

## 発電用原子炉施設の取替困難な機器、構築物の 長期停止期間中の経年劣化に対する理解の概要

令和 2 年 7 月 1 日

原子力規制庁側出席メンバー

経年劣化管理に係る A T E N A との実務レベルの技術的意見交換会において、原子力規制庁と A T E N A との間で技術的な意見交換を行ったもののうち、A T E N A が提示した「プラント長期停止期間中における保全ガイドライン(案)」の別添 A「プラント運転期間に影響する可能性がある取替困難な構築物，系統及び機器の経年劣化事象及び保全ポイント」に関する資料<sup>1</sup>(以下「A T E N A 資料」という。)について行った議論を元に、現時点における A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解を以下のとおりまとめた。

### 1 . A T E N A 資料に対する議論の前提

- (a) 現行の原子炉等規制法の規定の範囲で議論を行った。
- (b) A T E N A 資料は、長期停止期間中のみを対象とし、使用環境に一定の前提条件を置いた上で、劣化事象ごとに要因の有無や保全ポイントを整理したものとのこと。プラント運転期間への影響は対象外であることを確認した上で、別紙 4 に記載されている「補足説明事項」についてコメントを行った。
- (c) コメントの際、同資料の「根拠とする技術ベース」を参考とした。他方、これらの記載内容の技術的根拠までは確認していない。なお、コメントしなかった点について妥当と認めるものではない。
- (d) 3 ページ以降の表で B 及び C に分類された劣化事象については、保管対策及び点検が適切に行われることを前提に経年劣化事象が進展しないと整理しているが、適切な保管対策及び点検内容については今回議論していない。個々のプラントの実際の保管、点検の状況も確認していない。
- (e) 個別のプラントにおけるこれら事象の劣化の度合い並びに保管対策及び点検の内容の適切性等については、各事業者によりプラントごとに個別に評価され、規制当局はそれらの妥当性を個別プラントごとに確認する。

<sup>1</sup> 第 5 回経年劣化管理に係る A T E N A との実務レベルの技術的意見交換会「資料 2 - 6 資料 2 - 1 の一部改訂について(当該部抜粋)」の「別紙 4 A T E N A ガイドライン(別添 A)と技術ベースとの関係」及び「表 9 別添 A において整理した分類の凡例と考え方(第 4 回会合からの見直し案)」

## 2 . A T E N A 資料に対する理解の概要

これまでの A T E N A との意見交換の結果、共通理解に至っているものと至っていないものがある。次表に、A T E N A からの説明内容(中列)とそれに対する原子力規制庁の出席者の理解(右列)を示す。共通理解に至っていないものは、色付きのセルで示した。また、原子力規制庁の出席者の理解については、劣化事象ごとに、「A：環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの」、「B：劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検<sup>2</sup>が必要なもの」、「C：劣化の進展状況を確認するために点検<sup>2</sup>が必要なもの」の3つに分類している。

---

<sup>2</sup> 保管対策及び点検の適切性については、各事業者によりプラントごとに個別に評価され、必要に応じ、個別の審査及び検査により確認する必要がある。

表 ATENA資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要

機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	ATENAからの説明内容			ATENA資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A：環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B：劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C：劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
PWR 原子炉 圧力容器	低サイクル疲労	冷却材入り口管台等	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、低サイクル疲労が発生・進展する環境（温度、圧力の変動）にはならないと考えられる。
	中性子照射脆化	下部胴等	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中は、中性子が照射される環境にはならない。
	応力腐食割れ	冷却材入り口管台等	あり	7	7	B 長期停止期間中に、応力腐食割れが発生・進展する環境（水質管理等）とならないように対策されていることが前提となる。点検には、亀裂解釈に規定された部位が含まれる。
	クラッド下層部の亀裂	下部胴等	あり 経年劣化要因は有るが、長期停止期間中に保管対策を行わなくても、設計・製作段階において経年劣化要因を排除しており経年劣化の発生・進展が想定されない、もしくは既に有意な経年劣化要因がないことが確認されており、経年劣化の発生・進展が想定されない、又は極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、大きな温度、圧力の変動はなく、亀裂が進展する環境にはならないといえる。なお、運転延長の申請を行う場合、炉心領域については特別点検の対象となる。
	ピitting	上蓋胴フランジ	あり	7	7	B 長期停止期間中に、孔食が発生・進展する環境とならないように対策されていることが前提となる。

<sup>3</sup> 保管対策及び点検の適切性については、各事業者によりプラントごとに個別に評価され、必要に応じ、個別の審査及び検査により確認する必要がある。

機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	A T E N A からの説明内容			A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A : 環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B : 劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C : 劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
BWR 原子炉 圧力容器	低サイクル疲労	ノズル、セーフエンド等	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、低サイクル疲労が進展する環境(温度、圧力の変動)にはならないと考えられる。
	中性子照射脆化	胴部(炉心領域部)	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中は、中性子が照射される環境にはならない。
	応力腐食割れ	計装ノズル等	あり	7	7	B 長期停止期間中に、応力腐食割れが発生・進展する環境(水質管理等)とならないように対策されていることが前提となる。なお、点検には亀裂解釈に規定された部位が含まれる。
	クラッド下層部の亀裂	胴部等	あり	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、大きな温度、圧力の変動はなく、亀裂が進展する環境にはならないといえる。なお、運転延長の申請を行う場合、炉心領域については特別点検の対象となる。
	腐食(FAC)	主蒸気ノズル等	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、蒸気が高速で流れるような環境にはならない。
	腐食(全面腐食)	主蒸気ノズル等	あり 長期停止期間中の保管対策を行うことにより、長期停止期間中の経年劣化が、メカニズム的に想定されない又は抑制可能で極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	7	7	B 長期停止期間中は、全面腐食が発生・進展する環境とならないように対策されていることが前提となる。
	腐食(全面腐食)	基礎ボルト	あり 長期停止期間中の保管対策を行うことにより、長期停止期間中の経年劣化が、メカニズム的に想定されない又は抑制可能で極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	7	7	B 長期停止期間中は、全面腐食が発生・進展する環境とならないように対策されていることが前提となる。

機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	A T E N A からの説明内容			A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A : 環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B : 劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C : 劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
BWR 原子炉 圧力容器	摩耗（摺動部）	スタビライザブラケット、スタビライザ	あり	- 8	○ 8 必要に応じて補修が必要。	C 地震時に摺動し、摩耗するため、劣化の状況は発生した地震の大きさ、回数によって異なる。
PWR 原子炉 格納容器	疲労割れ	トップドーム部等	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、疲労割れが進展する環境（温度、圧力の変動）にはならないと考えられる。
	腐食	トップドーム部、円筒部	あり 長期停止期間中の保管対策を行うことにより、長期停止期間中の経年劣化が、メカニズム的に想定されない又は抑制可能で極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	7	7	B 長期停止期間中には、腐食が発生・進展する環境とならないように対策（防食等）されていることが前提となる。
	腐食	コンクリート埋設部（スタッド含む）	あり	- 9	- 9	A T E N A は、長期停止期間中、以下の観点から、コンクリート埋設部は有意な腐食環境にないとし、通常の保全サイクルの期間と同様に長期停止期間中にも劣化要因があるにもかかわらず、点検が規定されていない。コンクリートの目視点検は、通常の保全サイクルの期間も長期停止期間中も行われているのではないが。  (a) コンクリート埋設部は強アルカリ環境を形成しており、コンクリート内において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。

機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	A T E N A からの説明内容			A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A : 環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B : 劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C : 劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
PWR 原子炉格納容器	腐食	コンクリート埋設部(スタッド含む)  (続き)	あり	- 9	- 9	(b) コンクリート内に深く埋設された状態で施工されており、中性化の進展程度は 80 年間で 10cm に満たない程度であることから、10cm を大きく超える位置に埋設されているコンクリート埋設部については、中性化の影響は考慮する必要はない。 (c) コンクリート表面に塗装が施されている箇所もあり、設置環境として緩やかな環境である。 (d) コンクリート表面は、大部分が屋内環境(管理区域内)であり、塩分浸透の影響を考慮する必要はない。なお、PWR のプレストレスト製原子炉格納容器( PCCV )の外表面は屋外環境に晒されているが、コンクリートに十分な厚みがあり、外表面に塗装が施されていることから、塩分浸透の影響を考慮する必要はない。 (e) 通常保全復帰後も、原子炉格納容器漏洩率試験を実施することで、継続的に機能が維持されていることを点検する。 (f) 点検については長期停止期間中にも継続することが有効。
BWR 原子炉格納容器	腐食	ドライウェル、サプレッションチェンバ(円筒胴部)等	あり	7	7	B 長期停止期間中には、腐食が発生・進展する環境とならないよう対策(防食等)されていることが前提となる。
	腐食	基礎ボルト(コンクリート埋設部)	あり	- 9	- 9	A T E N A は、長期停止期間中、以下の観点から、コンクリート埋設部は有意な腐食環境にないとし、通常の保全サイクルの期間と同様に長期停止期間中にも劣化要因があるにもかかわらず、点検が規定されていない。コンクリートの目視点検は、通常の保全サイクルの期間も長期停止期間中も行われているのではない。

機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	A T E N A からの説明内容			A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A : 環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B : 劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C : 劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
BWR 原子炉格納容器	腐食	基礎ボルト (コンクリート埋設部)  (続き)	あり	- 9	- 9	<p>なお、原子炉格納容器の内部については、長期停止期間中は、通常の保全サイクルの期間よりも劣化しやすいといえる環境である。</p> <p>(a) コンクリート内は、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。</p> <p>(b) コンクリート内に深く埋設された状態で施工されており、中性化の進展程度は80年間を考慮しても10cmに満たない程度であることから、10cmを大きく超える位置に埋設されているコンクリート埋設部については、中性化の影響は考慮する必要はない。</p> <p>(c) コンクリート表面は、屋内環境(管理区域内)であり、塩分浸透の影響を考慮する必要はない。</p> <p>(d) 通常保全復帰後、原子炉格納容器漏洩率試験を実施することで、継続的に機能が維持されていることを確認することができる。</p>
	疲労割れ	ダイアフラムフローアールベローズ、ベント管ベローズ	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中には、疲労割れが進展する環境(温度、圧力の変動)にはならないと考えられる。
	摩耗	スタビライザ等	あり	- 8	○ 8 必要に応じて補修が必要。	C 地震時に摺動し、摩耗するため、劣化の状況は発生した地震の大きさ、回数によって異なる。

機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	A T E N A からの説明内容			A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A : 環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B : 劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C : 劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
コンクリート構築物	熱（コンクリートの強度低下）	PWR: 内部コンクリート（1次遮へい壁） BWR: 原子炉ペDESTAL、一次遮へい壁	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中は、熱が発生する環境にはならないと考えられる。
	放射線照射（コンクリートの強度低下）	PWR: 内部コンクリート（1次遮へい壁） BWR: 原子炉ペDESTAL、一次遮へい壁	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中は、放射線が照射される環境にはならないと考えられる。
	中性化（コンクリートの強度低下）	全コンクリート構築物	あり 経年劣化の程度について、20年の停止期間（計80年の期間）を仮定して劣化の進展傾向及び余裕を評価した結果、プラント長期運転期間中の機能維持に対し余裕があり影響を及ぼさないことを確認した経年劣化事象は、本欄に整理。	- 5	6 必要に応じて補修が必要。	C 通常の保全サイクルの期間も長期停止期間中も同様に劣化が進展する。
	塩分浸透（コンクリートの強度低下）	屋外部コンクリート	あり 経年劣化の程度について、20年の停止期間（計80年の期間）を仮定して劣化の進展傾向及び余裕を評価した結果、プラント長期運転期間中の機能維持に対し余裕があり影響を及ぼさないことを確認した経年劣化事象は、本欄に整理。	- 5	6 必要に応じて補修が必要。	C 通常の保全サイクルの期間も長期停止期間中も同様に劣化が進展する。



機器・構築物	想定される経年劣化事象	発生が想定される部位	A T E N A からの説明内容			A T E N A 資料に対する原子力規制庁の出席者の理解の概要
			劣化要因	保管対策	劣化の状況の点検	A : 環境条件から劣化の要因として考慮しなくても問題ないもの B : 劣化の進展を抑制するために保管対策及び点検 <sup>3</sup> が必要なもの C : 劣化の進展状況を確認するために点検 <sup>2</sup> が必要なもの
コンクリート構築物	アルカリ骨材反応(コンクリートの強度低下)	全コンクリート構造物	あり 経年劣化要因は有るが、長期停止期間中に保管対策を行わなくても、設計・製作段階において経年劣化要因を排除しており経年劣化の発生・進展が想定されない、もしくは既に有意な経年劣化要因がないことが確認されており、経年劣化の発生・進展が想定されない、又は極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	- 8	○ 8 必要に応じて補修が必要。	A T E N A は、「長期停止期間中において、劣化が進行する要因が存在していたとしても、その進展は無視できる程度に小さいものであると推定される劣化事象」としているが、反応性シリカを含む骨材を使用している場合、その進展は無視できる程度に小さいとする根拠が不明。
	機械振動(コンクリートの強度低下)	PWR: タービン架台等 BWR: タービン発電機架台等	あり 経年劣化要因は有るが、長期停止期間中に保管対策を行わなくても、設計・製作段階において経年劣化要因を排除しており経年劣化の発生・進展が想定されない、もしくは既に有意な経年劣化要因がないことが確認されており、経年劣化の発生・進展が想定されない、又は極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	- 8	○ 8 必要に応じて補修が必要。	A T E N A は、「長期停止期間中において、劣化が進行する要因が存在していたとしても、その進展は無視できる程度に小さいものであると推定される劣化事象」としているが、機械振動は、コンクリート構造物と非常用 DG 等の機器の固定状況の違いによる固有振動数や機器等の出力、稼働回数、稼働時間等を踏まえて、劣化の状況を個別に評価すべきもの。一般論として、その進展は無視できる程度に小さいとする根拠が不明。
	凍結融解(コンクリートの強度低下)	地上部コンクリート	あり 経年劣化要因は有るが、長期停止期間中に保管対策を行わなくても、設計・製作段階において経年劣化要因を排除しており経年劣化の発生・進展が想定されない、もしくは既に有意な経年劣化要因がないことが確認されており、経年劣化の発生・進展が想定されない、又は極めて小さいと考えられるものを、本欄に整理。	- 8	○ 8 必要に応じて補修が必要。	A T E N A は、「長期停止期間中において、劣化が進行する要因が存在していたとしても、その進展は無視できる程度に小さいものであると推定される劣化事象」としているが、凍結が生じる環境条件でその進展は無視できる程度に小さいとする根拠が不明。
	熱(コンクリートの遮へい能力低下)	PWR: 内部コンクリート(1次遮へい壁) BWR: ガンマ線遮へい壁, 一次遮へい壁	なし	- 9	- 9	A 長期停止期間中は、熱が発生する環境にはならないと考えられる。

( A T E N Aによる注釈 )( 抜粋 )

: 長期停止期間中において、劣化が進行する要因が存在している劣化事象であり、その状況（保管対策により劣化進展の抑制等を行っているものは、その効果）を確認するために点検を実施されていることが前提となるもの。

: 長期停止期間中において、劣化が進行する要因が存在していたとしても、その進展は無視できる程度に小さいものであると推定される劣化事象であり、劣化がないことを確認するために通常保全サイクルで行われている点検を継続して実施する。

5 : コンクリート中性化等については、長期停止期間中の経年劣化の管理のために、分類 3 にあがるような必要な保管対策はないため、「 - 」と表記。

6 : 長期停止期間中の経年劣化の程度について評価した結果有意ではないが、停止中の進展の状況を確認し必要に応じた補修等を行うために、長期停止期間中に実施することが必要な点検。

7 : 長期停止期間中の経年劣化の発生・進展を極めて小さい等の程度に抑制するために必要な保管対策、及び保管対策の効果を確認するために必要な点検。

8 : 長期停止期間中の経年劣化の発生・進展が想定されないため、保管対策は不要であるため、「 - 」と表記。また、 は、経年劣化の発生・進展が想定されない又は極めて小さいことを確認するために必要な点検。分類 2・3で行う点検と目的が異なるため、「 」と表記。具体的にコンクリートの強度低下（機械振動、アルカリ骨材反応、凍結融解）；目視点検などの定期的な点検及び必要に応じた補修等を継続。また、原子炉圧力容器及び原子炉格納容器の「摩耗」については、地震時のみ摺動するものであり、地震時の摺動回数も少ないことから、摩耗の発生・進展の可能性は小さいが、長期停止期間中に大きな地震が発生した場合には、機能に影響を与えるような損傷がないことを点検により確認。

9 : 長期停止期間中に経年劣化要因がなく、保全活動 として挙げられるものもないため、「 - 」と表記した。なお、「分類 4'」については、添付資料 では経年劣化要因があるが、機器と部位を特定した場合には別紙 4 の通り、長期停止期間中に経年劣化要因がないため「 - 」と表記。