

委員から頂いた質問事項への回答（地質構造関連）

2023年6月2日

東京電力ホールディングス株式会社

寺尾付近の断層に関する評価について

（豊島委員）

質問1）寺尾付近の断層、特に A 断層の成因について、令和4年度第4回技術委員会においても「地すべり」、「非構造性断層」が結論として扱われていました。令和4年度第4回技術委員会 資料 No.4 にある質問にも答えがなく、「地すべり以外の成因」についての言及はありませんでした。再度、説明をお願いします。

御社は、鉛直方向の最大主応力、ほぼ水平の北東-南西方向の最小主応力による正断層であり、地すべりによる断層であると解釈しています。しかし、御社による地すべりの解釈は、例えば下記の観点のような問題を含んでおり、科学的に妥当性のある唯一の解であると判断できません。「地すべり」モデル、「非構造性断層」について再度説明をお願いします。下記 10 点の観点を含めて、説明をお願いします。

（回答）

- 新規制基準では、断層について自ら地震を発生させるか否か評価する必要があります。当社は、地質調査によって寺尾付近の断層が地下深部に延長するものではないこと、変位の累積性が認められない（＝繰り返し動いた様子が無い）ことを把握し、自らが地震を発生させる断層ではないと判断しています。
- その際、この断層の成因として「地すべり」の可能性を検討していますが、上記のように震源とならないと判断できているため、「地すべり」の可能性については参考情報となります。
- 原子力発電所の安全性の観点から確認すべき点は震源とならないことであると考えており、地すべりか否か、その成因についてはそれぞれの見解があっても良いと考えます。

（豊島委員）

観点1）寺尾付近の地すべりについての問題は、原子力規制委員会第276回審査会合においても岩田管理官補佐から質問されています（原子力規制委員会の第276審査会合の報告書の52～53ページ）。そこでは「地すべり」が唯一の結論になっていません。なぜ「地すべりである」と決まった、あるいは変わったのか、経緯を含めて説明してください。

（回答）

- 地すべりであることを決めた訳ではありません。震源として考慮する活断層ではないと判断した上で、参考として地すべり土塊を推定しているものです。

(豊島委員)

観点2) A 断層の成因については、地すべり以外の、別の解釈もあり得ます。それは、逆断層の上盤側に現れる引張応力による正断層としての A 断層です。A 断層が「震源として考慮する活断層」ではないとしても、地震時に大きな変位をもたらす断層である可能性があり得ます。A 断層が引張応力場において形成されたとする解釈は妥当でしょう。では、その引張応力場が何を示すかが問題です。御社の断層データを用いると、ほぼ鉛直な σ_1 と北東-南西方向の σ_3 によって形成された断層と、ほぼ鉛直な σ_1 と西北西-東南東方向の σ_3 によって形成された断層が混じっているようにも見えます。このような A 断層の成因としては、逆断層が動いた際の上盤側の引張応力によって形成された正断層であると考えすることもできます。これと同じ解釈が、御社によって、平成 23 年 8 月 11 日の報告書(地小委 26-3)において述べられています。同報告書の 17-19 ページにおいて、真殿坂向斜の深部、後谷背斜の地下に延びる西傾斜の真殿坂断層がタフに収斂する地質構造を示し、後谷背斜が断層関連褶曲の Fault-propagation fold であるとしています。また、同報告書の 20 ページでは、上田論文(上田(2011、2005)の図)を引用して、真殿坂断層の上盤側に引張割れ目としての断層が出現することを述べています。さらに、真殿坂断層が活動した場合に敷地内断層が活動するとも述べています(同 20 ページ)。以上の地すべり以外の解釈では、A 断層は西傾斜逆断層の地震によって動き得る二次的な断層であり、古安田層、安田層下部層、大湊層を切断しているので、大湊層堆積後に活動していることとなります。A 断層は複数回動いている可能性もあります。また、真殿坂断層と考えられる後谷背斜・真殿坂向斜地下の西傾斜逆断層は、防災科学技術研究所・東京大学地震研究所などによる平成 19-24 年度の文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の報告書(総括成果報告書は平成 25 年 5 月)の反射法地震探査断面・速度構造断面・その地質構造解釈にも示されています。①この断層は中越沖地震の際の震源断層や長岡平野西縁断層と同じ断層系を構成しています。以上のことから、「寺尾付近の、少なくとも A 断層や椎谷層を切断する断層(ボアホールカメラにて確認された断層を含む)は後谷背斜・真殿坂向斜の地下、原子力発電所直下に存在する西傾斜逆断層の運動に伴う上盤側の引張応力を示す正断層である」と解釈することも十分に可能です。②ボアホールカメラにて確認された断層はいずれも傾斜成分の大きな条線を持ち、番神砂層も切断しているので、逆断層上盤側の引張応力は番神砂層堆積後も続いたと考えられます。ちなみに、御社の平成 25 年 4 月 18 日付「柏崎刈羽原子力発電所 安田層の堆積年代に関する地質調査 報告書」の 99 ページの図(北-1 側線の深度断面)を見ると、長嶺背斜の東側から西傾斜で地下に延びる不連続面があり、より西側深部では層面に収斂しているように見えます。この不連続面について、御社の解釈の図では断層として描かれていませんが、敷地周辺の地下には、S タフに収斂すると解釈された西傾斜断層の他にも、複数の西傾斜逆断層が存在すると考えられます。真殿坂断層から枝分かれした西傾斜断層かもしれません。③

(回答)

①について

○「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクト」総括報告書（平成25年5月、以下、「ひずみ集中帯報告書」）で示されている反射法地震探査断面と速度構造のうち、最も近い測線は東山-三島測線（2-1 図6）です。

○真殿坂断層が推定されている真殿坂向斜は柏崎市西山町鎌田から刈羽村滝谷に至る間に認められます。

鎌田以北においては、北方延長部において灰爪層に覆われ、向斜構造は不明瞭となり、東山-三島測線まで延長するかは不明です。

一方で、鯨岡（1962）は「灰爪層基底の不整合下に西山層以下の地層よりなる古い背斜構造があり、寺泊層中に石油を胚胎しているが、この構造は灰爪層以上の地層に反映されていないことが認められる。」とし、池辺（1955）も、地表部で緩傾斜を示す灰爪層の下に翼部の急な背斜が存在し、灰爪層堆積後はほとんど褶曲していないとしています。また、地表地質調査結果により、急傾斜を示す西山層は、緩傾斜の灰爪層に傾斜不整合で覆われることを確認しています。

（下記の資料①参照）

○なお、ひずみ集中帯報告書に記載の「新潟地域の震源断層の矩形モデル」（2-1 図11）には真殿坂断層に対応する断層は示されていません。

【資料①】

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉の設置変更許可申請の補正書（平成29年6月16日）

発電用原子炉設置変更許可申請書（4）：p.6-3-105～108

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11068782/www.nsr.go.jp/data/000194736.pdf>

発電用原子炉設置変更許可申請書（6）：p.6-3-463～476

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11068782/www.nsr.go.jp/data/000194738.pdf>

②について

○真殿坂断層は地下深部に連続しないこと、古安田層に褶曲構造に調和的な構造が認められないことから、真殿坂断層の活動は古安田層の堆積時期よりも古いとみることができ、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断しています。

○断層の形成時期が異なることから、寺尾付近の断層は真殿坂断層の運動に伴うものではないと考えています。

③について

○長峰背斜周辺において、反射法地震探査及び群列ボーリング調査を実施しています。

その結果によれば、断層あるいは背斜構造を覆って古安田層以上の地層がほぼ水平に分布し、褶曲構造に調和的な構造が認められません。

よって、長峰背斜を形成する褶曲構造は、後期更新世以降の活動は認められないことから、震源として考慮する活断層ではないと判断しています。（下記の資料②参照）

【資料②】

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 敷地近傍の地質・地質構造について（平成 29 年 12 月）
資料 3 : p.61～67 (<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000095787/000214550.pdf>)

（豊島委員）

観点 3）ボアホールカメラによって得られた断層データは、北西-南東方向の最小主応力と鉛直方向の最大主応力を示すもので、御社の（地すべりの）「北東-南西方向の最小主応力」を示しません。多重逆解法による応力解析には、断層の性状等によるグループ分けも必要です。

（回答）

- 多重逆解法の結果は、寺尾地点の古安田層以上の地層に認められる断層条線データ（32 データ）が、鉛直な $\sigma 1$ （＝重力）をもつ応力場により、ミスフィット角 30° 以下で、統一的によく説明できることを示しています。
- 寺尾地点の古安田層以上の地層に認められる断層条線データ（32 データ）から、多重逆解法により推定される平均応力場は、北東-南西方向の水平な最小主応力($\sigma 3$)と鉛直方向の最大主応力($\sigma 1$)を示します。このとき、中間主応力($\sigma 2$)は水平で、北西-南東方向となります。
- 高角度正断層群（ボアホールカメラ）のみの断層条線データ（5 データ）から推定される平均応力場が、ご指摘の通り北西-南東方向の水平な最小主応力と鉛直方向の最大主応力を示すとすれば、中間主応力($\sigma 2$)は水平で、北東-南西方向となります。
- 両応力場は $\sigma 2$ と $\sigma 3$ が入れ替わっているのみで類似した応力状態と考えられます。このような状態で少数の部分集合を抜き出した場合、特に走向が揃った部分集合を対象とした場合に、計算結果で応力軸の反転が起こることもあると考えられます。

(豊島委員)

観点4) A断層の形態や地下への連続性の解釈においても問題があります。これは65ページのボアホールカメラにて確認された断層にも適応され得ます。

回答書 65ページの地質断面図において、A断層とボアホールカメラにて確認された断層は、ともに、地下の層面すべり断層に収斂する断層として示されています。しかし、この層面すべり断層は、断層関連褶曲の西傾斜の断層の階段状の一部とも解釈できます。真殿坂断層が層面に平行な断層を介して地下深部へと連続することが正しいとすると、層面すべり断層に連結するA断層やボアホールカメラで確認された断層も、地下に延びる可能性があるからです。①これについても検討し、説明をお願いします。なお、60ページの図を用いた説明だけでは不十分ですので、平成19-24年度の文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の報告書(総括成果報告書は平成25年5月)などを活用しながら、説明をお願いします。②

(回答)

①について

○北-2測線の反射法地震探査結果によれば、寺尾付近には地下深部へ連続する断層は認められません。

②について

○ひずみ集中帯報告書で示されている反射法地震探査断面と速度構造のうち、最も近い測線は東山-三島測線(2-1図6)です。

○寺尾地点は同測線との離隔が大きいことから、上記北-2測線で判断すべきと考えます。

○また、ひずみ集中帯報告書に記載の「新潟地域の震源断層の矩形モデル」(2-1図11)には真殿坂断層に対応する断層は示されていません。

(豊島委員)

観点5) 観点4)とも関連しますが、御社報告書のML08-1およびML08-2側線の地下探査では、真殿坂断層は後谷背斜の深部に西傾斜の逆断層として示され、Sタフで止まる、あるいはSタフに収斂する断層として表現されています。Sタフに収斂する断層(層面断層)であれば、真殿坂断層は地下深部で傾斜を変える断層関連褶曲の断層であり、層面断層部分をその一部として持つ断層です。層面断層は、御社による2018年12月4日付【新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会】寺尾トレンチの現地視察資料「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉敷地近傍の地質・地質構造(寺尾付近の断層に関する評価)について」の84ページの「北2速線で確認された断層(西元寺周辺の地質構造)の標高-60mにも連続が確認されており、敷地周辺の地下には複数の断層関連褶曲の断層があると考えられます。

(回答)

○褶曲構造は真殿坂断層により形成されており、褶曲と真殿坂断層に活動性がないことを確認しています。

よって、断層関連褶曲の断層についても活動性はないと判断されます。

(豊島委員)

観点6) 御社の2018年12月4日付【新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会】寺尾トレンチの現地視察資料No.2「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 寺尾付近の断層に関する調査結果」の7ページのボーリングコアの層面すべり断層を見ると、コアによって破碎の状態や特性、変質作用の性格などがかなり違うように見え、一続きではなく別の断層であると解釈することも可能です。写真だけではわからないこともあるので、これら断層を一続きの地すべり基底面であると解釈した理由も説明してください。

(回答)

○層理面に平行な断層であり、一定の層準に分布することから連続性があるものと考えていますが、分岐・雁行している可能性もあり、必ずしも一続きと考えている訳ではありません。

○この層面すべり断層の下位に多数の鍵層を認定しており、この分布標高・連続性を考慮すると、A断層と思われる断層や高角度断層群が層面すべり断層の下位に連続することはないと判断しています。

(豊島委員)

観点7) 滑落崖を推定されているようですが、どのように特定されたのでしょうか。滑落崖と移動体を特定すべきですが、証拠・理由を含めて示されていません。御社の2018年12月4日付【新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会】寺尾トレンチの現地視察資料No.1「柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 敷地近傍の地質・地質構造(寺尾付近の断層に関する評価)について」の72ページ右の赤色立体地図および左の地形区分図を見ても、頭部滑落崖・移動体・側壁・末端の隆起体などが示されていませんし、どこがそれに当たるのか、わかりません。寺尾付近の地すべりの地形的特徴やどのように認定されたかについて説明してください。

(回答)

- p.72は寺尾周辺の地形について、空中写真判読から滑落崖を判読したもので、現地地形について検討したものです。
- 一方、p.72の緑で示した地すべり想定線は、寺尾地点で想定した地すべり土塊の運動像(イメージ)を上記に反映してみたものです。
- 現地形では、これに対応する滑落崖が判読されませんが、当時と現在で地形が変化しているためと考えております。

(豊島委員)

観点8) 地すべりの南側側壁のみのデータがほとんどであり、反対側側壁や頭部滑落崖、地すべり末端部、内部の地質学的データがほとんど示されていません。これらを示してください。これらを示さないと、地すべりモデルの妥当性がわかりません。

(回答)

- 現状あるデータはこれまでに説明してきたものが全てです。
- 寺尾付近の断層については、震源として考慮する活断層ではないと判断した上で、参考として地すべり土塊を推定しているものです。
- 地すべりの可能性を考えているもので、モデルの妥当性を主張するものではありません。

(豊島委員)

観点9) 地すべり基底の断層(主すべり面)、層面すべり断層のすべり方向(条線の方向)や剪断センスが示されないのはなぜでしょうか。地すべりモデルを立証するのに不可欠です。

例えば、令和4年度第2回技術委員会 資料 No.6-3「委員から頂いた質問事項への回答(地質構造関連)」の65ページの図を見ると、御社の地すべりモデルの基底すべり面の断層(層面すべり断層)であると思われるデータ(13度の傾斜を持つ断層)が一つだけ示されています。しかし、そのすべり方向(条線)は地すべりの移動方向ではなく南東方向です。これ以外、地すべりモデルの基底すべり面の断層(層面すべり断層)のデータを見つけられません。また、同じ図において、13度の傾斜を持つ断層のすぐ下に層面すべり断層らしい断層がもう一つ示されていますが、この条線は北西方向です。これら南東方向と北西方向の条線は、南東方向に動く正断層と北西方向に動く正断層を示唆します。地すべりモデルによる説明をするのであれば、基底すべり面の断層(層面すべり断層)の構造データ(断層面の走向・傾斜、条線の方向と剪断センス)をきちんと示してください。

(回答)

- 層面すべり断層の条線方向については、ほとんどが不明瞭であり、確認できたものは資料に記載の通りです。
- 層面すべり断層と推定した地すべりが、常に同時に活動したとは考えておらず、層面すべり断層と地すべりの運動方向が異なることもあると考えています。
- 寺尾付近の断層については、震源として考慮する活断層ではないと判断した上で、参考として地すべり土塊を推定しているものです。
- 地すべりの可能性を考えているもので、モデルの妥当性を主張するものではありません。

(豊島委員)

質問2) 断層の活動性評価方法の「後期更新世(約12~13万年前)以降の地層に変位・変形があっても、地震を起こす断層ではないのであれば、基準地震動の策定において考慮不要」に基づいて、地震によって動く可能性のある断層は起震断層ではないので「左記以外の地すべり等の断層」であり、考慮不要の断層であるとの判断でしょうか。新潟県中越地震の際の震源断層上盤側に発生した様々な地盤変状や地すべりは建物・道路、側溝などに大きな被害をもたらしました。その観点から、活断層でないとしても安全対策は必要だと思います。

(回答)

- 地震を起こさない断層については、基準地震動の策定において考慮不要です。
- 敷地内の重要施設については、策定した基準地震動に基づき地盤安定解析や耐震設計(岩盤支持、液状化対策など)を実施して安全性を確認しております。

「小木ノ城背斜の隆起」「中央丘陵西縁部断層」について

(豊島委員)

中越沖地震に伴う、原子力発電所東方の中央油背斜の、特に西翼側の隆起について、御社は、「地震を伴わない動き」や「広域的な変動に伴い隆起した」との表現・解釈をされています。中越沖地震時この隆起域の付近に余震分布は認められていませんが、この隆起が「地震に伴う隆起であること」を改めて認識いただきたいと思います。中越沖地震の地震活動による地殻変動、今後の地震発生を考える上で重要な事実であることを理解していただきたい。中越沖地震に伴う地殻変動であるのは明らかですので、「地震を伴わない動き」や「広域的な変動に伴い隆起した」といった表現は使わない方が良いと思います。また、「累積性」の解釈については、その場所の削剥速度や地すべり頻度など、様々な要因を考慮した上で、慎重に科学的に解釈された方が良いと思います。中越沖地震のデータ、現在のデータだけで「累積性」を議論するのは危険です。南側に累積性がないとの解釈をされていますが、南側では断層が地表に顔を出していないと考えることも可能です。さらに、撓曲の有無によって断層の有無、断層関連褶曲か否かを議論されていますが、褶曲の形態が非対称であるか否かで議論されるべきです。御社が撓曲を持たないとした背斜南部も、非対称褶曲なので、地下に断層を持つ断層関連褶曲と考えられます。以上のように、30-32 ページの説明では不十分です。

小木ノ城背斜の西翼部が限定的に隆起したことは、地下の東傾斜逆断層あるいは西傾斜逆断層が活動的であり、今後地震を起こし得る可能性を示していると考えた方が良いでしょう。実際、防災科学技術研究所・東京大学地震研究所などによる平成 19-24 年度の文部科学省委託研究「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」の報告書（総括成果報告書は平成 25 年 5 月）では、小木ノ城背斜の地下に延びる西傾斜の気比ノ宮断層と、そのバックスラストに見える東傾斜断層が示されています。

以上のことから、下記 3 点について説明をお願いします。

(豊島委員)

質問1) 余震がなくとも「地震を伴わない動き」は地下の断層による動きを示しているでしょうから、今後地震を起こし得る断層の存在を評価する上で極めて重要です。現在活動的な断層であるということです。今回の隆起に関して「地震を伴わない動き」で完結し、安全管理上の議論を継続しない理由を説明してください。

(回答)

○中越沖地震の震源断層と考えられる F-B 断層については、基準地震動に考慮し、地盤安定解析や耐震設計を実施しています。

中央丘陵西縁部断層は地下深部に連続する断層構造ではなく、気比ノ宮断層の活動に伴う副次的な構造と判断しています。

地下深部に連続しない中央丘陵西縁部断層は自らが地震を起こさないことから、基準地震動の策定において考慮不要で、地下深部に連続すると評価した気比ノ宮断層による地震を考慮しています。

(下記の資料③、④参照)

○ひずみ集中帯報告書では、小木ノ城背斜(中央油帯背斜)を横断する東山-三島測線(2-1 図6)の反射法地震探査断面と速度構造が示されています。

ご指摘の通り気比ノ宮断層のバックスラストに見える東傾斜の断層が示されていますが、これ自体は、地下深部に連続し震源として考えるべき構造ではなく、気比ノ宮断層の活動に伴う副次的な構造と考えられ、この気比ノ宮断層による地震を考慮しています。

(下記の資料④参照)

【資料③】

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉敷地周辺陸域の地質・地質構造について(平成29年12月)

資料1-1 : p.84~91 (<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000095784/000214547.pdf>)

【資料④】

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉基準地震動の策定について(平成29年12月)

資料8 : p.12~14 (<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000095797/000214560.pdf>)

(豊島委員)

質問2)「広域的な変動に伴い隆起した」は何が原因でしょうか。説明をお願いします。地震以外の原因を考えておられますか。日本列島における隆起は、アイソスタシーによる隆起もありますが、ほとんどが地震や火山活動に伴う隆起です。

(回答)

○中越沖地震からまもなく、各研究機関が調査結果を公表していますが、いずれも当社と同様の見解とみています。

○その後、この現象に対して、新たに考慮すべき知見は示されておらず、原因の特定に至っていないと認識しています。

(豊島委員)

質問 3) 敷地周辺の断層関連褶曲に関連する、原子力発電所直下に延びる西傾斜断層が地震を起こした場合、上盤側の原子力発電所の地盤には大きな地震動が到達すると予想されます。第4回技術委員会において御社が説明されたように、発電所の基準地震動の大きさは2、300ガルとして想定されています。2004年新潟県中越地震では起震断層上盤側において1500ガルを超える最大加速度となり、余震では2516ガルとなっています。2008年岩手・宮城内陸地震では最大加速度4022ガルとなっています。また、2004年新潟県中越地震では起震断層上盤側に激震ゾーン(新潟大学災害・復興科学研究所ト部教授による)が出現しましたが、後谷背斜頂部(敷地内)において同様のゾーンが現れることも懸念されます。これらについて検討されていますか。されていなければ、ぜひ検討し、説明をお願いします。

(回答)

- ご指摘の上盤効果について、断層面全体に対する敷地までの距離が下盤側より上盤側の方が近く、地震動も大きくなることを認識しており、その影響は基準地震動の評価に考慮しております。
- 令和3年度第4回技術委員会(2021年12月23日開催)にてご説明差し上げたとおり、発電所の基準地震動は地表より150~300m深い解放基盤表面にて定義しております。例示頂いた各地震の最大加速度値は地表における観測値につき、数値を基準地震動と直接比較することは出来ません。
- 中越地震の際に、本震(17:56)と大きな余震(18:11)の震源(震央)をつなぐトレースとほぼ平行に(東側に)、木造建造物の被害が卓越することや、大規模な斜面崩壊分布等が狭隘な帯に認められるとされ、「激震ゾーン」と指摘されていることは承知しております。
- 柏崎刈羽原子力発電所においては、これまでにお示しした褶曲構造を考慮した解析により、近傍で発生した中越沖地震の観測記録の特徴を再現することができており、敷地の増幅特性については褶曲構造の影響が大きいものと評価しております。
- 基準地震動の策定において、この増幅特性を考慮することや、設備の耐震性の評価にあたっては設備設置位置での応答を求め、安全性を確保するよう対応しております。

敷地内断層について

(豊島委員)

御社の平成 29 年 12 月 22 日付【柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉審査資料 1-4】「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 敷地の地質・地質構造について」等を拝見し、質問させていただきます。説明をお願いします。

下記質問 6)～質問 8) は、後期更新世(約 12～13 万年前)以降の地層の変異や変形ではないとのことなので、議論にならないかもしれません。

質問 1) 平成 29 年 12 月 22 日付【柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉審査資料 1-4】「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 敷地の地質・地質構造について」の 69-70 ページのスケッチの西山層内に描かれている新期砂層・沖積層と古安田層 A3 部層のブロック?は何を意味していますか。

質問 2) 平成 29 年 12 月 22 日付【柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉審査資料 1-4】「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 敷地の地質・地質構造について」の 69-70 ページのスケッチにおいて、新期砂層・沖積層に突き刺さるように延びている古安田層 A3 部層の形態は何を意味していますか。非構造性地すべりでしょうか、それとも地震時の地すべり・地盤変状でしょうか。

質問 3) 平成 29 年 12 月 22 日付【柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉審査資料 1-4】「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 敷地の地質・地質構造について」の 69-70 ページのスケッチに示されている α 断層・ β 断層以外の多くの小断層の成因とその解釈の理由を説明してください。特に、79 ページの 1 号炉北側法面スケッチ中央部と右端部分についてお願いします。

(回答)

質問 1～3 について

- ご指摘の小断層などについては、古安田層、新期砂層・沖積層堆積時に生じた重力性のすべりである可能性が高いと考えています。
- これらの小断層は地下深部に連続せず、また、これらの小断層が分布していた 1 号炉北側法面については、2 号炉の敷地造成時に掘削除去されており、これらの小断層は現状、分布しておりません。

(豊島委員)

質問4) 平成29年12月22日付【柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料1-4】「柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉敷地の地質・地質構造について」の69-70ページにおいて、低角度小断層が α 断層・ β 断層を止めるとしています。新期砂層を切っているように見える低角度小断層の成因は何でしょうか。①また、70ページにおいて、 α 断層・ β 断層と低角度断層は別系統として解釈されていますが、70ページの地質スケッチの α 断層・ β 断層は、より深部に続く α 断層・ β 断層ではなく、低角度小断層のリーデル剪断面として解釈することも可能に見えます。いかがでしょうか。②

(回答)

①について

- ご指摘の小断層などについては、古安田層、新期砂層・沖積層堆積時に生じた重力性のすべりである可能性が高いと考えています。
- これらの小断層は地下深部に連続せず、また、これらの小断層が分布していた1号炉北側法面については、2号炉の敷地造成時に掘削除去されており、これらの小断層は現状、分布しておりません。

②について

- リーデルせん断面(R面)： α ・ β 断層、主せん断面(Y面)：低角度断層とすると、一般的なR面とY面の交差角(通常 15° 程度)と比較して大きいため、 α ・ β 断層を低角度断層のリーデルせん断面とは考えにくいと思われます。
- また、 α ・ β 断層とも深度方向に変位量が減少していることから、通常の正断層の形態と思われます。
- 仮に、そのように解釈しても、 α ・ β 断層については、大湊砂層に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降の活動は認められないことから、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断しています。

(豊島委員)

質問5) 質問1)～質問4)の回答によっては、敷地内に、後期更新世(約12～13万年前)以降の地震時に地層の変異や変形を発生させた断層の存在が考えられます。新潟県中越地震では震源断層の上盤において多くの地盤変状、地面の段差や割れ目、ずれ、地すべりが発生しました。敷地付近に置いて地震の地殻変動量が累積されるのであれば、敷地においても新潟県中越地震時のような揺れや地盤変状が生じると考えられますが、それらについての安全対策はどのようになされているのでしょうか。

(回答)

- これらの小断層は地下深部に連続せず、また、これらの小断層が分布していた1号炉北側法面については、2号炉の敷地造成時に掘削除去されており、これらの小断層は現状、分布しておりません。
- 重要施設の支持地盤には将来活動する可能性のある断層等はないことを確認しています。
- また、重要施設については、基準地震動に基づき地盤安定解析や耐震設計(岩盤支持、液状化対策など)を実施して安全性を確認しております。

(豊島委員)

質問6) 71ページの β 断層の鉛直変位量変化によると、下方には徐々に減少しているように見えますが、上方では急に変位がなくなる(小さくなる)ように見えます。この説明のひとつとして、古安田層上部堆積時に β 断層上部が失われ(削剥され)、古安田層上部堆積後に β 断層と低角度小断層が再活動した結果であるとも考えられます。このような可能性はないでしょうか。

(回答)

- そのような可能性も考えられますが、仮に、そうであっても、 $\alpha \cdot \beta$ 断層については、大湊砂層に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降の活動は認められないことから、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断しています。

(豊島委員)

質問7) 平成29年12月22日付【柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料1-4】「柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉敷地の地質・地質構造について」の44ページを見ると、F3断層は古安田層(A2部層)に延びているので、古安田層A2部層堆積後に活動したと判定できます。スケッチや写真では、F3断層には逆断層成分があるように描かれています。同資料45ページにおいて、御社は「F3断層は、古安田層に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降の活動は認められないことから、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断される。」と結論しています。「F3断層は、古安田層に変位・変形を与えておらず」の部分は間違いでしょうか。

(回答)

- F3断層は、以下の理由から古安田層A2部層堆積以降の活動性はないと判断しています。
- ・ F3立坑において古安田層A2部層に変位・変形を与えていないこと
 - ・ L1断層に変位・変形させられており、L1断層はL1立坑において古安田層A2部層に変位・変形を与えていないこと
- 試掘坑では、F3断層は西山層の上限面にごくわずかな変位を与えているものの、古安田層A2部層に入るとすぐに消滅しております。
- F3断層がF3立坑において古安田層に変位・変形を与えていないこと、古安田層に変位・変形を与えていないL1断層に変位・変形させられていることから、試掘坑の様子は局所的なものと考えています。

(豊島委員)

質問8) 平成 29 年 12 月 22 日付【柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉審査資料 1-4】「柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉 敷地の地質・地質構造について」の 75 ページの図、および令和 3 年 12 月 23 日付【令和 3 年度第 4 回技術委員会 資料 No.8-1】「委員から頂いた質問事項への回答 2」の 32 ページの図 (3.2.4①・②断層 (①・②断層の連続性及び変位量)) を見ると、F5 断層を主剪断面 (Y 面) とし①断層と②断層を 2 次剪断面とするリーデル剪断面であるとの解釈もあり得ます。リーデル剪断面だとすると、これら断層に挟まれた「地すべり土塊」以外の可能性もあり得ます。F5 層面すべり断層を介して、北西側の岩盤が南東上方に移動する断層です。この可能性が成立しないとする説明をお願いします。

(回答)

- A-A'断面で、上盤が北西から南東に移動した場合を想定したご指摘との前提でご回答致します。
- F5 断層については、層理面に平行な逆断層 (A-A'断面では上盤が南東から北西に移動する) と評価しており、ご指摘の運動とは異なると考えております。
- 仮に、上盤が北西から南東に移動したとすると、その場合、南西側 (A-A'断面の右側) の①・②側方断層については、その傾斜方向からリーデルせん断面 (R 面) には対応しないと考えられます。また、北西側 (A-A'断面の左側) の①・②側方断層については、主せん断面 (Y 面) : F5 断層との交差角が一般的な交差角 (通常 15° 程度) と比較して大きいため、こちらもリーデルせん断面 (R 面) には対応しないと考えられます。
- ①・②断層については、古安田層に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降の活動は認められないことから、将来活動する可能性のある断層等ではないと判断しています。

「阿多鳥浜テフラ・刈羽テフラがほぼ水平である」よって「古安田層堆積以降、褶曲が活動していない」との結論について

(豊島委員)

第4回技術委員会資料 No.6-2 の7 ページや25 ページの地質断面図において、「テフラ等がほぼ水平であるから、褶曲していない」とされています。しかし、褶曲軸や断層を跨がない部分で見ると、例えば、北2側線では、真殿坂向斜から西北西に向かって(向斜軸から離れるにしたがい)、刈羽テフラ・阿多鳥浜テフラともに標高が増えています。しかも、下位の阿多鳥浜テフラの標高分布の勾配の方が大きい。さらに、真殿坂向斜の東南東翼では、東方の断層付近を除けば、阿多鳥浜テフラの標高が東南東側で高くなるように見えます。また、同断面図では、後谷背斜から離れるにしたがい、刈羽テフラは標高を減じているように見えます。北-2-⑭付近の断層と北-2-⑪付近の断層に挟まれた部分でも刈羽テフラは非常に緩く東に傾いているようです。他の側線でも、同様に、背斜軸や向斜軸を挟んでテフラの高度が変化しているように見えています。これらが正しいとすると、テフラは褶曲に参加していることとなります。

同じように、刈羽テフラ・阿多鳥浜テフラの水平性・標高分布の勾配についての質問・議論が、原子力規制委員会の第276審査会合において宮脇技術研究調査官からなされています。その内容は、同審査会合の報告書の53～55ページに記録されており、御社の金戸マネージャーが「標高については個別に細かくお出しして、どういった位置づけで我々がこういう検討をしているかということですか、そういったことをヒアリングなどで細かく御説明させていただけたらと思います。」と答えています。しかし、第4回技術員会では、当時と同じ資料を用いて説明され、同じように、テフラはほぼ水平であると結論しています。第276審査会合の議論を受けた詳しい解析・説明はされないのでしょうか。あるいは他の会議にて報告されているのでしょうか。

テフラの水平性の議論や標高分布の勾配の求め方にも問題があります。テフラの水平性・標高分布の勾配やそれによる褶曲の活動性を議論するのであれば、褶曲軸や変位を持つ断層を跨がない部分で議論すべきです。断層を跨いで標高変化を議論する場合、断層の変位を元に戻して議論すべきです。ところが、第4回技術委員会資料 No.6-2 の7 ページや25 ページの説明は褶曲軸や変位を持つ断層を跨いでいますし、断層の変位を戻していません。これでは、テフラの水平性・標高分布の勾配やそれによる褶曲の活動性の議論ができません。

(豊島委員)

要望1) 褶曲軸や変位を持つ断層を跨がない部分でテフラの標高変化・標高分布の勾配を数値で求め、テフラの水平性やそれによる褶曲の活動性を議論してください。断層を跨がざるを得ない場合、断層の変位を戻してください。第4回技術委員会資料No.6-2の7ページや25ページにあるような地質断面図上の大まかな説明ではなく、背斜・向斜の両翼における標高変化を数値やグラフによって説明いただきたい。また、テフラの標高に関してたくさんのボーリングデータをお持ちでしょうから、側線沿いの断面図ではなく、テフラの標高変化を示すコンターマップを作成して説明してください。

(回答)

- 褶曲構造とテフラの分布が調和的か確認するため、褶曲構造全体で検討する必要があると考えております。
- 断層についてはテフラから変位量を推定しており、真の断層の変位量がわからないため、戻すことができません。
- 北-2 測線における刈羽テフラ・阿多鳥浜テフラの標高の具体的な数値を記載した資料、標高分布を示した平面図は公開資料に記載してあります。(下記の資料⑤参照)

【資料⑤】

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉敷地近傍の地質・地質構造について(平成29年12月)

資料3 : p.47, 60 (<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000095787/000214550.pdf>)

(豊島委員)

質問1) 第4回技術委員会資料No.6-2の28ページにおいて、刈羽テフラ・阿多鳥浜テフラの標高分布の勾配を求めて、これらが周囲のM1面の標高分布の勾配と同程度であるとしています。また、同資料の29ページでは、阿多鳥浜テフラの標高分布の勾配が新潟県中越沖地震による地殻変動量の累積によって説明できるとしています。29ページでは刈羽テフラについて触れていませんが、28ページの解釈からすれば、刈羽テフラの標高分布の勾配も新潟県中越沖地震による地殻変動量の累積によって説明できると考えられます。刈羽テフラの標高分布の勾配には断層変位が含まれているので、この断層の動きも新潟県中越沖地震による地殻変動によって説明できることになりそうですが、いかがでしょうか。

(回答)

- 刈羽テフラについては、阿多鳥浜テフラと比較して確認箇所が少ないことから、地殻変動再現解析との相関は確認しておりません。
- 一方で、標高分布平面図より、概ね阿多鳥浜テフラと同様の傾向を示していることから、同様の結果となると想定されます。

(豊島委員)

質問2) 別の観点で言うと、断層を跨いで刈羽テフラの標高分布の勾配を計算されていますが、これが何を意味するか、もう少し詳しくお教えてください。御社の結論である「地すべり時に動いた断層」による標高分布の勾配でしょうか。

(回答)

- 褶曲構造とテフラの分布標高が調和的か確認するためのものです。
- 局所的な断層があるものの、褶曲構造を横断する大局的な分布標高の勾配の程度を示しています。
- 褶曲構造とテフラの分布標高が調和しないことを確認しています。

以上