

# 浜岡原子力発電所

## 敷地の地質・地質構造（コメント回答）

### 補足説明資料 2

2019年12月20日

1. 各種調査結果の対比について	2
(1) H断層系三次元分布モデルと反射法地震探査の対比	4
(2) 三次元分布モデルと反射法の対比結果を踏まえた海上音波探査記録の検討	10
(3) 海上音波探査とサイドスキャンソナーの対比	15
2. H断層系の断層面に認められる細粒物質についての考察	18
3. 地層の走向変化が深さ方向に続いていく現象についての考察	25
参考 地層の走向・傾斜の深度方向への変化に関する幾何学的検討	36
4. H断層系の深部への連続性の検討	46
(1) ボーリングコアにおいて想定されうるH断層系の性状	49
(2) ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討	74
(3) H断層系の深部への連続性の検討まとめ	104
5. BF4地点のH-9断層の分布に関する検討	108
6. 落差の大きい正断層に切られる断層についての検討	129
7. 前回の審査会合からの主な追加, 修正	135
8. 既往コメント一覧	141
9. 参考文献一覧	149

## 【データ集 2】

1. 4号炉原子炉建屋基礎露頭観察記録
2. H断層系の深部への連続性の検討関連資料

<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。

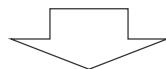
(スライドタイトルの変更等軽微な変更は含む。)

# 1

## 各種調査結果の対比について

## <コメントNo.72>

- H断層系の分布の検討において、反射法地震探査や海上音波探査といった類似の手法に対する同様な視点による検討や、手法の異なる調査結果同士の整合性の確認により、説明性の向上をはかること。



## <回答要旨>

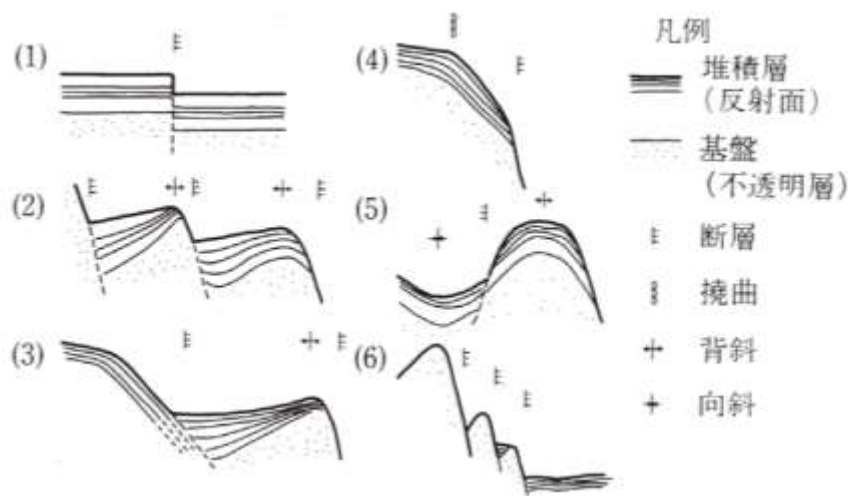
- ボーリング、露頭調査データに基づき検討したH断層系の三次元分布モデルより、反射法地震探査測線に沿った断面を切り出し、反射法地震探査記録との対応を検討した。その結果、三次元モデルにおけるH断層付近の反射記録には、南傾斜の明瞭な不連続面（反射面の消失、断裂および顕著な屈曲の連なり）が認められる一方、H断層系に挟まれた領域には、比較的整然と連続する複数の反射面が認められることから、H断層系の分布は、記録の精度にもよるが、反射記録によりある程度の推定が可能と考えられる。
- この結果を踏まえ、海上音波探査記録（南北測線）において反射面の乱れを解釈した（第608回審査会合ほか）付近において、陸域と同様な解釈を試みた結果、南北方向100m程度に渡り比較的整然と連続している反射面群や、H断層系との関連が考えられる、南傾斜の明瞭な不連続面を解釈することもできる区域が100～200m程度の間隔で認められ、敷地前面海域の沖合2km程度までは、陸域における100m程度の間隔でH断層が分布するという構造と同様の構造が続いていることが推定される。
- 海上音波探査とサイドスキャンソナーの対比によると、サイドスキャンソナーにより海底地形が把握できる範囲は露岩域であることから、概して海上音波探査の記録は不明瞭であり、海上音波探査において南傾斜の明瞭な不連続面を解釈できる区域と、サイドスキャンソナーによる連続性の良い線上構造延長部が、ごく一部で位置的に概ね対応している以外、両者の対比は困難である。



**(1)**

# H断層系三次元分布モデルと 反射法地震探査の対比

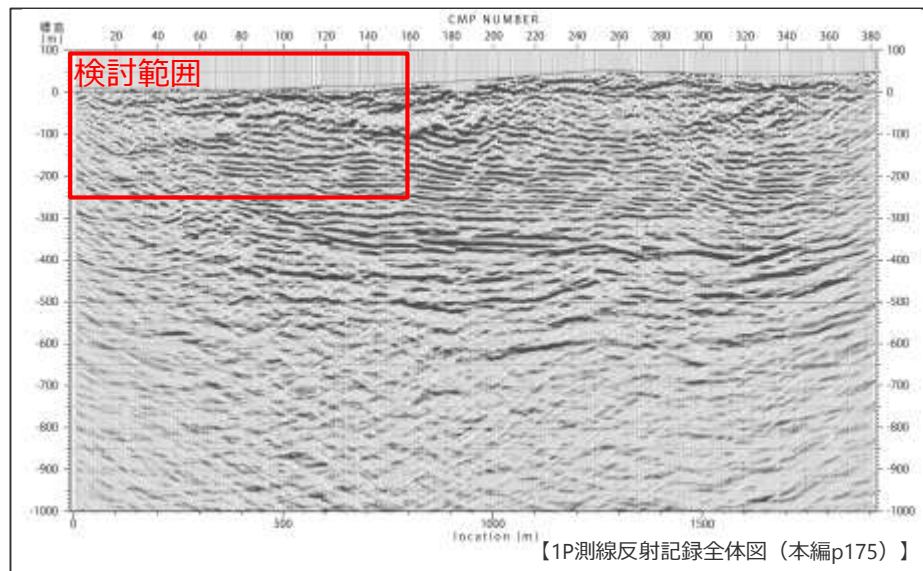
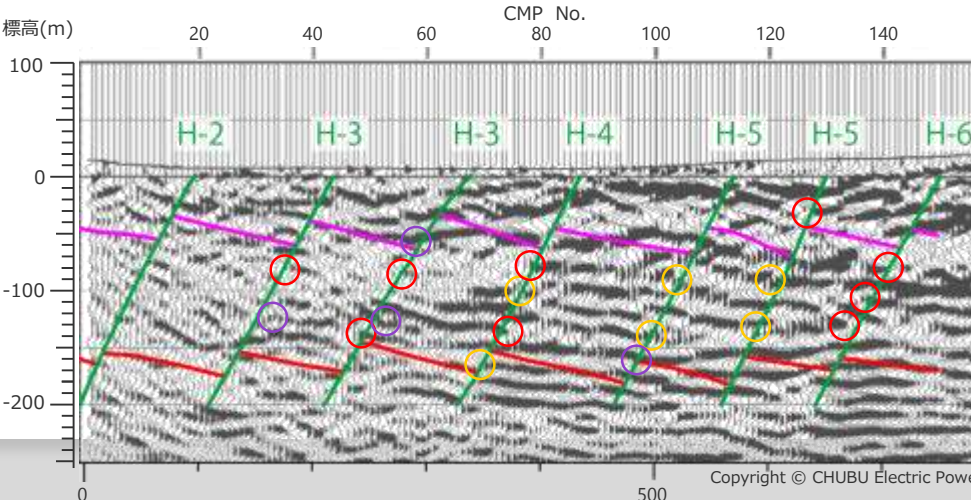
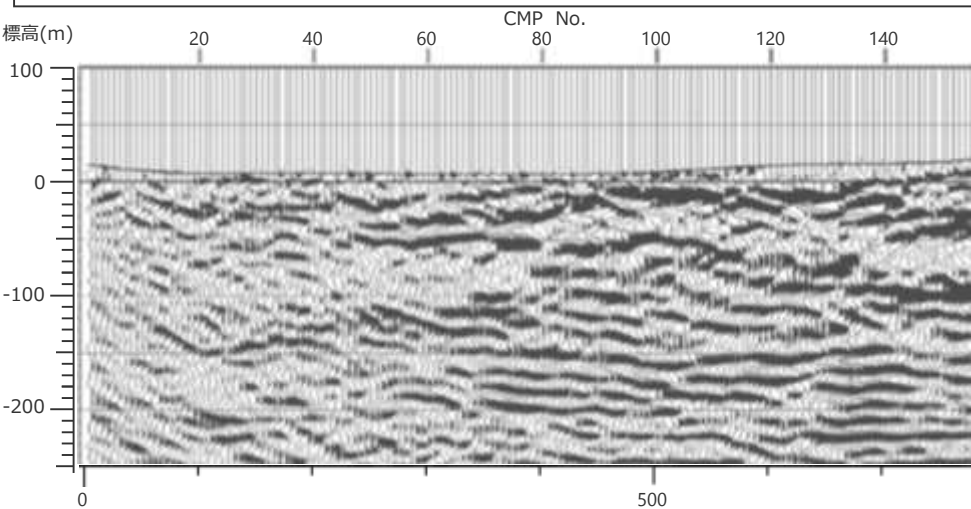
- 活断層研究会(1991)による反射断面の解釈における海底の活断層の判断基準をもとに、ボーリング・露頭調査データによる敷地の三次元モデルと反射法地震探査との対応を検討した。
- その結果、三次元モデルにおけるH断層付近の反射記録には、反射面の消失や断裂及び顕著な屈曲が比較的系統的に認められる一方、H断層系に挟まれた領域には、比較的整然と連続する複数の反射面が認められることから、反射法地震探査により、H断層系と同傾向の断層（南傾斜の正断層群）が存在するか否かは把握することができるものと考えられる。



活断層研究会(1991)による反射断面の解釈における海底の活断層の判断基準

# 反射断面におけるボーリング・露頭調査によるH断層系の分布(1P測線)

- 敷地の三次元モデル（標高-200mまで作成）と反射法地震探査との対応を検討した。（左下図）
- 1P測線では，三次元モデルのH断層系は南傾斜60度程度の平行な断層群として現れる。そのH断層付近の反射記録をみると，南傾斜の明瞭な不連続面（反射面の消失，断裂および顕著な屈曲の連なり）が認められる。このような不連続面はH断層付近以外でも見られるが，それらは小断層による地層のずれや変形による可能性が考えられる。また，H断層系に挟まれた領域には，比較的整然と連続する複数の反射面が認められる。
- これらのことから，H断層系の分布は，記録の精度にもよるが，反射記録によりある程度の推定が可能と考えられる。



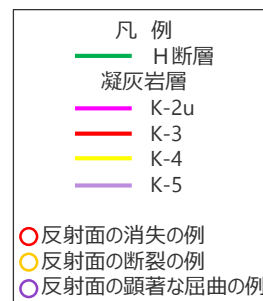
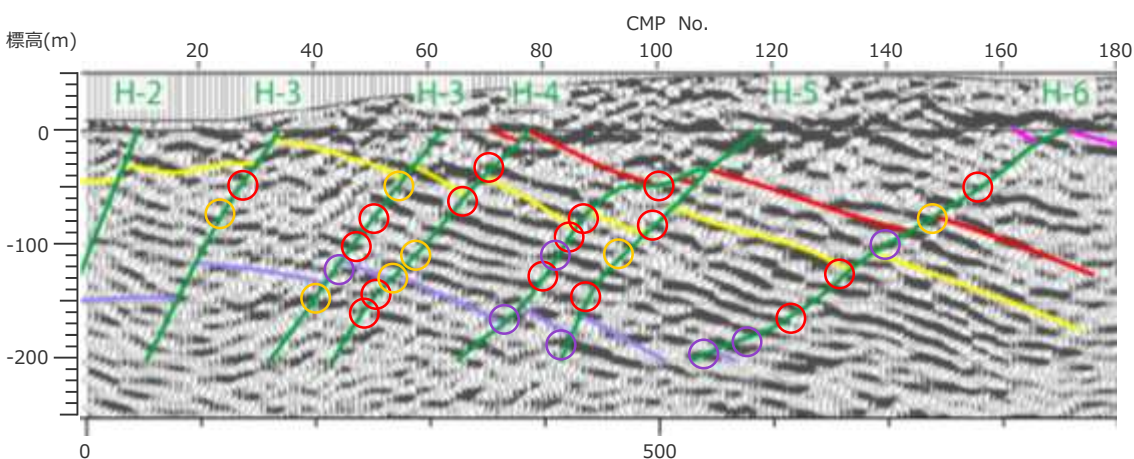
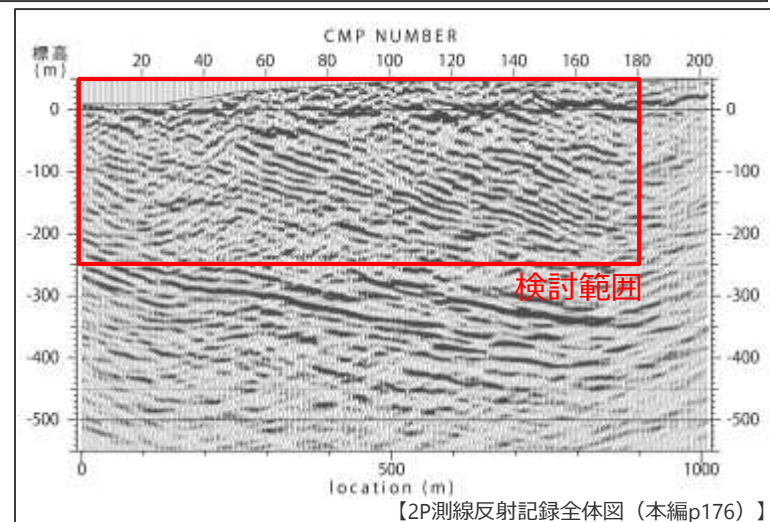
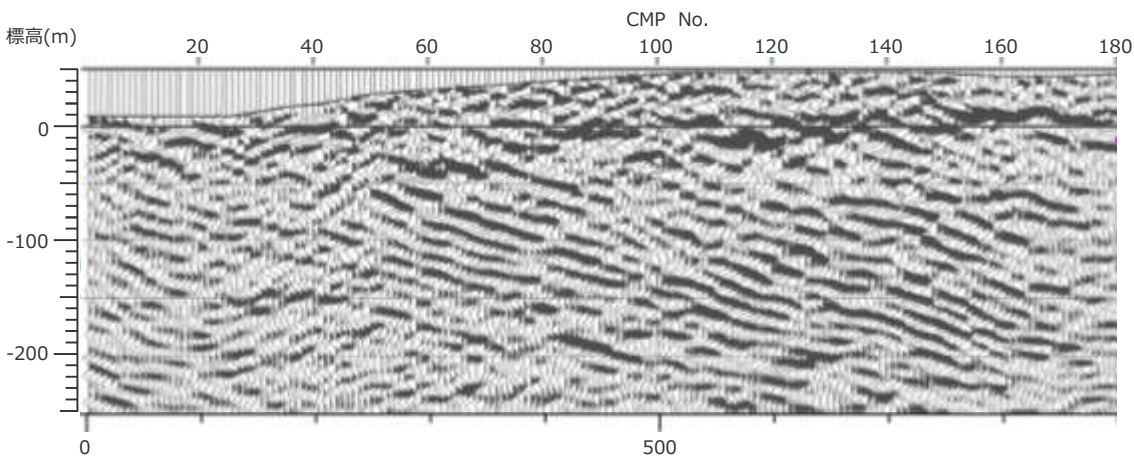
- 凡 例
- H断層
  - 凝灰岩層
  - K-2u
  - K-3
- 反射面の消失の例
  - 反射面の断裂の例
  - 反射面の顕著な屈曲の例
- 縦横比1:1で表示





# 反射断面におけるボーリング・露頭調査によるH断層系の分布(2P測線)

- 敷地の三次元モデル（標高-200mまで作成）と反射法地震探査との対応を検討した。（左下図）
- 2P測線では、北方ほど向斜軸に近づく影響から、H断層の傾斜が緩やかになる。そのH断層付近の反射記録をみると、南傾斜の明瞭な不連続面（反射面の消失，断裂および顕著な屈曲の連なり）が認められる。このような不連続面はH断層付近以外でも見られるが，それらは小断層による地層のずれや変形による可能性が考えられる。また，H断層系に挟まれた領域には，比較的整然と連続する複数の反射面が認められる。
- これらのことから，H断層系の分布は，記録の精度にもよるが，反射記録によりある程度の推定が可能と考えられる。



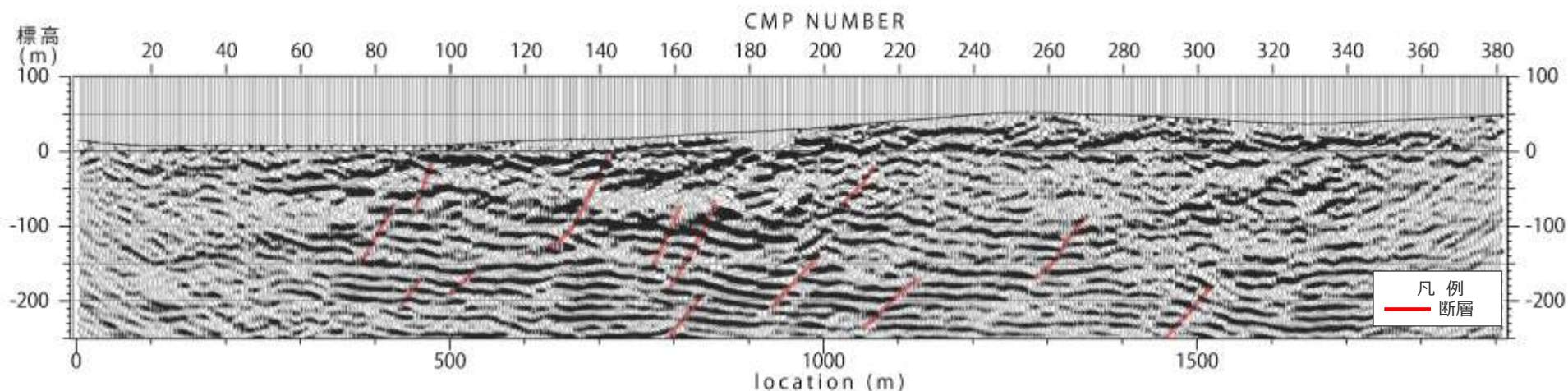
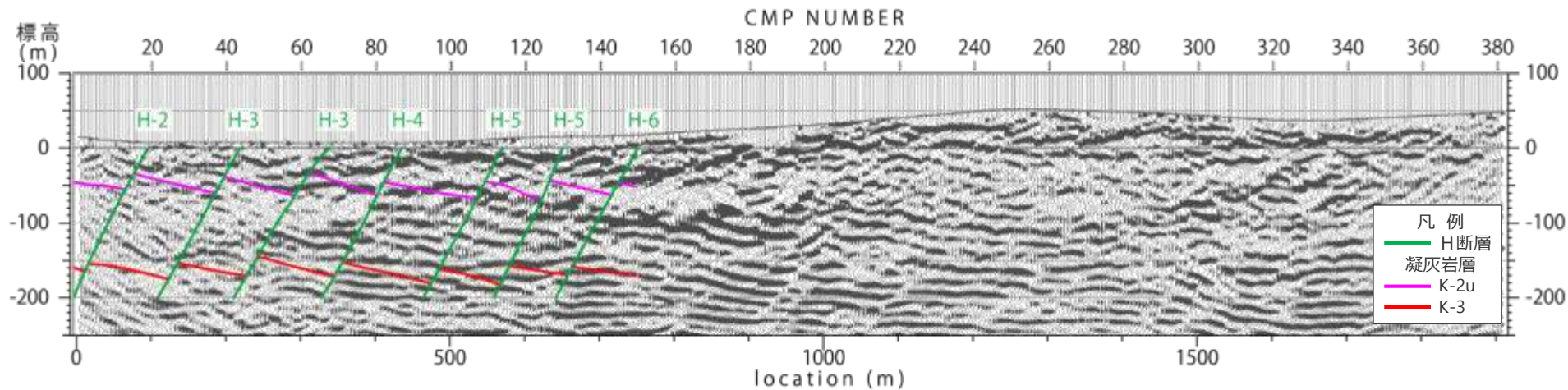
縦横比1:1で表示



反射法地震探査測線位置図  
 (測線上の数字はCMP共通中間番号を示す。)

# 参考 反射法地震探査のみによる断層の解釈との対比(1P測線)

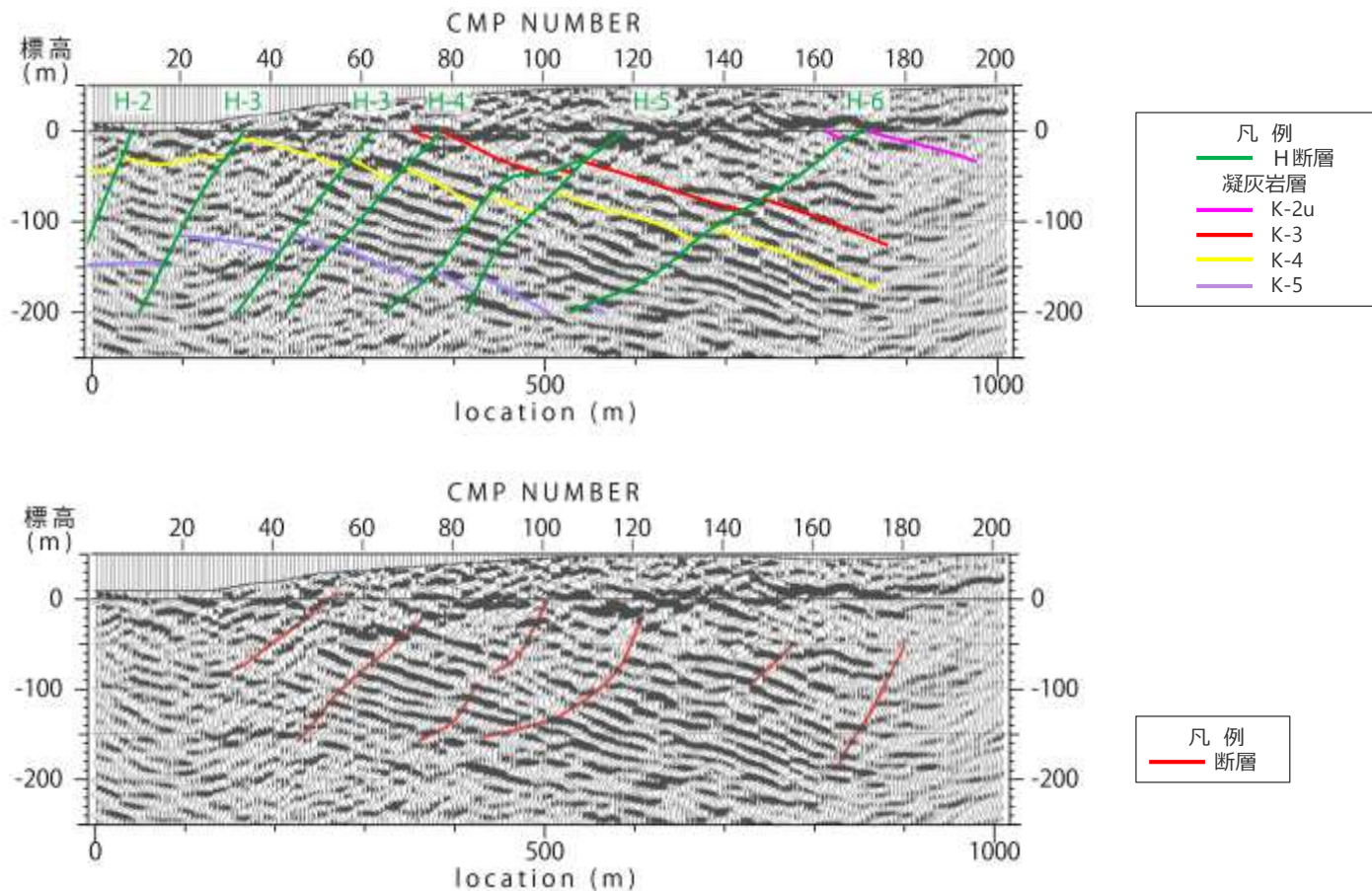
- ボーリング・露頭調査データによる敷地の三次元モデルを追記した反射法地震探査結果（下図上）と、従来提示している反射法地震探査記録のみにおける敷地の断層の検討結果（下図下：第704回資料1-1 p.42において提示）とを対比した。
- 以前H断層との関連が考えられる南傾斜の平行な断層群として示したものは、必ずしも三次元モデルの結果と一致していないが、南傾斜の正断層がある程度の間隔で分布するという傾向は両者とも一致している。





# 参考 反射法地震探査のみによる断層の解釈との対比(2P測線)

- ボーリング・露頭調査データによる敷地の三次元モデルを追記した反射法地震探査結果（下図上）と、従来提示している反射法地震探査記録のみにおける敷地の断層の検討結果（下図下：第704回資料1-1 p.43において提示）とを対比した。
- 以前H断層との関連が考えられる南傾斜の平行な断層群として示したものは、三次元モデルの結果と一致しているものもあり、南傾斜の正断層がある程度の間隔で分布するという傾向は両者とも一致している。



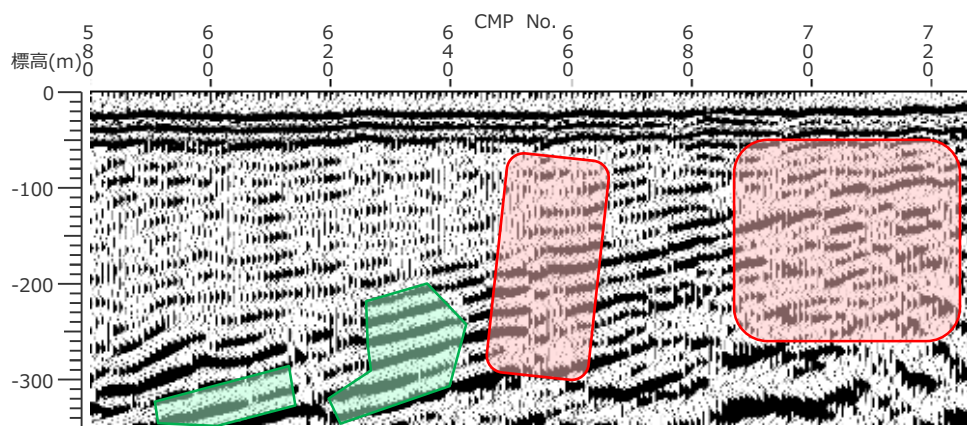
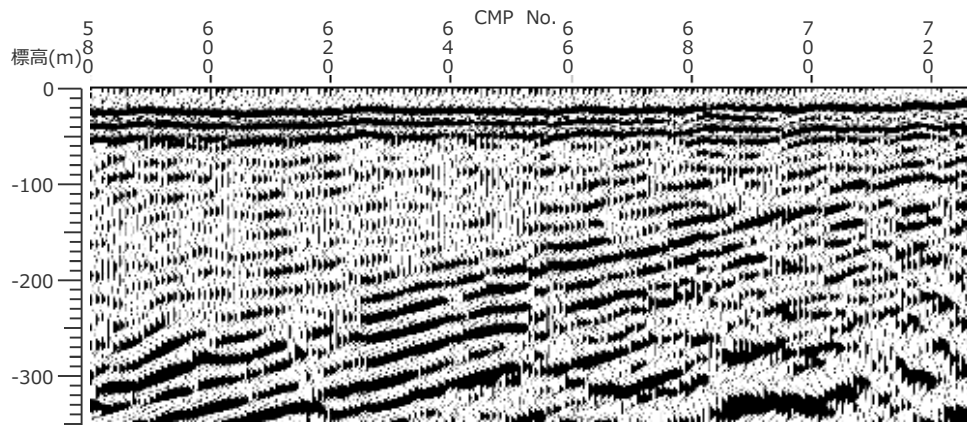
**(2)**

## **三次元分布モデルと反射法の対比結果 を踏まえた海上音波探査記録の検討**

- 敷地海域における海上音波探査記録において、陸側から沖合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と解釈している。(第608回審査会合ほか)
- 一方、H断層系の認められる陸域において、ボーリング調査等に基づく三次元モデルと反射法地震探査記録との対応を検討した結果、H断層付近では、南傾斜の明瞭な不連続面(反射面の消失、断裂および顕著な屈曲の連なり)が認められ、H断層系に挟まれた領域には、比較的整然と連続する複数の反射面が認められた。
- この結果を踏まえ、海上音波探査記録(南北測線)において反射面の乱れを解釈した付近において、陸域と同様な解釈を試みた。その結果、南北方向100m程度に渡り比較的整然と連続している反射面群や、H断層系との関連が考えられる、南傾斜の明瞭な不連続面を解釈することもできる区域が100~200m程度の間隔で認められる。
- これらのことから、敷地前面海域の沖合2km程度までは、陸域における100m程度の間隔でH断層が分布するという構造と同様の構造が続いていることが推定される。



# 09B-1測線の検討結果

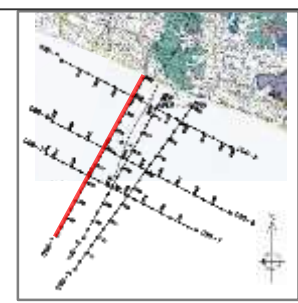


- 陸側からCMP No.580付近（陸域から沖合2.2km程度）までは、標高-300~-400m程度以上の浅部に反射面の乱れが認められ、これらの乱れはH断層系との関連が考えられると解釈している。（最下段の図）
- 反射面の乱れが認められると解釈した範囲のうち、CMP No.730付近の標高-100~-200m程度からCMP No.580の標高-250~-350m程度に渡り認められる比較的明瞭な反射面群付近を対象に検討を行った。（左図）
- CMP No.640付近より沖合には南北方向100m程度に渡り比較的整然と連続している反射面群が認められる。一方、CMP No.640付近より陸側にはH断層系との関連が考えられる、南傾斜の明瞭な不連続面（反射面の消失、断裂および顕著な屈曲の連なり）を解釈することもできる区域が100~200m程度の間隔で認められる。これらのことから、検討範囲付近では、陸域における100m程度の間隔でH断層が分布するという構造と同様の構造であると推定される。

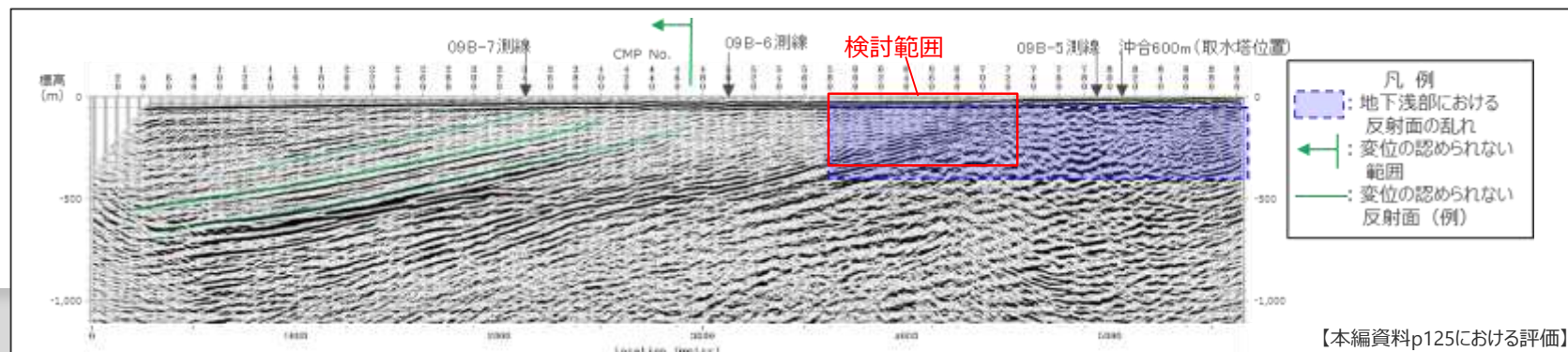
凡例

- 南傾斜の明瞭な不連続面を解釈できる区域
- 比較的整然と連続している反射面群

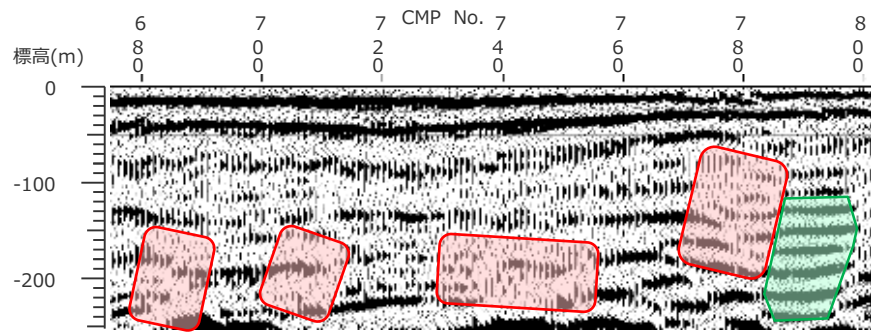
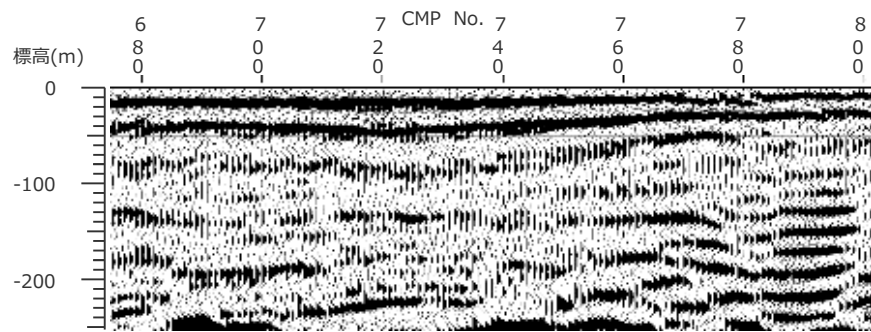
縦横比1:1で表示



測線位置（赤線部）



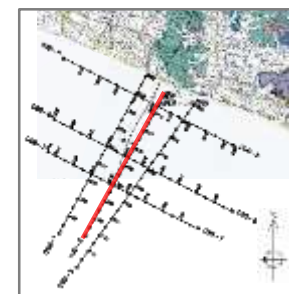
# 09B-2測線の検討結果



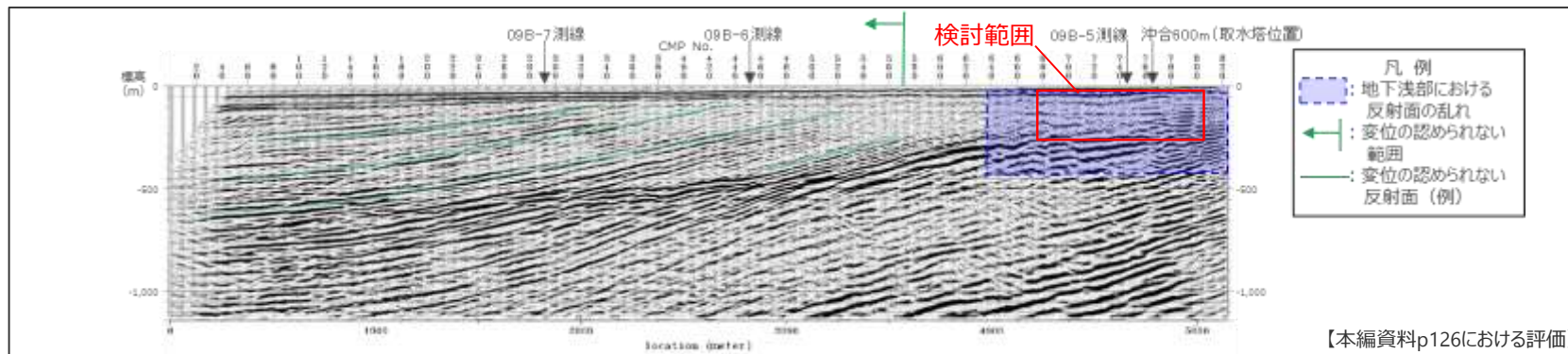
- 陸側からCMPNo.640付近（陸域から沖合1.4km程度）までは、標高-300～-400m程度以上の浅部に反射面の乱れが認められ、これらの乱れはH断層系との関連が考えられると解釈している。（最下段の図）
- 反射面の乱れが認められると解釈した範囲のうち、CMP No.780～800付近の標高-100～-200mに認められる比較的明瞭な反射面群及びその沖合延長付近を対象に検討を行った。（左図）
- CMP No.790付近には南北方向100m程度に渡り比較的整然と連続している反射面群が認められる。一方、CMP No.780付近より沖合にはH断層系との関連が考えられる、南傾斜の明瞭な不連続面（反射面の消失、断裂および顕著な屈曲の連なり）を解釈することもできる区域が100～200m程度の間隔で認められる。これらのことから、検討範囲付近では、陸域における100m程度の間隔でH断層が分布するという構造と同様の構造であると推定される。

- 凡例
- 南傾斜の明瞭な不連続面を解釈できる区域
  - 比較的整然と連続している反射面群

縦横比1:1で表示



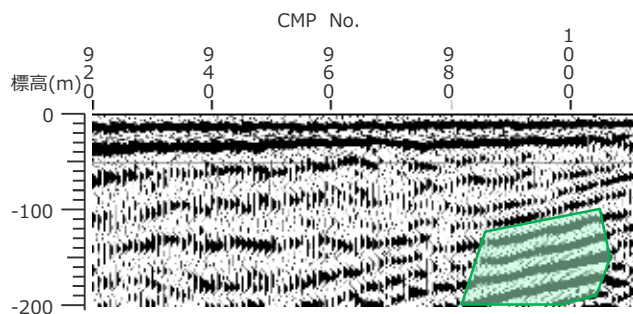
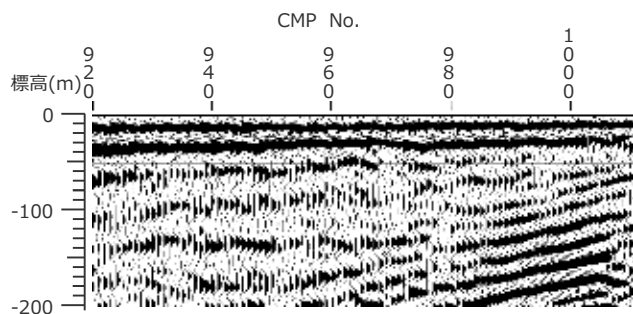
測線位置（赤線部）



【本編資料p126における評価】



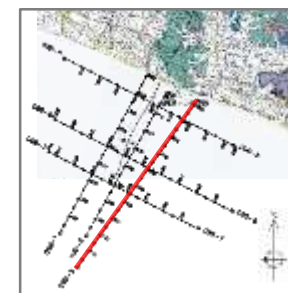
# 09B-3測線の検討結果



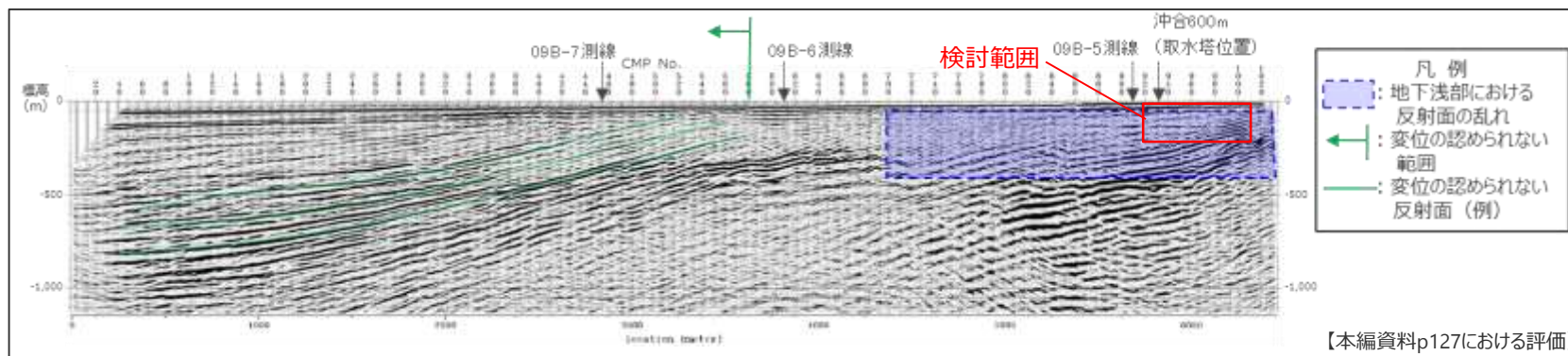
- 陸側からCMP No.700付近（陸域から沖合2km程度）までは、標高-300~-400m程度以上の浅部に反射面の乱れが認められ、これらの乱れはH断層系との関連が考えられると解釈している。（最下段の図）
- 反射面の乱れが認められると解釈した範囲のうち、CMP No.980~1010付近の標高-100~-200mに認められる比較的明瞭な反射面群及びその沖合延長付近を対象に検討を行った。（左図）
- 本測線は露岩域に位置していることから概して反射面は不明瞭であり、比較的整然と連続している反射面群がCMP No.990付近に認められるが、それ以外の解釈は難しい。

- 凡例
- 南傾斜の明瞭な不連続面を解釈できる区域
  - 比較的整然と連続している反射面群

縦横比1:1で表示



測線位置（赤線部）



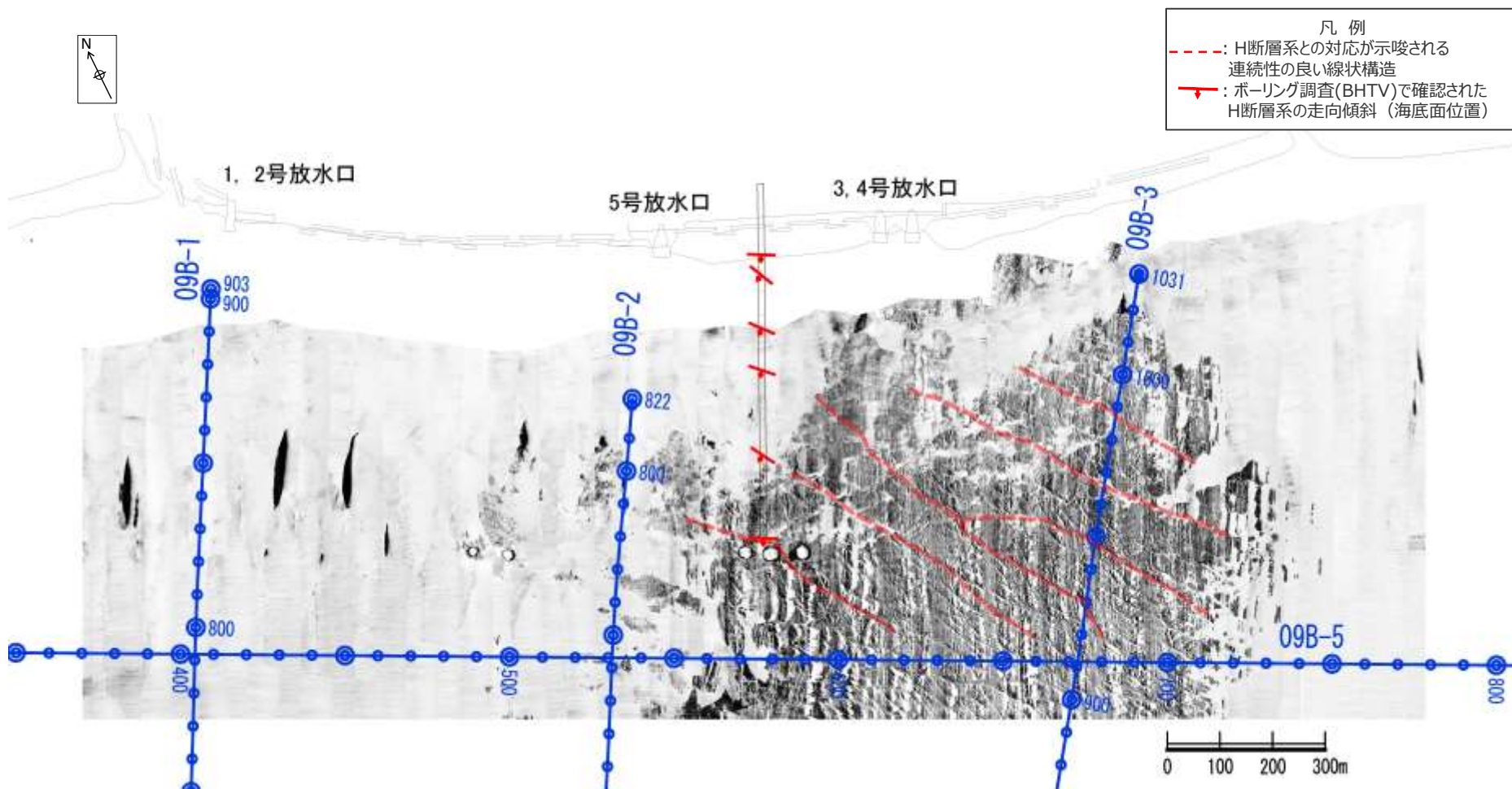
【本編資料p127における評価】

**(3)**

## 海上音波探査とサイドスキャンソナーの対比

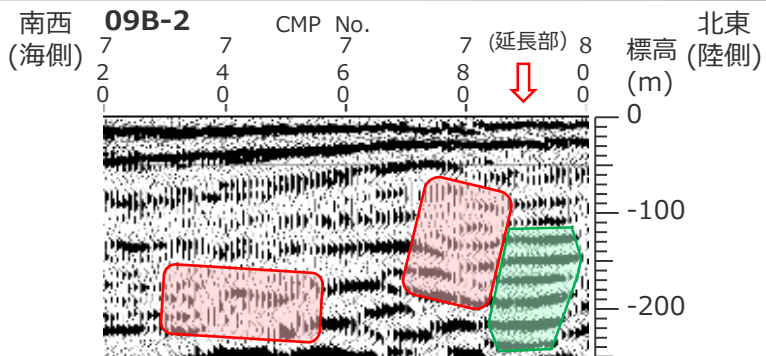
# 海上音波探査とサイドスキャンソナーの対比

- 敷地前面海域において実施したサイドスキャンソナー調査による海底地形モザイク図には、H断層系との対応が示唆される連続性のよい線状構造が認められる。この構造と、海上音波探査記録との対比を検討した
- 検討は、モザイク図により線状構造の把握が可能な露岩域付近における海上音波探査測線09B-2,3,5を対象とした。

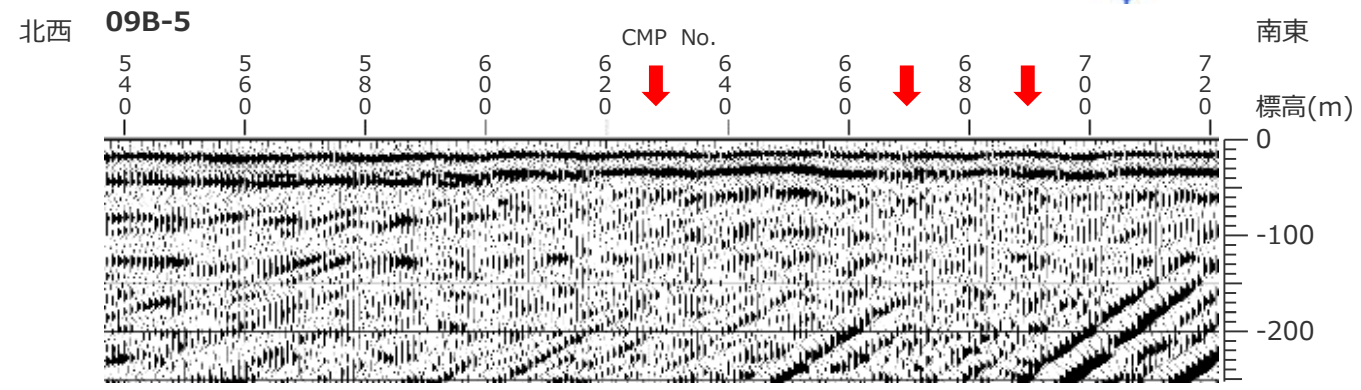
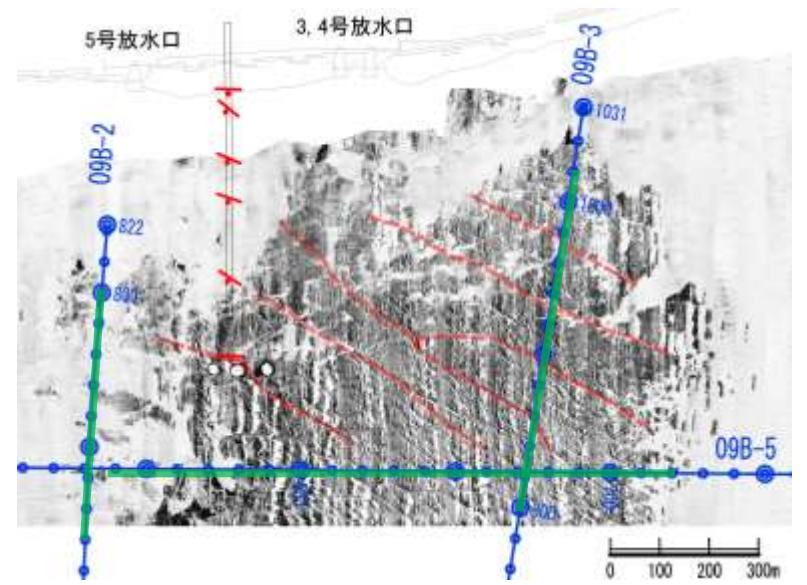
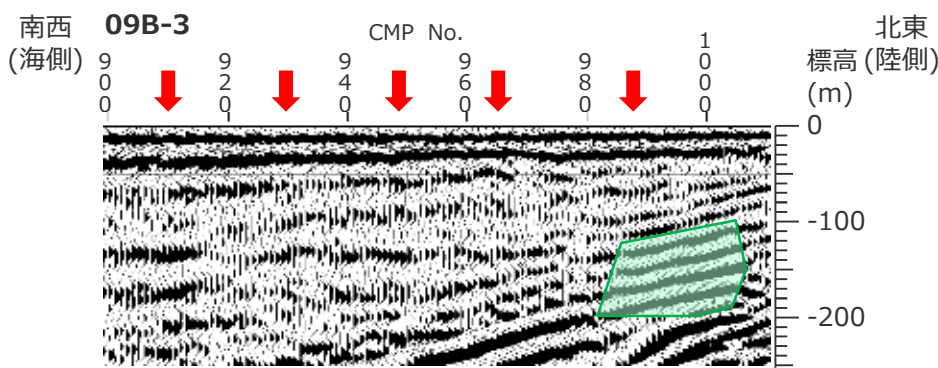




# 海上音波探査とサイドスキャンソナーの対比結果



海上音波探査とサイドスキャンソナーの対比によると、サイドスキャンソナーにより海底地形が把握できる範囲は露岩域であることから、概して海上音波探査の記録は不明瞭であり、海上音波探査09B-2測線において、南傾斜の明瞭な不連続面を解釈できる区域と、サイドスキャンソナーによる連続性の良い線上構造延長部が、位置的に概ね対応している以外、両者の対比は困難である。



- 凡例
- 連続性の良い線状構造の位置
  - 同 (延長部)
  - 南傾斜の明瞭な不連続面を解釈できる区域
  - 比較的整然と連続している反射面群

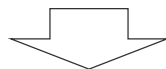
縦横比1:1で表示

# 2

## H断層系の断層面に認められる 細粒物質についての考察

## <コメントNo.73>

- 未固結～半固結で形成されたH断層系の断層面に認められる細粒物質の成因について考察すること。



## <回答要旨>

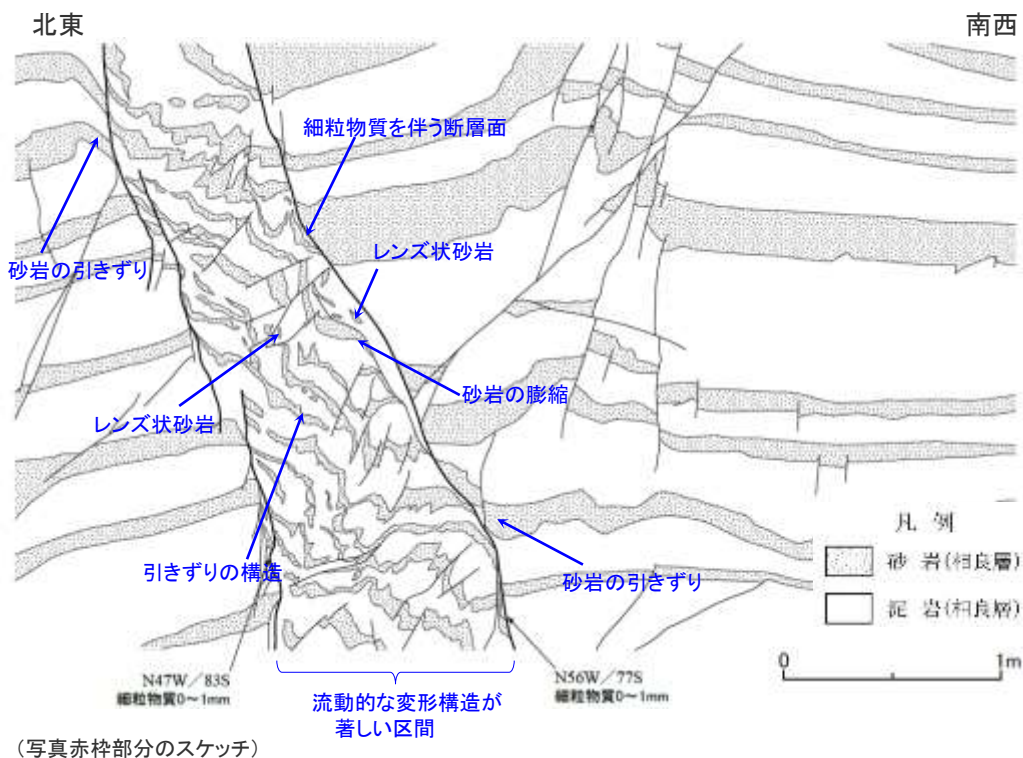
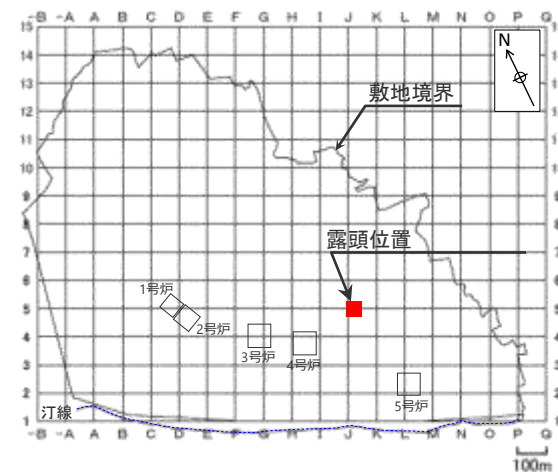
- H断層系の観察結果，分析結果より，H断層系に見られる細粒物質の鉱物組成は母岩の鉱物組成を直接反映しており，相良層の未固結～半固結時にH断層系が形成された際，断層面近傍の相良層の砂岩及び泥岩を取り込み，相良層を構成する粒子が混ざり合って細粒物質が形成されたと考えられる。またそれ以後，鉱物の変質するような環境下になかったものと考えられる。
- 続成作用がある程度進行した段階でH断層系が形成されたことが，現在の性状（母岩と比較し固結が進んでいない）を呈している理由と考えられる。



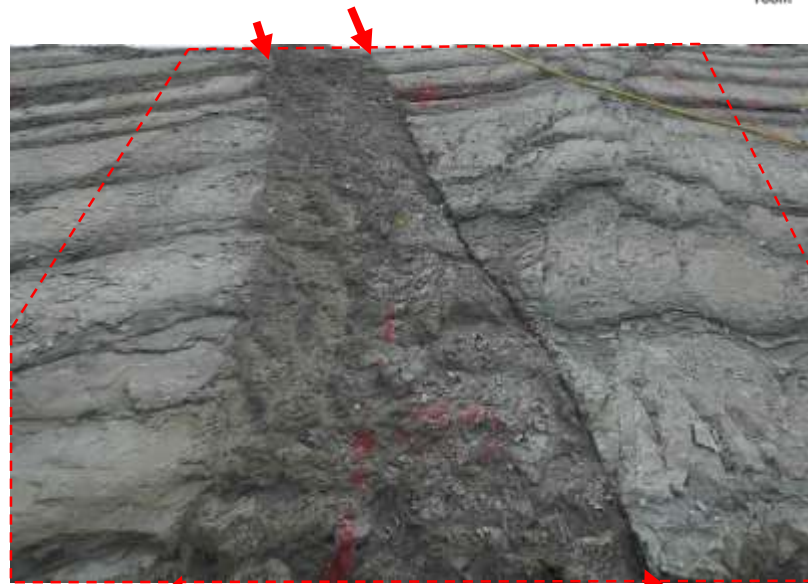
# H断層系の観察・分析結果

- 露頭で確認したH断層系のいずれの断層においても、細粒物質を伴う断層面が認められる。これらの断層面はうねっており、平面的ではない上、明瞭なせん断面は認められない。
- また、断層面周辺の泥岩、砂岩及び凝灰岩には角礫状の破碎は認められず、砂岩や凝灰岩には、膨縮や引きずりなどの流動的な変形構造が認められる。
- これらのことから、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。

(詳細については第704回審査会合資料1-3 参考資料参照)



(写真赤枠部分のスケッチ)



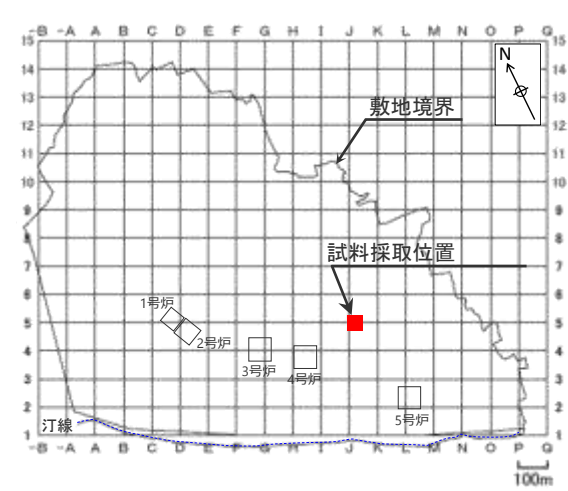
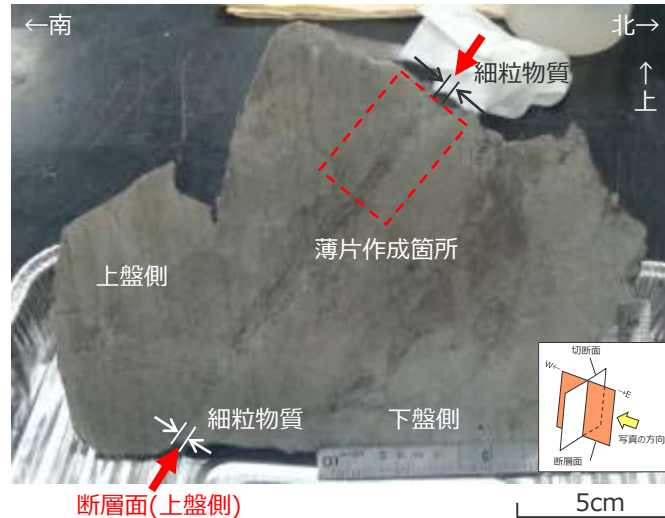
H断層系の観察結果 (H-3断層露頭の事例)

# H断層系の観察・分析結果

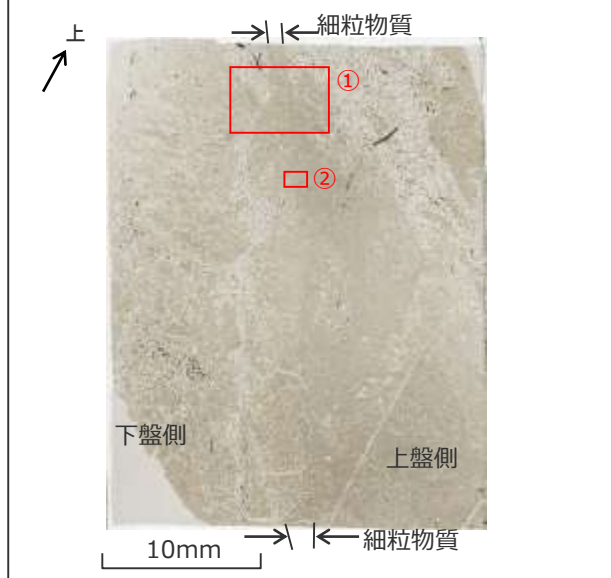
- ブロック試料及び薄片観察の結果によると、H断層系の断層面内の細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- また、断層面及びその近傍において顕著な細粒化や化石の破碎・変形は認められない。
- これらのことから、H断層系は相良層堆積後の未固結～半固結の時代に形成された後、相良層固結以降の活動は生じていないものと考えられる。

(詳細については、本編資料pp.139-142参照)

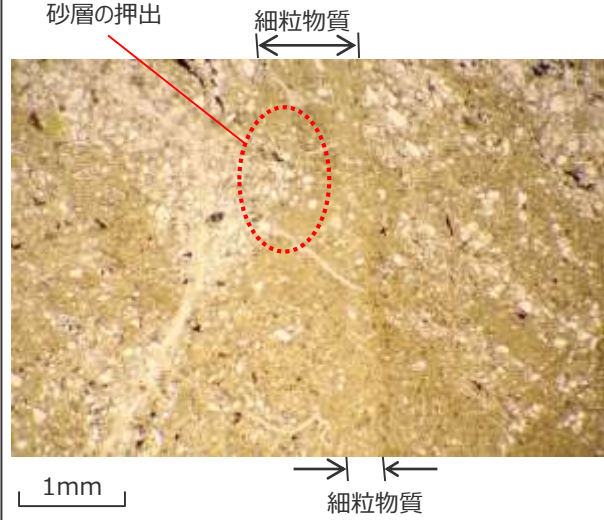
<H-3断層露頭のブロック試料（傾斜方向断面）>



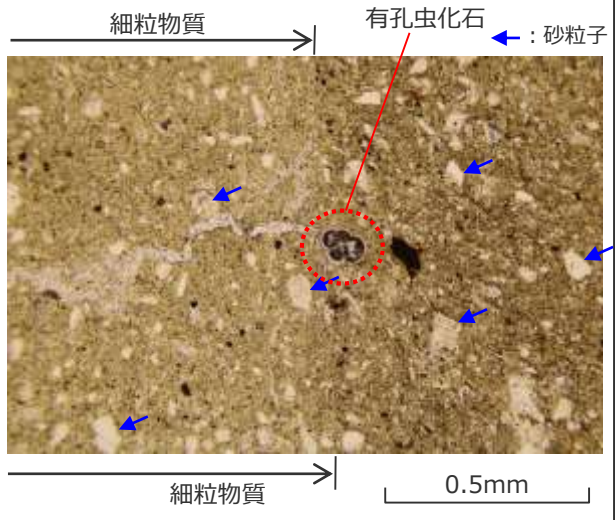
<ブロック試料から作成した薄片写真（単ニコル）>



<薄片写真①部分の鏡下写真（単ニコル）>



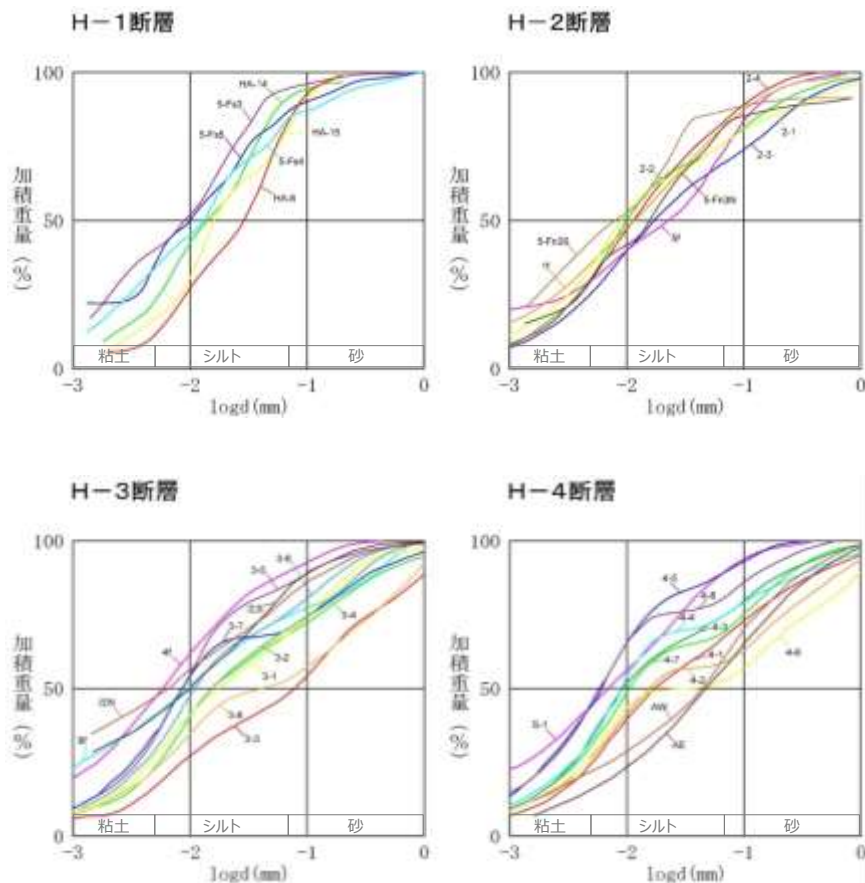
<薄片写真②部分の鏡下写真（単ニコル）>



# H断層系の観察・分析結果

- 断層面に認められる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。
- これらのことから、H断層系に見られる細粒物質は、相良層堆積後の未固結～半固結の時代に断層面近傍の相良層の砂岩及び泥岩を取り込み、相良層を構成する粒子が混ざり合って形成された後、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。

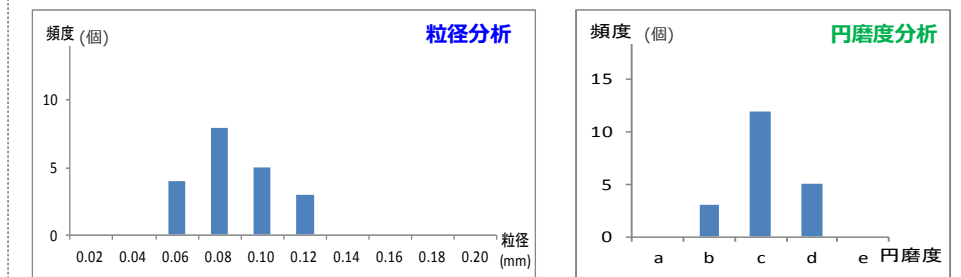
## <粒度分析結果（ふるい分析、沈降分析）>



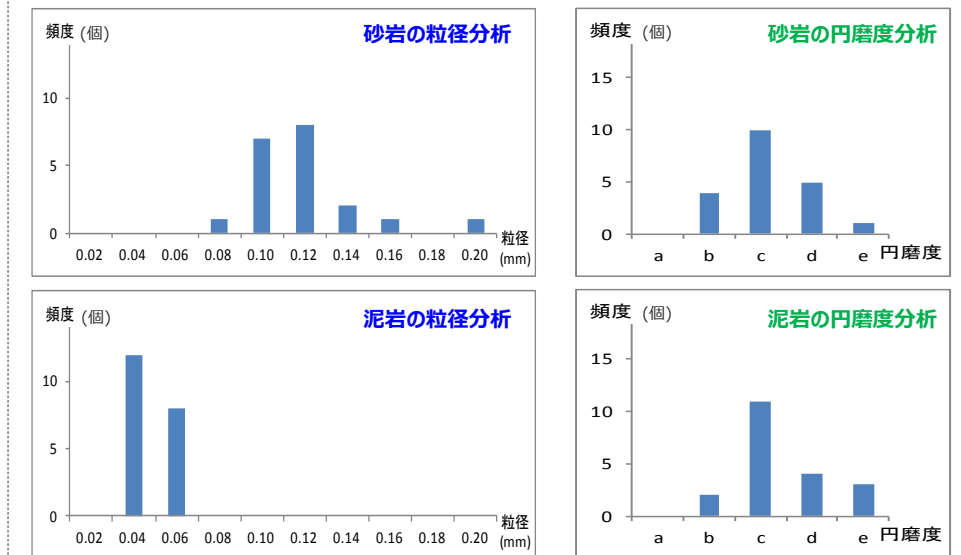
(詳細については、本編資料p.161参照)

## <粒度・円磨度分析結果（薄片試料を用いた分析）>

○H-5断層の細粒物質（緊急時対策所前法面）



○相良層（母岩）



<円磨度の凡例> 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

(詳細については、本編資料pp.162,163参照)



# H断層系の観察・分析結果

- 細粒物質と母岩である相良層の鉱物組成は非常によく類似していることから、H断層系に見られる細粒物質は、断層面近傍の相良層の砂岩及び泥岩を取り込み、それ以降、熱水等の影響を受けることなく、母岩である相良層と同様な環境であったものと考えられる。

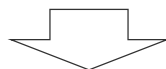
試料名	採取位置	含有鉱物									
		石英 Qz	斜長石 Pl	方解石 Cal	シテライト Sid	ジプサム Gy	黄鉄鉱 Py	雲母類 Mc	緑泥石 Chl	スメクタイト Sm	
H-1	W1上	W1ボーリングコア 上盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
	W1下	W1ボーリングコア 下盤境界の細粒物質	○	+	-	-			-	-	-
H-2	H-2上	4号炉東側法面 上盤境界の細粒物質	○	+	+				-	-	-
	H-2下	4号炉東側法面 下盤境界の細粒物質	○	+	+				-	-	-
H-3	H-3北N	4号炉北側トレンチ 上盤境界の細粒物質	◎	△	△	△		+	+	+	+
	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	◎	○		+	-		+	+	△
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

（詳細については、本編資料pp.157,158参照）

## <細粒物質の成因について>

- H断層系の露頭観察，ブロック試料及び薄片観察の結果からは，断層面は平面的ではない上，流動的な変形構造が認められ，角礫状の破碎や明瞭なせん断面が認められないことから，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。
- 断層面に見られる細粒物質の粒度，円磨度の分析結果からは，顕著な細粒化や円磨は認められないことから，H断層系の細粒物質は相良層堆積後の未固結～半固結の時代に断層面近傍の相良層の砂岩及び泥岩を取り込み，相良層を構成する粒子が混ざり合って形成されたと考えられる。
- 鉱物組成分析の結果からは，細粒物質と母岩の鉱物組成は非常によく類似していることから，断層面近傍の相良層を取り込み，それ以降，熱水等の影響を受けていないと考えられる。



- これらの事から，H断層系に見られる細粒物質は，相良層の未固結～半固結時にH断層系が形成された際，断層面近傍の相良層の砂岩及び泥岩を取り込み，相良層を構成する粒子が混ざり合って形成されたと考えられる。
- また，相良層固結以降は活動しておらず，鉱物に変質するような環境下にもなかったものと考えられる。

### (参考) 細粒物質の固化が進まなかった理由の考察

- 断層面周辺の砂岩や凝灰岩には流動的な変形構造が認められるものの，砂泥互層の堆積構造は維持されていることから，H断層形成時，(物理的・化学的) 続成作用はある程度進行していたものと想定される。
- H断層系が形成された際，母岩の砂岩・泥岩とも，引き延ばされたりちぎれたりするような変形は受けたものの，堆積岩の組織そのものは破壊されておらず，続成作用がある程度進行した状況が保持されていたものと考えられる。
- 一方，細粒物質は，砂岩と泥岩が粒子サイズで混じった構成をしていることから，堆積岩の組織が粒子レベルで再構成され，ある程度進行した続成作用が保持されなかった可能性が考えられる。
- これらの事から，細粒物質が固化しなかった理由としては，H断層形成時にそれまでの続成作用が保持されなかったこと，H断層形成後の細粒物質の圧密排水が十分進んでいない時代に，継続的な相良層の隆起に伴い続成作用が十分に作用しなかったこと，堆積岩の組織そのものが維持された母岩の続成作用に伴う間隙水の影響等の可能性が考えられる。

時系列	相良層の堆積	▼H断層系の形成	脱水固化▼	▼現在
母岩 (相良層)	[Progress bar showing completion of compaction and cementation]			
H断層系の細粒物質	[Progress bar showing incomplete cementation]			

(母岩と細粒物質の続成作用進行のイメージ図)

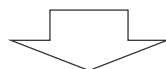


# 3

## 地層の走向変化が深さ方向に続いていく現象 についての考察

## <コメントNo.74>

- 大深度ボーリングに見られる地層の走向の深部方向への変化をH断層系と関連付けて説明するのであれば、H断層系が分布する深度を踏まえたうえで、走向変化が深さ方向に続いていく現象について考察すること。



## <回答要旨>

大深度ボーリングに見られる地層の走向の深部方向への変化は、K-6凝灰岩の層準付近を境として、山側傾斜から海側傾斜へ大きく傾向を変える浅部の変化と、それ以深に見られる緩やかな変化とに分けられる。

### 山側傾斜から海側傾斜へ変わる浅部の顕著な変化とH断層系との関係

- H断層系により地層に大きな変位が生じていると推定される深度と、地層の後方回転が顕著に生じている深度は、いずれもK-5～K-7層準付近以浅とほぼ一致しており、H断層系と地層の後方回転との関連が考えられる。

### 深部の緩やかな走向変化に関する幾何学的検討

- 地層が堆積しつつ褶曲と北方の隆起が生じたと考えた場合、解析的検討によると、地層の走向は深度方向に緩やかに変化しており、地層の走向が深部方向に緩やかな変化を生じている相良層深部と整合的である。

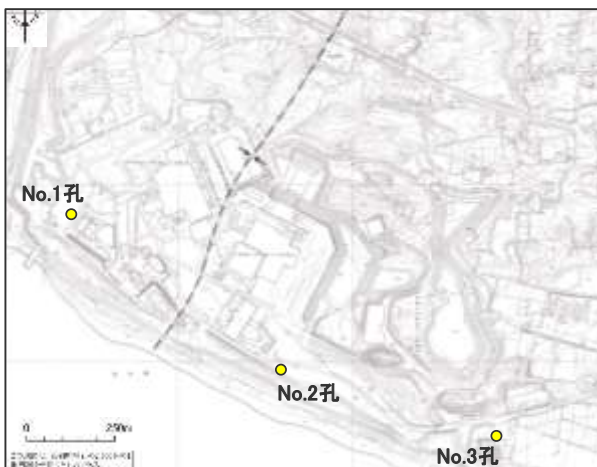
### 浅部の地層の後方回転に関する幾何学的検討

- 前記検討結果による地層を剛体として後方回転させた場合、地層の走向が大きく変化した結果が得られ、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である。

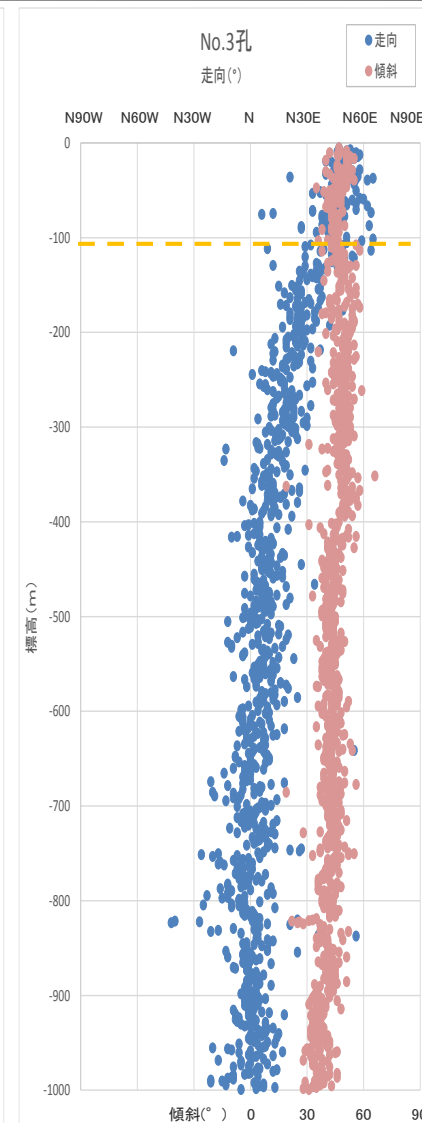
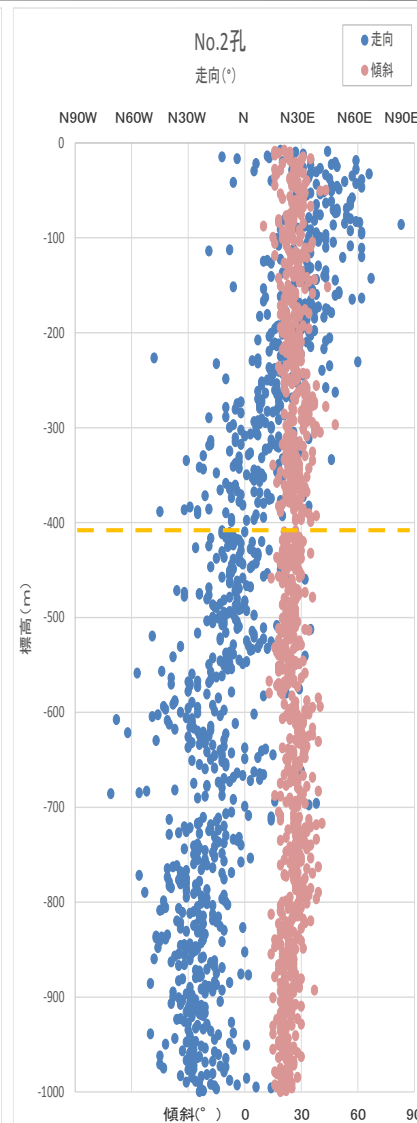
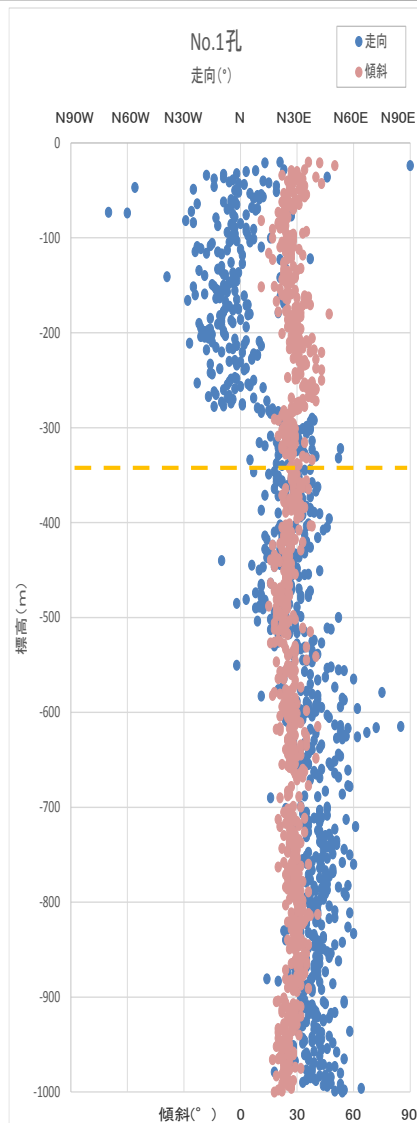
以上のことから、敷地の相良層の走向の深部方向への遷移的な変化のうち、深部は相良層が堆積しつつ褶曲・プランジした影響であり、浅部は相良層堆積時の影響にさらに地層の後方回転の影響が加わったものと考えられる。

# 地層の走向の深部方向への変化について

- 大深度ボーリングに見られる地層の走向の深部方向への変化は、山側傾斜から海側傾斜へ大きく傾向を変える浅部の変化と、それ以深に見られる緩やかな変化とに分けられる。
- いずれの孔も、地層の走向が大きく傾向を変化させる地点は、K-6凝灰岩前後の層準に相当する。



位置図

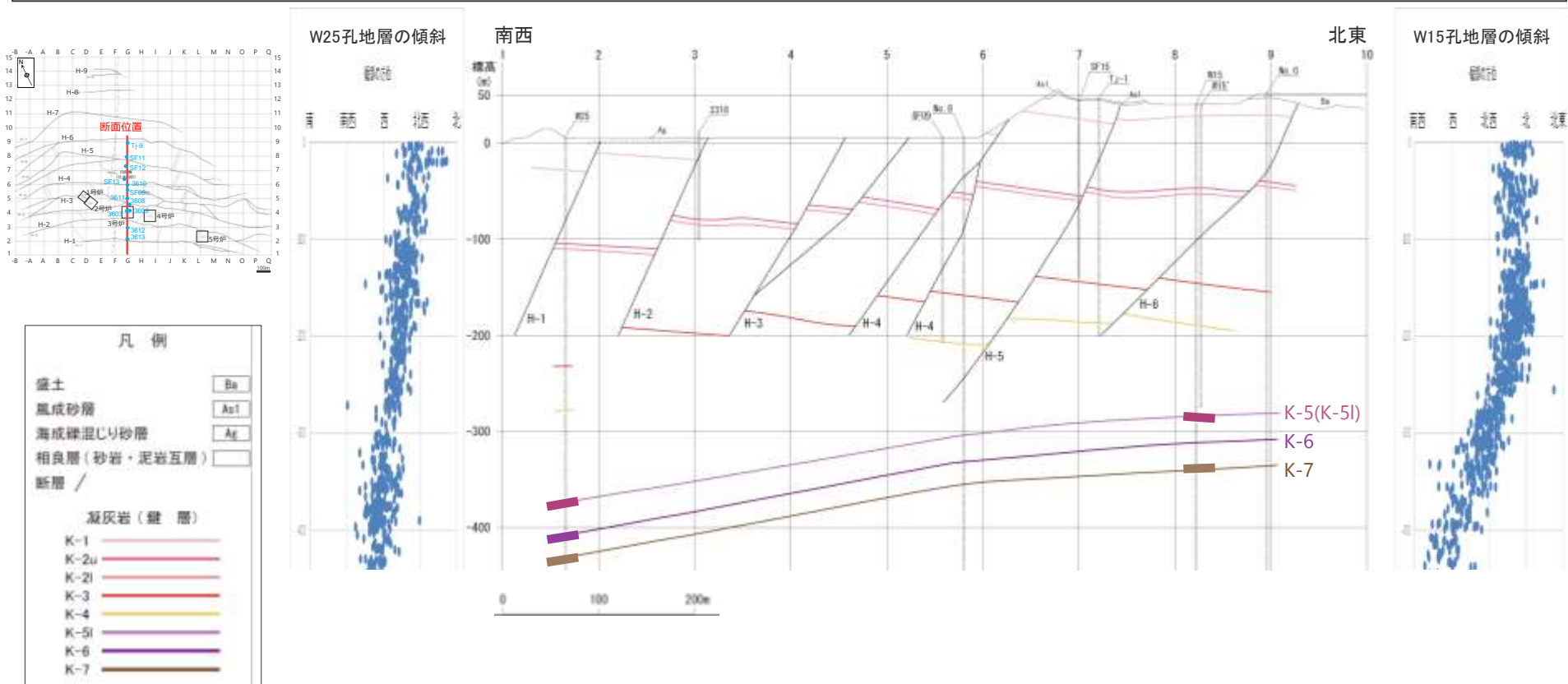


■■■■ K-6凝灰岩層 (凝灰岩層は、いずれも他の孔や反射断面より対比)



# H断層系の分布深度

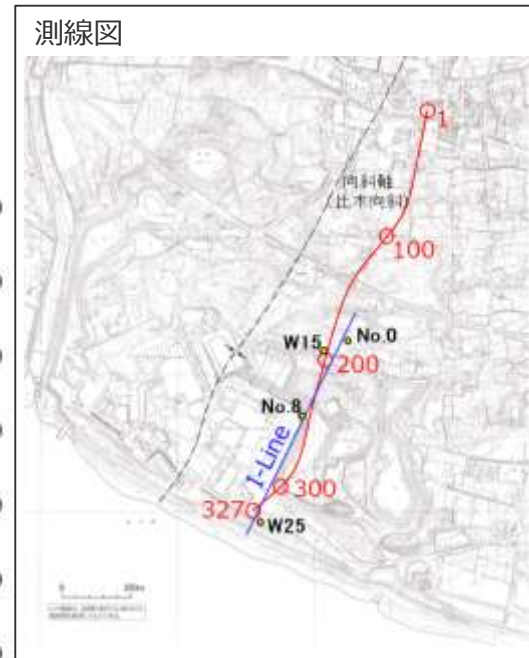
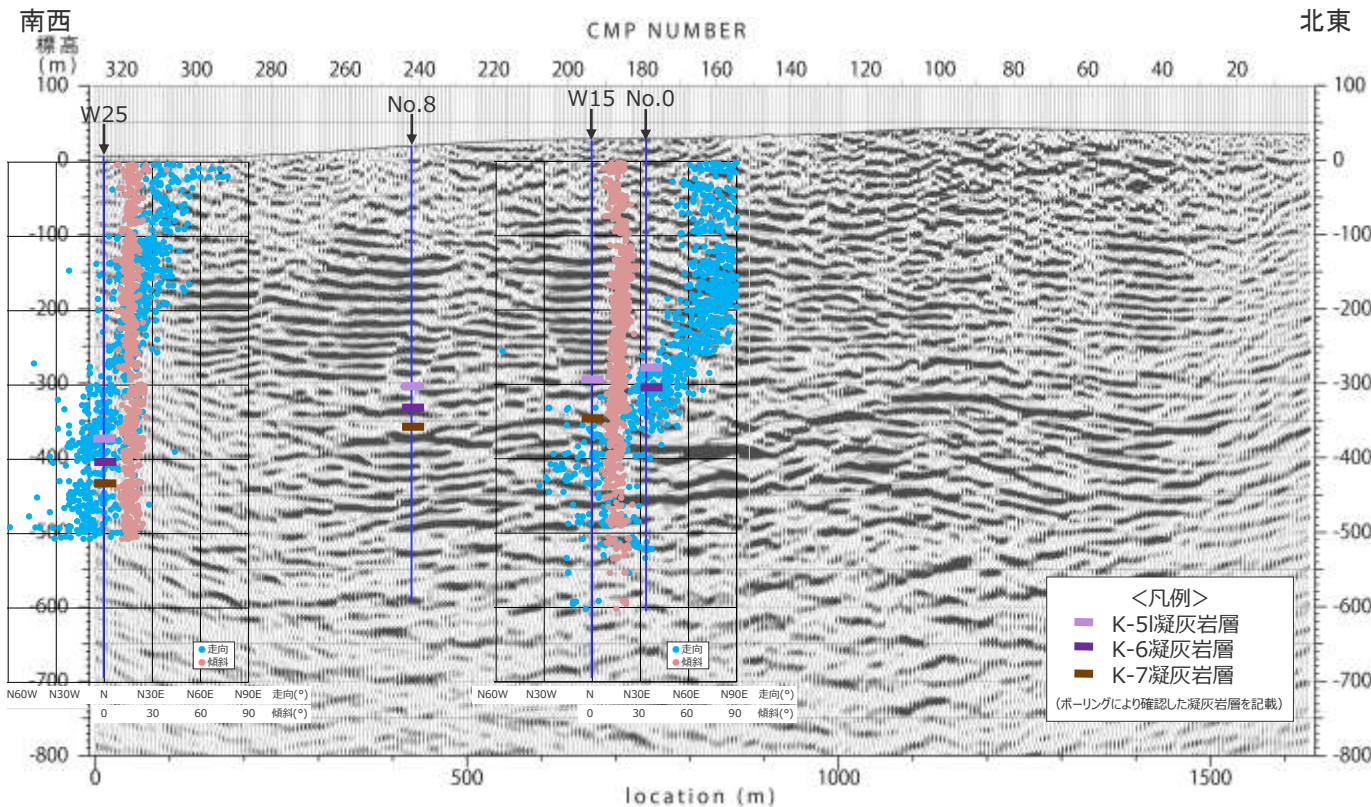
- 標高-300~-400m付近に位置するK-5~K-7凝灰岩層が、敷地の北東部から南西部にかけて、層間が大きく短縮することなく、深度方向に概ね一定の間隔でやや傾斜を増しながら南西傾斜となっていることから、H断層系は大きな落差を有する断層としては標高-300~-400m付近のK-5~K-7凝灰岩層付近より深部には連続していないものと推定される。



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

# 地層の走向の深部方向への変化と反射法地震探査結果R01測線との対応

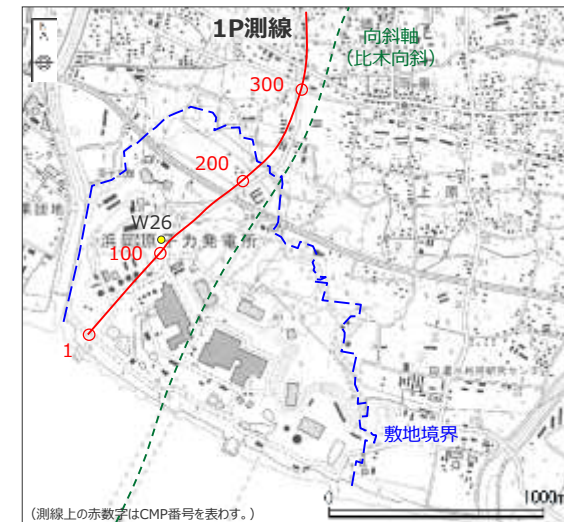
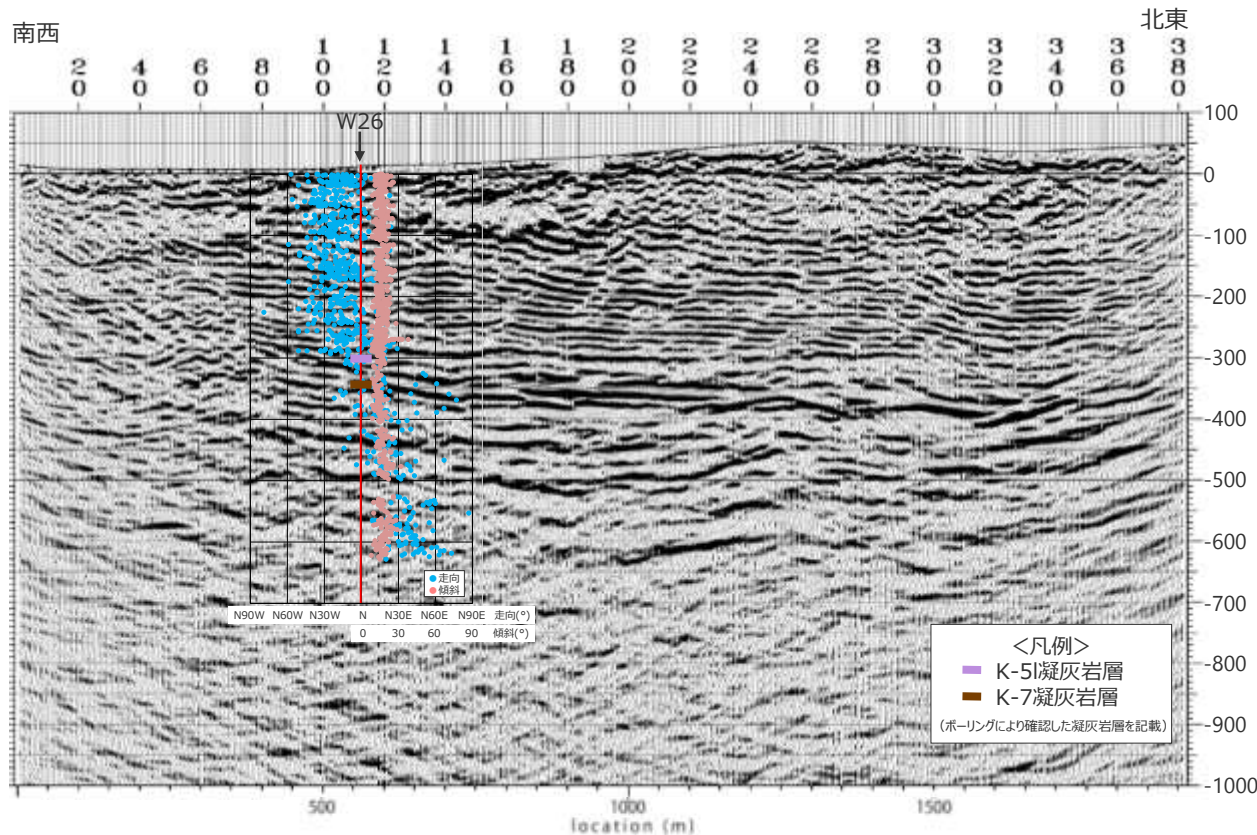
- R01測線の反射断面と、ボーリング調査による地層の走向の深度方向への変化との対応を検討した。
- 反射断面においてK-7凝灰岩層付近からそれ以深100～150m程度かけて認められる比較的連続性のよい強反射面は、ボーリング調査結果から推定される深部の凝灰岩層の分布傾向と整合的であり、H断層系は大きな落差を有する断層としてはK-5～K-7層準付近以深まで連続していないものと推定される。
- 一方、大深度ボーリングW15孔に見られる地層の走向の深部方向への変化は、標高-250m付近まではN75°E程度と後方回転が顕著に生じているが、K-5～K-7層準付近の標高-250～-350m付近で変化し、K-7層準付近の標高-350m付近以深では深度方向への変化がほぼ収束し概ねN-Sとなる。W25孔においても同様に、K-7層準付近の標高-450m付近以深では深度方向への変化がほぼ収束する。
- このように、H断層系により地層に大きな変位が生じていると推定される深度と、地層の後方回転が顕著に生じている深度は、いずれもK-5～K-7層準付近以浅とほぼ一致しており、H断層系と地層の後方回転との関連が考えられる。





# 地層の走向の深部方向への変化と反射法地震探査結果1P測線との対応

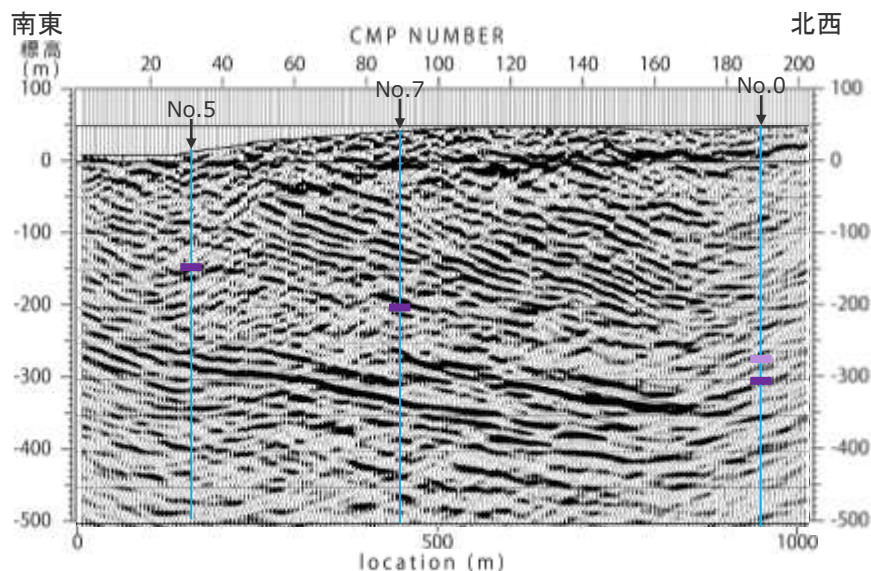
- 1P測線の反射断面についてもボーリング調査による地層の走向の深部方向への変化との対応を検討した。
- 本測線において、標高-300~-400m付近に認められる比較的連続性のよい強反射面は、K-7凝灰岩層付近からそれ以深100~150m程度にかけての層準に相当する。
- 一方、大深度ボーリングW26孔に見られる地層の走向の深部方向への変化は、標高-250m付近まではN20°W程度と後方回転が顕著に生じているが、K-5~K-7層準付近の標高-250~-350m付近で変化し、K-7層準付近の標高-350m付近以深では深部方向への変化が緩やかになる。
- 本測線でもR01測線同様に、H断層系により地層に大きな変位が生じていると推定される深度と、地層の後方回転が顕著に生じている深度は、いずれもK-5~K-7層準付近以浅とほぼ一致しており、H断層系と地層の後方回転との関連が考えられる。



位置図

# 反射法地震探査2P測線と大深度ボーリングとの対応について

- 2P測線沿いにおいては大深度ボーリング孔における地層の走向データはないものの、大深度ボーリングで確認された深部の鍵層と反射法地震探査測線を対比すると、標高-300~-400m付近に見られる比較的連続性の良い強い反射面は、K-6凝灰岩層の50~200m程度下位に位置しており、比較的連続性の良い反射面と鍵層の層準は、これまでの結果と整合的である。(K-6凝灰岩層は、K-7凝灰岩層の約30m上位に位置する)



<凡例>  
 ■ K-5凝灰岩層  
 ■ K-6凝灰岩層  
 (ボーリングにより確認した凝灰岩層を記載)



位置図

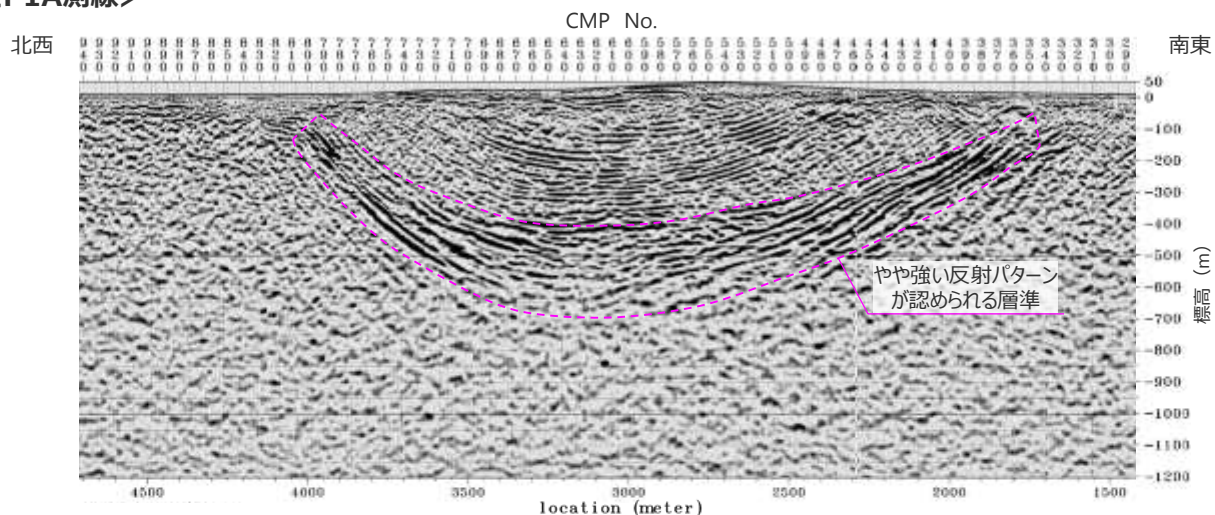
孔名	孔口標高 (m)	各ボーリング孔における鍵層深度(m)		
		K-5I	K-6	K-7
No.0	52.65	328.74	357.13	—
No.5	10.93	—	153.89	—
No.7	43.88	—	247.30	—
No.8	6.35	309.88	338.10	361.38
W15	40.27	334.23	—	388.96
W25	6.02	379.98	414.18	437.31
W26	10.57	310.59	—	358.13



# 走向の緩やかな変化の検討-地層の堆積時期と褶曲の関係-

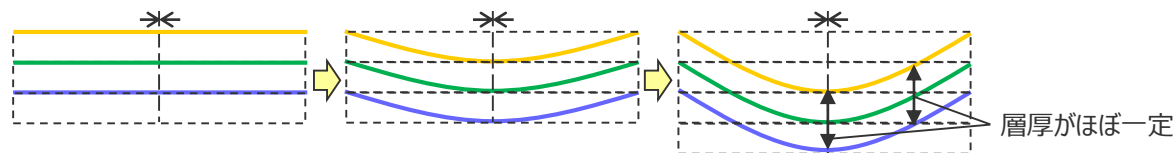
- 大深度ボーリングにおいて見られる地層の走向の深部方向の変化は、反射法地震探査結果と照らし合わせると、地層の走向が大きく傾向を変化させる地点は、比較的連続性の良い反射面の上部付近に相当し、H断層系の分布すると考えられる浅部において顕著に生じている現象と考えられる。
- しかし、地層の走向変化については、深部においても走向の緩やかな変化が認められる。
- この点について、向斜軸に直交する東西方向の反射測線を見ると、やや強い反射パターンが認められる層準において、地層の層厚が褶曲の軸部ほど厚く、その両翼ではやや薄くなっている傾向が認められることを踏まえ、地層が堆積しつつ褶曲が生じたものと考え、解析的な検討を実施した。

## <P1A測線>



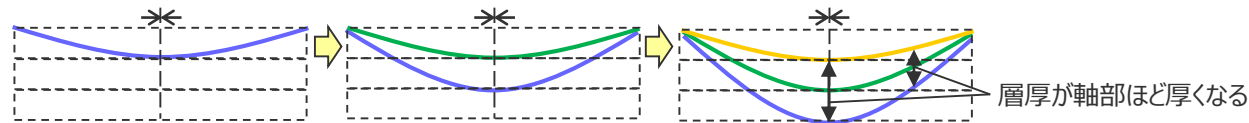
反射法地震探査測線位置図

地層が堆積後に褶曲した場合の地層の層厚のイメージ



層厚がほぼ一定

地層が堆積しながら褶曲した場合の地層の層厚のイメージ

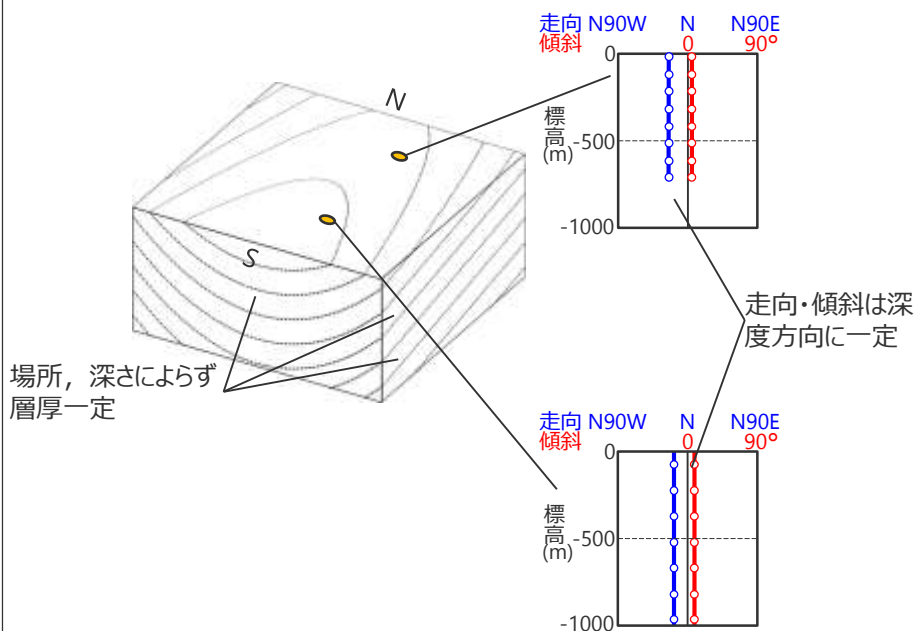


層厚が軸部ほど厚くなる

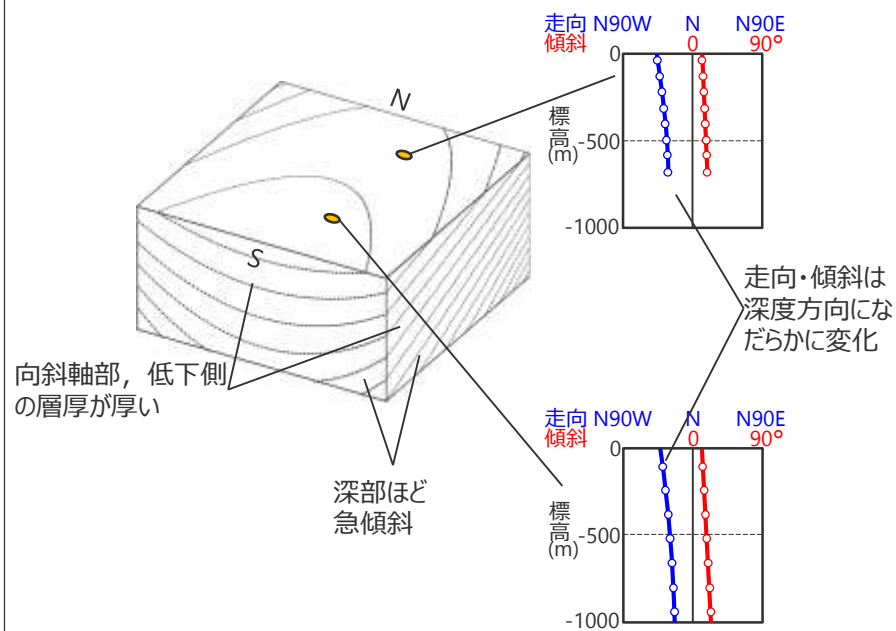
# 深部にみられる走向の緩やかな変化に関する幾何学的検討

- 解析としては、褶曲し南プレンジした地層を想定した剛体モデルを用い、走向・傾斜の変化の傾向を幾何学的に検討した。
- 検討の結果、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り、層厚を褶曲やプレンジ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・プレンジしたイメージ）は、走向・傾斜が深度方向になだらかに変化し、地点ごとに変化の程度も異なるとの結果が得られた。
- 本検討の結果から、地層が堆積しつつ褶曲と北方の隆起が生じたと考えた場合、地層の走向が深部方向に緩やかな変化を生じている相良層深部と整合的である。

層厚を一定とした場合



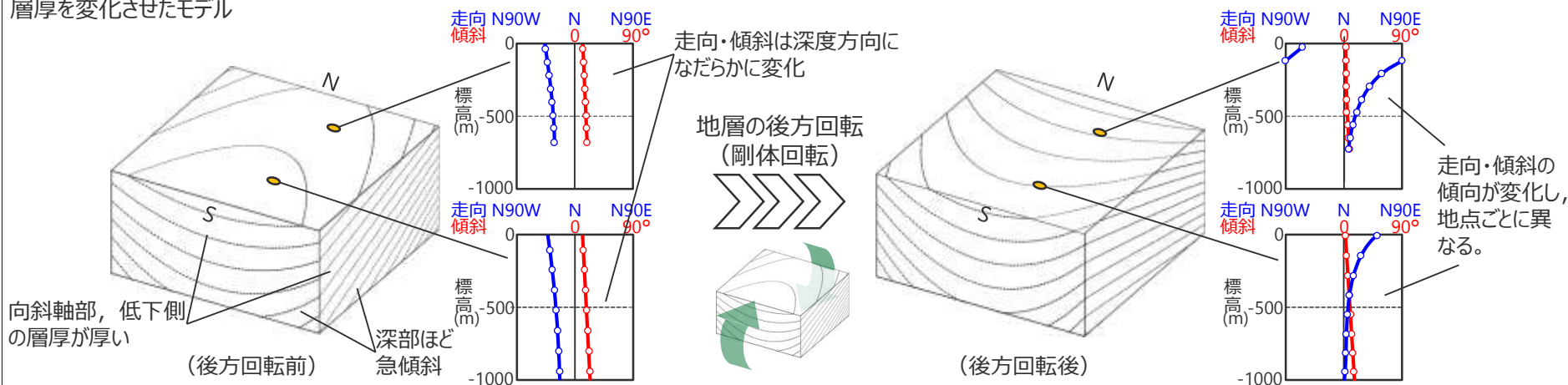
層厚を変化させた場合



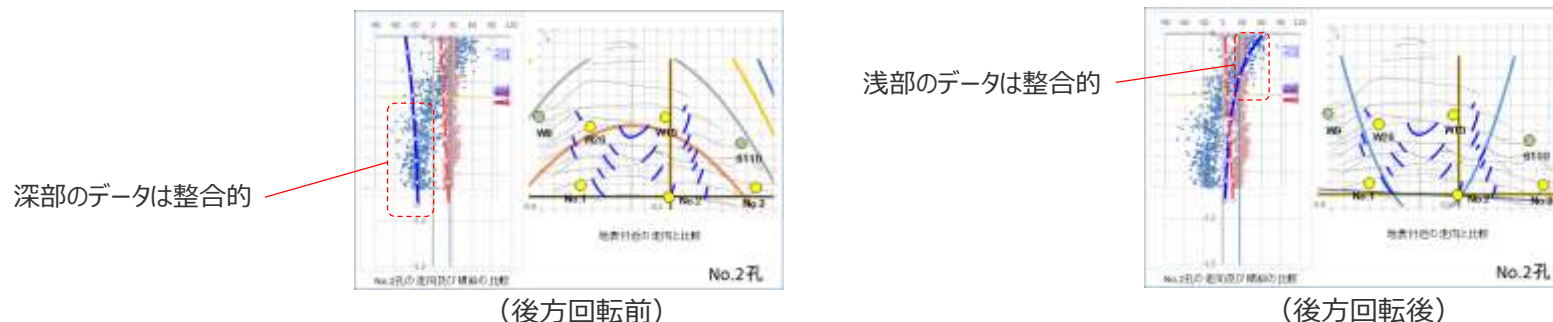
# 地層の走向・傾斜の顕著な変化と後方回転との関係の幾何学的検討

- なお、浅部においては、H断層系により、走向が山側傾斜から海側傾斜へ変わる顕著な変化（後方回転）が生じていると考えられることから、この現象についても解析的な検討を実施した。
- 解析には、褶曲し南プレンジした地層を想定した剛体モデル（地層が堆積しつつ褶曲・プレンジしたイメージ）を用い、モデル全体を後方回転させた際の走向・傾斜の変化の傾向を幾何学的に検討した。その結果、H断層系により後方回転が生じていると考えられる浅部において、ボーリング孔から確認された走向傾斜と比較的整合的な結果が得られた。

層厚を変化させたモデル



解析の一例



大深度ボーリングに見られる地層の走向の深部方向への変化は、K-6凝灰岩の層準付近を境として、山側傾斜から海側傾斜へ大きく傾向を変える浅部の変化（地層の後方回転）と、それ以深に見られる緩やかな変化とに分けられる。

## 山側傾斜から海側傾斜へ変わる浅部の顕著な変化とH断層系との関係

- 敷地中央付近において、標高-300~-400m付近に位置するK-5~K-7凝灰岩層は、大きく変位を受けることなく連続するものと考えられることから、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している。
- 一方、大深度ボーリングに見られる地層の走向の深部方向の変化は、浅部において顕著に后方回転が生じているが、K-7層準付近以深ではほぼ収束する。
- 反射法地震探査結果によると、標高-300~-400m付近に見られる比較的連続性の良い反射面は、K-7凝灰岩層付近からそれ以深100~150m程度にかけての層準にあたり、地層の走向が大きく傾向を変化させる地点は、比較的連続性の良い反射面の上部付近に相当する。
- 上記のように、H断層系により地層に大きな変位が生じていると推定される深度と、地層の後方回転が顕著に生じている深度は、いずれもK-5~K-7層準付近以浅とほぼ一致しており、H断層系と地層の後方回転との関連が考えられる。

## 深部の緩やかな走向変化に関する幾何学的検討

- 地層が堆積しつつ褶曲と北方の隆起が生じたと考えた場合、解析的検討によると、地層の走向は深度方向に緩やかに変化しており、地層の走向が深部方向に緩やかな変化を生じている相良層深部と整合的である。

## 浅部の地層の後方回転に関する幾何学的検討

- 前記検討結果による地層を剛体として后方回転させた場合、地層の走向が大きく変化した結果が得られ、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である。

以上のことから、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・プランジした影響であり、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。





## 参考

地層の走向・傾斜の深度方向への変化に関する幾何学的検討  
(第704回審査会合資料1-2より抜粋)

## 地層の走向・傾斜の深度方向への変化に関する幾何学的検討

- 敷地内の相良層の走向が深度方向に連続的に変化すること（以下、「深度による走向変化」という）を、幾何学的な座標の回転を用いて検討する。（地層を剛体とみなし変形しない状態で回転させることを意味する。）
- 座標は単純化するため、プラントNを $y'$ （北+）、東西方向を $x'$ （東+）、鉛直方向を $z'$ （上+）とする。
- 向斜構造を数式（ $z' = Ax'^2 - Kn + y' \tan \theta$ ）で近似し、任意の方向の水平な軸を中心に後方回転した際の、任意の位置（ボーリング地点）での走向・傾斜の深度方向の変化を幾何学的に算出する。
- 褶曲構造の累積性を上式の $A$ を $A + a(Kn - 1)$ とすることによって近似する。
- 南傾斜の累積性を上式の $\tan \theta$ を $\tan(\theta + bKn)$ とすることによって近似する。

検討の結果、以下を確認した。

- 敷地周辺深部（後方回転をしていないH断層系の下盤側）の向斜構造の形状が、二次関数によって概ね近似できる。
- 敷地内の相良層の走向・傾斜（北プランジの向斜構造）は、南プランジの向斜構造を後方回転させることによって再現できる。
- 層厚を一定とした場合（地層が堆積後褶曲・プランジしたイメージ）は、後方回転前後において走向・傾斜の値は異なるものの、深度方向に一定との傾向は地点ごとには変化しない。
- 層厚を褶曲やプランジ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・プランジしたイメージ）は、後方回転前に既に走向・傾斜が深度方向になだらかに変化しており、後方回転により走向・傾斜の傾向が大きく変化し、地点ごとに変化の程度も異なる。
- 本検討の結果から、深度方向になだらかに変化し地点ごとにその傾向が異なる相良層の走向・傾斜は、地層が堆積しつつ褶曲及び南プランジが生じた地盤が後方回転したことによる可能性が示唆される。

# 層理面を表す方程式

向斜構造を式(1)で近似する。

A は反射断面を基に、 $x=1\text{km}$ の時に褶曲構造の振幅の半分程度になるように設定する。

このため適用範囲は向斜軸から1km程度以内とする。

深部構造の南プレンジ角を $\theta$ とすると、層理面は以下の式であらわされる。

なお、複数の層理面を  $Kn$  (0.2km程度の間隔) を使ってあらわすこととする。

$$z' = (A + a(Kn - 1))x'^2 - Kn + y' \tan(\theta + bKn) \quad (1)$$

$$y' = (z' - (A + a(Kn - 1))x'^2 + Kn) / \tan(\theta + bKn) \quad (2)$$

$Kn$ : 層理面深度 (( $x,y$ )=(0,0)における深度 $Kn$ [km]の層理面を表している)

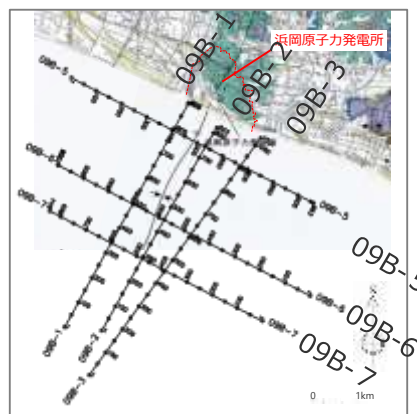
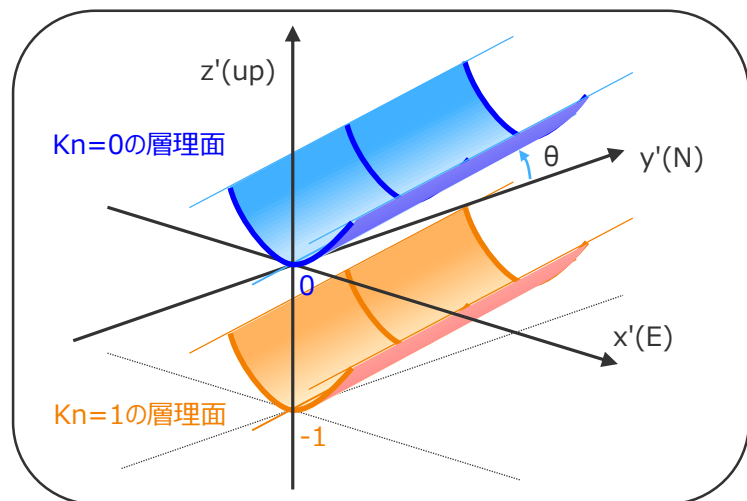
$A$ :  $Kn = 1$ の層理面の振幅の1/2 (0.4< $A$ <0.5km程度)

$a$ :  $Kn = 1$ の地層と $Kn = 2$ の地層の振幅差の1/2 (0< $a$ <0.4程度)

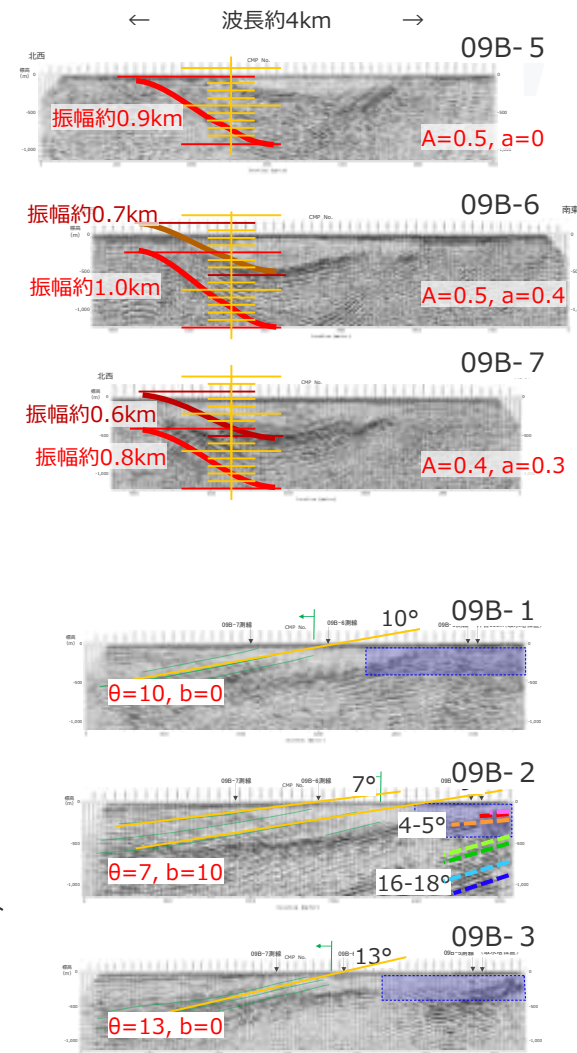
$\theta$ : 南プレンジ角 (7< $\theta$ <18°程度)

$b$ : 南プレンジの累積性 (0< $b$ <10°程度)

$x'$ : [km] (-2< $x'$ <2) 再現できているのは(-1< $x'$ <1程度の範囲)



海上音波探査測線図



# 三次元の回転テンソル（ロドリゲスの回転公式）による座標変換

$$z' = \{A + a(Kn - 1)\}x'^2 - Kn + y' \tan(\theta + bKn) \quad (1)$$

$$y' = [z' - \{A + a(Kn - 1)\}x'^2 + Kn] / \tan(\theta + bKn) \quad (2)$$

単位ベクトル  $(n_x, n_y, n_z)$  を軸として、H断層により $\varphi$ 後方回転した場合の座標変換は以下の式(6)（ロドリゲスの回転公式）であらわされる。

$$n_x = \cos\varepsilon \cos\delta = \cos\delta \quad (3)$$

$$n_y = -\cos\varepsilon \sin\delta = -\sin\delta \quad (4)$$

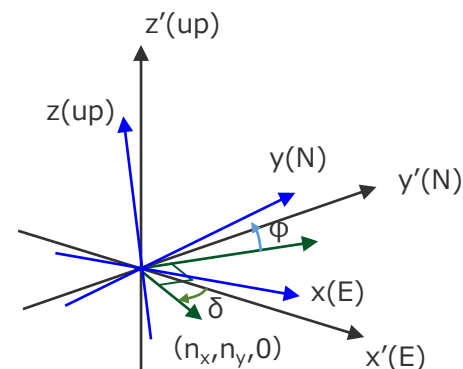
$$n_z = \sin\varepsilon = 0 \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\varphi + n_x^2(1 - \cos\varphi) & n_x n_y(1 - \cos\varphi) - n_z \sin\varphi & n_x n_z(1 - \cos\varphi) + n_y \sin\varphi \\ n_y n_x(1 - \cos\varphi) + n_z \sin\varphi & \cos\varphi + n_y^2(1 - \cos\varphi) & n_y n_z(1 - \cos\varphi) - n_x \sin\varphi \\ n_z n_x(1 - \cos\varphi) - n_y \sin\varphi & n_z n_y(1 - \cos\varphi) + n_x \sin\varphi & \cos\varphi + n_z^2(1 - \cos\varphi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (6)$$

式(1)と式(6)から以下の式(7)が得られる。

$$a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z = \{A + a(Kn - 1)\}(a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z)^2 - Kn + (a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z) \tan(\theta + bKn) \quad (7)$$

$$(a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z)^2 = (a_{11}^2x^2 + a_{12}^2y^2 + a_{13}^2z^2 + 2a_{11}xa_{12}y + 2a_{12}ya_{13}z + 2a_{13}za_{11}x) \quad (7')$$





# 各断面におけるKn層の構造線の算出

## z(Kn,x,y)

後方回転後の地層Knの層理面のz(Kn,x,y)は、式(7)から式(12)で求められる。

$$(A + a(Kn - 1))a_{13}^2 z^2 + (-a_{33} + 2(A + a(Kn - 1))a_{12}ya_{13} + 2(A + a(Kn - 1))a_{13}a_{11}x + a_{23} \tan(\theta + bKn))z - a_{31}x - a_{32}y + (A + a(Kn - 1))(a_{11}^2 x^2 + a_{12}^2 y^2 + 2a_{11}xa_{12}y) - Kn + (a_{21}x + a_{22}y) \tan(\theta + bKn) = 0 \quad (8)$$

$$A_z = (A + a(Kn - 1))a_{13}^2 \quad (9)$$

$$B_z = -a_{33} + 2(A + a(Kn - 1))a_{13}(a_{12}y + a_{11}x) + a_{23} \tan(\theta + bKn) \quad (10)$$

$$C_z = -a_{31}x - a_{32}y + (A + a(Kn - 1))(a_{11}^2 x^2 + a_{12}^2 y^2 + 2a_{11}xa_{12}y) - Kn + (a_{21}x + a_{22}y) \tan(\theta + bKn) \quad (11)$$

$$z(Kn, x, y) = \frac{-B_z \pm \sqrt{B_z^2 - 4A_z C_z}}{2A_z} \quad (12)$$

## y(Kn,x,z)

後方回転後地層Knの層理面のy(Kn,x,z)は、式(7)から式(17)で求められる。

$$(A + a(Kn - 1))a_{12}^2 y^2 + (2a(Kn - 1)a_{11}xa_{12} + 2a(Kn - 1)a_{13}z + a_{22} \tan(\theta + bKn) - a_{32})y + (A + a(Kn - 1))(a_{11}^2 x^2 + a_{13}^2 z^2 + 2a_{13}za_{11}x) - Kn + (a_{21}x + a_{23}z) \tan(\theta + bKn) - a_{31}x - a_{33}z = 0 \quad (13)$$

$$A_y = (A + a(Kn - 1))a_{12}^2 \quad (14)$$

$$B_y = 2(A + a(Kn - 1))a_{12}(a_{11}x + a_{13}z) + a_{22} \tan(\theta + bKn) - a_{32} \quad (15)$$

$$C_y = (A + a(Kn - 1))(a_{11}^2 x^2 + a_{13}^2 z^2 + 2a_{13}za_{11}x) - Kn + (a_{21}x + a_{23}z) \tan(\theta + bKn) - a_{31}x - a_{33}z \quad (16)$$

$$y(Kn, x, z) = \frac{-B_y \pm \sqrt{B_y^2 - 4A_y C_y}}{2A_y} \quad (17)$$

# 走向・傾斜の算出

任意の平面位置  $(x, y)$  での層理面  $Kn$  の走向  $N\theta_{Kn}E$  は、式(17)と以下の式(18)を用いて求められる。  
 なお、走向はプラントNを  $N26.5^\circ E$  としている。

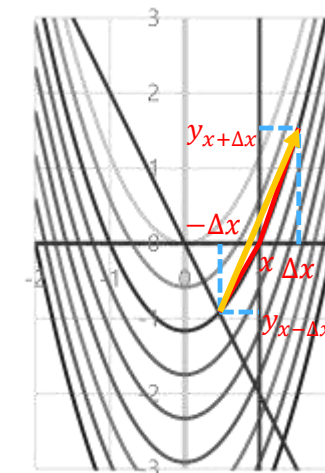
$$\theta_{Kn} = 26.5 + 90 - \frac{180}{\pi} \tan^{-1} \frac{dy}{dx} \quad (18)$$

ただし、微分については右の式で近似している。  $\frac{dy}{dx} = \frac{y_{x+\Delta x} - y_{x-\Delta x}}{2\Delta x}$  (19)

$$\frac{dz}{dx} = \frac{z_{x+\Delta x} - z_{x-\Delta x}}{2\Delta x} \quad (20)$$

また、 $y(Kn, x, z)$  の  $z$  は、式(12)  $z(Kn, x, y_x)$  で与える。

傾斜  $\varphi_{Kn}$  は式(12)の  $z$  を  $x$  で微分して求めた  $x$ - $z$  面の傾斜と、式(18)で求めた走向  $\theta_{Kn}$  を基に式(24)で求められる。  
 この時、深度は式(12)で求められる。

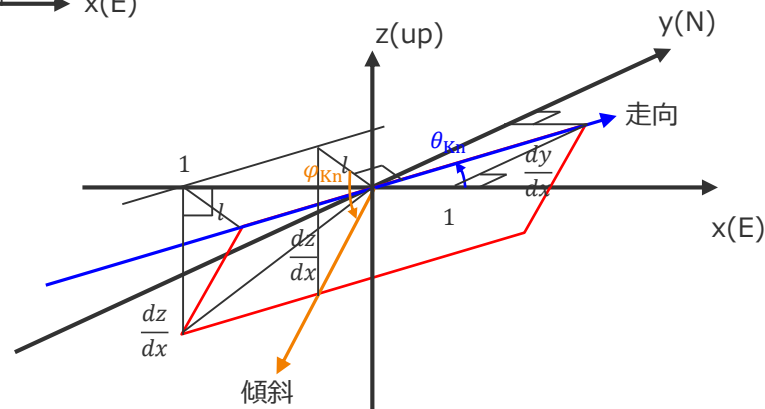
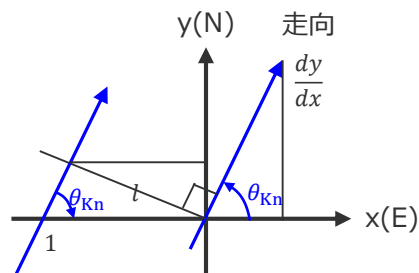


$$l:1 = \frac{dy}{dx} : \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \quad (21)$$

$$l = \frac{\frac{dy}{dx}}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}} \quad (22)$$

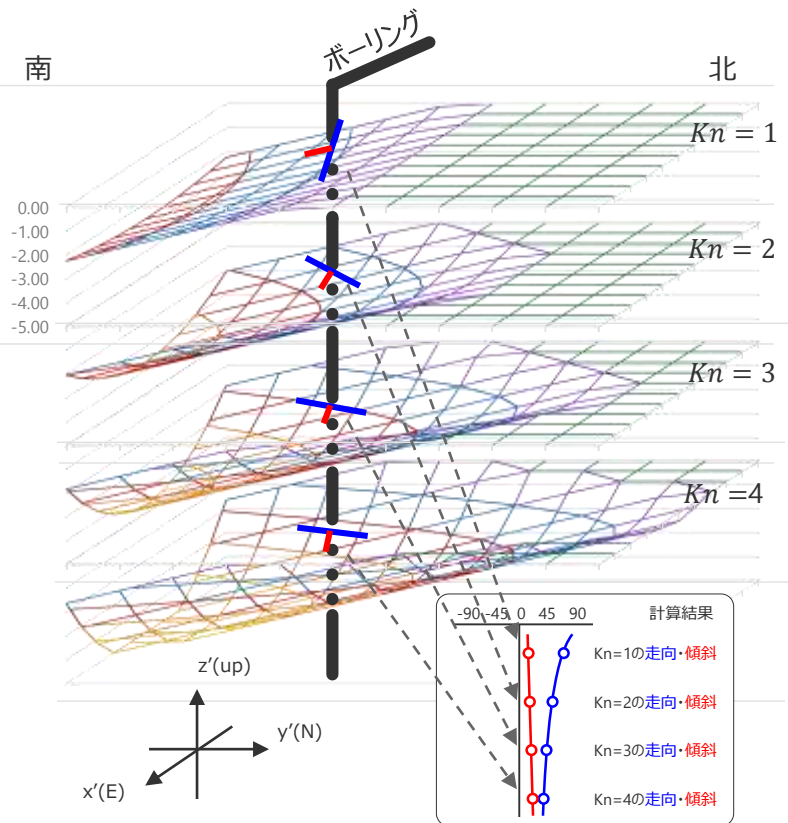
$$\tan \varphi_{Kn} = \frac{dz}{dx} = \frac{dz}{dx} \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{\frac{dy}{dx}} \quad (23)$$

$$\varphi_{Kn} = \frac{180}{\pi} \tan^{-1} \left( \frac{dz}{dx} \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}{\frac{dy}{dx}} \right) \quad (24)$$

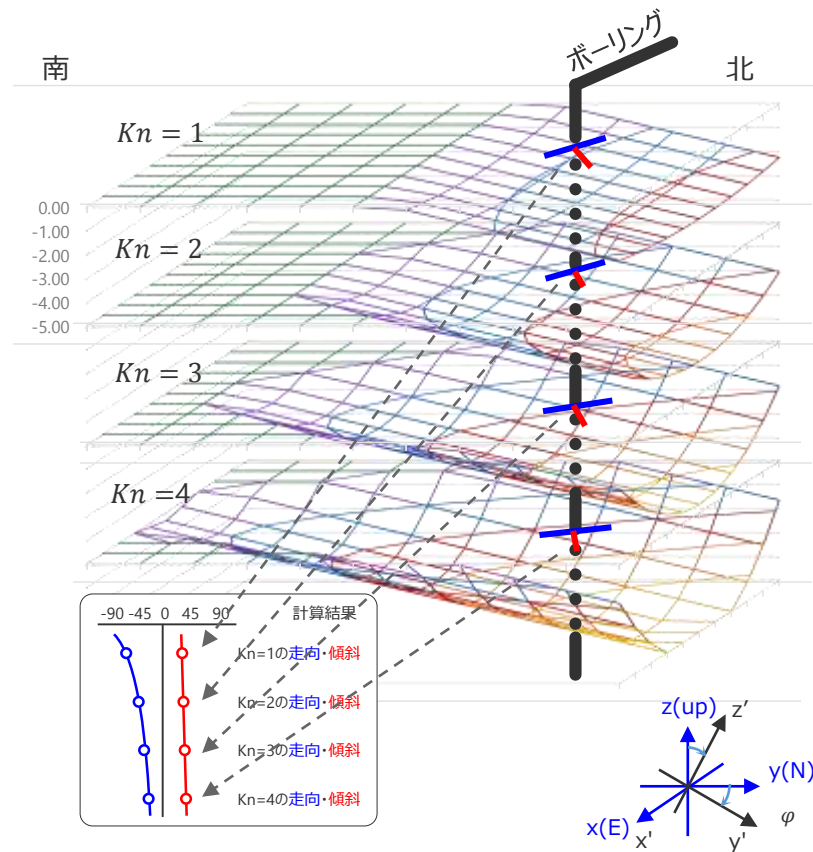


# 走向・傾斜変化に関する検討の概念図

後方回転する前の地質構造（下盤側の構造）



後方回転した後の地質構造（H断層系の上盤側の構造）



向斜構造の累積性(a), 南傾斜の累積性(b)を下式によって近似した。

$$z' = \{A + a(Kn - 1)\}x'^2 - Kn + y' \tan(\theta + bKn) \quad (1)$$

$$y' = [z' - \{A + a(Kn - 1)\}x'^2 + Kn] / \tan(\theta + bKn) \quad (2)$$

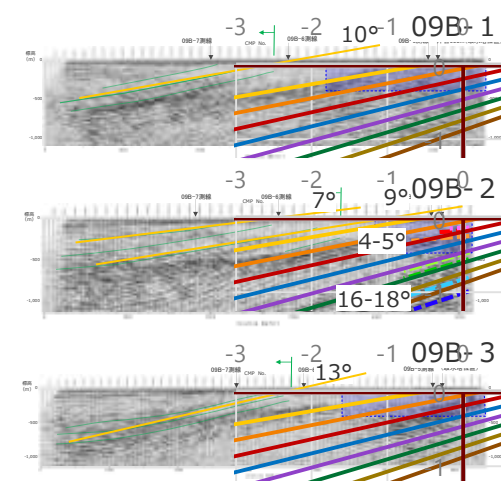
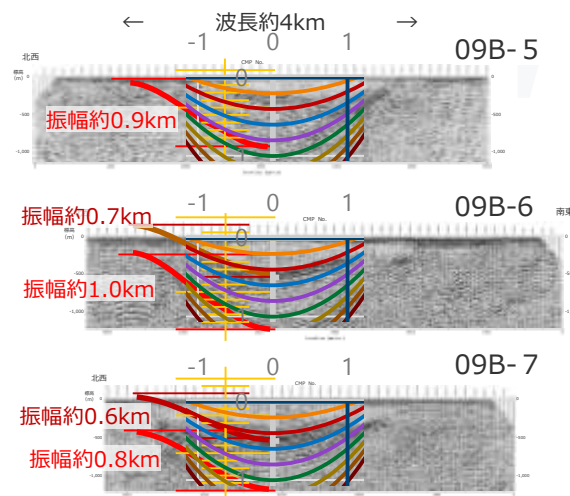
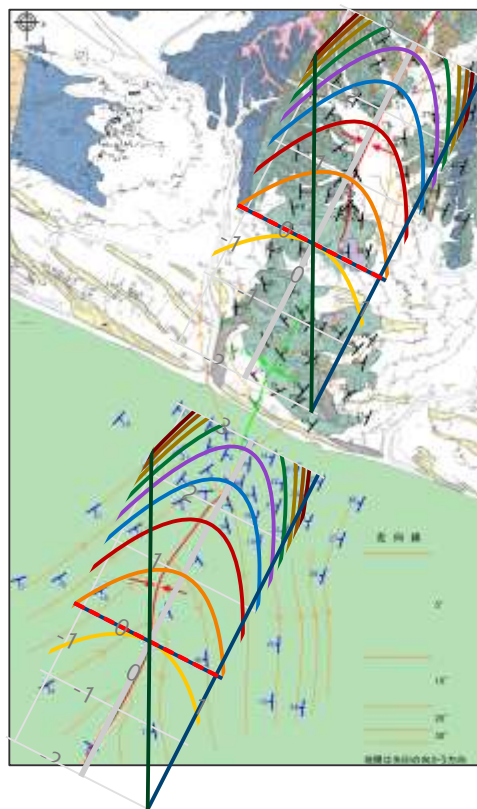
- a: Kn=1の地層とKn=2の地層の振幅差の1/2  
b: 南プランジの累積性

# 深部構造の計算例 (ケース3 : $A=0.4, a=0.3, \theta=10, b=7$ )

後方回転前の平均的な深部の構造を反射断面を基に設定する。  
 ケース3 : 向斜構造の累積性有り ( $A=0.4, a=0.3$ )  
 南傾斜の累積性有り ( $\theta=10, b=7$ )  
 後方回転角 ( $\varphi=12^\circ \sim 27^\circ$ )



海上音波探査測線図

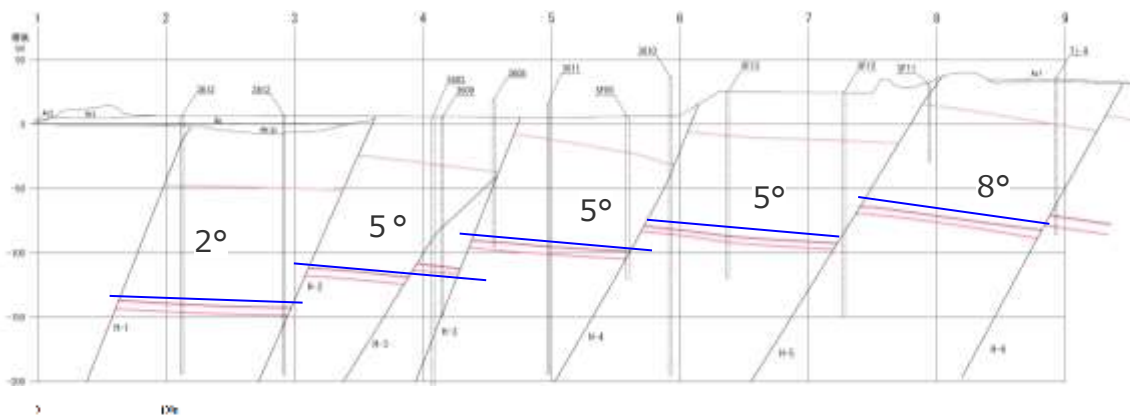




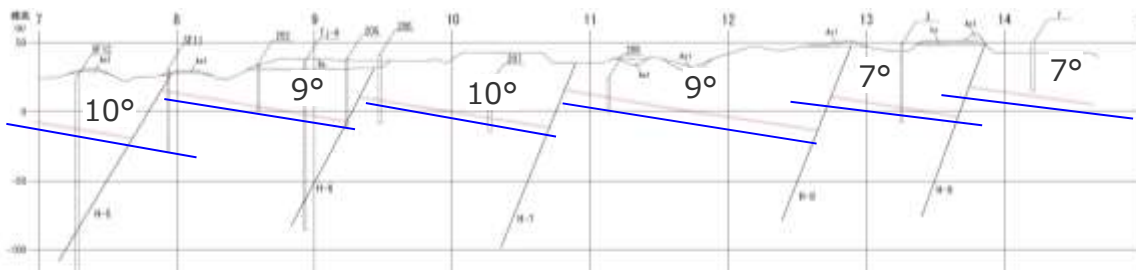
# 後方回転角の設定

向斜軸付近の地質断面図（G-12-Line断面，F+60-Line断面）から，後方回転後の北プレンジ角は $2^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 程度となるように設定する。  
 ケース1，ケース2：南傾斜を $10^{\circ}$ とした場合には，後方回転角 $\phi$ を $12^{\circ} \sim 20^{\circ}$ の範囲とする。  
 ケース3：南傾斜を $10^{\circ} \sim 17^{\circ}$ とした場合は，後方回転角 $\phi$ を $12^{\circ} \sim 27^{\circ}$ の範囲とする。

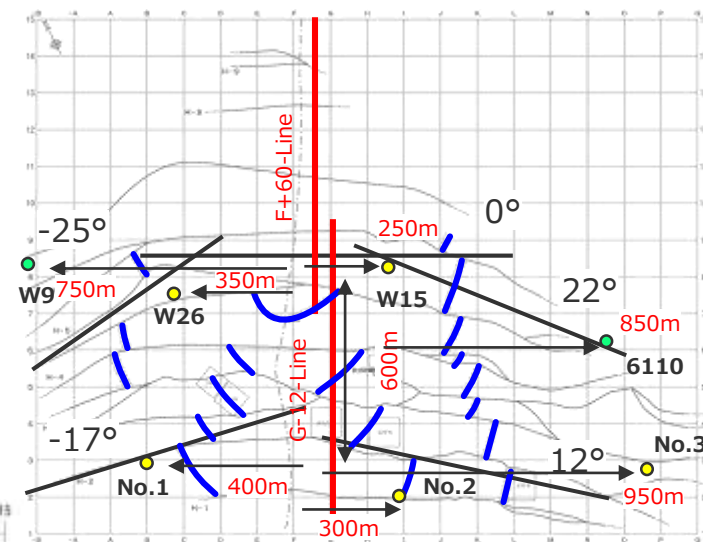
後方回転の軸と向斜軸とのなす角 $\delta$ は，平面図から，西側で $-25^{\circ} \sim -17^{\circ}$ ，中央部で $0^{\circ}$ 前後，東側で $22^{\circ} \sim 12^{\circ}$ 程度とする。 $\epsilon$ は $0^{\circ}$ とする。



地質鉛直断面図（G-12-Line断面）



地質鉛直断面図（F+60-Line断面）



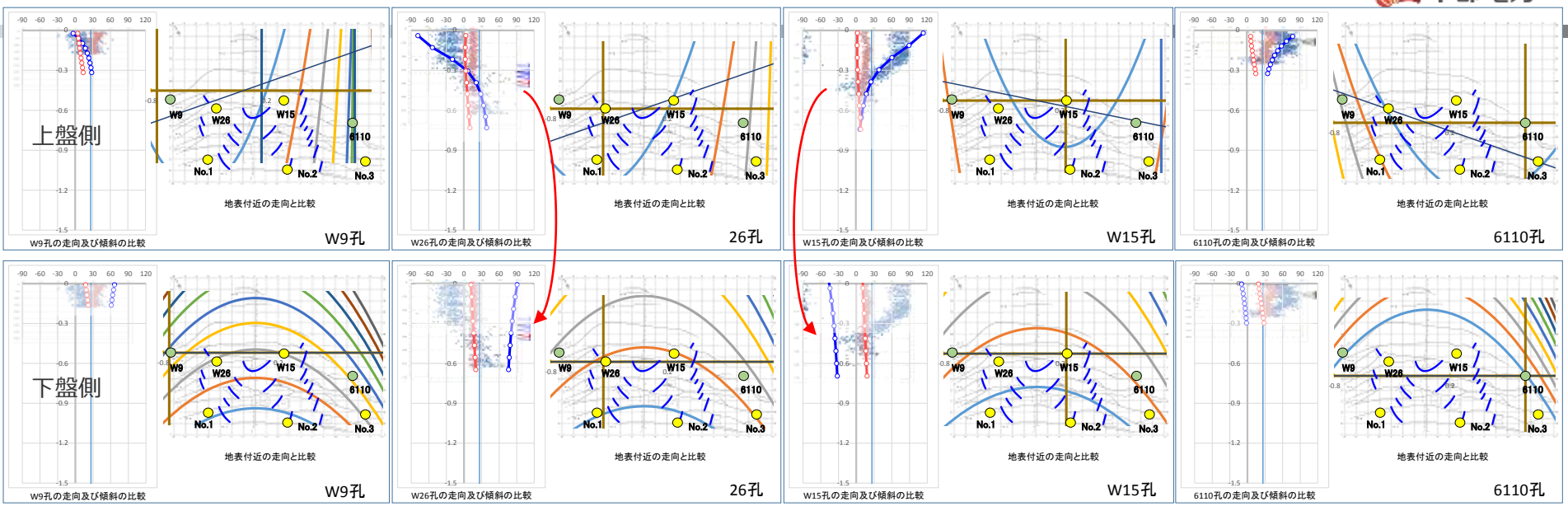
断面及び対象ボーリング孔位置図

# ケース3

## 向斜及び南傾斜の累積有り (A=0.4, a=0.3, $\theta=10$ , b=7)

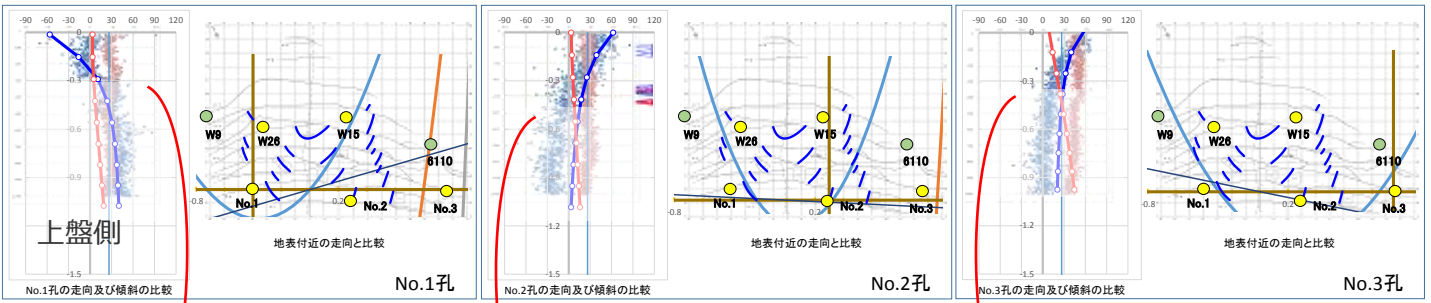
向斜構造及び南傾斜の累積性を考慮することによって、深度による走向の変化が認められ、さらに、上盤と下盤の走向が連続して変化しているように見える。

第704回資料1-2  
p.41追記



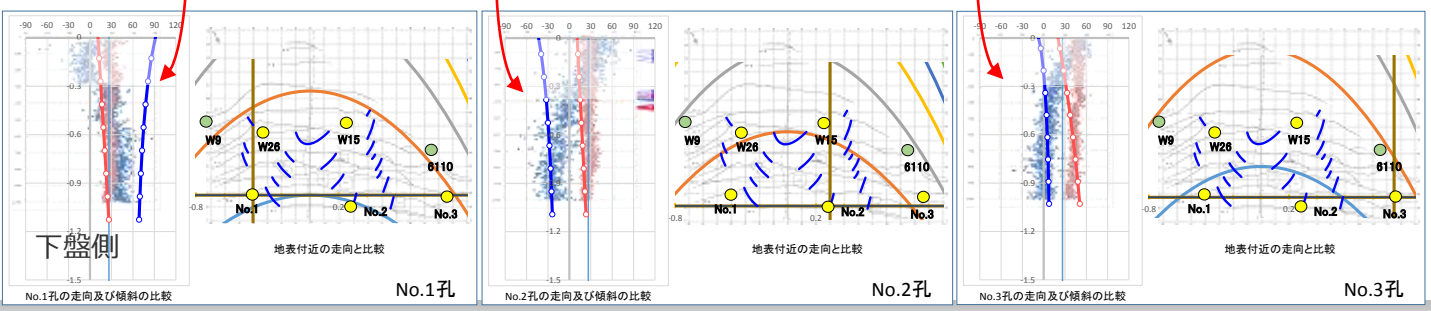
### 後方回転後 (上盤側)

入力パラメータ	記号単位	W9	W26	No.1	W15	No.2	6110	No.3
南北断面図の位置	x(km)	-0.75	-0.35	-0.40	0.25	0.30	0.85	0.95
東西断面図の位置	y(km)	0.5	0.4	0.0	0.3	0.2	0.4	0.3
水平断面図の深度	z(km)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
振幅	A(km)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
地層の累積効果	a	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
深部南ブランチ角	$\theta(^{\circ})$	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
深部ブランチの累積効果	b	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
後方回転角	$\varphi(^{\circ})$	13.0	14.0	14.0	13.0	12.0	16.0	15.0
回転軸の斜交角	$\delta(^{\circ})$	-20.0	-20.0	-17.0	12.0	3.0	20.0	12.0



### 後方回転前 (下盤側)

入力パラメータ	記号単位	W9	W26	No.1	W15	No.2	6110	No.3
南北断面図の位置	x(km)	-0.75	-0.35	-0.40	0.25	0.30	0.85	0.95
東西断面図の位置	y(km)	0.5	0.4	0.0	0.3	0.2	0.4	0.3
水平断面図の深度	z(km)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
振幅	A(km)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
地層の累積効果	a	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
深部南ブランチ角	$\theta(^{\circ})$	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
深部ブランチの累積効果	b	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
後方回転角	$\varphi(^{\circ})$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
回転軸の斜交角	$\delta(^{\circ})$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

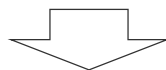


# 4

## H断層系の深部への連続性の検討

## <コメントNo.75>

- I断面の4つの大深度ボーリングにおいて深部に確認される主な開離型断層について、H断層と認定しなかった根拠を示すこと。



## <回答方針>

- 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する。
- 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断層系の性状から、H断層系と同性状の断層の検討方法を整理する。
- その上で、まずは地下浅部（K-5～K-7層準付近以浅）において、H断層系と同性状の断層の分布を検討するとともに、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確認し、さらに地下深部（K-5～K-7層準付近以深）に見られる断層が、H断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当するか否かの検討を行う。



(1) ボーリングコアにおいて想定されうるH断層系の性状	49
① 露頭におけるH断層系の特徴	
② ボーリングコアにおいて想定されうるH断層系の性状	
③ ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討方法	
(2) ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討	74
① ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討 (地下浅部)	
② ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討 (地下深部)	
(3) H断層系の深部への連続性の検討まとめ	104

**(1)**

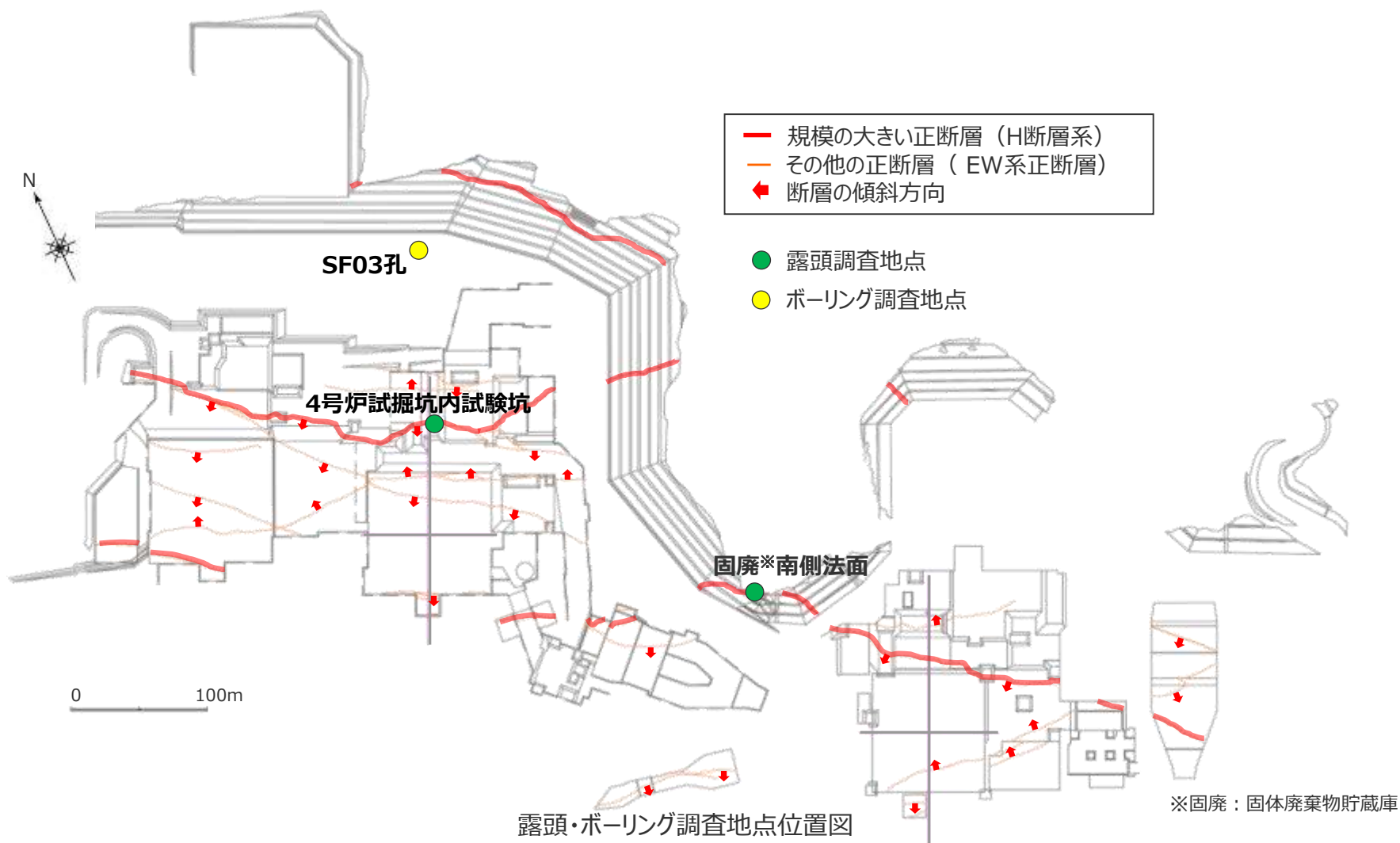
## ボーリングコアにおいて想定されうる H断層系の性状

①

# 露頭におけるH断層系の特徴

# H断層系の詳細観察例

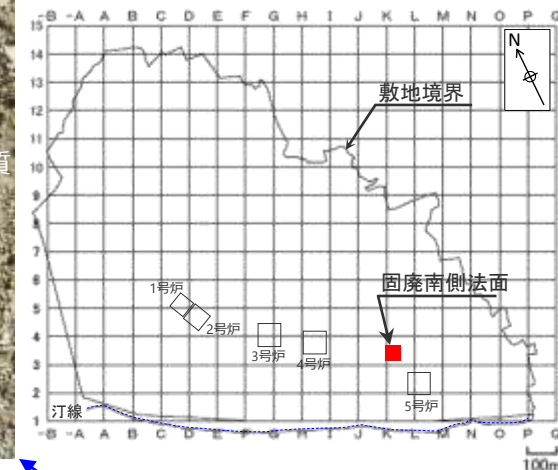
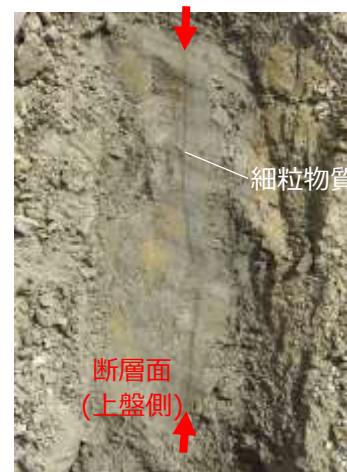
- 『3.敷地の地質・地質構造』において、その分布の一部を確認したH断層系について、その特徴を把握するため、露頭及びボーリングコアでの詳細な観察例を示す。





# 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。
- 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。

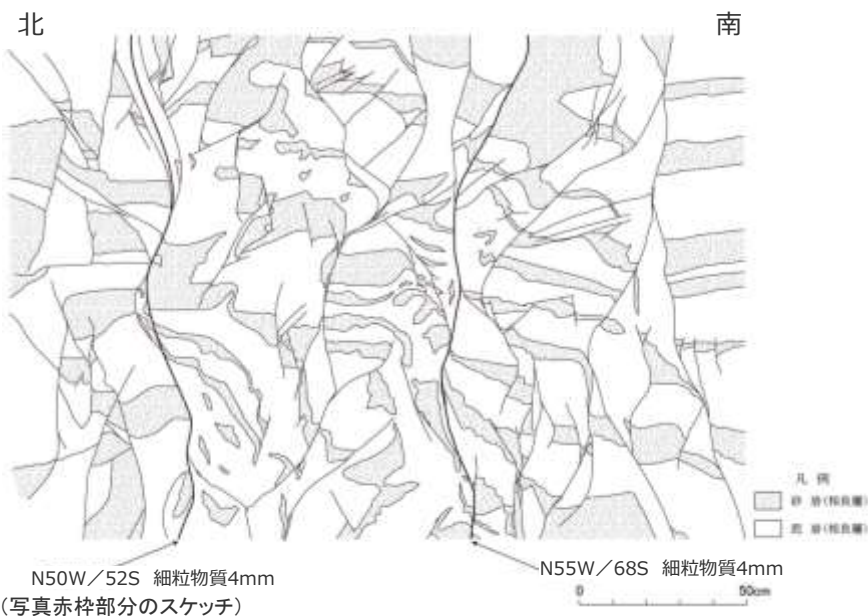


上盤側の断層面を研磨した状況



断層面

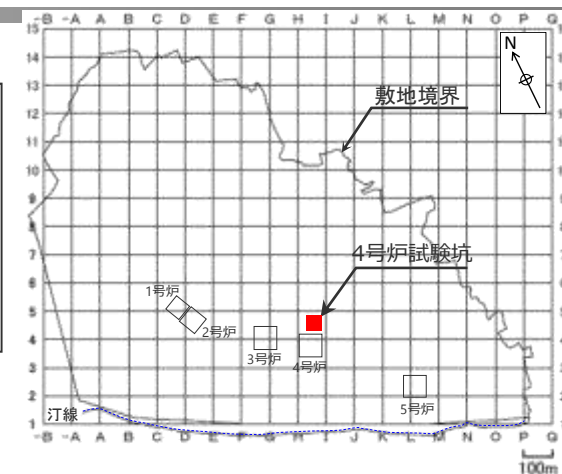
断層面



N50W/52S 細粒物質4mm  
(写真赤枠部分のスケッチ)

# H断層系の露頭観察例 (H-3断層 (4号炉試験坑))

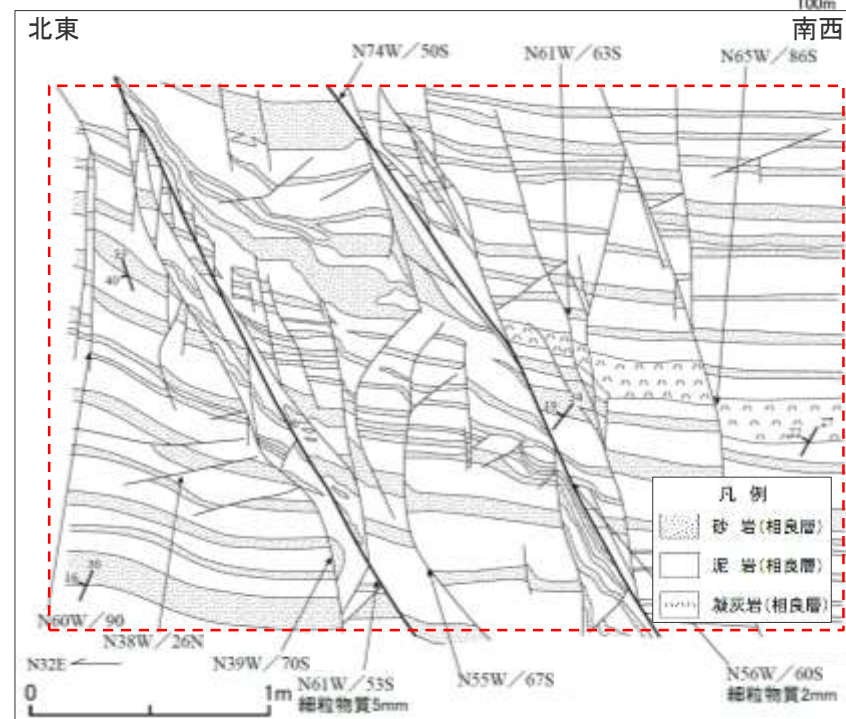
- 露頭で確認されるH断層系の例 (4号炉試験坑におけるH-3断層) を示す。
- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層に挟まれた区間やその周囲には、砂岩の膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められる。
- これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 細粒物質を伴う断層面は比較的連続性が良く、周囲の小断層を切っている。また、これらに挟まれた区間の流動変形は特に著しい。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。



(右図赤枠部分の写真)

断層面

断層面





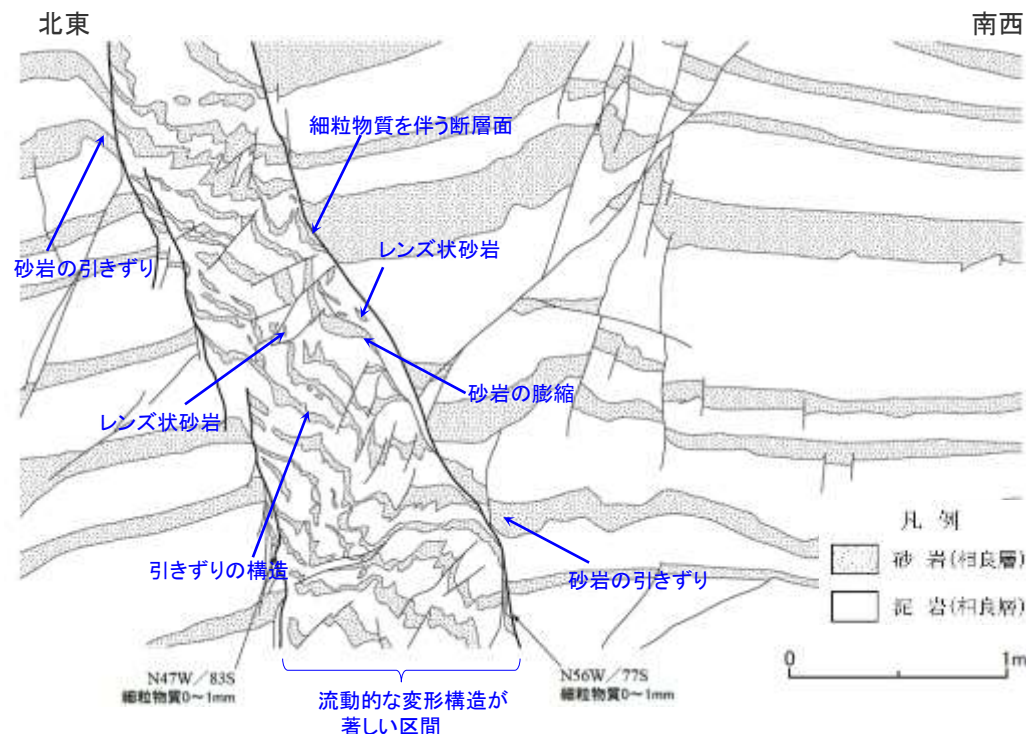
# H断層系の一般的特徴

## <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>

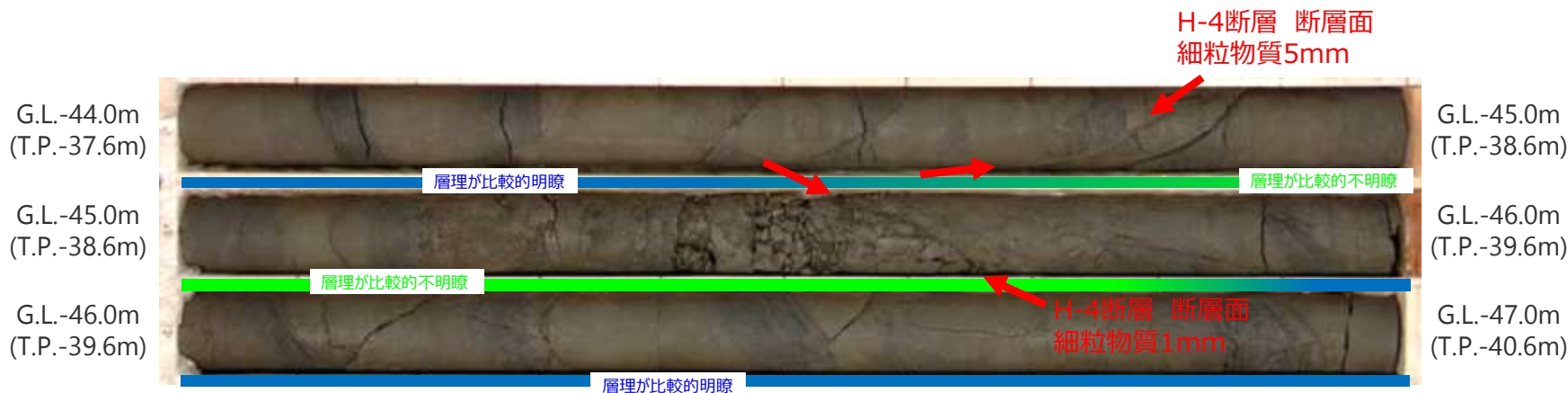
- 細粒物質を伴う断層面が認められる。
- 断層面周辺の砂岩や凝灰岩には、膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、流動的な変形構造が認められ、この構造はボーリングコアにおいては不明瞭な層理面あるいは急傾斜として確認できる。
- 特に、細粒物質を伴う断層に挟まれた区間(幅数十cm～数m程度)は流動的な変形構造が著しい場合が多い。
- 断層面はうねっており、平面的ではない。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破碎部は認められない。
- 周囲には小断層が複数分布するが、細粒物質を伴う断層面がこれらの小断層を切っている。



H断層系の一般的特徴 (H-3断層露頭の事例)

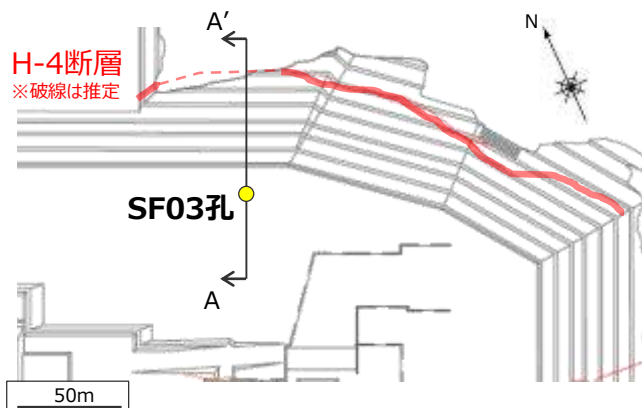
# H断層系のボーリングコア観察例 (H-4断層 (SF03孔))

- 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。

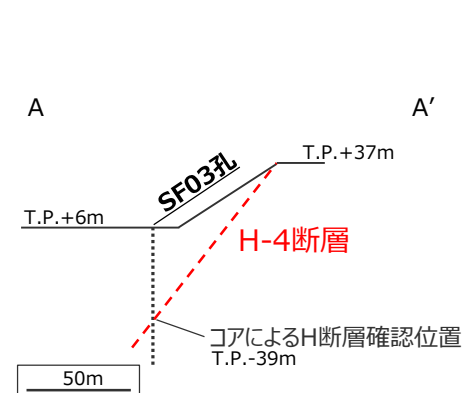


## 【参考】地表面で確認されるH断層系との関係

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)



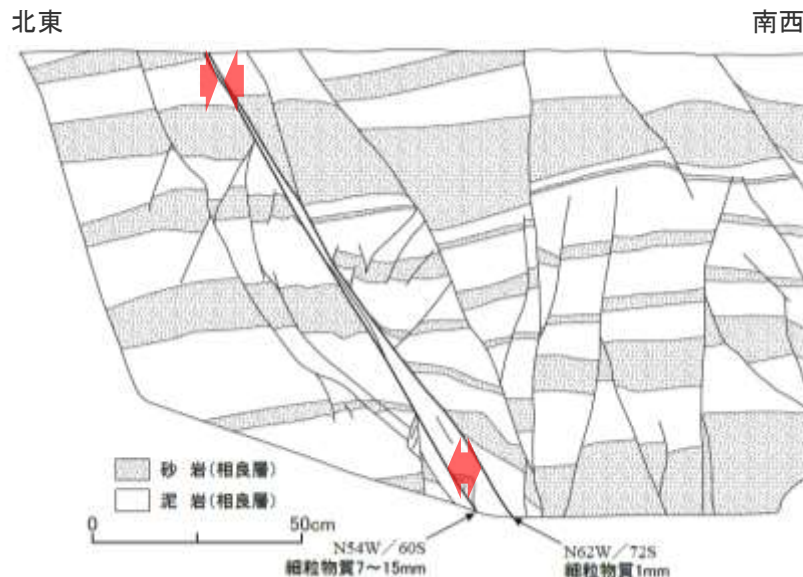
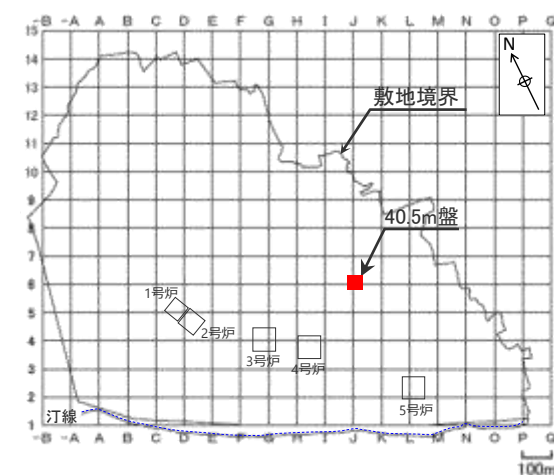


# H断層系の稀にみられる特徴(A) (H-4断層 (40.5m盤(東側)) ~露頭観察)

## <断層の特徴>

- 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。

- 細粒物質を伴う2条の平行な断層面が認められ、その断層に挟まれた区間には、砂岩のレンズ状の構造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、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)



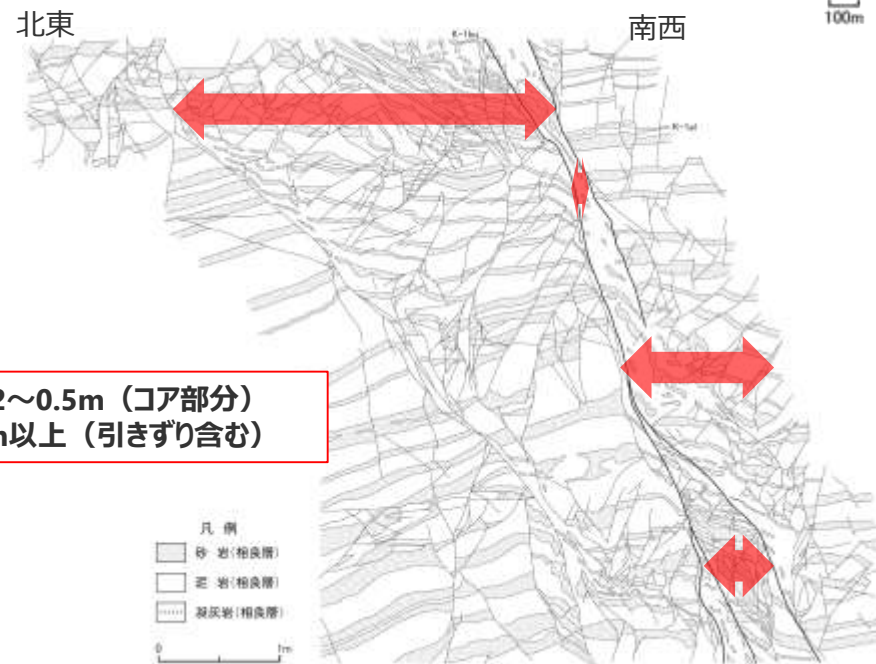
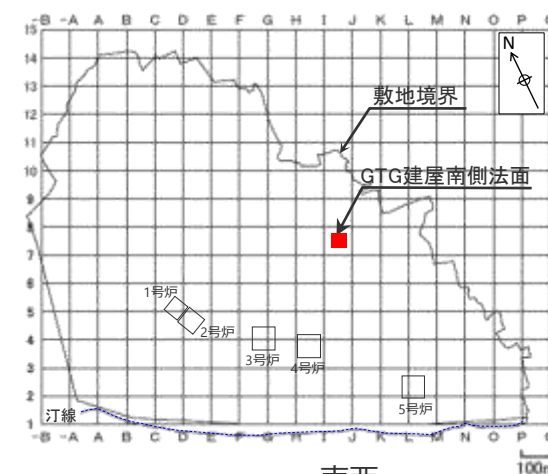
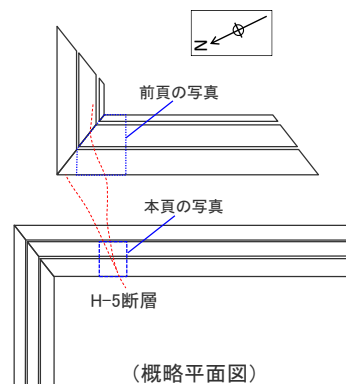
# H断層系の稀にみられる特徴(B) H-5断層 (GTG建屋南側法面(西面)) ~露頭観察

## <断層の特徴>

- 細粒物質を伴う断層面が分岐・合流し、断層が不明瞭になる。また、流動的な変形構造の断層幅が膨縮する。
- GTG建屋南側法面の最下部では、H-5断層が分岐する状況を確認できる。
- 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。



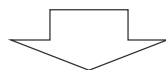
断層面



(写真赤枠部分のスケッチ)

## ①露頭におけるH断層系の特徴 まとめ

- H断層系の露頭の特徴として、分布形態としては、東西～北西-南東走向に分布する南落ちの正断層であることが挙げられる。
- また、断層性状として、一般的な例では、「ア. 細粒物質を伴う断層面が認められ」、「イ.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、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」という特徴が認められる。
- 一方、稀に見られる性状として、「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」、「細粒物質を伴う断層面が分岐・合流し、断層が不明瞭になる。また、流動的な変形構造の断層幅が膨縮する」との特徴が認められる。



- 上記結果を踏まえ、「②ボーリングコアにおいて想定されるH断層系の性状」では、露頭におけるH断層系の性状を踏まえた上で、ボーリング調査から想定されるH断層系の性状について検討する。



# (参考) 幅を有する断層に関する文献調査

- 幅をもつ断層の性状については、文献によって多少の名称の違いはあるものの、基本的には、①断層コア (fault core) , ②すべり面 (slip surface) , ③ダメージゾーン (damage zone) から構成されるとしている。(①の断層コアに②すべり面を含む場合もある)。
- Jourde et al.,2002は、アステカ風成砂岩中に発達する断層の露頭写真を示し、断層岩、すべり面と、周囲のダメージゾーンからなる特徴的な構造を示すとしている。
- Jia et al.,2019は、断層は、断層コアとダメージゾーンに分けることができるとし、圧密続成作用を受ける地層中の断層について、ポーラスな場合とそうでない地層について、構造の概要図を示している。
- これら幅を有する断層の性状に関する知見は、H断層系の断層性状とも整合的である。

Figure 4. Photograph of a fault from the Valley of Fire State Park showing characteristic structural features of the fault core (fault rock and slip surfaces) and the surrounding damage zone (joints and sheared joints).

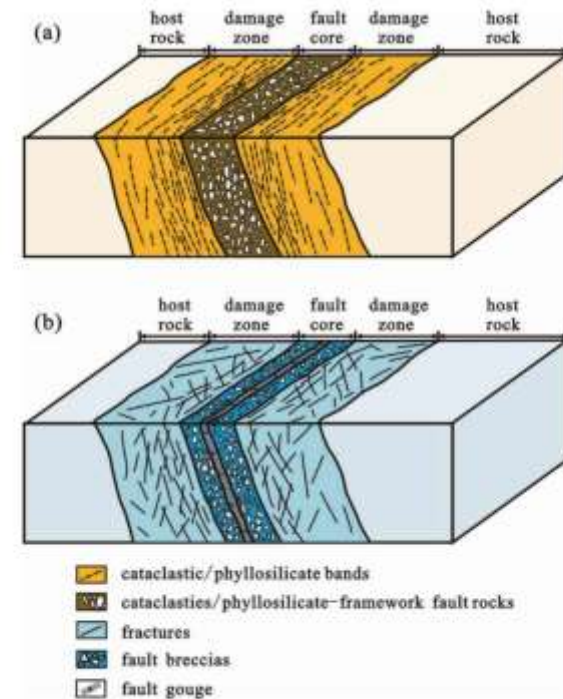


Figure 3. The pattern of fault zones in consolidation diagenesis reservoirs, (a) porous reservoirs, and (b) non-porous to low porosity reservoirs.

幅を有する断層の露頭事例 (Jourde et al.,2002)

幅を有する断層のパターン (Jia et al.,2019)

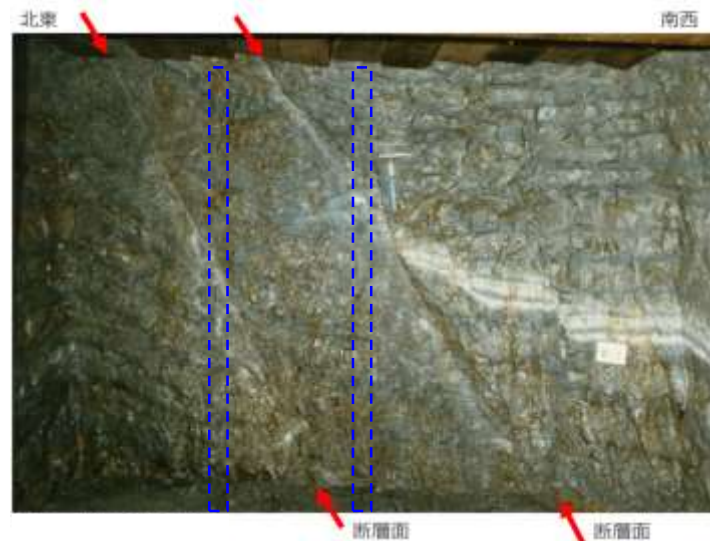
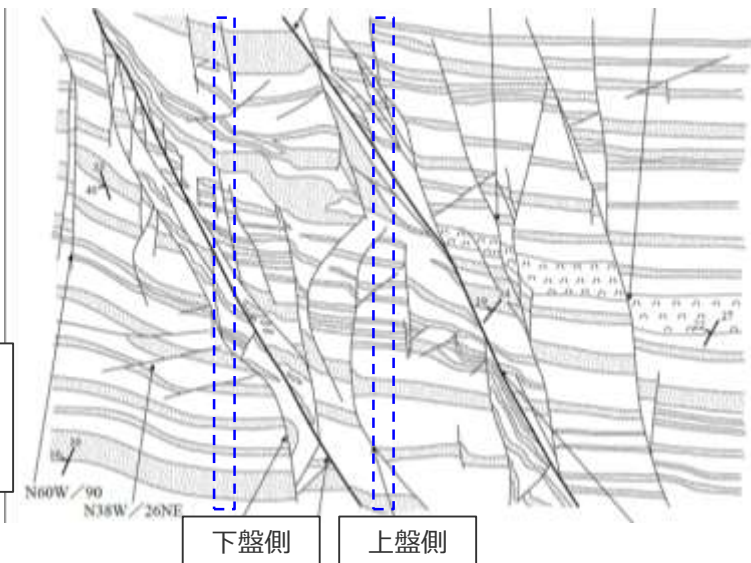


②

## ボーリングコアにおいて想定されうる H断層系の性状

# 一般的なH断層系から想定されるボーリングコアの断層性状

- 一般的なH断層系の例として、H-3断層（4号炉試験坑）の断層露頭から想定される、ボーリングコアでの断層性状を検討した。
- 2条の高角な断層面が明瞭に認められ、断層に挟まれた区間は、母岩の層理面が不明瞭あるいは急傾斜となり、小断層の発達が生じる。また、断層面周辺の砂岩や凝灰岩には、急傾斜や小断層の発達が想定される。

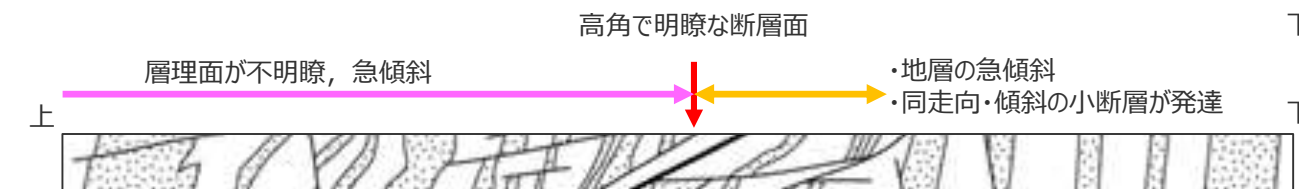


一般的なH断層系の露頭  
(H-3断層, 4号炉試験坑より)

高角で明瞭な断層面  
 ・地層の急傾斜  
 ・同走向・傾斜の小断層が発達  
 層理面が不明瞭, 急傾斜

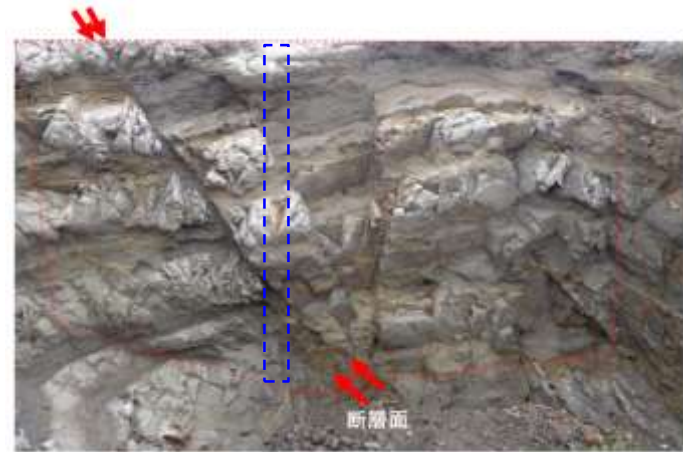
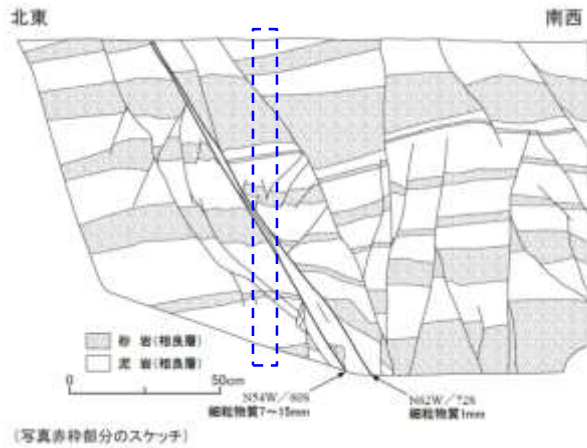


上記H断層系をボーリング調査した場合に想定されるコアの性状

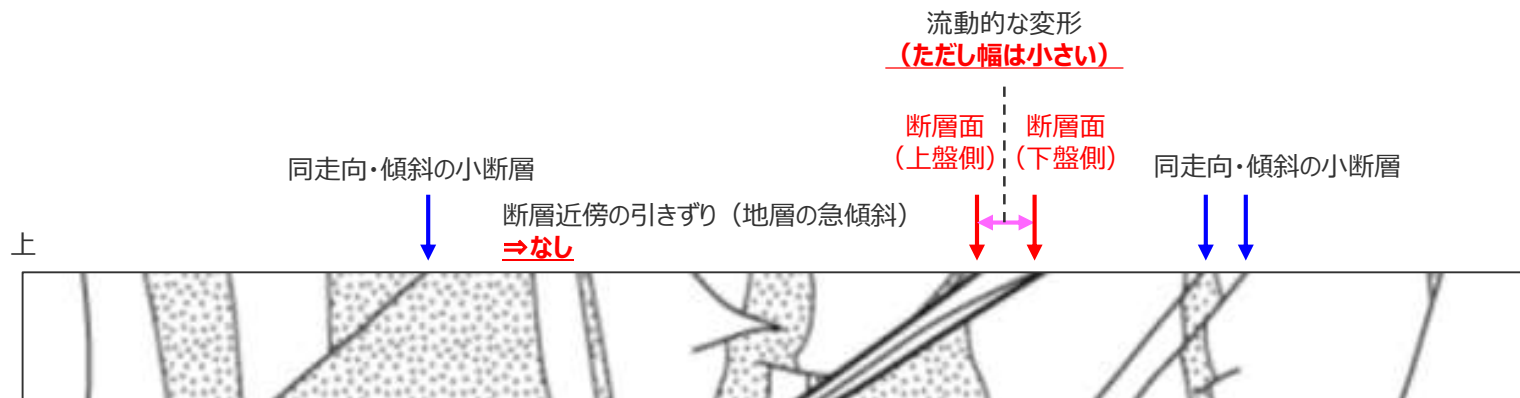


# 稀に見られるH断層系から想定されるボーリングコアの断層性状（その1）

- 稀に見られるH断層系の例として、H-4断層（40.5m盤）の断層露頭から想定される、ボーリングコアでの断層性状を検討した。
- 断層幅は小さい（～10cm程度）ものの、2条の高角な断層面が明瞭に認められる。断層に挟まれた区間の性状は、幅が小さいものの、母岩の層理面が不明瞭あるいは急傾斜と想定される。
- また、断層面周辺の砂岩や凝灰岩には、層理面の急傾斜は認められないが、同走向・傾斜の小断層の発達が想定される。



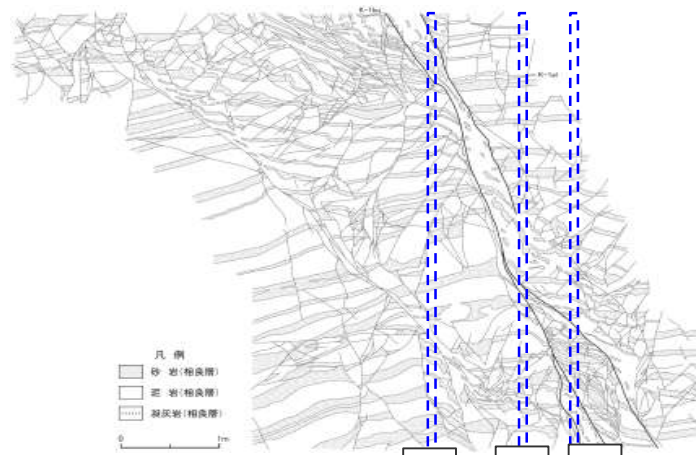
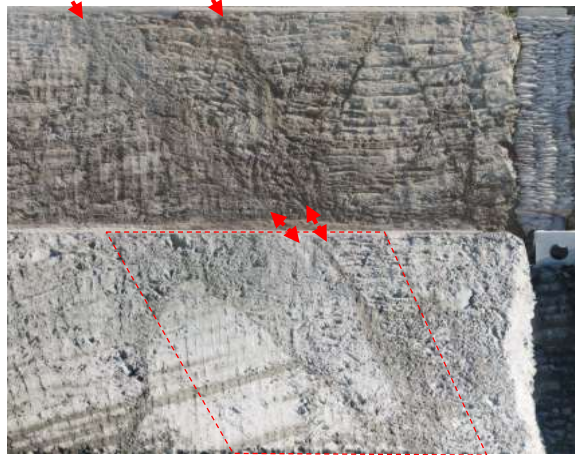
稀に見られるH断層系の露頭（H-4断層，40.5m盤）



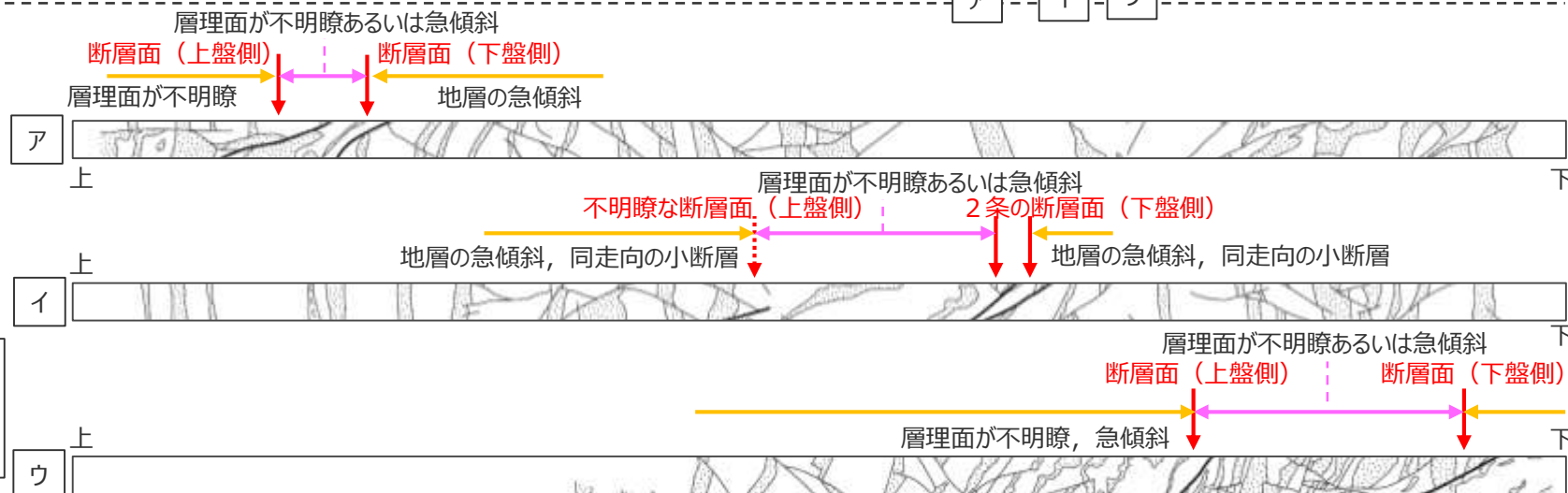
上記H断層系をボーリング調査した場合に想定されるコアの性状

# 稀に見られるH断層系から想定されるボーリングコアの断層性状（その2）

- 稀に見られるH断層系の例として、H-5断層（GTG建屋南側法面(西面)）の断層露頭から想定される、ボーリングコアでの断層性状を検討した。
- アの位置では、2条の断層面と、やや狭い断層面の間およびその上下に、層理面が不明瞭あるいは急傾斜の区間等が認められる。
- イの位置では、上盤側の断層面が不明瞭となり、下盤側に近接した2条の断層面が見られるが、層理面が不明瞭な区間等が幅広く認められる。
- ウの位置では、2条の断層面と、断層間およびその上下に、層理面が不明瞭な区間等が認められる。



稀に見られるH断層系の露頭  
(H-5断層, GTG建屋南側法面(西面))

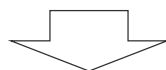


上記H断層系をボーリング調査した場合に想定されるコアの性状



## <まとめ>

- 露頭におけるH断層系の性状を踏まえた上で、ボーリング調査から想定されるH断層系の性状について検討した。
- 一般的なH断層系では、以下の特徴が想定される。
  - 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。
- また、稀に見られるH断層系の性状からは、以下の特徴が想定される。
  - 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。



- 上記検討結果を踏まえ、ボーリング調査結果による、H断層系と同性状の断層の検討方法を整理する。

③

## ボーリング調査によるH断層系と同性状 の断層の検討方法

- ①「露頭におけるH断層系の特徴」、②「ボーリングコアにおいて想定されるH断層系の性状」の検討結果を踏まえ、ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討については、以下の指標を用いる。

## 【ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討の指標】

- ▶ 少なくとも1条の、明瞭な高角の断層面が存在する。（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。\*

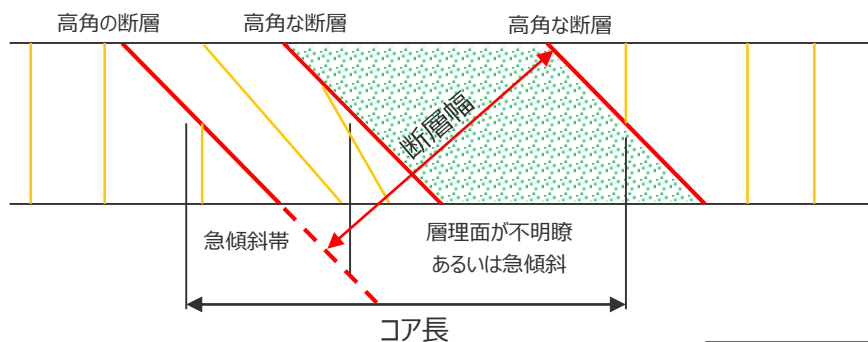
※断層幅（断層面に対し直交方向の幅）について、5cm程度以上を目安

## 【上記以外の断層について】

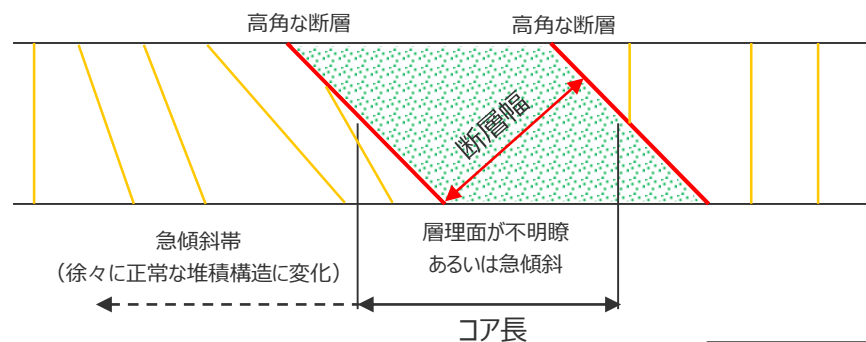
- 以下の断層・構造については、H断層系と同性状の断層に該当しないとする。
  - ▶ 高角で明瞭な断層面が複数あっても、層理面が不明瞭あるいは急傾斜が認められない場合（⇒幅を持たない小断層と解釈）
  - ▶ 層理面が不明瞭な区間を持ち、幅を持つ断層に見えても、境界が水平割れ目（層理面沿い）の場合（⇒掘削・採取時のコアの乱れと解釈）（⇒小断層と解釈）
  - ▶ 高角で明瞭な断層面があり、幅を持つ断層であっても、地層（鍵層）が断層を挟んで上下で繰り返しが認められる場合（⇒逆断層と解釈）
  - ▶ 断層幅があると考えられる場合でも、断層幅が5cmに満たない場合
  - ▶ 高角で明瞭な断層面があり、幅を持つ断層であっても、BHTVにおいてNS走向であったり、EW走向でも北傾斜の場合

# (参考1) H断層系と同性状の断層および断層幅の解釈の例 (概要図)

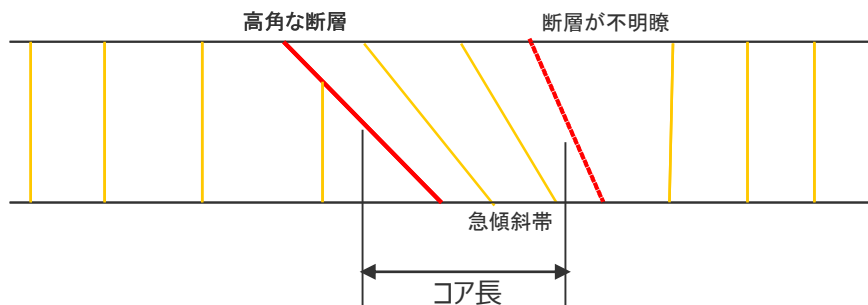
- 少なくとも1条の、明瞭な高角の断層面が存在し、断層面に挟まれる区間や断層面沿いに、層理面が不明瞭あるいは急傾斜が認められる場合、H断層系と同性状の断層とし、その幅を断層幅とする。(パターン①)
- 断層面に沿って急傾斜帯があっても、その外側に断層がなければ、断層幅には入れない。(パターン②)
- 断層面が1条のみで、断層面に沿って片側あるいは両側に急傾斜帯が認められる場合、H断層系と同性状の断層とし、急傾斜部分を断層幅とする。(パターン③)
- 5cm以上の断層幅 (傾斜角60°の場合、コア長では10cm以上) を有する。(パターン④)



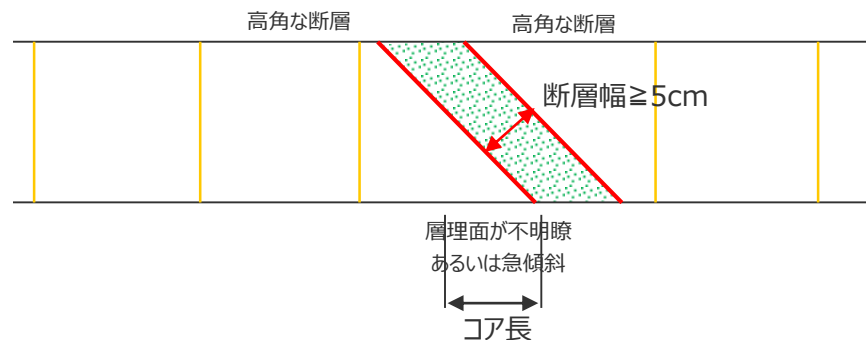
パターン①



パターン②



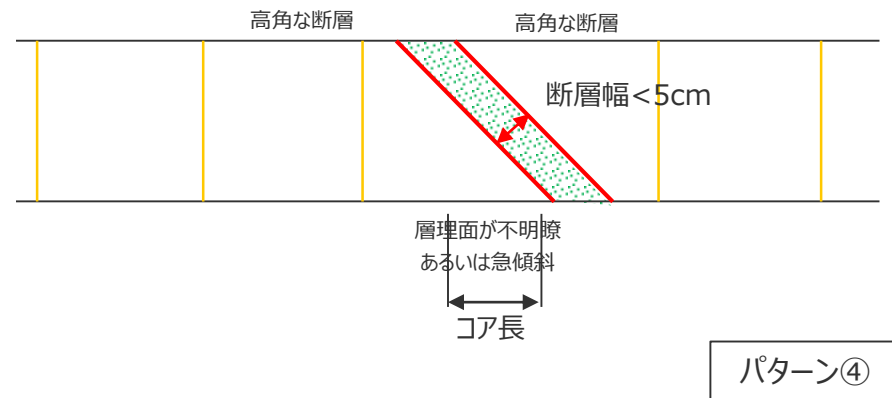
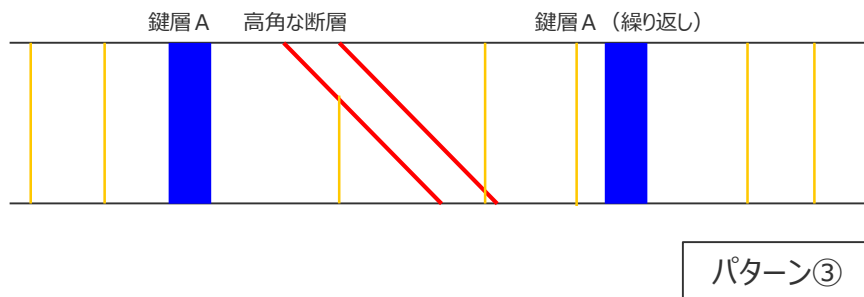
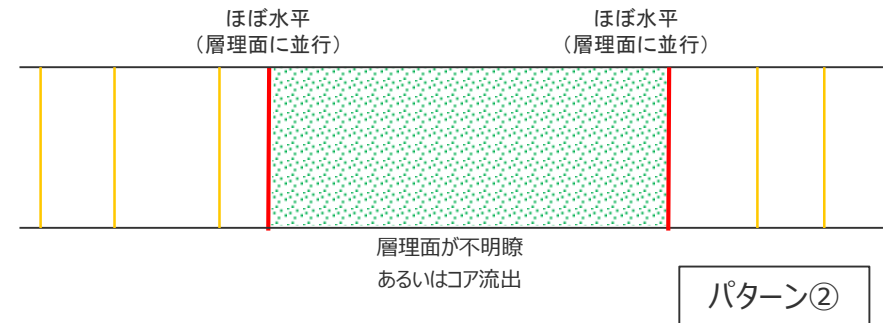
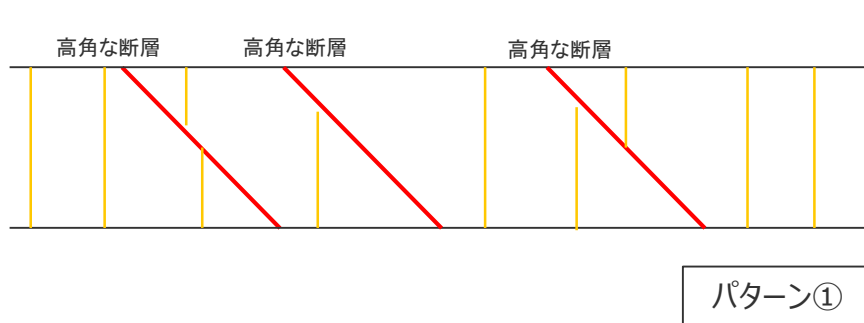
パターン③



パターン④

## (参考2) H断層系と同性状の断層に該当しない断層の例 (概要図)

- 高角で明瞭な断層面が複数あっても、層理面が不明瞭あるいは急傾斜が認められない場合、幅を持たない小断層系として、H断層系と同性状の断層に該当しないとする。(パターン①)
- 幅を持つ断層に見えても、境界が層理面沿いの場合、機械割れとして、該当しないとする。(パターン②)
- 高角で明瞭な断層面があり、幅を持つ断層であっても、地層(鍵層)が断層を挟んで上下で繰り返しが認められ、逆断層であることが明瞭である場合、H断層系と同性状の断層に該当しないとする。(パターン③)
- 断層幅があると考えられる場合でも、断層幅が5cmに満たない場合。(パターン④)





# ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討の流れ

- ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の具体的な検討の流れを以下に示す。

## 【ステップ1】

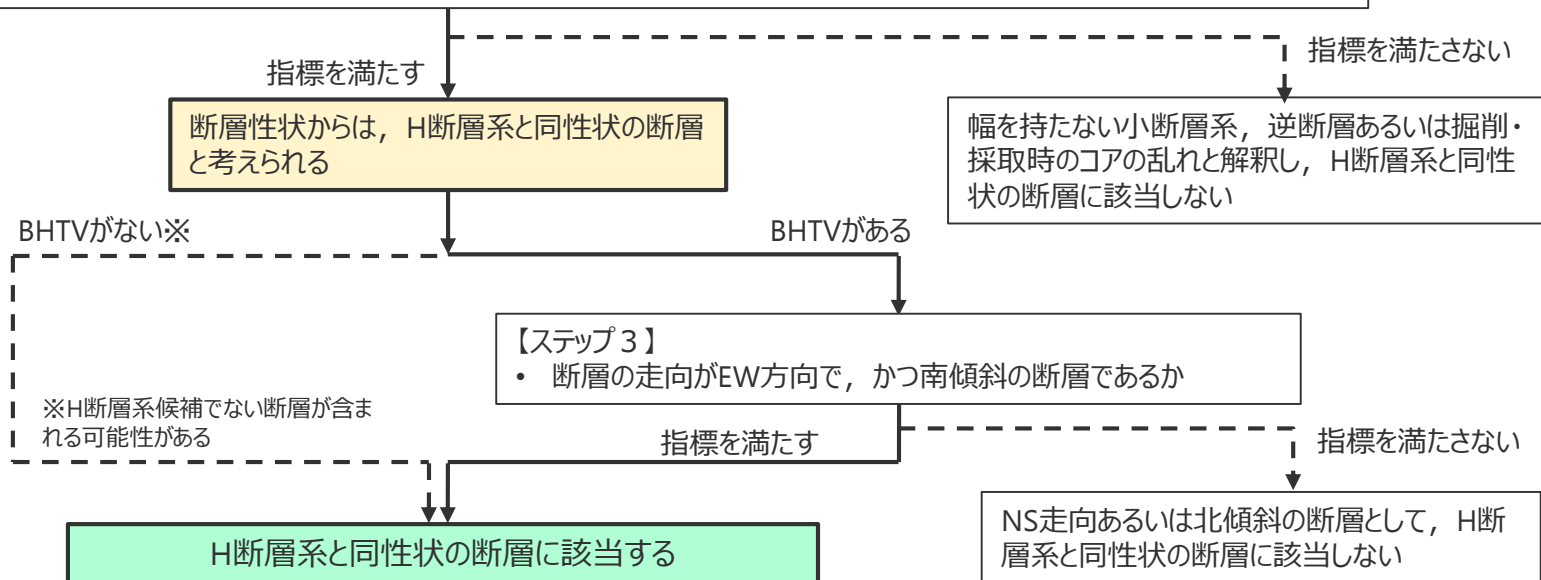
コア写真および柱状図の記事から、“コアに乱れが認められる部分（岩片状や粒状のコア、コア欠け部、断層密集部等）”を、“検討対象断層”として抽出※

※コア長10cm程度を目安

## 【ステップ2】

コア写真および柱状図、BHTV（データがある場合）から、断層性状の詳細を確認し、以下の指標を満たす断層を、H断層系と同性状の断層として抽出する。

- 少なくとも1条の、明瞭な高角の断層面が存在する。
- 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、地層の繰り返しが認められない。（逆断層ではない）
- 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。（目安として5cm以上）



- 「ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討の流れ」における“ステップ2”において、“断層性状”の解釈により“H断層系と同性状の断層”としないものとして、“幅を持たない小断層系”あるいは“掘削・採取時のコアの乱れ”がある。
- これらについて、以下、W25孔の地下深部のコアを中心に、いくつかの例および事例を示すとともに、“掘削・採取時のコアの乱れ”に関する参考文献を示す。

## ＜幅を持たない小断層系と解釈するものの例＞

以下のような断層は、コアが幅広く乱れており、一見すると幅を持つ断層に見えるが、層理面に変形が認められないため、H断層系と同性状の断層とはしないものとする。

- 小断層系が密集しており、幅をもつ断層のように見えるが、層理面に変形が認められないもの。
- ほぼ垂直な断層に沿ってコアが割れていたり、亀裂が脈状に発達し、変質粘土が発達しているが、層理面に変形が認められないもの。

## ＜“掘削・採取時のコアの乱れ”と解釈するものの例＞

ボーリング調査における掘削・採取時において、特に堆積軟岩の場合には、人為的な影響によって、コア形状の乱れ（肌荒れ、コア痩せ）、スライムの混入、コア割れで礫が分離、異なる岩種の取り込み等の性状を呈すことから、以下のようなものは掘削・採取時のコアの乱れとして、H断層系と同性状の断層に該当しないとする。

- コア表面が痩せており、コア形状が乱れているもの。
- スライムが混入したもの。
- コアが不均質に割れているもの。
- 砂岩層中に、泥岩の礫を取り込んでいるもの。

# “幅を持たない小断層系”と解釈するものの事例（W25孔，深部コアより）

(W25孔，深度434～435m)



小断層系が密集し，垂直な亀裂や水平割れ目も認められ，幅をもつ断層のように見えるが，層理面に变形が認められないもの

(W25孔，深度538～539m)



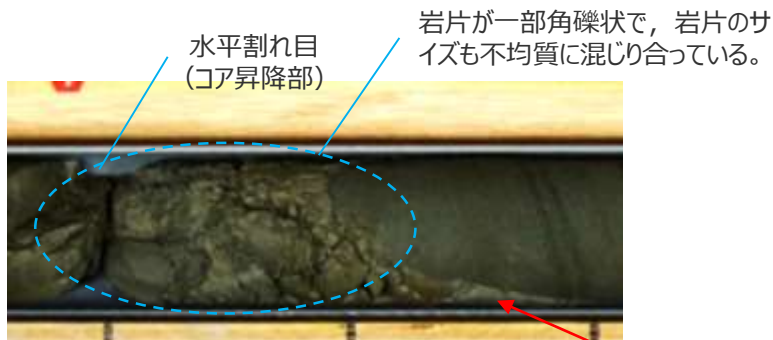
(W25孔，深度625～626m)



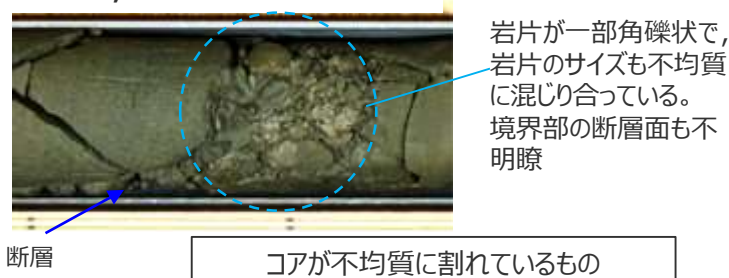
ほぼ垂直な断層に沿ってコアが割れていたり，亀裂が脈状に発達し，変質粘土が発達しているもの

# “掘削・採取時のコアの乱れ”と解釈するものの事例（W25孔，No.0孔深部コアより）

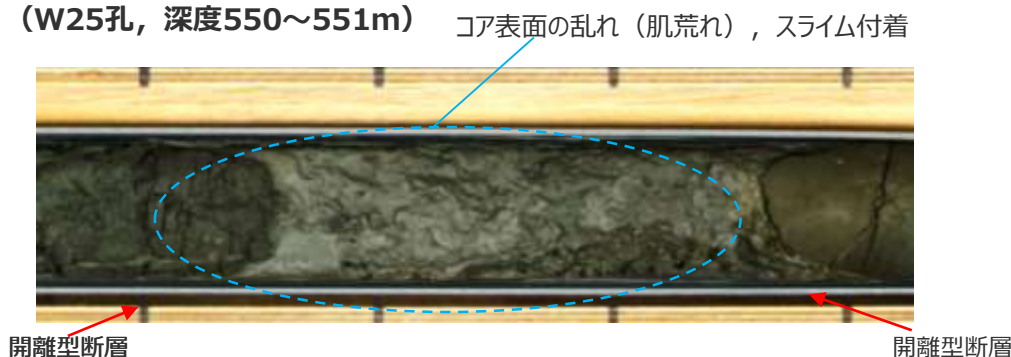
(W25孔，深度558～559m)



(W25孔，深度717～718m)



(W25孔，深度550～551m)



(W25孔，深度622～623m)



(No.0孔，深度445～446m)



(W25孔，深度598～599m)





# (参考) “掘削・採取時のコアの乱れ”に関する参考文献

- ボーリング調査における掘削・コア採取時のコアの乱れに関し、具体的な区分、事例について整理したものととして、以下文献がある。
- 福沢ほか（1988）は、堆積軟岩である新第三紀層のコアは掘削時に乱れを受けやすいとし、コア形状の区分基準では、コアが礫状～土砂状、無採取となることや、円柱状コアの外観の評価基準では、外観が異常な例として、表面の肌荒れや不規則な形状を示したり、擾乱を受けて粘土化・土砂状化している。
- 佐々木ほか（2016）は、コア掘削時に生じる乱れを適切に評価するため、コアのタイプごとに、乱れの性状や原因を定性的に区分し、コアの乱れの事例として、コアやせや、細粒分の流失、礫の分離・かく乱などのコア性状を示している。

表-3 コア形状の区分基準

記号	区分	表 現
A	柱状	長さ10cm以上の円柱状コア (圧縮試験用供試体ができる長さのコア)
B	片状	長さ10cm未満の円柱状コア 長さ5cm以上の非円柱状コアで、原形復旧の容易なもの
C	塊状	長さ5cm以下の小岩片に分離したものの 採取後バラバラになり、原形復旧は困難である
D	土砂状	軟質で土砂状(砂状・粘土状)のもの 乱さない状態では柱状を呈するも、指で砕けて粉状となる
N	無採取	コア破欠・コア脱落などのため、コアは取り除かれた部分 地質的・人為的に形成された空隙区分

表-4 円柱状コアの外観の評価基準

区分	評 価	評 価 基 準
I	正 常	理想的な円柱状で、コア表面が滑らかなもの
II	ほぼ正常	ほぼ完全な円柱状で、表面の一部に、弱い肌荒れやリング状の模様(凹凸)のみられるもの
III	やや異常	コアの表面全体に肌荒れが目立つもの a. 弱い肌荒れ (粗粒岩 - 粒子の剝離) (細粒岩 - 表面のササクレ) b. リング状の強い模様(凹凸) c. 不規則な形状 —— やや歪んだ円柱状、塊状
IV	異 常	理想的な円柱状コアから著しくかけはなれたもの a. 著しい肌荒れ b. リング状模様の発達 c. 著しい不規則形状 d. 著しい機械的な擾乱(粘土化、土砂状化、錆き付き)

コア形状、円柱状コアの外観の基準  
(福沢ほか(1988)より)

表-4 コア乱れの定性的区分基準(案)

人間的な乱れレベル		対象	観察	強度試験	硬固じり土砂状コア(地すべり土塊)	粘土固じり角礫状コア(新層部)	亀裂性岩盤
1	乱れ小	地山と同様の状態で採取されており、傷や欠損等が全く見られない	可	可			
					乱れない	乱れない	乱れない
2		コアに若干の傷や欠損、一部流失、かみ合わせの変化が見られるが、もとの地質構造が残っている。	可	条件付き可			
					細粒分のわずかな流失	細粒分のわずかな流失	亀裂のわずかな開口や移動
3		コアに大きな欠損や細粒分の顕著な流失、塊の移動・回転、分離が見られるなど、もとの地質構造が不明瞭になっている。	一部可	不可			
					細粒分の流失と塊のぼくれ	細粒分の流失、塊の分離・回転	亀裂の開口や分離
4	乱れ大	破き付き、塊状コア、明らかな破損等によりコアが壊れられ、もとの組織・構造がほとんど残っていない。	不可	不可			
					細粒分の流失、塊の分離と塊乱	完全に分離した塊状コア	完全に分離した塊状コア
					無水状態による塊き付き	コア堵塞	コア境界(スライム固結)

コア乱れの定性的区分基準(案) (佐々木ほか(2016)より)



**(2)**

## ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の 検討

①

# ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の 検討（地下浅部）

## <検討概要>

- I断面における大深度ボーリング孔（W25孔，No.8孔，W15孔，No.0孔）の地下浅部（K-5～K-7層準付近以浅）を対象に，H断層系と同性状の断層について検討する。
- 「H断層系と同性状の断層」の検討にあたっては，「検討対象断層」を抽出の上，断層性状やBHTVから，「H断層系と同性状の断層」に該当するか否かを検討し，それらを断層カード（1件1葉）として整備する（データ集2参照）。
- また，上記検討結果について，ここでは，地下浅部を対象に，「H断層系と同性状の断層」および「H断層系と同性状の断層に該当しない断層（その他断層等）」の分布を，地質断面図上に表示する。その際，H断層系と同性状の断層には，断層幅が，小さいものでは10cmに満たないものから，大きいものはメートル規模のものまであるため，断層幅をカテゴリー分けする。

# H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）（W25孔，地下浅部）

- ここでは例として，W25孔（深度1,000m，BHTVあり）の地下浅部（概ね500mまで）を対象に，ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）および代表例を示す（その他の断層カードは，データ集2を参照）。

	(ステップ1) 断層の抽出	上部深度 (m)	下部深度 (m)	上部標高 (m)	下部標高 (m)	コア長 (m)	傾斜角※ (°)	断層幅 (m)	(ステップ2) 断層性状を評価	(ステップ3) 走向傾斜を評価	判定	備考
H断層系と同性状の断層に該当しない断層の事例①	1	8.85	10.68	-2.83	-4.66	1.83	-	-	×	-	×	
	2	12.70	13.26	-6.68	-7.24	0.56	59	0.29	○	○	○	
	3	15.00	15.19	-8.98	-9.17	0.19	-	-	×	-	×	
	4	91.50	91.80	-85.48	-85.78	0.30	53	0.18	○	○	○	H-1断層
	5	94.65	95.10	-88.63	-89.08	0.45	65	0.19	○	○	○	
	6	147.43	148.80	-141.41	-142.78	1.37	-	-	×	-	×	
	7	209.13	209.44	-203.11	-203.42	0.31	-	-	○	×	×	
	8	224.60	225.17	-218.58	-219.15	0.57	-	-	×	-	×	
	9	230.63	230.75	-224.61	-224.73	0.12	-	-	×	-	×	
H断層系と同性状の断層の事例①	10	246.07	246.50	-240.05	-240.48	0.43	75	0.11	○	○	○	
	11	300.65	301.50	-294.63	-295.48	0.85	-	-	×	-	×	
	12	326.03	327.80	-320.01	-321.78	1.77	-	-	×	-	×	
H断層系と同性状の断層に該当しない断層の事例②	13	330.70	331.45	-324.68	-325.43	0.75	-	-	×	-	×	
	14	334.65	335.79	-328.63	-329.77	1.14	-	-	×	-	×	
	15	347.00	347.32	-340.98	-341.30	0.32	-	-	×	-	×	
	16	366.19	366.35	-360.17	-360.33	0.16	-	-	×	-	×	
H断層系と同性状の断層の事例②	17	372.00	372.60	-365.98	-366.58	0.60	64	0.26	○	○	○	
	18	373.11	374.50	-367.09	-368.48	1.39	-	-	×	-	×	
	19	414.93	415.22	-408.91	-409.20	0.29	71	0.09	○	○	○	
	20	432.00	435.00	-425.98	-428.98	3.00	-	-	×	-	×	
	21	446.55	447.07	-440.53	-441.05	0.52	-	-	×	-	×	
	22	460.80	461.30	-454.78	-455.28	0.50	-	-	×	-	×	
	23	463.84	464.00	-457.82	-457.98	0.16	64	0.07	○	○	○	

※傾斜角は，柱状図・BHTVのデータから，上下の断層の平均値を採用（柱状図の記事を優先。上下の断層うち片側のみのデータの場合はそのまま採用，データが無ければ60°とする）

# W25孔（孔口標高6.02m） No.10断層（深度246.07~246.50m）

## 【柱状図】

• 245.59-245.63岩片状
• 245.63-245.65粒状
• 245.65ゆ着型断層 $\angle 60^\circ$
• 245.83ゆ着型断層 $\angle 75^\circ$ Nd=1cm
• 246.07開離型断層 $\angle 75^\circ$ 細粒物質5mm
• 246.50開離型断層 $\angle 75^\circ$ 細粒物質2mm
• 246.00-246.55粒状
• 246.74-247.10岩片状
• 247.20ゆ着型断層 $\angle 85^\circ$
• 247.40ゆ着型断層 $\angle 80^\circ$
• 247.38-247.50岩片状～粒状
• 247.56ゆ着型断層 $\angle 80^\circ$
• 247.72ゆ着型断層 $\angle 50^\circ$

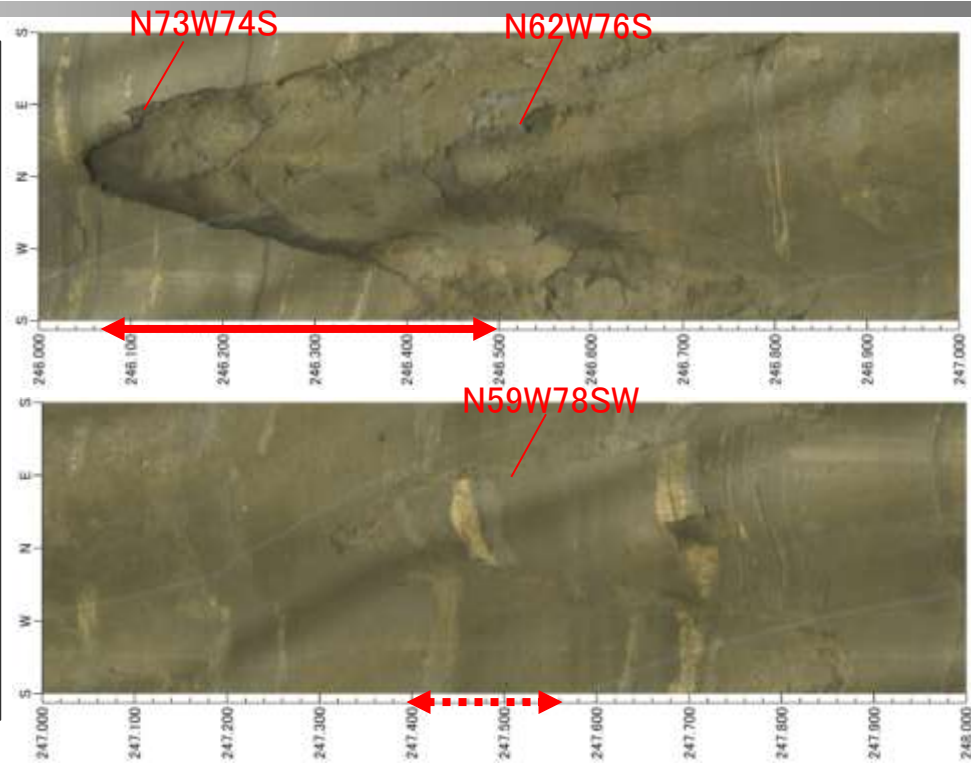
コア長：0.43m  
（断層幅：0.11m）

【解釈】

- コアでは、開離型断層が2条と、その間が粒状となっている。
- BHTVでは、EW走向で南傾斜の断層面が2条と、その間の層理面が不明瞭となっている。
- これらのことから、本断層は、EW走向・南傾斜の、幅を持つ断層と解釈する。

**⇒H断層系と同性状の断層に該当する。**

（なお、本断層下部の247.40～247.56mにも、南落ちの幅を持つ断層が認められるが、幅が小さいため、上部の断層を代表とする）



【BHTV画像】

## 【コア写真】





# W25孔（孔口標高6.02m） No.17断層（深度372.00~372.60m）

## 【柱状図】

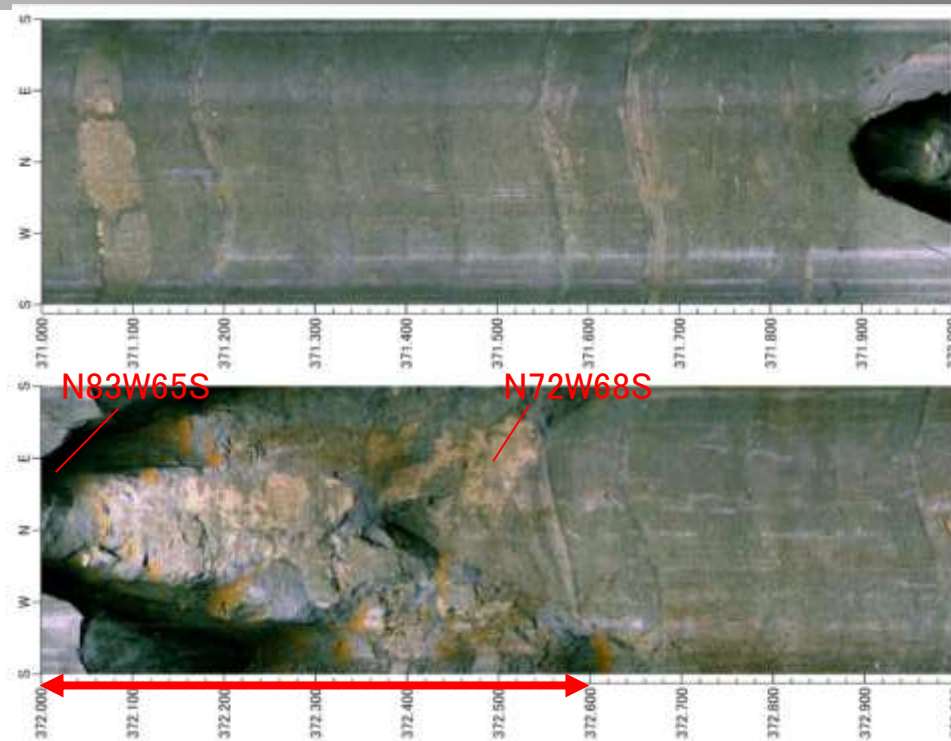
- 372.00ゆ着型断層 $\angle 60^\circ$
- 372.14-372.40粒状
- 372.40-372.60コア欠

コア長：0.60m  
(断層幅：0.26m)

## 【解釈】

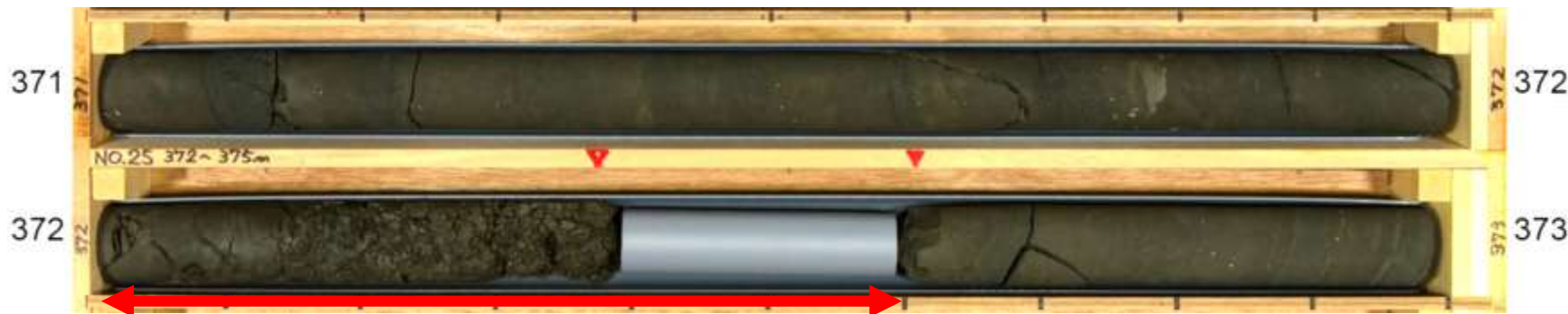
- コアでは、ゆ着型断層と、粒状、コア欠けとなっている。
- BHTVでは、EW走向で南傾斜の断層面が2条と、その間の層理面が不明瞭となっている。
- これらのことから、本断層は、EW走向・南傾斜の、幅を持つ断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当する。



【BHTV画像】

## 【コア写真】



# W25孔（孔口標高6.02m）No.1断層（深度8.85～10.68m）

【柱状図】

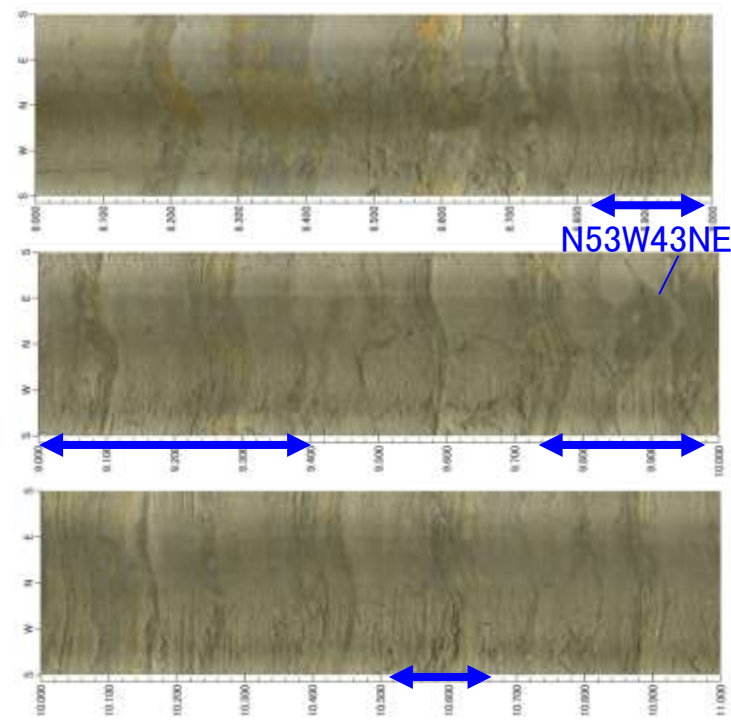
<ul style="list-style-type: none"> <li>8.85-9.42コア欠</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>9.60ゆ着型断層 <math>\angle 65^\circ</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>9.68ゆ着型断層 <math>\angle 15^\circ</math> <math>\angle 50^\circ</math></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>9.76-10.00岩片状</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>10.53-10.68岩片状</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>10.84ゆ着型断層 <math>\angle 45^\circ</math></li> </ul>

コア長： -

【解釈】

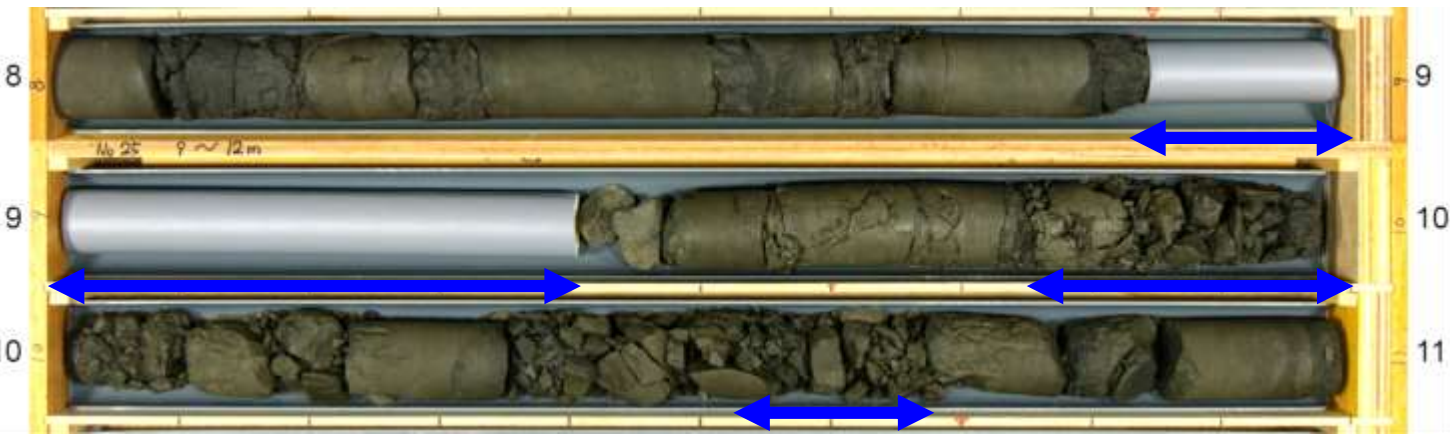
- コアでは、複数のゆ着型断層とコア欠け、岩片状が認められる。
- BHTVでは、一部に小規模な断層が認められるが、層理面に变形は認められない。
- これらのことから、コア欠および岩片状のコアは掘削・採取時のコアの乱れ、断層は幅を持たない小断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。



【BHTV画像】

【コア写真】



# W25孔（孔口標高6.02m） No.15断層（深度347.00~347.32m）

## 【柱状図】

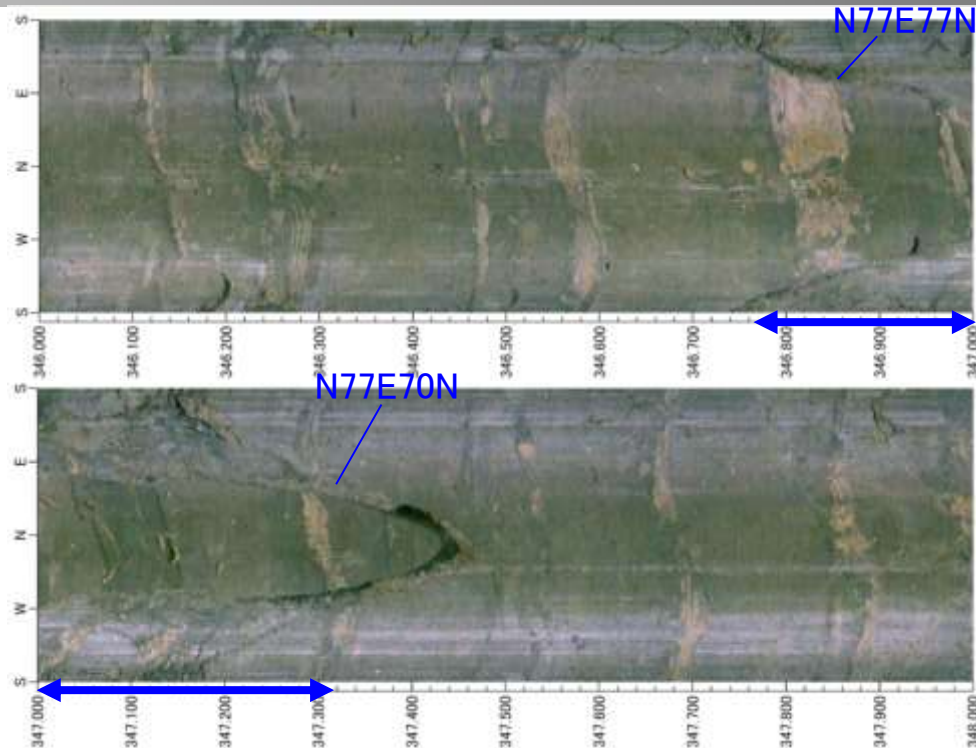
- 346.25ゆ着型断層  $\angle 80^\circ$
- 347.00開離型断層  $\angle 80^\circ$   
細粒物質2mm
- 346.77-347.32粒状
- 347.80-348.10岩片状

コア長：-

## 【解釈】

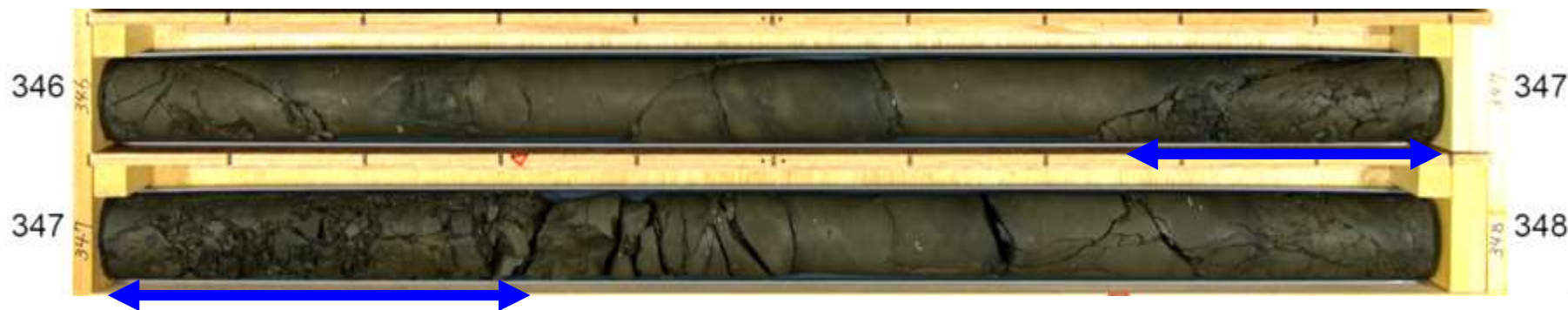
- コアでは、開離型断層と、その上下が粒状となっている。
- BHTVでは、EW走向で北傾斜の断層が2条認められ（1条をより高角な断層が切っている）、層理面に変形は認められない。
- これらのことから、本断層は幅を持たない北傾斜の小断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。



【BHTV画像】

## 【コア写真】

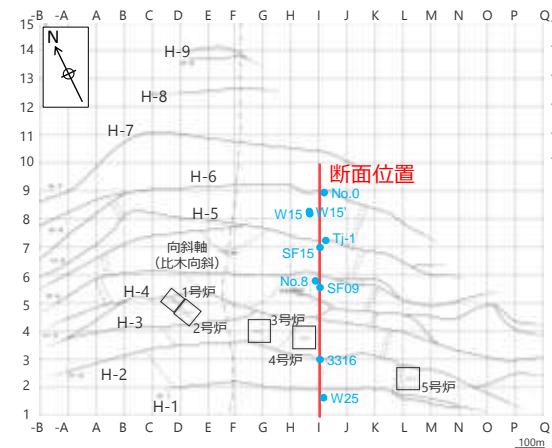




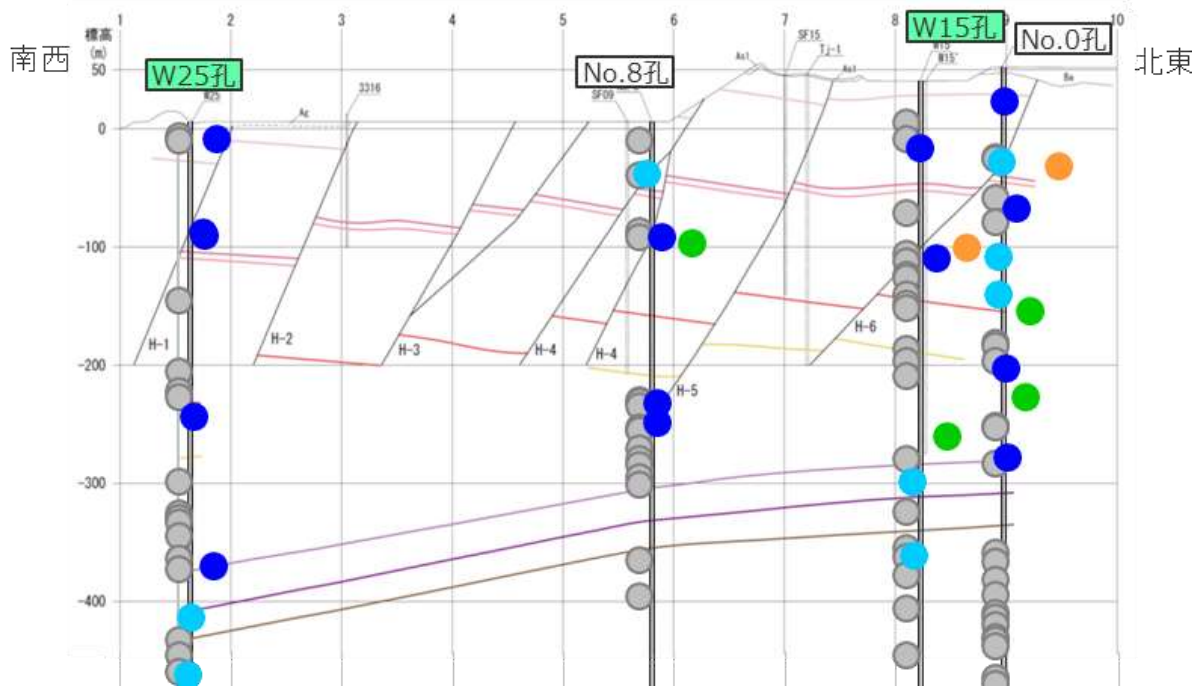
# H断層系と同性状の断層等の分布（地質鉛直断面図 I-Line）

- 大深度ボーリング4孔※の、H断層系と同性状の断層の検討結果について、地下浅部～K-7層準を対象に示す。
- H断層系と同性状の断層は、地下浅部では、幅が大きいものから狭いものまで多く認められる。またH断層系と選定した断層には、幅が大きいH断層系と同性状の断層が該当している場合が多い。

（※No.8孔、W15孔、No.0孔の断層リストは、③章に掲載）



断面及び対象ボーリング孔位置図



（深部の検討は、③章にて）

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



断層幅等の凡例

その他断層等	①	②	③	④
		10cm未満	10～30cm	30～50cm
	● (cyan)	● (blue)	● (green)	● (orange)

# ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討結果および分布のまとめ (地下浅部)

## <検討結果まとめ>

- 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、浅部の検討においてH断層と選定した断層は、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、「H断層系と同性状の断層」は、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く傾向が認められる。



②

## ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の 検討（地下深部）

## <検討概要>

- I断面における大深度ボーリング孔（W25孔，No.8孔，W15孔，No.0孔）の地下深部（K-5～K-7層準付近以深）を対象に，H断層系と同性状の断層について検討する。
- 検討は，「（2）ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討（地下浅部）」と同様に，「検討対象断層」を抽出の上，断層性状やBHTVから，「H断層系と同性状の断層」に該当するか否かを検討し，それらを断層カード（1件1葉）として整備する（データ集2参照）。
- また，上記検討結果について，ボーリング孔全長を対象に，「H断層系と同性状の断層」および「H断層系と同性状の断層に該当しない断層（その他断層等）」の分布を，地質断面図上に表示する。

# H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）（W25孔，地下深部）

- ここでは，W25孔（深度1,000m，BHTVあり）の地下深部を対象に，ボーリング調査によるH断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）と，特に開離型断層が認められる主な断層（下表の青枠囲い部）の解釈例（断層カード）を示す（その他の断層カードは，データ集2を参照）。

(ステップ1) 断層の抽出	上部深度 (m)	下部深度 (m)	上部標高 (m)	下部標高 (m)	コア長 (m)	傾斜角※ (°)	断層幅 (m)	(ステップ2) 断層性状を評価	(ステップ3) 走向傾斜を評価	判定	備考
24	537.25	539.45	-531.23	-533.43	2.20	-	-	×	-	×	
25	543.25	543.35	-537.23	-537.33	0.10	75	0.03	×	-	×	断層幅5cm未満
26	549.50	550.90	-543.48	-544.88	1.40	-	-	×	-	×	
27	551.33	551.98	-545.31	-545.96	0.65	-	-	×	-	×	
28	558.03	558.35	-552.01	-552.33	0.32	-	-	×	-	×	
29	559.20	563.14	-553.18	-557.12	3.94	-	-	×	-	×	
30	572.30	574.60	-566.28	-568.58	2.30	-	-	×	-	×	
31	575.40	578.60	-569.38	-572.58	3.20	-	-	×	-	×	
32	586.03	587.80	-580.01	-581.78	1.77	-	-	×	-	×	
33	593.85	595.85	-587.83	-589.83	2.00	-	-	×	-	×	
34	598.85	598.90	-592.83	-592.88	0.05	-	-	×	-	×	
35	606.18	609.30	-600.16	-603.28	3.12	-	-	×	-	×	
36	622.75	622.83	-616.73	-616.81	0.08	-	-	×	-	×	
37	625.43	626.40	-619.41	-620.38	0.97	-	-	×	-	×	
38	654.63	654.90	-648.61	-648.88	0.27	-	-	×	-	×	
39	662.00	662.75	-655.98	-656.73	0.75	-	-	×	-	×	
40	663.00	663.65	-656.98	-657.63	0.65	-	-	×	-	×	
41	714.84	715.40	-708.82	-709.38	0.56	-	-	×	-	×	
42	716.50	717.65	-710.48	-711.63	1.15	-	-	×	-	×	
43	717.20	717.35	-711.18	-711.33	0.15	-	-	×	-	×	
44	756.55	759.90	-750.53	-753.88	3.35	-	-	×	-	×	
45	795.85	796.00	-789.83	-789.98	0.15	-	-	×	-	×	

※傾斜角は，柱状図・BHTVのデータから，上下の断層の平均値を採用（柱状図の記事を優先。上下の断層うち片側のみのデータの場合はそのまま採用，データが無ければ60°とする）

# W25孔（孔口標高6.02m） No.24断層（深度537.25～539.45m）

## 【柱状図】

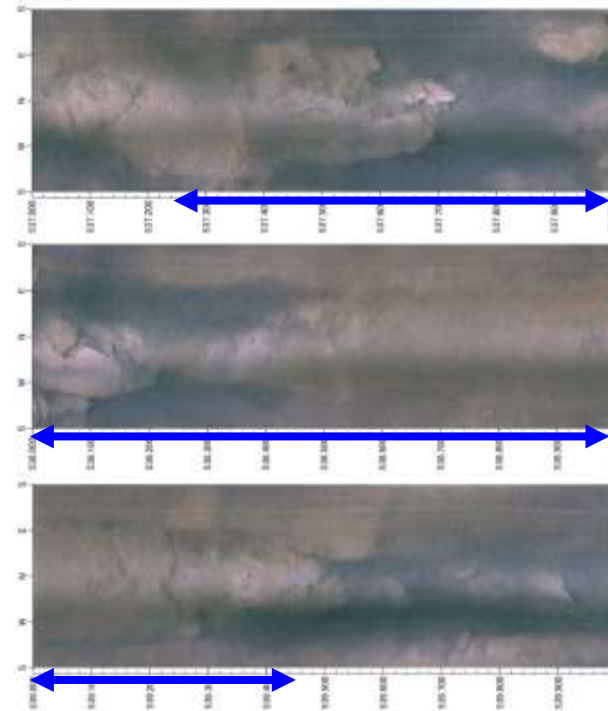
- 537.25 開離型断層  $\angle 75^\circ$   
細粒物質1～3mm
- 537.15-537.30 岩片状～粒状
- 538.50 開離型断層  $\angle 85^\circ$   
細粒物質1～3mm
- 539.45 開離型断層  $\angle 70^\circ$   
細粒物質1mm
- 537.60-539.48 岩片状～粒状

コア長：-

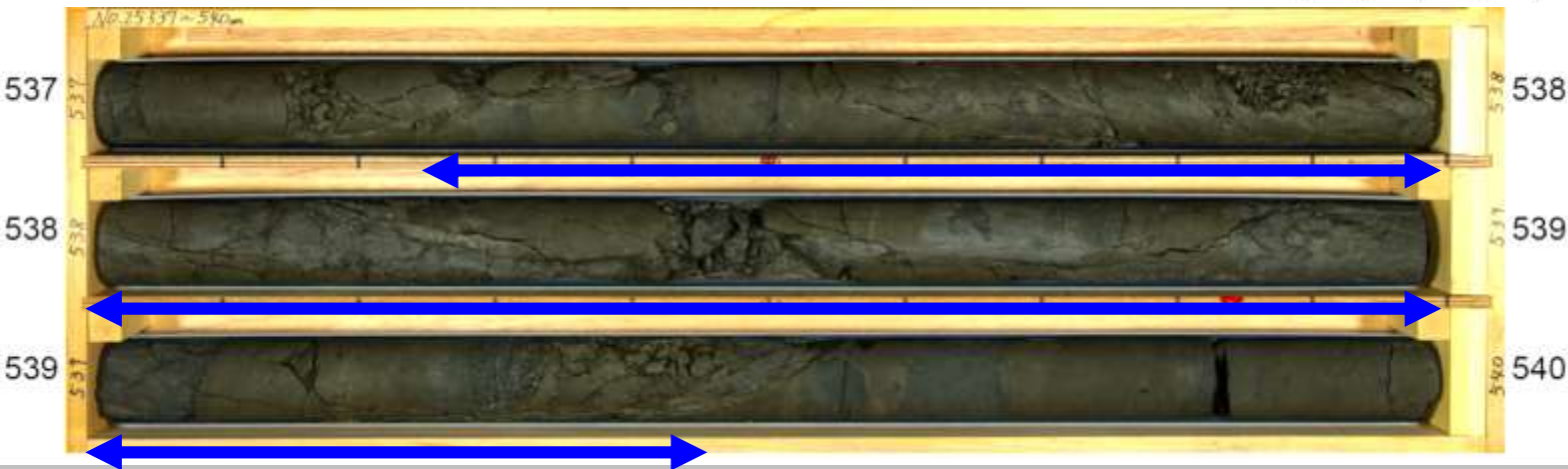
## 【解釈】

- コアでは、高角な開離型断層が3条と、その周囲の一部が岩片状～粒状の記事となっており、ほぼ垂直な断層沿いに不均質にコアが割れているように見える。
- BHTVでは、画像が不鮮明であるが、ほぼ垂直な断層が連続して認められ、一部孔壁が崩落しているが、層理面に変形は認められない。
- これらのことから、本断層は、幅を持たない小断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。



## 【コア写真】



【BHTV画像】



# W25孔（孔口標高6.02m） No.25断層（深度543.25～543.35m）

## 【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

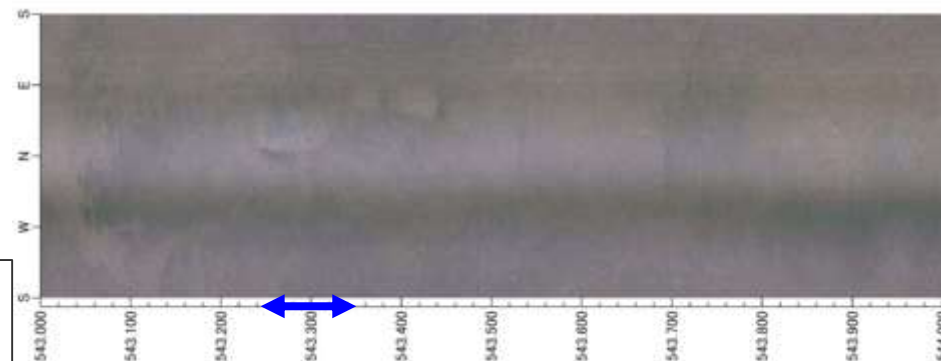
コア長：0.10m（断層幅：0.03m）

## 【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変形は認められない。
- 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。
- これらのことから、本断層は、幅を持つ断層と解釈される。ただし、断層幅は3cmであり、5cmに満たない。

⇒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】



# W25孔（孔口標高6.02m） No.27断層（深度551.33～551.98m）

## 【柱状図】

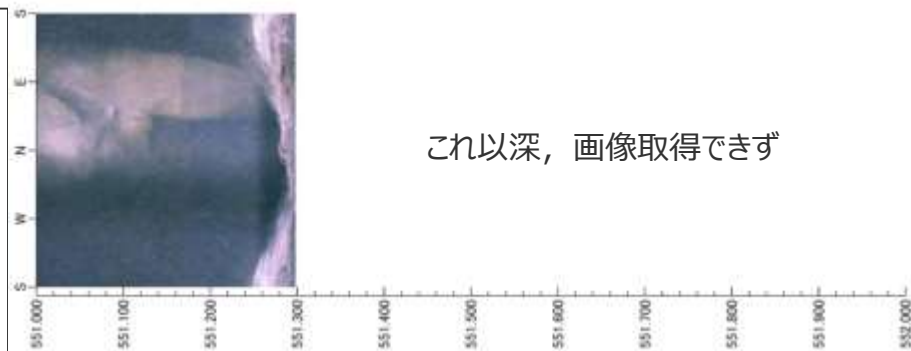
<ul style="list-style-type: none"> <li>549.50開離型断層<math>\angle 80^\circ</math> 細粒物質1mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>549.58開離型断層<math>\angle 80^\circ</math> 細粒物質0～1mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>549.55-549.80岩片状～粒状</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>549.80-550.38コア欠</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>550.60開離型断層<math>\angle 80^\circ</math> 細粒物質1mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>550.38-550.90粒状</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>550.90開離型断層<math>\angle 65^\circ</math> 細粒物質1mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>551.05開離型断層<math>\angle 85^\circ</math> 細粒物質1～2mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>551.55開離型断層<math>\angle 90^\circ</math> 細粒物質0～1mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>551.33-551.98岩片状</li> </ul>

コア長：-

### 【解釈】

- コアでは、開離型断層が2条と、その周囲が岩片状～粒状、コア欠けとなっている。
- 詳細に見ると、ほぼ垂直な断層面が連続し、同断層にそって網目状に変質粘土が発達しているが、層理面には変形は認められない。
- これらのことから、本断層は幅を持たない小断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。



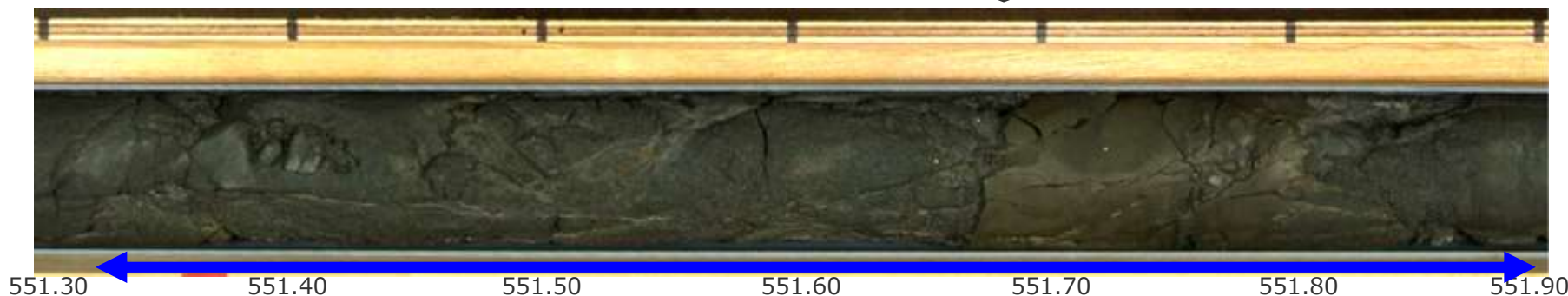
これ以深、画像取得できず

【BHTV画像】

### 【コア写真】



### 【断層部拡大】



# W25孔（孔口標高6.02m）No.32断層（深度586.03～587.80m）

## 【柱状図】

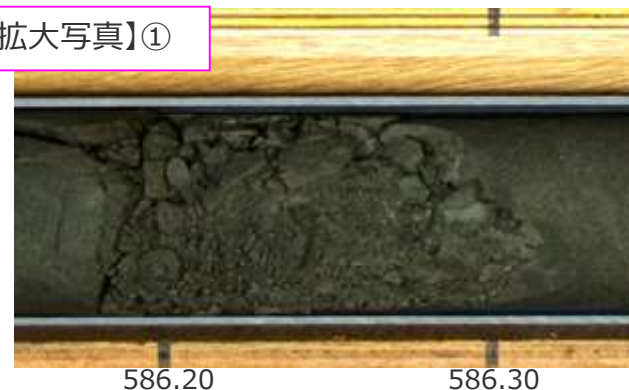
- 586.03-586.28岩片状～粒状
- 587.40開離型断層  $\angle 85^\circ$   
細粒物質0～1mm
- 587.55断層  $\angle 75^\circ$   
細粒物質なし
- 587.80断層  $\angle 85^\circ$   
細粒物質なし
- 588.55断層  $\angle 75^\circ$   
細粒物質なし

コア長：-

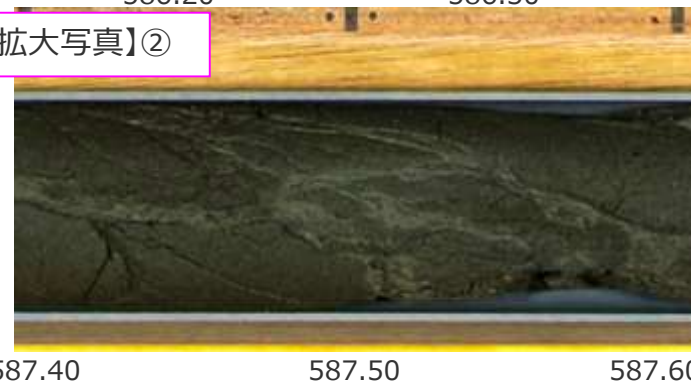
### 【解釈】

- (区間①：586.03～586.28m)
  - 粒状のコアは、上部が水平な割れ目、下部が高角な断層を境界としており、コアも不均質に割れている。
- (区間②：587.40～587.80m)
  - ほぼ垂直な開離型断層沿いに、脈状に変質粘土が発達しているものと解釈される。
- これらのことから、本断層は幅を持たない小断層と解釈する。  
⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。

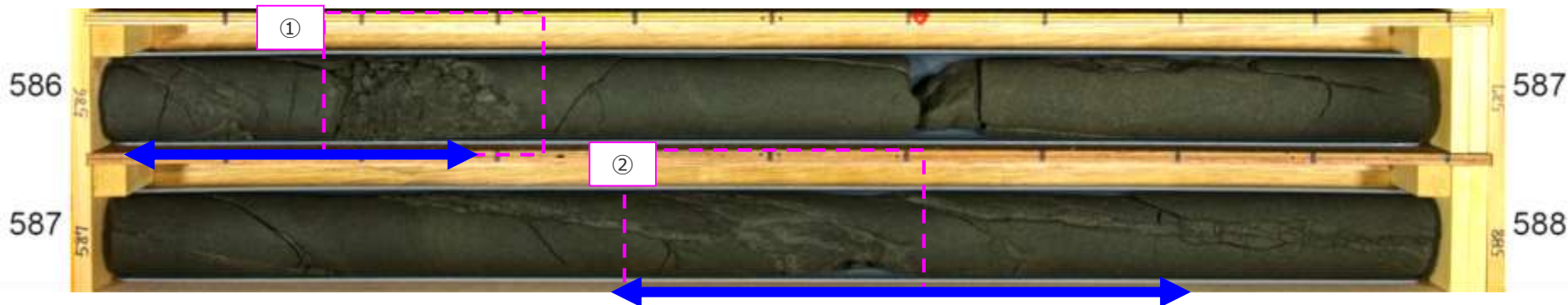
【拡大写真】①



【拡大写真】②



## 【コア写真】





# W25孔（孔口標高6.02m） No.34断層（深度598.85～598.90m）

## 【柱状図】

- 598.35ゆ着型断層  $\angle 55^\circ$
- 598.85開離型断層  $\angle 45^\circ$   
細粒物質0～1mm
- 598.90開離型断層  $\angle 45^\circ$   
細粒物質0～1mm

コア長：－

## 【解釈】

- 2条の断層面が近接して認められるが、断層間のコアは不均質に割れている（泥岩礫を取り込み）。
- これらのことから、断層間のコアは掘削・採取時のコアの乱れによるものと解釈し、本断層は幅を持たない小断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。

## 【拡大写真】

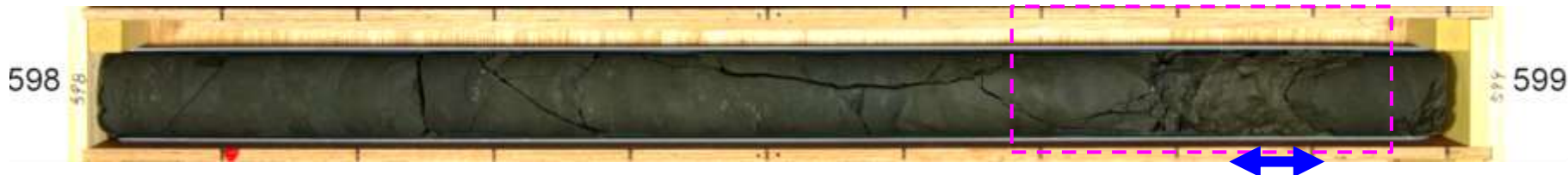


598.70

598.80

598.90

## 【コア写真】



# W25孔（孔口標高6.02m） No.36断層（深度622.75～622.83m）

## 【柱状図】

・ 621. 87-622. 23コア欠

・ 622. 75開離型断層  $\angle 75^\circ$   
細粒物質1～3mm

・ 622. 83開離型断層  $\angle 65^\circ$   
細粒物質0～1mm

・ 622. 60-622. 84粒状

・ 623. 57開離型断層  $\angle 75^\circ$   
細粒物質1mm

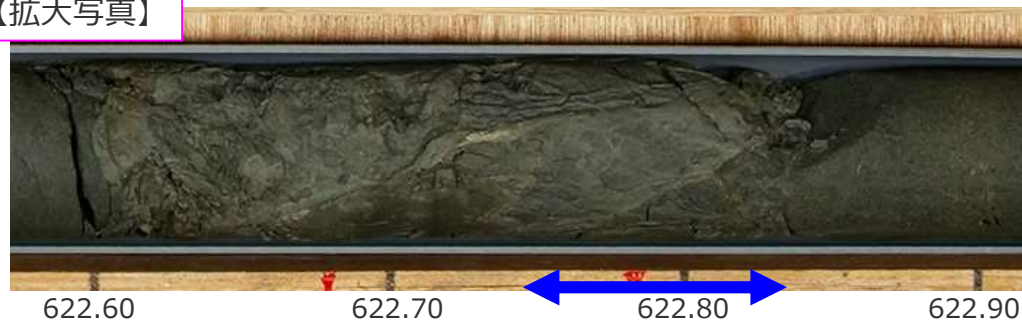
コア長： -

## 【解釈】

- ・ 2条の高角な断層面が認められ、断層上部及び断層間のコアが粒状となっている。
- ・ 断層上部は、水平割れ目と断層に挟まれ、泥岩礫を取り込んで不均質に割れており、スライムの混入と解釈される。同様に、断層間のコアもスライムの混入と解釈される。
- ・ これらのことから、粒状に見えるコアは、掘削・採取時のコアの乱れによるものと解釈し、本断層は幅を持たない小断層と解釈する。

⇒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】





# W25孔（孔口標高6.02m） No.37断層（深度625.43～626.40m）

## 【柱状図】

- 625.00断層 $\angle 80^\circ$   
細粒物質なし
- 625.65開離型断層 $\angle 85^\circ$   
細粒物質1～2mm
- 625.43-625.92岩片状～粒状
- 626.20-626.40岩片状～粒状
- 626.40-627.40コア欠

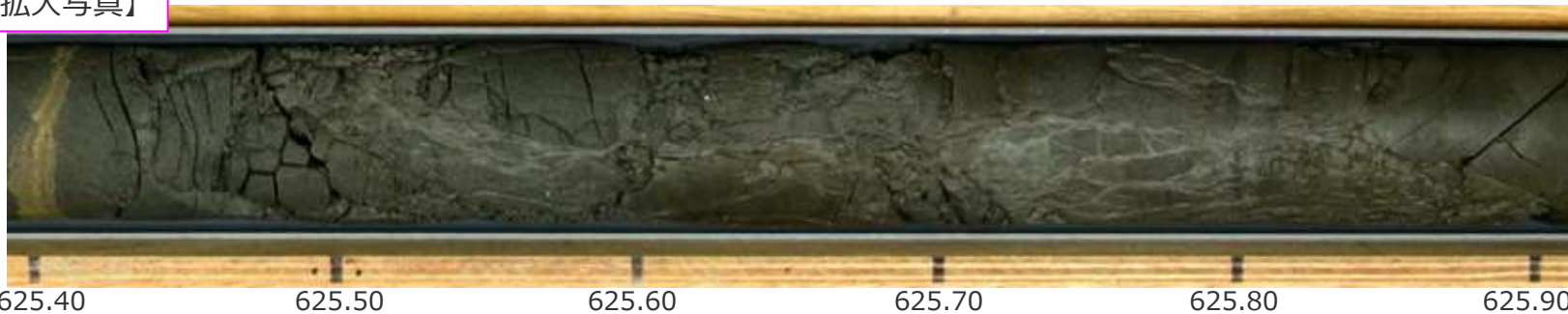
コア長：-

## 【解釈】

- コアでは、ほぼ垂直な開離型断層と、同断層沿いに岩片状～粒状となっている。
- ほぼ垂直な開離型断層に沿って、脈状に変質粘土が発達しているが、層理面に変形は認められない。
- 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】



# W25孔（孔口標高6.02m） No.42断層（深度716.50～717.65m）

## 【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

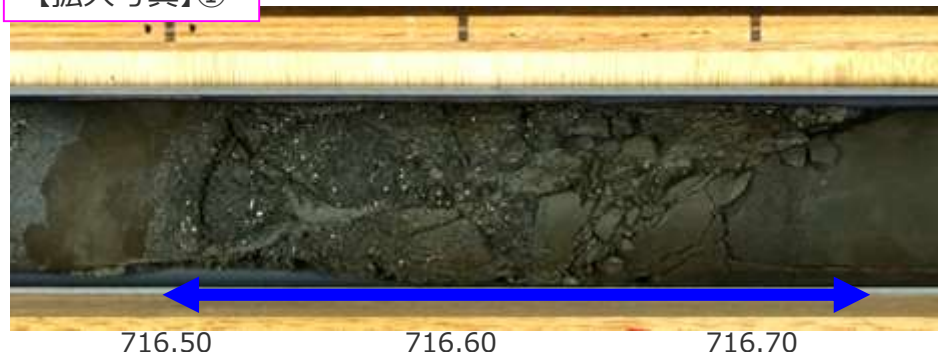
コア長：-

## 【解釈】

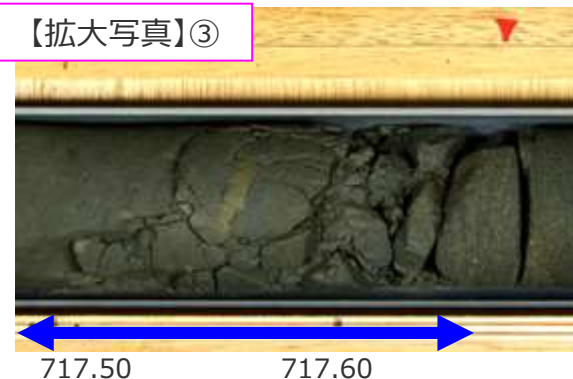
- (①, ②) 716.50～716.72mの岩片状～粒状のコアは、716.60mの高角な断層に沿って、コアが不均質に割れている。また、717.50～717.65mの岩片状～粒状のコアも、高角な断層および水平割れ目（コア昇降部）の影響で不均質に割れている。
- これらのことから、本断層は幅を持たない小断層および掘削・採取時のコアの乱れによるものと解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。

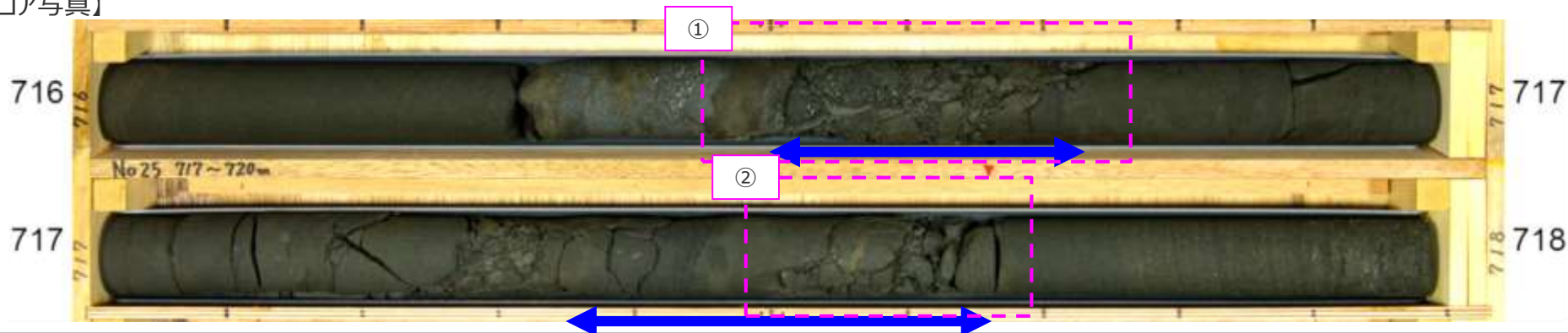
## 【拡大写真】①



## 【拡大写真】③



## 【コア写真】



# W25孔（孔口標高6.02m） No.43断層（深度717.20～717.35m）

## 【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】

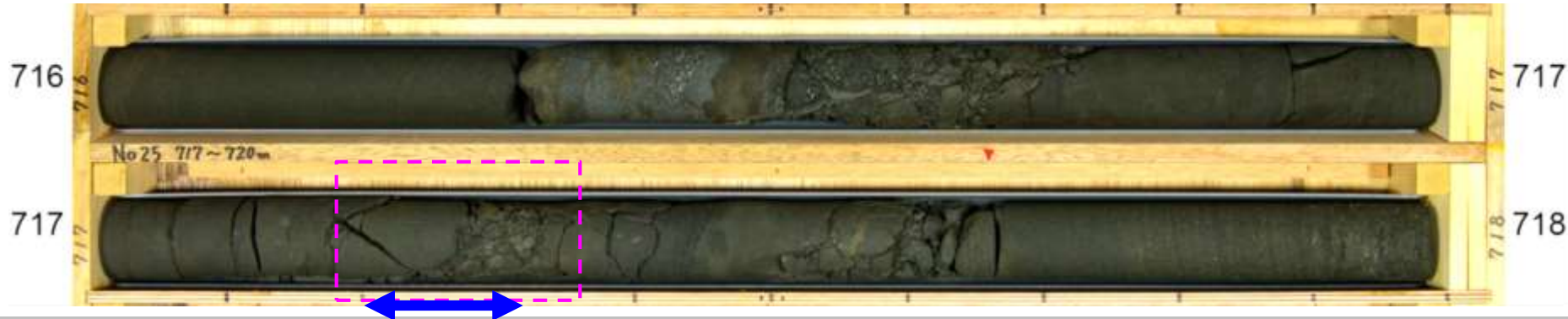
- ・ 717.20～717.35mは、明瞭な断層面は認められず、高角な断層に沿って、コアが不均質に割れている。（泥岩礫が砂層中に取り込まれている）
- ・ これらのことから、本断層は幅を持たない小断層および掘削・採取時のコアの乱れによるものと解釈する。

⇒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】



# H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）（No.8孔）

- ここでは、No.8孔（深度600m、BHTVなし）を対象に、H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）と、特に開離型断層が認められる主な断層（下表の青枠囲い部）の解釈例（断層カード）を示す。（その他の断層カードは、データ集2を参照）

（ステップ1） 断層の抽出	上部深度 (m)	下部深度 (m)	上部標高 (m)	下部標高 (m)	コア長 (m)	傾斜角※ (°)	断層幅 (m)	（ステップ2） 断層性状を評価	判定	備考
1	14.37	15.98	-8.02	-9.63	1.61	—	—	×		
2	43.05	43.17	-36.70	-36.82	0.12	60	0.06	○	○	H-4断層
3	45.00	45.40	-38.65	-39.05	0.40	—	—	×	×	
4	91.73	91.97	-85.38	-85.62	0.24	—	—	×	×	
5	96.47	96.67	-90.12	-90.32	0.20	—	—	×	×	
6	97.10	97.38	-90.75	-91.03	0.28	50	0.18	○	○	
7	100.65	101.35	-94.30	-95.15	0.85	60	0.42	○	○	H-4北断層
8	233.50	233.88	-227.15	-227.53	0.38	—	—	×	×	
9	234.71	235.23	-228.36	-228.88	0.52	—	—	×	×	
10	236.85	237.12	-230.50	-230.77	0.27	58	0.15	○	○	
11	238.80	239.20	-232.45	-232.85	0.40	—	—	×	×	
12	252.90	253.40	-246.55	-246.85	0.30	60	0.15	○	○	H-5断層
13	257.04	257.22	-250.69	-250.87	0.18	—	—	×	×	
14	258.76	258.83	-252.41	-252.48	0.07	70	0.02	×	×	断層幅5cm未満
15	259.32	259.56	-252.97	-253.21	0.24	—	—	×	×	
16	274.66	275.02	-268.31	-268.67	0.36	—	—	×	×	
17	282.60	282.91	-276.25	-276.56	0.31	—	—	×	×	
18	288.84	289.10	-282.49	-282.75	0.26	—	—	×	×	
19	298.27	298.40	-291.92	-292.05	0.13	—	—	×	×	
20	304.27	304.51	-297.92	-298.16	0.24	—	—	×	×	
21	367.90	368.13	-361.55	-361.78	0.23	—	—	×	×	
22	399.19	399.32	-392.84	-392.97	0.13	—	—	×	×	
23	487.81	488.24	-481.46	-481.89	0.43	—	—	×	×	
24	588.63	589.17	-582.28	-582.82	0.54	—	—	×	×	

※傾斜角は、柱状図のデータから、上下の断層の平均値を採用（上下の断層うち片側のみデータのときはそのまま採用、データが無ければ60°とする）



# No.8孔 (孔口標高6.35m) No.21断層 (深度367.90~368.13m)

## 【柱状図】

367.70m ゆ着型断層  $\angle 60^\circ$   
 $\angle 75^\circ$   
367.90m  $\angle 55^\circ$  開離型断層  
細粒物質の幅は1mm  
367.90~368.13m 岩片状  
368.13m  $\angle 65^\circ$  開離型断層  
細粒物質の幅は1mm

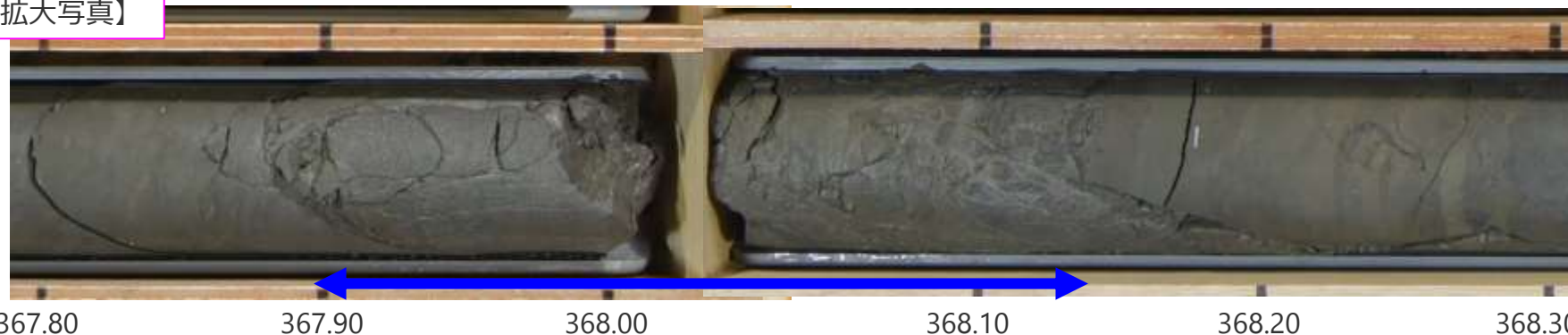
コア長：-

## 【解釈】

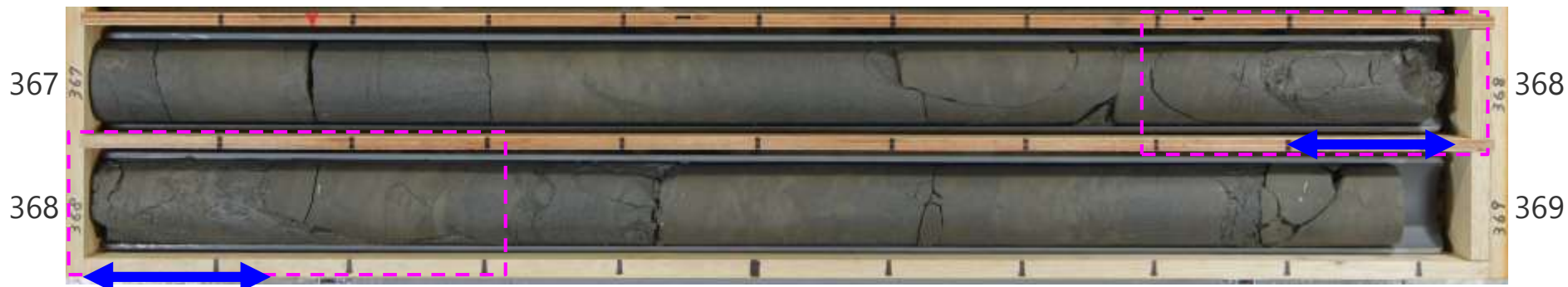
- コアは、高角な2条の開離型断層と、その間が岩片状となっている。
- 岩片状コアを詳細に見ると、脈状の変質粘土が発達しているが、コアはほぼ健岩であり、細片化は認められない。
- これらのことから、本構造は、幅を持たない小断層および掘削・採取時のコアの乱れによるものと解釈する。

⇒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】



# No.8孔（孔口標高6.35m） No.22断層（深度399.19~399.32m）

## 【柱状図】

399.19~399.32m 粒状  
399.32m  $\angle 75^\circ$  開離型断層  
細粒物質の幅は1mm

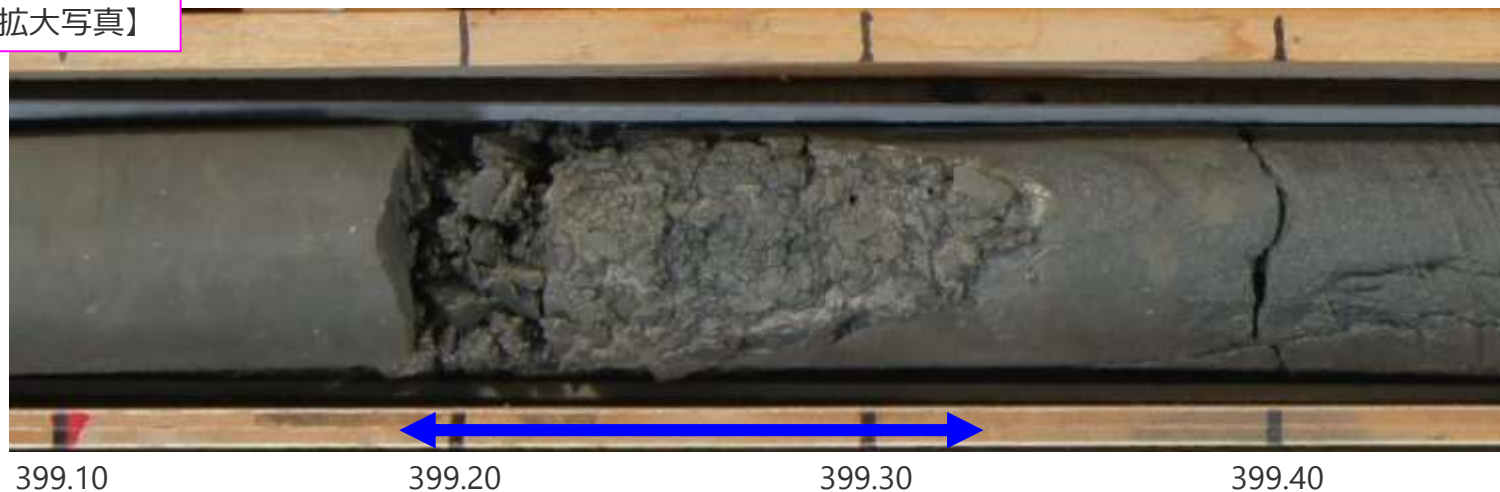
コア長：-

### 【解釈】

- 開離型断層と、その上部が粒状となっている。
- 粒状のコアは、上部を水平割れ目を境界とし、断層と孔壁、水平割れ目の間のみが不均質に割れている。
- これらのことから、本構造は、幅を持たない小断層および掘削・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】



# No.8孔（孔口標高6.35m） No.23断層（深度487.81~488.24m）

## 【柱状図】

487.81m ∠50° 開離型断層  
 細粒物質の幅は2mm  
 488.08m ∠80° 開離型断層  
 細粒物質の幅は1~5mm  
 488.24m ∠70° 開離型断層  
 細粒物質の幅は5~10mm

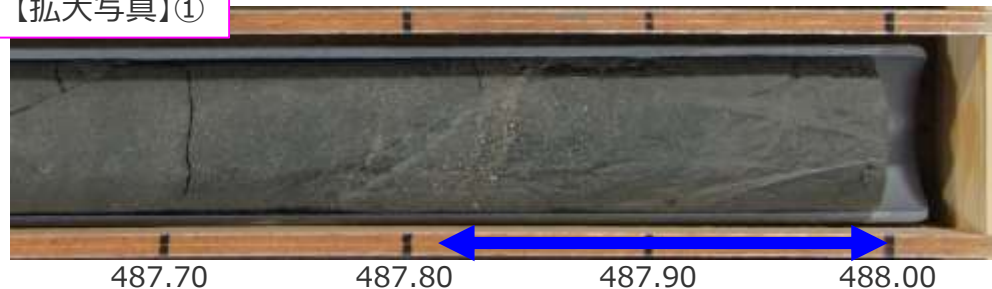
コア長：-

## 【解釈】

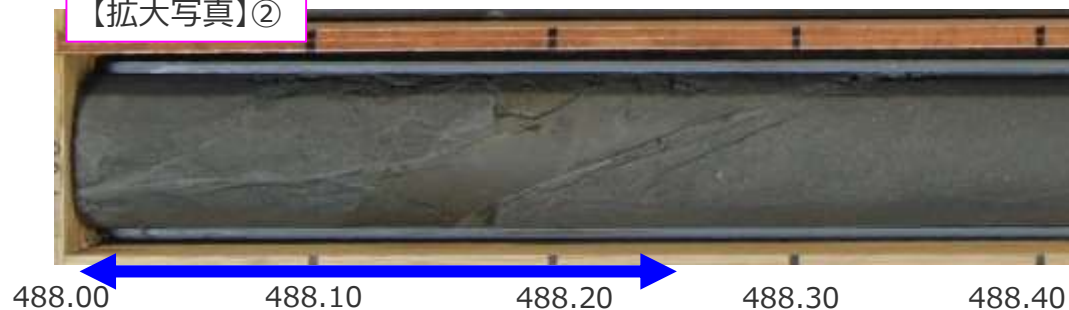
- 高角な開離型断層が散見され、487.81m, 488.08m, 488.24mに高角な開離型断層が認められ、断層面に沿って、脈状に変質粘土が発達している。
- ただし、コアに細片化は認められない。
- これらのことから、本断層は、幅を持たない小断層と解釈する。

⇒H断層系と同性状の断層に該当しない。

【拡大写真】①



【拡大写真】②



## 【コア写真】



# H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）（W15孔）

- ここでは、①、②で示したW25孔、No.8孔以外に、W15孔（深度653m、BHTVあり）を対象に、H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）を示す（断層カードは、データ集2を参照）。

(ステップ1) 断層の抽出	上部深度 (m)	下部深度 (m)	上部標高 (m)	下部標高 (m)	コア長 (m)	傾斜角※ (°)	断層幅 (m)	(ステップ2) 断層性状を評価	(ステップ3) 走向傾斜を評価	判定	備考
1	34.20	34.80	6.07	5.47	0.60	—	—	○	×	×	
2	47.00	47.95	-6.73	-7.68	0.95	—	—	×	—	×	
3	56.28	56.48	-16.01	-16.21	0.20	54	0.12	○	○	○	
4	110.65	111.00	-70.38	-70.73	0.35	—	—	×	—	×	
5	139.00	140.53	-98.73	-100.26	1.53	69	0.55	○	○	○	H-6断層
6	143.10	144.62	-102.83	-104.35	1.52	—	—	×	—	×	
7	148.48	148.98	-108.21	-108.71	0.50	58	0.27	○	○	○	
8	150.00	151.87	-109.73	-111.60	1.87	—	—	×	—	×	
9	161.59	162.58	-121.32	-122.31	0.99	—	—	×	—	×	
10	165.32	165.83	-125.05	-125.56	0.51	—	—	×	—	×	
11	179.41	179.80	-139.14	-139.53	0.39	—	—	×	—	×	
12	186.10	186.49	-145.83	-146.22	0.39	—	—	×	—	×	
13	190.25	190.42	-149.98	-150.15	0.17	—	—	○	×	×	
14	225.07	225.30	-184.80	-185.03	0.23	—	—	×	—	×	
15	234.20	235.83	-193.93	-195.56	1.63	—	—	×	—	×	
16	247.50	248.00	-207.23	-207.73	0.50	—	—	×	—	×	
17	298.72	299.36	-258.45	-259.09	0.64	54	0.38	○	○	○	
18	317.71	318.20	-277.44	-277.93	0.49	—	—	×	—	×	
19	337.08	337.20	-296.81	-296.93	0.12	64	0.05	○	○	○	
20	361.51	362.13	-321.24	-321.86	0.62	—	—	×	—	×	
21	392.70	393.25	-352.43	-352.98	0.55	—	—	×	—	×	
22	398.60	398.80	-358.33	-358.53	0.20	73	0.06	○	○	○	
23	400.56	400.81	-360.29	-360.54	0.25	—	—	×	—	×	
24	414.72	415.21	-374.45	-374.94	0.49	—	—	○	×	×	
25	443.32	443.41	-403.05	-403.14	0.09	—	—	×	—	×	
26	480.80	482.70	-440.53	-442.43	1.90	—	—	×	—	×	
27	549.75	549.94	-509.48	-509.67	0.19	—	—	×	—	×	
28	575.55	575.65	-535.28	-535.38	0.10	—	—	×	—	×	
29	588.09	589.03	-547.82	-548.76	0.94	—	—	×	—	×	
30	609.60	610.00	-569.33	-569.73	0.40	—	—	×	—	×	
31	614.65	615.22	-574.38	-574.95	0.57	—	—	×	—	×	

※傾斜角は、柱状図・BHTVのデータから、上下の断層の平均値を採用（柱状図の記事を優先。上下の断層うち片側のみのデータの場合はそのまま採用、データが無ければ60°とする）



# H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）（No.0孔）1/2

- ここでは、No.0孔（深度1500m、BHTVなし）の深度1000mまでを対象に、H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）を示す。（断層カードは、データ集2を参照）

(ステップ1) 断層の抽出	上部深度 (m)	下部深度 (m)	上部標高 (m)	下部標高 (m)	コア長 (m)	傾斜角※ (°)	断層幅 (m)	(ステップ2) 断層性状を評価	判定	備考
1	31.20	31.40	21.45	21.25	0.20	48	0.14	○	○	
2	77.09	77.45	-24.44	-24.80	0.36	-	-	×	×	
3	78.45	78.70	-25.80	-26.05	0.25	-	-	×	×	
4	80.75	80.92	-28.10	-28.27	0.17	60	0.09	○	○	
5	82.27	84.85	-29.62	-32.20	2.58	70	0.88	○	○	H-6断層
6	112.00	112.50	-59.35	-59.85	0.50	-	-	×	×	
7	120.75	121.30	-68.10	-68.65	0.55	58	0.30	○	○	
8	131.75	132.05	-79.10	-79.40	0.30	-	-	×	×	
9	161.35	161.50	-108.70	-108.85	0.15	70	0.05	○	○	
10	192.58	192.70	-139.93	-140.05	0.12	65	0.05	○	○	
11	206.08	207.07	-153.43	-154.42	0.99	60	0.49	○	○	
12	232.65	233.00	-180.00	-180.35	0.35	-	-	×	×	
13	236.20	236.50	-183.55	-183.85	0.30	-	-	×	×	
14	248.35	248.85	-195.70	-196.20	0.50	-	-	×	×	
15	254.55	255.35	-201.90	-202.70	0.80	80	0.14	○	○	
16	278.75	279.60	-226.10	-226.95	0.85	60	0.43	○	○	
17	302.55	303.00	-249.90	-250.35	0.45	-	-	×	×	
18	304.20	304.45	-251.55	-251.80	0.25	-	-	×	×	
19	329.25	329.60	-276.60	-276.95	0.35	60	0.18	○	○	
20	334.00	335.50	-281.35	-282.85	1.50	-	-	×	×	
21	409.70	409.85	-357.05	-357.20	0.15	-	-	×	×	
22	415.00	417.60	-362.35	-364.95	2.60	-	-	×	×	
23	432.85	432.95	-380.20	-380.30	0.10	-	-	×	×	
24	442.15	445.50	-389.50	-392.85	3.35	-	-	×	×	
25	460.52	460.88	-407.87	-408.23	0.36	-	-	×	×	

※傾斜角は、柱状図のデータから、上下の断層の平均値を採用（上下の断層うち片側みのデータの場合はそのまま採用、データが無ければ60°とする）

# H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）（No.0孔）2/2

- ここでは、No.0孔（深度1500m、BHTVなし）の深度1000mまでを対象に、H断層系と同性状の断層の検討結果（断層リスト）を示す。（断層カードは、データ集2を参照）

(ステップ1) 断層の抽出	上部深度 (m)	下部深度 (m)	上部標高 (m)	下部標高 (m)	コア長 (m)	傾斜角※ (°)	断層幅 (m)	(ステップ2) 断層性状を評価	判定	備考
26	463.30	464.62	-410.65	-411.97	1.32	-	-	×	×	
27	469.55	469.90	-416.90	-417.25	0.35	-	-	×	×	
28	478.45	480.95	-425.80	-428.30	2.50	-	-	×	×	
29	481.55	483.60	-428.90	-430.95	2.05	-	-	×	×	
30	484.46	488.00	-431.81	-435.35	3.54	-	-	×	×	
31	514.00	514.50	-461.35	-461.85	0.50	-	-	×	×	
32	518.55	519.60	-465.90	-466.95	1.05	-	-	×	×	
33	550.00	553.15	-497.35	-500.50	3.15	-	-	×	×	
34	571.20	572.75	-518.55	-520.10	1.55	-	-	×	×	
35	574.20	575.95	-521.55	-523.30	1.75	-	-	×	×	
36	577.20	577.85	-524.55	-525.20	0.65	-	-	×	×	
37	604.00	604.30	-551.35	-551.65	0.30	-	-	×	×	
38	606.00	606.55	-553.35	-553.90	0.55	-	-	×	×	
39	621.40	625.32	-568.75	-572.67	3.92	-	-	×	×	
40	636.30	638.00	-583.65	-585.35	1.70	-	-	×	×	
41	829.33	831.96	-776.68	-779.31	2.63	-	-	×	×	
42	854.00	855.00	-801.35	-802.35	1.00	-	-	×	×	
43	863.00	863.95	-810.35	-811.30	0.95	-	-	×	×	
44	897.30	897.68	-844.65	-845.03	0.38	-	-	×	×	
45	910.15	911.60	-857.50	-858.95	1.45	-	-	×	×	

※傾斜角は、柱状図のデータから、上下の断層の平均値を採用（上下の断層うち片側のみデータの時はそのまま採用、データが無ければ60°とする）

## 【W25孔の調査結果】

- W25孔においては、K-7以深の、深度530～800m程度の区間において、“検討対象断層”が2箇所認められるが、コア性状を詳細に観察した結果、いずれも、断層性状および断層幅（5cm以上）からは、H断層系と同性状の断層に該当しないと解釈した。

## 【No.8孔の調査結果】

- No.8孔においては、深度350m以深の区間で、“検討対象断層”が4箇所確認されるが、コア性状を詳細に観察した結果、いずれも、断層性状からは、H断層系と同性状の断層に該当しないと解釈した。

## 【その他2孔を含めた調査結果】

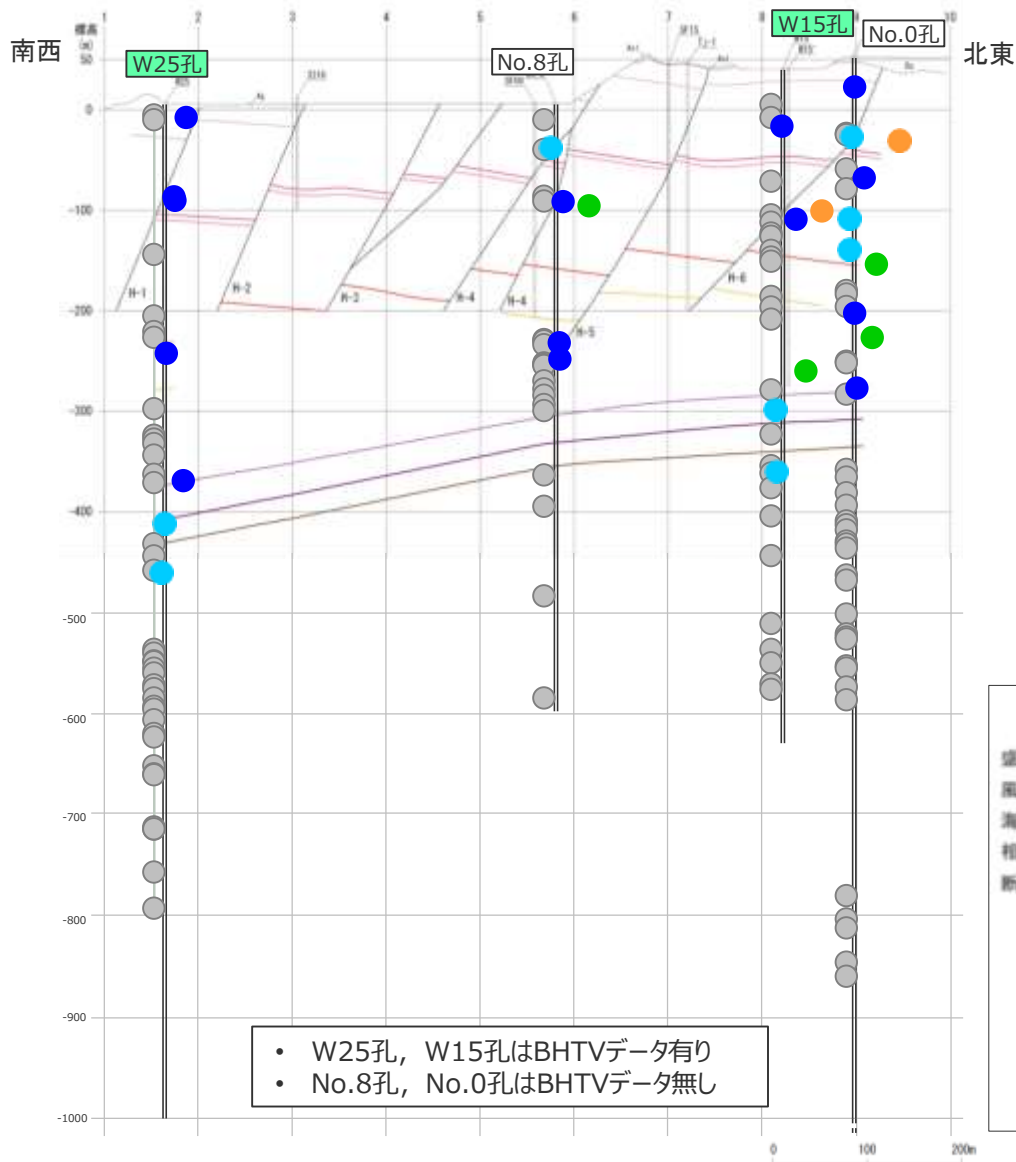
- その他、W15孔、No.0孔の深部断層の“検討対象断層”についても、コア性状を詳細に観察した結果、いずれも、断層性状からは、H断層系と同性状の断層に該当しないと解釈した。

**(3)**

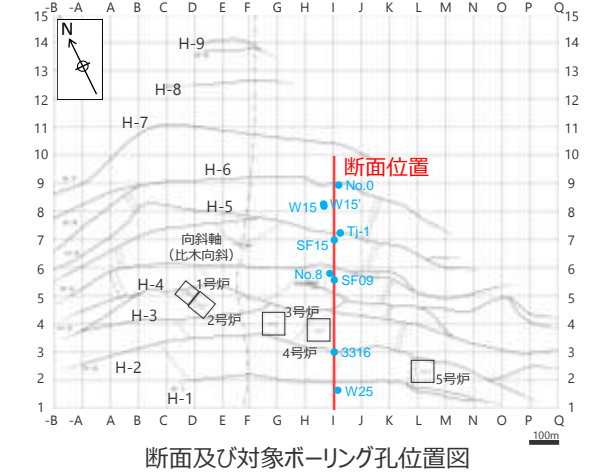
## **H断層系の深部への連続性の検討まとめ**



# 大深度ボーリングに認められるH断層系と同性状の断層の検討結果



- 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、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、やがて幅を持つ断層は認められなくなる。



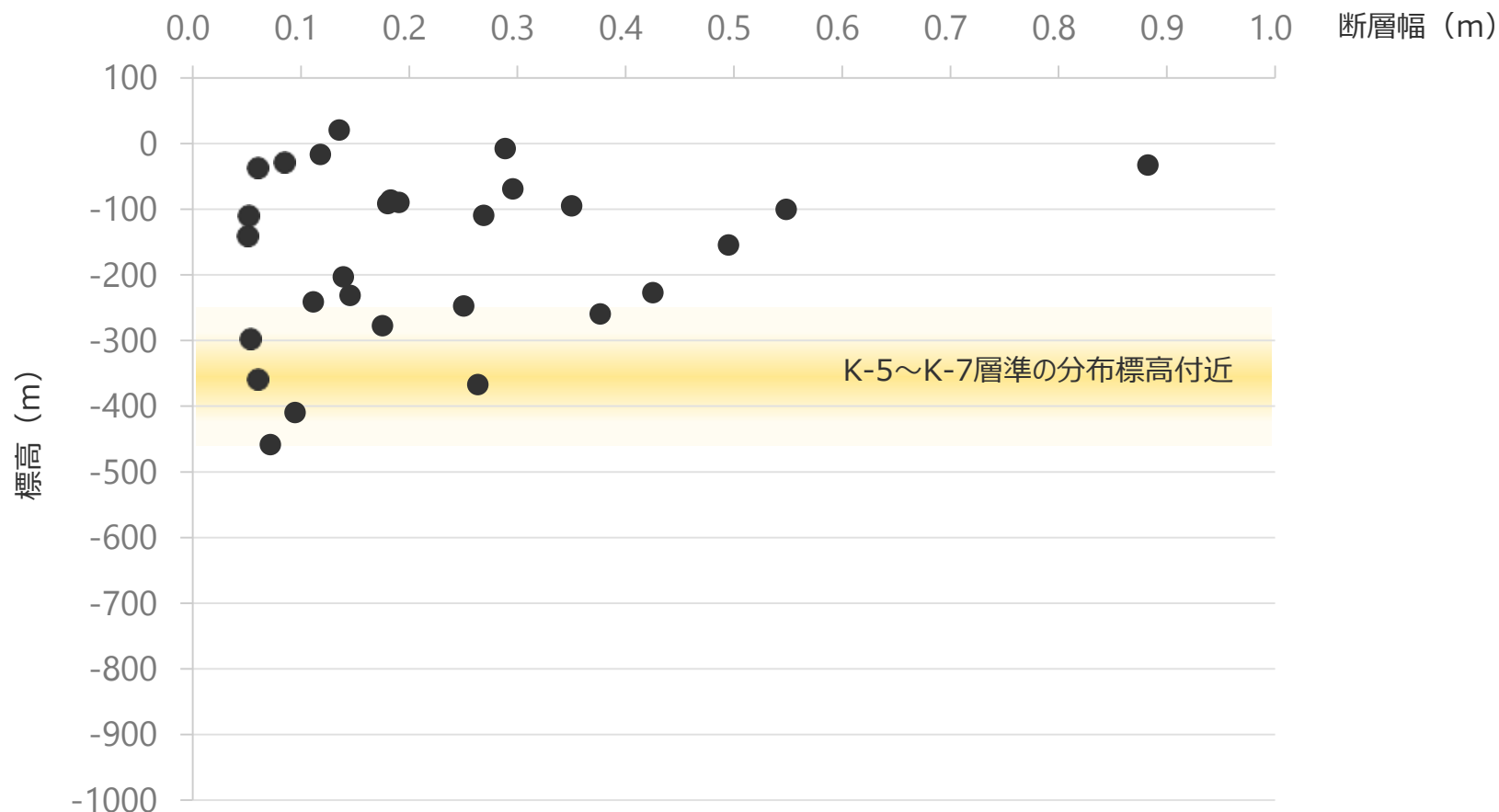
断層幅等の凡例

その他断層等	①	②	③	④
	10cm未満	10~30cm	30~50cm	50~100cm
	●	●	●	●

# 大深度ボーリング孔 4 孔におけるH断層系と同性状の断層の深度と断層幅の関係

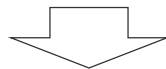
○I断面の大深度ボーリング孔 4 孔を対象に、H断層系と同性状の断層の断層幅と深度の関係をグラフで示す。

- この結果、浅部では、断層幅が大きいものから小さいものまで、広い範囲で分布し、またその数も多い。
- 一方、深部に向かうにつれて、断層幅が小さくなるとともに、その数も減少していく傾向が見られる。
- K-5～K-7層準付近より深部では、H断層系と同性状の断層自体が認められなくなる。



## <コメントNo.75>

- ・ I断面の4つの大深度ボーリングにおいて深部に確認される主な開離型断層について、H断層と認定しなかった根拠を示すこと。



## <コメント回答まとめ>

### ○検討方針

- ・ 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する。
- ・ 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断層系の性状から、H断層系と同性状の断層の検討方法を整理する。
- ・ その上で、まずは地下浅部（K-5～K-7層準付近以浅）において、H断層系と同性状の断層の分布を検討するとともに、H断層系と選定した断層がもれなくH断層とされる断層とされているか確認し、さらに地下深部（K-5～K-7層準付近以深）に見られる断層が、H断層系の性状を有する「H断層系と同性状の断層」に該当するか否かの検討を行う。

### ○検討結果

- ・ 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断層系の性状を有し、「H断層系と同性状の断層」に該当している。
- ・ 「H断層系と同性状の断層」は、いずれもH断層系が分布すると想定される浅部のK-5～K-7層準付近以浅の断層であり、K-5～K-7層準以深の断層はいずれも「H断層系と同性状の断層」に該当しなかった。
- ・ また、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、やがて幅を持つ断層は認められなくなる。

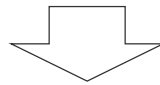
⇒大深度ボーリングコアにおいて、標高-300～-400m付近のK-5～K-7層準付近以深にみられる断層はH断層系の性状を有しない。

# 5

## BF4地点のH-9断層の分布に関する検討

### <コメントNo.76>

- BF4地点のH-9断層の分布・連続性について，1孔の深度18m付近に見られる断層の評価等も含め詳細に説明すること。

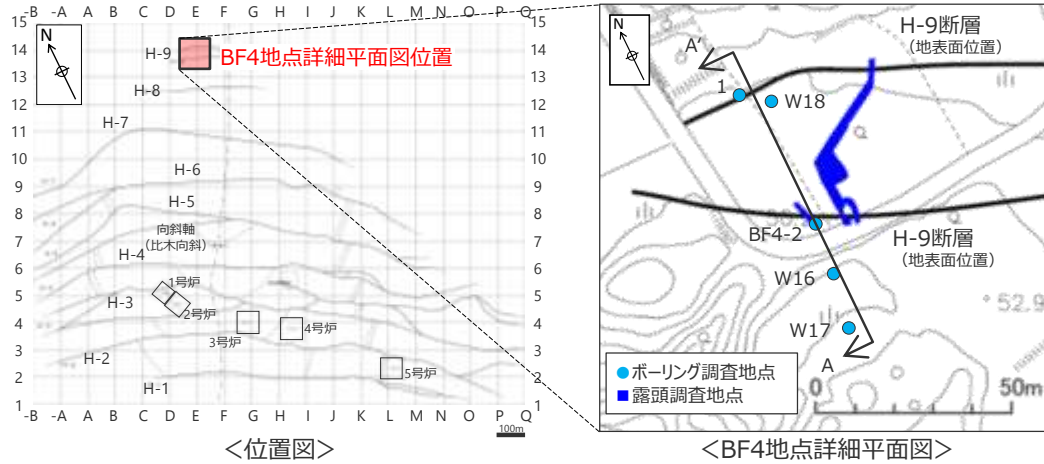


### <回答要旨>

- 1孔の深度18m付近に見られる断層とH-9断層の関係を確認するため，1孔とW18孔の区間でトレンチ調査を実施した。
- その結果，1孔とW18孔の区間にH-9断層は確認されず，1孔の5m程北側において，幅のある落差の大きい断層（H-9断層）が確認された。
- 今回の調査結果を踏まえ，1孔の深度18m付近に見られる断層をH-9断層と認定し，BF4地点のH-9断層の分布図の見直しを実施する。

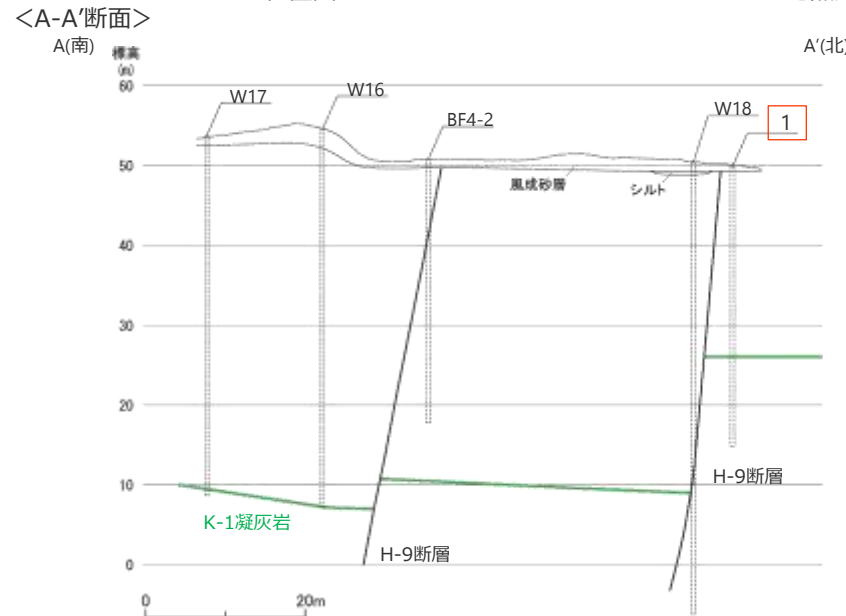
# コメント内容 (図表は第704回資料1-2を使用)

- BF4地点のH-9断層の分布・連続性について、1孔の深度18m付近に見られる断層の評価等も含め詳細に説明すること。



<1孔の柱状図 (孔口標高: 49.86m) >

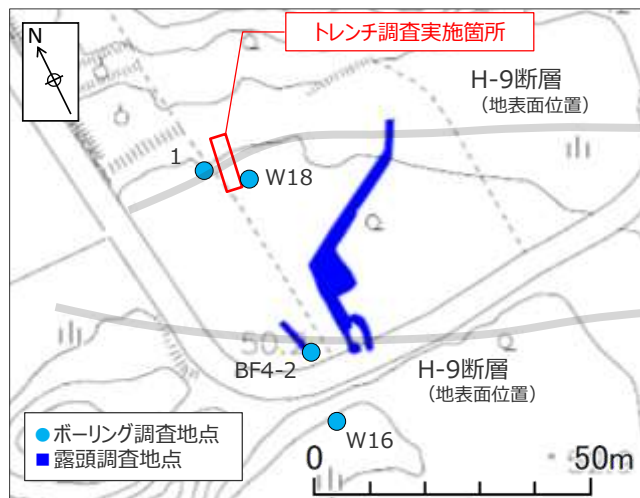
標高 (m)	深さ (m)	柱状区分	岩色	硬さ	割れ目の状態	風化	記	コア採取率 (%)
49.86	0.00							— × — (%)
49.86	0.00							最大コア長 (m)
49.86	0.00							R Q D (%)
18.00	31.86						この層に於いては、H-9断層の連続性を確認する。また、この層に於いては、H-9断層の連続性を確認する。	
17.00	32.86							
16.00	33.86							
15.00	34.86							
14.00	35.86							
13.00	36.86							
12.00	37.86							
11.00	38.86							
10.00	39.86							
9.00	40.86							
8.00	41.86							
7.00	42.86							
6.00	43.86							
5.00	44.86							
4.00	45.86							
3.00	46.86							
2.00	47.86							
1.00	48.86							
0.00	49.86							



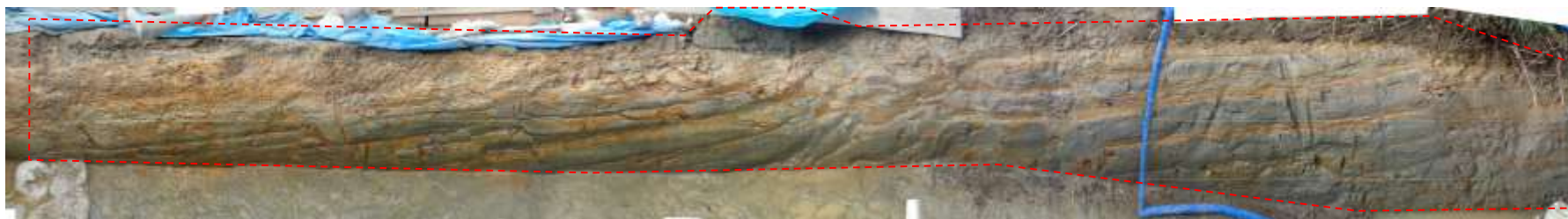
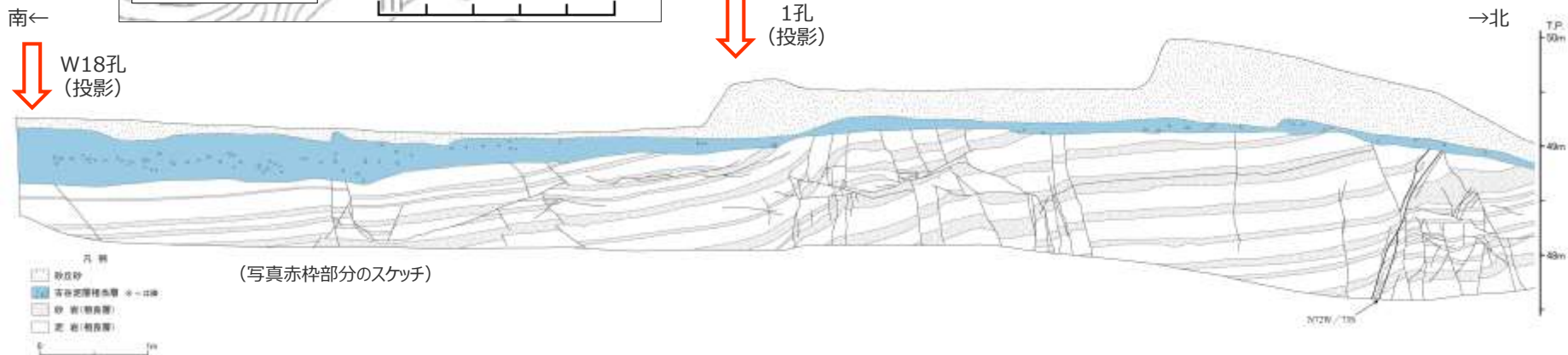
<1孔のコア写真>







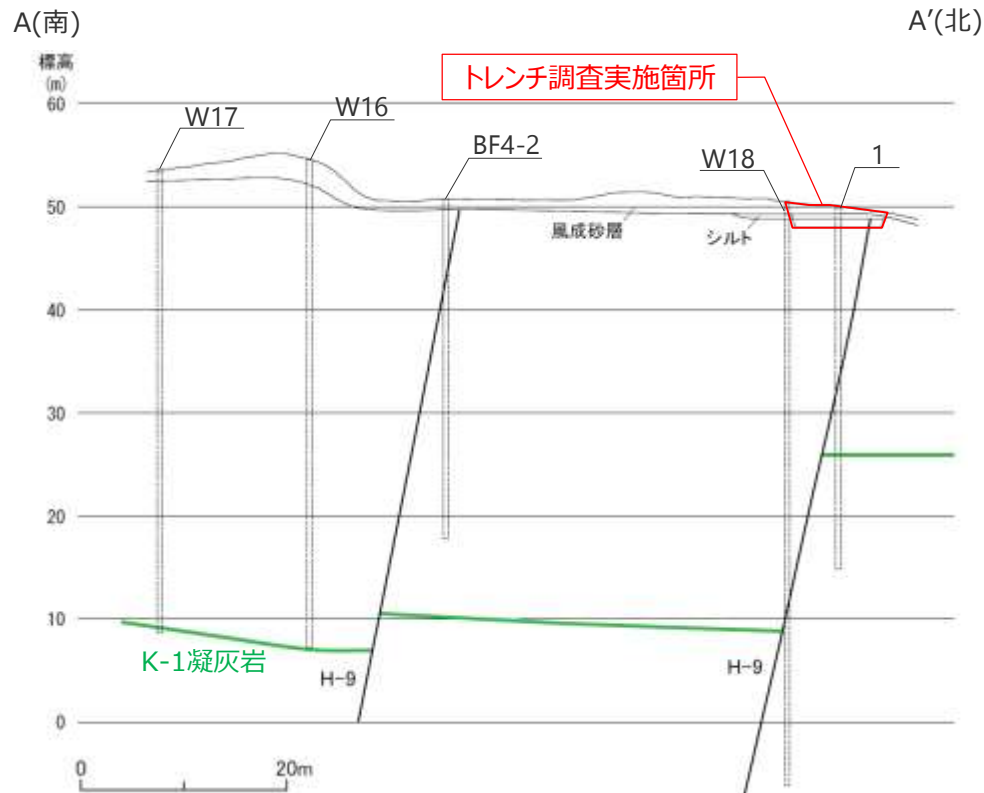
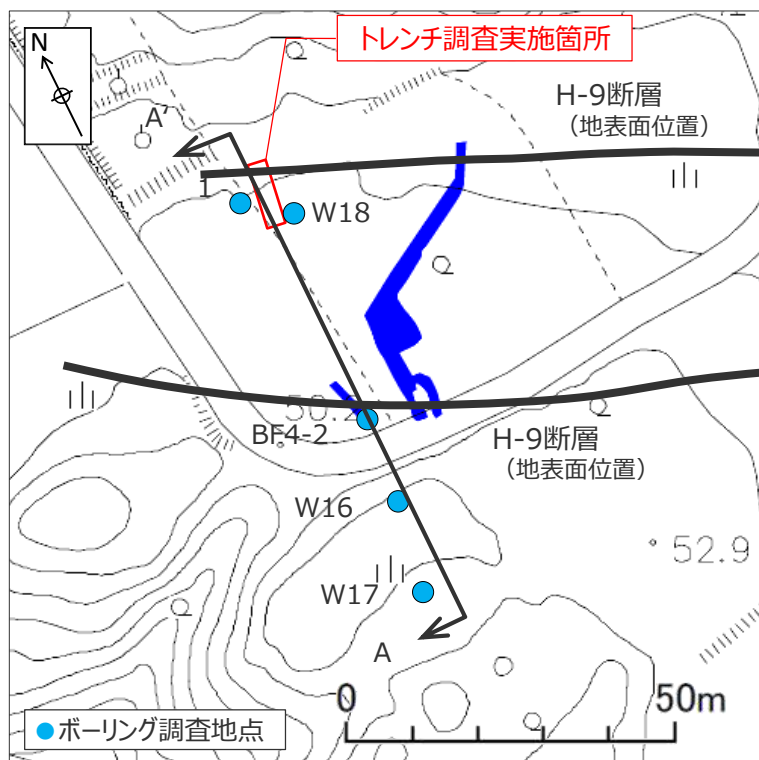
- 1孔の深度18m付近に見られる断層とH-9断層の関係を確認するため、1孔とW18孔の区間でトレンチ調査を実施した。
- その結果、1孔とW18孔の区間にH-9断層は確認されず、1孔の5m程北側において、幅のある落差の大きな断層（H-9断層）が確認された。
- なお、本トレンチにおける相良層には断層（H-9断層及び小断層系）が数条か認められるが、上部を泥層に不整合に覆われており、泥層の基底面に変位や変形は認められない。



- BF4地点のH-9断層の分布・連続性について、1孔の深度18m付近に見られる断層の評価等も含め詳細に説明すること。

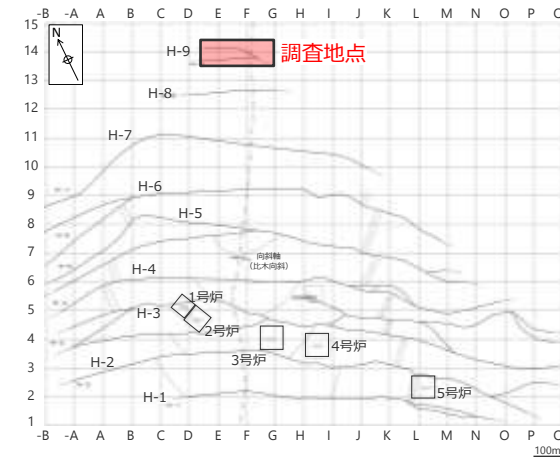
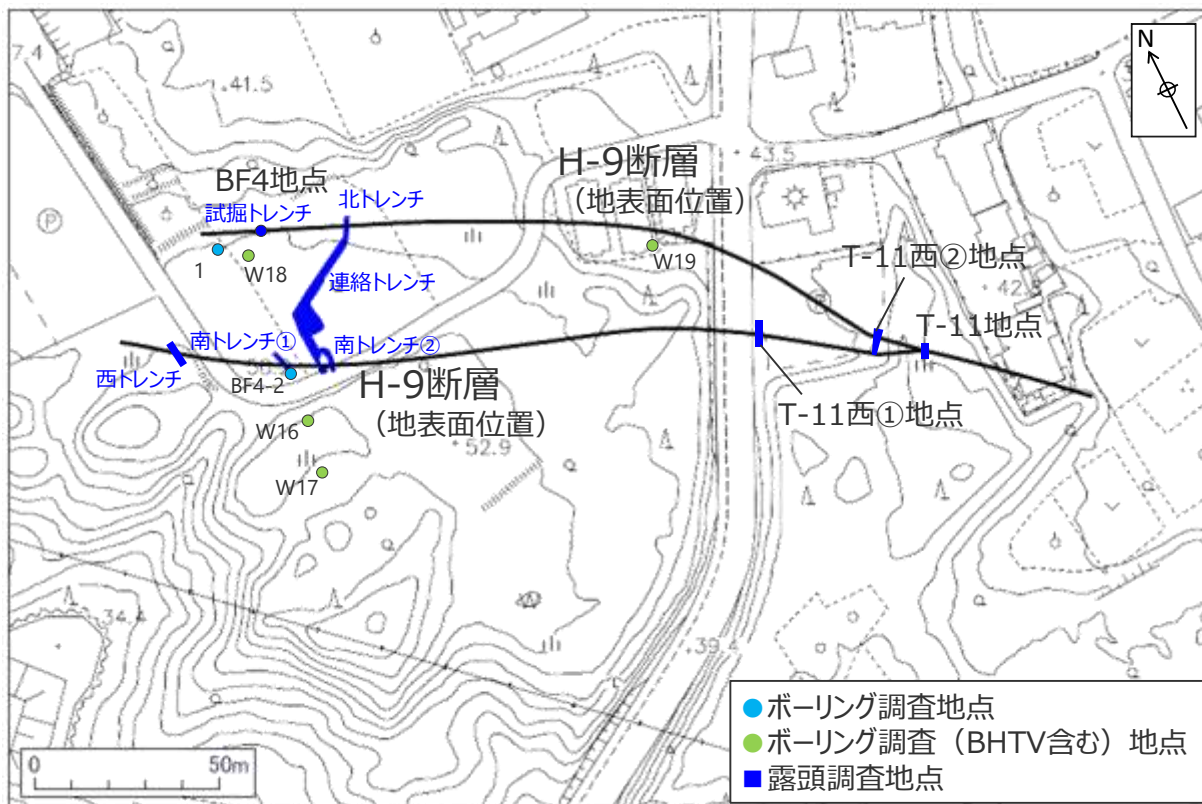


- 1孔の深度18m付近に見られる断層とH-9断層の関係を確認するため、1孔とW18孔の区間でトレンチ調査を実施した。
- その結果、1孔とW18孔の区間にH-9断層は確認されず、1孔の5m程北側において、幅のある落差の大きい断層（H-9断層）が確認された。
- 今回の調査結果を踏まえ、1孔の深度18m付近に見られる断層をH-9断層と認定し、BF4地点のH-9断層の分布図の見直しを実施する。



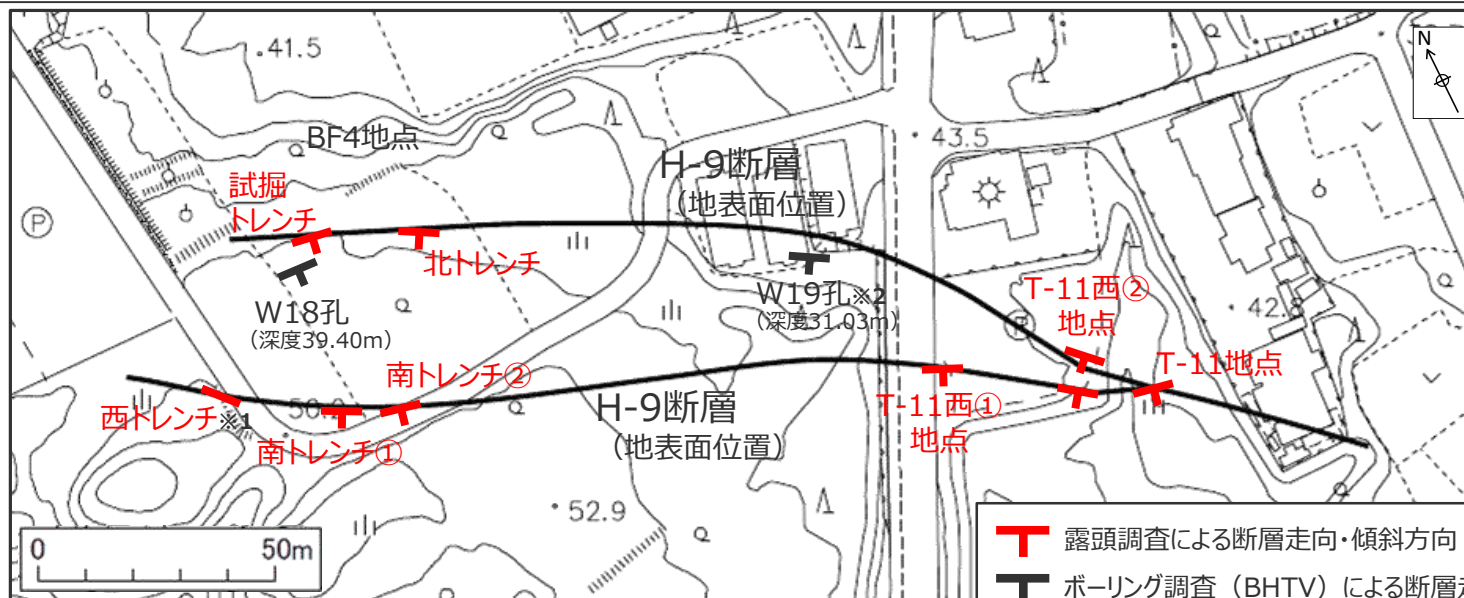
# H-9断層の分布推定の根拠について

- H-9断層の分布は、露頭調査及びボーリング調査により推定した。



# H-9断層の分布（平面図）

- H-9断層の分布（平面図）は、露頭調査及びボーリング調査（BHTV）に基づき推定した。
- BF4地点付近において、2本のH-9断層はほぼ平行に分布し、BF4地点東方（T-11地点付近）で2本のH-9断層は1本に合流しているものと考えられる。



H-9断層の分布根拠とした調査結果

**T** 露頭調査による断層走向・傾斜方向  
**T** ボーリング調査（BHTV）による断層走向・傾斜方向  
 （括弧内の数値は断層の走向傾斜を確認した深度）

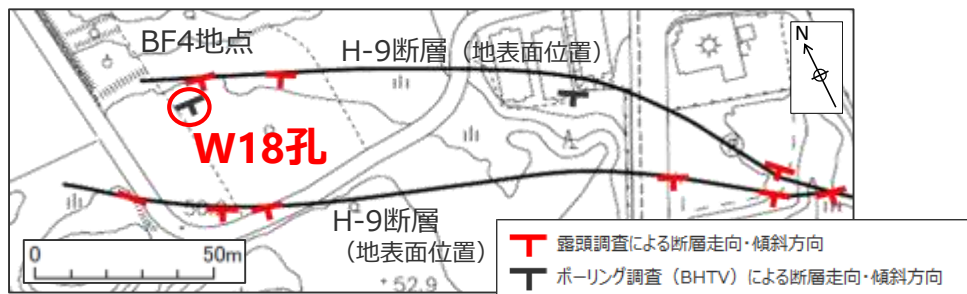
	名称	観察結果掲載頁
ボーリング	W18孔	補足説明資料2 p.114
	W19孔	補足説明資料2 p.115
露頭	北トレンチ	本編資料 pp.150,250
	西トレンチ	第704回審査会合資料1-3 p.27
	南トレンチ①	本編資料 p.244
	南トレンチ②拡張部(東側)	補足説明資料2 p.116

	名称	観察結果掲載頁
露頭	試掘トレンチ	補足説明資料2 p.117
	T-11西①地点	補足説明資料2 p.118
	T-11西②地点	補足説明資料2 p.119
	T-11地点	第704回審査会合資料1-3 p.24

- ※1 西トレンチにおいては断層傾斜角が90°（垂直面）であることから、走向のみを示す。
- ※2 W19孔におけるH-9断層の断層面は、比較的低角（50°程度）なもとして観察されるが、BF4地点周辺地表面におけるH-9断層の傾斜角（70～90°程度：露頭観察結果による）を踏まえ、地表に向かって高角化するものとして、H-9断層の地表面位置を推定した。



# H-9断層 (W18孔) ～ボーリングコア・BHTV観察～



- W18孔においては、深度38～40m間に細粒物質を伴う2条の断層面を確認した。
- 断層面に挟まれた区間の層理は不明瞭である。

【コア写真※】

G.L.-38.0m  
(T.P.+12.3m)

G.L.-39.0m  
(T.P.+11.3m)



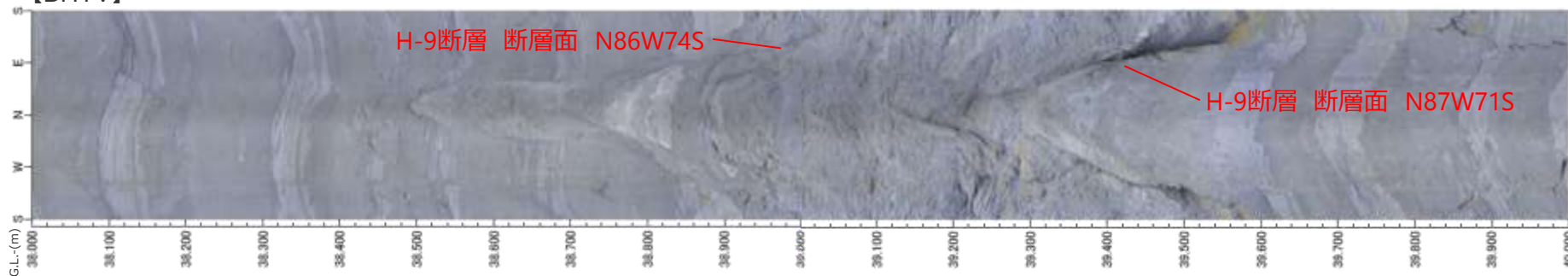
G.L.-39.0m  
(T.P.+11.3m)

G.L.-40.0m  
(T.P.+10.3m)

H-9断層 断層面  
細粒物質1mm

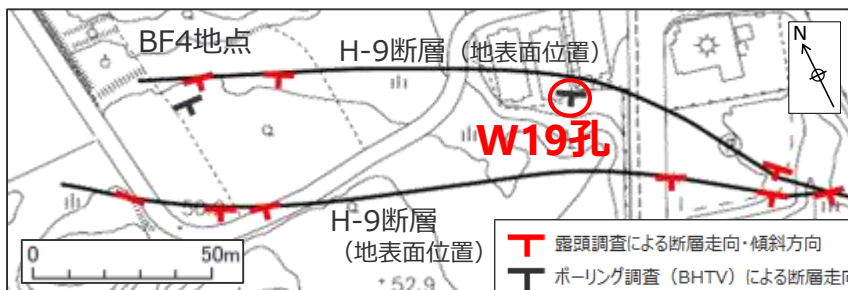
・W18孔のボーリング柱状図及びコア写真については、第563回審査会合 資料2 pp.130～133に示す。

【BHTV】





# H-9断層 (W19孔) ～ボーリングコア・BHTV観察～



- W19孔においては、深度30～32m間に細粒物質を伴う2条の断層面を確認した。
- 断層面に挟まれた区間にはレンズ状に引き伸ばされた凝灰岩が確認できる。

T 露頭調査による断層走向・傾斜方向  
T ボーリング調査 (BHTV) による断層走向・傾斜方向

【コア写真※】

G.L.-30.0m  
(T.P.+15.2m)

G.L.-31.0m  
(T.P.+14.2m)



H-9断層 断層面  
細粒物質1～3mm  
レンズ状凝灰岩

G.L.-31.0m  
(T.P.+14.2m)

G.L.-32.0m  
(T.P.+13.2m)

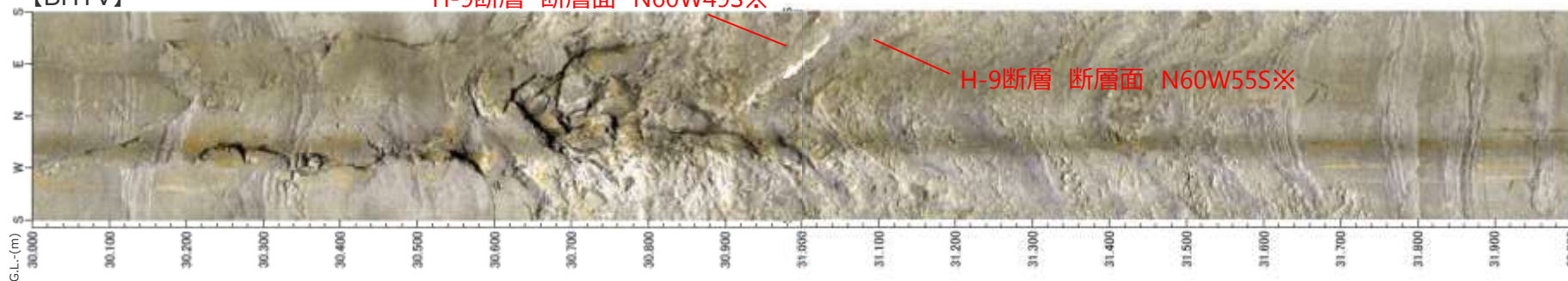
H-9断層 断層面  
細粒物質1mm

・W19孔のボーリング柱状図及びコア写真については、第563回審査会合 資料2 pp.134～137に示す。

【BHTV】

H-9断層 断層面 N60W49S※

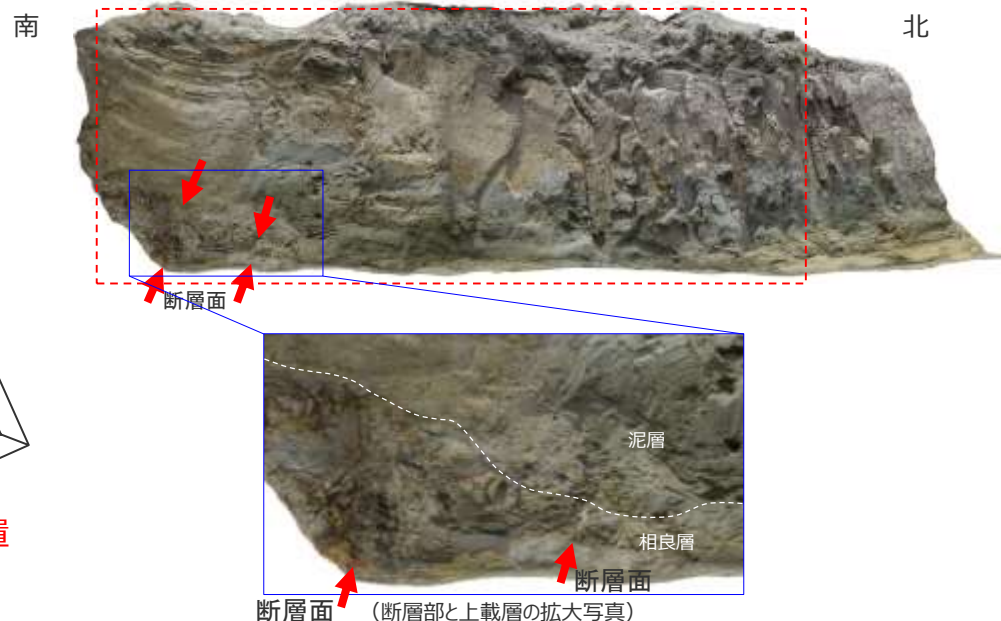
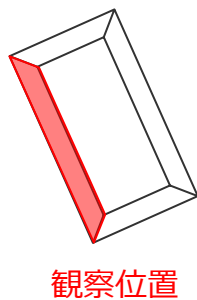
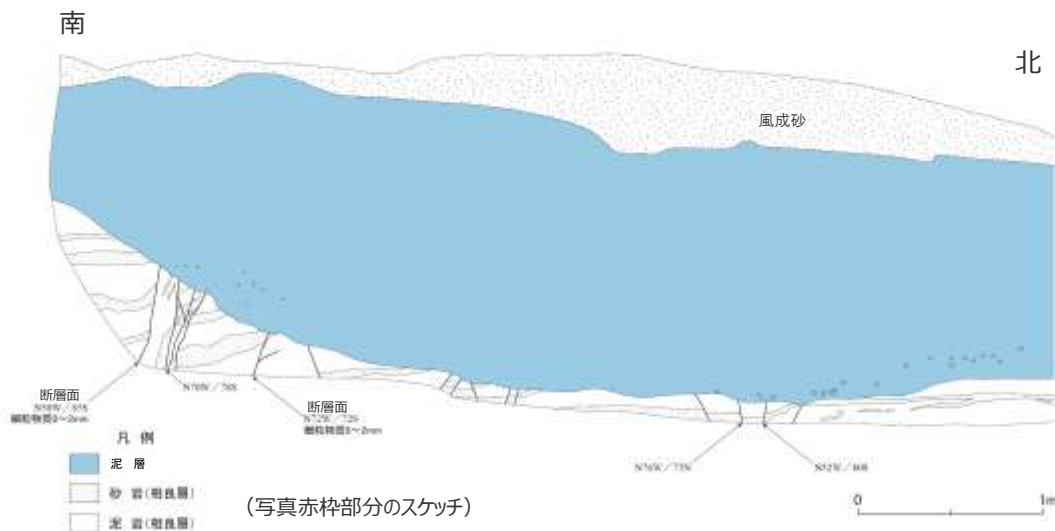
H-9断層 断層面 N60W55S※



※ W19孔におけるH-9断層の断層面は、比較的低角 (50°程度) なものとして観察されるが、BF4地点周辺地表面におけるH-9断層の傾斜角 (70～90°程度：露頭観察結果による) を踏まえ、地表に向かって高角化するものとして、H-9断層の地表面位置を推定した。

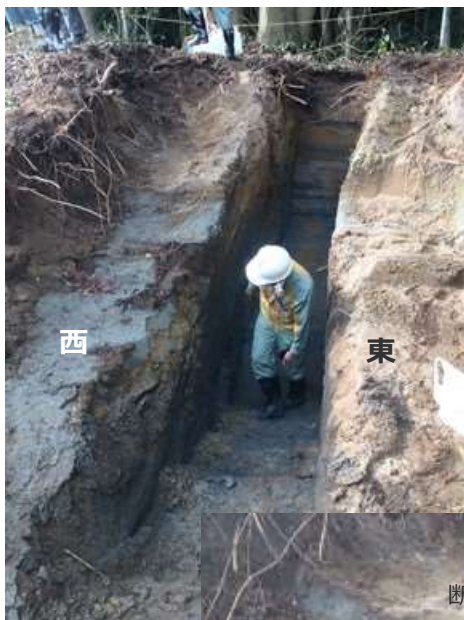
# H-9断層 (BF4南トレンチ②拡張部(東側) 西面) ～露頭観察～

- 細粒物質を伴う平行な断層面が2条認められ、その断層に挟まれた区間の砂岩には、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。
- 南トレンチ②のH-9断層は、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。
- 泥層には円～扁平礫が含まれる。

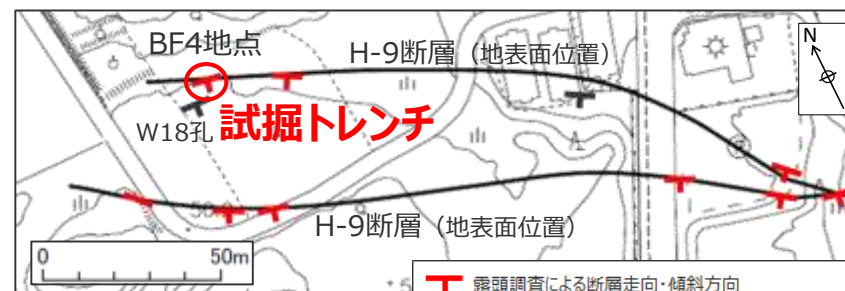


# H-9断層（試掘トレンチ） ～露頭観察～

- 試掘トレンチにおいては、W18孔で確認したH-9断層から連続すると考えられる2条の断層面を確認した。

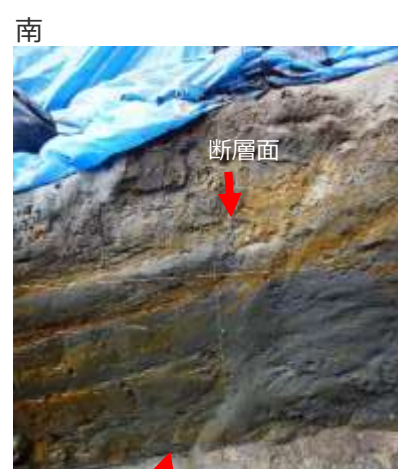


試掘トレンチ全景

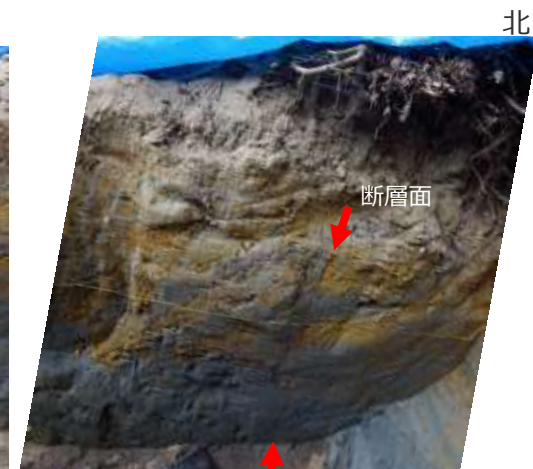


T 露頭調査による断層走向・傾斜方向  
T ボーリング調査 (BHTV) による断層走向・傾斜方向

試掘トレンチ西側壁面状況※



断層面（上盤側）  
N80W/87S



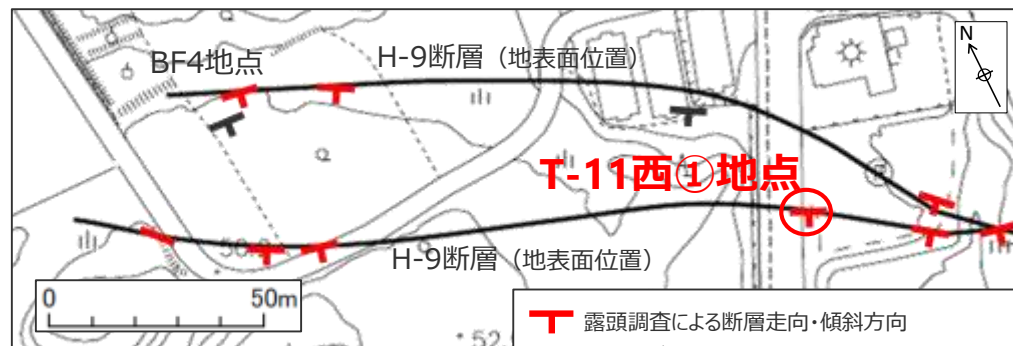
断層面（下盤側）  
N75W/80S

※狭隘なトレンチであるため、上盤側断層面と下盤側断層面を分割して撮影した。

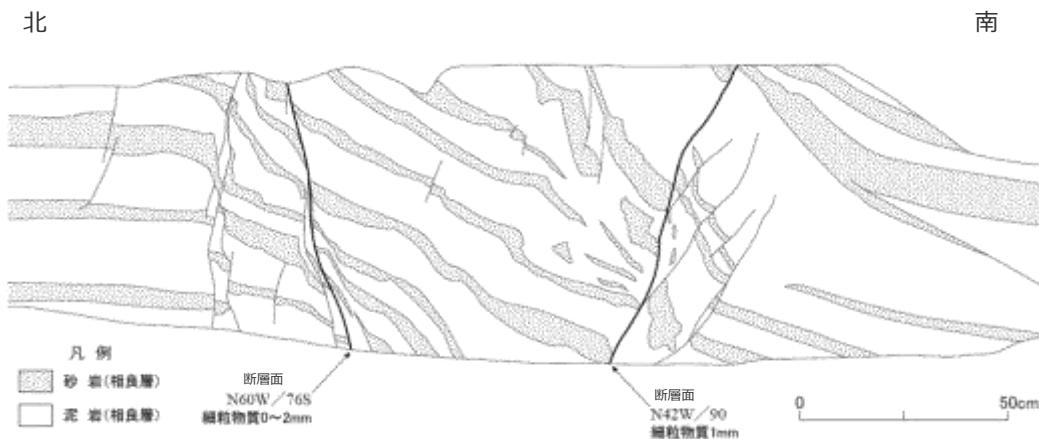


# H-9断層 (T-11西①地点) ～露頭観察～

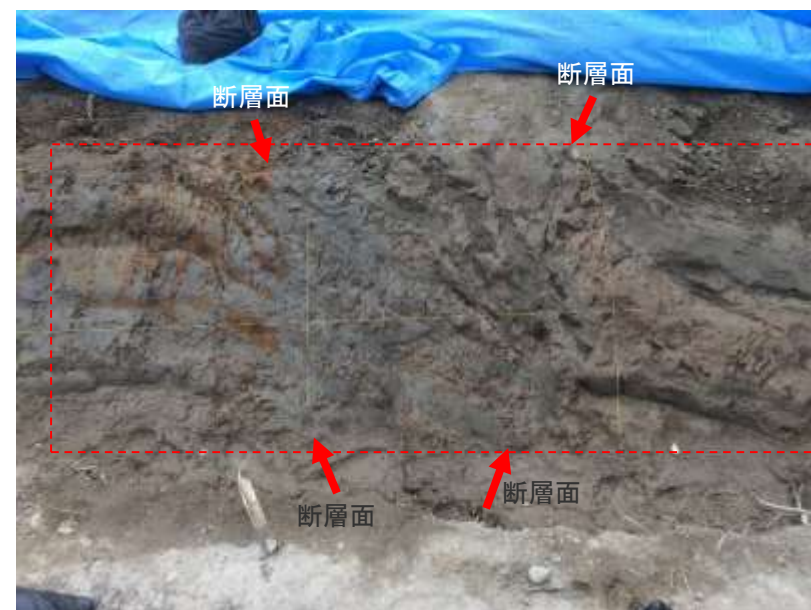
- 細粒物質を伴う断層面が2条認められ、その断層に挟まれた区間の砂岩には、膨縮やレンズ状の構造、明瞭な引きずりなど、著しく流動的な変形構造が認められる。
- 断層面を挟んだ上盤側及び下盤側には、砂岩の引きずりが認められ、これらの変形構造から正断層センスであることが分かる。
- 断層面に明瞭なせん断面は認められず、また、断層面及びその周辺に角礫状の破砕部は認められない。



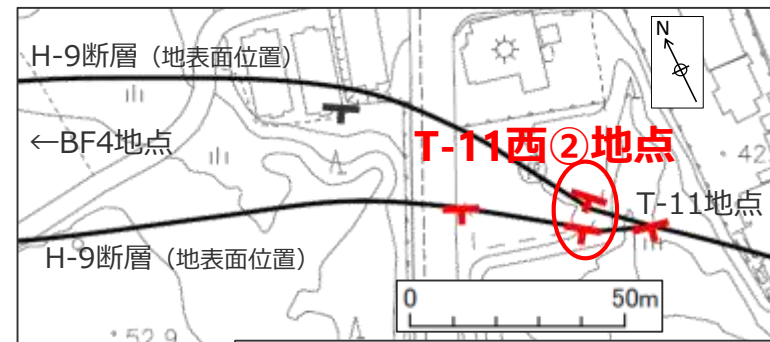
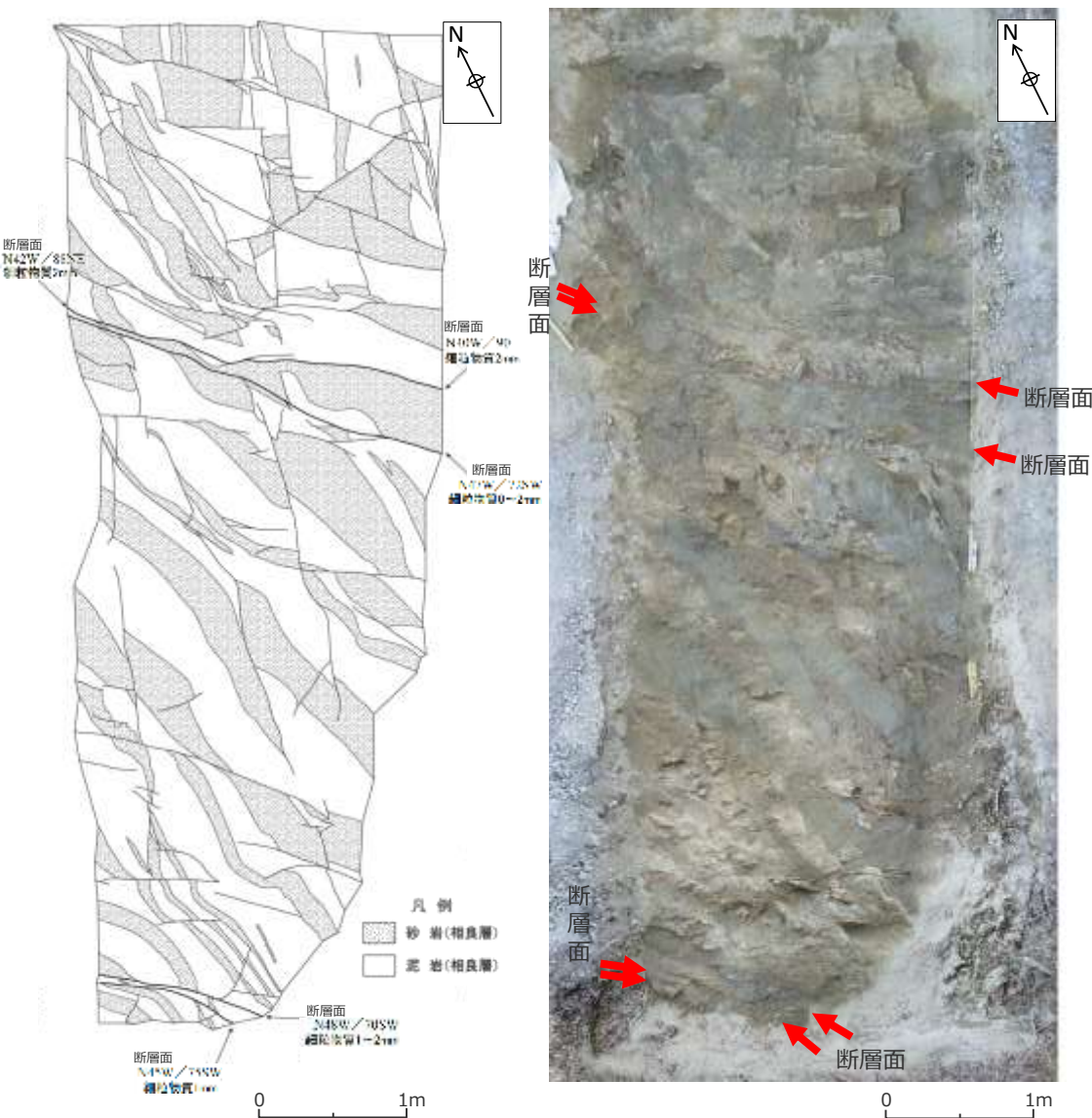
T 露頭調査による断層走向・傾斜方向  
T ボーリング調査 (BHTV) による断層走向・傾斜方向



(写真赤枠部分のスケッチ)



# H-9断層 (T-11西②地点) ～露頭 (底盤) 観察～



T 露頭調査による断層走向・傾斜方向  
T ボーリング調査 (BHTV) による断層走向・傾斜方向

- T-11地点の西側において、南側のH-9断層と北側のH-9断層の分布状況を確認するため、表層土を剥ぎ取り、底盤露頭の調査を実施した。
- それぞれ細粒物質を伴う断層面を2条ずつ有する2本の断層が認められ、断層面に挟まれた区間の砂岩には、引きずりなどの流動的な変形構造が認められる。
- 北側と南側の断層に挟まれた区間においても、地層の走向が断層面に平行な走向へ変化し、砂岩の層厚が変化している状況（膨縮）が認められる。
- これらの断層は南落ちの正断層であることから、T-11地点より西側で2本に分岐し、BF4地点で確認される南側のH-9断層と北側のH-9断層であると考えられる。

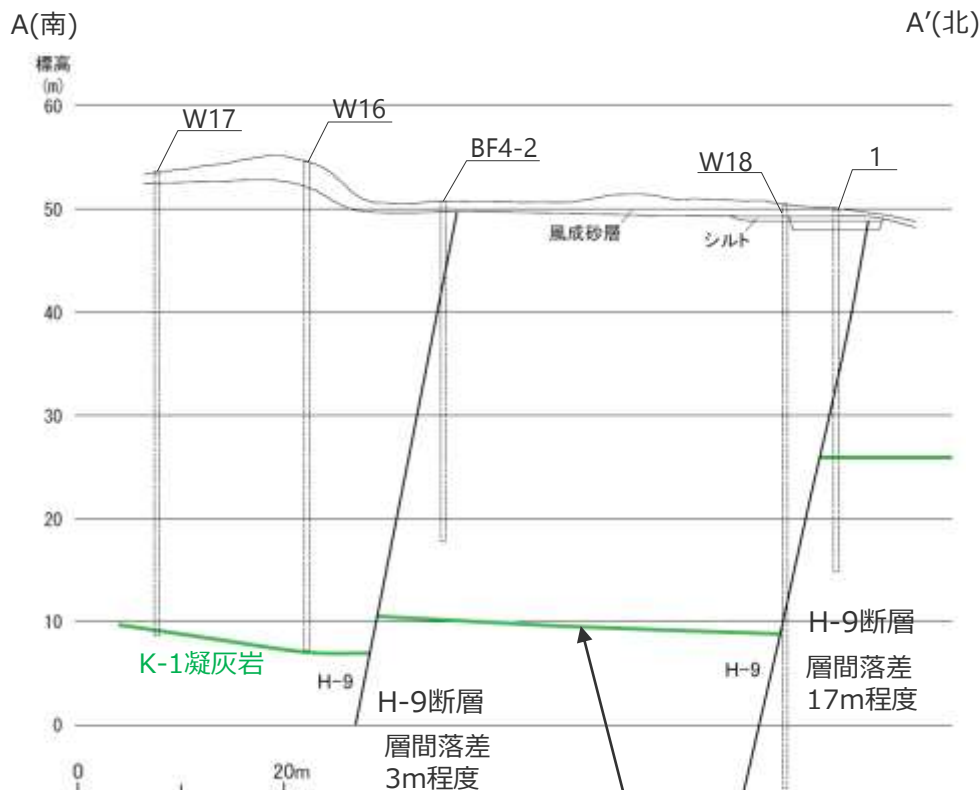


# H-9断層の分布 (断面図)

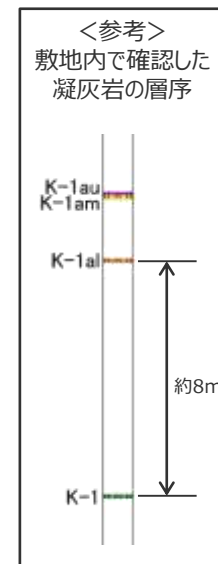
- H-9断層の分布 (断面図) は、ボーリング調査に基づき推定した。
- 北側のH-9断層及び南側のH-9断層は、いずれも南落ちの正断層であり、2本の断層を合わせた落差は20m程度と考えられる。



● ボーリング調査地点

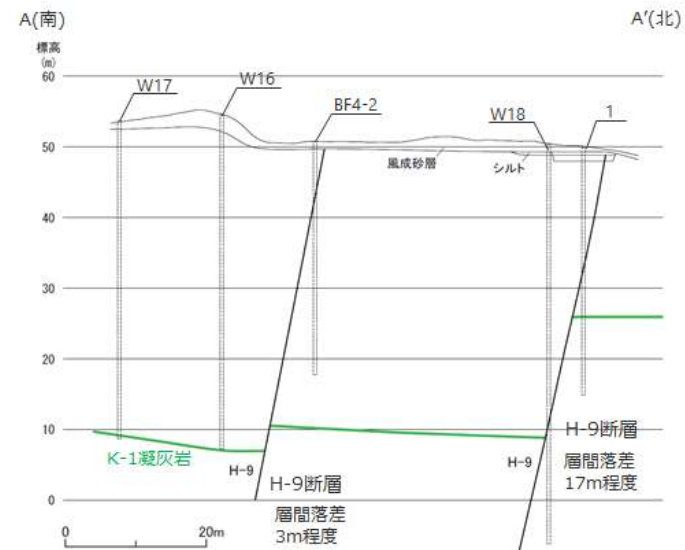


この区間のK-1凝灰岩は、BF4-2孔で確認したK-1al凝灰岩 (K-1凝灰岩の上位層準) 深度から敷地内で確認した凝灰岩層序 (右参考図) に基づき推定した。



# (参考) ボーリングによって確認した凝灰岩

・ボーリングによって確認した凝灰岩を示す。  
 ・次頁より、BF4-2孔及び1孔のボーリング柱状図及びコア写真を示す。  
 (W16孔、W17孔及びW18孔のボーリング柱状図及びコア写真については、第563回審査会合 資料2 pp.123～133に示す。)



写真尺度

1cm

※1 ゆ着型逆断層(標高18.83m)によりK-1aを繰り返す。

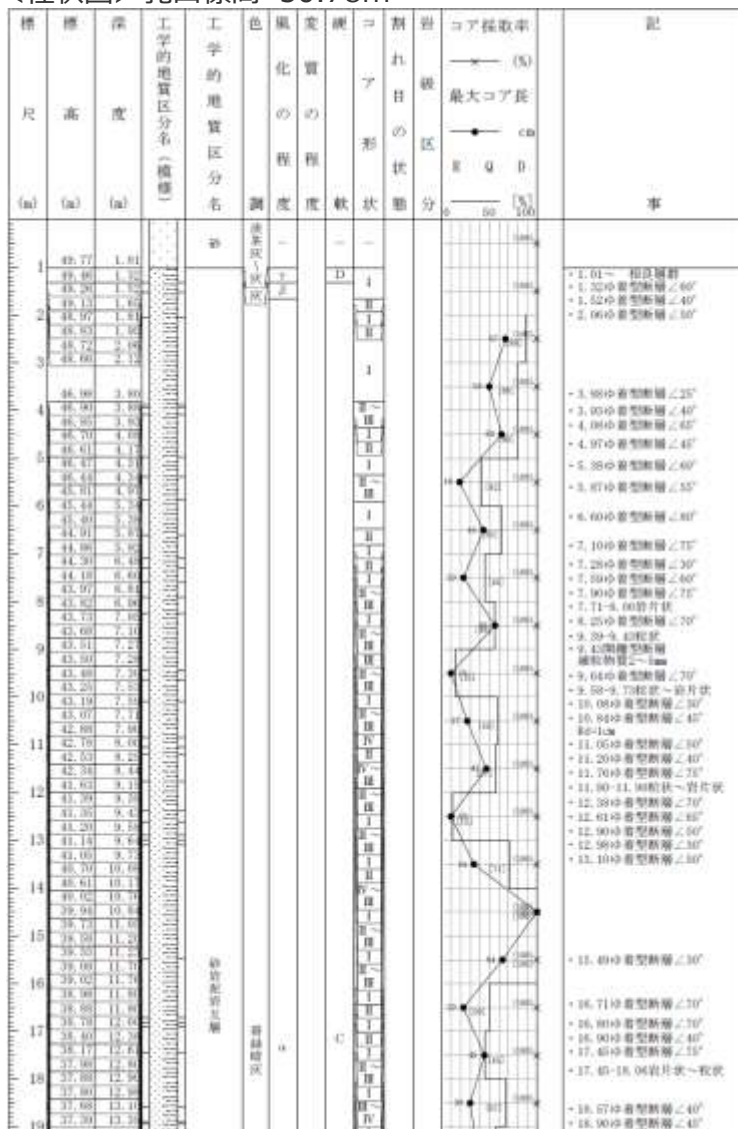
※2 通常30cm程度ある層がH-9断層により圧縮されている。

孔名 凝灰岩	W17 孔口標高53.71m	W16 孔口標高54.59m	BF4-2 孔口標高50.78m	W18 孔口標高50.33m	1 孔口標高49.86m
K-1a	標高18.21m	標高18.55m	標高19.26m	標高18.84m 18.71m※1	—
					—
K-1	標高9.48m	標高7.63m	—	標高11.51m	標高26.96m
			—		

※2

# ボーリング柱状図・コア写真 (BF4-2孔) 1 / 2

<柱状図> 孔口標高 50.78m



<コア写真>

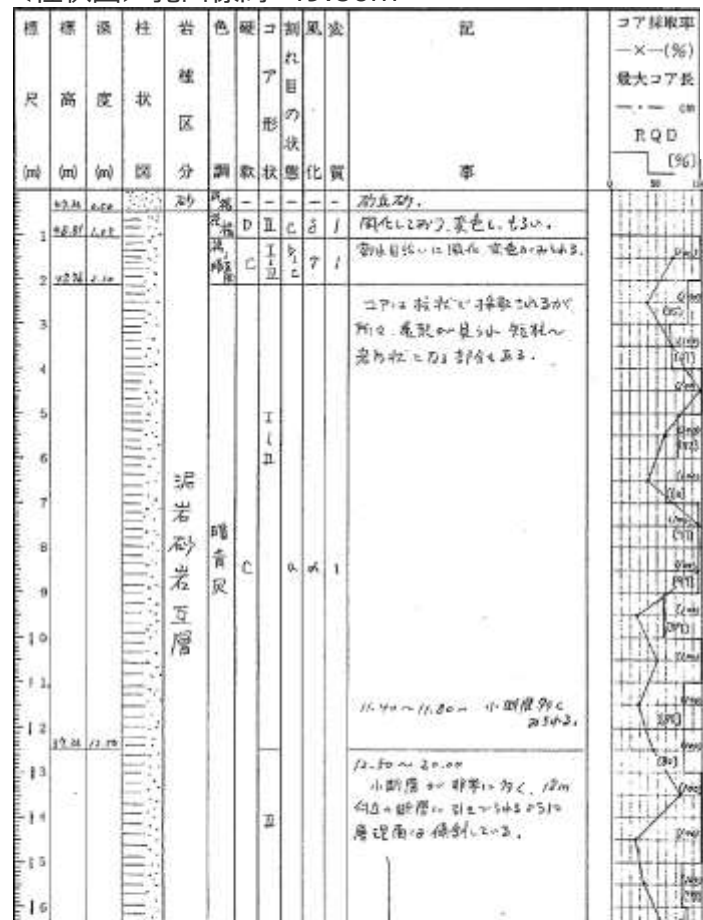




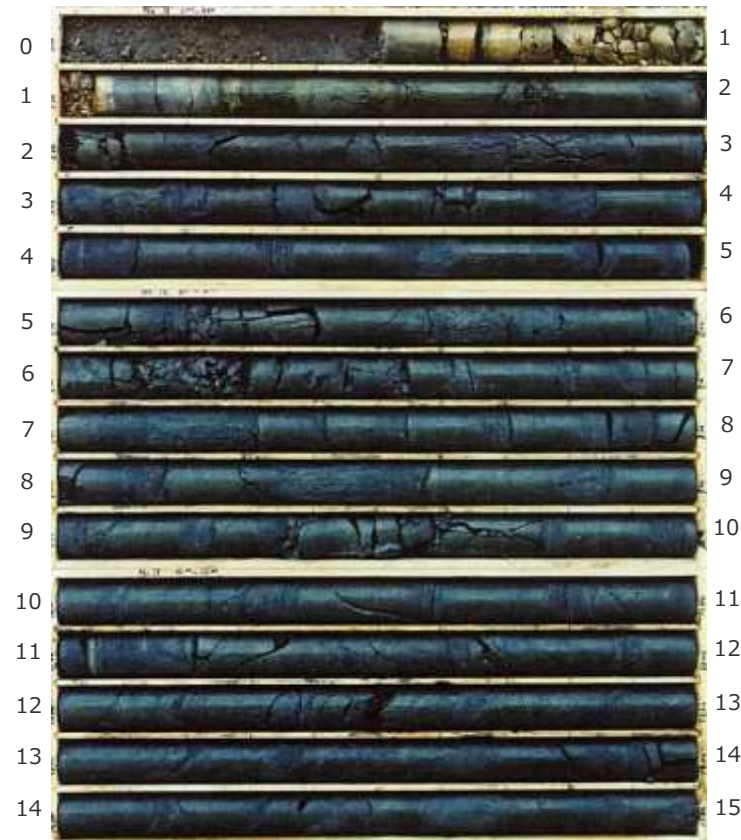


# ボーリング柱状図・コア写真 (1孔) 1 / 2

<柱状図> 孔口標高 49.86m

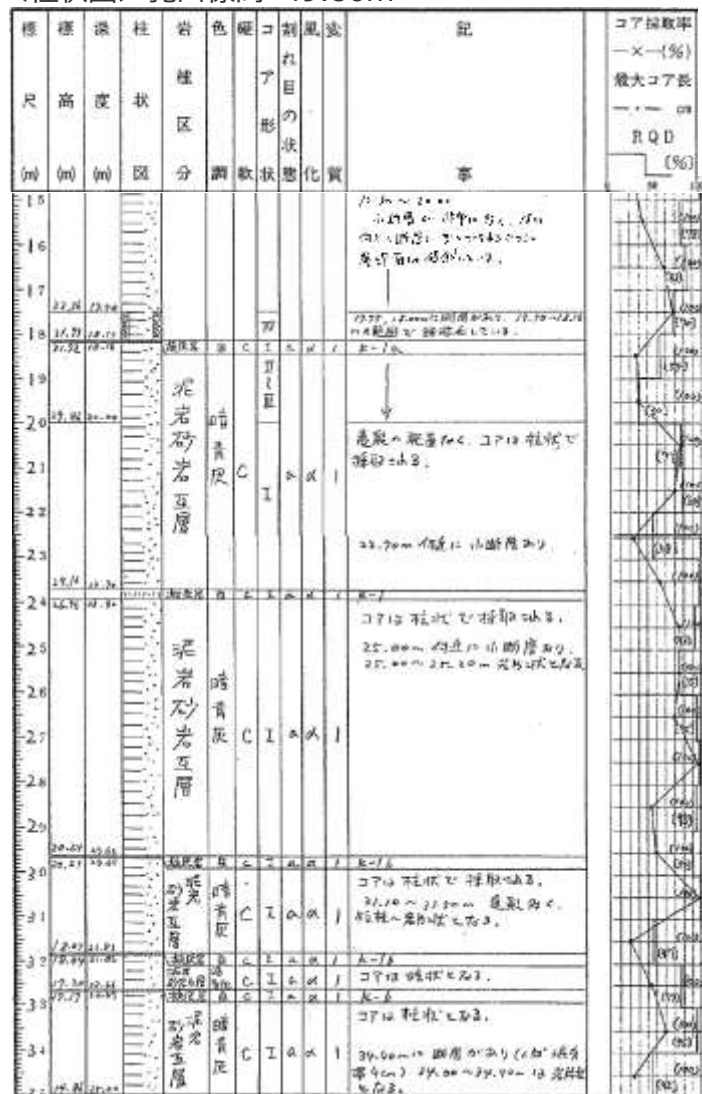


<コア写真>

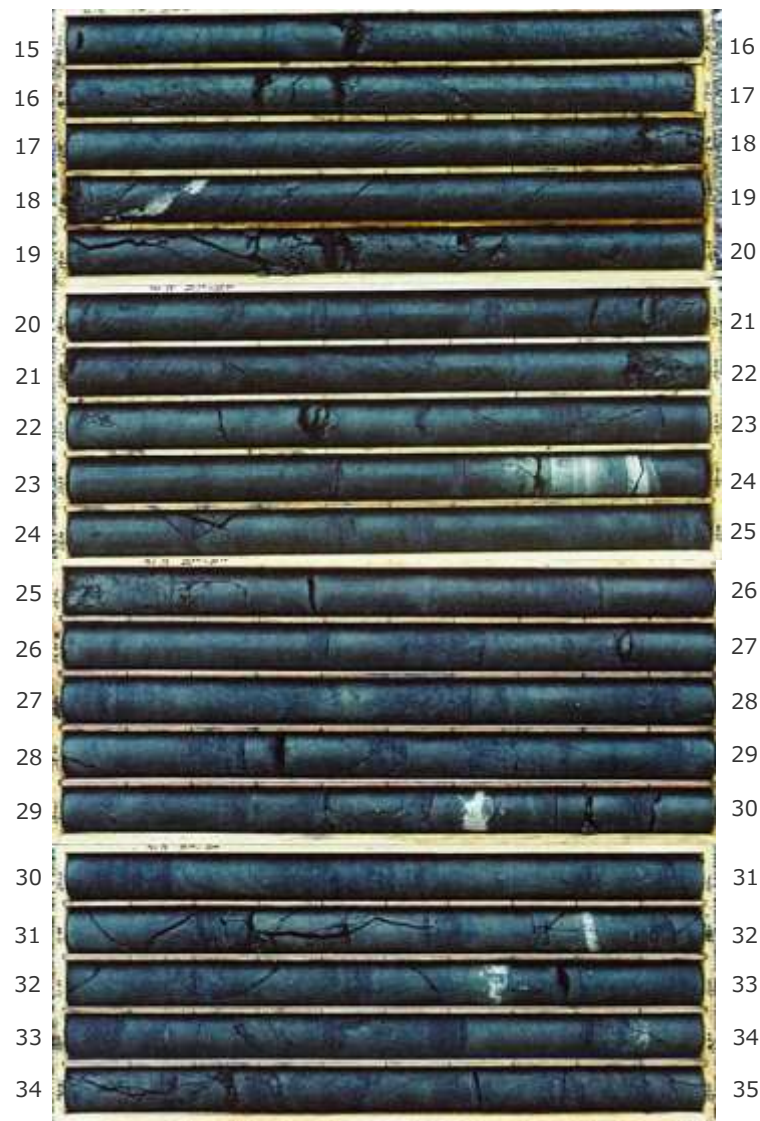


# ボーリング柱状図・コア写真 (1孔) 2 / 2

<柱状図> 孔口標高 49.86m



<コア写真>





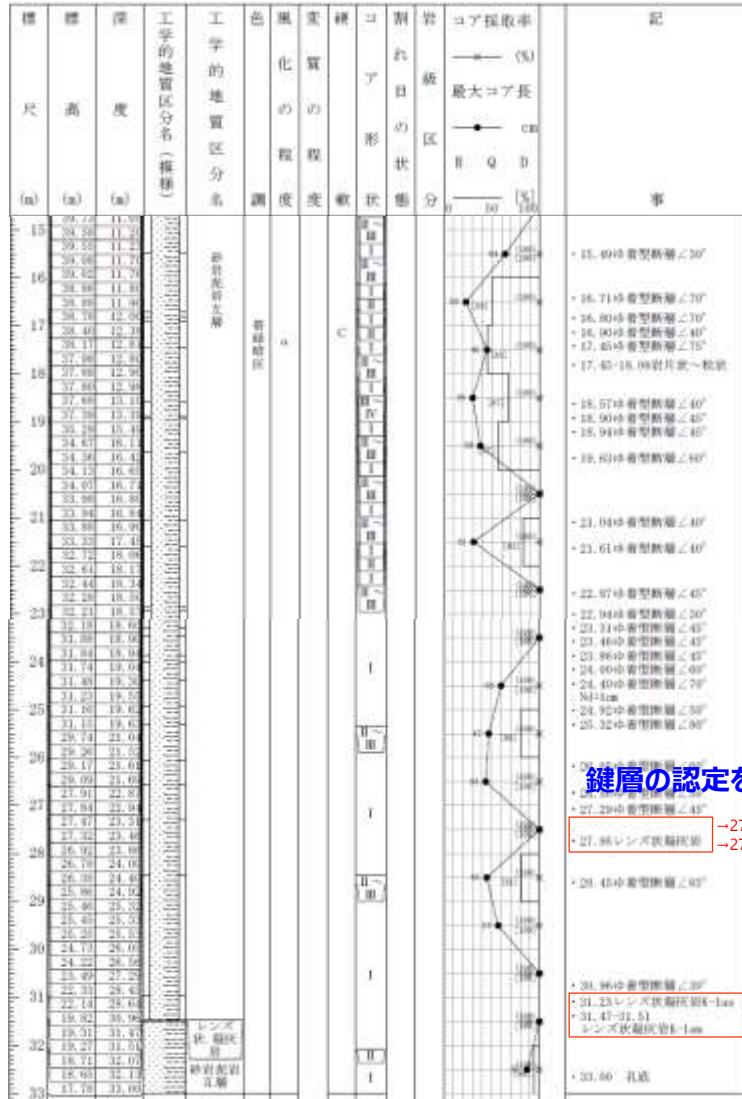
## ボーリング柱状図（BF4-2孔）の記載の変更について

- 第704回審査会合資料のエビデンスとして提出したボーリング柱状図（BF4-2孔）について、層相の再検討により鍵層（凝灰岩層）の認定を見直している。
- しかし、ボーリング柱状図にそれらを記載していなかったため、今回それらを追記するとともに、認定を見直した経緯について説明する。



# ボーリング柱状図・コア写真 (BF4-2孔)

<柱状図> 孔口標高 50.78m



鍵層の認定を見直した箇所

\* 27.88レンズ状割層  
→ 27.78レンズ状凝灰岩K-1au散在  
→ 27.95レンズ状凝灰岩K-1am

\* 31.23レンズ状割層K-1au  
→ 31.47~31.52  
→ レンズ状凝灰岩K-1au

<コア写真>

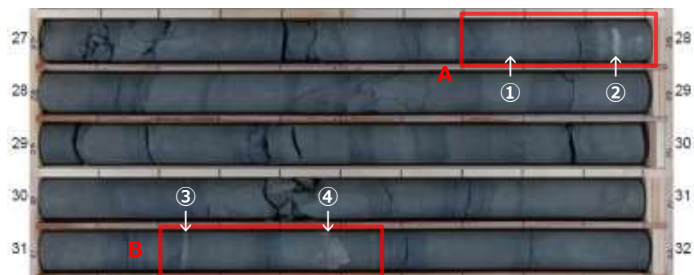




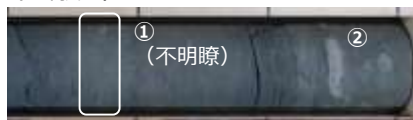
# BF4-2孔の鍵層認定を見直した経緯

- 敷地における標準的な層序からは、鍵層となる凝灰岩層のK-1auの直下にK-1amが、さらに約数m下位にK-1alが分布する。
- BF4-2孔については、①の凝灰岩層が不明瞭であったため、当初③及び④の凝灰岩層をそれぞれK-1au、及びK-1amと認定した。
- その後、同孔周辺で追加ボーリング（W16孔、W17孔及びW18孔）が実施され、いずれの孔でも鍵層であるK-1au～K-1am～K-1alの層相を示す凝灰岩層が比較的明瞭に確認された。
- 上記追加ボーリングとBF4-2孔の凝灰岩層の層相や層間距離等を対比した結果、①及び②の凝灰岩層をK-1au及びK-1am、④の凝灰岩層をK-1alと評価を変更した。なお、火山灰分析の結果からも各鍵層は調和的な結果を示す。

## <BF4-2孔コア写真>



(A部拡大)



(B部拡大)



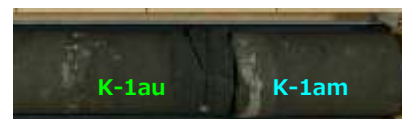
BF4-2孔の鍵層の変更

	変更前	変更後
①	-	K-1au
②	-	K-1am
③	K-1au	-
④	K-1am	K-1al

## <追加ボーリング孔※コア写真> ※一例としてW16孔のコア写真を示す。



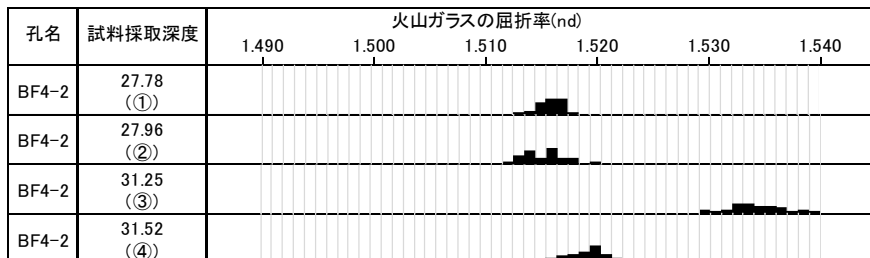
(a部拡大)



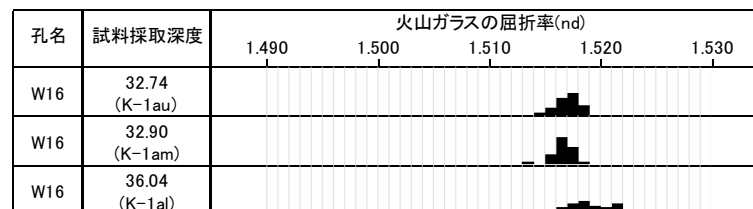
(b部拡大)



## <BF4-2孔の火山灰分析結果>



## <W16孔の火山灰分析結果>



# 6

## 落差の大きい正断層に切られる断層についての検討

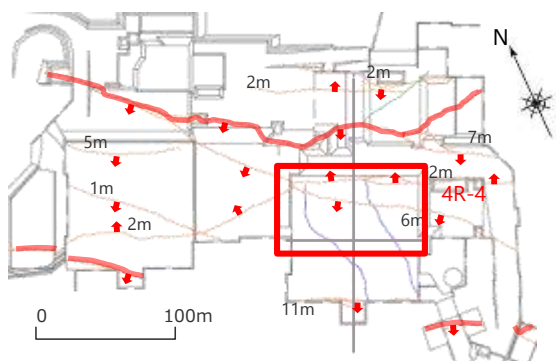
### 【検討内容】

4号炉原子炉建屋基礎露頭で確認される、比較的落差の大きい正断層に切られる断層について、切る断層の落差や切られる断層の傾斜角等を基に、切られる断層の線形（切られた断層の片割れの確認）について検討した。

検討対象は、4号炉原子炉建屋基礎露頭において4R-4断層（南傾斜EW系正断層、落差6～9m）に切られるNS系逆断層（4R-35断層、4R-65断層等）及び北傾斜EW系正断層（4R-7断層）、並びにH-3断層（落差10～24m）等に規制されるEW系逆断層（4T-1断層）とする。

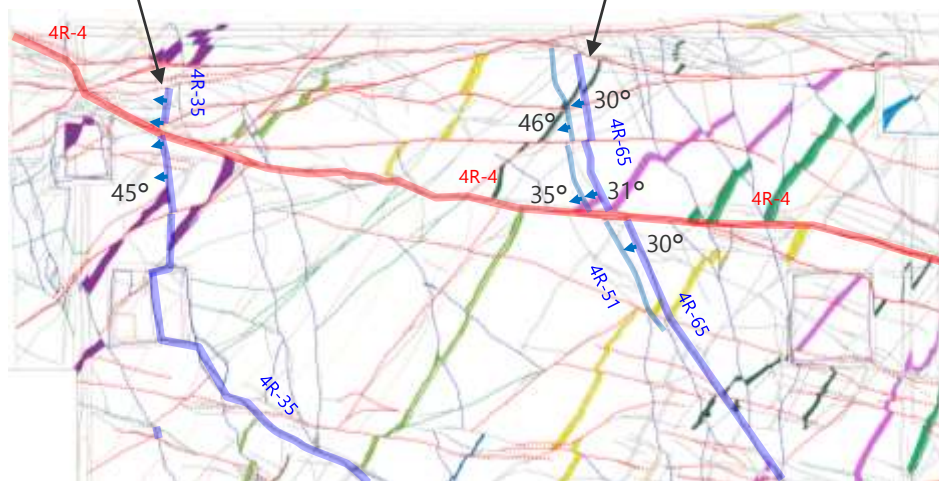
なお、落差が小さい断層に切られた場合や切られる断層が高角である場合は、水平露頭における見かけの水平変位量は小さく、切られた断層の片割れが明らかに認識できるため、本章のような詳細な検討は行わない。

- 切られた断層の片割れについては、対象とする断層の走向・傾斜、変位センス、変位量の類似性、並走する断層の組み合わせ、二つの断層の見かけ横ずれ量等によって判断した。(断層は正断層と逆断層が主体であるが、切られる断層が傾斜(約15°N)していることによって、水平断面では見かけ横ずれが生じる。)
- 4号炉建屋基礎露頭で4R-4断層の南側で確認される比較的長いNS系逆断層(4R-35断層と4R-65断層)の4R-4断層北側の線形(4R-4断層に切られた片割れ)は、走向・傾斜、変位センス、並走する断層の組み合わせ等を踏まえると、4R-4断層南側よりも1~2m程度西側に位置する断層にあたると思われる。
- ただし、切る断層4R-4断層の変位量(約6~9m)を踏まえると、もう少し離れた(8m程度西側にずれた)位置に現れる小規模な断層である可能性も否定できない(詳細は次頁以降)。
- いずれにしても4R-4断層よりも北側には西傾斜の逆断層が複数並走しており、これらが4R-4断層南側の西傾斜逆断層の切られた片割れであると思われる。



走向・傾斜、変位センスが同じ断層

走向・傾斜、変位センス、並走する断層の組み合わせが類似する断層



各断層の諸元

断層名称	正断層 逆断層	走向	傾斜	落差
4R-4	正断層	44W	63SW	6~9m
4R-35	逆断層	17E	45W	1~2m
4R-51	逆断層	1E	46W	0.2m
4R-65	逆断層	1W	30W	0.4~2m

左図赤枠部の断層分布図



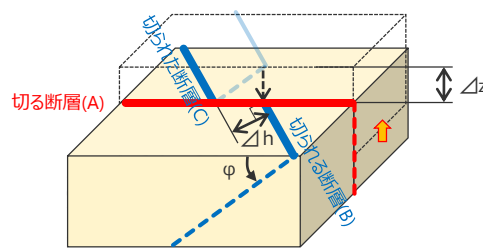
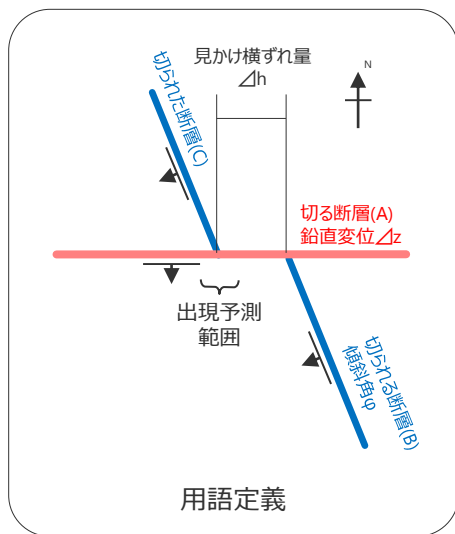
# 切る断層の変位量を考慮した場合の切られた断層の位置関係について

## 【検討方針】

- NS系逆断層の切られた断層(C)を前頁に示しているが、切る断層(A)である4R-4断層の変位（約6～9m）と切られる断層(B)の傾斜角が低角（約30～45°W）であることを踏まえると、切られた断層(C)がもう少し離れた位置に現れる可能性もあるため、幾何学的に出現予測範囲を絞り込み、切られた断層(C)について詳細に検討した。

## 【検討方法】

- 切られた断層(C)の見かけ横ずれ量( $\Delta h$ )は、切る断層(A)の鉛直変位( $\Delta z$ )と切られる断層(B)の傾斜角( $\phi$ )から幾何学的に求めることができる。傾斜角( $\phi$ )のばらつき(±10°)等を考慮して、見かけ横ずれ量( $\Delta h$ )を複数求め、出現予測範囲を絞り込む。
- 出現予測範囲に分布する断層のなかに、走向・傾斜、変位センス、変位量、並走する断層の組み合わせや間隔等が同じような断層があれば、その断層を切られた断層(C)と推定する。
  - なお、切る断層(A)が複数回活動し、切られる断層(B)が切る断層(A)の活動の途中でできたとなると、切られた断層(C)は切る断層(A)の鉛直変位( $\Delta z$ )の一部によって移動することになるため見かけ横ずれ量( $\Delta h$ )が小さくなり、より近くに出現することとなる。



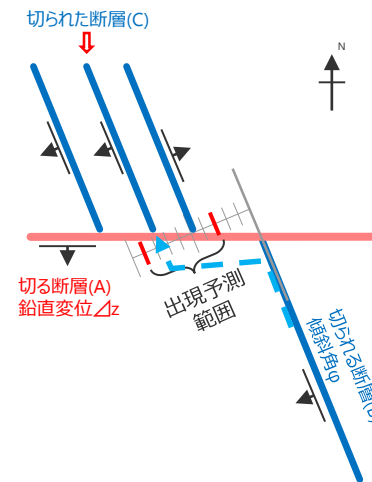
切る断層(A)の鉛直変位 :  $\Delta z$   
 切られる断層(B)の傾斜角 :  $\phi$   
 見かけ横ずれ量 :  $\Delta h$

$$\Delta h = \frac{\Delta z}{\tan \phi}$$

- 切られる断層(B)の移動量は切る断層(A)の走向・傾斜によらない。
- 断層の傾斜角のばらつき(±10°)等を考慮して $\Delta h$ を複数求める。

### ①出現予測範囲の絞り込み

切る断層(A)の鉛直変位と切られる断層(B)の傾斜角から切られた断層(C)の出現予測範囲を絞り込む。



### ②切られた断層(C)の推定

出現予測範囲に分布する断層のなかに、走向・傾斜、変位センス等が類似する断層があれば、その断層を切られた断層(C)と推定する。



# 4R-4断層に切られたNS系逆断層について（切る断層の変位量を考慮した場合）

## 【検討の結果】

4R-4断層に切られる主なNS系逆断層について、切る断層(A)の鉛直変位( $\Delta z$ )と切られる断層(B)の傾斜角( $\phi$ )から、切られた断層(C)の見かけ横ずれ量( $\Delta h$ )を幾何学的に求め、傾斜角( $\phi$ )等のばらつきを考慮して、出現予測範囲を絞り込んだ。

幾何学的に絞り込んだ出現予測範囲に分布する断層について、走向・傾斜、変位センス等を踏まえ、切られた断層(C)を推定した。

- 4R-41断層は4R-35断層の北側、4R-46断層は4R-33断層、4R-51と65断層は4R-58断層に合流、4R-72等→4R-51と65断層の北側、4R-75断層は4R-72断層の北側が切られた断層(C)である可能性も考えられる。
- 4R-35断層の切られた断層(C)は、EW正断層である4R-4断層と4R-7断層の分岐点付近に出現すると推定されるが、断層が複雑になっているためか、切られた断層(C)は特定できない。

## 【まとめ】

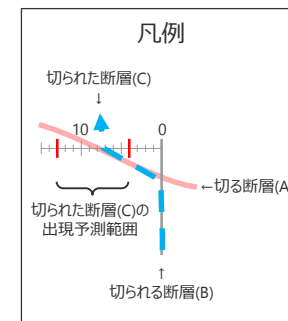
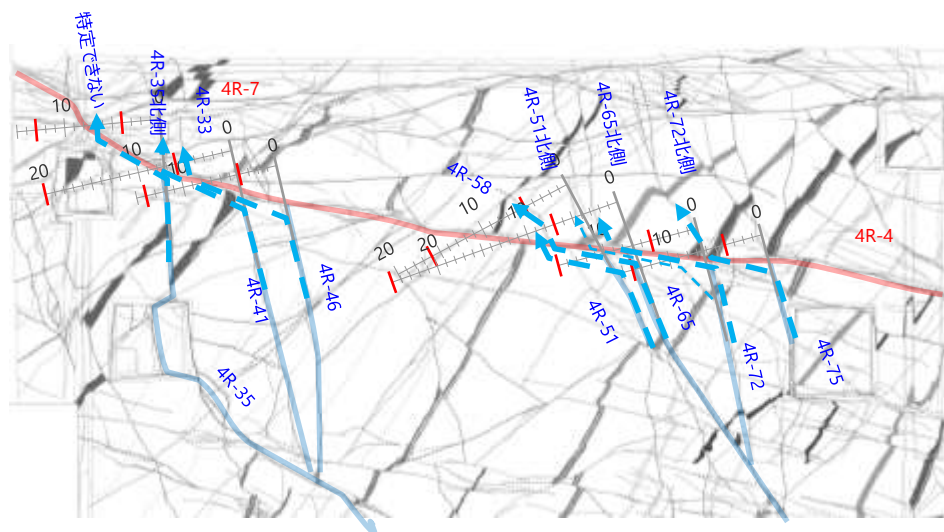
- 4R-4断層が一度の変位（約6～9m）でNS系逆断層をずらした場合、上記検討の結果の通りと考えられる。
- また、4R-4断層が複数回に分けて活動した断層で、すべての活動を終える前にNS系逆断層ができた場合、4R-4断層の変位量の一部でずらされることになるため、前頁で示した通り、切られた断層はより近くに現れると考えられる。
- いずれにしても、4R-4断層を挟んで類似した西傾斜のNS系逆断層が複数並走しており、NS系逆断層は4R-4断層によって切られたと考えられる。

各断層の諸元

断層名称	型	走向	傾斜	落差(m)
4R-4	正	44 W	63 SW	6~9
4R-33	逆	24 E	60 W	0.4
4R-35	逆	17 E	45 W	1~2
4R-41	逆	6 E	35 W	0.8
4R-46	逆	21 E	43 W	0.5
4R-51	逆	1 E	46 W	0.2
4R-58	逆	6 W	37 W	0.05
4R-65	逆	1 W	30 W	0.4~2
4R-72	逆	2 E	42 W	0.4
4R-75	逆	4 E	43 W	1

切られた断層(C)の出現予測範囲

切る断層	切られる断層	ズレ最大 [cm]	ズレ最少 [cm]	切る断層の変位 [m]	切られる断層傾斜
4	33	756	218	6-9	60
4	35	1,286	420	6-9	45
4	41	1,931	600	6-9	35
4	46	1,386	452	6-9	43
4	51	1,239	404	6-9	46
4	58	1,767	559	6-9	37
4	65	2,473	715	6-9	30
4	72	1,441	468	6-9	42
4	75	1,386	452	6-9	43

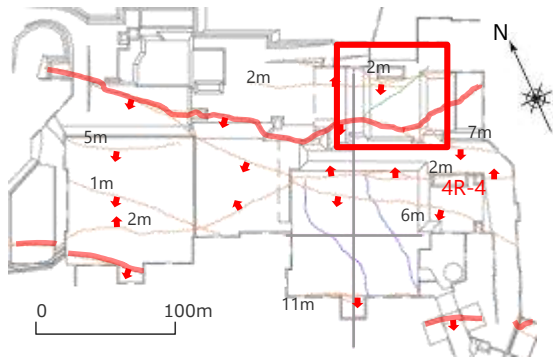


# H-3断層をはじめとしたEW系正断層に規制されるEW系逆断層について

関連頁 本編pp.67,69

- 4号炉原子炉建屋北側で確認される比較的長いEW系逆断層（4T-1断層）の両端部について、他の断層に切られた片割れの有無を、切る断層の変位量を踏まえて検討した。
- 4T-1断層南側について、H-3断層による見かけ横ずれ量は左ずれ7m～右ずれ30cm程度と推定されるが、出現予測範囲に類似する断層は認められない。
- 4T-1断層北側について、4T-2断層による見かけ横ずれ量は数cm程度と推定されるが、出現予測範囲に類似する断層は認められない。
- このため、4T-1断層はH-3断層と4T-2断層に規制されていると判断される。

- 4T-1断層は、高角北側傾斜、南側低下の逆断層であり、変位量が2m以下と小さいことから、①EW系正断層の大きな変位に伴う局所的な圧縮応力により副次的に生じた断層であるか、あるいは②高角な南傾斜の南低下のEW系正断層がオーバーハングして北側傾斜となった見かけ逆断層である可能性が考えられる。

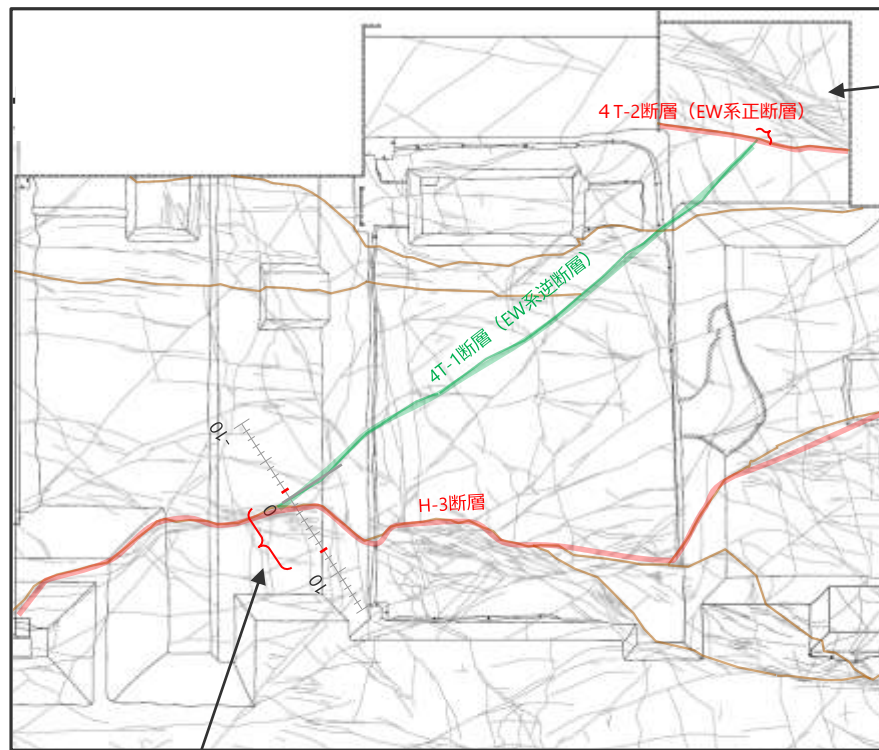


各断層の諸元

断層名称	正断層 逆断層	走向	傾斜	落差
H-3	正断層	37~60W 50~70W	60~70W 55~60S	6~24m
4T-1	逆断層	EW	80~85N	2m
4T-2	正断層	49W	75S	0.1m

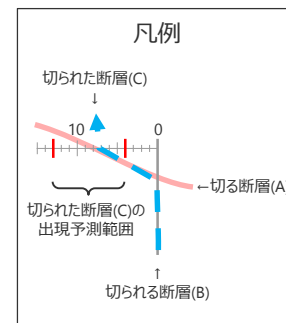
切られた断層(C)の出現予測範囲

切る断層	切られる断層	ズレ最大 [cm]	ズレ最少 [cm]	切る断層の変位[m]	切られる断層傾斜
H-3	4T-1	734	-31	6-24	83
4T-2	4T-1	4	0	0.1	83



出現予測範囲に類似する断層は認められない。

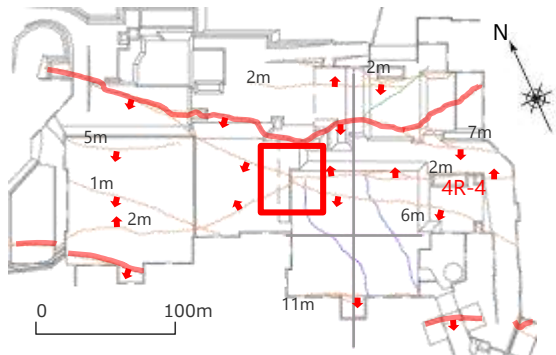
出現予測範囲に類似する断層は認められない。



左図赤枠部の断層分布図

# 南傾斜正断層の4R-4断層と北傾斜正断層の4R-7断層の関係について

- 北傾斜のEW系正断層である4R-7断層の切られた片割れについて、4R-4断層の変位量を踏まえて検討した。
- 4R-4断層による4R-7断層の見かけ横ずれ量は左ずれ3m～右ずれ20cm程度となる。この範囲に位置する走向・傾斜角，変位センス，変位量が類似する断層が切られた相手と考えられる。



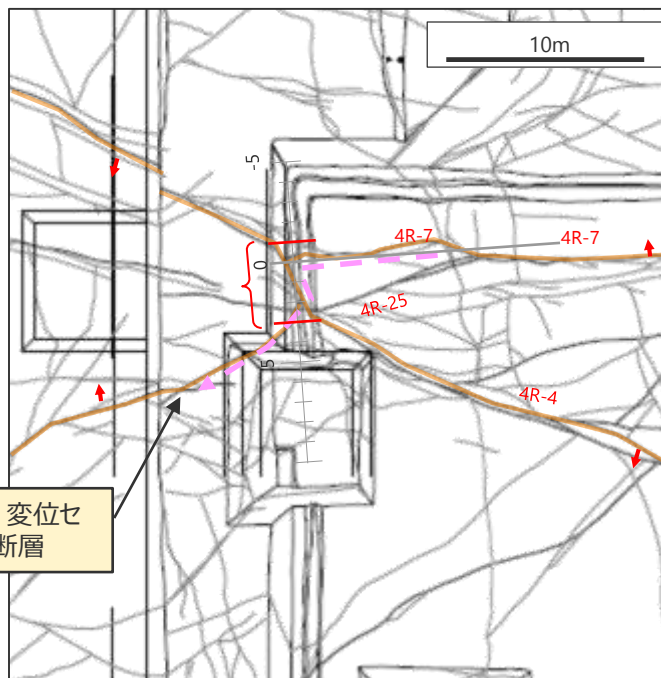
走向・傾斜角，変位センスが類似する断層

各断層の諸元

断層名称	正断層 逆断層	走向	傾斜	落差
4R-4	正断層	44W	63SW	6～9m
4R-7	正断層	76W	82N	2～4m
4R-25	正断層	83W	68N	0.05m

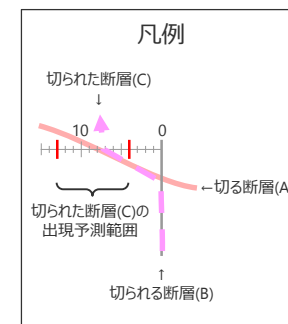
切られた断層(C)の出現予測範囲

切る断層	切られる断層	ズレ最大 [cm]	ズレ最少 [cm]	切る断層の変位[m]	切られる断層傾斜
4	7	293	-20	6-9	82



左図赤枠部の断層分布図

(注) 前回合資資料では、4R-7断層の西側のトレースを左図の4R-25断層に繋げていたが、4R-7断層の変位量が3.5mに対して4R-25断層が0.05mと異なっていることを踏まえ、4R-7断層の西側のトレースを4R-25断層の北側の断層につなげるように修正した。



# 7

## 前回の審査会合からの主な追加, 修正



# 第704回(2019.4.12)審査会合からの主な追加, 修正

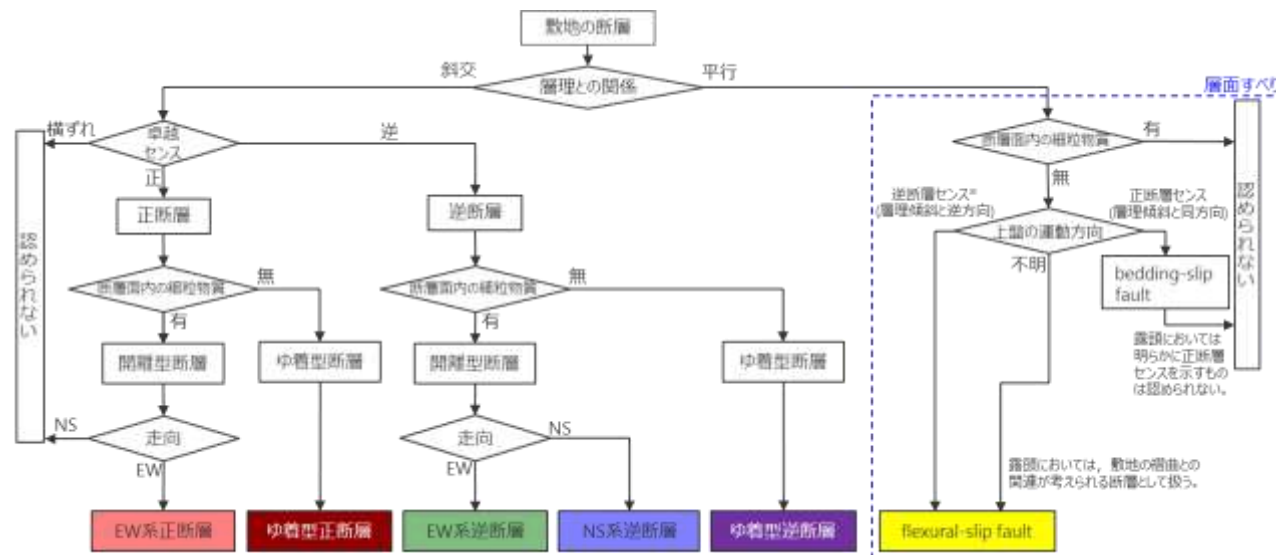
項目	主な追加内容	主な修正内容
1. 既往知見等の整理		
2. 敷地の地形		
3. 敷地の地質・地質構造		
(1) 敷地の地質		
(2) 敷地の断層		<ul style="list-style-type: none"> <li>断層の細粒物質の有無に着目した開離型・ゆ着型断層の分類を, 断層の新旧関係に用いないとしたことに伴い, 断層の分類フローを見直し。(No.71コメント)</li> </ul>
(3) 活動性評価の対象とする断層の選定	<ul style="list-style-type: none"> <li>切られた断層の相方を検討し切り切れ関係を検討。(No.71コメント)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>活動性評価の対象とする断層の選定にあたっては, 従来のゆ着型・開離型の分類を使用しないこととした。(No.71コメント)</li> </ul>
4. H断層系の活動性評価		
4.1 H断層系の分布		
(1) 陸域(ボーリング・露頭)における検討		<ul style="list-style-type: none"> <li>鍵層・断層の標高として記載した数値を元データに立ち返り再確認し, データ引用元の統一等による標高値やH断層系分布図を見直し。(No.70コメント, 他の章・節におけるH断層系分布図にも反映, 詳細は補足説明資料1参照)</li> </ul>
(2) 海域における分布の検討		
(3) H断層系の分布		
4.2 H断層系の性状		
(1) 露頭等の観察結果		
(2) 試料分析・測定結果		

# 第704回(2019.4.12)審査会合からの主な追加, 修正

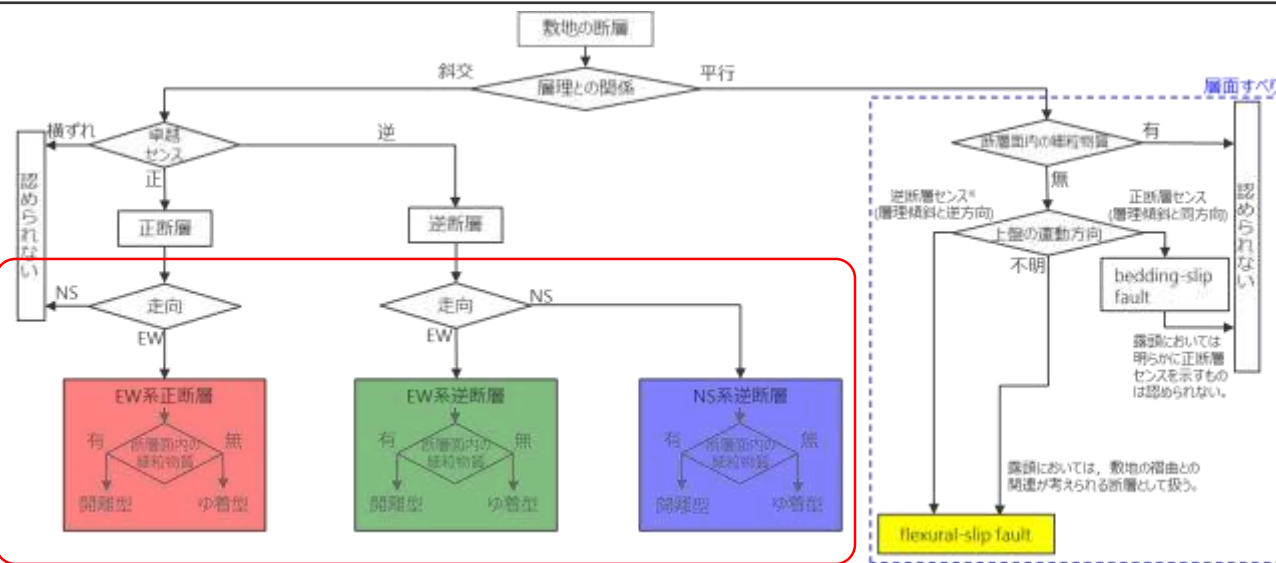
項目	主な追加内容	主な修正内容
4.3 敷地深部の地質構造とH断層系 (1) 敷地深部の地質構造の把握		
(2) 相良層の北に開いた構造に関する検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 地層の走向変化が深さ方向に続いていく現象について考察。(No.74コメント)</li> </ul>	
(3) H断層系の深部への連続性に関する検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反射法地震探査によりH断層系の深部への連続性を検討。</li> <li>• 大深度ボーリングの深部に認められる断層に関する評価を記載。(No.75コメント)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反射法地震探査における断層の解釈線を, 反射記録のみから解釈したものから三次元モデルによるH断層系の分布によるものに変更 (No.72コメント)</li> </ul>
4.4 H断層系の形成要因 (1) 正断層群形成に関する知見と敷地周辺の地質構造		
(2) 地すべりに関する知見		
(3) 敷地深部のbedding-slip fault		
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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H-9断層 (北) の平面分布確認のために実施したトレンチ調査結果を記載 (No.76コメント)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 追加トレンチ調査結果を踏まえH-9断層 (北) の分布を見直し (No.76コメント, 他の章・節における平面分布図にも反映)。</li> </ul>
(2) BF1地点の古谷泥層 (BF1地点他における調査)		
(3) BF4地点の泥層の堆積年代 (BF1地点及び比木2の古谷泥層との対比)		
H断層系の活動性評価のまとめ		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 評価の流れそのものに変更はないが, 各項のまとめを網羅的な記載となるよう見直した結果 (No.77コメント) を章末のまとめに反映するとともに, 各項のまとめとの対応が明確となるよう検討結果に附番。あわせて各項の検討結果と評価の対応関係がより明確となるよう検討フローの表現の見直し。</li> </ul>

# 断層の分類フローに関する変更点

第704  
回審査  
会合



今回

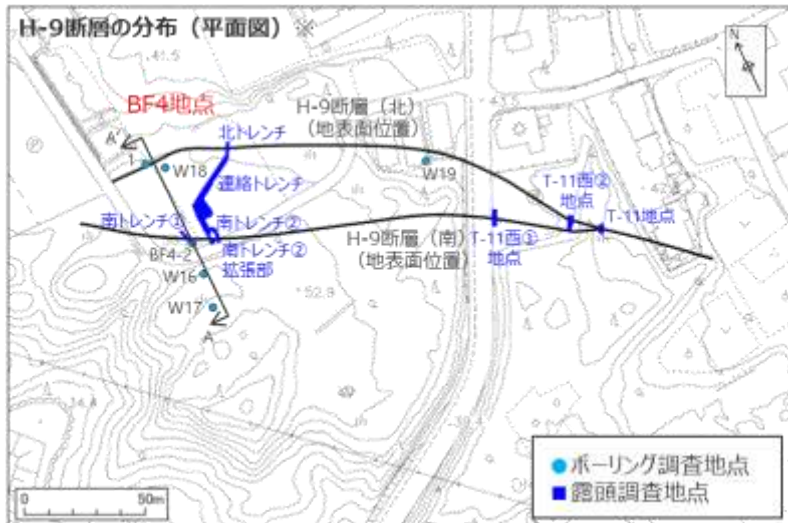


変更箇所

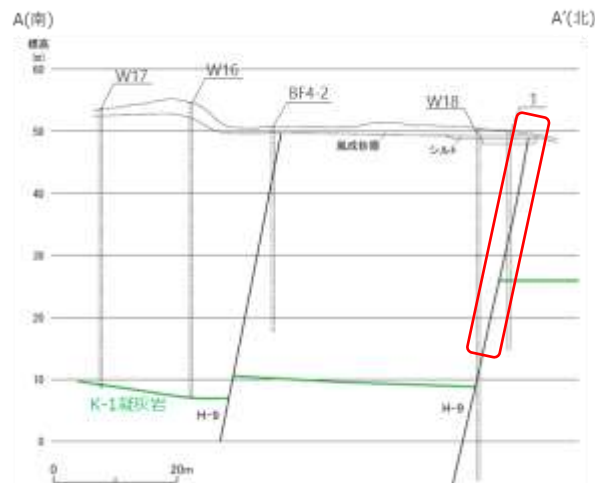
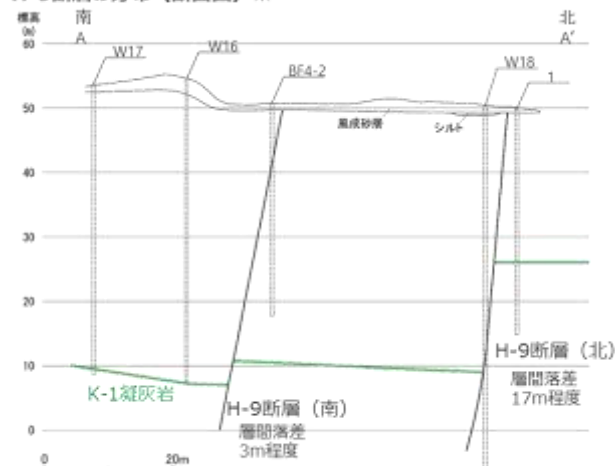
# H-9断層（北）の分布に関する変更点

## 第704回審査会合

## 今回



### H-9断層の分布（断面図）※



2本のH-9断層に挟まれた区間のK-1凝灰岩の標高は、敷地内で確認した凝灰岩層序に基づき、BF4-2孔で確認したK-1凝灰岩（K-1凝灰岩の上位層準）の深さから8m低く推定した。



# H断層系活動性評価のまとめフローに関する変更点

## 第704回審査会合

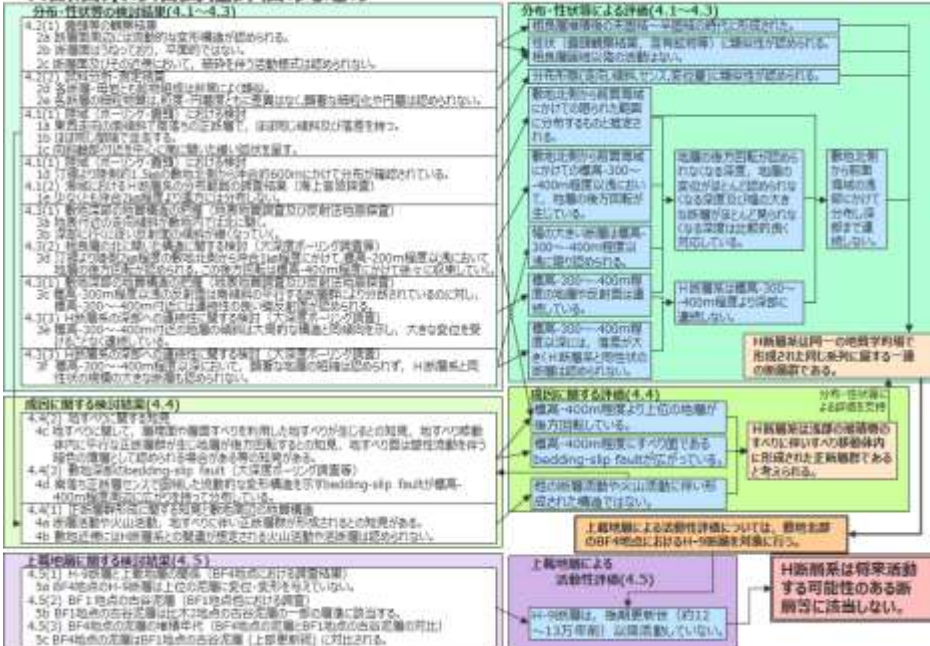
## 今回

- 評価の流れそのものは変更していない。
- 各項のまとめを網羅的な記載となるよう見直した結果を章末のまとめに反映するとともに、各項のまとめとの対応が明確となるよう検討結果に附番。
- 検討結果と評価の対応関係がより明確になるよう表現の見直し

### 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



# 8

## 既往コメント一覧

# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
1	敷地周辺の応力場について、現在は半年間のデータとなっているが、もう少し長い期間のデータで確認すること。	既往知見	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
2	小断層系をステレオネットで示し、H断層系との関係を示すこと。	敷地の地質・ 地質構造	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
3	H断層系の落差と傾斜の表について、地質断面図等と整合を図ること。	H断層系の分布	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
4	敷地の西側や敷地前面について、H断層系の分布や性状等のデータを示すこと。	H断層系の分 布・性状	2016年1月18日 第316回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
5	細粒物質のX線回折分析について、母岩（相良層）部分についてより断層に近接する箇所で実施すること。	H断層系の性状	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
6	細粒物質の性状について、より詳細な検討を充実すること。	H断層系の性状	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
7	H断層系をリストラックな正断層と評価していることについて、大深度ボーリング等のデータにより検討を深めること。	深部地質構造と H断層系	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
8	H-9断層について、上載層が限られた範囲の分布であることを踏まえ、他に年代評価できる指標がないか、また模式地と比較して鉱物組成や帯磁率が同様かといった観点で、データの補強を行うこと。	H断層系の上載 地層による評価	2016年1月18日 第316回審査会合	2017年2月17日 第443回審査会合
9	4号炉法面に複数認められるキック褶曲状の局所的な褶曲構造について、その分布、成因を検討すること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
10	東西圧縮による褶曲に伴って形成されたとする南北系の逆断層について、向斜軸西側にも同様の構造があることを示すこと。	敷地の地質・ 地質構造	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合

# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
11	H断層系の分布範囲について、御前崎台地における、H断層系に類似する断層の存在、褶曲軸の傾斜方向の対比等も含め、その地質学的な解釈を説明すること。	H断層系の分布	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
12	石英粒子の表面構造解析の基準について、元文献の記載と事業者の評価が分かるように記載すること。	H断層系の性状	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
13	反射法地震探査結果の分解能について、反射断面の範囲をより詳細に分割し、分解能を定量的に示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
14	走向傾斜が変化するという敷地の地下深部の構造について、各調査手法によるデータの整合性を確認すること。	深部地質構造と H断層系	2017年2月17日 第443回審査会合	2018年8月3日 第608回審査会合
15	代表的なボーリング柱状図について、露頭で確認できる小断層系（ゆ着型、開離型）の情報も含めて記載を充実させること。また、BHTV調査の資料について、凡例も含めて柱状図と記載を対応させること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
16	H断層系、小断層系について、正断層・逆断層があり、一部条線も認められるため、小断層解析の実施も含め、発達史の観点から検討を深めること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年3月 現地調査	2018年11月26日 第654回審査会合
17	向斜構造の中で正断層としてH断層系が滑ったとの解釈について、H断層系以外で、浅部で低角な円弧すべり状の地すべり断層がないか、過去のデータ等も含めて確認すること。	敷地の地質・ 地質構造	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
18	H断層系の分布について、BHTV等の結果を反映するとともに、鍵層となる凝灰岩の対比についても定量的なデータを示すことで、信頼性を説明すること。	H断層系の分布	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
19	敷地内の露頭データについて、追加された新たなデータも含めて再整理すること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
20	H断層系の特徴について、破碎帯の構造、固さ、帯磁率等も含め整理すること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合



# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
21	H-4断層露頭で確認されたスミア構造について、その詳細な構造を示すこと。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
22	H-5断層の法面に認められる複数の断層面について、法面観察や薄片観察等のデータから、その幅や活動性について検討すること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年11月26日 第654回審査会合
23	H断層系の形成時期に関し、断層周囲の母岩の引きずりから相良層が未固結～半固結時の時代に形成されたとの解釈について、他地点の事例も調査して説明性をより向上させること。	H断層系の性状	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
24	深部（400m程度以深）にみられる断層等の地質構造も踏まえたうえで、H断層系が収斂することについて根拠を示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
25	大深度ボーリングW15孔のBHTV調査結果から、地層の走向傾斜が深部で南西傾斜に変化することの評価について、データを追加して全体的な傾向を示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
26	W15孔などの代表的なボーリング孔について、全長に亘って帯磁率を計測して示すこと。	深部地質構造と H断層系	2017年3月 現地調査	2018年8月3日 第608回審査会合
27	BF4地点の上載地層を古谷泥層とする評価について、固さ、帯磁率、年代分析など、科学的・客観的なデータを充実させて説明性を向上させること。	H断層系の上載 地層による活動 性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
28	BF4'トレンチについて、H-9断層と上載地層との関係をより明確に観察できる調査位置を検討すること。	H断層系の上載 地層による活動 性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
29	GTG南法面トレンチにおいて上載地層として評価している笠名礫層相当層について、固さや帯磁率を示すこと。	H断層系の上載 地層による活動 性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
30	上載地層として評価している砂層（笠名礫層相当層）について、新規基準では最終間氷期の地層は活動性評価には使えないので、評価の仕方を工夫すること。	H断層系の上載 地層による活動 性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合

# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
31	トレンチ調査について、できれば断層部分をより深く掘削し、上載地層との関係をより明確にすること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2017年3月 現地調査	2018年4月6日 第563回審査会合
32	H断層系が2つの断層面を有しつつ分岐する現象について、観察あるいは理論的考察をもって説明すること。	H断層系の性状	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
33	地形調査の検討範囲を広げると共に堆積物基底面高度を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
34	泥層に含まれる礫種について層序との関係も踏まえ定量的に示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
35	BF1地点の古谷泥層を覆う砂礫層について、既往文献との関係を考察すること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
36	花粉分析について、試料の棄却の根拠を明確にするとともに、古気候については既往文献との対比に基づいた検討をすること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
37	化石分析について、化石が産出されないことも含め検討結果を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
38	H-9断層の断層面の傾斜方向が、局所的に変化している状況を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年4月6日 第563回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
39	地質・地質構造の記述に対応した地質図・地質構造図について、海域を含めて示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
40	敷地の断層の分類と評価方法について、地形・地質調査を踏まえて整理すること。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合

# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
41	断層の新旧関係の判断フローについて、選定の過程に落差を用いることの妥当性を含め再検討すること。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
42	褶曲に伴う浅部の層面すべりの有無、分布・性状を示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
43	H断層系分布図（水平断面、重要構造物との位置関係図）について、陸域と海域を併せて示すこと。その際、分布図上の断層端部の位置づけを明確にすること。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
44	H断層系の平面分布が湾曲する根拠を示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
45	H断層系分布図（鉛直断面）について、BHTVの結果の反映の有無やボーリングデータの投影の有無、従来からの変更の有無と理由、断層に同一の名称を用いている際の補記を示すとともに、陸域と海域を併せた断面図も示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
46	H断層系分布図（鉛直断面）に示す鍵層・断層について、深度一覧表に示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
47	海域の断面図に、地質情報や取水設備との関係を示すこと。	H断層系の分布	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
48	海域のH断層系について、陸域と異なり地層の後方回転が見られない理由も含め、陸域のH断層系と差異がないとする根拠を示すこと。	H断層系の分布・性状	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
49	帯磁率の測定結果について、相良層の母岩で高く、断層の中で低く見える点について、解釈を示すこと。	H断層系の性状	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
50	敷地深部の鍵層が浅部と異なり連続するとしている根拠を整理すること。	深部地質構造とH断層系	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合

# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
51	深部でP波速度が低くなっている部分の要因を検討すること。	深部地質構造とH断層系	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
52	深部の黒色の薄層について、詳細な性状を示すとともに、分布深度が浅部にも及ぶ場合は、どのように差別化しているのか示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
53	H断層系を同一の断層群とする際の論理構成や結論を明確にすること。その際、H-9断層露頭の調査結果等、重要な情報は本編資料で整理すること。	H断層系の活動性評価	2018年8月3日 第608回審査会合	2018年11月26日 第654回審査会合
54	ゆ着型断層についても他の性状により細分化した分類とするなど、断層の分類は、データに基づく客観的な分類に見直すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
55	ゆ着型断層、開離型断層について、用語の定義を明確にするとともに、両者の区分に係るエビデンスを示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
56	敷地の断層のうち、Flexural-slip Faultとしている層理面沿いの黒色の境界層について、H断層系との直接的な関係か、少なくとも黒色の境界層がある層理面とH断層系との関係を確認すること。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
57	断層の切り切れ関係が明確に確認できる、より詳細なスケッチ及び写真を示すこと。	敷地の地質・地質構造	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
58	H断層系の活動性評価フローについて、「分布」「性状」の何をもって「一連の断層群である」とするのかを明確にするとともに、その根拠としている「分布」「性状」「推定される形成要因」の関係がわかるようフロー中の文章の記載を適正化すること。	H断層系の活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
59	H断層系分布図（水平断面及び鉛直断面）について、海域と陸域の断層が一連の構造であるとの評価であれば、それがわかるよう統合して示すこと。また、東西端は端部の確認の有無を区別して図に示すこと。	H断層系の分布	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
60	H断層系の分布について、弧状に分布するとした根拠を具体的に示すこと。	H断層系の分布	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合



# 審査会合・現地調査におけるコメント一覧

No.	コメント概要	分類	コメント時期	コメント回答時期
61	敷地近傍の地層の走向傾斜について、向斜と後方回転の二つの構造の影響を受けた結果であることを踏まえ、両者の関係の解釈を整理して説明すること。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
62	大深度ボーリングの孔壁調査結果のシュミットネットについて、深度別の色分けの考え方を明記すること。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
63	大深度ボーリングの孔壁調査について、傾斜角も示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
64	敷地深部について三次元の地質構造が理解できるような形で示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
65	敷地深部の断層の分布の検討に用いているボーリングコアについて、柱状図も示すこと。	H断層系の活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
66	BF4地点におけるH-9断層の分布について、BHTVのデータから推定される地表位置と分布図の位置にずれが認められるので、各地点で確認された調査結果を対比し、どのように分布を考えたのか詳細を示すこと。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
67	比木2地点においても、BF4－BF1地点間の対比項目と同等の分析を実施したうえで、対比を検討すること。	H断層系の上載地層による活動性評価	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
68	PS検層結果と相良層の層相の対比に用いている相良層の岩石試験結果（超音波伝播速度測定）について、データのばらつきを示すこと。	深部地質構造とH断層系	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合
69	資料中に不整合や不備が散見されるので、確認した上で再整理すること。	－	2018年11月26日 第654回審査会合	2019年4月12日 第704回審査会合

# 9

## 参考文献一覧

# 参考文献 (1)

## [和文]

- 浅岡顕(2008)「粘土の圧密と砂の締固め/液状化-構造概念を中心にして-」『第57回理論応用力学講演会講演論文集』特別講演1。
- 阿部真郎, 高橋明久, 荻田茂, 小松順一, 森屋洋, 吉松弘行(2006)「新第三紀層分布域における地震の震度と地すべりの地形・地質的特徴」『日本地すべり学会誌』43巻, 第3号, pp.155-162。
- 荒井晃作・岡村行信・池原研・芦寿一郎・徐垣・木下正高(2006)「浜松沖前弧斜面上部に発達する活断層とテクトニクス」『地質学雑誌』第112巻, 第12号, pp.749-759。
- 池谷仙之・堀江善裕(1982)「静岡県牧ノ原台地に発達する古谷層(上部更新統)の堆積環境」『第四紀研究』第21巻, 第2号, pp.75-93。
- 井尻正二・藤田至則・陶山国男(1955)「面なし断層」(Planeless Fault) 『地球科学』第24号, pp.12-19。
- 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高(2018)『活断層詳細デジタルマップ 新編』東京大学出版会。
- 大塚弥之助(1948)「活断層・休断層・癒着断層(又は死断層)」『科学』18巻, 10号, pp.457-458。
- 長田敏明(1980)「静岡県牧ノ原台地の形成過程」『第四紀研究』第19巻, 第1号, pp.1-14。
- 長田敏明(1998)「牧ノ原台地の地形と地質-東海地方中部における海水面と地表面の変動-」『地団研専報』第46号。
- 垣見新一郎(1992)「22.牧ノ原台地のおいたち-浜岡町比木付近の地形と地質-」『日曜の地学13 静岡の自然をたずねて』築地書館, pp.152-156。
- 垣見俊弘(1965)「みんなの地質調査④断層とわれ目を測る」『地質ニュース』No.133, pp.44-54。
- 垣見俊弘・平山次郎・影山邦夫(1966)「小断層から求めた三浦半島北部の造構的応力場」『地質学雑誌』第72巻, 第10号, pp.469-489。
- 活断層研究会(1991)『新編 日本の活断層 分布図と資料』東京大学出版会。
- 金折裕司・宮腰勝義・角田隆彦・佐竹義典(1978)「断層粘土中の石英粒子の表面構造」『電力中央研究所報告 研究報告377011』。
- 狩野謙一・村田明広(1998), 『構造地質学』朝倉書店, pp.142-145, 176-178, 181-185。
- 狩野謙一・田中秀実・吉田智治・松井信治(1993)「赤石構造帯の形成過程-中新世における西南日本弧東部の地殻改変と関連して-」『地質学論集』第42号, pp.203-223。
- 川村喜一郎, 金松敏也, 山田泰広(2017)「海底地すべりと災害-これまでの研究成果と現状の問題点-」『地質学雑誌』第123巻, 第12号, pp.999-1014。
- 衣笠善博・垣見俊弘・平山次郎(1969)「房総半島東海岸の小断層」『地質調査所月報』Vol.20, No.1, pp.13-38。
- 木村敏雄(1984)『地質構造の科学』朝倉書店, pp.67-68, 133-139, 157-159。
- 木村敏雄・速水格・吉田鎮男(1993)『日本の地質』東京大学出版会。
- 黒田啓介(1970), 「古谷泥層の植物遺体」『静岡大学地学研究報告』第2巻, 第1号, pp.91-95。
- 国土技術政策総合研究所・土木研究所(2006), 「平成16年(2004年)新潟県中越地震土木施設災害調査報告」『国土技術政策総合研究所研究報告』第27号/『土木研究所報告』第203号。
- 国土地理院(1997), 「4.中部・近畿地方の地殻ひずみ」『日本の地殻水平歪図』(<http://www.gsi.go.jp/cais/HIZUMI-hizumi4.html>)。
- 小玉喜三郎(1968)「城ヶ島における小断層解析」『地質学雑誌』第74巻, 第5号, pp.265-278。
- 碎屑性堆積物研究会(1983)『地学双書24 堆積物の研究法-礫岩・砂岩・泥岩-』地学団体研究会。
- 齊藤隆・金森邦夫・熊谷誠(1991)「堆積盆地の分類と石油の所在」『石油技術協会誌』第56巻, 第1号, pp.16-27。
- 佐々木靖人・阿南修司・矢島良紀・松尾達也(2016)「高品質ポーリングコアを利用した地質性状評価に関する研究」国立研究開発法人土木研究所。
- 産業技術総合研究所活断層・地震研究センター(2016)『活断層データベース』([https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html))。
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2015)『20万分の1日本シームレス地質図』(<https://gbank.gsj.jp/seamless/2d3d/>)。
- 静岡県(2018)『静岡県土砂災害情報マップ』(<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/dosyasaigaijouhoumap.html>)。
- "下総台地研究グループ(2010)「茨城県南東部の更新統で確認された液状化-側方流動の痕跡と小断層群の形成」『地球科学』第64巻, 第4号, pp.149-158."

## 参考文献 (2)

## [和文]

- ・小断層解析グループ(1973)「構造地質学ノート4 房総半島大多喜付近の小断層系」『地球科学』27巻, 5号, pp.180-187。
- ・杉山雄一・須貝俊彦・井村隆介・水野清秀・遠藤秀典・下川浩一・山崎晴雄(1997)『50万分の1活構造図 東京(第2版)』地質調査所
- ・杉山雄一・寒川旭・下川浩一・水野清秀(1988)『地域地質研究報告 5万分の1地質図幅 御前崎地域の地質』地質調査所。
- ・杉山雄一・水野清秀・狩野謙一・村松武・松田時彦・石塚治・及川輝樹・高田亮・荒井晃作・岡村行信・実松健造・高橋正明・尾山洋一・駒澤正夫(2010)『20万分の1地質図幅 静岡及び御前崎(第2版)』産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- ・鈴木源啓(1972)「相良・掛川地方新第三系に発達する小断層群」『静岡地学』第22号, pp.31,32。
- ・鈴木康弘(2010)「東海～四国沖の陸棚外縁活撓曲の再発見」『科学』Vol.80, No.8, pp.779-781。
- ・清水康博・酒井哲弥・増田富士雄(1996)「静岡県牧ノ原台地の上部更新統の堆積層と堆積シーケンス」『地質学雑誌』第102巻, 第10号, pp.879-893。
- ・田中元・山田琢哉・横田修一郎・鈴木茂之(2007)「岡山県, 成羽層群の小褶曲構造に規制された地すべりとその内部構造」『応用地質』第48巻, 第5号, pp.232-240。
- ・谷和夫・上田圭一・阿部信太郎・仲田洋文・林泰幸(1997)「野島地震断層で観察された未固結な表層地盤の変形構造」『土木学会論文集』No. 568/III-39, pp.21-39。
- ・地学団体研究会(1996)『新版 地学事典』平凡社。
- ・千谷好之助(1929)『7万5千分の1地質図幅 相良』地質調査所。
- ・土隆一(1960)「大井川下流地方第四系の地史学的考察」『地質学雑誌』第66巻, 第781号, pp.639-653。
- ・照井一明・佐藤利美・茂庭彦彦(1993)「岩手県花巻市北西部で見いだされた活断層北湯口断層(新称)の新露頭について」『地質学雑誌』第99巻, 第2号, pp.145-148。
- ・中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝広・岸本清行(2013)『200万分の1地質編集図 11. 日本の火山(第3版)』産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- ・日本地すべり学会(2013)『すべり面－地質的特徴と構造・物性－』pp.7-12,31。
- ・日本地質学会(2006)『日本地方地質誌4 中部地方』朝倉書店, pp.422,423。
- ・野崎保(2008)「2007年新潟県中越沖地震による初生的岩盤地すべりと層面すべり」『日本地すべり学会誌』第45巻, 第1号, pp.72-77。
- ・野崎保・永田秀尚・竹下秀敏(2015)「2008年岩手・宮城内陸地震による祭時大橋右岸の初生岩盤地すべりと前駆現象」『応用地質』第56巻, 第4号, pp.149-156。
- ・平田大二(2010)「日本列島20億年 謎解きの旅」『自然科学のとびら』第16巻, 2号, pp.12,13。
- ・広川治・福田理・一色直記・石和田靖章・磯見博・片田正人・河内洋佑・松田武雄・水野篤行・沢村孝之助・須田芳朗・山田直利(1966)『50万分の1地質図幅 東京(第2版)』地質調査所。
- ・福沢久・西垣好彦・高橋幸蔵(1988)「堆積軟岩のコア取扱上の問題点」『岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集』第20巻, pp.6-10。
- ・物理探査学会(2016)『物理探査ハンドブック 増補改訂版』pp.21-26。
- ・防災科学技術研究所(2016)『地すべり地形分布図』([http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied\\_tech\\_note/](http://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/))。
- ・山路敦(2001)「新しい小断層解析」『地質学雑誌』第107巻, 第7号, pp.461-479。
- ・山田英司・野田利弘・中井健太郎・浅岡頭(2019)「弾塑性力学に基づく正断層群の形成に関する数値シミュレーション」『日本地震学会2019年秋季大会予稿集』, p.S10-04。
- ・横田修一郎・永田秀尚・横山俊治・田近淳・野崎保(2015)『ノンテクトニック断層－識別方法と事例－』近未来社。
- ・横山謙二(2005)「御前崎海岸－海岸の地質と磯の生きもの－」『日曜の地学13 静岡の自然をたずねて 新訂版』築地書館, pp.152-157。
- ・横山俊治(1995)「和泉山地の和泉層群の斜面変動: 岩盤クレープ構造解析による崩壊「場所」の予測に向けて」『地質学雑誌』第101巻, 第2号, pp.134-147。
- ・吉岡敏和(1989)「褶曲に伴う層面すべり断層」『活断層研究』7号, pp.5-12。
- ・吉永佑一・原口強・遠田晋次・横田修一郎(2009)「火山体周辺に見られる隆起帯および火山性活断層の形成過程－鹿児島県新島を例にして－」『活断層研究』31号, pp.11-18。
- ・渡邊敦宏・中濱早苗(2013)「地すべり面が露頭した全国的にも類をみない大規模地すべり災害に挑む!」『国土交通省国土技術研究会論文集2013年度』pp.47-52。



## 参考文献 (3)

[英文]

- Almagor.G. and Z.Garfunkel(1979), "Submarine slumping in continental margin of Israel and northern Sinai", The American Association of Petroleum Geologists Bulletin, Vol.63, No.3, pp.324-340.
- Burhannudinnur,M. and C.K.Morley(1997), "Anatomy of growth fault zones in poorly lithified sandstones and shales:implications for reservoir studies and seismic interpretation: part 1,outcrop study", Petroleum Geoscience, Vol.3, pp.211-224.
- Herve Jourde, Eric A.Flodin, Atilla Aydin, Louis J.Durlofsky, and Xian-Huan Wen(2002), "Computing permeability of fault zones in eolian sandstone from outcrop measurements", AAPG BULLETIN, Vol.86, No.7, pp.1187-1200
- Hirono, Tetsuro(1998), "Paleostress reconstruction using the stress inversion method in the eastern Tokai district, central Japan", The Journal of the Geological Society of Japan(地質学雑誌), Vol.104, No.2, pp.137-142.
- Krumbein, W. C.(1941), "Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles", Journal Sedimentary Petrology, Vol.11, No.2, pp.64-72.
- McClay, K.R., and P.G.Ellis(1987), "Geometries of extensional fault systems developed in model experiments", Geology, Vol.15, pp.341-344.
- Moore,G.F., B.B.Boston, M.Strasser, M.B.Underwood, R.A.Ratliff(2015)"Evolution of tectono-sedimentary systems in the Kumano Basin, Nankai Trough forearc", Marine and Petroleum Geology, Vol.67, pp.604-616.
- Ru Jia,Bo Liu, Xiaofei Fu,Lei Gong,Zhida Liu(2019), "Transformation Mechanism of a Fault and Its Associated Microstructures in Low-Porosity Rocks: A Case Study of the TananDepression in the Hailar-TamtsagBasin" , Journal of Marine Science and Engineering,7, 286.
- University of Leeds(2009), "teaching resources in structural geology in the School of Earth Sciences of the University of Leeds"(https://www.see.leeds.ac.uk/structure/learnstructure/index.htm).
- Zee, Wouter van der and Janos L. Urai(2005), "Processes of normal fault evolution in a siliciclastic sequence: a case study from Miri, Sarawak, Malaysia", Journal of Structural Geology, Vol.27, Issue 12, pp.2281-2300.