

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

(2) 規制活動のためのレベル 1PRA の研究

(2) Research on the level1 PRA for the regulatory activities

*濱口 義兼¹¹原子力規制庁

1. はじめに

原子力規制庁（以下「規制庁」という。）は、国際原子力機関（以下「IAEA」という。）の総合規制評価サービス（以下「IRRS」という。）の勧告[1]等を踏まえて、令和2年4月から新たな原子力規制検査を開始する等、確率論的リスク評価（以下「PRA」という。）から得られるリスク情報を活用した規制活動を実施している。本稿では、PRAのうち起因事象の発生から炉心損傷までのリスクを評価するPRA（以下「レベル1PRA」という。）を対象に、リスク情報を活用した規制活動及び今後実施するレベル1PRAに係る安全研究の計画を紹介する。

2. リスク情報を活用した規制活動とレベル1PRAに係る安全研究の活用

2-1. リスク情報を活用した規制活動

リスク情報を活用した原子力規制検査では、PRAから得られるリスク情報を日常検査において機器を選定する際に活用することになっている[2]。さらに、検査において発見された指摘事項については、リスク情報を用いて重要度を定めることになっている[3]。

また、新規規制基準では重大事故対策の規制が一つの柱となっており、重大事故対策の有効性を評価する際の事故シーケンスグループの選定のためにPRAが活用されている[4]。さらに、原子炉施設の安全性の向上のための評価において、事業者はPRAを実施し、この結果を届出、公表し、原子力規制委員会は事業者が行ったPRA手法及びそれらの技術的根拠を確認することとしている。実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド[5]では、PRA手法の成熟状況に応じて、PRAの評価範囲を段階的に拡張していくとしており、拡張していく例として内部火災PRA、内部溢水PRA等の実施を挙げている。

このように、PRAを規制活動に活用する機会が増えてきており、活用するPRAの精度向上や地震、津波等の対象範囲の拡張が求められ[6]、規制庁ではPRAに係る安全研究を進めている[7]。

2-2. レベル1PRAに係る安全研究の活用例

規制庁では、PRAを規制活動に活用するため、検査ガイド等を作成している。これまでに規制庁で実施したレベル1PRAに係る安全研究で得た知見[7]を基に、一般社団法人原子力学会の実施基準等[8][9]を参考として、「原子力規制検査において使用する事業者PRAモデルの適切性確認ガイド」[6]を作成した。また、「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」[3]を作成し、検査指摘事項の重要度評価に活用している。特に「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド」の附属書である「火災防護に関する重要度評価ガイド」[10]では、これまでの安全研究[7]において妥当性を確認してきた火災進展解析コードFDS[11]を用いた詳細な火災伝播解析による火災リスク評価の方法と、適切性確認をした事業者PRAモデルを組み合わせた評価方法を導入している。

2-3. レベル1PRAに係る課題

規制庁で実施した安全研究の成果は、上記のように原子力規制検査のガイド等に反映されている。これまでに活用した実績では主に施設内にある機器故障等を起因とした内部事象PRAの範囲に限られており、地震、津波等の外部事象におけるPRAの安全研究成果の活用までには至っていない。そのような研究成果の活用に至らない要因として、以下にいくつかの課題を例示する。

例えば、PRAの評価の中において、事故の進展が進み、複数の重大事故等対処設備が使用される状況にな

ると、運転員操作の環境悪化や運転員操作の複雑化を考慮する必要があるが、従来の一般的な人間信頼性解析手法（THERP 等）ではこのような状況を考慮することができていない。地震等の外部事象を起因とした場合、一般的な内部事象と比べると原子炉施設内の複数箇所で大不具合が出る点で運転員操作の環境悪化等の影響は顕著になると考えられ、より人間信頼性解析手法の性能が重要になる。

また、外部事象レベル 1PRA では、地震等の外部からの共通する力による炉心損傷を防止する種々の対処設備の故障（機器脆弱性）の関係性については、複数の機器が同じ条件で損傷する等の保守的な評価を実施している。さらに、地震時に津波が発生する場合には原子炉施設に影響する外部からの力の到達時間が異なるなど、対象とする外部事象に応じて原子炉施設に及ぼす影響が複雑となるが、現状、複数の事象が重畳するような災害を対象とする適切な評価の方法が確立されていない。

これらに加えて、PRA の結果が持つ不確かさを特定した上で検査指摘事項の重要度評価等の活動に適切に考慮していく必要がある[12]ものの、これまでのところ明確な考え方や方法論の確立には至っていない。このようなことから外部事象の PRA は、依然としてリスク要因の考慮不足など種々の不確実な要素を含むために、原子力規制検査への活用には課題が多い。したがって、地震、津波等により発生する事故及びトラブルを対象にした PRA に対する安全研究の促進と知見の獲得は、依然として重要性が高い。

3. 今後のレベル 1PRA に係る安全研究の計画

3-1. 安全研究計画の流れ

レベル 1PRA の種々の課題を解決するため、規制庁では、令和 4 年度～令和 8 年度の 5 ヶ年計画で安全研究プロジェクト「原子力規制検査のためのレベル 1PRA に関する研究」[13]を進めている。

この安全研究プロジェクトにおいては、図 1 に示すように、内部事象レベル 1PRA 及び外部事象レベル 1PRA の高度化及び手法開発を行い、原子力規制検査へこれらの研究成果を導入していく研究を実施していく。

3-2. 今後開発していく PRA 手法

外部事象 PRA の手法開発については、特に、地震時に発生する可能性のある津波、地震時に発生する可能性のある火災、地震時に発生する可能性のある溢水等の複数の事象が発生した場合の外部事象レベル 1PRA の手法を開発する。

人間信頼性解析については、米国で開発されている運転員の認知に焦点を当てた人間信頼性解析[14]に加え、本研究では運転員による複数の操作間の失敗に係る依存関係を解析手法に組み込んでいく。また、ダイナミック PRA については、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が開発したダイナミック PRA 及び米国で開発されている運転員の認知に焦点を当てた人間信頼性解析を基に、本研究では新しくダイナミック PRA と人間信頼性解析を統合させて、刻一刻と変化するプラント状況と運転員との関係を解析できるようにする。これらの研究に加え、レベル 1PRA が持つ不確かさを特定し分類することで、不確かさを明確にして、低減できる不確かさについては低減していく。

3-3. レベル 1PRA の原子力規制検査への導入

原子力規制検査で活用するリスク情報は、内部事象のリスク情報に加え、段階的に外部事象のリスク情報へ拡張することとしている。安全研究プロジェクト「原子力規制検査のためのレベル 1PRA に関する研究」で得られた成果は、「原子力規制検査において使用する事業者 PRA モデルの適切性確認ガイド」や「原子力

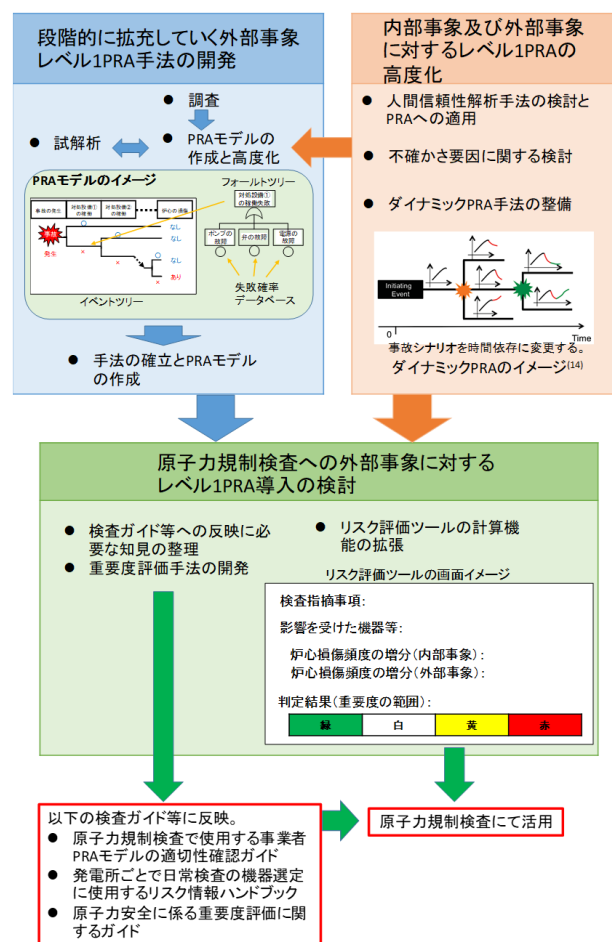


図 1 安全研究計画の概要[13]

安全に係る重要度評価に関するガイド」に反映するとともに、日常検査の機器選定等に使用するリスク情報ハンドブックに得られた知見を追加していく。

4. まとめ

本稿では、リスク情報を活用した規制活動及び今後実施するレベル 1PRA に係る安全研究の計画を示した。今後も原子力規制検査等の規制活動の中で PRA が活用され、同活動がさらに合理的で透明性のある活動になるように、レベル 1PRA に係る安全研究を続けていく。

参考文献

- [1] International atomic energy agency, "Integrated regulatory review service (IRRS) mission to Japan," IAEA-NS-IRRS-2016, January 2016.
- [2] 原子力規制庁、「原子力規制検査等実施要領」、令和元年 12 月、<https://www2.nsr.go.jp/data/000361161.pdf>
- [3] 原子力規制庁 原子力規制部 検査監督総括課、原子力安全に係る重要度評価に関するガイド、
<https://www2.nsr.go.jp/data/000360584.pdf>
- [4] 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」、原規技発第 1306193 号、平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定
- [5] 「実用発電用原子炉の安全性向上評価に関する運用ガイド」、原規規発第 17032914 号、平成 29 年 3 月 29 日原子力規制委員会決定
- [6] 原子力規制庁 原子力規制部 検査監督総括課、「原子力規制検査において使用する事業者 PRA モデルの適切性確認ガイド」、<https://www2.nsr.go.jp/data/000360587.pdf>
- [7] 原子力規制庁 技術基盤グループ シビアアクシデント研究部門、「安全研究成果報告書 規制への PRA の活用のための手法開発及び適用に関する研究」、令和 4 年 5 月、<https://www.nsr.go.jp/data/000392321.pdf>
- [8] 日本原子力学会「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 1 PRA 編）：2013、AESJ-SC-P008、平成 26 年 8 月
- [9] “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, The American Society of Mechanical Engineers, 2013
- [10] 原子力規制庁 原子力規制部 検査監督総括課、「原子力安全に係る重要度評価に関するガイド 附属書 5 火災防護に関する重要度評価ガイド」、<https://www2.nsr.go.jp/data/000360576.pdf>
- [11] K. McGrattan, et al., "Fire Dynamics Simulator User's Guide," NIST Special Publication 1019
- [12] 濱口義兼、「確率論的リスク評価（PRA）モデルの現状と課題 内部事象レベル 1PRA」、研究報告会資料、原子力規制委員会原子力規制庁、令和 3 年 5 月、<https://www.nsr.go.jp/data/000353595.pdf>
- [13] 「令和 4 年度安全研究計画」、原子力規制庁、<https://www.nsr.go.jp/data/000398336.pdf>
- [14] The B. John Garrick Institute for the Risk Science, “Human reliability analysis for nuclear power plants using the extended PHOENIX methodology”, GIRS-2019-02, University of California, Los Angeles

*HAMAGUCHI, Yoshikane¹

¹ Nuclear Regulation Authority, Japan