

本資料は2018年6月11日付で技術諮問委員会より提出された報告書を原子力リスク研究センターにて仮訳したものです。正式な報告書は英文版の原文のみとなりますのでご注意ください。

原子力リスク研究センター (NRRC)  
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

2018年6月11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：確率論的リスク評価（PRA）のためのデータ収集実施ガイド

アポストラキス博士殿

2018年5月21日から25日に開催された原子力リスク研究センター（NRRC）の技術諮問委員会（TAC）の第9回会議で、NRRC職員と会合を行い、日本の原子力発電所における機器パフォーマンスデータの収集ガイダンスの状況について議論した。本レターは、ドラフト「確率論的リスク評価（PRA）のためのデータ収集実施ガイド」に関するTACのレビュー結果である。

## 結論と提言

1. 現在のガイダンスの範囲は、機器故障率を導出するために必要となるプラント運転経験の収集を網羅している。個別プラントデータの収集記録を文書化するフォーマットは、機器の状態や、個々の事象の分類根拠、及び関連する運転露出データと試験露出データの導出に関して、それらの判断過程をたどることができるようになっており、これは国際標準的な（state of the practice）方法と合致している。
2. データ収集のガイダンスでは、全ての原子力発電所から、すなわち、再稼働したプラント、再稼働予定のプラント、並びに廃炉となるプラントの全てから運転経験の履歴を収集すべきだということを明示的に記載すべきである。そのようなデータ収集により、日本の全てのPRA用に、可能な限り最良の一般データベースを整備することができる。
3. ガイダンスを改善して、全ての原子力発電所においてデータ収集の対象となる系統、機種及び故障モードの範囲をより分かりやすく定義すべきである。これにより、一貫したデータベースが構築され、日本の原子力産業界のための高品質なプラント個別データおよび一般データを整備するのに必ず役立つであろう。本レポートの「議論」のセクションにおいて、これらの改善の実施方法に関する提言を述べる。

## 背景

高品質な確率論的リスク評価（PRA）の整備に資するとともに、運転経験を追加収集して維持・更新していくことができる包括的なデータベースを確立するために、NRRCは日本の各原子力発電所におけるデータ収集に関するドラフトガイダンスを整備した。現在のガイダンスでは、個別の機器故障率を導出するために用いる運転経験（即ち、機器故障事象及び該当する機器のデマンド数、運転時間、及び試験間隔）の収集に関する事項を扱っている。共通原因故障パラメータ及び保守作業等による機器アンアヴェイラビリティのデータ整備に用いる運転経験の収集について、追加のガイダンスも計画されている。

レビュー用に提供されたドラフトレポートには、ガイダンスの個々の内容、データベースの記録及び文書化に関する詳細事項を記載した附属書が添付されていなかった。そのため、本レターの所見及び提言は、ドラフトガイダンスの本文のみに記載されている事項と、会議期間中のNRRC専門家との議論により補足された事項に基づいてまとめたものである。

## 議論

ガイダンス全体では、個々の機器故障率を導出するために用いるプラント個別の運転経験（即ち、オンデマンドでの機能失敗及び運転中の故障）を収集する方法について、国際標準的な（state of the practice）手法に概ね合致している。特に、事象を分類する技術的根拠についてプラント要員の判断が体系的に文書化されることにより、元の運転記録及び保守記録の再調査を必要とすることなく、機器状態の調査範囲について十分トレース可能な記録を得ることができる。同様に、機器露出データの文書化においても、機器故障率に関わる機器デマンド回数や運転時間、待機機器の試験間隔などを導出するために、運転経験、試験記録及び手法がわかりやすくまとめられるようになっている。

これらの作業の詳細文書は各プラントが保有し、機器故障及び露出データの関連記録のみがNRRCに提出されるものとTACは理解している。その後、NRRCのデータ解析専門家が、各プラントからのエビデンスを使用して機器故障率を導出する。また、全てのプラントからのデータは、包括的で一貫性のある一般データベースの整備に用いられ、これが日本の産業界全体に適用される。

日本の全ての原子力発電所の現実的かつ一貫性のある運転経験が必要なのは、包括的なデータベースを整備するためであり、これを高品質なフルスコープのレベル1PRA及びレベル2PRAで用いることにより、全プラント運転モードにおける全内部・外部ハザードからのリスクを評価する。十分に包括的な一般的データベースを整備するためには、できる限り多くのプラントから対象となるデータを収集すべきである。TACは、廃炉となるプラントからデータ収集を行うかどうかについては、まだ正式な決定はされていない、と理解している。これらのプラントから得られる

過去のデータも、2011年3月以前の産業界大の運転経験に関わるデータであり、再稼働したプラントのデータおよび再稼働予定のプラントのデータと同じように価値がある。したがって、データ収集のガイダンスにおいては、全ての原子力発電所から、すなわち、再稼働したプラント、再稼働予定のプラント並びに廃炉となるプラントからの全て運転経験の履歴を収集すべきだということを明示的に記載すべきである。そのようなデータ収集により、日本の全てのPRA用に、可能な限り最良の一般データベースを整備することができる

TAC及びNRRCのデータ専門家は、この情報収集のために相当な労力が必要であるということをも十分に認識している。さらに、この情報収集のためには、自社のプラント運転や試験、保守記録に最も精通し、入手した情報から、事象発生の際に機器状態がどの程度まで影響を受けたかを判断できるような、有用なプラント要員の協力が不可欠である。得られるリソースを最大限活用し、関連する全ての運転経験が各プラントにおいて一貫性をもって収集されるためには、これらの作業を効率的に実施することが不可欠である。このことは、将来、定期的なデータ収集に用いるプラントプログラムやデータマネジメントシステムを構築するにあたって、まず過去の運転経験の収集から始める場合に特に重要である。

TACによるレビューの結果、スクリーニング基準及び事例の範囲が狭すぎるように思われる部分があった。そのような基準を使うと、プラントデータ収集エンジニアは、プラントの運転経験の評価において、各系統の個々の機器にどの故障モードを適用すればよいのか、判断が難しくなるだろう。このような詳細な基準の解釈や適用がそのときどきで異なると、ものによっては系統、機種及び故障モードのデータ収集のしかたがプラント間で著しく異なってしまう可能性がある。そうすると、包括的かつトレーサビリティのある日本の一般データベースを構築するために用いる運転経験の中に、欠陥や不整合が生じる可能性がある。さらに、各プラントデータ収集エンジニアのスクリーニング判断が難しくなるということは、個々の故障モードデータと機器露出データとの整合性を保ちながら運転経験を収集、文書化するのにますます労力がかかるということである。

欠陥や不整合が生じ得ないようにするためには、ガイダンスを改善して、全ての原子力発電所においてデータ収集の対象となる系統、機種及び故障モードの範囲をより分かりやすく定義すべきである。TACは、ガイドの2箇所の部分について、次のように拡張することを提案する。

### データ収集の系統及び機器の範囲

どのプラントも運転経験の収集対象としている系統の「マスターリスト」をガイダンスに掲載しておくことは非常に有益である。この一般マスターリストには、日本のどの原子力発電所のPRAモデルにも含まれる全ての系統を入れておくのがよい。このマスターリストがあれば、各プラントデータ収集エンジニアは、自身の作業範囲に「何が含まれ」、「何が含まれないか」について確信を深めることができる。

系統のマスターリストの選定は、ガイダンスの重要な要素である。ガイダンスの著者は、運転中の加圧水型原子炉（PWR）及び沸騰水型原子炉（BWR）について実

施された広範なPRAに基づく経験から、まず予備的なリストを作成すべきである。その後、日本の各原子力発電所のPRA解析者に問い合わせ、現在のPRAモデルに含まれている系統の範囲と、PRA範囲の拡張に伴って追加される可能性のある系統の範囲を理解するのがよい。

実際的には、マスターリストには、現時点でプラント個別PRAの範囲には含まれていない系統が少々含まれていてもよい。これらの系統の中には、新しいハザード、運転モード、及び外部への放出リスクを評価するためのPRA拡張に合わせて追加されるものもある。また、ある系統はある個別プラントPRAには直接的には使われていないが、これらの系統の中にある機器のデータが他のプラントに使える場合もある。いずれにしても、ある個別プラントPRAモデルの詳細がどうなっているかとは別に、そのプラント内の機器の実際の運転経験は、日本の産業界全体を通じて使用する、包括的で一貫性とトレーサビリティを持つデータベースの整備と直接関連性を持っている。そのため、一般データベースの役に立つようにデータを収集すべきである。

この枠組みにおいて、各プラントのデータ収集エンジニアは、マスターリストの各系統内の全ての機器についてデータを収集することとなる。プラントデータ収集エンジニアは、プラント個別のPRA、その現在の範囲、将来の拡張の可能性、固有の機器及び故障モードのモデルに関する想定等を詳細に理解する必要はない。エンジニアは、自身の専門分野、つまりプラント運転経験の効率的な収集及び理解に集中して取り組むことができる。

この方法により、データ収集の効率が全体的に改善され、プラントリスクにとって重要と考えられる系統及び機器を常に注視しておくことができるようになる。さらに、各プラントで個々の系統や機器がもたらす関連性について、データ収集エンジニアがそれぞれ異なる解釈をすると矛盾を生ずる恐れがあるが、上の方法を採用することにより、そのような矛盾が起こる可能性を根本から排除することができる。

### **機種及び故障モードの範囲**

プラントデータ収集エンジニアは、マスターリストに含まれる全ての系統内の機種及び故障モードに関する運転経験を収集すべきである。ここでは、個々の機器故障モードに対して異なったスクリーニング基準を適用してはいけない。例えば、プラント個別のPRAモデルでは、ある電動弁に対し「開失敗」の故障モードだけが使われているかもしれない。しかし、その弁に対する運転経験には、「開失敗」及び「閉失敗」の両方の故障モードに対するエビデンスが含まれている。両故障モードに対するエビデンスは、そのプラント内の同様の電動弁のデータに関連し、さらに他のプラントの同様の電動弁のデータにも関連する。そのため、プラントデータ収集エンジニアは、ある特定の故障モードに関する運転経験をスクリーンアウトすべきではない。

繰り返しになるが、本手法を用いることで全体的な効率を上げ、プラント固有のデータにおいては一貫性を改善させ、一般的な産業界データにおいては一貫性及び完全性を改善させることが経験により示されている。これは、各プラントデータ収集

エンジニアが、個々の事象の微妙な詳細事情や、それがどのようにPRAモデルに影響を与える可能性があるか、及びこれらの考慮が最終的に事象の分類にどのように影響するかという、時として難しい判断をする必要性がなくなるからである。

NUREG/CR-6928「米国商業用原子力発電所の機器及び起因事象に関する産業界平均パフォーマンス（Industry-Average Performance for Components and Initiating Events at U.S. Commercial Nuclear Power Plants）」におけるガイダンスには、米国の多数のPRAで使用されている機類及び故障モードのリストが記載されている。特定の機種類及び故障モードに関する運転記録を、データ収集作業の範囲から誤って除外しないようにするためには、NRRCデータ収集ガイダンスの著者は本NUREGレポートを参照するのが有益であろう。ただし、NUREG/CR-6928のリストと日本のPRAデータのニーズを比較する際には注意が必要である。特に、NUREG/CR-6928に定義されている機器バウンダリは、現在の日本のPRAモデルとは多少異なっている。この差異により、回路遮断器、計装機器、リレー、固体回路またはデジタル制御回路の要素等の機器に関して、データ収集・解析方法に違いが出てくる。プラントデータ収集エンジニアがこれらの差異を確実に理解し、この種の機器及び故障モードを誤ってデータベースから除外しないようにするために、本ガイダンスには明快な実例を記載すべきである。

本ガイダンスは今後他の種類のデータも組み込んで拡張していくことから、TACはプラントデータ収集のためのこの重要なガイダンスを引き続きレビューしていきたいと考えている。また、日本の産業界の一般データベースの整備や、プラント個別データと一般データの各プラントPRA用組み合わせについて、NRRCデータ解析専門家が用いるガイダンス及び手法をレビューできることも期待している。

敬具

ジョン・W・ステットカー（本人署名）

委員長

参考資料  
記載略