

島根原子力発電所 2号炉 審査資料

資料番号

EP(E)－073(補)改01

提出年月

令和3年3月18日

島根原子力発電所

地盤(敷地の地形, 地質・地質構造)

(補足説明)

令和3年3月18日

中国電力株式会社

目次

1. 敷地の地形, 地質・地質構造	p.3
耐震重要施設及び重大事故等対処施設設置位置付近の地質・地質構造.....	p.4
2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出	
(1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因	p.24
(2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果	p.35
(3)敷地で認められるスランプ褶曲の層準.....	p.56
3. シームの性状	
(1)層厚5cm以上のシームの性状.....	p.62
(2)敷地周辺におけるシームの有無	p.75
(3)イライト／スメクタイト混合層鉱物の構成比分析結果の妥当性	p.78
(4)B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由	p.80
4. シームの活動性	
(1)シームの成因	
①初期地圧の測定方法	p.94
②過褶曲とシームの形成過程	p.97
(2)シームの活動性評価	
①B23シームの類似性	p.113
②試掘坑試料のB23シームの薄片観察結果	p.135
③B23シームとB24シームの関係	p.166
④BS-2孔のB23シームの薄片観察結果	p.169
(3)鉱物と生成条件	
①B23シーム薄片で認められる沸石類の詳細観察結果	p.204
②長石類の薄片観察及びEPMA分析結果	p.223
③流体包有物試験結果(ヒストグラム)	p.267
④生成温度の導出方法	p.270
⑤深部ドレライトの鉱物観察及び分析結果と生成温度	p.272

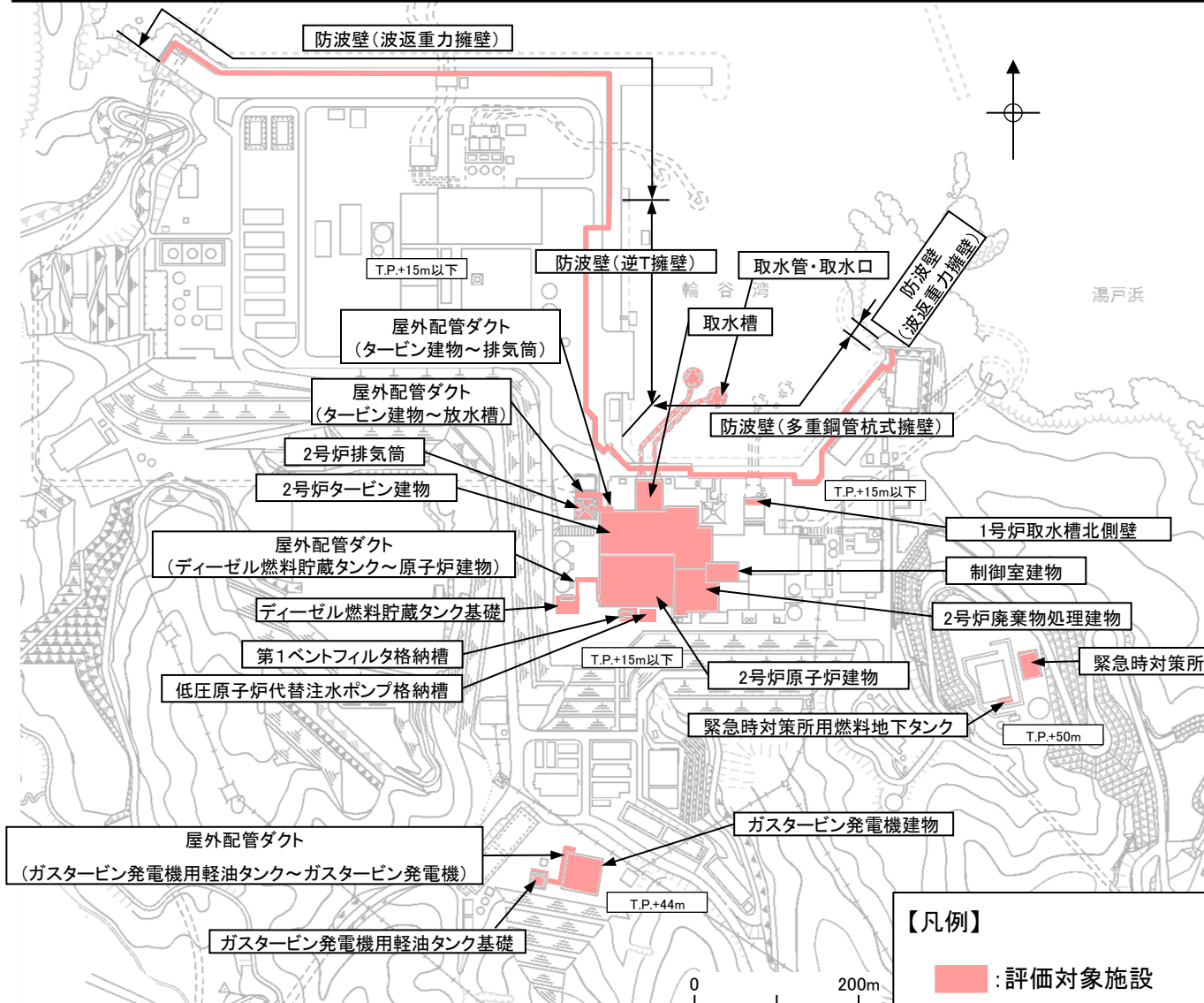
余白

1. 敷地の地形, 地質・地質構造

1. 敷地の地形、地質・地質構造 耐震重要施設及び重大事故等対処施設設置位置付近の地質・地質構造

耐震重要施設及び重大事故等対処施設の設置位置

・耐震重要施設及び重大事故等対処施設の設置位置を以下に示す。



評価対象施設配置図

※耐震重要施設

評価対象施設

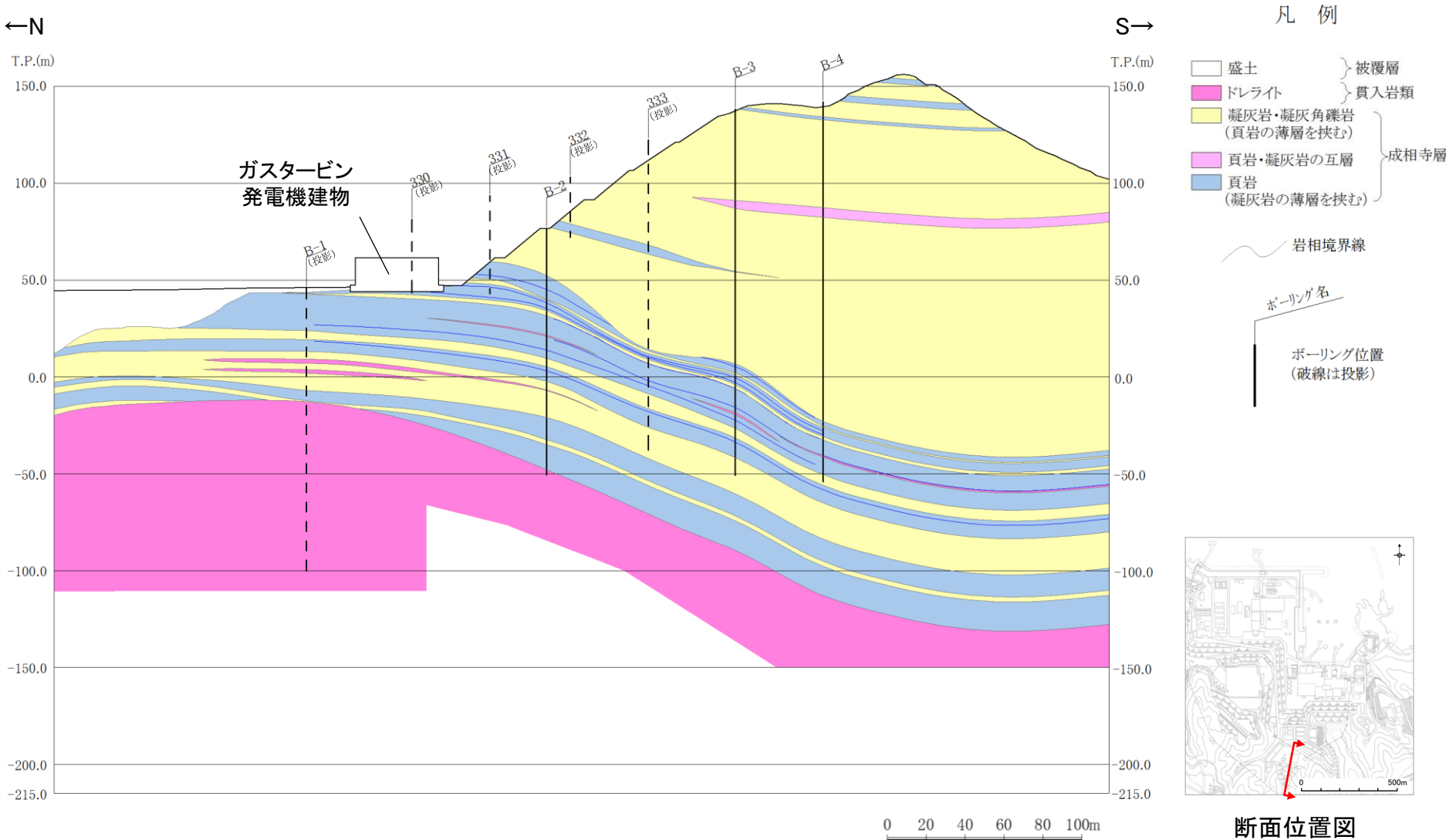
重大事故等対処施設

2号炉原子炉建物
2号炉タービン建物
2号炉廃棄物処理建物
制御室建物
取水槽
2号炉排気筒
屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)
屋外配管ダクト(タービン建物~放水槽)
防波壁(波返重力擁壁)
防波壁(逆T擁壁)
防波壁(多重鋼管杭式擁壁)
1号炉取水槽北側壁
屋外配管ダクト(ディーゼル燃料貯蔵タンク~原子炉建物)
ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎
第1ベントフィルタ格納槽
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽
取水管・取水口
ガスタービン発電機建物
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎
屋外配管ダクト(ガスタービン発電機用軽油タンク~ガスタービン発電機)
緊急時対策所
緊急時対策所用燃料地下タンク

※ 重大事故等対処施設を兼ねる施設を含む。

ガスタービン発電機建物(地質鉛直断面図)

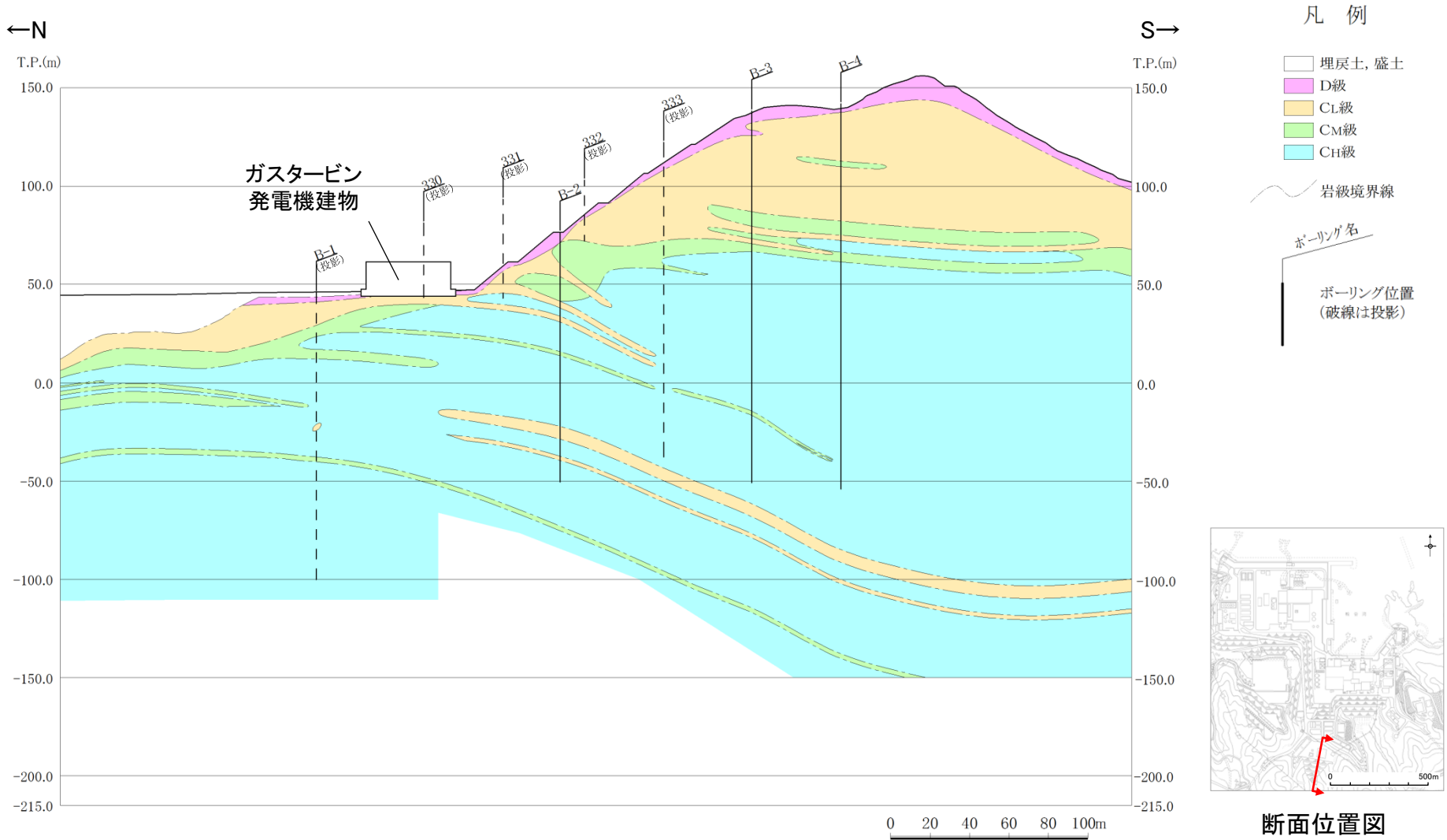
第940回審査会合
資料1-2 P12 再掲



・ボーリング調査の結果, 連続する破碎部や断層がないことを確認した。

ガスタービン発電機建物(岩級鉛直断面図)

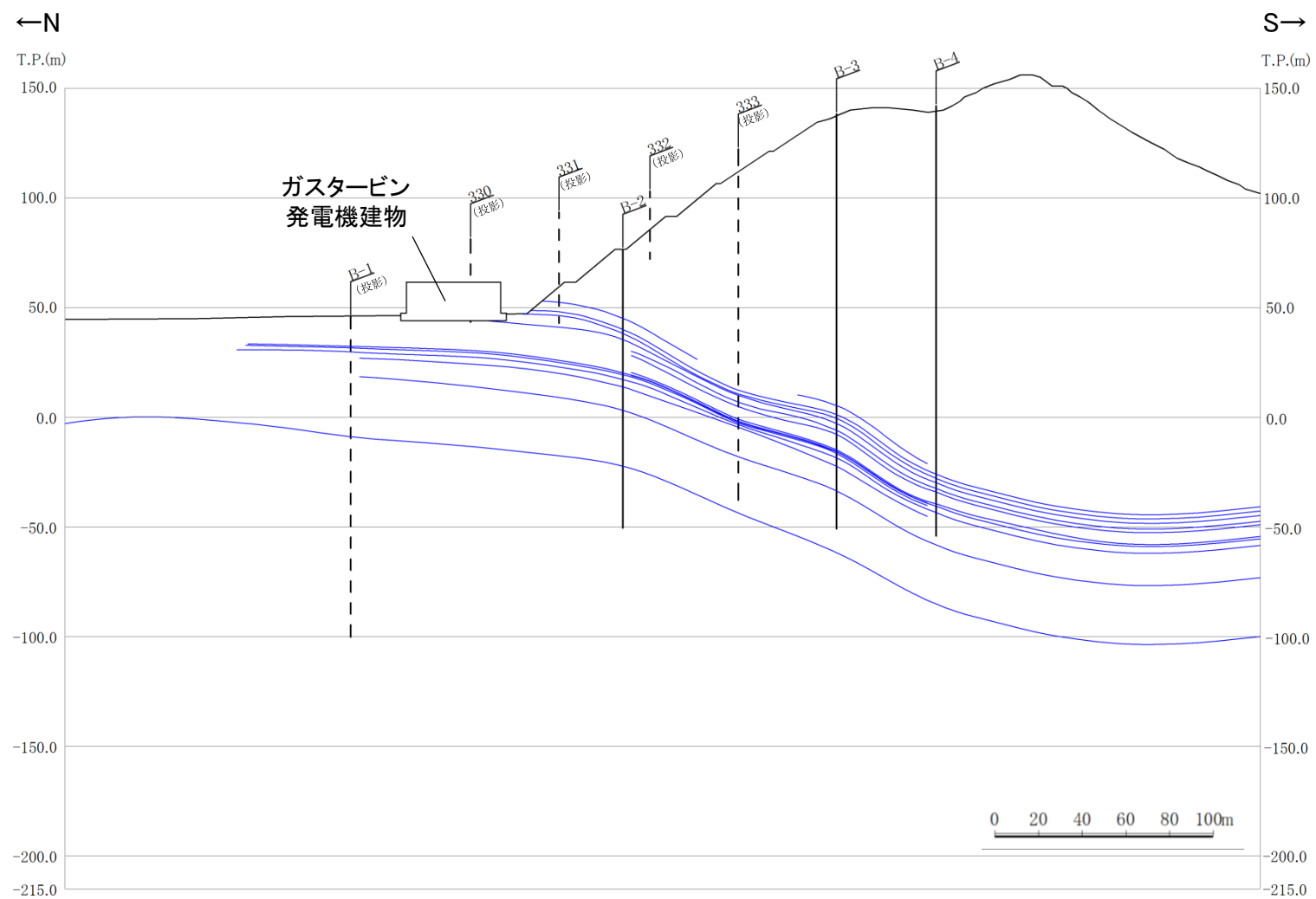
第940回審査会合
資料1-2 P13 再掲



・ガスタービン発電機建物基礎地盤は主にCL級岩盤から成り, 切取斜面の浅部にはD・CL級岩盤が分布する。

ガスタービン発電機建物(シーム分布鉛直断面図)

第940回審査会合
資料1-2 P14 再掲

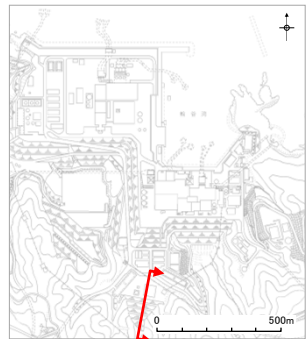


凡 例

シーム

ボーリング名

ボーリング位置
(破線は投影)

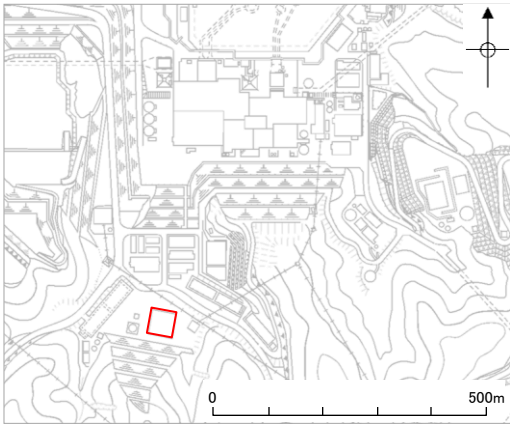
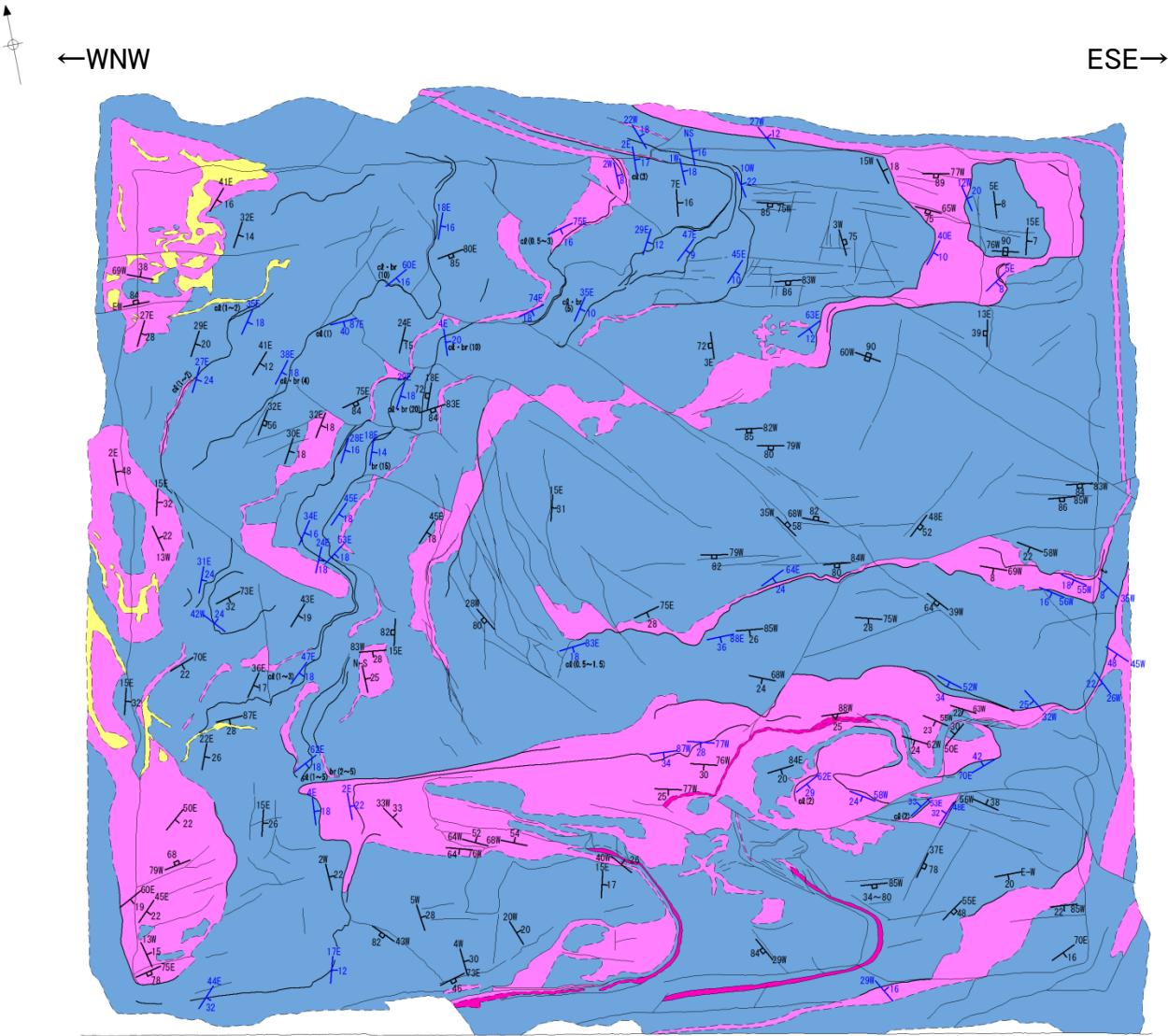


断面位置図

・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、緩やかな傾斜を示す。

ガスタービン発電機建物(底面スケッチ図)

第940回審査会合
資料1-2 P17 再掲



位置図

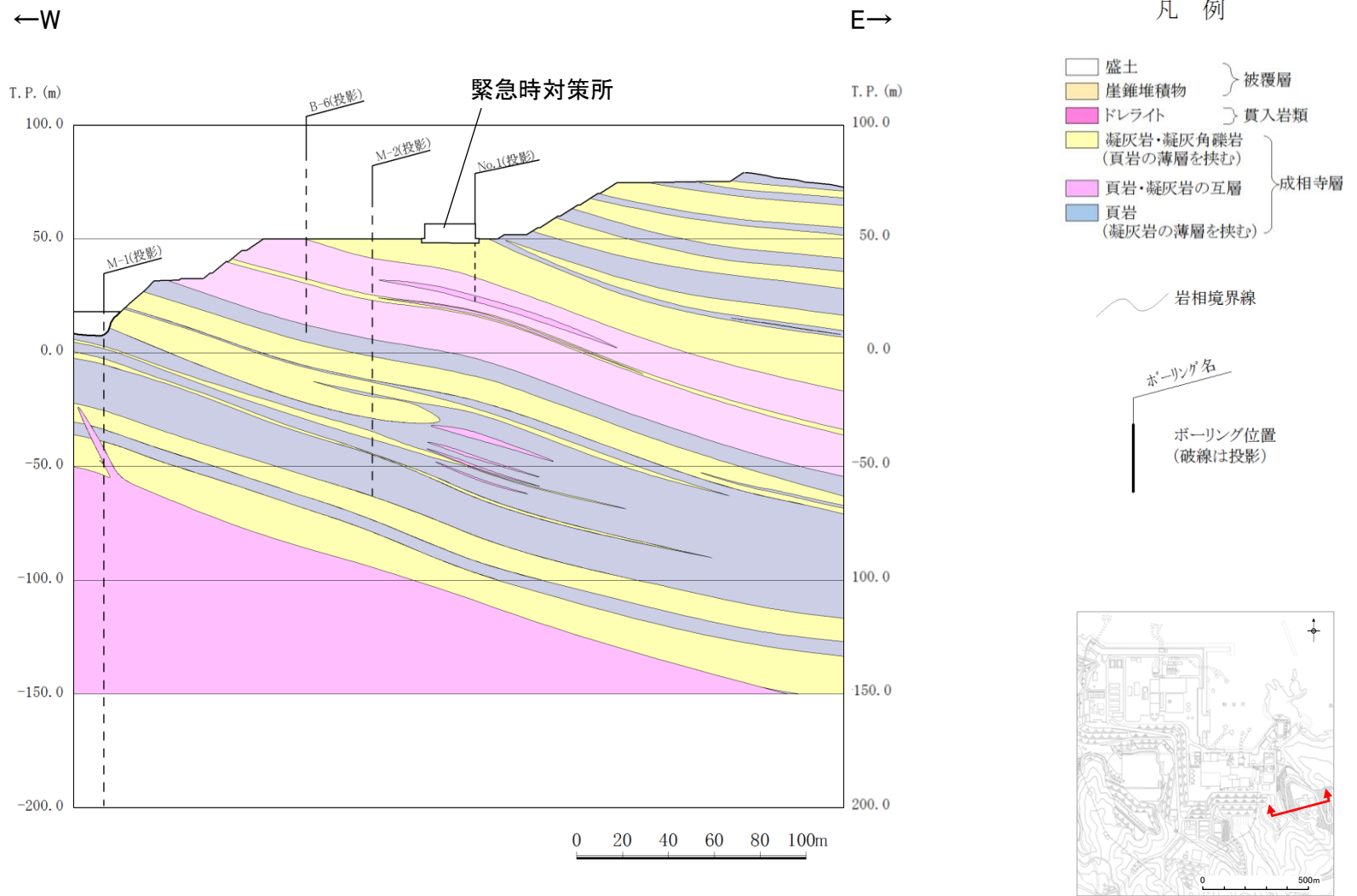
- 凡例
- ドレライト
 - 黒色頁岩
 - 凝灰質頁岩
 - 凝灰岩
 - 岩相境界
 - 割れ目
 - シーム
(数字はシームの厚さ)
(cl: 粘土化幅, br: 劣化幅)
 - 層理面の走向・傾斜
 - 貫入面の走向・傾斜
 - 割れ目の走向・傾斜
 - シームの走向・傾斜

底面スケッチ図(岩相区分) 0 10m

・ガスタービン発電機建物基礎底面スケッチの結果、連続する破砕部や断層がないことを確認した。

緊急時対策所(地質鉛直断面図)

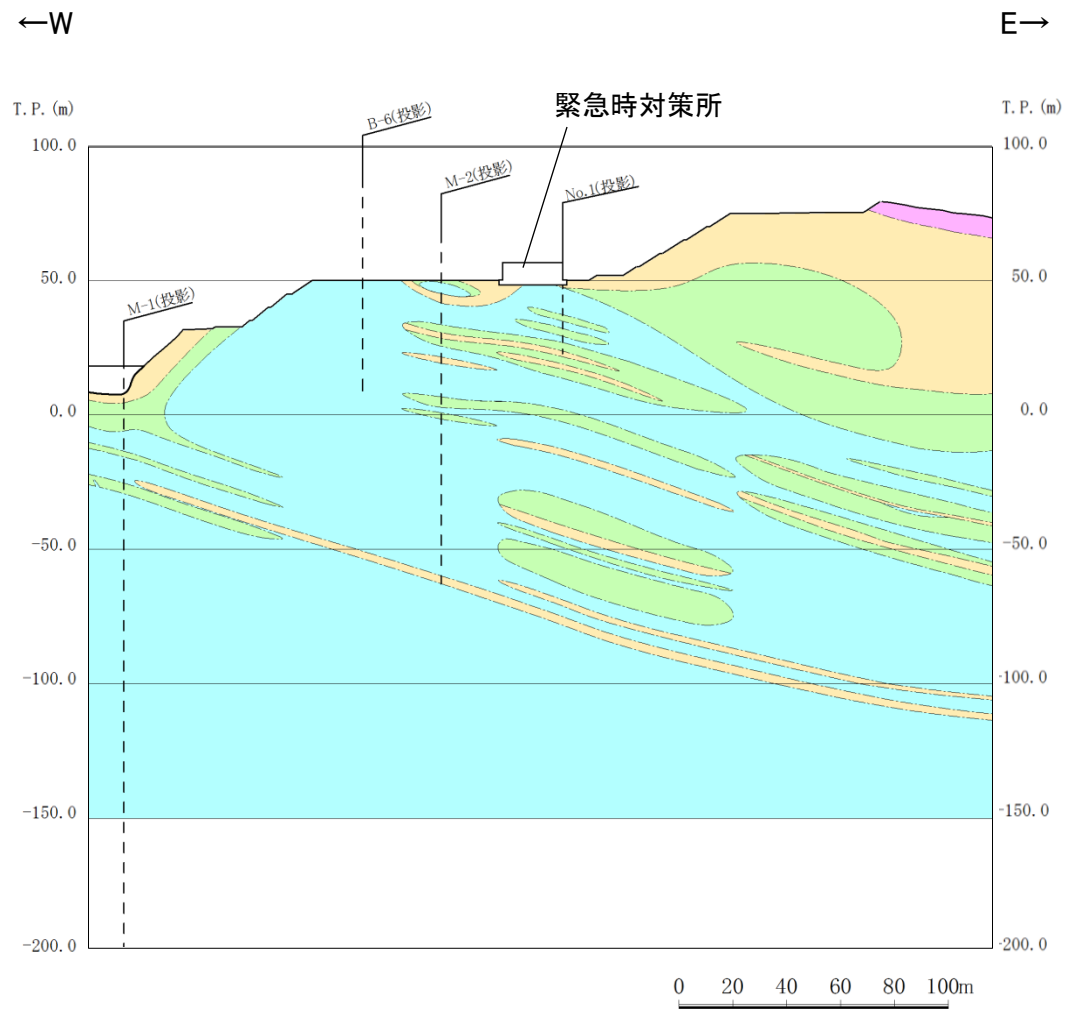
第940回審査会合
資料1-2 P18 再掲



・ボーリング調査の結果, 連続する破碎部や断層がないことを確認した。

緊急時対策所(岩級鉛直断面図)

第940回審査会合
資料1-2 P19 再掲



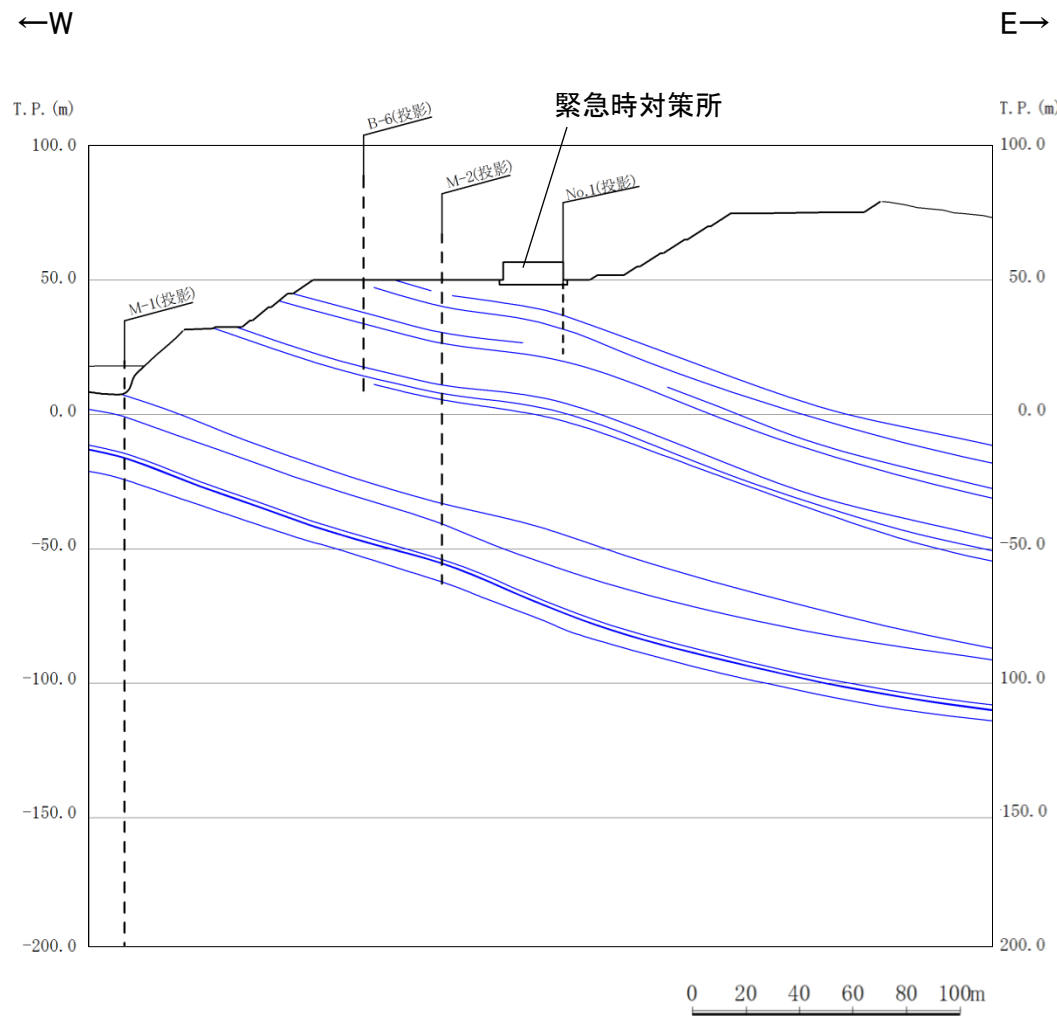
- 凡 例
- 埋戻土, 盛土
 - D級
 - CL級
 - CM級
 - CH級
 - 岩級境界線
 - ボーリング名
 - ボーリング位置
(破線は投影)



・緊急時対策所基礎地盤は主にC_H級岩盤から成り, 切取斜面の浅部にはC_L級岩盤が分布する。

緊急時対策所(シーム分布鉛直断面図)

第940回審査会合
資料1-2 P20 再掲



凡例

シーム

ボーリング名

ボーリング位置
(破線は投影)

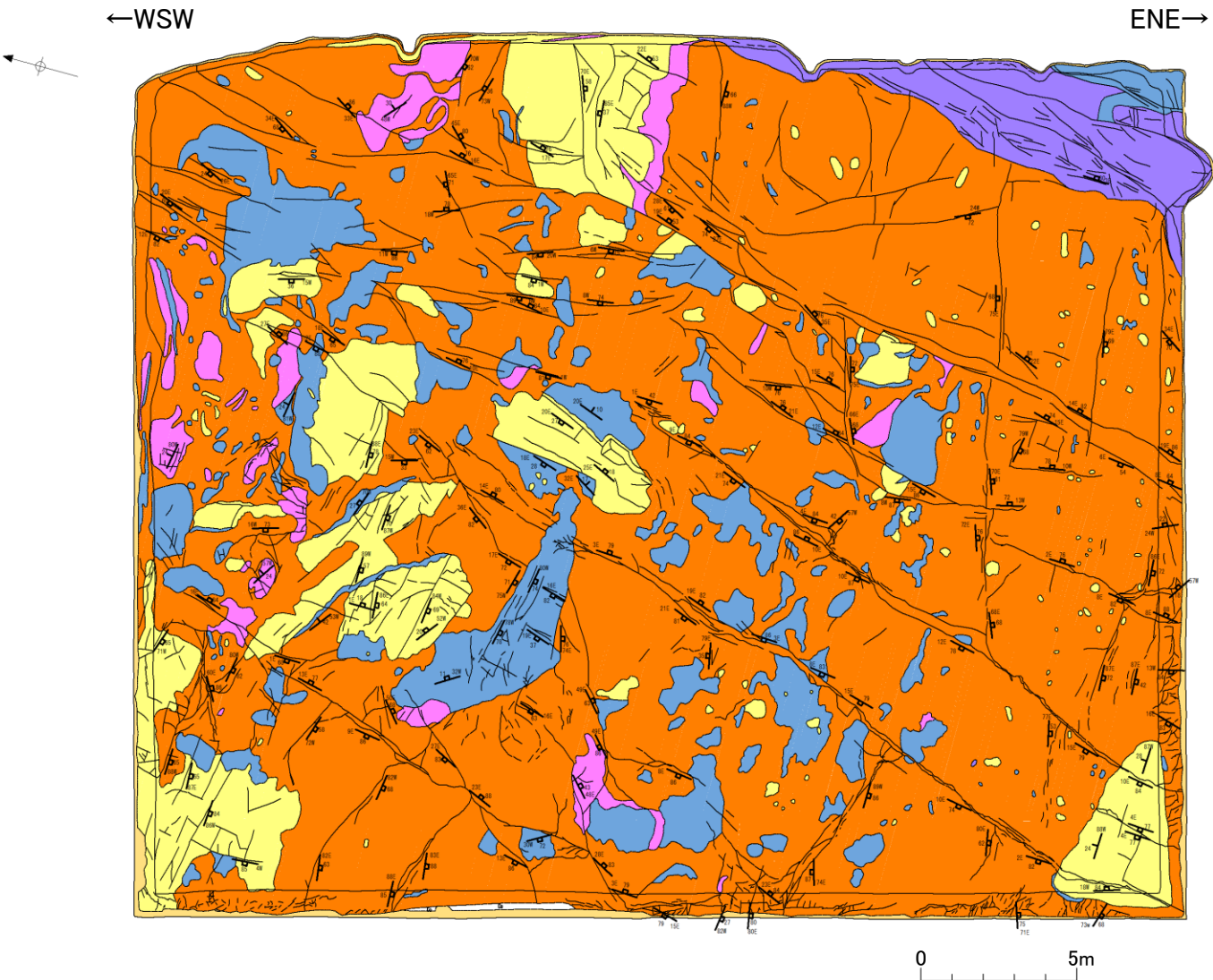


断面位置図

・シームは、地層の走向・傾斜と同一で、緩やかな傾斜を示す。

緊急時対策所(底面スケッチ図)

第940回審査会合
資料1-2 P22 再掲



位置図

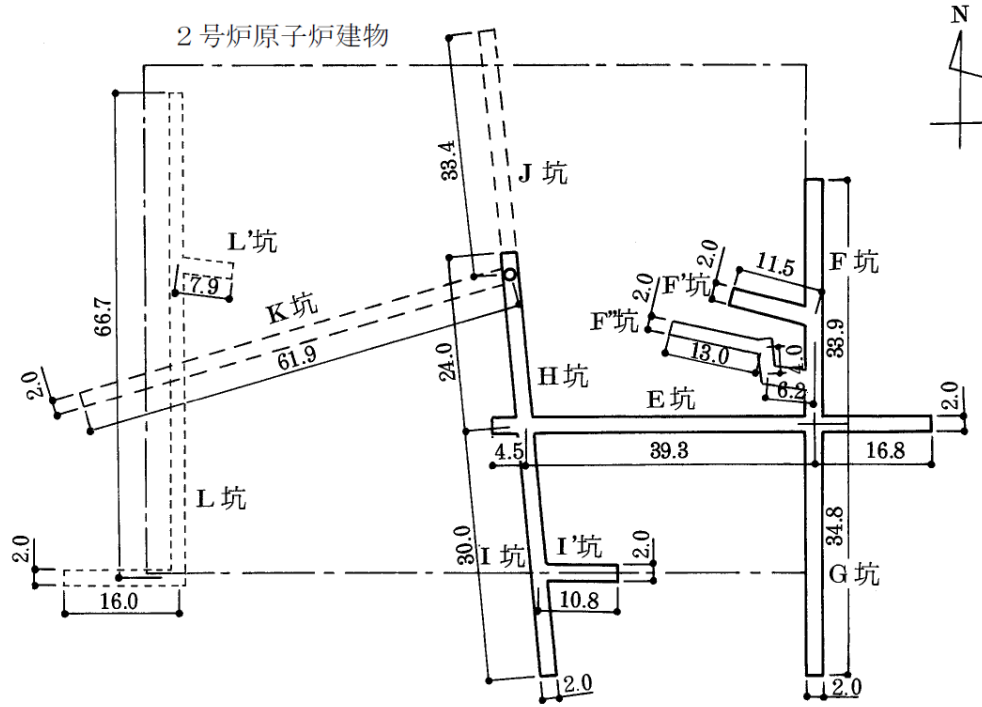
凡例

- 崖錐堆積物
- 安山岩
- 黒色頁岩
- 凝灰質頁岩
- 凝灰岩
- 凝灰角礫岩
- 岩相境界
- 割れ目
- 層理面の走向・傾斜
- 貫入面の走向・傾斜
- 割れ目の走向・傾斜

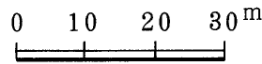
底面スケッチ図(岩相区分)

・緊急時対策所基礎底面スケッチの結果, 連続する破碎部や断層がないことを確認した。

試掘抗平面図



凡 例



	敷	高	T.P.	1.0m
	敷	高	T.P.	-4.1m
	敷	高	T.P.	-11.0m

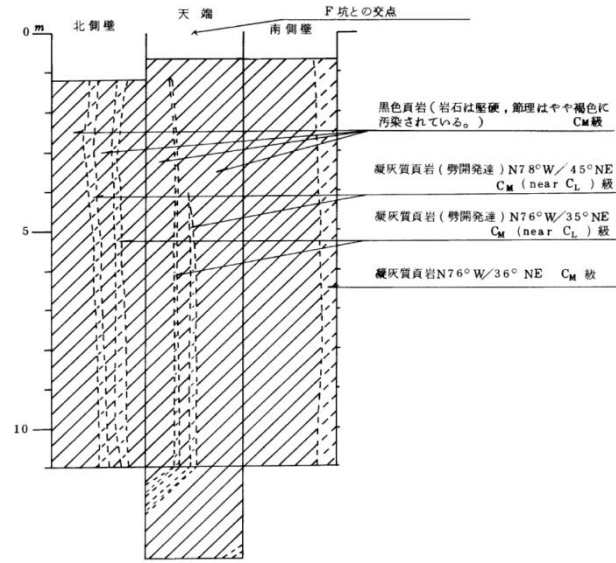
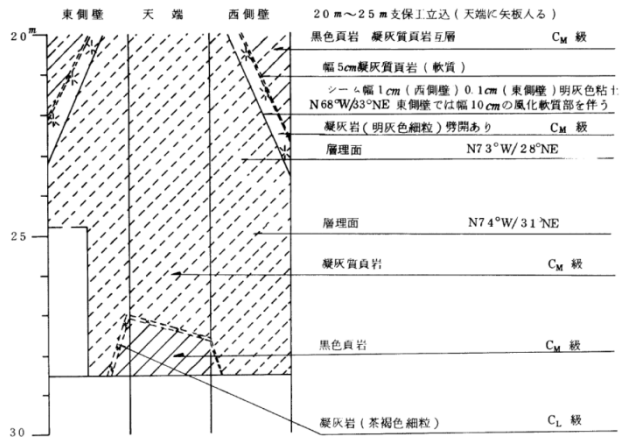
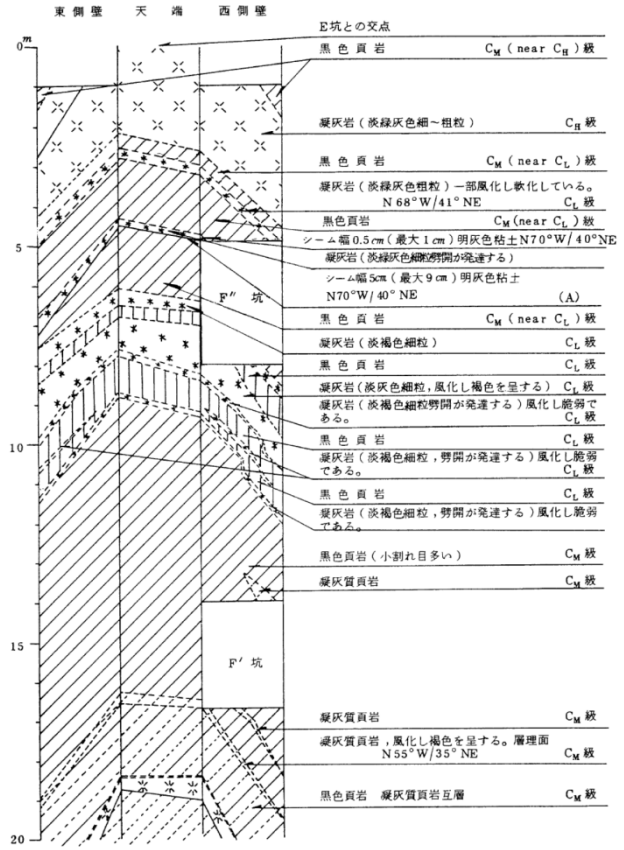
・試掘抗調査の結果、連続する破砕部や断層がないことを確認した。(2号炉原子炉建物における試掘抗展開図を次頁以降に示す。)

1. 敷地の地形、地質・地質構造 耐震重要施設及び重大事故等対処施設設置位置付近の地質・地質構造

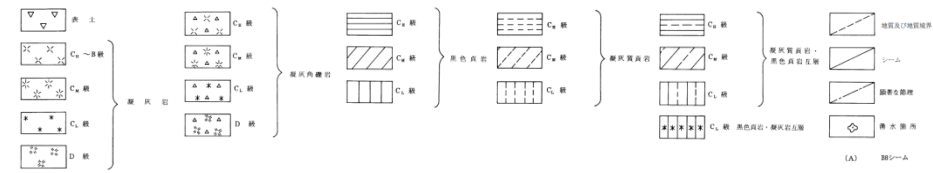
試掘抗展開図

F坑

F'坑



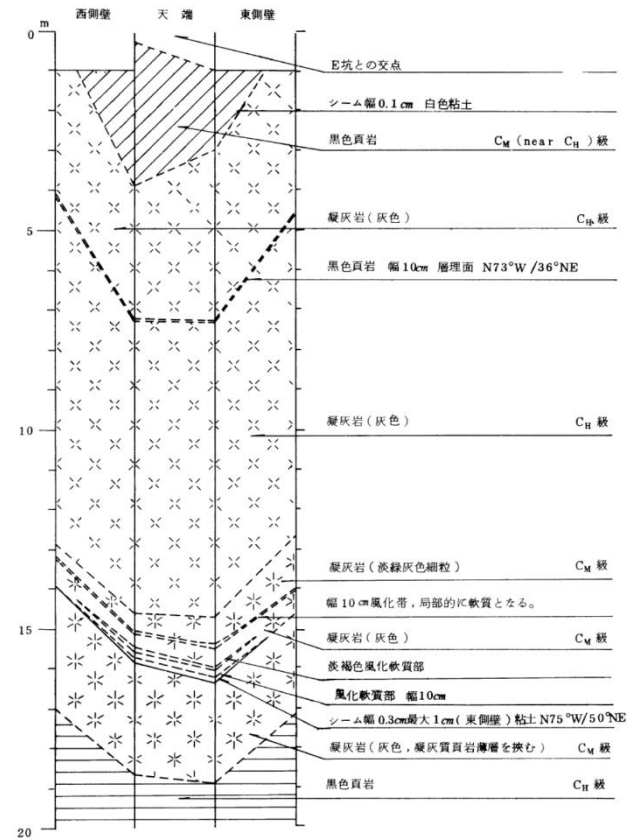
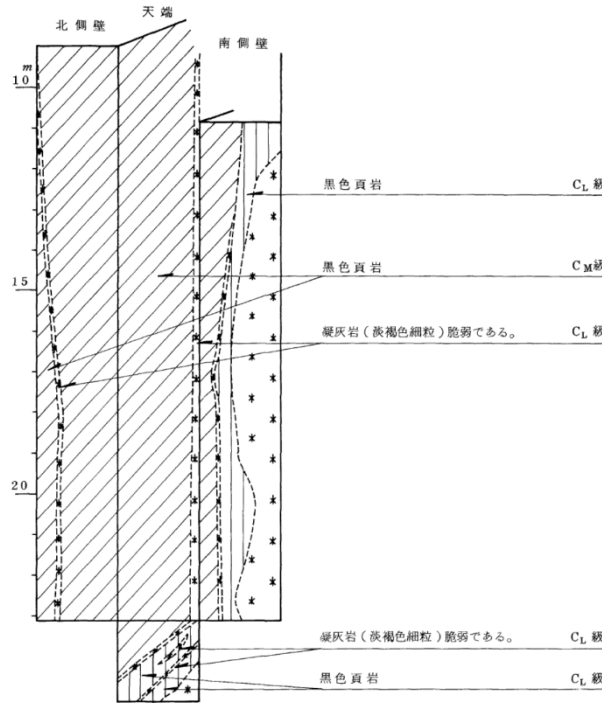
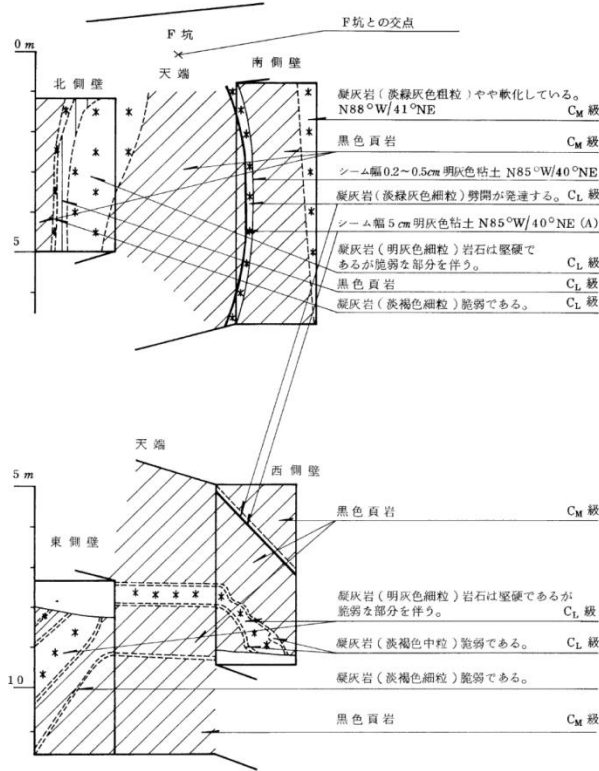
凡例



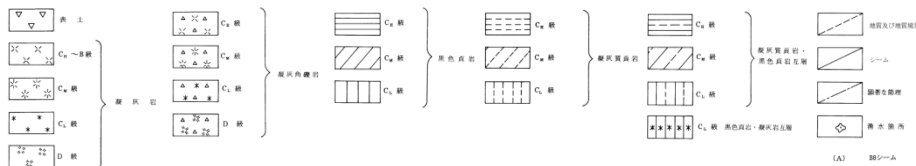
試掘抗展開図

F'坑

G坑

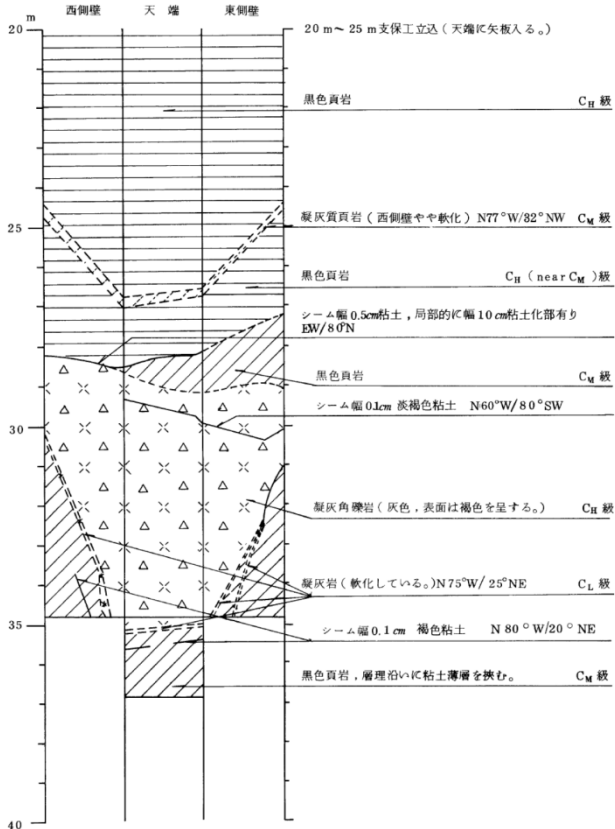


凡例

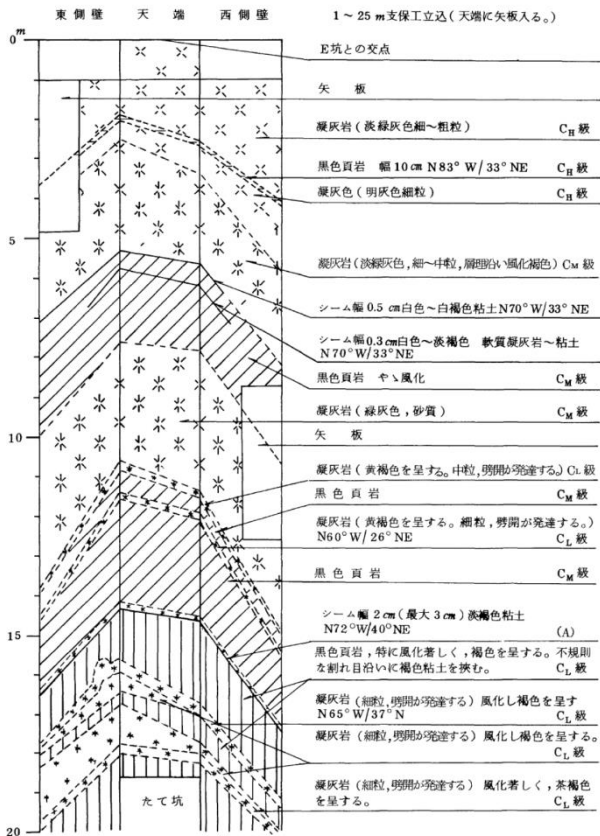


試掘抗展開図

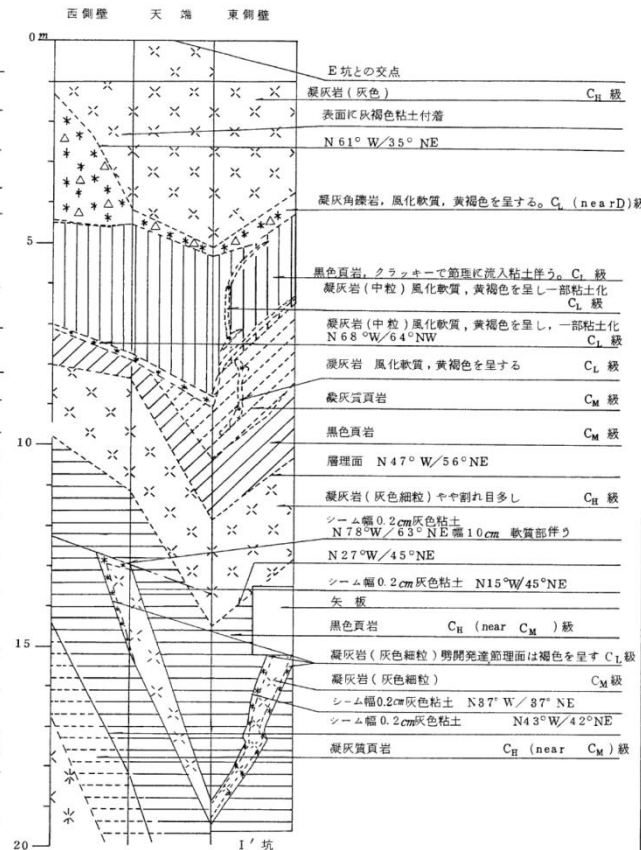
G坑



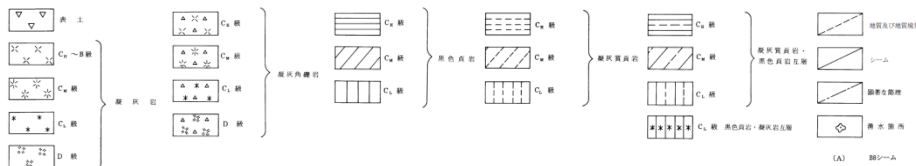
H坑



I坑

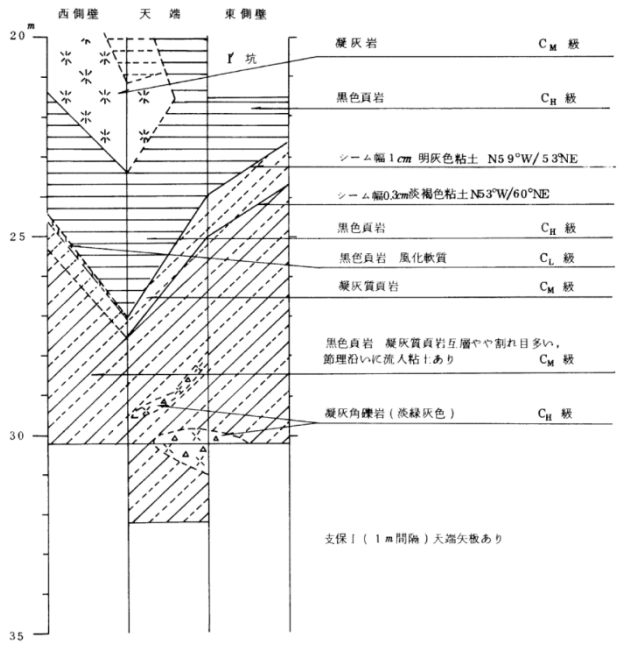


凡例

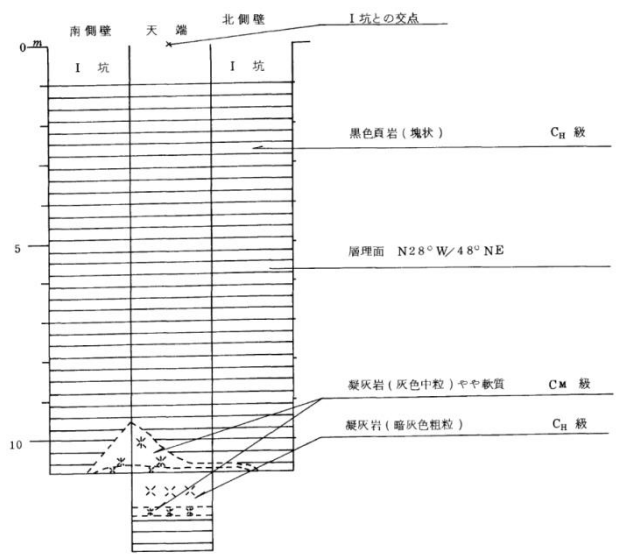


試掘抗展開図

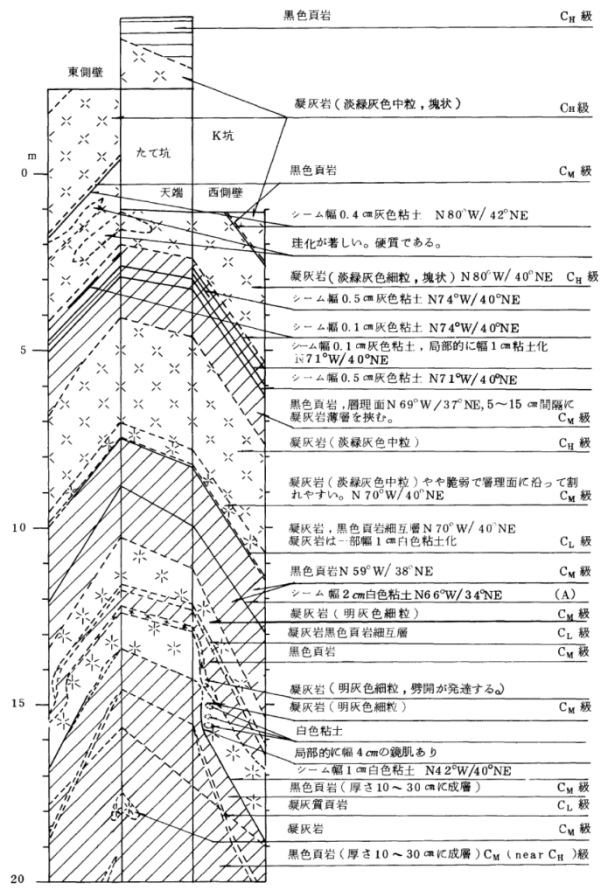
I坑



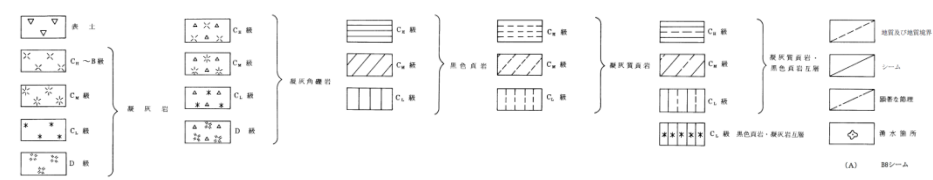
I'坑



J坑

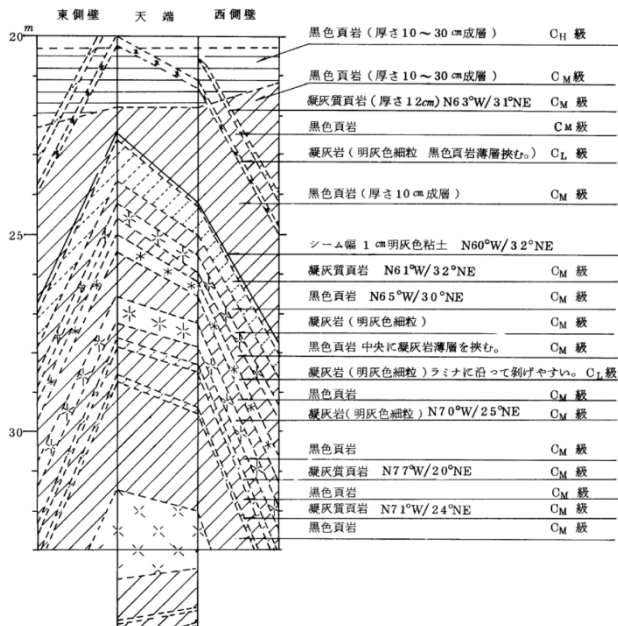


凡例

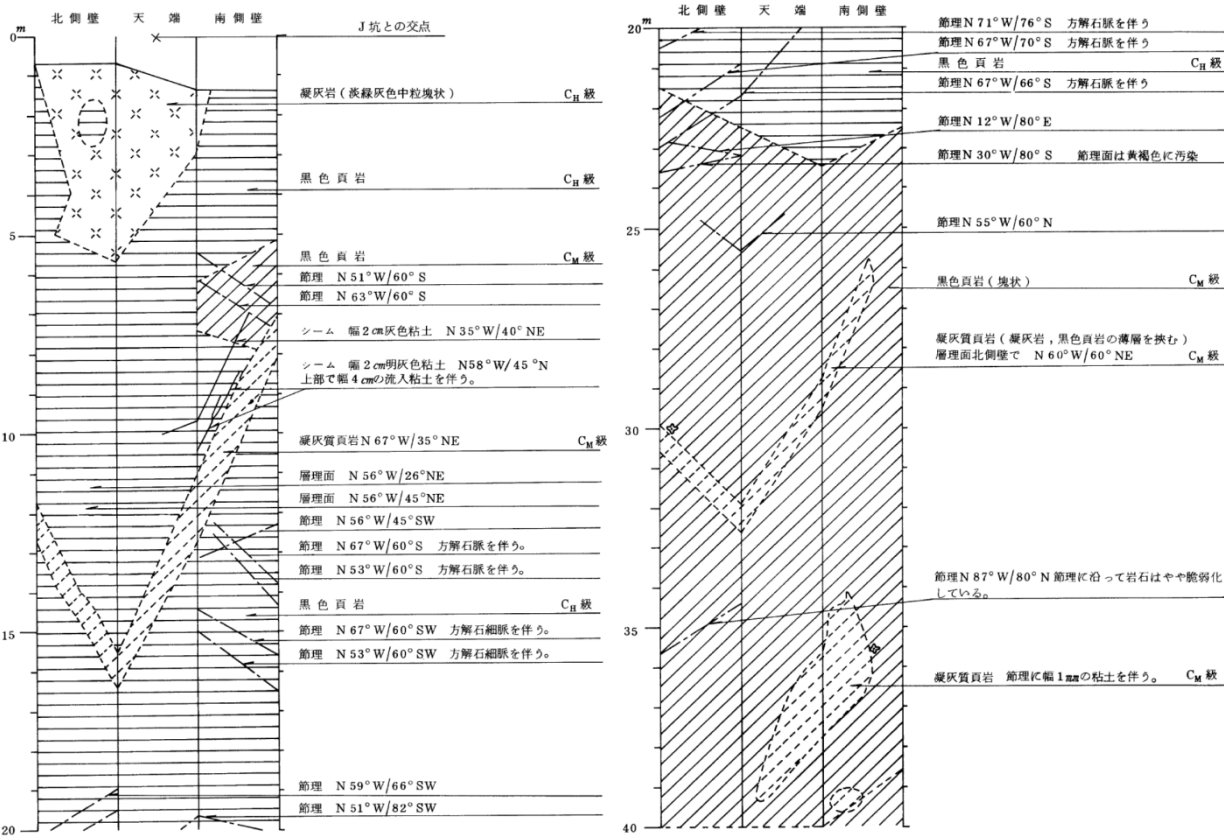


試掘抗展開図

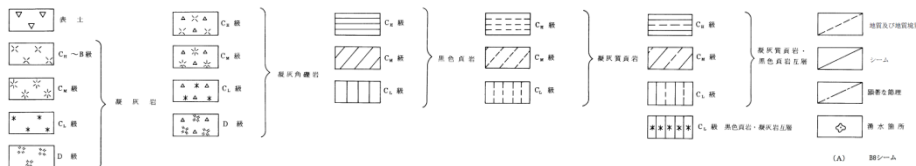
J坑



K坑



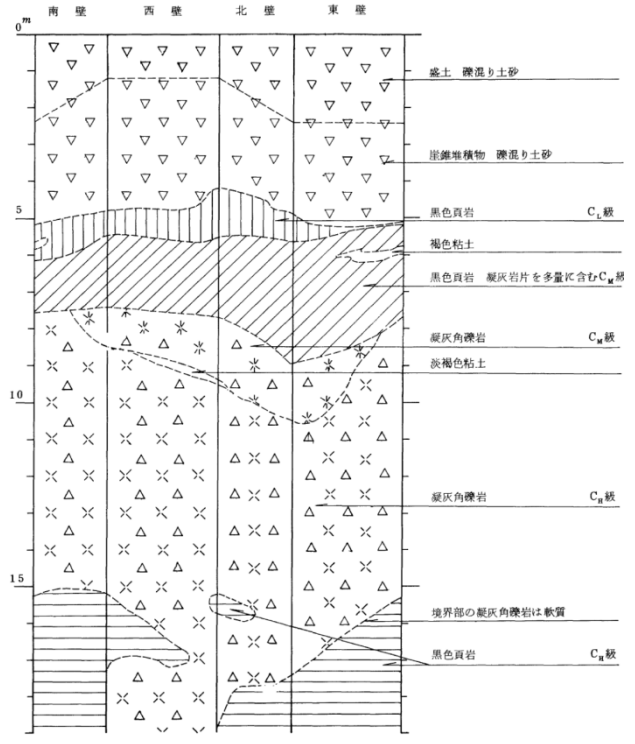
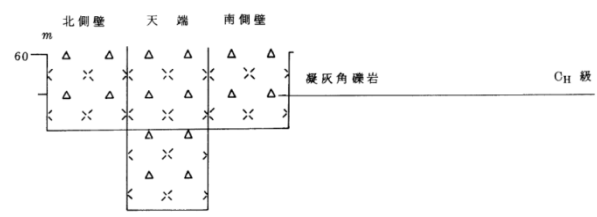
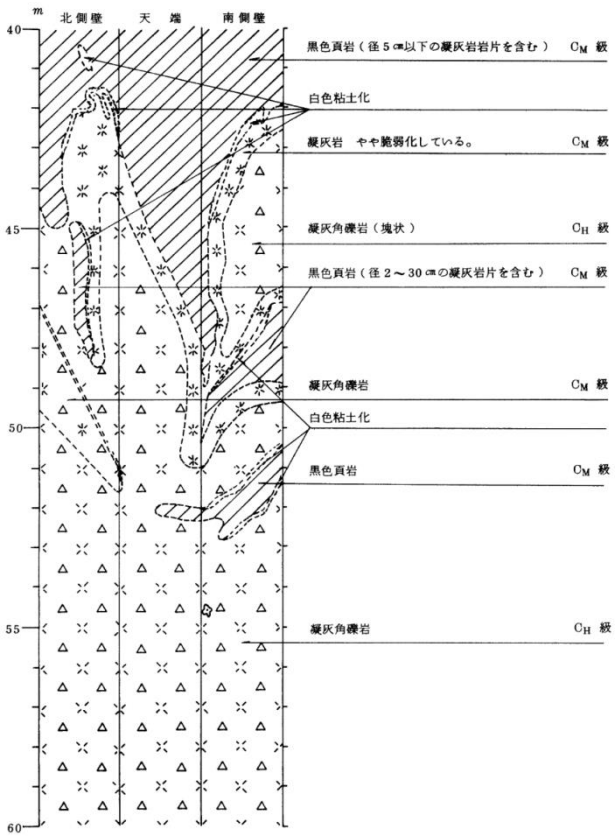
凡例



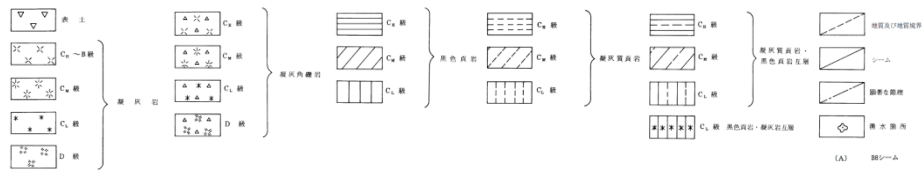
試掘抗展開図

K坑

L立坑

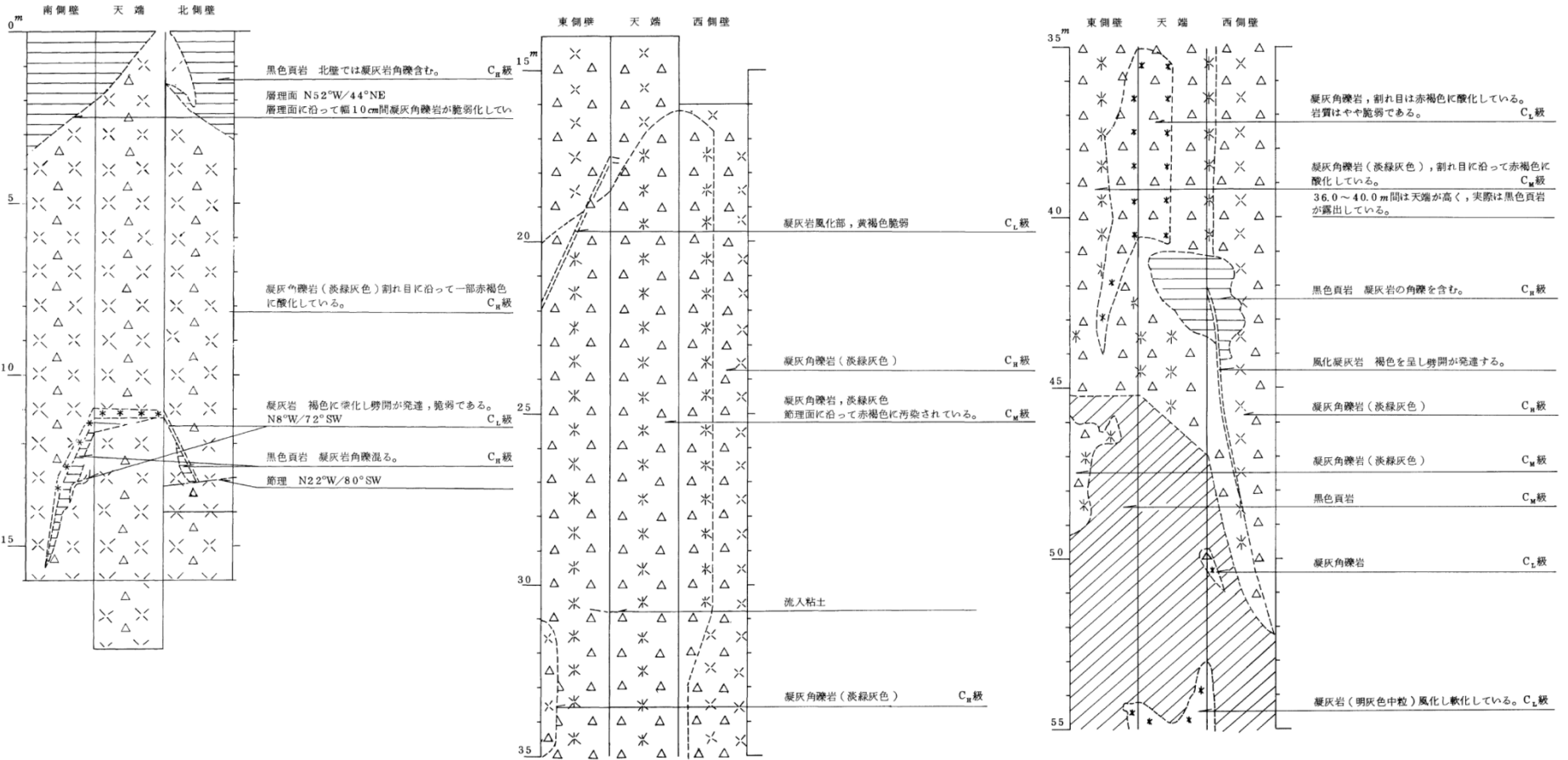


凡例

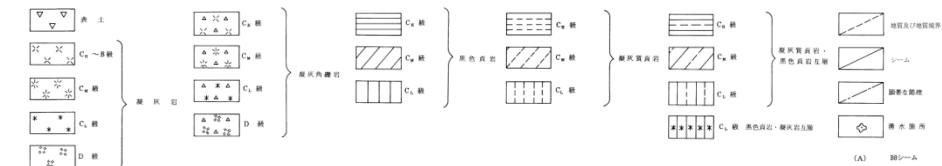


試掘抗展開図

L坑



凡例



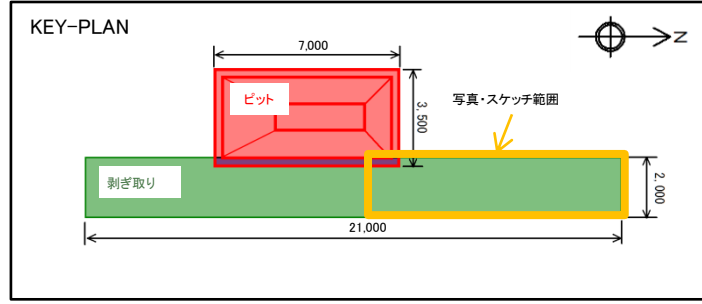
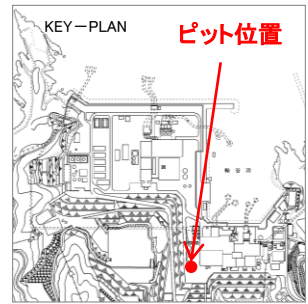
余白

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出

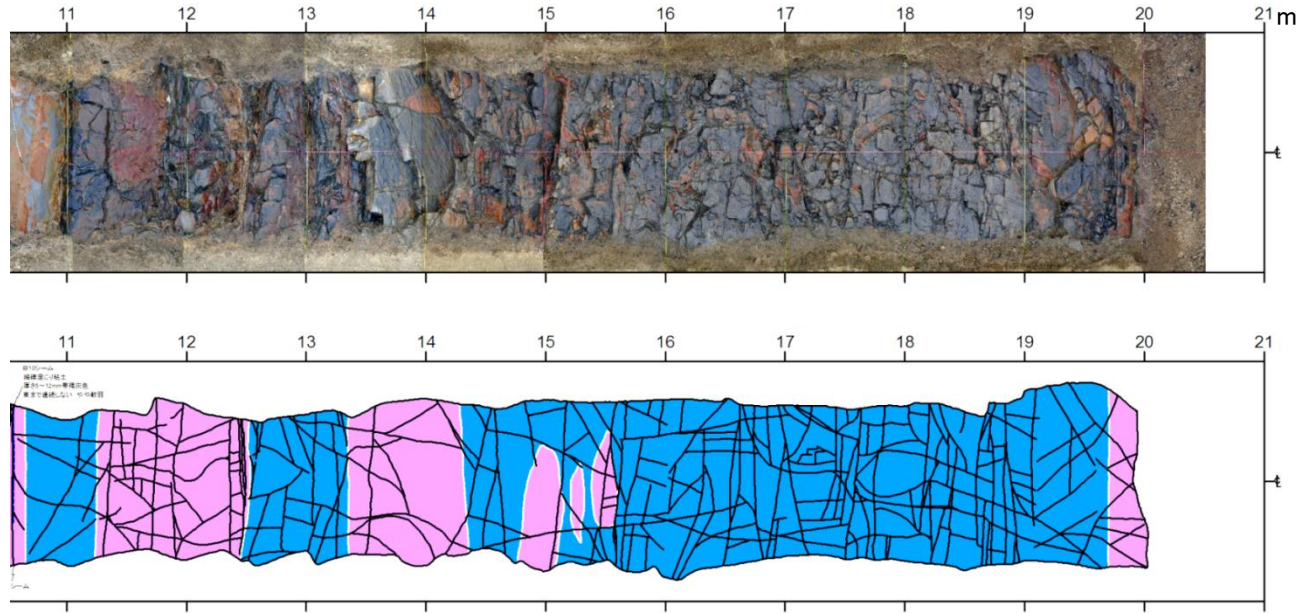
2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因

節理の状況(シーム確認ピット)

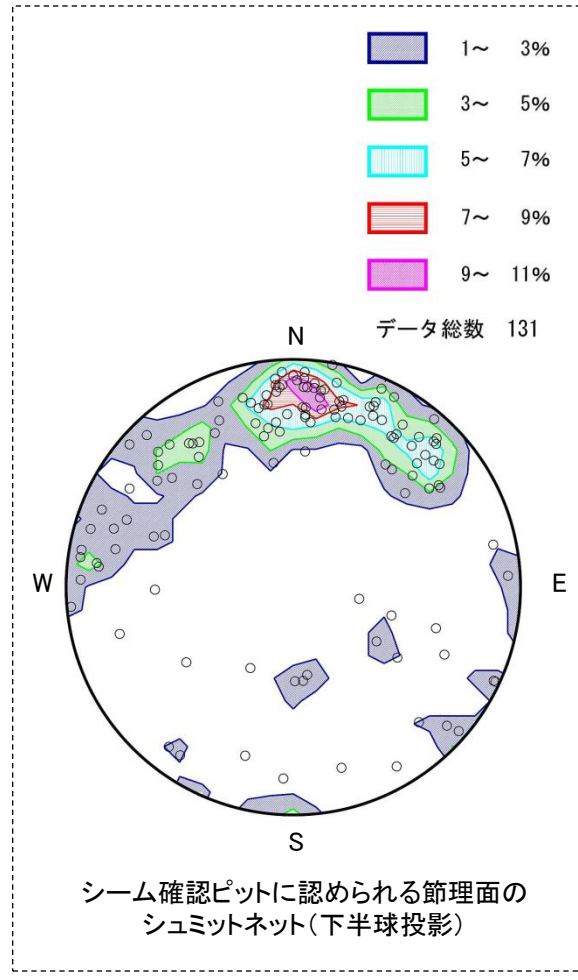
第223回審査会合 資料2-3 p.16 加筆・修正



- 凡例
- 岩相境界
 - 節理
 - 黒色頁岩
 - 凝灰質頁岩



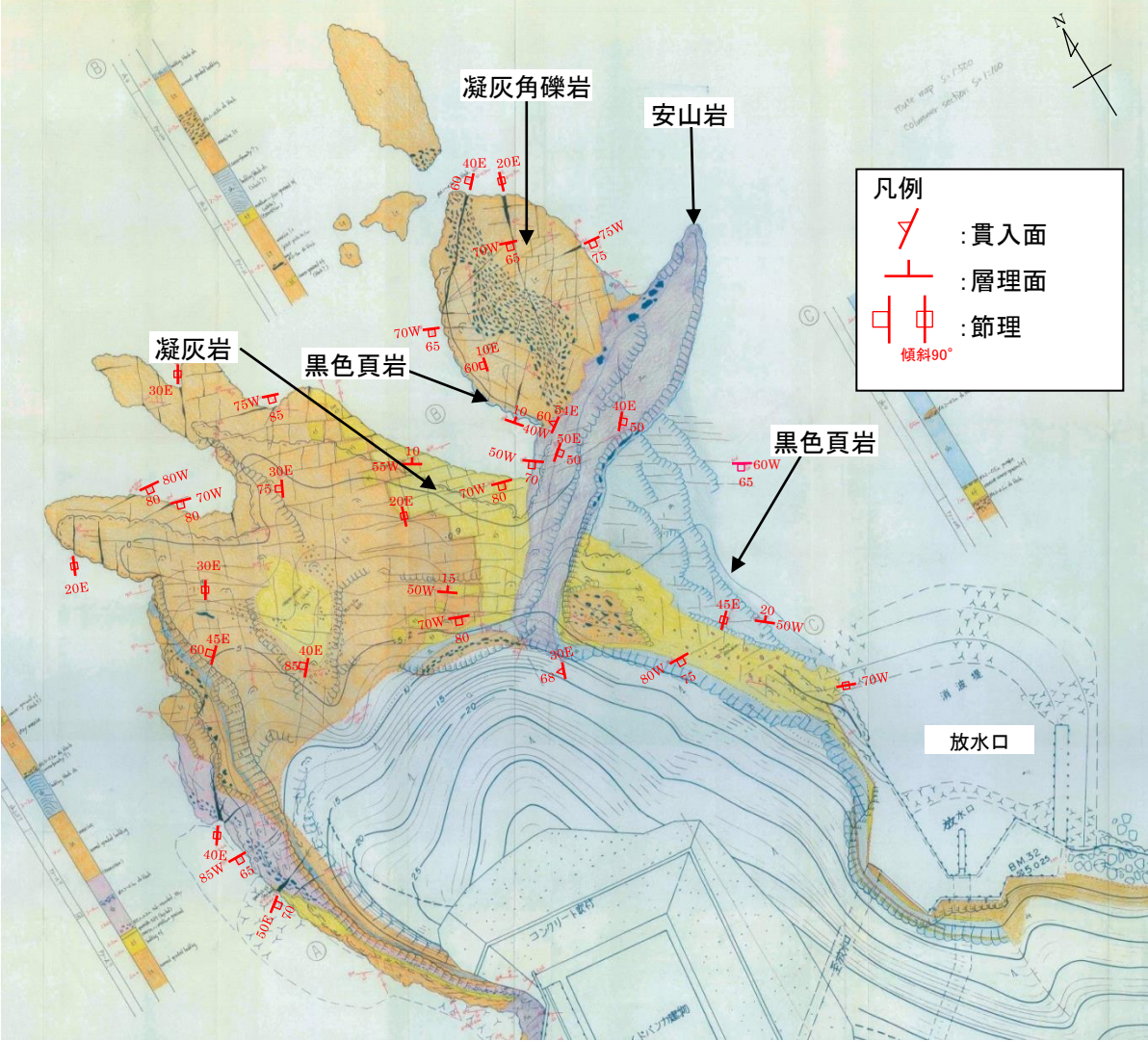
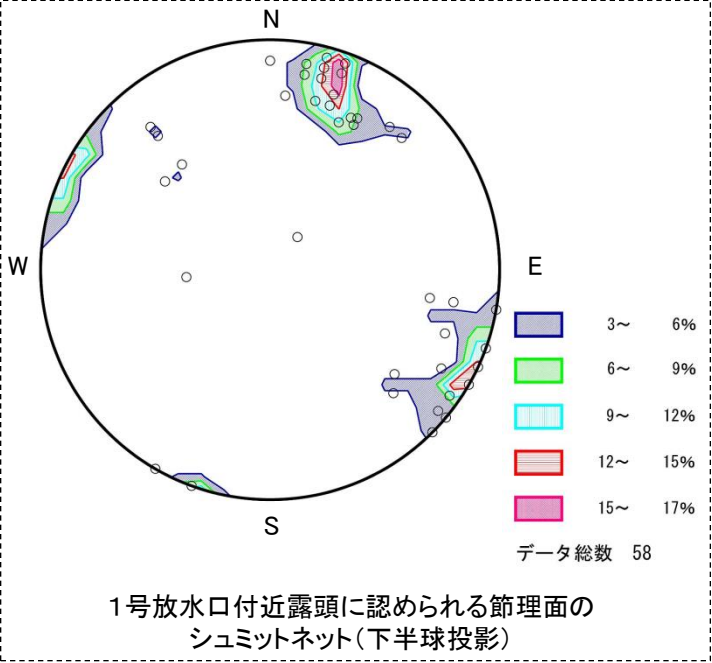
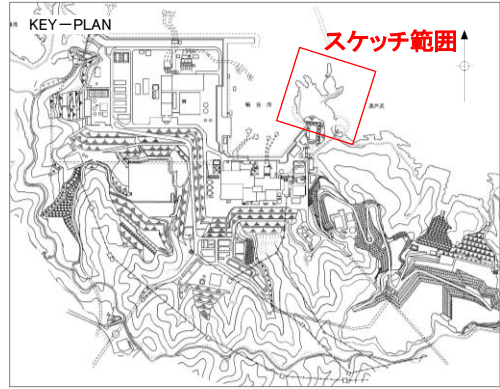
シーム確認ピットの剥ぎ取り箇所の写真等(平成27年掘削, 撮影)



シーム確認ピットに認められる節理面のシュミットネット(下半球投影)

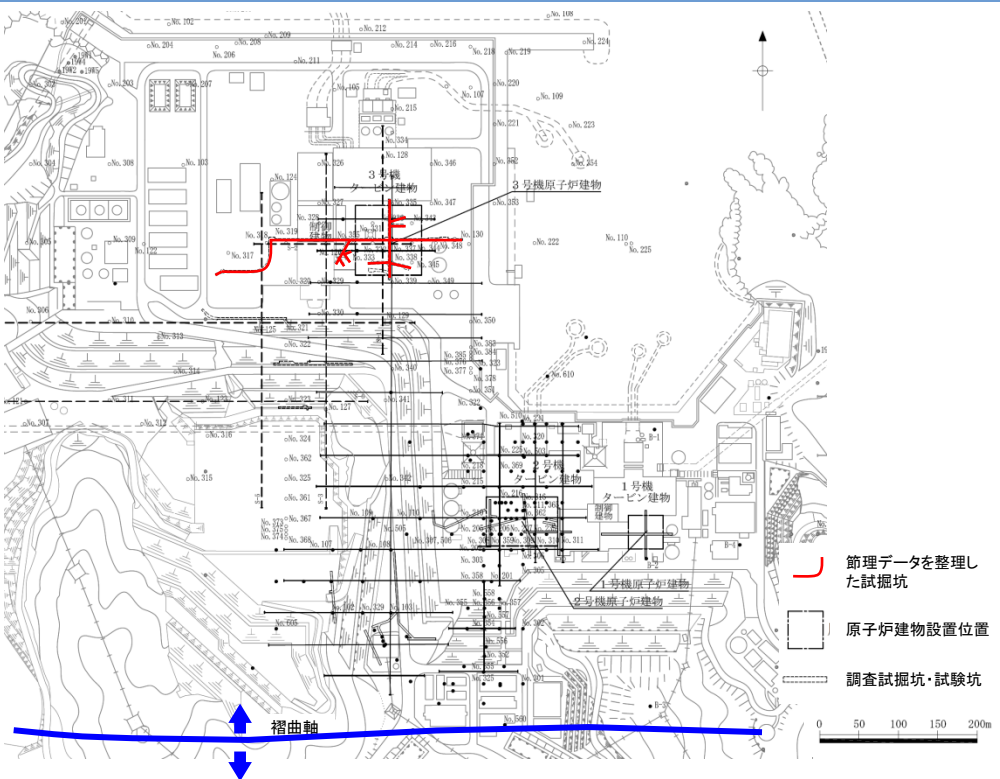
・シーム確認ピットにおける節理群は、概ねE-W系の高角節理が卓越する。

節理の状況(1号放水口付近露頭)

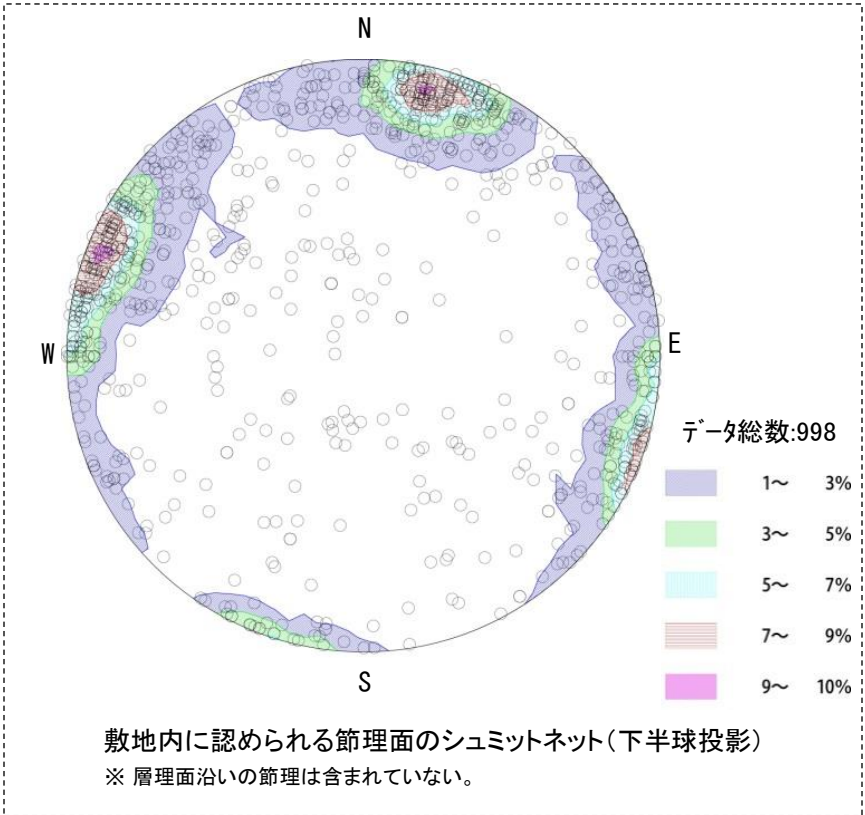


・1号放水口付近露頭では、概ねNNE-SSW系もしくはWNW-ESE系の高角節理が卓越する。

節理の状況(3号炉試掘坑)

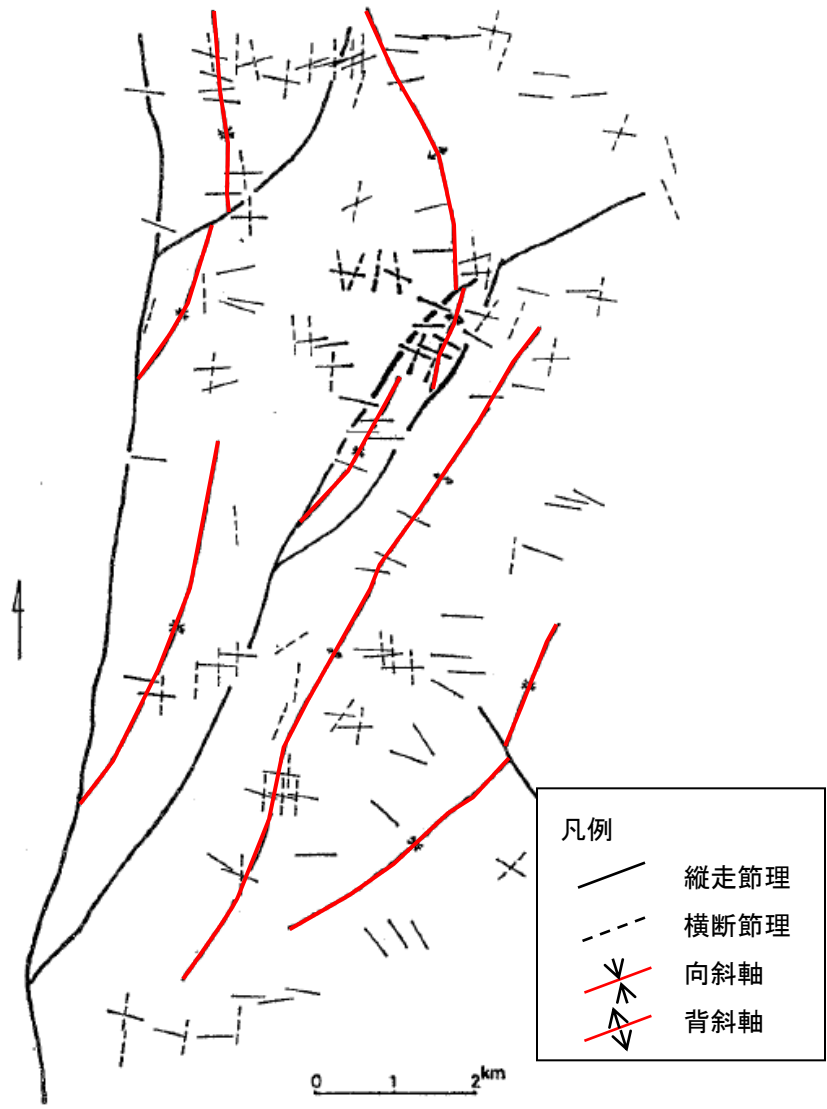


節理データを整理した試掘坑の位置図



・敷地内には、新第三紀中新世の褶曲運動に伴い、褶曲軸に概ね平行方向及び直交方向に発達した高角節理が認められる。

節理の成因(文献調査結果)



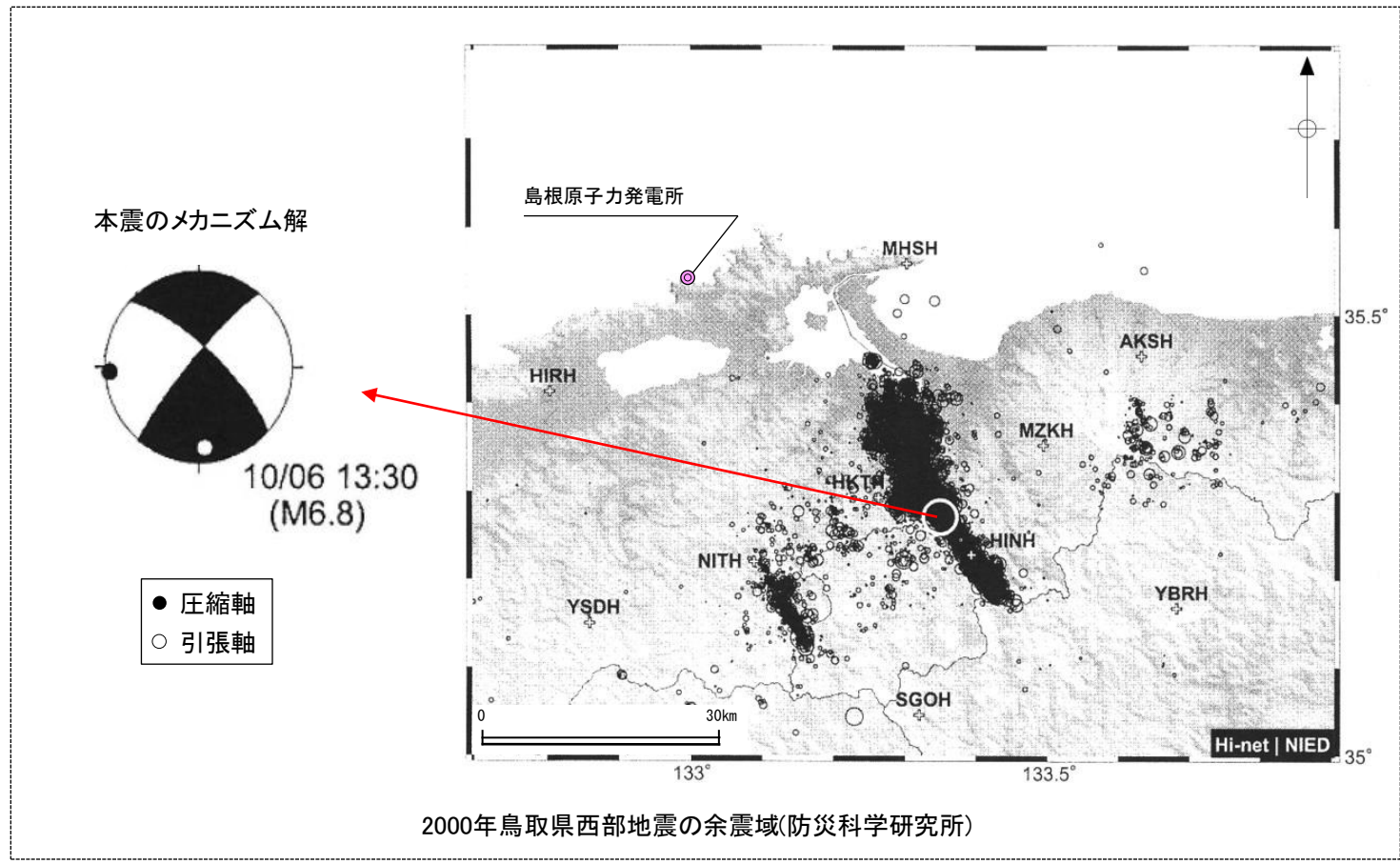
- ・木村(1980)⁽¹⁾によると、堆積岩地域においては、地層面と直交する系統節理が、褶曲に対し一定の配列関係になるとされている。
- ・狩野・村田(1998)⁽²⁾によると、系統節理は褶曲と密接に関連しており、褶曲帯を構成する地層中には地層面に直交した節理系が広く発達するとされている。また、これらの節理は、褶曲との関係で縦走節理、横断節理に区分され、いずれも褶曲運動に規制されつつ、最終的に地表面付近に至った低封圧下で生じた伸長節理と考えられるとされている。

ラワン褶曲帯南部地域に発達する縦走節理と横断節理
木村(1980)に一部加筆

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因

(参考)2000年鳥取県西部地震の起震断層の走向

第223回審査会合 資料2-3 p.21 再掲

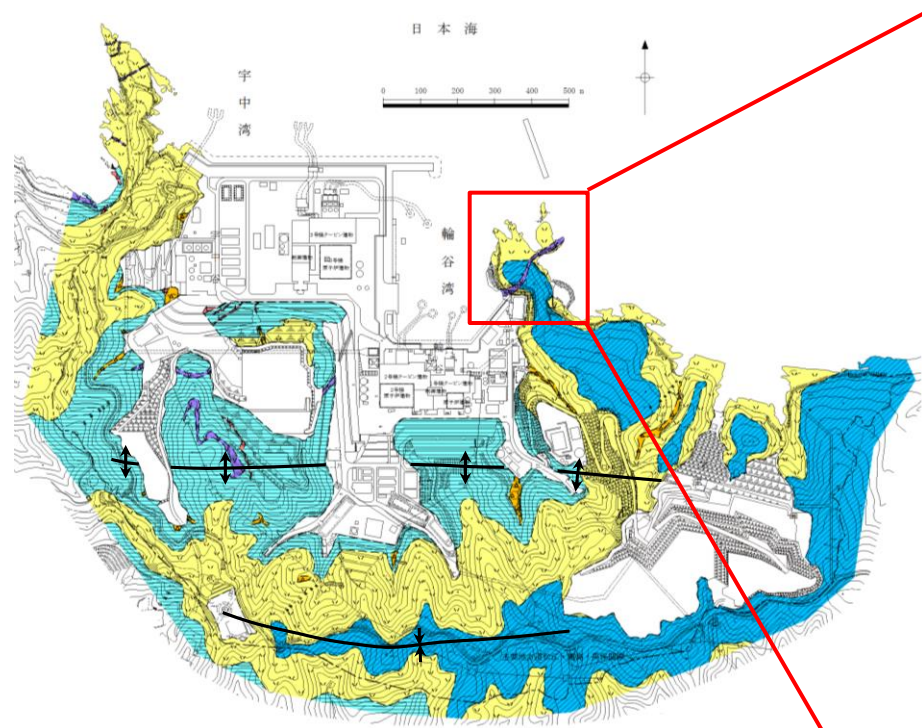


・鳥取県西部地震のメカニズム解によると、起震断層の走向は概ねNW-SE系である。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因

(参考) 1号放水口付近露頭 位置図

第318回審査会合 資料2 p.219 加筆・修正



凡例

地質時代	地層名	主要構成地質	
新第四紀	被覆層	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土
	崖錐堆積物		礫混り砂質土・礫混り粘性土
中生代	貫入岩類		安山岩
			ドレライト
	成相寺層	上部頁岩部層	黑色頁岩
		火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩
下部頁岩部層		黑色頁岩・凝灰質頁岩	

---	地質境界線
- - - -	敷地境界線
↕↕	背斜軸
↕↕	向斜軸
□	原子炉建物設置位置

出典: 国土地理院ホームページ(航空写真画像情報所在検索・案内システム)に一部加筆

・1号放水口付近の露頭には、NE-SW方向に貫入する安山岩の岩脈が認められる。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因

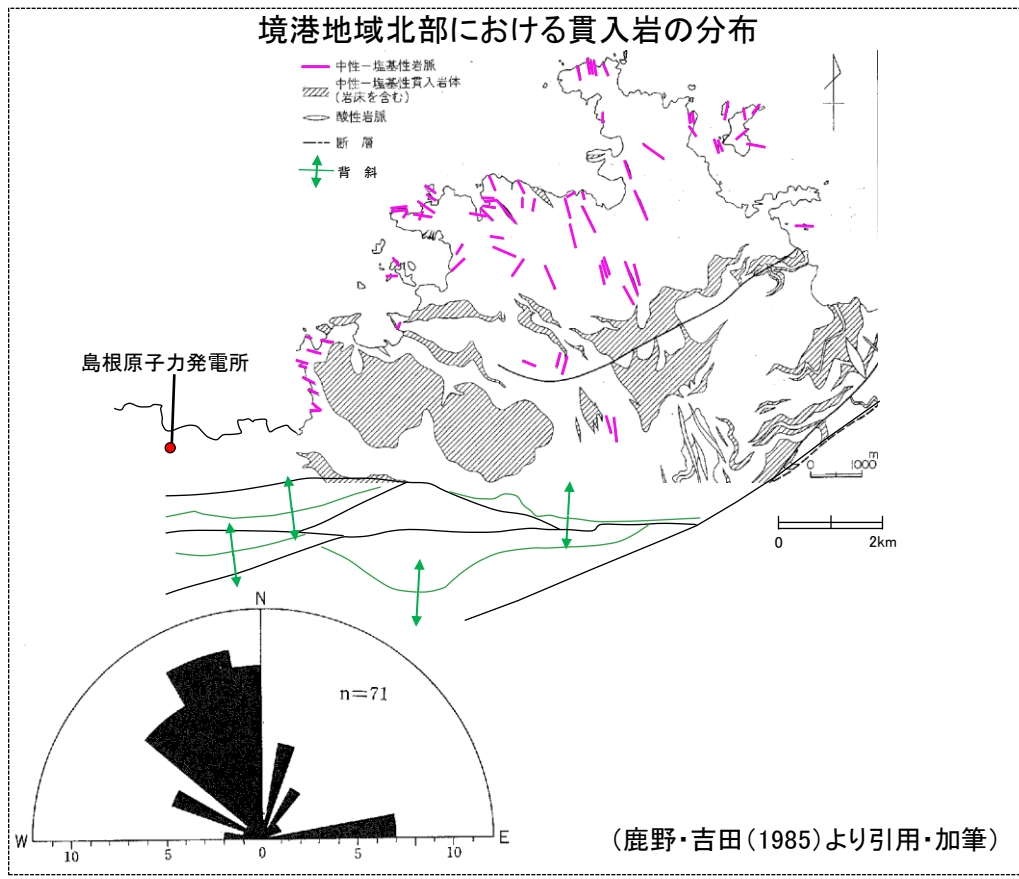
(参考) 文献調査結果(境港地域北部における貫入岩の分布)

松江地域の地質総括表

地時代	層序		主要岩相	火成活動	堆積環境	構造運動	放射年代及び化石群・群集	
	島根半島	宍道低地帯 中国山地北縁						
第四紀	完新世	三州、扇状地、花嫁層、砂州及び海岸砂丘堆積物及び中海岸(<50m)	砂、泥及び礫(泥炭を挟む)		内湾-潟湖と海岸平野		汽水-海生動物化石	
	後更新世	低位段丘堆積物	礫、砂及び泥		河川流域			
	更新世	差海層(<50m)	中位II段丘堆積物	泥、砂及び礫(泥炭及び火山灰を挟む)	アルカリ玄武岩	内湾-潟湖と海岸平野		汽水-海生動物化石
		中位I段丘堆積物	泥、礫及び砂	礫及び礫質泥		扇状地		
	大根島玄武岩	アルカリ玄武岩溶岩及びスコリア		火山活動	海岸平野			
	高位II段丘堆積物	礫、砂及び泥			湖と海岸平野			
	高位I段丘堆積物	礫、砂及び泥			湖と海岸平野			
	野呂玄武岩	アルカリ玄武岩溶岩		火山活動	内陸		1Ma(K-Ar)	
	和久羅山安山岩	角閃石含有安山岩溶岩		火山活動	海岸平野		5-6Ma(K-Ar)	
	第三紀	松江層<1100m	砂岩、シルト岩、アルカリ玄武岩-粗面安山岩溶岩・火砕岩など		アルカリ玄武岩系	内湾-潟湖		海・汽水動物化石 種化石 11-12Ma(K-Ar) N10-11*
古江層(450-900m)		布志名層(500m)	泥岩及びシルト岩	シルト岩、泥岩及び砂岩	内湾-潟湖			
牛切層(<300m)		大森層(<500m)	流紋岩凝灰岩凝灰質砂岩泥質頁岩	礫岩、砂岩、安山岩溶岩、デイサイト溶岩	浅海		N9*	
成相寺層(>1200m)		久利層(200-800m)	泥質岩、流紋岩溶岩、流紋岩火砕岩など	泥岩、流紋岩溶岩、流紋岩火砕岩など	浅海		N8-9* 15Ma (FT, K-Ar)	
川合層(0-400m)			デイサイト火砕岩、安山岩溶岩、火山岩屑堆積物、砂岩、礫岩など		浅海		20Ma(FT) 23-26Ma(FT) 台湾空植物群 淡水-汽水生具化石	
古浦層(>800m)(伏在)		波多層(<800m)	砂岩、礫岩、泥質岩、安山岩溶岩・火砕岩及び流紋岩火砕岩	火山岩屑堆積物、デイサイト火砕岩及び安山岩溶岩	浅海		36Ma(K-Ar) 36-53Ma(K-Ar)**	
白垩紀後期	下野花園岩		細粒黒雲母花崗岩		中国山地北縁			
	布部花崗岩 雙花崗岩		細-中粒黒雲母花崗岩		島根半島		54Ma(K-Ar) 43-60Ma(K-Ar)**	
	大東花園閃緑岩		中-粗粒黒雲母角閃石花園閃緑岩		島根半島		44-63Ma(K-Ar)**	
白垩紀後期	八雲火山岩類(>800m)		流紋岩・デイサイト火砕岩(主として溶結)及び流紋岩溶岩		内陸			
時代詳	上意東変成岩 島原変成岩		スカン及び角閃石ホルンフェルス(砂岩、泥岩及び礫岩起源)		浅海			

*: Blow(1969)の浮遊性有孔化石群 K-Ar: K-Ar年代 FT: フィンシントラック年代 **: 対比可能な周辺地域の貫入岩体の年代を含む。

鹿野ほか(1994)に一部加筆

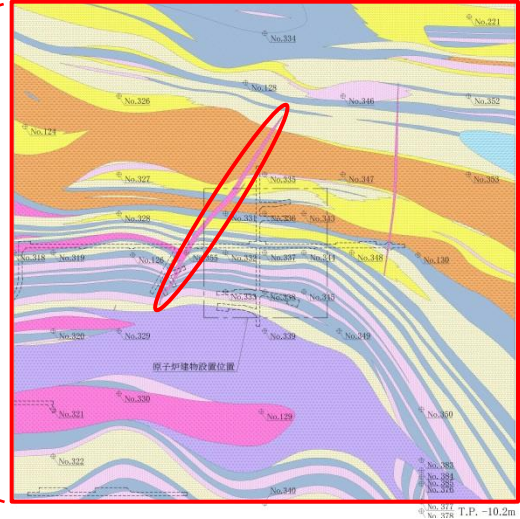
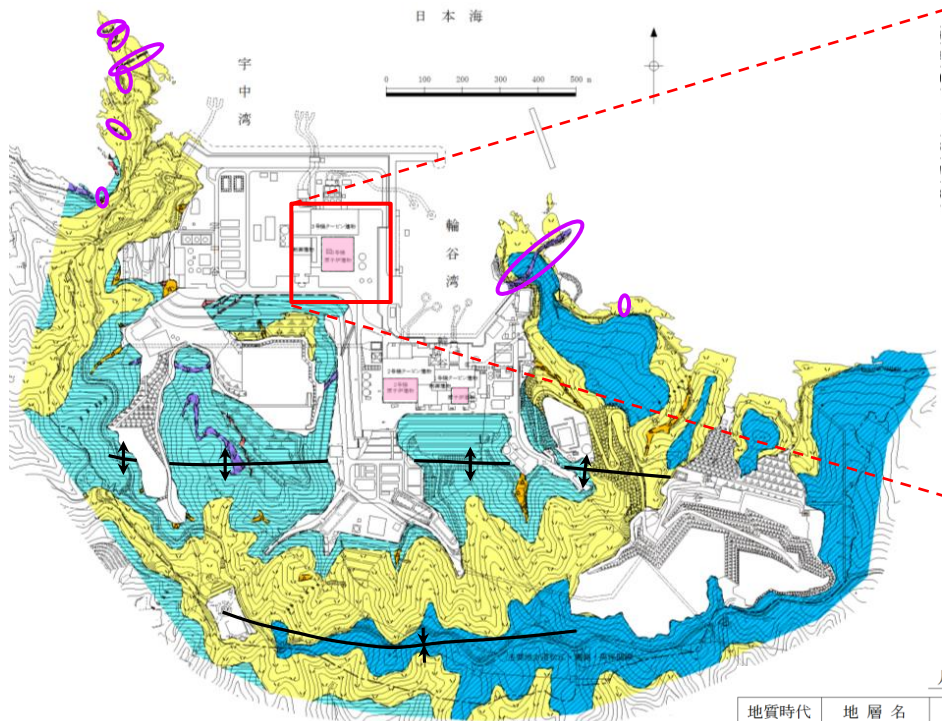


(鹿野・吉田(1985)より引用・加筆)

- 鹿野・吉田(1985)⁽³⁾によると、牛切層～高洪山層(松江層相当)堆積時期に貫入した塩基性～中性の岩脈の走向は、N-S系からNNW-SSE系とされている。
- 小林(1979)⁽⁴⁾及び狩野・村田(1998)によると、岩脈の走向は、広域応力の最大水平圧縮成分(σ_{Hmax})を投影した方向になるとされている。
- 小林(1979)によると、島根半島北部の岩脈群(鹿野・吉田(1985)の岩脈群と対応)の卓越方位がほぼN-S方向であることから判断して、牛切層堆積期の岩脈形成時期に、島根半島には、 σ_{Hmax} 軸がN-S方向であるテクトニック応力場が存在したと推定されるとしている。

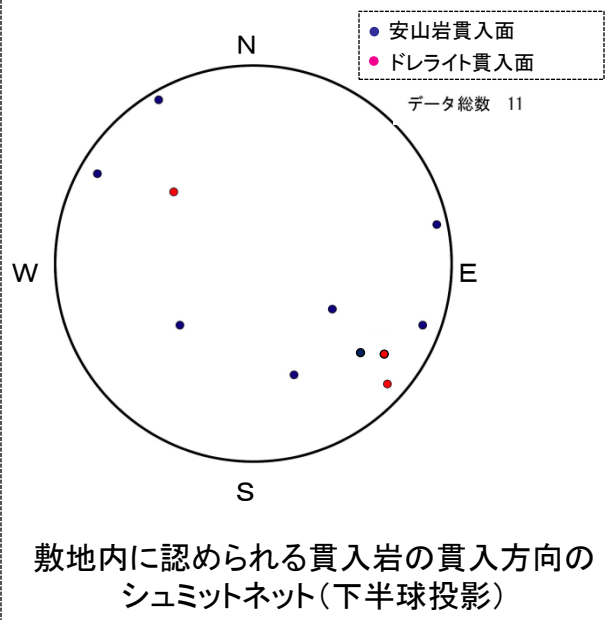
2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因

(参考) 試掘坑調査結果等(1) (敷地内の岩脈の貫入方向)



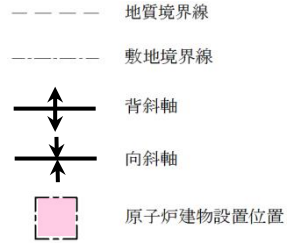
凡例

地質時代	地層名	主要構成地質	
第四紀 完新世	被覆層	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土
	崖堆積物	礫混り砂質土・礫混り粘性土	▲ ▲ ▲
新第三紀 中新世	貫入岩類	安山岩	▼ ▼ ▼
		ドレライト	▲ ▲ ▲
	上部頁岩部層	黑色頁岩	■ ■ ■
	成相寺層	火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩
下部頁岩部層	黑色頁岩・凝灰質頁岩	■ ■ ■	



○ シュミットネットで整理したドレライト (1岩体3箇所て走向・傾斜を調査)

○ シュミットネットで整理した安山岩 (8岩体8箇所て走向・傾斜を調査)

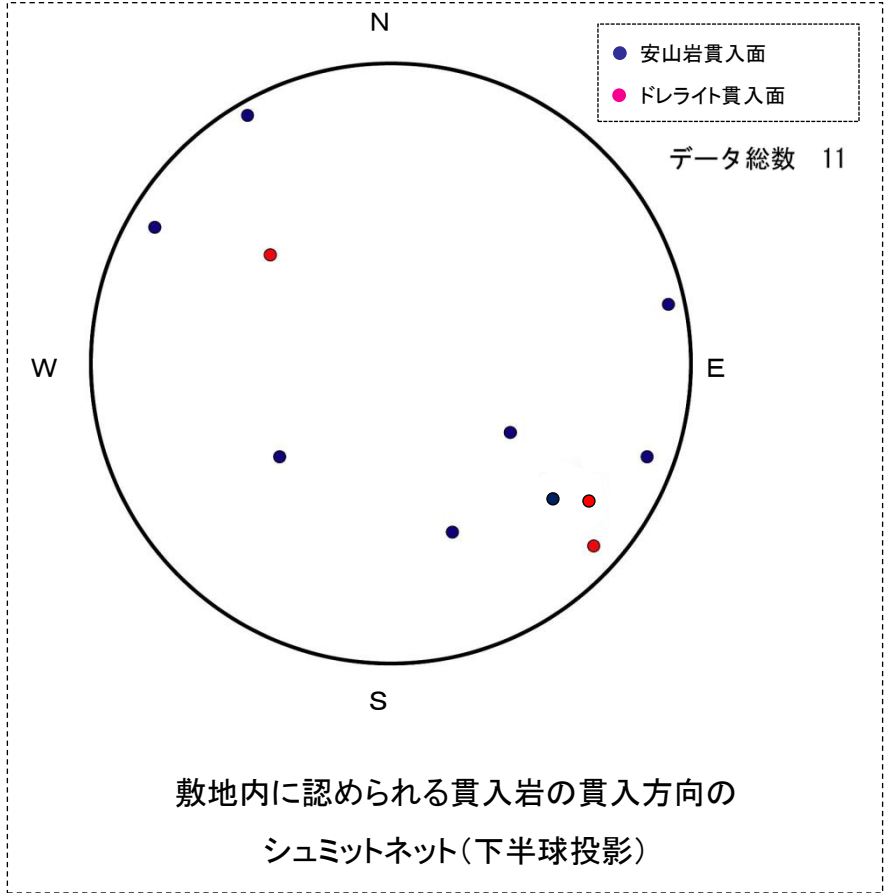
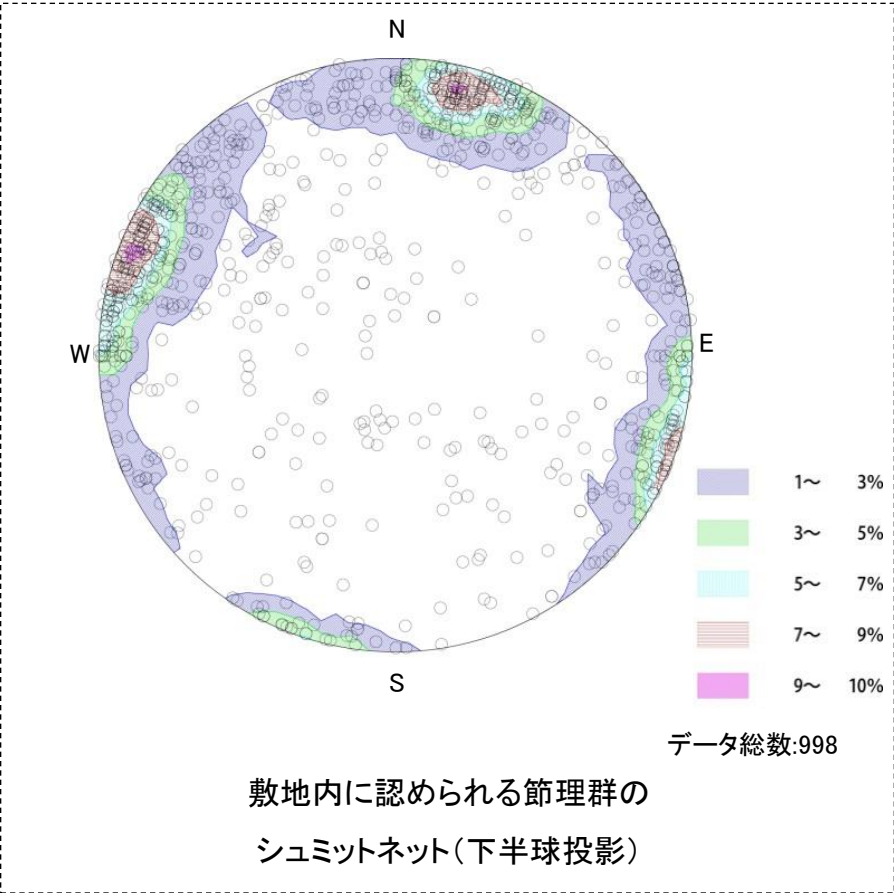


・敷地内における試掘坑調査及び地表地質踏査の結果、ドレライト及び安山岩の貫入方向は概ねNNE-SSW系である。

・敷地内において認められるドレライト及び安山岩の貫入年代は、K-Ar年代測定法により、約14Maである。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (1)敷地及び海岸露頭で認められるNW-SE系節理の成因

(参考) 試掘坑調査結果等(2) (敷地内の岩脈の成因)



・敷地内に認められるドレライト及び安山岩の貫入方向は、敷地内に認められる高角節理群に概ね調和的である。

まとめ

<露頭調査及び3号炉試掘坑調査結果(敷地内における節理の状況)>

- ・敷地内には褶曲軸に概ね平行方向及び直交方向の高角節理が発達する。

<節理の成因(文献調査結果)>

- ・褶曲帯を構成する地層中には地層面と直交した節理系(高角節理)が広く発達する。
- ・これらの高角節理は、褶曲との関係で縦走節理、横断節理に区分され、いずれも褶曲運動に規制されつつ、最終的に地表面付近に至った低封圧下で生じた伸長節理と考えられる。

以上のことから、敷地内に認められる高角節理群は、新第三紀中新世の褶曲運動に伴い、褶曲軸に対して平行方向及び直行方向に発達したものであると考えられる。

余白

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査 位置図



敷地近傍の航空写真

(出典:国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在検索・案内システムに一部加筆, 平成21年撮影)

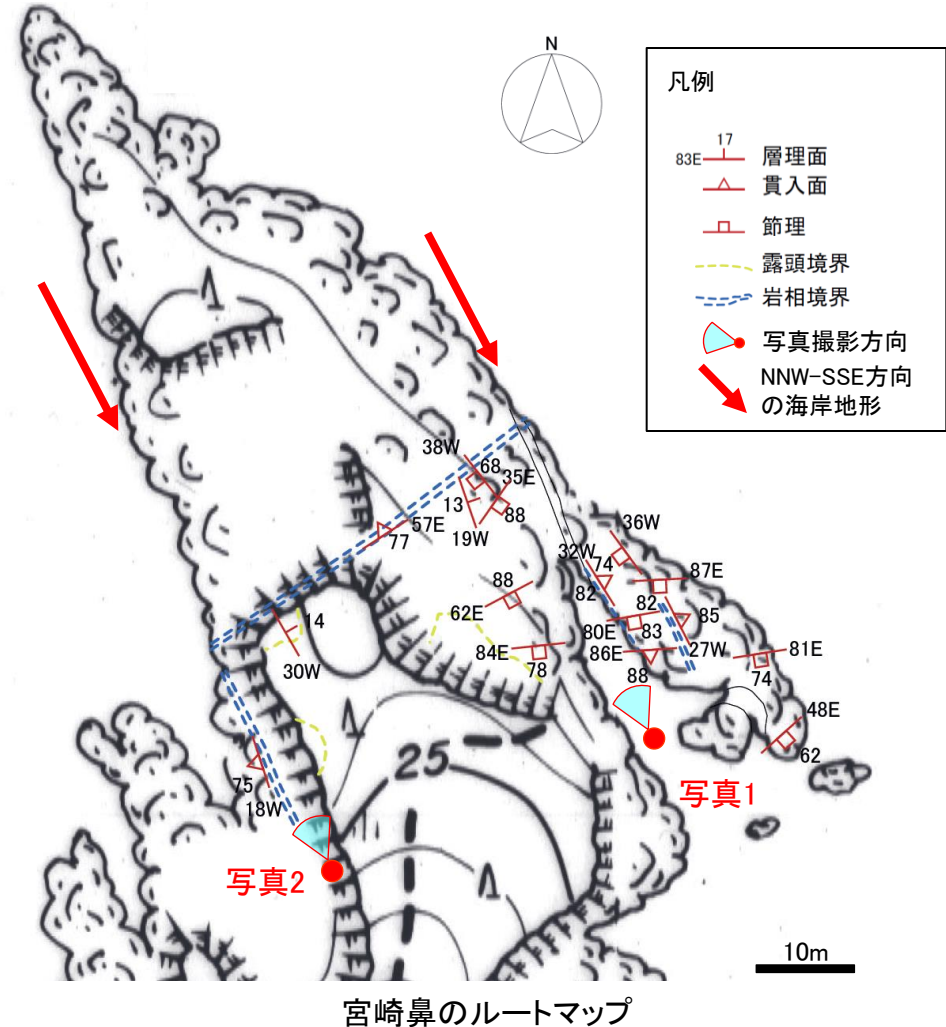
・敷地近傍の空中写真判読の結果, NNW-SSE方向の海岸地形が複数認められることから, その成因を検討するため, 新たに地表地質踏査を実施した。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果 敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形①)



宮崎鼻の航空写真

(出典:国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在検索・案内システムに一部加筆, 平成21年撮影)



宮崎鼻のルートマップ

・宮崎鼻東岸及び西岸では、NNW-SSE系の海岸地形①が認められる。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形①)



写真1 宮崎鼻東岸より北北西を望む



写真2 宮崎鼻西岸より北北西を望む



写真2-1 宮崎鼻西岸岩壁

- ・宮崎鼻東岸では、NNW-SSE系の節理及び貫入岩が確認される。
- ・宮崎鼻西岸では、NNW-SSE方向の火砕岩の岩壁に付着する貫入岩が確認される。
- ・宮崎鼻東岸及び西岸では、海岸地形①に対応する断層等は確認されない。

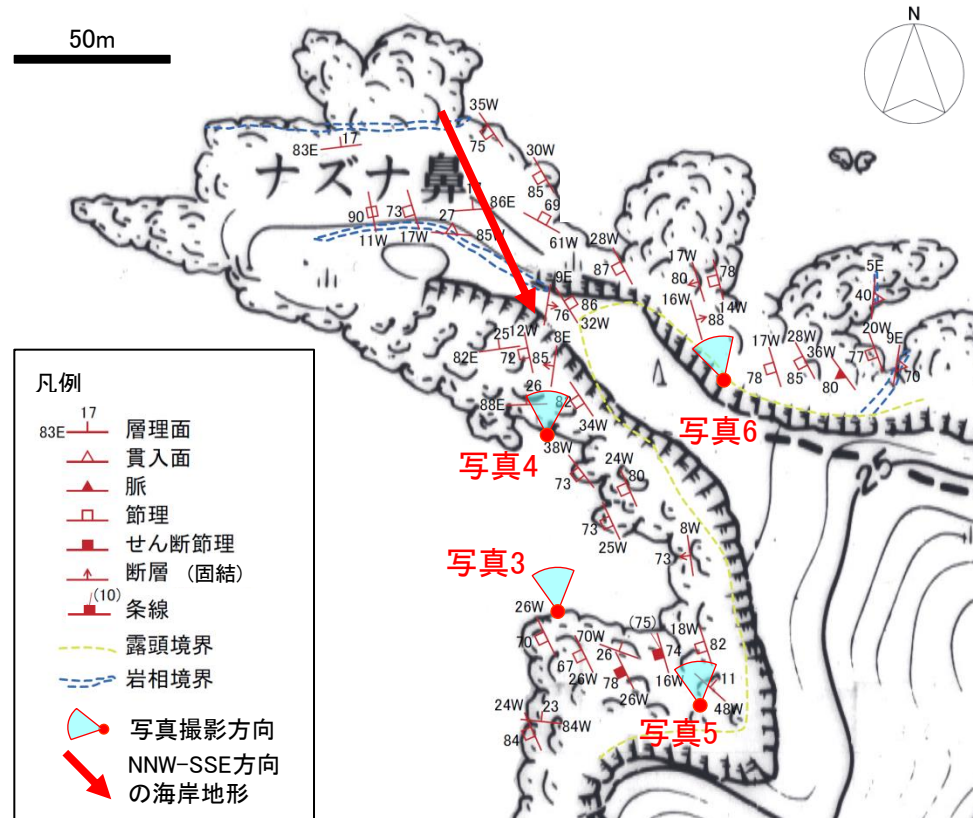
以上のことから、海岸地形①は、NNW-SSE系の節理沿いに貫入した貫入岩が差別浸食を受け、岩盤が崩落して形成されたと考えられる。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果
敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形②)



ナズナ鼻の航空写真

(出典: 国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在検索・案内システムに一部加筆, 平成21年撮影)



ナズナ鼻のルートマップ

・ナズナ鼻西岸では, NNW-SSE系の海岸地形②が認められる。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形②)

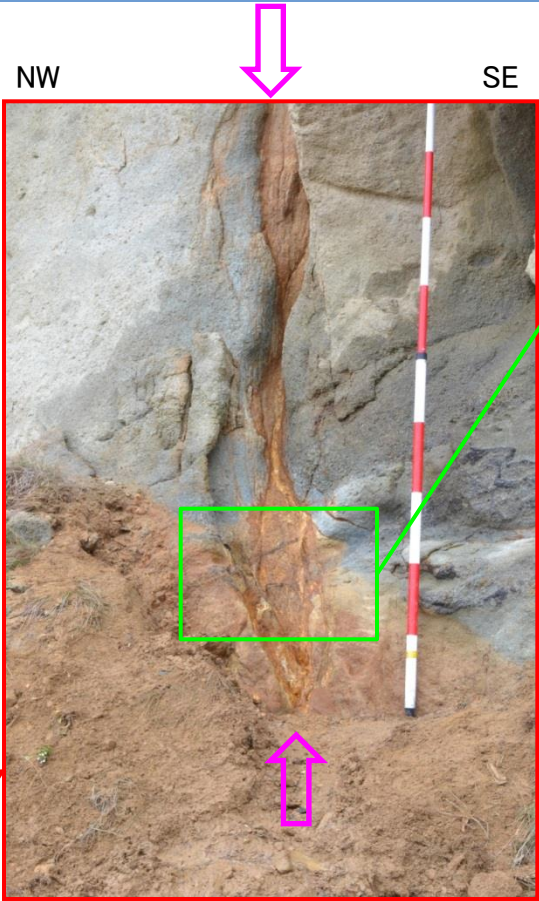
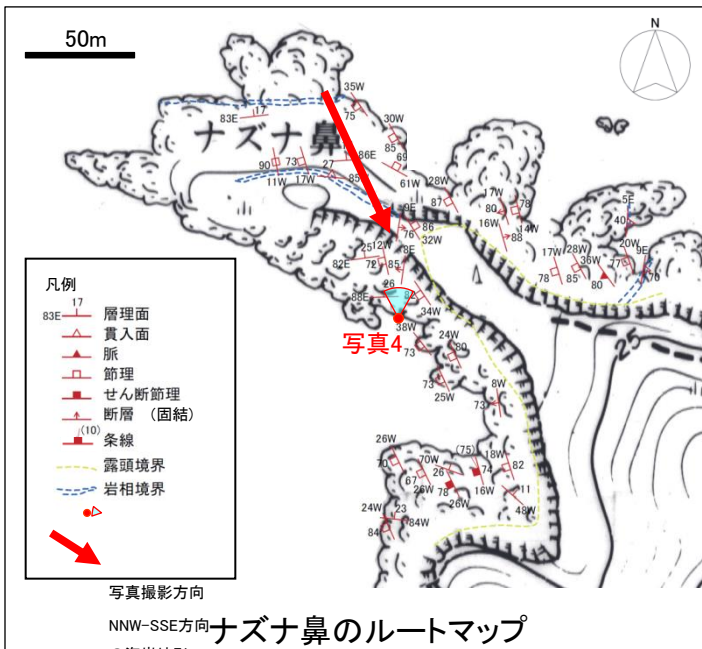


写真3 ナズナ鼻西岸を望む

- ・ナズナ鼻西岸では、NNW-SSE系の節理が卓越しており、節理沿いに褐色風化の進んだ火砕岩の露頭が認められる。
- ・海岸地形②に対応する断層等は確認されない。

以上のことから、海岸地形②は、NNW-SSE系の節理沿いに火砕岩の褐色風化が進み、不安定になった岩盤の崩落によって形成されたと考えられる。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形②)



・ナズナ鼻半島を横断する位置で断層が確認できる。主たる断層面の走向傾斜はN8E, 85Wであるが、細かく湾曲した形状をなす。断層部は固結しており、軟弱な粘土等は認められない。

・断層は岩相の対比から、変位は見かけ西側が約10cm低下している。層理面のずれから、左ずれであると考えられる。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果
敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形②)

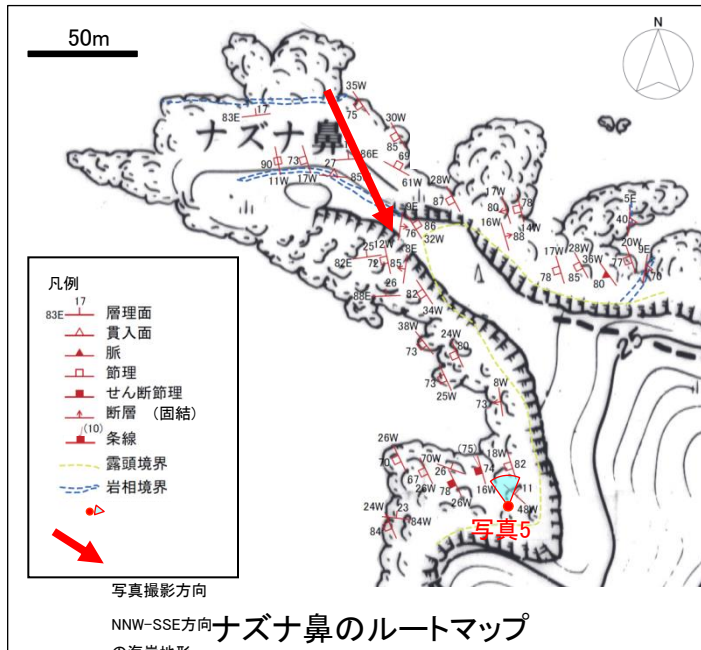


写真5 ナズナ鼻西岸を望む



写真5-1 断層(固結)部



写真5-2 断層(固結)部近接写真(1)



写真5-3 断層(固結)部近接写真(2)

- ・ナズナ鼻半島の基部に位置する。主たる断層面の走向傾斜はN8W, 73Wであるが、層境界で姿勢を変えている。断層面部は固結しており、軟弱な粘土等は認められない。
- ・断層による変位は層理面の対比から、西側が見かけ約5cm低下している。層理面のずれから、左ずれであると考えられる。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形②)

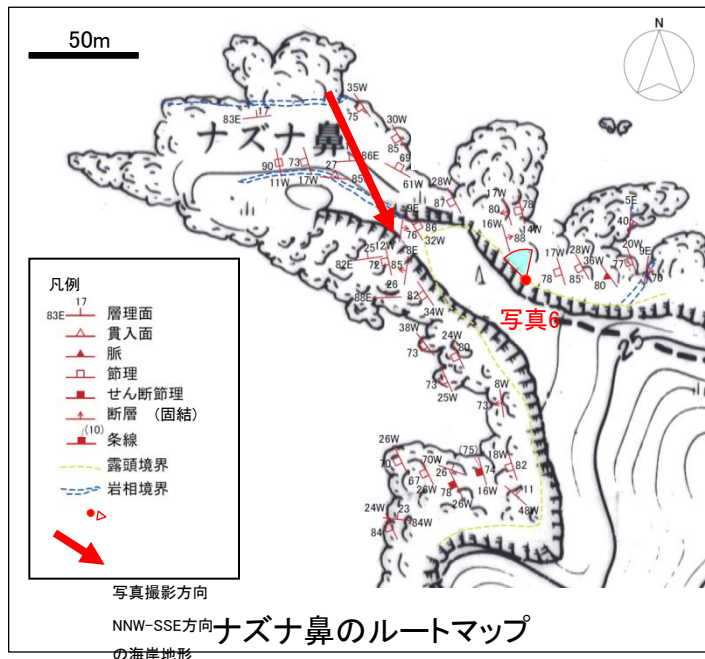


写真6 ナズナ鼻東岸 断層(固結)部



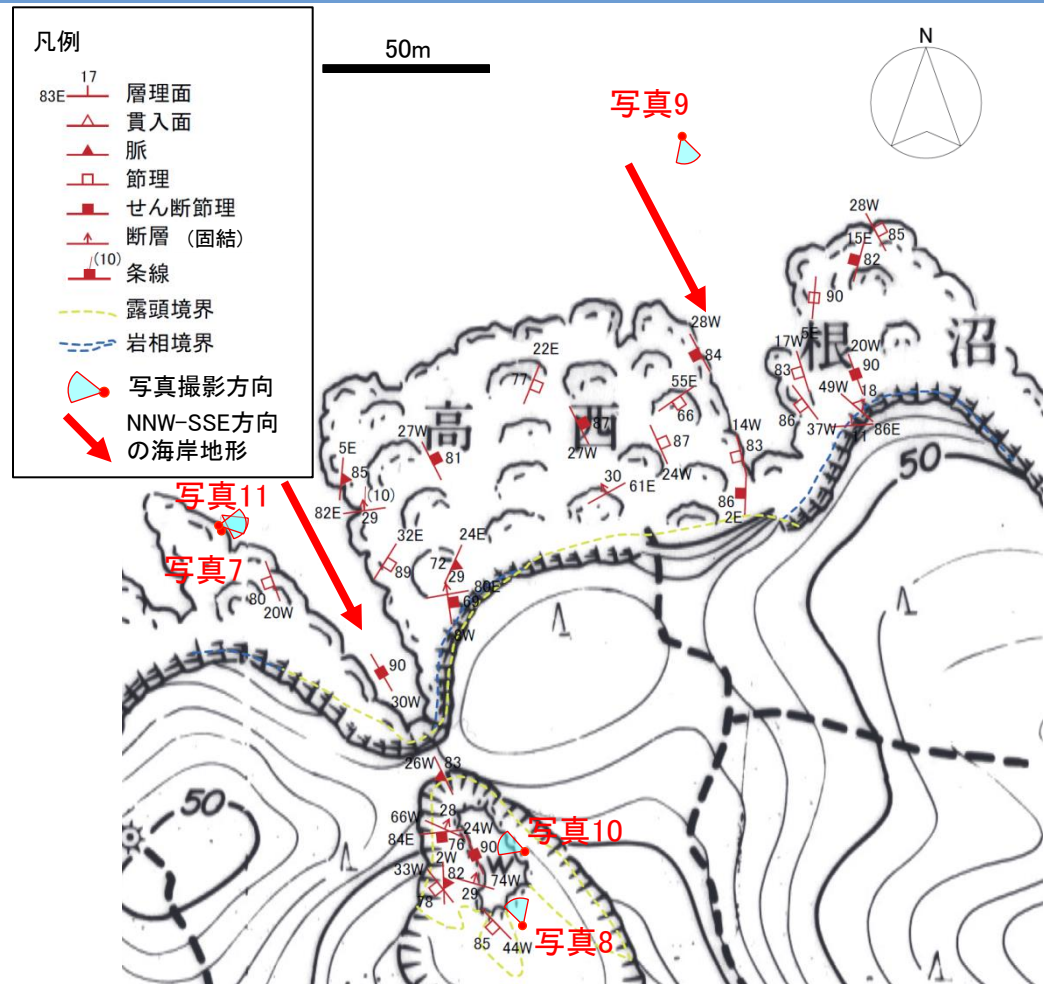
写真6-1 ナズナ鼻東岸
断層(固結)部近接写真

- ・ナズナ鼻半島の基部に位置する。主たる断層面の走向傾斜はN17W, 80Wで、断層沿いにせん断割れ目が発達する。条線は未確認。
- ・断層は層理面の対比から、見かけ西側が約5cm低下している。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果 敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形③)



手結海岸露頭の航空写真



手結海岸露頭のルートマップ

(出典: 国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在
検索・案内システムに一部加筆, 平成21年撮影)

・手結海岸露頭では, NNW-SSE系の海岸地形が認められる。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果 敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形③)



写真7-1 NNW-SSE系のせん断節理

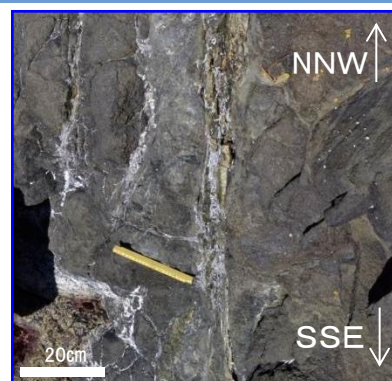


写真8-1 せん断節理
N26W83W, 固結

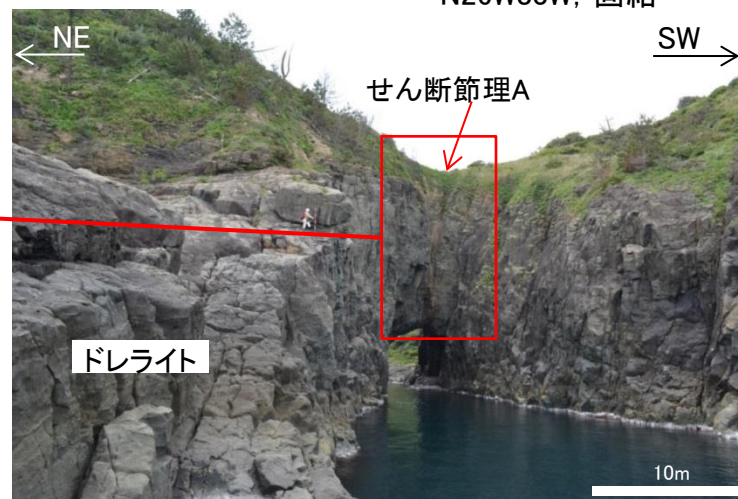


写真7 海側より南を望む 海食洞北側

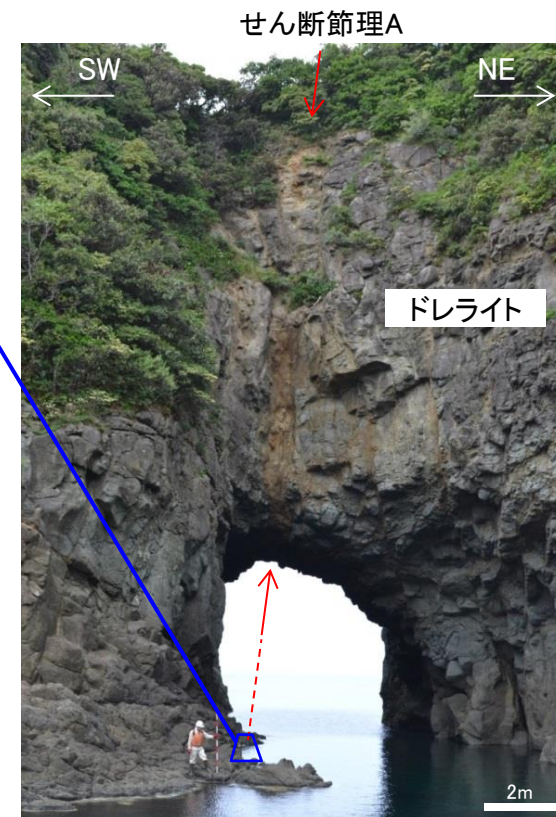


写真8 陸側より北を望む
海食洞南側のせん断節理

- ・ドレライトにはNNW-SSE系の節理が卓越しており、節理沿いに白色脈が多く認められる。NNW-SSE系の海岸地形及び海食洞が認められ、海食洞上部はせん断節理沿いに褐色化した部分を伴う。
- ・せん断節理Aは固結しており、白色脈が多く認められる。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果 敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形③)



写真9 海側より南を望む



写真9-1 せん断節理E

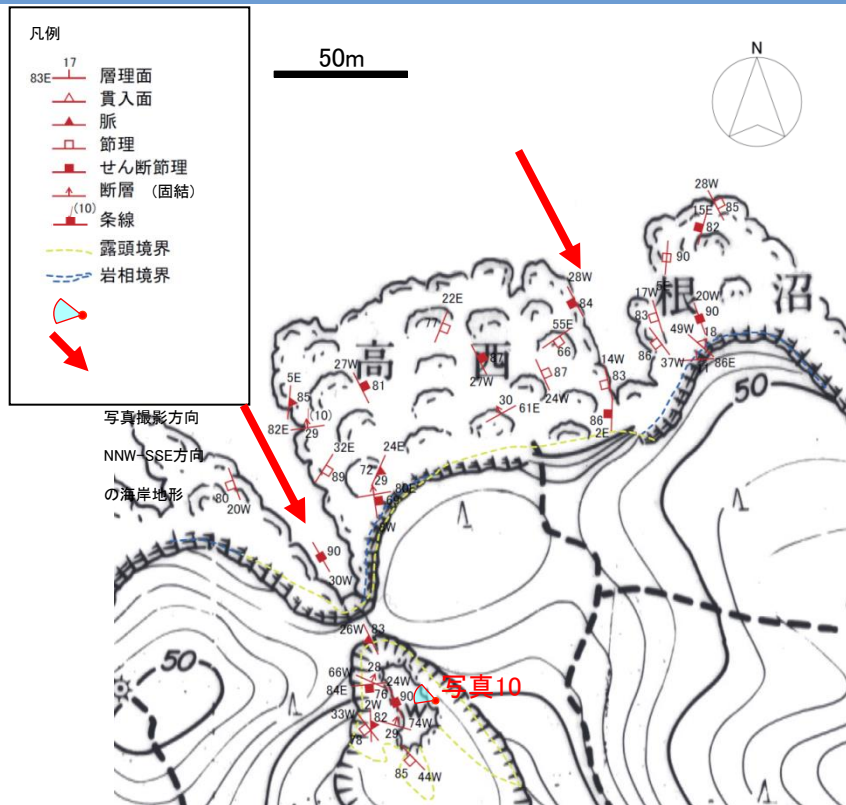


写真9-2 せん断節理E
N28W84W, 固結

- ・ドレライトにはNNW-SSE系の節理が卓越しており、同系統の狭小な入江が3列がある。入江の奥部にはNNW-SSE系の高角度のせん断節理B～Dが認められる。
- ・せん断節理B～Dの延長上の成相寺層の基底には高度差は認められない。
- ・入江の高角度せん断節理と同系統のせん断節理Eが認められる。せん断節理Eは固結している。

以上のことから、海岸地形③は、NNW-SSE系のせん断節理が差別浸食を受け、岩盤が崩落して形成されたと考えられる。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形③)



手結海岸露頭のルートマップ



写真10 入り江内側の断層



写真10-1 入り江内側の断層近接写真
上盤がずり上がっているように見える

- ・手結海岸露頭の北岸の入江内側に位置する。断層面の走向傾斜 N66W, 28Nと低角度の断層で、断層部は固結しており、軟弱な粘土等は認められない。
- ・断層による変位はせん断節理の対比から、上盤側が見かけ約20cmずり上がっている。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形③)

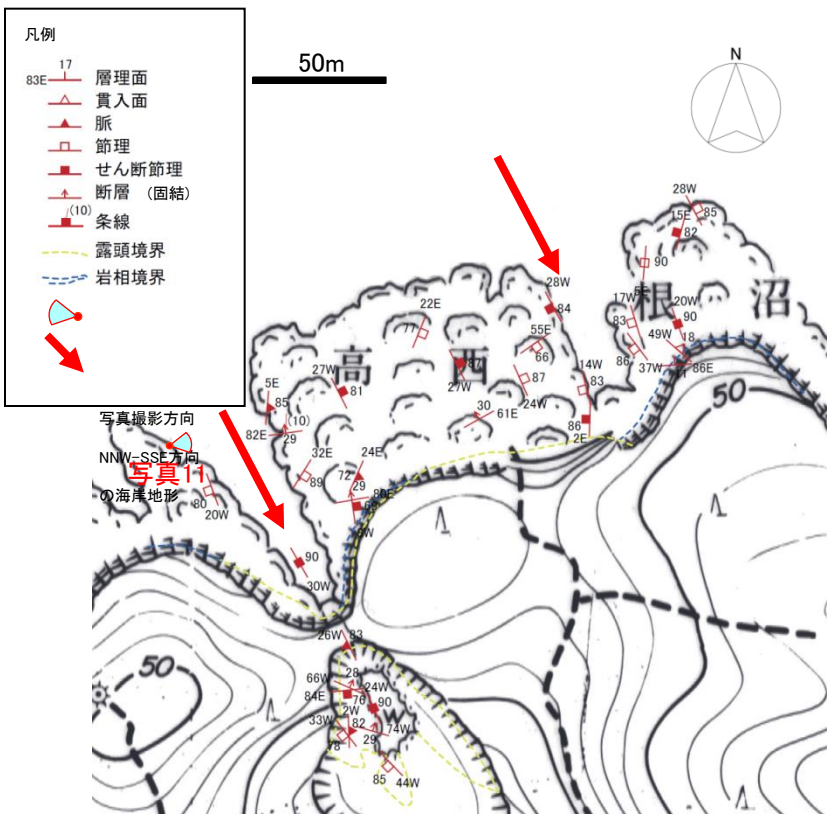


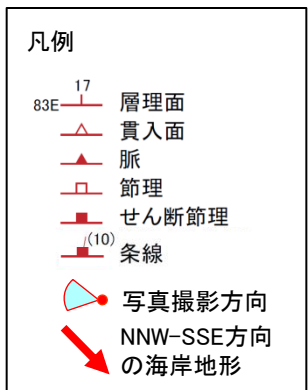
写真11 北岸東側の断層
西側には連続していない



写真11-2 断層(すべり面)近接写真

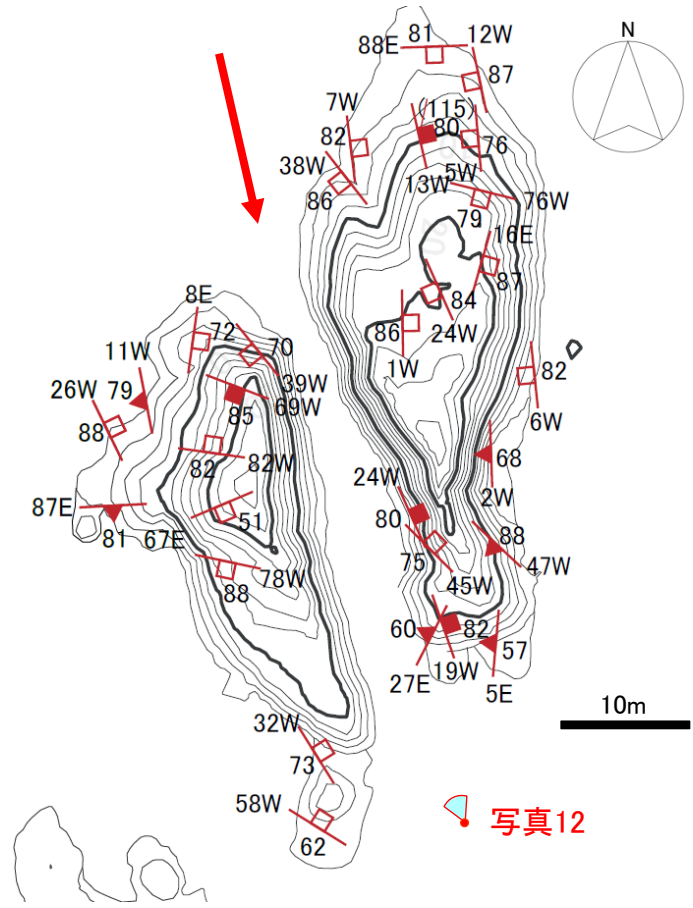
・手結海岸露頭の北岸に位置する。断層面の走向傾斜 N82E, 29Nと低角度の断層で、断層部は固結しており、軟弱な粘土等は認められない。
・ドレライト内部の構造であり、明確な変位マーカがないため、変位量は不明である。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (2)敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果 敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形④)



割石島の航空写真

(出典: 国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在
検索・案内システムに一部加筆, 平成21年撮影)



割石島のルートマップ

- ・割石島では, NNW-SSE系の海岸地形④が認められる。
- ・大局的には, 南北方向と東西方向の節理が卓越する。

敷地近傍の海岸地形の地表地質踏査結果(海岸地形④)

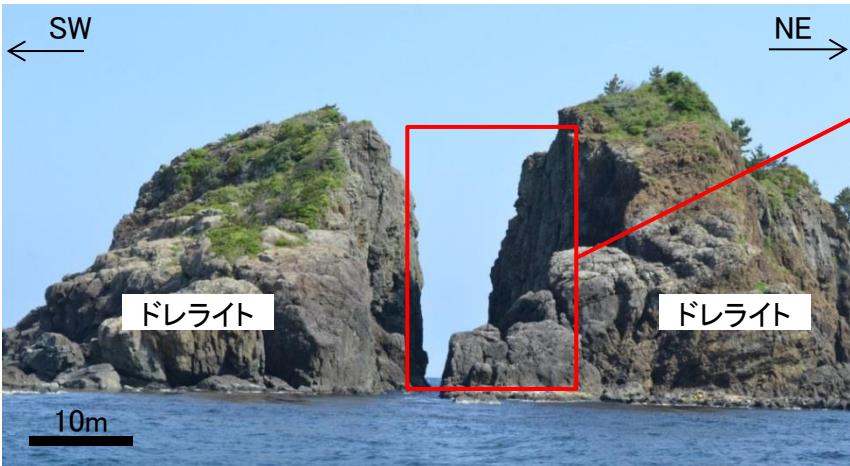


写真12 割石島 陸側より北を望む

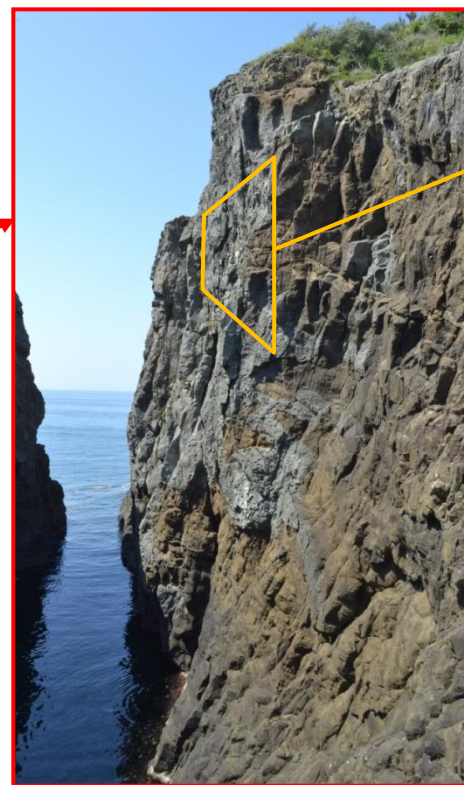


写真12-1 割石島東側岩壁
水路と平行な節理面



写真12-2 割石島東側岩壁
白色脈の溶脱状況

- ・割石島全体にドレライトが分布しており、その中心にはNNW-SSE系の水路が発達している。
- ・水路の岩壁には白色脈がパッチ状に付着している。
- ・割石島には、断層、破碎帯等の構造は確認されない。

以上のことから、海岸地形④は、NNW-SSE系の節理沿いに白色脈が形成され、その後溶脱し、不安定になった岩盤が崩落して形成されたと考えられる。

(参考)敷地近傍の海岸地形の等高線図(海岸地形①)



宮崎鼻の航空写真

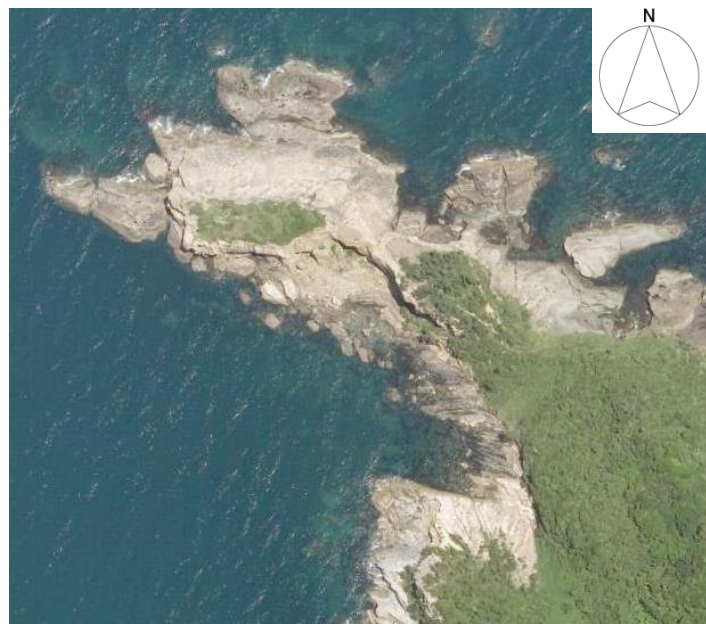
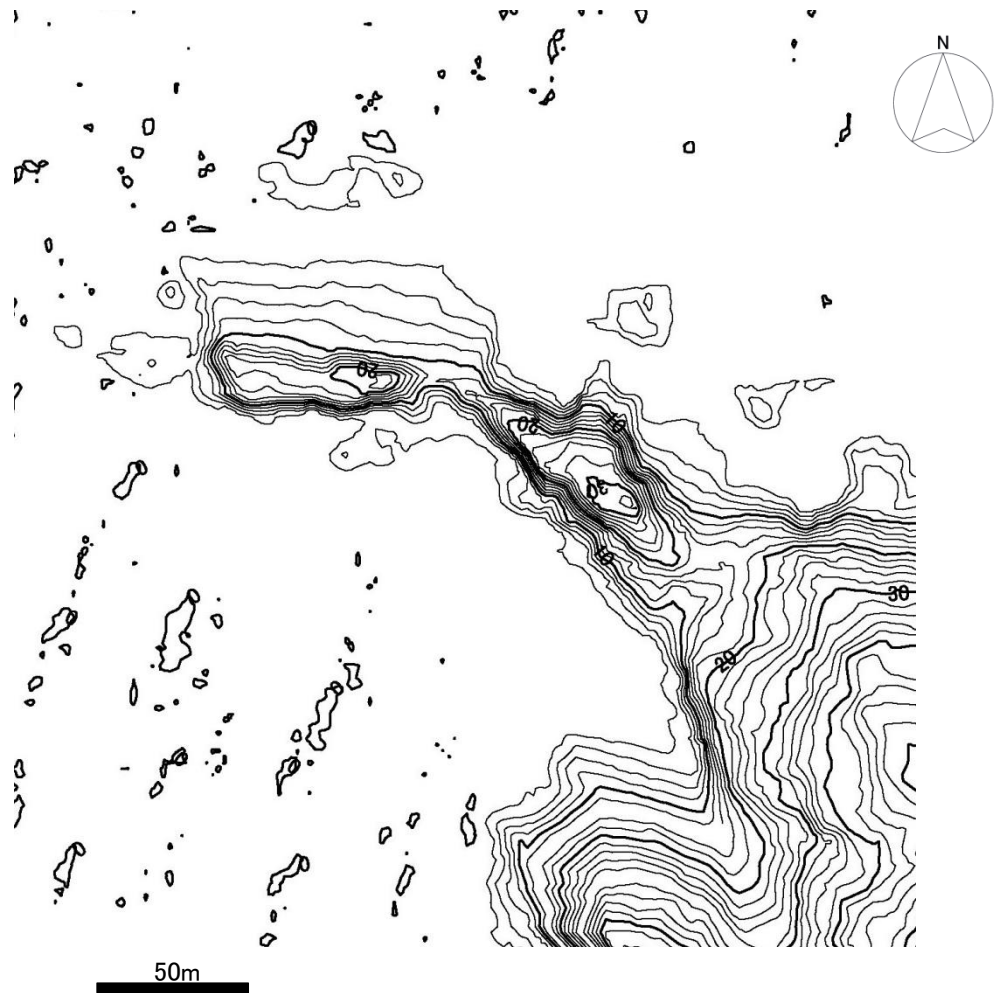
(出典:国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在検索・案内システムに一部加筆,平成21年撮影)



宮崎鼻の等高線図(DEM:2mコンター)

・海岸はゆるやかに傾斜しており,断層活動を示唆するような地形は認められない。

(参考)敷地近傍の海岸地形の等高線図(海岸地形②)



ナズナ鼻の航空写真

ナズナ鼻の等高線図(DEM:2mコンター)

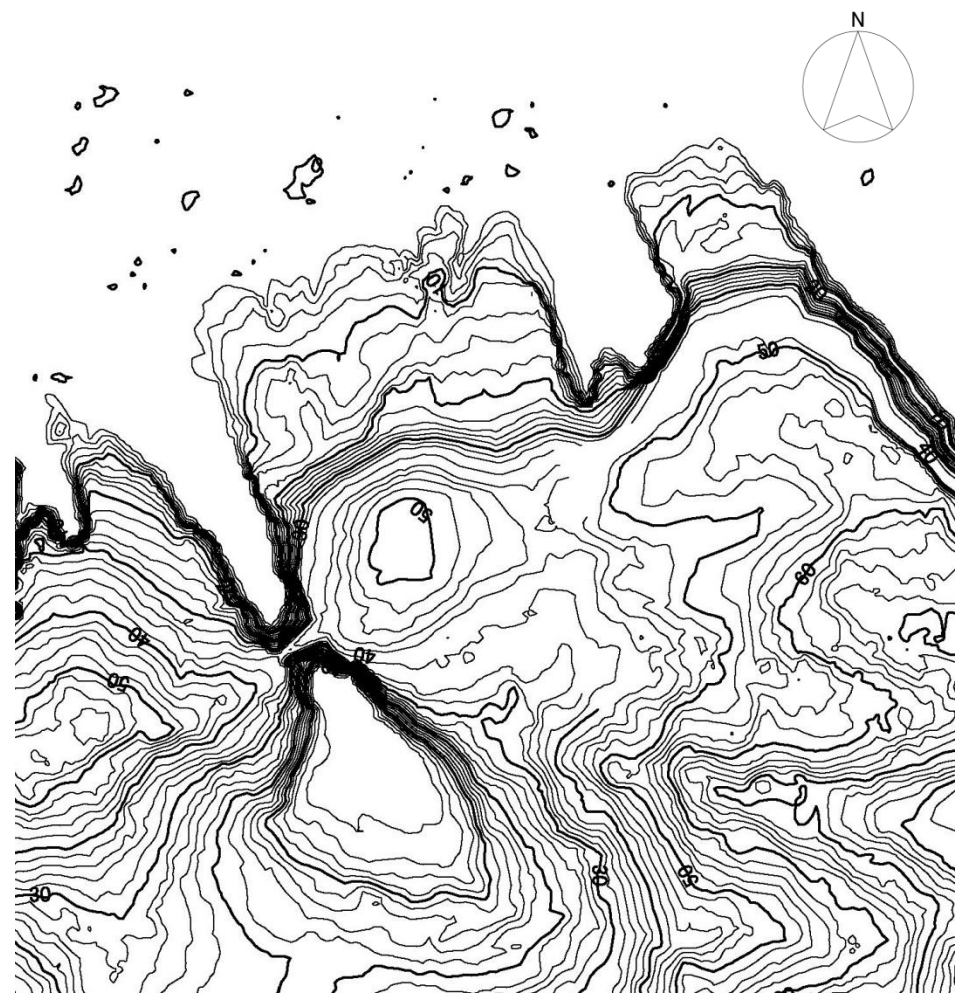
(出典: 国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在検索・案内システムに一部加筆, 平成21年撮影)

・海岸はゆるやかに傾斜しており, 断層活動を示唆するような地形は認められない。

(参考)敷地近傍の海岸地形の等高線図(海岸地形③)



手結海岸露頭の航空写真



手結の等高線図(DEM:2mコンター)

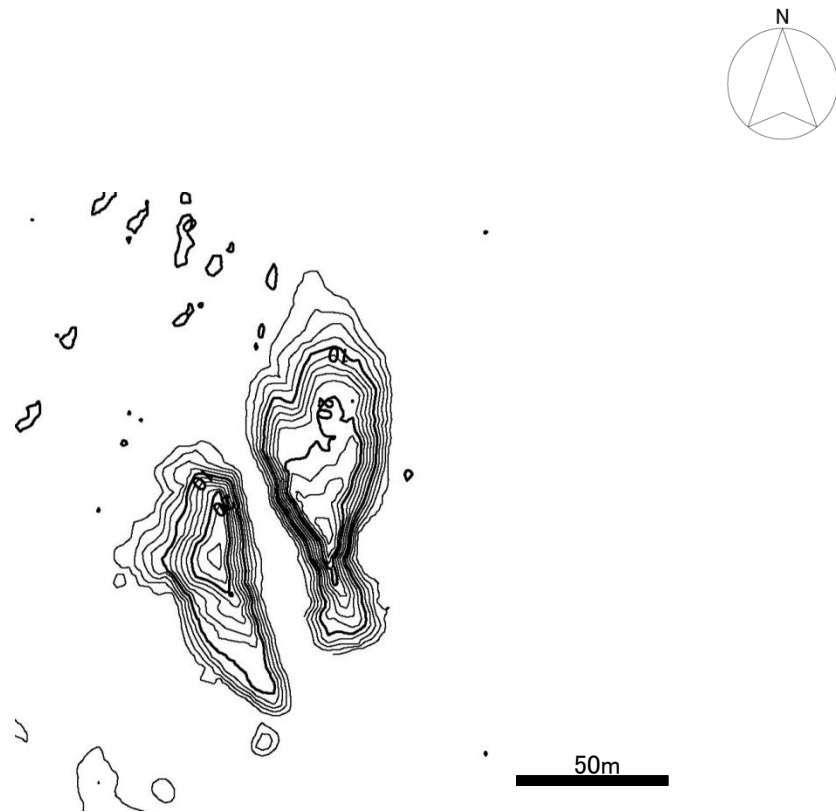
(出典:国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在
検索・案内システムに一部加筆,平成21年撮影)

・海岸はゆるやかに傾斜しており,断層活動を示唆するような地形は認められない。

(参考)敷地近傍の海岸地形の等高線図(海岸地形④)



割石島の航空写真



割石島の等高線図(DEM:2mコンター)

(出典:国土地理院ホームページ 航空写真画像情報所在
検索・案内システムに一部加筆,平成21年撮影)

・海岸はゆるやかに傾斜しており,断層活動を示唆するような地形は認められない。

まとめ

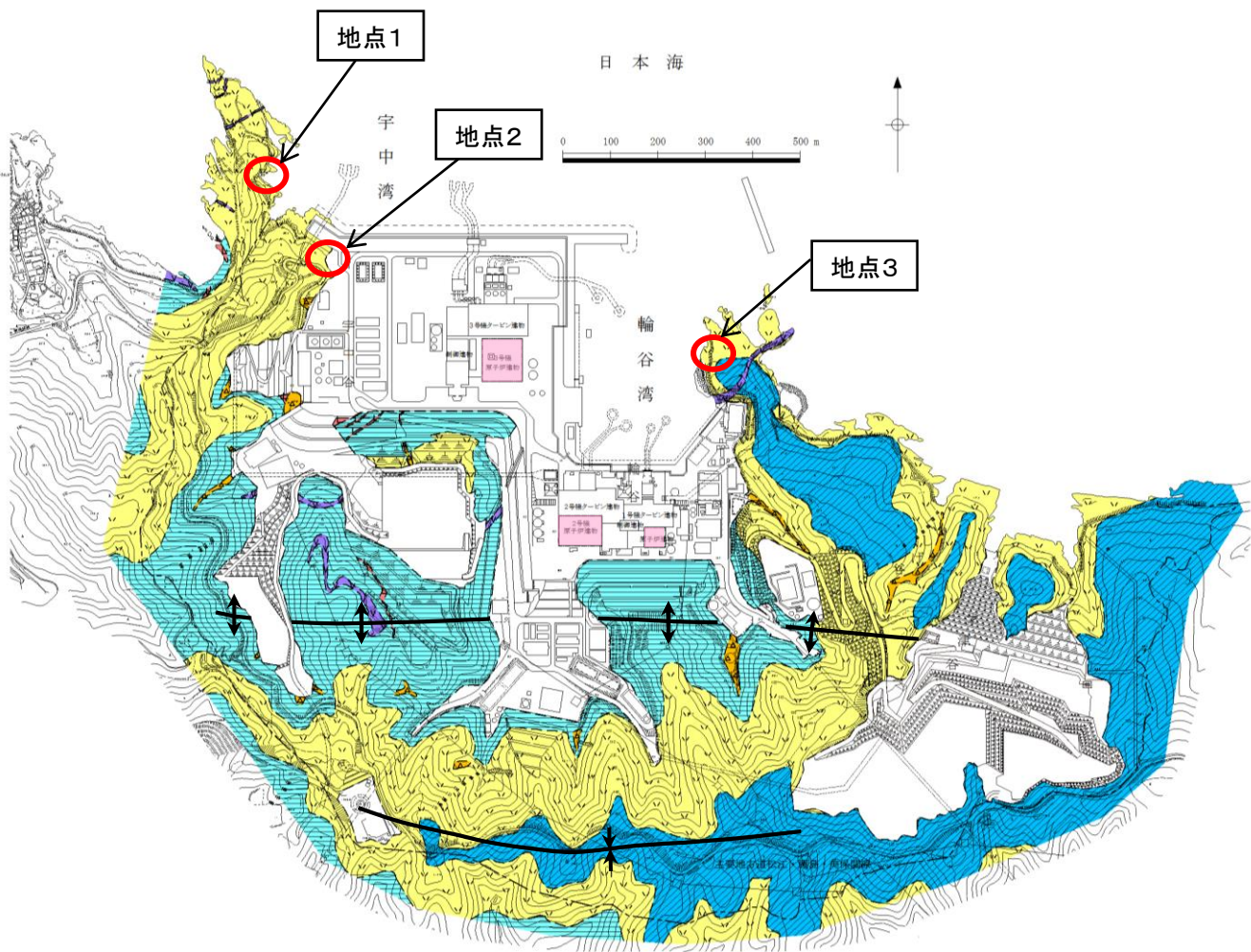
<海岸地形の地表地質踏査結果>

- ・海岸地形①は, NNW-SSE系の節理沿いに貫入した貫入岩が差別浸食を受け, 岩盤が崩落して形成されたと考えられる。
- ・海岸地形②は, NNW-SSE系の節理沿いに火砕岩の褐色風化が進み, 不安定になった岩盤の崩落によって形成されたと考えられる。
- ・海岸地形③は, NNW-SSE系のせん断節理が差別浸食を受け, 岩盤が崩落して形成されたと考えられる。
- ・海岸地形④は, NNW-SSE系の節理沿いに白色脈が形成され, その後溶脱し, 不安定になった岩盤が崩落して形成されたと考えられる。

以上のことから, これらの海岸地形は, 節理沿いの差別浸食等によるものであり, いずれの地形も後期更新世以降の断層活動を示唆するものではないと考えられる。

余白

スランプ褶曲確認露頭位置図



凡 例

地質時代	地層名	主要構成地質	
第四紀 完新世	被覆層	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土
	崖錐堆積物		礫混り砂質土・礫混り粘性土
新生代 中新世	貫入岩類		安山岩
			ドレライト
	成相寺層	上部頁岩部層	黑色頁岩
	火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩	
	下部頁岩部層	黑色頁岩・凝灰質頁岩	

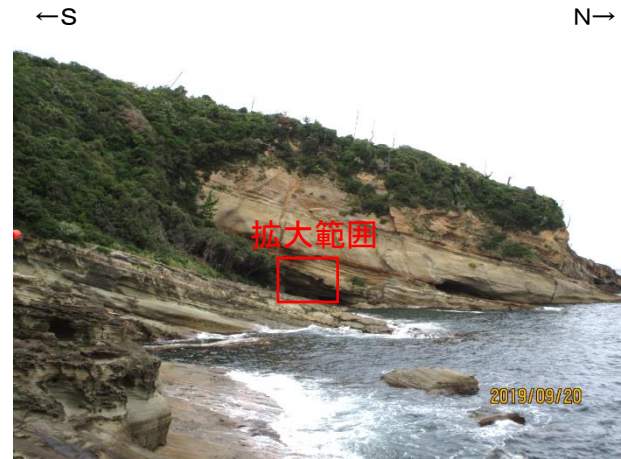
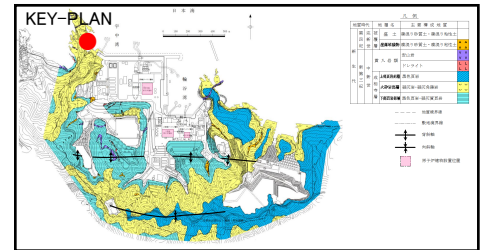
- 地質境界線
- 敷地境界線
- ↑↓ 背斜軸
- ↑↓ 向斜軸
- 原子炉建物設置位置
- :スランプ褶曲確認露頭

露頭で確認されたスランプ褶曲は、凝灰岩及び凝灰角礫岩を主体とする火砕岩部層中に認められる。

スランプ褶曲の露頭状況(地点1)



海岸露頭写真(2019年10月9日撮影)



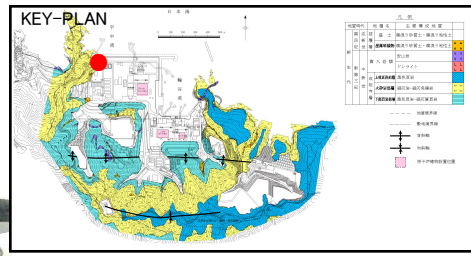
海岸露頭全景(2019年9月20日撮影)

スランプ褶曲が認められる範囲

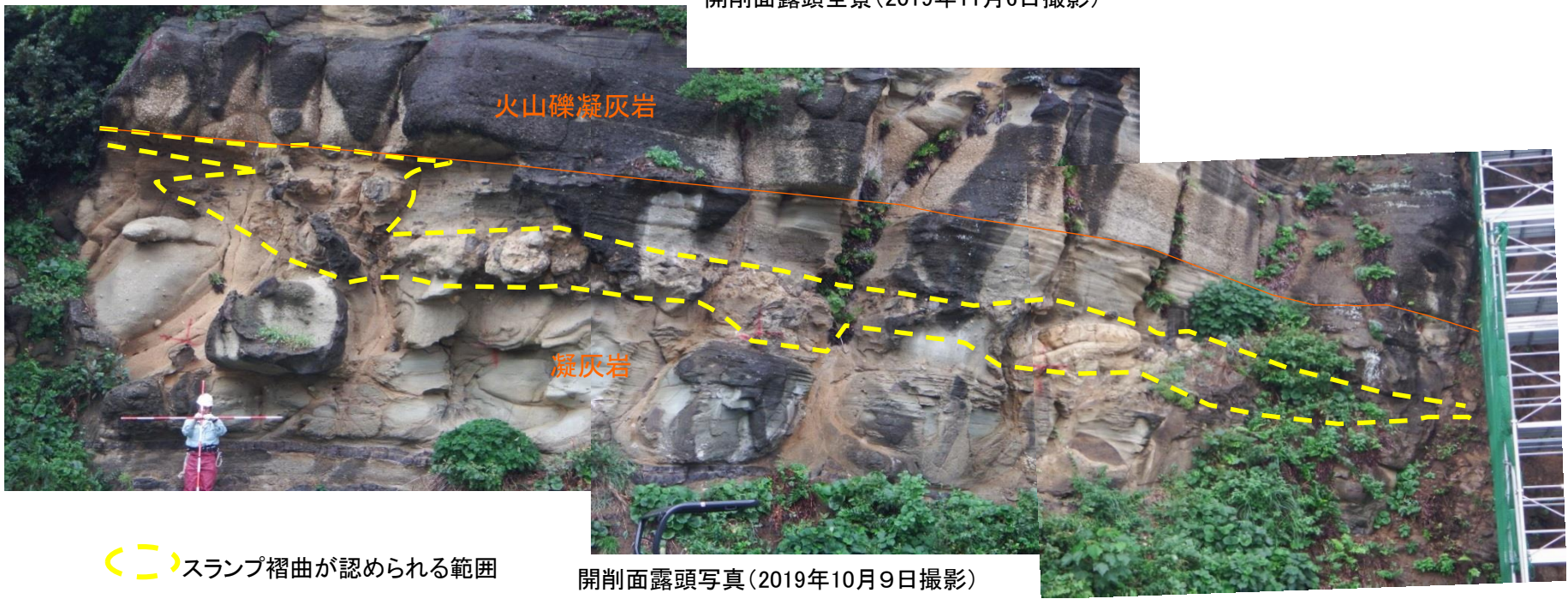
岩相境界

火山礫凝灰岩中にスランプ褶曲が認められるが、上位の火山礫凝灰岩及び下位の黑色頁岩には、褶曲構造は認められない。

スランプ褶曲の露頭状況(地点2)



開削面露頭全景(2019年11月6日撮影)



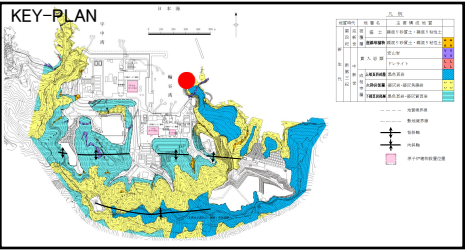
開削面露頭写真(2019年10月9日撮影)

スランプ褶曲が認められる範囲

岩相境界

凝灰岩中にスランプ褶曲が認められるが、上位の火山礫凝灰岩及び下位の凝灰岩には、褶曲構造は認められない。

2. 活動性評価の対象とする断層等の抽出 (3)敷地で認められるスランプ褶曲の層準 スランプ褶曲の露頭状況(地点3)

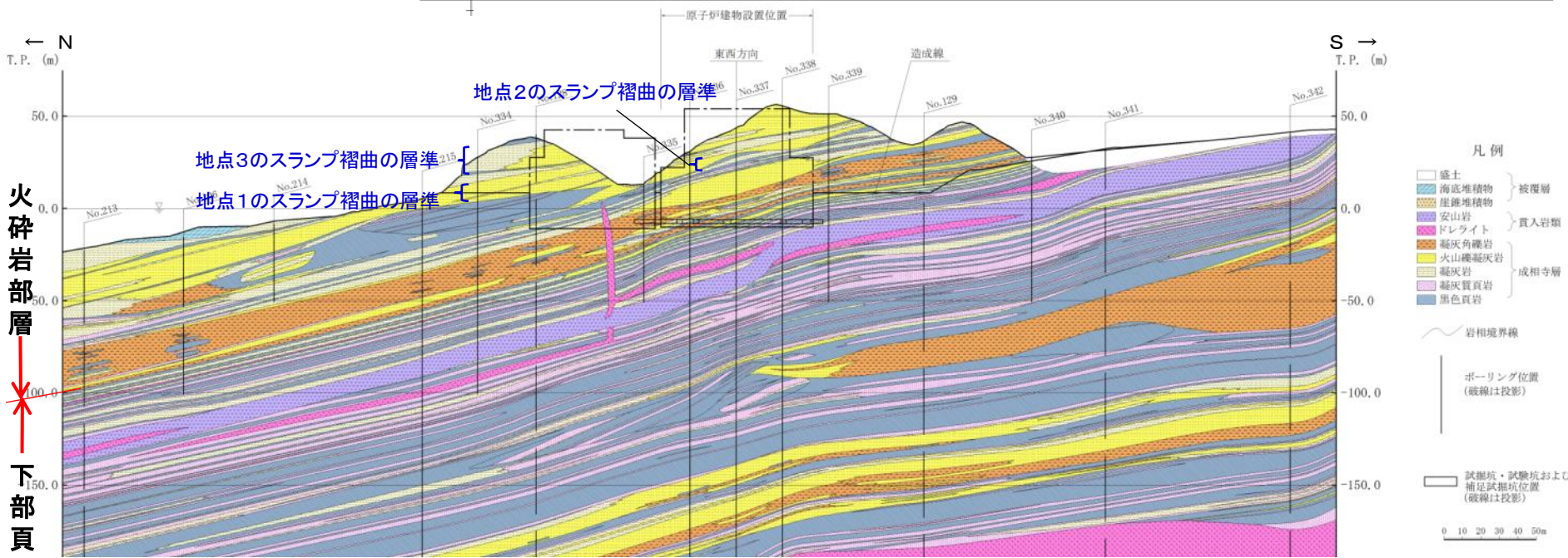
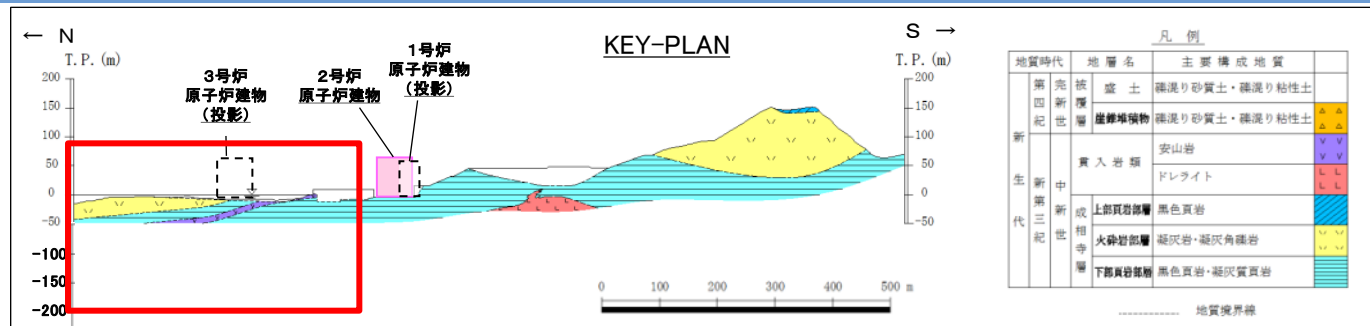


開削面露頭写真(2019年10月9日撮影)

—— 岩相境界

黑色頁岩中にスランプ褶曲が認められるが、上位及び下位の火山礫凝灰岩には、褶曲構造は認められない。

スランプ褶曲の分布する層準(まとめ)



- ・露頭で確認されたスランプ褶曲は、凝灰岩及び凝灰角礫岩を主体とする火砕岩部層中に認められる。
- ・これらは、いずれも新第三紀中新世の海底地すべりにより形成されたものであり、上位及び下位の地層に褶曲の影響は及んでいない。
- ・露頭で確認した層準以外にも、敷地には、複数のスランプ褶曲が存在すると考えられる。

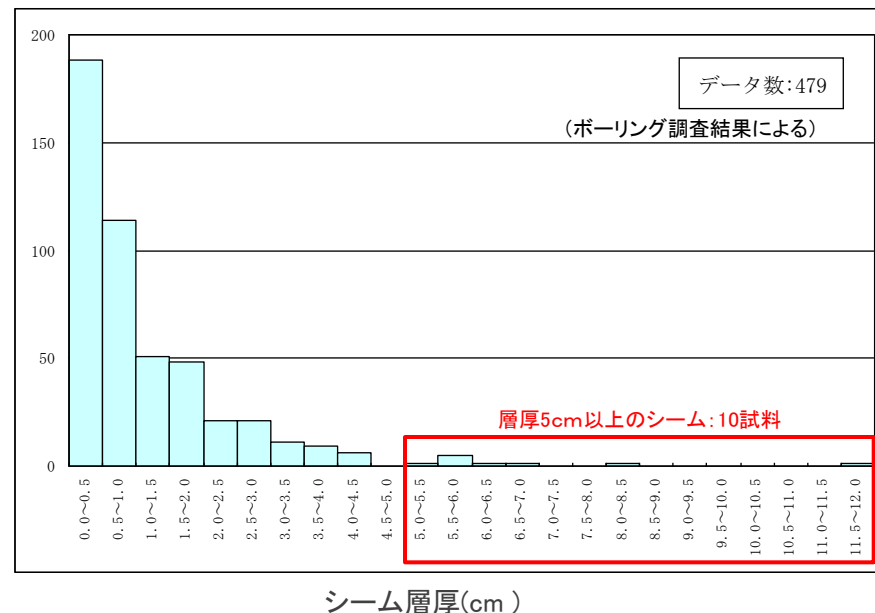
3. シームの性状

3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状 層厚5cm以上のシームの試料数

確認シームの規模・性状及び位置関係

ボーリング確認シーム*1				試掘坑確認シーム			
シーム名	炉心対応深度*2 T.P. (m)	平均層厚 (cm)	データ個数	性状	坑内シーム	試掘坑での確認位置(起点からの距離 m)	性状
B29	+29	1.1	2	細礫混り淡褐色粘土	試掘坑未到達層準		
B28	-4	0.8	18	細礫混り灰色粘土	T6	A立坑 ~ A坑 14	N79°E~57°W/5°~26°N, 厚さ16mm以下, 幅10~25mmが脆弱化
						A坑 30~40	N57°~83°W/15°~24°N, フィルム状
						A坑 80~87	N82°~87°E/10°~20°N, フィルム状
						B坑 2~10	
B27	-10	0.2	2	灰白色粘土	試掘坑壁には出現しない		
B26	-12	0.7	10	灰色粘土質砂	試掘坑壁には出現しない		
B25	-14	0.5	19	灰白色粘土質砂	T5	C坑 21~28	N58°~80°W/17°~23°N, フィルム状
B24	-16	1.1	26	灰色~灰白色粘土	T4	C坑 26~35	N73°~89°W/18°~22°N, 厚さ10mm
						D立坑 ~ D坑 10	N57°~82°E/17°~22°N, 厚さ5~10mm
						D坑 55~66	N60°~76°W/13°~18°N
						C坑 26~35	N73°E~72°W/14°~20°N, 厚さ17~19mm
B23	-16	2.1	57	細礫混り灰色粘土	T3	D立坑 ~ D坑 10	N63°E~87°W/10°~25°N, 厚さ20~45mm
						C坑 26~35	N73°E~72°W/14°~20°N, 厚さ17~19mm
						D坑 55~65	N67°~82°W/18°~24°N
B22	-18	0.7	6	灰白色粘土	T2	D立坑	N50°~82°E/18°~32°N
						D坑 6~18	N85°E~45°W/7°~17°N
B21	-19	1.8	17	細礫混り灰色~灰白色粘土	T1	C坑 33~45	N64°~87°W/10°~23°N, フィルム状
						D立坑 ~ D坑 17	N72°~88°E/10°~30°N
						D坑 46~49	N60°~82°W/7°~18°N, フィルム状
B20	-20	1.2	3	灰白色粘土	試掘坑壁には出現しない		
B19	-29	0.5	3	粘土混り灰色砂礫			
B18	-48	0.9	35	灰色粘土			
B17	-53	0.2	7	灰白色粘土			
B16	-55	1.4	26	細礫混り灰色粘土			
B15	-60	0.5	14	細礫混り灰色粘土			
B14	-65	0.6	25	細礫混り灰色粘土			
B13	-66	0.9	23	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B12	-75	0.8	33	灰白色粘土			
B11	-76	0.3	11	細礫混り灰色粘土			
B10	-79	2.0	34	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B9	-79	1.6	7	細礫混り灰色粘土			
B8	-79	1.2	38	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B7	-115	0.3	8	灰白色粘土			
B6	-125	0.9	8	細礫混り灰色~灰白色粘土			
B5	-132	0.8	4	粘土混り暗灰色細礫			
B4	-133	2.9	20	細礫混り灰色粘土			
B3	-133	0.9	5	砂混り灰色粘土			
B2	-137	0.9	15	砂礫混り灰色粘土			
B1	-200	0.6	3	粘土混り黒灰色砂			

個数(層数)



シーム層厚と個数(層数)の関係

*1: ボーリングコアとボアホールカメラにより連続性を検討し認定されたシームである。

*2: シーム含有層準の炉心部での出現深度を記載したものであり、炉心部におけるシームの有無を示したのではない。

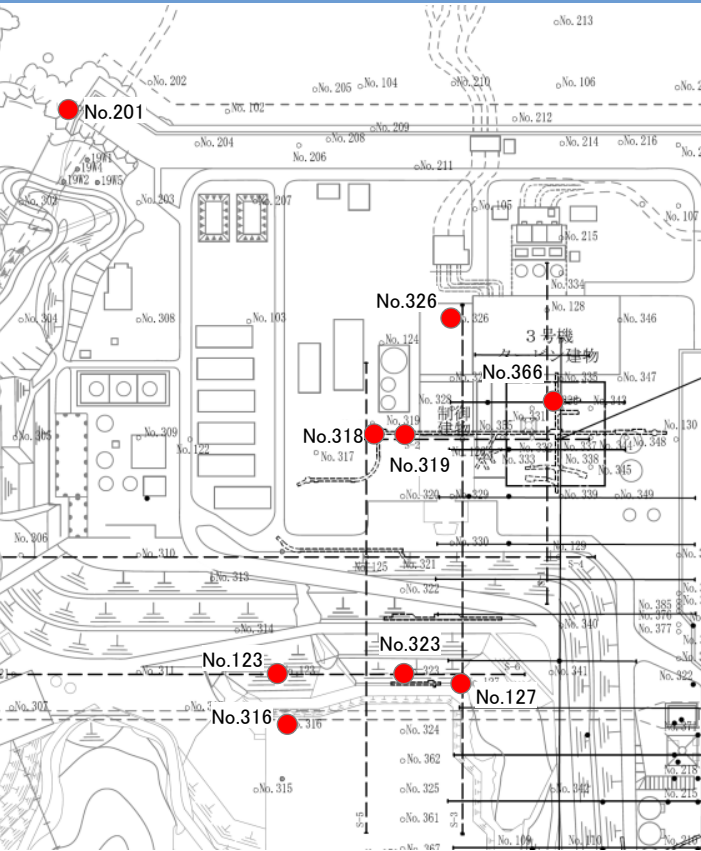
- ・シームは概ね3cm以下の層厚で、内訳としては5cm以下のものが大半である。
- ・層厚5cm以上のシームは479試料中10試料と少数である。これらのシームを対象に詳細観察を行い、性状を確認した。

3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状一覧表

シーム名	ボーリング孔名	深度 GL-(m)	層厚 (cm)	(参考) 全てのシーム		層理面との 関係	性状 (形状, 色)
				平均層厚 (cm)	データ 数		
B4	No.319	179.57~179.63	5.1	2.9	20	平行	平板状(礫混り粘土), 灰色
	No.123	164.24~164.32	6.9			平行	平板状, 暗灰色
B8	No.326	133.12~133.19	6.5	1.2	38	平行	平板状, 灰白色
B9	No.127	84.22	6.0	1.6	7	平行	平板状, 灰色
B10	No.316	104.72~104.78	5.7	2.0	34	平行	平板状, 灰色
	No.127	84.03	6.0			平行	平板状, 灰色
B16	No.323	90.52~90.58	5.8	1.4	26	平行	平板状, 淡灰色
B21 (T1)	No.201	47.67~47.80	12.0	1.8	17	平行	柱状, 淡灰色
B23 (T3)	No.318	61.58~61.64	5.6	2.1	57	平行	平板状(礫混り粘土), 灰白色
B24 (T4)	No.366	31.25~31.38	8.4	1.1	26	平行	平板状, 青灰色



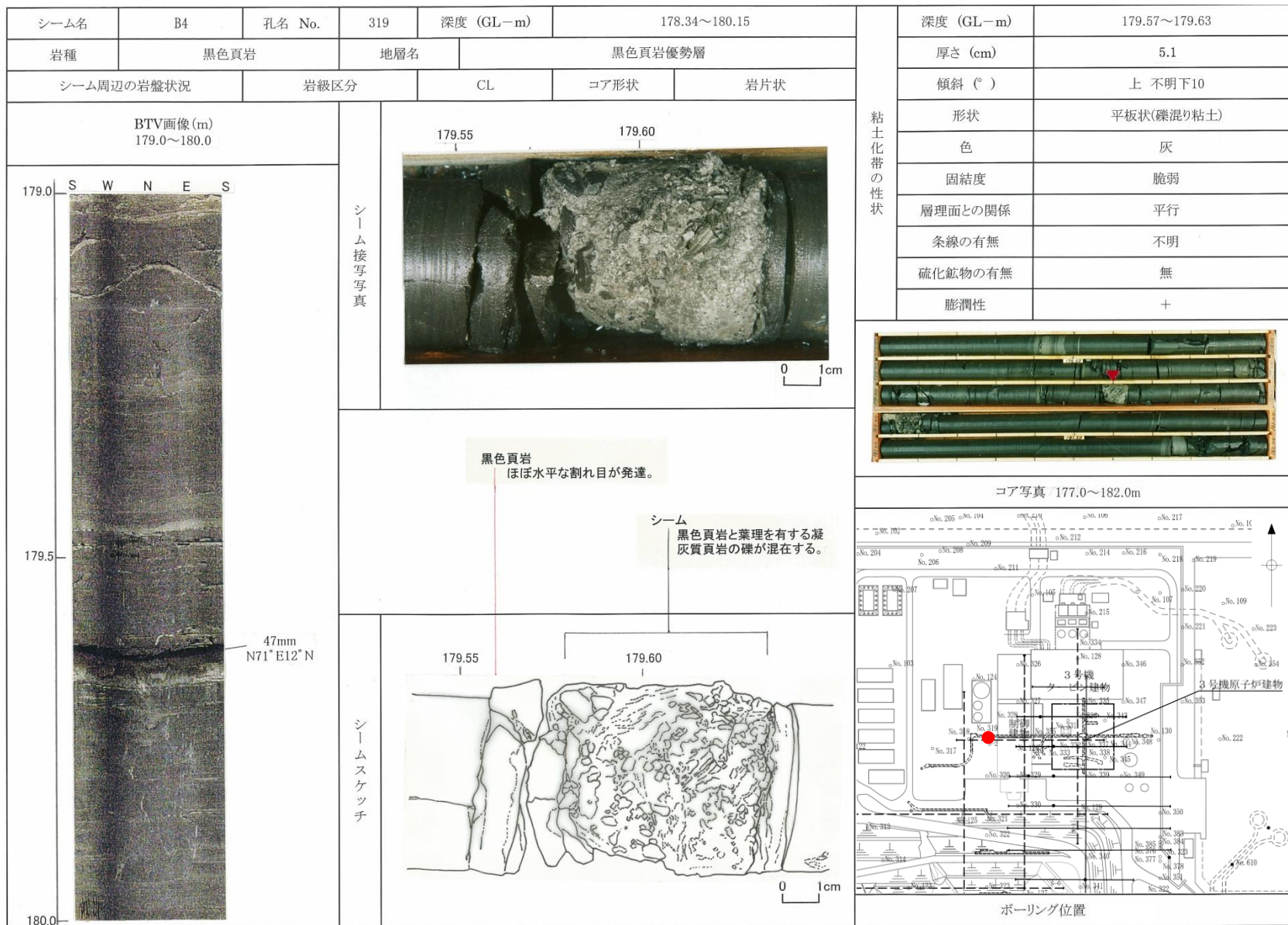
5cm以上のシームを確認したボーリング位置図

- ・5cm以上のシームを確認したボーリングの平面的な位置関係に規則性は認められない。
- ・層厚5cm以上のシームは、層厚5cm以下のシームと同様、3号炉原子炉建物基礎地盤における層理と平行に平板状に発達し、母岩との境界が明瞭であり、暗灰色～淡灰色を呈する。

以上のことから、層厚5cm以上のシームは局所的なものと考えられる。


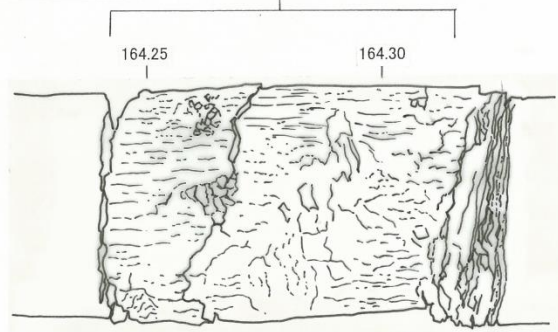

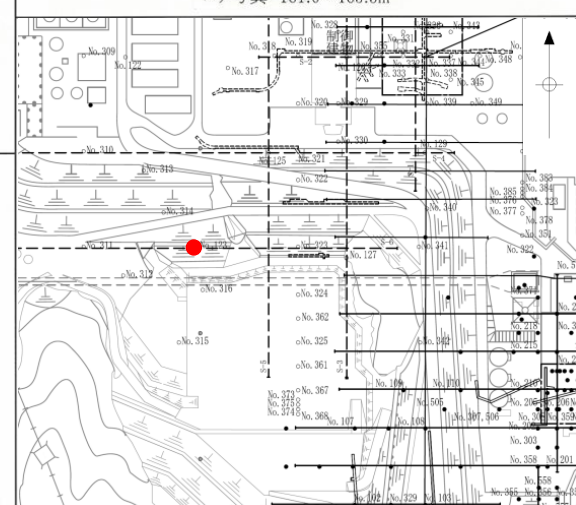
3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B4シーム)



3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B4シーム)


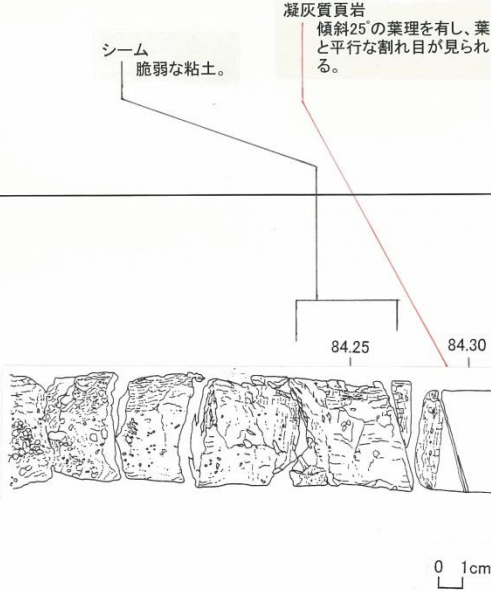

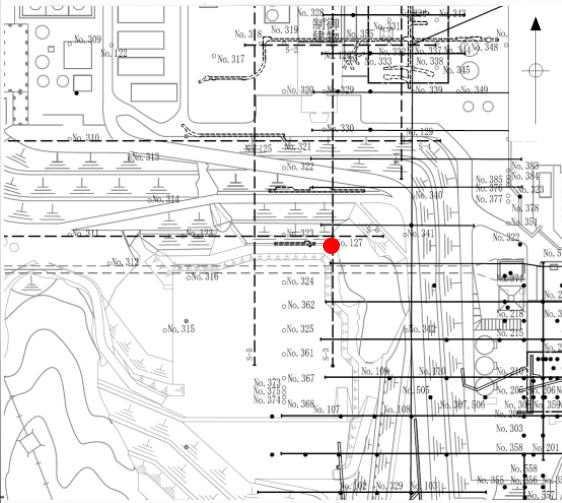

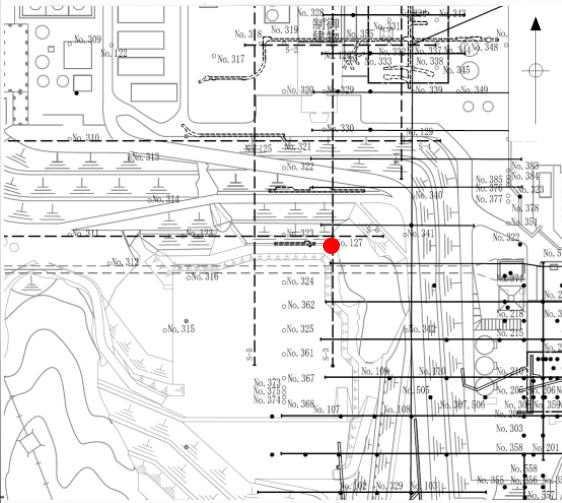

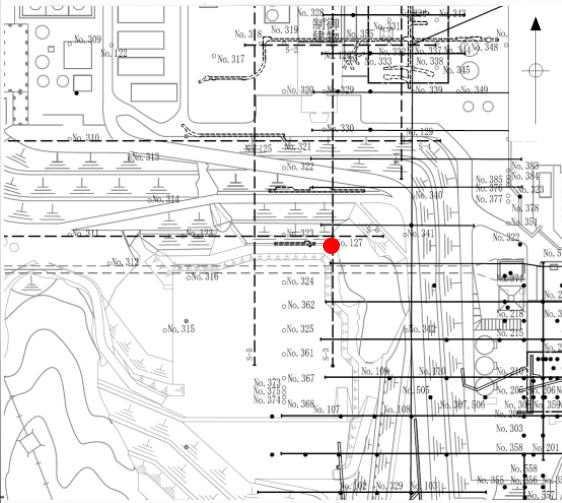
シーム名	B4	孔名 No.	123	深度 (GL-m)	164.24~164.32																				
岩種	凝灰質頁岩	地層名		黑色頁岩優勢層																					
シーム周辺の岩盤状況		岩級区分	CH	コア形状	柱状																				
BTV画像(m)		シーム接写写真																							
BTV画像なし			<p>シーム 下位の凝灰質頁岩との間に 薄く凝灰岩をはさむ。</p> 																						
		粘土化帯の性状	<table border="1"> <tr> <th>深度 (GL-m)</th> <td>164.24~164.32</td> </tr> <tr> <th>厚さ (cm)</th> <td>6.9</td> </tr> <tr> <th>傾斜 (°)</th> <td>5</td> </tr> <tr> <th>形状</th> <td>平板状</td> </tr> <tr> <th>色</th> <td>暗灰</td> </tr> <tr> <th>固結度</th> <td>脆弱</td> </tr> <tr> <th>層理面との関係</th> <td>平行</td> </tr> <tr> <th>条線の有無</th> <td>不明</td> </tr> <tr> <th>硫化鉱物の有無</th> <td>無</td> </tr> <tr> <th>膨潤性</th> <td>—</td> </tr> </table>			深度 (GL-m)	164.24~164.32	厚さ (cm)	6.9	傾斜 (°)	5	形状	平板状	色	暗灰	固結度	脆弱	層理面との関係	平行	条線の有無	不明	硫化鉱物の有無	無	膨潤性	—
深度 (GL-m)	164.24~164.32																								
厚さ (cm)	6.9																								
傾斜 (°)	5																								
形状	平板状																								
色	暗灰																								
固結度	脆弱																								
層理面との関係	平行																								
条線の有無	不明																								
硫化鉱物の有無	無																								
膨潤性	—																								
																									
		<p>コア写真 161.0~165.5m</p> 																							
		<p>ボーリング位置</p>																							

3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状 層厚5cm以上のシームの性状(B8シーム)

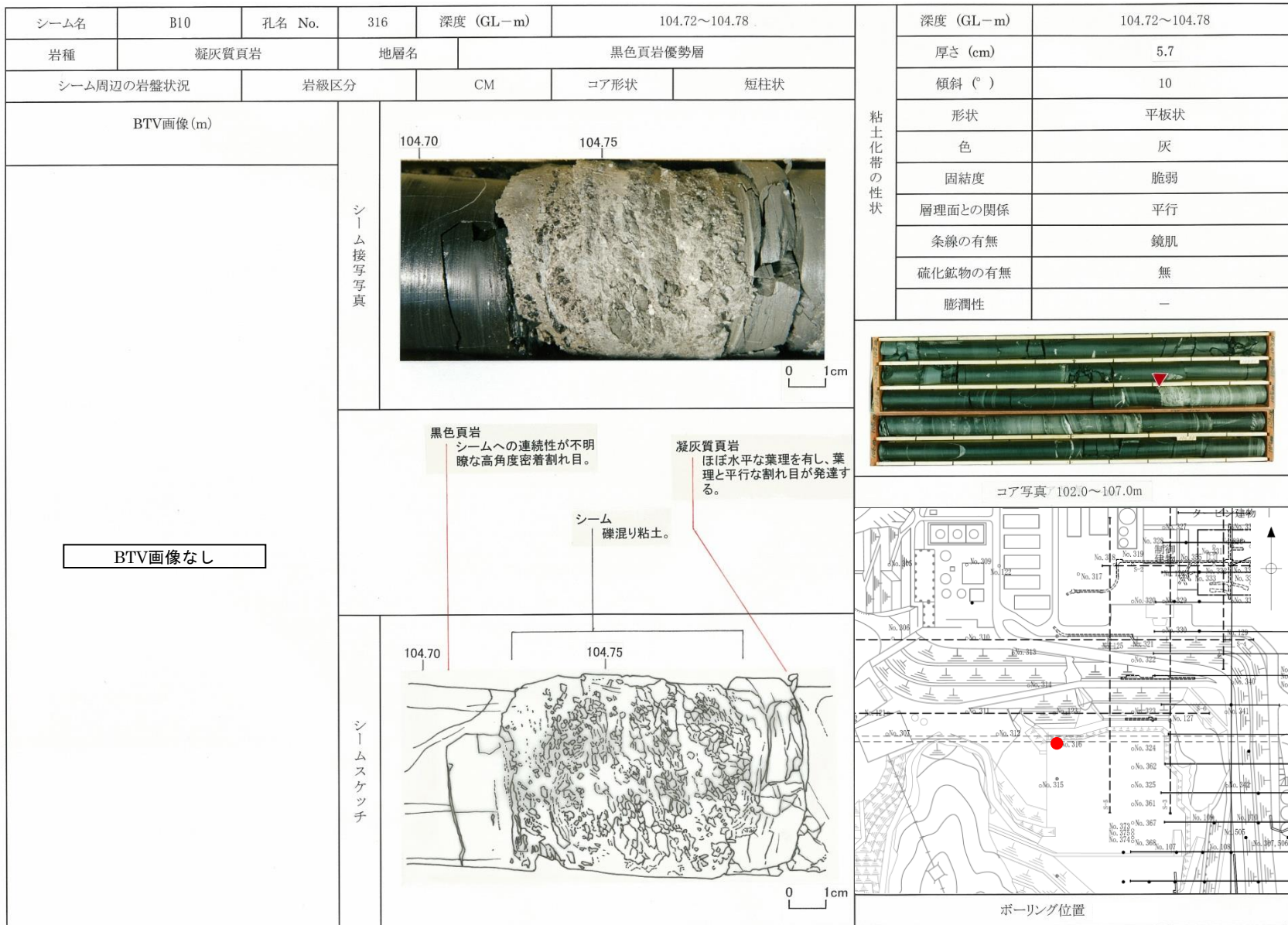


3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B9シーム)

シーム名	B9	孔名 No.	127	深度 (GL-m)	84.05~84.27																					
岩種	凝灰質頁岩		地層名	黒色頁岩優勢層																						
シーム周辺の岩盤状況		岩級区分	CM	コア形状	短柱状																					
BTV画像 (m)		シーム接写写真				<table border="1"> <tr><th>深度 (GL-m)</th><td>84.22</td></tr> <tr><th>厚さ (cm)</th><td>6.0</td></tr> <tr><th>傾斜 (°)</th><td>25</td></tr> <tr><th>形状</th><td>平板状</td></tr> <tr><th>色</th><td>灰</td></tr> <tr><th>固結度</th><td>脆弱</td></tr> <tr><th>層理面との関係</th><td>平行</td></tr> <tr><th>条線の有無</th><td>無</td></tr> <tr><th>硫化鉱物の有無</th><td>無</td></tr> <tr><th>膨潤性</th><td>-</td></tr> </table>	深度 (GL-m)	84.22	厚さ (cm)	6.0	傾斜 (°)	25	形状	平板状	色	灰	固結度	脆弱	層理面との関係	平行	条線の有無	無	硫化鉱物の有無	無	膨潤性	-
深度 (GL-m)	84.22																									
厚さ (cm)	6.0																									
傾斜 (°)	25																									
形状	平板状																									
色	灰																									
固結度	脆弱																									
層理面との関係	平行																									
条線の有無	無																									
硫化鉱物の有無	無																									
膨潤性	-																									
BTV画像なし		シームスケッチ				<table border="1"> <tr><th colspan="2">コア写真 82.0~87.0m</th></tr> <tr><td colspan="2"></td></tr> <tr><th colspan="2">ボーリング位置</th></tr> <tr><td colspan="2"></td></tr> </table>	コア写真 82.0~87.0m				ボーリング位置															
コア写真 82.0~87.0m																										
																										
ボーリング位置																										
																										
		<p>凝灰質頁岩 傾斜25°の葉理を有し、葉理と平行な割れ目が見られる。</p> <p>シーム 脆弱な粘土。</p>																								

3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状 層厚5cm以上のシームの性状(B10シーム)

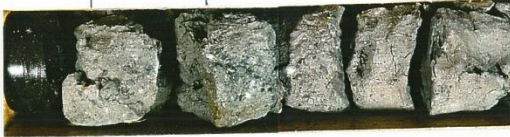
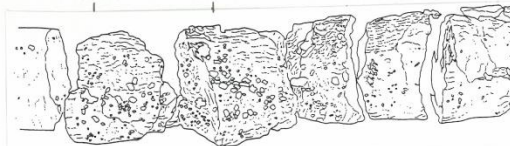




3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B10シーム)

第223回審査会合
資料2-2 p.10 加筆・修正

69

シーム名	B10	孔名 No.	127	深度 (GL-m)	84.05~84.27
岩種	凝灰質頁岩		地層名	黒色頁岩優勢層	
シーム周辺の岩盤状況		岩級区分	CM	コア形状	短柱状
BTV画像 (m)		シーム接写写真			
BTV画像なし			<p>シーム 脆弱な礫混り粘土。B9シームに連続する劣化部に見られる。</p> 		
		シームスケッチ			
			<p>コア写真 82.0~87.0m</p> 		
			<p>ボーリング位置</p>		

粘土化帯の性状

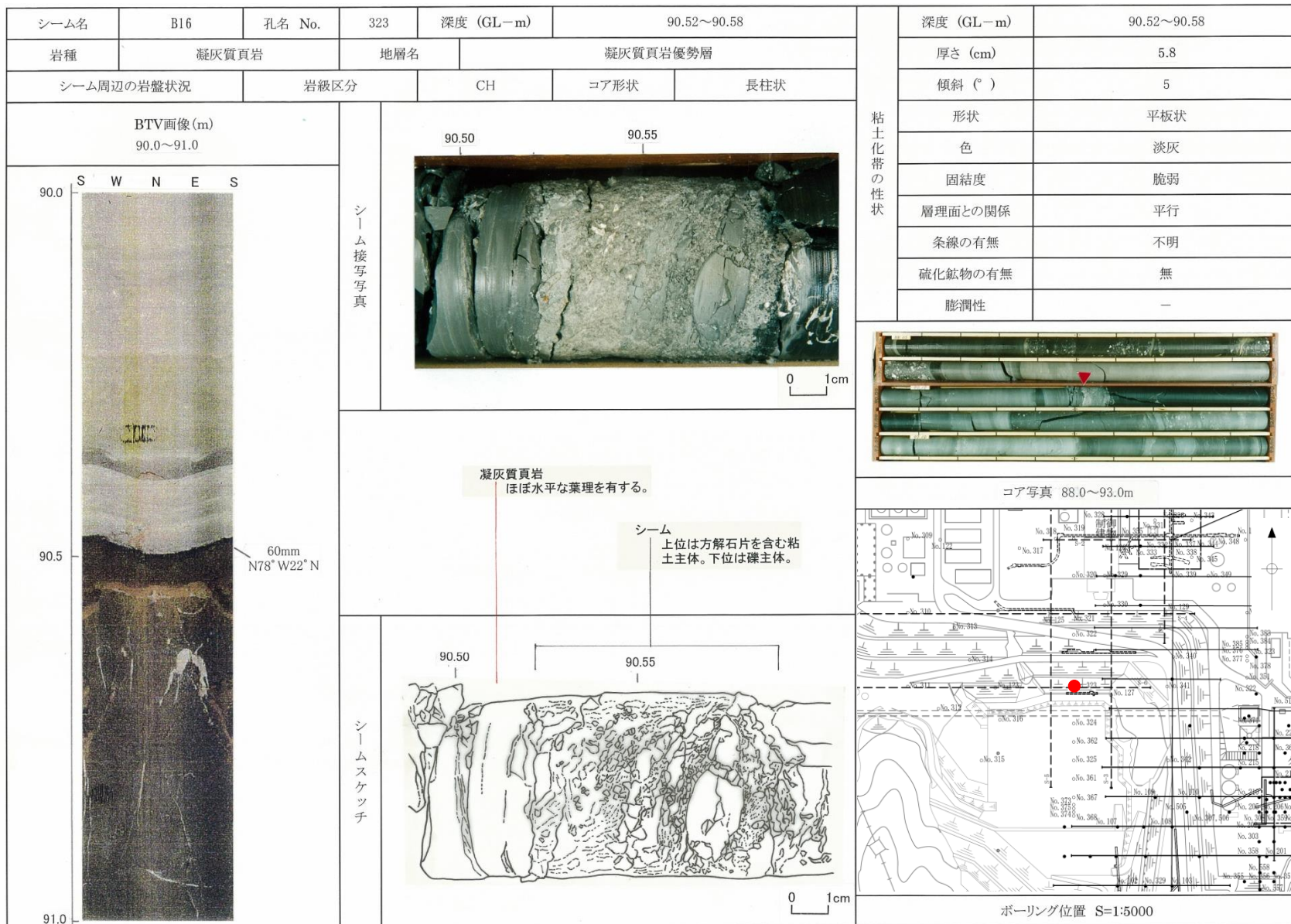
深度 (GL-m)	84.03
厚さ (cm)	6.0
傾斜 (°)	上10下25
形状	平板状
色	灰
固結度	脆弱
層理面との関係	平行
条線の有無	鏡肌
硫化鉱物の有無	無
膨潤性	+

3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B16シーム)

第223回審査会合
資料2-2 p.11 加筆・修正

70

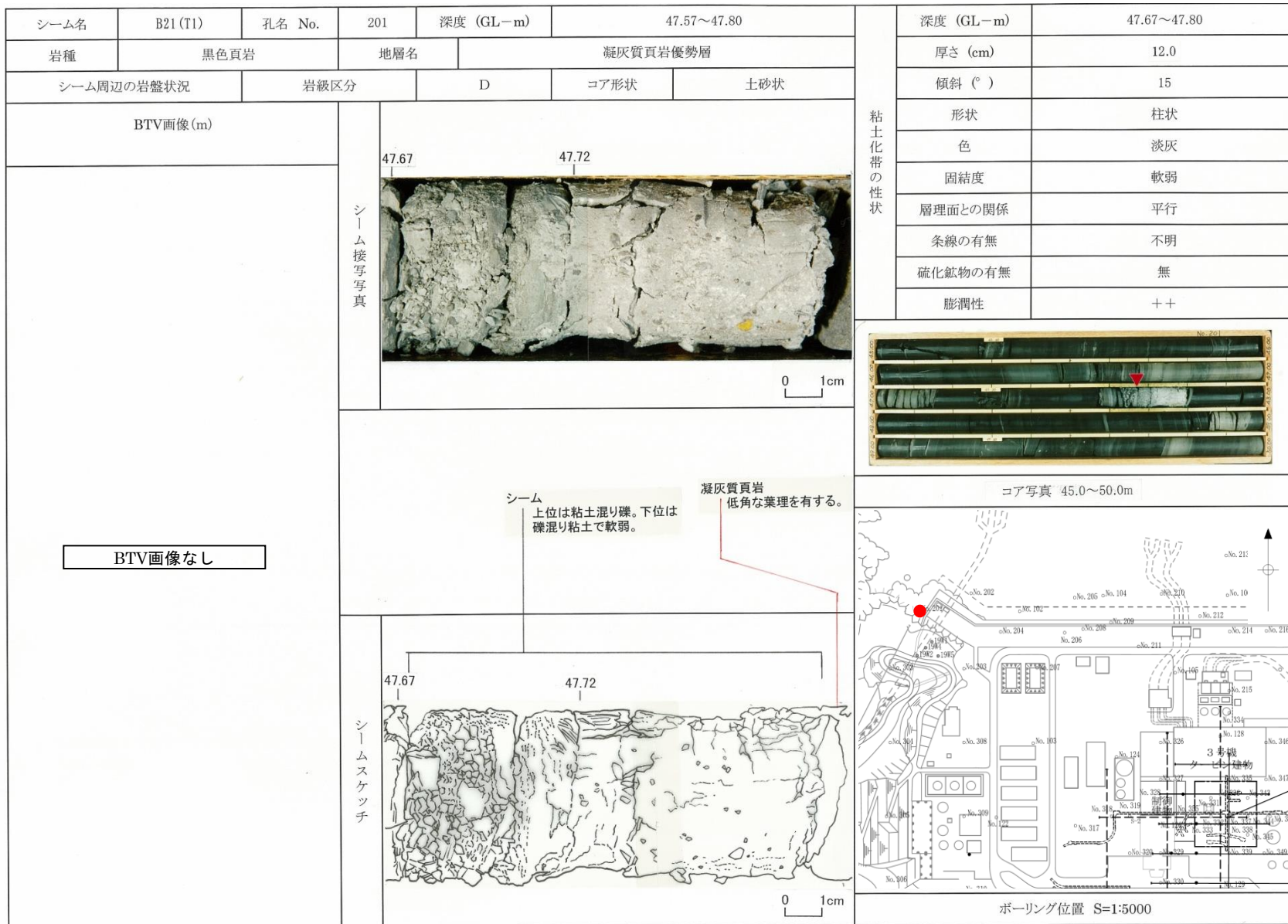


3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B21シーム)

第223回審査会合
資料2-2 p.12 加筆・修正

71

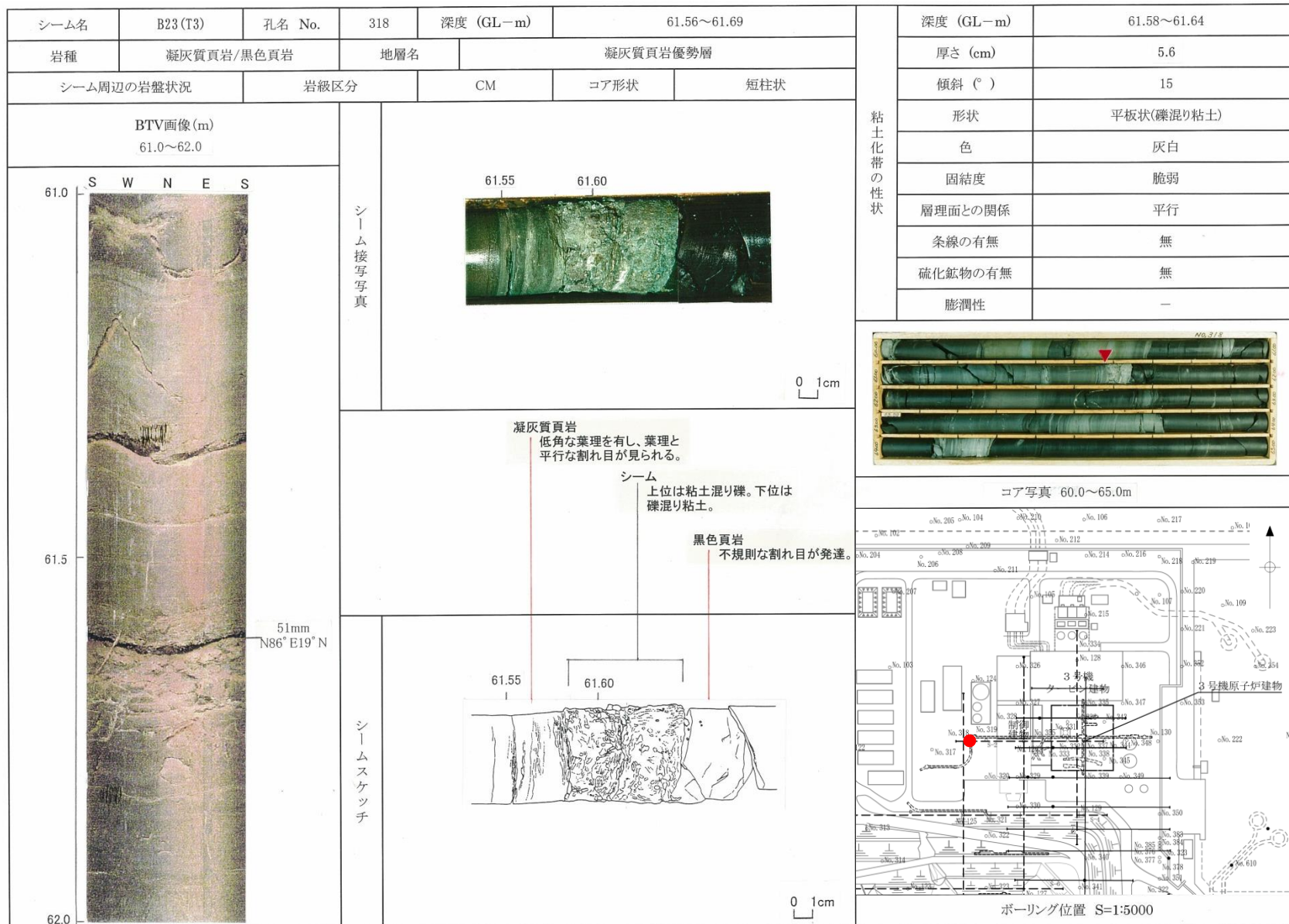


3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B23シーム)

第223回審査会合
資料2-2 p.13 加筆・修正

72

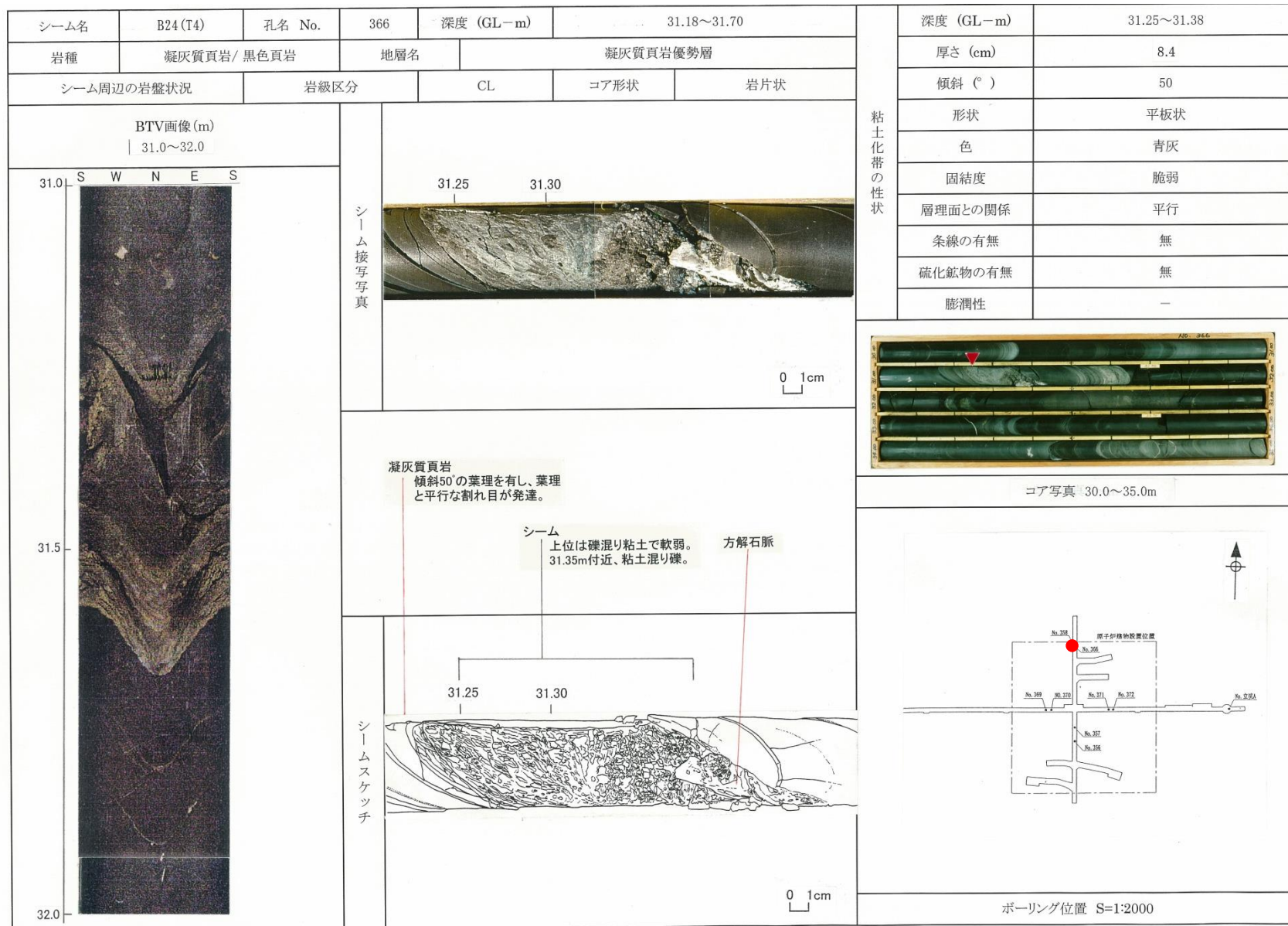


3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状

層厚5cm以上のシームの性状(B24シーム)

第223回審査会合
資料2-2 p.14 再掲

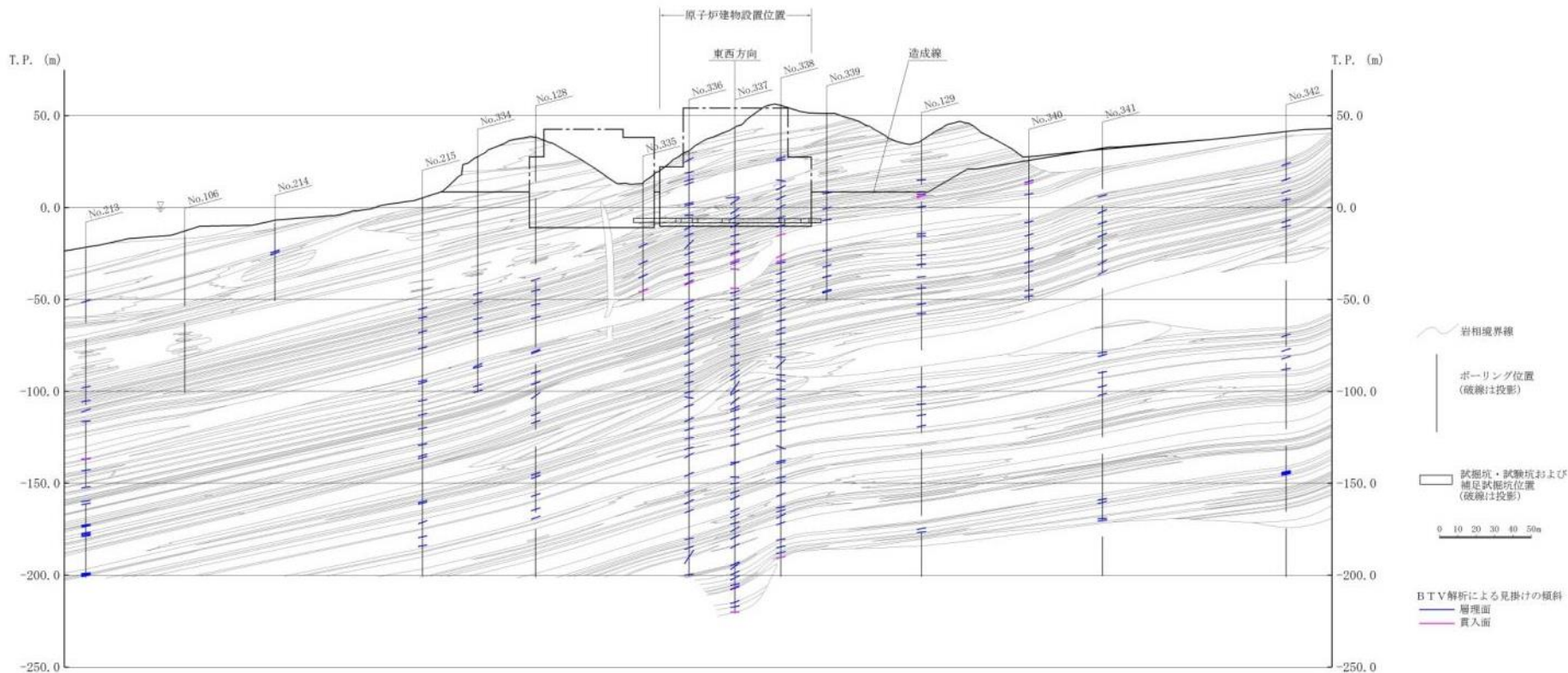
73



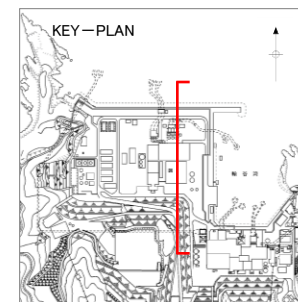
3. シームの性状 (1)層厚5cm以上のシームの性状 (参考)BTV解析による見掛けの傾斜(3号炉南北断面)

第223回審査会合
資料2-2 p.2 加筆・修正

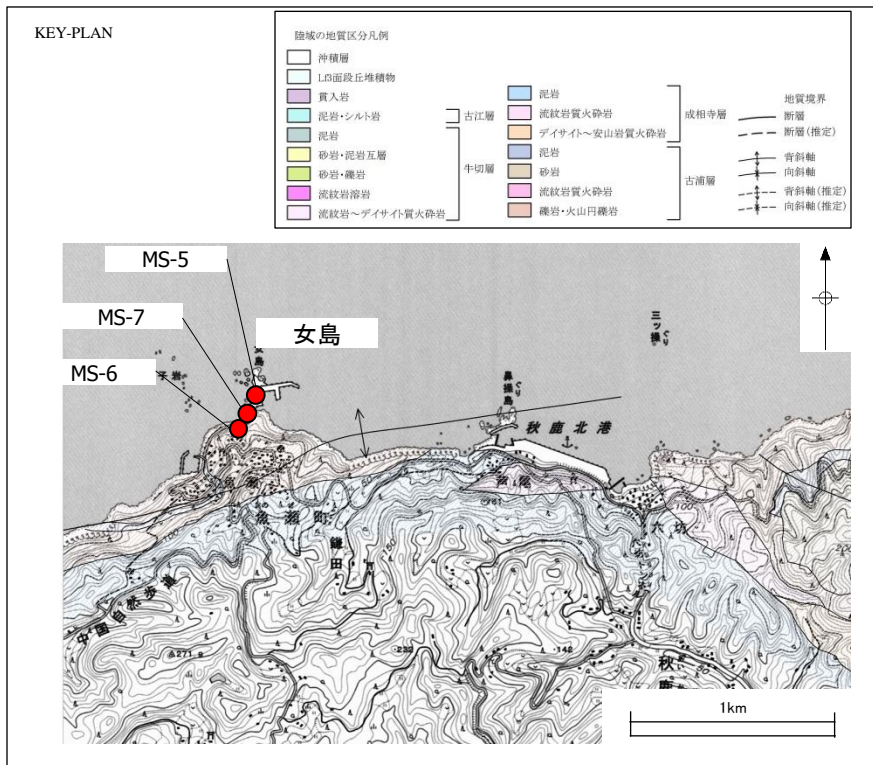
74



・BTV解析によると、東西走向で北にゆるやかに傾斜する地質構造が確認できる。

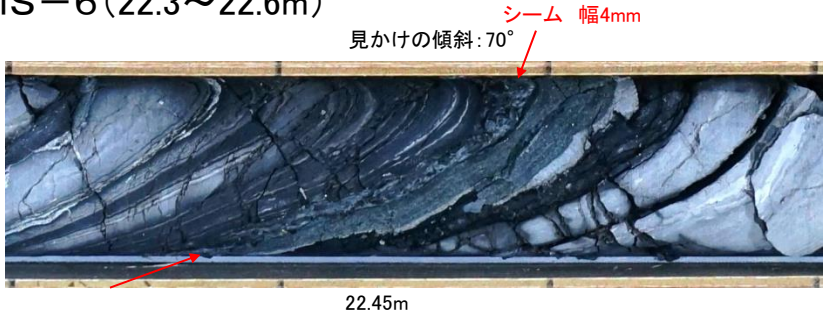


敷地周辺ボーリングにおけるコア観察結果(女島地点, MS-6)



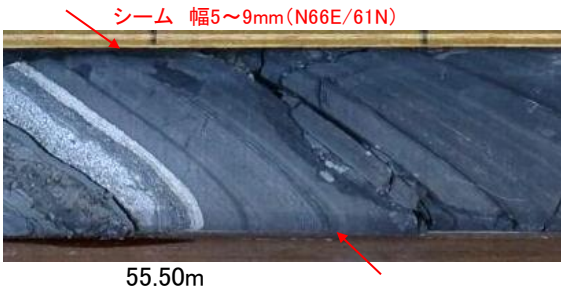
・敷地周辺におけるボーリング調査で確認されたシームについて、その特徴を確認した。

MS-6 (22.3~22.6m)



・MS-6 深度22.45m
粘土を含む岩片状のシームで、幅は約4mmである。BHTVではシームの走向傾斜は読み取れないが、周囲の層理面の走向傾斜から、見かけの傾斜は70°の北傾斜を示す。

MS-6 (55.45~55.65m)



・MS-6 深度55.50m
岩片を含む粘土状のシームで、幅は約5~9mmである。BHTVでは、N66E/61Nである。

MS-6 (59.5~59.8m)

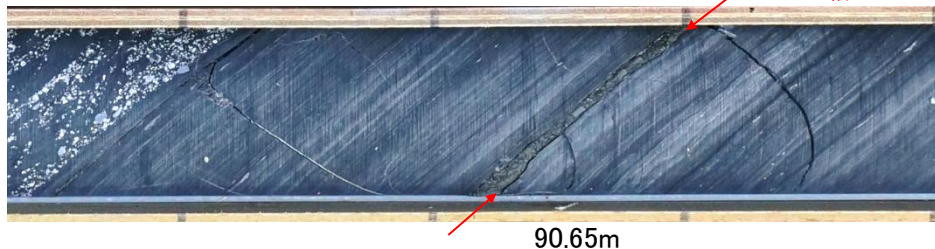


・MS-6 深度59.65m
岩片を含む粘土状のシームで、幅は約10mmである。BHTVでは、N68E/59Nである。

敷地周辺ボーリングにおけるコア観察結果(女島地点, MS-5, 7)

MS-7 (90.45~90.8m)

見かけの傾斜: 60° シーム 幅3~5mm



MS-7 (93.3~93.6m)

見かけの傾斜: 60° シーム 幅20mm

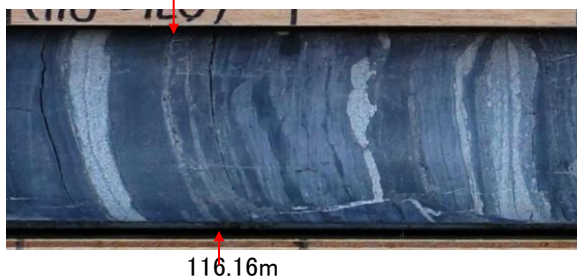


・MS-7 深度90.65m
粘土を含む岩片状のシームで、幅は約3~5mmである。BHTVではシームの走向傾斜は読み取れないが、周囲の層理面の走向傾斜から、見かけの傾斜は60°の北傾斜を示す。

・MS-7 深度93.50m
粘土を含む岩片状のシームで、幅は約20mmである。BHTVの欠測区間であるが、周囲の層理面の走向傾斜から、見かけの傾斜は60°の北傾斜を示す。

MS-5 (116.1~116.3m)

シーム 幅6mm



・MS-5 深度116.16m
粘土を含む岩片状のシームで、幅は約6mmである。BHTVの欠測区間であるが、周囲の層理面の走向傾斜から、概ね北傾斜を示す。

・敷地西方の女島におけるボーリングコアを観察した結果、以下の特徴を示す薄層が認められた。

- ①厚さ0.3~2cm程度で薄い。
- ②地層を切ることなく堆積構造に調和的に分布する。
- ③母岩との境界が明瞭である。
- ④断層破碎帯に見られるような角礫化帯は認められない。
- ⑤色調等から推定されるシームの原岩は凝灰質な岩から成る。

・敷地内に分布するシームと同様の特徴を示すこと、背斜軸北側では北傾斜を示すこと、及び当該地域が中期中新世の南北圧縮応力に伴う褶曲運動の影響を受けていることから、敷地内のシームと同様、層面すべりによって形成されたシームと考えられる。

まとめ

- ・敷地内で認められるシームは、中期中新世の南北圧縮応力に伴う層面すべりにより、凝灰岩等の凝灰質な原岩が粘土化して形成されたと考えられる。
- ・敷地西方の女島におけるボーリングコアを観察した結果、敷地内のシームと同様の特徴を示す薄層が認められた。
- ・敷地内に分布するシームと同様の特徴を示すこと、背斜軸北側では北傾斜を示すこと、及び当該地域が中期中新世の南北圧縮応力に伴う褶曲運動の影響を受けていることから、敷地内のシームと同様、層面すべりによって形成されたシームと考えられる。

以上のことから、シームは、敷地内に限定されるものではなく、敷地周辺においても認められると考えられる。

3. シームの性状 (3)イライト／スメクタイト混合層鉱物の構成比分析結果の妥当性 イライト／スメクタイト混合層鉱物の構成比 分析結果の妥当性(1)

第223回審査会合
資料2-2 p.56 加筆・修正

78

<文献調査結果(粘土層構造の推定方法)>

粘土層構造の推定方法

<東(2004)⁽⁵⁾>

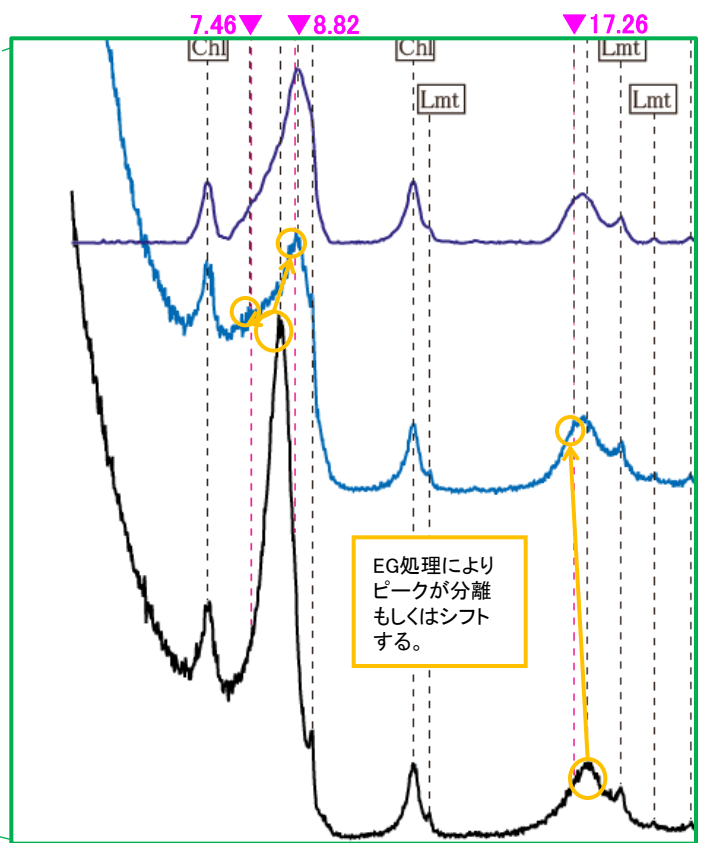
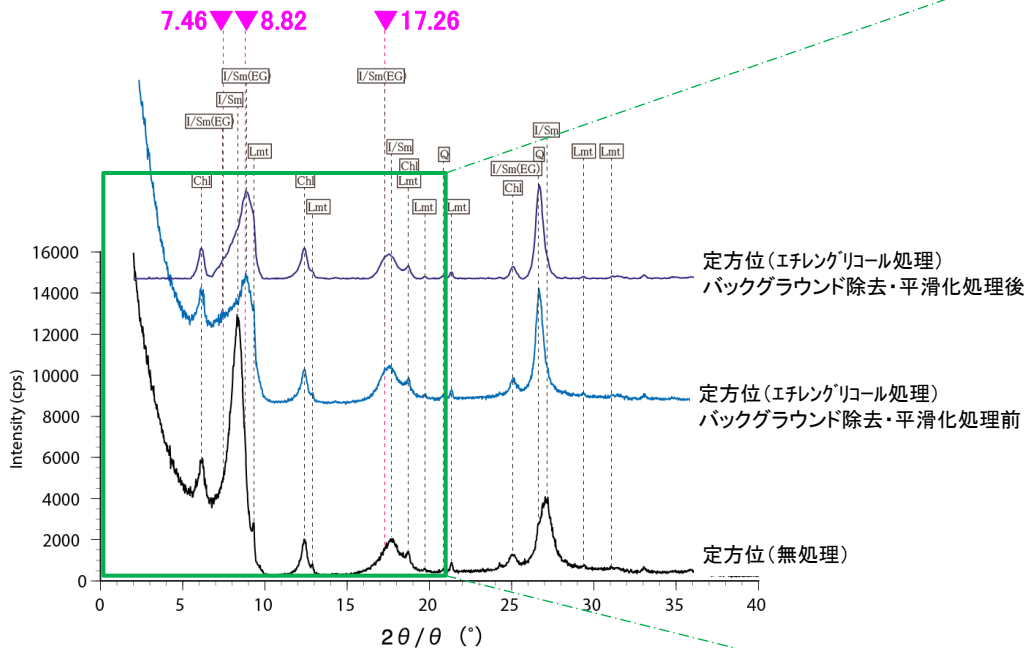
- ・混合層構造は成分層の比率と積層タイプ(連結の仕方)に確率論を導入することでより厳密な解析が可能
- ・上記の解析結果に基づいて雲母／スメクタイト成分比と基本的な積層タイプ区分が即座に判定できる便利な判定図も公表されている(渡辺, 1986⁽⁶⁾)。

<佐藤ほか(1990)⁽⁷⁾, 中川ほか(2009)⁽⁸⁾>

- ・渡辺(1986)を用いたイライト／スメクタイト混合層鉱物の成分比と積層タイプを検討している。

- ・東(2004)によると, 渡辺(1986)の判定図による粘土層構造の推定法は, イライト／スメクタイト混合層鉱物の構成比及び積層タイプを判別できる判定図であるとされている。
- ・佐藤ほか(1990)及び中川(2009)によると, 渡辺(1986)の手法を用い, イライト／スメクタイト混合層鉱物の成分比と積層タイプを検討している。

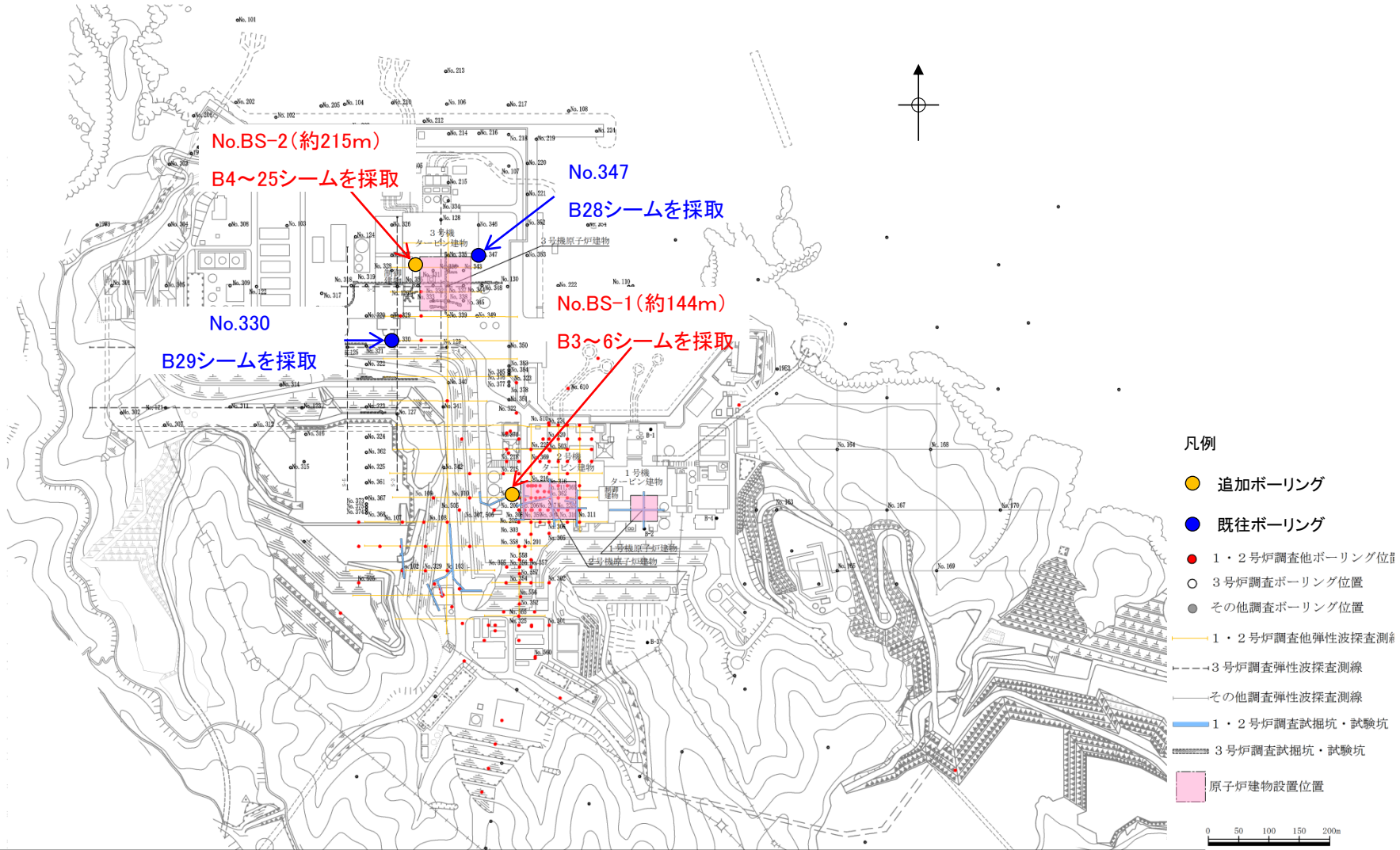
＜イライト/スメクタイト混合層鉱物のピークの取り出し方＞



チャートから読み取ったイライト/スメクタイト混合層鉱物のピーク位置の例(試料「No.339-B23-s」)

- ・イライト/スメクタイト混合層鉱物のピークについては、以下のとおり同定した。
- ① 5° ~ 8° 付近のピーク：エチレングリコール処理により低角側にシフトしたピークとして、最も膨潤した箇所（最も低角の箇所）を読み取り、7.46°を採用する。
- ② 9° ~ 11° 付近のピーク：エチレングリコール処理により高角側にシフトしたピークを読み取り、8.82°を採用する。
- ③ 16° ~ 18° 付近のピーク：エチレングリコール処理により低角側にシフトしたピークとして、最も膨潤した箇所（最も低角の箇所）を読み取り、17.26°を採用する。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 X線回折分析 試料採取位置図



・追加ボーリングコアからシーム及びその周辺母岩の試料を採取し、X線回折分析を実施した。
 ・試料は、原則、追加ボーリングコア(No.BS-1, BS-2)から採取したが、B28・29シームについては、敷地造成によりシーム相当層準が切り取られているため、既往ボーリングコア(No.330, 347)から採取した。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト/スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由
シーム及びその周辺母岩のX線回折分析結果(定方位・不定方位)

シーム及びその周辺母岩のX線回折分析結果 定方位, 不定方位(1/2)

ボーリングNo.	BS-1								BS-2															
	シームNo.	B3	B4		B5		B6		B4		B5		B6		B8		B10		B12					
対象	シーム	B4下部母岩	シーム	上盤母岩	下部母岩	シーム	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	B4上部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩
岩相	-	黒色頁岩	-	黒色頁岩	凝灰質頁岩	-	-	黒色頁岩	黒色頁岩	-	黒色頁岩	-	黒色頁岩	凝灰質頁岩	-	黒色頁岩	-	細粒凝灰岩	凝灰質頁岩	-	黒色頁岩	黒色頁岩	-	黒色頁岩
石英	◎	△	△	◎	◎	○	○	◎	△	△	◎	○	◎	○	○	◎	△	△	○	○	○	△	△	○
斜長石	△	△	-	△	-	-	-	-	△	△	△	△	△	-	-	△	△	△	△	-	△			-
カリ長石		-		-					△		-					△		△	△		△			
モルデン沸石																								
ステルバイト																								
ローモンタイト																								
斜プチロル沸石																								
イライト/スメクタイト混合層鉱物	○	△	△	-	△	△	○	△	○	○		△		△	○	-	○	○	○	△	○	○	◎	△
スメクタイト	△	△	△				-			-														-
雲母				△						△		-	-											
緑泥石	-	-	-	-	-		△	-	○	△	△	-	-		-	△	△	△	△	△	○	○	○	△
方解石	◎	◎	○	△		△	-	△		◎	△	△	○		◎	-	◎	○	○	△	△	○		△
黄鉄鉱	△	○	△	△	△	○	△		○	△	○	△	△	△	△	△		△	○	△	△		△	△
石膏	-				-		△						△							-				

◎ : 多量 ○ : 中量 △ : 少量 - : 極微量

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト/スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 シーム及びその周辺母岩のX線回折分析結果(定方位・不定方位)

シーム及びその周辺母岩のX線回折分析結果 定方位, 不定方位(2/2)

ボーリングNo.	BS-2																				No.347			No.330						
	B13		B14			B15			B17			B18			B23			B25			B28			B29						
対象	下部母岩	シーム	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム(下)	シーム(上)	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩	下部母岩	シーム	上部母岩
岩相	凝灰質頁岩	-	凝灰質頁岩	-	黒色頁岩	細粒凝灰岩	-	細粒凝灰岩	凝灰質頁岩	-	凝灰質頁岩	凝灰質頁岩	-	凝灰質頁岩	黒色頁岩	-	-	細粒凝灰岩	黒色頁岩	-	細粒凝灰岩	黒色頁岩	-	凝灰質頁岩	黒色頁岩	-	凝灰質頁岩	黒色頁岩	-	黒色頁岩
石英	◎	○	△	△	△	◎	△	○	○	△	○	◎	◎	◎	◎	△	△	△	◎	△	△	△	△	△	△	○	◎	○	◎	
斜長石	△				-	△	-	-	△	△	△	△	△	△							△									
カリ長石					-																				△	△	△	△	-	△
モルデン沸石																														
スチルバイト							△						-						-		△									
ローモンタイト															-	○	◎				△									
斜ブチロル沸石																					○									
イライト/スメクタイト混合層鉱物	△	△	△	△	○	-	△	△	△	△	△	△	△	△	-	△	△	○	△	○	◎	△	△	△						
スメクタイト		-																									○	◎	△	
雲母															△										△	-		-	△	
緑泥石	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△			△	△		○	○	-	△						
方解石	△	◎		◎			△								△	◎	○	△												
黄鉄鉱	○	△	△		△	△	△	△	△	△					△	◎	◎	△	△	△	○	△								
石膏																									○	○	△			

※ B28, 29シーム及びその周辺母岩については、既往ボーリングから試料採取し、新たに分析した。

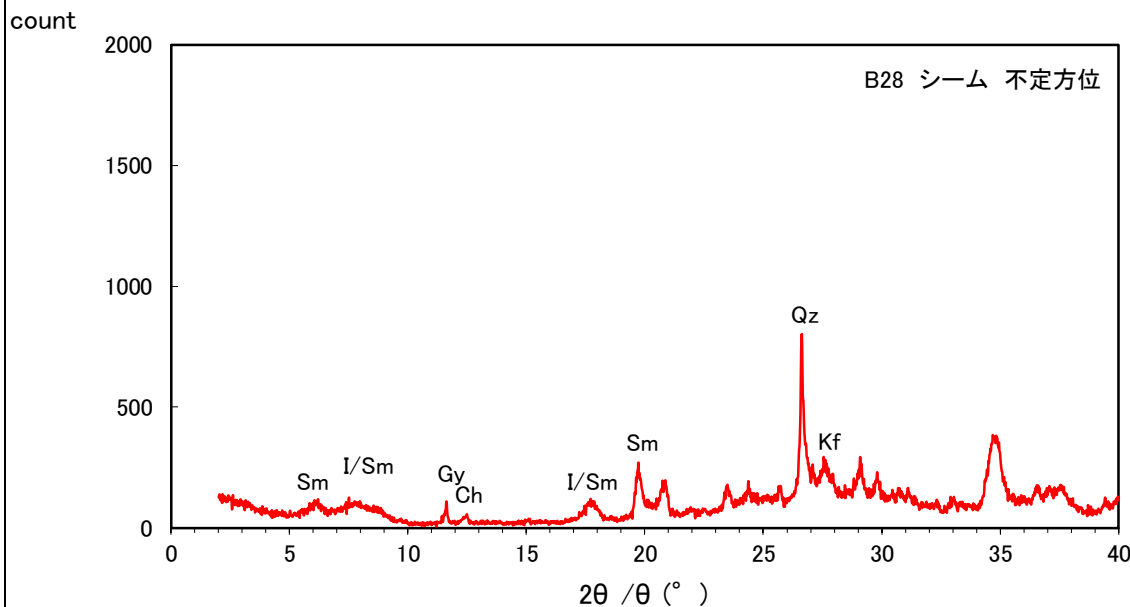
◎：多量 ○：中量 △：少量 -：極微量

- ・既往のX線回折分析結果と同様、ほとんどのシームにおいて、イライト/スメクタイト混合層鉱物及び初生鉱物である石英、斜長石が検出されており、鉱物組成は概ね類似していると考えられる。
- ・イライト/スメクタイト混合層鉱物はB28シームからは検出されたが、B29シームからは、既往のX線回折分析と同様、イライト/スメクタイト混合層鉱物は検出されず、スメクタイトが検出された。
- ・イライト/スメクタイト混合層鉱物は、シーム周辺母岩のうち、シームの原岩と考えられるすべての凝灰岩及び凝灰質頁岩で検出されたことから、続成変質作用により生成したと考えられる。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由

(参考) B28・29シームのX線チャート(不定方位:乾燥)

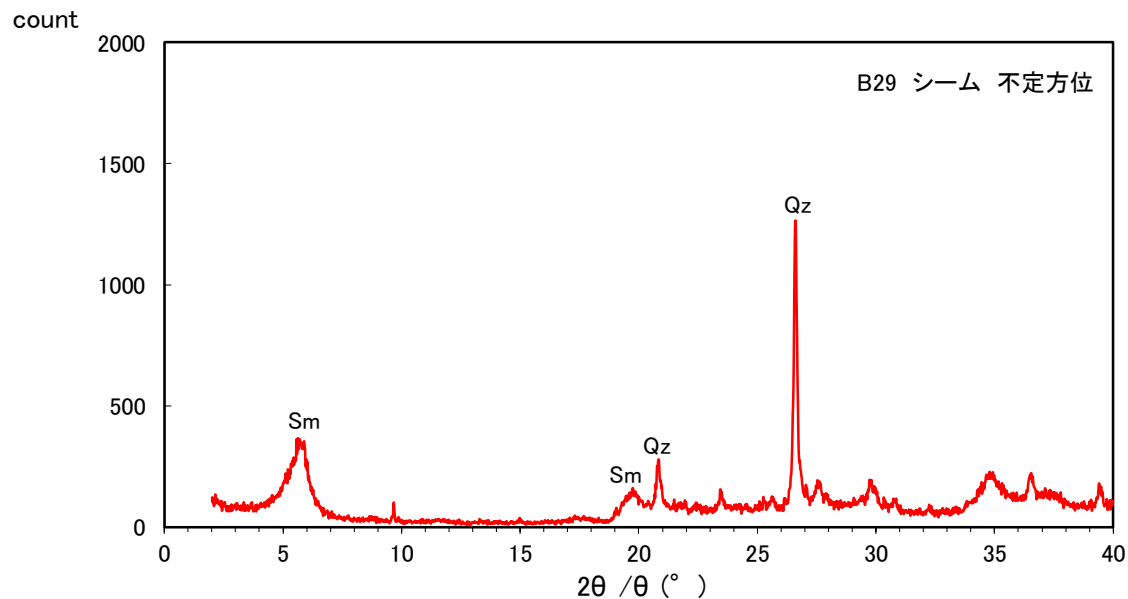
B28
シーム



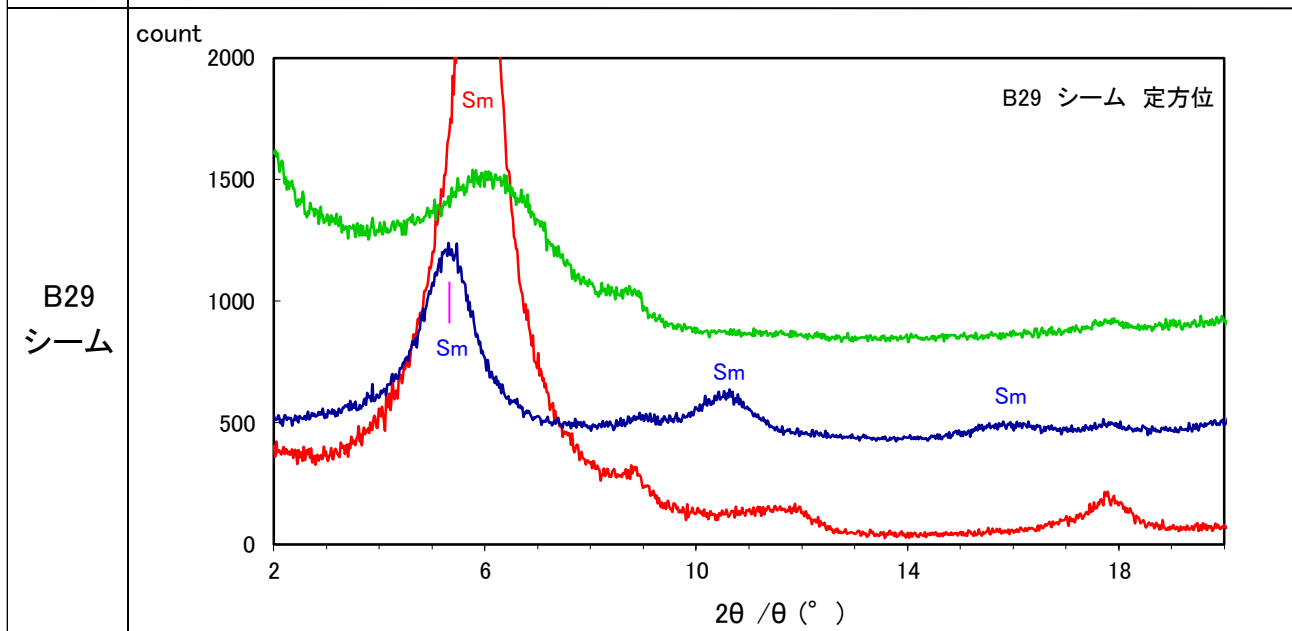
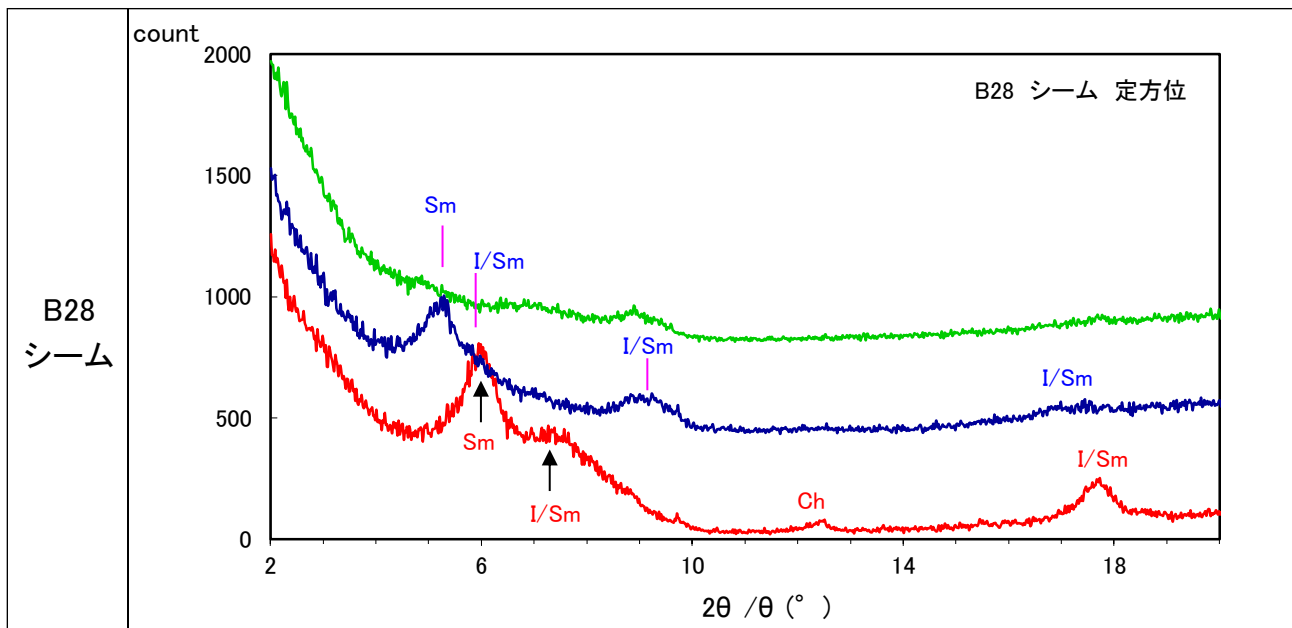
凡例

- Sm : スメクタイト
- I/Sm: イライト/スメクタイト混合層鉱物
- Ch : 緑泥石
- Gy : 石膏
- Kf : カリ長石

B29
シーム



3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由
 (参考) B28・29シームのX線チャート(定方位)



・水ひ試料のピーク位置とエチレングリコール処理によるピークのシフトから、イライト/スメクタイト混合層鉱物及びスメクタイトを同定している。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 B28シームの性状

第318回審査会合
資料2 p.7 再掲

85

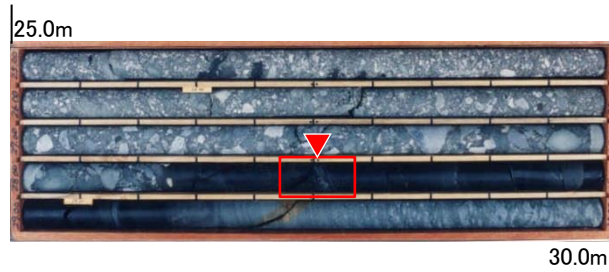
シーム接写写真(B28シーム)

▼ B28シーム層準

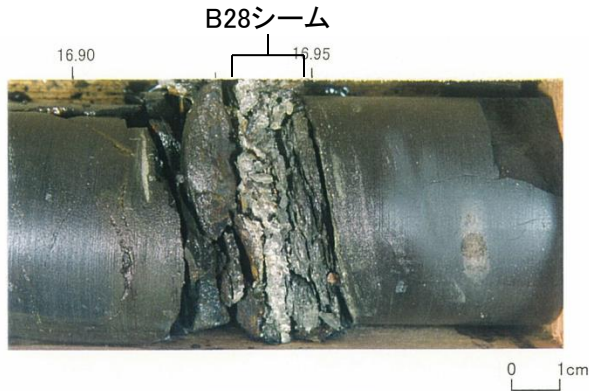
No.130コア写真 (GL-15.00～-20.00m)



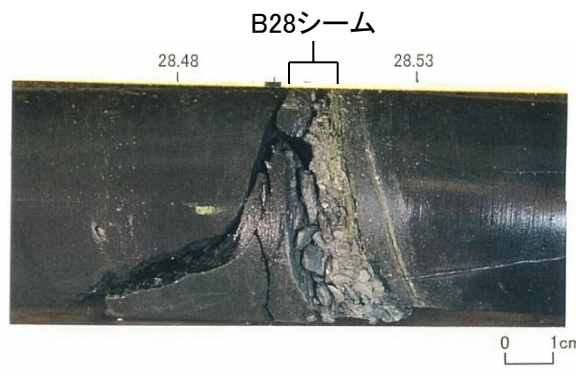
No.347コア写真 (GL-25.00～ - 30.00m)



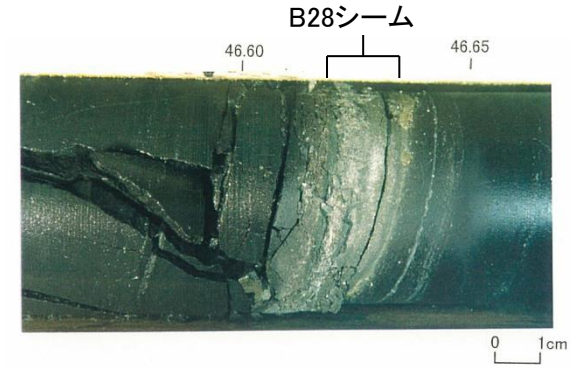
No.352コア写真 (GL-45.00m～-50.00m)



No.130コア写真(シーム: GL-16.93～-16.94m)



No.347コア写真(シーム: GL-28.51～ - 28.52m)



No.352コア写真(シーム: GL-46.62m～-46.63m)

・B28シームは、以下の特徴を有している。

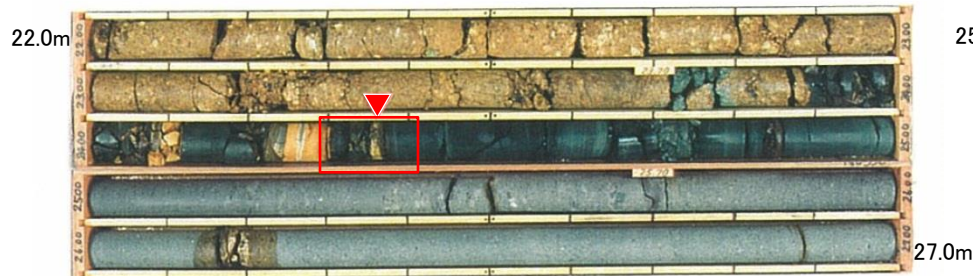
- ①平板状の形態を持ち、厚さは0.1cm～3.5cm程度であり、平均層厚0.8cmと薄い。
- ②地層を切ることなく堆積構造に調和的に分布する。
- ③母岩との境界が明瞭である。
- ④断層破碎帯に見られるような角礫化帯は認められない。
- ⑤黒色頁岩内に分布する凝灰質頁岩の薄層が粘土化している。

・上記特徴は、その他のシームの特徴と類似していることから、同様の成因で形成されたと考えられる。

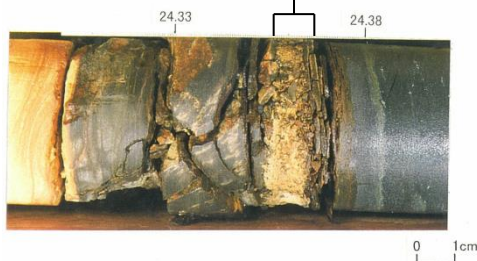
B29シームの性状

シーム接写写真(B29シーム)

No.330コア写真(GL -22.00~27.00m)



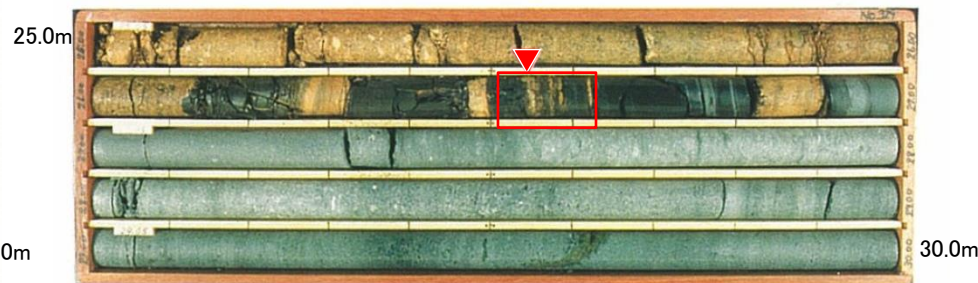
B29シーム



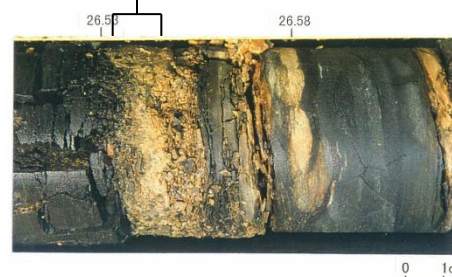
No.330コア写真(シーム:GL -24.36~24.37m)

(平成27年にX線回折分析試料を採取)

No.329コア写真(GL -25.00~30.00m)



B29シーム



No.329コア写真(シーム:GL -26.54~26.56m)

(平成11年にX線回折分析試料を採取)

▼ B29シーム層準

・B29シームは、以下の特徴を有している。

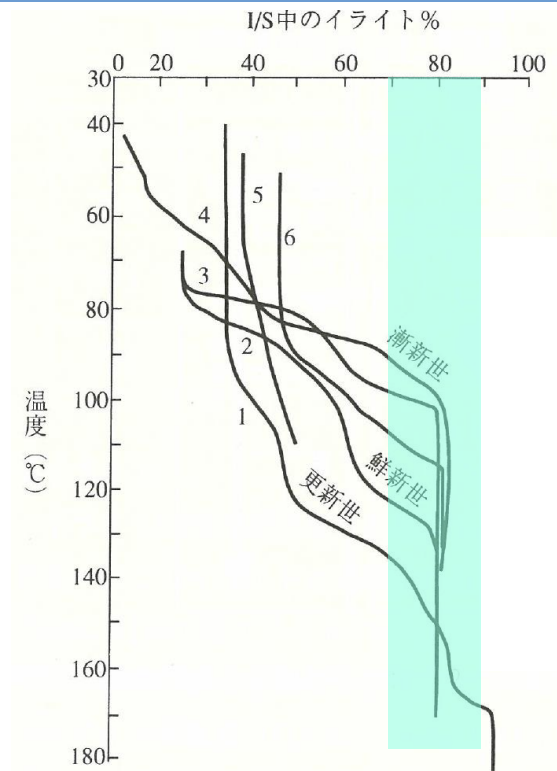
- ① 平板状の形態を持ち、厚さは1cm程度と薄い。
- ② 地層を切ることなく堆積構造に調和的に分布する。
- ③ 母岩との境界が明瞭である。
- ④ 断層破碎帯に見られるような角礫化帯は認められない。
- ⑤ 黒色頁岩内に分布する凝灰質頁岩の薄層が粘土化している。

・上記特徴は、その他のシームの特徴と類似していることから、同様の成因で形成されたと考えられる。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト/スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 文献調査結果(イライト/スメクタイト混合層鉱物の生成条件)

熱水変質作用による鉱物の生成温度; 吉村(2001)⁽⁹⁾に一部加筆

鉱物帯	温度(°C)		
	100	200	300
変質鉱物	ハロイサイト帯	カオリナイト帯	パイロフィライト帯
酸性変質帯	明礬石 ハロイサイト カオリナイト ディオクタイト ナウライト パイロフィライト 紅柱石 ヘーサイト ダイアスポア スニ石 トパーズ ルチル クリストバライト 石英 黄鉄鉱 石膏 硬石膏		
中性変質帯	スメクタイト イライト/スメクタイト 緑泥石/スメクタイト イライト 緑泥石 黒雲母 エビドート プルーナイト パンペー石 アクチノライト ざくろ石 単斜輝石 水長石 アルバイト 方解石 ドロマイト	混合層鉱物帯 イライト イライト-緑泥石帯 イライト-パイロフィライト帯	カリ長石帯 エビドート アクリノライト帯
アルカリ性変質帯	スティルバイト帯 モルデナイト帯	ヒューランドイト帯 アナルサイム	ローモンタイト帯 ワイロカイト帯 アルバイト帯



泥質碎屑岩中のイライト/スメクタイト混合層鉱物の構成層の
変化と温度との関係; 吉村(2001)に一部加筆

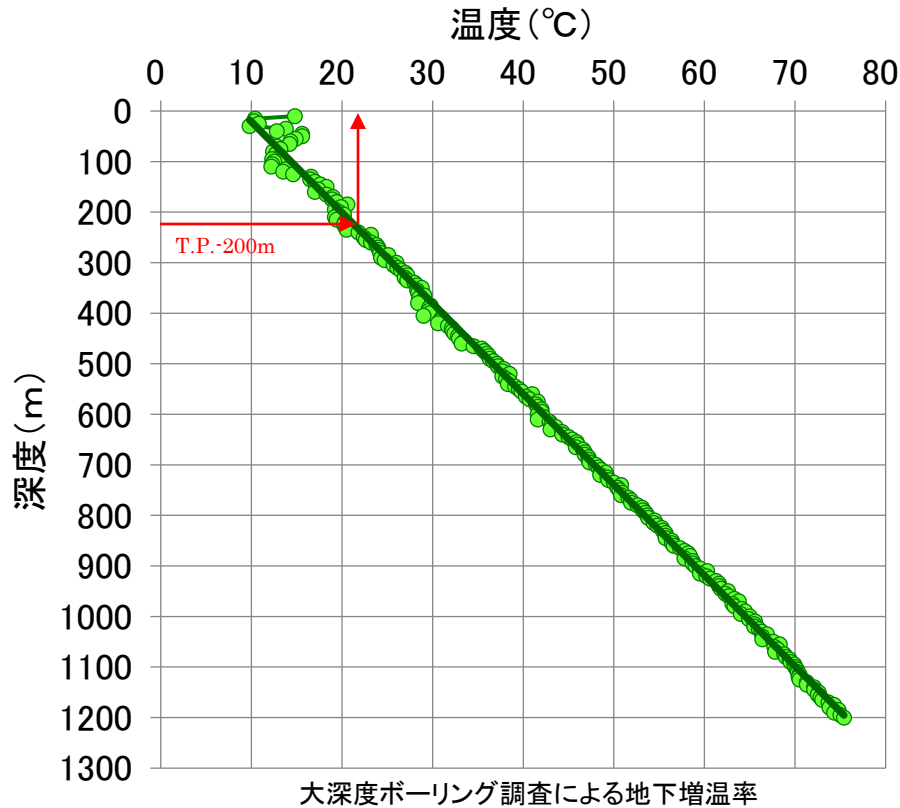
・吉村(2001)によると、イライト/スメクタイト混合層鉱物の生成条件は、以下のとおりとされている。

【熱水変質作用】
○生成温度条件は、スメクタイトは約130°C以下、イライト/スメクタイト混合層鉱物は約110°C～約250°Cである。

【続成変質作用】
○スメクタイトのイライト化は、主にカリ長石のKやAlとスメクタイトが反応し、イライト、緑泥石及び石英が生成され、その反応式は以下のとおりである。
$$\text{スメクタイト} + \text{K}^+ + \text{Al}^{3+} = \text{イライト} + \text{緑泥石} + \text{石英} + \text{H}^+$$

○生成温度条件は、泥質碎屑岩中でイライトの割合が70～90%の場合、約90°C～約170°Cである。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 敷地内における現在の地下増温率



「熱水」の定義

<東(2004)>

- ・一般的には $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の地下増温率に相当する地温よりも高温の水を熱水として考えればよいことになる。

<新版 地学辞典(1996)⁽¹⁰⁾>

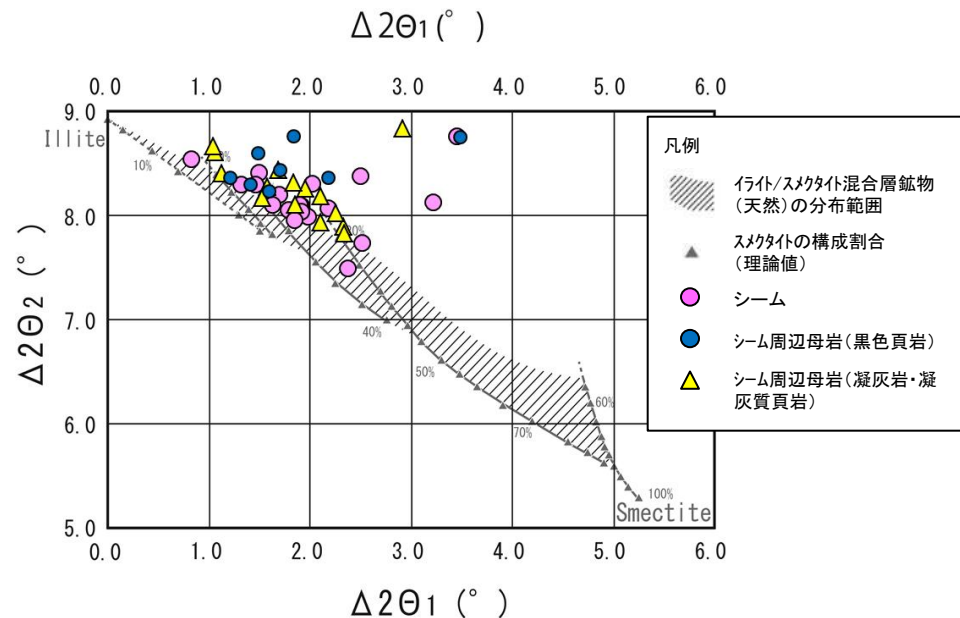
- ・熱水の温度は $50\sim 800^{\circ}\text{C}$ 、溶液成分は $\text{Na}\cdot\text{K}\cdot\text{Ca}\cdot\text{Cl}$ を主とし、全重量濃度3%程度から50%を超えるものまでである。

- ・大深度ボーリング調査結果では、地下増温率は約 $5.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ で一定であり、敷地内においてシームを確認した範囲(T.P.-200m程度まで)の地温は約 $10^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ である。
- ・B29シームを対象とした薄片試料で認められる鉱物は約 $190^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ の高温域で生成されたと考えられることから、これらの鉱物は現在の環境で生成したものではないと考えられる。

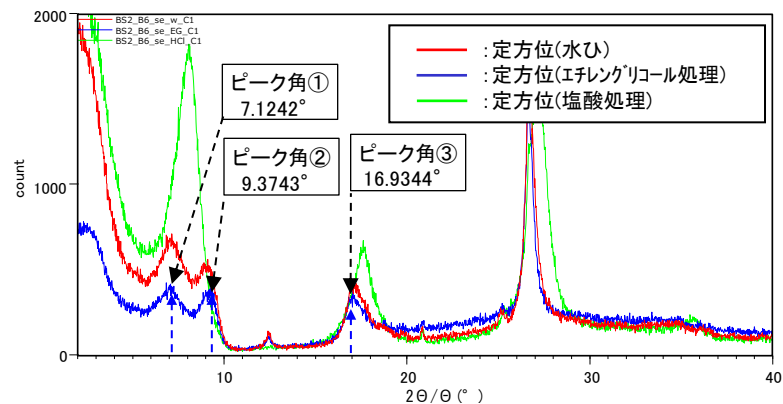
3. シームの性状 (4) B29シームでイライト/スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 イライト/スメクタイト混合層鉱物中のイライトの割合

＜渡辺(1986)によるイライト/スメクタイト混合層鉱物中のイライトの割合の検討方法＞
 手順1: X線回折分析のチャート(エチレングリコール処理, 右図)からイライト/スメクタイト混合層鉱物のピークを読み取る。
 手順2: 読み取ったピーク角を右式に代入し, 得られた値を左図にプロットする。

横軸) $\Delta 2\theta_1 = (\text{ピーク角②}) - (\text{ピーク角①})$
 縦軸) $\Delta 2\theta_2 = (\text{ピーク角③}) - (\text{ピーク角②})$



イライト/スメクタイト混合層鉱物の $\Delta 2\theta$ の計算結果及び左図へのプロット結果
 渡辺(1986)⁽²⁾より引用・加筆



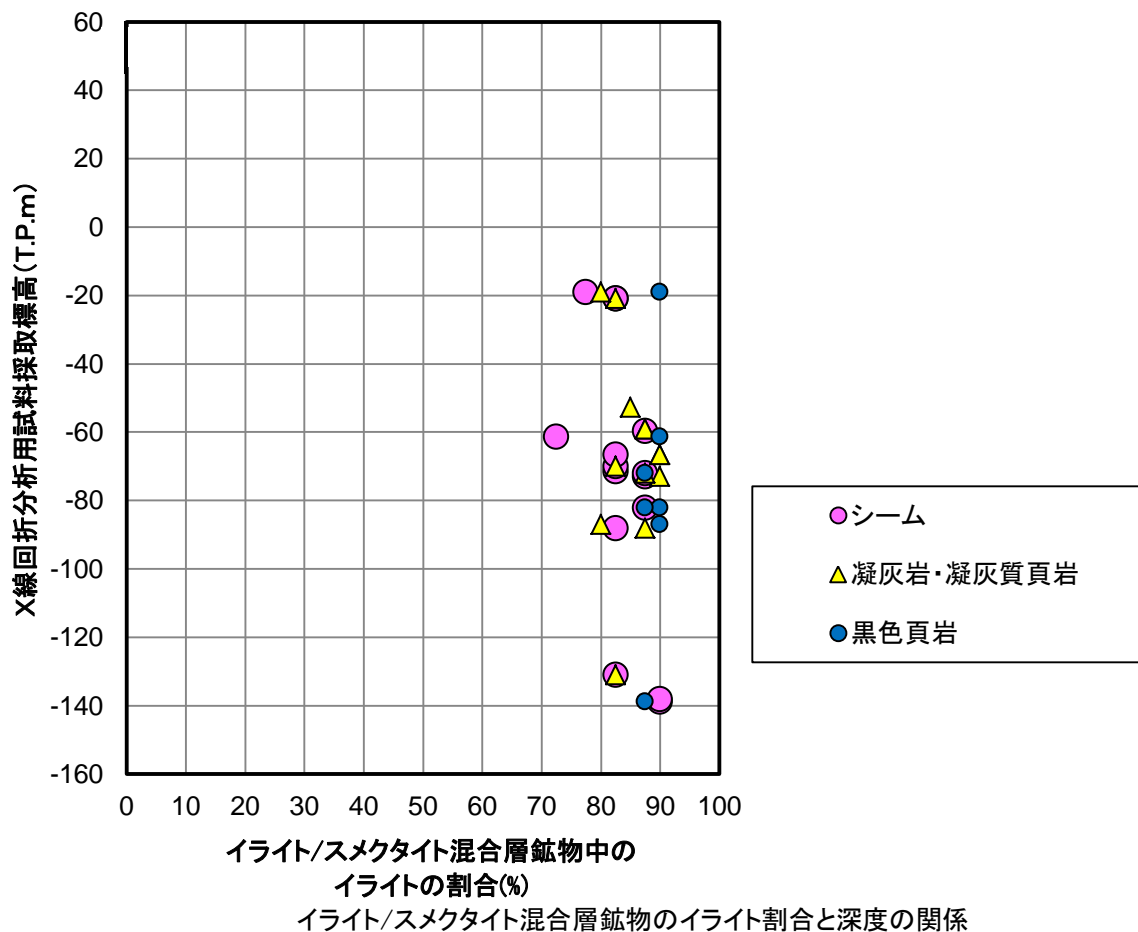
チャートから読み取ったイライト/スメクタイト混合層鉱物のピーク位置の例 (試料「BS2-B6-se」)

イライト/スメクタイト混合層鉱物の混合層比の検討結果

BrNo.	対象	左図(渡辺の図)へのプロット結果	BrNo.	対象	左図(渡辺の図)へのプロット結果
BS-1	B3シーム	イライト80~85%	BS-2	B13シーム下部母岩	イライト90%以上
	B4シーム下部母岩	読み取り不可		B13シーム	イライト85~90%
	B4シーム	読み取り不可		B14シーム下部母岩	イライト85~90%
	B4シーム上部母岩	読み取り不可		B14シーム	イライト85~90%
	B5シーム下部母岩	イライト80~85%		B14シーム上部母岩	イライト85~90%
	B5シーム	イライト80~85%		B15シーム下部母岩	イライト90%以上
B6シーム	イライト70~75%	B15シーム		イライト80~85%	
B6シーム上部母岩	イライト90%以上	B15シーム上部母岩		イライト90%以上	
B4シーム下部母岩	イライト85~90%	B17シーム下部母岩		イライト85~90%	
B4シーム	イライト90%以上	B17シーム		イライト85~90%	
B5シーム	イライト90%以上	B17シーム上部母岩		イライト85~90%	
B6シーム下部母岩	イライト80~85%	B18シーム下部母岩		イライト85%	
B6シーム	イライト80~85%	B18シーム		読み取り不可	
B8シーム下部母岩	読み取り不可	B18シーム上部母岩		読み取り不可	
B8シーム	イライト80~85%	B23シーム下部母岩		読み取り不可	
B8シーム上部母岩	イライト85~90%	B23シーム(下)	イライト80~85%		
B10シーム下部母岩	イライト80%	B23シーム(上)	イライト80~85%		
B10シーム	読み取り不可	B23シーム上部母岩	イライト80~85%		
B10シーム上部母岩	イライト90%以上	B25シーム下部母岩	イライト90%以上		
B12シーム下部母岩	イライト85~90%	B25シーム	イライト75~80%		
B12シーム	イライト85~90%	B25シーム上部母岩	イライト80%		
B12シーム上部母岩	イライト90%以上	B28シーム下部母岩	読み取り不可		
		B28シーム	読み取り不可		
		B28シーム上部母岩	読み取り不可		

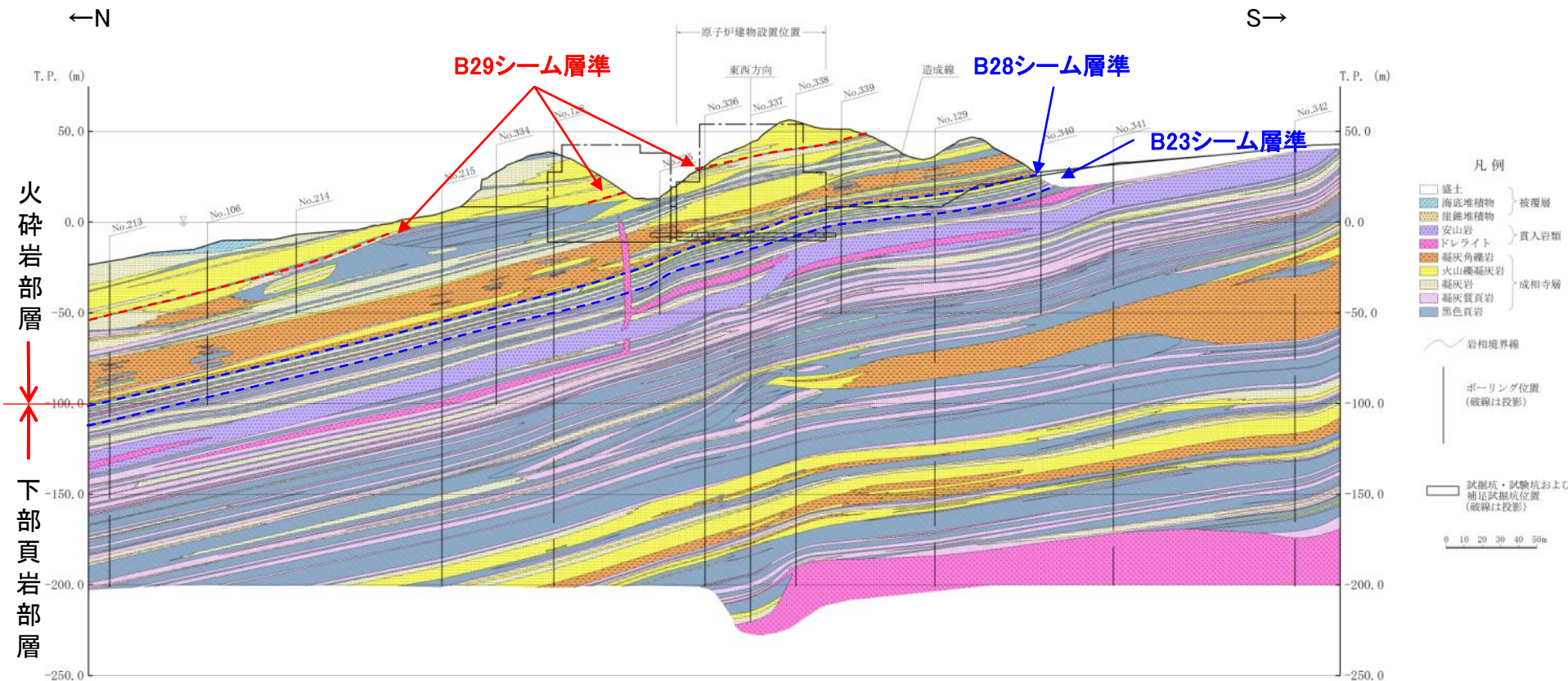
・渡辺(1986)によりイライト/スメクタイト混合層鉱物中のイライトの割合を検討した結果, B3~B25シーム及びその周辺母岩のイライトの割合は, 70~90%である。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 イライト／スメクタイト混合層鉱物のイライト割合と深度の関係



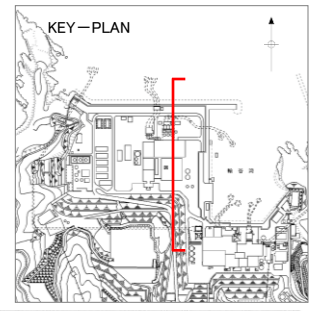
- ・肉眼観察により粘土化が認められたシーム及び周辺母岩のイライト割合を検討した結果、70～90%であり、深度方向にばらつきは認められないことから、イライト／スメクタイト混合層鉱物は続成変質作用で生成した可能性が高いと考えられる。
- ・B28シームは、渡辺(1986)プロット図におけるイライト割合の試験分布範囲外にプロットされたため読み取りができなかったこと、B29シームはイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されないことから、検討対象から除外した。

3. シームの性状 (4) B29シームでイライト／スメクタイト混合層鉱物が検出されない理由 B29シーム周辺の地質



火砕岩部層
↓
下部頁岩部層

- B29シーム以外のシームは、下部頁岩部層中の凝灰質頁岩と黑色頁岩の境界部に分布する。
- B29シームは、敷地で確認されたシームの中で最も浅部に位置し、火砕岩部層中の黑色頁岩の薄層内に挟み込まれることから、その他のシームと比較して、周辺の地質状況が異なる。



まとめ

[X線回折分析結果]

- ・既往のX線回折分析結果と同様、ほとんどのシームにおいて、イライト／スメクタイト混合層鉱物及び初生鉱物である石英、斜長石が検出されており、鉱物組成は概ね類似していると考えられる。
- ・イライト／スメクタイト混合層鉱物はB28シームからは検出されたが、B29シームからは、既往のX線回折分析と同様、イライト／スメクタイト混合層鉱物は検出されず、スメクタイトが検出された。
- ・イライト／スメクタイト混合層鉱物は、シーム周辺母岩のうち、シームの原岩と考えられるすべての凝灰岩及び凝灰質頁岩で検出されたこと、及びシーム及びその周辺母岩のイライト割合は70～90%であり、深度方向にばらつきは認められないことから、続成変質作用により生成したと考えられる。

[ボーリングコアにおけるシームの性状の再検討結果]

- ・B28・29シームは、平板状で厚さ1cm程度と薄い等、その他のシームと同様の特徴を有していることから、同様の成因で形成されたと考えられる。

[文献調査結果]

- ・吉村(2001)によると、イライト／スメクタイト混合層鉱物は、熱水変質作用では一部スメクタイトと同様の生成温度であり、続成変質作用ではスメクタイトのイライト化過程で認められるとされている。

[シームが分布する地質の確認結果]

- ・B29シームは、敷地で確認されたシームの中で最も浅部に位置し、火砕岩部層中の黒色頁岩の薄層内に挟在することから、その他のシームと比較して、周辺の地質状況が異なる。

以上のことから、B28、29シームのいずれも他のシームと同様の成因で形成されたと考えられるが、B29シームについては、火砕岩部層中の黒色頁岩の薄層内に挟在し、その他のシームと比較して周辺の地質状況が異なることにより、続成変質作用に伴うスメクタイトのイライト化が進行せず、イライト／スメクタイト混合層鉱物が確認できなかったと考えられる。