

標準委員会セッション

標準委員会の基本方針と今後の戦略について

Fundamental Policy and Future Strategy of Standards Committee

(3) 事例検討：外的事象にかかる標準

(3) Case Study: Standards for Nuclear Safety against External Events

*高田 孝¹, 成宮 祥介², 小林 哲朗³, 飯田 晋⁴¹東京大学, ²原子力安全推進協会, ³電源開発, ⁴東北電力

1. はじめに

標準委員会傘下の原子力安全検討会では、標準委員会として制改定すべき標準の戦略策定に必要となる調査及び検討を行うこと、特に標準委員会として制改定すべき標準の方向性及び見通しを継続して発信することを目的とした活動を実施している。2016年から3ヶ年にわたり、日本地震工学会「原子力発電所の地震安全の基本原則に関わる研究委員会」と協働し、特に我が国において重要な外的事象である地震に対する安全確保の基本的な考え方やその実践について、技術レポートとしてまとめてきた[1]。また2018年度からは、外的事象安全分科会を設置し、上記レポートの外的事象全般への拡張、国内外の調査に基づく留意点、課題の摘出、並びに学協会規格や関連するステークホルダーへの提言を取りまとめ、標準委員会技術レポート（「外的事象に対する原子力安全の基本的考え方」）発行に向け活動している。本報告では、外的事象にかかる標準におけるケーススタディとして、分科会で議論された課題や提言について概説する。

2. 外的事象に対する原子力安全の基本的考え方

検討における適用範囲としては、原子力発電所における外部ハザード（自然ハザードおよびテロ等の意図的な不法行為によらない人為ハザード）としている。基本的な考え方としては、検討すべきハザードのリストアップ、特性分析及び選定を行う必要があり、原子力学会標準[2]や ASMPSE_E[3]等を参考に検討を行った。また2019年末より世界中で猛威を振るっている COVID-19 などのパンデミック（感染症の世界的な大流行）についても、リスク評価や対処が地震等の他の外部ハザードとは異なるものの、検討すべき外部ハザードの範疇とし、国内外の現状と課題について整理している[4]。

外部ハザードに対する安全確保のための基本的な考え方を図1に示す。安全確保のためのリスク低減に対する基本的な対処としては、個別設計、システム設計（ここでの「システム」とは設備・機器（ハード）単体、及びそれらの集合体（設備集合）だけではなく人的操作も含めたものとする）、緊急時の対応としての防災・減災領域の3つに分けられる。リスクを総合的に低減させる観点では、まず全体としてのリスク低減を俯瞰した上でその範囲を設定し、資源を一部の設計や対策に集中させることなく、効果的、効率的に配分することとなる。そのためには、機器や構築物の外部ハザードへの耐性としての信頼性を適切に確保するとともに、システムとして機能を発揮できるようにしておくことが重要である。

機能を考えるにあたっては、リスク情報（決定論的、確率論的リスク評価を含む）を活用し、設備信頼性に加えて人的な対応およびそれらのマネジメントを含めた総合的なシステムという視点を持つことが必要であり、リスク情報を活用した統合的な意思決定（IRIDM）は、外部ハザードの対処を検討し実行するための仕組みとして適切である。

また、設計想定を超える外部ハザードによる想定していなかった影響による事故の考慮も必要であり、機能の部分維持による破局的な損傷の回避や時間余裕の確保による新たな対策の検討といった、レジリエンスの概念を取り入れることが適切である。これを実現するためにリスク情報を活用して原子力発電所を総合的なシステムとして考えて対処を検討することが有効である。

*Takashi Takata¹, Yoshiyuki Narumiya², Tetsuro Kobayashi³, Susumu Iida⁴¹The University of Tokyo, ²Japan Nuclear Safety Institute, ³J-POWER, ⁴Tohoku Electric Power Co., Inc.

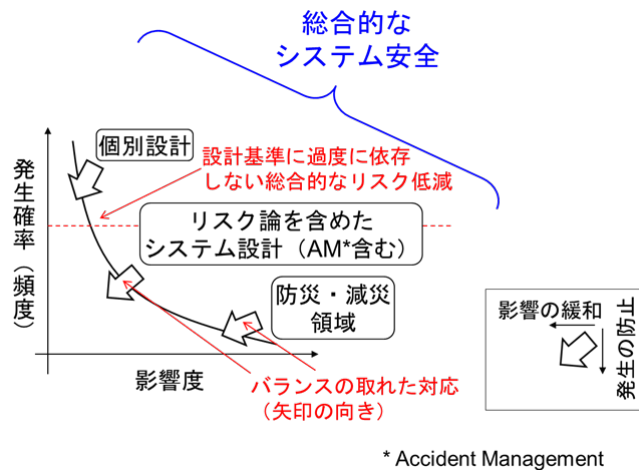


図1 外部ハザードに対する安全確保のための基本的な考え方

3. 外部ハザード対策における課題と提言

米国や欧州等を含め、国内外の外部ハザード対策（規制要件含む）の現状と課題について、外部ハザードのリストアップ、設計上考慮されている外部ハザード、設計の範囲を超える外部ハザード、外部ハザードの評価、緊急時のアプローチ、並びにパンデミックへの対応の6つの観点から調査し、課題解決のための提言を行っている。本報では特に学協会規格に関連する課題と提言について示す。

設計の範囲を超える外部ハザードに関しては、安全上重要な機器等の設計にあたって、設計の範囲を多少超えた外部ハザードによるクリフエッジ効果を回避できるように、機器等の設計に裕度をもたせる他、複数の対策候補がある場合には、これを考慮して対策を選択することが重要となる。また、特定重大事故等対処施設に対する設計基準を一定程度超える地震動又は津波の想定等については、その想定に対する客観的な説明性（accountability）が重要となる。上記を解決する方法を既発行の、設計、リスク評価などにかかる学協会規格で規定することにより効率化・高度化が期待できる。1990年代に整備したAM（アクシデントマネジメント）策は内的事象に対するもので、設備改造あるいは追設に加えて手順書と教育を重視したものであった。外部ハザードに対しても、設備や手順などの対処は必要であるが、より多様な事象シナリオに対応できること、施設周辺の地域への影響も起こっている可能性があること、対処が長期化すること、などからIRIDM標準[5]を適用した取り組みが有効と考える。

また設計の範囲を超える外部ハザードへの具体的な対処としては、多様性が発揮されることが重要になる。加えて、時間変化に対応するためにも柔軟な対処が可能ないように汎用性のある設備や操作の準備も有効である。シナリオの複雑さからすべての状況に余裕を保有した対処を行うことは、柔軟性が阻害されることも考えられるので適切ではない。この領域においては、いわゆる「クリフエッジ」になり安全性が極端に低下した致命的な状況にならないように対処を施しておくことに思考を転換すべきである。プラント安全機能が段階的に低下する場合には、この領域の外部ハザードの影響を分割して考えることも可能である。シナリオの多様性と複雑性から、定性的・定量的リスク評価をもとにシナリオを時間経過と共に連続的に評価することにより、安全機能劣化の程度と環境への影響を見ることは有効である。このような考え方の整理は、設計や保守の規格において対処を考える際の基盤として、設計規格や保守規格などにおいて具体的な要求を規定する際に必要である。

緊急時のアプローチの観点では、屋内退避の継続が困難な事態を踏まえた防護措置実施の手順等に係る検討、訓練等が重要であることが課題として挙げられた。原子力発電所の深層防護第5レベルでは、周辺住民が避難することに加え、外部からプラントへの緩和設備や物資・人員の搬入もあるため、立地自治体を中心とした関係組織による訓練の実施とともに、学協会においては避難等の防護措置の適用判断にかかる規格の検討も重要である。

また外部ハザード対策に対する共通的な課題として、以下の点を取り上げられた。

外部ハザードの PRA 結果を活用することの問題として指摘される点の一つが、不確実さの大きさである。外部ハザードカーブの不確実さを低減する努力は行う必要がある。そのために、不確実さの扱いを規定した規格が必要となる。しかし PRA は不確実さを定量的に把握するための方法であるので、不確実さの大きい PRA 結果は、PRA 手法の問題だけではなく、基にしたデータにも要因がある。外部ハザードの不確実さのうち認識論的不確実さは、ハザードの発生や影響にかかる調査を十分に行い、専門家判断の活用や解析・実験等で推測することにより低減可能である。また設備や構造物のフラジリティ評価において、安全側に大きすぎる機能喪失の設定を設けることは「ここまで大きな外部ハザードにも施設が耐えられる」という確認でしかなく、そこから得られるリスク情報は安全性向上にはつながりにくい。PRA 手法の改良を行い、意思決定に活用できる信頼性を有した PRA 手法及び標準の整備に努力することも必要である。不確実さの扱いは、不確実さ解析を行うことにとどまらず、不確実さが大きい要因を認識した上で定量評価結果と向き合い、その対処を考えることが重要である。

4. 学協会規格について

我が国においても、リスク情報活用のための規格の検討が学協会で開始されているが、形式的に PRA 結果で判定するだけの活用となる可能性が考えられる。また、PRA やリスク情報活用にかかる標準に設計や保守などでの活用例を示しただけでは、リスク情報の活用が円滑に進むとは限らない。そこで、電気協会や機械学会の設計等の規格と原子力学会のリスク関係の標準を繋ぐリスク情報活用の考え方の標準の策定も検討することが必要である。

5. おわりに

外的事象（特に外部ハザード）にかかる標準におけるケーススタディとして、原子力安全検討会において国内外の調査に基づく留意点、課題の抽出、並びに学協会規格に関する提言について概説した。今後、標準委員会、規格セッション等を通じた原子力学会内での意見、コメントを踏まえるとともに、関連する学協会とも連携し、具体的な展開や標準制定活動に資する予定である。なお、本技術レポート（「外的事象に対する原子力安全の基本的考え方」）は 2021 年度中の発行を予定している。

参考文献

- [1] 日本原子力学会標準委員会技術レポート（日本地震工学会レポート），原子力発電所の地震安全の原則～地震安全の基本的な考え方とその実践による継続的安全性向上～, AESJ-SC-TR016:2019, 2019.
- [2] 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.
- [3] Technical report ASAMPSA_E, List of external hazards to be considered in ASAMPSA_E, 2017.
- [4] 小林他, 原子力安全にかかるパンデミックの国内外の現状と課題, 日本原子力学会誌, 63, 1, 50-54, 2021.
- [5] 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.