

企画セッション | 委員会セッション：標準委員会

📅 2020年9月16日(水) 13:00 ~ 14:30 | 📍 D会場 Zoomルーム4

**[1D\_PL] リスク情報活用のための標準に求められるもの 新検査制度への適用**

座長: 関村 直人(東大)

[1D\_PL01] 新検査制度におけるリスク情報活用

\*関村 直人<sup>1</sup> (1. 東大)

---

[1D\_PL02] 新検査制度の遂行に必要なPRA標準の品質とその実現

\*高田 孝<sup>1</sup> (1. JAEA)

---

[1D\_PL03] 新検査制度におけるリスク情報活用のあるべき姿

\*村上 健太<sup>1</sup> (1. 長岡技科大)

---

[1D\_PL04] 総合討論

講演者全員

## 標準委員会セッション

## リスク情報活用のための標準に求められるもの～新検査制度への適用～

## Necessary of Risk-Informed Applications in Standards for New Inspection System

## (1) 新検査制度におけるリスク情報活用

## (1) Risk Informed Approach in New Inspection System

\* 関村 直人<sup>1</sup>, 成宮 祥介<sup>2</sup><sup>1</sup> 東京大学, <sup>2</sup> 原子力安全推進協会

## 1. はじめに

新検査制度については、規制機関、事業者が真摯な検討を続けてきており、2020年4月から本格運用がなされている。原子力学会標準委員会は従来から原子力安全の基本的考え方といった上位概念を示したものから実施基準に至る種々の標準や技術レポートを整備してきた。特に、リスク情報活用については福島第一原子力発電所事故以前から PRA 標準やリスク情報活用の標準の制定に取り組み、活用されている。本稿では、リスク情報活用の視点から、活用を踏まえた標準整備に加え、新検査制度を俯瞰した課題について述べる。

## 2. リスク情報活用の意義と標準整備

原子力安全を継続的に向上させていくためには、深層防護をより確固たるものとし、原子力の施設及びそれにかかる活動が有する不確かさに合理的に対処していくことが必要である。決定論的に保守的な条件設定などによる対処だけでなく、不確かさを定量化して把握し、プラントシステムとしての安全という視点から適切な対処を行うことが求められている。そこで、リスク情報を得るリスク評価方法の開発、リスク情報を活用した安全性向上の取り組みが種々、行われてきた。リスク情報を用いた意思決定で行う確率論的解析について、Meserve 氏が挙げている利点[1]を要約すると次のようになり、原子力安全を遂行する様々な局面でリスク情報が有益であることが判る。

- ・ 現実的な事故シナリオの顕在化、それによる脆弱性の明示
- ・ 優先順位を付けるための定量的な結果の提示
- ・ パフォーマンス、柔軟性、および費用対効果の更なる向上
- ・ 不必要な要求事項を判別と削減
- ・ 安全状態の監視

特に PRA（確率論的リスク評価）は、原子炉施設のような複雑なシステム系の挙動を不確かさとともに定量化できることから、継続的な安全性向上のためにも多くの貴重な情報を提供できる。ただしリスク情報だけによる判断は、評価手法が確立されていないことやデータ・モデルの整備が間に合っていないなどの不確かさの点で、効果的な安全性向上につながることは難しい。そこで確定論的解析との補完的活用により、有効な意思決定ができる。しかし PRA とリスク情報活用の実施においては、課題もある。データ、モデル化、成功基準解析、人間信頼性解析、外部ハザード解析など、対象とするものの不確かさを定量化するアプローチのため取り組みを継続していく必要がある。

標準委員会ではこれらの意義を踏まえて PRA 標準をリスク情報活用の目的に合致した情報を提供できるように整備してきており、またリスク情報活用が合理的明確に行えるように意思決定プロセスを示した標準も整備してきた。本稿に続く2稿で詳説している。

## 3. 新検査制度の概観

## 3-1. 制度の特徴

新検査制度[2]の根幹は、規制機関と事業者との双方に考え方の改革が必要であること、また、事業者が規

制要求を満たしているかをみる従来の「逐条型検査」から、事業者がリスクを考慮して複雑な原子力施設を安全に運転しているかに重きを置く「パフォーマンスベースの検査」に変革することである。その意味で設備や管理活動などが安全確保のための機能を発揮できているかを検査する「安全機能着眼型検査」と言える。

新検査制度の実効性確保のために「統合的なリスク情報を活用した意思決定」の考え方を具現化していくことが重要である。ここでリスク情報は、PRA より得られる計算結果や知見だけでなく、決定論的考慮事項、深層防護、安全余裕、そして定性的なリスク評価も含んだ「統合方法」が確立されることが必要である。この考え方と方法については、2020 年 6 月に原子力学会標準委員会より IRIDM 標準[3]が発行されていて、新検査制度の本格運用に照らして時宜に適ったものと考えている。IRIDM 標準については 3 稿で詳述される。新検査制度では原子力施設と事業者のパフォーマンス監視に重点が置かれるが、IRIDM 標準においても、設備の状態だけでなく活動の状況も含めモニタリングを行い、問題点を抽出し解決につなげていくことを提示しており、原子力施設の継続的な安全性向上に効果のある方法である。

意思決定においては不確実さをどのステップで扱うかが重要である。不確実さを設計の余裕でみることも有効であるが、その後の対策実行・モニタリングも含めたトータルでみることで、不確実さに対する備えがより効果的となる。加えて、IRIDM に必要な基礎的なデータの蓄積や世界に視野を広げた知見の収集分析は、不確実さをより正確に認識することに有効であると同時に、継続のドライブフォースとして重要な役割を果たす。

新検査制度に関係する規格や文書等の相互の関係が明確化された体系的な検討も必要であろう。すでに規制機関では規則、解釈、ガイドの体系を整備[4]しており、一方学協会では、安全性向上に資する規格を中心に整備をしてきている。それらの整合性が確保されることが望ましく、学協会規格の高度化における課題である。

### 3-2. 取り組むべき点

新検査制度の運用に関しては、リスクインフォームドの取り組み、グレーデッドアプローチをどう実現するか、また、規制機関、事業者を含む関係組織がそれぞれの役割を果たし、実効的な運用を進めるとともに将来にわたる人材を育成していくことが課題であると考ええる。

リスクインフォームドについては、上述のように PRA 結果だけでなく多くの要素を統合的に分析して、意思決定し実行するに留まらず、モニタリングによる問題抽出を新知見に照らして続けていくことの根幹をなしている。グレーデッドアプローチについては、意思決定においてベースになる考え方であり、その依拠する情報を明確にする客観的で理に適ったものであるべきである。新検査制度における SDP（重要度決定プロセス）や事業者の CAP（改善措置プログラム）につながるものである。

新検査制度には関係組織の役割と組織間のコミュニケーションが重要である。規制、事業者の双方の努力により安全性向上を達成することを理念にして、それぞれの役割に従い取り組むことになる。学協会の役割とコミュニケーションについては次項で述べる。

新検査制度は原子炉施設だけでなく、核燃料サイクル施設などについても対象としており、施設間の特性の違いと共通する安全性向上への考え方とを比較して取り組むべきである。たとえば「閉じ込め機能」でも施設の特性により深層防護を確保するための対応が異なるので、施設共通の一律の評価基準は適切ではない。原子力学会における核燃施設などにかかる取り組みについても、次項に述べる。

関係する各組織が今回の制度改革を契機に、将来にわたり継続的に必要な能力を有した人材が確保・供給できるように、組織内の教育プログラム構築、知識の拡充、深くかつ広く考察できる人材の育成に努める必要がある。

## 4. 日本原子力学会の貢献

### 4-1. 組織間・内の協働体制

学協会は、学术界、事業者や産業界、そして規制機関、それぞれの間での情報共有や活発な意見交換の場を提供する。また原子力学会の他、電気協会と機械学会などが参画する「原子力関連学協会規格類協議会」は、原子力事業の遂行のための規格・標準等の学協会規格類の作成・維持・運用を効率的、かつ、合理的に

進める事を目的として、2003年に発足した組織であり、相互理解と意見交換を通じたコミュニケーションの基盤を形成している。原子力学会の標準委員会は、原子力安全の考え方に代表される上位の概念から、実施基準に至る階層的な体系構造を有した「標準」、さらには技術レポートを策定してきており、原子力安全全体を広く俯瞰し、個々の専門分野の共通的課題や協働を促す役割も果たしていく。検査の実効性確保のためには、リスクインフォームドの取り組みが円滑かつ合理的効果的に実施される必要がある。PRAだけでなく広く多面的に分析し意思決定を行う「統合的なリスク情報を活用した意思決定」、IRIDIM (Integrated Risk Informed Decision Making) が実現されることが重要である。

標準委員会では、表1に示すようにリスク情報活用の推進のために IRIDIM 標準や PSR<sup>+</sup>指針[5]を発行しており、PRA 標準の整備なども進めている。標準を実際の業務に適用するために、PRA モデルの整備、基礎的なデータ・知見の収集、さらに PRA が示す不確かさの扱いを定めておくことも重要であり、今後とも産業界や電中研 NRRC における取り組みに期待したい。またリスク情報活用のように、学協会間の協働が必要な規格・標準は、議論を重ねて策定・改定を進めていく。さらに原子力学会内での協働も活発に行っていく必要があり、原子力安全部会、リスク部会、発電炉部会を始めとする部会活動との協働を図っている。たとえば原子力安全部会では、新検査制度の効果的な実施と中長期的課題について WG を設置して検討を行っている。リスク部会ではリスク評価研究専門委員会を設けて、PRA 手法の研究課題の取り組みの整理を行っており、これらの成果は標準委員会の標準へ反映されている。

また標準委員会では核燃料サイクル施設、研究炉等に関して標準の整備を行っており、再処理施設、燃料加工施設、廃棄物処理処分施設などの施設設備の設計、運用などの標準化に取り組んでいる。

#### 4-2. リスクインフォームドの取り組みとグレーデッドアプローチ

新検査制度では「事業者の安全確保に関する一義的責任が果たされ自らの主体性により継続的に安全性の向上が図られる」ことが基本となる。リスク情報活用などによる安全上の重要度に応じた効果的な活動の実現や民間規格活用などによる保安活動の透明性が、その運用のポイントとなる。事業者は原子力施設の安全性向上を目指し多様な保安活動を行う。リスク情報を活用し設備や管理などの脆弱点を見出し、対策を施すこと、将来のリスク低減のために予見性をもって対策を検討し実施すること、新知見の適切な反映を続け合理的な安全性向上活動にすること、リスク情報を活用し多面的な要素を統合して意思決定すること、などを組合せて高いパフォーマンスを達成していく。それらを事業者検査などを通じて改善していく。規制機関の検査官は、事業者が達成しているパフォーマンスを事実による観察から規制検査を行い、気づき事項がある場合にその安全上の重要度を評価し分類し、規制機関による対応措置を検討する必要があるとした場合には対応措置の必要性を検討する。

この一連の流れが進められる過程で、新検査制度の成果としての安全性向上が実現していくことと安全性向上評価制度との関係を考察しておく必要がある。事業者の観点からみた新検査制度として CAP 活動を例にとれば、重要度に応じた是正措置が進められることで安全性は向上すると考えられる。さらに、事業者は保安活動実施、新知見の反映などを実施し、安全性向上を継続する。これらに加えて安全性向上評価制度の枠組みを活用して、保安活動実施状況調査、新知見反映の調査、そして PRA 評価などを行い、総合評価を経て改善措置を決定していく。新検査制度ではこれらの活動の結果としてのパフォーマンスが評価されるとの好ましい循環が生まれていくこととなる。

図1と図2は、これらの多様な活動に適用されうる原子力学会標準を示したものである[6]。ここで総合評価とは安全性向上評価制度における総合的な評価を行うステップを示しており、PSR<sup>+</sup>指針を活用することができる。またその具体的な評価方法については、IRIDIM 標準に示す多基準分析などの方法を適用することができる。

#### 5. おわりに

2020年4月から新検査制度が本格運用されている。事業者の主体性による安全性向上が多様な保安活動によって進められることが事業者の側から見た検査制度であり、これに規制検査制度が的確に運用されていく必要がある。東京電力福島第一原子力発電所事故以降の規制基準適合性審査に加えて、我が国の原子力安

全の確保活動を大きく変革させようとしている。

本稿は、この検査制度の実効性向上と継続的な安全性向上に対して、原子力学会標準委員会が貢献すべき役割を示した。PRA 標準、リスク情報活用の標準（IRIDM 標準、PSR<sup>+</sup>指針）は検査制度をはじめとして、多様な活動に柔軟に適用可能なものである。今後、事例を分析して、適用経験を標準に対してもフィードバックすることで、よりリスクを低減させていく活動を可能としていかなければならない。原子力学会標準委員会は、規制機関、事業者へ適切な考え方や標準を提供するとともに、原子力施設の継続的な安全性向上のための中核として機能するように、様々なステークホルダとの議論を一層、密にしながらその役割に取り組んでいく。

本予稿は、2020 年春の年会の内容に、新検査制度の実施状況を追加したものである。

## 参考文献

- [1] 電中研 NRRC, シンポジウム 2018, Richard A. Meserve, “リスク情報を活用した意思決定の考え方” (2018)
- [2] 原子力規制庁, “我が国の検査制度の見直しの基本的考え方と具体的な仕組み,” 2017 年 3 月 3 日原子力規制庁金子修一,(2017)
- [3] 日本原子力学会, “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,” (2020)
- [4] 原子力規制委員会, “原子力規制検査等実施要領,” (2019)
- [5] 日本原子力学会, “原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針 : 2015, AESJ-SC-S006 : 2015,” (2015)
- [6] 原子力規制庁, 検査制度の見直しに関する検討チーム第 16 回会合, 資料 5-1, 令和元年 7 月 29 日(2019)

\*Naoto Sekimura<sup>1</sup> and Yoshiyuki Narumiya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo, <sup>2</sup>Japan Nuclear Safety Institute

表 1 標準委員会の PRA 及びリスク情報活用にかかる標準

| 分類      | 標準名                              |
|---------|----------------------------------|
| PRA     | レベル1PRA標準:2013                   |
|         | レベル2PRA標準:2016                   |
|         | レベル3PRA標準:2018                   |
|         | 停止時PRA標準:2019                    |
|         | PRA用パラメータ推定標準:2015               |
|         | 地震PRA標準:2015                     |
|         | 津波PRA標準:2016                     |
|         | 内部溢水PRA標準:2012<br>内部火災PRA標準:2014 |
|         | PRA共通用語定義標準:2018                 |
|         | PRA品質確保標準:2013                   |
|         | 外部ハザード評価方法選定標準:2014              |
|         | 核燃施設リスク評価標準:2018                 |
| リスク情報活用 | IRIDM標準:2019                     |
|         | PSR <sup>+</sup> 指針:2015         |

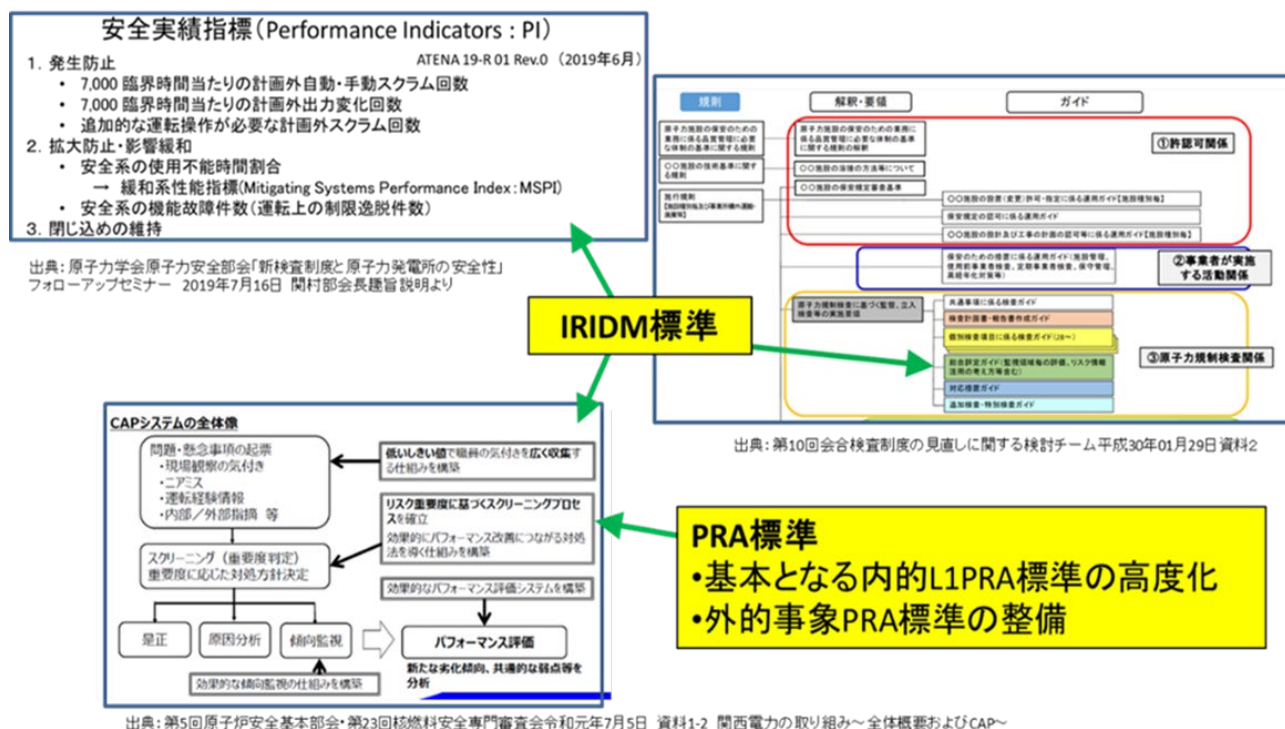


図1 新検査制度における原子力学会の貢献が期待できる標準

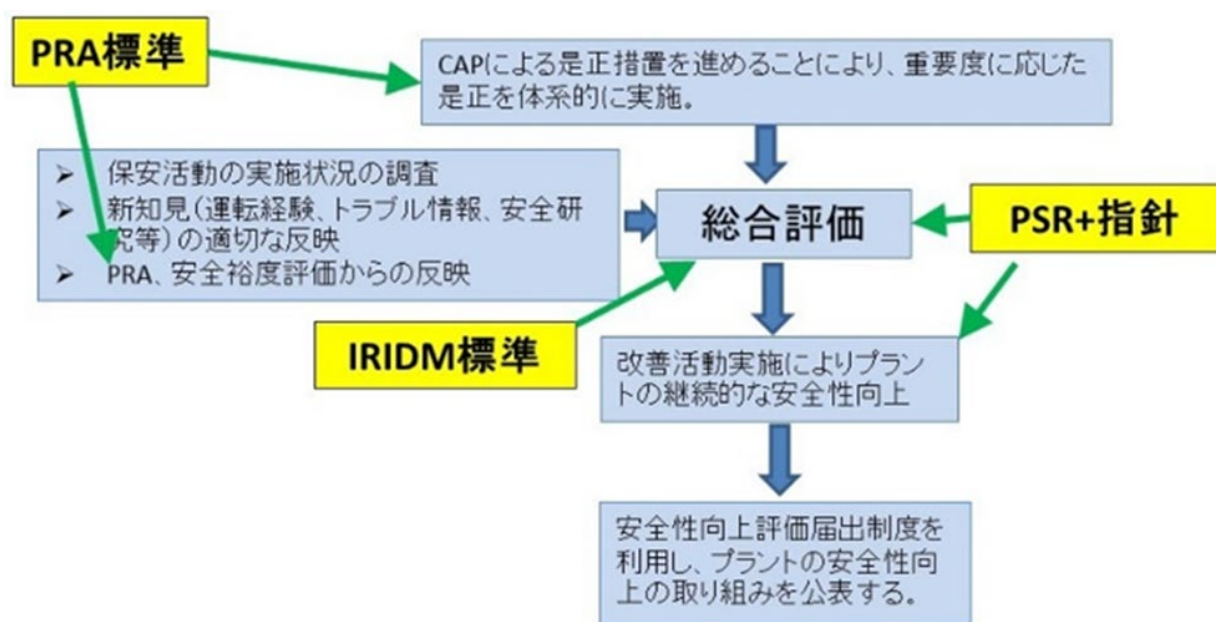


図2 新検査制度と安全性向上評価届出制度との連携

## 標準委員会セッション

リスク情報活用のための標準に求められるもの～新検査制度への適用～  
Necessary of Risk-Informed Applications in Standards for New Inspection System

## (2) 新検査制度の遂行に必要な PRA 標準の品質とその実現

## (2) Satisfaction Level of PRA Standards' Requirements for New Inspection System

\*高田 孝<sup>1</sup><sup>1</sup>原子力機構

## 1. はじめに

標準委員会では、原子力安全の考え方のような上位概念から、実施基準に至る階層的体系構造を有した標準の策定を行っている。新検査制度の確実で効果的な実行は、我が国の原子力安全向上に重要であり、この中でリスク情報の果たす役割は大きい。確率論的リスク評価（PRA）標準の整備では、リスク情報活用に必要な種類と品質のものを標準委員会で整備を行ってきた。本報では、今後必要となる PRA 標準の体系的な構造や品質ならびその実現について考察する。

## 2. 活用のためのリスク指標

リスク情報を活用するためには、PRA 標準も含めリスク評価の過程で得られるリスク指標とリスク情報活用の対象を明確化することが重要となる。リスク指標はプラントライフの様々な場面で活用されるものであり、プラントの設計、安全評価やプラント運用、運用中の変更、監視活動（モニタリング）に加え新検査制度にも関係する安全上の問題の評価が含まれる[1]。

リスク指標の一例として、プラント状態の監視では、状態監視活動をリスク上重要な領域に向けることで、リスク寄与度を確実に低下させることを目的とし、Fussell-Vesely（FV）重要度、リスク増加価値（Risk Achievement Worth, RAW）、炉心損傷頻度の変化（Change in Core Damage Frequency,  $\Delta$ CDF）、早期対規模放出頻度の変化（Change in Large Early Release Frequency,  $\Delta$ LERF）等が挙げられる[1]。またオンラインメンテナンスでは、計画上又は実際のプラント構成時のリスクを計算することで、補償措置、スケジュールの変更、注目度の高い重要な保全活動を含む推定リスクが高い構成に対するリスクマネジメント措置を目的とし、CDF、 $\Delta$ CDF、LERF、 $\Delta$ LERF 等が挙げられる[1]。

特に検査制度におけるリスク指標の観点としては、日常的な利用を考慮し、あまり複雑な評価方法とならないことも重要であり、必要とされる品質とも繋がるものと考えられる。

## 3. PRA 標準の体系化

リスク評価で用いられる PRA は唯一無二の手法で実施されるものではなく、リスク評価の目的に応じて用いられる手法も変化する。現在標準委員会で取り組まれている PRA 標準の体系化（階層化）では、新技術や新手法が迅速に導入されるよう、国際的な PRA 標準の構成も踏まえ、性能の規定（What to do）と仕様の規定（How to do）、さらに詳細な方法や事例で構成される階層化をレベル 1PRA および地震 PRA において検討している（図 1）。

## 4. 必要な品質とその実現

品質とは、JIS Q9001:2015（品質マネジメントシステム）[4]の定義では、「対象に本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度」であり、脚注の中で要求事項は異なる利害関係者又は組織自身から出されることがあるとされている。品質におけるポイントは、要求事項は単に与えられるものではなく、実施者自ら考える必要があり、そのための基本的な考え方を各ステークホルダーで共有することが重要となる。

PRA 標準に求められる品質は、モデルやパラメータの精緻性といった高い品質（high level of quality）を意味するものではなく、リスク評価の目的に応じた精度（不確かさを含む）となっていることを定性的、定量的な根拠を持って示すものである。また新検査制度での PRA 標準の品質は、その範囲もパラメータ、PRA モデル、成功基準解析、専門家判断やピアレビュー等多岐にわたることに留意する必要がある。



2020年4月から正式に運用が始まった新検査制度では、原子力安全に係る重要度評価に関するガイド[2]において、「詳細なリスク評価」として PRA を用いた  $\Delta$ CDF や格納容器機能喪失頻度の変化（Change in Containment Failure Frequency,  $\Delta$ CFF）の評価結果がリスク情報として活用されている（図2参考）。また、その際利用される「詳細なリスク評価」としての、PRA モデルの品質の適切性についてもガイドが示されている[3]。新検査制度では、「詳細」としてフルスコープの PRA を対象とし、その品質について学会標準や米国 PRA 標準を参考にガイドを設定している。原子力安全に係る重要度を評価する観点で、「詳細」がフルスコープを対象とすることは判断基準として妥当であると思われる。その一方で、本来「詳細」は、目的とする結果の詳細度に対して十分な品質を確保していることを意味することに留意する必要がある。新検査制度は全ての原子力施設に適用されるものであり、施設の特性を考慮した品質の確保が重要となる。

この品質確保の考え方は IRIDM 標準[5]における選択肢の総合的な優先付け（7.4.4 節）が参考となる。IRIDM 標準では定量的リスク評価はキーエレメントの一つであり、附属書 O および P に PRA に関する規定や参考も記載されており、これらも参照となる。総合的な優先付けでは、NUREG-1855 Rev.1[6]を附属書 R として補足している。

NUREG-1855 では、Stage B として、リスク評価に利用する PRA の範囲や詳細度（PRA scope and level of detail）を評価する（図3参考）。ここで重要となるのは、実際に必要とされる範囲や詳細度を特定すること（Identify）であり（Step B-2）、目的によっては必ずしもフルスコープの PRA は要求されない（以下、原文。*Not all portions of a full-scope PRA will always be required to evaluate an application. Furthermore, some portions of the required PRA scope may not be important to the decision process.*）。新検査制度において、効果的に PRA 評価を活用するためには、目的に応じた「詳細」度としての品質の基準を明確にすることが重要となると考えられる。例えば、着目した事象については PRA モデルで詳細化し、影響のない部分を簡素化したモデルを用いた評価の場合、簡素化した部分は「完全性の不確かさ（completeness uncertainty）」に分類される。この時、PRA の結果に対し簡素化した影響が十分に小さいことが明確になっているのであれば、そのモデルは品質を満たすことになり、「詳細なリスク評価」として妥当であるといえる。

一方で品質には、不確かさの程度に代表されるように、明確な閾値での基準化が難しいものも含まれている。PRA の実施においては、評価結果に含まれる不確かさとしての適用限界を認識し、その適用限界を PRA が持つ品質の一つとして共通的に理解し、評価から得られるリスク情報を有効に活用することも重要となる。

このような品質の考え方を実現するために重要となるのは、判断基準（上記「影響が十分に小さい」）について各ステークホルダー（規制、事業者等）間で共通のものが構築されることである。ステークホルダー間でリスクを議論するときにリスク指標が共通的な「言語」となることは認識されているものの、その判断基準（価値基準）の共通化がなされない限り「言語」とはなり得ない。標準の体系化（3.）において、指標の判断基準は仕様の規定あるいは詳細な方法や事例に該当し、将来的な体系化において迅速に最新知見の反映が可能になると考えられる。

今後、標準委員会が、**事業側および規制側を含めた**ステークホルダーの一員として、判断基準の土台としての考え方を**ステークホルダーとの議論を踏まえ**提示し、共通認識を醸成することが重要と考えられる。また共通化された考え方をもとに、品質確保を要求・実施する側でその実践例を積み上げていくことが必要となる。このような考え方や実践例の提示がリスク評価としての PRA の成熟の一助であり、新検査制度は PRA の実践的活用の非常に良い機会となる。また一方で、PRA を含めた定量的リスク評価手法の適用事象の拡張（**新検査制度において適用可能となるリスク評価の対象や範囲の拡張**）や、評価手法としての先進的な考え方や方法論についても、学協会の一員としてその進展に貢献することが重要となる。

なお、新検査制度においてリスク評価は効果的な安全性向上を実践するための一つの手段であり、リスク評価を行うこと自体が目的とならないよう、確実に意思決定に活用されなければならない。

## 5. おわりに

新検査制度の遂行に必要な PRA 標準の品質とは、PRA が目的に応じた精度となっていることを定性的、定量的な根拠を持って示すものである。今後、標準委員会がステークホルダーの一員として、その基本的な考



え方や実践を、各ステークホルダーと協働で提示するが重要となる。また、新検査制度の確実で効果的な実行には、PRA から得られたリスク情報を確実に活用する枠組みの構築が必須となる。

PRA の成熟（性能や品質の改善）には、実践結果のフィードバックが極めて重要となる。今後、事業者・規制側ともに新検査制度で実施した PRA の評価過程を明らかにし、これを検証可能とするとともに、学会標準に継続的にフィードバックしていく活動が望まれる。

本予稿は、2020 年春の年会予稿からの転載に、2020 年 4 月から本格運用が開始された新検査制度に関する考察を追加したものである。

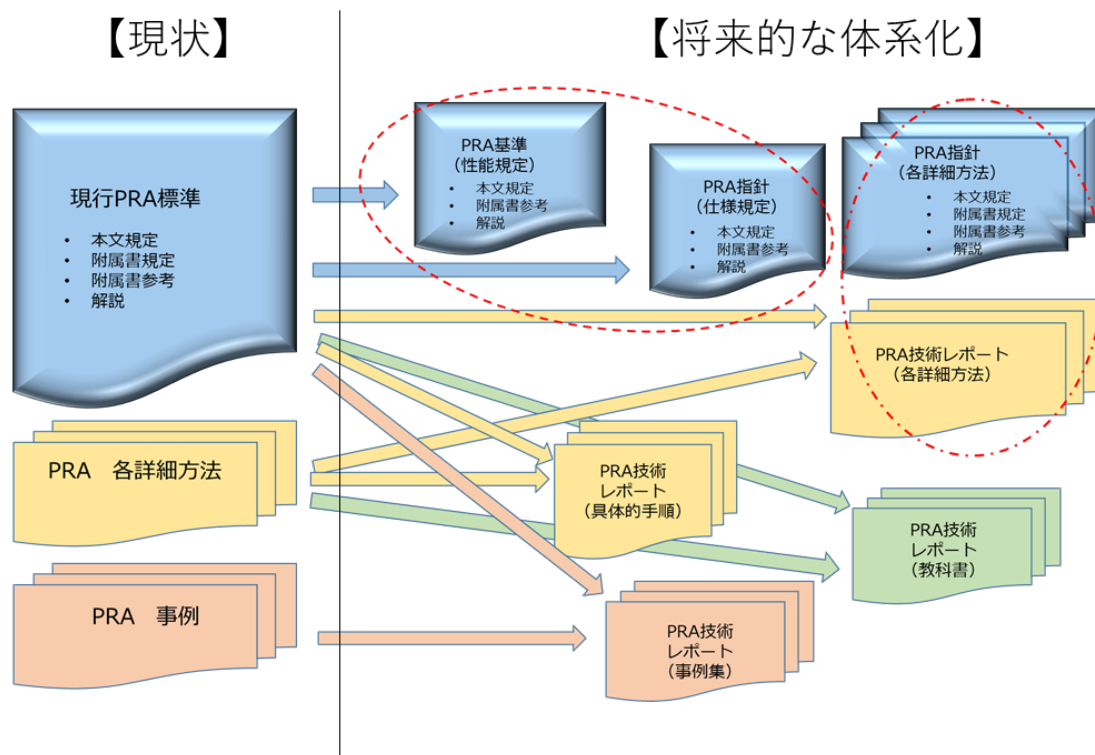


図1 PRA 標準の体系化イメージ

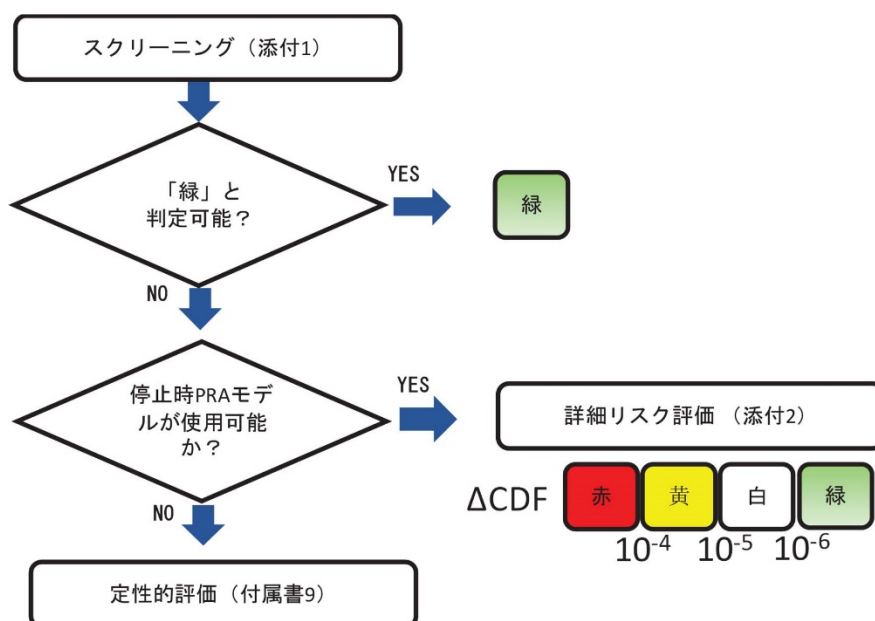


図2 スクリーニング及び詳細リスク評価のフロー（停止時）[2]

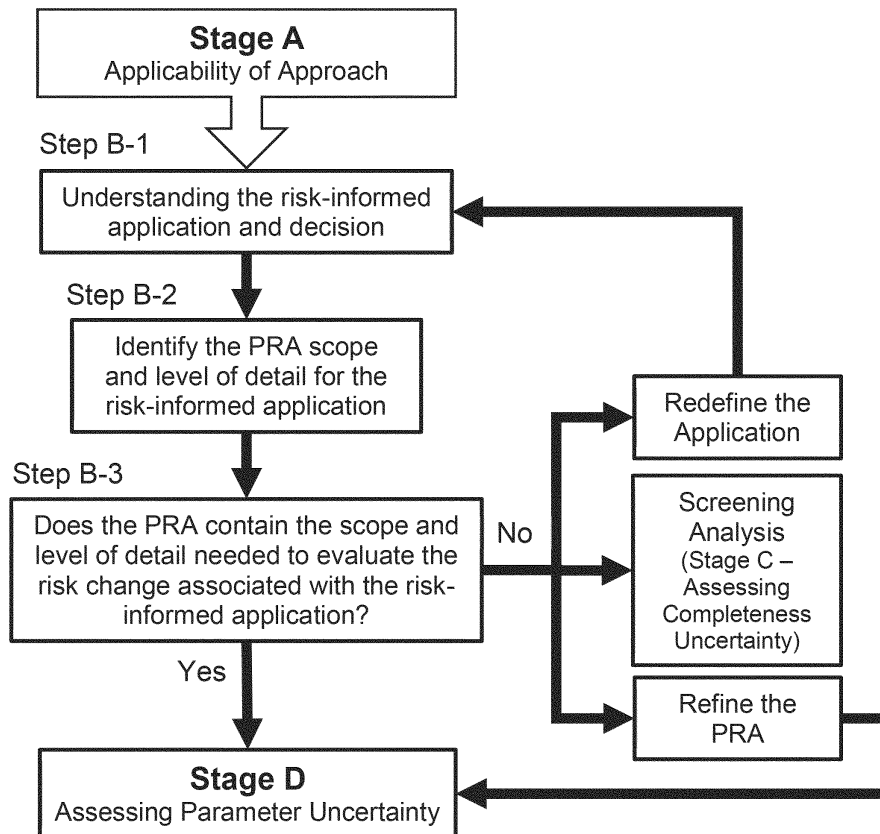


図3 NUREG-1855 における Stage B（Assessing PRA scope and level of detail）概要[6]

## 参考文献

- [1] IAEA TECHDOC-1804, Vienna, 2016.
- [2] 原子力安全に係る重要度評価に関するガイド, GI0007\_r0, 原子力規制委員会, 2020.
- [3] 原子力規制検査において使用する事業者 PRA モデルの適切性ガイド, GI0010\_r0, 原子力規制委員会, 2020.
- [4] JISQ9001:2015 (ISO9001) 品質マネジメントシステム, 2015.
- [5] 原子力学会標準、”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, 2020.
- [6] NUREG-1855 Rev.1, NRC, 2016.

---

\*Takashi Takata<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency

## 標準委員会セッション

リスク情報活用のための標準に求められるもの～新検査制度への適用～  
Necessary in Applying Standards for New Inspection System for Risk-Informed Safety  
Improvement

**(3) 新検査制度におけるリスク情報活用のあるべき姿**

## (3) Goals of Risk-Informed Approach in New Inspection System

\*村上 健太<sup>1</sup><sup>1</sup>長岡技術科学大学**1. IRIDM 標準の策定経緯**

統合的安全性向上分科会は、「リスク活用の実務への適用が具体化」していくことを期待し、「安全設計や安全管理などへリスク情報を活用し判断していくための具体的な基準及び実施方法を規定する標準」を作成するために標準委員会システム安全専門部会の下に設置された[1]。同分科会は、安全性向上対策採用の考え方に關するタスクの成果[2]をベースとしつつ、標準委員会リスク専門部会 PRA 品質確保分科会と協働しながら標準の策定を進めた。分科会では、検査制度の改革においてリスク情報が重要な役割を果たすようになることを踏まえ、事業者のみならず原子力安全に関するステークホルダ全てにとって有用な標準となることを目指し、リスク情報を活用した統合的意思決定（IRIDM: integrated risk-informed decision making）のあるべき姿に関する議論が重ねられた。その成果は、「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」（以後 IRIDM 標準と呼称）として 2020 年 6 月に発刊された [3]。

何とか新検査制度の本格運用に間に合った形となったが、制定プロセスで沢山の意見や質問が寄せられ、IRIDM 標準の完成には多くの時間と労力がかけられた。そもそも IRIDM に関連した用語の使い方には、人によって大きなバラツキがあった。特に対応に苦慮したのは「IRIDM を織り込むことが業務の不必要な非効率化を招いてはいけない」という点である。「用いるべきリスク指標」や「日本社会に IRIDM を根付かせるために必要な事項」という議論も重ねられた。当然ながら、IRIDM 標準策定プロセスで指摘された事項は、新検査制度において解決すべき課題と共通点が多い。

そこで本稿は、まず新検査制度におけるリスク情報活用の状況について概観し、IRIDM 標準が規定するプロセスが検査にどのように役立つかを示す。また、新検査制度をテコにして継続的に安全性を向上させるために各ステークホルダが果たすべき役割を考察する。

**2. 新検査制度におけるリスク情報活用**

検査制度の見直しによって、プラントを規制基準へ適合した状態に維持すること、及びそれを確認することに関する一義的な責任が原子力事業者にあることがより明確になり、使用前業者検査と定期事業者検査の実施義務が規定された。また、事業者は設置許可段階から運転段階までを包含した品質保証体制を整備することが求められた。一方、規制機関は事業者の保安活動全般を包括的に検査し、その検査結果に基づいて総合的な評価を行って、次の検査に反映していくことになった[4]。

設計レベルで安全性を確認した段階から更なる安全性向上を目指すためには、安全上の重要度に応じて効果的にリソースを配分する工夫が必要である。現実的に、機器のランダム故障や人のミスを完全に防ぐことはできないし、運転期間中にプラントの状態の変化に気付くこともあるだろう。しかし、良くない事象に関する指摘の数と、プラントの安全確保水準データの間に、必ずしも正の相関がある訳ではない。このことを被規制者である NEI が定量的に示し[5]、それに応える形で規制機関である NRC が規制制度を改革して誕生したのが、日本の新検査制度が手本とした米国の ROP (reactor oversight process) である。安全上の重要度に応じた効果的な活動を実現するためには、客観的な指標であるリスク情報の活用が求められる。

新しい原子力規制検査のポイントは、規制の目的と直結する 7 つのコーナーストーンを定め、これと直接関係する指摘事項のみを階層的に分類して、規制行為のトリガーに定めたことである。安全文化のような組織的要因はリスクと間接的ながら重要な関係を有するものの、安全文化の劣化を直接指摘することはせず、コーナーストーンのいずれかに該当する問題が発見された時に背後要因として分析する。原子炉安全に関係するコーナーストーンでは、炉心損傷確率の変化（ $\Delta CDF$ ）が主たる指標とされる。

検査要領はコーナーストーン毎に検査の領域と視点を階層的に分類して整備されている。基本検査のガイドラインは、リスク重要度に基づいて機器等の検査頻度を設定することを求めている。検査制度の試行の中では、検査官が事業者と適切なコミュニケーションを行なって、リスク増加に直接的に関係する気付きを得ることが重視されているようである。事業者の視点に立てば、各構成員が自分の仕事と  $\Delta CDF$  の関係を強く意識すれば、検査官の疑問をその場で解消し、追加的な対応業務を回避できるようになる。

検査の気付き事項のうち安全に影響を与えるパフォーマンス欠陥が、指摘事項に挙げられる。重要度決定プロセス(SDP)では、パフォーマンス欠陥の結果として安全性にどんな影響があったかを  $\Delta CDF$  等の指標で評価する。 $\Delta CDF$  が  $10^{-4}$ /年を超える事象は「赤」と判定され、「重大な安全上の結果になり得たであろう」深刻な違反と見なされて強制措置が取られる。 $\Delta CDF$  が  $10^{-6}$ /年以下の事象は「緑」と判定され、一定の要件を満たす場合、再発防止は原則事業者任せられる。これらの中には「黄色」「白」の領域があり、安全上の重要度に応じて個別の指摘事項に対する規制行為の大きさを変える仕組みになっている。これらに加えて、規制機関は、色別に分類された事象がどのくらい発生しているかと、コーナーストーン毎に設定された運転実績に基づくパフォーマンス指標を確認し、これらを「アクションマトリックス」によって総合的に評価して、定期的に施設の安全確保水準を公表する。

新検査制度の中でも SDP は分かり易いリスク情報活用例である。関係者の多くは「白を取られないこと」ばかりを気にしてしまうかもしれない。現実問題として SDP へと進む事象はごく少数だろう。とはいえ事業者は、旧来の正処置プログラム (CAP) を拡張することで、リスク情報に基づいた指摘への対応に備えている。発電所では、不適合にとどまらないプラント状態に関する報告をすべての階層の職員から報告される仕組みが構築され、情報のリスク上の重要度を考慮して、改善ための意思決定につなげるプロセスが整備されている [6]。安全上重要な課題に集中することで、有限のリソースを効率的に利用して安全性を高めることが期待されている。

### 3. IRIDM 標準の使い方

IRIDM 標準については、標準制定の取り組み自体が国際会議等で高く評価されている一方で、リスク情報の活用が期待されている現場からは「難しい」「具体的にどのように使うか分かりにくい」といった声もあるようである。この図書は、リスク情報抜きでは考察できない難しい問題を解決する方法を包括的に取りまとめた標準であるから、個別の問題に適用するには工夫が必要である。

では、検査の枠組みにおいて、IRIDM プロセスはどのように実施されるのだろうか。検査は、設計レベルで安全性が確認されているプラントにおいて、不測の変化に対応すると共に、安全性を更に向上させるための行為である。検査では、プラントが設計通りに作られていることを確認するだけでなく、設計の意図を運転や保全活動に携わる要員が理解し、設計思想に沿ったプラントの運用が担保されることを見ていく必要がある。残っている課題の多くは、プラントの設計思想に基づく判断と、その他の重要な要素とが上手に調和しないことの結果である。例えば、原子力安全の観点からは好ましくない作業手順が、労働安全（又は作業効率、被ばく低減、核物質防護）を重視してきた結果として残っているかもしれないが、この問題を解くためには設計要件や PRA の数値に着目するだけでは不十分である。現場の作業員の教育や力量評価、作業要領書等の改訂、作業毎のリスクアセスメント、工事日程や作業リソースの管理ツールなどの中に、設計や PRA モデルからの洞察を織り込む必要があるし、原子力安全と他の要素をどのように調和させるかを具体的に検討することも大切である。机上の空論を避けて具体的かつ実効的な提案を出すため、可能な限り現場に近いレベルで検討することが望ましい。要素毎の評価精度の確認（例えば、工程あたりの  $\Delta CDF$  の推定値と従業員被ばく量の推定値は相互に比較して良い精度になっているか）も必要だろう。判断の根拠を検証可能にし

ておくことは、意思決定結果をモニタリングする観点からも重要である。

IRIDM 標準は新検査制度と直接対応している訳ではないが、このような問題を扱うための手順を具体的に定めている。附属書（参考）において様々な手法を紹介したので、200 ページを超える図書となっているが、本文規定は 36 ページであり、マネジメントの各プロセスに対応する箇所は更に短い。やや設備改造等に寄った書きぶりになっている部分もあるが、業務プロセスの改善等にも適用できるように工夫している。これらの業務に関係する方には、ぜひ一度手に取って、自分の仕事と IRIDM 標準の本文規定の対応関係を比較して頂きたい。仕事にリスク的な考え方を取り入れるためのヒントを容易に見つけることができるだろう。それから、関係する附属書を参照することで、自分の業務に直接使える評価手法を見つけることもできるかもしれない。

IRIDM 標準は、意志決定者、及び分析者を主語とした実施基準である。意志決定者とは、解決すべき問題に対する権限を有する者であり、経営者だけでなく、部門や現場の長が該当することもある。効果的な問題解決には、なるべく低いレベルで意志決定が行われることが重要になる。「意思決定者」という用語には、これらの長が「関係者とコミュニケーションを取りながら形成した知識を利用して、個人の効用関数を最大化するために決定を下す」という含みがある。個人の効用関数と安全性向上に正の相関をもたせることが、安全のための組織文化を醸成する目的である。

意志決定は個人の知識と選好に依存するから、意志決定者が関係者とのコミュニケーションを行って判断に必要な材料を収集することや、意志決定の反響を確認することが重要である。そこで、IRIDM 標準では、IRIDM プロセスに求められるコミュニケーションの特徴をまず記載した(7.1 節)。その上で、IRIDM プロセスに乗せるべき問題を特定するための情報収集(7.2 節)、情報を分析して「何が問題か」を決めるプロセス(7.2 節)、特定された問題を解するための具体的な選択肢を提案するプロセス(7.3 節)を定めた。組織内で情報や問題意識を共有する方法は、前提とする組織構造や構成員の雇用形態に強く依存する。海外の事例を参考にしながら一般的な IRIDM に関する図書を実施基準の形に書き下ろすにあたり、日本の組織において合理的な方法を定義するために、かなりの議論が交わされた。

選択肢はキーエレメントと呼ばれる 7 つの観点に基づいて分析し(7.4 節)、意志決定者が最良と考える選択肢を決定する(7.5 節)。個々の観点について、どのように情報を収集して評価するか、情報の不確かさをどのように扱うか等を附属書で可能な限り具体的に示した。不確かさを有する新知見の処理や、意思決定において何をどのくらい重視したかのエビデンスを残す方法を規定して、物事がどのように決められたかを外部から検証することも可能にした。また IRIDM プロセスによって対象とする問題のリスクプロファイルが変化していくので、どのタイミングで関係者との意思疎通を積極的に図るべきかを検討し、規定に織り込むと共に、意志決定を実施する段階でのリスクマネジメントの方法(7.6 節)や、結果のモニタリング(7.7 節)についてもプロセスとして明示した。

#### 4. 今後に向けて

IRIDM 標準は、リスク情報を用いた分析が必要で、かつ設計要求とリスク情報だけに基づいて解決することはできない問題を扱うための標準的なプロセスを定めた実施基準である。今後は、IRIDM 標準を参考書として、個別の具体的課題への対応が検討されていくことだろう。例えば、原子炉運転中にオンラインメンテナンスを行うには、 $\Delta CDF$  等の数値に基づいて実施可否を判断するだけでは不十分であり、オンラインメンテナンスに関する意志決定基準をプラントの保安活動の全体方針と調和させるための丁寧な作業が求められるだろう。IRIDM 標準は、そのためのプロセスを丁寧に規定したものであり、PRA の数値目標を提供しているだけではない。分科会としても、本文規定全体の流れを理解して頂けるよう、啓蒙活動を行ってきたい。

検査の過程で見出された問題を分析した結果、特定の機器等において、設計要件と他の要素（例えば、PRA や訓練のパフォーマンス）とのバランスが悪いことに気付くことがあるかもしれない。据わりの悪い設計要件が規制基準に紐づくこともあり得るだろう。IRIDM 標準は、設計要件と他の要素とが相反する状況にも適用することが可能であるし、原子力事業者以外の実施主体が IRIDM プロセスを実行できるように記載さ

れている。新検査制度の中で、事業者の取り組みから得られた知見を規制活動の継続的向上のためのインプットとして活用し、規制機関が自らの検査や審査の指針を改善していくことに期待したい。

さまざまな判断材料を集めて意志決定する IRIDM プロセスと、さまざまな研究開発や運転経験から得られた情報に基づいて知識を標準化するプロセスには類似点が多い。IRIDM 標準は「最新の科学的知見を含める情報収集」の方法を規定しているが、われわれは研究開発と標準策定の現場間で効果的なコミュニケーションをはかれているだろうか。意志決定の在り方を改善することで、標準策定活動のパフォーマンスを向上させることはできないだろうか。IRIDM 標準の策定に合わせ、IRIDM プロセスを踏まえた標準制定プロセスの改善にも期待したい。

## 参考文献

- [1] システム安全専門部会「安全性向上分科会の設立趣意書」STC37-6 (2016)
- [2] 標準委員会 技術レポート「継続的な安全性向上対策採用の考え方について」AESJ-SC-TR012 : 2015, (2018)
- [3] 原子力学会標準 「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 (2020)
- [4] 原子力規制庁長官官房制度改正審議室 「検査制度の見直しについての説明」 検査制度見直しに関する事業者説明会 資料 (2017 年 5 月 10~31 日) <https://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting/201706/RRO/index.html>
- [5] Towers Perrin “Nuclear Regulatory Review Study” (1994)
- [6] 電気事業連合会 「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン」 (2018)

---

\*Kenta Murakami<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nagaoka University of Technology

---

企画セッション | 委員会セッション | 標準委員会

## [1D\_PL] リスク情報活用のための標準に求められるもの

新検査制度への適用

座長:関村 直人(東大)

2020年9月16日(水) 13:00 ~ 14:30 D会場 (Zoomルーム4)

---

### [1D\_PL04]総合討論

講演者全員

2020年4月から新検査制度が本格運用されている。事業者の主体性による安全性向上が多様な保安活動によって進められることが事業者の側から見た検査制度であり、これに規制検査制度が的確に運用されていく必要がある。

PRA標準、リスク情報活用の標準（IRIDM標準、PSR+指針）は検査制度をはじめとして、多様な活動に柔軟に適用可能なものであり、本セッションでは、この検査制度の実効性向上と継続的な安全性向上に対して、原子力学会標準委員会が貢献すべき役割を論じる。

総合討論では、本テーマに関する標準委員会活動の実績と今後の課題と解決策について、参加者と意見交換を行う。