3.4.2 岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係 ②岩盤上面の形態(岩盤,第四系等の性状の比較)

- ▶ 各法面における岩盤高さは概ね同程度の高さであり、汀線方向の北東側に向かってごく 緩やかに傾斜している。
- ▶ いずれの法面においても、f-1断層、小断層は、断層を挟んだ岩盤上面の高さに大きな 差異はなく、岩盤上面に変位は認められず、f-1断層、小断層の斜め延長上の第四系 には断裂や礫の再配列は認められない。
- ▶ Tr-34トレンチ東面, これより0.2m離れたTr-34トレンチ東+0.2m面では, 岩盤上面の形態 が第四系の形態と調和的であるのに対し, これらを挟んだ起振実験ヤード北側東法 面, Tr-34トレンチ東+1.2m面では, 岩盤上面の起伏が著しく, 第四系の分布形態は岩盤 上面の形態と調和的でなく, 第四系の形態は堆積構造と判断される。
- ▶ Tr-34トレンチ東面等で認められる岩盤上面の僅かな高まりは奥行き方向に連続せず 広がりを持たないものである。
- ▶ 小断層は2条に分岐し、上方の小断層はf-1断層に切られ、下方の小断層はf-1断層 に達せず消滅すること、岩盤上面の高まりが広がりを持たないことから、テクトニックな変 形による基盤のポップアップ状の隆起を生じる断層ではない。
- ⇒f-1断層の後期更新世以降の活動はなく、Tr-34トレンチ東面で見られる岩盤上面の 僅かな高まりは、f-1断層の活動とは関係しないものである。



新規

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p49 一部修正

56

Tr-34トレンチ東+0.2m面







3.4.2 岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係 ③第四系中の小断裂の性状・分布(Tr-34トレンチ東面)

▶ f-1断層上方の第四系(M₂面段丘堆積物)中に認められる小断裂は、以下の特徴を有する。
 ①f-1断層の変位が逆断層センスであるのに対し、小断裂の変位は正断層センスである
 ②f-1断層に比べ傾斜が高角度で、f-1断層の延長部ではなく、上方のみに分布する
 ③ずれの量が上方ほど大きく、下方で小さくなる
 ④小断裂に沿って開口している箇所がある
 ⑤M₂面段丘堆積物中で消滅し、下位の砂礫層及びf-1断層に達していない
 ⇒第四系中の小断裂は、引張力の作用により形成され、少なくともf-1断層の断層活動によらない非構造性のものと考えられる。



※小断裂の成因については、補足説明資料に示す。



拡大観察範囲(Tr-34トレンチ東面)

| 小断裂一覧 | | | | | | |
|-------|-----|--------------------|------|-------|--|--|
| 断裂名 | 地点名 | 変位量 (cm) | 種類 | 変位基準 | | |
| A | A1 | 0.2 | - | 褐色砂 | | |
| Б | B1 | 0.5 | 開口断裂 | シルト | | |
| В | B2 | 0 | - | 砂層中葉理 | | |
| С | C1 | 5.0 | 開口断裂 | シルト | | |
| D | D1 | 1.0 | - | 黒色砂 | | |
| E | E1 | 1.5 | - | 褐色砂 | | |
| | F1 | | 開口断裂 | 褐鉄バンド | | |
| F | F2 | 1.0 | 開口断裂 | 砂層中葉理 | | |
| | F3 | 0 | 開口断裂 | 黒色砂 | | |



57

3.4.2 岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係 ③第四系中の小断裂の性状・分布(トレンチ法面の比較)

▶ f-1断層上方のM₂面段丘堆積物中に認められる小断裂について,トレンチの各法面で比較した結果,以下の特徴が認められる。
 ①いずれの法面でもM₂面段丘堆積物中で消滅し,下位の砂礫層及びf-1断層に達していない
 ②法面ごとに小断裂の形態,本数が変化し,走向方向に連続しない
 ③Tr-34東面, Tr-34東+0.2m面では,変位を有する小断裂の本数は多いが,これより離れた法面では本数が減少している
 ⇒第四系中の小断裂は,奥行き方向に連続しない局所的なものであり,f-1断層の断層活動によるものではない。





58

3.4.2 岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係 ④岩盤劣化部の分布(Tr-34トレンチ東+1.2m面)

▶ f-1断層と小断層に挟まれる区間の岩盤は、劣化部(劣化度C~劣化度E)が厚く分布しているが、両断層の下盤側の岩盤は劣化部が薄くなっている。

- ▶ Tr-34トレンチの底盤を盤下げした結果, 岩盤の劣化はf-1断層, 小断層に挟まれた範囲およびその周辺の岩盤表層部に限られ, f-1断層と小断層の会合部付近(T.P.0m程度)より深部の岩盤には劣化部はなく新鮮であることが確認された。
 - ⇒ 原子炉建屋(T.P.-16mの岩盤に設置)等の基礎基盤レベルにおいては、岩盤表層部に認められる劣化の影響はないものと判断される。



第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p52 再掲

59

まとめ

新規

岩盤及び第四系の変位・変形と断層との関係 調査結果と評価 (有識者会合との比較※1)

| 項目 | 調査結果 | 評価 | 該当法面 |
|---|---|---|--|
| Tr−34トレンチ法面の全体概要 | ・f-1断層,小断層を挟んで岩盤上面に高度差はなく,第四系(M ₂ 面段丘堆積物) 基底面に段差,断層による変位・変形の痕跡は認められない ^{※2} ・f-1断層,小断層延長上の第四系に断裂,礫の再配列等は認められない | 第四系(M ₂ 面段丘堆積物) に変位・変形はない | Tr-34東面 Tr-34東+1.2m面 盤下げ東面 底盤東ピット |
| ①f-1断層付近の岩盤上面, 礫層の 性状:直立した礫, 礫間の粘土 | ・岩盤上面は起伏に富む侵食面の形態をなし、岩盤上面の窪みの一部に、直立した 礫、礫間の粘土が認められる ・扁平礫は堆積時の構造を保持しており、直立した礫は断層活動による回転、再配 列によるものではなく、堆積作用によるもの ・礫間の粘土はM2面段丘堆積物堆積時もしくは堆積後に局所的に形成 | 直立した礫, 礫間の粘土は 断層活動と関係しない | Tr-34東面 Tr-34東+0.2m面 Tr-34東+1.2m面 |
| ②岩盤上面の形態:岩盤上面の僅か な高まりの分布^{※3} | Tr-34東面で見られた、岩盤上面の僅かな高まりは、Tr-34東面から離れた法面では、岩盤上面と第四系の分布形態が変化することから、奥行き方向に連続せず、広がりをもつものではない 小断層はf-1断層に切られ、消滅(基盤のポップアップ状の隆起を生じる構造ではない)^{※3} | 岩盤上面の僅かな高まりは, 断層活動と関係しない | 起振実験ヤード北側東面 Tr-34東面 Tr-34東+0.2m面 Tr-34東+1.2m面 |
| ③第四系中の小断裂の性状・分布 ^{※3} | 小断裂には、以下の特徴が認められる ・正断層センスで、f-1断層と変位センスが異なる ・開口性の断裂で、下方で変位量を減じ、M ₂ 面段丘堆積物中で消滅、f-1断層に 連続しない ・法面ごとに形態・本数が変化し、走向方向に連続性がなく局所的 | 第四系中の小断裂は, 断 層活動と関係しない | 起振実験ヤード北側東面 起振実験ヤード北側東+0.2m面 起振実験ヤード北側東+1.4m面 Tr-34東面 Tr-34東+0.2m面 Tr-34東+1.2m面 |
| ④岩盤劣化部の分布 | ・f-1断層と小断層に挟まれた範囲及びその周辺に岩盤の劣化が認められるが、 劣化は岩盤表層部に限られる ・f-1断層と小断層の会合部付近より深部の岩盤は新鮮である | 劣化部は岩盤の表層部に 限られる | Tr-34東面 Tr-34東+1.2m面 盤下げ東面 |

※1 赤字は有識者会合後の新たなデータ、検討等により得られた結果、青字は有識者会合後に掘削された法面を示す。

※2 「東北電力株式会社東通原子力発電所敷地内破砕帯の評価について」(H27.3.25)において、『有識者会合は、・・・・、段丘堆積物基底面にはf-1断層のずれによる変位が認められないことを確認した。』とされ ている。

※3「東北電力株式会社東通原子力発電所敷地内破砕帯の評価について」(H27.3.25)において、Tr-34トレンチ法面におけるf-1断層の上盤側近傍のM₂面段丘堆積物基底面の膨らみ及びその上方の段丘堆積 物中の小断裂に関する変形構造の成因について、以下のような複数の見解に分かれた。

・この小断裂は、基盤のポップアップ状の隆起で形成されたテクトニックな変形構造である可能性が否定できない。

・この小断裂は、基盤のポップアップ状の隆起では起こりえず、テクトニックなものではない。

・段丘堆積物基底面の膨らみの成因が変形であるかどうか不確かであり、段丘堆積物中の小断裂の成因を検討する十分なデータが得られていない。



3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 f-1断層と周辺の断層の新旧関係と破砕部等の性状

▶ f-1断層はF-10断層に切られ, F-10断層はF-8断層に切られている。F-8断層の形成はf-1断層より新しい。

▶F-8断層は、深部で破砕部が固結・岩石化し、珪化作用を受け、石英(玉髄)脈が断層破砕部を充填し、横断している箇所が認められる。

▶F-8断層の石英(玉髄)脈は,高温の熱水環境下で晶出し,形成時期は中新世である。

⇒ f-1断層の少なくとも後期更新世以降の活動はないと判断される。

▶ F-10断層の変位量は110m以上と大きく、破砕幅の狭いf-1断層をF-10断層の上盤でボーリング調査により確認することは現実的に難しい。





第506回審査会合(H29.9.8) 資料2-1 p53 一部修正

61

3.4.3 分布·連続性,断層等との関係 f-1断層とF-10断層の関係(Tr-34トレンチ底盤)

▶ F-10断層破砕部は膨縮しており、f-1断層とF-10断層の会合部付近で破砕幅が広がっている。
▶ Tr-34トレンチ底盤において、f-1断層は最終的にF-10断層に切られている。



第506回審査会合(H29.9.8) 資料2-1 p54 一部修正

62

3.4.3 分布·連続性、断層等との関係 f-1断層とF-10断層の関係(Tr-34トレンチ-1.0m底盤)

- ▶ f-1断層とF-10断層は, 会合部付近で破砕幅が広がっている。
- ▶ Tr-34トレンチ -1.0m底盤において, f-1断層は最終的にF-10断層に切られている。
- ▶ 両断層の接合部(a部)では、f-1断層はF-10断層に沿って湾曲しており、f-1断層の後にF-10断層の活動により引きずられていると考えられる。



第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p55 一部修正

3.4.3 分布·連続性、断層等との関係 f-1断層とF-10断層の関係(Tr-34トレンチ-2.5m底盤)

▶ f-1断層とF-10断層は, 会合部付近で破砕幅が広がっている。

▶ Tr-34トレンチ-2.5m底盤において、f-1断層は最終的にF-10断層に切られている。

▶ 両断層の接合部付近(a部)では、f-1断層の条線の方向(p.74)には、F-10断層による影響が認められ、f-1断層の後にF-10断層が活動したと考えられる。



第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p56 一部修正

3.4.3 分布·連続性、断層等との関係 f-1断層とF-10断層の関係(Tr-34トレンチ底盤まとめ)



65

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p57 一部修正



▶ Tr-34トレンチ-2.5m底盤において、F-10断層とf-1断層の会合部付近の破砕部性状について詳細に検討した。





新規

66

コメントNo.S108

東北電力



Tr-34トレンチ-2.5m底盤F-10断層,f-1断層会合部付近の破砕部詳細スケッチ

f-1断層とF-10断層の関係(会合部付近の破砕部詳細性状(Tr-34トレンチ-2.5m底盤))

▶ F-10①近傍の破砕部(a部)は、主として泊層上部層の風化部起源の軟質な角礫状~ブロック状部と青灰色を呈する礫混じり粘土状部より構成され、f-1①とf-1②の間の泊層上部層起源の礫混じり 粘土状部(b部)へ連続し、f-1①を切っている(c部)と判断される。

新規

67

コメントNo.S10

- ▶ F-10①とF-10②間の破砕部の大部分は角礫状~ブロック状部及び礫混じり粘土状部より構成され、不規則な分布・形状を示す(d部)が、北側は礫混じり粘土状部と角礫状~ブロック状部がf-1② に沿うように湾曲しており、f-1②の形成に伴なう引きずりと考えられる(e部)。
- ▶ F-10②近傍の破砕部は,主に蒲野沢層泥岩起源の角礫状〜細片状部,青白色を呈する礫混じり粘土状部より構成され,底盤全体に渡って連続しており(部),これを越えて,f-1②が西側の蒲野沢 層へは達していない(g部)。
- ▶ F-10②は前述の破砕部内のf-1②による引きずりと考えられる構造を切って連続する(g部)ことから, f-1②は最終的にはF-10②に切られていると判断される。







68

コメントN₀.S10

▶ f-1断層とF-10断層の関係について、会合部付近のブロック試料採取を行い、詳細観察を行った。





野沢層堆積前の

▶ 試料採取による掘削箇所および研磨片の観察から, F-10断層を越えるせん断面は認められない。
 ▶ ブロック試料採取箇所の観察では, f-1②はF-10②に切られており, 蒲野沢層泥岩には達していない。
 ⇒ f-1断層はF-10断層に切られる。





ブロック試料採取箇所付近の写真



Alveration Alveration

断層線加筆

F-10断層破砕部



ブロック試料CT画像







▶ F-10断層とf-1断層の新旧関係を確認するため、Tr-34トレンチ-2.5m底盤から深さ約1.5mを掘削し、法面の観察を行った。(Tr-34トレンチ底盤北ピット)

71



3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 f-1断層とF-10断層の関係(Tr-34トレンチ底盤北ピット)

▶ Tr-34底盤北ピットの南面においても、底盤で確認されたf-1断層とF-10断層と同様の関係が見られる。

▶ f-1①はF-10①に切られ, F-10①はf-1②に切られ, f-1②はF-10②に切られる。

▶ f-1断層はF-10断層を越えて蒲野沢層側には分布しない。

⇒f-1断層はF-10断層と互いに切り切られの関係があった後に、F-10断層に切られる。

SE←





72

第506回審査会合(H29.9.8) 資料2-1 p60 一部修正

→NW

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 f-1断層とF-10断層の関係(Tr-34トレンチ底盤北ピット)





73

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p61 再掲

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 f-1断層及びF-10断層の破砕部の条線(Tr-34トレンチ-2.5m底盤)

▶ f-1断層は、概ねWNW-ESE走向、NE方向に低角度で傾斜し、条線はNE-SW方向である。

- ▶ F-10断層は、概ねNE-SW走向、NW方向に高角度で傾斜し、条線のレイクはL60°~R58°で縦ずれである。 ⇒F-10断層とf-1断層の条線の方向は異なっており、同時に形成されたものではない。
- > f-1②がF-10②に近接する部分(⑤,⑥)の条線の方向は、その他の条線(①~④)とは異なり、F-10② (⑦~⑨)の条線の方向と類似していることから、F-10②による影響を受けていると考えられる。
 ⇒f-1②の後に、F-10②が活動したと考えられる。









F-10①の条線(⑪地点)



断層面と条線の投影方法概念図

74

F - 10(1)

(11)

(12)

(13)

(14)

N

条線の

レイク

L62°

L72[°]

L74°

L86°

R14°

R60°

R76[°]

L76[°]

L78[°]

L60°

R86°

R78[°]

L76[°]

R58°

傾斜

36[°]N

24°N

26[°]N

28[°]E

16°N

18[°]N

68°W

64°W

64°W

54° NW

62[°]W

61°W

60°W

54°W

断層名

f-12

-102

-10①

番号

1

2

3

(4)

5

6

 \bigcirc

8

9

(10)

Ĩ

12

13

(14)

蒲野沢層b部層

泊層上部層

走向

EW

N88°W

N70°W

N30°W

N82°W

N73°W

N44°E

N26[°]E

N40°E

N64[°]E

N42[°]E

N44°E

N34[°]E

N40[°]E

凡例

灰色泥岩

赤褐色泥岩

凝灰角礫岩

含礫凝灰岩

: 安山岩溶岩 : f-1断層破砕部

F-10断層破砕部

節理 地層境界 小断層

蒲野沢層堆積前の風化帯

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 f-1断層及びF-10断層の破砕部の条線(Tr-34トレンチ底盤北ピット)

▶ f-1断層①, ②は, 概ねWNW-ESE走向, NE方向に低角度で傾斜し, 条線はNE-SW方向である。

- ▶ F-10断層①, ②は, 概ねNE-SW走向で, NW方向に高角度で傾斜(下方で東傾斜)し, 条線のレイクはL78°~R80°で縦ずれである。
- ▶ F-10断層とf-1断層の条線の方向は異なっており、同時に形成されたものではない。





断層面と条線の投影方法概念図

75

条線の

レイク

傾斜

断層名

走向

番号

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 F-10断層とF-8断層の関係(東西方向の地質断面:h+8断面)

凡例

e部層

d部層

c部層

b部層

a部層

上部層

泊 層

下部層

> 蒲野沢層

泊 層

猿ヶ森層

第四系

Gd 礫岩・砂岩

砂岩

泥岩

礫岩・砂岩

Tu-lp 火山礫凝灰岩 泊 層

火山礫凝灰岩

岩種境界 不整合境界

凝灰角礫岩

凝灰岩

Tu-an 安山岩溶岩

T₋-tb 凝灰角礫岩

T∟-an 安山岩溶岩

Sa-ss 砂岩・礫岩 Sa-an 安山岩岩脈

Sa-m 泥 岩

Ge 砂岩

岩種区分

Gc

Gh

Tu-tb

Tu-tf

TL-LD

F-10/

- ▶ F-8断層, F-10断層は地溝状を構成する正断層で,見かけ鉛直変位量はF-8断層が約200m, F -10断層が約110m以上である。
- ▶ 東西方向の測線(h+8断面)上で実施したボーリング調査によれば, H27B-F8-2孔ではF-10断層より 深部にF-8断層が確認されるが, これより西側のA78-h8孔ではF-10断層は確認されない。 ⇒F-10断層は, F-8断層に切られていると判断される。



地質平面図



76

ボーリングコア写真

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 F-10断層とF-8断層の関係(東西方向の地質断面: 2h+100断面)

新規

77



3.4.3 分布・連続性, 断層等との関係 F-10断層とF-8断層の関係

- ▶ ボーリング調査等の結果から作成した断面図(パネルダイアグラム)により、F-8断層及びF-10断層の 関係を示す。
- ▶ 東西方向の断面であるh+8断面, 2h断面及び2h+100断面のいずれにおいても, F-8断層とF-10断層は 高角度の正断層で地溝状をなし、両断層間には、ほぼ水平な構造を示す蒲野沢層が存在する。
- ▶ いずれの断面においてもF-8断層の上盤(東側)でF-10断層が確認されるが, F-8断層の下盤(西側) ではF-10断層は確認されない。

-200 ▶ F-8断層とF-10断層は、詳細には相互の新旧関係が確認できる(後述:F-8断層, F-10断層追跡) トレンチ)。 F-8 õ \bigcirc 0 0 0 00 F-8 h+8 \bigcirc 4.10 h+8 0 0 0 0 0 0 0 0 m 0 0 0 m 2h+100 F-8 -100 0 20 0000 000 -1002h 40 -200 0000 0 0 60 0 m 0 00 0 0 0 80 -200 00 100m Q 0 00 ハネルダイアグラムの視点 200 400 500 m 0 100 300 -100地質構造図 0 m -200 2h+100 100m 80 -10060 40 パネルダイアグラム 20 -200 0

0 m

-100

79

新規

F-10断層とF-8断層の関係(F-8断層, F-10断層追跡トレンチ)

▶ F-8断層とF-10断層の接合部付近のトレンチ(F-8断層, F-10断層追跡トレンチ)では, F-8断層とF-10断層は互いに近接し, さらにその南方では, F-8断層, F-10断層 ともに消滅している。









▶ F-8断層とF-10断層が近接する箇所でトレンチ底盤の詳細観察を行った結果, F-10断層はF-8断層に切られる。



3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 F-8断層破砕部の固結・岩石化(O₂-10孔)

TL-tb

-300

Tu-tb

▶ F-8断層破砕部は多様な性状が確認されるが、深部で広く固結・岩石化しており、このうちO2-10孔で確認されたF-8断層破砕部は、熱水変質によるセピオライト化、珪化作用を受け、 固結・岩石化している。



-300



第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p71 一部修正

81

コメントNo.S10

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 F-8断層破砕部の固結・岩石化(O₂-10孔)

▶ O2-10孔で確認されたF-8断層の破砕部は,熱水変質によるセピオライト化, 珪化作用を受け, 固結・岩石化している。

▶ F-8断層の石英(玉髄)脈は、セピオライト化した破砕部を充填していることから、セピオライト化した後で、珪化作用を受けたと考えられる。

▶ F-8断層破砕部の針貫入抵抗は、母岩よりも高い値を示し、破砕部は硬質である。





3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 F-8断層破砕部の固結・岩石化(O₂-10孔の石英(玉髄)脈)

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p73 再掲

83

> O₂-10孔で確認されたF-8断層破砕部は,熱水変質によりセピオライト化, 珪化作用を受け, 固結・岩石化している。
 > セピオライト化した断層破砕部中に石英(玉髄)脈が認められ, 破砕部を充填もしくは破砕部を横断している箇所が認められる。



3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 F-8断層破砕部の固結・岩石化(O₂-10孔の石英(玉髄)脈)

➤ O₂-10孔で確認されたF-8断層破砕部は,熱水変質によりセピオライト化, 珪化作用を受け, 固結・岩石化している。
➤ セピオライト化した断層破砕部中に石英(玉髄)脈が認められ, 破砕部を充填もしくは破砕部を横断している箇所が認められる。





84

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p74 再掲

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 石英(玉髄)脈の流体包有物①(試料位置, 分析試料の産状)

▶ 石英(玉髄)の生成環境について検討するため,敷地の断層破砕部で確認される石英(玉髄)脈の流体包有物の均質化温度測定を行った。
 ▶ 試料は,断層破砕部に石英(玉髄)脈が認められる3試料(F-4断層(K-14孔), F-5断層, F-8断層(O₂-10孔)を測定した。



測定試料位置図



85

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p75 再掲

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 石英(玉髄)脈の流体包有物①(分析試料の産状:F-8断層(O₂-10孔), F-4断層(K-14孔))

▶ O₂-10孔のF-8断層破砕部は、セピオライトを伴う断層破砕部を石英(玉髄)脈が充填している。
 ▶ K-14孔のF-4断層破砕部も同様に、セピオライトを伴う断層破砕部を石英(玉髄)脈が充填している。





K−14孔のF−4断層破砕部CT画像



Siの元素マップ



セピオライト

石英(玉髄)



せん断面沿いにセピオライトが認められ、それを覆うように石英が晶出している



岩石化する



F-5断層E→

▶ 工事法面のF-5断層破砕部は、セピオライトを伴う断層破砕部を石英(玉髄)脈が充填している。





測定試料(左:写真,右:X線CT)





破砕部中の石英(玉髄)の状況









試料採取個所(左:写真,右:スケッチ)

3.4.3 分布·連続性,断層等との関係 石英(玉髄)脈の流体包有物②(測定結果)

- 【F-8断層破砕部の測定結果】
 ▶ 均質化温度は,335℃~365℃の値が得られた。
 【F-4断層破砕部の測定結果】
- ▶ 断層破砕部の石英(玉髄)脈に流体包有物は認められなかった。
- 【F-5断層破砕部の測定結果】
- ▶ 均質化温度は, 125℃~150℃の値が得られた。
- ⇒敷地内で確認された石英(玉髄)脈は、セピオライト化変質作用の後に、高温の熱水環境下で晶出し たものと考えられる。なお、敷地内の第四系には熱水変質の痕跡は認められない。



新規

測定試料中の流体包有物(F-8断層 O2-10-4)





測定試料中の流体包有物(F-5断層 F5③)

| | 流体 | 本包有物の均常 | 質化温度測定 | 2結果 |
|------------|-------|---------|--------|--------|
| 断層 | 試 | 料番号 | 包有物 | 均質化温度 |
| | O2-10 | O2-10-1 | 初成 | 356°C |
| – 0 | | O2-10-2 | 初成 | 365°C |
| F-0 | | O2-10-3 | 初成 | 335°C |
| | | O2-10-4 | 初成 | 342°C |
| F-4 | F4① | | — | 包有物未確認 |
| F-5 | F5① | | 初成 | 125°C |
| | F5② | | 初成 | 150°C |
| | F5③ | | 初成 | 125°C |



第506回審査会合(H29.9.8)

資料2-1 p78 再掲

3.4.3 分布·連続性, 断層等との関係 石英(玉髄)脈の流体包有物②(F-8断層(O₂-10孔)について)

> O₂-10孔のF-8断層破砕部中の石英(玉髄)脈は他の試料に比べ不透明鉱物を含む流体包有物が認められたことから,反射顕微鏡観察およびSEM-EDXによる元素同定を実施した。
 > これらの不透明鉱物は,硫化鉱物であり,繊維状に産する黄銅鉱(CuFeS₂)と斑銅鉱(Cu₅FeS₄)が認められた。これらの鉱物は,いずれも約170 ℃ ~600℃の環境下で共生する。
 ⇒ F-8断層(O₂-10孔)の流体包有物の温度が他より高いのは,石英(玉髄)脈形成時の硫化鉱物を伴う流体をトラップしたためと考えられる。



br: 斑銅鉱(bornite) cp:黄銅鉱(chalcopyrite) Ccp bn <u>20um</u>

不透明鉱物の拡大反射顕微鏡写真



EDX分析箇所



| Metal | Major sulfides | Minor sulfides/sulfosalts | Deposit types |
|-------------|--|--|---|
| Copper – Cu | <u>chalcopyrite* – CuFeS2,</u> bornite* – Cu _S FeS ₄ , chalcocite* – Cu ₂ S | covellite – CuS, enargite – Cu ₃ AsS ₄ , tennantite–tetrahedrite – Cu ₁₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃ ; >180 sulfide and sulfosalt species | Porphyry Cu(-Mo-Au) deposits, HS and IS epithermal, skarn, VHMS, SHMS, IOCG |
| Zinc – Zn | sphalerite – ZnS (common host of Fe, In, Cd) | wurtzite – ZnS (rare); >20 Cu, Tl, and Ag-bearing sulfosalts | HS and IS epithermal, skarn, VHMS, SHMS, MVT |
| Lead – Pb | galena – PbS (common host of Ag) | >160 sulfosalt species | HS and IS epithermal, skarn, VHMS, SHMS, MVT |
| Silver – Ag | acanthite – Ag ₂ S (also selenides, etc.) | >120 sulfosalt and sulfide species | LS epithermal Au–Ag deposits, IS poly- metallic epithermal deposits |
| lron – Fe | pyrite* – FeS ₂ , pyrrhotite – FeS, chalcopyrite* – CuFeS ₂ | marcasite* – FeS ₂ , arsenopyrite* – FeAsS; >110 sulfide and sulfosalt species | Fe-bearing sulfides are not mined for iron. Pyrite, pyrrhotite, and marcasite, are ubiquitous in hydrothermal ore deposits as gangue minerals. |

Abbreviations: HS, IS, LS (high, intermediate, low sulfidation); IOCG (iron oxide–Cu–Au); MVT (Mississippi Valley type); SHMS (sedimentary-hosted massive sulfide); VHMS (volcanic-hosted massive sulfide); * these minerals may contain economically recoverable gold.

熱水鉱床における硫化鉱物および硫化物と金属元素との関係(Kisseva and Edmonds(2017))



89

黄銅鉱、斑銅鉱のEDXスペクトル

f-1断層

f-1断層付近の写真:Tr-34トレンチ東+1.2m面

f-1断層破砕部性状(Tr-34トレンチ東+1.2m面の劣化度C~Dの凝灰角礫岩)

▶ Tr-34トレンチ東+1.2m面の泊層上部層凝灰角礫岩(劣化度C~D)中のf-1断層は,幅約0.15m~0.2mであり, NE← →SW 風化により破砕部の粘土化がやや進行し、軟質化している。 > 泊層上部層凝灰角礫岩の基質は黄褐色化しやや軟質化しているが礫は硬質のものが多い。 ▶ f-1断層破砕部は、分岐、会合する細脈状をなす数条の葉片状セピオライト(一部は粘土化)と脈間の基質が 軟質化する凝灰角礫岩より構成される。 ▶ セピオライト脈間の基質が軟質化する凝灰角礫岩に含まれる礫の表面,形状には破砕の痕跡は認められない。 上盤の凝灰角礫岩 (基質はやや軟質,礫は硬質) f-1断層上盤側 (せん断面にセピオライト付着) 葉片状セピオライト:最大幅2cm (底盤東ピット東面) f-1断層 底盤東ピット西面) 破砕部:基質が軟質化する Tr-34トレンチ東+1.2m面スケッチ 凝灰角礫岩 NE← →SW f-1断層分岐 葉片状セピオライト:最大幅2.5cm (傾斜方向に膨縮著しい) M₂ 破砕部:基質が軟質化する 凝灰角礫岩 f-1断層下盤側 Tu-tb (平滑ではなく条線不明瞭) 下盤の凝灰角礫岩 劣化度C~Dの凝灰角礫岩中のf-1断層拡大写真 (基質はやや軟質, 礫は硬質)

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2 p81 再掲

90

新規 ^{第506回審査会合(H29.9.8)} 資料2 p82 再揭

f-1断層破砕部性状(Tr-34トレンチ 底盤東ピット西面の劣化度Aの凝灰角礫岩)



下盤の凝灰角礫岩 (基質・礫は新鮮) 凝灰角礫岩中のf-1断層拡大写真



上盤の凝灰角礫岩

(基質・礫は新鮮)

→NE

3.4.4 断層破砕部の詳細性状 f-1断層破砕部の針貫入試験結果

▶ Tr-34トレンチ東+1.2面において、f-1断層およびその近傍の母岩の針貫入試験を実施した。 ▶ f-1断層の針貫入勾配は母岩より軟質である。



Tr-34トレンチ東+1.2m面 針貫入試験位置図

92

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2 p83 再揭

3.4.4 断層破砕部の詳細性状 f-1断層及び小断層の破砕部の条線

▶ Tr-34トレンチ東+1.2m面においては、f-1断層、小断層の破砕部の一部で条線が認められ、条線のレイクは傾斜方向が卓越する。



93 資料2 p84 再揭

第506回審査会合(H29.9.8)

f-1断層破砕部の組織観察(検討フロー)





94

新規 ^{第506回審査会合(H29.9.8)} 資料2 p86 再揭

95

Tr-34トレンチ東+1.2m面の断層詳細調査実施箇所



新規 ^{第506回審査会合(H29.9.8)} 資料2 p87 再揭

96

f-1断層破砕部の性状(1.最新面の認定:ブロックサンプル①, 露頭状況)

▶ f-1断層破砕部のうち,直線性,連続性に富むせん断面が認められる箇所で試料採取を行い,分析を行った。
 ▶ 断層破砕部は幅約20cm程度で,非固結である。



試料採取箇所(Tr-34トレンチ東+1.2m面 スケッチ)



ブロックサンプル①採取状況





f-1断層破砕部の性状(1.最新面の認定:ブロックサンプル①研磨片観察)

▶ f-1断層破砕部は全体的に逆断層の組織が発達している。

- ▶ せん断面①は, 一部でわずかに湾曲するが, 直線性に富む。
- ▶ せん断面①について最新面の可能性があるせん断面として,薄片,顕微鏡観察を行った。



研磨片写真(解釈線なし)







研磨片写真(解釈線あり)



f-1断層破砕部の組織観察(1.最新面の認定:ブロックサンプル①,薄片観察)

第506回審査会合(H29.9.8)

資料2 p89 再掲

98

新規

【f-1断層破砕部の性状,運動センス】
 ▶ せん断面①は比較的シャープに認められ,逆断層の変位センスを示す。
 【せん断面を横断する鉱物脈】
 ▶ せん断面を横断する鉱物脈は認められない。
 【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】
 ▶ せん断面に沿って粘土鉱物が認められ,変形や破砕は生じていない。

⇒せん断面①を最新面の可能性があるせん断面としてSEM観察を行った。



f-1断層破砕部の組織観察(2.破砕部を構成する粘土鉱物の確認)







35

40

99



100

f-1断層破砕部の組織観察(3.最新面の鉱物の晶出状況:ブロックサンプル①, SEM観察)

▶ せん断面①のSEM観察の結果,繊維状の自形のセピオライトが生成し,破砕を受けた組織は認められない。

▶ SEMによるセピオライトの晶出状況は、顕微鏡観察によるせん断面沿いの粘土鉱物の変形や破砕が認められない様子と整合する。



条線 約70°L

試料採取箇所(断層面)



水平











上盤側から断層面を観察

SEM観察試料



101



▶ f-1断層破砕部のうち,直線性,連続性に富むせん断面が認められる箇所で試料採取を行い,分析を行った。

▶ 断層破砕部は幅約15cm程度で軟質化しており,非固結である。





ブロックサンプル②採取状況





102

f-1断層破砕部の組織観察(1.最新面の認定:ブロックサンプル②研磨片観察)

▶ f-1断層破砕部は全体的に逆断層の変位センスを示す。

- ➤ このうち, せん断面①は直線性, 連続性に富むせん断面として, せん断面①が 認められる。
- ▶ せん断面①について最新面の可能性があるせん断面として,薄片,顕微鏡観察を行った。



研磨片写真(解釈線なし)







脆性的な変形時の変位センスと

Y面, R1面, P面の関係

f-1断層破砕部の組織観察(1.最新面の認定:ブロックサンプル2),薄片観察)

【f-1断層破砕部の性状,運動センス】

▶ せん断面①は連続的に認められるが, 湾曲ないし屈曲し, せん断面の周囲は逆断層の組織が発達している。

【せん断面を横断する鉱物脈】

▶ せん断面を横断する鉱物脈は認められない。

【せん断面沿いの鉱物の晶出状況】

▶ 最新活動面に沿って粘土鉱物が認められ、変形や破砕は生じていない。



第506回審査会合(H29.9.8)

資料2 p94 再掲

103



▶ せん断面①のSEM観察の結果, 繊維状の自形のセピオライトが生成し, 破砕を受けた組織は認められない。
▶ SEMによるセピオライトの晶出状況は, 顕微鏡観察によるせん断面沿いの粘土鉱物の変形や破砕が認められない様子と整合する。



試料採取箇所(断層面)





新規



上盤側から断層面を観察



SEM観察試料







3.4.4 断層破砕部の詳細性状 f-1断層破砕部の組織観察(まとめ)

▶ f-1断層破砕部の最新活動面のSEM観察結果から、最新活動面には自形のセピオライトが晶出しており、破砕されていないことが確認された。

▶ また, 顕微鏡観察の結果からも, 最新面上に変形構造がない粘土鉱物が確認された。 ⇒f-1断層は, 粘土鉱物の生成以降の断層活動はないと考えられる。

f-1断層破砕部の組織観察結果

| 項目 | 最新面の認定 | | | | 破砕部を構成する 粘土鉱物 | せん断面を 横断する鉱物脈 | 最新面の鉱物の晶出状況 | | |
|----------------------------------|-------------|--------------------|--------------------------|-------------|------------------|------------------|-------------|---|----------------------------|
| | 露頭観察 | | CT観察 | 研磨片観察 | | XRD分析 | 薄片観察 | | SEM観察 |
| 確認内容 | 断層破 | 断層破砕部の性状 直線性・注 富むせ | | 車続性に ん断面 | | | | | |
| ブロック サンプル① (劣化部) | 非固結 | せん断面① | ー部でわずかに湾曲 するが, 直線性に富む | | 最新面と 判断 | セピオライト | 認められない | せん断面沿いに破砕 されていない粘土鉱物が認 められる | 自形のセピオライトが晶 出し, 破砕されてない |
| ブロック サンプル② (新鮮部) | 非固結 | せん断面① | 直線的でシャープ | | 最新面と 判断 | セピオライト スメクタイト | 認められない | せん断面沿いに破砕 されていない粘土鉱物が認 められる | 自形のセピオライトが晶 出し,破砕されてない |
| H27B−f1−1孔 [※] (新鮮部) | 非同結 | せん断面② | 比較的連続 | | 最新面の 可能性 | セピオライト スメクタイト | 認められない | せん断面沿いに粘土鉱物 の配列は認められるが, 破砕,変形の有無は不明 | 自形のセピオライトが晶 出し,破砕されてない |
| | , 1 m m m − | せん断面③ | 比較的 | 連続 | 最新面と 判断 | セピオライト スメクタイト | 認められない | せん断面沿いに粘土鉱物 の配列は認められるが, 破砕,変形の有無は不明 | 自形のセピオライトが晶 出し, 破砕されてない |

※ H27B-f1-1孔の観察結果は補足説明資料に示した。



105

第506回審査会合(H29.9.8) 新規 資料2-1 p80 一部修正



コメントNo.S10

f-1断層等の形成と熱水変質の時期に関する考察



※a 泊層のK-Ar年代, 珪藻化石帯の年代から, 約16.5Ma~約13Maの報告がある(Watanabe et al.(1993), Yanagisawa and Akiba(1998))

※b セピオライトの年代として11.6±1.0Maの年代値が得られている(F-8断層: K-Ar法)

※c セラドナイトの年代として、約10Maの値が得られている(高角度の変質鉱物脈:K-Ar法)。また、東日本の熱水変質起源のセラドナイトのK-Ar年代として約14.8Ma~4.9Maの報告がある。(植田・鈴木(1973))

^{3.4.5 まとめ} f-1断層の活動性評価

<u>fー1断層の活動性評価</u>

○ 震源として考慮する活断層に該当しないことの確認
 ○ 地震活動に伴って永久変位が生じる断層に該当しないことの確認



※1「東北電力株式会社東通原子力発電所敷地内破砕帯の評価について」(H27.3.25)においては,『有識者会合は,・・・,段丘堆積物基底面にはf-1断層のずれによる変位が認められないことを確認した。』とされている。

🔗 東北電力



