	○(全長)	2016

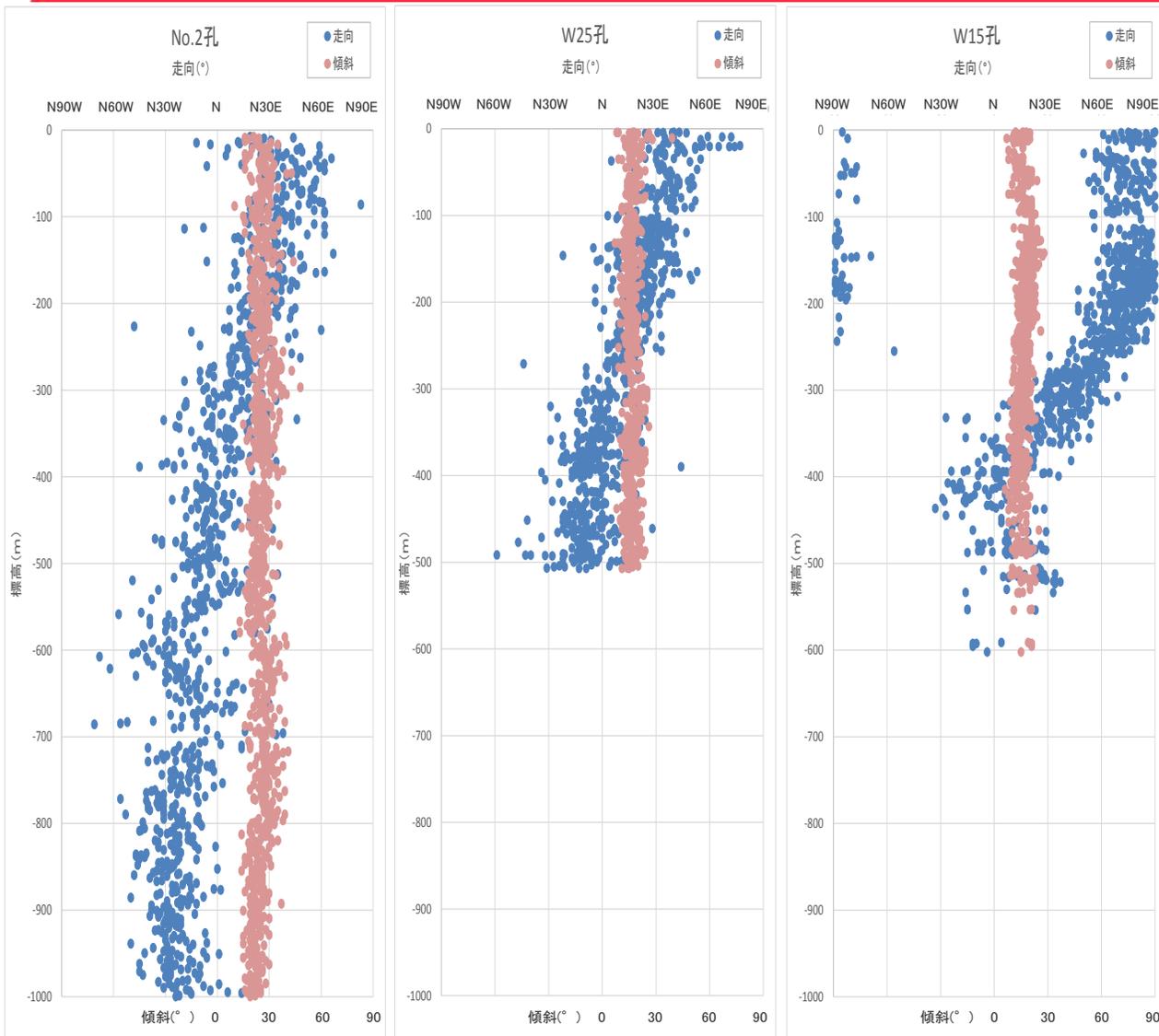
○：該当調査項目を実施している。

—：該当調査項目を実施していない。

FMI：FMI※により孔壁調査を実施。

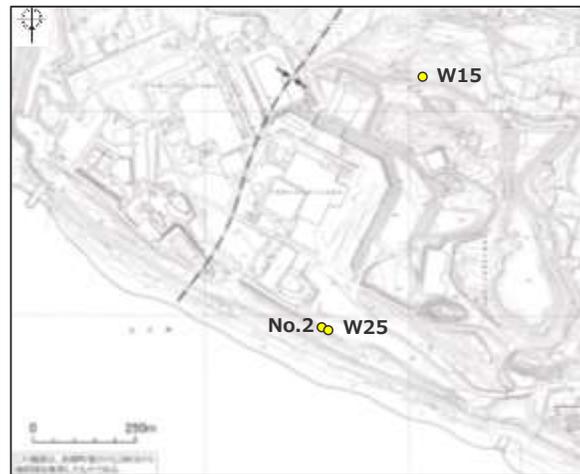
※ Fullbore Formation MicroImager

孔壁調査の結果 (地層の走向・傾斜, 向斜軸付近南北断面)

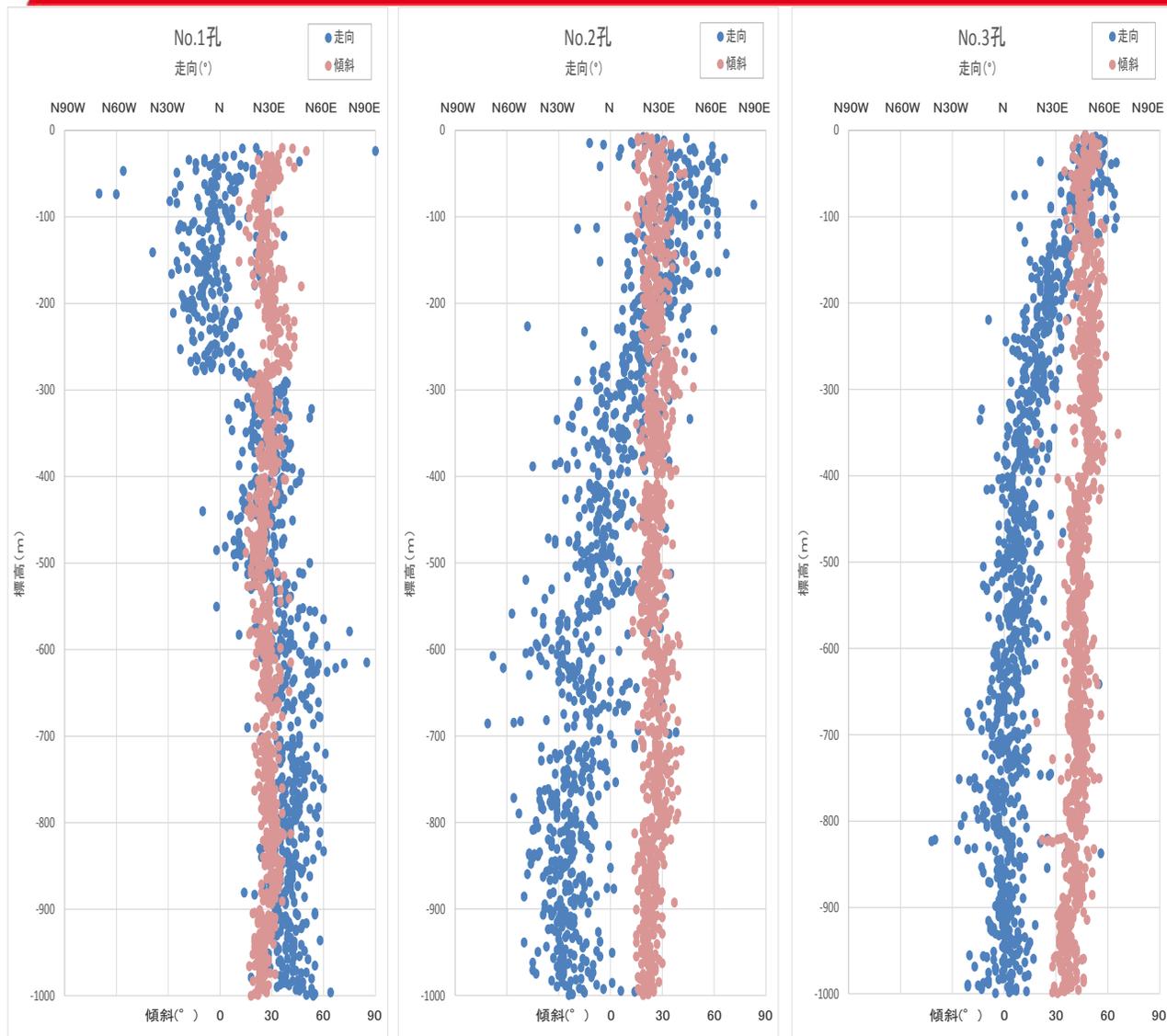


(各グラフのデータは, 第608回審査会合 資料1-1-3 pp.122~167に示す。)

- 向斜軸と平行方向の南北断面上のボーリングの孔壁画像から読み取った地層の走向と傾斜角を標高ごとに示す。
- いずれの孔も, 深度方向に走向が遷移的に変化するものの, 傾斜角の変化はほとんど見られない。
- 敷地北側のW15孔では, 地層の走向の変化が顕著に表れており, 標高-250m付近まではN75°E程度であるが, 標高-250~-350m付近で変化し, 標高-350m付近以深では概ねN-Sとなる。
- 敷地南側の地層の走向は, データ密度の充実しているW25孔をみると, 地表付近のN40°E程度から緩やかに変化し, 標高-300m付近でより緩やかな変化となり, 標高-450m付近でN10°W程度となる。標高-450m以深についてはNo.2孔のデータとなるが, さらに変化が緩やかとなり標高-1,000m付近でN30°W程度となる。
- なお, No.2孔の標高-450m以浅はW25孔と同様な傾向を示す。
- 敷地及び敷地北側において局所的に地層が北に傾斜する傾向は, 深部にはみられない。

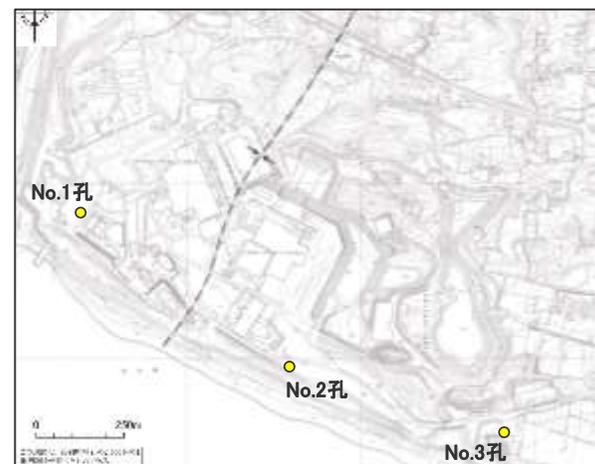


孔壁調査の結果 (地層の走向・傾斜, 敷地南部東西断面)



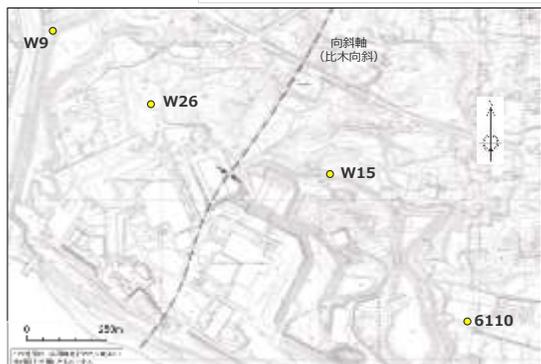
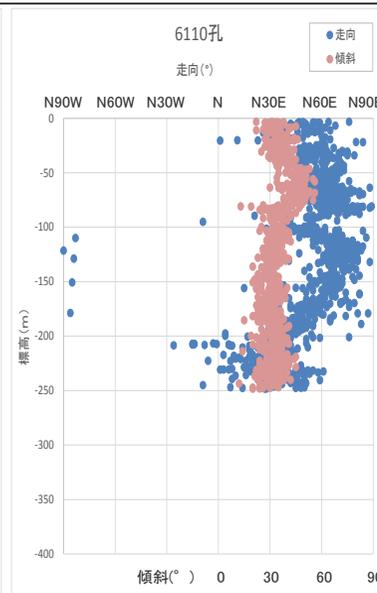
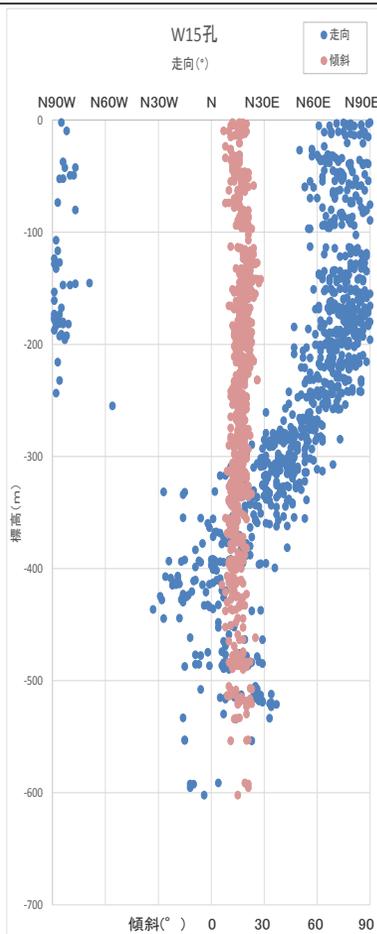
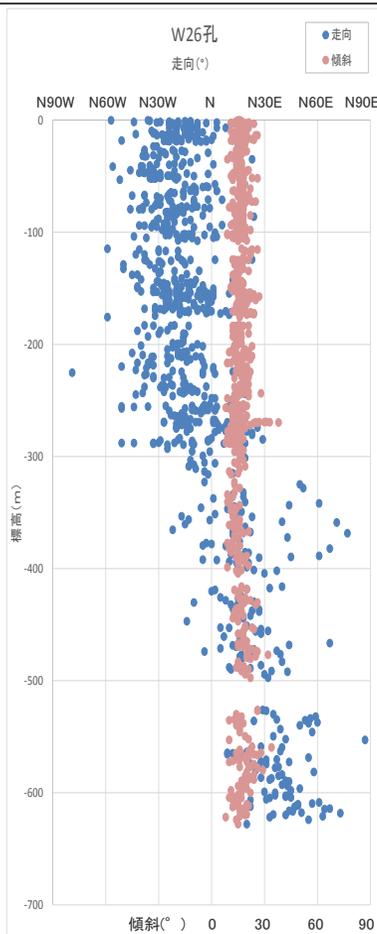
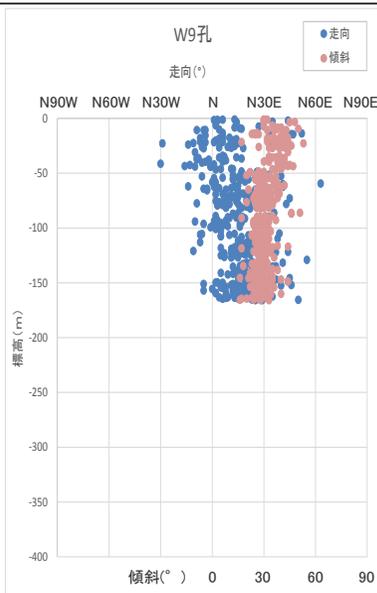
(各グラフのデータは、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.122~167に示す。)

- 向斜軸に直交方向の東西断面上のボーリングの孔壁画像から読み取った地層の走向と傾斜角を標高ごとに示す。
- いずれの孔も、深度方向に走向が遷移的に変化するものの、傾斜角の変化はほとんど見られない。
- 敷地西側のNo.1孔では、地層の走向は、地表から標高-250m付近までは概ねN-Sであるが、標高-250~-350m付近で変化し、標高-350m付近以深ではN30~45°Eとなる。
- 敷地中央のNo.2孔では、地表付近のN40°E程度から緩やかに変化し、標高-450m以深ではN10~30°W程度となる。
- 敷地東側のNo.3孔では、地層の走向は、地表から標高-150m付近までは概ねN45°E前後であるが、標高-150m~-300m付近で変化し、標高-300m付近以深では概ねN-Sとなる。
- 走向の変化は、向斜軸を挟んで東西で対称の傾向を示し、深部では敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的な南に開いた構造となることから、浅部の地層が後方回転しているものと考えられる。



孔壁調査の結果（地層の走向・傾斜，敷地北部東西断面）

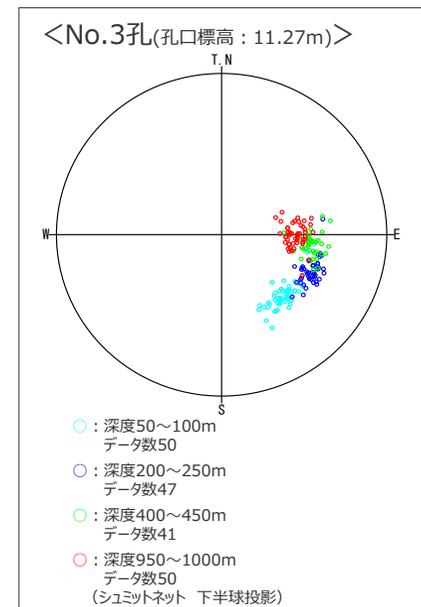
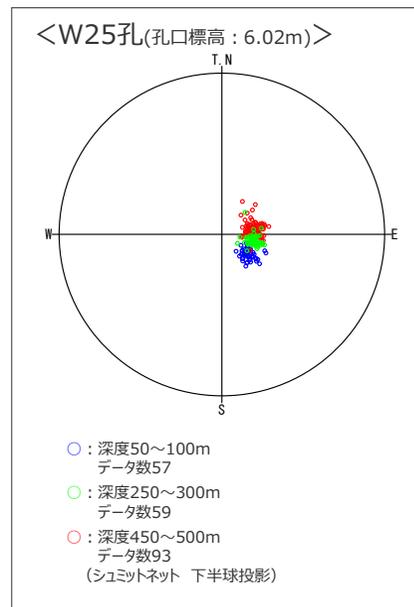
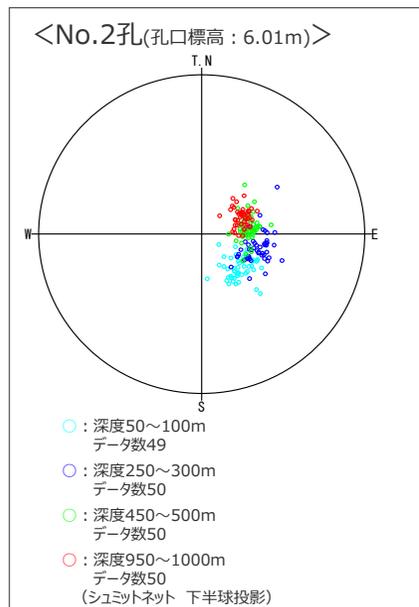
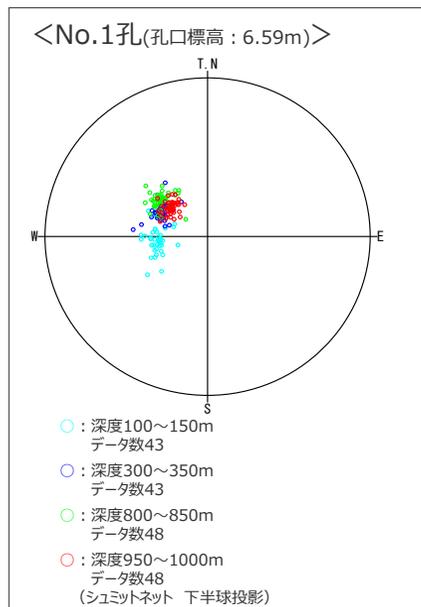
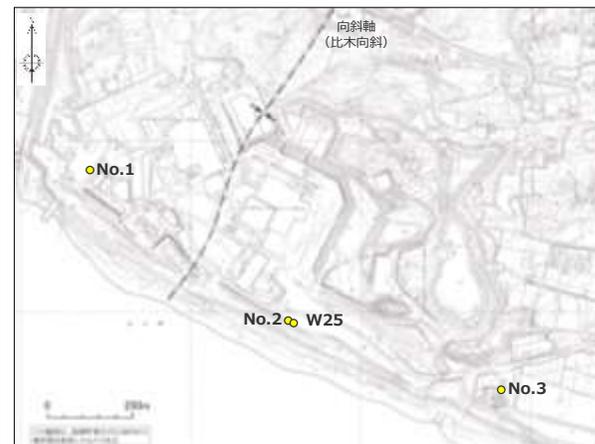
- 向斜軸に直交方向の東西断面上のボーリング（W9孔，W26孔，W15孔，6110孔）の孔壁画像から読み取った地層の走向を標高ごとに示す。
- いずれの孔も，深度方向に走向が遷移的に変化するのが，傾斜角の変化はほとんど見られない。
- 敷地西側のW9孔では，地層の走向は，地表から標高-50m付近までは概ねN-Sであるが，それ以深ではN30°Eへと変化する。
- 敷地中央のW15孔では，地層の走向は，地表から標高-250m付近まではN60~90°Eであるが，それ以深ではN-Sへと変化する。
- 敷地東側の6110孔では，地層の走向は，地表から標高-150m付近までは概ねN60°Eであるが，それ以深ではN-Sへと変化する。
- 走向の変化は，向斜軸を挟んで東西で対称の傾向を示し，深部では敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的な南に開いた構造となることから，浅部の地層が後方回転しているものと考えられる。



(各グラフのデータは，第608回審査会合資料1-1-3 pp.122~167に示す。)

孔壁調査の結果（シュミットネット 敷地南部東西断面）

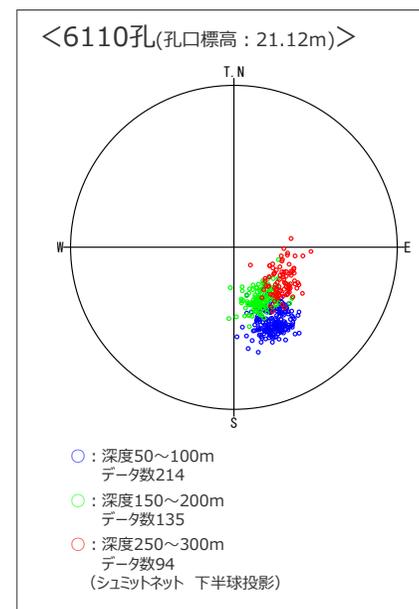
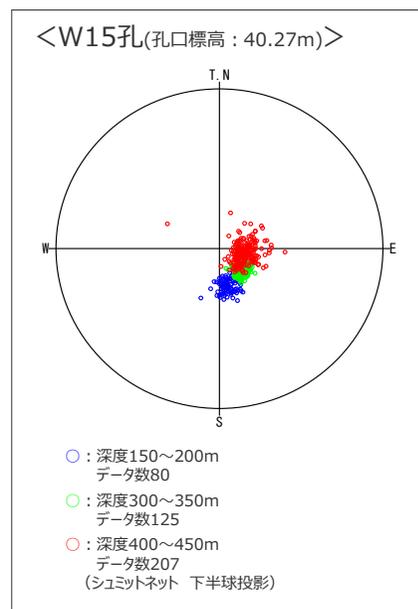
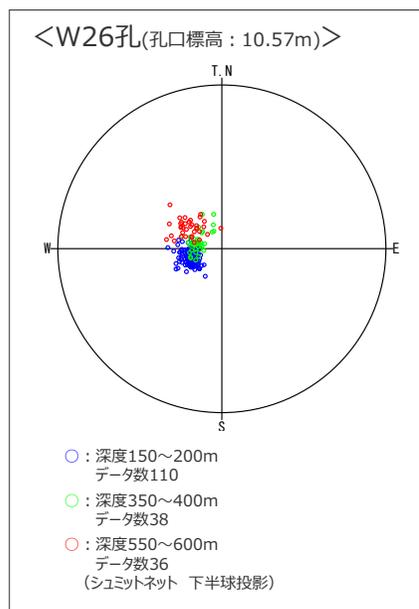
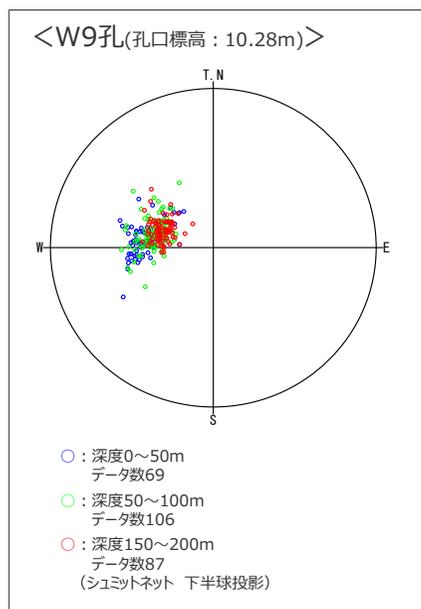
- 孔壁画像から読み取った地層の走向・傾斜について、地表付近と地下深部、その中間付近のデータを50m区間で抽出したステレオネット（シュミットネット、下半球投影）を下図に示す。
- データは、地層の向きの変化がわかりやすいよう、変化のみられる層準を抽出している。
- 敷地南部において、向斜軸東側に位置するNo.2孔、W25孔及びNo.3孔では、地層の走向は浅部のNE-SWが深部ではN-Sに変化し、西側に位置するNo.1孔では逆に浅部のN-Sが深部ではNE-SWに遷移的に変化する。
- 標高-450m程度以深の地層は向斜軸を中心にやや南に開いた構造を呈しており、敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的である。一方、標高-250m程度以浅の地層は、大局的な構造とは逆傾向の北に開いた構造を呈しており、浅部の地層が後方回転しているものと考えられる。



(各グラフの色区分は孔毎に独立している。また、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.122～167に示す。)

孔壁調査の結果（シュミットネット 敷地北部東西断面）

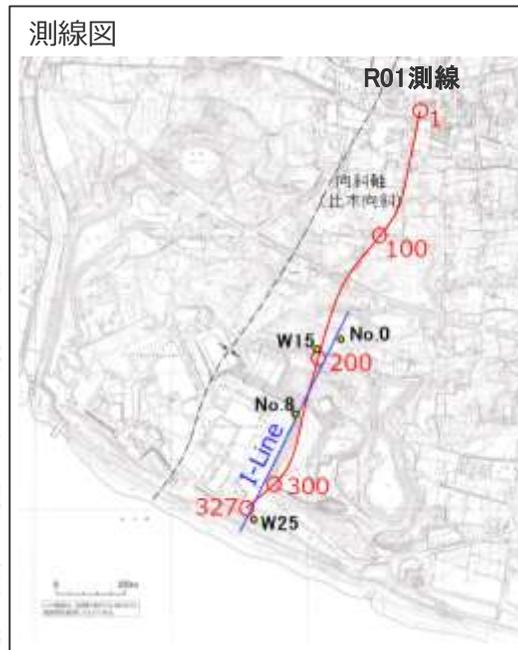
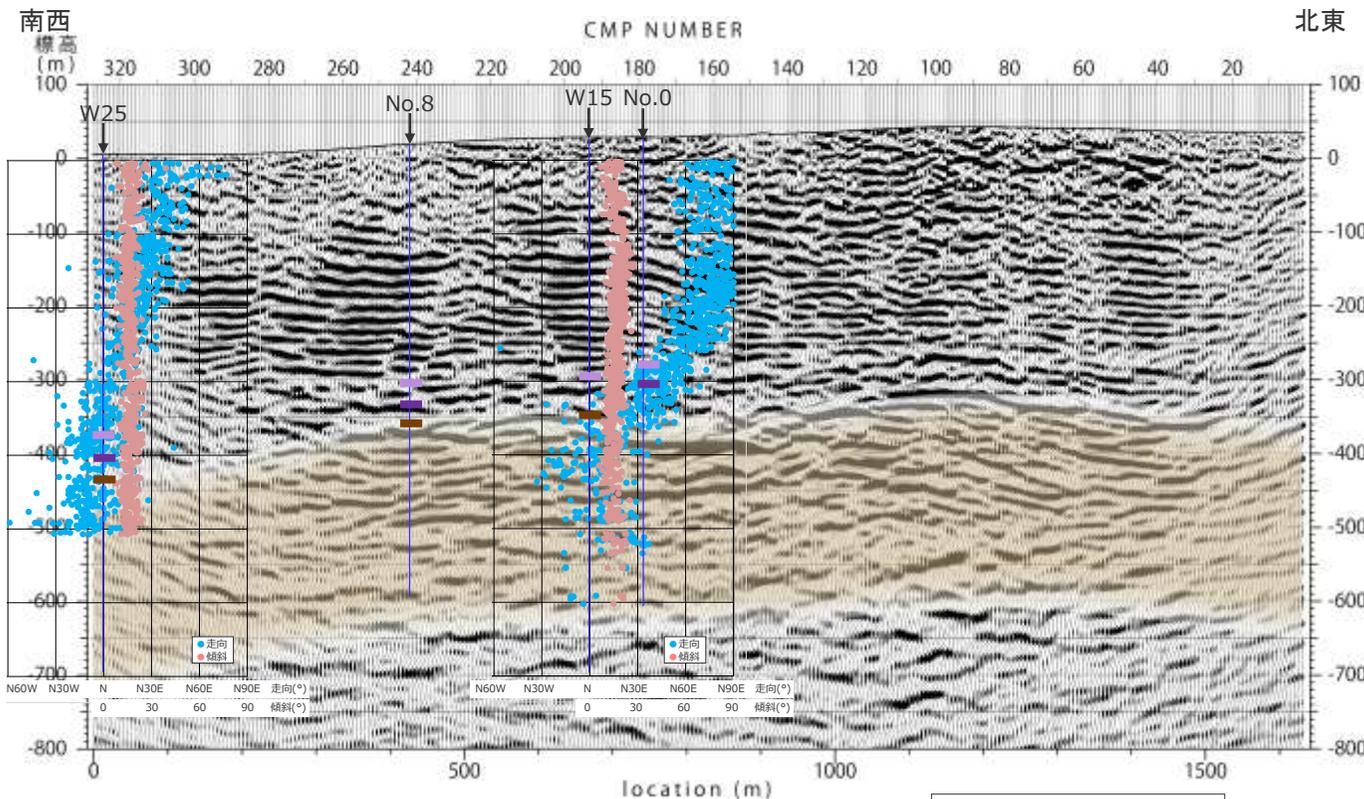
- 孔壁画像から読み取った地層の走向・傾斜について、地表付近と地下深部、その中間付近のデータを50m区間で抽出したステレオネット（シュミットネット、下半球投影）を下図に示す。
- データは、地層の向きの変化がわかりやすいよう、変化のみられる層準を抽出している。
- 敷地北部において、向斜軸東側に位置するW15孔、6110孔では、地層の走向は浅部のE-Wが深部ではN-Sに変化し、西側に位置するW9孔及びW26孔では逆に浅部のN-Sが深部ではNE-SWに遷移的に変化する。
- 標高-350m程度以深の地層は向斜軸を中心にやや南に開いた構造を呈しており、敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的である。一方、標高-200m程度以浅の地層は、大局的な構造とは逆傾向の北に開いた構造を呈しており、浅部の地層が後方回転しているものと推定される。



(各グラフの色区分は孔毎に独立している。また、第608回審査会合 資料1-1-3 pp.122～167に示す。)

反射法地震探査R01測線と孔壁調査（地層の走向変化）との対応

- R01測線の反射断面と、ボーリング調査による地層の走向の深度方向への変化との対応を検討した。
- 反射断面によると、地層の後方回転は、概して弱い反射面に南傾斜の不連続面が規則的に認められる浅部の地層に認められており、概して強く比較的連続性の良い反射面が認められる深部の地層（砂岩比率の高い相良層）の上端付近では地層の後方回転は概ね収束している。

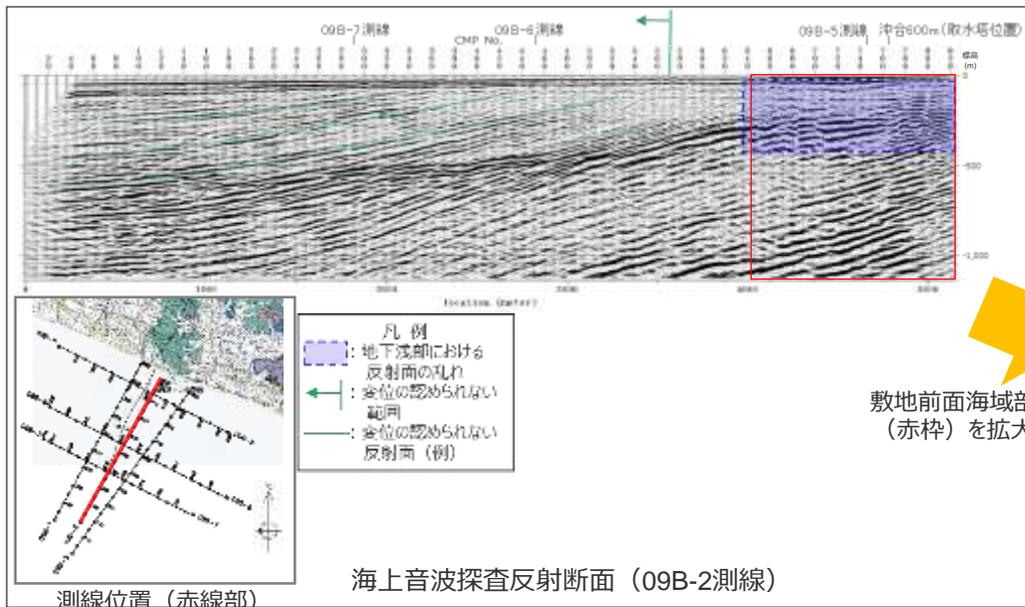


- <凡例>
- K-5凝灰岩層
 - K-6凝灰岩層
 - K-7凝灰岩層
 - 砂岩比率の高い相良層
- (ボーリングにより確認した凝灰岩層を記載)

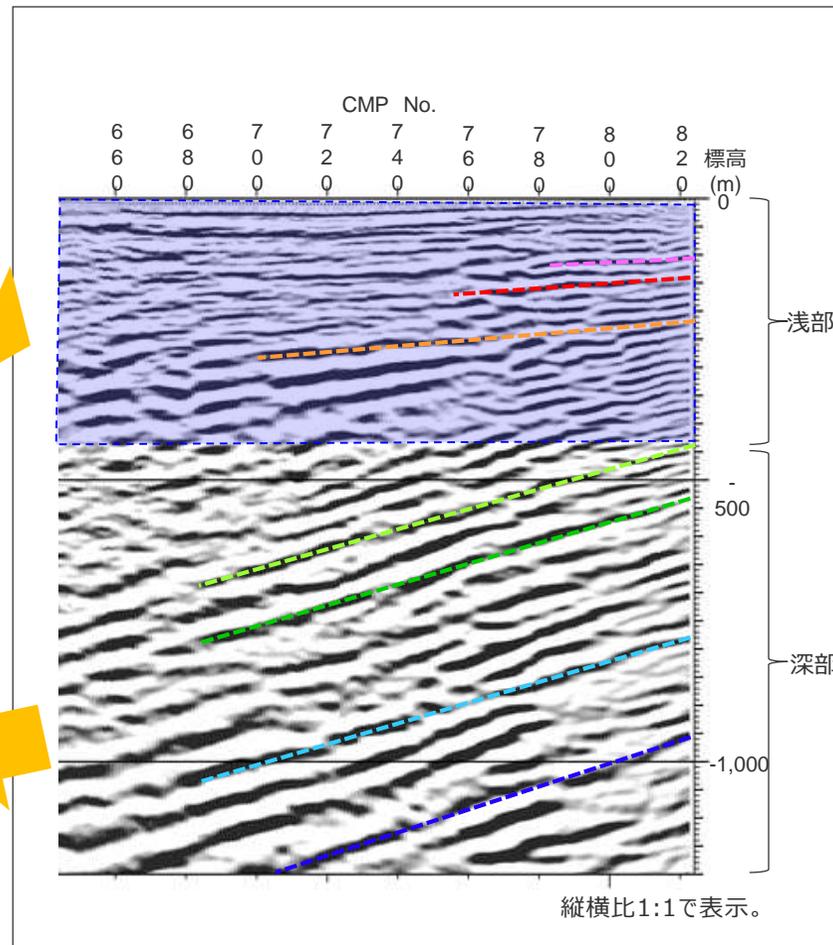
縦横比1:1で表示。

(参考) 敷地前面海域における地層の傾斜の変化

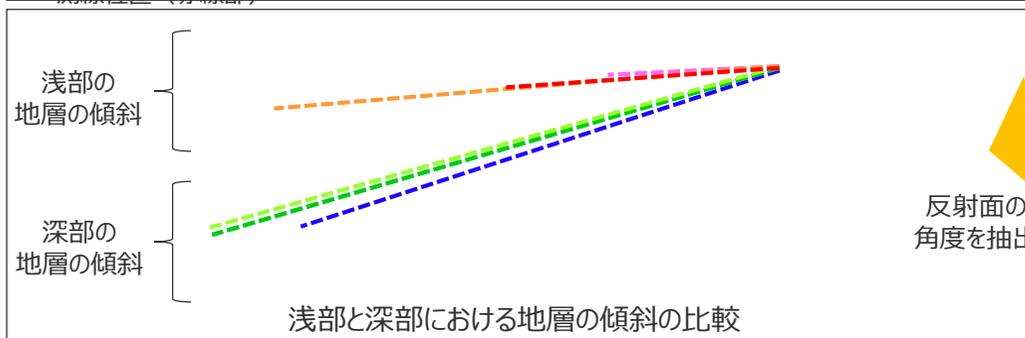
- 浅部（標高-400m程度以浅）では反射面の乱れがあり、H断層系との関連が推定される一方、深部（標高-500m程度以深）では反射面が連続しており、これらの反射面に歪位は認められない。
- 海域の地層の傾斜を反射面から読み取ると、深部は海側への傾斜が大きく、浅部は相対的に傾斜が緩やかとなっていることから、陸域浅部に局所的に見られる地層の後方回転は海域においても生じているものと考えられる。



敷地前面海域部 (赤枠) を拡大

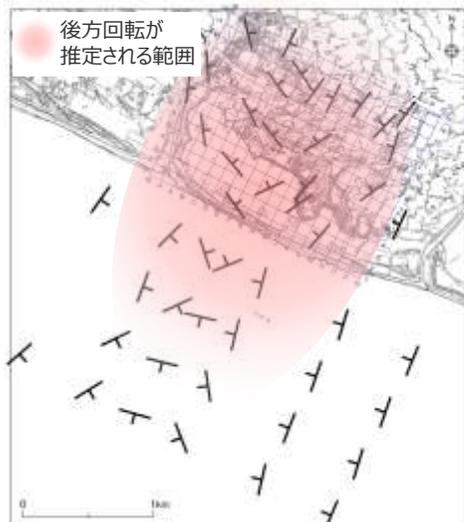


反射面の角度を抽出

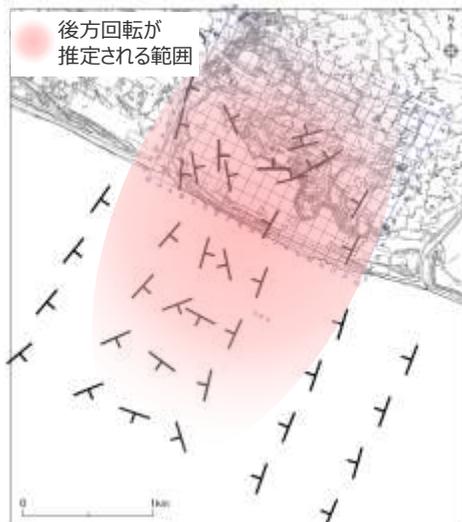


地層が後方回転している範囲

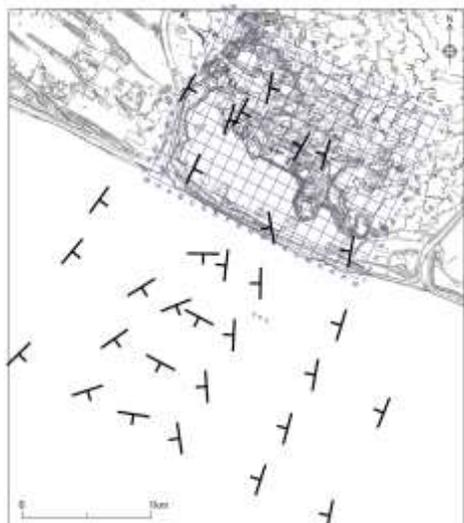
<表層付近>



<標高-200m付近>



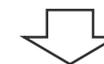
<標高-400m付近>



<標高-600m付近>



- 大深度ボーリングの孔壁調査によると、敷地深部(標高-350m程度以深)の地層は向斜軸を中心にやや南に開いた構造を呈しており、敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的であるが、標高-200m程度以浅の地層は大局的な構造とは逆傾向の北に開いた構造を呈しており、浅部の地層が後方回転しているものと推定される。
- この地層の後方回転の範囲を、大深度ボーリング調査、反射法地震探査及び海上音波探査調査により検討した。表層付近から深部にかけての地層の走向、傾斜を左に示す。
- 標高-600m付近及び標高-400m付近では、地層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示す。これは、大局的な構造と調和的であり、南にプランジした向斜の影響のみを反映したものと推定される。
- 標高-200m付近になると、汀線より陸側2km程度の敷地北側では向斜軸を中心に北に開いた構造が明確に見られ、それ以南海域の沖合1km程度付近にかけても標高-400m及び-600m付近の傾向とやや異なり、地層が後方回転しているものと推定される。
- 表層付近でも、汀線より陸側2km程度の敷地北側から海域汀線付近において向斜軸を中心に北に開いた構造を呈し、海域の沖合1km程度付近でも、標高-400m及び-600m付近の傾向とやや異なり、地層が後方回転しているものと推定される。



浅部の地層の後方回転は、汀線より陸側2km程度の敷地北側から沖合1km付近にかけて標高-200m程度以浅において推定されるが、少なくとも標高-400m程度以深においては認められない。なお、H断層系は、敷地北側約1.5kmから沖合約600mにかけて確認されており、地層の後方回転範囲と概ね対応している。

(各地点の走向傾斜の詳細は、第704回審査会合 机上配布資料1参照。)

4.3(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討のまとめ

【検討結果】

(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討

3d 汀線より陸側2km程度の敷地北側から沖合1km程度付近にかけて、標高-200m程度以浅において地層の後方回転が認められる。この後方回転は標高-400m程度※にかけて徐々に収束していく。

- 孔壁調査によると、敷地の相良層の走向は、深度方向に遷移的に変化し、標高-400m程度以深の地層※は敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的な向斜軸を中心にやや南に開いた構造を呈しているのに対し、標高-200m程度以浅の地層は、大局的な構造とは逆傾向の北に開いた構造を呈しており、浅部の地層が後方回転しているものと考えられる。
- 浅部の地層の後方回転は、汀線より陸側2km程度の敷地北側から海域の沖合1km付近にかけて標高-200m程度以浅において推定されるが、少なくとも標高-400m程度以深においては認められない。

※砂岩比率の高い相良層にあたる

(検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。)

(3) H断層系の深部への連続性に関する検討

【検討内容】

大深度ボーリング調査等により，H断層系の深部への連続性について検討する。

大深度ボーリングで確認された深部の凝灰岩層

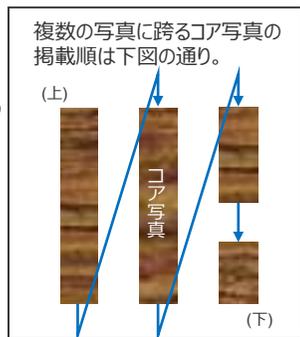
- H断層系の分布把握のための凝灰岩層の連続性の検討はデータが豊富な標高-200m程度以浅を対象に実施しているが、それ以深における凝灰岩層の連続性について、深部のデータが比較的取得されているI-Lineについて、大深度ボーリングW25, No.8, W15, No.0孔を対象に実施した。
- 敷地の南部では標高-370~-430m付近にかけて、北部では標高-280~-350m付近にかけて、K-5, K-6及びK-7凝灰岩層が分布する。
- K-5, K-6及びK-7凝灰岩層は、下表に示すいずれの孔においても層間が大きく短縮することなく、深度方向に概ね一定の間隔で分布する。

大深度ボーリングで確認された深部の鍵層の標高

凝灰岩層	孔名	W25	No.8	W15	No.0	凝灰岩層	孔名	W25	No.8	W15	No.0
K-5	標高※1	-373.96m (K-5I)	-303.53m (K-5I)	-293.96m (K-5I)	-276.09m (K-5I)	K-7	標高※1	-431.29m [57m]	-355.03m [52m]	-348.69m [55m]	確認できない。
	層理※2	N11°W/17°W (K-5I)	—	N45°E/14°W (K-5I)	—		層理※2	N9°W/16°W	—	N17°E/11°W	
	コア写真						コア写真				
標高※1	-408.16m [34m]	-331.75m [28m]	確認できない。 [26~30m★]	-304.48m [28m]	K-6	層理※2		N9°W/15°W	—	—	
層理※2	N9°W/15°W	—		—		コア写真					
コア写真			★K-6凝灰岩層は確認できなかったため、標準層序において同層より12~16m上位の軽石質凝灰岩の標高から、K-5I凝灰岩層との標高差を推定した。 								

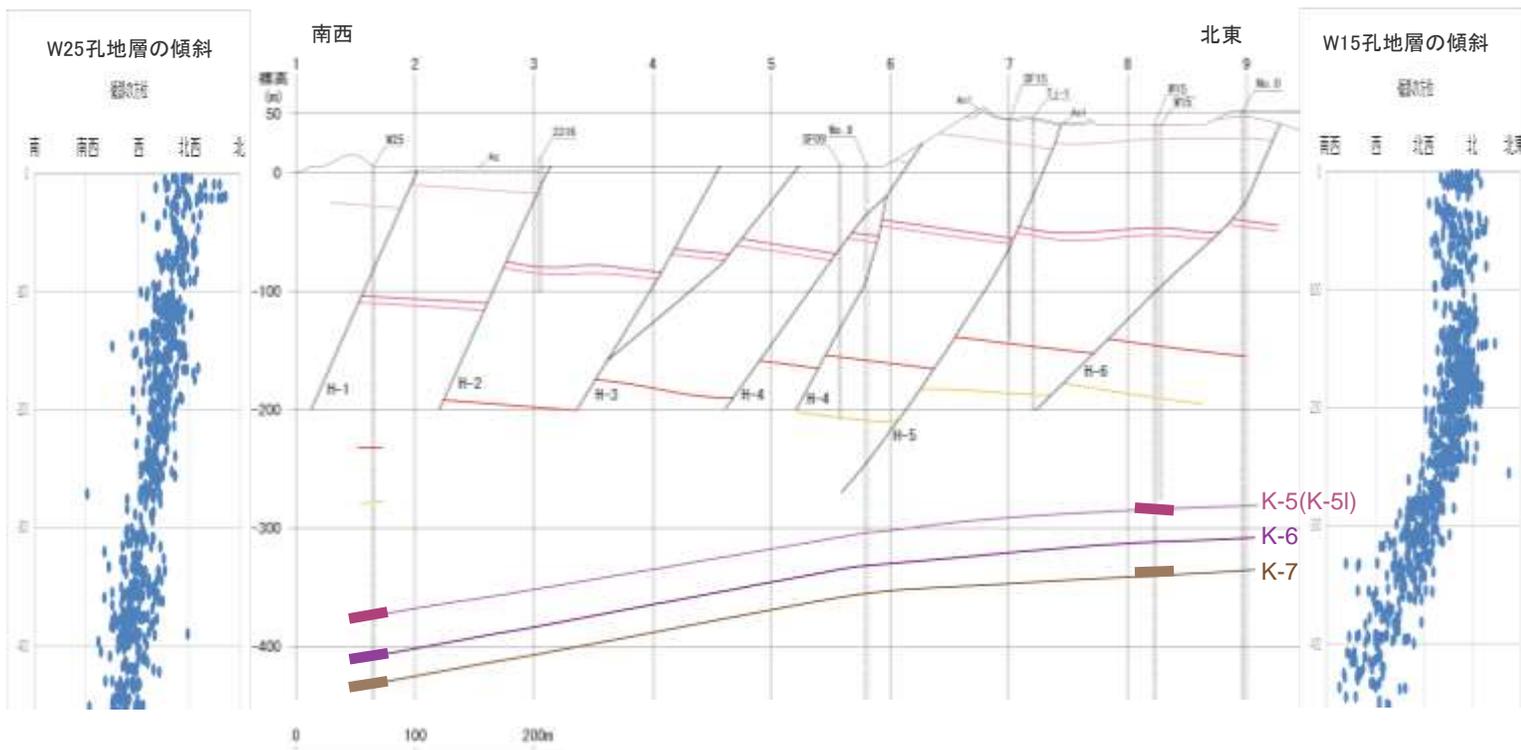
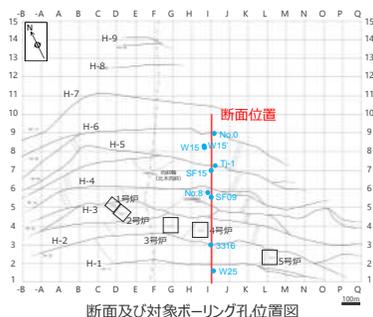
※1 各凝灰岩の下端標高。
【 】内は同一孔におけるK-5I凝灰岩層との標高差。

※2 凝灰岩層を挟む上下5m区間の層理の走向傾斜の極大値。(孔壁調査より)



敷地深部の凝灰岩層の分布 (地質鉛直断面図 I-Line)

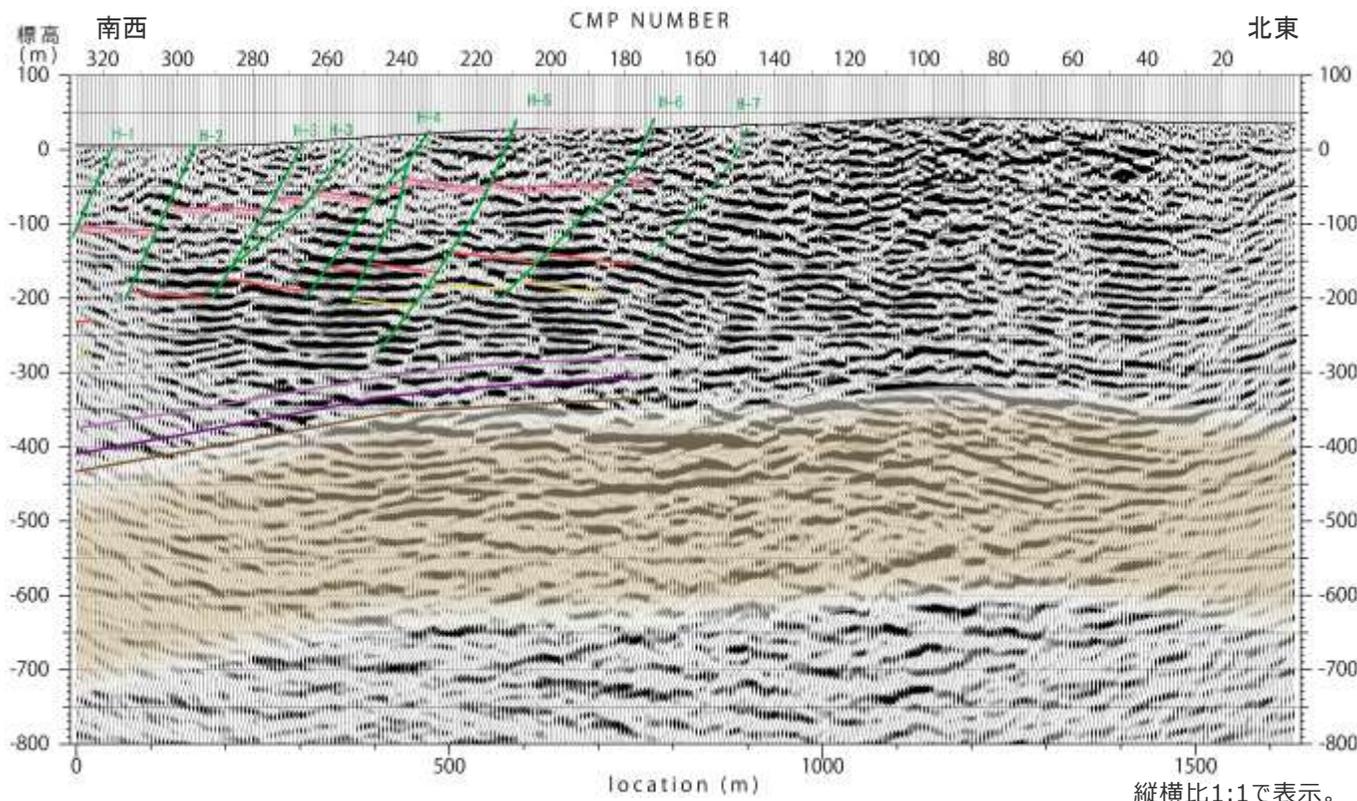
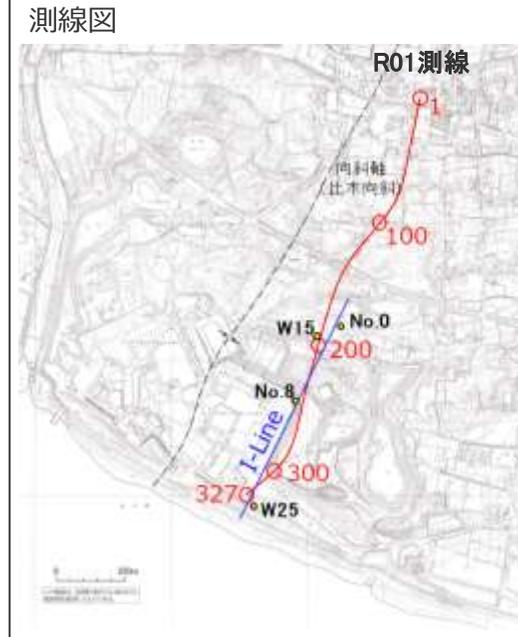
- 前頁で確認したK-5,K-6及びK-7凝灰岩層の分布を鉛直断面図で示す。
- No.0,W15,No.8及びW25孔のボーリングコアから確認したK-5,K-6及びK-7凝灰岩層の出現標高によれば、当該鍵層付近の地層は、敷地の北東部から南西部にかけて、層間が大きく短縮することなく、深度方向に概ね一定の間隔でやや傾斜を増しながら南西傾斜となっているものと推定される。
- また、W15孔及びW25孔の孔壁調査による当該凝灰岩層付近の地層の断面方向の傾斜を見ると、北東部（W15孔）では概ね水平を示すが南西部（W25孔）では南西傾斜となり、鍵層の出現深度より推定される当該凝灰岩層付近の地層の分布の傾向と大きな差異はない。
- これらのことから、地層の後方回転が概ね収束する標高-300~-400m付近において、K-5~K-7凝灰岩層付近の地層は大局的な構造と同傾向を示し、大きな変位を受けることなく敷地の北東-南西方向に連続していると推定される。
- 以上より、H断層系は大きな落差を有する断層としてはK-5~K-7層準付近より深部には連続していないものと推定される。



凝灰岩太線は、当該凝灰岩層を挟む上下5m区間の層理傾斜の極大値(断面上の偽傾斜)を表わす。

反射法地震探査R01測線と深部の凝灰岩層の分布との対比

- R01測線の反射断面と、ボーリング調査によるI-Line断面図との対比を行った。
- 反射断面において、浅部に見られる規則的な南傾斜の明瞭な不連続面は、ボーリング調査等に推定されたH断層系の分布と比較的良好に対応している。
- 一方、深部のK-7層準付近には、南西傾斜の比較的連続性のよい強反射面が認められ、それらの強反射面は、ボーリング調査から大きな変位を受けることなく敷地の北東-南西方向に連続していると推定される深部のK-5～K-7凝灰岩層の分布傾向と整合的である。
- この強反射面が認められる深部の地層は砂岩比率の高い相良層にあたる。
- これらのことから、H断層系は大きな落差を有する断層としてはK-5～K-7層準付近より深部には連続していないものと推定される。



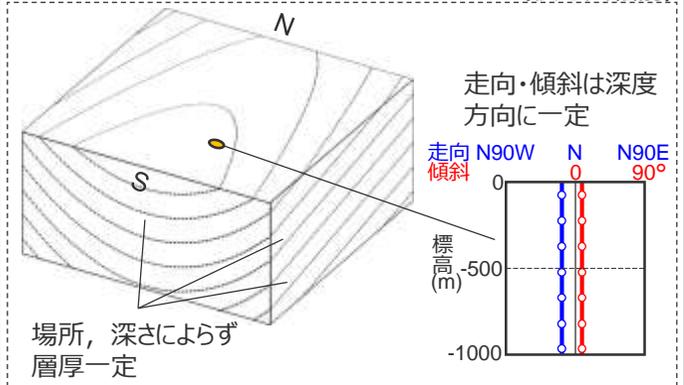
- 凡例
- H断層 (3Dモデル)
 - - - H断層 (平面分布からの推定)
- 凝灰岩 (鍵層)
- K-1
 - K-2u
 - K-2l
 - K-3
 - K-4
 - K-5l
 - K-6
 - K-7
- 砂岩比率の高い相良層

(参考) 深部方向への地層の走向変化に関する考察

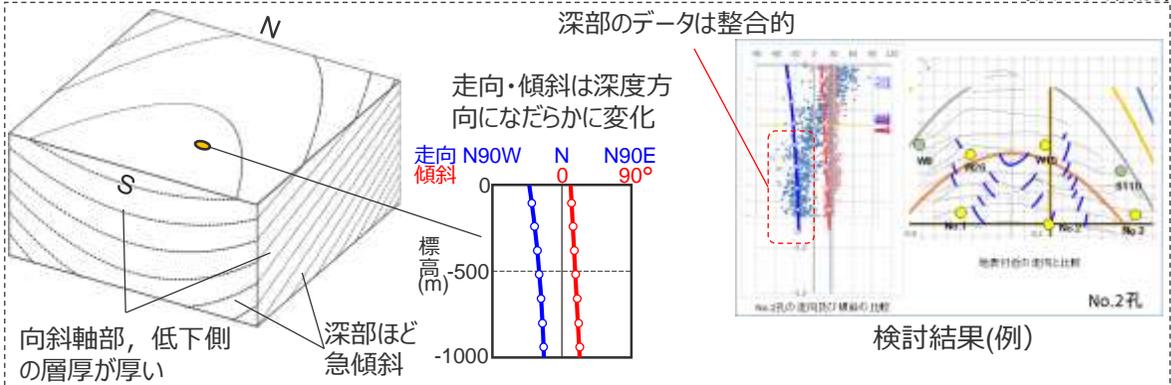
- 敷地の相良層は走向が深部方向へ遷移的に変化しており、浅部において地層が後方回転しておりH断層系との関連が考えられるが、地層の走向の深部方向の遷移的な変化は、その程度は浅部ほど顕著ではないものの、それ以深のH断層系が連続しないと推定される深部においても続いている。
- この現象について、褶曲し南ブランチした地層を想定した剛体モデルを用い、幾何学的に検討した。
- 検討は、敷地の相良層は向斜翼部ほど層厚が薄いという特徴を踏まえ、層厚の変化が地層の走向変化に与える影響を検討した。
- その結果、層厚を一定とした場合は、走向・傾斜は深度方向に一定となった。一方、相良層の層厚を褶曲やブランチの傾向に合わせて変化させた場合（地層が堆積しつつ褶曲・ブランチしたイメージ）は、地層の走向が深度方向になだらかに変化し、ボーリング孔から確認された深部の傾斜の傾向と比較的整合的な結果となった。
- このことから、深部方向への地層の走向変化は、地層が堆積しつつ褶曲・ブランチした影響によるものと考えられる。
- 一方、浅部については、さらにこれら地層を剛体として後方回転させた場合について検討した。
- その結果、層厚を変化させた場合は、地層の走向が大きく変化し、ボーリング孔から確認された浅部の傾斜の傾向と比較的整合的な結果となった。
- これらのことから、敷地の相良層の走向の深部方向への遷移的な変化のうち、深部は相良層が堆積しつつ褶曲・ブランチした影響であり、浅部は相良層堆積時の影響にさらに地層の後方回転の影響が加わったものと考えられる。

(詳細は第817回審査会合資料2-3参照)

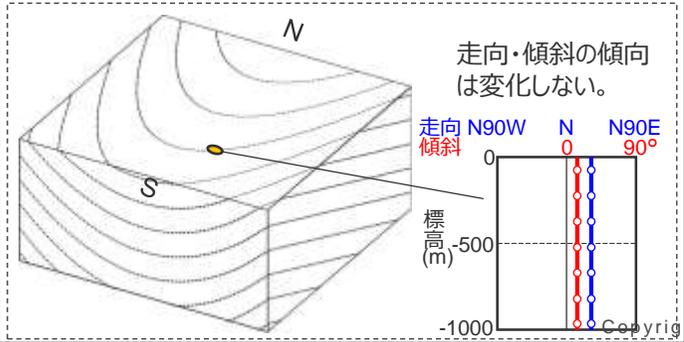
層厚を一定とした場合 (検討イメージ) (後方回転前)



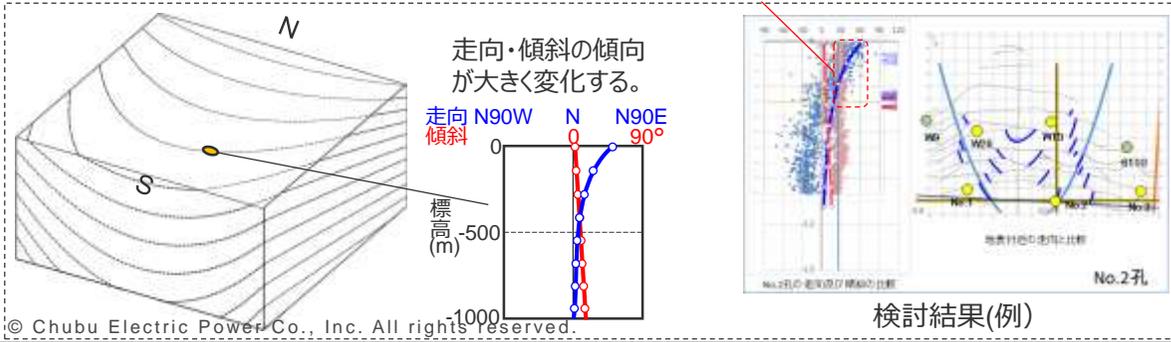
層厚を変化させた場合 (検討イメージ及び結果例) (後方回転前)



地層の後方回転 (剛体回転) (後方回転後)

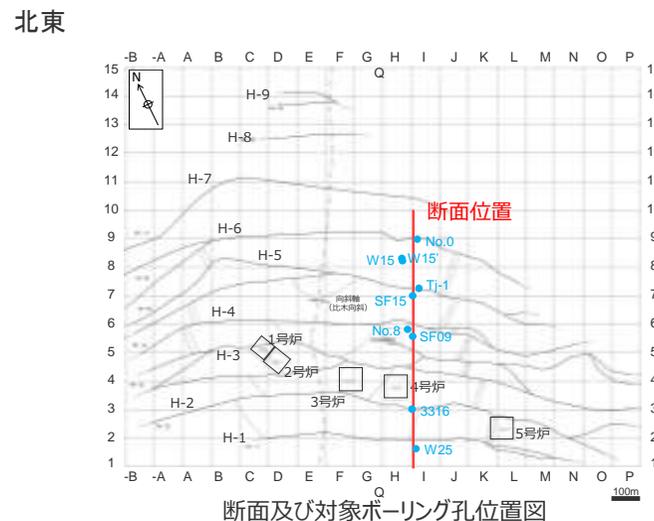
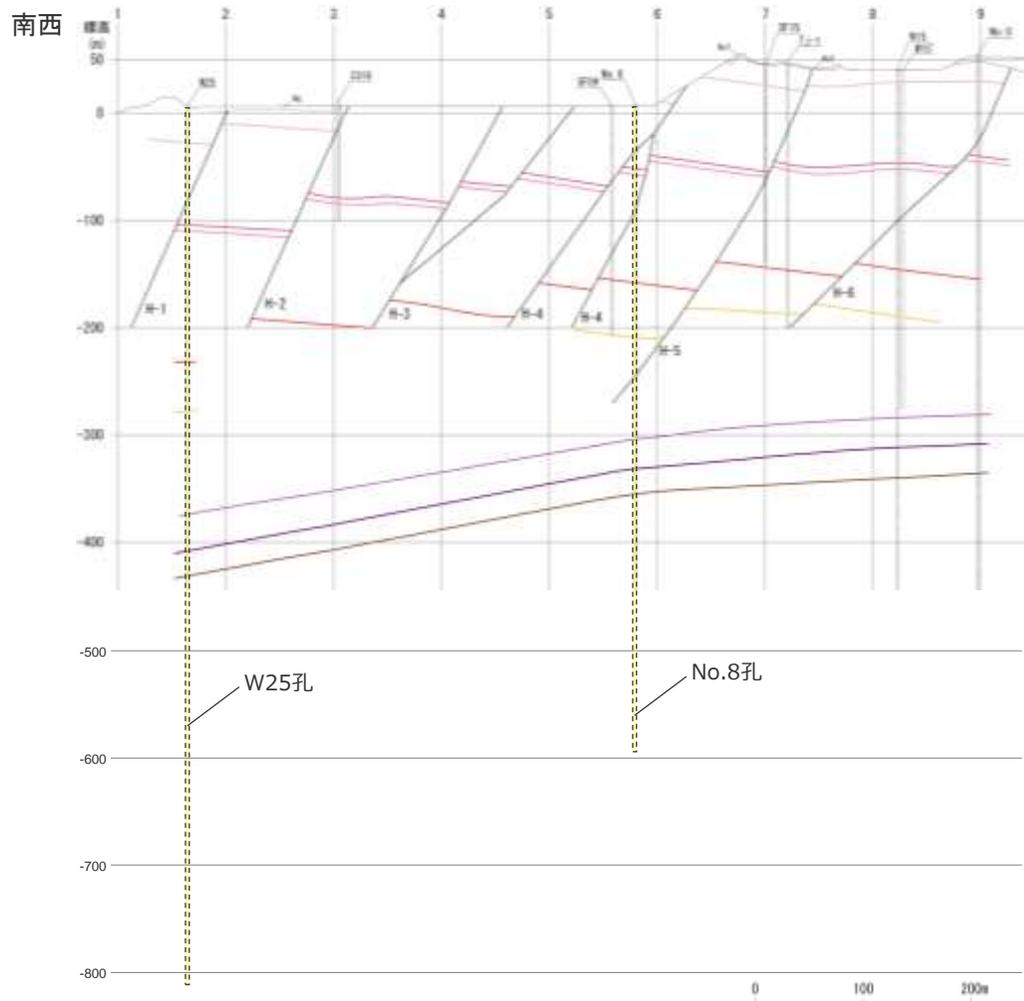


地層の後方回転 (剛体回転) (後方回転後)



敷地深部におけるH断層系延伸部の検討

- H断層系は大きな落差を有する断層としては深部まで連続していないものと推定されるため、I-Line断面のNo.8孔及びW25孔について、H断層系の深さ方向の延伸部分周辺についてボーリングコア観察を実施し、断層の検討を行った。
- ボーリングコアの観察結果を次頁以降に示す。



凡例

盛土	Ba
風成砂層	Aa1
海成礫混じり砂層	Ag
相良層 (砂岩・泥岩互層)	
断層 /	
凝灰岩 (鍵層)	
K-1	
K-2u	
K-2l	
K-3	
K-4	
K-5l	
K-6	
K-7	

H断層系延伸部の検討 (No.8孔)

- I-Line断面中央のNo.8孔では、深度300m以深にH断層系に対応する断層は認められない。
- また、H-5断層及びH-6断層延伸位置に分布する凝灰岩層 (K-5~K-7) の層間に顕著な短縮はみられず、W15孔に分布するこれらの凝灰岩高度との間に顕著な差異は認められない。

○H-4断層



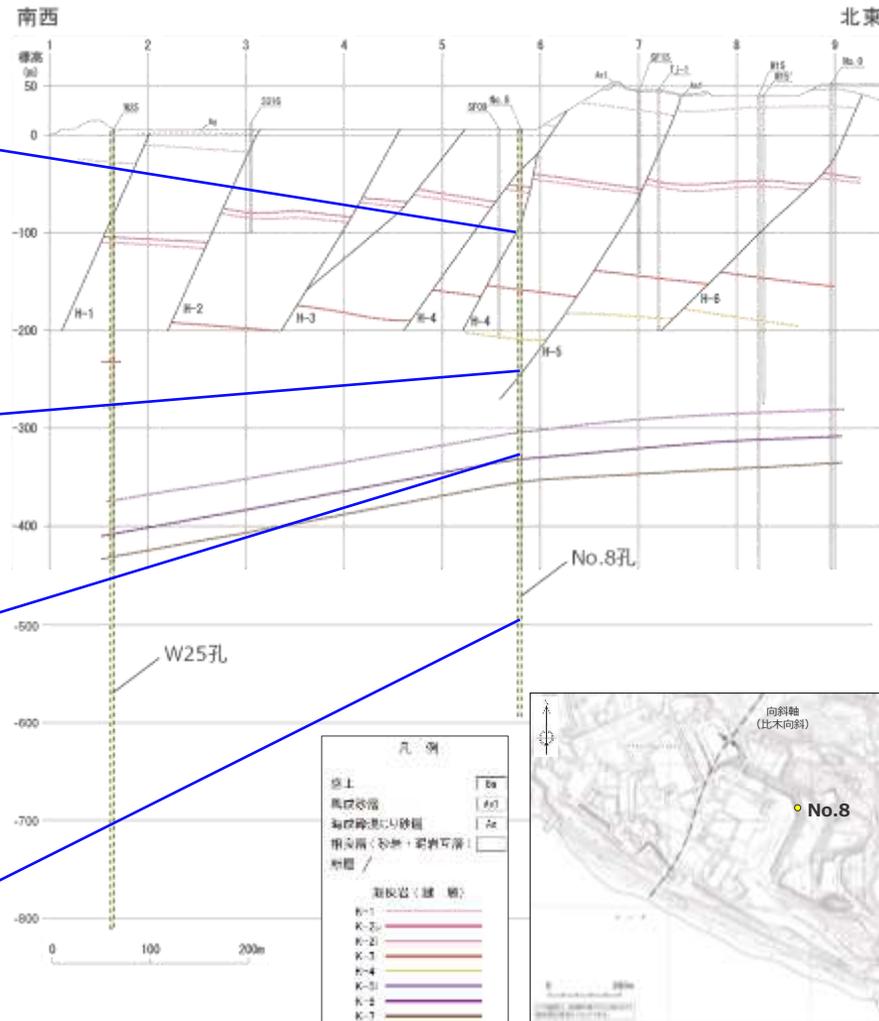
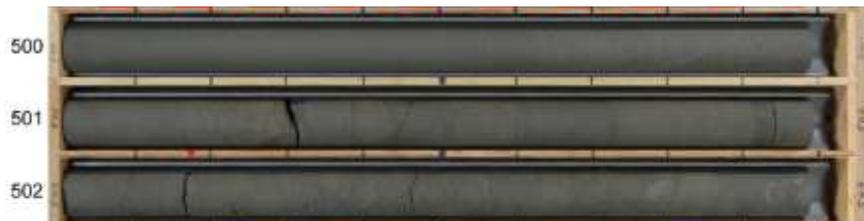
○H-5断層



○K-6凝灰岩層



○深度500m付近



(ボーリング全長の柱状図及びコア写真は、第704回審査会合 机上配布資料1参照。)

H断層系延伸部の検討 (W25孔)

・I-Line断面南側のW25孔においても、深度400m以深にH断層系に対応する断層は認められない。

○H-1断層



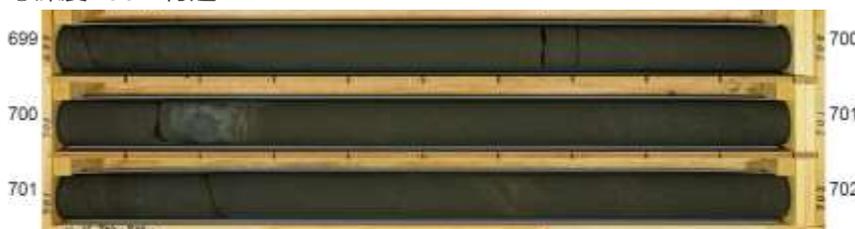
○K-6凝灰岩層



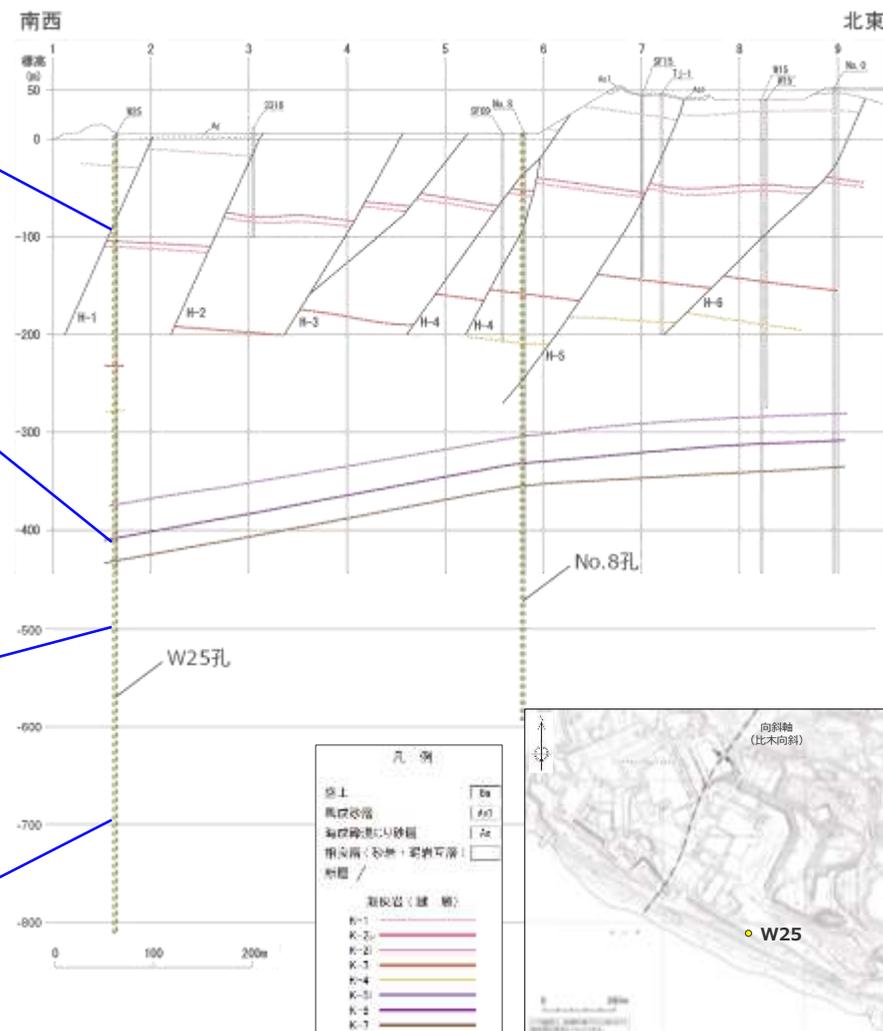
○深度500m付近



○深度700m付近

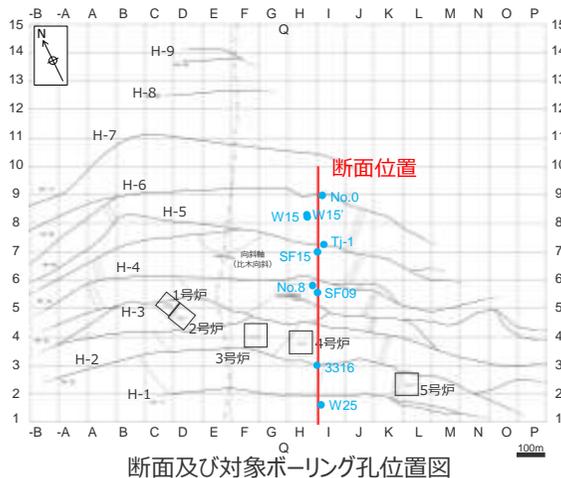
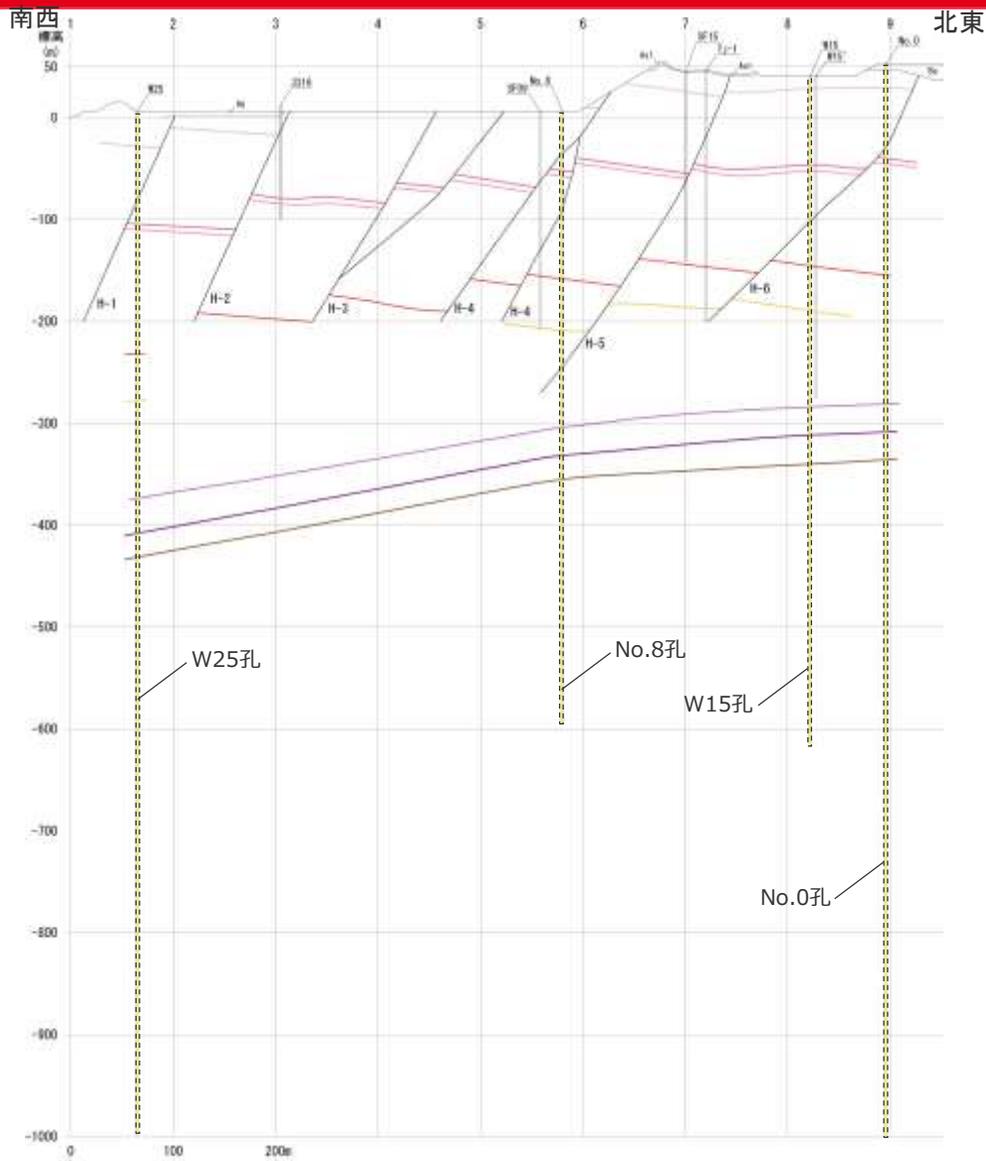


(ボーリング全長の柱状図及びコア写真は、第704回審査会合 机上配布資料1参照。)



H断層系の深部への連続性の検討-大深度ボーリング深部の断層の検討-

- H断層系延伸部のボーリングコアにはH断層系に対応する断層は認められなかったものの、検討範囲をI-Line断面の4本の大深度ボーリング（W25, No.8, W15, No.0）の標高-1,000m以浅の範囲に広げ、これらのボーリングに認められる断層がH断層系の性状を有するか検討した。
- 検討は、浅部とは異なり鍵層の落差に関する情報がなくボーリングコア性状のみからの判断となることを踏まえ、まず、ボーリングコアや露頭において見られるH断層系の一般的な性状をもとに、露頭のH断層系において稀にみられる性状も踏まえて、ボーリングコアにおいて想定されるH断層系の性状を検討した。
- 次いで、大深度ボーリングコアに見られる断層が、H断層系の性状を有する「H断層系同性状の断層」に該当するか否か検討した。また、浅部においてH断層系と選定した断層がもれなくH断層と選定される断層とされているかも確認した。
(詳細は第817回審査会合 資料2-3及び机上配布資料2参照。)



露頭におけるH断層系の性状

【一般的なH断層系の断層性状】

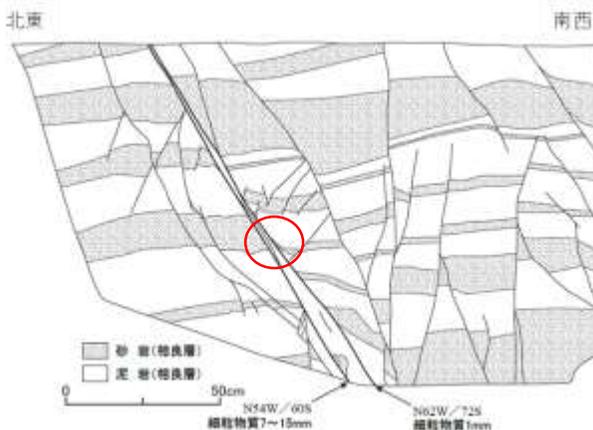
- 細粒物質を伴う断層面が認められる。
- 断層面周辺の砂岩や凝灰岩には、膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められ、この構造はボーリングコアにおいては不明瞭な層理として確認できる。
- 特に、細粒物質を伴う断層に挟まれた区間（幅数十cm～数m程度）は流動的な変形構造が著しい場合が多い。
- 周囲には小断層が複数分布するが、細粒物質を伴う断層面がこれらの小断層を切っている。



H断層系の一般的特徴 (H-3断層露頭の事例)

【露頭のH断層系において稀にみられる性状】

流動的な変形構造が乏しく、細粒物質を伴う断層に挟まれた区間の幅が狭い箇所、分岐、合流等により細粒物質を伴う断層が不明瞭になる箇所も存在する。



流動的な変形構造が乏しく、細粒物質を伴う断層に挟まれた区間の幅が狭いH断層の例
H-4断層 (40.5m盤(東側))



細粒物質を伴う断層が不明瞭なH断層の例
H-5断層 (GTG建屋南側法面(西面))



これらの性状を踏まえ、ボーリングコアにみられる可能性のあるH断層系の性状を幅広く想定

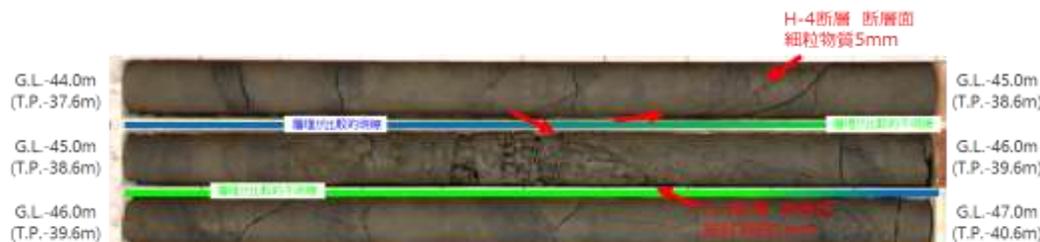
ボーリングコアにおいて想定されうるH断層系の性状

H断層系は、ボーリングコアにおいて以下の性状を有するものと想定される。

- 通常2条の高角で明瞭な断層面を有するが、稀に不明瞭な場合がある。
- 断層面に挟まれた部分には流動的な変形構造（不明瞭な層理や層理の急傾斜）が認められる。流動的な変形構造は断層面沿いにも認められるが、稀に乏しい場合がある。
- 近傍に同傾斜の小断層が発達している。
- 断層幅（断層面に挟まれた部分の幅）は、コア長50cm程度以上あるが、稀に幅が小さく、コア長10cm程度の場合がある。

<一般的なH断層系のボーリングコアの例>

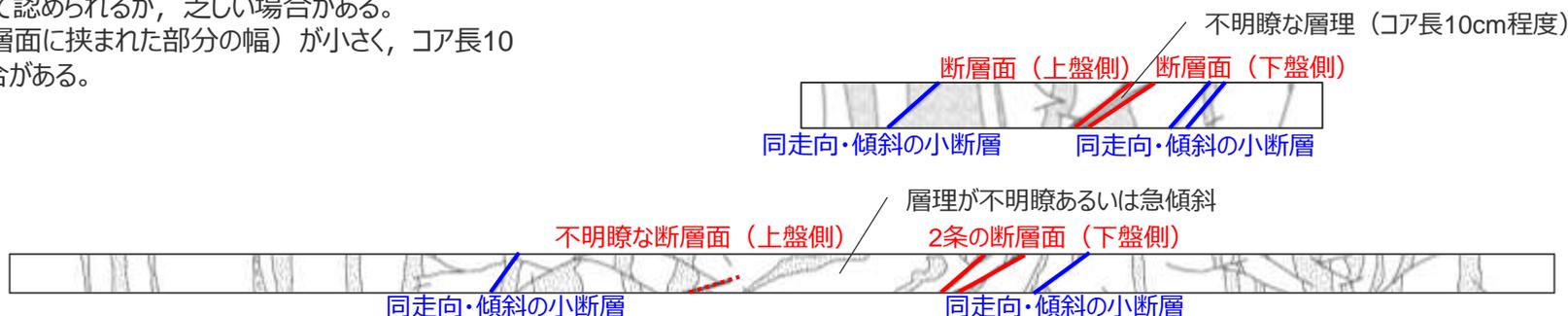
- 細粒物質を伴う高角な2条の断層面が確認できる。
- 細粒物質を伴う高角な断層面に挟まれた区間及びその周辺の層理は健岩部に比べ不明瞭であり、このことは露頭で確認できる砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造に対応する。
- 断層幅（断層面に挟まれた部分の幅）は、一般にコア長50cm程度以上ある。



不明瞭な層理が認められるコアの例（SF03孔 H-4断層）

<露頭のH断層系において稀にみられる性状から想定されるコアの例、前頁露頭スケッチからの推定>

- 断層面は不明瞭な場合がある。
- 流動的な変形構造に対応する部分は不明瞭な層理や層理の急傾斜として認められるが、乏しい場合がある。
- 断層幅（断層面に挟まれた部分の幅）が小さく、コア長10cm程度の場合がある。



H断層系の深部への連続性の検討の具体的な流れ

ボーリングコアにおいて想定されるH断層系の性状を踏まえ、以下に示す通りH断層系の特徴を有する「H断層系と同性状の断層」を検討する。

◇検討対象断層

コアの乱れ（岩片状や粒状のコア、コア欠け部、断層密集部等）がコア長で10cm以上認められる断層を対象とする。

◇「H断層系と同性状の断層」に該当するか否かの検討

検討対象断層について、以下の指標により「H断層系と同性状の断層」か否か判断する。

○断層性状による判断の指標（「H断層系と同性状の断層」は以下の性状をすべて有する）

- 少なくとも1条の、高角な断層面が存在する。（細粒物質の有無や、開離型断層・ゆ着型断層の区別は参考扱いとする）
- 断層面に挟まれた部分や断層面沿いにおいて、流動的な変形構造（不明瞭な層理あるいは層理の急傾斜）が認められる
- 断層を挟んで、地層の繰り返し認められない。（逆断層ではない）
- EW走向かつ南傾斜である。（BHTVにより確認可能な場合）
- 断層幅（断層面に挟まれた、層理が不明瞭あるいは急傾斜が認められる部分の幅）が比較的大きい※。

※断層面に対し直交方向について5cm程度以上を目安とする。



I-Line断面の大深度ボーリング孔（W25孔、No.8孔、W15孔及びNo.0孔）に見られる断層について、H断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当するか否か検討した。

また、浅部においてH断層系と選定した断層がもれなくH断層と選定される断層とされているかも確認した。

次ページ以降にW25孔において検討した結果の例※を示す。

※全ての断層の検討結果については第817回審査会合 資料2-3及び机上配布資料2に示す。

深部の断層の検討例(流動的な変形構造がみられない) W25孔No.43断層

・ K-5～K-7層準以深に分布する断層は、いずれもH断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当しない。

【柱状図】

- ・ 716.60開離型断層 $\angle 80^\circ$
細粒物質1～3mm
- ・ 716.50-716.72岩片状～粒状
- ・ 717.25断層 $\angle 80^\circ$
細粒物質なし
- ・ 717.58ゆ着型断層 $\angle 45^\circ$
- ・ 717.20-717.65岩片状～柱状

コア長：-

【解釈】

- ・ 717.20～717.35mは、明瞭な断層面は認められず、高角な断層に沿って、コアが不均質に割れており（泥岩礫が砂層中に取り込まれている）、流動的な変形構造は認められない。これらのことから、本断層は幅を持たない小断層及び掘削・採取時のコアの乱れによるものと解釈する。
⇒「H断層系と同性状の断層」に該当しない。

【拡大写真】



【コア写真】



深部の断層の検討例(比較的幅が小さい) W25孔No.25断層

・ K-5～K-7層準以深に分布する断層は、いずれもH断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当しない。

【柱状図】

・ 543.30開離型断層 $\angle 75^\circ$
細粒物質0～1mm

・ 543.25-543.45粒状

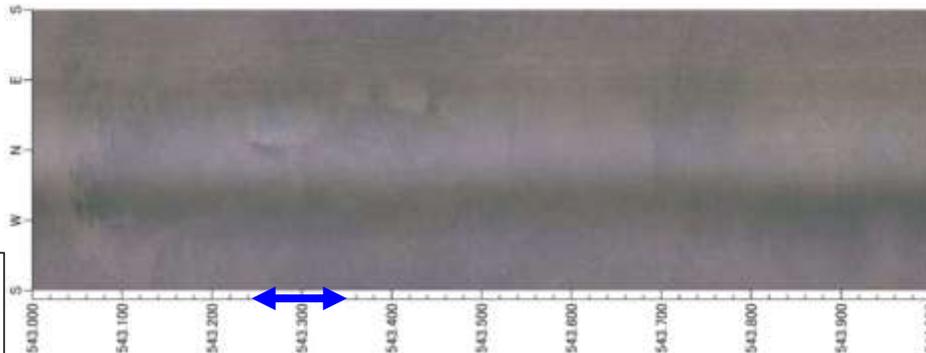
コア長：0.10m (断層幅：0.03m)

【解釈】

- ・ コアでは、開離型断層が1条と、同断層に沿って、幅20cm程度が粒状との記事となっている。詳細に見ると、高角な断層面に沿って、幅10cm程度の幅が粒状となっており、その周囲は層理面に變形は認められない。
- ・ BHTVでは、画像が不鮮明であり、断層の走向・傾斜は読み取れない。
- ・ 断層幅は3cmと比較的小さい。

⇒「H断層系と同性状の断層」に該当しない。

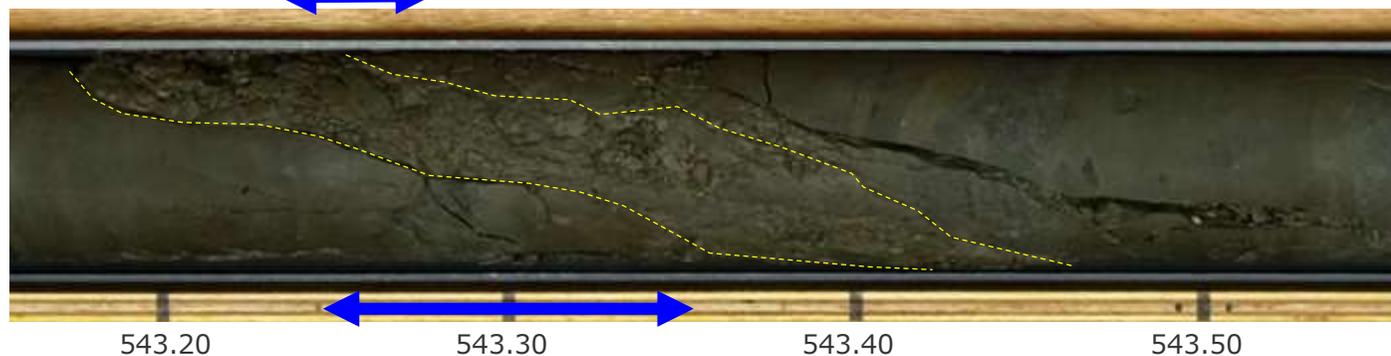
【BHTV画像】



【コア写真】



【断層部拡大】



浅部における「H断層系と同性状の断層」の例 W25孔No.4断層(H-1断層)

・浅部に分布するH断層系は、いずれも H断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当している。

【柱状図】

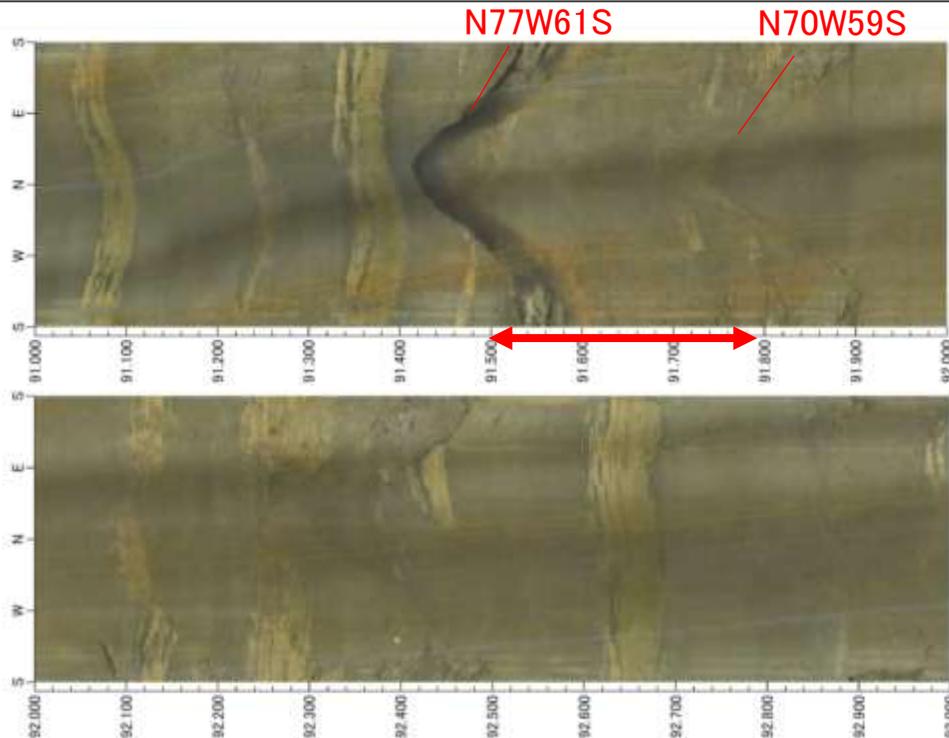
・ 91.20 砂着型断層 $\angle 20^\circ$
・ 91.50 開離型断層 $\angle 50^\circ$ 細粒物質 10~15mm
・ 91.50-91.80 破碎帯
・ 91.45-91.80 岩片状
・ 91.80 開離型断層 $\angle 55^\circ$ 細粒物質 3~4mm
・ 92.05 断層 $\angle 35^\circ$ 細粒物質なし
・ 92.07 断層 $\angle 75^\circ$ 細粒物質なし
・ 92.32 開離型断層 $\angle 75^\circ$ 細粒物質 1mm
・ 92.35 開離型断層 $\angle 50^\circ$ 細粒物質 1mm
・ 92.45 砂着型断層 $\angle 50^\circ$ Rd=5~6cm

コア長：0.30m
(断層幅：0.18m)

【解釈】

- ・ コアでは、開離型断層が2条と、その間が破碎帯・岩片状となっている。
- ・ BHTVでは、EW走向で南傾斜の断層面が2条と、その間の層理が不明瞭となっている。
- ・ 断層幅は18cmと比較的大きい。

⇒「H断層系と同性状の断層」に該当する。

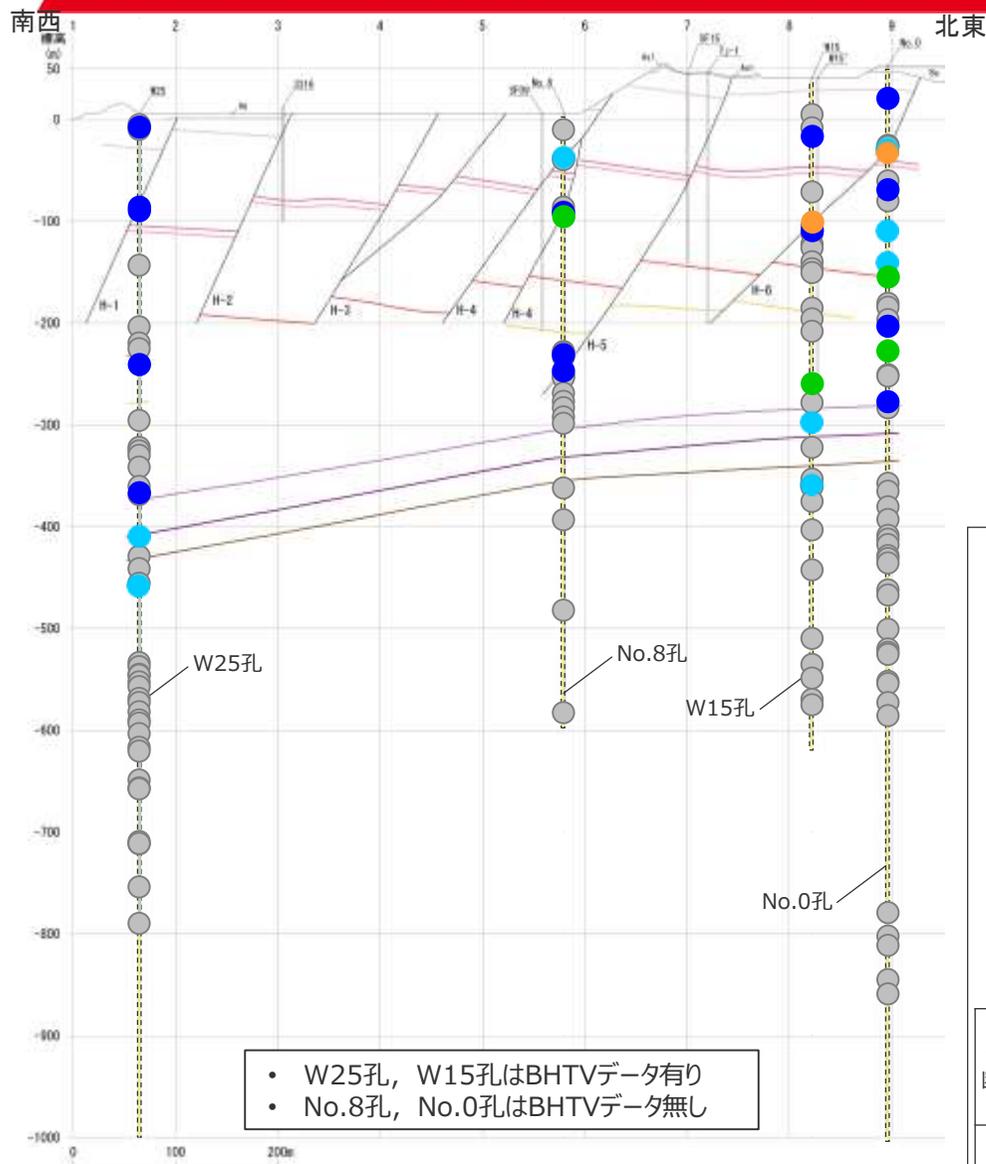


【BHTV画像】

【コア写真】



大深度ボーリングに認められる断層の検討結果



- W25孔, W15孔はBHTVデータ有り
- No.8孔, No.0孔はBHTVデータ無し

- I-Line断面の大深度ボーリングに認められる断層が「H断層系と同性状の断層」に該当するか否かを検討した結果を示す※。なお、該当する場合にはその断層幅の大きさによって色区分して示している。
- 検討の結果、H断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当した断層は、いずれも標高-300~-400m付近のK-5~K-7層準付近以浅の断層であり、それ以深の断層は該当しない。なお、K-5~K-7層準付近に見られるH断層系と同性状の幅が小さな断層は、同層準の連続性や反射法地震探査等の結果を踏まえると、H断層系が同層準付近より深部に延伸することを示すものではないと考えられる。
- 浅部の検討においてH断層に選定した断層は、いずれも本検討において「H断層系と同性状の断層」に該当している。
- また、断層幅に着目すると、浅部では幅が大きい断層も多いが、深部に行くほど断層幅が小さくなっていき、やがてほとんど幅を持たない断層ばかりとなる。（検討の詳細は第817回審査会合 資料2-3及び机上配布資料2参照。）

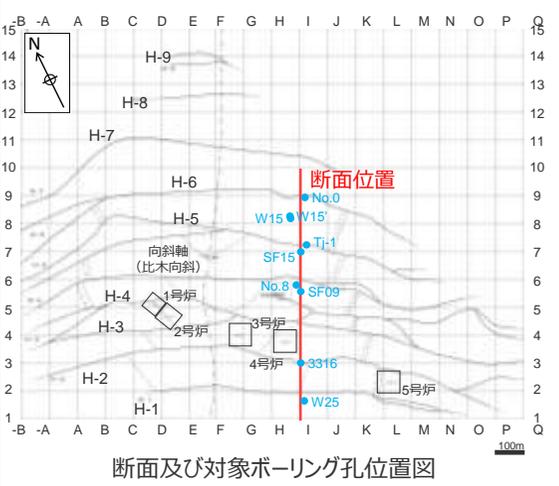
凡例

盛土 Ba
 風成砂層 As1
 海成礫混じり砂層 As2
 相良層(砂岩・泥岩互層) Aa
 断層 /

凝灰岩(鍵層)

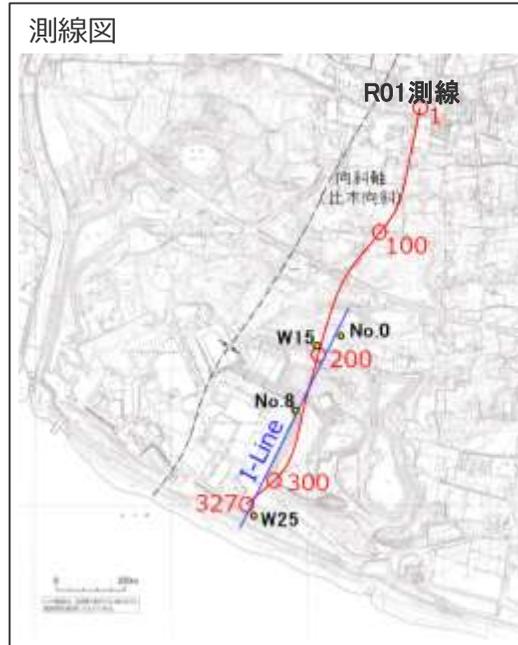
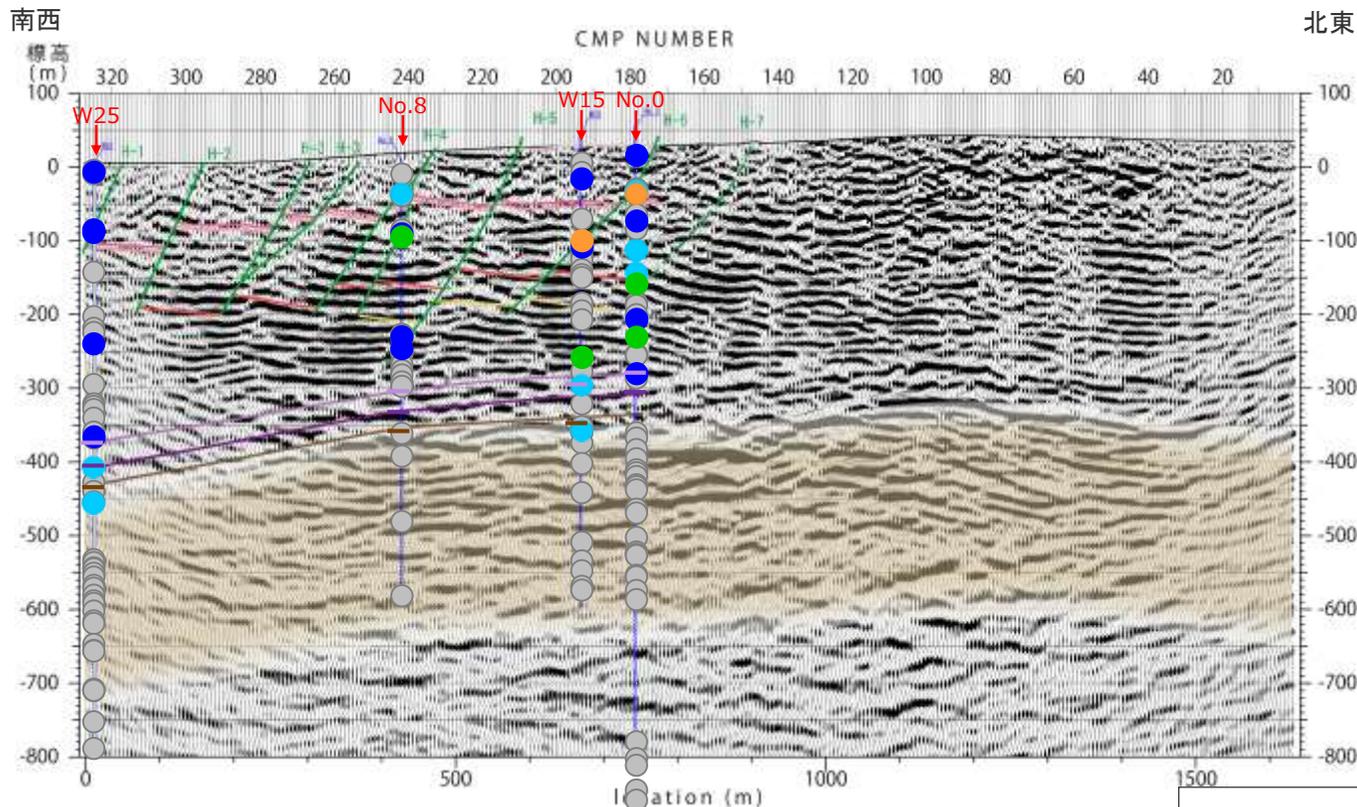
K-1
 K-2a
 K-2b
 K-3
 K-4
 K-5a
 K-5b
 K-6
 K-7

その他断層等	H断層系と同性状の断層			
	①	②	③	④
	10cm未滿	10~30cm	30~50cm	50~100cm
	● (Grey)	● (Blue)	● (Dark Blue)	● (Green)



反射法地震探査R01測線と大深度ボーリングに認められる断層との対比

- R01測線の反射断面と、大深度ボーリングに認められる断層の検討結果との対比を行った。
- 反射断面において、概して弱い反射面に南傾斜の不連続面が規則的に認められる浅部の地層には、H断層系と同性状の断層が認められ、断層の幅も大きい。
- 一方、概して強く比較的連続性の良い反射面が認められる深部の地層（砂岩比率の高い相良層）ではH断層系と同性状の断層は認められず、幅の大きな断層も認められない。



断層幅等		H断層系と同性状の断層			
		①	②	③	④
その他 断層等	10cm	10~	30~	50~	
	未済	30cm	50cm	100cm	
	●	●	●	●	●

4.3(3) H断層系の深部への連続性に関する検討のまとめ

【検討結果】

(3) H断層系の深部への連続性に関する検討

3e 標高-300~-400m付近の地層※の傾斜は大局的な構造と同傾向を示し、大きな変位を受けることなく連続している。

- 大深度ボーリング調査により標高-300~-400m付近に認められるK-5,K-6及びK-7凝灰岩層は、敷地の北東部から南西部にかけて南西に傾斜を増しながら、層間が大きく短縮することなく、深度方向に概ね一定の間隔で分布する。
- 孔壁調査によるK-5,K-6及びK-7凝灰岩層付近の地層の断面方向の傾斜は、鍵層の出現深度より推定される当該凝灰岩層付近の地層の分布の傾向と大きな差異はなく南西傾斜となっている。
- 反射法地震探査によると、K-7凝灰岩層付近からそれ以深100~150m程度かけて南西傾斜の比較的連続性のよい強反射面※が認められ、ボーリング調査により推定されるK-5,K-6及びK-7凝灰岩層の分布傾向と整合的である。

3f 標高-300~-400m程度以深※において、顕著な地層の短縮は認められず、H断層系と同性状の規模の大きな断層も認められない。

- H断層系の延伸位置において、大深度ボーリングコアに認められる凝灰岩層（K-5~K-7）の層間に顕著な短縮はみられない。
- 大深度ボーリングコアにおいて、標高-300~-400m付近※のK-5~K-7層準付近以深にみられる断層はH断層系の性状を有しない。
※砂岩比率の高い相良層にあたる

（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）

4.3 敷地深部の地質構造とH断層系のまとめ その1

【検討結果】

(1) 敷地深部の地質構造の把握（地表地質調査及び反射法地震探査）

3a 地表付近の走向傾斜が敷地内では北に開く

- 敷地極近傍地表付近において、大局的には向斜軸は南にプランジし相良層は向斜軸を中心に南に開いた構造を示すが、敷地北側から敷地前面海域にかけての局所的な範囲においては、向斜軸は北にプランジし相良層は向斜軸を中心に北に開いた構造を示す。

3b 深部に行くに従い反射面の傾斜が緩くなっていく。

- 反射法地震探査の結果によると、浅部から深部にかけて、反射面の傾斜が緩くなっていく傾向がみられる。

3c 浅部（標高-300m付近以浅）の反射面は南傾斜の平行する断層群により分断されているのに対し、深部※（標高-300～-400m程度以深）の反射面は概して強く比較的連続性が良い。

- 反射法地震探査の結果によると、浅部と深部とでは反射パターンの相違が認められる。浅部（地表から標高-300m付近）では、概して弱い反射面に南傾斜の不連続面が規則的に認められ、深部（標高-300～-400m程度以深から標高-600m付近）では、概して強く比較的連続性の良い反射面が認められる。
- 大深度ボーリング調査結果（砂岩比率）によると、概して弱い反射面を呈する浅部の地層は砂岩比率が比較的lowく、敷地の地表付近で一般的に見られる相良層にあたる。一方、概して強い反射面を呈する深部の地層は、K-5～K-7層準付近以深に分布する砂岩比率の高い相良層にあたる。

(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討（大深度ボーリング調査等）

3d 汀線より陸側2km程度の敷地北側から沖合1km程度付近にかけて、標高-200m程度以浅において地層の後方回転が認められる。この后方回転は標高-400m程度※にかけて徐々に収束していく。

- 孔壁調査によると、敷地の相良層の走向は、深度方向に遷移的に変化し、標高-400m程度以深の地層※は敷地極近傍の大局的な地質構造と整合的な向斜軸を中心にやや南に開いた構造を呈しているのに対し、標高-200m程度以浅の地層は、大局的な構造とは逆傾向の北に開いた構造を呈しており、浅部の地層が后方回転しているものと考えられる。
- 浅部の地層の後方回転は、汀線より陸側2km程度の敷地北側から海域の沖合1km付近にかけて標高-200m程度以浅において推定されるが、少なくとも標高-400m程度以深においては認められない。

(3) H断層系の深部への連続性に関する検討（大深度ボーリング調査）

3e 標高-300～-400m付近の地層※の傾斜は大局的な構造と同傾向を示し、大きな変位を受けることなく連続している。

- 大深度ボーリング調査により標高-300～-400m付近に認められるK-5、K-6及びK-7凝灰岩層は、敷地の北東部から南西部にかけて南西に傾斜を増しながら、層間が大きく短縮することなく、深度方向に概ね一定の間隔で分布する。
- 孔壁調査によるK-5、K-6及びK-7凝灰岩層付近の地層の断面方向の傾斜は、鍵層の出現深度より推定される当該凝灰岩層付近の地層の分布の傾向と大きな差異はなく南西傾斜となっている。
- 反射法地震探査によると、K-7凝灰岩層付近からそれ以深100～150m程度かけて南西傾斜の比較的連続性のよい強反射面※が認められ、ボーリング調査により推定されるK-5、K-6及びK-7凝灰岩層の分布傾向と整合的である。

3f 標高-300～-400m程度以深※において、顕著な地層の短縮は認められず、H断層系と同性状の規模の大きな断層も認められない。

- H断層系の延伸位置において、大深度ボーリングコアに認められる凝灰岩層（K-5～K-7）の層間に顕著な短縮はみられない。
- 大深度ボーリングコアにおいて、標高-300～-400m付近のK-5～K-7層準付近以深※にみられる断層はH断層系の特徴を有しない。

※砂岩比率の高い相良層にあたる

（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）

4.3 敷地深部の地質構造とH断層系のまとめ その2

【検討結果（前頁 まとめ その1 抜粋再掲）】

(1) 敷地深部の地質構造の把握（地表地質調査及び反射法地震探査）

3a 地表付近の走向傾斜が敷地内では北に開く

3b 深部に行くに従い反射面の傾斜が緩くなっていく。

3c 浅部（標高-300m付近以浅）の反射面は南傾斜の平行する断層群により分断されているのに対し、深部※（標高-300～-400m程度以深）の反射面は概して強く比較的連続性が良い。

(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討（大深度ボーリング調査等）

3d 汀線より陸側2km程度の敷地北側から沖合1km程度付近にかけて、標高-200m程度以浅において地層の後方回転が認められる。この後方回転は標高-400m程度※にかけて徐々に収束していく。

(3) H断層系の深部への連続性に関する検討（大深度ボーリング調査）

3e 標高-300～-400m付近の地層※の傾斜は大局的な構造と同傾向を示し、大きな変位を受けることなく連続している。

3f 標高-300～-400m程度以深※において、顕著な地層の短縮は認められず、H断層系と同性状の規模の大きな断層も認められない。

※砂岩比率の高い相良層にあたる

（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）

【評価】

上記調査結果より、H断層系について以下の通り評価する

- 浅部（地表から標高-300m付近）では、地層が後方回転し（検討結果3a,3b,3d）、H断層系の存在が認められている（検討結果3c,H断層系の分布に関する検討結果1a,1b,1c）。
- 深部の砂岩比率の高い相良層（標高-300～-400m程度から標高-600m付近）では、地層の後方回転は収束しており（検討結果3a,3b,3d）、地層の連続性が認められ（検討結果3c,3e）、H断層系と同性状の断層は認められない（検討結果3f）。
- これらのことから、H断層系は、深部の砂岩比率の高い相良層まで連続するものではないと考えられる。
- また、地層の後方回転はH断層が見られる浅部に生じている現象であることから、H断層系は、浅部の地層の後方回転が認められる、敷地から前面海域にかけて分布するものと考えられる。

これまでの検討のまとめ

H断層系は、いずれも、東西走向の南に開いた緩い弧状を呈し等間隔で並走する南傾斜で南落ちのほぼ同じ落差を持つ正断層群で、露頭における断層面周辺の構造、ブロック試料及び薄片における断層面及びその近傍の構造等の詳細な性状は類似しており、断層の細粒物質の鉱物組成等にも類似性が認められる（分布形態、性状の類似性）。そして、その性状は流動的な変形構造を呈すること等から、H断層系は相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成され（形成時代の同時性）、断層面は平面的ではなく破砕を示す構造は認められないこと等から、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと考えられる。

H断層系は、汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されており、少なくとも沖合2km程度より遠方には分布していない。深部方向への連続性についてみると、相良層の上端付近にあたる標高-300～-400m付近に分布する凝灰岩層は大きく層間を短縮することなく連続しているものと推定されること、反射法地震探査においてもほぼ同層準に比較的連続性のよい強反射面が認められること、同層準付近以深にはH断層系と同一の性状を有する断層は認められないことから、同層準付近より深部の砂岩比率の高い相良層までは連続しないものと推定される。一方、H断層系が確認されている範囲と概ね対応した汀線より陸側2km程度から沖合1km程度にかけて標高-200m程度以浅の地層には後方回転が認められる。この後方回転は少なくとも標高-400m程度以深においては認められなくなり、H断層系による地層の変位がほとんど認められなくなる深度や浅部では多く見られた幅の大きな断層がほとんど見られなくなる深度と比較的良く対応している。これらのことから、H断層系は敷地から前面海域の浅部にかけて分布し深部まで連続しないものと推定される（分布範囲の局所性）。

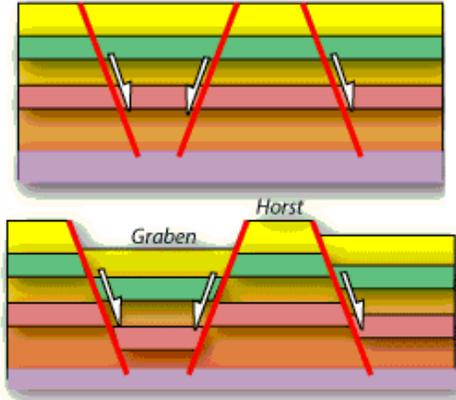
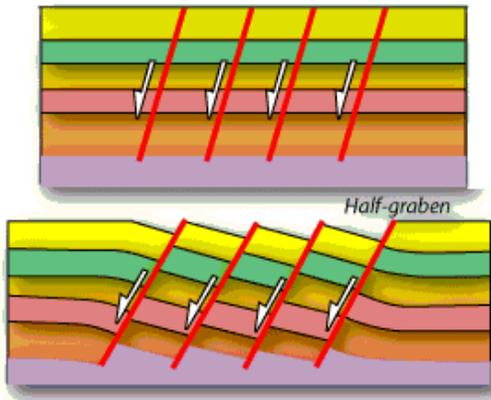
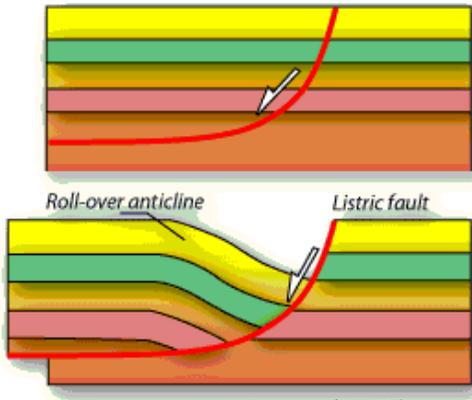
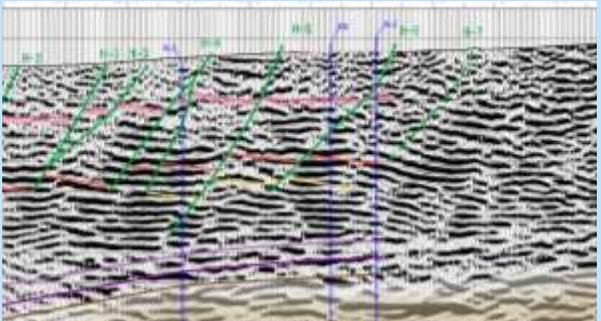
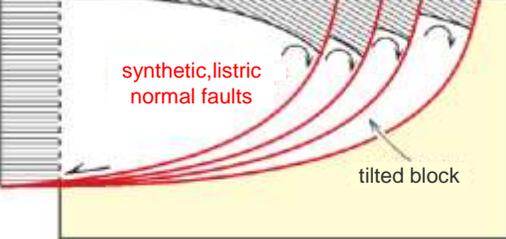
このように、H断層系は分布形態・性状の類似性、形成時代の同時性及び分布範囲の局所性が認められ、同時代に同一の局所的な応力場により形成されたものと考えられることから、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群として評価する。



H断層系を同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の正断層群とする評価について、H断層系の主な特徴と、正断層に関する一般的特徴との対比により、H断層系の活動性に関する特徴を検討する（検討の詳細は補足説明資料4章参照）。

正断層に関する一般的特徴の整理

- 一般的に、正断層には、その形態的な特徴から、Planar non-rotational faults, domino faults(Planar rotational faults)及びListric faultsの3タイプがあるとされている (Burg (2017), The University of Sydneyほか)。
- H断層系は、平行な正断層群であり浅部の地層の後方回転がみられることからdomino faultsまたはListric faultsに近い形態を示すが、深部の低角化や上盤側の地層の背斜が見られず、Listric faultsというよりも、domino faultsとの類似性が認められる。そこで、domino faults について詳細な知見を収集し、H断層系の性状と比較する。

タイプ	Planar non-rotational faults	domino faults (Planar rotational faults)	Listric faults
一般的特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 断層面は平面 • 共役の断層に挟まれたブロックが回転を伴わず沈降し、horstまたはgrabenを形成する正断層群 	<ul style="list-style-type: none"> • 断層面は平面 • 断層に挟まれたブロック (断層間ブロック) の後方回転を伴う平行な正断層群 	<ul style="list-style-type: none"> • 断層面は深度が深くなるにつれて傾斜が緩やかになる • 上盤側の地層には背斜が形成される • 断層群となる場合もある
	 <p>The University of Sydney (HPより)</p>	 <p>The University of Sydney (HPより)</p>	 <p>The University of Sydney (HPより)</p>
	<div data-bbox="99 1039 1087 1382" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>H断層系</p> <ul style="list-style-type: none"> • 浅部において、断層間ブロックの後方回転を伴う平行な正断層群が等間隔に認められる。 • 断層の深部での低角化は認められず、上盤側の背斜構造も認められない。  </div> <div data-bbox="1460 1035 1978 1305" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p>Burg (2017), 図は左右反転</p> </div>		

- H断層系のように平行で等間隔に分布する正断層群は、圧縮場の日本周辺では稀であるものの、引張場の地域では多く報告されており、それらを domino faults (またはdomino model, bookshelf model等)としている知見があり (Fossen and Hesthammer(1998) 等), 実験や解析的研究により再現されている (McClay and Ellis (1987) 等)。
- このような検討を踏まえ, domino faultsは次のような特徴を持つ断層群として整理されている(Fossen (2010) 等)。
 - 断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で平行な正断層群
 - すべての断層は同じ傾斜を持つ。
 - すべての断層は同じ変位量を持つ。
 - すべての断層間ブロックは同時に同じ速度で回転する, すなわち, すべての断層は同時に活動する。

Fossen and Hesthammer(1998)

- Gullfaks Field西部は典型的なdomino faultsの認められる領域であるとし, 東部のホルストとほぼ同時に形成された後, ドミノ領域がさらに回転したものと解釈している。

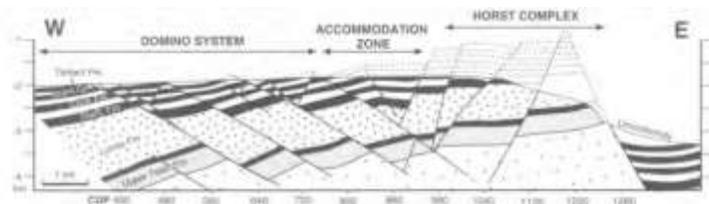
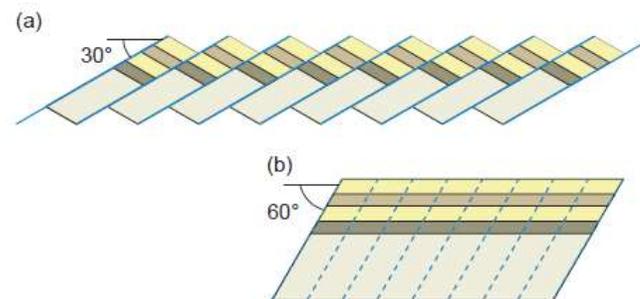


Fig. 1. Regional map of the northern North Sea (inset map) and of the Gullfaks–Staifjord area, and a profile across the Gullfaks Field.

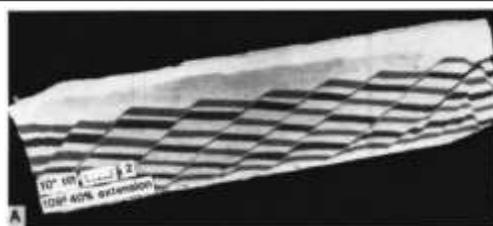
Fossen (2010)

- rigid domino modelの特徴として, 以下を挙げている。
 - 断層間ブロック内部にひずみは生じない。
 - 断層と地層は同時に同じ速度で回転する。
 - 断層は最終的に断層に沿って一定の等間隔になる。
 - すべての断層は同じ傾斜 (平行) を持つ。
 - 断層は同じ変位量を持つ。
 - 地層と断層は平面。
 - すべての断層間ブロックは同じ時間と速度で后方回転する。
- また, 断層間ブロックの底面と基板の間の空隙は, 后方回転する断層間ブロックの基部に粘土, 塩, 貫入マグマなどの可動媒体を導入することで解決できるとしている。
- さらに, rigid domino modelの特徴のうち断層の大きさ (長さ, 変位量など) の変化を許容しない点は, 断層間ブロック内部のひずみを許容したsoft domino modelにより解決できるとしている。



McClay and Ellis(1987)

- 砂箱実験により, 引張場における断層の形成現象の再現を試み, 平行な正断層群が生じ地層の后方回転が見られたとしている。



H断層系とdomino faultsの特徴との対応

詳細は、補足説明資料4章参照

H断層系	domino faultsの特徴との対応
《形態的な特徴（断層の分布形状）》	
ほぼ等間隔で平行な正断層群（検討結果1a,1b）	「等間隔で平行な正断層群」との特徴に一致
全ての断層は、ほぼ同傾斜（検討結果1a）	「すべての断層は同じ傾斜」との特徴に一致
全ての断層は、ほぼ同落差（検討結果1a）	「すべての断層は同じ変位量」との特徴に一致
平面分布は緩い弧状（検討結果1c）	断層の平面線形については言及されていない（矛盾するものではない）
《形態的な特徴（断層の分布範囲）》	
敷地北側から前面海域にかけての限られた範囲に分布。 （検討結果 1d,1e）	分布範囲については言及されていない（矛盾するものではない）
深部の砂岩比率の高い相良層まで連続しない。 （検討結果3c,3e,3f）	断層の深部への連続性について言及されていないが、モデル図では断層及び断層間ブロックの後方回転は、ある深度以深は図示されておらず、一致しているものと考えられる
《形態的な特徴（断層に挟まれたブロック）》	
H断層系の認められる浅部の地層は後方回転しているが、 深部では後方回転は収束しておりH断層系も推定されない。 （検討結果3a,3b,3d）	「断層間ブロックは後方回転している」との特徴に一致
《性状による評価》	
類似性が認められる（検討結果2a,2b,2c,2d,2e）	断層性状については言及されていないが、全ての断層が同時に活動する、とされていることから、いずれの断層も同様な性状を持つものと推定される
相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成された （検討結果2a,2b,2c,2e）	形成時代については言及されていない（矛盾するものではない）
相良層固結以降の活動はない （検討結果2a,2b,2c,2d,2e）	相良層固結以降すべての断層に活動が認められないということは、すべての断層が同時に活動するという特徴と矛盾するものではない

（検討結果の番号は、各節末のまとめスライドと対応している。）



H断層系は、等間隔で並走するほぼ同傾斜・同落差で地層の後方回転を伴う正断層群であり、domino faultsの形態的な特徴にすべてあてはまる。また、H断層系のそれ以外の形態的な特徴や性状による評価は、domino faultsの特徴と矛盾するものではない。そのため、H断層系はdomino faultsと同様な、すべての断層が同時に活動する断層群であると考えられる。

【評価】

正断層群のうち、断層面が平面で断層に挟まれたブロック（断層間ブロック）の回転を伴う平行な正断層群はdomino faultsとされている。

このdomino faultsは引張場の地域では多く報告されており、実験や解析的研究により、傾斜した地盤において形成されることが再現されている。これらの結果を踏まえ、domino faultsは次のような特徴を持つ断層群として整理されている。

- 断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で平行な正断層群。
- すべての断層は同じ傾斜を持つ。
- すべての断層は同じ変位量を持つ。
- すべての断層間ブロックは同時に同じ速度で回転する、すなわち、すべての断層は同時に活動する。

H断層系は、等間隔で並走するほぼ同傾斜・同落差で地層の後方回転を伴う正断層群であり、domino faultsの形態的な特徴にすべてあてはまり、それ以外の形態的な特徴は、domino faultsの特徴と矛盾しない。さらに、H断層系の性状による評価も、domino faultsの特徴と矛盾しない。

したがって、H断層系はdomino faultsと同様な断層群として、すべての断層が同時に活動する断層群であると評価する。

4.1～4.3のまとめ

H断層系は、いずれも、東西走向の南に開いた緩い弧状を呈し等間隔で並走する南傾斜で南落ちのほぼ同じ落差を持つ正断層群で、露頭における断層面周辺の構造、ブロック試料及び薄片における断層面及びその近傍の構造等の詳細な性状は類似しており、断層の細粒物質の鉱物組成等にも類似性が認められる（分布形態、性状の類似性）。そして、その性状は流動的な変形構造を呈すること等から、H断層系は相良層堆積後の末固結～半固結の時代に形成される（形成時代の同時性）、断層面は平面的ではなく破碎を示す構造は認められないこと等から、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと考えられる。

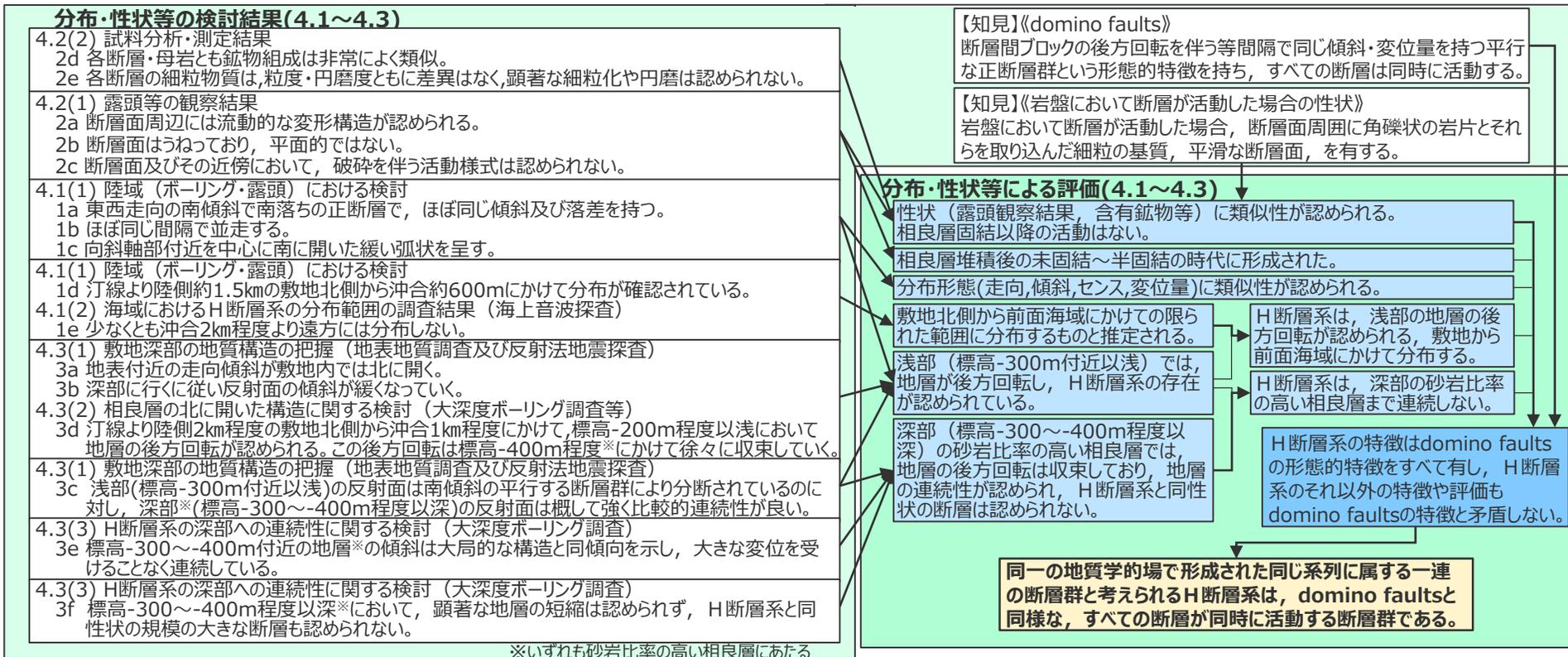
H断層系は、汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されており、少なくとも沖合2km程度より遠方には分布していない。深部方向への連続性についてみると、相良層の上端付近にあたる標高-300～-400m付近に分布する凝灰岩層は大きく層間を短縮することなく連続しているものと推定されること、反射法地震探査においてもほぼ同層準に比較的連続性のよい強反射面が認められること、同層準付近以深にはH断層系と同一の性状を有する断層は認められないことから、同層準付近より深部の砂岩比率の高い相良層までは連続しないものと推定される。一方、H断層系が確認されている範囲と概ね対応した汀線より陸側2km程度から沖合1km程度にかけて標高-200m程度以浅の地層には後方回転が認められる。この後方回転は少なくとも標高-400m程度以深においては認められなくなり、H断層系による地層の変位がほとんど認められなくなる深度や浅部では多く見られた幅の大きな断層がほとんど見られなくなる深度と比較的良好に対応している。これらのことから、H断層系は敷地から前面海域の浅部にかけて分布し深部まで連続しないものと推定される（分布範囲の局所性）。

一方、正断層群のうち、domino faultsは、断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で同じ傾斜・変位量を持つ平行な正断層群という形態的特徴を持ち、すべての断層は同時に活動する、とされている。H断層系の分布、深部構造による調査結果はこのdomino faultsの形態的特徴をすべて有し、H断層系のそれ以外の形態的な特徴や性状による評価はdomino faultsの特徴と矛盾しない。

これらのことから、分布形態・性状の類似性、形成時代の同時性及び分布範囲の局所性が認められ、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群と考えられるH断層系は、domino faultsと同様なすべての断層が同時に活動する断層群であり、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと評価する。

4.1～4.3のまとめ (H断層系をdomino faultsとする検討・評価の関連)

(検討結果欄の段落番号は、各節末のまとめスライドと対応している。)



4.4 H断層系の形成要因

【検討内容】

『同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群』について、敷地近傍及び敷地深部の調査結果を踏まえ考察し、H断層系は浅部の堆積物のすべりに伴い、すべり移動体内に形成された正断層群であると考えられることを示す。

【検討の流れ】

- ・ 並走する同傾向の正断層群を形成させるような地質学的場の検討。
- ・ 敷地深部及び敷地近傍調査結果等を踏まえ、上記構造からの絞り込み。
- ・ 絞り込まれた主構造の知見の把握。
- ・ 上記知見と、敷地内の地質・地質構造が合致するかの確認。

(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造

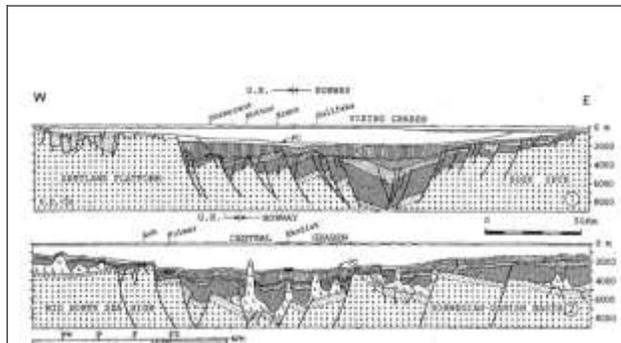
【検討内容】

並走する同傾向の正断層群を形成させるような構造に関する知見と、敷地深部及び敷地近傍の調査結果から、H断層系の形成要因となる地質学的場を検討する。

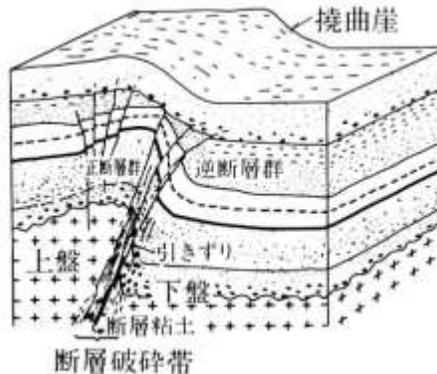


並走する同傾向の正断層群を形成させるような構造

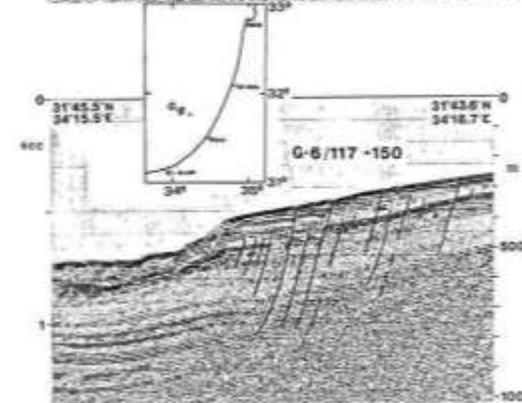
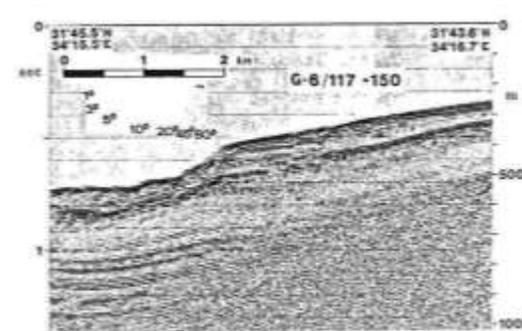
- 並走する同傾向の正断層群は次のような地質学的場において形成されるとの知見がある。



テクトニックな要因（リフティング等）により形成される正断層群
（齊藤ほか（1991））



撓曲や逆断層の上盤側に生ずる正断層群
（活断層研究会（1991））



地すべり移動体内で生ずる正断層群
（Almagor and Garfunkel(1979)）

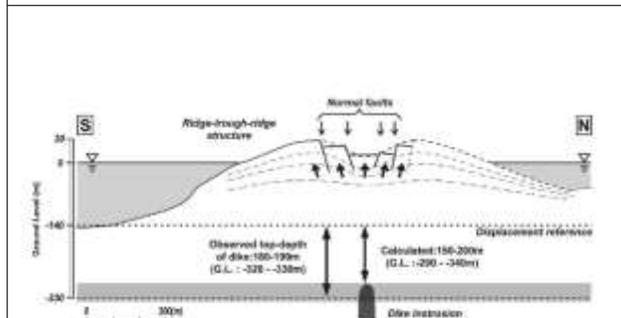
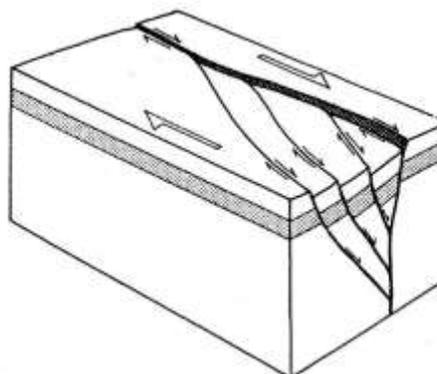


図10図 新島および格島断層系の形成プロセス概念図

火山のマグマ貫入に伴う表層の引張場により形成される正断層群
（吉永ほか（2009））



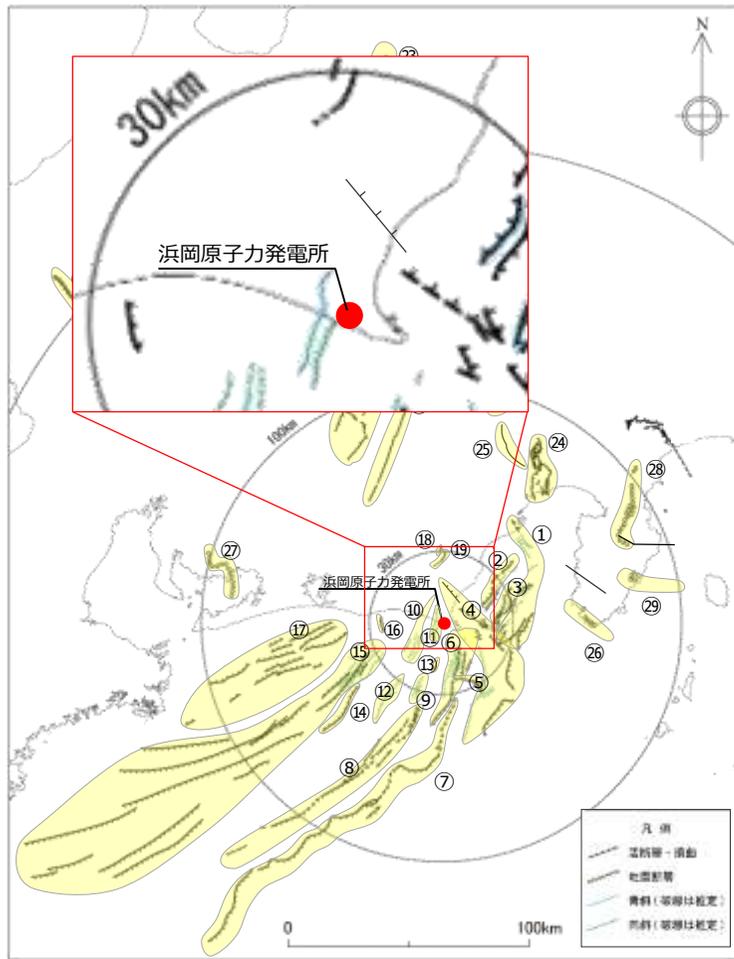
横ずれ断層のフラー構造に伴う正断層群
（谷ほか（1997））



敷地近傍・敷地深部の地質構造調査結果を踏まえ、H断層系形成に関する地質学的場について検討する。

敷地周辺の活断層及び火山

- 敷地周辺の活断層調査結果によると、敷地近傍には、H断層系と近接し、走向がH断層系と同傾向の活断層、活撓曲等は認められない。
- なお、敷地の褶曲構造（比木向斜）を含む「A-17グループ」は、「震源として考慮する活断層」とは考えられないものの、審査コメントを踏まえて、より慎重に評価することとし、上載地層が存在しない範囲を「A-17断層」として「震源として考慮する活断層」と評価している。
- また、敷地及び敷地周辺は火山フロントから離れており火成活動が見られない地域である（中野ほか（2013））。



No	活断層の名称	活断層長さ (km)	対応する断層の名称
海域の活断層	① 根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯	62.6	根古屋海脚東縁の断層帯 (A-31,A-26,S-18,A-27), 石花海堆東縁の断層帯 (北部セグメント) (F-35,A-28,A-29,S-17,A-10), 石花海堆東縁の断層帯 (南部セグメント) (F-28,A-1,F-19,F-27)
	② 石花海盆内西部の断層帯	26.4	F-17,F-26,F-32,F-33,A-9,S-1,S-16
	③ 石花海盆内東部の断層帯	23.4(21.7)	F-1,F-2,F-3,F-4,F-18,F-34,A-11,A-12,F-36,F-37,S-22
	④ 御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層	86.3 (72.6)	御前崎海脚東部の断層帯 (北部セグメント) (F-6,F-7,F-8,F-5,F-39,F-40,F-41,F-44,A-32,A-33,A-30,A-38), 南部セグメント (F-29,F-30,A-21,A-22,A-34,A-35,S-9), 牧ノ原南稜の断層
	⑤ F-12断層	16.0	F-12,F-24
	⑥ 御前崎海脚西部の断層帯	46.9(40.2)	A-13,A-19,A-3,F-9,A-20,S-3,F-14,F-23,F-22,F-21, 活断層研究会(1991)の断層, F-20,F-43,F-45,F-46,F-47,A-36,S-21, 及び御前崎台地～御前崎南方沖の褶曲群
	⑦ 東海断層系	156.9	東海断層系
	⑧ 小台場断層系	109.5	小台場断層系
	⑨ A-4断層	12.1	A-4,S-12,活断層研究会(1991)の背斜構造
	⑩ A-5・A-18断層	31.0(11.5)	A-5,S-11,S-10,A-18グループ
	⑪ A-17断層	15.7	A-17グループ
	⑫ A-6断層	22.4	A-6,活断層研究会(1991)の背斜構造
	⑬ A-41断層	7.0	A-41
	⑭ 天竜海底谷に沿う断層	26.1	天竜海底谷に沿う断層
	⑮ 遠州断層系	173.7	遠州断層系, A-7,A-8,S-4,S-13,S-14,S-15
	⑯ F-16断層	7.1	F-16
陸域の活断層	⑰ 渥美半島沖の断層	76.8	荒井ほか(2006)の渥美半島沖断層群に関連する断層, 鈴木(2010)等の遠州灘撓曲帯
	⑱ 杉沢付近のリニアメント・変位地形	2.6	杉沢付近のリニアメント・変位地形
	⑲ 大島付近のリニアメント・変位地形	8.7	大島付近のリニアメント・変位地形
	⑳ 濃尾断層帯	約76	濃尾断層帯
	㉑ 中央構造線北端部	54	中央構造線北端部
	㉒ 伊那谷断層帯	約79	伊那谷断層帯
	㉓ 糸魚川-静岡構造線活断層帯	約158	糸魚川-静岡構造線活断層帯
	㉔ 富士川河口断層帯	約26以上	富士川河口断層帯
	㉕ 身延断層	約20	身延断層
	㉖ 石廊崎断層	約20	石廊崎断層
㉗ 深溝断層	約22	深溝断層	
㉘ 北伊豆断層帯	約32	北伊豆断層帯	
㉙ 稲取断層帯	約23	稲取断層帯	

敷地周辺の応力場（広域の地殻変動）

- 国土地理院（1997）による1883年～1994年の中部・近畿地方の地殻歪によると、敷地周辺は概ね北西－南東方向の圧縮歪が卓越する圧縮場であり、東西走向の正断層が形成されるような応力場ではない。



国土地理院（1997）に一部加筆

4.4(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造のまとめ

【検討結果】

(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造

- 4a 断層活動や火山活動，地すべりに伴い正断層群が形成されるとの知見がある。
- 並走する同傾向の正断層群は，他の断層活動や火山活動，地すべりといった地質学的場において形成されるとの知見がある。
- 4b 敷地近傍にはH断層系との関連が想定される火山活動や活断層は認められない。
- 敷地近傍には，H断層系と近接し，走向がH断層系と同傾向の活断層，活撓曲等や火山活動は認められない。
 - 敷地周辺は，概ね北西－南東方向の圧縮歪が卓越する。

(検討結果の段落番号は，章末のまとめスライドと対応している。)



【考察及び詳細調査の方針】

- H断層系は他の断層活動や火山活動に伴い形成された構造ではなく，H断層系形成に係る地質学的場としては，地すべりである可能性が高いと考えられることから，地すべりに関する知見を収集し→4.4(2)，その特徴と調査結果を踏まえ，敷地深部において地すべり面と考えられる構造が存在するか検討を行う→4.4(3)。

(2) 地すべりに関する知見

【検討内容】

H断層系の形成要因の可能性が高い地すべりについて、知見を収集する。

知見(その1) すべり面と層理面について

- 層理面は、地層の境界面であり連続性が良い上に、構成物質の分離面として重要な役割を果たすとされており、単一あるいは複数の層理面や層面すべりにより地すべりが生じた事例が報告されている。(各文献の詳細は、第704回審査会合資料1-3 参考資料参照。)

日本地すべり学会(2013)

- 地すべり面の特徴に着目した分類の総論として、藤田(2002)がすべりの発生・運動を規制あるいは促進させる地質構造の要因をまとめた「地すべりの地質構造規制」の中で、層理面、断層面、層面片理面、節理面は、すべり面と密接に関係し、特に層理面は、地層の境界面であり連続性がよい上に、構成物質の分離面として重要な役割を果たすとしている。

阿部ほか(2006)

- 東北地方～中越地方の第三紀層分布域における地震に伴うすべり面の形成について考察し、地すべりの多くが互層の層理面に沿った流れ盤の岩盤地すべりであり、層理面がすべり面に転化する理由として、層理面のせん断抵抗角が相対的に低く、連続性に富み直線的であることを挙げている。

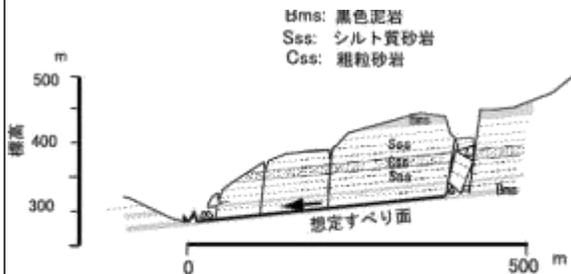


図-6 2004年新潟県中越地震による一ツ峰沢の地すべりの推定断面図(高橋ほか(2005))

野崎(2008)

- 2007年新潟県中越沖地震による斜面崩壊調査において、層理面沿いの岩盤変位現象を多く確認し、聖ヶ鼻地区の斜面崩壊は過去の層面断層あるいは層理面を利用して発生したとし、椎谷鼻地区の斜面崩壊は数mの間隔をおいた複数の層理面(あるいは既往の層面断層)をすべり面として発生したとしている。

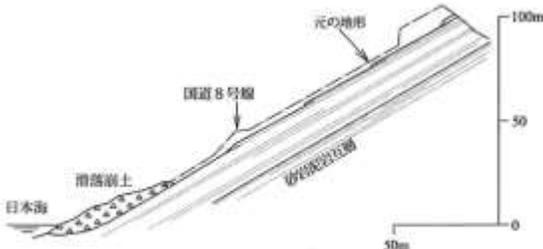


図-3 聖ヶ鼻Aブロック模式断面図

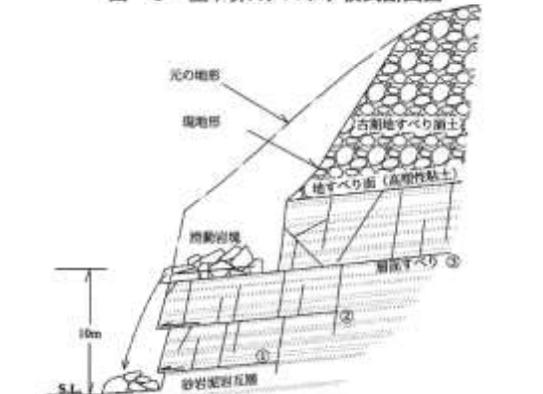


図-5 2007地震による椎谷鼻崩壊斜面の模式断面図

野崎ほか(2015)

- 2008年岩手・宮城内陸地震時に発生した岩盤地すべりについて、既往の層面断層およびシーティング節理がすべり面となったものとし、層理面に沿った複数のほぼ直線的なすべり面を推定している。

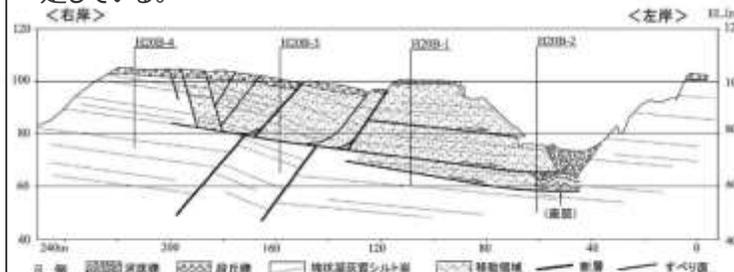


図-9 岩盤変位部の地質断面図

国土技術政策総合研究所・土木研究所(2006)

- 2004年中越地震による塩谷神沢川地すべりについて、地すべり斜面はシルト粘土、強風化泥岩、破碎泥岩、泥岩、砂岩・泥岩互層から成り、数枚のすべり面が推定され、斜面中下部ではほぼ層理面沿いに存在するとしている。

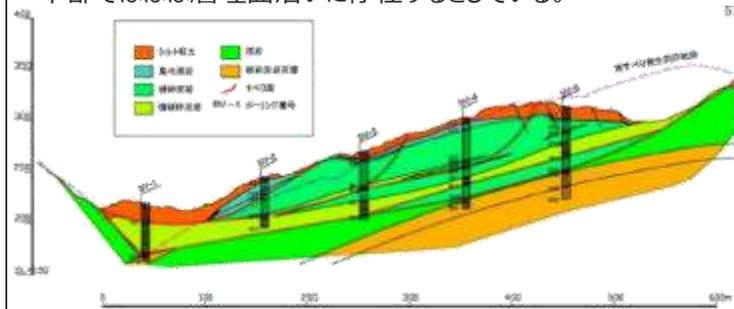


図-4.20 塩谷神沢川地すべり主割線地質断面図

知見(その2) 地すべりの形態について

- 海底地すべりが発生する前の地形的特徴として、斜面堆積物に正断層が認められる場合がある。また、向斜軸のプランジと斜面の傾斜方向が、流れ盤の関係となる開いた向斜軸部に、地すべりが形成される場合がある。(各文献の詳細は、第704回審査会合資料1-3 参考資料参照。)

川村ほか(2017)

- 海底地すべりの形態的特徴は、地形的特徴から一般的に、馬蹄形の窪地によって特徴付けられる滑落ドメイン(headwall domain)、斜面方位に傾斜した軸をもつ横臥褶曲や等斜褶曲が見られる移動ドメイン(translational domain)、短縮変形による凸型地形によって特徴づけられる先端ドメイン(toe domain)に分かれる(図のA)が、南海付加体では移動ドメインや先端ドメインが見られないことが多いとしている。
- また、海底地すべりが滑り落ちる前の地形的特徴として、斜面堆積物に正断層が認められたり、先端部に圧力隆起部が発達したり、上部には開口亀裂が発達する場合があるとしている(図のB)。

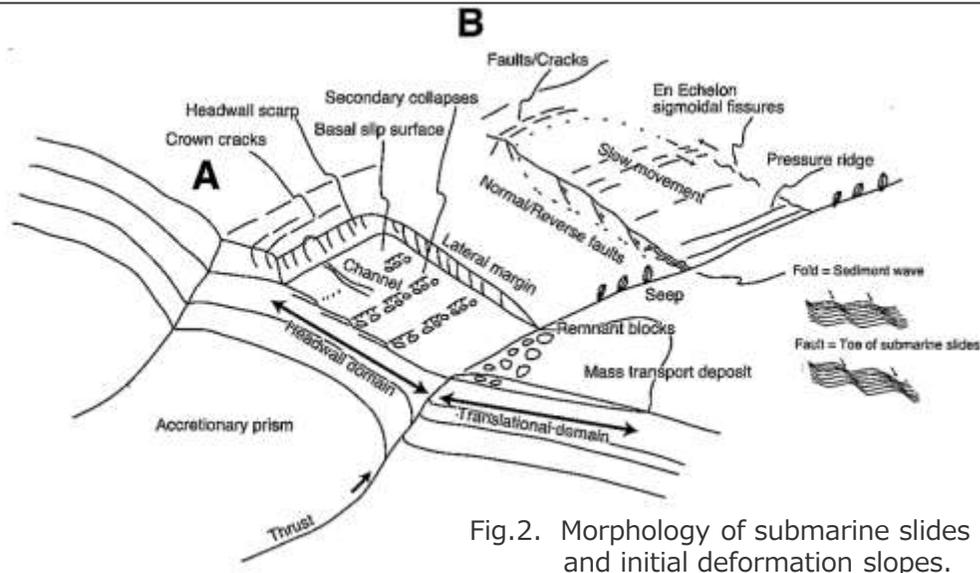


Fig.2. Morphology of submarine slides and initial deformation slopes.

田中ほか(2007)

- 岡山県西部の三畳系成羽層群で多発する地すべりは、褶曲した層理面に規制されることが特徴的であるとし、移動体の移動方向が層理面の傾斜方向である「同斜構造型」と向斜軸のプランジと斜面の傾斜方向が流れ盤の関係となる開いた向斜軸部に形成される「向斜軸型」の二つのタイプが存在するとしている。

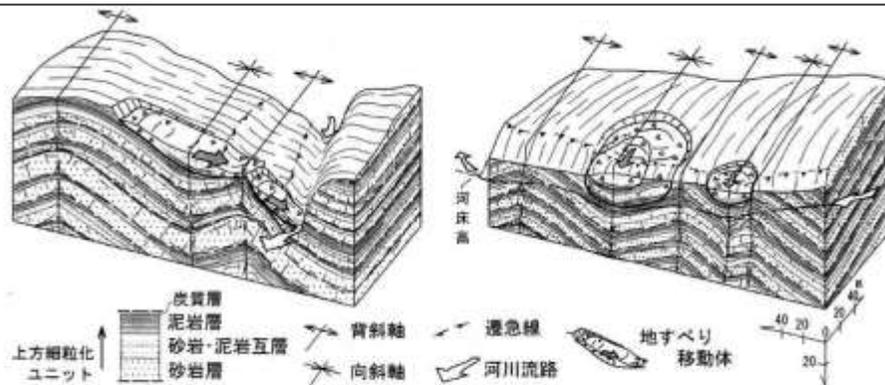


図-12 褶曲構造に規制される2つのタイプの成羽層群地すべり(左は「同斜構造型」、右は「向斜軸型」である)

知見(その3) 地すべり移動体内の構造について

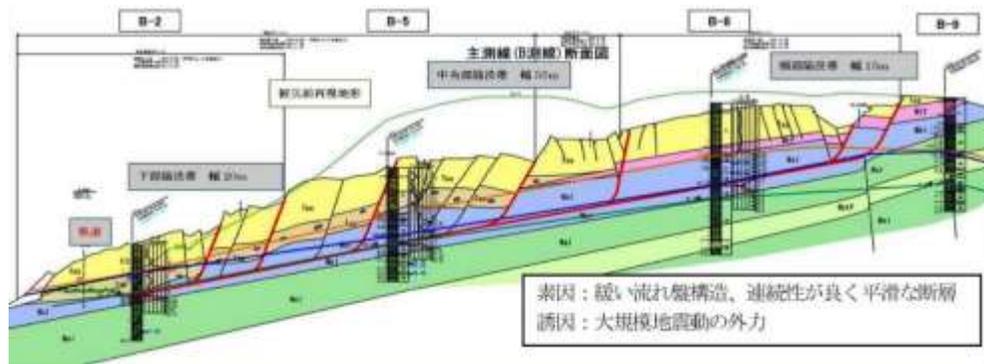
- 地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ、地層が後方回転する（前述のdomino faultsとよく似た形態的特徴が生じる）との知見がある。（各文献の詳細は、第704回審査会合資料1-3 参考資料参照。）

横田ほか(2015)

- 地すべり移動体頭部では通常展張帯となり、並進地すべりでは高角な開口クラック、回転すべりではリストラク正断層となり、移動体は山側に傾斜する。複数のリストラク正断層がほぼ平行に形成されて断層群を成すことも多く、既存割れ目に沿った引張破壊が主体になりブロック化や破碎が生じるとしている。

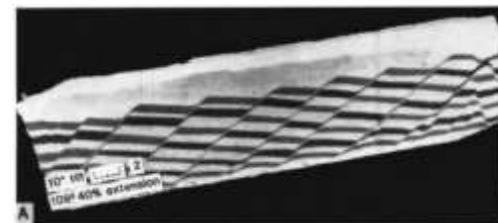
渡邊・中濱(2013)

- 2011年4月に福島県で発生した地震による、県道いわき石川線の地すべりについて、新第三紀の泥岩・凝灰岩中の層面断層が地すべりの地質要因となったとし、移動体内部に平行な正断層群や地層の後方回転を解釈している。



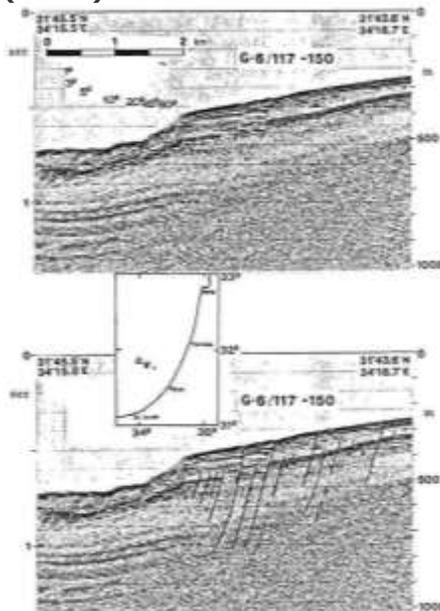
McClay and Ellis(1987)

- 砂箱実験により、引張場における断層の形成現象の再現を試み、平行な正断層群が生じ地層の後方回転が見られたとしている。



Almagor and Garfunkel(1979)

- イスラエル沖の大陸縁辺部の海底地すべりの調査を行い、鮮新世～第四紀の厚い堆積物中に、回転性のスランプ地すべりを確認し、大陸斜面下部の海底下数百mの深さまでほぼ平行に正断層群が存在するが、深部では不明瞭になると解釈している。



Moore et al.(2015)

- 南海トラフ熊野灘沖の前弧海盆中の音波探査記録において、陸側に低角度で傾斜する堆積構造中に、同じく陸側に高角度傾斜する平行な正断層群が推定される。
- 本知見に示される正断層群は、巨大分岐断層に沿う隆起帯の成長等による堆積物の傾動が要因とされ、H断層系とはテクトニクス的な背景は異なり、また海底地すべりとは解釈されていないものの、“隆起に伴う表層付近の地層の傾動によって生じた引張応力によって形成された、地下深部に連続せず、後方回転を伴う一連の平行な正断層群”という観点では同一であり、地すべり移動体中に生じる後方回転を伴う一連の平行な正断層群と類似するため、H断層系の形成要因の考察に資する知見と解釈し、本文中に引用している。



知見(その4) すべり面付近の構造について

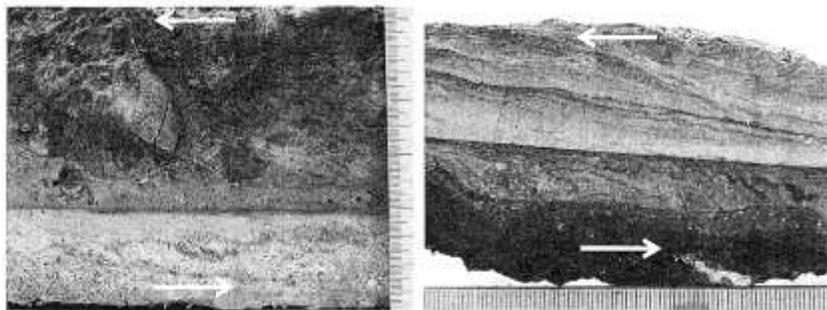
- すべり面の露頭観察の事例によると、すべり面は暗色の薄層として認識され、塑性流動した変形組織が確認できるとの事例がある。(各文献の詳細は、第704回審査会合資料1-3 参考資料参照。)

横田ほか(2015)

- 地すべり移動体において、地すべり面ではせん断破壊が主要な破壊様式になり、すべり面付近にせん断帯が形成されるとしている。

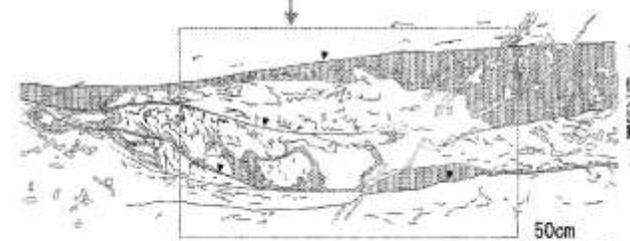
日本地すべり学会 (2013)

- 実際に確認された地すべり面についていくつか事例を紹介するなかで、第三紀層地すべりのすべり面の写真を示し、本地すべり面について、主変位せん断面（写真の厚さ数mmの暗色の薄層）と、その下位に発達する塑性流動した変形組織が確認できるとしている。



下総台地研究グループ (2010)

- 茨城県南東部の行方台地に分布する更新統において、推定旧地表面から深度10m~12mの下位の累層に液状化・側方流動した痕跡（液状化・流動化層）及び、その上位層が小断層群を伴って破壊した現象を確認し、液状化・流動化層中に、暗色の厚さ1~5mmの複数の境界面を認め、これを側方流動による境界面と推定している。



撮影日 側方流動のスケッチ・写真 写真はスケッチ作成時より露頭面を数cm厚削して撮影。
 Fig.8 Sketch and photograph of lateral flow. The photograph was taken after taking the surface away by 2-3cm thick.

知見(その5) 流動層によるすべりについて

- 正断層群の形成と、底部の流動層の存在あるいはすべりとを関連付けている知見がある。(各文献の詳細は、第704回審査会合資料1-2 補足説明資料参照。)

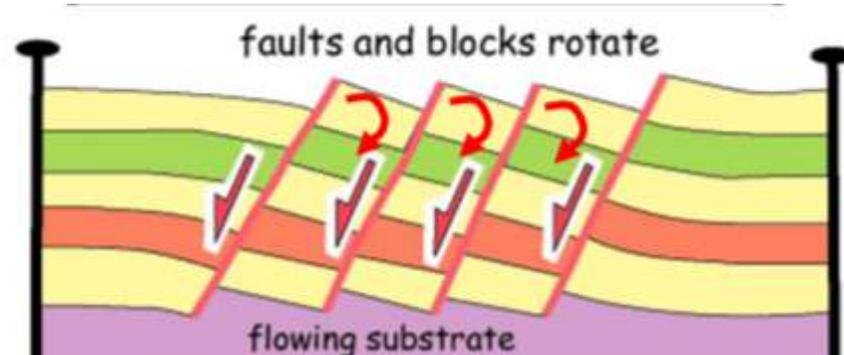
木村ほか (1993)

・大磯丘陵に分布する更新統の二宮層群下田層の大露頭について、上位の地層には断層によるずれが認められるが、下部の地層では断層が認められないとし、層面に沿うすべりに伴い、すべり面より上位の層の中だけに断層ができたとしている。



University of Leeds (HPより)

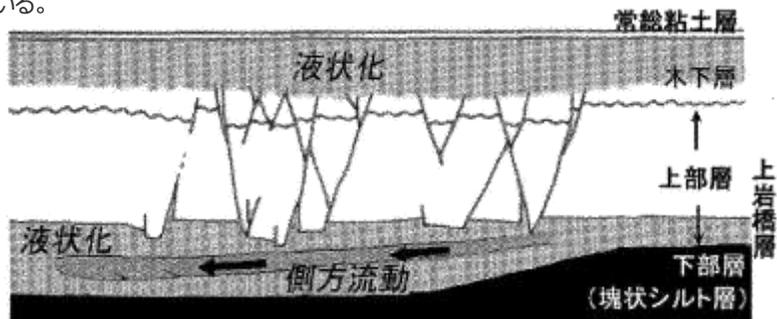
・正断層には、後方回転を伴う平行な断層群があるとし、その断層群の底部を流動層として図示している。



(注) 本知見は、前述のドミノ構造の概念図と同様であるが、下部の流動層の影響で、上部層に正断層群が形成・ブロック毎に後方回転が生じるといふ、地すべりの事例と同様のため、ここに引用した。

下総台地研究グループ (2010)

・茨城県南東部の行方台地に分布する更新統において、深度10m~12mの下位の累層に液状化・側方流動した痕跡と、上位層が小断層群を伴って破壊した現象を確認し、その成因を、基本的には地震動をトリガーとする液状化および側方流動の発生と、これに起因する支持力の低下による上位層の重力的破壊によるものと考察している。

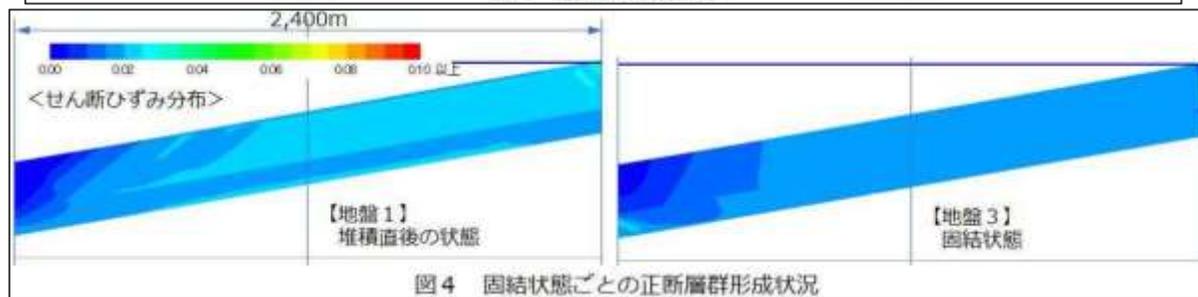
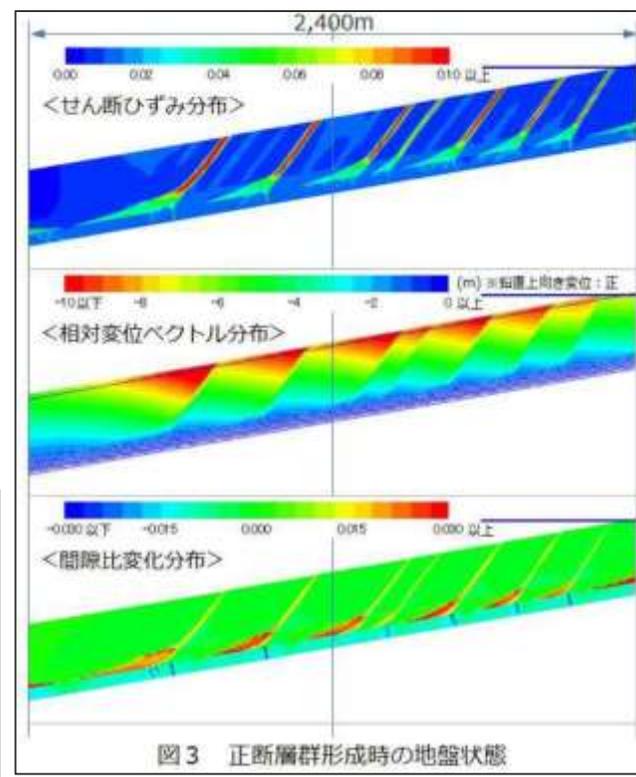
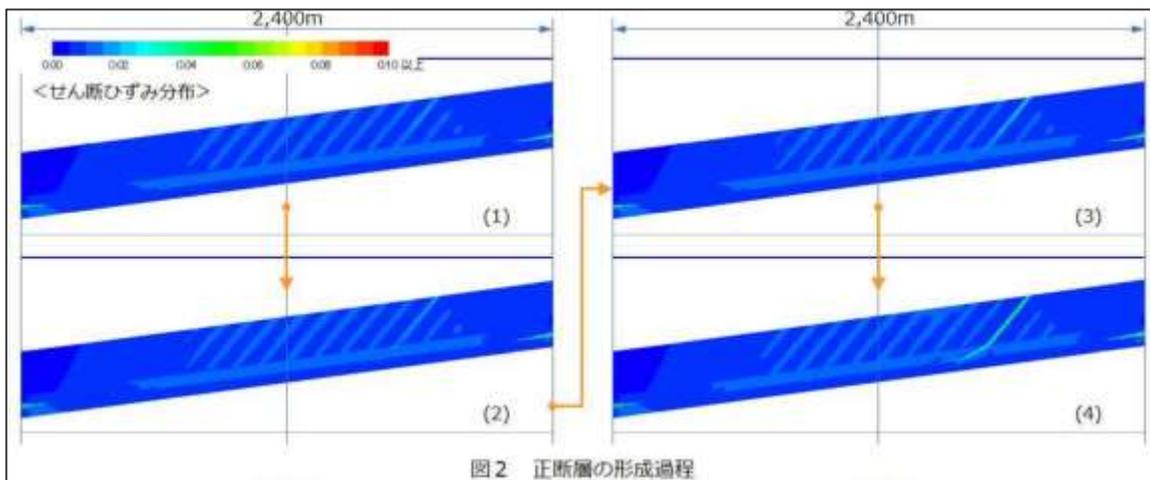


知見(その6) 正断層群形成に関する数値シミュレーションに関する知見 中部電力

- 地盤の固結状況が異なる地盤が傾斜する際の地盤の挙動をシミュレーションし、リストラクチャな正断層群が形成される地盤の固結状況は限定的であるとする知見がある。

山田ほか (2019)

- 土の骨格構造の動きを記述する弾塑性構成式を搭載し慣性力を考慮した水~土骨格連成有限変形解析コードGEOASIAを用い、地盤の続成作用による固結の進行状況が異なる3種類の水平堆積地盤が傾斜する際の地盤の挙動をシミュレーションしている。
- シミュレーションの結果、未固結~半固結状態にある地盤の傾斜が進行すると、せん断ひずみの局所化が進展し、すべり線が地表面から深部に向かって経時的に位置を変えて次々と地盤内に発生しリストラクチャな正断層群が形成され(図2)、最終的にすべり線に沿ってブロックは後方回転し、地盤下層では圧縮領域が広がることによって浅部の変位が吸収され、すべり線は不明確になる(図3)としている。
- また、未固結~半固結状態より軟らかい堆積直後の状態では、地盤は流れるだけであり、それより硬ければ、すべり線は現れない(図4)ことから、リストラクチャな正断層群が形成される地盤物性は「ごく限定的」であることが確かめられたとしている。



4.4(2) 地すべりに関する知見のまとめ

【検討結果】

(2) 地すべりに関する知見

4c 地すべりに関して、層理面や層面すべりを利用した地すべりが生じるとの知見、地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ地層が後方回転するとの知見、地すべり面は塑性流動を伴う暗色の薄層として認められる場合がある等の知見がある。

- 層理面は、地層の境界面であり連続性が良い上に、構成物質の分離面として重要な役割を果たすとされており、層理面や層面すべりにより地すべりが生じた事例がある。
- 海底地すべりが発生する前の地形的特徴として、斜面堆積物に正断層が認められる場合がある。
- 向斜軸のプランジと斜面の傾斜方向が、流れ盤の関係となる開いた向斜軸部に、地すべりが形成される場合がある。
- 地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ地層が後方回転するとの知見がある。
- 地すべり面は、暗色の薄層として認識され、塑性流動した変形組織が確認できる場合がある。
- 正断層群の形成と、底部の流動層の存在あるいはすべりとを関連付けている知見がある。

(検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。)



【考察及び詳細調査の方針】

- 地すべりに関するこれらの知見、及び敷地近傍・敷地深部の調査結果を踏まえ、W25孔のボーリングコアを対象に、すべり面として層理面付近のbedding-slip fault (層理面に平行で、上盤側の地層が層理傾斜と同方向に運動した断層) を想定し、ボーリングコアの詳細観察を行う。➡4.4(3)

(3) 敷地深部のbedding-slip fault

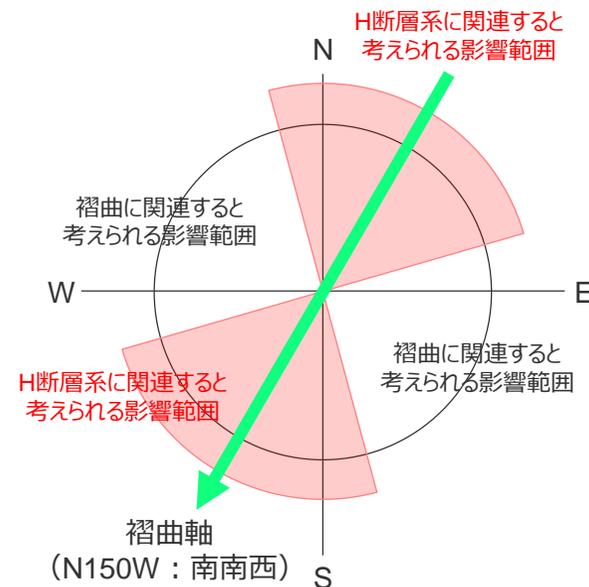
【検討内容】

地すべりの知見と同様な構造が敷地にみられるか確認する。

ボーリングコアの観察結果 (W25孔)

- 検討は、明瞭なBHTVデータが得られる深度（地表～深度650m）を対象に実施した。
- bedding-slip faultの検討にあたっては、コア観察において暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造を確認できる区間を抽出し、CT撮影画像を用いて変形構造が最も明瞭に確認できる断面において、運動センスの検討を行った。
- CT画像を用いた運動センスの検討結果によると、褶曲構造に伴うと考えられる東向き逆断層(flexural-slip fault)が、相良層の上部から下部にかけて分布し、南落ちの正断層センスの構造(bedding-slip fault)が、深度350～450mにかけて分布する。
- H断層系と同センスである南落ちの正断層センスの構造は、地層の後方回転が収束する深度付近に対応している。
- なお、深度450～650mの区間では、コア観察において暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造は確認されなかった。

抽出深度 (m)	変位方位	運動センス	備考(変位方位と運動センスによる評価)
102.70-102.90	東南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
138.00-138.20	東南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
159.45-159.60	東南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
352.05-352.25	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
363.25-363.45	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
381.90-382.05	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
386.80-386.87	南南西	正断層	南落ちの正断層(H断層系と同センスの構造)
388.10-388.25	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
391.30-391.45	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
397.75-398.00	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
437.30-437.40	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
438.15-438.30	南南西	正断層	南落ちの正断層(H断層系と同センスの構造)
450.15-450.50	西南西	正断層	南落ちの正断層(H断層系と同センスの構造)



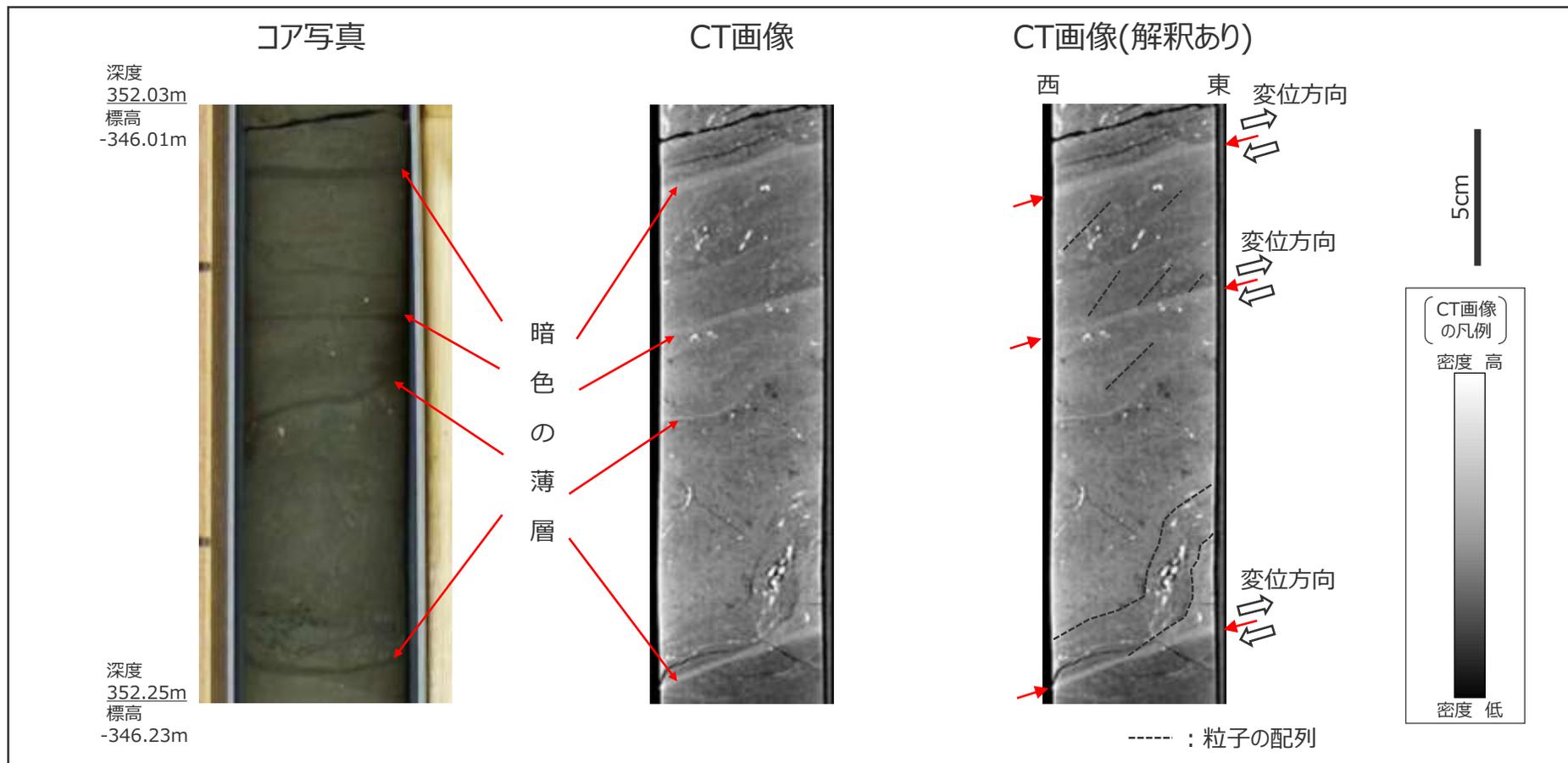
<評価の考え方>

(W25孔の孔口標高:6.02m。
各深度の観察結果の詳細は、第654回審査会合 資料1-3 pp.87～99に示す。)

詳細観察例 (W25孔 標高-350m付近)

- W25孔の標高-350m付近のボーリングコアで確認された暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造の観察結果を示す。
- 暗色の薄層やその周囲は固結しており、暗色の薄層はCT画像からも密度が比較的高いことが確認できる。
- 暗色の薄層に挟まれたゾーンには流動的な変形構造が確認され、CT画像からは砂粒子の配列等により、東向き逆断層センスの構造であることが分かる。

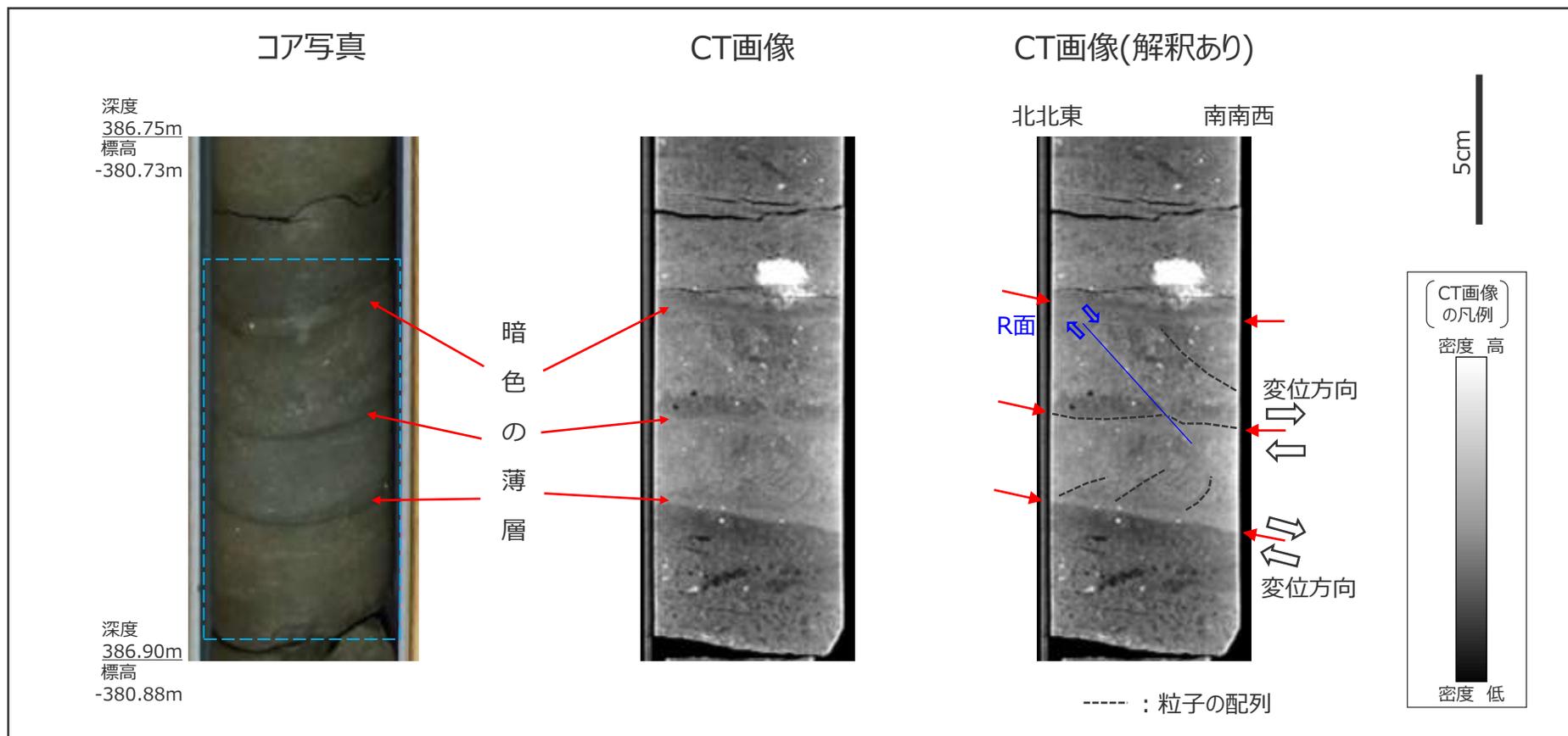
<暗色の薄層 (一例)>



詳細観察例 (W25孔 標高-380m付近)

- W25孔の標高-380m付近のボーリングコアで確認された暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造の観察結果を示す。
- 暗色の薄層やその周囲は固結しており、暗色の薄層はCT画像からも密度が比較的高いことが確認できる。
- 暗色の薄層に挟まれたゾーンには流動的な変形構造が確認され、CT画像からは砂粒子の配列やR面等により、南南西落ちの正断層センスの構造であることが分かる。

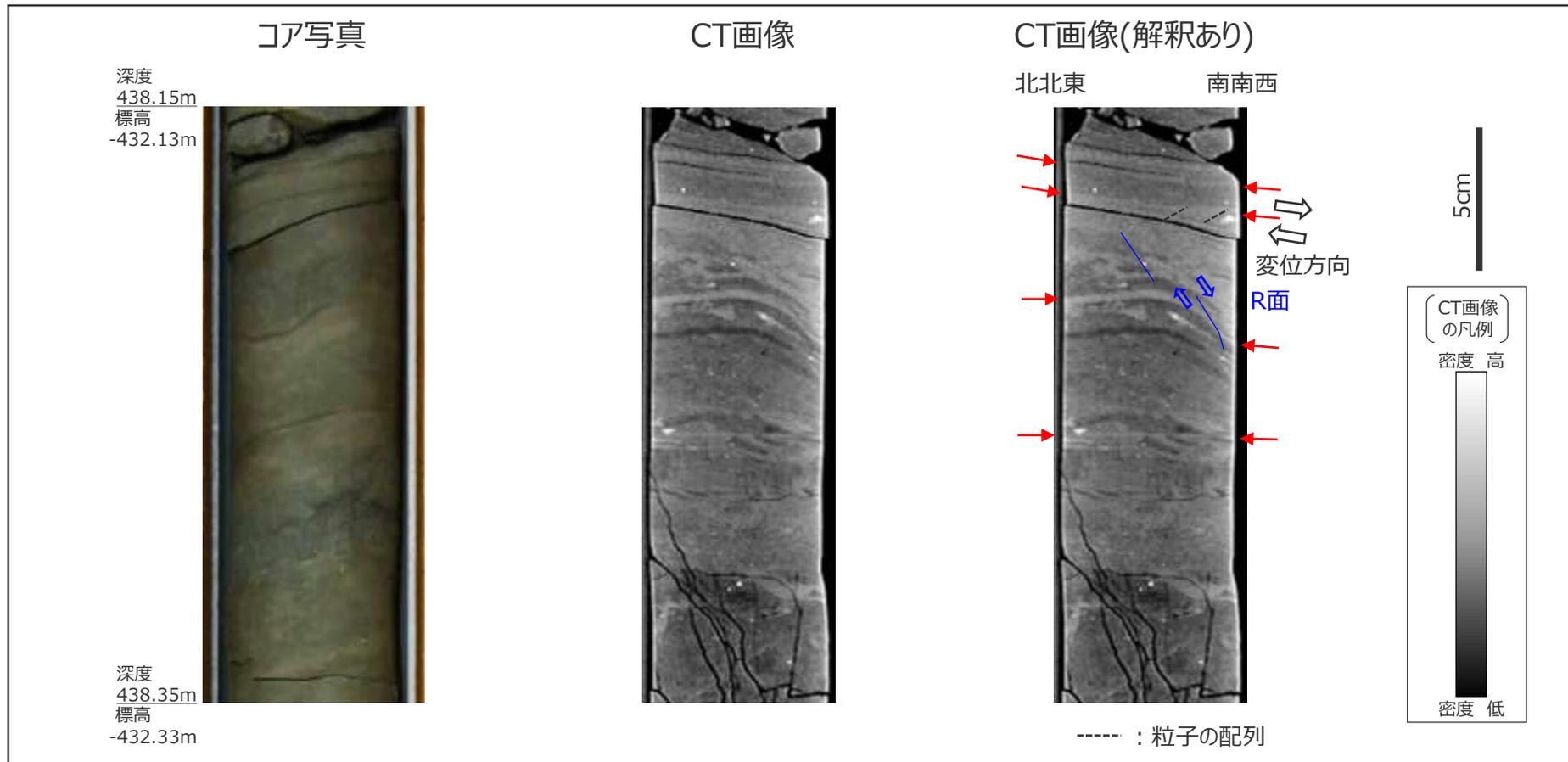
<暗色の薄層 (一例)>



詳細観察例 (W25孔 標高-430m付近)

- W25孔の標高-430m付近のボーリングコアで確認された暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造の観察結果を示す。
- 暗色の薄層やその周囲は固結しており、暗色の薄層はCT画像からも密度が比較的高いことが確認できる。
- 暗色の薄層に挟まれたゾーンやその周囲には、引き延ばされたような変形構造が確認され、CT画像からは砂粒子の配列やR面等により、南南西落ちの正断層センスの構造であることが分かる。

<暗色の薄層 (一例)>



ボーリングコアの観察結果

- W25孔のボーリングコア観察結果において、 bedding-slip faultが、 暗色の薄層に挟まれた南落ち正断層センスの運動方向を示す流動的な変形構造として、 地層の走向傾斜が変化するゾーンに対応していることを踏まえ、 W15孔、 W26孔、 No.8孔、 No.9孔及び6110孔においても、 地層の走向傾斜が変化するゾーンを対象として同様の検討を行った。
- bedding-slip faultの検討にあたっては、 コア観察において暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造を確認できる区間を抽出し、 W15孔、 W26孔についてはCT撮影画像を用いて変形構造が最も明瞭に確認できる断面において、 運動センスの検討を行った。
- 検討結果の一覧を下記に示す。
- W15孔、 W26孔においても、 地層の後方回転が収束する深度付近に、 W25孔と同様なbedding-slip faultが認められる。
- No.8孔やNo.9孔は、 BHTVデータがないため運動センスは不明であるものの、 暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造が確認された。

＜CT撮影画像より運動センスを評価した孔＞

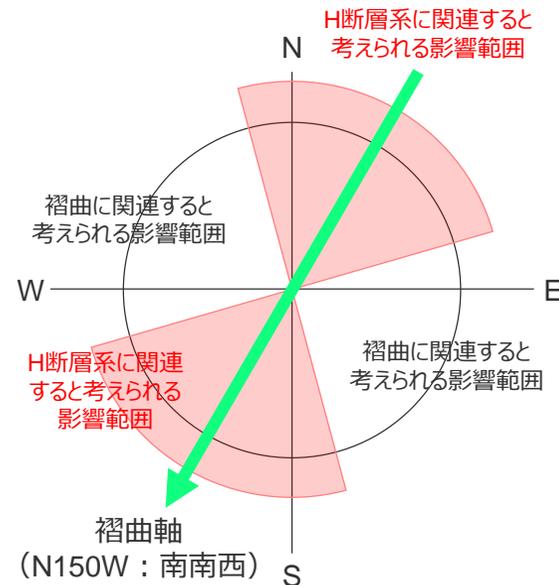
	抽出深度 (m)	変位方位	運動センス	備考 (変位方位と運動センスによる評価)
W15	292.10-292.20	南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	320.05-320.15	東南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	338.75-338.95	東南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	342.45-342.55	南東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	345.85-345.95	東	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	390.65-390.90	西南西	正断層	南落ちの正断層(H断層系と同センスの構造)
W26	280.05-280.15	西南西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	323.10-323.20	西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	323.65-323.75	西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	326.30-326.40	西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	359.90-360.00	西北西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	365.90-366.00	西南西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層
	399.50-399.85	南西	正断層	南落ちの正断層(H断層系と同センス)
	435.35-435.55	西北西	逆断層	褶曲構造に伴うと考えられる逆断層

＜コア観察より流動変形構造を抽出した孔＞

	抽出深度(m)		抽出深度(m)		抽出深度(m)
No.8孔	361.35-361.45	No.9孔	379.30-379.40	6110孔	138.75-138.80
	394.50-394.60		379.75-379.85		146.85-146.95
			380.60-380.70		148.95-149.00

各孔の孔口標高
 W15孔：40.27m
 W26孔：10.57m
 No.8孔：6.35m
 No.9孔：5.86m
 6110孔：21.12m

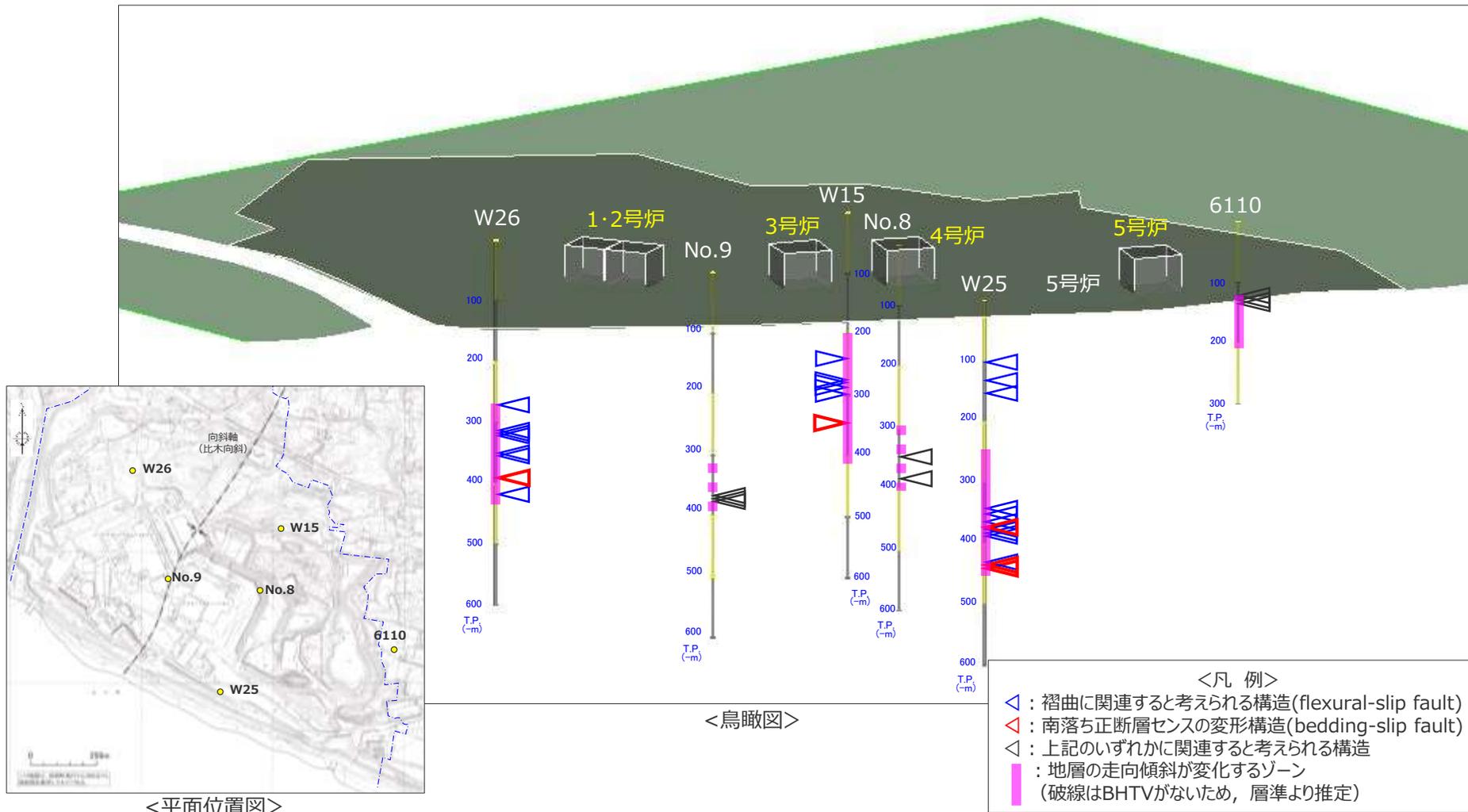
(各孔、各深度の観察結果の詳細は、第654回審査会合 資料1-3 pp.100～116に示す。)



＜評価の考え方＞

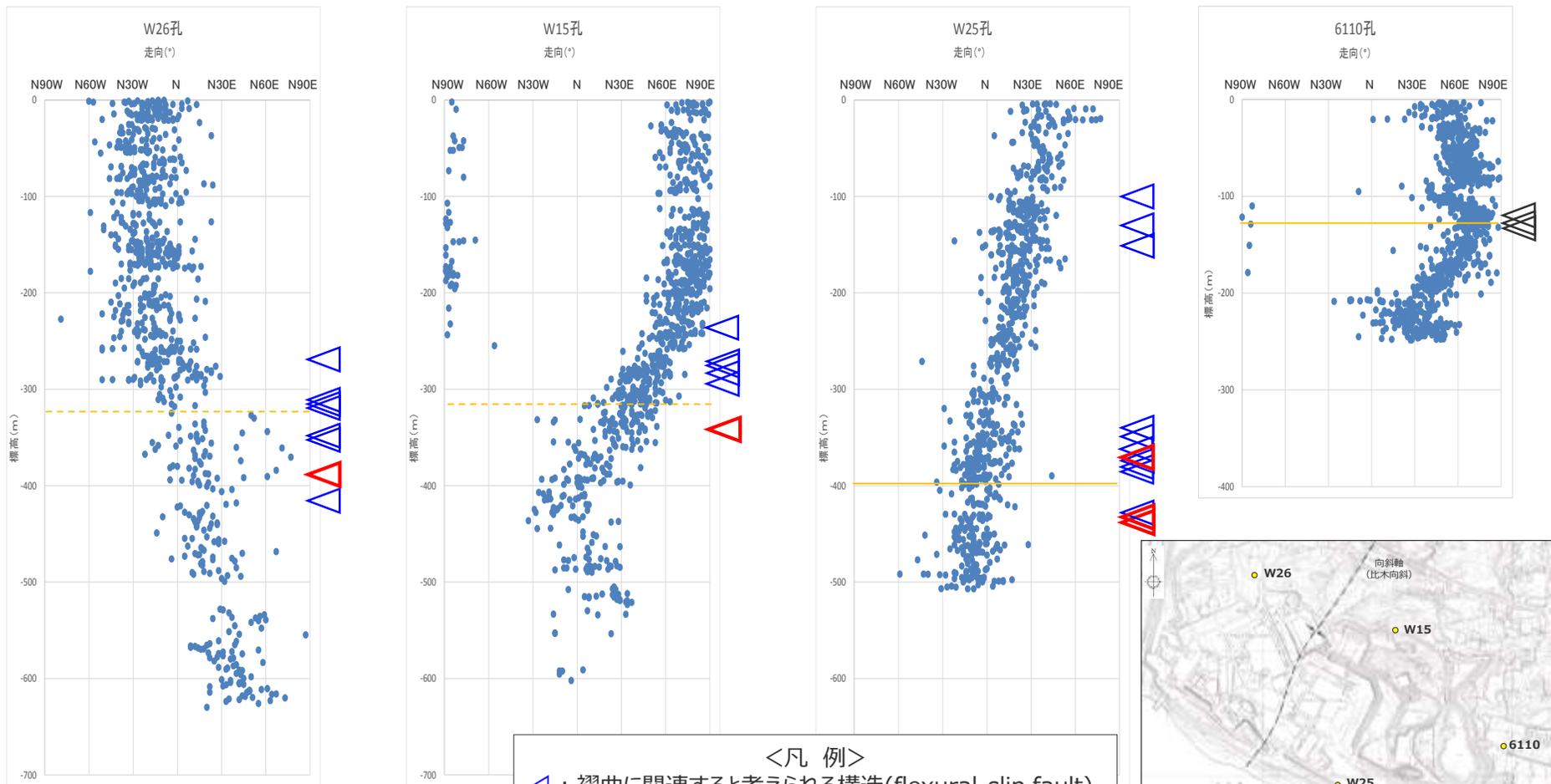
流動的な変形構造を伴う薄層の分布状況（その1）

- 流動的な変形構造を伴う薄層の検討結果を下図に示す。
- BHTVデータとCT撮影画像により運動センスの検討を実施したW15孔, W25孔, W26孔では、いずれの孔においても、南落ち正断層センスの変形構造（bedding-slip fault）が、地層の後方回転が収束する深度付近に分布している。



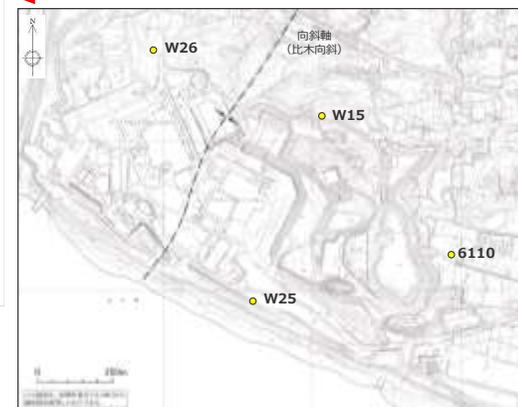
流動的な変形構造を伴う薄層の分布状況（その2）

- W25, W15, W26, 6110孔の結果について、走向傾斜分布グラフとの対応を下図に示す。
- 南落ち正断層センスの変形構造(bedding-slip fault)は、いずれも地層の後方回転が収束する深度付近に対応し、それはいずれもK-6凝灰岩付近の層準に対応する。



— K-6凝灰岩層※
※破線は前後の層準からの推定

<凡 例>
 ◁ : 褶曲に関連すると考えられる構造(flexural-slip fault)
 ▷ : 南落ち正断層センスの変形構造(bedding-slip fault)
 ◁ : 上記のいずれかに関連すると考えられる構造



4.4(3) 敷地深部のbedding-slip faultのまとめ

【検討結果】

(3) 敷地深部のbedding-slip fault

- 4d 南落ち正断層センスで固結した流動的な変形構造を示すbedding-slip faultが標高-400m程度周辺に広がりを持って分布している。
- W25孔では、ボーリングコアのCT画像撮影による詳細検討を行った結果、敷地深部の標高-350~-450m付近において、暗色の薄層に挟まれた南落ち正断層センスの運動方向を示す流動的な変形構造が複数認められ、これらはbedding-slip fault（層理面に平行で、上盤側の地層が層理傾斜と同方向に運動した断層）と考えられる。それ以外の深度に認められる同様な変形構造は逆断層センスを示し、これらは褶曲構造に伴うflexural-slip faultと考えられる。
 - bedding-slip faultは、CT画像撮影による詳細検討を行ったW15孔、W26孔においても同様の深度、層準付近に認められる。
 - また、No.8孔やNo.9孔は、BHTVデータがないため運動センスは不明であるものの、暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造が同様の深度に確認され、これらの一部はbedding-slip faultの可能性が考えられる。
 - このbedding-slip faultは、地層の後方回転が収束する深度付近に分布し、K-6凝灰岩付近の層準に対応している。
 - このbedding-slip faultは、固結している。

（検討結果の段落番号は、章末のまとめスライドと対応している。）

4.4 H断層系の形成要因のまとめ その1

【検討結果】

(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造

4a 断層活動や火山活動，地すべりに伴い正断層群が形成されるとの知見がある。

- ・ 並走する同傾向の正断層群は，他の断層活動や火山活動，地すべりといった地質学的場において形成されるとの知見がある。

4b 敷地近傍にはH断層系との関連が想定される火山活動や活断層は認められない。

- ・ 敷地近傍には，H断層系と近接し，走向がH断層系と同傾向の活断層，活撓曲等や火山活動は認められない。
- ・ 敷地周辺は，概ね北西－南東方向の圧縮歪が卓越する。

(2) 地すべりに関する知見

4c 地すべりに関して，層理面や層面すべりを利用した地すべりが生じるとの知見，地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ地層が後方回転するとの知見，地すべり面は塑性流動を伴う暗色の薄層として認められる場合がある等の知見がある。

- ・ 層理面は，地層の境界面であり連続性が良い上に，構成物質の分離面として重要な役割を果たすとされており，層理面や層面すべりにより地すべりが生じた事例がある。
- ・ 海底地すべりが発生する前の地形的特徴として，斜面堆積物に正断層が認められる場合がある。
- ・ 向斜軸のプランジと斜面の傾斜方向が，流れ盤の関係となる開いた向斜軸部に，地すべりが形成される場合がある。
- ・ 地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ地層が後方回転するとの知見がある。
- ・ 地すべり面は，暗色の薄層として認識され，塑性流動した変形組織が確認できる場合がある。
- ・ 正断層群の形成と，底部の流動層の存在あるいはすべりとを関連付けている知見がある。

(3) 敷地深部のbedding-slip fault

4d 南落ち正断層センスで固結した流動的な変形構造を示すbedding-slip faultが標高-400m程度周辺に広がりを持って分布している。

- ・ W25孔では，ボーリングコアのCT画像撮影による詳細検討を行った結果，敷地深部の標高-350～-450m付近において，暗色の薄層に挟まれた南落ち正断層センスの運動方向を示す流動的な変形構造が複数認められ，これらはbedding-slip fault（層理面に平行で，上盤側の地層が層理傾斜と同方向に運動した断層）と考えられる。それ以外の深度に認められる同様な変形構造は逆断層センスを示し，これらは褶曲構造に伴うflexural-slip faultと考えられる。
- ・ bedding-slip faultは，CT画像撮影による詳細検討を行ったW15孔，W26孔においても同様の深度，層準付近に認められる。
- ・ また，No.8孔やNo.9孔は，BHTVデータがないため運動センスは不明であるものの，暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造が同様の深度に確認され，これらの一部はbedding-slip faultの可能性が考えられる。
- ・ このbedding-slip faultは，地層の後方回転が収束する深度付近に分布し，K-6凝灰岩付近の層準に対応している。
- ・ このbedding-slip faultは，固結している。

（検討結果の段落番号は，章末のまとめスライドと対応している。）

4.4 H断層系の形成要因のまとめ その2

【検討結果（前頁 まとめ その1 抜粋再掲）】

(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造

4a 断層活動や火山活動，地すべりに伴い正断層群が形成されるとの知見がある。

4b 敷地近傍にはH断層系との関連が想定される火山活動や活断層は認められない。

(2) 地すべりに関する知見

4c 地すべりに関して，層理面や層面すべりを利用した地すべりが生じるとの知見，地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ地層が後方回転するとの知見，地すべり面は塑性流動を伴う暗色の薄層として認められる場合がある等の知見がある。

(3) 敷地深部のbedding-slip fault

4d 南落ち正断層センスで固結した流動的な変形構造を示すbedding-slip faultが標高-400m程度周辺に広がりを持って分布している。

(検討結果の段落番号は，章末のまとめスライドと対応している。)

【検討結果（4.3のまとめ 抜粋再掲）】

4.3(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討（大深度ボーリング調査等）

3d 汀線より陸側2km程度の敷地北側から沖合1km程度にかけて，標高-200m程度以浅において地層の後方回転が認められる。この後方回転は標高-400m程度にかけて徐々に収束していく。

【評価】

上記調査結果より，H断層系の形成要因について以下の通り評価する

- 他の断層活動や火山活動に伴い形成された構造ではなく（検討結果4a,4b），相良層堆積後の未固結～半固結の時代に浅部の堆積物のすべりに伴いすべり移動体内に形成された正断層群であると考えられる（検討結果4a,4b,4c,4d,3d）。

4.1～4.4のまとめ

H断層系は、いずれも、東西走向の南に開いた緩い弧状を呈し等間隔で並走する南傾斜で南落ちのほぼ同じ落差を持つ正断層群で、露頭における断層面周辺の構造、ブロック試料及び薄片における断層面及びその近傍の構造等の詳細な性状は類似しており、断層の細粒物質の鉱物組成等にも類似性が認められる（分布形態、性状の類似性）。そして、その性状は流動的な変形構造を呈すること等から、H断層系は相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成され（形成時代の同時性）、断層面は平面的ではなく破碎を示す構造は認められないこと等から、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと考えられる。

H断層系は、汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されており、少なくとも沖合2km程度より遠方には分布していない。深部方向への連続性についてみると、相良層の上端付近にあたる標高-300～-400m付近に分布する凝灰岩層は大きく層間を短縮することなく連続しているものと推定されること、反射法地震探査においてもほぼ同層準に比較的連続性のよい強反射面が認められること、同層準付近に深にはH断層系と同一の性状を有する断層は認められないことから、同層準付近より深部の砂岩比率の高い相良層までは連続しないものと推定される。一方、H断層系が確認されている範囲と概ね対応した汀線より陸側2km程度から沖合1km程度にかけて標高-200m程度以浅の地層には後方回転が認められる。この後方回転は少なくとも標高-400m程度以深においては認められなくなり、H断層系による地層の変位がほとんど認められなくなる深度や浅部では多く見られた幅の大きな断層がほとんど見られなくなる深度と比較的良く対応している。これらのことから、H断層系は敷地から前面海域の浅部にかけて分布し深部まで連続しないものと推定される（分布範囲の局所性）。

一方、正断層群のうち、domino faultsは、断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で同じ傾斜・変位量を持つ平行な正断層群という形態的特徴を持ち、すべての断層は同時に活動する、とされている。H断層系の分布、深部構造による調査結果はこのdomino faultsの形態的特徴をすべて有し、H断層系のそれ以外の形態的な特徴や性状による評価はdomino faultsの特徴と矛盾しない。

これらのことから、分布形態・性状の類似性、形成時代の同時性及び分布範囲の局所性が認められ、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群と考えられるH断層系は、domino faultsと同様なすべての断層が同時に活動する断層群であり、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと評価する。

H断層系のような並走する同傾向の正断層群は、他の断層活動や火山活動、地すべりといった地質学的場において形成されるとの知見がある。しかしながら、H断層系は深部に連続することなく敷地及び敷地近傍の浅部に限って分布するものと考えられ、敷地近傍には、累積性を有し走向がH断層系と同傾向を示す活断層は認められず、火山活動も見られない。これらのことから、H断層系は、他の断層活動や火山活動に伴い形成された構造ではないものと考えられる。

一方、地すべりに関する知見として、地層境界をすべり面とした地すべりが生ずる、地すべり移動体内に正断層群が生じ地層が後方回転する（domino faultsとよく似た形態的特徴が生じる）、地すべり面は暗色の薄層として認識され塑性流動した変形組織が確認できる場合がある等があるが、前述の地層の後方回転が収束する深度付近の相良層の一部の地層境界に、暗色の薄層に挟まれた南落ち正断層センスの運動方向を示す流動的な変形構造が広がりを持って認められることは、それら地すべりに関する知見と整合する。これらのことから、H断層系は浅部の堆積物のすべりに伴いすべり移動体内に形成された正断層群であると考えられ、分布・性状・深部地質構造の調査・分析結果による、H断層系はdomino faultsと同様な断層群とする評価を支持する。

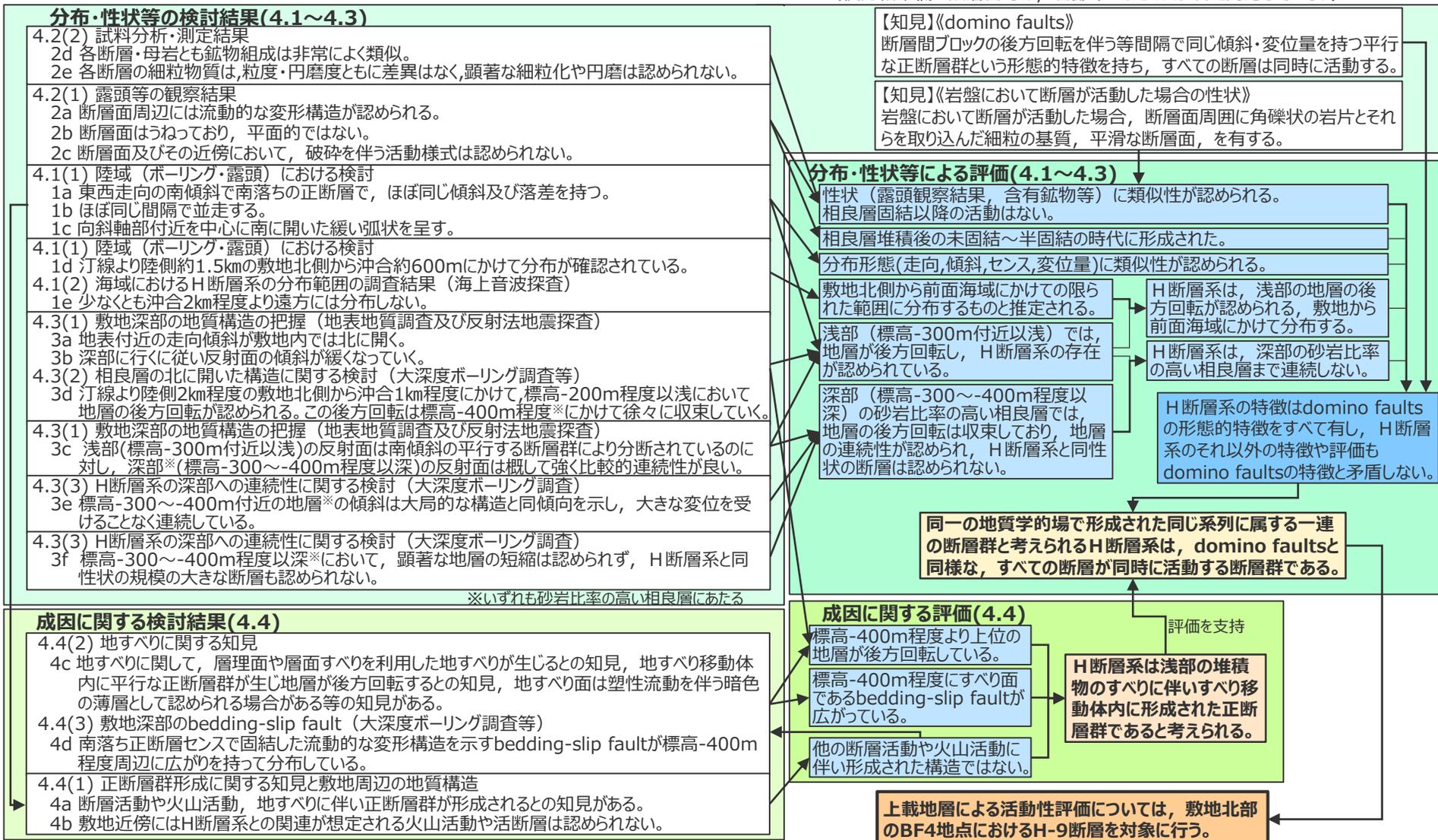


上記の通り、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群と考えられるH断層系は、domino faultsと同様な、すべての断層が同時に活動する断層群であると評価する。この評価は、浅部の堆積物のすべりに伴う正断層群とする形成要因からも支持される。

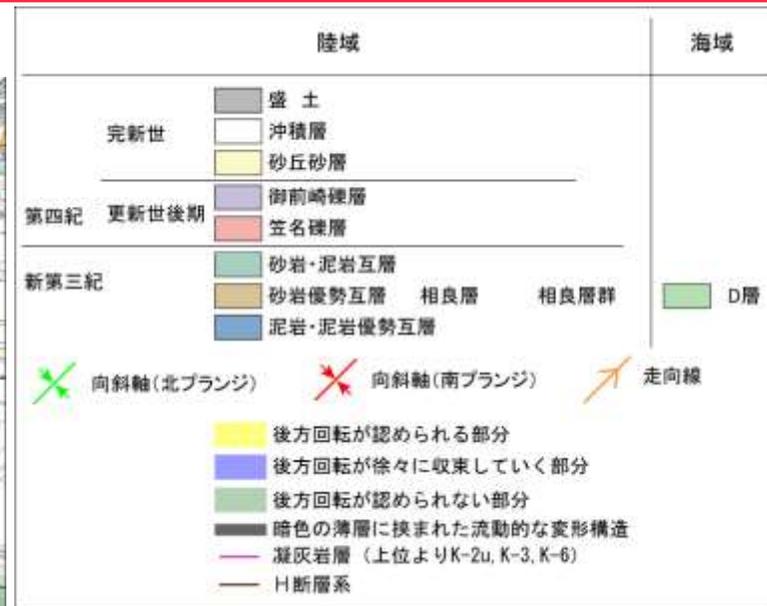
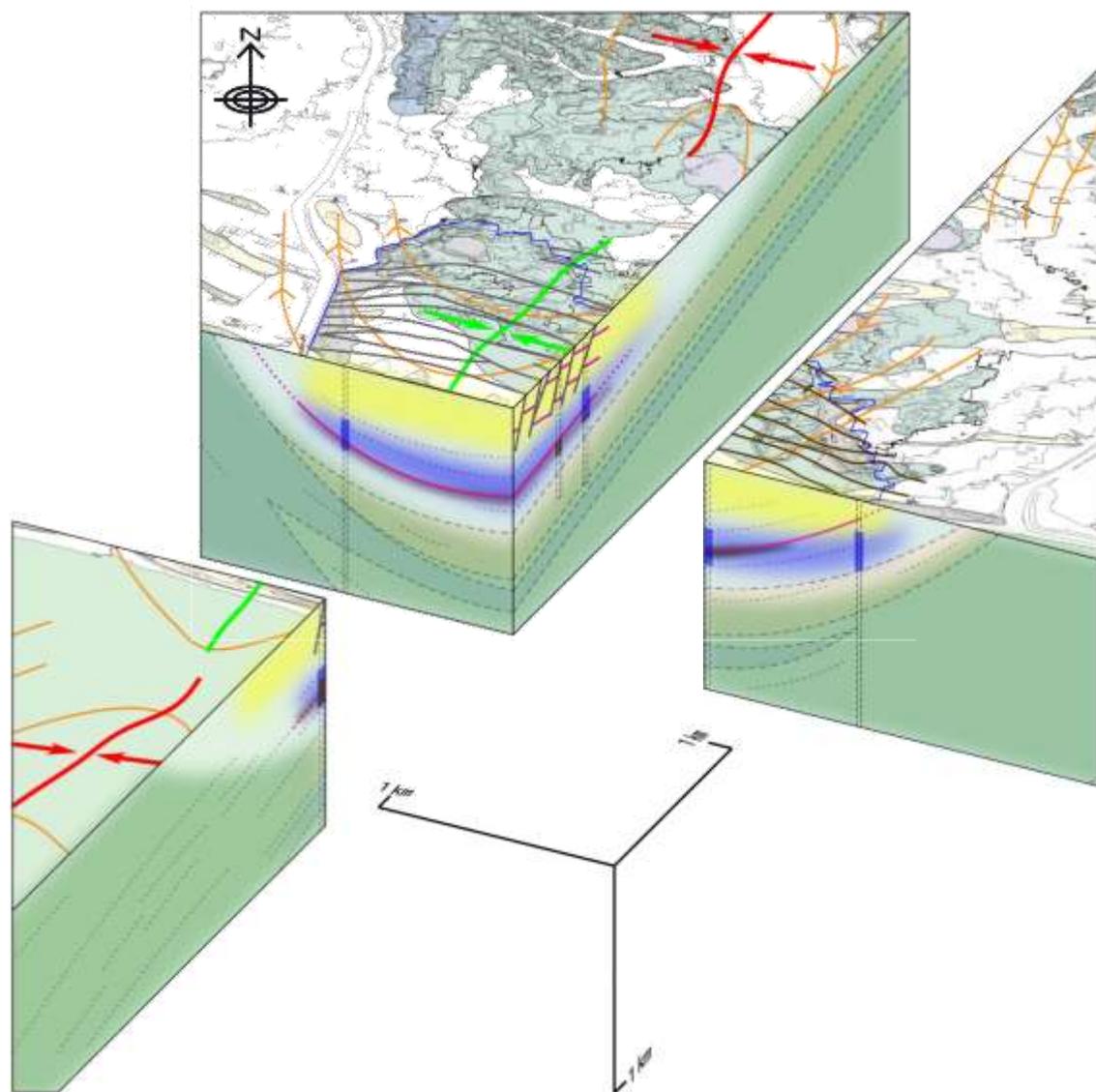
したがって、H断層系に属するどの断層においても活動性は同一の評価となるものと考えられることから、上載地層による活動性評価は、敷地北部のBF4地点におけるH-9断層を対象に行う。

4.1～4.4のまとめ（成因も含めたH断層系をdomino faultsとする検討・評価の関連）

（検討結果欄の段落番号は、各節末のまとめスライドと対応している。）



(参考) 敷地深部の地質構造のイメージ



敷地及び敷地前面海域の相良層は以下の構造を呈しているものと推定される。

- 地表から標高-200m程度にかけて、H断層系が分布し地層が後方回転している。それ以深、地層の後方回転は徐々に収束し、標高-400m程度付近以深の地層は後方回転していないものと推定される。
- K-6凝灰岩層は地層の後方回転が徐々に収束する部分に位置し、大きな変位を生じることなく連続的に分布しているものと推定される。
- 暗色の薄層に挟まれた流動的な変形構造が、地層の後方回転が徐々に収束する部分にある程度の広がり有し分布するものと推定される。



H断層系の活動性評価のまとめ

H断層系の活動性評価のまとめ (1/2)

敷地の相良層に認められるH断層系について、分布、性状、地下深部及び上載地層に基づく調査結果から、以下の通り評価する。

【H断層系の特徴】

H断層系は、いずれも、東西走向の南に開いた緩い弧状を呈し等間隔で並走する南傾斜で南落ちのほぼ同じ落差を持つ正断層群で、露頭における断層面周辺の構造、ブロック試料及び薄片における断層面及びその近傍の構造等の詳細な性状は類似しており、断層の細粒物質の鉱物組成等にも類似性が認められる（分布形態、性状の類似性）。そして、その性状は流動的な変形構造を呈すること等から、H断層系は相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成され（形成時代の同時性）、断層面は平面的ではなく破碎を示す構造は認められないこと等から、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと考えられる。

H断層系は、汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されており、少なくとも沖合2km程度より遠方には分布していない。深部方向への連続性についてみると、相良層の上端付近にあたる標高-300~-400m付近に分布する凝灰岩層は大きく層間を短縮することなく連続しているものと推定されること、反射法地震探査においてもほぼ同層準に比較的連続性のよい強反射面が認められること、同層準付近以深にはH断層系と同一の性状を有する断層は認められないことから、同層準付近より深部の砂岩比率の高い相良層までは連続しないものと推定される。一方、H断層系が確認されている範囲と概ね対応した汀線より陸側2km程度から沖合1km程度にかけて標高-200m程度以浅の地層には後方回転が認められる。この後方回転は少なくとも標高-400m程度以深においては認められなくなり、H断層系による地層の変位がほとんど認められなくなる深度や浅部では多く見られた幅の大きな断層がほとんど見られなくなる深度と比較的良く対応している。これらのことから、H断層系は敷地から前面海域の浅部にかけて分布し深部まで連続しないものと推定される（分布範囲の局所性）。

【正断層の一般的特徴とH断層系の特徴との対比】

一方、正断層群のうち、domino faultsは、断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で同じ傾斜・変位量を持つ平行な正断層群という形態的特徴を持ち、すべての断層は同時に活動する、とされている。H断層系の分布、深部構造による調査結果はこのdomino faultsの形態的特徴をすべて有し、H断層系のそれ以外の形態的な特徴や性状による評価はdomino faultsの特徴と矛盾しない。

【H断層系の活動の同時性に関する評価】

これらのことから、分布形態・性状の類似性、形成時代の同時性及び分布範囲の局所性が認められ、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群と考えられるH断層系は、domino faultと同様なすべての断層が同時に活動する断層群であり、相良層が固結して以降新たな活動は生じていないものと評価する。

(次頁に続く)

H断層系の活動性評価のまとめ (2/2)

(前頁より続き)

【H断層系の形成要因を踏まえた上記評価の確認】

H断層系のような並走する同傾向の正断層群は、他の断層活動や火山活動、地すべりといった地質学的場において形成されるとの知見がある。しかしながら、H断層系は深部に連続することなく敷地及び敷地近傍の浅部に限って分布するものと考えられ、敷地近傍には、累積性を有し走向がH断層系と同傾向を示す活断層は認められず、火山活動も見られない。これらのことから、H断層系は、他の断層活動や火山活動に伴い形成された構造ではないものと考えられる。

一方、地すべりに関する知見として、地層境界をすべり面とした地すべりが生ずる、地すべり移動体内に正断層群が生じ地層が後方回転する（domino faultsとよく似た形態的特徴が生じる）、地すべり面は暗色の薄層として認識され塑性流動した変形組織が確認できる場合がある等があるが、前述の地層の後方回転が収束する深度付近の相良層の一部の地層境界に、暗色の薄層に挟まれた南落ち正断層センスの運動方向を示す流動的な変形構造が広がりを持って認められることは、それら地すべりに関する知見と整合する。これらのことから、H断層系は浅部の堆積物のすべりに伴いすべり移動体内に形成された正断層群であると考えられ、分布・性状・深部地質構造の調査・分析結果による、H断層系はdomino faultsと同様な断層群とする評価を支持する。

【上載地層による活動性評価対象断層の選定及び評価】

このように、同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群と考えられるH断層系は、domino faultsと同様な、すべての断層が同時に活動する断層群であると評価され、H断層系に属するどの断層においても活動性は同一の評価となるものと考えられることから、上載地層による活動性評価は、敷地北部のBF4地点におけるH-9断層を対象に行った。その結果、H-9断層が後期更新世（約12～13万年前）の堆積物である古谷泥層に対比される泥層に変位・変形を与えていないことから、H-9断層は、後期更新世（約12～13万年前）以降活動していないものと判断される。

【H断層系の活動性評価】

以上のことから、H断層系の活動時期はその性状から相良層が固結するよりも前と考えられるものの、上載地層による活動性評価によっても、H断層系は後期更新世（約12～13万年前）以降活動していないものと判断される。

したがって、H断層系は「将来活動する可能性のある断層等」に該当しないものと評価する。

H断層系の活動性評価のまとめ

(検討結果欄の段落番号は、本編各節末のまとめスライドと対応している。)

中部電力

分布・性状等の検討結果(4.1~4.3)

- 4.2(2) 試料分析・測定結果
 - 2d 各断層・母岩とも鉱物組成は非常によく類似。
 - 2e 各断層の細粒物質は、粒度・円磨度ともに差異はなく、顕著な細粒化や円磨は認められない。
- 4.2(1) 露頭等の観察結果
 - 2a 断層面周辺には流動的な変形構造が認められる。
 - 2b 断層面はうねっており、平面的ではない。
 - 2c 断層面及びその近傍において、破碎を伴う活動様式は認められない。
- 4.1(1) 陸域（ボーリング・露頭）における検討
 - 1a 東西走向の南傾斜で南落ちの正断層で、ほぼ同じ傾斜及び落差を持つ。
 - 1b ほぼ同じ間隔で並走する。
 - 1c 向斜軸部付近を中心に南に開いた緩い弧状を呈す。
- 4.1(1) 陸域（ボーリング・露頭）における検討
 - 1d 汀線より陸側約1.5kmの敷地北側から沖合約600mにかけて分布が確認されている。
- 4.1(2) 海域におけるH断層系の分布範囲の調査結果（海上音波探査）
 - 1e 少なくとも沖合2km程度より遠方には分布しない。
- 4.3(1) 敷地深部の地質構造の把握（地表地質調査及び反射法地震探査）
 - 3a 地表付近の走向傾斜が敷地内では北に開く。
 - 3b 深部に行くに従い反射面の傾斜が緩くなっていく。
- 4.3(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討（大深度ボーリング調査等）
 - 3d 汀線より陸側2km程度の敷地北側から沖合1km程度にかけて、標高-200m程度以浅において地層の後方回転が認められる。この後方回転は標高-400m程度*にかけて徐々に収束していく。
- 4.3(1) 敷地深部の地質構造の把握（地表地質調査及び反射法地震探査）
 - 3c 浅部(標高-300m付近以浅)の反射面は南傾斜の平行する断層群により分断されているのに対し、深部*(標高-300~-400m程度以深)の反射面は概して強く比較的連続性が良い。
- 4.3(3) H断層系の深部への連続性に関する検討（大深度ボーリング調査）
 - 3e 標高-300~-400m付近の地層*の傾斜は大局的な構造と同傾向を示し、大きな変位を受けることなく連続している。
- 4.3(3) H断層系の深部への連続性に関する検討（大深度ボーリング調査）
 - 3f 標高-300~-400m程度以深*において、顕著な地層の短縮は認められず、H断層系と同性状の規模の大きな断層も認められない。

*いずれも砂岩比率の高い相良層にあたる

【知見】《domino faults》
断層間ブロックの後方回転を伴う等間隔で同じ傾斜・変位量を持つ平行な正断層群という形態的特徴を持ち、すべての断層は同時に活動する。

【知見】《岩盤において断層が活動した場合の性状》
岩盤において断層が活動した場合、断層面周囲に角礫状の岩片とそれらを取り込んだ細粒の基質、平滑な断層面、を有する。

分布・性状等による評価(4.1~4.3)

- 性状（露頭観察結果、含有鉱物等）に類似性が認められる。
- 相良層固結以降の活動はない。
- 相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成された。
- 分布形態(走向,傾斜,センス,変位量)に類似性が認められる。
- 敷地北側から前面海域にかけての限られた範囲に分布するものと推定される。
- 浅部(標高-300m付近以浅)では、地層が後方回転し、H断層系の存在が認められている。
- 深部(標高-300~-400m程度以深)の砂岩比率の高い相良層では、地層の後方回転は収束しており、地層の連続性が認められ、H断層系と同性状の断層は認められない。
- H断層系は、浅部の地層の後方回転が認められる、敷地から前面海域にかけて分布する。
- H断層系は、深部の砂岩比率の高い相良層まで連続しない。
- H断層系の特徴はdomino faultsの形態的特徴をすべて有し、H断層系のそれ以外の特徴や評価もdomino faultsの特徴と矛盾しない。

同一の地質学的場で形成された同じ系列に属する一連の断層群と考えられるH断層系は、domino faultsと同様な、すべての断層が同時に活動する断層群である。

成因に関する評価(4.4)

- 標高-400m程度より上位の地層が後方回転している。
- 標高-400m程度にすべり面であるbedding-slip faultが広がっている。
- 他の断層活動や火山活動に伴い形成された構造ではない。
- H断層系は浅部の堆積物のすべりに伴いすべり移動体内に形成された正断層群であると考えられる。
- 評価を支持

上載地層による活動性評価については、敷地北部のBF4地点におけるH-9断層を対象に行う。

上載地層による活動性評価(4.5)

- H-9断層は、後期更新世(約12~13万年前)以降活動していない。
- H断層系は将来活動する可能性のある断層等に該当しない。

成因に関する検討結果(4.4)

- 4.4(2) 地すべりに関する知見
 - 4c 地すべりに関して、層理面や層面すべりを利用した地すべりが生じるとの知見、地すべり移動体内に平行な正断層群が生じ地層が後方回転するとの知見、地すべり面は塑性流動を伴う暗色の薄層として認められる場合がある等の知見がある。
- 4.4(3) 敷地深部のbedding-slip fault（大深度ボーリング調査等）
 - 4d 南落ち正断層センスで固結した流動的な変形構造を示すbedding-slip faultが標高-400m程度周辺に広がりを持って分布している。
- 4.4(1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造
 - 4a 断層活動や火山活動、地すべりに伴い正断層群が形成されるとの知見がある。
 - 4b 敷地近傍にはH断層系との関連が想定される火山活動や活断層は認められない。

上載地層に関する検討結果(4.5)

- 4.5(1) H-9断層と上載地層の関係（BF4地点における調査結果）
 - 5a BF4地点のH-9断層は上位の泥層に変位・変形を与えていない。
- 4.5(2) BF1地点の古谷泥層（BF1地点他における調査）
 - 5b BF1地点の古谷泥層は比木2地点の古谷泥層の一部の層準に該当する。
- 4.5(3) BF4地点の泥層の堆積年代（BF4地点の泥層とBF1地点の古谷泥層の対比）
 - 5c BF4地点の泥層はBF1地点の古谷泥層（上部更新統）に対比される。