

原子力の自主的安全性向上に向けた これまでの取り組みと今後の対応について

2016年6月17日
電気事業連合会

私ども原子力事業者*は、福島第一原子力発電所の事故の反省に立ち、『自主的・継続的に安全性向上活動を推進していかなければ日本の原子力に明日はない』という危機感のもと、以下について取り組んできた。

- 経営トップがこれまで以上に深く関与したリスクガバナンスの強化。
- リスクガバナンスの強化は、安全文化のもとで、トップによる揺ぎない安全意識の明確化と、迅速な意思決定を行うための体制の整備などにより、推進。
- これらの枠組みのもと、事業者は、立ち止まることなく、深層防護による安全確保対策を強化。
常に世界に学ぶ姿勢を持ち続け、世界最高水準の安全性を目指す。
- 原子力リスク研究センターからの支援や、J A N S I による安全性向上に向けた牽引も受け、自主的・継続的な安全性向上活動を推進。

これまでの取り組みを振り返り、何ができて、何が今後の課題であるのかを明確にした上で、さらなる自主的・継続的な安全性向上活動を推進していく。

* 電力9社、日本原子力発電(株)、電源開発(株)

2014年5月30日に「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」がまとめられ、同提言のロードマップの骨格に基づく各事業者の自主的安全性向上の取り組みや各社のロードマップが策定・公表された。

この提言を踏まえたこれまでの取り組みを整理するとともに、今後の対応をまとめた。

- 1. 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 (Ⅰ)**
- 2. 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に実践が求められる取り組み**
 - ① 低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施 (Ⅱ)**
 - ② 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減 (Ⅲ)**
 - ③ 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 (Ⅳ)**
 - ④ 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 (Ⅴ)**

なお、2015年5月27日に、上記提言に加えて、提言を実現していく上で必要な人材の育成に関する提言等が行われている。

【これまでの主な取り組み】

○社内リスクマネジメント体制の構築

- 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。
- 第三者的な社内原子力安全監視機能を充実。
- ステークホルダーへの説明や情報提供、対話活動、見学会等を継続的に実施し、リスク情報も含めた双方向コミュニケーションを強化。

○事業者間のピアプレッシャーの強化

- 原子力安全推進協会（JANSI）等によるピアレビューの実施。
- 世界原子力発電事業者協会（WANO）ピアレビューへのレビューワの参加による、JANSI レビューチームおよびレビューワの能力・スキルを向上。
- JANSIが検討を進めている発電所総合評価システムについて、事業者間のピアプレッシャーを生み出すための仕組みとして機能するよう、制度設計に係る検討に積極的に参画。

【課 題】

- ステークホルダーとの的確な双方向のコミュニケーションの一層の充実
- JANSIによる、運転プラントを対象としたピアレビューの実施
- ピアプレッシャーのための発電所総合評価システムの導入

(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

【今後の対応】

- 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の高度化に合わせてその評価結果も適切に取り込み、より広範なリスク情報を活用した意思決定手法を開発していく。
- 産業界としてのリスク管理目標（「安全目標」等）の策定に向け、引き続き、国内外の情報収集等を進める。検討の進捗を踏まえ、リスク評価結果との比較などリスクの観点を踏まえたコミュニケーションを実施していく。
- 稼動中プラントを対象としたJANSIピアレビューに積極的に対応する。また、JANSIが2016年度から発電所総合評価システム制度の運用を開始した。この制度を活用し、事業者間ピアプレッシャーを自主的安全性向上への取り組みのインセンティブとする。

【ねらい】

- ステークホルダーとのリスク・課題認識の共有とその事業運営への反映
- 事業者間ピアプレッシャーの強化

(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

【これまでの主な取り組み】

- 各社のPRA構築や活用、リスク情報の包括的分析評価を行うため、発電所内へのリスクマネジメント総括部署の配置や、外部機関の教育プログラムを活用したPRA技術者の育成等を行い体制を整備。
- 原子力リスク研究センター（NRRC）と事業者が連携して、リスク評価や外部事象評価に係る、安全対策上の土台となる研究を推進。
- 四国電力伊方発電所3号機をPWRパイロットプラントとし、NRRCの技術諮問委員会（国内外の専門家により構成）からの推奨事項のPRAへの反映や、PRA用データの整備などを実施。今後NRRCの研究成果を適宜反映予定。

【課 題】

- PRAを活用し改善事項を明確にするため、NRRCと事業者が連携したPRAの高度化

【今後の対応】

- PRAを活用して弱点や改善事項を見定めるため、事業者とNRRCが連携しつつ、PRA活用のロードマップを1年程度かけて策定し、PRAの高度化、PRA基礎基盤の整備を進める。
- 国際的な先行事例と比較し、必要に応じて日本の状況を踏まえた改善を加えた発電所毎のPRA（Good PRA）を確実に構築していく。
- そのため、PWR（四国電力伊方発電所3号機）に加え、BWR（東京電力柏崎刈羽6,7号機）をパイロットプラントに選定し、all modes（出力運転時、停止時 他）、all hazards（内的事象、地震、津波、内部溢水、内部火災 他）のレベル1（炉心損傷を評価）、レベル2（放射能放出を評価）のGood PRAを段階的に実施していく。
- パイロットプラント以外の事業者はこれを支援するとともに、パイロットでの知見は他の事業者にも水平展開する。合わせて技術インフラ（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していく。

【ねらい】

- リスク情報を活用した意思決定プロセスの実現

(Ⅲ) 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減

【これまでの主な取り組み】

- 新たな規制基準対応等の中で、地震・津波対策やシビアアクシデント対策等の大規模なハード対策を実施、深層防護の充実を通じリスクを低減。
- 更に、移動式発電機、ポンプ車など可搬型機器の配備及び操作訓練を実施。

【課 題】

- 更なる残余のリスクの低減

(Ⅲ) 深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減

【今後の対応】

- 新規規制基準対応によるハード対策はもとより、JANSIの安全性向上対策の提言や各社で進めるPRA評価結果等をインプットに、規制の枠組みに留まらない安全性向上の取り組みを継続して実施する。
- 設計によるリスク低減のみならず、保全対策として、長期停止プラントに対する特別な保全を継続する。また、実際のプラントの再稼働（例：2015年度の川内、高浜）にあたっては、JANSIを軸とした業界横断的な支援として、事業者エキスパートによる現場ウォークダウンが行われ、事業者相互による意見交換が行われた。今後も継続して実施する。
- 運転中発電所での現場経験研修への他社運転員受け入れなど、JANSIを中心に新たに2016年度内より実施していく。

【ねらい】

- 規制の枠組みに留まらない残余のリスクの低減

【これまでの主な取り組み】

- 事故時に緊急時対応をマネージできる人材の育成について、外部機関の教育プログラム（JANSI主催の緊急時対策所指揮者研修等）などを活用した人材育成や、原子力安全システム全体を俯瞰する職位の配置等を行うことにより対応。
- 事故収束活動の体制を予め整備し、レジリエンス向上に向け複数基での事故を想定した訓練、ブラインド訓練等を通じて力量を維持・向上。
- 発災時は、事業者間協力協定に基づき、資機材や要員を派遣。
- 外部ステークホルダーとのリスク認識と課題共有を行うとともに、各地域の原子力防災協議会では、各自治体の状況に応じて地域の緊急時対応計画の策定等に協力。2016年3月の原子力関係閣僚会議での決定を受け、被災者支援活動等の充実について検討。
- 万一の原子力災害発生時に、高線量下での事故収束活動を行う作業員の被ばく低減のため、遠隔操作可能なロボット等を集中的に管理・運用する原子力緊急事態支援組織を日本原子力発電の研修センター内で2013年1月より運営中。
- 更に、本組織の拠点施設を福井県美浜町に整備中であり、この組織の円滑な運用開始に向けて、2016年3月、日本原子力発電の組織改正を実施し、体制を強化。

【課 題】

- 発電所毎のリスクを踏まえた、レジリエンスの向上

【今後の対応】

- これまでの訓練に加え、事象の長期化を見据えた対応要員の運用方法、発電所毎に異なる固有のリスクを踏まえた訓練の充実等を検討していく。
- 外部ステークホルダーとのリスク認識と課題共有を行うとともに、各地域の原子力防災協議会では、各自治体の状況に応じて地域の緊急時対応計画の策定等に協力しているところであり、引き続き分かりやすい情報提供に向けた取り組みを継続していく。
- 原子力事故が生じた場合の原子力事業者に求められる責務を果たすために、原子力災害の拡大防止、復旧のための必要な措置を行っていくとともに、地域の方々等の関心が高い被災者支援活動の体制を予め整備し、支援活動について丁寧な説明をしていく。
- 2016年3月に設立された、日本原子力発電を実施主体とする原子力緊急事態支援組織を2016年12月より本格運用予定。

【ねらい】

- 発電所毎のリスクを踏まえた更なるレジリエンスの向上

【これまでの主な取り組み】

- 短期および中長期の達成目標や個々の技術課題の優先順位を明確にするための「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」が、2015年6月に、電力、メーカー等の産業界も参画する形で日本原子力学会において取りまとめ。

【課 題】

- ロードマップに基づく技術研究等の実施

【今後の対応】

- 短期および中長期の達成目標や個々の技術課題の優先順位を明確にするため、電力、メーカー等の産業界も参画する形で日本原子力学会において取りまとめられた「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」について、技術課題に対する研究成果や、国内外専門家からのフィードバック等を踏まえ、当面毎年実施される同ロードマップの継続的な改善活動に積極的に参画。

【ねらい】

- 安全性向上のため、最新の知見を踏まえた技術開発等を実施

まとめ

経営トップのコミットメントの下でリスクマネジメントをしっかり確立していくことは、原子力事業を継続していくための大前提であると考えている。リスクマネジメントを確立するため、各事業者が自主的な活動に取り組むことはもちろん、業界横断的な取り組みも積極的に行っていく。

原子力の安全性向上に向けた取り組みに終わりは無く、原子力のリスクに対して常に正面から向き合い、自主的安全性の更なる向上に向けて、たゆまぬ努力を続けていく。

そのために、安全文化醸成活動をベースとした上で、これら個々の活動を通じるなどして人材育成に努めていく。

(余白)

以下参考

- 2011.3.11 福島第一原子力発電所事故
- 2012.5 順次定期検査により全基停止
- 2012.7 関西電力大飯3、4号機再稼働
- 2012.9 原子力規制委員会発足
- 2012.11 原子力安全推進協会（JANSI）発足
- 2013.7 新規制基準制定
- 2013.9 関西電力大飯3、4号機定期検査により停止（全基停止）
- 2014.4 エネルギー基本計画策定
- 2014.10 原子力リスク研究センター（NRRC）発足
- 2015.7 エネルギーミックスの決定
- 2015.8 九州電力川内原子力発電所1号機再稼働
- 2015.10 九州電力川内原子力発電所2号機再稼働
- 2016.1 関西電力高浜発電所3号機再稼働
- 2016.3 関西電力高浜発電所3号機停止（大津地裁における仮処分命令）

カテゴリ	目的	取り組み
1. 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	パブリックリレーションを取り込んだ適切なリスクガバナンスの枠組みの構築	<u>社内リスクマネジメント体制の構築</u> - 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 - 第三者的な社内原子力安全監視機能の構築 - 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 - リスク管理目標の設定と継続的な見直し - 外部ステークホルダーとのリスク認識と課題の共有 <u>原子力事業者間のピアプレッシャーの強化</u> - JANSIの機能強化（電力トップのコミットメント強化、ガバナンスの独立性強化等によるリーダーシップの確立、職員のプロパー比率の引き上げ、INPOやWANOとの連携強化等） - JANSIによるピアプレッシャーの高度化（運転実態のピアレビュー実施の加速）、評価結果と財産保険等とのリンケージなど、インセンティブの検討

カテゴリ	目的	取り組み
2. 東京電力福島第一原発事故の教訓を出発点に実践が求められる取組 ①低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施	外的事象PRAの実施等を通じた適切なリスク評価の実施	- 既存の原子炉でのレベル2PRAの実施 - PRA活用の体制整備（リスク情報を扱う部署・人材の拡充） <u>原子力リスク研究の人的、知的蓄積を集約した主体の構築</u> - 各社のPRA実施を促進し、PRA高度化の研究を担う主体の構築を検討 - 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 - リスクに関する第三者的警告の実施体制の確立 - PRAの結果の事業者間、多国間での情報共有 <u>PRA基礎基盤の整備</u> - 国内研究機関や海外との連携を通じた機器の耐久力等のPRA基盤データベースの構築とそのデータの活用 - 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の実施（レベル2, レベル3, 外的事象PRA等）
②深層防護の充実を通じた残余のリスクの低減	各サイトごとの自然環境特性等に応じた最適な安全向上対策の実施	- 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 - 設計によるリスク低減、各種運転情報の開示の実施 - 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

カテゴリ	目的	取り組み
③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	万が一のシビアアクシデントへの対策強化	- 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 - 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 <u>レジリエンスの向上</u> - 立地地域との情報共有や緊急時対策立案への協力 - 防災等、各種訓練の充実
④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 - 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

(余白)

【関西電力の例】

H16.8以降 美浜3号機事故の反省と教訓を踏まえた安全文化醸成活動等を継続

H23.3.11 福島第一原子力発電所事故の反省と対策

➤ 緊急安全対策の実施

➤ 津波対策と電源・水源の多重化・多様化を実施し、ストレステストにより確認

【原子力事業者としての反省】

- ・発生確率が極めて小さいと考えて、シビアアクシデントへの取り組みが不十分だったのではないか
- ・法令要求を超えて、安全性を向上させるという意識が低かったのではないか
- ・世界の安全性向上活動に学び、自主的に改善する取り組みが不足していたのではないか



【原子力事業者としての対策】

- ・深層防護（5層）による徹底した安全確保の強化
- ・規制の枠組みに留まらない安全性向上の推進（原子力安全推進協会の設立等）
- ・世界に学ぶ安全性向上活動の強化（WANO:世界原子力発電事業者協会、INPO:米国原子力発電運転協会、EPRI:米国電力研究所、海外電力会社との連携等）



H26.6.20 原子力の自主的安全性向上WGの議論も踏まえた原子力リスクに対するガバナンスの強化等

○平成16年8月の**美浜発電所3号機事故**以降、**社長の宣言「安全を守る。それは私の使命、我が社の使命」**のもと、**安全最優先の事業活動**を経営の最優先課題として、安全文化指標を定め、継続的に改善。

（安全最優先の事業活動の特徴的な取り組み）

①社長のリーダーシップの下、安全最優先の事業活動を展開



【社長対話】
平成17～25年度実績
：354回
（うち原子力発電所：33回）

③安全文化醸成活動の推進



【あいさつ運動による協力会社との一体感の醸成】

⑤独立した組織による監査・検証



【原子力安全検証委員会】
平成17～25年度実績：
23回

②立地地域に根ざした原子力事業運営



【原子力事業本部の移転】
原子力部門の本店組織である原子力事業本部を福井県美浜町に移転。（平成17年7月）



【各戸訪問】
美浜発電所3号機事故以降、年間約7,000戸（美浜町、おおい町、高浜町）を訪問。

④全社一体となった原子力支援



【原子力安全推進委員会】
平成17～25年度実績：
174回

【膝詰め対話】
平成17～25年度実績：
263回

(1)ガバナンスの強化（経営が適切に原子力安全のリスク評価、判断を行い、必要な安全対策を実施する枠組みを構築）

- 当社の原子力安全の取り組み姿勢・理念を反映した「中部電力グループ原子力安全憲章」を制定
- 社長をトップとする常設の経営会議として「原子力安全向上会議」を設置し、リスクの評価、対応策の審議を行う仕組みを構築 他

(2)原子力安全に関するリスクマネジメントの強化

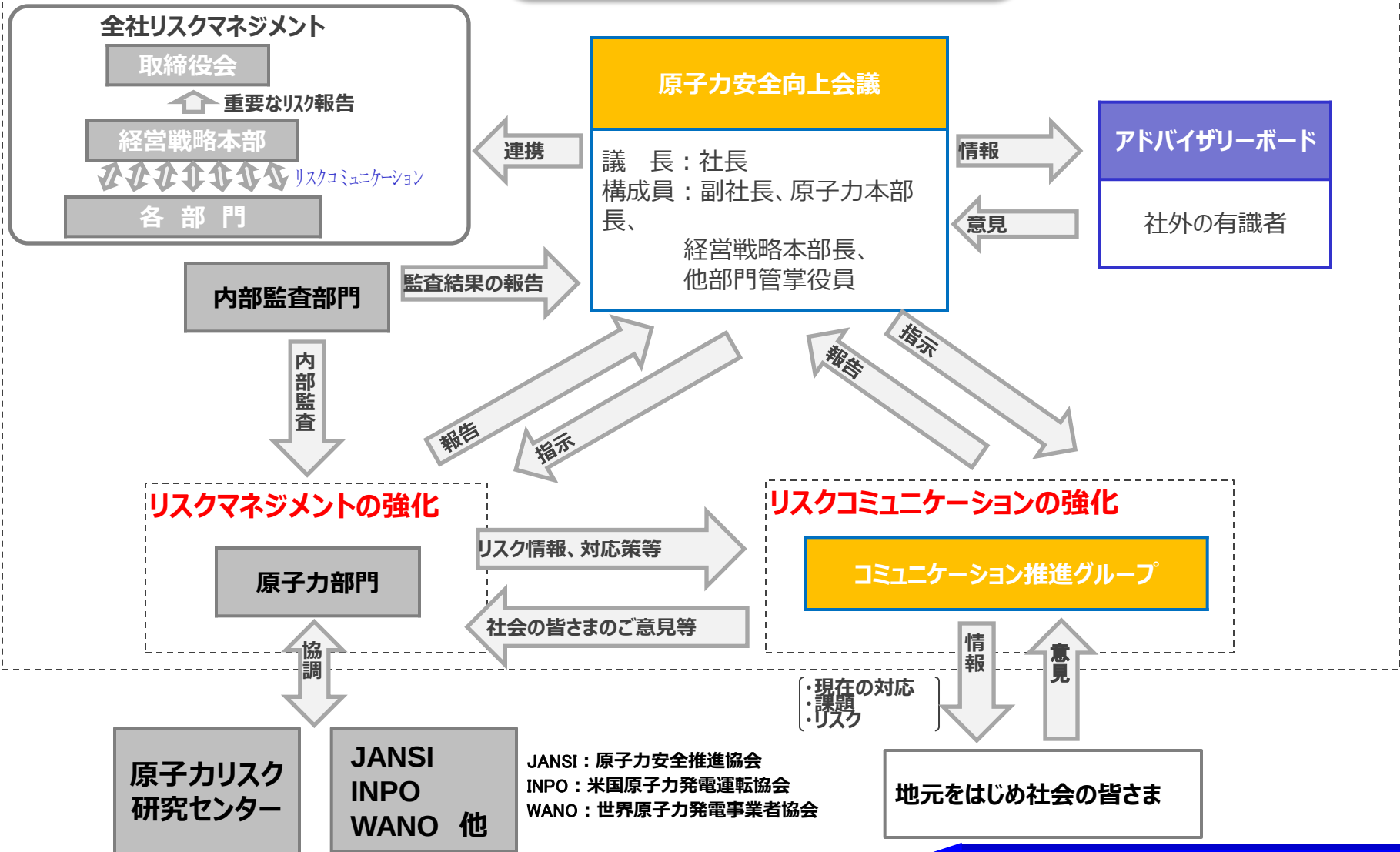
- リスク低減の取り組み状況を俯瞰的に確認・評価する機能の追加
- 設備設計や発電所の運営に確率論的リスク評価（P R A）を活用
- リスクを発見する意識を持ち、問いかけ、対応する姿勢の定着（安全文化醸成活動の充実）

(3)リスクコミュニケーションの強化

- リスクの観点を踏まえたコミュニケーションを実施するとともに、地元をはじめ社会の皆さまとの接点の場を拡充し、原子力安全にかかるリスク・課題の認識を共有 他

ガバナンスの強化

中部電力グループ原子力安全憲章



安全性向上への取組～世界最高水準の安全性を目指して～

私たちは、これまでも原子力発電所の安全対策を講じてきましたが、福島第一原子力発電所の事故を教訓に、「同様の事故を二度と起こさない」という固い決意のもと、より一層の安全性向上に取り組んでいます。

「安全対策にゴールはない」この言葉を心に刻み、たゆまぬ努力を積み重ね、さらなる安全性・信頼性の向上に取り組んでいきます。

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

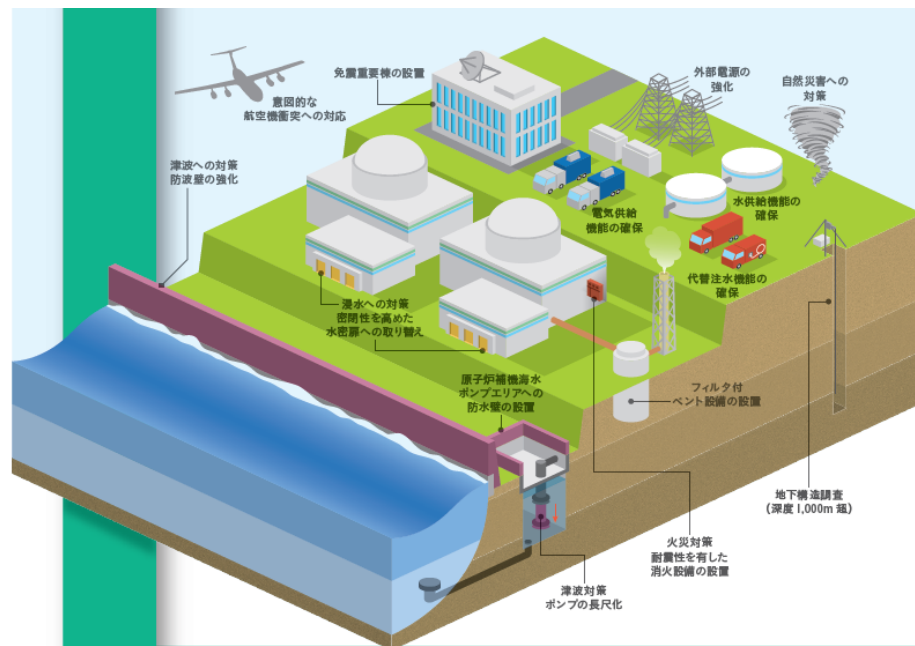
事故後の緊急安全対策

- 非常用電源の増強
- 冷却機能の強化
- 津波対策の強化

東日本大震災発生時、太平洋沿岸のすべての原子力発電所では地震動を検知し、設計通りに停止しました。

すべての原子力発電所で、福島第一原子力発電所を襲った地震と津波に相当する災害が発生しても、同様の事故に至らないレベルまでリスクを低減させました。

安全対策に対する残余のリスクの低減



より一層の安全性向上策

◎地震と津波に備える

- ・地震対策の強化
- ・防波壁・防潮堤の強化
- ・水密扉の設置

◎重大事故を防ぐ

- ・非常用電源の強化
- ・冷却機能の確保
- ・格納容器の破損防止・水素爆発防止
- ・竜巻・火災対策の強化

◎事故を想定した訓練

- ・各種訓練からのフィードバック
- ・シビアアクシデント発生後、事故収束作業の支援

さらなる安全性を追求するための取り組み

- 原子力産業界全体の取り組み
- リスク研究の推進

現在取り組んでいます

さらに取り組んでいます

福島事故後の安全性向上対策の強化

26

【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	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	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)				
	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			
設計基準内	第2層	異常拡大防止		異常検知・停止装置等		【自然事象に対する設計強化】 ・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
	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
--------------------------	-------------------------

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



海水ポンプ
防水壁



防潮堤の
かさ上げ



さらなる安全性向上対策

免震重要棟



放水砲

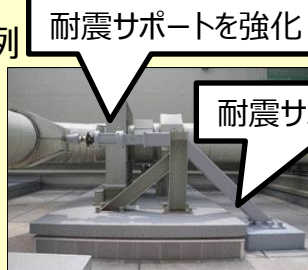


自然事象への対策（ハードの例）

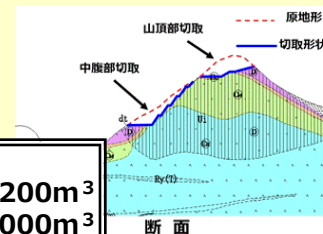
さらなる安全性向上対策 - 自然事象対策

地震対策（例）

①配管サポートの耐震補強例



②周辺斜面の安定化

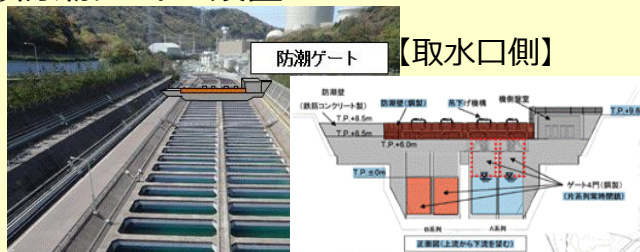


津波対策（例）

①防潮堤のかさ上げ



②防潮ゲートの設置



③海水ポンプ防水壁



火災対策の強化（例）

①スプリンクラー等の設置



②延焼防止壁の設置

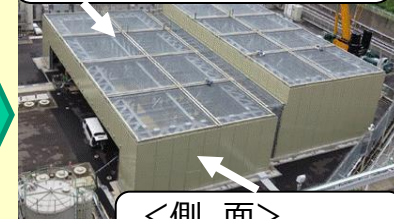


竜巻対策（例）

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

事故直後の対策

緊急時対応体制の強化、充実

- 初動対応要員の増強
- 運転助勢体制の整備
- メーカとの連絡・支援体制強化
- マニュアルの整備と訓練
- 途絶しない通信手段の確保、等

現在まで継続実施中
（対策例）

原子力緊急事態 支援センターの設置



- 24時間、365日、オンコール待機
- 要員の訓練、育成
- 味ヅツ等資機材の維持管理、等

ロボット操作訓練



さらなる安全性向上対策

原子力緊急事態 支援組織への移行



高放射線量下など多様かつ高度な災害対応が可能な世界最高水準の災害対応組織として整備

小型味ヅツ



情報収集、扉開閉

小型UAV



障害物・瓦礫の撤去

無線重機



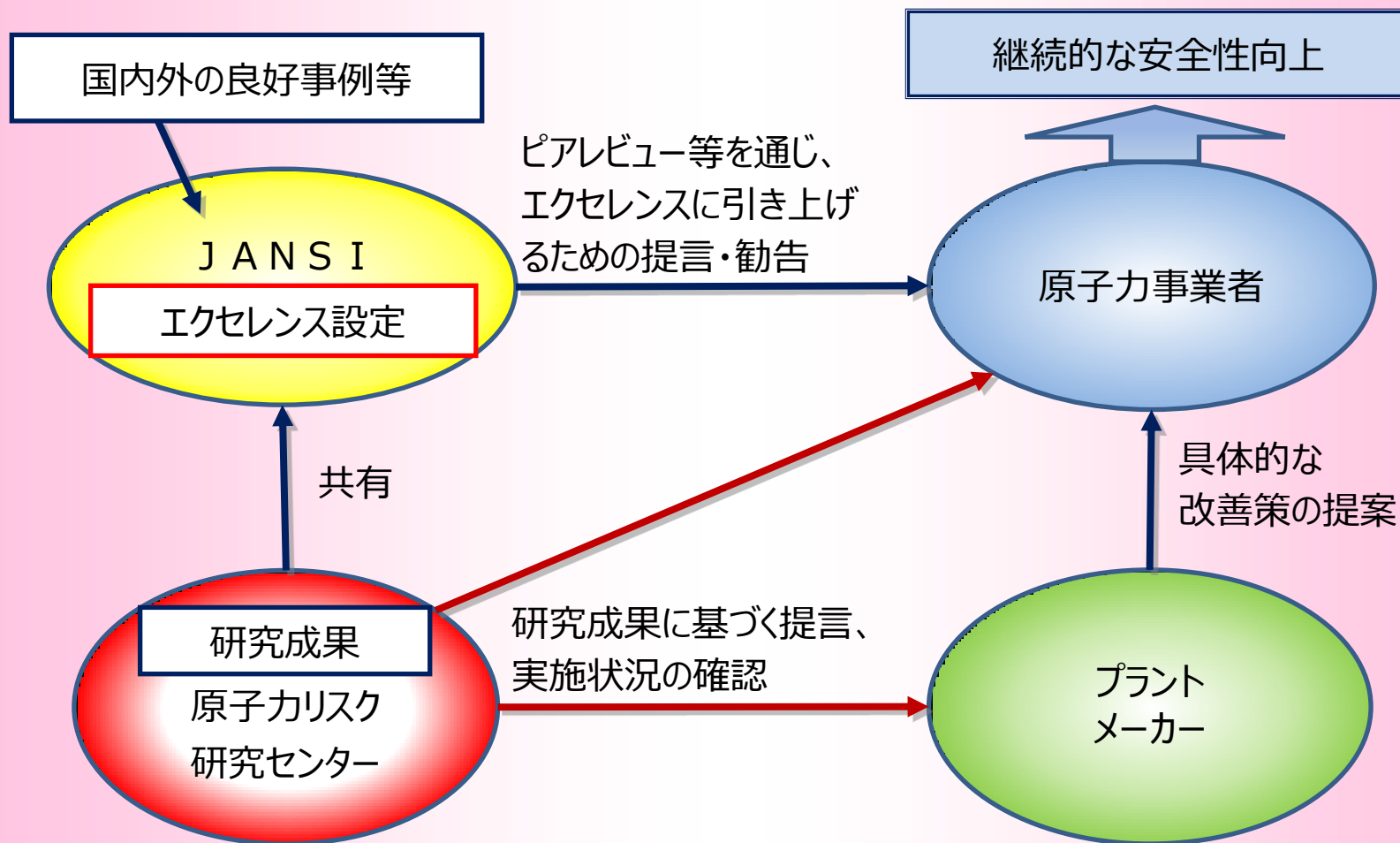
重機コントロール車



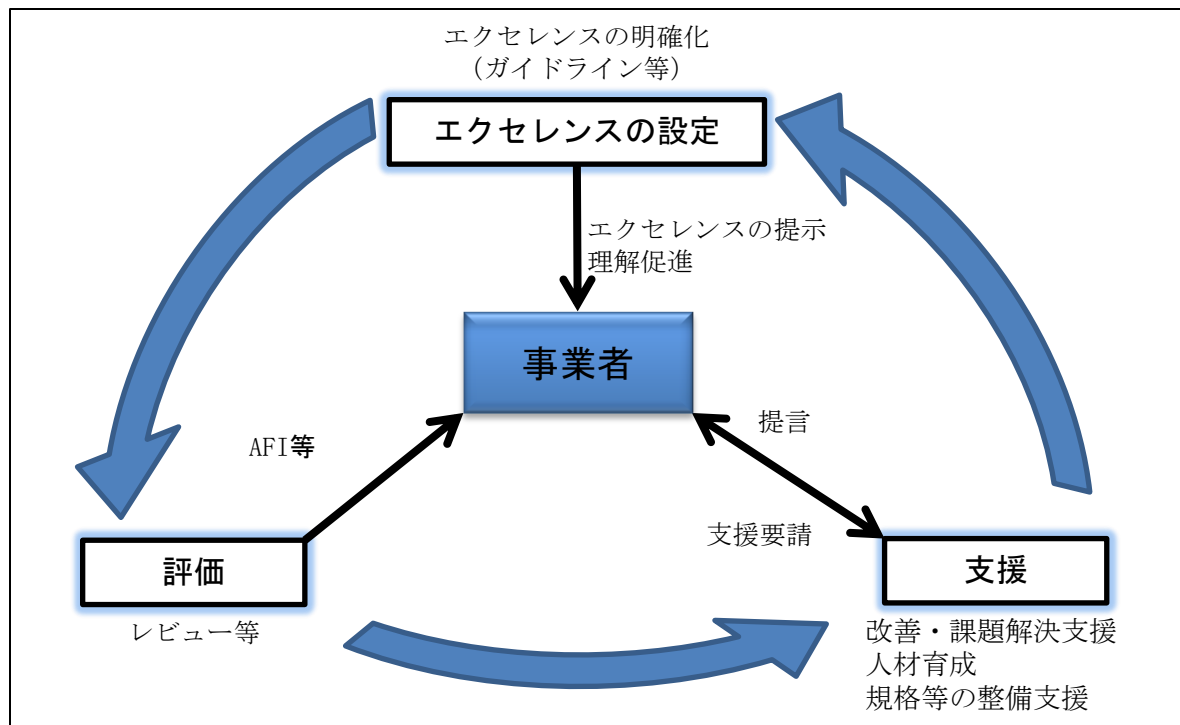
国内外の良好事例、新知見の反映

国内外の良好事例、新知見の反映

J A N S I、原子力リスク研究センターの役割



- 原子力発電所等の安全性を確保するためには、事業者が自主的かつ継続的に安全性向上活動に取り組み、世界最高水準の安全を不断に追求することが必要。また、この安全性向上活動は事業者とは別の立場で評価する仕組みにより、更に有効なものとなる。
- JANSIは、技術評価において、事業者の意向に影響されない独立性の仕組み・体制を構築し、事業者に対して客観的に評価、提言・勧告及び支援を行い、原子力発電所等の安全性の達成に向けた様々な活動を行っていく。

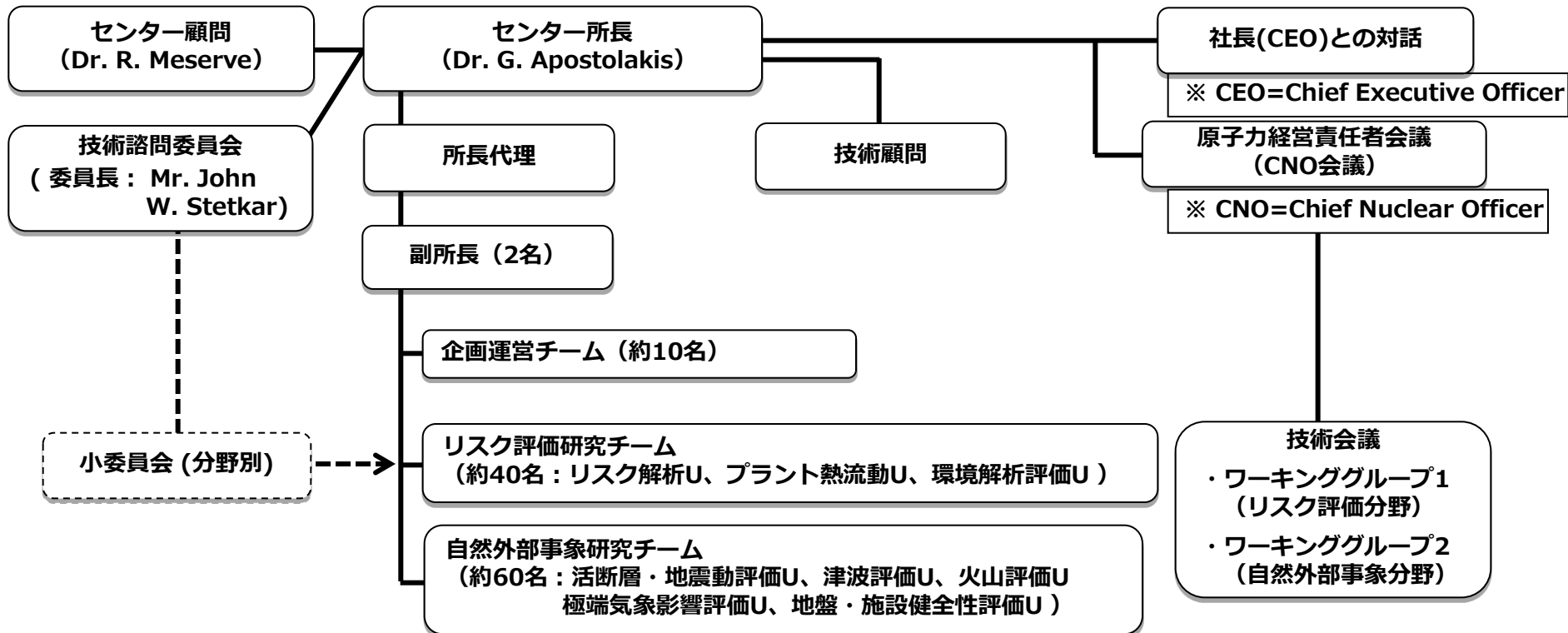


- 確率論的リスク評価(PRA)、リスク情報を活用した意思決定、リスクコミュニケーションの最新手法を開発し用いることで、原子力事業者及び原子力産業界を支援し、原子力施設の安全性をたゆまず向上させる。

<外部諮問体制>

<センター内部体制>

<会議体制> (事業者・産業界含む)



※ U=ユニット