

第50回

技術情報検討会

原子力規制委員会

第50回 技術情報検討会

議事録

1. 日時

令和3年10月14日（木）10：00～11：49

2. 場所

原子力規制委員会 13階会議室A（TV会議システムを利用）

3. 出席者

原子力規制委員会

山中 伸介 原子力規制委員

石渡 明 原子力規制委員

田中 知 原子力規制委員

伴 信彦 原子力規制委員

原子力規制庁

櫻田 道夫 原子力規制技監

市村 知也 原子力規制部長

金子 修一 長官官房 緊急事態対策監

森下 泰 長官官房 審議官

小野 祐二 長官官房 審議官

佐藤 暁 長官官房 核物質・放射線総括審議官

田口 清貴 長官官房 技術基盤グループ 安全技術管理官（システム安全担当）

舟山 京子 長官官房 技術基盤グループ 安全技術管理官（シビアアクシデント担当）

迎 隆 長官官房 技術基盤グループ 安全技術管理官（核燃料廃棄物担当）

川内 英史 長官官房 技術基盤グループ 安全技術管理官（地震・津波担当）

大島 俊之 原子力規制部 原子力規制企画課長

田口 達也 原子力規制部 審査グループ 安全規制管理官（実用炉審査担当）

志間 正和 原子力規制部 審査グループ 安全規制管理官（研究炉等審査担当）

長谷川 清光	原子力規制部	審査グループ	安全規制管理官（核燃料施設審査担当）
大浅田 薫	原子力規制部	審査グループ	安全規制管理官（地震・津波審査担当）
武山 松次	原子力規制部	検査グループ	安全規制管理官（実用炉監視担当）
本橋 隆行	原子力規制部	検査グループ	検査監督総括課 企画官
寒川 琢実	原子力規制部	検査グループ	核燃料施設等監視部門 安全規制調整官

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

西山 裕孝	安全研究・防災支援部門	安全研究センター	副センター長
李 銀生	安全研究・防災支援部門	安全研究センター	材料・構造安全研究ディ ビジョン長 兼 構造健全性評価研究グループリーダー
高見沢 悠	安全研究・防災支援部門	安全研究センター	材料・構造安全研究 ディビジョン構造健全性評価研究グループ
中塚 亨	安全研究・防災支援部門	規制・国際情報分析室	室長代理

事務局

遠山 眞	長官官房	技術基盤グループ	技術基盤課長
佐々木 晴子	長官官房	技術基盤グループ	技術基盤課 企画調整官

バックシートの出席者／説明者

杉野 英治	長官官房	技術基盤グループ	地震・津波研究部門	首席技術研究調査 官
安池 由幸	長官官房	技術基盤グループ	地震・津波研究部門	専門職
佐藤 太一	長官官房	技術基盤グループ	地震・津波研究部門	技術研究調査官
北野 剛司	長官官房	技術基盤グループ	システム安全研究部門	上席技術研究調 査官
北條 智博	長官官房	技術基盤グループ	システム安全研究部門	主任技術研究調 査官
永井 悟	原子力規制部	審査グループ	地震・津波研究部門	主任安全審査官

4. 議題

(1) 安全研究及び学術的な調査・研究から得られる最新知見

1) 自然ハザードに関するもの

①最新知見のスクリーニング状況

(説明者) 川内 英史 技術基盤グループ安全技術管理官 (地震・津波担当)

②千葉県のパ洋岸における歴史記録にない津波の痕跡の発見について

(説明者) 杉野 英治 技術基盤グループ地震・津波研究部門首席技術研究調査官

2) 自然ハザードに関するもの以外

①最新知見のスクリーニング状況

(説明者) 川内 英史 技術基盤グループ安全技術管理官 (地震・津波担当)

②ノルウェーエネルギー技術研究所ハルデン炉における問題とその影響

(説明者) 佐々木 晴子 技術基盤グループ技術基盤課企画調整官

西山 裕孝 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構安全研究・
防災支援部門
安全研究センター副センター長

5. 配布資料

議題 (1)

資料50-1 最新知見のスクリーニング状況 (自然ハザード) (案)

資料50-2 千葉県のパ洋岸における歴史記録にない津波の痕跡の発見について
(案)

資料50-3 最新知見のスクリーニング状況 (自然ハザード以外) (案)

資料50-4 ノルウェーエネルギー技術研究所ハルデン炉における問題とその影響
(案)

6. 議事録

○遠山課長 定刻になりましたので、ただ今から、第50回技術情報検討会を開催いたします。

技術基盤課の遠山が議事進行を務めさせていただきます。よろしくお願ひします。

本日の技術情報検討会ですが、新型コロナウイルス感染症対策のため、テレビ会議システムを用いて実施いたします。

配布資料は、議事次第に記載されている配布資料の一覧で御確認ください。

注意事項ですけれども、マイクについては、発言中以外はミュートにする、発言を希望する際には挙手をしていただく、発言の際にはマイクに近付く、音声不明瞭な場合には相互に指摘するなど、円滑な議事運営に御協力をお願いいたします。発言をする際には、お名前を名乗ってから発言していただくようお願いいたします。また、資料説明の際には、資料番号とページ番号も併せて指摘していただくと分かりやすいと思います。よろしくお願いたします。

それでは、議事に移りますが、本日は、安全研究及び学術的な調査研究から得られる最新知見についてとなります。今回は自然ハザードに関するものが2件、それ以外のものが2件ございます。

まず、最新知見のスクリーニング状況について、川内管理官から説明をお願いいたします。

○川内管理官 地震・津波研究部門の川内です。

それでは、資料50-1、通しの2ページになります。ここから説明したいと思います。

ここでは、最新知見のスクリーニング状況の概要ということで、自然ハザードに関するものを2件ピックアップしてございます。一つ目が始良カルデラの形成噴火におけるマグマに関する知見、もう一つが千葉県太平洋岸における歴史的記録にない津波の痕跡の発見という、この2件について説明いたします。順に説明してまいります。

通しの3ページ、当該資料の2ページになりますが、ここで、まず1件目の始良カルデラ形成噴火における流紋岩マグマの集積と噴火トリガーという知見でございます。

概要欄を御覧ください。本知見は、地震・津波研究部門の安全研究プロジェクトであります火山、ここに記載しています火山の研究の成果の一部についてでございます。本研究は、下の著者でございます産業技術総合研究所と委託研究を行ってございまして、この委託先の産総研が公表した知見になっています。

内容ですが、本知見は、国内の巨大噴火の活動履歴や噴火に至る準備過程に関する既往知見が少ないことから、この巨大噴火前後の活動履歴やマグマ活動を地質学・岩石学を基本とする調査を実施しまして、ここでは、下の3行にあります、始良カルデラの火山活動に関する知見を取りまとめたものとなっております。

次のページをお願いします。本研究では、始良カルデラを対象としていまして、これは九州南部に位置します、直径が約17×23kmのカルデラ火山になってございまして、約9万年前から活動を開始し、複数の噴火を繰り返した後、約3万年前にカルデラを形成する巨大な噴火が起こり、その後はカルデラの南縁に形成されました火口丘、つまり桜島における噴火が活動の大部分を占めています。この論文では、現地調査に基づき採取した試料を、蛍光エックス線分析装置等を用いまして、化学組成等の分析を行い、カルデラ形成噴火前後のマグマの活動プロセスについて推定したものです。

火山噴出物の分析結果から、始良カルデラは、約6万年前から地下4～5kmの深さに流紋岩質マグマの蓄積を開始し、複数回の噴火において特徴の類似した流紋岩質マグマを噴出していたことが明らかになっています。また、カルデラ形成噴火の直前に少量の苦鉄質マグマがマグマ溜まりに注入されて、これによる熱によってマグマの流動化が起こり、カルデラ形成噴火のトリガーになったことが示唆されたとされています。

また、カルデラ形成噴火における噴出量は約400km³と見積もられていまして、このカルデラの陥没量が、この噴出量とほぼ等しいということと、カルデラ形成直後に噴出したマグマは桜島の安山岩質マグマであったことから、このマグマ溜まり内の流紋岩質マグマは、次のページですが、カルデラ形成噴火の際にほぼ全て噴出したと考えられるとしています。

また、カルデラ形成噴火の後ですが、カルデラの東部で流紋岩質マグマを噴出する噴火が発生しておりますが、このマグマはカルデラ形成噴火で噴出したマグマとは組成が異なる流紋岩質マグマとされていまして、かつ、桜島で噴出している安山岩質マグマの珪長質側端成分、つまり、この流紋岩質マグマの特性が混じったようなマグマといえますか、噴出が起こっているという特徴を示していますので、カルデラ形成噴火後に崩壊したマグマ溜まりでマグマの置き換わりがあったことが示唆されたという知見でございます。

恐縮ですが、通しの3ページ、当該資料の2ページまで戻ってください。1次スクリーニングにつきましては対応の方向性はvi、つまり、この知見については終了案件としておりますが、その理由は、原子力発電所の火山影響評価ガイドでは、過去に巨大噴火が発生した火山については、運用期間中に巨大噴火の可能性が十分に小さいか否かを判断することとしています。

三つ目のポツですが、今回の知見は、始良カルデラ周辺域における噴出物の化学組成の変遷から、マグマの種類の変化を推定したものであり、運用期間中の巨大噴火の可能性の判断に影響を与える知見ではないと考えられます。

以上により、当該知見は終了案件といたしますが、このような大規模噴火プロセス等に関する知見につきましては、引続き拡充を行って、新たな知見が得られた後には再検討を行うというふうに整理いたしました。

1件目については以上です。

二つ目については説明者代わりまして、杉野からお願いします。

○杉野首席 地震・津波研究部門の杉野です。よろしくお願いします。

二つ目の、千葉県のパシフィック沿岸における歴史記録にない津波の痕跡の発見についてということで、資料50-2を使って説明させていただきます。

当該資料の1ページ、通し番号で8ページを御覧ください。まず、背景から整理いたしました。設置許可基準規則（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）及び解釈の中では、基準津波の策定に当たっては、プレート間地震による津波を考慮するということを求めています。それから、基準津波に関する審査ガイドですけれども、この中では、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠から推定される規模、これは地震の規模になりますが、こういったものを超えているということを確認するというふうにしています。こういった背景の中で、今回、令和3年9月に、Nature Geoscienceに公表された論文の中で、これが産総研（国立研究開発法人産業技術総合研究所）に所属されるPilarczykさんという外国の方ですが、発表された論文があります。この論文、千葉県九十九里浜における新たな津波堆積物の発見とこれを再現するための推定津波波源に関する論文というふうに私どもは捉えていて、その内容と今後の対応について整理いたしました。

2章のほうで、本論文の内容と得られた知見を整理しています。

次のページ、当該資料の2ページ、通しの9ページになりますが、図1を御覧ください。今回、津波堆積物が発見された九十九里浜の前面海域のプレート構造の模式図を示しています。この前面海域は、右上の図を御覧いただきたいのですが、大陸プレートと透明な絵で描いていますが、その下にフィリピン海プレート、それから太平洋プレートが沈み込んでいるというような、やや複雑な構造を示している場所です。特に、この三つのプレートが交差する地点、こういう所を「三重点」というふうな呼ばれ方をしています。このような場所で、今回、九十九里浜の所で調査を、著者らは行っています。

9ページ、今のページの真ん中のほうですけれども、千葉県九十九里浜地域の北部、中央部、それから南部、これらの調査地域で地質学的調査、掘削ですけれども、こういった

ことを行って、中央部と南部、これが山武市と一宮町の所で二つの砂層を発見して、これを津波堆積物というふうに判断されています。

次のページを御覧いただきたいのですが、図2を御覧ください。九十九里浜を拡大した図を左上のほうに示しております。この調査地域、3地域は、こちらに示した図のとおりでして、赤いポツで示した場所が、二つの層が確認された所。それから、北のほうの匝瑳市の所では、二つの層のうち上の層は見つかったのですけれども、この下の層は見つからないという、1層だけ見つかった場所というような場所になります（正しくは、北部（匝瑳市）では二つの層のいずれも確認されていません）。

戻っていただきまして、当該資料の2ページ、通しで9ページの所の下の記事を御覧ください。津波堆積物として判断した、このものについて、著者らは年代測定を行っています。その結果、上部の砂層というのが西暦900年～1700年、下部の砂層は800年～1300年に、それぞれ堆積したものと推定されています。この上部の砂層については、歴史記録にあります1677年の延宝地震、あるいは1703年の元禄地震若しくは、より古い未知の地震による津波堆積物の可能性を示しています。また、下部の、より古い砂層については、未知の地震による津波堆積物であるというふうな整理になっています。

次のページを御覧ください。この論文の中では、見つかった堆積物を再現するための津波波源を推定しています。幾つか波源断層モデルを設定して、その中から、この見つかった津波堆積物の地点まで浸水させるモデルが、波源がどういったものがあるかという調査になります。

図2の中で、そのうちの二つを、代表的なものを示しています。右側の図を御覧いただきたいのですけれども、赤枠で示したものがフィリピン海プレートと太平洋プレートの境界に設置したMw8.5のモデルです。すべり量は10m。それから、ちょっと見にくいですが、黒い太い線で囲った領域、こちらは大陸プレートと太平洋プレートの境界に設定したものになります。Mw8.8、すべり量が25mのものになります。それから、後ほど説明しますが、背景的に重ねて表示しているのが、東海第二発電所で設定された基準津波の波源モデルになります。

この著者ら、先ほど申しましたように幾つか、11ケースほどの断層モデル、津波波源モデルを設定して、ここに挙げたものが、この津波堆積物の場所まで浸水させるものだったというふうに説明しています。

文章のほうの二つ目のポツになりますが、この赤い枠で囲ったほうの話ですが、フィリ

ピン海プレートと太平洋プレートの境界に設定した、この場所に比較的小さなすべり量、10mになりますが、こういったものを設定しただけでも、下部の砂層まで浸水させる津波が発生するということが分かったとしています。

このまとめということで、こういった境界、赤い枠で囲った場所ですが、こういった場所でも、過去に観測された、限られた期間の情報に基づくだけでは、過去の巨大地震が発生した可能性を否定してはならないというふうに、この著者らは主張しています。

こういった情報を基に、次のページ、当該資料の4ページ、通しで11ページになりますが、今後の対応を整理しました。

上から4行目になりますが、今回の情報は、新たな津波堆積物とこれを再現するための推定津波波源に関する情報、大きく分けて二つになります。

最初の津波堆積物についてですが、これらは新たな知見と捉えています。いずれも推定された年代には幅があるものの、津波堆積物であるということを認定した方法に問題はなく、確度の高い情報であると考えています。一方で、推定されている津波波源ですけれども、これは僅か2か所の調査地域における局所的な津波堆積物による情報によるものでして、発生当時の津波波源の広がりやすべり量、それからマグニチュード等を再現するには、より広域での調査や、その調査に基づく津波堆積物情報の拡充というのが必要であるというふうに考えています。

ちなみに、この論文の調査研究というのは、地震調査研究推進本部の「海溝型地震評価の研究」の施策の一環で進められているものでして、今後更に検討が進められるというふうに聞いております。引き続き、研究動向に注視し、情報収集を行うことと考えています。

それから、この論文の情報に関連する施設としては、日本原子力発電（株）東海第二発電所、それから、日本原子力研究開発機構、JRR-3（Japan Research Reactor-3）、HTTR（高温工学試験研究炉）、常陽、それから東海再処理施設が挙げられます。新規制基準適合性審査では、それぞれの施設において、この大陸プレートと太平洋プレートの境界、それからフィリピン海プレートと太平洋プレートの境界、これを含む領域に、本論文と同程度の地震規模、Mw8.7の津波波源を設定しております。この波源は、Mw9クラスで想定する超大すべり域を設定する等の不確かさを十分に考慮した評価を行っておりまして、保守的な基準津波を策定しているというふうに考えています。

基準津波による、それぞれの施設の敷地前面の津波高さは、脚注の所に示しておりますが、今回、この論文の補足資料に示された推定された津波波源による津波高さというのが、

この各施設の所で読み取り値になりますが、最大でも12～13mというふうになっておりまして、これと比べても、基準津波による津波高さは十分に高い値であるというふうに確認しました。

なお書きですけれども、東海再処理施設については、これは近隣施設の基準津波を踏まえて廃止措置計画用設計津波が策定されておりまして、津波漂流物防護柵の設置等による対策を行っています。こういったことで、施設の安全機能に影響を及ぼさないと考えています。

また、審査と同様に、基準津波の超大すべり域を、今回の調査地点付近の前面海域まで移動させた津波波源を考えた時、津波堆積物が確認された地点まで浸水させることが予想できます。したがって、本論文に関連がある施設に係る基準津波等への影響はないと判断しています。

私からの説明は以上になります。

○遠山課長 ありがとうございます。

それでは、今の2件に関して、御質問や御意見があればお願いいたします。

はい、石渡委員、お願いします。

○石渡委員 まず、最初の終了案件になった始良カルデラの研究についてですけれども、終了案件とすることに異存はないのですが、御承知のように始良カルデラについては、九州電力が、そのカルデラの状況を確認するために毎年モニタリングの結果を報告しているわけです。ついこの間、今年のか、去年のデータを炉安審（原子炉安全専門審査会）・燃安審（核燃料安全専門審査会）の火山部会で報告をしました。

状況としては変わっていないと、ずっと許可時の状況のままであるということですが、ただ、注意すべきことは、始良カルデラは、九州のほかのカルデラと違って絶えず膨張していると、隆起が続いております。そのペースは一定しているということでありまして、隆起が続いているということで、マグマ供給は続いていると判断されます。

例えば、約100年前の桜島の大正噴火というのがございました。そのときに、桜島が大きな噴火をしたわけですが、しかし、その地殻変動は桜島に限らず、この始良カルデラ全体が地殻変動を起こして、噴火の後とは言うか噴火のときに、始良カルデラ全体が沈降したわけです。そういうことで、決して、その桜島が現在噴火が激しいわけですが、桜島の下だけがマグマが動いている場所なのではなくて、そのカルデラシステム全体として見ないといけないということは、今後も注意して見ていくべきことだというふうに考え

ております。

この研究の中で、どれくらいの割合で、例えば毎年何km³とか、そういう具体的な、マグマの地下4~5kmの所で流紋岩質マグマが集積したというお話でしたけれども、この集積率と言いますか、大体どれくらいの割合で集積したというようなことは、この論文の中には書いてあったのかどうかと、まず、そこの所をお聞きしたいのですけれども、いかがですか。

○川内管理官 地震・津波研究部門の川内です。

論文の中に、今、御指摘のあったような割合についての具体的な記述というのはございませんでした。

取りあえず以上です。

○石渡委員 そうですか。今後の研究課題として、やはり、そういう面についてもやっていく、明らかになるような研究が出てくれば良いというふうに思っております。

それから、2番目の九十九里浜の津波堆積物の件でありますけれども、これは3か所を調査して、2か所で、その津波堆積物を見つけたと、その津波堆積物を生じるためには、従来余り考えられていなかった房総半島の南部の沖合ですね、そこでの津波波源域を考える必要があるという研究だと思うのですが。この津波堆積物が確認されたのは2か所だけであるということが、やっぱり当面大きな、まだ、データが余り十分ではないということだと思うのですね。

これについては、従来のそのボーリング資料の見直しとか、あるいは、もう新しくボーリング調査を各地で行うということが必要だと思うのですね。

特に、この2か所のうち、その北側よりも南側のほうが堆積物が圧倒的に厚い堆積物が確認されたと理解しているのですけれども、その理解でよろしいですかね。

○杉野首席 地震・津波研究部門、杉野です。

御指摘のとおりでございます。

○石渡委員 そうすると、これはやはり、この2か所の中で北と南を比べると、南の方がかなり津波堆積物が厚かったということで、その更に南はどうなっているのだろうということが問題になってくると思うのですね。これについては新知見ということで今回、出されているわけですが、今後の研究が待たれるというふうに思っております。

取りあえず以上です。

○遠山課長 どうもありがとうございました。

そのほか、御質問。田中委員、どうぞ。

○田中委員 すみません、ちょっと参加するのが遅れまして、二つ目の中頃位からしか聞けてないのですが、二つ教えてください。

房総半島の先端の辺りは、結構隆起が激しい所だと思うのですがけれども、この測定した所については、この1000年ぐらいの間において隆起が、問題となるような場所ではないのかどうかということと、二つ目は、ここが、この地域はよく分からないのですが、太平洋プレートとフィリピン海プレートと大陸プレートの三つが複雑に絡んでいる所ですがけれども、こういう所において、どういう津波になるのか、結構研究としても面白いと思うのですがけれども、これはさておいて、その11ページの所を見ると、この評価においてはどうか、審査においては、太平洋プレートとの境界に加えて、フィリピン海プレートとの境界も含む領域に何とかと、この辺のをもうちょっと詳しく、どういうふうなことで審査したのかを教えてください。

以上です。

○杉野首席 地震・津波研究部門、杉野です。

最初の、一つ目の御質問ですがけれども、委員がおっしゃるように、房総半島の先端の部分は隆起が割と激しい場所です。今回、調査されているこの九十九里浜の所は、そこよりは少ないですが、この論文の図の読み取りにはなるのですが、当時、これが1000年前ほどの時期ですが、この時期から現在まで、大体1mとか1.5mぐらいの隆起を読み取ることができます。

もう一つのほうは、審査部門のほうから回答をお願いします。

○遠山課長 大浅田管理官、お願いします。

大浅田管理官、マイクが入ってないみたいですけれど。

○大浅田管理官 失礼しました、地震・津波担当管理官の大浅田ですが、今は大丈夫でしょうか。入っていますか。

○遠山課長 はい、もうちょっとマイクに近付いてをお願いします。

○大浅田管理官 お問合せのあった、審査で、どのような観点で基準津波の波源を見ているのかということですが、まず、そのベースケースとしては、この太平洋プレートと陸のプレート、これに想定した波源として、まずMw8.5というのを考えて、それに不確かさを加える観点で、このフィリピン海プレートと太平洋プレート側に波源を延ばす、南のほうに波源を延ばして、まず見ております。その結果、このMw8.5からMw8.7に拡張するこ

とによって、いわゆる津波の高さで言うと大体3mぐらい、その結果、保守的な設定になるということを確認し、更なるその不確かさとしまして、この文書にも書いてあるとおり、普段、このクラスであると想定しないような超大すべり域として、20数mの大すべり域、超大すべり域というのを敷地前面に想定するような不確かさを見えています。

その結果としては、更に+4m強の津波水位の上昇につながるというふうな形を見えていまして、基本、ベースケースとしては、このフィリピン海プレートまで波源を想定するようなものは想定していないのですが、最終的には、不確かさとしてフィリピン海プレート側にも波源を延ばした上で、更に超大すべり域を敷地前面に想定し、その結果、我々としては妥当と判断したということです。ただし、あくまでも動く面というのは太平洋プレートが動くものであって、その載っているものが大陸プレートなのか、フィリピン海プレートなのかという、そういう違いだけです。

私からは以上です。

○遠山課長 そのほかは何かございますでしょうか。

まず山中委員、その次に伴委員という順番でお願いします。

○山中委員 石渡委員、田中委員から御質問があったり、説明があって、先ほどお答えいただいた答えで、その東海第二、あるいはJAEA（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構）の原子炉に適用した、その基準津波というのは、十分保守的なものであると。値を見させていただいても、十分保守的なものなのかなという感想を持ちました。

確かに波源は、説明にありましたように違う波源を用いているわけですがけれども、石渡委員からお話があったように、この論文のデータを更に拡充する必要があるのではないかと、という石渡委員からコメントが出たわけですが、今後どういう対応を、NRA（原子力規制庁）として何か新しく研究を始めるのか、あるいは、今後このデータを拡充されるのを待っているのか、その辺りは何か対応を考えられていますでしょうか。

○杉野首席 地震・津波研究部門の杉野です。

今回の知見に対する今後の我々の対応としては、地震調査研究推進本部、あるいは産総研の研究の動向を注視するといったことで考えています。

ただ、現在、津波の研究プロジェクトの中では、この今回見つかった未知の地震ではないですが、1611年の慶長三陸を対象にした津波堆積物の調査ということは計画しております。全然場所は違うのですが、そういった研究は予定しています。

以上です。

○山中委員 NRA自身が、この領域で何かボーリング調査とかデータ収集をするという予定は、今のところないということでしょうか。

○杉野首席 地震・津波研究部門、杉野です。

はい、そのとおりでございます。

○山中委員 ちなみに、石渡委員、そういう対応で今のところ十分だというふうにお考えでしょうか。

○石渡委員 それについては、このデータを見ると、その南はどうなっているのだろうというのは、誰でも気になる所だと思うんですよね。ですから、もし、なかなかその論文が出ないというようなことであれば、津波堆積物が残っていなそうな所というのは、この房総半島の海岸沿いには結構たくさんあるわけですし、その津波堆積物の研究自体は、これよりも南でも、今までもかなり行われてきておりますので、まずは、そういうデータを見直すということから始めて、可能性がありそうな所がもし見つければ積極的に、せっかくその慶長三陸津波のプロジェクトがあるということであれば、それは同じ太平洋岸の津波ですので、その一部としてでもいいし、何か、そのアディショナルな研究としてでもいいので、場合によっては原子力規制庁のほうから調べに行くということもあり得るのではないかとこのように思っておりますが、現状では、取りあえず文献調査ですね、もう一度、この今までのデータを見直すということから始めたらいいのではないかとこのように思っております。

以上です。

○山中委員 ありがとうございます。今後の進め方について、よく理解できました。ありがとうございます。

○遠山課長 ありがとうございます。

それでは、伴委員、お待たせしました、どうぞ。

○伴委員 ありがとうございます。2番目の件について1点、ごく基本的なことを質問したいのですが。通しの10ページの一番最後の所にある記述ですけれども、その相模トラフと、日本海溝のほかに、このフィリピン海プレートと太平洋プレートの境界の発生源として検討すべきであると書いてあるのですけれども、これまでに、このフィリピン海プレートと太平洋プレートの境界を発生源とする大きな地震というのは確認されているのですか、されていないのですか。

○杉野首席 地震・津波研究部門、杉野です。

これまでの歴史記録の中では確認されておられません。

○伴委員 ありがとうございます。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか。

技監、お願いします。

○櫻田技監 原子力規制技監の櫻田です。

幾つかありまして、今話題が出ていた二つ目、津波のほうからなのですが、先ほど山中委員と石渡委員の間で、その更なる研究についてのお話があったのですが、私の理解するところでは、この研究自身が地震調査研究推進本部の施策の一環として継続して行われている、で、今後更に検討が進められる可能性があるという話ですけれども、先ほど委員からもお話があったような、この房総半島のボーリングの追加とか、その情報の再検討とか、そういうようなことは、この地震調査研究推進本部の研究プロジェクトの中で予定されているのかどうかに関する情報があつたら教えてほしいというのが、まず1点です。

それから、もう一つは、素人考えですけど、海溝型地震評価の研究という話なので、今、津波の話がクローズアップされていますけれども、地震評価に対する影響というのはどうなっているのかという話です。今回発表された論文は、まだ、この地震調査研究推進本部の中で、これを取り入れて何か評価を変えようというところまで行っていないというのが私の理解ですけれども、それで正しいのかという話と、先ほどから出ている、この震源と言うか波源と言うか、ここから影響されると考えられる、東海地域、大洗地域の原子力施設の地震のほうですね、基準地震動について考えると、私の記憶が定かではないので間違っていたら教えてほしいのですけれども、基準地震動自身は、プレート間地震よりも活断層地震ですね、いわゆる、内陸地殻内地震のほうの影響が大きくて、そちらが主体になっていたような気がするのですけれども。プレート間地震も耐震スペクトルと言うか、あちらのスペクトルを引くというほうの基準地震動であったような気もしますが、そちらへの影響ということで考えると、むしろ近いところで、もっと大きなマグニチュードで基準地震動は考えていたので、今回、この研究で出てきているような地域でのプレート間地震が起きたとしても、それは、その基準地震動の範囲に入っているのだという理解をしているのですが、それで正しいかというのを、地震・津波審査部門のほうに質問したいと、こういう話です。

以上、合計で3点ぐらいですかね。

○遠山課長 それでは、まず研究部門のほうからお答え、お願いします。

○杉野首席 地震・津波研究部門の杉野です。

まず、最初に、一つ目の質問にありました本研究というのは、この施策は日本全国、幅広く津波堆積物の調査も含めてやっていくというものでして、地震本部のほうにも問合せはいたしました。が、詳しい情報までは得られませんでした。

産総研のほうにも、この研究の今後の動向について具体的な計画がもしあれば、可能な範囲で教えてもらうように聞いたところ、回答としては、九十九里浜地域の調査については、年代精度の高度化などで、まだ問題が残されているということで、継続していく予定であるということは回答いただいています。が、まだ更にボーリングを掘るのかどうかとか、どの地域で掘るとかという具体的な情報まではいただくことはできませんでした。

それから、地震本部のほうの、地震のほうの評価について取り入れていくという話になるかの御質問だったと思うのですけれども、これについては、地震本部のほうでは、この論文を基に、すぐに何か評価を変えるとか、取り入れるというようなことは、まずは考えていないようで、慎重に、やはり研究の動向を見据えて考えていきたいというふうな回答をいただいております。

私のほうからは以上です。

○遠山課長 大浅田管理官、お願いします。

○大浅田管理官 地震・津波担当管理官の大浅田です。

東海第二の基準地震動については、技監から話があった、その活断層の地震、これは海から陸につながる活断層ですけど、この地震と、あとプレート間地震、これはMw9クラス、いわゆる3.11地震を想定して、さらに不確かさとして敷地前面に強震動生成域を持ってきて、さらに、その強震動生成域の応力降下量を1.5倍にしたもの、これによって基準地震動を策定して、我々は妥当と判断してございます。

この基準地震動を策定するに当たっては、検討用地震の選定段階で、今回あった、そのフィリピン海プレートと太平洋プレートの間で起こる地震についても評価をして、やはり距離が遠くなるということが非常に大きな原因ですけど、その段階で評価した結果、敷地には余り影響がないだろうというふうな形で判断してございます。

更に言うと、先日起こった地震も、実は、このフィリピン海プレートと太平洋プレートの間で起こった地震でして、やはり、東海第二とも距離が遠くなるし、さらに、プレートの深度も深くなっていくので、東海第二及びJRR-3には影響がないというふうに判断してございます。

今回の論文が、津波に重点が置かれておりましたので、資料の中には触れておりませんが、我々はそういったことを確認してございます。

以上です。

○遠山課長 ありがとうございます。

○櫻田技監 ありがとうございます。

続けて、いいでしょうか。

○遠山課長 はい、どうぞ。

○櫻田技監 一つ目のほうですけど、火山です。始良カルデラの話ですけど、通しの3ページですけども、この表の情報の概要で、論文の発表日なのですかね、これが令和2年5月となっていて、結構前の論文だなと。で、受理日という所があって、これは（令和3年）9月3日となっていて、この受理日というのは、恐らく、この基盤グループのこのスクリーニングをするセクションにこの情報が来た日ということだと思えるのですけれども、それで間違っていたら教えてください。

結構この間が空いているというのは、やはり気になりまして、こういう活動をしていくに当たっては、その論文が発表されて、この論文自身に気が付かなかったということはあるのかもしれませんが、さすがに自分たちがやっているプロジェクトに関する論文なので、それは発表する前に連絡も受けているだろうし、やはり、タイムリーに評価をして、スクリーニングして、その結果を技術情報検討会に提供するという、その活動は迅速に行っていただきたいという注文です。よろしくお願いします。

○川内管理官 地震・津波研究部門の川内です。

御指摘の件、承知いたしました。申し訳ございませんでした。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか。

石渡委員、お願いします。

○石渡委員 先ほど、確か伴委員の質問の答えとして、2番目の房総半島沖の地震波源について、この論文で仮定しているような領域で地震が今まで起きたことがあるかどうかという御質問があって、その例はないという答えがあったと思うのです。確かに、その領域そのもので起きた地震は、私も知らないのですが、しかし、そのフィリピン海プレートの上面で起きる、つまり現在仮定している領域よりもちょっと西側の、房総半島の南、あるいは相模湾、そういう所で起きる地震というのは、例えば大正関東地震や、元禄の地震等結構大きな地震が起きていると思うのですけれども、その理解でよろしいですか。

○杉野首席 地震・津波研究部門の杉野です。

御指摘のとおりでございます。先ほど、当該資料の2ページ、それから通し番号で9ページの図1に示したプレートの模式図で御確認いただきたいのですが、今、石渡委員のほうから御指摘いただいた箇所というのは、この透明な大陸プレートと、緑で示したフィリピン海プレートの境界部分では、過去にも、名前は覚えていないのですが、比較的大きい地震が起きているというのは知られているということです。

先ほどの知られていないというのは、この更に下のほうのプレート境界、これが緑と青の境界部分では、余り知られていないというような、そういった違いがあります。

○遠山課長 そのほか。市村部長。

○市村部長 規制部長の市村です。

細かな話で、1個目のマグマの話ですけれども、巨大噴火の前後でマグマの性質が入れ替わっているという話で、スクリーニングのことについては特段異論はないですけれども、この件名が、噴火トリガーの話になっていて、そのトリガーについて、どんなことが分かっているのかというのを少し解説いただきたいと思うのですけれども。通しの4ページの概要の下辺りの所に、カルデラ形成噴火の直前に少量のマグマが入って、これがトリガーになったことが示唆されたというのがあって、直前に少量のものが入ってみたい表現ですけれども、元々の論文では、どのくらいのことまでが書かれていて、どのくらいのことまで分かっているのか。で、このトリガーの件について、気にしておくべきことがあるのかというのを少し解説いただくと助かります。

○安池専門職 地震・津波部門の安池ですが、そのトリガーの件につきましては、論文では軽石を分析しているのですけれども、その軽石の中に苦鉄質マグマと、それから珪長質マグマが混ざったものがあったということで、しかも、それが最初に出てきているので、その事象をもって、これがトリガーであったのだろうというふうに推定しています。実際にその苦鉄質マグマの量というのは、論文では議論はしていません。

縞状軽石というものができるのですけれども、その縞状軽石が、こういった大規模な噴火でもって出てくるということはほかにも例がございますので、そういった、比較的事例のある知見ということになってございます。

○市村部長 分かりました。ありがとうございます。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか、よろしいでしょうか。

もしよろしければ、次の議題に移りたいと思います。

次は、自然ハザード以外のものがございます。これも、川内地震・津波担当管理官からお願いします。

○川内管理官 地震・津波研究部門の川内です。

資料につきましては、13ページの資料50-3をお願いいたします。

ここで、自然ハザード以外の最新知見のスクリーニング状況の概要として1件示しておりますが、1件ですので、次のページの表で具体的に説明したいと思います。

通しの13ページです。件名ですが、高アスペクト比の配管周方向及び軸方向亀裂の閉形式解ということで、これは概要欄にありますように、当研究部門の安全研究の成果の一部を、研究を担当している東技術研究調査官がASME（アメリカ機械学会）のジャーナルに投稿中の論文の情報でございます。

内容としましては、非破壊検査で高アスペクト比亀裂、ここで高アスペクト比亀裂は、括弧にありますように、亀裂の深さを a として、亀裂、ここでは半長としていますが、亀裂の表面の長さを l とした場合に、深さが $0.5l$ を超える、ですので、深さと $0.5l$ がイコールな場合はちょうど半円になりますので、半円よりも深いような亀裂を対象としています。このような亀裂が検出された場合、現行のASMEのCode Section XIですとか、日本の維持規格におきましては、実際の検出範囲よりも大きな半円に置き換えて、応力拡大係数を評価するということが定められています。しかし、近年では、この高アスペクト比亀裂については、応力拡大係数を、半円に置き換えずに合理的に求める手法が幾つか提案されています。これは、例えばFEM（有限要素法）解析等で形状を、先ほど言いましたような深い亀裂を直接模擬するような手法です。

このような状況に鑑みまして、次のページでございますが、本研究では、こういった高アスペクト比の半楕円亀裂の応力拡大係数を有限要素法により算出しております。ここでは、応力拡大係数の大きさの比を表す影響係数 G_i というものを、三つのパラメータ、ここでは、先ほど言いましたアスペクト比、あと、亀裂深さと肉厚の比、及び配管の径と肉厚の比の関数として回帰分析を行い、回帰式を開発してございます。そこで、応力拡大係数と、各パラメータの関係を調べ、次の結果が得られています。

中ほどですが、1. ですが、高アスペクト比亀裂、先ほど言いました a/l が 0.5 より大きい場合につきましては、応力拡大係数に対して、亀裂深さと肉厚の比、及び管の径と肉厚の比の影響は小さく、一方で、アスペクト比の影響が大きく出ていて、そのアスペクト比の増加とともに応力拡大係数は単調に減少する傾向であるということ。

二つ目に、アスペクト比が1を超える、要は、更に深い亀裂につきましては、最大点の応力拡大係数は最深点よりも大きくなると記載していますが、ここでは、最も深い点以外で応力拡大係数が最大となるということを確認したということでございます。

1.の特性から、ASMEですとか維持規格で定めています、半円に置き換える手法が十分に保守的に評価できるということを確認しておりまして、この傾向は、平板を対象とした既往研究の結果とも良く一致しているということを確認しています。

また、次のページにかけまして、1.及び2.の特性は、楕円亀裂の応力拡大係数の理論解の特性ともよく一致しているということから、1.及び2.の特性は、高アスペクト比半楕円亀裂の一般的な特性であると結論することができたというふうにしています。

最後ですが、以上の特性を利用して、影響係数 G_i の閉形式解に基づいて、配管内表面の高アスペクト比亀裂の応力拡大係数の最大値を精緻に算出する方法、及び簡易に算出する方法を提案したというのが、本知見でございます。

スクリーニングにつきましては、少し戻っていただきまして、通しの13ページ、当該資料の2ページをお願いします。ここで、1次スクリーニングの欄の対応の方向性としては終了案件のviとしています。

その理由ですが、1ポツ目の5行目からですが、配管内表面の高アスペクト比亀裂の応力拡大係数の最大値を精緻に算出する方法、及び簡易に算出する方法を提案したものであるということと、2ポツ目の高アスペクト比亀裂の応力拡大係数の評価に係る当該情報は、今後、この維持規格の技術評価等を行われる場合には、それらの技術的知見としての活用が見込まれる知見であるというふうに考えています。

なおということで、この現行の「亀裂解釈」、これは技術基準規則（実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則）の解釈等で引用されていますが、この解釈で規定されている亀裂評価の方法の妥当性を示すものであり、「亀裂解釈」の見直しの必要性が生じるものではないというふうに整理しておりまして、以上により、終了案件とするというふうにしております。

説明は以上です。

○遠山課長 ありがとうございます。

それでは、質問や御意見があればお願いいたします。

はい、山中委員、お願いします。

○山中委員 二つほど質問をさせていただきたいのですが、高アスペクト比のクラ

ックの場合に、応力拡大係数が最深点よりも浅い所で最大値が出るという、どの程度のずれなのか、あるいは、そのずれる度合いというのが何に、どういう物性が効いてくるとか、あるいは、クラックの形状の何が効いてくるのかというのを教えていただけますか。

○川内管理官 地震・津波研究部門の川内です。

最大となる位置ですが、最深点、表面を0度で、最深点を90度と見た場合に、それに対して、大体80度よりやや浅い側に、最大が出ているというふうに聞いてございます。

その詳しいところについては、恐縮ですが、今日はJAEAの李さんがいらしていますので、恐縮ですが、補足説明を御願ひできますか。

○李 (JAEA) 日本原子力研究開発機構の李と申します。私のほうから少し補足させていただきます。

なぜ、応力拡大係数の最大値が最深点ではなくて、最深点の近くの場所の値かという話ですけれども、応力拡大係数というのは、基本的に応力分布と幾何学的形状、寸法によって決まるものですので、今回の現象が、やはり、この応力分布を多項式で表しますと、1次以上のものに関して発生するものであるとともに、幾何学的形状に関してもアスペクト比が2以上のものに特有の現象です。ですので、幾何学的形状、それから応力の分布から決まった高アスペクト比特有の現象だと思っております。この現象は既に我々が2013年に論文発表した後に、多くの研究者によって確認されております。

私の説明は以上です。

○山中委員 ありがとうございます。よく分かりました。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか。

石渡委員、お願いします。

○石渡委員 これは、どちらかと言うと事務的なことなのですけれども、この論文というのは、これは投稿中なのですよね。この投稿中というのが、具体的にはどういう状態なのかということが、まず一つと、投稿中の論文というのは、ある意味、まだ未完成の論文であって、場合によっては、その査読者からいろいろ批判を受けて、書き直す部分がある、一般論としてですよ、可能性がある論文だと思うのですね。そういうものを、その終了案件にしていいのかどうかというのは、これは疑問がある所なのですよね。それについて、どういうお考えなのか説明してください。

○川内管理官 地震・津波研究部門の川内です。

1件目の投稿中はということかということですが、これは今、ASME側で査読中という

ステータスになってございます。

この今、査読中のものをここに掲載して終了案件とする件につきましては、原子力規制庁の研究成果に関する発表と言いますか、知見ですので、原子力規制庁の責任でこういった知見が出ているということを紹介するということは、研究成果を知ってもらうという意味ではよろしいかなと思って、投稿中のものですが、掲載したという経緯がございます。

終了案件とすることにつきましては、規制ニーズでの研究ではなくて、基礎技術的な研究に位置づけられたものになっておりますが、一応そういった研究でも規制との関係というものを、どういった所と結びつくかというのは常に考えておりますので、そういった意味で、基礎的な研究ですが、紹介した上で、なおかつ規制との対応についても整理した上で、報告するというふうな位置付けで考えてございます。

私からの説明は以上です。

○遠山課長 石渡委員、どうぞ。

○石渡委員 これは、事務的に言うと、その投稿中のものを終了案件にするというのは、やはりおかしいように思うので、例えば、今回は保留にして、次の会合のときに終了案件にするとか、そういうやり方もあるのではないかなと思うんですけども、いかがでしょうか。

○遠山課長 技術基盤課、遠山です。

このスクリーニングを実施している部門として、今、石渡委員の御意見を受け入れたいと思います。ありがとうございます。

そのほかは何かございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、続いて、次の議題に移りたいと思います。

次は、ノルウェーエネルギー技術研究所ハルデン炉における問題とその影響、その説明を技術基盤課、佐々木企画調整官からお願いします。

○佐々木調整官 技術基盤課、佐々木でございます。

資料50-4を使って説明させていただきます。

まず、1.の所ですけれども、2019年8月に、ノルウェーエネルギー技術研究所、以下「IFE」と呼びますけれども、こちらがハルデン炉の特定のプロジェクトに関する情報を受け取って、外部主導の調査を開始したということを外部発表いたしました。原子力規制庁は、これに関連するプロジェクトを行っています三菱重工業、それから日立GEニュークリア・エナジーのほうから聞き取りを行っておりまして、このほど、まとまった報告を受

けましたので、それについて、本日、説明させていただきたいと思います。

まず、2. 報告の概要という所ですけれども、2.1として、三菱重工業について記載してございます。こちらのプロジェクトは1件でございますけれども、試験の概要として、まず、1個目の丸にあります。国内材料に適した照射脆化予測法・破壊じん性予測法を開発し、規格案を作成するための研究でありということで、PLIMプロジェクトと呼んでおりますけれども、この試験のうち、試験片への中性子照射の加速試験をハルデン炉で実施したということでございます。

機械試験等は別の機関で実施しております。この機械試験片ですけれども、円筒形の容器、リグと呼びますけれども、この中に入れまして、炉内に設置しまして、計画的に照射をするということを行っております。

三つ目の丸ですが、リグ内で温度を測定するために熱電対を配置しておりますけれども、この熱電対は、連続して温度を計測しているのですけれども、試験片自体の温度は、リグ内の温度分布解析を、次のページへ行っていただきますが、行って、試験片の配置位置での温度として評価されるので、この温度分布解析の解析条件の設定にあたって、先ほど言いました熱電対で計測された温度を参照しているということでございます。したがって、試験片1個、1個の温度を熱電対で測っているということではございません。

それから、温度変更の概要ということで、このリグを6体、試験を行ったのですけれども、このリグ内に8個、熱電対が設置されておまして、このうちの特定の熱電対の出力電圧について、明文化されていない変更アルゴリズムで変更した後に、温度換算されているということがありました。リグ毎の熱電対の温度ですけれども、温度換算の変更前後で、 -9°C ～ $+8^{\circ}\text{C}$ になるというような報告を受けているそうです。

影響の評価ですけれども、このPLIMプロジェクトで得られたデータは、以下の民間規格に反映されているということで、いずれも技術基準規則の解釈に引用されております日本電気協会の規格になりますけれども、「原子炉構造材の監視試験方法」という規格の中の①として、上部棚吸収エネルギー減少率の予測式、この規定、それから、「原子力発電所用機器に対する破壊じん性の確認試験方法」という規格の②といたしまして、上部棚破壊じん性評価式の規定に使っているということです。

これについて温度変更が最も大きいリグがNo.2ということで、これに対して、IFEが当時の解析を可能な限り再現して解析を行ったところ、試験片の温度は $275\sim 301^{\circ}\text{C}$ と評価されましたということで、この規格の有効な温度範囲というのが $274\sim 310^{\circ}\text{C}$ になっているの

で、この範囲に入っているということは確認されたとのことでした。

また、その他のリグに対して、三菱重工業が簡易的に試験片温度の推定を行ったところ、有効な範囲になっているということを確認したということですので、試験片の有効性を損なうものではないと評価できるという結論になってございます。

2.2のほうに、日立GEニュークリア・エナジーのほうですけれども、こちらは二つのプロジェクトがございまして、一つ目は被覆管腐食試験プロジェクトということで、被覆管の腐食因子が腐食挙動に及ぼす影響を評価して、あらかじめ燃料照射実証試験の比較データを取得することを目的として行いましたということでございます。

こちらの処置についてですけれども、約180日間の照射のうち21日間、設備が故障したということで、一時的に試験ループ水の温度が10℃低下して、これをリカバリーするために、水の圧力や流量が変動したのですけれども、このデータが書き換えられていたというようなことでございます。

次のページに行ってくださいまして、(c)として影響の評価ですけれども、試験ループ水の温度については、低下幅が小さく期間も短いので、被覆管腐食に及ぼす影響は非常に小さいと考えると。他の照射試験と比較しても、腐食量に差異は認められませんということです。また、圧力および流量については、試験中に変動するのが通常ですので、腐食に及ぼす影響は、同じように小さいと考えていますということです。

なお、審査への影響ですけれども、許認可等申請書類には使用されておらず、影響はないとされています。

もう一つのプロジェクトですけれども、B₄C照射挙動確認試験プロジェクトということで試験を行っておりまして、処置の影響の概要という所ですが、約120日間の照射のうち約30日間、計測器のケーブルの接続不良で、一部データがうまく取れなかった所があったと、このデータが取れなかった部分について、前後の計測データから滑らかに接続されるような書き換えが行われていたということでございます。

影響の評価ですけれども、同じ条件の複数の試験体が試験に供されており、これをもって本試験の評価に対する影響はないという説明になっています。

審査との関係ですけれども、許認可等申請書には使用されていないということですが、電源開発の補足説明資料やコメント回答資料などの一部に引用されていますが、その説明の妥当性確認の範囲外ですので、説明内容には影響しない。したがって、影響ないというふうな回答をいただいています。

3.に、規制に与える影響ということですが、まず、3.1として、三菱重工業のプロジェクトのほうですが、こちらは技術基準の第14条に安全設備という要求事項がございまして、こちらのほうに「設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるよう、施設しなければならない。」と規定されておりました、この解釈に、先ほど申し上げました二つの規格が引用されてございます。

一つは、原子炉圧力容器の破壊じん性の要求を満足するための規格でございまして、次の4ページに行ってくださいまして、もう一つは、監視試験については、この規格によることというふうになっているというものでございます。これらの規格は、運転延長の認可、それから高経年化技術評価、設計及び工事計画の認可において、加圧熱衝撃の評価、いわゆるPTS評価等に用いられております。

このうち、PLIMプロジェクトの試験データというのは、先ほど御説明しました①の上部棚吸収エネルギー減少率の予測式と、②の上部棚破壊じん性評価式の策定のために実施されたものですけれども、もう一つ、予測式の策定にも、元のデータとして使われておりました、それが原子炉構造材の監視試験方法という規格の③番として、関連温度移行量予測式ということになります。

これらについて、三菱重工業の検討によれば、簡易的に試験片温度の推定をしたところ、その範囲は、三菱重工業の簡易検査では276～302℃ということになっておりまして、これまで説明いたしました①の式については、規格の適用温度範囲内であることから、影響はないという三菱重工業の説明と同じように考えます。また、②のほうにつきましては、上部棚吸収エネルギーと破壊じん性の相関式になっておりまして、温度の影響を受けないので、こちらについても影響はないと考えます。

ただ、三つ目の関連温度移行量予測式については、まず、三菱重工業の説明の中には入っておりませんし、280～300℃の試験片を対象としているということで、若干外れる試験片もあることがありますので、技術的な影響の評価をJAEAの協力を受けて実施いたしました。

こちらについては、JAEAの西山安全研究センター副センター長から御説明をお願いいたします。

○西山副センター長（JAEA） JAEAの安全研究センターの西山です。よろしく申し上げます。

○遠山課長 すみません、マイクにもう少し近付いてお願いします。

○西山副センター長（JAEA） はい、これで聞こえますでしょうか。

○遠山課長 はい、大丈夫です。

○西山副センター長（JAEA） 通しページ21ページの別紙1に基づき説明させていただきます。

ここでは、今御説明のあったPLIMプロジェクトにおける照射温度の簡易補正とJEAC4201、関連温度移行量予測式のデータベースであるシャルピー衝撃特性への影響について検討いたしました。

1.の「はじめに」ですけれども、佐々木調整官から御説明があったように、PLIMプロジェクトにおいては、熱電対の出力電圧に明文化されていない調整があったということで、私ども安全研究センターでは、原子力規制庁からの依頼に対応して、IFEの外部調査機関主導の調査結果として、報告された熱電対の変更前後の温度、これに基づきまして、リグ、合計6つありますけれども、それらに装荷された試験片の温度を簡易的に補正し、関連温度移行量予測式のデータベースとなったシャルピー衝撃特性、これは41J、温度のシフトでございますけれども、これについて検討いたしました。

まず、具体的な検討方法とその結果に入る前に、一部、佐々木調整官の御説明と重複することもあるかと思えますけれども、ハルデンにおける材料照射試験の概要について簡単に御説明申し上げます。

原子炉圧力容器として用いられる低合金鋼は、炉心からの中性子照射によって脆化いたします。PLIMプロジェクトでは、その程度を把握するために、低合金鋼から作製した試験片をリグと呼ばれる円筒形の容器に入れて、1999年から2001年にかけて、合計で6つのリグをハルデン炉の炉内に装荷して、試験片が所定の中性子照射量になるまで材料照射試験が実施されました。

中段でございますけれども、目標とした照射量のレベルは、3、6、 10×10^{19} ということで、いわゆる高照射量領域まで含むデータ取得しています。ハルデン炉の炉水温度というのは約240℃でありまして、試験片のガンマ発熱によって温度が上昇します。照射温度は、リグ内の試験片と試験片ホルダーの隙間に、ヘリウム及びアルゴンガスの混合ガスを満たして、徐々にアルゴンガスの混合比を高めることによってカプセルの温度を上げて、リグの温度を上げて、仕様の280℃～300℃になるように制御されました。照射温度というのは、一部、後で御説明しますけれども、一部の試験片に取付けた熱電対の温度から求めた軸方

向のガンマ発熱量分布、これを入力として、各試験片中央部での照射温度が有限要素解析によって求められております。

炉内で、こういった照射が終了した試験片については、米国のウェスティングハウスに行っていたと聞いておりますけれども、そこで、次のページ、通しページ22ページの図1にありますようなシャルピー衝撃試験が実施されました。

図1にありますように、シャルピー衝撃試験データというのは、まず、10mm×10mm×55mmに、有意な深さのノッチを入れた角柱状試験片にハンマーで衝撃を与えて破壊させるということで、低合金鋼におきましては、試験温度が低温から高温になるにつれまして、破壊様式は脆性から延性に変化する。つまり、縦軸の破壊に要する吸収エネルギーが大きくなると。こういったデータ点をハイパボリックタンジェントの式でフィッティングしまして、吸収エネルギーが41Jになる温度、これを以後、 T_{r30} と言うのですけれども、これと上部棚吸収エネルギー（USE）が求められています。USEは、試験片が100%延性破壊となる上部棚領域の吸収エネルギーの平均値として求められます。照射脆化が進むと、この T_{r30} 、41Jレベルの温度ですけれども、高温側に移行して、そのUSEが低下します。関連温度移行量は、この照射前後の T_{r30} の差分、 ΔT_{r30} 、この値がJEACの関連温度移行量予測式のデータベースとなっております。

続きまして、22ページの検討方法にありますけれども、我々は明文化されていない熱電対出力の調整に起因して照射温度が必要な試験片を、当時のPLIMの報告書から同定しまして、照射温度の補正が、関連温度移行量予測式のデータベースに用いられた ΔT_{r30} に及ぼす影響を調べました。なお、過去の研究におきましては、Upper Shelf Energy、USEにつきましては、照射温度の影響というのは極めて軽微という結果が報告されています。したがって、 ΔT_{r30} に比べて、照射温度の影響は小さいと考えています。

検討の方法の手順ですけれども、（1）リグ内の試験片及び熱電対の配置ということで、PLIMプロジェクトの報告書におけるリグ内の配置及びIFEの外部調査機関から報告された温度及び、次の23ページに示します温度変更前後の値から、温度変更に起因して照射温度の補正が必要な試験片を同定いたしました。

（2）試験片毎の照射温度の補正につきましては、各リグ6本には、23ページ、次のページでございますけれども、表1の左側に示しますように、8本の熱電対が装荷されていまして、表の照射温度の変更前後の差分に基づいて、試験毎に照射温度を補正いたしました。熱電対と同じ軸方向高さにある試験片については、表1の温度変更前の温度を照射温度、

すなわち、ここでは仮に正しい値というふうに仮定して、同じ軸方向高さに試験片が2本装荷されていた場合には、その平均値を照射温度といたしました。

熱電対と試験片の軸方向高さが異なる場合、本来であればガンマ発熱の軸方向分布を仮定して、有限要素解析によって、試験片1本1本についてやってみるところでありますけれども、そういった、これは三菱重工業のNo.2がやっているのですけれども、我々は、そういった照射の情報がありませんので、図2に示しますけれども、簡易的に隣の熱電対との間で温度変更前後の差分を線形で補完し、試験片の照射温度を補正しました。すなわち、明文化されていない温度が、温度変更がされない状態、赤い線になるように各照射温度を、試験片の温度を補正いたしました。

続きまして、(3) ΔT_{r30} の再評価ということで、PLIMプロジェクトにおける照射温度の仕様範囲(280°C~300°C)を逸脱した場合、当該衝撃試験データ点を除外して双曲線正接関数で近似して T_{r30} を再評価して、未照射材との差分である ΔT_{r30} を求めました。除外対象となるデータが上部棚領域である場合には、先ほど申し上げましたとおり、照射温度のUSEへの影響は軽微であるということから、データ除外前のUSEを求めて、先ほどの曲線をフィッティングいたしました。

なお、この照射温度が高くなると、照射脆化量である ΔT_{r30} が低くなるという傾向がございます。

ここからは結果になります。通しページの24ページ、試験片毎の照射温度の補正についてです。下の図の3に示しますように、これはNo.2に関する試験片の装荷容量と、有限要素解析による温度評価の例でございます。図中、左側にありますとおり、破壊じん性試験片と呼ばれている、丸が二つ空いた試験片がございますけれども、これの1インチ厚さ、2分の1厚さのコンパクト・テンション試験片、引張試験片、シャルピー試験片及び熱電対(TS1~TS8)の装荷位置を示しています。

ハルデンの解析では、熱電対の計測温度を基に、軸方向高さを変えて、図中右にございますように、各試験片毎の温度が求められていました。我々は、先ほど、3.(2)で申しました簡易的な補正を行ったわけがございますけれども、補正する温度というのを図3の中に青字で示してございます。こういったことを、全ての6本のリグとして、すべてのシャルピー試験片について温度補正を行いました。

その結果は表2でございますけれども、照射温度の仕様を逸脱した試験片は、全体で6個のデータセットにおいて、合計14本ということで、全体では、444本のうち14本は、その

照射温度の仕様を逸脱していたということでございます。

続きまして、ページをめくっていただいて、通しページの25ページでございますけれども、シャルピー衝撃試験結果への影響ということで、表2のデータセットのうち、溶接熱影響部と呼ばれる試験片については、関連温度移行量予測式に用いられておりませんので、それ以外の母材及び標準材の5個のデータセットを対象に、照射温度が仕様の範囲を逸脱した試験片で取得したデータを除外して、 ΔT_{r30} への影響を確認しました。図2に、それぞれのデータセットで、今行ったような操作でシャルピー遷移曲線を引き直した結果を示します。除外前のデータが青、除外後が茶色となっております、除外前後をここには重ねてプロットしています。

これらの結果について、取りまとめたのが次のページ、26ページの表3でありまして、除外後、引く除外前の ΔT_{r30} への変化は、最大でも約3℃と、(d)になりますけれども、変化率として2.1%という結果になりました。

以上を6.にまとめます。ハルデン炉で実施された材料照射試験において、照射用リグに装荷された熱電対の温度変更について、リグに装荷された試験片の照射温度を簡易的に補正して、JEAC4201の関連温度移行量予測式のデータベースとなった ΔT_{r30} に及ぼす影響について検討いたしました。PLIMプロジェクトの報告書から試験片装荷位置を確認いたしまして、すべてのシャルピー衝撃試験片の照射温度を補正した結果、6個のデータセット中のうち、計14本の試験片が照射温度の仕様を逸脱していました。そして、関連温度移行量予測式の開発に用いられた母材及び標準材6個のうちの5個のデータセットでございますけれども、これにおいて、そういった照射温度の仕様の範囲を逸脱した試験片を除外して、もう一度 ΔT_{r30} を求め直した結果、このデータにおいて、その変化量は約2%程度でありまして、他の4個のデータセットについては0.1%程度になると、こういった結果を得ました。

私の説明は以上になります。

○佐々木調整官 技術基盤課、佐々木です。

御説明ありがとうございます。

もう一度資料に戻っていただきまして、通しの19ページ、資料50-4の4ページを御覧ください。真ん中辺りに丸が三つございますけれども、今御説明いただいた内容が二つの丸にまとめてございまして、三つ目の丸の所にありますが、この事業で影響のあったものの個数は非常に少ないですけれども、この予測式の中に使われていた資料、データ数は371

ありまして、そのうちの4個、5個といったものになりますので、温度変更の結果が予測式に与える影響は、トータルとして非常に、より小さくなるものというふうに推定しております。

また、過去に事業者が実施したPTS評価の結果は、この温度補正の影響を踏まえても十分な余裕が、最も厳しいもので数十度あるということも確認しております。

3.2のほうですけれども、日立GEニュークリア・エナジーのほうの二つのプロジェクトについては、いずれも許認可申請には使われておりませんので、影響ないというふうに考えます。

4.の今後の進め方ですけれども、今、御説明しました「関連温度移行量予測式」については、温度変更の影響を踏まえてもPTS評価に用いる予測式に与える影響は非常に小さいというふうに推定されると考えております。

次のページへ行っていただきまして、また、過去に事業者が実施したPTS評価の結果は、十分な余裕を有していることも確認しておりますので、既に提出された事業者の申請については、再評価等の対応は必要ないというふうに考えております。なお、申請中のものですとか今後の審査については、温度変更の影響を踏まえても、十分な余裕があるかについて確認する必要があると考えております。

最後になりますけれども、関連する民間規格への影響については、策定者である日本電気協会が評価を行うとしておりますので、今後実施される影響評価の内容については、日本電気協会から聴取するというようにさせていただきたいと思っております。

御説明は以上です。

○遠山課長 どうもありがとうございました。

それでは、何か御質問、御意見があればお願いします。

山中委員、お願いします。

○山中委員 今日の説明で、IFEの温度評価に誤りがあった効果というのは極めて小さいということが説明でありましたし、そのとおりにかなというふうに思うのですけれども、むしろ民間規格をエンドースしているものを評価に使っているのが、影響は小さいのは分かりますけれども、きちっと、その評価をし直すということを早くやっていただいたほうがいいかと思うのですけれども、電気協会の対応について、何か今、把握できていることはございますか。

○佐々木調整官 技術基盤課、佐々木です。

日本電気協会のほうは、先月行われました原子力規格委員会という委員会のほうで、委員長より、対応する旨お話がありましたし、具体的な評価を行うには、温度補正後の数値データが必要でして、そのやり取りをどうするかということも含めて、進め方を相談したいと言っておりますので、面談において確認して、速やかに実施していただくようお願いしたいというふうに思います。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか。

金子緊急事態対策監、お願いします。

○金子緊急事態対策監 原子力規制庁の金子です。

中身については、影響は限定的なものであるというような状況の評価であることについて何ら疑いはなくて、全体として、どれぐらい事態のインパクトがあるものかという観点から、背景を伺いたいのですけれども、まず、ハルデンは国際共同プロジェクトでやられたものが多いので、ほかの国のいろいろな研究においても、類似のことが波及的に起きている可能性はあって、どこまで把握しているかは別にして、そういう点で何か深刻に受け止められているようなものがあるのか、ないのかということが一つと。

それから、当然ですけれど、このIFEも試験炉を持っている機関なので、ノルウェーの規制機関が、本件をどういうふうに受け止めて対応しておられるかと、これも分かっている範囲で結構ですので、情報がありましたら教えていただけますか。

○北野上席 システム安全研究部門の北野です。

今の回答ですが、金子緊急事態対策監からありましたようにハルデンで国際共同プロジェクトを実施しておりますが、私は、その運営委員会の委員を務めております。そこで、本件について幾つか、IFEから説明がございました。

他国の状況ということですがけれども、日本以外の他国でも、同様のデータの変換があったというふうに聞いております。そこでは、国を特性するような説明はなかったのですがけれども、公表されている記事等では、カナダでそのような同様のケースがあったという記事が出ていました。

もう一つ、ノルウェーの規制機関の状況でございますけれども、もちろんこれは、ノルウェー側の原子力安全に関わるようなことでありますので、IFEとノルウェーの原子力放射線規制機関のDSAという機関がコンタクトしながら、状況の整理、原因等の調査を進めていると聞いております。また、原子力放射線規制機関だけではなくて、環境問題や経済問題に関する捜査機関とも協力して、その原因等の調査を進めているという連絡も受けて

おります。

以上です。

○金子緊急事態対策監 ありがとうございます。今伺った範囲ですと、その何かが覆されるような状況が例えば他国で生じているということでもなさそうですし、継続して事態の本質はノルウェーでもしっかり把握しなければいけないということですが、ひどい規制上の問題が起きているような事例というふうには受け止められているということでもなさそうだといいことではよろしいですかね。

○北野上席 システム安全研究部門の北野です。

はい、そのとおりで、特に安全に関わるような大きな情報は、今のところありません。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか。

石渡委員、お願いします。

○石渡委員 細かな点で申し訳ないですが、JAEAの方も来られているということでお伺いしたいのですが、この別紙1の2ページ目に図1という図があるのですが、ここに、この T_{r30} の求め方ということで、破線で直角な線が引いてあります。その破線の交点というのが、この赤い線の上にあるべきではないのですか。少しずれているように見えるのですけれども、これでいいのですかということをお伺いしたいのですが。

○西山副センター長（JAEA） JAEAの西山です。

すみません、図の作り方が悪くて、ずれております。本来、赤い線と破線の交点が T_{r30} と呼ばれるようになります。

以上です。

○石渡委員 分かりました。

○佐々木調整官 技術基盤課、佐々木です。

申し訳ありません、頂いた電子媒体等をPDFにするときにずれてしまったようで、うまく直せていなくて、こちらのミスだと思いますので、申し訳ありませんでした。

○遠山課長 森下審議官、お願いします。

○森下審議官 原子力規制庁の森下です。

資料の19ページの所で、JAEAにやっていただいた成果で、2番目の丸ですが、 ΔT_{r30} の差が最も大きい場合で約 3°C というのと、一番最後に、過去、事業者が実施したPTS評価の結果で、十分な余裕で、ここは数十度と書いてありますが、この 3°C と数十度というので、違いがあるというような理解をするのでよろしいのでしょうか。温度の差につ

いての捉え方なのですけれども、その程度の影響ということの比較で、この二つでいいのかということ、基礎的な質問ですけれども、お願いいたします。

○遠山課長 どなたがお答えできるでしょうか。

○森下審議官 JAEAに、お聞きするのが一番いいと。

○遠山課長 すみません、JAEAの方、お答えできますでしょうか。

○西山副センター長（JAEA） JAEAの西山です。

このプラントの数十度の余裕がある材料成分と照射量と、通しページ26ページにあります(d)の母材、No.5のこの化学成分と照射量は違います。ですから、単純には比較できないですけれども、予測式と見た場合に、これは原子力規制庁の御判断とも一致すると思うのですが、三百数十点の間に数点、数度ずれるものがある、それをデータベースとして、今、健全性評価を行っているプラントの予測をしたとしても、そんなに影響は出ないのではないかというふうに考えていただければと思います。

以上です。

○森下審議官 ありがとうございます。

もう一つ、実際の実験で経験したことがないのですが、こういうふうな実験、JAEAでも、同様な実験をされている経験がありますけれども、温度のばらつきがあると思うのですけれども、実際に、普通に実験をしていてどれくらいあるようなものなのでしょうか。素人な質問ですみませんが、JAEAにお願いいたします。

○西山副センター長（JAEA） JAEAの西山です。

規格上は、恒温槽から取り出して、ハンマーでたたく間に5秒以内というような規定がございますので、そこで、数度ずれる可能性もございます。

小数点以下の値というのは、実験上、評価上、意味のあると言っただけですけれども、そのような精度を持っている試験ではありません。

以上です。

○森下審議官 どうもありがとうございます。

○遠山課長 そのほか、何かございますでしょうか。

私からですけれど、今、森下審議官が質問された資料の26ページの数字の話、そこに-2.9とあるのが3℃のことだと思っただけですけれども、これを見ると、除外前と除外後で見ると、この ΔT_{730} は、むしろ少なくなっている。つまり、変化する量は減りますよと、したがって、25ページに書いてある、この黒い点から赤や青の点に移る量が減ると言っている

ので、どちらかというとしきい値が逃げていくという方向かと思うのですが、そのような理解でよいでしょうか。どなたか。北條主任調査官、いかがでしょうか。

○北條主任 システム安全研究部門の北條です。

おっしゃるとおり、そのような御理解でよろしいかと思えます。

○遠山課長 基盤課の遠山です。

さらに、PTSの評価で数十度の余裕があるというのは、この25ページのグラフのここには表示されていないけれども、更に、この右側にプラントのプロセス、容器が経験する温度の軌跡を描くと、そこの一番近い所と、この赤い線との間に数十度の余裕があると、そういうことですかね。

○北條主任 先ほどJAEAの西山さんが御説明していただいたように、これはあくまでも多数あるデータ点の一つの結果でありますので、直接評価に関わるという数字ではございません。

以上です。

○佐々木調整官 技術基盤課、佐々木です。

補足しますと、この取ったデータは371個分の五つであって、これを使って、日本電気協会は計算をしまして、たしか係数が19とか20ぐらいある多項式にしまして、それで作った式で、この脆化がどのぐらい進むかというのを予測することになっていまして、実際の評価に、この数十度の余裕があるといったPTS評価というのは、その脆化の予測したときのこの温度との関係のグラフと運転曲線との間の差分になって、今日グラフがないので説明するのは難しいですけれども、そちらに使っているもので、そちらの温度差が数十度程度あるということになります。

以上です。

○遠山課長 大変失礼しました。

そのほか何かございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、これで本日の議題は全て終了いたしました。全体を通じて、何かコメント等ございますでしょうか。

技監、お願いします。

○櫻田技監 原子力規制庁、櫻田です。

今日はトラブル情報というか、いつも片岡専門職がやっておられるやつはなかったのですが、それはまた次回という心積もりでよろしいでしょうか。

○遠山課長 基盤課、遠山です。

はい、次回に御報告させていただく予定でございます。

そのほか、何かございませんでしょうか。

それでは、以上で、本日の議事は全て終了いたしましたので、これで、第50回技術情報検討会を終了いたします。ありがとうございました。