



PRAのためのプラント固有データ収集と  
信頼性データ構築への取組(3)

# 品質の高い国内PRA用信頼性 データベース構築のための取組み

---

電力中央研究所 原子力リスク研究センター

高橋 宏行

日本原子力学会2018年秋の大会  
リスク部会セッション(2018年9月5日)

 電力中央研究所

# 目次

---

1. はじめに
2. 確率論的リスク評価(PRA)のためのデータ収集実施ガイド
3. 故障データの収集
4. 露出データの収集
5. 原子力発電所信頼性データシステムの構築
6. まとめ

# 1. はじめに

---

- これまでの国内の一般機器故障率は、原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)の機器故障情報を用いて一般機器故障率を推定。
- NUCIAの機器故障率は以下のような問題点があった
  - NUCIAのトラブル情報から得られた故障データがPRAに必要十分かどうか保証できないこと。
  - 各プラントの露出データを適切に反映できていないこと。
- 機器故障率の信頼性を確保するためには、個別プラントのPRAデータ収集を適切な品質保証体制の下で実施していく必要がある。

# 1. はじめに

---

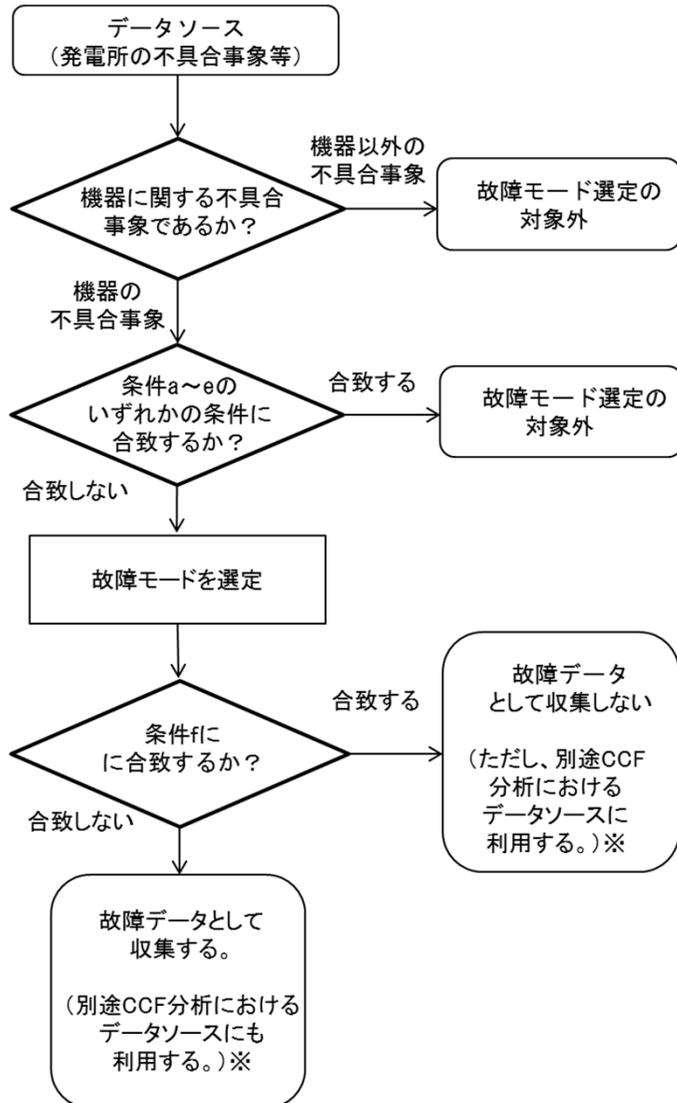
- NRRCでは、PRA用データ収集の国内プラント間での技術的一貫性と、判断根拠等のトレーサビリティを確保するため、「確率論的リスク評価 (PRA) のためのデータ収集実施ガイド」を事業者と協力して策定。
- 本実施ガイドにより個別プラントのPRA用データを収集し、収集したデータについては集約して、NRRCの「原子力発電所信頼性データシステム」に登録し、国内一般機器故障率として推定予定。

## 2. 確率論的リスク評価(PRA)のためのデータ収集実施ガイド

### ガイドの構成

- 1. データ収集実施ガイドの概要
  - 1.1 目的
  - 1.2 対象範囲
  - 1.3 構成
  - 1.4 用語の定義
- 2. PRA用パラメータとその評価に必要なデータについて
  - 2.1 機器故障データ
    - 2.1.1 故障発生情報源の要件
    - 2.1.2 露出データに関する情報源の要件
- 3. データ収集
  - 3.1 データ収集のタイミングと期間の設定
  - 3.2 機器故障データの収集
    - 3.2.1 データ定義
    - 3.2.2 データ収集対象設備の特定
    - 3.2.3 データ収集期間
    - 3.2.4 故障データの収集
    - 3.2.5 露出データの収集
    - 3.2.6 データ整理(NRRCへのデータ提供)
- 4. 文書化
  - 附属書A 機種・故障モードの定義
  - 附属書B 機器バウンダリの定義
  - 附属書C NRRCへのデータ報告要件
  - 附属書D 故障モード選定事例
  - 附属書E 機能喪失ではない事例
  - 附属書F 故障モードと露出データ
  - 附属書G 露出データ収集時の留意事項および収集例

# 3. 故障データの収集(1/5)



## 仕分け条件について

- 条件a) データ収集対象機器のバウンダリ外の不具合
- 条件b) 運転員誤操作（保修員による代行操作含む）が原因の不具合
- 条件c) 評価対象期間外の不具合
- 条件d) 外的要因が原因の不具合
- 条件e) 附属書Aの故障モード以外の機能の不具合
- 条件f) データ収集対象機器の完全な機能喪失でないもの（劣化、予兆、再現性のない一過性の不具合事象）

故障判定の仕分け条件は、当該の機器の不具合が故障ではないことを仕分けする条件

## 3. 故障データの収集(2/5)

### 不具合事象が故障でないことを仕分ける条件

- 条件a) データ収集対象機器のバウンダリ外の不具合
  - データ収集の対象機器リストを作成する
  - 「対象機器リストにない機器」、かつ、「対象機器リストのバウンダリ内の機器ではない」場合は対象外
  - 冗長化されている系統のうち、特定の系統のみがモデル化されている場合は、モデル化されていない機器については収集の対象となる
- 条件b) 運転員誤操作（保修員による代行操作含む）が原因の不具合
  - 運転員の誤操作は人間信頼性解析で別途モデル化するので故障データの対象外
  - 保修員の誤校正やメンテナンス不良により機能が喪失した場合は収集の対象とする
- 条件c) 評価対象期間外の不具合
  - 保安規定等で機能が要求されている期間を評価対象期間とし、それ以外を評価対象期間外とする。
  - 評価対象期間外に潜在的故障が発生していても、機能要求期間中にそれが発見された不具合は対象期間の不具合とする。
  - 評価対象期間外に発見された不具合であっても、その不具合がその前の評価対象期間中に起こり得たと判断できる不具合は対象期間の不具合とする。

## 3. 故障データの収集(3/5)

### 不具合事象が故障でないことを仕分ける条件

- 条件d) 外的要因が原因の不具合
  - 別途、フラジリティ評価や機能喪失確率評価を実施する地震、津波、火災、溢水が原因である場合は対象外。
- 条件e) 附属書Aの故障モード以外の機能の不具合
  - 附属書Aには機種・故障モードの定義を記載。
  - データ収集対象機器の附属書Aの故障モード以外の機能の不具合は、故障データ選定の対象外とする。
- 条件f) データ収集対象機器の完全な機能喪失でないもの(劣化、予兆、再現性のない一過性の不具合事象)
  - データ収集対象機器の機能の喪失が限定的または一過性のものであり、当該機器に要求される機能が完全には失われていないと判断できる場合は対象外とする。
  - 劣化状態は、段階的または部分的な故障状態
  - 予兆状態は、機器の状態または状況が不完全で、是正措置が実施されなければ、劣化または故障が生じると予想される状態。

# 3. 故障データの収集(4/5)

番号	発見日	不具合名称	内容	不具合の 対象機器	不具合 機器ID	不具合対象機器の PRA機種	機器以外の 不具合事象	仕分け条件 <sup>1)</sup>						故障モード	仕分け理由
								条件a)	条件b)	条件c)	条件d)	条件e)	条件f)		
1	○/○/○	成績書の記載漏れについて	○○検査において、成績書に記載漏れを発見した。				●								機器以外の不具合
2	○/○/○	起動変圧器冷却器からの油滲みについて	起動変圧器の放熱器に油滴が2箇所付いていることを確認した。現場確認中にはこれ以上の適下は見られなかった。	起動変圧器	○○○	変圧器							●	機能喪失	微小リークであり、機能喪失ではない
3	○/○/○	高圧注水系電動弁の動作不良にともなう運転上の制限からの逸脱	高圧注水系の電動弁の開閉試験において、全閉するミニマムフロー弁の開度計が7%程度開いた状態を表示。中央制御室で弁の開閉状態を表示するランプに使用するスイッチならびに現場で当該弁に取り付けられている開度計の異常であり、当該弁は実際には完全に閉まっていた。	高圧注水系 電動弁	○○○	電動弁(純水)							●		当該電動弁に対する要求機能は開閉機能であり、開度計は誤表示しているが、弁の開閉機能は喪失していない
4	○/○/○	残留熱除去系(C)ポンプメカニカルシール部からの水漏れについて	定期検査中、残留熱除去系(C)の点検後の試運転に伴う系統水張り作業中に、ポンプメカニカルシール部より水が漏れいしているのを確認した。ポンプメカニカルシール部の組立て作業において、部品の一部(カバーリング)を取付けないまま、組立てたことによるもの。	残留熱除去系(C)ポンプ	○○○	電動ポンプ(通常待機、純水)							●		点検後の試運転時の不具合であり、機能要求期間外のため条件dで除外
5	○/○/○	原子炉隔離時冷却系の待機除外について	電動弁作動試験において操作者がポンプ出口弁を開から閉操作した。その後指揮者は開操作を指示したが指揮者が一時的にその場を離れたため指示が不徹底となり、開操作が行われなかった。	原子炉隔離時冷却系 電動弁	○○○	電動弁(純水)							●		運転員の操作ミスが原因であり、条件bで除外する

1) : 条件a)~e)およびf)について合致した条件に"●"を記載する(複数の条件に"●"を記載することも可とする)。

## 故障データの仕分けフォーマット例

◆ 発電所の不具合事象等のデータソースから故障判定を実施した結果について、仕分けた理由、判断の根拠を記録する

### 3. 故障データの収集(5/5)

No	機器ID	機器名称	故障の発見日	機種	故障モード	事象の概要	属性	NUCIA番号
1	〇〇〇	非常用ディーゼル発電機(A)	〇/〇/〇	非常用ディーゼル発電機	起動失敗	非常用ディーゼル発電設備サーベイランスとしてインジケータキャップを取外し、ターニング運転を実施したところシリンダーのインジケータ弁から油が噴出した。また、その後に実施した非常用ディーゼル発電設備B系サーベイランスでも同様の事象が発生した。	冷却形式: 水冷式 健全性確認頻度: 〇〇	〇〇〇
2	〇〇〇	非常用ディーゼル発電機(B)	〇/〇/〇	非常用ディーゼル発電機	起動失敗	No.2と同様	冷却形式: 水冷式 健全性確認頻度: 〇〇	〇〇〇
3	〇〇〇	空調用冷凍機	〇/〇/〇	冷凍機	継続運転失敗	空調用冷凍機が「潤滑油圧力低」にてトリップした。空調用冷凍機の点検を行い、油冷却器の取替を実施した。	運転状態: 連続運転 健全性確認頻度: 〇〇	〇〇〇

\* : 1件のデータソースに対して、2件の故障データが抽出される場合には、2行使って2件の故障データを登録すること。

#### 故障データの提出フォーマット例

- ◆ 事業者が故障と判定した結果についてNRRCに提出される。
- ◆ 属性については、今後の故障データが蓄積されることで、特定の傾向が見られた場合に、機種を細分化する等の対応のため記録する。
- ◆ 今後は、原子力発電所信頼性データシステムに登録する

# 4. 露出データの収集(1/2)

機器ID	機器名	PRA機種	故障モード	基事象名	露出データ			単位 (回、時間)	露出データの説明 (例、「プラントコンピュータの 記録」 「所則XXのYY」)
					X年度の 露出データ	X+1年度の 露出データ	...		
〇〇〇	HPCSポンプ	電動ポンプ(通常待機、純水)	起動失敗	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	回	定期試験手順書および定事 検手順書より推定
〇〇〇	HPCSポンプ	電動ポンプ(通常待機、純水)	起動失敗	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	時間	定検時の運転関係工程表よ り点検期間を除く時間
〇〇〇	HPCSポンプ	電動ポンプ(通常待機、純水)	継続運転失敗	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	時間	運転日誌の実績
〇〇〇	非常用ディー ゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	起動失敗	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	回	定期試験手順書および定事 検手順書より推定
〇〇〇	非常用ディー ゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	起動失敗	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	時間	定検時の運転関係工程表よ り点検期間を除く時間
〇〇〇	非常用ディー ゼル発電機	非常用ディーゼル発電機	継続運転失敗	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	〇〇〇	時間	定期試験手順書より運転時 間と試験頻度で推定

露出データの整理フォーマット例

- ◆ 各機器の機能要求期間に対して露出データを収集。
- ◆ 運転日誌やプラントコンピュータ等から、各機器の運転実績を収集する。または、試験手順や運転手順書等から運転実績を推定してデータを収集する。
- ◆ 基事象毎に1年毎の露出データを収集し、露出データの情報源(例:プラントコンピュータ、手順書から推定)を記録する。

# 4. 露出データの収集(2/2)

機種	故障モード	信頼性 パラメータ単位	露出データ		
			デマンド数(回)	継続運転時間(h)	露出時間(h)
非常用ディーゼル発電機	起動失敗	/d, (/h)	●		●
	継続運転失敗	/h		●	
電動ポンプ(通常運転)	起動失敗	/d, (/h)	●		●
	継続運転失敗			●	
電動ポンプ(通常待機)	起動失敗	/d, (/h)	●		●
	継続運転失敗			●	
電動弁	開失敗	/d	●		
	閉失敗	/d	●		
	作動失敗	/h			●
	誤開又は誤閉	/h			●
	外部リーク	/h			●
	内部リーク	/h			●
	閉塞	/h			●
熱交換器	伝熱管破損	/h			●
	外部リーク	/h			●
	伝熱管閉塞	/h			●
遮断器	開放失敗	/d	●		
	投入失敗	/d	●		
	作動失敗	/h			●
	誤開又は誤閉	/h			●
変圧器	機能喪失	/h			●

対象機器と故障モードの例



## 6. まとめ

---

- データ収集実施ガイドにより機器故障率のための故障データおよび露出データを収集。
- 収集した故障データ、露出データを登録するためのデータベース構築を実施中。
- 機器故障率以外のPRA用信頼性パラメータのためのデータ収集について、ガイドおよび信頼性データシステムを今後拡張していく。