

安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取組

2019年12月〇日
原子力エネルギー協議会

1. はじめに
2. 経年劣化管理の取組：現在
 - 2 – 1. 保守管理
 - 2 – 2. 高経年化技術評価
3. 経年劣化管理に関するATENAの取組方針
 - 3 – 1. 長期停止期間の経年劣化管理
 - 3 – 2. 設計古さへの対応
 - 3 – 3. 製造中止品等への対応
4. まとめ

1. はじめに

事業者は、これまでプラントの安全性を維持・向上させるために、主に腐食や疲労等の経年劣化（物理的な経年劣化）に対して、最新知見を反映した経年劣化評価も踏まえた保全を行うことで、経年劣化を管理してきた。

一方で、一部のプラントでは40年超運転の延長認可を受けたところもあり、各プラントが今後の長期運転*1を安全に進めていくために、また、長期停止が大幅に長期化している状況にも的確に対応していくため、経年劣化への対応は、ますます重要性を増している。

こうした状況を踏まえ、ATENAは、各プラントにおける今後の長期運転を安全に進めていくため、物理的な経年劣化と、更に、暦年の経過とともに最新の技術や知見、設計から時代遅れになること（非物理的な経年劣化：Obsolescence）の両面から経年劣化管理の全体像とその対応について検討するとともに、必要な取組をガイドラインに取りまとめ、各事業者に対して取組の強化を要求していく。

長期運転の更なる安全向上に向けて、経年劣化管理の全体像について検討し、ATENAによる物理的な劣化管理および非物理的な劣化管理の取組について、検討状況・取組方針を説明する。

*1：認可を受けて運転期間制度で定められた40年を超えて運転すること。

2. 経年劣化管理の取組：現在

- 事業者は、発電用原子炉施設の安全機能を維持・向上していくために、保守管理と経年劣化評価の取組により、物理的な劣化に対する管理を行っている。
- 保守管理**：現在、発電用原子炉施設の機器・設備に対して、点検、保修、取替、予防保全等の保全を実施することで、これら設備の経年劣化を管理しており、また、最新の運転経験等を考慮して保全の計画・実施・評価・見直しのPDCAサイクルを回しながら、継続的な改善に取り組んでいる。 ⇒ 5

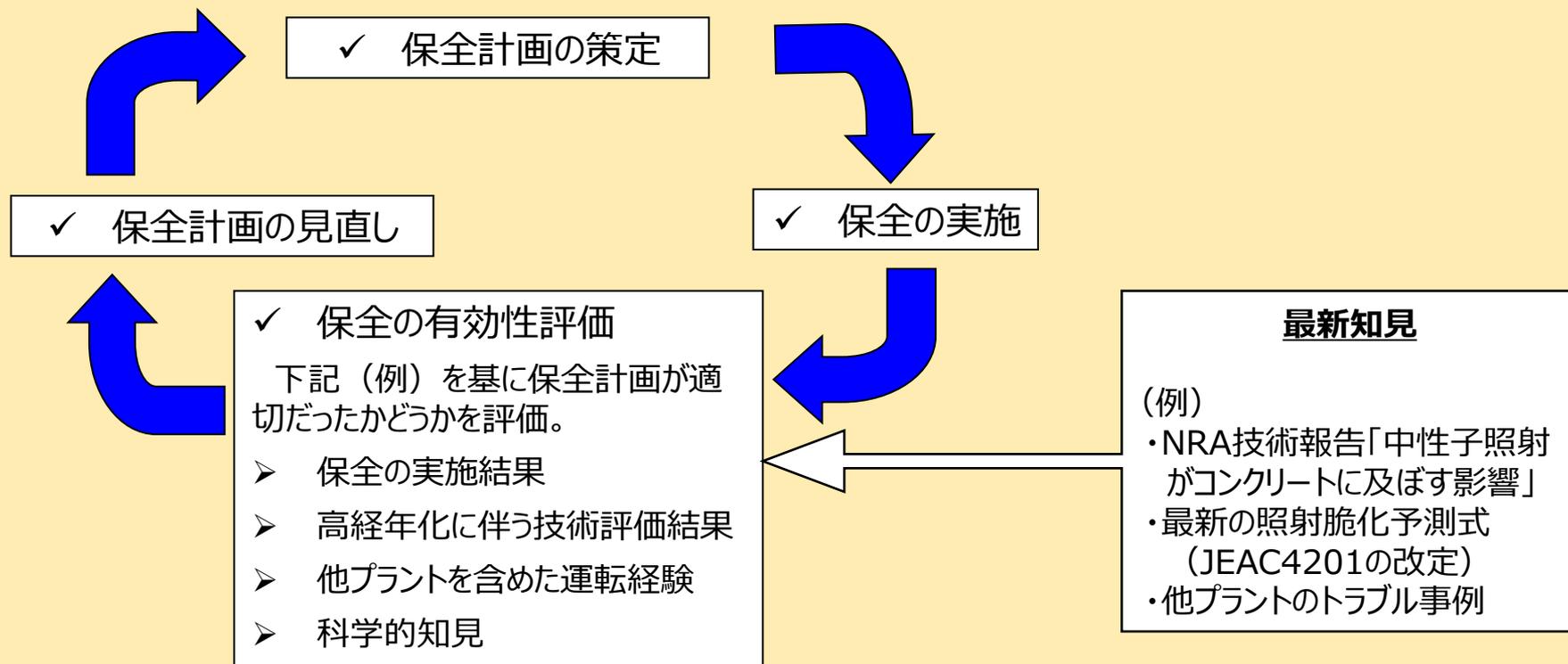
震災後の長期停止期間中においても、停止中の機器の使用状態、停止期間中の劣化を考慮した上で、特別な保全計画を策定し、同様の保守管理を行っている。

- 高経年化技術評価**：運転開始から30年を経過するプラントについては、通常運転の状態および停止中の状態を考慮した高経年化技術評価を実施することで、長期運転に向けて現状保全の有効性を評価し、その結果を保全に反映する取組を行っている。 ⇒ 6

2 - 1. 経年劣化管理の取組：保守管理

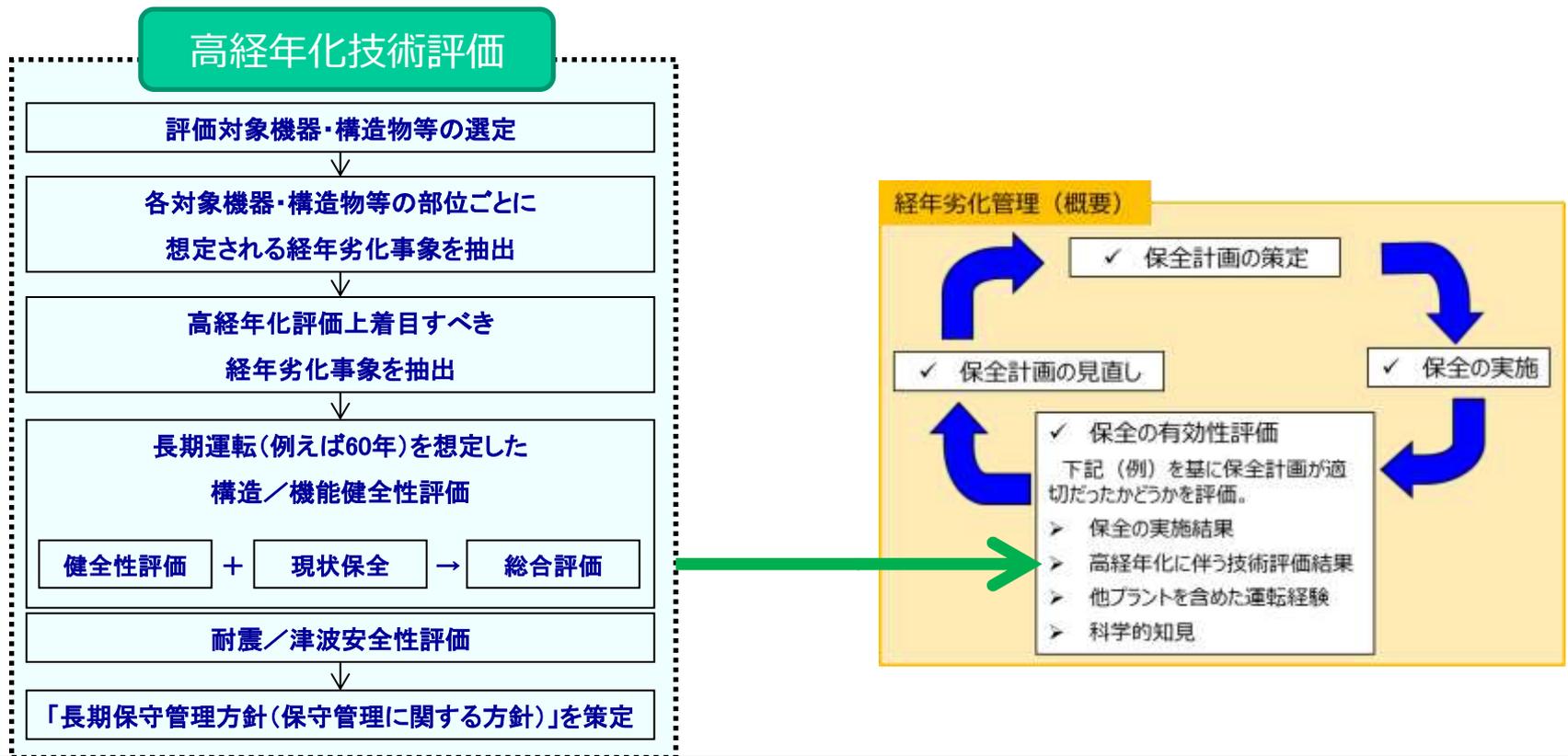
- 発電用原子炉施設の機器・構造物の安全機能維持のため、保全の計画策定、実施、有効性評価、見直しのPDCAサイクルを回しながら経年劣化管理している。
- 研究知見やトラブル情報等の最新知見の反映を適宜行うとともに、技術的な評価手法の精度向上についても継続して取り組むことで、最新知見を考慮した評価に適宜更新している（【参考1】参照）。

経年劣化管理（概要）



2-2. 経年劣化管理の取組：高経年化技術評価

- 運転開始後30年を経過するプラントにおいては、最新知見を踏まえて、長期運転（例えば60年）の劣化を想定した評価を実施している。
- 評価の結果については、追加保全の要否を検討し、経年劣化管理に反映している。
- また、評価にあたっては、長期停止を考慮した評価（冷温停止状態が維持されることを前提とした評価）も実施し、保全に反映している。



3. 経年劣化管理に関するATENAの取組方針（1/3）

- ATENAは、各プラントにおける今後の安全な長期運転に向けて、また、長期停止が大幅に長期化している状況にも的確に対応していくため、IAEAガイド*²も参照し、物理的な経年劣化、及び、非物理的な経年劣化の両面から、経年劣化管理の全体像とその対応について検討するとともに、必要な取組をガイドラインに取りまとめ、各事業者に対して以下の3つの経年劣化管理の取組の強化を要求していく。

*2 : SSG-48 : Ageing Management and Development of a Programme for Long Term Operation of Nuclear Power Plants（原子力発電所の長期運転に関する経年劣化管理及びプログラムの策定）

SSG-25 : Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants（原子力発電所の定期安全レビュー）

SSR-2/2 : Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation（原子力発電所の建設及び運転における安全性）

① 「物理的な経年劣化」管理の取組

＜長期停止期間中の劣化評価を考慮した特別な保全計画＞

- ✓ 長期停止期間は大幅に長期化。将来の安全な長期運転のためには、長期化する停止期間中から劣化管理を確実にを行い、将来の機器の寿命に影響を与えない取組が重要。
- ✓ 停止期間中の状態を考慮した保全計画（特別な保全計画）策定の基本的な考え方を、ATENAガイドとして取りまとめ、事業者の停止期間中における確実な劣化管理の取組を要求していく。

3. 経年劣化管理に関するATENAの取組方針（2/3）

② 「非物理的な経年劣化」管理の取組

＜設計古さの管理＞

- ✓ 長期運転を進めて行くにあたり、暦年の経過とともに、プラントの安全設計の考え方は変遷していく。
- ✓ 長期運転を安全に進めていくために、プラントの安全設計の変遷から着眼点を得て設計の古さを抽出・評価し、これに対して効果的な安全性向上の対策の要否を検討することをATENAガイドとして取りまとめ、事業者の自主的かつ継続的な安全向上の取組を要求していく。

＜製造中止品等の管理＞

- ✓ 長期運転に伴い、計画的な保全に必要な部品やサービスが産業界から提供されなくなる懸念がある。
- ✓ 長期運転を安全かつ安定的に進めるため、ATENAガイドを取りまとめ、製造中止品情報の定期的な入手や、プラントメーカーや事業者間での情報共有等、産業界の製造中止品等に関わる情報を効率的に収集し、対策を検討する仕組みを構築していく。

3. 経年劣化管理に関するATENAの取組方針（3/3）

長期運転を安全に進めるため、腐食等の「物理的な経年劣化」への取組だけでなく、設計が古くなる等の「非物理的な経年劣化」への取組も自主的、かつ、継続的に進めて行く。

取組事項	事業者の取組状況	
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">物理的な劣化</p> <p>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</p>	<p><通常運転時></p> <ul style="list-style-type: none"> 計画的な保全 最新知見を反映した定期的な経年劣化評価（PLM評価） 評価手法の継続的な高度化（照射脆化予測手法[JEAC4201]の見直し） 	
	<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>大部分の機器は不使用</p> <ul style="list-style-type: none"> 停止中は劣化モードなし 保管により有意な劣化なし <p>一部の機器は使用</p> <ul style="list-style-type: none"> 保全により機能回復・維持 有意な劣化なし(評価で確認) 	<p>ATENAによる新たな取組（方針）</p> <p>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 style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">非物理的な劣化</p> <p>最新知見の反映（設計古さ対応）</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>「設計の古さ」の観点からプラントの設計を評価し、継続的な安全向上に取り組んで行く仕組みの構築</p>
<p>製造中止品等への対応</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>	<p>プラントメーカー・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>

(余白)

3 - 1. 長期停止期間の経年劣化管理 (1/2)

【現在の取組状況】

- 長期停止中の経年劣化は有意ではないことを、原子力発電所の運転期間と機器・構造物の経年劣化影響に関する技術レポート*3、高経年化技術評価（冷温停止状態が維持されることを前提としたもの）により評価し確認。
 - ✓ 長期停止期間中は、原子炉容器など大部分の機器を使用していない。これらは適切に保管することにより、あるいは、照射脆化のように、停止中に劣化は進まない。
 - ✓ 停止期間中に使用している一部の機器は、保全（点検や補修、取替）により劣化を管理することで、機器の機能は継続的に回復し維持されることにより、設備の寿命に影響しない。
- なお、停止中状態を考慮した保全計画については、「特別な保全計画」として、炉規法に基づき原子力規制庁に申請。

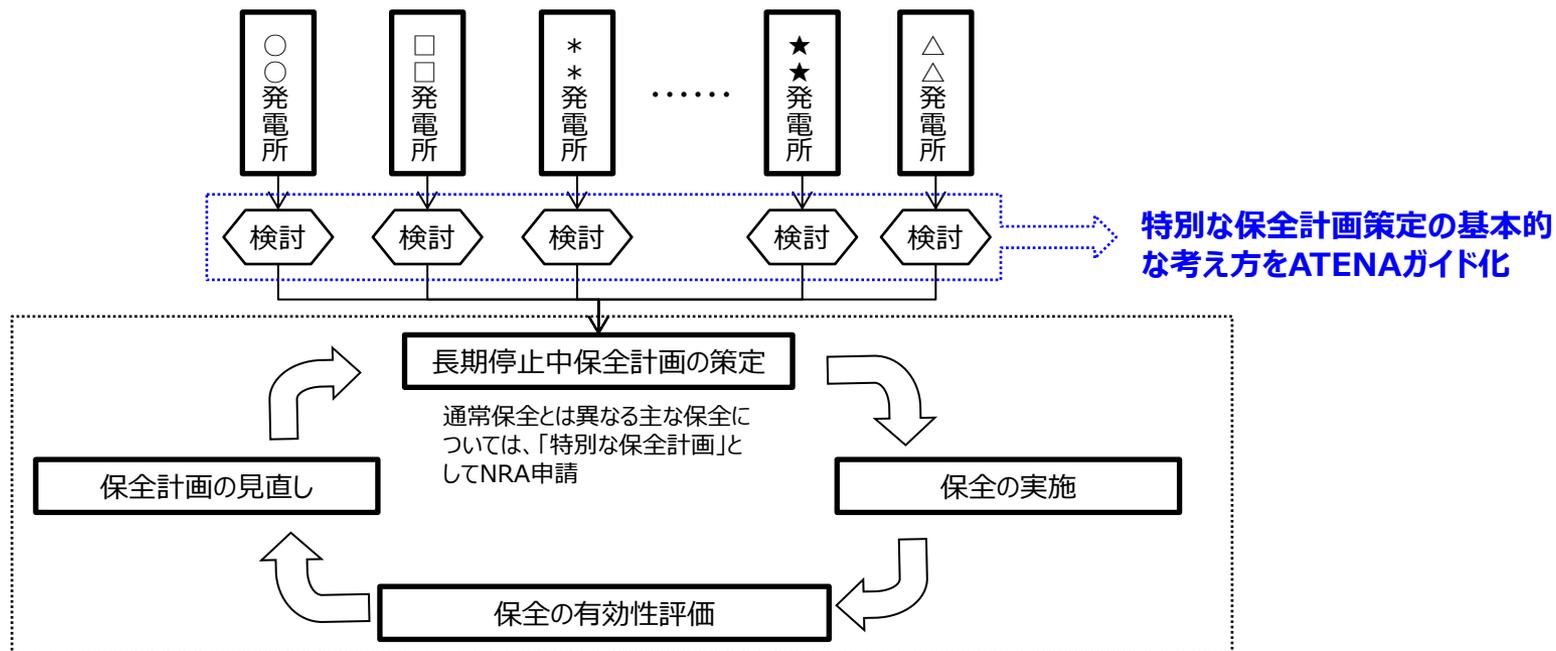
*3：原子力発電所の運転期間と機器・構造物の経年劣化影響に関する技術レポート

- 長期停止期間が大幅に長期化している状況を踏まえ、各事業者が劣化管理を確実に行うことは、今後の安全な長期運転のためにも重要な取組。

3 - 1. 長期停止期間の経年劣化管理 (2/2)

【今後の取組方針 (案)】

- 現在、停止中の状態を考慮した保全計画は、各事業者で個別に策定。
- ATENAは、長期停止期間中の経年劣化評価結果も踏まえ、長期停止中の保全計画策定の基本的な考え方をガイドとして作成。



- ATENAは、各事業者に対して、ATENAガイドに基づき各発電所の停止中の保全計画をレビューし、これまで策定した保全計画に問題がないことを確認することを求める。
- 上記レビューした結果、その計画の見直しが必要な場合、停止中の保全計画に反映する。必要により炉規法に基づく「特別な保全計画」の申請に反映する。

3-2. 設計古さへの対応 (1/2)

【現在の取組状況】

- 最新プラントと比べて型式等が古いプラントにおいても、バックフィットを含む最新の規制基準へ適合させ、プラント設計の改善を図っている。
- 更に、事業者の自主的安全性向上活動として、PSRや安全性向上評価制度の枠組みの中で最新プラントの設計等との比較により安全・系統設計の最適化に取り組んでいるところ。その取組の一環として、これまでも例えば、サプレッションプール水のPH制御や代替循環冷却系（BWR）、RCPシャットダウンシールの導入（PWR）のように、プラント設計に関する最新知見と照らして、安全・系統設計を改善することで安全性向上を図ってきている。

- 今後、長期運転を行っていくにあたって、時間の経過に伴い、プラント設計そのものが新しくなっていくことが想定される。
- それに伴い、既設プラントの設計が「古く」なっていくが、事業者は、現状の安全性に満足せずに、継続的かつ効果的な安全向上に取り組んでいく。

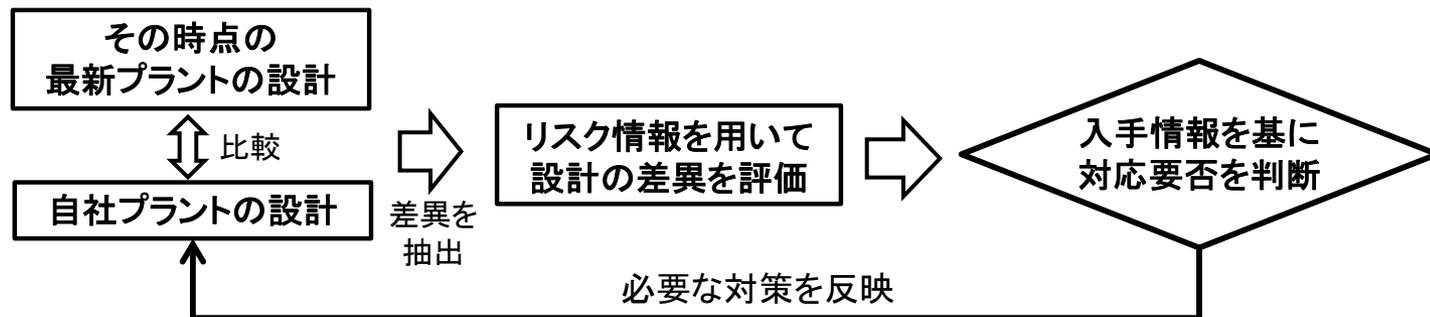
3-2. 設計古さへの対応 (2/2)

【今後の取組方針（案）】

- 基準適合を前提として、今後の安全な長期運転において、経年により生じる相対的な設計の古さに係る課題を抽出し、継続的に安全設計の改善を展開するための仕組みを新たに構築する。

[具体的な取組]

- 当該設計に安全設計上の改善の余地がないかの観点から、その時点の最新プラントと自社プラントを比較し、設計の差異を抽出する。
- 抽出した差異に対して、最新知見やリスク情報を用いて安全に対する影響度合いや改善の効果を確認し、必要に応じて対策を検討する。



- 上記取組みを継続的な安全性向上活動に取り入れていくため、試評価を行う。

3-3. 製造中止品等への対応 (1/4)

【現在の取組状況】

- 既設プラントの安全機能の維持・向上のために、原子力発電所を構成する機器・系統・構築物の保守管理を、定期的かつ計画的に行っている。
- 運転開始以降、一部の部品やサービスが提供されなくなる事例が出てきているが、これに対しては、事前に保守点検の調達先から製造中止等の情報を入手し、予備品の確保や代替品の開発、機器の取替等を行うことで、既設プラントの安全機能の維持、向上に取り組んでいるところ。

- 今後、長期運転を行っていくにあたって、時間の経過に伴い、一部部品の製造中止や既存メーカーの撤退による事例が増加していくことが想定される。
- このような状況が顕在化した場合においても、事業者は、既設プラントの安全機能の維持・向上に継続的に自主的に取り組んでいく。

【今後の取組方針 (案)】

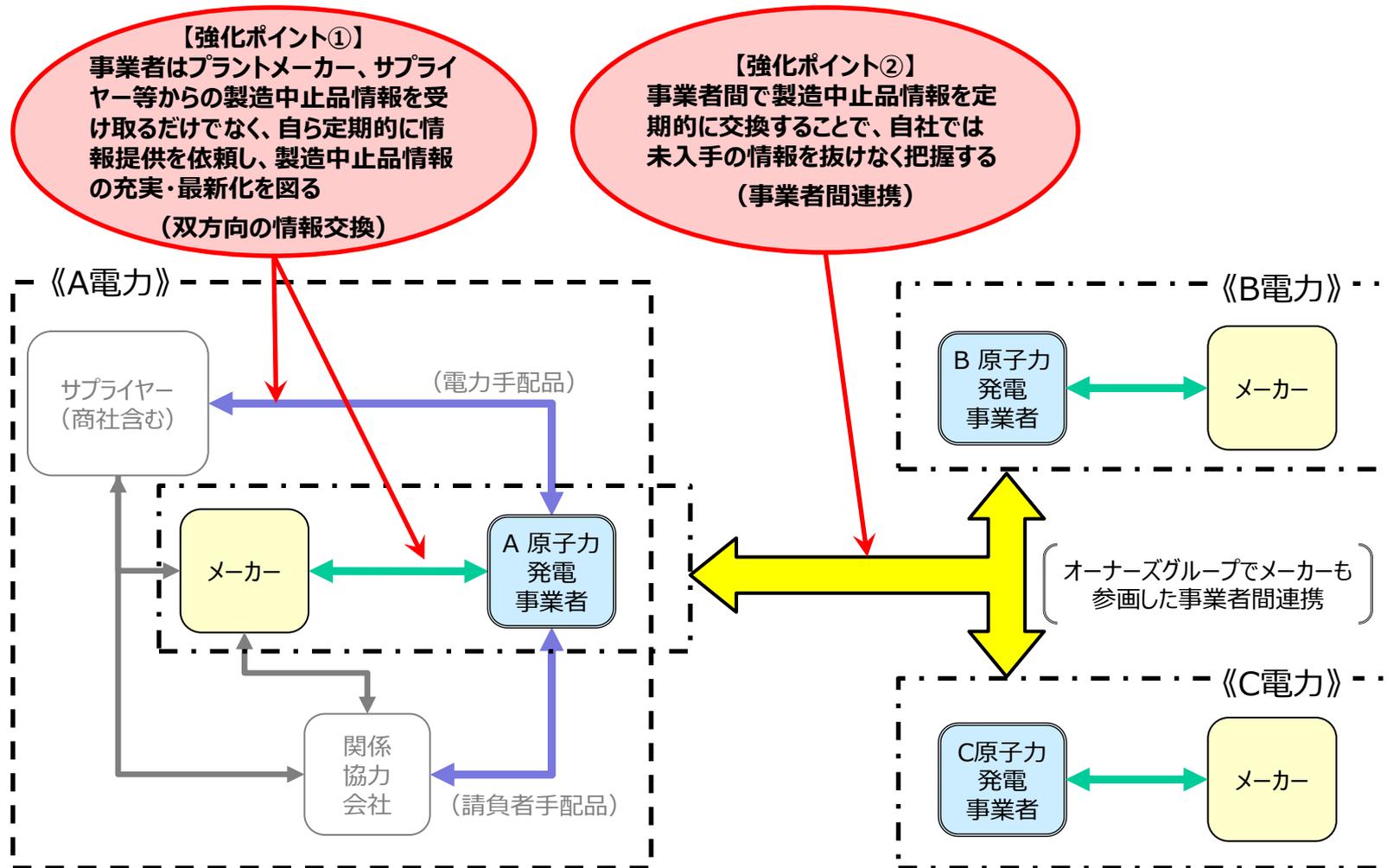
- 今後、増加が予想される製造中止品への対応を確実にし、設備の機能を維持するために、これまで主に発電所や担当部門単位で情報入手し、対応を検討してきた取組を強化し、事業者が製造中止品情報をメーカー・サプライヤー・関係協力会社から、継続的に入手・整備し、一元的に管理し、事業者が連携して対応する仕組みを新たに構築する。

[具体的な取組]

- 各事業者は、保守部品の製造中止品情報をプラントメーカー・サプライヤー等から受け取るだけでなく、自ら定期的に情報提供を依頼し、能動的に製造中止品情報入手する。 ⇒ 17
- 事業者間で情報を共有することで、製造中止品情報を抜けなく把握する。 ⇒ 17
- これら製造中止品情報は、各社の保全プログラムにおいて、保守管理を行う機器と紐付けた情報として整備する。また、これら情報は、各社内で責任箇所を決め、一元的に管理する。 ⇒ 18
- 一元的に管理した情報をベースとし、予備品の確保、代替品の検討等の先手の対応を行う。また、各社共通の課題に対しては、各社が連携して取り組む。
- これら取組は、ATENAの自主ガイドラインとして取りまとめ、事業者に対して、継続的な安全性向上の取組を要求していく。

3-3. 参考：製造中止品等への対応（3/4）

製造中止品情報の入手に係る強化ポイント（各社対応、事業者間連携のイメージ）



3-3. 参考：製造中止品等への対応（4/4）

事業者が製造中止品情報の一元管理のために用いるリスト（製造中止品管理リスト）の例

No.	情報入手日時	情報提供元	機器名	対象ユニット (対象ユニットに○を記入する)				製造中止品 サービス名称	仕様 型式	製造 メーカー	供給 期限	【対応方策情報】 ・代替品有無 ・代替品仕様・型式 ・納期	対応方針
				N1	N2	U1	U2						
2019-01	2019-01-XX	〇〇株式会社	エリア放射線モニタ(ARM)	○	○	-	-	放射線検出器 (LLLレンジ)	ABC-0001-99	〇〇電機工業	2021-01-XX	・代替品有 ・型式:ABC-0091-99 ・納期:6ヶ月	代替品へのリプレースを順次実施

【強化ポイント①】
 保守管理対象（機器名）、対象ユニットと製造中止品情報（仕様・型式・製造メーカー・供給期限等）を紐付
 （保全プログラムとの連携）

【強化ポイント③】
 各社内で製造中止品管理に係る責任箇所を定め、一元的に管理

【強化ポイント②】
 対応方針を含めて製造中止品管理リストを作成
 （処置方針の明確化）

4. まとめ

- ATENAは、安全な長期運転に向けて、物理的な経年劣化と非物理的な劣化の両面から必要な取組をガイドラインに取りまとめ、各事業者に対して取組の強化を要求していく。
- 今後、長期運転を安全に進めて行くために、運転時間の経過とともに設備がどのように劣化するのかを把握・管理し、また、継続的な安全向上に取り組んでいくことは、原子力規制委員会および事業者双方にとって重要と認識。

安全な長期運転に向けた経年劣化管理に係るATENAの取組について、ATENAと技術的な議論を行った上で、原子力規制委員会の見解をいただきたい。

(議論の項目) ATENAの経年劣化管理に関する取組：3回の会合での説明を想定

- ・ 物理的な劣化管理の取組（長期停止期間中における経年劣化を考慮した保全）
- ・ 非物理的な劣化管理（設計古さへの対応、製造中止品等への対応による継続的な安全向上）
- ・ まとめ

【参考資料】

【参考 1】 原子炉容器の保守管理（1/2）

- 原子炉容器については、経年劣化も考慮した予防保全や継続的な検査などの保全を行うことで健全性を確保。
- 着目すべき経年劣化モードである照射脆化に対しては、監視試験による機械特性の確認や将来の脆化予測の継続的な評価により健全性を確認。また、評価のための学協会規格も継続的な精度向上に取り組んでいるところ。

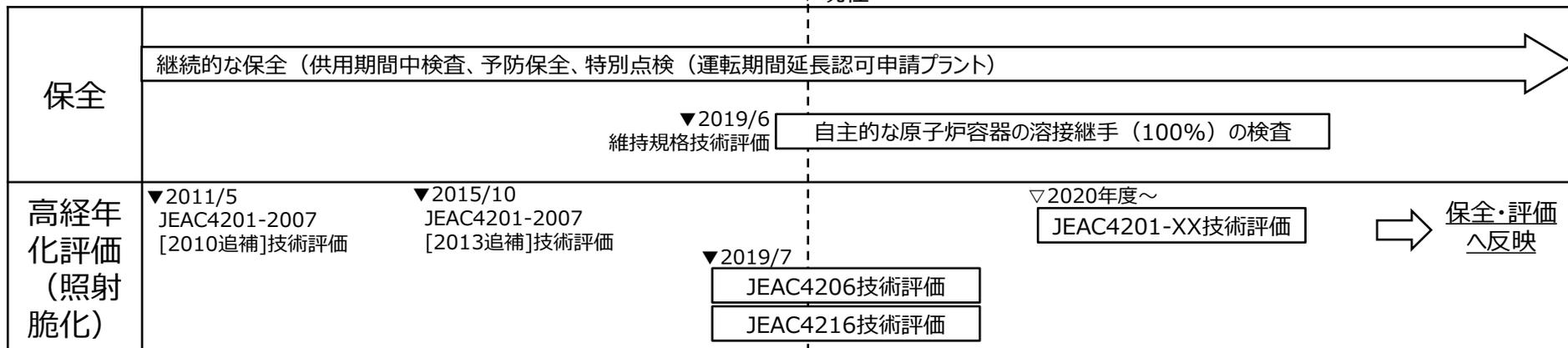
保全

- ✓ 検査
 - 建設時検査（材料検査等）
 - 供用期間中検査
 - 特別点検（40年）
- ✓ 予防保全（ピーニング等）



高経年化評価

- ✓ 想定される劣化事象、最新知見を踏まえた高経年化評価。
- ✓ 照射脆化に対しては、監視試験による機械的特性を確認し、その結果から将来の脆化傾向を評価。



【参考 1】 原子炉容器の保守管理 (2/2)

原子炉構造材の監視試験方法 (JEAC4201) の検討状況について

- 産業界では、将来の安全な長期運転に向けて、脆化予測式の更なる高度化のために、JEAC4201-2007制定以降、実機で照射された原子炉容器材料のマイクロ組織を観察し、照射による材料のマイクロ組織の変化に関する知見を蓄積してきた。
- これら産業界で蓄積してきたマイクロ組織の変化に関するデータや国内外の最新知見を踏まえた上で、照射脆化予測式の基本モデル式の見直し検討を進めており、関連する学協会の専門家を含めて、溶接協会場で検討を行っているところ。
- 溶接協会における基本モデル式の検討結果が概ねまとまりつつあり、2020年以降、これら新たな知見を踏まえ電気協会場でJEAC4201の改定検討を進める。

