

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密
又は防護上の観点から公開できません。

敦賀発電所2号炉 敷地の地形，地質・地質構造について

平成29年12月22日
日本原子力発電株式会社

敦賀発電所2号炉 敷地の地形, 地質・地質構造に関する主要な論点

No.	主要な論点
3	浦底断層の活動に伴う, 敷地内破碎帯の変位等に関する調査・評価結果を説明すること。
4	敷地内破碎帯について, 評価対象としている破碎帯(D-1破碎帯, D-5破碎帯, D-6破碎帯, H-3a破碎帯, D-14破碎帯)に関わる調査・評価のデータのみならず, その代表性が適切であることを判断するため, 破碎帯の全ての調査・評価結果を説明すること。
5	敷地内のD-1 トレンチ内に認められるK断層の活動性及び原子炉建屋直下を通過する破碎帯との連続性等の調査・評価結果を従前の説明に加えて申請時の最新知見に照らして説明すること。

目次

1. 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造	5
2. 調査内容	9
3. 敷地の地形	17
4. 敷地の地質	21
5. 敷地の地質構造	35
5.1 浦底断層と破砕帯の区分について	37
5.2 浦底断層及び破砕帯の活動性評価について	81
5.2.1 浦底断層	83
5.2.2 破砕帯	109
5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について	111
5.2.2.2 調査結果	127
(1) D-1破砕帯	129
(2) K断層	175
(3) D-6破砕帯	211
(4) D-14破砕帯	237
5.3 まとめ	253
6. 参考文献	257

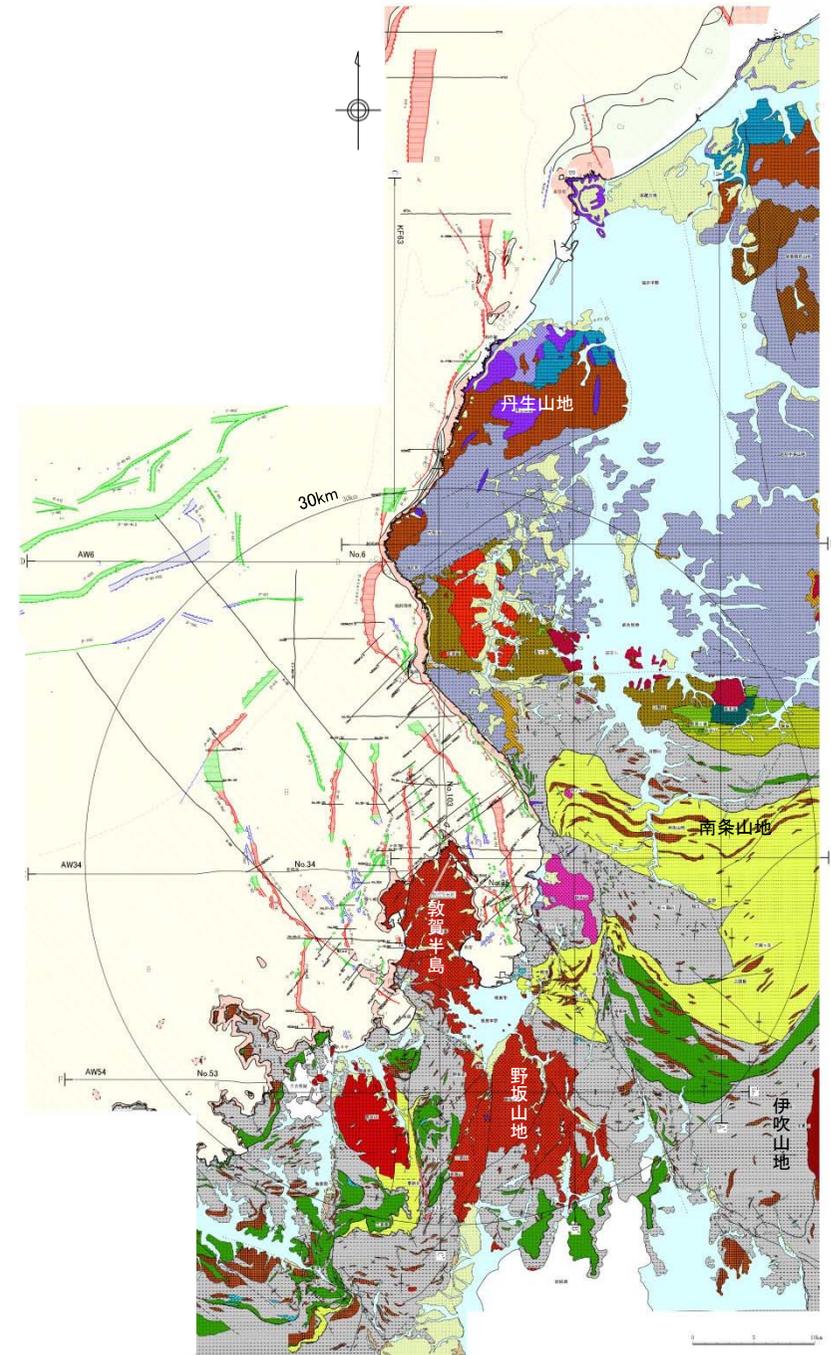
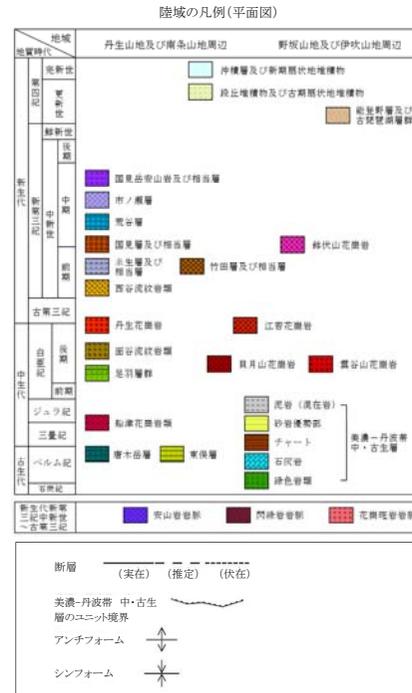
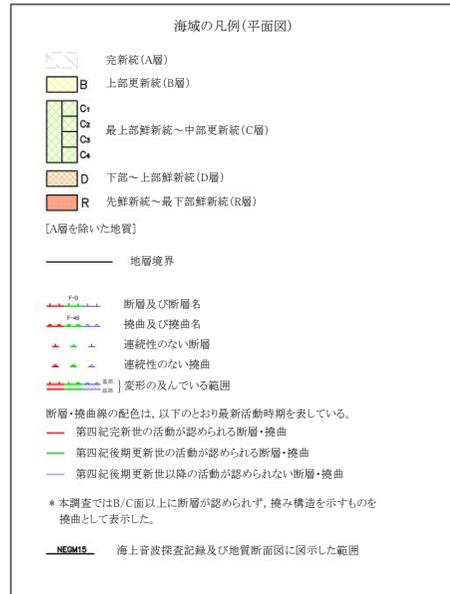
余白

1. 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造

1. 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造

敷地周辺の地質概要(地質平面図)

地形	主に分布する地質
丹生山地及び南条山地周辺	[北部] 古第三紀～新第三紀の火山岩類及び堆積岩類 [南部] 石炭紀～ジュラ紀の美濃一丹波帯中・古生層 ペルム紀の堆積岩類, ジュラ紀の花崗岩類, 白亜紀の堆積岩類, 白亜紀～古第三紀の火山岩類及び花崗岩類
野坂山地及び伊吹山地周辺	[全域] 石炭紀～ジュラ紀の美濃一丹波帯中・古生層 [野坂山地中部, 敦賀半島及び伊吹山地] 白亜紀～古第三紀の花崗岩類 [野坂山地北東部] 新第三紀に貫入した花崗岩類



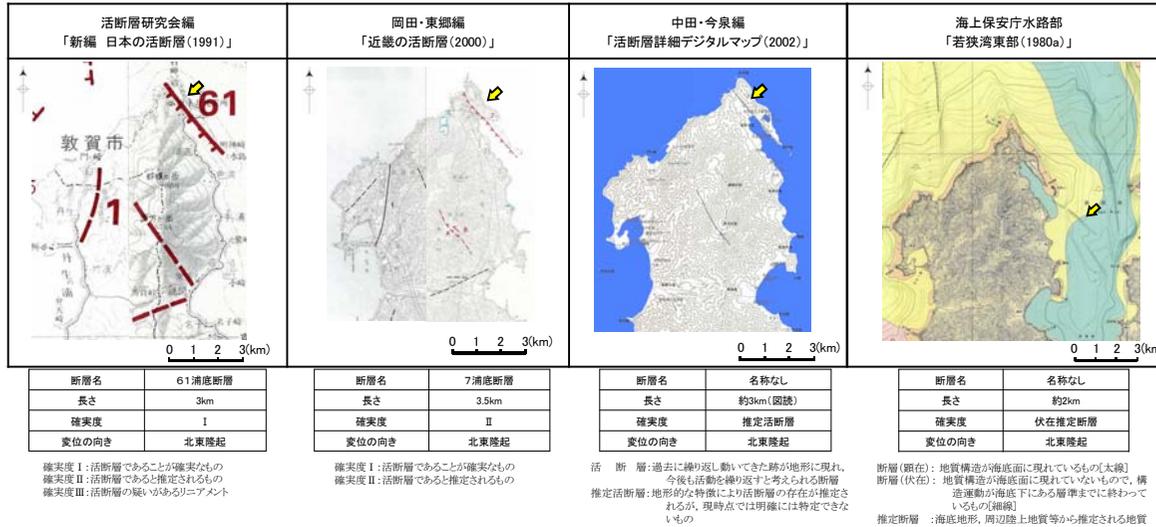
余白

2. 調査内容

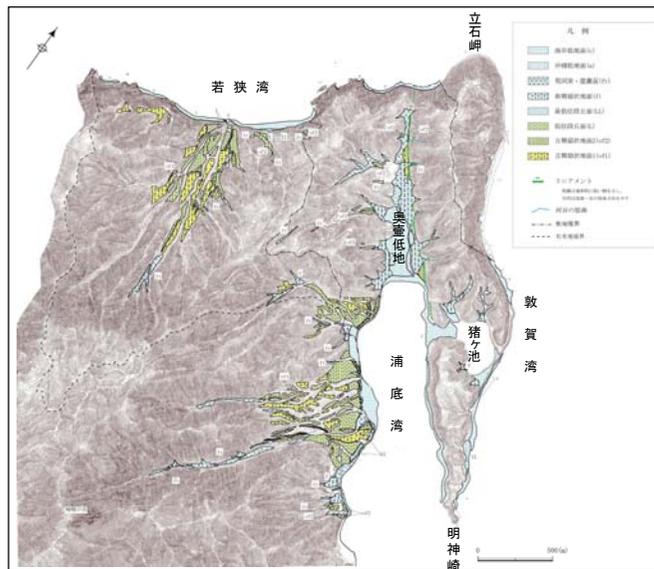
2. 調査内容

調査位置(敷地全体)

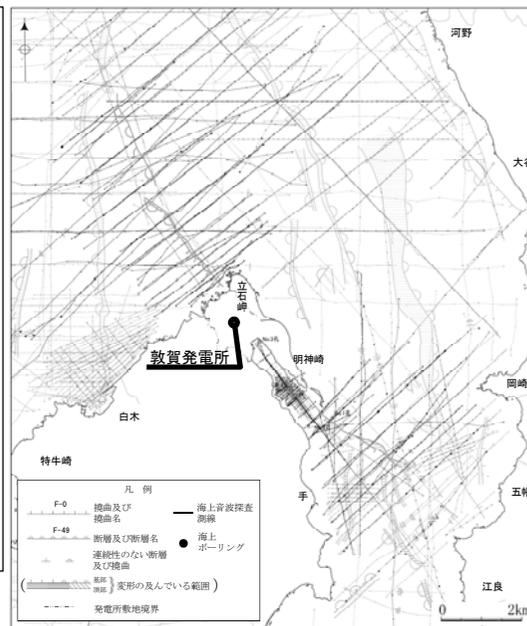
震源として考慮する活断層の有無の把握にあたっては、敷地及びその周辺について文献調査、変動地形学的調査、地球物理学的調査及び地表地質調査による検討を基本とし、活動時期の評価にあたってはトレンチ調査等を実施した。



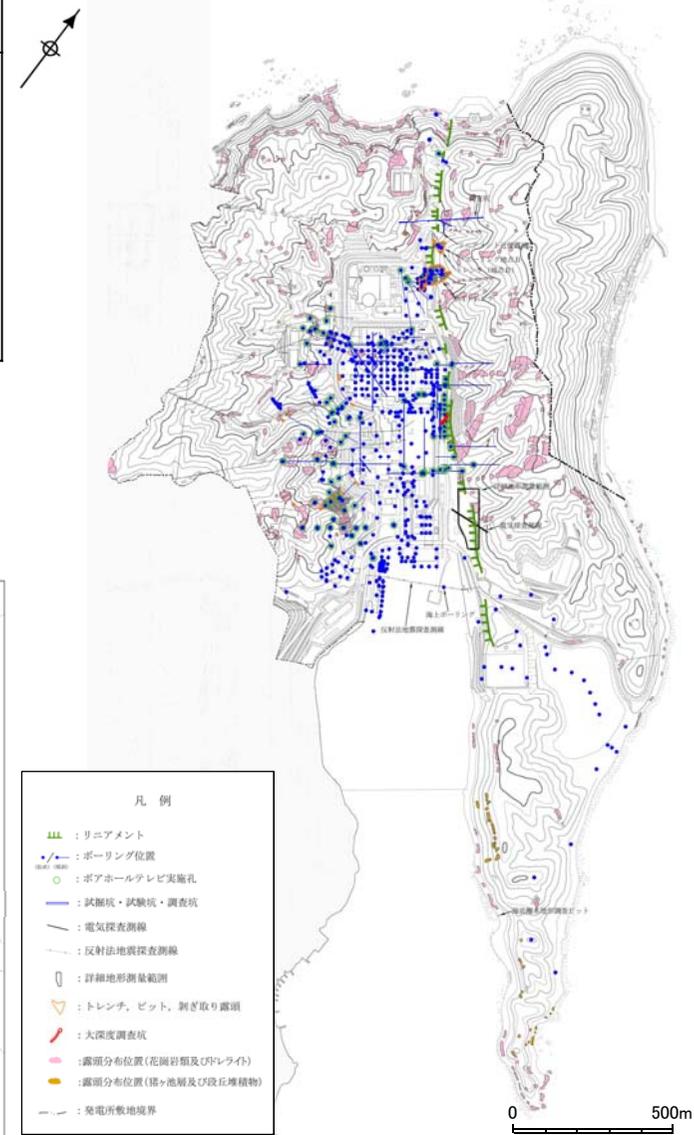
文献調査結果



変動地形調査結果



調査位置図(海上音波探査)

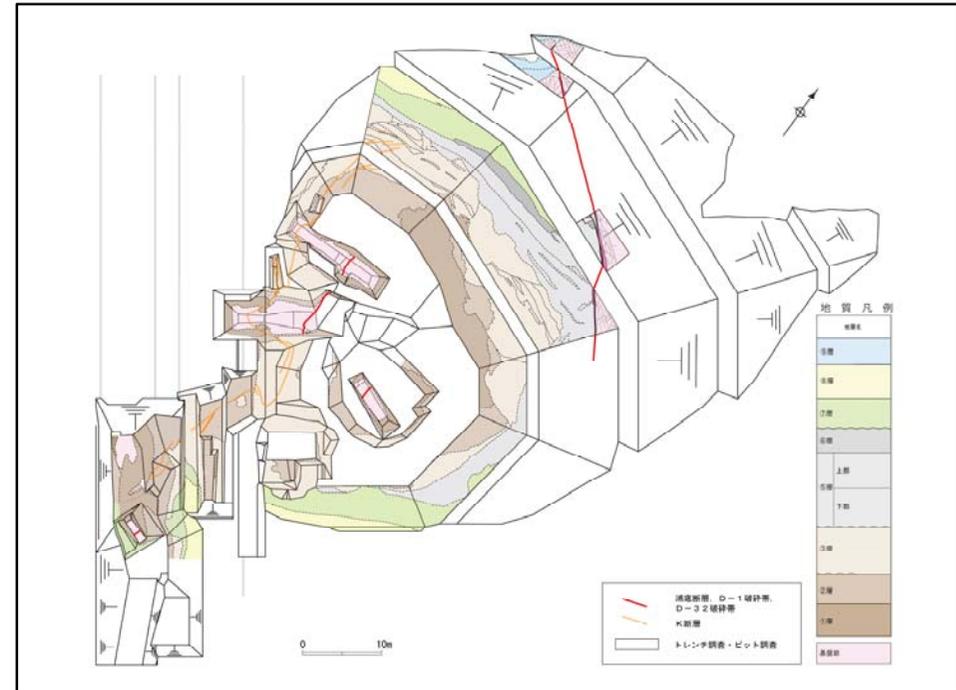


調査位置図(敷地内)

2. 調査内容

調査位置(2号炉施設設置位置付近)

重要施設直下における地震活動に伴って永久変位が生じる断層の有無及び支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面の有無の把握にあたっては、文献調査及び変動地形学的調査に加えて、地表地質調査、ボーリング調査、試掘坑調査、剥ぎ取り調査、基礎掘削面調査を実施し、活動時期の評価にあたってはトレンチ調査等を実施した。



トレンチ調査結果(D-1トレンチ)

- 耐震重要施設
- 常設重大事故等対処施設
- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設
※上記施設は設置変更許可申請時(平成27年11月5日)におけるもの

- 凡例
- : リニアメント
 - : ボーリング位置
 - : ポアホールテレビ実施孔
 - : 試掘坑・試験坑・調査坑
 - : 電気探査測線
 - : 反射法地震探査測線
 - : 詳細地形測量範囲
 - : トレンチ、ピット、剥ぎ取り露頭
 - : 大深度調査坑
 - : 露頭分布位置(花崗岩類及び閃れらい)
 - : 露頭分布位置(粘土層及び砂丘堆積物)
 - : 発電所敷地境界

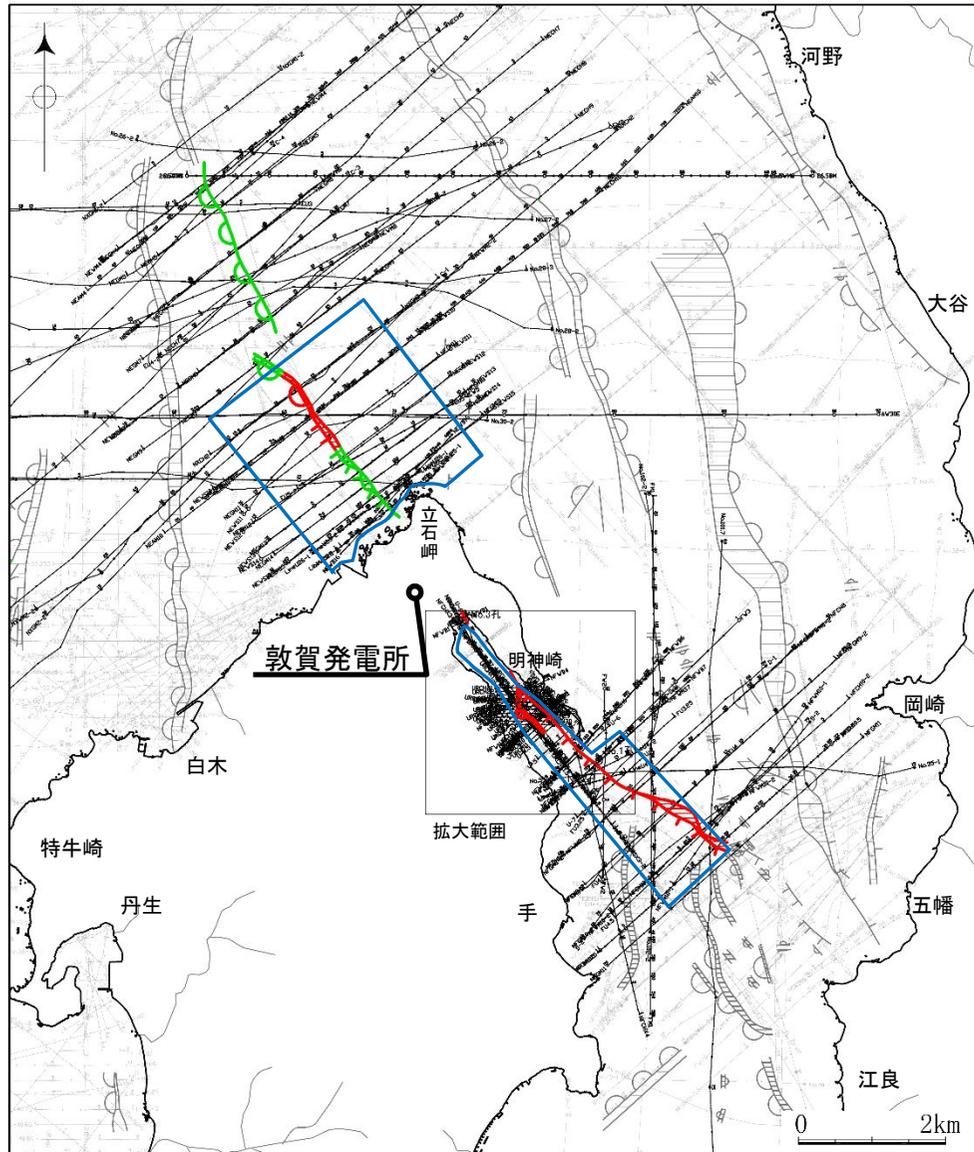
枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。
※「耐震重要施設」及び「常設重大事故等対処施設」(以下、「重要施設」という)

調査位置図(敷地内)

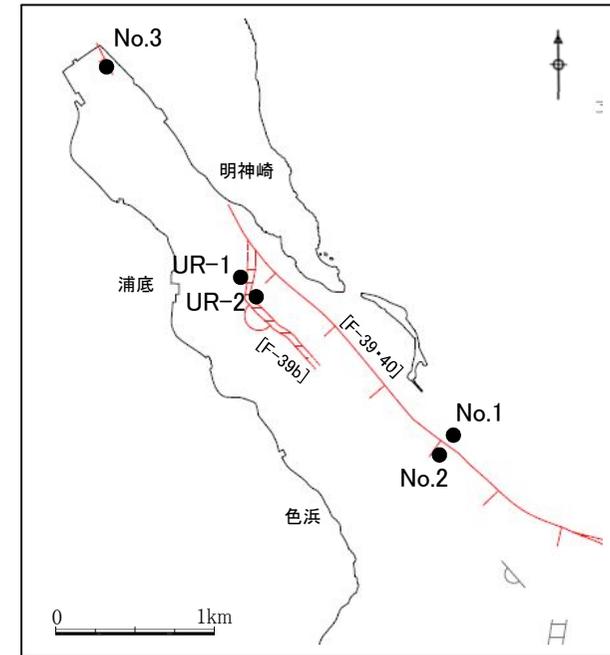
2. 調査内容

調査位置(浦底断層に関する海域調査)

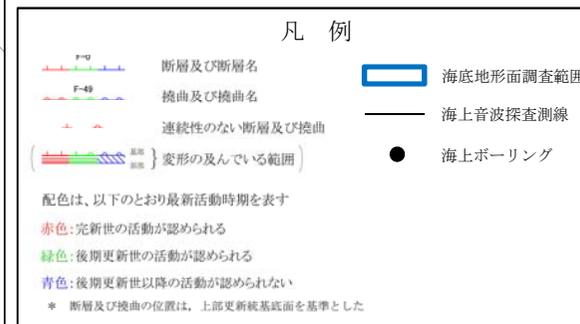
浦底断層の活動性及び連続性を把握するため、海底地形面調査、海上音波探査、海上ボーリング調査等を実施した。



調査位置図(海底地形面調査、海上音波探査)



拡大図(海上ボーリング調査)



2. 調査内容

浦底断層に係る調査及び分析

浦底断層の活動性及び連続性を把握するため、下記の調査及び分析を実施した。

(1) 調査数量

調査項目		調査数量
ボーリング調査※ (ポアホールテレビ)		31孔, 約1,700m (26孔, 約1,600m)
横坑調査	E.L.+13m坑(約260m)	1箇所
	E.L.+39m坑(約80m)	1箇所
トレンチ調査 (観察面積)		3箇所 (約330 m ²)
反射法地震探査		1測線, 約1,600m
電気探査		1測線, 約130m
海底地形面調査 (北西方海域:マルチビーム方式, 南東方海域:インターフェロメトリー方式)		約9.7km ² (北西方海域 約6.2km ² , 南東方海域 約3.5km ²)
海上ボーリング調査		9孔, 約360m
海上音波探査		251測線, 約44,500m

※ボーリング調査の数量は、浦底断層を確認した調査の数量

(2) 分析数量

分析項目	分析数量
研磨片観察	12試料
薄片試料観察	26試料
テフラ分析 (10cm毎の連続サンプリング)	16測線
放射性炭素[¹⁴ C]年代測定	21試料
K-Ar年代測定	1試料
電子顕微鏡(SEM)による観察	1試料

2. 調査内容

破砕帯に係る調査及び分析

- 破砕帯の活動性及び連続性を把握するため、下記の調査及び分析を実施した。
- 本評価は、原子力規制委員会に提出した「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造調査報告書」(平成25年7月11日)、「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 D-1 破砕帯の評価 コメントに対する回答」(平成26年7月23日)等における調査結果に加えて、申請時の最新知見(平成27年9月までに継続して拡充したデータ)及びその後の最新知見の結果に基づくものである。

(1) 調査数量

調査項目	全調査数量	D-1 破砕帯	K断層	D-6 破砕帯	D-14 破砕帯	その他の破砕帯等
ボーリング調査 (ボアホールテレビ)	651孔, 約30,080m (150孔, 約10,000m)	33孔, 約2,080m (32孔, 約2,060m) 26孔, 約1,410m (26孔, 約1,410m)	32孔, 約540m (21孔, 約472m) 20孔, 約428m (19孔, 約420m)	8孔, 約1,260m (8孔, 約1,260m)	2孔, 約420m (1孔, 約200m)	559孔, 約25,150m
トレンチ調査, ピット調査, 剥ぎ取り調査 (観察面積)	25箇所 (約5,220 m ²)	5箇所 (約220 m ²) 4箇所 (約180m ²)	7箇所 (約1,980 m ²) 2箇所 (約1,700m ²)	2箇所 (約2,750m ²)	3箇所 (約110 m ²)	6箇所 (約160 m ²)
試掘坑調査	2号炉設置位置 (約620m)	4箇所	-	-	-	19箇所
	1号炉設置位置 (約56m)	-	-	1箇所	-	1箇所
大深度坑調査 (観察面積, 掘削深度, 直径)	1箇所 (約15m ² , 約G.L.-42m, Φ5.5m)	-	-	1箇所 (約15m ² , 約G.L.-42m, Φ5.5m)	-	-

斜字:原子力規制委員会に提出した「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造調査報告書」,「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 D-1 破砕帯の評価 コメントに対する回答」等の調査データ

(2) 分析数量

分析項目	全調査数量	D-1 破砕帯	K断層	D-6 破砕帯	D-14 破砕帯	その他の破砕帯等
研磨片観察	253試料	35試料 27試料	27試料 25試料	8試料	5試料	166試料
薄片試料観察	193試料	41試料 29試料	20試料 18試料	8試料	5試料	99試料
テフラ分析 (10cm毎の連続サンプリング)	33測線	22測線 18測線		4測線	3測線	4測線
放射性炭素[¹⁴ C]年代測定	2試料	2試料		-	-	-
K-Ar年代測定	7試料	1試料	-	1試料	1試料	4試料 (黒雲母花崗岩, 花崗斑岩, アブライト及び ドレライトの健岩部)
花粉分析	22試料	22試料		-	-	-
X線回折分析	30試料	10試料 1試料	6試料 1試料	8試料	2試料	4試料
電子顕微鏡(SEM)による観察	12試料	2試料	2試料	2試料	2試料	4試料

斜字:原子力規制委員会に提出した「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造調査報告書」,「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 D-1 破砕帯の評価 コメントに対する回答」等の調査データ

2. 調査内容

破砕帯に係る調査及び分析

(3) 分析方法

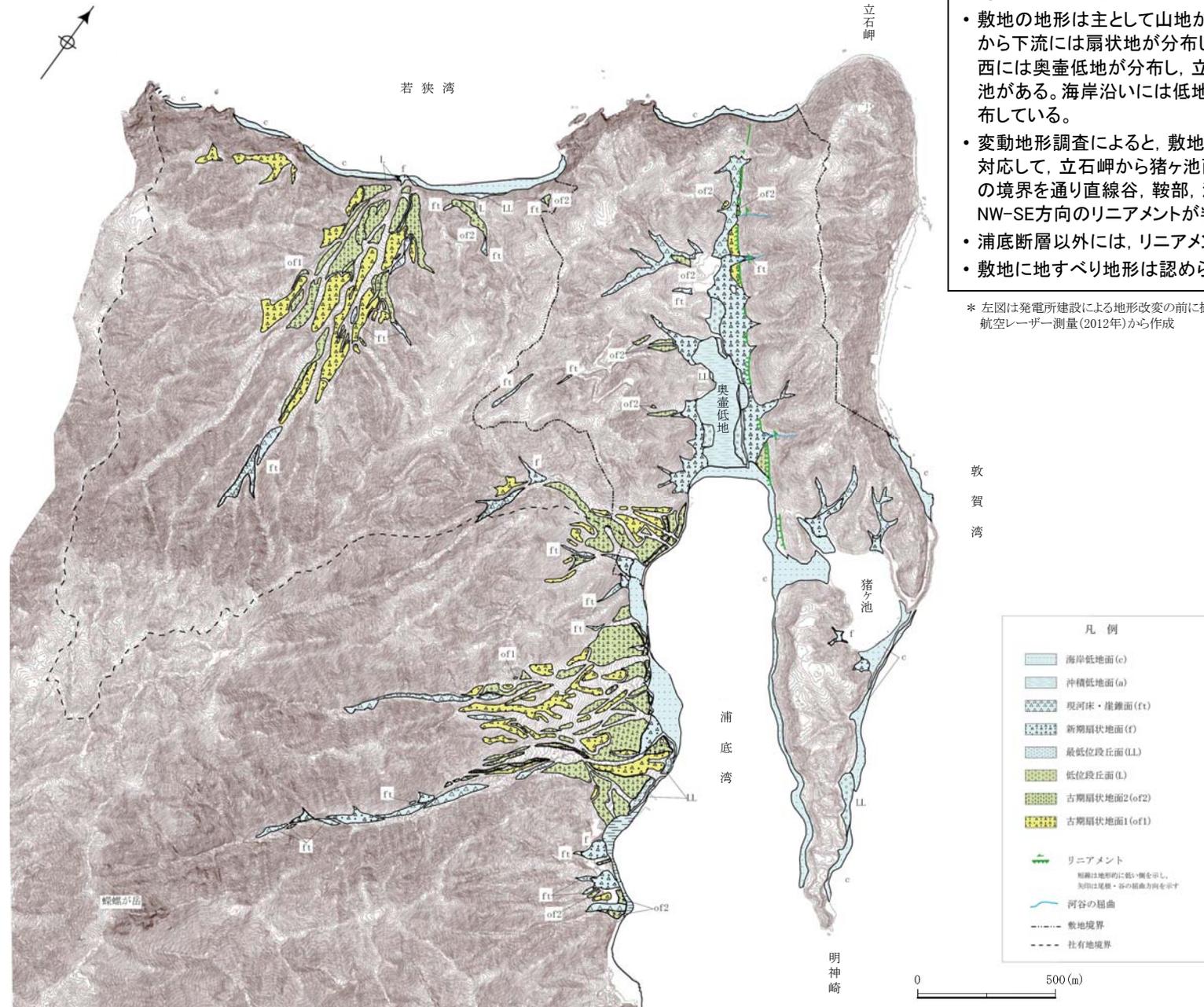
分析項目		目的	分析方法
テフラ分析	通常分析	テフラ起源の鉱物の産出状況を把握し、降灰層準等の認定に用いる。	<ul style="list-style-type: none"> ・連続的にサンプリングした試料について、吉川(1976)に基づき、0.125~0.0625mmの粒径の鉱物組成分析を行う。 ・観察する粒子はテフラ起源の火山ガラス、普通角閃石、カミングトン閃石、斜方輝石、石英等についてである。なお、これらに加えて長石、雲母、不透明鉱物、花崗岩岩片が確認される。 ・結果の表示については、古澤他(2013)に基づき3000粒子あたりの数量として表現
	濃集分析	含有量の少ないテフラについて、濃集処理を行うことでテフラ起源の鉱物の産出状況に有意なデータを強調し、降灰層準等の認定に用いる。	<ul style="list-style-type: none"> ・通常分析と同じ試料1gを比重2.75に調整したSPT重液(ポリタングステン酸ナトリウム)に沈む重鉱物のみの試料に濃集する。 ・吉川(1976)に基づき、0.125~0.0625mmの粒径の試料について、濃集で得られたすべての鉱物について鉱物組成分析を行う。 ・観察する粒子については、重液によって濃集しているため、普通角閃石、カミングトン閃石、斜方輝石、不透明鉱物等の重鉱物のみで、火山ガラス、石英、長石等の軽い粒子は含まれない。 ・鉱物のピークを識別できるように1gあたりとして表現
	屈折率分析	テフラ起源の鉱物の屈折率を把握し、テフラの対比に用いる。	温度変化型屈折率測定装置で分析
	主成分分析	テフラ起源の鉱物の主成分を把握し、テフラの対比に用いる。	エネルギー分散型X線分析(Energy Dispersive X-ray spectrometry)で分析
放射性炭素[¹⁴ C]年代測定		地層の堆積年代の把握	AMS法で測定
K-Ar年代分析		岩石の生成年代及び熱水変質年代の把握	全岩あるいはカリ長石のカリウムの含有量を湿式分析で測定、放射性起源及び非放射性起源のアルゴンの含有量を質量分析器によって測定
花粉分析		地層の堆積環境及び堆積年代の把握	顕微鏡観察で同定
研磨片観察		破砕帯を構成する粒径や最新活動面の把握	ポーリングコアやブロックサンプルについて、研磨した観察面を実体顕微鏡で観察
薄片観察		破砕帯を構成する粒子の形状、面構造の発達程度、基質の細粒化の程度、断層岩の区分及び変位センスの把握	薄片試料について、偏光顕微鏡で観察
X線回折分析		破砕帯を構成する鉱物の把握	水簸した粒径2μm以下の鉱物について、定方位法によりX線回折分析 なお、スメクタイト及びカオリナイトについては、ピークが類似する粘土鉱物と分離するため、それぞれエチレングリコール処理及び塩酸処理を行った。
電子顕微鏡(SEM)		破砕帯の最新活動面における鉱物の破壊状況の把握	オスミウム蒸着した試料について、電子顕微鏡(SEM)で観察

余白

3. 敷地の地形

3. 敷地の地形

敷地の地形



変動地形調査結果

- 敷地は敦賀半島の北端に位置し、若狭湾、敦賀湾及び浦底湾に面している。
- 敷地の地形は主として山地からなり、山地を刻む河谷の中流から下流には扇状地が分布している。浦底湾及び浦底湾北西には奥壺低地が分布し、立石小半島の中央付近には猪ヶ池がある。海岸沿いには低地が分布し、一部には段丘が分布している。
- 変動地形調査によると、敷地には文献で示される浦底断層に対応して、立石岬から猪ヶ池西方に至る区間に山地と低地との境界を通り直線谷、鞍部、河谷の屈曲及び急崖からなるNW-SE方向のリニアメントが判読される。
- 浦底断層以外には、リニアメント(Cランク)は判読されない。
- 敷地に地すべり地形は認められない。

* 左図は発電所建設による地形変化の前に撮影した20,000分の1の空中写真(1963年)及び航空レーザー測量(2012年)から作成

3. 敷地の地形

リニアメント判読基準

社団法人土木学会原子力土木委員会(1999)及び井上他(2002)を参考として変動地形・リニアメント判読基準を作成し、空中写真判読により敷地周辺陸域について変動地形の可能性のある地形を抽出した。

変動地形・リニアメント判読基準

分類 (ランク)	山地・丘陵内		段丘面, 扇状地等の平坦面上	
	崖・鞍部等	尾根・水系の屈曲	崖・溝状凹地	撓み・傾斜面
A 判読要素の内容から(断層の運動センスや累積性等が推定され)断層の存在がかなり確実に想定できる。	・新鮮な崖等の連続からなり, 山地高度・丘陵高度に一樣な高度差が認められるものでかつ, 延長上の段丘面に同方向の崖が認められるもの。	・尾根・水系が長い区間で同方向に屈曲しかつ, 屈曲は鮮明であり, 河川の規模と屈曲量との相関あるいは閉塞丘, 風隙等の特異な地形が認められるもの。	・崖, 溝状凹地等からなり, 方向が水系の側刻方向と異なり, かつ, (1)時代の異なる複数の段丘面に連続し, 古い段丘面ほど比高が大きいもの。 (2)崖面が段丘面の傾斜方向とは逆向きを示すもの。 (3)山地・丘陵内の明瞭な崖等に連続するもの。	・撓み量, 傾斜角が大きく, 延長が長いものあるいは延長は短い, 撓み量, 傾斜角が大きく, 段丘面の傾斜方向とは逆向きであるもの。
B 判読要素の内容から(断層の運動センスや累積性等が推定され)断層の存在も想定できる。	・崖等の連続からなり, 山地高度・丘陵高度に一樣な高度差が認められるもので, (1)地形形態は鮮明であるものが, 段丘面との関係が不明なもの。 (2)地形形態はやや不鮮明であるが, 延長上の段丘面に同方向の崖が認められるもの。	・尾根・水系が同方向に屈曲しかつ屈曲は鮮明であり, (1)連続区間も長い, 河川の規模と屈曲量との相関あるいは閉塞丘, 風隙等の特異な地形のいずれも認められないもの。 (2)連続区間は短い, 河川の規模と屈曲量との相関あるいは閉塞丘, 風隙等の特異な地形のいずれかが認められるもの。	・崖, 溝状凹地等からなり, 方向が水系の側刻方向であるが, (1)時代の異なる複数の段丘面に連続し, 古い段丘面ほど比高が大きいもの。 (2)崖面が段丘面の傾斜方向とは逆向きを示すもの。 (3)山地・丘陵内の明瞭な崖等に連続するもの。	・撓み量, 傾斜角は小さいが, 段丘面の傾斜方向とは逆向きのもの。 ・撓み量, 傾斜角が大きい, 延長は短く, 段丘面の傾斜と同方向であるもの。
C 判読要素の内容から(断層の運動センスや累積性等が推定され)断層の存在が疑われる。	・崖等の連続からなり, 山地高度・丘陵高度に一樣な高度差があるが, 地形形態は一部で不鮮明かあるいは不連続となるもの。	・尾根・水系が同方向に屈曲するが, 河川の規模と屈曲量との相関が認められないもので, (1)連続区間は長い, 屈曲は不鮮明なもの。 (2)屈曲は鮮明であるが, 連続区間が短いもの。	・崖, 溝状凹地等からなり, 比高が小さく, 一部で不鮮明あるいは不連続となるもの。	・撓みの形態が不鮮明あるいは傾斜角は小さく, 段丘面の傾斜と同方向であるもの。
D 判読要素の内容から(断層の運動センスや累積性等が推定され)断層の存在が完全に否定できない。	・崖等の連続からなるが, 山地高度・丘陵高度にみられる高度差は局所的で一樣でないもの。	・尾根・水系が同方向に屈曲しているが, 連続区間が極めて短いもの。	・崖, 溝状凹地等からなり, 不鮮明なもの。	・撓みの形態が不鮮明あるいは傾斜角は小さく, 短いもの。

3. 敷地の地形

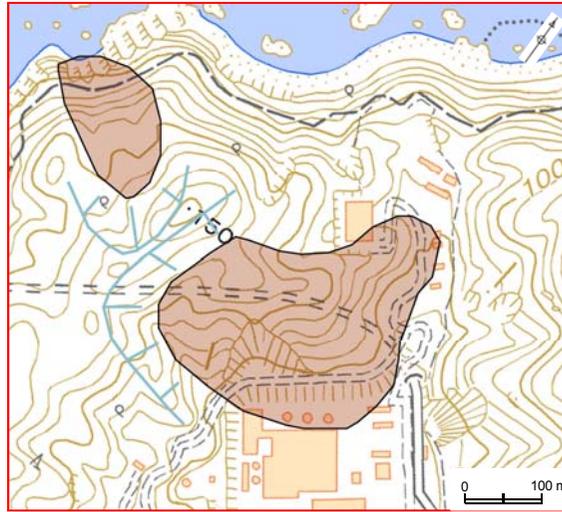
敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造(地すべり地形に関する文献調査結果)

- 防災科学研究所J-SHIS Mapによれば、敷地には地すべり地形が示されている。
- 地質調査の結果によれば、指摘された滑落崖は黒雲母花崗岩と花崗斑岩の境界に概ね対応していることから、両者の侵食抵抗差を反映した組織地形と考えられる。*

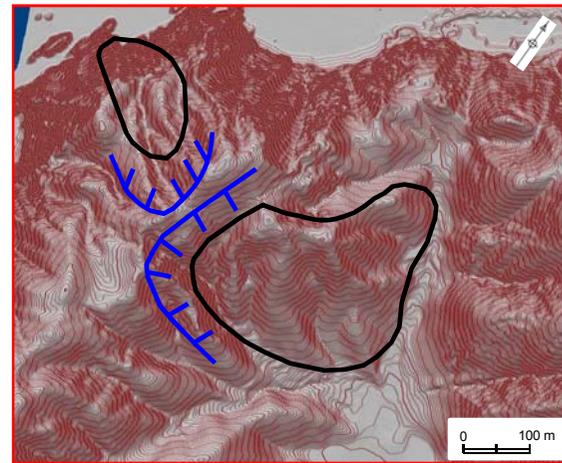
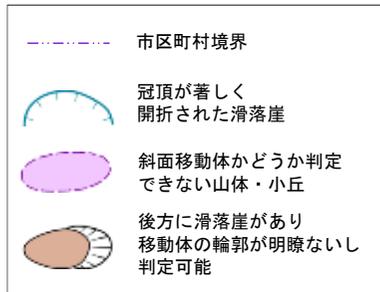
※侵食抵抗性については、p.23を参照



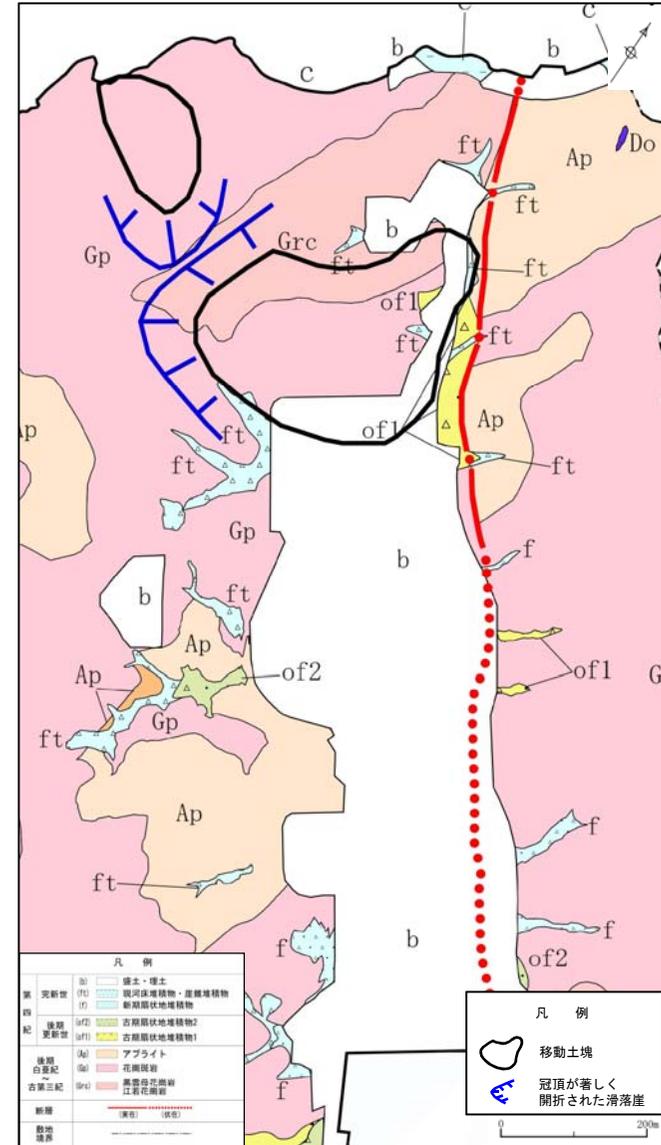
防災科学技術研究所ホームページ
J-SHIS Map (2017年3月24日更新) に加筆



拡大図1: 防災科学研究所が指摘する地すべり地形を25,000分の1図に記載



拡大図1: 防災科学研究所が指摘する地すべり地形をDEM図(1mメッシュ)に記載



拡大図2: 防災科学研究所が指摘する地すべり地形を表層地質図に記載

4. 敷地の地質

4. 敷地の地質

敷地の地質層序

- 敷地の地質は、江若花崗岩とこれに貫入するドレライト及びこれらを覆って分布する第四系から構成される。
- 第四系は、更新統の猪ヶ池層、古期扇状地堆積物、古期埋没堆積物及び低位段丘堆積物、並びに完新統の最低位段丘堆積物、新期扇状地堆積物、現河床堆積物・崖錐堆積物、海岸低地堆積物及び沖積低地堆積物からなる。

地質時代		地層名				主要構成地質				年代指標		海洋酸素同位体ステージ			
										放射年代	テフラ				
新生代	第四紀	完新世	沖積低地堆積物	海岸低地堆積物	崖錐堆積物 現河床堆積物 最低位段丘堆積物	礫・砂・シルト・腐植物	砂・シルト・腐植物	礫・砂	礫・砂	^{14}C (11,240y.B.P.)以降	K-Ah(約7,300年前)	MIS1			
												MIS2			
		後期	古期埋没堆積物	低地堆積物	古期扇状地堆積物2	礫・砂・シルト・腐植物	礫・砂・シルト	礫・砂・シルト	礫・砂			礫・砂・シルト	^{14}C (約53,900~16,830y.B.P.)	AT(約2.9万年前~約2.6万年前) DKP(約5.9万年前~約5.8万年前)	MIS3
															MIS4
															MIS5
															MIS6
	更新世	中期	河成礫層	古期河成礫層	礫・砂	礫・砂	礫・砂	礫・砂	礫・砂	-	-	MIS6以前			
												猪ヶ池層	強風化して固結した礫・砂	-	MIS6以前
	新第三紀	中新世	岩脈				ドレライト				K-Ar(約21Ma)	-	なし		
	中生代	白亜紀後期	江若花崗岩				アブライト 花崗斑岩 黒雲母花崗岩				K-Ar(約67Ma~約64Ma)	-	なし		

∖:未実施

-:検出されず

4. 敷地の地質

分布する岩種並びに破砕部及び断層岩の区分について

- 敷地には、江若花崗岩とこれに貫入するドレライトが分布する。
- このうち、江若花崗岩については、黒雲母花崗岩、花崗斑岩、アプライトからなる。江若花崗岩の形成年代は、カリウム・アルゴン法年代測定値から、形成年代は白亜紀後期～古第三紀と判断される。
- 破砕部は、粒径の違いによって区分した粘土状破砕部、砂状破砕部、角礫状破砕部からなる。
- なお、断層岩の区分については、狩野・村田(1998)に基づく肉眼観察に加えて、顕微鏡下で粒子の形態・粒径、鉱物の種類とその量などを詳細に観察した結果も用いている。

江若花崗岩の岩種

岩種名 地質記号	写真	特徴
江若花崗岩	黒雲母花崗岩 Gr	<ul style="list-style-type: none"> 完晶質等粒状組織 鉱物の粒径は5mm前後 主たる鉱物組成は、カリ長石・斜長石・石英・黒雲母 形成年代は、カリウム・アルゴン法年代測定値が約66.6Maを示すことから、白亜紀後期～古第三紀と判断される。
	花崗斑岩 Gp	<ul style="list-style-type: none"> 完晶質斑状組織 斑晶の粒径は2～10mm 石基の粒径は1mm以下 主たる鉱物組成は、斜長石・カリ長石・石英・黒雲母 形成年代は、カリウム・アルゴン法年代測定値が約66.3Maを示すことから、白亜紀後期～古第三紀と判断される。
	アプライト Ap	<ul style="list-style-type: none"> 完晶質等粒状組織 斑晶を少量含み、斑状組織を示す箇所も認められる。 斑状組織を示す箇所での石基は、微晶質である。 主たる鉱物組成は、石英・カリ長石・斜長石であり黒雲母は微量 形成年代は、カリウム・アルゴン法年代測定値が約64.2Maを示すことから、白亜紀後期～古第三紀と判断される。
ドレライト Do		<ul style="list-style-type: none"> 塊間状組織 粒径は2mm以下 主たる鉱物組成は、斜長石・輝石であり、微量の不透明鉱物を伴う。 形成年代は、カリウム・アルゴン法年代測定値が約21.1Maを示すことから、新第三紀中新世と判断される。

侵食抵抗性について

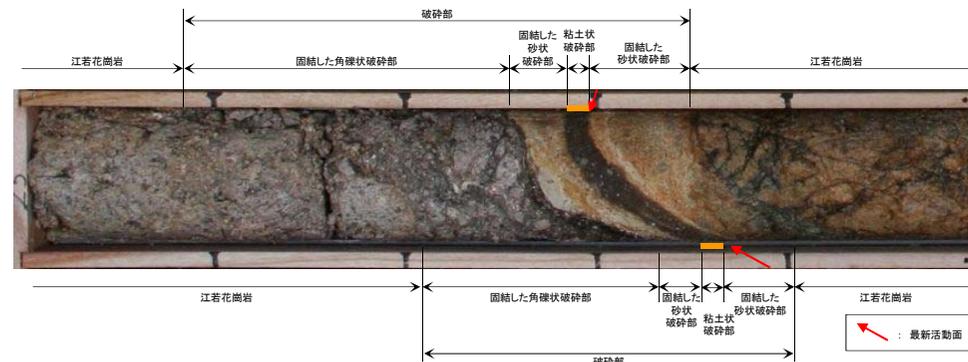
- 松井(1988)によれば、花崗岩、閃緑岩、ハンレイ岩のように、完晶質の深成岩は、粗粒の結晶だけから構成されていることから、物理的風化(乾湿風化、凍結風化等)を受けやすく、結晶間の結合が緩んで、岩石から一遍に砂に変化する。一方、微細な結晶や火山ガラスからなる緻密な石基を主体とする流紋岩、安山岩、玄武岩のような火山岩(噴出岩)は、物理的風化を相対的に受けにくく、岩石は岩塊から礫へと次第に細粒化する。半晶質の半深成岩は、両者の中間的傾向を示すとされている。
- 敷地の黒雲母花崗岩は鉱物の粒径が5mm程度の等粒状の粗粒の結晶だけからなる。一方、花崗斑岩は斑状を呈し、主体を占める基質の粒径が1mm以下と細粒であることから、黒雲母花崗岩の方が侵食抵抗性が低いと判断される。

破砕部及び断層岩の区分

敦賀発電所の破砕部の区分	狩野・村田(1998)による断層岩区分		C.Passchier.et.al(1999)による断層岩区分
粘土状破砕部	断層ガウジ	断層岩の中で、手でこわせるほど軟弱で、粘土状の細粒な基質部が多いもの。	数少ない岩片が粘土鉱物に富む基質中に孤立して存在する。
砂状破砕部	断層角礫	断層ガウジに比べて基質が少なく、角礫状の岩片が多いもの。	30%以上の壁岩角礫片または破断脈と細粒基質からなっている。
角礫状破砕部			
固結した粘土状破砕部	カタクレーサイト	基質と岩片が固結しているもの。	粒径が多様で、直線的でシャープな粒界を持つ角張った粒子がみられる。多結晶岩片を含む。
固結した砂状破砕部			
固結した角礫状破砕部			

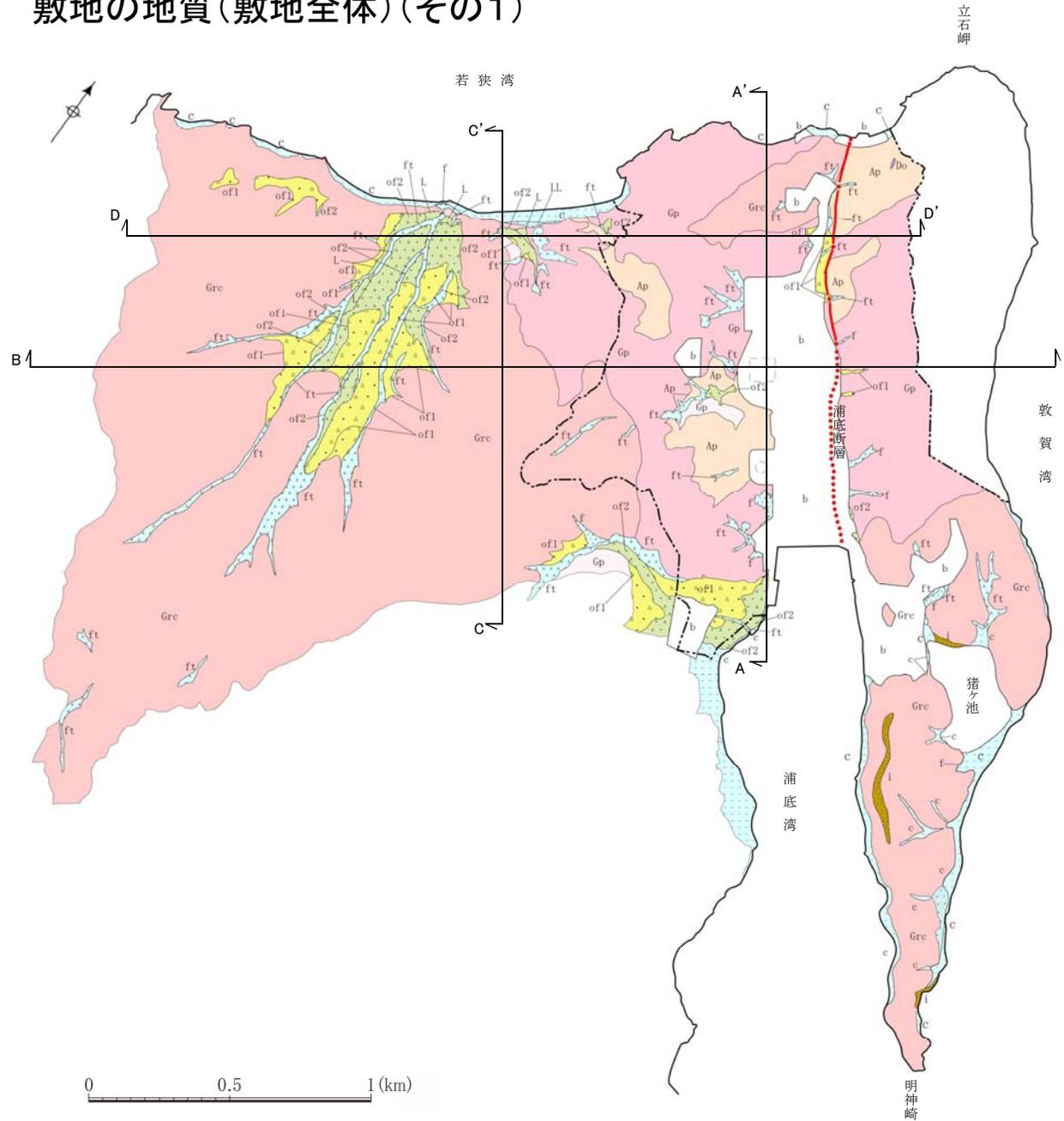
※後述する薄片試料観察については、表記「破砕部及び断層岩の区分」に基づき分類する。

破砕部の区分の一例



4. 敷地の地質

敷地の地質(敷地全体)(その1)



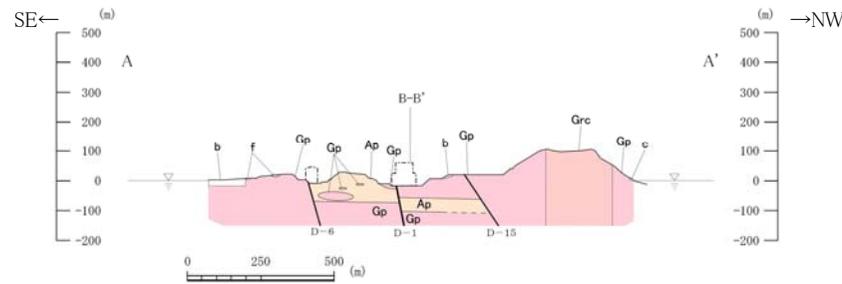
- 敷地の地質は、江若花崗岩とこれに貫入するドレライト及びこれらを覆って分布する第四系から構成される。
- 江若花崗岩は、黒雲母花崗岩、花崗斑岩、アプライトからなり、黒雲母花崗岩は主として敷地の西部及び猪ヶ池付近に、花崗斑岩は浦底湾北西の低地周辺の山地に、アプライトは花崗斑岩の分布域に分布している。また、ドレライトは若狭湾に面した海岸付近にENE-WSW方向、南に中～高角度の傾斜で岩脈として分布している。
- 立石岬から猪ヶ池西方に至る区間の山地と低地の境界には、リニアメントに対応して浦底断層が分布する。
- 江若花崗岩及びドレライトには熱水変質作用を伴った破碎帯が分布する。

		凡 例	
第 四 紀	完 新 世	盛土・埋土	(b) □
		海岸低地堆積物	(c) □
		現河床堆積物・崖線堆積物	(ft) □
		新期扇状地堆積物	(f) □
		最低位段丘堆積物	(ll) □
後 期 更 新 世		低位段丘堆積物	(l) □
		古期扇状地堆積物2	(of2) □
		古期扇状地堆積物1	(of1) □
	中 期 更 新 世	猪ヶ池層	(i) □
新 第 三 紀	中 新 世	ドレライト	(D) □
後 期 白 堊 紀 古 第 三 紀		アプライト	(Ap) □
		花崗斑岩	(Gp) □
		黒雲母花崗岩	(Grc) □
断 層		(実在) (仮定)	
		--- 発電所敷地境界線	
		A A' B B' C C' D D' 地質断面位置	

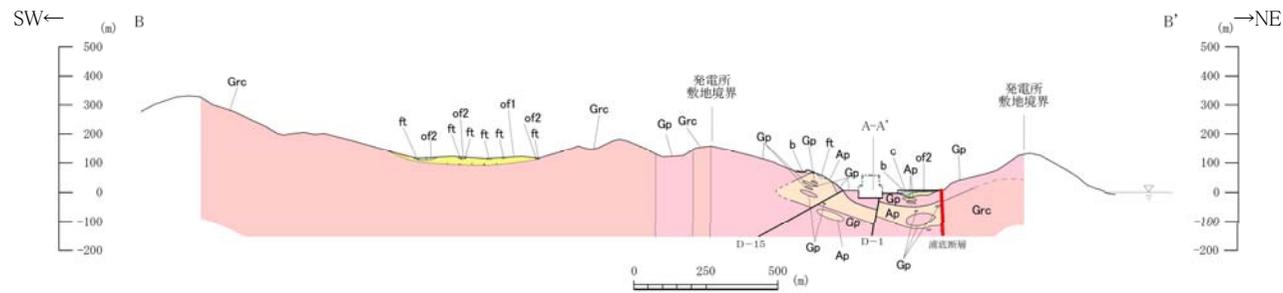
地質平面図(敷地全体)

4. 敷地の地質

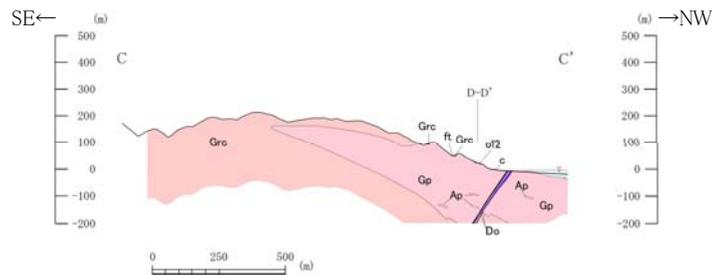
敷地の地質(敷地全体)(その2)



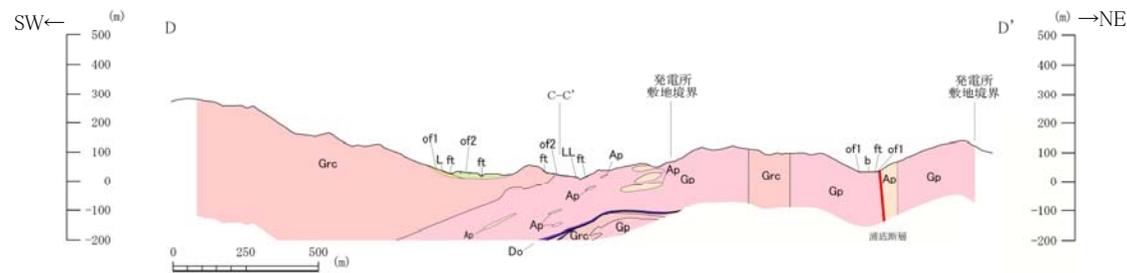
A-A' 断面図



B-B' 断面図



C-C' 断面図



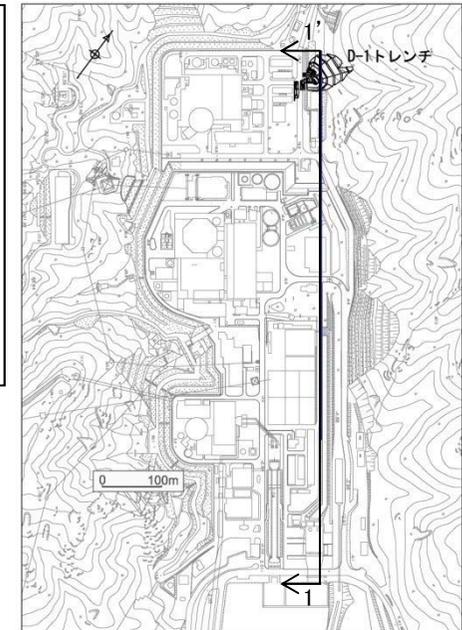
D-D' 断面図

余白

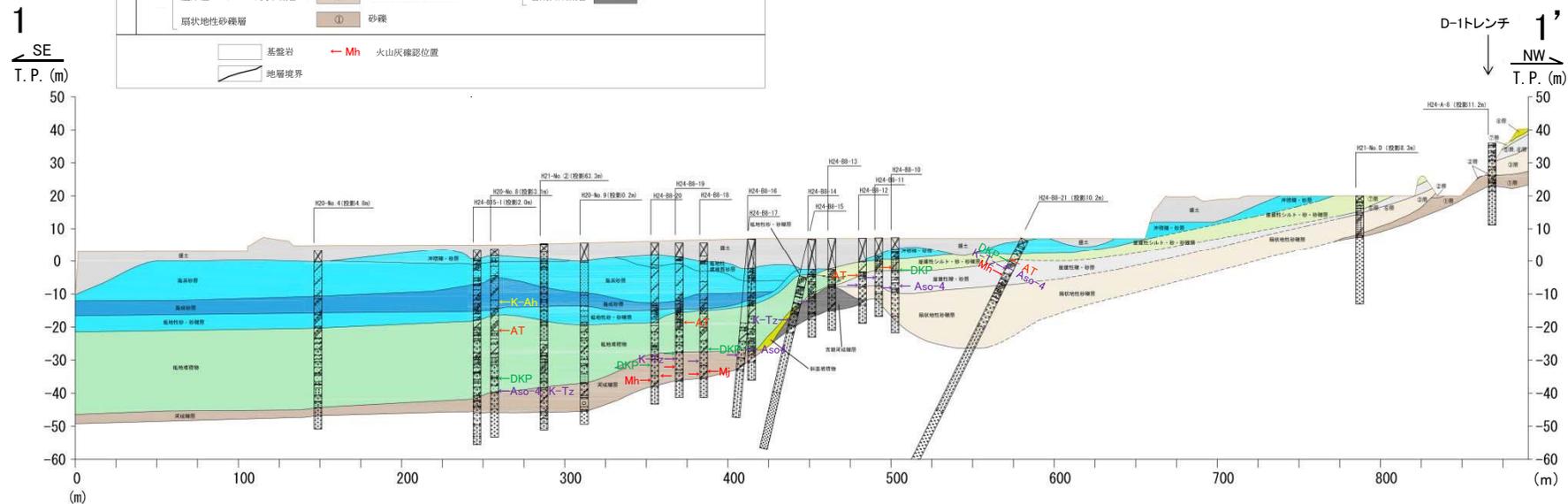
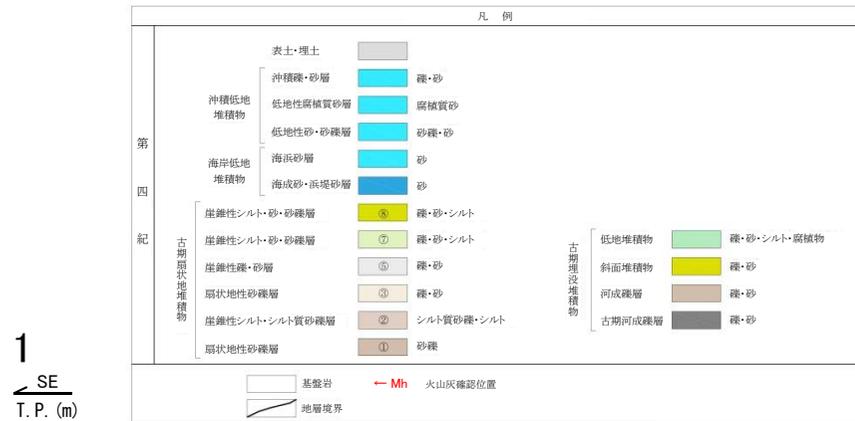
4. 敷地の地質

敷地の地質(第四系)

- 敷地に分布する第四系は、更新統の古期埋没堆積物及び古期扇状地堆積物、並びに完新統の沖積低地堆積物、海岸低地堆積物等からなる。
- 更新統の古期埋没堆積物は、シルト、砂、砂礫及び腐植物がほぼ水平に互層状を呈する河川ないし低地の堆積物からなる。古期扇状地堆積物は主に砂礫からなり、砂層及び腐植物を挟み、低地側に若干傾斜している。
- 更新統には、下位から鬼界葛原テフラ(K-Tz:約9.5万年前)、阿蘇4(Aso-4:約9.0~8.5万年前)、大山倉吉テフラ(DKP:約5.9~5.8万年前)、始良Tnテフラ(AT:約2.9~2.6万年前)等が含まれる。鬼界葛原テフラを含む地層の下位からは、カミングトン閃石を伴い普通角閃石を主体とするテフラ及び普通角閃石を主体とするテフラが産出される。これらのテフラは、敷地周辺に分布するテフラの主成分分析結果との対比から、若狭地域等の複数地点で認められる明神沖テフラ(Mj: MIS5eの高海面期)及び美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)に対比された。また、これらより下位に美浜テフラ及び明神沖テフラとは対比されないテフラが確認された。
- 完新統の沖積低地堆積物は、主に砂、砂礫からなり、腐植層を挟む。海岸低地堆積物は主に砂からなる。いずれもほぼ水平に堆積している。
- 完新統には、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah:約7,300年前)が含まれる。



断面位置図

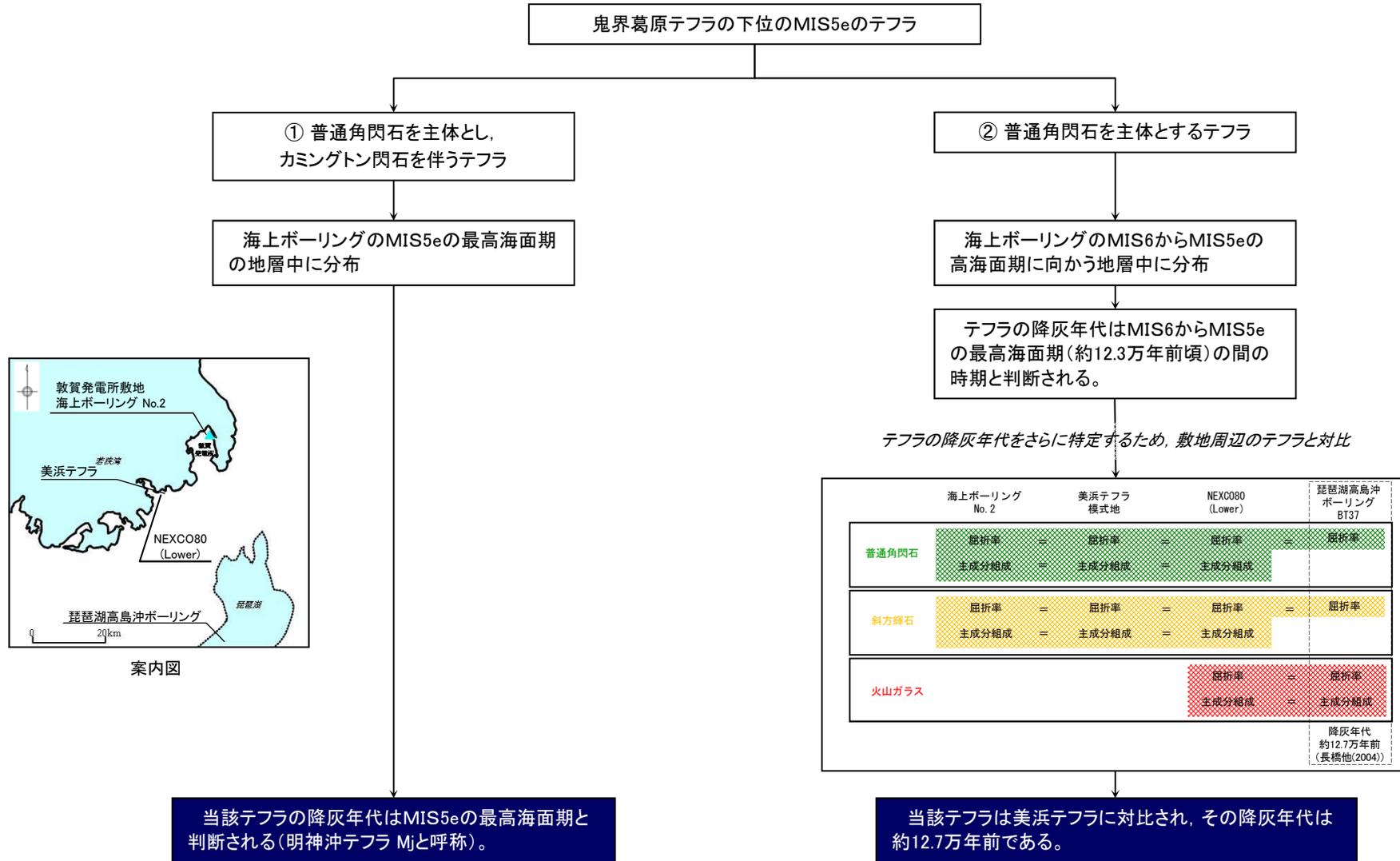


1-1'断面図

4. 敷地の地質

鬼界葛原テフラの下位のMIS5eのテフラについて

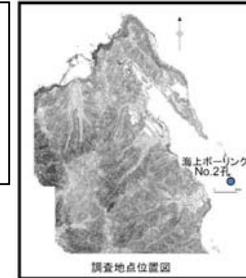
- 敷地及び敷地周辺では、鬼界葛原テフラの下位の地層から、「① 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ」及び「② 普通角閃石を主体とするテフラ」が認められる。
- これらのテフラは、いずれも海上ボーリングのMIS5eの地層中に認められることから、MIS5eの時期に降灰したテフラであると判断される。
- これらのテフラの降灰年代をさらに特定するために、テフラの屈折率測定や主成分分析を実施した結果、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」は美浜テフラ(Mh: 約12.7万年前)に对比された。



4. 敷地の地質

鬼界葛原テフラの下位のMIS5eのテフラについて(降灰年代)

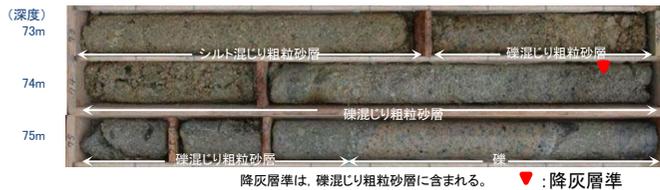
- 「① 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ(明神沖テフラ(Mj))」は、深度67m付近の地層中に分布している。
- 鬼界葛原テフラ(K-Tz)の下位に海成層(貝殻片を含む砂質シルト層)が見られ、花粉分析の結果、温暖な気候を示すアカガシ亜属を多く含み、MIS5eの最高海面期(約12.3万年前)に堆積した地層であると判断されることから、明神沖テフラの降灰年代は、MIS5eの最高海面期と判断される。
- また、「② 普通角閃石を主体とするテフラ(美浜テフラ(Mh))」については、明神沖テフラよりも下位の礫混じり粗砂層中に分布していることから、MIS6からMIS5eの最高海面期に向かう時期に降灰したテフラであると判断される。



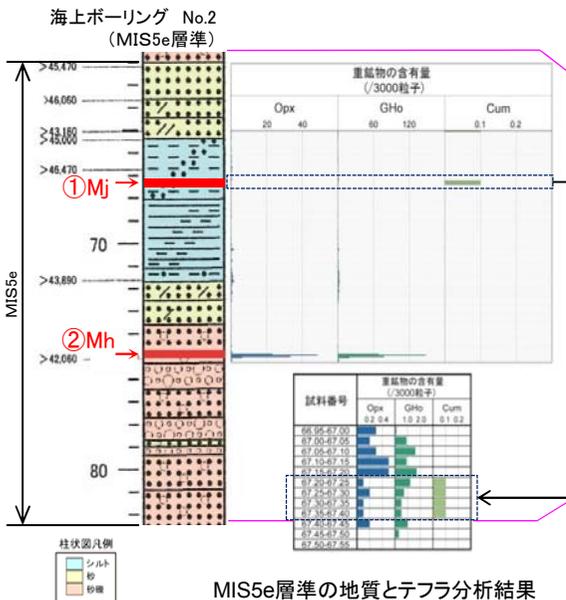
① Mj 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ



② Mh 普通角閃石を主体とするテフラ

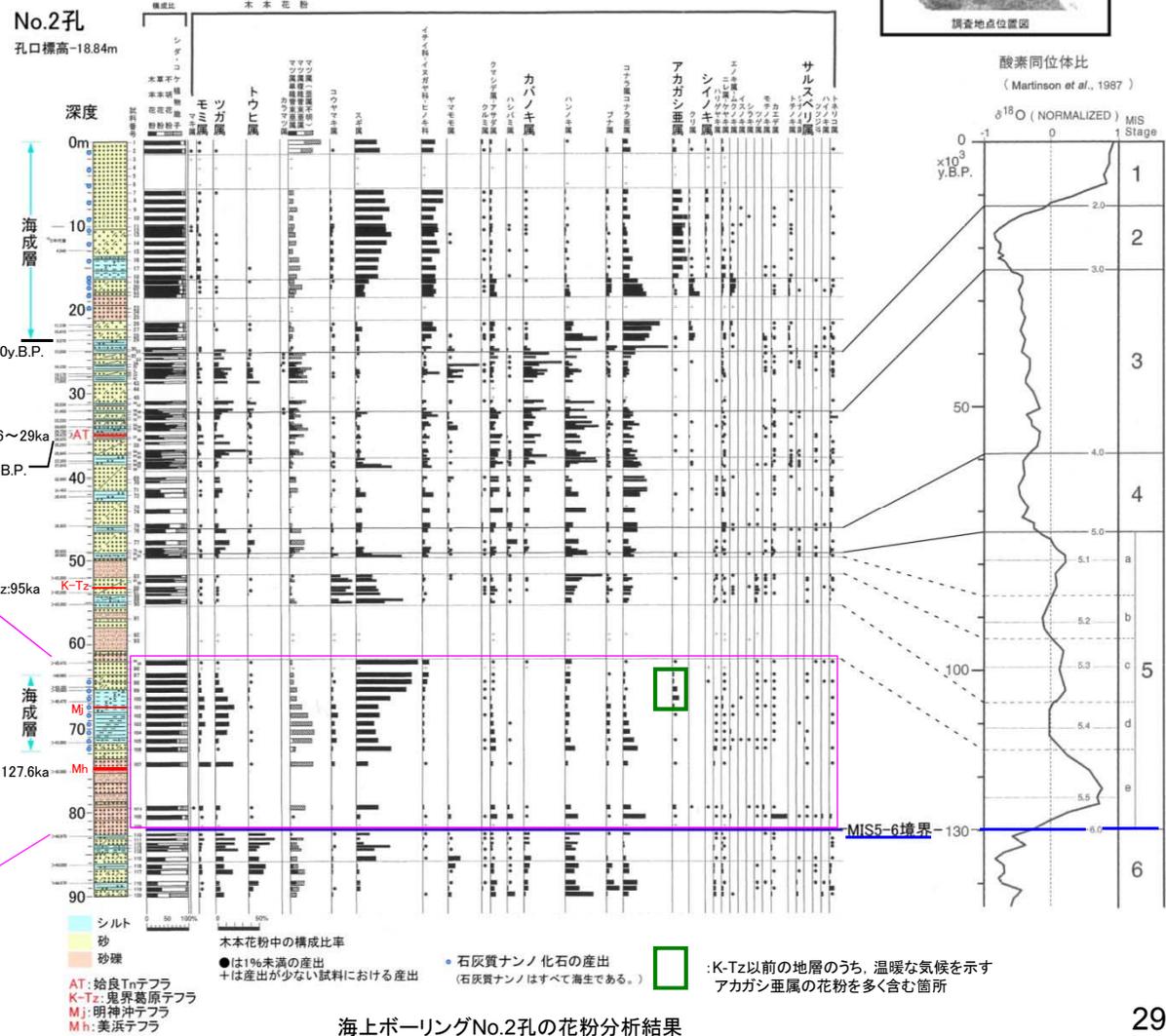


コア写真



MIS5e層準の地質とテフラ分析結果

※「⑤層下部テフラ」の対比については、「参考資料1/3」(p.244~p.259)を参照



海上ボーリングNo.2孔の花粉分析結果

4. 敷地の地質

普通角閃石を主体とするMIS5eのテフラの対比

- 「① 普通角閃石を主体とし、カミングトン閃石を伴うテフラ」及び「② 普通角閃石を主体とするテフラ」の降灰年代をさらに特定するために、テフラの屈折率測定や主成分分析を実施した※。
- 屈折率測定結果によれば、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」(海上ボーリングNo.2)については、美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)、NEXCO80(Lower)及びBT37の屈折率とよく一致している。
- 普通角閃石の主成分分析の結果によれば、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」(海上ボーリングNo.2)については、美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)及びNEXCO80(Lower)のMg及びFeの分布と一致しており、その他の元素のMg#の範囲と元素の含有量の範囲の重なりも良い。
- 以上のことから、当該テフラは美浜テフラ(Mh:約12.7万年前)及びNEXCO80(Lower)に対比される。

敷地周辺のテフラと対比

	海上ボーリングNo.2	美浜テフラ模式地	NEXCO80 (Lower)	琵琶湖高島沖ボーリング BT37
普通角閃石	屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成
斜方輝石	屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成
火山ガラス			屈折率 主成分組成	屈折率 主成分組成

降灰年代
約12.7万年前
(長橋他(2004))

屈折率分析結果

対比項目	海上ボーリング No.2	美浜テフラ模式地	NEXCO80 (Lower)	琵琶湖高島沖ボーリング (BT37)
主な鉱物	ho,opx ⁽¹⁾	ho,opx, (bi) ⁽¹⁾	ho,opx,cpx ⁽²⁾	ho,opx (bi,cpx,qt) ⁽³⁾
普通角閃石 (mode)	1.669-1.686 (1.670-1.674) ⁽¹⁾	1.669-1.684 (1.674) ⁽¹⁾	1.670-1.690 (1.672) ⁽¹⁾ 1.671-1.684 (1.673,1.676,1.684) ⁽²⁾	1.6689-1.6824 (1.671) ⁽³⁾
斜方輝石 (mode)	1.704-1.711 (1.707) ⁽¹⁾	1.703-1.710 (1.707) ⁽¹⁾	1.705-1.709 (1.707) ⁽¹⁾ 1.702-1.708 (1.704-1.705) ⁽²⁾	1.7002-1.7084 (1.708) ⁽³⁾
火山ガラス (mode)	-	-	1.502-1.508 (1.504) ⁽²⁾	1.499-1.524 (1.501-1.509) ⁽³⁾ 1.501-1.507 (1.502-1.505) ⁽⁴⁾

- (1) 当社が実施
 (2) 石村大輔, 加藤茂弘, 岡田篤正, 竹村恵二, 2010, 三方湖東岸のボーリングコアに記録された三方断層帯の活動に伴う後期更新世の沈降イベント, 地学雑誌, 119(5), pp.775-793
 (3) Satoguchi Yasufumi, Nagahashi Yoshitaka, Furusawa Akira, Yoshikawa Shusaku, Inouchi Yoshio, 2008, The Middle Pleistocene to Holocene tephrostratigraphy of the Takashima-oki core from Lake Biwa, central Japan, Journal of geosciences, Osaka City University 51, 47-58
 (4) 吉川周作, 井内美郎, 1991, 琵琶湖高島沖ボーリングの火山灰層序, 地球科学, 45(2), pp.81-100

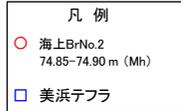
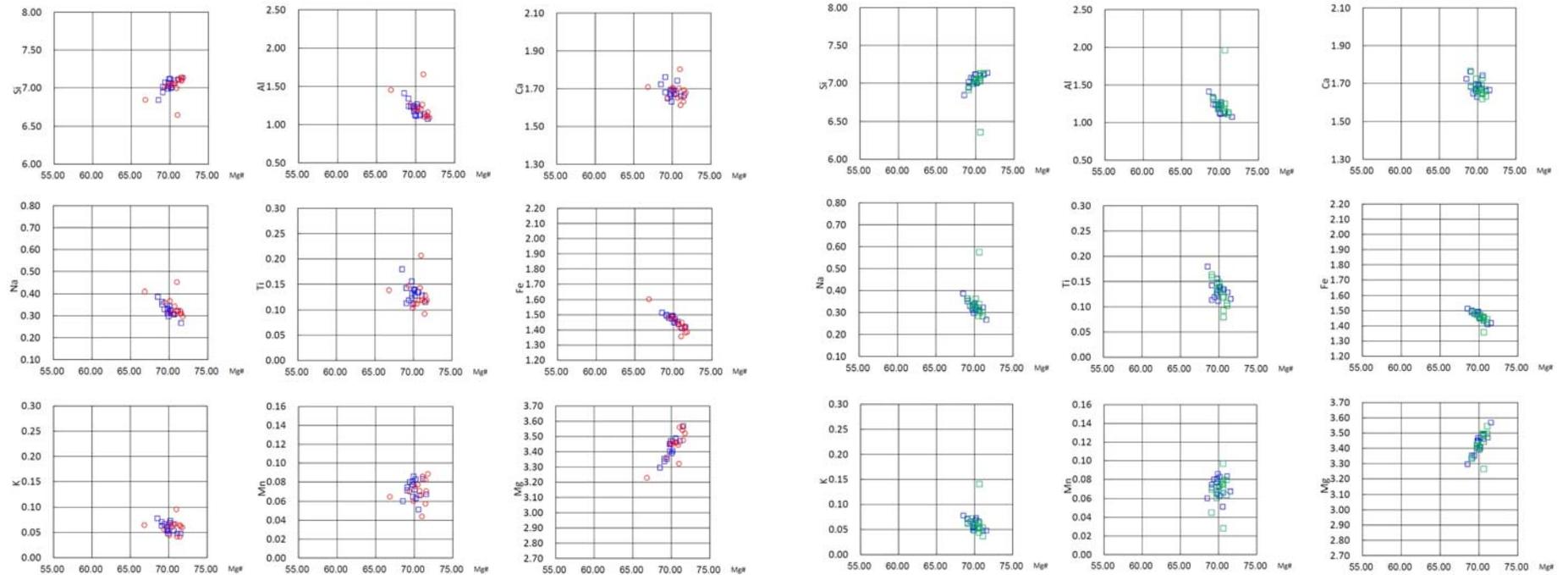
※(参考)

- クリプトテフラにおいては、田力他(2011)によれば、確実な対比を行うには、それぞれの粒子単位で屈折率、主成分化学組成などの複数の指標を使ってその起源を特定することが必要であるとされている。
- 竹下(2004)によれば、クリプトテフラにおいては火山ガラスに比べて風化に強い重鉱物の主成分化学組成がテフラ対比の有効な指標としており、竹下他(2007)によれば、普通角閃石の主成分化学組成を指標にすることで、テフラの同定・分類が可能であるとされている。
- 敷地で確認されたMIS5eテフラについては、純層として認められていないことから、風化に強い普通角閃石を主体に屈折率および主成分化学組成を用いてテフラの対比を行っている。

4. 敷地の地質

普通角閃石を主体とするMIS5eのテフラの対比(その1)

主成分分析結果(普通角閃石)



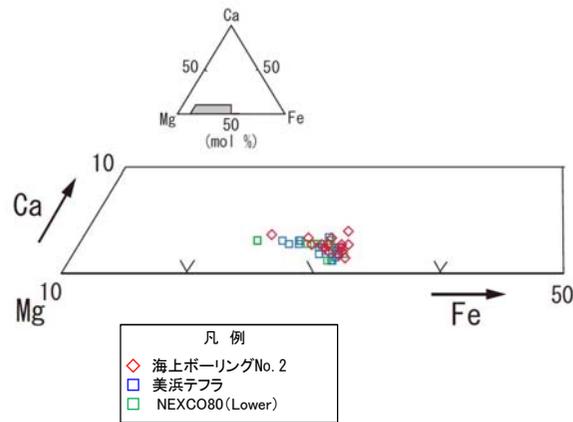
Mg#:Mg/(Mg+Fe) mol

4. 敷地の地質

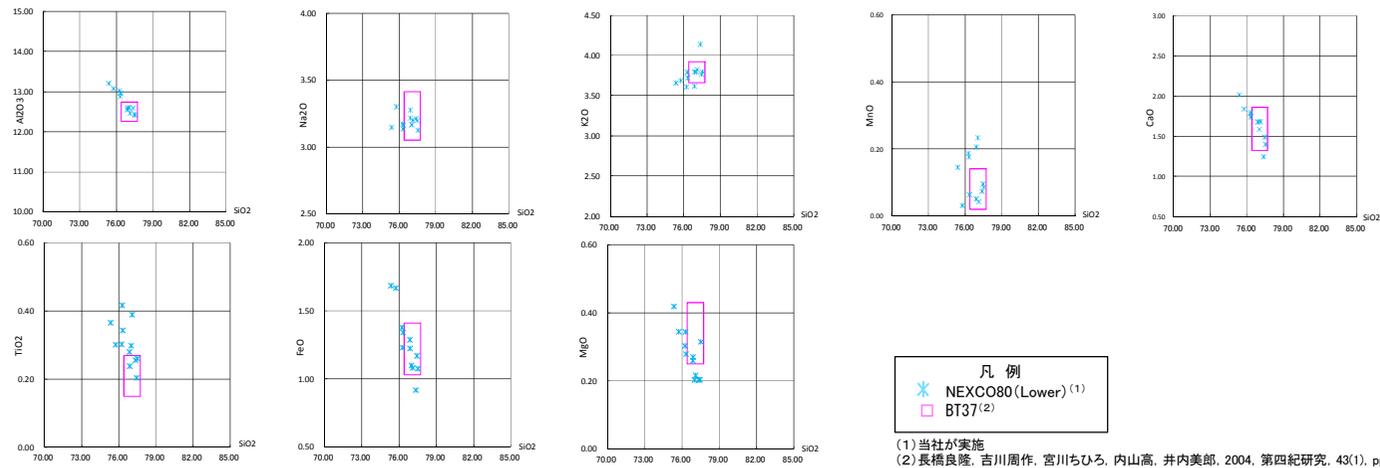
普通角閃石を主体とするMIS5eのテフラの対比(その2)

- 斜方輝石の主成分分析の結果によれば、「② 普通角閃石を主体とするテフラ」(海上ボーリングNo.2)は美浜テフラ(Mh: 約12.7万年前)及びNEXCO80(Lower)のCa-Mg-Feの分布の範囲との重なりが良いことから、美浜テフラ(Mh: 約12.7万年前)及びNEXCO80(Lower)に対比される。
- 火山ガラスの主成分結果によれば、NEXCO80(Lower)については、BT37のSiO₂の範囲及び各元素の含有量の範囲の重なりが良いことから、BT37に対比される。

主成分分析結果(斜方輝石)



主成分分析結果(火山ガラス)



4. 敷地の地質

文献によるBT37テフラの年代

BT37については、長橋他(2004)によれば、琵琶湖高島沖コアの堆積速度とテフラ年代から、降灰年代が12.76万年前である。

表 2 年代指標テフラにもとづき算出した高島沖コアの堆積速度とテフラ年代

Table 2 Tephra ages and sedimentary rate estimated from the age of the principal maker tephra layers

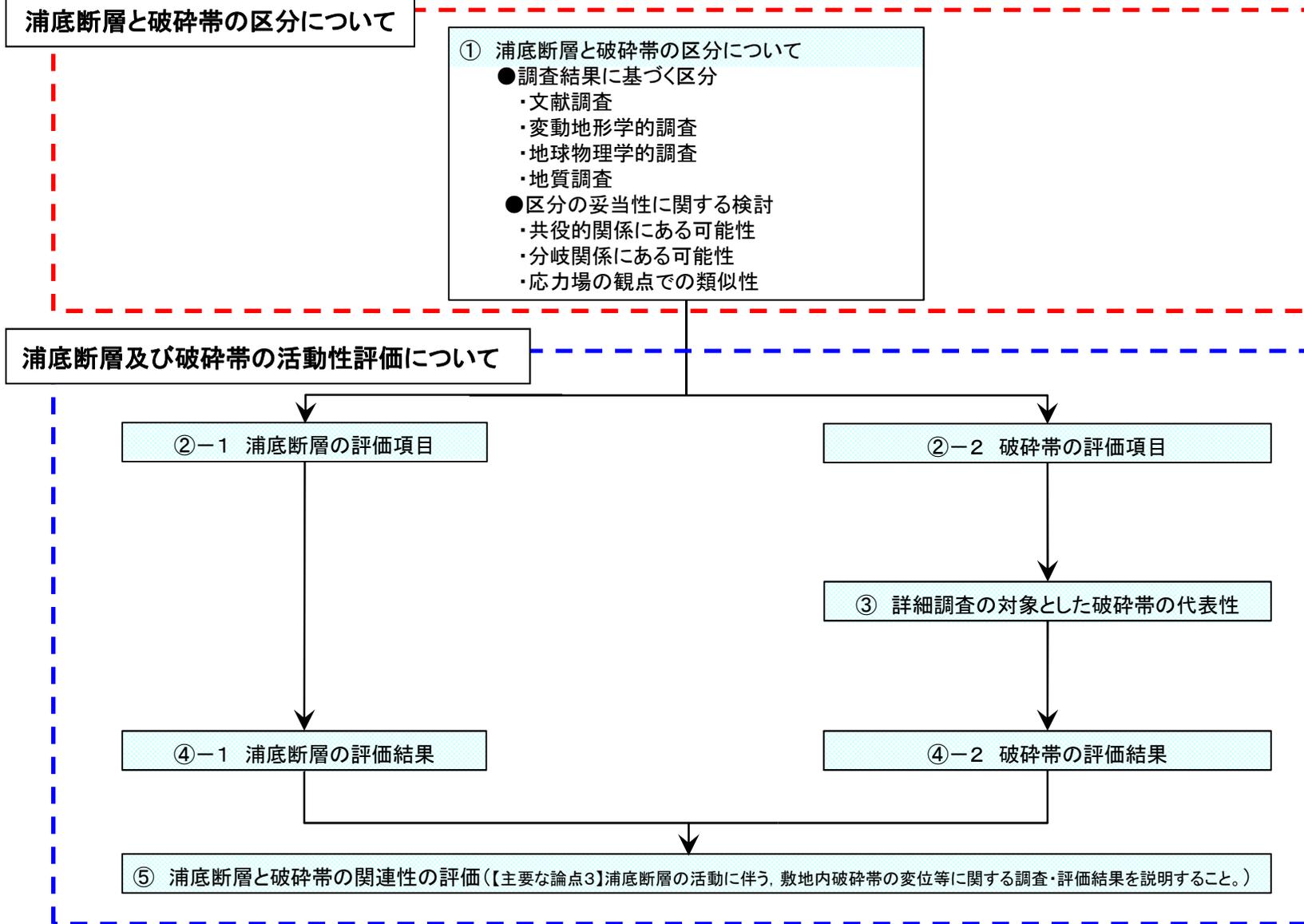
Tephra name	tephra correlation	Depth (m)	Age (Ka)	sed. rate (m/1000y)	Thickness (cm)	Maximum grain size (mm)	Tephra name	tephra correlation	Depth (m)	Age (Ka)	sed. rate (m/1000y)	Thickness (cm)	Maximum grain size (mm)
				0.490									
BT1	Kg	1.52	3.1			0.28	BT45		68.29	209.5	0.805	0.7	0.65
BT2		1.72	4.3	0.163		0.25	BT46		68.72	210.1	↑		0.23
BT3	K-Ah	2.23	7.3		2.5	0.66	BT47		70.26	212.0	↑	0.8	1.87
				0.116			BT48		70.37	212.1	↑	3.0	1.97
BT4	U-Oki	2.65	10.7		2.5	0.27	BT49		70.65	212.4	↑	1.5	1.77
BT5		3.18	12.3	0.318	3.0	0.20	BT50		73.37	215.8	↑		0.70
BT6	Sakate	4.76	17.2	↑		0.33	BT51	Kh-I	73.58	216.0		2.0	1.55
BT7		7.90	27.1	↑	1.0	0.87	BT52		76.97	221.8	0.582		0.28
BT8		8.35	28.5	↑	0.3	0.92	BT53		79.17	225.6	↑		0.40
BT9	Kitoragawa	8.37	28.5	↑	1.0	1.18	BT54		83.57	233.2	↑		0.33
BT10	AT	8.62	29.0		10.0	0.95	BT55		84.72	235.1	↑		0.38
BT11		8.72	29.3	0.301	2.5	0.84	BT56		84.87	235.4	↑		0.28
BT12		8.84	29.7	↑	2.0	0.73	BT57		85.56	236.6	↑	0.5	0.24
							BT58	Ata-Th	86.49	238.0		11.0	1.60
BT14		14.59	48.7	↑		0.40	BT59		92.57	247.0	0.673	5.0	0.28
BT15	Si	14.69	49.0			0.43	BT60		93.18	247.8	↑	1.5	0.48
BT16		26.70	79.6	0.387	2+	1.83	BT61	Aso-1	94.37	249.0		41.0	0.59
BT17		27.15	80.7	↑	8.5	1.80	BT62		94.45	249.4	0.162	1.5	0.95
BT18		27.20	80.9	↑	2.0	2.55	BT63		94.82	251.7	↑		0.35
BT19		28.24	83.5	↑	5.0	1.90	BT64		95.17	253.8	↑		0.22
BT20		28.34	83.8	↑	1.5	2.53	BT65		99.18	278.6	↑		0.35
BT21		29.44	86.6	↑	1.0	1.38	BT66	Ng-1	101.68	294.0		0.5+	0.10
BT22	Aso-4	29.61	87.0		2+	2.30	BT67		102.54	296.6	0.323	2.0	0.40
BT23		29.72	87.3	0.313	1.0	2.26	BT68		105.08	304.5	↑		0.80
BT24		29.92	88.0	↑		1.10	BT69		108.33	314.5	↑		0.33
BT25	K-Tz	30.88	91.0		1.0	0.78	BT70	Kkt	114.63	334.0			0.40
BT26		30.94	91.2	0.246	0.5	0.52	BT71		119.93	347.2	0.401		0.50
BT27		32.27	96.6	↑	2.0	0.48	BT72		120.72	349.0		7.5	1.14
BT28		32.76	98.6	↑	1.5	2.06	BT73		121.94	352.1	0.392		0.20
BT29		32.89	99.1	↑	2.0	0.60	BT74		122.17	352.6	↑	5.0	1.06
BT30		33.00	99.5	↑		0.30	LCH 12		124.30	358.0			
BT31		34.35	104.9	↑		0.45	BT75		132.78	379.6	↑		0.30
BT32		34.45	105.3	↑		0.40	BT76		135.46	386.4	↑	3.0	0.69
BT33		34.90	107.1	↑		0.60	silt base		137.28	391.0	↑		
BT34		38.60	122.0		3.0	0.60	Ma9 top		208.45	400.0			
BT35		39.07	123.0	0.480		0.38	P10		211.95	401.3	2.768		
BT36		39.45	123.7	↑	4.5	1.18	P11		215.75	402.6	↑	3.0	
BT37		41.34	127.6	↑	1.0	0.83	P12		221.40	404.7	↑		
BT38		42.82	130.7	↑		0.33	P13		241.40	411.9	↑		
BT39		43.49	132.1	↑		0.50	P14		247.40	414.1	↑		
BT40		43.78	132.7	↑	0.5	0.32	Mj-II		248.15	414.3	↑	10.5	
BT41		43.94	133.0		0.5	0.50	Ma9 base		250.10	415.0			
Koyo-I	Aso-3		133.0		5+		Mj-I	Ks5	253.00	430.0		20.0	
BT42		46.81	143.6	0.272		1.00							
BT43	Aso-2	47.41	145.8	↑		0.60							
BT44		63.03	203.0		2.5	1.86							

長橋良隆, 吉川周作, 宮川ちひろ, 内山高, 井内美郎, 2004, 近畿地方およびハヶ岳山麓における過去の43万年間の広域テフラの層序と編年—EDS分析による火山ガラス片の主要成分化学組成—, 第四紀研究, 43(1), pp.15-35

5. 敷地の地質構造

5. 敷地の地質構造 評価フロー

敷地に分布する破砕部を浦底断層と破砕帯に区分する考え方及び両者の活動性評価の流れを下記に示す(詳細については次頁以降を参照)。

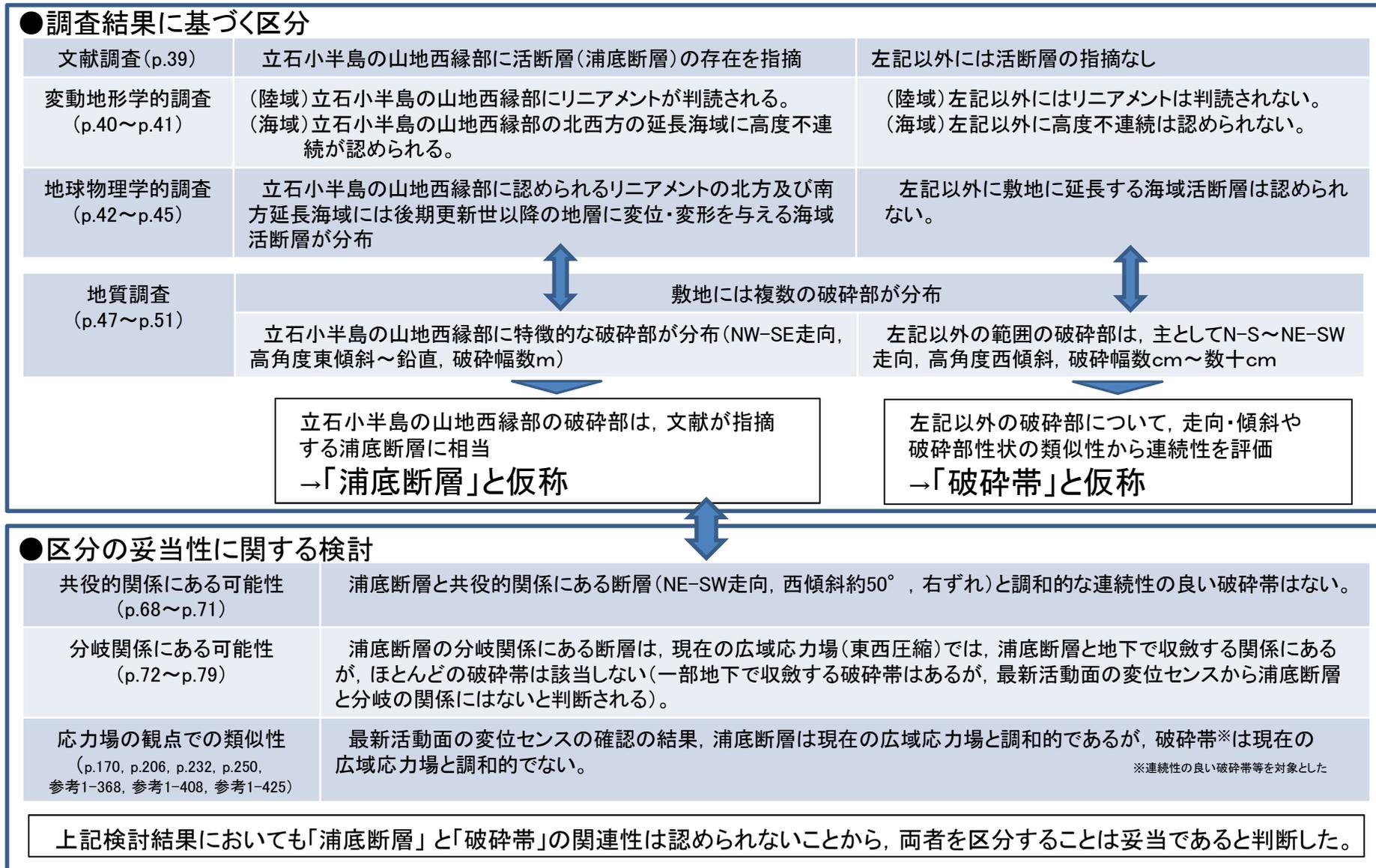


敷地の地質・地質構造の評価にあたっては、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(平成25年6月19日、原子力規制委員会)及び「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」(平成25年6月19日、原子力規制委員会)に基づき、文献調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等を組み合わせた調査に基づき総合的に検討した。
 本評価は、原子力規制委員会に提出した「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造調査報告書」(平成25年7月11日)、「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 D-1破砕帯の評価 コメントに対する回答」(平成26年7月23日)等における調査結果に加えて、申請時の最新知見(平成27年9月までに継続して拡充したデータ)及びその後の最新知見の結果に基づくものである。

5. 敷地の地質構造

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

浦底断層と破砕帯の区分について(概要)



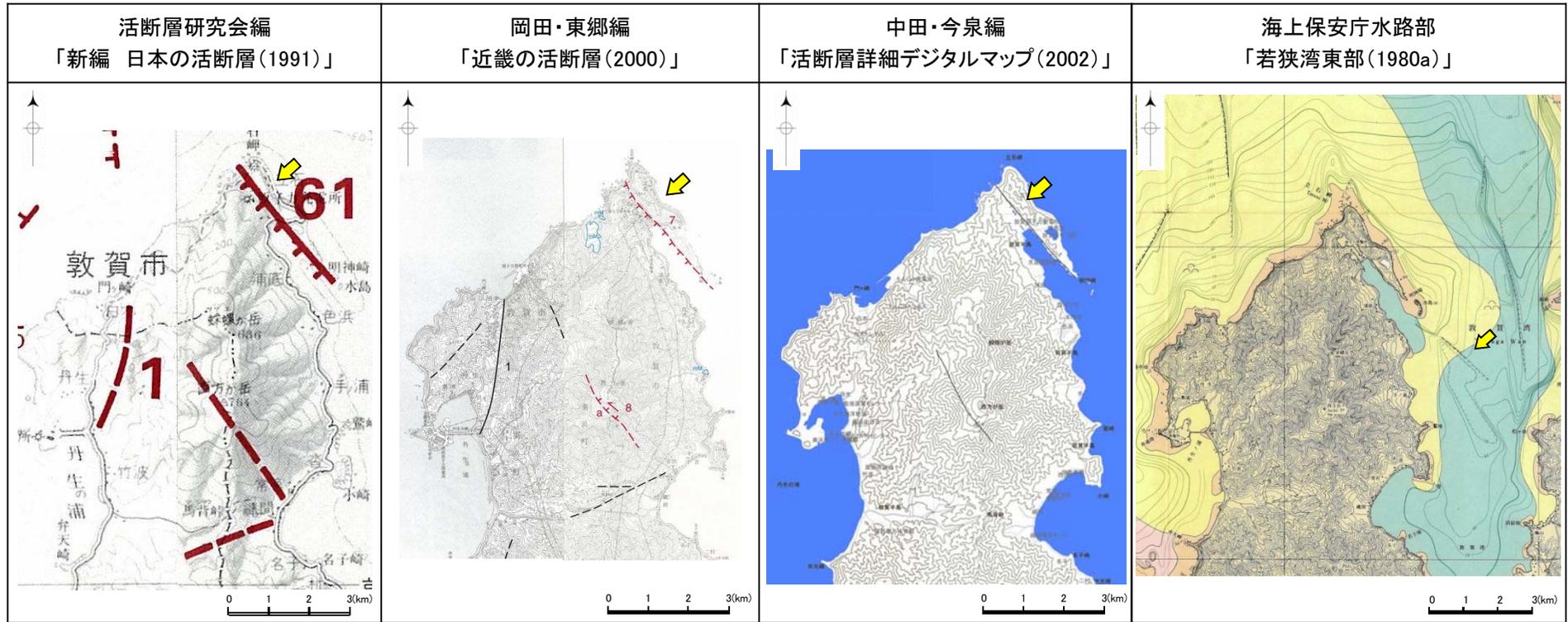
以上のことから、「浦底断層」と「破砕帯」を区分した。

「浦底断層」及び「破砕帯」の活動性評価へ

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

調査結果に基づく区分(文献調査)

- 「新編 日本の活断層(1991)」, 「近畿の活断層(2000)」及び「活断層詳細デジタルマップ(2002)」によれば, 立石岬から猪ヶ池の西方を経て明神崎付近に至る区間の山地西縁部に, 活断層又は推定断層が示されている。
- 「若狭湾東部(1980a)」によれば, 上記活断層等の南東方の延長海域において, 伏在推定断層が示されている。



断層名	61浦底断層
長さ	3km
確実度	I
変位の向き	北東隆起

確実度 I : 活断層であることが確実なもの
 確実度 II : 活断層であると推定されるもの
 確実度 III : 活断層の疑いがあるリニアメント

断層名	7浦底断層
長さ	3.5km
確実度	II
変位の向き	北東隆起

確実度 I : 活断層であることが確実なもの
 確実度 II : 活断層であると推定されるもの

断層名	名称なし
長さ	約3km(図読)
確実度	推定活断層
変位の向き	北東隆起

活断層: 過去に繰り返し動いてきた跡が地形に現れ, 今後も活動を繰り返すと考えられる断層
 推定断層: 地形的な特徴により活断層の存在が推定されるが, 現時点では明確には特定できないもの

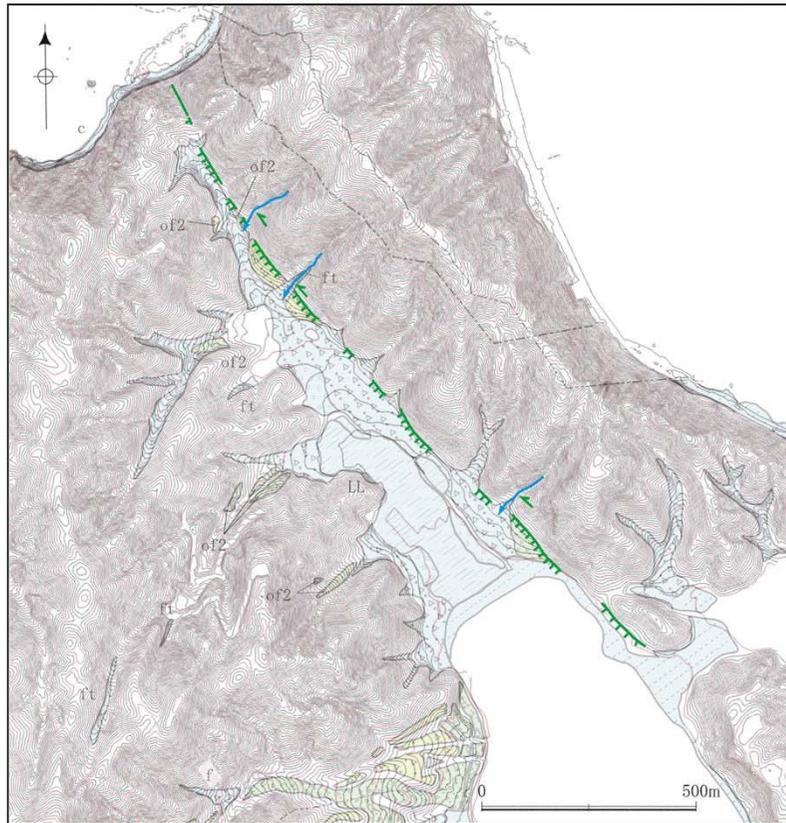
断層名	名称なし
長さ	約2km
確実度	伏在推定断層
変位の向き	北東隆起

断層(顕在): 地質構造が海底面に現れているもの[太線]
 断層(伏在): 地質構造が海底面に現れていないもので, 構造運動が海底下にある層準までに終わっているもの[細線]
 推定断層: 海底地形, 周辺陸上地質等から推定される地質構造[破線]

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

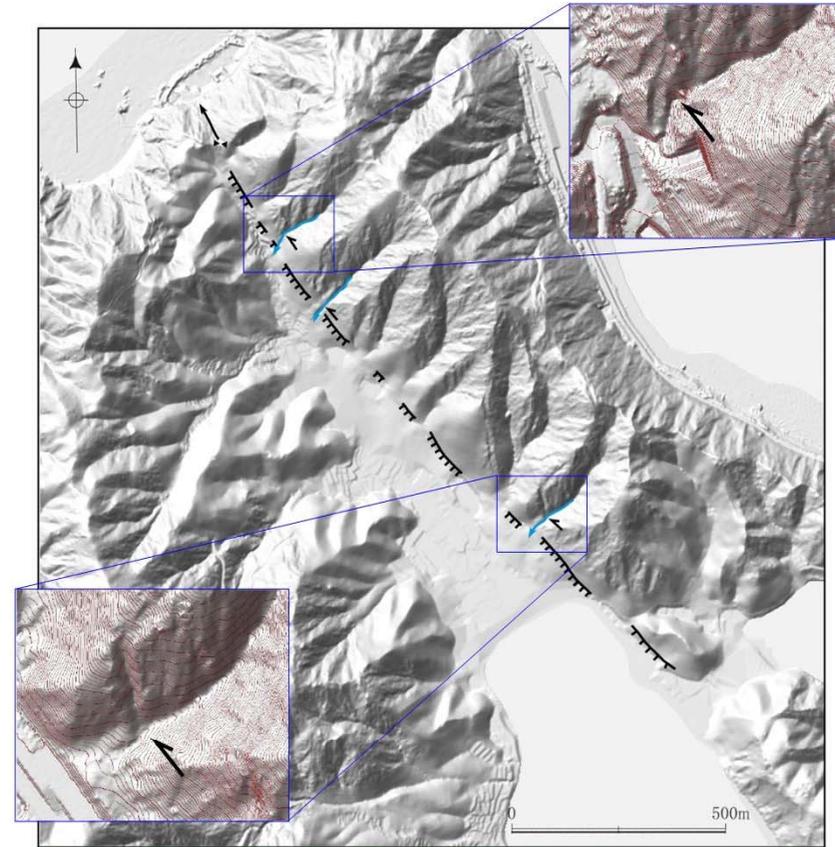
調査結果に基づく区分(変動地形学的調査(陸域))

- 変動地形の有無を確認するため、空中写真判読及び航空レーザー測量の結果に基づく検討を実施した。
- 文献で示される浦底断層に対応して、立石小半島の西縁部付近には、山地と低地との境界を通り、直線谷、鞍部、河谷の屈曲及び急崖からなるNW-SE方向のリニアメントが判読される。北西側から直線谷が、その最上流部には鞍部が認められる。河川は左屈曲を示す。山地と低地の境界には急崖が北東側隆起の三角末端面として認められる。
- 文献が活構造と指摘する浦底断層以外には、リニアメントは判読されない。



リニアメント判読結果

凡例	
	海岸低地面(c)
	沖積低地面(a)
	現河床・崖錐面(ft)
	新期扇状地面(f)
	最低位段丘(LL)
	低位段丘面(L)
	古期扇状地面2(of2)
	古期扇状地面1(of1)
	リニアメント(Cランク) 短線は地形的に低い側を示し、 矢印は尾根・谷の屈曲方向を示す
	河谷の屈曲
	敷地境界



1mメッシュDEM 陰影図

(空中写真(国土地理院(1963))と航空レーザー測量に基づき作成したDEM)

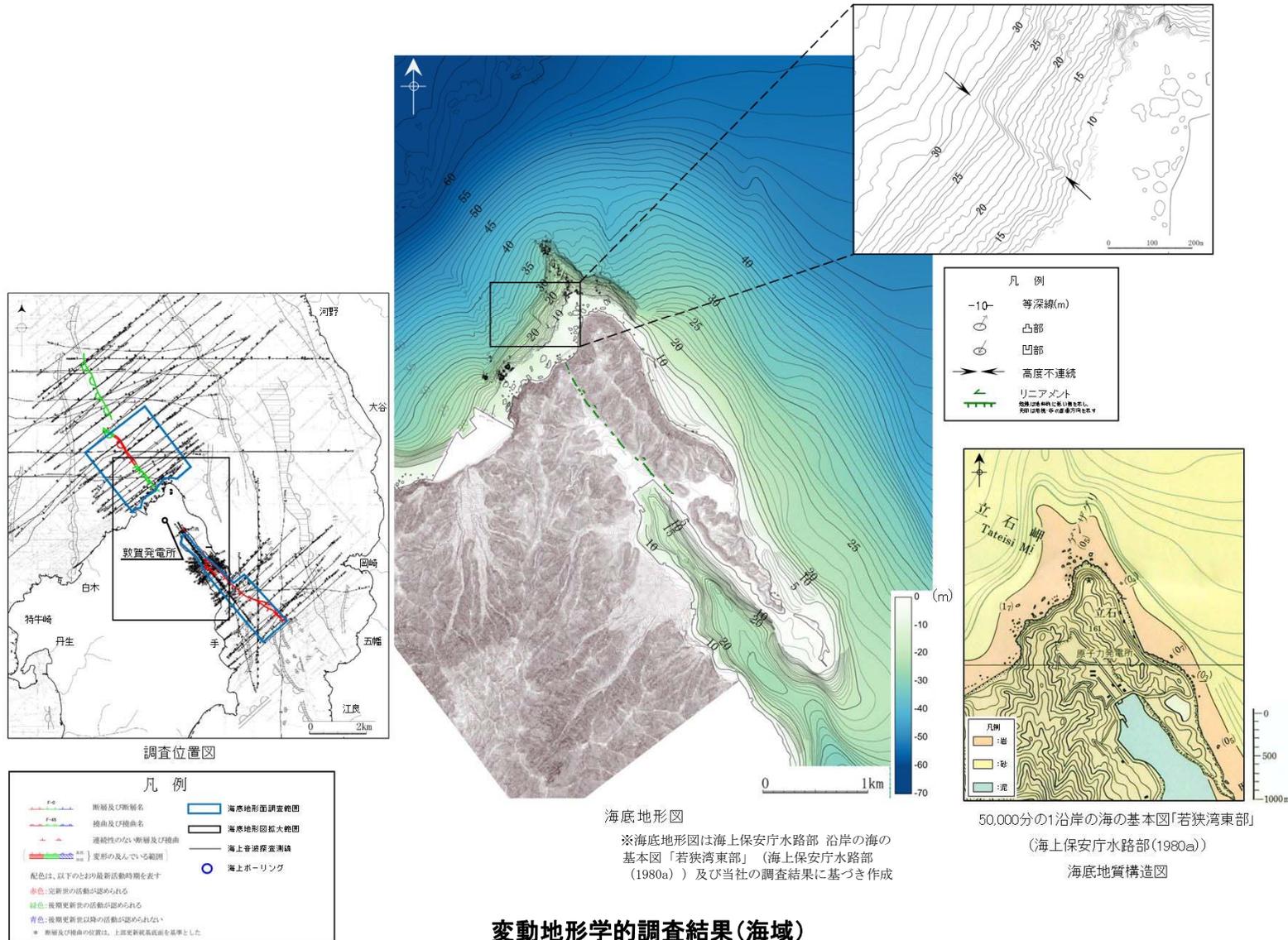
凡例	
	急崖
	河川屈曲
	鞍部
	直線谷

変動地形学的調査結果(陸域)

5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

調査結果に基づく区分(変動地形学的調査(海域))

- リニアメントの北西方及び南東方の海域について変動地形の有無を確認するため、海底地形面調査を実施した。
- その結果、北西方の延長海域において、水深約30mまでの海底地形にNW-SE方向に延びる北東側隆起の直線状の高度不連続(延長約300m, 比高約3m)が認められる。
- 浦底断層南方延長海域部においては、高度不連続は認められない。

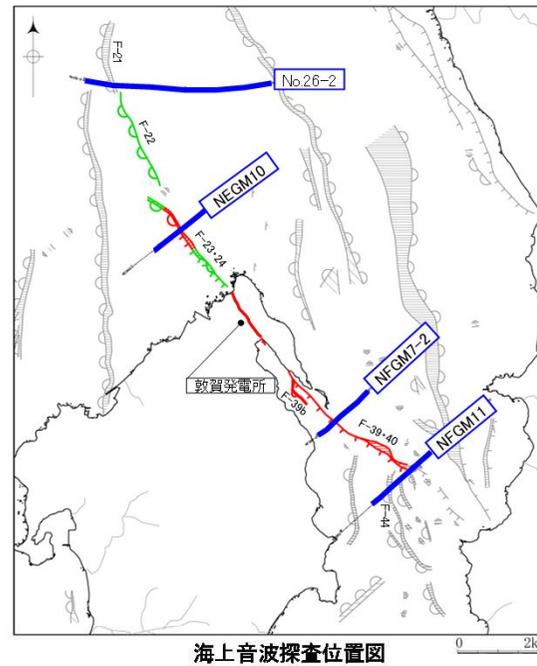
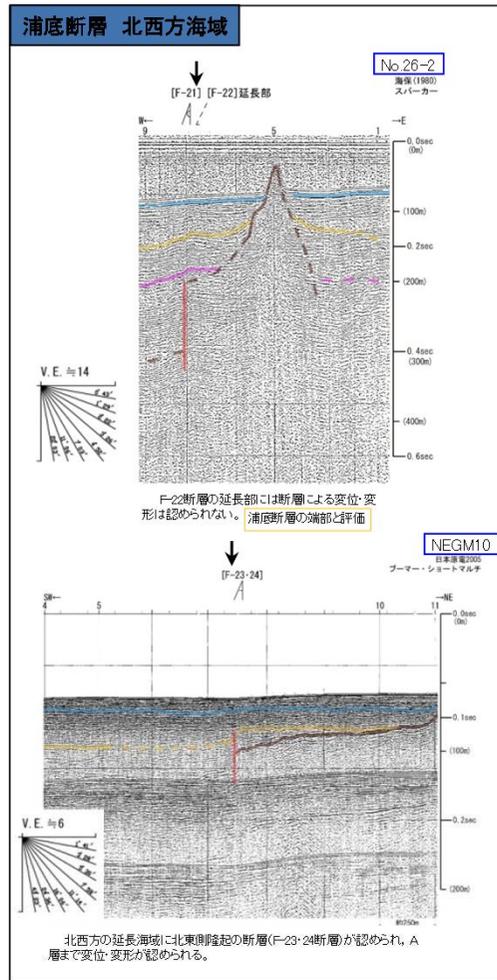


変動地形学的調査結果(海域)

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

調査結果に基づく区分(地球物理学的調査)

- 浦底断層の北西方及び南東方の海域への連続性を確認するため、海上音波探査等を実施した。
- 調査の結果、浦底断層の北西方及び南東方の延長海域において、陸域の断層と同様、NW-SE方向で北東側隆起の断層が認められ、性状の類似性から、浦底断層と一連の断層と判断される。
- また、浦底断層の断層端部については、断層による変位・変形は認められない測線までと評価した(北端部:測線No.26-2, 南端部:測線NFGM11)。(その他の海上音波探査の記録については、参考資料(1/3) 参考1-22~47を参照)
- 上記断層以外に、敷地に延長する海域活断層は認められない。



凡例

	断層及び断層名
	断層及び断層名
	連続性のない断層及び断層
	変形の及んでいない範囲

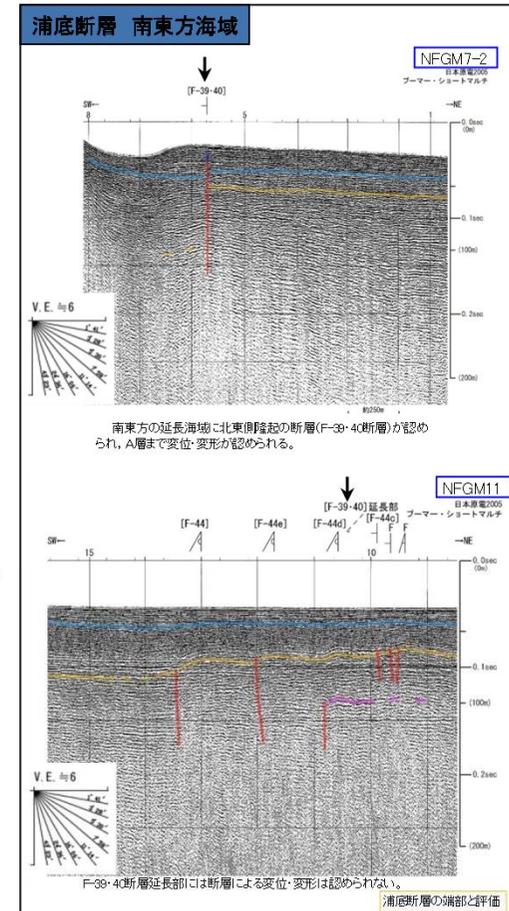
配色は、以下のとおり最新活動時期を表す

- 赤色: 完新世の活動が認められる
- 緑色: 後更新世の活動が認められる
- 青色: 後更新世以降の活動が認められない

* 断層及び断層の位置は、上記更新世前面を基準とした

凡例

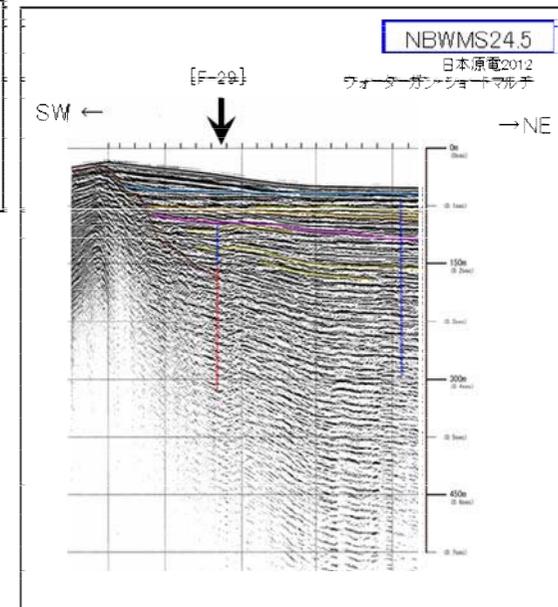
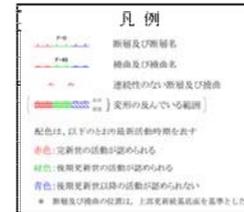
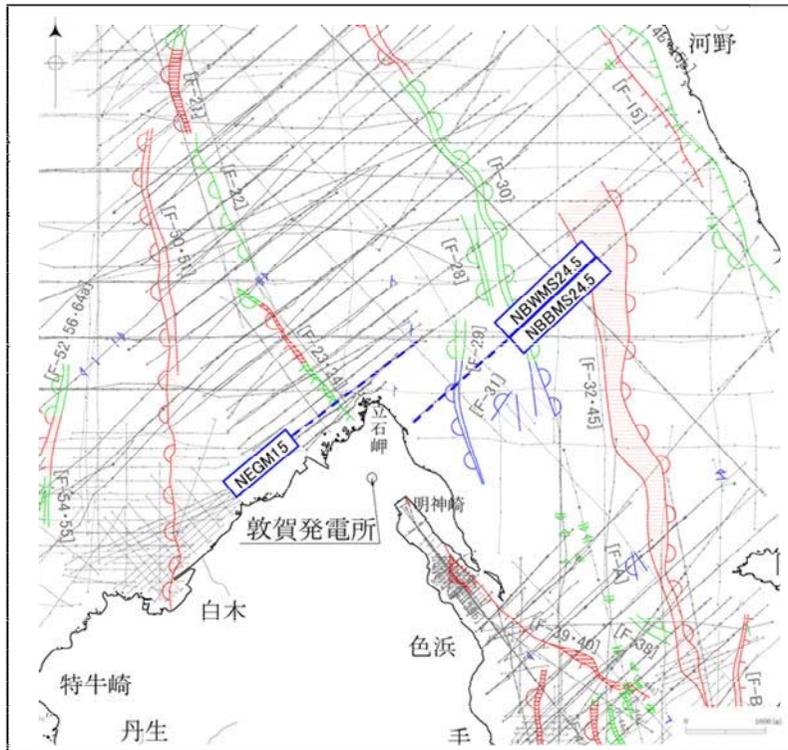
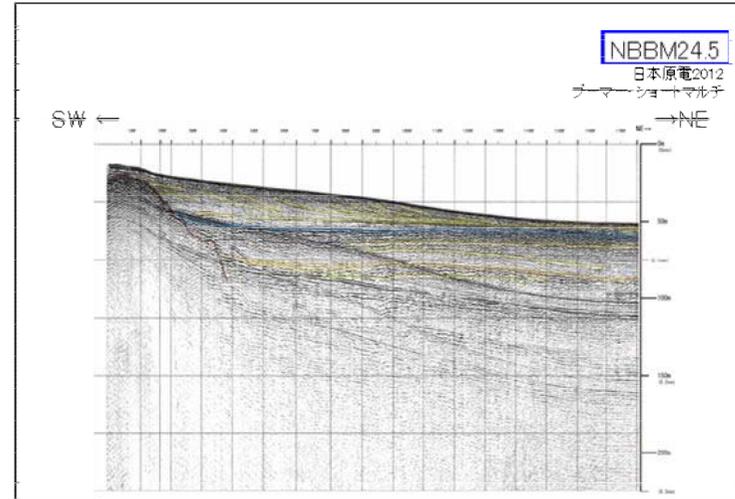
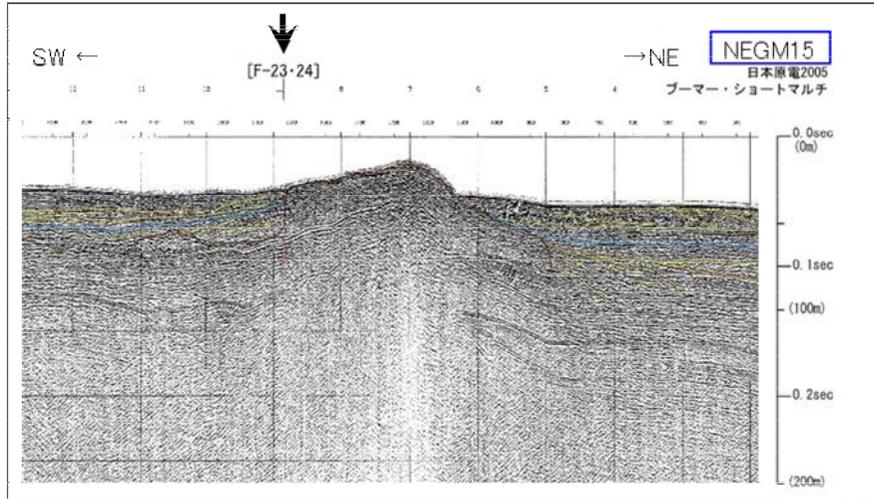
	B層(上部更新統)上面
	C層(最上部鮮新統~中部更新統)上面
	C層(最上部鮮新統~中部更新統)上面
	C層(最上部鮮新統~中部更新統)上面
	F層(先鮮新統~最下部鮮新統)上面
	変形
	変位



5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

調査結果に基づく区分(地球物理学的調査)

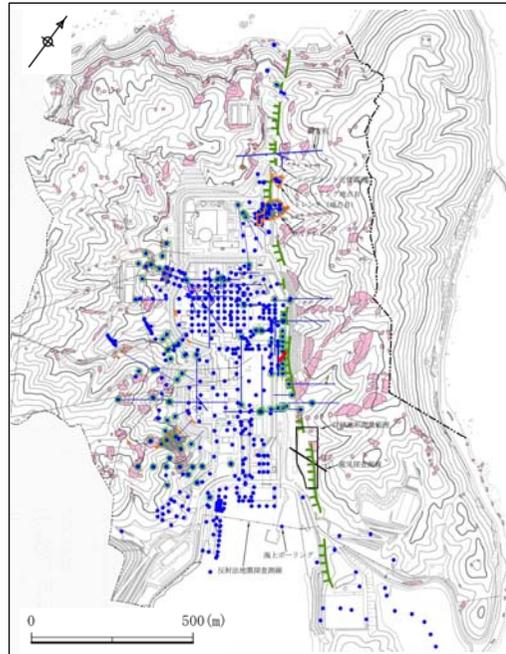
浦底断層以外に、敷地に延長する海域活断層は認められない。



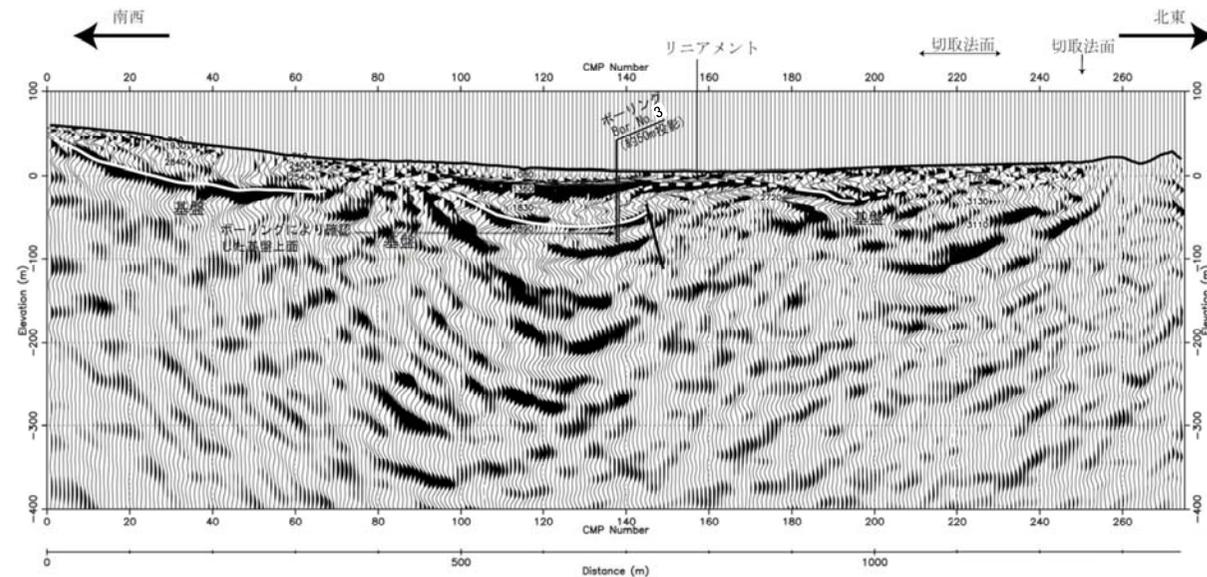
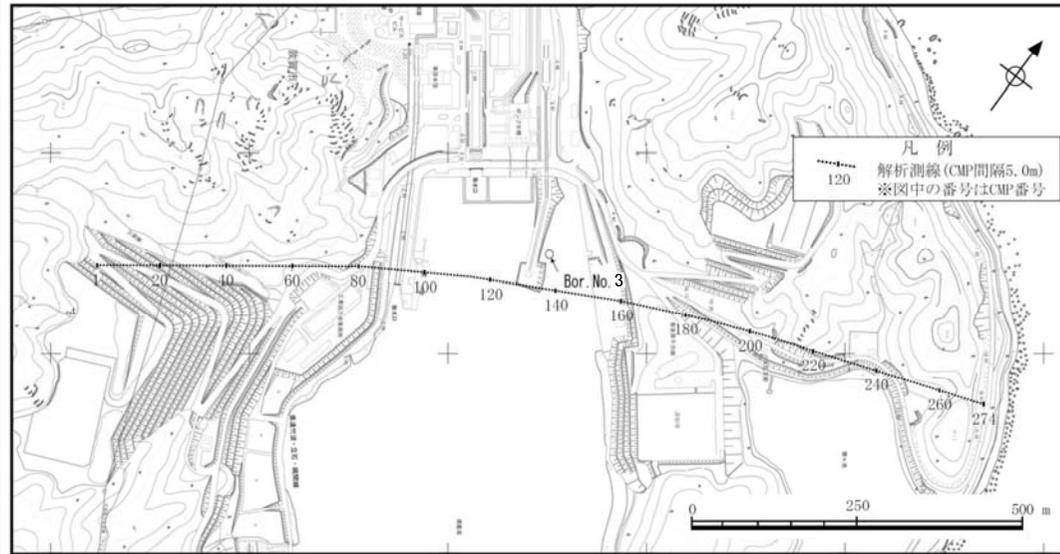
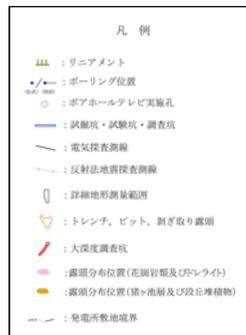
5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

調査結果に基づく区分(地球物理学的調査)

- 反射法地震探査等の結果によれば、リニアメントの南方延長部に位置するCMP 番号160 付近では、基盤上面と考えられる反射面が連続しており、断層は推定されない。一方、CMP 番号145 付近を境に南西側の東緩傾斜を示す強反射面が北東側に連続せず、P波速度が南西側に比べて北東側が速いことから、同位置付近に北東上がりの断層が推定される。
- 海上ボーリング調査結果及び反射法地震探査結果から、同断層の江若花崗岩の上面における鉛直変位量は40m 程度と推定される。



調査位置図

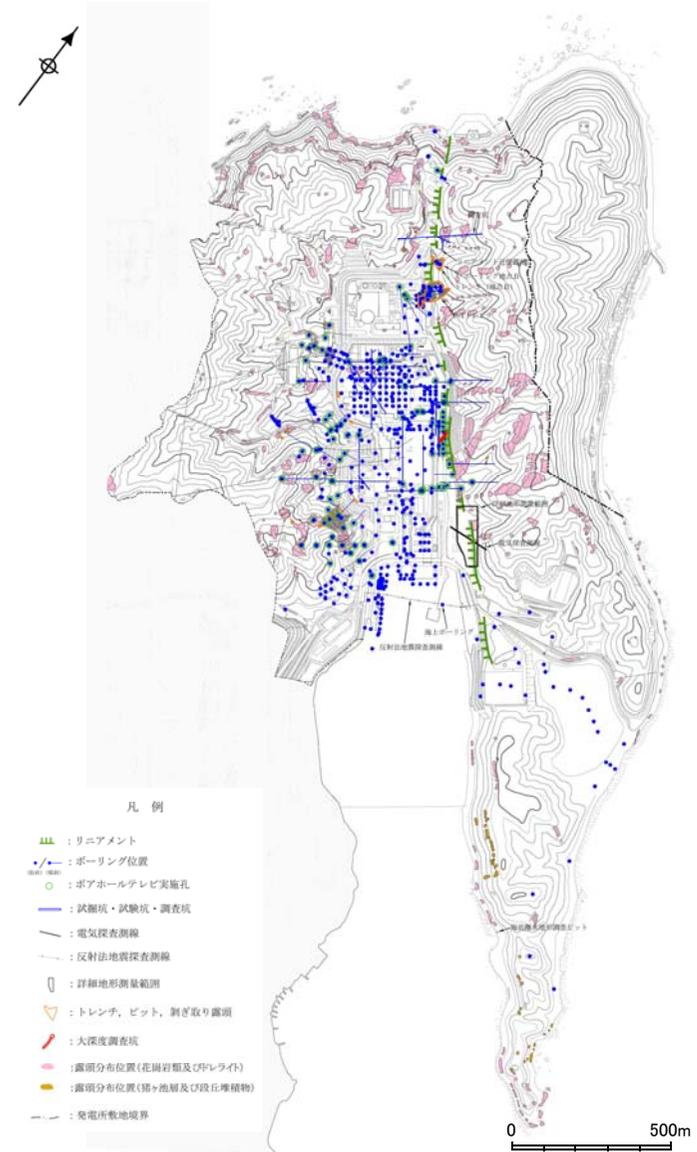


余白

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

調査結果に基づく区分(地質調査)

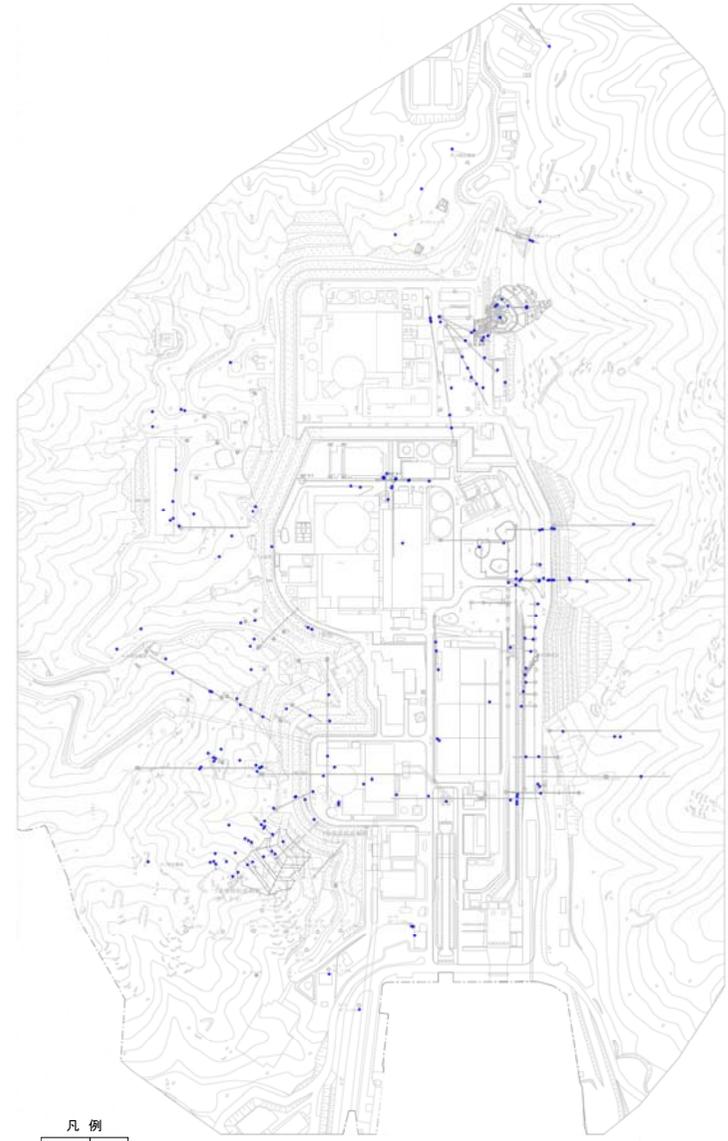
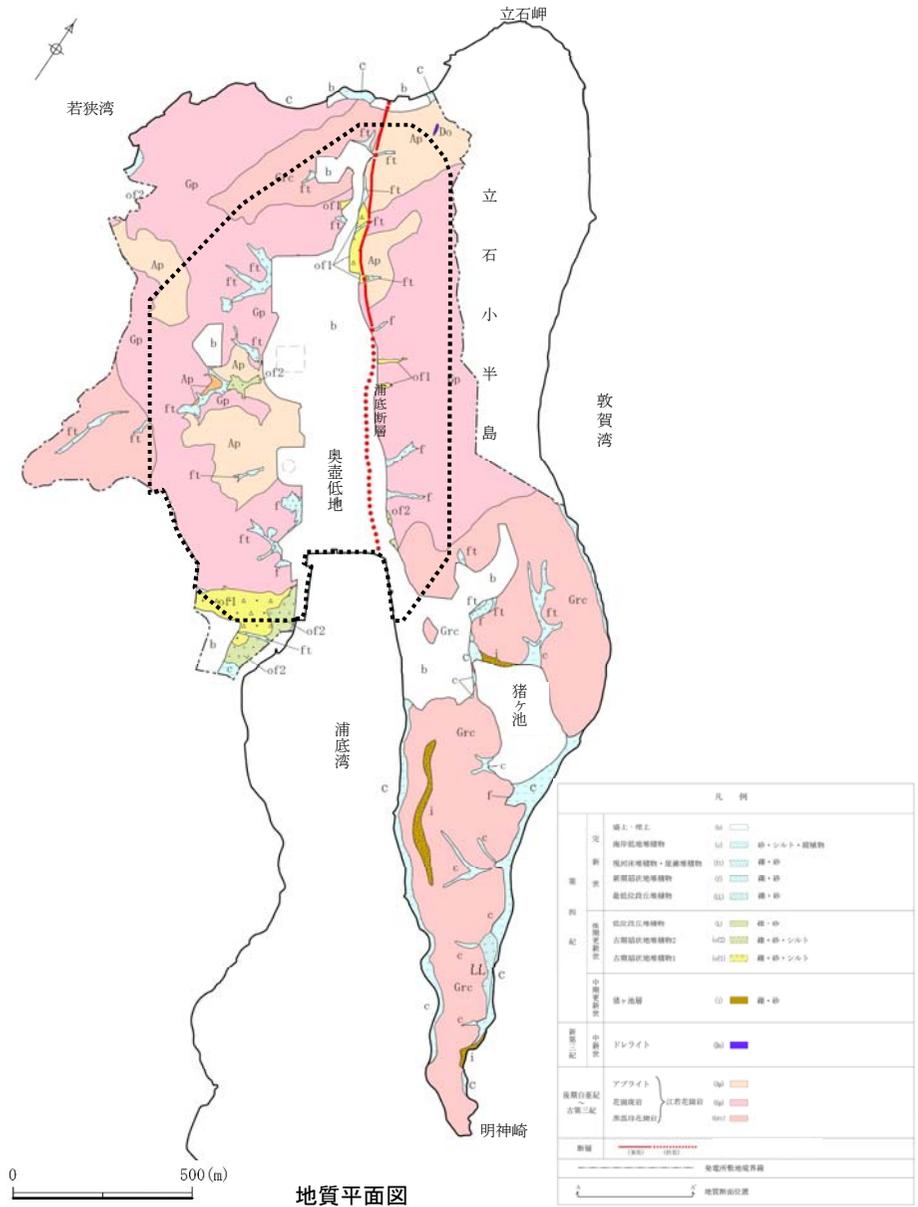
- 震源として考慮する活断層の有無の把握にあたり、敷地及びその周辺については前述した文献調査、変動地形的調査、地球物理学的調査に加え、地表地質調査も実施し、活動時期の評価にあたってはトレンチ調査等を実施した。
- 重要施設直下の地震活動に伴って永久変位が生じる断層の有無及び支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面の有無の把握にあたっては、文献調査及び変動地形的調査に加えて、地表地質調査、ボーリング調査、試掘坑調査、剥ぎ取り調査、基礎掘削面調査を実施し、活動時期の評価にあたってはトレンチ調査等を実施した。



調査位置図(敷地内)

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について 調査結果に基づく区分(地質調査)

敷地には、主として花崗岩と第四系が分布している。
なお、花崗岩中には複数の破碎部が認められる。



凡例
破碎部 ○

確認された破碎部

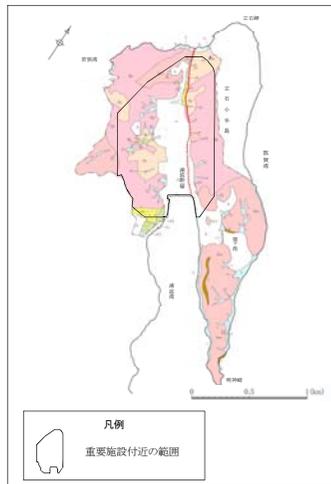
※ボーリング調査、露頭調査等による断層ガウジを伴う破碎部
※T.P.-10mの分布

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

調査結果に基づく区分(地質調査)

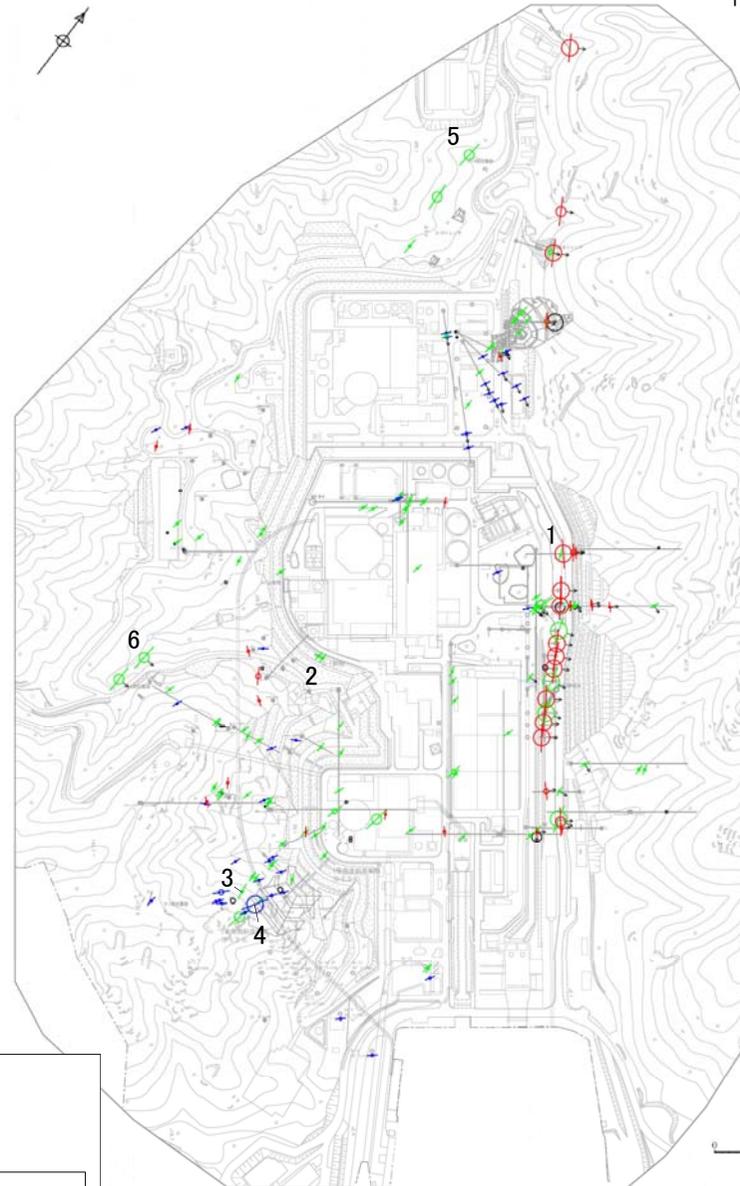
・花崗岩中には複数の破碎部が認められ、変動地形との対応及び破碎部の特徴から、破碎部は文献が指摘する浦底断層に対応するNW-SE走向に連なる破碎部とそれ以外の破碎部とに大別される。

- ・ボーリング調査、剥ぎ取り調査、トレンチ調査、ピット調査等の結果、敷地には破碎部が複数確認される。
- ・破碎部の走向・傾斜は主としてN-S～NE-SW方向、高角度西傾斜であり、一部でNW-SE方向、高角度東傾斜が認められる。
- ・立石小半島と西側の低地の境界付近には幅の広い破碎部が認められ、これらの破碎部はNW-SE方向、高角度東傾斜であり、ほぼ直線状に分布することから、一連の断層と判断した。この一連の断層は、文献が示す北東隆起側の活断層又は推定断層及び当社が判読したリニアメント(Cランク、NW-SE方向、北東側隆起、左屈曲)に対応する位置に分布していることから浦底断層と仮称した。
- ・上記以外の破碎部については、主として幅が数十cmのものが多く、走向・傾斜はN-S～NE-SW方向、高角度西傾斜である(破碎部性状の類似性から連続性を評価し、これらを破碎帯と仮称した)。



走向方向	破碎部	凡例
N-S系 (NS±22.5°)	破碎幅(cm) 破碎部	
NE-SW系 (N45° E±22.5°)	0 < ≤ 30	○
NW-SE系 (N45° W±22.5°)	10 < ≤ 100	○
E-W系 (EW±22.5°)	100 < ≤ 200	○
走向傾斜未測定	200 < ≤ 300	○
	300 <	○

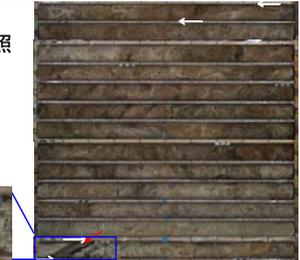
・直線は走向を示す。
 ・矢印は東傾斜を示す。
 それ以外は西傾斜又は鉛直を示す。



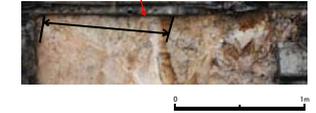
確認された破碎部の特徴

※破碎部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

最新活動面の拡大



1: 浦底断層 H19-No.19(参考資料 参考2-14)
走向・傾斜N41° W87° NE 破碎幅447cm

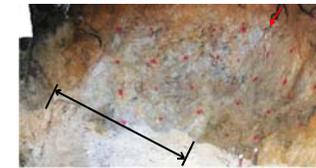


2: D-1破碎帯 2号炉原子炉建屋南側斜面
(参考資料 参考2-36)
走向・傾斜N21° E61° W 破碎幅20cm

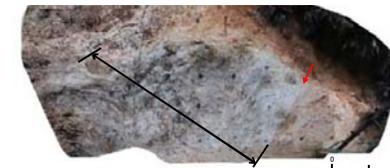
3: D-5破碎帯 1号炉原子炉建屋南方斜面(72m盤)
(参考資料 参考2-72)
走向・傾斜N8° W75° W 破碎幅100cm



4: D-6破碎帯 1号炉原子炉建屋南方斜面(72m盤)(参考資料 参考2-58,59)
走向・傾斜N33° E80° W 破碎幅700cm



5: D-14破碎帯 既往露頭(参考資料 参考2-64)
走向・傾斜N8° E63° W 破碎幅255cm



6: H-3a破碎帯 既往露頭(参考資料 参考2-79)
走向・傾斜N12° W61° E 破碎幅300cm

凡例
最新活動面 ← → 破碎幅

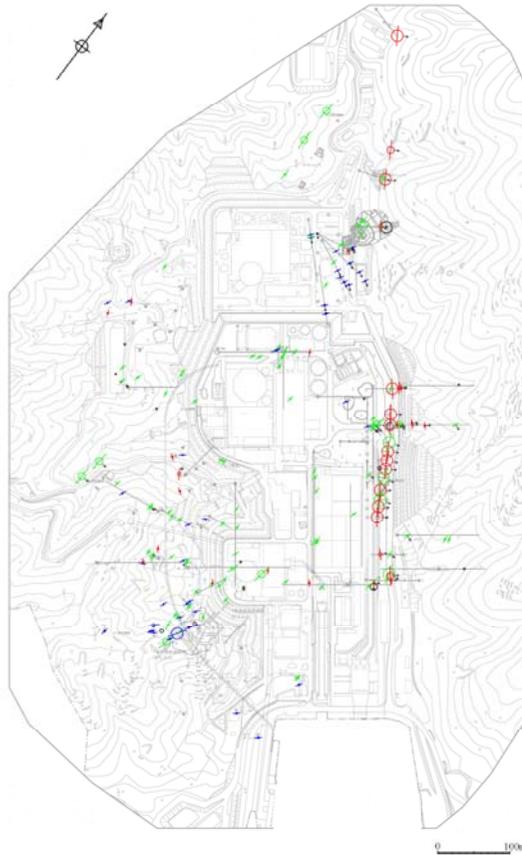
※ボーリング調査、露頭調査等による断層ガウジを伴う破碎部
※T.P.-15mの分布

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

調査結果に基づく区分(破碎部の走向・傾斜)

- 立石小半島の山地西縁部の破碎部の走向・傾斜は、NW-SE方向、高角度東傾斜を示す。
- 上記以外の破碎部の走向・傾斜は、N-S~NE-SW方向、高角度西傾斜のものが卓越する。

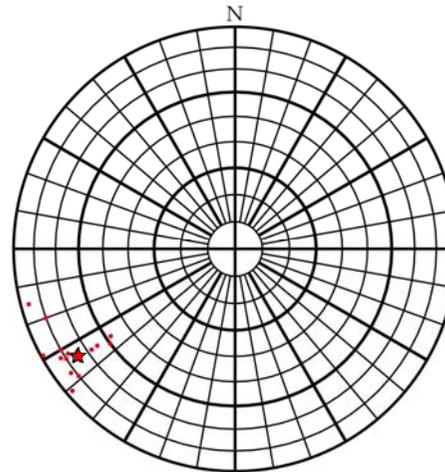
※破碎部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照



確認された破碎部の特徴

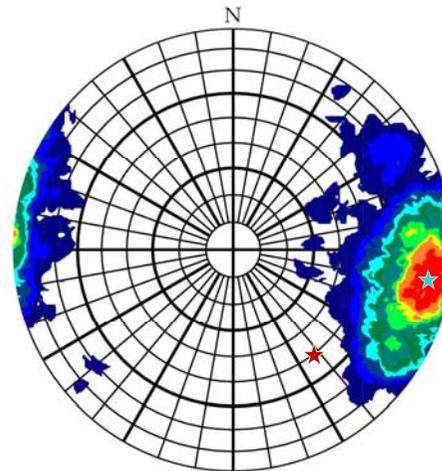
走向方向		破碎部		凡例	
N-S系 (NS±22.5°)		破碎幅(cm)	破碎部	直線は走向を示す。 矢印は東傾斜を示す。 それ以外は西傾斜又は鉛直を示す。	
NE-SW系 (N45° E±22.5°)		0 < ≤ 10	○		
NW-SE系 (N45° W±22.5°)		10 < ≤ 100	○		
E-W系 (EW±22.5°)		100 < ≤ 200	○		
走向傾斜未測定		200 < ≤ 300	○		
		300 <	○		

※ボーリング調査、露頭調査等による断層ガウジを伴う破碎部
 ※T.P.-15mの分布



- : データ
総数: 16
- ★: 最大集中点
(N34° W75° E)

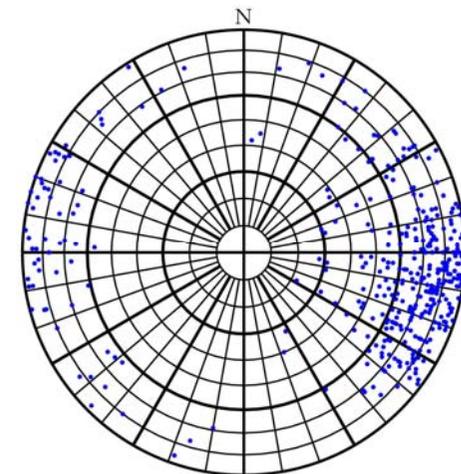
立石小半島の山地西縁部の破碎部の走向・傾斜図
(シュミットネット下半球投影)



- ★: 破碎帯最大集中点
(N9° E79° W)
 - ★: 浦底断層と共役の関係にある断層
(N52° E51° W)
- | |
|-------------|
| 1%以上 2%未満 |
| 2%以上 3%未満 |
| 3%以上 4%未満 |
| 4%以上 5%未満 |
| 5%以上 6%未満 |
| 6%以上 7%未満 |
| 7%以上 8%未満 |
| 8%以上 9%未満 |
| 9%以上 10%未満 |
| 10%以上 11%未満 |
| 11%以上 15%未満 |
- データ総数 388

上記以外の破碎部の走向・傾斜のコンター図
(シュミットネット下半球投影)

立石小半島の山地西縁部の破碎部を除く全ての破碎部のデータを使用



上記以外の破碎部の走向・傾斜のプロット図
(シュミットネット下半球投影)

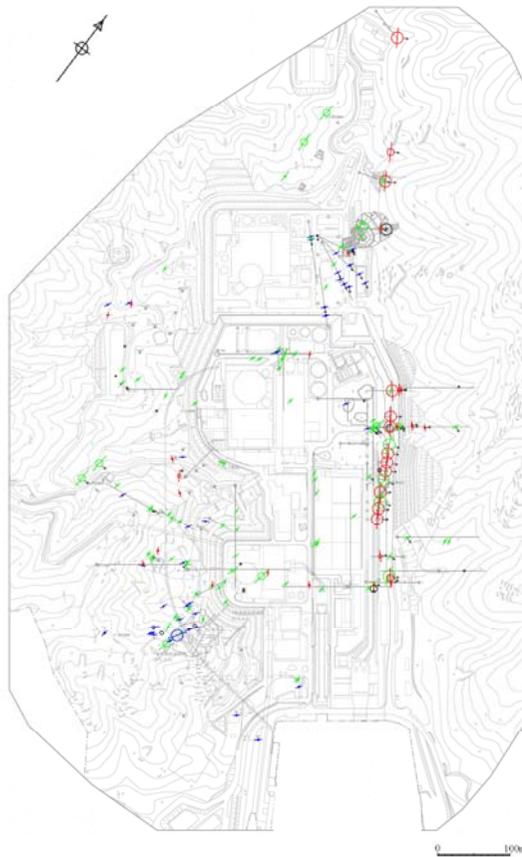
5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

調査結果に基づく区分(破砕部の破砕幅)

破砕幅については、立石小半島の山地西縁部の破砕部が平均約4m、その他の破砕部が平均約40cmであり、立石小半島の山地西縁部の破砕部の方がその他の破砕部に比べて広い。

※全ての破砕部について、粘土状破砕部、砂状破砕部、角礫状破砕部、固結した粘土状破砕部、固結した砂状破砕部、固結した角礫状破砕部の合計の幅(破砕部の走向傾斜から真の幅に換算した幅)で整理

※破砕部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

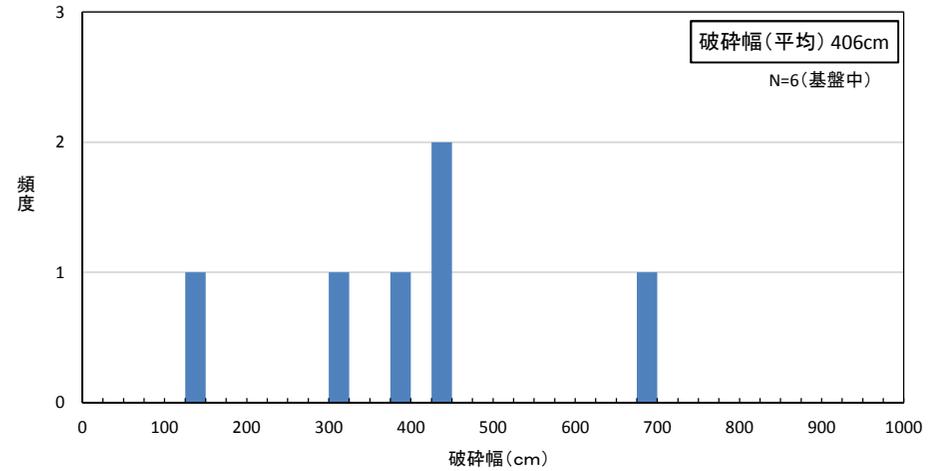


確認された破砕部の特徴

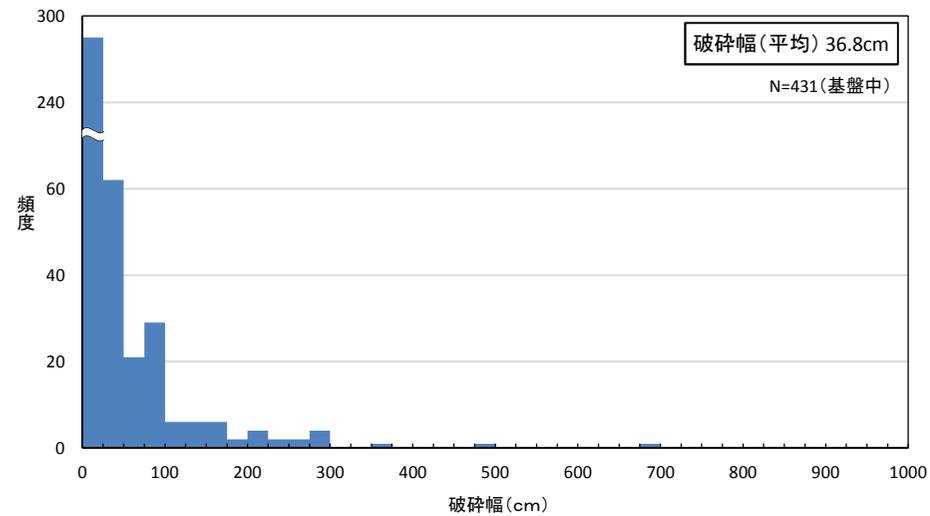
走向方向	破砕部	凡例	
N-S系 (NS±22.5°)		破砕幅(cm)	破砕部
NE-SW系 (N45° E±22.5°)		0 < ≤ 10	○
NW-SE系 (N45° W±22.5°)		10 < ≤ 100	○
E-W系 (EW±22.5°)		100 < ≤ 200	○
走向傾斜未測定		200 < ≤ 300	○
		300 <	○

: 直線は走向を示す。
 : 矢印は実傾斜を示す。
 : それ以外は西傾斜又は鉛直を示す。

※ボーンリング調査、露頭調査等による断層ガウジを伴う破砕部
 ※T.P.-15mの分布



立石小半島の山地西縁部の破砕部の破砕幅



その他の破砕部の破砕幅

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

破碎帯の連続性について

(使用データ)

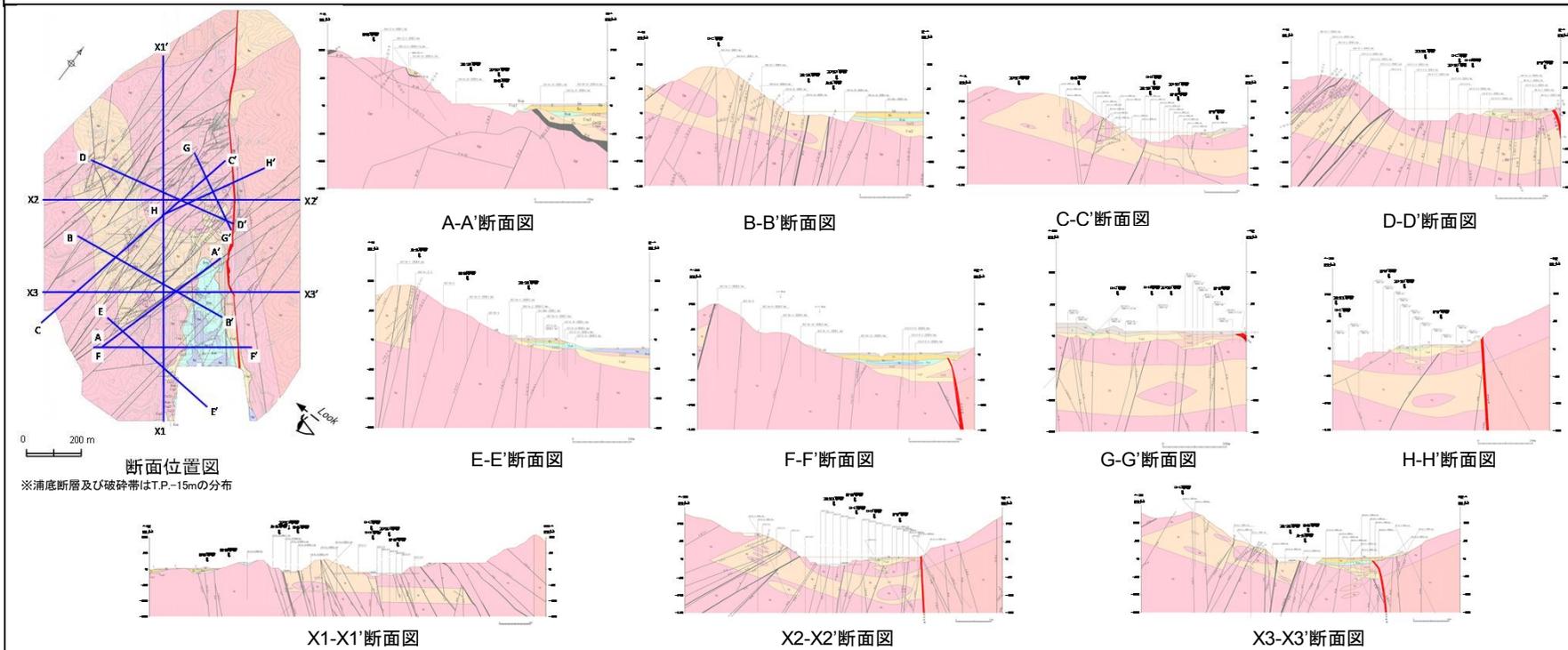
地表地質調査, ボーリング調査(BTV), 試掘坑調査, 法面観察, 基礎掘削面観察の結果(詳細についてはp.54~p.56参照)

(地質図の記載基準)

2号炉基礎掘削面の観察結果に基づき記載基準を決定(詳細についてはp.59参照)

- ・確認された破碎部の走向・傾斜の延長部($\pm 20^\circ$ の範囲)の破碎部との連続性を検討
- ・破碎部性状(断層ガウジの有無や変位センス)が類似するものを連続させる。
- ・破碎帯を挟んで地質分布にずれが想定される場合にのみ地質境界に変位を与えている。

2次元の地質断面図の作成

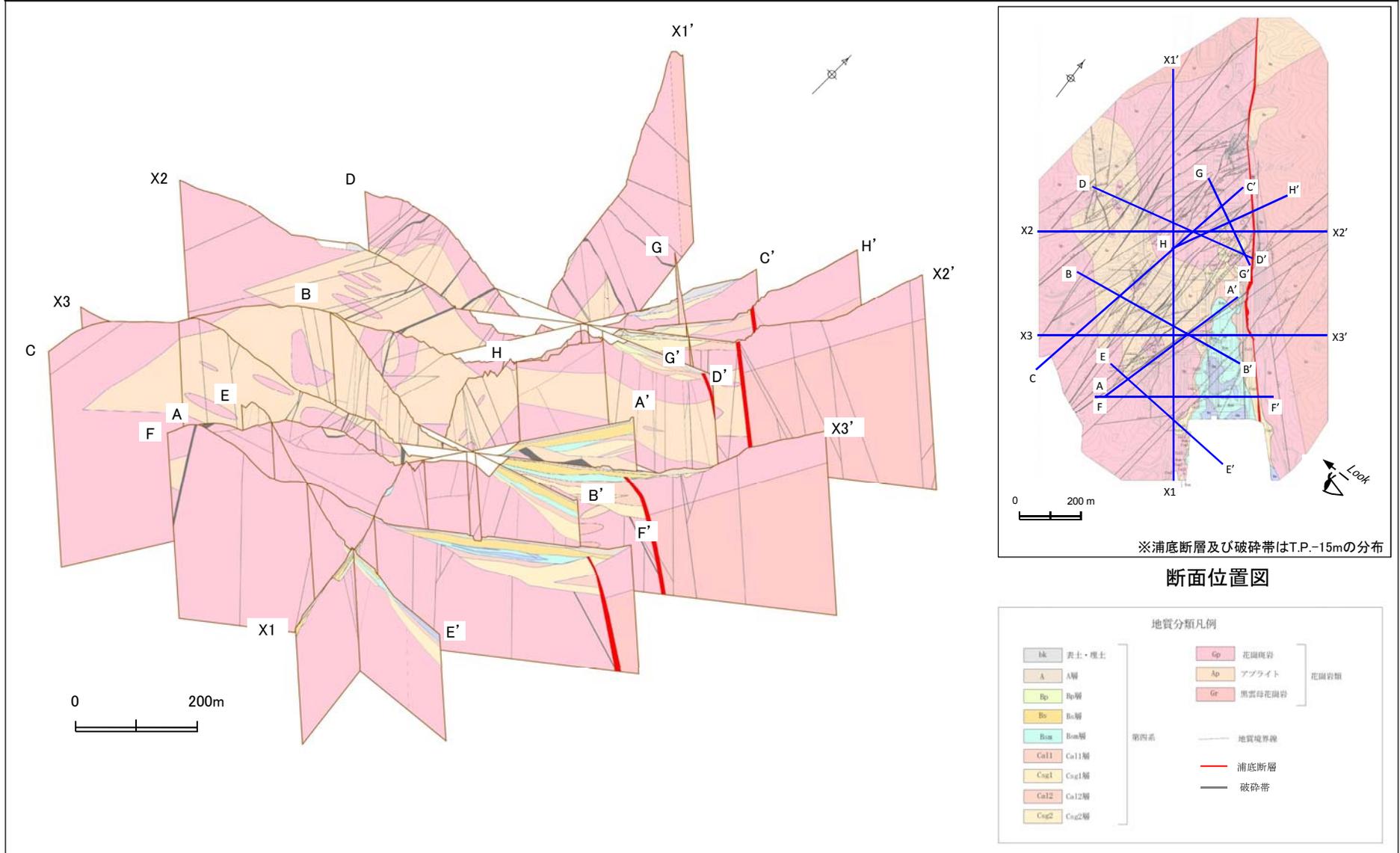


↓ 次ページへ

↓ 前ページより

(各断面図間の整合性確認)

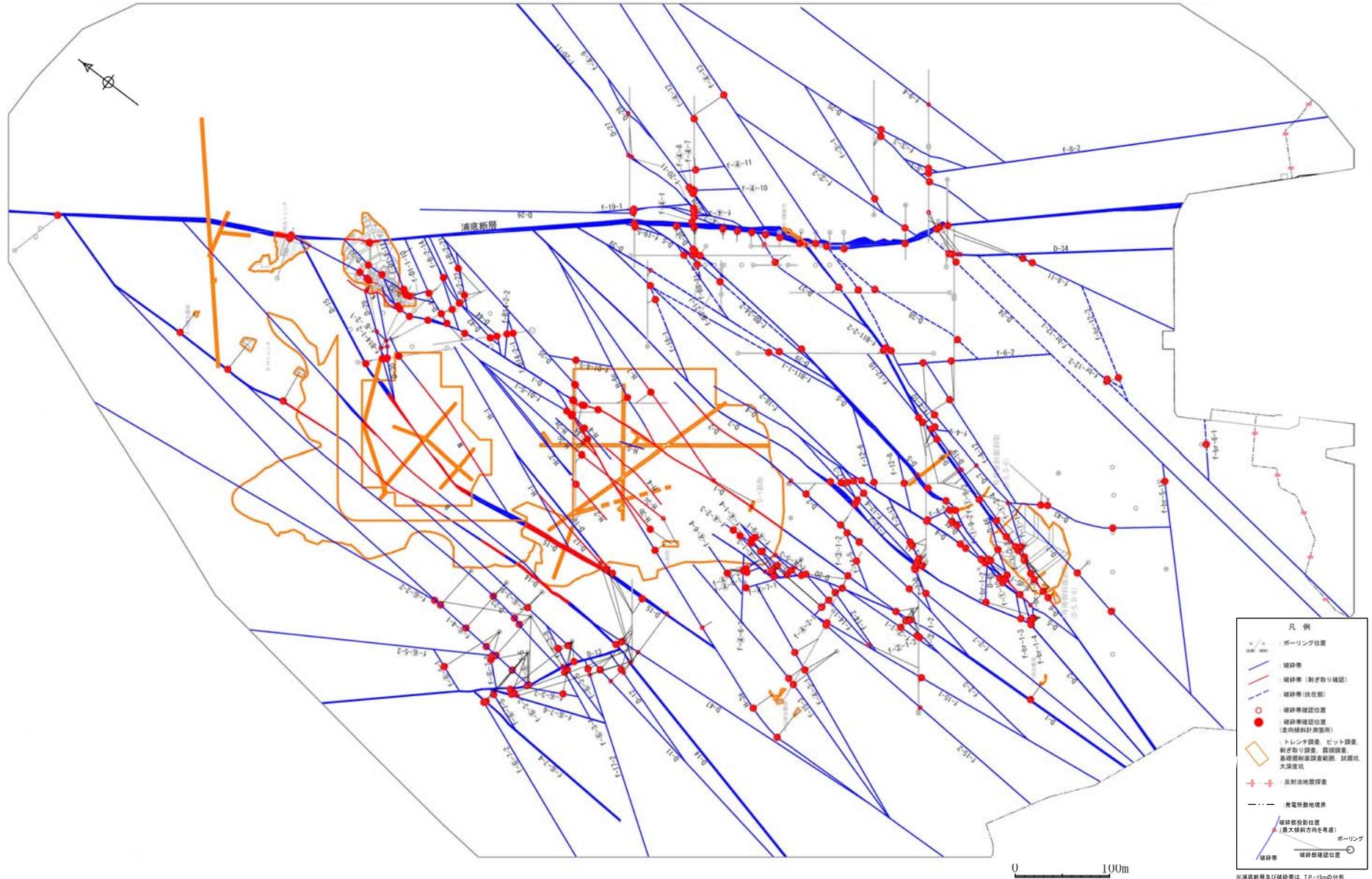
各2次元断面図やボーリングデータを全てデジタル化して3次元のデータベースを作成し、3次元の地質モデルを構築し、断面図間の整合性を確認する。



5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

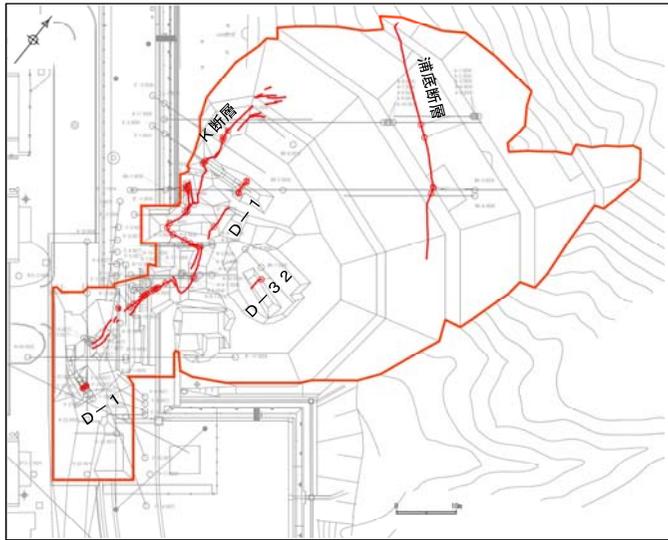
破碎帯の連続性について

浦底断層及び破碎帯の分布については、地表地質調査、ボーリング調査(ボアホールテレビによる破碎帯の走向・傾斜の確認を含む)、反射法地震探査、剥ぎ取り調査、トレンチ調査、ピット調査、試掘坑調査、横坑調査、大深度坑調査及び基礎掘削面調査に基づき検討した。

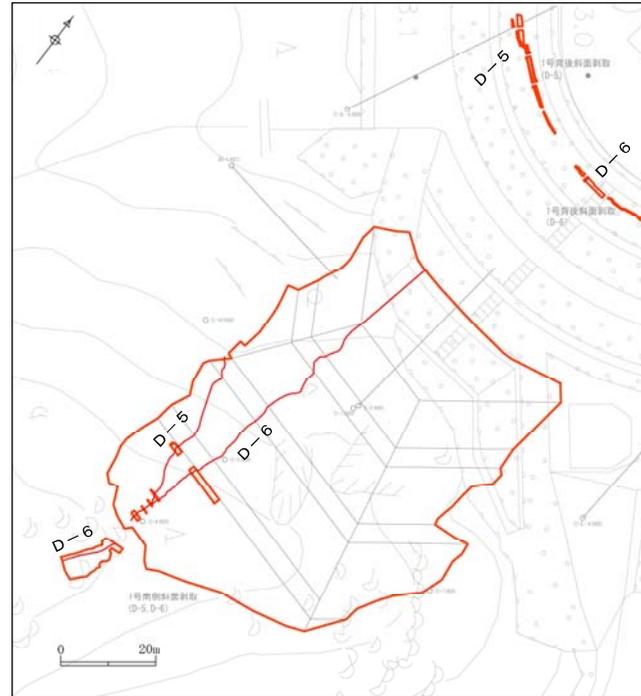


破碎帯分布図

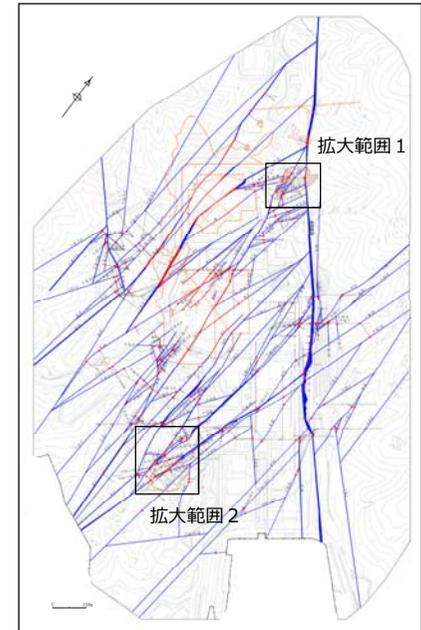
5.1 浦底断層と破碎帯の区分について
 破碎帯の連続性について



拡大図1: D-1トレンチの破碎帯分布図(地表)

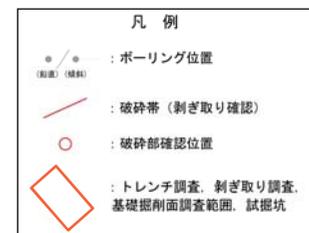


拡大図2: 1号南側斜面の破碎帯分布図(地表)

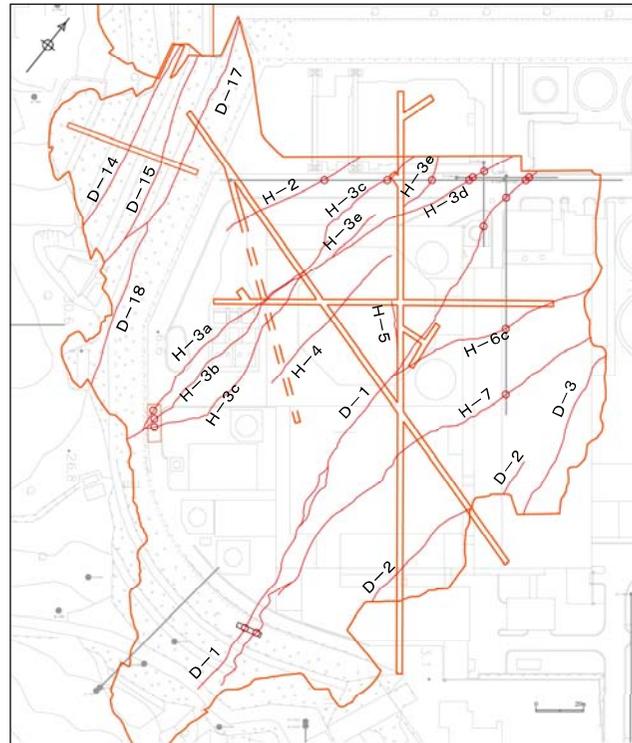


位置図

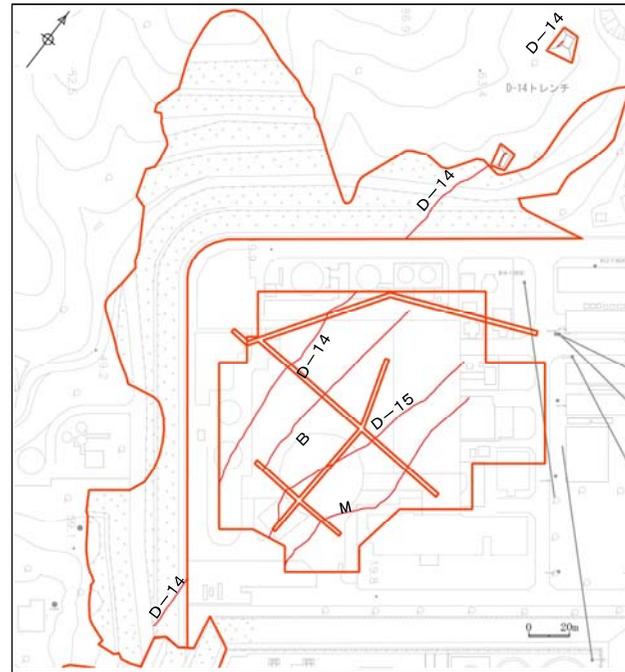
※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布



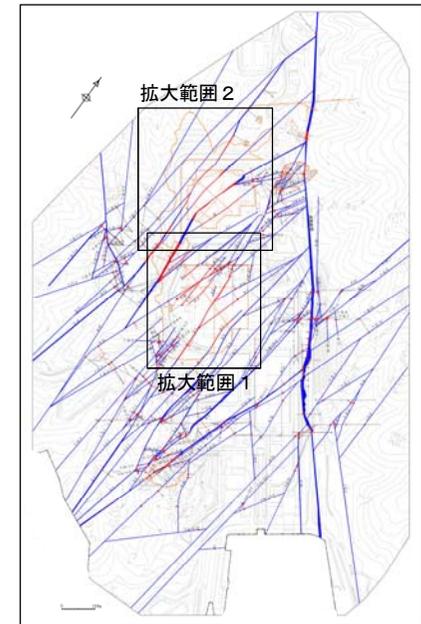
5.1 浦底断層と破碎帯の区分について
破碎帯の連続性について



拡大図1: 2号炉基礎掘削面の破碎帯分布図(地表)



拡大図2: JAEA原子炉廃止措置研究開発センターの破碎帯分布図

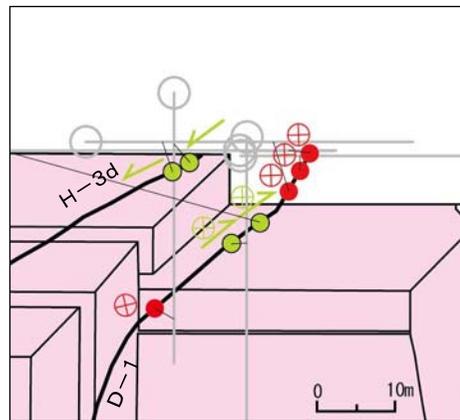
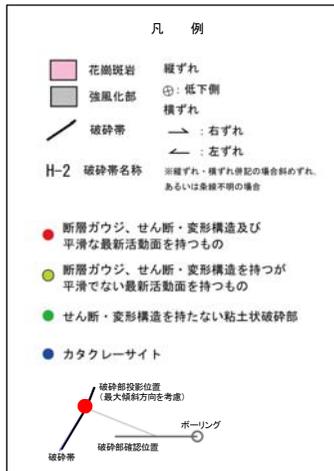
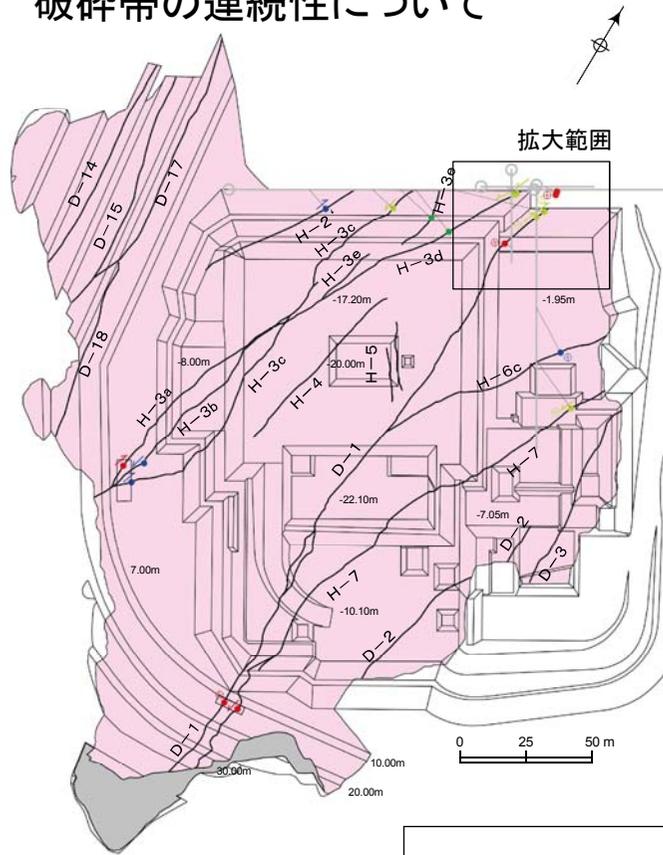


位置図

※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布



5.1 浦底断層と破砕帯の区分について 破砕帯の連続性について

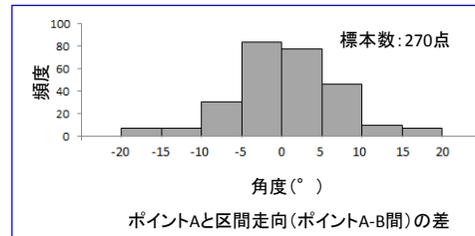


2号炉原子炉建屋付近の破砕帯分布図

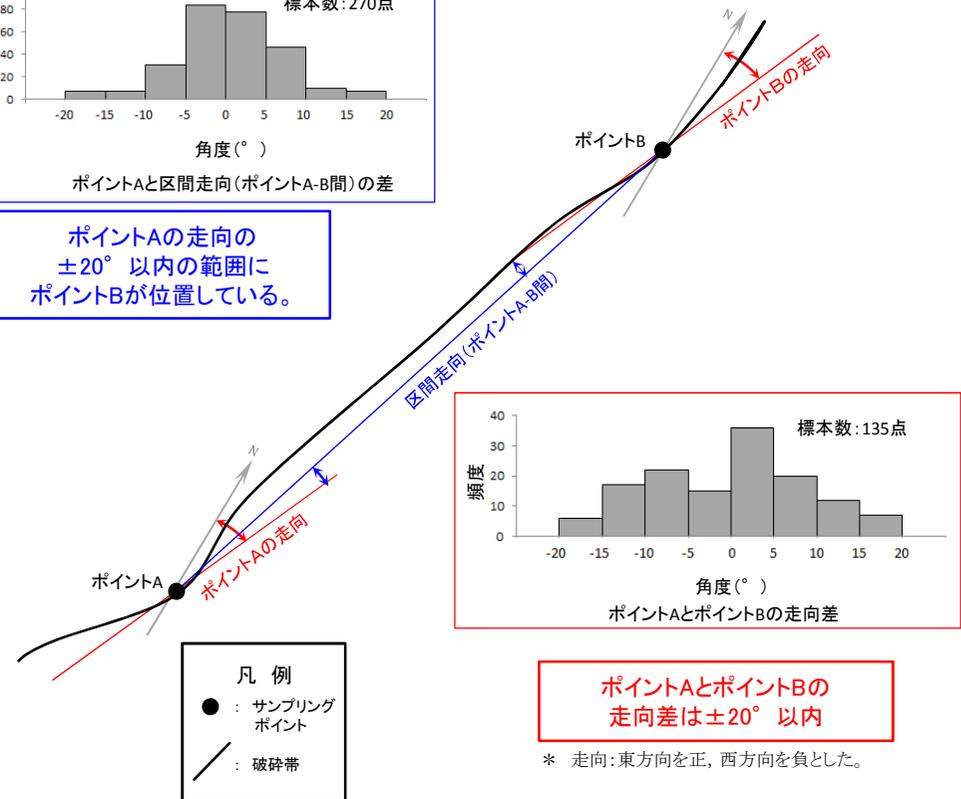
一連であることが確認されている破砕帯の特徴について検討を行った。

- 検討では、5m間隔で破砕部の走向・傾斜の値をサンプリングし、これらの値のばらつきの程度を整理した。
- また、破砕部性状(断層ガウジの有無、せん断構造・変形構造の有無、最新活動面の平滑さ、最新活動面の変位センス)の類似性についても整理した。
- その結果によれば、一連であることが確認されている破砕帯については、以下に示す特徴が認められた。
 - ✓ 破砕部の走向・傾斜のばらつき※は±20°程度である。
 - ✓ 破砕部性状は類似している。
 - ✓ 最新活動面の変位センスは同じである。

※「ポイント間の走向・傾斜とポイントの破砕部の走向・傾斜の差」及び「ポイントの破砕部の走向・傾斜の差」のばらつき

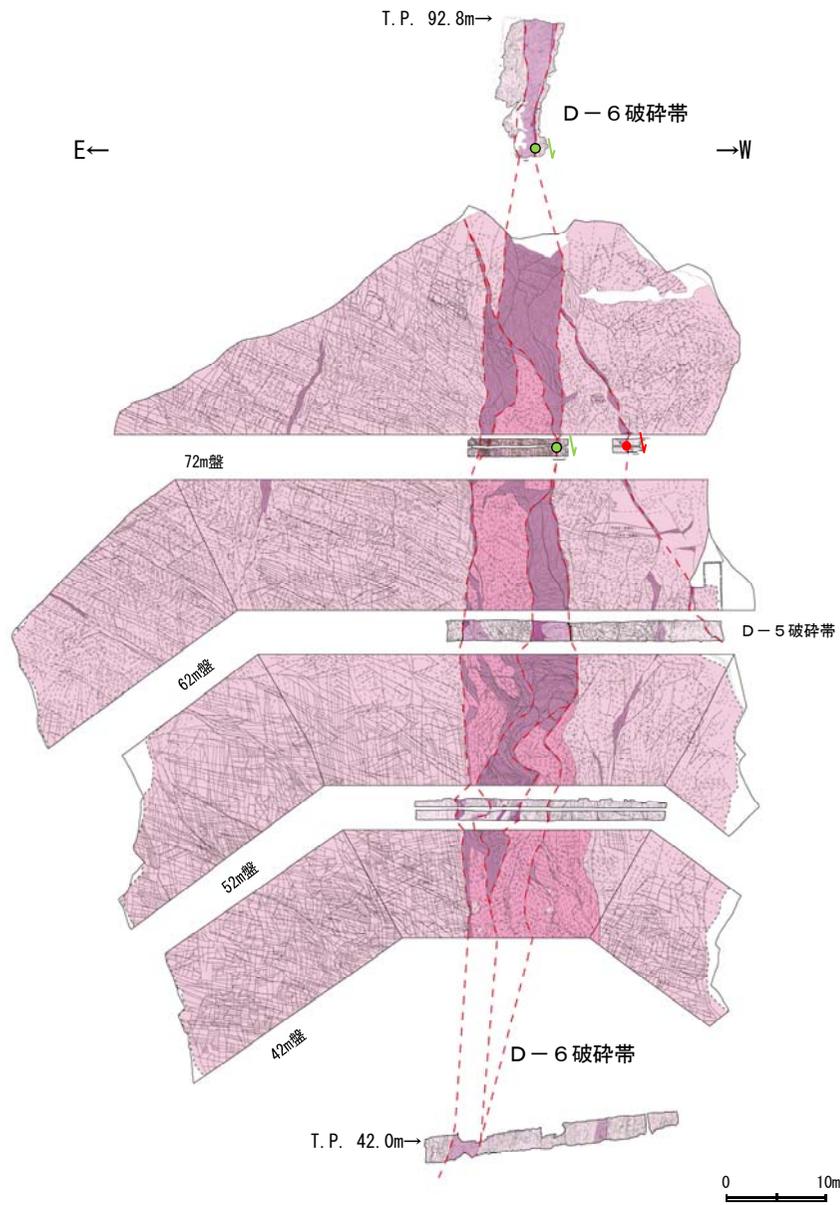


ポイントAの走向の±20°以内の範囲にポイントBが位置している。

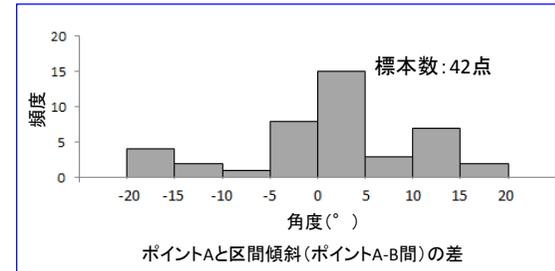
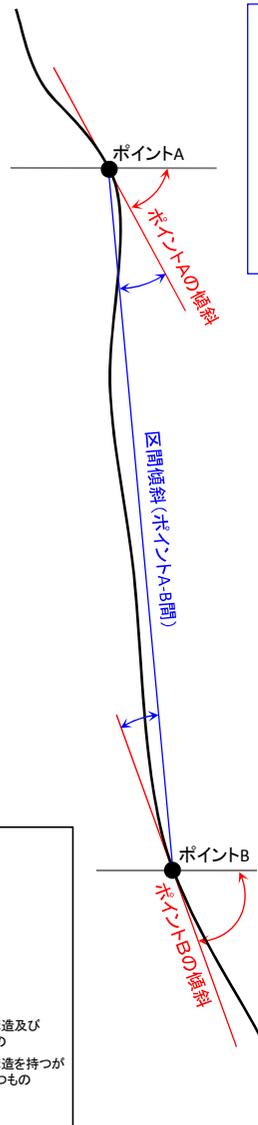
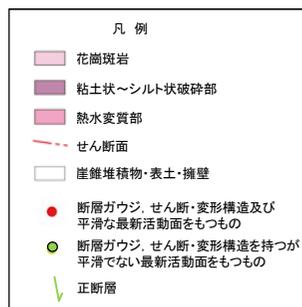


一連の破砕帯の模式図(平面図)

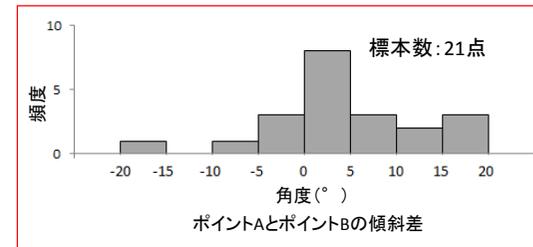
5.1 浦底断層と破碎帯の区分について 破碎帯の連続性について



1号炉原子炉建屋南方斜面の破碎帯分布図



ポイントAの傾斜の
±20° 以内の範囲に
ポイントBが位置している。



ポイントAとポイントBの
傾斜差は±20° 以内



一連の破碎帯の模式図(断面図)

破碎帯の連続性について

一連であることが確認されている破碎帯の特徴を踏まえ、破碎帯の連続性評価の基準を取りまとめた。

- 破碎部の走向・傾斜の $\pm 20^\circ$ 程度の範囲にある走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 程度以内の破碎部を連続する破碎帯とする。(図1)
- 上記に該当する破碎部が複数認められる場合には、破碎部性状*が類似したものを連続させることとする。(図2)
- 延長位置で交差する破碎帯については、破碎部性状に基づき連続性を判断する。(例えば図3)

* 断層ガウジの有無、せん断構造・変形構造の有無、最新活動面の平滑さ、最新活動面の変位センス

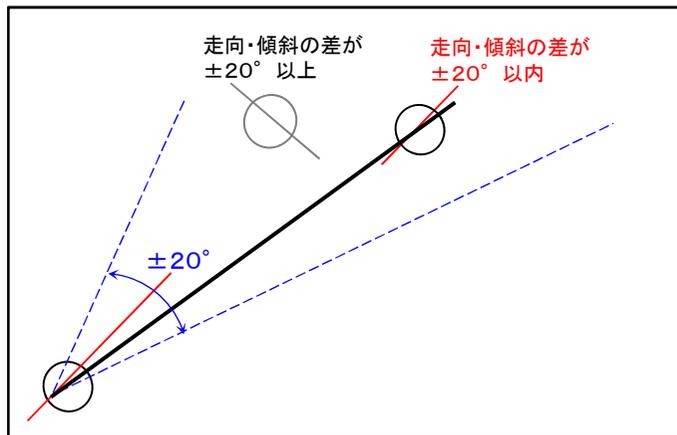


図1

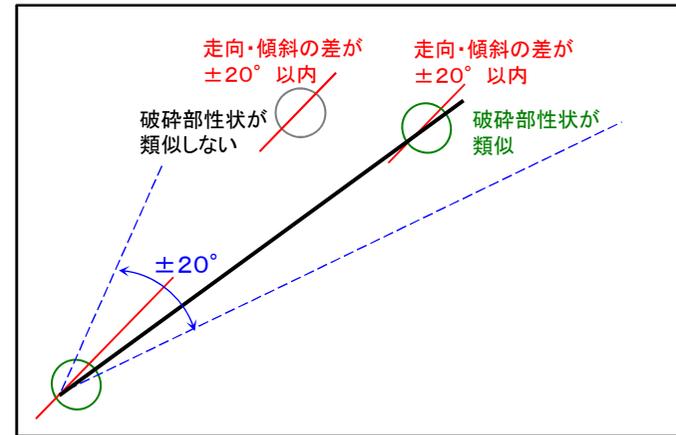


図2

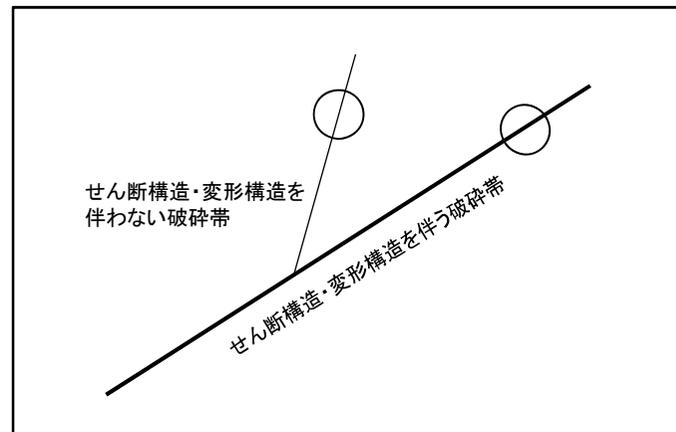


図3

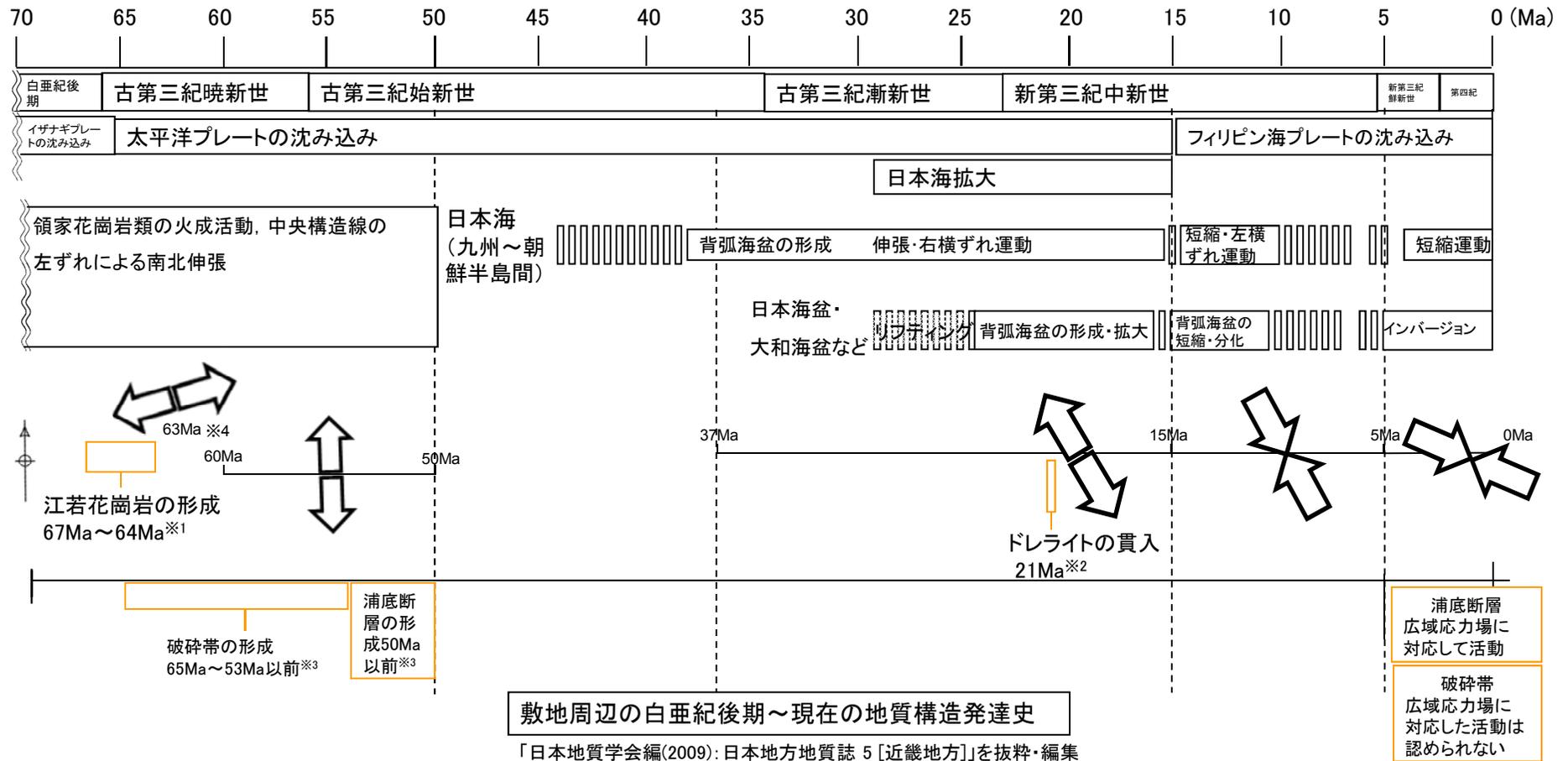


余白

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(広域応力場の変遷)

- 日本地質学会編(2009)及び栗本他(1999)によれば、敷地周辺の地質構造発達史は以下のとおりである。敷地の火成岩の生成時期を併記している。
 - 63Ma頃には東北東-西南西伸張、60Ma~50Maにかけては南北伸張の応力場である。67Ma~64Maに江若花崗岩が形成している。
 - 破碎帯については、破碎帯中に熱水変質によって生成される粘土鉱物(イライト及びスメクタイト)が認められ、K-Ar年代が65Ma~53Maであることから、これ以前に形成された破碎帯に熱水変質作用が及んだものと判断される。
 - 浦底断層については、破碎帯中に熱水変質によって生成された粘土鉱物(イライト及びスメクタイト)が認められ、K-Ar年代が50Maであることから、これ以前に形成された浦底断層に熱水変質作用が及んだものと判断される。
 - 37Ma~15Maの間については、北北西-南南東伸張の応力場である。敷地西方に分布するドレライト岩脈は21Maに貫入しており、その走向はENE-WSW方向であり、北北西-南南東伸張の応力場と調和的である。
 - 15Ma~5Maの間については、北北西-南南東圧縮の応力場である。
 - 5Ma以降については、西北西-東南東圧縮の応力場である。
- ※K-Ar年代測定結果の詳細については次頁参照



※1 栗本他(1999)「敦賀地域の地質」による黒雲母花崗岩の黒雲母のK-Ar測定値62.9±3.1Ma, 当社が実施した花崗岩類のK-Ar測定値66.6±3.3Ma~64.2±3.2Ma

※2 当社実施のドレライトのK-Ar年代測定値21.1±1.1Ma

※3 当社実施の破碎帯のK-Ar年代測定値64.5±1.7Ma~52.9±1.4Ma, 浦底断層のK-Ar年代測定値50.3±2.5Ma

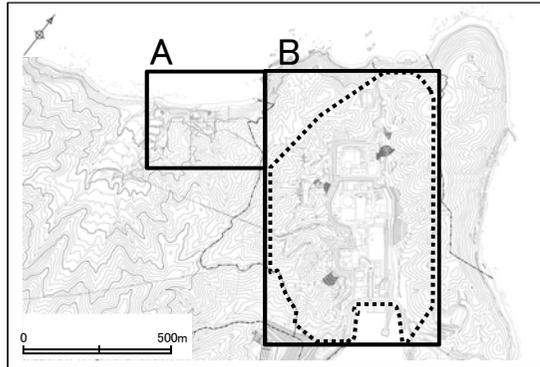
※4 栗本他(1999)「敦賀地域の地質」による細粒黒雲母花崗岩岩脈の分布形状による古応力場

□ 当社による追記箇所

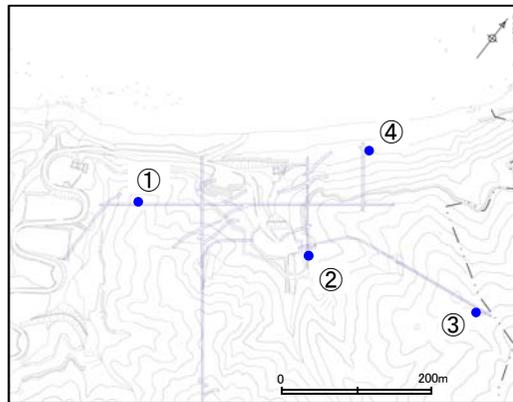
5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(基盤岩及び破碎部中の粘土鉱物の年代測定)

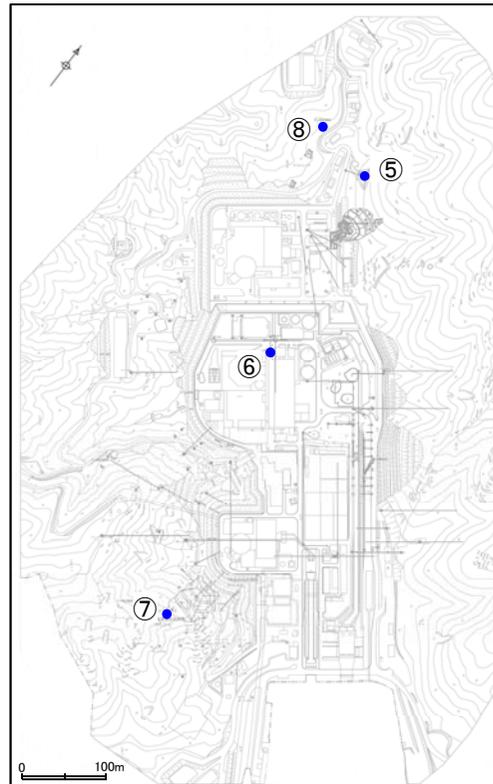
- 江若花崗岩のK-Ar年代測定結果は、66.6Ma～64.2Maである。
- 破碎帯の破碎部中には熱水変質作用によって生成された粘土鉱物であるイライト及びス멕タイトが認められ、K-Ar年代測定結果は64.5Ma～52.9Maである。
- 浦底断層の破碎部中には熱水変質作用によって生成された粘土鉱物であるイライト及びス멕タイトが認められ、K-Ar年代測定結果は50.3Maである。
- ドレライトのK-Ar年代測定結果は、21.1Maである。



位置図



試料採取位置図 (A)



試料採取位置図 (B)

対象	試料採取位置	試料採取深度 (G.L.-)	試料採取標高 (T.P.)	分析対象	K-Ar年代 (Ma)
江若花崗岩	黒雲母花崗岩 ①	73m	-8.0m	カリ長石	66.6±3.3
	花崗斑岩 ②	48m	-8.0m	カリ長石	66.3±3.3
	アプライト ③	50m	30.0m	カリ長石	64.2±3.2
ドレライト	④	13m	-8.0m	全岩	21.1±1.1
浦底断層	⑤	17.85m	35.7m	全岩 (断層ガウジ)	50.3±2.5
D-1破碎帯	⑥	36.4m	-29.3m	全岩 (断層ガウジ)	52.9±1.4
D-6破碎帯	⑦	0.5m	88.7m	全岩 (断層ガウジ)	54.8±1.4
D-14破碎帯	⑧	1.0m	44.0m	全岩 (断層ガウジ)	64.5±1.7

・吉村(2001), 松井(1988), 徳山・湊(1986)によれば、花崗岩が分布する地域においては、イライト及びス멕タイトは以下の条件で生成されるとしている。

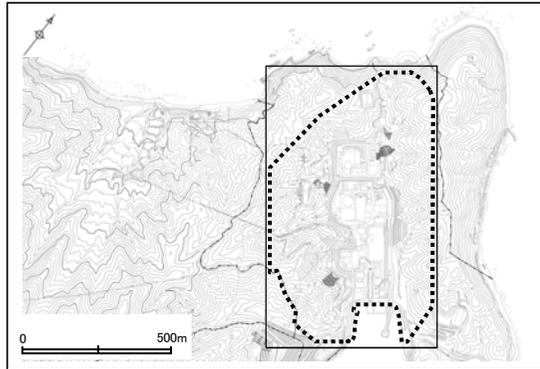
- 花崗岩のように S_2O_8 が多く陽イオンが少ない酸性岩については、酸性の雨水による風化変質作用ではイライト及びス멕タイトは生成されず、中性の熱水変質作用に伴い生成される。
- 土壤化による陽イオンの濃集部においてイライト及びス멕タイトが生成される。
- 地下水の陽イオン濃度が大きくなった中性の状態で起こる深層風化作用※においてス멕タイトが生成される。

※ 深度50m以深で、密度が $1.8g/cm^3 \sim 2.3g/cm^3$ (平均 $2.0g/cm^3$ 程度)まで低下した状態を深層風化作用によるものとしている。

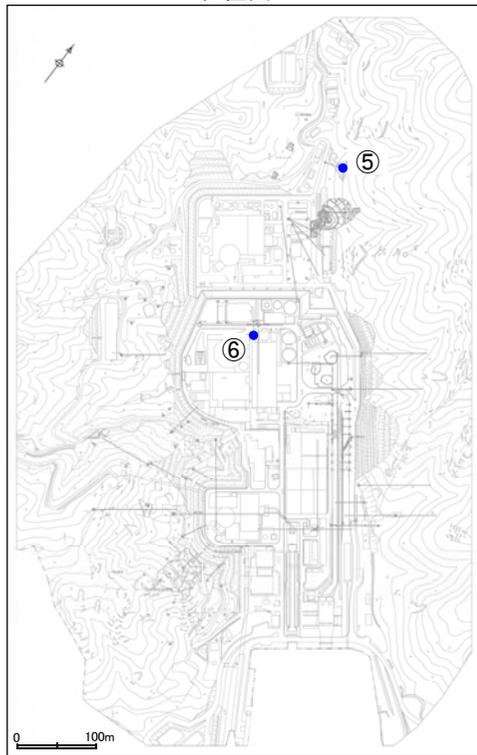
・上記表で示した破碎部については、土壤化はしておらず、深層風化作用も受けていないことから、確認されたイライト及びス멕タイトは熱水変質作用によって生成されたものと判断される。

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

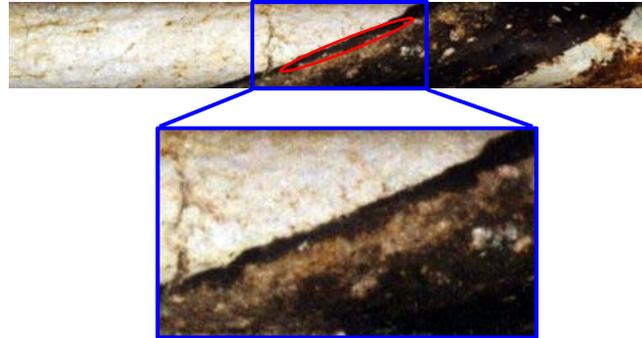
区分の妥当性に関する検討(基盤岩及び破碎部中の粘土鉱物の年代測定)



位置図

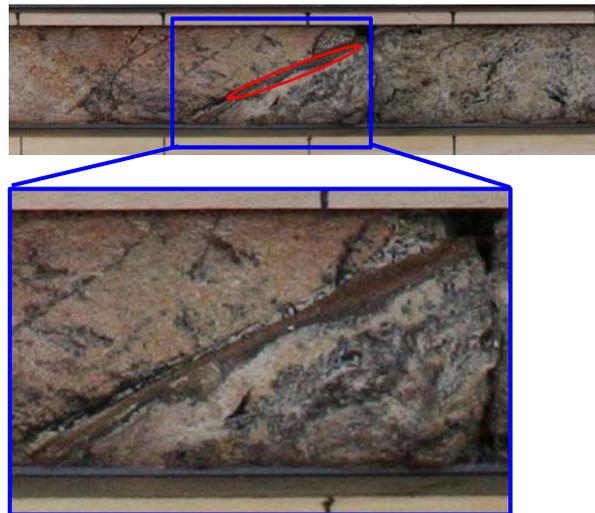


試料採取位置図



試料採取位置付近に土壌化及び
深層風化は認められない

⑤: 浦底断層の試料採取コア(群列ボーリング②孔_17.85m)



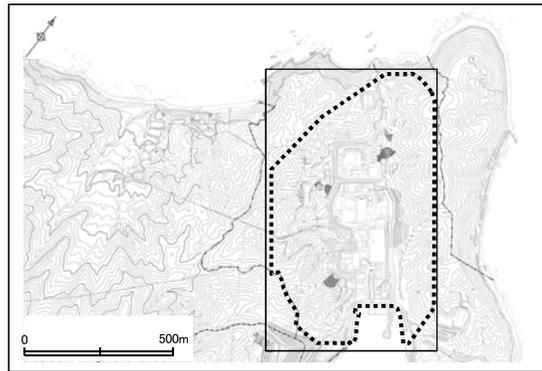
試料採取位置付近に土壌化及び
深層風化は認められない

⑥: D-1 破碎帯の試料採取コア(D1-5孔_47.5m)

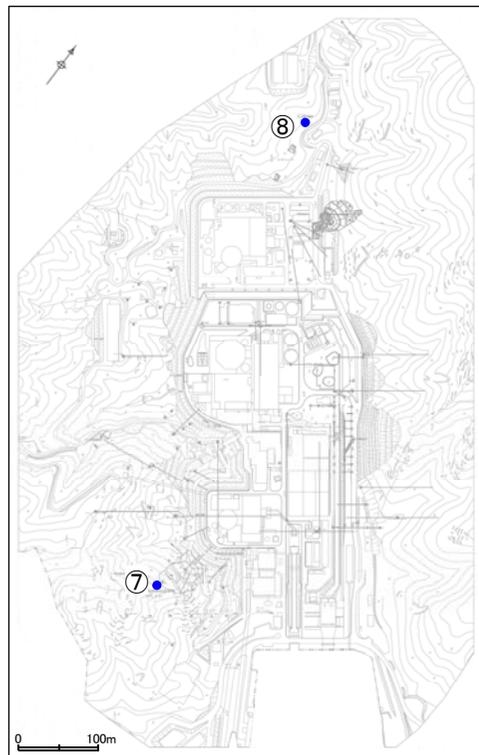
 試料採取位置
試料採取箇所
の状況写真

5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

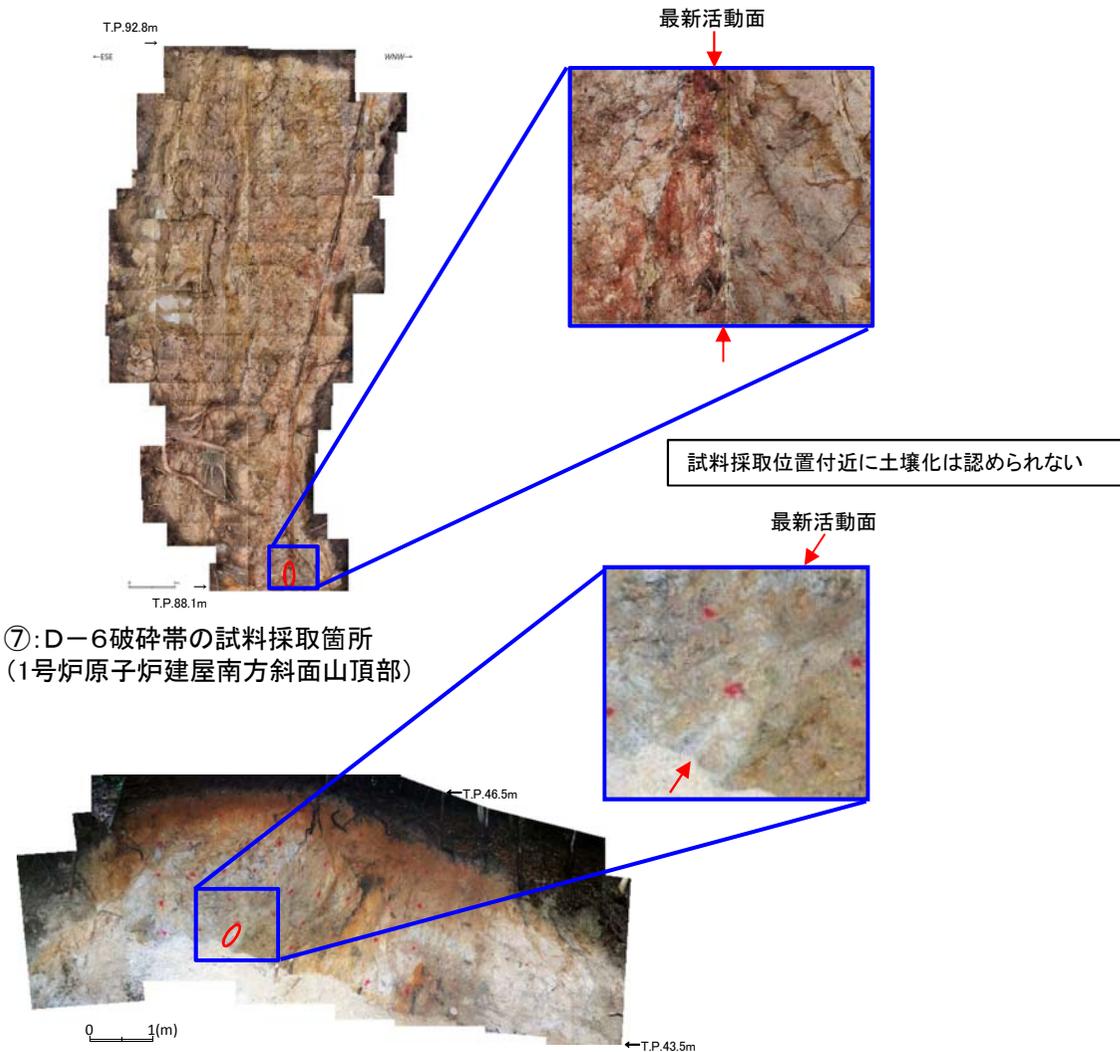
区分の妥当性に関する検討(基盤岩及び破砕部中の粘土鉱物の年代測定)



位置図



試料採取位置図



⑦: D-6破砕帯の試料採取箇所
(1号炉原子炉建屋南方斜面山頂部)

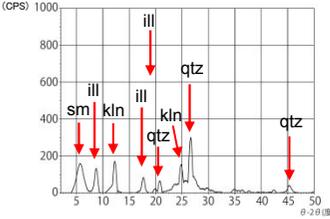
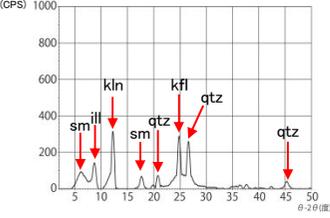
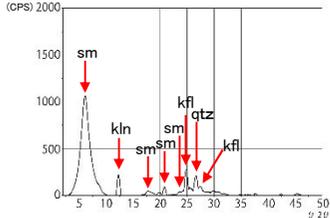
⑧: D-14破砕帯の試料採取箇所(既往露頭)

○ 試料採取位置

試料採取箇所の状況写真

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(基盤岩及び破碎部中の粘土鉱物の年代測定)

破碎帯名	確認箇所	X線回折分析
D-1 破碎帯	H27-B-4	<p>・スメクタイト, カオリナイト, イライト, 石英を含む。</p> 
D-6 破碎帯	1号炉原子炉建屋 南方斜面 山頂部	<p>・カオリナイト, イライト, スメクタイト, 石英 カリ長石を含む。</p> 
D-14 破碎帯	既往露頭	<p>・スメクタイト, カオリナイト, 石英, カリ長石を含む。</p> 

ill: イライト kln: カオリナイト sm: スメクタイト
kfl: カリ長石 qtz: 石英

余白

5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(現在の広域応力場)

- ・ 防災科学技術研究所による地震のCMT解によって抽出された震源メカニズム解を用い、多重逆解法^{*}によって敦賀発電所周辺の現在の広域応力場に関する検討を行った。
- ・ その結果、敷地周辺における現在の広域応力場は、多重逆解法により得られた広域応力場の最適解によれば東西圧縮場である。
- ・ 本検討結果を用い、現在の広域応力場に対する破砕帯の理論的なすべり角(最適すべり角)を求めることができる。これと条線観察結果を比較することにより、破砕帯が現在の広域応力場において活動した可能性を検討する(p.170, p.206, p.232, p.250参照, 参考1-368, 参考1-408, 参考1-425)。

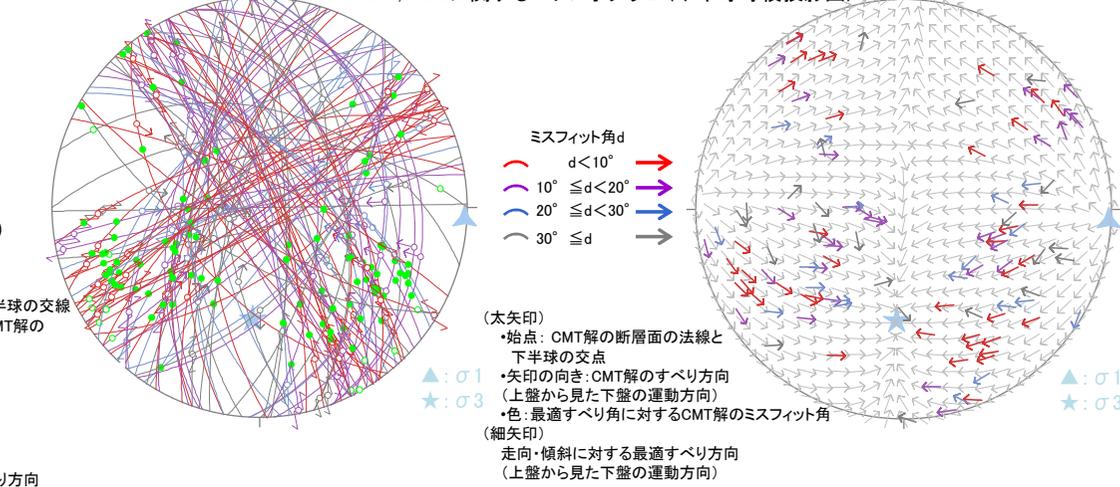
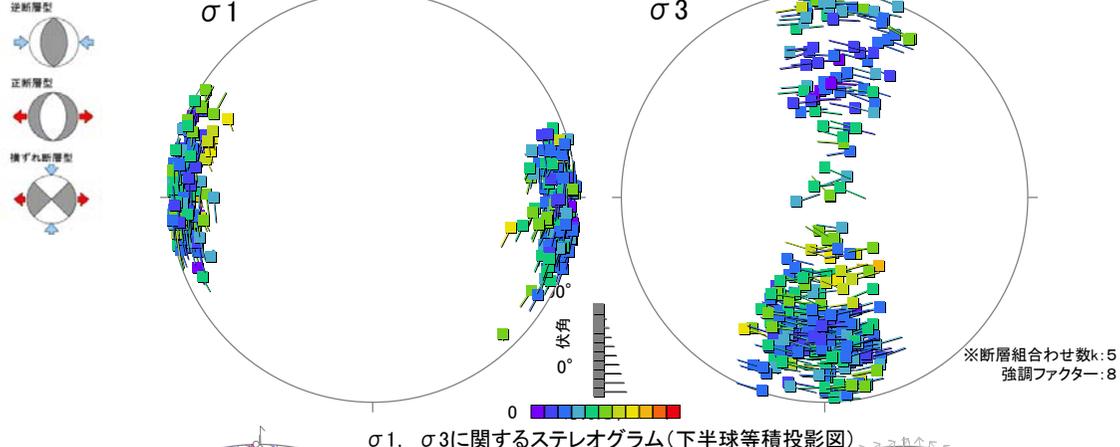
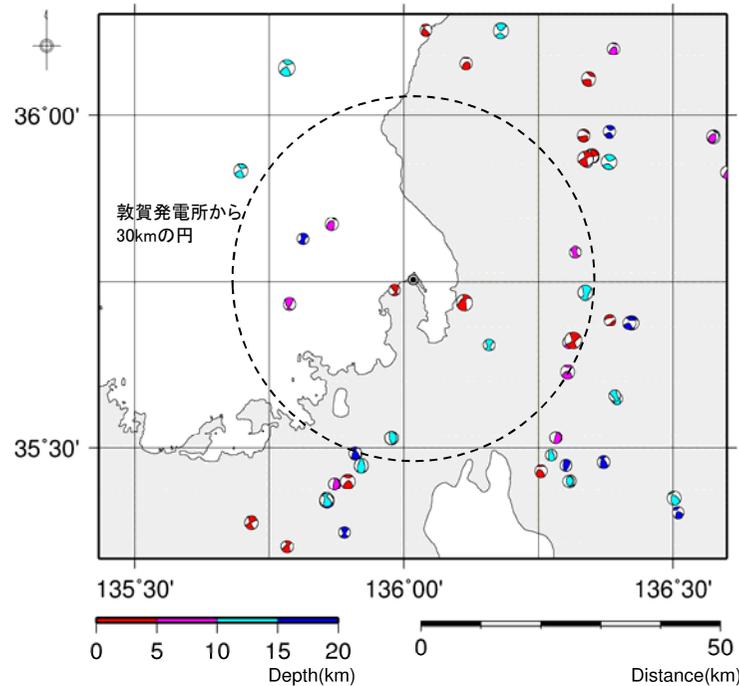
【解析対象データ】

- ・ 期間 : 1997/1/1~2016/12/31
- ・ 東経 : 135度26分~136度36分
- ・ 北緯 : 35度20分~36度09分
- ・ 深さ : 0~20km
- ・ Mw : 0~9.9

防災科学技術研究所webサイトよりダウンロード
<http://www.fnet.bosai.go.jp/event/search.php?LANG=ja>

- F-netメカニズム解データ
- ・ データ総数 : 55個
 - ・ Mw : 3.2~4.8

^{*}使用したプログラム Multiple Inverse Method Software Package Ver.6 山路敦・佐藤活志・大坪誠
 多重逆解法により得られた広域応力場の最適解
 ・ σ_1 axis = 方位角93.1°, 伏角0.8°
 ・ σ_3 axis = 方位角183.6°, 伏角34.0°
 応力比 $\phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = 0.19$
 ・ σ_1 は東西方向で水平→東西圧縮場
 ・ σ_3 は南北方向で傾斜→横ずれ~逆断層
 ・ 応力比が小さい→ σ_2 と σ_3 の差は小さい
 ・ スリップデータ図に示すとおり、求めた広域応力場に対するすべり角とCMT解はよく整合しており、解の推定は良好に行われている。



防災科学技術研究所による地震のCMT解

(円弧)
 ・形状: CMT解の断層面と下半球の交線
 ・色: 最適すべり角に対するCMT解のミスフィット角

(丸矢印)
 ・向き: 外向きは正断層
 ・内向きは逆断層
 ・両向きは横ずれ断層
 ・色: ミスフィット角

(緑丸)
 走向・傾斜に対する最適すべり方向

○: 正断層
 ●: 逆断層

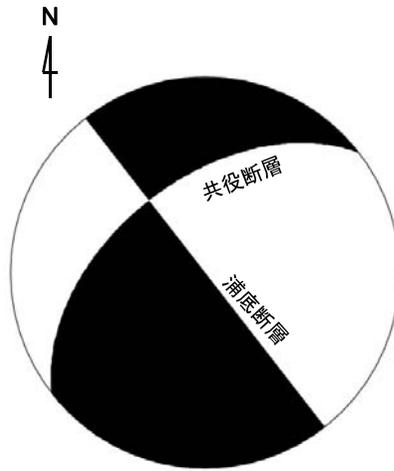
応力場の算出に用いた地震のスリップデータと求めた応力場に対する最適すべり角の比較(下半球等角投影図)
 左: 大円による投影 右: Tangent-lineation diagram

5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(共役的關係にある可能性)(その1)

- 東西圧縮(P軸の方位角 90°)における浦底断層と共役断層の組み合わせを、発震機構の原理に基づいて求めた。
- 浦底断層の傾斜角を高角の 90° としたとき、浦底断層は左ずれを伴う逆断層となる。共役な断層にはNE-SW走向、西傾斜約 50° の比較的低角な解が得られる。なお、すべり角は右ずれとなる。
- 上記の走向・傾斜に類似する破砕帯※については、連続性の良い破砕帯は確認されていない。

※発震機構の原理に基づき求めた共役断層の走向及び傾斜角から $\pm 10^\circ$ の範囲にある破砕帯破砕帯の走向・傾斜については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照



浦底断層の傾斜角 90°

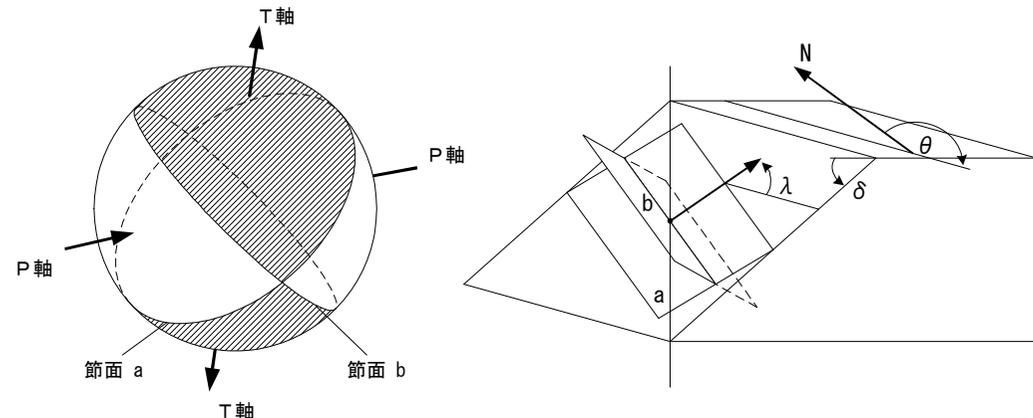
発震機構の原理に基づく
浦底断層と共役断層の配置
(東西圧縮場、図は下半球投影)

P軸	浦底断層			共役断層		
	方位角	走向	傾斜角	すべり角	走向	傾斜角
90°	N 38° W	90°	39°	N 52° E	51° W	180°

- 発震機構解における2節面のうち、片方の面が調査結果に基づく浦底断層にあたるとした場合に、もう片方の面の配置を幾何学的関係に基づき求めた。
- 敦賀発電所周辺の震源メカニズム解の分析によれば、現在の広域応力場は、ほぼ東西方向の圧縮を示す。そのため、本検討では主圧力軸(P軸)を東西方向(方位角 90°)とした。

発震機構の原理(土木学会(2016))

主圧力軸(P軸)と主張力軸(T軸)は2枚の節面a,bから45度の傾きをもち、スリップベクトルは補助面(実際の断層面でない節面b)の法線方向に一致する。



5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(共役的關係にある可能性)(その2)

(参考) 走向がN52° ±10° Eの破碎帯

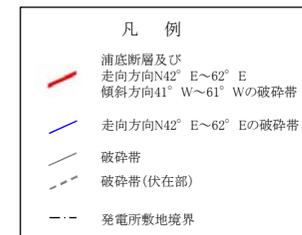
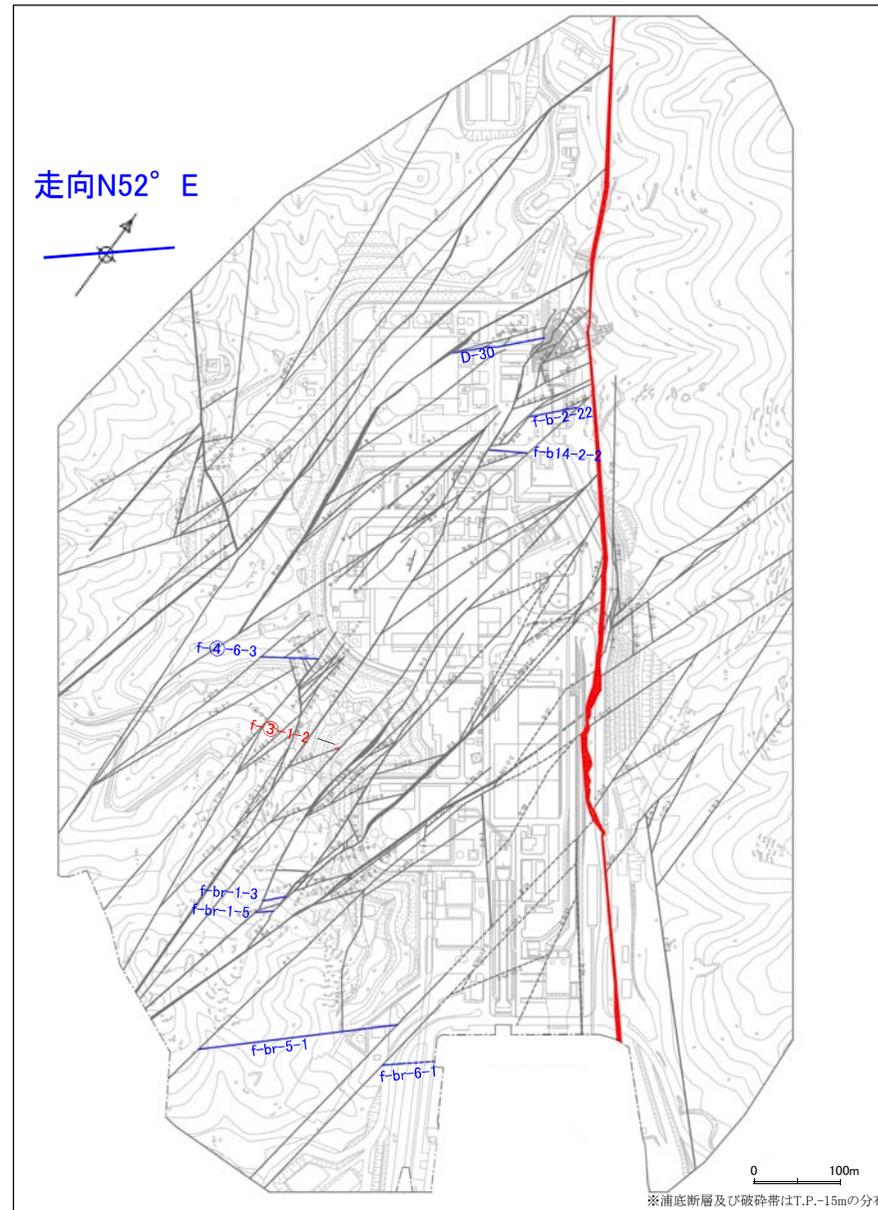
破碎帯名	確認箇所	走向	傾斜
D-30	B14-1	N 43° E	77° S
f-①-2-2	①-2	N 62° E	33° N
f-③-1-2	③-1	N 59° E	61° N
f-④-6-3	④-6	N 55° E	69° S
f-b14-2-2	B14-2	N 58° E	88° S
f-b-2-22	H27-B-2	N 42° E	75° E
f-br-1-3	Br-1	N 42° E	64° N
f-br-1-5	Br-1	N46° E	73° W
f-br-5-1	Br-5	N 46° E	78° N
f-br-6-1	Br-6	N 49° E	72° W

※f-①-2-2はT.P.-15mに表示されない。

(参考) 走向がN52° ±10° Eかつ傾斜51° ±10° Wの破碎帯

破碎帯名	確認箇所	走向	傾斜
f-③-1-2	③-1	N 59° E	61° N

※走向・傾斜の詳細については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照



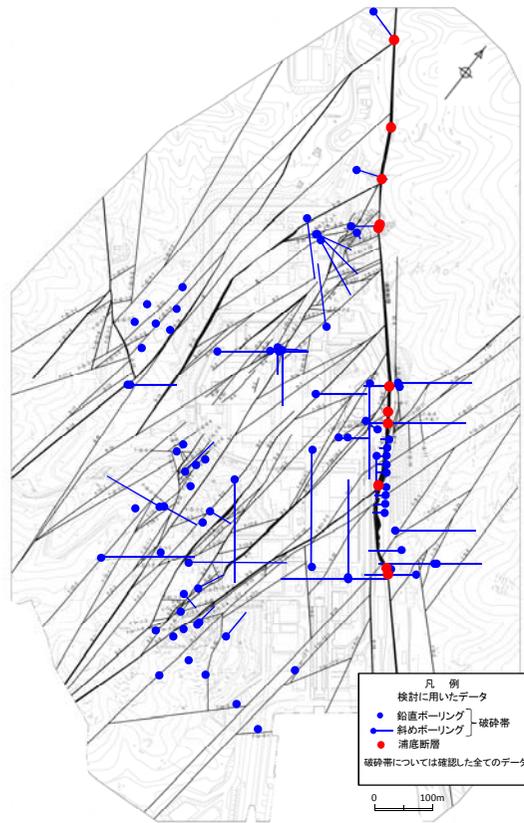
浦底断層と共役的關係にある可能性のある破碎帯の位置関係

余白

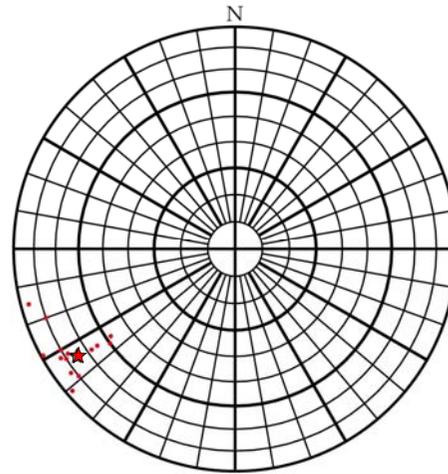
5.1 浦底断層と破砕帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(共役的關係にある可能性)(その3)

※破砕部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

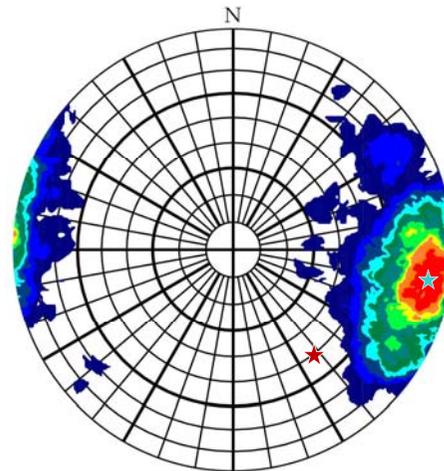


調査位置図



浦底断層の走向・傾斜図
(シュミットネット下半球投影)

●: データ
 総数: 16
 ★: 最大集中点
 (N34° W75° E)

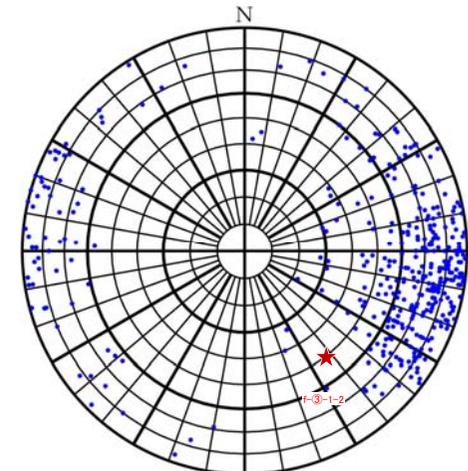


破砕帯の
走向・傾斜のコンター図
(シュミットネット下半球投影)

★: 破砕帯最大集中点
 (N9° E79° W)
 ★: 浦底断層と共役的關係
 にある断層
 (N52° E51° W)

1% 以上 2%未満
 2% 以上 3%未満
 3% 以上 4%未満
 4% 以上 5%未満
 5% 以上 6%未満
 6% 以上 7%未満
 7% 以上 8%未満
 8% 以上 9%未満
 9% 以上 10%未満
 10% 以上 11%未満
 11% 以上 15%未満

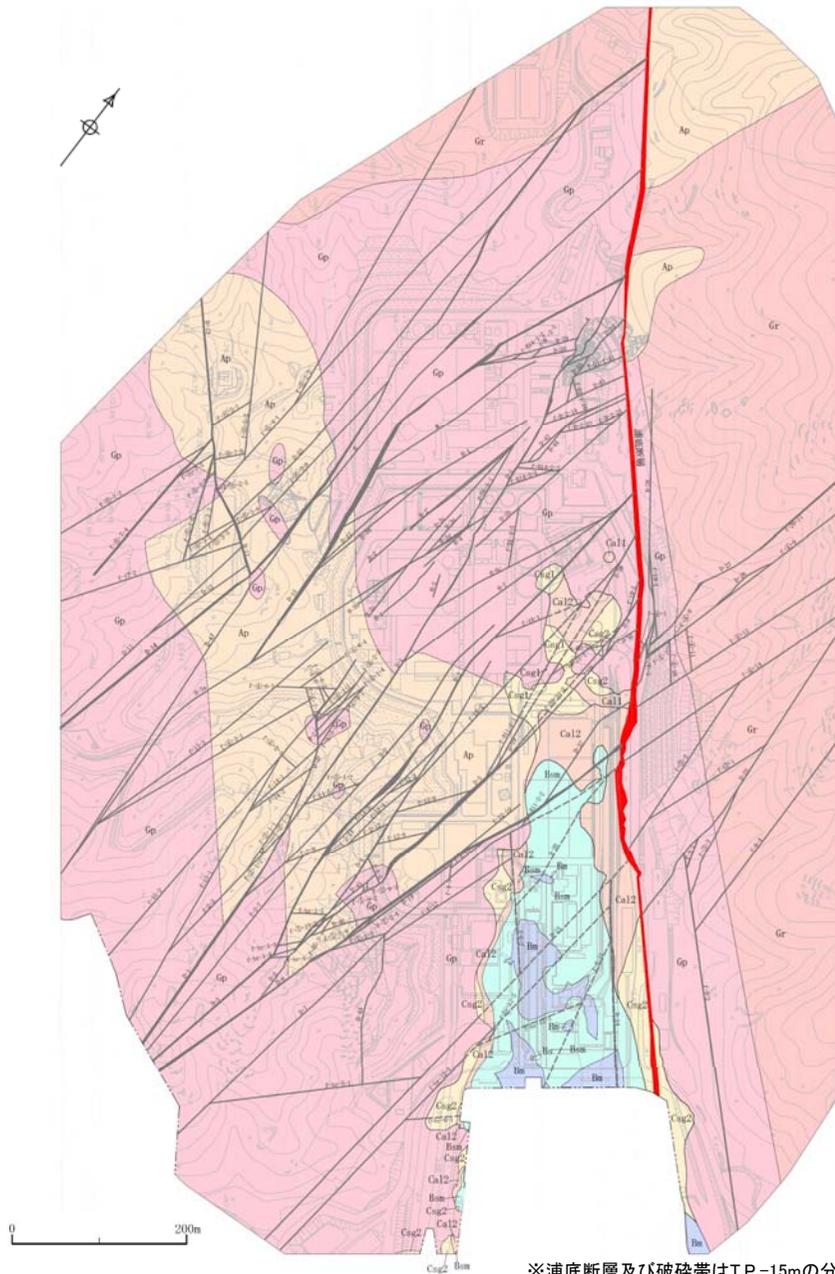
データ総数 388
 立石小半島の山地西縁部の
 破砕部を除く全ての
 破砕部のデータを使用



破砕帯の
走向・傾斜のプロット図
(シュミットネット下半球投影)

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性)(その1)



- 江若花崗岩中には熱水変質作用を被り軟質化した破碎帯が分布しており、これらは走向が主としてN-S～NE-SW方向で、高角度に西傾斜している。
- 一部の破碎帯を除き、ほとんどの破碎帯は浦底断層と地下で収斂する関係にはないことから、分岐の関係はない(p.73～p.76参照)。

凡例			
沖積低地堆積物	沖積礫・砂層	A	礫・砂
	河成～風成砂層及び堆成砂層	Bs	砂
海岸低地堆積物	海成砂層(細砂・シルト)	Bm	細砂・シルト
	海成砂層(粗砂・中砂)	Bsm	粗砂・中砂
古期扇状地堆積物	扇状地性シルト・砂・砂礫層	Ca11	礫・砂・シルト
	扇状地性砂礫層	Csg1	礫・砂
古期埋没堆積物	低地堆積物	Ca12	礫・砂・シルト・腐植物
	河成礫層	Csg2	礫・砂
		Ap	アプライト
		Gp	花崗斑岩
		Gr	黒雲母花崗岩
		(Red line)	浦底断層
		(Dashed line)	破碎帯
		(Dotted line)	破碎帯(伏在部)
		(Blue line)	地質境界線

地質平面図

※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布

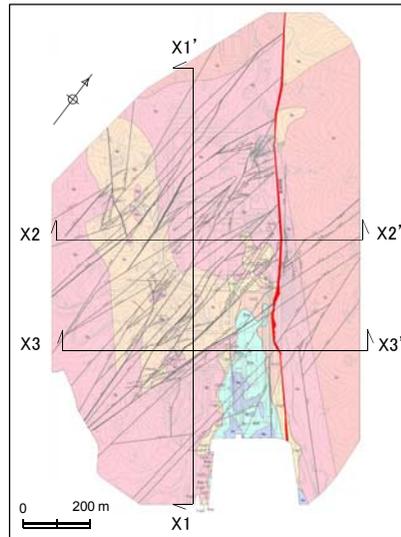
5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性)(その2)

- 浦底断層の上盤の表層部には、浦底断層に平行な走向の西傾斜の断層は認められない※。

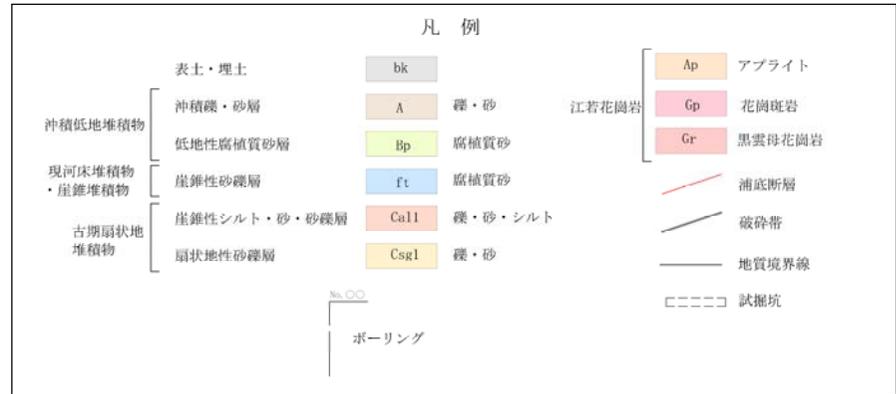
※後述する断層模型実験(p.77~p.79参照)においては、主変位せん断帯の上盤に副次的な正断層が生じる場合があるとされている。

※地表地質踏査、ボーリング調査、2号機底盤調査、ふげん底盤調査、2号機試掘坑調査、1号機試掘坑調査、露頭調査、トレンチ・ピット調査、大深度坑調査で得られたデータを基に作成している。
なお浦底断層についてはリニアメント地形判読結果も反映している。走向傾斜の値に関してはボアホールカメラから得られた値を使用している。

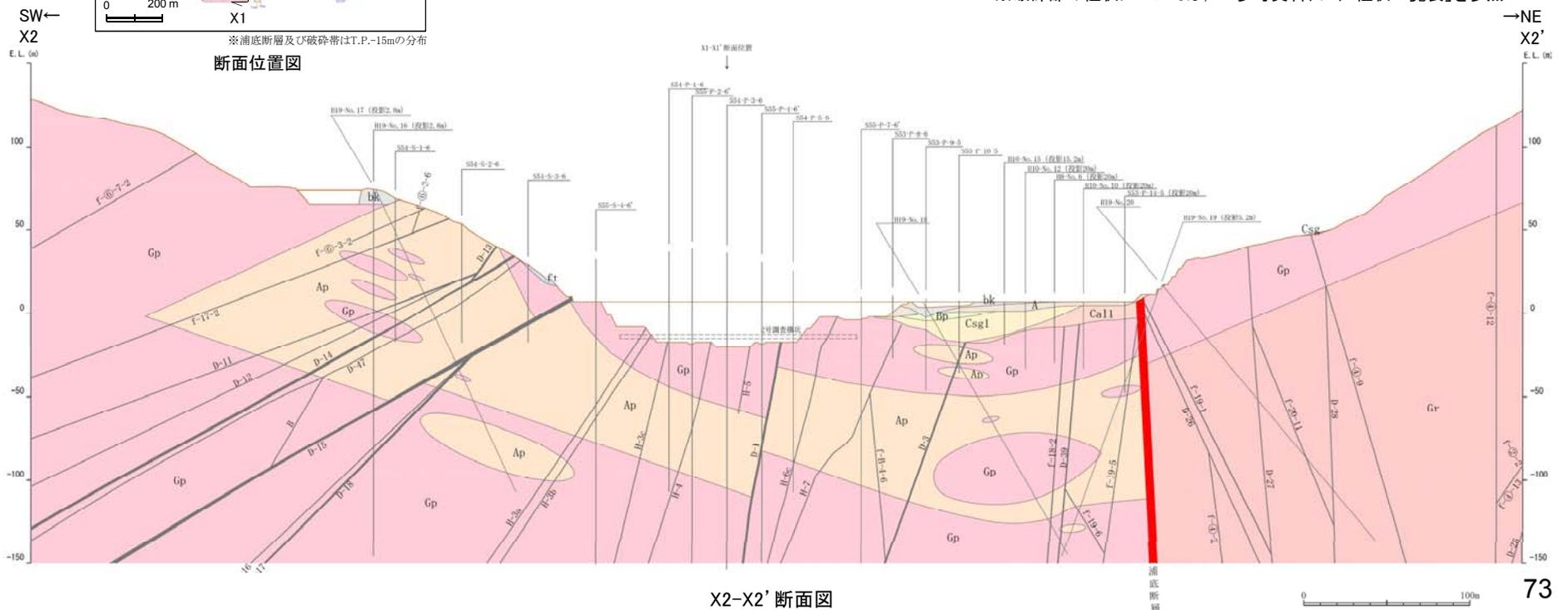


※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布

断面位置図



※破碎部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

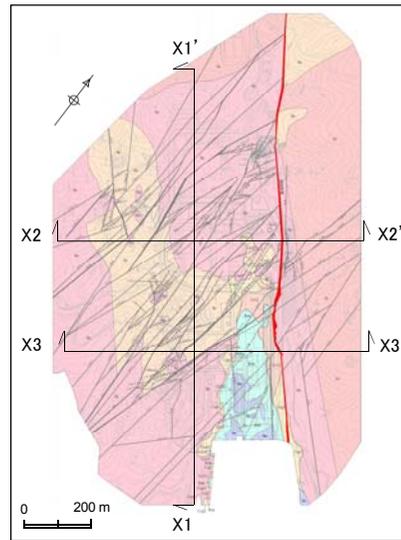


X2-X2' 断面図

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

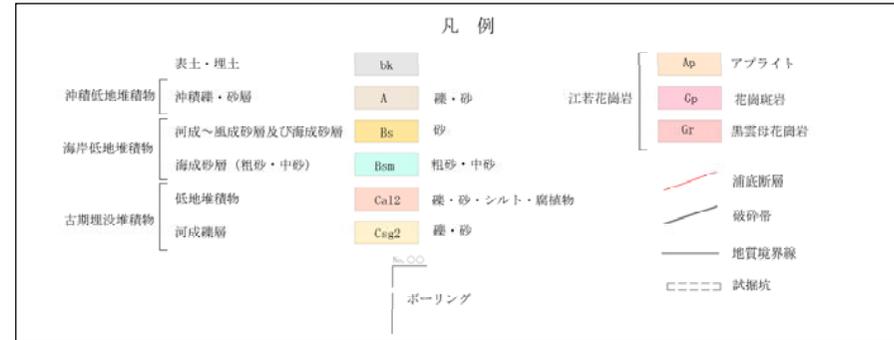
区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性)(その3)

- 浦底断層の下盤側に分布するD-34破碎帯は東傾斜であり、浦底断層と地下で収斂する関係にあるが、最新活動面の変位センスは左ずれを伴う正断層センスであることから、浦底断層と分岐の関係はない。

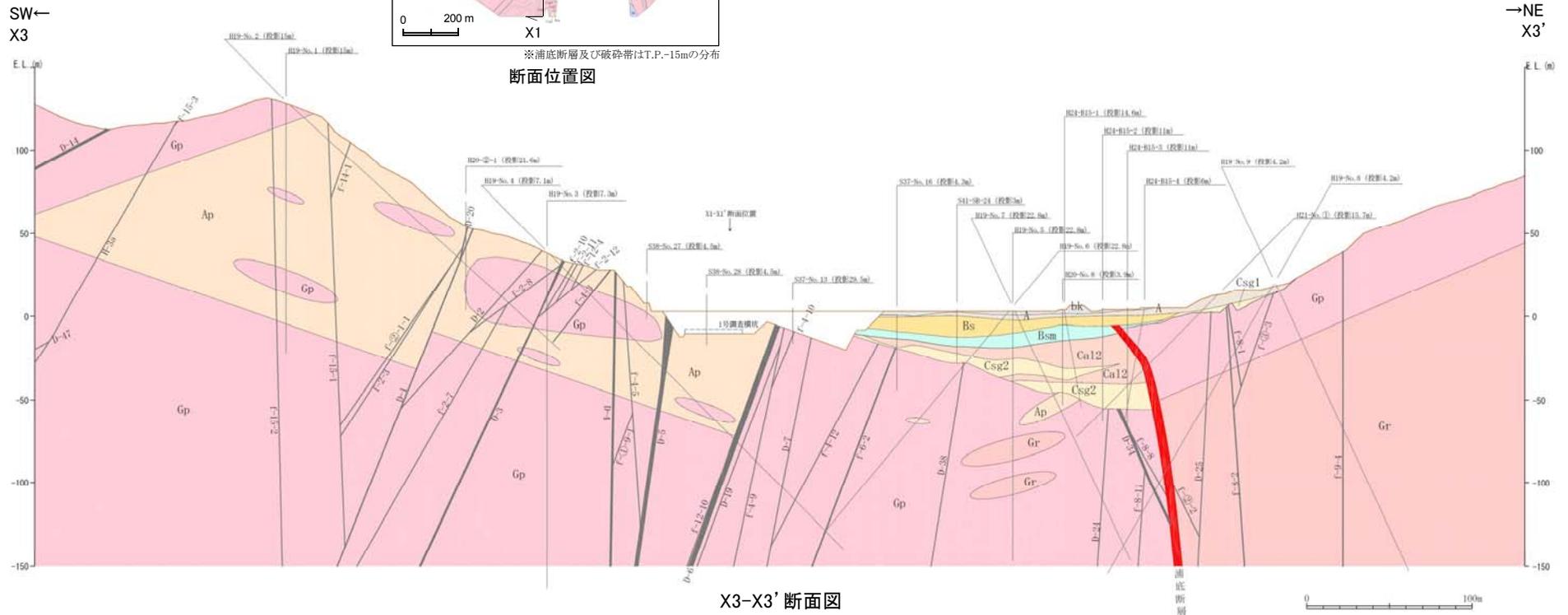


※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布
断面位置図

※地表地質踏査、ボーリング調査、2号機底盤調査、ふげん底盤調査、2号機試掘坑調査、1号機試掘坑調査、露頭調査、トレンチ・ピット調査、大深度坑調査で得られたデータを基に作成している。
なお浦底断層についてはリアメント地形判読結果も反映している。走向傾斜の値に関してはボアホールカメラから得られた値を使用している。



※破碎部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

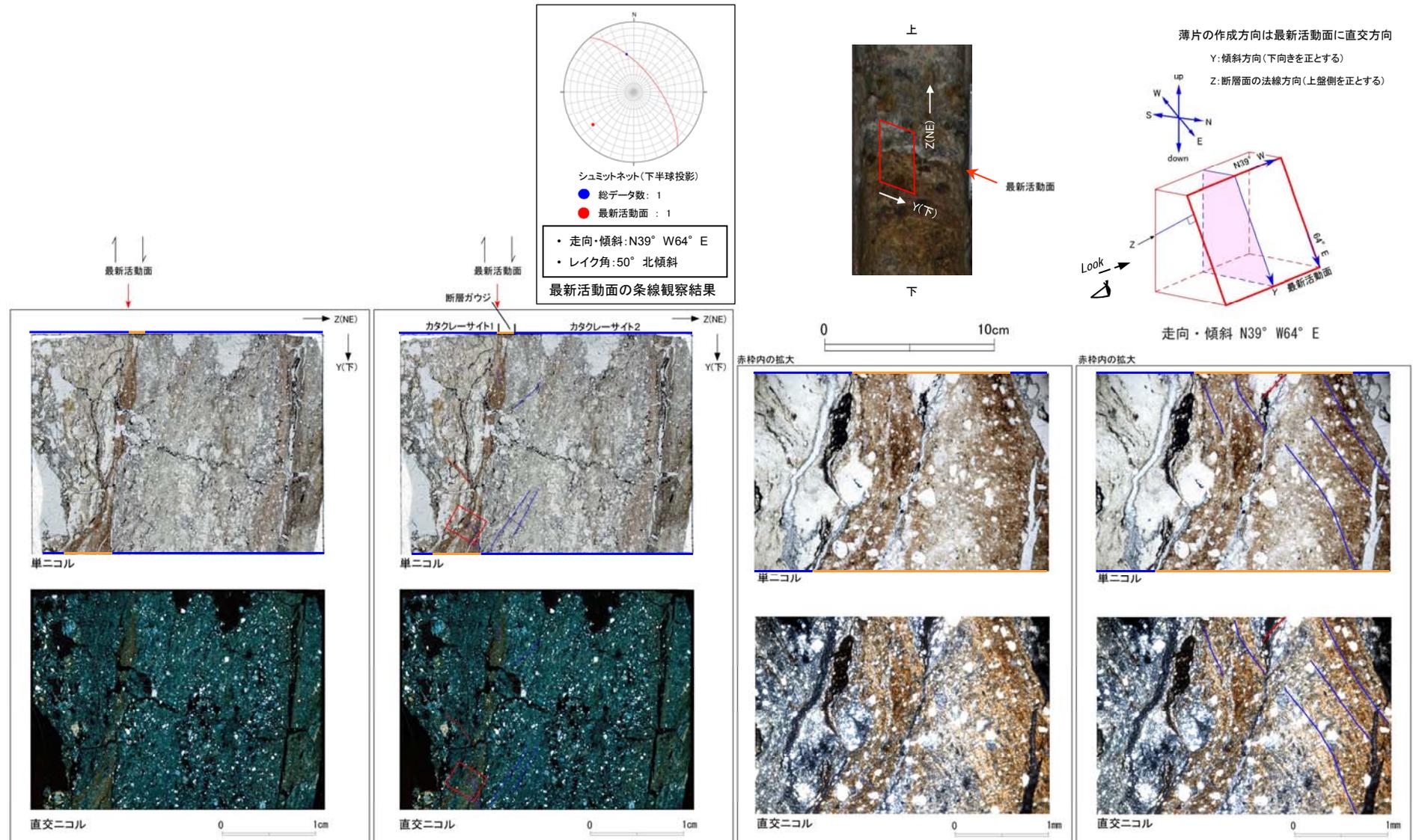


X3-X3' 断面図

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性(D-34薄片試料観察))

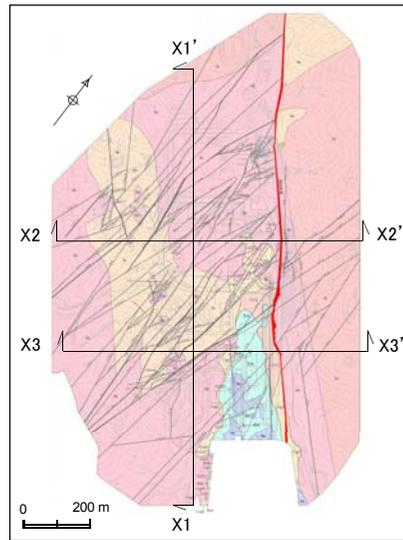
- H19-No.8のボーリングコア(深度143.12m~144.21m)から採取した薄片試料の観察結果によれば、最新活動面の鉛直方向の変位センスは正断層成分が卓越する。
- また、最新活動面の水平方向の変位センスは、条線方向(レイク角:50°北傾斜)から左ずれセンスである。



鉛直断面: 最新活動面の変位センスは、正断層センスを示す。

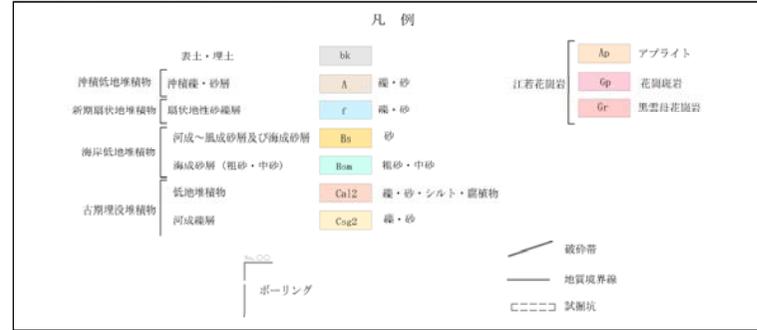
- 凡例
- 断層ガウジ
 - カタクレーサイト
 - R1面
 - P面

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について 区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性)(その4)

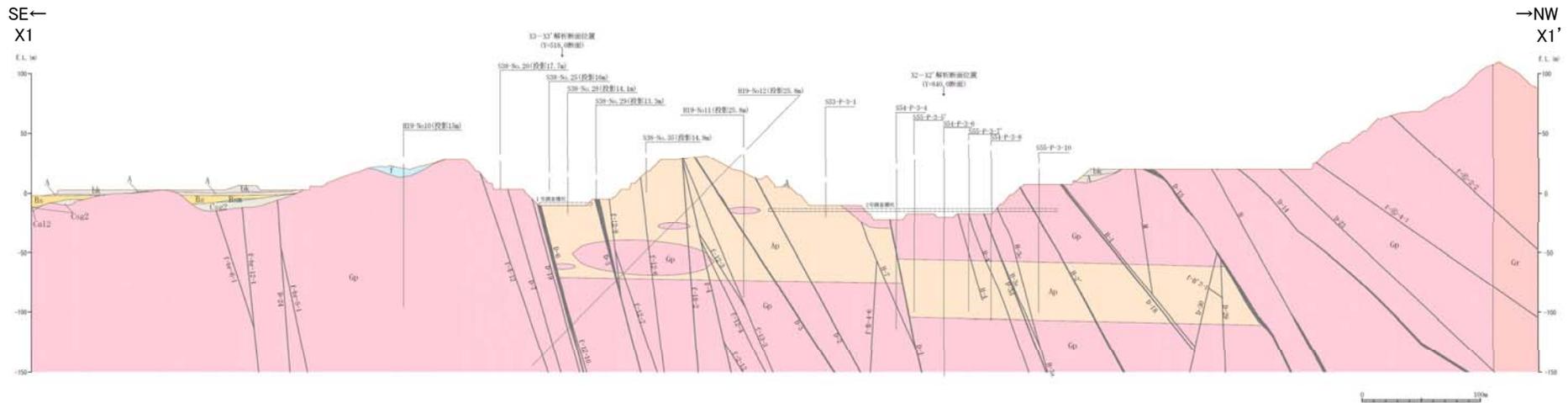


※浦底断層及び破碎帯はT.P.-15mの分布
断面位置図

※地表地質踏査、ボーリング調査、2号機底盤調査、ふげん底盤調査、2号機試掘坑調査、1号機試掘坑調査、露頭調査、トレンチ・ビット調査、大深度坑調査で得られたデータを基に作成している。
なお浦底断層についてはリニアメント地形判読結果も反映している。走向傾斜の値に関してはボアホールカメラから得られた値を使用している。



※破碎部の性状については、「参考資料(2/3) 性状一覧表」を参照

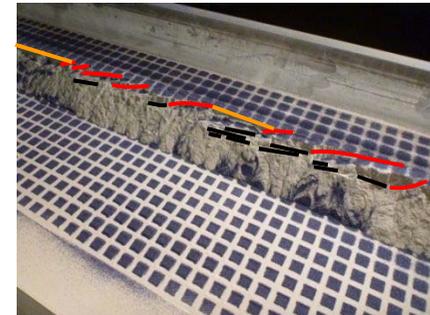
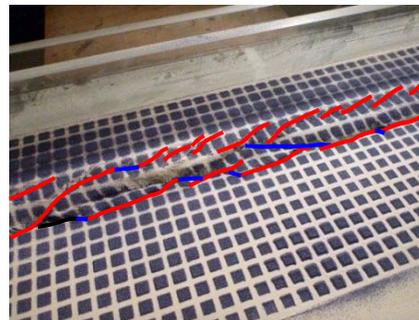
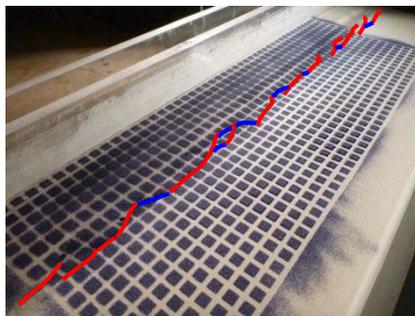
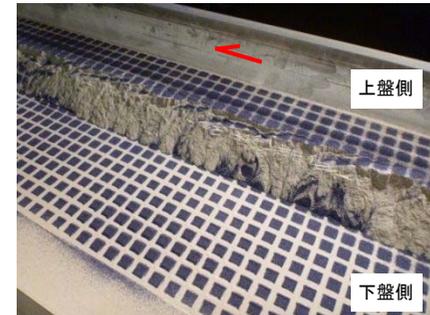
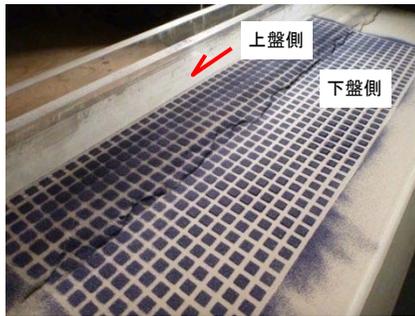


X1-X1' 断面図

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性(断層模型実験))(その1)

- 斜めずれ断層の発達過程について把握するため、断層模型実験を実施した。
- 実験は、底盤の断層傾斜角:75°, 断層変位:斜めずれ断層変位(左横ずれ変位成分:鉛直変位成分=1:1), 模型地盤:相馬硅砂8号(層厚50 mm)の条件下、地盤に断層が分布しない状態から基盤に変位を累積的に与えた。
- 実験結果によれば、斜めずれ断層の発達は、基盤の変位量が小さい初期の段階においてはリーデルせん断面が断続的に発達し、変位の累積に伴いこれらのリーデルせん断面を繋ぐようLower-Angle shear, Pせん断面が形成される。更に累積変位の増加に伴い主変位せん断帯が形成され、リーデルせん断面とPせん断面のずれ変位が認められなくなり、断層による変位・変形は主変位せん断帯に集中する。



①左横ずれ変位量: 10 mm, 鉛直変位量: 10 mm

リーデルせん断面及びPせん断面が発達

②左横ずれ変位量: 20 mm, 鉛直変位量: 20 mm

リーデルせん断面, Lower-Angle shear及びPせん断面が発達

③左横ずれ変位量: 30 mm, 鉛直変位量: 30 mm

リーデルせん断面, Lower-Angle shear及びPせん断面が発達

④左横ずれ変位量: 40 mm, 鉛直変位量: 40 mm

主変位せん断帯に表層崩壊が発生している。

凡例

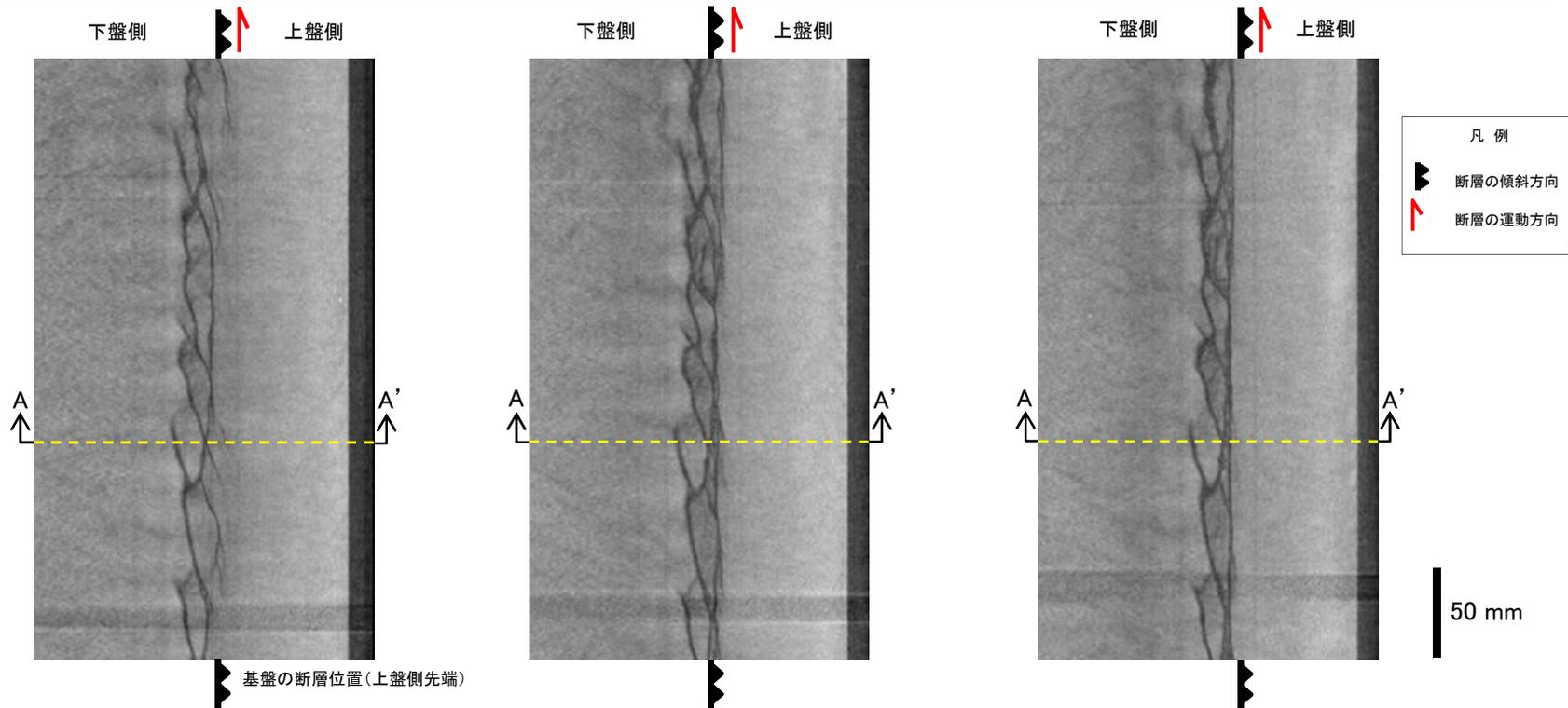
- 断層の運動方向 (Red arrow)
- 主変位せん断帯 (Orange line)
- リーデルせん断面 (Red line)
- Lower-Angle shear (Black line)
- Pせん断面 (Blue line)

5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

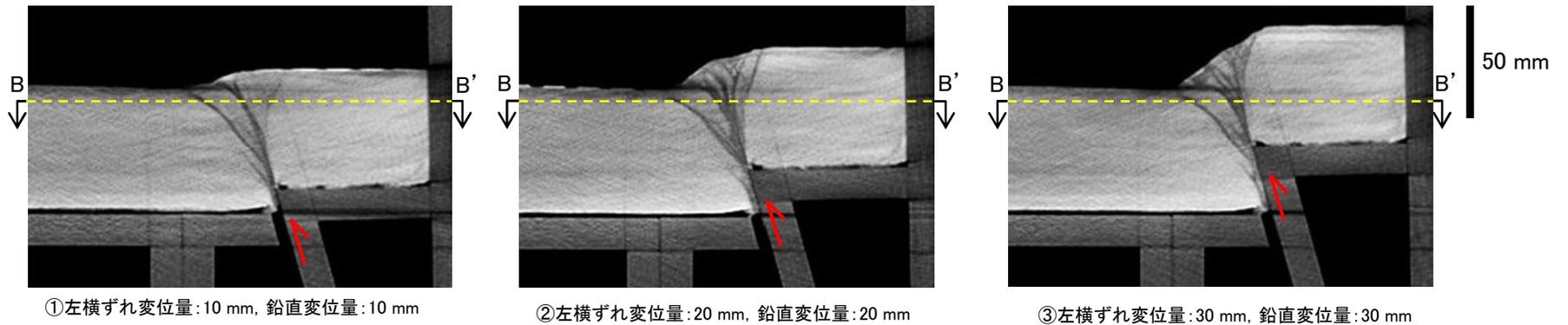
区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性(断層模型実験))(その2)

- リーデルせん断面, Pせん断面及び主変位せん断帯は地下で収斂する関係にある。
- なお, 主変位せん断帯の下盤のリーデルせん断面及びPせん断面の鉛直方向の変位センスは逆断層成分である。
- また, 主変位せん断帯の上盤の表層部には, 副次的な正断層(走向:主変位せん断帯の走向に平行, 傾斜:上盤から下盤側に傾き下る方向)が確認される。

B-B' 断面



A-A' 断面

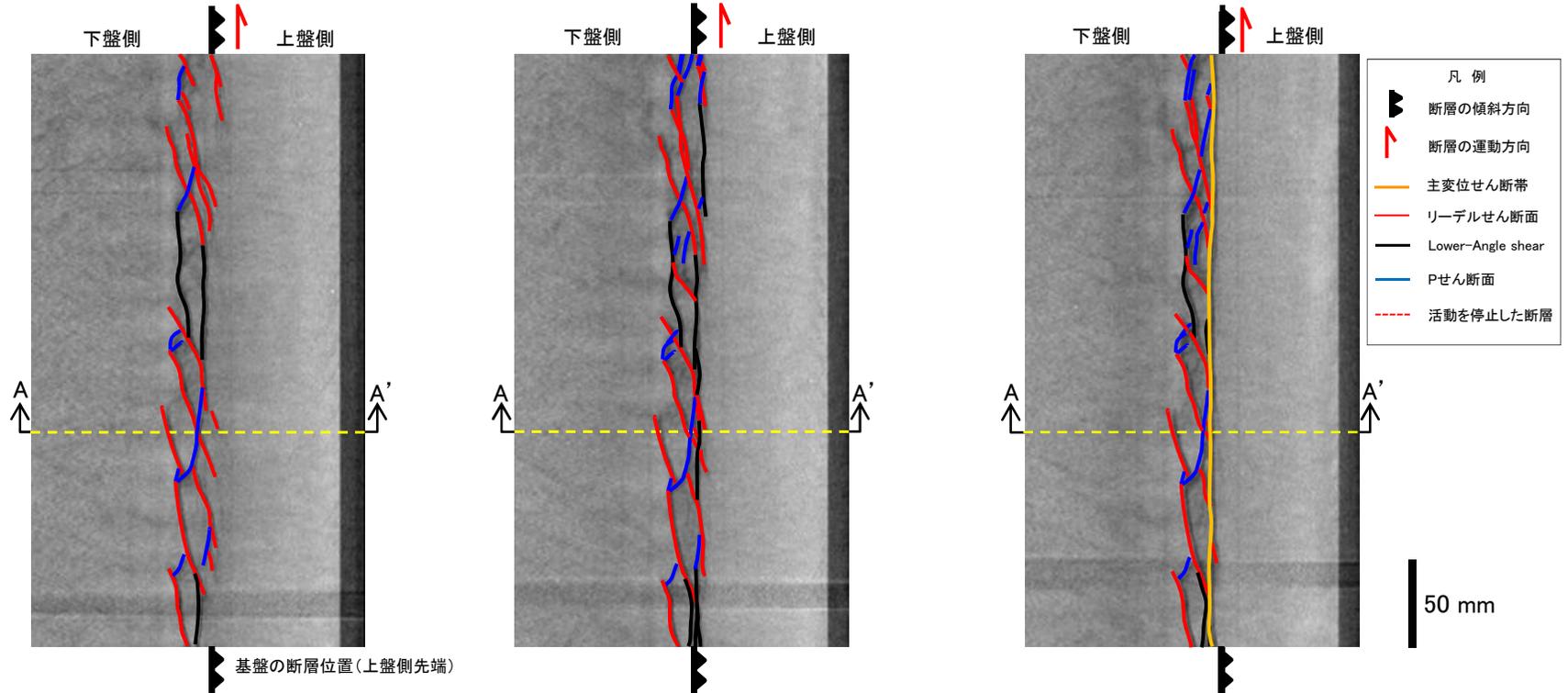


5.1 浦底断層と破碎帯の区分について

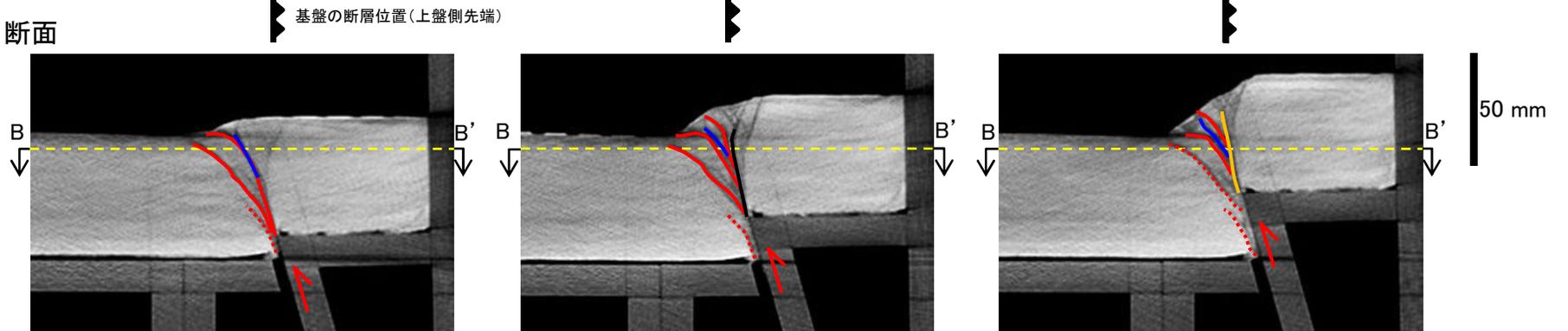
区分の妥当性に関する検討(分岐関係にある可能性(断層模型実験))(その3)

- リーデルせん断面, Pせん断面及び主変位せん断帯は地下で収斂する関係にある。
- なお, 主変位せん断帯の下盤のリーデルせん断面及びPせん断面の鉛直方向の変位センスは逆断層成分である。
- また, 主変位せん断帯の上盤の表層部には, 副次的な正断層(走向:主変位せん断帯の走向に平行, 傾斜:上盤から下盤側に傾き下る方向)が確認される。

B-B' 断面



A-A' 断面



①左横ずれ変位量: 10 mm, 鉛直変位量: 10 mm

リーデルせん断面, Lower-Angle shear及びPせん断面が発達

②左横ずれ変位量: 20 mm, 鉛直変位量: 20 mm

リーデルせん断面, Lower-Angle shear及びPせん断面が発達

③左横ずれ変位量: 30 mm, 鉛直変位量: 30 mm

リーデルせん断面, Lower-Angle shear及びPせん断面からなる主変位せん断帯に沿って, その上盤側の縁に主変位せん断帯が発達

余白

5. 敷地の地質構造

5.2 浦底断層及び破碎帯の活動性評価について

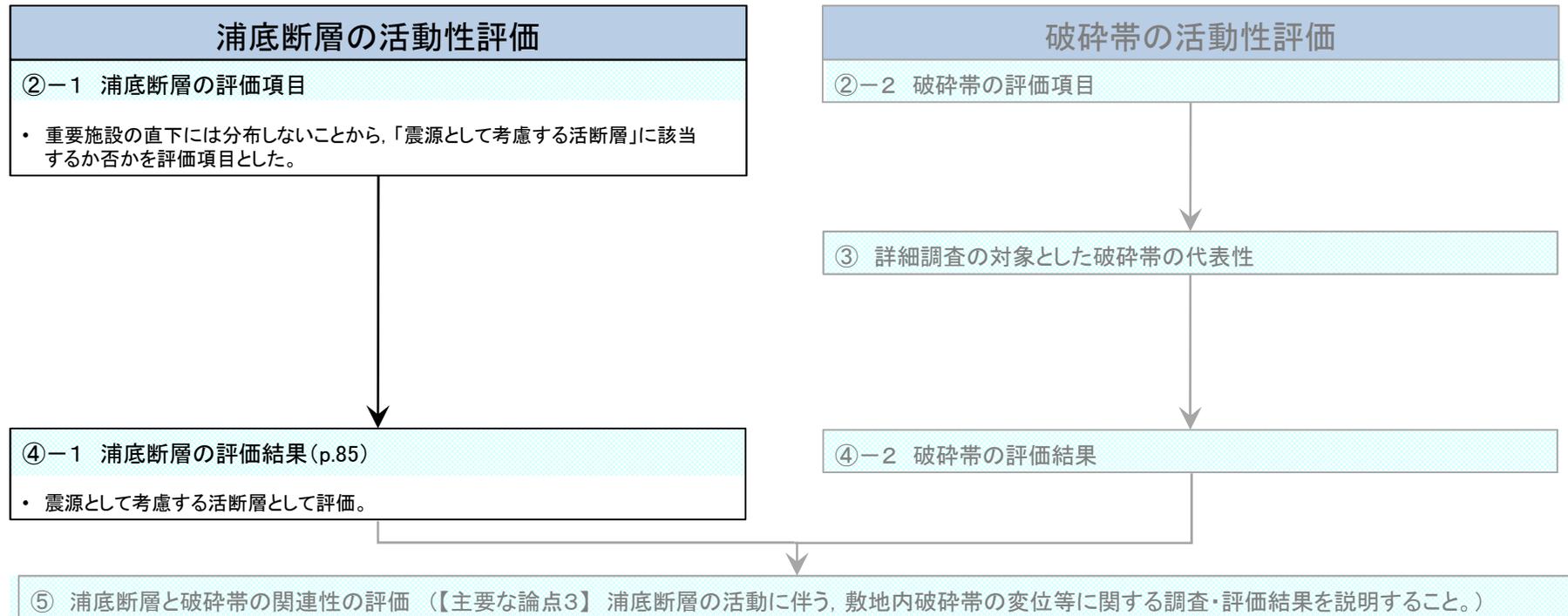
余白

5.2.1 浦底断層

5.2.1 浦底断層

浦底断層の活動性評価について

浦底断層の活動性評価の概要について下記に示す。



5.2.1 浦底断層

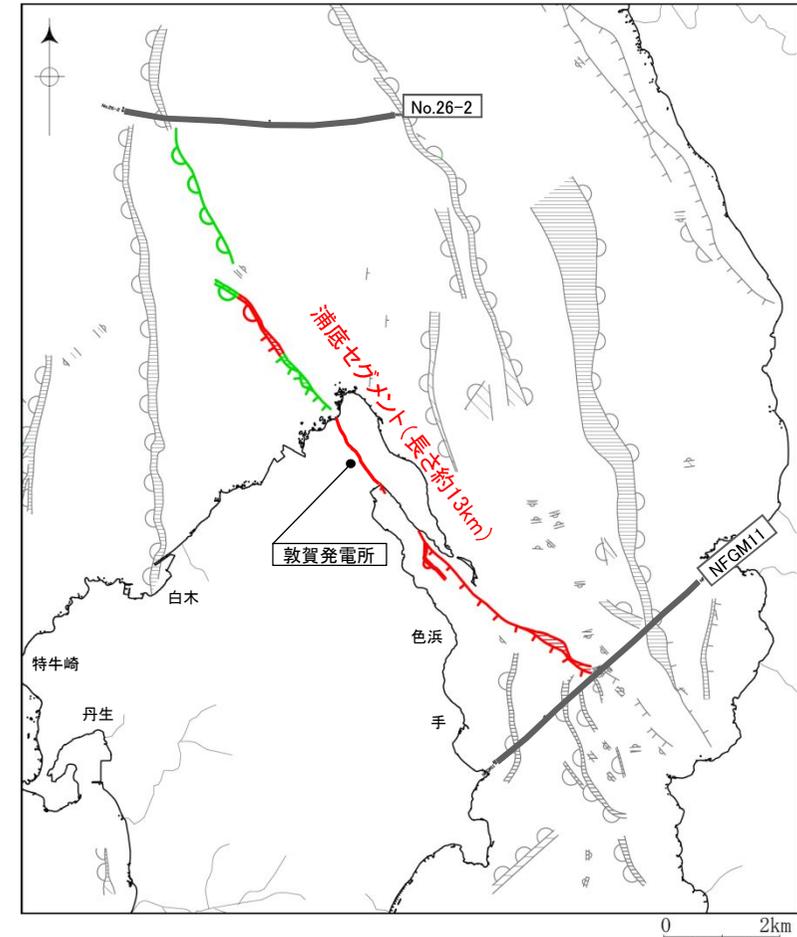
浦底断層の概要

浦底断層の連続性及び活動性を把握するため、文献調査、変動地形学的調査、地球物理学的調査、地質調査等を実施した。

調査内容	結果
文献調査	<ul style="list-style-type: none"> 「新編 日本の活断層(1991)」、「近畿の活断層(2000)」及び「活断層詳細デジタルマップ(2002)」によれば、立石小半島の西縁部付近に北東側隆起の活断層又は推定断層が浦底断層等として示されている。 「若狭湾東部(1980a)」によれば、上記断層の南方延長海域に北東側隆起の伏在推定断層が示されている。(p.87参照)
変動地形学的調査	<ul style="list-style-type: none"> 文献が示す浦底断層に対応する立石小半島の西縁部付近には、山地と低地との境界を通り、直線谷、鞍部、河谷の屈曲及び急崖からなるNW-SE方向のリニアメントが判読される。(p.88参照) リニアメントの北方延長の水深約30mまでの海底地形には、NW-SE方向に延びる北東側隆起の直線状の高度不連続が認められる。(p.89参照) リニアメントの北東側の明神崎付近には、完新世に形成された海成段丘面が3面認められる(約6,000年前、約4,500~4,300年前及び約1,700~1,500年前に離水)。(p.90, 91参照)

活構造調査を実施

評価項目	結果
連続性評価	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング調査等の結果によれば、浦底断層のリニアメントに対応して断層(NW-SE走向、高角度東傾斜、北東側隆起)が認められる。 また、海上音波探査等の結果によれば、北方及び南方の延長海域にも同性状(NW-SE走向、東傾斜、北東側隆起)の断層が認められる。 これらの断層は性状の類似性から一連の断層と判断され、北はNo.26-2測線まで、南はNFGM11測線まで確認される(浦底セグメント 長さ約13km[*])。(p.97参照) 浦底セグメントは、2号炉の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下には分布していない。 ※固有地震を繰り返し発生させる最小単位の長さであり、他の活動セグメントとの運動性評価については、「敷地周辺及び近傍の地質・地質構造」において検討する。
活動性評価	<ul style="list-style-type: none"> トレンチ調査や離水海岸地形調査の結果によれば、浦底断層は始良Tnテフラ(約2.9万年前~約2.6万年前)降灰以降に活動しており、完新世にも複数回活動している。(p.98~103参照) また、海上音波探査等の結果によれば、浦底断層は上部更新統(B層)や完新統(A層)に変位・変形を与えており、B層/C層境界、A層/B層境界の高度差は下位ほど大きくなることから、変位の累積性が認められる。(p.97参照) 浦底断層はNW-SE走向、高角度東傾斜の断層で、最新活動面の変位センスは北東側隆起、左横ずれ成分を伴う。(p.105~107参照)



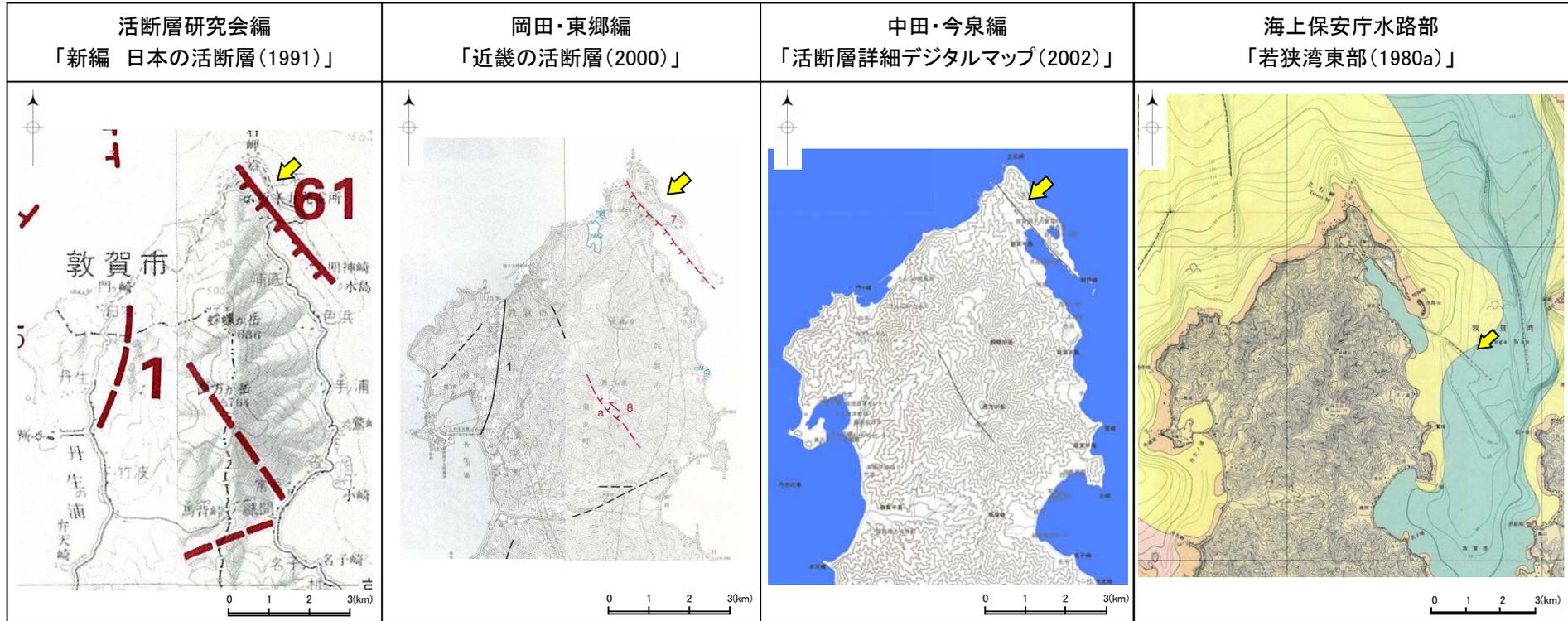
凡例		
	断層	配色は、以下のとおり最新活動時期を表す
	拗曲	赤色:完新世の活動が認められる
	連続性のない断層及び拗曲	緑色:後期更新世の活動が認められる
	変形の及んでいる範囲	青色:後期更新世以降の活動が認められない
		* 断層及び拗曲の位置は、上部更新統基底面を基準とした

- 浦底断層は重要施設の直下には分布しておらず、後期更新世以降に活動していることから、震源として考慮する活断層として評価する。
- なお、浦底断層は後期更新世以降に繰り返し活動しており、断層の走向・傾斜及び最新活動面の変位センスからみて、現在の広域応力場と調和的な運動をしている。

余白

5.2.1 浦底断層 文献調査

- 「新編 日本の活断層(1991)」, 「近畿の活断層(2000)」及び「活断層詳細デジタルマップ(2002)」によれば, 立石岬から猪ヶ池の西方を経て明神崎付近に至る約3~3.5km区間の山地西縁部に, NW-SE方向で北東側隆起の活断層又は推定断層が示されている。
- 「若狭湾東部(1980a)」によれば, 上記活断層等の南東方の延長海域において, 長さ約2km, NW-SE方向で, 北東側隆起の伏在推定断層が示されている。



断層名	61浦底断層
長さ	3km
確実度	I
変位の向き	北東隆起

確実度 I : 活断層であることが確実なもの
 確実度 II : 活断層であると推定されるもの
 確実度 III : 活断層の疑いがあるリニアメント

断層名	7浦底断層
長さ	3.5km
確実度	II
変位の向き	北東隆起

確実度 I : 活断層であることが確実なもの
 確実度 II : 活断層であると推定されるもの

断層名	名称なし
長さ	約3km(図読)
確実度	推定活断層
変位の向き	北東隆起

活断層: 過去に繰り返し動いてきた跡が地形に現れ, 今後も活動を繰り返すと考えられる断層
 推定活断層: 地形的な特徴により活断層の存在が推定されるが, 現時点では明確には特定できないもの

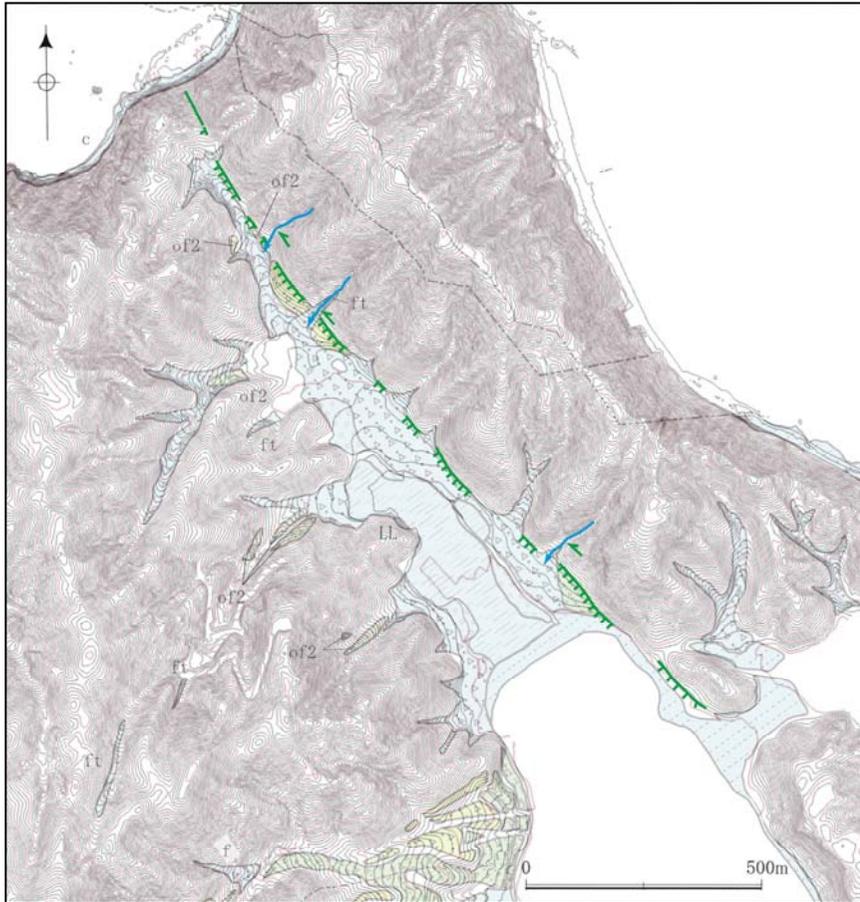
断層名	名称なし
長さ	約2km
確実度	伏在推定断層
変位の向き	北東隆起

断層(顕在): 地質構造が海底面に現れているもの[太線]
 断層(伏在): 地質構造が海底面に現れていないもので, 構造運動が海底下にある層準までに終わっているもの[細線]
 推定断層: 海底地形, 周辺陸上地質等から推定される地質構造[破線]

5.2.1 浦底断層

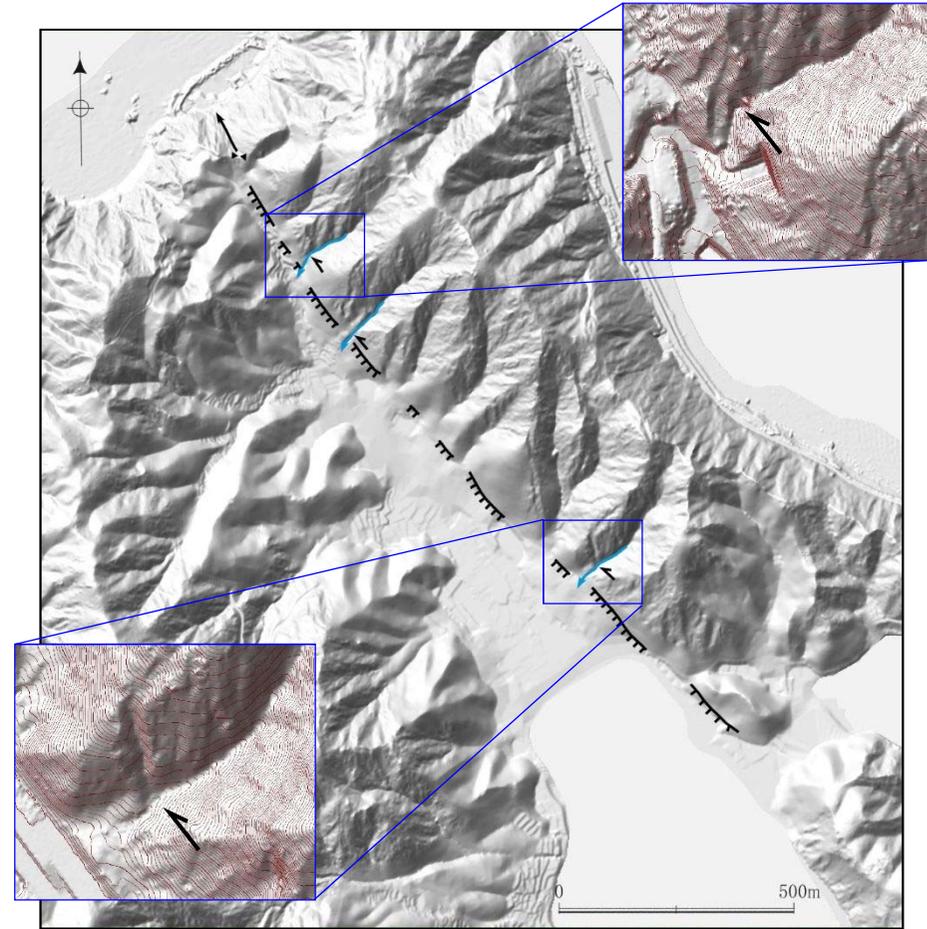
変動地形学的調査

- 変動地形の有無を確認するため、空中写真判読及び航空レーザー測量の結果に基づく検討を実施した。
- 文献で示される浦底断層に対応して、立石小半島の西縁部付近には、山地と低地との境界を通り、直線谷、鞍部、河谷の屈曲及び急崖からなるNW-SE方向のリニアメントが判読される。北西側から直線谷が、その最上流部には鞍部が認められる。河川は左屈曲を示す。山地と低地の境界には急崖が北東側隆起の三角末端面として認められる。



リニアメント判読結果

凡例	
	海岸低地面 (c)
	沖積低地面 (a)
	現河床・崖壁面 (ft)
	新期扇状地面 (f)
	最低位段丘面 (ll)
	低位段丘面 (l)
	古期扇状地面2 (of2)
	古期扇状地面1 (of1)
	リニアメント (クランク) 短線は地形的に低い側を示し、 矢印は尾根・谷の屈曲方向を示す
	河谷の屈曲
	敷地境界



1mメッシュDEM 陰影図

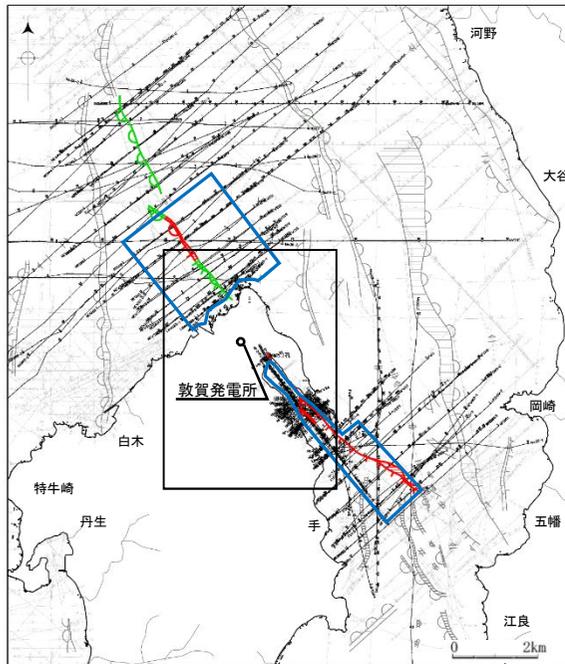
(空中写真(1963, 国土地理院)と航空レーザー測量に基づき作成したDEM)

凡例	
	急崖
	河川屈曲
	鞍部
	直線谷

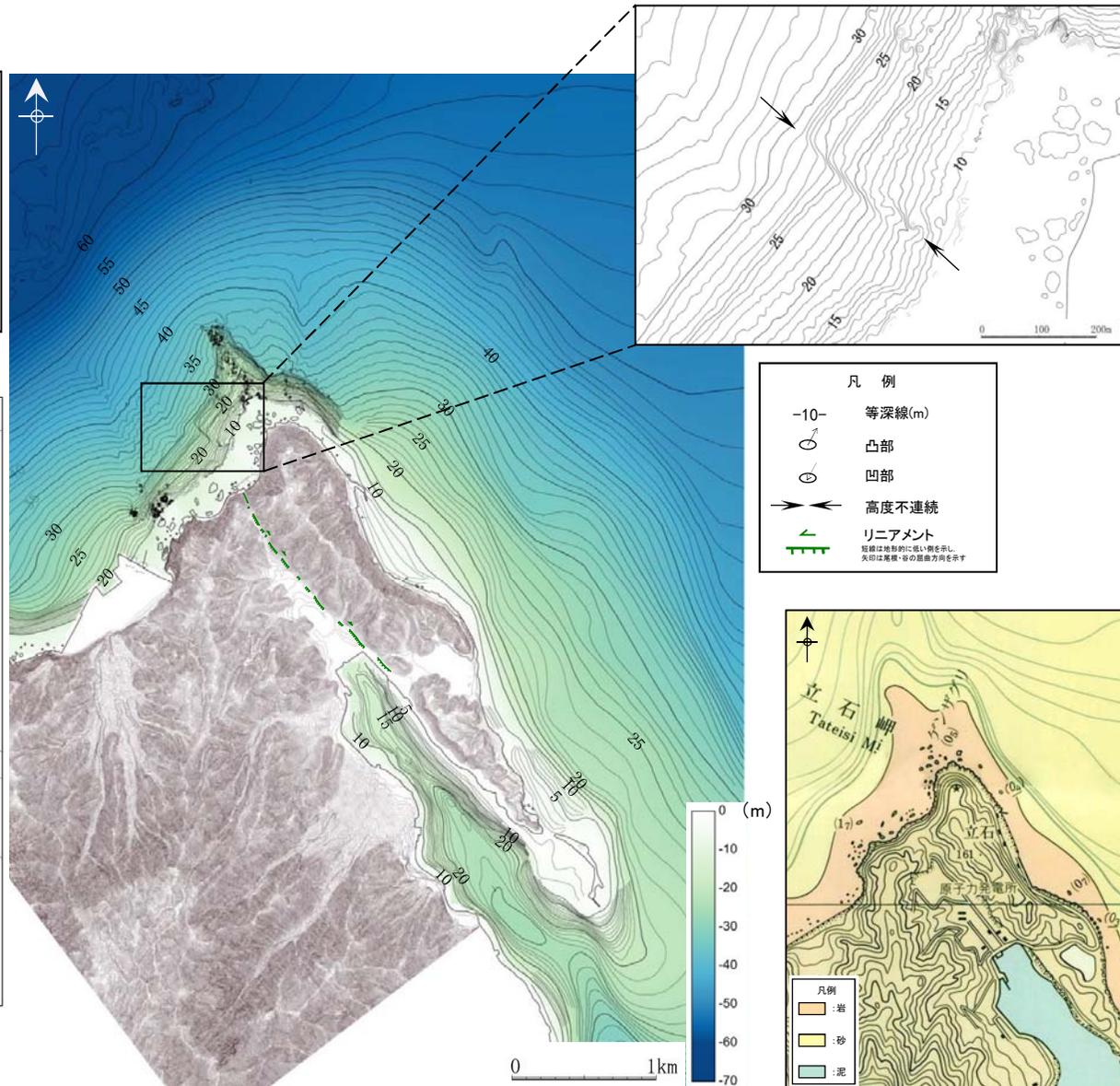
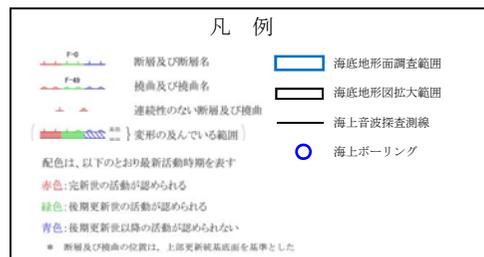
5.2.1 浦底断層

変動地形学的調査（海域）

- ・リニアメントの北西方及び南東方の海域について変動地形の有無を確認するため、海底地形面調査を実施した。
- ・その結果、北西方の延長海域において、水深約30mまでの海底地形にNW-SE方向に延びる北東側隆起の直線状の高度不連続(延長約300m, 比高約3m)が認められる。
- ・浦底断層南方延長海域部においては、高度不連続は認められない。

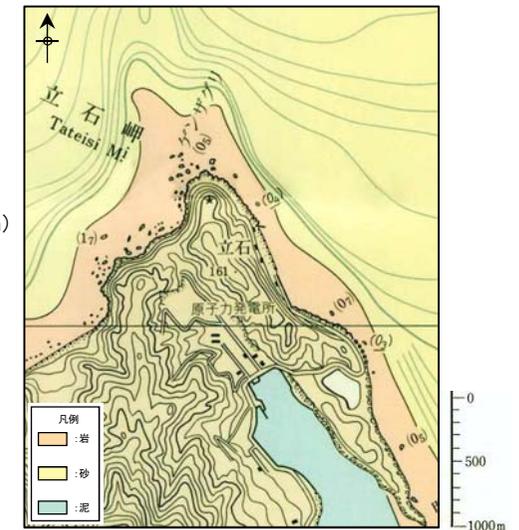
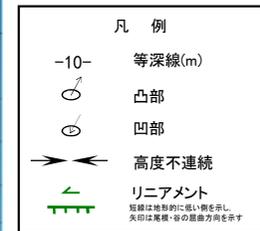


調査位置図



海底地形図

* 海底地形図は海上保安庁水路部 沿岸の海の基本図「若狭湾東部」(海上保安庁水路部(1980a))及び当社の調査結果に基づき作成



50,000分の1沿岸の海の基本図「若狭湾東部」

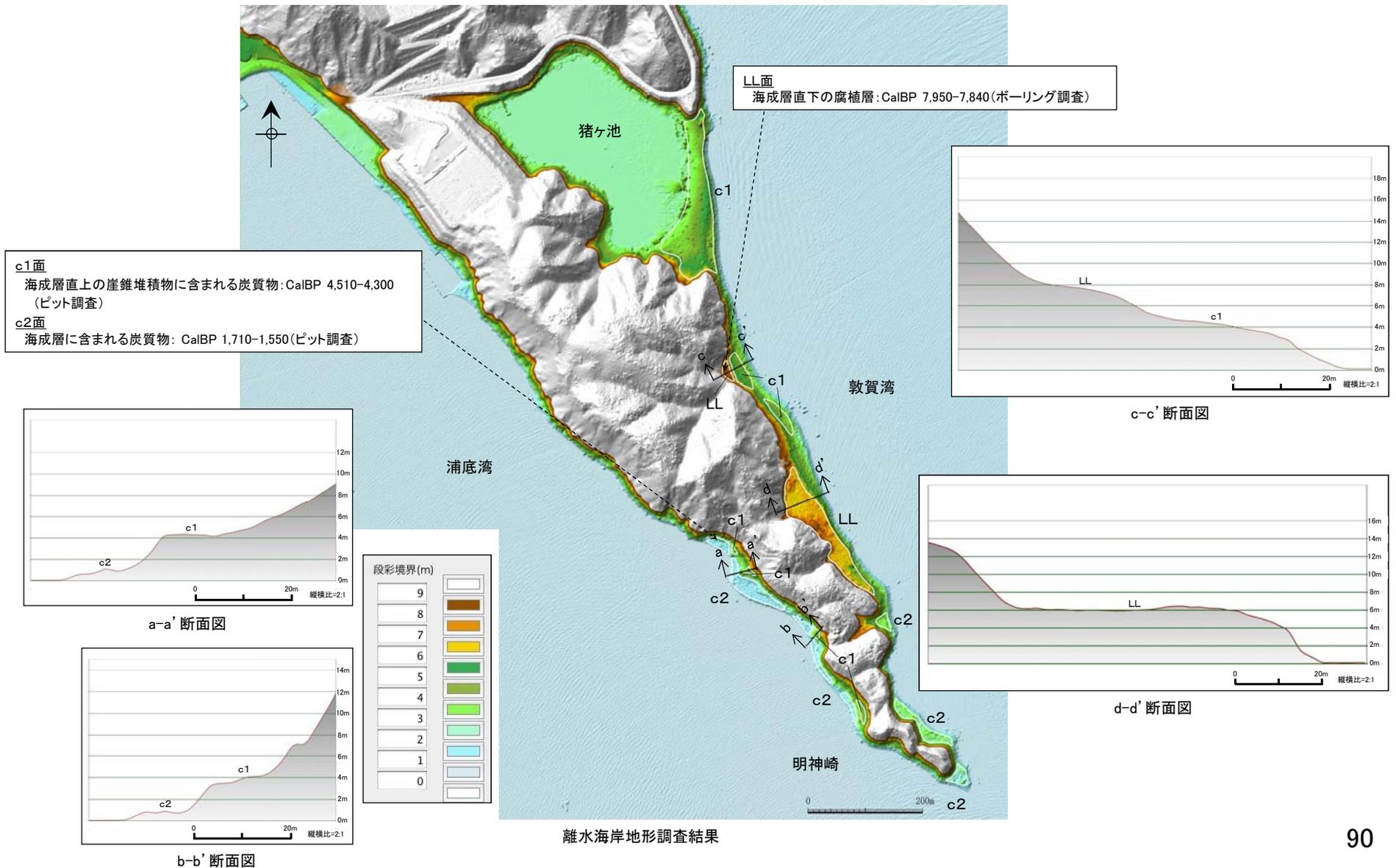
(海上保安庁水路部(1980a))

海底地質構造図

5.2.1 浦底断層

変動地形学的調査(離水海岸地形)

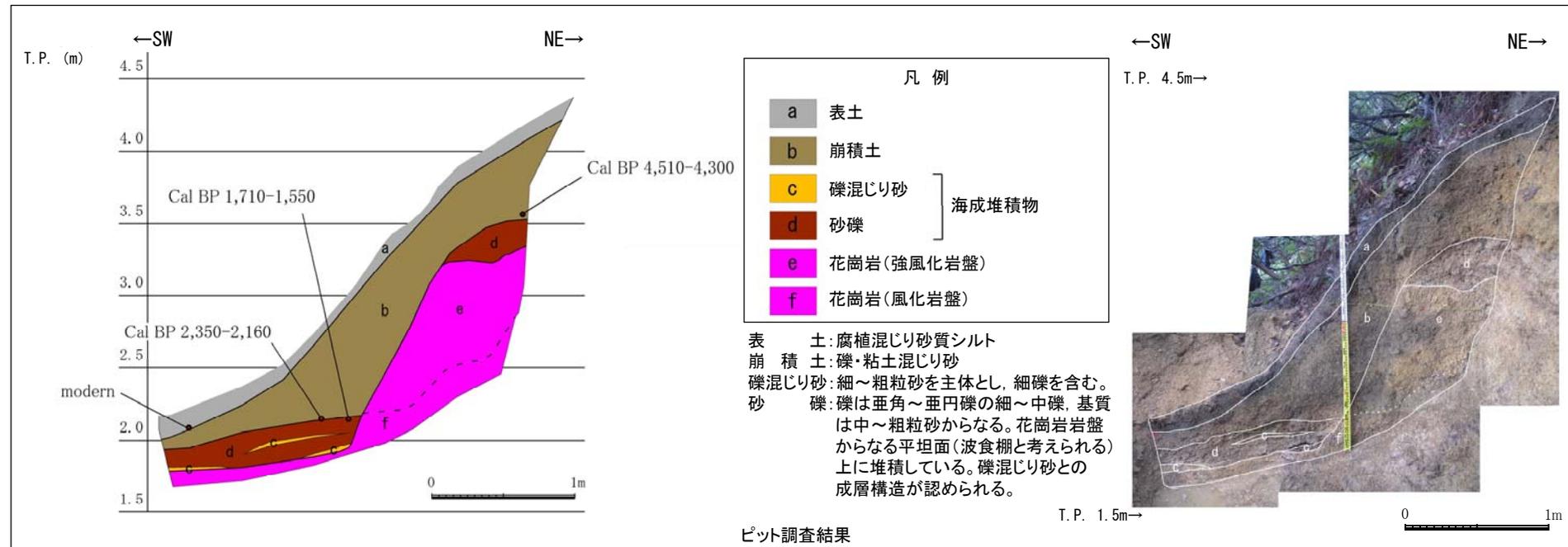
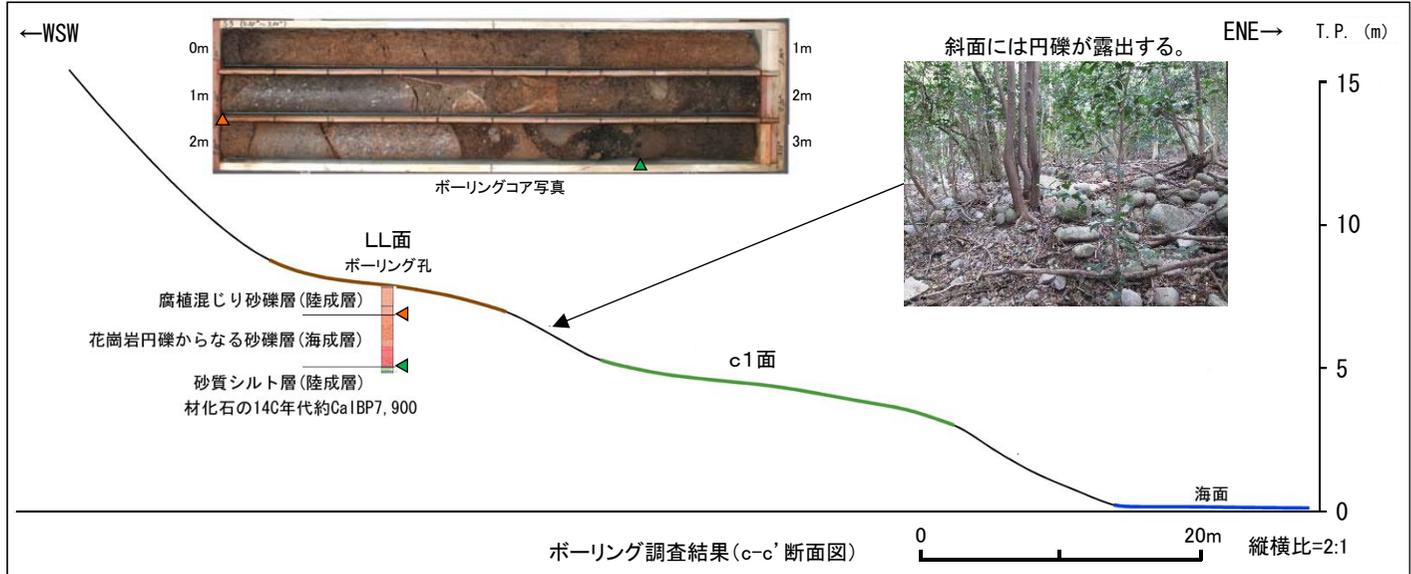
- 地形判読によって明神崎付近に認められた3面の平坦面について検討するため、ボーリング調査、ピット調査等を実施した。
- 平坦面は標高5~7mのLL面、標高3~5mのc1面及び標高1~3mのc2面に区分され、LL面は分布標高や面の広がり等から約6,000年前の縄文海進最高海水準期に形成されたと判断される。また、ピット調査の結果等から、c1面は約4,500~4,300年前に、c2面は約1,700~1,500年前に離水し形成されたと判断される。
- これらの平坦面は北東側が隆起する浦底断層の上盤側に位置しており、後述するように浦底断層が完新世に繰り返し運動したことを踏まえると、これらの平坦面は浦底断層の運動に伴い形成されたものと判断される。



5.2.1 浦底断層

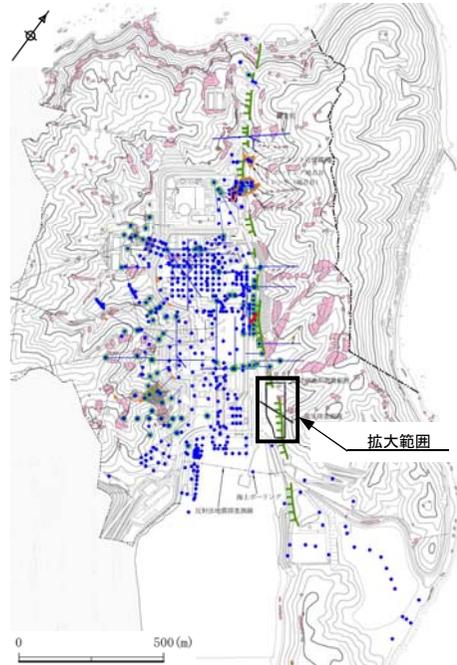
活動性評価(離水海岸地形)

- LL面で実施したボーリング調査の結果、下位から砂質シルト層、砂礫層、腐植混じり砂礫層が分布する。砂質シルト層は陸成層と考えられ、本層に含まれる腐植物の放射性炭素[¹⁴C]年代測定値は、CalBP7,950-7,840である。砂礫層は、花崗岩円礫からなることから海成層と考えられる。このことから、LL面を構成する砂礫層は約7,900年前以降に堆積した地層であり、LL面は約6,000年前の縄文海進最高海水準期に形成されたと判断される。
- c1面及びc2面を対象にピット調査を実施した結果、花崗岩の上位に厚さ約20cmの砂礫層が標高約3.5mと約2.0mの高さに分布する。c1層を構成する砂礫層の直上の炭質物の放射性炭素[¹⁴C]年代測定値は、CalBP4,510-4,300である。c2層を構成する砂礫層の最上部の炭質物の放射性炭素[¹⁴C]年代測定値は、CalBP1,710-1,550である。このことから、c1面は4,500~4,300年前に、c2面は約1,700~1,500年前に離水し形成されたと判断される。



5.2.1 浦底断層

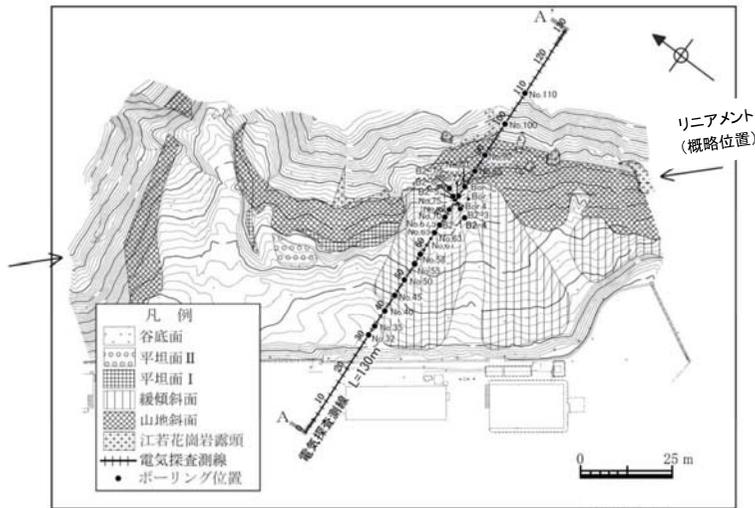
地球物理学的調査(電気探査)



調査位置図

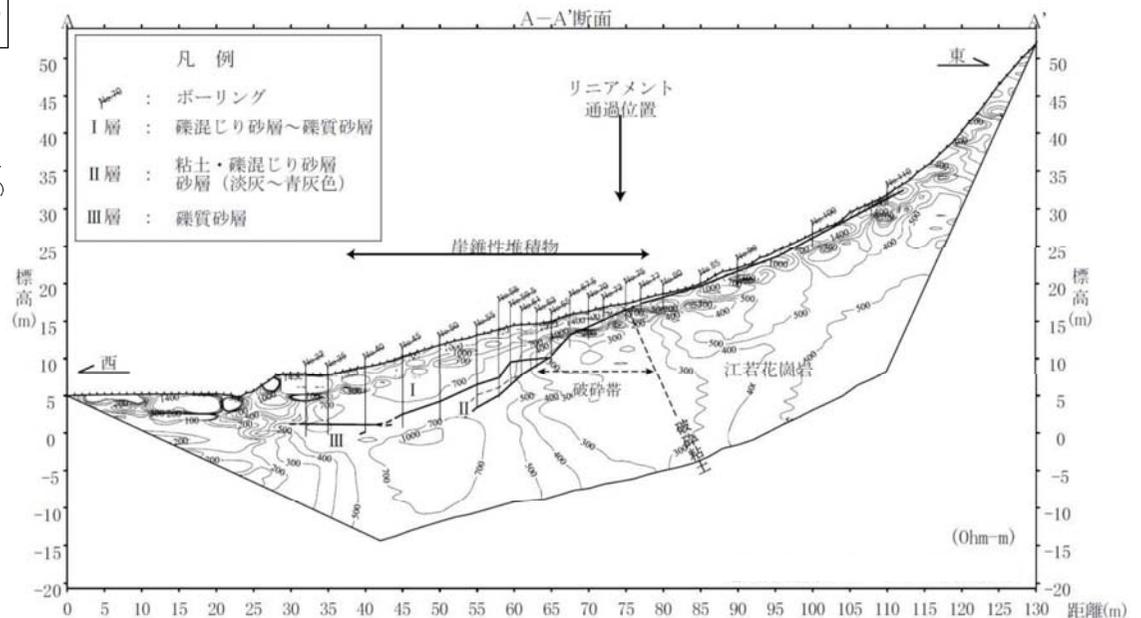


- 電気探査の結果によれば、測線距離0~40m付近では低比抵抗の範囲が、測線距離40~60m付近ではやや高比抵抗の範囲が認められる。また、リニアメント付近(測線距離60~85m付近)に周囲と比較し低比抵抗部が認められる。
- また、電気探査の測線上において実施したボーリング調査(打ち込み式)によると、江若花崗岩の上面及び扇状地堆積物(鬼界アカホヤテフラ及び始良Tn テフラ起源の火山ガラスを検出)には有意な変位・変形は認められない。
- リニアメント付近において、江若花崗岩の中に幅約10cm程度の白色粘土からなる破砕部が認められるが、破砕部を追跡した結果、その走向はNNE-SSW方向であり、リニアメントの走向と異なっており、本地点ではリニアメントに対応する破砕帯は確認されなかった。
- ただし、本地点の南東で実施した反射法地震探査、海上ボーリング及び海上音波探査においては、リニアメント延長部に走向が調和的な北東側上がりの断層が確認されていることから、本地点においては浦底断層の断層運動によって形成された急崖がその後の侵食によって上盤側に後退したものと解釈される。



拡大範囲図

※「調査位置図」は全体調査位置図で示した範囲を左へ90°回転させている

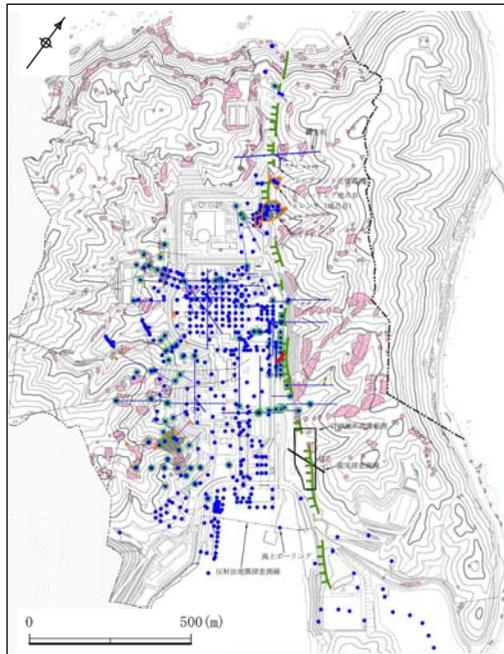


電気探査及びボーリング調査結果

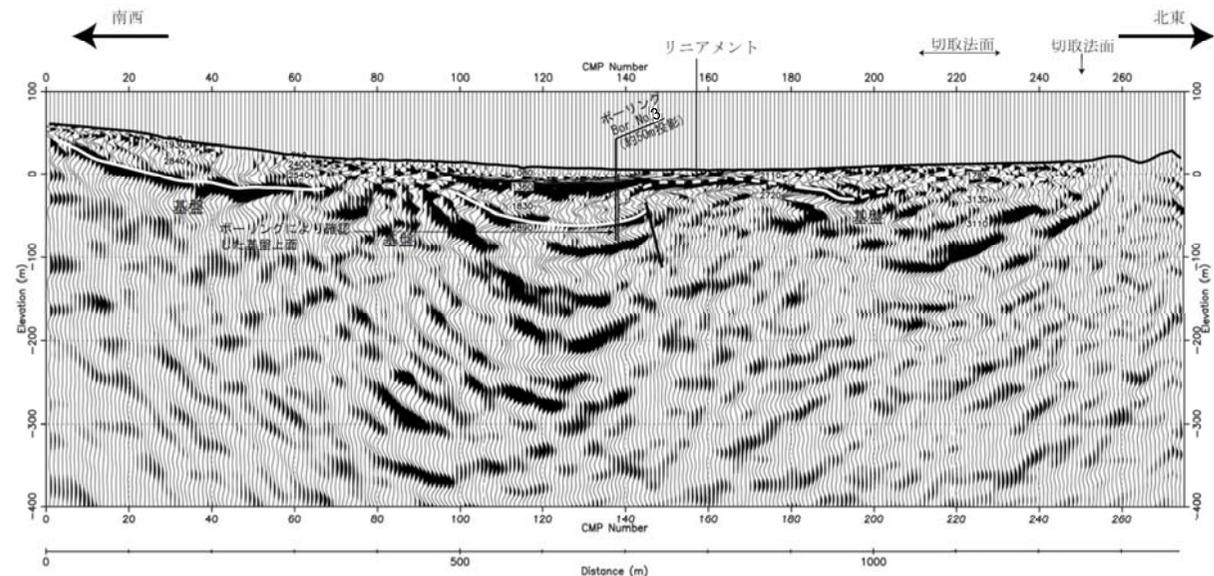
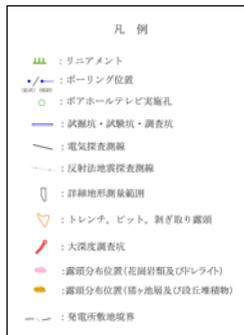
5.2.1 浦底断層

地球物理学的調査(反射法地震探査)

- 反射法地震探査等の結果によれば、リニアメントの南方延長部に位置するCMP 番号160 付近では、基盤上面と考えられる反射面が連続しており、断層は推定されない。一方、CMP 番号145 付近を境に南西側の東緩傾斜を示す強反射面が北東側に連続せず、P波速度が南西側に比べて北東側が速いことから、同位置付近に北東上りの断層が推定される。
- 海上ボーリング調査結果及び反射法地震探査結果から、同断層の江若花崗岩の上面における鉛直変位量は40m 程度と推定される。



調査位置図



余白

5.2.1 浦底断層

海域の地質層序

敷地前面海域の地層は、上位から、A層、B層、C層(C₁層、C₂層、C₃層及びC₄層)、D層及びR層の5層に区分される。

地層名	記録パターンの特徴	地層境界	推定される地質	分布範囲
A層	全般に白く抜けるパターン及びほぼ水平な平行層理パターンを示す。 一部で緩やかに傾斜するプログラデーションパターンを示す。	下位層と顕著な不整合関係で接する。	未固結の泥、砂及び礫	陸域近傍や礁・堆を除く水深約120m～約130m以浅の大陵棚上に広く分布する。
B層	陸域近傍では断続的な平行層理パターンを示す。 大陵棚では沖合方向に傾斜するプログラデーションパターンを示し、大陵棚外縁付近では一部で散乱パターンを伴う。 縁辺台地ではほぼ水平な連続する平行層理パターンを示し、局所的に散乱パターンを伴う。	大陵棚では下位層と顕著な不整合関係で接し、大陵棚外縁付近では下位層と接合関係、又はオンラップ不整合関係で接する。	未固結～半固結の泥、砂及びそれらの互層(局所的に礫層を狭在)	陸域近傍や礁・堆を除く敷地前面海域のほぼ全域に分布し、水深約120m～約130m以浅の大陵棚においては上位層のA層に覆われており、福井港沖の一部を除き海底面には露出しない。
C層	C ₁ 層	下位層と傾斜不整合関係又はオンラップ不整合関係で接する。 層内の軽微な不整合関係により、C ₁ 層、C ₂ 層、C ₃ 層及びC ₄ 層の4層に細分される。	半固結～固結した泥岩、砂岩及びそれらの互層(局所的に礫岩層を狭在)	陸域近傍や礁・堆を除く敷地前面海域のほぼ全域に分布し、ほぼすべてを上位層に覆われている。
	C ₂ 層			
	C ₃ 層			
	C ₄ 層			
D層	ほぼ水平か西方向に傾斜した平行層理パターンを示す。	下位層と不整合関係で接する。 下位層の隆起部付近ではオンラップ不整合関係で接する。	固結した泥岩、砂岩及びそれらの互層	敷地前面海域北西沖の音響基盤(R層)隆起部の北側、越前堆列(安島岬西方)の北西側等に分布する。 大部分を上位層に覆われているが、越前堆列の北西側の一部では海底面に露出する。
R層	陸域近傍及び礁周辺では無層理パターンを示す。 沖合部においては、沖合方向に傾斜する平行層理パターンを示す。	上面は陸域近傍及び礁周辺で起伏に富み、その沖合ではやや平坦になっている。	堅硬な泥岩、砂岩、礫岩、凝灰岩等の堆積岩類及び火成岩類	敷地前面海域の音響基盤で、全域に分布し、大部分を上位層に覆われているが、陸域近傍、礁や堆周辺では海底に露出する。

(音響層序区分は、不整合等の地層境界を示す音響的反射面を追跡し、これに基づき区分された各層の分布状況を把握することによって行った。)

5.2.1 浦底断層

海域の地質層序

・各地層の地質年代について、当社で実施した調査結果と他機関で実施した調査結果及び各種文献より検討を行った。
 ・その結果、A層は完新世の地層、B層は後期更新世の地層、C層は後期鮮新世から中期更新世の地層、D層は前期鮮新世後半から後期鮮新世の地層、R層は先鮮新世から鮮新世初頭の地層にそれぞれ対比される。

区分		陸域				海域								
文献名	地質時代	関西電力㈱	関西電力㈱	関西電力㈱	日本原子力発電㈱	海上保安庁水路部※1		海上保安庁海洋情報部	地質調査所※2		福井県	田中・小草		
		美浜発電所敷地周辺	美浜発電所敷地周辺	大飯発電所敷地前面	敷地前面	若狭湾東部(1980a)	若狭湾西部(1980b)	加賀-福井沖(2004)	経ヶ岬沖(1993)	ゲンタツ瀬(2000)	柳ヶ瀬断層帯(1997)	山陰沖(1981)		
第四紀	完新世	沖積層 新期扇状地堆積物	A	A	A	I _w	I _w	I	T2 F.	T2 F.	P ₁	e		
	更新世	後期	段丘堆積物	B	B	B	II _w	II _w					II	
			古期扇状地堆積物	C ₁	C	C ₁								
		中期	能登野層	C ₂		C ₂								
前期	古琵琶湖層群	C ₃	C ₃											
新第三紀	鮮新世	後期	D	D	D	III _w	III _w	III	T1 F.	T1 F.	P ₄	d ₂		
									前期	H2 F.			HF.	H2 F.
	H1 F.	H1 F.												
	中新世	後期	R	R	R	IV _w	IV _w	V	K2 F.	K2 F.	B	a		
		中期											国見岳安山岩及び相当層 市ノ瀬層 荒谷層	VI
		前期											国見層及び相当層 糸生層及び相当層 竹田層及び相当層 西谷流紋岩類 鉢伏山花崗岩	
	先新第三紀	美濃-丹波帯 中・古生層 江若花崗岩等	V _w	V _w										

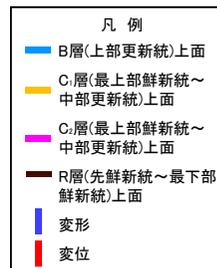
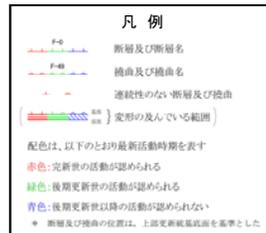
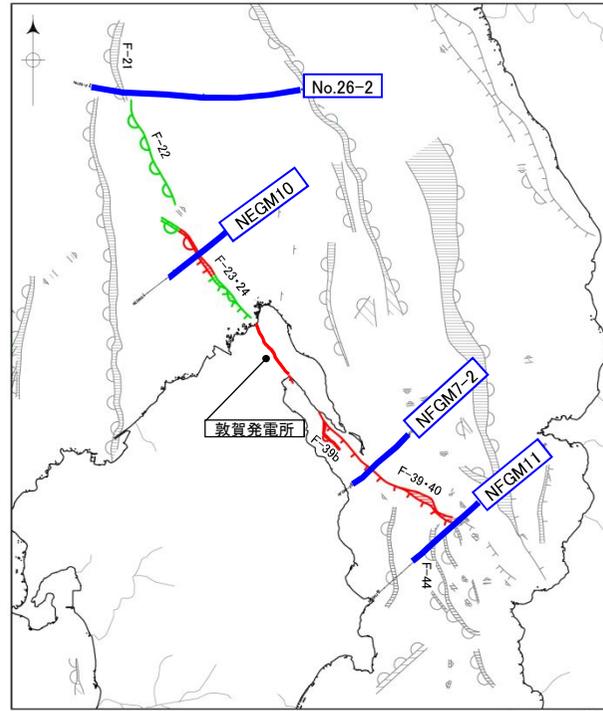
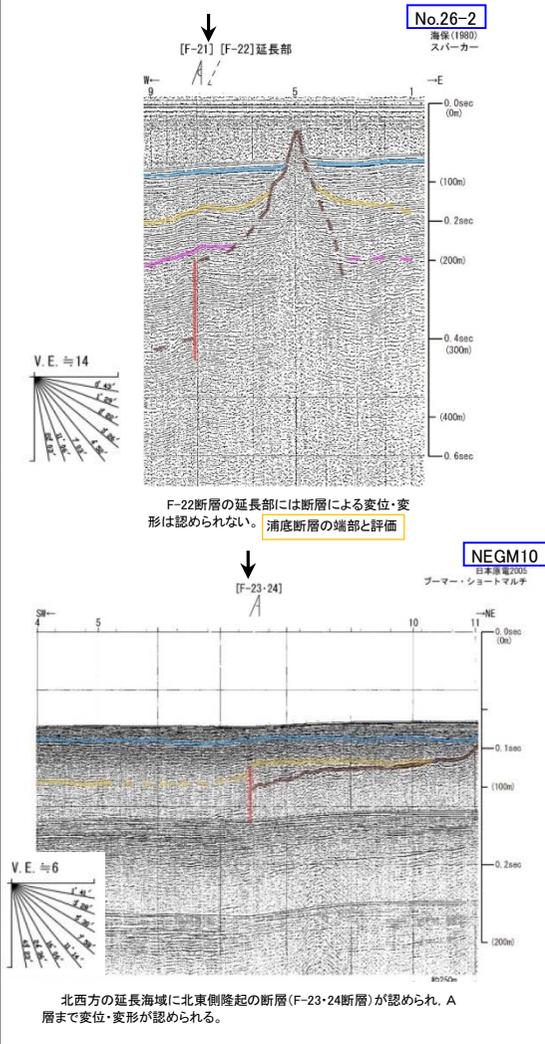
※1：現 海上保安庁海洋情報部 ※2：現 産業技術総合研究所

5.2.1 浦底断層

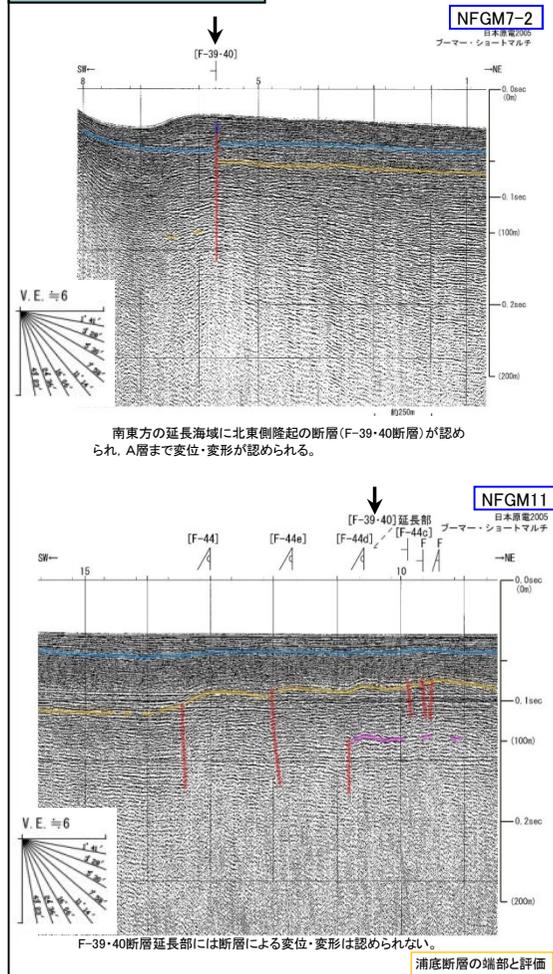
連続性評価(海域)

- 浦底断層の北西方及び南東方の海域への連続性を確認するため、海上音波探査等を実施した。
- 調査の結果、浦底断層の北西方及び南東方の延長海域において、陸域の断層と同様、NW-SE方向で北東側隆起の断層が認められ、性状の類似性から、浦底断層と一連の断層と判断される。
- また、浦底断層の断層端部については、断層による変位・変形は認められない測線までと評価した(北端部:測線No.26-2、南端部:測線NFGM11)。(その他の海上音波探査の記録については、参考資料(1/3) 参考1-22~1-47を参照)

浦底断層 北西方海域



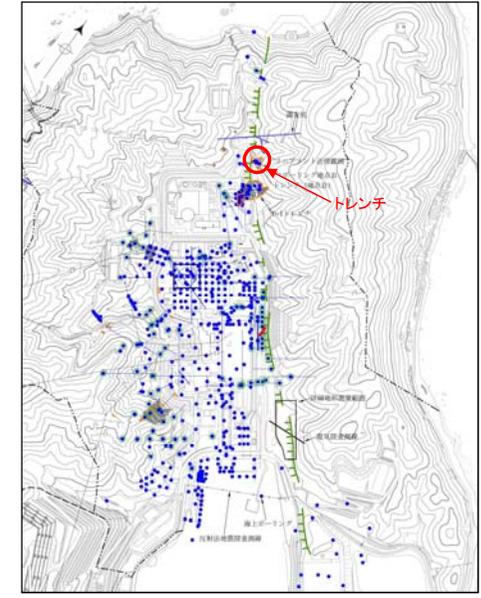
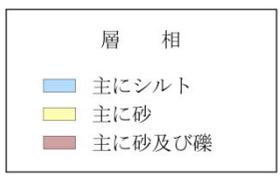
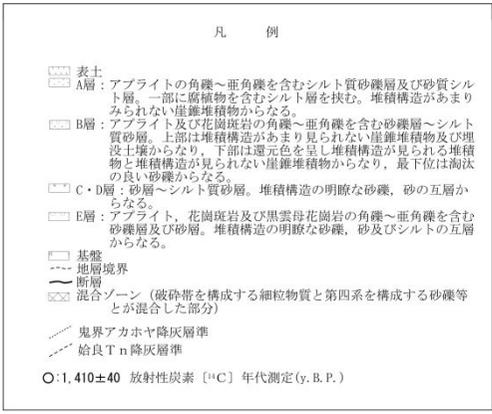
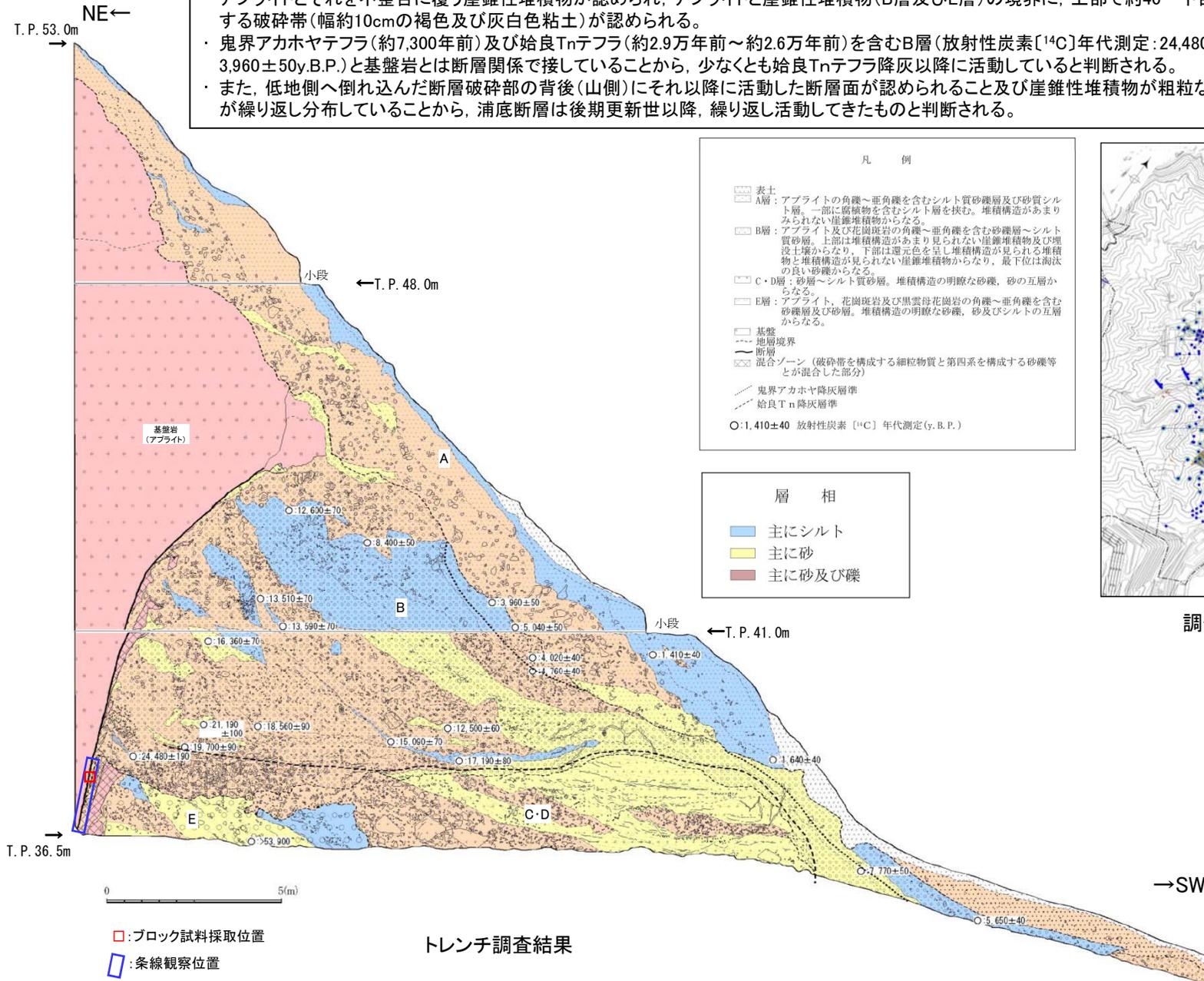
浦底断層 南東方海域



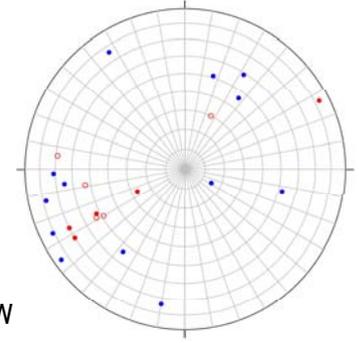
5.2.1 浦底断層

活動性評価(陸域)

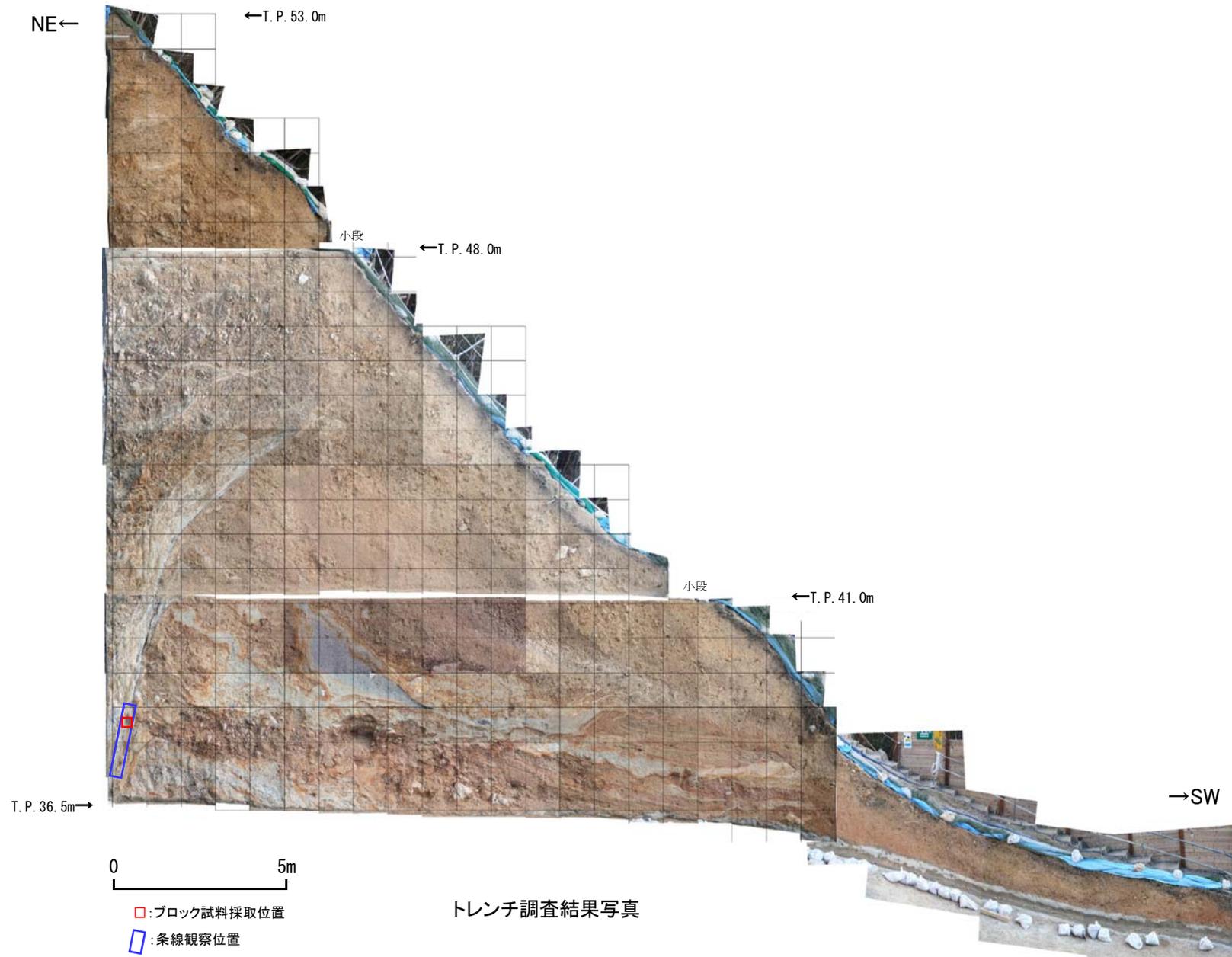
- ・ アプライトとそれを不整合に覆う崖錐性堆積物が認められ、アプライトと崖錐性堆積物(B層及びE層)の境界に、上部で約40° 下部で約70° 北東に傾斜する破碎帯(幅約10cmの褐色及び灰白色粘土)が認められる。
- ・ 鬼界アカホヤテフラ(約7,300年前)及び始良Tnテフラ(約2.9万年前～約2.6万年前)を含むB層(放射性炭素¹⁴C年代測定: 24,480±190y.B.P.～3,960±50y.B.P.)と基盤岩とは断層関係で接していることから、少なくとも始良Tnテフラ降灰以降に活動していると判断される。
- ・ また、低地側へ倒れ込んだ断層破碎部の背後(山側)にそれ以降に活動した断層面が認められること及び崖錐性堆積物が粗粒な堆積物と細粒な堆積物が繰り返し分布していることから、浦底断層は後期更新世以降、繰り返し活動してきたものと判断される。



調査位置図(敷地内)



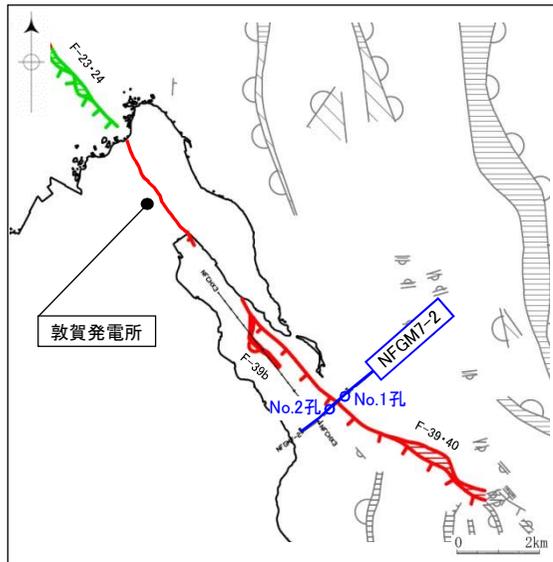
5.2.1 浦底断層
活動性評価(陸域)



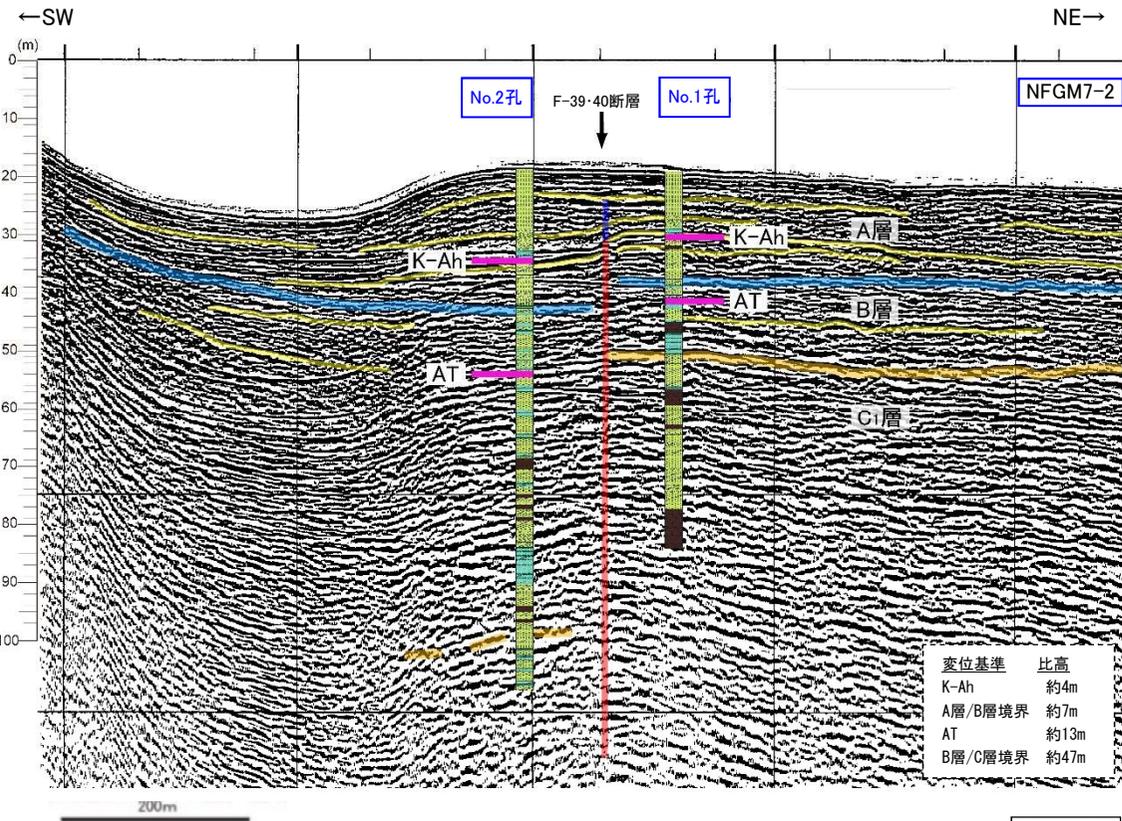
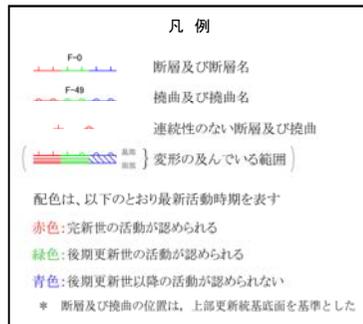
5.2.1 浦底断層

活動性評価(海域)

- ・ 浦底断層の活動性を評価するため、海上音波探査、海上ボーリング調査等を実施した。
- ・ 敷地の南東方の海域に認められるF-39・40断層について、最大の累積変位量が認められる位置において、海上ボーリングを実施した。
- ・ その結果、A層及びB層に認められる変位・変形の大きさについては、鬼界アカホヤテフラ、A層/B層境界、始良Tnテフラ及びB層/C層境界を変位基準とした。
- ・ 比高が下位ほど大きくなり、断層変位の累積性が認められることから、浦底断層は少なくともB層堆積以降に複数回活動してきたものと判断される。

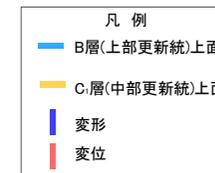


海上音波探査及び海上ボーリング調査位置図



変位基準	比高
K-Ah	約4m
A層/B層境界	約7m
AT	約13m
B層/C層境界	約47m

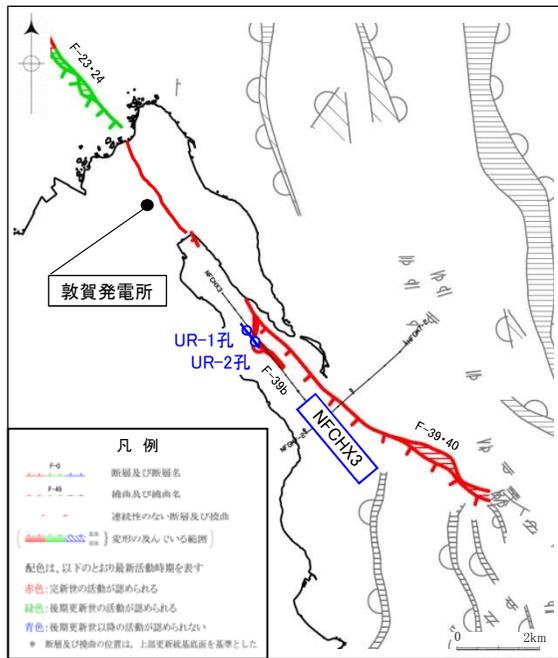
海上音波探査及び海上ボーリング調査の結果



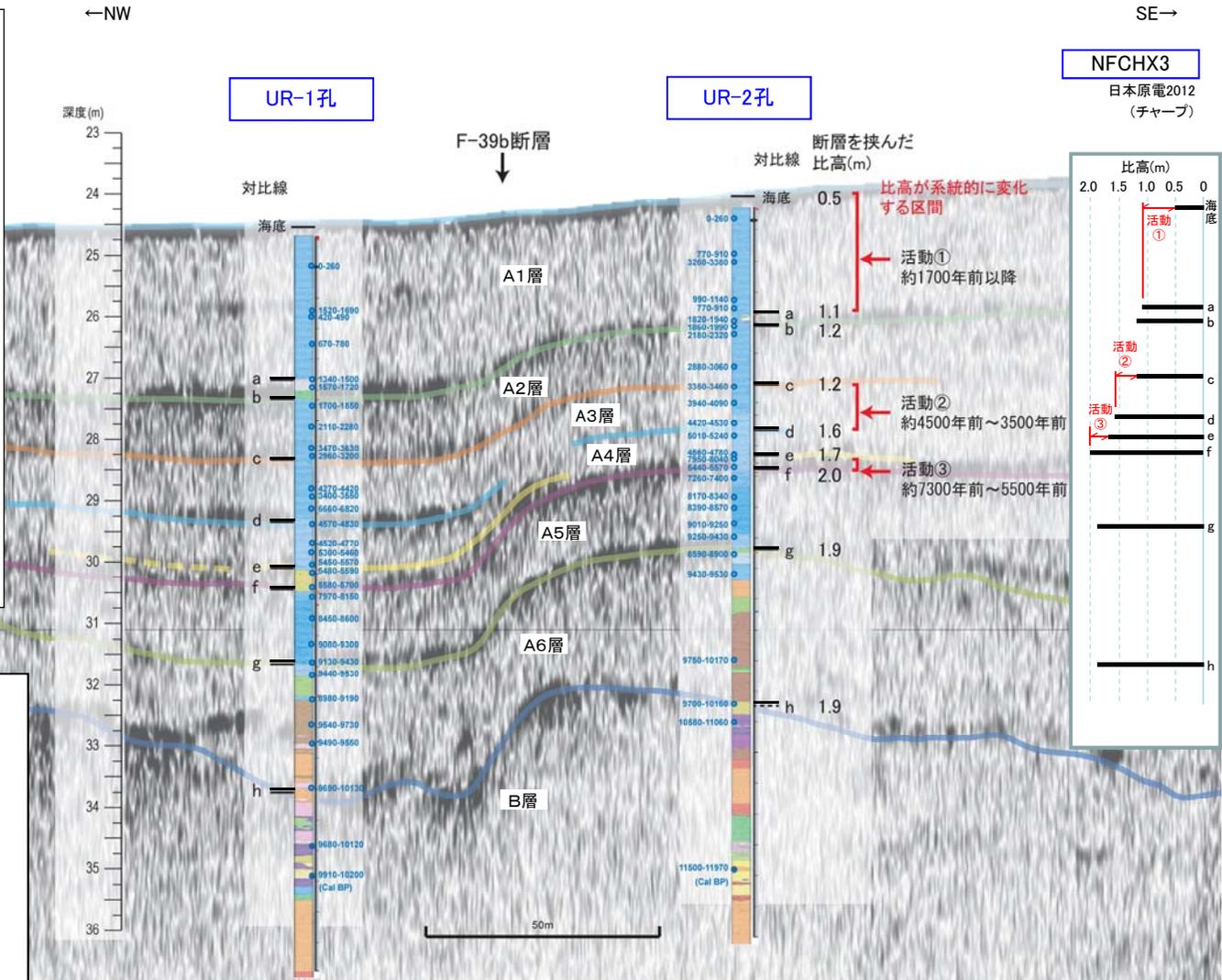
5.2.1 浦底断層

活動性評価(海域)

- 浦底断層の分岐断層と考えられるF-39b断層について実施した海上音波探査、海上ボーリング調査等の結果、浦底断層は完新世に少なくとも3回活動しており、活動時期はそれぞれ約7,300年前～5,500年前、約4,500年前～3,500年前及び約1,700年前以降である。
- これらの3回の活動については、前述の離水海岸地形調査で認められた段丘面の離水時期とも整合している。



海上音波探査及び海上ボーリング調査位置図



海上音波探査及び海上ボーリング調査の結果

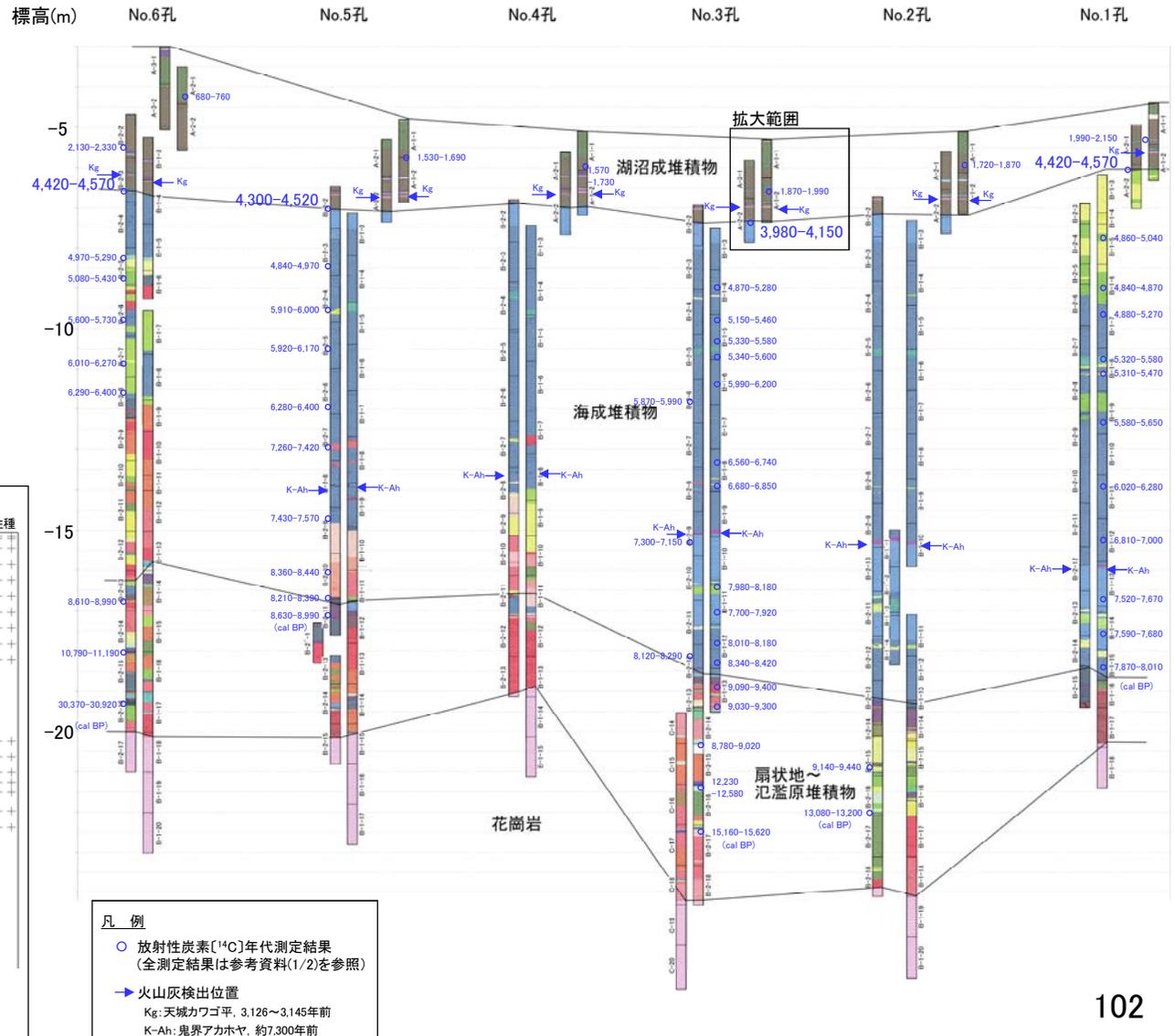
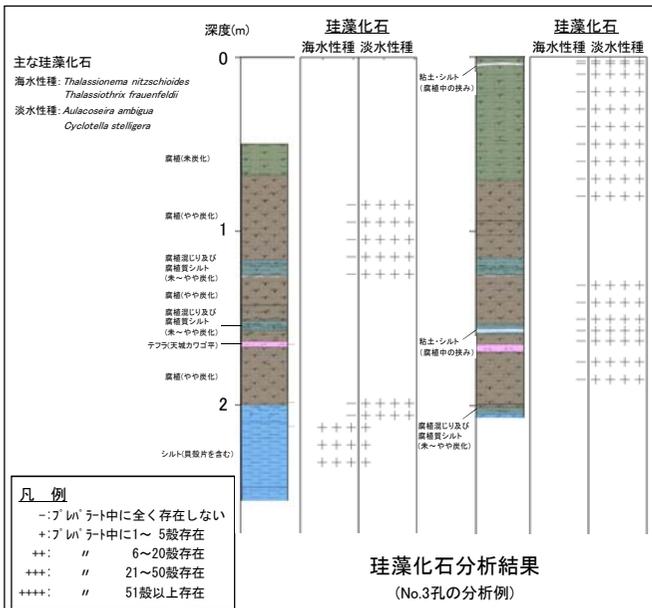


5.2.1 浦底断層 活動性評価(陸域)

- 猪ヶ池において実施したボーリング調査等の結果によれば、標高-7m付近の約4,400年前までの地層は湖沼成堆積物(腐植主体)であるが、それ以深は海成堆積物(シルト主体)からなることから、静穏な海底環境下で堆積が進んだものと考えられるが、それ以降は浦底断層の活動に伴い隆起し、淡水池に変化したと判断される。
- 約4,400年前に浦底断層の活動に伴い隆起し、淡水池に変化したことは、前述の活動性評価(海域)の活動②(約4,500年前~3,500年前)と整合する。

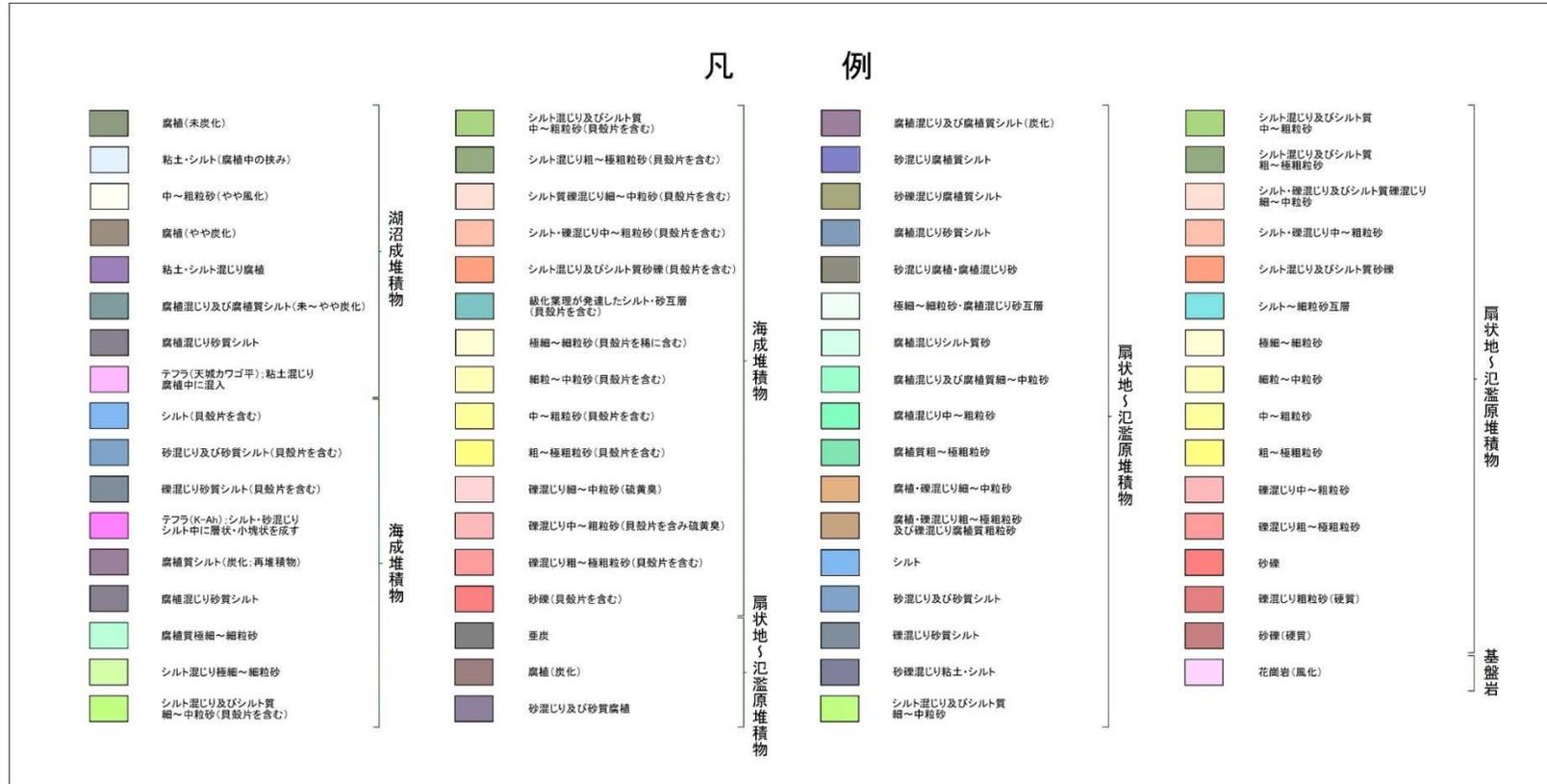


調査位置図



5.2.1 浦底断層

活動性評価(陸域)

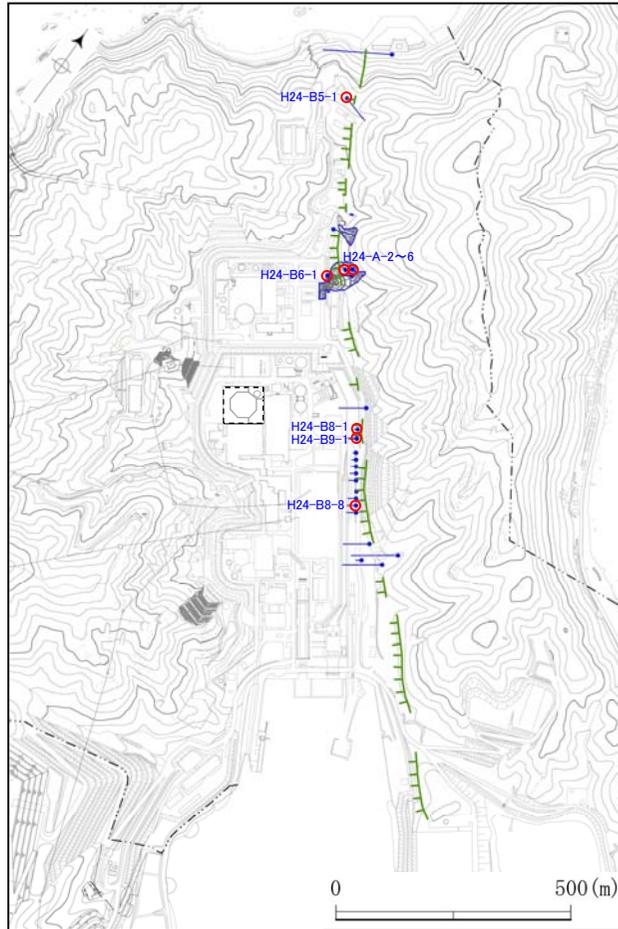


余白

5.2.1 浦底断層

活動性評価(変位センス)

- ・ 浦底断層の最新活動時の変位センスを把握するため、ボーリングコアを用いた条線観察を行った。
- ・ 岩盤部における最新活動面の条線測定の結果、最新活動面の変位センスは斜めずれ(レイク角 約40° S)である。



調査位置図

凡例	
	浦底断層の条線を確認したボーリング孔 (鉛直) (傾斜)
	浦底断層を捕えたボーリング孔 (鉛直) (傾斜)
	リニアメント
	トレンチ、剥ぎ取り露頭

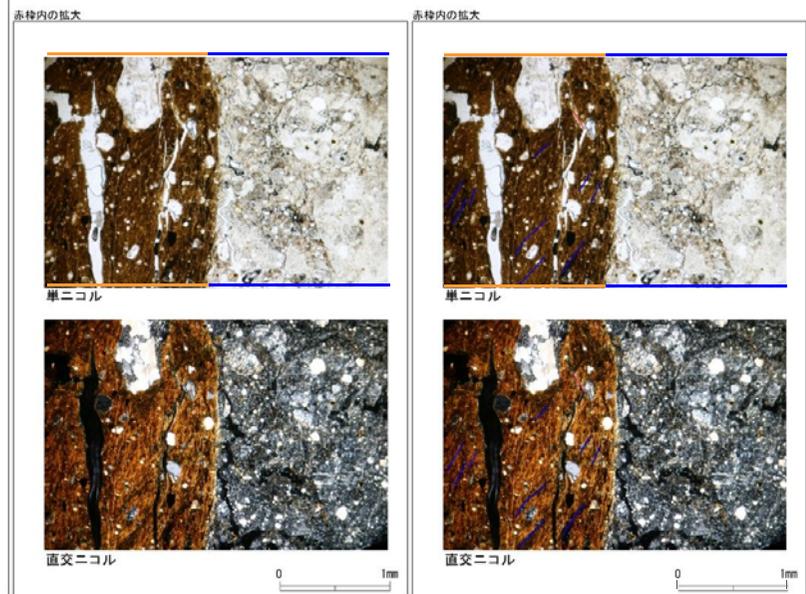
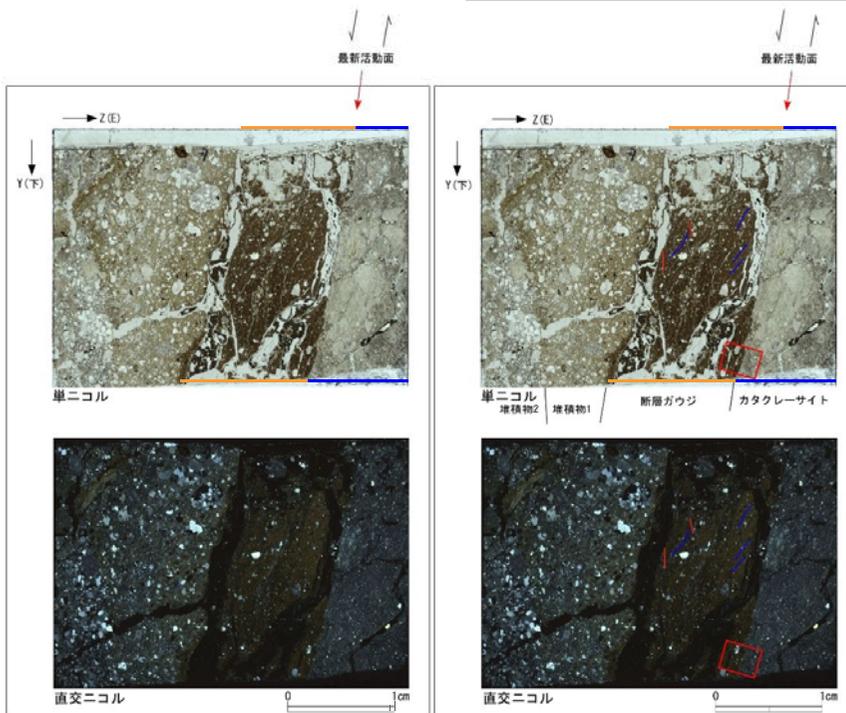
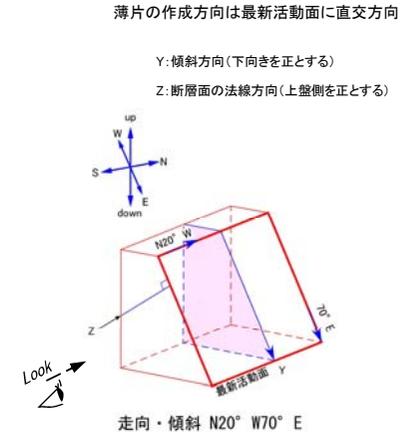
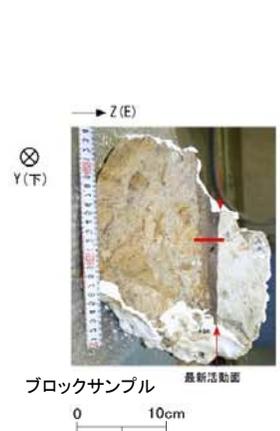
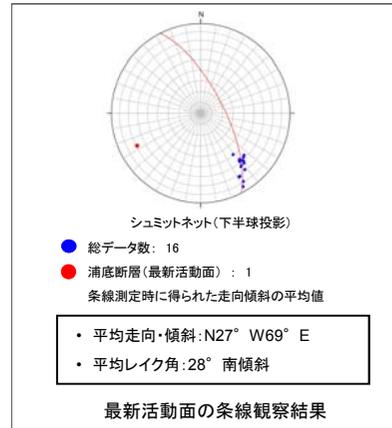
条線観察結果

孔番	測定位置		最新活動面		レイク角
	標高 (m)	深度 (m)	走向	傾斜	
H24-B5-1	9.09	81.99	N 32° W	82° NE	14° S
H24-B6-1	-31.59	73.80	N 33° W	80° NE	42° S
H24-B8-1	0.41	7.19	N 37° W	60° NE	53° S
H24-B8-8	-23.51	32.39	N 32° W	52° NE	48° S
H24-B9-1	2.04	6.58	N 35° W	58° NE	65° S
H24-A-2	31.63	15.29	N 32° W	78° NE	68° S
H24-A-3	33.86	13.39	N 34° W	74° NE	58° S
H24-A-4	35.30	12.36	N 35° W	65° NE	45° S
H24-A-5	36.76	11.28	N 37° W	70° NE	3° S
H24-A-6	9.98	29.00	N 29° W	89° NE	21° S
平均					39° S

5.2.1 浦底断層

活動性評価(Bトレンチ 薄片試料観察)(1/2)

- ・ 浦底断層の最新活動時の変位センスを把握するため、薄片試料観察を行った。
- ・ トレンチから採取した薄片試料観察の結果、最新活動面からは左ずれを伴う逆断層センスが判読される。



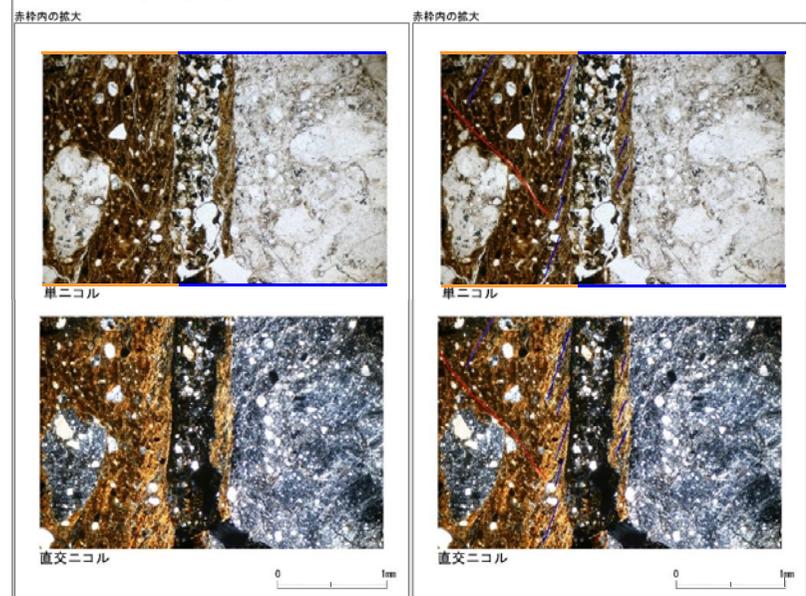
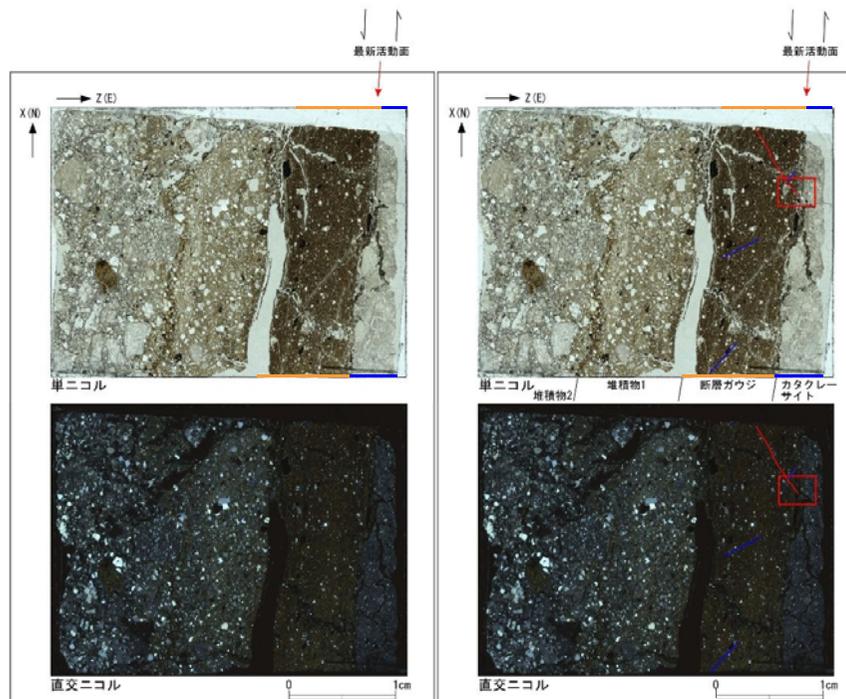
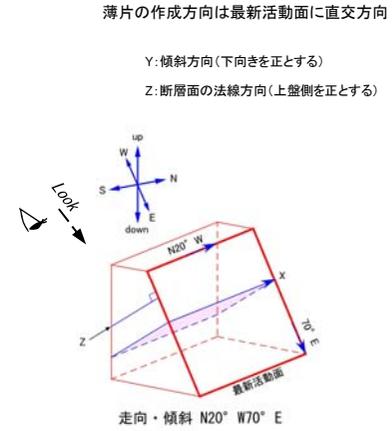
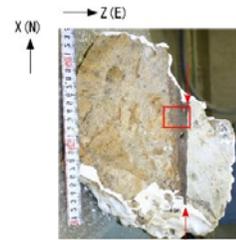
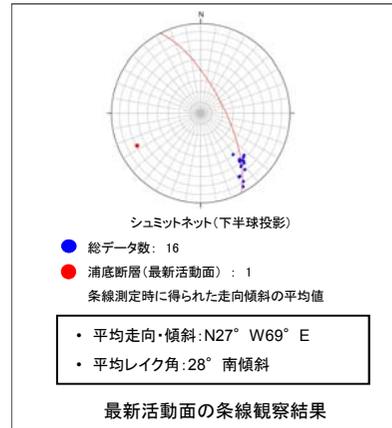
- 凡例
- 断層ガウジ
 - カタクレーサイト
 - R1面
 - P面

鉛直断面: 最新活動面の変位センスは、逆断層センスを示す。

5.2.1 浦底断層

活動性評価(Bトレンチ 薄片試料観察)(2/2)

- 浦底断層の最新活動時の変位センスを把握するため、薄片試料観察を行った。
- Bトレンチから採取した薄片試料観察の結果によれば、最新活動面の変位センスは左ずれを伴う逆断層成分が卓越する。



- 凡例
- 断層ガウジ
 - カタクレーサイト
 - R1面
 - P面

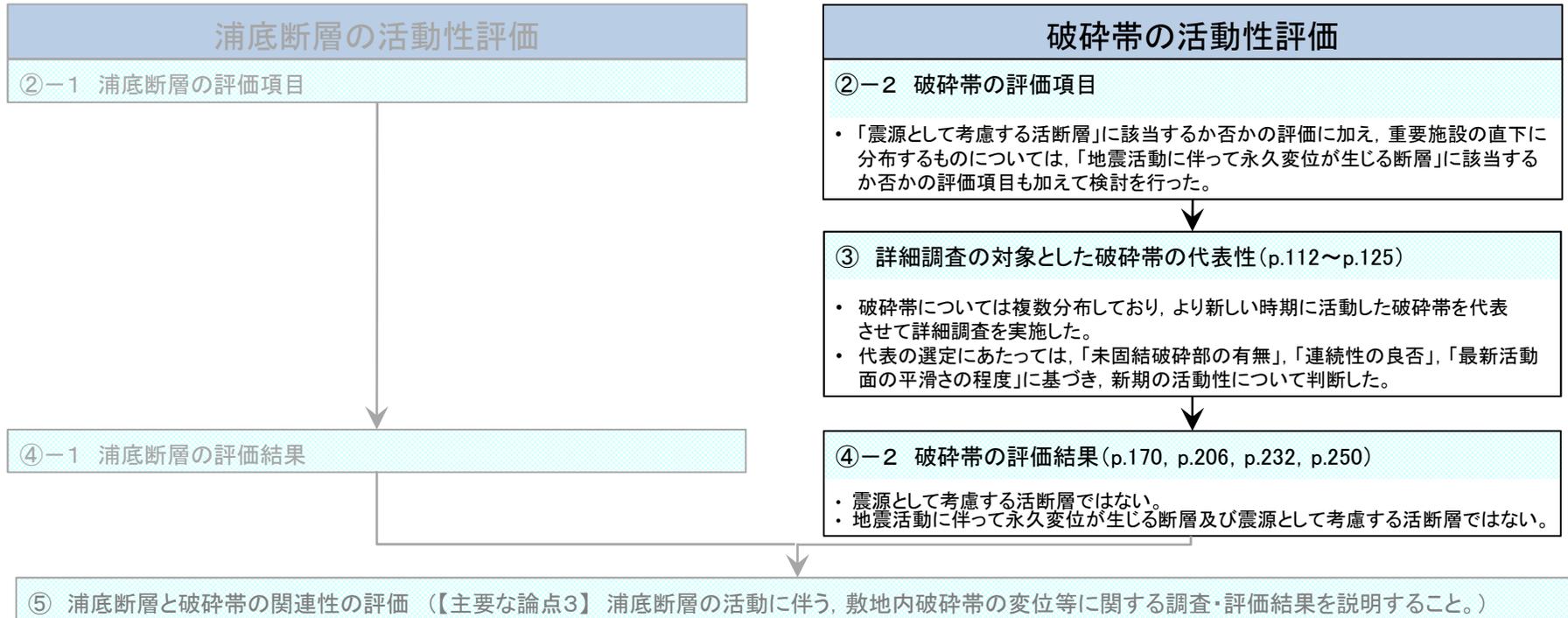
水平断面: 最新活動面の変位センスは、左ずれセンスを示す。

余白

5.2.2 破碎帶

破碎帯の活動性評価について

破碎帯の活動性評価の概要について下記に示す。



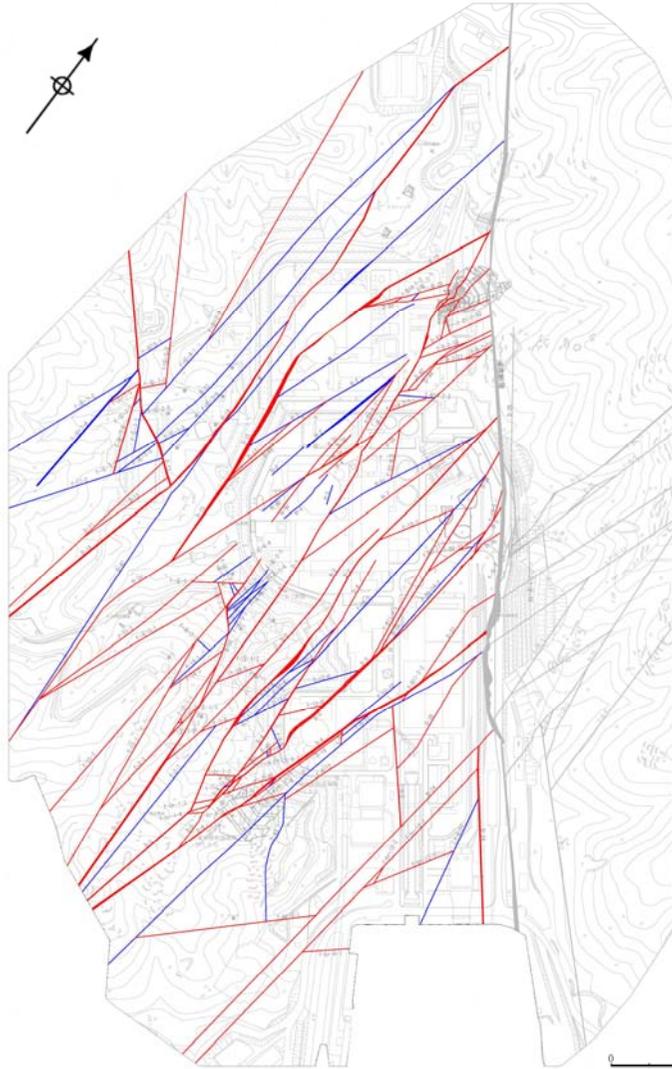
5.2.2 破碎帯

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破碎帯の選定について

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

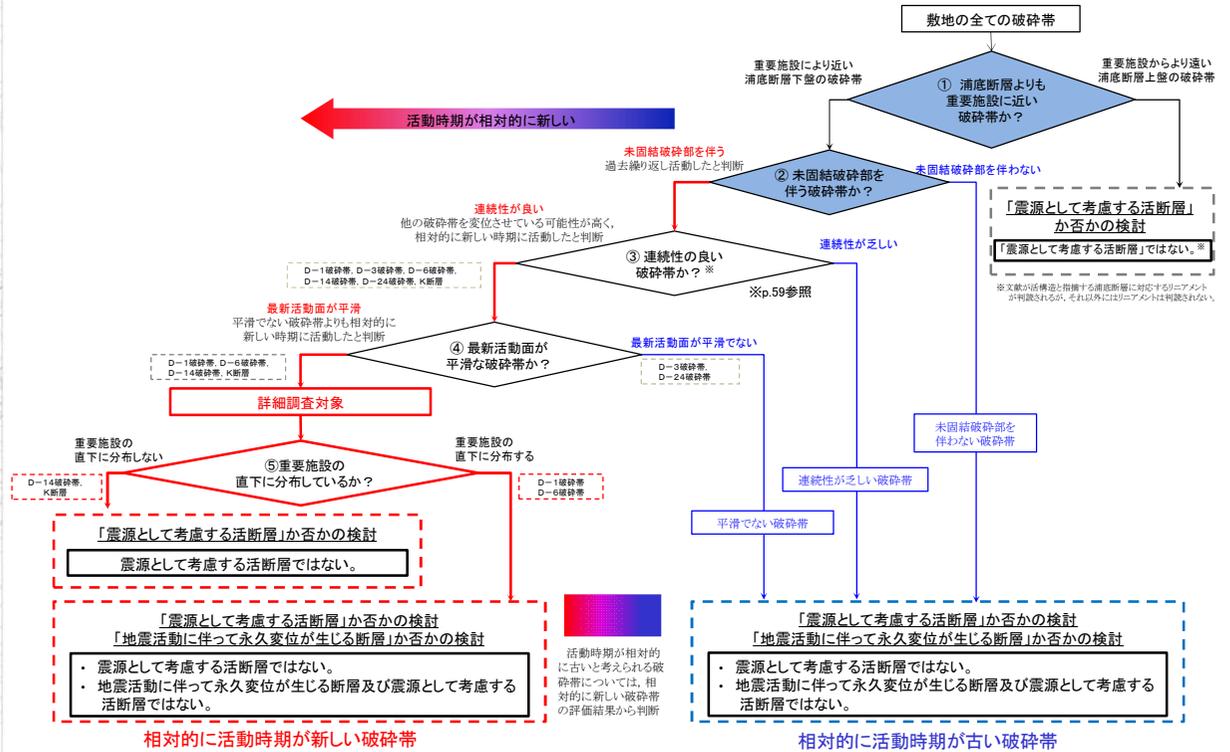
詳細調査の対象とした破砕帯の選定

- 複数ある破砕帯のうち、過去に繰り返し活動し、活動時期が相対的に新しい破砕帯を選定し、詳細な調査を行い活動性評価を行った。
- 詳細調査の対象とする破砕帯の選定にあたっては、下記のフローに従った。
- 未固結破砕部を伴う破砕帯は109本である。



- 未固結破砕部を伴う破砕帯
- 未固結破砕部を伴わない破砕帯

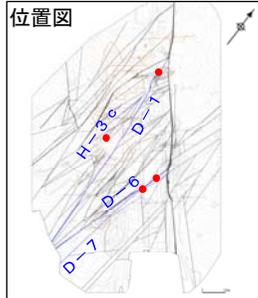
※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布



5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

詳細調査の対象とした破砕帯の選定

ボーリング調査等による破砕部の観察結果から、未固結破砕部を伴う破砕帯と、未固結破砕部を伴わない破砕帯の事例を示す。



※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布

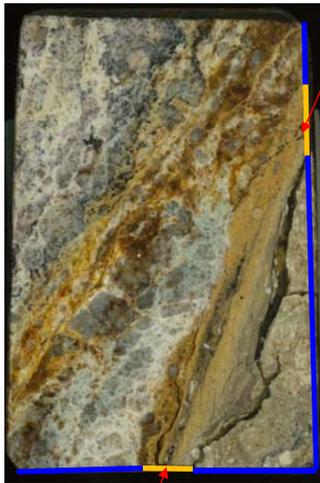
断層ガウジとカタクレーサイトは、コア観察結果に基づき、固結の程度から区分した。

(凡例)

- : 最新活動面
- : 断層ガウジ
- : カタクレーサイト

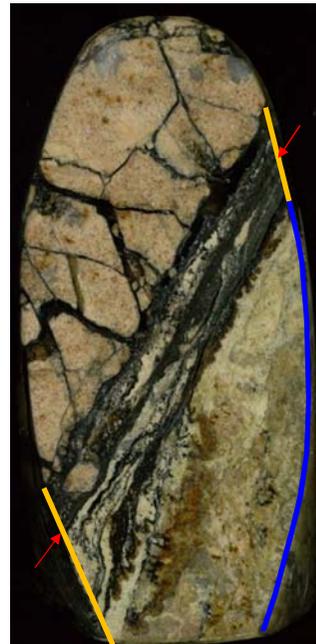
未固結破砕部を伴う破砕帯

D-1 破砕帯
(H24-H-15_11.04m)



0 5cm

D-6 破砕帯
(H24-B8-22_176.68m)



0 5cm

・カタクレーサイト
固結した角礫状破砕部。網目状に細粒物質が分布する。
・断層ガウジ
軟質でせん断・変形構造を示す粘土

・カタクレーサイト
固結した角礫状破砕部。網目状に細粒物質が分布する。
・断層ガウジ
軟質でせん断・変形構造を示す、縞状の粘土

未固結破砕部を伴わない破砕帯

D-7 破砕帯
(H24-B11-2_71.20m)



0 5cm

・カタクレーサイト
固結した砂状破砕部。せん断構造が認められる。

H-3c 破砕帯
(2号道路剥ぎ取り部)



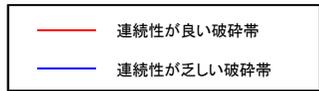
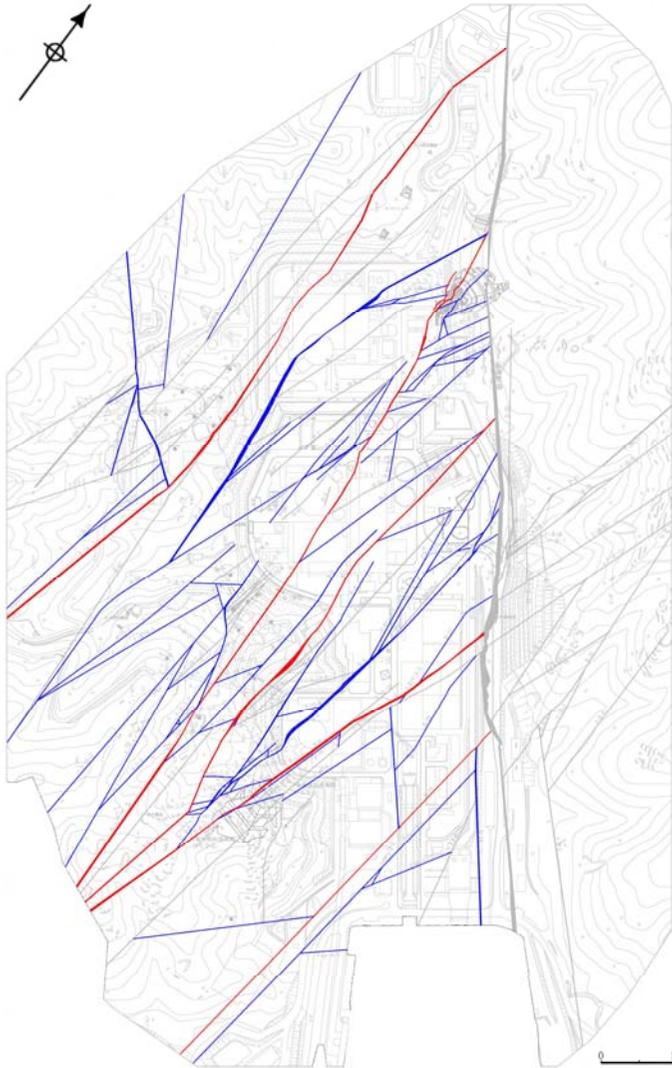
0 10cm

・カタクレーサイト
固結した砂状破砕部。せん断構造が認められる。

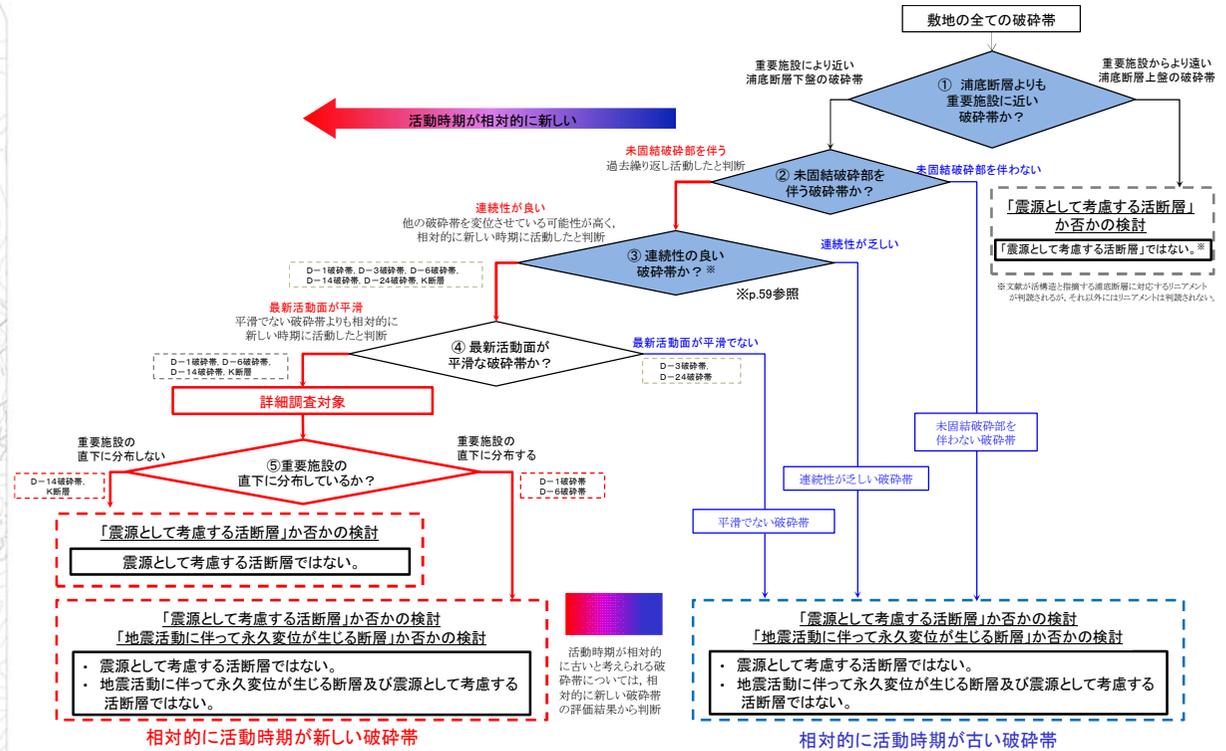
5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

詳細調査の対象とした破砕帯の選定

- 未固結破砕部を伴う破砕帯のうち、活動時期が相対的に新しい破砕帯は6本である。
- ここでいう活動時期が相対的に新しい破砕帯とは、連続性の良い破砕帯のことを指している。
- なお、破砕帯の連続性については、破砕部の走向・傾斜の類似性、未固結破砕部の有無、最新活動面の平滑さの類似性、最新活動面の変位センスの類似性に基づき評価している。



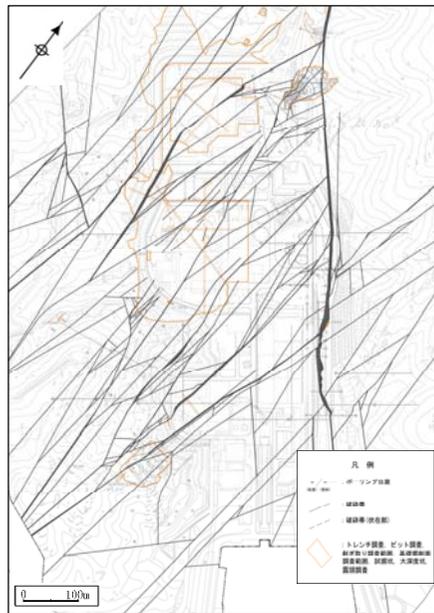
※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布



5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

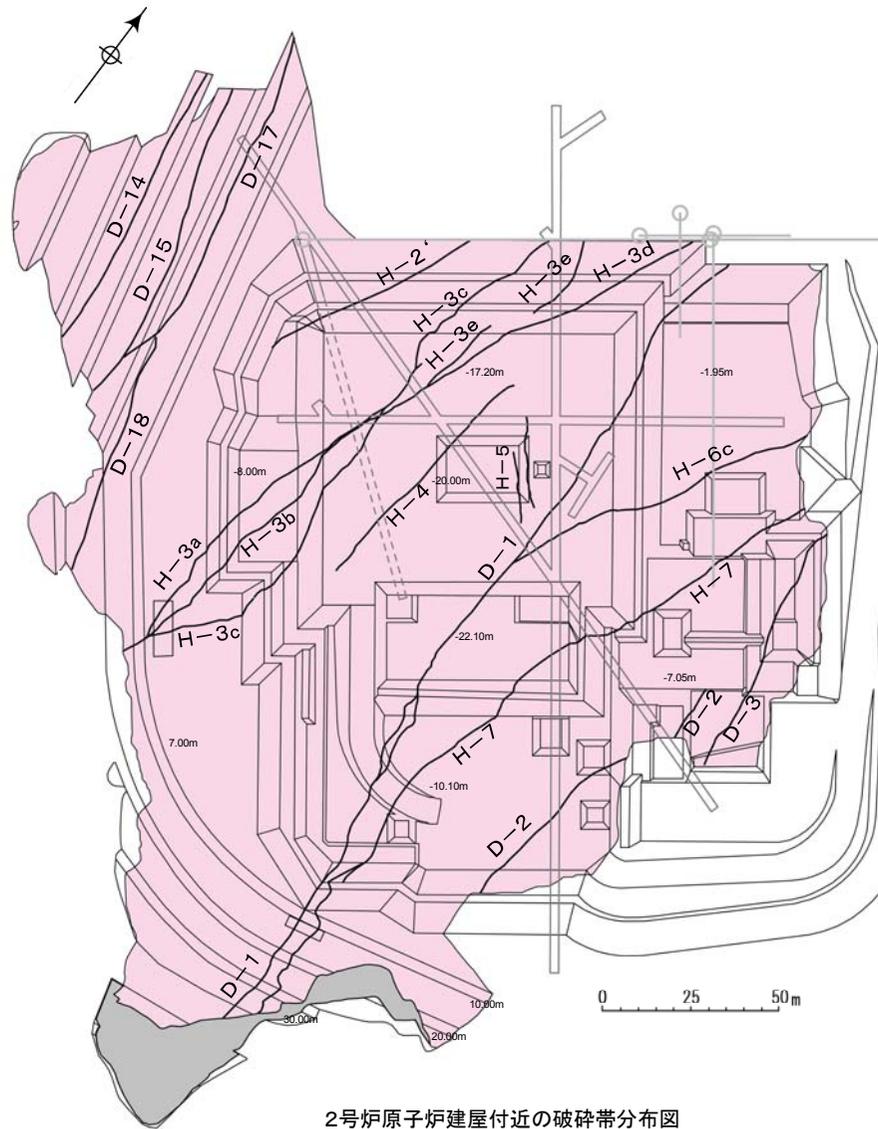
破砕帯分布の判断根拠(例示)

- 2号炉原子炉建屋設置位置付近においては、試掘坑調査及び基礎掘削面調査の結果に基づき、破砕帯の分布を直接確認した。
- N-S走向の破砕帯の連続性が良くNNE-SSW走向の破砕帯を横断して直線状に連続している。

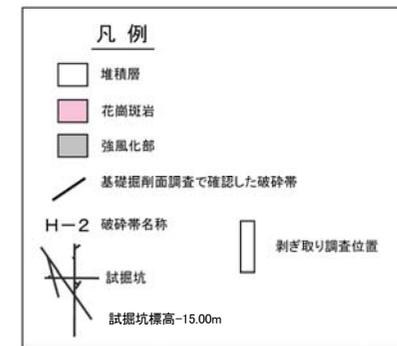


調査位置図

※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布



2号炉原子炉建屋付近の破砕帯分布図



余白

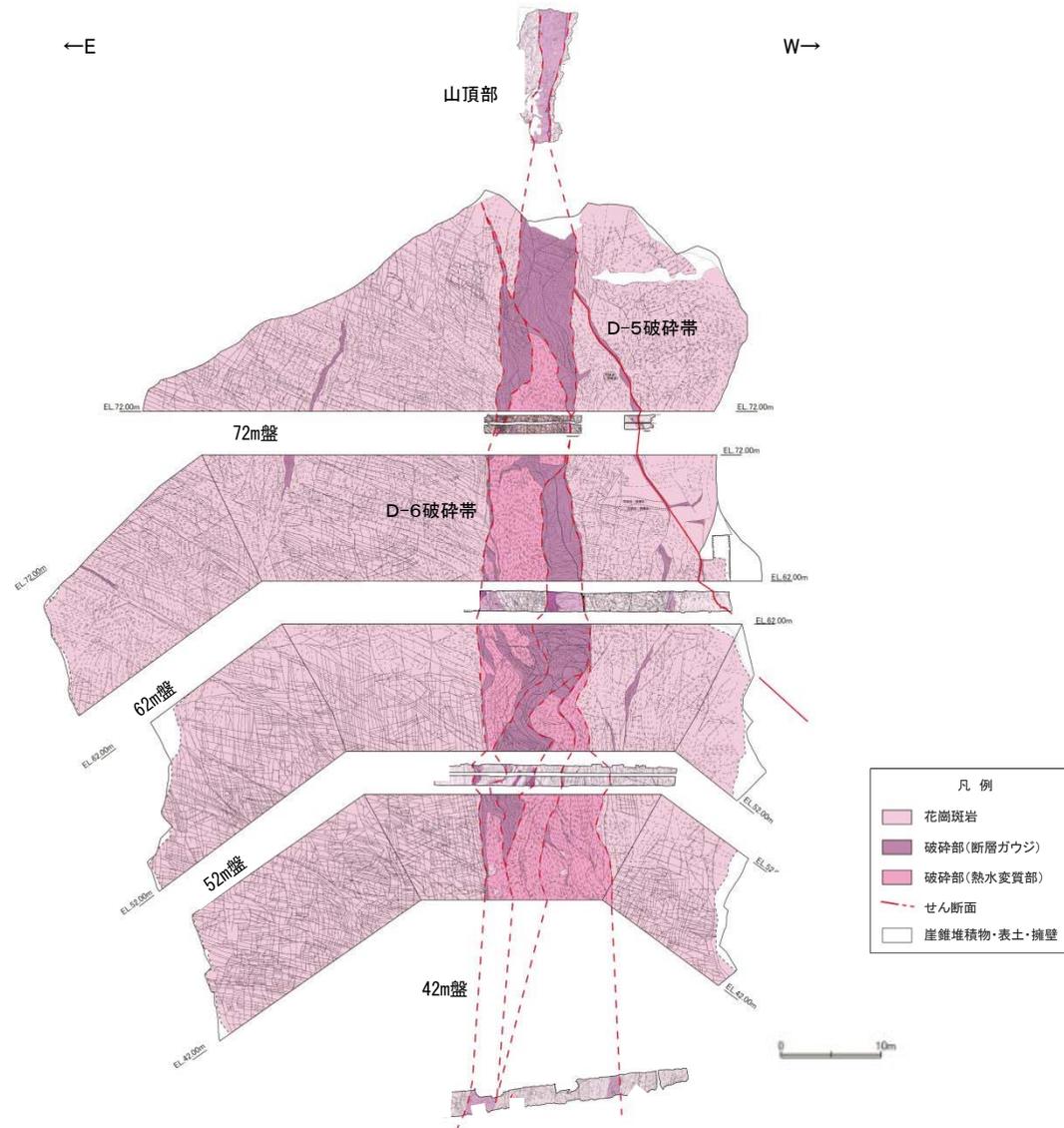
5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について 破砕帯分布の判断根拠(例示)

1号炉原子炉建屋南方斜面における剥ぎ取り調査の結果、D-6破砕帯がD-5破砕帯を横断して直線状に連続している。



D-6破砕帯調査位置図

※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布

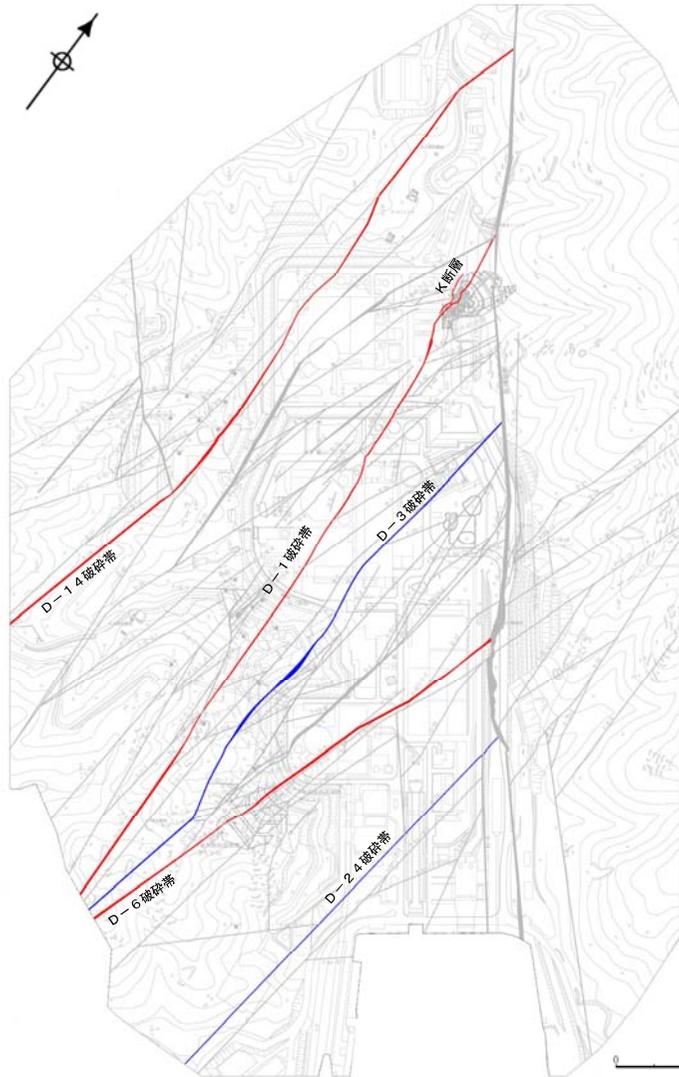


1号炉原子炉建屋南方斜面の破砕帯分布図

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

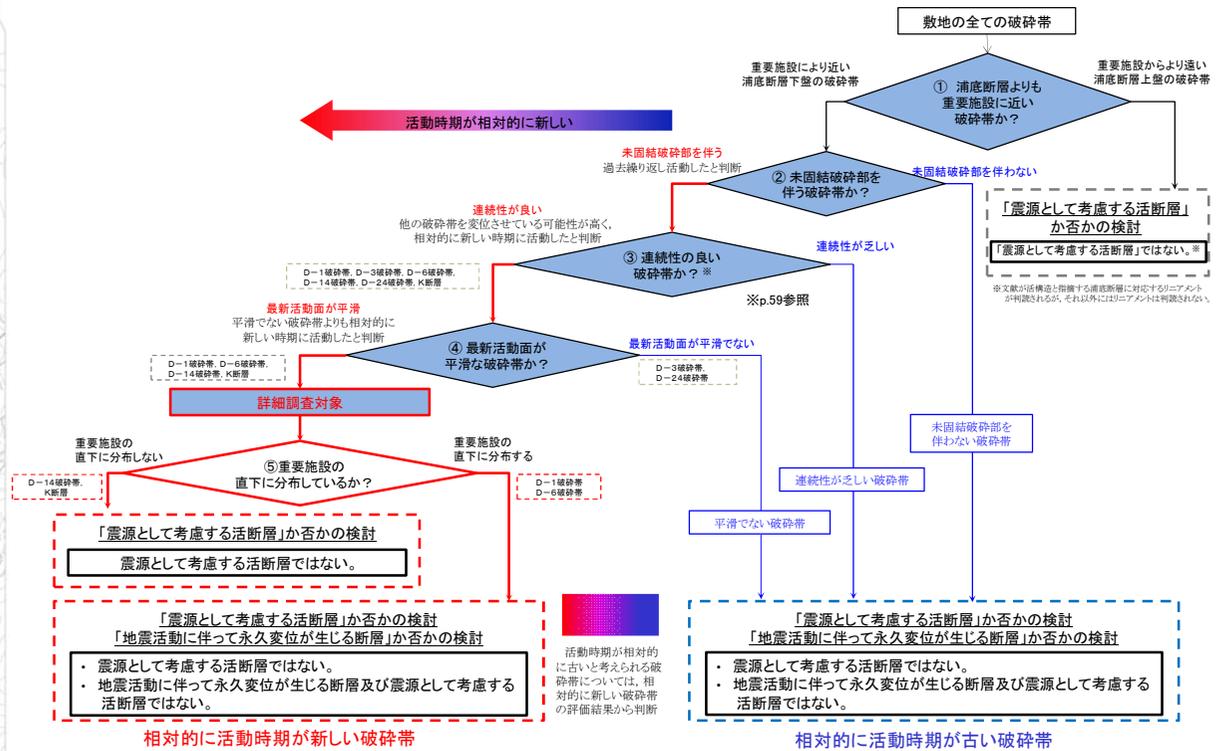
詳細調査の対象とした破砕帯の選定

- 未固結破砕部を伴い活動時期が相対的に新しい破砕帯のうち、せん断構造・変形構造を伴い最新活動面が平滑な破砕帯は4本である。
- 最新活動面は活動後の時間経過に応じて断層面に作用する応力等によって変形していくものと考えられることから、ここではより平滑な最新活動面を有する破砕帯をより新しい時期に活動したものと判断した。
- 最新活動面が平滑な上記の破砕帯について、詳細な調査を行い活動性評価を行った。



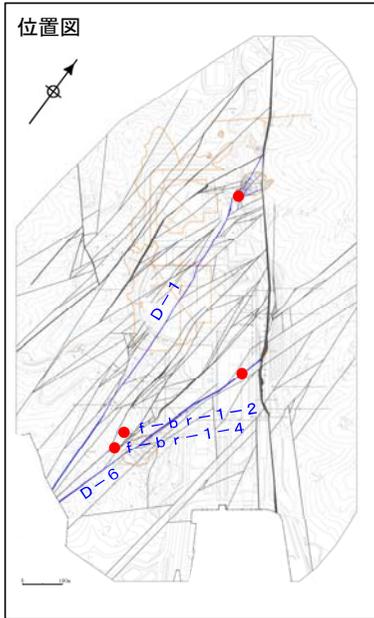
— 最新活動面が平滑な破砕帯
— 最新活動面が平滑でない破砕帯

※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布



5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について 最新活動面の平滑さについて

- ボーリング調査等による破砕部の観察結果から、最新活動面が平滑な破砕帯と最新活動面が非平滑な破砕帯を下記に示す。
- なお、最新活動面が直線的に見えるものを平滑、湾曲して見えるものを非平滑とした。



※浦底断層及び破砕帯はT.P.-15mの分布



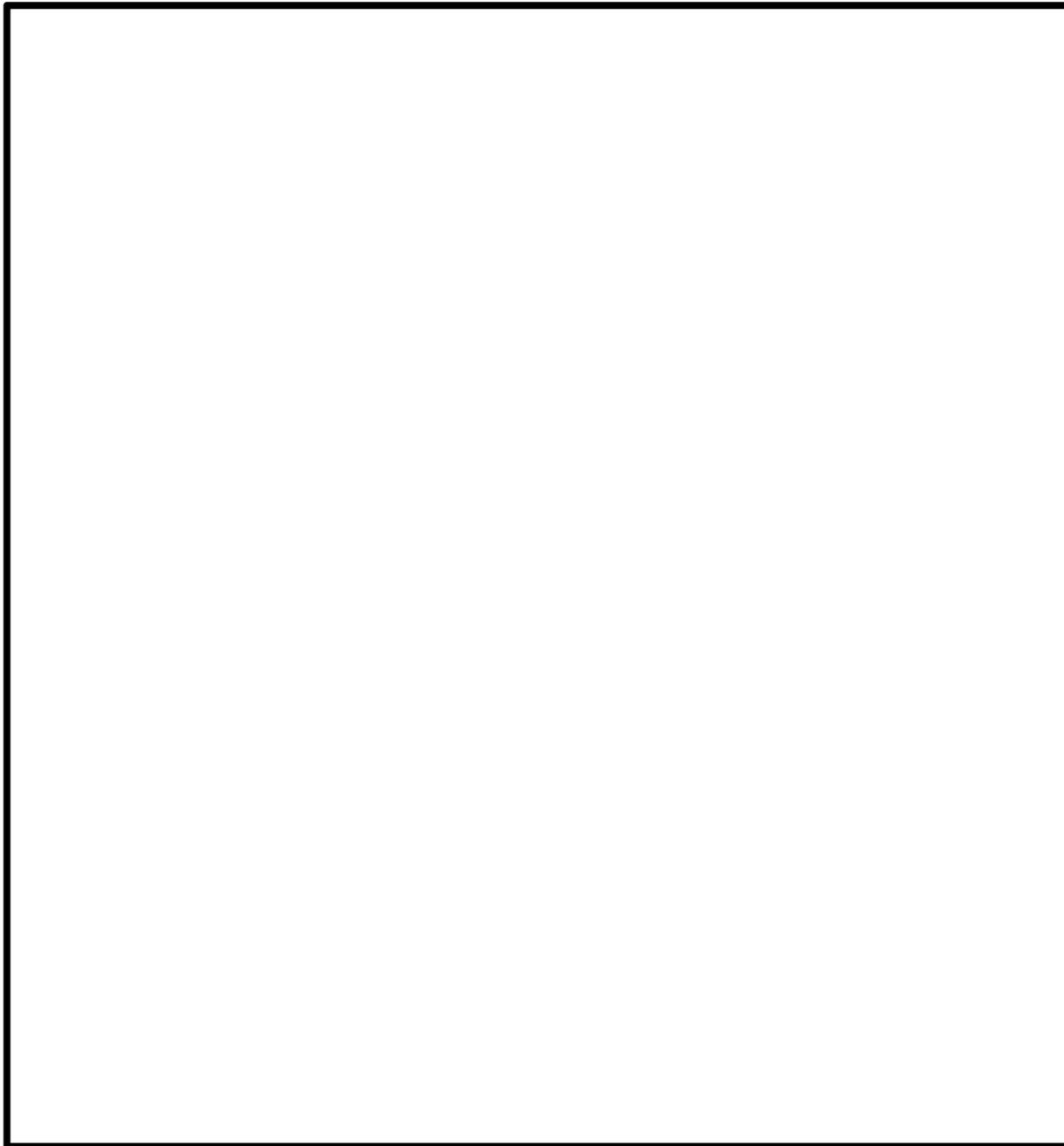
断層ガウジとカタクレーサイトは、コア観察結果に基づき、固結の程度から区分した。

平滑	<p>D-1 破砕帯 (H24-A-11_29.15m)</p> <p>【断層ガウジ】 ・軟質で複合面構造の発達したせん断構造を示す縞状の粘土 ・最新活動面は直線的である。</p>	<p>D-6 破砕帯 (H24-B8-22_176.68m)</p> <p>【断層ガウジ】 ・軟質で引きずり構造や複合面構造のせん断構造・変形構造を示す縞状の粘土 ・最新活動面は直線的である。</p>
	非平滑	<p>f-br-1-4破砕帯 (H27-Br-1_86.20m)</p> <p>【断層ガウジ】 ・軟質で複合面構造が発達したせん断構造を示す粘土 ・最新活動面は湾曲している。</p>

余白

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

詳細調査の対象とした破砕帯の選定(重要施設の直下に分布する破砕帯)



破砕帯名	未固結破砕部	連続性	最新活動面の平滑さ
D-1	伴う	良い	平滑
D-2	伴う	乏しい	非平滑
D-3	伴う	良い	非平滑
D-4	伴う	乏しい	- (※2)
D-5	伴う	乏しい	平滑
D-6	伴う	良い	平滑
D-7	伴わない	良い	- (※1)
D-19	伴う	乏しい	- (※2)
D-20	伴う	乏しい	非平滑
D-24	伴う	良い	非平滑
D-38	伴う	乏しい	- (※2)
D-39	伴う	乏しい	- (※2)
D-43	伴わない	乏しい	- (※1)
D-46	伴う	乏しい	非平滑
f-2-7	伴わない	乏しい	- (※1)
f-2-8	伴う	乏しい	- (※2)
f-4-12	伴う	乏しい	- (※2)
f-6-2	伴う	乏しい	- (※2)
f-12-10	伴わない	乏しい	- (※1)
f-14-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-14-2	伴う	乏しい	非平滑
f-15-2	伴う	乏しい	- (※2)
f-15-3	伴う	乏しい	- (※2)
f-①-1-3	伴う	乏しい	- (※2)
f-①-10-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-②-1-1	伴う	乏しい	- (※2)
f-④-2-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-3-1	伴う	乏しい	- (※2)
f-④-6-3	伴う	乏しい	非平滑
f-④-6-4	伴わない	乏しい	- (※1)
f-b8-34-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-b11-1-1	伴う	乏しい	- (※2)
f-b11-2-2	伴う	乏しい	非平滑
H-2	伴わない	乏しい	- (※1)
H-2'	伴わない	乏しい	- (※1)
H-3a	伴う	乏しい	平滑
H-3b	伴わない	乏しい	- (※1)
H-3c	伴う	乏しい	非平滑
H-3d	伴う	乏しい	非平滑
H-3e	伴う	乏しい	- (※2)
H-4	伴わない	乏しい	- (※1)
H-4'	伴う	乏しい	非平滑
H-5	伴わない	乏しい	- (※1)
H-6c	伴わない	乏しい	- (※1)
H-7	伴う	乏しい	平滑
f-br-1-2	伴う	乏しい	非平滑
f-br-6-1	伴う	乏しい	非平滑
f-br-12-1	伴う	乏しい	非平滑
f-br-12-2	伴う	乏しい	非平滑
f-br-12-3	伴う	乏しい	非平滑
f-d5-1-4	伴う	乏しい	- (※2)

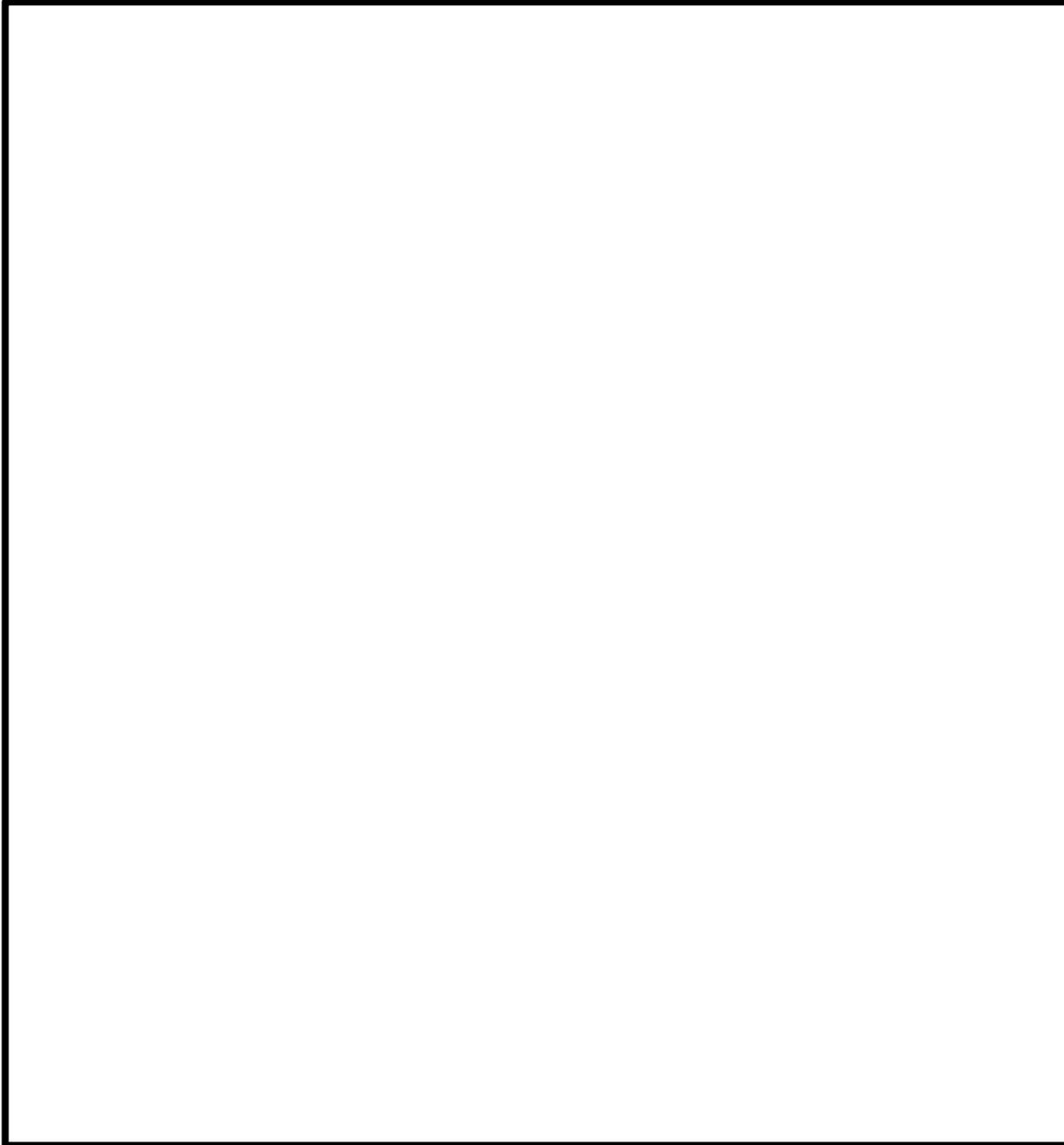
T. P.-15mに分布するものを対象として選定

※1: 未固結破砕部が無い場合、最新活動面の平滑さは検討しない

※2: 未固結破砕部にせん断構造・変形構造が無い場合最新活動面の平滑さは検討しない

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

詳細調査の対象とした破砕帯の選定(重要施設の直下に分布する破砕帯)



枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

詳細調査の対象とした破砕帯の選定(重要施設の直下に分布しない破砕帯)

破砕帯名	未固結破砕部	連続性	最新活動面の平滑さ
D-11	伴う	乏しい	非平滑
D-12	伴う	乏しい	- (※2)
D-13	伴う	乏しい	- (※2)
D-14	伴う	良い	平滑
D-15	伴う	乏しい	非平滑
D-17	伴う	乏しい	- (※2)
D-18	伴う	乏しい	- (※2)
D-21	伴わない	乏しい	- (※1)
D-23	伴わない	乏しい	- (※1)
D-29	伴う	乏しい	- (※2)
D-30	伴う	乏しい	- (※2)
D-32	伴う	乏しい	平滑
D-33	伴う	乏しい	- (※2)
D-34	伴う	乏しい	- (※2)
D-35	伴う	乏しい	非平滑
D-36	伴う	乏しい	非平滑
D-37	伴う	乏しい	非平滑
D-41	伴う	乏しい	非平滑
D-42	伴う	乏しい	- (※2)
D-44	伴う	乏しい	非平滑
D-45	伴う	乏しい	非平滑
D-47	伴わない	乏しい	- (※1)
f-2-3	伴う	乏しい	- (※2)
f-2-11	伴う	乏しい	- (※2)
f-2-12	伴わない	乏しい	- (※1)
f-4-5	伴わない	乏しい	- (※1)
f-4-9	伴う	乏しい	- (※2)
f-4-10	伴わない	乏しい	- (※1)
f-8-11	伴わない	乏しい	- (※1)
f-12-3	伴わない	乏しい	- (※1)
f-12-4	伴わない	乏しい	- (※1)
f-12-6	伴わない	乏しい	- (※1)
f-12-8	伴う	乏しい	- (※2)
f-13-3	伴わない	乏しい	- (※1)
f-14-5	伴う	乏しい	- (※2)
f-15-1	伴う	乏しい	- (※2)
f-17-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-18-1	伴う	乏しい	- (※2)
f-18-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-19-5	伴う	乏しい	非平滑
f-①-2-4	伴わない	乏しい	- (※1)
f-①-3-8	伴わない	乏しい	- (※1)
f-①-9-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-①-9-3	伴う	乏しい	非平滑
f-②-1-2	伴う	乏しい	- (※2)
f-②-1-3	伴う	乏しい	非平滑

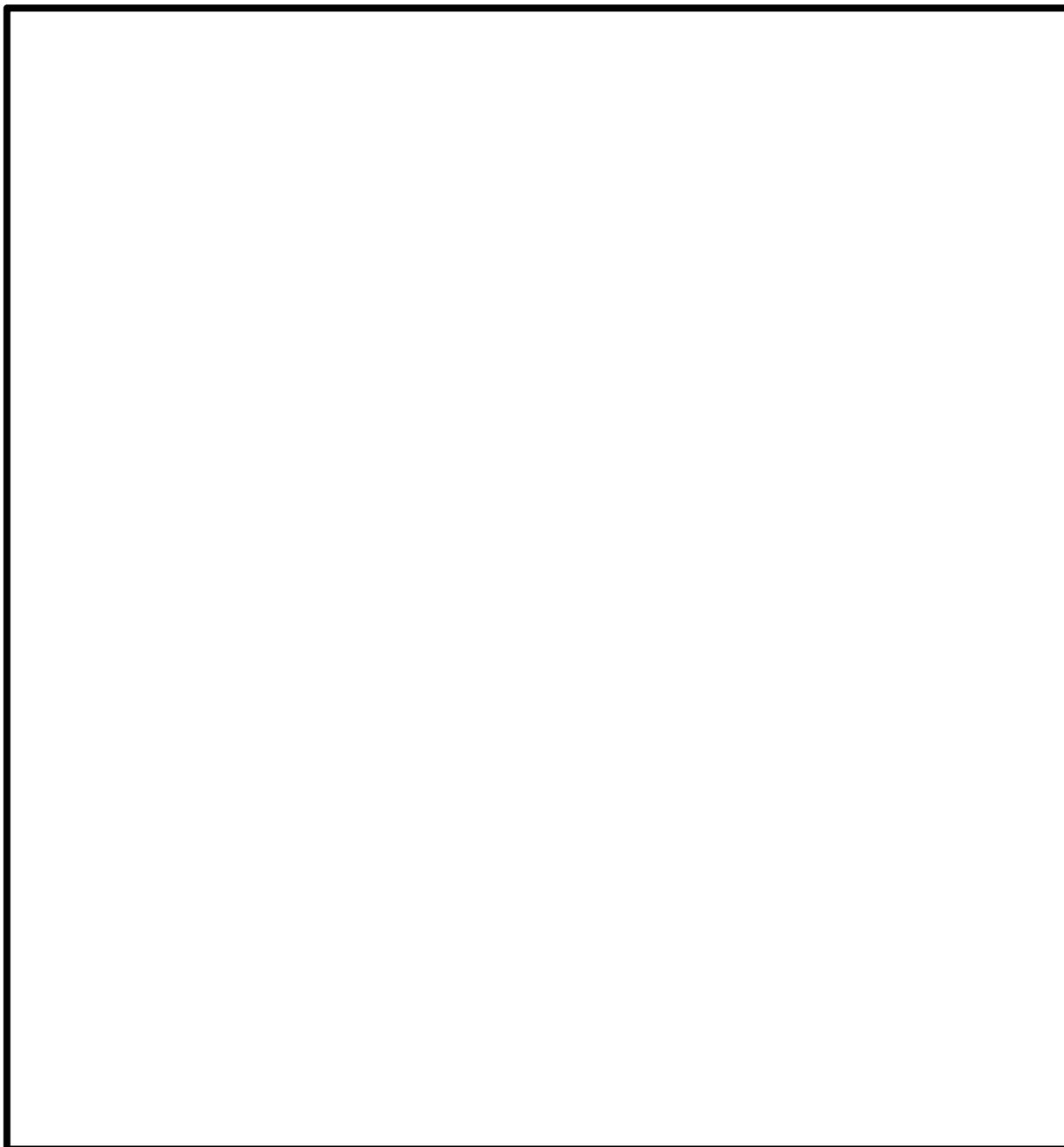
破砕帯名	未固結破砕部	連続性	最新活動面の平滑さ
f-③-1-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-1-3	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-1-4	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-2-3	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-5-3	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-6-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-6-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-④-7-1	伴う	乏しい	非平滑
f-④-9-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-2-2	伴う	乏しい	- (※2)
f-⑥-2-5	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-3-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-3-3	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-3-4	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-3-5	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-3-8	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-3-9	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-4-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-5-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-5-2	伴う	乏しい	非平滑
f-⑥-7-2	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-7-4	伴わない	乏しい	- (※1)
f-⑥-7-5	伴う	乏しい	- (※2)
f-⑥-7-6	伴う	乏しい	- (※2)
f-⑥-7-8	伴う	乏しい	- (※2)
f-b'-2-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-b8-21-1	伴う	乏しい	非平滑
f-b8-21-2	伴う	乏しい	- (※2)
f-d1-1-10	伴う	乏しい	非平滑
f-d1-1-11	伴う	乏しい	- (※2)
f-d1-4-5	伴う	乏しい	- (※2)
f-d1-5-1	伴う	乏しい	非平滑
f-b14-1-2	伴う	乏しい	- (※2)
f-b14-2-1	伴う	乏しい	非平滑
f-b14-2-2	伴わない	乏しい	- (※1)
H-1	伴わない	乏しい	- (※1)
f-b-2-14	伴う	乏しい	非平滑
f-b-2-21	伴う	乏しい	- (※2)
f-b-2-22	伴う	乏しい	非平滑
f-br-1-3	伴う	乏しい	非平滑
f-br-1-4	伴う	乏しい	非平滑
f-br-1-5	伴う	乏しい	非平滑
f-br-5-1	伴う	乏しい	非平滑
M	伴わない	乏しい	- (※1)
K断層	伴う	良い	平滑
B	伴わない	乏しい	- (※1)

T. P.-15mlに分布するものを対象として選定

※1:未固結破砕部が無い場合、最新活動面の平滑さは検討しない
 ※2:未固結破砕部にせん断構造・変形構造が無い場合最新活動面の平滑さは検討しない

5.2.2.1 詳細調査の対象とした破砕帯の選定について

詳細調査の対象とした破砕帯の選定(重要施設の直下に分布しない破砕帯)



枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

余白