

# 伊方発電所3号機 敷地内断層の性状について (耐震性能)

平成27年2月16日  
四国電力株式会社

# 活動性評価に関する審査ガイドの記載

- 『敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド』における将来活動する可能性のある断層等の認定や調査手法に関する記載を踏まえて敷地内断層の活動性を総合的に評価する。

## 2. 将来活動する可能性のある断層等の認定

(審査ガイドから抜粋)

### 2.1 基本方針

- (1) 「将来活動する可能性のある断層等」は、後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できないものとする。
- (2) その認定に当たって、後期更新世（約12～13万年前）の地形面又は地層が欠如する等、後期更新世以降の活動性が明確に判断できない場合には、中期更新世以降（約40万年前以降）まで遡って地形、地質・地質構造及び応力場等を総合的に検討した上で活動性を評価すること。
- (3) なお、活動性の評価に当たって、設置面での確認が困難な場合には、当該断層の延長部で確認される断層等の性状等により、安全側に判断する必要がある。
- (4) また、「将来活動する可能性のある断層等」には、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面が含まれる。
- (5) 「震源として考慮する活断層」とは、地下深部の地震発生層から地表付近まで破壊し、地震動による施設への影響を検討する必要があるものをいう。



敷地において後期更新世の地形面および地層が欠如していることから、審査ガイドに従い、地形、地質・地質構造等を総合的に検討した上で敷地内断層の活動性を評価する。

## 3. 敷地内及び敷地極近傍における地盤の変位に関する調査

(審査ガイドから抜粋)

### 3.1 調査方針

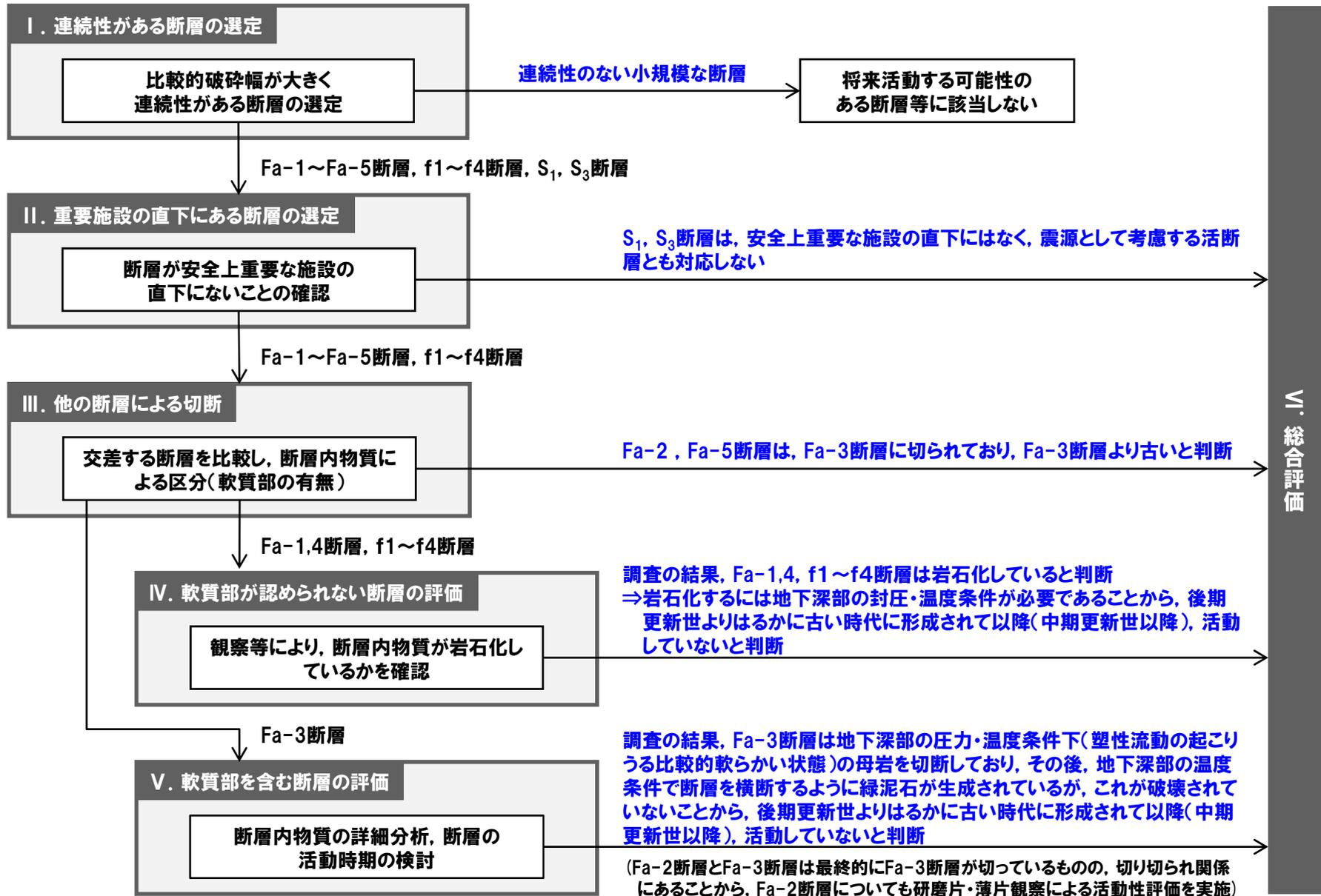
- (1) 重要な安全機能を有する施設の地盤には、将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認する。
- (2) 敷地内及び敷地極近傍に将来活動する可能性のある断層等の露頭が存在する場合には、適切な調査、又はその組合せによって、当該断層等の性状（位置、形状、過去の活動状況）について合理的に説明されていることを確認する。
- (3) 敷地内及び敷地極近傍に将来活動する可能性のある断層等の露頭が存在する場合には、その断層等の本体及び延長部が重要な安全機能を有する施設の直下に無いことを確認する。なお、将来活動する可能性のある断層等が重要な安全機能を有する施設の直下に無い場合でも、施設の近傍にある場合には、地震により施設の安全機能に影響がないことを、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に基づいて確認する。
- (4) 将来活動する可能性のある断層等とは、震源として考慮する活断層のほか、地震活動に伴って永久変位が生じる断層に加え、支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面が含まれる。



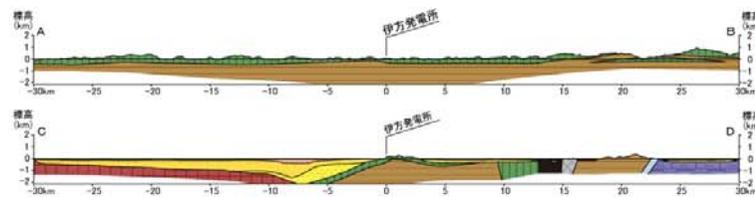
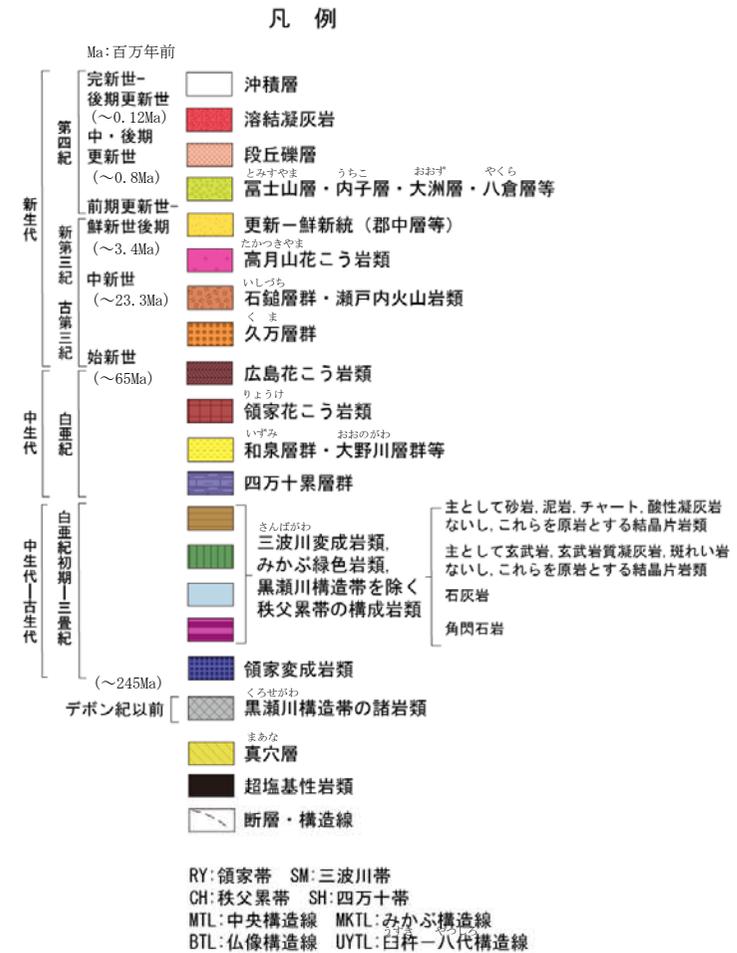
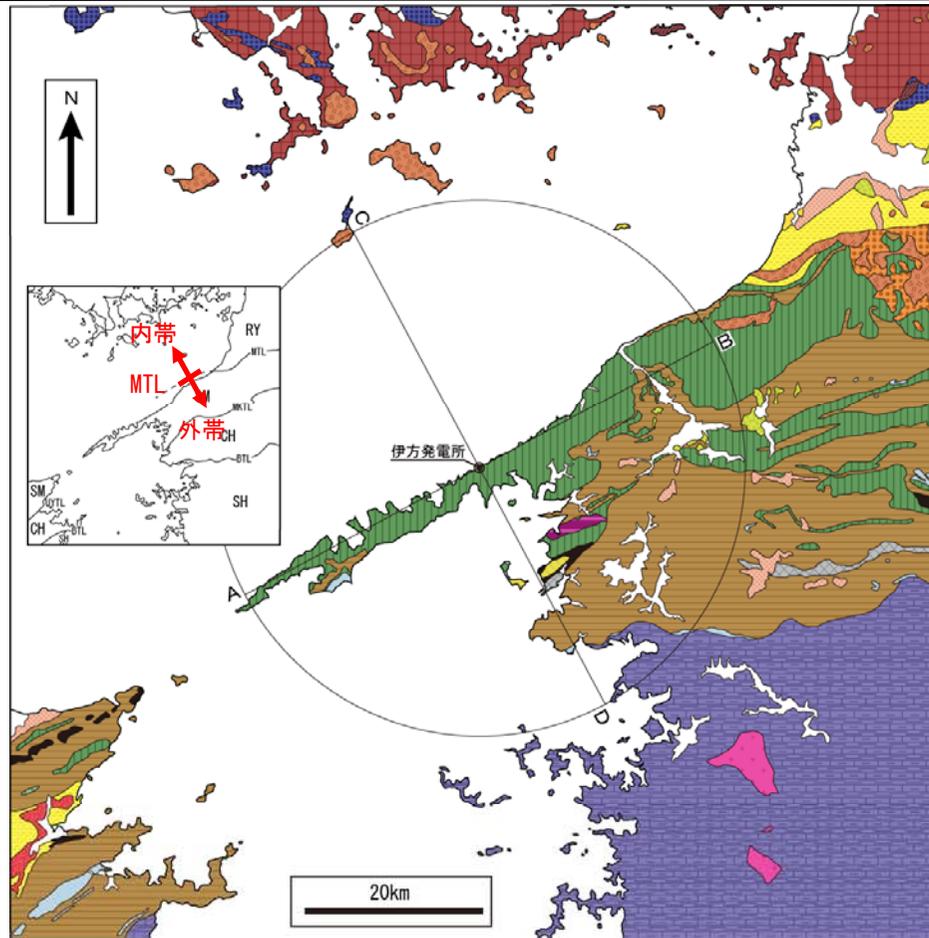
審査ガイドに従い、重要な安全機能を有する施設の直下に将来活動する可能性のある断層等が無いことを確認するとともに、敷地内に「震源として考慮する活断層」が無いことを確認する。



# 評価の流れ



# 敷地周辺の地質

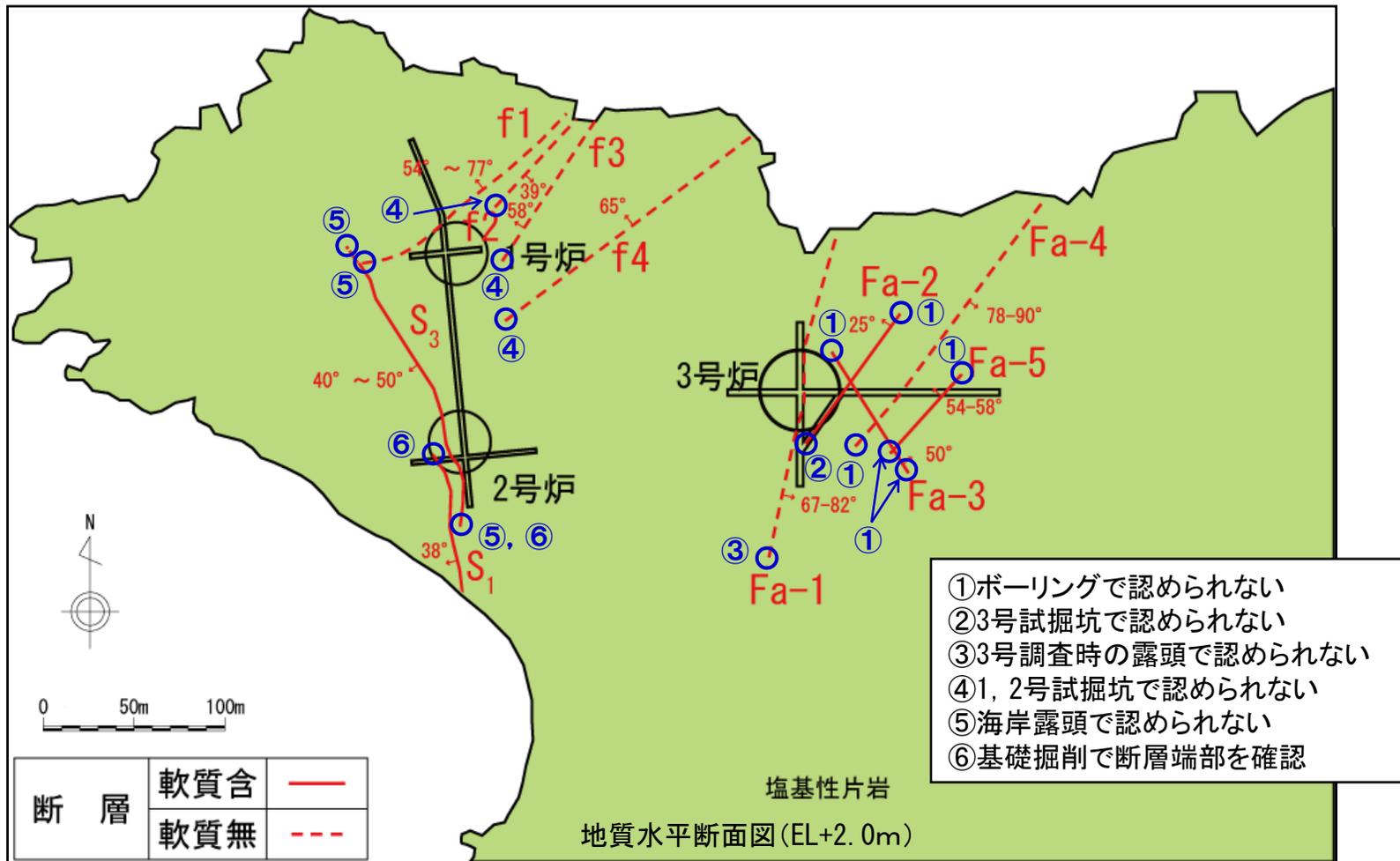


○敷地周辺の内帯には領家帯に属する地層、外帯には北から三波川帯、秩父累帯および四万十帯に属する地層が分布し、地質構造および地質境界断層は東北東-西南西方向である。

○敷地付近には三波川変成岩類に属する塩基性片岩が広く分布する。

# 敷地内における断層分布

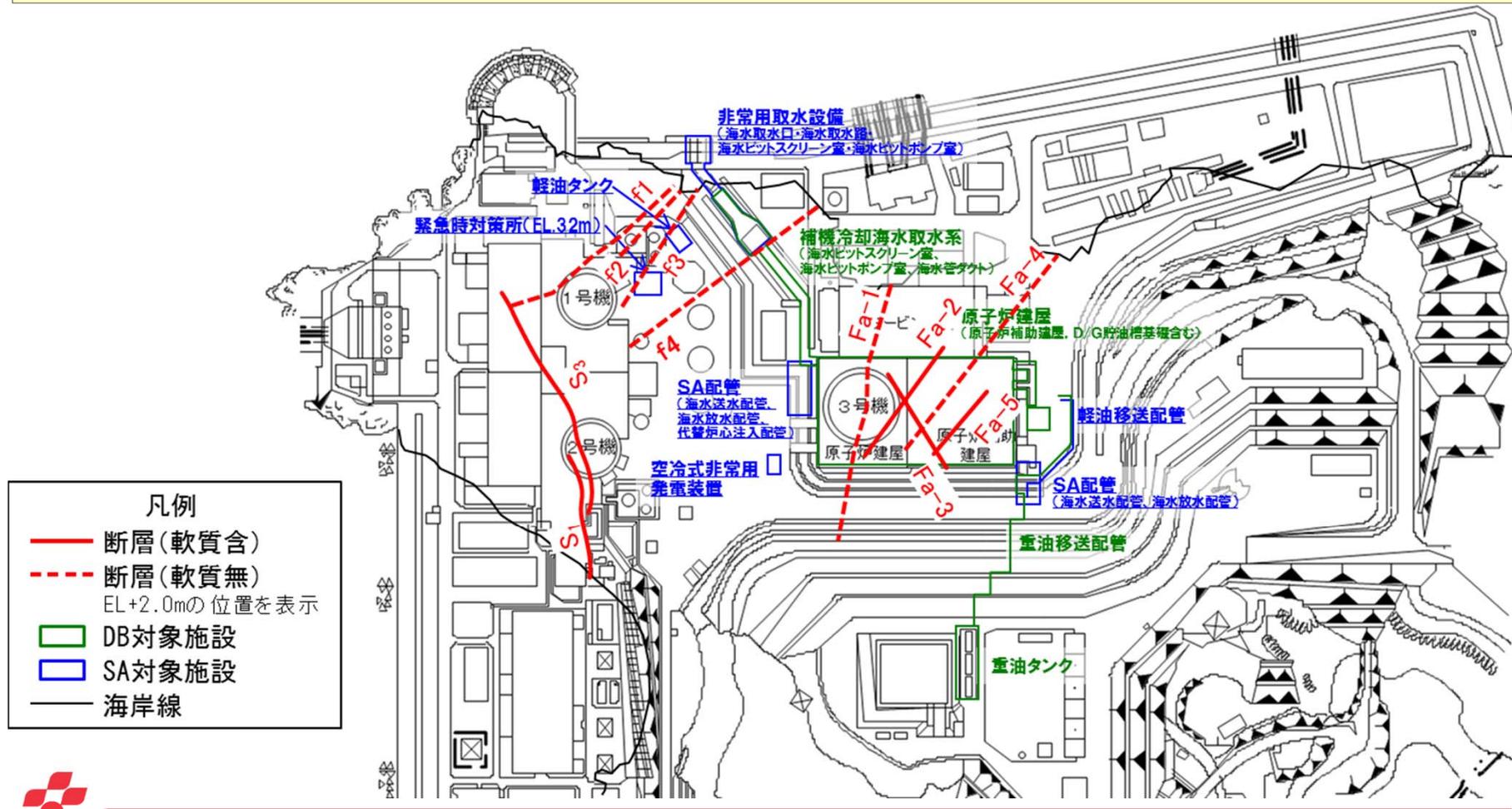
○敷地の地質は三波川帯の塩基性片岩からなり、規模の大きな断層は認められない。敷地に認められる断層の破碎幅はほとんどが10cm未満であり、片理のひきずりや断層内物質の性状から、古い時代に地下深部で生成した断層である。3号炉申請時の調査において、敷地内で比較的破碎幅が大きく連続性がある断層としてFa-1断層～Fa-5断層、f1～f4断層、S<sub>1</sub>、S<sub>3</sub>断層を示している。



※S<sub>2</sub>断層は掘削により除去され現存しない。

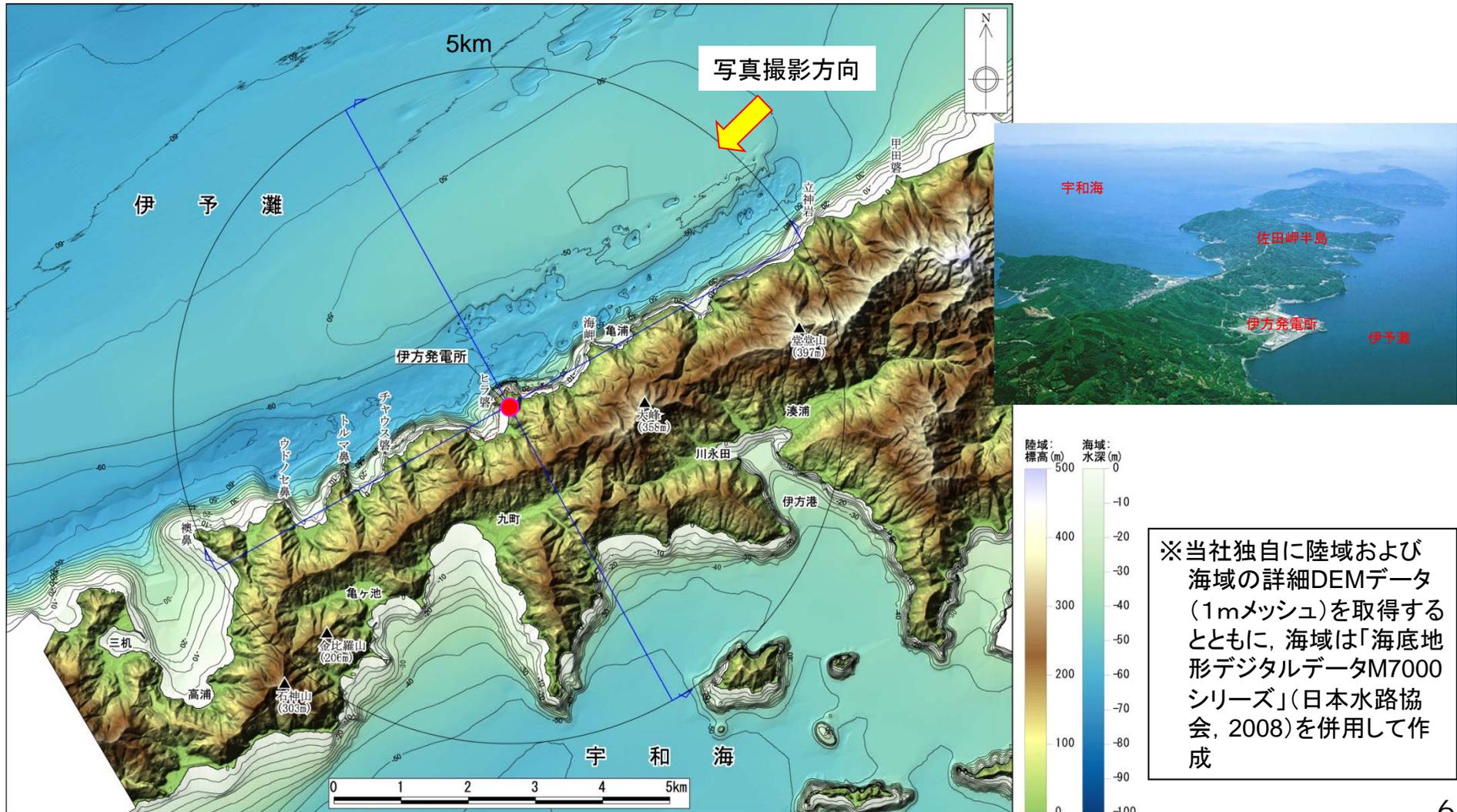
# 3号炉施設と断層の位置関係

- 伊方3号炉の原子炉設置位置付近において比較的破碎幅が大きく連続性がある断層はFa-1～Fa-5断層である。また、3号炉の海水ピット付近にf1～f4断層が分布する。
- 3号炉西方にS<sub>1</sub>断層、S<sub>3</sub>断層が分布するが、その付近に3号炉申請に係る重要施設はなく、変位が施設に影響を及ぼすものではない。
- これらの断層が震源として考慮する活断層と対応しないことを確認する。



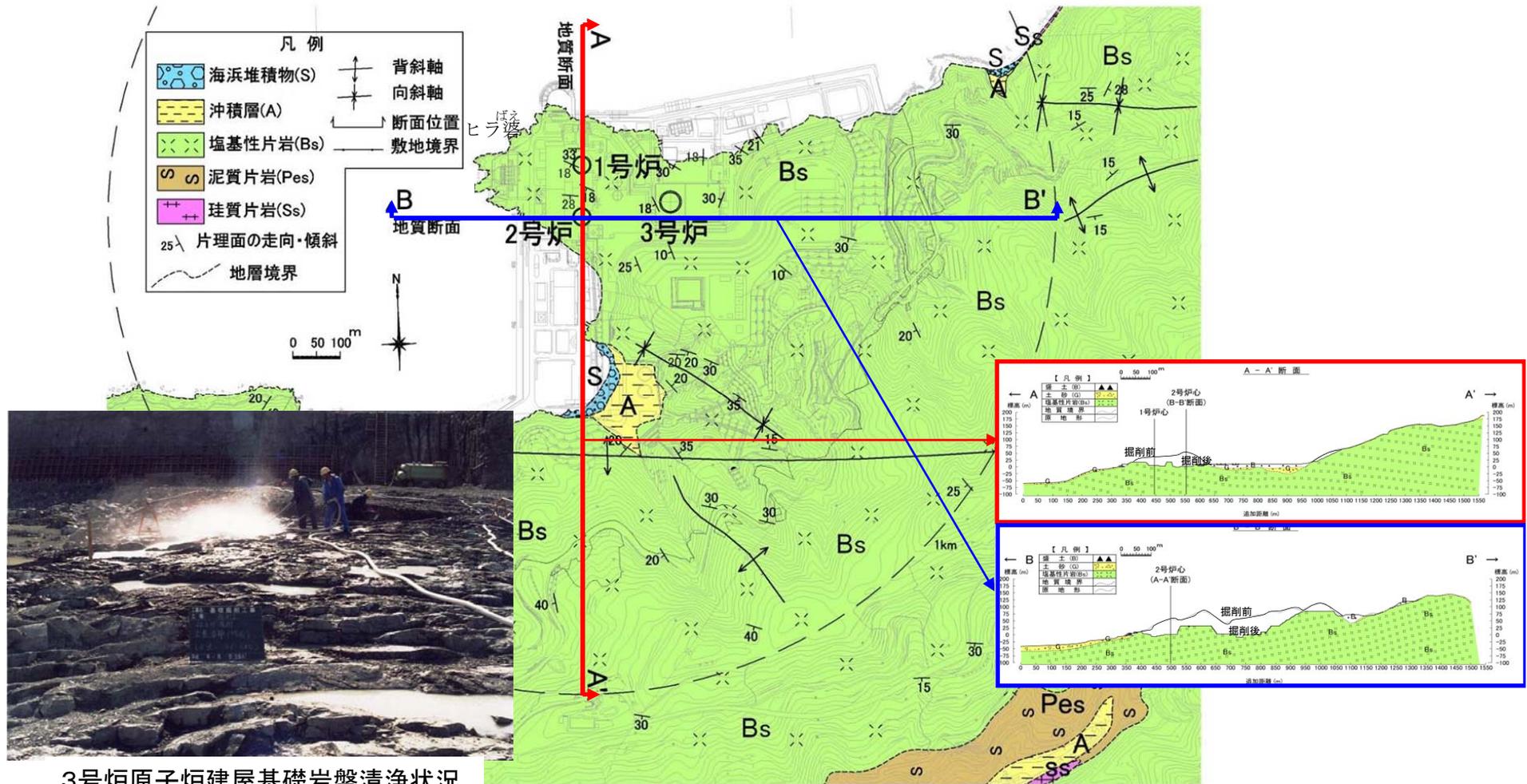
# 震源として考慮する活断層との対応<変動地形学的調査>

○伊方発電所の位置する佐田岬半島は、東北東-西南西方向に伸びる細長い半島であり、その海岸線は複雑に入り組んでいる。敷地近傍には、「活断層詳細デジタルマップ」, 「[新編]日本の活断層-分布図と資料-」等の既存文献による変位地形・リニアメントの指摘はない。また、詳細DEMおよび空中写真による独自の地形判読によっても敷地近傍に変位地形・リニアメントは判読されない。



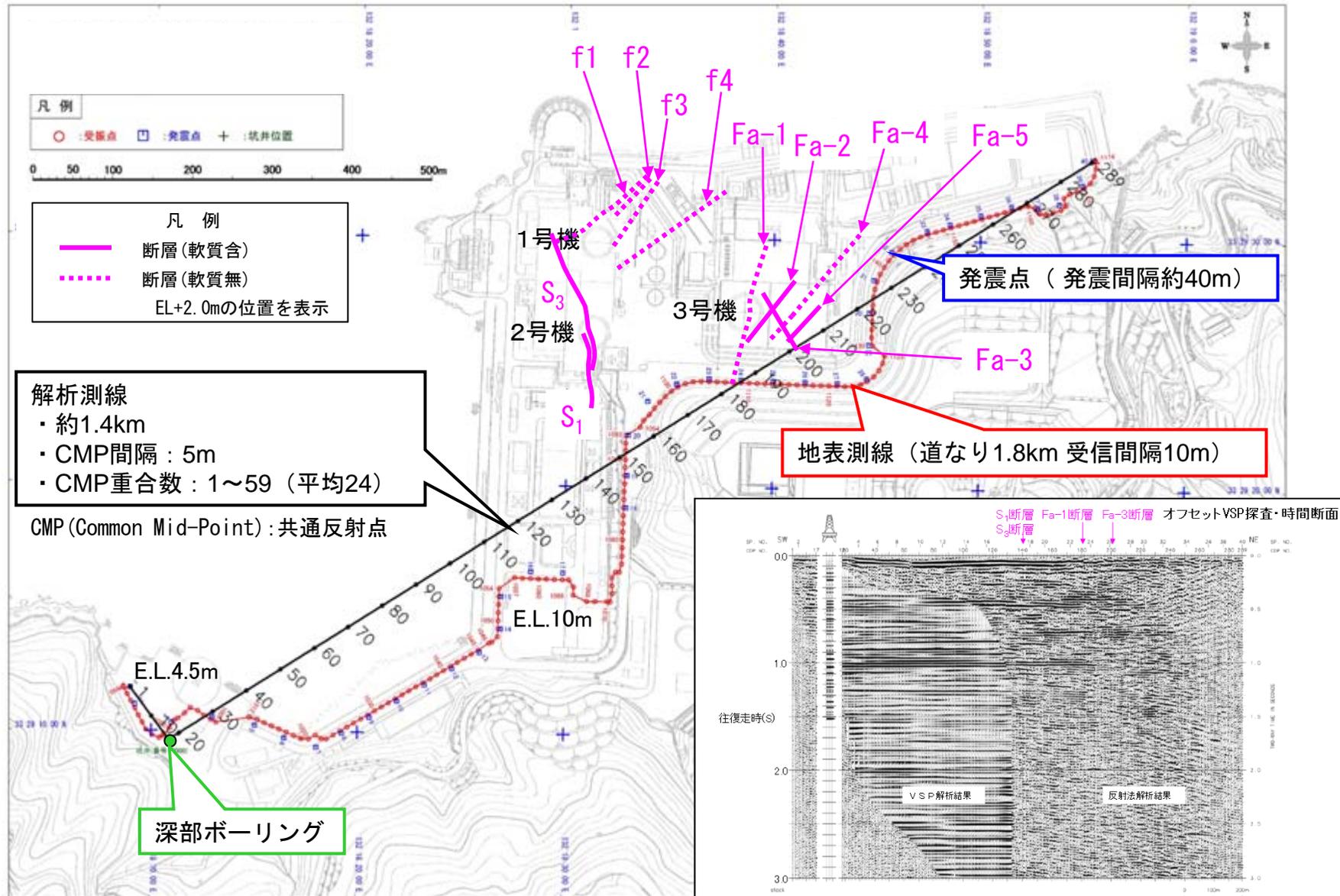
# 震源として考慮する活断層との対応<地質調査>

○敷地の地盤は主に塩基性片岩からなり、敷地内の断層（Fa-1～Fa-5断層，f1～f4断層，S<sub>1</sub>断層，S<sub>3</sub>断層）に活断層を示唆する構造は認められない。なお、地山を掘削して敷地を造成しており、年代評価に適した上載地層（後期更新世の地形面および地層）が欠如している。



# 震源として考慮する活断層との対応 <地球物理学的調査>

○敷地において地下深部までほぼ水平な反射面が連続し、地表から地下深部まで連続する大規模な断層は認められない。



# 震源として考慮する活断層との対応<まとめ>

- 変動地形学的調査，地質調査，地球物理学的調査の結果より，敷地内断層はいずれも震源として考慮する活断層と対応しない。
- S<sub>1</sub>断層，S<sub>3</sub>断層はその付近に3号炉申請に係る重要施設がないことからその変位が施設に影響を及ぼすものではなく，震源として考慮する活断層とも対応しない。

## 変動地形学的調査

敷地近傍に「活断層詳細デジタルマップ」，「[新編]日本の活断層—分布図と資料—」等の既存文献による変位地形・リニアメントの指摘はない。また，詳細DEMおよび空中写真による独自の地形判読によっても敷地近傍に変位地形・リニアメントは判読されない。

敷地内の断層(Fa-1～Fa-5断層，f1～f4断層，S<sub>1</sub>断層，S<sub>3</sub>断層)は活断層を示唆する変動地形と対応しない。

## 地質調査

敷地近傍・敷地付近には三波川変成岩類が広く分布する。敷地の地盤は主に塩基性片岩からなり，敷地内の断層(Fa-1～Fa-5断層，f1～f4断層，S<sub>1</sub>断層，S<sub>3</sub>断層)に活断層を示唆する構造は認められない。

## 地球物理学的調査

地下深部までほぼ水平な反射面が連続し，地震発生層(地下2km以深)まで連続する大規模な断層は認められない。

# 軟質部の有無と活動性評価の方針

- 軟質部を含む断層のうちFa-2断層, Fa-5断層はFa-3断層よりも活動時期の古い断層であると判断されるため, Fa-3断層について**研磨片・薄片で微細な構造を観察することによる活動性評価**を行う。また, Fa-3断層と切り切れ関係にあるFa-2断層についても同様の活動性評価を行う。
- 軟質部が認められないFa-1, Fa-4断層, f1～f4断層については, 断層内物質が**断層ガウジ**でなく**岩石相当の物性を有することを確認した上で薄片観察等を総合した活動性評価**を行う。

断層名	断層内物質による区分	他の断層による切断	活動性評価の方針
Fa-1断層	軟質無	—	⇒ 物理試験や薄片観察等を総合した活動性評価
Fa-2断層	軟質含	Fa-3断層に切られる	⇒ 研磨片・薄片観察による活動性評価
Fa-3断層	軟質含	Fa-2断層と切り切れ関係	⇒ 研磨片・薄片観察による活動性評価
Fa-4断層	軟質無	—	⇒ 物理試験や薄片観察等を総合した活動性評価
Fa-5断層	軟質含	Fa-3断層に切られる	Fa-3断層よりも古い断層と判断される
f1断層	軟質無	—	⇒ 物理試験や薄片観察等を総合した活動性評価
f2断層	軟質無	—	⇒ 物理試験や薄片観察等を総合した活動性評価
f3断層	軟質無	—	⇒ 物理試験や薄片観察等を総合した活動性評価
f4断層	軟質無	—	⇒ 物理試験や薄片観察等を総合した活動性評価
S <sub>1</sub> 断層	軟質含	—	付近に3号炉重要施設がなくその変位が施設に影響を及ぼすものではなく, 震源として考慮する活断層とも対応しない
S <sub>3</sub> 断層	軟質含	—	

# 軟質部が認められない断層の性状例 < f1断層, f2断層 >

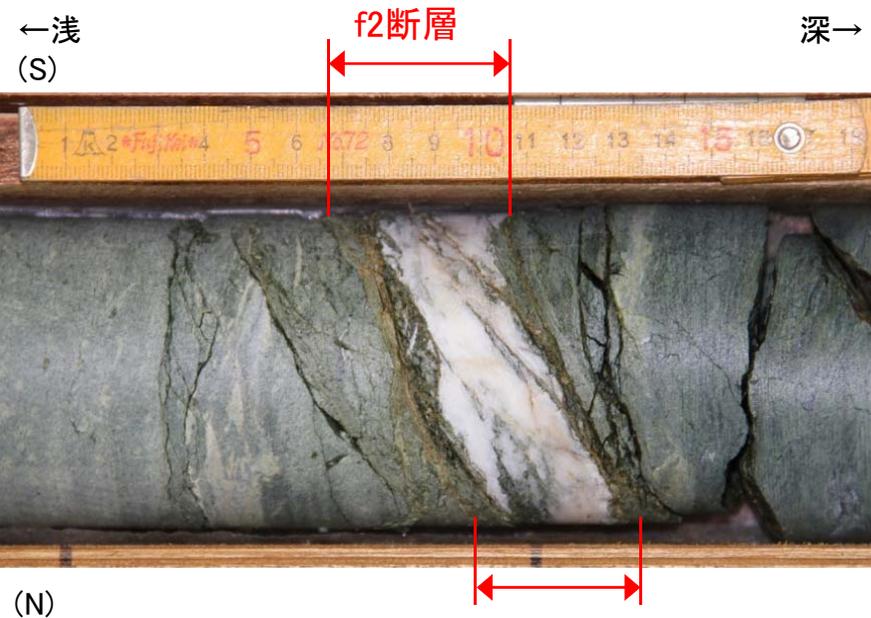
○f1断層露頭の破碎幅は2~5cm, f2断層コアの破碎幅は4cmであり, 断層内物質に粘土状の軟質部を介在しない。また, 断層内物質は岩石相当の硬さで周辺の母岩と密着して一体の岩石となっており, 新しい時代の活動の痕跡は認められない。

(S) **f1断層** 走向傾斜 N40~50° E/70° NW (N)



f1断層露頭写真(平成26年撮影)

走向傾斜N34~43° E/26~31° SE



f2断層(深度約10m)コア写真  
(平成26年取得・撮影)

# 軟質部が認められない断層の活動性評価

○対象断層: Fa-1, Fa-4, f1~f4断層

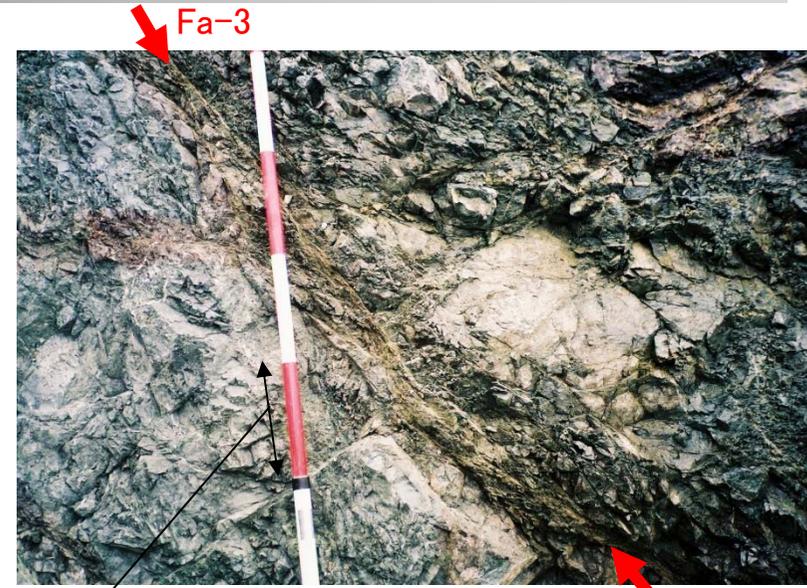
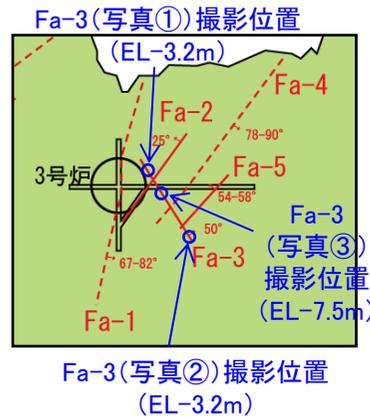
○活動性評価

項目	評価方法	評価結果	関連頁
肉眼観察	断層ガウジあるいは断層角礫との区別が困難な粘土状軟質部の有無を再確認する。	・断層内物質は岩石相当の硬さで周辺の母岩と密着して一体の岩石となっており、新しい時代の活動の痕跡は認められない。	資料1-2 42~44頁
物理試験	断層内物質について物理試験を行って断層ガウジと比較し、水に対する挙動を定量的に評価する。	・断層ガウジ(川上断層、伊予断層)とは顕著な差が認められ、岩石相当の物性を有する。	資料1-2 45頁
針貫入勾配	断層内物質について針貫入試験を行い、断層内物質の局所的な硬さを定量的に測定し、断層ガウジの針貫入勾配と比較する。	・断層ガウジ(川上断層、伊予断層)よりも針貫入勾配が顕著に大きく、湿潤状態でも土のように流動化せず一定の硬さを保っている。	資料1-2 46頁
軟X線観察 CT画像観察 研磨片観察 薄片観察	軟X線観察またはCT画像観察を行い、破碎部と母岩の差を検討する。また、研磨片観察および薄片観察を行い、せん断面を横断する方向の鉱物脈やせん断面と対応する変形構造について観察する。	・破碎部と母岩の明るさに差異がなく、両者が同等の密度であると判断される。 ・細粒部を横断する方向に成長する緑泥石脈や片理のひきずり等が認められることから、地下深部における脆性破壊で形成されたカタクレーサイトである。	資料1-2 49~57頁

軟質部が認められない断層は、後期更新世よりはるかに古い時代に地下深部で生成した断層が地表付近に位置して以降の新しい時代には活動しておらず、将来活動する可能性のある断層等には該当しない。

# Fa-3断層の性状

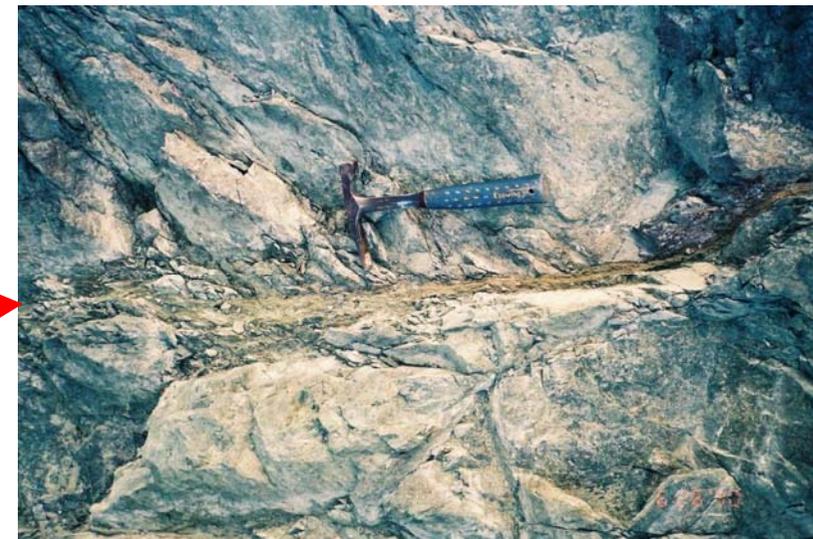
- Fa-3断層は試掘坑において破碎幅が最大で40cmであるが、試掘坑から離れるにつれて破碎幅が減少し、直線性にも乏しい。(写真①, ②)
- 試掘坑から約5m掘り下げた基礎掘削面では破碎幅が小さく(左下写真), Fa-3断層の局所的に破碎幅・粘土幅の大きい部分を既に掘削で除去している。(写真③)
- 断層付近に正断層的な片理のひきずり(流動的な変形)が認められる。(次頁にイメージ)



20cm ①試掘坑北方の基礎掘削面で平成2年撮影



Fa-3



Fa-3

③試掘坑付近から掘り下げた基礎掘削面で平成2年撮影

②試掘坑南方の基礎掘削面で平成2年撮影

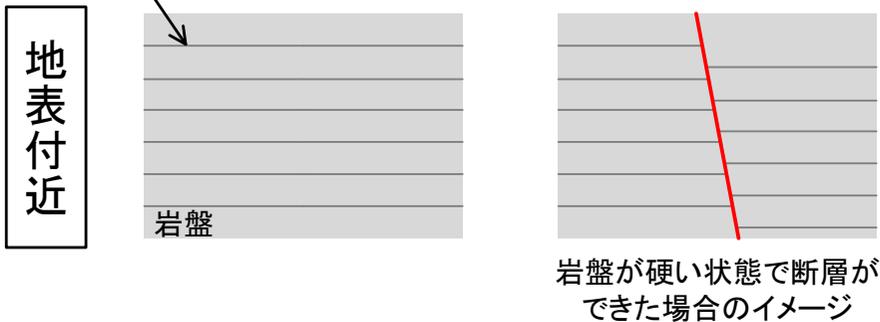


YONDEN

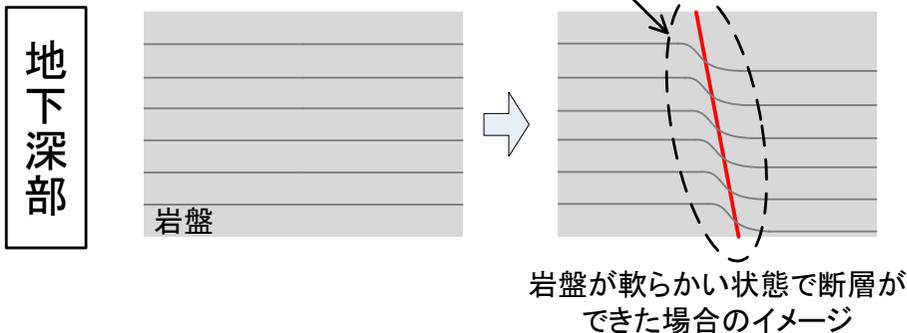
# Fa-3断層の活動時期

## 片理のひきずりのイメージ

片理(針状・柱状や板状の鉱物が平行に配列して縞模様を呈する岩石の構造)

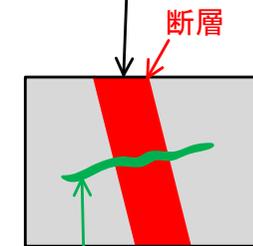
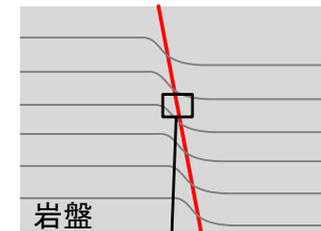


片理のひきずり(流動的な変形)  
[地下深部の温度・圧力条件下で起こる]



Fa-3断層では片理のひきずりが確認されたことから古い時代に地下深部で生成されたと評価される

## 緑泥石脈の観察



地下深部の高温環境で生成される緑泥石脈が断層を横断しており、破壊されていない

断層を横断している緑泥石脈が破壊されていないことから、新しい時代にFa-3断層は活動していないと評価される

# Fa-3断層の活動性評価

- 敷地近傍（半径5km内）に活断層は認められず、周辺の活断層からの「枝分かれ断層」としてFa-3断層が変位する可能性はない。
- Fa-3断層は直線性の悪い長さ75m程度の断層であり、その性状から古い時代に地下深部で生成した断層である。
- Fa-3断層に古い時代の緑泥石脈（スメクタイトとの混合層を伴う）生成以降の活動は認められず、Fa-3断層に切断されるFa-2断層およびFa-5断層の活動時期も古い。
- 軟質部を含む断層の活動時期は後期更新世よりもはるかに古く、いずれも将来活動する可能性のある断層等には該当しない。

Fa-3断層の性状	
断層の走向・傾斜	試掘坑内でN31° W/50° NEであるが、直線性が悪く、場所によって走向・傾斜が変化する。東西圧縮横ずれの応力場とは対応しない。
断層の幅	試掘坑内におけるFa-3断層の破碎幅は、断層の影響を工学的に評価するため微小な亀裂が生じて岩盤が劣化した範囲まで含めて最大40cmであり、最も破碎の進んだ粘土部からやや破碎された弱破碎部までの幅は5cm程度である。また、試掘坑から離れるにつれて、Fa-3断層の破碎幅は減少し、Fa-3断層の局所的に破碎幅・粘土幅の大きい部分を既に掘削で除去している。
断層の連続性	Fa-3断層は長さ75m程度であり、地下深部の震源域まで連続するようなものではない。
断層付近の岩盤	断層付近の岩盤は破碎や変質がなく新鮮である。また、正断層的な片理のひきずりが認められ、Fa-3断層が古い時代(約9千万年前以降)に地下深部(地下数km以深)で生成したことを示す。
断層内物質	最新活動面と対応する細粒部(粘土)は幅が数mm～1cm程度で直線性にも乏しい。その細粒部を横断して緑泥石(スメクタイトとの混合層を伴う)が脈状に成長しており、その後脆性破壊を受けていないことから、緑泥石脈生成(約1千万年前以前)後にFa-3断層は活動していない。
	細粒部中の緑泥石脈(スメクタイトとの混合層を伴う)は古い時代に地下深部の普遍的な高温環境で生成(約1千万年前以前)したものであり、Fa-3断層の活動時期は後期更新世(約12～13万年前)よりもはるかに古い。

# 敷地内断層の活動性の総合評価

断層名	震源として考慮する活断層との対応	他の断層による切断	断層内物質の肉眼観察	物理試験	針貫入試験	軟X線観察 CT画像観察	研磨片観察 薄片観察	総合評価
Fa-2	震源として考慮する活断層とは対応しない	Fa-3に切られる	粘土状の軟質部を含む	-	-	-	せん断方向に成長する石英脈・方解石脈および細粒部を横断して成長する緑泥石脈※に脆性破壊は認められない	地下深部における緑泥石脈※生成以降の活動は認められず、活動時期は後期更新世よりもはるかに古い
Fa-3		Fa-2と切り切れ関係		-	-	-	細粒部を横断して成長する緑泥石脈※に脆性破壊は認められない	
Fa-5		Fa-3に切られる		-	-	-	-	
Fa-1		-	岩石相当の硬さで周辺の母岩と密着して一体の岩石となっており、新しい時代の活動の痕跡は認められない	硬岩に相当する物性(密度、有効間げき率、吸水率)を有し、断層ガウジの物性と顕著な差が認められる	湿润状態でも土のように流動化せず一定の針貫入勾配を保持しており、断層内物質が断層ガウジでなく基質と岩片が固結したカタクレサイトであることを明確に示す	破碎部と母岩の明るさに差異がなく、両者が同等の密度であると判断される	せん断方向に成長する緑泥石脈※に脆性破壊は認められない	地表付近における新しい時代の活動はない
Fa-4		-					せん断方向を横断する方向に成長する変質鉱物脈に脆性破壊は認められない 弱破碎部中に方解石脈の塑性変形が認められる	
f1		-					断層運動の繰り返しにより形成される細粒部は認められず、最も破碎の進んだ強破碎部に沿って片理のひきずりが認められる	
f2		-					細粒部と接する強破碎部中に片理の引きずりが認められ、せん断方向を横断する方向に成長する緑泥石脈※に脆性破壊は認められない	
f3		-					せん断面沿いの方解石脈の成長や細粒部を切断する小せん断面が認められ、せん断方向を横断する方向に成長する緑泥石脈※に脆性破壊は認められない	
f4		-					弱破碎部中の片理の引きずりや細粒部を切断する小せん断面が認められ、せん断方向を横断する方向に成長する緑泥石脈※に脆性破壊は認められない	
S <sub>1</sub>		-					部分的に細かく破碎	
S <sub>3</sub>	-	粘土状の軟質部を含む	-	-	-	-		

○敷地内で比較的破碎幅が大きく連続性がある断層としてFa-1～Fa-5断層、f1～f4断層、S<sub>1</sub>、S<sub>3</sub>断層があり、いずれも震源として考慮する活断層と対応しない。S<sub>1</sub>断層、S<sub>3</sub>断層はその付近に3号炉申請に係る重要施設がないことから、その変位が施設に影響を及ぼすものではなく、震源として考慮する活断層とも対応しない。

○軟質部が認められない断層(Fa-1断層、Fa-4断層、f1～f4断層)は、古い時代に地下深部で生成した断層が地表付近に位置して以降の新しい時代には活動しておらず、将来活動する可能性のある断層等には該当しない。

○Fa-3断層およびFa-2断層に古い時代の緑泥石脈(スメクタイトとの混合層を伴う)生成以降の活動は認められず、Fa-3断層に切断されるFa-5断層の活動時期も古い。これらの軟質部を含む断層の活動時期は後期更新世よりもはるかに古く、いずれも将来活動する可能性のある断層等には該当しない。

緑泥石脈※: 緑泥石脈(スメクタイトとの混合層を伴う)

## 【参考】用語集

---

### ■ 片理

針状・柱状や板状の鉱物が平行に配列して縞模様を呈する岩石の構造。

### ■ リニアメント

河川、谷、尾根等の傾斜急変部、屈曲部等の地形的特徴が直線又は直線に近い状態に配列している地形のこと。

### ■ オフセットVSP探査

ボーリング孔を利用して、地表で発震した地震波を孔内の受振器で受振することにより、地下構造を探査する手法。

### ■ DEM(Digital Elevation Model)

標高を座標で記録した数値標高モデル。

### ■ 断層ガウジ・断層角礫

断層運動に伴う破碎によって生じた細粒・未固結の断層内物質。破碎岩片の割合が30%未満のものを断層ガウジと呼び、30%以上のものを断層角礫と呼ぶ。

### ■ カタクレーサイト(破碎岩)

断層岩のうち基質と岩片が固結しているもの。