

# 大間原子力発電所

## 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造

(コメント回答 その8)

(敷地極近傍の断層の評価について)

2020年4月16日

電源開発株式会社

○ 「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での誤記に関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・ 右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合

誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合

・ 左下の注記

修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

# 指摘事項等

下表の指摘事項に対する回答として、敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造について説明する。

○ 本資料で回答する指摘事項：主に敷地極近傍の断層の評価に関わる審査会合における指摘事項

No.	項目	指摘時期	コメント内容	掲載箇所	
				本編資料	補足説明資料
S1-74	sF断層系	第732回会合 (2019.6.21)	sF-1断層について、地下深部への連続性について説明性向上の観点から、震源断層であるか否かについての調査・評価を補強し説明すること。	iii, 2-9	—

# sF断層系に関するコメント回答の経緯



【第456回審査会合(2017.3.24)】敷地の地質・地質構造(コメント回答 その1)

○ 敷地の地質・地質構造のコメント回答を説明し、sF-1断層の評価について、データの拡充が必要との指摘を受けた。



【第478回審査会合(2017.6.23)】敷地の地質・地質構造(コメント回答 その2)

○ データ拡充のための調査方針及び年内に調査を終了する予定を説明

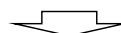
- sF-1断層の活動性について、敷地内では鉍物脈法のための調査を、敷地外では断層の南方延長で上載地層法のための調査を行う。



【第536回審査会合(2017.12.22)】敷地の地質・地質構造(コメント回答 その3)

○ 調査方針の変更・追加及び年度内に調査を終了する予定を説明

- sF-1断層の活動性について、断層が南方に連続していないことが確認されたことから、敷地外の上載地層法のための調査を取り止める。



【第579回審査会合(2018.6.1)】敷地の地質・地質構造(コメント回答 その5)

○ sF-1断層の追加調査状況・今後の見通しを説明

- sF-1断層について、地下深部への連続性の有無による検討及び断層内物質中の自形沸石による検討を新たに追加。
- 追加調査を終了し現在評価をとりまとめ中、今後説明予定であると回答。



【第615回審査会合(2018.8.24)】敷地の地質・地質構造(コメント回答 その6)

○ 追加調査結果を踏まえたsF-1断層の評価結果を説明

- sF-1断層について、地下深部への連続性の有無による検討及び断層内物質中の自形沸石による検討の追加調査結果を説明し、地下深部への連続性の有無による検討についてデータ拡充が必要との指摘を受けた。sF断層系については今後敷地周辺の地質・地質構造にて審議することとなった。



【第732回審査会合(2019.6.21)】敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造(コメント回答 その6)

○ 追加調査結果を踏まえたsF-1断層の評価結果を説明

- sF-1断層について、地下深部への連続性の有無による検討の追加調査結果を説明し、震源として考慮する活断層ではないとする根拠についてデータ拡充が必要との指摘を受けた。



【第817回審査会合(2019.12.20)】敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造(コメント回答 その7)

○ 鉍物脈法による追加調査状況・今後の見通しを説明

- sF-1断層について、フィリップサイト脈を用いた鉍物脈法による活動性評価の方針・見通しを説明。
- 調査を終了し現在評価をとりまとめ中、今後説明予定であると回答。



今回の説明 敷地周辺及び敷地近傍の地質・地質構造(コメント回答 その8)

○ 鉍物脈法による活動性評価結果を説明

- sF-1断層について、フィリップサイト脈を用いた鉍物脈法による活動性評価の結果を説明する。熱史の検討によるフィリップサイトの生成時期及び薄片観察によるフィリップサイト脈と断層の最新面との切断関係から、後期更新世以降の活動性を評価する。

## 震源として考慮する活断層の評価について

- sF断層系(第四条※の検討対象)のうちsF-1断層については、後期更新世以降の活動性を評価できる上載地層が分布しないことから、第732回審査会合(2019.6.21開催)において、反射法地震探査統合解析等により地下深部に連続する断層ではなく、震源として考慮する活断層に該当しないものと評価していた。
- 今般、敷地内で継続してきたsF-1断層の鉱物脈法に関する調査において、活動性評価に有効な薄片観察結果が得られたことから、鉱物脈法による活動性評価により震源として考慮する活断層に該当しないとする評価に変更する。

※: 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(平成二十五年六月二十八日原子力規制委員会規則第五号)。

注) sF-2断層系については、敷地の地質・地質構造におけるcf断層系及びdf断層系と同様に、代表断層による評価とした。

## 震源として考慮する活断層の評価について

- sF-1断層の鉱物脈法に関する調査において、フィリップサイト脈がsF-1断層の最新面を横切り、変位・変形を受けていないことを複数の薄片で確認した。熱史の検討により、フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の熱水変質作用により生成したと判断されることから、鉱物脈法による活動性評価により、sF-1断層は後期更新世以降の活動はなく、震源として考慮する活断層には該当しないと評価する。
- なお、第732回審査会合(2019.6.21開催)でご説明した地下深部への連続性の有無の調査については、鉱物脈法による評価の参考的位置付けとする。

# 目次



1. 敷地周辺の断層評価の概要	.....	4.3.2 断層等の抽出	.....
1.1 陸域の地形・地質・地質構造	.....	4.3.3 陸域・北端の調査	.....
1.2 海域の地形・地質・地質構造	.....	4.3.4 海域・南端の調査	.....
1.3 陸域・海域の地球物理学的特性	.....	4.3.5 連続性の調査	.....
1.4 活断層調査	.....	4.3.6 函館平野西縁層帯の評価まとめ	.....
1.4.1 活断層調査の概要	.....	4.4 周辺陸域(30km以遠)の断層評価まとめ	.....
1.4.2 陸域の活断層(概要)	.....	5. 敷地前面海域の活断層	.....
1.4.3 海域の活断層(概要)	.....	5.1 概要	.....
1.4.4 活断層調査のまとめ	.....	5.2 F-14断層	.....
2. 敷地極近傍の断層	.....2-1	5.3 F-18断層～F-24断層	.....
2.1 概要	.....2-1	5.4 敷地前面海域の断層評価まとめ	.....
2.2 sF断層系	.....2-8	6. 外側海域の活断層	.....
2.2.1 sF-1断層	.....2-8	6.1 概要	.....
2.2.2 sF-2断層系	.....2-128	6.2 恵山岬東方沖断層	.....
2.3 敷地極近傍の断層評価まとめ	.....2-144	6.3 奥尻海盆北東縁断層	.....
3. 周辺陸域(30kmまで)の活断層	.....	6.4 奥尻海盆東縁断層	.....
3.1 概要	.....	6.5 西津軽海盆東縁断層	.....
3.2 清水山南方断層	.....	6.6 奥尻海盆北東縁断層, 奥尻海盆東縁断層, 西津軽海盆 東縁断層の連続性の評価	.....
3.3 周辺陸域(30kmまで)の断層評価まとめ	.....	6.7 外側海域の断層評価まとめ	.....
4. 周辺陸域(30km以遠)の活断層	.....	7. 下北半島西部の隆起	.....
4.1 概要	.....	7.1 概要	.....
4.2 根岸西方断層	.....	7.2 第四紀広域隆起	.....
4.2.1 概要	.....	7.2.1 陸域の隆起傾向	.....
4.2.2 断層等の抽出	.....	7.2.2 海域の隆起傾向	.....
4.2.3 陸域の調査	.....	7.2.3 第四紀の隆起傾向	.....
4.2.4 海域の調査	.....	7.3 中新世背斜・向斜	.....
4.2.4.1 北西端の調査	.....	7.4 下北半島西部の隆起のまとめ	.....
4.2.4.2 南端の調査	.....	8. 下北半島西部の隆起への耐震設計上の考慮	.....
4.2.5 連続性の調査	.....	9. 敷地周辺の断層評価のまとめ	.....
4.2.6 根岸西方断層の評価まとめ	.....		
4.3 函館平野西縁断層帯	.....		
4.3.1 概要	.....		

## 2. 敷地極近傍の断層 2.1 概要

1. 敷地周辺の断層評価の概要	.....	4.3.2 断層等の抽出	.....
1.1 陸域の地形・地質・地質構造	.....	4.3.3 陸域・北端の調査	.....
1.2 海域の地形・地質・地質構造	.....	4.3.4 海域・南端の調査	.....
1.3 陸域・海域の地球物理学的特性	.....	4.3.5 連続性の調査	.....
1.4 活断層調査	.....	4.3.6 函館平野西縁層帯の評価まとめ	.....
1.4.1 活断層調査の概要	.....	4.4 周辺陸域(30km以遠)の断層評価まとめ	.....
1.4.2 陸域の活断層(概要)	.....	5. 敷地前面海域の活断層	.....
1.4.3 海域の活断層(概要)	.....	5.1 概要	.....
1.4.4 活断層調査のまとめ	.....	5.2 F-14断層	.....
2. 敷地極近傍の断層	.....2-1	5.3 F-18断層～F-24断層	.....
2.1 概要	.....2-1	5.4 敷地前面海域の断層評価まとめ	.....
2.2 sF断層系	.....2-8	6. 外側海域の活断層	.....
2.2.1 sF-1断層	.....2-8	6.1 概要	.....
2.2.2 sF-2断層系	.....2-128	6.2 恵山岬東方沖断層	.....
2.3 敷地極近傍の断層評価まとめ	.....2-144	6.3 奥尻海盆北東縁断層	.....
3. 周辺陸域(30kmまで)の活断層	.....	6.4 奥尻海盆東縁断層	.....
3.1 概要	.....	6.5 西津軽海盆東縁断層	.....
3.2 清水山南方断層	.....	6.6 奥尻海盆北東縁断層, 奥尻海盆東縁断層, 西津軽海盆 東縁断層の連続性の評価	.....
3.3 周辺陸域(30kmまで)の断層評価まとめ	.....	6.7 外側海域の断層評価まとめ	.....
4. 周辺陸域(30km以遠)の活断層	.....	7. 下北半島西部の隆起	.....
4.1 概要	.....	7.1 概要	.....
4.2 根岸西方断層	.....	7.2 第四紀広域隆起	.....
4.2.1 概要	.....	7.2.1 陸域の隆起傾向	.....
4.2.2 断層等の抽出	.....	7.2.2 海域の隆起傾向	.....
4.2.3 陸域の調査	.....	7.2.3 第四紀の隆起傾向	.....
4.2.4 海域の調査	.....	7.3 中新世背斜・向斜	.....
4.2.4.1 北西端の調査	.....	7.4 下北半島西部の隆起のまとめ	.....
4.2.4.2 南端の調査	.....	8. 下北半島西部の隆起への耐震設計上の考慮	.....
4.2.5 連続性の調査	.....	9. 敷地周辺の断層評価のまとめ	.....
4.2.6 根岸西方断層の評価まとめ	.....		
4.3 函館平野西縁断層帯	.....		
4.3.1 概要	.....		



## 2. 敷地極近傍の断層 2.1 概要(1/6)

## 敷地及び敷地極近傍の調査の流れ

敷地に分布する断層のうちsF断層系については、敷地の外へ続くことを確認したことから、敷地極近傍の断層とする。  
sF断層系は重要な安全機能を有する施設の近傍に分布することから、敷地の断層に準じた調査・評価を行う。

## 敷地の調査(cf断層系, sF断層系, dF断層系及びシーム)

## ①敷地の地質・地質構造の調査\*1

文献調査, 変動地形学的調査, 地球物理学的調査, 地表地質調査, グリッドボーリング, その他

- 断層地形の可能性のある地形及び地すべり地形の有無を確認
- 地質・地質構造を把握(震源として考慮する活断層の有無を確認)

## ②重要な安全機能を有する施設※の基礎地盤の調査\*2

## 基礎地盤確認ボーリング

- 鉛直孔, 斜め孔

## 試掘坑調査

- 坑壁地質観察

## 掘削面調査

- 掘削面地質観察

将来活動する可能性のある断層等の有無を確認

※: 「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」の第三条の「耐震重要施設」及び第三十八条の「重大事故等対処施設」をいう。

## 【評価対象】

- 震源として考慮する活断層
- 地震活動に伴って永久変位が生じる断層
- 支持地盤まで変位及び変形が及ぶ地すべり面  
[重要な安全機能を有する施設の基礎地盤]

## 【評価対象】

- 震源として考慮する活断層  
[敷地内の地盤]

- \*1: 調査位置は本編資料P.2-3参照。
- \*2: 調査位置は第804回審査会合資料1-1, P.1-4参照。
- \*3: 調査位置(sF断層系以外)は第804回審査会合資料1-1, P.1-5参照。

## ③断層・シームの活動性評価の調査\*3

## 断層の活動性評価に係るボーリング

- 鉛直孔, 斜め孔

## トレンチ調査

- トレンチ法面地質観察

## 掘削面調査

- 掘削面地質観察

## 補足調査坑調査

- 坑壁地質観察

## 試料分析

- 薄片, XRD, 年代測定等

活動性評価  
(上載地層との関係, 断層相互の切断関係, 鉱物脈との関係等)

## sF断層系の調査・評価

sF断層系は重要な安全機能を有する施設の基礎地盤に分布しないことから、震源として考慮する活断層に該当するか否かを評価する(第四条評価対象)。

sF-1断層及びsF-2断層系は共役断層として形成されたと推定されるが、最終活動時期が同じではない可能性があることから、個別に活動性を評価する(本編資料P.2-6, 補足説明資料P.2-7~P.2-14参照)。

- sF-1断層については、敷地の外へ続くことから、敷地周辺の断層との連続性を調査し、上載地層が分布しないことから、鉱物脈法により活動性を評価。

## sF-1断層の活動性評価

フリップサイト脈と断層の最新面との切断関係

鉱物脈法による評価

- sF-2断層系については、見掛けの水平変位量に基づき代表断層を選定し、上載地層法により活動性を評価。

## 【評価対象】

- 震源として考慮する活断層  
[敷地極近傍]

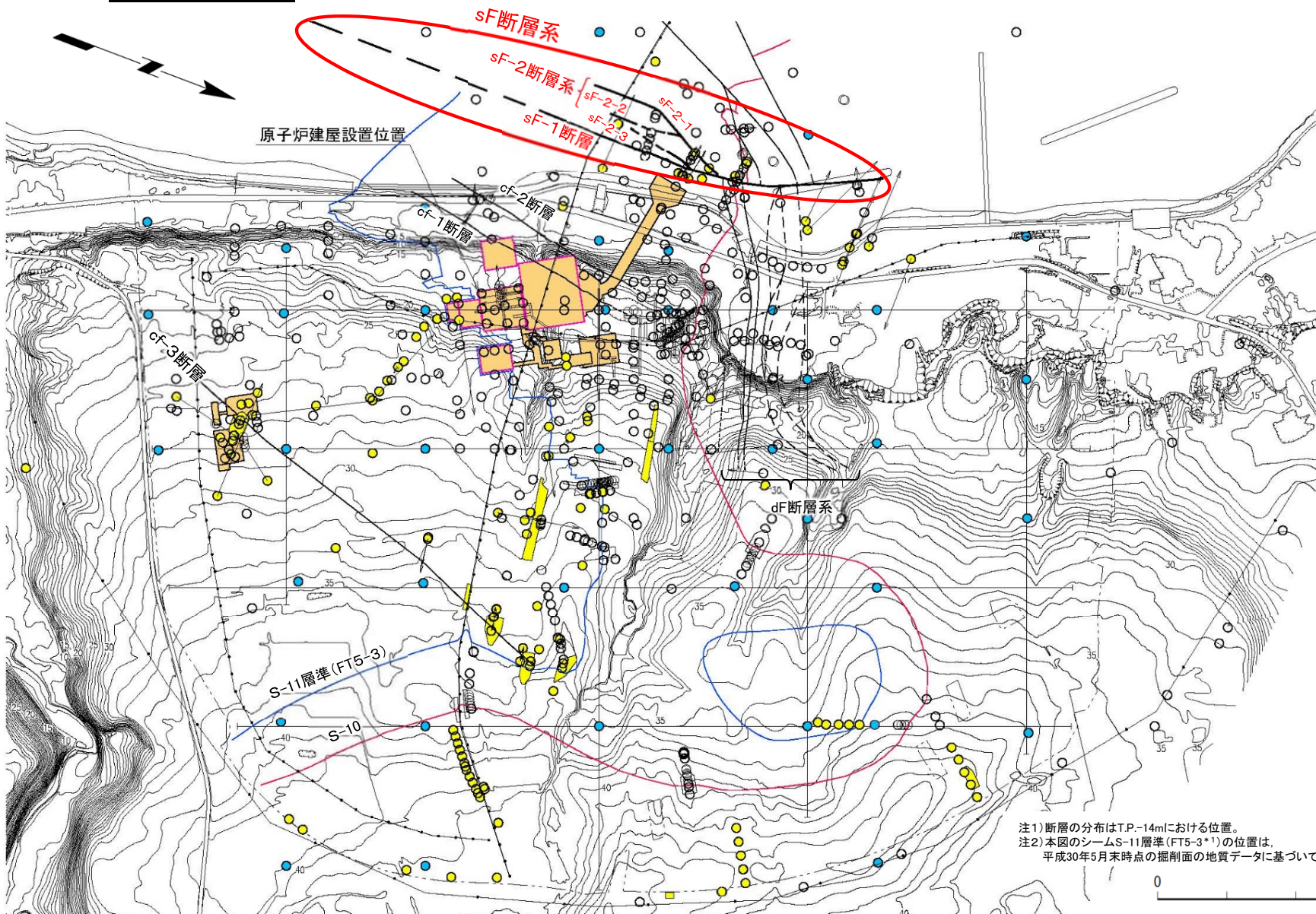
敷地極近傍の断層として、sF断層系が震源として考慮する活断層に該当するか否かを評価する。

注) sF断層系以外の、cf断層系, dF断層系及びシームについては、敷地の地質・地質構造の審査会合において継続審議中。

- 敷地内において、上記①②の調査でcf断層系, sF断層系, dF断層系及びシームを確認し、③の調査でそれらの活動性を評価する。
- このうち、sF断層系(sF-1断層及びsF-2断層系)については、重要な安全機能を有する施設の基礎地盤に分布しないことから、震源として考慮する活断層に該当するか否かを評価する(第四条評価対象)。
- sF-1断層については、後期更新世以降の活動性を評価できる上載地層が分布しないことから、鉱物脈法により後期更新世以降の活動性を評価する。sF-2断層系については、見掛けの水平変位量が最大のsF-2-1断層を代表断層として、上載地層法により後期更新世以降の活動性を評価する。

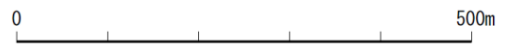


## 敷地の調査



凡 例	
●	グリッドボーリング (格子間隔200m)
○	その他のボーリング (矢印は斜めボーリング)
●	設置変更許可申請以降のボーリング (矢印は斜めボーリング)
—	地表弾性波探査測線
—	試掘坑
—	補足調査坑、試験坑
—	トレンチ、調査法面
—	設置変更許可申請以降のトレンチ、調査法面
—	反射法地震探査解析測線
—	断層 (確認部) (cf断層系, sF断層系及びdF断層系)
—	断層 (大畑層による伏在部) (sF-2断層系及びdF断層系)
—	断層端部があると考えられる区間 (cf断層系及びdF断層系)
—	断層 (海底地形による推定部) (sF-1断層)
—	シームS-11層準 (FT5-3)* <sup>1</sup> が 第四系基底面、掘削面に現れる位置
—	シームS-10が 第四系基底面、掘削面に現れる位置
—	敷地境界
□	耐震重要施設* <sup>2</sup>
□	常設重大事故等対処施設* <sup>3</sup>

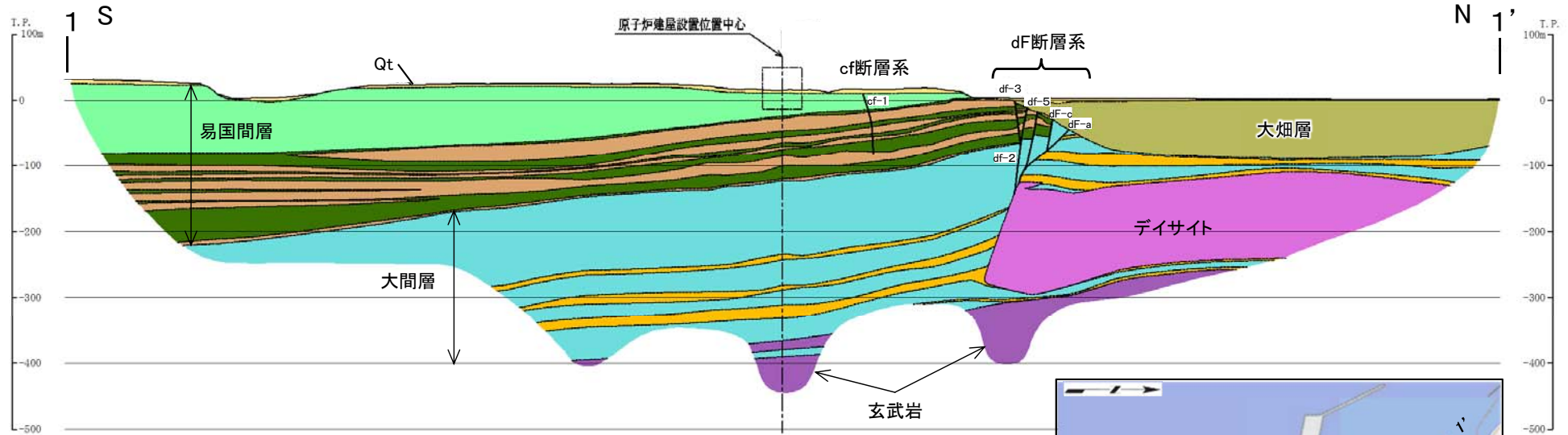
注1) 断層の分布はT.P.-14mにおける位置。  
注2) 本図のシームS-11層準 (FT5-3\*<sup>1</sup>) の位置は、平成30年5月末時点の掘削面の地質データに基づいて示した。



- 敷地において、地形及び地質・地質構造の調査として文献調査、変動地形学的調査、地球物理学的調査、地表地質調査、グリッドボーリング等を実施し、さらに重要な安全機能を有する施設の基礎地盤及び断層活動性の調査として掘削面調査、トレンチ調査、ボーリング等を実施した。
- 敷地極近傍の断層であるsF断層系は重要な安全機能を有する施設の基礎地盤に分布しないことから、震源として考慮する活断層に該当するか否かを評価する。



## 敷地の地質概要



1-1' 断面



断面位置図

### 凡 例

第四紀	第四系	沖積層, 古砂丘堆積物, 崖堆積物, M <sub>3</sub> , M <sub>1</sub> , H <sub>4</sub> 面段丘堆積物
鮮新世	大畑層	凝灰質礫岩 (一部に溶岩, 火山砕屑岩が挟在)
	上部層	火山砕屑岩
易国間層	下部層	火山砕屑岩 (一部にシルト岩が挟在)
		安山岩溶岩
中新世	大間層	シルト岩, 火山砕屑岩
		火山砕屑岩 (軽石凝灰岩を主とし, 一部に酸性凝灰岩, シルト岩が挟在)
第三紀	貫入岩	デイサイト
		玄武岩
		地質境界
		断層

### 敷地の地質層序表

地質時代	地層名	主要岩相
第四紀	第四系	火山灰質粘性土, シルト, 砂及び礫
鮮新世	大畑層*	凝灰質礫岩 (一部に溶岩, 火山砕屑岩を挟在)
	上部層	火山砕屑岩 (淡灰色火山礫凝灰岩, 凝灰角礫岩)
中新世	易国間層	安山岩溶岩, 火山砕屑岩 (細粒凝灰岩, 粗粒凝灰岩, 暗灰色火山礫凝灰岩) 及びシルト岩並びにそれらの互層
	大間層	シルト岩及び火山砕屑岩 (酸性凝灰岩, 軽石凝灰岩, 粗粒凝灰岩, 暗灰色火山礫凝灰岩)

—— 整合      ~~~~~ 不整合

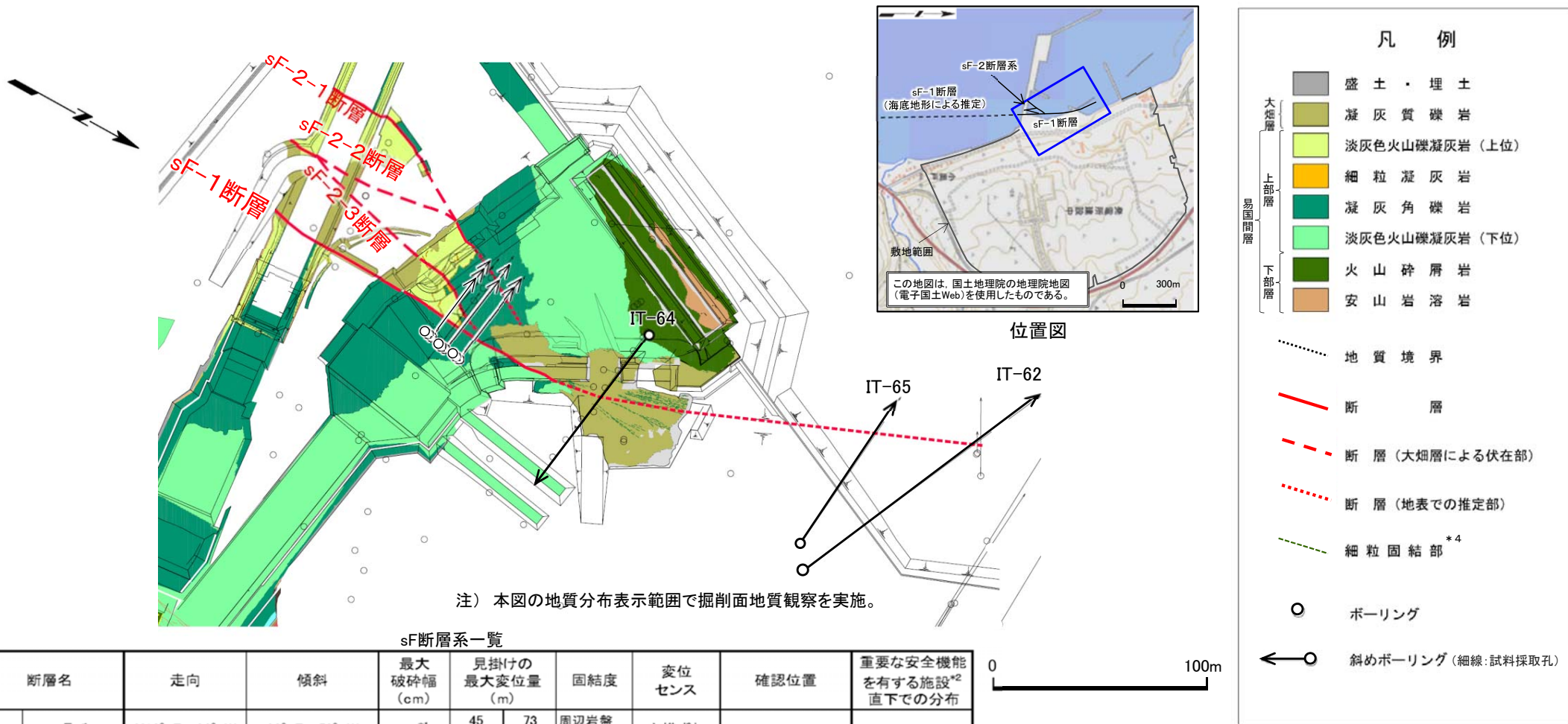
\*: 敷地の大畑層の年代は補足説明資料P.2-6参照。

- 大間層及び易国間層は, 全体に約5° ~10° の南傾斜を成す。
- 玄武岩は, 地表面下約280m以深の大間層中に貫入している。
- デイサイトは, 敷地の北部で地表面下約110m~300mの大間層にほぼ水平に貫入し, 上位の地層を押し上げた構造を成す。
- 大畑層は, 主として敷地の北部で谷状の凹地を埋めて分布する。



## 2. 敷地極近傍の断層 2.1 概要(4/6)

### 敷地のsF断層系の概要: 掘削面地質観察及びボーリング調査



sF断層系一覧

断層名	走向	傾斜	最大 破碎幅 (cm)	見掛けの 最大変位量 (m)		固結度	変位 センス	確認位置	重要な安全機能 を有する施設*2 直下での分布	
sF断層系	sF-1	N13° E~26° W	68° E~58° W	57 *1	45 (鉛直)	73 (水平)	周辺岩盤 より低い	右横ずれ	掘削面底盤 掘削法面 ボーリング	分布しない
	sF-2-1	N9° ~45° E	60° E~78° W	3	6 (鉛直)	71 (水平)	周辺岩盤と 同等か低い	左横ずれ		
	sF-2-2	N1° W	66° W	4 *1	3 (鉛直)	—*3				
	sF-2-3	N11° ~22° E	75° ~90° W	密着	3 (鉛直)	9 (水平)				

\*1: 設置変更許可申請書提出以降平成30年5月までに追加取得した調査データを取り入れた数値。  
 \*2: 「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」の第三条の「耐震重要施設」及び第三十八条の「重大事故等対処施設」をいう。  
 \*3: sF-2-2断層の見掛けの水平変位量については、sF-2-2断層は連続性が小さくsF-2-1断層に収れんするため、sF-2-1断層の変位量で代表するものとする。  
 \*4: 細粒固結部の分布・性状については、本編資料P.2-15~P.2-17、補足説明資料P.2-29~P.2-31参照。

- 敷地の掘削面において、sF断層系(sF-1断層及びsF-2断層系)の分布・性状を確認するために、掘削面地質観察(T.P.約0m付近)及びボーリング調査を実施した。
- 掘削面より北側のsF-1断層の分布を確認するため、敷地内でボーリング調査(IT-62孔、IT-64孔及びIT-65孔)を実施した(本編資料P.2-10参照)。
- sF-1断層及びsF-2断層系は、地質構造的特徴と応力場との関係により、後期中新世に形成された共役断層と推定されることから、同じsF断層系として一括する(本編資料P.2-6、補足説明資料P.2-7~P.2-14参照)。

## 2. 敷地極近傍の断層 2.1 概要(5/6)

### sF断層系の分類及び活動性評価の区別の考え方

#### ① sF断層系の分類

sF-1断層とsF-2断層系は、以下の地質構造的特徴と応力場との関係により、後期中新世に形成された共役断層と推定される(補足説明資料P.2-7～P.2-14参照)ことから、同じsF断層系として一括する。

- sF-1断層とsF-2断層系は、主に南北走向で高角傾斜を成し、近接して分布。
- sF-1断層は右横ずれ、sF-2断層系は左横ずれの変位センスであり、両断層に挟まれた部分が見掛け上、地溝状に落ち込む構造を示す。
- 両断層の掘削面底盤での交角は最大約30°であることから、NNE-SSWの水平最大主応力軸の応力場で同時期に形成された横ずれの共役断層と推定される。形成時の応力場は後期中新世の広域応力場(水平最大主応力軸:NE-SW)におおむね調和的。

#### ② 変位センス、性状等による活動性評価の区別

上記のようにsF断層系は後期中新世に形成された共役断層と推定されるが、下記の通り、変位センス、性状等に違いが認められ、最終活動時期が同じではない可能性があることから、sF-1断層とsF-2断層系それぞれ個別に活動性を評価する。

変位センス, 性状等		sF-1断層	sF-2断層系
変位センス		右横ずれ	左横ずれ
走向・傾斜		N-S～NNW-SSE・高角傾斜	N-S～NNE-SSW・高角傾斜
性状	最大破碎幅(cm)	57	0～4
	見掛けの最大変位量(鉛直:m)	45	3～6
	見掛けの最大変位量(水平:m)	73	9～71
	固結度	周辺岩盤より低い	周辺岩盤と同等か低い

## 2. 敷地極近傍の断層 2.1 概要(6/6)

## 敷地極近傍の断層の評価

## sF-1断層の活動性評価(2.2.1章(2)参照)

- sF-1断層については、後期更新世以降の活動性を評価できる上載地層が分布しないことから、鉱物脈法により活動性を評価した。
- 敷地の熱史の検討からフィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の熱水変質により生成したと判断されるため、フィリップサイト脈を鉱物脈法に用いる対象とした。
- 薄片観察等の結果、フィリップサイト脈はsF-1断層の最新面を横切り、変位・変形を受けていないことから、sF-1断層は後期更新世以降の活動はなく、震源として考慮する活断層に該当しないと判断される。



sF-1断層は震源として考慮する活断層に該当しない

## sF-2断層系の活動性評価(2.2.2章(2)参照)

- sF-2断層系(sF-2-1~2-3)は、一連の断層で左横ずれの変位センスを示すことから、見掛けの水平変位量が最大のsF-2-1断層を代表断層として、上載地層法により活動性を評価した。
- sF-2-1断層は上載地層である鮮新統の大畑層に不整合で覆われ、その基底面に変位・変形がないことから、sF-2断層系は後期更新世以降の活動はなく、震源として考慮する活断層に該当しないと判断される。



sF-2断層系は震源として考慮する活断層に該当しない

sF断層系は震源として考慮する活断層に該当しない

## 2.2 sF断層系 2.2.1 sF-1断層

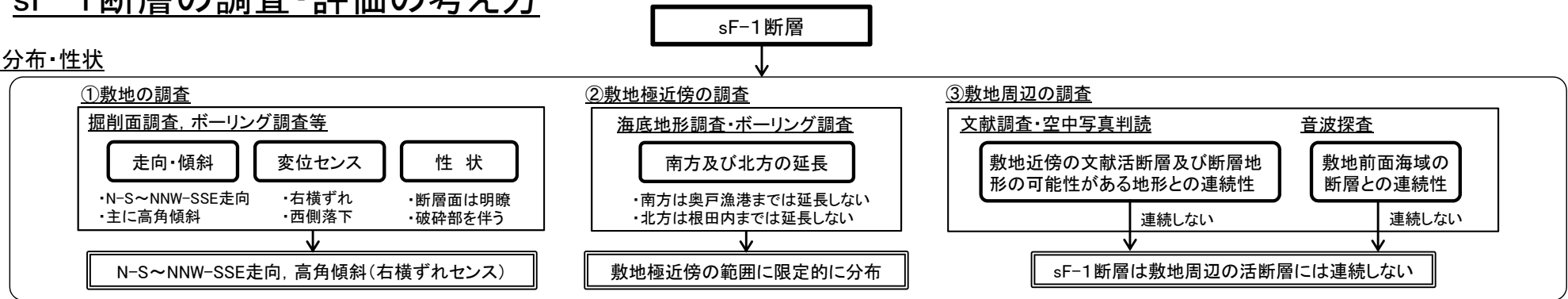


1. 敷地周辺の断層評価の概要	.....	4.3.2 断層等の抽出	.....
1.1 陸域の地形・地質・地質構造	.....	4.3.3 陸域・北端の調査	.....
1.2 海域の地形・地質・地質構造	.....	4.3.4 海域・南端の調査	.....
1.3 陸域・海域の地球物理学的特性	.....	4.3.5 連続性の調査	.....
1.4 活断層調査	.....	4.3.6 函館平野西縁層帯の評価まとめ	.....
1.4.1 活断層調査の概要	.....	4.4 周辺陸域(30km以遠)の断層評価まとめ	.....
1.4.2 陸域の活断層(概要)	.....	5. 敷地前面海域の活断層	.....
1.4.3 海域の活断層(概要)	.....	5.1 概要	.....
1.4.4 活断層調査のまとめ	.....	5.2 F-14断層	.....
2. 敷地極近傍の断層	.....2-1	5.3 F-18断層～F-24断層	.....
2.1 概要	.....2-1	5.4 敷地前面海域の断層評価まとめ	.....
2.2 sF断層系	.....2-8	6. 外側海域の活断層	.....
2.2.1 sF-1断層	.....2-8	6.1 概要	.....
2.2.2 sF-2断層系	.....2-128	6.2 恵山岬東方沖断層	.....
2.3 敷地極近傍の断層評価まとめ	.....2-144	6.3 奥尻海盆北東縁断層	.....
3. 周辺陸域(30kmまで)の活断層	.....	6.4 奥尻海盆東縁断層	.....
3.1 概要	.....	6.5 西津軽海盆東縁断層	.....
3.2 清水山南方断層	.....	6.6 奥尻海盆北東縁断層, 奥尻海盆東縁断層, 西津軽海盆 東縁断層の連続性の評価	.....
3.3 周辺陸域(30kmまで)の断層評価まとめ	.....	6.7 外側海域の断層評価まとめ	.....
4. 周辺陸域(30km以遠)の活断層	.....	7. 下北半島西部の隆起	.....
4.1 概要	.....	7.1 概要	.....
4.2 根岸西方断層	.....	7.2 第四紀広域隆起	.....
4.2.1 概要	.....	7.2.1 陸域の隆起傾向	.....
4.2.2 断層等の抽出	.....	7.2.2 海域の隆起傾向	.....
4.2.3 陸域の調査	.....	7.2.3 第四紀の隆起傾向	.....
4.2.4 海域の調査	.....	7.3 中新世背斜・向斜	.....
4.2.4.1 北西端の調査	.....	7.4 下北半島西部の隆起のまとめ	.....
4.2.4.2 南端の調査	.....	8. 下北半島西部の隆起への耐震設計上の考慮	.....
4.2.5 連続性の調査	.....	9. 敷地周辺の断層評価のまとめ	.....
4.2.6 根岸西方断層の評価まとめ	.....		
4.3 函館平野西縁断層帯	.....		
4.3.1 概要	.....		



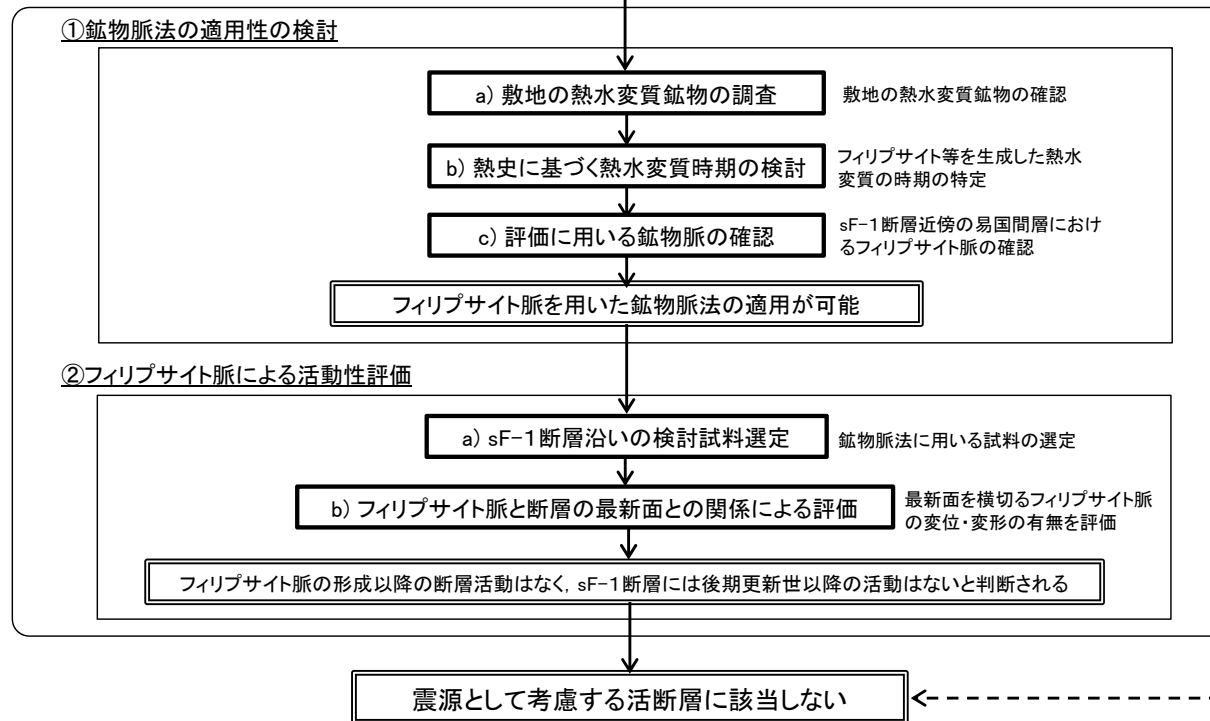
## sF-1断層の調査・評価の考え方

### (1) 分布・性状

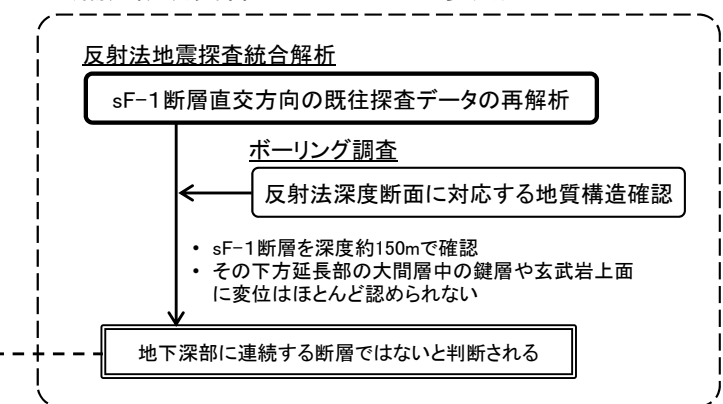


### [第四条に関する検討]

### (2) 鉱物脈法による活動性評価 (本編資料P.2-29参照)



### (3) 地下深部への連続性の有無 [参考] (補足説明資料P.2-58~P.2-68参照)

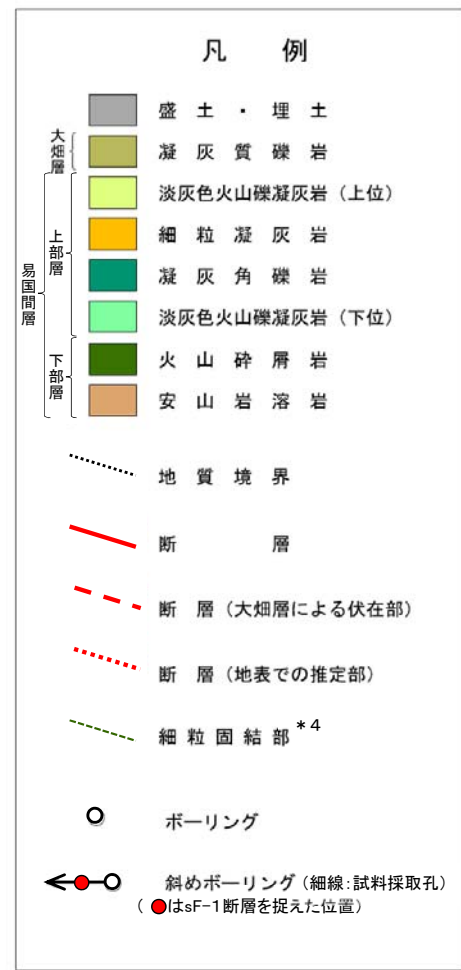
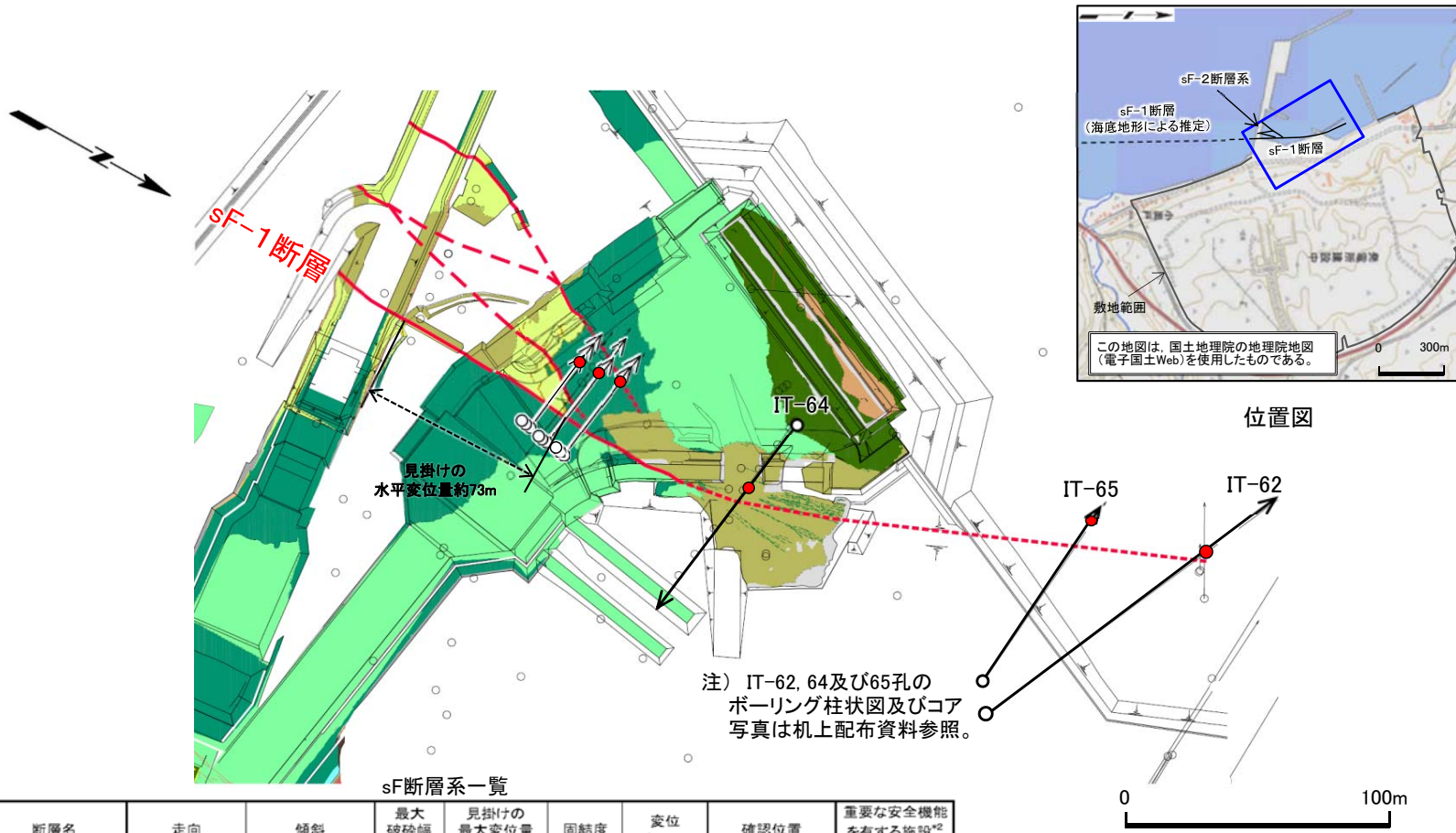


- ・ sF-1断層の評価について、敷地内で継続してきた鉱物脈法に関する調査において、フィリップサイト脈と断層の最新面との関係を複数の薄片で確認した。
- ・ フィリップサイトを生成した熱水変質作用の時期との関係を踏まえ、鉱物脈法による活動性評価を主体とした評価を行う。





## ①敷地の調査(1/8): 掘削面調査, ボーリング調査等



断層名	走向	傾斜	最大破砕幅 (cm)	見掛けの最大変位量 (m)	固結度	変位センス	確認位置	重要な安全機能を有する施設*2直下での分布
sF-1	N13° E~26° W	68° E~58° W	57 *1	45 (鉛直) 73 (水平)	周辺岩盤より低い	右横ずれ	掘削面底盤 掘削法面 ボーリング	分布しない
sF-2断層系	sF-2-1	N9° ~45° E	60° E~78° W	3 (鉛直)	6 (鉛直) 71 (水平)	周辺岩盤と同等か低い	左横ずれ	掘削面底盤 掘削法面 ボーリング
	sF-2-2	N1° W	66° W	4 *1	3 (鉛直) - *3			
	sF-2-3	N11° ~22° E	75° ~90° W	密着	3 (鉛直) 9 (水平)			

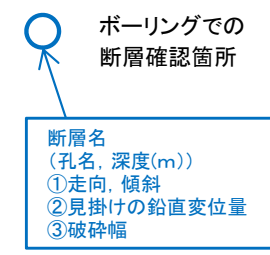
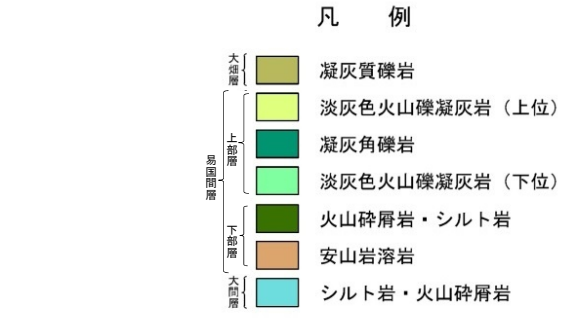
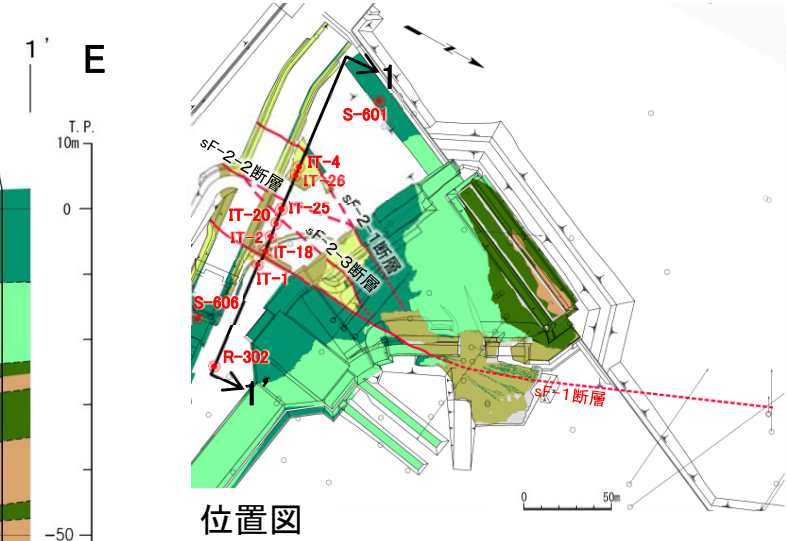
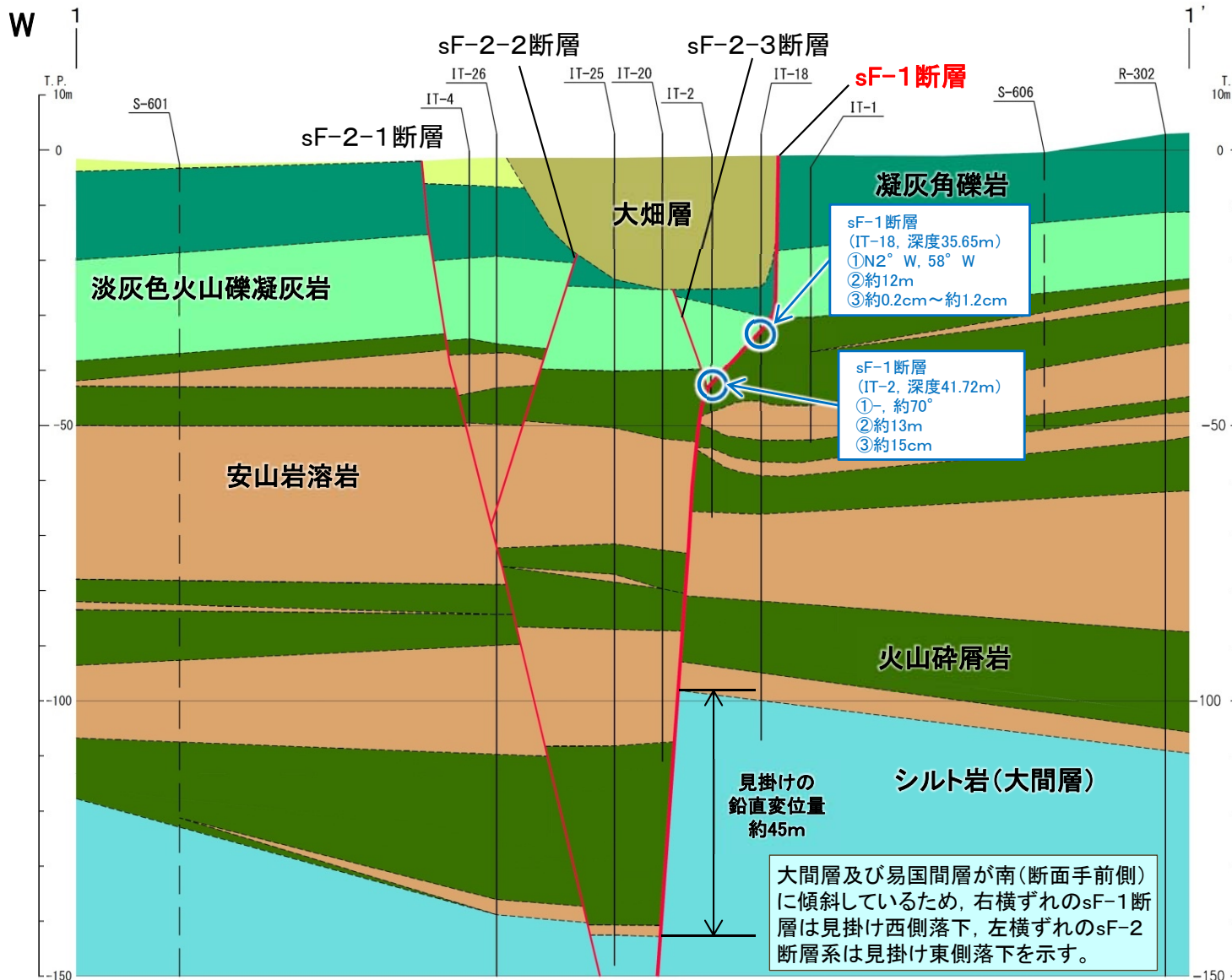
\*1: 設置変更許可申請書提出以降平成30年5月までに追加取得した調査データを取り入れた数値。  
\*2: 「実用発電用原子炉及びその附属施設的位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第三条の「耐震重要施設」及び第三十八条の「重大事故等対処施設」をいう。  
\*3: sF-2-2断層の見掛けの水平変位量については、sF-2-2断層は連続性が小さくsF-2-1断層に取れんするため、sF-2-1断層の変位量で代表するものとする。  
\*4: 細粒固結部の分布・性状については、本編資料P.2-15~P.2-17、補足説明資料P.2-29~P.2-31参照。

- sF-1断層はほぼ南北走向で易国間層及び大畑層を切っている(掘削面より北側ではNNW-SSE走向)。IT-62孔, IT-64孔及びIT-65孔でsF-1断層を確認した(補足説明資料P.2-32~P.2-39参照)。
- sF-1断層は右横ずれセンス(本編資料P.2-13~P.2-16, 補足説明資料P.2-16~P.2-30参照)で見掛けの最大水平変位量は約73mである。
- sF-1断層は明瞭な断層面が認められ, 断層面沿いに粘土を伴う破砕部が見られる(本編資料P.2-13, 2-14, 補足説明資料P.2-21~P.2-28参照)。
- なお, 敷地にはsF-1断層の活動性評価に適用できる上載地層は分布しないことから, 鉬物脈法に関する調査を実施する。

## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(2/17)



### ①敷地の調査(2/8):地質断面での分布(1-1'断面図)



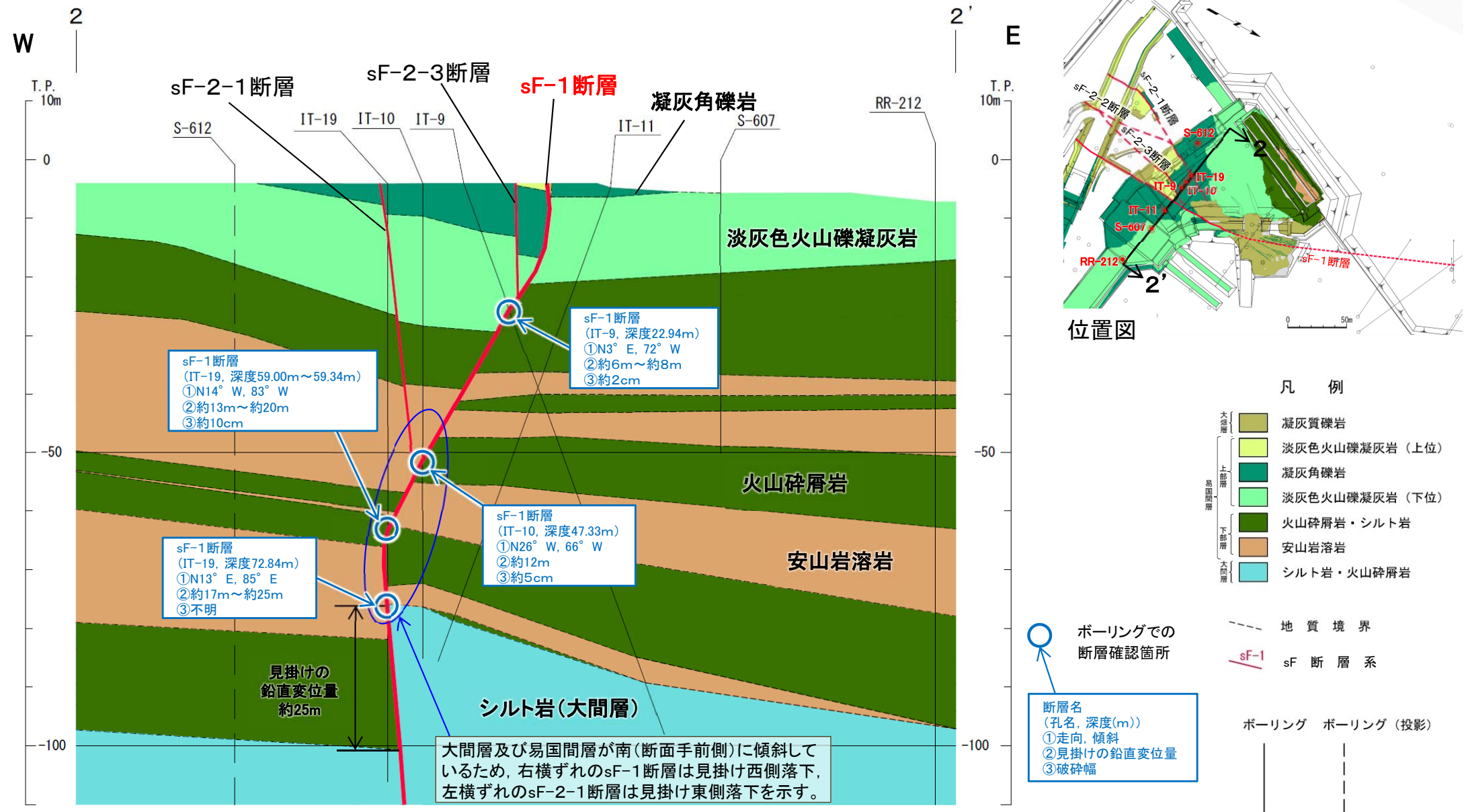
- sF-1断層は高角度の西傾斜を成し, sF-2-3断層を切っている。
- 本断面におけるsF-1断層の見掛けの鉛直変位量は, 最大約45m(西側落下)である。

注) IT-1, 2, 4, 18, 20, 25及び26孔のボーリング柱状図及びコア写真は机上配布資料参照。

## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(3/17)

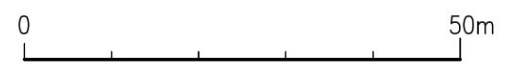


### ①敷地の調査(3/8):地質断面での分布(2-2'断面図)



- sF-1断層は全体として高角度の西傾斜を成し, sF-2-1断層及びsF-2-3断層を切っている。
- 本断面におけるsF-1断層の見掛けの鉛直変位置は, 最大約25m (西側落下)である。

注) IT-9, 10, 11及び19孔のボーリング柱状図及びコア写真は机上配布資料参照。

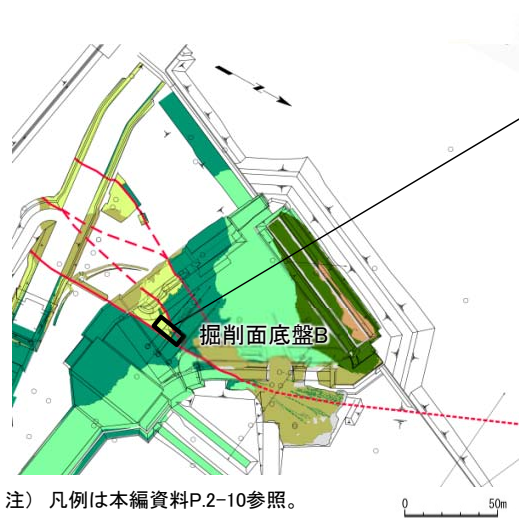


## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(4/17)

第732回審査会合  
資料2-1 P.2-12 一部修正

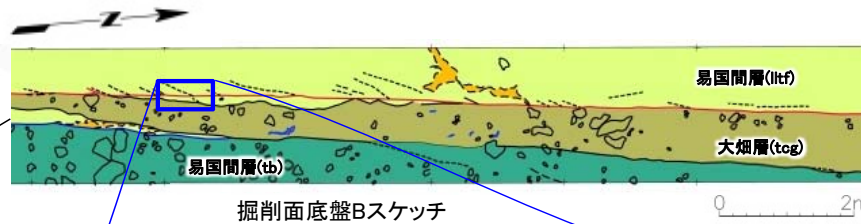


### ①敷地の調査(4/8):性状・変位センス(掘削面底盤B)(解釈線有り)

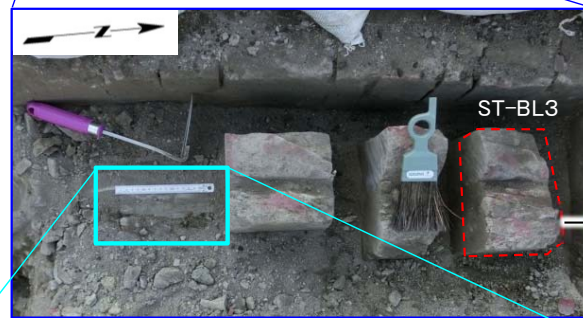


位置図

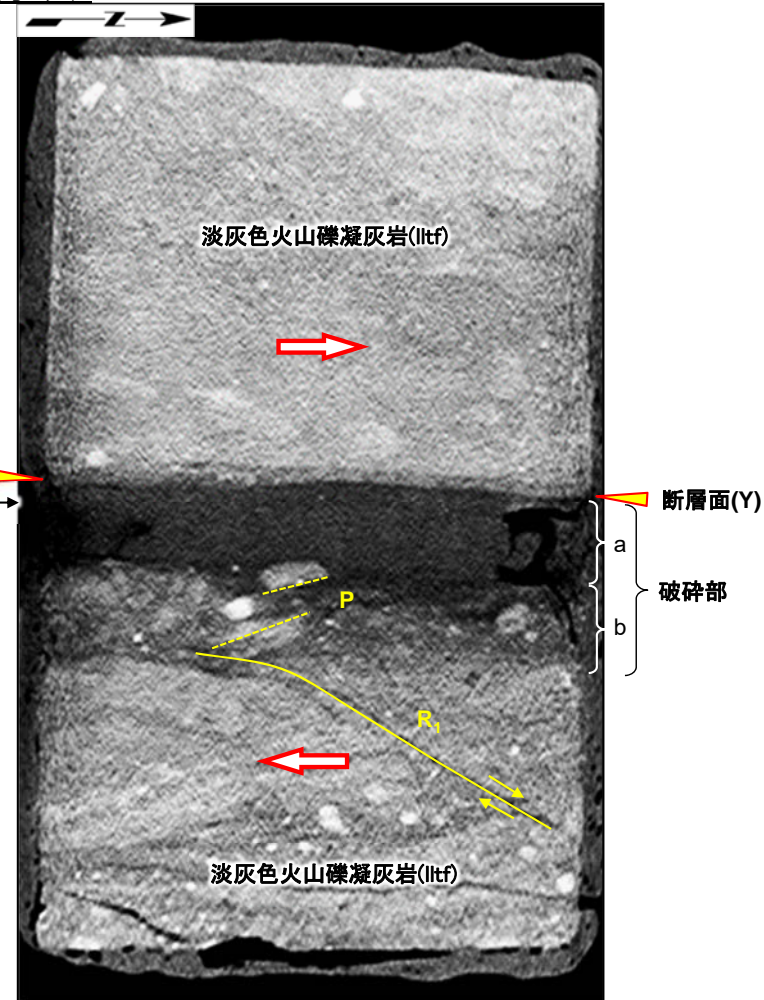
注) 凡例は本編資料P.2-10参照。



掘削面底盤Bスケッチ



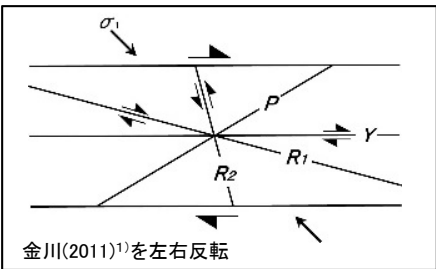
Y : sF-1断層の主せん断面  
P : 粘土質物質中の色調の異なる粘土片の伸長方向  
R<sub>1</sub> : Yに対してPとは反対方向に斜交し、Pを切断する面



【ST-BL3】CT画像(水平断面) 0 20mm

a: 粘土質物質主体の範囲  
b: 岩片を伴う粘土質物質の範囲

Y : sF-1断層の主せん断面  
P : 粘土質物質中の変形岩片の伸長方向。淡灰色火山礫凝灰岩中の軽石等の配列方向  
R<sub>1</sub> : Yに対してPとは反対方向に斜交し、Pを切断する面

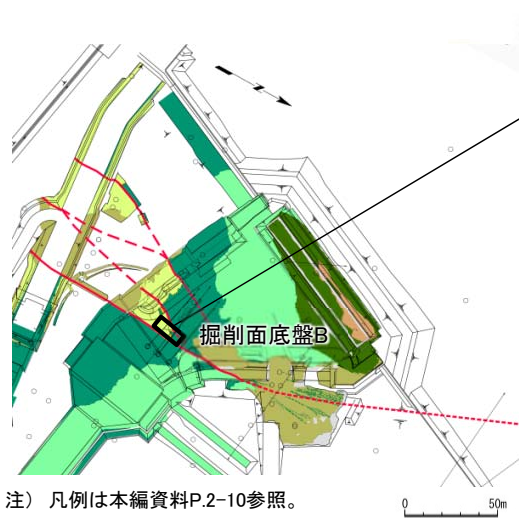


複合面構造から判定される変位センス

- sF-1断層には厚さ2cm~3cmの粘土質物質が認められる。粘土質物質の針貫入勾配はON/mmを示し軟質である(補足説明資料P.2-23参照)。
- CT画像により、粘土質物質内部及び周辺の岩盤中の複合面構造から右横ずれセンスが判定される。

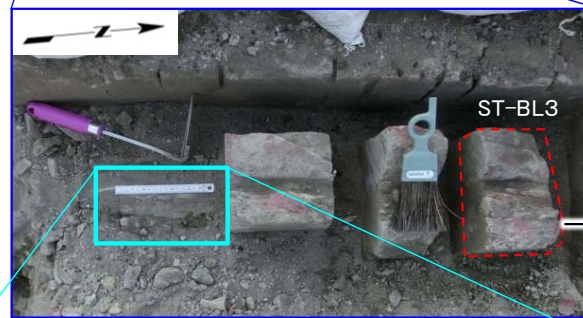
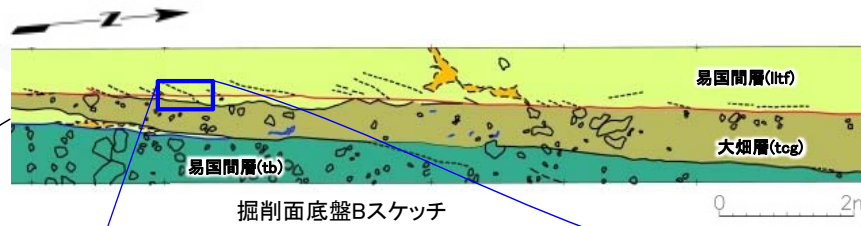


## ①敷地の調査(5/8):性状・変位センス(掘削面底盤B)(解釈線なし)



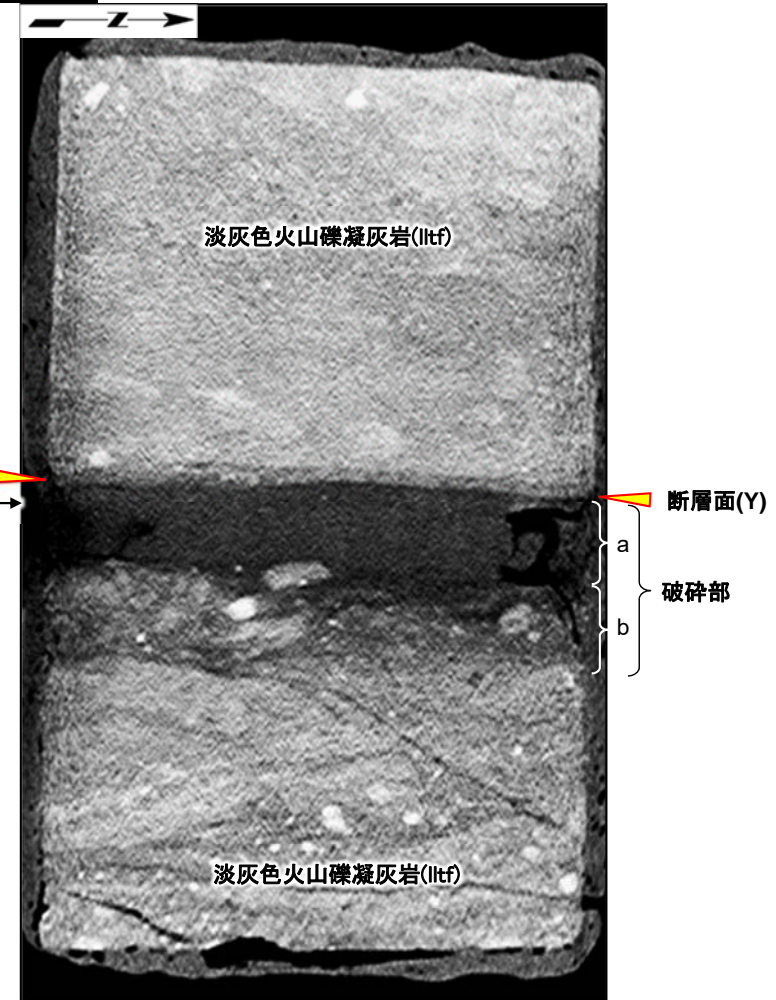
位置図

注) 凡例は本編資料P.2-10参照。



Y : sF-1断層の主せん断面  
P : 粘土質物質中の色調の異なる粘土片の伸長方向  
R<sub>1</sub> : Yに対してPとは反対方向に斜交し、Pを切断する面

a : 粘土質物質主体の範囲  
b : 岩片を伴う粘土質物質の範囲



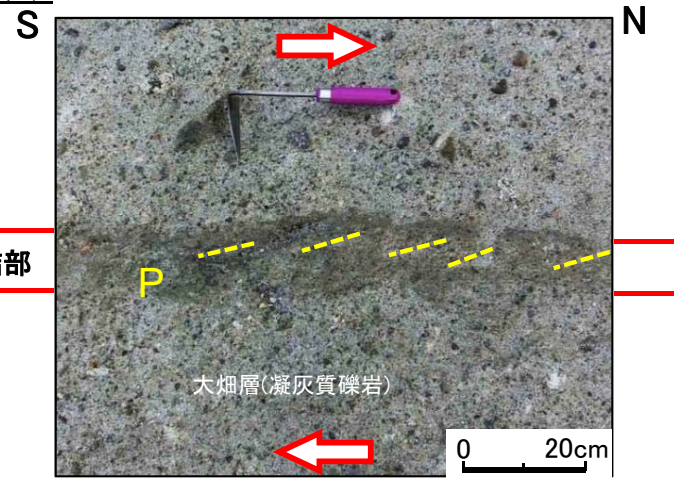
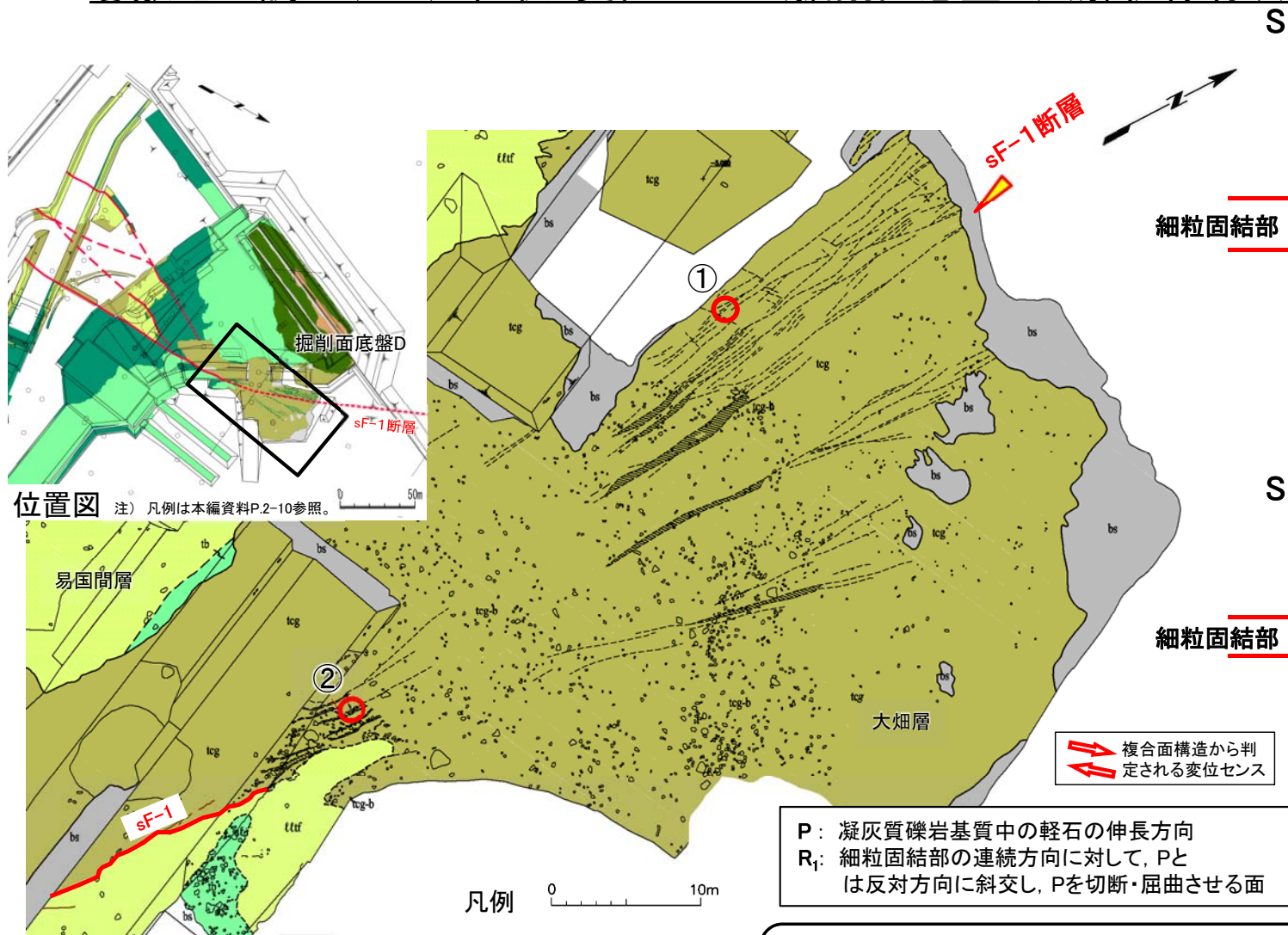
【ST-BL3】CT画像(水平断面) 0 20mm

Y : sF-1断層の主せん断面  
P : 粘土質物質中の変形岩片の伸長方向。淡灰色火山礫凝灰岩中の軽石等の配列方向  
R<sub>1</sub> : Yに対してPとは反対方向に斜交し、Pを切断する面

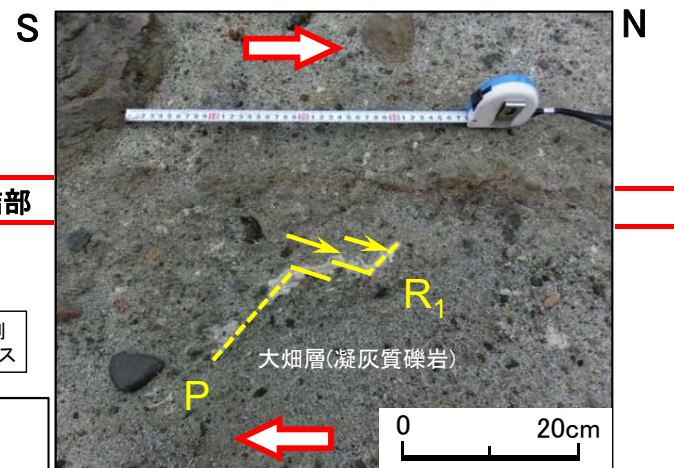


## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(6/17)

### ①敷地の調査(6/8):性状・変位センス(掘削面底盤D)(解釈線有り)



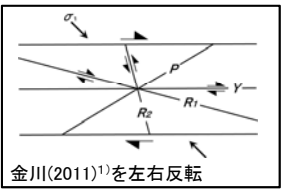
①細粒固結部接写状況



②軽石の右横ずれ変形

P: 凝灰質礫岩基質中の軽石の伸長方向  
R<sub>1</sub>: 細粒固結部の連続方向に対して、Pとは反対方向に斜交し、Pを切断・屈曲させる面

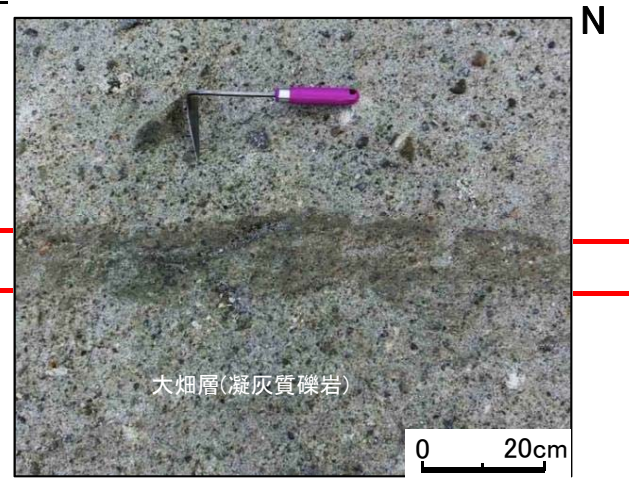
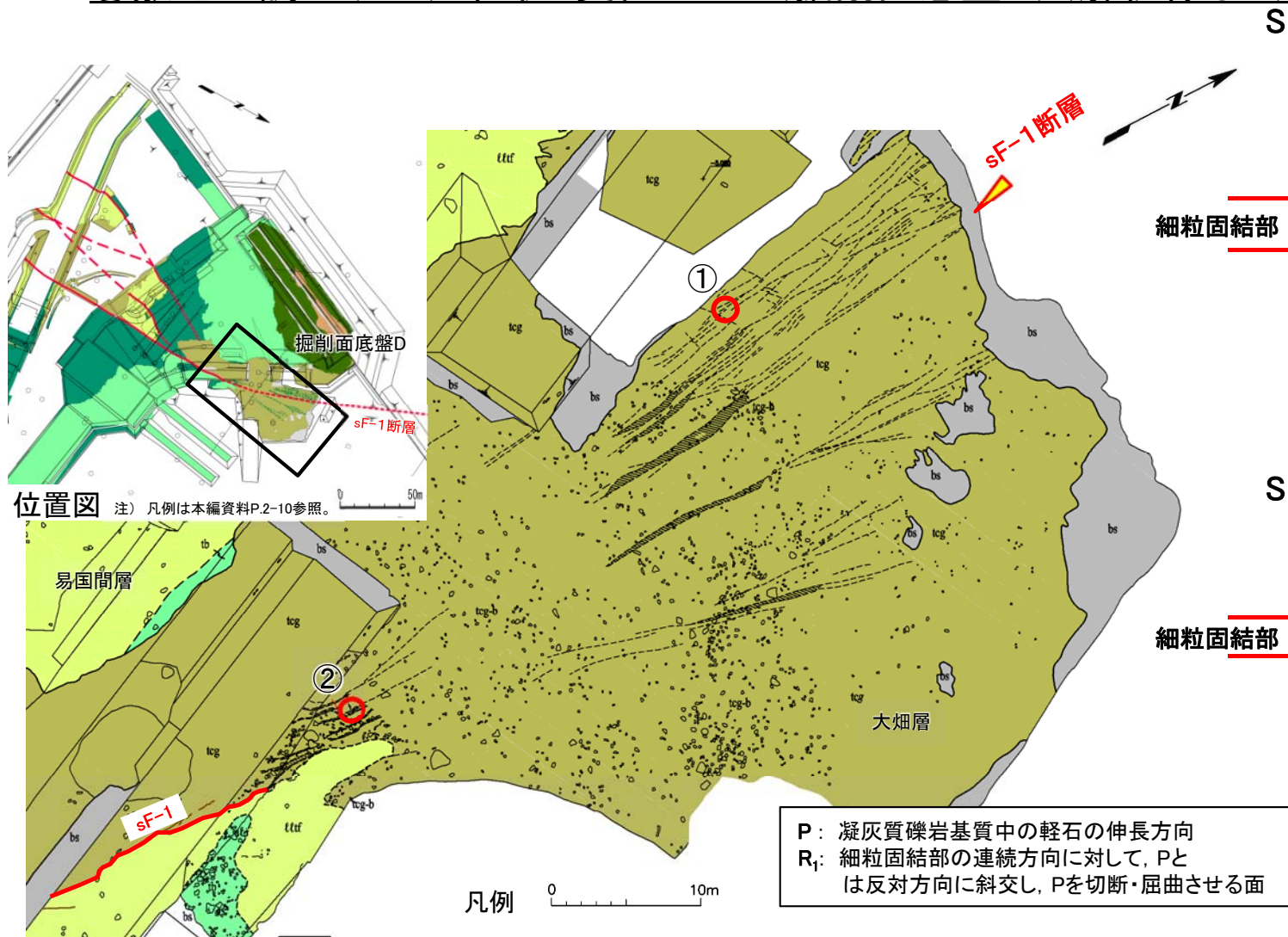
- sF-1断層は、易国間層中では断層面が明瞭で粘土質物質を伴うが、大畑層中では明瞭な断層面は認められず、大畑層に入った位置から放射状に不明瞭な細粒の組織として分布する。
- この組織は周辺の岩盤より細粒化し(補足説明資料P.2-31参照)、固結度がやや高い(以下「細粒固結部」という。))。
- 細粒固結部内及びその付近の軽石には複合面構造が認められ、右横ずれセンスを示すことから、sF-1断層は大畑層内では細粒固結部となって北方に延びるものと推定される。





## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(7/17)

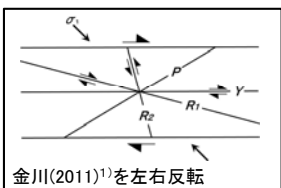
### ①敷地の調査(7/8):性状・変位センス(掘削面底盤D)(解釈線なし)



①細粒固結部接写状況



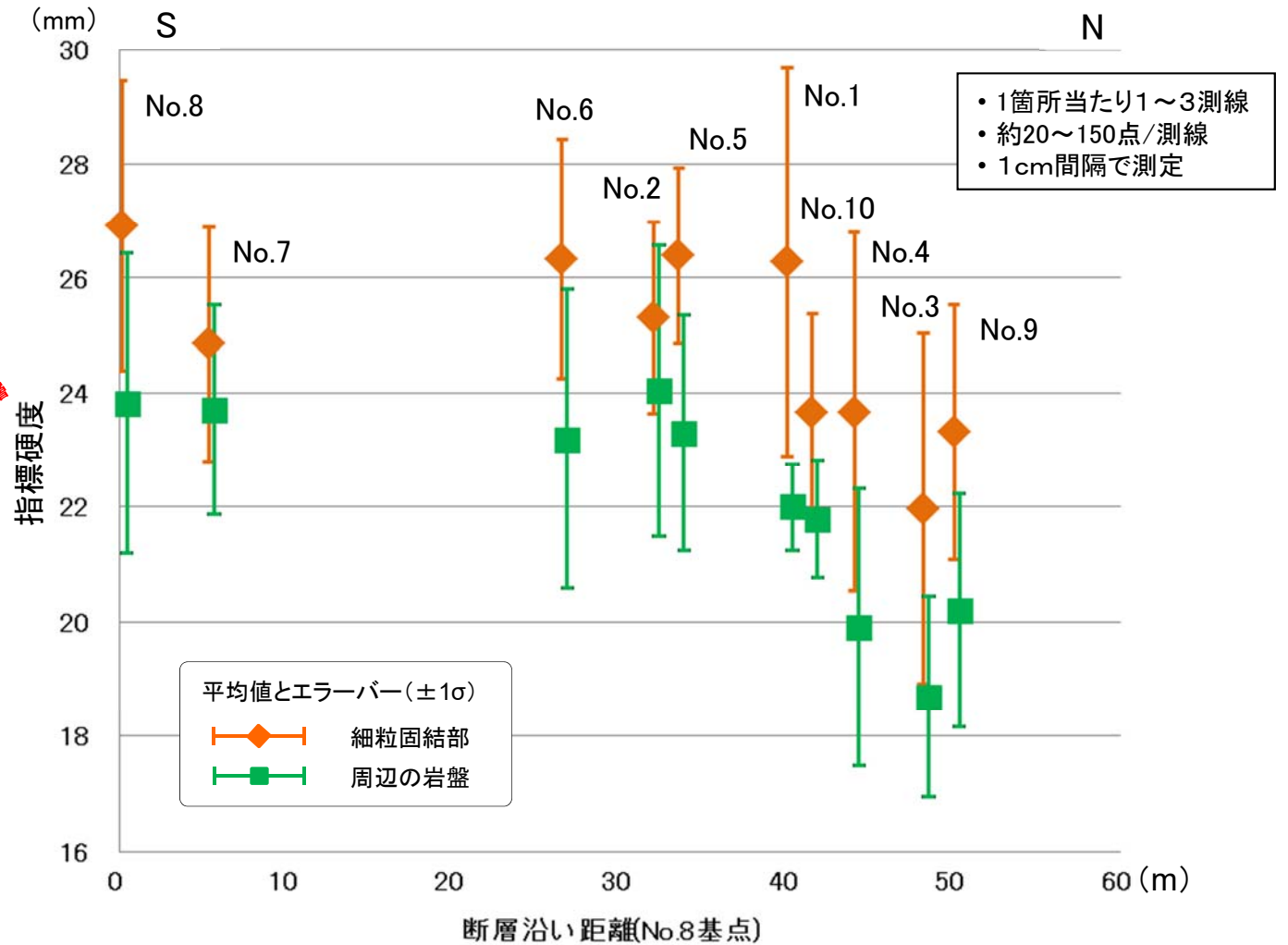
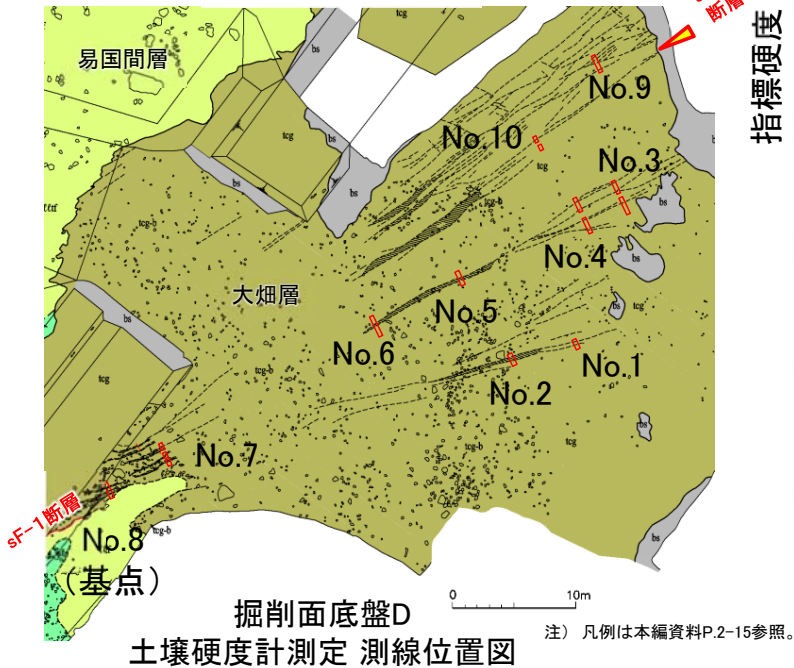
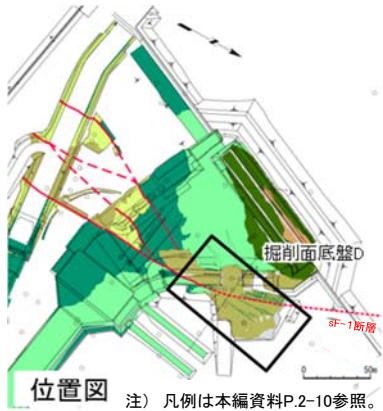
②軽石の右横ずれ変形



- 大畑層
  - tcg 凝灰質礫岩
  - lttf 淡灰色火山礫凝灰岩
- 易国間層
  - tb 凝灰角礫岩
- bs 盛土及び人工改変土
- 地層境界
- 地質境界
- sF-1 断層
- 細粒固結部
- 礫 (φ30cm以上)



①敷地の調査(8/8): 細粒固結部と大畑層中の周辺岩盤との固結度の関係(掘削面底盤D)



土壤硬度計測定による細粒固結部及び周辺岩盤の指標硬度\*

(\* : 地盤工学会基準土壤硬度試験方法に準拠)

- 大畑層分布域において、細粒固結部と周辺の岩盤を対象に10箇所ですり土壌硬度計測定を実施した。
- 10箇所すべてにおいて、細粒固結部は周辺の岩盤よりも高い指標硬度を示し、固結度が高いことを確認した。
- 細粒固結部は、大畑層堆積後間もない時期にせん断破碎を受け、大畑層の凝灰質礫岩(間隙率35.5%)が細粒化し粒子間の空隙が小さくなったため、その後の続成作用の過程で、周辺の岩盤よりも固結したものと考えられる。固結後の活動はないものと考えられる。



(余白)



②敷地極近傍の調査(1/6):海底地形調査(北方延長, 解釈線なし)(1/2)

この空中写真は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスよりダウンロードしたものをを使用したものである。

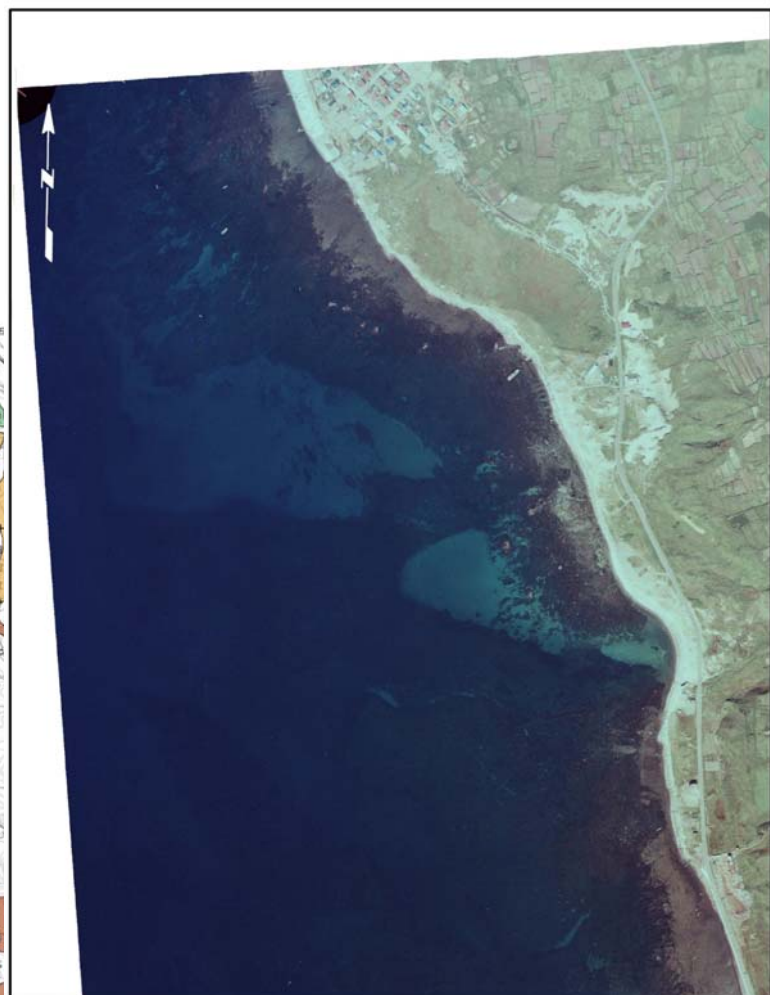
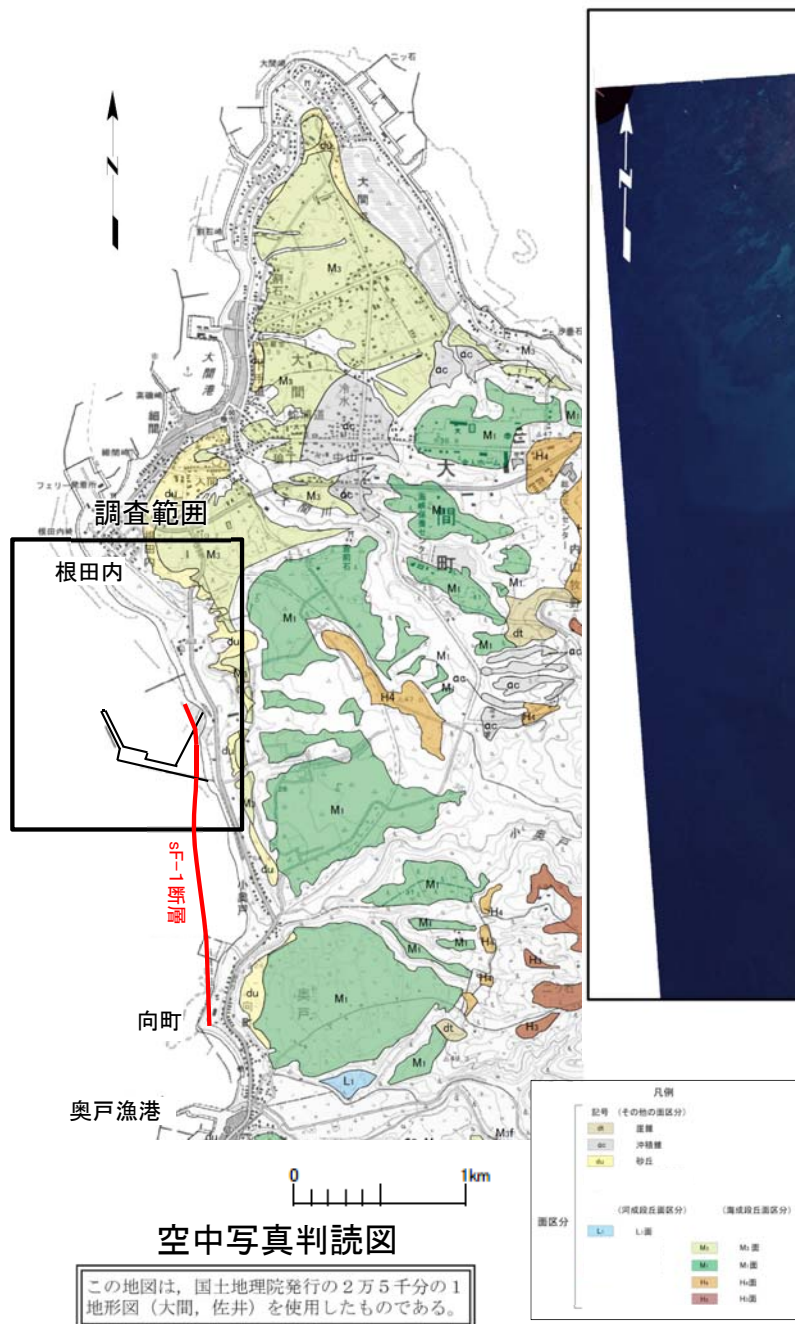


図1 空中写真

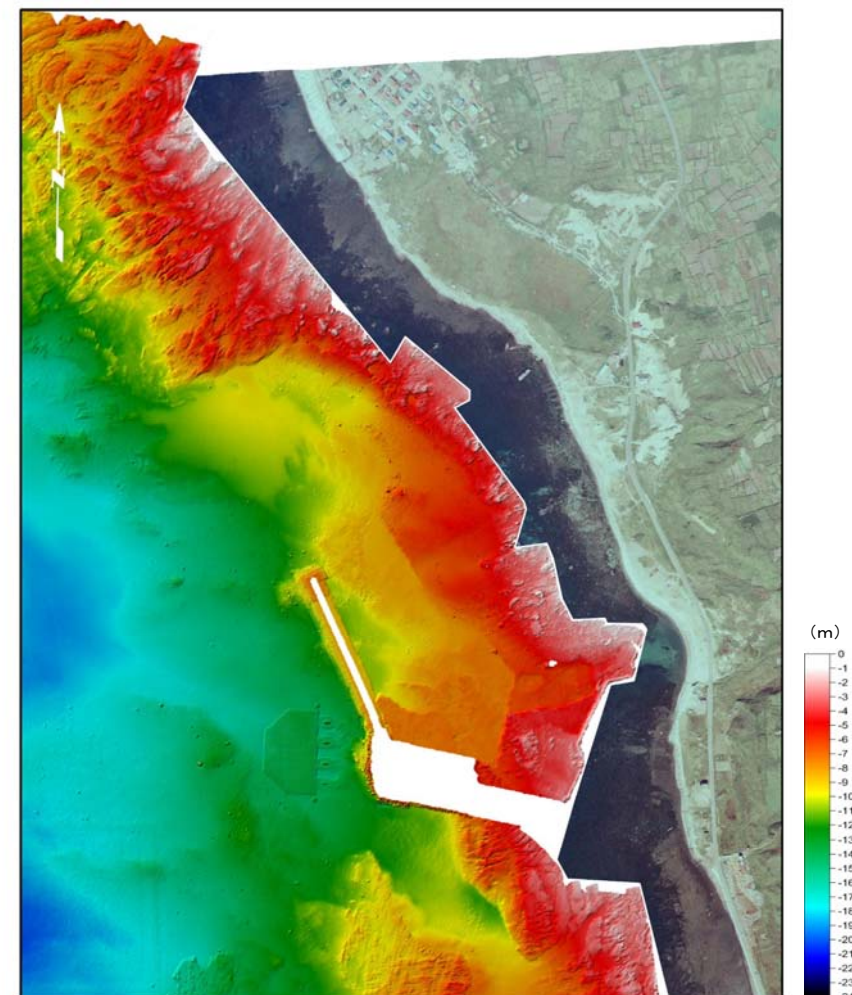


図2 空中写真及び海底地形陰影図

- 国土地理院の空中写真(1975年撮影)によれば、sF-1断層北方延長の海岸線沿いの水深0m~1m程度の範囲に露岩域の分布が判読される(図1参照)。
- 当社が深浅測量により作成した海底地形陰影図によれば、水深2m以深の海域に、海底地形に露岩域の分布が判読される(図2参照)。
- これらにより、sF-1断層北方延長の海域に露岩域の分布が確認される。



### 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(10/17)

#### ②敷地極近傍の調査(2/6):海底地形調査(北方延長, 解釈線あり)(2/2)

この空中写真は、国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスよりダウンロードしたものをを使用したものである。

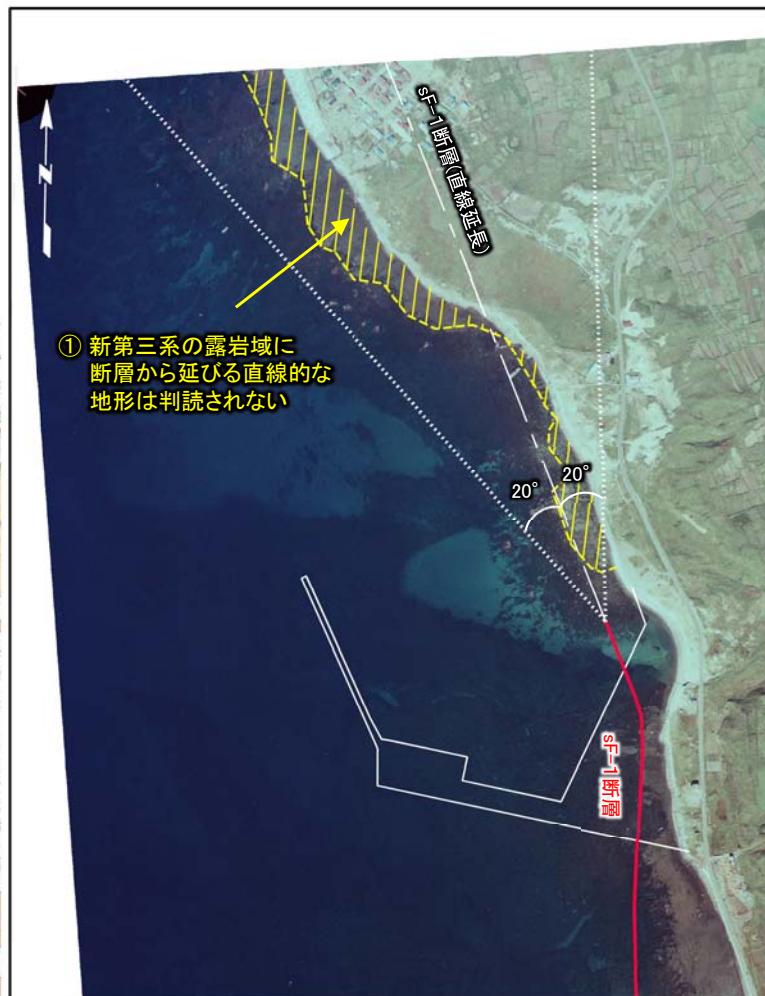
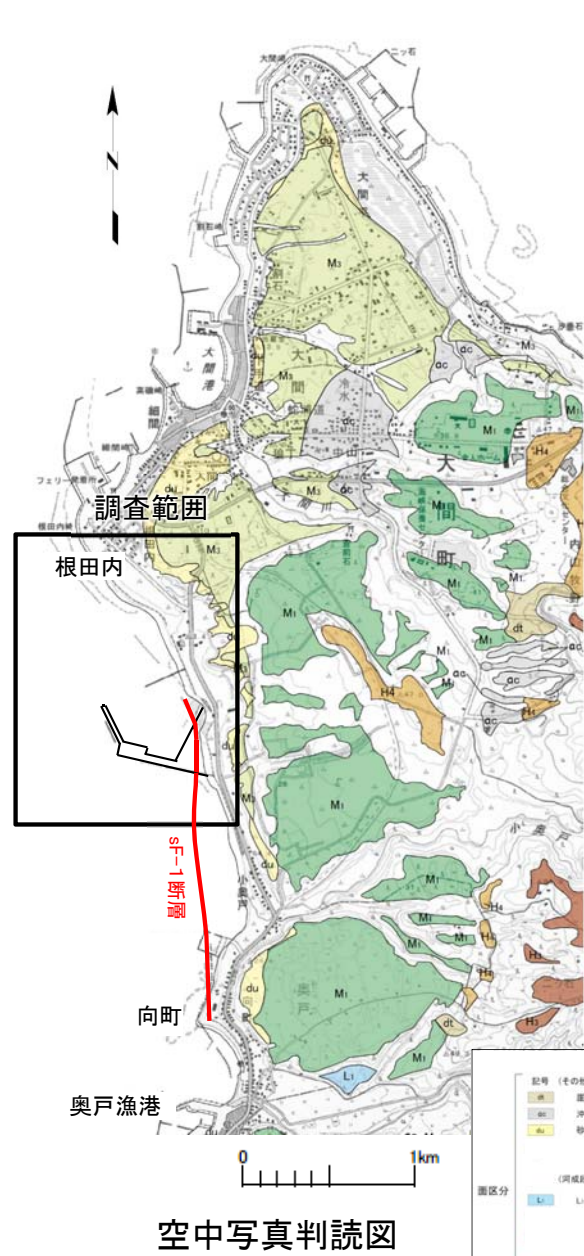


図1 空中写真

0 500m

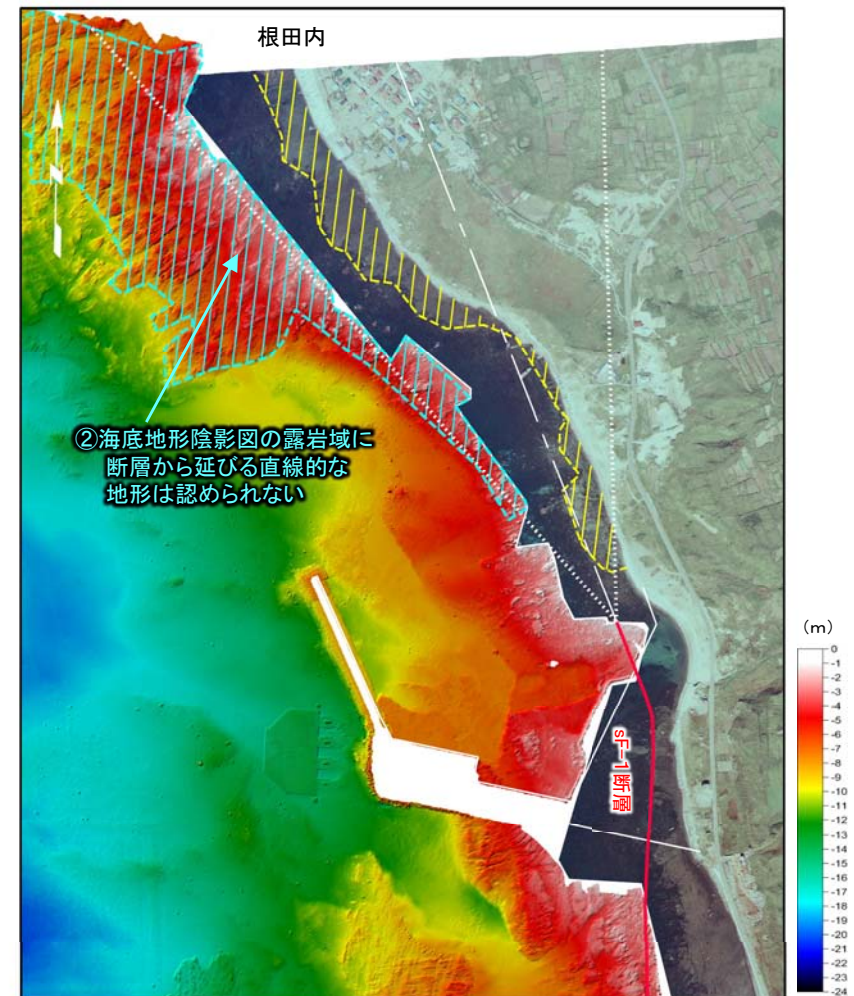


図2 空中写真及び海底地形陰影図

0 500m

- 図1の空中写真により判読される露岩域は、地表地質踏査によると、新第三系の易間層(火山碎屑岩)及び大畑層(溶岩及び火山碎屑岩)から成る。この露岩域には、sF-1断層から延びる直線的な地形は判読されない(①)。
- 図2の海底地形陰影図により判読される露岩域にも、sF-1断層から延びる直線的な地形は認められない(②)。
- sF-1断層の北方延長は、直線延長の東西20°の範囲をとっても、根田内の南方で上記①あるいは②の露岩域に達するが、それらの露岩域にはいずれも直線状の地形が判読されない。したがって、sF-1断層は、少なくとも根田内付近までは延長しないと判断される。

この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図(大間, 佐井)を使用したものである。

注) sF-1断層の北方延長の音波探査断面でも断層は認められない(補足説明資料P.2-41, 2-42参照)。

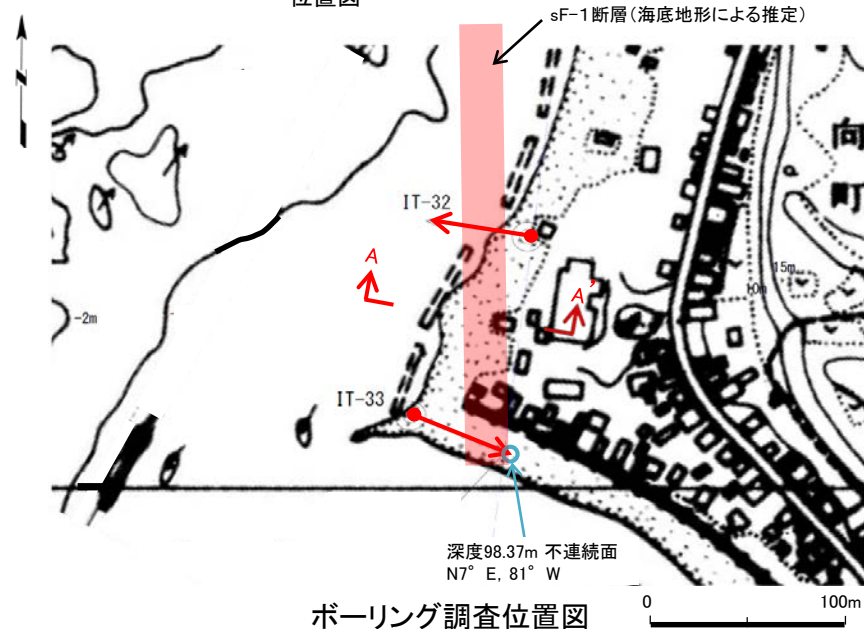




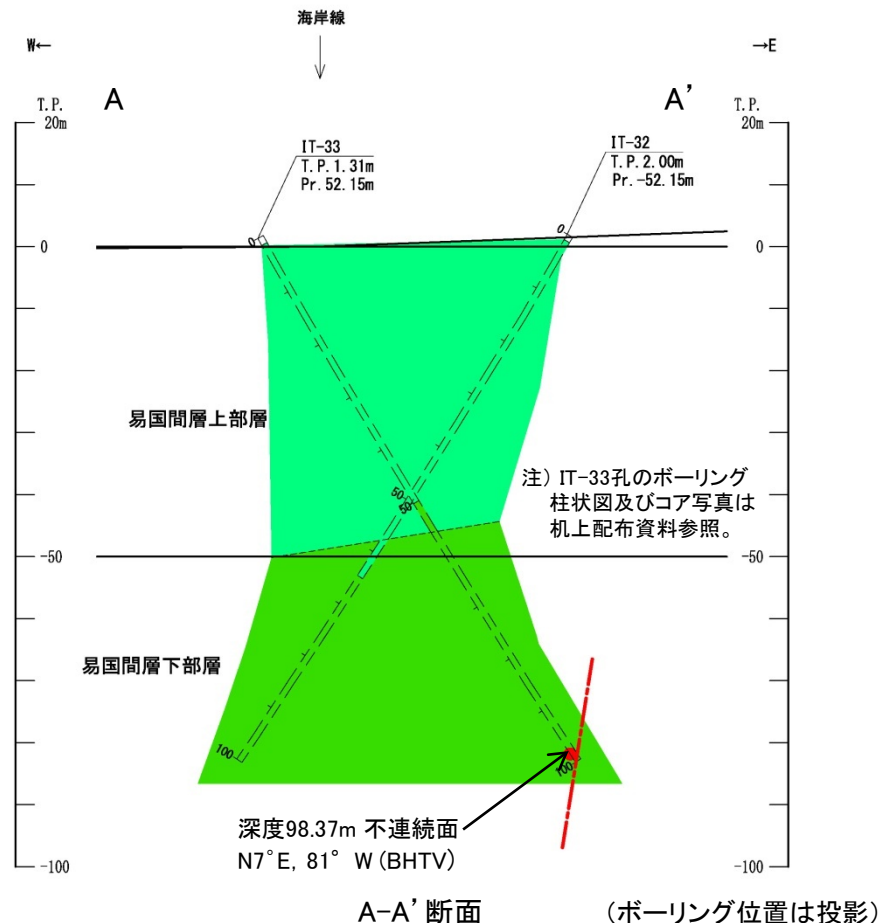
### ②敷地極近傍の調査(4/6): 海底地形調査・ボーリング調査(南方延長の向町地点)



位置図



ボーリング調査位置図



A-A' 断面

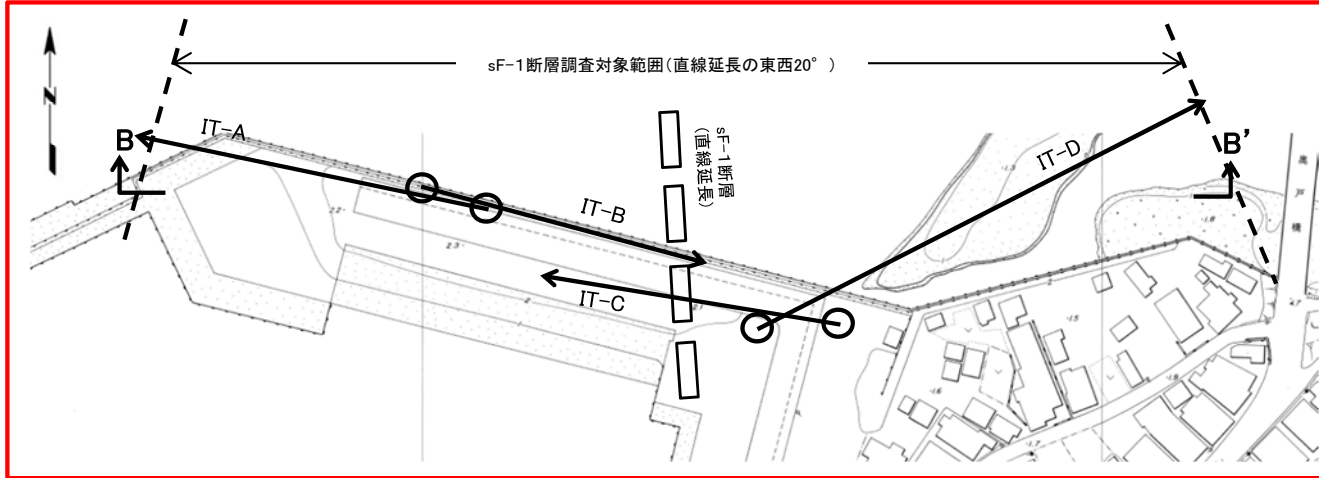
(ボーリング位置は投影)

- 空中写真及び海底地形図によれば、sF-1断層の南方延長に溝状の直線的地形が認められ、向町付近の海底面にも溝状の直線的地形が認められる(本編資料P.2-21参照)。
- この南方延長の向町付近において、相対する方向に2孔の斜めボーリング(IT-32孔及びIT-33孔)を掘削し、IT-33孔の深度98.37mで南北性の不連続面を確認した。この確認位置は、海底地形によるsF-1断層推定位置にほぼ一致する。
- ボアホールテレビで測定した不連続面の走向及び傾斜はN7° E, 81° Wであり、sF-1断層と同じ方向性を示す。
- 上記の不連続面の位置及び方向、さらに条線観察及びCT解析により右横ずれセンスが判定されること(補足説明資料P.2-43, 2-44参照)から、この不連続面はsF-1断層の南方延長と判断される。

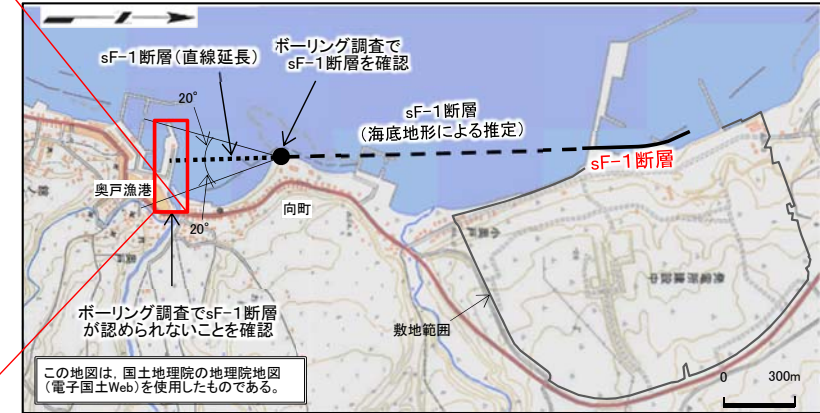


### 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(13/17)

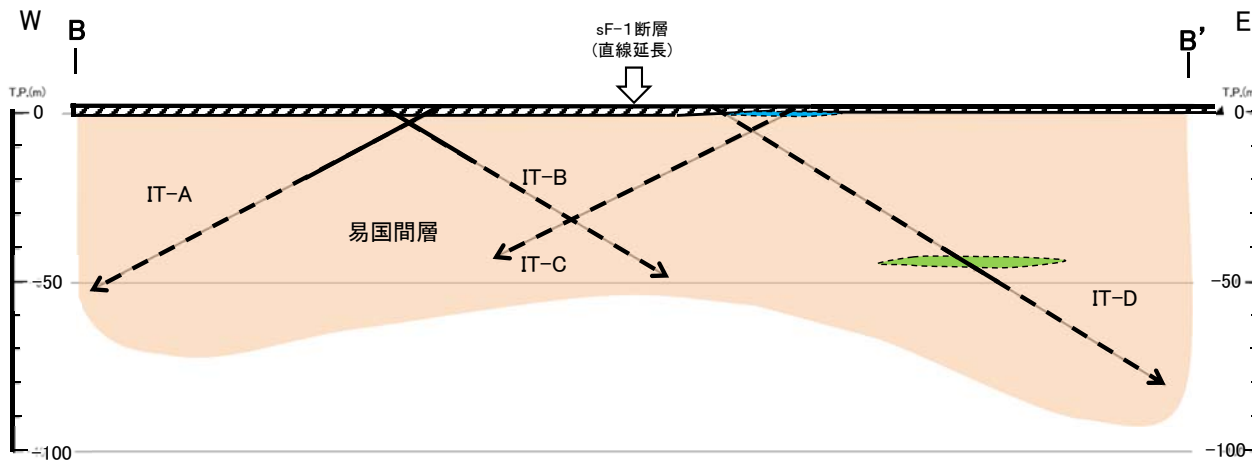
#### ②敷地極近傍の調査(5/6):ボーリング調査:南方延長の向町地点の南方約500m(奥戸漁港)



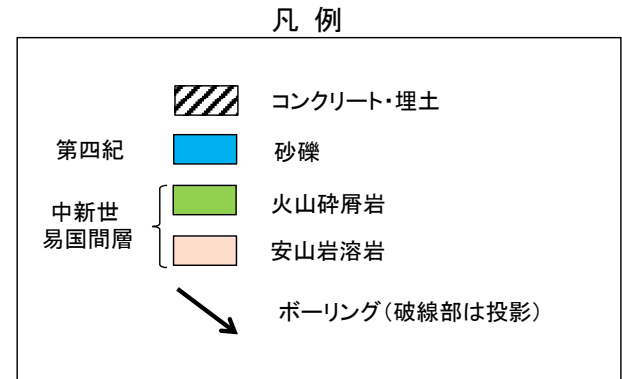
ボーリング調査位置図



位置図



B-B'断面

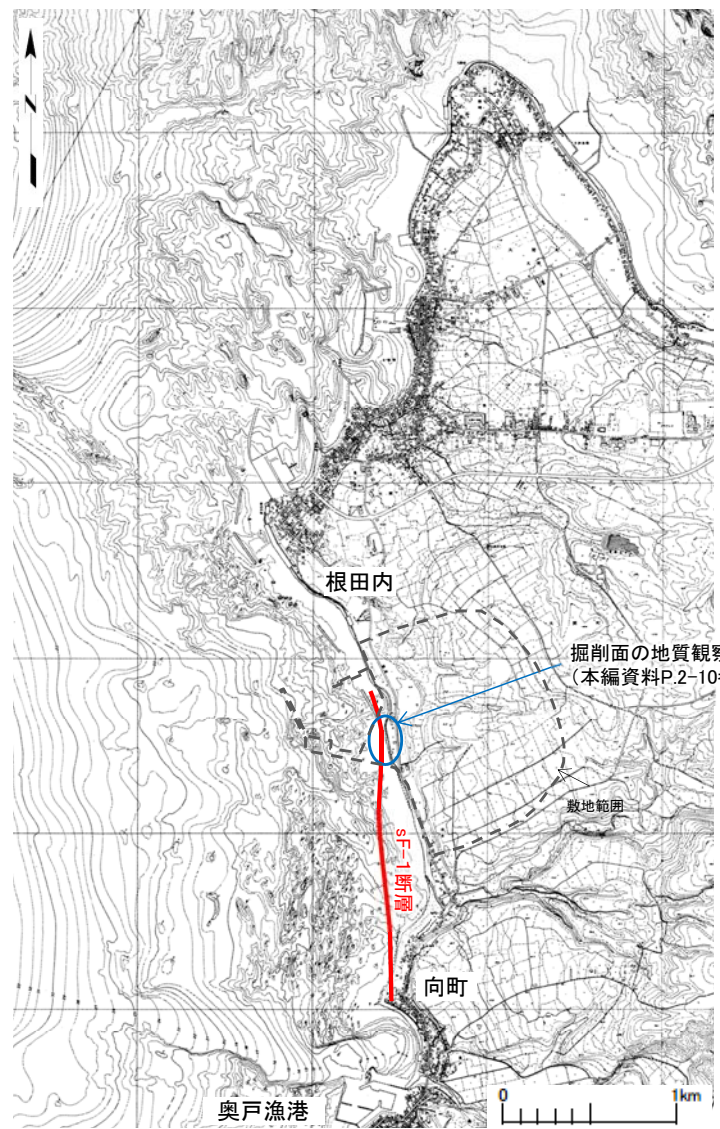


注) 本図は第536回審査会合資料1, P.8に基づいて最終測量結果により新規作成したものの。

sF-1断層の南方延長を確認した向町地点(本編資料P.2-22参照)のさらに南方約500mの地点(奥戸漁港)において、斜めボーリング4孔で調査したがsF-1断層は認められなかったことから、本地点にはsF-1断層は分布しないものと判断される。



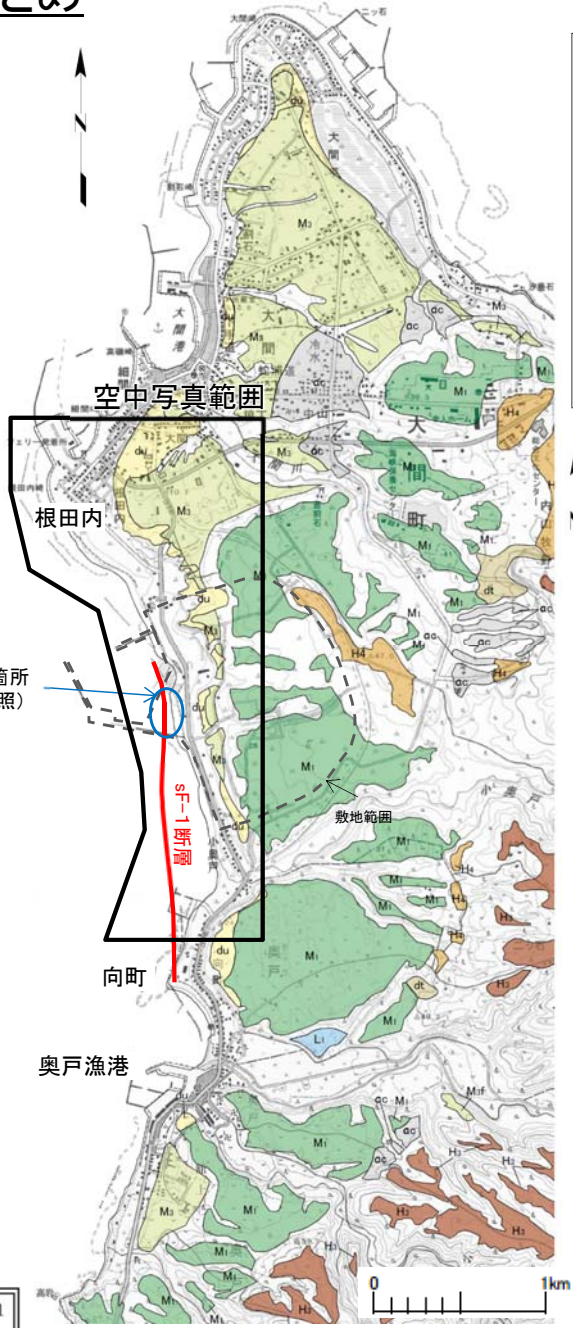
## ②敷地極近傍の調査(6/6):まとめ



詳細海底地形図※

※:海底地形図は、当社の音波探査及び音響測深の結果に基づき作成した。

この地図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図(大間, 佐井)を使用したものである。



空中写真判読図

凡例

記号 (その他の面区分)		
dt	崖錐	
ac	沖積錐	
du	砂丘	
(河成段丘面区分)		
L1	L1面	
(海成段丘面区分)		
M2	M2面	
M1	M1面	
H2	H2面	
H1	H1面	



空中写真 0 500m

- 海底地形調査によると、sF-1断層の北方は、少なくとも根田内付近までは延長しないと判断される。
- 海底地形調査及びボーリング調査によると、sF-1断層の南方は向町まで分布するが、少なくとも奥戸漁港までは延長しないと判断される。
- 以上のことから、sF-1断層は敷地極近傍の範囲に限定的に分布すると判断される。
- なお、sF-1断層の南北延長ともに活動性評価に適用できる上載地層は分布しない。

### ③敷地周辺の調査(1/2):文献調査・空中写真判読



敷地及び敷地近傍の文献調査及び空中写真判読結果

凡 例

断層地形の可能性が ある地形のランク	記 号
Dランク	
Eランク	

断層地形の可能性がある地形の分類は、断層地形の蓋然性が高いものからA~Eの5ランクとした(第732回審査会合資料2-1, P.1-37参照)。記号の短線は縦ずれの低下側を示す。

番号	名称	当社によるランク※1	文献 ※2	空中写真で 判読した長さ	敷地からの 距離	震源として考慮する 活断層
①	ニツ石リニアメント	E	なし	約0.4km	約2km	該当しない
②	材木リニアメント	D	なし	約1km	約5km	該当しない

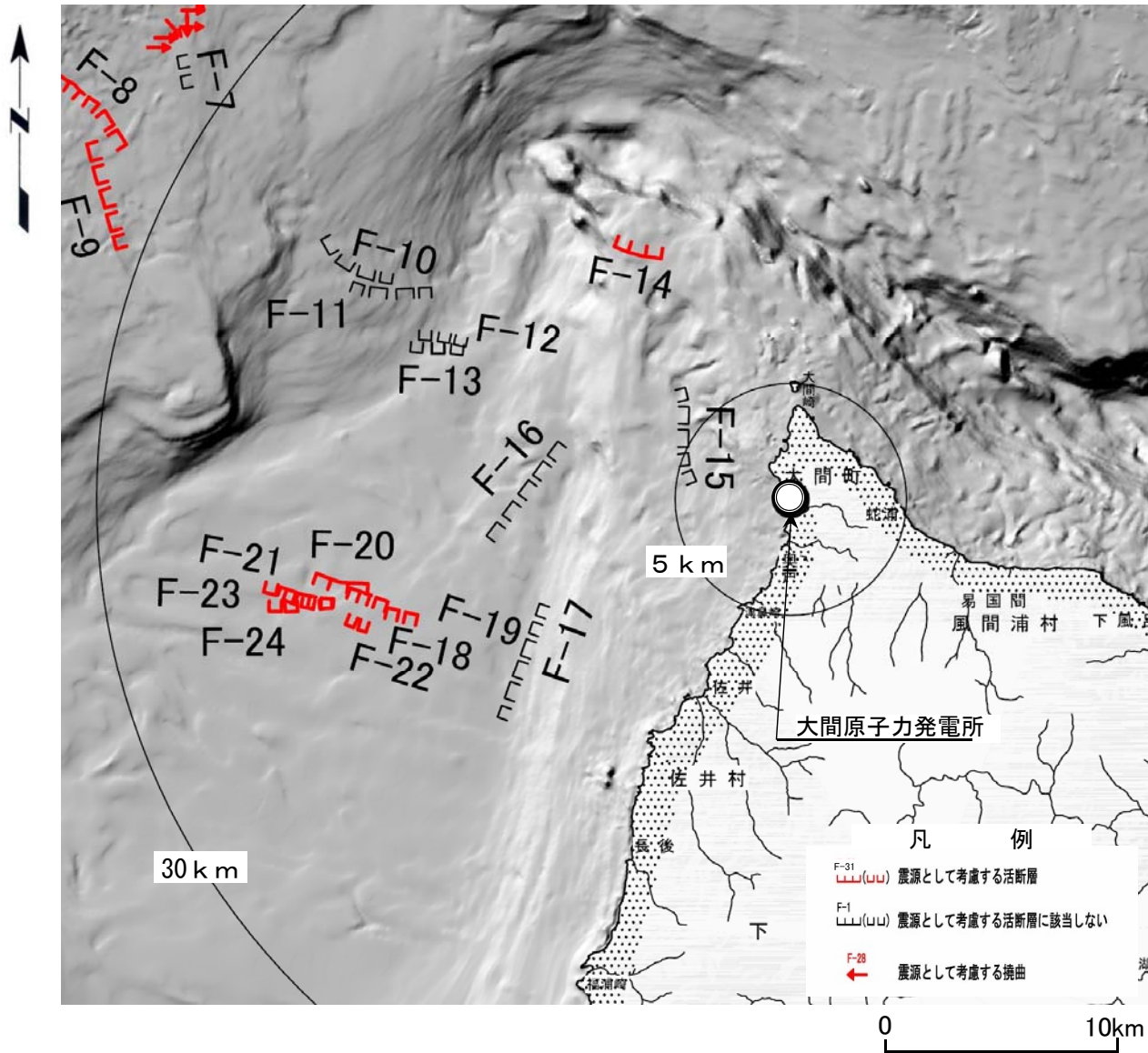
※1: 区間によりランクが異なる場合は、最大ランクを表示。  
※2: 活断層研究会編(1991)<sup>2)</sup>による記載。

- 文献調査及び空中写真判読の結果から、敷地及び敷地近傍陸域に文献活断層は認められない。
- 敷地内には「断層地形の可能性のある地形」は判読されない。
- ニツ石リニアメント及び材木リニアメントについては震源として考慮する活断層に該当しないと判断している。
- したがって、敷地及び敷地近傍陸域には、sF-1断層に連続する「断層地形の可能性のある地形」及び文献活断層は認められない。



## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(16/17)

## ③敷地周辺の調査(2/2):音波探査



- 音波探査記録の詳細解析により、敷地前面海域で敷地に近いF-15断層～F-17断層については、後期更新世以降の活動はないと判断している。
- 活動性を否定できないF-14断層、F-18断層～F-24断層については、WNW-ESE～E-W方向でありsF-1断層のN-S～NNW-SSE方向とは異なること、sF-1断層から10km以上離れていることから、これらの断層はsF-1断層に連続しないと考えられる。

本海底地形陰影図は、(財)日本水路協会(2009)海底地形デジタルデータ M7006「津軽海峡東部」<sup>3)</sup>及び国土地理院 沿岸海域地形図「平館海峡」<sup>4)</sup>、「青森」<sup>5)</sup>、並びに沿岸域広域地形図「陸奥湾」<sup>6)</sup>を基に編集した。陰影図の光源はNW→SE向きとした。

## 2.2.1 sF-1断層 (1)分布・性状(17/17)

### まとめ

#### ①敷地の調査

- sF-1断層はN-S～NNW-SSE走向で、高角傾斜を成す。
- 変位センスは右横ずれを示し、見掛けの最大変位量は水平で約73m、鉛直で約45m(西側落下)である。
- 易国間層中では明瞭な断層面が認められ、断層面沿いに粘土を伴う破碎部が見られる。大畑層中では明瞭な断層面は認められず、放射状に不明瞭な細粒の組織(細粒固結部)として分布し、固結度がやや高い。
- なお、敷地にはsF-1断層の活動性評価に適用できる上載地層は分布しない。



sF-1断層は、N-S～NNW-SSE走向で高角傾斜(右横ずれセンス)である

#### ②敷地極近傍の調査

- 海底地形調査によると、sF-1断層の北方は、少なくとも根田内付近までは延長しないと判断される。
- 海底地形調査及びボーリング調査によると、sF-1断層の南方は向町まで分布するが、少なくとも奥戸漁港までは延長しないと判断される。
- なお、sF-1断層の南北延長ともに活動性評価に適用できる上載地層は分布しない。



sF-1断層は、敷地極近傍の範囲に限定的に分布する

#### ③敷地周辺の調査

- 文献調査によれば、敷地及び敷地近傍陸域に文献活断層は認められない。
- 空中写真判読によれば、敷地内には「断層地形の可能性のある地形」は判読されず、敷地近傍の二ツ石リニアメント及び材木リニアメントは震源として考慮する活断層に該当しないと判断されることから、sF-1断層に連続する断層は認められない。
- 音波探査によれば、敷地前面海域で後期更新世以降の活動性を否定できないF-14断層及びF-18断層～F-24断層は、sF-1断層とは走向が異なり10km以上離れていることから、sF-1断層に連続しないと考えられる。

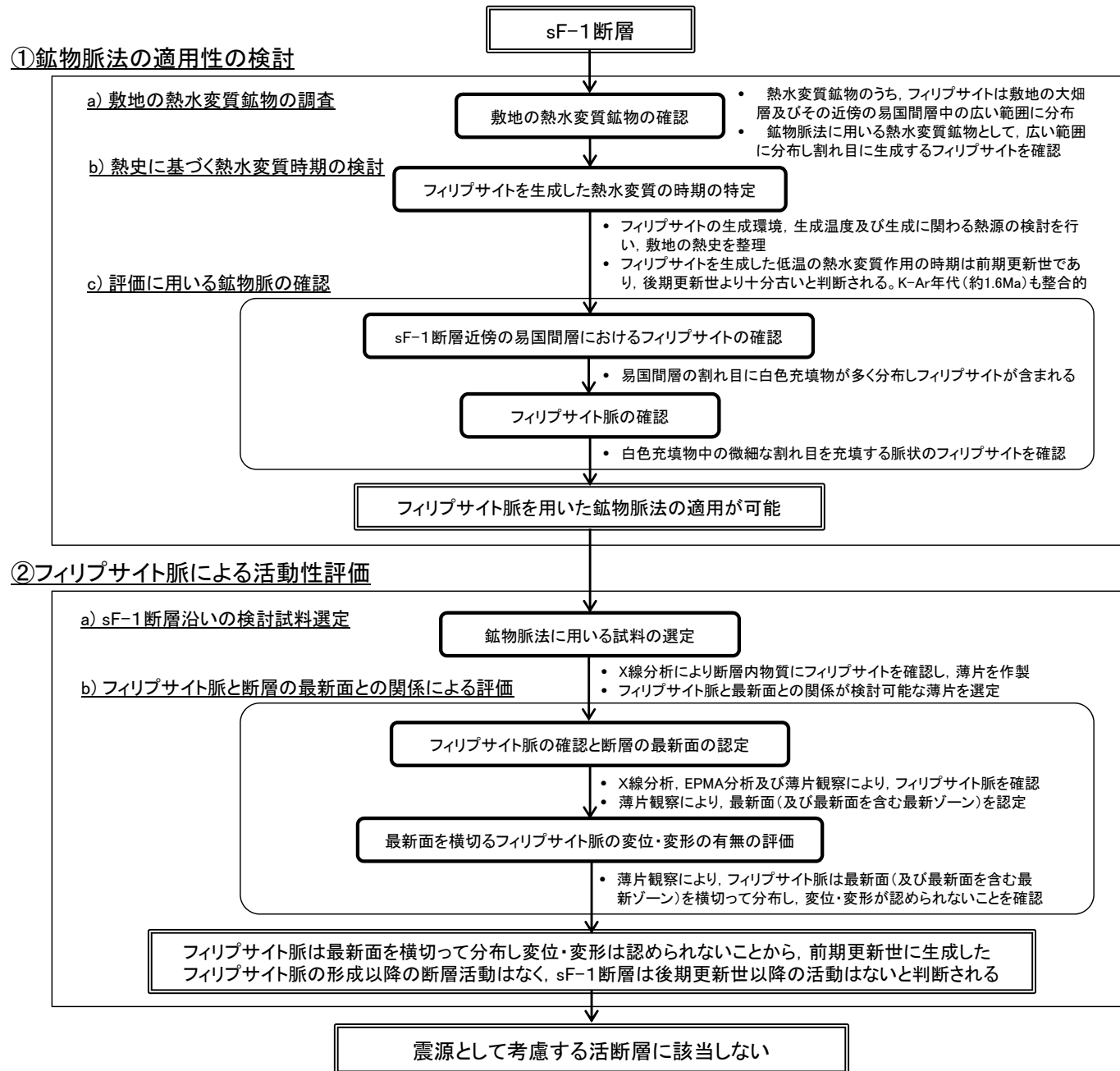


sF-1断層は敷地周辺の活断層には連続しない

(余白)

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(1/93)

### 鉱物脈法による活動性評価の考え方(1/2)



敷地において熱水変質鉱物であるフィリップサイトの分布と生成時期を踏まえ、以下①②の通り、sF-1断層の鉱物脈法による活動性評価を行う。

#### ① 鉱物脈法の適用性の検討

フィリップサイトは、敷地の大畑層及びその近傍の易国間層中に広く分布し、後期更新世より十分古い時期に生成したと判断されることから、フィリップサイト脈を用いた鉱物脈法が適用可能であることを確保する。

#### ② フィリップサイト脈による活動性評価

sF-1断層沿いに試料を採取し、断層中にフィリップサイト脈があることを確保し、フィリップサイト脈と断層の最新面との切断関係を薄片で確保し、sF-1断層の活動性を評価する。

注) フィリップサイト、フィリップサイト脈及び白色充填物の定義については、本編資料P.2-30参照。

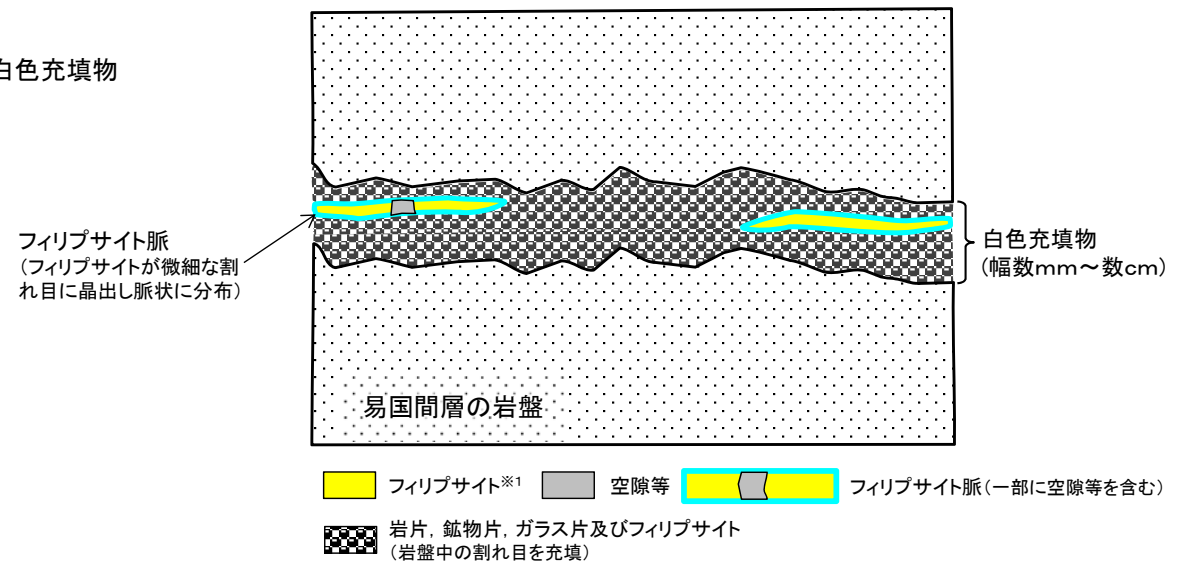
## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(2/93)



## 鉱物脈法による活動性評価の考え方(2/2): フィリップサイト, フィリップサイト脈及び白色充填物の定義



易国間層中の割れ目の白色充填物の例



フィリップサイト, フィリップサイト脈及び白色充填物

※1: フィリップサイトは白色充填物の基質にも晶出しているが、図中では脈状部のみ黄色で示す。

フィリップサイト, フィリップサイト脈及び白色充填物の定義は以下の通りである。

- フィリップサイト: 沸石族の鉱物である※2。比較的低温の熱水変質で生成する(本編資料P.2-37参照)。
- フィリップサイト脈: フィリップサイトが微細な割れ目に晶出し脈状に分布する(一部に空隙等を含む)ものがフィリップサイト脈である(本編資料P.2-49~P.2-52参照)。フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。
- 白色充填物: 易国間層中の割れ目を充填する脈状の白色部である。易国間層由来の岩片, 鉱物片, ガラス片及びフィリップサイトから成る(本編資料P.2-45, 2-46参照)。白色充填物中にはフィリップサイト脈が認められる。

※2: フィリップサイトは沸石の一種で、カリウムを多く含み、屈折率・複屈折が低い(フィリップサイトの特徴については補足説明資料P.2-56参照)。

注) 薄片観察において、フィリップサイト脈の中でフィリップサイトの微小な結晶が集まって認められる部分を「フィリップサイトの微小結晶集合体」とする(後述の2.2.1章(2)②b)の薄片A, B, Cの観察結果参照)。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(3/93)

### ① 鉱物脈法の適用性の検討:方針

鉱物脈法によりsF-1断層の活動性を評価するため、適用可能な熱水変質鉱物を敷地で確認し、熱史に基づきその鉱物を生成した熱水変質時期を特定する。

その鉱物脈がsF-1断層近傍に多く認められることにより、鉱物脈法の適用性を確認する。

#### a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(本編資料P.2-32～P.2-35参照)

敷地に分布する熱水変質鉱物をX線分析等により調査し、比較的広範囲に分布するものを、鉱物脈法に適用可能な熱水変質鉱物として確認する。

#### b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(本編資料P.2-36～P.2-43参照)

上記a)で確認した熱水変質鉱物(フィリップサイト)について、生成環境、生成温度及び生成に関わる熱源の検討を行い、敷地の熱史を整理し、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期を特定する。

#### c) 評価に用いる鉱物脈の確認(本編資料P.2-44～P.2-53参照)

地質観察、X線分析及び薄片観察により、sF-1断層近傍の易国間層にフィリップサイトが認められることを確認する。

フィリップサイトが微細な割れ目を充填する脈状(フィリップサイト脈)に認められることを確認し、鉱物脈法に適用可能であることを確認する。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(4/93)

### ① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(1/4): 敷地の熱水変質鉱物の確認

鉱物脈法によるsF-1断層の活動性評価に適用可能な熱水変質鉱物について検討するため、敷地のボーリングコア・掘削面の観察及び試料のX線分析により、敷地に分布する熱水変質鉱物について調査し、下表に示す熱水変質鉱物を確認し特徴を把握した。

#### 敷地に分布する熱水変質鉱物の特徴

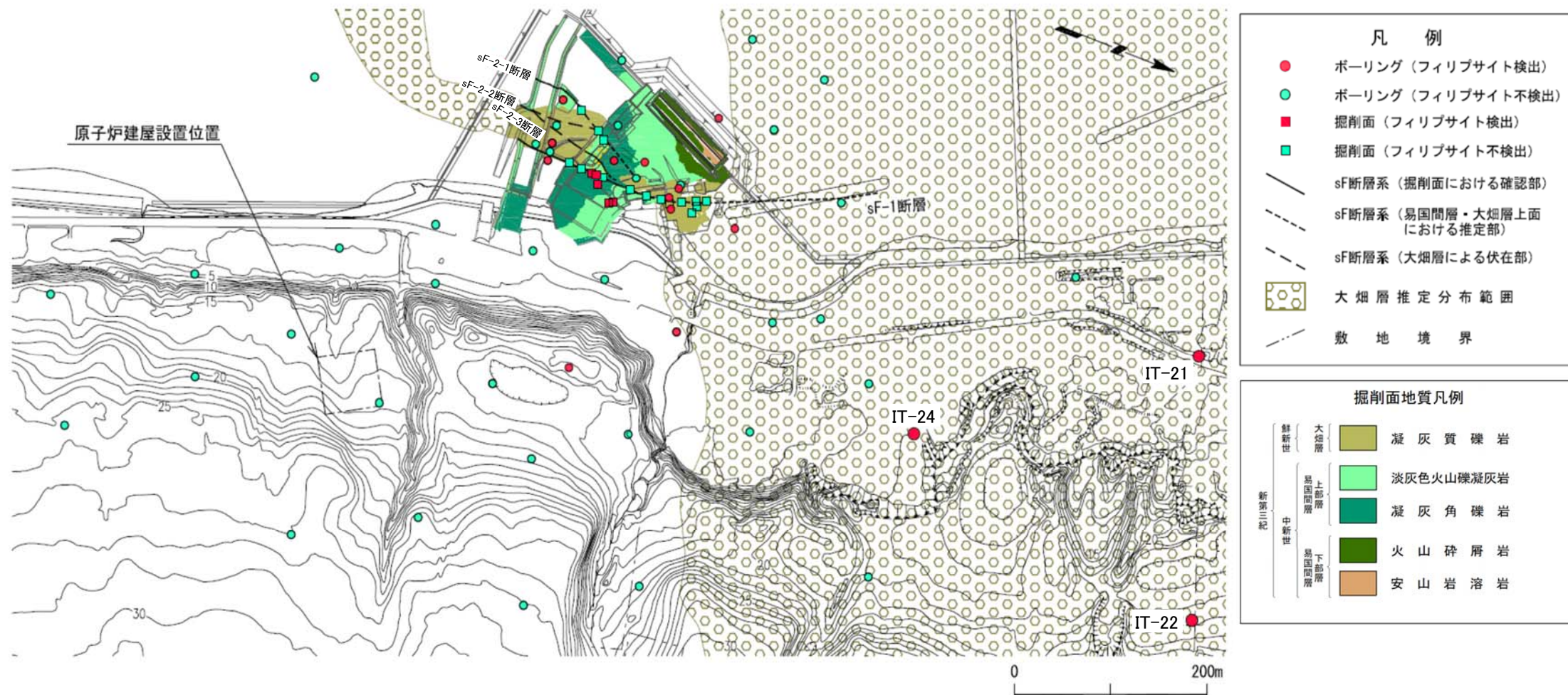
熱水変質鉱物	分布範囲	分布形態
フィリップサイト	大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に分布	主に割れ目及び基質部の空隙に分布
スメクタイト	易国間層及び大畑層中の広い範囲に分布	主に岩石の基質部に分布(続成変質作用及び風化作用により生成) 断層内物質及びシームを構成する粘土質部中にも分布(割れ目に生成)
斜プチロル沸石	大畑層及び易国間層の一部に限定的に分布	主に大畑層基質部の空隙に分布
パリゴルスカイト	易国間層のシーム等の一部に限定的に分布	主にシームを構成する粘土質部中に分布
セピオライト	大間層及びデイサイト貫入岩等に稀に分布	断層, 割れ目等の空隙に分布

- フィリップサイトは、大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に、主に割れ目及び基質部の空隙を埋めて分布する。
- スメクタイトは、主に続成変質作用及び風化作用により生成したもので、割れ目に生成したものは少ない。
- その他に敷地の一部に斜プチロル沸石、パリゴルスカイト、セピオライト等が認められるが、分布は限定的である。
- 鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを選定した(本編資料P.2-33, 2-34参照)。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(5/93)



## ① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(2/4): 敷地におけるフィリップサイトの分布



- 敷地のボーリングコア及び掘削面から採取した試料のX線分析結果に基づくフィリップサイトの検出地点を図に示す。
- 敷地の大畑層※及びその近傍の易国間層にはフィリップサイトが認められた(本編資料P.2-34参照)。

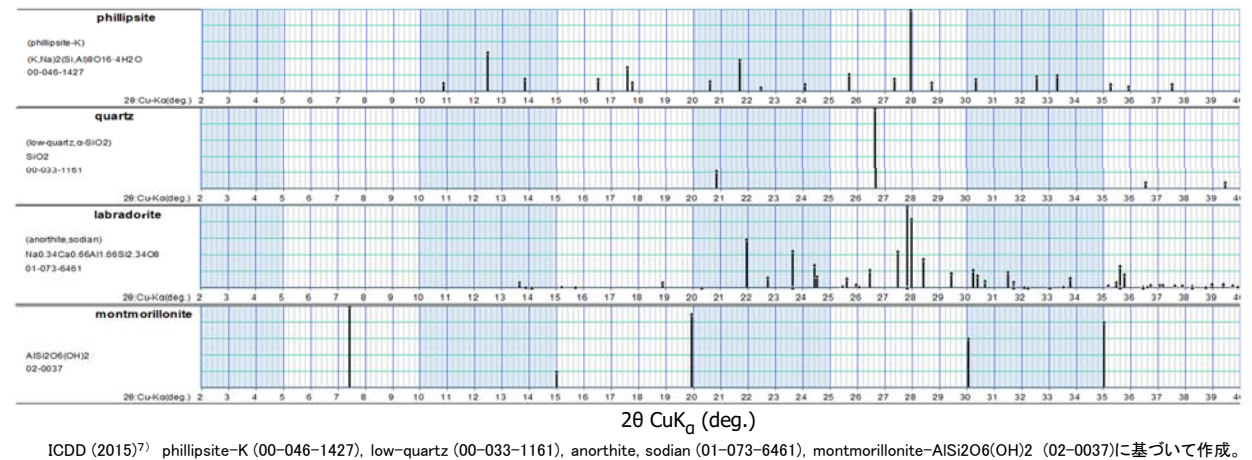
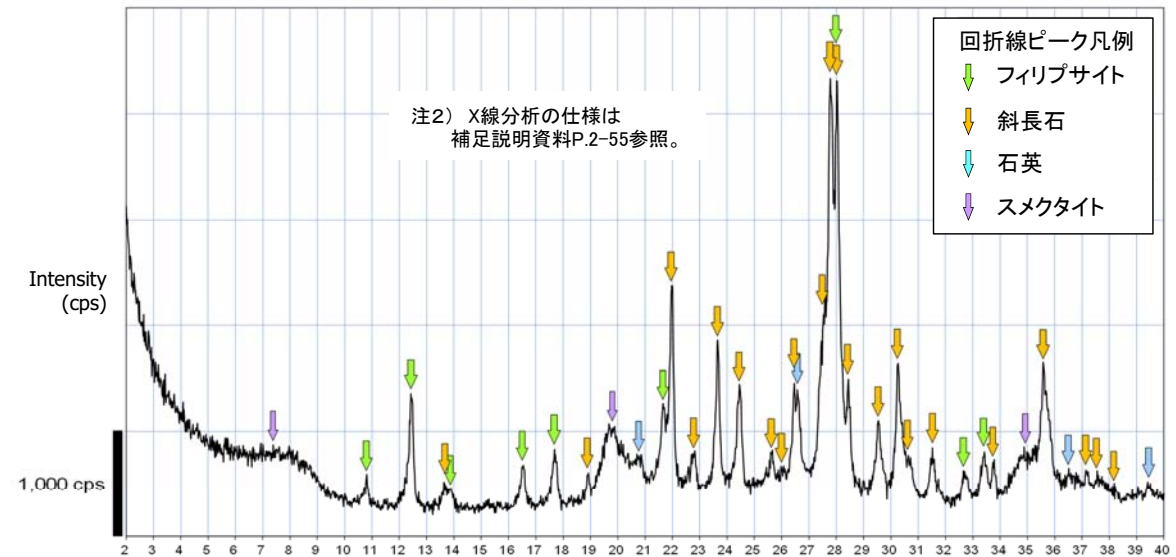
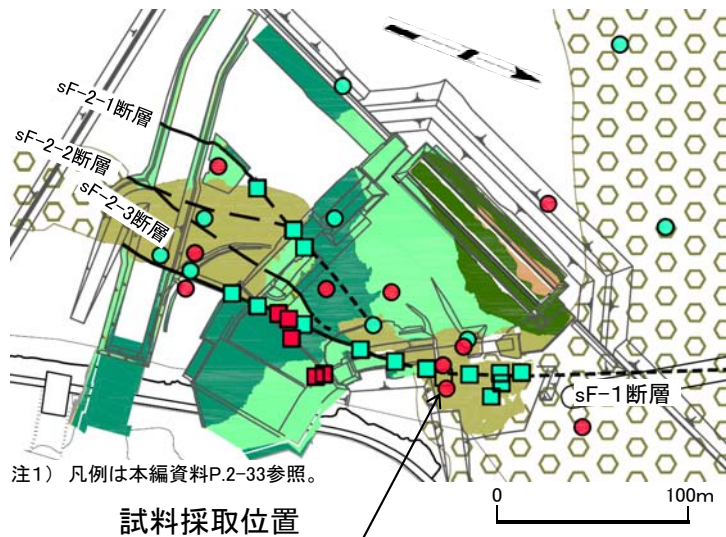
※: 敷地の大畑層中のフィリップサイトの年代については、補足説明資料P.2-50~P.2-54参照。敷地の大畑層と敷地周辺の大畑層との対比については、補足説明資料P.2-1~P.2-6参照。

注) ボーリングコアについては、主に標高0m~-50m程度の範囲の易国間層及び大畑層を採取し、sF-1断層の破碎部、割れ目の充填物及び標高-10m付近の岩石を分析対象とした。掘削面については、sF-1断層の断層内物質、その周辺の岩石及び割れ目の充填物を分析対象とした。



## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(6/93)

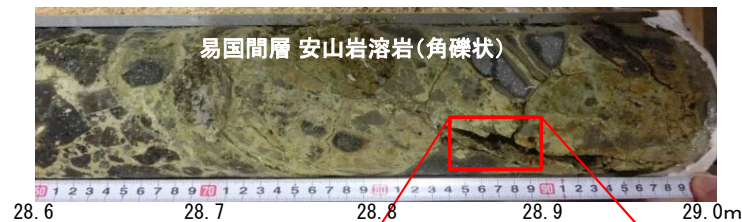
## ① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(3/4): フィリップサイトが検出された試料の例



## X線分析結果(全岩不定方位分析)

- sF-1断層沿いのIT-7孔深度28.85mの易国間層の安山岩溶岩中の割れ目から充填物を採取しX線分析を実施した。
- ICDD (2015)<sup>7)</sup>のデータに基づく鉱物判定の結果, 充填物は主にフィリップサイト及び斜長石から成り, 石英及びスメクタイトを含む。

易国間層 安山岩溶岩(角礫状)



IT-7孔コア写真  
(28.6m~29.0m区間)  
28.7m~29.0m付近に  
充填物を伴う高角の割  
れ目が認められる。



28.85m試料採取箇所  
淡黄灰色の充填物及び開口部  
に白色の鉱物が認められる。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(7/93)

### ① a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(4/4):まとめ

- 敷地に分布する熱水変質鉱物について、X線分析により調査した結果、フィリップサイト、スメクタイト等の各種の熱水変質鉱物が確認された。
- これらの熱水変質鉱物のうち、フィリップサイトは、敷地の大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に、主に割れ目及び基質部の空隙を埋めて分布する。
- 鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを確認した。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(8/93)

### ① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討:方針

熱史に基づき、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期について以下の方針で検討する。

#### **【熱史の検討】**

##### 〔フィリップサイトの生成環境・生成温度〕

変質鉱物に関する文献及び大間地点の地質性状から、フィリップサイトの生成環境及び生成温度を検討する(本編資料P.2-37, 2-38)。

##### 〔フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討〕

フィリップサイトの生成に関わる熱源について第四紀火山の文献及び敷地の現在の地温分布に基づいて検討する(本編資料P.2-39～P.2-41)。

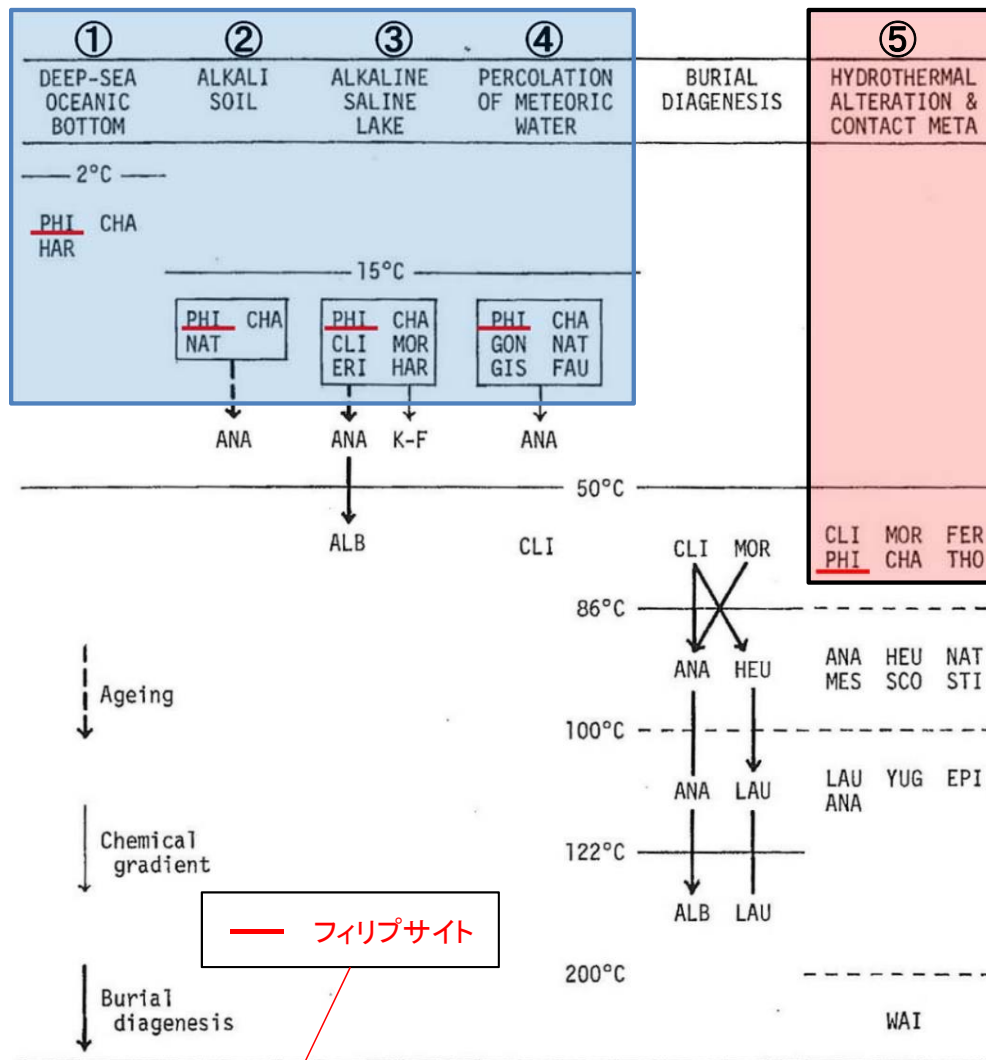
#### **【フィリップサイトを生成した熱水変質の時期】**

敷地の地質構造発達史, フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討結果等に基づいて敷地の熱史を整理し, フィリップサイトを生成した熱水変質の時期について検討する(本編資料P.2-42)。



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(1/7): フィリップサイトの生成環境

沸石の種類と生成環境(飯島(1986)<sup>8)</sup>に加筆)



PHI=phillipsite, CHA=chabazite, NAT=natrolite, CLI=clinoptilolite, MOR=mordenite, ERI=erionite, GON=gonnardite, GIS=gismondine, FAU=faujasite, ANA=analcline, FER=ferrierite, THO=thomsonite, HEU=heulandite, STI=stilbite, MES=mesolite, SCO=scolecite, LAU=laumontite, YUG=yugawaralite, EPI=epistilbite, WAI=wairakite, HAR=harmotome, K-F=K feldspar, ALB=albite.

フィリップサイトの生成環境と大間地点の地質環境との対比

フィリップサイトの生成環境	大間地点の地質環境	該当性
①深海底	深海底のフィリップサイトの母材である玄武岩質ガラスは、易国間層・大畑層には含まれない	×
②アルカリ土壌	敷地には半乾燥～乾燥地帯のアルカリ土壌は分布しない	×
③アルカリ塩湖	敷地には、アルカリ塩湖堆積物は分布しない	×
④天水の浸透	本作用の主な母材である玄武岩質ガラスは、易国間層・大畑層には含まれない	×
⑤熱水変質・接触変成	フィリップサイトの分布地点には接触変成作用を生じるような貫入岩等は認められないことから、熱水変質作用を受ける環境でフィリップサイトが生成したと考えられる	○

文献によるとフィリップサイトは様々な環境で生成するとされている。大間地点のフィリップサイトの生成環境について検討する。

- 飯島(1986)<sup>8)</sup>によるフィリップサイトの①～⑤の生成環境のうち、①～④の生成環境を示唆する地質環境は、大間地点の敷地には認められない。
- フィリップサイトの分布地点には接触変成作用を生じるような貫入岩等は認められないことから、⑤熱水変質・接触変成のうち、熱水変質作用を受ける環境でフィリップサイトが生成したと考えられる。

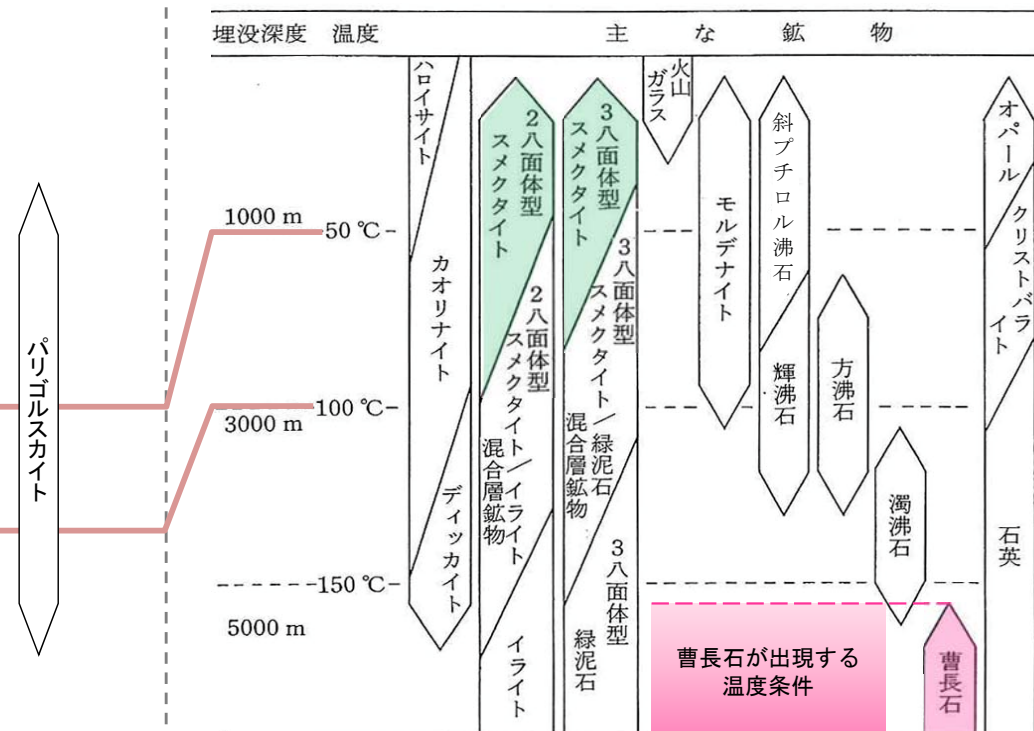
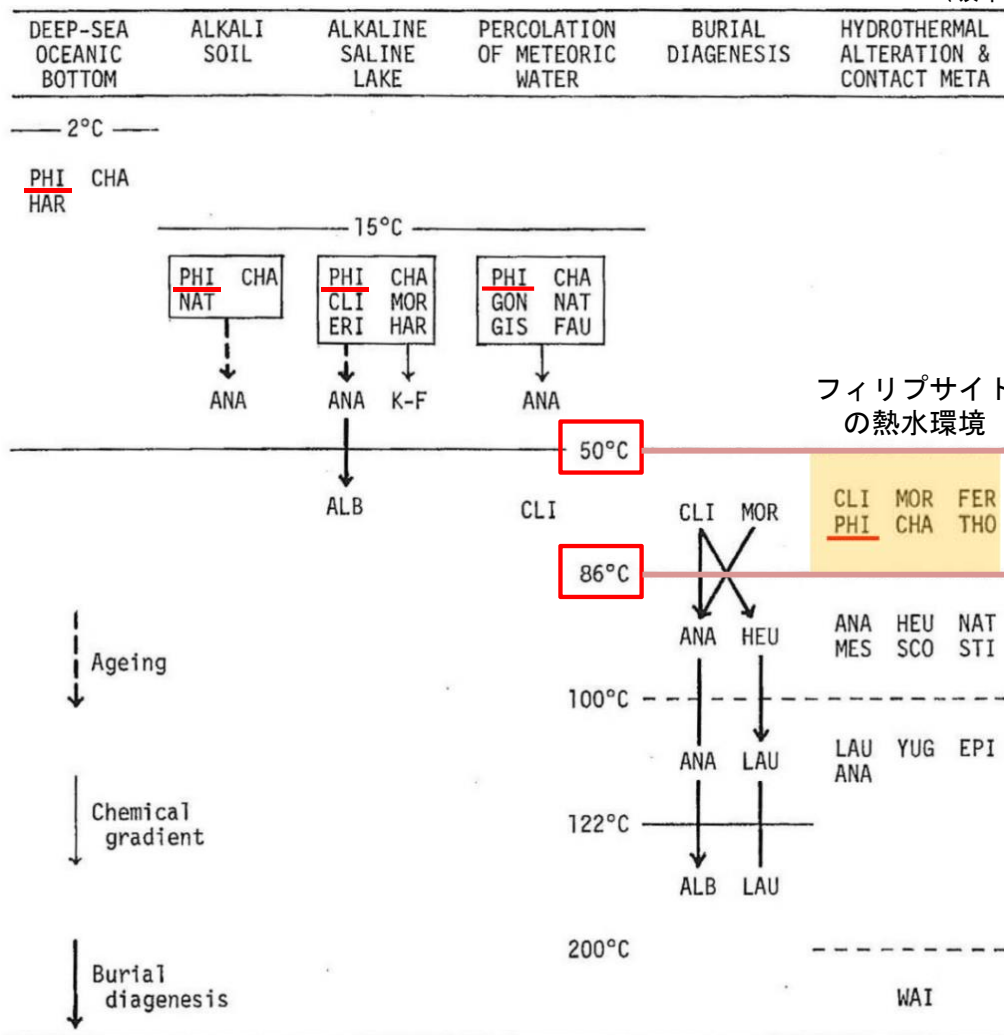


## ① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(2/7): フィリップサイトの生成温度

変質作用のタイプ・温度と生成する沸石の種類  
(飯島(1986)<sup>9)</sup>に加筆)

合成実験による  
パリゴルスカイトの生成温度  
(坂本ほか(2006)<sup>9)</sup>の記述に基づき図示)

続成変質の深度, 温度および主な鉱物の消長  
(白水(1988)<sup>10)</sup>に加筆)



文献に基づいて大間地点のフィリップサイトの生成環境から生成温度を特定する。

- 大間地点のフィリップサイトは、低温の熱水変質作用により生成したものと考えられ、生成温度は50°C~86°C程度と考えられる(□で表示)。
- なお、EPMA分析の結果によると、sF-1断層の粘土質物質及びその周辺の岩盤中の斜長石に曹長石化は認められないことから(補足説明資料P.2-45~P.2-48参照)、地温は150°C程度以上にはなっていないものと推定され、フィリップサイトの50°C~86°C程度の生成温度と整合的である。
- また、大間地点の広範囲に分布するスメクタイトはおおむね100°C以下で安定で、フィリップサイトの生成温度と整合的である。

**沸石のINDEX**

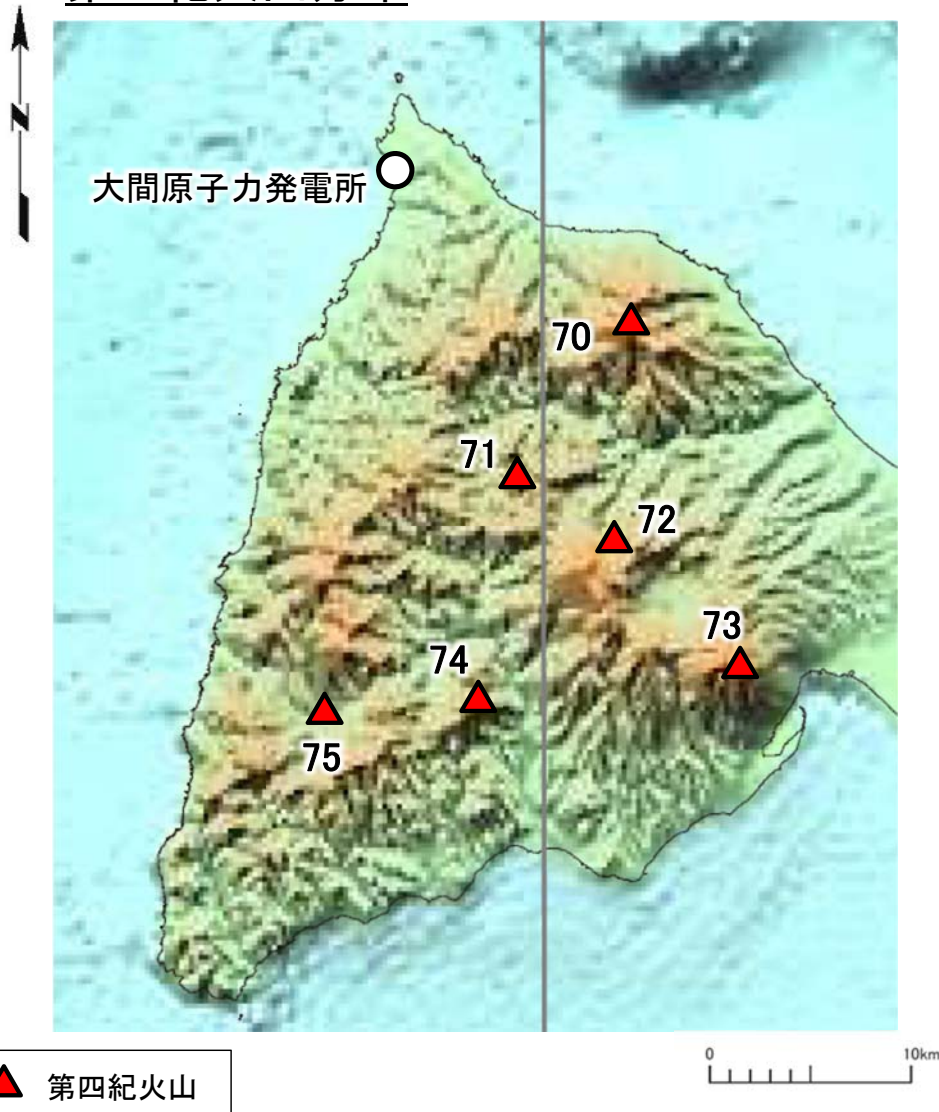
PHI=phillipsite, CHA=chabazite, NAT=natrolite, CLI=clinoptilolite, MOR=mordenite, ERI=erionite, GON=gonnardite, GIS=gismondine, FAU=faujasite, ANA=analclime, FER=ferrierite, THO=thomsonite, HEU=heulandite, STI=stilbite, MES=mesolite, SCO=scolecite, LAU=laumontite, YUG=yugawaralite, EPI=epistilbite, WAI=wairakite, HAR=harmotome, K-F=K feldspar, ALB=albite.

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(11/93)



## ① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(3/7): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(1/3)

## 第四紀火山分布



下北半島西部における第四紀火山分布図

下北半島における第四紀火山

No.	名称	敷地からの距離※1	最終活動年代
70	むつひうちだけ 陸奥燧岳	約15km	約10万年前
71	おおはた 大畑カルデラ	約17km	約160万年前
72	おめなさわ 小目名沢	約22km	約90万年前
73	おそれざん 恐山	約26km	約2万年前
74	おほうだけ 於法岳	約28km	約110万年前
75	のだい 野平カルデラ	約27km	約162万年前

※1: 噴出中心から敷地までの距離。

フィリップサイトは約50℃以上の低温熱水で生成されることから、その熱源として最も可能性の高い第四紀火山について検討する。

- 下北半島西部には第四紀火山として上記6火山があるが、敷地近傍には分布しない。
- 敷地に最も近い陸奥燧岳は敷地から約15km離れており、この火山から敷地まで熱水が流動することはないと判断される(本編資料P.2-40参照)。
- したがって、上記6火山は敷地のフィリップサイトを生成した熱水の熱源になり得ないと判断される。

以上のことから、火山が熱源とすると第四紀より前の火山と推定され、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、後期更新世より十分古いものと判断される。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(12/93)



① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(4/7): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(2/3)  
 第四紀火山分布(陸奥燧岳付近の地温分布)

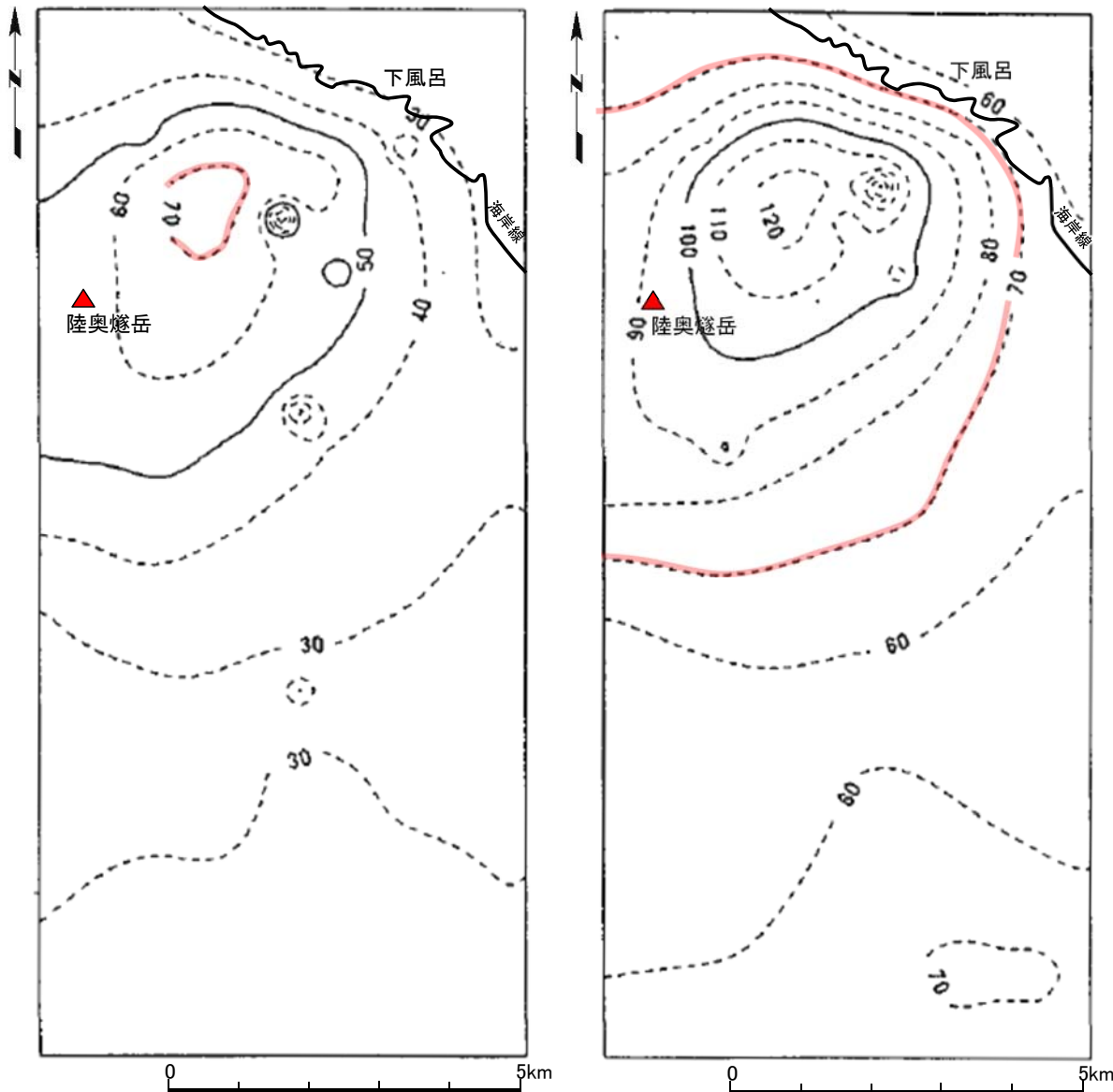
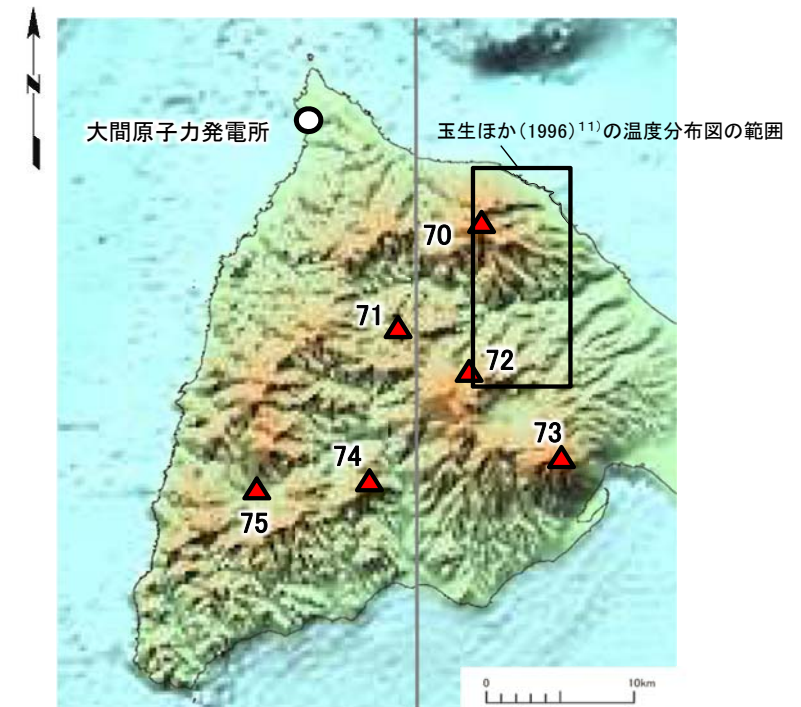


図1 温度分布図(標高 0m)

図2 温度分布図(標高-500m)

注) 玉生ほか(1996)<sup>11)</sup>に加筆。コンターの単位は(°C)

下北半島西部における第四紀火山分布図

(数字の火山名は本編資料P.2-39参照。)

敷地に最も近い陸奥燧岳付近の地温分布に基づき、陸奥燧岳が熱源となる可能性を検討する。

- 陸奥燧岳付近の地温分布(玉生ほか(1996)<sup>11)</sup>)によれば、地表付近の標高0mの温度コンター(図1)の形状は敷地方向である北西側への熱水流動を示唆しない。
- また、深度方向の地温変化については、フィリップサイトの生成温度(50°C~86°C程度)の中央値である70°Cの領域は、標高-500m(図2)から標高0m(図1)にかけて非常に小さくなっていることから、熱水が標高0m付近で側方流動するとしてもその量は少ないと考えられる。

以上のことから、陸奥燧岳から敷地への熱水流動はなく、陸奥燧岳は敷地のフィリップサイトを生成した熱水の熱源になり得ないと判断される。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(13/93)



## ① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(5/7): フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討(3/3)

## 現在の敷地の地温分布

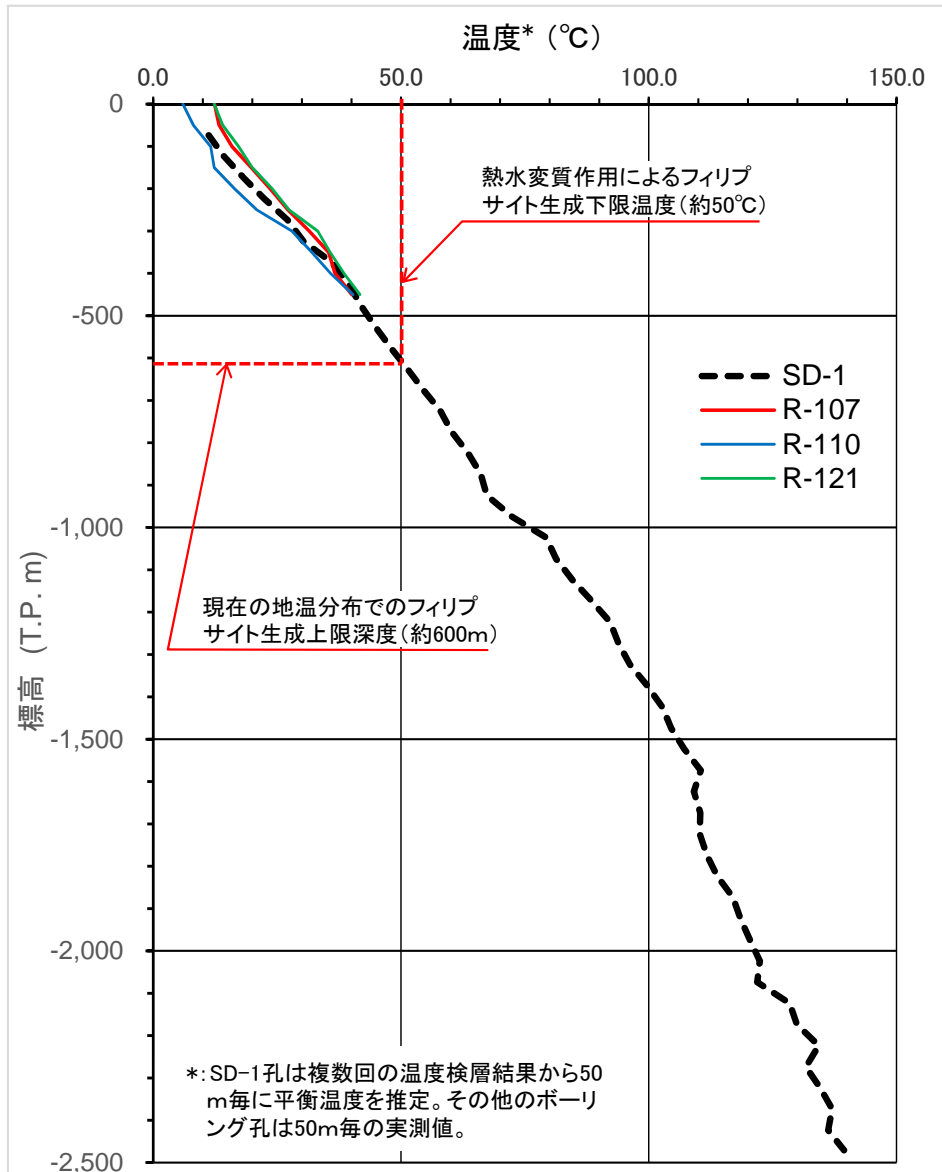


図2 現在の敷地の地温分布

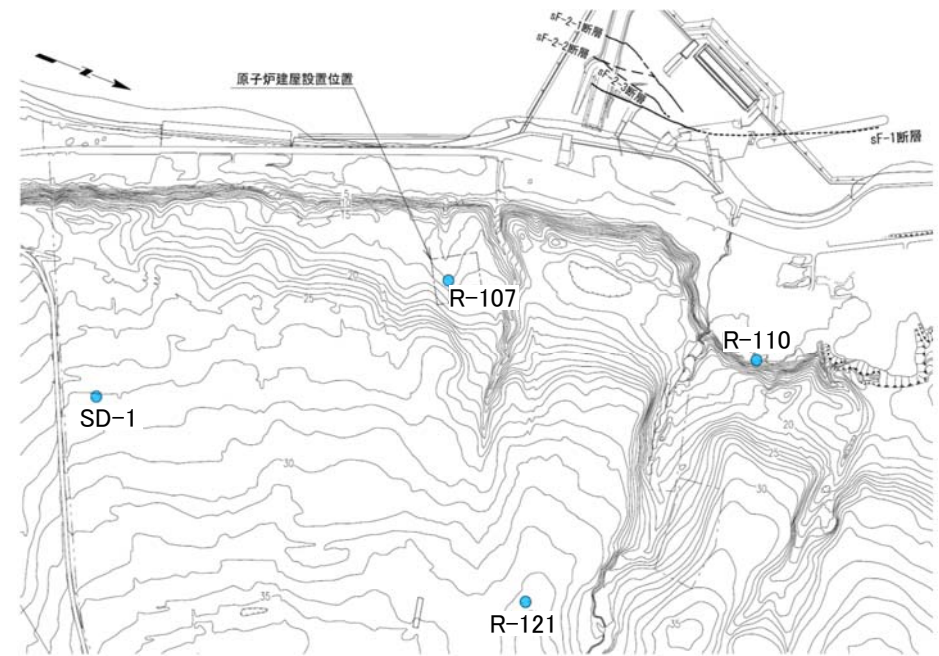


図1 地温分布調査位置図

敷地の現在の地温分布とフィリップサイトの生成温度との関係からフィリップサイトの生成時期を推定する。

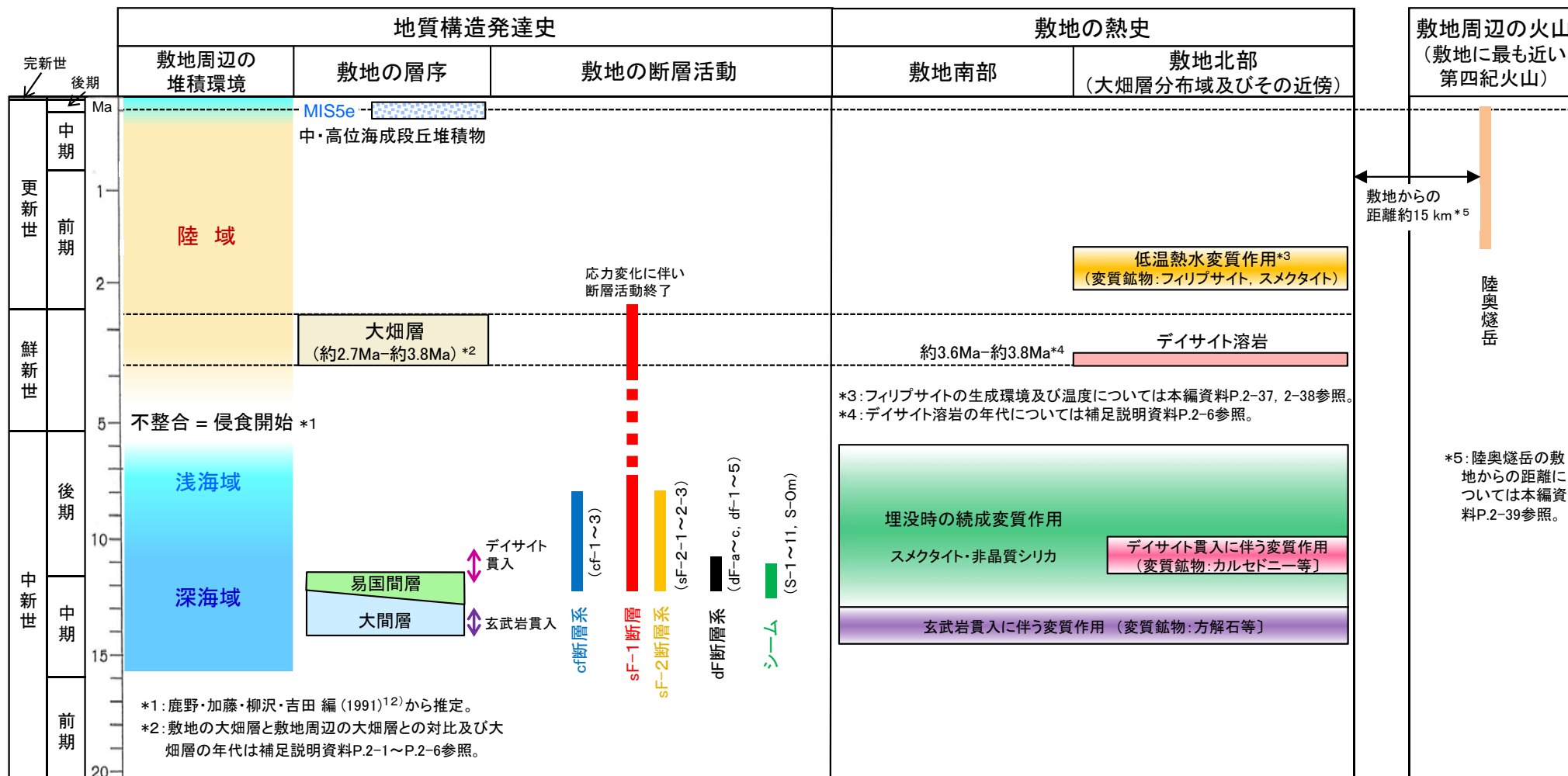
- 敷地のボーリング4孔(図1)の地温分布(図2)は、標高-500m付近までほぼ同じ傾向を示す。
- 熱水変質作用によるフィリップサイトの生成下限温度である50°C(本編資料P.2-38参照)に敷地の地温が達するのは、深度約600m(標高約-600m)である。
- 後期更新世以降の敷地の隆起速度は約0.3m/kyであり(補足説明資料P.2-49参照)、第四紀の間この速度の隆起が続いたとすると、敷地の地表付近の岩盤が標高約-600mにあったのは、約200万年前と推定される。
- 敷地近傍に第四紀火山がないため、現在の地温分布が第四紀の間同じであると考え、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、約200万年前と推定される。

以上のことから、フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は、後期更新世より十分古いものと判断される。





## ① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(6/7): 敷地の熱史及びフィリップサイトを生成した熱水変質の時期



敷地の地質構造発達史, フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討結果等に基づいて, 敷地の熱史について整理した。

- 敷地に最も近い第四紀火山(陸奥燧岳)は敷地から約15km離れており, 敷地への熱水の流動はないと考えられることから, 敷地周辺の第四紀火山はフィリップサイト生成に関わる熱源になり得ない。第四紀より前の火山活動の影響を受けてフィリップサイトが生成したとすると, フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は後期更新世より十分古いものと判断される(本編資料P.2-39, 2-40参照)。
- 現在の敷地の地温分布から, フィリップサイトの生成下限温度である50°Cに地温が達するのは深度約600mである。現在と同様な地温分布で低温の熱水変質作用によってフィリップサイトが生成したとすると, フィリップサイト生成深度から地表までの隆起量(約600m)と敷地の隆起速度(約0.3m/ky)から, フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は約200万年前と推定され, 後期更新世より十分古いものと判断される(本編資料P.2-41参照)。

上記の熱史の検討により, 敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は前期更新世であり, 後期更新世より十分古いものと判断される。なお, フィリップサイトのK-Ar年代は約1.6Maを示し(補足説明資料P.2-50~P.2-54参照), この熱水変質作用の時期と整合的である。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(15/93)

### ① b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(7/7):まとめ

フィリップサイトの生成環境、生成温度及び生成に関わる熱源について検討を行い、敷地の地質構造発達史に基づき敷地の熱史を整理し、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期を特定した。

#### 【熱史の検討】

##### 〔フィリップサイトの生成環境〕

文献(飯島(1986)<sup>8)</sup>)によるフィリップサイトの①～⑤の生成環境のうち、①～④の生成環境を示唆する地質環境は、大間地点の敷地には認められない。⑤熱水変質・接触変成のうち、フィリップサイトの分布地点には接触変成作用を生じるような貫入岩等は認められないことから、熱水変質作用を受ける環境でフィリップサイトが生成したと考えられる。

##### 〔フィリップサイトの生成温度〕

文献(飯島(1986)<sup>8)</sup>)によると、熱水変質作用により生成したフィリップサイトの生成温度は50℃～86℃程度と考えられる。これはEPMA分析結果によりsF-1断層及び周辺岩盤中の斜長石に曹長石化(150℃以上)が認められないことと整合的である。

##### 〔フィリップサイトの生成に関わる熱源の検討〕

###### ・第四紀火山分布

敷地に最も近い第四紀火山(陸奥燧岳)は敷地から約15km離れており、敷地への熱水の流動はないと考えられることから、敷地周辺の第四紀火山はフィリップサイト生成に関わる熱源になり得ない。第四紀より前の火山活動の影響を受けてフィリップサイトが生成したとすると、フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は後期更新世より十分古いものと判断される。

###### ・現在の敷地の地温分布

現在の敷地の地温分布から、フィリップサイトの生成下限温度である50℃に地温が達するのは深度約600mである。現在と同様な地温分布で低温の熱水変質作用によってフィリップサイトが生成したとすると、フィリップサイト生成深度から地表までの隆起量(約600m)と敷地の隆起速度(約0.3m/ky)から、フィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は約200万年前と推定され、後期更新世より十分古いものと判断される。

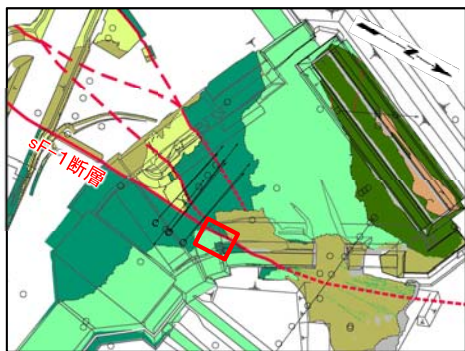
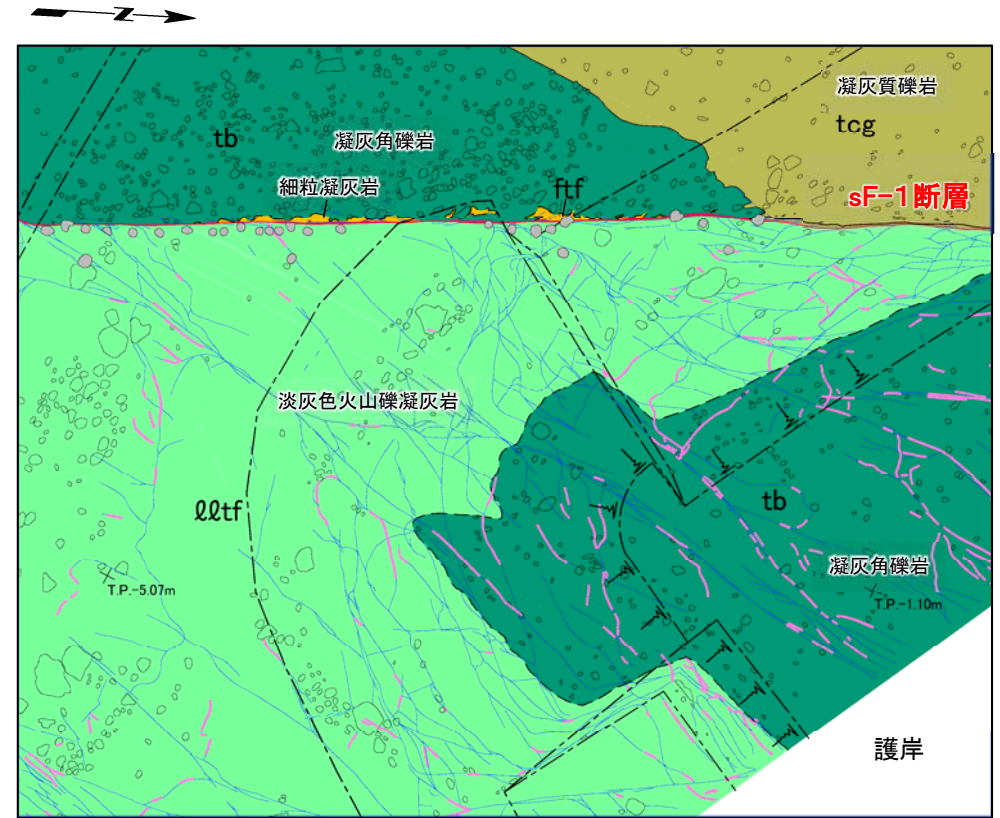
#### 【フィリップサイトを生成した熱水変質の時期】

上記の熱史の検討により、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は前期更新世であり、後期更新世より十分古いものと判断される(フィリップサイトのK-Ar年代は約1.6Maを示し熱水変質時期に整合的)。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(16/93)



### ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(1/10) : sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(1/5)



注) 位置図の凡例は本編資料P.2-10参照。

- sF-1断層近傍の易国間層において、フィリップサイトを確認するため取水庭掘削面の地質観察を実施した。
- その結果、易国間層中の割れ目に白色充填物が多く分布することが判明した(地質スケッチ参照)。

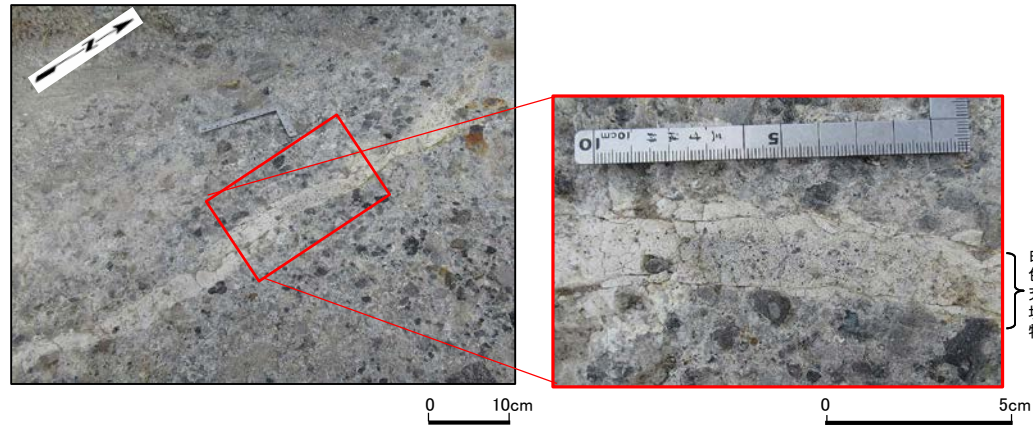
詳細地質スケッチの凡例

大畑層	tcg	凝灰質礫岩	~~~~~	地層境界
	ftf	細粒凝灰岩	-----	地質境界
易国間層	tb	凝灰角礫岩	~~~~~	割れ目*
上部層	QQtF	淡灰色火山礫凝灰岩	~~~~~	sF-1断層破碎部
			~~~~~	白色充填物
			-----	掘削形状
	●	ボーリング孔閉塞(モルタル)	×	TP-507m 標高
	○	主な礫		

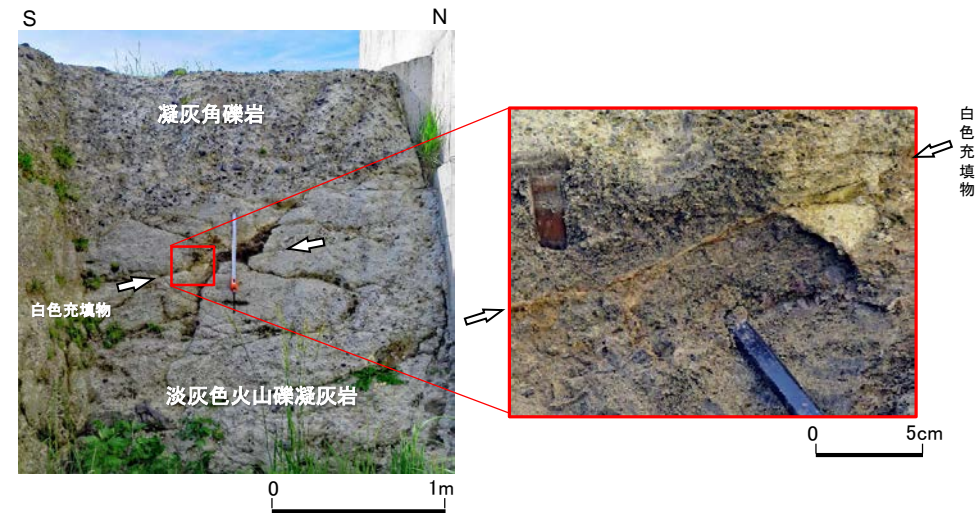
\* : 割れ目の定義の詳細については、第804回審査会合資料資料1-1 P.1-31, 1-32参照。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(17/93)

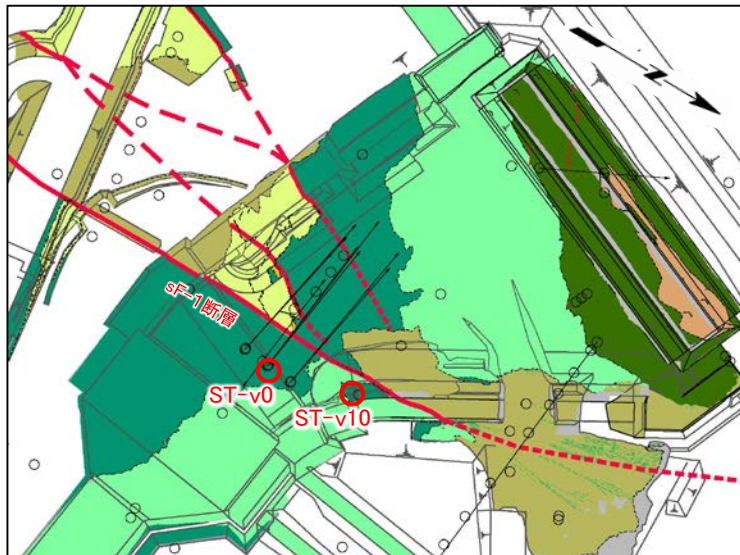
① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(2/10): sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(2/5)  
: 掘削面で観察される白色充填物の性状



白色充填物 (ST-v0地点)



白色充填物 (ST-v10地点)



注) 凡例は本編資料P.2-10参照。

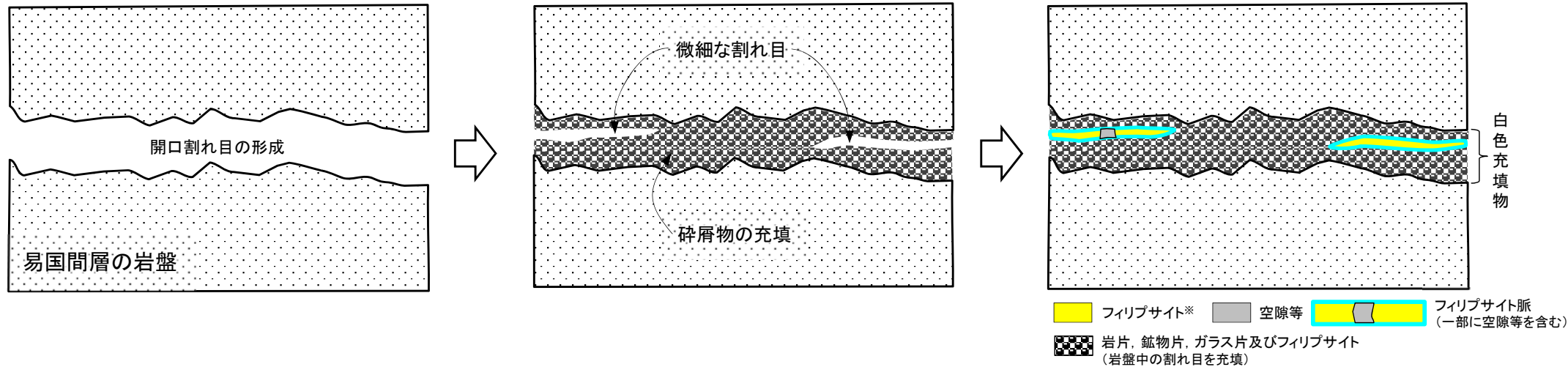
位置図

0 50m

- 断層近傍の易国間層の割れ目に脈状の白色充填物(長さ数m, 幅数mm~数cm)が多く分布する。
- 白色充填物は易国間層由来の岩片, 鉱物片, ガラス片等から成り, 固結している。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(18/93)

### ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(3/10): sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(3/5) :(参考)白色充填物及びフィリップサイト脈の形成過程



#### ①開口割れ目の形成

- 易国間層の岩盤に開口割れ目が生じる。

#### ②周辺岩盤由来の碎屑物による割れ目の充填

- 開口割れ目を周辺岩盤由来の岩片, 鉱物片, ガラス片等の碎屑物が充填する。
- 一部に微細な割れ目が残る。

#### ③熱水の浸透とフィリップサイト脈の形成

- 充填された割れ目に熱水が浸透し, 熱水変質鉱物としてフィリップサイトが晶出する。
- 白色充填物中の微細な割れ目に晶出し脈状に分布する(一部に空隙等を含む)ものがフィリップサイト脈である。

### 白色充填物及びフィリップサイト脈の形成模式図

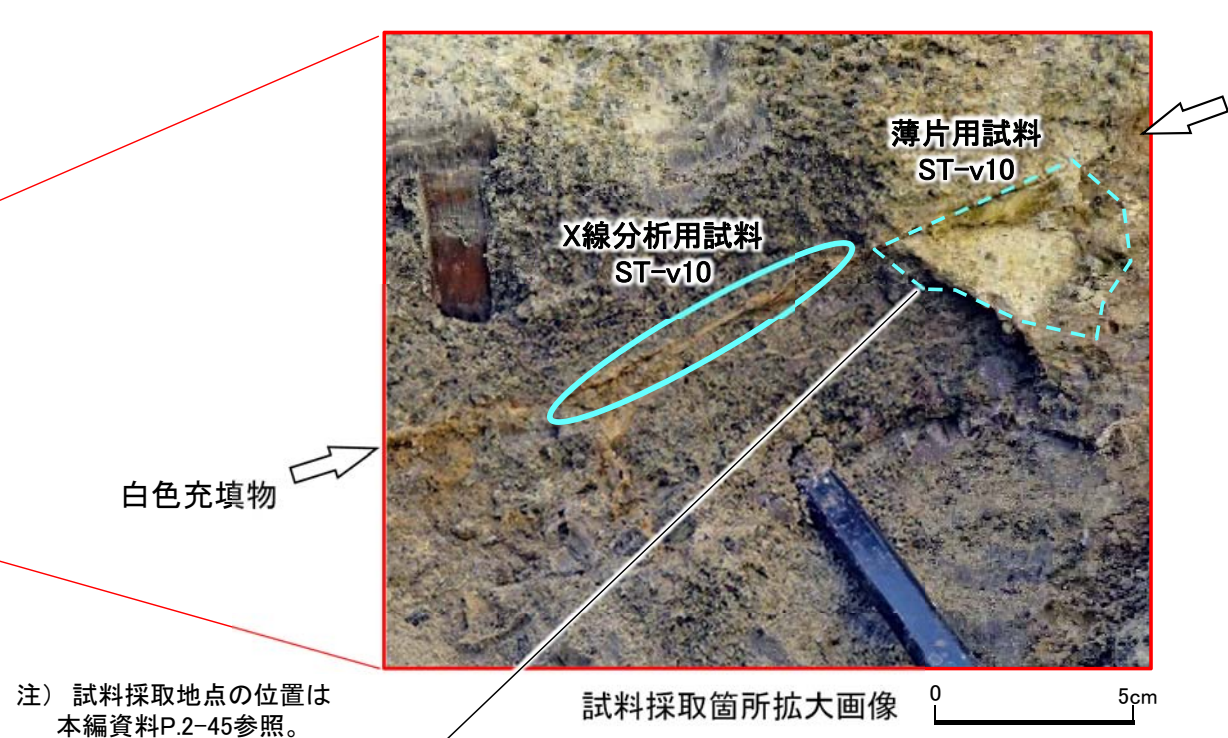
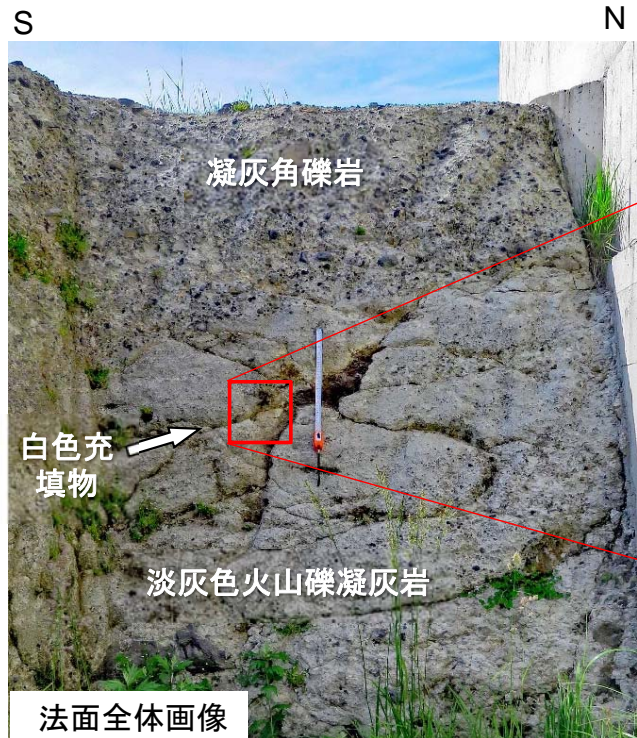
※: フィリップサイトは白色充填物の基質にも晶出しているが, 図中では脈状部のみ黄色で示す。

- 易国間層の割れ目の白色充填物及びフィリップサイト脈は, ①開口割れ目の形成, ②周辺岩盤由来の碎屑物による割れ目の充填, ③熱水の浸透とフィリップサイト脈の形成という3つのステージを経て形成されると考えられる。
- ③のステージで, 白色充填物中の微細な割れ目に晶出し脈状に分布する(一部に空隙等を含む)ものがフィリップサイト脈である。

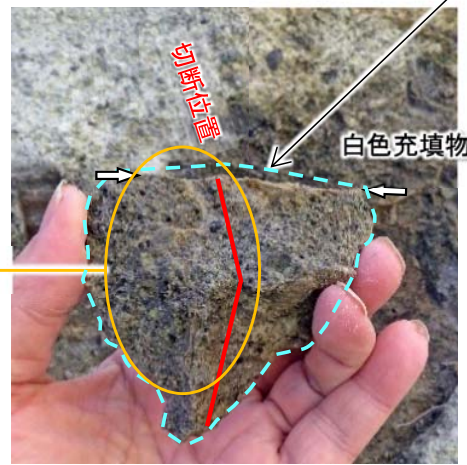
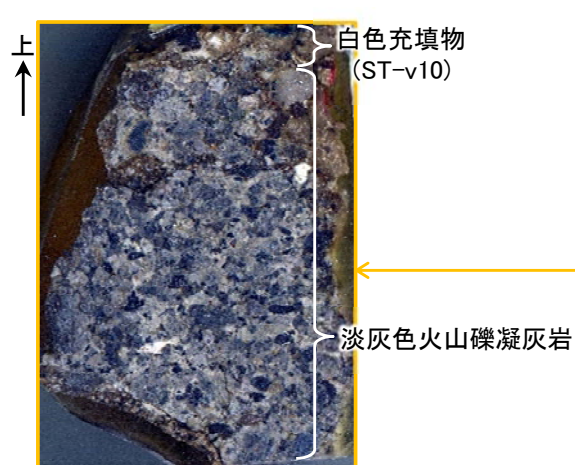
## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(19/93)



① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(4/10) : sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(4/5)  
: X線分析及び薄片観察用の試料採取(ST-v10)



注) 試料採取地点の位置は  
本編資料P.2-45参照。



- 白色充填物の鉱物組成を調べるため、X線分析及び薄片用の試料を採取した(結果については本編資料P.2-48～P.2-52参照)。
- 採取箇所及び薄片用岩石チップの切断面を写真に示す。

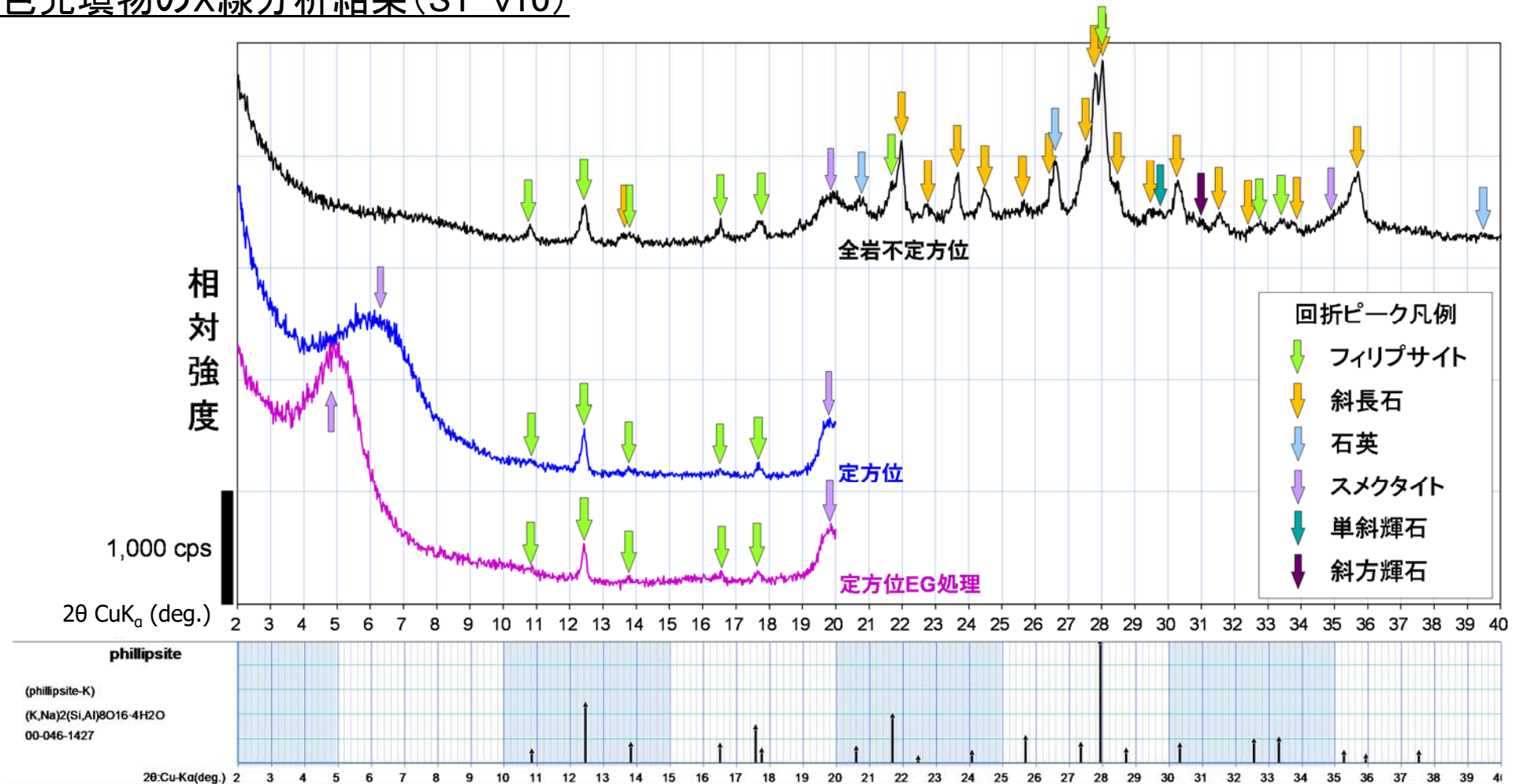
薄片用岩石チップ切断面 0 1cm

薄片用試料切断位置

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(20/93)



① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(5/10): sF-1断層近傍の易国間層におけるフィリップサイトの確認(5/5)  
: 白色充填物のX線分析結果(ST-v10)



ICDD (2015)<sup>7)</sup> phillipsite-K (00-046-1427) に基づいて作成。

注) X線分析の試料調整とX線回折条件の詳細については、補足説明資料P.2-55を参照。

白色充填物についてX線分析を実施した結果、石英・斜長石・スメクタイト等と共に、フィリップサイトに特徴的な回折ピーク(2θ=12.44°, 17.57°等、補足説明資料P.2-56参照)が認められるため、白色充填物はフィリップサイトを含有していると判断される。

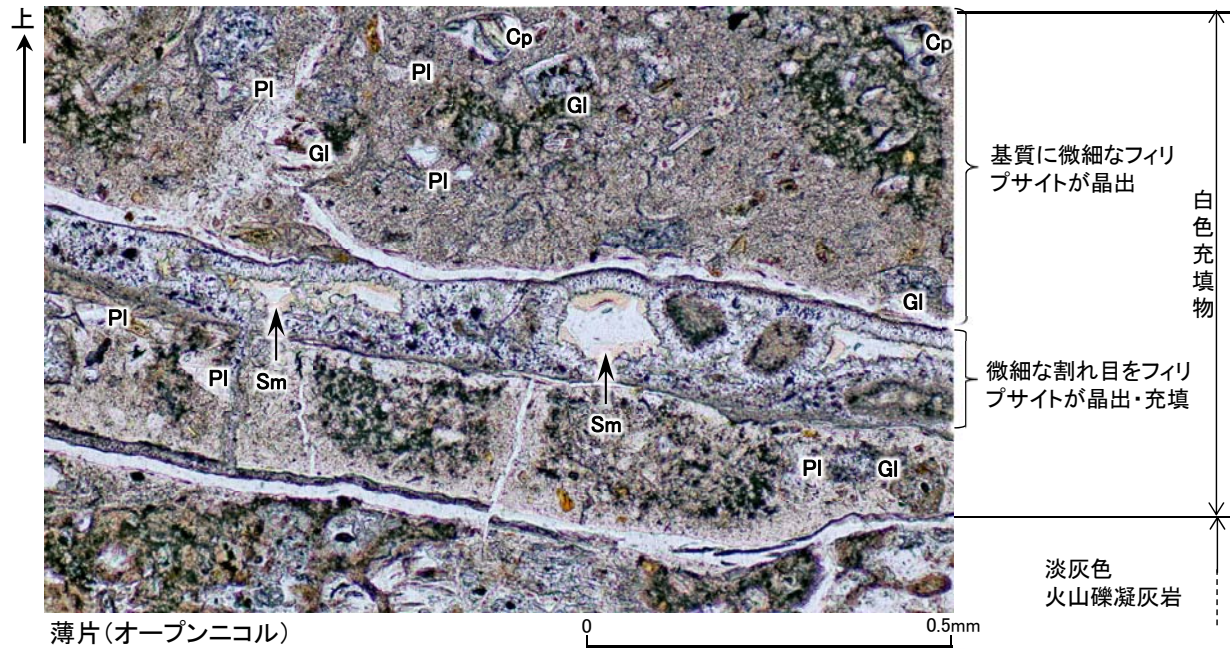




## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(22/93)



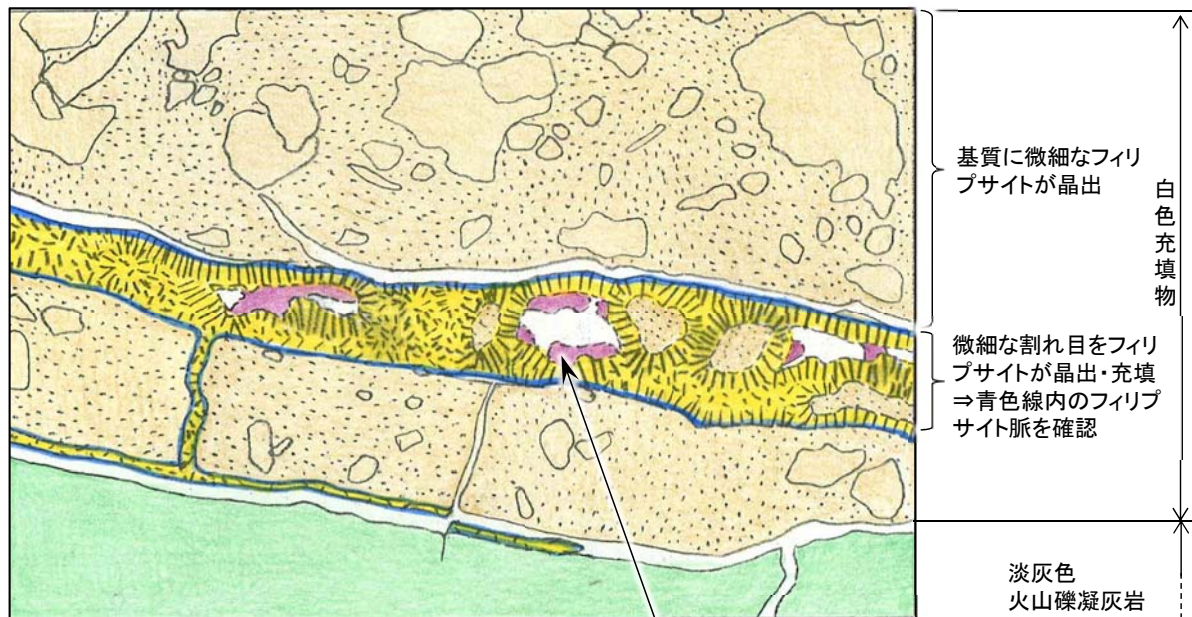
### ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(7/10): フィリップサイト脈の確認(ST-v10)(2/2)



薄片(オープンニコル)

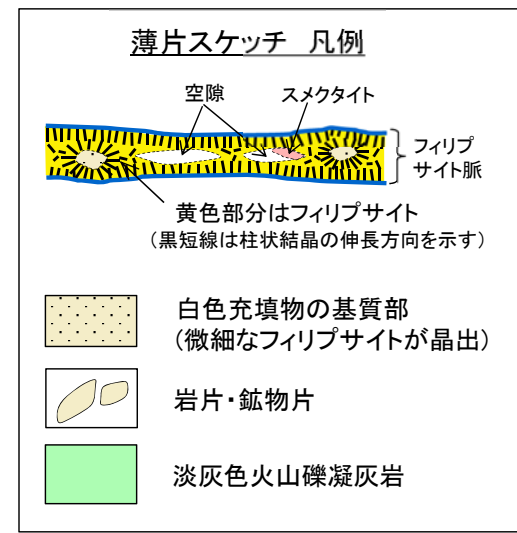
基質に微細なフィリップサイトが晶出  
白色充填物  
微細な割れ目をフィリップサイトが晶出・充填  
淡灰色火山礫凝灰岩

- 薄片観察の結果, 白色充填物中には幅約0.2mmの微細な割れ目を充填する脈状のフィリップサイトが認められ, 白色充填物中の基質にも微細なフィリップサイトの晶出が認められる。
- スケッチに示すように微細な割れ目を充填するフィリップサイト脈を確認した。
- フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の熱水変質作用により生成したと判断される(本編資料P.2-43参照)ことから, フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いることとする。



薄片のスケッチ

基質に微細なフィリップサイトが晶出  
白色充填物  
微細な割れ目をフィリップサイトが晶出・充填  
⇒青色線内のフィリップサイト脈を確認  
淡灰色火山礫凝灰岩



注) フィリップサイトは白色充填物の基質にも晶出しているが, 図中では脈状部のみ黄色で示す。

空隙に生成するスメクタイト

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(23/93)

### (参考) ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(8/10): フィリップサイトの結晶形状

白色  
充填物

微細な割れ  
目をフィリ  
プサイトが  
晶出・充填



薄片(オープンニコル)



薄片(オープンニコル)

0 0.1mm

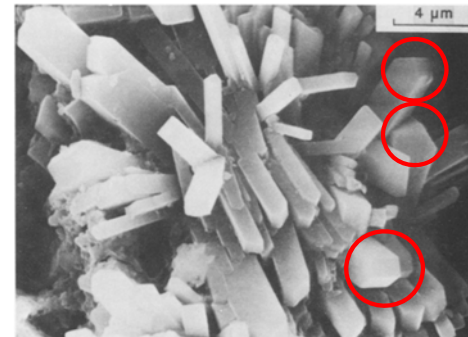
○ 三角形の先端部が認められる結晶

淡灰色  
火山礫凝灰岩



薄片(クロスニコル)

0 0.5mm



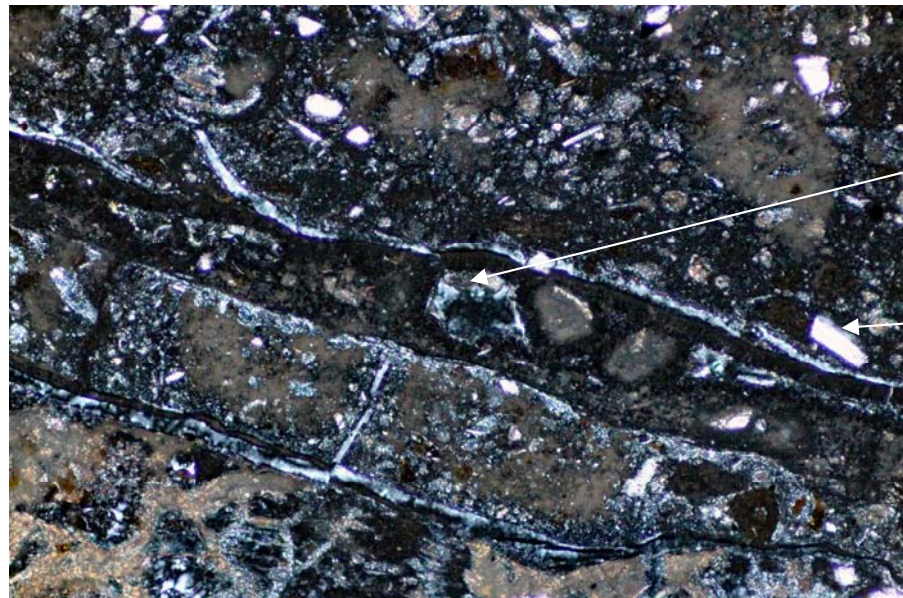
参考: フィリップサイト柱状結晶のSEM画像(先端が三角形) Sheppard and Fitzpatrick(1989)<sup>13)</sup>

- 白色充填物中の微細な割れ目を充填するフィリップサイト脈を詳細に観察した結果、フィリップサイトは割れ目壁面から垂直方向に成長し、Sheppard and Fitzpatrick(1989)<sup>13)</sup>のような三角形の先端部を持つ代表的な柱状結晶が認められる。
- 詳細観察により、微細な割れ目を充填する鉱物は、結晶形態からもフィリップサイトと判断される。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(24/93)



## (参考) ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(9/10): 白色充填物中のフィリップサイトの光学的性質



薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 0° 回転

スメクタイト

斜長石

微細な割れ目をフィリップサイト  
が晶出・充填

回転角0°



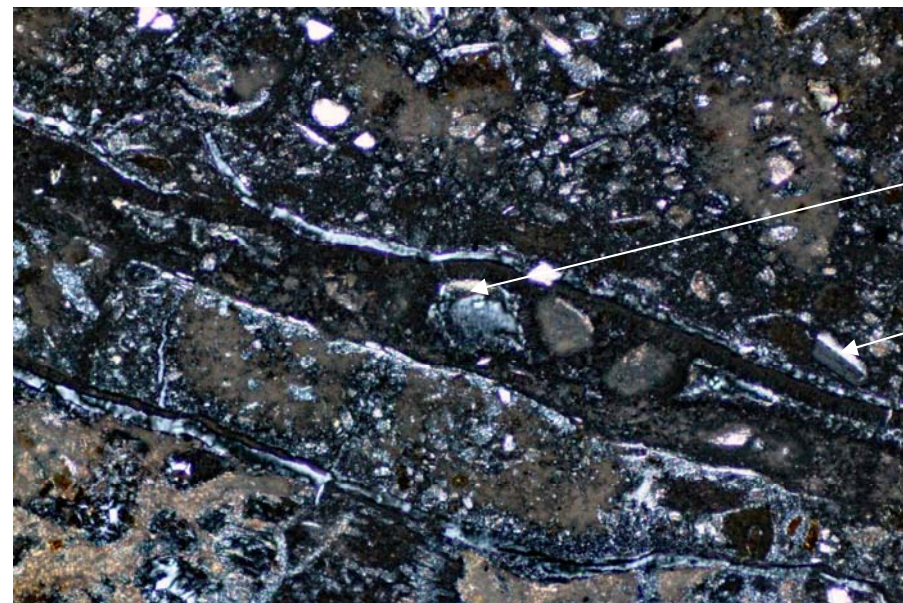
ニコル振動方向

- フィリップサイトの光学的性質(低屈折率, 低複屈折)は他の鉱物と異なることから, クロスニコル下でステージを回転させた際の見え方の変化を観察した。
- フィリップサイト脈や微細なフィリップサイトが晶出する基質部は, ほぼ黒色を呈するものの, ステージの回転によりわずかに色調が変化し, 極めて低い複屈折を示すことから, フィリップサイトとして識別できる\*。
- 一方, フィリップサイト以外の鉱物(斜長石, 石英, スメクタイト)の色調は明瞭に変化することから, フィリップサイトとは区別される。

\*: 補足説明資料P.2-56参照。

注1) 撮影範囲は本編資料P.2-51の薄片と同じ範囲。

注2) 薄片の樹脂は薄片作製時に歪を受けており, 複屈折を示すことがある。



薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 30° 回転

スメクタイト

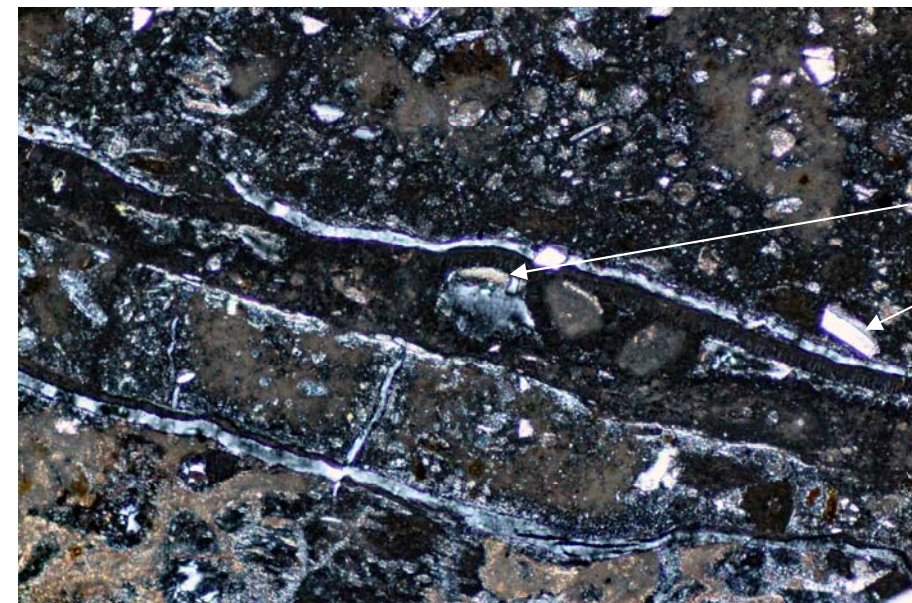
斜長石

微細な割れ目を  
フィリップサイトが  
晶出・充填

回転角30°



ニコル振動方向



薄片(クロスニコル) 時計回りにステージを 60° 回転

スメクタイト

斜長石

微細な割れ目  
をフィリップサイト  
が晶出・充填

回転角60°



ニコル振動方向

0 0.5mm

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(25/93)

### ① c) 評価に用いる鉱物脈の確認(10/10):まとめ

- 掘削面地質観察の結果, sF-1断層近傍の易国間層の割れ目には, 易国間層由来の岩片, 鉱物片, ガラス片等を含む白色充填物が多く分布し, X線分析によれば白色充填物にはフィリップサイトが含まれる。
- 薄片観察により, 白色充填物中には微細な割れ目を充填する脈状のフィリップサイト(フィリップサイト脈)が認められる。
- フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の低温の熱水変質作用により生成したと判断される(本編資料P.2-43参照)ことから, フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(26/93)

### ① 鉱物脈法の適用性の検討:まとめ

#### a) 敷地の熱水変質鉱物の調査(本編資料P.2-32～P.2-35参照)

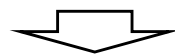
- 敷地に分布する熱水変質鉱物のうち、フィリップサイトは、敷地の大畑層及びその近傍の易国間層中の広い範囲に、主に割れ目及び基質部の空隙を埋めて分布する。
- 鉱物脈法に用いることができる熱水変質鉱物として、広い範囲に分布し割れ目に生成するフィリップサイトを確認した。

#### b) 熱史に基づく熱水変質時期の検討(本編資料P.2-36～P.2-43参照)

- フィリップサイトの生成環境、生成温度及び生成に関わる熱源の検討を行い、敷地の地質構造発達史に基づき敷地の熱史を整理し、フィリップサイトを生成した熱水変質の時期を特定した。
- 上記の熱史の検討により、敷地に分布するフィリップサイトを生成した低温の熱水変質作用の時期は前期更新世であり、後期更新世より十分古いものと判断される(フィリップサイトのK-Ar年代は約1.6Maを示し熱水変質時期に整合的)。

#### c) 評価に用いる鉱物脈の確認(本編資料P.2-44～P.2-53参照)

- sF-1断層近傍の易国間層の割れ目には、易国間層由来の岩片、鉱物片、ガラス片等を含む白色充填物が多く分布し、白色充填物にはフィリップサイトが含まれる。
- 薄片観察により、白色充填物中には微細な割れ目を充填する脈状のフィリップサイト(フィリップサイト脈)が認められる。フィリップサイトは後期更新世より十分古い時期の低温の熱水変質作用により生成したと判断される(上記b)参照)ことから、フィリップサイト脈を鉱物脈法による評価に用いる。



フィリップサイト脈を用いた鉱物脈法の適用が可能

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(27/93)

### ② フィリップサイト脈による活動性評価:方針

sF-1断層沿いに採取した試料を用いて、以下のa),b)の検討・評価を行い、後期更新世より古い時期に生成されたフィリップサイト脈と断層の最新面との切断関係から、鉱物脈法によりsF-1断層の活動性を評価する。

#### a) sF-1断層沿いの検討試料選定(本編資料P.2-56～P.2-63参照)

掘削面底盤においてsF-1断層沿いに試料採取ボーリングを行い、鉱物脈法に用いる試料を選定する。

- 粘土状破砕部では地質観察でフィリップサイトの有無を推定できないことから、X線分析により断層内物質中にフィリップサイトを確認し、薄片を作製する。
- 作製した薄片から、フィリップサイト脈と最新面との関係が検討可能な薄片を選定する。

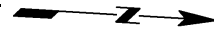
#### b) フィリップサイト脈と断層の最新面との関係による評価(本編資料P.2-65～P.2-125参照)

- 上記a)で選定した薄片(A, B, C)を対象に、X線分析、EPMA分析及び薄片観察によりフィリップサイト脈を確認し、薄片観察により断層の最新面を認定する。
- 最新面を横切るフィリップサイト脈の変位・変形の有無を薄片観察により確認し、sF-1断層の活動性を評価する。

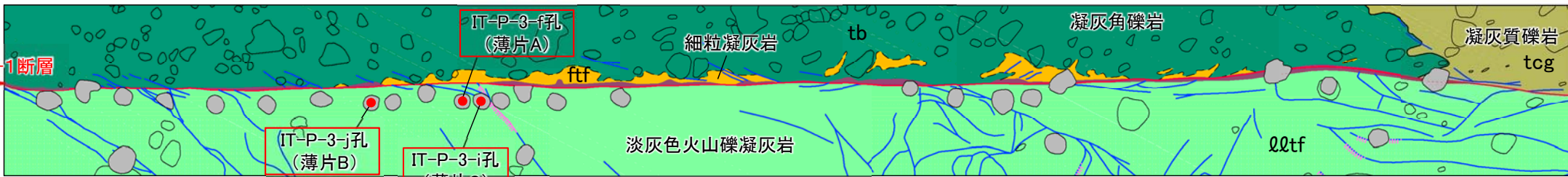
## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(28/93)



### ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(1/8): 試料採取及び鉱物脈法に用いる試料の選定



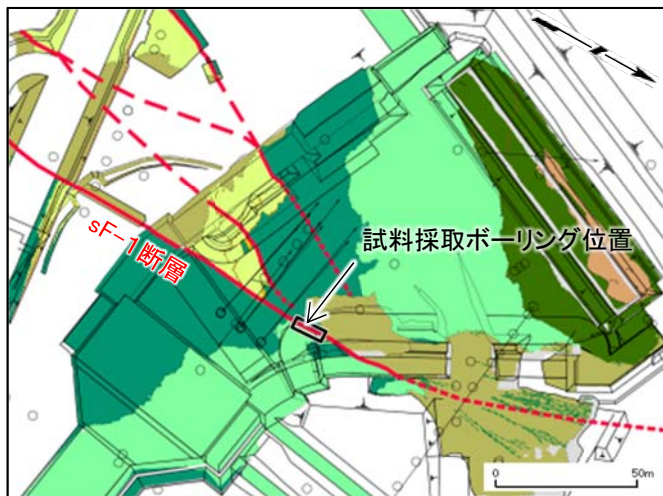
sF-1断層沿い試料採取ボーリング位置写真



sF-1断層沿い試料採取ボーリング位置図(地質スケッチ)



凡例



位置図

注) 位置図の凡例は本編資料P.2-10参照。

大畑層	tcg	凝灰質礫岩		
易国間層	ftf	細粒凝灰岩	●	フリプサイト脈と断層の最新面との関係を検討可能な薄片を作製した試料採取ボーリング孔
	tb	凝灰角礫岩	○	ボーリング孔閉塞(モルタル)
	lltf	淡灰色火山礫凝灰岩	—	割れ目
			—	白色充填物
			—	主な礫
			—	sF-1断層破碎部
			—	断層面

sF-1断層沿いに試料採取ボーリングを行い、鉱物脈法に用いる試料を選定する。

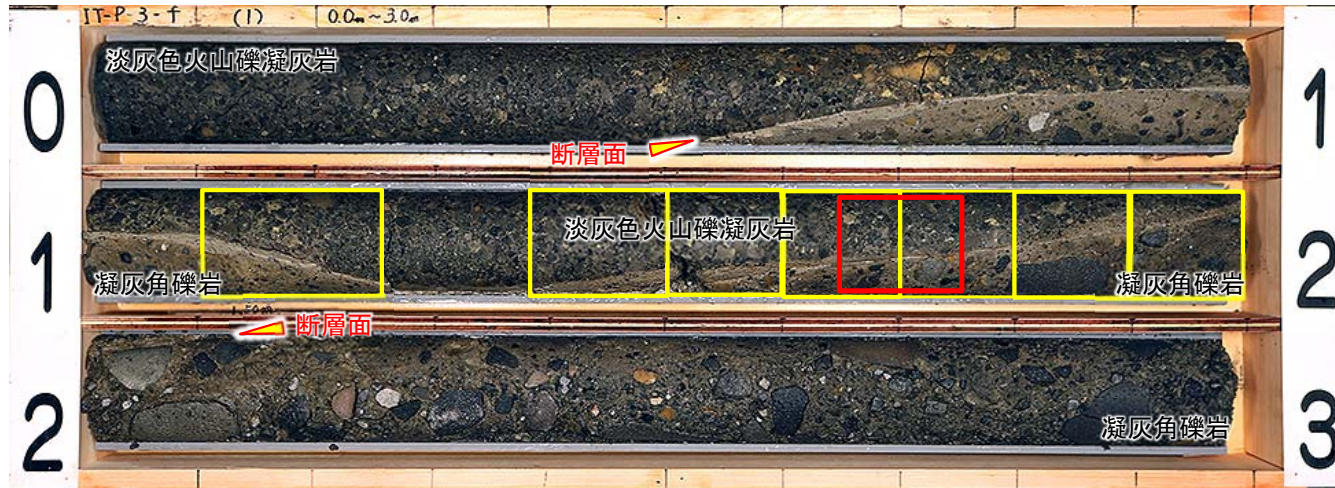
- 取水庭北部の掘削面底盤において、ほぼ鉛直なsF-1断層沿いに、試料採取ボーリング(鉛直28孔)を掘削した。
- ボーリングコアの断層内物質のX線分析を実施し、フリプサイトを確認した試料を用いて、薄片を作製した。
- このうち3孔(IT-P-3-f, IT-P-3-j, IT-P-3-i)のコアで作製した3枚の薄片(A, B, C)において、フリプサイト脈と断層の最新面との関係が検討可能であることを確認した(本編資料P.2-57~P.2-62参照)。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(29/93)

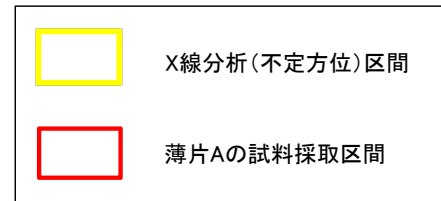
### ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(2/8):薄片A(1/2)

#### :断層内物質のX線分析区間及び薄片試料採取区間

IT-P-3-f孔(0m~3m)



凡例



コア写真

標尺 (m)	深度 (m)	標高 T.P. (m)	柱状 図	地層 名	地質 名	岩盤 区分	色 調	コア採取率 (%)		最大コア長 (cm)		R Q D (%)		記 事
								0	100	0	100	0	100	
1 2	1.83	-6.86		易国間層 上部層	淡灰色 火山礫凝灰岩	00tf	灰・褐灰/淡黄灰	100	49	88	83	1.83m:傾斜角約85°の断層(sF-1)がある。破砕幅約0.1cm~約1.5cm で白色粘土質物質を挟在する。明瞭な変位基準がないため、見掛けの 鉛直変位量は不明である。		
					凝灰角礫岩	tb	灰黒・褐灰・灰 /淡灰	100	0	0				
2	3.00	-8.03												

柱状図

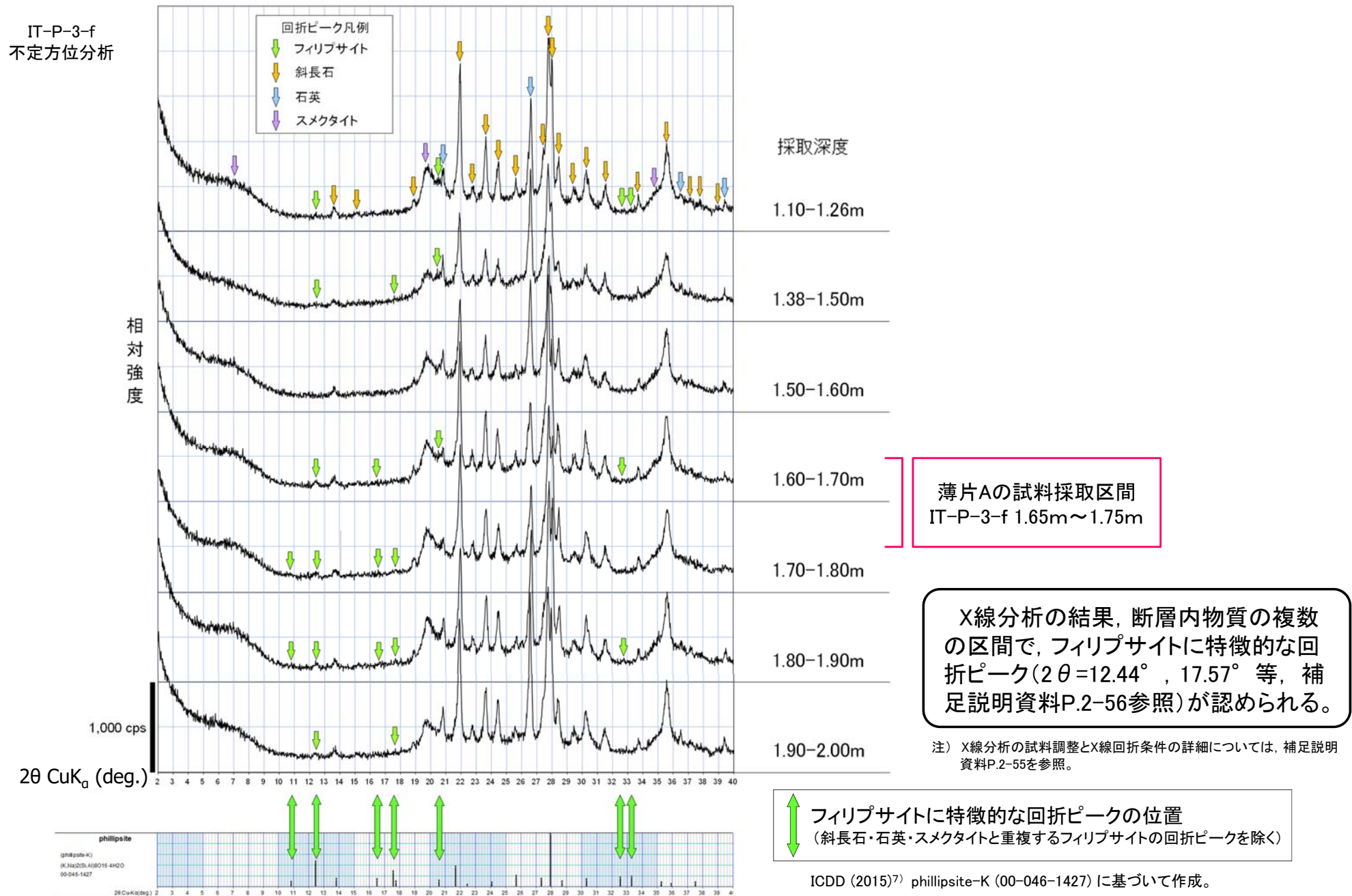
- IT-P-3-f孔では、断層面は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界をなし、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質をおおむね10cm間隔毎に採取してX線分析(不定方位)を行い、フリップサイトの分布状況を把握した(本編資料P.2-58参照)。
- 断層内物質中にフリップサイトを確認し、深度1.65m~1.75mの区間を薄片試料(薄片A)として採取した。



## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(30/93)



## ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(3/8): 薄片A(2/2): X線分析によるフィリップサイトの確認

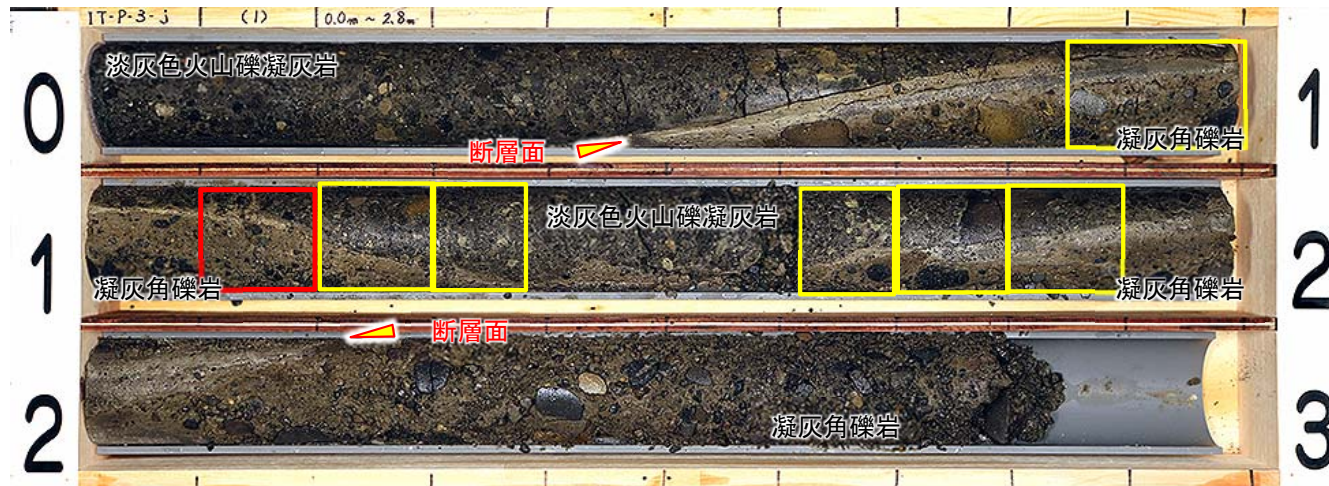


## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(31/93)

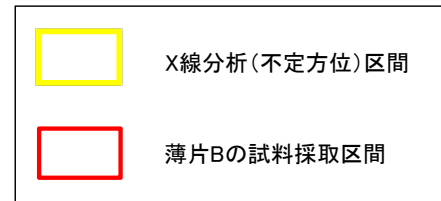
### ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(4/8): 薄片B(1/2)

#### : 断層内物質のX線分析区間及び薄片試料採取区間

IT-P-3-j孔(0m~2.8m)



凡例



コア写真

標尺 (m)	深度 (m)	標高 T.P. (m)	柱状 図	地層 名	地質 名	岩盤 区分	色 調	コア 採取 率 (%)		最大 コア 長 (cm)	R Q D (%)		記 事
								0	100		0	100	
1	0.72	-5.76	易国間層 上部層		淡灰色火山礫凝灰岩	00tf	灰黒・灰/淡黄灰	100		35		57	1.75m: 傾斜角約70° ~ 約80° の断層(sF-1)がある。破碎幅約0.1cm ~ 約3.0cmで白色粘土質物質を挟在する。明確な変位基準がないため、見掛けの鉛直変位量は不明である。
	1.20	-6.24			凝灰角礫岩	tb	灰黒/淡褐						
	1.75	-6.79			淡灰色火山礫凝灰岩	00tf	灰・灰黒/淡黄灰	100		28		51	
2	2.80	-7.84		凝灰角礫岩	tb	灰黒/淡褐	100						

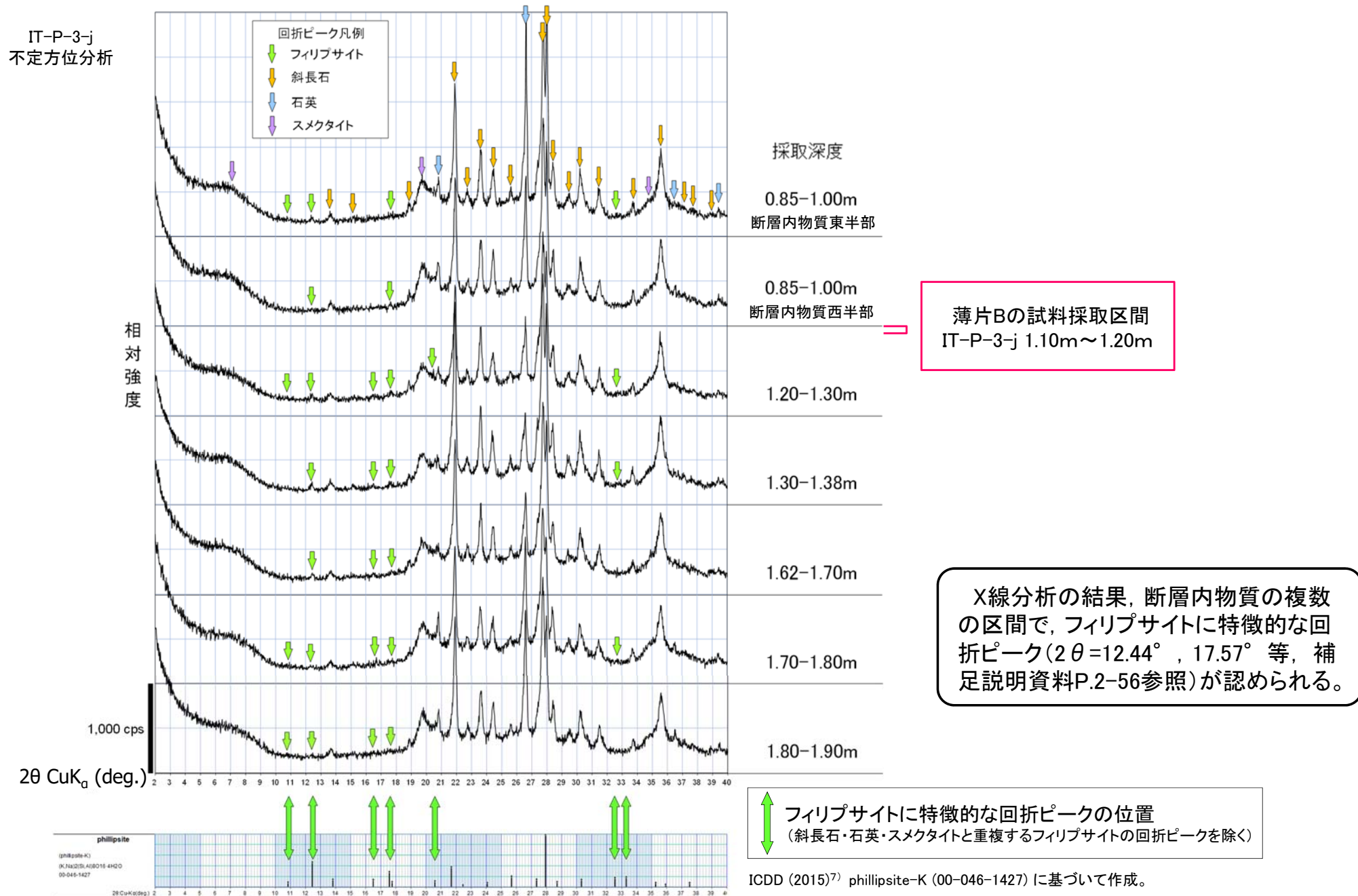
柱状図

- IT-P-3-j孔では、断層面は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界をなし、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質をおおむね10cm間隔毎に採取してX線分析(不定方位)を行い、フィリップサイトの分布状況を把握した(本編資料P.2-60参照)。
- 断層内物質中にフィリップサイトを確認し、深度1.10m~1.20m区間を薄片試料(薄片B)として採取した。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(32/93)



## ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(5/8): 薄片B(2/2): X線分析によるフィリップサイトの確認

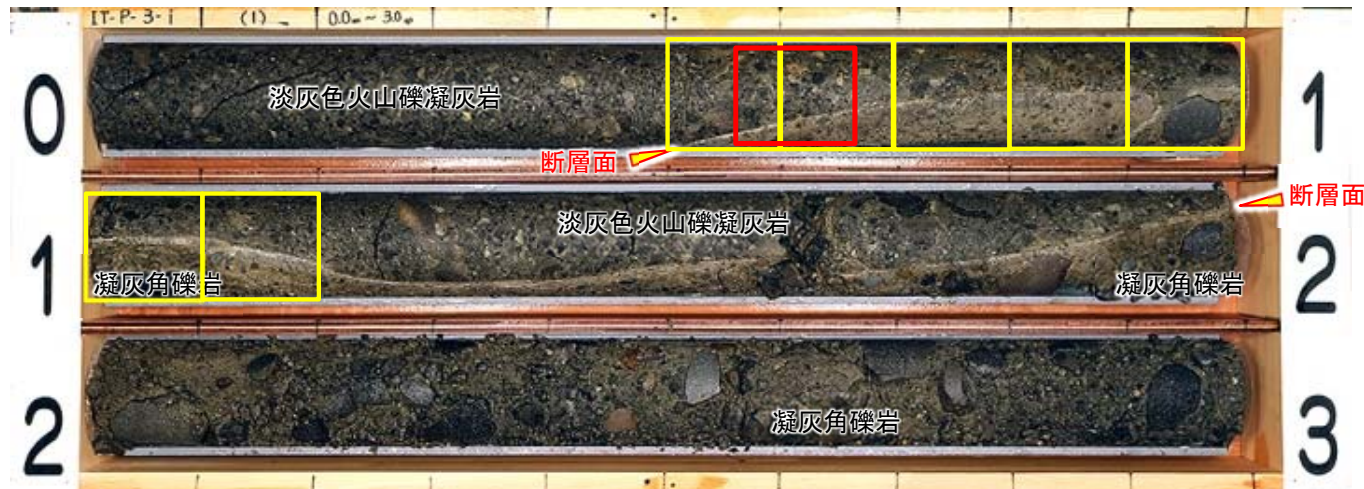


## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(33/93)

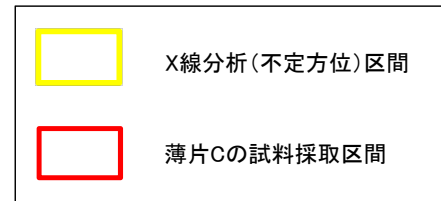
### ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(6/8):薄片C(1/2)

#### :断層内物質のX線分析区間及び薄片試料採取区間

IT-P-3-i孔(0m~3m)



凡例



コア写真

標尺 (m)	深度 (m)	標高 T.P. (m)	柱状 図	地層 名	地質 名	岩盤 区分	色 調	コア採取率 (%)			最大 コア長 (cm)	R Q D (%)			記 事
								0	100	0		0	100	0	
1	1.85	-6.89		易国間層 上部層	淡灰色 火山礫凝灰岩	00f	灰・灰黒/淡黄灰	100	100	38	68	60	1.85m:傾斜角約80°~約90°の断層(sF-1)がある。断層面は緩やかなS字を呈する。破砕幅約0.1cm以下~約1.5cmで白色粘土質物質を挟在する。明瞭な変位基準がないため、見掛けの鉛直変位量は不明である。		
2	3.00	-8.04			凝灰角礫岩	tb	黒・褐灰/淡褐	100	100	0	0	0		0	

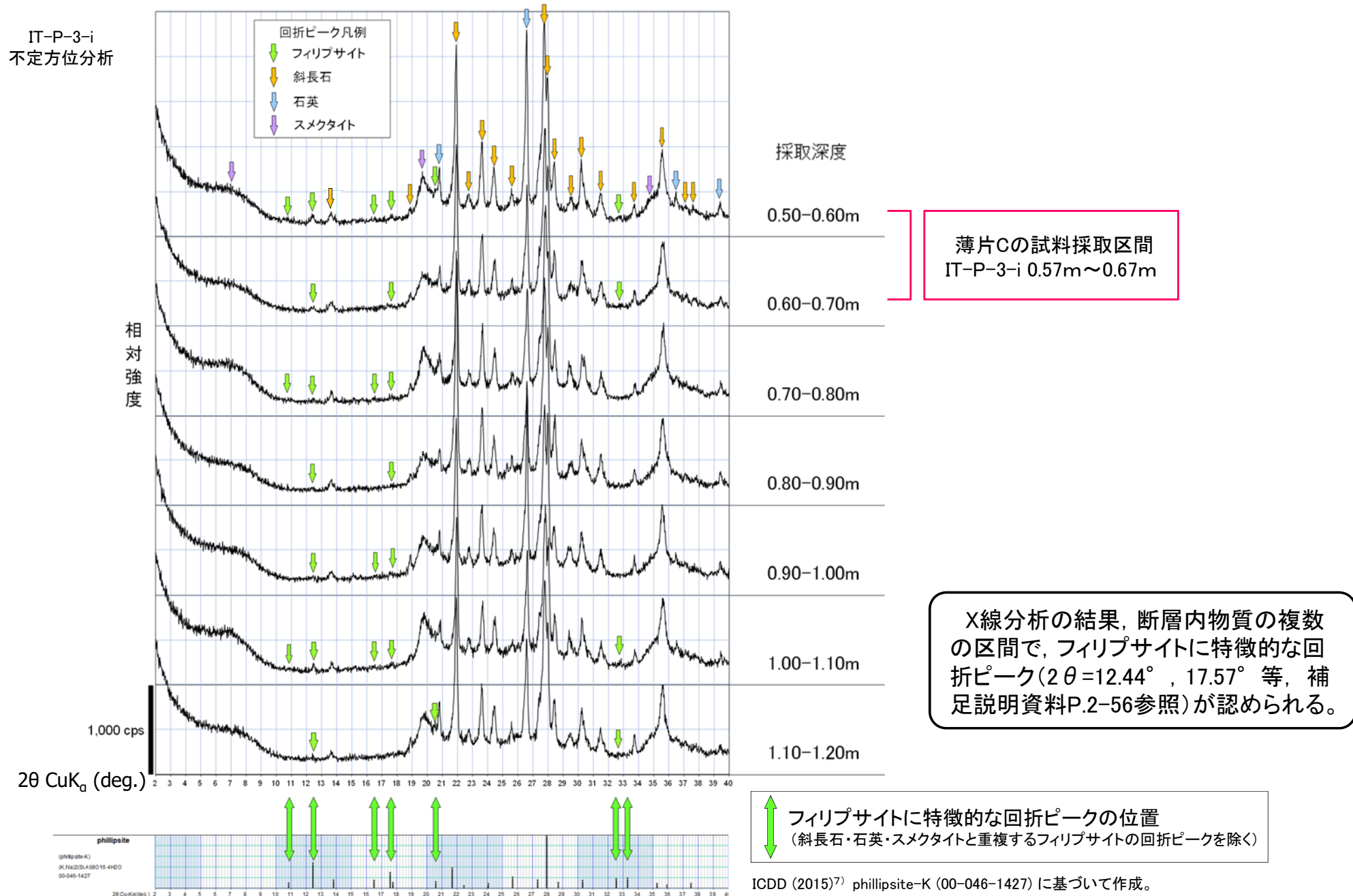
柱状図

- IT-P-3-i孔では、断層面は淡灰色火山礫凝灰岩と凝灰角礫岩の境界をなし、断層内物質を挟在する。
- 断層内物質をおおむね10cm間隔毎に採取してX線分析(不定方位)を行い、フィリップサイトの分布状況を把握した(本編資料P.2-62参照)。
- 断層内物質中にフィリップサイトを確認し、深度0.57m~0.67m区間を薄片試料(薄片C)として採取した。

## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉱物脈法による活動性評価(34/93)



## ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(7/8): 薄片C(2/2): X線分析によるフィリップサイトの確認



## 2.2.1 sF-1断層 (2) 鉍物脈法による活動性評価(35/93)

### ② a) sF-1断層沿いの検討試料選定(8/8):まとめ

- sF-1断層沿いに試料採取ボーリング(28孔)を掘削し, コアの断層内物質のX線分析によりフィリップサイトを確認し, 薄片を作製した。
- このうち, 鉍物脈法に用いる試料として3枚の薄片(A, B, C)を選定した。これら薄片において, フィリップサイト脈と断層の最新面との関係が検討可能である。

(余白)