

現状についての評価と今後の取り組み

2022年5月30日

原子力エネルギー協議会

(ATENA : Atomic Energy Association)

目次

1. ATENAの概要
2. 安全性向上に向けた取り組み
3. 規制当局との対話
4. 情報発信
5. まとめ

1. ATENAの概要

名称 原子力エネルギー協議会 (**A**tomic **E**nergy **A**ssociation)

設立 2018年 7月 1日

ミッション **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、原子力発電所の**安全性に関する共通的な技術課題**に取り組み、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。

役員 理事長 魚住 弘人 (元株式会社日立製作所) 理事2名、監事2名

職員 原子力事業者及びメーカーから、**各分野の専門家を結集** (約30名)
(専門分野) 安全設計、自然外部事象、機械・電気設備 等

会員 電力：11社、プラントメーカー：4社、関係機関：4機関

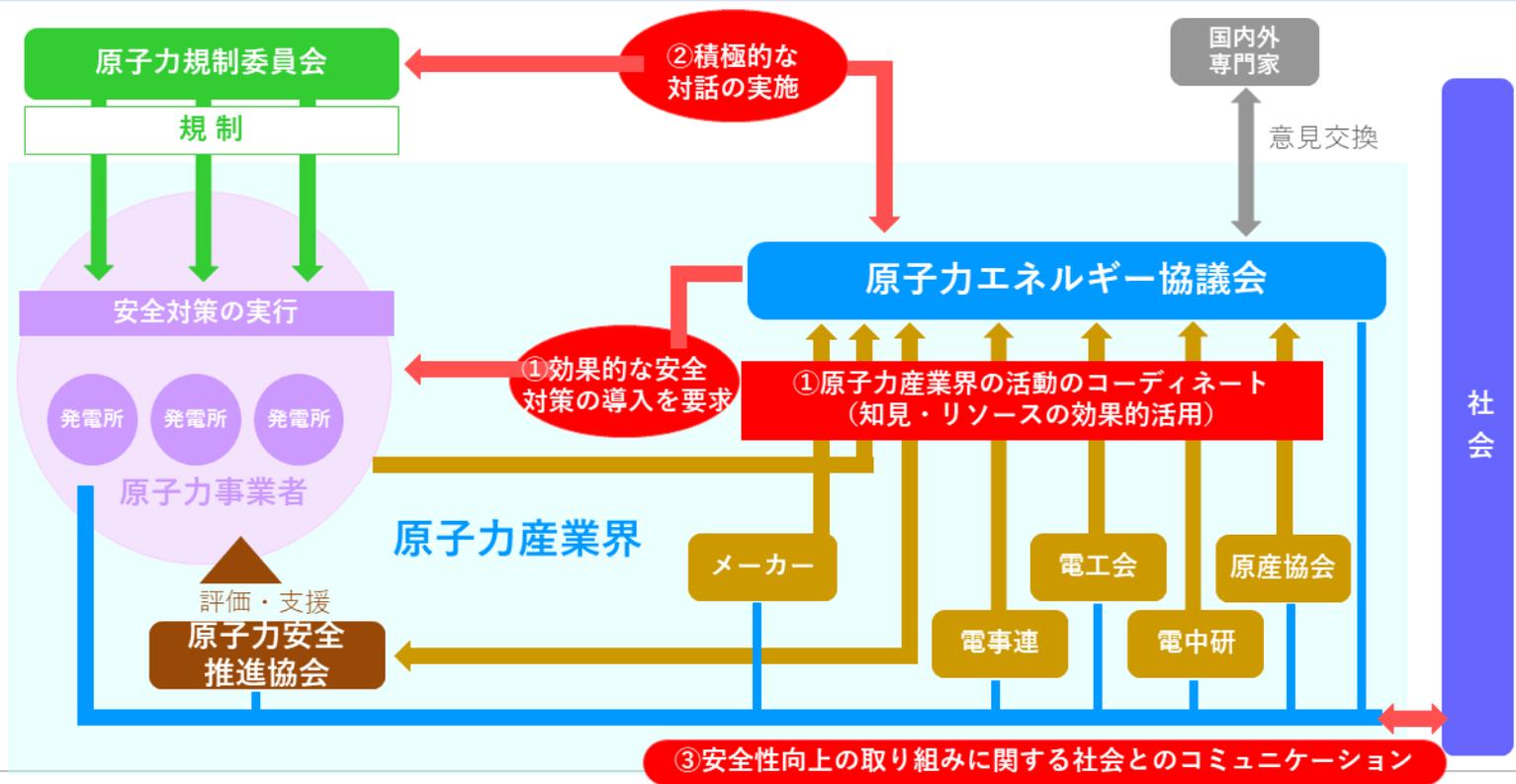
北海道電力、東北電力、東京電力ホールディングス、中部電力、関西電力、北陸電力、中国電力、四国電力、九州電力、日本原子力発電、電源開発、東芝エネルギーシステムズ、日立製作所、三菱重工業、三菱電機、電気事業連合会、電力中央研究所、日本原子力産業協会、日本電機工業会

オブザーバー：原子力安全推進協会、日本原燃、日本原子力研究開発機構

(順不同)

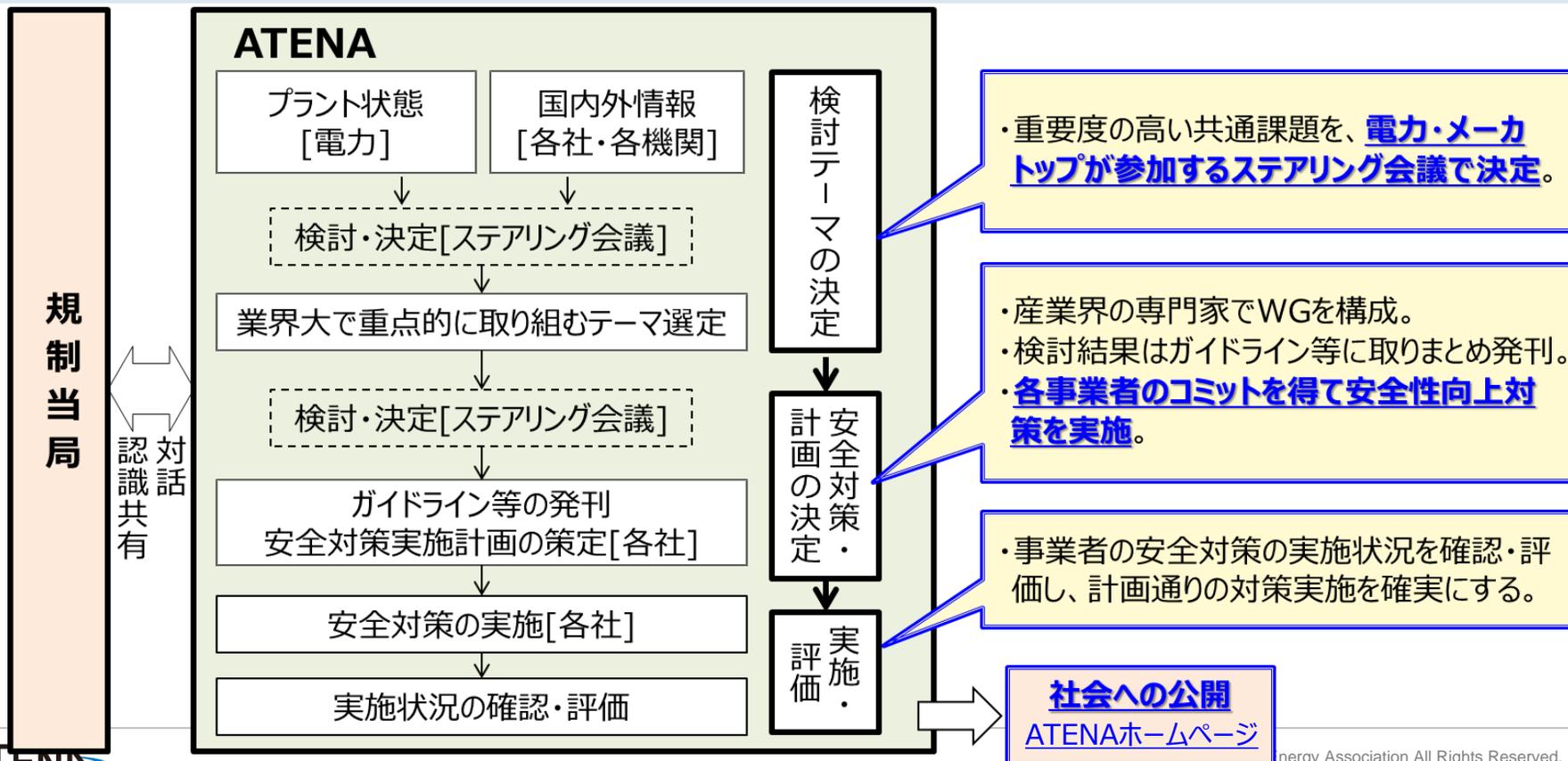
1. ATENAの概要：役割

- ① **電力だけでなくメーカー等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する。**なお、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。



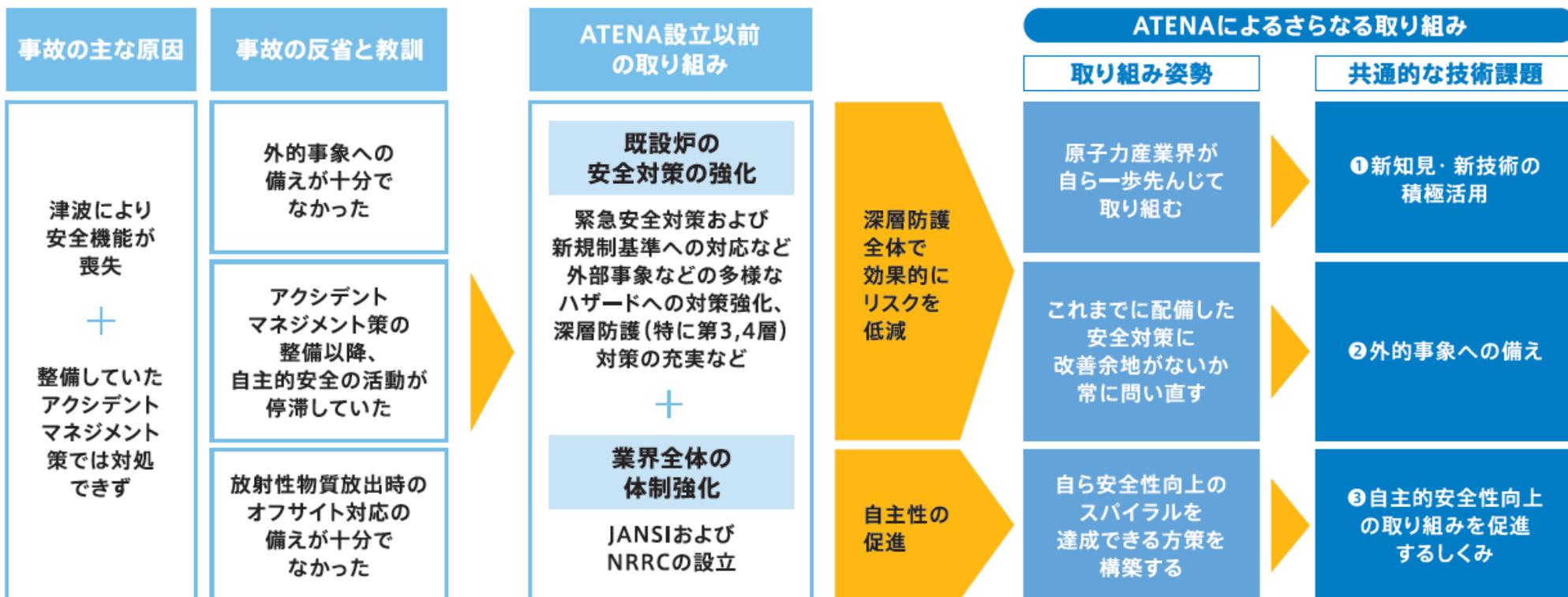
1. ATENAの概要：活動のしくみ

- **国内外の動向を把握し、重要度の高い共通的な技術課題をテーマとして選定。安全性向上対策をガイドライン等に定め、個社へ展開**することにより原子力発電所の一層の安全性向上につなげる。
- ATENAが取り組むテーマや安全性向上対策の検討に際して、**規制当局との対話を通じて認識共有を図る**とともに、取り組み状況について、**社会へ公開**する。



2. 安全性向上に向けた取り組み

ATENAは、福島第一原子力発電所事故の反省と教訓に加え、事故後の原子力事業者の取り組み状況を踏まえ、以下の共通的な技術課題に取り組む。



2. 安全性向上に向けた取り組み：共通課題の具体例

国内外の動向を踏まえ、共通的な技術課題として、主に以下の検討を進めている。

I. 既設炉の安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取り組み

- 長期停止期間中の経年劣化管理の取り組みに加え、長期運転を安全に進める活動として、外的事象も考慮した最新設計のレビュー（設計の経年化管理）や製造中止品管理のようなソフト面からの取り組みを強化。⇒ 8
- プラント運転中も含めた経年劣化管理についても、80年認可が行われている米国の知見などを参考に、経年劣化評価に関する知見拡充事項の取り纏めを実施。⇒ 9
- 運転経験から得られた新知見について、産業界全体の共通技術課題として取り上げ、原因究明・再発防止対策等の検討を実施中。⇒ 10
- 今後は、産業界として効果的に取り組んでいくために、リーダーシップを発揮し、他組織や国内専門家との連携を強化しながら、経年劣化管理に係る活動計画を策定・実施していく。⇒ 11

2. 安全性向上に向けた取り組み：共通課題の具体例

II. 新知見・新技術の積極的活用、運用の高度化

- 原子力発電所において、安全上の重要度の高いシステムへのデジタル技術の導入が進んでいることから、サイバー攻撃や電磁両立性（EMC）に対し、海外の最新知見等を踏まえた安全性向上対策の検討を実施 ⇨ 12
- 燃料棒の本数を増やし 1 本あたりの熱的負荷を緩和することにより**更なる安全性の向上を図った新型燃料**や被覆管の改良などにより事故時の水素発生量を抑制する**事故耐性燃料の導入** ⇨ 13
- 特定重大事故等対処施設の供用開始やリスク情報を考慮した運転上の制限（LCO）等に対する改善（保安規定の見直し） ⇨ 14
- 運転サイクルの延長（長期サイクル運転） ⇨ 14

経年劣化管理に関するATENAの取組

取組事項		事業者の取組状況 <input type="checkbox"/> (には規制対応を含む) とATENAの取組	
物理的な劣化	設備の経年劣化への対応 (経年劣化事象) 腐食、SCC、摩耗、照射脆化、疲労等	<通常運転時> <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 	+ 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
		<長期停止期間> <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) 	+ ATENAガイドを作成済 (いずれも2020年9月発刊) <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
非物理的な劣化	最新知見の反映 (設計経年化対応)	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	+ <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
	製造中止品への対応	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	+ <③ 製造中止品管理ガイド> プラントメーカ・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

国内プラント状況

発電所	運転開始	経過年数
高浜1号機	1974年	47年
高浜2号機	1975年	46年
美浜3号機	1976年	45年
東海第二	1978年	43年
川内1号機	1984年	37年

(他12基を含め17基が30年超)

米国プラント状況

運転年数

40年～50年 … 41基
50年超 … 8基

80年運転認可状況

6基
 Turkey Point-3&4 ※
 Peach Bottom-2&3 ※
 Surry-1&2

研究等により知見を更新し実機へ反映

長期運転に伴う技術課題 (知見拡充事項) を整理

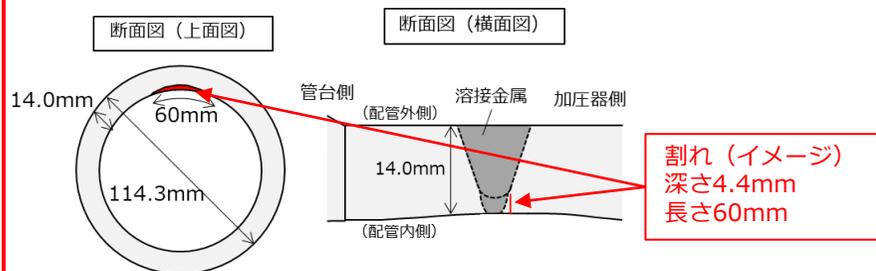
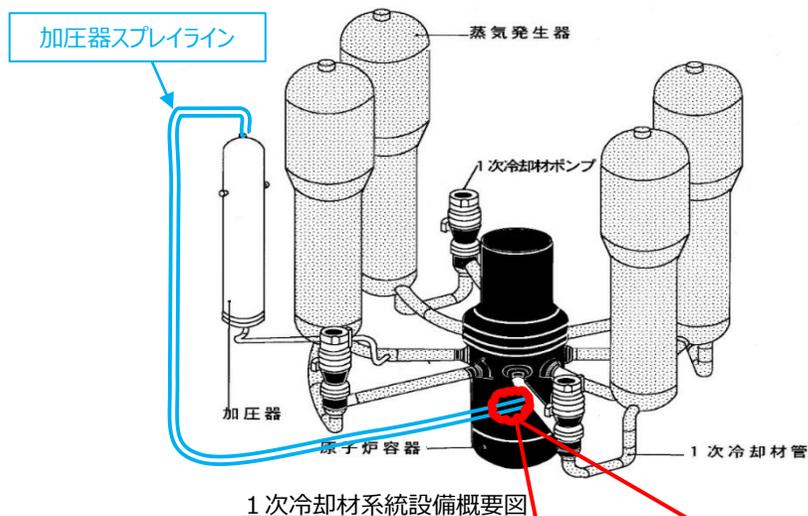
- 国内全33基の原子力プラントのうち、17基が運転期間30年超（うち4基が40年超）の現状を考えると、安全性を高い水準に維持しつつ長期にプラントを活用していく為には、**経年劣化事象に関する知見を継続的に更新・拡充していくことが必須**
- 他方、米国では既に50年以上の運転期間を経験したプラントを有し、また複数の80年認可が行われ、有用な知見が得られる可能性有



- 米国の80年運転に係る取組や国内外の経年劣化事象に関する最新知見を踏まえながら、**長期運転に伴う技術課題（知見拡充事項）を整理**
- 2022年3月、技術レポートとして取りまとめ発刊**
<https://www.atena-j.jp/report/2022/03/atena-21me01rev0.html#000225>



- 整理した**知見拡充事項については、原子力学会、事業者、研究主体に対し提言等を行っていくとともに、その進捗をフォローしていく**



PWR1次冷却材環境下のステンレス鋼粒界割れについては、**極めて稀な事象**

- 2020年8月、大飯3号機加圧器スプレイ配管溶接部近傍において割れを確認。当該部は取替えると共に、類似箇所を検査を実施。



- 本事象は**実機事例や発生に関する試験結果が極めて少ない事象**であり、今後の原子力発電所の安全性・信頼性を確保するため、**産業界で取り組むべき共通的技術課題**とATENAは認識。

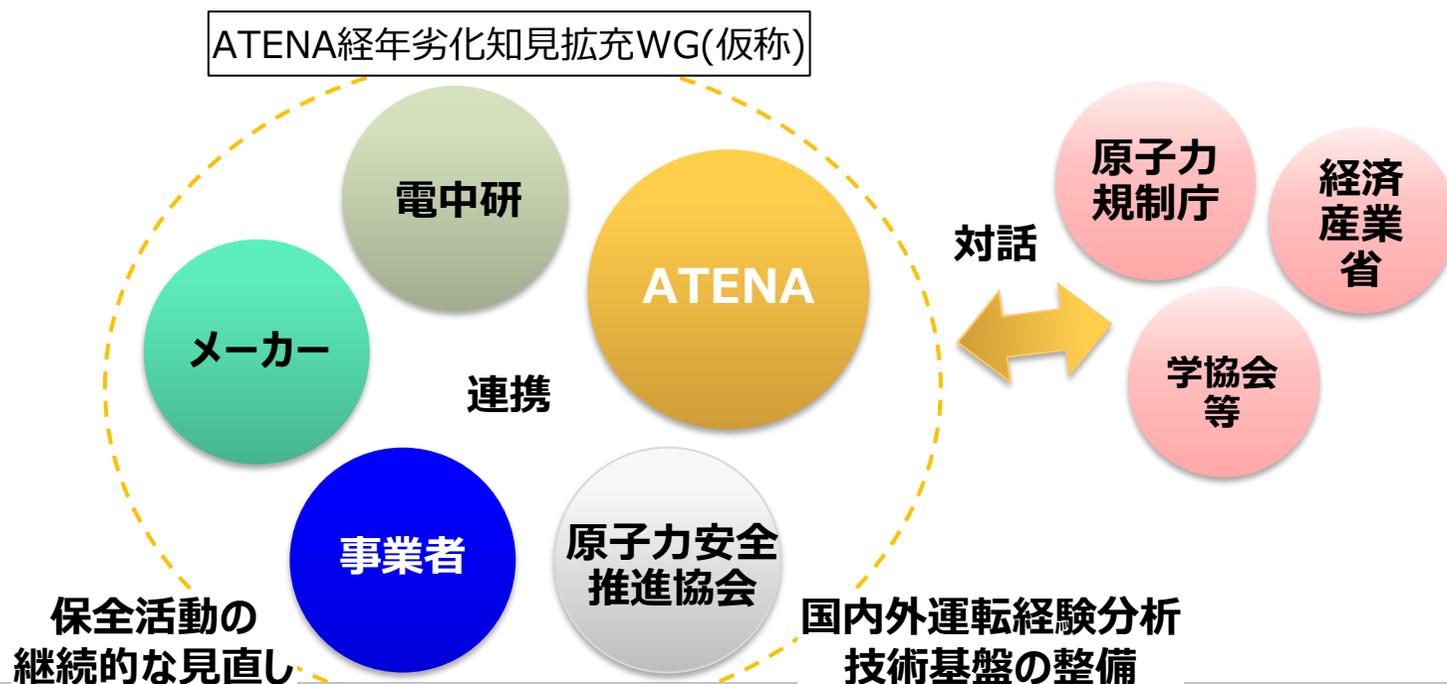


- ATENAに検討WGを立上げ、技術課題は大きく分けて「①発生メカニズムの解明」、「②亀裂がある場合の健全性評価」、「③検査技術の向上」の3分類であると整理。
- 外部専門家のご意見を頂きながら、原因と対策について検討を実施中。**

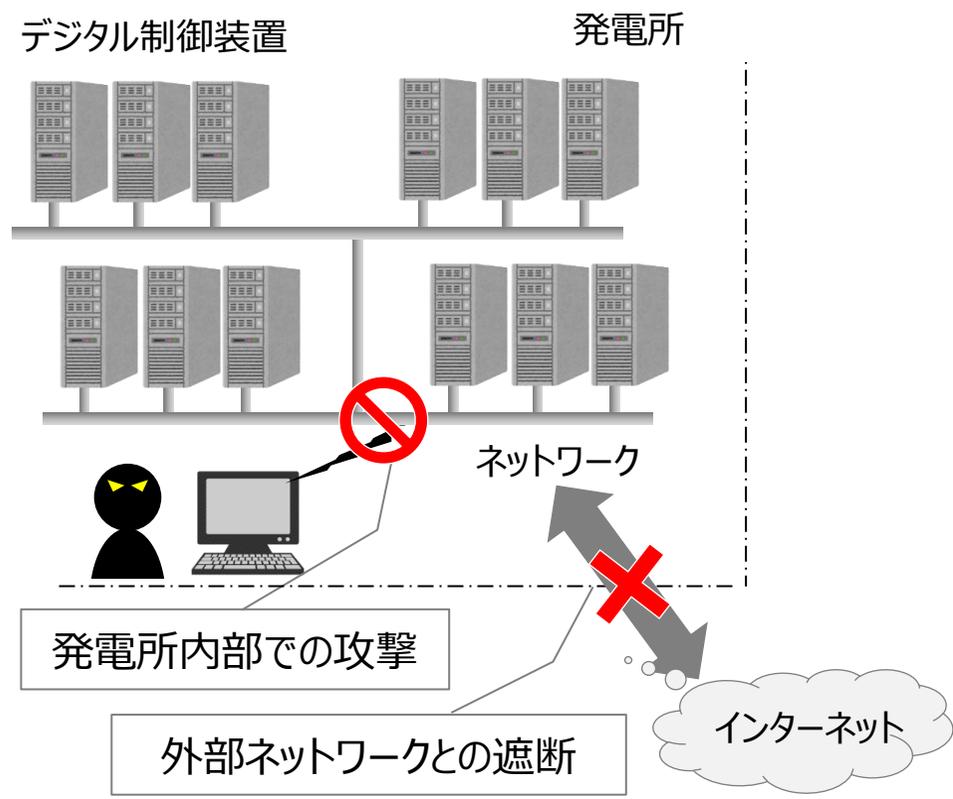
ATENAを中心とした経年劣化に係る今後の取り組み

- 経年劣化管理に関する諸活動（研究開発、規格策定等）を戦略的・体系的に行っていくためには、最新知見・運転経験等を踏まえて課題を整理し、それに基づき活動の方向性と達成目標を戦略的に設定・実施していく機能が必要。

- ATENAに経年劣化知見拡充WG（関係機関が一堂に会し連携）を設置し、経年劣化管理に係る最新知見や運転経験に係る情報などを収集・分析し、活動計画（研究開発計画等）を策定・実施する。→今後具体化



サイバーセキュリティへの対応



- 原子力発電所に新たなデジタル技術の導入が進む中で、サイバー攻撃の脅威が増大していることを踏まえ、**海外の最新知見**として、IAEAガイド・NEIガイド、規制当局（米国NRC）等における取り組みを調査



- ATENA専門家およびメーカー・各事業者でWGを構成し、海外最新知見を反映した安全対策を**ガイドラインとして取りまとめ発刊（2020年3月）**
<http://www.atena-j.jp/report/2020/03/atena-19me02rev0.html>
- ATENAは、サイバーセキュリティ対策の重要性に鑑みて、**2021年4月、対策の更なる促進を図るため、各事業者の安全対策実施計画の一部見直しを要求。**



- 事業者は、ガイドラインに沿った安全対策を2023年10月までに完了予定。**
- ATENAは、事業者の取り組み状況を確認し、公表。

ATENAガイドによる安全対策強化

- 設備対策
 - ネットワークの外部遮断の強化
 - アクセス管理 等
- マネジメント対策
 - 体制、訓練、設備管理 等

新型燃料の導入

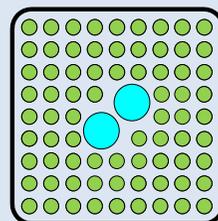
<10×10燃料の特徴>

▶ 燃料の安全性・信頼性の向上

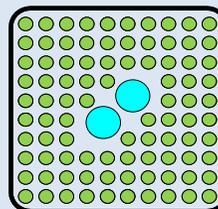
- 燃料棒本数を増やすことで1本あたりの熱的負荷を緩和

▶ 取替体数の低減（SF発生数の低減）

- 取出燃焼度の増加（平均45G→50G）
- 1体あたりの装填ウラン重量の増加



9×9燃料



10×10燃料

- 海外で主力となっている、最新知見を取り込んだ燃料（BWR10×10燃料）の早期導入は更なる安全性向上に資するものである。
- ATENAは早期導入に向け、原子力規制委員会による審査が効率的に進められるよう、具体的な提案を行い、原子力規制庁との実務者レベルによる意見交換を実施していく。

事故耐性燃料の導入

<事故耐性燃料の特徴>

▶ 事故時安全性の向上

- 水素発生量の低減

▶ 通常運転時信頼性の向上

- 耐食性等の信頼性の向上



Crコーティング被覆管

- 米国等で研究開発が行われ、実用化が近づいている事故耐性燃料の導入はプラントの安全性向上に大きく寄与するものである。
- ATENAは、関係各所の開発研究等の実施状況を踏まえ、開発および導入プロセスについて検討を実施していく。

長期サイクル運転の導入

- 運転サイクルの延長（現状最長13ヵ月）は安全性を確保しつつ既設炉を最大限に活用するための有効な方策の一つである。
- ATENAは、PWRにおける15ヶ月運転サイクル導入のための規制手続き（保安規定変更認可申請における説明項目・審査の観点等）の明確化に向け、原子力規制委員会との対話を進めていく。

保安規定の見直し（運転上の制限（LCO）等に対する改善）

- ATENAは、リスクに応じた適切な運転上の制限への見直し等について検討した。
（主な見直し内容）
 - ◇安全上重要な機器が故障した場合に、新たに設置した重大事故等対処設備や特定重大事故等対処施設を活用した対応を行う事を規定
 - ◇リスク情報等を活用して、適切な機器の復旧期間※を再設定

※設定した復旧期限を超えて復旧しない場合はプラント停止等の措置
- ATENAがその改善点を具体化したガイドを作成しており、事業者はそのガイドをもとに保安規定の改正を実施していく。**円滑な審査に資するべく、ガイドについて予め規制当局と意見交換を実施する。**

3. 規制当局との対話

- 2019年4月、共通規制課題にATENAが一元的に対応することとして、電事連の規制対応機能をATENAに移管し、原子力規制委員会（NRA）のカウンターパートとして、事業者を代表して意見交換を実施。
- NRAが開催する「公開会合」や「技術的な意見交換」に参加し、産業界を代表する意見を提示。

[実績（2020年度・2021年度）]

- CNO意見交換会 : 3回
- 公開会合・技術的意見交換 : 22回（10件）
- 定例面談 : 適宜

- 『ATENAフォーラム2022』において、更田原子力規制委員長から来賓挨拶を頂くとともに、**今回初めて、規制庁幹部にパネルディスカッションにご登壇**頂き、意見交換を実施。

4. 情報発信

『技術レポートの発刊』や『事業者に要求した安全対策の実施状況』といったATENAの活動状況については、ホームページを通じて、社会に公開している。

技術レポートの発刊

ATENA 19-ME01 (Rev.0) 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 技術レポート

ATENAは、技術レポート「ATENA 19-ME01 (Rev.0) 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」を発行しました。

【概要】
国内原子力発電所における非常用ディーゼル発電機は、多くの安全設備の動作前提になるものであり、その機能を確実に維持することは原子力事業者共通の課題です。これまでのトラブル等情報の分析と取組状況を一旦整理し、課題を再確認することは、原子力発電所の安全性向上に大きく寄与します。この課題解決にあたっては、原子力産業界全体の知見・リソースを効果的に活用することが適切であることから、ATENAにて取り組む個別技術課題（テーマ）として選定し、原子力事業者、メーカー等の専門家をメンバーとするワーキンググループを設置し、非常用ディーゼル発電機に係るトラブル等情報の調査分析、課題の検討及び改善策を技術レポートに取り纏めることとしました。

本技術レポートに示される改善策については、各原子力事業者が自らの事業活動に確実に反映するとともにATENA は原子力事業者の活動状況について評価を行い、評価結果を各事業者にフィードバックすることでPDCA を回しつつ効果的な改善活動に繋げていきます。

本技術レポートの最新版は、2019年11月7日にRev.1が発行されており、[こちら](#)からお願いいたします。

技術レポート一覧

技術レポートの公表例

安全対策の実施状況

安全対策の実施状況・評価

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、「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、各原子力事業者（以下、「事業者」という。）が行う安全対策の進捗状況の確認、評価などを以下の対応フローに沿って実施している。

フェーズ	NRA	ATENA	原子力事業者
方針	公開社会	① 技術要件調査	必要対策の調査・実施 実施状況の調査
計画		② 実施計画 確認	実施計画
実施	公開社会や原子力規制庁等による確認	③ 進捗状況 確認	有効性が確認できず 必要対策（追加、再確認） 要件適合確認 再評価
完了		④ 要件適合 報告書 確認	再評価 工事・検査完了 安全対策の完了

確認、評価などを実施するための対応フロー図

① 技術要件調査及び安全対策の実施要求
・2020年12月24日 「ATENA 20-ME05 (Rev.0) 国内原子力発電所におけ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に関する要件」を発行
・事業者が安全対策の実施を開始した。
(2020年12月24日お話し)

② 実施計画確認
各事業者が行う安全対策の実施計画を確認し、取りまとめを実施（取りまとめ資料は、こちら） (2021年3月25日お話し)

③ 実施状況確認
2021年度上期の事業者における安全対策の実施状況について報告を受け取りまとめを実施（取りまとめ資料は、こちら） (2021年11月29日お話し)
【今後引き続き、事業者の安全対策の実施状況について定期的に進捗を確認予定】

④ 要件適合確認
【今後、事業者から届出される要件適合報告書を確認予定】

デジタル安全保護系のソフトウェア共通要因故障の例

ATENAフォーラムについて

◎年次フォーラムの開催

- 2022年2月、「ATENAフォーラム2022」をオンラインで開催。
- ATENA会員である原子力事業者、メーカー、原子力関係団体の方々に加え、原子力規制委員会や経済産業省などの関係行政機関、原子力立地自治体、海外の有識者、報道機関各社、一般公募などの約500名の方々のご視聴。

<来賓挨拶> 原子力規制委員会 更田委員長

<基調講演> OECD/NEA ウィリアム・D・マグウッド IV事務局長

<パネルディスカッション>

【テーマ】規制機関と原子力産業界の信頼関係の構築に向けて



- 今回のフォーラムでは、実施後に視聴者に対しアンケートを実施。
アンケート内容を踏まえて、ATENAの活動を改善予定。

(アンケート結果例)

- ◇ATENAからの情報に触れる機会が少ない。マスコミ等を活用し、幅広い情報発信が必要。
メルマガ等、活動状況や重要情報への「入口」を配信すると改善されるのではないか。
- ◇国内には民間サイドの原子力に関する組織が幾つもあり、それぞれの組織が担う役割が不明確ではないか。

外部組織との連携

- 海外の知見、技術を積極的に収集・活用するとともに、共通的に対処できる領域について連携を深めるため、海外組織と技術協力協定を締結。
- また、OECD/NEA等の海外の有識者と意見交換を実施。

技術協力協定締結先	主な活動状況
<p>Électricité de France <EDF：フランス電力会社> (2018年11月)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実務者にて技術課題（サプライヤー不適合対応）について意見交換（2018年11月） ・ATENAフォーラムへの出席（2019年2月） ・責任者クラスのディスカッション実施（2021年7月）
<p>Nuclear Energy Institute <NEI：米国原子力エネルギー協会> (2019年6月)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ATENAフォーラムへの出席（2019年2月、2020年2月、2021年2月） ・ATENAによるNEI原子力戦略案件諮問委員会への出席・活動報告（2019年6月） ・双方の実務者にて技術課題（一相開放故障）について意見交換（2020年7月、9月） ・責任者クラスのディスカッション実施（2019年12月、2020年12月、2021年8月）

5. まとめ（現状評価と今後の取り組み）

（現状評価）

- ATENAは電力・メーカー等からなる体制の下で課題の抽出・安全対策の検討を行い、規制当局との意見交換等を経て昨年度までに11件のガイド・技術レポートを発刊、ホームページで公開している。
- 立案した安全対策は、事業者に要求するとともに、事業者のCNOが実施をコミットすることにより、順次、発電所の運転・保守に実装され、安全性向上に繋がっている。
- しかしながら、現状においては、海外の最新動向等を踏まえ中長期的な視点で抽出した課題が少なく、また、タイムリーに課題提起ができていない場合がある。このことが、「ATENAの役割が分からない」「成果が見えない」といった外部からの指摘の一因となっているのではないかと。

（今後の取り組み）

- NEI等との人的ネットワークやJAEAを始めとする関係機関との連携の強化などにより、外部の視点を取り入れ、新知見・新技術の把握に努めるとともに、課題抽出の着眼点についての示唆を得るなどして、安全性向上に繋がる課題をより幅広く抽出し、安全対策の検討を進めていく。
- このような活動を通じ、まずは成果を積み重ねていくことで、各ステークホルダーからのATENAに対する認知度の向上を図り、産業界の自主的安全性向上に対する取り組みについて理解を広げていく。

参 考

共通技術課題（テーマ）一覧

- ATENAは、原子力発電所の効果的な安全性の向上が見込まれる共通的な課題をテーマとして優先的に抽出するとともに、規制機関から提起された課題にも随時対応している。

技術課題	テーマ	ステータス
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	ガイドライン発刊済、対策実施中
	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	技術要件書発刊済、対策実施中
	SA設備の重要度分類に応じた効率的・効果的運用の推進	ガイドライン発刊準備中
	1 相開放故障（OPC）事象への対応	対策実施中
	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	対策検討中
	安全上の重要度に応じたバックフィットルールの検討	対策検討中
	地盤液状化現象の評価手法の高度化	ガイドライン発刊準備中
	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	対策検討中
② 外的事象への備え	【完了】 震源を特定せず策定する地震動の見直しへの対応	-
	【完了】 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	ガイドライン発刊済
	不確実さの大きい自然現象への対応	対策検討中
	新知見によるSs見直しの際の対応方針の策定	対策検討中
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	ガイドライン発刊済
	【完了】 サプライヤー（素材・部品等）の不適合への対応要領の策定	ガイドライン発刊済
	安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取り組み	ガイドライン発刊済、対策実施中
	自主的安全性向上対策導入の促進に向けた対応	対策検討中
	新規制基準への対応設備・運用の見直し	対策検討中
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	ガイドライン発刊済、対策実施中
	EAL（原子力緊急時活動レベル）の見直しへの対応	対策検討中
	PWR1次系ステンレス鋼配管粒界割れの知見拡充	対策検討中
	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	-

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		
○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)

発刊予定		
○液状化評価手法の高度化に関する報告書（仮称）		
○電磁両立性に関する産業界の対応方針（仮称）		
○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（仮称）		