

標準委員会セッション

リスク情報活用にかかる標準整備への研究成果の活用

Utilization of research results to the development of standards for the risk-informed activities

(1) リスク情報活用にかかる標準への知見反映

(1) Activation of reflection of knowledge in standards for the risk-informed activities

*成宮祥介¹

¹標準委員会

1. はじめに

標準委員会では、いままでリスク情報活用に用いる標準や技術レポートを多数発行し、常に新知見やユーザーの経験を取り込み、改定を行ってきた。そして講習会やシンポジウム、原子力学会年会・大会の企画セッションなどを通じて、標準・技術レポートの内容を伝えるとともに、その活用の支援を行ってきた。これらのリスク情報活用に用いる標準・技術レポートの制改定のための知見は、電中研 NRRC での PRA (Probabilistic Risk Assessment、確率論的リスク評価) 研究と産業界における PRA の実炉適用からの経験、さらに海外の PRA 規格 (IAEA、ASME/ANS) や文献などをベースにしている。

本企画セッションでは、PRA 標準[1]への知見の反映に焦点を当てて、電中研や規制庁の PRA 関係の研究開発状況を踏まえて、意見交換を行う。本稿では、標準委員会における知見の扱い、PRA 標準に対する知見の収集と反映、そして今後のリスク情報活用の活性化に向けた PRA 新知見反映の重要ポイントを説明する。

2. リスク情報活用関連の標準・技術レポート

2-1. 策定の目的

標準委員会は、発足した 1999 年以来、リスク情報活用に資する標準・技術レポートを多数策定してきた。PRA 標準の第 1 号として停止時 PRA の標準を発行し、以降、PRA のレベル (L1PRA、L2PRA、L3PRA、以下、固有名詞を除いてたとえば「レベル 1」を「L1」と記載する)、PRA 範囲 (内的事象、外的事象)、プラント状態・種類 (原子炉施設の運転中と停止時、核燃料施設)、PRA の共通事項 (パラメータ、品質確保、共通用語) へと、PRA 標準の適用範囲を順次、拡張してきた。「標準委員会の活動にかかる基本方針 (2022 年 6 月改定)」[2]に、上位の目的として「原子力施設の安全性・信頼性を高い水準の技術に基づき効果的かつ効率的に確保すること」を掲げられ、リスク専門部会の活動の位置づけとしては「リスク情報活用のための考え方、各原子力施設における PRA の手法及びそれから得られるリスク情報を各分野において活用するための具体的方法を中心に標準の整備を行う」と記されている。

以上のことから、PRA 標準を策定する目的は、PRA から得られるリスク情報を活用して原子力施設の安全性を効果的かつ効率的に確保すること、と要約できる。

2-2. 策定の現状と計画

リスク情報活用のために 2022 年 4 月時点で発行されている標準・技術レポートのリストを表 1 に示す。15 の標準と 3 つの標準英語版、そして 2 つの技術レポートである。標準委員会では、専門部会における標準・技術レポートの制改定計画、講習会や国内外学会発表予定などを「標準策定 5 か年計画」に書き込んで標準委員会ホームページに公開している。

表 1 リスク情報活用関連の標準・技術レポート

名称	
標準	
1	原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準(レベル 1PRA 編) : 2013 (AESJ SC P008:2013)
2	原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準(レベル 2PRA 編) : 2021 (AESJ SC P009:2021)
3	原子力発電所の確率論的リスク評価に関する実施基準(レベル 3 PRA 編) : 2018(AESJ SC P010:2018)
4	原子力発電所の停止状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準(レベル 1 PRA 編) : 2019 (AESJ SC P001:2019)
5	原子力発電所の確率論的リスク評価用のパラメータ推定に関する実施基準 : 2015 (AESJ SC RK001:2015)
6	原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 : 2015 (AESJ SC P006:2015)
6E	A STANDARD FOR PROCEDURE OF SEISMIC PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT FOR NUCLEAR POWER PLANTS:2015 (AESJ SC P006E:2015)
7	原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 : 2016 (AESJ SC RK004:2016)
7E	IMPLEMENTATION STANDARD CONCERNING THE TSUNAMI PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT OF NUCLEAR POWER PLANTS:2011 (AESJ SC RK004E:2011)
8	原子力発電所の内部火災を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 : 2014 (AESJ SC RK007:2014)
9	原子力発電所の内部溢水を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 : 2012 (AESJ SC RK005:2012)
10	原子力発電所に対する断層変位を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 : 2021(AESJSC RK009:2021)
11	外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準 : 2014 (AESJ SRK008: 2014)
12	核燃料施設に対するリスク評価に関する実施基準 : 2018 (AESJ SC P011:2018)
13	原子力施設のリスク評価標準で共通に使用される用語の定義 : 2018 (AESJ SC RK003:2018)
13E	TERMS AND DEFINITIONS SHARED BY THE RISK ASSESSMENT STANDARDS FOR NUCLEAR FACILITIES: 2018 (AESJ SC RK003E:2018)
14	原子力発電所の確率論的リスク評価の品質確保に関する実施基準 : 2013 (AESJ SC RK006:2013)
15	原子力発電所の継続的な安全性向上のためのリスク情報を活用した統合的意思決定に関する実施基準 : 2019 (AESJ SC S012:2019)
技術レポート	
1	リスク評価の理解のために : 2020 (AESJ SC TR011:2020)
2	原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準の評価適用事例集 : 2012 (AESJ SC TR006:2012)

出典 : 原子力学会標準委員会「標準目録 (2022 年 4 月)」[3]より抜粋)

3. 標準の策定と知見の反映

3.1 PRA 標準の策定手順

PRA 標準策定の方法について、過去の検討状況を振り返ってみる。PRA 手法の導入当初は、当時の原研、プラントメーカ、事業者などが米国の PRA 手法を研究し、試行を繰り返していた。その後、90 年代前半において PSR (Periodic Safety Review、定期安全レビュー) のために L1PRA と停止時 PRA を実施した際には、国内事業者と産業界により、国内研究成果や手順などを基にしていた。その後、1999 年に原子力学会に標準委員会ができ、順次、PRA 標準を整備してきた。当初は PRA の標準的な手順を基に、ASME/ANS の PRA スタンダード[4]、IAEA の PRA ガイドラインなどを参考にして標準化に取り組んだ。福島第一原子力

発電所事故以降は、規制審査対応や安全性向上評価届け出などにおいて PRA が数多く実施されていることから、研究報告書だけでなく実炉評価結果も踏まえた PRA 標準策定も行われている。

PRA 標準策定の手順は大枠として次の a~i になる。なお、たとえば国内で未研究の PRA であれば「a」はなく、海外の研究事例や報告書などを情報源とするので、必ずしもすべての PRA 標準がこの手順に則っているわけではないことに留意されたい。

- a. 国内での PRA 実施の手順を調査する
- b. 海外（特に米国）の PRA 規格、ガイドライン、PRA 報告書などを調査する
- c. 共通的基本的な PRA 実施要件（評価フローと各ステップの評価事項）を a、b の調査結果から抽出する
- d. 標準の構成に当てはめて本文規定の骨子案を作成する
- e. 新知見として、国内外の PRA 研究論文や講演会などの情報を調査
- f. 調査結果を分析し、d の案を修正し標準本文規定に仕上げる
- g. 標準本文規定の説明、例示として適切なものを附属書参考とする
- h. 制定の目的、経緯、関連動向などを解説に記載する
- i. PRA 標準案として専門部会と標準委員会へ報告し、審議を進める

3.2 標準委員会の新知見の扱い

標準委員会は、「標準策定 5 か年計画の更新ガイドライン」[5]において、新知見の優先度判定などを規定している。更新ガイドラインで示されている新知見の 4 つの情報源は、次のとおり。

- ①各委員から提案された事案
- ②標準委員会 WEB の問合せ欄に寄せられた事案
- ③学会員へのアンケートより得られた事案
- ④意見交換会（有識者、学会内の部会、電事連）の開催に伴い提案された事案

この①については次のような情報源を例示している。

- ・ 標準の使用実績（活用の実績、不具合・不適合などの実績、標準に対する有用な指摘事項など）
- ・ 国内外の法律・規則類、民間の規格・基準類
- ・ 新設の施設、設備、装置等の設計／既存の施設、設備、装置等の改造
- ・ 国内外の施設、設備、装置等の運転経験（トラブル事例など）
- ・ 国内外の自然災害事例
- ・ 国内外の安全研究成果
- ・ 国内外の技術開発成果（公開の自社研、電共研など）

個々の標準の新知見の扱いについては、①に関係する情報源が中心になり、上述したように、国内の研究機関における手法開発研究や事業者の実炉モデルやその使用経験、海外規格のうち主に米国の PRA スタンダードとなる。さらに後述するように、④の学会内部会からの情報を基にすることもある。

3.3 PRA 標準策定における新知見

PRA 標準についても、3.2 の標準委員会のルールに従い新しい知見を調査し分析し、品質向上、理解促進に資するものと判断する場合に取り込んでいる。ここで改めて PRA 標準における「新知見」は、既存の PRA 標準の制定後に得られたものを指すことが一般的である。3.1 のプロセスでは、新しい「a」と「b」、そして「e」の論文や講演要旨などにおいて調査される。

PRA 標準への反映には、大きく 2 つのパターンがある。一つは、PRA 標準の本文規定に取り込むものである。ASME/ANS の PRA スタンダード[4]の HLRs (High Level Requirements)と SRs (Supporting Requirements)を参照して、HLR からは PRA の基本的な要求事項として追加すべきかどうかを検討し、SR

からは PRA 実施にあたり方法や考慮すべき事項を検討する。標準委員会リスク専門部会では 2016 年から PRA 標準の階層化の検討を開始し、現時点で L1PRA 標準を「基準」と「指針」に分けて発行している。これは基本的要件を「基準」に規定し、「指針」には方法論を展開するとともに、今後新しい方法の導入を容易にすることを狙ったものである。これは PRA 標準の構造に新知見を取り入れた例である。もう一つは、参考文献あるいは附属書参考に掲載する知見である。たとえば、L2PRA 標準では格納容器機能喪失に至るシビアアクシデント時の物理現象を規定し、その現象の発生有無（たとえば、水素燃焼が発生するかしらないか）を CET（Containment Event Tree、格納容器イベントツリー）の分岐に設定し、解析コードによるシミュレーションを行う。原子力学会をはじめ国内外の会議に投稿される論文や研究機関の研究報告書などから、新しい知見を附属書参考や解析に記載し解析者に考慮を促している。たとえば表 1 の No.2「L2PRA 標準」は内的事象に加え地震 L2 を対象にしたものであるが、欧州の ASAMPSA-E の報告書[6]で「外的事象、マルチュユニットでの L2PRA における人源信頼性解析の検討ポイントとして「サイト外からの支援が受けられない地域全体の事象か」「対応準備が間に合わない突然発生する事象か」などが示され、さらに所員の対応時間が長期にわたることにより人的過誤が増加する可能性も挙げられている。これらは 2011 年 3 月の福島第一原子力発電所事故からも重要な事項である。

原子力学会の技術部会からの情報も重要な新知見となる。2016 年の L2PRA 標準の改定は、内的事象 L2 にかかる規定内容の更新が中心であった。この改定では原子力学会熱流動部会の「熱水ロードマップ」などをもとにシビアアクシデント研究について調査・分析し、最新知見の反映も行っている。

地震 PRA 標準の改定に際しては、分科会の委員および所属組織で地震 PRA 標準を用いて地震リスク評価を行っている人に、標準への批判、疑問、要望を聞き、改定の参考にしている。50 ほどの意見があり改定に反映することで作業中である。一部を示す。

- ・性能規定化し例示は別冊にするなど、大部の標準を使いやすくする。
- ・認識論的不確実さ評価の扱いを取り入れる。
- ・マルチュユニット・サイトのリスクへの影響評価手順を記載する。
- ・規定本文の中の説明文を分離する。

さらに、地震 PRA 英語版は ASME/ANS の 2020 年 2 月の JCNRM 会合に説明し、半年後に意見をもらっている。その数は約 70 に及び米国の著名な地震リスク評価の専門家からの詳細かつ真摯な意見や疑問であった。おおよそ、標準の在り方、位置づけ、構成にかかる意見、ASME/ANS スタンドアの要件に詳細に照らした意見、専門的経験からの意見、などに分かれる。これらの意見は、標準使用者からの意見と同様の扱いとして地震 PRA 標準の改定には参考にすることを JCNRM には伝えている。コメントの対応としては、日本の耐震設計と地震 PRA とを踏まえて改定への反映の是非を検討するものや、方法論開発やデータ蓄積を今後の取り組みとするものもある。

このように、国内外の専門家、使用者からの意見を構成から詳細技術に至るまで入手し、方法論研究や PRA 経験による基盤的な改定案へ、反映することを行っている。

4. PRA 標準への新知見反映の重要点

1) 新知見の意義

国内外での PRA 研究は、実炉のモデル開発に留まらず、基にする現象の実験や解析コード開発にも及んでいる。それらの成果は論文などになり公開される。国内の PRA は、そこから得られるリスク情報を活用して規制活動や事業者安全性向上活動に適用することが活発化している。新知見は PRA 標準、ひいては PRA 手法を改善させていくものであり、新知見反映の意義はそこにあると考える。しかし、新しいだけで PRA の知見を機械的に反映することについては、慎重に判断する必要がある。PRA の研究成果の中には計算に時間がかかることで実用には改善の余地があるものもある。また日本の設計・運用の視点からみると、PRA で考慮する必要がないものもある。一方、いままでの PRA 標準では陽には記載していなかったが、海外の先行例や規格を参照して取り入れたものもある。新知見は PRA 標準、PRA 手法の進展に役立つが、その反映には PRA の実態を慎重に分析することが、意義のある新知見反映につながる。

2) 新知見の入手

リスク情報活用に必要な PRA は、国内外の新知見を反映して改善されてきた。新知見の情報源には、電中研 NRRC の研究報告書や事業者の研究報告書も含めたものに移っている。仕上がった報告書だけでなく分科会合で執筆者に説明をしてもらったこともある。一方的な情報入手ではなく研究における今後の課題や時間をかけた点などを教えてもらうことで、PRA 標準における規定の検討にも役立つ。また地震 PRA 標準英語版について米国地震 PRA の専門家からのコメントは、メールではあったが質問の意味や日米での耐震設計の違いなど、コメントの背景についても聞き取っている。このように入手に際しては、新知見の真意を十分に獲得するために報告書に加えて意見交換を十分に行うことも必要である。

3) 新知見の反映

いままで見てきたように新知見には、PRA のモデルや成功基準解析などに反映する方法論的な知見もあれば、事故シナリオの考察で考慮すべき点の知見もある。PRA 標準では、それらを分類し規定として要求するものと、参照することで解析者が PRA の目的に応じて応用するものに分類し、標準に盛り込んでいる。このように新知見を PRA 使用者に正しく使ってもらうように工夫することで、安全性向上につながるようになっている。さらに、新知見につながる多くの情報があることから、それらから、原子力施設の安全性向上に有効なものを選別する必要がある。このために、新知見が PRA の品質向上、効率向上にどれだけ効果があるかを検討することも怠ってはいけない。PRA 標準を策定する標準委員会の分科会では、多くの情報をリスト化し、一つ一つを吟味している。その際、実行性も考慮すべき点であるが、効果とのバランスで判断する必要があることは、客観的な検討に基づくものであるべきである。

5. まとめ

今回の企画セッションは、PRA にかかる研究成果や実例が PRA 標準へ反映されていることに着目した。国内の PRA 研究は NRRC、NRA で進められていて、実炉への適用は事業者、プラントメーカ、エンジニアリング会社により実施されている。その成果は PRA 手法、ひいては PRA 標準、IRIDM 標準へ反映されている。今後の PRA 標準及び PRA 手法の改善は、リスク情報を活用することに適した新知見の反映を進めていくことが期待される。

標準委員会と PRA 手法に関係する組織（規制庁、電中研 NRRC、事業者、プラントメーカ、エンジニアリング会社）、原子力学会技術部会、さらに海外の組織との意見交換、情報交換は、PRA 標準・PRA 手法の改善に有効であることから、研究報告書・論文の分析に加えて活発な PRA に関する組織間のコミュニケーションを、より一層、進めていくことも提言したい。

参考文献

- [1] 日本原子力学会 標準委員会 たとえば“原子力発電所の内的事象を起因とした確率論的リスク評価に関する基準（レベル1 PRA 編）：2022”，AESJ-SC-RK010:2022
- [2] 日本原子力学会 標準委員会 “標準委員会の活動にかかる基本方針（細則）” 2022 年 6 月
- [3] 日本原子力学会 標準委員会 “原子力学会標準目録” 2022 年 4 月
- [4] ASME/ANS たとえば “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008, Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”, ASME/ANS RA-Sb-2013, 2013
- [5] 日本原子力学会 標準委員会 “標準策定5か年計画の更新ガイドライン” 2020 年 12 月改定
- [6] Technical report ASAMPSA_E, たとえば “List of external hazards to be considered in ASAMPSA_E,” 2017.
http://asampsa.eu/wp-content/uploads/2014/10/ASAMPSA_E-D21.2_External_Hazard_List.pdf

*Yoshiyuki Narumiya¹

¹Standards Committee