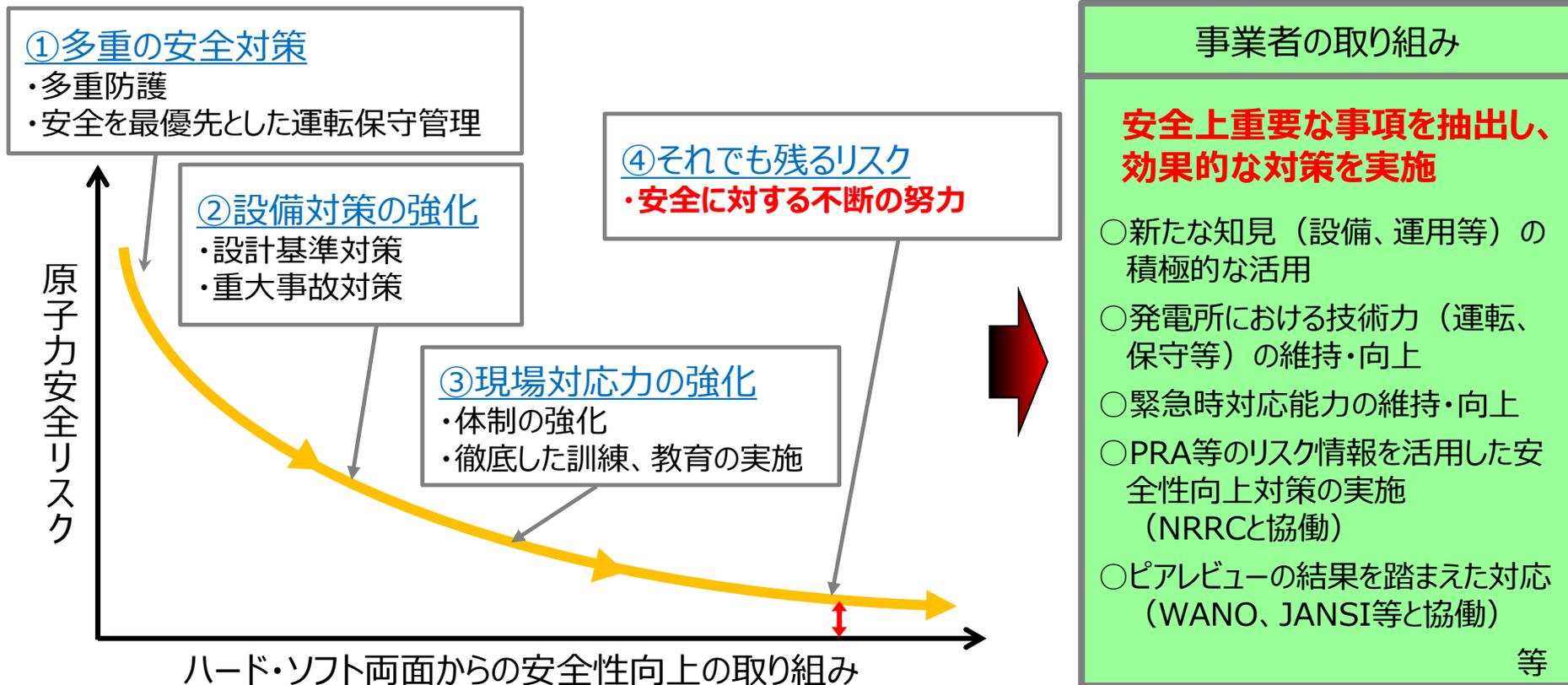


原子力発電の安全性向上における リスク情報の活用について

2018年2月13日
電気事業連合会

安全性向上の取組みの基本的な考え方

福島第一原子力発電所事故の反省として、原子力発電所の安全性向上のため、原子力発電所のリスクに向き合う仕組みの構築と、巨大地震や津波といった発生した場合の影響が大きい外的事象への取組み強化を進めてきた。



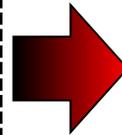
リスクはゼロにならないという考えに基づき、規制基準を満たすことに留まらず、**事業者の一義的責任の下、自ら安全性向上・防災対策充実を追求し、適切にリスクを管理すること**（リスクマネジメント）が重要。

プラントの状況を正しく把握し、RIDMの導入により起こりうる問題のリスク重要度を考慮し（リスクインフォームド）、安全性向上のための意思決定を行う。

＜自律的な安全性向上のマネジメントシステムに変革する。＞

【RIDM導入前】

決定論的手法による評価を基に意思決定。自他プラントのトラブル等の是正による安全性向上。



【RIDM導入後】

確率論的リスク評価から得られるリスク情報を含めた様々な情報をもとに、対策の優先順位を総合的に判断

リスク情報の活用に向けた戦略プラン～原子力事業運営の目指す姿

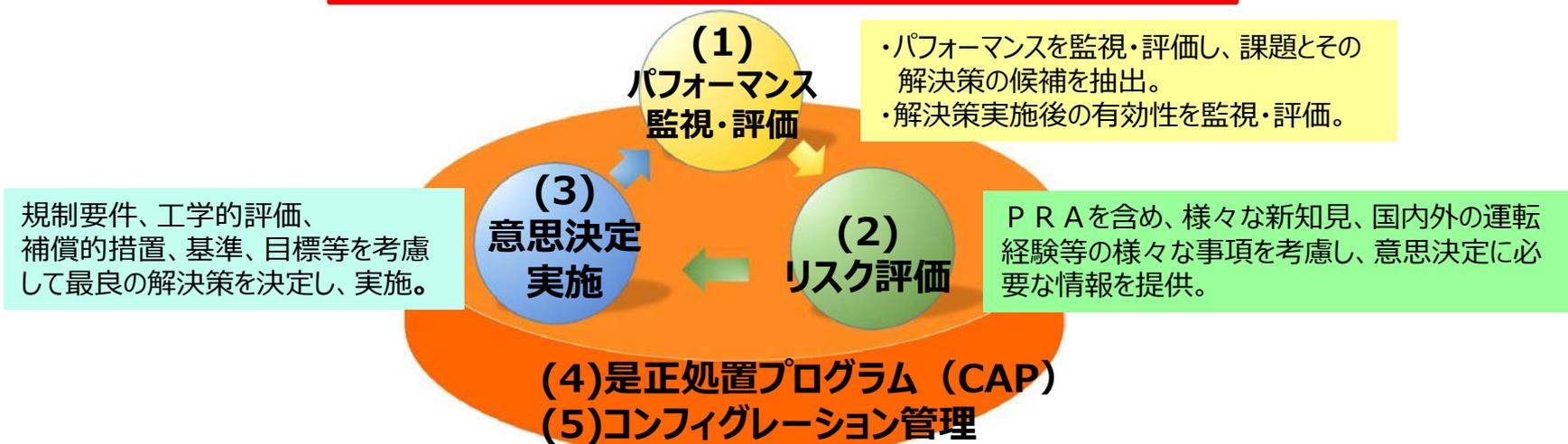
発電所のリスクを継続的に管理していくためには、リスク情報を活用してプラントの設備や運用において強化すべき点を特定し、有効な対策をタイムリーに実施する必要がある。

⇒**リスク情報を活用した意思決定（Risk-Informed Decision-Making : RIDM）**

を発電所のマネジメントに導入するため、**RIDM導入戦略プラン**を取りまとめた。

⇒**戦略プランは11社の連名で、2/8 NRRCシンポジウムにて公表済。**

自律的な安全性向上のマネジメントシステム



技術基盤

プロセス

人材

注) 是正処置プログラム (Corrective Action Program: CAP) : 事業者における問題を発見して解決する取組み。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。

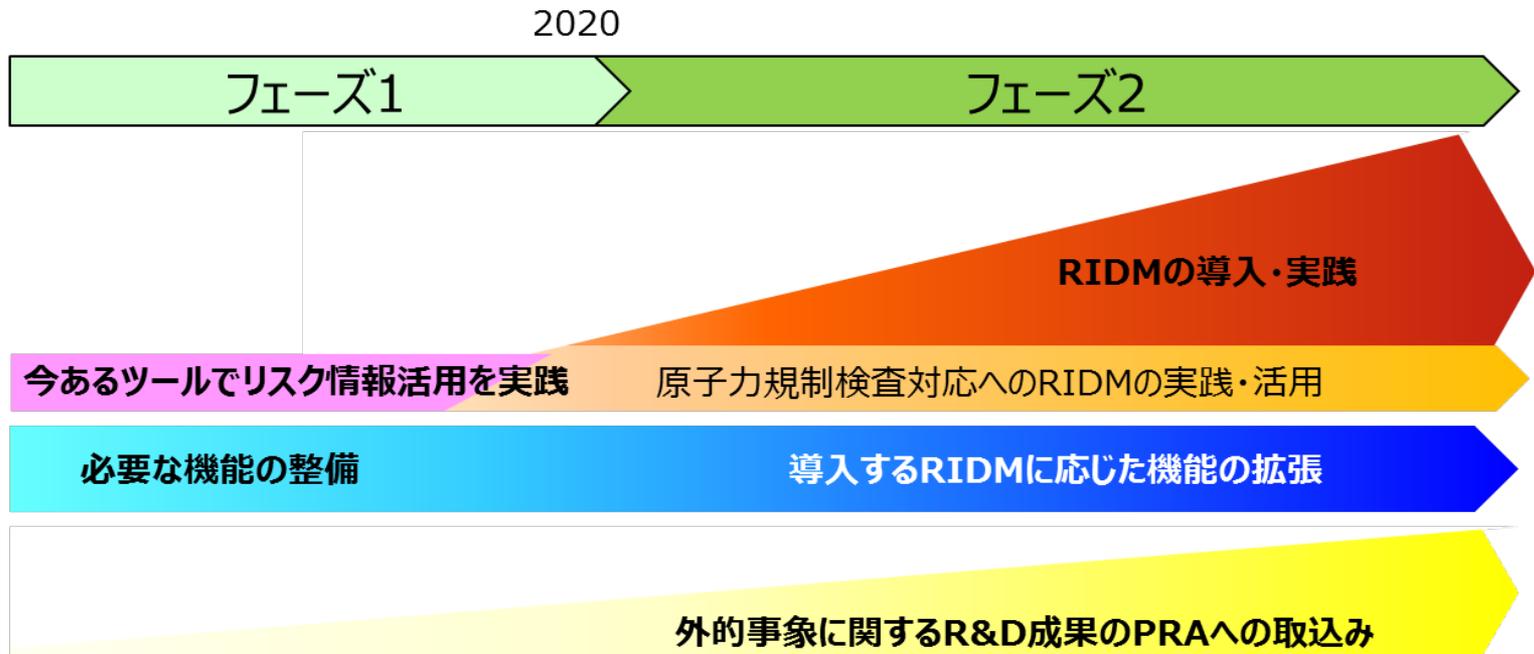
注) コンフィグレーション管理 : 設計要件、施設の物理構成、施設構成情報の3要素の一貫性を維持するための取組み。

フェーズ1（2020年もしくはプラント再稼働までの期間）

- リスク情報を活用した**自律的な発電所マネジメントの高度化**。
⇒具体的な取組みをアクションプランとして策定

フェーズ2（2020年もしくはプラント再稼働以降）

- 自律的な**発電所マネジメントを継続的に改善**するとともに**R I D M活用範囲を拡大**。
⇒日常の発電所運転・保守管理について、RIDM活用範囲を拡大。
⇒PRA等の必要な機能を高め、将来的には、米国同様の運転中保全のようなRIDMを導入した安全性向上のマネジメントの仕組みにまで適用範囲を拡大。



発電所マネジメントの高度化に向けた取り組み内容の例 (パフォーマンス監視：東京電力HD)

システム監視プログラムの構築

- 米国をベンチマークしてシステム監視プログラムを構築
(リスク情報を用いて約200の系統から重要系統40系統を抽出し、現在21系統を整備)
- パフォーマンス低下を検知する指標、検知した際のアクション等を整理

システム監視活動

- システムエンジニアによる系統のパフォーマンス分析・評価
(重要系統をカラーコードで評価)
- 系統健全性報告書を定期発行
- 系統のパフォーマンス低下を検知した場合は是正、継続改善を実行

⇒ 予防保全が強化され、トラブルの発生防止に貢献。

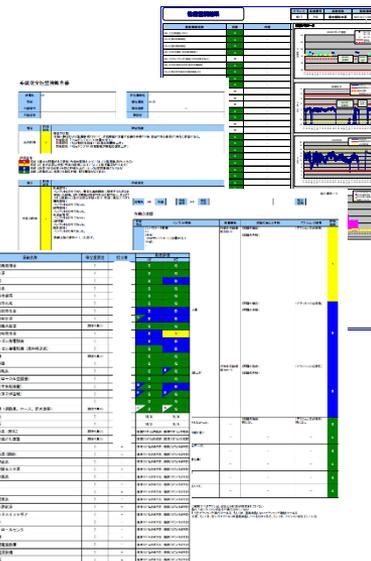
(例：原子炉補機冷却海水系の流量低下発見・熱交換余裕の監視強化・熱交換器内の流路清掃による圧損低減実施)

システムエンジニアの育成

- 米国ACAD98-004（米国INPOが定めた技術者教育のガイドライン）をベースに教育カリキュラムを構築し、系統全体を俯瞰する技術力を有するエンジニアを養成中
- カリキュラムを修了したうえで資格認定のための力量確認を実施し、システムエンジニアとして配置（現在5名を配置、今後拡大予定）

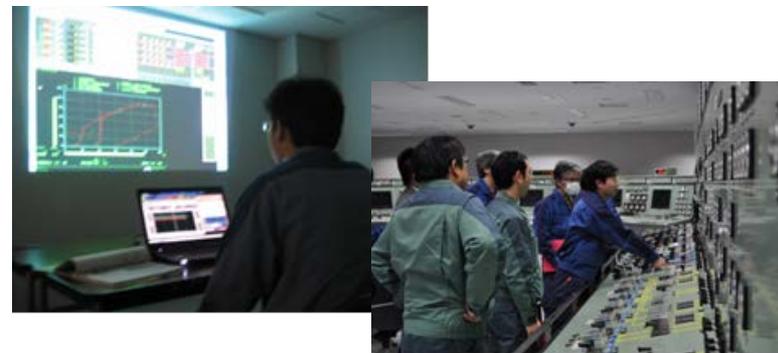


システム監視プログラム検討



系統状態コードと意味	
R	重大な問題がある状態
Y	注意が必要な状態
B	許容できる状態
G	問題のない状態

系統健全性報告書



シミュレータ訓練を含む教育

発電所マネジメントの高度化に向けた取り組み内容の例 (リスク情報活用：東京電力HD)

リスクモニタを日常的に活用中

- 工事のリスク評価を行い、工程変更や追加措置によるリスク軽減等を検討、実施
- リスク予報のメール発信と掲示を行い、本社と発電所内でリスクを周知
- 本社と発電所が毎日行うプラント情報会議で、リスクを確認

⇒リスクの低い工事工程の策定や、バックアップ対策の事前準備が可能となる。

柏崎刈羽原子力発電所 プラント停止中の 週間『リスク』予報

RISK ASSESSMENT IN PLANT SHUTDOWN [WEEKLY FORECAST]

K 7

<お願い> 作業主層グループ/各企業においては、『保安規定』、『停止時安全管理マニュアルの遵守』に加え、『リスク情報』についても参考の上、点検工程計画の策定をお願いします。

現在の崩壊熱の状況 (Current decay heat)		<凡例> 基準 (運転中) 4.7E-11 (/伊日)							
RPV側 除熱全停止の場合	約 221 時間後に100℃に到達 (0.29 ℃/h) (冷却材初期温度: 35℃)	炉心損傷	L 運転中リスク基準の1/10未満	M 運転中リスク基準の1/10以上	N 運転中リスク基準と同一レベル				
SFP側 除熱全停止の場合	約 118 時間後に65℃に到達 (0.25 ℃/h) (冷却材初期温度: 35℃)	LCO逸脱	L リスク LOW LCOC未満	M リスク MID 注意が必要	N リスク HIGH 第一故障で逸脱				

	4/20 Mon	4/21 Tue	4/22 Wed	4/23 Thu	4/24 Fri	4/25 Sat	4/26 Sun
原子炉の状態	冷温停止 (Cold Shutdown)						
燃料状態	燃料装荷 (Fuels in reactor core)						
SFPゲート状態	Gate Close						
角の状態	A, B, C角確保						
燃料材料貯蔵庫の状態	燃料材料貯蔵庫の状態						
炉心損傷頻度 (CDF) Core Damage Frequency	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW
(/伊日)	3.8E-18	3.8E-18	3.8E-18	6.3E-18	3.9E-18	3.9E-18	3.9E-18
	CDFは低い状態を維持しています。 (注) 仮想不待機は、機能ありとしてCDF評価しています。						
崩壊熱除去機能	KPV側 MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1
	SFP側 MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1
注水機能	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1	MID ※1
閉じ込め機能	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW	LOW
電源機能	MID ※1	MID ※1	MID ※1	HIGH 1.23	HIGH 1.23	HIGH 1.23	HIGH 1.23
EAL発生リスク	LOW	LOW	LOW	MID ※3	MID ※3	MID ※3	MID ※3

PRAを用いた定量的なリスク情報

今週のリスク評価 (7 Day Look Ahead)

※1 A系、C系の2系統が仮想不待機期間となっています。
B系の機能維持を確実に実施してください。B系機器(D/G7B含む)不具合によるLCO逸脱のリスクを低減するため、仮想不待機中のA系、C系についても機能維持に努める必要があります。万が一、B系の重要機器にトラブルが発生したら、A系、C系の仮想不待機を中止してください。

※2 No.1 HSTR停止。残り2系のHSTRは、それ片系のHSTRの故障により、外部電源喪失からの供給を失う。

※3 LST r 6SB停止。LST r 6SAの故障により故障等で外部電源喪失に至った場合、外部電源喪失が3時間以上継続でEAL-1となる。

保安規定要求からの逸脱のリスクに関する情報

【B系が使用不能となった場合】
RHR(A)がHPAC工事のため使用不能ですので、第40条の注水機能としてC系のECCS機器が必要となります。

高浜3号機 安全性向上評価に係るPRA評価結果の分析方法

現状のプラントの安全性を更に向上するための効果的な対策案を立案するため、以下の方法により検討を実施。

- ①事故シーケンスグループと格納容器(CV)機能喪失モードの中でリスク評価上重要なものを抽出
(重要度高、中、低に分類)

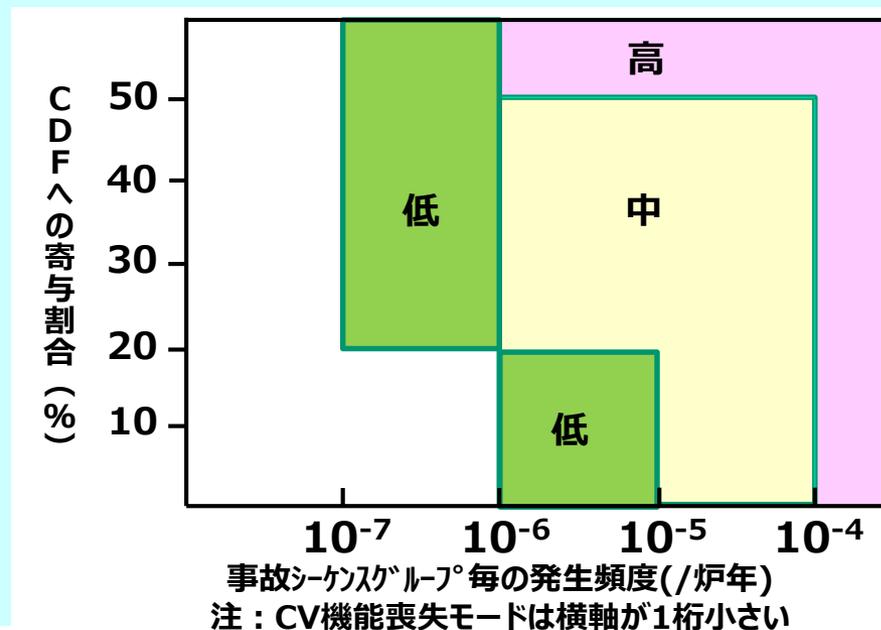
抽出結果

重要度「高」

- ・水蒸気・非凝縮ガス蓄積による過圧破損

重要度「低」

- ・原子炉補機冷却機能喪失
- ・ECCS注水機能喪失
- ・崩壊熱除去機能喪失(停止時)
- ・原子炉冷却材の流出(停止時)
- ・格納容器隔離失敗



原子力学会標準『原子力発電所におけるシビアアクシデントマネジメントの整備及び維持向上に関する実施基準：2013』を参考に対応を検討

- ②抽出した事故シーケンスグループとCV機能喪失モードのそれぞれから、更なる安全性向上対策案を検討

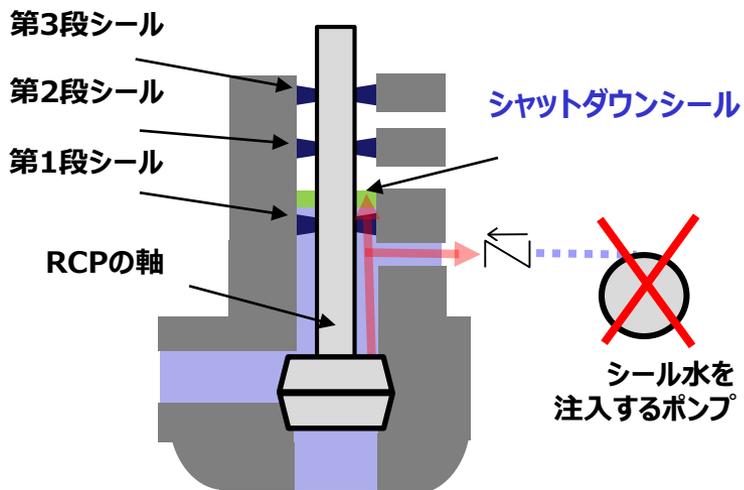
高浜3号機 PRA評価結果分析による安全性向上対策案

重要度「高」の事故シナリオを更に分析し、ハード面の安全性向上対策案を、重要度「低」の事故シナリオ分析からソフト面の安全性向上対策案を検討した。

ハード面

RCPシャットダウンシール (自主的対策)

SBO時等のRCPシールLOCA発生リスクの低減によるCDF、CFFの低減が期待できる。



ソフト面

運転操作・事故時の活動において、さらなるプラントの信頼性・安全性向上のため、以下を実施

- ・健全性確認手順の追加による設備の信頼性向上
- ・運転員を対象とした運転操作訓練や、緊対要員訓練の教育・訓練プログラム策定等への活用

フェーズ2におけるリスク情報を活用した取組み

- ① 自律的な発電所マネジメントシステムの更なる改善を行う。
- ② PRAの高度化（レベル2、火災、溢水、自然外部事象）を通じたマネジメントシステムの機能の更なる拡大・充実を進め、安全性向上の実績を積み重ねる。
- ③ リスク情報活用を発電所の様々なプロセスに適用し、更なる安全性の向上を目指す。
（適用例（米国の場合））
 - 許容待機除外時間／完了時間の最適化
 - 定期試験間隔の延長
 - リスク情報を活用した供用期間中検査（RI-ISI）
 - 運転中保全

- ・発電所の安全性向上に継続的に取り組んでいくためには、自律的な発電所マネジメントの高度化が重要であると認識。
- ・プラントの状況を正しく把握し、RIDMの導入により起こりうる問題のリスク重要度を判断の物差しとして考慮し（リスクインフォームド）、安全性向上のための意思決定を行う。
- ・各社が発電所マネジメントへのRIDMの導入のための取り組みの基本方針・アクションプランを**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**としてとりまとめた。



**フェーズ1（2020年もしくはプラント再稼働までの期間）として、
リスク情報を活用した自律的な発電所マネジメントの高度化を実施し、
フェーズ2（2020年もしくはプラント再稼働以降）として、
自律的な発電所マネジメントを継続的に改善するとともにRIDM活用範囲
を拡大していく計画である。**