

第1202回審査会合資料1-1から修正した箇所に黄色ハッチを付してる。

敦賀発電所2号炉
敷地の地形, 地質・地質構造
敷地内のD-1トレンチ内に認められるK断層の活動性
(コメント回答抜粋)

令和5年12月8日
日本原子力発電株式会社

余白

令和5年11月10日審査会合におけるコメントリスト【本日ご説明分】(1/2)

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子	該当頁
1202-7	令和5年11月10日	第1202回	OSL信号の飽和を踏まえた測定結果の信頼性、年代測定の根拠の妥当性を説明すること。	<p>飽和値について、測定結果から得られる生長曲線にWintle and Murray (2006)の飽和値を適用し、天然試料の実OSL強度がその飽和値を超えている場合に飽和として扱っている。</p> <p>測定結果の信頼性について、測定結果から得られる生長曲線は、Wintle and Murray (2006)の除外基準に基づき信頼性を判断している。除外基準に当てはまるデータは除外し、信頼できるデータを用いて年代を求めている。また、各試料の生長曲線データを「補足説明資料3 データ集」に示す。</p>	5 (資料2-2:2-42頁)
1202-8	令和5年11月10日	第1202回	OSL年代測定結果の飽和年代の取扱いについて、説明すること。	<p>飽和している時の誤差の扱いについて、実際に採取した試料からはWintle and Murray (2006)の飽和値より古いデータが得られていることが事実であり、飽和値としたものより古いとしか評価はできない。また、測定における誤差の要因についても説明を追加する。Thiel et al.(2011)及びMurray et al. (2014)では、誤差を付けず〇〇万年前(>〇〇)と扱っている。原電道路ピット東向き法面③層中のD3層から採取した試料についても、年代値の評価としては「13.3万年前より古い」という評価である。</p>	5 (資料2-2:2-42頁)
1202-23	令和5年11月10日	第1202回	当初申請書に記載していた③層で実施したテフラ分析結果を補正申請で削除した理由について説明すること。	<p>補正申請(令和5年8月31日提出)においては、D-1トレンチ北西法面で実施したOSL年代分析結果が年代既知のテフラ分析の結果(DKP降灰層準、K-Tz降灰層準、Mh降灰層準)と整合的であったことから、③層の堆積年代の説明ではOSL年代分析結果に重きを置いたため、③層で実施したテフラ分析結果を削除した。</p> <p>しかしながら、③層で実施したテフラ分析結果は、③層の堆積時期を示すデータとしては有効であることから、地層の堆積時期を示す花粉分析結果と同様の位置付けで、③層の堆積年代を補足するデータとして使用することとする。</p>	13 (資料2-2:3-1頁)

令和5年11月10日審査会合におけるコメントリスト【本日ご説明分】(2/2)

No.	日付	回次	コメント内容	回答骨子	該当頁
1202-24	令和5年 11月10日	第1202回	<p>原電道路ピットにおいて、K断層に見られる2つの変位量を合わせて、K断層のトータルの変位量とした考えを明確にすること。 一般的な変位量の出し方を説明し、個々の地点ごとにその説明をすること。</p>	<p>鉛直変位量は、断層による変位や変形を受けたと判断した範囲を挟んだ上盤と下盤の同一層準の比高差として求めている。 原電道路ピット東向き法面を除く露頭では上記の考え方に基づき同一層準の変位基準を用いて鉛直変位量を求めている。 原電道路ピット東向き法面においては、原電道路ピット底盤西側部から連続し逆断層センスをもつことからK断層と評価した2条のせん断面について、それぞれのせん断面における変位量を同一層準の変位基準を用いて求め、それらを合算したものをK断層全体の鉛直変位量とした。</p>	19 (資料2-2: 2-54頁, 2-82頁)
1202-32	令和5年 11月10日	第1202回	<p>ふげん道路ピットで確認された断層をK断層と評価した根拠について説明すること。</p>	<p>ふげん道路ピット東法面(上段)で確認された断層について、K断層の特徴である逆断層センスの変位が認められる。また、原電道路ピット東向き法面に連続するK断層のうちD3層に傾斜不整合で覆われるK断層の延長上に位置しており、走向・傾斜やD3層との関係も調和的である。以上のことから、ふげん道路ピット東法面(上段)で確認された断層はK断層であると評価した。</p>	23 (資料2-2: 2-80頁)

コメント回答(No.1202-7, 1202-8)

2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定（第1202回審査会合におけるコメント）

【コメントNo.1202-7, 1202-8】

- OSL信号の飽和を踏まえた測定結果の信頼性、年代測定の根拠の妥当性を説明すること。
- OSL年代測定結果の飽和年代の取扱いについて、説明すること。

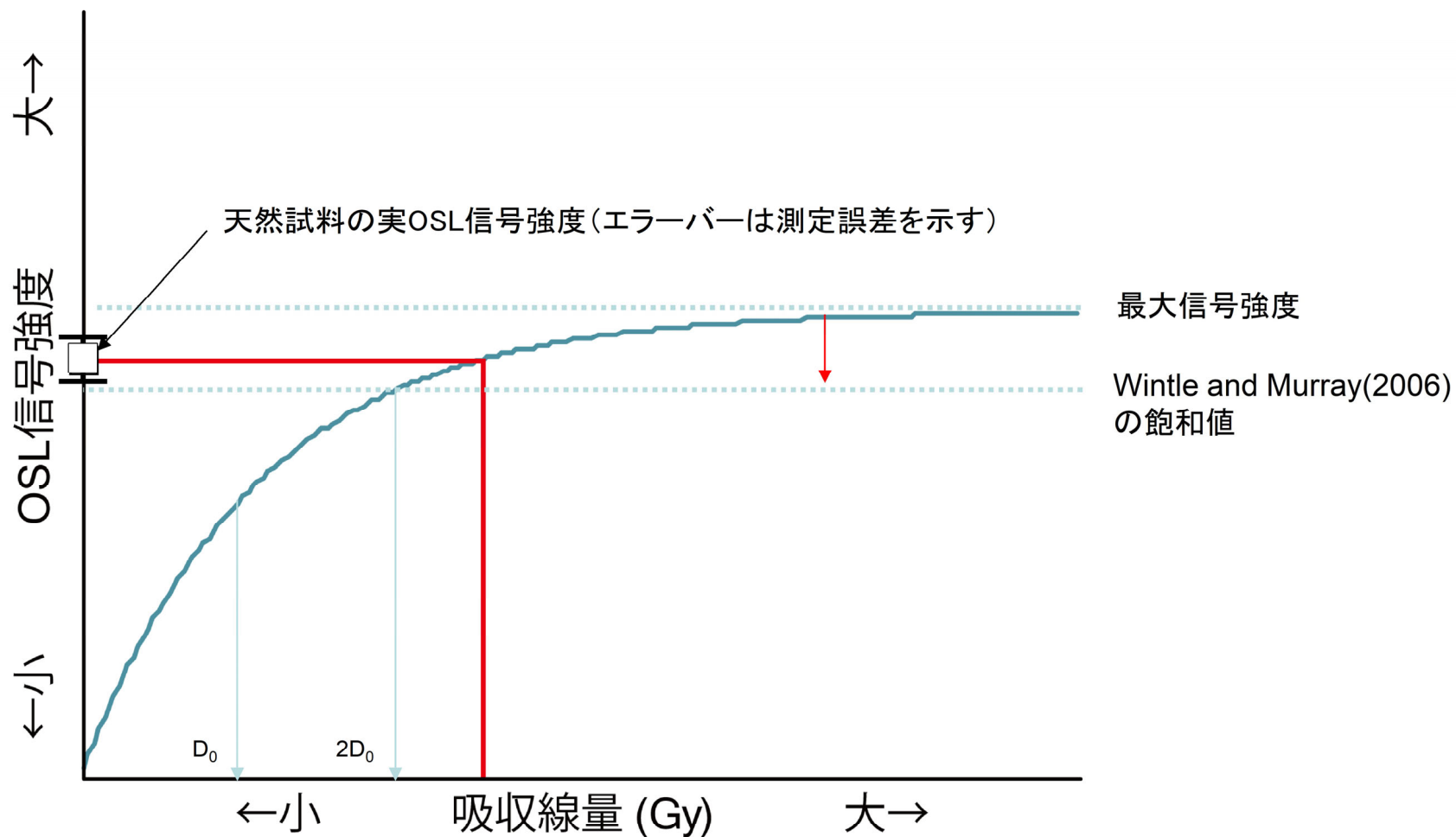


【回答要旨】

- 飽和値について、測定結果から得られる生長曲線にWintle and Murray (2006)の飽和値を適用し、天然試料の実OSL強度がその飽和値を超えている場合に飽和として扱っている。
- 測定結果の信頼性について、測定結果から得られる生長曲線は、Wintle and Murray (2006)の除外基準に基づき信頼性を判断している。除外基準に当てはまるデータは除外し、信頼できるデータを用いて年代を求めている。また、各試料の生長曲線データを「補足説明資料3 データ集」に示す。
- 飽和している時の誤差の扱いについて、実際に採取した試料からはWintle and Murray (2006)の飽和値より古いデータが得られていることが事実であり、飽和値としたものより古いとしか評価はできない。また、測定における誤差の要因についても説明を追加する。Thiel et al.(2011)及びMurray et al. (2014)では、誤差を付けず〇〇万年前(>〇〇)と扱っている。原電道路ピット東向き法面③層中のD3層から採取した試料についても、年代値の評価としては「13.3万年前より古い」という評価である。

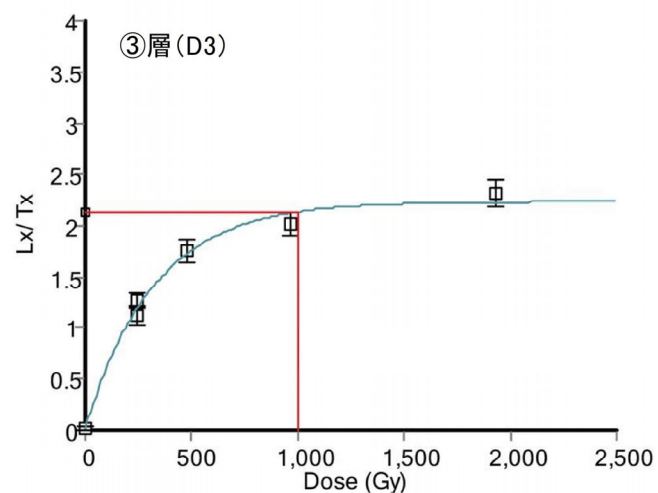
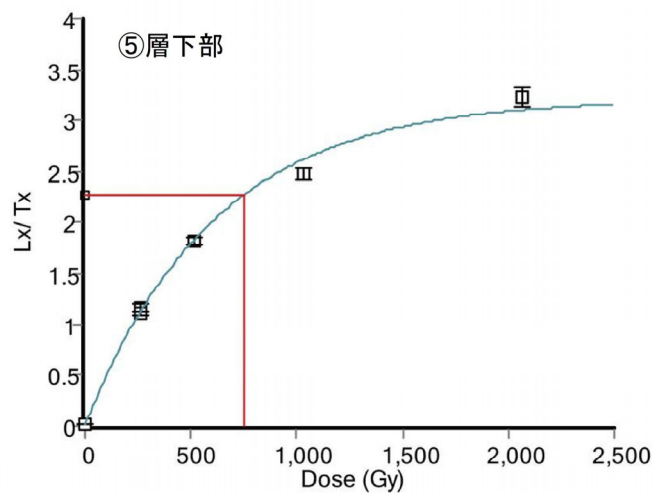
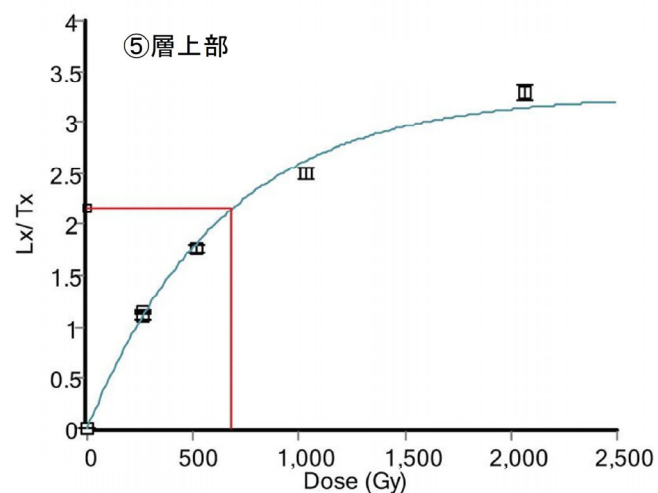
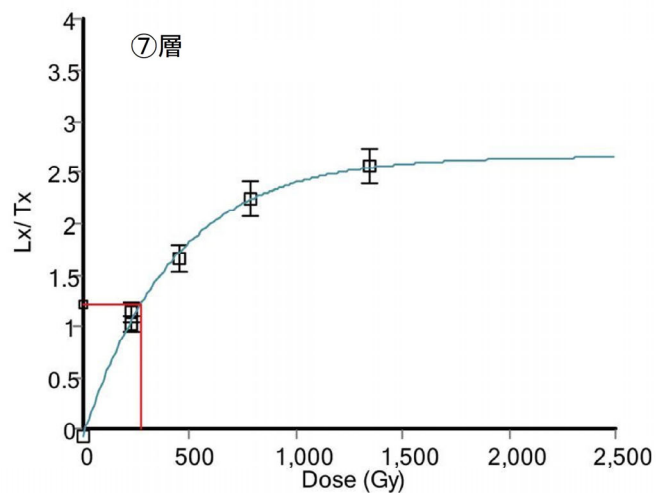
2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定（飽和値と誤差）

- 天然試料の実OSL信号強度はWintle and Murray(2006)の飽和値を超える場合がある。
- この場合は明らかに飽和値より古い年代値が求まる。年代値は等価線量を年間線量率で除して求める。
- D_0 は、近似した生長曲線から得られる係数である。等価線量がその2倍の $2D_0$ を超えるとOSL信号強度が飽和している。
- Wintle and Murray(2006)の飽和値を超える場合は“飽和年代より古い”と考える。
- 実際に飽和値を超える場合、Thiel et al. (2011)やMurray et al. (2014)においては〇〇万年前より古い(>〇〇万年前)と扱い、誤差での議論はしていない。



2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定（生長曲線の例）

• 年代値と飽和値はWintle and Murray (2006)の除外基準※に該当しない試料台で計算しており、信頼性を確認している。

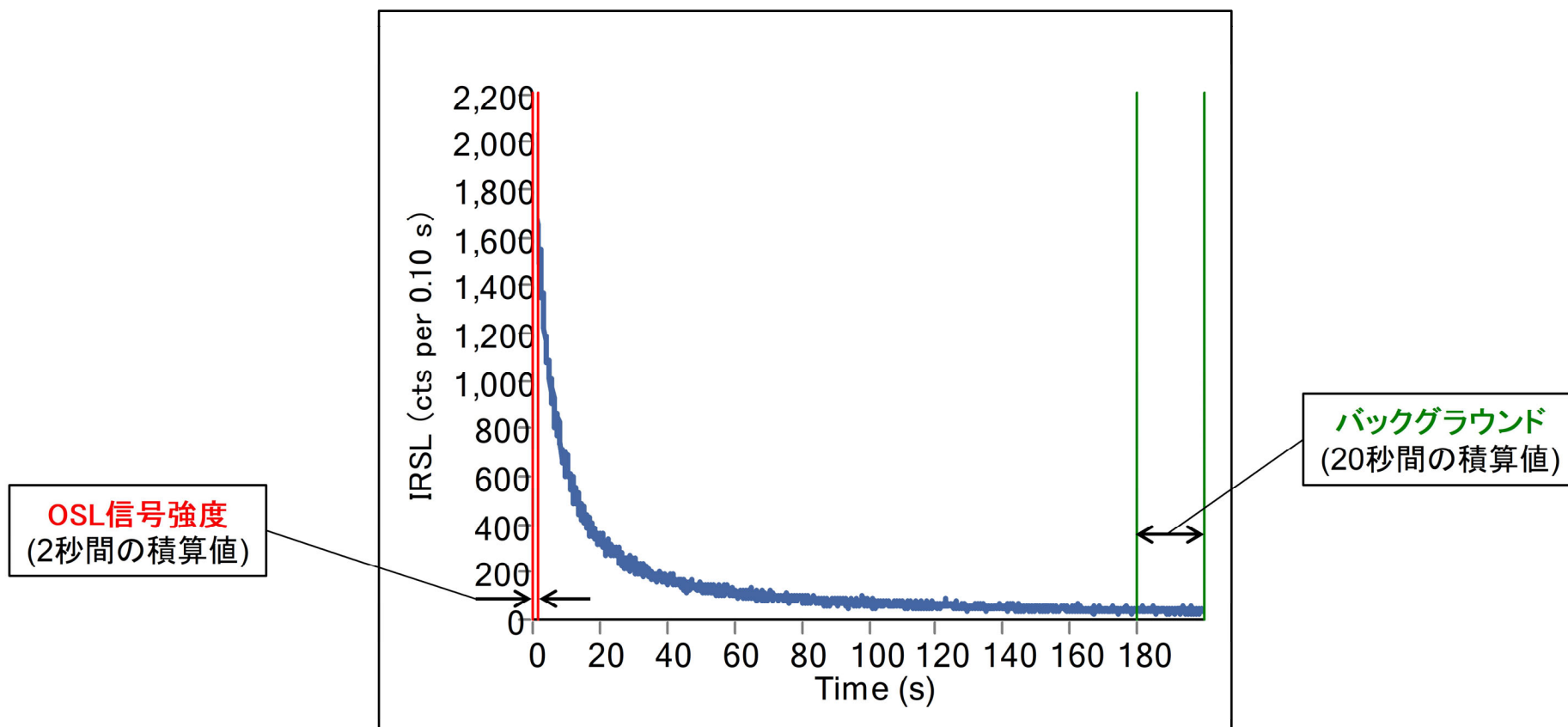


※ Wintle and Murray (2006)の除外基準

- ① 吸収線量0GyのOSL信号強度が、実OSL信号強度の5%を超える場合、OSL測定後に信号が回復していると考えられ、棄却する。
- ② 同じ吸収線量で実施した2回のOSL信号強度が±10%を超える場合、再現性のある測定ができていないと考えられ、棄却する。

2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定（OSL信号強度の誤差について）

- 天然試料の実OSL信号の例を示す。OSL信号は測定開始後、時間とともに減少する。
- 年代測定に用いるOSL信号強度は、林崎(2022)に基づき、加熱、光照射開始後の2秒間の積算値と装置バックグラウンドの測定開始180秒後から20秒間の積算値を用いる。OSL信号は、0.1秒ステップで計測している。
- OSL信号強度と、バックグラウンドにはゆらぎがあり、この‘ゆらぎ’が誤差となる。ゆらぎは装置の励起光源や光電子増倍管などの安定性に関係し、どの分析装置にも一般的に認められる。
- 誤差を含めてOSL信号強度を求めている。



⑤層上部(K-Tz降灰層準)天然試料の実OSL信号測定の実例

2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定（飽和年代値の記載について その1）

- Thiel et al.(2011)は、誤差を付けず〇〇万年前(>〇〇)と扱っている。
- Wintle and Murray(2006)の飽和値を超えた試料の年代は、飽和年代値より古いとしている。

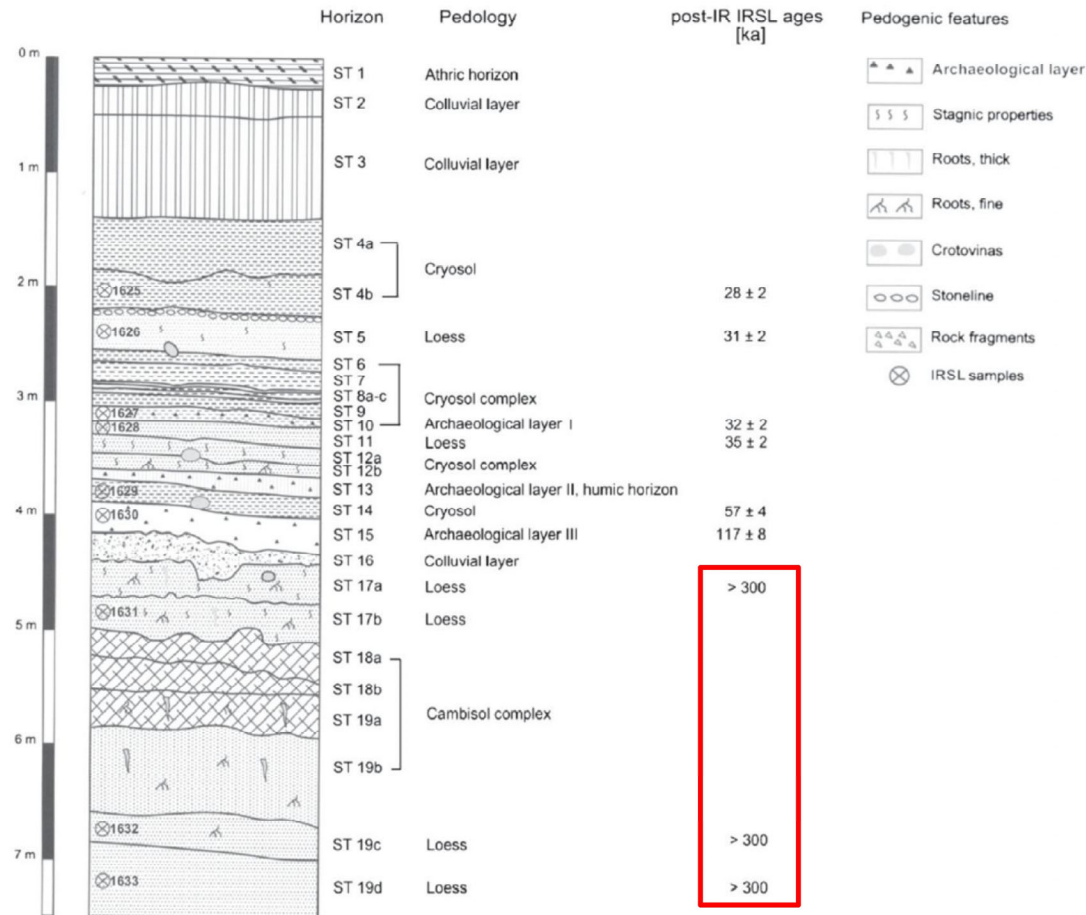
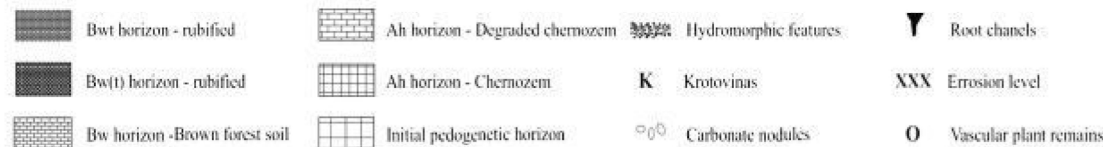
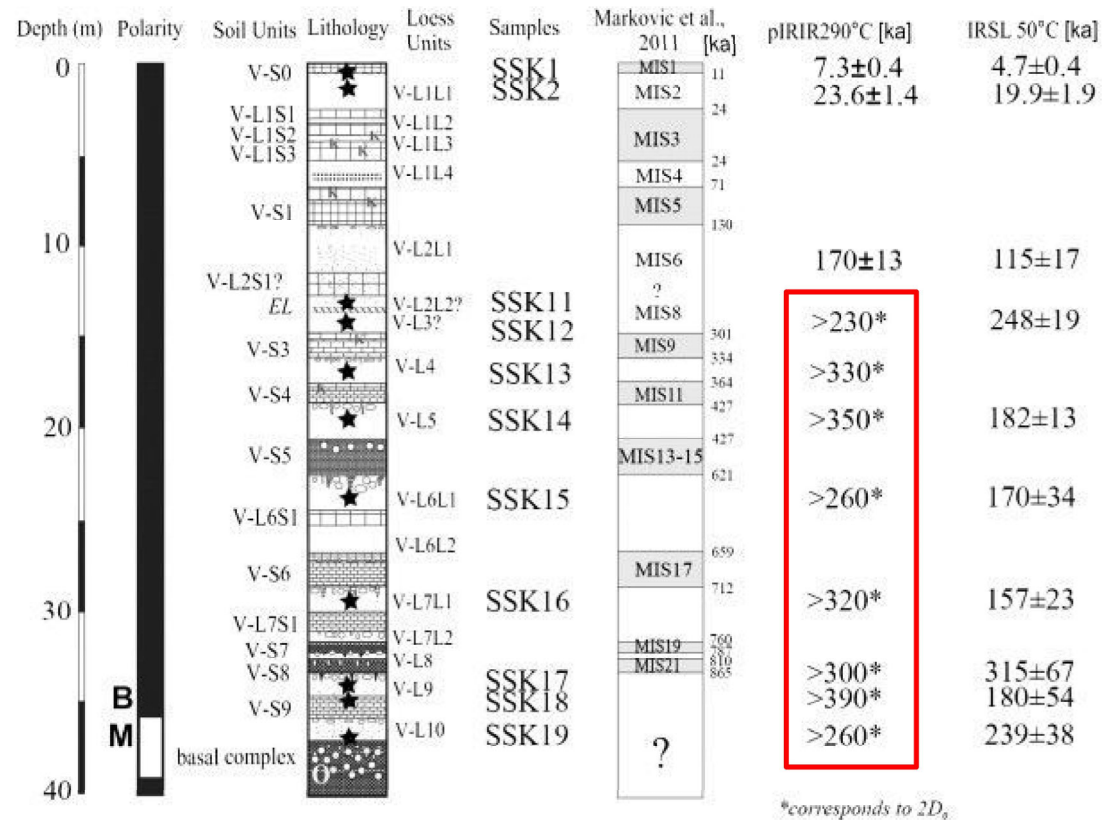


Fig. 2. Log of the investigated loess/palaeosol sequence in Stratzing. The ages presented are based on post-IR IRSL at 290 °C without subtraction of the residual. Further details on why this signal was chosen for age estimates see section 5.

Thiel, C., et al. (2011). "Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – Testing the potential of an elevated temperature post-IR IRSL protocol." *Quaternary International* 234(1-2): 23-31.

2.1.2 地層の堆積年代 OSL年代測定（飽和年代値の記載について その2）

- Murray et al. (2014)は、年代既知の地層でOSL年代測定を実施した。
- MIS6より古い試料で飽和していた。
- 多くの論文では、誤差を付けず〇〇万年前(>〇〇)と扱っている。
- Wintle and Murray(2006)の飽和値を超えた試料の年代は、飽和年代値より古いとしている。



Murray et al. (2014) Dating middle pleistocene loess from stari slankamen (vojvodina, serbia) - limitations imposed by the saturation behaviour of an elevated temperature IRSL signal. *Catena*, 117, 34-42

余白

コメント回答(No.1202-23)

3. 審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-23)

(コメント内容)

- 当初申請書に記載していた③層で実施したテフラ分析結果を補正申請で削除した理由について説明すること。



(回答)

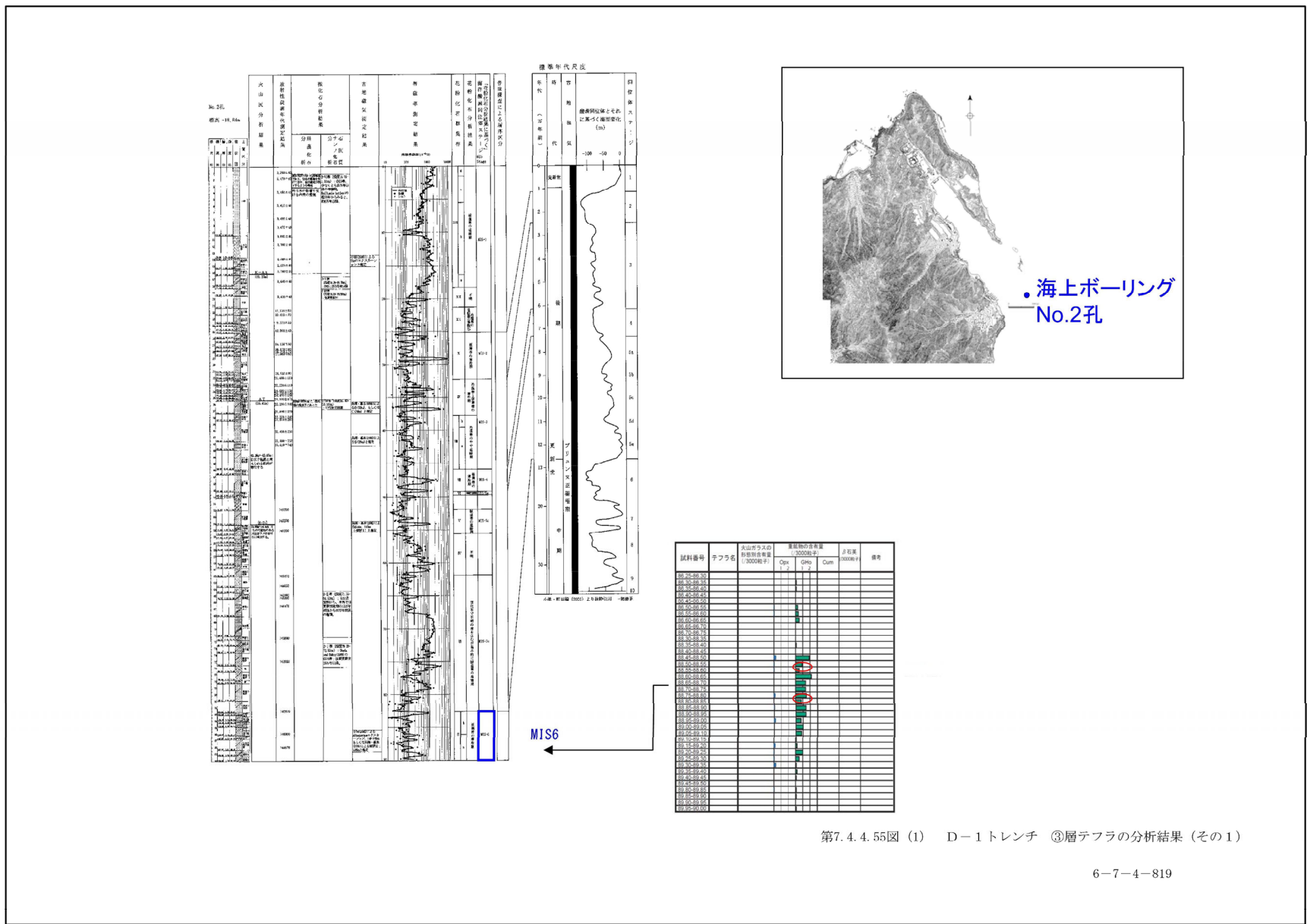
当初申請書に記載していた③層で実施したテフラ分析結果を次頁以降に示す。

補正申請(令和5年8月31日提出)においては、D-1トレンチ北西法面で実施したOSL年代分析結果が年代既知のテフラ分析の結果(DKP降灰層準, K-Tz降灰層準, Mh降灰層準)と整合的であったことから、③層の堆積年代の説明ではOSL年代分析結果に重きを置いたため、③層で実施したテフラ分析結果を削除した。

しかしながら、③層で実施したテフラ分析結果は、③層の堆積時期を示すデータとしては有効であることから、地層の堆積時期を示す花粉分析結果と同様の位置付けで、③層の堆積年代を補足するデータとして使用することとする。

3. 審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-23)

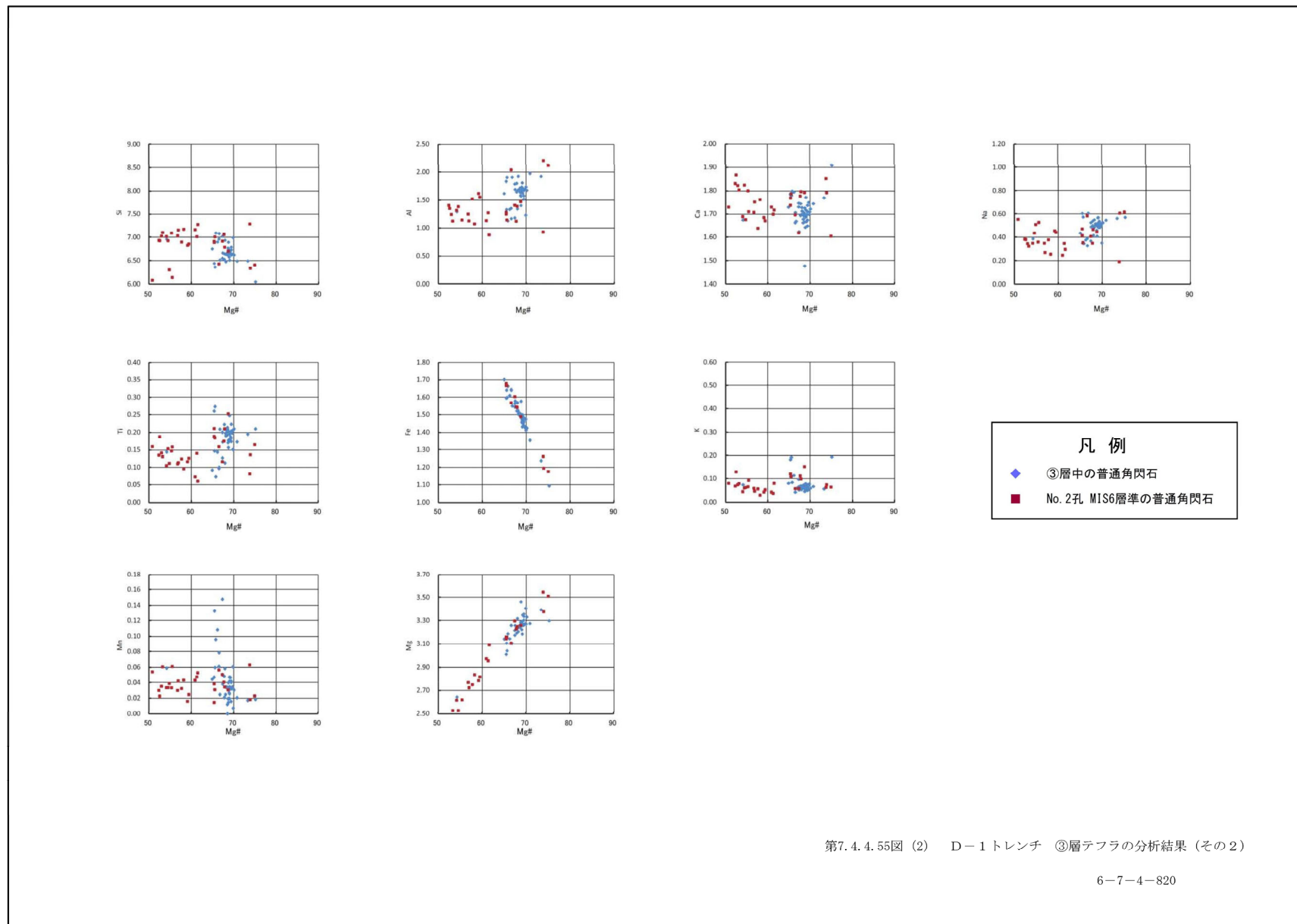
当初申請書に記載していた③層に係るテフラ分析結果(1/4)



第7.4.4.55図 (1) D-1トレンチ ③層テフラの分析結果 (その1)

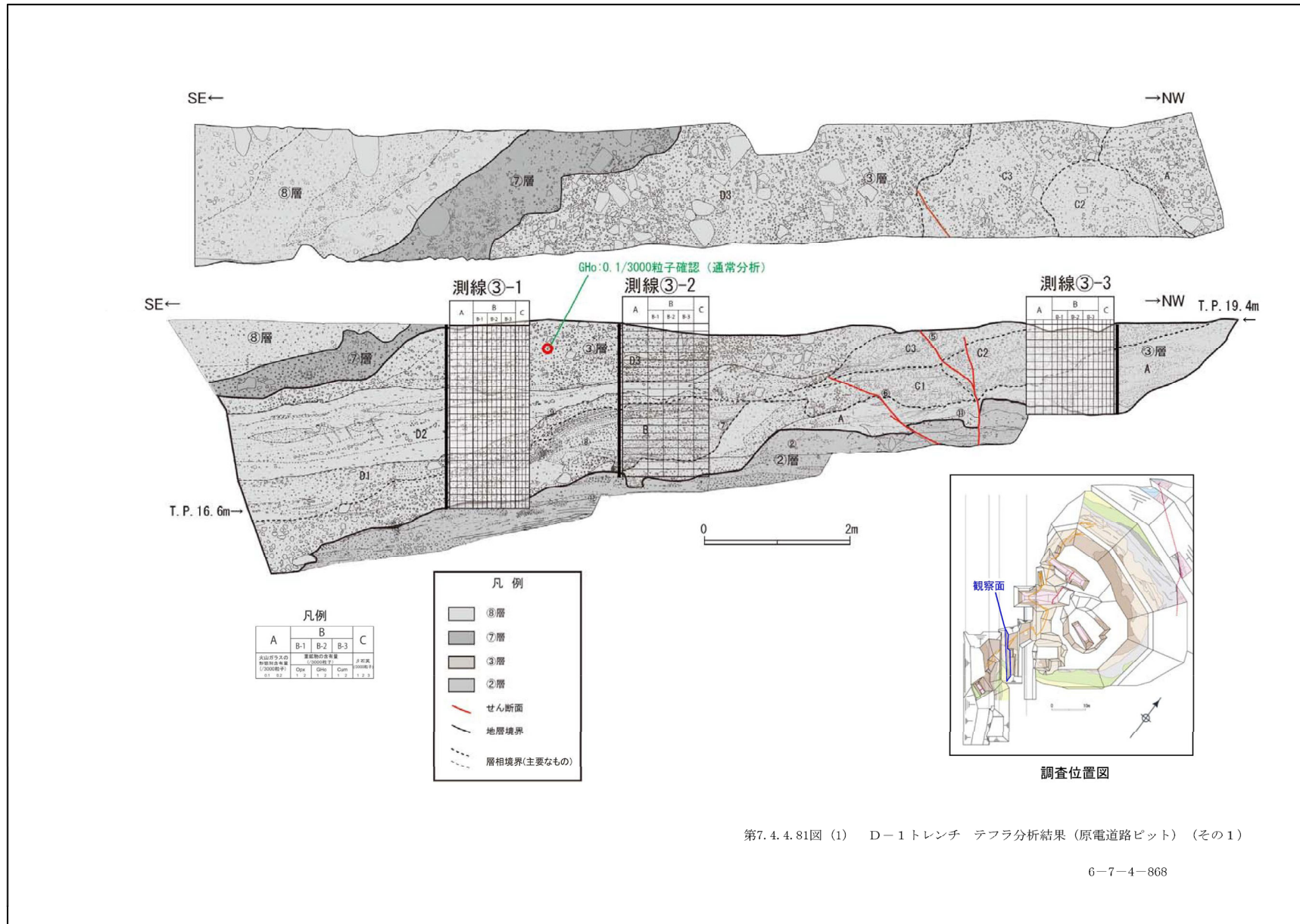
3. 審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-23)

当初申請書に記載していた③層に係るテフラ分析結果(2/4)



3. 審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-23)

当初申請書に記載していた③層に係るテフラ分析結果(3/4)

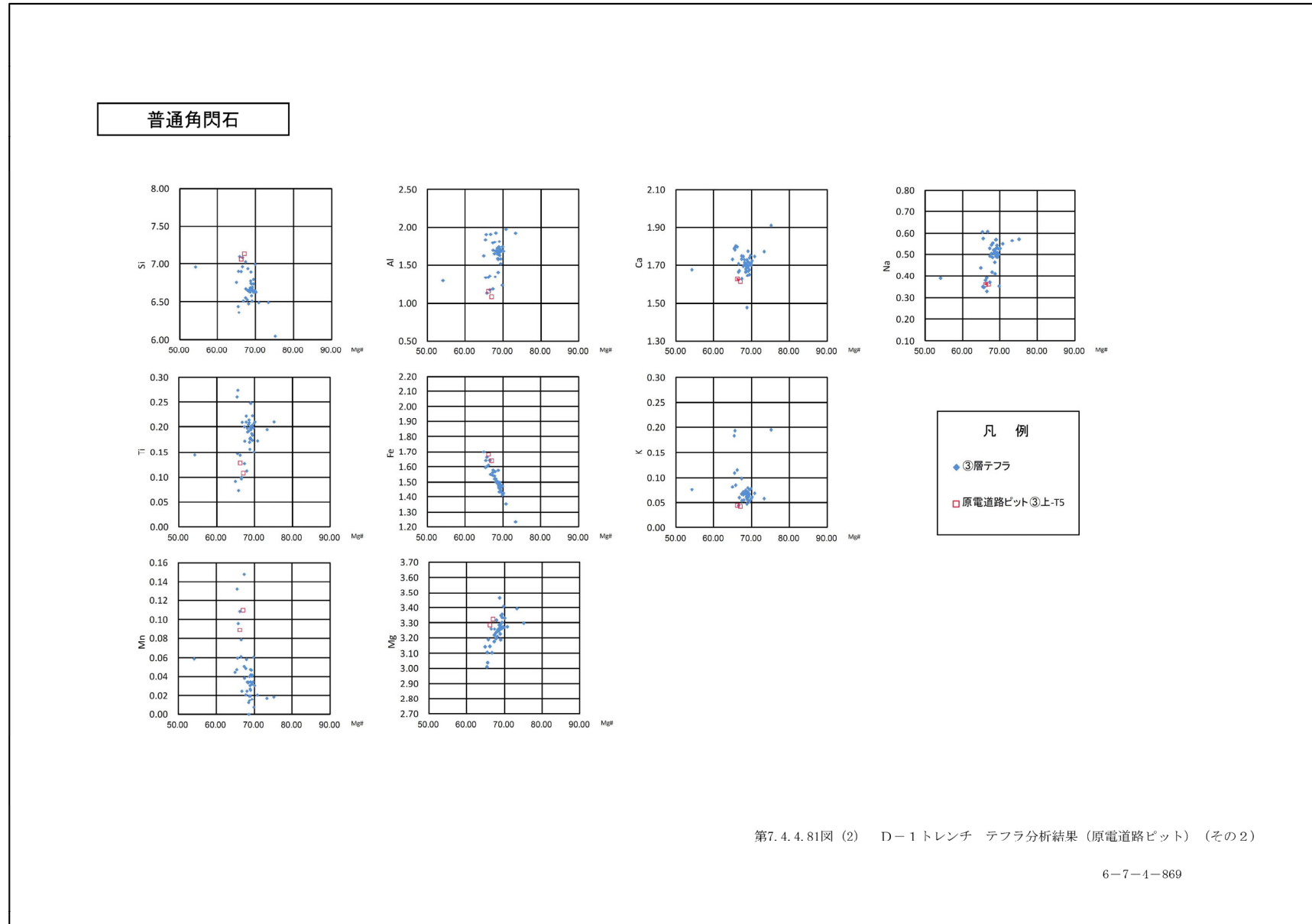


第7.4.4.81図 (1) D-1トレンチ テフラ分析結果(原電道路ビット) (その1)

6-7-4-868

3. 審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-23)

当初申請書に記載していた③層に係るテフラ分析結果(4/4)



コメント回答(No.1202-24)

審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-24)

(コメント内容)

- 原電道路ピットにおいて、K断層に見られる2つの変位量を合わせて、K断層のトータルの変位量とした考えを明確にすること。一般的な変位量の出し方を説明し、個々の地点ごとにその説明をすること。



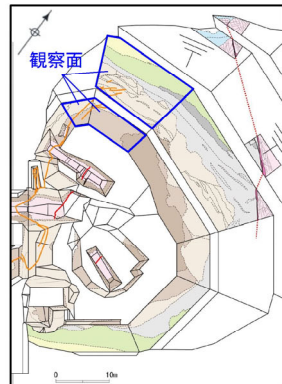
(回答)

変位量の考え方について、以下の内容を資料に追記した。

- 鉛直変位量は、断層による変位や変形を受けたと判断した範囲を挟んだ上盤と下盤の同一層準の比高差として求めている。
- 原電道路ピット東向き法面を除く露頭では上記の考え方に基づき同一層準の変位基準を用いて鉛直変位量を求めている。
- 原電道路ピット東向き法面においては、原電道路ピット底盤西側部から連続し逆断層センスをもつことからK断層と評価した2条のせん断面について、それぞれのせん断面における変位量を同一層準の変位基準を用いて求め、それらを合算したものをK断層全体の鉛直変位量とした。

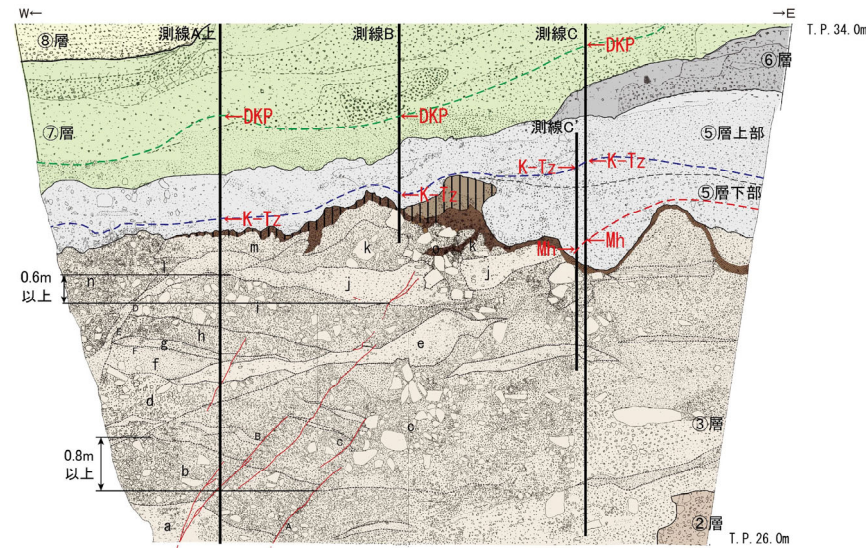
2.2.1.2 北西法面 (D-1トレンチ北西法面 スケッチ)

- ・K断層は、D-1トレンチ北西法面の付近の②層と③層の境界に逆断層変位を与え、北西法面の③層中の鉛直変位量は0.9mであり、D-1トレンチ北西法面の上方に向かって変形が主体となっている。
- ・断層の変位・変形量を鉛直面に投影した量を「鉛直変位量」と呼称する。鉛直変位量については、同一の地層境界などを変位基準として、断層による変位や変形を受けたと判断した範囲を挟んだ上盤と下盤の同一層準の比高差として求めている。

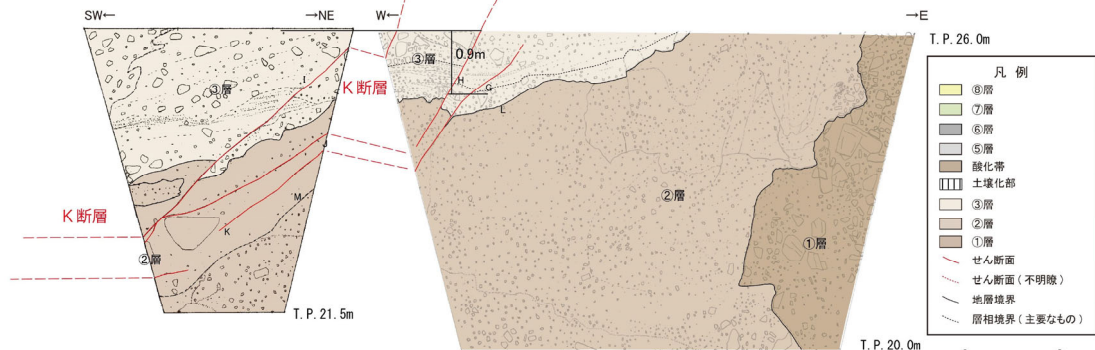


調査位置図

- ⑧層：砂礫
礫径5cm以下、特に1cm以下の角～亜角礫を主体とし、まれに10cm程度の礫を含む。礫間は新鮮な花崗岩質、アブライト、石英である。基質はシルト質細～中粒砂からなり、ゆるい。成層構造（ほぼ水平、一部斜交変層様）が見られる。
礫 (7.5YR4/6)、黄礫 (7.5YR7/8) を呈する。
- ⑦層：礫混じりシルト質砂～礫混じり砂質シルト (砂礫を伴う)
橙色～明黄褐色 (7.5YR6/8～10YR/6)、灰色 (10Y6/1) を呈する。
- ⑥層：腐植質砂質シルト～シルト質砂 (一部に砂礫を伴う)
暗灰 (N3/1)、灰 (10Y6/1) を呈する。
- ⑤層：砂礫主体 (礫混じりシルト質砂～礫混じり砂質シルト層を伴う)
礫は径0.5～20cmの角～亜角礫主体。
大鳥跡には上方粒状化の傾向を示す。
黄灰色～明オリーブ灰色 (2.5Y6/1～2.50Y7/1) を呈する。
酸化帯：③層と⑤層の境界面付近に多い。
- ④層：砂礫
主に20cm以下 (まれに50cm) の角～亜角礫を含む。
礫間は花崗岩質、花崗岩である。淘汰は極めて悪い。
基質は細～粗粒砂で、締まりは良好である。一部レンズ状に砂礫を挟む。
にぶい橙色～褐色 (7.5YR7/3～7.5YR6/6) を呈する。
K断層近辺の砂礫層は、崩壊を示す。
- ③層：礫混じりシルト
礫径0.2～30cm (まれに50cm以上) で、亜角～角礫を含む。
礫間はアブライト、粗粒花崗岩からなる。礫率10～20%である。
にぶい橙色～明黄灰色 (5YR6/4～10B6/1) を呈する。
- ②層：砂礫
礫径0.5～30cm (最大100cm以上) で、亜角～角礫を含む。
礫間は花崗岩質、粗粒花崗岩、アブライト、石英である。淘汰は悪い。
基質は砂質シルトで、締まりは良好である。
黄褐色 (10YR5/8) を呈する。



北西法面(上段)
現場確認: 2012年12月

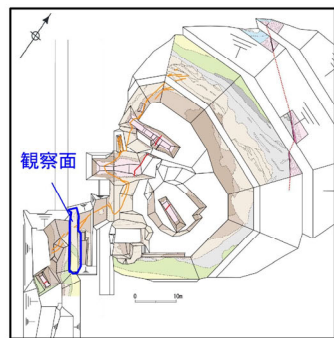


- A: せん断面: N25° E58° W
- B: せん断面: N20° E63° W
- C: せん断面: N22° E57° W
- D: 層理面 (チャネル壁): N87° W42° S
- E: 層理面 (チャネル壁): N33° W46° W
- F: 層理面 (堆積構造): N69° E16° S
- G: せん断面: N41° E60° NW
見かけ 15cm 変位 (逆断層)
- H: せん断面: N33° E72° NW
見かけ 10cm 変位 (逆断層)
- I: せん断面: N11° W64° W
- J: せん断面: N9° W44° W
- K: せん断面: N13° E48° NW
- L: 層理面 (②層③層境界): N47° W20° SW
- M: 層理面: N19° E56° NW

北西法面(下段)
現場確認: 2013年6月

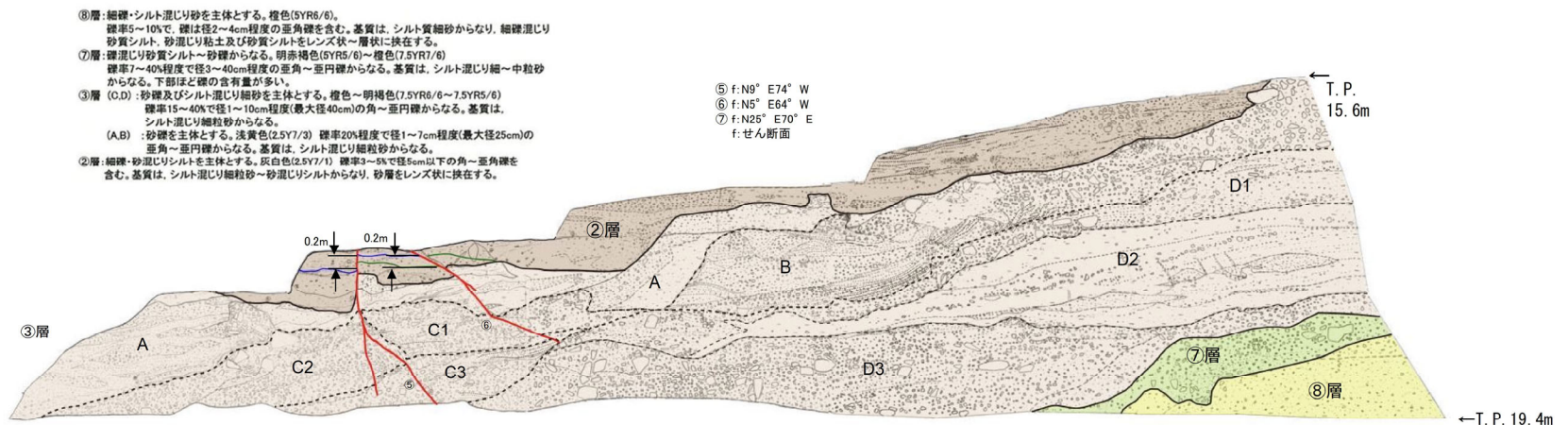
2.2.1.8 原電道路ピット～ふげん道路ピット (原電道路ピット東向き法面～ふげん道路ピット東法面 スケッチ)

- 原電道路ピット東向き法面で認められるK断層は、②層及び③層中のC層までの地層に変位を与えているが、その直上に分布する③層中のD3層は変位・変形を受けておらず、D3層は下位のC層とは明瞭な傾斜不整合関係で接している。同法面では、K断層は数条に分岐しており、②層中の地層を変位基準とした鉛直変位量は合計で0.4mである(原電道路ピット底盤西側部から連続し逆断層センスをもつことからK断層と評価した2条のせん断面について、それぞれのせん断面における変位量を同一層準の変位基準(スケッチ中の青線及び緑線)を用いて求め、それらを合算したものをK断層全体の鉛直変位量とした)。
- 原電道路ピット東向き法面で実施した③層のOSL年代測定は、K断層と傾斜不整合関係で接しているD3層について実施しており、③層の堆積年代は133kaより古いことを確認した。なお、D3層に対比される地層は、D-1トレンチ入口南側法面において、美浜テフラを含む⑤層に不整合関係で覆われていることを確認している。
- これらのことから、原電道路ピット及びふげん道路ピットにおいて、K断層は133ka以前に堆積したD3層に変位・変形を与えていない。

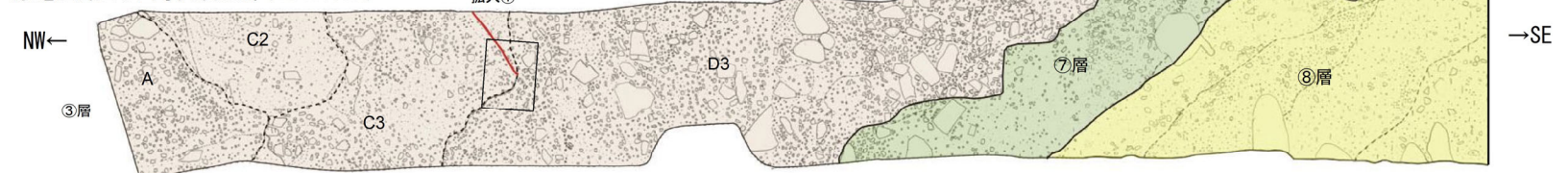


調査位置図

原電道路ピット東向き法面



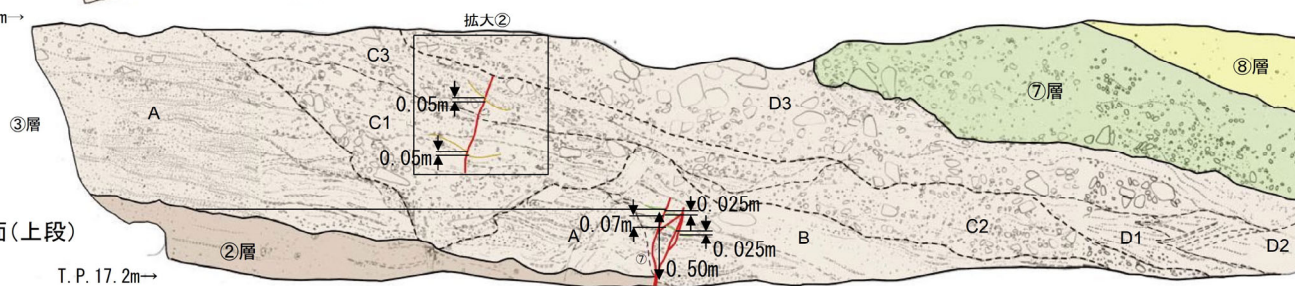
原電道路ピット島状頂盤部 (T.P.19.4m)



ふげん道路ピット東法面(上段)

現場確認: 2013年4月

T. P. 17.2m →



コメント回答(No.1202-32)

審査会合におけるコメントの回答(コメント No.1202-32)

(コメント内容)

- ふげん道路ピットで確認された断層をK断層と評価した根拠について説明すること。



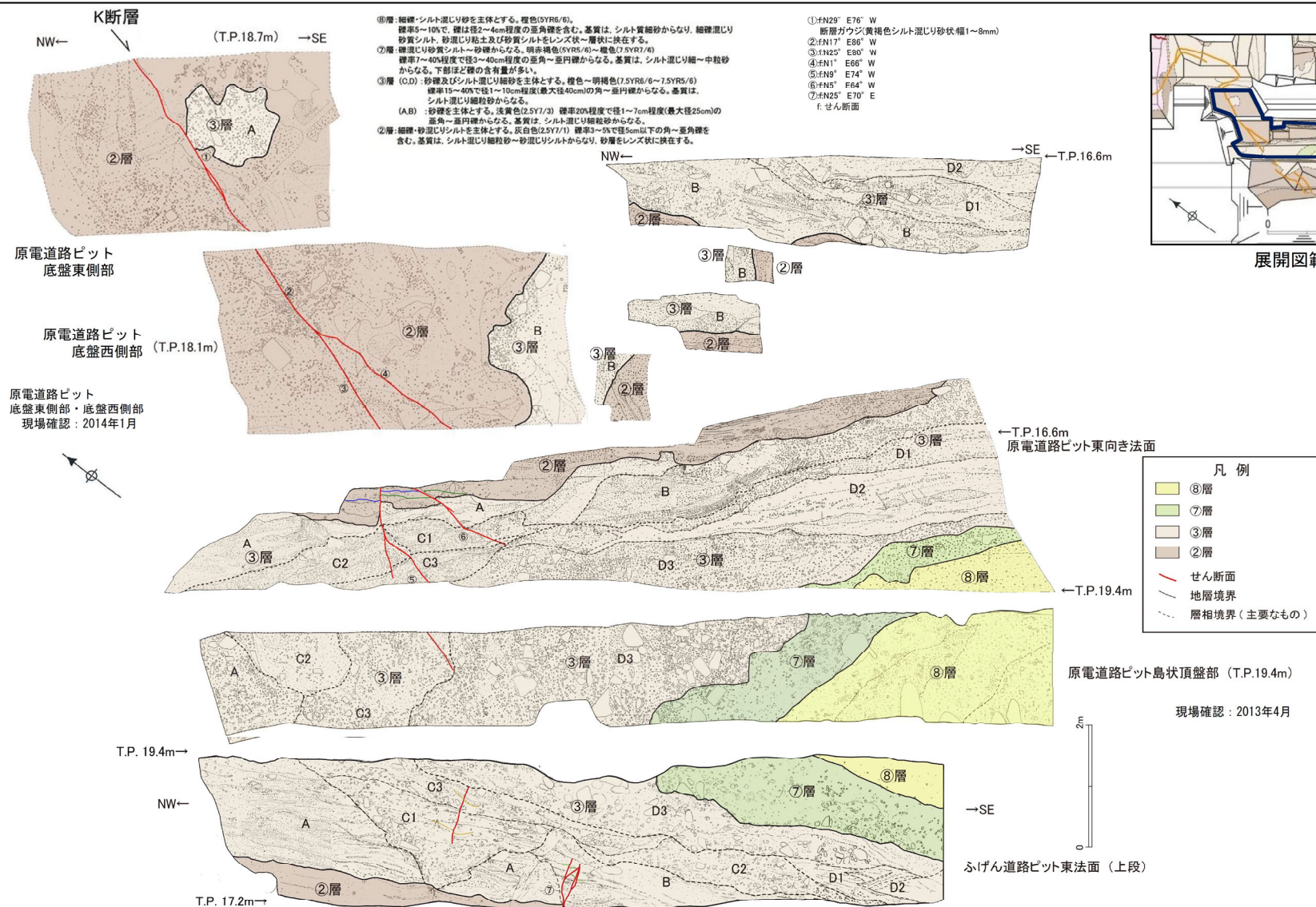
(回答)

ふげん道路ピットで確認された断層をK断層と評価した根拠について、以下の内容を資料に追記した。

- ふげん道路ピット東法面(上段)で確認された断層について、K断層の特徴である逆断層センスの変位が認められる。また、原電道路ピット東向き法面に連続するK断層のうちD3層に傾斜不整合で覆われるK断層の延長上に位置しており、走向・傾斜やD3層との関係も調和的である。以上のことから、ふげん道路ピット東法面(上段)で確認された断層はK断層であると評価した。

2.2.1.8 原電道路ピット～ふげん道路ピット(原電道路ピット底盤～ふげん道路ピット東法面 スケッチ)

- 原電道路ピットの底盤部で、K断層は②層及び③層を変位させ、N-S方向とNNE-SSW方向の2条の断層に分岐しながら、原電道路ピット東向き法面に連続している。
- ふげん道路ピット東法面(上段)で確認された断層について、K断層の特徴である逆断層センスの変位が認められる。また、原電道路ピット東向き法面に連続するK断層のうちD3層に傾斜不整合で覆われるK断層の延長上に位置しており、走向・傾斜やD3層との関係も調和的である。以上のことから、ふげん道路ピット東法面(上段)で確認された断層はK断層であると評価した。



余白