

日本原子力学会 原子力安全部会
第5回原子力安全夏期セミナー



事業者の自主的継続的安全性向上への取り組み

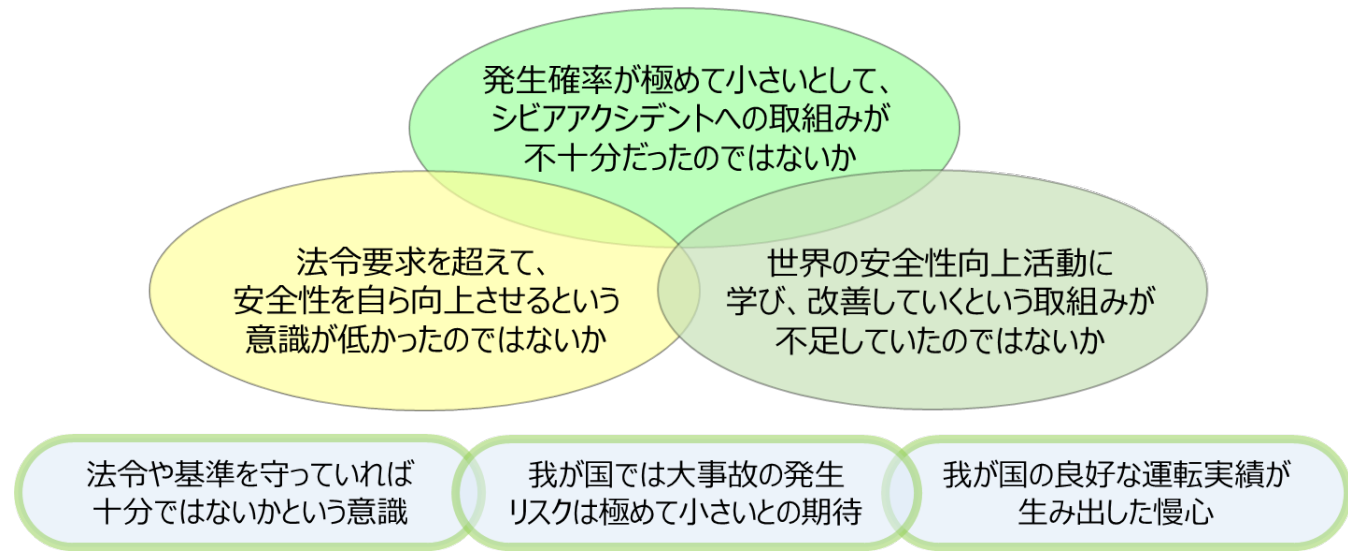
平成29年8月21日

関西電力株式会社

成宮 祥介

- 安全は放置しておくと劣化する。将来の環境の変化（材料、設計、人的要素、価値観、など）に対応して、安全を確保し続けるため、継続的に改善していく必要がある。
- 改善の物差しはリスクが有用である。加えて、様々な環境変化への対応やバランスのよい対策のため、多くの要素を考慮する必要がある。安全のレベルを捉え、対策の検討につなげるマネジメントシステムが必要。
- 規制基準の遵守はもちろんのこと、それだけに留まらず自ら問いかけ、問題を見出し、必要に応じて対策を講じて行く姿勢（Questioning Attitude）が必要。

東京電力福島第一原子力発電所事故からの教訓



実務において具現化する

◆ 福島第一原子力発電所事故から、**原子力発電固有のリスクに対する認識や向き合う姿勢が十分ではなかった**のではないかとすることを教訓として学んだことを踏まえ、安全性向上に向けた自主的かつ継続的な取組みを**さらに充実**。

【関西電力における主な取組み】

1. 原子力安全の浸透および定着

- (1) 安全最優先の理念の共有(社長宣言、社達制定、全社員への浸透、再徹底) ----- 4
- (2) 原子力安全に対する経営のガバナンス強化(全社的な観点からの推進) ----- 5
- (3) 安全文化の発展(醸成活動の充実) ----- 6 ~ 7

2. 安全性向上に関する基盤整備

- (1) 資源の充実(人材育成・体制整備)(原子力安全部門、安全俯瞰人材、各種教育等) ----- 9

3. 安全性向上に関する活動の実施

- (1) 新規制基準対応を含む安全性向上対策の推進(深層防護による安全対策の強化) ----- 11 ~ 12
- (2) 事故時対応能力向上のための防災訓練の実施

4. リスクマネジメントをはじめとするマネジメントシステムの確立・改善

- (1) リスクマネジメントの継続的な改善 ----- 16
- (2) PRAからのリスク情報を用いた取組み ----- 22 ~ 29
- (3) その他マネジメントシステムの確立・改善(労働安全衛生マネジメントシステムの運用)
- (4) 客観的評価・外部の知見等の活用(世界に学ぶ活動、海外知見収集の充実と改善) ----- 17

5. コミュニケーションの充実等

- (1) リスクコミュニケーションの推進 ----- 19 ~ 20
- (地域に根ざした事業運営、リスクコミュニケーションに関する能力向上とマネジメントへのさらなる反映)

1. 原子力安全の浸透および定着

(1) 安全最優先の理念の共有

- ◆ 将来世代まで永続的に引き継いでいく「**原子力安全に係る理念**」を**明文化し公表**。(H26.8.1に社達制定)
- ◆ 制定に当たり、**全ての部門の役員**にて、**社外有識者のご助言**もいただき、**繰り返し議論**を実施。
- ◆ 速やかに、当社の全社員を対象に**周知・浸透の取組み**を**展開**。メーカ・協力会社の方々へも伝達。
- ◆ 社長のリーダーシップの下、全社一丸となりたゆまぬ安全性向上に取り組む。

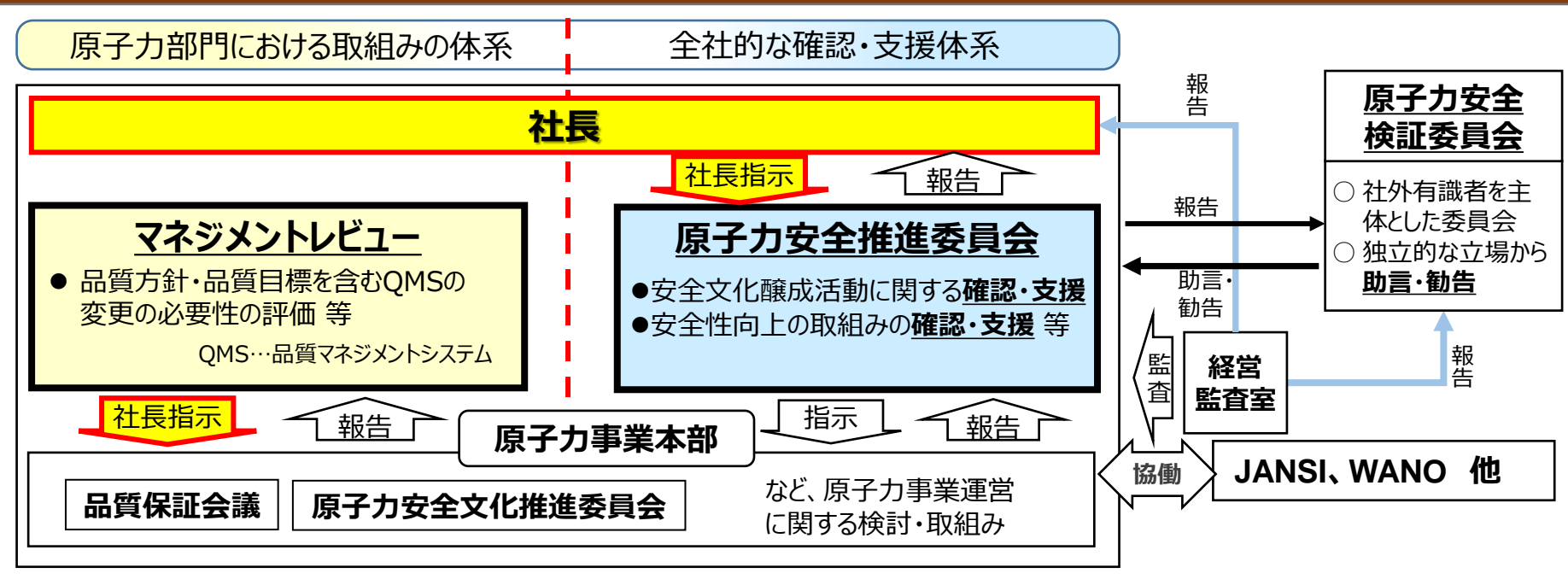
社達の構成と要旨

【はじめに】 (福島第一原子力事故を踏まえた反省と決意)	事故から得た 教訓を胸に刻み 、 立地地域 をはじめ 社会 の皆さまの 安全を守り 、 環境を守る ため、原子力発電の安全性のたゆまぬ向上に取り組む。
【原子力発電の特性、 リスクの認識】	大量の放射性物質を扱い、被ばくや環境汚染のリスクがあるという、原子力発電の 特性 、 リスクを十分認識 し、 重大な事故 を起こせば 甚大な被害を与えうる ことを 片時も忘れない 。
【リスクの継続的な除去・低減】	「ここまでやれば安全である」と過信せず 、リスクの継続的な除去・低減に取り組む。
【安全文化の発展】	リスクの継続的な除去・低減に取り組む基盤は安全文化。これまで以上に 問いかけ 、 学び 、 社会の声に耳を傾ける姿勢 等を 徹底 し、 安全文化を高める 。
【安全性向上への決意】	社長のリーダーシップのもと 、当社経営の最優先課題である原子力発電の安全性向上に 全社一丸 となり、取り組む。

(2) 原子力安全に対する経営のガバナンス強化

◆ **原子力安全に係るガバナンス**として、原子力部門における取組みの実施およびそれらの取組みを**全社的に確認・支援する体系**の下、それぞれの取組み状況等を確認し、認識された課題に重点的に取組むための**社長としての指示事項等を発出し、原子力安全の確保・向上に努めている。**

関西電力における原子力安全に係る取組みの推進・管理体系（概略）



社長指示事項 (例)	マネジメントレビューでの原子力部門への指示事項	原子力安全推進委員会への指示事項
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ プラントの再稼動に向けて安全対策等を確実に実施すること ◆ 社員・協力会社社員に対して、リスク感受性を高めていくための教育等を実施すること ◆ 原子力の信頼回復、理解醸成に向けた活動に確実に取組んでいくことなど 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 第三者評価の検討にあたっては、世界のエクセレンスの牽引ができるように検討すること ◆ 現場のニーズを踏まえているか、原子力の安全性向上、信頼回復に貢献できているかということを社内外に見えるようにすること など

(3) 安全文化の発展

- ◆ 当社は、美浜発電所3号機事故等の教訓を胸に、「**安全を守る。それは私の使命、我が社の使命**」との社長の宣言のもと、**安全最優先の事業活動を徹底**。
- ◆ 安全最優先について、**安全に係る社長の想いを現場第一線に伝達**。

安全に関する理念の浸透に関する取組み

○平成28年6月 社長就任

就任にあたり、原子力事業運営は安全が何よりも優先されること、またそのためには、全社一丸となって原子力を支えていくことが必要との認識の下、「安全最優先」が当社経営の基軸であることを改めて宣言。

○「安全の誓い」の日の取組み

美浜発電所3号機事故の反省と教訓を深く心にとどめ、安全最優先を実践できるよう、8月9日を「安全の誓い」の日と定め、毎年、社長から社員への訓示や全社での黙祷を行うなどの取組みを実施。



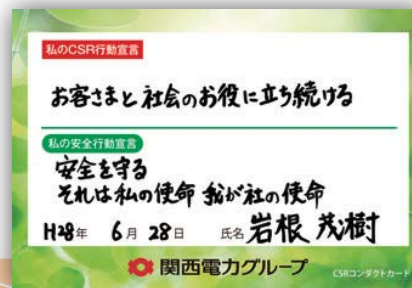
【安全の誓い・黙祷】



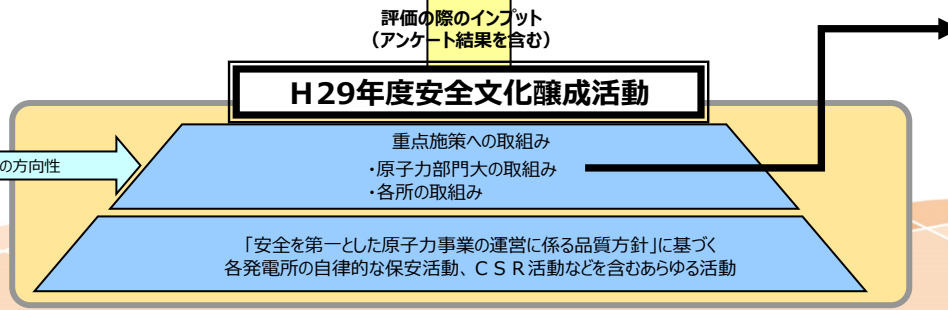
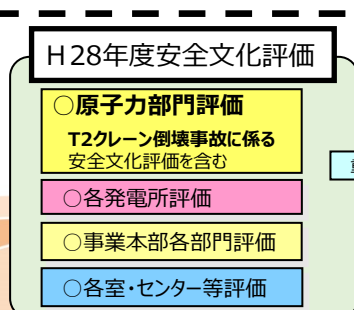
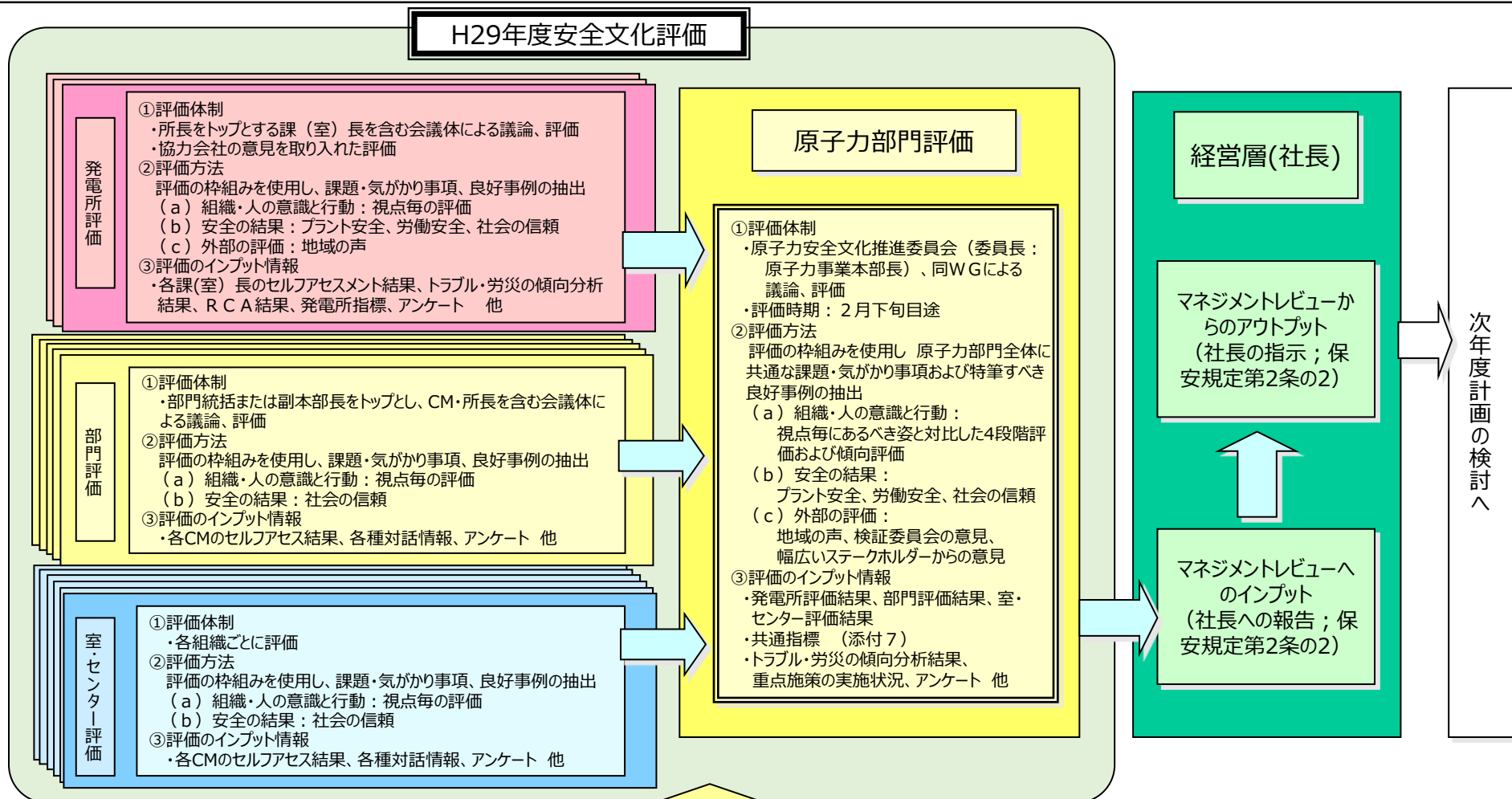
【安全の誓いの石碑】



【社員および協力会社の方への訓示】



【社長のコンダクトカード】



平成29年度重点施策の方向性	
1	社長・原子力事業本部幹部からの社員・協力会社社員への継続的なメッセージの発信による安全文化の理念の再徹底
2	再稼働に係る業務による職場繁忙に対する健康の維持・管理方策の検討・実施
3	協力会社アンケート結果を踏まえた、協力会社との意思疎通の更なる改善
4	リスクマネジメントの更なる充実および当社社員・協力会社社員に対するリスク感受性を高めていくための教育等の実施

2. 安全性向上に関する基盤整備

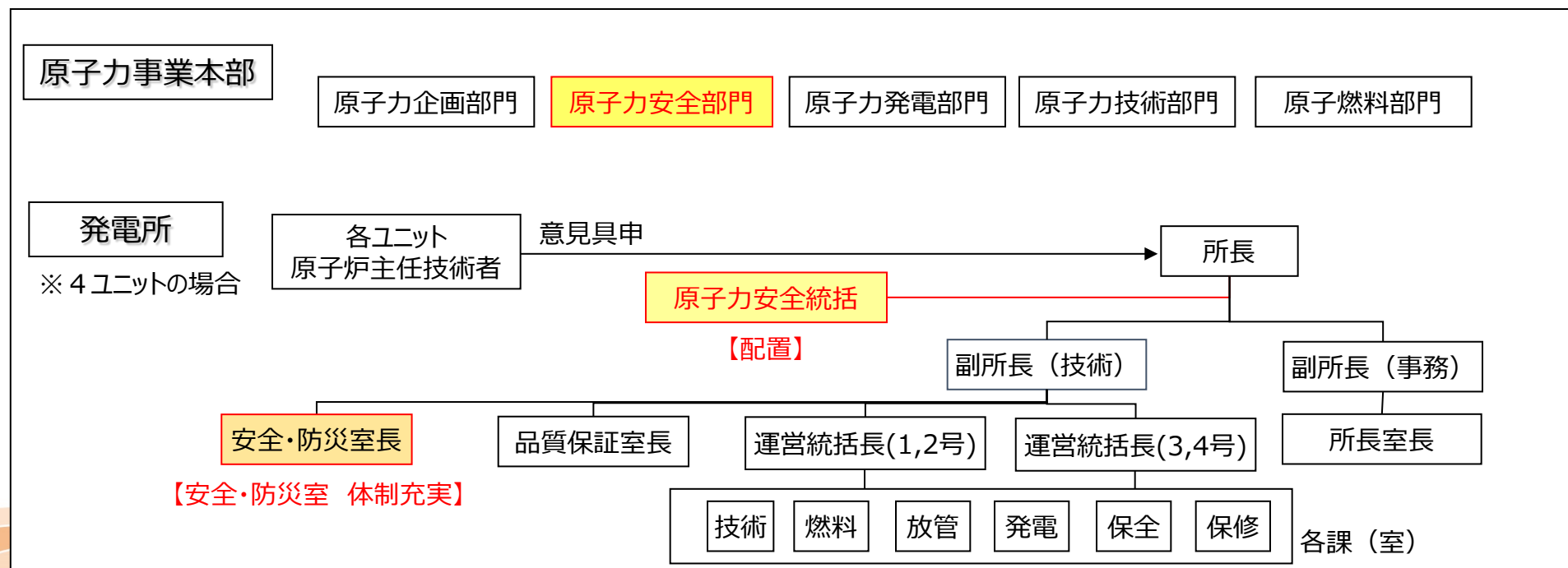
(1) 資源の充実（人材育成・体制整備）

○原子力事業本部の体制の充実

- 「原子力安全」「核セキュリティ」に関する機能を集約し、安全性向上に係る取組みを一元的に推進するため「原子力安全部門」を原子力事業本部に設置。

○発電所の体制の充実

- 「原子力安全システム全体を俯瞰する人材（安全俯瞰人材）」の計画的な育成と配置。平時は安全性向上を推進し、事故時は所長の技術的判断をサポートする参謀機能を担う。
- 全ての原子力発電所に、所長に次ぐ職位として「原子力安全統括」を設置し、安全俯瞰人材を配置。
- 安全・防災室の安全担務の体制を充実し、P R A 活用等に資する。



3. 安全性向上に関する活動の実施

(1) 新規制基準対応を含む安全性向上対策の推進

◆ハード・ソフト両面の対策から、**深層防護（5層）**による徹底した安全確保を推進。

		【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	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 地域防災計画への全面的協力 水素燃焼装置(イグナイタ) 恒設非常用発電機 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 空冷式熱交換器 代替蒸気発生器給水設備 中圧ポンプ 	
	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"> 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		
設計基準内	第3層		炉心損傷防止 格納容器健全性維持		異常検知・停止装置等	<ul style="list-style-type: none"> 竜巻対策 外部火災対策 火災防護対策 防波堤のかさ上げ 等
	第2層	異常拡大防止				
	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応範囲

福島第一原子力発電所事故後の対応範囲

安全性向上対策を実効ならしめるためのソフト面の強化

・事故時対応能力の向上 ・体制の充実 等

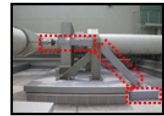
自然現象から発電所を守る備え(事故発生防止)

地震

○発電所周辺の断層の連動性等について、詳細な調査を実施。



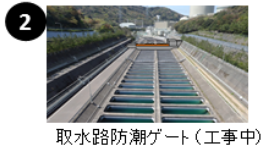
保守的に連動性等を評価し、地震想定を引上げ。(基準地震動Ss:700ガル) 必要箇所には耐震補強等実施。



配管補強の例

津波

○最大規模の津波を想定し、取水路防潮ゲート(T.P.+8.5m)、放水口側防潮堤(T.P.+8.0m)を設置。



取水路防潮ゲート(工事中)

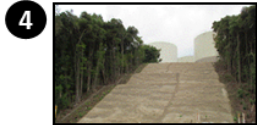
- <水位上昇側>(入力津波高さ)
 - ・取水路閉塞部前面:T.P.+6.2m
 - ・3、4号機海水ポンプ室前面:T.P.+2.8m
 - ・放水路(奥):T.P.+6.7m
- <水位下降側>(入力津波高さ)
 - ・3、4号機海水ポンプ室前面:T.P.-2.5m



放水口側防潮堤(工事中)

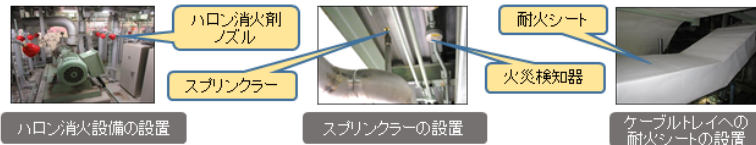
外部火災

○森林火災の延焼を防ぐため、発電所施設周辺の樹木を伐採し、幅18mの防火帯を確保



内部火災

○火災の影響軽減の各防護対策を追加実施。
 ・ケーブル等に耐火シートを巻き付け。
 ・異なる種類の火災検知器やハロン消火設備に加え、スプリンクラー等を追加設置。



ハロン消火設備の設置

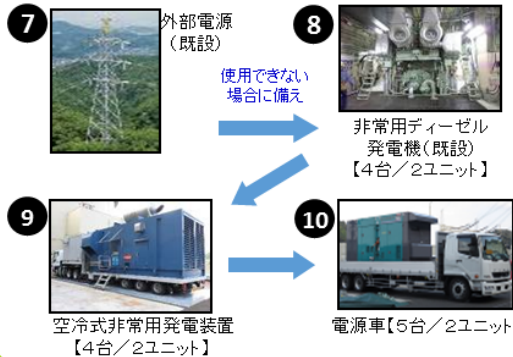
スプリンクラーの設置

ケーブルトレイへの耐火シートの設置

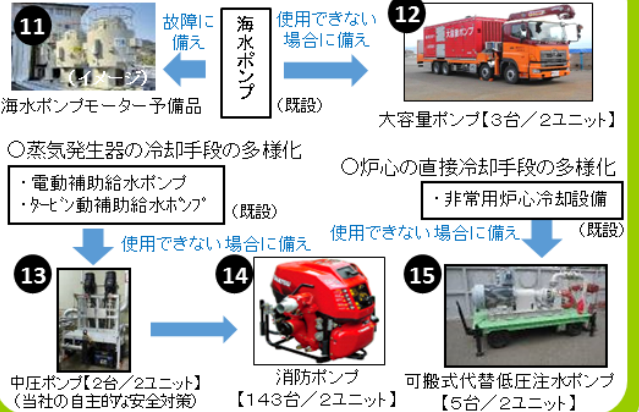
重大事故等対策(事故進展防止)

電源設備

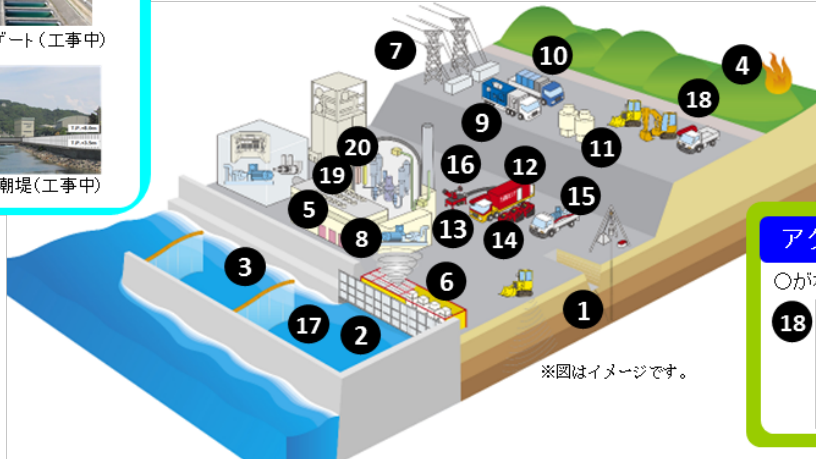
○外部電源の強化や、所内電源を多重化・多様化



冷却機能の強化



重大事故を発生させないために



※図はイメージです。

アクセスルート確保

○がれき撤去用重機を配備



18

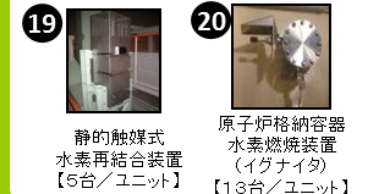
万一、重大事故が発生した場合に備え

重大事故等対策(事故拡大防止)

放射性物質の放出抑制対策



格納容器の水素爆発防止対策



竜巻

○飛来物から機器を守るために竜巻対策設備を設置*
 ※過去の日本最大風速(92m/秒)を上回る、風速100m/秒の竜巻が発生した場合、鋼製材が飛来すると想定

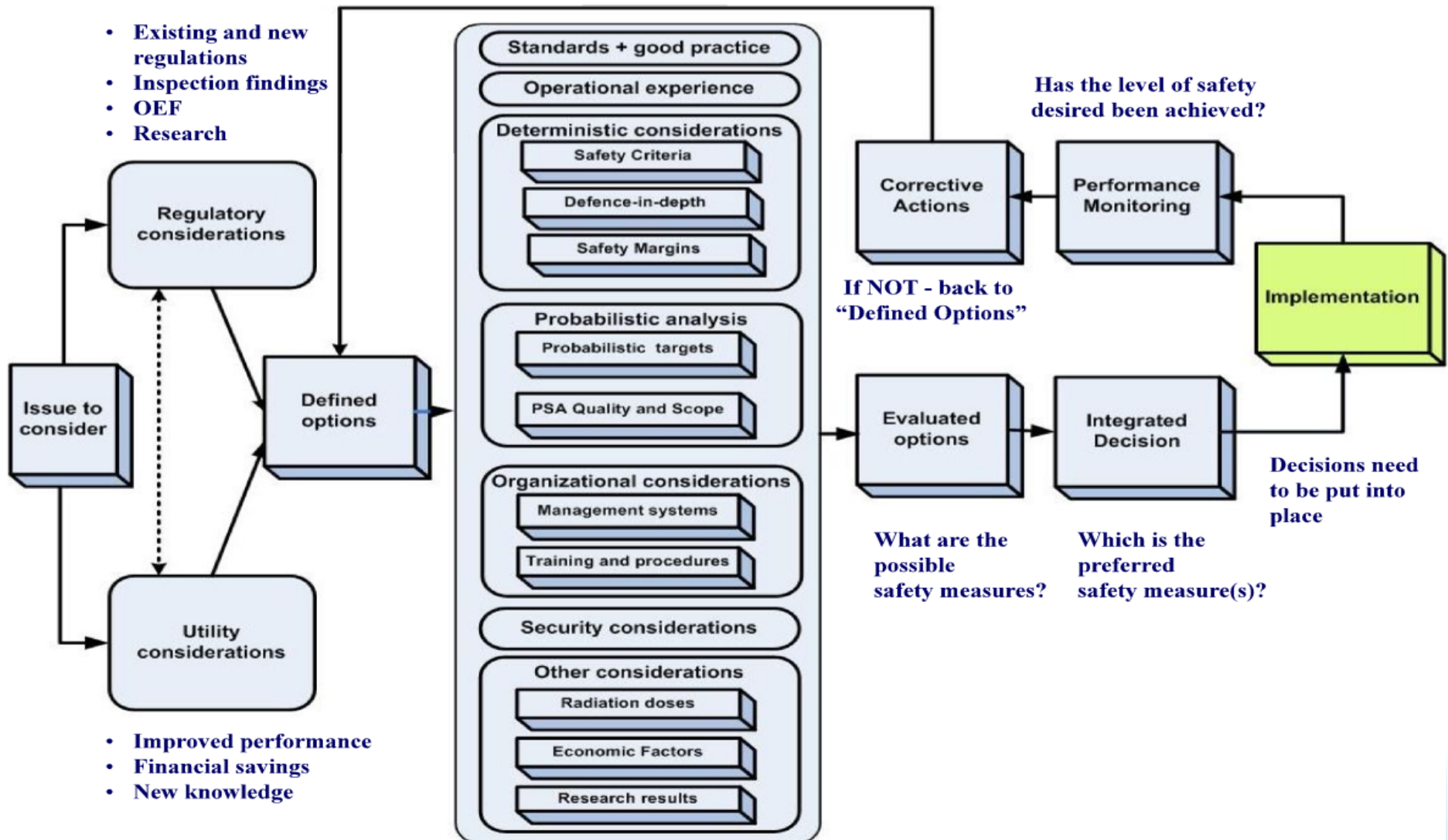


工事前

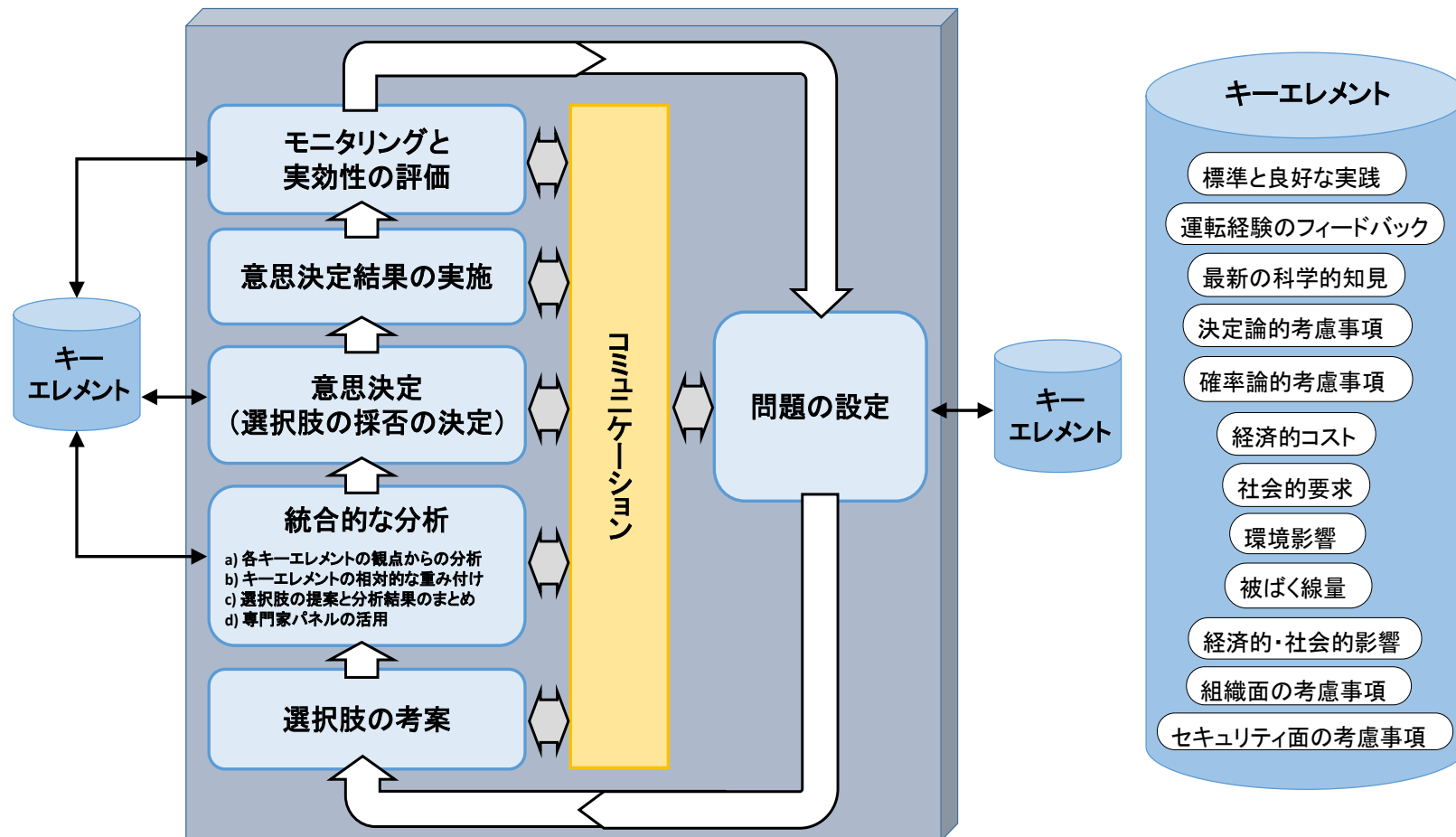
工事後

4. リスクマネジメントをはじめとするマネジメント システムの確立・改善

INSAG 25: The Basic Framework and Key Elements of IRIDM



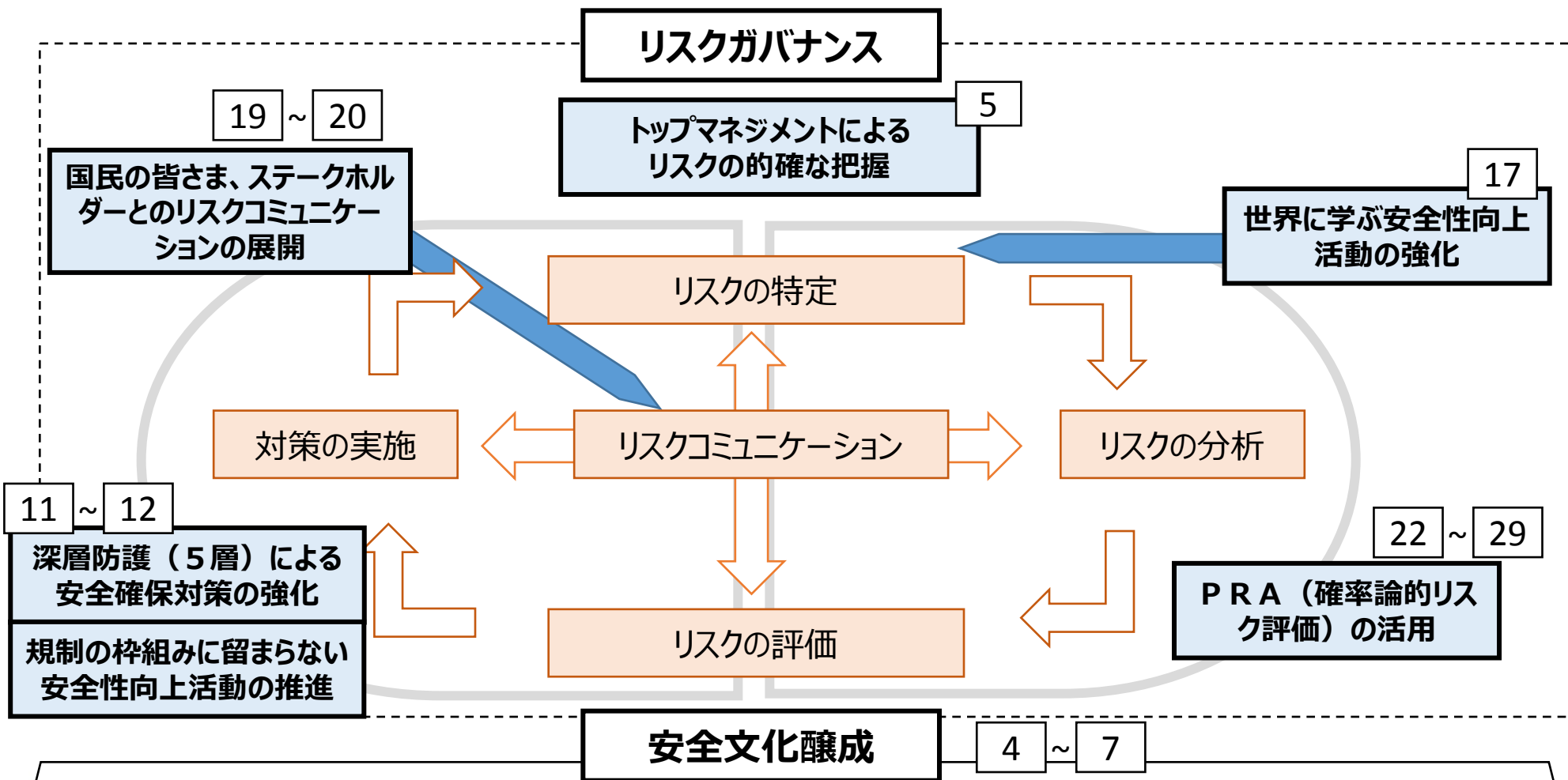
原子力学会標準委員会では、リスク情報を活用した統合的意思決定のためのプロセスを規定した標準「IRIDM 標準」を策定中。2018年発行予定。



出典：原子力学会「継続的な安全性向上対策採用の考え方について」2016 発行準備中

(1) リスクマネジメントの継続的な改善

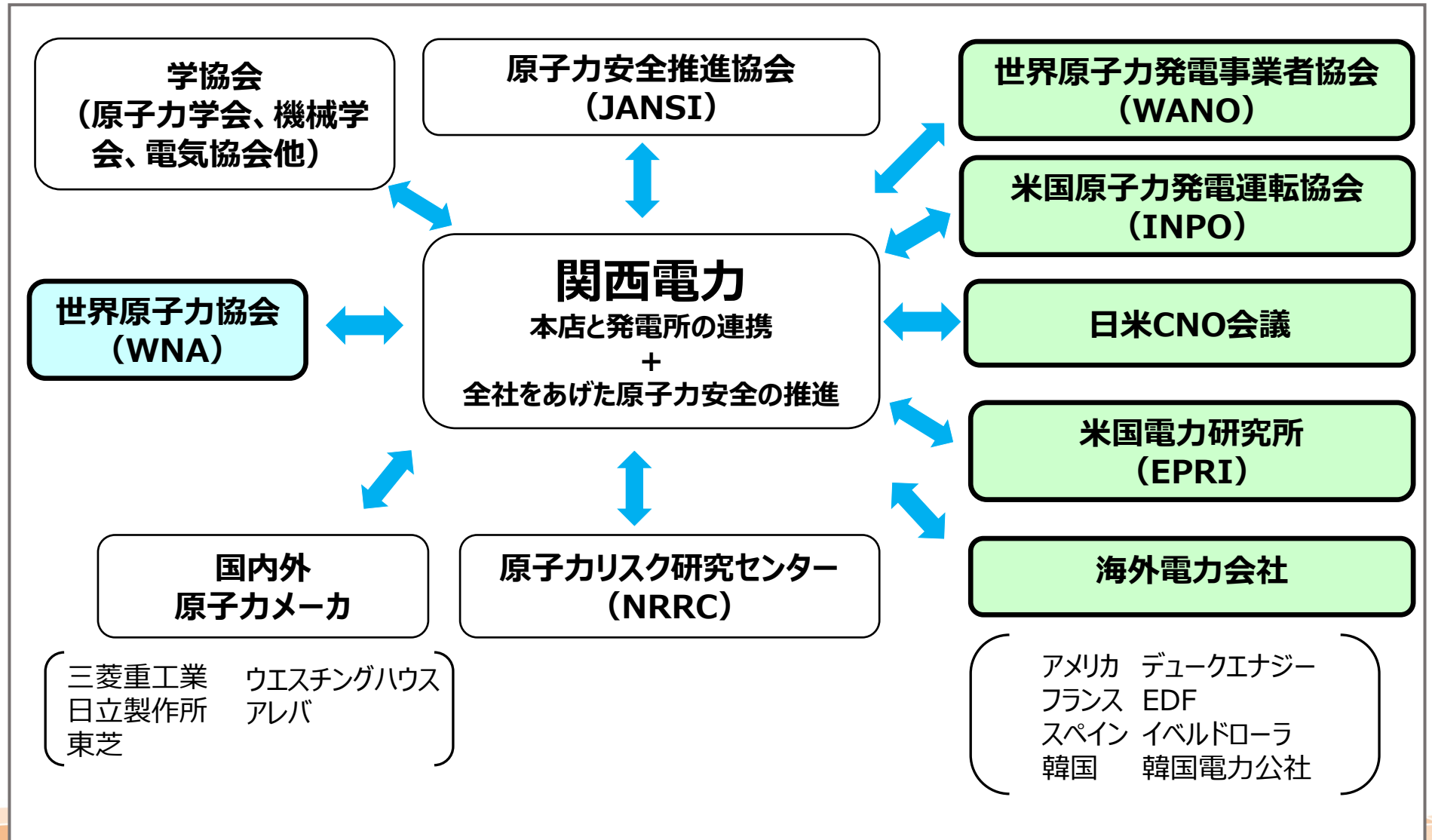
- ◆ 自主的・継続的な安全性向上において、安全文化を基盤としたリスクガバナンス強化が必須。
- ◆ 体制の整備、PRAの活用、リスクコミュニケーションの充実、リスク情報活用に取り組んで行く。



・原子力事業の安全確保にはトップのゆるぎない安全意識の明確化と迅速な意思決定が必要

(4) 客観的評価外部の知見等の活用

◆ トップマネジメントのもと、世界に学ぶ安全性向上活動を強化。



5. コミュニケーションの充実等

- ◆ 立地地域の原子力に対する不安や疑問に向きあい、必要に応じてリスクマネジメントに反映するために双方向のコミュニケーションを継続的に展開。
- ◆ 特に、40年以降の運転に対する不安や疑問に向き合うリスコミュニケーションを重点的に実施するとともに、コミュニケーション体制を強化。
- ◆ また、再稼動を目指す大飯発電所において、CATVを活用した情報発信を行った上で、**おい町の住民を対象とした各戸訪問や見学会を実施するなど、住民との意見交換の機会を積極的に展開。**

公募見学会の重点実施

平成28年度から福井県内を対象とした公募型の原子力発電所見学会（8回：268名）を実施し、平成29年度はより多くの参加者を募るため、土日の開催も含めて75回程度の実施を目標に展開。見学会では、当社社員が40年以降の運転に対する不安や疑問などを傾聴し、お答えするとともに、参加者の不安や疑問を社内で共有し、必要に応じてリスクマネジメントに反映。

なお、平成28年度は、参加者の40年以降の運転に対する不安感の低減（-44%）や容認度の向上（+32%）に寄与。（N=268）



高浜発電所での意見交換の様子

コミュニケーション体制の強化

高浜1,2号機の40年以降の運転にかかる高浜町内の不安や疑問に対応するため、副所長1名、課長3名を増員し、コミュニケーション体制を強化。

CATVを活用した情報発信と地域住民との積極的な意見交換

大飯3,4号機の再稼動を迎えるにあたり、地元の方々の大飯発電所への安全・安心感の醸成を図るため、おい町のCATVのエネルギー情報番組に当社社員が出演し発電所の状況などを説明。

また、おい町住民を対象とした各戸訪問や見学会などで、住民の不安や疑問（番組の感想など）にお答えしていく。なお、今後放映予定の原子力規制委員会制作のCATV番組を通じて出たご意見に対しても事業者としてお答えしていく予定。



CATVにおける
現場パトロールの紹介

◆立地周辺地域や消費地域においてもリスクコミュニケーションを積極的に展開。「自治体等とのコミュニケーション」「セミナー・シンポジウムの開催」「発電所見学会」等の機会を通じて、ステークホルダーと**フェイストゥフェイスの双方向コミュニケーションを実施**するとともに、**いただいたお声に真摯にお応えする**活動を継続的に実施。

【立地周辺地域】

- 京都府：高浜発電所に係る地域協議会 等
- 滋賀県：原子力安全対策連絡協議会 等

立地周辺地域においては、トラブル等の再発防止対策や運転期間延長など、関心の高いテーマに関するご説明を行い、**関係自治体からのご意見・ご質問に向き合う活動を継続中。**

【消費地域】

自治体等とのコミュニケーション

当社社員が日常的に自治体を訪問する中で、関西広域連合より府県民の安心のために安定ヨウ素剤に関する相談があり、社内で検討の結果、**UPZ圏外にお住まいの方の安心感醸成に繋げるため、原子力災害時に当社が保有する安定ヨウ素剤を貸与する**内容の覚書を締結。

さらには、防災訓練を通じ、関係自治体から原子力災害時における支援に関する相談があり、**広域避難時における自治体への協力のあり方についても現在検討を行っている**など、いただいた不安の声にお応えする活動を継続中。

セミナー・シンポジウムの開催

外部団体等と連携し、女性の関心が高い内容の企画とともに、原子力をはじめとしたエネルギーに関するセミナー・シンポジウムを開催。(平成28年度：計11回、約1500名)

参加者には、発電所見学会のご案内も行うなど、より深いコミュニケーションの実施に努めている。今後、セミナー・シンポジウムの**参加者との少人数による社員との意見交換の場を設けるなど、さらなるコミュニケーション**に取り組んでいく。

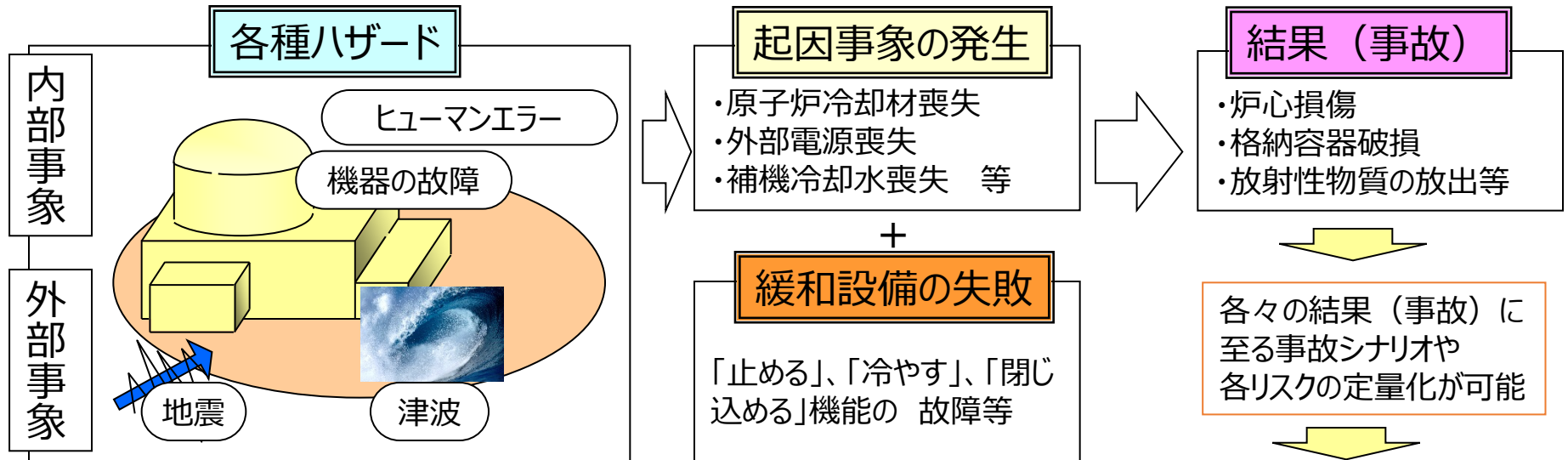
発電所見学会等

安全性向上にむけた取組みを現地で直接ご覧いただく発電所見学会や、当社社員による原子力説明会を継続的に実施。(発電所見学会：約900回、約14,700名、原子力説明会：計約290回、約8,200名)



【事例紹介】 PRAからのリスク情報を用いた取組み

原子力発電所を取り巻く各種ハザードを要因として、発生する可能性のある事象（起回事象）から炉心損傷事故に至る頻度などについて、リスクとして定量的に評価する手法



- 発電所の安全レベルの定量的な確認が可能
- 炉心損傷事故等に至る頻度を指標として、事故シナリオの発生頻度や機器・システムの重要度の定量的な比較が可能

PRAの種類

- 【評価する範囲】
- レベル1: 炉心損傷頻度
 - レベル1.5: 格納容器機能喪失頻度
 - レベル2: 放射性物質放出量
 - レベル3: 環境影響

- 【ハザードの分類】
- 内部事象: (機器の偶発的故障、人的過誤など)
 - 外部事象: 地震、津波 など
- 【運転状態の分類】
- 出力運転時、
 - 停止時

内部事象出力時レベル1 PRAを例に、評価作業での主な作業項目等を以下に示す

主な評価作業項目

① プラント情報の調査

一連の作業を行うための、プラントの設計情報、運用情報等を調査
(この調査は以下の②～④の全てに関与)

② イベントツリー構築

各起因事象から炉心損傷への進展防止のための緩和設備の成功/失敗の組合せにより、各事故シナリオをイベントツリー (ET) により作成

③ フォルトツリー構築・評価

各緩和設備の失敗要因分析としてフォールトツリー (FT) を構築し、失敗確率も評価

④ 成功基準解析

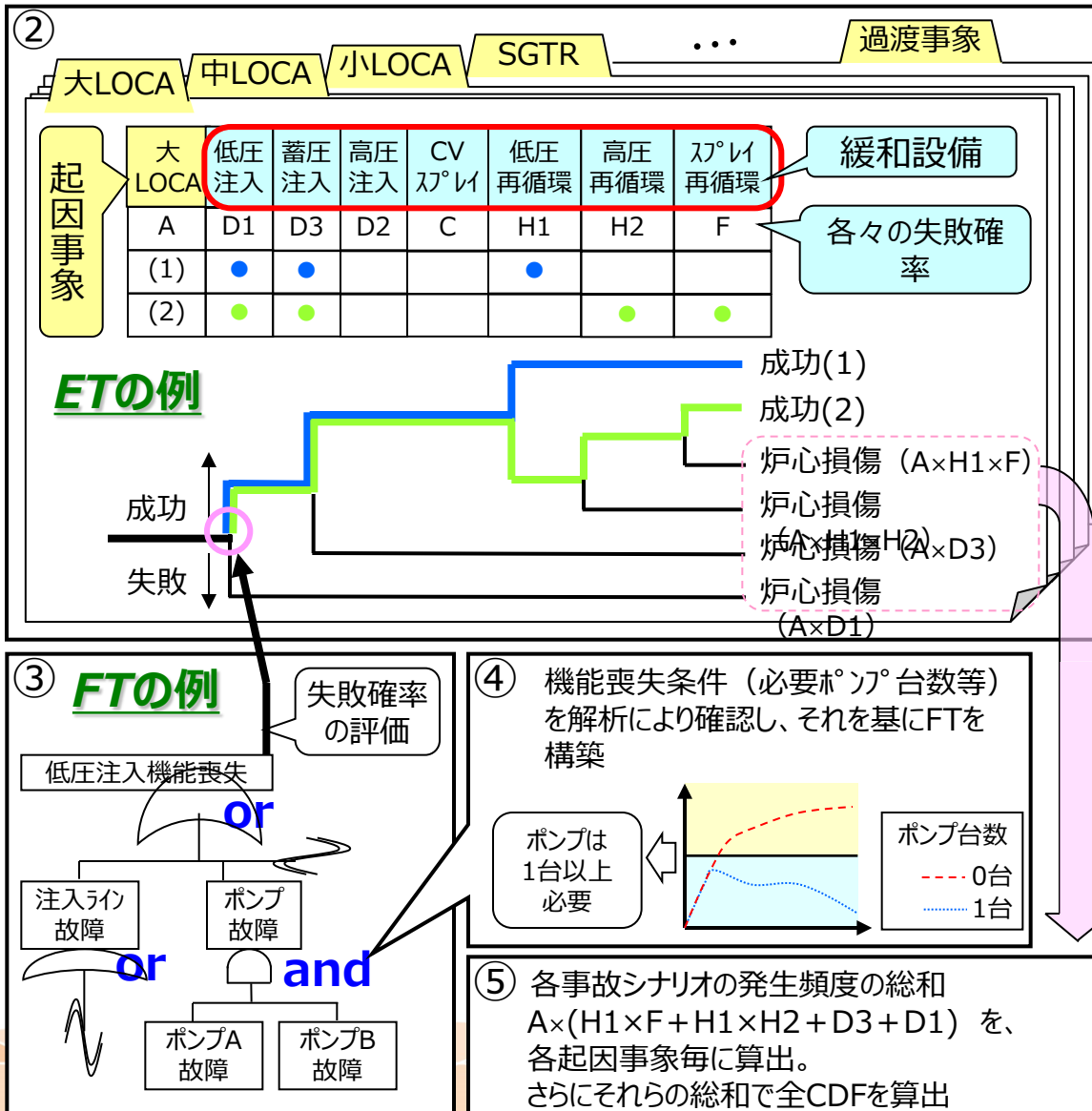
炉心損傷防止に必要な緩和設備の組合せ (必要台数等) を計算コードを用いて解析

⑤ リスクの定量化

全ての事故シナリオ発生頻度を総和し、全炉心損傷頻度 (CDF) 等を算出

⑥ 文書化

評価に用いた情報や評価上の考え方等をまとめ、エビデンスとして文書化



・検査制度見直し（R O P : Reactor Oversight Process）

これまで規制機関が行ってきた検査・確認を事業者が一義的責任のもとに行い、規制機関がその活動を監視。監視の結果、事業者のパフォーマンスの低下が確認された場合、その重要度に応じ、追加検査等の措置を決定。重要度評価においてはC D F（炉心損傷頻度）の変化量などを指標として利用。

・安全性向上評価届出

原子力事業者の自主的な安全性向上に向けた継続的な取組みを促すことを目的とした制度。P R Aなどによりプラントの安全性について評価し、更なる安全性向上対策の抽出などを実施。
P R A対象事象の拡大や評価の精緻化も併せて継続的に実施していく必要あり。

	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度	H33年度
検査制度見直し (R O P)		試運用開始 ▽		法施行 ▽	実運用開始
安全性向上評価届出	高浜3届出 ▽		高浜4届出 ▽	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 運転再開後の最初の施設定期検査終了後、6ヶ月以内に初回届出。 P R Aについては、原則5年毎に改定。 </div>	
	内の事象、地震、津波P R A（L1,L1.5,L2）を実施				

※上記は現時点の予定または想定であり変更の可能性がある。

- ◆ 継続的に安全性向上を行うには**プラントの脆弱性を知る必要がある**。
- ◆ 定量的に脆弱性を知るための有力なツールがPRAである。
- ◆ **PRA手法はNRRCの研究成果を反映し、順次、改善、拡大していく**。

具体的内容

<これまでのPRA活用の取組み>

- PRAは、これまでもアクシデントマネジメント策の有効性評価などにおいて活用してきた。
- また、**停止時PRAを発電所員が実施し、評価結果を定検工程策定に活用**している。
- 新規規制基準における原子炉設置変更許可申請において、**内的事象レベル1PRA(出力時、停止時)、地震レベル1PRAなどを実施し、事故シーケンス選定に活用**。(SA対策なしのモデル)
- プラント固有の故障率データの収集のため、当社では原子力保全総合システム(M35)の改良を実施済。

<今後のPRAの整備>

【PRA手法の整備状況】		レベル1	レベル2	レベル3
内的事象	出力運転時PRA	■	■	□
	停止時PRA	■	■	□
外的事象	地震PRA	■	■	□
	津波PRA	■	■	□
	溢水PRA	□	□	□
	火災PRA	□	□	□

NRRC研究成果の反映

ROPまでに以下の研究成果を反映

- ・イベントツリー等の高度化
- ・PRA入力データの高度化
- ・人間信頼性評価手法(HRA)の高度化

その後、評価対象事象の拡大等を実施

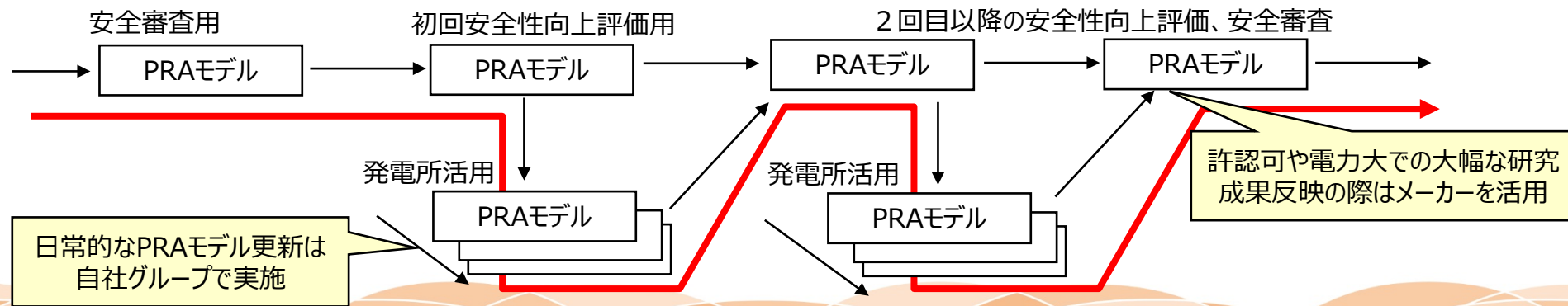
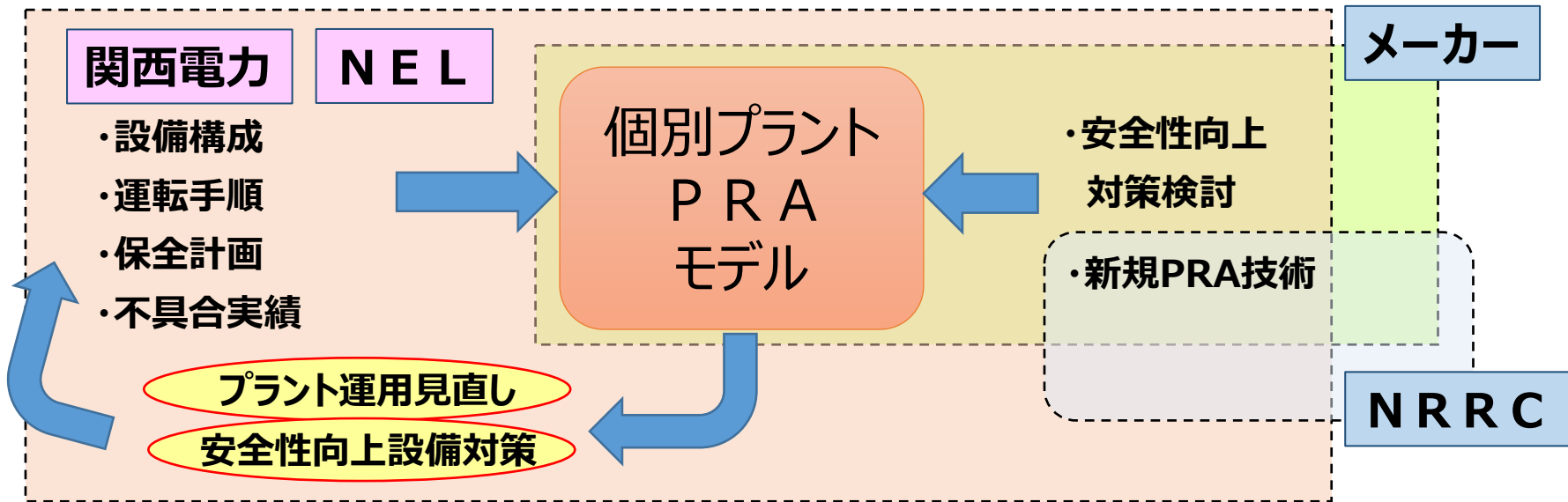
原子力学会標準委員会

- ・各種PRA標準の活用
- ・手法の提案、実施例の提示

- 初回の安全性向上評価で実施
- 研究・開発段階

自社グループのPRA評価体制の強化について

- これまでは発電所でのPRAは自社グループ中心、許認可や研究でのPRAはメーカー中心での実施体制としてきたが、さらなるPRA活用拡大を念頭に、個別プラントPRAモデルの共有、一元化を実施。



- ・ PRAモデルの整備と並行して、自主的リスク情報活用の取組みを実施していく。

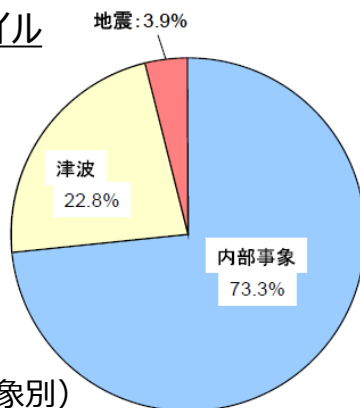
2017年度～2019年度計画（案）

取組み項目	具体的実施内容
①リスクに関する教育の充実	<ul style="list-style-type: none"> ・各職場にて職能（担当業務）に応じたリスクに関する教育を受講する。研修方法は、社内教育の他にNRRC（講師EPRI）などの社外教育を活用する。
②発電所のリスクプロファイルの周知	<ul style="list-style-type: none"> ・発電所員（協力会社員含む）がプラントに関するリスク上の特性を把握し、リスクを意識して業務に取り組むことができることを目標として、プラントのリスクプロファイルの概要をまとめたカードを作成し、周知する。 ・カードには、事象別のリスクへの寄与割合、重要な運転員操作、設備のリスクランキングなど発電所のリスクプロファイルを記載する。
③発電所におけるP R Aに基づくリスク検討の実施	<ul style="list-style-type: none"> ・各発電所において、海外トラブル事例等を自社プラントに適用した場合のΔCDF等のPRA評価結果を使ったリスク検討を試行する。PRA評価は、発電所に配備しているリスクモニタ（COSMOS）を用いて実施する。
④リスク情報を活用した運転員訓練シナリオの選定	<ul style="list-style-type: none"> ・リスク情報を運転部門に提供し、運転員操作のリスク上の重要度、PRAにおいて操作が必要となるシナリオなどを参考とした訓練シナリオ選定および訓練後の教育での活用などを試行する
⑤停止時安全管理の強化	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでは定期検査工程策定時にPRAを行いリスクを評価してきたが、PRA結果を「週間リスク情報」として発電所内全体に周知する等の定期検査中のリスク情報の発電所内共有範囲拡大など、停止時安全管理の強化に有効な方策を検討・試行する。

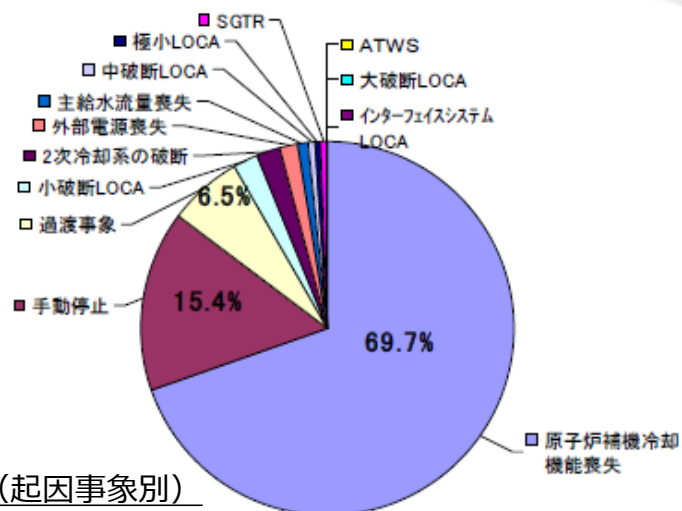
・発電所の要員がプラントに関するリスク上の特性を把握し、リスクを意識して業務に取り組むことができることを目標として、プラントのリスクプロファイルの概要をまとめたカードを作成し、周知する。

■カードのイメージ（オモテ面）

〇〇発電所のリスクプロファイル
(201X年X月)



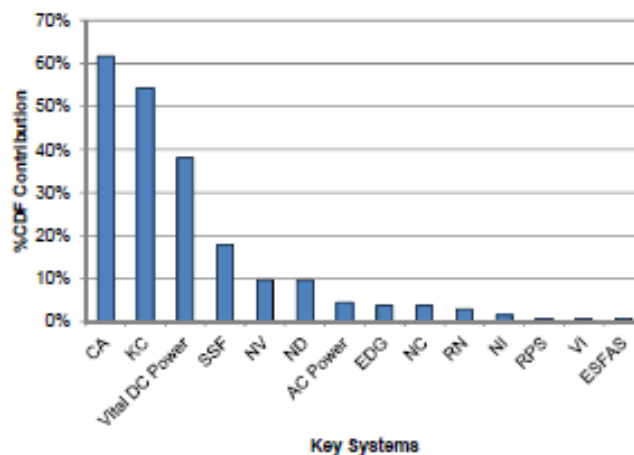
リスクへの寄与割合（事象別）



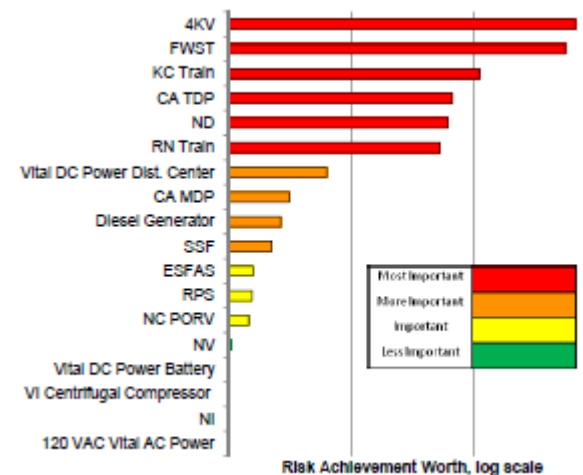
リスクへの寄与割合（起因事象別）

Operator Action Description	CDF Reduction for Perfect Performance
Manually throttle the Auxiliary FW flow in control room	20%
Restore main feedwater after plant trip	16%
Trip the RCPs in time to prevent RCP seal failure	12%
Initiate SSF seal injection-non LOOP event	9%
Establish backup cooling from YD	7%
Manually throttle the auxiliary FW flow locally	6%
Establish high pressure recirculation	4%
Establish feed and bleed cooling	3%
Cool down and depressurize to LPR prior to FWST depletion	3%
Restore VI to PORVs or align backup nitrogen	2%

重要な運転員操作
運転員操作に失敗しなかった
場合のリスク低減効果



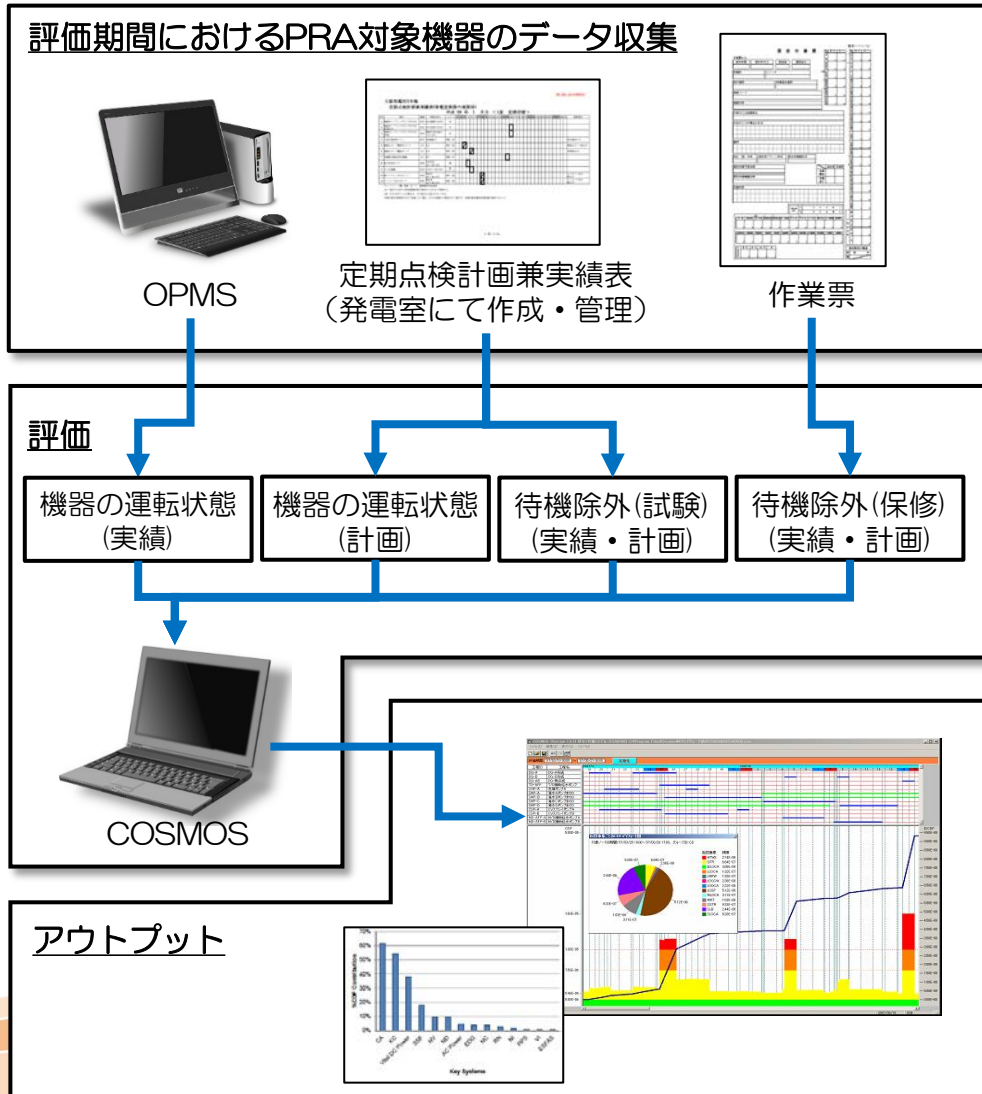
設備のリスクランキング
1年間設備が故障しなかった
場合のリスク低減効果



待機除外によるリスク増分

・発電所にてリスク評価・分析・対策検討ができることを目標として、リスク検討の試行を行う。

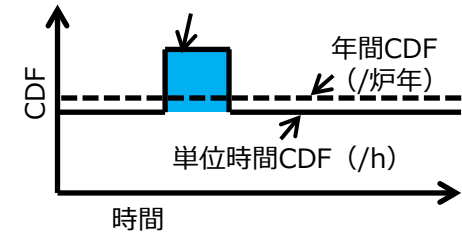
■ PRA評価プロセス



<例えば>

DGの待機除外によりどの程度リスクが上昇するか

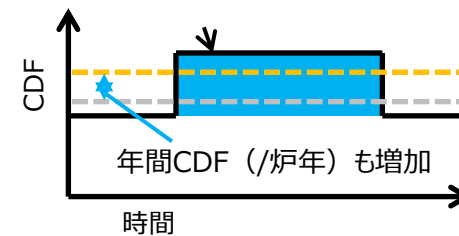
保守作業によるA-DGの待機除外による単位時間CDFの増加



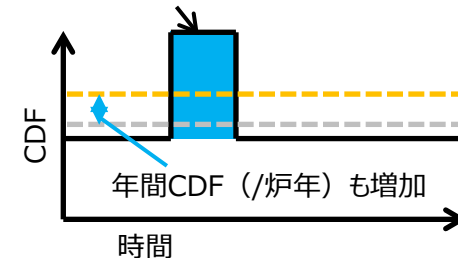
待機除外時間が延びると

待機除外中に2台目のDGが故障すると

待機除外時間延長により単位時間CDF (/h) の高い期間が増加



A・B-DGの待機除外による単位時間CDFの増加



PRAの結果から**リスクの増減を定量的に把握**することができる。

- ・PRAに基づく運転員操作のリスク上の重要度を運転員が認識し、運転員訓練のシナリオ選定等に活用する。

PRA上重要度が高い運転員操作のリスト

ラカ	重要度の高い操作 【FV重要度】	関連する手順/ 起回事象
1	大容量ポンプによる 自然対流冷却 【1.4E-2】	【手順書】 ・SA所達 【起回事象】 ・外部電源喪失 ・原子炉補機冷却機能の全喪失
2	2次系強制冷却操作 (現場操作) 【1.1E-2】	【手順書】 ・海水系喪失 ・全交流電源喪失 【起回事象】 ・外部電源喪失 ・原子炉補機冷却機能の全喪失
3	加圧器逃し弁強制開 【8.3E-3】	【手順書】 ・蒸気発生器除熱機能の維持 【起回事象】 ・LOCA ・主給水流量喪失 等
4	2次系強制冷却操作 (中央制御室) 【4.6E-3】	【手順書】 ・炉心冷却の維持(1) 【起回事象】 ・中～極小破断LOCA
5	2次系純水タンク への水源切替操作 【4.0E-3】	【手順書】 ・海水系喪失 【起回事象】 ・外部電源喪失 ・原子炉補機冷却機能の全喪失

現場での2次系強制冷却操作

<操作の概要>

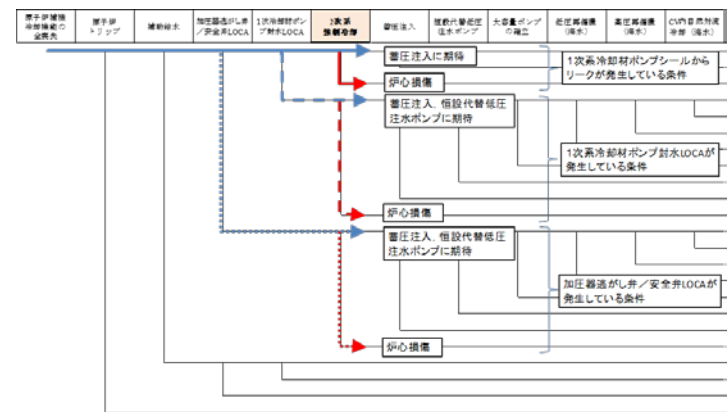
2次系強制冷却は、補助給水系による給水の継続と主蒸気逃がし弁またはタービンバイパス弁の手動開操作により2次系で1次系を減温/減圧する。

<操作が必要になるシナリオとそのリスク重要度>

原子炉補機冷却機能の全喪失シナリオ

(FV重要度: 0.01, RAW: 2.2)

原子炉補機冷却機能の全喪失時に、原子炉トリップ後の補助給水系による給水には成功している状態で、現場での主蒸気逃がし弁開操作により2次系強制冷却を実施する。本操作に失敗した場合は炉心損傷に至るとして評価を実施おり、重要度が高い。

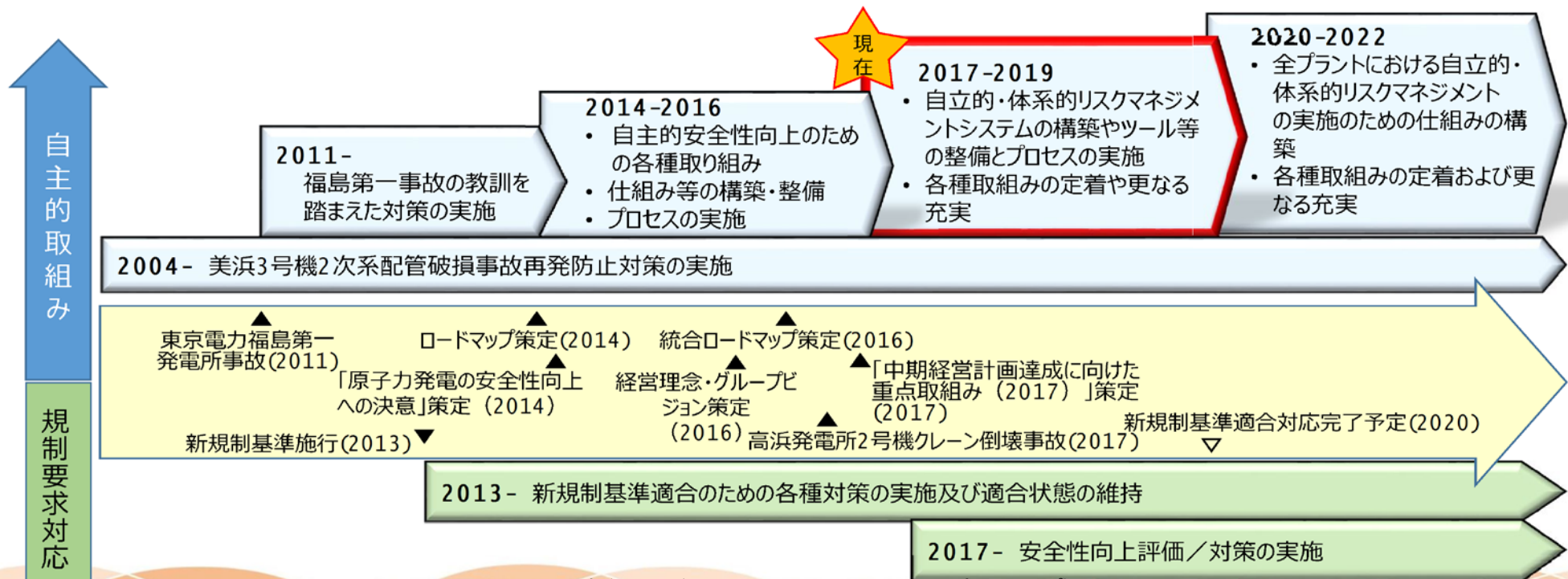


まとめ

当社は、東京電力福島第一原子力発電所事故の反省と教訓を踏まえ、2014年6月から自主的安全性向上の取組みを2016年度までの3カ年計画のロードマップとして策定するとともに、同年8月には、社達「原子力発電の安全性向上への決意」を原子力安全に係る理念として定め、原子力安全の向上に取り組んできました。

また当社グループでは、2016年4月に、「経営理念」、「グループビジョン」を策定し、「安全最優先」を、「社会的責任の全う」とともに経営の機軸と位置づけ、取組みを推進してきました。また、2017年1月の高浜発電所2号機クレーン倒壊事故を反省し、同年4月に、「中期経営計画達成に向けた重点取組み（2017）」において、改めて、安全最優先が経営の根幹であることを明確にしました。

このため、2017年度からの新たな3カ年のロードマップ策定にあたっては、「中期経営計画達成に向けた重点取組み（2017）」に掲げる安全最優先を大前提に、全社の理念等の制定を踏まえた原子力安全に係る「ありたい姿」を中長期的な目指すべき姿として策定しました。今後とも、原子力プラントの安全性・信頼性向上の取組みに、たゆまぬ努力を積み重ねていきます。



出典：関西電力、「原子力発電の安全性向上に向けた自主的かつ継続的な取組みのさらなる充実（ロードマップ）」の平成28年度下期の進捗状況および平成29年度以降の計画について【概要版】（2017年5月31日公表）

URL: http://www.kepcoco.jp/corporate/pr/2017/0531_1j.html

参 考

リスク情報を活用した意思決定のプロセス

- 「問題の設定」: 取り組むべき対象、目標、解決の方向性を明確にするとともに、問題のプロフィールの把握を行う。最新の科学的知見や社会的要求、対策の実効性評価の結果等が契機となる。
- 「選択肢候補の考案」: 対策の実行可能性にかかわらず、複数の幅広い対策を選択肢候補として考案する。
- 「統合的な分析」: 各キーエレメントの観点からの分析、キーエレメントの相対的な重み付け、を行い選択肢候補から選択肢として提案するとともに、その分析結果を意思決定者の判断材料としてまとめる。
- 「意思決定(選択肢の採否の決定)」: 「統合的な分析」から得られた選択肢と分析結果に基づき、選択肢の採否に係る意思決定を行う。
- 「意思決定結果の実施」: 採用した対策を計画に従い確実に実施するとともに、想定を超える事態に対し適切な対応が出来るよう、体制、工程、マネジメント策定などを行う。
- 「モニタリングと実効性の評価」: 実施した対策の実効性の評価や、意思決定時の前提に変化がないかのモニタリングを行い、見直すべきとなった場合には、「問題の設定」に戻り、再度プロセスを廻し検討する。

リスク活用の項目の参考のために、次ページ以降に、IAEA TECDOC-1511”Determining the Quality of Probabilistic Safety Assessment for Applications in Nuclear Power Plants 2006”に掲載されているPSA活用の一覧を参考に我が国での活用に参考になるよう要約したものを掲載する。

なお、これは2016年にTECDOC-1804”Attributes of Full Scope Level 1 Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Applications in Nuclear Power Plants”としてTECDOC1511の更新版が発行されている。

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標(例)
立地条件 (地震, 気象, 社会環境な ど)関連	立地評価への活用 外的事象のリスク評価からの情報(外的ハザード発生頻度)を可能な場合に参考にして, 当該サイトの「予想される自然現象」を選定する。 規制要求である外的ハザードの想定並びに評価条件の妥当性を, リスク評価を参考に確認し, 見直す。	・ CDF, CFF ・ QHO
安全設計 (原子炉, 格 納容器, 冷 却系など)関 連	安全設計の効果把握への活用 事業者, メーカーはプラント基本設計(配置設計も含む)の検討過程において, 安全設計(多重性, 多様性など)の安全上の効果を, リスク情報を参考にして判断する。詳細設計の段階においても同様の判断が期待できる。	・ CDF, CFF ・ CDP, CFP ・ QHO ・ Δ CDF, Δ CFF ・ F-V, RAW ・ PRAシナリオからの知見
	安全重要度分類見直しへの活用 リスク情報からの安全重要度を参考に妥当性を確認し見直す。	・ 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度(起因事象ごと) ・ CDF, CFF
	耐震設計審査指針における活用 基準地震動Ssの策定において, 地震動の超過確率を参照する。	・ 地震ハザードカーブ ・ CDF(地震)
安全評価 (運転時の 異常な過渡 変化, 事故) 関連	設計基準事象(DBE)の選定及び評価条件への活用 DBEの選定及び評価条件にリスク情報を参考にし, 現行の妥当性確認を行い, 見直しにつなげる。	・ Δ CDF, Δ CFF ・ 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度(起因事象ごと) ・ CDF, CFF

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標 (例)
工事計画関連	<p>工事計画認可・届出対象設備の選定への活用 工事計画認可・届出の対象設備のうち、原子炉の安全に係る設備が安全に対する重要度に応じたものとなっているかについて、リスク情報を参考に、現行の対象設備の分析・整理、妥当性評価手法検討、対象設備の妥当性評価を行う。</p> <p>耐震設計審査における「残余のリスク」評価への活用 地震PRAにより耐震設計の残余のリスクを定量的に評価する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CDF, CFF ・ ΔCDF, ΔCFF
保安規定関連	<p>ダイナミックリスク情報活用保安規定 従来、保安規定は個々の設備・システムの猶予時間を含んだ厳格な規定を記しているが、PRAによりこれを緩和するもの。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CDF{t}, CFF{t} : 時間関数のCDF, CFF ・ ICCDP, ICCFP
アクシデントマネジメント (AM) 関連	<p>AM検討への活用 AMの整備 (運転手順書あるいは運転員訓練への反映含む) 及び有効性評価に内的事象／外的事象のリスク評価を活用する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 影響のある操作のリスク重要度解析 (F-V, RAW), ・ 随伴事故シーケンス ・ ΔCDF, ΔCFF
保守管理関連	<p>コンフィギュレーション (設備構成) 計画への活用 「リスク計画」すなわち先取りするPRA活用である。プラントにおける諸活動の準備, 計画, 工程設定を支援することを含んでいる。設備改造, 配置変更などの影響及び有効性を, リスク情報を参考に判断する。これはプラント保守, 試験に役立つ。設備構成, 試験, そして保守の様々な組み合わせにより, 様々なリスクが生じる。リスク情報を活用した変更管理の利点は, リスクピークの低減, 累積／平均リスクの管理。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CDF{t}, CFF{t} ・ ICCDP, ICCFP ・ 時間関数としてのSSCリスク重要度解析

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標 (例)
保守管理関連	コンフィギュレーション評価・管理 実際のコンフィギュレーション, 活動, 許容できる程度の予期しない事象に起因するリスクを管理するためにプラント要員によるオンラインのPRAを行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・ CDF{t}, CFF{t} ・ ICCDP, ICCFP ・ 時間関数としてのSSCリスク重要度解析
	保守活動への活用 事業者は, リスク情報を参考に設備あるいは操作の安全重要度を抽出し, それらに重点を置いた保守活動を検討し, 保全プログラムの最適化に資する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析 (F-V, RAW) ・ ΔCDF, ΔCFF
	リスク情報を活用した施設管理 (ハウスキーピング) リスク上重要なエリアにおいて直接的に施設管理を行うことにより, 地震などの外部事象, 内部火災や内部溢水の内部ハザードによるリスクを小さくすることを保証する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析 (F-V, RAW) ・ ΔCDF, ΔCFF
	保守要員の訓練プログラム PRAからの知見, 情報により保守要員の訓練を向上させる。例えば多重系の共通原因故障/保守起因故障のような, 保守活動にリスク上重要なものに焦点を当てる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析 (F-V, RAW) ・ 事故前の人的過誤 (例: 定期検査中の保守ミス) ・ 保守にかかる基本事象 ・ 共通原因故障 (CCF) ・ ΔCDF, ΔCFF
	設備重要度 PRAからプラント設備の安全重要度を定めるための知見が得られる。これにより, 安全重要度が低い/高い設備は, QAシステムにおける措置を減らす/増やす候補を決めることができる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析 (F-V, RAW)

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標(例)
運転管理 関連	安全情報分析への活用 前兆事象解析(ASP)評価にかかる体系だった枠組みの構築を図り、安全情報(事故故障など)の分析・評価にリスク評価を活用する。	<ul style="list-style-type: none"> • CCDP, CCFP
	プラントの安全レベルの把握への活用 事業者はプラントのPRAにより、総合的な安全レベルを把握する。	<ul style="list-style-type: none"> • CDF, CFF • QHO • 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度 • リスクの主な寄与因子
	運転中事象の評価 運転中に起きた事象を過酷事故シナリオに外挿したPRAにより、些細な出来事に基づいた事故だとみなせる知見が得られる。この活用により、許容できない影響になる事故までのマージンを評価することが出来る。	<ul style="list-style-type: none"> • CCDP, CCFP • CDF, CFF
	改善策のリスク評価 リスク指標の変化を用いて、改善の是非を決めることに用いる。	<ul style="list-style-type: none"> • ΔCDF, ΔCCFF
	安全問題の重要性評価への活用 PRA結果から、重要で新しい安全問題を確認することが出来る。逆に、それらの安全問題の相対的重要さがPRAで評価できる。	<ul style="list-style-type: none"> • CDF, CFF • QHO • 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度 • リスクの主な寄与因子 • 影響のある重要な仮定
	プラント出力増強, バックフィット, プラント改良 リスクの観点から、プラントの設計・運転の点で改良のために弱点や効果的なエリアを抽出する。PRAは出力増強の選択, 設計, 実施, 正当化, 許認可の支援になる。	<ul style="list-style-type: none"> • CDF, CFF • CDP, CFP • QHO • 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度 • リスクの主な寄与因子

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標 (例)
緊急時管理 関連	防災対策への活用 防災計画のシナリオ等の検討を、リスク情報を参考にして行う。防災対策を行う地域の設定、防災措置のレベル、避難／待避の計画／訓練などへの参考になる。	<ul style="list-style-type: none"> • QHO • 防災対応ごとの急性・潜在のリスク/被曝
テロ対策	テロ襲撃に対する防御評価 致命的エリアの確認、リスク低減のための試験的設計確認を評価。	<ul style="list-style-type: none"> • CCDP, CCFP • 全てのSSC/人的過誤/エリアのリスク重要度
検査関連	検査対象設備検討への活用 検査の重点化を念頭に、リスク情報を活用して重要度の高い設備等を抽出し、検査の対象・項目などの妥当性を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> • CDF, CFF • QHO • 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度解析 • リスクの最大寄与因子 • ΔCDF, ΔCFE • CCDP, CCFP
	供用期間中試験 (IST) への活用 ISTプログラムの主に弁とポンプに対してその試験間隔を見直すことをPRAと決定論的解析からの相対的リスク重要度で試みる。	<ul style="list-style-type: none"> • 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析 (F-V, RAW) • ΔCDF, ΔCFE
	供用期間中検査 (ISI) への活用 配管の破損可能性評価や破損時プラント影響評価にリスク情報を用いることにより、作業量や従事者被ばくの視点も含めた合理的なISI計画を策定する。	<ul style="list-style-type: none"> • 別の検査戦略における機器故障率 • CCDP, CCFP • ΔCDF, ΔCFE
	サーベイランス試験間隔 (STI) への活用 設備信頼性へのSTIの影響と、コストへの影響を考慮してSTIを最適化する。試験頻度が上がると設備アンアベイラビリティは下がるが、試験期間中の設備アンアベイラビリティは、弁再構成、制御回路作動、AC/DCサーキットブレーカー開、などに起因して増加する。	<ul style="list-style-type: none"> • 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析 (F-V, RAW) • ΔCDF, ΔCFE

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標(例)
検査関連	検査結果の評価への活用 検査結果からの対策によるリスク変化を用いて、検査での劣化事象のリスクへの影響、そして改善策案を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度解析 リスクの主な寄与因子 CDF, CFF, ΔCDF, ΔCFF,
	定検工程管理への活用 リスク情報(停止時PRA)を活用して定検工程管理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> CDF CDF{t}
定期安全レビュー関連	定期安全レビュー(PSR)におけるPRA 個別プラントのPRAにより、総合的な安全レベル及び安全上重要な点を把握する。	<ul style="list-style-type: none"> ΔCDF, ΔCFF, CDF, CFF, QHO 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度解析 リスクの主な寄与因子
	既存設計と最新設計基準との差異の安全重要度評価 設計基準が更新された場合の現存設備の設計との比較を行い、その差異が安全上重要であるかをPRA結果で評価する。	<ul style="list-style-type: none"> CDF, CFF QHO ΔCDF, ΔCFF 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析(F-V, RAW)
高経年化対策関連	経年変化評価への活用 経年変化を考慮したリスク情報を参考に高経年化対策の効果・影響を把握し判断に資する。	<ul style="list-style-type: none"> 影響のあるSSC/人的過誤のリスク重要度解析(F-V, RAW) ΔCDF, ΔCFF

リスク活用方法の分類

活動	リスク評価活用項目 候補	リスク指標(例)
規制判断	<p>長期の規制判断 PRAを用いて、長期にわたる規制の目的や要件の優先度、そして関連する安全研究の優先度を検討できる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CDF, CFF ・ QHO ・ 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度解析 ・ リスクの主な寄与因子 ・ ΔCDF, ΔCFF ・ CCDF, CCFP
	<p>中期の規制判断 規制問題を軽減するのに、PRAを用いることが出来る。つまり、(a)プラントでの事象に対応した規制活動に必要なこと、(b)保安規定の一度だけの緩和、あるいは他の規制要件、(c)設備構成あるいは手順の一時的な修正。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ CDF, CFF ・ QHO ・ 全てのSSC/人的過誤のリスク重要度解析 ・ リスクの主な寄与因子 ・ ΔCDF, ΔCFF ・ CCDF, CCFP