

PRAにおける機器故障情報の収集について

2023年3月16日

原子力エネルギー協議会

電力中央研究所原子力リスク研究センター（NRRC）

- ✓ 2023年1月31日の第57回技術情報検討会において、原子力規制庁より「PRA に用いる非常用ディーゼル発電機の故障率について（案）」が報告され、以下について事業者の考え方を聴取することとされた。

【技術情報検討会資料より】

事業者がPRA に用いるEDG の故障を抽出する際に、EDG が要求された時間その機能を果たせるかの評価を行っているか、行っていない場合はその理由、EDG が機能を果たすべき要求時間等について事業者の考え方を聴取することとしたい。

2. 事業者の対応について

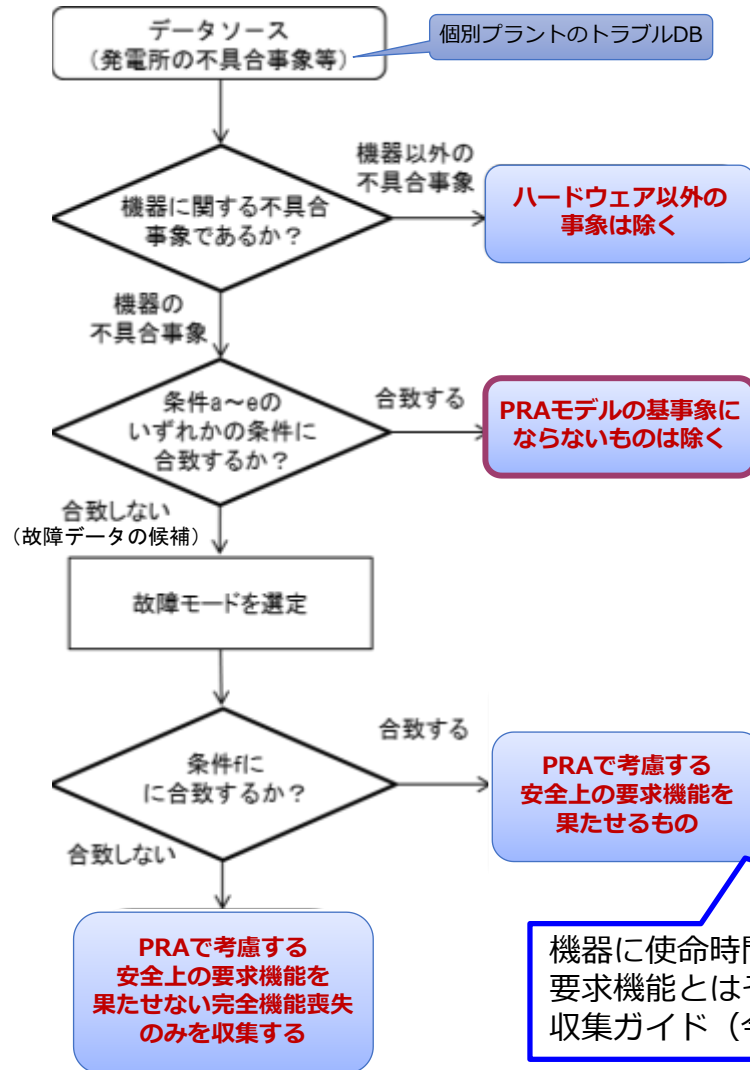
- ✓ 事業者は、電力中央研究所原子力リスク研究センター（以下「NRRC」という。）の「確率論的リスク評価（PRA）のための機器信頼性データ収集実施ガイド」（以下「収集ガイド」という。）（案）に基づき、2004年度～2010年度の機器故障情報を収集し、NRRCが2021年9月に「国内原子力発電所のPRA用一般機器信頼性パラメータの推定」として報告書を取りまとめ、公開している※1、※2。
- ✓ 事業者は、使命時間において要求される機能を満足するかという観点も考慮して機器故障情報を収集しており、その考え方は米国と同様である（詳細はスライド3～5参照）。
- ✓ また、事業者は収集ガイド（案）に基づき、機器故障情報から除外した不具合について除外した理由等を記録している。
- ✓ なお、収集ガイド（案）は「当該機器に対して定義されている要求機能が発揮されず成功基準が満たせない」という記述に留まっていることから、2023年6月までに発行予定の収集ガイド完成版には、使命時間経過時に要求機能を発揮できているかどうか、という観点での判断基準を明記する。

※1 2011年度以降の機器故障情報についても収集ガイド（案）に基づき、事業者が収集しており、適切な時期に一般機器故障率を更新する予定。

※2 報告書の内容は、NRRC所長であるGeorge E. Apostolakis氏にも確認いただいている。

米国のガイド・標準を参照して機器故障情報収集の要点を日本の収集ガイドに整理した。

【データ収集フロー】



プラント内の不具合事象から
PRAに不要な事象 (条件a-f)
を除いていくプロセス

対象機器と機器バウンダリ・故障モードを定義

- 条件a : データ収集対象機器のバウンダリ外の不具合
[機能喪失してもプラントリスクに一切寄与しない事象]
- 条件b : 運転時誤操作が原因の不具合 (保修員による代行操作含む)
[人間信頼性評価で別途考慮する事象]
- 条件c : 評価対象期間外の不具合
[安全確保のための機能要求がされてない期間の事象]
- 条件d : 外的要因 (地震、津波、内部火災/溢水) が原因の不具合
[外的要因のリスク評価の際に別途考慮する事象]
- 条件e : 安全上要求される機能以外の機能の不具合
[安全確保のために必要とされていない機能の喪失事象]

機器に使命時間が定義されている場合は、
要求機能とはその使命時間まで機能維持すること。
収集ガイド (今期予定完成版) の本文にはこの点を明記する。

✓ PRA機器機能喪失に関する日米ガイドの記述について大きな差はない。

＜米国のガイド・標準＞

–EPRI TR-100381 Nuclear Plant Reliability: Data Collection and Usage Guide (1992)

–NUREG/CR-6823 Handbook of Parameter for Probabilistic Risk Assessment (2003)

“・・・PRAに用いる故障は完全な機能喪失だけでなく、劣化であってもこれを外挿し、要求された時間に照らして機能喪失するかという観点から決めることがある。・・・”

–ASME/ANS RA-Sa-2009 Addenda To ASME RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Power Plant Applications

＜日本の収集ガイドの記述＞ (完成版予定)

(8) 「条件 f : データ収集対象機器の完全な機能喪失でない不具合（劣化、予兆、再現性のない不具合事象）」を除外

＜中略＞

・完全機能喪失：PRAにおいて当該機器に対して定義されている要求機能が発揮されず（**使命時間が定義されている場合はその使命時間まで機能維持することができず**）、成功基準が満たせない状態。

＜中略＞

機器に劣化や予兆が疑われる状態がみられても、当該機器に要求されている安全機能が発揮できる（**使命時間が定義されている場合は少なくともその使命時間は機能維持できる**）と判断される場合は、「完全な機能喪失」ではないので、PRA用故障データの対象とはしない。

- ✓ 収集ガイド（案）は、**NRRC技術諮問委員会**（TAC：Technical Advisory Committee）※によるレビューでも適切であると評価されている。

【収集ガイド（案）に対するTAC Letter（2018年6月11付）の評価】

“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。”

※NRRC技術諮問委員会（年2回開催 -各1週間程度-）

【概要と役割】

技術諮問委員会は、原子力発電所の安全性、リスク評価、過酷な自然事象のハザード評価、リスク情報を活用した意思決定の分野における国際的権威の専門家で構成される。

NRRCの研究計画及び成果の全てが最高水準の技術レベルのものになるよう、独立な立場で確認・評価を行い、助言を与える。

【委員】

John W. Stetkar (委員長)	米国NRC 原子炉安全諮問委員会 (ACRS) 元委員
Amir Afzali	サザン・ニュークリア・オペレーティング・カンパニー 次世代原子炉許認可担当役員
Nilesh Chokshi	元NRC規制局エンジニアリング部門 副部門長
Jean-Marc Miraucourt	元フランス電力会社 エンジニアリング・原子力新設プロジェクト部門 技術・産業担当執行役員
高田毅士	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (JAEA) 安全研究・防災支援部門 リスク情報活用推進室 室長
山口彰	公益財団法人原子力安全研究協会 (NSRA) 理事

3. 機器故障情報の収集例

- ✓ 機器故障情報の収集例として、試験中に不具合により設備保護等の観点から停止した例（柏崎刈羽6号機及び浜岡5号機における非常用ディーゼル発電機24時間運転試験）について、「PRAにおける機器故障」として整理すべきか判定を実施した。
- ✓ いずれもEDGの使命時間※において機能を満足しており、「PRAにおいて要求される機能を果たせない事象」ではないことから、「PRAにおける機器故障」として収集しない不具合事象に該当すると判断した。
（詳細評価内容については次項参照）

※PRAのための機器故障情報収集においては、内的事象レベル1PRAモデルの使命時間（基本的には24時間）を考慮し、データを収集している。

【参考】機器故障情報の収集例（柏崎刈羽 6 号機EDG不具合の例）

7

【事象概要】

- ✓ 定格出力運転到達から約 8 時間後に軸受部から潤滑油が漏えいした。
- ✓ 各パラメータ（発電機出力等）に異常は確認されなかったが、潤滑油の飛散（危険物漏えい）防止の観点から試験を中断した。

【判定の考え方】

- ✓ 油漏えい発生～EDG停止までの時間は約2時間。その間の漏出量は保守的に試算して約360ccであり、24時間の漏出量を評価すると約4.3L。また、EDG停止後の分解点検結果より、油漏出はOリングの破断によるものであり、他部品に異常がなかったため、Oリング破断以外の漏えい拡大要因は認められないことから、事象の進展性はないと評価。
- ✓ 潤滑油系統が機能喪失する漏えい量を保守的に算出したところ、約1,250Lであり、今回の事象は、EDGの使命時間において機能を満足すると評価。

⇒「PRAにおいて要求される機能を果たせない事象」ではない。

《参考》

- 当該油には毒性がなく、過度に揮発する環境ではないことから、人身災害リスクを増加させるものではない。
- 可燃物を仮置きしない運用であること、非常用空調設備があることから、火災発生リスクは高くない。
- 機能喪失する油量約1,250L = DG機関（オイルパン）油量約600L + 補給タンク内油量約650L
※ 保守的にオイルパン油量は補給タンクからの補給直前の油量，補給タンク内油量は保安規定制限値を採用

【判断結果】

- ✓ 「PRAにおける機器故障」として収集しない不具合事象に該当すると判断。

【事象概要】

- ✓ 定格出力運転到達から約3時間後に排気管伸縮継手の破損を確認した。
- ✓ 各パラメータ（発電機出力等）に異常は確認されなかったが、設備保護の観点から試験を中断した。

【判定の考え方】

排気管伸縮継手1台が全周破損した場合においても、以下のD/G機能を満足すると評価（報告書「浜岡原子力発電所5号機 非常用ディーゼル発電機（B）排気管伸縮継手破損による排気漏えいに伴う運転上の制限からの逸脱について(H30.11.28補正NRA提出)」より）していることから、今回の事象は、EDGの使命時間において機能を満足すると評価。

- ・定格出力の維持
- ・定格回転数の維持
- ・発電機電圧確立までの時間
- ・燃料使用量の上限
- ・燃料貯蔵量7日間の確保
- ・負荷変動時の周波数および電圧の維持
- ・作業環境への影響(消防服等の着用により室内作業可能)

⇒「PRAにおいて要求される機能を果たせない事象」ではない。

【判断結果】

- ✓ 「PRAにおける機器故障」として収集しない不具合事象に該当すると判断。