

自主的な安全性向上に向けた ATENAの取組について

2023年12月19日
原子力エネルギー協議会
(ATENA : Atomic Energy Association)

目次

1. 原子力小委員会 議論経緯
2. ATENAの活動方針
3. 取り組み実績
4. 外部組織との連携
5. 現在までの評価と今後の課題、ならびに方向性

1. 原子力小委員会 議論経緯

- 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
「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」（2014年5月30日）
 - 「全会一致の意思決定プロセスの下で落としどころを探っていく対応と決別し、効果的な安全性向上対策を常に探していく姿勢と科学的な論拠に基づいた議論に徹する姿勢で、事業者のみならずメーカーの知見も活用して、産業界としての意向を一本化していく仕組みが必要」

 - 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ
「原子力の自主的安全性向上の取組の改善に向けた提言」（2015年5月27日）
 - 「あらゆる課題についての対応方針を、全ての参加者が不平を持たない最大公約数としてではなく科学的に説得力ある形で決定し、それを対外的に発信していくための組織の必要性について、検討を行うことが望まれる」
- ▼
- ワーキンググループの提言などを踏まえ、自主的・継続的に安全性向上に向けた取組を継続
 - 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）に加えて、自主的かつ継続的にリスク低減していくためには、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と認識
- 2018年7月1日
原子力産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ことを目的として、原子力エネルギー協議会を設立

2. ATENAの活動方針：ミッションおよびビジョン

ミッション

- ATENAは、**原子力産業界全体の知見・リソースを効果的に活用**しながら、自主的に効果ある安全対策を立案し、事業者の現場への導入を促すことにより、原子力発電所の安全性をさらに高い水準に引き上げる。

ビジョン

- 原子力産業界の中で**自らがリーダーシップを発揮し、原子力の安全に関する課題に対して一歩前に踏み出して取り組む**ことで、原子力事業者の安全性向上の取り組みを促進する。

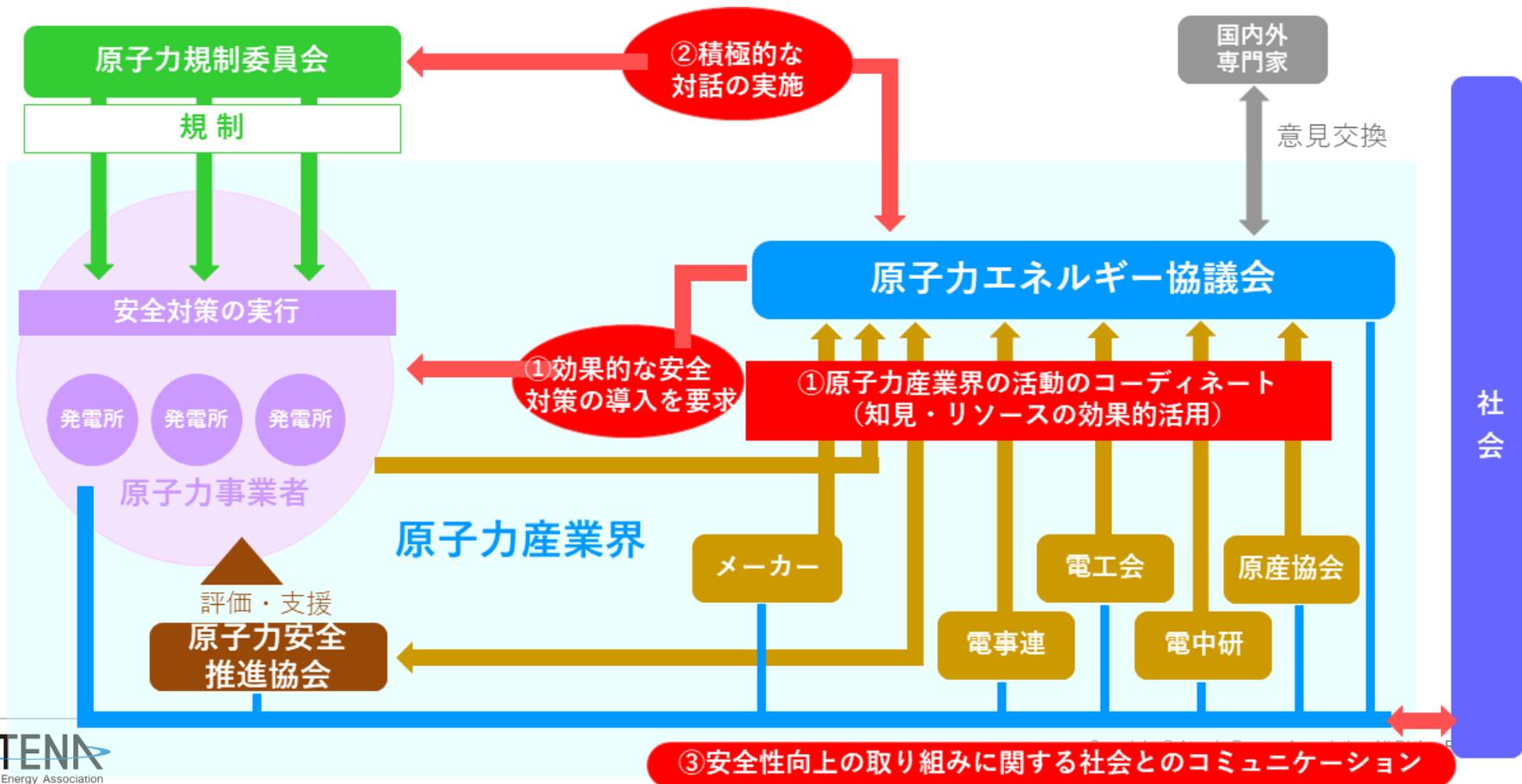
上記を達成するため以下の姿勢で取り組む。

- ◎ 原子力産業界が自ら一歩先んじて安全対策に取り組む
- ◎ これまでに配備した安全対策に改善余地がないか常に問い直す
- ◎ 自ら安全性向上のスパイラルを達成できる方策を構築する

なお、上記取り組みには、「メーカーの積極的な参加を得る」、「産業界全体がATENAの一員であるという意識で参画する」ことを図りながら実施している。

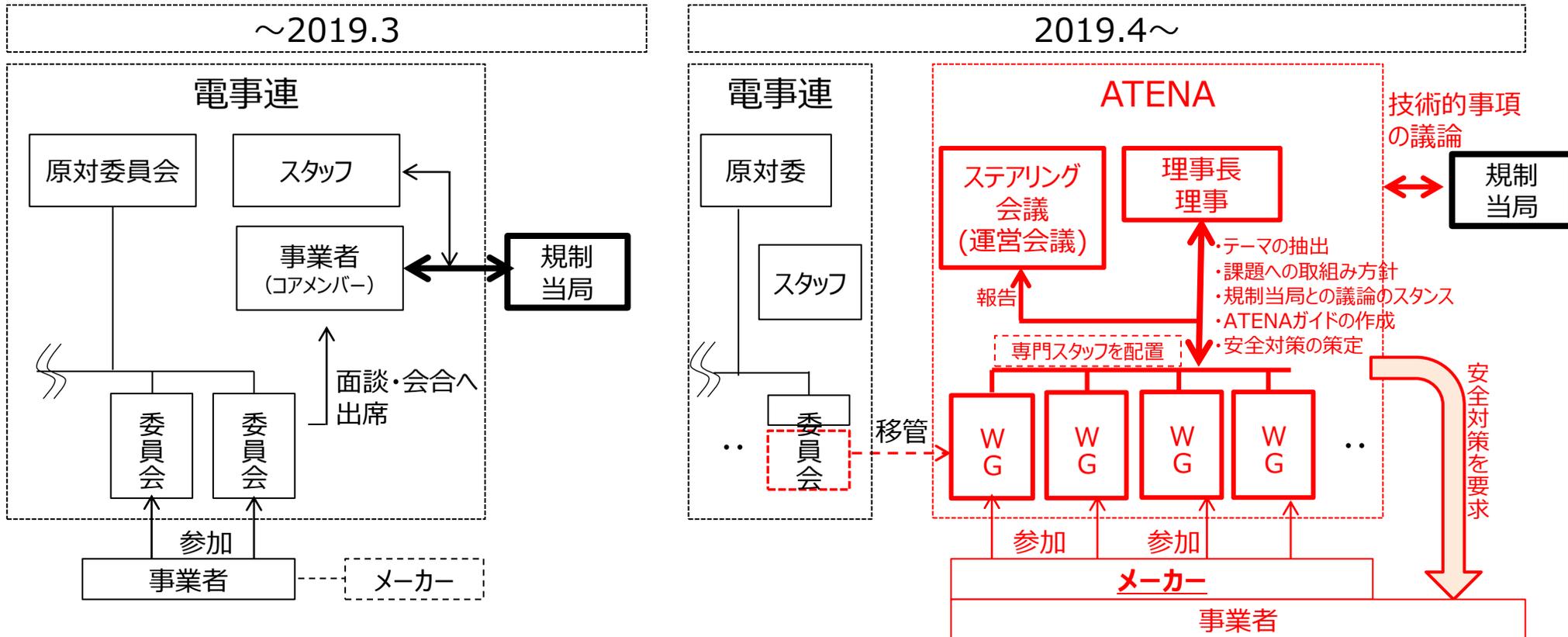
2. ATENAの活動方針：ATENAの役割

- ① 電力だけでなくメーカーの専門家も参加している強みを活かし、効果的な安全対策を立案し、事業者に安全対策の導入を要求。課題の特定・検討段階において、**産業界の活動をコーディネート**し、各機関の知見・リソースを活用。
- ② 安全性向上という共通の目的のもと、**規制当局と積極的な対話**を実施。
- ③ 様々なステークホルダーと安全性向上の取り組みに関するコミュニケーションを実施。



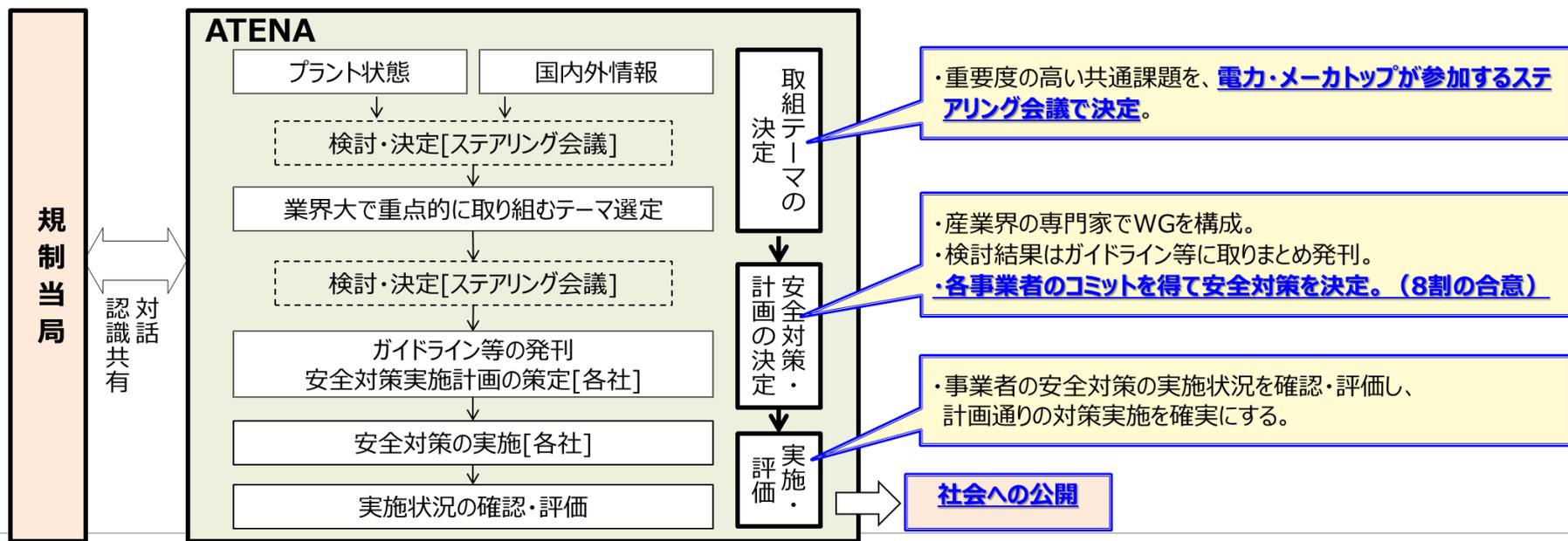
2. ATENAの活動方針：運営体制

- 共通的な規制課題に関する技術的事項の検討は、**メーカーも参加するWGの運営を通じて、ATENAの専門スタッフが中心となってい**、**理事長・理事の確認**のもと、進めている。



2. ATENAの活動方針：活動の仕組みと特徴

- **重要度の高い共通的な技術課題**を検討の上、電力・メーカトップが、**全会一致を必要としないステアリング会議で取組テーマとして決定**する。
- ステアリング会議で決定した対策の実行は、**事業者全員がコミットする**。
- **ATENAに配置した高度の専門性を有するスタッフ**が技術検討を行い、安全性向上対策をガイドライン等に定め、個社へ展開する。技術検討においては、**産業界全体の活動をコーディネートし、リソースを効果的に活用**する。
- 共通的な規制課題は、**産業界を代表してATENAが規制当局と対話する**。
- 技術レポートをはじめとする活動成果や取組状況は**社会へ公表**する。



3. 取り組み実績：活動の仕組み、体制が機能している実績（1 / 2）

ATENAが活動を開始して5年、構築した活動の仕組み、体制にて活動を実施。

I. 活動の仕組みが機能している取り組み例

重要度の高い共通的な技術課題を電力・メーカートップが参加する会議でテーマを決定し、安全性向上対策をガイドライン等に明確化

- ① 海外事例から先取りした事例（先んじて安全対策に取り組む）
 - **デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障**への対応（アナログ回路の機能を拡充）
 - **電磁両立性（EMC）**への対応（電磁的事象による電子機器への影響がないことを確認）
 - **1相開放故障事象*（OPC）**への対応（自動検知装置を設置）
*外部電源（3相交流電源）のうち、1相の電路が開放故障する事象
- ② 規制基準の枠に留まることなく安全性向上に取り組んだ事例（改善余地がないか問い直す）
 - **規制基準の想定を超える自然現象への取り組み**
- ③ 安全な長期運転に向けた事例（安全性向上のスパイラルを達成できる方策を構築）
 - 新規制基準に適合し再稼働した既設炉が、長期に亘って安全に運転を継続するための**経年劣化管理のガイド、レポートを発刊**
 - **経年劣化知見拡充WGを設置し、経年劣化管理に係る活動計画を策定**

3. 取り組み実績：活動の仕組み、体制が機能している実績（2 / 2）

II. 体制が機能している取組例

➤ **ATENAが主導した取り組み**（先んじて安全対策に取り組む）

安全性向上対策の決定にあたっては、**護送船団方式ではなく、8割以上の賛同により決定し、事業者の原子力部門トップ（CNO）のコミットを得て全ての事業者に対策の導入を要求してきた。**

- 非常用ディーゼル発電機の24時間運転試験への対応
⇒ 現状、各社とも約3時間の連続運転を実施していたところ、更なる設備信頼性の向上及び知見拡充のため、24時間連続運転を試験的に実施することをATENA主導で決定。
- 福島第一原子力発電所事故の調査・分析から得られた知見への対応
⇒ BWRにおける原子炉建屋への水素防護対策について、ATENA主導で検討を実施。検討から得られた知見を踏まえてガイドを制定し、ガイドに基づく安全対策の実施を要求。

➤ **メーカーが主体的に参画した取り組み**（メーカーの積極的な参画、ATENAの一員としての意識）

メーカーも参画する検討体制を構築し、ATENA内のWGや公開会合等に最大約60%の比率でメーカーが参加して主体的に検討をし、ATENAとして発言することを心掛けている。

- デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障への対応
- サイバーセキュリティへの対応（設備面、体制面の両面から対策を整備）
- 電磁両立性（EMC）への対応
- 新型燃料（BWR10×10燃料）導入への対応（熱負荷の緩和による安全性向上等）

3. 取り組み実績：安全性向上に向けた重点的な取り組み事項

III. 安全性向上に向けた新たな取組例（安全性向上のスパイラルを達成できる方策を構築）

➤ 発電所の脆弱点や運用上の課題、新知見等を抽出し、効果的な安全性向上対策にリソースを投入することを目的として、リスク情報を活用した取り組みを原子力規制委員会（NRA）に提案

- **リスク評価によるAOT*見直し**

*：機器の故障等により運転上の制限を逸脱した際に、機器の復旧を完了させるまでの許容時間

リスク評価の結果、積算リスクの増分が小さい場合に限り、AOTを変更する。

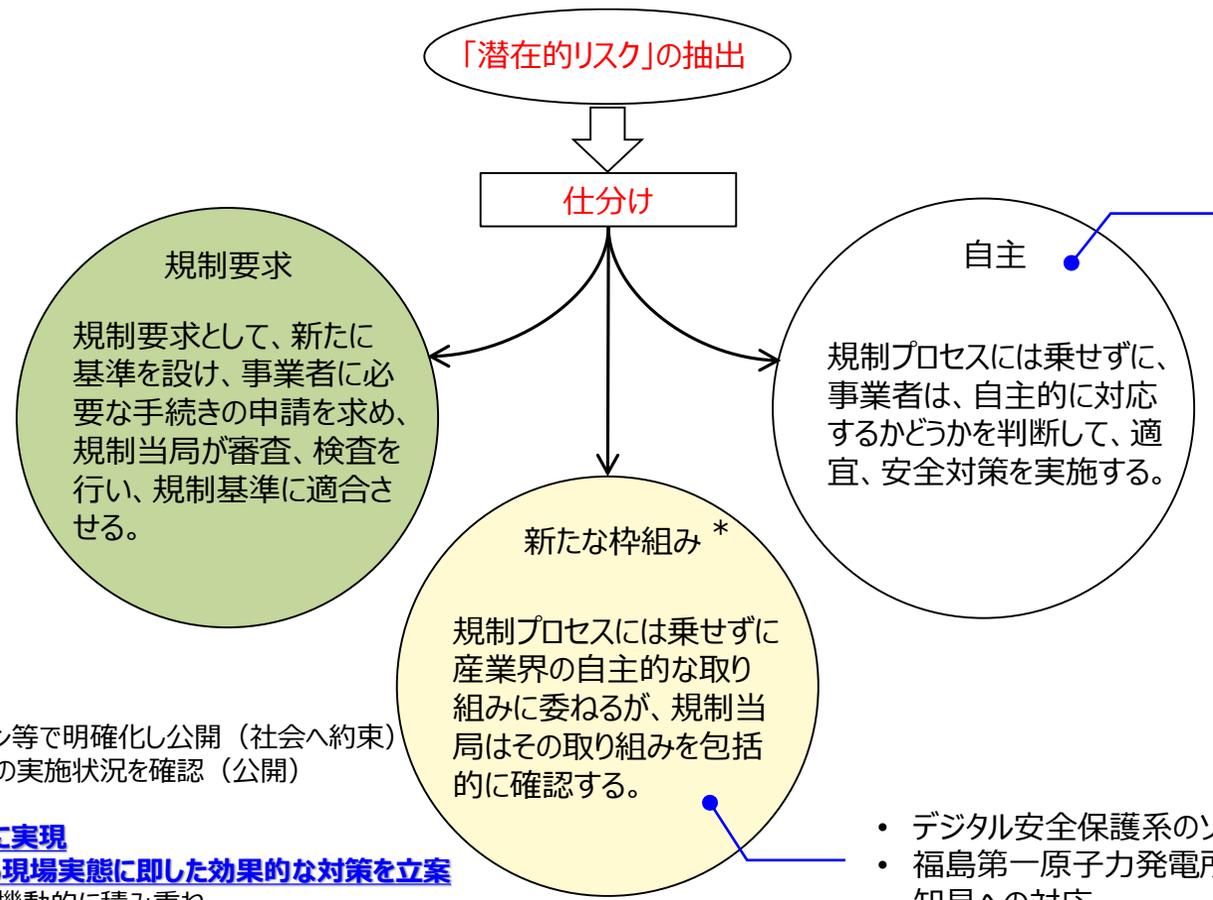
- **運転中保全（オンラインメンテナンス）の範囲拡大**

オンラインメンテナンス範囲拡大により、定期点検中の作業ピークを緩和することで作業品質を向上。オンラインメンテナンスの計画、実行段階におけるリスク評価・リスク管理など、必要な安全確保策をガイドラインとして整備。

ATENAと電中研・原子力リスク研究センター（NRRC）の連携を一層強化し、リスク情報活用の手法が標準化されたものから実機適用を進める活動をリードするとともに、PRAモデル、機器故障率データの精緻化の努力を継続する。

3. 取り組み実績：ATENAの活動モデルとの関係

- ATENAでは原子力の安全性向上を追求する活動を3バルーンモデルで整理。
- 取り組むべき共通的技術課題（潜在的リスク）を抽出、仕分けし、**現場をよく知る事業者が実態に即した効果的な対策を立案し早期に安全対策を実現**していく。



- 規制基準の想定を超える自然現象への取組み
- 安全な長期運転に向けた取組み（経年劣化管理のガイド、レポート発刊、経年劣化管理に係る活動計画の策定）
- 1相開放故障事象（OPC）への対応
- 電磁両立性（EMC）への対応

- *【新たな枠組み】
- 安全対策をガイドライン等で明確化し公開（社会へ約束）
 - 事業者の計画、対策の実施状況を確認（公開）
 - 期待する効果
 - ✓ **安全対策を早期に実現**
 - ✓ **事業者が良く知る現場実態に即した効果的な対策を立案**
 - ✓ 自主による改善を機動的に積み重ね

- デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障への対応
- 福島第一原子力発電所事故の調査・分析から得られた知見への対応

3. 取り組み実績：規制当局との対話

- 2019年7月以降、CNO意見交換会*にATENAも参加し、原子力規制委員と議論を実施してきたが、**2023年7月に原子力規制委員会とATENA経営層単独で意見交換会を初めて実施**し、委員長、委員と議論
- NRAが開催する「公開会合・技術意見交換」では、ATENA理事、実務者（メーカー含む）が参加し、技術的な議論を実施。
- 定例面談では、意見交換テーマや技術的課題の進め方についてATENA側の考えを説明。

*：主要原子力施設の原子力部門の責任者との意見交換

[実績]

- NRA-ATENA意見交換会：1回（2023年7月から実施）
- CNO意見交換会：9回（2019年7月からのATENA参加回数）
- 公開会合・技術的意見交換：25回（至近1年実績）
- 定例面談：1回／週（至近1年で約50回）



<公開会合の様子>

4. 外部組織との連携：ATENAにおける国内外連携

- ATENAの活動を効果的、効率的に進めるために、**国内外原子力関係組織と技術協力協定を締結。**
- 各組織と意見交換、情報連携を行いながら、技術的課題への検討を推進。

| | | | |
|--------|------|---|--|
| 原子力産業界 | 海外組織 | <p>Nuclear Energy Institute <NEI：米国原子力エネルギー協会> (2019年6月 協力協定締結)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・責任者クラスの意見交換 ・実務者にて技術課題（1相開放故障等）の意見交換 ・技術情報の入手（各国の非常用ディーゼル発電機の運転時間等） ・NEI会長によるATENAの活動状況および期待事項についての論評 ・ATENAフォーラムへの出席 |
| | 国内組織 | <p>Électricité de France <EDF：フランス電力会社> (2018年11月 協力協定締結)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・責任者クラスの意見交換 ・実務者にて技術課題（サプライヤー不適合対応等）の意見交換 ・ATENAフォーラムへの出席 |
| | 学協会 | <ul style="list-style-type: none"> ・電力中央研究所 ・JANSI（原子力安全推進協会） ・電気事業連合会 ・JEMA（日本電機工業会） ・日本原子力産業協会 | <ul style="list-style-type: none"> ・責任者クラスの意見交換 ・情報交換、会議体への相互参画等 ・リスク情報活用に関する情報連携（電中研NRRC） ・協力協定締結（JANSI） ・海外情報等に関する連携（JANSI） |

4. 外部組織との連携：ATENAに対するNEIの評価

- ATENAの活動について、外部組織（NEI）から「**取り組んだテーマについて大きな成果があった**」、「**様々な領域でNRAとの協力関係が大幅に改善している**」等の論評を受けた。

【NEI会長マリア・コズニック氏のATENAに対する論評：2022年7月原子力委員会】

- NEIとATENAの提携関係が非常に重要。原子力委員会や原子力規制委員会（NRA）、そして原子力業界全体にとっても、2者の提携は大きな価値がある。
- 組織が自らの役割を果たすまでに体制や関係を築き上げるには時間がかかる。だからこそ、ATENAが設立から4年でのここまでの進歩に感銘を受けている。
- 日本の電力事業者とNRA間のコミュニケーションを大幅に改善し、それによって日本にもたらした価値、また世界の原子力業界にもたらした価値は計り知れない。また、**非常用電源の信頼性を向上するための対策の策定や、サイバー攻撃に対する防護を目的としたサイバーセキュリティガイドラインの策定なども大きな成果**。
- 経年劣化管理や、リスク情報を活用したパフォーマンスベースの検査、さらにはデジタル安全保護系の共通要因故障対策といった業界独自の取り組みの受け入れ等、**様々な領域でNRAとの協力関係が大幅に改善**している。
- クリーンエネルギーへの転換を現実のものとするためには、**ATENAの日本での影響力やNEI等の組織との国際的な提携関係が不可欠**。

5. 現在までの評価と今後の課題、ならびに方向性

現在までの評価

- **下記の取組が定着し、活動のしくみ、体制は確実に機能している**
 - 原子力の安全に関する課題に対し、先んじて対策に取り組む
 - 配備した安全対策に改善余地がないか問い直す
 - 産業界が自主的に安全性向上のスパイラル達成を目指す
 - メーカーの積極的な参画を得る
 - 産業界全体がATENAの一員であるという意識で参画

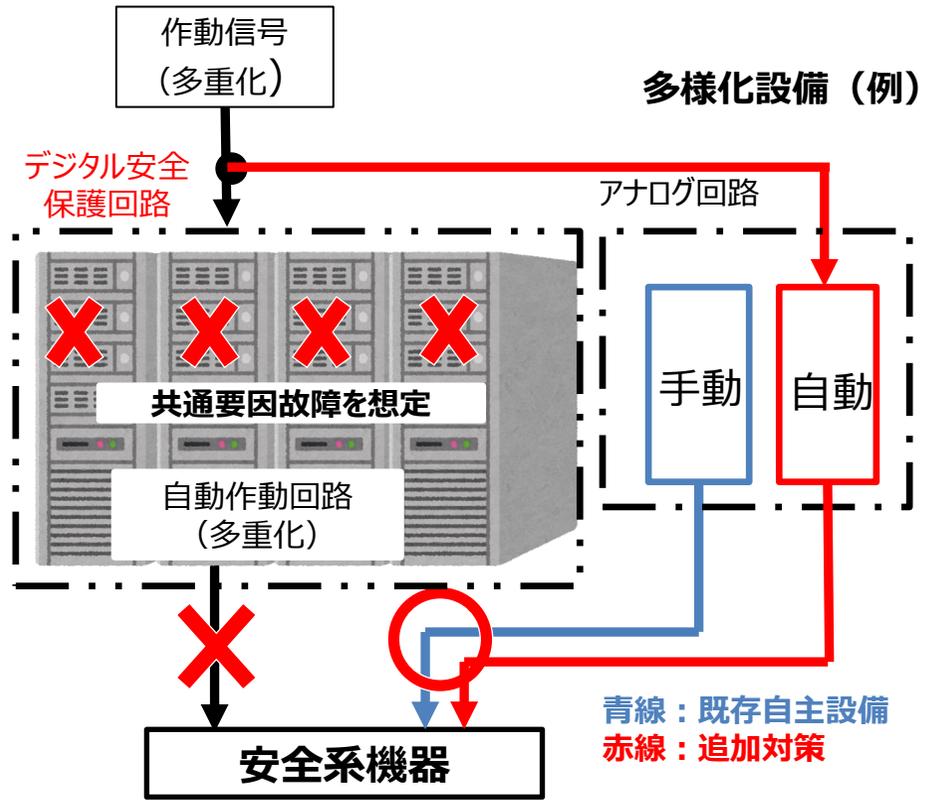
今後の課題とその方向性

- **原子力の安全性向上の追求**
規制の枠に留まらず、産業界全体の総力を結集して原子力の安全性向上を追求していく。
- **規制当局との信頼関係の構築**
原子力利用の健全な推進を実現していくため、規制当局との信頼構築を目指し、対話を継続していく。
- **原子力の価値向上への取組み**
安全性を維持しつつ**原子力の更なる価値向上**に取り組む。
(リスク情報活用による効率的運用、革新軽水炉導入の課題検討、長期運転に向けた対策の検討 など)

参 考

(参考) 取組実績：デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障への対応

- ATENAは、バックフィット候補案件であった「デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障」への対応について、バックフィットではなく事業者の自主的な取り組みとして実施。
- **許認可ではなく自主的に取り組み、速やかに対策を導入中。**



対応方針

ソフトウェアの共通要因故障により、4重系のデジタル安全保護回路が同時に機能喪失し、事故時に安全設備が動作しない場合でも、故障の影響を受けないアナログ回路による設備を設置しており、その機能を拡充することにより安全設備を確実に作動させ、原子力発電所の安全性を確保する。

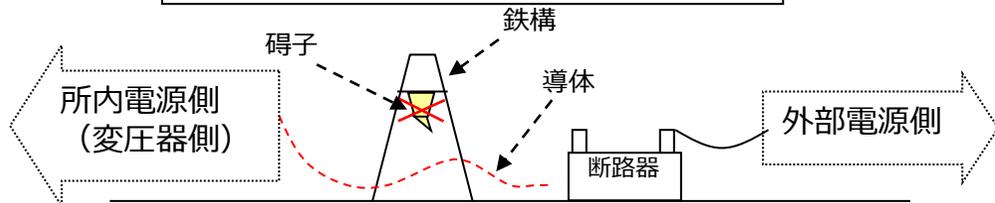
- ATENAは、海外の最新知見も踏まえて、**2020年12月に技術要件書を発刊**。
- **事業者は、技術要件書に沿った追加対策の詳細検討を開始し、2023年度から順次導入を開始**。

(参考) 取組実績：1相開放故障事象(OPC※)への対応

※OPC：Open Phase Conditionの略

- 原子力規制庁からOPCによる異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策含む）を事業者に求められ、運転員の巡視点検による人的な検知にて対応してきた。
- ATENAは、海外状況を調査し課題を整理したうえで、人的運用の信頼性を向上させるためにOPC自動検知システムの開発・検証を行い、2021年より計画的に各原子力プラントへ実機導入をしている。

導体を吊り下げていた碍子が破損し、断路器の所内母線側（変圧器側）の導体が落下した（完全地絡せず）。

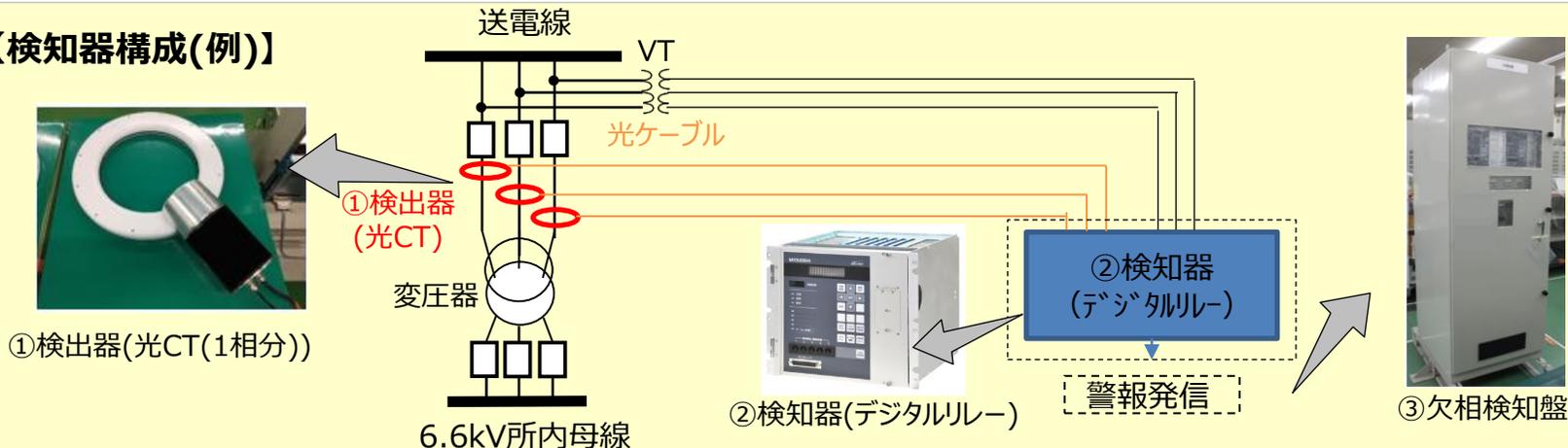


1相開放故障の概要

対応方針

外部電源（3相交流電源）のうち1相の電路が何らかの要因により開放故障する事象であり、電圧・電流低下が小さいときは、OPCの判断が難しい場合があることから、OPC発生時に警報を発報し、運転員の判断をサポートするための自動検知装置を設置する。

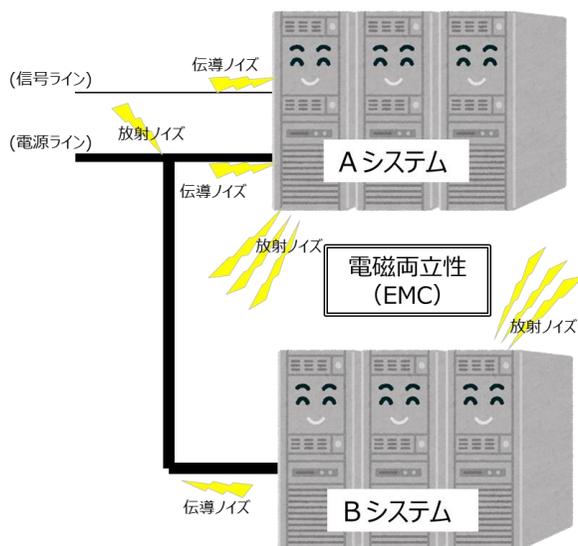
【検知器構成(例)】



(参考) 取組実績：電磁両立性(EMC※)への対応

※EMC: ElectroMagnetic Compatibilityの略

- これまで電磁的事象への対策は各事業者/各メーカーが自主的に対応を行っており、その対応内容は統一されていなかった。
- 原子力規制庁は、2021年に諸外国の調査結果をまとめ、意見聴取会を開催。その場で、ATENAとして自主活動として取り組む旨を表明。ATENAは、これまでの試験状況を調査・整理すると共に欧米の規制ガイドや規格の調査を進め、試験条件が国際規格に完全に準じていなくても即座に原子力発電所の安全に影響を与えるものではないことを確認するとともに、更なる安全性向上を図るべく**EMCに対する今後の対応方針をまとめ**、ポジションペーパーを発行した。
- ATENAとしては今後、EMC試験の網羅性・統一性を目指して、実際に供試体やプラント現場でノイズ測定等を実施し知見を拡充の上、産業界の自主的対応の内容を明確化する。



対応方針

様々な原因により発生する電磁的事象によって、電子機器の破損や一過性の指示変動、誤動作などを生じないように、設計・運用にて対策することにより、電子機器の健全性を確保。

(参考) 取組実績：規制基準の想定を超える自然現象への対応

○ **自然現象は、不確実性が大きい事象**。新規制基準の対応で定めた設計基準に留まらず、自主的に実際に現場の安全性が少しでも高まる活動を積み重ねていく。

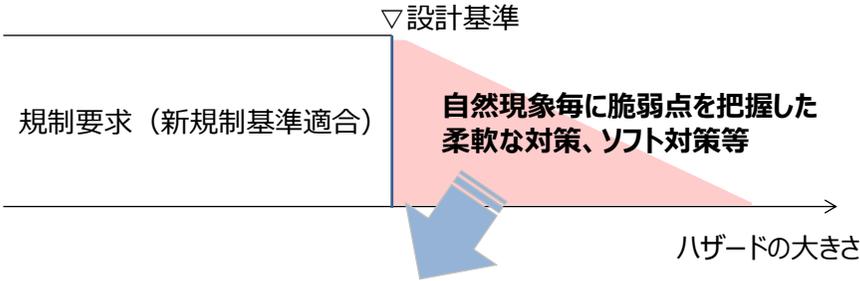
地震・津波

- 地震・津波に対しては、PRA評価結果等を活用し、設計基準を超える領域を対象とした実効的なリスク低減方策を検討する計画。

竜巻

- 竜巻対策は、新規制基準により設計されているが、不確実性が大きい事象といえることに鑑み、設計想定を超える竜巻に対するリスク抑制策として、自主的に設備対応・マネジメントを検討し、技術レポートにとりまとめ予定。

設計基準を超える自然現象への対策のイメージ



【竜巻の対策例】

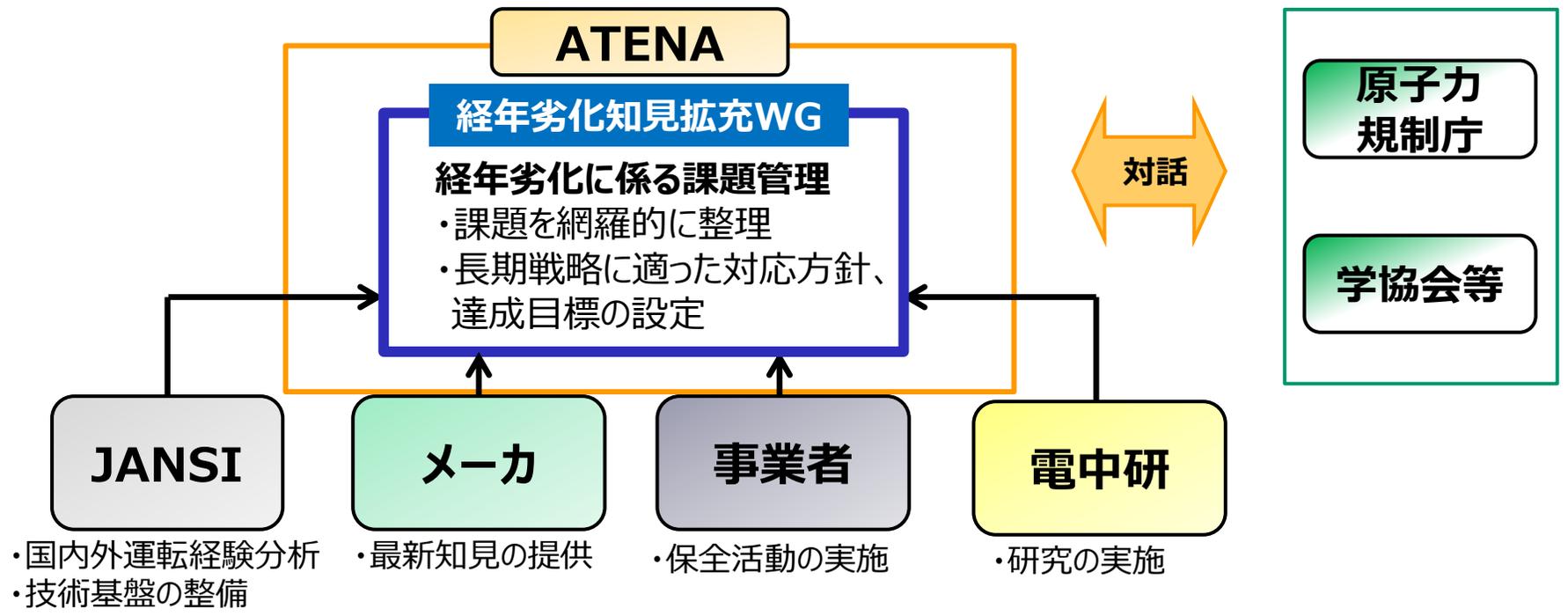
- 巨大竜巻による長期の電源喪失、屋外安全設備の損傷に対し、電源確保対策、水源確保対策等を検討
- 巨大竜巻の影響が及ぶ範囲の特定と修復作業の検討
- 各種事故対応手順のうち竜巻時に活用する箇所を特定し見える化

(参考) 取組実績：経年劣化管理に関する取り組み

| 取組事項 | 事業者の取組状況  (には規制対応を含む) とATENAの取組 | | |
|--------|--|---|--|
| 物理的な劣化 | <p>設備の経年劣化への対応</p> <p>(経年劣化事象) 腐食、SCC、摩耗、照射脆化、疲労等</p> | <p><通常運転時></p> <ul style="list-style-type: none"> 計画的な保全 定期的な経年劣化評価 (高経年化技術評価：30年以降10年毎) 運転期間延長認可申請 (40年超(～60年)運転の評価) 最新知見を踏まえた経年劣化管理の継続的な見直し <p><長期停止期間></p> <ul style="list-style-type: none"> 停止状態を考慮した保全 経年劣化評価 (冷温停止PLM評価、長期停止期間の経年劣化評価) | <p>+ ④ ATENAレポートを作成済 (2022年3月発刊) より安全な長期運転に資するべく、米国80年運転認可も参考に、経年劣化評価に必要な知見拡充事項を整理</p> <p>+ PWR粒界割れ知見拡充 (WG体制を組んで対応中) 運転経験より得られた産業界で取組むべき共通の技術課題として対応</p> <p>+ ATENAガイドを作成済 (いずれも2020年9月発刊)</p> <p><①長期停止保全ガイド> 長期停止期間における経年劣化も考慮し、各社個別に策定している停止中の保全計画の策定の考え方を整理</p> <p><②設計経年化評価ガイド> 「設計経年化」の観点からプラントの設計を評価し、継続的な安全性向上に取り組んでいく仕組みの構築</p> <p><③製造中止品管理ガイド> プラントメカ・事業者間で、製造中止品情報の共有、予備品の充実等を、効率的に管理する仕組みの構築</p> |
| | 非物理的な劣化 | <p>最新知見の反映 (設計経年化対応)</p> <p>製造中止品への対応</p> | <p>サイクル毎に最新知見を集約し、分析結果やプラント安全評価結果を元に、プラント安全をレビュー</p> <p>部品・サービスの特性に応じ、事業者毎で安定調達の方法を検討</p> |

(参考) 取組実績：長期運転に向けた知見の収集と対策の検討

- 長期運転を見据えた安全・安定運転のために、前頁記載のATENAの取組みに加え、産業界一体で経年劣化管理に関する諸活動（最新知見の収集、運転経験の分析、規格策定、研究開発等）を戦略的・体系的に行っていくために、ATENAに**関係機関で構成する「経年劣化知見拡充WG」を設置**。
- 本WGでは、最新知見・運転経験等を踏まえた課題を網羅的に整理の上、**産業界大の活動の方向性と達成目標を設定し、目標達成に向けて各種取組みを計画的に実施**。



(参考) 取組実績：LCO*1/AOT*2見直し

*1: Limiting Conditions for Operationの略

*2: Allowed Outage Timeの略

○ LCO/AOT見直しについて、リスク評価によるAOT見直しをNRAに提案。

(提案内容)

- 要求される措置の完了期間 (AOT) 設定にあたり考慮すべき事項
 - (1) LCO逸脱時は、単一故障基準が一時的に緩和されている状態であることから、AOTを必要以上に長くすることは好ましくない
⇒適切なAOT設定により、**リスクの増分を十分低く抑える**
 - (2) LCO逸脱からの復旧のため、原因特定、復旧方法の検討、復旧作業、機能確認等の期間を確保
⇒適切なAOT設定により、**作業品質を確保する**
 - (3) 安定運転している原子炉を停止させることにより、過渡的な状態が発生するリスクを回避
⇒適切なAOT設定により、**トランジェント発生リスクを低減する**

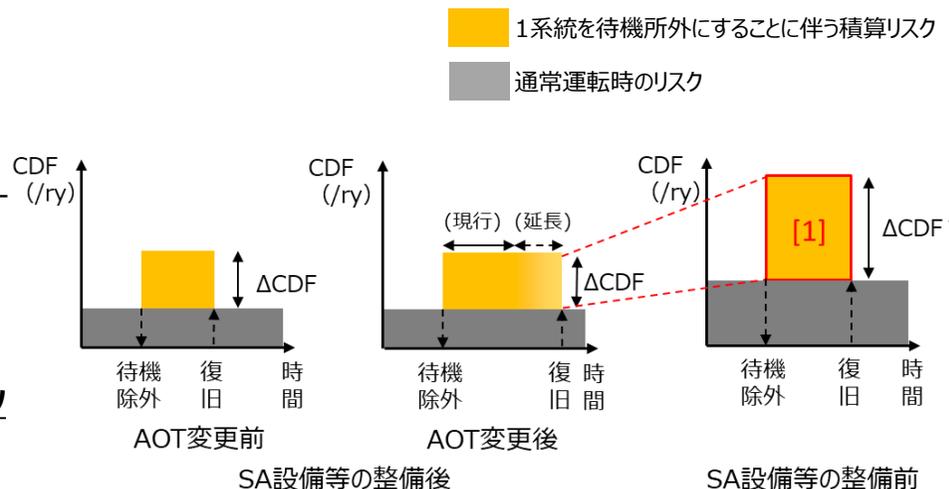
適切なAOT設定には、**(1)~(3)のリスクのバランスを取りつつAOTを設定**することが重要
(従来は、主として工学的判断に依っていたが、リスク情報活用が期待される)

➤ 要求される措置の充実を踏まえたリスク評価によるAOTの変更

SA設備等の導入及びそれらによる「要求される措置」を充実 (改善点①) すること等により、設備の待機除外に伴うリスク増分 (以下「積算リスク」という。) を低減させている。

そうした中、要求される措置の完了期間(AOT)を適切に設定することで、「作業品質の確保」や「原子炉停止リスクの低減」によるメリットが、AOT変更による「リスクの増分」を上回ることが期待できる。

⇒「**作業品質の確保**」や「**原子炉停止リスクの低減**」によるメリットが期待され、**定量的な積算リスクが十分に小さい (SA設備導入前より小さい) 場合に限り、AOTを変更できることとする。**



(参考) 取組実績：運転中保全（オンラインメンテナンス；OLM）

○ OLMの範囲拡大についてCNO意見交換会の場でNRAに提案し、実施に向けて議論を継続中。

(提案内容)

【OLM適用範囲拡大によるメンテナンス品質の向上】

➤ 定期点検中の作業ピークの緩和

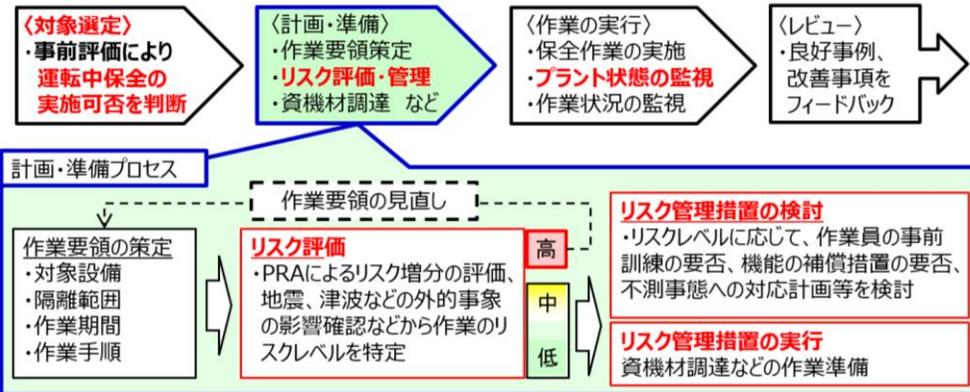
- ・ 作業負荷平準化により高い技術をもった作業員を適正に配置することができ、作業品質が向上する。また、年間を通じてメンテナンスに従事することで、高い技術の維持・向上に繋がる。
- ・ 作業環境の向上(作業物量、作業スペース錯そうの緩和)により、作業品質が向上する。

【OLM実施時のリスクについて】

OLMの導入によりプラントの安全性向上を目指していくが、LCO設定設備に対して運転中保全を実施する場合、安全機能が要求されてる設備、システムを待機除外とするため、一時的にリスクが上昇することとなる。このリスクに対しては、以下のとおりの措置を実施する。

- OLMの実施の可否は、リスクレベルの基準を設け、**予め設定した許容範囲内にリスクレベルが収まらない場合は実施しない。**
- リスクレベルが予め設定した許容範囲内で運転中保全を実施する場合でも、プラントのリスク状態を監視し、**リスクレベルに応じた安全措置を実施することにより、上昇するリスクを抑制、低減させる。**

運転中保全実施時に必要な一連のプロセス



OLMは安全を前提として実施するものであり、OLMの計画・準備・実行段階において**リスク評価・リスク管理などの必要な安全確保策をガイドライン**としてまとめ、保全作業時に上昇するリスクを適切に管理していくことで、安全性を確保したOLMを実現する。

(参考) 革新軽水炉導入の課題検討

- GX基本方針の次世代革新炉のうち、事業者が最早の導入を見込んでいる革新軽水炉の導入に向けた課題検討（規制基準との関連等を含む）を実施中。
- 今後、規制当局と対話（実務レベルでの意見交換を含む）を行いたいと考えている。

（2023年7月19日 NRA-ATENA意見交換において今後の重点取組事項として提示）

<国内の革新軽水炉の開発状況>

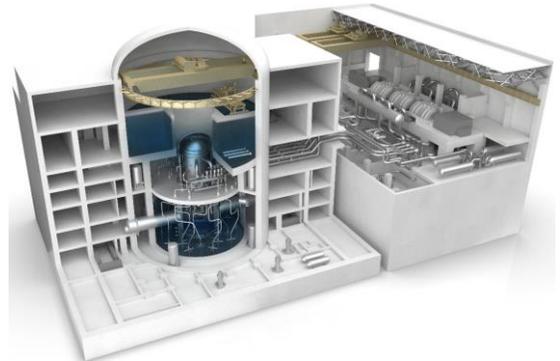
- 国内PWR 4 電力と三菱重工業は、革新軽水炉「SRZ-1200」の共同開発を推進しており、2022年9月に基本設計を進めていくことを公表。また、日立GEや東芝ESSにおいても「HI-ABWR」や「iBR」の開発を推進。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故後に多くの追加安全対策を施した既設軽水炉と異なり、**革新軽水炉では設計段階から合理的に安全対策を取り込むことが可能**であり、**既設軽水炉とは異なる技術も採用**しながら、**高い安全性を実現可能**。



SRZ-1200
(開発者：三菱重工業、国内PWR4電力)



HI-ABWR
(開発者：日立GE)



iBR
(開発者：東芝ESS)

※各プラントコンセプトの図は各メーカーより提供

(参考) 継続的な安全性向上に関する枠組みの検討について (令和2年11月10日)

[原子力エネルギー協議会] (1 / 2)

令和2年11月10日
原子力エネルギー協議会

継続的な安全性向上に関する枠組みの検討について

1. はじめに

本年8月に原子力規制委員会に「継続的な安全性向上に関する検討チーム」(以下、検討チーム)が設置され、安全性向上をもたらし環境や枠組みの在り方等に関する議論が開始された。検討チームにおける議論では、有識者の先生方から他産業における規制制度の例などをふまえて様々な論点の提示があり、また、事業者における自主的安全性向上の取組について意見聴取が行われたと承知している。

原子力エネルギー協議会(ATENA)は、原子力産業界が、規制の枠に留まらない自律的かつ継続的な安全性向上の取り組みを行い、それらを定着させていくために、原子力産業界全体の知見・リソースを効果的に活用し、規制当局等とも対話を行いながら、効果ある対策を立案し、原子力事業者の現場への導入を促すことを目的として設立した組織である。

検討チームにおいては、今後、これまでの議論をふまえて、枠組みの在り方についての議論が具体的に始まるものと考えている。その議論は、現在、ATENAが取り組んでいる産業界の安全性向上の活動と密接に関わる議論になると考えており、ATENAが検討チームの会合に参加して、意見、提案できる機会を設けて頂きたい。

2. ATENAの意見、提案骨子

(1) 新たな枠組みのイメージと、期待される効果

安全性向上を継続的かつ効果的に行っていくためには、規制当局・事業者の双方が、安全上の重要度を考慮して、適切に分担してそれぞれのリソースを適切に配分し、安全性を効果的に高めていくことが重要と認識している。

従来は、新たな知見に対応する方法としては、以下のいずれかが適用されてきた。

- ① 規制当局がバックフィットの枠組みを用いて新たに規制基準を設け、事業者に必要な手続きの申請を求め、規制当局が審査、検査を行い、規制基準に適合させる。
- ② バックフィットを求めるまでもない案件については、規制プロセスには乗せずに、事業者の判断に委ねる。事業者は、自主的に対応するかどうかを判断して、適宜、安全対策を実施する。

ATENAは、こうした従来の対応に加えて、規制当局、事業者のリソースをより効果的に活用でき、安全性向上が一層、促進されるような新たな枠組みを導入することが有効であると考えている。

具体的には、新たな知見への対応において、安全上の重要度から判断して、バックフィットの枠組みに乗せずに産業界の自主的な取組に委ねるが、規制当局はその取組を包括的に確認する(必要に応じて「対策水準」を提示する)という枠組みを考えている。(図1)

このような枠組みのもとで、事業者におけるリソースの割り当てが合理的なものとなって安全性向上の取組がより活発になり、次のようなメリットが生まれるものと考えている。

- ① 安全対策が早期に実現できる
- ② 事業者が良く知る現場実態に即した効果的な対策を立案しやすくなる
- ③ 自主による改善を機動的に積み重ねやすくなる

また、規制当局においては、より安全上重要な事項に、重点的に規制リソースを割り当てることができるようになることを考える。

そのような新たな枠組みのもとで、ATENAは、実効的な対策が適切な時期に確実に履行されるための中心的役割を担う所存である。

なお、既に「デジタル安全保護回路の共通要因故障対策(デジタルCCF)」については、規制当局との意見交換を重ねた結果、ATENAを中心とした産業界の自主的な対応を進めるとともに、規制当局がその取組を包括的に確認していく方向となっており、新たな枠組みを先駆的に実行しつつあると認識している。

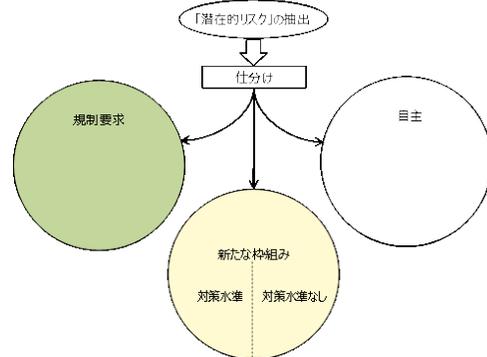


図1 新たな枠組みイメージ

(2) 新たな枠組みのもとでのATENAの具体的な役割について

従来のバックフィットの対応においては、規制当局は、

- ・ 規制基準の制定
- ・ 事業者からの申請を受けて、規制基準に適合していることを設計段階で審査
- ・ 審査どおりに対策が履行されていることを工事実施段階で検査

という機能を担って、規制基準通りの対策実施がなされることを担保している。

新たな枠組みにおいては、これらの機能を主に産業界が担い、規制当局は全体のプロセスを包括的に確認することが効果的と考える。産業界が担う機能のうち、ATENAが担う機能について概要を示すとともに(表1)、このようなプロセスを採用することのメリットについても示す。

(参考) 継続的な安全性向上に関する枠組みの検討について (令和2年11月10日)

[原子力エネルギー協議会] (2 / 2)

表1 新たな枠組みにおける各主体の役割

| 機能 | 規制要求 (バックフィット対応) | | 新たな枠組み | | |
|---------------------|--------------------------|---|--|--|--|
| | 規制当局 | 事業者 | 規制当局 | ATENA | 事業者 |
| 要求水準の提示と義務化 | ○基準要求 ・規制基準 ・審査ガイド | | 対策水準 (認識共有) | ○要求事項 (ガイド) (技術要件書) ○実施計画書の確認 | ○対策内容、実施 工程のコミットメント (実施計画書) |
| 要求水準への適合性を設計段階で確認 | ○審査 ・設置許可 ・工事計画 | ○基本設計 (設置変更許可申請書) ○詳細設計 (設工認申請書) | ○確認 { 設計進捗を ATENAへ 確認可能 } | ○要求事項への 整合性の確認 | ○基本設計 ○詳細設計 (要件整合確認書) (安全性向上評価 届出) |
| 要求水準への適合性を工事実施段階で確認 | ○検査 ・原子力 規制検査 | ○工事実施 ○使用前事業者 検査 | ○確認 { 現地に 確認可能 } | ○工事完了の確認 | ○工事実施 ○自主検査 (安全性向上評価 届出) |

①要求水準の提示と義務化

ATENAは、安全性向上対策に係る要求事項を技術要件書としてとりまとめ、事業者に提示する。事業者は、ATENAステアリング会議において、要求事項を満たす対応を進めることにコミットする。

②要求水準への適合性を設計段階で確認

ATENAは、設計段階において、技術要件書の各要求事項との整合性について、具体的な確認を事業者に求め、その確認結果の提出を受けて、要求水準への適合性を確認する。

③要求水準への適合性を工事実施段階で確認

ATENAは、計画通りに安全性向上対策が完了したことについて事業者から報告を受け、事業者の完了報告及び事業者自主検査の結果等から、対策が履行されていることを確認する。

ATENAは上記①～③において、事業者の実施計画に基づき安全性向上対策が計画通りに実施されていることを定期的に確認し、事業者の実施計画が変更になる際には、適宜、変更の理由と変更計画の提出を要求することとし、対策の確実な遂行を促す。さらに、確認結果を公開し社会へ透明性を持って取り組んでいく。

さらに、上記①～③に付帯する以下の4つの機能について、ATENAとして取り組んでいく。

A 「潜在的なリスク」の抽出

安全性向上を行うためには、現在気付いていないかもしれない「潜在的なリスク」を抽出する工夫を行っていく必要がある。

各事業者は、CAP情報や運転経験情報の入手や第三者機関によるピアレビューなどを通して、その気づきを得る工夫を行っている。

ATENAは、海外の産業界組織との情報交換や、規制機関（国内、海外）における公開技術情報、ならびに産業界の各組織（事業者、メーカー、原子力安全推進協会（JANSI）等）が収集している国内外情報や研究成果を集約し、産業界のリソースを効果的に活用して安全性向上

につながる知見の抽出を行っていく。

なお、不確実性の大きい自然外部事象については、特に重要視して技術課題の抽出に取り組んでいる。

B 仕分け

安全性向上の取組を規制要求とするか、規制要求までは不要とするかについては、規制機関の責任において、安全上の重要度等を考慮し判断されるものと認識する。安全上の重要度については、決定論的な評価に基づく判断に加えて、必要に応じて、利用可能な定量的な確率論的リスク評価結果を活用することになると考える。

ATENAは、決定論的な評価、確率論的リスク評価の両面において、安全上の重要度を判断するための判断材料を提示し、規制当局と認識を共有したいと考える。

C 継続的な改善

ATENAは、自主的に作成した安全性向上対策に係る技術要件書に基づく安全対策について、更なる改善の余地がないか、継続的に新知見の収集、設計の経年化評価等を実施し、必要に応じて追加対策を要求することとし、継続的安全性向上対策のスパイラルアップを目指す。

継続的な改善を検討する際には、各事業者がそれぞれ検討するよりも、ATENAが共通的に検討することによって、効率的かつ迅速な改善が可能となる。

なお、こうした継続的な改善を行うにあたっては、福島第一原子力発電所事故の教訓をふまえる必要があり、例えば、過去の自主対策（アクシデントマネジメント対策）では産業界共通の技術要件書を定め継続的に改善していく取組が行われなかったが、そのような取組を導入することで、事故の教訓が生かされることになる。さらに、不確実性が大きい自然外部事象については、設計基準を高めて防止対策を拡充するという対応に限らず、設計基準を超える事象も含めた臨機応変な緩和対策を検討することも重要である。こうした取組は、従来の規制基準の枠組みではなく、自主的な枠組みで実施した方が機動的に実施できる可能性がある。

D 事業者の対策実施の遅延や不履行があった場合の産業界の対処

ATENAは、各事業者の実施計画を一覧にして公表することによって、事業者が合理的な理由なく対策実施時期を遅らせるような計画を表明しづらくし、牽制効果を働かせる。

また、事業者の進捗状況について、要求事項の未達、または実施計画に対する遅延を確認した場合には、その内容を公開するとともに、改善を指示するなどの産業界の対処について検討し、取組に反映していく。

(参考) 共通技術課題 (テーマ) 一覧

| 技術課題 | テーマ | 検討結果の決定・公開 |
|------------------------|------------------------------------|------------|
| ① 新知見・新技術の積極活用 | サイバーセキュリティ対策導入ガイドラインの立案 | ○ |
| | デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障への対応 | ○ |
| | SA設備の重要度分類に応じた効率的・効果的運用の推進 | ○ |
| | 1相開放故障（OPC）事象への対応 | ○ |
| | 原子力発電所の計測制御設備に関する電磁両立性（EMC）への対応 | ○ |
| | 安全上の重要度に応じたバックフィットルールの検討 | |
| | 地盤液状化現象の評価手法の高度化 | |
| | 東京電力福島第一原子力発電所事故の調査・分析から得られた知見への対応 | ○ |
| | 燃料高度化の促進 | |
| ② 外的事象への備え | 震源を特定せず策定する地震動の見直しへの対応 | ○ |
| | SA設備を収納した建屋免震の技術基準適合性評価手法の策定 | ○ |
| | 不確実さの大きい自然現象への対応 | |
| | 新知見によるSs見直しの際の対応方針の策定 | |
| ③ 自主的安全向上の取り組みを促進するしくみ | 新検査制度の制度運用関連ルール作り | ○ |
| | サプライヤー（素材・部品等）の不適合への対応要領の策定 | ○ |
| | 安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取組 | ○ |
| | 自主的安全性向上対策導入の促進に向けた対応 | |
| | 新規制基準への対応設備・運用の見直し | |
| ④ その他 | 非常用ディーゼル発電機（EDG）の不具合に係る傾向分析と改善策の検討 | ○ |
| | EAL（原子力緊急時活動レベル）の見直しへの対応 | |
| | PWR1次系ステンレス鋼配管粒界割れの知見拡充 | |
| | 審査経験・実績の反映による規制基準の継続的な改善への対応 | |
| | 柔軟な運転サイクル導入のための取組み | |

(参考) 技術レポート発刊実績および予定

| 2019年度 | | 年月日：発刊日 |
|--|--|------------------------------------|
| ○国内原子力発電所における非常用ディーゼル発電機不具合の傾向と改善策について | | (2019年6月21日) 【Rev.1 2019年11月7日】 |
| ○原子力規制検査において活用する安全実績指標（PI）に関するガイドライン | | (2019年6月28日) |
| ○原子力発電所におけるサイバーセキュリティ対策導入自主ガイド | | (2020年3月12日) |
| 2020年度 | | 年月日：発刊日 |
| ○事業者検査に関する運用ガイドライン | | (2020年7月31日) |
| ○プラント長期停止期間中における保全ガイドライン | | (2020年9月25日) |
| ○設計の経年化評価ガイドライン | | (2020年9月25日) |
| ○製造中止品管理ガイドライン | | (2020年9月25日) |
| ○免震構造設計ガイドライン | | (2020年9月29日) |
| ○製造業者不適切行為の抑止及び発生時の対処ガイド | | (2020年10月28日) |
| ○デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障緩和対策に関する技術要件書 | | (2020年12月24日) |
| 2021年度 | | 年月日：発刊日 |
| ○安全な長期運転に向けた経年劣化に関する知見拡充レポート | | (2022年3月25日) |
| 2022年度 | | 年月日：発刊日 |
| ○多様な設備による安全性向上のための保安規定改定ガイドライン | | (2022年7月29日) |
| ○デジタル安全保護回路のソフトウェア共通要因故障緩和対策に関する技術要件書 | | 【Rev.1 2022年10月5日】 |
| ○原子力規制検査において活用する安全実績指標（PI）に関するガイドライン | | 【Rev.1 2023年3月2日】 |
| ○電磁両立性（EMC）に係る原子力発電所における今後の対応方針 | | (2023年3月31日) |
| 2023年度 | | 年月日：発刊日 |
| ○PWR1次系ステンレス鋼配管粒界割れ 超音波探傷試験による亀裂性状把握手法の向上策 | | (2023年4月28日) |
| ○設計の経年化評価ガイドライン | | 【Rev.1 2023年6月6日】 |
| ○BWRの原子炉建屋の水素防護対策に係るAMG改定等ガイドライン | | (2023年6月13日) |
| ○原子力規制検査において活用する安全実績指標（PI）に関するガイドライン | | 【Rev.2 2023年3月2日】 |
| 発刊予定 | | |