

I . 概要編

1. 2号炉原子炉建屋直下を通るD-1破碎帯の評価について

(1) 評価書における判断の理由

去る5月22日、原子力規制委員会(以下「規制委員会」という。)は、当社の敦賀発電所敷地内破碎帯について有識者会合がとりまとめた評価書(以下「評価書」という。)を了承した。

その評価書においては、「現在までに得られたデータ等をもとに『敦賀発電所2号炉原子炉建屋直下を通るD-1破碎帯については、後期更新世以降の活動が否定できないものであり、したがって、耐震指針における「耐震設計上考慮する活断層」である』旨判断できるとした。」としている。

その判断の理由として、以下の2つの観点からの評価を示している。

(ア) K断層、G断層、D-1破碎帯の活動時期

(イ) K断層、G断層、D-1破碎帯の連続性

【別添1】

(2) 規制委員会における議論

5月22日の規制委員会においては、上記2つの観点からの評価内容に関しては、実質的な議論をほとんど行うことなく、主として調査経過や調査方法などについて短時間の審議をただけで、評価書を了承した。(なお、当社はここでの議論内容に対しては、公表資料(平成25年6月7日付け「敦賀発電所敷地内破碎帯の調査に係る当社の対応の事実関係について」)により意見を表明している。)

(3) 判断に至る2つの観点からの評価

- ① 当社は、6月末時点におけるD-1破碎帯の調査結果に基づき、本報告書を取り纏めた。本報告書において、K断層、G断層、D-1破碎帯のそれぞれの(ア)活動時期、及びそれらの(イ)連続性について、考察する。
- ② 評価書においては、当社がこれまで提示した調査方法や、調査データ等の技術的問題点を幾つか指摘する一方、客観的事実やデータの裏付けを示すことなく、可能性のみの根拠により結論を導き出し、当社による評価を全面的に否定している。したがって、本報告書にお

いては、評価書が示す判断の理由と対比しつつ、新たな調査データも含めて、当社の評価の妥当性を証明していく。

2. K断層とG断層及びD－1破碎帯の活動時期

(1)活動時期の評価の考え方

① 評価書では、「K断層は、③層をずらしているが、③層より上位の⑤層までは、ずれが達していない」とする一方、「特に⑤層下部で確認したとする火山灰(テフラ)について、降灰層準の認定及びテフラの同定が不十分であることから、⑤層下部を約12万年前の地層と特定するのは困難であると考える。」とし、また「③層と⑤層(約9.5万年前のK-Tz降灰層を含んでいる地層)は、それ程堆積時期に差がないと考えられるため、③層についても、後期更新世の地層である可能性が否定できない」としている。

② このため当社は、K断層とG断層及びD－1破碎帯の活動時期を改めて評価するため、これらの上載地層の状態の調査を行うとともに、検出されたテフラの詳細な分析を行った。

(2)上載地層の調査

D－1トレンチ内及びその周辺において、上載地層の状態の調査を行った。その結果、

① D－1トレンチ内では、K断層は、③層下部には変位・変形を与えているが、⑤層下部には変位・変形を与えていないことを確認した。このことは、既に評価書においても確認されている。**【別添2】**

② K断層の活動性について、評価書においては、「上載地層法による確認がD－1トレンチ内1箇所の露頭のみでしかなく、活動性評価としての信頼性は低い」旨の指摘があるが、今回、2箇所目となるD－1トレンチ外南側の原電道路ピットにおいて、K断層は③層上部に変位・変形を与えていないことを確認できたことから、これまでの評価を変える必要のないことが改めて確認された。

③ 一方、G断層は、D－1トレンチ北側ピット内で①層に変位・変形を与えていないことを既に確認しているとともに、後述3. (2)のとおり、G断層とD－1破碎帯とは走向・傾斜、性状及び変位センスがよく一致していることから連続していることを確認している。

(3) テフラの詳細分析

D-1トレンチ全域(幅約50m)にわたり新たに10箇所を加えて、計18箇所の測線で連続サンプリング調査を実施した。【別添2】

その結果、

- (a) ⑦層から約5.8～5.9万年前のテフラである大山倉吉(DKP)が検出された。
- (b) ⑤層上部から約9.5万年前のテフラである鬼界葛原(K-Tz)が検出された。
- (c) その下層(さらに古い地層)である⑤層下部及び③層から普通角閃石が検出された。

さらに、D-1トレンチ外においても、発電所敷地南側の敦賀湾で採取したボーリングコアについてテフラ分析を新たに実施した結果、

- (d) ボーリングコアの上から順に、DKP、K-Tz、⑤層下部の普通角閃石、③層の普通角閃石が検出された。

① ⑤層下部及び③層の降灰層準に関する検討

⑤層下部の普通角閃石は、以下の(a)～(d)の分析結果から、基盤岩から供給されたものではなく、テフラが降灰し堆積したものであり、かつ、③層から再堆積されたものではないと判断した。

- (a) 敦賀発電所敷地内の基盤岩の鉱物組成を確認したところ、そこには普通角閃石が含まれないことから、基盤岩からの供給はありえないこと。
- (b) ③層から検出された普通角閃石と⑤層下部の普通角閃石について成分分析を実施した結果、両者の間には明らかに有意な差が認められることから、起源が異なるテフラであること。
- (c) ⑤層下部の普通角閃石の産出下限は、その下の③層との不整合面よりいずれも浅い位置であり、③層には⑤層下部で検出されたものと同じ普通角閃石は含まれていないこと。
- (d) ⑤層下部の普通角閃石は、複数の測線で実施した連続サンプリングによるテフラ分析において、いずれもほぼ同じ層準に産出下限があり、その他のテフラ(DKP:約5.8～5.9万年前、K-Tz:約9.5万年前)も含め地層の堆積年代に逆転がないこと。

② ⑤層下部の普通角閃石の同定に関する検討

(ア) 美浜テフラの同定

(i) ⑤層下部で検出された普通角閃石の起源を明らかにするために、約9.5万年前よりも以前に敦賀発電所付近に降灰した可能性のある10種類の対比候補テフラから、文献にて普通角閃石を含むテフラを絞り込み、^{だいせんひるぜんぼら}大山蒜山原(DHP)、^{だいせんまつえ}大山松江(DMP)、^{だいせん}美浜テフラ、^{よどえ}大山淀江(DYP)、NEXCO80 (Lower)について、普通角閃石の成分分析等を新たに行った。

その結果、⑤層下部に含まれる普通角閃石の成分・屈折率は、美浜テフラの模式地(美浜町/若狭町気山)で採取された美浜テフラ及び三方湖東岸で採取されたNEXCO80 (Lower) (石村他、2010)の成分・屈折率と一致し、それ以外のテフラの普通角閃石の成分の特徴とは明らかに異なっていることから、⑤層下部に含まれるテフラは美浜テフラ(NEXCO80 (Lower))であると判明した。【別添3】

(ii) なお、評価書におけるテフラの検出頻度が低いことにより信頼性が相当低い旨の指摘に対しては、以下の(a)～(c)の理由から、信頼度の高いテフラ分析ができていると判断できる。

- (a) 新たにD-1トレンチ内で調査測線を水平方向へ追加することによってテフラ分析のサンプル数を増やして降灰状況を確認したところ、ほぼ同じ層準に産出下限があり、他のテフラも含め地層の堆積年代に逆転がないこと。
- (b) D-1トレンチ外の過去に採取した海上ボーリングコアについて新たに分析したところ、⑤層下部に含まれる普通角閃石が検出され、D-1トレンチ内の層準と整合していること。
- (c) 普通角閃石の成分・屈折率の分析に関しては、試料の採取量を増やして分析すべき必要な量を確保したことにより、信頼性は確保できていること。

(イ) 美浜テフラの年代判定

評価書における美浜テフラの年代を判定する根拠として、既往の研究論文の信頼性が低い旨の指摘については、新たに既存の調査・研究成果を収集、確認するとともに、必要に応じそれらの調査・研究の実施者から試料を入手して、⑤層下部の普通角閃石と比較し、美浜テフラの年代に係るデータの拡充を行った。その結果、以下の(a)、(b)の観察事実から、美浜テフ

ラ(⑤層下部の普通角閃石)の降灰時期は約12.7万年前であると判断した。

【別添2】

(a) ⑤層下部の普通角閃石は、模式地で採取された美浜テフラ及び NEXCO80 (Lower) 中の普通角閃石と成分・屈折率が一致していること(前述(ア)のとおり)。

(b) NEXCO80 (Lower) 中の火山ガラスは、琵琶湖で採取された約12.7万年前のBT37(長橋他、2004)中の火山ガラスと成分・屈折率が一致していること。

なお、降灰した年代や降灰した範囲が不明であった「美浜テフラ」について、「美浜テフラ」以外の様々なテフラに関する分析も行い、それらを相互に比較することによって、「美浜テフラ」が約12.7万年前に降灰した火山灰であること、また、降灰を確認した地点から、「美浜テフラ」が広範囲にわたって降灰した火山灰であることが今回の調査において新たに判明した。このことは、今後の活断層調査にも有益である。

③ ③層の普通角閃石の同定に関する検討

③層で検出された普通角閃石については、以下の(a)、(b)から中期更新世の海洋酸素同位体ステージ6(MIS6 :約13万年前以前)に堆積したものであると判断した。

【別添3】

このことと、前述②のとおり⑤層下部は約12.7万年前に堆積した地層であることから、その下位に不整合面を介して接している③層は中期更新世に堆積した地層であると考えられること。

(a) 敦賀湾海上ボーリング試料を用いて、今回新たに分析を行った結果、海上ボーリングの MIS6に相当するコアから検出された普通角閃石は、③層で検出された普通角閃石と同じ成分であることを確認したこと。

(b) 前述①のとおり、③層の普通角閃石と⑤層下部の普通角閃石の成分分析の結果には明らかに有意な差があり、起源が異なるテフラであること。

(4) K断層とG断層及びD-1破碎帯の活動時期についての結論

① 上記(1)～(3)により明らかになったとおり、K断層とG断層及びD-1破碎帯はいずれも、約12.7万年前に降灰したことが確認された美浜テフラを含む⑤層下部に変位・変形を与えていないことから、後期更新世以降は活動していない

② したがって、連続性を問うまでもなく、**いずれの断層や破碎帯も「耐震設計上考慮する活断層※」ではない**

ことが明確に確認された。

※「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成18年9月19日原子力安全委員会）における記載。平成25年7月8日施行の「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解釈」では、「後期更新世以降（約12～13万年前以降）の活動が否定できない断層」を含めて「将来活動する可能性のある断層等」と記載されている。（本注釈は、本報告書において以下同じ）

3. K断層とG断層及びD－1破碎帯の連続性

(1) 連続性の評価の考え方

- ① 評価書では、「明瞭なずれを伴うK断層は南方へさらに延びる可能性が高い。また、一般的に断層は直線的に延びるとは限らず、屈曲して方向が多少変化したり、いったん途切れて並走したり、分岐したりする。このことから、有識者会合としては、K断層及びG断層とD－1破碎帯は、一連の構造である可能性が高いと考える。」としている。
- ② このため当社は、K断層が、南方すなわち2号炉原子炉建屋の方向に延びている可能性があるか否か、またK断層とG断層及びD－1破碎帯が一連の構造である可能性が高いか否かを確認するため、ボーリング調査、露頭調査、トレンチ調査等で認められた破碎帯について、走向・傾斜及び最新活動面の変位センスのほか、破碎帯の性状(断層ガウジの構成粒子の形状、断層ガウジの縞状構造の有無、色調、断層幅、硬さ等)の類似性に基づき、連続性を評価した。

(2) K断層とG断層及びD－1破碎帯の性状及び変位センスの調査

下記①～③から明らかなように、**G断層及びD－1破碎帯については走向・傾斜、性状及び変位センスがよく一致しているが、K断層についてはG断層及びD－1破碎帯とは異なっていることを確認した。**

なお、評価書において指摘のあった「最新活動面の変位センスの認定」に係る技術的事項については、〔 付属書 〕で後述する。

① 走向・傾斜

走向・傾斜については、**G断層及びD－1破碎帯は共に主としてN－S走向で高角度西傾斜の特徴を示すが、K断層は短区間で走向・傾斜が著しく変化し、G断層及びD－1破碎帯とは異なっていることを確認した。**

② K断層の性状及び変位センス

(a) 性状

K断層の性状を確認するため、D-1トレンチ内及びその外側周辺でボーリング調査、ピット調査、道路等の剥取調査などを行った。

K断層の断層ガウジを観察した結果、構成粒子は角ばっている、縞模様がない等の特徴を有していることを確認した。

(b) 変位センス

K断層は、地層のずれの様子等から、縦ずれ主体の**逆断層センス**であることを確認した。

③ G断層の性状及び変位センス

(a) 性状

G断層の性状を確認するため、D-1トレンチでピット調査などを行った。

G断層の断層ガウジを観察した結果、構成粒子は丸くなっている、縞模様が発達している等の特徴を有していることを確認した。

(b) 変位センス

G断層は、薄片試料による最新活動面の変位センスの観察により、縦ずれ主体の**正断層センス**であることを確認した。

④ D-1破碎帯の性状及び変位センス

(a) 性状

D-1破碎帯の断層ガウジを観察した結果、構成粒子は丸くなっている、縞模様が発達している等の特徴を有していることを確認した。

(b) 変位センス

建設時の岩盤スケッチに示されているD-1破碎帯について、2号炉原子炉建屋南側の背後斜面を剥取、観察した。

その結果、D-1破碎帯は、条線観察及び薄片試料による最新活動面の変位センスの観察により、縦ずれ主体の**正断層センス**であることを確認した。

(3) K断層が南方へ延びる可能性について

K断層が、南方すなわち2号炉原子炉建屋の方向に延びている可能性があるか否かを確認す

るため、上述の各断層、破碎帯の変位センスや性状を踏まえて、新たにD-1トレンチ内及びその外側周辺でピット調査、道路等の剥取調査などを行った。その結果、

- (a) K断層は、D-1トレンチ北壁面で③層下部の堆積層内のN-S方向のせん断面として出現し、
- (b) その後D-1トレンチ内の西側ピット付近でNW-SE方向に向きを変え、擁壁撤去法面付近で再度N-S方向に変化するなど蛇行しながらずれ(変位量)が急激に減少し、D-1トレンチ外南側の原電道路ピットの③層内で変位がほぼ認められなくなる(消滅している)ことを確認した。

これらのことから明らかなように、

K断層は、非常に大きく蛇行し、極めて狭い範囲で消滅するなど、活断層とは大きく異なる特徴を示し、かつ、2号炉原子炉建屋の方向には延びていない

ことが明確に確認された。

なお、評価書における「K断層がいったん途切れて並走したり、分岐したりする、いわゆるステップの可能性」の指摘については、前述のとおり、K断層が後期更新世以降活動していないことが明らかなことから、K断層の活動を前提としたステップの可能性については議論するまでもない考える。

(4) K断層とG断層及びD-1破碎帯の連続性についての結論

上記(1)～(3)により明らかになったことから、

- ① K断層は、途中で消滅し、2号炉原子炉建屋の方向には延びていない
- ② G断層及びD-1破碎帯は一連の構造であるが、K断層とは一連ではない

ことが明確に確認された。

4. 結論

(1) 観察事実及びデータに基づく分析結果等から、

- ① 「後期更新世以降の活動が否定できない」ということはなく、K断層とG断層及びD-1破碎帯は、いずれも後期更新世以降は活動していない
- ② 「K断層及びG断層とD-1破碎帯は、一連の構造である可能性が高い」ということはなく、G断層及びD-1破碎帯は一連の構造であるが、K断層とは一連ではない

(2) これらのことから、2号炉原子炉建屋直下を通るD-1破碎帯は、

- ① 耐震指針における「耐震設計上考慮する活断層」ではなく、また、
 - ② 浦底断層と同時に活動し、直上の重要な施設に影響を与えるおそれはない
- ことが明確に確認された。

(3) なお、「K断層が南方すなわち2号炉原子炉建屋の方向へさらに延びる可能性が高い」ということはなく、K断層は、途中で消滅し、2号炉原子炉建屋の方向には延びていないことも明確に確認された。

〔 付属書 〕

最新活動面の変位センスの認定について

- (1) 評価書においては、当社が行った連続性の評価について、「断層の変位方向（正断層か逆断層か）の比較により、複数の断層の連続性の有無を特定しているが、その変位方向分析手法（試料薄片のミクロ観察）には限界がある等、適切に最新活動面の変位センスを認定していない可能性があること等から、G断層とD-1破碎帯が同一のものであるとは特定できないと考える。」としている。
- (2) このため、破碎帯及び断層の最新活動面の変位センスの認定の信頼性を向上させるため、以下の事項を新たに拡充して調査及び分析を行った。
- (a) 最新活動面の認定に当たっては、露頭、ブロック試料、薄片試料とマクロからミクロスケールの整合性を十分確認した上で、直線的に全体を切断する最も軟質な面を絞り込んで観察を行った。また、一部のブロック試料については、CT画像解析も導入し、試料表面にしか現れていない面だけではなく構造を切る連続的な全ての面を調査することにより、最新活動面をより正確に観察した。
- (b) 薄片試料の顕微鏡観察については、最新活動面における運動方向をより正確に認定するため、最新活動面の水平面・鉛直面を基準にしたものに加え、最新活動面の条線の向きに沿った方向を基準にすべきとの指摘を踏まえ、条線の向きに沿った方向を基準にした方法での観察も実施した。また、一部については実体顕微鏡によるブロック試料の条線観察も併用して行った。そして同一箇所の薄片試料について両基準により観察を行った結果、すべてのケースにおいて水平・鉛直面基準、条線方向基準のいずれの方法でも同様の変位センスが観察されることを確認した。
- (c) なお、条線の向きの判定に当たっては、条線を統計的に整理し、変位センスをより客観的に判断する必要があるとの指摘を踏まえ、複数の試料を採取できる露頭では一露頭当たり20点程度で条線を測定し、統計処理した上で条線の向きを観察した。
- (d) さらに上記の最新活動面の変位センスの他、破碎帯の性状(断層ガウジの構成粒子の形状、断層ガウジの縞状構造の有無、色調、断層幅、硬さ等の類似性)についても十分観察した。

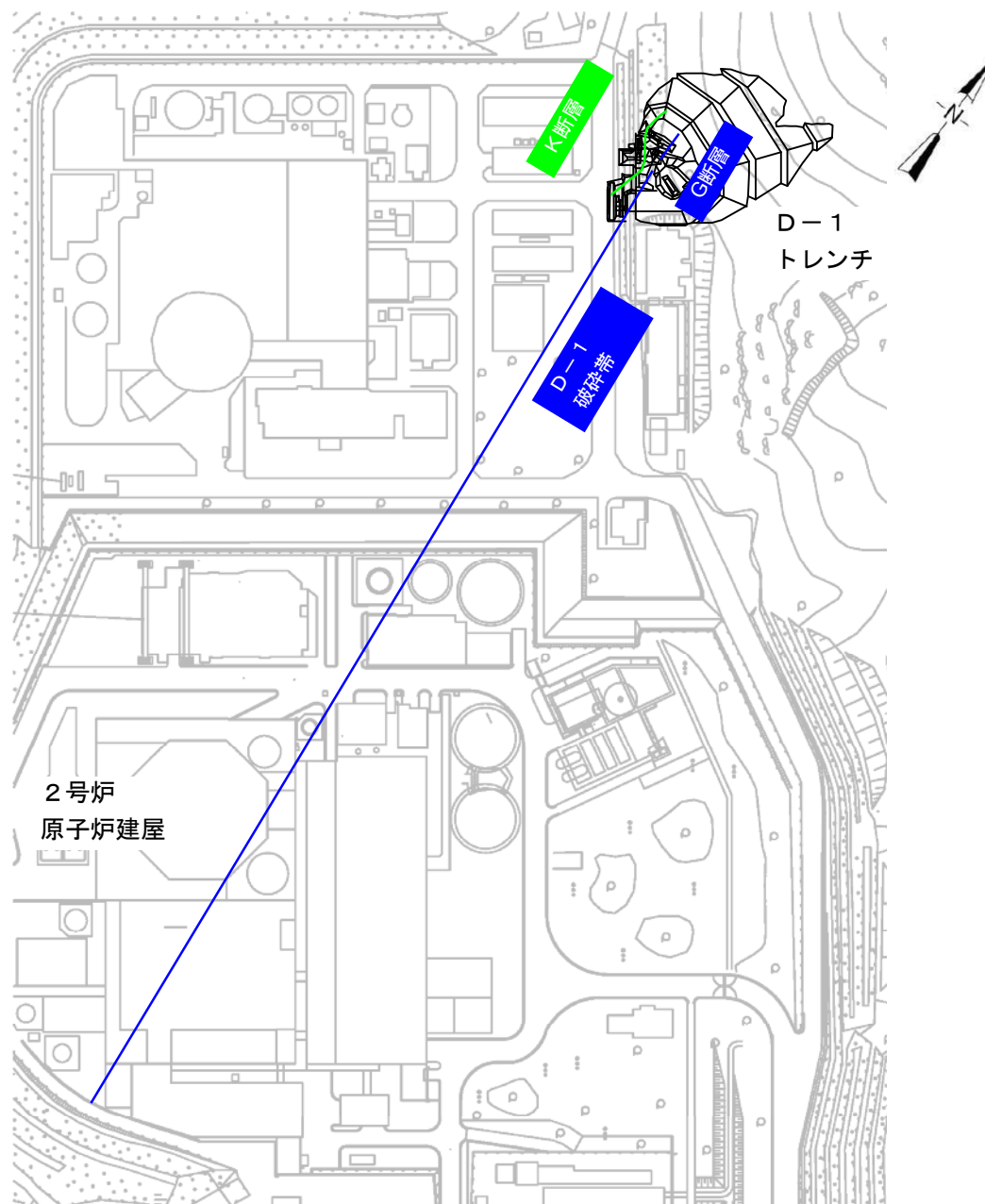
(3) このように拡充した調査内容及び分析手法によって、破砕帯及び断層について最新活動面の変位センスや性状等の特徴を調査した結果、

- ① 最新活動面については、**K断層**は縦ずれ主体の**逆断層センス**であり、**G断層及びD-1破砕帯**は縦ずれ主体の**正断層センス**であること、また走向・傾斜や断層ガウジの構成粒子の形状などの特徴についても、**K断層は、G断層及びD-1破砕帯とは異なることを確認した。**
- ② これらのことから、**G断層及びD-1破砕帯は一連の構造である一方、K断層はG断層及びD-1破砕帯とは一連ではないことが明らかになった。**

(4) なお、評価書における「断層が異なる変位センスの運動を経験している場合、破砕部に残された新旧の活動による構造を確実に識別できるか、また新しい活動による構造が完全に古い構造を上書きしていて最近の運動による構造が認定できるのか」という旨の指摘については、既往の野島断層の破砕帯の調査研究(林 (1996) やKobayashi et.al. (2001))において、薄片試料観察により最新活動面の変位センスが認定できたとする複数の論文が確認できていることから、薄片試料観察による最新活動面の変位センスの評価について問題ないを考える。

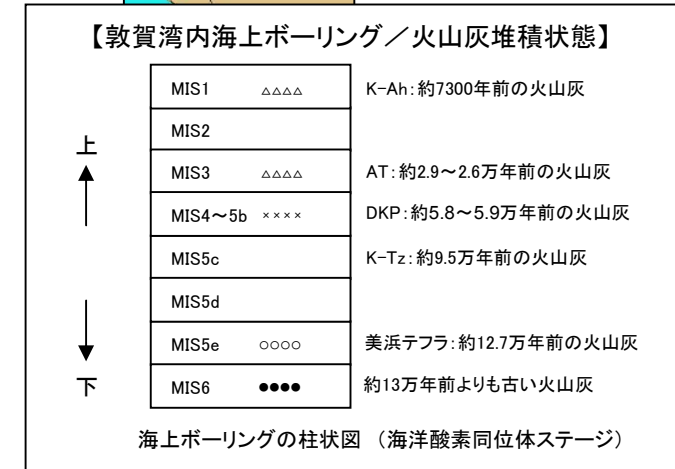
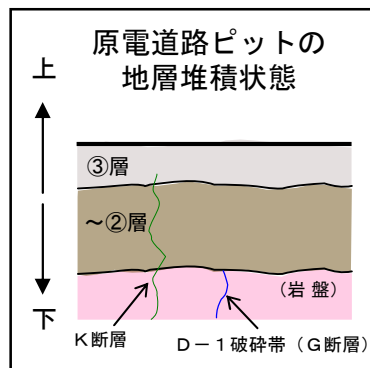
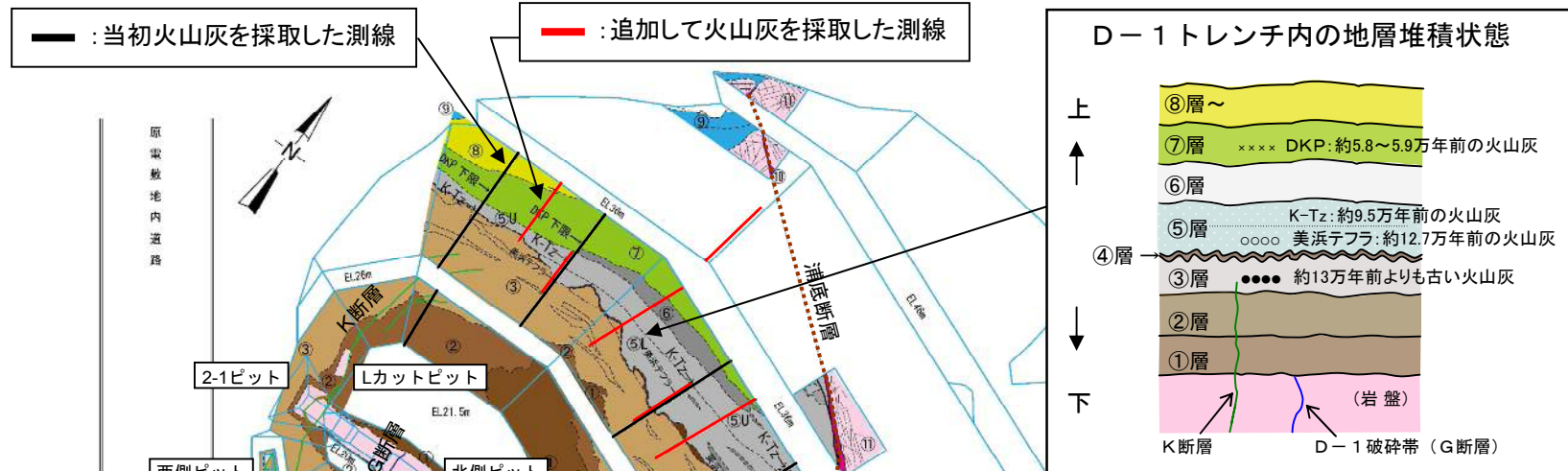
K断層とG断層及びD-1破砕帯の位置図

〔別添1〕



D-1トレンチ(地質平面図)

〔別添2〕



地質年代・後期更新世の指標テフラ(火山灰)

[別添3]

