

本資料は2018年11月15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

2018年11月15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：2019年度NRRC研究計画案

アポストラキス博士殿

2018年11月5日から9日に開催された原子力リスク研究センター (NRRC) の技術諮問委員会 (TAC) の第10回会議で、NRRC職員と会合し2019年度研究計画案をレビューした。このレビューの目的は研究計画の技術的メリット及びその計画がNRRCの現在のミッションを支援する上での妥当性についてコメントを提供することであった。

結論と提言

2019年度研究計画において緊急の注意を要する重要な研究ギャップはないと判断した。

1. リスク情報を活用した意思決定に関するガイダンス及びテンプレートについては、順番として、リスク情報を活用して提案された決定事項から開始すべきである。その後、各決定事項に対し十分に検討された事例を紹介すべきである。事例では、問題点を明確にし、必要となる決定事項、リスク情報活用の検討プロセス、及び裏付けとなる情報を記述すべきである。これらの活動は、産業界のステークホルダーとの緊密な協力のもと実施すべきである。事例を発展させるための取り組みは2019年度より開始すべきである。
2. 以下の提言は、2019年度研究計画の範囲に直接影響するものではないが、全体的な研究プログラム及び2020年度より開始する次々年度以降の計画には統合させるべきである。

- 可能な範囲で、伊方発電所3号機及び柏崎刈羽原子力発電所7号機両方に対する確率論的リスク評価（PRA）を、全てのNRRCガイダンス及び解析手法の試験的適用に使用すべきである。試験的適用には、各PRAのレベル1及びレベル2両方の要素を含めるべきである。これにより高品質で、十分に統合されたプラント固有のPRAを開発するため、国際的な先行事例（state-of-the-practice）手法をいかにして実機プラントに適用させるかという観点から最も効果的な実証例を示すことができる。
 - NRRCの研究プログラムには、低出力及び停止モード中のリスク評価、並びに保管中の使用済燃料に影響を与える事象のリスク評価に対する手法及びガイダンスを含めるべきである。
3. 今後のレビューとして、各プロジェクトのプレゼンテーションを改善すべきである。プレゼンテーションには、各研究プロジェクトに対する技術的ニーズと、プロジェクトがどのようにNRRCの短期、中期及び長期目標をサポートするのかを記載すべきである。各プロジェクトの目的には、その活動を行う具体的な理由を述べ、その目的を達成するためにどのように個々のタスクが必要になるかを記述すべきである。これにより研究に対する技術的動機及び優先度、主な支援タスク、そしてそれらの統合をより理解し易くなる。

背景

研究計画の重要な目的の1つは、研究ニーズの技術的背景を示すことであり、これには、理論、最新知見、NRRCの目標に対する研究の潜在的な寄与及び重要性が含まれる。研究計画に対するレビューでは、各研究プロジェクトの目的と、その支援タスク、技術的な関連性、これらの活動における相対的な優先度、及び追加研究に対する主要なニーズに焦点を当てた。今回は、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理解するために必要となる場合を除き、個々の研究活動の詳細事項または完了までのマイルストーンはレビューしていない。個々の研究プロジェクトの技術要素については、各プロジェクトの詳細レビューで個別にコメントする予定である。

議論

今回、NRRC職員が日本の原子力産業界におけるリスク情報を活用した意思決定（RIDM）の導入に関する戦略的計画とフェーズ毎のアプローチの概要を提供してくれた。技術品質の高い包括的なプラント固有の確率論的リスク評価（PRA）は、RIDMプロセスへの重要なインプットとなるリスク情報及び工学的知見を提供する。そのため、NRRCは、限定された範囲でのレベル3PRAの拡張を含め完全に統合されたレベル1及びレベル2PRAの実施に対する解析手法、モデル、及びデータの改善に関する研究を実施している。これらの研究活動の範囲は、プラント運転経験及びデータの収集と解析、人間信頼性解析、内部火災及び内部溢水の解析手法、シビアアクシデント現象の改善されたモデルリング、その他地震事象、津波、強風及び噴火ハザード

などの外部ハザードからのリスク評価等、技術的問題を幅広く網羅する。高品質なPRAの発展支援に加えて、NRRC研究チームは、RIDMプロセスを支援するためのツールとしてのPRAの利用ガイダンスも策定中である。

今回のレビュー中に、複数の重要研究プロジェクト、各プロジェクトの主要な技術タスク、各タスクの現状、既知または潜在的な問題事項及び各タスク完了のための概略スケジュールに関する簡単な説明を受けた。プロジェクトのタイムライン及びスケジュールは、個々の活動が全体的な研究計画及びNRRCの短期、中期及び長期目標の背景にどのように合致するか説明するのにも役立つ。

2019年度研究計画において緊急の注意を要する重要な研究ギャップはないと判断した。

選定された研究活動に対する提言

今回のレビュー中におけるNRRC研究チームとの議論を基に、全体的な研究プログラムのうち選定された要素に対する以下の提言を示す。最初の提言は、2019年度に開始する活動計画に影響を与える。2つ目及び3つ目の提言は、2019年度研究計画の範囲に直接影響するものではないが、全体的なプログラムと2020年度以降に開始される計画内に組み込まれるべきものである。

(1) リスク情報を活用した意思決定のガイダンス

直近及び中期的な研究におけるもっとも重要な目標は、おそらく日本の事業者による体系的なリスク情報を活用した意思決定（RIDM）の枠組みの構築・運用を支援することであるだろう。この枠組みは、各原子力発電所の全ての階層で日々の活動における意思決定に使用されるものと理解している。事業者によるこの枠組みの構築・運用に対する初期の取り組みを支援するために、NRRCの研究者はRIDMプロセスの各要素の概略を説明するガイダンス案及び一般的なテンプレートを策定した。今回のレビュー会議にてテンプレートの基本的な内容の説明を簡単に受けた。

リスク情報を活用した意思決定のガイダンス及びテンプレートは、順番として、リスク情報を活用して提案された決定事項から開始すべきである。これらの決定事項の最終的な範囲及び内容は、RIDMプロセスを実施し日々の活動にそれらがどのように影響するか明確に理解する必要のある事業者、つまりステークホルダーからもたらされるべきである。そのため、RIDMテンプレートがどのように適用されるか実証出来るように、明確に定義された決定事項とその関連事例を一まとめにしたものを開発する必要がある。そのため、NRRC研究者は、日本の事業者と緊密に作業を進めるべきである。

これらの事例は、体系的にリスクを考慮することにより恩恵を受ける現実的な現場状況を幅広く網羅すべきである。事例は、問題点の詳細な記述、付随する決定事項及び意思決定者が直面する選択肢から始まり、最初から最後まで決定プロセスを描写すべきである。そこでは、最も効果的な選択肢を支援するために、決定の裏付

けに必要となるリスク情報の種類を説明し、関連する不確実さを含めその定量的及び定性的情報源を効果的に組み合わせることができる事例を提供すべきである。

事例を集約・作成する取り組みは2019年度より開始すべきである。

(2) ガイダンス及び手法の実証の試験的適用

今回のレビュー中に、手法やガイダンスの試験的適用を行う研究の中間報告を幾つか受けた。これらの試験的適用は各研究プロジェクトの必須要素である。試験的適用は、研究が実際のリスク評価においてどのように適用されるかを実証し、一般的な使用に向けて手法及びガイダンスが発行される前に必要となる改善事項を特定する。これらの試験的適用の大部分は現在のところ2019年度中に開始される予定ではないが、中には準備作業を既に開始しているものもあった。

日本の産業界は、伊方発電所3号機及び柏崎刈羽原子力発電所7号機の2つのパイロットプラントに対し高品質のPRAの開発を積極的に支援している。これらのPRAはNRRC及び産業界の全体計画にとって非常に重要である。これらは、プラント固有のリスク及びその寄与因子を包括的に評価するために、国際的に実用状態にある（state-of-the-practice）手法及びモデルをどのように適用するか実証する。また、望まれる品質レベルを達成するために現在のモデル及び解析を更新及び拡張していくこととなるため、全ての日本の事業者のPRA実施者に対し重要な経験及び教訓も提供する。各パイロットプロジェクトの範囲は現在、全出力運転中に生じる内的事象からのリスクを評価するためのレベル1及びレベル2PRAモデルの開発に主に焦点を当てている。

可能な範囲で、伊方発電所3号機及び柏崎刈羽原子力発電所7号機両方の統合されたレベル1及びレベル2PRAモデルを全てのNRRCガイダンス及び解析手法の試験的適用に使用すべきである。試験的適用により、高品質で完全に統合されたプラント固有のPRAを開発するため、国際的に実用状態にある（state-of-the-practice）各手法をいかにして実機プラントに適用しているかという観点から最も効果的な実証例を示すことになる。

そのプロセスは、2つの異なる原子炉設計、異なるプラント固有の系統構成、異なるサイト固有の機能、そしておそらく個々のPRAモデルがどのように構成されたかという違いの詳細について、現実的な適用という観点からガイダンス及び手法を検証することになる。この経験は、最終的なガイダンス及び手法が各プラント固有のPRAに採用され適用されるので、日本の産業界全体で、これらを効果的に使用できるようになるという点で非常に重要である。

最終コメントとして、完全に統合されたレベル1及びレベル2PRAモデルに各改善手法がどのように適用されるかを精査することが重要である。経験によると、レベル1及びレベル2PRAを個別に検証する方法は、予期せぬ改善点が出てくる可能性があることが分かっている。例えば、レベル2PRAに対し幾つかの手法を使用する上で得られた教訓は、ガイダンスへの非効率的な追加変更や、レベル1モデル及びその裏付けと

なる解析に影響を与えるということに対する追加の考慮が必要となった。こういった状況を回避するために、試験的適用には各PRAのレベル1及びレベル2両方を含めるか、または、研究者はより限定的な試験的適用であれば、最終的なフルスコープPRAにおいて手法またはモデルの統合的な適用に影響を与えないということを示すべきである。

(3)低出力及び停止中のリスク、並びに使用済燃料に影響を与える事象

これまで、NRRC研究プログラム及び個々の研究プロジェクトは、ほぼ全てプラントの出力運転時中に生じる事象からのリスク評価の手法及びガイダンスの策定に注力してきた。これらの手法及びモデルは重要である。というのもこれらはプラント、その系統、空間的配置及び機器構成、サイトの重要な特徴、及び潜在的な事故シナリオの発生防止または緩和のために運転員がどのような訓練を受けているかということを理解するための基本的な枠組みを提供するからである。

フルスコープPRAにおける国際的な経験では、停止モード中に生じる事象が全体的なプラントリスクに対し重大な寄与因子となり得ることを示している。さらに、プラント固有のリスクに対する総合的な評価では、保管中の使用済燃料の冷却またはそれらに損傷を与える事象も精査すべきである。多くの技術領域において、リスクに対するこれらの寄与を評価する手法及びモデルは、全出力時PRAモデルの開発中に得られる経験から組み立てることができる。ただし、幅広いプラント運転状態、系統配置、及びプラント停止中に適用されるメンテナンス中の機器構成でのリスクを精査し、定量化するために専門的なモデル及び解析技術が必要となる。個別の内部起因事象、火災及び溢水の頻度及び原因は、固有の系統運転配置及び各プラントの運転状態中に実施される作業により著しく変化する。ヒューマンパフォーマンスの評価は、系統・機器の自動作動機能が完全には利用できない場合には手動による介入がより必要となるため、一般的に特別な注意が必要である。レベル1及びレベル2PRAモデルの統合は、各プラントの運転モードにおける格納容器の状態を説明するために慎重な調整が必要である。原子炉の燃料取出及び燃料装荷作業中の活動及び系統構成もまた、原子炉容器内の燃料及び保管プール内の燃料に影響を与える可能性のある事象からのリスクを評価するために特別なモデル及び技術を必要とする。

高品質なフルスコープPRAの開発のための一貫したガイダンスと国際的に実用状態にある (state-of-the-practice) 手法を提供するために、2020年度に開始するNRRCの研究プログラムは、低出力及び停止モードにおけるリスク評価の手法及びガイダンスと、使用済燃料に影響を与える事象のリスク評価も対象とすべきである。

今後のレビューに対する提言

NRRCの研究者が、今回のレビューに向けてTACが要望した形で研究プログラム及び個々の研究プロジェクト概要を整理するため尽力してくれたことに大変感謝する。そのお陰で意思疎通が改善され、各研究プロジェクトの重要となる技術要素に注力し、特別な注意を要する可能性がある潜在的な問題を議論し、各プロジェクトが

NRRC研究計画全体及びスケジュール全体にどのようにかかわるか、よりよく理解することが出来た。

各研究プロジェクトに対する技術的な動機及び優先度、また様々な研究活動がどのように統合されるかをよりよく理解することが出来るよう、研究概要の中の1つのトピックを絞り込むとより注意を向けてレビューをし易くなると思われる。今後のレビューに関して、各プロジェクトに対するプレゼンテーションを改良すべきである。プレゼンテーションには、各研究プロジェクトに対する技術的ニーズと、プロジェクトがNRRCの短期、中期及び長期目標をどのようにサポートするかを記載すべきである。各プロジェクトの目的には、その活動に対する具体的な理由を記載し、その目的をサポートするために各タスクがどのような形で必要となるか説明すべきである。さらに、固有の技術タスクに対し他の考慮すべき事項がその範囲、優先度またはスケジュールに影響を与える場合、概要にはそれらの影響も含めるべきである。

全体的な研究プログラム及び個々の研究プロジェクトをレビューし、NRRC及び日本の原子力産業界が包括的なリスク情報を活用した意思決定という目標を達成するためにNRRC研究チームと引き続き業務を続けていくことを楽しみにしている。

敬具
ジョン・W・ステットカー（本人署名）
委員長

参考資料
記載略