

企画セッション | 部会・連絡会セッション：リスク部会

📅 2022年9月9日(金) 13:00 ~ 14:30 | 📍 J会場 E1棟4F 42番教室

[3J_PL] PRAの高度化の活動 リスク情報の活用に着目したPRAの改善

座長：丸山 結 (JAEA)

[3J_PL01] PRAの高度化に関する電中研NRRCの取り組み

*桜本 一夫¹ (1. 電中研)

[3J_PL02] 伊方3号機におけるPRAの高度化について

*橋本 望¹ (1. 四国電力)

[3J_PL03] PRAモデルの高度化から見えてきた課題

*羽佐田 剛¹ (1. 東電HD)

リスク部会セッション

PRA の高度化の活動 ―リスク情報の活用に着目した PRA の改善―

Improvement activities for domestic NPPs' PRA

- Improvement of PRA toward Risk-Informed Applications -

(1) PRA の高度化に関する電中研 NRRC の取り組み

(1) NRRC Activities for Good PRA

*桜本 一夫

(一財) 電力中央研究所 原子力リスク研究センター

1. はじめに

PRA は、原子力発電所の設置許可、安全性向上届出において実施されるとともに、原子力発電所の日々の運用における安全性向上に有効なリスク情報を提供することに活用されている。リスク情報のプラント運用への適用の推進にあたり、国内外の専門家による技術会議 (NRRC 技術諮問委員会)、PWR 及び BWR の PRA 高度化プラントを対象とした PRA 海外専門家レビューを推進し、海外の実践 (State of the practice) PRA と同レベルとなるように、国内整備に向けた PRA の見直し及び技術検討を行い、PRA の高度化を支援してきた。

本稿では、NRRC において実施している、リスク情報の活用に着目した PRA の高度化の活動と改善の活動について紹介する。

2. NRRC の取り組み

NRRC は、PRA に必要となる技術やノウハウを獲得するための研究開発拠点として発足し、最新手法を研究開発し用いることで、電力事業者のリスク情報活用を支援している。NRRC では、研究開発のために 3 チーム体制を構成し、リスク情報活用推進チームにおいて、PRA パラメータ整備、PRA の外部レビュー、人材育成などを通じて、PRA の改善に寄与している。

3. PRA パラメータ整備

NRRC では、我が国の PRA 用パラメータを整備するため、パラメータ整備 WG を設置し、世界標準に則ったデータ収集方法と体制の構築を進め、パラメータ評価手法の技術検討を行っている。NRRC では、各電力事業者が収集したプラント個別データを集約して、電力事業者共通の機器故障率データを推定・提供するだけでなく、共通原因故障、アンアベイラビリティ時間、外部電源喪失発生頻度などの技術検討も行っている。

4. PRA の外部レビュー

日本の PRA は世界標準 (State-of-the-Practice) より見劣りする部分 (起因事象項目、人間信頼性評価手法、故障率データなど) があるため、PWR、BWR の代表プラントを決め、海外の PRA 専門家のレビューを受け PRA モデルの高度化を図っている。また、レビューの成果については NRRC 技術諮問委員会において、国際的権威から助言を受けている。

5. 人材育成

リスク情報を活用した意思決定の今後の継続的な実施を見据え、PRA を含む必要な機能を担う人材を育成する必要があり、職務やレベルに応じて、①PRA およびリスク情報活用基礎教育 (導入編)、②PRA 実務者育成教育 (PRA 実務者編)、③リスク情報活用教育 (発電所リーダー編) の 3 つの育成プログラムを活用して人材育成に取り組んでいる。

*Kazuo Sakuramoto

Nuclear Risk Research Center (NRRC), Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)

リスク部会セッション

PRA の高度化の活動 ―リスク情報の活用に着目した PRA の改善―

Improvement activities for domestic NPPs' PRA

- Improvement of PRA toward Risk-Informed Applications -

(2) 伊方 3 号機における PRA の高度化について

(2) Improvement of PRA at Ikata Unit 3

*橋本 望¹, 山下 博文¹, 岡本 直道¹, 片上 雄介¹¹四国電力(株)

1. 伊方 3 号プロジェクトの活動

伊方発電所の安全性向上のための取り組みとして、従前より設備の保全重要度の設定や施設定期検査時におけるリスク評価・管理などに確率論的リスク評価（PRA：Probabilistic Risk Assessment）を適用し、発電所のリスク管理に活用してきた。

平成 27 年 1 月より、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（NRRC）の支援を得て、伊方 3 号機を国内加圧水型原子炉（PWR）のパイロットプラントとし、海外で実践されている現実に即した PRA（Good PRA）の構築に向けた PRA の改善活動「伊方 3 号プロジェクト」を開始した。

本プロジェクトでは、NRRC の技術諮問委員会（TAC）の提言に基づき、PRA モデルのイベントツリー等の高度化、PRA パラメータの高度化、人間信頼性評価の高度化等を行い、その成果を伊方 3 号機の初回の安全性向上評価に活用した。

2. 海外の PRA 専門家によるレビュー

平成 29 年 1 月より NRRC の支援を受け、海外の PRA 専門家によるレビューを実施している。これまで合計 7 回のレビューにより、地震 PRA、出力運転時及び停止時の内的事象 PRA を対象としたレビューの他、レビューコメントの技術課題への対応方針に関する議論等を実施している。レビュー結果を受け、海外の最新知見を取り入れた起因事象発生頻度の評価、最適条件での成功基準解析の実施、PRA モデル説明書への根拠情報の記載充実等の改善を進めている。

- ・第 1 回(2017 年)：地震レベル 1&2
- ・第 2 回(2017 年)：出力運転時内的事象レベル 2
- ・第 3 回(2018 年)：出力運転時内的事象レベル 1（1 回目）
- ・第 4 回(2018 年)：出力運転時内的事象レベル 1（2 回目）
- ・第 5 回(2019 年)：停止時内的事象レベル 1
- ・第 6 回(2020 年)：実施済みレビューに対するフォローアップ等
- ・第 7 回(2021 年)：実施済みレビューで受けたコメントへの対応方針確認

3. レビューコメントへの対応方針

レビューで受けた指摘事項、改善提案への対応を合理的かつ計画的に進めるため、図 1 に示すフローに基づき対応方針を分類した。NRRC 研究においてパラメータ整備（機器故障率、共通要因故障パラメータ、待機除外時間パラメータ）等が進められているものはその成果を活用することとし、その他のコメントに対しては、技術的課題の有無や PRA の評価結果への影響の大きさ等から対応方針を分類し、技術検討並びに PRA モデル及びモデル説明書への反映を進めている。反映した内容については、海外 PRA 専門家にフォローアップレビューを受ける予定である。

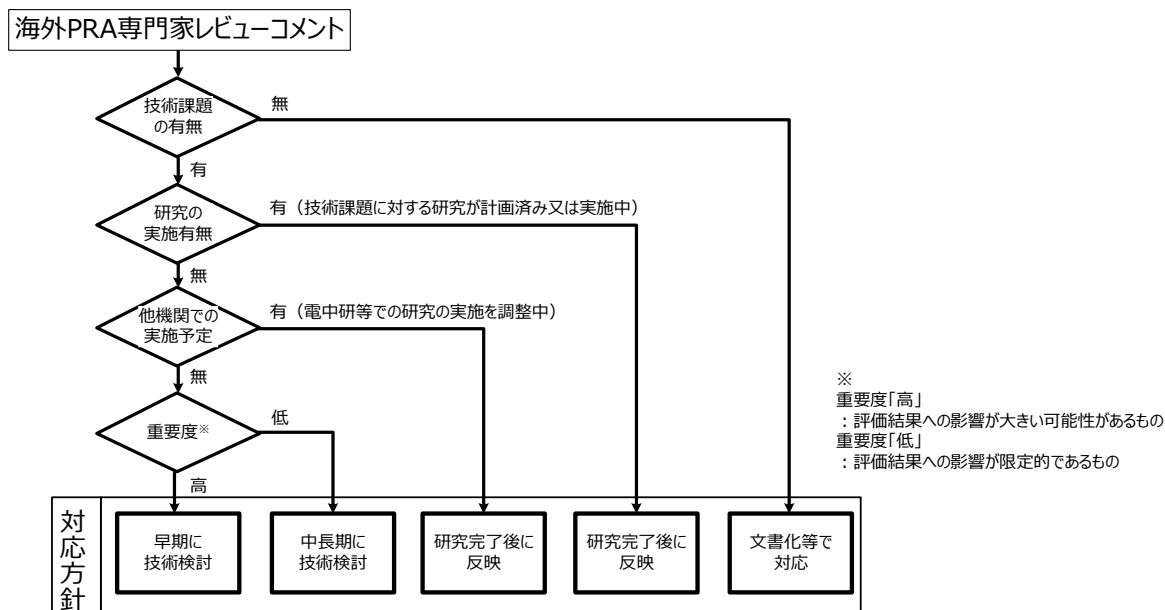


図1 海外 PRA 専門家レビューコメントの対応方針分類フロー

4. レビューコメントへの対応

レビューコメントへの対応例として、稀有な起因事象の発生頻度評価の改善を実施した。PRA の高度化以前は、工学的判断に基づく頻度推定、または、日米の発生実績及び運転時間に基づく単純な頻度評価（日米の発生実績÷日米の運転時間）であったが、米国 PRA 知見及び運転実績を考慮した事前分布に対して国内データでベイズ更新する評価方法に改善した。国内実績のみでは推定が困難な稀有事象について、その不確かさを含めた起因事象発生頻度の評価精度の向上が図られた。

5. PRA の高度化とリスク情報の活用

伊方3号機の初回の安全性向上評価において、PRA の結果から抽出した追加措置を紹介する。通常運転中、保修のため原子炉補機冷却水ポンプを待機除外する際、原子炉補機冷却水系統の負荷を制限する運用を追加措置として抽出し、同運用を整備した。具体的には、保修によりポンプを待機除外している間に運転ポンプが故障した場合、他の運転ポンプが過負荷により停止して原子炉補機冷却水系統機能が全喪失する事故シナリオのリスク寄与が大きいことを特定できた。このため、ポンプを待機除外する際は予め原子炉補機冷却水系統の負荷制限を図り、過負荷によるポンプ停止を防ぐ運用を整備した。TAC 提言に基づく PRA の高度化により、系統の構成機器をフォールトツリーでモデル化することで、個々の機器の待機除外や故障の組み合わせによって系統機能喪失頻度の評価が可能となり、同事故シナリオのリスク寄与が大きいことを把握できた。PRA の高度化前には特定できなかった事故シナリオであり、高度化により具体的な発電所の安全性向上に繋がった事例である。

PRA の高度化により、発電所のリスクに対して有意な事故シナリオを特定できる他、設備や運転操作のより現実的なリスク寄与の大きさを把握することが可能となる。発電所の設備情報、運用情報を PRA モデルの設計情報として適宜反映し、PRA から得られるリスク情報を発電所マネジメントへ活用（リスク情報を活用した意思決定：Risk-Informed Decision-Making:RIDM）することで、プラント全体のリスク低減と安全・安定運転の継続をより強固なものとしたい。

*Nozomu Hashimoto¹, Hirofumi Yamashita¹, Naomichi Okamoto¹ and Yusuke Katakami¹

¹Shikoku Electric Power CO.,Inc.

リスク部会セッション

PRA の高度化の活動 ―リスク情報の活用に着目した PRA の改善―

Improvement activities for domestic NPPs' PRA

- Improvement of PRA toward Risk-Informed Applications -

(3) PRA モデルの高度化から見えてきた課題

(3) Challenges emerging from PRA model refinement

*羽佐田 剛¹, 喜多 利亘¹, 寶田 翔¹¹東京電力ホールディングス(株)

1. 緒言

当社では福島第一原子力発電所事故の反省も踏まえ、原子力の安全性向上について更なる高みを目指すため、PRA の活用等をはじめリスクに向き合い安全性を継続的に向上させる取組を進めている。また、電事連大では発電所の継続的な安全性向上を目指した取り組みとして、リスク情報に基づく意思決定 (RIDM) を導入しており、リスクを定量化できる PRA から得られる知見を活用している。

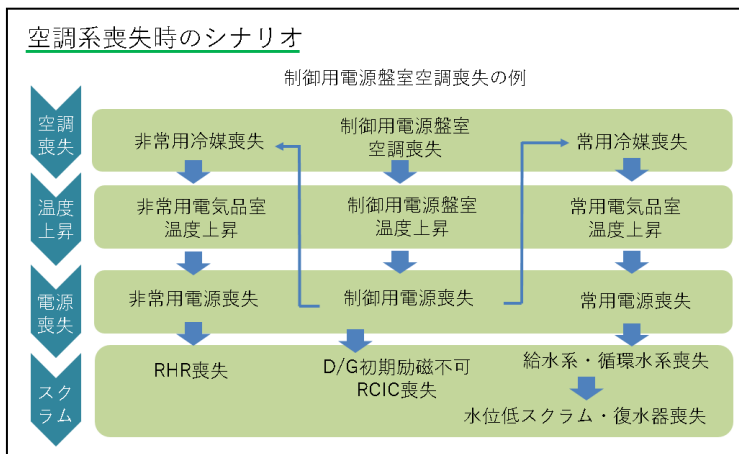
RIDM の実践、適用拡大には高品質な PRA が必要であり、国際水準に比肩する PRA (Good PRA) の構築に向け、柏崎刈羽発電所 7 号機を国内沸騰水型原子炉 (BWR) 電力のパイロットプラントとする PRA の改善活動「KK-7 プロジェクト」を一般財団法人電力中央研究所原子力リスク研究センター (NRRC) の支援を得て開始した。この中で、海外の PRA 専門家によるレビューを通じて得られた情報に基づき PRA の改善を進めている。

2. 高度化から見えてきた課題

当社ではこれまで柏崎刈羽発電所 7 号機の各種 PRA において様々なモデルの高度化を実施している。当社が目指す高度化とは、ただ単純にモデルを精緻化することに拘るのではなく、実用的に使うことが可能で適切なリスクプロファイルを導き出すための手段を構築することである。

モデルの高度化を実施していく中で新たな課題も見えてきており、空調系機能喪失の大きなリスク寄与を認識している。モデル高度化の中で電気品室を対象に簡易的な室温評価は行ったものの、空調系機能喪失によって短期間で室温が電源盤の設計上限温度に到達する評価となっており、その評価を基に CDF を算出しているため現実的な評価となっていない可能性がある。また、空調系機能喪失時の緩和手順が定められていないため、PRA モデル上でも緩和策に期待できず、同様に CDF が高く評価されている

可能性が考えられる。空調系機能の喪失に対しては、より現実的な条件に基づく温度評価の実施、空調系機能喪失時の対応手順の明確化、電源盤の耐熱性の見直し等を検討していく。

*Go Hasada¹, Toshinobu Kita¹, Sho Takarada¹¹Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc