

原子力リスク研究センター（NRRC）
一般財団法人 電力中央研究所
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

2025年6月3日

ジョージ・アポストラキス博士
一般財団法人 電力中央研究所
原子力リスク研究センター所長
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

件名：2026年度NRRC研究計画案

アポストラキス博士殿：

2025年5月19～23日に行われた第22回原子力リスク研究センター（NRRC）技術諮問委員会（TAC）では、NRRCスタッフと会合を行い、2026年度NRRC研究計画案のレビューを実施した。このレビューの目的は、研究計画にメリットをもたらす技術項目、および、NRRCが現在のミッションを果たす上でのその計画の妥当性について、見解を述べることである。

結論と提言

1. 2026年度の研究計画案の全体的な範囲と各主要研究領域における構成プロジェクトの技術的な目的は、NRRCの短期的、中期的および長期的戦略目標と合致している。
2. TACは、レビューにおいて、2026年度以降の計画案の中でも特に注意を払うに値する研究活動として、外部事象PRAに関する多面的研究活動を1つ、人間信頼性解析に関する具体的かつ的を絞った研究活動を1つ特定した。それらの活動に関する提言については、本報の「議論」のセクションでその要点を示す。

背景

研究計画の主要目的の1つは、特定した研究ニーズの技術的文脈を明確にすること、たとえば、優先度や範囲を決める根拠、知識の現状、NRRCの包括的目標に対する研究案の寄与度や重要度の予想を示すことである。研究計画案に対するレビューにおいて、特に焦点を当てて評価したのは、各研究プロジェクトの目的と、その中で行われるタスク、それらの活動の間の技術的な相互関係や相対的な優先度、および、さらなる研究が必要となる重大なギャップの特定である。各研究活動の技術的内容

や具体的なマイルストーンについては、全体計画への統合度を評価するために必要な範囲を除いて、詳細なレビューを行っていない。各研究活動プロジェクトの技術的側面については、今後、個別に見解を述べ、より詳細なレビューを行う。

議論

今回のレビューでは、各研究分野で進行中のまたは計画されたプロジェクト、各プロジェクトの主要な技術的タスク、各タスクの現状、既知または潜在的な問題点、各タスクの完了予定スケジュールについて説明を受けた。2026年度の研究計画案の全体的な範囲と各主要研究領域における構成プロジェクトの技術的な目的は、NRRCの短期的、中期的および長期的戦略目標と合致している。

研究計画案のレビューおよび研究チームとの議論に基づき、追加の研究活動について以下のように提言する。

(1) 外部事象PRA向けガイダンス文書の開発

NRRCによる中心的研究活動には、国内全ての原子力発電所における、高品質のフルスコープ確率論的リスク評価（PRA）の実施を支援するための手法とガイダンスの開発が含まれている。NRRCによる現行の研究活動は、各ハザード固有の特性とその潜在的影響に対処するための専門的な手法の開発に主眼を置いている。それらを十分に補完し強化するものとして、TACは以下の研究活動を実施するよう提言する。

- i. 外部事象の各カテゴリー（地震、津波、強風、火山等）向けに専用のPRAガイダンス文書を整備することは極めて重要である。このガイダンスは、ハザードごとに異なる発生・影響評価を実施するための詳細な手法とモデルを開発する、現行の取り組みを補完するものである。これら現行の活動を通じて、特定の外部事象の発生頻度と物理的影響に関する極めて重要な入力データが得られることは確かである。しかし、これらの入力データを包括的かつ技術的に正当性のあるPRAに統合することを支援する、体系的な枠組みが必要とされていることも変わらず重要である。そのようなガイダンスがあれば、様々な種類のハザードにわたるモデル化手法の一貫性と透明性の確保、ハザードの特性評価とリスク定量化の間のトレーサビリティ促進、ならびに、規制上、運転上およびリスク情報を活用した意思決定に役立つだろう。さらに、ハザードのモデル化、プラント固有の脆弱性、不確かさの取り扱いなどの共通課題への対応にも有用である。

各外部事象の研究計画には、全体的なリスク評価ガイダンス文書の開発に向けた、明確なマイルストーンを盛り込むべきである。また、これらマイルストーンを設定し、各外部事象のガイダンス文書案の作成を2026年度に開始すべきである。これらの取り組みは、最終的に、外部事象リスク評価の堅牢性と信頼性向上につながるものである。

- ii. 上記iで挙げた各外部事象のガイダンス文書では、以下の主要ニーズに対応すべきである。
 - a. ガイダンスでは、地震起因の火災事象や洪水事象のような複数の外部ハザードから生ずる重大な事象を特定しそれをモデル化するための体系的かつ包括的な手法を示すべきである。また、安全関連の系統および構造物の間の連鎖的効果および相互依存性など、外部事象による直接的影響と間接的影響の両方を考慮する必要性を強調すべきである。さらに、内部洪水、内部火災および人間信頼性の解析に関するガイダンスなど、他のNRRC文書におけるガイダンスをできるだけ活用すべきである。
 - b. ガイダンスにおいて、段階的に詳細化される解析方法の使用についてリスク情報を活用したプロセスを提示し、ユーザーがこれらの方法を効果的かつ適切に適用できるようにすべきである。例えば、適切なスクリーニング基準、簡略化したモデル、詳細な解析方法、および、関連する不確かさの取り扱いについて、段階的な使用方法を明示すべきである。また、複雑な方法をプラント個別の条件や入手可能なデータに合わせて適用するための具体例、意思決定の枠組み、および、実際の検討事項を提示すべきである。

(2) 望ましくない事象を招く行動に関する人間信頼性解析手法

内部洪水PRA解析において、考慮すべき重大な運転員過誤とされるのは、運転員が起こすべきではなかった行動を起こした場合、または、運転員が誤った手順で行動を起こした場合である。内部洪水に関する例で言えば、不注意で誤ったシステム系を作動させてしまった場合、修繕、交換または定期的な予防保全のために圧力バウンダリが開いている状態で誤った弁を開いてしまった場合などが挙げられる。

これは、必要な行動を「起こさなかった」誤り、例えばサンプ警報に対応しなかった、または、洪水伝播を食い止めるために必要な隔離措置を取らなかった場合とは大きく異なる。

通常、保全作業による洪水起因事象は、簡略化した評価で処理されており、多くの場合、定性的に除外するか、頻度の推定に保守的な値を当てている。こうした処理は、これらの種類のシナリオに特化した、厳格な人間信頼性解析を実施するための詳細なガイダンスがないことに一因がある。

米国電力研究所（EPRI）が『内部洪水PRAガイド』で指摘し、ASME/ANS PRA基準に反映されている通り、内部洪水発生頻度の推定においては、保全過誤を考慮すべきである。簡略的・保守的な解析には、一般的データの使用で十分な場合もある。しかし、より詳細かつプラント固有の、人為的な洪水の評価を行うためには、適切な人間信頼性解析（HRA）技法を用いて、人的過誤につながりかねないプラント構成や運転操作と並行した保全活動を丁寧に評価する必要がある。

ここで重要なのは、EPRIのガイドが、この要件の課題について以下のように認めている点である：

「かかる評価には、人が行動を起こしたことによる過誤 (*errors of commission*) を考慮する必要がある点に注意すべきである。HRA手法におけるこの側面は発展途上であり、現時点では、プラント個別の保全作業による過誤を推定できる水準には達していない。」

実際のところ、リスク情報を活用したパフォーマンスベース (RIPB) のアプリケーションの大部分については、簡略化した解析で十分であるかもしれない。しかし、運転中保全など、リスクマネジメントのリアルタイムな意思決定が求められる一部のRIPBプログラムについては、保全作業に起因する溢水に対するプラント固有の解析を開発することで、価値ある洞察を得られる。そうした場合、選別を経たシナリオに成熟したHRA方法を用いることは、より情報を活用した意思決定を行う支えとなり、安全性向上にもつながる。

さらに、保全作業に起因する溢水に関連して「行動を起こしたことによる過誤」に対応するために開発されたHRA技法は、そのまま、他の人為的な起因事象の評価にも活用できる。例えば、プラント停止モード中の不注意なドレンダウン事象の場合、通常とは異なる系統構成での人の行動という類似性が見られるため、上記の技法を適用できるだろう。

従って、NRRCに対して、保全作業に起因する内部溢水および類似の事象に関連する人的過誤確率を推定するためのHRA手法を開発するメリットについて、調査するよう提言する。こうした能力を高めることで、人為的な起因事象をモデル化するための技術基盤が強化され、内部ハザードPRAモデルの現実性と正当性も高まる。

TACは、引き続きNRRC研究チームと協働して、研究プログラム全体および個々の研究プロジェクトのレビューを行い、NRRCおよび日本の原子力産業界がリスク情報を活用した総合的意思決定という目標を達成するための一助となれることを期待している。

敬具



ジョン W.ステットカー
委員長

REFERENCES

1. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Overview: Research Program for FY2026, Risk Informed Decision Making Promotion Team," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 19, 2025, Proprietary.
2. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Overview: Research Program for FY2026, Risk Assessment," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 19, 2025, Proprietary.
3. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Overview: Research Program for FY2026, External Natural Events," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 20, 2025, Proprietary.
4. Electric Power Research Institute, EPRI 1019194, "Guidelines for Performance of Internal Flooding Probabilistic Risk Assessment," December 2009.
5. American Society of Mechanical Engineers, American Nuclear Society, ANSI/ASME/ANS RA-S-1.1-2024, "Standard for Level 1 / Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications," March 2024.