

国への確認事項への回答

令和6年8月23日
原子力規制庁

2 施設の液状化対策

田村委員からの質問

2007年新潟県中越沖地震の際に柏崎刈羽原子力発電所で発生した変電所の火災は、地盤の乾燥砂(非飽和状態)が地震動により揺すられたことにより沈下し、発生したと聞いております。また、この地盤は、敷地にあった砂丘の砂を埋め戻したものと聞いたことがあります。

そこで、以下の2つの質問をさせていただきたいと思えます。

(1)敷地にあった砂等を埋め戻して使用することは、他の原子力発電所サイトでも行われているのでしょうか。

回答

適合性の審査においては、申請者が信頼性のある試験等を踏まえて敷地の地質特性・構造を設定しているかを重視して審査しているため、他の原子力発電所において敷地内の砂等を用いて埋め戻しているか、若しくは敷地外の砂等を使用しているかは特段承知していません。

(2)地震動により乾燥砂(非飽和)が揺すられることによる沈下は、柏崎刈羽原子力発電所の安全審査の段階でどのように考えら、検討されてきたのでしょうか。

回答

設置変更許可申請並びに設計及び工事計画認可申請の審査においては、重要な安全施設は揺すり込み沈下が発生しない岩盤（西山層）に直接もしくは MMR（人工岩盤）又は杭を介して支持されていることを確認しています。

なお、新潟県中越沖地震により3号炉の変圧器に発生した火災を踏まえ、6号炉及び7号炉の変圧器については、MMR及び杭基礎構造で支持することで、沈

下の影響を受けない構造としていることを確認しています。

16 水素爆発対策

藤澤委員からの質問

1 GOTHIC コードによる解析結果と実験の比較について

そのような文献があるならその比較結果を示していただきたい。また、その結果に基づいて、解析と実験結果の不確かさの幅を定量的に示していただきたい。

回答

GOTHIC コードによる解析結果と実験の比較については、以下の柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号の設置変更許可申請に係る審査資料「別添資料-3 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備について 参考資料3 GOTHIC コードについて」において示されており、解析によるガス濃度分布等の再現性を確認しています。なお、再現性を示すデータについては、事業者において商業機密に属するため公開できないとされていることから、非公開となっています。

(<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11036037/www.nsr.go.jp/data/000214656.pdf>)

この再現性については、試験結果との比較により定性的に確認していますが、不確かさの幅の定量的な確認は行っていません。

ただし、静的触媒式水素再結合器（以下「PAR」という。）の効果については、水素発生量、原子炉格納容器漏えい率等の入力条件に大きな保守性を持たせて解析を行っており、その結果、原子炉建屋オペレーティングフロアの水素濃度を可燃限界未満に抑制できることを確認しています。

その上で、水素挙動の評価は一定の条件を仮定したものであり、その結果には大きな不確かさを含んでいること、原子炉建屋の水素爆発による重大事故等対策等への影響の大きさ等を考慮し、PARによる原子炉建屋に漏えいした水素を処理する対策だけでなく、原子炉格納容器から原子炉建屋への水素の漏えいを抑制する対策として、原子炉格納容器ベントの実施判断基準の設定を含む体制が整備されていること等をあわせて確認しています。

2 水素再結合装置 (PAR) の動作確認について

2-1 触媒カートリッジの機能検査とは具体的にどのような検査かの説明をしていただきたい

回答

触媒カートリッジの機能検査は、カートリッジ毎に必要な重量の触媒が充填されていることをメーカーの記録で確認した後、実際に水素ガスを触媒カートリッジ単体に通気させ、触媒反応に伴う温度上昇率を測定し、その値がメーカー基準を満足していることを確認することで触媒の活性状況を確認しています。

2-2 PAR による水素除去能力は、触媒カートリッジ単体の性能から推定していると思われるが、PAR に取り付けられた状態の性能は必ずしも単体の性能と一致するとは限らないと思われるが、実機状態での確認はなぜ行わないのか？

回答

事業者から、事故時の環境を模擬して原子炉建屋に設置された PAR に水素ガスを流して行う検査 (実機状態での検査) は、プラントの安全上困難であると聞いています。

PAR については、触媒カートリッジを、それ単体ではなく、PAR のハウジングに実装した状態での実証試験結果等も踏まえ、安全審査において事故時に発生する水素ガスに対し十分な処理能力を有することを確認しています。

従って検査においては、設計どおりの材料・寸法で制作され、適切な触媒充填量の触媒カートリッジが設計どおりに据え付いていること、かつ触媒カートリッジ単体の触媒反応が適切な性能であることを確認することにより、要求された性能を担保できるものと考えています。

2-3 触媒反応による熱発生で自然対流が発生すると説明されたが、そのような自然対流の影響や周囲雰囲気の影響で、PARの水素除去能力がどのように変化するか？

回答

PARにおける触媒反応の熱により発生する自然対流については、PARへの水素ガスの連続的な供給を促すものであり、PARの水素除去能力に悪影響を及ぼすものではありません。

また、PAR動作時の出口温度は最大でも260℃と評価しており、余裕を考慮して最高使用温度を300℃として設計していることを確認していることから、温度上昇がPARの水素除去能力に影響を及ぼすものではありません。

2-4 以上のことから、触媒カートリッジ単体の性能から推定したPARによる水素除去能力は、自然対流、温度変化の影響によって何%程度変化するか？定量的に示していただきたい。

回答

これまで回答したとおり、PARは自然対流や温度変化を考慮して設計していることから、これらはPARの水素除去能力に影響を及ぼすものではありません。

18 耐震評価

豊島委員からの質問

柏崎刈羽原子力発電所の安全性に関わり、以下の 11 点を国及び東京電力への追加質問・要請として提出します。東京電力にはこれら以外にさらに 2 点の追加質問があります。

この度、佐渡海盆東縁断層について回答をいただきましたが、わからないことがありますので、再度質問させてください。また、その他追加して質問させてください。

質問 1) 「質問 (5) 柏崎沖から佐渡海盆東縁に沿って延びる帯状地震活動・震源分布について」に対して、「現在、地震調査研究推進本部において海域活断層の長期評価が検討中であると承知しており、今後、地震調査研究推進本部等の関係機関において新たな知見が得られた場合には、適切に対応してまいります。」との回答でした。例えば、この震源分布が佐渡海盆東縁断層の活動を示すか、長岡平野西縁断層帯の活動を示すのかによって、当該原子力発電所における地震への対応が変わってくると考えられます。また、この震源分布は中越沖地震の余震域・震源断層に続いているように見えます。したがって、この震源分布が何を示すのか、解析を行う必要があると思います。震源一元化データに基づいて、最新の震源分布図を作成し、この震源分布を生じさせる断層はどの断層であるかを説明してください。また、中越沖地震を引き越した F-B 断層の北方延長に震源が連続しているようになぜ見えるのかについても説明してください。

回答

○佐渡海盆東縁断層について、東京電力は、変動地形学の観点から佐渡海盆東縁断層の存在を指摘する文献を確認した上で、海上音波探査の解析結果、他機関の調査結果及び文献調査結果に基づき総合的に検討した結果、佐渡海盆東縁断層の存在を示唆する構造は認められないと評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

○F-B 断層の端部については、東京電力が、F-B 断層の端部と評価した測線のみならず、可能な限り複数の測線や手法により得られた海上音波探査記録によってその延長部も含めて評価した結果について、審査において、その評価結果

の妥当性を確認しており、原子力規制委員会としては、御指摘の帯状地震活動・震源分布については、F-B断層の活動とは関係しないものと考えています。

○なお、今後、地震調査研究推進本部等の関係機関において新たな知見が得られた場合には、適切に対応してまいります。

質問2) 音波探査だけでプログラデーションによる大陸斜面と地震による変動崖の区別ができるでしょうか。大陸斜面北部がプログラデーションによって形成されたと決定するには、反射断面に現れる構造だけでなく、後背地や河川、堆積物の供給などの考察が必要です。これらの点について東京電力に説明を求めた方が良いと考えますが、いかがでしょうか。東京電力には後背地や河川、堆積物の供給などについて説明をお願いします。

回答

○本件については、東京電力から説明があるものと考えます。

○なお、新規制基準は、「震源として考慮する活断層」の評価に当たっては、調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し活断層の位置・形状・活動性等を明らかにすることを要求しており、審査においては、音波探査による評価のみで判断することはありません。

質問3) 海上音波探査(反射法)で断層面(反射面)が見えないから、地下に断層は存在しないと結論できないと思いますが、いかがでしょうか。例えば、中越沖地震が起こる前に実施された東京電力のM-8側線の音波探査記録において、中越沖地震の震源断層は識別できていたでしょうか。

回答

○東京電力は、海上音波探査結果に基づき評価したF-B断層が南東傾斜の逆断層であり、新潟県中越沖地震の余震分布とよく対応していることから、同断層は新潟県中越沖地震の震源断層と考えていると評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

○M-8測線について、東京電力は、F-B断層に対応する位置における後期更新世の地層(Bu層)の基底面では、F-B断層中央部でみられるような短波長の明瞭な褶曲構造は認められないものの、非常に緩やかな長波長の構造を示しているため、当該測線においてF-B断層が分布すると評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

質問4) 角田・弥彦沖の大陸棚の傾斜はどのように形成されたと考えるのでしょうか。

回答

○御指摘の角田・弥彦沖の大陸棚の傾斜について、東京電力は、反射法地震探査結果等から角田・弥彦断層の上盤側には非対称の褶曲構造が形成されており、同断層の活動が角田山・弥彦山～大陸棚～大陸斜面の隆起に寄与していると評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

○なお、角田・弥彦断層について、東京電力は、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の結果に基づき約 54km の「震源として考慮する活断層」と評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

質問5) 平成21年2月付の原子力安全・保安院作成の資料「地小委19-3 大陸斜面について」において、No.3 側線及び No.4 側線の大陸斜面の基部等に褶曲構造は認められず断層活動を示唆する構造は確認できない。」とあります。しかし、地層は撓曲しており、深部ほど撓曲の様子が強くなっているように見えます。これは地下の断層活動による長周期の褶曲構造とも考えられますが、そのように考えない理由は何でしょうか。なお、反射断面において地下浅部の断層が識別できないからは理由にならないと思います。

回答

○御指摘の資料の根拠等は、承知していません。

○なお、御指摘の大陸棚斜面の基部等の褶曲については、魚沼層に変位・変形がなく、魚沼層堆積時より新しい地層には変位・変形がないことから、後期更新世よりも古い時代に生じたものであると考えます。

質問6) 角田・弥彦断層周辺の M1 面の傾動について

平成 20 年 6 月 23 日の「資料 No.1-1 東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所敷地周辺の地質・地質構造に関する補足説明」の 25 ページ「角田・弥彦断層周辺の M1 面の傾斜（傾動）」において、西傾斜逆断層の運動によって M1 面の傾動が説明されています。当該の M1 面は、西傾斜の角田・弥彦断層の運動によって作られる褶曲東翼の急傾斜帯（M1 面の基盤の地層の急傾斜帯）に位置しています。東翼の急傾斜帯は、その西側にもある西側隆起の断層運動によって南から見て時計回りに回転し傾斜を増す場合（褶曲の成長を伴う運動）と、枝分かれする西傾斜リストリック断層に挟まれたブロック（ライダー）になって南から見て反時計回りに回転する場合とがあり得ます。前者の場合、M1 面は東傾斜になります。向斜の場合、M1 面は西傾斜になります。M1 面の西傾斜について、2 つの断層の運動と褶曲成長との観点から、再度説明してください。

また、西傾斜のリストリック逆断層によって形成される背斜は東フェルゲンツの非対称褶曲となります。しかし、同資料の 24 ページに示されている角田・弥彦背斜は対称的です。この対称性を説明するにはいくつかの可能性が 있습니다。西傾斜の角田・弥彦断層と東傾斜の佐渡海盆東縁断層の 2 つの運動によっても説明できます。M1 面の西傾斜も説明できます。なぜ、このような可能性を考慮されないのでしょうか。

回答

○新規制基準では、「震源として考慮する活断層」の評価に当たって、調査地域の地形・地質条件に応じ、既存文献の調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を実施した上で、その結果を総合的に評価し活断層の位置・形状・活動性等を明らかにすることを要求しています。

○佐渡海盆東縁断層について、東京電力は、変動地形学の観点から佐渡海盆東縁断層の存在を指摘する文献を確認した上で、海上音波探査の解析結果、他機関の調査結果及び文献調査結果に基づき総合的に検討した結果、佐渡海盆東縁断層の存在を示唆する構造は認められないと評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

○なお、東京電力は、竹野町付近において、M I 面に西方への傾動が認められる

こと等から、角田・弥彦断層が、後期更新世以降における活動が認められると評価しており、当該断層の上盤側のM I面が西傾斜になっていると説明しています。

質問7) 東京電力による平成29年12月22日の柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉審査資料1-3「柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 敷地近傍の地質・地質構造について」の92ページ「10.敷地前面沿岸海域の背斜構造に関する評価(WM-4側線)」において、「B層位上の地層に傾斜変換は認められない。」とされている「WM-4側線の時間断面及びその解釈」の図について質問します。例えば、C層がD層にアバットしているように見えます。D層内部に同様の断層があるようにも見えます。B層はC層やD層の傾斜変化に合わせて、500m付近で尖滅しているように見えます。700m付近のA層の凹地状の形態は背斜頂部によく見られる正断層性の凹地と見ることもできます。これらのことから、「WM-4側線の時間断面及びその解釈」は、A層からE層を巻き込んだ背斜の成長に伴う隆起を示していると考えられないでしょうか。

回答

○敷地前面沿岸海域の背斜構造の活動性評価に当たって、東京電力は、WM-4測線を含めた複数の測線に対する異なる種類の音源を用いた海上音波探査によって浅部から深部まで調査した結果、前期更新世～中期更新世の地層(C層)に変位・変形がないことから後期更新世以降の活動性は認められないと評価し、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

質問8) 断層の連動について (要望を含みます)

連動するかどうかの評価の基準として、「断層同士の離隔距離、傾斜方向、併走区間における断層深部での位置関係、地震活動の有無、重力探査」などを挙げられました。しかし、成熟していない断層の場合、断層同士の離隔距離が離れていたり、傾斜方向が違っていたり、併走区間における断層深部での位置関係にズレがあったり、連動する断層であっても断層間に変形がない場合があったりすると思います。例えば、ある剪断面角を持って、異なる傾斜の断層面が破壊と同時に形成される可能性は知られていて、共役断層と言われています。方向や傾斜の違う断層群が何回も動き、中央構造線のような成熟した断層*になっていきます。新潟県周辺の活断層は中央構造線に比べると、成熟しているとは言い難いと思います。また、重力異常の不連続についても、不連続の有無だけでなく、何が不連続を作っているのか、その不連続を生む要因が断層の伝播を妨げるものなのか、といった捉え方が重要だと思います。こう言った観点から見ると、挙げられた評価基準はもっと慎重に扱って連動を議論するべきであると思います。令和6年度能登半島地震や平成23年東北地方太平洋沖地震などの地震前の連動評価と実際に動いた断層との比較検討を行った上で、連動について考えてください。その場合、断層連動のリスクを最大限に取って評価していただきたいと思います。例えば、F-B断層はもっと長い断層として評価した方が良いのではないかと考えます。

*成熟した断層とは、変位の大部分が一つの面で繰り返すような主断層帯が発達した断層、累積変位量および変位速度が大きな断層のことである。連続性のはっきりした直線性の高い断層になる。参考文献：垣見（2010）活断層研究 32、73-77.

回答

○活断層の連動性評価に当たっては、詳細な地質調査等の結果に基づき、断層同士の離隔距離・傾斜方向・断層の位置関係・地下構造の連続性等を総合的に評価することが重要であると認識しています。

○F-B断層を含む震源として考慮する活断層の評価については、東京電力が調査地域の地形・地質条件に応じ、既存の文献調査、変動地形学的調査、地質調査、地球物理学的調査等の特性を活かし、これらを適切に組み合わせた調査を実施した上で、その結果を総合的に評価しており、審査において、その評価の妥当性

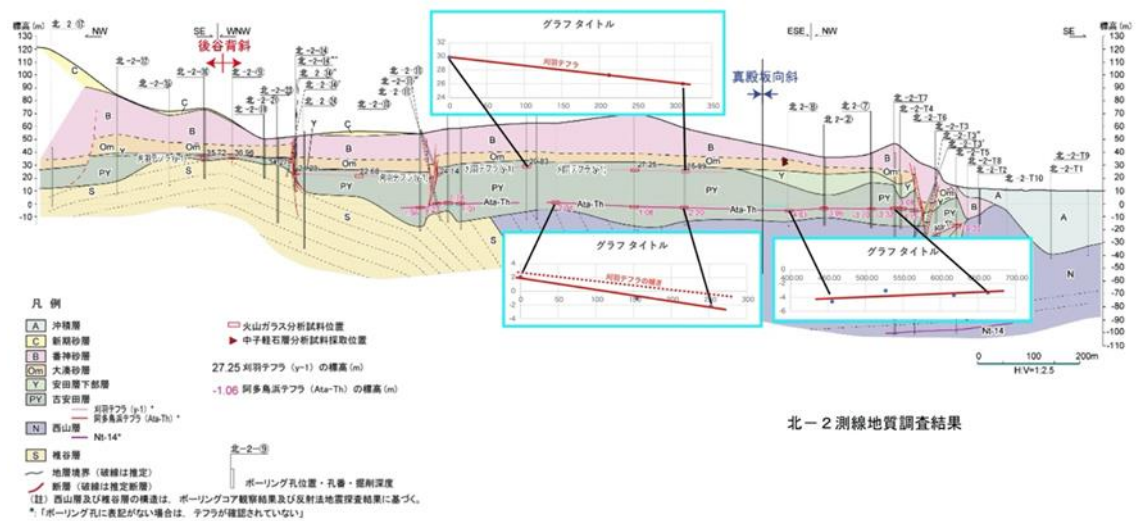
を確認しています。

○また、最新知見の取り入れは重要であると考えており、本年8月2日に地震調査研究推進本部から公表された日本海側の海域活断層の長期評価に係る知見について、東京電力に対し、許可済みの設置変更許可（柏崎刈羽原子力発電所6及び7号炉）について、長期評価を踏まえた影響を精査し、その結果を報告するよう指示したところです。

質問9) 阿多鳥浜テフラ及び刈羽テフラの標高分布について

質問に対し、「群列ボーリング調査の結果による断面図を基に、阿多鳥浜テフラがほぼ水平に分布し、・・・」との回答でした。東京電力からもほぼ水平であるとの回答でした。しかし、東京電力の資料に基づいて、断層による影響を受けている可能性のない範囲で、テフラの標高分布のグラフ(図1)を作成すると、真殿坂向斜を挟んで逆の勾配を示すように見えること、刈羽テフラより阿多鳥浜テフラの傾きが大きいように見えることから、阿多鳥浜テフラと刈羽テフラを累積的に変形させる真殿坂向斜の活動が、僅かではあります、あるように見えます。これについてはどのように説明されますか。中越沖地震の際の東西方向の地殻変動(国土地理院などのSAR解析など)との整合性についても説明してください。

ちなみに、東京電力は藤橋40と刈羽テフラが約20万年前の火山灰で高位段丘の堆積物に挟在されているとしていますが、これに対し、約12-13万年前の火山灰で中位段丘の堆積物に挟在されているとする研究論文もあります。後者に従えば、約12-13万年前以降、真殿坂向斜が成長したことを示すこととなります。



回答

○真殿坂断層は、耐震重要施設の設置位置に分布しないことから、「震源として考慮する活断層」に該当するの否かについて、審査において確認しています。

○東京電力は、反射法地震波探査結果から、寺泊層下部に挟在するSタフ（約-2km～-3km）に収斂し地下深部に連続しないことから、真殿坂断層が「震源として考慮する活断層」には該当しないと評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

○そのため、御指摘のテフラの標高分布を用いた真殿坂断層の活動性評価及びテフラの標高分布と中越沖地震の際の東西方向の地殻変動（国土地理院などのSAR解析など）との整合性までは、審査において確認していません。

質問 10) 令和 5 年度第 4 回技術委員会 資料 No.6-2 の「委員から頂いた質問事項への回答（地質構造関連）」における当方の質問 20 について追加の質問・要望です。

質問 20 の内容は次の通り：「44 ページの写真・スケッチでは、F3 断層が古安田層 A2 部層を切っています。したがって、164 ページのように「F 系断層は、古安田層に変位・変形を与えておらず、」のまとめにならないと思います。なぜ、このまとめになるのか、説明してください。「変位量や断層の延長が小さいから」は理由になりません。」

これに対し、東京電力は「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 部層に入っすぐに消滅しております。」、さらに「・・・試掘坑の様子は局所的なものと考えています。」と回答されました。しかし、44 ページの写真・スケッチを見ればわかるように、F3 断層が古安田層 A2 部層を明らかに切っています。「変位量や断層の延長が小さいから」は理由にならないので、F3 断層が古安田層 A2 部層を切っていることとなります。したがって、少なくとも、東京電力が F3 断層としてまとめている断層の中に、古安田層 A2 部層を切る断層が存在している。F3 断層としてひとまとめにできない可能性も大きい。古安田層 A2 部層を切る F 系断層の活動について再度お答えください。

回答

○新潟県技術委員会における東京電力の説明内容に対する追加質問であり、お答えは差し控えさせていただきます。

質問 11) 平成 29 年 12 月 22 日の柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉審査資料 1-4「敷地の地質・地質構造について」の 34 ページの V 系断層のスケッチ及び写真によると、古安田層内に剪断面が存在しています。しかし、本資料の結論では「V2 断層は古安田層に変位・変形を与えていない」と記されています。スケッチには A3 部層とあるので、この剪断面は阿多鳥浜テフラの上の地層を変形させていることとなります。すなわち、約 24 万年前以降の剪断面形成活動であり、12-13 万年前より古い活動なのか、新しい活動なのかは不明です。この剪断面をどのように評価されますか。

回答

○V2 断層の活動性について、東京電力は、複数箇所の試掘抗の調査結果に基づき V2 断層が古安田層（仮称）に変位・変形を与えていないことから「将来活動する可能性のある断層等」ではないと評価しており、審査において、その評価の妥当性を確認しています。

○なお、御指摘のせん断面について、上位や下位へ分布が延長しておらず局所的なものであることから「将来活動する可能性のある断層等」の評価対象となるものではないと考えます。