

本資料は2024年6月6日付で技術諮問委員会より提出された報告書を原子力リスク研究センターにて仮訳したものです。正式な報告書は英文版の原文のみとなりますのでご注意ください。

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

2024年6月6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： 2025年度NRRC研究計画案

アポストラキス博士殿：

2024年5月27～31日に行われた第20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、2025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. 2025年度の研究計画案の全体的な範囲と各主要研究分野における個別プロジェクトの技術的な目的は、NRRCの短期的、中期的及び長期的目標と合致している。
2. レビューにおいて、TACは2025年度以降の計画案で注意を払うべき4つの研究活動を特定した。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

研究計画の最も重要な目的の1つは、研究ニーズの技術的文脈を示すこと、たとえば、研究の優先度や範囲を決める根拠、知識の現状、NRRCの目標に対して研究が持ちうる寄与度や重要度などを示すことである。研究計画案に対して特に焦点を当ててレビューした内容は、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関係や相対的な優先度、および、特に必要となる追加研究についてである。個々の研究活動の詳細事項や研究完了までの節目はレビューしていないが、研究活動が計画全体を通してどのように統合されているかを知るのに必要な場合はその限りではない。個々の研究プロジェクトの技術的要素については、

それらプロジェクトについて今後詳細なレビューをする際に個別にコメントする予定である。

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。2025年度における研究の全体的な範囲および、主要研究分野における個々のプロジェクトの技術的な目的は、NRRCの短期的、中期的及び長期的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、4つの研究活動についてさらなる評価を行うよう、以下のように提言する。

(1) パイロットプラントPRAのピアレビューで得られた知識の活用

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。伊方3号機と柏崎刈羽7号機は、内的起因事象によるリスクを評価するためのPRAモデル及び手法を実証する、業界のパイロットプラントである。ASME/ANS PRA基準で定められた技術的能力要件に合致しているか評価すべく、現在、海外専門家グループが両研究について独立したピアレビューを行っている。このピアレビュープロセスは、PRAの技術的な質を高め、PRAをより活用してリスク情報を活用した意思決定（RIDM）の適用を支援するための、2つの重要な知識を提供している。

- i. レビューでは、PRA チームが確立された技術的基準、手法、ガイダンスに従って解析の諸要素を適切に実施していない領域を明らかにしている。これらについては、PRA モデルの改良とそれを支える解析の改善を通じて、同チームによる対応が図られている。
- ii. レビューでは、合意された手法がないために、または適用された手法に技術的瑕疵があるために、リスクへの寄与が適切に対処されていない領域も明らかにしている。これらについては、適用される手法の改善、場合によっては新たな手法の開発が必要になる。

NRRC研究チームは、具体的な研究活動の優先度や焦点の明確化に役立てるために、パイロットプラントPRAのピアレビューから得られた知見をより有効に活用すべきである。場合によっては、レビュー結果に応じて、新たな手法またはガイダンスの必要性が明らかになる可能性もある。あるいは、手法やガイダンスの中でより注意を払うべき特定の要素は何かをNRRCチームが同定する上で、レビュー結果が役立つ可能性もある。RIDMのためのより優れたプラットフォームを提供する高品質PRA開発を支えていくためには、どちらの種類の強化も必要である。

(2) 人間信頼性データ収集

人間信頼性解析（HRA）の主要な研究活動のひとつは、人的過誤確率（HEP）を定量化するより優れた手法の調査・開発である。国内全ての原子力発電所におけるPRAについて一貫したHRA手法を用いることは非常に重要であり、リスク評価プロセス全体にわたる不可欠な要素である。経験上、様々な種類のHRA手法を使用することは、プラント固有または業界全体のリスク情報を活用したアプリケーションにおいて、技術的なズレが生じる原因となる可能性がある。さらに、様々な手法が用いられることにより、基本的な人間のパフォーマンスの違いとは関係なくリスクプロファイルにばらつきが生じてしまう場合がある。

TACは、提案されているHEP定量化手法の詳細についてはレビューを行っていない。しかし、かかる手法が、電力会社のシミュレーター訓練プログラムから収集したパフォーマンスデータに依拠していることは理解している。手法の裏付けとなるデータは、国内における訓練経験を包括的にまとめたものであることが非常に重要である。さらに、各プラントで収集されるデータの範囲と形式は、定量化手法の用途に合致しているべきである。HRA研究チームは、各プラントの訓練担当者がデータ収集方法とガイダンスを明確に理解しているか確認すべきである。同チームはまた、各電力会社におけるデータ収集活動が包括的かつ一貫した方法で行われるよう、監査を実施するべきである。

(3) 地震フラジリティの相関関係の評価手法

国内外におけるPRAの経験から、類似した設備の同時故障が、地震による全体的リスクにおいてしばしば重要な寄与要因となることが分かっている。NRRCの研究プログラムには、地震のハザードとフラジリティをより現実的に評価するための手法やガイダンスを開発する、継続的活動が複数含まれている。研究計画にも、サイトの複数ユニットに影響を及ぼす事象によるリスクを評価する手法とガイダンスを開発する活動が含まれている。マルチユニットPRA（MUPRA）研究は、国際的な経験や複雑な解析の実用的手法が全体的に不足していることもあり、特にハードルの高い活動である。

単一ユニットサイトに影響をもたらす地震、複数ユニットサイトで単一のユニットのみに損傷をもたらす地震、複数ユニットに損傷をもたらす地震のリスクを定量化するためには、ユニット内およびユニット間の同時故障による影響を一貫した方法で評価しなければならない。国内全てのサイトについてこれらの解析をサポートするために、研究チームは、単一ユニットおよび複数ユニットのリスク評価への適用に向けた、構造および設備のフラジリティの相関関係を評価する一貫した手法を開発すべきである。

(4) 降下火山灰(降灰)によるリスク

研究計画には、降下火山灰（降灰）によるリスクを評価するための手法やガイダンスを開発する活動も含まれている。こうした活動には、降灰ハザードの確率論的解析、大気中の灰の堆積や取り込み、水中の軽石の取り込みによって生じる損傷に対

するプラントの脆弱性評価、リスク評価に使用されるPRA手法とモデルの実証が含まれる。

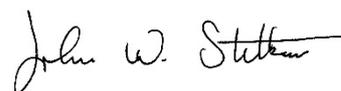
PRAで解析されるほとんどの起因事象とは異なり、火山噴火は数日から数週間にわたって継続し、大量の火山灰が広範囲に拡散する可能性がある。火山灰は、プラントの各種系統、構造、部品だけでなく、運転員の行動にも影響を与える場合がある。例えば、火山灰の堆積によって、非常用ディーゼル発電機、冷却水取水口、換気系統などの安全系統の性能に影響が生じる可能性がある。降灰事象によるその他の影響としては、例えば以下が想定される：

- 湿分を含んだ火山灰は導電性があり、短絡や電気絶縁不良の原因となる可能性がある。
- 火山灰はプラントの敷地やその周囲を汚染し、放射線被ばくリスクにつながる可能性がある。
- 降灰事象は、緊急時体制や対応計画の妥当性に疑念をもたらす可能性がある。

従って、プラントの初期対応に加え、初期対応後のプラント性能への影響を系統的に評価することが極めて重要である。この評価においては、降灰事象の継続期間とその強度に加え、プラントの対応（設計面の特性と手順の両方）も考慮すべきである。このため、PRAに降灰事象を体系的に組み込んで事業者が火山ハザードに対する施設のレジリエンスを強化し、同ハザードに直面した場合の包括的リスク管理を確保できるようにするためには、上記項目に関するデータ収集と評価が極めて重要である。確率論的降灰ハザード解析を開発する一環として、研究チームは、火山噴火と火山灰の堆積の継続期間に関する国内外の過去記録からデータを収集し、取りまとめるべきである。

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. "NRRC Overview: Research Program for FY2025, Risk Informed Decision Making Promotion Team," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 27, 2024, Proprietary.
2. "NRRC Overview: Research Program for FY2025, Risk Assessment," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 27, 2024, Proprietary.
3. "NRRC Overview: Research Program for FY2025, External Natural Events," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 27, 2024, Proprietary.
4. ASME/ANS RA-Sb-2013, Addenda to ASME/ANS RA-S-2008, "Standard for Level 1 / Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications," American Society of Mechanical Engineers, September 2013.
5. ANS/ASME 58.22-2015, "Requirements for Low Power and Shutdown Probabilistic Risk Assessment", American Society of Mechanical Engineers, 2015 (approved for trial use only).
6. ASME/ANS RA-S-1.2-2014, "Severe Accident Progression and Radiological Release (Level 2) PRA Standard for Nuclear Power Plant Applications for Light Water Reactors (LWRs)," American Society of Mechanical Engineers and American Nuclear Society, January 2015 (version for trial use and pilot applications).