

BC11

標準委員会セッション1 (リスク専門部会)

リスク評価の完全性を目指した取組とその意義

(大阪大学) 山口 彰、(関西電力) 成宮 祥介、
(原子力エンジニアリング) 倉本 孝弘

1. はじめに

確率論的リスク評価(PRA)は、その影響と発生確率を、定量化された不確実さを伴った形で把握できる手法である。リスク専門部会では、今までに10に及ぶPRA実施基準を策定・改訂してきた。それらは、事業者のAM策抽出や有効性評価、さらにPSRにおける安全確認において、用いられてきたとともに、新規基準の申請に参照されるなど、活用されている。機器故障や人的過誤に起因する内的事象については、炉心損傷、格納容器破損、放射性物質環境放出、周辺環境影響にいたる、いわゆるレベル1PRA、レベル2PRAからレベル3PRAまでを、運転中と停止時それぞれについて、実施できるように実施基準を整備した。さらに、PRAの品質確保に重要なピアレビューや専門家判断については独立の実施基準を整備し、PRAで用いる故障率などのPRAパラメータの推定手法の実施基準も整備している。発電所の外部に起因する事象により引き起こされる外的事象PRAについても、地震PRA、津波PRAを整備し、内部火災PRA、内部溢水PRAについても実施基準を整備した。これらのPRAは考える全ての内的・外的事象を、全てのプラント状態について評価し脆弱点などの情報を提供することにより、プラントのリスク抑制に有用な方法である。

2. 外的事象に対するリスク評価と対応の考え方

2011年3月11日に発生した東北太平洋沖地震とそれに伴う津波による、福島第一原子力発電所事故以来、地震、津波などの外的事象の影響を評価し対策をたてることの重要性が増している。

外的事象に対して原子力発電所が安全を確保するために、リスク評価がどのような役割を果たすべきか、求められる品質と実際の対応策にどのように結び付けていくべきか、の考え方を提案する。外的事象がもたらすリスクの対処としてリスクマネジメントに則り、各ステップにおける対応を整理する。ここではリスクマネジメントは、簡単のため、①モニタリング・情報収集、②分析、③評価、④対応策考案、⑤実施とする。

①においては、プラントを襲う外的事象の種類と特性を把握する。過去の文献や、残された痕跡を調査することも重要である。また海外での被害事例を参考にして将来我が国における発生可能性を予測することを試みることもひとつの手である。この段階で留意したいのは、外的事象の現象や実績の収集にあまり時間をかけないことである。簡略化するというのではなく、自然現象や偶発事象を対象にするため、収集した情報には不確実さが当然含まれるため、その確度を高めることは必ずしも、プラントのリスク低減・安全性向上に大きく寄与するとは限らないからである。次の②については、不完全な情報であることに留意して、プラントに対する作用を分析する。外的事象の特性として、発生頻度、影響の程度、進展時間、発生条件などを把握する。③の評価は、プラントへの作用の程度を把握することである。使用するモデルや専門家の解釈の相違などを要因とし、どのような規模のハザードが、どれくらいの頻度で発生し得るのかの不確実さ(ハザード解析における不確実さ)が大きくなることが挙げられる。また、大規模な地震や津波のような稀有な事象に対して、建屋、機器がどれくらい損傷するか知見が少ないなど、プラントへの影響評価(脆弱性評価)においても機能喪失の評価上の判断が難しい。加えて、複合事象の組み合わせを考えると事故シナリオが際限無く多岐にわたるので、出来るだけ広くかつ具体性のある事故シナリオを挙げるのが重要である。そして外的事象の特徴に留意しつつ、PRAやストレステストなどのリスク評価手法を

用いて影響を把握し、対策を講じていく。

3. 外的事象PRA標準の拡張と考え方と計画

プラントのリスク抑制には、考える全ての外的事象を全てのプラント状態について、評価し脆弱点などを把握することが有用である。リスク専門部会では、PRA に代表されるリスク評価の対象範囲の拡張と内容の充実に向けて、優先順位に応じた開発計画を次のとおり定めた。

これまでレベル1PRA 実施基準を整備済みの「地震」、「津波」、「火災」、「内部溢水」と、地震を起因として生じるそれらの複合事象の合計7事象を対象として、レベル(1~3)、運転状態(運転中、停止時)との組合せを考え、標準策定検討対象とした。(例えば、運転時における津波 L2PRA、あるいは停止時における地震 L1PRA など。)

それら検討対象のうち、PRA による評価が有効と考えられるもの、即ちプラントに及ぼす影響が大きく、事故シナリオが複雑な組合せになる可能性があって、PRA に依らなければリスク低減策を見出す重要なシーケンスを判断することができない事象を優先的に進める必要があるため、有効性を基準に A⁺、A、B の3つのグループに分類した。

次に、今後整備すべき実施基準の中には、事象の発生・影響・伝播の形態により、新規に手法を開発しなくてはならないものと、これまで策定済みの実施基準をベースとして、組合せ・拡張することによって整備できると考えられるものなど、実施基準の基となる技術要素の成熟度によって整備に時間を要する場合もあるため、整備に時間を要するものを優先的に策定することとし、検討物量を基準に a~d の4つのグループに分類した。

上述の有効性、検討物量を基準に次のとおり優先度が高い事象を選定した。また、分科会での標準改定作業等のスケジュールも考慮し、図1のとおり標準制定スケジュールを策定した。

- i) A⁺a 停止時 L1 地震、津波
- ii) A⁺b 運転中 L1 地震—津波
地震—内部溢水
地震—火災
- A⁺b 運転中 L3 地震、津波
- iii) A⁺c 運転中 L2 地震、津波

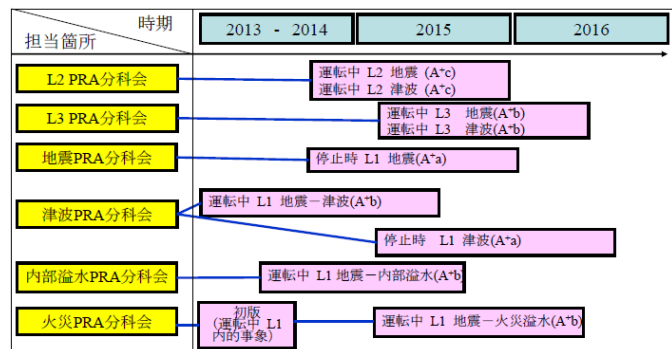


図1 標準制定スケジュール

4. 外部ハザードリスク評価選定実施基準と評価方法

新しい規制基準においても、自然現象と外部人為事象に対する設計上の考慮を求めているところである。これらの外部ハザードに対するリスク評価については、リスクの大小を見ることだけが目的ではなく、その対策を立てることに大きな目的があるため、全ての外部ハザードに対して確率論的リスク評価 (PRA) 等の詳細なリスク評価が必要ではない。リスク評価方法としては、定性的な評価、ハザード分析 (発生頻度又は影響)、裕度評価、決定論的な炉心損傷頻度 (CDF) 評価など、様々な方法が考えられる。

そこでリスク専門部会では、外部ハザードに対するリスク評価の選定に関する実施基準を策定中である。外部ハザードに関するリスク評価については、情報収集、外部ハザードの同定、特性分析による選別、定量的リスク評価方法の選定の順に、適宜既存の評価結果を利用しながら実施する。

まず、外部ハザードの同定については、自然ハザードや人為ハザード、単一ハザード及び複合事象の観点で、原

原子力発電所に対して脅威を与える可能性のある潜在的な外部ハザードを同定する。次に、同定した外部ハザードがプラントへ影響を及ぼすまでの3つの要素「発生」、「到達」、「プラントへの影響」のいずれかの観点から特性評価を行う。続いて、上記までの手順において炉心損傷リスクを有する可能性があるとして判断された外部ハザードそれぞれに対して、ハザード分析(発生頻度又は影響)、裕度評価、決定論的な炉心損傷頻度(CDF)評価、若しくはPRA等の詳細なリスク評価、いずれの定量的リスク評価を行うことが相応しいかを選定する。ハザードによっては、その事故シナリオの複雑さから、複数のリスク評価を実施する場合もある。

これらのプロセスによれば、対象とした全ての外部ハザードに対する原子力発電所の安全性を把握することができ、各ハザードに対する適切な対策の検討につながることを期待できる。