

敦賀発電所敷地内の破砕帯の調査について

平成 2 4 年 5 月 8 日

原子力安全・保安院

敷地内破砕帯に係る追加地質調査に係る現場実態調査について (日本原子力発電(株) 敦賀発電所)

平成 24 年 4 月 26 日
耐震安全審査室

1. 現場実態調査実施日

平成 24 年 4 月 24 日(火)

2. 現場実態調査実施場所

日本原子力発電(株) 敦賀発電所

3. 現場実態調査内容

敷地内の破砕帯の露頭調査(H-3a 破砕帯、D-1 破砕帯 他)

4. 専門家

阿部信太郎	産業技術総合研究所地震災害予測研究チーム長
杉山雄一	産業技術総合研究所活断層・地震研究センター主幹研究員
遠田晋次	京都大学防災研究所准教授
山本博文	福井大学教育地域科学部教授

5. 調査概要

- 敷地内の破砕帯の活動性について、露頭及びトレンチで現地調査を実施。
- 委員は、破砕帯の性状からは年代感は特定できないが、浦底断層の動きに引きずられた可能性があるとの指摘があった。

(注)

原子力安全委員会の耐震指針の手引きによれば、活断層や副断層の直上に耐震設計上重要な施設を設置することは想定しておらず、浦底断層と同時に破砕帯が活動したことが確認されれば、当該手引き上、副断層と明確に位置付けられ、指針との関係で問題となる可能性がある。

新耐震指針に照らした耐震安全性評価
敦賀発電所 敷地の地質・地質構造について
現地調査資料

平成24年4月24日
日本原子力発電株式会社

破碎帯の評価に関する経緯

破砕帯の評価概要について

耐震設計審査指針*1

5. 基準地震動の策定
(2)「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」
②「敷地周辺の活断層の性質」
i) 耐震設計上考慮する活断層としては、後期更新世以降の活動が否定できないものとする。
なお、その認定に際しては最終間氷期の地層又は地形面に断層による変位・変形が認められるか否かによることができる。

安全審査の手引き*2

V. 建物・構築物の地盤の支持性能の評価
建物・構築物が設置される地盤は、想定される地震力及び地震発生に伴う断層変位に対して十分な支持性能をもつ必要がある。
建物・構築物の地盤の支持性能の評価においては、次に示す各事項の内容を満足していなければならない。ただし、耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認された場合、その直上に耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物・構築物を設置することは想定していないことから、本章に規定する事項については適用しない。
(解説)
上記ただし書については、耐震設計上の重要度分類Sクラスの建物・構築物の真下に耐震設計上考慮する活断層の露頭が確認される場合、その活断層の将来の活動によって地盤の支持性能に重大な影響を与えるような断層変位が地表にも生じる可能性を否定できないことから、そのような場所における当該建物・構築物の設置は想定していないという趣旨である。
なお、地震を発生させる断層(主断層)と構造的に関係する副断層についても、上記ただし書を適用する。

破砕帯の特徴

- ・破砕帯が複数分布
- ・主としてN-S～NE-SW走向、高角度傾斜

破砕帯の活動性評価

耐震設計上、考慮すべき断層ではない。

(根拠)
・変動地形が認められない。
・後期更新世以降の地層に変位・変形を与えていない。
← **今回さらにデータ補強**
・ドレイト岩脈(約21Maに貫入)に変位を与えていない。
← **今回さらにデータ補強**
・最新活動面の鉛直方向の変位センスは正断層センスであり、現在の西南日本の広域応力場に想定される変位センスとは調和的でない。
・破砕帯を挟んで分布する岩盤の風化の程度に大きな差異は認められない。 ← **今回新たに検討**

破砕帯が浦底断層の副断層である可能性評価

破砕帯は浦底断層の副断層ではない。

(根拠)
・両者の最新活動時期は異なっており、少なくとも後期更新世以降に同時に活動した状況は認められない。 ← **今回さらにデータ補強**
・浦底断層が活動した際の破砕帯の安定性について検討。その結果、破砕帯は安定的であることから、両者は今後も同時に活動しないものと判断。
← **今回さらに検討を追加**
(H24.5報告予定)

*1 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針
平成18年9月19日, 原子力安全委員会
*2 発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き
平成22年12月20日, 原子力安全委員会

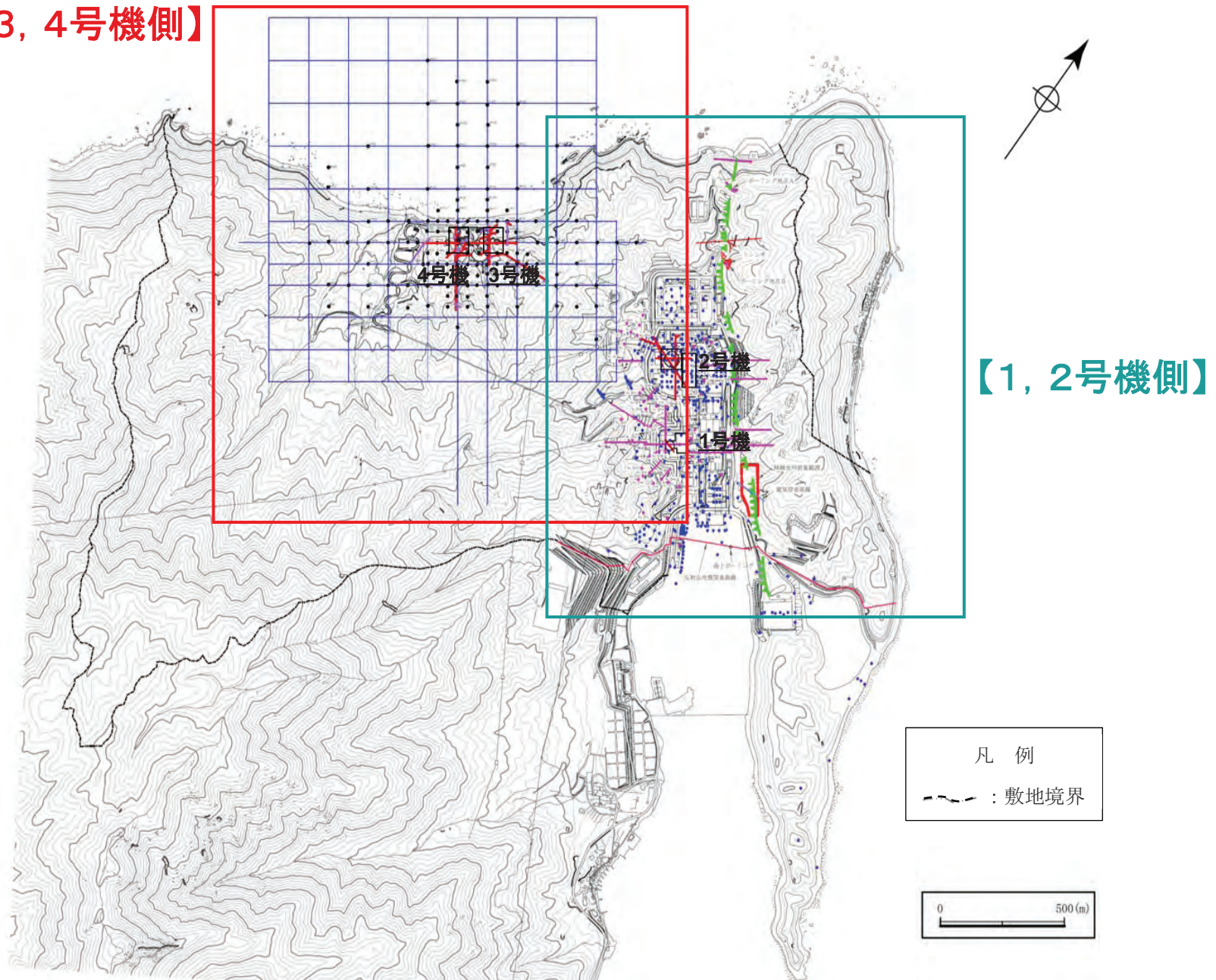
地形・地質調査の内容

主な調査項目

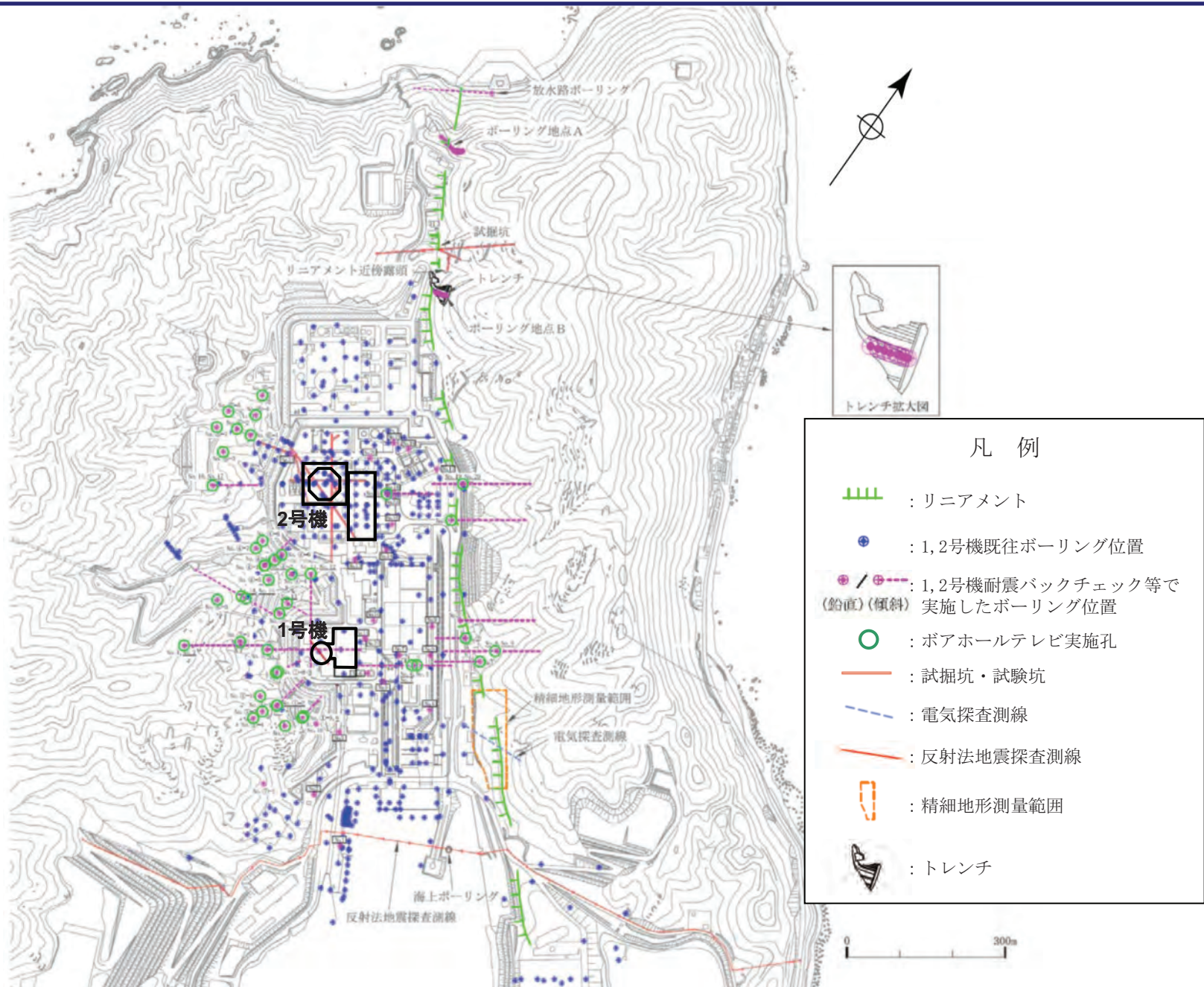
- ・変動地形学的調査
- ・地表地質調査
- ・ボーリング調査(ボアホールカメラ併用)
- ・トレンチ調査
- ・試掘坑調査
- ・年代分析
- ・断層破砕部の微細構造観察

敷地の調査

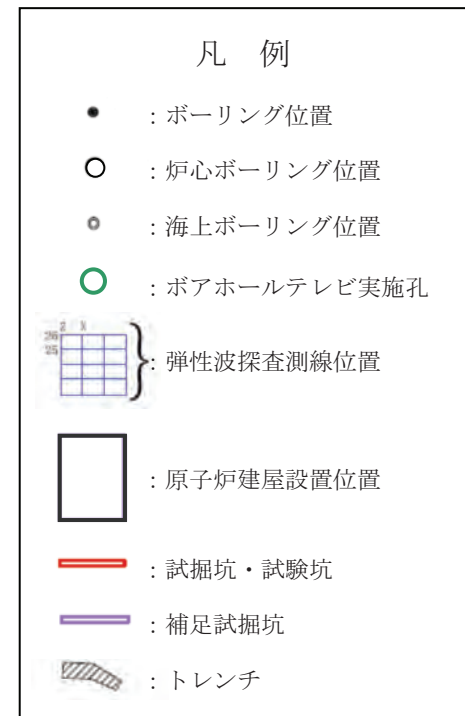
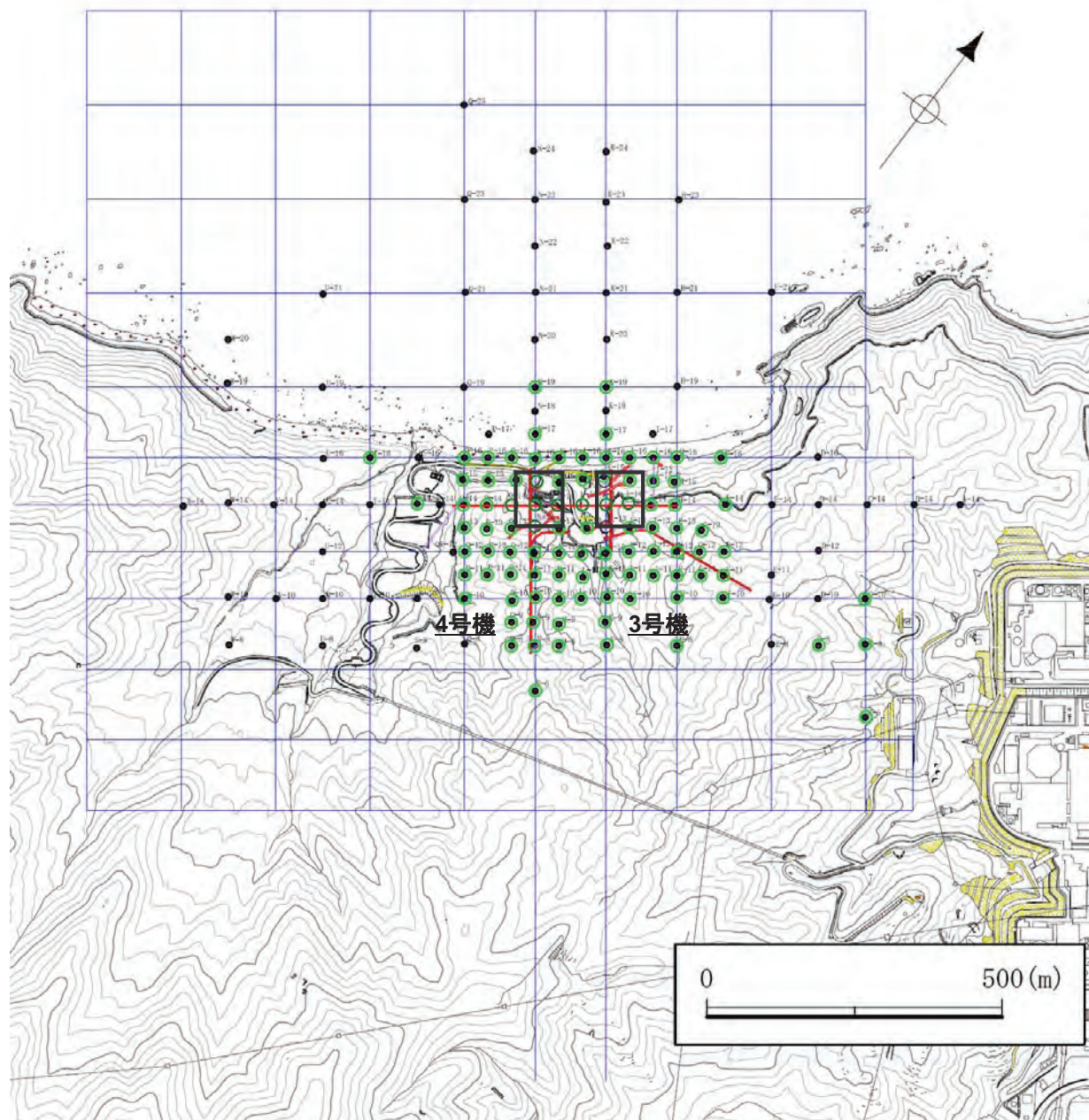
【3, 4号機側】



敷地の調査(1, 2号機側)



敷地の調査(3, 4号機側)



地形調査の結果

- ・浦底断層以外には、敷地に活断層を指摘する文献はない。
- ・空中写真判読結果などから、破碎帯に対応する変動地形はないものと判断している。

敷地付近の活断層に関する文献

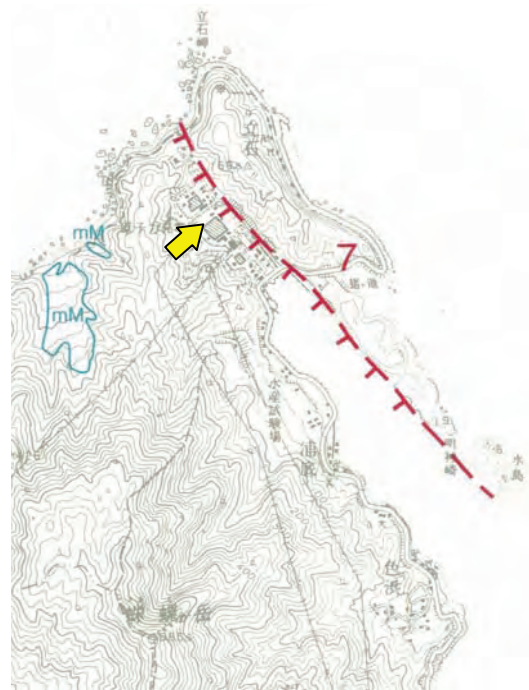
活断層研究会編
「新編 日本の活断層(1991)」



断層名	長さ	確実度	変位の向き
61浦底	3km	I	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

岡田・東郷編
「近畿の活断層(2000)」



断層名	長さ	確実度	変位の向き
7浦底	3.5km	Ⅱ	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

中田・今泉編
「活断層詳細デジタルマップ(2002)」

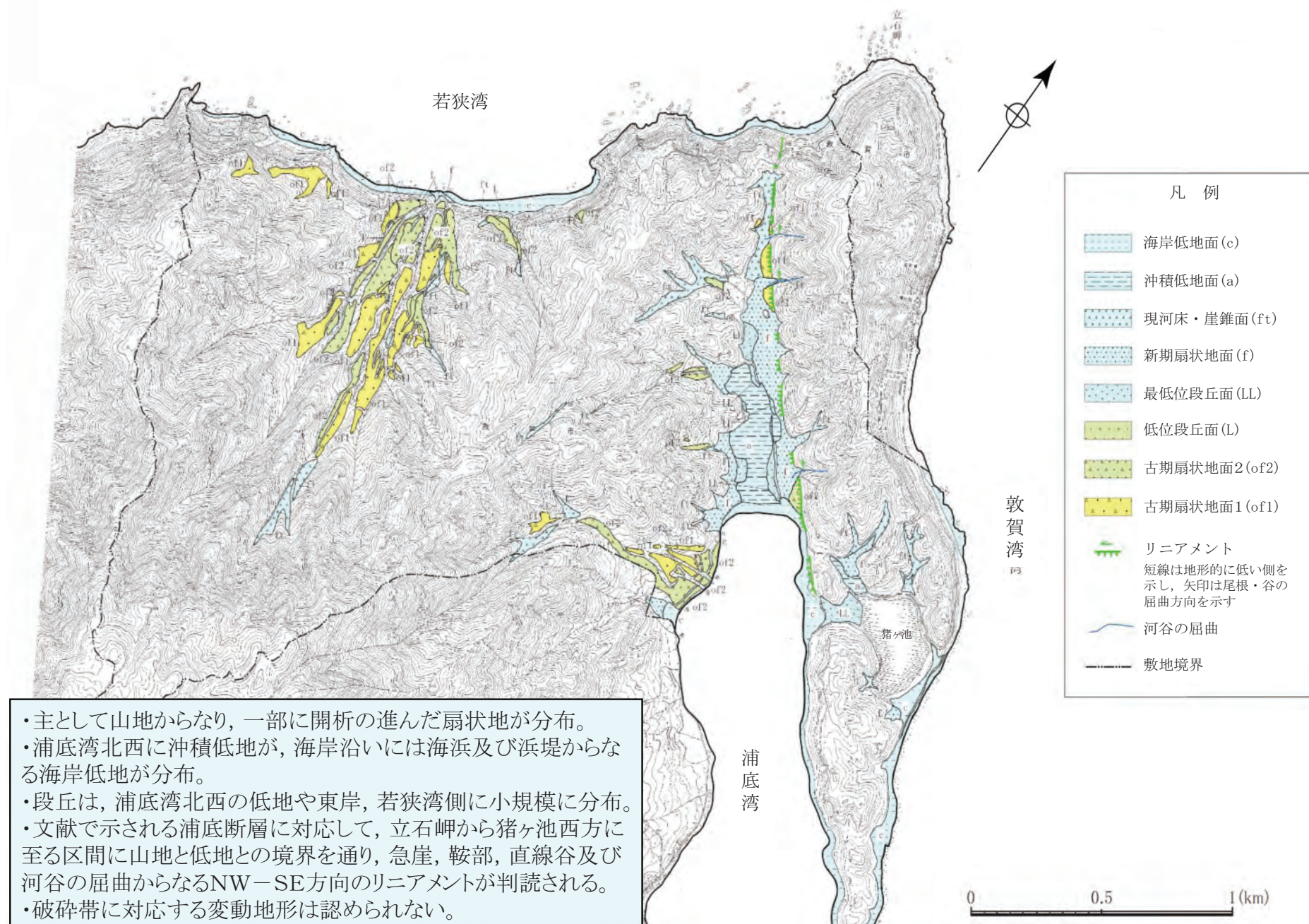


断層名	長さ	分類	変位の向き
①名称なし	約3km (図読)	推定活断層	北東隆起

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

- ・敷地及びその近傍に浦底断層が指摘されている。
- ・破碎帯に対応する変動地形は指摘されていない。

敷地の地形(地形面区分図)

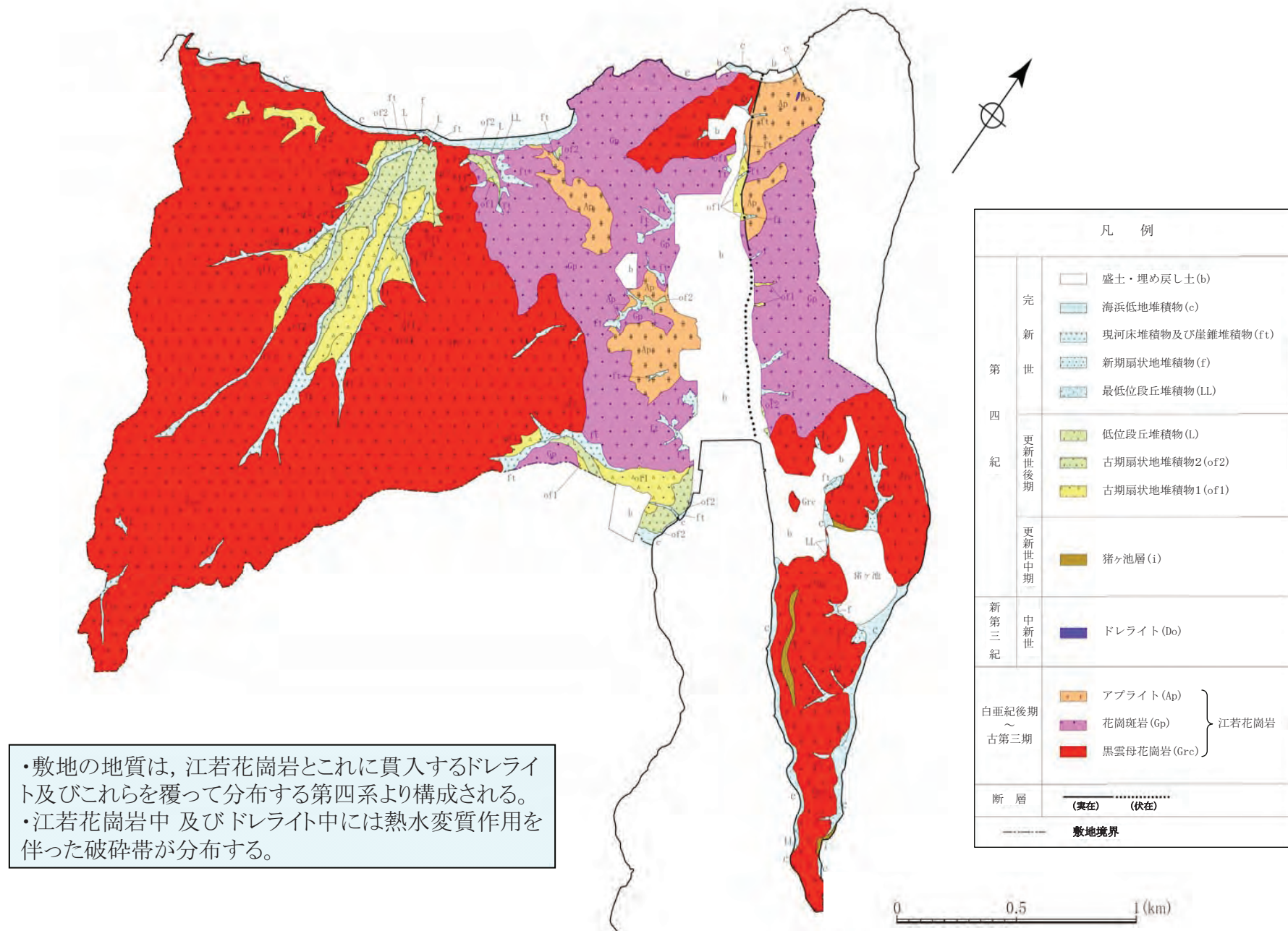


- ・主として山地からなり、一部に開析の進んだ扇状地が分布。
- ・浦底湾北西に沖積低地が、海岸沿いには海浜及び浜堤からなる海岸低地が分布。
- ・段丘は、浦底湾北西の低地や東岸、若狭湾側に小規模に分布。
- ・文献で示される浦底断層に対応して、立石岬から猪ヶ池西方に至る区間に山地と低地との境界を通り、急崖、鞍部、直線谷及び河谷の屈曲からなるNW-SE方向のリニアメントが判読される。
- ・破碎帯に対応する変動地形は認められない。

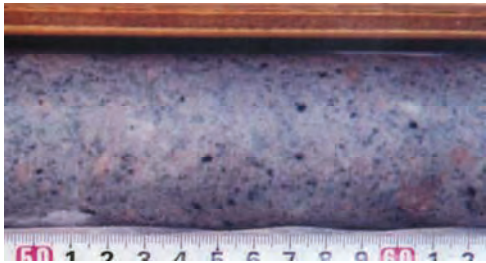
地質調査の結果

- ・敷地は主として花崗岩からなり、一部でドレライト岩脈が分布している。
- ・花崗岩及びドレライト中には、破碎帯が認められる。
- ・花崗岩中の破碎帯は主としてN-S～NE-SW走向、ドレライト中の破碎帯はENE－WSW走向であり、いずれも高角度に傾斜している。

敷地の地質

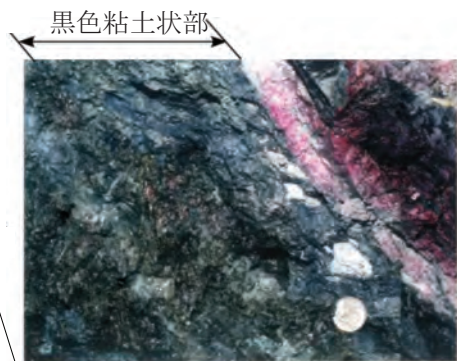
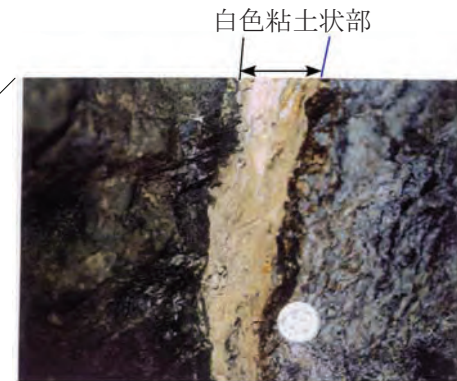


確認された岩種について

岩種名 地質記号		写真(ボーリングコア)	特 徴
江 若 花 崗 岩	黒雲母花崗岩 Gr		・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		・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		・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			・填間状組織 ・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

破砕帯の性状

	構 成	性 状
江若花崗岩中	白色粘土状部	著しい熱水変質作用を被り軟質化しており、原岩組織は残っていない。白色～灰色を帯びる粘土及びシルトの基質中に花崗岩質の砂及び礫粒径の岩片を含む。
	軟質劣化部	熱水変質作用を被り軟質化しているが、原岩組織を残す。白色～灰色を帯びる粘土及びシルトを挟む割れ目が発達する。
ドレライト中	黒色粘土状部	著しい熱水変質作用を被り軟質化しており、原岩組織は残っていない。暗灰色～黒色を帯びる粘土及びシルトの基質中にドレライト質の砂及び礫粒径の岩片を含む。花崗岩質の砂及び礫粒径の岩片を含むこともある。



- ・破砕帯は、熱水変質作用を被っており、熱水変質作用による軟質化の程度、原岩組織の程度、色調から便宜的に3つに区分。
- ・一部の破砕帯については、条線が認められ、岩種境界に変位を与えていることを確認していることから、破砕帯は過去に断層運動を生じたものであると判断される。

破碎帯の性状(X線回折分析)

1,2号機側

分類	対象	鉱物名 試料採取位置	緑 泥 石	白 雲 母 類	カ オ リ ナ イ ト	ス メ ク タ イ ト	濁 沸 石	石 英	斜 長 石	カ リ 長 石	方 解 石	黄 鉄 鉱	菱 鉄 鉱
江 若 花 崗 岩 中	f-①-5	f-①-5			・	○		◎	△	△			
	f-②-2	f-②-2		・	・	・		◎	◎	◎			
	f-③-1	f-③-1		・	・	・		◎	◎	○			
	D-1	f-②-1-4		・	・	・		◎	△	◎			
	D-2	f-③-1-3		・	・	・		◎	△	△			
	D-3	f-3-1				△		◎	・	△			
	D-4	f-①-10-1			△	・		◎	・	△			
	D-5	f-①-9-4		・	・	△		◎	△	◎			
	D-6	f-①-4-2		・	・	・		◎	△	△			
	D-7	f-4-11		・	・	・		◎	◎	◎			
	D-11	f-17-5		・	・	△		◎	・	△			
	D-12	f-17-6		・	・	△		◎		・			
	D-13	f-16-4			・	△		◎	・	△			
	D-14	f-17-8			・	・		◎	○	○			
	D-15	f-17-9		・	・	△		◎	◎	◎			
	D-16	f-17-10		・	・	・		◎	○	△			
	D-17	f-17-11		・	・			◎	◎	◎			
	D-18	f-17-12		・	・			◎	◎	○			
	D-19	f-①-4-4		・	・	・		◎	△	◎			
	D-20	f-④-5-1				△		◎		△			
	D-21	f-④-5-2				△	・	◎		○			
	D-22	f-⑥-1-1			・			◎	・	△			
	D-23	f-⑥-2-6		・	・	・		◎	○	○			
	f-7-1	f-7-1			・	・		◎	△	△			
	f-8-2	f-8-2				・		◎	○	○			
	f-8-5	f-8-5		・	△	△		◎	◎	△			
	f-19-2	f-19-2			・	・		◎	△	○			
	f-④-7-1	f-④-7-1			・			◎		△			
	f-④-4	f-④-4			・	・		◎	◎	◎			
	f-④-5	f-④-5			・	・		◎	○	○			

相対含有量：◎多量、○中量、△少量、・微量

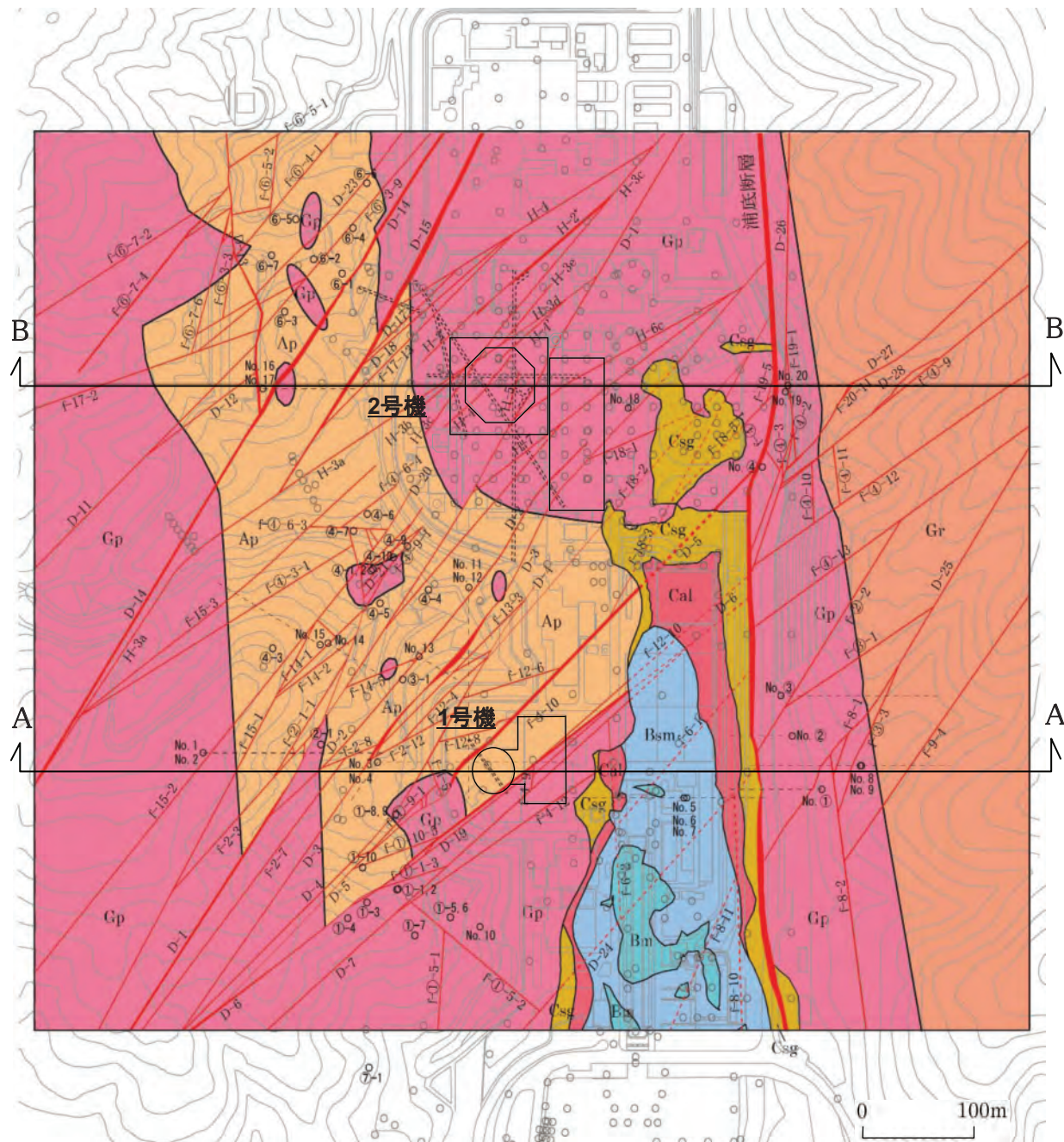
3,4号機側

分類	対象	鉱物名 試料採取位置	緑 泥 石	白 雲 母 類	カ オ リ ナ イ ト	ス メ ク タ イ ト	濁 沸 石	石 英	斜 長 石	カ リ 長 石	方 解 石	黄 鉄 鉱	菱 鉄 鉱
江 若 花 崗 岩 中	f-1	F-10孔	・	・	・	○		◎	△	◎	○		
	f-2	H-10孔			・	△		◎	○	◎			
	f-3	試験坑 B2			・	△		◎	・	○			
	f-4	H-11孔		△	・	・		◎	・	○	・		
	f-5	試験坑 B1			・	◎		◎		○			
	f-6	試験坑 B1		・	・	○		◎	△	○			
	f-7	O-9孔		・	・			◎	○	◎			
	f-8	試験坑 C2		・	△	△		△	◎				
	f-9	試験坑 B1		・	・	△		◎	△	○			
	f-10	試験坑 C2		・	△	○		△	△	△			
	f-11	試験坑 B1			・	△		◎	○	△			
	f-12	試験坑 A1			・	◎		◎	△	△			
	f-13	補足試験坑 A4		・	△	△		◎	◎	△			
	f-14	試験坑 C1		・	・	△		◎	○	○			
	f-15	試験坑 C1		・	・	・		◎	○	○			
	f-16	試験坑 A3 山側		・		△		◎		・	△	・	
	f-17	試験坑 A3 山側			・	△		◎	△	△	△		
	f-18	試験坑 i		・	△	○		◎	△	△			
	f-19	補足試験坑 f		・	・	△		◎		△	・		
	f-20	Q-13孔		△	△			◎	○	△			
	f-21	試験坑 A1		・	△	△		◎		△			△
	f-22	補足試験坑 A5		・	△	・		◎		△			
	f-23	S-14孔		・	・	・		◎	◎	◎			
	f-24	K-19孔		・	△	△		◎		△	・		
ド レ ア イ ト 中	f-25	試験坑 m		△		◎	・	△			○		

相対含有量：◎多量、○中量、△少量、・微量

・花崗岩中の破碎帯は1,2号機側、3,4号機とも石英、カリ長石、斜長石、白雲母類、カオリナイト及びスメクタイトが含まれる。
・ドレライト中の破碎帯は多量のスメクタイトと中量の方解石を含むとともに濁沸石を伴っている。

地質平面図(1, 2号機側)



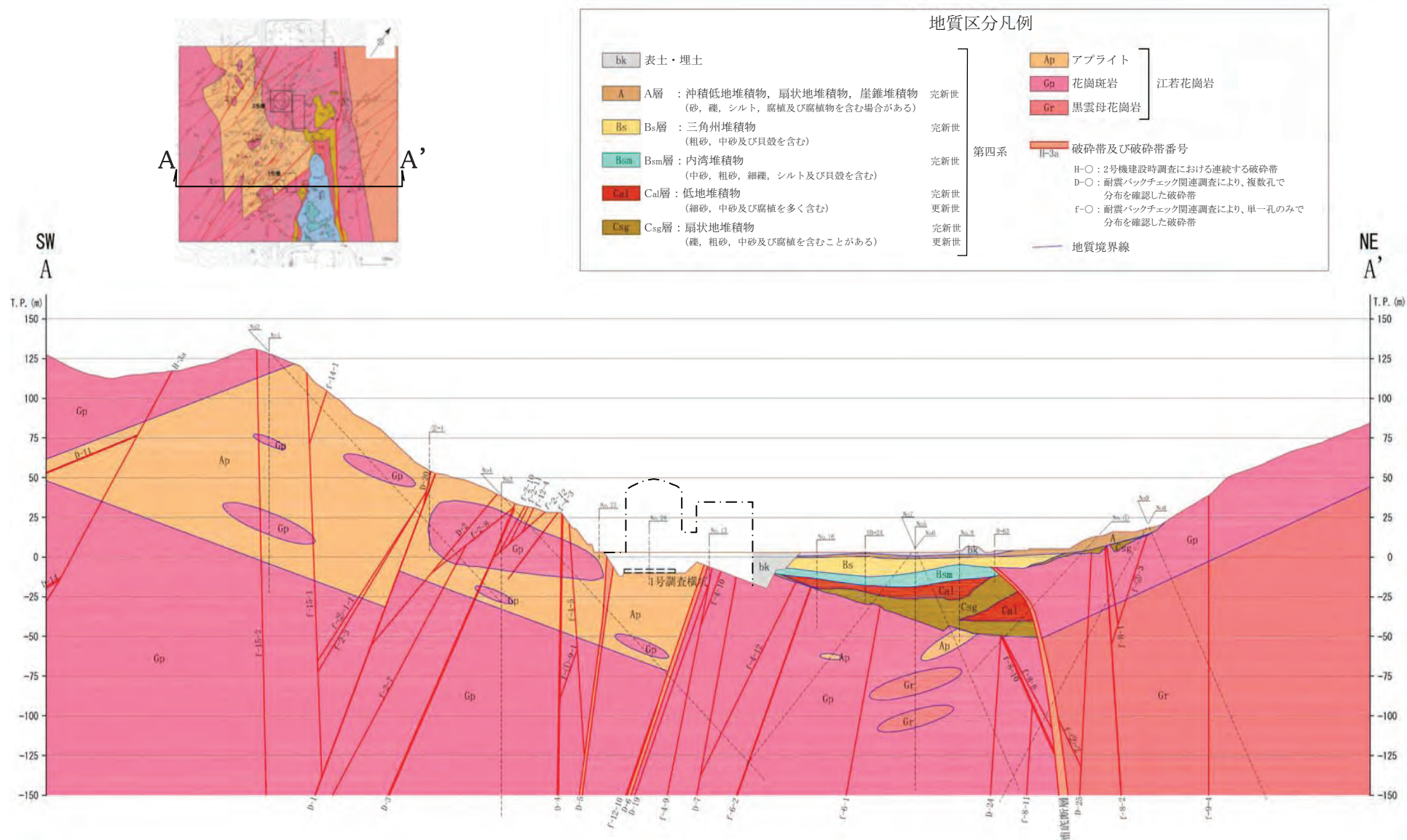
- ・破碎帯は、N-S～NE-SW方向のものが卓越している。
- ・浦底断層は、NW-SE方向である。

地質区分凡例

Bm	Bm層：内湾堆積物 (シルト及び細砂、貝殻を含む)	完新世	第四系
Bsm	Bsm層：内湾堆積物 (中砂、粗砂、細礫、シルト及び貝殻を含む)	完新世	
Cal	Cal層：低地堆積物 (細砂、中砂及び腐植を多く含む)	完新世 更新世	
Csg	Csg層：扇状地堆積物 (礫、粗砂、中砂及び腐植を含むことがある)	完新世 更新世	
Ap	アプライト	江若花崗岩	
Gp	花崗斑岩		
Gr	黒雲母花崗岩		
H-3a	破碎帯及び破碎帯番号		
H-O	2号機建設時調査における連続する破碎帯		
D-O	耐震バックチェック関連調査により、複数孔で分布を確認した破碎帯		
F-O	耐震バックチェック関連調査により、単一孔のみで分布を確認した破碎帯		

T.P.-15m水平断面図

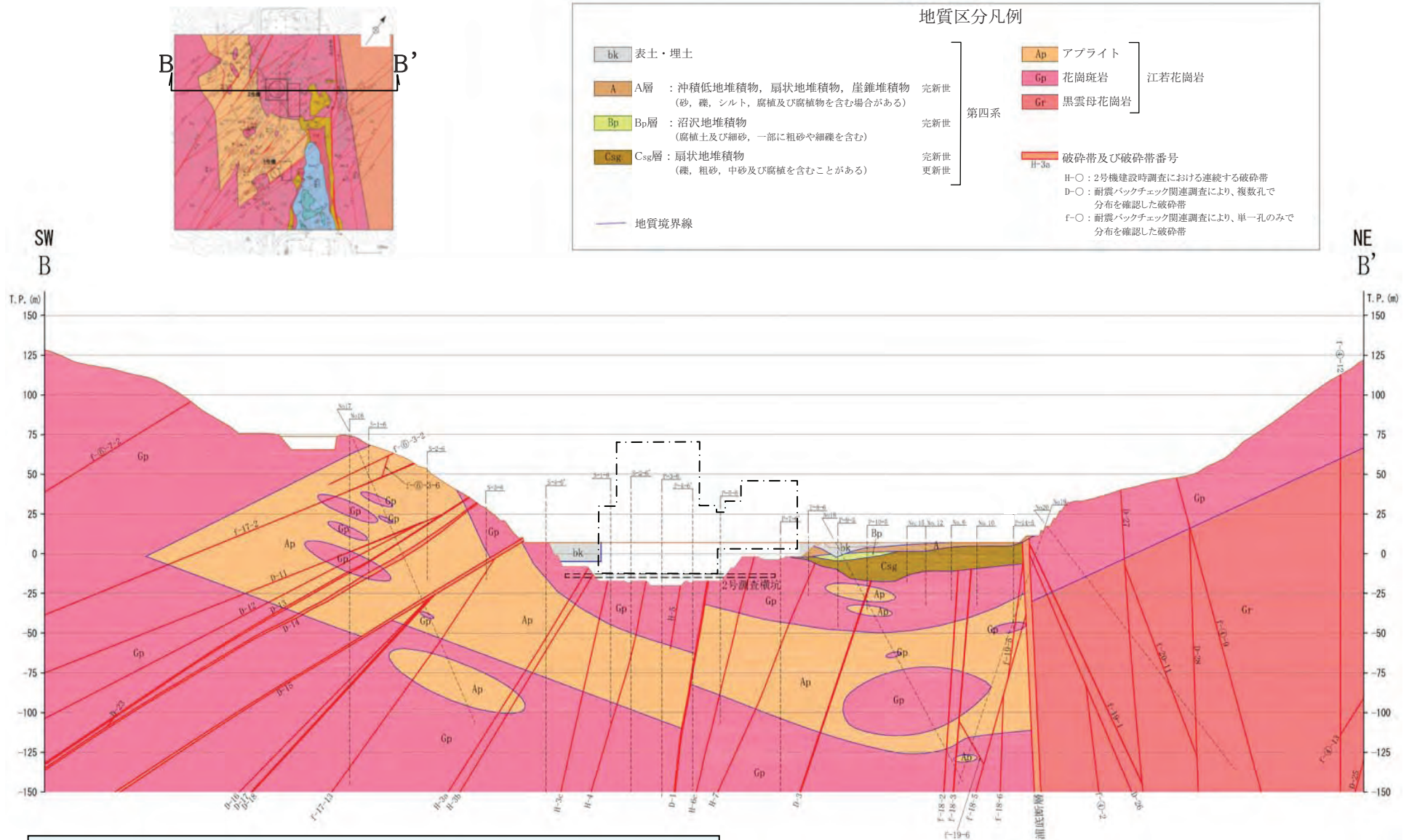
地質断面図(1号機)



- ・破碎帯は、高角度で西側に傾斜するものが多い。
- ・破碎帯は、岩種境界(Gp/Ap境界)を正断層的に変位させている。

1号機地質断面図 A-A'断面

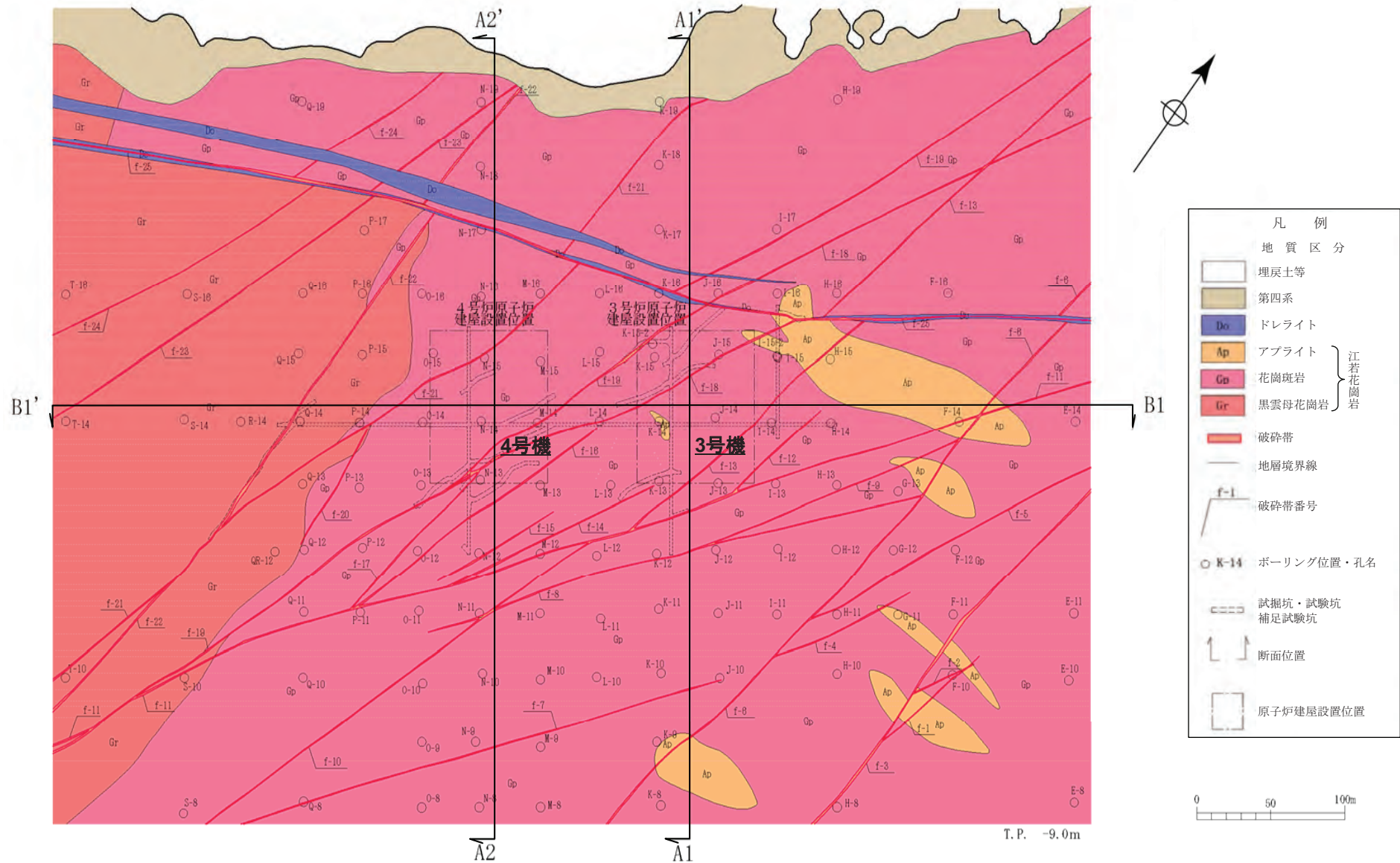
地質断面図(2号機)



- ・破砕帯は、高角度で西側に傾斜するものが多い。
- ・破砕帯は、岩種境界(Gp/Ap境界)を正断層的に変位させている。

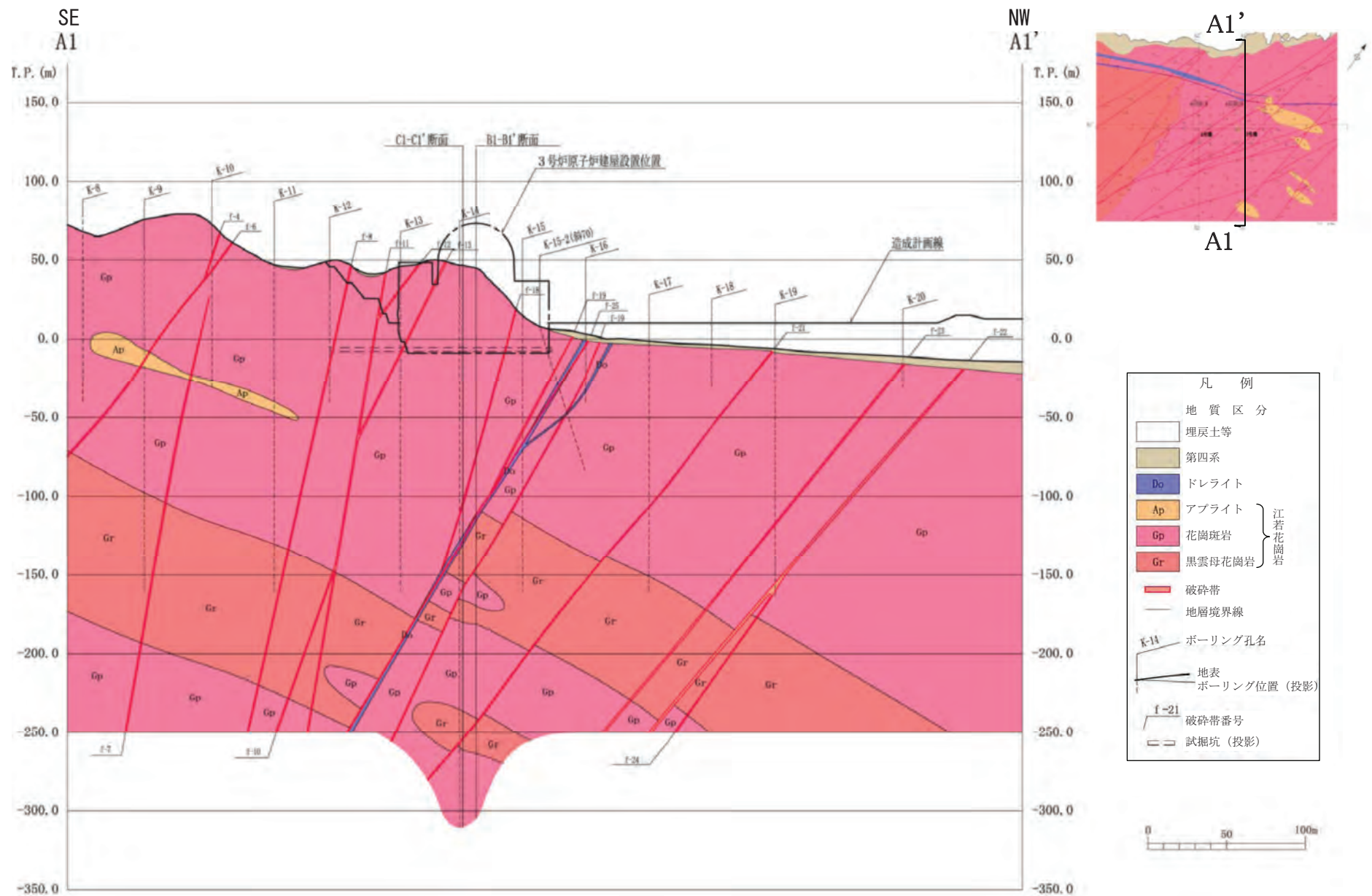
2号機地質断面図 B-B'断面

地質平面図(3, 4号機側)



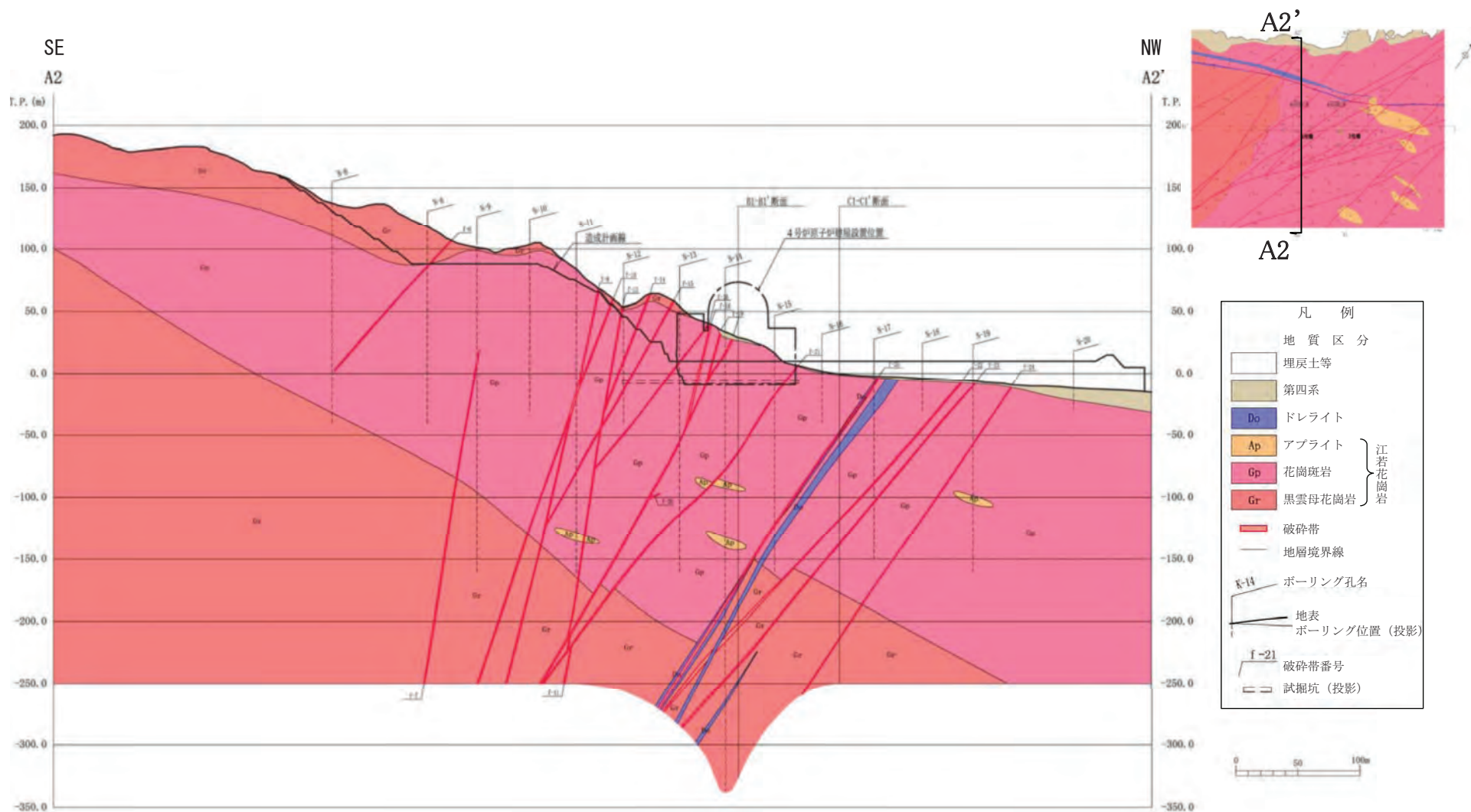
- ・破砕帯は、N-S～NE-SW方向のものが卓越している。
- ・ドレライト中にはENE-WSW方向の破砕帯が認められ、N-S～NE-SW方向の破砕帯に変位を与えている。

地質断面図(3号機:A1-A1')



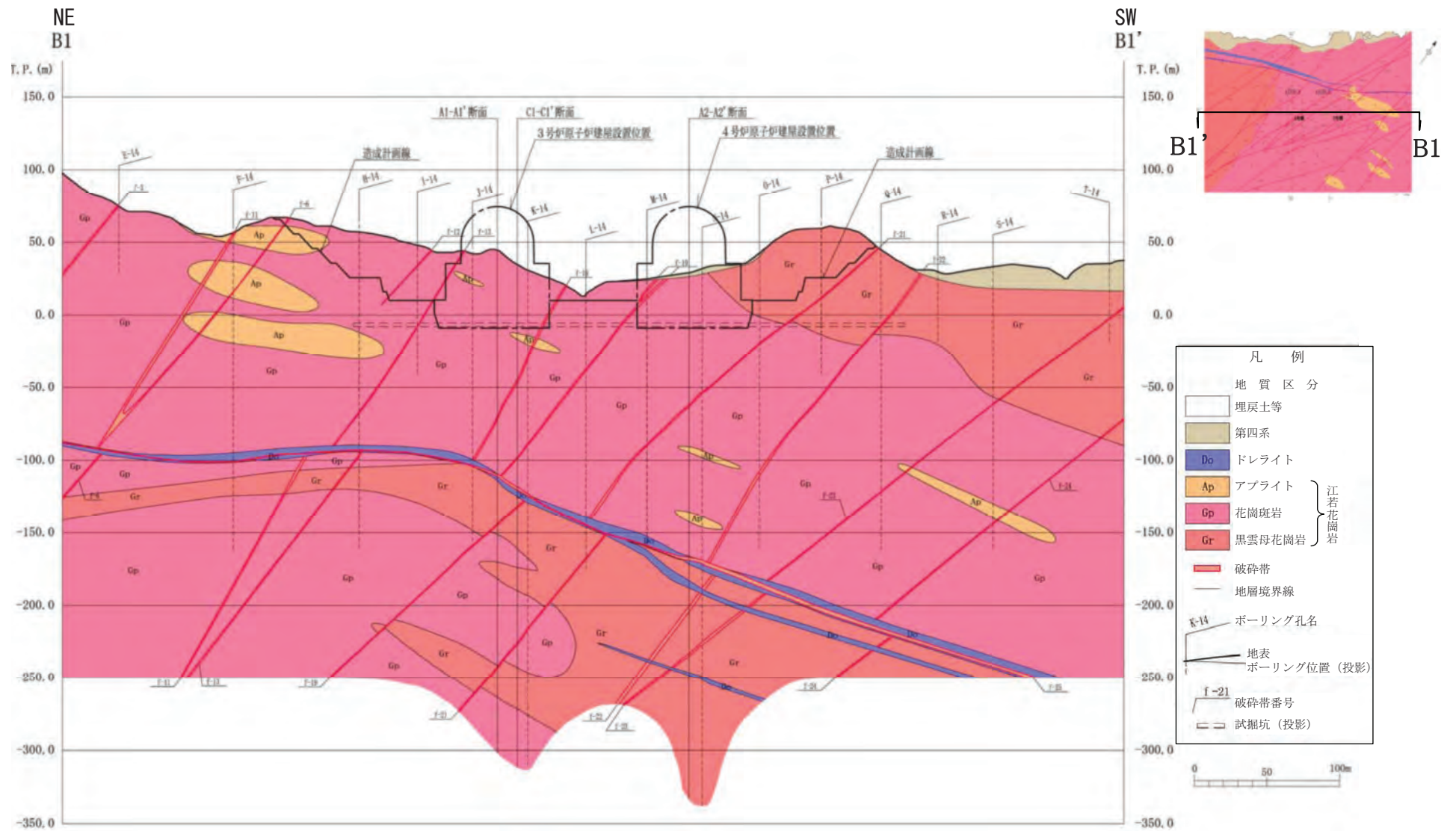
- ・破砕帯は、高角度で東側に傾斜している。
- ・破砕帯は、岩種境界(Gr/Gp境界)を正断層的に変位させている。

地質断面図(4号機:A2-A2')



- 破碎帯は、高角度で東側に傾斜している。
- 破碎帯は、岩種境界(Gr/Gp境界)を正断層的に変位させている。

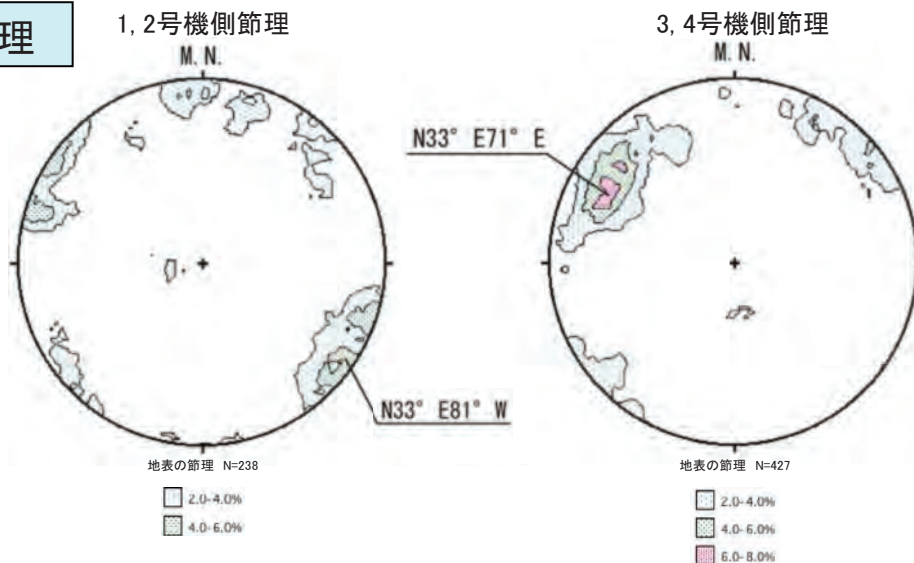
地質断面図(3, 4号機:B1-B1')



- ・破碎帯は、東側に傾斜している。
- ・破碎帯は、岩種境界(Gr/Gp境界)を正断層的に変位させている。

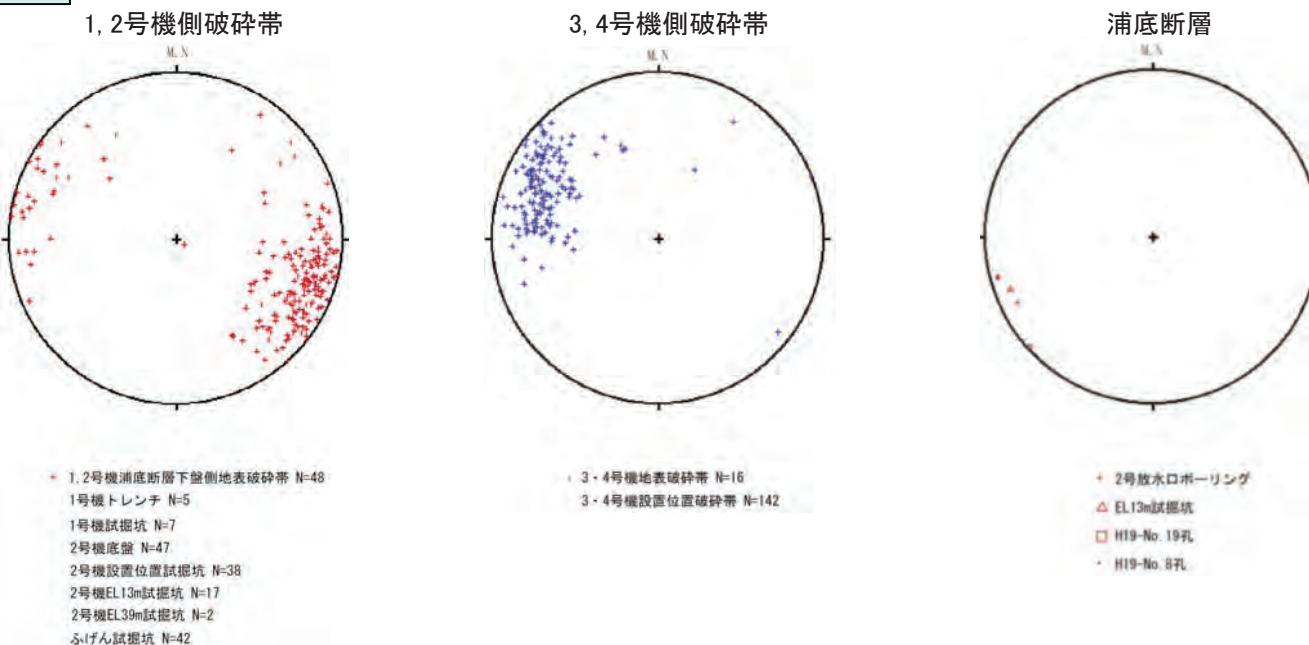
節理及び破碎帯の走向・傾斜(シュミットネット, 下半球投影)

節理



- N-S～NE-SW方向, NNW-SSE方向, EW方向のものが分布。このうち, N-S～NE-SW方向のものが卓越する。
- 傾斜については, 1, 2号機側は高角度西傾斜のものが多く, 3, 4号機側は高角度東傾斜のものが卓越する。

破碎帯



- 浦底断層を除く破碎帯については, 主にN-S～NE-SW方向で, 高角度傾斜のものであり, 節理の卓越方向と調和的である。
- 浦底断層は, 概ねNW-SE方向で鉛直～高角度東傾斜である。

破砕帯の活動性評価

破砕帯の活動性評価にあたっては、「上載地層との関係」、「ドレライト岩脈との関係」、「変位センスの観点」などから検討した。

(上載地層との関係)

後期更新世以降の地層に変位・変形は認められなかった。

(ドレライト岩脈との関係)

ドレライト(約21Maに貫入)の貫入境界に変位・変形は認められなかった。

(変位センスの観点)

最新活動面は正断層センス(鉛直方向)であり、現在の西南日本の広域応力場に想定される変位センスと調和的でない。

以上のことから、破砕帯は少なくとも後期更新世以降に活動していないものと判断している。

破碎帯の活動性評価の基本的考え方

調査地点の代表性

項 目	花崗岩中の破碎帯	ドレライト中の破碎帯
幾何学的形状	N-S～NW-SE	ENE-WSW
地質性状区分	白色粘土状部 軟質劣化部	黒色粘土状部
構成鉱物(X線回折分析)	石英, カリ長石, 斜長石, 白雲母類, カオリナイト及びスメクタイトが含まれる。	多量のスメクタイト, 中量の方解石, 濁沸石を含む。
熱水変質鉱物の形成年代	約54.6～61.4Ma	約18.9Ma

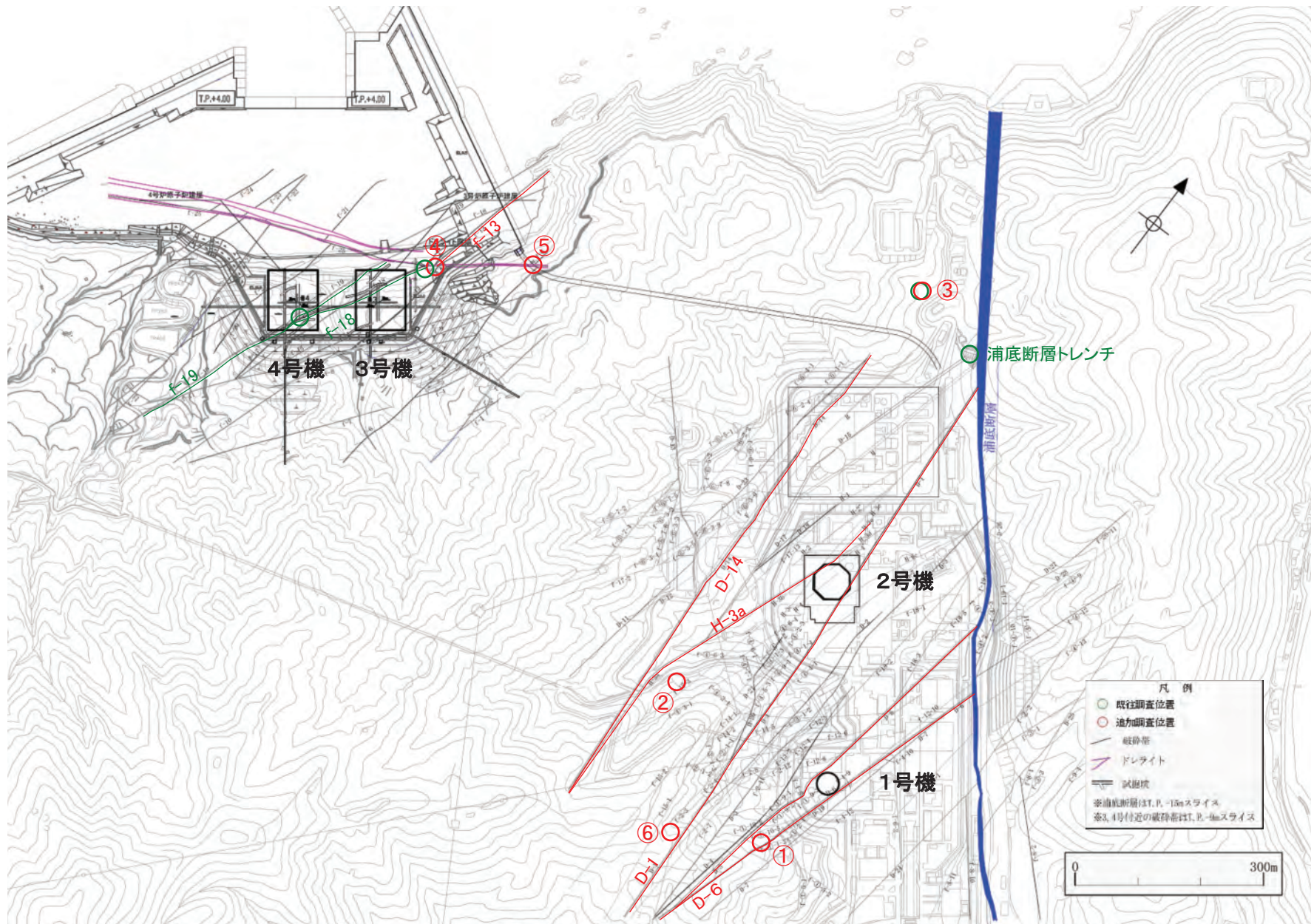


破碎帯の走向や地質性状、形成時期が同様であることから、破碎帯の成因や活動履歴も類似していると考えられる。

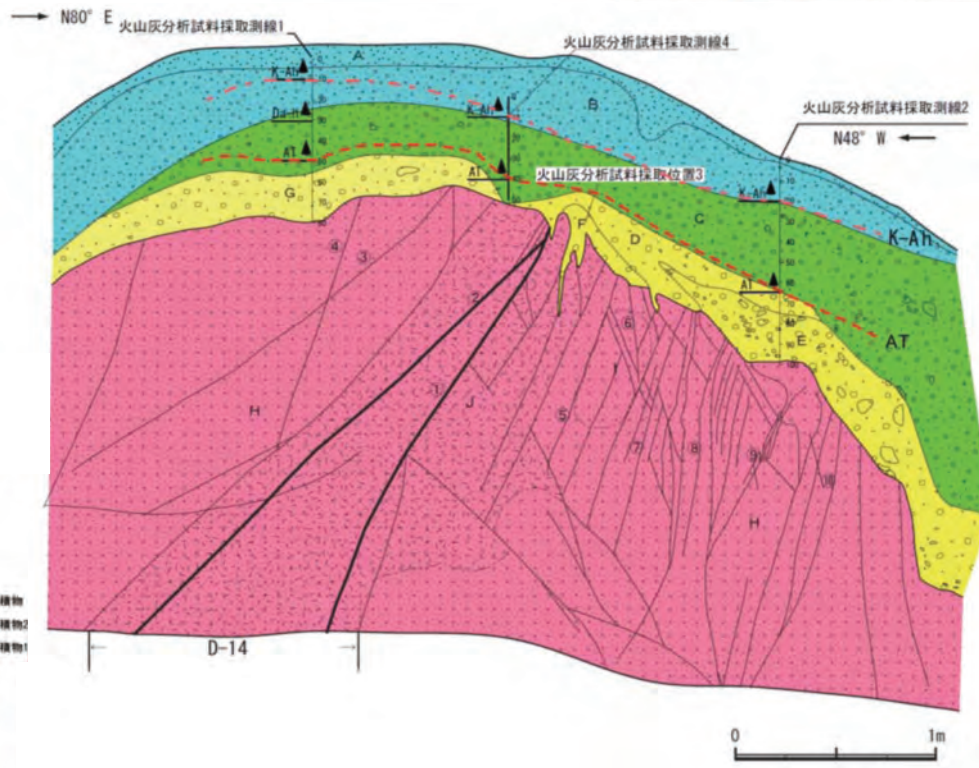
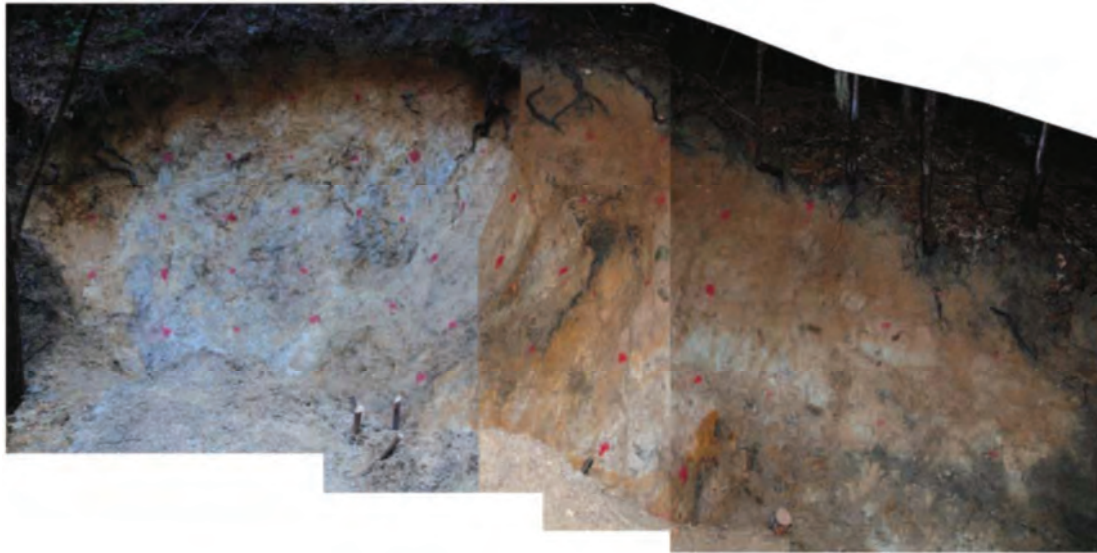
活動性評価の手法

項 目	具体的な調査方法
上載地層法による評価	・露頭調査(今回データを補強) ・トレンチ調査
ドレライト岩脈との関係に基づく評価	・試掘坑調査 ・トレンチ調査(今回データを補強) ・アクセストンネルにおける調査(今回データを補強)
破碎帯の変位センスに基づく評価	・ボーリング調査 ・試掘坑調査 ・薄片による破碎部の微細構造観察
破碎帯を挟む岩盤の風化の程度に着目した検討	・露頭調査(今回新たに検討)

破砕帯の活動性評価に関する調査位置図



N-S～NE-SW走向の破砕帯と上載地層の関係 D-14延長部の破砕帯

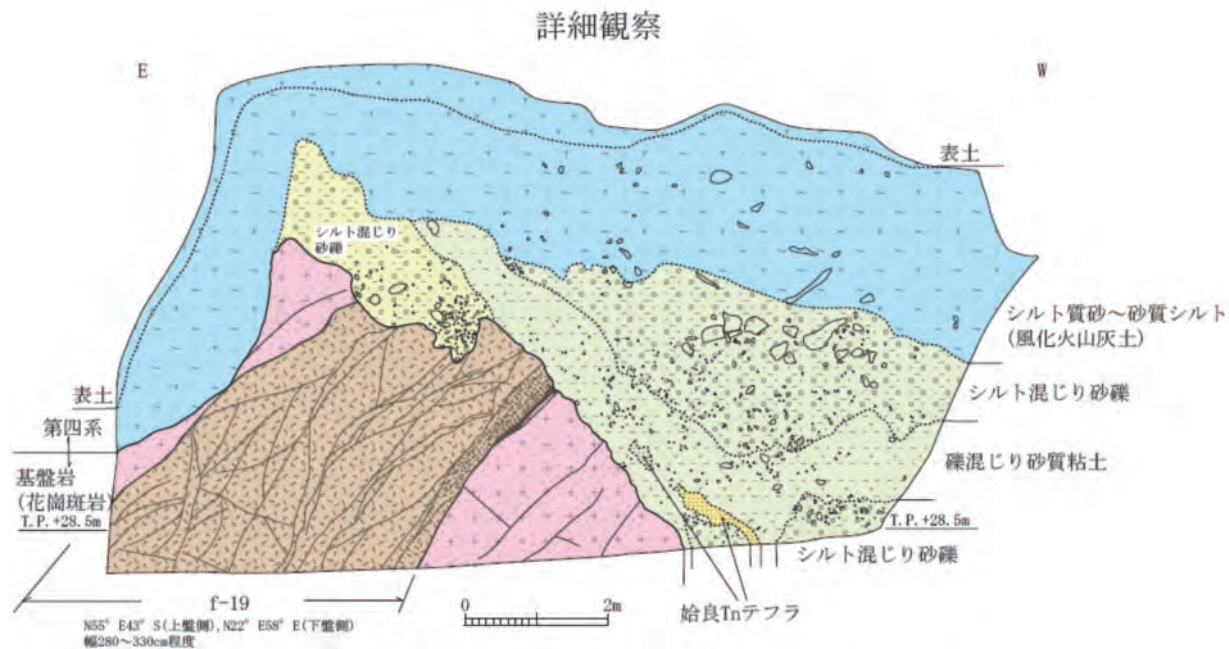


- A: 表土。腐植物多い。
B: 砂質シルト。黄褐色 (10YR5/6)。礫径0.2～3cm。歪角～角礫。礫率1%。
C: 細礫混じり砂質シルト。明褐色 (7.5YR5/6)～明赤褐色 (5YR5/8)。礫径0.5～3cm。歪角～角礫。礫率2%。
D: 細礫混じり砂質シルト。赤褐色 (5YR5/8)。礫径0.2～2cm。歪角～角礫。礫率5%。
E: 細礫混じり砂質シルト。締まっている。赤褐色 (5YR4/8)。礫径0.5～5cm。角礫。礫率5～30%。
F: 細砂。明褐色 (7.5YR5/8)。
G: 砂質シルト。明褐色 (7.5YR5/6)。礫径0.5～15cm。歪角礫。礫率15%
H: 花崗斑岩。D[c. V, E]
I: 花崗斑岩。CL[c. V, D]
J: 花崗斑岩軟質劣化部
①: せん断面N20° E60° W～N29° E64° W。粘土状破砕部を伴う。幅0.5～3cm。
②: せん断面N16° E46° W
③: 節理NS 30° W
④: 節理N14° E66° W
⑤: 節理N52° E79° W
⑥: 節理N10° W86° W
⑦: 節理N49° E84° W
⑧: 節理N29° E83° W
⑨: 節理N67° E74° W
⑩: 節理N47° E81° W

- NE-SW方向、西傾斜の破砕帯が確認された。
- 幅0.5～3cmの直線性の高い白色粘土状部及び幅1m程度の軟質劣化部からなる。白色粘土状部の周囲には明瞭な変形構造はみられない。
- 破砕帯は、岩盤上面及び第四紀層に変位・変形を与えていない。
- 第四紀層中には、AT(約2.6～2.9万年前)及びK-Ah(約7,300年前)が含まれる。

破砕帯は、少なくともAT降灰以降に活動していないと判断される。

N-S～NE-SW走向の破砕帯と上載地層の関係 f-19破砕帯



- ・破砕帯は、NE-SW方向、東傾斜のものが確認された。
 - ・下盤側に明瞭で直線的な粘土状破砕部が見られる。近傍上盤側にはせん断による面構造が発達している。これより上盤側には風化を伴ったせん断構造が不明瞭な軟質劣化部が分布している。
-
- ・破砕帯は、第四紀層に変位・変形を与えていない。
 - ・第四紀層中には、AT(約2.6～2.9万年前)が含まれる。

破砕帯は、少なくともAT降灰以降に活動していないと判断される。

N-S～NE-SW走向の破砕帯と上載地層の関係 f-19破砕帯

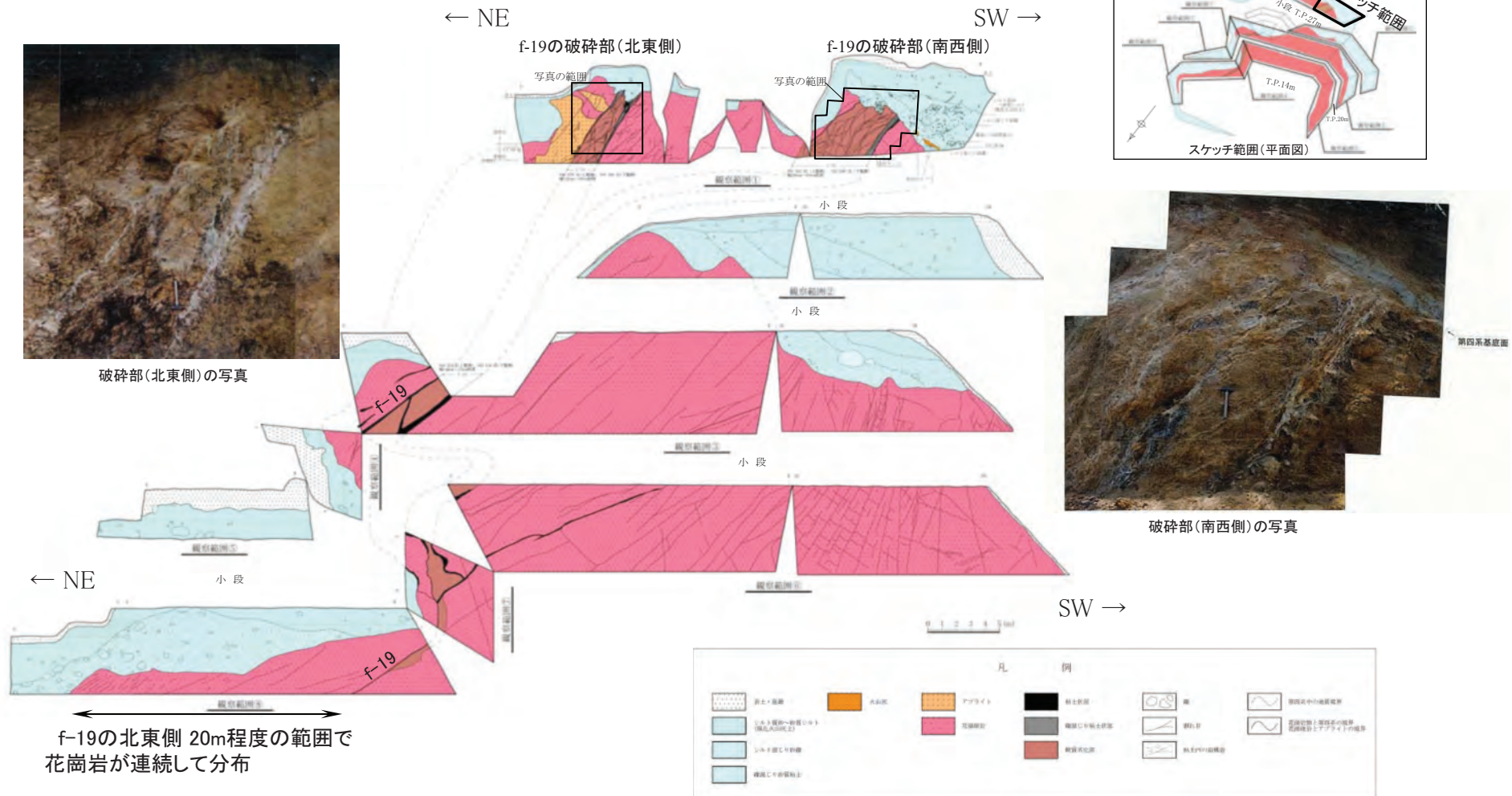
f-19周辺の地質状況について



・f-19の周辺の地質状況については、40m以上の範囲にわたって、岩盤が分布することを確認している。
 ・また、f-19の活動性を把握するため、破砕帯と第四系との関係を調査した(上記平面図の最上段)。

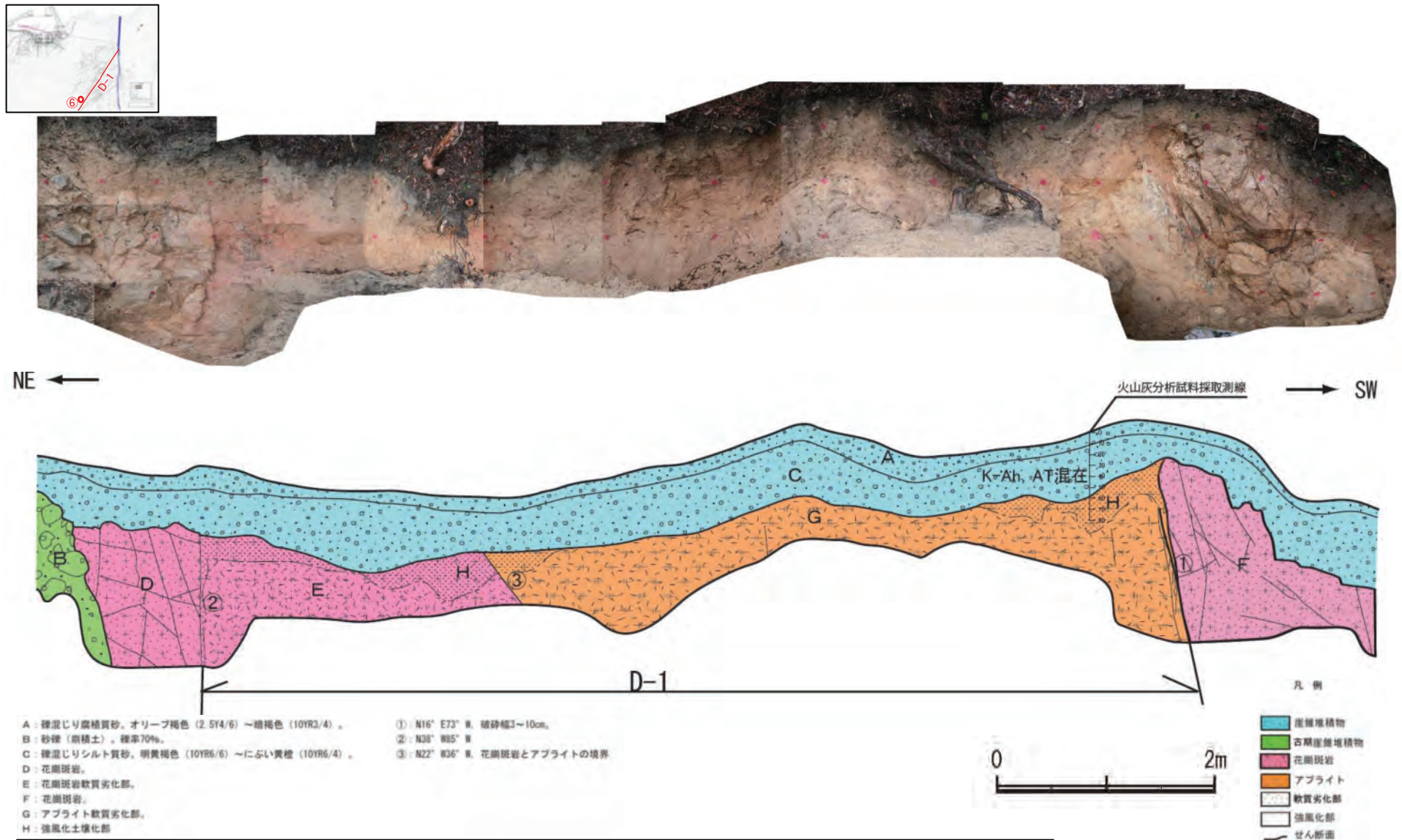
f-19破碎帶

f-19周辺の地質状況について



- ・f-19は、ボーリング調査、試掘坑調査及びトレンチ(Lカット)において確認されている破砕帯であり、トレンチにおいては上方で2条になっている。
- ・このうち、南西側に見られる破砕部については、北東側の破砕部に比べて、破砕幅が大きく、直線的である。また、断層運動によるせん断構造もより明瞭であったことから、上載地層との関係を調査することとした。
- ・f-19の東側の岩盤については、破砕帯から北東に20m程度の範囲で花崗岩が連続して分布することを確認している。

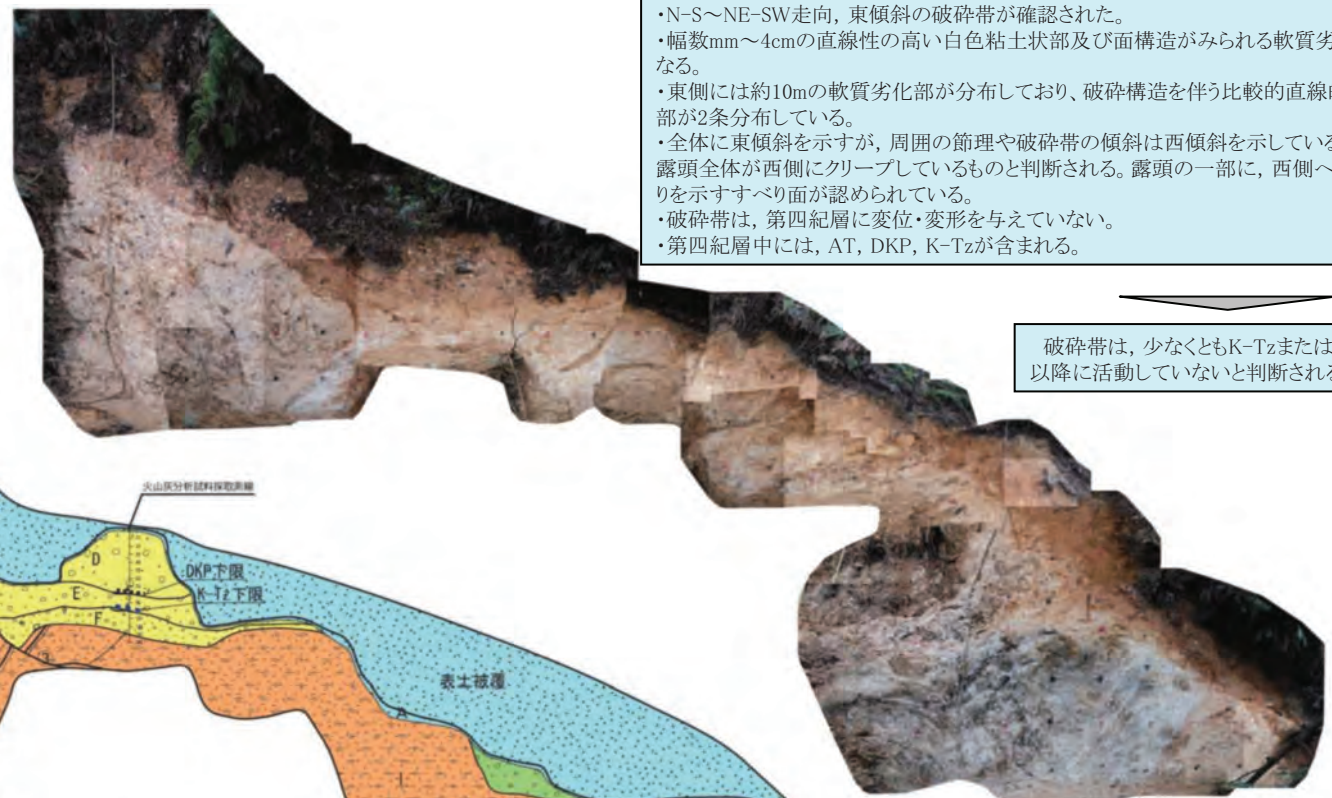
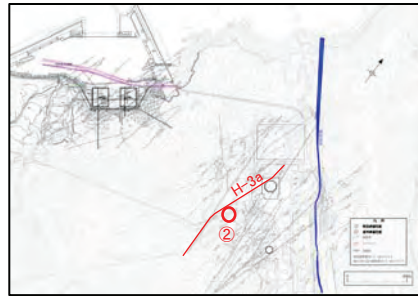
N-S～NE-SW走向の破砕帯と上載地層の関係 D-1破砕帯



- ・N-S方向、西傾斜の破砕帯が確認された。
- ・幅数mm未満の直線性の高い白色粘土状部及び面構造が見られる軟質劣化部からなる。
- ・本破砕帯は、ボーリング及び試掘坑で確認された比較的固結した粘土～砂状の面構造の発達した部分と薄い白色粘土状部からなる特徴を持つ破砕帯と位置的な連続性も良いことから連続するものと判断している。
- ・破砕帯は、第四紀層に変位・変形を与えていない。
- ・第四紀層中には、K-Ah及びATが含まれる。

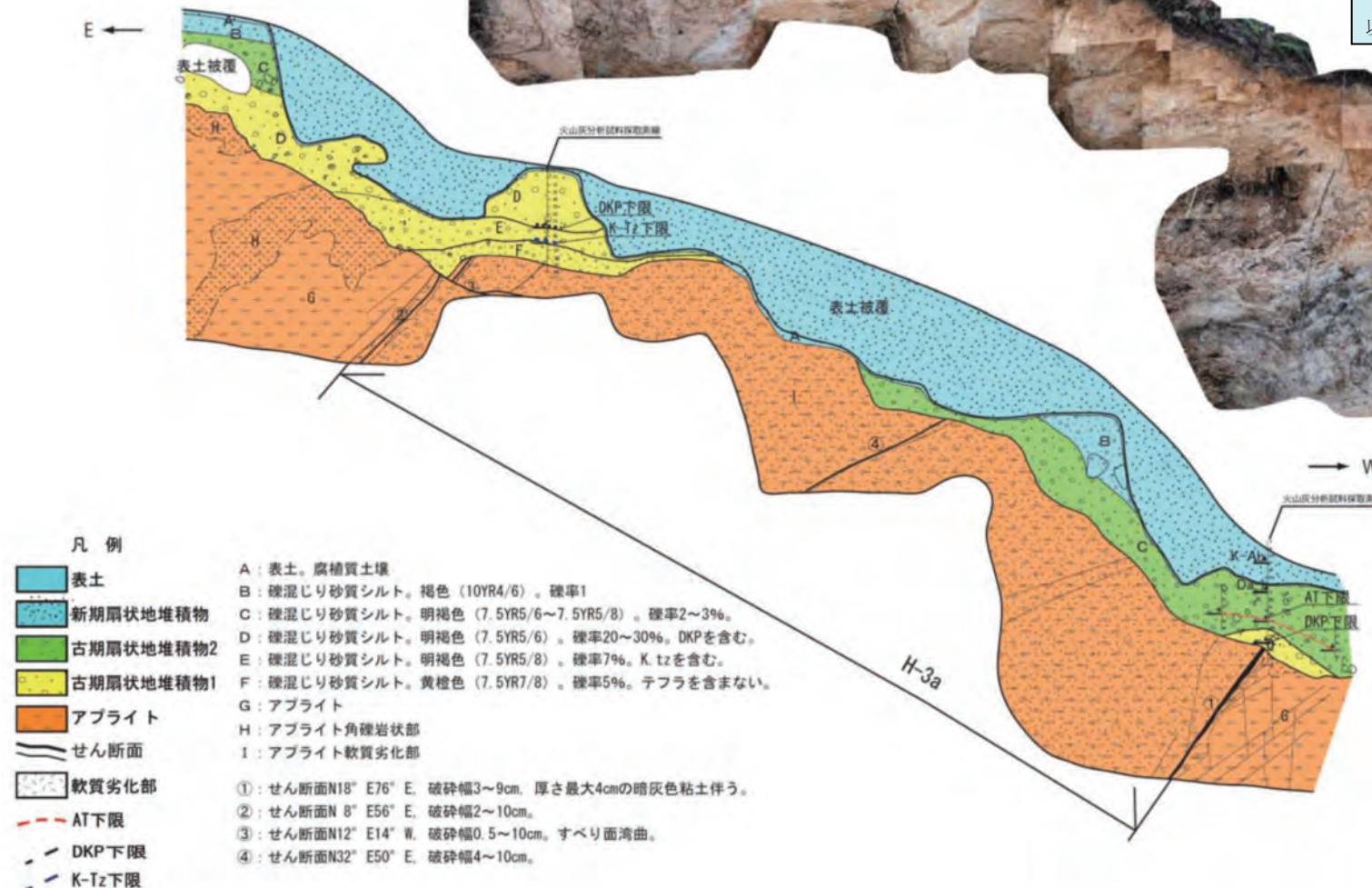
火山灰の産出下限が出現しておらず、上載地層法では破砕帯の活動年代は確認できなかった。

N-S～NE-SW走向の破砕帯と上載地層の関係 H-3a破砕帯



- ・N-S～NE-SW走向，東傾斜の破砕帯が確認された。
- ・幅数mm～4cmの直線性の高い白色粘土状部及び面構造がみられる軟質劣化部からなる。
- ・東側には約10mの軟質劣化部が分布しており，破砕構造を伴う比較的直線的な破砕部が2条分布している。
- ・全体に東傾斜を示すが，周囲の節理や破砕帯の傾斜は西傾斜を示していることから，露頭全体が西側にクリープしているものと判断される。露頭の一部に，西側への地すべりを示すすべり面が認められている。
- ・破砕帯は，第四紀層に変位・変形を与えていない。
- ・第四紀層中には，AT，DKP，K-Tzが含まれる。

破砕帯は，少なくともK-TzまたはDKP堆積以降に活動していないと判断される。



耐震設計審査指針の改訂に伴う
関西電力株式会社大飯発電所 3, 4 号機
耐震安全性に係る評価について
(基準地震動の策定及び主要な施設の耐震安全性評価)

【抜粋】

平成22 年11 月29 日

原子力安全・保安院

（２）敷地の地質・地質構造

関西電力は、地形調査、地表地質調査、ボーリング調査等の結果、敷地の地質は、古生代ペルム紀の夜久野オフィオライト（輝緑岩、斑れい岩、細粒石英閃緑岩等）及び大島層（頁岩）と中位段丘堆積物等の第四系で構成されるとしている。また、地形調査の結果、敷地にはリニアメントは判読できないとしている。

関西電力は、敷地に認められる破砕帯の走向はN-S～NE-SW が卓越し、そのうち最も延長が長いF-6 破砕帯について活動性評価に関する検討をしている。

その結果、F-6 破砕帯は、台場浜付近の海岸露頭の観察結果によると断層面は湾曲し、破砕部は固結ないし半固結し、明瞭な粘土状破砕部が認められず、本露頭でブロックサンプリングを行い変形組織の観察を行った結果、破砕部は地下深部で形成されたカタクレーサイトからなるとしている。

また、設置許可申請では、当時実施したトレンチ調査により、F-6 破砕帯は上載層である中位段丘相当の段丘堆積物に変位を与えていないと評価しているが、中位段丘相当とする根拠が明確でないため、F-6 破砕帯上載層について今回検討した結果、色調等の性状や分布高度から上載層は鋸崎付近に分布する段丘堆積物と同じであるとし、鋸崎付近の火山灰分析結果から中位段丘堆積物であるとしている。

以上のことから、F-6 破砕帯は後期更新世以降に活動したものではないとしていた。

合同C サブグループでは、F-6 破砕帯の上載地層の年代について、もう少し

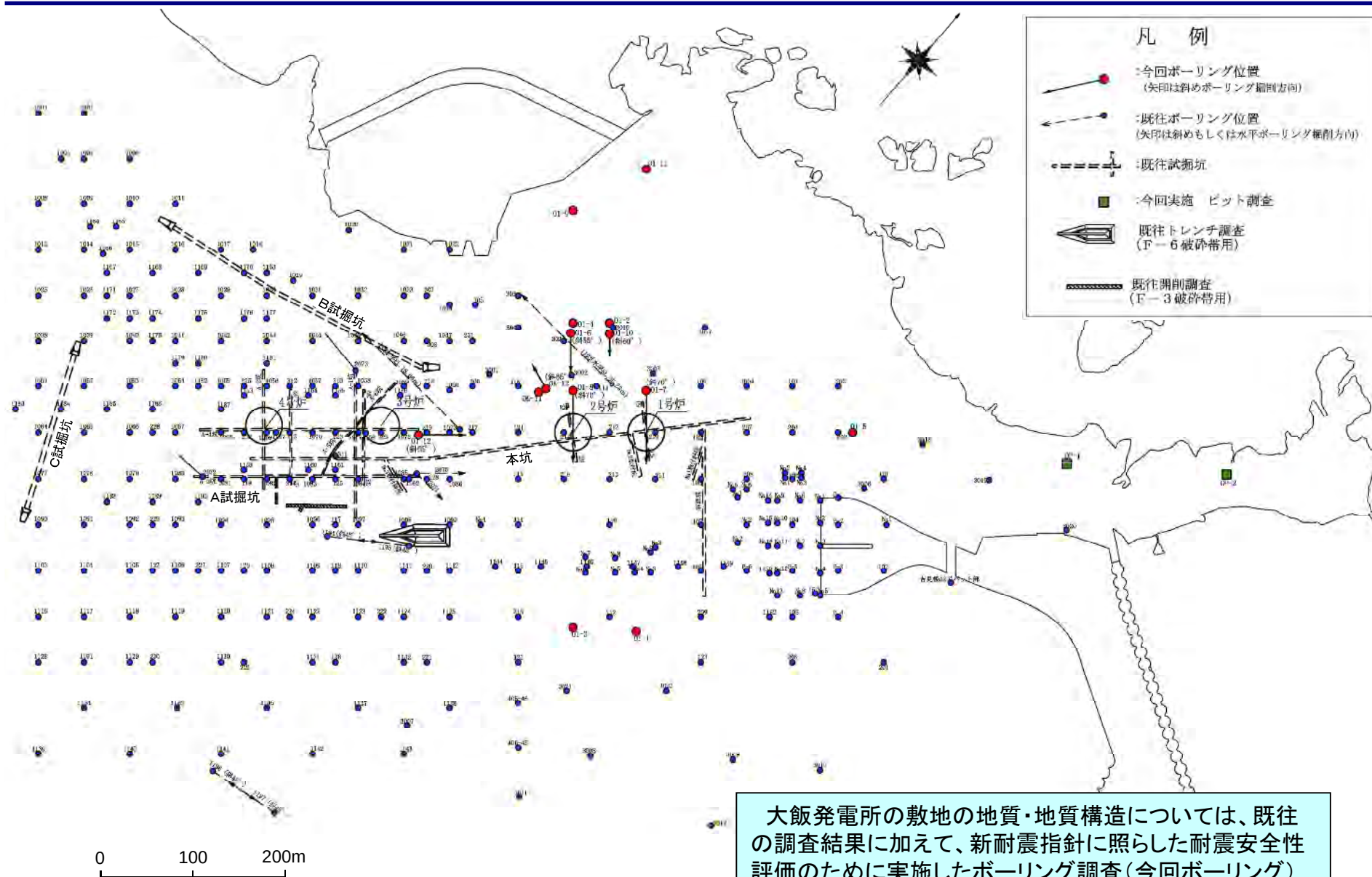
広い範囲で中位段丘に関する文献等を確認し、データの補強が必要と指摘した。

これを受け、関西電力は、大島半島北部における段丘の分布調査と段丘堆積物の火山灰分析の結果から、大島半島北部に分布する段丘が中位段丘のみであり、いずれも最終間氷期に相当するとした。また、文献においても敷地周辺に最終間氷期に形成された中位段丘が広く分布するとされていることから、鋸崎付近に分布する中位段丘堆積物が最終間氷期の地層と判断され、F-6 破碎帯の上載地層についても最終間氷期の地層と判断されるとした。

合同C サブグループでは、関西電力が実施した調査及び評価の妥当性について検討を行い、当院は、合同C サブグループの検討結果を踏まえ、これらの関西電力の評価は妥当であると判断した。

4. 敷地の地形、地質・地質構造

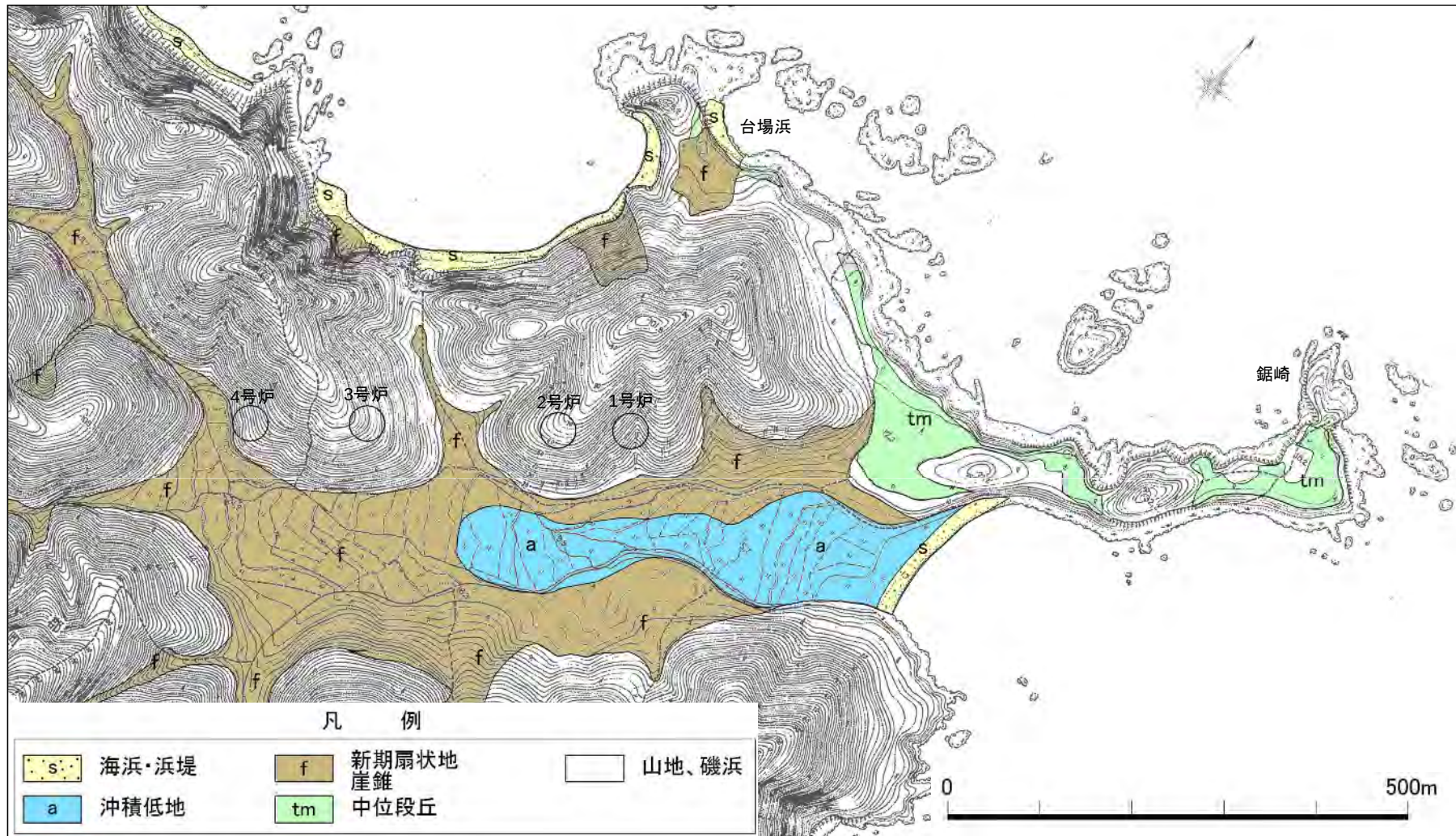
大飯発電所 敷地内地質調査位置図



大飯発電所の敷地の地質・地質構造については、既往の調査結果に加えて、新耐震指針に照らした耐震安全性評価のために実施したボーリング調査(今回ボーリング)等を合わせて検討を行った。

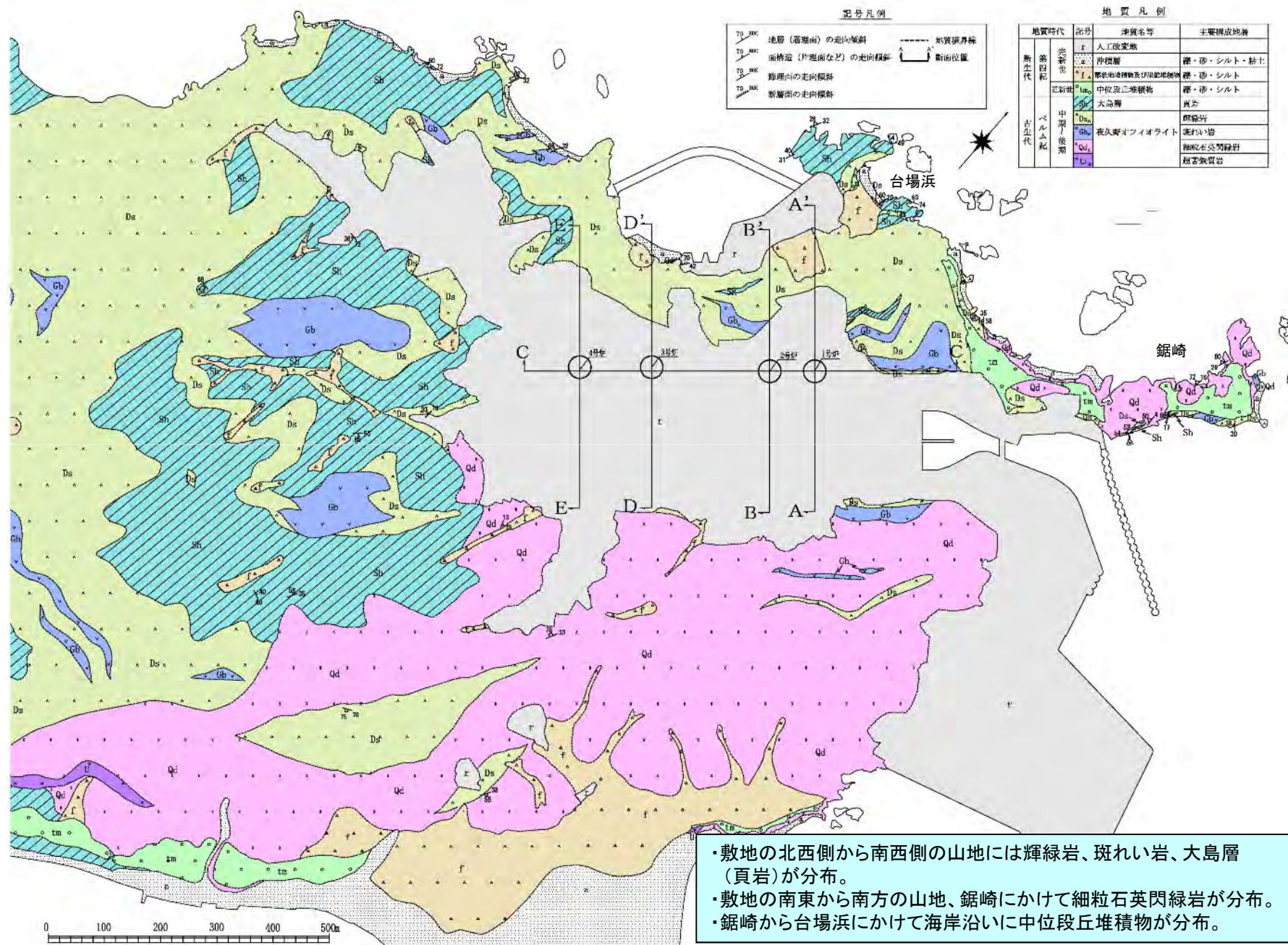
なお、破碎帯については、設置許可申請書に記載されたものを対象とした。

大飯発電所 敷地の地形

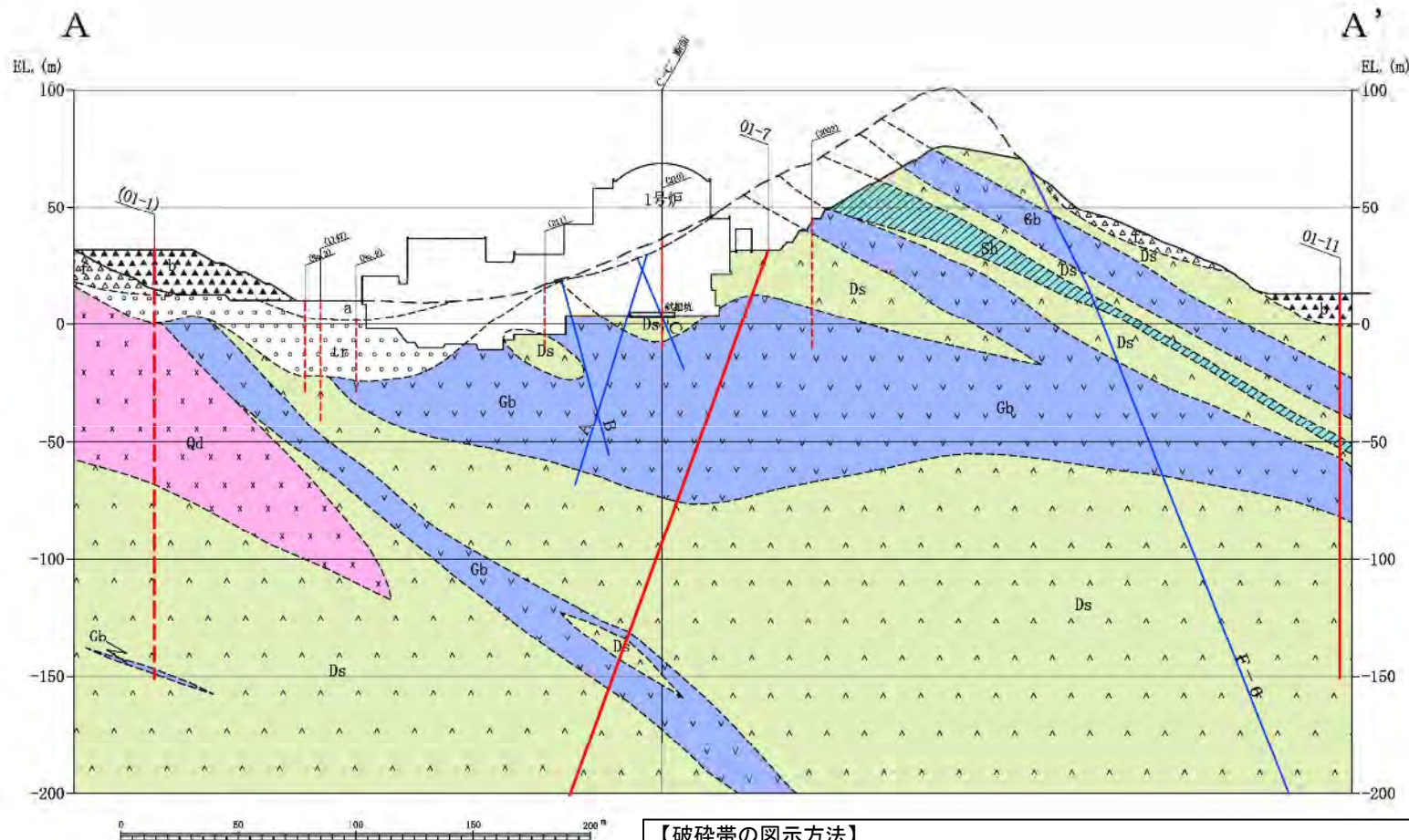


- ・敷地の地形は主として山地からなり、中央部には山に挟まれた谷が南西から北東にかけて延び、海に面している。
- ・敷地中央の谷には沖積低地、新期扇状地や崖錐が分布する。
- ・鋸崎から台場浜にかけての海岸沿いには、狭小な段丘地形が認められる。
- ・リニアメントは判読できない。

大飯発電所 敷地の地質



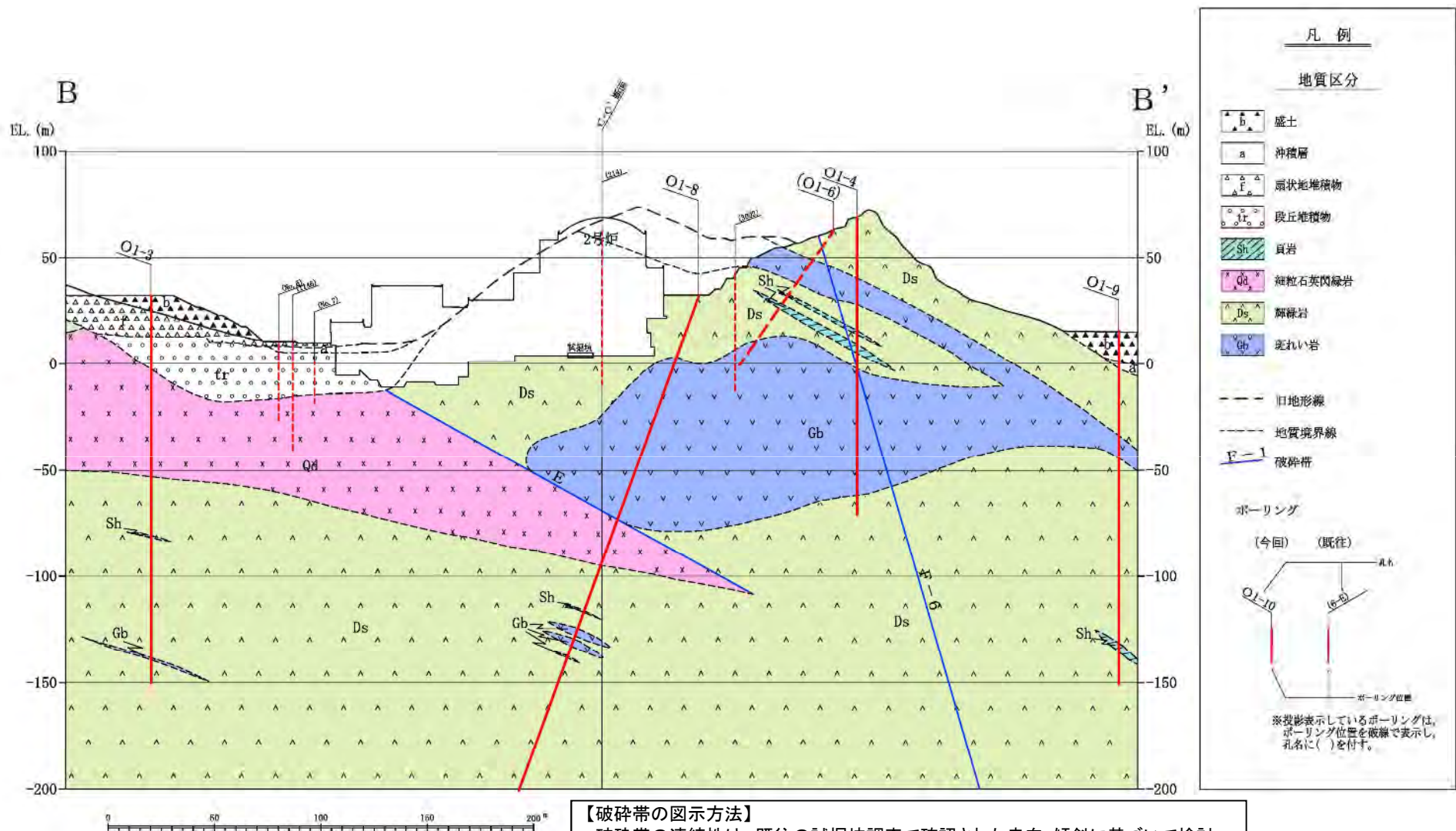
大飯発電所 地質断面図(1号炉:A-A')



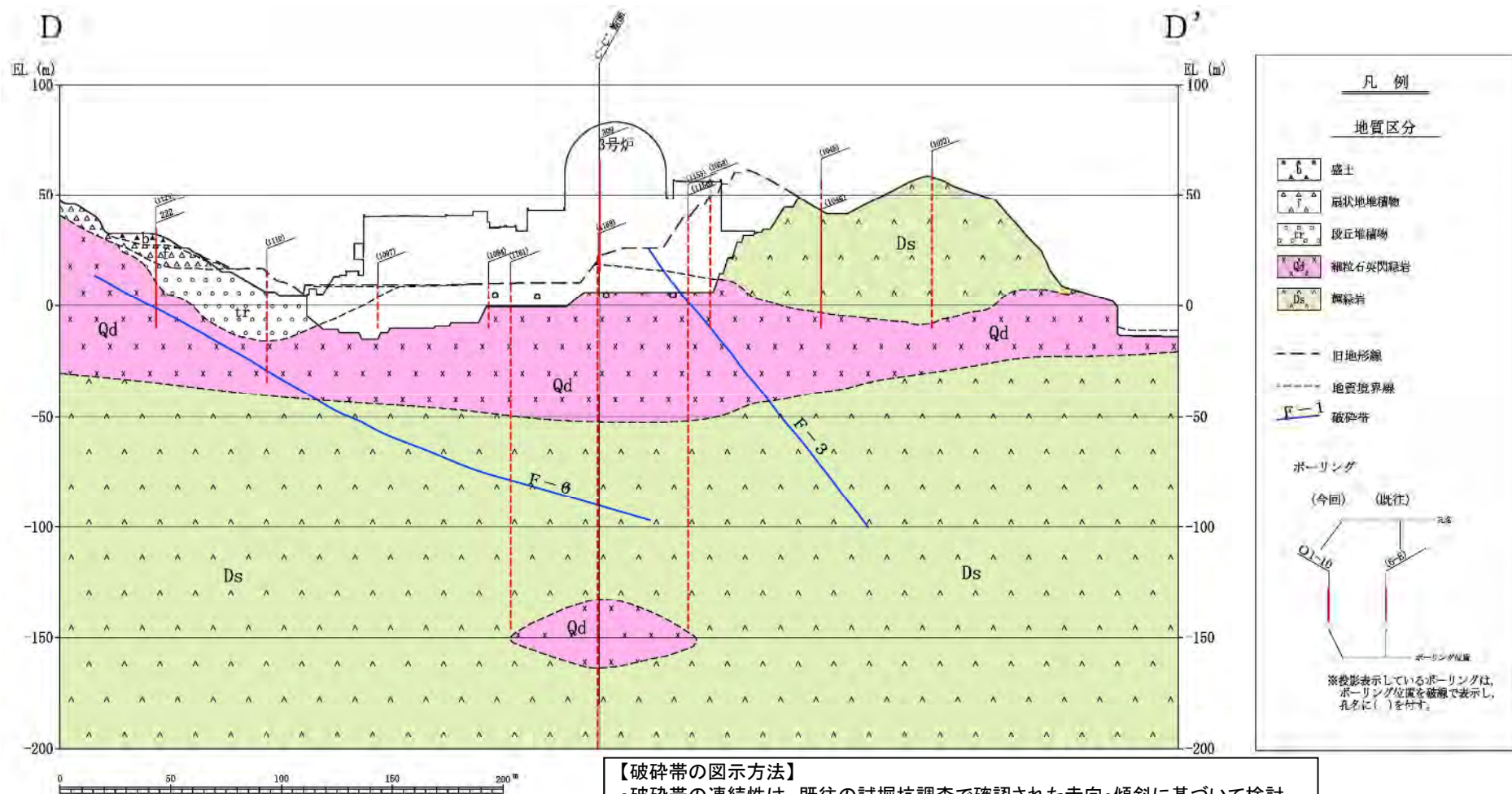
【破砕帯の図示方法】

- ・破砕帯の連続性は、既往の試掘坑調査で確認された走向・傾斜に基づいて検討。
- ・調査で端部を確認した場合、確認された範囲について破砕帯を図示。
- ・破砕帯の延長部で実施した調査により、当該破砕帯が認められない場合、破砕帯が認められた箇所と認められない箇所との中点まで破砕帯を図示。
- ・試掘坑調査やボーリング調査等の既往調査により、断層による地質分布のずれは地質図に表現できないほど小さいことを確認しており、今回のボーリング調査でも地質分布が破砕帯に沿ってずれているデータが得られなかったため、地質図には断層による地質分布のずれを表現していない。

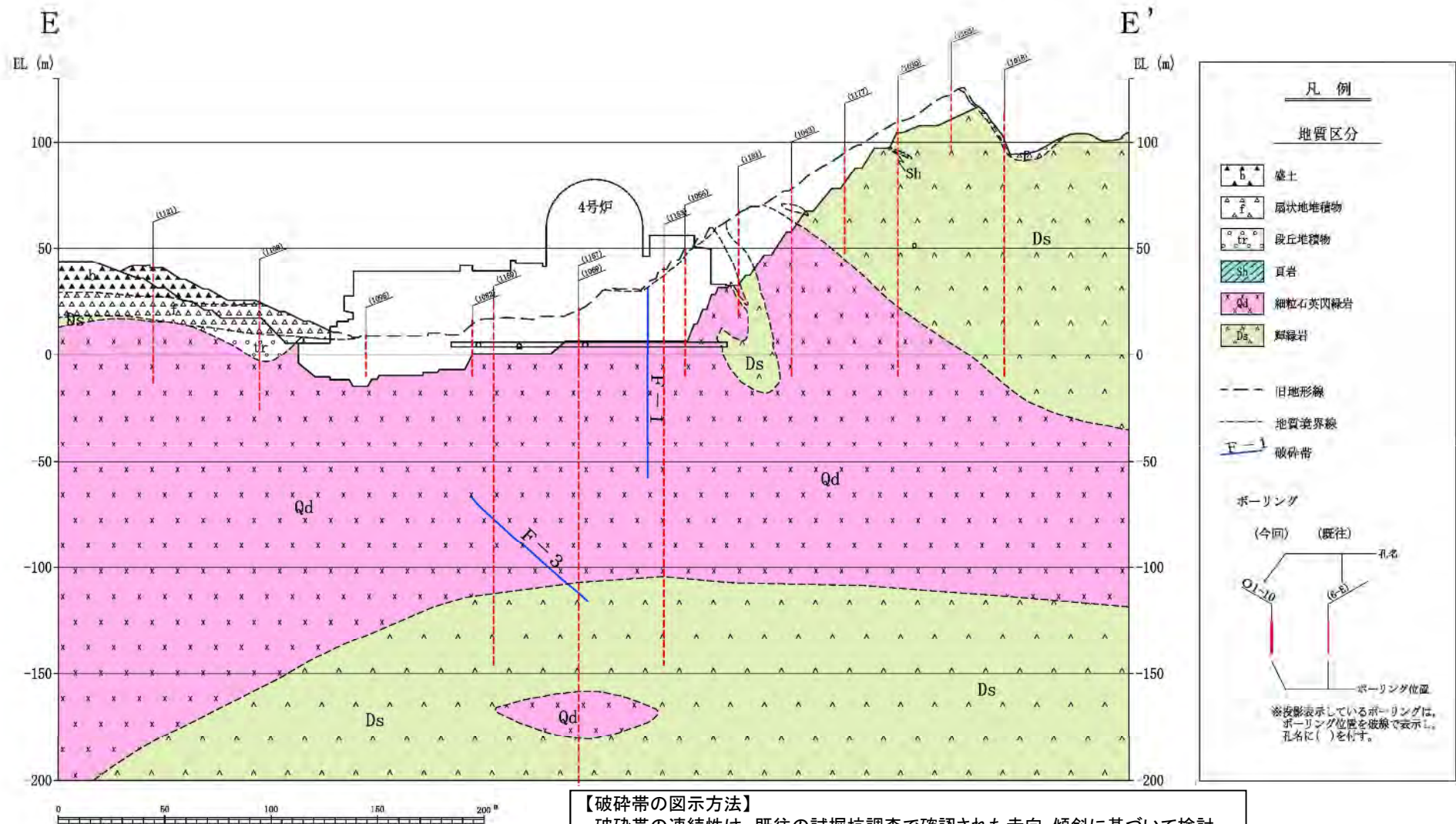
大飯発電所 地質断面図(2号炉:B-B')



大飯発電所 地質断面図(3号炉:D-D')



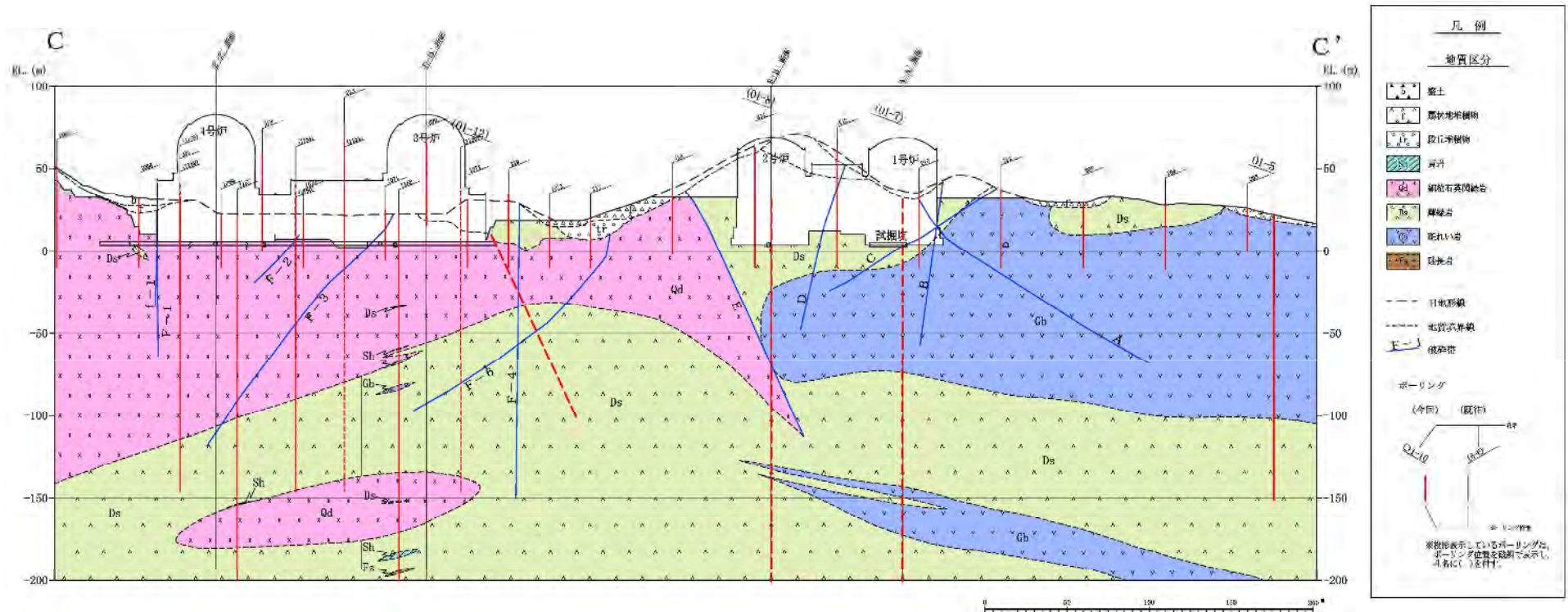
大飯発電所 地質断面図(4号炉:E-E')



【破砕帯の図示方法】

- ・破砕帯の連続性は、既往の試掘坑調査で確認された走向・傾斜に基づいて検討。
- ・調査で端部を確認した場合、確認された範囲について破砕帯を図示。
- ・破砕帯の延長部で実施した調査により、当該破砕帯が認められない場合、破砕帯が認められた箇所と認められない箇所との中点まで破砕帯を図示。
- ・試掘坑調査やボーリング調査等の既往調査により、断層による地質分布のずれは地質図に表現できないほど小さいことを確認しており、今回のボーリング調査でも地質分布が破砕帯に沿ってずれているデータが得られなかったため、地質図には断層による地質分布のずれを表現していない。

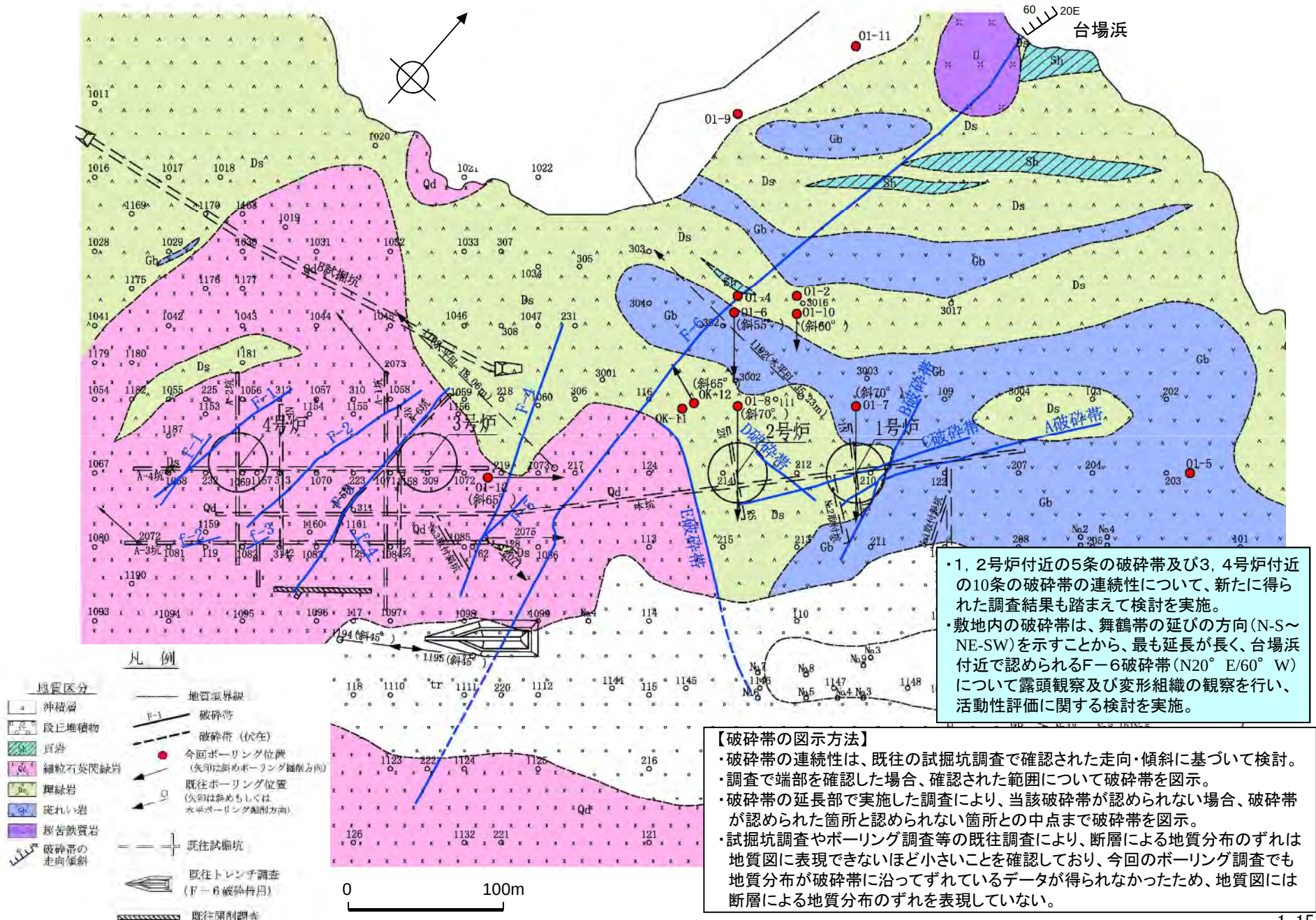
大飯発電所 地質断面図(1～4号炉:C-C')



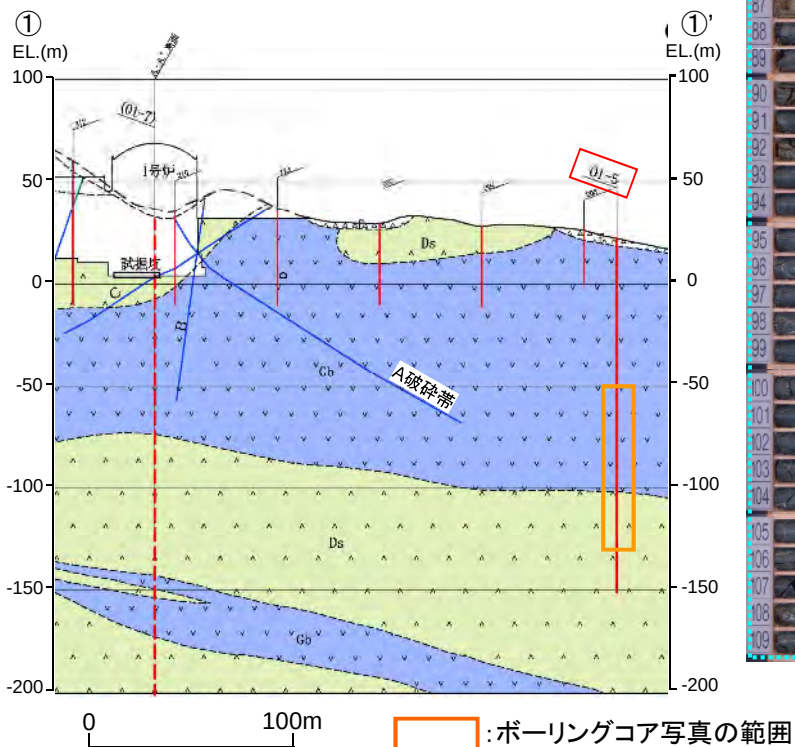
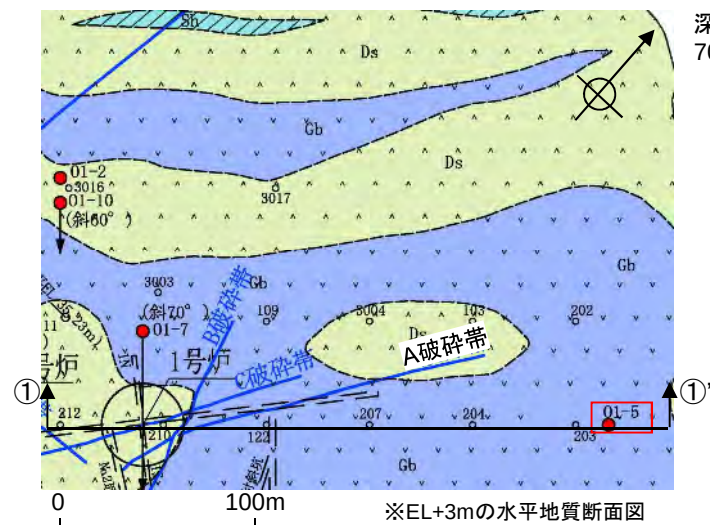
【破砕帯の図示方法】

- 破砕帯の連続性は、既往の試掘坑調査で確認された走向・傾斜に基づいて検討。
- 調査で端部を確認した場合、確認された範囲について破砕帯を図示。
- 破砕帯の延長部で実施した調査により、当該破砕帯が認められない場合、破砕帯が認められた箇所と認められない箇所との中点まで破砕帯を図示。
- 試掘坑調査やボーリング調査等の既往調査により、断層による地質分布のずれは地質図に表現できないほど小さいことを確認しており、今回のボーリング調査でも地質分布が破砕帯に沿ってずれているデータが得られなかったため、地質図には断層による地質分布のずれを表現していない。

大飯発電所 地質水平断面図(EL+3m)

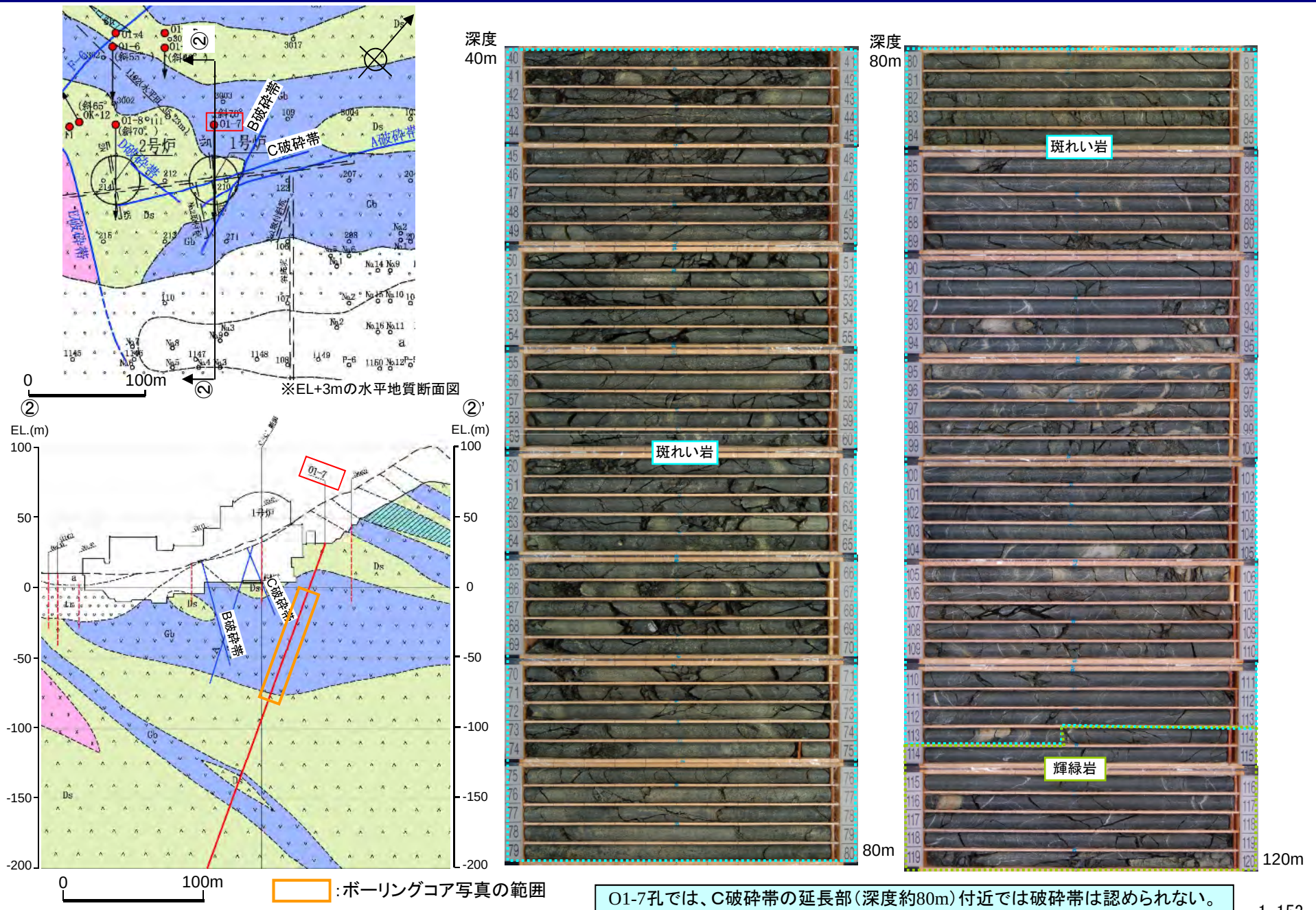


ボーリング調査結果(O1-5孔:A破碎帯延長部付近)

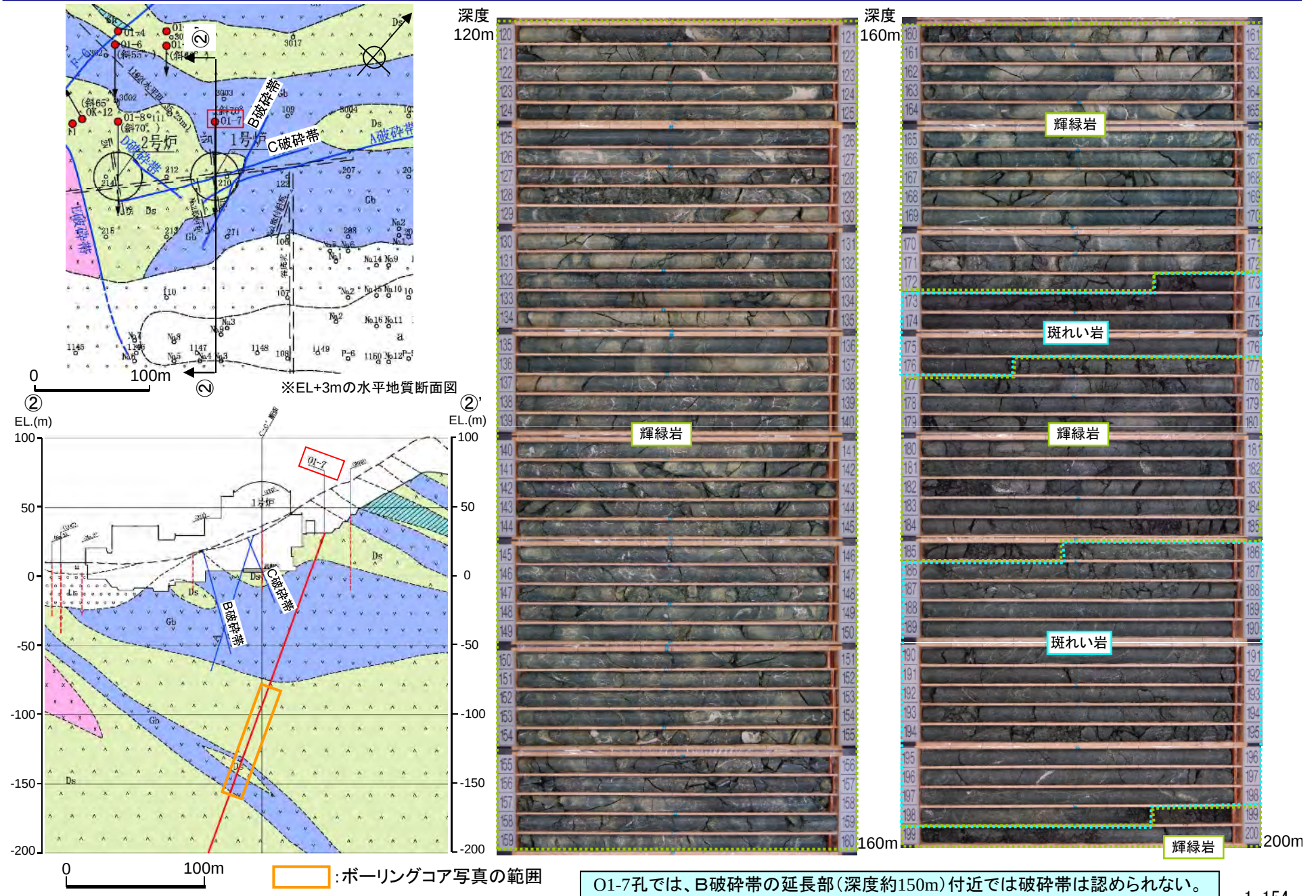


O1-5孔では、A破碎帯の延長部(深度約130m)付近では破碎帯は認められない。

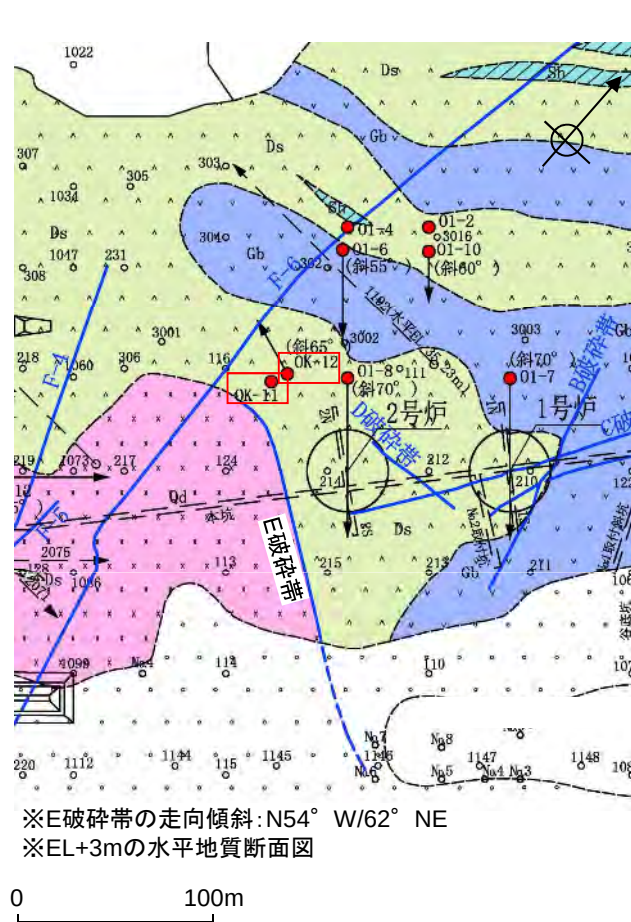
ボーリング調査結果(O1-7孔:B破碎帯・C破碎帯延長部付近)



ボーリング調査結果(O1-7孔:B破碎帯・C破碎帯延長部付近)



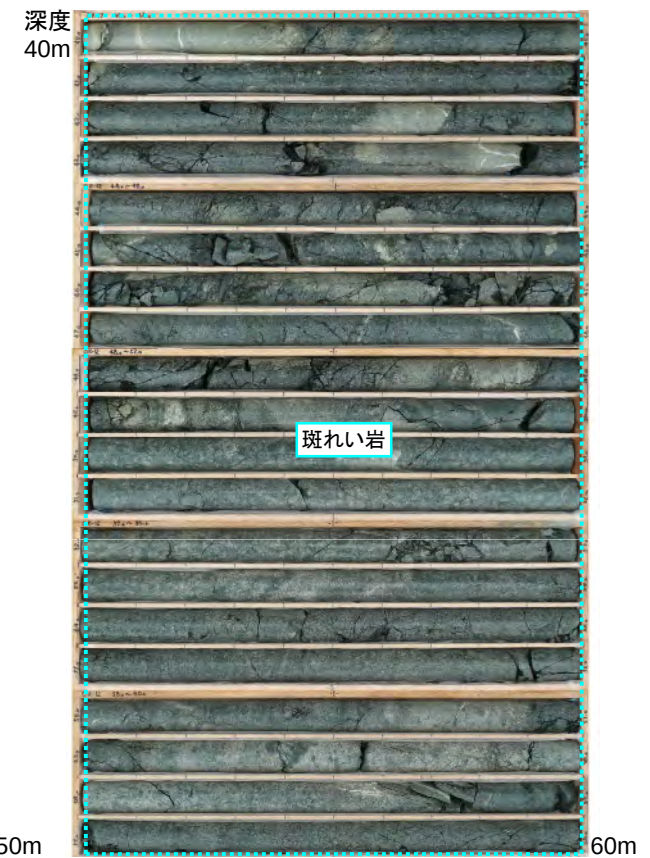
ボーリング調査結果(OK-11・OK-12孔:E破碎帯延長部付近)



●OK-11(30~50m)



●OK-12(40~60m)

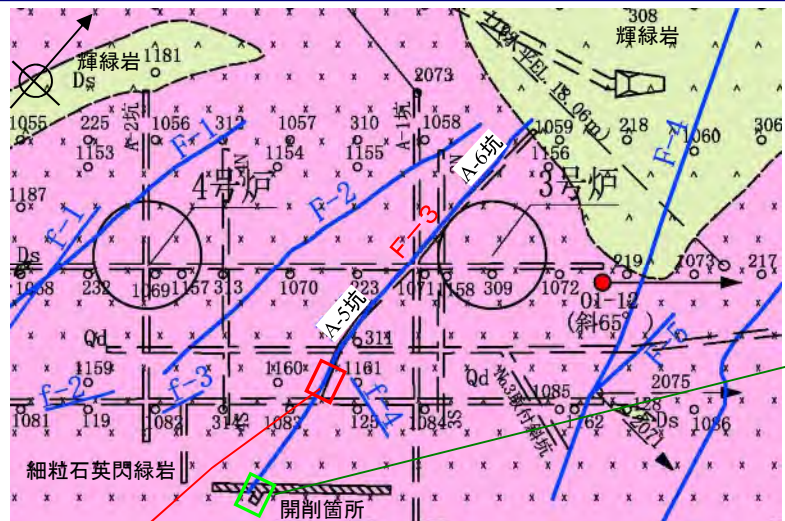


E破碎帯の延長部(OK-11:深度約40m、OK-12:深度約50m)付近では破碎帯が認められない。

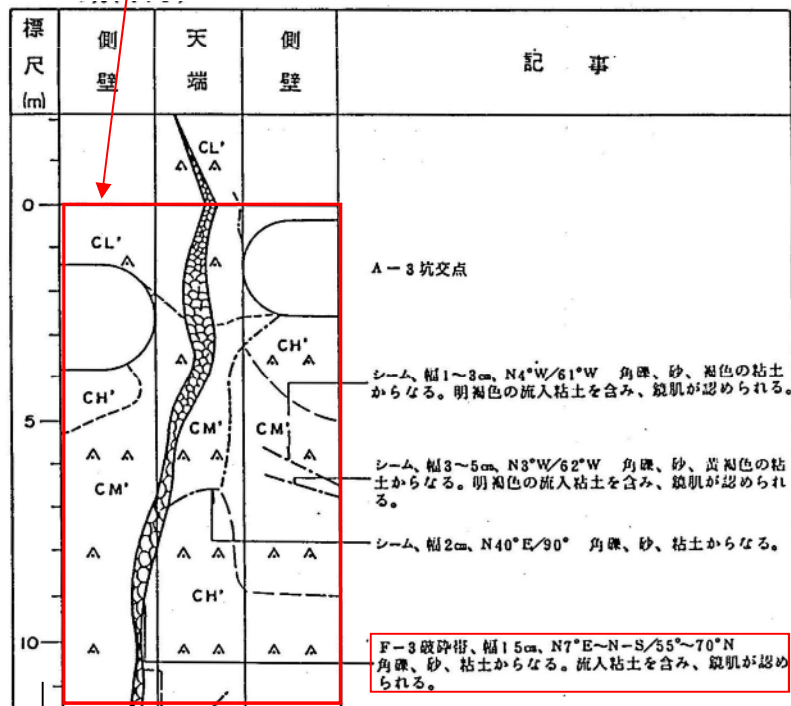
【1, 2号炉付近の破碎帯に関する評価】

- ・今回実施したボーリング調査の結果、A破碎帯、B破碎帯、C破碎帯、E破碎帯については、各破碎帯の延長部付近では破碎帯が認められない。
- ・以上から、1, 2号炉付近の破碎帯は、いずれも短いものであり、分布も極めて狭い範囲に限られると考えられる。

3, 4号申請当時の評価

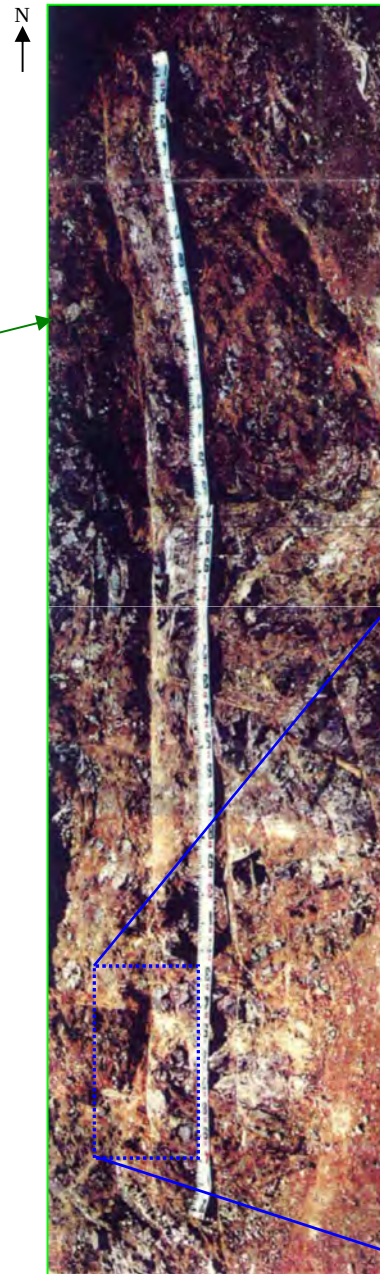


※EL+3mの水平地質断面図



A-6坑

試掘坑展開図(A-5坑)



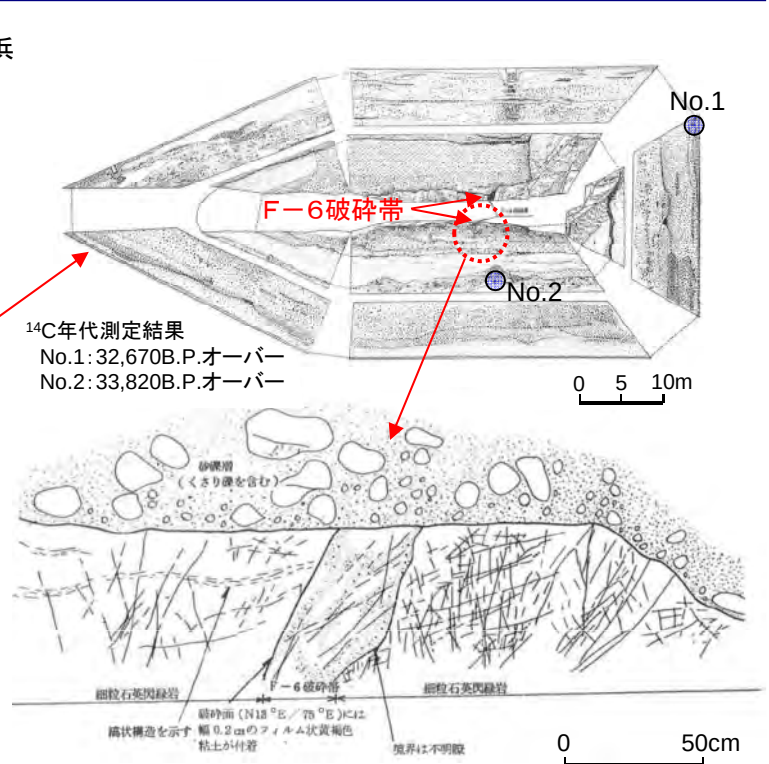
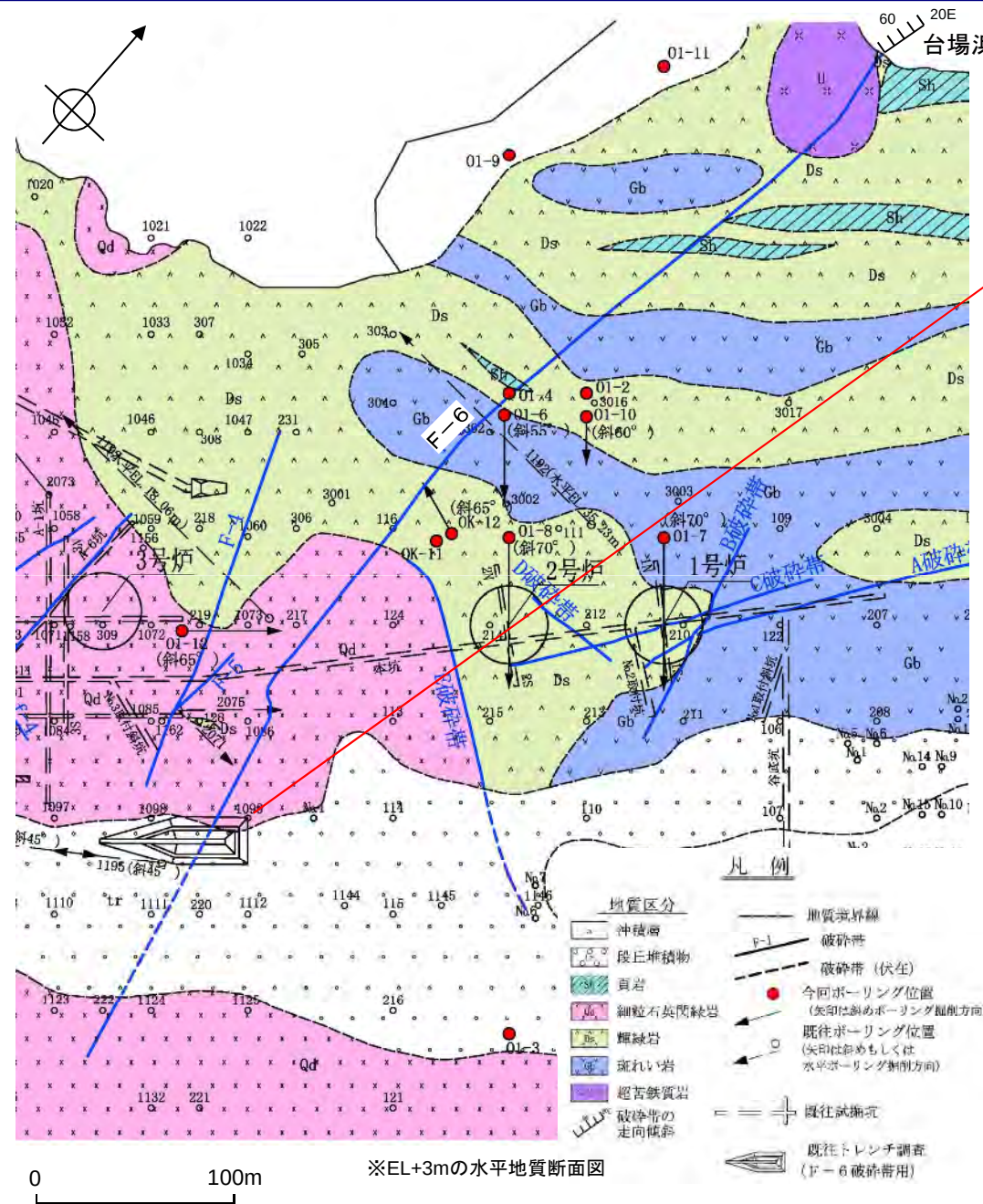
【F-3破碎帯に関する評価】

設置許可申請書では、「F-3破碎帯は3号原子炉格納施設基礎底面をN-S方向に横切る破碎帯であるため、その性状及び連続性をより詳細に調査するために破碎帯の走向方向に追跡坑(A-5坑、A-6坑)を掘削した結果、破碎帯は走向・傾斜N30° W~N7° E/42~80° Wの範囲内で幅1~50cmの膨縮をくり返しているが、破碎帯追跡坑の南側で実施した開削箇所では幅は徐々に縮小し、最終的には消滅している。」と評価。



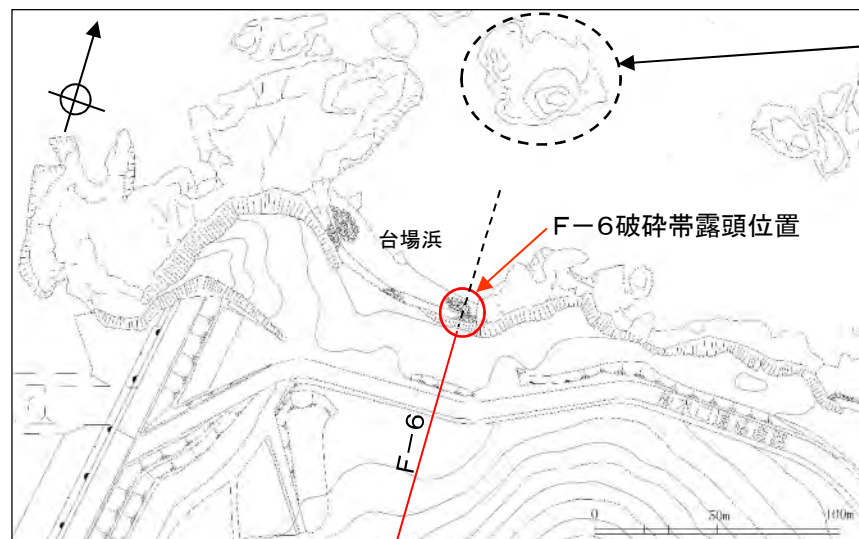
F-3破碎帯写真(開削箇所)

3, 4号申請当時の評価



- 【F-6破碎帯に関する評価】
- ・設置許可申請書では、「原子炉設置位置付近で認められた10条の破碎帯のうち、f-4破碎帯を除く全ての破碎帯の走向はN-S～NE-SW方向であり、舞鶴帯の延びの方向とほぼ一致するため、これらの破碎帯は舞鶴帯の形成と密接に関連して形成された古い破碎帯と考えられる。」と記載している。
 - ・また、10本の破碎帯のうちで最も延長の長いF-6破碎帯についてトレンチ調査を実施し、「F-6破碎帯は中位段丘相当の段丘堆積物に覆われ、この段丘堆積物に変位を与えていないことから、少なくとも段丘堆積物堆積後は活動していないものと考えられる。」と評価。
 - ・台場浜の輝緑岩中に認められる破碎帯は、「走向・傾斜及び性状から判断して、F-6破碎帯に連なると考えられるが、北側の延長線上にある岩礁には破碎帯が存在しないことを確認している。」と記載。

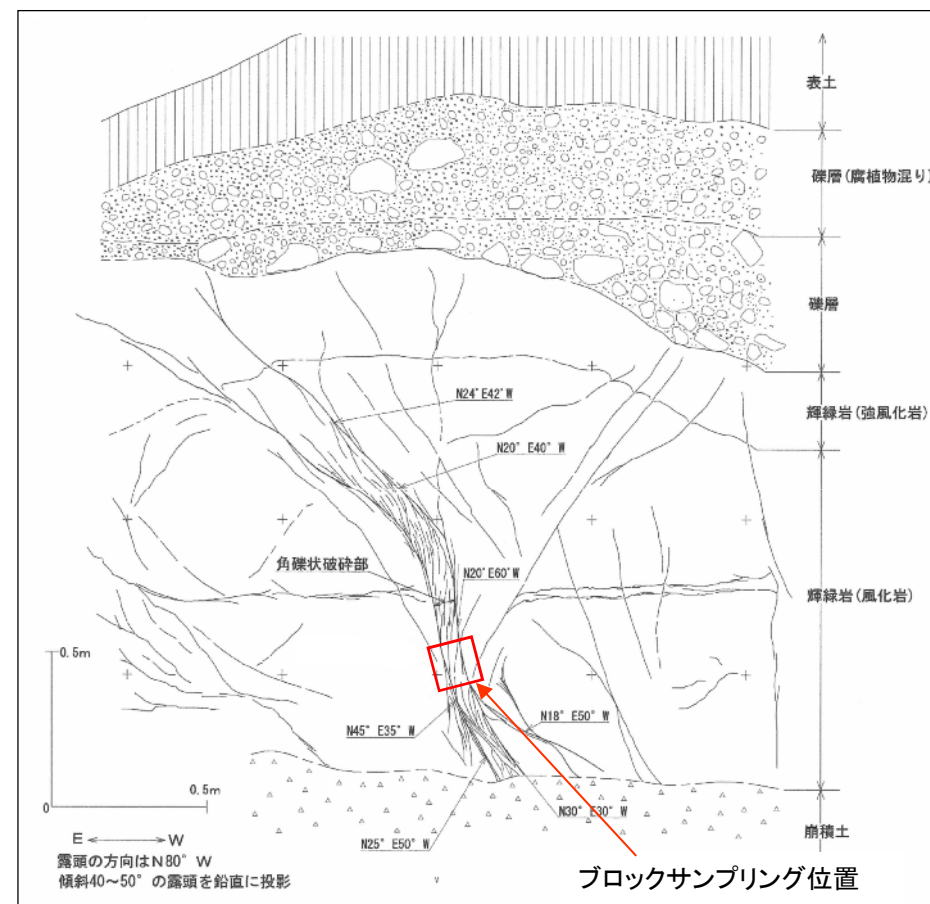
台場浜海岸露頭の検討結果(F-6破碎帯)



F-6破碎帯は台場浜北方の岩礁では認められない。

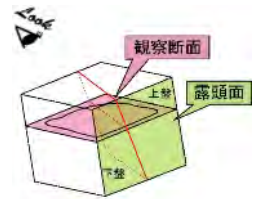


ブロックサンプリング位置

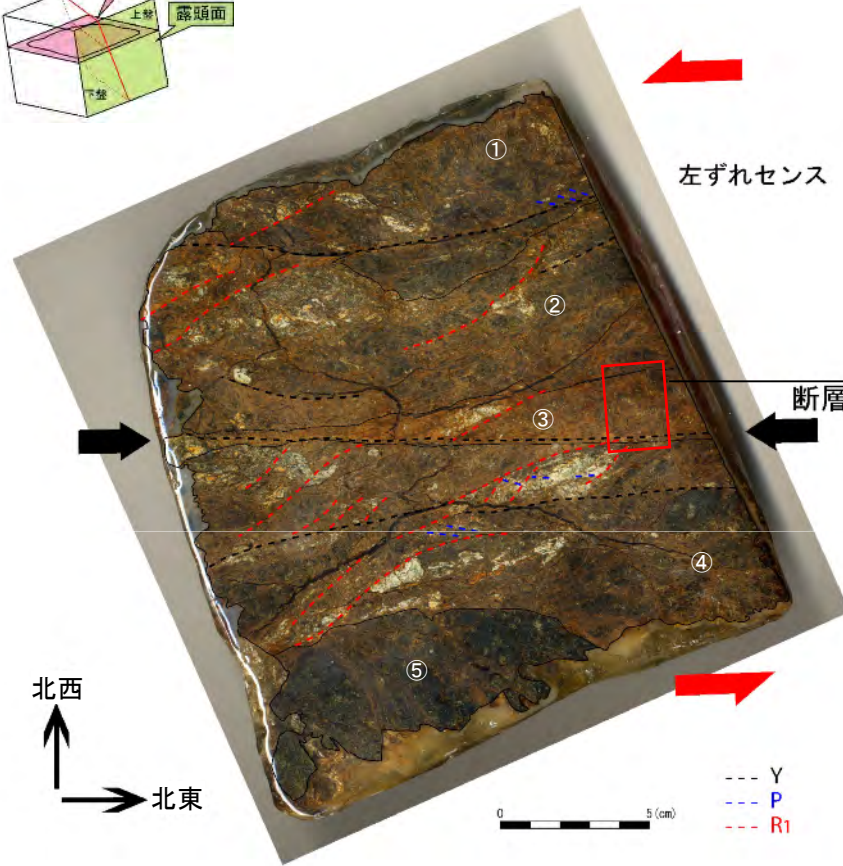


F-6破碎帯の断層面は湾曲し、破碎部は固結ないし半固結し、明瞭な粘土状破碎部を伴わない。

変形組織の観察(F-6破碎帯)



研磨片(横ずれ成分観察用)

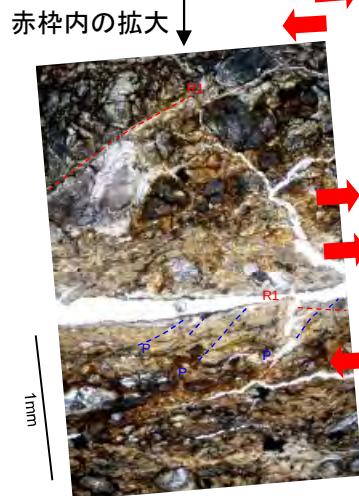
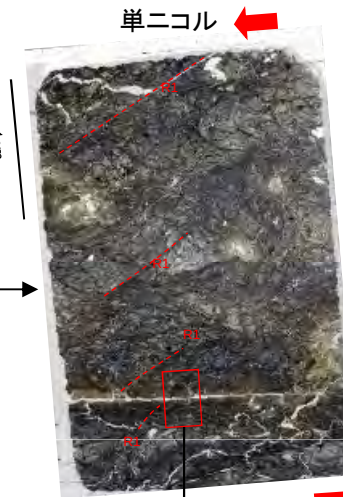


- ①角礫状破碎部(原岩組織を残す)
- ②角礫状破碎部
- ③砂状～シルト状破碎部
- ④角礫状破碎部
- ⑤角礫状破碎部(原岩組織を残す)

研磨片観察結果

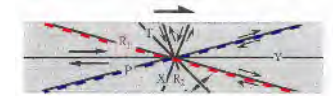
- ・角礫状及び砂状～シルト状破碎部からなる。
- ・P面とR1面の関係から左ずれセンスを示す。

薄片(横ずれ成分観察用)



薄片観察結果

- ・面状カタクレーサイトからなる。
- ・P面とR1面から左ずれ及び右ずれセンスを示す。



せん断センスを示す複合面構造
(狩野・村田, 1998)

直交ニコル



③
④
最新活動面

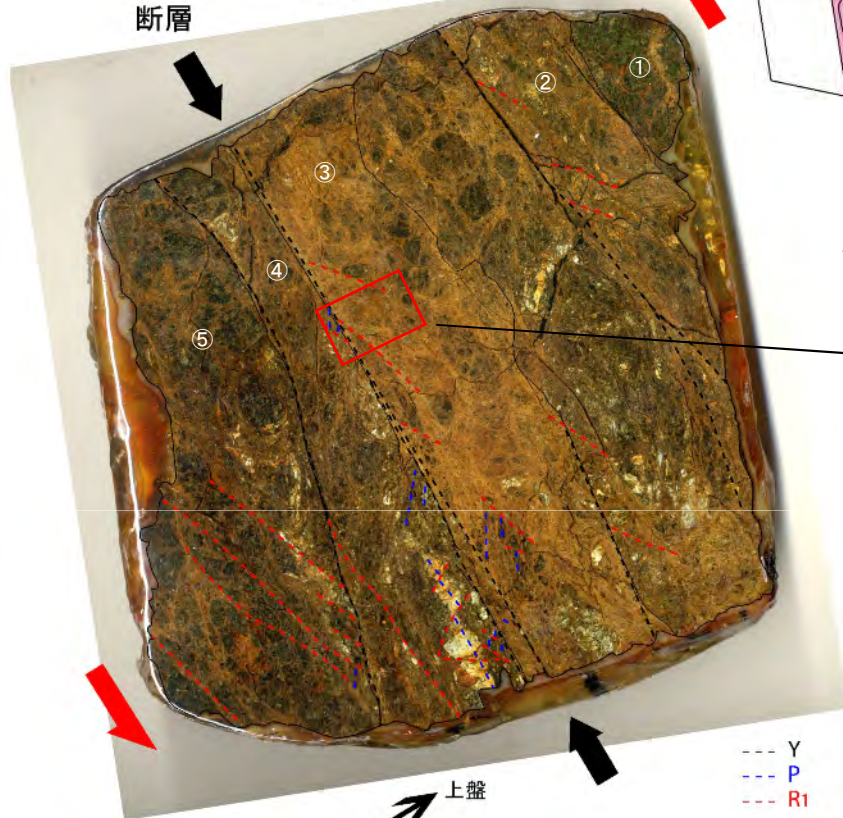


変形組織の観察(F-6破碎帯)

研磨片(縦ずれ成分観察用)

逆断層センス

断層



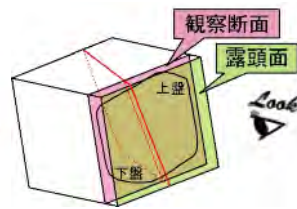
上盤
北西(水平)
鉛直下向き
断層の
最大傾斜方向

--- Y
--- P
--- R1

- ①角礫状破碎部(原岩組織を残す)
- ②角礫状破碎部
- ③砂状～シルト状破碎部
- ④角礫状破碎部
- ⑤角礫状破碎部(原岩組織を残す)

研磨片観察結果

- ・角礫状及び砂状～シルト状破碎部からなる。
- ・P面とR1面の関係から逆断層センスを示す。

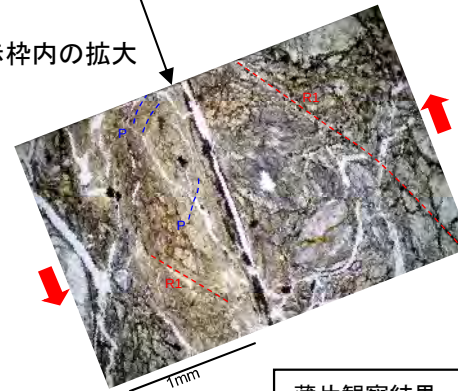


最新活動面

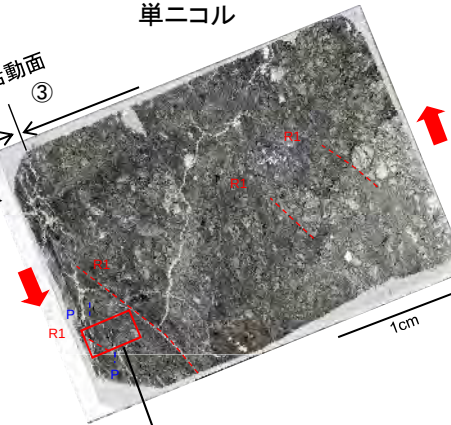
③

④

赤枠内の拡大

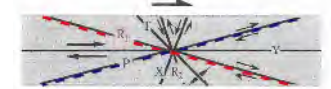
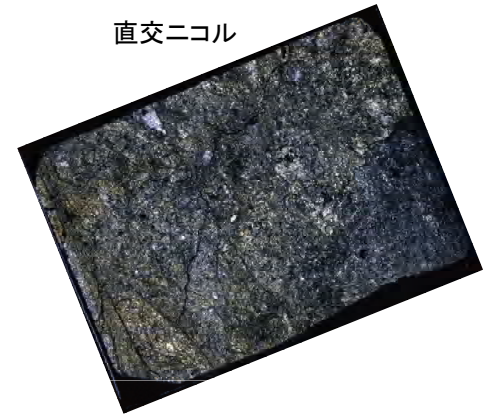


単ニコル



薄片(縦ずれ成分観察用)

直交ニコル



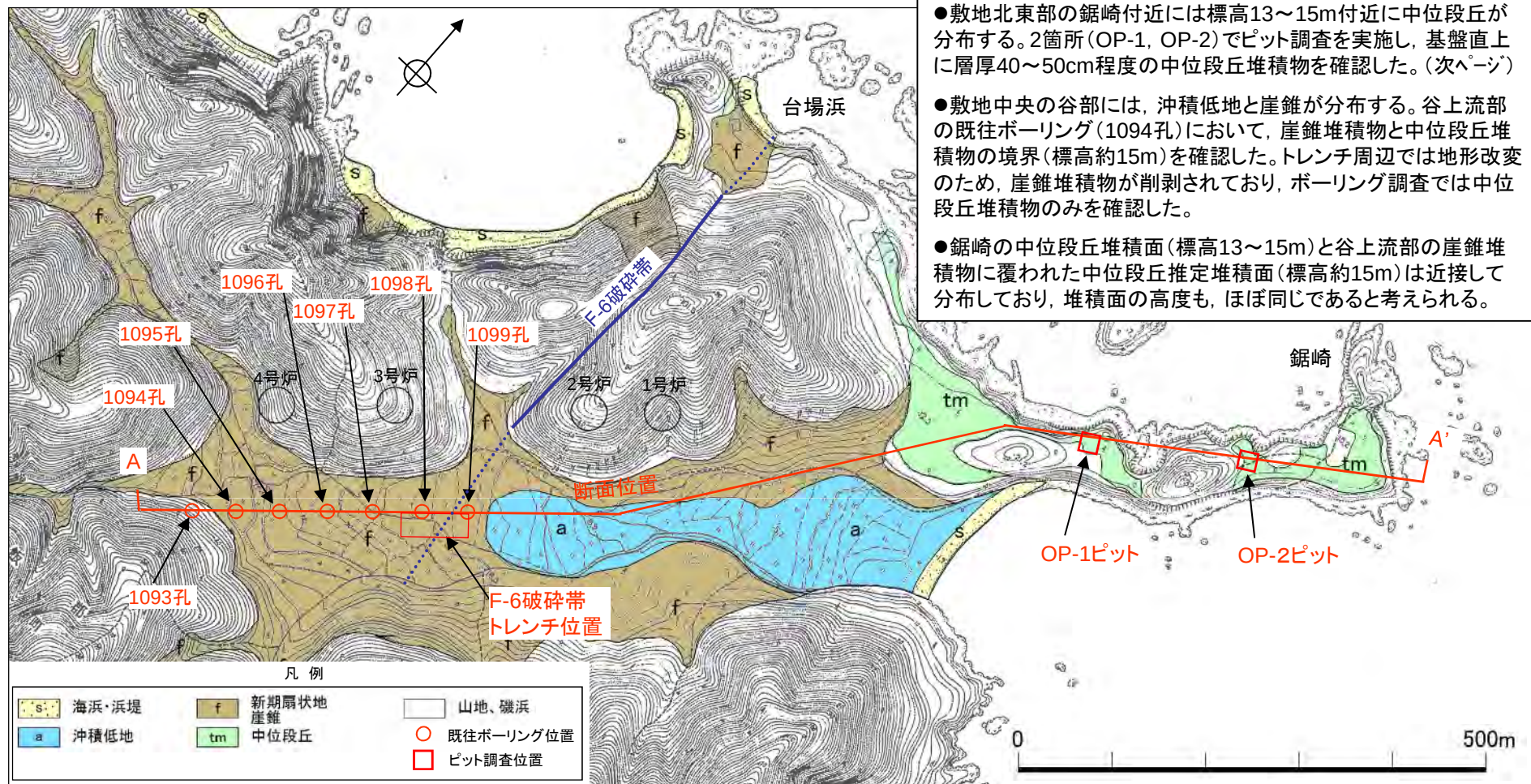
せん断センスを示す複合面構造
(狩野・村田, 1998)

薄片観察結果

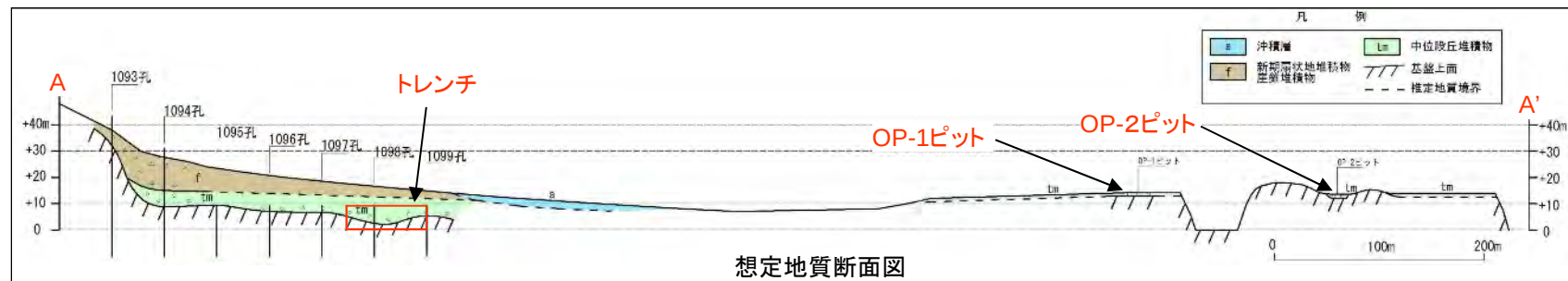
- ・面状カタクレーサイトからなる。
- ・P面とR1面の関係から逆断層センスを示す。

破碎部がカタクレーサイトからなることから、後期更新世以降の活動を示唆する断層ではないと判断した。

F-6破碎帯上載層の検討



地形区分図



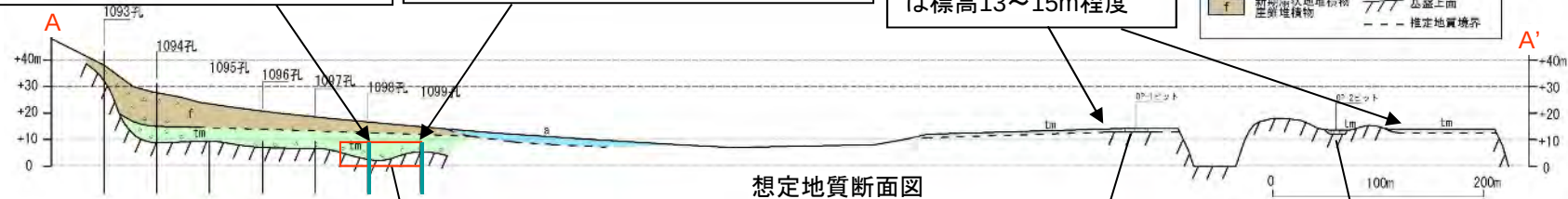
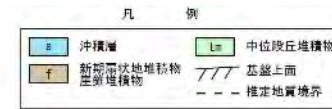
想定地質断面図

F-6破碎帯上載層の検討

No.1098孔の段丘堆積物
色調は赤褐(5YR4/8)～明褐(7.5YR5/6)、
くさり礫を含む

No.1099孔の段丘堆積物
色調は明褐(7.5YR5/8)～黄褐(10YR5/8)

鋸崎周辺の中位段丘面
は標高13～15m程度



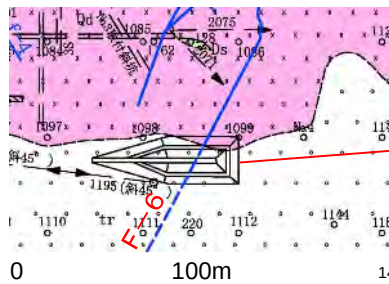
想定地質断面図

1098孔(孔口標高9.41m)

1099孔(孔口標高9.40m)

地表面標高14.3m

地表面標高13.5m



※EL+3mの水平地質断面図

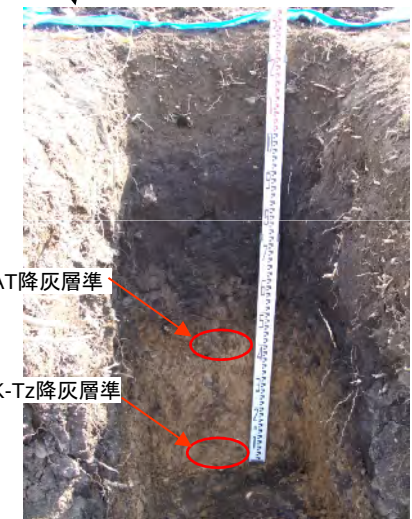
¹⁴C年代測定結果
No.1: 32,670B.P.オーバー
No.2: 33,820B.P.オーバー

F-6破碎帯

近接するボーリング
の記載から砂礫層
は赤褐～明褐、黄褐
色を呈する。



OP-1ピット



OP-2ピット

AT: 始良Tnテフラ(約2.6～2.9万年前: 町田・新井, 2003)
K-Tz: 鬼界葛原テフラ(約9.5万年前: 町田・新井, 2003)

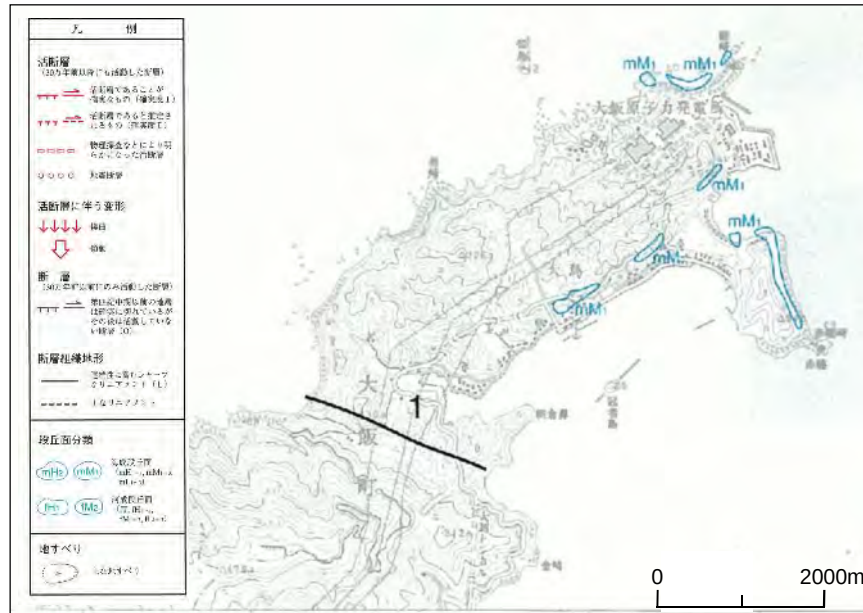
鋸崎でのピット調査で確認された中位段丘堆積物は、層厚40～50cm程度の砂礫層で、全体として風化しており、色調は赤褐(7.5YR4/6)を呈する。最上部付近でATの降灰層準を、基底面付近でK-Tzの降灰層準を確認。

3, 4号炉設置許可申請時に実施したトレンチ調査で認められたF-6破碎帯上部の堆積層と、鋸崎付近に分布する堆積層とは、色調などの性状や分布高度から、同じ中位段丘堆積物と判断。

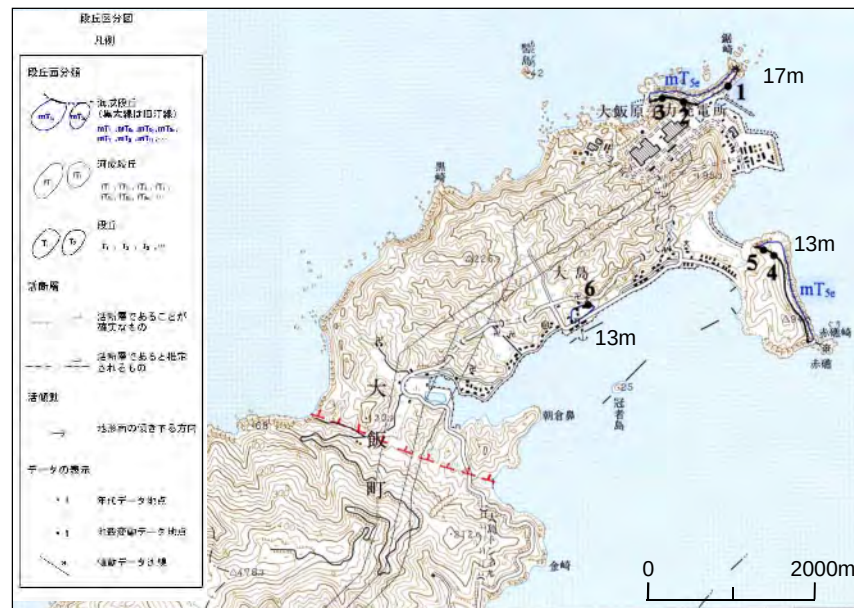
設置許可申請書におけるF-6破碎帯の活動性に関する評価は、以下のとおりまとめられている。

- ・トレンチ調査の結果、F-6破碎帯の上部は堆積物に覆われている。
- ・この堆積物は、旧地形面の標高が鋸崎灯台付近の段丘面高度に連続すると考えられること及び鋸崎灯台付近の中位段丘相当層と同様になんかなり風化していること等から中位段丘相当の段丘堆積物と考えられ、破碎帯はこの段丘堆積物に変位を与えていない。

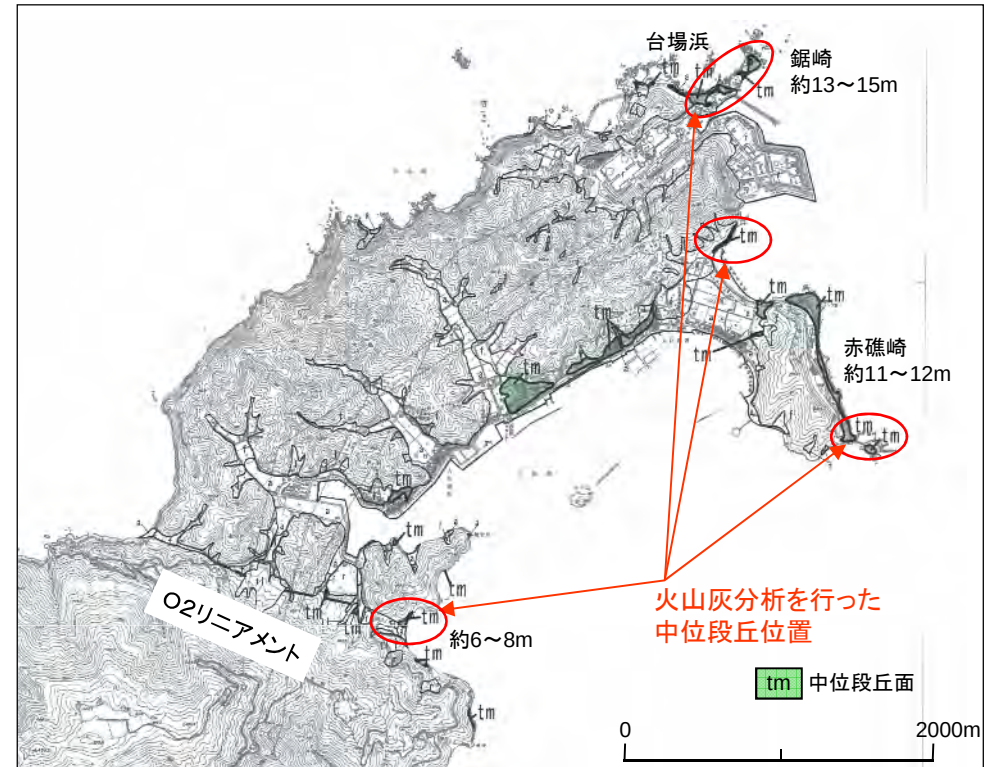
大島半島北部の中位段丘面



近畿の活断層



日本の海成段丘アトラス



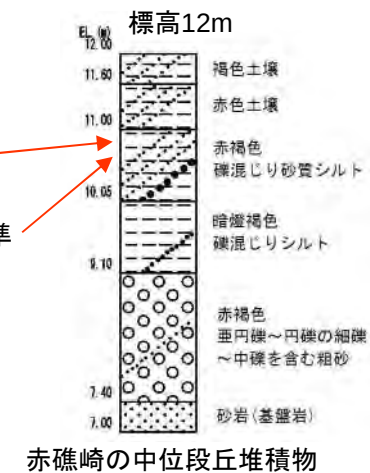
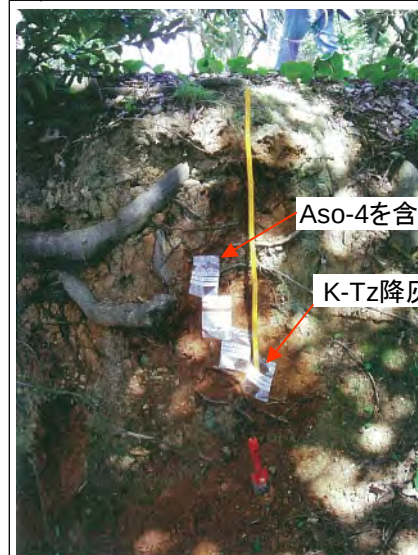
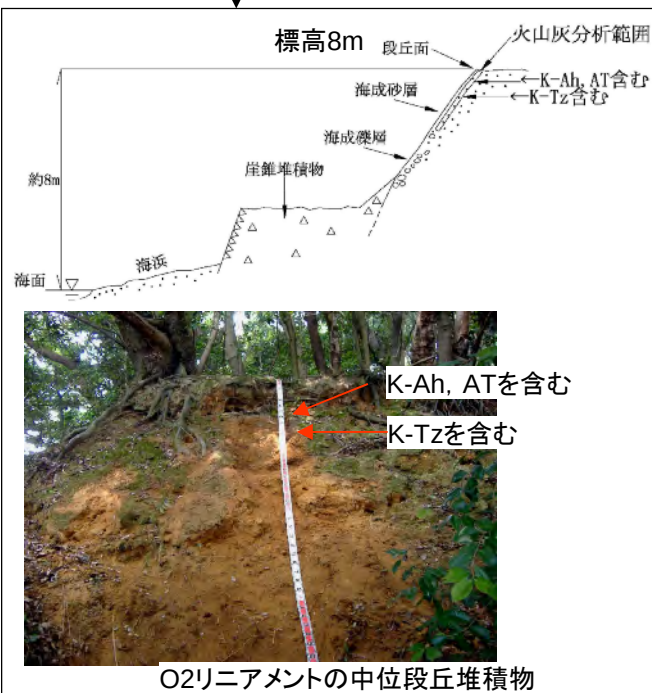
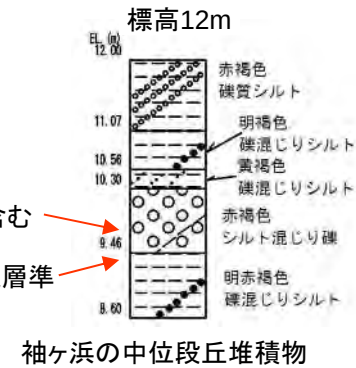
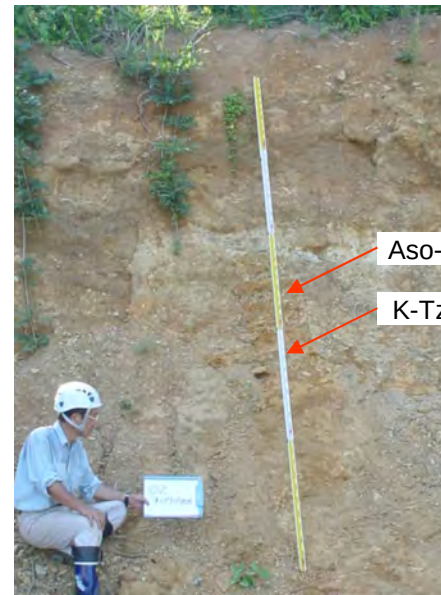
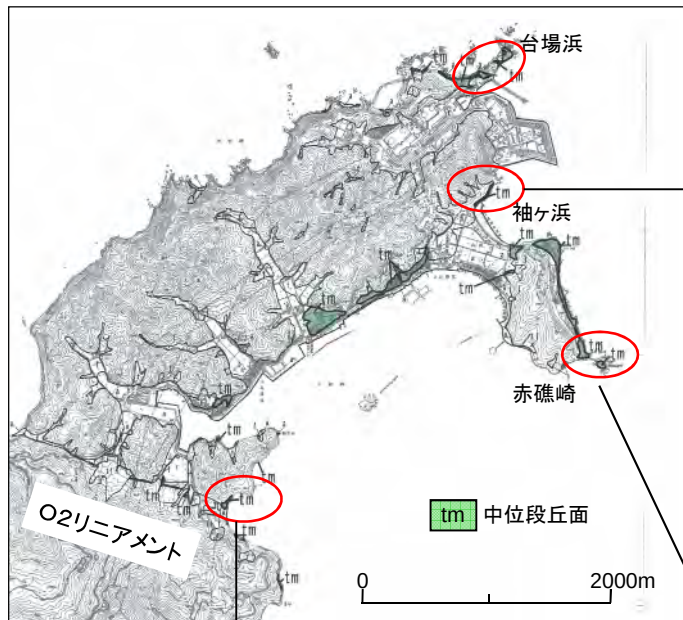
地形面区分図(当社調査結果)

- ・「近畿の活断層」及び「日本の海成段丘アトラス」では、大島半島北部付近に海成の中位段丘面のみが分布し、「日本の海成段丘アトラス」は酸素同位体ステージ5eとしている。
- ・岡田(1978)※は、「鋸崎から台場浜にかけて旧汀線高度約15mの海岸段丘面が認められる。この段丘堆積物は層厚1~2mと薄く、主に垂角~垂円礫からなる。全体として風化しており、地表面付近には層厚40~50cmの赤褐色(7.5YR, 4/6)が認められるので、この段丘面は下末吉相当面と考えられる。」と記載している。
- ・当社が作成した地形面区分図は、文献の記載状況と概ね整合している。
- ・大島半島北部の中位段丘面4箇所で行った火山灰分析を実施し、K-Tz火山灰(約9.5万年前、町田・新井,2003)を確認している。

※岡田(1978):若狭湾岸地域における主に最終氷期以降の海水準変動と地形発達

1-163

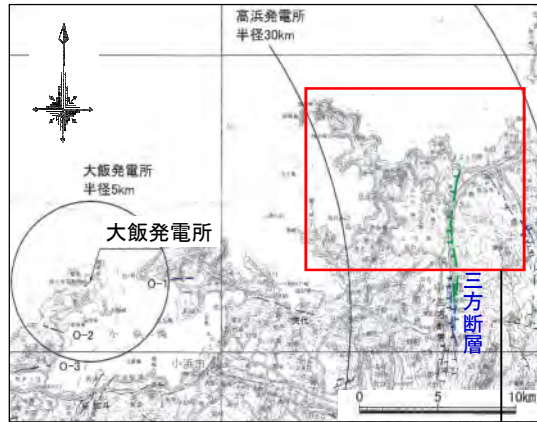
大島半島北部の中位段丘面



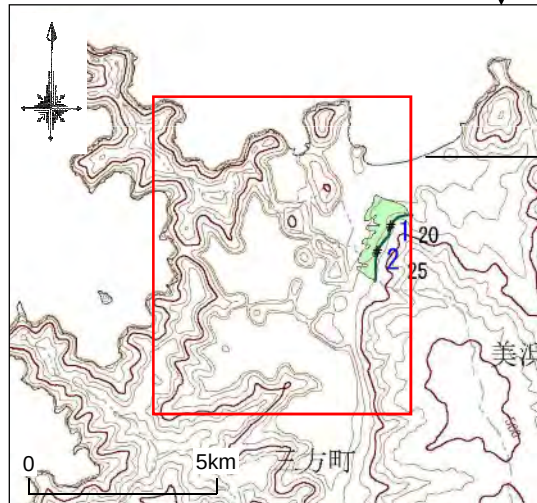
火山灰の年代
(町田・新井, 2003より引用)
K-Ah: 約7.3千年前
AT: 約2.6～2.9万年前
Aso-4: 約8.5～9.0万年前
K-Tz: 約9.5万年前

大島半島北部の中位段丘面を構成する堆積物は、概ね褐色から赤褐色を呈し、Aso-4火山灰やK-Tz火山灰を含むことから中位段丘堆積物と考えられる。

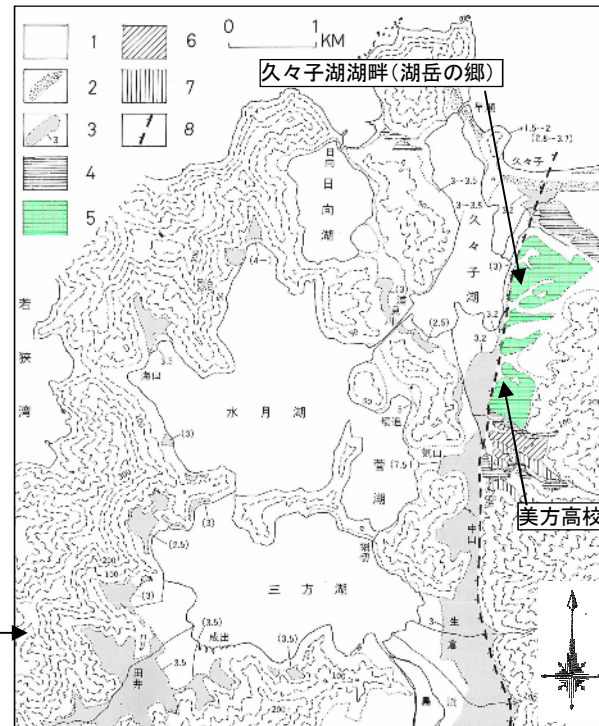
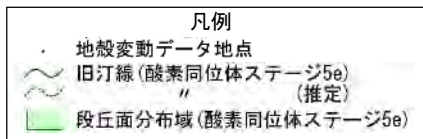
三方五湖周辺の中位段丘面について



敷地周辺陸域の変動地形・リニアメント分布図



宮津地域のステージ5e段丘面分布図
(日本の海成段丘アトラスより引用)



三方五湖周辺の地形概図と寛文2(1662)年前の旧汀線高度分布。(岡田1984)^{※1}を引用。

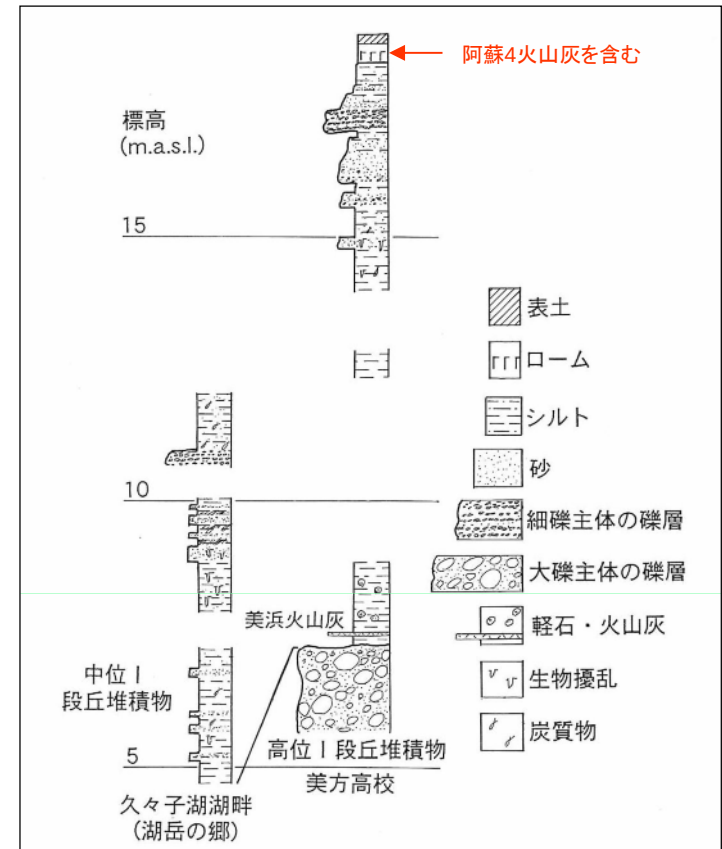
- 凡例
1: 山地・海・寛文2年後の沖積面 2: 砂丘・浜堤
3: 寛文2年前の沖積面 4: 低位段丘面 5: 中位段丘面
6: 高位段丘Ⅱ面 7: 高位段丘Ⅰ面 8: 三方断層

日本の海成段丘アトラスに示された段丘面分布と岡田(1984)^{※1}の中位段丘面はほぼ同じ範囲であり、小松原(2002)^{※2}の中位Ⅰ段丘面に相当する。

小松原(2002)^{※2}は、中位Ⅰ段丘堆積物を、層相や海生軟体動物化石ならびにクジラ化石が得られることから、高海水準期の内湾性堆積物と考え、これを覆うローム層の下部から阿蘇4火山灰(8.5~9.0万年前: 町田・新井, 2003)が得られることから、この高海水準期は最終間氷期に相当すると考えている。

大飯発電所周辺の中位段丘に関する文献等を確認した。

三方五湖周辺には中位段丘面が広く分布し、同段丘堆積物において行われた火山灰分析により、最終間氷期に相当する中位段丘堆積物であることを確認した。



中位Ⅰ段丘堆積物の柱状図。(小松原2002)^{※2}を引用。

※1: 岡田篤正(1984)
三方五湖低地の形成過程と地殻変動、鳥浜貝塚—縄文前期を主とする低湿地遺蹟の調査, vol.4 (1983年度調査概報), p9-42.
※2: 小松原琢(2002)
西津地域の地質, V. 第四系、地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)、産総研地質調査総合センター, p52-60.

F-6破碎帯上載層の検討結果

F-6破碎帯の上載層は、色調等の性状や分布高度から、鋸崎付近に分布する中位段丘堆積物と同じであると判断していたが、大島半島北部における火山灰分析及び中位段丘に関する文献調査により、F-6破碎帯上載層の年代に関する再検討を実施した。



①大島半島北部における火山灰分析結果

大島半島北部の中位段丘4箇所では火山灰分析を実施した結果、海成段丘を構成する堆積物中にAso-4火山灰やK-Tz火山灰を確認した。

②中位段丘に関する文献調査結果

- ・「近畿の活断層」及び「日本の海成段丘アトラス」では、大島半島北部付近に海成の中位段丘面のみが分布し、「日本の海成段丘アトラス」は鋸崎付近の中位段丘面を酸素同位体ステージ5eとしている。
- ・「日本の海成段丘アトラス」では、三方五湖周辺に中位段丘面を広く図示し、酸素同位体ステージ5eとしており、これは「小松原(2002)」の中位 I 段丘面に相当する。「小松原(2002)」は、この段丘を構成する堆積物を中位 I 段丘堆積物として、高海水準期の内湾性堆積物と考え、これを覆うローム層の下部からAso-4火山灰が得られることから、この高海水準期は最終間氷期に相当するとしている。

③検討結果

各種文献によると、大島半島北部付近に海成の中位段丘面のみが図示されており同段丘を構成する堆積物にはAso-4火山灰やK-Tz火山灰が挟まれること、三方五湖周辺の段丘堆積物が最終間氷期に相当する中位段丘堆積物とされていることから、鋸崎付近に分布する中位段丘堆積物は最終間氷期の地層と判断される。



F-6破碎帯の上載層は、風化の程度、しまりの程度、色調等の性状や分布高度等から、鋸崎付近に分布する中位段丘堆積物に対比されることが考えられることから、最終間氷期の地層と判断される。

ま と め

【敷地の地形】

- ・変動地形・リニアメントは判読されない。

【敷地の地質・地質構造】

- ・敷地の北西側から南西側の山地には輝緑岩、斑れい岩、大島層(頁岩)が分布し、敷地の南東から南方の山地、鋸崎にかけて細粒石英閃緑岩が分布。
- ・原子炉設置位置付近で認められる破碎帯の走向はN-S～NE-SW方向が卓越している。
- ・鋸崎から台場浜にかけて海岸沿いに中位段丘堆積物が分布。

【断層の活動性】

最も延長が長いF-6破碎帯について検討した結果、以下の状況から少なくとも後期更新世以降に活動したものではないと判断される。

- ・台場浜の海岸付近で露頭観察を行った結果、断層面は湾曲し破碎部は固結ないし半固結し、明瞭な粘土状破碎部を伴わない。
- ・変形組織の観察を行った結果、破碎部がカタクレーサイトからなる。
- ・設置許可申請書では、トレンチ調査により、F-6破碎帯は中位段丘相当の段丘堆積物に変位を与えていないと評価しており、今回、F-6破碎帯上載層について検討した結果、色調等の性状や分布高度、大島半島北部における火山灰分析結果及び中位段丘に関する文献調査結果から、鋸崎付近に分布する中位段丘堆積物(最終間氷期の地層)と同じである判断される。

【参考】敦賀発電所における浦底断層等の評価に係る経緯

1. 敦賀発電所1号機(昭和41年許可)、2号機(昭和57年許可)設置当時に行われた地質調査等の結果、敷地内にある浦底断層については、活断層ではないとしていた。
2. 平成16年3月に敦賀発電所3号機、4号機の設置許可申請を受け、安全審査を行っていく過程で、平成17年2月、原子力安全・保安院から事業者に対して周辺活断層に係る追加調査を指示した。
3. 一方、平成18年9月の耐震設計審査指針の改訂により、最新の調査手法を総合した徹底的な活断層調査を行うことが盛り込まれ、かつ、活断層の定義についても約5万年前までに活動が確認される断層から約13万年前までに活動が確認される断層に拡大することとなった。
4. このようなことから事業者は、更なる調査を行い、平成20年3月、浦底断層については、約4000年前以降に活動しているとして、活断層である旨の報告が提出された。
5. これを受け、耐震設計審査指針の改訂に伴い実施している敦賀発電所1号機、2号機の耐震バックチェックの審議において、平成20年3月、浦底断層を耐震設計上考慮すべき活断層とし、敦賀発電所における従来の基準地震動532ガルを800ガルに引き上げて評価を実施。
6. しかしながら、その後の耐震バックチェックの審議において、浦底断層が原子炉から至近距離にあるため、その活動による原子炉近傍の破砕帯の変位の評価が課題となり、事業者に対してさらなる検討を求めた(平成22年9月14日)。
7. 原子炉建屋直下の破砕帯の活動性については、平成24年4月24日に実施した現地調査の結果を踏まえ、今後の意見聴取会において他の委員にも意見をいただきながら、厳格に審議していく予定であり、現時点で評価が確定しているわけではない。

【参考】断層と破碎帯

断層：岩石の破壊によって生ずる不連続面のうち、面に平行な変位のあるもの（地学辞典）

断層とは、地下の岩盤に力が加わって割れ、割れた面に沿ってずれ動いて食い違いが生じた状態をいい、力の加わる方向により、縦にずれたり横にずれたりする。



破碎帯：主に断層運動に伴い岩石が機械的に破碎され、不規則な割れ目の集合体をなし、断層角礫や断層ガウジなどから構成されるある幅を持った帯（地学辞典）

なお、破碎帯には、「断層運動（時代の新しい、古いを問わず）に起因するもの」以外に「熱水変質に起因するもの」などもあるが、事業者は、これらを区別せずに破碎帯と称している。

