

セッションテーマ：リスク情報活用の課題について

② リスク情報活用の実現に向けた 戦略プラン及びアクションプラン

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 リスク情報活用推進チーム
(電気事業連合会)

桜本 一夫

sakuramoto3957@criepi.denken.or.jp

2023年10月16日

目次

1. 戦略プラン及びアクションプランの概要
2. 戦略プラン（フェーズ1）
3. 戦略プラン（フェーズ2）
4. まとめ

1. 戦略プラン及びアクションプランの概要

【取り組み及び公表】

- 原子力事業者は、発電所の安全性を継続的に向上していくためには、リスク情報を活用して、プラントの設備や運用において強化すべき点を特定し、有効な対策を取っていく取り組みが必要となる。
- 原子力事業者は、そのための枠組みとして、リスク情報を活用した意思決定 (RIDM) プロセスを、発電所のマネジメントに導入することとし、これを実現させるための取り組み方針等を取りまとめた「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン（初版）」（以下「初版」という）を2018年2月に公表した。
- 原子力事業者は、初版に定めたアクションプラン（フェーズ1）に基づき様々な取り組みを実施してきたことから、フェーズ1での取り組み状況を踏まえて今後も継続すべき取り組み及び拡張・発展させていくべき取り組みを検討し、その結果をアクションプラン（フェーズ2）としてまとめ、2020年6月に改訂版を公表した。

https://www.fepec.or.jp/about_us/pr/oshirase/_icsFiles/afieldfile/2020/06/19/press_20200619_b.pdf

1.1 RIDMマネジメントシステム

- 「パフォーマンス監視・評価」、「リスク評価」、そして「意思決定・実施」という3つの主要な機能（3つのボール）がある。
- これら3つの機能を支える機能が、改善措置活動（CAP）とコンフィギュレーション管理（CM）の2つのプログラム（2つの基盤）である。

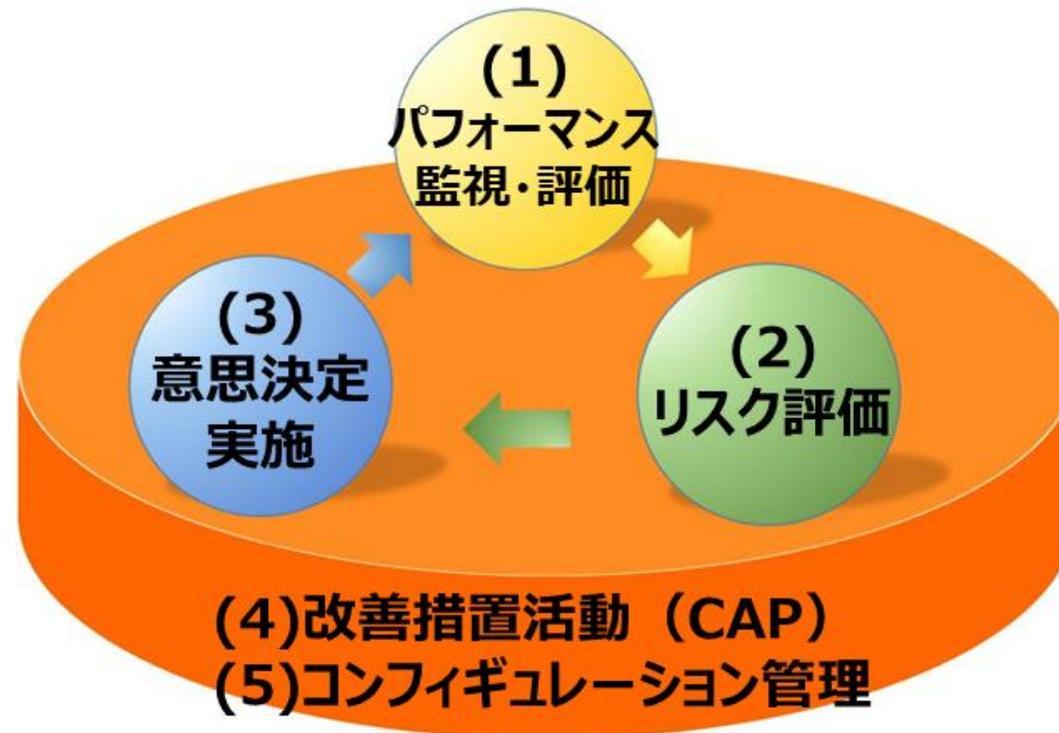


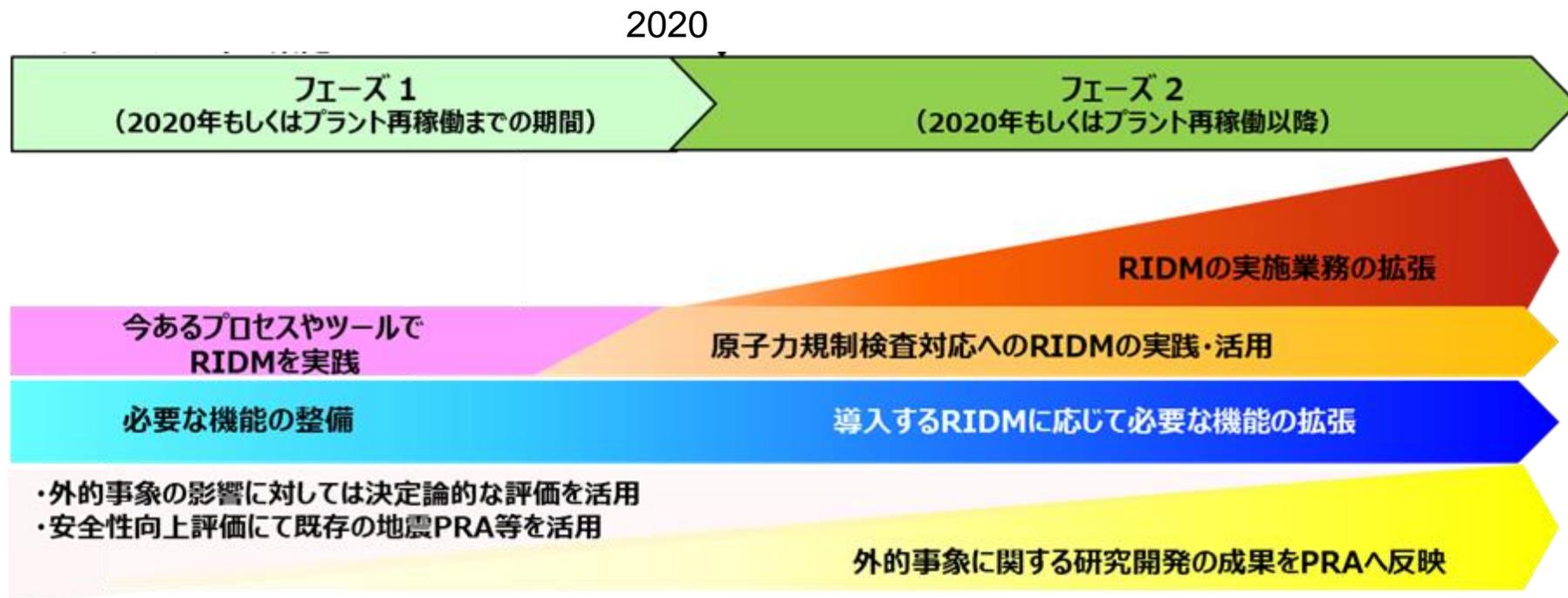
図: 3つのボールと2つの基盤

1.1 RIDMマネジメントシステム

- (1)パフォーマンス監視・評価：プラントの現物・現実に則して、構造物、系統、機器（SSC）だけでなく要員の活動を含めたパフォーマンスを監視・評価する機能である。
- (2)リスク評価：課題が抽出された場合に解決策のオプションを評価するものであり、決定論的な評価と確率論的な評価の両方を含む。
- (3)意思決定と実施：パフォーマンス監視で抽出した課題の解決策のうち、リスク評価からの情報をもとに最良の選択肢を決定し、実施する。
- (4)改善措置活動（CAP）：原子力事業者における問題を発見して解決する取り組み。問題の安全上の重要性の評価、対応の優先順位付け、解決するまで管理していくプロセスを含む。
- (5)コンフィギュレーション管理（CM）：設計要件、施設構成情報、現場の施設の物理構成の3要素の一貫性を維持するための取り組み。

1.2 戦略プランの基本方針

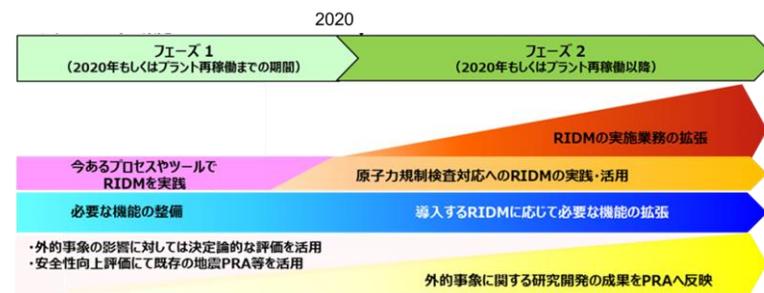
- RIDM プロセスの導入に向けた戦略プランの基本方針



2. 戦略プラン（フェーズ1）

【基本方針】

- 2020年3月末若しくはプラント再稼働までの期間
- 原子力事業者は、RIDM プロセス導入のために必要な機能（3つのボールと2つの基盤）の整備を行い、日常の発電所の運転におけるランダム故障及び経年劣化に伴う故障等の内的事象のリスクに対し、RIDM プロセスによる自律的な安全性向上のマネジメントの仕組みを整備する。
- 既存のリスク評価のプロセスやツールにより評価したリスク情報を活用してパフォーマンスの向上、リスクマネジメント能力の向上を進める。



2.1 アクションプラン（3つのボールと2つの基盤）

3ボール・2基盤	項目
(1)パフォーマンス監視・評価	<ul style="list-style-type: none"> ・各社共通のガイドの策定。 ・監視対象を定め、パフォーマンス監視を開始。 ・傾向分析や対応策の検討に関するプロセスの構築、運用開始。
(2)リスク評価	<ul style="list-style-type: none"> ・内部事象のPRAモデル高度化によるプラント固有の定量的なリスク評価の実施。 ・データ収集ガイドの策定および評価に必要なパラメータの整備。 ・ピアレビューに関するガイドの策定。
(3)意思決定・実施	<ul style="list-style-type: none"> ・意思決定者向け共通訓練プログラムの策定。 ・発電所業務への、リスク情報活用の仕組みの導入。
(4)改善措置活動(CAP)	<ul style="list-style-type: none"> ・各社共通のガイドの策定。 ・発電所の全職員から報告される仕組みの構築。 ・重要度に応じた対応の仕組み(スクリーニング)の構築。 ・手順等の整備および運用の開始。
(5)コンフィギュレーション管理(CM)	<ul style="list-style-type: none"> ・各社共通のガイドの策定。 ・管理対象範囲を明確化、機器マスターリストの整備、管理すべき施設構成情報の整理。 ・設計要件、施設構成情報、物理的構成の整合をとるためのプロセス整備および運用開始。

2.2 原子力事業者の取り組み状況概要

【2020年3月末までのフェーズ1の実施状況】

- 再稼働プラントはフェーズ1の目標を達成し、再稼働前のプラントも鋭意準備を進めてきた。
- リスク評価：
 - ✓ 再稼働したプラントについては、内部事象のPRAモデル高度化を実施し、原子力規制検査への対応などにおいてプラント固有の定量的なリスク評価を活用することが可能
 - ✓ 残りのプラントについては、PRAモデル高度化を継続しており、再稼働までに実施する計画
- コンフィギュレーション管理：
 - ✓ 再稼働プラント及び再稼働前プラントについては、コンフィギュレーション管理を行う対象を定め、運用を開始
 - ✓ 建設中のプラントについては設計・建設の進捗に合わせて、検討・構築を実施

2.3 フェーズ1における取り組み事例

・停止プラントの作業工程検討時におけるリスク情報活用(東京電力HD)

- 作業工程検討時に使用済燃料プールの燃料損傷頻度および燃料損傷頻度増加量の累積値を評価し、リスク低減策を実施

リスクが大きい期間:
代替措置の準備, 設備ガードの設置
リスク低減策の例(電源盤の保護)



・CAPにおけるリスク情報活用(関西電力)

- CAP処理区分の指標にPRA結果(炉心損傷頻度等)を追加し、事象の影響度をより定量的に決定。

【CAP会議】

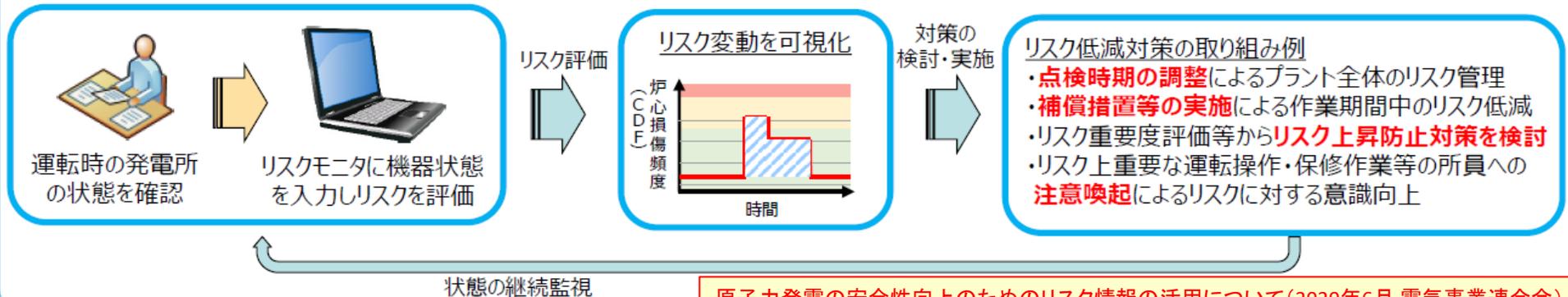
- ・影響度高・中・低を決定
- ・処理担当箇所を決定
- ・必要に応じ、処置方法の指示 等

影響度の決定で考慮する事項(例)

- ・PRA結果
- ・運転上の制限
- ・法令等の規制要求への適合

・運転時リスクモニタの導入(九州電力)

- 運転中プラントにおける各機器の運転状態に応じたリスク変動を可視化
 - ✓ 各機器の**運転状態に応じたリスク変動を把握**し、リスク低減対策の検討や更なるリスク上昇の防止に活用

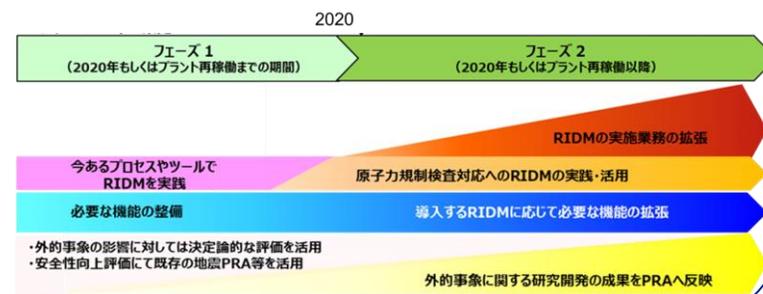


原子力発電の安全性向上のためのリスク情報の活用について(2020年6月,電気事業連合会)より

3. 戦略プラン（フェーズ2）

【基本方針】

- 原子力事業者は、フェーズ1 で導入したマネジメントを実践し、原子力規制委員会によって2020年度に導入された原子力規制検査において有効性を示しながら、その改善に引き続き取り組む。
- 原子力事業者は、これを自主的な活動にも展開し、運転員の訓練プログラムや手順書の改善を行い、設計基準を超える事故への対応力のさらなる強化を図っていく。
- 外的事象（地震、津波、火山等）に対しては、リスク評価は当面決定論的な評価を実施する。（規制基準への適合、国内外の運転経験の反映、深層防護の思想との整合、安全余裕の維持等を考慮）
- 外的事象のPRAについては、NRRC等による研究開発の成果を順次導入していく。



3. 戦略プラン（フェーズ2）

- フェーズ2で目指すべきもの（フェーズ1の結果を踏まえて）
「安全性の維持・向上のためのRIDMプロセスの実践及び定着」
- 3つの目標
 1. フェーズ1で整備した技術基盤等を活用したRIDMプロセスの実践及び定着を進める
 2. リスク評価の精度向上及び適用範囲の拡大に努め、継続的なプラントの安全性の維持・向上を図る
 3. 効果的かつ効率的な発電所運営を目指し、プラントの高稼働率運転を達成する
- この目標の下、次の活動を推進する
 - ① RIDMのための技術基盤の活用及び改善
 - ② 研究開発の継続と成果の適用
 - ③ RIDMプロセスの適用範囲の拡大

3.1 アクションプラン（フェーズ2）

- ① RIDMのための技術基盤の活用及び改善
 - 原子力規制検査への対応、手順書の改善、訓練プログラムの高度化などの日常活動で活用。定期的なセルフアセスメントにより改善活動を継続。
 - 更なる発展に向け、データ分析により、共通原因故障に係るパラメータ整備などを実施。
- ② 研究開発の継続と成果の適用
 - 研究開発・高度化を継続し、実機を用いた適用性の確認等も実施し、個別プラントのリスク評価を実施。
 - 学協会等での議論を通じ、科学的合理性及び透明性を確保。
- ③ RIDMプロセスの適用範囲の拡大
 - PRAの適用範囲を発電所業務に拡大し、資源運用を効果的かつ効率的に実施。これにより、安全性の維持・向上とプラントの稼働率向上の両立を指向。
 - 規制側との対話、情報共有などにより、安全性の維持・向上に向けた活動を共に実施。

3.2 原子力規制検査の対応

- 原子力規制検査で使用するPRAモデルの方針
 - 各プラントの特徴を規制上の取扱いに適切に反映させるため、実際の設備状況を踏まえた個別プラントモデルを用いる。そのため、設備状況を踏まえて整備される[原子力事業者のPRAモデルの活用](#)を原則とする。
 - 原子力事業者のPRAモデルの記述の正確性などを確認した後、規制機関の判断の参考に活用するに当たって見直しが必要な部分があれば修正して使用する。
- PRAモデルの適切性確認
 - 規制庁は、原子力事業者から提供されたPRAモデルについて、[ASME/ANSのPRAスタンダード、日本原子力学会の実施基準等のPRAに係る文書](#)を参考に、[適切性を確認](#)する。
 - 規制庁の使用するPRAモデル（適切性確認が完了したPRAモデル）が整備されたプラントに対して、検査において定量的リスク評価を活用する。

3.2 原子力規制検査の対応

- PRAモデルの適切性確認の実施状況

- 2019年2月から開始された「原子力事業者のPRAモデルの適切性確認」の実施状況は以下のとおり

プラント	L1PRAモデル	L1.5PRAモデル
伊方 3	適切性確認完了	適切性確認完了
大飯 3 / 4	適切性確認完了	適切性確認中
玄海 3 / 4	適切性確認完了	適切性確認中
高浜 3 / 4	適切性確認完了	適切性確認中
川内 1 / 2	適切性確認完了	適切性確認中
柏崎刈羽 7	適切性確認中	適切性確認中
高浜 1 / 2	モデル提供済み（待機）	モデル提供済み（待機）
美浜 3	モデル提供済み（待機）	モデル提供済み（待機）

3.3 原子力事業者の改善活動

- 原子力事業者は、3つのボールと2つの基盤について、セルフアセスメントにより課題・弱みを抽出。
- 原子力事業者は、その課題・弱みに対して改善計画を策定し、改善活動を実施。
- また、更なる改善への取り組みとして、他の原子力事業者の取り組み（良好事例）を共有することで、自ら欠けている部分を認識し、さらなる改善活動への気づきにつながるきっかけとなるように報告会を開催。

3.4 PRAパラメータ整備（1）

【PRAパラメータ整備の目的】

- PRAモデルには、トレーサビリティが確保されたパラメータ（データベース）が必要である
- このため、NRRCは、我が国のPRA用パラメータを整備するため、パラメータ整備WGを設置し、個別プラントから必要なデータをもれなく収集する方法と体制の構築を進め、パラメータ評価手法の技術検討を行っている
- 原子力事業者が収集したプラント個別データをNRRCで集約・解析し、国内共通一般パラメータとして原子力事業者提供している
- このように収集したデータは、収集量（故障実績数など）には違いはあるものの、データ収集方法・解析の観点からは海外と比べても遜色ないデータベースとなっている

※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
（2023年5月発行、電力中央研究所）

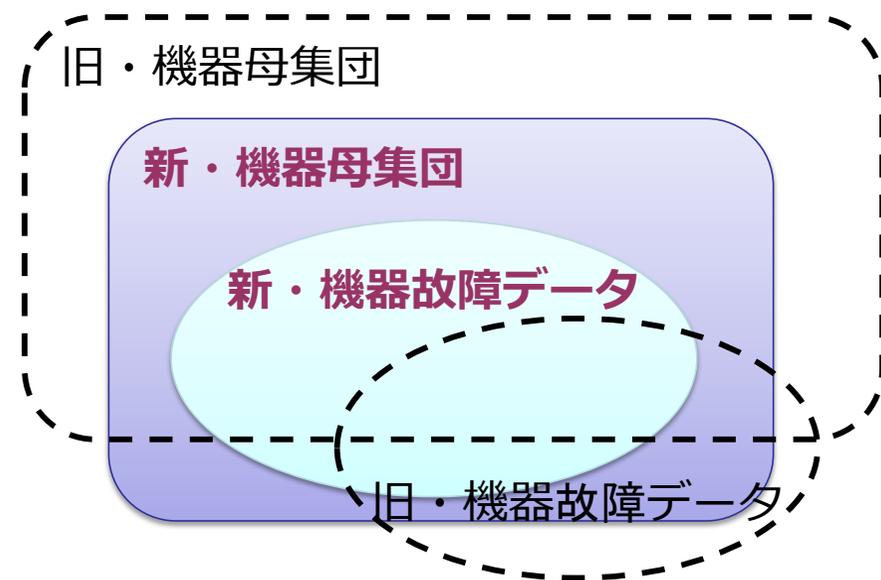
3.4 PRAパラメータ整備（2）

【これまでのDBの問題点】

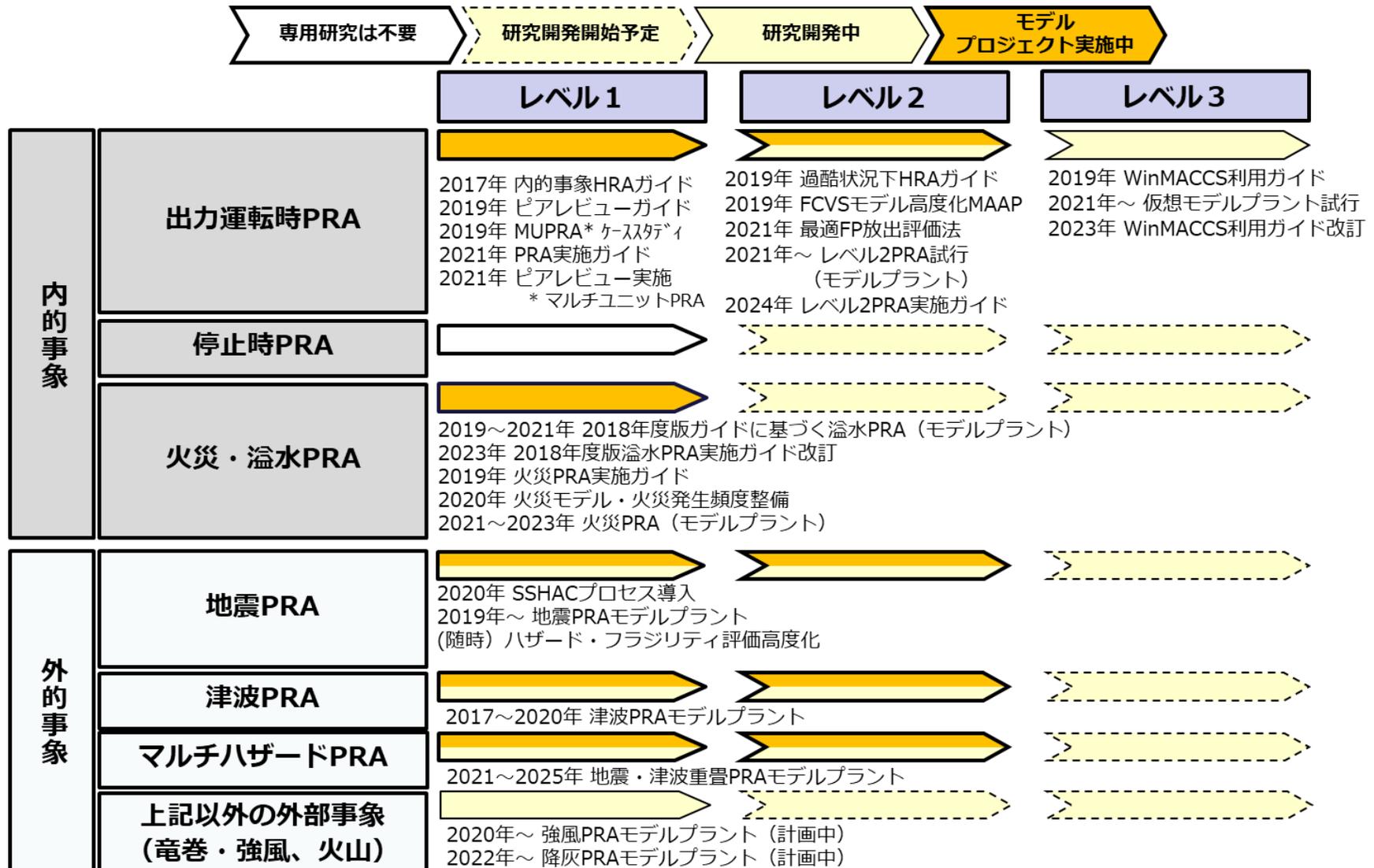
- 登録された機器範囲とPRAで対象としている範囲が異なり機器母集団数の集計が不正確になっていた（母集団の不確実さ）
- プラントで発生した事象がすべてデータベースに登録されているかどうかを確認するしくみがなかった（情報の不完全さ）

【改善点】

- PRAモデルを構成する基事象から故障情報の収集対象とする機種・故障モードを定義
- それらを母集団として故障情報と運転経験情報を収集
- 原子力事業者の収集にばらつきが生じないようにルールも合わせて整備



3.5 PRA技術の改良開発：状況



<https://criepi.denken.or.jp/jp/nrrc/intro/roadmap.html>

3.5 PRA技術の改良開発：スケジュール



PRA項目	研究項目	年度						
		～2020	2021	2022	2023	2024	2025～	
出力運転時	内的レベル1PRA手法改良							
	人間信頼性評価（HRA）手法高度化							
	過酷状況下HRA手法開発							
	マルチユニットPRA手法開発							
	放射性物質放出リスク評価手法高度化（レベル2）							
	環境影響リスク評価手法開発（レベル3）							
内部火災	内部火災リスク評価手法整備（レベル1）							
内部溢水	内部溢水リスク評価手法整備（レベル1）							
地震	地震リスク評価手法高度化（レベル1-2）							
	SSHACプロセス確立							
	ハザード・フラジリティ評価手法高度化							
津波	津波リスク評価手法高度化（レベル1-2）							
	ハザード・フラジリティ評価手法高度化							
竜巻・強風	竜巻・強風リスク評価手法高度化（レベル1-2）							
	ハザード・フラジリティ評価手法高度化							
火山	降灰リスク評価手法高度化（レベル1-2）							
	ハザード・フラジリティ評価手法高度化							
リスクコミュニケーション	内部・外部コミュニケーション方法改善策策定							

<https://criepi.denken.or.jp/jp/nrrc/intro/roadmap.html>

3.6 PRAモデルの高度化（海外専門家レビュー）

【海外専門家レビュー】

- 日本のPRAは国際的慣行（State-of-Practice）のレベルに至らない部分（起因事象、故障率データなど）があったため、2014年から伊方3号機をPWR、柏崎刈羽7号機をBWRのパイロットプラントとし、海外のPRA専門家のレビューを受けPRAの高度化を図ってきた。

【伊方3号機のレビュー実績】

- ✓ 運転時L1PRAレビュー
- ✓ 運転時L1.5PRAレビュー
- ✓ 停止時L1PRAレビュー
- ✓ 地震PRAレビュー

【柏崎刈羽7号機のレビュー実績】

- ✓ 運転時L1PRAレビュー
- ✓ 運転時L1.5PRAレビュー
- ✓ 停止時L1PRAレビュー

【海外専門家らの主なコメント】

- ✓ **システム解析**：機能喪失シナリオとして考慮に不十分なところがある
- ✓ **人間信頼性解析**：人的エラーの想定として考慮に不十分なところがある
- ✓ **データ解析**：国内故障率データを用いる際の妥当性の確認が必要

4. まとめ

- 原子力事業者は、リスク情報を活用した意思決定（RIDM）プロセスの発電所のマネジメントへの導入を実現させるために、その取り組み方針等を取りまとめた「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン」を公表した。
- 原子力事業者は、「リスク情報活用の実現に向けた戦略プラン及びアクションプラン」を踏まえて様々な取り組みを実施しており、今後も継続すべき取り組み及び拡張・発展させていくべき取り組みを検討し、実施している。
- また、原子力事業者は、PRAの品質を向上させるための改善、PRA技術の研究開発等に取り組んでいる。

ご清聴ありがとうございました。