

本資料は2026年6月7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留意ください。

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

2026年6月7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：2027年度NRRC研究計画案

アポストラキス博士殿：

2026年5月18～22日に行われた第24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、2027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. 2027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、2027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、分野横断的な課題と四つの個別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

本研究計画の主要な目的の一つは、特定された研究ニーズの技術的背景を明確にすることである。これには、優先順位付けと範囲設定の根拠、現在の知見の状況、および提案された研究がNRRCの包括的な目標に対して果たすと予想される貢献と意義が含まれる。研究計画案のレビューでは、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要なギャップの特定に焦点を当てた。個々の研究活

動の技術的な詳細事項や完了時のマイルストーンについては、より広範な計画内での統合性を評価するために必要な範囲を除き、レビューの対象とはしなかった。個々の研究プロジェクトの技術的側面については、今後行われるより詳細なレビューにおいて別途コメントを提供する予定である。

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。2027年度の研究計画案の全体的な範囲と各主要研究分野内の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、様々な研究計画の横断的な統合ならびに四つの個別研究活動に関するさらなる評価について、以下のように提言する。

(1) NRRC研究計画のプログラム横断的な統合

個々のNRRC研究プログラムは技術的に価値があり、概ね適切に構成されている。しかし、各プレゼンテーションを総合的に検討すると、ある活動における成果、未解決課題、および変更点が、関連する研究計画にどのように組み込まれているかが必ずしも明確ではない。いくつかのプログラム横断的なフィードバックループは、計画構造に明示的に反映されているというよりは、暗黙のうちに存在しているように見える。TACは、上記の懸念を明確にするためにいくつかの事例を挙げ、いくつかの提言を行う。

一例として、マルチユニットPRA（MUPRA）プロジェクト、地震PRAモデルプラント研究、および2027年度全体のリスク評価研究計画の間の関係が挙げられる。MUPRAの研究概要では、異なる地震コントロールポイント、包括的なマルチユニットシナリオの特定、簡易的な定量化と詳細な定量化の対比、および地震相関の取り扱いに関連する複雑さなど、重要な方法論上の課題が特定されている。これらの課題は、ハザードおよび脆弱性評価手法の改善、基礎地盤変形、斜面崩壊、脆弱性の部分相関、より現実的な地震リスクプロファイルなどに取り組んでいる「地震PRAモデルプラント」の研究とも関連している。しかし、それぞれの研究概要では、MUPRAの知見と「地震PRAモデルプラント」研究の第3フェーズが、より広範なリスク評価研究計画にどのように統合されるかについて、明確な関連性が示されていない。

関連する懸念として、MUPRA研究において特定された課題の一部は、進行中の地震PRA、レベル2 PRA、および統合リスク評価の作業に依存しているか、あるいはそれらに影響を与えているように見えるにもかかわらず、MUPRA研究には2027年度以降に関する具体的な計画がないと記述されている点が挙げられる。未解決の方法論的

課題が他の活動に割り当てられる前に研究プログラムが終了した場合、それらの課題は完了まで明確に追跡されない可能性がある。

2つ目の例は、「リスク情報に基づく意思決定（RIDM）」の規制当局との対話に関するプレゼンテーションと、RIDM推進チームによる2027年度研究計画のプレゼンテーションとの関係である。規制当局との対話に関するプレゼンテーションでは、運転中保全（OLM）、格納容器漏洩率試験（CVLRT）、リスク情報を活用した供用期間中検査（RI-ISI）、リスク情報を活用した保安規定、および関連する方法論の改善について、特定のアプリケーションに対するロードマップが示されている。RIDM推進チームの研究計画には、パイロットプラントのPRAに対する専門家レビュー、日本のPRAピアレビューガイドの策定と実施、信頼性パラメータの開発、OLMガイドラインの改訂、CVLRTの試行的適用、RI-ISIのパイロット評価、統合リスク評価ガイダンス、およびRIDM教育といった支援活動が含まれている。しかし、これら2つのプレゼンテーションでは、アプリケーションごとのギャップ解消への道筋が明確に示されていない。

例えば、OLMは優先的なアプリケーションとして特定されているが、累積リスクモニタリング、外部ハザードへの対応、保安規定との連携、原子力規制委員会（NRA）との対話に関するマイルストーンといった具体的なギャップが、2027年度の成果物と明確に結びつけられていない。同様に、CVLRTに関する議論では、内部火災や内部溢水などの未評価のハザードがリスク評価において重要である可能性が指摘されているが、RIDM推進チームの計画では、規制当局との対話や規格のエンドースに向けた活動に進む前に、これらの未評価のハザードの問題をどのように解決するかが明確に示されていない。

我々の一般的な所見の3つ目の例として、地震PRAモデルプラント研究のプロジェクトチームは、基礎地盤の変形、斜面崩壊、および地盤振動や地盤ハザードに関連する地震起因ハザードなど、地震起因の地盤ハザードの影響を定量化する方法について、さらなる研究開発の必要性を指摘している。2027年度における地震PRA研究計画全体には、地盤ハザードの特定の側面に関連する活動が含まれている。しかし、地震PRAモデルプラント研究の優先順位や重点活動が、研究計画全体とどのように整合しているのか、TACの理解では明確ではない。これらの活動間の連携や関係性を把握することで、NRRCの地震PRAプロジェクトの全体像を把握することができるだろう。

これらの事例は、問題が個々の研究活動の技術的品質にあるわけではないことを示唆している。むしろ懸念されるのは、プログラム間の相互依存関係が常に十分に可視化されていないため、ある活動から得られた重要な知見が、関連する計画、スケジュール、成果物に確実に組み込まれていない点である。

以上の議論に基づき、TACはNRRCに対し、研究計画体制の一環として、明確なプログラム横断的なフィードバックおよびギャップ解消プロセスを確立することを推奨する。

各重要な横断的課題について、計画文書では以下を特定すべきである：

- ・ 課題が特定された元となる活動、
- ・ 影響を受ける研究プログラムまたはRIDMアプリケーション、
- ・ 責任組織またはチーム、
- ・ 計画された解決策、
- ・ 期待される成果、および
- ・ 目標解決スケジュール。

リスク評価研究プログラムについては、このプロセスにおいて、地震コントロールポイント、相関の取扱い、簡易評価と詳細評価の比較、レベル2サイトリスクへの影響といったMUPRA関連の課題を、適切に、地震PRAモデルプラント研究、レベル2 PRA、および統合リスク評価に関連付けるべきである。

RIDM推進チームの研究プログラムについては、このプロセスにおいて、OLM、CVLRT、RI-ISI、リスク情報を活用した保安規定などの優先する各アプリケーションを、その実施上のギャップ、支援研究活動、規制当局との対話ニーズ、責任組織、および目標期日と関連付けるべきである。

このプロセスは、研究計画内のプログラム横断的な課題追跡表または依存関係マップを通じて実施することができる。RIDM推進チームが計画している、2026年度における日本の原子力事業者のRIDM確立に向けたアクションプランの改訂支援、およびNRRCリスク評価研究ロードマップの次回更新は、この枠組みを組み込むのに自然な場となるだろう。その目的は、追加的な事務負担を生じさせることなく、重要な知見や未解決の課題が、関連するNRRC活動全体において明確に引き継がれ、追跡され、解決されることを確実にすることにある。

(2) リスク情報を活用した供用期間中検査ガイダンス

TACはNRRCが日本のプラントにおけるリスク情報に基づく供用期間中検査（RI-ISI）プログラムの実施手法とガイダンスを策定している現状と計画について説明を受けた。これは非常に重要な取り組みである。広範な国際的な経験から、RI-ISIプログラムは、検査の優先順位を最もリスクの高い系統と劣化の可能性のある箇所集中させることで、配管検査の有効性を大幅に向上させることが示されている。また、これらのプログラムは、検査担当者の累積放射線量の大幅な削減にもつながっている。

米国をはじめとする各国では、RI-ISIプログラムの実施に関する詳細なガイダンスが策定されている。TACは、日本での適用にあたっては、ガイダンスおよび関連する産業界規格の一部を修正する必要があるとの報告を受けた。NRRCは、手法およびガイダンスにおける課題を特定し、日本特有の対応が必要となる可能性のある箇所を洗い出すための研究活動を開始した。この活動の一環として、産業界が手法およびガイダンスを実用化する前に、日本におけるRI-ISIの実施可能性を評価するため、複数年にわたる試行的適用を実施する予定である。

RI-ISIは、多種多様なプラントで国際的に広く導入され、成功を収めてきた実績があり、これらのプログラムの技術的・運用上の実現可能性が実証されている。NRRC

は、この研究の優先順位とスケジュールを再検討すべきである。RI-ISIは国際的に広く導入実績のある実証済みの手法であるため、必要なプラント情報が入手できれば、日本国内向けに適応させたガイダンスのパイロットプラントへの適用は、提案されているよりも短い期間で一般的に達成できるはずである。より長いスケジュールは、日本特有の技術的、規制の、または規格上の課題を明確に特定した場合に限るべきである。

研究チームは、日本での利用に適した既存の手法やガイダンスの適応が必要となる具体的な技術的課題を迅速に特定し、必要な改良を加えるべきである。その際、NRRCは、試験的な運用、規制当局による審査、そして得られた教訓を承認済みの事例規格やガイダンスに体系化するという、米国におけるRI-ISI導入の幅広い経験に沿った段階的な導入戦略を検討すべきである。この提言の主な根拠は技術的なものであり、段階的なアプローチによって、NRRCと事業者は導入に関する専門知識を習得し、日本のプラントの条件下で手法をテストし、日本特有の技術的課題を特定し、ガイダンスを適時かつ体系的に改良することができる。

初期段階では、原子炉冷却材圧力バウンダリ配管、すなわちASME規格クラス1配管および溶接部に相当する日本の配管に焦点を当てることができる。これは、内部溢水PRAの完了を待つのではなく、既存の内の事象PRA、LOCAのモデル化、および安全系の応答を主として影響評価を行うことができるためである。この初期段階では、適用可能な米国のRI-ISIの経験とASME事例規格N-716の概念を技術的な参照フレームワークとして使用しつつ、国内規格に必要な日本固有の修正を特定することができる。その後の段階では、他の配管クラスへと対象を拡大することができ、そこでは内部溢水PRAまたは焦点を絞った溢水影響分析がより重要となる。

米国におけるRI-ISIの導入経験は、有益な先例となる。EPRIの手法とWestinghouseの手法を用いた初期の試験的な運用は、NRCによって非常に注意深く監視された。これらの試験的な運用は、特定の発電所申請の承認を後押しし、その後の標準、事例規格、規制ガイダンスを通じてRI-ISI手法のより広範な普及に貢献した。

したがって、このような段階的な技術アプローチは、日本における規制当局との対話および承認プロセスと並行して、実施されるべきである。これにより、各段階で得られる成果が単なる研究成果にとどまらず、必要な承認が得られた後には、事業者が実用的に利用できるものとなることが保証される。

(3) レベル2PRA評価事例

NRRCは、詳細な解析手法やモデルを適用して、重大事故時の敷地外環境への放射性核種放出量の推定値を精緻化できることを実証するために実施された3つのケーススタディに関する報告書を公表した。これらのケーススタディは特定の事故シナリオに対して策定されたもので、1つは代表的な改良型沸騰水型原子炉（ABWR）を対象、2つは典型的な加圧水型原子炉（PWR）を対象としたものである。2つの研究では、格納容器の特定の放出経路を通じた核分裂生成物の除去モデルが構築された。これらの研究では、放出物が外部環境に到達する前に、プラント建屋内での核分裂

生成物の分布および沈着に関するモデルも構築された。また、別の1つの研究では、格納容器をバイパスする特定のPWR蒸気発生器伝熱管破断（SGTR）シナリオにおける核分裂生成物のスクラビングに関するモデルが構築された。

2025年11月の会合において、TACはこれらの研究に関する説明を受けた。これらは、特定のプラント構成における検討対象の事故シナリオ下での敷地外放出量の推定値を精緻化するために、開発・適用可能な分析手法、モデル、およびツールの種類を示している。これらのケーススタディは、方法論の開発、分析者の訓練、および選定された核分裂生成物の輸送・滞留現象に関する理解の向上に有用である。研究チームは、これらのケーススタディの特定の要素をさらに強化する計画である。

シナリオ固有のケーススタディのさらなる精緻化は、日本のプラントにおけるレベル2リスクの最も重要な寄与因子に関するより包括的な情報を検討した上で、優先順位付けされるべきである。特定のケーススタディのモデル、分析、および仮定は、統合的なレベル2プラントリスク評価に直接適用できない可能性がある。実際には、事業者の分析者や管理者が、プラント全体のリスクプロファイルに対する最も重要な寄与因子を理解し、PRAのモデルと結果を用いて実用的なリスク情報に基づく意思決定を行うためには、他の精緻化の方が重要となる可能性がある。それらの精緻化は、他の起因事象、事故シナリオ、格納容器の課題、放出経路、あるいは放出頻度、放出規模、放出時期、不確実さ、またはレベル3の結果に大きな影響を与える現象に対して必要となる可能性がある。

したがって、これらの具体的なケーススタディをさらに精緻化する取り組みは、リスク情報を活用した明確な根拠によって裏付けられるべきである。追加作業の優先順位は、リスク上重要な事故進展・放出カテゴリー、重要なソースタームの不確実さ、複数のプラントやシナリオに適用可能な現象、あるいはRIDM、レベル3 PRA、またはリスクコミュニケーションを支援するために必要な情報に対処するかどうかに基づいて決定されるべきである。

NRRCは、多様なプラント設計および起因事象の範囲に関する国内外のレベル2 PRAの経験を考慮に入れ、これらのシナリオ固有のケーススタディをさらに精緻化するためのリスク情報を活用した正当性を再検討すべきである。その目的は、将来のレベル2 PRA研究が、プラントリスクおよび実践的なリスク情報を活用した意思決定にとって最も重要な現象、シナリオ、不確実さに向けて優先順位付けされることを確保することである。

(4) 統合リスク評価の手法とガイダンス

2022年11月27日付の「2023年度NRRC研究計画案」に関するレター報告書において、TACはNRRCに対し、「プラント全体のリスクおよびその寄与因子に対するフルスコープ評価を行うため、すべての関連するPRAモデルおよび結果を統合するための手法と実践的なガイダンスを開発する研究活動を開始すべきである」と提言した。また、当報告書では、リスク要因とその不確実さの一貫した評価を含め、分析と結果を統合してプラント全体のリスクプロファイルを導出する際に影響を及ぼすいく

つかの重要な技術的課題についても論じた。NRRCは2023年度に、このテーマに関する予備的研究を開始した。

2025年11月の会合において、TACは、マルチハザード*・レベル2 PRA実証研究を実施するための産業界のイニシアチブ案について報告を受け、これを強く支持した。本会議でTACは、提案されているマルチハザードプロジェクトに関する追加情報を受け取った。本プロジェクトは、産業界、NRA、および日本国民に数多くの利益をもたらすとともに、プラント全体のリスクを包括的に評価するために必要な技術に関する相互理解を促進するものである。

統合リスク評価研究計画には、NRRCは、産業界によるマルチハザードPRA研究の実施と並行して、2027年度から少なくとも2029年度までリスク集約手法を開発する予定である、と示されている。TACは、手法の開発とガイダンスの策定に向けた明確なスケジュールやマイルストーンを提供されなかった。

様々なリスク寄与因子をどのように組み合わせるかについての検討は、PRAモデルの構築、起因事象発生頻度の評価、およびプラント損傷状態や放出カテゴリーの定義に使用される手法に影響を与える可能性があるため、慎重に行う必要がある。したがって、統合手法は、PRAモデルの開発や定量化の方法に影響を与える可能性があるため、実用的な範囲で可能な限り早期に開発されるべきである。

産業界がマルチハザードPRA研究をできるだけ早期に開始することが重要である。NRRCがリスク集約に関する最終的なガイダンスを策定するまで、このプロジェクトに遅れを生じさせるべきではない。むしろ、これらの取り組みは並行して進められるべきである。NRRCは、あらゆるハザードに起因するリスクを効率的に統合するために必要な手法、ガイダンス、およびツールの主要な技術的要素の開発の優先度を高め、そのスケジュールを前倒しすべきである。そうすることで、マルチハザードPRA研究の初期段階でそれらの要素が検討できるようになる。これは重要な点である。なぜなら、集約手法やガイダンスの一部の要素は、特定のハザードに対するPRAロジックモデルの構築方法や、プラント全体のリスクプロファイルへの統合を容易にするための結果の定量化方法に影響を与える可能性があるからである。

*編集注：原文では複数のハザードを考慮することを念頭にmulti-hazardと記載。あるハザードが他のハザードと重畳あるいは他のハザードを誘因する事象を前提としていない。

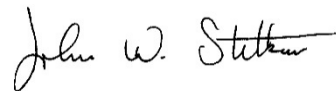
(5) 地震PRAとモデルプラントを用いた地震PRAプロジェクト

地震PRA研究および地震PRAモデルプラント研究（フェーズ1、2、3）について提示された計画は、レベル1のPRAリスクである炉心損傷のみを対象としている。RIDM推進チームの研究概要によると、伊方3号機および柏崎刈羽7号機のパイロットプラントPRAに対する国際的な専門家によるピアレビューは、レベル1.5PRAの技術要件に基づいて実施されている。また、原子力規制委員会（NRA）も最近、現在稼働中の9基の原子炉に対する検査において、格納容器機能喪失に対するレベル1.5PRAモデルの適用に支障はないことを示唆している。

レベル1.5PRAは、RIDM活動を支援するために日常的かつ効果的に活用されてきた。我々は、次の実践的なステップとして、地震PRA研究プログラムに格納容器の除熱、圧力制御、および隔離機能に対する地震影響の評価を明示的に含めることを推奨する。また、レベル1地震PRAモデルプラント研究をレベル1.5PRAへと拡張することにより、これらの手法の実装を実証すべきである。この拡張は、内的事象に関するレベル1.5PRA評価の開発計画と併せて優先的に実施されるべきである。レベル1.5地震PRAは、完全なレベル2地震PRAの開発を待たずに、RIDMおよびNRAとの技術的連携に有用な知見を提供するものである。

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. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Overview: Research Program for FY2027, Risk Informed Decision Making Promotion Team," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 18, 2026, Proprietary.
2. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Overview: Research Program for FY2027, Risk Assessment," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 18, 2026, Proprietary.
3. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Overview: Research Program for FY2027, External Natural Events," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 18, 2026, Proprietary.
4. Nuclear Risk Research Center, "NRRC Seismic PRA Project Using A Model Plant," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 19, 2026, Proprietary.
5. Nuclear Risk Research Center, "RIDM Initiatives for Regulatory Engagement," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, May 19, 2026, Proprietary.

6. Federation of Electric Power Companies, "Strategic and Action Plans for the Establishment of a Risk-Informed Decision-Making Process at Nuclear Power Plants (updated in 2023)," December 14, 2023.
7. Westinghouse Energy Systems, WCAP-14572, "Westinghouse Owners Group Application of Risk Informed Methods to Piping Inservice Inspection Topical Report," Revision 1-NP-A, February 1999.
8. Electric Power Research Institute, EPRI TR-112657, "Revised Risk-Informed Inservice Inspection Evaluation Procedure," Revision B-A, December 1999.
9. Nuclear Energy Institute, NEI 04-05, "Living Program Guidance to Maintain Risk-Informed Inservice Inspection Programs for Nuclear Plant Piping Systems," April 2004.
10. United States Nuclear Regulatory Commission, Regulatory Guide 1.178, "Plant-Specific, Risk-Informed Decisionmaking for Inservice Inspections of Piping," Revision 2, April 2021.
11. American Society of Mechanical Engineers, Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI, "Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components," Code Case N-716-1, "Alternative Classification and Examination Requirements, Section XI, Division 1," January 27, 2013.
12. Nuclear Risk Research Center, CRIEPI Report NR24012, "Development of an Evaluation Process for Fission Product Removal Efficiency by Water Injection Scrubbing Phenomenon during Steam Generator Tube Rupture - MAAP Implementation and Application of the SG Scrubbing Model Using API," May 2025.
13. Nuclear Risk Research Center, CRIEPI Report NR24305, "Development of the Analysis Method for Fission Products Behavior in the Building During a Severe Accident for PWR," May 2025.
14. Nuclear Risk Research Center, CRIEPI Report NR24307, "A Case Study of Good Level 2 PRA Implementation of the Containment Fragility Curve against Overtemperature Failure and the Models for Mitigation Effects of Fission Products at the Containment Penetration and in the Reactor Building," May 2025.
15. Nuclear Risk Research Center, "Identification and Mitigation Methods of CFF and Source Term with Uncertainty (Level 2 PRA)," Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, November 17, 2025, Proprietary.
16. Technical Advisory Committee of the Nuclear Risk Research Center, "Proposed NRRC Research Plan for Fiscal Year 2023," November 27, 2022.
17. Technical Advisory Committee of the Nuclear Risk Research Center, "Development of Japanese Industry Full-Scope, All-Hazards, All-Operating-Modes Level 2 Probabilistic Risk Assessment," November 27, 2025.