

安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取組 （全体概要）

2020年〇月〇日
原子力エネルギー協議会

(余白)

全体説明（1/2）

<背景>

- 12/2CNO意見交換会において、原子力エネルギー協議会（以下、「ATENA」）から「安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取組」について説明。
- その際、安全な長期運転に係るATENAの取組について、技術的な議論を行う場を設けること、また、議論の結果を取りとりまとめ、原子力規制委員会の見解を得て、事業者との共通認識とすることを要請。
- 12/4および1/29原子力規制委員会において、実務者レベルの意見交換の場を設けること、数回議論を行うこと、原子力規制庁（以下、「NRA」）において5月を目途に報告書を取りまとめ、原子力規制委員会に報告すること等を決定。

1. ATENAからの説明項目

- 12/2CNO意見交換会を踏まえ、安全な長期運転に向けた経年劣化管理の取組に関して、ATENAの取組である下記3項目について説明。
 - ①長期停止期間中における特別な保全計画策定の基本的な考え方。
 - ②設計古さの管理
 - ③製造中止品等の管理

また、NRAからご提案の「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性評価に係る事業者の対応（以下、「SAケーブル知見対応」）」及び「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響に係る事業者の対応（以下、「コンクリート照射知見対応」）」についても説明。

参考：経年劣化管理に関するATENAの取組方針

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。

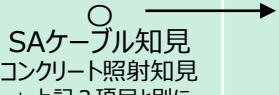
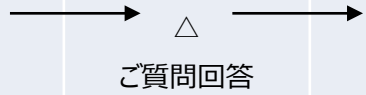
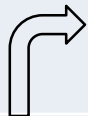
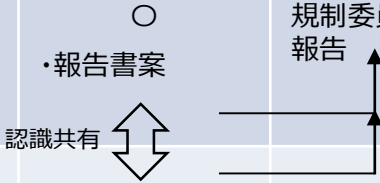
	取組事項	事業者の取組状況
物理的な劣化	<p>設備の経年劣化への対応</p> <p>(経年劣化事象) 腐食、SCC、摩耗、照射脆化、疲労 等</p>	<p><通常運転時></p> <ul style="list-style-type: none"> 計画的な保全 最新知見を反映した定期的な経年劣化評価 (PLM評価) 評価手法の継続的な高度化 (照射脆化予測手法[JEAC4201]の見直し) <p><長期停止期間></p> <ul style="list-style-type: none"> 停止状態を考慮した保全 経年劣化評価 (冷温停止PLM評価、長期停止期間の経年劣化評価) <p>大部分の機器は不使用</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>	
非物理的な劣化	<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>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>「設計の古さ」の観点からプラントの設計を評価し、継続的な安全性向上に取り組んでいく仕組みの構築</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>

2. 進め方案 (次ページ参照)

- ATENAから、3項目の取組について、まず2回の会合で一通り説明。また、ご質問に対しては、2回目の会合以降に順次、回答。
- また、2回の会合の説明結果を踏まえて、3回目の会合において、ATENAとしての「取りまとめ文書案（骨子、議論のポイント整理）」を提示。
- ATENAの取りまとめ文書案についても議論いただいた上で、NRAの報告書を取りまとめていただき、ATENAと認識共有を図った上で、規制委員会へご報告いただきたい。
- 1/29規制委員会で事業者の状況を確認するとされたSAケーブル知見対応に加えて、コンクリート照射知見対応についても、3項目とは別に4月を目処にご説明させていただく。

参考：スケジュール案

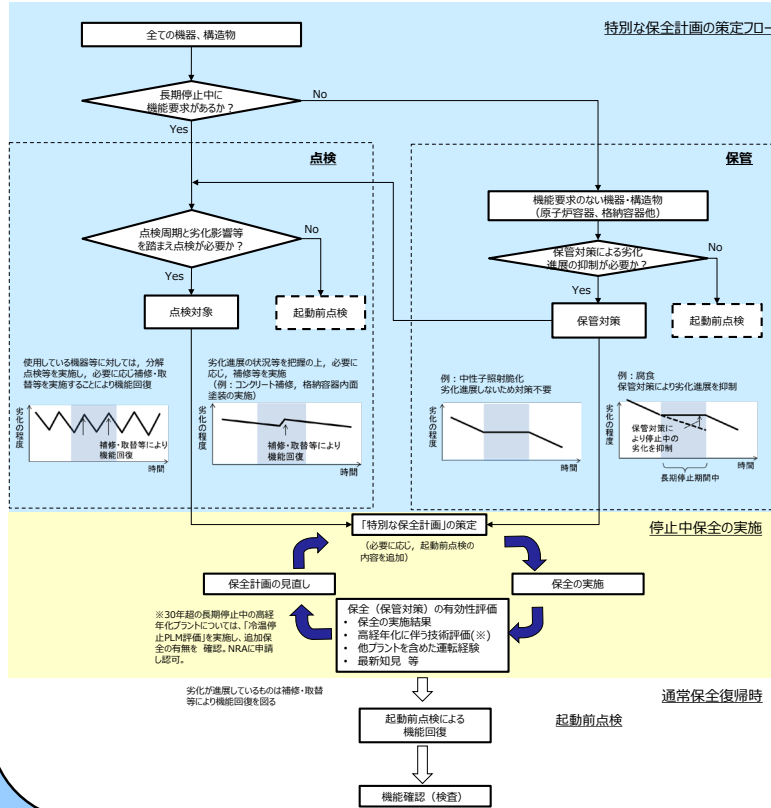
	スケジュール	規制委員会 (1/29)	# 1 公開会合 (3月)	# 2 公開会合 (4月)	# 3 公開会合 (4月)	# 4 公開会合 (5月)	規制委員会 (5月目処)
経年劣化管理 (12/2 CNO意見交換会)	NRA	進め方				○ ・報告書案	規制委員会へ 報告 ↑
	全体		・全体説明 (CNO意見交換会ベース) ・議論のスコープ、 進め方、アウトプット		○ ・ATENAの取りまとめ文書案 (骨子・議論ポイント整理)	○ ・ATENAの取りまとめ文書案	
	プラント長期停止 期間中における保 全		○ 説明	△ ご質問回答	△ ご質問回答		
	設計古さ			○ 説明	△ ご質問回答		
	製造中止品等管理			○ 説明	△ ご質問回答		
その他テーマ				○ SAケーブル知見 コンクリート照射知見 * 上記3項目と別に 説明	△ ご質問回答		



● 背景・目的

- 長期停止期間が大幅に長期化している状況を踏まえ、各事業者が経年劣化を適切に管理することは、今後の安全な長期運転のためにも重要な取組。
- 長期停止期間中の経年劣化が有意なものとならないように、停止中の特別な保全計画策定の基本的考え方をガイドとして取りまとめ。

● 本文・添付. 特別な保全計画策定の基本的考え方



- 本文. 停止時保全（特別な保全計画）策定の基本的な考え方
 - 安全な長期運転に向けて、停止時の保全計画を策定
 - ✓ 停止時に機能要求がない機器・構造物は「保管」、機能要求があるものは「点検」。
 - ✓ 長期停止期間中の経年劣化事象に対して、適切な保全計画を策定（例）停止中の定期的な点検、起動前の総点検・取替等により機能を維持。
 - 保全（保管・点検）の有効性評価を行い改善。
 - 通常運転に復帰時には、検査等により機能が維持・回復していることを確認

● 添付. 長期停止期間中に想定される経年劣化事象

表 原子炉格納容器（PWR）に対する長期停止期間中の経年劣化がプラント運転期間に及ぼす影響と保全ポイント

経年劣化事象	想定される部位	影響の有無	説明	長期停止期間中の保全ポイント	備考
疲労割れ	トップドーム部等	×	運転中、停止期間中とも大きな圧力・温度変動を受けにくい	-	
腐食	トップドーム部、内筒部	△	胴体の内面および外周（PCVの場合ライナープレートの大気接触部）に遊離酸を蓄積しており、遊離酸の健全性を維持することで、停止期間中の腐食の発生を防止できる	遊離酸の健全性を目標点検により確認し、必要に応じて再遊離酸を実施する	
腐食	コンクリート埋設部（スタッド含む）	×	コンクリート内の水酸化カルシウムにより強アルカリ環境を形成しており、鉄表面は不動態化しているため、腐食速度としては極めて小さい	-	

● 別添. 運転期間に影響を与える可能性がある取替困難な機器・構造物の経年劣化評価と保全ポイント

プラントの運転期間に影響する可能性がある取替困難な機器・構造物について、長期停止期間中の保全ポイントを整理。

(1) 取替困難な重要機器・構造物

原子炉容器、格納容器、コンクリート構造物

(2) 長期停止期間中の経年劣化影響、及び、保全ポイントの整理

(例) 格納容器：塗膜管理（腐食）

各事業者の取組

- 保全の実施（PDCA）
 - 特別な保全計画の策定（P）
 - 具体的な点検・保管方法、頻度を、各社の保全実績等を踏まえて策定
 - 保全の実施（D）
 - 有効性評価（C）
 - 計画の見直し（A）

* 現状の取組について、ATENAガイドを踏まえてレビュー。必要により見直し。



NRAによる確認

● 背景・目的

- 今後の長期運転に伴い、時間の経過にしたがってプラント設計そのものの知見が新しくなることが想定される。
- これに対し、基準に適合した既設プラントの設計について、新しい設計との比較により自プラントの安全上の特徴を継続的に把握することで、発電所の安全な長期運転の運営に資する。

設計古さ管理スキーム（ATENAで構築）

規制基準に適合することは前提とし、自主的な対応として、系統・機器・構造物の設計に関し、最新のプラント設計との比較により差異を抽出し、その差異に関する安全上の評価を行う。

○安全性向上評価書における設計古さ（旧式化）への対応

設計古さ（旧式化）管理スキームの流れ：『①設計差異の抽出』⇒『②設計差異の分析・評価』

①設計差異の抽出

- 自社プラントと最新プラントの設計を比較し、設計の差異を抽出。
 - ・廃炉を除く全プラントが対象。
 - ・設計の変遷を踏まえながら、国内最新プラントと比較。
 - ・系統もしくは機器レベルでの設計差異を抽出。
 - ・系統設計上の細部の仕様（系統流量等）ではなく、系統構成等の原子炉リスク等に寄与する差異について、ハザード毎の特徴をふまえて着目。

②設計差異の分析・評価

- 抽出した差異に対し、安全上の視点から評価。
 - 【安全上の視点の例】
 - ・PRA評価結果（全CDF、全CFF、ソースターム、リスクプロファイル 等）
 - ・PRAモデル化要素（起因事象発生頻度、信頼性、アンオペラビリティ、ヒューマンファクタ）
 - ・可能な範囲で、PRAの視点から原子炉リスク（炉心損傷、格納容器破損 等）に寄与する影響を評価。

RHRの例（評価は事業者が実施）

①設計差異の抽出

設計差異（設計の変遷）		設計の論点
BWR4 (評価プラント)	【補機冷却系：分離型】 ・常用補機と非常用補機を分離した構成。 ・非常用系は海水による直接冷却。	中間ループの有無
BWR5	【補機冷却系：完全分離型】 ・非常用系に中間ループを採用。	
ABWR	【補機冷却系：中間型】 ・非常用負荷は区分毎に分離して常用負荷もあわせて冷却。 ・補機冷却ポンプ1台が常時運転。	



②設計差異の分析・評価

設計差異の評価	評価結果
【信頼性】 ・中間ループにより動的機器が増加し、系統信頼性は若干低下。 ・直接冷却の場合、熱交換時に海水が炉水に混入する可能性あり。 【ソースターム・被ばく】 ・中間ループにより一次冷却材が環境に放出されるリスク低減。 【SA時柔軟性】 ・中間ループによりSFPも冷却可能となる一方、系統構成に時間が必要。 ...	補機冷却系の中間ループ有無によるプラント毎の特徴を把握できた。

ATENAは、事業者の対応状況をふまえ、管理スキームの妥当性を評価し、必要に応じて見直しを行う。



事業者

○自プラントの評価を実施

- ・基準に適合したプラントを対象に、ATENAの管理スキームに従い、設計差異の抽出及び評価を実施。
- ・評価結果を踏まえ、対応を検討。
- ・自主的安全性向上活動の中で抽出した対応事項に優先度を付け、実施要否を意思決定。



○評価結果の報告

評価結果および結果に対する対応状況を安全性向上報告書で数回に分けて報告。



NRAによる確認

● 背景・目的

- ・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調達先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、製造中止品に関わる情報を効率的に収集し、対策を検討する産業界の仕組みを構築する

(1) ガイド骨子

「製造中止品管理ガイドライン」は、原子力発電所の安全かつ継続的な運転に資するため、事業者が機器の製造中止等^{*1}による原子力発電所の信頼性及び運転可能性に対して与える影響を管理するプロセスの作成手法を提供

※1：製造中止品への対応は、製品（機器、部品）に限ったものではなく、技術サポート（技術指導、点検、修理、技術情報支援等）が調達できない場合も、「製造中止品情報」とみなし、製造中止品管理プログラムの対象として、情報の入手、対策方針の策定、対策の実施を行う

● 製造中止品管理プログラム

✓ 組織

事業者とメーカー・サプライヤー・関係協力会社（以下、「メーカー等」という）の役割、事業者間連携

✓ 製造中止品管理の方法

① 製造中止品の情報入手

事業者は、製造中止品を早期に特定するために、

- ・長期的な保全計画をメーカー等と共有し、製造中止予定に関する情報提供を依頼
- ・入手した製造中止品情報について、事業者間で情報共有（PWR事業者連絡会、BWR事業者協議会）

② 対策方針の策定

事業者は、①にて把握した製造中止品の対応方針（市中在庫品確保、特別生産、設備更新、代替品選定、他の機器部品活用、リパースエンジニアリング、保守サービス契約〔長期保守サービス等〕）を策定

③ 対策の実施

事業者は②にて明確にした製造中止品対応方針を保全計画に取り込み対策を実施する

● 運転経験のフィードバック

- ✓ 他事業者と連携し、製造中止品情報や経験に係る情報（メーカー等の業務構造変更に係る情報、製造中止品対策実施例、製造中止品情報の収集方法等）を共有。事業者のプログラムにメーカー等が参画することで、産業界全体が一体となって製造中止品対応を進めることを可能とする。

● 製造中止品管理プログラムのレビュー

- ✓ 1回/年程度の定期的なレビューを実施し、継続的に本プログラムのパフォーマンスと効率性の改善を図る。

(2) 製造中止品管理に係る具体的取組について（個社活動例）

1. 製造中止品情報^{*2}の入手

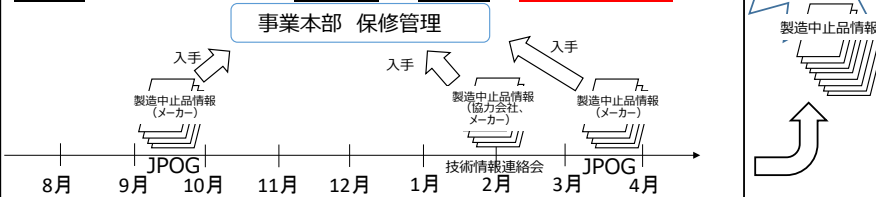
※2 製造中止品情報：情報入手日時、情報提供元、機器名、対象ユニット、製造中止品・サービス名称、詳細仕様、製造メーカー、供給期限、対応方針情報

➢ **適宜：メーカー及び協力会社から製造中止品情報**を入手



➢ **定期的：協力会社及びメーカーより製造中止品リスト**を入手

半期毎：PWR事業者連絡会(JPOG)^{*3}で**メーカーより製造中止品リスト**を入手
年毎：技術情報連絡会^{*3}で**協力会社及びメーカーより製造中止品リスト**を入手



※3 JPOG：プラントメーカー及びPWR 5社を通じて技術情報を報告
 技術情報連絡会：定検工事を実施している協力会社から技術情報を報告

2. 対策方針の策定

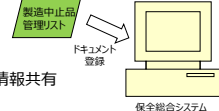
● 製造中止品の対応検討

- 1. で入手した製造中止品の対応策情報を踏まえ、サイト共通事項、更新範囲（設備更新、部品交換）等から対応方針を検討
- 対応方針の中で、中長期の設備更新となり戦略等の検討が必要なのは、事業本部及び発電所が出席する長期保全計画作業会にて対応方針を検討

製造中止品管理リストのイメージ

情報提供元	情報入手時期	機器名	対象ユニット	製造中止品・サービス名称	詳細仕様	製造メーカー	供給期限	代替対応案	対応方針

入手した製造中止品情報



● 製造中止品情報の管理

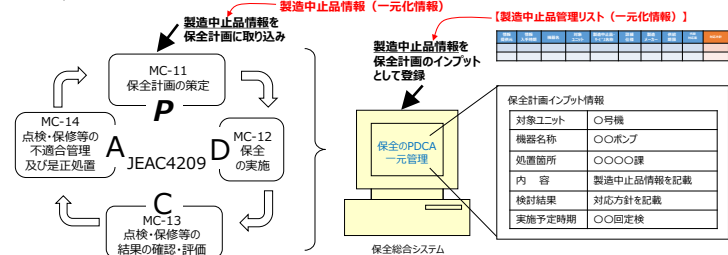
- 上記で検討した対応方針を含めた製造中止品管理リストを保全総合システム^{*4}へドキュメントとして登録し、事業本部・発電所間で情報共有

※4 原子力発電所の設備情報と保全業務を一元管理するシステム

3. 対策の実施

● 保全計画への取り込み

- 2. で作成した製造中止品管理リストの情報を、保全計画のインプット情報として保全総合システムに登録し、対策を実施



【製造中止品管理リスト (一元化情報)】	
情報提供元	情報入手時期

保全計画インプット情報	
対象ユニット	○号機
機器名称	○〇ボンプ
処置箇所	○〇〇環
内 容	製造中止品情報を記載
検討結果	対応方針を記載
実施予定時期	○〇回定検

保全総合システム