

企画セッション | 委員会セッション：標準委員会

■ 2019年9月12日(木) 13:00 ~ 14:30 | 会場 共通教育棟 2F C22

[2G_PL] 外部ハザードにかかる学協会規格の整備をどう進めるか？

座長: 関村 直人(東大)

[2G_PL01] 外部ハザードに対する原子力安全の基本的考え方

*高田 孝¹ (1. JAEA)

[2G_PL02] 外部ハザードに係る国際動向

*小林 恒一¹ (1. 規制庁)

[2G_PL03] 外部ハザードに係る国内外の対応状況

*小林 哲朗¹ (1. J-POWER)

[2G_PL04] 外部ハザード学協会規格が備えるべき事項

*成宮 祥介¹ (1. 原安進)

[2G_PL05] 総合討論

標準委員会セッション

外部ハザードにかかる学協会規格の整備をどう進めるか？

Systematical Application of Standards for Safety Enhancement against External Hazards

(1) 外部ハザードに対する原子力安全の基本的考え方

(1) Basic Attitude toward Nuclear Safety against External Hazards

*高田 孝¹, 成宮 祥介², 小林 哲朗³¹ 日本原子力研究開発機構, ² 原子力安全推進協会, ³ 電源開発

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓から、外部ハザードにかかる規制範囲の拡充とそれに適合するための対策実施が行われている。適合と審査されたプラントは、外的事象に対して安全性は高いと考えられる。しかし、十分な条件設定で設計した設備対策だけでは、外部ハザードの想定を超える影響、新しい外部ハザードの発生、など、条件の変化に対応できない。原子力発電所が外部ハザードに対して高い安全性を将来にわたり維持していくために、実行可能で合理的なリスク情報を活用した取り組み（対策とマネジメント）が必要である。そこで設計で考える領域と設計を超える領域の対応の考え方、そして、不確実さの大きい外部ハザードに対する安全余裕の考え方、について合理的な規制及び対策につながる議論が必要であり、それらの考え方を具現化していく学協会規格への反映が重要である。

標準委員会原子力安全検討会では、地震工学会の地震安全基本原則研究委員会と協働して地震安全にかかる基本的考え方と実践へのアプローチを議論（地震安全基本原則分科会、2016.5～2018.3）していることを踏まえ、地震だけでなく、他の外部ハザードについても、安全にかかる基本的考え方をまとめ、学協会規格整備及び評価手法・対策技術の研究開発の進展にかかる提言を検討している（外的事象安全検討会 2018.3～）。本報では、これまでの検討で議論された外部ハザードに対する原子力安全の基本的考え方について概説する。

2. 基本的考え方

外部ハザードの大きな特徴は、発生頻度はその影響に対し不確かさが大きいこと、また空間的にも時間的にも広範囲になる可能性があることである。このため、リスクを全体的にかつ合理的に低減させることが重要となる。これまで検討された基本的な考え方を図1に示す。

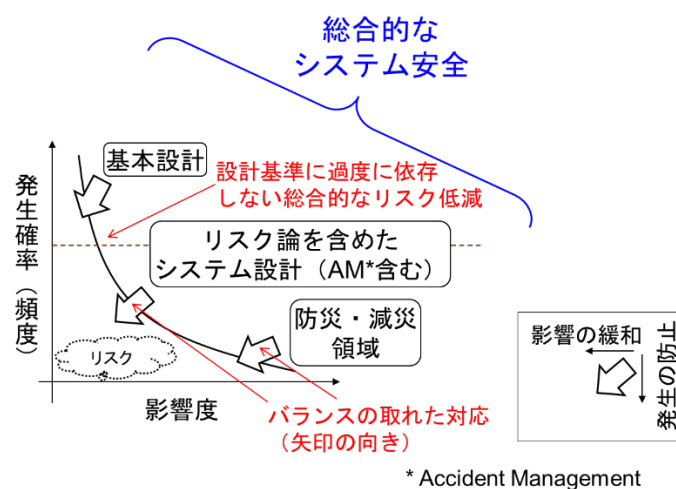


図1 外部ハザードに対する安全確保のための基本的な考え方

図は一般的な外部ハザードにおける影響度とその発生頻度を示したものであり、この曲線に囲まれた領域の大きさがリスクの大きさに相当する。リスク低減に対する基本的な対処としては、基本設計、システ

ム設計（AM 含む）、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。従来の安全確保では、設計基準として、基本設計とシステム設計とを明確にすみ分け、それぞれの領域での安全対策が検討される。しかしながら、本来リスクを総合的に低減させる観点では設計基準は区分にすぎず、設計基準に過度に依存することなく、総合的にリスクを低減させることが重要と考えられる。また、リスクを総合的に低減させるためには緊急時の対応としての防災・減災も含めることが重要である。特に外部ハザードでは、その影響が原子力発電所外にも及ぼしている場合が大きく、その影響も含めた対策において対応する機関とどのような連携ができるかを常時協議することが重要となる。

リスクを総合的に低減するためには、頻度の高い領域では発生の防止（図中の下向きの矢印）に重点を、影響度の高い領域では影響の緩和（図中の左向きの矢印）に重点をおくことが有効であるといったように、それぞれの領域で発生の防止と影響の緩和を合理的に組み合わせた安全確保が重要となる。そのためには、リスク情報（決定的、確率論的リスク評価を含む）を活用した意思決定プロセス（リスクマネジメント）ならびに、機器や設備だけでなく、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により安全を確保することが重要である。なお、リスク情報を活用した意思決定プロセスは原子力発電所のすべてのフェーズで行われるべきである。

また、安全確保と直接関係するものではないが、基本設計においては安全設計だけではなく、原子力発電所の社会的役割を供用期間中に継続的に果たすこと（供用性の確保）を目的とした性能設計の観点も重要となることが議論された。

3. 外部ハザードの選定

安全確保の基本的考え方ではリスク情報活用が重要となるが、これはすべての外部ハザードにおいて確率論的リスク評価を行う必要があるわけではなく、外部ハザードの発生頻度やその特性に応じたリスク評価を行うべきであり、外部ハザードの選定をおこなうことが重要となる。外部ハザードの選定に関しては学会標準[1]を参考に、評価すべき外部ハザード（重畳も含む）の選定と分類化の整理が重要となる。

4. おわりに

標準委員会原子力安全検討会で設置された分科会（地震安全基本原則分科会、外的事象安全検討会）での議論をもとに、これまでの検討で議論された外部ハザードに対する原子力安全の基本的考え方についてまとめた。次報以降では、外部ハザードに係る国際動向、国内外の具体的な対応状況を概説した後、議論された基本的考え方をもとに今後学協会規格が備えるべき事項について報告する。

参考文献

[1] 日本原子力学会標準委員会, AESJ-SC-RK008:2014, 2014.

*Takashi Takata¹, Yoshiyuki Narumiya², Tetsuro Kobayashi³

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Japan Nuclear Safety Institute, ³Electric Power Development Co., Ltd. (J-POWER)

標準委員会セッション

外部ハザードに係る学協会規格の整備をどう進めるか？

Systematical Application of Standards for Safety Enhancement against External Hazards

(2) 外部ハザードに係る国際動向

(2) International Discussion on External Hazards

*小林 恒一¹¹原子力規制庁

1. はじめに

平成 25 年 7 月 8 日に改正原子炉等規制法^aが施行され、従前の基準と比較して、重大事故等を防止するための設計基準が強化されるとともに、重大事故等やテロが発生した場合に対処するための基準が新設された。さらに、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓である「自然事象に起因する共通要因による安全機能の喪失」を踏まえて、地盤について「将来活動する可能性のある断層等の評価」、地震について「断層連動の考慮や地下構造の把握等による地震・地震動規模の想定」、津波について「基準津波やドライサイト等の規制要求の明確化」等の規制基準の見直しを行った。また、地震・津波以外の自然事象として竜巻・火山等の要求を明確化した評価ガイドを制定した。

このように自然事象関連の規制基準の見直し及び強化が行われたことを踏まえ、本報告は外部ハザードのうち自然ハザードを中心に、基準等及びそれらの知見拡充に関する規制研究の国際動向調査について報告する。また、SSC^bのフラジリティを含めたシステム全体の安全性評価のための自然事象に係る情報も報告する。

なお、本報告は、原子力規制庁の地震・津波研究部門に関わる外部ハザードに関する国際業務から抽出したものであり、原子力規制委員会・原子力規制庁の公式見解ではなく、国際動向をすべて網羅的に調査したものではない。また、これらの国際動向は個人の意見や解釈が入ったものである。

2. 外部ハザード(自然ハザード)に係る国際動向について

2-1. 国際動向の調査方法

原子力規制委員会では、最新の科学的・技術的知見に基づく規制基準の継続的改善のため、IAEA 基準の見直し動向等から規制基準を継続的に改善する施策を進めている。

自然ハザードに関する国際動向についても、上記の考え方にに基づき、主に以下の 4 つの手段により動向調査を行っている。

1) IAEA 関連

- ・ IAEA 安全基準(安全要件(Safety Requirements)、安全指針(Safety Guides)) のドラフト案の検討
- ・ IAEA 安全基準(安全要件(Safety Requirements)、安全指針(Safety Guides)、技術文書(Tecdoc)、安全報告書類(Safety Report)を含む)に関する技術会合(TM)、専門家会合(CS)への参加
- ・ IAEA/EESS(External Events Safety Section)/EBP(特別抛出金活動)での Working Area

2) OECD/NEA/CNSI^c関連

- ・ WGIAGE(Working Group on Integrity and Aging of Components and Structures)の Seismic sub-Group への参加、関連情報の入手および議論
- ・ WGEV(Working Group on External Events)への参加、関連情報の入手および議論

3) NRC/RES^dとの情報交換

^a 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

^b System Structure Component

^c Organization for Economic Co-operation and Development Nuclear Energy Agency Committee on the Safety of Nuclear Installations

・ NRC/RES の Division of Engineering と年 1 回程度の情報交換会

4) 国内外の研究論文調査等による継続的な知見収集

・ 自然ハザードおよびその対策等に関する研究論文の収集を毎年行い、スクリーニングを実施。

2-2. 自然ハザードに係る国際動向

- ・ 原子力施設に大きな影響を与える自然ハザードとして、地震事象に関する関心が国際的に高い。特に、これまでの地震被害調査を踏まえると、①地震による影響が広範囲に及ぶこと、②SSC に共通して影響を及ぼす共通起因事象であること、③地震に伴う随伴事象（地滑り、岩盤の支持・変位・変形、液状化）が発生することから、これらについての基準等の整備が最優先で行われてきた。
- ・ 地震・地震動自体に大きな不確かさを有していることから、確率論的地震ハザード評価を検討する研究が多くみられる。
- ・ 洪水（津波を含む。）については、地震の次に国際的に関心の高い自然ハザードであり、例えば OECD/NEA の WGEV は、防護設計を含む洪水ハザードの事例調査を実施している。
- ・ 地震、洪水（津波を含む。）以外の自然ハザードについても、WGEV は各国の取り組みを調査している。また、IAEA の安全基準 NS-G-1.5「原子力発電所の設計における地震を除く外的事象」は、これらの見直しを行っている。

3. まとめ

外部ハザードのうち、自然ハザードを中心に国際動向に関する調査を行った結果、更なる安全性評価のためには以下のような課題が考えられる。

- 1) 自然ハザードは、地質環境や気候条件等に大きく影響されるので、国内外の自然ハザード自体の評価及びそれらに対する対策の動向を知ることが重要である。特に、自然ハザードに関する科学的知見は、調査する対象分野が広いので、学協会、事業者、規制者のそれぞれが知見収集や分析の責任を負っている。国内外の自然ハザードの特徴を分析し規制に反映するためには、学協会は自然ハザード分野の各学会（日本地震学会^[1] 等）との関係を確立すべき。
- 2) 本学会で提言しているプラントの安全性向上は、SSC のフラジリティ評価を含めたリスク情報を活用し合理的包括的に行うために実施するための基本的な考え方であるが、ハザード自体の不確かさを考えた場合、ハザードの評価の精度向上に向けた取り組みを優先すべき。
- 3) 東京電力福島第一原子力発電所事故の経験を踏まえると、地震や津波等の自然ハザードについては、各事象の特徴（不確かさ等）を評価した上で頑健性を持った具体的な安全対策を行うべきである。特に、低頻度で規模が大きな地震に関する科学的知見が少ない中、そのモデル化（地震規模の設定）、断層モデルを用いた強震動予測手法の適用性、ロジックツリーの評価（各分岐点の専門家の重み付けの考え方）、不確かさの評価等の確率論的地震ハザード評価の検討課題に研究者は熱心であるが、実務的に扱う場合の不確かさ等を基準化するための課題に対して学協会が優先的に取り組むべきではないか。

<参考文献>

[1] 山岡耕春：地震学と原子力、日本原子力学会誌、Vol.61、No.3、2019*

*Koichi Kobayashi¹

¹Nuclear Regulation Authority, Japan

^d The U. S. Nuclear Regulatory Commission, Office of Nuclear Regulatory Research

標準委員会セッション

外部ハザードにかかる学協会規格の整備をどう進めるか？

Systematical Application of Standards for Safety Enhancement against External Hazards

(3) 外部ハザードに係る国内外の対応状況

(3) Status of Response to External Hazards on the Existing Nuclear Power Plants

*小林 哲朗¹, 高田 孝², 成宮 祥介³¹電源開発, ²日本原子力研究開発機構, ³原子力安全推進協会

1. はじめに

標準委員会原子力安全検討会「外的事象安全分科会」では、外部ハザード（自然ハザード及び故意によらない人為ハザード）に対する原子力の安全確保・向上のための基本的な考え方を検討している。本稿では、分科会で調査した国内外の規制要件等の現状を紹介し、それらの分析により得られた課題等について述べる。

2. 国内の原子力発電所の現状

2-1. 規制要件等

国内の規制においては、福島第一原子力発電所事故（以下、「福島第一事故」という。）の教訓を踏まえた平成24年6月の原子炉等規制法改正において、外部ハザードに関しては、共通要因故障をもたらす自然現象等に係る想定的大幅な見直しとそれに対する防護対策の強化が図られた。表1に、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（以下「設置許可基準規則」という。）の外部ハザードに関係する条文を示す。設置許可基準規則を含む規制基準等における外部ハザードの主な扱いは以下のとおり。

- ・設計基準対象施設、重大事故等対処施設とも自然ハザードの評価・防護対象としている。
- ・重大事故等対処施設のうち特定重大事故等対処施設には、基準地震動を一定程度超える地震や津波に対して頑健性を高めることを求めている。また、兼用キャスクについては、安全機能を損なうかどうかを設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる告示に定められた地震力等も選択できる。
- ・設計基準である基準地震動や基準津波を策定する際には、確率論的なハザード評価に基づく年超過確率に対して基準地震動や基準津波がどのようなレベルにあるのかを参照することが求められており、基準地震動であれば概ね年超過確率 10^{-4} ~ 10^{-5} であることが規制基準適合性審査にて確認されている。
- ・設計基準を超える外部ハザードの具体的な想定に係る規定はないが、設計想定を大幅に超える大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる発電用原子炉施設の大規模損壊が発生した場合における保全活動を行う体制の整備に関する措置を求めている。

なお、上述の許認可の他に、原子炉等規制法で定められた安全性向上評価制度があり、事業者が、定期的に発電用原子炉施設の安全性について自ら評価し、原子力規制委員会への届出、公表することとされている。外部ハザードについては、外部事象に係る評価（最新知見に基づく設計基準見直し要否等の評価）、外部事象に係るPRA及び安全裕度評価を行うこととされている。ただし、この評価結果に対する基準等の規定はない。

2-2. 原子力発電所における対応

規制基準適合性審査で示された主な対応例[1]は以下のとおり。

(a) 地震

不確かさを考慮して、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から基準地震動を策定し、耐震設計方針を

定めるとともに、安全機能が損なわれないことを確認している。なお、基準地震動による地震力に組み合わせる自然現象による荷重は積雪荷重、風荷重等としている。

(b) 津 波

地震、地すべり、斜面崩壊その他の要因及びこれらの組合せによるものを複数選定し、不確かさを考慮して基準津波を策定し、耐津波設計方針を定めるとともに、防潮堤等の対策を加えた上で安全機能が損なわれないことを確認している。

(c) 地震・津波以外の自然現象及び人為事象

国内外の基準や文献等から自然現象を収集し、海外の選定基準を考慮の上、発電所の敷地及び敷地周辺の自然環境を基に、安全施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象を抽出している。同様に、安全施設の安全機能に影響を及ぼし得る人為事象（故意によるものを除く）を抽出している。また、抽出した自然現象及び人為事象に対して、必要に応じて飛来物防護ネット（竜巻）、フィルタ（降下火砕物）、防火帯（外部火災）等の対策を加えた上で安全機能が損なわれないことを確認している。なお、自然現象の組合せについては、事象の包絡性、影響の大小及び同時発生観点から選定している。

また、事業者は、規制基準適合に加えて、安全性向上に向けた自主的な取組みの一環として外部事象に対する評価・対策を行っている。以下に安全性向上評価届出に示された主な対応例[2]を示す。

PRA では、地震及び津波の出力運転時の炉心損傷頻度 CDF、格納容器機能喪失頻度 CFF 及び 137Cs 放出量が 100TBq を超える事故の発生頻度を評価し、設備機能や運転管理の役割を定量的に把握して安全性向上に繋げている。なお、PRA 手法の成熟状況に応じ、地震に伴う津波（重畳事象）等、段階的に拡張することとしている。また、安全裕度評価 では、地震、津波、これらの重畳や随伴事象、号機間相互影響、その他外部事象（自然現象）に対して評価し、設計上の想定を超える外部事象に対する発電所の設備の潜在的脆弱性又は頑健性を把握して安全性向上に繋げている。なお、その他外部事象については、風速等のハザード値が算出できる事象は、年超過確率を踏まえ、その事象が発生した場合の影響を半定量的に評価し、それ以外は、極端に確率が低い事象を除き、敷地の立地や地理的条件により発生しても影響が起これない事象、影響が他の事象に包絡される事象、予想される影響が運用で対処できる事象に分類し定性的に評価している。

表 1 外部ハザードに関連する設置許可基準規則の条文

設置許可基準規則	対象施設	外部ハザード等（故意によるものを除く）
第 3 条 設計基準対象施設の地盤 第 38 条 重大事故等対処施設の地盤	設計基準対象施設 重大事故等対処施設	地震
第 4 条 地震による損傷の防止 第 39 条 地震による損傷の防止	設計基準対象施設 重大事故等対処施設	地震
第 5 条 津波による損傷の防止 第 40 条 津波による損傷の防止	設計基準対象施設 重大事故等対処施設	津波
第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止	設計基準対象施設	自然現象：洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等 人為による事象：飛来物(航空機落下等)、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害等
第 43 条 重大事故等対処設備 第 1 項*1 第 1 号[環境条件及び荷重条件] 第 2 項*2 第 3 号[設計基準事故対処設備との多様性] 第 3 項*3 第 3 号[複数の接続口] 第 5 号[保管場所] 第 6 号[アクセスルートの確保] 第 7 号[設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備との多様性]	重大事故等対処施設	*1：温度、放射線、荷重その他の使用条件 *2：共通要因 *3：共通要因、地震、津波その他の自然現象 注) *1～3 により、台風、竜巻、積雪等の自然現象に対する考慮を実質的に要求[3]

3. 海外の原子力発電所の現状

3-1. 国際機関等

(1) 国際原子力機関 (IAEA)

IAEA の安全基準で外部ハザードに関するものには、SSR-2/1 (原子力発電所の安全性；設計)、NS-G-1.5 (設計における地震を除く外部事象)、NS-G-1.6 (耐震設計と耐震性能保証)、NS-G-3.1 (立地評価における外部人為事象)、NS-R-3 (原子力施設の立地評価)、SSG-9 (立地評価における地震ハザード)、SSG-18 (サイト評価における気象及び水理ハザード) 及び SSG-21 (立地評価における火山ハザード) 等がある。

(2) 欧州原子力規制者会議 (WENRA)

WENRA の安全参照レベル (Safety Reference Level) では、外的ハザードについて、より具体的な要件が示されており、それに関連するものとして Issue F (設計拡張) と Issue T (自然ハザード) がある。

Issue F では、深層防護の一部としての設計拡張条件 (DEC) を、IAEA SSR-2/1 と同義でシビアアクシデント条件も含まれ、決定論的及び確率論的な評価の組合せの他、工学的判断に基づき選定するとしている。

Issue T は、福島第一事故を踏まえ 2014 年 9 月に追加されたもので、その構成は以下のとおり。

T1 目標

T2 自然ハザードの特定

T3 サイト個別自然ハザードのスクリーニング及び評価

T4 設計基準事象の定義

T5 設計基準事象に対する防護

T6 設計基準を超えるより過酷な事象の考慮

自然ハザードの評価 (T3) については、実施可能であればハザードの重篤度 (例：強度、継続時間) と発生頻度の関係を得ること、ある程度起こり得る事象の最大のハザード強度 (Maximum Credible Hazard) を決定するとされており、設計基準事象の発生頻度 (T4) については、 10^{-4} /年 未満を共通目標値としている。また、設計基準を超えるより過酷な事象 (T6) の選定及び解析については、①設計基準をわずかに超えただけでシビアアクシデントに至らないかの確認、②著しい炉心損傷や早期又は大規模放出の可能性に対する寄与の把握、③プラント脆弱性の特定並びにロバストネス改善及び防護コンセプト向上の可能性の特定、が目的とされている。また、Issue T のガイダンス文書では、73 個の自然ハザードが例示されており、定期安全レビュー PSR でのサイト個別評価も求めている。

(3) ASAMPSA_E プロジェクト

福島第一事故を踏まえ、PRA の適用範囲の拡張・高度化による安全性向上への寄与を目的に、欧州の諸機関を中心に実施された ASAMPSA_E (Advanced Safety Assessment Methodologies: extend PSA) プロジェクトでは、外部ハザードリストとして、73 個の自然ハザード (前述の Issue T と同じ) 及び 24 個の人為ハザードが例示され、それらの相互相関が示されている。

3-2. 欧米各国

欧州では、WENRA 安全参照レベルを規制にまだ取り込んでいない国もあるものの、その考え方が主流となっている。以下に、いくつかの国を例に外的ハザードの設計基準事象に係る規定を中心に紹介する。

(1) フィンランド

福島第一事故以前からフルスコープ PRA に積極的に取り組んでいるなど、従来から安全性向上に最も注力している国のひとつである。

放射線原子力安全庁 (STUK) の安全指針 YVL の B.7 (内部及び外部ハザードに対する対策) では、外部ハザードの設計基準事象としてその発生確率の中央値の信頼度レベルで 10^{-5} /年未満、地震を除く外部事象の DEC として、その発生確率を $10^{-5} \sim 10^{-7}$ /年 (地震では 10^{-7} /年か最大表面加速度 0.2g の大きい方) と規定している (WENRA 安全参照レベルでは DEC の発生確率を定めていない)。

また、YVL の A.7 (PSA とリスク管理) に、新設炉の場合、CDF (10^{-5} /年未満) 及び早期大規模放出

頻度 LERF (5×10^{-7} /年未満) の設計目標が規定され、設計変更の判断基準になっている。

なお、政府主導の SAFIR プロジェクトでは、気候変動や地球温暖化について、温度、風速、雨等への影響（特にバルト海の水面上昇の影響が大きい）、PRA 手法の高度化等が研究されている。

(2) 英 国

原子力規制局（ONR）の安全評価原則 SAP では、施設の安全性に重大な影響を及ぼさない又は発生頻度が 10^{-7} /年未満の外部ハザードは除外できるとしており、外部ハザードの設計基準事象は、自然ハザードで 1 万年に 1 回以上、人為ハザードで 10 万年に 1 回以上の超過確率を有するものと規定している。

また、技術評価ガイド TAG の NS-TAST-GD-013（外部ハザード）には、外部ハザードが例示されるとともに、自然ハザードに対する設計クライテリアとして事象発生頻度と実効線量の関係が示されている。

(3) 米 国

原子力規制委員会（NRC）の 10CFR Part 50 附則 A の一般設計指針 GDC-2 の「自然現象に対する防護の設計基準」には、地震、竜巻、ハリケーン、洪水等の対象となる自然現象やその影響の組合せ、安全機能の重要度の考慮等を、GDC-4 の「耐環境及び動的影響の設計基準」には、外部ミサイルの影響の考慮を規定している。

設計基準事象としては、NUREG-0800（標準審査指針）に、潜在的被ばくが規制要件（非居住区域境界で 2 時間に受ける実効線量当量が 25rem を超えない等）を超える事象の発生確率が 10^{-7} /年を超える事象、又は発生確率に対する定性的評価と合理的な確率を組み合わせた事象の発生確率が 10^{-6} /年を超える事象と規定している。また、Reg. Guide 等には、地震、洪水、竜巻、ハリケーン、航空機落下の発生確率と影響を踏まえた規制要件が個別に定められている。

なお、NRC では、耐震に係るプラントの潜在的な改造判断に、地震 CDF (10^{-5} /年以下) 及び地震 LERF (10^{-6} /年以下) を活用しており、また、福島第一事故後に導入された FLEX 設備の耐震改修判断には高信頼度低損傷確率値（HCLPF: High Confidence of Low Probability of Failure）を活用している。

4. 現状の分析

国内の現状として、外部ハザードのリストアップと評価対象とする外部ハザードの選定、設計想定を大幅に超える大規模な自然災害による大規模損壊への対策等については、海外と比較して遜色はないものの、外部ハザードの設計基準事象の年超過確率、CDF、LERF 等の設計目標が明確にされておらず、安全性向上評価制度が米国 SAR や欧州 PSR よりも低い位置付けとなっていることもあり、海外に比べてリスク活用は限定的なものとなっている。

また、設計基準を超える外部事象について、そのハザードレベルの考え方とその適切な評価手法、気候変動や地球温暖化がハザードレベルや原子力発電所に与える影響も検討すべき課題と考えられる。

その他、データの不確実性や将来の気候変動の観点で結果的に地域性を考慮していない竜巻の最大風速（藤田スケール 3 の最大値相当）にて防護対策を行う考え方、設置許可基準規則等に示されているものの実質的に活用しづらい特定重大事故等対処施設の免震・制震構造や兼用キャスクの告示に定められた地震力等を課題とする意見もある。

5. おわりに

以上、本稿では外的事象安全分科会にて国内外の規制要件等について調査・分析した主な結果を述べた。これらを踏まえ、今後、外部ハザードに対する原子力の安全確保・向上のための基本的な考え方を整理し、学協会規格への反映、研究・技術課題の抽出等に繋げることとしたい。

参考文献

- [1] 原子力規制委員会「関西電力株式会社高浜発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書（3 号及び 4 号発電用原子炉施設の変更）に関する審査書（核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 43 条の 3 の 6 第 1 項第 2 号（技術的能力に係るもの）、第 3 号及び第 4 号関連）」（平成 27 年 2 月 12 日）

- [2] 安全性向上評価届出書 川内原子力発電所第1号機(平成29年7月6日、平成30年3月30日一部補正、平成31年1月7日)
- [3] 原子力規制委員会「実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について」(平成30年12月19日改訂)

*Tetsuro Kobayashi¹, Takashi Takata² and Yoshiyuki Narumiya³

¹Electric Power Development Co., Ltd. (J-POWER), ²Japan Atomic Energy Agency, ³Japan Nuclear Safety Institute

標準委員会セッション

外部ハザードにかかる学協会規格の整備をどう進めるか？

Systematical Application of Standards for Safety Enhancement against External Hazards

(4) 外部ハザード学協会規格が備えるべき事項

(4) Significant Contents of the External Hazards Standards

*成宮 祥介¹，高田 孝²，小林 哲朗³¹原子力安全推進協会，²日本原子力研究開発機構，³電源開発

1. はじめに

原子力学会標準委員会の原子力安全検討会では、地震工学会にて検討が開始された地震安全の原則の検討に、協働し2019年度の報告書完成を目指しているが、その地震安全にかかる基本的考え方を、地震以外の外部ハザードに拡張するために、2018年度より「外的事象安全分科会」を設け、外的事象にかかる原子力安全確保・向上のための基本的な考え方を検討している。本稿では、外的事象安全分科会での検討結果を踏まえて学協会規格の制改定を進めていくために、備えるべき事項を分析する。企画セッションでは、この事項を基に論点を展開し会場を交えて総合討論する。

2. 外部ハザード学協会規格の高度化

2-1. 学協会規格の現状

外部ハザード（自然ハザード，人為ハザード）に対する原子力安全のための学協会規格は、設計にかかる学協会規格（電気協会：耐震設計技術規程 JEAC4601/技術指針 JEAG4601、耐津波設計技術規程 JEAC4629、火山影響評価技術指針 JEAG4625、原子力学会：地震 PRA 標準、津波 PRA 標準、外的事象リスク評価選定標準、他）が制定・発行されている。そして、原子力発電所における設計に用いられるとともに、リスク評価を行い原子力発電所の安全性向上に役立っている。

しかし、リスク情報を活用した学協会規格への改定は未だ検討中であり、地震、津波、火山以外の外部ハザードについては、学協会規格の整備は未だであり、「保守」「マネジメント」にかかる学協会規格も未整備である。多種多様な外部ハザードに、リスク情報を活用した合理的な学協会規格を整備することが急務である。

2-2. 学協会規格高度化の目指す姿

リスク情報を活用した設計活動、保守活動、マネジメント活動などは原子力の安全性向上に、効率的実行性をもたせる。PRA に代表されるリスク評価から得たリスク情報は原子力発電所のリスク状態を俯瞰し SSC（構築物，系統，設備）の相互関係によるプラント総合機能の視点から、安全性を向上すべき点を把握できる。また、外部ハザードの対応策を決める際、あるいは改善する際には、リスク評価結果、たとえば PRA を用いた場合には炉心損傷頻度 CDF の数値結果を判断材料にするだけでなく、対応策に必要な費用、工事期間、周辺住民の意見などの考慮も必要である。その特性（頻度・規模の不確実さ、広域性、同時性、共通原因、従属事象発生など）から外部ハザードの場合には特に統合的リスク情報活用意思決定（IRIDM：Integrated Risk-Informed Decision Making）プロセスが有効である。その実施基準が必要であるとともに、設計、保守などの保安活動の学協会規格においてもリスク情報の用い方、判断基準、継続的なプロセスなどを IRIDM の標準を適宜利用して、効率的効果的な外部ハザード対応策の決定を行えることが望ましいと考える。

いままでの学協会規格は、活動に合わせて「設計」「リスク評価」などに分冊されている。活動を行う部署がそれぞれ独立していることから、そのほうが使用利便性は高い。ただ、リスク情報活用の規格にするためには、各規格の連携をいままで以上に密に、かつ丁寧に持たせる必要がある。規格には「引用規格」を設定し規定の一部を別の規格の規定に依存することができる。

3. 外部ハザード学協会規格が備えるべき事項

外部ハザードの有する特性から、次のような事項を含んだものであると考えた。

- 1) 不確実さの扱い：発生頻度が高くいわゆる設計領域と考えられるハザード強度領域では想定条件に余裕を持たせることで安全は確保できるが、発生頻度が低く影響が大きい領域では生じるシナリオが多種多様になり時間的にも変化する可能性があるので単純に安全余裕を大きくとるだけでは対応に抜けが生じるおそれがある。そこで定量的不確実さ解析を行うとともに定性的な評価しかできない場合においても、不確実さのためにカバーできていない可能性のあるハザード領域に対し丁寧に緻密なモニタリングを行う、世界的に自然災害情報に注視し反映すべき知見を見出す、不確実さ幅を超えたシナリオが発生した場合に備え外部支援も含んだ対応策を準備しておく、などの臨機応変かつ柔軟な対応策を作るための規定を有する規格が必要である。
- 2) 事故シナリオの選定：リスク評価から得られる外部ハザードの事故シナリオは多岐に及ぶ。さらに同時に複数箇所、複数設備、で異常事態になり対応の優先順位、対応設備の使用時間など配慮しておくために事故シナリオを整理し影響・頻度の視点からグレード分けしておくことが有効である。
- 3) 規格の階層化：対応策あるいは評価方法を詳細かつ具体的に規定することは、複雑で対応期間が長く不明確な外部ハザードに関して必ずしも有効ではない。固定的な対応策だけでは時間とともに変化する外部ハザードに対応できない。そこで「性能的規定」「仕様の規定」「詳細方法」「例示」のように規格を階層化して策定することにより新技術の導入が容易になる。
- 4) 防災にかかる規定：外部ハザードは発電所内のみに影響を及ぼすばかりではない。規模の大きいものになるとサイト周辺のかかなりの広域において被害が及ぶ場合もある。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・人員の搬入もあるので、防災にかかる規定も重要である。
- 5) 新知見の迅速な取り入れ：外部ハザードは種類や影響の大きさに地域性はあるものの世界中で発生する。我が国に影響が及ばない外部ハザードであっても、あるいは被害対象が原子力施設でなくとも、外部ハザードにかかる情報は随時把握し、必要なものは分析・対応策検討を行うことが必要である。
- 6) 対応策考慮時の多面的思考：1) でも述べたことと共通するが、外部ハザードに対する対応策を考える際に、外部ハザードが引き起こす事故シナリオが複雑になることから対応策の実効的なマネジメントとして、対応策の流用、人員設備の分配方法の効率的検討を事前に行い、決めておき、円滑なクライシスマネジメントに移行できることが重要である。
- 7) 外部ハザード全体を総括する規格の重要性：外部ハザードは種々なものが含まれる。サイトに依り必要な外部ハザードを選定し適切な対応策を決めて取り組むのであるが、スクリーニングと適切な評価方法を決めた規格も重要である。

4 おわりに

外部ハザードの特性から臨機応変かつ柔軟な対応策を行うことが規定された学協会規格の必要性、重要性を展開した。多種多様な外部ハザードに、十分な余裕をもった想定条件での余裕のある対応策は、一時的には可能でも継続できない。限られたリソースを効率的に分配して安全性を維持向上していくこともリスクマネジメントの目的である。リスク情報活用が、単に PRA の数値結果を使うだけではないことから IRIDM のプロセスとのリンクに依る規格高度化の概念検討を行った。

* Yoshiyuki Narumiya¹, Takashi Takata², and Tetsuro Kobayashi³

¹Japan Nuclear Safety Institute, ²Japan Atomic Energy Agency, ³Electric Power Development Co., Ltd. (J-POWER)

企画セッション | 委員会セッション | 標準委員会

[2G_PL] 外部ハザードにかかる学協会規格の整備をどう進めるか？

座長:関村 直人(東大)

2019年9月12日(木) 13:00 ~ 14:30 G会場 (共通教育棟 2F C22)

[2G_PL05]総合討論

東電福島第一原子力発電所事故の教訓から、地震、津波のみならず外部ハザードに対する安全向上の取り組みが規制、事業者、研究機関、メーカ等で鋭意進められてきた。不確実さの大きい外部ハザードに対して今後、継続的に安全性を向上させていくため、新知見の適切な反映と実行可能で合理的なリスク情報を活用した取り組み（対策とマネジメント）が必要である。標準委員会は、外部ハザードにかかる学協会規格整備及び評価手法・対策技術の研究開発の進展のために、本企画セッションで、基本的な考え方、国内外の外部ハザード対策の現状分析、そして規格に必要な事項について意見交換を行う。