

原子力リスク研究センター 技術諮問委員会
一般財団法人 電力中央研究所
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

2015年1月24日

ジョージ・アポストラキス博士
一般財団法人電力中央研究所
原子力リスク研究センター所長
〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1

件名： 伊方発電所3号機における地震ハザード評価とフラジリティ評価

アポストラキス博士殿

2015年1月19日から23日に実施された原子力リスク研究センター（NRRC）技術諮問委員会の第2回会議で、我々は、四国電力株式会社およびNRRCスタッフと会い、伊方発電所3号機の確率論的リスク評価（PRA）の地震ハザード評価とフラジリティ評価をレビューした。四国電力スタッフは地震PRA（参考資料1）に関連する日本の基準、およびその伊方発電所での実施について概説した。NRRCスタッフは実施または検討されているハザード評価とフラジリティ評価の改善点について議論した。提供された情報に対する我々のレビューと、四国電力およびNRRCスタッフとの討議結果に基づき、本報告書では次の提言をする。

提言

1. 最近の国際慣例に沿って、四国電力は地震ハザード解析専門家委員会（Senior Seismic Hazard Analysis Committee: SSHAC）の手順（参考資料2と3）を用いた確率論的地震ハザード解析（PSHA）を行うべきである。特に、伊方3号機サイトにはSSHACレベル3以上の手順を適用するべきである。
2. 地震PRA実施に伴う、複雑性、分野横断性、判断があることから、正式なピアレビューを受けるのが現在の慣習である。これは、地震PRA策定中に行う参加型ピアレビューか地震PRA完了時に行うレビューのどちらでも構わない。いずれにしても、現行の国際慣例と整合する正式ピアレビューを、伊方3号機地震PRAを対象に実施するべきである。
3. フラジリティの改善については、可能な範囲で入手できる地震経験データを基にして、フラジリティモデルで使用するパラメータを再検証するべきである。フラジリティの相関（依存関係）の考慮は日本の地震環境において重要な考慮事項であり、維持しなければならない。提案された簡易な手法（参考資料5）は炉心損傷頻度および格納容器損傷頻度に寄与する構造物と機器を特定するものだが、これを伊方3号機地震PRAに適用する前に、一般的に確立された手法との整合性を、さらに検証するべきである。

背景

四国電力とNRRCの代表者は、伊方3号機地震PRAの地震ハザードおよびフラジリティの評価（参考資料4と5）について次の発表を行った：

1. 地震 PRA 関連基準の実施概要-（四国電力）
（注：この発表は、地震ハザード評価関連の具体的要件に集中した）
2. 伊方 3 号機における地震ハザード評価の現状 -（四国電力）
3. 伊方 3 号機における地震ハザード評価の改善 -（NRRC）
4. 地震 PRA 関連基準導入の概要-（四国電力）
（注：この発表はフラジリティ評価関連の特定要件に集中した）
5. 伊方 3 号機におけるフラジリティ評価の現状- (四国電力)
6. 伊方 3 号機におけるフラジリティ評価の改善 - (NRRC)

地震 PRA 基準に関する発表（上記 1 と 4）は、日本で地震 PRA の実施要件を定める基準 AESJ-SC-P006:2007（参考資料 1）に集中した。この基準は見直され、新たな基準が 2015 年春に制定される予定である。発表 2 で四国電力は伊方 3 号機サイトの確率論的地震ハザード評価に用いたプロセスについて話した。これは、震源の特定、実施済みの地球物理学的追加調査、地震動モデル開発、ロジックツリー方式の活用を含んでいる。同プロセスから得られた確率論的ハザードカーブと一様ハザードスペクトルも併せて発表した。この解析の主な目的は、安全審査申請のレビューのために決定論的手順で定義される設計用基準地震動（Ss）の超過確率を評価することであったと思われる。ハザード区域の高度化計画（発表 3）は、地震動伝播の追加モデルの検討と、日本の基準により近いロジックツリー方式の高度化に関するものである。

同様に、発表 5 で四国電力は伊方 3 号機のフラジリティ評価のプロセスを説明した。ウォークダウン、機器スクリーニング、フラジリティ評価手法を、いくつかの機器の結果とともに発表した。それ以外に、改善計画（発表 6）には、フラジリティ相関（依存関係）の処理、各種フラジリティ手法とそれらの使用の評価、炉心損傷頻度と格納容器損傷頻度に寄与する構造物と機器を特定する簡略化手法、可搬式電源機器などのシビアアクシデント対策のフラジリティ評価プロセスを含んだ。

議論

我々は、ハザード評価とフラジリティ評価に使われる技術的プロセス、ならびに、同プロセスが国際慣習にどう関連するかを理解するために、これらの説明を要請した。我々の目的は、必要であれば、技術的プロセスをより国際慣例に近付けるための提言をすることである。

あらゆる確率論的地震ハザード解析において目的の一つとなるのは、限定されたデータ、異なる解釈、代替モデルに関連する不確実性だけでなく、大きな内在的不確実性を考慮することである。不確実性があることや異なる解釈があることを明示的に考慮することは、PSHAを行う際に、論争を避け、信頼性を高める上で不可欠である。何より、PSHA調査の結果は、SSHACレポート（参考資料2）で述べられて

いる通り、「より広範囲の知見をもつ技術集団が調査を行うとしたら持っているだろう中心的価値観、内容、範囲を表す」べきである。原子力発電所のような重要施設においては、うまく組織化されて透明性を有する方法で、経験豊富な専門家パネルによる継続的レビューのもとで数名の専門家が参加してSSHACレベル3またはレベル4が行われることにより、不確実性が効果的に捉えられているという高度な保証になる。言い換えれば、このような強力なハザード調査はリスク評価に用いられるPSHAに対して強固な技術基盤をもたらしてくれる。SSHACレベル3以上のプロセスの適用は国際慣例で言及されていて、複数のサイトで実施されている。伊方3号機地震PRAにSSHACレベル3プロセスを全面的に活用することは、高い信頼性と、現在の科学知識をより正確に反映した結果をもたらすだろう。また、それは他の原子力発電所サイトにおけるSSHAC適用の先行事例にもなる。従って、我々は伊方3号機地震PRAにおけるSSHACレベル3プロセス適用の検討を推奨する。

地震PRAの実行に伴う、複雑性、多くの入力パラメータにおける高度の不確実性、分野横断的性質、判断があることから、現在の国際慣例では正式なピアレビューが明示的に組み込まれている。このプロセスは評価結果の総合的信頼性を大幅に向上させ、より強固な技術基盤を提供する。これが、我々がピアレビューを勧める根拠である。日本の複雑な構造地質環境と地震活動度の高さならびに地震リスクを理解したいという国民の関心を考慮すると、正式なピアレビューを行うことによって、より高い透明性と信頼性が得られるだろう。

一般に、伊方3号機のフラジリティ評価に使われているプロセスは国際慣例と一致しており、いくつかのケースではさらに高度なものとなっているようである。例えば、日本の状況のもとでは故障の相関を明示的に考慮することが重要な改善項目となっている。さらに現実性を高めるために、伊方3号機地震PRAでは可能な範囲で最近の日本における地震経験をフラジリティの検討にあたって活用することを検討すべきである。これも、より長期的な研究の一部とするべきである。発表と議論では、リスク対策に寄与する構造物と機器を特定するための簡略化スクリーニングプロセスに関連する潜在的改善策が概説された。このプロセスが、各種の国際慣例と比べてどのようなもので、そのようなプロセスを採用することの意味合いが何であるかは明らかでなかった。地震PRAの色々なレベルや色々な部分におけるスクリーニングは重要であるため、整合性のとれた形でかつ技術的にもロバストな方法でどのようにスクリーニングプロセスを適用するかについては、現在、かなり活発な議論がなされている。従って我々は伊方3号機地震PRAにおいて、まず標準的なスクリーニング手法を適用し、その後、提案された手法の適用性評価を実施することを推奨する。

敬具

ジョン・W・ステットカー（本人署名）
委員長

参考資料

1. "Implementation Standard for Probabilistic Safety Assessment of Nuclear Power Plants: 2007," AESJ-SC-P006:2007, Atomic Energy Society of Japan, September 2007.
2. "Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts," NUREG/CR-6372, Volumes 1 and 2, U.S. Nuclear Regulatory Commission, April 1997.
3. "Practical Implementation Guidelines for SSHAC Level 3 and 4 Hazard Studies," NUREG-2117, Revision 1, U.S. Nuclear Regulatory Commission, April 2012.
4. "Process of Seismic Hazard Evaluation on Ikata Unit 3," Shikoku Electric Power Company, Ltd. and NRRC Staff Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, January 20, 2015.
5. "Process of Fragility Evaluation on Ikata Unit 3," Shikoku Electric Power Company, Ltd. and NRRC Staff Presentation to NRRC Technical Advisory Committee, January 20, 2015.