

2020 年 4 月〇日
原子力エネルギー協議会

「プラント長期停止期間中における保全ガイドライン」の作成にあたり
参考とした現場経験及び知見とその反映について

1. はじめに

前回会合（令和 2 年 3 月 6 日）では、「プラント長期停止期間中における保全ガイドライン」（以下「ATENA ガイドライン」という。）は、原子力発電所において実施している技術ベースである、長期停止期間中の保全活動で得た経験及び経年劣化事象に関する知見を反映したものである旨説明した。本資料では、ATENA ガイドラインの作成にあたり実際に参考としたインプット情報及び ATENA ガイドラインにおける技術ベースとして備えた添付資料や別添 A への反映方針について説明する。

2. インプット情報の分類

ATENA ガイドラインの作成にあたり使用した技術ベースである「現場経験等」「経年劣化事象に関する知見」を表 1 に示す。

表 1 ATENA ガイドラインの技術ベース作成にあたり使用したインプット情報 一覧

項目	インプット情報	
	国内情報	海外情報
現場経験等（不具合情報）	①：NUCIA ¹ 情報 ②：CAP 情報	③：EPRI レポート（Browns Ferry 1 号機） ④：長期停止期間中の海外 OE 分析情報
経年劣化事象に関する知見	⑤：経年劣化事象に関する既存知見	

※：長期停止期間中に関係する情報

3. 現場経験等

（1）国内 OE 情報

①：NUCIA 情報

【情報抽出方法】

ATENA ガイドラインの作成にあたり、NUCIA に登録されている NUCIA 運用開始（2003 年度）以降のトラブル等情報（トラブル情報、保全品質情報及びその他情報）を対象に、「長期停止」をキーワード検索することで情報を抽出の上、長期停止期間中の経年劣化事象に関係する情報を抽出した。

¹ 「原子力施設情報公開ライブラリー」のこと。

また、上記情報以外で、東日本大震災以降の長期停止期間中の経年劣化事象が原因で発生したトラブル等情報（NUCIA 登録情報）の追加の必要性について、

- ・各事業者からのヒアリング
- ・過去に事業者大で実施・共有したトラブル等情報分析結果※

を確認し、長期停止期間中の経年劣化事象に関係する情報については、上記の抽出情報に追加した。

※：PWR プラントの再稼働時における懸案事項の共有のため、2000 年度～2009 年度までに原子炉起動時に発生したトラブル等情報（NUCIA 登録情報）を抽出した情報。

【抽出結果】

長期停止期間中の経年劣化事象に関連する情報として、3 件の情報が得られた。個別のトラブル等情報リストは、[別表 1]に示す。また、情報分析結果は表 2 に示す。

表 2 長期停止期間中の保全活動に係るトラブル等情報※¹ 一覧

経年劣化事象	保管状態の機器・構造物 で発生※ ²	使用している機器・構造物 で発生
固着	1 件 (M)	
腐食（全面腐食）	1 件 (M)	
疲労割れ		1 件 (M)
計	2 件	1 件

※¹：事象の分類について、T＝トラブル情報、M＝保全品質情報、S＝その他情報とする。

※²：長期待機状態の機器・構造物について発生したトラブル等情報も「保管状態」の欄で整理する。（以降同じ）

抽出されたトラブル等の傾向を見ると、保管状態の機器・構造物については、保管環境が劣化抑制にあたり十分でなかったことで劣化が進展した「固着」「腐食」が発生している。また、使用している機器・構造物については、長期停止期間中に使用条件を変更することにより劣化進展が想定よりも進んだ「疲労割れ」が発生している。

なお、これらの事象については、ATENA-WG のトラブル等情報水平展開の枠組みにおいて各事業者へ共有が行われるとともに、当該機器・構造物に対する定期点検の実施や点検内容の充実化等の予防処置の検討が行われている。

②：CAP 情報

【情報抽出方法】

各事業者においては、①の情報以外にも、機器・構造物の不具合が発生した場合は、各社の施設管理計画の下で不適合処理を行い、保全活動の改善を図っている。この活動の傾向を把握するため、国内各事業者において東日本大震災以降、初回の「特別な保全計画」を定めて以降、特別な保全計画を構成する個別機器・構造物の点検計画や保管対策を変更するに至った事象※¹について、保全指針の変更履歴を参考に各事業者が調査した結果をサンプル収集し、このうち経年劣化事象に関連するもの※²を抽出の上、傾向を確認した。（以下、本欄では、左記プロセスで収集した情報を「CAP 情報」という。）

※ 1 : 各事業者からの調査の結果、不具合発生前に機能低下等の兆候を発見したものや、保管状態等を踏まえ想定される経年劣化事象を踏まえ未然に保管対策の変更を行った事例を、本欄に該当する事例として挙げた。

※ 2 : 不具合やその兆候の状況を踏まえ原因として想定される経年劣化事象を示すものであり、①NUCIA 情報のように、トラブル等情報に係る事業者大の枠組みを通じて推定原因の経年劣化事象を特定したものではない。

【抽出結果】

事業者からサンプル収集した CAP 情報のうち、経年劣化事象に関連するものを[別表 2]に示す。

CAP 情報からは、配管内の排水不備が原因で発生した「腐食（全面腐食）」、発錆や潤滑性低下に伴う弁やポンプ軸受部の「固着」、腐食性生成物（スケール）による「異物付着」、機器を長期使用しなかったことに伴い進展した「導通不良」、機器の使用条件の変更に伴い生じた「腐食（エロージョン）」が確認された。また、不具合に至らなかった情報として、シール不十分による計器ラック等への塵埃混入（導通不良の可能性）や、原子炉容器の乾燥保管に伴う水質悪化に関する情報が確認された。

（2）海外 OE 情報

③ : EPRI レポート

【情報抽出方法】

事業者の経年劣化影響評価技術レポート²に対する EPRI レビュー結果³では、長期停止期間中の保全活動をレビューする上で参考となる海外事例として、米国 Browns Ferry1 号機⁴の長期停止を挙げている。

ATENA ガイドラインの作成にあたっては、参考として、EPRI レビューで挙げている Browns Ferry 1 号機で現に発生した長期停止期間中に保全活動と関係する不具合事例を抽出した。

【抽出結果】

EPRI レポートでは、Browns Ferry 1 号機で長期停止期間中の保全活動と関係する不具合事例の代表事例として、使用しない系統中に、乾燥保管のための排水時に残った原水が滞留すること等で生じた、残留熱除去給水 (RHRSW) 系統及び原水冷却水 (RCW) 系統配管の腐食事象を挙げている。

④ : 長期停止期間中の海外 OE 分析情報

² 北海道電力株式会社ほか原子力発電事業者 11 社
「原子力発電所の運転期間と構築物、系統及び機器の経年劣化影響に関する技術レポート」
(2018 年 11 月第 1 回改訂)

³ Materials Reliability Program: Electric Power Research Institute (EPRI) Review of the Japanese Nuclear Operators' (JNOs') Aging Management Plan for Prolonged Shutdown Periods (MRP-435): EPRI, Palo Alto, CA: 2018. 3002014336.

⁴ Browns Ferry1 号機は、1985 年 3 月以降、運転上及び管理上の問題により運転を停止し、2007 年 5 月に再稼働を行った。

【情報抽出方法】

JANSI は、過去に 1 年以上の長期停止を経験した海外プラント（6 基）に関する OE 情報（INPO 及び WANO 情報）を分析し、トラブル等発生原因（運転操作、長期停止期間中の保全活動等）を分類の上、事業者に共有している。

ATENA ガイドラインの作成にあたっては、これらの分析結果のうち、長期停止期間中の経年劣化事象が関係していた事例を確認した。

【抽出結果】

JANSI の分析結果で、具体的に長期停止期間中の経年劣化事象が関係していた事例について、表 4 のとおり確認した。

表 4 長期停止期間中に発生した経年劣化事象の事例（海外 OE 情報分析結果）

経年劣化事象	保管状態の機器・構造物で発生	使用している機器・構造物で発生
異物付着	1 件 ^{※1}	
導通不良	1 件 ^{※2}	
腐食（エロージョン）		2 件 ^{※3}

※ 1：循環水配管内で生成した腐食生成物（スケール）が伝熱性能の低下を招いたもの。

※ 2：機器操作スイッチの接点不良によるもの。

※ 3：PWR 化学体積制御系統の充てんラインの充てんポンプ出口弁を高差圧状態で長期間使用したことによるものと、化学体積制御系統（PWR）の体積制御タンク圧力が低い状態でポンプを長期間使用したことによる吸込インペラの損傷によるもの。

（3）まとめ

- ・保管状態の機器・構造物に対する劣化として、主に固着、腐食、導通不良が発生している。また、これらの事象の発生要因としては、以下のような傾向が見られる。
 - －保管環境が要因で劣化が進展
 - 例：固着（弁の発錆）
 - －劣化進展の抑制のための対策が十分でないことで劣化が進展
 - 例：腐食（配管内の排水不備）
 - －使用しないことで劣化が進展
 - 例：導通不良（電気品の酸化膜形成）
- ・使用している機器・構造物については、機械設備に対し、腐食（エロージョン）や疲労割れが発生している、これらはいずれも、使用条件を運転中から変更したため、運転中の使用条件で想定されるよりも早く劣化が進展したものである。

（本頁以下余白）

4. 経年劣化事象に関する知見

（1）既存知見について

⑤：経年劣化事象に関する既存知見

ATENA ガイドライン作成にあたり活用した経年劣化事象に関する既存知見は、以下が挙げられる。

- ・ PLM 評価書
- ・ 保全活動及び PLM 評価の前提として活用している事業者及びメーカーの保有情報
- ・ PLM 学会標準⁵（附属書 E）
- ・ 経年劣化影響評価技術レポート

既存知見を元に、長期停止期間中に想定される経年劣化事象として整理するにあたり特に考慮した事項を以下に述べる。

a. 長期停止期間中も考慮が必要な経年劣化事象

長期停止期間中に想定される経年劣化事象は、基本的には、使用環境や使用条件の違いにより決まるものであり、b 及び c（後述）を除く経年劣化事象は、通常保全サイクルにおける経年劣化事象に関する既存知見が活用できる。

表 6 に、既存知見として、現場の保全活動や PLM 評価にあたり事業者が活用している、長期停止期間中の経年劣化事象に関連する知見の例を示す。

表 6 PLM 評価で蓄積した既存知見の例

経年劣化事象	既存知見	根拠とする知見
固着	・ 定期的な作動確認や点検、或いは起動前点検での手入れ、作動確認	個別機器に対する各種 OE 情報
腐食	・ 保管方針（満水保管・乾燥保管）	保管環境と腐食量の関係に関する各種文献
	・ 滞留水に対する腐食の発生可能性	国内外 OE 情報
応力腐食割れ	・ ステンレス鋼の応力腐食割れの考慮	事例規格等（温度条件及び溶存酸素や塩化物と劣化進展との関係）

b. 通常運転中よりも劣化進展が厳しくなる経年劣化事象

各事業者が使用している機器・構造物の使用条件を踏まえ、運転を断続的に行うことを前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象について、PLM 評価書（冷温停止版）で抽出している。PLM 評価書において各事業者において抽出している経年劣化事象を表 7 に示す。

表 7 に示す経年劣化事象は、①～④の国内外 OE 情報に示す、使用している機器・構造物に対する経年劣化事象（腐食（エロージョン）や摩耗）と同じく、長期停止期間中の使用条件の変更により、想定が厳しくなる経年劣化事象として留意する必要がある。

表 7 長期停止期間中に使用する機器・構造物で想定が厳しくなる経年劣化事象

⁵日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準」

経年劣化事象	PLM 評価書において挙げている事例の一部	前提となる使用条件
摩耗	残留熱除去ポンプ及びポンプモータ, 残留熱除去海水系ポンプ及び海水ポンプモータの主軸の摩耗	通常より使用頻度が増える場合
摩耗及び高サイクル疲労割れ	残留熱除去系熱交換器の伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ	
絶縁特性低下	残留熱除去海水系ポンプモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下	
腐食（エロージョン）	残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の弁体・弁座の腐食 充てん水流量制御弁等の弁体・弁座又は弁箱弁座部シート部の腐食（エロージョン）	通常と異なる運用を実施する場合
フレット疲労	充てん／高圧注入ポンプ, 余熱除去ポンプの主軸のフレット疲労割れ	

c. 長期停止期間中は想定不要と整理できる経年劣化事象

長期停止期間中の使用環境や使用条件を踏まえると、想定不要と整理できる経年劣化事象について、以下に述べる。

c-1. 機械設備、電気設備及び計装設備

PLM 評価書において想定されとしている経年劣化事象に関して、機器・構造物の保管環境の変化に伴い、経年劣化要因の影響が極めて小さくなるため、想定不要と整理される事象がある。このような経年劣化事象については、ATENA ガイドラインの作成にあたっては、前提とする保管環境とあわせて想定要否の考え方を別途整理する。

c-2. コンクリート構造物

コンクリート構造物は、長期停止期間中においても使用するが、使用環境（温度、放射線、機械振動等）が異なる。ATENA ガイドラインの作成にあたっては、PLM 評価書の内容を元に、想定される使用環境とあわせて経年劣化事象の想定要否の考え方を整理する。

(2) その他

既存の PLM 関連知見の拡充をはじめとした個別研究課題の方針や研究計画については、産業界において PLM 研究推進会議及び PLM 研究総括検討会を設置し、事業者、電力中央研究所、メーカー等において随時検討を行っており、得られた研究成果については、随時事業者の個別の保全活動や PLM 評価書に反映していくこととしている。

（本頁以下余白）

5. ATENA ガイドラインへの反映

3, 4 で述べたインプット情報を元に, ATENA ガイドラインにおいては, 長期停止期間中の機器・構造物に想定される保管環境等を踏まえ, 新たに原子力発電所の保全活動向けの技術ベースとして, 図 1 のように, 添付資料及び別添 A として整理した。

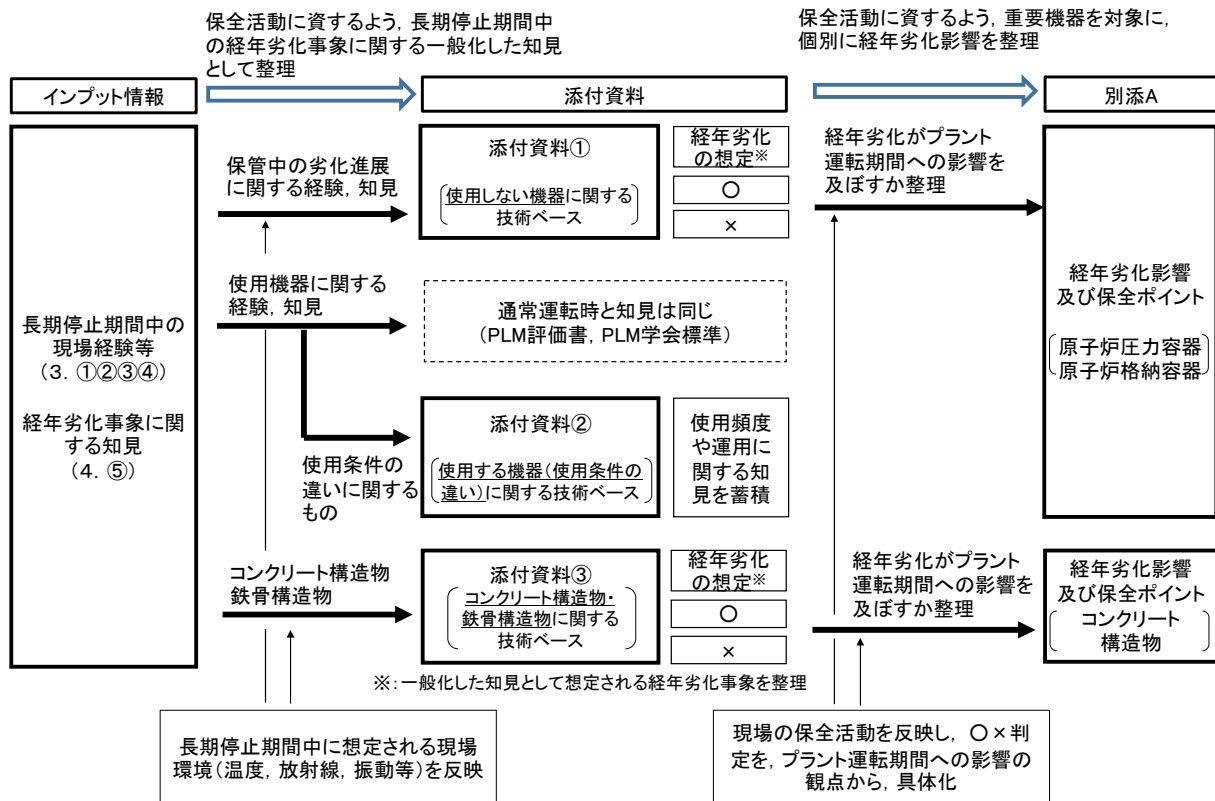


図 1 インプット情報（技術ベース）と ATENA ガイドとの関係

(1) 前提条件

長期停止期間中の経年劣化事象に関する一般化した情報として添付資料及び別添 A に整理するにあたり前提とした、機器・構造物の使用環境を[別紙 1]に示す。

(2) 添付資料の記載方針

添付資料①について

- ・使用しない機器に関する経年劣化事象の技術ベースとして整理。

PLM 学会標準附属書 E (4. ⑤) で整理されている経年劣化事象の想定要否表を元に, 使用しない機器・構造物に関する使用環境及び国内外で実際に発生している長期停止期間中の経年劣化事象に関連する不具合等の事例 (3. ①～④) を踏まえ, 想定要否 (○×) を整理した。

- ・また, 既存知見のうち, 想定事象の理解に役立つ情報 (4. ⑤) は, 各経年劣化事象に関連する情報として適宜理由欄等に示した。

添付資料②について

- ・使用する機器・構造物の使用条件の違いにより想定が厳しくなる経年劣化事象の技術ベースとして整理。

国内外 OE 情報（3. ①～④）及び既存知見（4. ⑤）を元に、使用する機器・構造物の使用条件の違いにより想定が厳しくなる経年劣化事象を事象別に記載。

添付資料③について

- ・コンクリート構造物及び鉄骨構造物に対する経年劣化事象の技術ベースとして整理。
PLM 学会標準附属書 E（4. ⑤）で整理されている経年劣化事象の想定要否表を元に、個別構造物に想定される使用環境を踏まえ、想定要否（○×）を整理した。

（想定要否の分類（添付資料①及び③））

（1）の前提の下、表 8 のとおり、長期停止期間中の経年劣化事象の想定要否として一般化可能な分類を整理した。

表 8 添付資料①及び③で採用した想定要否整理の考え方

想定否「×」	【添付資料①の場合】 経年劣化事象のメカニズムを踏まえると、一般的に、機器を使用しない限り経年劣化の発生又は劣化の進展の可能性が限りなく小さいと判断できる場合、想定否「×」として整理 【添付資料③の場合】 プラントの運転に伴い発生、進展するものであり、長期停止期間中の進展の可能性が限りなく小さいと判断できる場合、想定否「×」として整理。 具体的に想定否とした経年劣化事象に関する説明を[別紙 2]に示す。
想定要「○」	上記以外の場合は、全て想定要「○」として整理

（現場経験等の反映）

現場の活用性の促進を企図し、想定要事象の理由欄及び想定される設備欄に、国内外 OE 情報及び CAP 情報（3. ①～④）で確認された事例に関する情報を留意事項としてを追加した。

添付資料①～③と、3. ①～④で述べた国内外 OE 情報との関係を[別紙 3]に示す。

（3）別添 A の記載方針

- ・別添 A は、図 2 のフローを元に抽出した、プラント運転期間に影響する可能性がある取替困難機器・構造物である「原子炉圧力容器」「原子炉格納容器」及び「コンクリート構造物」を対象に、経年劣化事象及び保全ポイントを整理した。

（本頁以下余白）

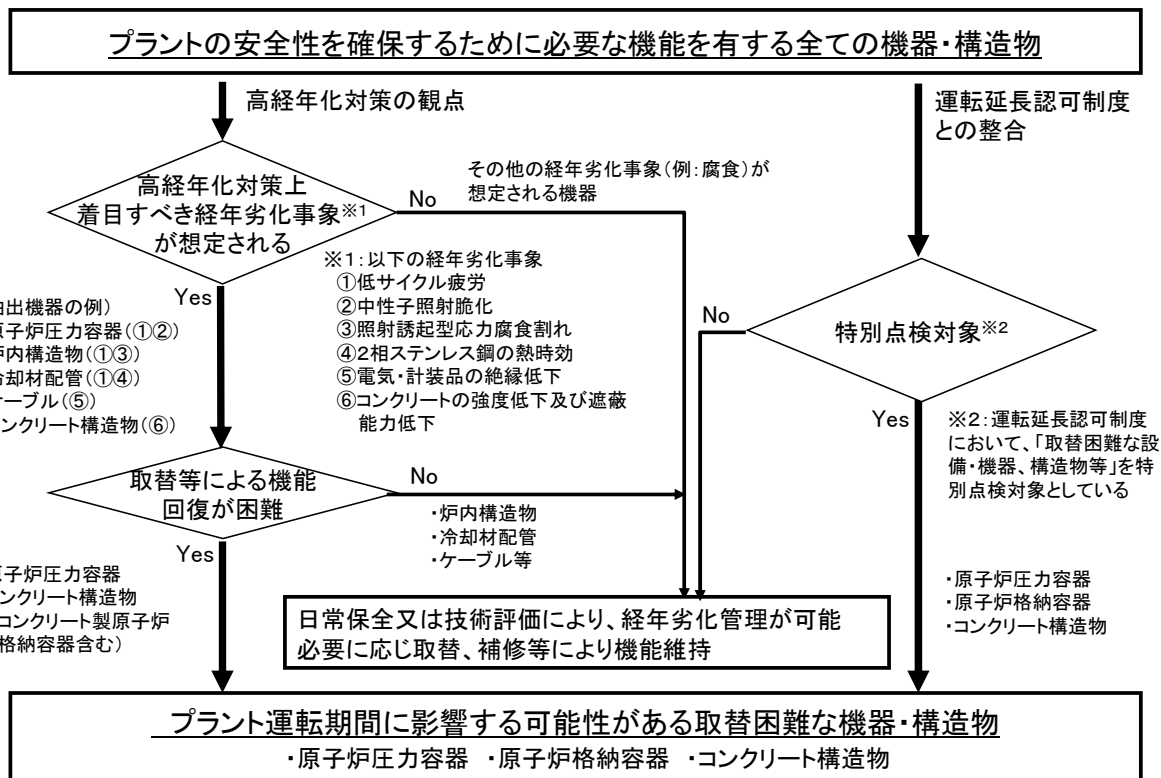


図2 プラント運転期間に影響する可能性がある取替困難な機器・構造物の抽出

これらの機器・構造物に想定される経年劣化事象に対する「長期停止期間中の経年劣化影響」は、添付資料①及び③の想定要否を元に、添付資料に係るインプット情報や実際の保全活動を踏まえ、[別紙4]に示す考え方に従い、表9のとおり、「有」「無①」「無②」の凡例で分類した。

表9 別添Aにおいて整理した、プラント運転期間への影響の凡例

凡例	説明
有	長期停止期間中の経年劣化がプラント運転期間に影響を及ぼすもの
無①	長期停止期間中の劣化の進展が僅かである、もしくは停止期間中の保全活動により機能維持・回復が可能であり、プラント運転期間に影響がないといえるもの
無②	長期停止期間中に劣化が発生、進展しない、または当該設備に要求される機能に対する影響が極めて小さい劣化であるため、プラント運転期間に影響ないと言えるもの

以 上

別表1：トラブル等情報（NUCIA 情報）のうち、長期停止期間中の経年劣化事象に関連する情報

別表 2 : CAP 情報のうち、長期停止期間中の経年劣化事象に関連する情報

別紙 1 : 添付資料及び別添 A の前提とした機器・構造物の使用環境

別紙 2 : 添付資料①および③において想定不要としている経年劣化事象について

別紙 3 : 現場経験等に関する情報と ATENA ガイドライン（添付資料①～③）の関係

別紙 4 : ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係

トラブル等情報のうち、長期停止期間中の経年劣化事象に関連する情報

別表1

NUC/A 通番	情報区分	機器・構造物	概要	原因	関連する 経年劣化事象
12794	保全品質情報	脱気器空気抜き管	発電を再開し、発電機出力75%で調整運転を行っていたところ、脱気器空気管からの微少な蒸気漏れを確認した。	3B脱気器の第5空気抜き管には外装板及び保温材が施工されており、外装板の隙間より雨水などが浸入し外面からの腐食が引き起こされ、さらに長期間湿潤環境となったことにより、それが進展し貫通に至ったと考えられる。	屋外配管(保温材内側)の腐食
12494	保全品質情報	余熱除去系統ベント配管	余熱除去冷却器2A出口配管のベント弁の下流配管にほう酸と思われる付着物が認められたため、液体浸透探傷検査を実施したところ、同配管の溶接部にひび割れがあることを保修員が確認した。	調査の結果、配管溶接部のひび割れは、プラント長期停止期間のため、余熱除去冷却器をバイパスする系統での運転を長期間実施したことにより、当該配管に大きな振動が発生したことによるものと推定した。	使用条件の変更に伴う疲労割れ
11578	保全品質情報	ほう酸注入系アキュムレータ給排弁	ほう酸注入系アキュムレータ弁の分解点検を実施したところ、内部にある給排弁の一部が固着していることを確認した。	通常運転中は、ほう酸水は温度管理がなされており、析出の可能性は低い。事象発生時は、東日本大震災後の長期停止中であり、機能要求がないことからほう酸水注入タンク設置の加温ヒータは停止しており、室内温度次第では、ほう酸析出の可能性が否定できない状況であった。	錆による固着

CAP情報のうち、長期停止期間中の経年劣化事象に関連する情報

別表2

情報種別	機器・構造物	概要	原因	関連する 経年劣化事象※
不具合	発電機軸受冷却水系統配管	追加点検での軸受冷却水系統を復旧した時に、発電機の冷却水配管ジョイント部からの水漏れを確認。	約9か月の間、軸受冷却水系統が隔離状態(系統ブロー状態)にあり、冷却水配管ジョイント部に滞留した水に配管内の酸素が供給され錆が発生したことによりシール性が低下したものである。	残留水による腐食
不具合	蒸気発生器水張弁	蒸気発生器水張弁のシートリークを確認。	通常は2定検毎に分解・手入れを実施し、10定検程で内弁取替を実施している。当該弁は内弁取替から運転状態で2定検も経っていない。しかし、エロージョンによるシートリークが発生していることから、通常操作ではない低開度操作等により、内弁が侵食された可能性がある。	使用条件の変更に伴う腐食(エロージョン)
不具合	原子炉隔離時冷却系真空タンク水位計用計装配管	プラント長期停止に伴い乾燥保管中だった原子炉隔離時冷却系真空タンクについて、系統水張りしたところ水位計用計装配管の詰まりを確認。	調査中であるが、系統内の水が完全に抜けていなかった等による溜まり水により内部腐食し、腐食生成物により配管が詰まったものと考えられる。	腐食生成物による異物付着
不具合	循環水ポンプベント弁・ドレン弁	循環水ポンプベント弁・ドレン弁の固着を確認。	軸冷系統の水抜きのため、当該弁の「開」操作を実施したところ、循環水ポンプ電動機の弁が錆による固着により「開」できなかった。当該事象は、プラント長期停止に起因する事象であり、通常は、定検の水抜き・水張り時の弁操作により健全性は維持できる。	錆による固着
不具合	脱気器水位制御弁前弁ユニット	脱気器水位制御弁前弁ユニットでサーマル動作を確認。	プラント停止後、連続して隔離していたために電磁接触器の主接点に酸化被膜等が生成し、3相のうち1相が導通不良となり、残りの2相に過電流が通電したことによる一過性事象と考えられる。	酸化被膜による導通不良
不具合	原子炉建屋サンプポンプ	プラント長期停止に伴い起動頻度が減った原子炉建屋のサンプポンプにおいて、軸受部の固着が発生。	プラント長期停止に伴い、ポンプの不動作状態が続いたため、パッキンの潤滑性低下やシャフトが長期にわたり同位置にあることによる塵埃等の付着により、軸固着が発生したと考えられる。	固着(滑り部の摩擦抵抗増大による動作不良)
不具合未満	安全保護系計器ラック及び安全保護系ロジック盤	安全保護系計器ラック及び安全保護系ロジック盤の盤内に大量の塵埃が混入しているのを確認。	混入経路を調査したところ、盤下部の外部ケーブル引き込み口から盤内に向けて、空気が流入していることを確認した。外部ケーブルは、インバータ室よりケーブルトレイを通して当該盤まで引き込まれており、インバータ室と一次系計装盤室の気圧差により空気の流れが発生しているものと考えられる。ケーブルトレイのシールが不十分なため、塵埃が混入する空気の流入が発生している。	塵埃付着による導通不良
不具合未満	原子炉圧力容器	原子炉圧力容器の乾燥保管後に、水張を実施したところ、炉水中の硝酸イオン濃度が高く、pHが低くなったことを確認。	原子炉圧力容器の乾燥保管時に、大気中の窒素が放射線分解することにより硝酸イオンが発生したと考えられる。	水質悪化による腐食

※：不具合やその兆候の状況を踏まえ原因として想定される経年劣化事象を示すものであり、事業者大の枠組みを通じて推定原因の経年劣化事象を特定したものではない。

添付資料及び別添 A の前提とした使用環境

本ガイドラインは、長期停止期間中（法令に基づく「特別な状態」。おおよそ 1 年以上の停止）において想定される経年劣化事象に関する知見を技術ベースとして整理するものであり、前提とする使用環境は、冷温停止状態又は全ての燃料が原子炉格納容器の外にある状態とする。前提とする使用環境のイメージを図 1 に示す。

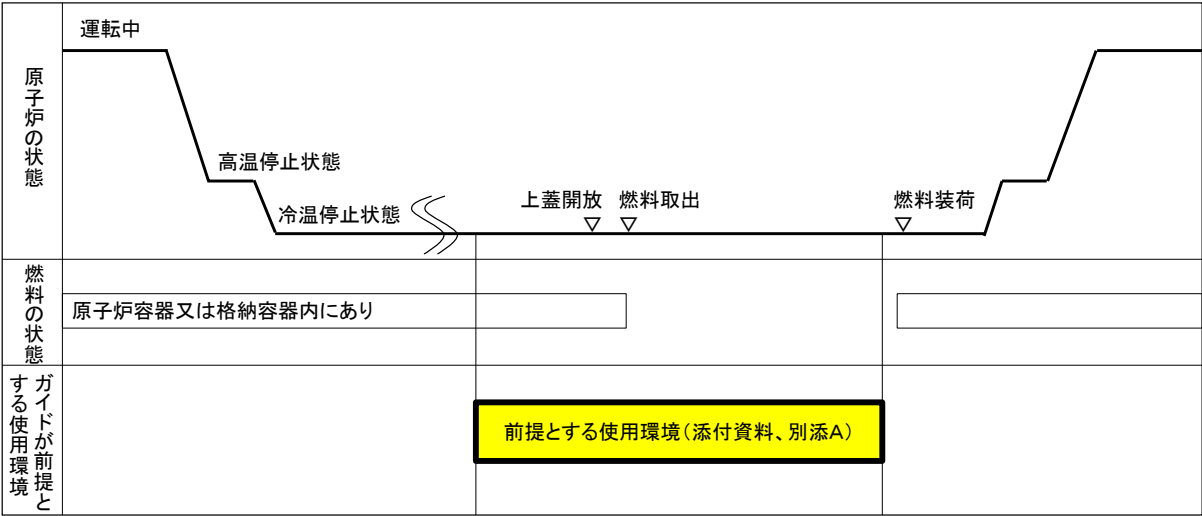


図 1 ATENA ガイドラインの技術ベースの前提とする使用環境について

以下に、添付資料①～③及び別添 A の作成にあたり個別に想定した前提条件を述べる。

なお、実際の保全活動で添付資料及び別添 A を活用するにあたっては、技術ベースの前提条件と現場の個別機器の使用環境が合致しているか確認するとともに、前提として定めのない事項を踏まえ、個別に経年劣化事象の想定要否を検討する必要がある。

添付資料①（使用しない機器に関する技術ベース）

- （１）「使用しない機器」の分類
- ・ 添付資料①は、以下の機器を対象として扱う。（なお、「使用する」「使用しない」の定義は、ガイドライン本文参照）
 - パターン 1：使用しておらず、保管状態にある機器
 - ただし、保管対策の一環として一時的に使用している機器（例：ポンプの定期運転、通電実施等）は対象外とする。
 - パターン 2：待機状態にあるが、使用頻度が低い機器（例えば、海水ポンプの A 系のみを

連続使用しB系への切り替えを行っていないような系統のB系)

ただし、通常保全サイクルと同じ又は類似の頻度で定期試験等を実施している機器は対象外とする。

(2) 保管状態にある機器（パターン1）の保管条件

- ・ 軽水炉の保管環境として一般的に考え得るものとして、以下を想定する。

a. 保管手法

- ・ 湿式保管※¹または乾式保管※¹

※1：通常保全サイクルと同じ内部流体のまま保管する場合や、保管用に水質を変更する場合、系外に内部流体を排出し空気や窒素と置換を行う場合等を想定している。

b. 保管場所

- ・ 屋内または屋外

c. 温度、圧力

- ・ 基本的に常温、常圧以下であり、大きな温度、圧力変動は想定しない。
- ・ ただし、ヒートトレースやスペースヒーターの使用に伴う温度上昇や、使用する機器の近傍で保管する場合の温度影響は想定する。

d. その他（共通事項）

経年劣化事象の想定要否を整理するにあたり、上記に定めのない使用環境（例：放射線、湿分、保有水の水質等）の考慮の必要がある場合は、個別に前提条件を定め、当該条件を添付資料①の理由欄等にする。

添付資料②（使用する機器（使用条件の違い）に関する技術ベース

PLM 評価書及び国内外 OE 情報で見られた、長期停止期間中に使用している機器のうち使用条件を変更することで劣化進展が進んだ経年劣化事象は、冷温停止状態の炉心冷却等で使用する残留熱除去系（又は余熱除去系）や化学体積制御系で生じたもの。

通常よりも使用頻度が増える場合又は通常と異なる運用を実施する機器がある場合に劣化進展が進む可能性がある経年劣化事象に関する知見は、運転モードや系統によらず共通的なものであり、これ以外の運転モード（燃料取出後）や他の系統においても、添付資料②に示す経年劣化事象を参考として活用することができる。

添付資料③（コンクリート構造物・鉄骨構造物に関する技術ベース）

経年劣化事象の想定要否を整理するにあたっては、図1の前提の下、以下のように、コンクリート構造物および鉄骨構造物の個別部位で想定される使用環境を個別に定め、当該条件を添付資料③の理由欄等にする。

(1) 機器の使用状況の考慮

- ・タービン・発電機，給水系／主蒸気系のように冷温停止状態の維持等のために使用しない機器は，使用しない状態を前提とし，当該機器からの熱，放射線及び機械振動の影響は考慮しない。また，冷温停止状態の維持等のために使用している機器については，冷温停止状態に当該機器で想定される熱，放射線及び機械振動の影響を考慮する。

（２）その他共通事項

- ・コンクリート構造物が晒される外気温等の屋外環境については，運転中と同様の環境を想定する。

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機器・構造物に関する技術ベース）

図 1 の前提に加え，個別に経年劣化影響の有無を整理するために定めた前提条件を表 1 に示す。なお，表 1 に定めのない前提条件がある場合は，別添 A の個別の影響有無整理の説明欄に適宜補足説明を示す。

以 上

表 1 長期停止期間中の経年劣化影響有無の整理にあたっての前提条件（使用環境）

		前提条件（PWR／BWR 共通）
原子炉圧力容器	内部流体	原子炉冷却材
	温度	100℃未満
	温度・圧力変動	大きな変動なし
	放射線照射	原子炉運転に伴う照射の影響を受けない
原子炉格納容器	内部雰囲気	空気（常温・常圧）
コンクリート構造物	温度	運転時のような周辺機器からの高い熱の影響を受けない
	放射線照射	原子炉運転に伴う照射の影響を受けない
	機械振動	長期停止期間中の機器の使用状態を踏まえ個別に考慮する

添付資料①および③において長期停止期間中は想定不要としている経年劣化事象について

添付資料①

PLM 学会標準の附属書 E で想定が必要とされている経年劣化事象（「第 2 段階スクリーニング」で想定要（○）になっている事象）のうち、経年劣化事象のメカニズムを踏まえると、一般的に、機器を使用しない限り経年劣化の発生又は劣化の進展の可能性が限りなく小さいと判断できる事象は、長期停止期間中は想定不要（×）と整理している。

具体的に、保管条件を踏まえ添付資料①で想定不要（×）と整理している経年劣化事象は、以下に分類される。個別事象に関する整理の考え方は、添付 1 に示す。

- a. 放射線による劣化（中性子照射脆化，照射誘起型応力腐食割れ等）
- b. 熱時効
- c. 繰返し応力による劣化（疲労割れ）
- d. 流れによる劣化（流れ加速型腐食，エロージョン，キャビテーション）
- e. 摩耗
- f. 電圧の印加／通電による劣化（トリーイング，断線等）
- g. その他，特定の機器を使用する場合に想定される劣化

添付資料③

PLM 学会標準の附属書 E で想定が必要とされている経年劣化事象（第 2 段階スクリーニングで要否が○になっている事象）のうち、以下については、プラントの運転に伴い発生，進展するものであり，長期停止期間中は想定不要（×）と整理している。

個別事象に関する整理の考え方は，添付 2 に示す。

- a. コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（熱，放射線照射及び機械振動を要因とするもの）

以 上

添付資料①で長期停止期間中は想定不要（×）と整理している経年劣化事象

a. 放射線による劣化（中性子照射脆化，照射誘起型応力腐食割れ等）

添付資料①で長期停止期間中の保管機器（使用しない機器）に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち，放射線照射が要因となるものを下表に示す。

長期停止期間中は，放射線の影響は無視できるほど小さいことから，いずれの経年劣化事象も長期停止期間中は想定不要と整理している。

表：放射線照射が要因となる経年劣化事象の一覧および想定される設備の例
（添付資料①で長期停止期間中は想定不要（×）としている事象に限る）

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
中性子照射脆化	・ 原子炉圧力容器	(※1) (※2)
照射誘起型応力腐食割れ	・ 炉内構造物	(※1) (※2)
靱性低下	・ 炉内構造物 ・ 原子炉圧力容器サポート	(※1)
照射下クリープ	・ 炉内構造物 ・ 制御棒クラスタ（被覆管）	(※1)
スウェリング（体積膨張）	・ 炉内構造物 ・ 制御棒クラスタ（被覆管）	(※1)
照射誘起割れ	・ 制御棒クラスタ（被覆管先端部）	(※1)
中性子吸収能力の低下	・ 制御棒クラスタ（中性子吸収体）	(※1)

(※1)：想定される設備の例は，国内の高経年化技術評価結果（PWR，BWR）及び PLM 学会標準をもとに，代表的なものを抽出している。

(※2)：高経年対策上着目すべき経年劣化事象。

「経年劣化影響技術レポート」にて，長期停止期間中に発生，進展を考慮する必要がないとされている。

b. 熱時効

添付資料①で長期停止期間中の保管機器（使用しない機器）に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち、熱時効に係るものを下表に示す。

熱時効は高温環境下（250℃以上）で想定されるものであることから、長期停止期間中に機器を使用しない場合は、想定不要と整理している。

表：熱時効が想定される設備の例

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
熱時効	ステンレス鋼鋳鋼使用機器 PWR : ・ 1 次冷却材管 ・ 1 次冷却材ポンプ（ケーシング） ・ 1 次冷却系統弁（弁箱、弁蓋） BWR : ・ 原子炉冷却材ポンプ（ケーシング） ・ 原子炉冷却系統弁（弁箱、弁蓋）	(※ 1) (※ 2)

(※ 1)：想定される設備の例は、国内の高経年化技術評価結果（PWR, BWR）及び PLM 学会標準をもとに、代表的なものを抽出している。

(※ 2)：高経年対策上着目すべき経年劣化事象。

「経年劣化影響技術レポート」にて、長期停止期間中に発生、進展を考慮する必要がないとされている。

c. 繰返し応力による劣化（疲労割れ）

添付資料①で長期停止期間中の保管機器（使用しない機器）に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち、繰返し応力が要因となるものを下表に示す。

いずれも機器の使用に伴い発生するものであり、長期停止期間中に機器を使用しない場合は、想定不要と整理している。

なお、長期停止期間中に機器を使用する際、通常保全サイクルと異なる使用条件に変更する場合は留意が必要。（添付資料②を参照）

表：繰返し応力が要因となる経年劣化事象の一覧および想定される設備の例

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
疲労割れ （プラント起動・停止等に伴う温度・圧力変動によるもの）	・原子炉圧力容器ほか原子炉冷却材圧力バウンダリ構成機器	（※１） （※２）
疲労割れ （プラント運転中に生じる熱成層，温度ゆらぎによるもの）	・余（残留）熱除去系統配管（高低温水合流部）	（※１）
疲労割れ （機器の使用に伴い生じる振動によるもの）	・熱交換器（伝熱管） ・配管（小口径管台） ・配管（温度計ウェル）	（※１）
疲労割れ （機器の使用に伴い，当該機器に生じる繰返し応力によるもの）	・ポンプ，モーター，ファン等（主軸等） ・安全逃し弁（ベローズ） ・クレーン（走・横行レール，ガータ）	（※１）

（※１）：想定される設備の例は，国内の高経年化技術評価結果（PWR，BWR）及び PLM 学会標準をもとに，代表的なものを抽出している。

（※２）：高経年対策上着目すべき経年劣化事象。

「経年劣化影響技術レポート」にて，長期停止期間中に発生，進展を考慮する必要がないとされている。

d. 流れによる劣化（流れ加速型腐食，エロージョン，キャビテーション）

添付資料①で長期停止期間中に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち，流れによるものを下表に示す。

いずれも機器の使用に伴い発生するものであり，長期停止期間中に機器を使用しない場合は，想定不要と整理している。

なお，長期停止期間中に機器を使用する際，通常保全サイクルと異なる使用条件に変更する場合は留意が必要。（添付資料②を参照）

表：流れが要因となる経年劣化事象の一覧および想定される設備の例

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
流れ加速型腐食	・ 配管 ・ 弁（弁箱等） ・ 熱交換器（伝熱管，耐圧構成品等） ・ 高圧／低圧タービン（車室等）	（※１）
エロージョン	・ 配管 ・ 弁（弁体，弁座等） ・ 低圧タービン（動翼）	（※１）
キャビテーション	・ ポンプ（羽根車）	（※１）

（※１）：想定される設備の例は，国内の高経年化技術評価結果（PWR，BWR）及び PLM 学会標準をもとに，代表的なものを抽出している。

e. 摩耗

添付資料①で長期停止期間中に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち、摩耗に係るものを下表に示す。

いずれも機器の使用に伴い発生するものであり、長期停止期間中に機器を使用しない場合は、想定不要と整理している。

なお、長期停止期間中に機器を使用する際、通常保全サイクルと異なる使用条件に変更する場合は留意が必要。（添付資料②を参照）

表：摩耗が想定される設備の例

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
摩耗 （機器の使用に伴い、当該機器の摺動部に生じるもの）	・ポンプ、ファン、モーター、タービン等 （主軸、軸継手等） ・弁（弁体、弁棒等） ・メタクラ等（遮断機の接触子） ・クレーン、燃料取扱装置（車輪部、ワイヤーロープ等）	（※１）
摩耗 （機器の使用に伴い発生する振動、熱移動により生じるもの）	・熱交換器（伝熱管） ・配管サポート（ピン等摺動部材） ・重機器サポート（バッド、ヒンジ、ピン等）	（※１）

（※１）：想定される設備の例は、国内の高経年化技術評価結果（PWR、BWR）及び PLM 学会標準をもとに、代表的なものを抽出している。

f. 電圧の印加／通電による劣化（トリーイング，断線等）

添付資料①で長期停止期間中に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち，電圧の印加／通電が要因となるものを下表に示す。

いずれも機器の使用に伴い発生するものであり，長期停止期間中に機器を使用しない場合は，想定不要と整理している。

表：電圧の印加／通電が要因となる経年劣化事象の一覧および想定される設備の例

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
絶縁特性低下（トリーイング）	・屋外（トレンチ内含む）に布設された高圧ケーブル（絶縁体）	（※１）
導通不良（接点損傷）	・開閉装置（補助リレー等）	（※１） （※２）
断線	・配管（ヒートトレース）（※３） ・水素再結合装置（電気ヒータ）	（※１） （※３）

（※１）：想定される設備の例は，国内の高経年化技術評価結果（PWR，BWR）及び PLM 学会標準をもとに，代表的なものを抽出している。

（※２）：導通不要のうち，酸化・塵埃付着に伴うものは，機器を使用しない場合でも発生する可能性があるため，留意が必要。

（※３）：高濃度のほう酸水を内包して保管する場合は，ヒートトレースが通電された状態（使用している状態）が想定されるため，留意が必要。

g. その他、特定の機器を使用する場合に想定される劣化

添付資料①で長期停止期間中に想定不要（×）としている経年劣化事象のうち、特定の機器を使用する場合に想定される経年劣化事象に係るものを下表に示す。

いずれも機器の使用に伴い発生するものであり、長期停止期間中に機器を使用しない場合は、想定不要と整理している。

なお、非常用ディーゼル機関等、長期停止期間中に機器を使用する場合は、通常保全サイクルの知見に基づき、経年劣化事象の想定が必要。

表：特定の機器を使用する場合に想定される経年劣化事象の一覧
および想定される設備の例

経年劣化事象	想定される設備の例	備考
クリープ （照射下クリープを除く）	・非常用ディーゼル機関（過給機タービンロータ、排気管）	（※１）
露点腐食	・非常用ディーゼル機関（ピストン上部等燃焼室面） ・雑固体焼却設備（外殻等）	（※１）
高温酸化	・補助ボイラ	（※１）
応力腐食割れ （腐食環境下で使用され高い応力が付加されている低合金鋼、高張力鋼）	・高圧／低圧タービン（翼環ボルト、車軸の翼溝部） ・タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン（円板翼溝部等）	（※１）
盛金のはく離	・高圧タービン（ジャーナル軸受のホワイトメタル）	（※１）
変形 （大型鋳物に生じるひずみ）	・高圧タービン（車室）	（※１）
耐火物の浸食、割れ	・雑固体焼却設備（耐火煉瓦等）	（※１）

（※１）：想定される設備の例は、国内の高経年化技術評価結果（PWR、BWR）及び PLM 学会標準をもとに、代表的なものを抽出している。

以上

添付資料③で長期停止期間中は想定不要（×）と判断している経年劣化事象

a. コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下

添付資料③で長期停止期間中に想定不要（×）としている経年劣化事象（コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下）に影響を及ぼす要因を下表に示す。

いずれもプラントの運転に伴い発生、進展するものであり、長期停止期間中は、想定不要と整理している。

表：コンクリートの経年劣化事象に影響を及ぼす要因および想定される設備の例
（添付資料③で長期停止期間中は想定不要（×）としている事象に限る）

経年劣化事象	経年劣化要因	想定される設備の例	備考
コンクリートの強度低下	熱	PWR：内部コンクリート （一次遮蔽壁） BWR：原子炉ペデスタル， 一次遮蔽壁	（※１） （※２）
	放射線照射	PWR：内部コンクリート （一次遮蔽壁） BWR：原子炉ペデスタル， 一次遮蔽壁	（※１） （※２）
	機械振動	PWR：タービン架台等 BWR：タービン発電機架台等	（※１） （※２） （※３）
コンクリートの遮蔽能力低下	熱	PWR：内部コンクリート （一次遮蔽壁） BWR：ガンマ線遮蔽壁， 一次遮蔽壁	（※１） （※２）

（※１）：想定される設備の例は、国内の高経年化技術評価結果（PWR，BWR）及び PLM 学会標準をもとに抽出している。

（※２）：高経年対策上着目すべき経年劣化事象。

「経年劣化影響技術レポート」にて、長期停止期間中に発生、進展を考慮する必要がないとされている。

（※３）：停止期間中に機械振動を受ける主な構造物として、非常用ディーゼル発電機基礎があるが、機器の出力や稼働時間等から、その影響は極めて小さい。

以上

添付資料①における想定要否の変更箇所

前回会合（令和 2 年 3 月 6 日）で提示した添付資料①の内容のうち、以下に挙げる経年劣化事象については、より一般論として想定要否を記載するために、添付資料①の想定要否を想定不要（×）から想定要（○）に変更する。

●応力腐食割れの一部

（変更理由）

発電所の保管実績に基づき、水質管理等が適切に行われていることを前提とし、応力腐食割れは想定不要としていたが、一般論として想定要否を記載するために、適切な運用を前提とせず、想定要に変更する。

●応力緩和

（変更理由）

発電所で使用されるばねは弾性範囲内での使用が通常であり、長期停止期間中は低温となることから、応力緩和の懸念が小さいため想定不要としていたが、長期停止期間中に荷重が付与された状態で、かつ比較的高温の環境下におかれた状態で保管される可能性が否定できないため、一般論として想定要否を記載するに当たって、想定要に変更する。

●絶縁特性低下（部分放電）

（変更理由）

部分放電は、固体絶縁の表面に汚損等が存在する場合に、高電圧が印加されると発生するものであるため、機器を使用しない場合には想定されないが、部分放電の起因となる汚損（ごみ、埃等の付着）は長期停止期間中に生じる可能性があることから、想定要に変更する。

●絶縁特性低下（放射線劣化）

（変更理由）

重要な機器である事故時耐環境性を有する電気・計装品が設置されている原子炉格納容器内の環境を対象とし、長期停止期間中に有意な放射線照射の影響を受ける環境にないため想定不要としていたが、例えば廃棄物関連設備に高放射線環境下にさらされる電気・計装品がある場合は、長期停止期間中であっても劣化の進展が否定できないため、一般論として想定要否を記載するために、想定要に変更する。

以上

現場経験等に関する情報と ATENA ガイドライン（添付資料①～③）の関係

①～④で示した国内外 OE 情報及び CAP 情報は、下図のとおり、機器の使用状況別・事象別に分解し、「想定される設備の例」欄に具体的な事例を掲載することで、ガイドラインの添付資料に反映している。

具体的な反映イメージを次頁に示す。

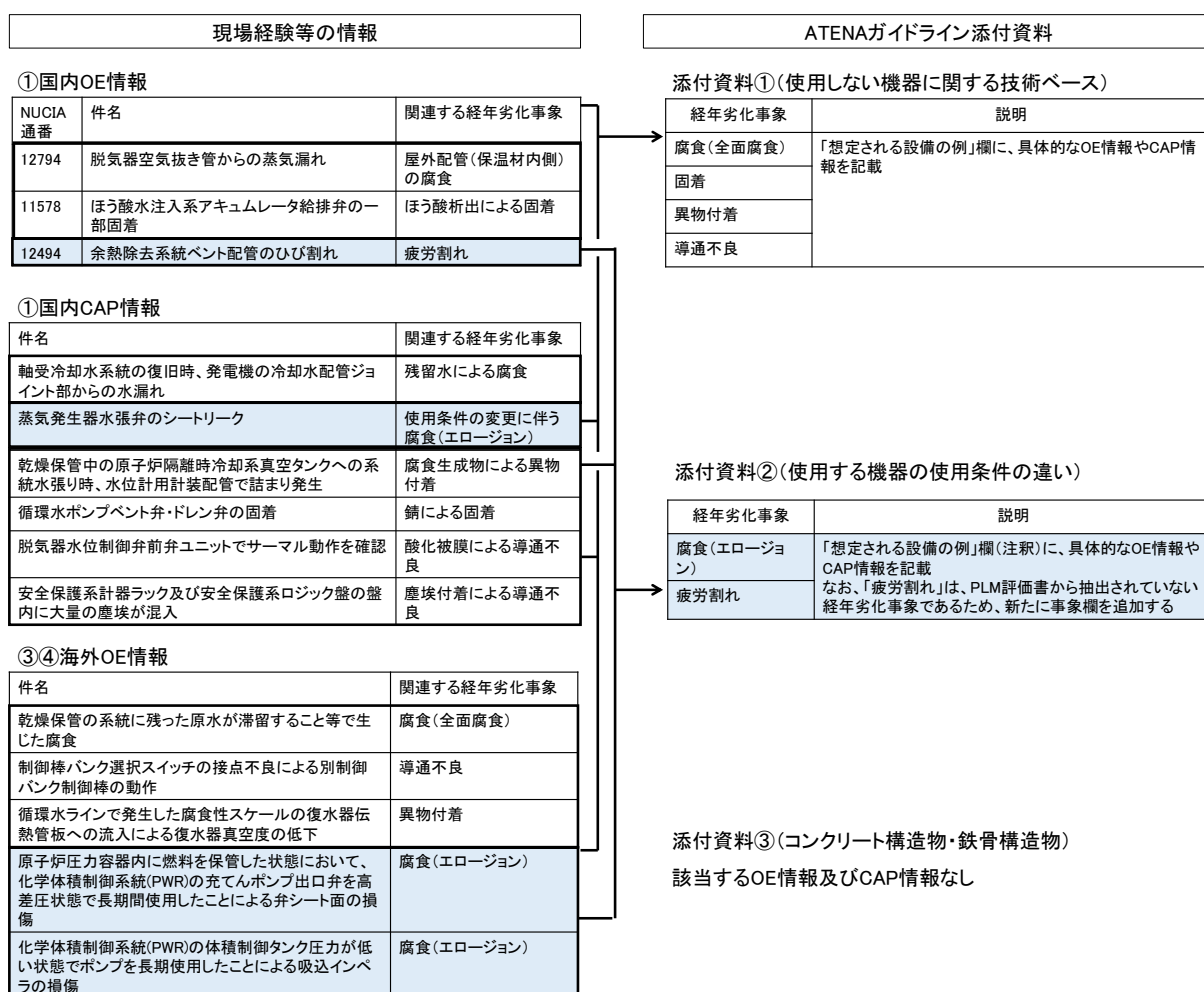


図 1 現場経験等に関する情報の添付資料への反映について

日本原子力学会標準「原子力発電所の高齢化対策実施基準(AESJ-SC-P005:2016)」附属書E									
第1段階スクリーニング					第2段階スクリーニング				
指標モード	工業材料で想定される経年劣化事象		経年劣化事象		使用材料ごとに想定される経年劣化事象		経年劣化事象		長期停止期間中の保管機器(使用しない機器)に想定される経年劣化事象
	区分	詳細事象	定義	発生部位と要因	想定要否の検討	要否	要否	理由	
その他	固着	固着	滑り部の摩擦抵抗増大による動作不良	長期にわたって使用する滑り部は、異物、塵埃、潤滑油劣化等による摩擦抵抗増大によって固着する可能性がある。	異物、塵埃の付着や潤滑油劣化等の可能性がある滑り部について想定要	○	○	④ 保管状態では、異物、塵埃の付着や潤滑油劣化等の可能性があり、加定が必要。潤滑の原因として、錆の発生にも留意が必要。潤滑の要請が除去されず、潤滑を引き起こしやすいため、潤滑を必要とする場合があることに留意が必要。	想定される設備の例 ポンプ(軸受)、配管サポート(メカニカルスナバ等)、支持脚(スライド脚)、遮断器(操作機構)
	その他	その他	その他	その他	その他	○	○	なお、選別点検による錆の発生状況の確認や、熱負荷時における作動機器等を実施すること、機能回復することが可能。	その他、別表を参照
耐火物の浸食、割れ	耐火物の耐火物	耐火物の耐火物	高温で使用される耐火物の後部部の腐蝕物、ハロゲンガス等による浸食、減肉	高温で使用される耐火レンガは発生の可能性がある。	耐火レンガについて想定要	○	×	保管状態においては高温にならない。	—
	耐火物の耐火物	耐火物の耐火物	温度変化による耐火物の割れ	耐火レンガは発生の可能性がある。	耐火レンガについて想定要	○	×	保管状態においては高温にならない。	—

OE 情報又は CAP 情報を事例として紹介。
(OE 情報は NUCIA 通番を掲載)

図 2 具体的な反映イメージ (例：添付資料①の「固着」の場合)

ATENA ガイドライン (別添 A) と技術ベースとの関係 (原子炉圧力容器 (PWR))

経年劣化事象	想定される部位	ATENA ガイドライン (別添 A) *1			根拠とする技術ベース		補足説明事項
		長期停止期間中の経年劣化影響 影響有無	説明	長期停止期間中の 保全ポイント	備考	技術ベース 1	技術ベース 2 *2
低サイクル疲労	冷却材入口管台等	無②	停止期間中は大きな圧力・温度変動がない	—		添付資料①	—
中性子照射脆化	下部胴等	無②	停止期間中は放射線の影響を受けない	—		添付資料①	—
応力腐食割れ	冷却材入口管台等	無①	停止期間中の保有水 (一次冷却材) の温度は 100℃未満と低く、一次冷却材を保有した状態では応力腐食割れの発生、進展の可能性は極めて小さいが、水質管理を適切に行うことは必要 (※1) (※2)	水質管理を適切に行う (塩素イオン濃度等が適正な水準に維持されていることを適宜確認する)	(※1): 国内プラントにおいては、現在、原子炉圧力容器内に一次冷却材を保有した状態での保管 (※2): 経年劣化影響技術レポート [(2) 応力腐食割れ-5) プラント長期停止の影響] 参照	添付資料①	PLM 評価書 経年劣化影響技術レポート SOC1, SOC2
クラッド下層部のき裂	下部胴等	無②	国内プラントでは、製作時に溶接入熱を管理することで、き裂の発生を防止している	—		添付資料①	PLM 評価書
ピittinging	上部胴フランジ (フランジシート面)	無①	通常運転中と異なり、保管状態 (上部蓋開放) においては狭隙部にないが、シート面であることから、劣化 (発錆) の発生を抑制する保管管理が必要	フランジシート面に養生を施して保管する また、通常保全に復帰する場合には、フランジシート面の点検を実施する		添付資料①	PLM 評価書

*1: 別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

*2: 文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

*3: 発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（原子炉圧力容器（BWR）

ATENA ガイドライン（別添 A）＊									
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の 保全ポイント	備考	根拠とする技術ベース		補足説明事項	
		影響 有無	説明			技術ベース 1	技術ベース 2		
低サイクル疲労	ノズル、 セーフエンド等	無②	停止期間中は大きな圧力・温度変動がない	－		添付資料①	－	添付資料①の要否「×」事象	
中性子照射脆化	胴部（炉心領域部）	無②	停止期間中は放射線の影響を受けない	－		添付資料①	－	添付資料①の要否「×」事象	
応力腐食割れ	計装ノズル等	無①	停止期間中の保有水（原子炉冷却材）の温度は 100℃未満と低く、原子炉冷却材を保有した状態では応力腐食割れの発生、進展の可能性は極めて小さいが、水質管理を適切に行うことは必要（※ 1）（※ 2）	水質管理を適切に行う （塩化物イオン濃度等が適正な水準に維持されていることを適宜確認する）	（※ 1）：国内プラントにおいては、現在、原子炉圧力容器内に原子炉冷却材を保有した状態での保管 （※ 2）：経年劣化影響技術レポート〔2〕 応力腐食割れ-5〕プラント長期停止の影響〕参照	添付資料①	PLM 評価書 経年劣化影響技術レポート SSC1, SSC2	適切な水質管理に加え、【技術ベース 2】のとおり、停止中には 100 ℃を超える環境とはならないため、粒界型応力腐食割れの発生・進展の可能性は極めて小さいと判断している* ³ 。 なお、通常保全復帰後も、日常保全として、ISI プログラムに従い検査を実施することで、継続的に機能確保することができる。	
クラッド下層部のき裂	胴部等	無②	国内プラントでは、製作時に溶接入熱を管理することで、き裂の発生を防止している	－		添付資料①		【技術ベース 2】のとおり、国内の原子炉圧力容器は、制作時の溶接入熱を管理している。	
腐食（FAC 及び全面腐食）	主蒸気ノズル等	無①	停止期間中は内部流体の温度が 100℃未満と低く、蒸気が高速で流れる環境ではないことから、FAC 及び全面腐食が発生する可能性は小さいが、水質管理を適切に行うことは必要。	水質管理を適切に行う （塩化物イオン濃度等が適正な水準に維持されていることを適宜確認する）	（※ 1）：経年劣化影響技術レポート〔1〕 腐食-3〕プラント長期停止の影響〕参照	添付資料①	PLM 評価書 経年劣化影響技術レポート	腐食（FAC）は、添付資料①の要否「×」事象 腐食（全面腐食）は、適切な水質管理に加え、【技術ベース 2】のとおり、停止中は運転時と状態が異なり内部流体が低温であることから、全面腐食の発生・進展の可能性は極めて小さいと判断している。 なお、通常保全復帰後も、日常保全として、ISI プログラムに従い検査を実施することで、継続的に機能確保することができる。	
腐食（全面腐食）	基礎ボルト	無①	停止期間中は空調運転を継続しており、停止期間中の目視点検の結果においても有意な腐食は発生していないが、結露等の防止のため、空調運転	結露等の防止のため、空調運転を継続して行う。		添付資料①	PLM 評価書 経年劣化影響技術レポート 腐食 1	【技術ベース 2】のとおり、適切な環境管理を実施することで腐食の防止を図ることができる* ³ 。 なお、通常保全復帰後も日常保全として、ISI プログラムに従い検査を実施すること	

* 1：別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

* 2：文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

* 3：発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン（別添 A）＊					根拠とする技術ベース		補足説明事項
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		備考	技術ベース 1	技術ベース 2	
		影響 有無	説明				
摩耗（摺動部）	スタビライザブラケット、 スタビライザ	無②	を継続して行うことは必要。 当該部は地震時のみ摺動するものであり、長期停止中に摩耗が発生する可能性は極めて小さい。	－			で、継続的に機能確保することができる。 添付資料①の要否「×」事象 なお、【技術ベース 2】のとおり、地震時のみ摺動するものであり、発生回数が非常に少ないことから、長期停止中に摩耗が発生する可能性は極めて小さい。

＊1：別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。
 ＊2：文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。
 ＊3：発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（原子炉格納容器（PWR））

ATENA ガイドライン（別添 A）＊								
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の 保全ポイント	備考	根拠とする技術ベース		補足説明事項
		影響 有無	説明			技術ベース 1	技術ベース 2	
疲労割れ	トップドーム部等	無②	運転中、停止期間中ともに大きな圧力・温度変動を受けない	－		添付資料①	－	添付資料①の要否「×」事象
腐食	トップドーム部、 円筒部	無①	鋼板の内面および外面（PCCV の場合はライナープレートの大気接触部）に塗装を施しており、塗膜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	適宜塗膜の健全性を目視点検により確認し、必要に応じて再塗装を実施する		添付資料①	PLM 評価書 経年劣化影響技術 レポート	塗膜の健全性を確保することで、腐食の防止を図ることができるが、更に、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、継続的に機能を確保することができる＊3。
腐食	コンクリート埋設部 （スタッド含む）	無②	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	－		添付資料①	PLM 評価書	【技術ベース 2】のとおり、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。更に、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、継続的に機能を確保することができる。

＊1：別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

＊2：文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

＊3：発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（原子炉格納容器（BWR））

ATENA ガイドライン（別添 A）＊									
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の 保全ポイント	備考	根拠とする技術ベース		補足説明事項	
		影響 有無	説明			技術ベース 1	技術ベース 2		
腐食	ドライウエル、サブ レシジョンチェンバ （円筒部等）等	無①	鋼板の内面および外面に塗装 を施しており、塗膜の健全性 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	適宜塗膜の健全性を目視点検 により確認し、必要に応じて 再塗装を実施する。		添付資料①	PLM 評価書	【技術ベース 2】のとおり、防食塗装を施 すことで腐食の発生を防止するとともに、 通常保全復帰後も、定期的な目視点検を実 施することで、継続的に機能を確保するこ とができる。＊ ³	
腐食	基礎ボルト （コンクリート埋設 部）	無②	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。	－		添付資料①	PLM 評価書 経年劣化影響技術 レポート	【技術ベース 2】のとおり、適切な環境管 理を実施することで腐食の防止を図ること ができる。	
疲労割れ	ダイヤフラムフロア ーシールペローズ、 ペント管ペローズ	無②	停止期間中は大きな圧力・温 度変動がない	－		添付資料①	－	添付資料①の要否「×」事象	
摩耗	スタビライザ等	無②	当該部は地震時のみ摺動する ものであり、発生回数が非常 に少なく、長期停止中に摩耗 が発生する可能性は極めて小 さい。	－		添付資料①	PLM 評価書	添付資料①の要否「×」事象。 なお、【技術ベース 2】のとおり、地震時の み摺動するものであり、発生回数が非常に 少ないことから、長期停止中に摩耗が発生 する可能性は極めて小さい。	

＊1：別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

＊2：文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

＊3：発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物）

ATENA ガイドライン（別添 A）＊								
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の 保全ポイント	備考	根拠とする技術ベース		補足説明事項
		影響 有無	説明			技術ベース 1	技術ベース 2	
熱 （コンクリートの強度低下）	PWR: 内部コンクリート （1 次遮蔽壁） BWR: 原子炉ペデスタル、 一次遮へい壁	無②	停止期間中は高い熱の影響を受けない。	－	※ 1：長期停止期間中に劣化が発生、進展しない、または当該設備に要求される機能に対する影響が極めて小さい劣化であるものの、運転中と同様の保全活動（目視点検などの定期的な点検及び必要に応じた補修等）を継続することが有効と考えられる。	添付資料③	－	添付資料③の要否「×」事象 最高温度に対する評価であり、PLM 評価における評価対象部位は、高温となる内部コンクリートの一次遮蔽壁（PWR）、原子炉ペデスタル、一次遮へい壁（BWR）であるが、停止中においては、運転時のような熱影響を受けないことから、運転時よりも高温になることはない。
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 次遮蔽壁） BWR: 原子炉ペデスタル、 一次遮へい壁	無②	停止期間中は放射線の影響を受けない。	－	※ 1	添付資料③	－	添付資料③の要否「×」事象 累積照射量に対する評価であり、PLM 評価における評価対象部位は、照射の影響を受ける内部コンクリートの一次遮蔽壁（PWR）、原子炉ペデスタル、一次遮へい壁（BWR）であるが、停止中においては、核分裂反応が起こらないことから、燃料からの放射線の影響を受けない。

＊ 1：別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

＊ 2：文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

＊ 3：発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン (別添 A) *						根拠とする技術ベース		補足説明事項
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の 保全ポイント	備考	技術ベース 1	技術ベース 2	
		影響 有無	説明			添付資料③	PLM 評価書 経年劣化影響技 術レポート (ガイドライン 別添 A の A-29 参 照)	
中性化 (コンクリートの強度低 下)	全コンクリート構造物	無①	停止期間中も進展する可能性 はあるが、運転中と傾向が変 わるものではない。	目視点検などの定期的な点検 及び必要に応じた補修等(運 転中と同様の保全活動を継続 する)			中性化 1 中性化 2 中性化 3 中性化 4	中性化の進展は環境条件(二酸化炭素濃度、温度、相対湿度など)の影響を受けるため、停止中においても、運転中と同じ部位の経年劣化を想定する必要がある。 ただし、停止中は運転中と比べて環境条件が大きく変わるものではなく、運転中よりも中性化の進展が促進される状況ではない。 中性化の進行傾向及び余裕を確認するため、高経年化技術評価実施プラントを対象に、【技術ベース 2】の環境条件等を元に、中性化深さについて外挿評価を実施した結果、プラント運転期間(最大 60 年)に停止期間 20 年を仮定して加えたとしても、鉄筋が腐食し始める深さにまで到達しないことを確認。(ガイドライン別添 A の A-29 参照) このように、経年劣化に至るまでの余裕があることを考慮し、保全ポイントとしては、運転中と同じく、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することが有効とした。 【参考文献】 1) 日本建築学会、「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説」、2016 年(2004 年制定) 2) 森永、「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」、1986 年 3) 土木学会、「コンクリート標準示方書[維持管理編]」、2001 年 4) 日本建築学会、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」、2015 年

* 1 : 別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

* 2 : 文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

* 3 : 発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン (別添 A) *						根拠とする技術ベース		補足説明事項
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の保全ポイント	備考	技術ベース 1	技術ベース 2	
		影響 有無	説明			添付資料③	PLM 評価書 経年劣化影響技 術レポート (ガイドライン 別添 A の A-32 参照) 塩分浸透 1 塩分浸透 2	
塩分浸透 (コンクリートの強度低下)	屋外部コンクリート	無①	停止期間中も進展する可能性はあるが、運転中と傾向が変わるものではない。	目視点検などの定期的な点検及び必要に応じた補修等(運転中と同様の保全活動を継続する)				塩分浸透による鉄筋腐食の進展は環境条件(塩化物イオン濃度、温度、相対湿度など)の影響を受けるため、停止中においても、運転中と同じ部位の経年劣化を想定する必要がある。 ただし、評価対象は屋外構造物であり、停止中は運転中と比べて環境条件が変わるものではなく、運転中よりも塩分浸透による鉄筋腐食が促進される状況ではない。 塩分浸透の進行傾向及び余裕を確認するため、高経年化技術評価実施プラントを対象に、【技術ベース 2】の環境条件等元素に、鉄筋の腐食減量について外挿評価した結果、プラント運転期間(最大 60 年)に停止期間 20 年を仮定して加えたとしても、コンクリートにひび割れが発生する時点での腐食減量にまで到達しないことを確認。(ガイドライン別添 A の A-32 参照) このように、経年劣化に至るまでの余裕があることを考慮し、保全ポイントとしては、運転中と同じく、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することが有効とした。 【参考文献】 1) 森永、「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文」、1986 年 2) 日本建築学会、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」、2015 年

* 1 : 別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

* 2 : 文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

* 3 : 発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン (別添 A) *						根拠とする技術ベース		補足説明事項
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の 保全ポイント	備考	技術ベース 1	技術ベース 2	
		影響 有無	説明			添付資料③	PLM 評価書 アルカリ骨材反 応 1	
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	無②	(反応性骨材を使用していない場合) 停止期間中も進展する可能性はあるが、運転中と傾向が変わるものではない。 ただし、廃止措置プラントを除く比較的新しいプラントにおいては、モルタルバー法などによる骨材の反応性試験により、反応性骨材ではないこと等を確認しているため、影響はない。	—	※ 1 ※ 2 : 新たな知見である遅延 膨張性骨材のアルカリ骨材反応によるコンクリートの強度低下の可能性については、通常の目視点検や部材変形などのモニタリングにより兆候を捉えることが可能である。	添付資料③	PLM 評価書 アルカリ骨材反 応 1	添付資料③の要否「×」事象 アルカリ骨材反応の進展は、使用材料および環境条件(温度、湿度など)の影響を受けるため、運転中と同じ部位の経年劣化を想定する必要はある。 ただし、停止中は運転中と比べて環境条件が大きく変わるものではなく、運転中よりもアルカリ骨材反応の進展が促進される状況ではない。 【参考文献】 1) 各プラント PLM 評価書
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	無②	運転中に最も機械振動の影響を受ける部位は、停止期間中にその影響を受けない。 一方で、停止期間中に機械振動を受ける主な部位として、非常用ディーゼル発電機基礎があるが、機器の出力や稼働時間等から、その影響は極めて小さく、プラント運転期間に影響を及ぼすような劣化の発生、進展はない。	—	※ 1	添付資料③	PLM 評価書 機械振動 1	添付資料③の要否「×」事象 機械振動による疲労に対する評価であり、PLM 評価における評価対象部位は、機器の振動(出力)が大きく、稼働時間が長いタービン架台(PWR)、タービン発電機架台(BWR)であるが、停止中は、タービン、発電機ともに稼働しないため、停止中に上記部位で運転中のような機械振動を受けない。 一方で、停止中に機械振動を受ける主な部位として非常用ディーゼル発電機基礎があるが、運転中と同じく、出力や稼働時間を踏まえると、その影響は極めて小さい。 【参考文献】 1) 東京電力 HD、柏崎刈羽原子力発電所 2 号炉高経年化技術評価(コンクリート及び鉄骨構造物) 補足説明資料(令和元年 12 月 19 日審査会合資料)

* 1 : 別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

* 2 : 文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

* 3 : 発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

ATENA ガイドライン (別添 A) *						根拠とする技術ベース		補足説明事項
経年劣化事象	想定される部位	長期停止期間中の経年劣化影響		長期停止期間中の保全ポイント	備考	技術ベース 1	技術ベース 2	
		影響有無	説明					
凍結融解 (コンクリートの強度低下)	地上部コンクリート	無②	(立地地点が凍結融解のおそれのあると判断される場合) 停止期間中も進展する可能性はあるが、運転中と傾向が変わるものではない。 ただし、設計・施工段階において凍結融解作用に対する抵抗性を確保するために有効な空気を満足するなどの対策を施しているため、影響はない。	—	※ 1	添付資料③	PLM 評価書 凍結融解 1	添付資料③の要否「×」事象 凍結融解による劣化の進展は、環境条件と(温度など)の影響を受けるため、運転中と同じ部位の経年劣化を想定する必要がある。 ただし、評価対象部位は屋外の地上部コンクリートであり、停止中は運転中と比べて環境条件が変わるものではなく、運転中よりも凍結融解による劣化の進展が促進される状況ではない。 【参考文献】 1) 北海道電力、泊発電所 1 号炉高経年化技術評価(コンクリート構造物及び鉄骨構造物) 補足説明資料(平成 31 年 2 月 20 日審査会合資料)
熱 (コンクリートの遮蔽能力低下)	PWR: 内部コンクリート (1 次遮蔽壁) BWR: ガンマ線遮へい壁、 一次遮へい壁	無②	停止期間中は高い熱の影響を受けない。	—	※ 1	添付資料③	—	添付資料③の要否「×」事象 最高温度に対する評価であり、PLM 評価における評価対象部位は、遮蔽能力が要求される部位のうち、高温となる内部コンクリートの一次遮蔽壁(PWR)、ガンマ線遮へい壁、一次遮へい壁(BWR)であるが、停止中においては、運転時のような熱影響を受けないことから、運転時よりも高温になることはない。

* 1 : 別添 A の表で示す凡例や注釈の説明は割愛する。

* 2 : 文献名の凡例及び該当する知見は、後段の「文献リスト」で示す。

* 3 : 発電所で実際に行われている保全活動及び当該保全活動の結果確認されている部位の健全性も参考の上、保全ポイントを定めている。保全活動の実績は、後段の「長期停止期間中の点検結果」参照。

文献リスト

SCC1	黛正己、石山宜寿、谷純一、加古謙司、「オーステナイトステンレス鋼の応力腐食割れ感受性の温度依存性」、日本金属学会、2007 年秋の大会
SCC2	F.P.Ford, J. Povichi, "The effect of Oxygen Temperature Combination of the SCC susceptibility of Sensitized Type 304 Stainless Steel in High Purity Water", Corrosion, 35, 562(1979)
腐食 1	「防食技術便覧」腐食防食協会編
腐食 2	①神田征夫「放射線分解によって生成される空気中の硝酸の測定」(JAEA、2005) ②H. Karasawa et al., "Radiation Induced Decomposition of Nitrogen", Radiation Physics and Chemistry, vol.37, No.2, pp.193-197, 1991.
腐食 3	腐食防食技術便覧 日本学術振興会編（昭和 47 年 3 月）
中性化 1	日本建築学会、「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説」、2016 年（2004 年制定）
中性化 2	森永、「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文」、1986 年
中性化 3	土木学会、「コンクリート標準示方書 [維持管理編]」、2001 年
中性化 4	日本建築学会、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」、2015 年
塩分浸透 1	森永、「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文」、1986 年
塩分浸透 2	日本建築学会、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」、2015 年
アルカリ骨 材反応 1	各プラント P L M 評価書
機械振動 1	柏崎刈羽原子力発電所 2 号炉高経年化技術評価（コンクリート及び鉄骨構造物） 補足説明資料（令和元年 12 月 19 日審査会合資料）
凍結融解 1	泊発電所 1 号炉高経年化技術評価（コンクリート構造物及び鉄骨構造物） 補足説明資料（平成 31 年 2 月 20 日審査会合資料）

非公開範囲

文献番号：SCC1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（原子炉圧力容器） 応力腐割れ
-----------	---

技術的根拠：100℃以下では SCC が発生しない。

文献

黛正己、石山宜寿、谷純一、加古謙司、「オーステナイトステンレス鋼の応力腐食割れ感受性の温度依存性」、日本金属学会、2007 年秋の大会

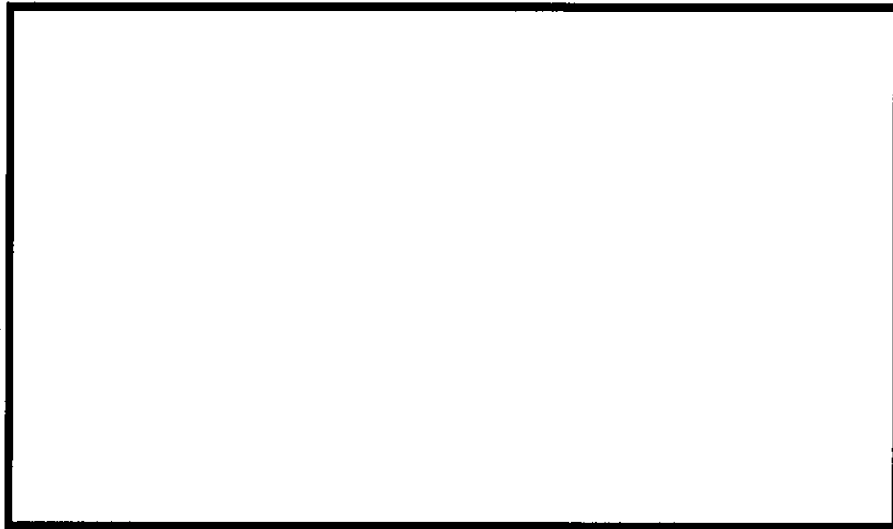
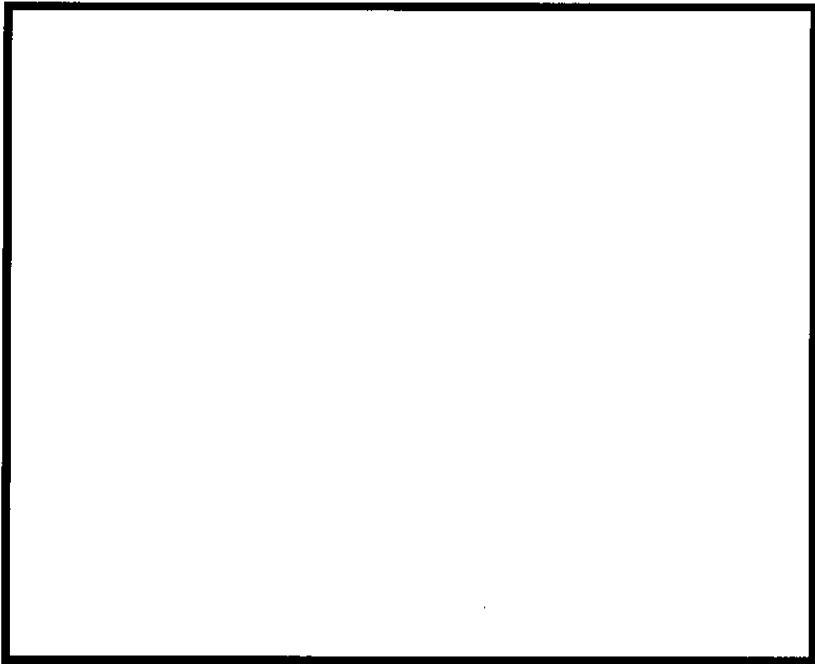


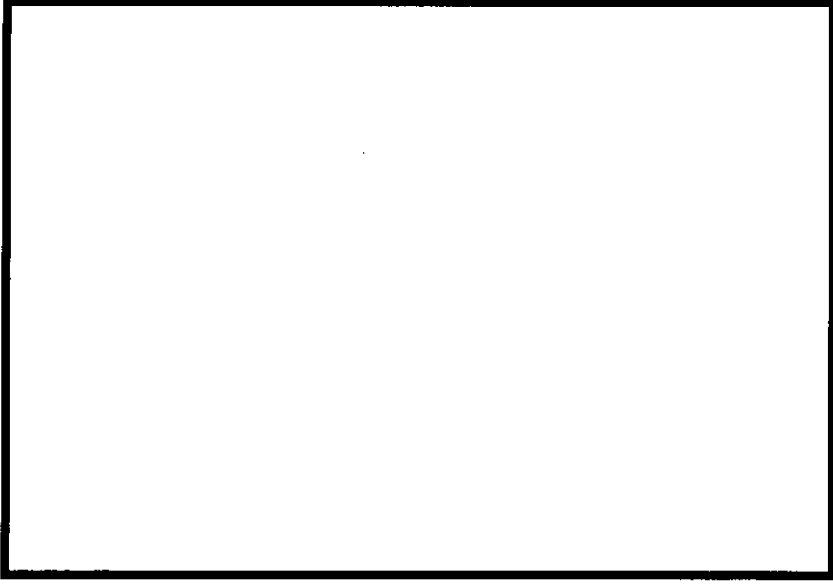
図. 応力腐食割れ長さの温度依存性

BWR 環境中で隙間付き曲げ試験（CBB）試験をステンレス鋼に対して実施した結果、鋭敏化ステンレス鋼（SUS316-Sen, SUS304-Sen）では 150℃以上、非鋭敏化ステンレス鋼（SUS316L, SUS316）では 200℃以上で SCC の発生が認められた。温度 100℃では全ての供試材で SCC 発生は認められなかった。

文献番号：SCC2	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係 （原子炉圧力容器） 応力腐割れ
説明：技術的根拠：100℃以下では SCC が発生・進展しない。	
文献名：F.P.Ford, J. Povichi, "The effect of Oxygen Temperature Combination of the SCC susceptibility of Sensitized Type 304 Stainless Steel in High Purity Water", Corrosion, 35, 562(1979)	
図 亀裂進展速度と温度の関係 温度 100℃以下では、亀裂の進展が認められない。	

文献番号：腐食 1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係 （原子炉圧力容器） 腐食（全面腐食） 主蒸気ノズル等
説明：炭素鋼の減肉率と温度の関係	
文献名：「防食技術便覧」腐食防食協会編	
炭素鋼の腐食は、高温状態、また停止期間中の比較的低い温度では、腐食速度が比較的小さいと言える。	
	
図 1.1 酸素含有水中における炭素鋼の腐食 に及ぼす影響， 200hr {出典：「防食技術便覧」腐食防食協会編}	



文献番号：腐食 2	資料 1-2 別表 2
説明：大気中の窒素が放射線分解することにより硝酸イオンが発生する。	
文献名： ① 神田征夫「放射線分解によって生成される空気中の硝酸の測定」(JAEA、2005) ② H. Karasawa et al., "Radiation Induced Decomposition of Nitrogen", Radiation Physics and Chemistry, vol.37, No.2, pp.193-197, 1991.	
大気中窒素の放射線分解による硝酸生成機構は以下のとおりである。(文献①②) ・ $N_2 \rightarrow N_2^{+*}, N_2^+, e^- \rightarrow N^+, N \rightarrow 2N$ (ガンマ線による放射線分解) ・ $N + O_2 \rightarrow NO_2$ (酸化) ・ $2NO_2 + H_2O \rightarrow HNO_2 + HNO_3$ (酸化) 硝酸の生成量と、照射線量は、比例関係がある。(文献②)	
	
Fig. 2. Dependence of NO_3^- ion yield on absorbed dose of N_2 in $N_2-O_2-H_2O$ system in the gas phase.	



非公開範囲

文献番号：腐食 3

資料 1-2 別表 2

説明：硝酸イオンによる腐食

文献名：腐食防食技術便覧 日本学術振興会編（昭和 47 年 3 月）

原子炉圧力容器の内張りに使用しているステンレス鋼の腐食は、硝酸濃度が数十％オーダー（数十万 ppm）とならない限り無視でき、水質低下時の硝酸濃度（1.88ppm）であれば影響は無い。但し、乾燥保管中、僅かな溜まり水等で数十％程度の高濃度の硝酸環境が形成される可能性は否定できない。

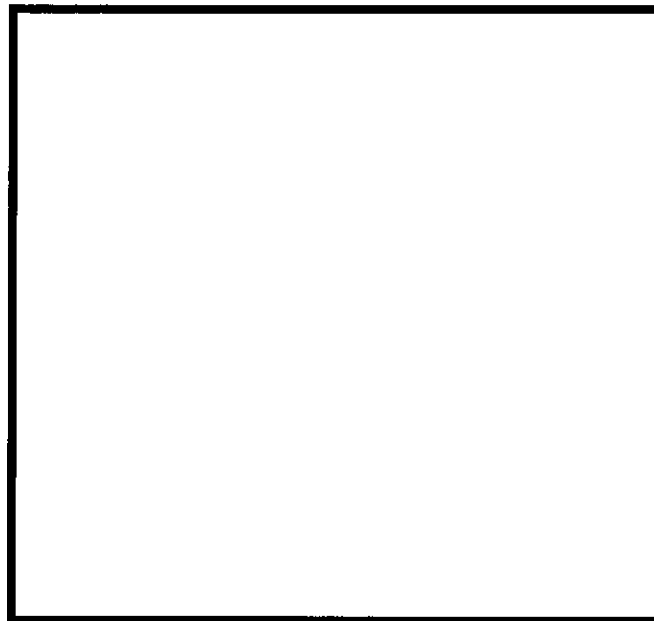
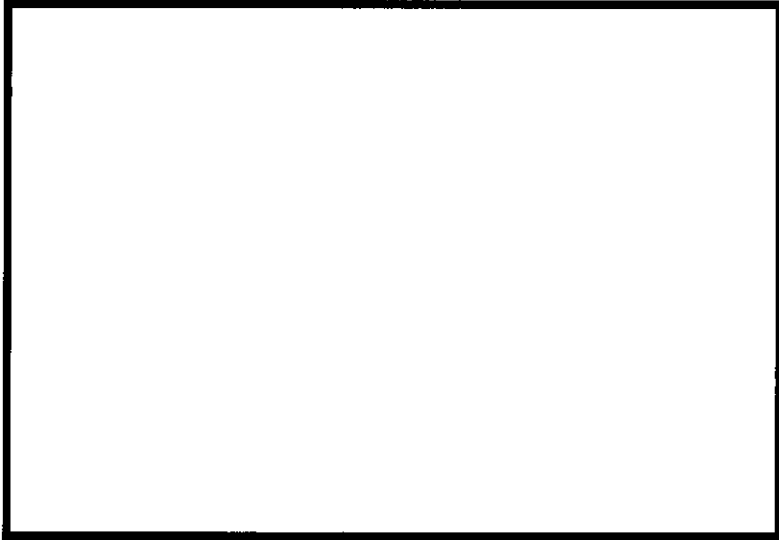


図 1 各種ステンレス鋼の腐食速度と硝酸濃度の関係(25℃)

（参考）炉水水質変化

	pH	導電率 (μ S/cm)	塩素イオン (ppb)	硝酸イオン (ppm)
RPV 水抜き前	5.8	0.82	<2	<0.002
RPV 水張り後	4.7	9.92	<2	1.88

文献番号： コンクリート強度低下 中性化 1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 中性化（コンクリートの強度低下） 全コンクリート構造物
説明：コンクリートの中性化とは、本来アルカリ性であるコンクリートが大気中の炭酸ガス等の外部環境の影響を受けて徐々にそのアルカリ性を失っていく現象である。また、コンクリートの中性化が鉄筋位置まで進むと、鉄筋を腐食から保護する機能が低下し、水分及び酸素の作用により鉄筋が腐食する可能性が高まる。 このようなメカニズムから、中性化によるコンクリートの経年変化は長期停止期間中の状況においても進展する可能性がある。	
文献名：日本建築学会、「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説」、2016 年（2004 年制定）	
（記載要旨） ・鉄筋が腐食し始める時の中性化深さは、一般に屋外の雨掛かりの部分では鉄筋のかぶり厚さまで達したとき、屋内の部分では鉄筋のかぶり厚さから 2 cm 奥まで達したときとされている。 ・中性化深さがこの深さに達しても、ただちに鉄筋が躯体の耐久性に影響を及ぼすような腐食状態になるものではないが、安全側に評価するために中性化深さをもって、腐食状態にあると判断することとする。	
	
解説図 5.2.2 鉄筋表面から中性化領域までの距離と平均さび評点の関係⁵⁾	
5) 髙ら、「経年 RC 構造物におけるコンクリートの中性化と鉄筋の腐食」。第 6 回コンクリート工学年次講演会論文集、1984	



非公開範囲

文献番号： コンクリート強度低下 中性化 2	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 中性化（コンクリートの強度低下） 全コンクリート構造物
説明：コンクリートの中性化とは、本来アルカリ性であるコンクリートが大気中の炭酸ガス等の外部環境の影響を受けて徐々にそのアルカリ性を失っていく現象である。また、コンクリートの中性化が鉄筋位置まで進むと、鉄筋を腐食から保護する機能が低下し、水分及び酸素の作用により鉄筋が腐食する可能性が高まる。 このようなメカニズムから、中性化によるコンクリートの経年変化は長期停止期間中の状況においても進展する可能性がある。	
文献名：森永、「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文」、1986 年	
森永式 中性化進展について、塗装などのコンクリート表面仕上げの有無・種類、二酸化炭素濃度、温度および湿度などを因子とした式が提案されている。	



非公開範囲

文献番号： コンクリート強度低下 中性化 3	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン (別添 A) と技術ベースとの関係 (コンクリート構造物) 中性化 (コンクリートの強度低下) 全コンクリート構造物
説明：コンクリートの中性化とは、本来アルカリ性であるコンクリートが大気中の炭酸ガス等の外部環境の影響を受けて徐々にそのアルカリ性を失っていく現象である。また、コンクリートの中性化が鉄筋位置まで進むと、鉄筋を腐食から保護する機能が低下し、水分及び酸素の作用により鉄筋が腐食する可能性が高まる。 このようなメカニズムから、中性化によるコンクリートの経年変化は長期停止期間中の状況においても進展する可能性がある。	
文献名：土木学会、「コンクリート標準示方書 [維持管理編]」、2001 年	
中性化深さは、以下の式のように中性化期間の平方根に比例することが多くの研究により確かめられている。 ここに、y：中性化深さ (mm) t：中性化期間 (年) b：中性加速度係数 (mm/√年)	



非公開範囲

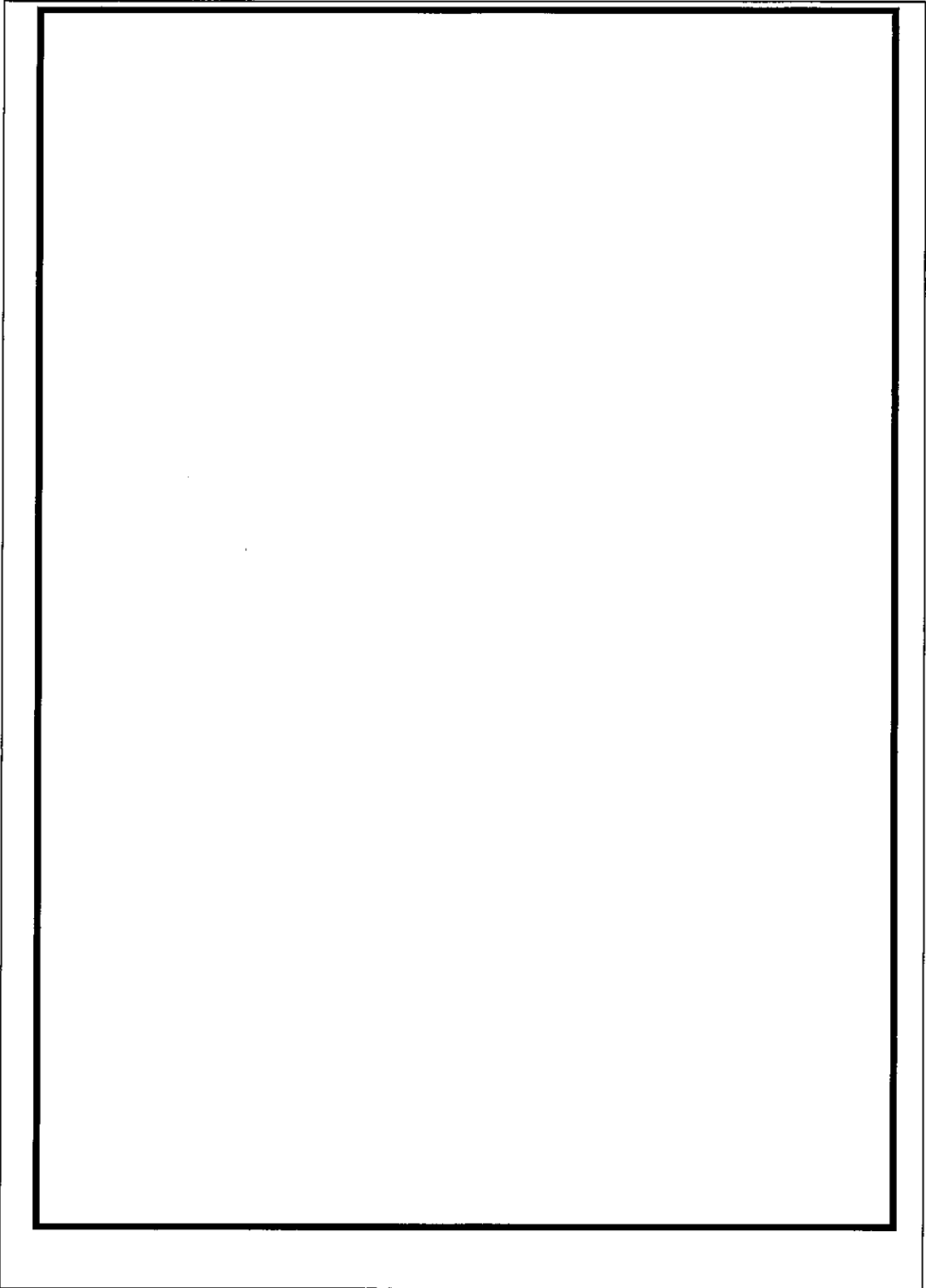
文献番号： コンクリート強度低下 中性化 4	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 中性化（コンクリートの強度低下） 全コンクリート構造物
説明：コンクリートの中性化とは、本来アルカリ性であるコンクリートが大気中の炭酸ガス等の外部環境の影響を受けて徐々にそのアルカリ性を失っていく現象である。また、コンクリートの中性化が鉄筋位置まで進むと、鉄筋を腐食から保護する機能が低下し、水分及び酸素の作用により鉄筋が腐食する可能性が高まる。 このようなメカニズムから、中性化によるコンクリートの経年変化は長期停止期間中の状況においても進展する可能性がある。	
文献名：日本建築学会、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」、2015 年	
本指針では、劣化事象の原因となる劣化要因による影響を予測することとし、特に原子力施設に求められる特有の機能と関連性が高い、構造安全性と遮蔽性に影響を及ぼす劣化要因について、解説図7-2に示すフローに従い健全性評価を実施する。	
解説図 7-2 長期的な健全性評価に関する維持管理のフロー	

非公開範囲

文献番号： コンクリート強度低下 塩分浸透 1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 塩分浸透（コンクリートの強度低下） 屋外部コンクリート
説明：コンクリート構造物における塩分浸透とは、飛来塩分及び海水とその飛沫の影響により、コンクリート表面に付着した塩分に含まれる塩化物イオンがコンクリート内部に浸透していく現象である。塩化物イオンが鉄筋位置まで進むと、鉄筋を腐食から保護する機能が低下し、水分及び酸素の作用により鉄筋が腐食する可能性が高まる。 このようなメカニズムから、塩分浸透によるコンクリートの経年変化は長期停止期間中の状況においても進展する可能性がある。	
文献名：森永、「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究－東京大学学位論文」、1986 年	



非公開範囲





非公開範囲

文献番号： コンクリート強度低下 塩分浸透 2	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 塩分浸透（コンクリートの強度低下） 屋外部コンクリート
説明：コンクリート構造物における塩分浸透とは、飛来塩分及び海水とその飛沫の影響により、コンクリート表面に付着した塩分に含まれる塩化物イオンがコンクリート内部に浸透していく現象である。塩化物イオンが鉄筋位置まで進むと、鉄筋を腐食から保護する機能が低下し、水分及び酸素の作用により鉄筋が腐食する可能性が高まる。 このようなメカニズムから、塩分浸透によるコンクリートの経年変化は長期停止期間中の状況においても進展する可能性がある。	
文献名：日本建築学会、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」、2015 年	
本指針では、劣化事象の原因となる劣化要因による影響を予測することとし、特に原子力施設に求められる特有の機能と関連性が高い、構造安全性と遮蔽性に影響を及ぼす劣化要因について、解説図 7-2 に示すフローに従い健全性評価を実施する。	
解説図 7-2 長期的な健全性評価に関する維持管理のフロー	

文献番号： コンクリート強度低下 アルカリ骨材反応 1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 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				
説明：コンクリート中の反応性シリカを含む骨材と、セメントなどに含まれるアルカリ（ナトリウムイオンやカリウムイオン）が、水の存在下で反応してアルカリ珪酸塩を生成し、この膨張作用によりコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある（反応性シリカを含む骨材を使用している場合、停止中も劣化が進展する可能性がある）。					
文献名： 各プラント P L M 評価書					
使用している骨材（粗骨材、細骨材）について、反応性骨材ではないことを確認している。					
例）高浜発電所 1 号炉 劣化状況評価 補足説明資料（抜粋） 1985 年に実施したモルタルバー法の試験結果は以下のとおりである。					
区分	試験方法	骨材産地	試験結果 材令6ヶ月の膨張率（%）	判定基準 有害な反応を起こす可能性のある材令6ヶ月の膨張率（%）	判定
粗骨材	ASTM-C227 に準拠	砕石 （敦賀市葉原産）	0.038	0.10以上	無害
細骨材		川砂 （舞鶴市由良川産）	0.038	0.10以上	無害

文献番号： コンクリート強度低下 機械振動 1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 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																																	
説明：機械振動により、コンクリート構造物が長期間にわたって繰返し荷重を受けると、ひび割れの発生、ひいては損傷に至る可能性がある。 運転中に機械振動の影響を最も受ける構造物はタービン発電機基礎であるが、停止中は影響を受けない。停止中に機械振動の影響を受ける主なコンクリート構造物は非常用ディーゼル発電機基礎である。																																		
文献名：柏崎刈羽原子力発電所 2 号炉高経年化技術評価（コンクリート及び鉄骨構造物）補足説明資料（令和元年 12 月 19 日審査会合資料） 非常用ディーゼル発電機基礎は、非常用ディーゼル発電設備の出力や運転時間等から、機械振動の影響は極めて小さい。 2. 機械振動の評価対象部位及び評価点の抽出について 従来の機械振動の評価対象部位は、表 9-2 に示すとおり、常時振動を受ける対象構造物のうち、最も大きな機械振動を受けるタービン発電機架台コンクリートであった。 ただし、タービン発電機は冷温停止状態において劣化の進展に影響を及ぼす機器ではないことから、機械振動による強度低下の評価対象部位は、冷温停止状態において支持する機器の機械振動が大きく、且つ、建屋のコンクリート躯体から独立している非常用ディーゼル発電設備基礎とした。 また、評価点は、局部的に影響を受ける可能性がある基礎ボルト周辺のコンクリートとした。																																		
表 9-2 タービン発電機と非常用ディーゼル発電設備との比較 (a) 原動機出力と重量 <table border="1"> <tr> <th>機器名称</th> <th>出力 (kW)</th> <th>重量 (kg)</th> <th>備考</th> </tr> <tr> <td>タービン発電機</td> <td>1,100,000</td> <td>1,250,200</td> <td>高圧タービン、低圧タービンの総重量</td> </tr> <tr> <td>非常用ディーゼル発電設備</td> <td>6,600</td> <td>105,100</td> <td>1 系統の重量</td> </tr> </table> (b) 運転時間 <table border="1"> <tr> <th>機器名称</th> <th>運転時間 (h)</th> <th>備考</th> </tr> <tr> <td>タービン発電機</td> <td>約 111,060</td> <td>運転開始以降の発電時間を運転時間として算出</td> </tr> <tr> <td>非常用ディーゼル発電設備</td> <td>A 系：約 471 B 系：約 469</td> <td>運転開始～2019 年 2 月末時点の運転時間</td> </tr> </table> (c) 振動測定結果 <table border="1"> <tr> <th>機器名称</th> <th>変位最大値 (μm P-P) *</th> <th>加速度最大値 (G)</th> <th>備考</th> </tr> <tr> <td>タービン発電機</td> <td>29.17</td> <td>0.285</td> <td>福島第二 1 号炉（運転時）での測定結果</td> </tr> <tr> <td>非常用ディーゼル発電設備</td> <td>A 系：11.26 B 系：23.59</td> <td>A 系：0.090 B 系：0.117</td> <td>KK2（定例試験時）での測定結果</td> </tr> </table> *：P-P は、peak to peak（正負最大振幅の差）を表す。		機器名称	出力 (kW)	重量 (kg)	備考	タービン発電機	1,100,000	1,250,200	高圧タービン、低圧タービンの総重量	非常用ディーゼル発電設備	6,600	105,100	1 系統の重量	機器名称	運転時間 (h)	備考	タービン発電機	約 111,060	運転開始以降の発電時間を運転時間として算出	非常用ディーゼル発電設備	A 系：約 471 B 系：約 469	運転開始～2019 年 2 月末時点の運転時間	機器名称	変位最大値 (μm P-P) *	加速度最大値 (G)	備考	タービン発電機	29.17	0.285	福島第二 1 号炉（運転時）での測定結果	非常用ディーゼル発電設備	A 系：11.26 B 系：23.59	A 系：0.090 B 系：0.117	KK2（定例試験時）での測定結果
機器名称	出力 (kW)	重量 (kg)	備考																															
タービン発電機	1,100,000	1,250,200	高圧タービン、低圧タービンの総重量																															
非常用ディーゼル発電設備	6,600	105,100	1 系統の重量																															
機器名称	運転時間 (h)	備考																																
タービン発電機	約 111,060	運転開始以降の発電時間を運転時間として算出																																
非常用ディーゼル発電設備	A 系：約 471 B 系：約 469	運転開始～2019 年 2 月末時点の運転時間																																
機器名称	変位最大値 (μm P-P) *	加速度最大値 (G)	備考																															
タービン発電機	29.17	0.285	福島第二 1 号炉（運転時）での測定結果																															
非常用ディーゼル発電設備	A 系：11.26 B 系：23.59	A 系：0.090 B 系：0.117	KK2（定例試験時）での測定結果																															

文献番号： コンクリート強度低下 凍結融解 1	資料 1-2 記載箇所： ATENA ガイドライン（別添 A）と技術ベースとの関係（コンクリート構造物） 凍結融解（コンクリートの強度低下） 地上部コンクリート		
説明：コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けること等により融解する凍結融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。（凍結融解を繰り返すような環境条件等の場合、停止中も進展の可能性はある）。			
文献名：泊発電所 1 号炉高経年化技術評価（コンクリート構造物及び鉄骨構造物）補足説明資料（平成31年2月20日審査会合資料）			
3. 2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 3. 2. 1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (中略) ① 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象） 表 7 に示す経年劣化事象については、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っていることから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象と判断した。 (中略)			
表 7 日常劣化管理事象（「凍結融解」の記載抜粋）			
構造物	経年劣化 事象	劣化要因	理由
コンクリート	強度低下	凍結融解	（社）日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」（2009）に示される凍害危険度の分布図によると泊 1 号炉の周辺地域の凍害の予想程度は「軽微」である。 また、使用しているコンクリートについては、凍結融解作用に対する抵抗性を確保するために有効な空気量を満足している。 なお、定期的（1 回／年）に保守管理要則に基づく目視点検を行っており、凍結融解に起因すると判断されるひび割れ等は認められていない。