

原子力の自主的安全性向上に向けた これまでの取組みと今後の取組みについて

2018年2月21日
電気事業連合会






電気事業者は、本ワーキンググループおよびその前身である原子力の自主的安全性向上に関するワーキンググループからの提言などを踏まえ、自主的・継続的に安全性向上にむけた取組みを続けている。今回、これまでの取組みを振り返り、取組み状況を整理した。

また、この取組みにおいて、福島第一原子力発電所の事故の反省の下、自主規制組織の設置（JANSI）、原子力リスクに係る研究開発体制の強化（NRRC）を行い、レビュー等を活用した改善活動や、リスク研究の実施・成果の活用等を行ってきた。

今後、規制に頼らず、自主的かつ継続的にリスク低減していくためには、各事業者が自ら安全の取組みを推進することは勿論のこと、メーカ、JANSI、NRRC等の組織の活動を、現場の安全性向上に十分に結び付けていく機能が不可欠である。

このような認識の下、今後、業界の共通課題に関し、業界大のリソースを効果的に活用しながら課題検討を行っていく仕組みを構築することで、安全性向上に向けた取組みをより確実なものにしていく。

ロードマップの骨格（概要）

(Ⅰ)リスクマネジメントの実施	<ul style="list-style-type: none">・社内リスクマネジメント体制構築・事業者間ピアプレッシャー・産業界の機能の構築	 3～5
(Ⅱ)網羅的リスク評価	<ul style="list-style-type: none">・PRAの実施、体制整備、PRA基礎基盤の整備	 6～7
(Ⅲ)残余のリスク低減	<ul style="list-style-type: none">・経営トップのリスク情報把握・設計によるリスク低減・ステークホルダーとリスク情報の共有	 8
(Ⅳ)レジリエンスの向上等	<ul style="list-style-type: none">・緊急時対応のマネジメント、人材・訓練・地域との情報共有	 9～11
(Ⅴ)研究 R M	<ul style="list-style-type: none">・安全性向上に関わる研究	 12

安全性向上に向けたこれまでの取組みの概要(1/10)

(I) リスクマネジメントの強化(1/3)

経営トップのコミットメントのもと、常に安全性の向上の高みを目指す質の高いリスクマネジメントを目指している。

＜社内リスクマネジメント体制構築＞

具体事例：16～32

原子力のリスクを部門のみに押し込めず、経営判断に活用。

【取組み状況】

- ・ リスク情報が経営判断に反映されるメカニズムを導入
- ・ 第三者的な社内原子力安全監視機能の充実
- ・ リスク情報も含めた双方向コミュニケーションの強化

【課題と今後の取組み】

- ・ リスク情報の精度向上、PRAの高度化、PRA技術者レベルの向上
- ・ 双方向対話ツールの整備、リスクコミュニケーション人材の育成

(I) リスクマネジメントの強化(2/3)

＜事業者間ピアプレッシャー＞ 具体事例：33～39

ピアプレッシャーにより、効果的なリスクマネジメントを促進。

【取組み状況】

- JANSI、WANOによるピアレビューの実施
- 発電所総合評価システム制度の活用
- プラント再稼働時のWANOによるレビュー、JANSIを中心とした支援

【課題と今後の取組み】

- JANSIのレビュー活動について、各発電所の安全に直結する領域だけでなく、本店を含めた事業者のリスクマネジメントの状況もレビューすることを検討
- 発電所総合評価の結果を精神的インセンティブ(ピアプレッシャー)に加え経済的インセンティブに反映

(I) リスクマネジメントの強化(3/3)

＜産業界の機能の構築＞ 具体事例：40～46

規制課題に関する規制当局等とのコミュニケーションについて、適切なリスクガバナンスのもとで実施していく。

【取組み状況】

- ・「原子力産業界に必要な機能」（技術的課題の解決・提案、社会への情報発信）の構築に向けた検討を実施中

【課題と今後の取組み】

- ・ 必要な機能を備えた組織的仕組みの検討と立ち上げ
- ・ 組織的仕組みによる活動の実践

安全性向上に向けたこれまでの取組みの概要(4/10)

(Ⅱ) 網羅的なリスク評価の実施(1/2)

適切なリスク評価を実施し、安全対策の実施に繋げて行く。

＜PRAの実施、体制整備、PRA基礎基盤の整備＞ 具体事例：48～60

リスク情報を扱う体制や技術者の拡充、既設炉におけるPRAの実施や高度化。

【取組み状況】

- 2014年10月原子力リスク研究センター(NRRC)発足
- 2016年7月NRRC内に「リスク情報活用推進チーム」を設置
- リスク情報を活用した意思決定（RIDM）を各事業者が導入するための「リスク情報活用実現に向けた戦略プランおよびアクションプラン」（戦略プラン）を策定
- PRA構築・活用等に向けた事業者の体制整備や技術者育成
- 伊方3号機、柏崎刈羽6,7号機をパイロットプラントとしたPRAの高度化

(Ⅱ) 網羅的なリスク評価の実施(2/2)

＜PRAの実施、体制整備、PRA基礎基盤の整備＞

【課題と今後の取組み】

- 戦略プラン実現に向けた技術インフラ整備と各社による実践
 - ✓ 各社による自己プロセスの構築
 - ✓ PRAモデルの高度化
 - ✓ 人材育成（NRRCによるPRAにかかる人材育成のための全社共通研修プログラムの開発など）
- 戦略プラン取組み状況の公表

安全性向上に向けたこれまでの取組みの概要(6/10)

(Ⅲ) 残余のリスクの低減

規制水準にとどまることなく、技術情報を活用して最適な対策を実施。

＜トップによるリスク情報把握、設計によるリスク低減、リスクの共有＞

具体事例：62～73

【取組み状況】

- 会議体の設置などによりトップがリスク情報を把握
- 新規制基準対応等での大規模なハード対策の実施
- 移動式発電機、ポンプ車など可搬型機器の配備と操作訓練
- 柏崎刈羽原子力発電所6,7号機に「代替循環冷却系」を整備
- 外部ステークホルダーとリスク認識と課題共有

【課題と今後の取組み】

- メーカー等からの追加安全対策について、リスクマネジメントの一環として確実に検討
- 残余リスクのステークホルダーへの提供について具体的な工夫の継続

安全性向上に向けたこれまでの取組みの概要(7/10)

(Ⅳ) レジリエンスの向上(1/3)

万が一のシビアアクシデントに備え、ハード、ソフト両面から対策を実施。

＜クリフエッジの特定、緊急時に対応できる人材の育成・訓練の実施＞

具体事例：75～79

【取組み状況】

- 安全性に影響を及ぼすおそれのある事象について影響を評価
- 事故時に緊急時対応をマネージできる人材の育成
- ブラインド訓練等を通じて力量を維持・向上

【課題と今後の取組み】

- 力量維持向上のための人材育成や訓練の継続

(Ⅳ) レジリエンスの向上(2/3)

＜地域との情報共有等＞

具体事例：80～83

不測の事態を想定した備えとして、自治体や地域の方々等へ分かりやすい形で情報を共有。

【取組み状況】

- 地域の緊急時対応計画の策定等への協力
- 被災者支援活動（協力要員の増等）の充実について検討
- 防災訓練や自治体とのコミュニケーションを積み重ね、事故対応機能を継続的に強化・改善
- 地元の方々等に被災者支援活動について丁寧な説明を継続

【課題と今後の取組み】

- 自治体とのコミュニケーション、地元の方への丁寧な説明の継続

(Ⅳ) レジリエンスの向上(3/3)

＜防災体制整備等＞ 具体事例：84～89

不測の事態への対応能力を高めるべく広域的な体制を整備。

【取組み状況】

- 原子力事業者間の相互協力体制の整備と連携訓練の実施
- 美浜原子力緊急事態支援センターを運用開始（2016年12月）
- 可搬型設備の融通に備えた詳細なデータベースの整備

【課題と今後の取組み】

- 地域の特性を踏まえた災害対策支援の充実
- 可搬型設備の輸送計画（ルート、手段等）の具体化
- 事故収束活動の長期化等も想定し、効果的な連携策の検討

安全性向上に向けたこれまでの取組みの概要(10/10)

(V) 安全性向上研究の再構築と実施

具体事例：91～92

「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」を参考にしつつ、優先度の高い課題にリソースを有効に投入しながら、事業者の安全性向上に向けた取組みを積極的に実施。

【取組み状況】

- ・「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」のとりまとめやロードマップの改善活動への参画
- ・ロードマップに基づいた安全性向上に関わる研究の実施
- ・安全性向上に係る課題に対する技術開発への取組みとこれらの取組みを通じた人材育成

【課題と今後の取組み】

- ・ロードマップの継続的活用

<余白>

取組み事例

I . 適切なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメントの実施

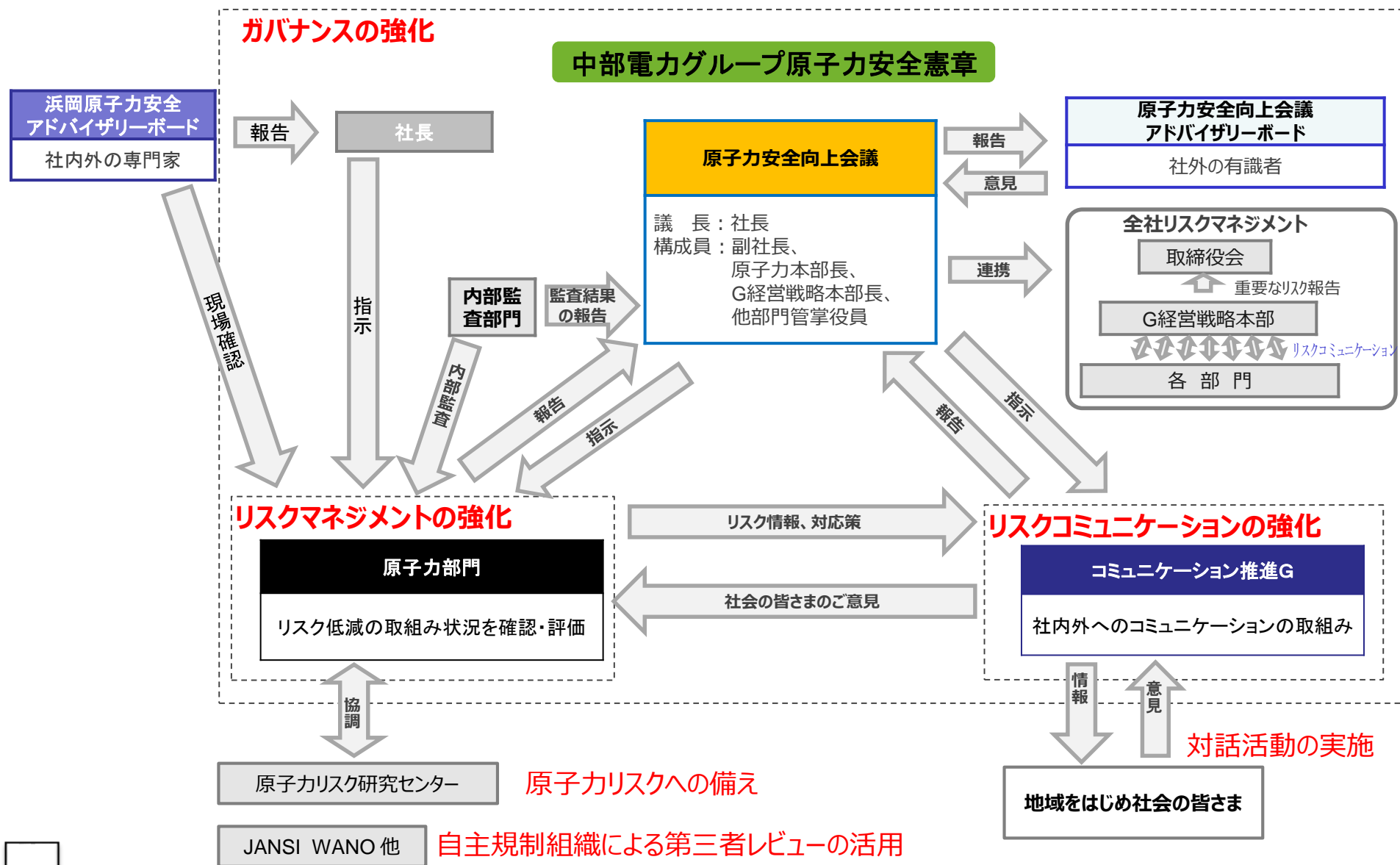
◎ 経営トップのコミットメントの下、リスク情報を経営判断に反映するメカニズムの導入（中部電力の例）

<取組み状況>

- ・ 平成26年6月に公表した自主的安全性向上に向けた取組みに基づき、リスク情報が経営判断に反映されるメカニズムを、経営トップのコミットメントの下に導入。 ➡ 17
- ・ 経営トップが、定期的に発電所のパフォーマンスや、外部とのコミュニケーションによって得られた状況を、直接把握した上で諸課題を審議することが可能となった。

トップマネジメントによる原子力リスクに対するガバナンスの強化

(中部電力の例)



＜課題と今後の取組み＞（中部電力の例）

- ・ 意思決定に資するリスク情報のあり方や精度の向上については、今後のPRAの高度化、PRA技術者のレベル向上も含めて対応していく必要がある。
- ・ 発電所のパフォーマンスや、外部とのコミュニケーションから得られた情報に加え、PRAの高度化に伴う評価結果も取り込みを進め、より広範なリスク情報を活用した意思決定手法を発電所のマネジメントに導入していく。

◎ 第三者的な社内原子力安全監視機能の構築 (東京電力H Dの例)

19

<取り組み状況>

- 福島事故に対する根本原因分析の結果、足りなかったもの：
 - ✓ 安全意識、技術力、対話力
- 目的：TEPCOの安全文化を強化すること
- アクションプランの例：
 1. 経営層からの改革：経営層の安全意識向上研修、行動評価
 2. 経営層への監視・支援強化：内部規制組織の設置(NSOO)
 3. 深層防護提案力の強化：安全向上コンペ
 4. リスクコミュニケーション活動の充実：リスクコミュニケーター、ソーシャルコミュニケーション室
 5. 緊急時対応能力の向上：ICS（Incident Command System）体制の導入・定着
 6. 原子力安全を高めるための人材育成：SE（システムエンジニア）、CFAM/SFAM（機能領域マネージャー）

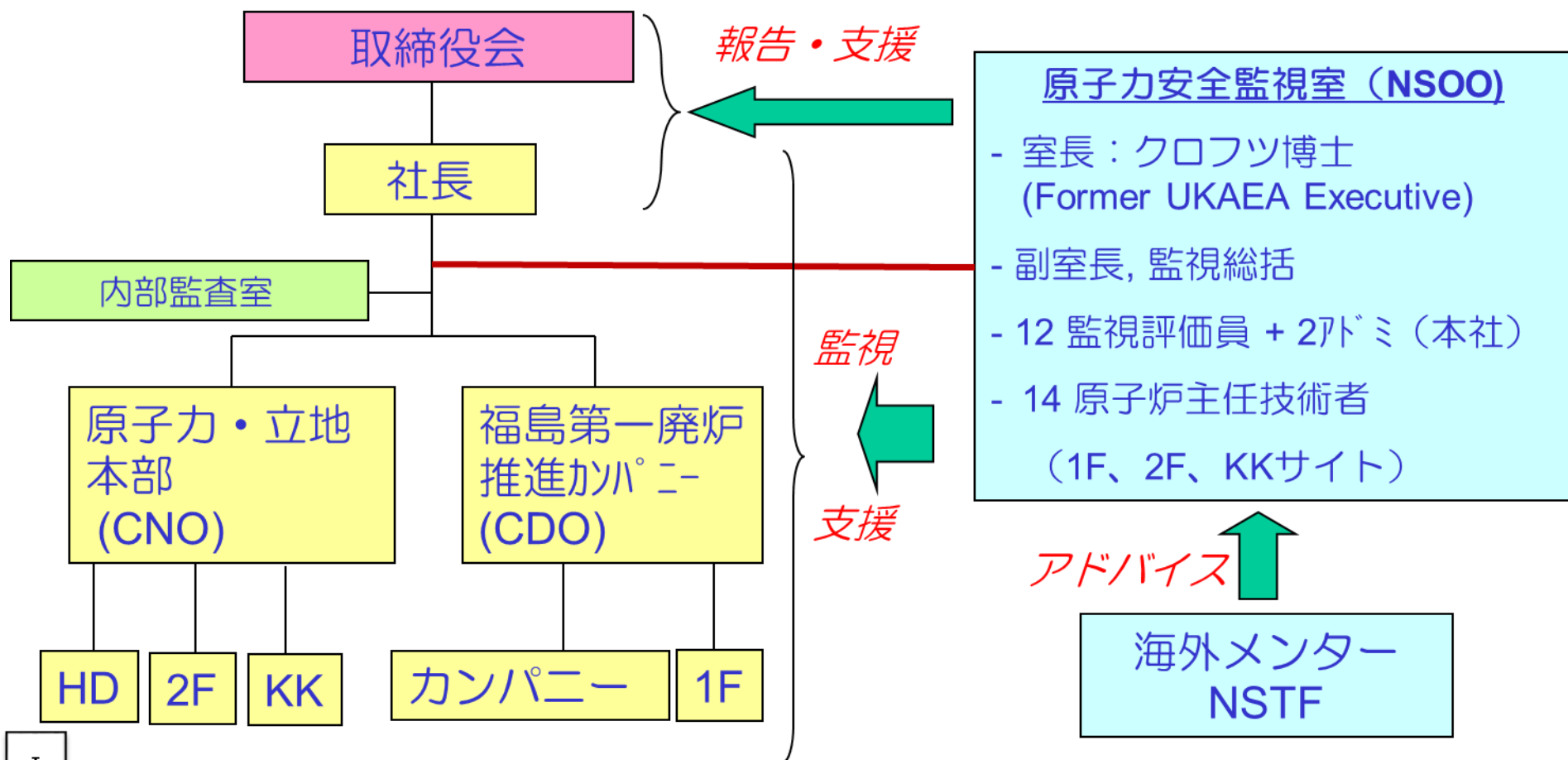


20~22

原子力安全監視室（NSOO）について(1/3)

組織の概要

- 4年を超える運営：独立安全監視の土台を構築
（訓練、観察、報告の基本プロセスが定着）
- 独立監視に関する世界標準とは、まだギャップがある



NSOOの活動状況

- 四半期毎に監視・評価を実施
 - ・ 現在までに146件の推奨事項を提示し、関係個所が改善を実施中。

- 推奨事項の例
 - ・ 経営層はALARAをどこまで具体的に追及するかを明確にし、現場の実態に鑑みALARAの目標や実施方針について考え、明示すべき（1F）
 - ・ 緊急時対応事項の設定にあたり、その前提となる発電所緊急時状況の条件をレビューする（2F）
 - ・ 安全上重要設備近接作業に対する管理方針を設定し運用する（KK）
 - ・ 機能横断型プロジェクトや作業管理にガバナンスに関する課題がないか検討する（本社）

NSOOの課題

- 組織としての能力向上
 - ・ 監視・評価の本質的な技量を持つ要員育成プログラムを確立する
- 十分な量の監視・評価の実施
 - ・ 四半期毎に監視・評価しレポートする時間的制約の下、業務時間測定に基づき実質的な監視・評価にかける時間を増加させる
- 根本原因まで深掘した推奨事項の抽出
 - ・ 自社に独立監視組織がある価値を更に向上させる
- 過去の推奨事項のフォローアップ
 - ・ 関係個所と十分にコミュニケーションを取り、PDCAサイクルを確実に回す

◎ リスク情報の収集、データベース化と具体的なリスク指標を活用したプラント監視能力の向上（東京電力ＨＤの例）

<取組み状況>

現場を中心とした能動的なリスク情報の活用

- 現場力の強化のために、以下の体制を整備済み。
 - 発電所にシステムエンジニアリンググループを設置し、個々の機器だけではなく、系統としての安全機能の健全性を監視・評価し、改善を実施。
 - 原子力安全センターを設置し、原子力安全に関し発電所全体を俯瞰する機能を一元化するだけではなく、リスク情報を踏まえた設備面・運用面の改善を提案。
- 運転／保守管理部門においては、リスクモニタによるプラント状態の管理を行い、日常的な運転・保守の安全性向上を図っている。

＜取組み状況＞（続き）

PRAの実施

- リスクを定量的に把握するため、柏崎刈羽6、7号機を先行プラントとして、確率論的リスク評価(PRA)を、グループ企業であるテプコシステムズにおいて進めているところ。
- 以下を評価を行い、結果はNRAにも示し、安全対策前後のCDF（炉心損傷頻度）等について議論している。
 - 内的事象L1 PRA
 - 内的事象L1.5 PRA
 - 停止時L1 PRA
 - 地震L1 PRA
 - 津波L1 PRA

<取組み状況> (続き)

パフォーマンス監視

系統監視プログラムの構築

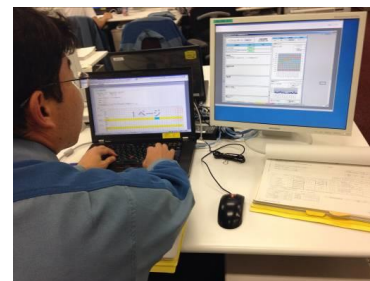
- ・米国をベンチマークして系統監視プログラムを構築
(重要系統40系統のうち、現在21系統を整備)
- ・パフォーマンス低下を検知する指標、検知した際のアクション等を整理

系統監視活動

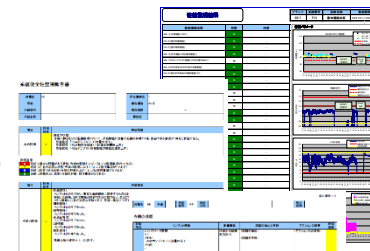
- ・システムエンジニアによる系統のパフォーマンス分析・評価 (重要系統をカラーコードで評価)
- ・系統健全性報告書 (SHR) を定期発行
- ・系統のパフォーマンス低下を検知した場合は是正、継続改善を実行 (事例：原子炉補機冷却海水系の流量低下発見・余裕管理・対策実施)

システムエンジニアの育成

- ・米国ACAD98-004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)



系統監視プログラム検討



項目	系統名	監視項目	単位	値	状態	注
1	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
2	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
3	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	
4	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
5	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
6	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	
7	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
8	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
9	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	
10	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
11	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
12	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	
13	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
14	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
15	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	
16	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
17	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
18	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	
19	原子炉冷却水	流量	m³/min	10.5	正常	
20	原子炉冷却水	圧力	MPa	1.2	正常	
21	原子炉冷却水	温度	℃	30.0	正常	

系統健全性報告書

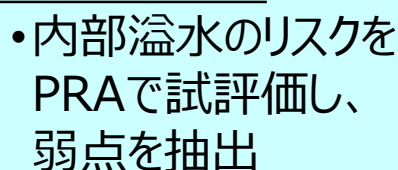


シミュレータ訓練を含む教育

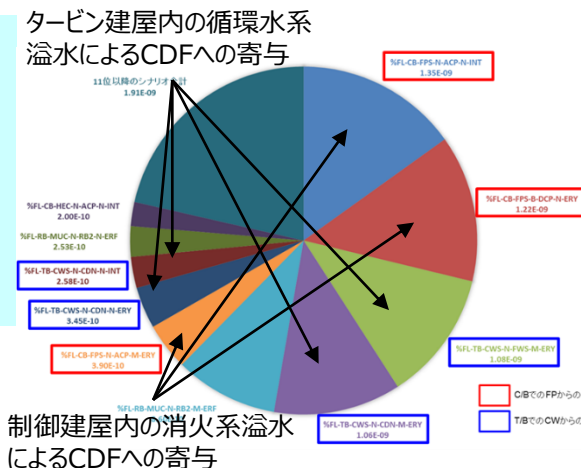
- 工事のリスク評価を行い、工程変更や追加措置によるリスク軽減等を検討、実施
- リスク予報のメール発信と掲示を行い、本社と発電所内でリスクを周知
- 本社と発電所が毎日行うプラント情報会議で、リスクを確認

電源喪失が3時間以上継続でEAL-1となる。

- 運転時L-1、津波、地震、停止時PRA
- 運転時L-1.5PRA



注：止水対策の最終形、PRAモデル高度化を反映した評価は今後実施



◎ リスク管理目標の設定と継続的な見直し

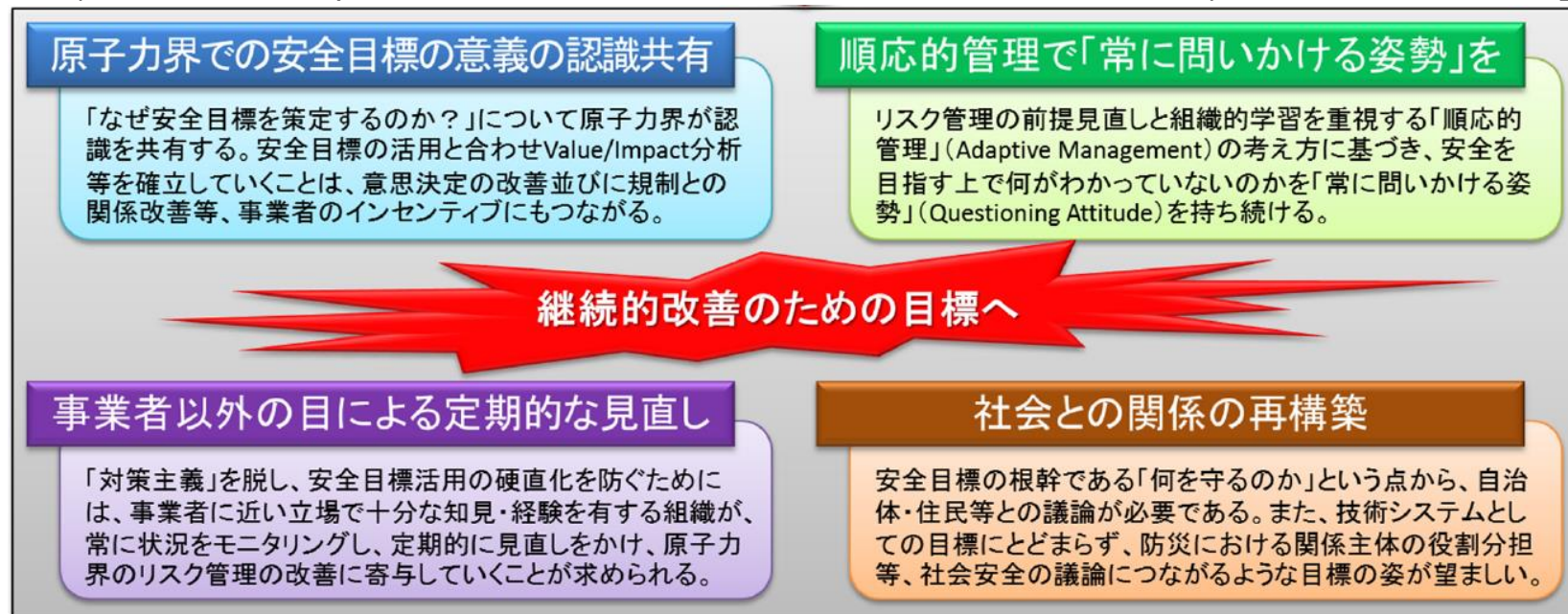
＜取組み状況と課題＞

- 各事業者のリスクマネジメント体制のもとで、安全性向上に向けた取組みの目標や計画を定めてPDCAサイクルを回している。今後、リスク情報を活用した意思決定プロセスを実現していく中で継続的な改善を図っていく。
- 今後、産業界としての安全目標を策定・活用していく上でのポイントは以下の通りであると考えている。 ➡ 28
 - ・ 原子力界における安全目標の意義の認識共有
 - ・ 常に問いかける姿勢を持ち続ける
 - ・ 事業者以外（事業者に近い立場で十分な知識・経験を有する組織）の目による定期的な見直し
 - ・ 安全目標の根幹である「何を守るのか」という点から、社会との関係を構築
- IAEAが提唱する階層構造（定性的、定量的目標を含む）を参考に、産業界としての安全目標の考え方を整理していく。 ➡ 29~30

安全目標に関する検討

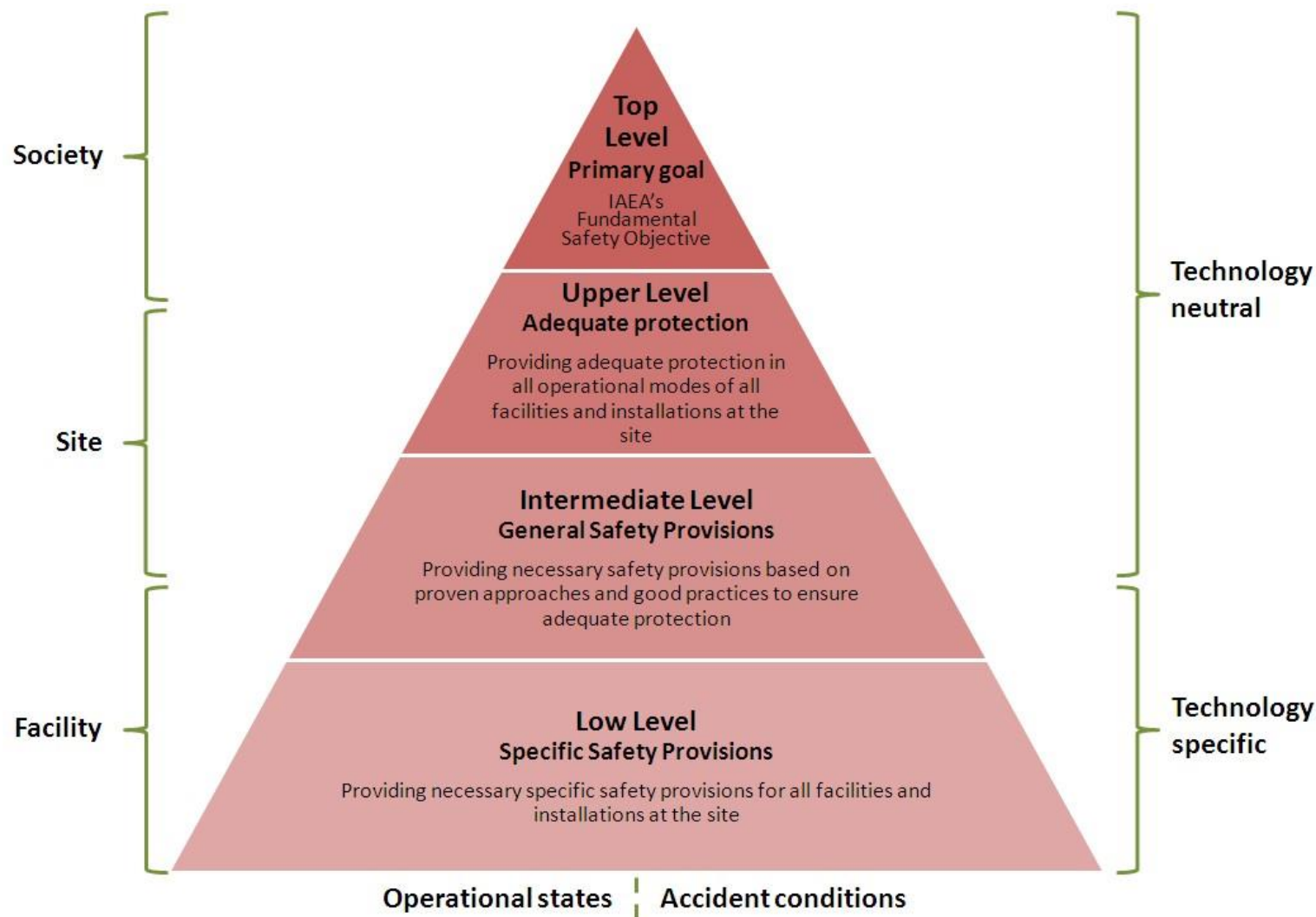
下記報告書にて、これまでなぜ安全目標が根付いてこなかったのかについて、2003年安全目標案検討に携わった原子力安全委員会の関係者へのヒアリング等を通じて分析するとともに、産業界が、今後安全目標を策定・活用していくうえで検討すべき点をまとめている。

電中研報告（平成28年4月）「我が国の原子力分野における安全目標の活用-2003年安全目標案の背景とその実際から学ぶ-」



これまで安全目標を「これより低ければ安全」という目安であると認識していた面もあったのではないかと反省。これから共有すべき安全目標は、産業界にとって継続的に安全性向上を図るにあたっての全体像を示すもの、RIDMを導入する際に方向性を誤らないための体系化された概念・仕組みと考えるべき

IAEAが提唱する安全目標の階層構造



最上位から下位までの体系的な枠組みの中で事業者として具体的に実施すべき活動を検討

IAEAが提唱する安全目標の階層構造（続き）

IAEA安全目標の各階層の定義と解釈

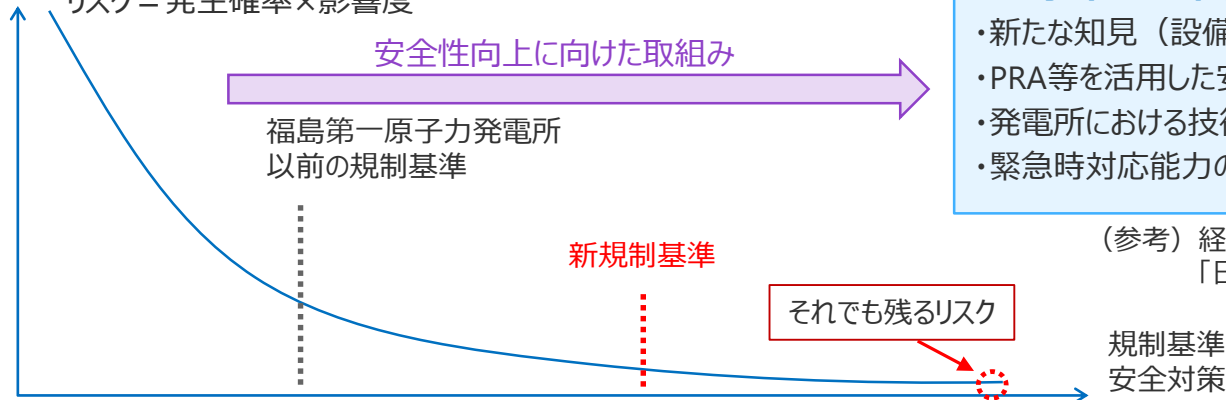
階層	定義	解釈
Top Level	電離放射線の有害な影響から公衆と環境を守る	法律や規制において定義される社会的安全目標。
Upper Level	サイトの全ての原子炉施設・全ての運転状態において適切な防護措置を確保する	十分な防護措置に要求される定性的指標。設定にあたっては、他リスク源による影響との相対比較等も考慮される。
Intermediate Level	適切な防護措置達成に向け、実証された手法や良好事例に基づく技術的・組織的な対策を含めた必要な安全対策を施す	上位の定性的指標を原子炉施設の立地地点ごとに、具体化、定量化した目標。
Low Level	サイトの全ての施設・設備に必要な個別の安全対策を施す	当該の原子炉施設で用いられている技術・設備を踏まえて、立地地点ごとの目標をさらに具体化、定量化した目標

平成28年度発電用原子炉等利用環境調査（原子力発電事業の自主的安全性向上に係る取組に関する調査及び情報発信事業）（平成29年3月一般財団法人 日本エネルギー経済研究所）

<取組み状況>

■ リスク低減の取組み

リスク＝発生確率×影響度



■ 事業者の取組み

- ・新たな知見（設備、運用等）の積極的な活用
- ・PRA等を活用した安全性向上対策の実施
- ・発電所における技術力（運転、保守等）の維持・向上
- ・緊急時対応能力の維持・向上 など

（参考）経済産業省ホームページ
「日本のエネルギーのいま」をもとに作成



■ 地域の皆さまとの意見交換会への参加や対話活動

リスクコミュニケーションを意識した対話

- ・意見交換会
- ・訪問対話
- ・発電所キャラバン



訪問対話

※



□ 対話ツールの整備

対話用ポイント集、データ集の作成
問題提起型DVDを対話の場の導入として活用

□ 人材の育成（研修の実施）

リスクコミュニケーション研修

※対話の場でいただいたご質問・ご意見等を対話ツールや研修に反映し、改善に取組み。

【伝える内容についての改善】対話の場でいただいた質問をポイント集やデータ集へ反映（平成28年9月発行。現在第7版）

【伝え方についての改善】意見交換会等で得た知見を研修の内容に反映（平成28年度から実施。15回実施）

＜課題と今後の取組み＞（中部電力の例）

必要性・
リスク



① 科学・社会的観点に立脚した広報・対話

・原子力のリスクマネジメントにおいて、今後さらにPRA等の活用が進むことから、これらの科学的根拠に基づいた情報を、地域の皆さまがどのように受け取るかといった社会的観点を考慮し、お伝えしていきたいと考えています。

② 人間に立脚した広報・対話

・不断の安全性向上に取り組んでいるのは、保守や運転を担っている「人間」とであるという認識に立ち、当社の顔の見える「対話」を継続していくとともに、原子力発電所で働く人の姿を「マス媒体」を通じてお伝えしてまいります。
（送配電は「人間」の姿が見えるが、原子力発電所は見えにくい。）

共考

① 論理性



② 共感性




信頼関係の構築（対話）



当社は、これからも、地域の皆さまからの不安・疑問に向き合い、原子力の必要性やリスクについて共に考え、理解を深め合うことにより、信頼を醸成していきたいと考えています。

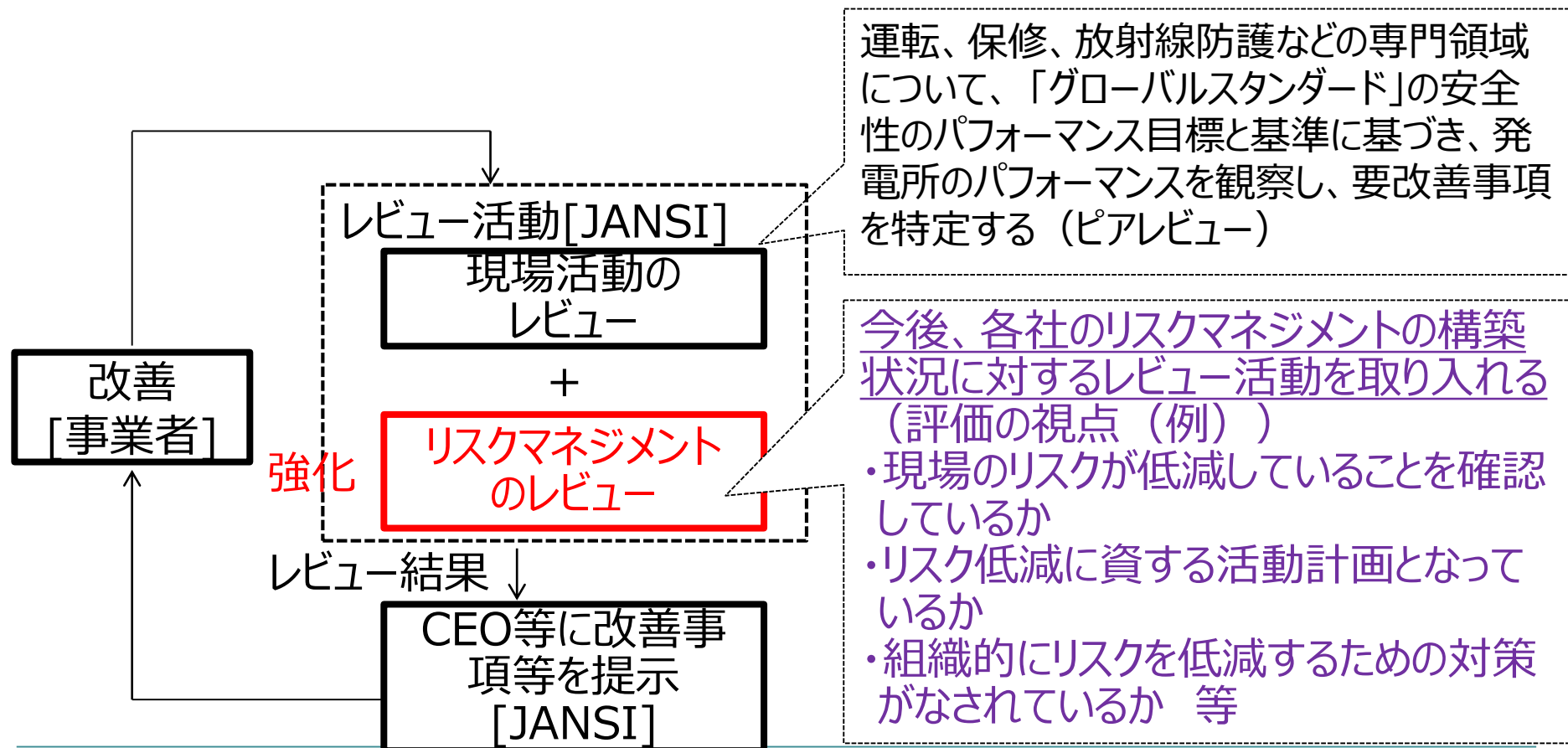
◎ JANSIの機能強化

<取組み状況>

- ・ 電力との協働による質の高いピアレビューの提供に努めるとともに、新規制基準適合プラントの安全な再稼働を産業界をあげて支援。
 34~35
- ・ また、緊急時対応能力の向上やシビアアクシデント対策の評価を行い、安全性向上への取組みを進めてきた。
 36
- ・ 事業者のリスクマネジメント体制の確立を支援するため、2014年1月、事業者に対して「原子力安全に係るリスクを考慮した安全確保体制の構築に係る提言」を発出した。INPO/WANOのガイドライン等を参考にJANSI版リスクマネジメントエクセレンスガイドラインを作成し、事業者のリスクマネジメント活動を支援している。
- ・ WANOとも連携を強化し、グローバルスタンダードに依拠したエクセレンスを追求。
 37

JANSIによるレビュー活動の強化

- 各社の安全性向上の取組みの状況は、「グローバルスタンダード」の安全性のパフォーマンス目標と基準に基づき、JANSIが発電所のパフォーマンスを観察し、要改善事項を特定する。
- 各社の安全性向上の機能も継続的に高められるよう、JANSIのレビュー活動について、
今後は、各発電所の安全に直結する領域だけでなく、本店を含めた事業者のリスクマ
ネジメントの状況もレビューすることを検討する。



再稼働プラントの支援

- JANSIは事業者とともに「原子力安全の観点」から再稼働を支援
(支援した発電所:川内、高浜、伊方、玄海、大飯。うち2017年度は、玄海、大飯にて実施中)
- 「再稼働ガイドライン」を作成し、ガイドラインを継続的に改善
- ①ウォークダウン、②レビュー、③駐在員の派遣によるフォロー、の
組合せで第三者組織としてレビューを中心とした支援を実施
- 意見交換会やデータベースの整備により、先行プラントの経験を後
続プラントに継承
- WANO-TCとの連携を強化し、支援の実効性を向上
- 支援を重ねるたびに、支援に対する事業者の評価が高まり、事業
者間の協力関係が深化

原子力防災訓練アシスタンスビジット

【目的】

原子力事業者が実施している原子力防災訓練の実効性の確保・向上

【概要】

『JANSI原子力防災訓練ガイドライン』に基づき、『至近のピアレビュー結果』『原子力防災訓練検討委員会等の活動を通じた各事業者の取組みの観察結果』等を総合的に勘案して、訓練計画や訓練自体の課題を引き出し、各所の事情にあった助言・提言を行う

【特徴】

- ・派遣されるチームは、他事業者の関係者、事業者以外に防災・緊急時対応分野の有識者、JANSIの関係者から構成（7～9名程度）
- ・訓練の成否は段取りにあるという考えのもと、訓練計画段階から確認
- ・他事業者からの参加者は、他所の観察により、自所の「強み」「弱み」を把握

【活動実績】

東通、島根、
浜岡、敦賀、
志賀、女川



WANO-TC(東京センター)との連携強化

- 事業者や規制からの評価の独立を維持し、グローバルスタンダードに依拠したエクセレンスを追求する
 - わが国原子力産業界のエクセレンスを世界に発信し、世界の原子力の安全性向上に貢献
-
- WANO-TCとの連携による最新のレビュー方法のキャッチアップとパフォーマンス向上による同等性取得
 - WANO-TCを通じた海外ピアレビューの受入れ（国際的な視点をレビュー活動に導入）
 - WANO-TCはじめ他エリアのピアレビューへの参加（WANO-TC他のレビュー活動への協力）
 - 事業者支援活動の協働実施(リーダーシップ研修の共同開催など)

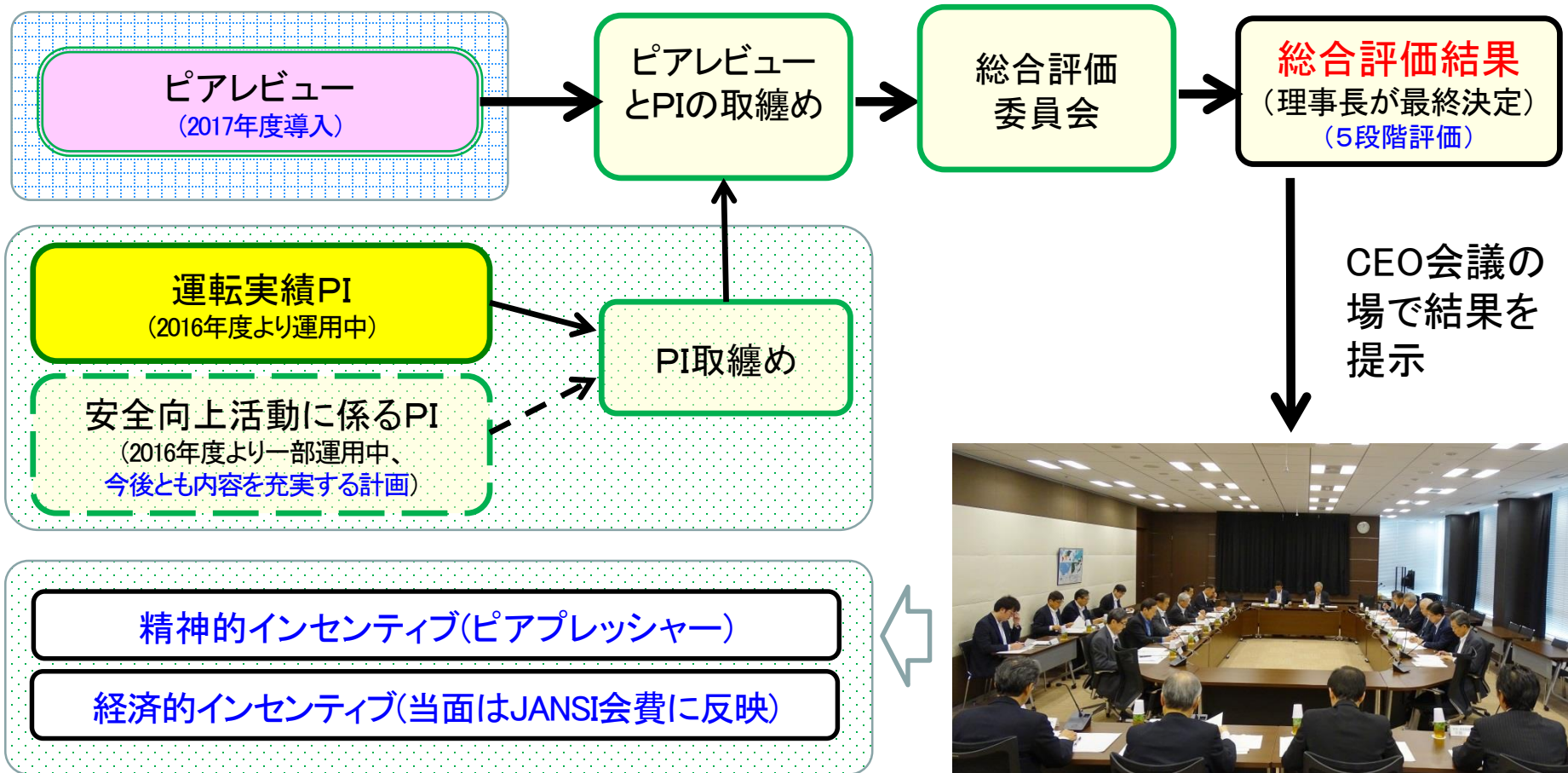
◎ JANSIによるピアプレッシャーの高度化、評価結果と財産保険等とのリンケージなど、インセンティブ検討、インセンティブの導入開始

<取組み状況>

- ・ 平成28年度よりP Iに基づいた総合評価の運用を開始し、結果を事業者経営層会議で共有した（会議資料は回収）。
- ・ 現在、評価結果を平成29年度J A N S I 会費に反映（割増引き）する準備を行っている。
- ・ また、平成29年度以降に実施する運転中発電所のピアレビューで発電所運営評価の評点付けを行い、それを総合評価の要素として取込むことにしている。



発電所総合評価(ピアプレッシャー)の取組み



【今後の課題と対応】

- 経済的インセンティブの検討を進め、将来条件が整えば、原子力財産保険料への反映に移行する

◎ 効果的な安全性向上を追求し、科学的・客観的な意見集約・情報発信を行う産業界側の仕組みの構築

<取り組み状況>

以下に示す改善に向け、具体的な検討を実施中。

産業界で保有すべき機能	強化、改善の方向性
1. 業界大の共通課題の検討 2. 規制当局との対話	<ul style="list-style-type: none"> ・<u>産業界のリソースを効果的に活用した業務プロセスの下、安全性向上に資するテーマを優先的に検討し、対応方針を決定、実行する</u> ・安全性向上の取り組みの効果を確認することで、PDCAを回す仕組みを強化する ・<u>メーカを含む業界としての意見は、技術レポートとしてとりまとめ、規制当局と共有し対話を行う</u>
3. 社会への情報発信	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者共通で発信する内容は、業界大で決定する ・効果的な情報発信方法等は、電事連が中心となり、原子力関係団体とも連携し検討する ・情報発信の効果の分析結果や好事例について、電事連が事業者各社と共有等を行い、各社の情報発信を支援する

業界大の新たな活動について

震災後の取組み(これまで)

今後（新たな活動）

安全性向上の
取組みの方向
性

自主的安全性向上の
取組みを実施しているが
効果を確認しながら
PDCAを回す取組みは
十分でない



**安全性向上の取組みの効
果を確認し、公開しながら
PDCAを回す**
**業界大で必要な基盤を備
える(RIDM等)**

業界大の
共通課題
への対応

個社リソース等の課題が
取組みを制約



**業界全体で、対処すべき重
要な共通課題を特定し、個
別に対応方針を決定、実
行する**

ア
プ
ロ
ー
チ

規制当局
との対話

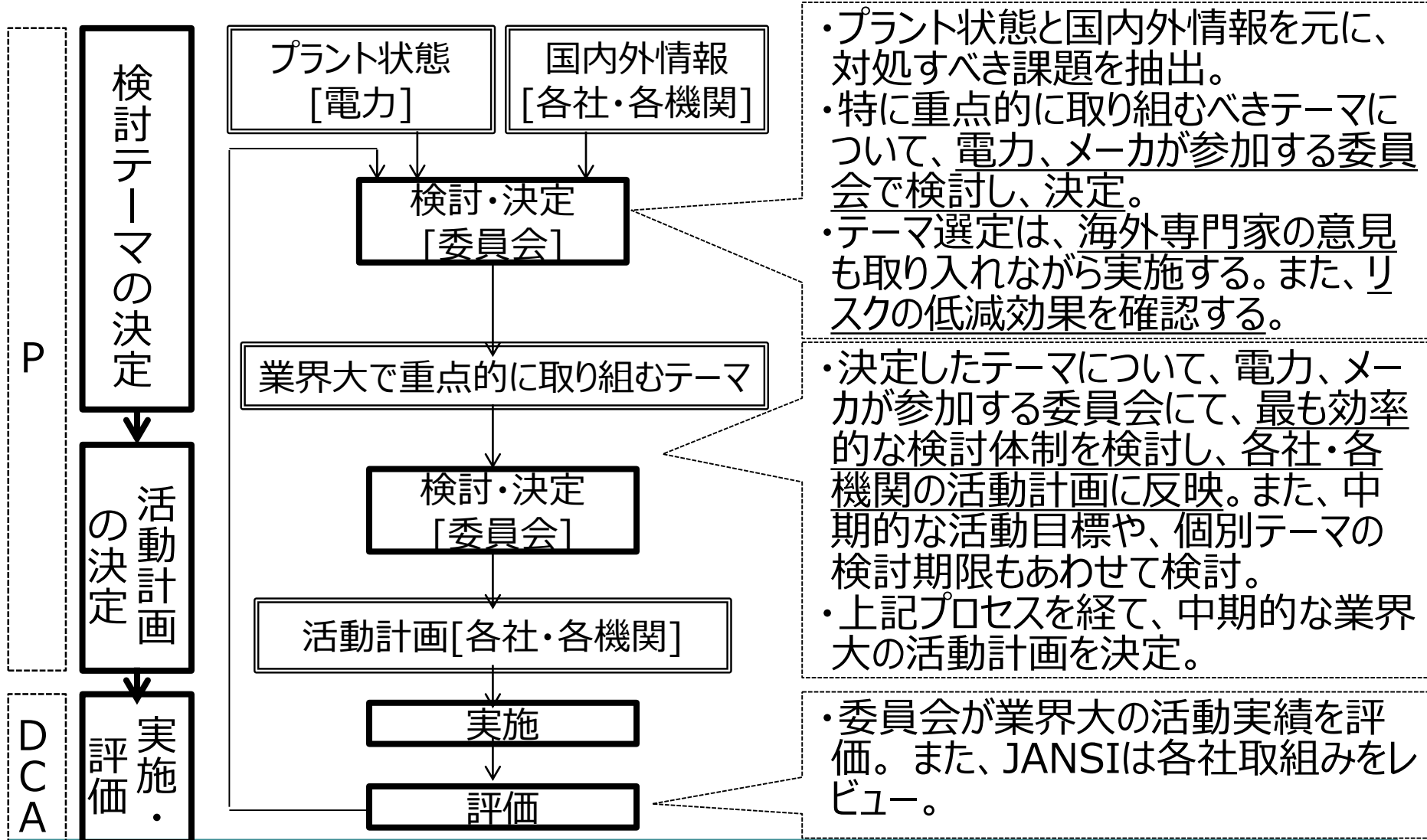
業界としての意見をとり
まとめ、業界の代表者が
対話を行う取組みが十
分でない



**業界としての意見は、技術
レポートとしてとりまとめ、規
制当局と対話**することで、
安全の取組みの方向性を
共有する

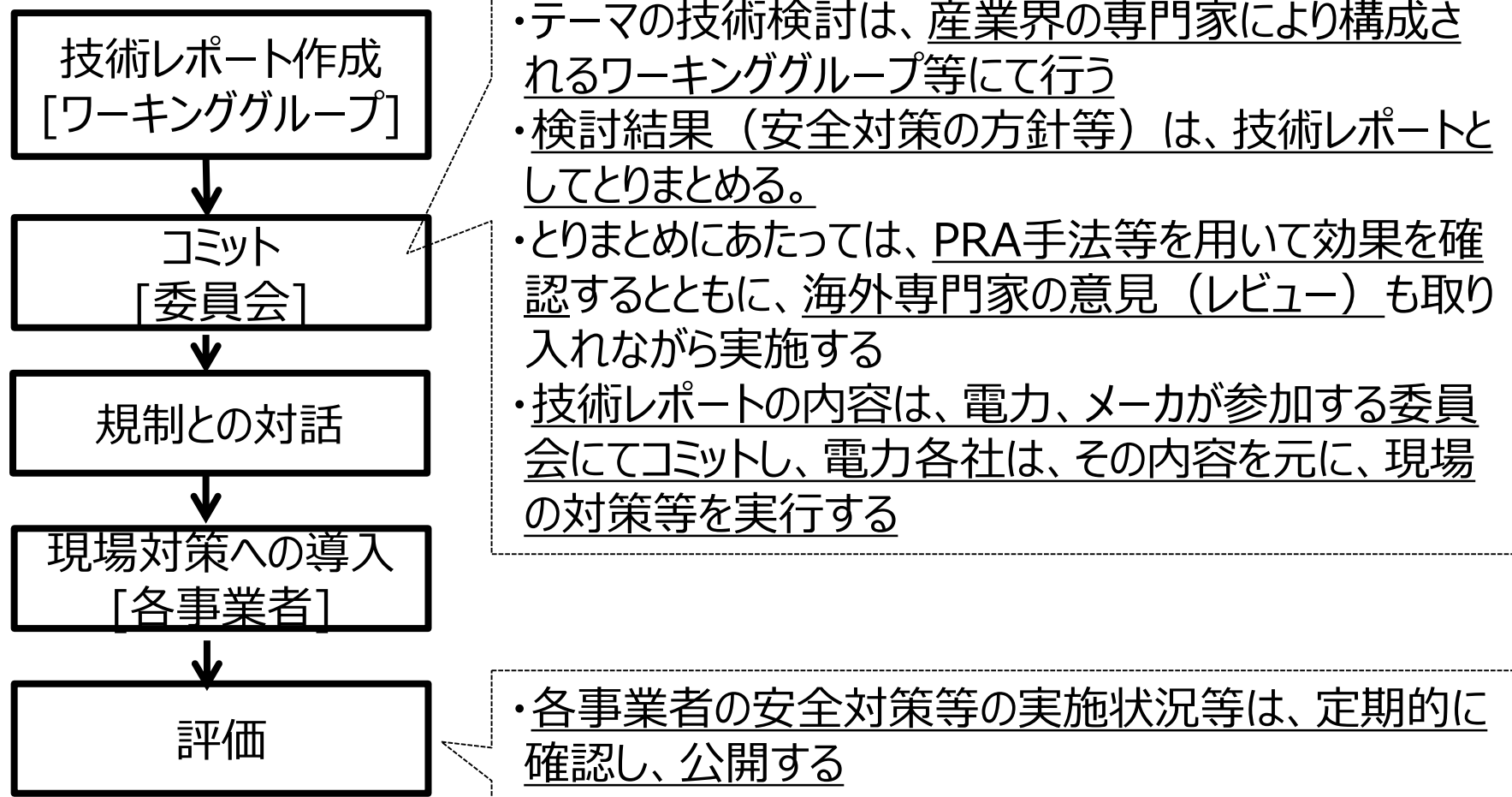
新たな業務プロセス(1)

以下の業務プロセスに従い、業界大で重点的に取り組む事項を活動計画として定めるとともに、実施状況を評価することでPDCAを回していく。



新たな業務プロセス(2)

決定された活動計画に従い、個別のテーマの技術検討を行い、検討結果は技術レポートとしてとりまとめ、電力・メーカーが参加する委員会でコミットし、現場の対策を実行する。また、実施状況は定期的に確認する。



今後取り組んでいく検討課題（テーマ）

- 国内で認識されている課題（トラブル情報、技術人材RMの個別課題、規制課題等）や、国内外の新知見等を元に、業界大で取り組む課題を抽出するとともに、定量的・定性的なリスク等の低減効果や緊急性等を勘案しながら、対応の優先順位を検討し、業界として取り組んでいく検討課題（テーマ）を特定する。

項目	検討テーマの例
リスクマネジメントに関する事項	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者のリスクマネジメントの実施にあたっての組織・個人に対する期待事項を具体化したガイドライン等 ・取組み実績の指標に関するガイドライン等
新たなリスク低減対策（ハード、ソフト対策）	<ul style="list-style-type: none"> ・最新知見を元にした、リスク低減に資するシビアアクシデント対策設備や手順の検討
新たな知見への対応	<ul style="list-style-type: none"> ・地震・津波等の新知見に対する対応方針
規制制度の制度運用に関する事項	<ul style="list-style-type: none"> ・新検査制度の具体的運用方法 ・規制基準の適合の具体的ルール（仕様規定）や、その内容を具体化したガイドライン等

- 現在、RIDMの導入に向けた戦略プランを取りまとめ中。
今後も、事業者自らが、下記のようなプロセスにて、業界大の共通課題の重要なテーマを選定し、対応方針を決定、公表していく。

検討テーマの決定



活動計画の決定



技術レポートの
とりまとめ、公表



活動実績の評価

- 自ら、業界大で取り組むべき検討テーマを決定
RIDMを重点的なテーマとし、電力全体でRIDM導入戦略入プランの策定に取り組むことを公表（H28.2）
- 業界大のリソースを活用し、検討体制を決定
事業者におけるリスク情報活用を促進・支援するため、「リスク情報活用推進チーム」、「リスク情報活用推進会議」を設置し、NRRCの協力の下、戦略プランを検討
- 基盤整備を行うことについて、電力全体で決定
- 戦略プランとしてとりまとめ、公表（H30.2）
国内外の先行事例を調査し、取組み課題を抽出。電力実務者との議論やNRRC所長他のレビューを経て、戦略プランを策定し全事業者連名で公表
技術レポートは、一般向けの分かりやすい情報発信も実施
- 取組みの進捗状況等を電力全体で確認（予定）

今後の取組み

- 産業界が参加する委員会やWGなどの組織的仕組みの検討
- 検討結果に基づく組織的仕組みの立ち上げ
- 組織的仕組みの活動の実践
 - ・自ら効果のある安全対策を検討し実行
 - ・メーカ等の専門家も参加の上、個別課題を検討
 - ・業界大のリソースの効果的活用
 - ・個別課題への対応方針やその実施に電力全体でコミット
 - ・技術レポートを取りまとめ公表
 - ・取り組んだ実績をチェックし公表
 - ・取組み効果を確認しPDCAを回す
- 規制当局との対話
 - ・規制当局から機能強化に関する理解の確保
 - ・技術レポートに基づき規制と対話

Ⅱ．低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施

◎ 既存の原子炉でのレベル 2 P R A の実施、実サイトでのレベル 3 P R A の実施 (九州電力の例)

<取組み状況>

- ・ 川内 1 / 2 号の安全性向上評価（平成29年届出）にて、プラントの現状を反映した内部事象、地震、津波レベル 2 P R A を実施。
- ・ 各事象について、格納容器機能喪失頻度を評価するとともに、各放出カテゴリに対し、発生頻度及びCs-137の放出量を評価した。

<取組みの効果>

- ・ 各事象に対する格納容器機能喪失に至る要因を分析することで、プラントの脆弱点を抽出し、安全性向上対策を検討した。

<課題と今後の取組み>

- ・ 現状ではソースターム評価技術が未成熟であり、格納容器機能喪失時の放出量は定性的に評価している。
- ・ NRRCの研究成果を反映し、評価技術の高度化を図っていくとともに、ソースターム評価結果を安全性向上対策につなげる方策を検討する。
- ・ NRRCの P R A 高度化に向けた研究に参画しており、その研究成果等を踏まえレベル 3 P R A の実施及び活用方法について今後検討していく。

◎ P R A 活用の体制整備 P R A 活用の体制整備（リスク情報を扱う部署・人材の拡充）（東京電力H D の例）

＜取組み状況・効果＞

✓体制

- ・ 発電所にシステムエンジニアリンググループを設置し、個々の機器だけではなく、系統としての安全機能の健全性を監視・評価し、改善を実施
- ・ 発電所に原子力安全センターを設置し、原子力安全に関し発電所全体を俯瞰する機能を一元化したり、リスク情報を踏まえた設備面・運用面の改善を提案。

✓人材育成

- ・ システムエンジニア教育・原子力安全の技能認定プログラムを構築



- ✓ 米国の取組みを参考に、平成27年11月に本社と協同で教育・認定プログラムを構築。

<米国文書例>

- ・ ACAD 98-004, 「Guidelines for Training and Qualification of Engineering Personnel」 (INPO) ・ ・ ・ 米国INPOが定めた技術者教育のガイドライン
- ・ 「ENGINEERING TRAINING PROGRAM DESCRIPTION (パロヴェルデ発電所) 等

- ✓ 教育・認定プログラムに基づき、社内や社外研修を受講。プログラム終了後、面談により力量確認を実施。現在5名（17系統）を配置し1名を研修中。今後更に拡大予定。

育成期間：1年程度（新入社員の場合：3年程度）

エンジニア基礎研修

プラント運転研修

運転操作手順、プラントの設計仕様及び使用方法、プラント設備の状態、プラント挙動（起動・停止、スクラム、事故時の挙動）等

システム研修

システム機能・目的、主要機器の配置・目的・運転モード・インターロック、プラント安全・放射性物質封じ込め機能に対する重要性、設計基準、保安規定 等

基本研修

機械、電気、熱水力学、原子炉物理、原子力材料、水化学、土木建築工学、法令・規則 等

SE業務固有研修

- ・ 系統監視プログラムの作成方法（リスク情報の活用方法含む）
- ・ システムウォークダウンの実施（着眼点、報告書の作成）
- ・ 系統健全生報告書の作成（系統評価の実施）等

現在 1 名を育成中

SE認定

SEとしての基本知識の修得度（力量）を確認

担当系統認定

個別系統の専門監視知識修得度（力量）を確認

継続訓練

力量維持及び更なる知識・力量の向上

現在5名：17系統

P R A 技術者の育成（技能認定プログラムの構築）

（東京電力H Dの例）

- P R Aを活用するに際し、内容を理解するには原子力安全分野に係る広範な知識、技術・技能が必要（安全設計，安全機能，安全評価，保安規定等）。このため原子力安全として必要な知識を整理し、技能認定制度を平成29年よりB級を開始（現在20名程度受講中）
- 本制度にEPRI PRA研修の受講を認定要件として組み込み（これまで6名が修了）
- これに加え、当社エンジニアリング会社（テプコシステムズ）への出向制度も導入済み

	認定水準	何ができなければならないか
B級 （配属 3～5年 目程 度）	専門分野の基礎技術知識として以下の分野の知識を習得していること。 <ul style="list-style-type: none"> ・原子力安全の概要（関連法規含む） ・安全設計、安全評価 ・保安規定、リスク評価（PRA） ・設計基準を超える事象への対応 等 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計段階及び運転段階における要求枠組みが理解できる。 ・発電所の各設備の安全機能、原子炉施設保安規定との関連を説明できる。 ・リスク評価の概要及び評価結果を理解でき、情報提供などの啓蒙活動ができる。等
A級 （配属 6～7年 目程 度）	専門分野の技術・技能について、次のことができること。 <ul style="list-style-type: none"> ・（規制基準）安全評価の目的に応じた条件設定、運転経験や新知見の取り込み要否検討、及び評価結果の分析 ・（PRA）リスク情報を活用した原子力安全向上の取組みの推進 ・（緊急時対応）設計基準を超える事象の評価を活用した原子力安全向上の取組みの推進 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全設計審査指針、安全評価審査指針等の関連法規の知識を有し、安全評価に係る許認可対応業務等を主体的に実施できる。 ・リスク情報及び設計基準を超える事象の評価を活用した発電所の安全性向上活動の推進（評価結果を理解し、関係箇所に説明）ができる。等

＜課題と今後の取組み＞（東京電力HDの例）

- ・ 整備してきた育成制度に基づき、順次、エンジニアの育成に取り組む。それには当該関連分野に対し、継続的に若手リソースを投入する必要
- ・ 一方、PRAの活用に際しては、基礎的な研修のみならず、OJT含め日常的な業務として落とし込み、普段より触れておくことが、応用力を身に付ける上では重要
- ・ RIDMの取組みを通じ、日常プロセスへの反映等に取り組む

<PRA高度化に関する取組み>

- ◎ 各社のP R A実施を慫慂しPRA高度化の研究を担う主体の構築を検討
- ◎ 国内研究機関や海外との連携を通じたPRA高度化に向けた基礎研究実施（レベル2、レベル3、外的事象PRA等



54~56

60

<リスク情報活用に関する取組み>

- ◎ PRA活用ロードマップ策定
- ◎ 実施体制のピアレビュー等品質保証体制の確立
- ◎ PRA評価結果の事業者間、多国間での情報共有
- ◎ 国内研究機関や海外との連携を通じた機器の耐久等のPRA基盤データベースの構築とそのデータの活用



57~59

60

【PRA高度化に関する取組み状況】

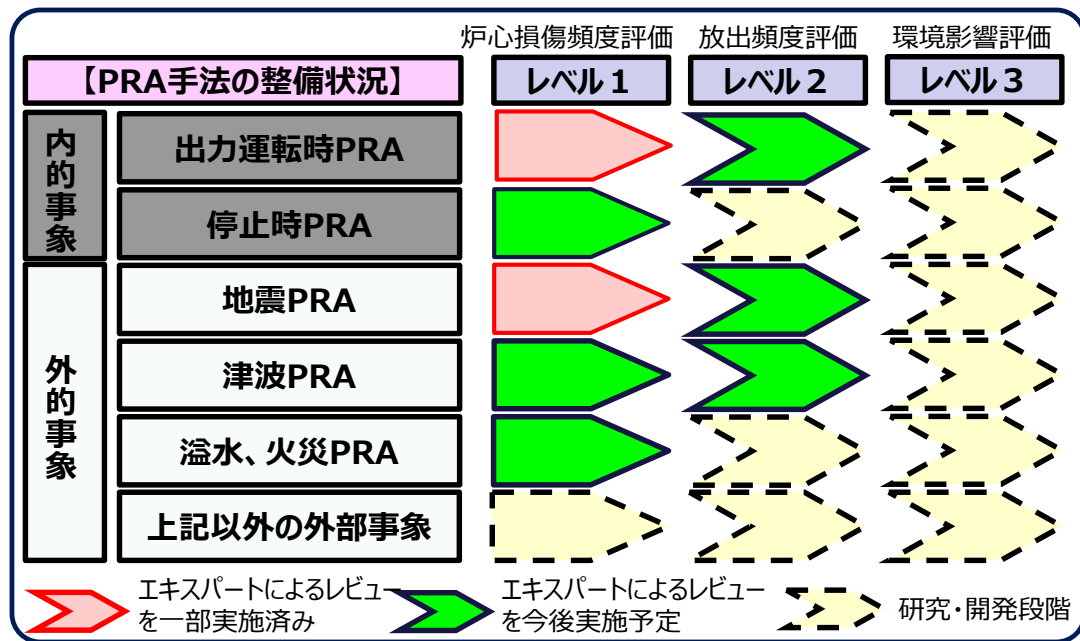
- 産業界における安全性向上に係る研究開発の中核を担う組織として、電力中央研究所内に原子力リスク研究センター(NRRC)を設置（2014年10月）。PRAの国際的な権威であるアポストラキス博士が所長に就任し、PRA高度化の取組みを牽引。
- 国際的な先行事例に比肩し、日本の状況や発電所の設備や運用等を適切に反映した発電所固有のPRA（Good PRA）を構築していく。そのために、PWR（四国電力伊方3号機）、BWR（東京電力柏崎刈羽6,7号機）1サイトずつをパイロットプラントに選定し、海外専門家のレビューも受けつつ、Good PRA構築を段階的に実施中。パイロットプラントでの知見は他の事業者も共有し、各社のPRA構築に順次適用していく。
- NRRCにおいて、事業者の各層と緊密な連携をとれる体制を確立し、Good PRAを構築するためのPRA手法の改良・開発を進めている。
（例）人間信頼性評価、火災・溢水PRA、外的事象PRA、レベル2・3 PRA

PRAモデル高度化

- パイロットプラント（伊方3号、柏崎刈羽6,7号）にて先行して実施
- ・カバーする事象と評価する範囲を順次拡大
 - ・解析モデル、入力データなど外部専門家（エキスパート）による助言も得ながら高度化を順次実施（モデルの精緻化、データ信頼性の向上）



パイロットプラントの先行知見を順次他プラントに展開⇒可能なものから順次モデルへ展開



NRRCの調査分析・研究開発

エキスパートレビューの状況
(上：伊方、下：柏崎刈羽)



NRRCによるPRA高度化支援（R&Dの取り込み）

NRRCは以下に例示する研究も実施しており、技術の進捗にあわせPRA等のリスク情報活用に取り込んでいく。

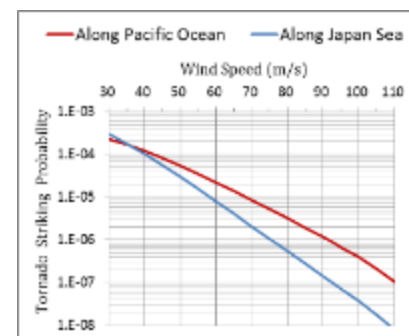
- 内部火災：PRAガイド作成、国際研究、試験等を通じた高度化の実施、等。
- 内部溢水：PRAガイド作成、溢水シミュレーションツールの開発、等。
- 津波：プロジェクトでの津波PRAの開発、評価を通じた高度化の実施（後述）。
- シビアアクシデント：シビアアクシデント時の事故進展に関する知見拡充、格納容器健全性に関する知見拡充、等。
- その他外的事象：竜巻、火山他に関するリスク評価手法の確立。



油火災、ケーブル火災の伝播試験等の実施
(OECD/PRISME-2プロジェクト)



津波漂流物衝突力評価



竜巻ハザード算出

【リスク情報活用に関する取組み状況】

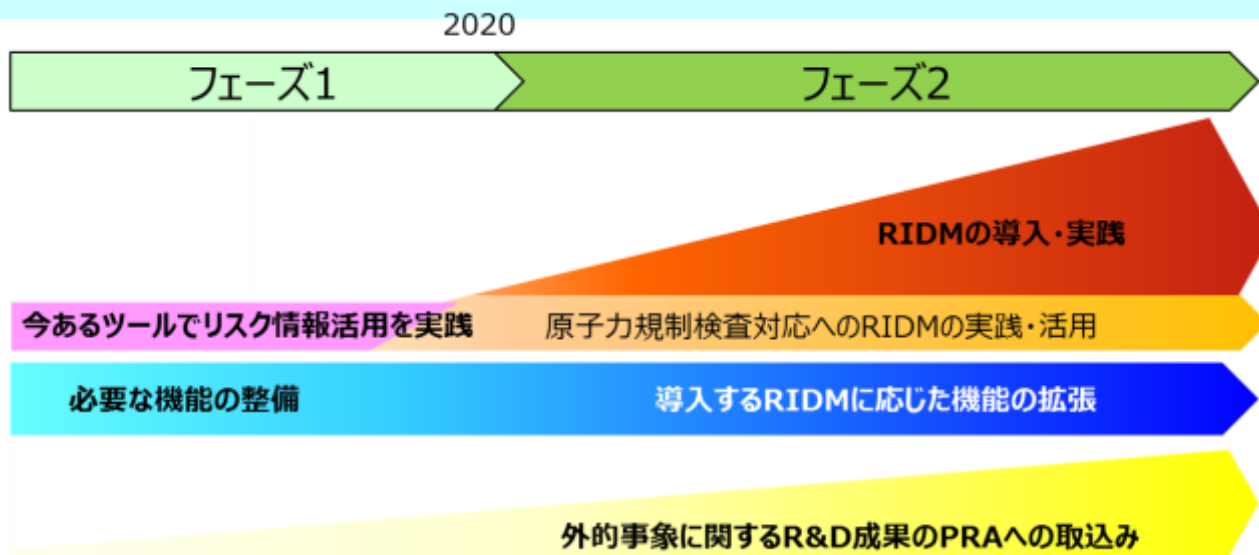
- 電気事業者がNRRCの協力を得て「リスク情報活用の実現に向けた戦略プランおよびアクションプラン」を策定し、2018年2月に発表。
- 上記プランの実現に向けて、電力各社で現場の業務プロセスの改善を進めるとともに、必要となる技術インフラ（データベース、人材育成、規格基準等）の整備を全ての事業者が協働して推進中。
- 事業者は、使用目的に照らして妥当な水準のPRAが実施されていることを確認するためにPRAピアレビューを実施している。NRRCはPRAピアレビューのプロセス改善や体制整備を支援。
- PRAの評価結果は、安全性向上評価書届出の公表を通じて、電気事業者間で共有を図っている。
- NRRCは、PRAにかかる人材育成のための全社共通の研修プログラムを開発し提供する予定（2018年度より）。
- PRAで必要となる信頼性データを各社が収集。NRRCはデータを共有するための信頼性データベースを構築・運営し、全社共通の故障率データを提供。

フェーズ1（2020年もしくはプラント再稼働までの期間）

- **今あるツールでリスク情報活用を実践しながら**、RIDM導入のために必要な技術基盤を整備
⇒ 内的事象のリスクに対し、RIDMによる安全性向上マネジメントの仕組みを整備。

フェーズ2（2020年もしくはプラント再稼働以降）

- フェーズ1で導入したマネジメントの有効性を評価し、継続的に改善
⇒ 日常の発電所運転・保守管理について、RIDM導入を進める。
⇒ 設計基準を超えた状況への更なる対応力強化を図る。



外的事象のリスクへの対応

- 決定論的評価を中心にリスク評価を実施しつつ、研究成果をふまえ外的事象PRAを順次導入する。













長期停止中プラントへの対応

- 運転プラントとのリスクの大きさの違いを考慮したマネジメントを実施。

RIDMの導入に向けたアクションプラン

- ・フェーズ1 期間中に実行するアクションプランを、RIDM導入に必要な機能毎に策定。
- ⇒各社はアクションプランに従い、今あるツールでリスク情報活用を実践しながらRIDM導入に必要な機能を整備し、2020年度からの原子力規制検査や、その後RIDM導入拡大に備える。

(例) リスク評価 (PRA) のアクションプラン

共通 :  各社 : 	2017年度		2018年度		2019年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
①プロセスの構築						
自社プロセスの構築						
②技術基盤、ツール、マニュアル類整備						
【PRAモデル高度化】						
【信頼性パラメータ】						
個別プラントデータ収集ガイドの策定						
個別プラントのデータ収集						
個別プラントの信頼性パラメータの整備						
国内一般パラメータの整備						
【PRAピアレビュー体制整備】						
ガイド整備、体制構築						
PRAピアレビューの試行・実施						
③人材育成						
社内人材育成						
国内共通の教育プログラム						

【取組みの効果】

- リスク情報活用の実現に向けて、PRA手法や技術インフラが今後整備され、各社において、PRAの評価結果もふまえた自主的な安全性向上の成果に結びつけていく。

【課題と今後の取組み】

- 電気事業者において、「リスク情報活用の実現に向けた戦略プランおよびアクションプラン」を着実に実行し、相互に進捗を確認するとともに、適宜、取組み状況を公表していく。
- NRRCにおいては、事業者のPRA高度化ニーズを的確に把握し、研究開発の成果をタイムリーに事業者を提供していく。また、リスク情報活用の実現に必要な基盤整備を支援し、事業者の活動を促進する。

Ⅲ． 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減

◎ 経営トップのリスク情報の把握、適切なリソース配分が可能となる仕組み構築 (東京電力H Dの例)

<取組み状況>

- ・ 原子力・立地本部長（CNO）を主査とした「原子力リスク管理会議」を年4回開催し、原子力部門の経営リスクや原子力事故リスクを一元的に管理。
- ・ 福島原子力事故の反省を踏まえ、巨大津波のように発生頻度の不確かさが大きく、クリフエッジ性が高い事故に備える考え方や仕組みを整備するため、「原子力リスク管理会議」の下に、社内の専門家をメンバーにしたハザード分析専門チームを設置。
- ・ ハザード分析専門チームは、分析対象として抽出した約30件の事象について、柏崎刈羽原子力発電所への影響等を分析。 ➡ 64～65

<取組みの効果>

- ・ ハザード分析専門チームにて行った結果については、対策実施の意思決定に活用し、全ての事象の対策方針を決定した。

＜課題と今後の取組み＞（東京電力ＨＤの例）

- ・ 現在、対策の立案、実施に取り組んでおり、特に、高高度核爆発による電磁波等の影響への対応について重点的に検討している。
- ・ 具体的には、信頼性向上のための更なる対策を現場調査等により抽出するとともに、運転時に電磁波影響が発生したことを想定した運転員の初動対応訓練を継続していく。
- ・ 併せて、柏崎刈羽原子力発電所への対策を確実に実行していく。

ハザード分析の基本認識 (東京電力H Dの例)

- ✓ 福島原子力事故の根本原因分析から得られた問題点

巨大津波のように発生頻度の不確かさが大きく、クリフエッジ性が高い事象（重大影響となる外的事象）に備える考え方、仕組みが不足

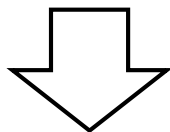
- ✓ こうした認識の下に設計基準ハザード、設計基準を超えるハザードを区別して取り組んでいる

設計基準ハザードに対する取り組み

設計基準をしっかり設定して安全設備に影響を与えないようにする

設計基準を超える外的ハザードに対する取り組み(残余のリスクを低減させるための取り組み)

実質的に炉心損傷を防止、あるいは炉心損傷後の影響を緩和、放出を抑制できるようにする



ハザード分析を踏まえたリスク管理

規制要件を満足していれば良いということではなく、自ら原子力安全を向上させる（残余のリスクを低減させる）ための対策（改善）の検討に資する。

ハザード分析の流れ（東京電力H Dの例）

ハザード分析専門チーム（リスク低減の牽引）

①分析対象外的ハザードの同定

②個別分析（クリフエッジ性の確認）

②-1：外的ハザードの特性調査

②-2：脅威の同定／影響モード抽出

②-3：設計基準ハザードの評価手法の分析

②-4：耐ハザード設計手法の分析

③対応方針の決定

設備・運用所管組織（リスク低減の実施）

④対策の検討・実施

リスク管理プロセス

原子力リスク管理会議

③'対応方針等の確認

報告

指示

◎ 設計によるリスク低減、各種運転情報の開示の実施 (北陸電力の例)

<取り組み状況>

【設計によるリスク低減】

- ・ 既設プラントの設計を熟知しているプラントメーカーと共に検討し、原設計と新規制基準対応設備の設計との整合を図り、新規制基準対応設備の性能を最大限に発揮することによって、リスクを低減。

【運転情報の開示】

- ・ 発電所の運転情報等をプラントメーカーに継続的に提供し、プラントメーカーから、運転情報、他社トラブル情報、自社不具合対応などの技術検討・調査依頼の処理状況の報告を受け、情報を共有。

<取組み状況全体概要> (北陸電力の例)

志賀原子力発電所の継続的な安全性向上への取り組み

当社は、1999年に志賀1号機の定期検査中に発生した臨界に係る事故（2007年3月に公表）を隠し、実施すべきことをしなかった反省として、隠さない企業風土づくりと安全文化の構築に取り組んできました。また、福島第一原子力発電所事故を受けた安全強化策を実施し、更に新規制基準等も踏まえた安全性向上施策に取り組み、安全に関するリスクの低減を図っています。今後も、安全性向上のための不断の取り組みを続け、リスクの低減を図ってまいります。

福島第一原子力発電所 事故以前の対策

- ・緊急時炉心冷却装置の設置
- ・異常検知停止装置の設置
- ・インターロック、フェイルセーフなどの設計思想
- ・地震対策など余裕のある安全設計

臨界に係る事故の再発防止対策（継続）

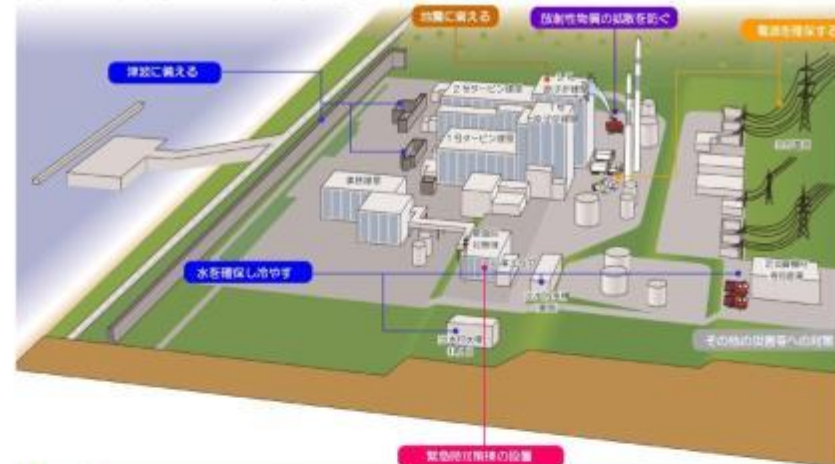
- ・隠さない企業風土づくり
- ・安全文化の構築
- ・技術的な再発防止対策 等

更なる信頼性向上の取り組み（継続）

- ・ヒューマンエラー低減・防止に向けた取り組み

福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全強化策（2013年9月完了）

- 緊急安全対策
 - ・緊急時対応計画の点検、訓練
 - ・緊急時の電源、除熱機能の確保 等
- 更なる対策
 - ・電源、除熱機能の強化
 - ・防災資機材の強化
 - ・防潮堤の構築 等



志賀原子力発電所の安全対策の着実な実施

- | | |
|--|--|
| <p>⑤ 津波に備える</p> <ul style="list-style-type: none"> ・津波の高さを想定（7.1mに変更） | <p>⑥ 電源を確保する</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外部電源の強化 ・電源の多量化 ・電源用燃料の強化 |
| <p>⑥ 地震に備える</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震の揺れを想定（1000ガルに引上げ） ・耐震性を強化 | <p>⑦ 水を確保し冷やす</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水源の多様化 ・注水機能の多量化 ・冷やす機能の多様化 |
| <p>⑦ 放射線物質の拡散を防ぐ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素爆発を防ぐ ・放射性物質の放出を低減 | <p>⑧ その他の自然災害</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自然現象に備える（火山・竜巻・外部火災等） ・建屋内の漏水に備える ・その他の安全対策 |
| <p>⑧ 緊急時対策棟の設置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・緊急時対策棟・増設緊急時対策所（指揮エリア）の設置 | |
| <p>⑨ 各種訓練</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発電所本部の運営訓練 ・シミュレータを用いた運転操作訓練 ・可搬型設備を用いた訓練 等 | |

雨水流入事象を踏まえた対策

- ・学習する姿勢の強化
- ・問い直す姿勢の強化 等

更なる安全性を追求するための取り組み

- ・常にリスクを低減させていくことが当社の使命であり、志賀原子力発電所の安全性をより一層高めるよう、自主的かつ継続的に取り組んでまいります。

ハード・ソフト両面からの安全性向上の取り組み

＜課題と今後の取組み＞（北陸電力の例）

- ・ 現在工事を進めている新規制基準対応設備について、品質の高い設計を継続し、据付けを行っていく。
- ・ 今後も、安全性を継続的に高めていくため、設備設計での対応はもとより、この設備を運用する我々の安全意識（学習する姿勢、問い直す姿勢等）についても高め続け、多方面からリスクの低減を図っていく。

◎ 設計によるリスク低減具体的施策 (1 / 3)

			【事故以前の対策】	【事故直後の対策】	【さらなる安全性向上対策】	
設計基準外 シビアアクシデント	第5層	人的被害防止 環境回復		防 災	<ul style="list-style-type: none">・原子力緊急事態支援組織の設置・電源確保・冷却確保・免震事務棟・フィルタ付ベント設備・特定重大事故等対処施設等	
	第4層	大規模な放出防止 格納容器損傷防止 (放出抑制・拡散緩和)		アクシデントマネジメント ・常用機器等による 炉心損傷回避、 格納容器破損回避の ためのアクシデント マネジメント対策		<ul style="list-style-type: none">・緊急時対応体制の強化、 充実・シビアアクシデント対策 -がれき撤去用 重機の配備 等・緊急安全対策 電源確保 冷却確保 浸水対策
	第3層	事故の 影響緩和	著しい炉心 損傷防止	緊急炉心冷却装置、 格納容器スプレイ系等		
炉心損傷防止 格納容器健全性 維持			【自然事象に対する設計強化】 <ul style="list-style-type: none">・地震対策の強化・津波対策の強化・火災対策の強化・竜巻対策の強化			
設計基準内	第2層	異常拡大防止		異常検知・停止装置等		
	第1層	異常発生防止		インターロック等		

(凡例)

福島第一原子力発電所
事故以前の対策の範囲

福島第一原子力発電所
事故後の対策の範囲

◎ 設計によるリスク低減具体的施策 (2 / 3)

事故直後の対策

緊急安全対策

電源確保

電源車の配備



冷却確保

可搬型ポンプとホースの配備



浸水対策

貫通部への止水シール施工



現在まで継続実施中 (対策例)

空冷式非常用発電装置の配備



大容量ポンプ車の配備



海水ポンプモータ予備品の配備



水密扉への交換



水密建屋内への海水ポンプの設置



防潮堤の設置



さらなる安全性向上対策

免震重要棟



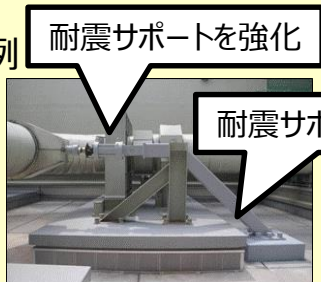
放水砲



さらなる安全性向上対策 - 自然事象対策

地震対策 (例)

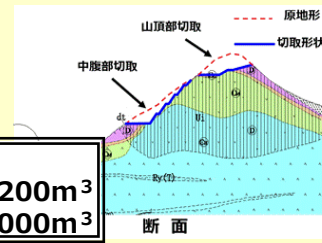
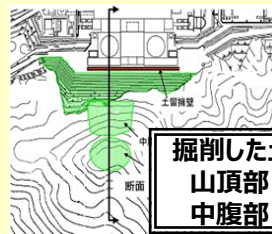
①配管サポートの耐震補強例



耐震サポートを強化

耐震サポートを追加

②周辺斜面の安定化



掘削した土砂の量
山頂部 : 60,200m³
中腹部 : 34,000m³

津波対策 (例)

①防潮堤の設置

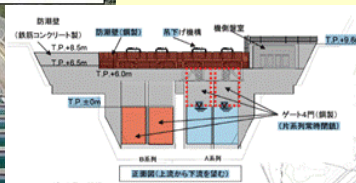


②防潮ゲートの設置



防潮ゲート

【取水口側】



③緊急時海水取水設備の設置

(水密建屋内への海水ポンプの設置)



火災対策の強化 (例)

①スプリンクラー等の設置



スプリンクラーの設置
(約1600箇所/2基)

②延焼防止壁の設置



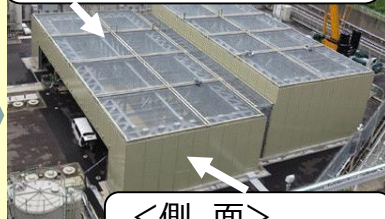
竜巻対策 (例)

①飛来物防護対策



<上 面>

鋼鉄製の金網で飛来物の
エネルギーを吸収



<側 面>

鋼板で貫通を阻止

◎ 炉毎の残余のリスクの存在をステークホルダーと共有すると共に、安全性向上の効果を客観的な形で提示（東北電力の例）

<取り組み状況>

「リスクコミュニケーション」活動を通じてリスクの存在を共有

○訪問対話活動を通じた双方向のコミュニケーション



地域の方々に安全対策状況等を説明

○原子力のあり方に関する有識者会議



「地域とのコミュニケーション活動について」をテーマに開催し、外部有識者より助言を頂いた

○広報誌（コミュニケーションツール）の例



○リスクコミュニケーションの担い手の育成



地域の方々とのコミュニケーションを想定したロールプレイング

○ 継続的な「リスクコミュニケーションの担い手の育成」、「コミュニケーションツールの改善」等を通じ、地域の皆さまから信頼をいただき地域に根ざした発電所を目指し、引き続きリスクコミュニケーション活動に取り組んでいく

◎ 炉毎の残余のリスクの存在をステークホルダーと共有すると共に、安全性向上の効果を客観的な形で提示（北海道電力の例）

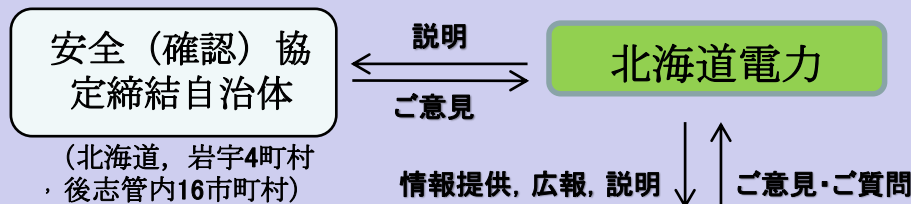
- 「安全の追求に終わりはない」との認識のもと、引き続き地域の皆さまの声に耳を傾けていきます。
- 昨年度は、安全対策等に関する説明会を開催しました。（後志管内20市町村、札幌市）
- 今年度は、泊発電所の安全対策を含めエネルギーに関する様々な情報を各地にお届けする「ほくでんエネルギーキャラバン」を開催しました。（後志管内20市町村）
- また、円滑なリスクコミュニケーション（放射線について『正しく伝える』）を目的とした当社社員への『放射線の基礎知識』に関する教育を実施しています。

学習内容

- 第1章 放射線に関する用語・単位
 - 1-1 放射性物質、放射能、放射線
 - 1-2 放射線・放射能の単位
 - 1-3 被ばく・汚染
- 第2章 放射線の性質
 - 2-1 放射線の透過
 - 2-2 放射線の性質
- 第3章 身の回り
 - 3-1 自然界から
 - 3-2 食べ物から
 - 3-3 人為的に
- 第4章 放射線の
 - 4-1 放射線の
 - 4-2 放射線の
 - 4-3 食事中の

eラーニング教材「放射線の基礎知識」

放射線の基礎知識（教育資料）



道民の皆さま

- ・ オピニオン等訪問・泊発電所見学会
- ・ 広報紙

後志管内20市町村の皆さま

- ・ 説明会・懇談会（各種団体等）
- ・ ほくでんエネルギーキャラバン※



■ : エネルギーキャラバン開催市町村

● : 5市町7事業所に放射線測定器を配備予定











地域の皆さまへの説明風景

※：ほくでんエネルギーキャラバン
今年度は理解活動のひとつとして、泊発電所の安全対策等のほか、エネルギーミックスの必要性や再生可能エネルギーの導入状況等、エネルギーに関する様々な情報をご説明させていただく「ほくでんエネルギーキャラバン」を開催しました。

IV. 外部事象に着目した事故シーケンス及びクリフエッジの特定と、 レジリエンスの向上

◎ 各サイト毎に外部事象に起因する事故シーケンス、クリフエッジの特定 (北海道電力の例)

＜取組み状況＞ 泊発電所では、安全性に影響を及ぼす恐れのある 7 8 事象について、泊発電所への影響とその可能性（頻度）を継続的に評価していくこととしている。その評価例（イメージ）は以下の通り。

自然災害の種類		自然災害による危険（ハザード）の大きさ	S A 発生頻度評価	共通要因故障の回避策	S A 設備の効果
①地震	地震加速度	Ss [※] 1.8 Ss [※] 1.8Ss [※] <<			
	a.最終ヒートシンク		S s を越える地震が発生し、炉心損傷事故となる確率は小さい。	S A 設備の多様化・十分な耐震性確保、位置的分散等	多様なSA設備電源の配備等によりリスクを大幅に低減
	b.止める				
	c.冷やす				
	d.閉じ込める				
②津波	津波高さ	10.3m 15m 24.8m			
	a.最終ヒートシンク		15mを越える津波が来襲し [※] 、炉心損傷事故となる確率は、非常に低い。	主要 S A 設備を、T.P.31m盤又はそれより高い位置に配備	防潮堤、S G 直接給水高圧ポンプの配備等により大幅に低減。
	b.止める				
	c.冷やす				
	d.閉じ込める				
③竜巻					
④暴風					
.					
.					
.					

※ 本評価でのSsは審査前の基準地震動。また審査中の防潮堤は考慮しない前提での評価

緑：設計上機能維持が確認された領域

黄：設備の実力上の領域

赤：機能喪失

<取組み状況>（続き）

- 上述の地震の例では、十分な保守性のある耐震設計で耐震性を確保しているので**基準地震動（ S_s ）**以下の地震では事故は起きない（**緑色**）。
- また、基準地震動を超えた地震が発生したとしても、**耐震設計の持つ裕度の範囲内の地震（ $1.8S_s$ ※）**であれば、事故が起きることはない（**黄色**）。
※ 耐震設計の裕度は機器により異なり一概には決まらないが、ストレステストの例では最低でも約1.8倍程度になっていたことから、ここでは $1.8S_s$ （審査前の基準地震動）としている。
- 耐震設計の裕度を超える地震（ $>1.8S_s$ ）が起きると最終ヒートシンク喪失が発生する（**赤色**）。また、地震の場合、同時に安全機能の1つである「冷やす」機能も電源喪失で機能喪失に至り（**赤色**）、重大事故（炉心損傷）に至ると考えられる。
- 設計基準事故対処設備（DBA設備）が機能喪失しても、重大事故等対処設備（SA設備）が同時に機能喪失しないように（共通要因故障の回避）設計、配置等を決定する。このようにして配備したSA設備を使用することにより、地震時の炉心損傷事故の確率を低減することが可能となる。

＜取組み状況＞（続き）

- 津波についても同様に、敷地レベル（T.P.10.3m）以下の津波高さではDBA設備の故障は発生せず、事故は起きない（**緑色**）。
- 津波高さが敷地レベルを超えた場合※、重大事故に至る可能性のある最終ヒートシンク喪失（**赤色**）が発生するものの、クリフエッジである24.8mを超えなければ事故は起きない（**黄色**）。

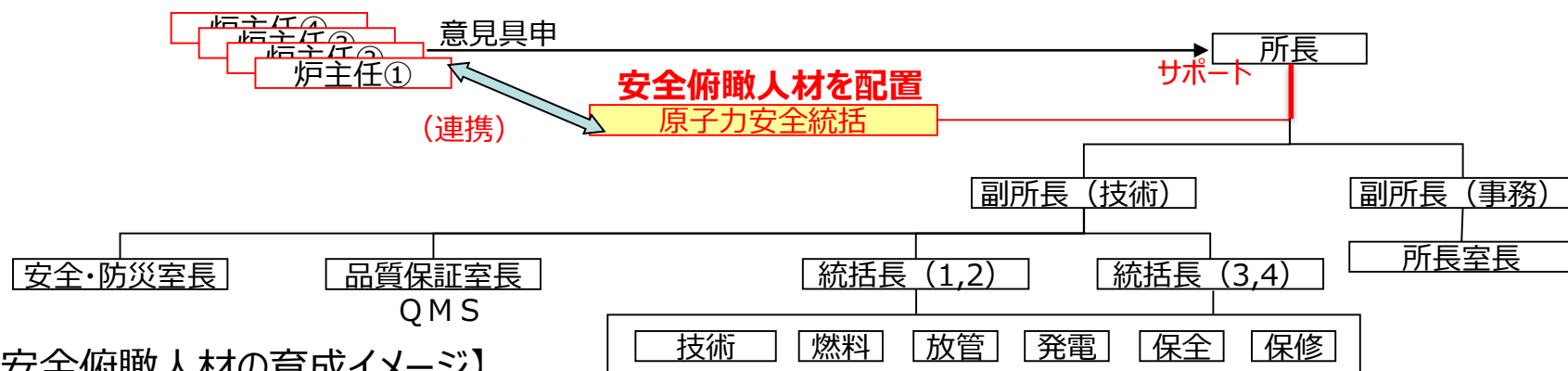
※ 本評価は審査中の防潮堤は考慮しない前提での評価

- 津波高さが24.8mを超えると、「冷やす」機能が喪失して（**赤色**）、重大事故（炉心損傷）が発生すると考えられる。
- しかし、S A 設備をT.P.31m盤又はそれよりも高台に配備することにより、津波発生時の炉心損傷事故の確率を低減することが可能となる。

◎ プラントのリスク特性や設計、緊急時対策を熟知し、事故時に緊急時対応をマネージできる人材の育成（関西電力の例）

- 平成26年6月、各発電所に事故時のトップの参謀役や、発電所のリスクマネジメント・安全性向上推進の核を担う「原子力安全統括」を配置。 ➡ 79
- 原子力安全統括には、以下役割を付与。
 - ・事故時、トップの参謀役として、事故収束を強力にサポート。
 - ・発電所のリスクマネジメント、安全性向上の推進。
 - ・各発電所、事業本部の安全俯瞰人材との協働により、それぞれの推進機能の連携を向上。
- また、更なる安全性向上を目指し、安全俯瞰人材の育成を、配置と教育・訓練により実施。

【原子力安全統括の配置イメージ】



【安全俯瞰人材の育成イメージ】

- 育成キャリア例①：安全分野を中心にキャリアをつませることによる育成例。



- 育成キャリア例②：運転分野を中心にキャリアをつませることによる育成例。



各種教育・訓練

（参考）原子力安全統括の実務（関西電力の例）

原子力安全統括に期待される効果を実効有らしめるため、平常時については、以下の実務を実施。

	強化の方向性	安全俯瞰人材の役務（例）
①	深層防護（５層）による安全確保の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力安全に主眼を置いたレビュー シビアアクシデント対応設備の有効性、運用 ・有事の対応能力向上の推進 防災訓練などの評価、体制、設備、手順等の改善指導 ・所員の原子炉安全の知識、力量向上の推進
②	世界に学ぶ安全性向上活動の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・国内外情報の活用 主体的な入手、確認、その教訓の積極的な反映 レビュー派遣、各種外部会議での研鑽、知見の反映 ・ベンチマークによる改善、メーカからの提言の能動的引き出し
③	規制の枠組みにとどまらない安全性向上の推進	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所のリスクマネジメントにかかる推進、改善 各種会議体でトップへ意見具申、幹部・所員へ指導・助言 発電所のリスクマネジメント活動の確認、推進 ・発電所のリスク状態の監視 定性的、定量的にリスク状況を判断、対策実施 炉主任会議によるリスク状況把握 現場観察による状況のレビュー

⇒これらの業務について、原子力事業本部の原子力安全部門や、各発電所の原子力安全統括との相互連携により、安全性向上推進への取組みを促す。

- ◎ 立地地域との情報共有や緊急時対策立案への協力
- ◎ レベル3 P R Aの結果や事故シーケンス、クリフエッジの特定結果を踏まえた、避難計画策定協力、緊急時の意思決定者支援機能の拡充

(四国電力の例)

<取組み状況>

- ・ 自治体やお客さまからのリスク情報を、適切に評価する仕組みを検討している。
- ・ レベル3 P R A等のリスク評価手法の高度化に向けたN R R Cの研究活動に積極的に参画している。
- ・ 地震、津波等に係るクリフエッジの特定については、初回の安全性向上評価届出に向けた評価を実施中。

＜取組み状況＞（つづき）

- ・ 原子力災害が発生した場合、住民避難時における原子力事業者の支援活動として以下の支援・協力を実施
 - 輸送力に関する協力：要支援者向け福祉車両 17 台の提供（ストレッチャー・車椅子搬送兼用タイプ）



- 避難退域時検査の支援：約 500 名の要員及び関連資機材の支援



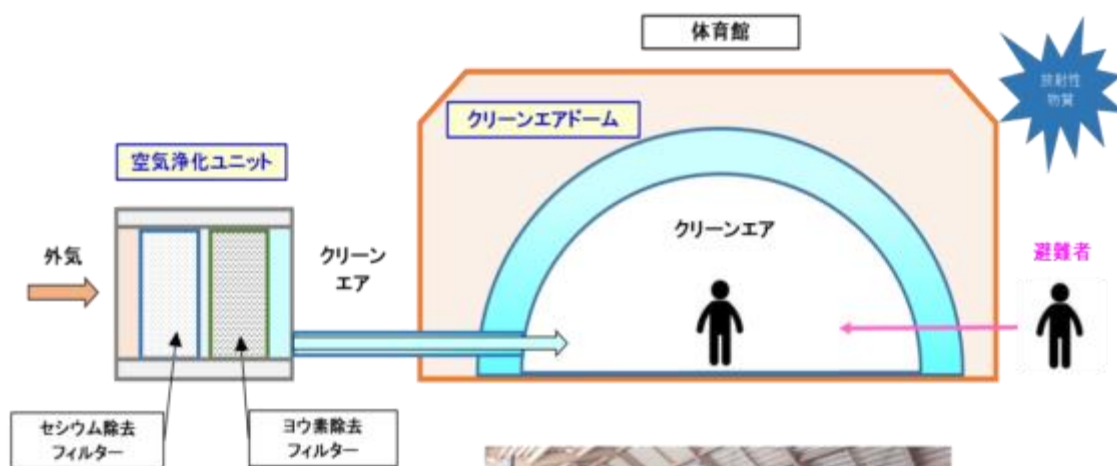
GM管サーベイメータ 個人線量計

- 県オフサイトセンターへの電源供給：愛媛県オフサイトセンター近隣の当社事業所に電源車を常時配備

＜取組み状況＞（つづき）

- クリーンエアドームの配備： 予防避難エリアに指定された佐田岬半島の伊方発電所西側の避難拠点に、当社所有の放射性物質防護機能を備えたクリーンエアドームを配備予定(H30.3以降順次配備予定)

- ・配 備 数：8基
- ・収容人数：約600人



＜今後の取組み＞（四国電力の例）

- 現在検討中のリスク情報における評価の仕組みについて、引き続き検討していく。
- リスク情報は、地域防災計画の策定や関係者とリスクコミュニケーションを図る上で有用であるため、地方自治体の地域防災計画策定等にどのように活用していくことができるか検討していく。
- レベル３ Ｐ Ｒ Ａ 等の研究成果について、安全性向上活動への活用を検討していく。

- ◎ 防災等、各種訓練の充実
- ◎ ブラインド訓練など、実践的な訓練の実施、緊急事態対応チーム能力の継続的な向上
(東京電力HDの例 等)

<取組み状況>

- ・ Incident Command System(ICS)を活用した原子力災害対応体制の強化
- ・ 原子力災害発生時の原子力事業者間協力体制を強化 ➡ 86
- ・ 美浜原子力緊急事態支援センター所有の中型・小型ロボットを訓練で活用 ➡ 88
- ・ 大規模な自然災害を想定した複数サイト同時発災訓練の実施
- ・ 情報共有ツールの導入

<取組みの効果>

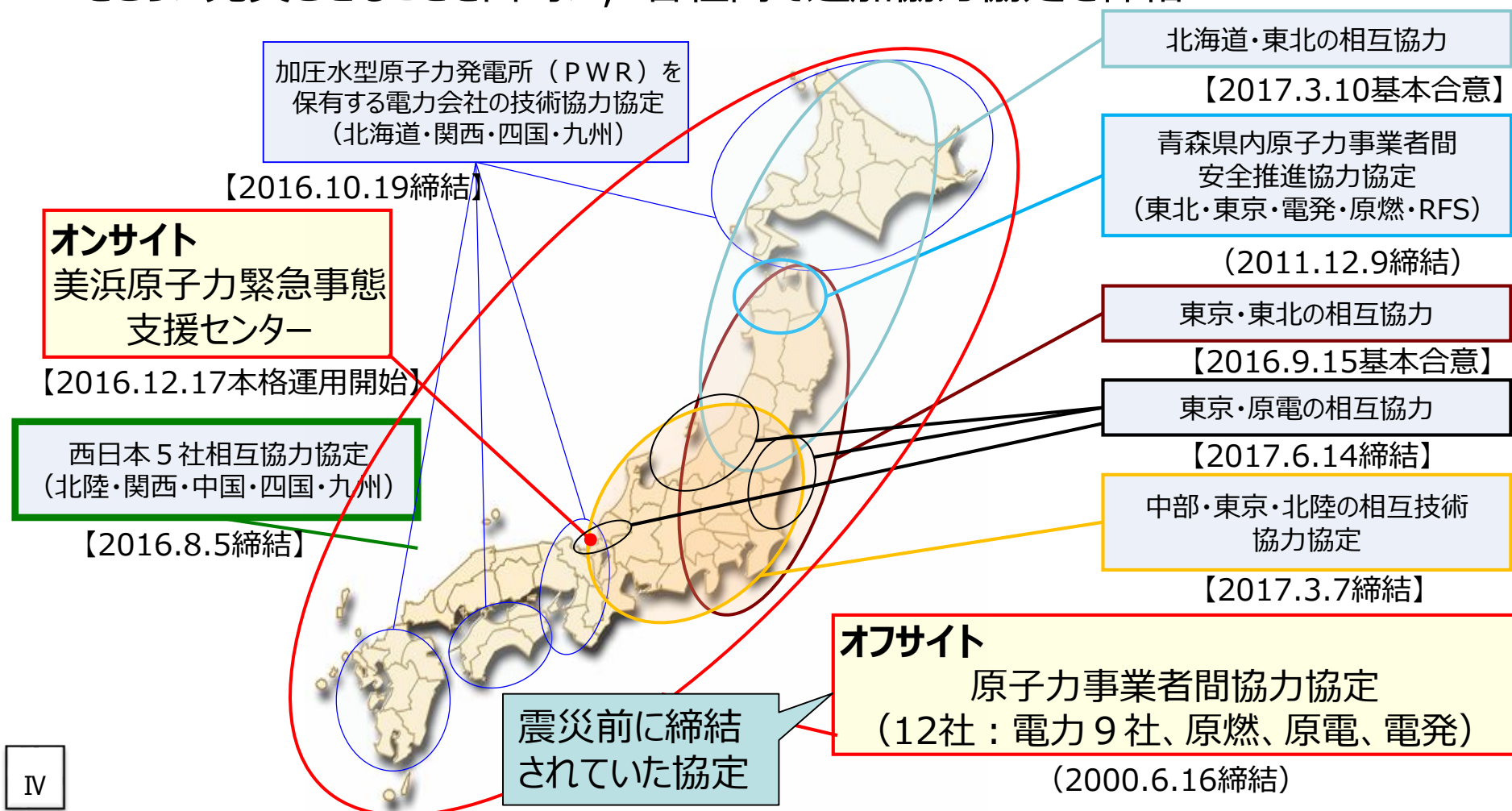
- ・ 原子力規制委員会が事業者の訓練の評価を毎年度実施しており、徐々に各社の評価が向上

＜課題と今後の取組み＞（東京電力の例）

- ・ 原子力災害発生時における住民避難支援の具体策の検討
- ・ 社内応援体制の確立及び原子力事業者間の連携強化による原子力災害発生時の協力体制を構築
- ・ 特定重大事故対処施設の設置と運用訓練の実施

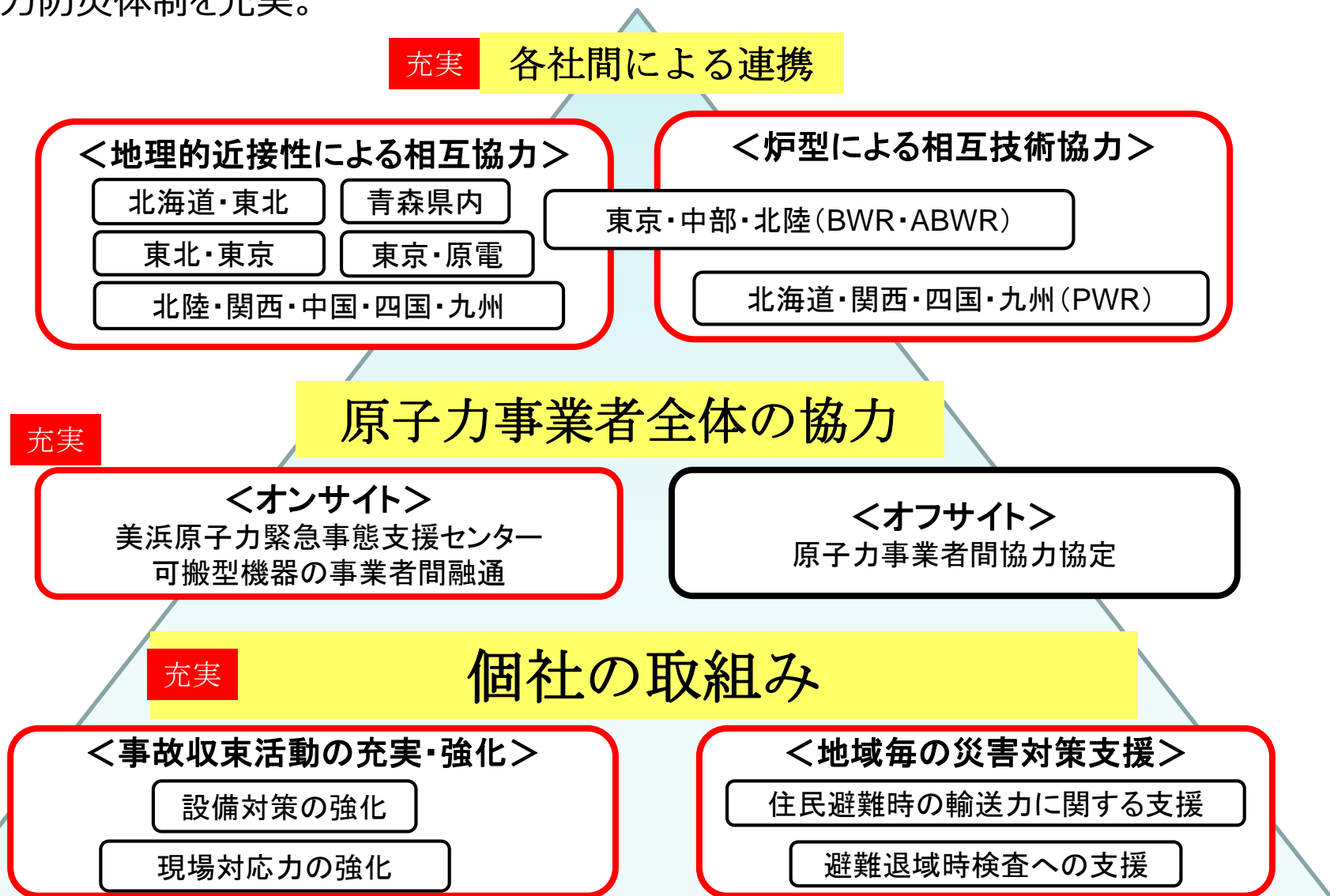
原子力事業者間の協力体制

- 原子力災害が発生した場合に備えて，美浜原子力緊急事態支援センターを設置，12社間での原子力事業者間協力協定を締結等の対応
- さらには，協定の実効性をより一層高めるものとして，地理的近接性を活かし，対策をさらに充実させることを目的に，各社間で追加協力協定を締結



原子力災害対策充実にに向けた防災体制

- 『原子力災害対策充実にに向けた考え方』（第4回原子力関係閣僚会議決定）を踏まえ、原子力防災体制を充実。



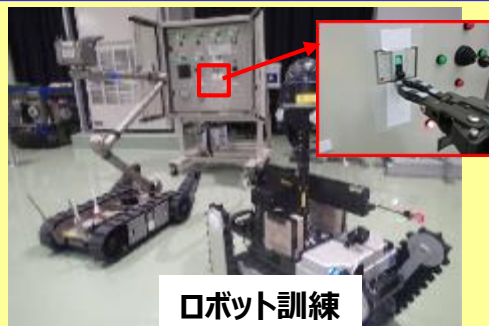
美浜原子力緊急事態支援センター

◆美浜原子力緊急事態支援センターにおけるロボット、無線ヘリ、無線重機の基本操作訓練に加え、事業者の防災訓練に参加し、連携を確認
(2016年12月本格運用開始)

原子力緊急事態支援センターにおける訓練



ロボット訓練



ロボット訓練



無線ヘリ訓練



無線重機訓練

事業者の防災訓練



発電所内での訓練



支援センター本部との連携

美浜原子力緊急事態支援センターにおける訓練実績 (2017年9月末時点)
初期訓練受講者 約600名 (電力9社+原電+電発+原燃)

暗闇煙中での弁操作訓練

1. 訓練目的

過酷な現場対応（照明・通信が使用不可，高線量で瓦礫が散乱，煙充満による視界不良）を疑似体験し，チームの数人のみで判断，決断し，力を合わせて一つのミッションを遂げる訓練を実施することにより，「チームの結束力」「指揮者の決断力，判断力，統率力」の能力向上を図る。

2. 準備状況

- ・訓練者：全面マスク等を着用
- ・瓦礫模擬：障害物としてソファーを利用（衝突時のケガ防止のため）【準備 1】
- ・視界を無くすため煙発生装置を利用（人体に影響のない煙発生装置を使用）【準備 2】

3. 訓練の実施

目的の弁を探し出し制限時間内で開操作する訓練を実施

【準備 1】



【準備 2】



【室内の様子】



注：写真撮影のため照明点灯で撮影。
照明がないと視界は数十cm。

V. 軽水炉の安全性向上研究の再構築とコーディネーション機能の強化

- ◎ 軽水炉安全研究ロードマップの策定
- ◎ 安全研究ロードマップの改定
- ◎ 規制研究との利害相反を排除するための研究枠組みの構築
- ◎ 安全研究、機器開発等の実施
- ◎ 原子力安全の基盤となる事項についての共同研究の実施

<取組み状況>

- ・ 「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」のとりまとめやロードマップの改善活動への参画
- ・ ロードマップに基づいた安全性向上に関わる研究の実施
- ・ 安全性向上に係る課題に対する技術開発への取組みとこれらの取組みを通じた人材育成

<取り組み事例>

○NRRCの研究成果等を活用したPRA高度化

四国電力伊方3号機をパイロットとして以下の技術タスクを設定。
NRRCの研究成果等を活用してPRA高度化を進め、各社に展開していく。

高度化する技術タスク	実施内容
PRAイベントツリー等	シナリオの細分化、起因事象の追加
PRAパラメータ	機器保全情報データベースなどを活用した個別プラントパラメータの整備
人間信頼性評価(HRA)	人的過誤に関する定量化手法の開発、検討
地震ハザード評価	確率論的地震ハザード評価手法について、専門家の意見を取り入れながら高度化を検討
地震 fragility 評価※	評価に用いる応答解析等の詳細化の検討

※：地震動に応じた荷重に対し、建屋、機器等の壊れやすさを確率論的に評価したもの

<軽水炉安全技術・人材ロードマップとの関連>

既設の軽水炉等のリスク情報の利活用の高度化 R M 上の短期的課題（抜粋）

- ・解析手法の高度化や最新技術の活用による地震や津波についてのリスク情報の精緻化
- ・リスク情報を把握するための手法やデータの整備