

**国内原子力発電所の一般機器故障率の推定
(PRA用原子力機器信頼性パラメータの整備)**

**2022年3月29日
(一財)電力中央研究所
原子力リスク研究センター
吉田智朗**

PRAに必要な信頼性パラメータ

今回算出の対象

事象		パラメータ	パラメータ解説	必要データ
機器故障	起動失敗 又は 状態変更失敗	デマンド 故障確率	ある状態にある機器が状態変更要求 (デマンド)を受けた時に故障する確率	故障件数 デマンド数
		待機時間故障率	機器が待機中に故障し、 状態変更要求時に機能しない率	故障件数 露出時間
	継続運転失敗 又は 状態維持失敗	状態維持失敗率	ある状態にある機器がその状態を 維持できなくなる率	故障件数 継続運転時間(継続運転失敗) 露出時間(状態維持失敗)
共通原因故障		[MGLモデル] B, γ, δ [α ファクタモデル] $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$	同一原因の故障の中で複数同時故障の 占める割合	故障件数 •劣化程度(0~1) •原因共有性(0~1) •同時性(0~1)
供用不能状態		アンアベイラビリティ	試験及び保修によりシステムが 待機除外されている時間の割合	供用不能/待機除外時間 機器機能に期待する時間
復旧事象		復旧時間	故障により待機除外となった後、 供用可能になるまでの時間	復旧時間間隔
起因事象		起因事象発生頻度	事故シーケンスの発端となる事象が 発生する頻度	事象発生件数 事象の起こり得る暴露時間 (原子炉運転時間及び歴時間)

従来の国内PRA用機器故障率/故障確率

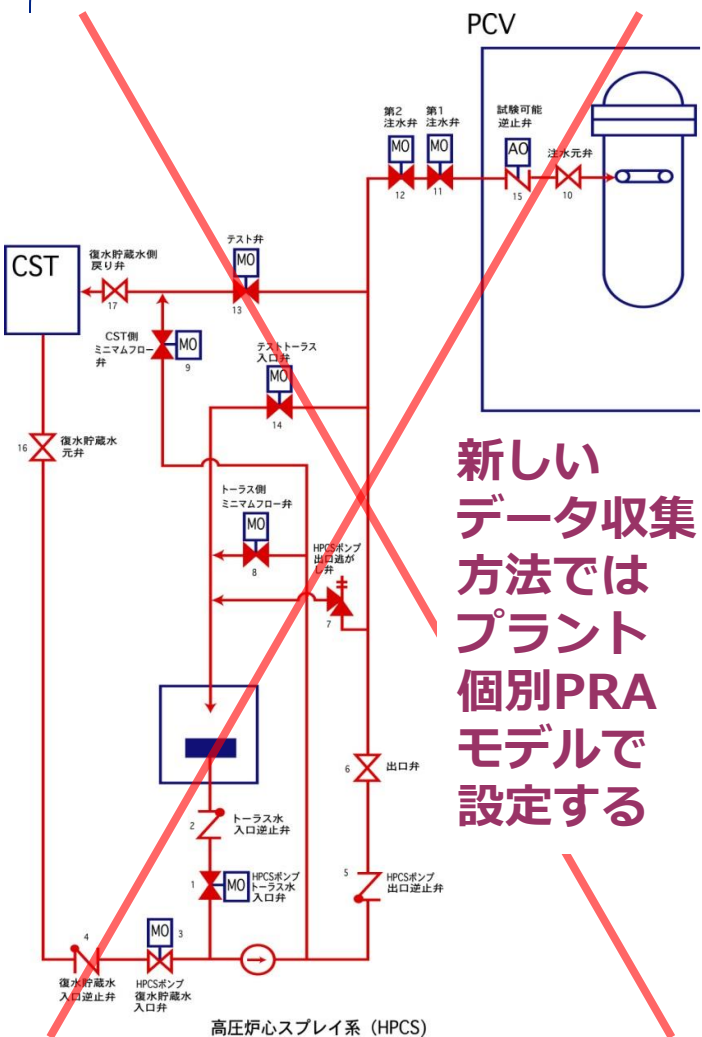
- 電中研-JANTI-JANSIで推定
 - 1982年より、16, 21, 26, 29カ年のNUCIAトラブル情報を使用
- 国内外より以下のようなコメントを受けている
「故障率が非常に低い傾向にある
(米国一般より2桁程度小さいものがある)」
⇒ 「採るべき故障情報が収集されていないのではないか？」
- 従来のデータ収集方法では、故障情報、機器情報、運転経験情報に大きな不確かさの生ずる場合があり、収集データの妥当性をエビデンスをもって示すことが難しかった。

データ収集方法の改善

	旧収集方法	新収集方法
故障情報	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電力会社がNUCIAに登録したトラブル情報からJANSI/JANTI/電中研がPRA機器を抽出して故障判定 ■ プラント内の必要な機器の故障情報がもれなくNUCIAに登録されているかどうかを明示することは困難 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 電力会社がプラント内不具合情報から直接PRA機器の故障判定 ■ プラント内の必要な機器の故障情報を漏れなく抽出できる ✓ 故障判定は従来の基準を踏襲 米国の基準とほぼ同様（NRRC技術諮問委員会のレビュー）
機器情報	<ul style="list-style-type: none"> ■ “標準系統図”（次ページ参照）に示す該当機器を許認可図面から数え上げて機器母集団とする ■ 個別プラントPRAモデルの基事象と整合していない （非常用DG, ECCS等重要機器は除く） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 個別プラントのPRAモデルから対象機器母集団を定義
運転経験情報	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機器運転時間、起動デマンド数は上記機器母集団に対して主に概算（1サイクル分×年数） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ プラント内情報から直接、機器運転時間、起動デマンド数を収集

(注1) 旧データベースの「標準系統図」

対象系統



	BWR	PWR
安全系	高圧炉心スプレイ系 高圧注入系 (低圧)炉心スプレイ系 原子炉隔離時冷却系 非常用復水器 残留熱(余熱)除去系 格納容器冷却系 ほう酸水注入系 非常用補機冷却水系 非常用補機冷却海水系 可燃性ガス制御系	蓄圧注入系 高圧注入系 低圧注入系(余熱除去系) 原子炉格納容器スプレイ系 補助給水系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系
常用系	主蒸気系 給水系 復水系 原子炉再循環系 原子炉冷却材浄化系 燃料プール冷却浄化系 制御棒駆動系 原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系	主蒸気系 給水系 復水系 一次冷却系 化学体積制御系 使用済燃料ピット浄化冷却系

新しいPRAデータ収集方法

- 電力会社が個別プラントPRAモデルの基事象に基づいて機器母集団を決定
- 電力会社が上記機器母集団に対して露出データ・機器故障情報を収集する。

旧方法：NUCIAにはないので別に集計

旧・機器母集団

新・機器母集団（PRAモデルから）

新・機器故障データ

旧・機器故障データ

旧方法：NUCIAから

新旧データ収集方法における
機器母集団と機器故障データの
関係

（図の大きさは実際の数の大小を
表すものではありません）

収集方法改善の効果

- 新しい故障データ収集方法では、個別プラントPRAモデルと統合した機器母集団の中から、プラント内の情報を直接使って米国と同等の故障判定基準で機能故障データを収集した。これにより、日本の故障率を算出するにあたって、データ収集の方法が不適切ではないか、との疑義は解消すると考える。 //

収集する機器故障データの属性

■ 機器故障

- **安全上要求される機能を果たせない事象**（機能喪失）を機器故障とする。
- 機能劣化していても、使命時間のあいだ**安全上要求される機能を果たせると**判断した事象は機器故障とみなさない。

■ 機種

- PRAで基事象としてモデル化されている主要な機器を用途、機能等別にグループ化したもの。
e.g. 電動ポンプ、タービン駆動ポンプ、電動弁、空気作動弁、油圧作動弁、逆止弁、手動弁、非常用ディーゼル発電機、ファン/ブローア、熱交換器、MGセット、蓄電池、充電器、遮断器、オリフィス、ストレーナ/フィルタ、変圧器、インバータ、等々)

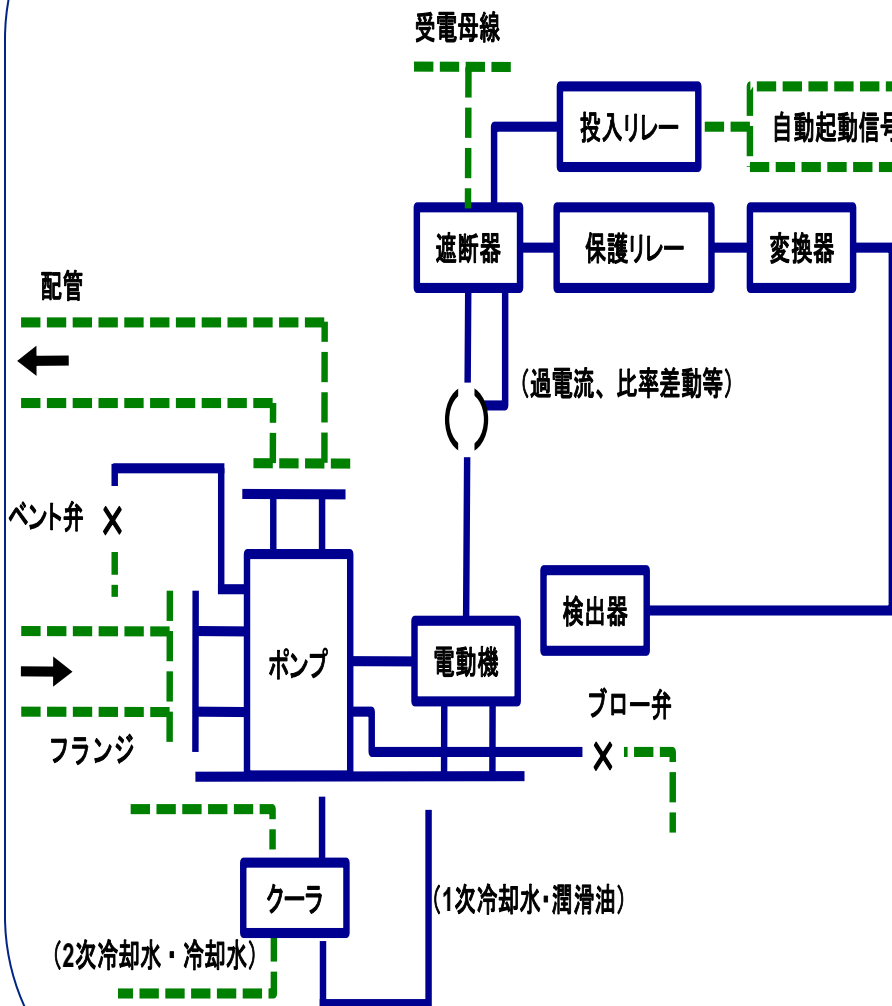
■ 故障モード

- 機種別の機能喪失の様態。
e.g. 動的機器の起動失敗・継続運転失敗、弁の開失敗・閉失敗

■ 機器バウンダリ（次ページ）

PRA故障の機器バウンダリ

不具合事象がどの機器で発生したものを明確にする。

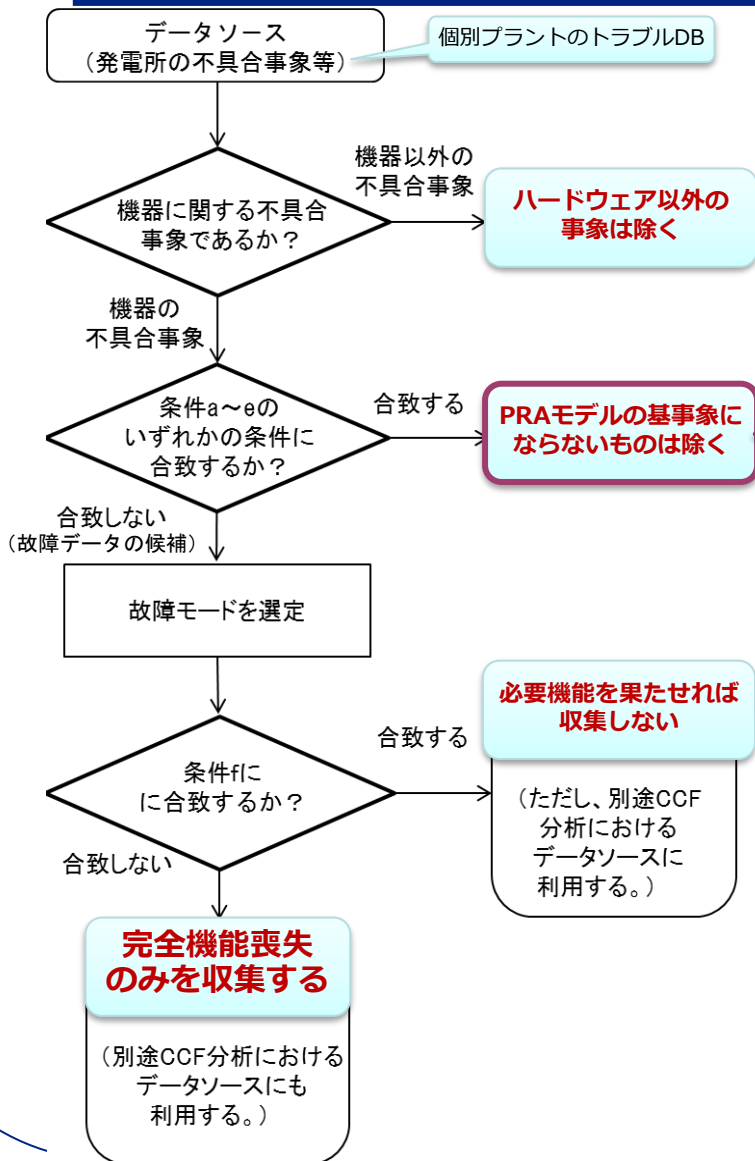


電動ポンプの例

構成部位		バウンダリ内	バウンダリ外
機器本体		ポンプ、電動機、カップリング、フランジ、その他	フィルタ
計測制御装置		冷却水流量、潤滑油圧力、電圧・電流に係わる検出器、変換器、保護リレー、投入リレー、その他	自動起動信号系
機器冷却装置		1次冷却水系	2次冷却水系
潤滑油装置		潤滑油系	冷却水系
軸封装置		自給水系	他給水系
サポート類		支持脚、アンカー等	配管のハンガー等
この接続部	配管・ダクト フランジ等	機器側フランジ	配管側フランジ、パッキン、ボルト、その他
	溶接部	熱影響部（機器側）	溶接部及び熱影響部
付属弁		機器本体に接続されたブロー弁、弁等、及びそこまでの接続配管	-
受電母線・ケーブルとの接続		ケーブル、遮断器	受電母線

点線：バウンダリ外

PRAのための新しいデータ収集プロセス



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 : 運転員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いない期間の事象]
- 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]
- 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
[必要な安全機能を果たせるもの]
(劣化、予兆、再現性のない一過性の不具合事象)

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

故障率 / 故障確率の推定

露出 (exposure)データ

■ デマンド数

- ポンプなど…起動デマンド
- 弁など…状態変更デマンド

■ 継続運転時間（供用時間）

- 通常運転機器…運転時間（総和）
- 通常待機機器（特に安全機器）
…起動から停止（正常/異常）までの運転継続時間
- 主に可動部のないもの…状態維持している時間

新・国内収集データ概要

■ 最大27基

■ 2004年度-2010年度の運転情報（品質保証体制確立後）

■ デマンド故障データ

-プラント別、34機種・故障モード（デマンド数、故障件数）

$$(d_1, n_1), (d_2, n_2), \dots, (d_K, n_K) \quad (\text{プラント数}K)$$

-故障発生は二項過程を想定

デマンド時にランダム発生, デマンド故障確率 p [-]

■ 機能維持失敗（継続運転失敗、状態維持失敗）データ

-プラント別、178機種・故障モード（露出時間、故障件数）

$$(t_1, n_1), (t_2, n_2), \dots, (t_K, n_K) \quad (\text{プラント数}K)$$

-故障発生はポアソン過程を想定

露出時間内にランダム発生, 時間故障率 λ [/h]

評価手順

一般に故障データ件数は少ないので

個別プラントのばらつきが区別できるかどうかを
統計的検定により判断する

ばらつき有意差ありの場合：**1**
プラント毎にデータの母集団
が異なる（故障率が異なる）
とみなす。

階層ベイズ手法により、
母集団ばらつき分布
を一般故障率とする。

ばらつき有意差なしの場合：**2**
産業界全体でデータの母集団
が同じ（故障率が同じ）
とみなす。

一段階ベイズ手法により、
業界平均分布
を一般故障率とする。

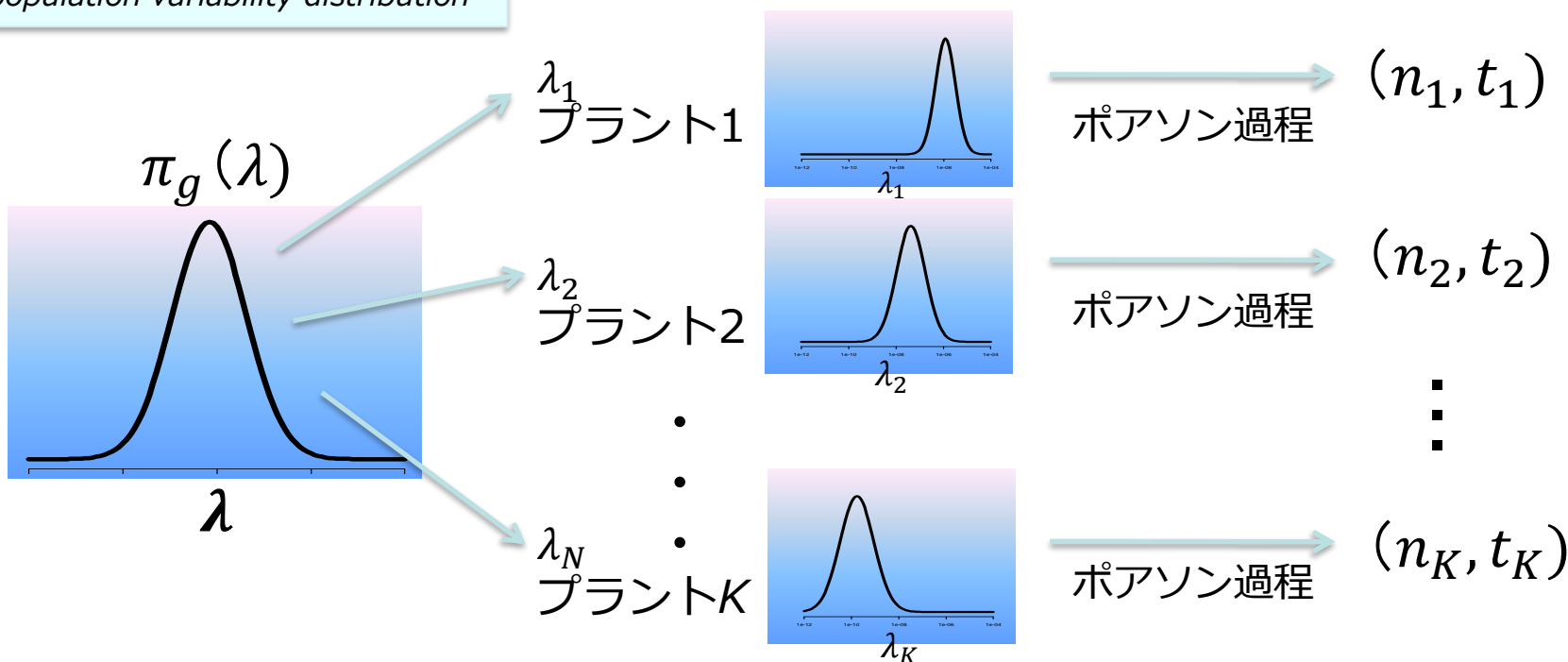
プラント毎にデータの母集団が異なる場合 1

⇒ 「プラント毎に故障率が異なる」というモデル

国内一般故障率[/h]
母集団ばらつき分布
population variability distribution

個別プラント故障率[/h]

個別プラントデータ
(故障件数, 時間)



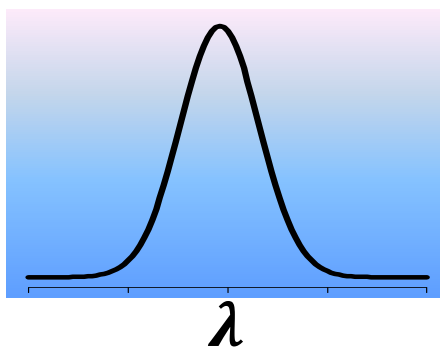
※上記は時間故障率の例。デマンド故障確率 p の場合（二項過程）も同様。

産業界全体でデータの母集団が同じ場合 2

⇒ 「全プラントの故障率が同じ」というモデル

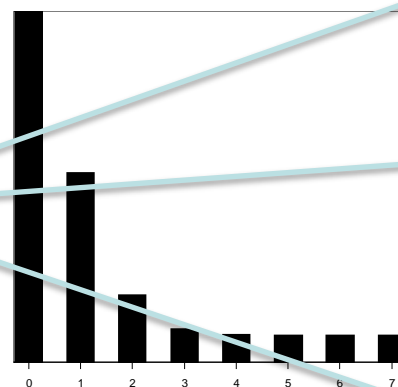
国内一般故障率[/h]

uncertainty distribution



個別プラントデータ
(故障件数, 時間)

ポアソン過程



λ

プラント1 (n_1, t_1)

プラント2 (n_2, t_2)

⋮

プラントN (n_K, t_K)

※上記は時間故障率の例。デマンド故障確率 p の場合（二項過程）も同様。

**主な機種・故障モードの
一般故障率と日米比較**

日米比較

機種・故障モードの数の比較

	時間故障率	デマンド故障確率
日本 (2004年度-2010年度のデータ)	178	34
米国 (1998-2015のデータ) Component Reliability Datasheets 2015 Update, Idaho NL, 2017	218	110
日米共通または類似	61	18

次スライド以降で比較

一般機器時間故障率の日米比較(表は一部)

平均値比較

全61
機種・故障モード
のうち
日/米>1.0……20
日/米<1.0……41
日/米<0.1……16
日/米<0.05… 9
日/米<0.01… 0

機種	故障モード	国内データ			国内新故障率		米国故障率 (SPAR2015)		比 日/米
		故障件数	運転時間(h)	基数	Mean(/h)	EF	Mean(/h)	EF	
非常用ディーゼル発電機	継続運転失敗	7	6,907	27	1.1E-03	1.7	3.7E-03	2.2	0.29
電動ポンプ(通常運転,純水)	継続運転失敗	1	10,431,547	27	1.4E-07	3.3	3.8E-06	2.2	<u>0.04</u>
電動ポンプ(通常運転,海水)	継続運転失敗	0	4,697,834	27	1.1E-07	8.4	3.8E-06	2.2	<u>0.03</u>
電動ポンプ(通常待機,純水)	継続運転失敗	0	13,331	27	3.8E-05	8.4	1.2E-04	4.9	0.31
電動ポンプ(通常待機,海水)	継続運転失敗	0	4,057	5	1.2E-04	8.4	1.2E-04	4.9	1.01
タービン駆動ポンプ	継続運転失敗	0	831	27	6.0E-04	8.4	3.7E-03	4.8	0.16
ディーゼル駆動ポンプ	継続運転失敗	0	76	2	6.6E-03	8.4	9.8E-04	1.6	6.71
電動弁(純水)	誤開又は誤閉	0	148,036,418	27	3.4E-09	8.4	3.2E-08	6.9	0.10
電動弁(純水)	外部リーク	0	99,577,958	21	5.0E-09	8.4	2.7E-08	8.7	0.19
電動弁(純水)	内部リーク	4	60,486,595	26	7.4E-08	2.0	7.6E-08	5.5	0.98
電動弁(海水)	誤開又は誤閉	0	18,219,232	27	2.7E-08	8.4	3.2E-08	6.9	0.85
電動弁(海水)	外部リーク	0	6,707,431	8	7.5E-08	8.4	2.7E-08	8.7	2.75
電動弁(海水)	内部リーク	3	9,118,729	14	3.8E-07	2.2	7.6E-08	5.5	5.06
空気作動弁	誤開又は誤閉	1	77,465,541	27	1.9E-08	3.3	1.1E-07	3.9	0.18
空気作動弁	外部リーク	1	60,978,708	21	2.5E-08	3.3	4.5E-08	1.2	0.55
空気作動弁	内部リーク	4	39,865,996	25	1.1E-07	2.0	7.8E-08	1.2	1.45
油圧作動弁	誤開又は誤閉	0	6,037,453	17	8.3E-08	8.4	1.9E-07	1.5	0.44
油圧作動弁	外部リーク	0	1,652,120	4	3.0E-07	8.4	1.3E-07	1.5	2.26
油圧作動弁	内部リーク	0	4,743,976	11	1.1E-07	8.4	4.8E-08	2.0	2.18
逆止弁	外部リーク	0	98,164,738	21	5.1E-09	8.4	7.7E-09	1.7	0.66
逆止弁	内部リーク	1	28,061,015	26	5.3E-08	3.3	2.1E-07	7.8	0.26
手動弁	外部リーク	0	378,640,021	21	1.3E-09	8.4	1.1E-07	1.5	<u>0.01</u>
手動弁	内部リーク	5	90,899,545	26	4.9E-08	17.7	6.9E-08	6.1	0.71
安全弁	誤開	0	38,985,411	27	1.3E-08	8.4	5.4E-08	1.6	0.24
安全弁	外部リーク	0	28,480,458	21	1.8E-08	8.4	1.2E-08	2.5	1.49
安全弁	内部リーク	1	21,194,997	26	7.1E-08	3.3	6.9E-08	1.5	1.03
逃し安全弁(BWR)	誤開	0	4,499,872	10	1.1E-07	8.4	1.4E-07	4.6	0.79
逃し安全弁(BWR)	外部リーク	0	2,063,229	4	2.4E-07	8.4	6.9E-09	8.4	35.02
逃し安全弁(BWR)	内部リーク	0	3,315,682	7	1.5E-07	8.4	4.1E-07	9.1	0.37
電磁弁	誤開又は誤閉	0	4,672,821	9	1.1E-07	8.4	6.6E-08	1.6	1.62
電磁弁	外部リーク	0	1,686,295	3	3.0E-07	8.4	2.4E-08	2.2	12.15
電磁弁	内部リーク	0	2,124,931	7	2.4E-07	8.4	1.4E-07	1.4	1.65
ファン/ブロア	継続運転失敗	3	9,988,894	26	3.5E-07	2.2	4.4E-06	7.4	0.08
ダンパ	誤開又は誤閉	0	89,057,437	26	5.6E-09	8.4	1.1E-07	2.2	0.05

一般機器デマンド故障確率の日米比較

平均値比較

全18機種・故障モードのうち

日/米>1.0…… 3

日/米<1.0……15

日/米<0.1…… 3

日/米<0.05… 2

日/米<0.01… 1

機種	故障モード	国内データ			国内新故障確率		米国故障確率 (SPAR2015)		比 日/米
		故障件数	デマンド数	基数	Mean	EF	Mean	EF	
非常用ディーゼル発電機	起動失敗	11	6878	27	1.7.E-03	1.6	2.9E-03	1.7	0.58
電動ポンプ(通常運転,純水)	起動失敗	2	19318	27	1.3.E-04	2.5	1.1E-03	2.5	0.12
電動ポンプ(通常運転,海水)	起動失敗	3	9075	27	3.9.E-04	2.2	1.1E-03	2.5	0.36
電動ポンプ(通常待機,純水)	起動失敗	1	20895	27	7.2.E-05	3.3	7.9E-04	2.7	0.09
電動ポンプ(通常待機,海水)	起動失敗	0	1815	5	2.8.E-04	8.4	7.9E-04	2.7	0.35
タービン駆動ポンプ	起動失敗	1	2047	27	7.3.E-04	3.3	6.0E-03	3.8	0.12
ディーゼル駆動ポンプ	起動失敗	0	150	2	3.3.E-03	8.4	2.2E-03	6.5	1.53
空気作動弁	開失敗	11	78042	26	1.5.E-04	1.6	3.9E-04	5.2	0.38
空気作動弁	閉失敗	4	77927	26	5.8.E-05	2.0	3.6E-04	7.6	0.16
逆止弁	開失敗	0	141286	27	3.5.E-06	8.4	9.2E-06	8.4	0.38
逆止弁	閉失敗	5	141372	27	3.9.E-05	1.9	1.6E-04	1.7	0.25
逃し安全弁(BWR)	開失敗	0	1535	8	3.3.E-04	8.4	2.4E-03	1.4	0.13
逃し安全弁(BWR)	閉(吹止まり)失敗	0	1535	8	3.3.E-04	8.4	8.9E-04	3.4	0.37
ファン/ブロア	起動失敗	0	31865	26	1.6.E-05	8.4	5.4E-04	1.3	<u>0.03</u>
空気圧縮機	起動失敗	1	6588	27	2.3.E-04	3.3	3.4E-02	7.3	<u>0.01</u>
冷凍機	起動失敗	16	3235	25	6.0.E-03	13.3	9.2E-03	6.0	0.65
真空破壊弁(BWR)	開失敗	0	642	7	7.8.E-04	8.4	9.0E-05	2.5	8.66
真空破壊弁(BWR)	閉失敗	0	642	7	7.8.E-04	8.4	2.2E-04	5.7	3.62

国内一般機器時間故障率の新旧(29カ年)比較 (表は一部)

時間故障率
 平均値比較
 全137
 機種・故障モード
 のうち
 新/旧>1.0..... 86
 新/旧<1.0..... 51
 新/旧>0.1.....137
 新/旧<0.1..... 0

機種	故障モード	国内データ			国内新故障率		29カ年故障率		比
		故障件数	運転時間(h)	基数	Mean(/h)	EF	Mean(/h)	EF	新/29カ年
非常用ディーゼル発電機	起動失敗	11	3,309,689	27	3.5E-06	1.6	7.6E-06	2.0	<u>0.5</u>
非常用ディーゼル発電機	継続運転失敗	7	6,907	27	1.1E-03	1.7	3.3E-04	1.7	<u>3.3</u>
電動ポンプ(通常運転,純水)	起動失敗	2	20,934,842	27	1.2E-07	2.5	2.4E-07	2.3	<u>0.5</u>
電動ポンプ(通常運転,純水)	継続運転失敗	1	10,431,547	27	1.4E-07	3.3	8.1E-07	2.5	<u>0.2</u>
電動ポンプ(通常運転,海水)	起動失敗	3	7,889,157	27	4.4E-07	2.2	1.1E-06	3.4	<u>0.4</u>
電動ポンプ(通常運転,海水)	継続運転失敗	0	4,697,834	27	1.1E-07	8.4	6.0E-07	2.5	<u>0.2</u>
電動ポンプ(通常待機,純水)	起動失敗	1	11,633,408	27	1.3E-07	3.3	2.0E-07	2.2	<u>0.7</u>
電動ポンプ(通常待機,純水)	継続運転失敗	0	13,331	27	3.8E-05	8.4	8.1E-07	2.5	<u>46.3</u>
電動ポンプ(通常待機,海水)	起動失敗	0	508,439	5	9.8E-07	8.4	3.7E-07	2.6	<u>2.7</u>
電動ポンプ(通常待機,海水)	継続運転失敗	0	4,057	5	1.2E-04	8.4	6.0E-07	2.5	<u>205.1</u>
タービン駆動ポンプ	起動失敗	1	1,212,040	27	1.2E-06	3.3	7.5E-06	2.3	<u>0.2</u>
タービン駆動ポンプ	継続運転失敗	0	831	27	6.0E-04	8.4	4.0E-06	1.9	<u>149.5</u>
ディーゼル駆動ポンプ	起動失敗	0	88,000	2	5.7E-06	8.4	4.2E-05	2.8	<u>0.1</u>
ディーゼル駆動ポンプ	継続運転失敗	0	76	2	6.6E-03	8.4	1.2E-03	30.0	<u>5.6</u>
電動弁(純水)	作動失敗	9	148,453,308	27	6.4E-08	1.6	6.6E-08	5.9	<u>1.0</u>
電動弁(純水)	誤開又は誤閉	0	148,036,418	27	3.4E-09	8.4	4.2E-09	2.9	<u>0.8</u>
電動弁(純水)	外部リーク	0	99,577,958	21	5.0E-09	8.4	5.5E-09	2.7	<u>0.9</u>
電動弁(純水)	内部リーク	4	60,486,595	26	7.4E-08	2.0	8.7E-09	2.4	<u>8.6</u>
電動弁(純水)	閉塞	0	144,939,288	27	3.4E-09	8.4	1.3E-08	2.1	<u>0.3</u>
電動弁(海水)	作動失敗	5	18,274,928	27	3.0E-07	1.9	2.5E-07	2.4	<u>1.2</u>
電動弁(海水)	誤開又は誤閉	0	18,219,232	27	2.7E-08	8.4	2.8E-08	4.6	<u>1.0</u>
電動弁(海水)	外部リーク	0	6,707,431	8	7.5E-08	8.4	2.7E-08	4.7	<u>2.8</u>
電動弁(海水)	内部リーク	3	9,118,729	14	3.8E-07	2.2	4.9E-08	3.8	<u>7.8</u>
電動弁(海水)	閉塞	0	18,163,536	27	2.8E-08	8.4	1.4E-07	2.7	<u>0.2</u>
空気作動弁	作動失敗	15	77,690,319	27	2.0E-07	1.5	8.6E-08	1.9	<u>2.3</u>
空気作動弁	誤開又は誤閉	1	77,465,541	27	1.9E-08	3.3	1.8E-08	2.6	<u>1.1</u>
空気作動弁	外部リーク	1	60,978,708	21	2.5E-08	3.3	1.0E-08	2.8	<u>2.5</u>
空気作動弁	内部リーク	4	39,865,996	25	1.1E-07	2.0	1.7E-08	2.9	<u>6.5</u>
空気作動弁	閉塞	0	75,906,300	27	6.6E-09	8.4	2.0E-08	2.2	<u>0.3</u>
油圧作動弁	作動失敗	1	6,037,453	17	2.5E-07	3.3	3.2E-07	2.8	<u>0.8</u>
油圧作動弁	誤開又は誤閉	0	6,037,453	17	8.3E-08	8.4	8.6E-08	2.5	<u>1.0</u>
油圧作動弁	外部リーク	0	1,652,120	4	3.0E-07	8.4	4.7E-08	2.8	<u>6.4</u>
油圧作動弁	内部リーク	0	4,743,976	11	1.1E-07	8.4	1.5E-08	3.9	<u>6.9</u>
油圧作動弁	閉塞	0	6,037,453	17	8.3E-08	8.4	6.2E-08	2.5	<u>1.3</u>
逆止弁	作動失敗	5	142,730,961	27	3.9E-08	1.9	9.4E-09	2.7	<u>4.1</u>

国内一般機器デマンド故障確率の新旧(29カ年)比較

デマンド故障確率
 平均値比較

全30
 機種・故障モード
 のうち
 新/旧>1.0…… 8
 新/旧<1.0…… 22
 新/旧>0.1…… 30
 新/旧<0.1…… 0

機種	故障モード	国内データ			国内新故障確率		29カ年故障確率		比
		故障件数	デマンド数	基数	Mean	EF	Mean	EF	新/29カ年
非常用ディーゼル発電機	起動失敗	11	6878	27	1.7.E-03	1.6	2.9E-03	4.1	<u>0.6</u>
電動ポンプ(通常運転,純水)	起動失敗	2	19318	27	1.3.E-04	2.5	1.2E-04	2.1	<u>1.1</u>
電動ポンプ(通常運転,海水)	起動失敗	3	9075	27	3.9.E-04	2.2	1.2E-04	2.1	<u>3.2</u>
電動ポンプ(通常待機,純水)	起動失敗	1	20895	27	7.2.E-05	3.3	1.2E-04	2.1	<u>0.6</u>
電動ポンプ(通常待機,海水)	起動失敗	0	1815	5	2.8.E-04	8.4	1.2E-04	2.1	<u>2.3</u>
タービン駆動ポンプ	起動失敗	1	2047	27	7.3.E-04	3.3	4.1E-03	2.5	<u>0.2</u>
ディーゼル駆動ポンプ	起動失敗	0	150	2	3.3.E-03	8.4	2.1E-02	2.7	<u>0.2</u>
電動弁(純水)	開失敗	5	118838	27	4.6.E-05	1.9	6.8E-05	2.3	<u>0.7</u>
電動弁(純水)	閉失敗	4	120217	27	3.7.E-05	2.0	4.6E-05	3.7	<u>0.8</u>
電動弁(海水)	開失敗	3	365722	25	9.6.E-06	2.2	6.8E-05	2.3	<u>0.1</u>
電動弁(海水)	閉失敗	2	365687	25	6.8.E-06	2.5	4.6E-05	3.7	<u>0.2</u>
空気作動弁	開失敗	11	78042	26	1.5.E-04	1.6	4.8E-05	2.5	<u>3.1</u>
空気作動弁	閉失敗	4	77927	26	5.8.E-05	2.0	1.2E-04	3.1	<u>0.5</u>
油圧作動弁	開失敗	1	15899	17	9.4.E-05	3.3	1.1E-04	2.1	<u>0.8</u>
油圧作動弁	閉失敗	0	15801	17	3.2.E-05	8.4	5.6E-05	2.5	<u>0.6</u>
逆止弁	開失敗	0	141286	27	3.5.E-06	8.4	9.2E-06	3.6	<u>0.4</u>
逆止弁	閉失敗	5	141372	27	3.9.E-05	1.9	5.9E-05	4.2	<u>0.7</u>
手動弁	開失敗	1	20449	26	7.3.E-05	3.3	1.1E-04	3.0	<u>0.7</u>
手動弁	閉失敗	3	20448	26	1.7.E-04	2.2	8.3E-05	3.2	<u>2.1</u>
安全弁	開失敗	0	1612	18	3.1.E-04	8.4	4.6E-04	5.4	<u>0.7</u>
安全弁	閉(吹止まり)失敗	0	1612	18	3.1.E-04	8.4	6.9E-04	7.6	<u>0.5</u>
逃し安全弁(BWR)	開失敗	0	1535	8	3.3.E-04	8.4	4.2E-04	3.0	<u>0.8</u>
逃し安全弁(BWR)	閉(吹止まり)失敗	0	1535	8	3.3.E-04	8.4	2.8E-04	3.5	<u>1.2</u>
電磁弁	開失敗	0	84701	4	5.9.E-06	8.4	4.3E-05	2.1	<u>0.1</u>
電磁弁	閉失敗	0	84735	4	5.9.E-06	8.4	4.3E-05	2.1	<u>0.1</u>
ファン/ブロア	起動失敗	0	31865	26	1.6.E-05	8.4	1.0E-04	2.7	<u>0.2</u>
ダンパ	開失敗	4	48153	26	9.3.E-05	2.0	6.1E-05	2.3	<u>1.5</u>
ダンパ	閉失敗	15	48070	26	3.2.E-04	1.5	5.2E-05	2.5	<u>6.2</u>
遮断器	開放失敗	1	52694	26	2.8.E-05	3.3	5.2E-05	2.1	<u>0.6</u>
遮断器	投入失敗	1	94552	26	1.6.E-05	3.3	7.2E-05	2.1	<u>0.2</u>

結果

- 新しい故障データ収集方法では、個別プラントPRAモデルと整合した機器母集団の中から、プラント内の情報を直接使って米国と同等の故障判定基準で機能故障データを収集した。
これにより、日本の故障率を算出するにあたって、データ収集の方法が不適切ではないか、との疑義は解消すると考える
- 日本の一般故障率は、概ね米国の一般故障率よりも一桁程度以内で小さいものが多い。また、米国と同程度およびそれより大きい故障率も若干存在する。
- 収集期間が短かいため、今後もデータの蓄積を続けてデータの信頼性向上を図る。