

第 4 9 回から第 5 0 回技術情報検討会の結果概要

第 4 9 回から第 5 0 回の技術情報検討会の結果概要について報告する（別紙 1～2 参照）。

別紙 1 第 4 9 回技術情報検討会 結果概要

別紙 2 第 5 0 回技術情報検討会 結果概要

第49回技術情報検討会 結果概要

1. 開催日：令和3年9月9日（木）

2. 出席者：

山中委員、石渡委員、田中委員、伴委員、櫻田技監、佐藤審議官、市村部長、小野審議官、森下審議官、技術基盤G：遠山技術基盤課長・各安全技術管理官、原子力規制部：各課長・安全規制管理官ほか、JAEA：西山副センター長・中塚室長代理

3. 主な内容

(1) 放射線防護に関する知見

1) 屋内退避による被ばく低減効果に係る委託研究の成果（概要報告）
（概要）

- 原子力規制委員会は、地方公共団体が地域防災計画を作成する際の基礎的なデータを提示することを目的として、平成26年に緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果を試算し公表している。
- 同試算において、屋内退避の効果は、IAEAや米国環境保護庁(EPA)における研究成果である欧米の建物の放射線遮へい効果や密閉効果を参考としているが、これらの効果は、建物の特性に大きく依存するものと思われる。
- 防護措置を考慮する上で、日本の家屋の特性を踏まえた屋内退避の効果を一定程度の確度をもって把握しておくことが重要であることから、平成27年度より屋内退避の効果に係る委託研究を実施した。
- 本研究において、日本の家屋の特性を踏まえて屋内退避による被ばく低減効果を評価した結果、その効果は、放出される放射性物質の組成、気象条件、家屋の密集率等のパラメータに応じて変動し、また、これらが相互に関連することから、試算された低減係数が家屋の特性のみに基づく固有の被ばく低減能力を示すものでないことに留意する必要があるが、本研究において実施した代表的な条件下での試算の範囲では、これまで参考としてきた海外の知見と大きな差異は認められなかった。
- また、確率論的環境影響評価の結果、放出源から5km以遠のUPZ内評価点における甲状腺等価線量の7日間積算線量(95%値)は、いずれの建築年区分においても、確率的影響リスクを低減するためのIAEAの包括的判断基準(最初の7日間の甲状腺等価線量50mSv)を下回っており、これは、UPZにおける緊急時の初動対応として屋内

退避を基本としている現行の原子力災害対策指針の考え方が妥当であることを示している。

- このことから、本研究の成果をもって原子力災害対策指針を見直す必要性はないものとする。

(議論)

- 今回の報告は、代表的な条件下ではあるが、日本家屋のような木造家屋においてもこれまで参考としてきた海外の知見と差異は認められず、線量、放射線量を見ても、包括的判断基準を下回っていなかったというものである。原子力災害対策指針における屋内退避は、基本的に段階的避難であり、今回の報告で、避難をするまでの間の被ばくのリスクを低減する措置について考え方が変わることはないという発言があった。
- PAZ内は早い予防的措置が取られるが、UPZ内の住民にとっての屋内退避の効果は、これまでの知見を大きく変えるものではなかったと考える。このような研究は、海外でもほとんど行われておらず、放射性ヨウ素の化学形別に、浸透率等のパラメータを導出し、その変動、不確実さも定量したことに意義があるのではないかと考える。確率論的な評価として代表的なケースを解析しているが、この研究は、環境条件や気象条件といった自然の変動パラメータに実験研究で得られた不確実さの要素を加味して、それぞれの化学形態による変動幅まで示しており、大きな知見を得られたのではないかと考えるとの補足があった。
- これまで海外の知見しかなかったものに対して、日本の家屋の特性を踏まえた屋内退避の効果を定量的、化学的に分析したことは、大きな成果だと思う。特に、原子力発電所を抱える地域の皆さんからは、屋内退避で十分なのか、地方公共団体の方々からは、屋内退避の効果はどうなっているのか、といった質問や要望がこれまで多く寄せられている。今後、この知見を活用して、屋内退避の効果を分かりやすく説明できるようにすることが大事である。内閣府の原子力防災とも連携して欲しいとの発言があった。
- 屋内退避の被ばく低減効果として数値を求めがちであるが、どれぐらいの範囲で、どういう条件が重要かといったことを明らかにしたことが、一番大きな成果だと思う。それを前提に試算をしても、これまで海外で報告されているパラメータの値と大きく変わるものではなかったため、この成果をもって原子力災害対策指針を見直す必要はないと思う。表2の低減係数は、平均化した値ということだが、具体的にどのように計算しているのか、距離による違いがそれほどないということは、その重みづけの平均を取っても取らなくても値

はそんなに変わらないということかとの質問があった。

- 説明者より、図3に評価の例示として、屋外（防護措置なし）の場合、1980年以前の家屋に屋内退避した場合、1993年以降の家屋に屋内退避した場合を記載しているが、被ばく低減係数は、それぞれの距離ごとの屋外の甲状腺等価線量に対する屋内の甲状腺等価線量として計算し、これを甲状腺等価線量で重みづけをし、加重平均を取っている。距離による低減係数の違いは、それほど大きくない。甲状腺等価線量で重みづけをする意味合いは、線量が高いところほど低減係数の重要度が高いという考え方による。加重平均と算術平均の違いは、ほぼないと考えると回答した。
- 甲状腺等価線量とは、甲状腺にヨウ素が濃集するということを考えて入れた線量又はその比なのか、また、マスクは吸入被ばくに効いてくるのかとの質問があった。
- 説明者より、甲状腺等価線量は、放射性ヨウ素を吸入で取り込んだ場合に、選択的に甲状腺に取り込まれたヨウ素から被ばくするものの預託線量として評価している。委託研究事業の中で、マスクの効果や空気清浄機の効果というものも評価をしており、着用するマスクの種類によってはかなり低減効果があり、空気清浄機もかなり高い効果を示すという結果が得られていると回答した。

(2) 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) 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）

なし。

2) 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザード以外に関するもの）

以下について報告及び議論を行った。

① ペレット被覆管機械的相互作用（PCMI）破損しきい値未満で破損した OS-1 燃料の破損原因について

（概要）

- 燃料安全研究として、現在まだ国内では使用されていないアルミナとクロミアが微量添加された二酸化ウランペレットの RIA 模擬実験を実施した。
- 同燃料は、燃焼度 40GWd/t~65GWd/tU の PCMI 破損しきい値である 50cal/g より低い 38cal/g で破損した
- その後、OS-1 実験との比較のために、国内でも使用されている従来型の二酸化ウランペレットが装荷され、OS-1 燃料と同じ 10×10 型燃料集合体内で照射された燃料の RIA 模擬実験を実施した。
- また、OS-1 燃料の実験後観察等を進め、OS-1 燃料の破損に関する知見

が得られ、破損原因を推定した。

- 現在までに得られた知見からは、従来型ペレットに比べて、添加型ペレットの焼きしまりが小さく、スウェリングが大きいいため、OS-1 燃料では、ベース照射中に添加型ペレットと被覆管が強く接触し、それによって生じる被覆管円周方向引張応力より半径方向水素化物が生成したと推察できる。

(議論)

- 低エンタルピで破損した添加物が入った燃料の破損原因は、推定のとおり水素化物が径方向に析出したことだと思う。根本原因としては、クロミア添加のペレットのスウェリングが大きかったせいという推定だが、例えば他のシリカ、アルミナ添加ペレットでもスウェリングが大きくなる可能性があるのかと質問があった。また、径方向に水素化物が析出した原因としては、応力がかかって応力再配向が起こったものと考えるとのコメントがあった。
- 説明者より、この添加型ペレットは、大粒径にすることで核分裂性ガスの放出を抑える効果が期待されているものである。定性的には、添加物が何であっても大粒径化されていれば同じような現象は起こると思う。今後、OS-1 ペレットの密度測定を行うので、スウェリング挙動について検討したい。水素化物の析出方向については、御指摘どおり、スウェリングが大きいことによりベース照射中の PCMI による応力が大きくなり、その応力によって半径方向に再配向したと考えている。今後、OS-1、OS-2 の金相を比較して、確認したいと回答した。
- もともとスウェーデンの照射燃料を用いた研究成果なので、スウェーデンには情報共有をしていると思うが、国際的な燃料安全の技術コミュニティ（例えば、OECD/NEA、IAEA）や学会発表を通じて、情報共有がなされているのかとの質問があった。
- 説明者より、本研究は JAEA の委託研究で実施したもので、JAEA は毎年国際会議を主催し、フランス、アメリカの研究者を招いて議論している。OS-1 の実験結果については、一昨年国際会議で報告されており、製造元のスウェーデン・ウエスチングハウスやスウェーデンの電力会社とも情報は共有している。論文も公表されており、情報を得ることができる。OECD/NEA 等での情報共有については、OECD/NEA の Working Group on Fuel Safety の中で、一般的な RIA に関する知見の一つとして共有されていると回答した。
- この研究は、日本でも将来導入されるかもしれない添加物が入った燃料の PCMI 破損しきい値に関する実験を行ったところ、低いエンタルピで割れたものが発見されたため、従来型の燃料との比較を進めているものであり、これまでのところ、添加物の影響によって焼きしまりが小さく

スウェリングが大きくなり、それが引き金になって破損したと推測されているものと理解した。資料の中に、従来型ペレット燃料において PCMI 破損しきい値未満での破損が生じる可能性についても検討するとあるが、従来型の燃料について、どのような知見が得られると考えているのか質問があった。

- 説明者より、今後、ペレットの径を大きくし、フィッサイル量を増やすような設計変更があった場合や、現状の設計の燃料でも、さらに高燃焼度化した場合には同様の破損が生じる可能性があるため、その評価にこの知見をは活用できると回答した。

(対応)

- 現在までに得られた知見からは、OS-1 燃料は、国内で現在まだ使用されていない添加型ペレットの特性により PCMI 破損しきい値未満で破損したと推定されるため、現状では、PCMI 破損しきい値の改定は必要ないと考えられる。
- 今後の研究において蓄積される知見をもって、改めて、PCMI 破損しきい値の改定の要否について検討する。

② 米国における原子炉安全停止に係る火災の影響軽減に関する規制要件の調査結果とそれを踏まえた対応

(概要)

- 「回路故障が 2 次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性」に対しては、将来的な「火災影響評価ガイド」1 への反映要否を含めて検討を行うこととしていることから、米国における原子炉安全停止に係る火災の影響軽減に関する規制要件について調査し、NRA 技術ノート「米国における火災時安全停止回路解析の調査」としてまとめ、令和 3 年 6 月に公表した。
- 技術ノートでは、安全停止回路解析に関連する米国の規制要求と民間規格の関係及びその変遷を整理して米国における回路解析の規制上の位置づけを明確にするとともに、回路解析の概要、関連する米国原子力規制委員会 (NRC) の規制活動、事業者の対応事例、解析結果の反映先等を調査し、我が国の火災時安全停止に関する規制要件との関係を整理した。
- 火災の影響軽減に関する規制要件 (10CFR50.48) に対して、決定論に基づく審査では系統分離対策が要求され、防護が必要な系統を特定し適切な分離対策が実施されているかを確認する。一方、確率論に基づく審査では回路レベルでの安全停止解析による安全性の裏付けが要求され、CDF 及び LERF に係るリスクを評価する。
- 回路解析は、安全停止解析の一部であり、安全停止機能として必要な構築物、系統及び機器が火災による回路故障から防護され、安全停止が達

成・維持されることを裏付けるために行うものであり、電気ケーブルを含む SSCs について実際の設置位置及び敷設経路を解析情報として、原子炉の安全停止成功パス（注 8）に及ぼす火災の影響を（定性的又は定量的に）評価する解析である。

- 決定論に基づく申請においては、系統分離対策が要求されるため回路解析の実務は審査の対象外になっている。

（議論）

- 米国では 10CFR50.48 に基づき、火災対策について、申請者の選択により、決定論を用いずに確率論で申請できるということと理解した。日本は規制基準について性能規定化を志向する方向にあるものの、火災防護基準は異なるので、米国では確率論を選択できるというのは非常に興味深い。さらにウオッチしておくといよいのではないかという発言があった。
- 火災対策に関しては、新規制基準で何を要求するか議論があったと記憶している。米国では、決定論と確率論の2つの手法があり、3時間耐火や系統分離といった仕様要求を満足しなくても、火災影響評価を行い影響が少ないということが示せばよいという道もあるということでは分かった上で、米国の規制要求のうち決定論だけを導入することに対して、それでよいのかという議論があった。回路解析や確率論的评价は難しい、日本の事業者には実績もない、そういう時点において、確率論でもよいとするのは、時期尚早ではないかという結論になったと記憶している。今回、米国の規制や運用の現状を NRA ノートという形で報告しているが、日本の事業者における回路解析や火災 PRA の実施があまり進んでいないので、米国と同じようなものを導入する必要があるかという、まだそこには至っていないという印象であるとの発言があった。
- 図 2 について、決定論で審査をして、その後、確率論もやらせて、その上で許可するというようにも読める。許認可の制度と安全性向上評価の制度は別なので、読む人に誤解されないように、注意してほしいとの発言があった。

（対応）

- 決定論に基づく審査では、「火災発生時における原子炉安全停止の達成・維持」という規制要件に対する我が国と米国の系統分離対策は同じであり対策を講じていることから、現時点で回路解析の「火災影響評価ガイド」1 への反映の必要性は低いものと考えられる。
- 米国では MSO 等回路故障が安全停止に及ぼす影響を回路解析により幅広く検討し、事業者が不適合事例を報告している。そのため我が国においても火災 PRA 手法（回路解析が手法の一部である）により、その成熟状況に応じて安全性向上評価において段階的に事業者が評価を進めることが想定されることから、事業者における検討状況等について、時期

をみて公開で意見を聴取する。

③ 電磁両立性（EMC）に係る規制動向の調査について
（概要）

- 原子力規制委員会の重要課題として、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策があり、計測制御設備などで使用される機器間の電磁波による相互干渉が考えられることから、電磁両立性を考慮した設計として達成すべき具体的な水準等に関する調査として、海外における、試験方法等に係わる詳細な文書、機器の認証に関する事項、対象とすべき設備、原子力発電所での適用事例、国内外のトラブル等の発生状況等について調査した。
- 試験方法等に関する基本文書の示す詳細な試験仕様に関する IEC 規格及び MIL 規格は、IEC 規格については半数強が国内規格化（JIS C 61000 シリーズとしての発行）されていたが、MIL 規格については確認できなかった。
- 対象設備としては、米国においては、R. G1. 180 が直接的に対象とする設備は安全系設備である。対象設備の感受性の確認に加え、対象設備の設置場所の周辺設備からのエミッション（電磁波の放出及びその強度）が、対象設備の感受性の限界を超えない範囲にあることの確認を求めている。
- 米国の原子力発電所における適用事例として 10 事例を対象に、適用規格、試験施設、認可状況等について調査した。
- 国内外における不具合等として、米国 45 件程度、日本国内で 30 件程度の事例を抽出し分類した。

（議論）

- Electromagnetic Compatibility を電磁両立性と訳しているが、Compatible というのは、何かあるものに対応することができるという趣旨の単語だと思う。何と何が両立するという意味かとの質問があった。
- 説明者より、この分野で使われている一般的な用語をそのまま使っている。両立性というのは、複数の設備があったときにお互いに相互影響をもたらさないように、例えば安全系設備が影響を受けないというだけではなく、その安全系設備が不要な電磁波を放出し他に影響を与えないといった相互の影響を配慮するのが電磁両立性と考えている。従来、国内では全ての設備を同じメーカーから導入する傾向があって、あまり問題にはならなかったが、近年のシビアアクシデント対策等で、色々なメーカーの設備が導入される等、相互影響も従来に比べると心配といった問題認識で今回の調査を行ったと回答した。
- 今回の研究には、自然現象、例えば、雷、磁気あらしというようなもの

は視野に入っているのかとの質問があった。

- 説明者より、雷の影響は、一般的な EMC の対策の中に含まれて規格化されているが、磁気あらしは、まだ国際的にも議論があるところで、今後調査したいと考えていると回答した。
- 設置許可基準規則第 6 条及びその解釈は、外部からの影響に対して安全機能が損なわれないようにするという趣旨の要求だが、非安全系の電子機器が安全系の電子機器に影響をもたらすという点は、第 6 条で読めるのか。計装機器も含め、安全上に必要な EMC で阻害されないことを、どこで要求しているのか。また、具体的にこの民間規格に適合してればよいといった規定はあるのかとの質問があった。
- 説明者より、安全保護系については、資料の脚註に記載しているように第 35 条に要求がある。技術基準規則解釈において、日本電気協会の規格を引用しているが、具体的とはいえない記載内容であると記憶していると回答した。

(対応)

- 今後、海外調査の結果を踏まえ、国内の産業界における EMC 対策として達成すべき水準についての考え方及び基本文書が指定する規格基準の適用性並びに国内における試験実施の可能性等に関する事業者の状況について、公開で意見を聴取し、制度改正の要否等についての検討を行う。
- 一般的な EMC の条件を超える可能性のある電磁パルス等への対応について引き続き調査を実施する。

(3) 国内外の原子力施設の事故・トラブル情報

1) スクリーニングと要対応技術情報の状況

- 1次スクリーニング対象案件（37件、うち新規情報35件、更新情報2件、速報0件）。2次スクリーニングに移行するもの1件。
- 2次スクリーニング状況（継続中：3件）
- 要対応技術情報の状況（継続中：2件）

2) 1次スクリーニング結果報告

以下について報告した。

i) IRS8999

(概要)

- 米国 BWR プラントにおいて、主蒸気自動減圧系 (ADS) の共用空気供給ヘッダの圧力が技術仕様書に定める基準より低下し、運転上の制限 (LC0) に入った事例である。
- 両系列の ADS が機能不能になる潜在性があった。ただし、許容時間内に圧力は復旧しており、実際には ADS 機能も喪失していない。
- 原因は、ADS 空気作動弁の O リングの取り付けミスによる空気漏え

いと、それに伴う空気圧縮機の負荷増加による保護動作。根本原因は、ADS の空気供給ヘッドが両系列で共用されていることの不認識と当該空気作動弁が非安全系に分類されていること。

(対応)

- ADS の空気供給ヘッドが両系列で共用されている設計は、当該プラント固有と考えられるため、スクリーニングアウトとする。

ii) IRS9002

(概要)

- 定格運転中の米国 PWR プラントにおいて、補助給水系能力試験時に、隔離されているはずのタービン駆動補助給水ポンプが逆回転していたので、給水補助ポンプ全台が運転不能とされた事象である。
- 復旧が早く安全上の実影響はない。
- 原因は、ポンプ吐出側の逆止弁の閉止故障。根本原因は、当該プラントでは逆止弁の分解点検に替えて、漏えい流量監視のみに保守・点検方法を変更したこと。保守・点検方法変更による影響リスク評価が不十分だった。

(対応)

- 逆止弁のような安全上重要な機器に対する保守・点検方法を十分なリスク評価なく変更するのは、当該プラント固有と推定されることからスクリーニングアウトとする。
- なお、本件は国内事業者による安全上重要な機器等に対する保守・点検方法変更の際の、規制検査のポイントとして参考になると考えられるので、規制検査官会議等で事象概要や根本原因等を紹介した。

3) 格納容器内塗装の LOCA 後の長期 ECCS 性能への影響

(概要)

- IRS8949/Part 21 2014-76「AP1000 プロジェクトにおける配管サポート塗装の逸脱」についての2次スクリーニング調査・分析を報告である。
- 対象を PWR と BWR に拡大して、格納容器内塗装の LOCA 後の長期 ECCS 性能への影響に関する米国と国内の規制動向も整理した。
- 調査・分析を行った結果、IRS8949 は、米国で建設中の AP1000 特有の塗装の調達不適合問題であることがわかった。原因は発注元の調達仕様書の誤りであり、根本原因は許認可図書に記載された AP1000 特有の塗装材仕様を誤解したためと推測される。
- 米国と国内の規制動向を整理した結果、両国とも、LOCA 時の噴出流で剥がれた塗装材を含めた異物が、ECCS ストレーナやサンプルスクリーンに

付着して、ECCS ポンプ性能が喪失しないよう事業者が措置を取ることを求め、同様の評価方法等を規定していることがわかった。

- 米国では、異物による長期 ECCS 性能への影響に関する NRC のジェネリックイシューはクローズしている。国内でも、前述の規定に従った審査が行われている。

(議論)

- 本件は、スクリーニングアウトでいいと思うが、塗装材を含む異物の炉内下流への影響の問題は、過去の技術情報検討会でも議論があり、事業者から意見を聴取するという事になっているが、これと今回の報告との差分は何かとの質問があった。
- 説明者より、原子力規制庁で実施されている活動を補強する情報であると回答した。

(対応)

- IRS8949 は、米国で建設中の AP1000 特有の塗装の調達不適合問題であることから、スクリーニングアウトとする。
- 格納容器内塗装の LOCA 後の長期 ECCS 性能への影響に関しても、米国も国内も既に規定があり、運用されており、国内最新動向についても、原子力規制庁で既にフォローしていることから、スクリーニングアウトとする。

4) 非常用ディーゼル発電機の連続運転試験実施時期について

(概要)

- 第 43 回技術情報検討会において、非常用ディーゼル発電機(以下「EDG」という。)は、システムとして据え付けた後、長時間(例えば 1 週間)動作するか確認するための試験を日本では実施していないがそれではいいのか、という問題提起があった。
- これに対し、事業者は、現状のメンテナンスにより EDG の健全性は確保できているが、長時間運転に関する実績は必ずしも多くないため、現状のメンテナンスの妥当性を確認及び運転実績の蓄積を目的に 24 時間運転を実施する、実施時期については、2021 年度～2022 年度で完了できるように検討するとした。

(議論)

- 中部電力で不具合が 1 台発生したということだが、PWR の EDG は、同じメーカーが作っているところが大半だと思う。情報共有した等の報告を受けているかとの質問があった。
- 説明者より、直接の報告はないが、当然、事業者の間で情報は共有されていると考えていると回答した。

(対応)

- 今後は、事業者の試験を注視し、適切な時期に結果の説明を受けることとする。

第50回技術情報検討会 結果概要

1. 開催日：令和3年10月14日（木）
2. 出席者：
山中委員、石渡委員、田中委員、伴委員、櫻田技監、佐藤審議官、市村部長、金子審議官、小野審議官、森下審議官、技術基盤G：遠山技術基盤課長・各安全技術管理官、原子力規制部：各課長・安全規制管理官ほか、JAEA：西山副センター長・中塚室長代理ほか
3. 主な内容
 - (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) 最新知見のスクリーニング状況の概要（自然ハザードに関するもの）
以下について報告及び議論を行った。
 - ① 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（概要）
 - 本研究は、巨大噴火を起こした国内の火山を中心に知見を整備する目的で、「火山影響評価に係る科学的知見の整備」（実施期間：平成26年度～平成30年度）プロジェクトが行われ、その成果の一部として始良カルデラの火山活動に関する知見を取りまとめられたものである。
 - 論文では、現地調査に基づき、始良カルデラにおける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。
 - 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た。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おり、苦鉄質マグマから供給された熱によるマグマの流動化がカルデラ形成噴火のトリガーとなったことが示唆された。
 - カルデラ形成噴火後はカルデラ東部で流紋岩質マグマを噴出する噴火が発生しているが、この流紋岩質マグマはカルデラ形成噴火で噴出した流紋岩質マグマとは組成が異なる流紋岩質マグマであり、かつカルデラ南部の桜島で噴出している安山岩質マグマの珪長質側端成分の特徴を示すことから、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。

(議論)

- 終了案件とすることに異存はないが、始良カルデラについては、九州電力が、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。つい最近、炉安審・燃安審の火山部会で、カルデラの状況は変わっていないとの報告があった。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、隆起が続いている。そのペースは一定しているものの、マグマ供給は続いていると判断され、注意が必要である。例えば、約 100 年前に桜島の大正噴火があった際、始良カルデラ全体が地殻変動を起こして沈降した。現在、桜島の噴火が激しいが、桜島の下だけマグマが動いているのではなく、カルデラシステム全体として見ないといけないと考えている。この研究の中で、流紋岩質マグマが集積したという説明があったが、どれぐらいの割合で集積したか論文に言及されているのか。【石渡委員】

- 論文の中には具体的な記述はない。【川内安全技術管理官（地震・津波担当）】
- 資料 50-1 の 2 ページには、論文の発表日が令和 2 年 5 月、受理日は 9 月 3 日となっている。今後は、タイムリーに評価、スクリーニングして、その結果を技術情報検討会に提供して欲しい。【櫻田技監】
- 資料には、カルデラ形成噴火の直前に少量のマグマが注入され、これがトリガーになったことが示唆されたとある。論文にはどのような内容が記載されているのか、この点に関し気にしておくべきことがあるのか。【市村部長】
- 軽石の中に苦鉄質マグマと珪長質マグマが混ざった縞状軽石が最初に噴出しており、その事象がトリガーであったと推定している。縞状軽石が、大規模な噴火で出てくるということは、他にも例があり、比較的事例のある知見といえる。【安池専門職（地震・津波研究部門）】

（対応）

- 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。
- 以上により、当該知見は終了案件とするが、大規模噴火プロセス等について引続き知見の拡充を行い、新たな知見が得られた後に再検討を行う。

② 千葉県のパ洋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）

（概要）

- 規制においては、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠や歴史記録等から推定される規模を超えていることを確認するとしている。
- 令和 3 年 9 月、Nature Geoscience に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が発表された。概要は以下のとおり。

- 歴史的に確認されているのは、相模トラフ及び日本海溝において発生したとされる地震であり、フィリピン海プレートに対して太平洋プレートが沈み込む境界（以下「PHS/PAC 境界」という。）における被害地震及び被害津波は確認されていないことから、PHS/PAC 境界に近い千葉県九十九里浜地域で地質学的調査を行い、中央部と南部で 2 層の砂層を発見し、津波堆積物と判断した。このうち、下部の砂層は、未知の地震による津波堆積物であるとし、津波浸水シミュレーションを用いて津波堆積物の起源を推定した。その結果、PHS/PAC 境界で地震が発生した場合、比較的小さなすべり量（10m）でも下部の砂層まで浸水させる津波が発生することが分かった。

（議論）

- 九十九里浜の 3 か所で津波堆積物を調査し、2 か所で新たな津波堆積物を見つけたこと、その津波堆積物を生じるためには、従来考えられていなかった房総半島の南部の沖合の津波波源域を考える必要があるという研究である。新たな津波堆積物が確認されたのは 2 か所だけで、データとしては十分ではない。過去のボーリング資料の見直しや、新しくボーリング調査を行うということが必要だと思う。この 2 か所のうち、北側よりも南側で圧倒的に厚い堆積物が確認されたとの理解でよいか。【石渡委員】
- そのとおりである。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】
- 2 か所のうち、南の方の津波堆積物が厚かったということだと、さらに南はどうなっているのか問題になってくると思う。今後の研究が待たれる。【石渡委員】
- 房総半島の南端は、隆起が激しいところだと思う。この 1000 年ぐらいの間の隆起が問題となるような場所なのではないか。【田中委員】
- 房総半島の南端は隆起が比較的激しい場所である。論文で調査された地域は南端よりは隆起が少ないようであるが、論文の図から、1000 年前から現在までに 1~1.5m 程度の隆起を読み取ることができる。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】
- 太平洋プレート、フィリピン海プレート及び大陸プレートの三つが複雑に絡んでいるところである。資料 50-2 の 4 ページに審査について記載されているが、このような場所において、どのような観点で審査をしたのか。【田中委員】
- まず、ベースケースとして太平洋プレートと大陸プレート境界に Mw8.5 の波源を想定し、不確かさを加える観点で波源を南側のフィリピン海プレートと太平洋プレート境界側に延ばしている。その結果、Mw8.5 か

ら Mw8.7 に拡張することとなり、津波の高さで約 3m 保守的な設定になるということを確認した。さらなる不確かさとして、このクラスでは想定しないような超大すべり域（すべり量二十数 m）を敷地前面の海域に設定し、+4m 強の津波水位となることを確認し、妥当と判断している。【大浅田安全規制管理官（地震・津波審査担当）】

- 東海第二や JAEA の原子炉に適用した基準津波は、十分保守的なものであると思う。この論文のデータをさらに拡充する必要があるのではないかという意見があったが、今後の対応は、原子力規制庁として新しく研究を始めるのか、今後このデータを拡充されるのを待つのか。【山中委員】
- 地震調査研究推進本部や産業総合研究所の研究の動向を注視することを考えている。場所は異なるが、現在、津波の安全研究プロジェクトでは、1611 年の慶長三陸地震を対象に、津波堆積物の調査を計画している。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】
- 原子力規制庁の考える対応で、今のところ十分だと考えてよいか。【山中委員】
- このデータを見ると、南はどうなっているのか気になるころだと思う。房総半島の海岸沿いには津波堆積物が残っていると思われる場所が多くあるので、まずは、文献調査を行い今までのデータを見直すということから始めたらよいと思う。【石渡委員】
- 資料 50-2 の 3 ページに、相模トラフ、日本海溝のほかに、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とあるが、これまでに、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は確認されているのか。【伴委員】
- これまでの歴史記録の中では確認されていない。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】
- この研究は、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ので、今後さらに検討が進められる可能性があるという話だが、地震調査研究推進本部の研究プロジェクトの中で房総半島のボーリングの追加等が予定されているか。【櫻田技監】
- 地震調査研究推進本部の施策は、日本全国で、幅広く津波堆積物の調査等を実施するものであるが、詳しい情報は得ていない。産業総合研究所からは、年代精度の高度化等で問題が残されているという認識で研究を継続する予定とのことであるが、ボーリング等の具体的な情報は得ていない。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】
- この論文は、地震調査研究推進本部において、取り入れて評価を変えるというところまで行っていないと理解しているがよいか。【櫻田技監】
- 地震調査研究推進本部から、本論文を基に直ちに評価を変えるという

ようなことは、考えていない、慎重に研究の動向を見据えて考えたいとの説明を受けた。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】

- 津波がクローズアップされているが、海溝型地震評価の研究に関する報告であるため、地震評価に対する影響も気になるところ。東海地域、大洗地域の原子力施設の基準地震動については、プレート間地震よりも活断層の地震のほうが影響は大きいと記憶している。プレート間地震も基準地震動に含まれていると思うが、近いところでもっと大きなマグニチュードを設定しているので、この研究にあるプレート間地震が起きたとしても、基準地震動の範囲に入るものと理解してよいか。

【櫻田技監】

- 東海第二の基準地震動については、海から陸につながる活断層の地震と、3.11地震型の Mw9 クラスのプレート間地震を想定し、不確かさとして敷地前面に強震動生成域を設定し、強震動生成域の応力降下量を1.5倍にしたものを基準地震動として策定して、妥当と判断した。基準地震動の策定に当たっては、検討用地震の選定段階で、本論文にある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し、距離が遠くなること、プレートの深度も深くなるから、敷地には影響がないと判断した。【大浅田安全規制管理官（地震・津波審査担当）】
- 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例はないという説明があった。確かに、その領域そのもので起きた地震は知らないが、論文で仮定している領域よりも西側のフィリピン海プレートの上面、房総半島の南や相模湾では、大正関東地震や元禄地震等大きな地震が起きているという理解でよいか。【石渡委員】
- 資料 50-2 の 2 ページの図 1 に示したプレートの模式図でいうと、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、比較的大きな地震が起きているというのは知られている。さらに下のほうのプレート境界、図 1 の緑と青の境界部分では、あまり知られていないという趣旨である。【杉野首席調査官（地震・津波研究部門）】

（対応）

- 本論文の調査研究は、地震調査研究推進本部の「海溝型地震評価の研究」の施策の一環として継続して行われており、今後更に検討が進められる可能性がある。引き続き、研究動向に注視し、情報収集を行う。
- 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する。

2) 最新知見のスクリーニング状況の概要(自然ハザード以外に関するもの)

以下について報告及び議論を行った。

①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 (概要)

- 非破壊検査で高アスペクト比亀裂(亀裂深さ a が亀裂半長 0.5ℓ を超える形状の亀裂)が検出された場合、規格では、実際の検出範囲よりも大きな半円亀裂($a/\ell = 0.5$)に置き換え、表面点と最深点の応力拡大係数を評価することが定められている。しかし、近年では、高アスペクト比亀裂の応力拡大係数を、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る。
- 本研究では、高アスペクト比の配管周方向及び軸方向半楕円亀裂の応力拡大係数を有限要素法により計算し、影響係数 G_i の閉形式解(回帰式)を開発した。開発した回帰式を用いて、表面点、最深点、及び最大点の応力拡大係数と、各パラメータの関係を調べた。
- 評価の結果、高アスペクト比亀裂は、アスペクト比 a/ℓ が 1.0 を超える場合、最大点の応力拡大係数は最深点よりも大きくなる等の特性を有することが確認された。
- この特性は、一様応力分布及び線形応力分布下の楕円亀裂の応力拡大係数の理論解の特性とよく一致した。したがって、この特性は、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。

(議論)

- 高アスペクト比のクラックの場合、応力拡大係数が最深点よりも浅いところで最大値が出るとのことだが、どの程度の差か、どのような物性が影響しているのか、クラックの形状の何が影響しているのか。【山中委員】
- 応力拡大係数は、基本的に応力分布と幾何学的寸法によって決まるものである。今回の現象は、応力分布が1次以上、幾何学的形状に関しては、アスペクト比 a/c が2以上のものに特有の現象である。この現象は既に JAEA が2013年に論文発表し、多くの研究者によって確認されている。【李 JAEA 安全研究センター材料・構造安全研究ディビジョン長】
- この論文は投稿中であるが、具体的にはどのような状態なのか。投稿中の論文は未完成であり、場合によっては書き直す場合がある。そういうものを、終了案件にしてよいのか。【石渡委員】
- 投稿中の論文は ASME で査読中である。投稿中のものを終了案件としたことについては、原子力規制庁の研究成果に関する知見であるので、原子力規制庁の責任で紹介し、研究成果を知ってもらうこととした

めである。【川内安全技術管理官（地震・津波担当）】

- 投稿中のものを終了案件にするというのは、おかしいと思う。今回は保留とし、今後の会合で終了案件にする等もあるのではないか。【石渡委員】
- 御意見のとおり保留とする。【遠山基盤課長】

（対応）

- 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、今後の維持規格の技術評価における技術的知見としての活用が見込まれる。
- 本件は、保留とする。

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 （案）

（概要）

- ノルウェーエネルギー技術研究所（以下「IFE」という。）は、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り、外部主導の調査を開始したとの外部発表を行った。原子力規制庁は、ハルデン炉で試験を実施した三菱重工業、日立GEニュークリアエナジーから問題の特定と影響の評価を行った結果について、報告を受けた。また、民間規格の策定に用いられているシャルピー衝撃試験結果への影響に関して、技術的な検討をJAEAの協力を受けて実施した。
- 三菱重工の報告の概要：原子炉容器の供用期間中の延性破壊防止のための研究のうち、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。温度を計測するための複数個の熱電対を配置していたが、熱電対のうち特定の熱電対の出力電圧を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。簡易的に試験片温度を推定したところ、有効な温度範囲内になっており、現状確認できている範囲では、試験片の有効性を損なうものではないと評価できる。
- 日立GEニュークリアエナジーの報告の概要：被覆管腐食試験プロジェクトについては、被覆管の腐食因子が腐食挙動に及ぼす影響を評価し、予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た照射試験を実施した。設備故障が発生した期間の前後のデータ傾向に合わせて運転データ（試験ループ水温、圧力、流量）が書き換えられていた。許認可等申請書類には使用されておらず、影響はない。B₄C照射挙動確認試験プロジェクトについては、B₄C試験体の照射特性を確認する試験を実施した。一部のB₄C試験体の照射中計測データについて、計測器のケーブルの接続不良に起因した不規則な部分をその前後のデータの傾向に合わせて補間し、前後の計測データと滑らかに接続されるように書き換えられていた。許認可等申請書には使用されてい

ない。

(議論)

- IFE の温度評価の誤りの影響は、極めて小さいという説明で、そのとおりと思う。エンドースしている民間規格を使用しているため、日本電気協会に影響評価を早く実施してもらった方がよいと思う。日本電気協会の対応について、把握しているか。【山中委員】
- 日本電気協会の原子力規格委員会で、委員長より対応する旨説明があった。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、進め方を相談したいとのことである。面談を行い、速やかに実施するよう依頼する。【佐々木企画調整官（技術基盤課）】
- 本件のインパクトという観点から、背景を確認したい。ハルデンは国際共同プロジェクトが多いので、他国の研究でも類似の案件が起きている可能性がある。他国で、深刻に受け止められているようなものがあるのか、ノルウェーの規制機関が本件をどのように受け止めて対応しているのか。【金子対策監】
- 公表されている記事等から、カナダのプロジェクトで、同様のデータの変換があったことがわかっていると回答した。ノルウェーの規制機関の状況については、現地の原子力安全に関わるようなことであるので、放射線規制機関が、IFE と協力の上、状況の整理、原因等の調査を進めており、また、放射線規制機関だけでなく、環境問題や経済犯罪に関する捜査機関とも情報共有していると聞いている。【北野首席調査官（システム安全研究部門）】
- 安全上のインパクトが大きい事案や規制機関が研究炉の安全管理に関して深刻な問題意識を有している訳ではないと理解した。【金子対策監】
- 資料 50-4 の 4 ページに、JAEA の検討結果として、 ΔTr_{30} が最も大きい場合で約 3°C とあり、事業者が実施した PTS 評価の結果では、十分な余裕として数十度とあるが、 3°C と数十度を比較してよいのか。【森下審議官】
- プラントの数十度の余裕がある材料成分、照射量と、別紙 1 の 6 ページの (d) の母材、No. 5 の化学成分、照射量は違うため、単純には比較できないが、関連温度移行量予測式として考えた場合、371 点のデータのうち数点について、数度ずれるものがあるということで、それをデータベースとしてプラントの予測をしたとしても、それほど影響は出ないと考えてよいと思う。【西山 JAEA 安全研究センター副センター長】

- 機械試験では、普通に試験をしても温度のばらつきが出ると思うが、実際はどの程度なのか。【森下審議官】
- 規格では、恒温槽から取り出してシャルピー衝撃試験を行うまで5秒以内という規定があるが、数度ずれる可能性はある。小数点以下の精度を持つ試験ではない。【西山 JAEA 安全研究センター副センター長】
- 別紙1の6ページに、 -2.9°C とあるが、データの除外前と除外後で見ると、 ΔTr_{30} は、むしろ小さくなっている。これは、5ページの図4の未照射から照射に移る量が減るという理解でよいか。【遠山基盤課長】
- そのとおりである。【北條主任調査官（システム安全研究部門）】

(対応)

- ハルデン炉における温度変更が与える影響は非常に小さいと推定されること、及び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から、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する。
- 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いることから、今後実施される影響評価の内容について日本電気協会から聴取する。