

## 特別セッション

## 世界から見る原子力発電所の安全 ～「原子力発電の安全は今」～

Nuclear Power Plant Safety Now

## (5) 原子力発電所の安全－学術の視点

## (5) Safety of Nuclear Power Plant from Academic Points of View

\*関村 直人<sup>1</sup><sup>1</sup> 東京大学

## 1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故から7年以上が経過した。その影響は、国内のみならず世界の原子力利用全般に及んでいる。事故からの多くの教訓に基づいて、様々な安全対策が付加されてきた。事故の防止策と同等に、事故影響の緩和や軽減策への備えが必要であって、「深層防護」は原子力安全の基盤として、事故後も重要かつ有効な概念である。

複雑なシステムの災害への備えや対処能力、迅速な回復力を含んだ、より包括的な安全に対して、「レジリエンス」を上位概念として位置付ける試みも進められている[1, 2]。

また OECD/NEA が 2016 年に発表した報告書「福島第一原子力発電所事故後の 5 年」[3]では、「安全とは、運転経験の評価と研究を通じて、我々が学ぶことにつれて発展するプロセスである」とされており、原子力安全の新たな考え方が提示されている。

## 2. 原子力発電プラントをとりまく国際的な状況

IAEA でとりまとめが進められている議論[4]を参考として、原子力発電プラントをとりまく国際的な状況について、以下の4つの観点から俯瞰してみたい。

## (1) 原子力安全規制要求の強化に伴う課題

規制基準の強化に伴い、受容限度や裕度に対する考え方が大きく変化している。従前は許容されていた設計上の安全裕度は縮小することになり、設計基準事象の再評価が求められている。このために追加的な技術的知見の整備や再評価が必要となっており、特に外的事象等に対しては、新たな枠組みでの知見の整備や確認作業、さらに標準化のための研究が求められている。

## (2) 設計基準事象等に関する考え方のシフト

設計基準事象 (DBE) とこれを超える事象 (BDBE) に係る考え方も大きく変化している。アクシデントマネジメントに関する規制要求へ応えるのみならず、外部事象に対する裕度への考え方や設計基準の定義づけについても、これまでとは異なった取り組みが必要となっている。

このような変化を伴う領域に対しては、多様な対策の重要度や有効性の判断に確率論的評価が活用できる。しかしながら確率論的な評価を支える基礎的な知見の整備や評価手法の開発を待つのではなく、迅速に優先順位をつけながら対策を実施していくことが要請されているのも、この領域である。

## (3) 安全性に係る設備・機器の付加と重要度

規制要求の強化に伴い、外的事象を起因とする事故への備えや電源喪失時のアクシデントマネジメント対策等のために多くの設備や機器が導入されている。また、建屋外や場合によっては敷地外で備えるべき可搬機器や備蓄機器も付加されている。これらのハードウェアに対する安全上の重要度をどの範囲までどのように区分けすべきか、これらに応じて適切な保全計画や品質マネジメントシステムをいかに確立するか、また訓練の立案・実施やマニュアル整備をどのように的確に進めるか等の課題がある。

---

\*Naoto Sekimura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The University of Tokyo.

#### (4) 安全対策コストと達成時期の課題

世界の原子力発電プラントでは、福島第一原子力発電所事故に伴う追加的な安全対策のために1基あたり平均約200Mユーロ(200億円超)の費用を支出してきたとされる。我が国では新たな規制基準に対する

バックフィットが要求され、再稼働のための適合性審査が行われてきた。この結果、国内で再稼働した原子炉では、これよりはるかに大きい費用を費やしている。

従前の安全規制と事業者の自主的な安全対策には、グローバルなエクセレンスからどのような点が欠けていたかについて、ハードウェアのみならず広い観点から、改めて具体的に評価を加える必要がある。

一方で、福島第一原子力発電所事故の経験をふまえて、どのようなステップを踏んで安全を達成していくべきかについても、各国とこれまでの経験と将来の計画について共有することも重要である。

### 3. 継続的安全性向上の基盤について

以上のような国際的な状況を踏まえ、新たな検査制度についての具体化が進んでいる現在において、継続的安全性向上の基盤として、検討を進めるべき論点を提示する。

#### (1) 規制機関と被規制者・事業者の関係

原子力安全は、規制機関と事業者の双方がともに果たしていくべき使命であるが、各々が独立して果たすことが求められる。規制の側からの継続的改善と事業者の「自主的安全性向上」が、互いにスパイラルアップする関係が必要となる。事業者は、現場を持ち安全に対して一義的な責任を持った成熟したプロ集団であり、規制機関と互いの姿勢や努力を認め合う成熟した関係を築いていかなければならない。

#### (2) 原子力安全における優先順位と迅速性

安全上の重要な見落としがないか見つけ、安全上重要な対策を優先し、できるところから迅速に対策をとることが重要である。その上で対策が十分であるかの検討を行い、改善を進める。これらの評価のために、リスクの定量化やモデル化を実施することが、求められよう。

#### (3) リスク情報の活用

「リスク情報に基づいた意思決定(RIDM)」には、それ以前の課題が大きい。リスク情報から知識を得るためには、機器の故障率データ、ヒューマンエラーの統計的考察など、データの蓄積を進めていく地味な過程が前提となるとともに、個別のプラントが置かれる自然条件に基づいた知見が必要である。またリスク評価には不確かさが含まれ、リスク評価モデルに入っていない知識は使えないなどの限界を有している。

#### (4) 安全対策機器の増設に伴う課題

我が国ではシビアアクシデント対策が規制上の要求とされたことに伴い、事故に至るリスクは低減されたと言える。一方で、多数の機器の導入に伴うシステムの機能喪失確率の上昇やヒューマンエラーの発生確率が上昇することによるデメリットがある。これらのデメリットを低減するための努力が、規制と事業者の双方からなされるべきである。コンフィグレーション・マネジメント、安全上重要度並びにリスク情報に基づいたメンテナンス、多様なメニューを含む訓練等が重要な課題である。また最新の知見を獲得する努力を進め、これに基づいた学協会規格を活用することも重要である。

#### (5) 安全評価手法と判断基準

安全評価手法の高度化を進めることは、規制判断のための基準もバランスよく高度化される必要がある。規制基準の高度化は規制側の重要な責任であり、保守的な規制判断は前提としつつも、評価手法の高精度化が進むことと同時に並行的に、判断基準の高度化を進展させることが必要である。

#### (6) 規制機関における安全の目標について

平成30年4月5日に炉安審・燃安審は、原子力規制委員会に対して、規制機関における安全の目標について、以下のような回答を提示している[5]。

- ・ 原子力規制委員会が示す安全の目標は、福島第一原子力発電所事故のような重大な事故を再び起こさないとの決意の下、安全神話に陥ることなく、不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づくものである。
- ・ また安全の目標は、原子力規制委員会が規制基準の策定などに当たり参照すべきものである。

- ・ 原子力規制委員会が示す安全の目標と、規制基準への適合によって達成される安全の水準を、確率という尺度のみを用いて直接に比較評価し、説明することは現状できないし、行うべきものではない。
- ・ 安全の目標については、以上のような点こそ、国民に説明するべきものである。  
一方で事業者の自主的安全性向上においても、独立して安全の目標を議論していくことが求められる。

#### (7) 組織文化と安全文化の課題

IAEAは、「安全のためのリーダーシップとマネジメント (GSR Part 2)」を2016年6月に改訂している。これは、従前のGS-R-3を置き換えた全般的な安全要件であり、組織構想、目標、戦略、計画及び目的を定めかつ統合すること、電離放射線の有害な影響から人及び環境を防護すること、要員がこれを実施・約束するよう先導すること、及び基本安全原則を支持し、行動による期待事項の確立及び強固な安全文化を醸成することを求めている。

安全を損なうかどうかわからないリスク情報に対して、資源を投入する決断をいかに行うか、また不確実な将来に対して、現状維持ではなく、行動ができるのか、不作為や先送りを犯すことはいかに戒められるべきか、多くの課題が組織文化と安全文化の課題として指摘できる。インセンティブを持ち、優先順位付けを行っていく際には多くの障害がありうるが、これらをどのように打破できるのか、事業者と規制機関に課せられている課題は大きい。

#### 4. まとめ

福島第一原子力発電所事故は、我が国のみならず世界のすべての原子力発電プラントの安全対策に大きな影響を与えてきている。我が国では、バックフィットを取り込んだ規制基準に基づいた審査が行われつつあるが、再稼働には多くの制約があり、廃炉となったプラントも多い。一方で審査に加えて、新たな検査制度の枠組みが構築されつつある。リスク情報を活用したパフォーマンスベースで監査型の検査制度が、試行を通じて定着し、事業者と規制側の双方が継続的な安全性向上活動を互いにスパイラルアップしながら進めていくことが望まれる。

規制側と事業者のみならず、学協会や地方自治体が地元住民や公衆とともに重要なステークホルダーとして、継続的な安全性向上の基盤を形成していくことが必要である。

#### 参考文献

- [1] 北村正晴「原子力安全理論の再構築とレジリエンスベースの安全学」日本原子力学会誌第54巻11号(2012)
- [2] Naoto Sekimura, Hiroshi Miyano and Tatsuya Itoi, "Resilience Engineering: New Discipline for Enhancement of Nuclear Safety", Proceedings of The 2nd international Conference on Maintenance Science and Technology (ICMST-Kobe 2014). Nov. 2014, Kobe.
- [3] Five Years after the Fukushima Daiichi Accident: Nuclear Safety Improvements and Lessons Learnt, OECD/NEA 邦題「福島第一原発事故から5年：原子力安全向上と教訓」  
<https://www.oecd-nea.org/nsd/pubs/2016/7284-five-years-fukushima.pdf>  
<https://www.oecd-nea.org/nsd/pubs/2016/7285-five-years-fukushima-es-jp.pdf>
- [4] Arif Nesimi Kilic, Implementation of and Sustainability of Post-Fukushima Daiichi Accident at NPPs, IAEA, Feb. 2017
- [5] 「原子力規制委員会が目指す安全の目標と新規規制基準への適合によって達成される安全の水準との比較評価(国民に対するわかりやすい説明方法等)について」2018年4月5日(炉安審・燃安審)  
<http://www.nsr.go.jp/data/000227853.pdf>