
敦賀発電所2号炉

発電用原子炉設置変更許可申請の補正の概要について

(敷地内のD-1トレンチ内に認められるK断層の活動性
及び原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性)

令和5年9月11日

日本原子力発電株式会社

余白

目次

○ 発電用原子炉設置変更許可申請の補正について	5
1. 今回補正の範囲に関する基本的な考え方について	6
2. 今回補正における品質の確保について	7
3. 最新の審査状況の反映等によるデータ拡充について	8
4. K断層の連続性評価方針と検討の流れ	9
5. K断層の活動性評価方針と検討の流れ	10
6. K断層の連続性評価結果の概要	11
7. K断層の活動性評価結果の概要	12
○ 別紙1 補正前後比較表(「添付書類六 7.4.4 敷地の地質・地質構造」 の文章部分)	
○ 別紙2 補正書図面抜粋	

余白

発電用原子炉設置変更許可申請の補正について

当社は、「敦賀発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書(2号発電用原子炉施設の変更)の補正について(指導)」(令和5年4月18日付け原規規発第2304185号)(以下「指導文書」という。)に基づき、平成27年11月5日付け総室発第78号をもって申請(令和4年1月12日付け総室発第78号で一部補正)した敦賀発電所発電用原子炉設置変更許可申請書(2号発電用原子炉施設の変更)の添付書類のうち、敷地内のD-1トレンチ内に認められるK断層の活動性(以下「K断層の活動性」という。)及び原子炉建屋直下を通過する破砕帯との連続性(以下「K断層の連続性」という。)に関係する部分について、令和5年8月31日に補正(以下「今回補正」という。)を行った。

1. 今回補正の範囲に関する基本的な考え方について

指導文書に基づき、基本的な考え方を整理して範囲を定めて今回補正を行った。(6頁)

2. 今回補正における品質の確保について

今回補正に至るこれまでの審査資料の誤りに対し、以下の業務プロセス改善によって、資料の品質を確保するとともに、K断層の活動性及びK断層の連続性に係る全データのトレーサビリティを確保した。

(1)第1099回審査会合(令和4年12月9日)までに改善した品質保証システムに基づく業務プロセスの実施(柱状図記事欄書き換え不適合対応)(7頁)

(2)第1126回審査会合(令和5年3月17日)にて当社より報告した「審査資料における薄片試料作製位置の一部誤り等」不適合対応(是正処置の立案, 実施)(7頁)

3. 最新の審査状況の反映等によるデータ拡充について

今回補正においては、これまでの審査で提示したデータから断層岩区分の評価に係るデータを拡充した。また、先行する他プラントの審査実績等を踏まえ、最新活動面の認定方法を見直すとともに、鉱物脈法、光ルミネッセンス年代測定等の採用によりデータを拡充した。これらにより、従前の評価結果をより確かなものとした。(8頁)

4. ～7. K断層の連続性及び活動性に係る評価方針と検討の流れ及び評価結果の概要について

K断層の連続性及びK断層の活動性に関する評価を実施するに当たっての評価方針と検討の流れを示すとともに、評価結果の概要を示す。(9～12頁)

1. 今回補正の範囲に関する基本的な考え方について

指導文書に基づき、K断層の活動性及びK断層の連続性に関係する部分について補正するに当たり、今回補正の範囲の基本的な考え方は以下の通りとした。なお、以下に示す範囲以外については、審査の進捗に応じて今後の補正の対象としていく。

- (1) 指導文書に基づく補正として、K断層の活動性及びK断層の連続性の評価に関し記載を追加した。具体的には、「7.4.4.2.3(2)c.D-1破砕帯」の直後に「7.4.4.2.3(2)d.K断層」を追加した。(別紙1:16~24頁)
- (2) (1)以外であっても、K断層の活動性及びK断層の連続性の評価結果に影響を与える部分については補正を行った。具体的には、以下の補正を行った。
 - 「7.4.4.2.1敷地の地形」のうち、敷地の地形に係る最新知見等の反映。(例:浦底断層に対応するリニアメント以外の変動地形の有無の確認)(別紙1:3頁)
 - 「7.4.4.2.2敷地の地質」のうち、敷地に分布する江若花崗岩、ドレライト、第四系における調査結果等の反映。(例:熱水変質の特徴、ドレライト中の粘土鉱物のK-Ar年代測定)(別紙1:3~6頁)
 - 「7.4.4.2.3(2)破砕帯等」のうち、K断層の活動性及びK断層の連続性評価に関連する記載の反映。(例:破砕部の断層岩区分の評価フロー、敷地の破砕帯の連続性評価基準等の追記、D-1トレンチ内の地層に係る調査結果等の反映、総合評価へのK断層の評価結果の反映)(別紙1:9,10,13~16,32頁)
 - 「7.4.4.2.1敷地の地形」、「7.4.4.2.2敷地の地質」、「7.4.4.2.3(2)破砕帯等」について、これまでのK断層の活動性及び連続性に係る審査コメントに基づく検討結果の反映。
- (3) 上記(1)及び(2)に関わる文献の追加(別紙1:41,42頁)等に伴う文献番号や図表の追加等に伴う図表番号の変更について補正を行った。また、以上にあわせて表現見直し等の記載の適正化を行っている。

2. 今回補正における品質の確保について

今回補正に至るこれまでの審査資料の誤りに対し、以下の業務プロセス改善によって、資料の品質を確保するとともに、K断層の活動性及びK断層の連続性に係る全データのトレーサビリティを確保した。

(1) 柱状図記事欄書き換え不適合対応

第833回審査会合(令和2年2月7日)において指摘を受けた柱状図記事欄書き換えの不適合に対しては、その後の原子力規制検査における確認と並行して品質保証システムを改善し、令和4年8月までに新たな業務プロセスを構築し、K断層の連続性に係る審査会合資料のデータについて、トレーサビリティを確保した。

(2) 審査資料における薄片試料作製位置の一部誤り等不適合対応

(1)にてトレーサビリティを確保したことの説明を行った第1099回審査会合資料について、薄片試料作製位置の一部誤り等の不適合を発見して対策を実施し、原因を分析して是正処置を立案した。

(1)の新たな業務プロセスに加えて(2)の是正処置を実施し、今回補正に係るデータ全体のトレーサビリティを確保した。

3. 最新の審査状況の反映等によるデータ拡充について

今回補正においては、評価結果をより確かなものにするため、これまでの審査の状況や先行プラントの審査実績等を踏まえた評価方法の追加、データ拡充を実施した。

連続性評価 K断層の南方延長への	<p>(1)破砕部の断層岩区分の評価の拡充 (別紙1:9頁 「7.4.4.2.3(2)a.破砕部の断層岩区分」)</p> <p>破砕部の断層岩区分の評価について、最新知見や原子力規制検査等を踏まえて、対象となる全破砕部に対して、肉眼観察による断層岩区分の評価と薄片観察による断層岩区分の評価、これらに基づく総合評価を実施した。</p>
	<p>(2)評価対象ボーリング孔の追加 (別紙1:17頁 「7.4.4.2.3(2)d.(a)調査内容」)</p> <p>K断層の連続性の検討を更に補強するため、対象とするボーリング10孔に加え、近接した位置で実施した4孔でも上記と同様の比較検討を行った。K断層南方から2号炉原子炉建屋直下にかけて、K断層と同じ性状の破砕部がないことを確認した。</p>
	<p>(3)最新活動面の認定方法 (別紙1:23頁 「7.4.4.2.3(2)d.(b) iii) 鉱物脈法に基づく検討」)</p> <p>従来の肉眼観察(必要に応じCT)による最新活動面の認定方法を見直し、先行プラントである関西電力(株)美浜発電所及び北陸電力(株)志賀原子力発電所の審査においても取り入れられている方法(CTによる破砕部観察、薄片の顕微鏡観察による確認等、マクロからミクロにかけての情報を収集して認定する方法)を採用した。</p>
	<p>(4)鉱物脈法の適用 (別紙1:17頁 「7.4.4.2.3(2)d.(a)調査内容」、別紙1:23,24頁 「7.4.4.2.3(2)d.(b) iii) 鉱物脈法に基づく検討」)</p> <p>K断層の連続性評価を補強する目的で、鉱物脈法を導入した。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)にある全ての破砕部について、最新活動面を鉱物脈が横断していることが認められ、当該の破砕帯の活動時期がK断層の活動時期と大きく異なっていることを確認した。</p> <p>なお、K断層は鉱物脈形成時期以降の活動が確認されているため、K断層の活動性評価に鉱物脈法を用いていない。</p>
活動性 K断層の	<p>(5)光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の適用 (別紙1:14~16頁 「7.4.4.2.3(2)c.(b) iv) D-1トレンチの調査」)</p> <p>K断層の活動時期を評価する目的で、OSL年代測定法を導入した。OSL年代測定法により、K断層の上載地層の年代を確認し、テフラ分析や花粉分析により特定した堆積年代と整合することを確認した。本手法は、先行プラントの審査でも実績がある手法である。</p>

4. K断層の連続性評価方針と検討の流れ

(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(11頁参照)。「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評価を行う。
- 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)

敷地の破砕帯の連続性評価基準の策定

(調査データ)
 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断層の分布及び性状の把握

(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

対象破砕部の位置及び性状の把握

(調査データ)
 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

K断層と対象破砕部との連続性評価
 (破砕部性状の比較)

1. 敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく連続性評価
 ① 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

鉱物脈法に基づく連続性の検討
 (最新活動時期の比較)

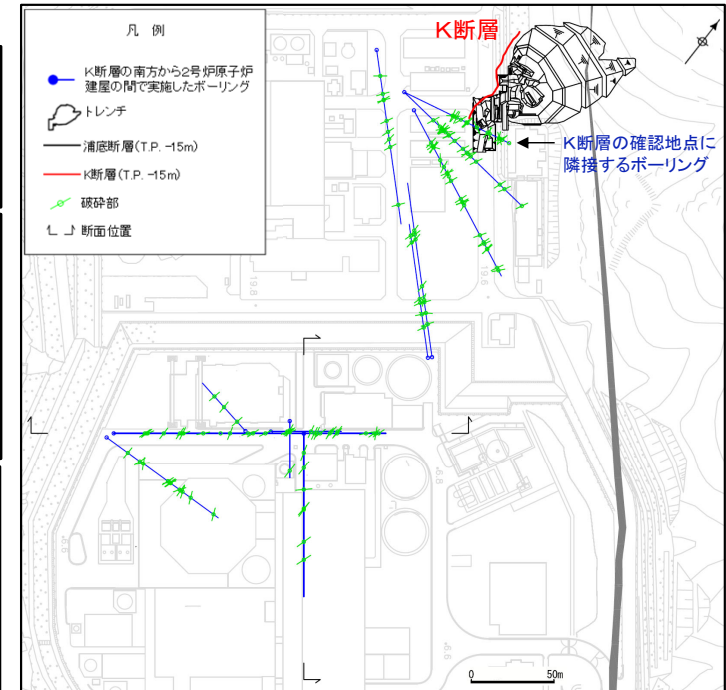
・敷地の江若花崗岩や破砕帯には熱水変質作用を受けている状況が認められることから、鉱物脈法を用いて、対象破砕部の最新活動時期を把握。
 ・K断層の確認地点の最南部に隣接するボーリングの破砕部のうち、敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく検討範囲にある全ての破砕部について、鉱物脈法を適用。
 ・鉱物脈法に基づく連続性検討(最新活動時期の比較)を行い、K断層と対象破砕部との連続性評価(破砕部性状の比較)を補強する。

2. 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

・連続性評価基準上、検討対象とならなかった破砕部についても念のため評価

(調査データ)
 K断層の最新活動時期: 上載地層法データ(10頁参照)
 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

K断層が原子炉建屋直下を通過する破砕帯と連続しているかどうかを判断



K断層と2号炉原子炉建屋の間にある破砕部の位置図

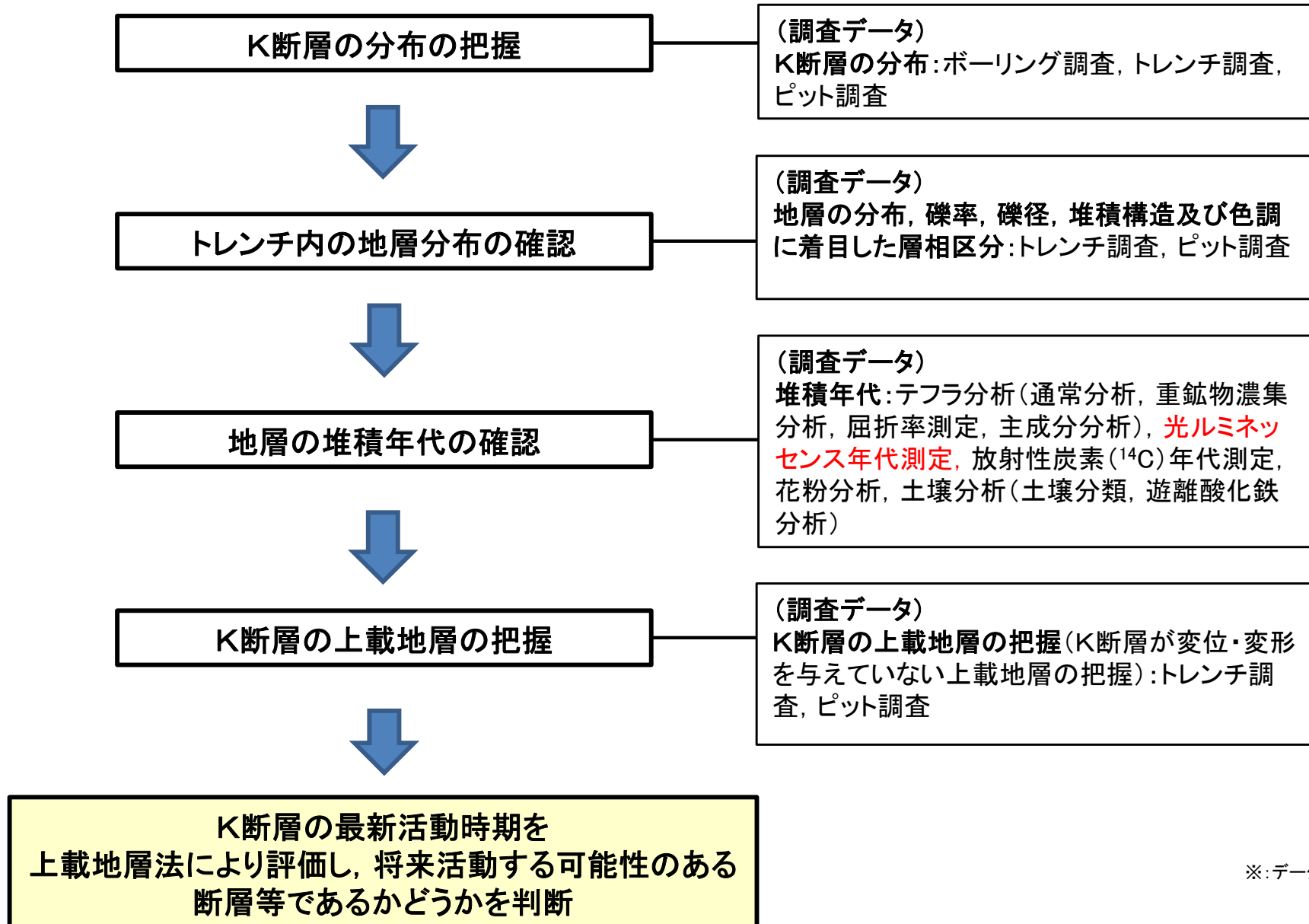
※: データ拡充を赤字で示す。

5. K断層の活動性評価方針と検討の流れ

(評価方針)

- K断層が将来活動する可能性のある断層等(後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動が否定できない断層等)であるかどうかについて、K断層を覆う地層(上載地層)の堆積年代を特定することにより、K断層の最新活動時期を把握し、評価する。

(検討の流れ)



※:データ拡充を赤字で示す。

6. K断層の連続性評価結果の概要

K断層の連続性評価

(D-1トレンチの調査)

(K断層南方～2号炉原子炉建屋の調査)

【別紙1:17～20頁】

「7.4.4.2.3(2)d.(b) i) K断層の連続性評価」

【別紙1:22頁】

「7.4.4.2.3(2)d.(b) ii) K断層の南方から2号炉原子炉建屋間の調査」

【別紙1:22,23頁】

「7.4.4.2.3(2)d.(b) ii) K断層の南方から2号炉原子炉建屋間の調査」

K断層の分布

●D-1トレンチ北西法面からふげん道路ピットに至る区間において連続して認められる断層

(根拠:第7.4.4.102図)
【例示:別紙2:6,7頁】

*(12頁)

K断層の性状

●D-1トレンチ内におけるK断層の性状

- ・主に南北走向
- ・中～高角度傾斜
- ・断層ガウジを伴う
- ・逆断層センス

(根拠:第7.4.4.115図他)
【例示:別紙2:8頁】

【別紙1:9頁】「7.4.4.2.3(2)a.破砕部の断層岩区分」

断層岩区分の評価

K断層の連続性評価に当たっては、全破砕部に対して、肉眼観察と薄片観察の両方を実施し、両者に基づく総合評価を実施。

(評価フロー及び考え方:第7.4.4.23～27図)
【例示:別紙2:12～20頁】

【別紙1:23頁】

「7.4.4.2.3(2)d.(b) iii) 鉱物脈法に基づく検討」

最新活動面の認定

露頭やボーリングコアの肉眼観察、CT画像観察、薄片観察等に基づき、巨視的観察から微視的観察にかけて順に実施。(先行プラントの実績反映)

(評価フロー:第7.4.4.34図)
【別紙2:30頁,例示:別紙2:31～36頁】

観察すべき最新面の特定

【別紙1:23,24頁】

「7.4.4.2.3(2)d.(b) iii) 鉱物脈法に基づく検討」

鉱物脈法に基づく連続性の検討 (最新活動時期の比較)

- ・K断層の確認地点に隣接するボーリング孔(H24-D1-1)における検討範囲内の全ての破砕部において鉱物脈を確認。
- ・上記破砕部は最新の熱水活動時期以降には活動していない。

(データ:第7.4.4.120～136図)
【例示:別紙2:37～41】

K断層の性状
H24-D1-1における対象範囲の薄片試料

K断層と対象破砕部との連続性評価 (破砕部性状の比較)

1.敷地の破砕帯の連続性評価基準に基づく連続性評価 【Step 1】

- ①K断層の確認地点に隣接するボーリング孔(H24-D1-1)における検討範囲(K断層と走向・傾斜共に±20°以内の範囲)の破砕部について、K断層と性状が異なるため連続しないことを確認。

(根拠:第7.4.4.117図) 【別紙2:23,24,26頁】

敷地の破砕帯の連続性評価基準

下記条件に整合するものを連続する破砕帯と評価。

(評価フロー:第7.4.4.32図) 【別紙2:10,11頁】

判断基準

- ・走向・傾斜共に±20°以内の範囲に隣り合う破砕部
- ※破砕部性状(走向・傾斜,断層岩区分,明瞭なせん断構造・変形構造,条線方向,変位センス)の類似性等

2.上記基準に基づく検討範囲にはない破砕部との連続性評価 【Step 2】

- ①上記ボーリング孔における1.①の検討範囲外の破砕部についても、K断層と性状が異なることを確認。

(根拠:第7.4.4.118図) 【別紙2:23,25,27頁】

- ②上記ボーリング孔以外の13孔の全破砕部について、K断層と性状が異なることを確認。(従前の9孔に4孔を追加)

【Step 3】

(根拠:第7.4.4.119図)

(柱状図データ:第7.4.4.220～238図)
破砕部データ:第7.4.4.248～425図)

最新活動時期の比較による連続性評価結果の補強

【別紙1:24頁】

「7.4.4.2.3(2)d.(b)調査結果」

【結論】

- K断層の南方にK断層の性状と類似する破砕部がないことを確認した。
- また、鉱物脈法で確認した最新活動時期から、K断層の確認地点に隣接するボーリング孔における対象範囲の破砕部とK断層では大きく異なっていることを確認した。
- 以上より、K断層と原子炉建屋直下を通過する破砕帯とは連続しない。

今回補正で新たに追加したデータ

7. K断層の活動性評価結果の概要

K断層の活動性評価

【別紙1:20~22頁】
「7.4.4.2.3(2)d.(b) i)」K断層の
活動性評価」

*(11頁)

【別紙1:13~16頁】
「7.4.4.2.3(2)c.(b) iv) D-1
トレンチの調査」

K断層の上載地層

D-1トレンチ北西法面:

- ・D-1トレンチに分布する地層は、花崗斑岩とそれを覆う第四系からなり、第四系は層相に基づき下位より①層~③層及び⑤層~⑨層の地層に区分した。
- ・③層は⑤層に不整合関係で覆われている。
- ・③層について礫率、礫径、堆積構造及び色調に着目した層相区分を行い、a層~o層に区分した。
- ・K断層は、③層中のk層に変位・変形を与えていないことを確認した。

(根拠:第7.4.4.104~110図) 【例示:別紙2:51頁】

原電道路ピット及びふげん道路ピット:

- ・③層をA層~D層に区分した。
- ・K断層は、③層中のD3層に変位・変形を与えていないことを確認した。

(根拠:第7.4.4.101~103図) 【例示:別紙2:52頁】

地層の堆積年代

a.テフラ(火山灰)による評価:

D-1トレンチ北西法面⑤層下部から、美浜テフラ(約12.7万年前に降灰)、明神沖テフラ(約12.3万年前に降灰)が確認された。(MIS5eの高海面期に降灰)
(根拠:第7.4.4.80図) 【例示:別紙2:45頁】

b.花粉による評価:

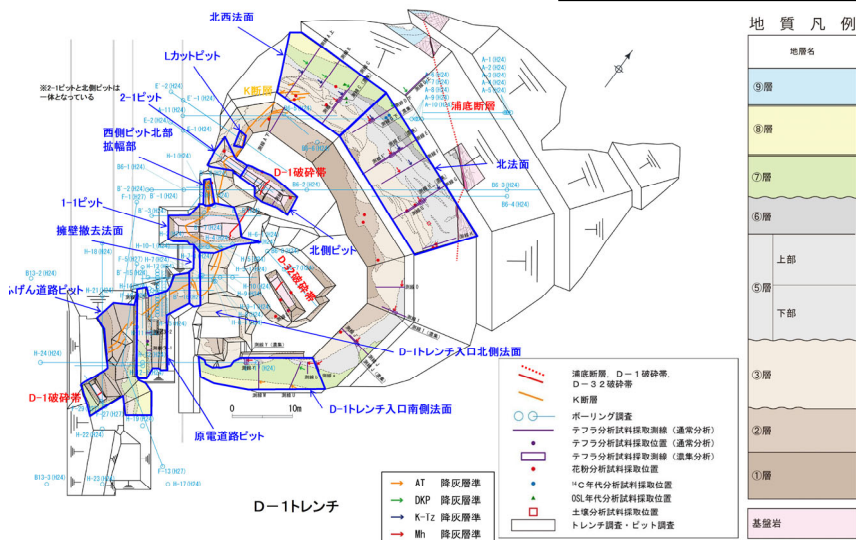
D-1トレンチ北西法面⑤層下部は、温暖な気候を示すアカガシ亜属を多く含んでおり、MIS5eの最高海面期(約12.3万年前)に堆積した地層と判断。
(根拠:第7.4.4.85図) 【別紙2:46頁】

c.光ルミネッセンス(OSL)年代測定法による評価:

- ・D-1トレンチ北西法面⑤層下部は、約12.6万年前に堆積したとの結果が得られ、a.及びb.の結果と整合する。
- ・原電道路ピット③層中のD3層は、約13万年以前に堆積したとの結果が得られた。
(根拠:第7.4.4.78,79図) 【別紙2:47~49頁】

年代評価結果の整合

D-1トレンチ 層相区分(第7.4.4.69図)



【別紙1:24頁】
「7.4.4.2.3(2)d.(b)調査結果」

【結論】

- トレンチ、ピットで確認されたK断層に対する上載地層法による活動性評価結果によれば、K断層は少なくともMIS6以前に堆積した地層(約13万年前以前に堆積:③層中のk層及びD3層)に変位・変形を与えていない。
- このため、**K断層は将来活動する可能性のある断層等ではない。**

【別紙1:24頁】:今回補正で新たに追加したデータ