

伊方発電所3号機（パイロットプラント）における PRAの取組状況について



四国電力株式会社
平成28年9月26日

1. はじめに
2. 伊方発電所3号機プロジェクトの状況
3. PRA活用の取組状況
4. おわりに

(1) 伊方発電所3号機プロジェクト開始の背景

- ✓ 伊方発電所は、福島第一原子力発電所事故の前から、停止時PRA（P12で詳細説明）のモデルを構築しプラント停止時のリスク管理を実施するなど、PRAの活用に取り組んでいた。
- ✓ 伊方発電所は、敷地前面に中央構造線断層帯※が位置していることから、耐震対策および原子力広報のため、従来から地震に関する多くのデータを集約・保有しており、同データの活用によりプロジェクトへの貢献が可能であった。

※ 西日本を縦断する日本最大級の断層系であり、その一部は活断層。
伊方発電所の地震評価において、支配的な影響を有する。

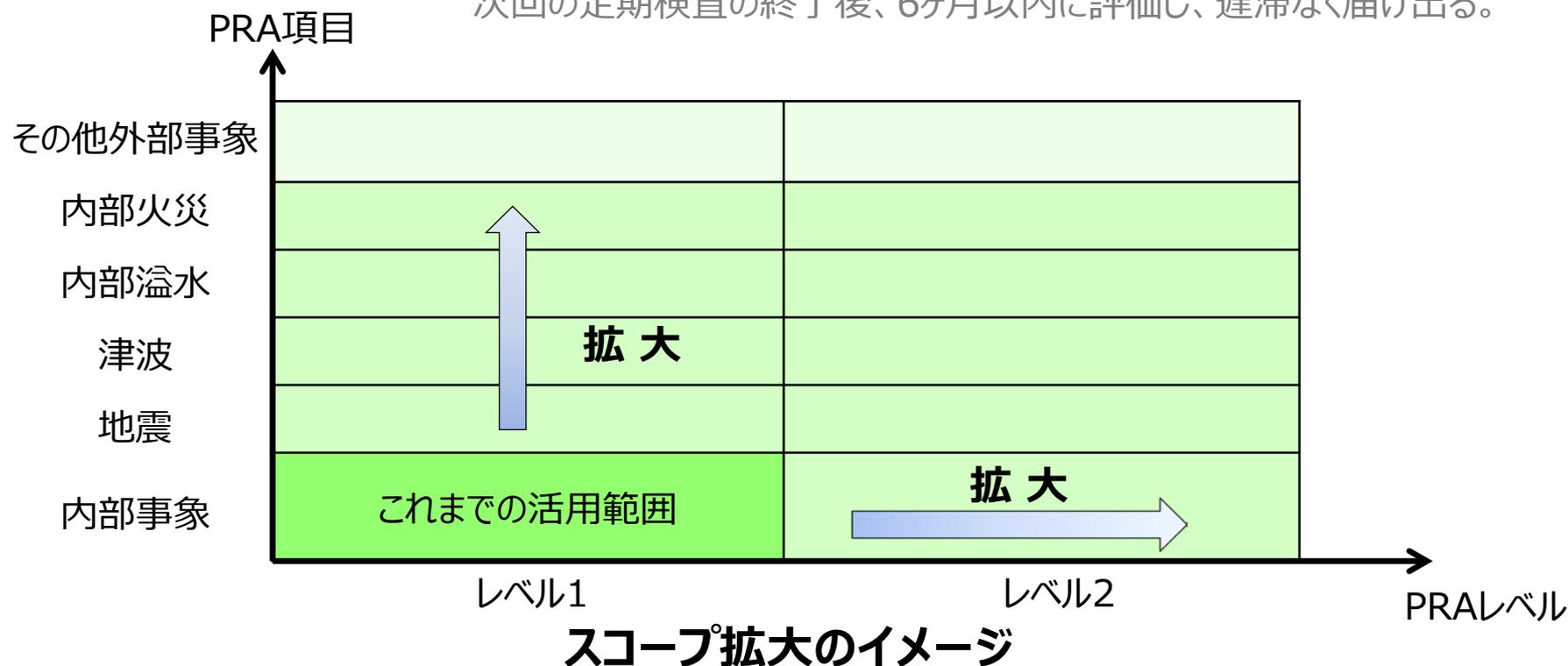
(2) 四国電力の取組目標

福島第一原子力発電所のような事故を二度と起こさないよう、リスクと真摯に向き合い、PRA手法の高度化を通じて、適切にリスク情報を活用することで、継続的に安全性向上のための対策を策定する判断や意思決定を実施していくプロセスを確立する。

(1) PRAモデル構築のスコープ

- ✓ 伊方発電所3号機の初回の安全性向上評価（SAR）※において必要とされるものを優先しつつ、スコープの拡大を図っていく。
- ✓ プロジェクトの進捗状況（検討課題、成果など）については、他事業者へも情報連携・知見共有する。

※ 規制への適合性や自主的に講じた安全措置に関して評価した報告書。次回の定期検査の終了後、6ヶ月以内に評価し、遅滞なく届け出る。



(2) スケジュール

- ✓ SAR届出に向け、PRAの評価対象範囲を順次拡大する。
- ✓ 技術タスク（後述）の成果も踏まえ、PRAを随時改善していく。

項 目		年 度					
		H27	H28	H29	H30	H31	H32～
安全性向上評価届出のPRA			3号機		★初届出		3号機
PRAの改善活動	リスク情報活用に用いるPRA	PRA手法の高度化（内部事象レベル1から順次実施、スコープは進捗状況に応じて検討）					
					3号機リスク情報活用に用いるPRAの日常的活用 安全性向上評価届出のPRAへのフィードバック		
	(内訳)	内的事象レベル1及びレベル2		地震・津波レベル1及びレベル2			
		評価対象範囲の拡大 NRRCの積極的活用		内部漏水・内部火災レベル1 レベル3			
現自主PRA維持・活用	SA設備モデル化	リスク情報活用に用いるPRAが実現するまで維持・活用					

当面のスケジュール

(3) PRA手法の高度化

◆ 現実に即したPRA (Good PRA) を実現するために、NRRC 技術諮問委員会 (TAC※) の提言を受けて、以下の5つの技術タスクを設定のうえ、NRRCと協力しつつ改善の取組みを実施中。

- ① PRAのイベントツリー等の高度化
- ② PRAパラメータの高度化
- ③ 人間信頼性評価 (HRA) の高度化
- ④ 地震ハザード評価の高度化
- ⑤ 地震フラジリティ評価の高度化

※ Technical Advisory Committee

(3) PRA手法の高度化

① PRAのイベントツリー等※の高度化

【提言】

- ✓ プラント固有の起回事象を考慮すること、より多数の起回事象をもとにシナリオを想定することが重要である。
- ✓ 特に、サポート系統の設計はプラント毎に異なり、その故障がプラント全体のリスクに大きく寄与することから、プラント固有の起回事象を含めて網羅的に選定することが重要である。



- より現実的なシナリオを取り入れるため、起回事象の更なる細分化、イベントツリー及びフォールトツリーの精緻化などの改善に取り組んでいる。

※ イベントツリー : ある事象（起回事象）から炉心損傷に至るシナリオを体系的に示した図。
フォールトツリー : 複数の機能喪失が、ある安全系統の失敗に寄与する影響を体系的に示した図。

(3) PRA手法の高度化

② PRAパラメータの高度化

【提言】

- ✓ 起因事象発生頻度、機器故障率、機器の供用不能状態の確率（アンアベイラビリティ）は、発電所特有の運転経験（プラント固有のデータ）を反映した方がよい。



- 伊方発電所の運転経験を反映した評価を行うため、グループ会社とともに、社内システムとして整備していた機器保全情報データベースなどを活用し、過去7年間分のデータの分析等により個別プラントパラメータの整備を進めている。
- 今後個別プラントパラメータに置き換えていくため、両者の違いによる炉心損傷頻度への影響を評価する予定。

(3) PRA手法の高度化

③ 人間信頼性評価（HRA※）の高度化

【提言】

- ✓ 人間信頼性解析にTHERP手法を現在使用しているが、複雑な事象進展での人的パフォーマンスを評価するには適切な手法ではない。米国で使用されている先進的なモデルでの評価を指向した方がよい。



- 最新のモデル（IDHEAS等）を活用した人間信頼性評価を行うため、それらのモデルのうち、米国等で広く使用されているHRAカリキュレータを導入し、入力条件の検討等を行っている。今後、両者の違いによる炉心損傷頻度への影響を評価する予定。
- NRRCがHRAガイドライン整備や過酷状況下での人間信頼性評価の研究開発を実施しており、当社も運転員とのインタビューを設定するなど協力を実施。同時に、その成果を踏まえた評価についても検討を行う。

※ Human Reliability Analysis : 作業員による作業の信頼性に関する評価。

THERP : Technique for Human Error Rate Prediction

IDHEAS : Integrated Decision-tree Human Event Analysis System

(3) PRA手法の高度化

④ 地震ハザード評価の高度化

【提言】

- ✓ 最近の国際慣例に沿って、伊方発電所3号機のハザード評価には地震ハザード解析専門家委員会（SSHAC※）レベル3以上の手順を適用した方がよい。



- 米国等で行われているSSHACレベル3のプロセスに則り、より説明性のある確率論的地震ハザード評価に取り組んでいる。2018年度までに評価をまとめる予定。

※ Senior Seismic Hazard Analysis Committee

確率論的地震ハザードを設定する上での必要な要求事項を規定。

- ハザードへの影響度などの検討のレベルに応じてレベル1～4に分類。
- 重要設備に対して要求されるレベル3以上では、少なくとも3回の有識者によるワークショップ、参加型のピアレビューが必要。

(3) PRA手法の高度化

⑤ 地震フラジリティ評価※の高度化

【提言】

- ✓ フラジリティの改善については、可能な範囲で入手できる地震経験データを基にして、フラジリティモデルで使用するパラメータを再検証した方がよい。
- ✓ 原研法（簡易手法）は炉心損傷頻度等に寄与する構造物等を特定するものだが、一般的に確立された手法との整合性を更に検証した方がよい。



- 現在、NRRCがより現実性の高い評価方法として、新しい手法の研究開発を行っていることから、今後、その研究開発の成果を踏まえ、高度化の検討を行う。加えて、両者の違いによる炉心損傷頻度への影響を評価する予定。

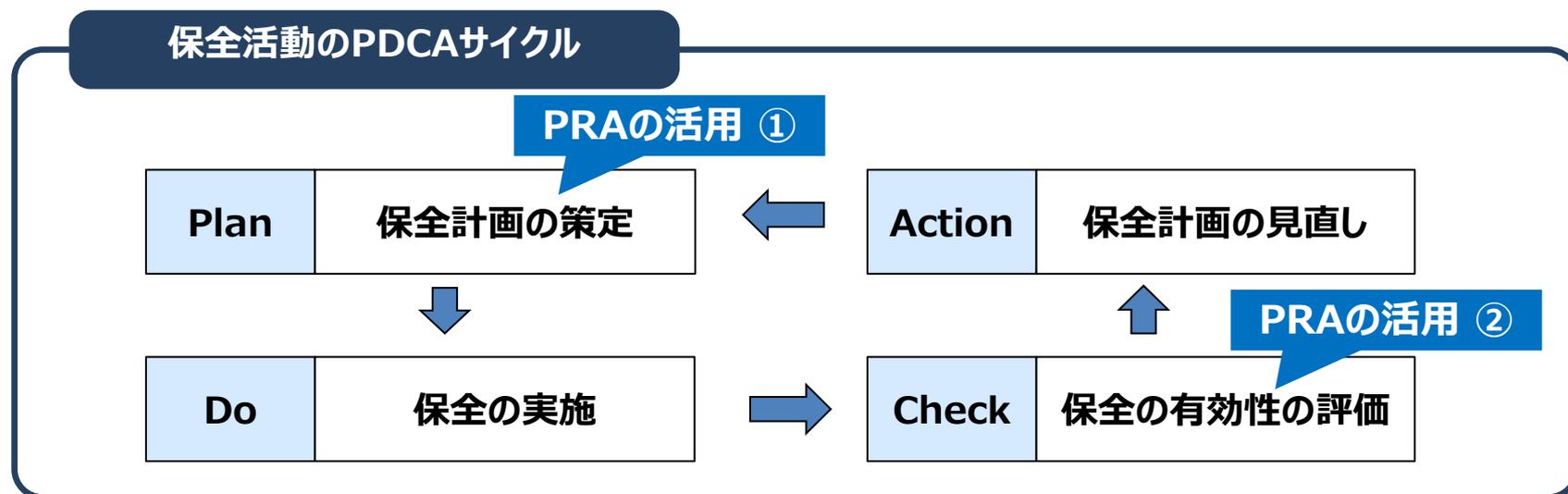
※ 地震に対する機器・建屋のフラジリティ（脆弱性）についての評価。
「地震により受ける力」と「機器・建屋が持つ強さ」の関係から評価を行なう。

(1) これまでの活用状況 (1/2)

① 設備の保全重要度の設定

保全活動のPDCAサイクルにおける PlanとCheckにおいて、PRAを活用している。

PRAの活用 ①	PRA結果に基づき、リスクの観点から系統・設備の保全重要度を分類し、保全方式（時間基準保全、状態基準保全など）の選定に活用。
PRAの活用 ②	保全の有効性を評価する際に、評価基準の設定にあたって、PRA結果に基づくリスク重要度を活用。

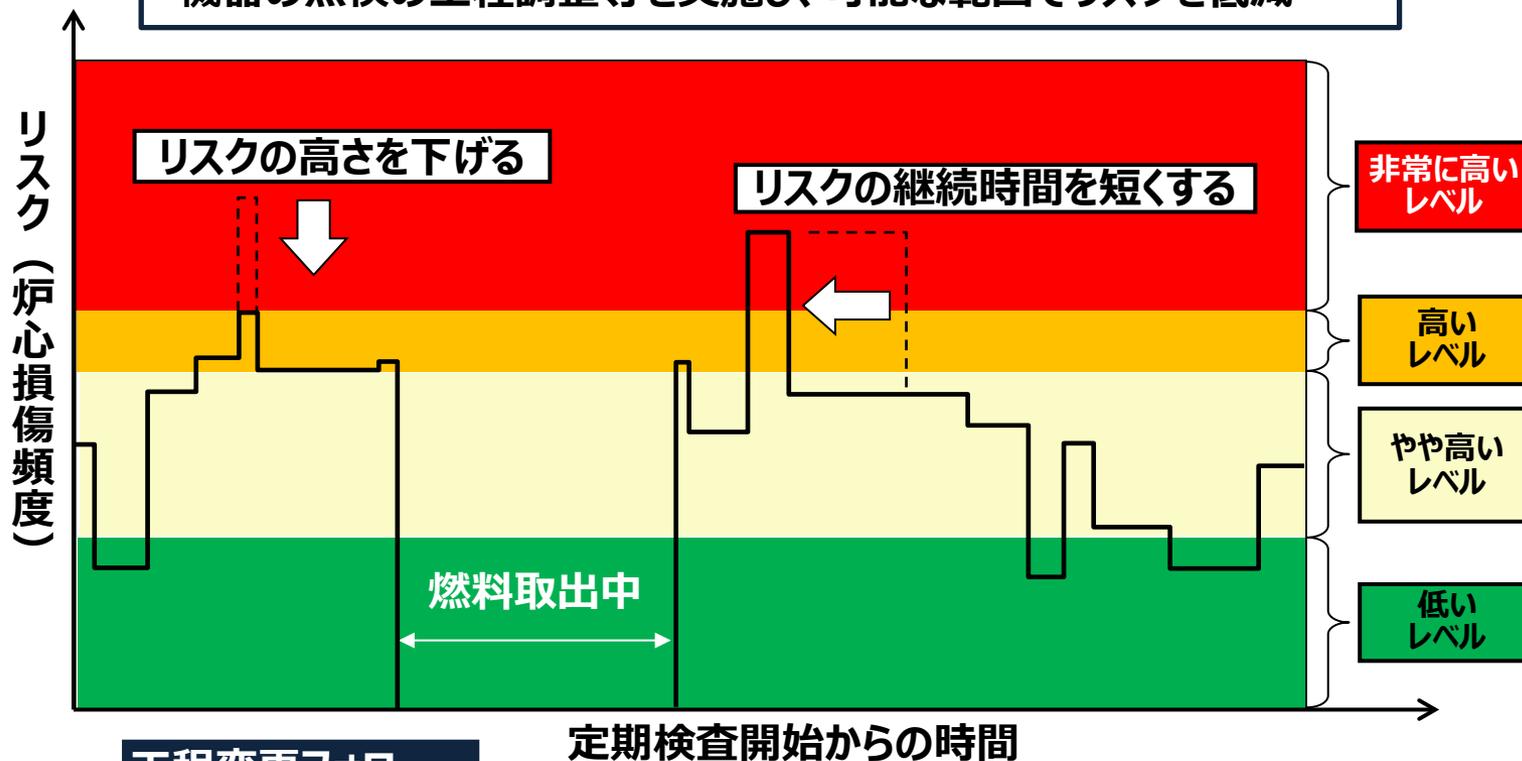


(1) これまでの活用状況 (2/2)

② 定期検査工程への反映

計画段階におけるリスク算出

- ・定期検査の工程作成時においてリスクを算出
- ・機器の点検の工程調整等を実施し、可能な範囲でリスクを低減



工程変更フォロー

定期検査開始後においても、工程変更等によるリスクの変動をフォロー

(1) これまでの活用状況（参考：リスク低減の実例）

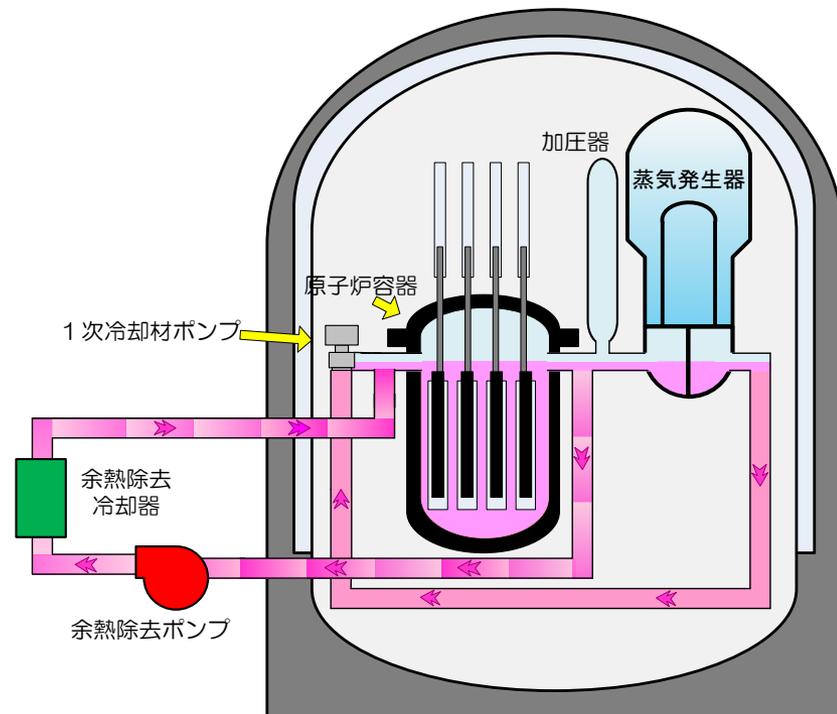
プラント停止期間中で最もリスクが高くなる『原子炉容器内に燃料がある状態で、燃料周りの冷却水量が最も少なくなる期間（ミッドループ運転期間）』において

1. リスクの高さを下げる

非常用ディーゼル発電機（計2機）について、従来は1機目の点検を開始していたが、ミッドループ運転期間中は2機とも使用可能な状態にした。

2. リスクの継続時間を短くする

従来は3日程度を設定していたミッドループ運転期間を、1日程度に短縮した。



ミッドループ運転のイメージ

(2) 今後の活用方針

◆ まずは評価のベースとなる内部事象PRAの手法の高度化を中心に取り組み、その成果を随時活用していく。

これまでの活用項目

- ① 設備の保全重要度の設定
- ② 定期検査工程への反映

高度化された内部事象PRA

より現実的な保全重要度の設定、
定期検査リスクの把握が可能に。

◆ 地震PRA等スコープを拡大し、低頻度・高影響事象に対するプラントの脆弱性を把握し、安全性向上対策につなげる。

■ PRAの意思決定への活用

- ✓ 継続的な安全性向上を目的とし、対策を策定する判断や意思決定のプロセスにおいてリスク情報を活用する体系を整備していく。

■ PRA改善活動を成功に導くにあたっての課題

- ✓ 今後、リスク・インフォームドな意思決定を実現するには、事業者自らが、タイムリーかつ自由にPRAを活用できるよう取り組む必要がある。
また、組織全体へのリスク意識の浸透が今後の成功の鍵となるため、現在NRRCの支援を受けつつ実施している我々のPRAに関する技術力の向上に加え、発電所員を含めた関係者のリスク意識の向上にもしっかりと取り組んでいく。