

※既提出資料からの修正は黄ハッチ又は黄枠で示す。

敦賀発電所2号炉
敷地の地形，地質・地質構造
K断層と原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性
(コメント回答)

令和6年6月28日
日本原子力発電株式会社

(評価方針)

- ・ K断層と原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性評価を行うに当たって、まず、「敷地の破砕帯の連続性評価基準」の策定を行う。「敷地の破砕帯の連続性評価基準」は、連続した破砕帯であることが確認されている地点での破砕部の性状に着目して策定する。
- ・ K断層と原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性は、「敷地の破砕帯の連続性評価基準」に基づき、K断層と原子炉建屋との間にある破砕部(対象破砕部)がK断層と連続するか否かにより評価する。また、敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく検討範囲にはない破砕部(走向・傾斜の幾何学的位置関係が「敷地の破砕帯の連続性評価基準」外となる破砕部)についても念のため確認を行う。
- ・ また、鉱物脈法を用いて、最新活動時期に着目したK断層と対象破砕部の連続性の検討を行う。

(検討の流れ)

K断層の分布及び性状の把握



対象破砕部の位置及び性状の把握



K断層の南方への連続性評価

3.1 敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく連続性評価

K断層の確認地点に隣接するボーリング孔の破砕部との連続性の確認

敷地の破砕帯の連続性評価基準



3.2 K断層の念のための連続性確認

3.2.1 敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく検討範囲にはない破砕部との連続性確認

- ① 上記3.1のボーリング孔における検討範囲外の破砕部との連続性の確認
- ② 上記3.1のボーリング孔以外の13孔(9+4孔)の全破砕部との連続性の確認

3.2.2 鉱物脈法に基づく検討



K断層は原子炉建屋直下を通過する破砕帯と連続していないと判断した。

(評価概要)

- ・ K断層の定義は以下の通りである。
 - K断層は基盤岩及び第四系に変位・変形を与える。K断層の破砕部は基盤岩中では熱水変質を伴うカタクレサイトと断層ガウジから構成されている。
- ・ K断層は以下の特徴をもつ。(下線部がK断層の大局的な特徴を示す。)
 - ① 走向は概ね南北方向、傾斜は中～高角度の西傾斜。西側ピット、1-1ピットの基盤岩中では走向・傾斜が一部異なる。
 - ② 条線方向は縦ずれ成分が卓越、最新活動面の変位センスは逆断層センス(西側隆起)。1-1ピットの基盤岩中では条線方向が一部異なる。
 - ③ 断層ガウジを伴い、概ね「明瞭なせん断構造・変形構造」を有する。
 - ④ D-1トレンチ北西法面からふげん道路ピットまで連続して認められる。
 - ⑤ 堆積物中では分岐している様子が見られる。
 - ⑥ 基盤岩から堆積時期が異なる①層、②層及び③層を変位基準とした鉛直変位量は概ね一定であり、断層変位の累積性は認められない。
 - ⑦ 鉛直変位量は南方で小さくなる。

K断層の南方から2号炉原子炉建屋間で実施した14孔のボーリング調査を対象に破砕部の性状を確認した。

1. 起点とする破砕部の走向・傾斜から±20°の範囲に位置する破砕部で(幾何学的位置関係)、起点の破砕部の走向・傾斜との差が±20°以内の破砕部(走向・傾斜の類似性)を連続する破砕帯である可能性のあるものとして選定する。
2. 選定した破砕部のうち、起点の破砕部性状と類似するもの(断層ガウジ又は断層角縁の有無、明瞭なせん断構造・変形構造の有無、条線方向及び最新活動ゾーンの変位センスなどの最新活動で形成された破砕部の性状の類似性や最新活動以前に形成された破砕部の性状等の類似性)を起点の破砕部と連続する破砕部であると判断する連続性評価基準を設定した。

K断層の確認地点の最南部に当たるふげん道路ピットに隣接するH24-D1-1孔の破砕部のうち敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく検討範囲内に位置する破砕部は、K断層の性状とは類似していないことから、K断層と連続しないものと判断した。

- ① H24-D1-1孔で確認された全ての破砕部は、K断層の性状とは類似していないことから、K断層と連続しないことを確認した。
- ② さらにH24-D1-1孔から重要施設までの間で実施したボーリング孔13孔の全ての破砕部についても、併せて連続性確認を実施した。その結果、K断層の性状と類似する破砕部はなかったことから、K断層はこれらの南方にあるボーリング調査の範囲には連続しないことを確認した。

- H24-D1-1孔の破砕部のうち敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく検討範囲内に位置する全ての破砕部について、鉱物脈法に基づき、少なくとも後期更新世以前に生じた最新の熱水活動以降は活動していないと判断した。
- 上記の破砕部はK断層が①層以上の地層に変位・変形を与え、MIS6以前の地層である③層の上部の地層に変位・変形を与えていない状況とは大きく異なっていることを確認した。

(調査データ)

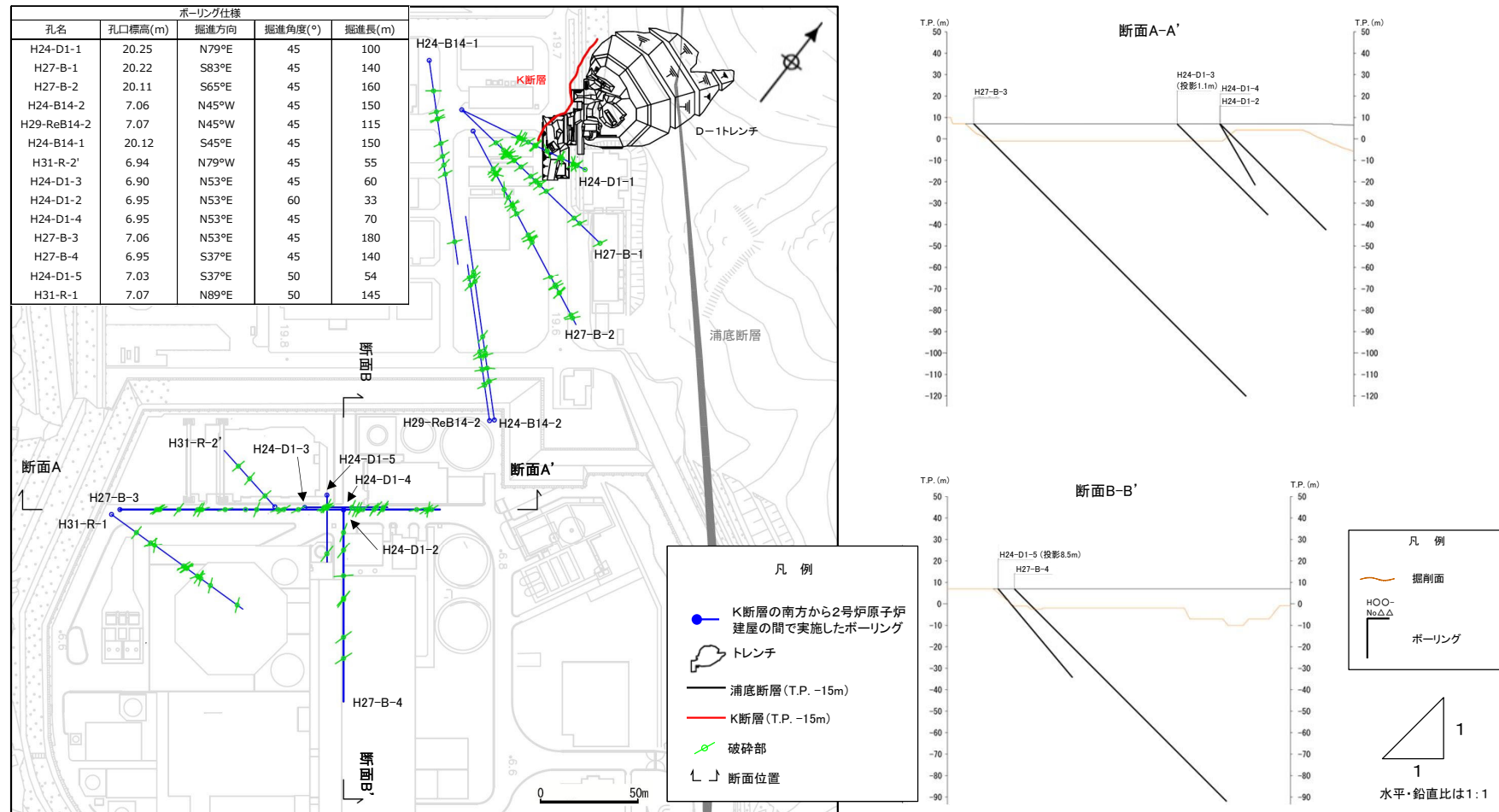
- ・ K断層の分布: トレンチ調査、ピット調査
- ・ 破砕部の最新活動面: ボーリングコア、CT画像、研磨片及び薄片の観察
- ・ K断層の性状(走向・傾斜、断層岩区分(肉眼、薄片、総合評価)、明瞭なせん断構造・変形構造、条線方向、変位センス): ボーリング調査、トレンチ調査、ピット調査、条線観察、薄片観察

- ・ 破砕部の位置: ボーリング調査
- ・ 破砕部の最新活動面: ボーリングコア、CT画像、研磨片及び薄片の観察
- ・ 破砕部の性状(走向・傾斜、断層岩区分(肉眼、薄片、総合評価)、明瞭なせん断構造・変形構造、条線方向、変位センス): ボーリング調査、条線観察、薄片観察

- 連続した破砕帯であることが確認されている地点の地質観察データ(破砕部の性状)
- 2号炉基礎掘削面の地質観察データ
 - 1号炉原子炉建屋南方斜面の地質観察データ

- ・ K断層の最新活動時期: 上載地層法データ
- ・ 対象破砕部の最新活動時期: 鉱物脈法データ(薄片観察、EPMA、XRDなど)
- ・ 破砕部の最新活動面: ボーリングコア、CT画像、研磨片及び薄片の観察

* データ拡充を赤字で示す。



K断層と2号炉原子炉建屋の間にある破砕部の位置図

目 次

1. 敷地の地形, 地質・地質構造	・・・1- 1
1.1 コメント回答／XRD分析結果(1239-10)	・・・1- 3
1.2 コメント回答／粘土鉱物の成因の検討(1239-11, 1239-12)	・・・1-13
2. コメント一覧	・・・2- 1

K断層と原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性に係る審査会合(本日説明分)

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答要旨(当該頁)
1239-10	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(鉱物脈 法に基づく検 討)	XRD分析について、検討対象と している断層の7箇所の破砕部 のうち4箇所で行われているが、 対象とした破砕部すべての分析 結果を示すこと。	K断層の確認地点の最南部に当たるふげん道路ピットに隣接する H24-D1-1孔で認められた破砕部のうち、敷地の破砕帯の連続性評価 基準に基づく検討範囲(幾何学的位置関係)にある破砕部について、 これまでにXRD分析結果を示した4破砕部に加えて以下の3破砕部の XRD分析結果を示す。 ➤ 47.64～47.75m (最新活動面深度 47.65m) ➤ 49.20～49.91m (最新活動面深度 49.82m) ➤ 53.77～54.54m (最新活動面深度 53.80m) (1-3～1-12)

K断層と原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性に係る審査会合(本日説明分)

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答要旨(当該頁)
1239-11	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(鉱物脈 法に基づく検 討)	XRD分析について、生成温度が比較的高い雲母粘土鉱物、カオリナイトについては、いずれも「微量」以下の検出又は不検出であること、また、母岩の風化部でも同程度の検出であるため破砕部特有のものとはいえないことから、対象とした破砕部が後期更新世以前の古い時代の熱水変質作用を受けているとする根拠を再度説明すること。	• XRD分析の結果、破砕部にはスメクタイト、雲母粘土鉱物、カオリナイトの生成が認められるが、花崗斑岩の風化部及び強風化部にはスメクタイトが含まれていないことから、スメクタイトは常温でも生成するものの、破砕部のスメクタイトは風化ではなく熱水変質によって生成したと考えられる。また、破砕部は新鮮な花崗斑岩と比較して斜長石やカリ長石の割合が少なくなっていることや、風化部や強風化部と比較してカリ長石の割合が少なくなっていることも熱水変質を受けたためであると考えられる。 • 長石類のEPMA分析について、破砕部周辺に見られる変質部は破砕部と同様の変質を受けていると考えられること、破砕部に当たる変質区分4は変質の影響が大きく長石の確認が困難であることから、変質区分1(新鮮岩)及び破砕部周辺の変質区分2,3を対象として分析を行った。その結果、変質区分の程度が大きいもののほどアルバイト率が大きいことから、熱水変質作用によって曹長石化(アルバイト化)したものと判断した。
1239-12	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(鉱物脈 法に基づく検 討)	長石類のEPMA分析(斜長石の曹長石化)については、検討対象としている断層の破砕部やその近傍で行われておらず、母岩等で分析したものであるため、分析位置が適切でないこと、また、変質の程度が弱い試料(新鮮岩)でも曹長石が比較的多く認められており、曹長石が検討対象としている断層の破砕部やその近傍だけで認められていることが確認できていないことから、対象とした破砕部が熱水変質作用を受けたとする根拠を再度説明すること。	• 井上(2003)より、EPMA分析で斜長石の曹長石化(アルバイト化)が進んでいる状況は比較的高温の熱水活動に伴ってもたらされた状況であると判断した。また、雲母粘土鉱物、カオリナイトは高温環境下で生成する鉱物であることから、XRD分析において両鉱物が検出された破砕部があることは破砕部が熱水変質を受けたと考えられる状況と整合している。 • 雲母粘土鉱物、カオリナイトについてはいずれも「微量」以下の検出又は不検出であり、母岩の風化部でも同程度の検出の結果であるものの、XRD分析結果より熱水変質作用を受けたと考えられる破砕部が敷地全体に点在していることや、露頭観察結果及び長石類のEPMA分析結果も踏まえると、敷地全体の破砕部は広く熱水変質作用を受けていると判断される。

(1-13~1-22)

1. 敷地の地形, 地質・地質構造

余白

1.1 コメント回答／XRD分析結果 (1239-10)

余白

XRD分析結果について

【コメントNo.1239-10】

XRD分析について、検討対象としている断層の7箇所の破砕部のうち4箇所で行われているが、対象とした破砕部すべての分析結果を示すこと。

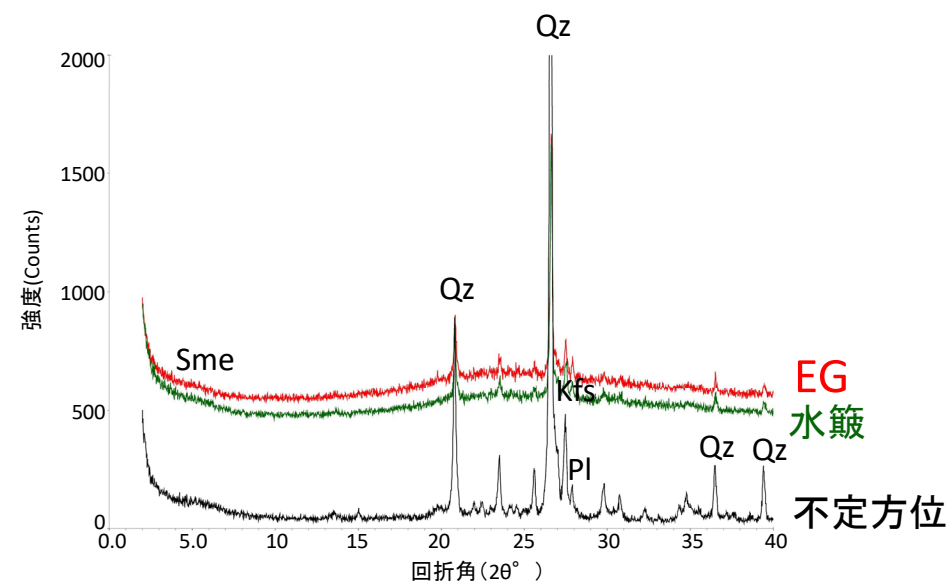


【回答要旨】

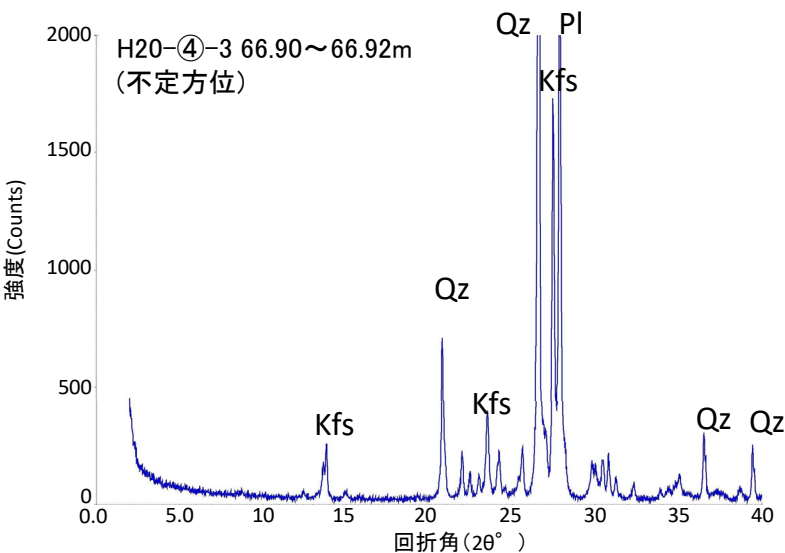
- ・ K断層の確認地点の最南部に当たるふげん道路ピットに隣接するH24-D1-1孔で認められた破砕部のうち、敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく検討範囲(幾何学的位置関係)にある破砕部について、これまでにXRD分析結果を示した4破砕部に加えて以下の3破砕部のXRD分析結果を示す。
 - 47.64～47.75m (最新活動面深度 47.65m)
 - 49.20～49.91m (最新活動面深度 49.82m)
 - 53.77～54.54m (最新活動面深度 53.80m)

粘土鉱物の成因の検討 XRD分析 H24-D1-1 47.65m

- H24-D1-1 孔 深度47.65mを最新活動面とする破砕部の断層ガウジから採取した試料と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1 孔 深度47.65mの破砕部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、わずかにスメクタイトが認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1 孔 深度47.65mの破砕部は熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1 孔 47.65mのチャート
水簾及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



新鮮な花崗斑岩のチャート

X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

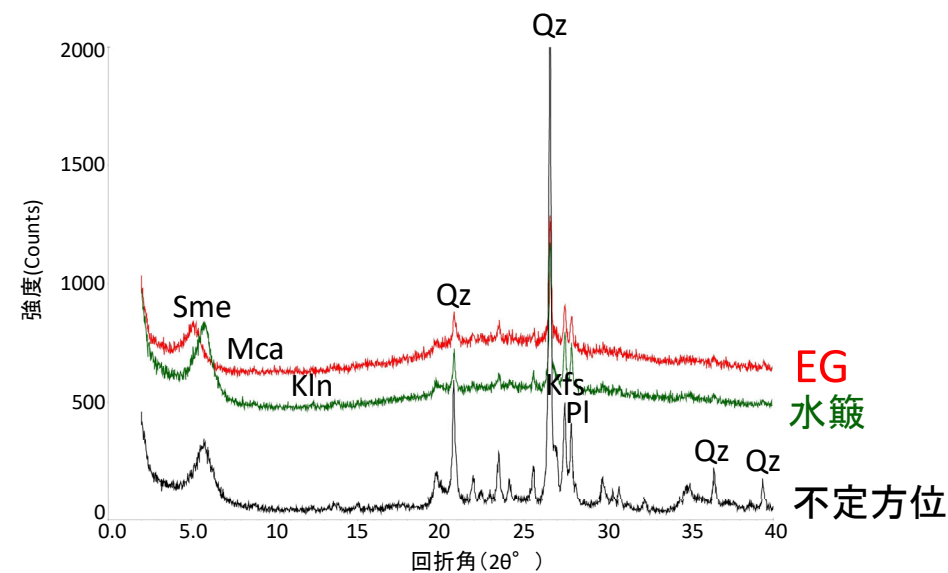
試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破砕部 断層ガウジ	H24-D1-1 47.65m	・				◎	・	△

記号凡例
Sme: スメクタイト
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Kfs: カリ長石

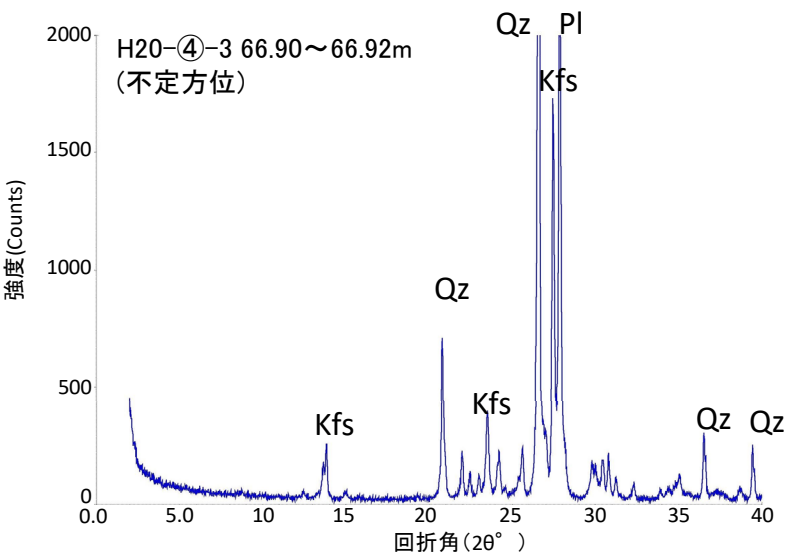
凡例 ◎: 多量 ○: 中量 △: 少量 ・: 微量 (・): 極微量 ((・)): 極微量で、定方位測定時のみピークを確認

粘土鉱物の成因の検討 XRD分析 H24-D1-1 49.82m

- H24-D1-1 孔 深度49.82mを最新活動面とする破砕部の断層ガウジから採取した試料と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1 孔 深度49.82mの破砕部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、スメクタイトとわずかに雲母粘土鉱物とカオリナイトが認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1 孔 深度49.82mの破砕部は熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1 孔 49.82mのチャート
水簸及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



新鮮な花崗斑岩のチャート

X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

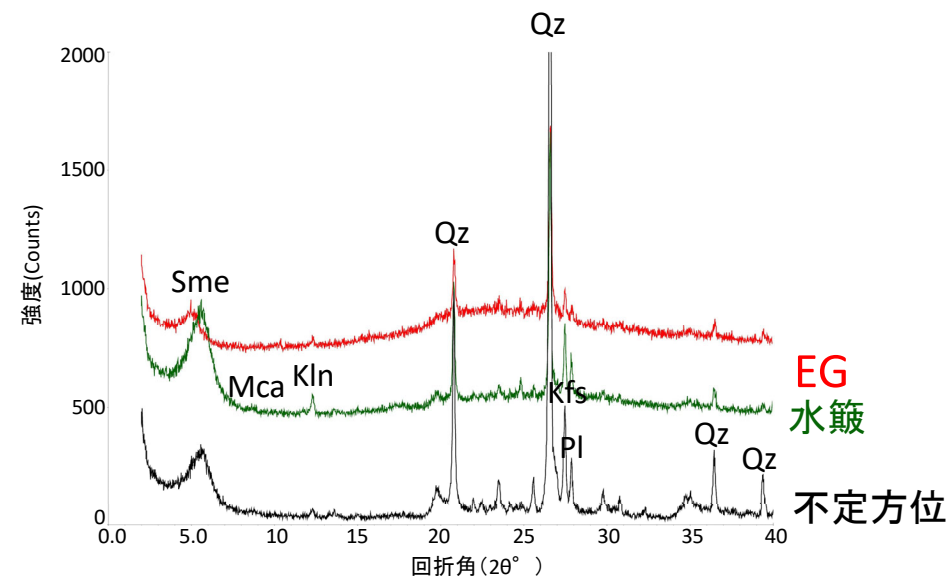
試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破砕部 断層ガウジ	H24-D1-1 49.82m	△	((・))	((・))		◎	△	△

記号凡例
Sme: スメクタイト
Mca: 雲母粘土鉱物
Kln: カオリナイト
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Kfs: カリ長石

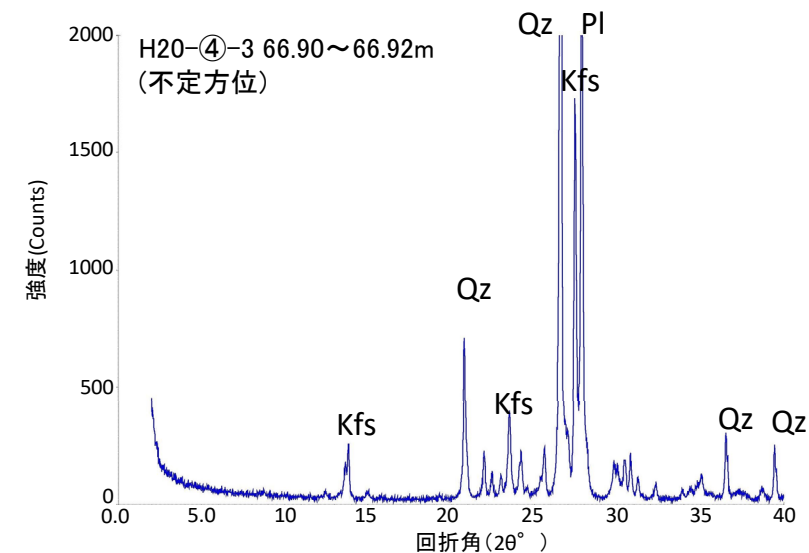
凡例 ◎: 多量 ○: 中量 △: 少量 ・: 微量 (・): 極微量 ((・)): 極微量で、定方位測定時のみピークを確認

粘土鉱物の成因の検討 XRD分析 H24-D1-1 53.80m

- H24-D1-1 孔 深度53.80mを最新活動面とする破砕部の断層ガウジから採取した試料と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1 孔 深度53.80mの破砕部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、スメクタイトとわずかに雲母粘土鉱物とカオリナイトが認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1 孔 深度53.80mの破砕部は熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1 孔 53.80mのチャート
水簸及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



新鮮な花崗斑岩のチャート

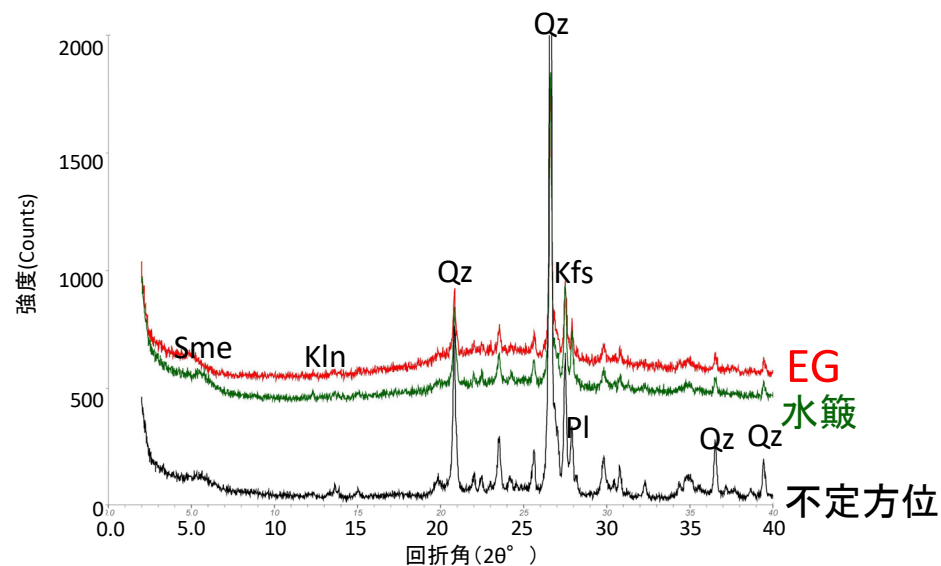
X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破砕部 断層ガウジ	H24-D1-1 53.80m	△	((・))	(・)		◎	△	△

記号凡例
Sme: スメクタイト
Mca: 雲母粘土鉱物
Kln: カオリナイト
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Kfs: カリ長石

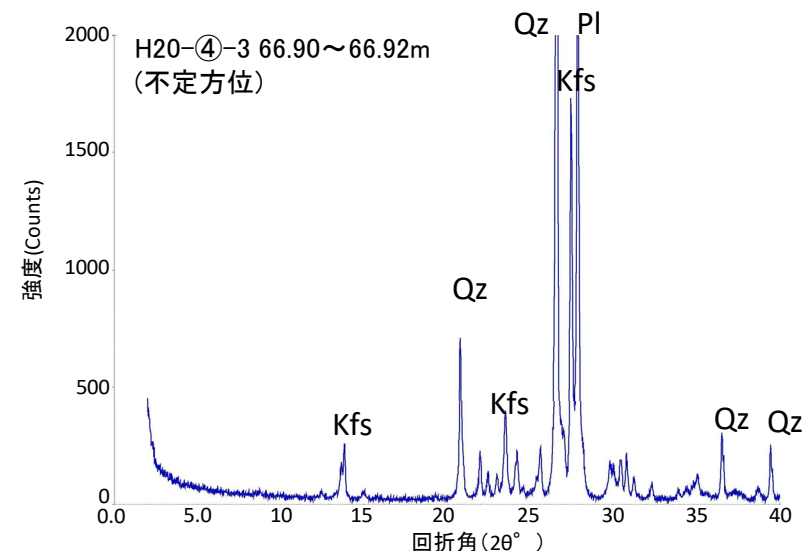
凡例 ◎: 多量 ○: 中量 △: 少量 ・: 微量 (・): 極微量 ((・)): 極微量で、定方位測定時のみピークを確認

- H24-D1-1孔 深度45.94mを最新活動面とする破砕部の断層ガウジから採取した試料と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1孔 深度45.94mの破砕部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、わずかにスメクタイトとカオリナイトが認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1孔 深度45.94mの破砕部は熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1孔 45.94mのチャート

水簸及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



新鮮な花崗斑岩のチャート

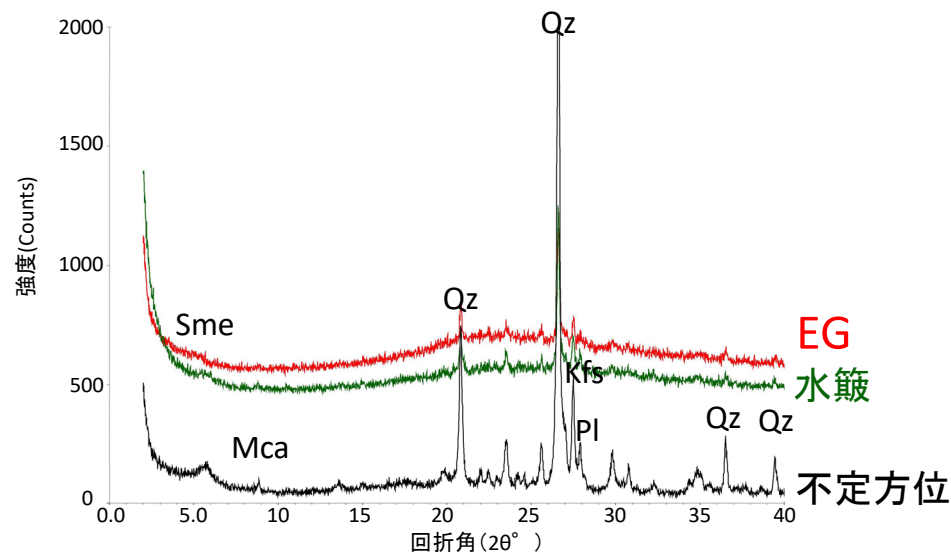
X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破砕部 断層ガウジ	H24-D1-1 45.94m	(・)		((・))		◎	△	△

記号凡例

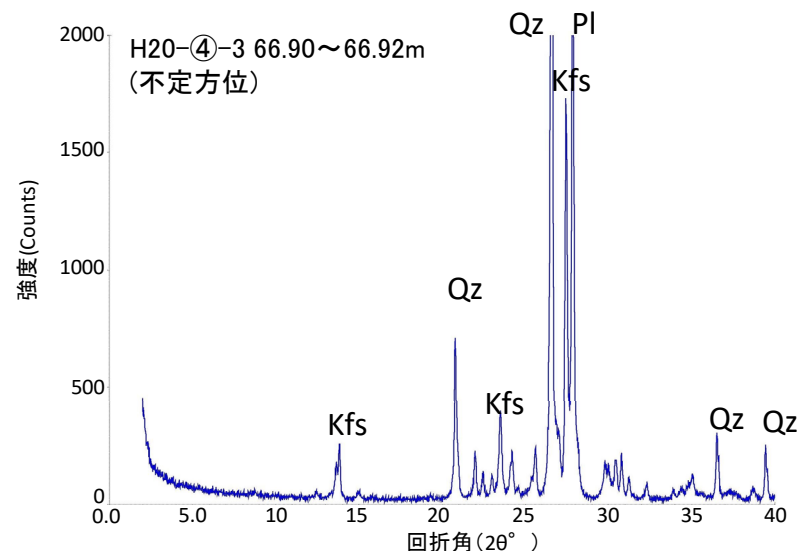
Sme: スメクタイト
Kln: カオリナイト
Qz: 石英
PI: 斜長石
Kfs: カリ長石

- H24-D1-1孔 深度46.45mを最新活動面とする破砕部の断層ガウジから採取した試料と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1孔 深度46.45mの破砕部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、わずかにスメクタイトと雲母粘土鉱物が認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1孔 深度46.45mの破砕部は熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1 46.45mのチャート

水簸及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



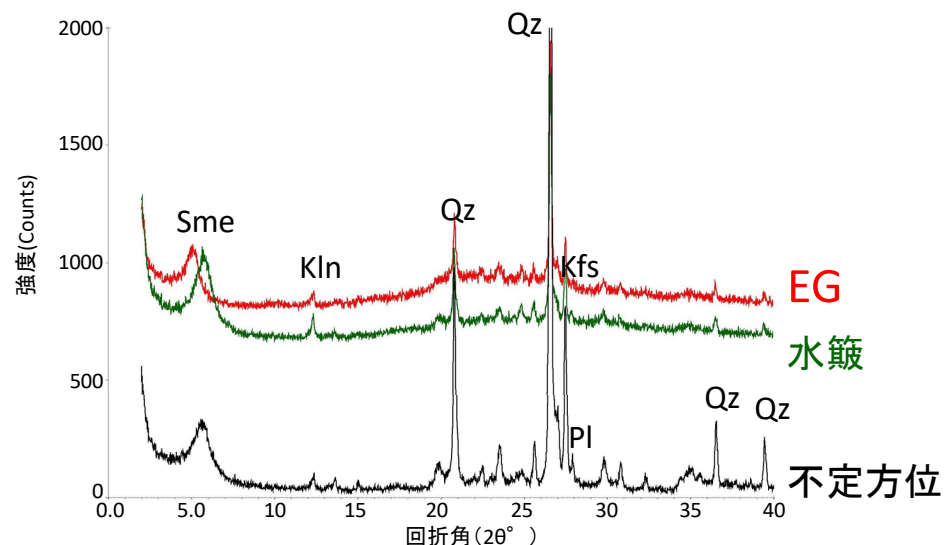
新鮮な花崗斑岩のチャート

X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破砕部 断層ガウジ	H24-D1-1 46.45m	・	(・)			◎	△	△

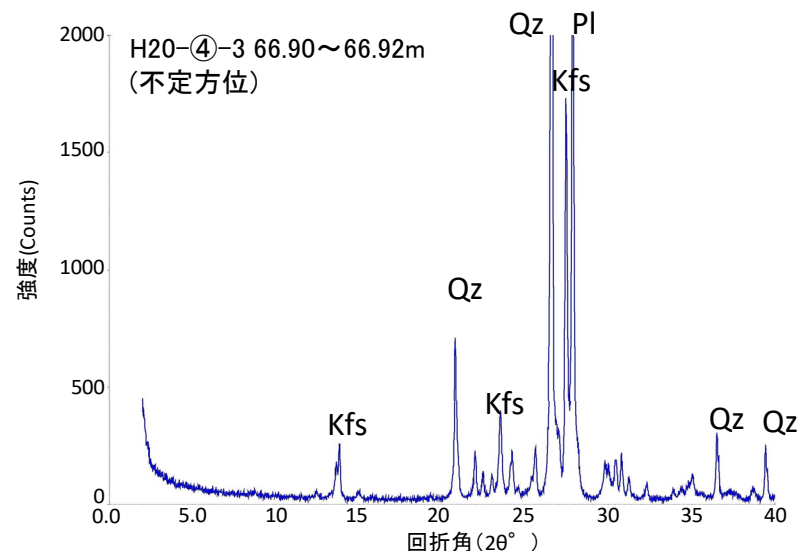
記号凡例
Sme: スメクタイト
Mca: 雲母粘土鉱物
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Kfs: カリ長石

- H24-D1-1孔 深度59.16mから採取した破碎部のガウジ部と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1孔 深度59.16mの破碎部のガウジ部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、スメクタイトとわずかにカオリナイトが認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1孔 深度59.16mの破碎部の断層ガウジは熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1孔 59.16m(断層ガウジ)のチャート

水簸及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



新鮮な花崗斑岩のチャート

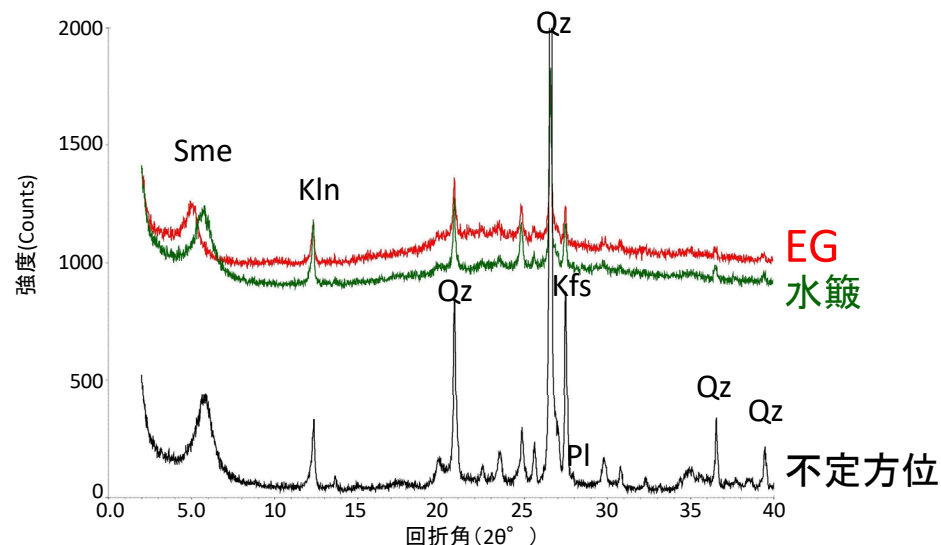
X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破碎部 断層ガウジ	H24-D1-1 59.16m	△		・		◎	・	○

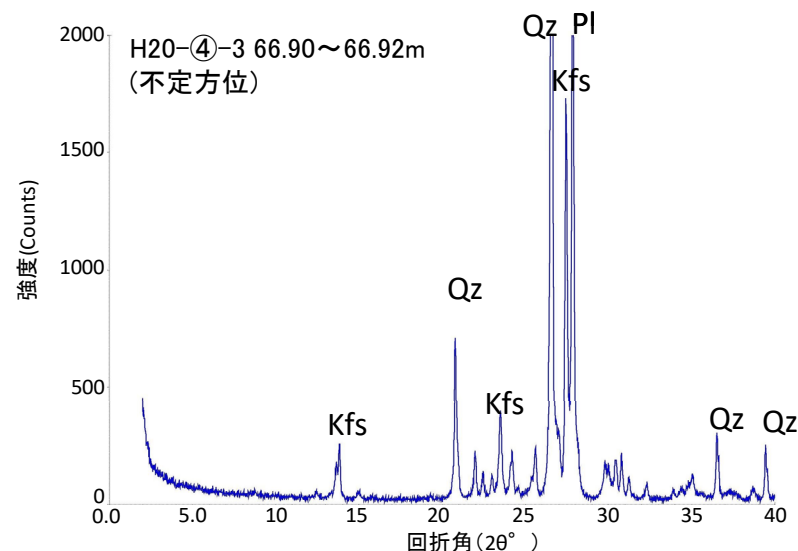
記号凡例

Sme: スメクタイト
Kln: カオリナイト
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Kfs: カリ長石

- H24-D1-1 孔 深度60.15mを最新活動面とする破砕部(D-1破砕帯)の断層ガウジから採取した試料と新鮮な花崗斑岩の鉱物組成を比較した。
- H24-D1-1 孔 深度60.15mの破砕部は新鮮な花崗斑岩に比べ斜長石やカリ長石の割合が小さくなっている。一方、スメクタイトとカオリナイトが認められる。
- 井上(2003)によれば、H24-D1-1 孔 深度60.15mは熱水変質作用を受けていると推定される。



H24-D1-1 孔 60.15m (D-1破砕帯) のチャート
水簸及びEG処理を施した試料の回折パターンは見やすくするため
不定方位の回折パターンの上方にずらして表示した。



新鮮な花崗斑岩のチャート

X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90~66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎
破砕部 断層ガウジ	H24-D1-1 60.15m	△		△		◎	(・)	○

記号凡例
Sme: スメクタイト
Kln: カオリナイト
Qz: 石英
Pl: 斜長石
Kfs: カリ長石

1.2 コメント回答／粘土鉱物の成因の検討 (1239-11, 1239-12)

余白

粘土鉱物の成因の検討について

【コメントNo.1239-11】

XRD分析について、生成温度が比較的高い雲母粘土鉱物、カオリナイトについては、いずれも「微量」以下の検出又は不検出であること、また、母岩の風化部でも同程度の検出であるため破碎部特有のものとはいえないことから、対象とした破碎部が後期更新世以前の古い時代の熱水変質作用を受けているとする根拠を再度説明すること。

【コメントNo.1239-12】

長石類のEPMA分析(斜長石の曹長石化)については、検討対象としている断層の破碎部やその近傍で行われておらず、母岩等で分析したものであるため、分析位置が適切でないこと、また、変質の程度が弱い試料(新鮮岩)でも曹長石が比較的多く認められており、曹長石が検討対象としている断層の破碎部やその近傍だけで認められていることが確認できていないことから、対象とした破碎部が熱水変質作用を受けたとする根拠を再度説明すること。

【回答要旨】

- XRD分析の結果、破碎部にはスメクタイト、雲母粘土鉱物、カオリナイトの生成が認められるが、花崗斑岩の風化部及び強風化部にはスメクタイトが含まれていないことから、スメクタイトは常温でも生成するものの、破碎部のスメクタイトは風化ではなく熱水変質によって生成したと考えられる。また、破碎部は新鮮な花崗斑岩と比較して斜長石やカリ長石の割合が少なくなっていることや、風化部や強風化部と比較してカリ長石の割合が少なくなっていることも熱水変質を受けたためであると考えられる。
- 長石類のEPMA分析について、破碎部周辺に見られる変質部は破碎部と同様の変質を受けていると考えられること、破碎部に当たる変質区分4は変質の影響が大きく長石の確認が困難であることから、変質区分1(新鮮岩)及び破碎部周辺の変質区分2,3を対象として分析を行った。その結果、変質区分の程度が大きいものほどアルバイト率が高いことから、熱水変質作用によって曹長石化(アルバイト化)したものと判断した。
- 井上(2003)より、EPMA分析で斜長石の曹長石化(アルバイト化)が進んでいる状況は比較的高温の熱水活動に伴ってもたらされた状況であると判断した。また、雲母粘土鉱物、カオリナイトは高温環境下で生成する鉱物であることから、XRD分析において両鉱物が検出された破碎部があることは破碎部が熱水変質を受けたと考えられる状況と整合している。
- 雲母粘土鉱物、カオリナイトについてはいずれも「微量」以下の検出又は不検出であり、母岩の風化部でも同程度の検出の結果であるものの、XRD分析結果より熱水変質作用を受けたと考えられる破碎部が敷地全体に点在していることや、露頭観察結果及び長石類のEPMA分析結果も踏まえると、敷地全体の破碎部は広く熱水変質作用を受けていると判断される。

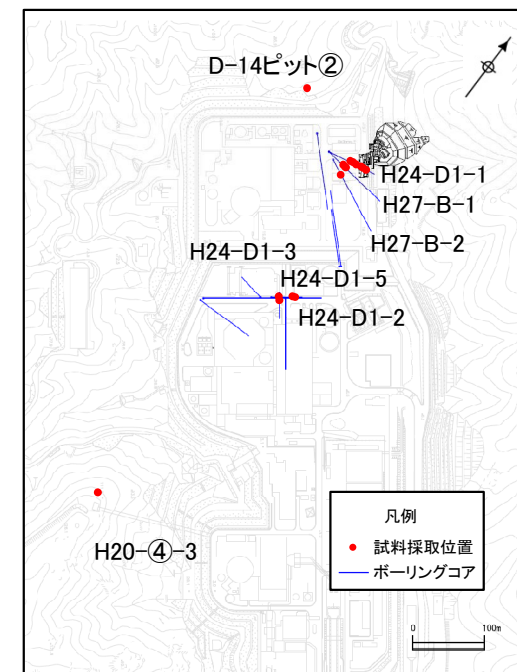
粘土鉱物の成因の検討 破碎部の断層ガウジ及び花崗斑岩のX線回折分析結果

第1202回審査会合
資料1-1 修正

- ・ 網目状に発達した粘土細脈の成因について把握するため、破碎部の断層ガウジ、風化した花崗斑岩及び新鮮な花崗斑岩についてX線回折分析を行った。
- ・ その結果、破碎部の断層ガウジにはスメクタイト、雲母粘土鉱物、カオリナイトの生成も認められたが、花崗斑岩の風化部及び強風化部にはスメクタイトが含まれていないことから、スメクタイトは常温でも生成するものの、破碎部のスメクタイトは風化ではなく熱水変質によって生成したと考えられる。また、破碎部の断層ガウジは新鮮な花崗斑岩と比較して斜長石やカリ長石の割合が少なくなっていることや、風化部や強風化部と比較してカリ長石の割合が少なくなっていることも熱水変質作用を受けたためであると考えられる。
- ・ 以上のことから、**破碎部は熱水変質を受けている**と判断した。

X線回折分析結果

試料採取位置		スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
		面指数 (0 0 1)	面指数 (0 0 2)	面指数 (0 0 1)	面指数 (0 0 2)	面指数 (1 0 1)	面指数 (0 0 2)	面指数 (0 0 2)
破碎部 断層ガウジ 孔名の後の数字は 最新活動面の深度 を示す。	H24-D1-1 45.94m	(・)		((・))		◎	△	△
	H24-D1-1 46.45m	・	(・)			◎	△	△
	H24-D1-1 47.65m	・				◎	・	△
	H24-D1-1 49.82m	△	((・))	((・))		◎	△	△
	H24-D1-1 53.80m	△	((・))	(・)		◎	△	△
	H24-D1-1 59.16m※1	△		△		◎	(・)	○
	H24-D1-1 59.16m	△		・		◎	・	○
	H24-D1-1 60.15m(D-1破碎帯)	△		△		◎	(・)	○
	H24-D1-1 68.93m	(・)	(・)	(・)		◎	・	△
	H24-D1-1 79.19m	△		・		◎		○
	H24-D1-1 89.95m(D-33破碎帯)	△		((・))		◎	・	△
	H27-B-1 44.31m	・				◎	・	△
	H27-B-1 47.40m	・	(・)	・		◎	△	△
	H27-B-1 53.17m	△		(・)		◎		△
	H27-B-2 34.37m	(・)		(・)		◎	△	△
	H24-D1-3 14.47m(H-4'破碎帯)	△	・			◎	・	△
	H24-D1-3 52.13m	△		((・))		◎	△	△
	H24-D1-2 31.46m	△	((・))	(・)		◎	・	△
	H24-D1-5 10.21m(H-3d破碎帯)	・	(・)	((・))		◎	(・)	△
花崗斑岩 強風化部	D-14ピット②(強風化)		(・)	・		◎	・	◎
花崗斑岩 風化部	D-14ピット②(風化)		・	・		◎	△	◎
花崗斑岩 新鮮部	H20-④-3 66.90～66.92m		((・))		((・))	◎	◎	◎

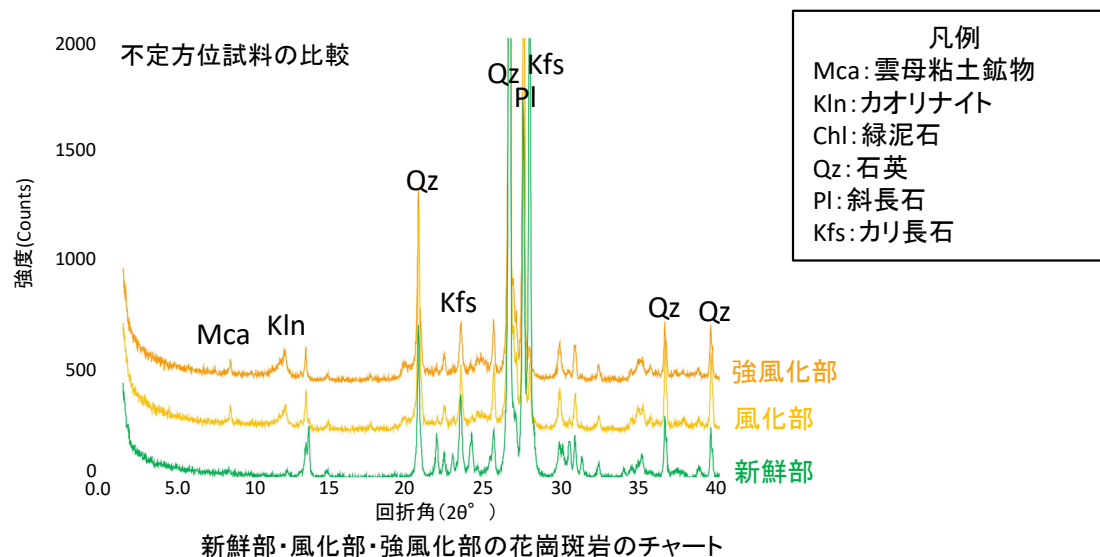
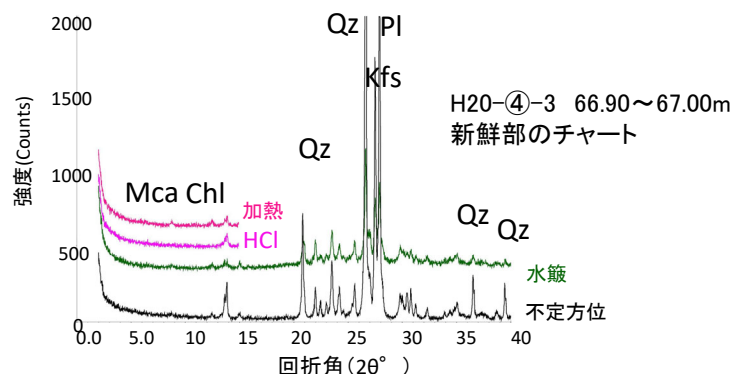
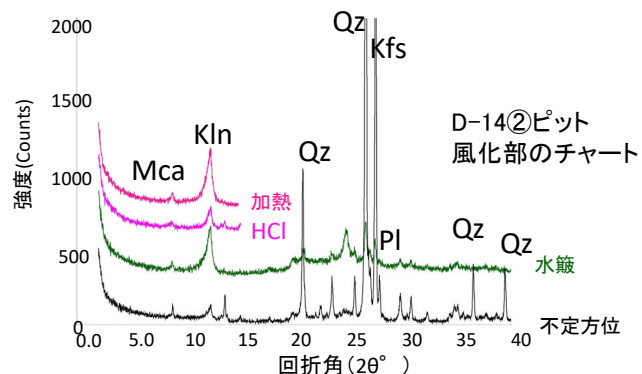
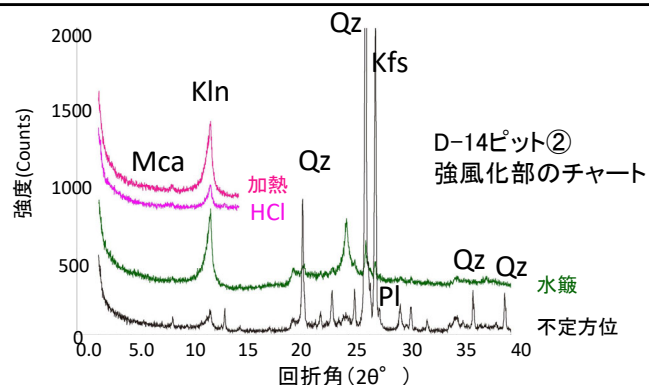


試料採取位置図

- 凡例
- ◎ : 多量(カウント数(I) ≥ 1300)
 - : 中量(1300 > I ≥ 650)
 - △ : 少量(650 > I ≥ 130)
 - ・ : 微量(130 > I ≥ 65)
 - (・) : 極微量(65 > I)
 - ((・)) : 極微量で定方位測定時のみピークを確認

※1 最新活動面が59.16mの断層ガウジの上端から上方2cmの位置にあるカタクレーサイトから試料を採取した。

- 風化による鉱物組成変化を確かめるため、風化度の異なる花崗斑岩3試料のXRD分析を実施した。
- 風化部および強風化部はD-14②ピットから、新鮮部はH20-④-3孔の深度69.90～67.00mから試料を採取した。
- いずれの試料においてもスメクタイトは含まれない。風化部及び強風化部にスメクタイトが含まれないことから、破碎部のスメクタイトは風化ではなく熱水変質によって生成したと考えられる。
- 石英とカリ長石は風化の程度に関係なく多量に含まれている一方、斜長石は風化の程度が大きいほど割合が少なくなっている。



X線粉末回折結果(基本は不定方位分析の回折強度を使用)

風化区分	試料採取位置	スメクタイト	雲母粘土鉱物	カオリナイト	緑泥石	石英	斜長石	カリ長石
強風化部	D-14ピット②		(・)	・		◎	・	◎
風化部	D-14ピット②		・	・		◎	△	◎
新鮮部	H20-④-3 66.90～67.00m		((・))		((・))	◎	◎	◎

凡例 ◎:多量 ○:中量 △:少量 ・:微量 (・):極微量 ((・)):極微量で、定方位測定時のみピークを確認

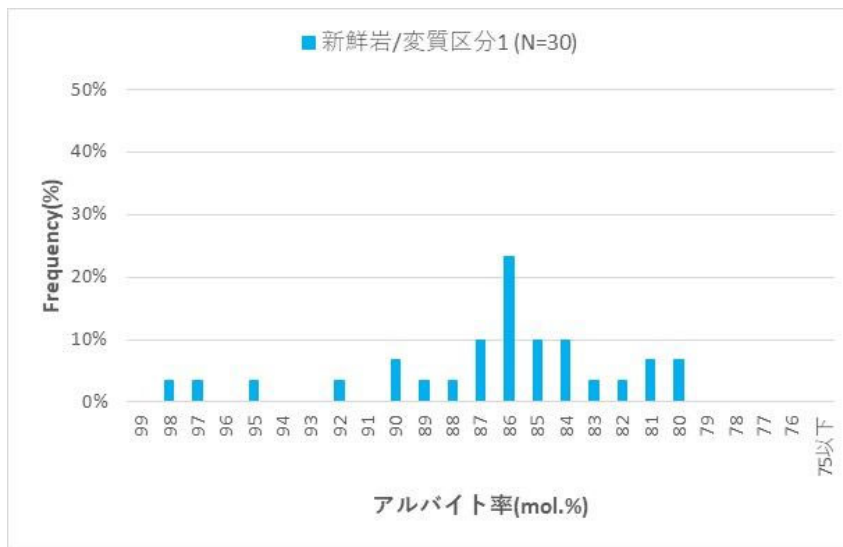
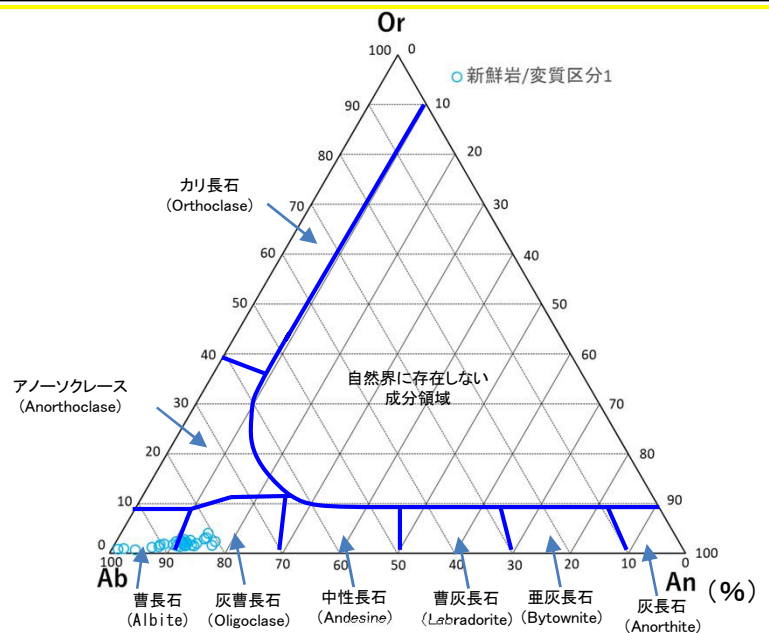
- ・ 敷地における熱水変質の状況については、一般財団法人日本建設情報総合センター(1999)の変質区分を参考に**変質作用の程度に応じて4つに区分した。**
- ・ **長石類のEPMA分析について、破砕部周辺に見られる変質部は破砕部と同様の変質を受けていると考えられること、破砕部に当たる変質区分4は変質の影響が大きく長石の確認が困難であることから、変質区分1(新鮮岩)及び破砕部周辺の変質区分2,3を対象として分析を行った。**

熱水による変質区分

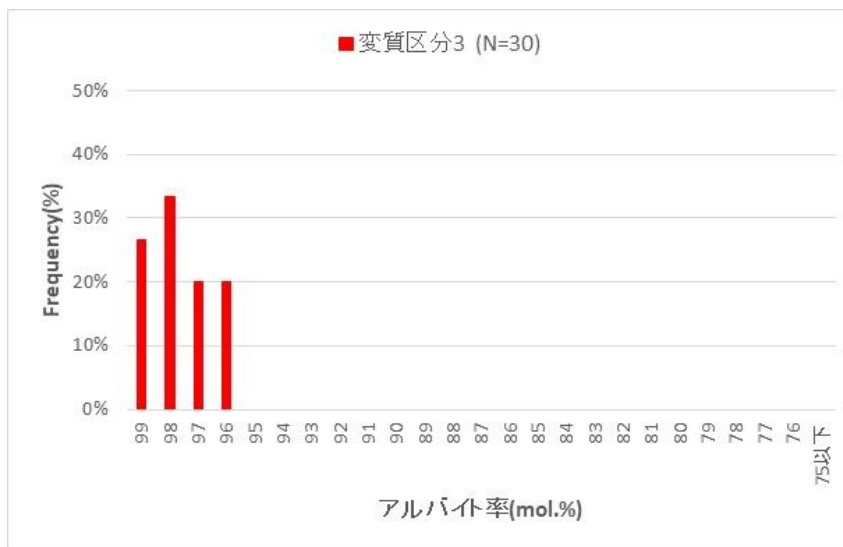
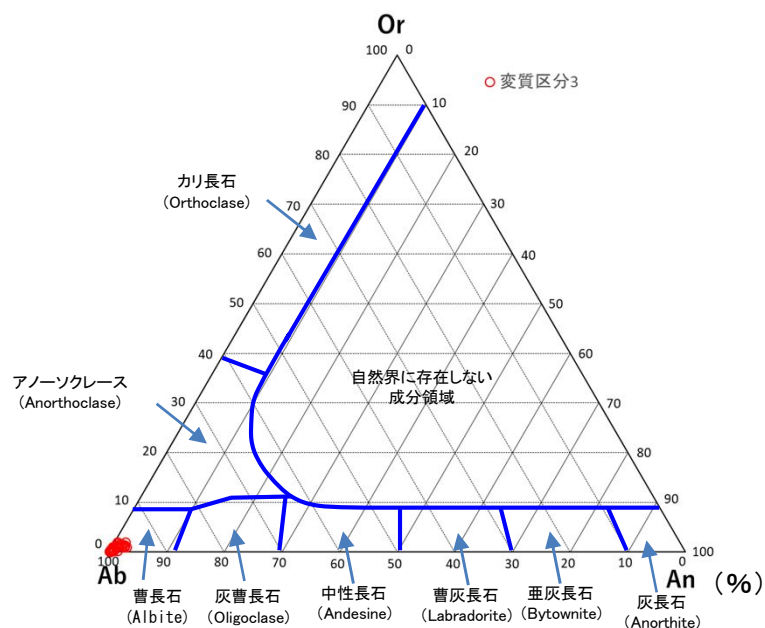
変質区分	敦賀発電所における変質区分	コア写真	(参考)一般財団法人日本建設情報総合センター(1999)の変質区分
変質1	肉眼的に変質鉱物の存在が認められないもの。	 H19-No.1孔 深度129.50~129.70m	非変質 肉眼的に変質鉱物の存在が認められないもの。
変質2	原岩組織を完全に残し、変質程度(脱色)が低いもの。あるいは非変質部の割合が高いもの(肉眼で50%以上)。	 H27-B-4孔 深度100.40~100.60m	弱変質 原岩組織を完全に残し、変質程度(脱色)が低いもの。あるいは非変質部の割合が高いもの(肉眼で50%以上)。
変質3	肉眼で変質が進んでいると判定できるが、原岩組織を明らかに残し、原岩判定が容易なもの。又は非変質部を残すもの及び網目状変質部。	 H24-B14-2孔 深度48.70~48.90m	中変質 肉眼で変質が進んでいると判定できるが、原岩組織を明らかに残し、原岩判定が容易なもの。または非変質部を残すものおよび網目状変質部。
変質4	構成鉱物、岩片等が変質鉱物で完全に置換され、原岩組織を全く～殆ど残さないもの。	 H27-B-4孔 深度64.15~64.35m	強変質 構成鉱物、岩片等が変質鉱物で完全に置換され、原岩組織を全く～殆ど残さないもの。

弱い
↑
変質
↓
強い

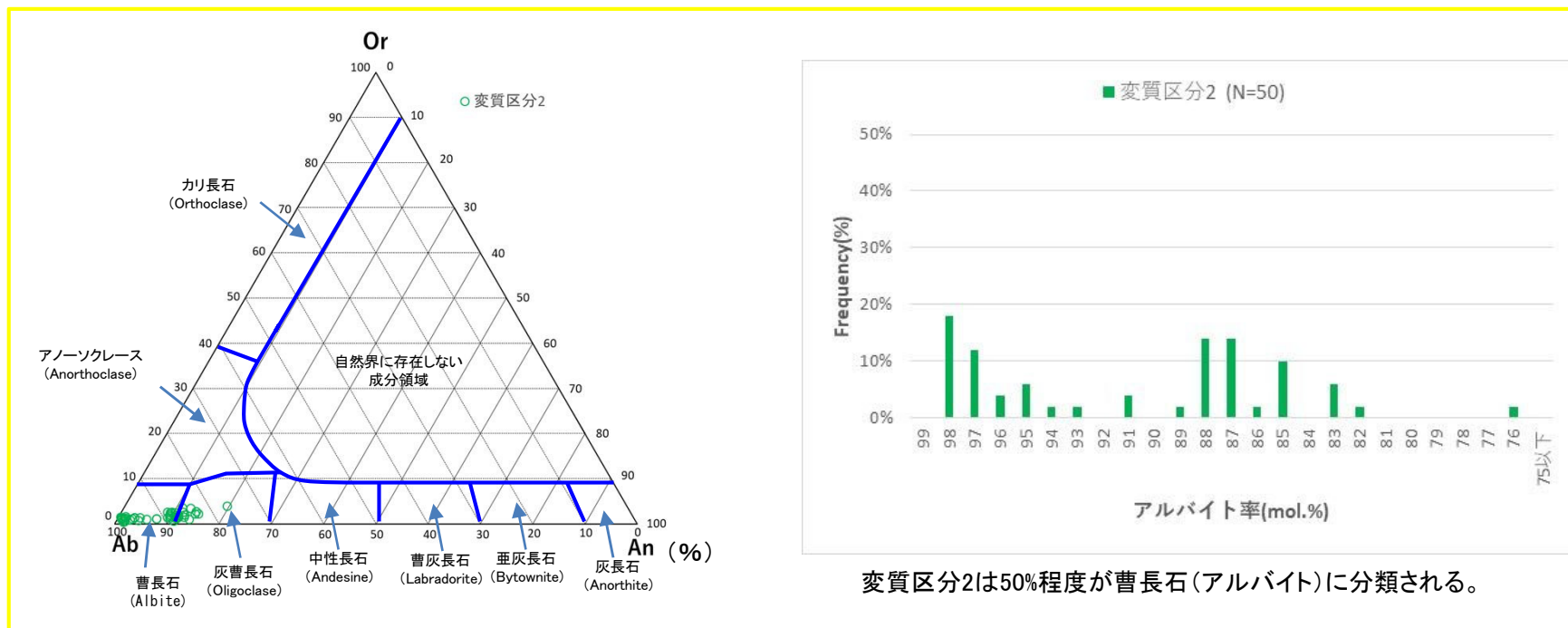
- 変質区分に応じた曹長石化(アルバイト化)の程度を比較するためにEPMA分析を行った結果、変質区分の程度が大きいものほどアルバイト率が高いことから、熱水変質作用によって曹長石化(アルバイト化)したものと判断した。
- 新鮮な花崗斑岩の斜長石は灰曹長石から曹長石(アルバイト)に分類されるが、変質区分3の斜長石はすべて曹長石(アルバイト)に分類される。



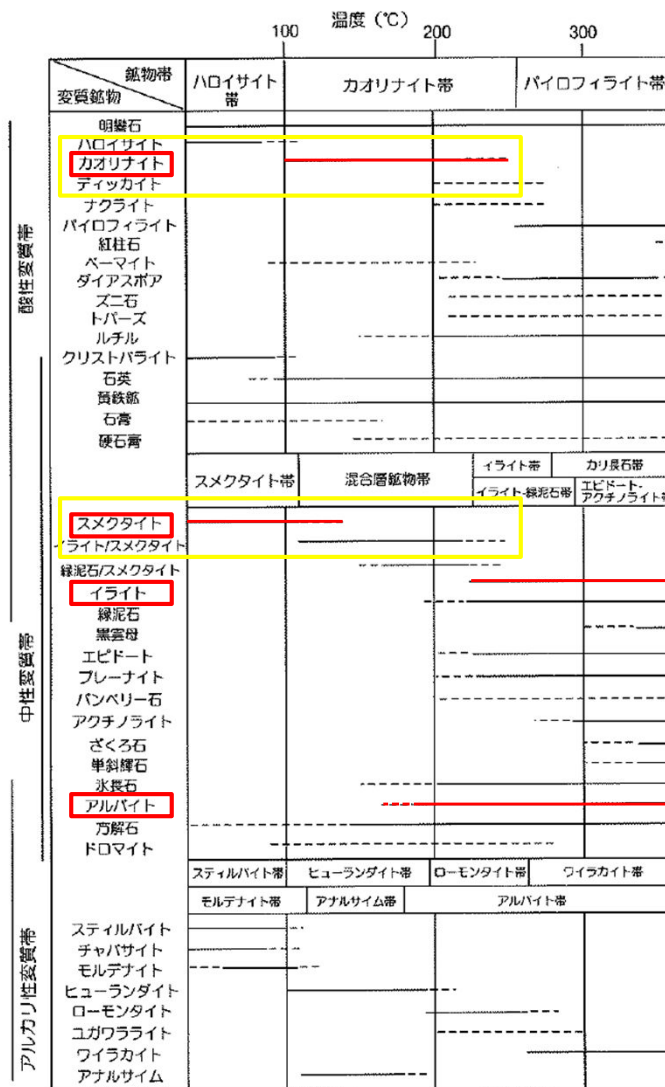
変質区分1(新鮮岩)で曹長石(アルバイト)に分類されるデータは30%程度だが、変質区分3では全てのデータが曹長石(アルバイト)に分類される。



- 変質区分に応じた曹長石化(アルバイト化)の程度を比較するためにEPMA分析を行った結果、変質区分の程度が大きいものほどアルバイト率が高いことから、熱水変質作用によって曹長石化(アルバイト化)したものと判断した。
- 新鮮な花崗斑岩の斜長石は灰曹長石から曹長石(アルバイト)に分類されるが、変質区分3の斜長石はすべて曹長石(アルバイト)に分類される。



- 井上(2003)より, EPMA分析で斜長石の曹長石化(アルバイト化)が進んでいる状況は比較的高温の熱水活動に伴ってもたらされた状況であると判断した。
- XRD分析の結果, 破砕部の断層ガウジにはスメクタイト, 雲母粘土鉱物, カオリナイトの生成も認められたが, 花崗斑岩の風化部及び強風化部にはスメクタイトが含まれていないことから, スメクタイトは常温でも生成するものの, 破砕部のスメクタイトは風化ではなく熱水変質によって生成したと考えられる。
- また, 雲母粘土鉱物, カオリナイトは高温環境下で生成することから, XRD分析において両鉱物が検出された破砕部があることは破砕部が熱水変質を受けたと考えられる状況と整合している。



注) イライトは雲母粘土鉱物の一種である。

図9 各変質帯に特徴的な鉱物とそれらの概略の生成温度(吉村(2001)を改変)。

- ・ 敷地の江若花崗岩や破碎部に認められる粘土鉱物について、以下の2点を総合的に検討した。
 - ① 粘土鉱物が風化変質でなく熱水変質作用により生成したこと（粘土鉱物の成因の検討）
 - ② 最新の変質作用の時期が敷地周辺の地史と矛盾しないこと（最新の変質作用の時期の検討）
- ・ 検討の結果、以下の通り判断、確認した。
 - ① 破碎部の粘土鉱物は熱水変質によって生成したと判断した。
 - ② 最新の変質作用の時期は敷地周辺の地史と矛盾しないことを確認した。

粘土鉱物に関する検討項目と検討結果

検討項目		検討結果
①	露頭観察	・ 露頭観察の結果、敷地の江若花崗岩や破碎帯についても熱水変質作用の特徴である粘土細脈が網目状に発達し、軟質化している状況が認められる。
	XRD分析	・ 破碎部の断層ガウジ、風化した花崗斑岩及び新鮮な花崗斑岩についてX線回折分析を行った結果、破碎部の断層ガウジにはスメクタイト、雲母粘土鉱物、カオリナイトの生成も認められたが、花崗斑岩の風化部及び強風化部にはスメクタイトが含まれていないことから、スメクタイトは常温でも生成するものの、破碎部のスメクタイトは風化ではなく熱水変質によって生成したと考えられる。 ・ また、破碎部の断層ガウジは新鮮な花崗斑岩と比較して斜長石やカリ長石の割合が少なくなっていることや、風化部や強風化部と比較してカリ長石の割合が少なくなっていることも熱水変質作用を受けたためであると考えられる。 ・ 以上のことから、破碎部は熱水変質を受けていると判断した。※
	長石類のEPMA分析	・ 変質区分に応じた曹長石化（アルバイト化）の程度を比較するためにEPMA分析を行った結果、変質区分の程度が大きいものほどアルバイト率が高いことから、熱水変質作用によって曹長石化（アルバイト化）したものと判断した。 ・ 新鮮な花崗斑岩の斜長石は灰曹長石から曹長石（アルバイト）に分類されるが、変質区分3の斜長石はすべて曹長石（アルバイト）に分類される。
②	粘土鉱物のK-Ar年代測定	江若花崗岩、ドレライト及びこれらに見られる変質部に関する分析の結果は、若狭湾周辺に第四紀火山が存在しないなど、ドレライトの貫入時期（約21Ma）以降の熱水活動は見られないとされている地史と矛盾していないことを確認した。

※雲母粘土鉱物、カオリナイトについてはいずれも「微量」以下の検出又は不検出であり、母岩の風化部でも同程度の検出の結果であるものの、XRD分析結果より熱水変質作用を受けたと考えられる破碎部が敷地全体に点在していることや、露頭観察結果及び長石類のEPMA分析結果も踏まえると、敷地全体の破碎部は広く熱水変質作用を受けていると判断される。

2. コメント一覧

令和5年12月8日 第1210回審査会合コメント

第2回現地調査
資料 連-1 修正

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答時期(資料提出時期)
1210-7	令和5年 12月8日	第1210回	K断層の南方 への連続性 評価(連続性 評価基準)	ふげん道路ピット東法面(上段)の⑦のせん断面については、堆積層中で傾斜が逆転しているため、正断層センスになると考えられる。今後議論するK断層の連続性の評価の際には、同じ断層でも、確認箇所によっては局所的に走向・傾斜、変位センスが異なる場合もあることも踏まえて説明すること。	7月中旬

令和5年12月14,15日 第1回現地調査コメント

第2回現地調査
資料 連-1 修正

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答時期(資料提出時期)
現地調査-24	令和5年 12月14,15日	第1回 現地調査	K断層の連続 性評価	K断層の連続性評価の資料についても, これまでの審査コメントを踏まえ充実化を行うこと。	第1239回審査会合にてご説明

凡例



:説明済のコメント

令和6年2月9日 第1225回審査会合コメント

第2回現地調査
資料 連-1 修正

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答時期(資料提出時期)
1225-5	令和6年 2月9日	第1225回	スケジュール 及び手順	今後の審査会合の進め方に関し、次回審査会合は、K断層の活動性に係る未回答の指摘事項への回答及びK断層の連続性についての確認、議論をする。	第1239回審査会合にてご説明
1225-6	令和6年 2月9日	第1225回	スケジュール 及び手順	今後の審査会合の進め方に関し、次回審査会合後は、K断層の連続性に係る地質データの事前の確認を目的とした現地確認を実施する。	以下の通り現地確認を実施 ボーリングコア:4月17, 18日 薄片試料:4月25日

令和6年3月22日 第1239回審査会合コメント

第2回現地調査
資料 連-1 修正

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答時期(資料提出時期)
1239-1	令和6年 3月22日	第1239回	スケジュール 及び手順	K断層の連続性に関連して、K断層の連続性評価に用いられた計14孔のボーリングコア及び鉱物脈の評価に用いられた薄片等のデータについて、事務方による現地確認を4月中に予定している。また、最新活動面と鉱物脈との切り合い関係に関し、検討対象としている断層の破砕部の薄片等のデータについて現地確認の際に合わせて確認する。	以下の通り現地確認を実施 ボーリングコア:4月17, 18日 薄片試料:4月25日
1239-2	令和6年 3月22日	第1239回	スケジュール 及び手順	次回審査会合では、事業者が5月まで回答としているK断層の活動性に係る全ての指摘事項、及び本日の会合で議論したK断層の活動性及び連続性に係る指摘事項の回答について議論を予定している。なお、本日の会合で議論した指摘事項の回答については、活動性評価を優先して回答し、連続性評価については優先順位を考慮して回答すること。	活動性評価: 第1256回審査会合にてご説明 連続性評価: 6月中旬及び7月中旬
1239-7	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(連続性 評価基準)	敷地の破砕帯の連続性評価基準(幾何学的位置関係及び走向・傾斜の類似性)を用いてK断層の南方への連続性を評価するにあたって、評価基準の根拠としているデータは、K断層ではない他の破砕帯を対象とし、また、その取得場所は、K断層が認められるD-1トレンチ内ではなく、2号炉基礎掘削面や1号炉原子炉建屋南方斜面であり、当該データとK断層との類似性の判断及び連続性の評価に適用できる根拠が示されていないことから、当該基準をK断層の連続性評価に用いることができるとする科学的・技術的な根拠を再度説明すること。	7月中旬
1239-8	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(連続性 評価基準)	敷地の破砕帯の連続性評価基準(走向・傾斜の類似性)を用いてK断層の南方への連続性を評価するにあたって、走向・傾斜の差が $\pm 20^\circ$ 以内と設定しているが、D-1トレンチ内のK断層は当該評価基準の範囲外のものが多数認められることから、設定値が妥当とする科学的・技術的な根拠を再度説明すること。	7月中旬
1239-9	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(連続性 評価基準)	敷地の破砕帯の連続性評価基準(破砕部の性状の類似性)を用いてK断層の南方への連続性を評価するにあたって、D-1トレンチ内のK断層のデータ、特徴を踏まえずに設定されていることから、当該評価基準が妥当とする科学的・技術的な根拠を再度説明すること。	7月中旬

令和6年3月22日 第1239回審査会合コメント

第2回現地調査
資料 連-1 修正

No.	日付	回次	区分	コメント内容	回答時期(資料提出時期)
1239-10	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(鉱物脈 法に基づく検 討)	XRD分析について、検討対象としている断層の7箇所の破碎部のうち4箇所で行われているが、対象とした破碎部すべての分析結果を示すこと。	6月中旬
1239-11	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(鉱物脈 法に基づく検 討)	XRD分析について、生成温度が比較的高い雲母粘土鉱物、カオリナイトについては、いずれも「微量」以下の検出又は不検出であること、また、母岩の風化部でも同程度の検出であるため破碎部特有のものとはいえないことから、対象とした破碎部が後期更新世以前の古い時代の熱水変質作用を受けているとする根拠を再度説明すること。	6月中旬
1239-12	令和6年 3月22日	第1239回	K断層の南方 への連続性 評価(鉱物脈 法に基づく検 討)	長石類のEPMA分析(斜長石の曹長石化)については、検討対象としている断層の破碎部やその近傍で行われておらず、母岩等で分析したものであるため、分析位置が適切でないこと、また、変質の程度が弱い試料(新鮮岩)でも曹長石が比較的多く認められており、曹長石が検討対象としている断層の破碎部やその近傍だけで認められていることが確認できていないことから、対象とした破碎部が熱水変質作用を受けたとする根拠を再度説明すること。	6月中旬