

川内原子力発電所 2号炉の 高経年化技術評価 (その他事象)

平成 27 年 10 月 5 日
九州電力株式会社

目 次

1. その他事象について	2
2. 摩耗	3
3. 応力腐食割れ	8
4. 腐食	14
5. その他事象評価結果	19

その他事象

1. その他事象について

経年劣化事象のうち、主要6事象*1以外の事象（「その他事象」という）について、高経年化対策に関する評価を実施した。

その他事象とは、以下のような劣化事象である。

摩耗、応力腐食割れ（SCC）、腐食、フレット疲労、照射誘起割れ、固着、高サイクル疲労割れ、粒界腐食割れ、スケール付着、ばねの変形、クリープなど評価した経年劣化事象、対象機器及び評価結果は、川内1号炉と川内2号炉でほぼ同じである。

川内1号炉 審査会合（H26.4.7）では、下表の劣化事象と設備について説明した。

	劣化事象	対象設備
1	応力腐食割れ（SCC）	原子炉容器の600系ニッケル基合金使用部位
2	腐食（流れ加速型腐食）	主給水系統配管
3	フレット疲労割れ	余熱除去ポンプ

川内2号炉については、その他事象のうち国内外プラントで比較的多くの機器に発生している摩耗、応力腐食割れ（SCC）、腐食について説明する。対象設備は、川内1号炉 審査会合との重複を避けるために、川内2号炉の特徴的な設備について説明する。

	劣化事象	対象設備
1	摩耗	蒸気発生器（伝熱管振止め金具部）
2	応力腐食割れ（SCC）	低圧タービン（円板）
3	腐食	雑固体焼却炉（炉外殻）

*1：低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装品の絶縁低下、コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下の6事象を指す

その他事象

2. 摩耗

2.1 摩耗について

摩耗は機器の回転や作動、熱移動、振動等により構造上摩擦及び摺動が考えられる部位に対して、摩耗により減肉が発生する可能性がある。

2.2 評価対象設備

摩耗については、評価対象機器を使用環境（内部流体等）、材料に応じグループ化を行っており、設備の重要度（高い）、使用条件（温度・圧力が厳しい）等を考慮して、グループ内の代表機器を選定し、評価を行った。

選定結果を表2-1に示す。

表2-1 摩耗が想定される評価対象機器(1/2)

劣化事象	事象の概要	グループ内代表機器	想定部位
流体振動による摩耗	熱交換器の胴側及び管側流体により伝熱管振動が発生し、管支持板部・振止め金具部等で摩耗が発生する可能性がある。	再生熱交換器、余熱除去冷却器、燃料取替用水タンク加熱器、湿分分離加熱器、高圧第6給水加熱器、低圧第3給水加熱器、原子炉補機冷却水冷却器、グラウンド蒸気復水器、蒸気発生器、炉内構造物、制御棒クラスタ、スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、清水冷却器	伝熱管の振止め金具部・管支持部、制御棒被覆管、制御棒クラスタ案内管（案内板）、炉内計装用シンプルチューブ、支持ピン
熱移動等による摩耗	サポートの摺動部材は、配管の熱移動や振動により摩耗が発生、支持機能に影響を及ぼす可能性がある。	Uボルト、スライドサポート、レストレイント、スプリングハンガ、オイルスナバ、メカニカルスナバ、原子炉容器サポート、蒸気発生器上部胴サポート、蒸気発生器中間胴サポート、蒸気発生器支持脚、1次冷却材ポンプ上部サポート、1次冷却材ポンプ下部サポート、1次冷却材ポンプ支持脚	パッド、ヒンジ他

その他事象

表2-1 摩耗が想定される評価対象機器(2/2)

劣化事象	事象の概要	グループ内代表機器	想定部位
機器の作動による摩耗	回転機器の摺動部は長時間の使用により摩耗が発生する可能性がある。	高圧タービン、低圧タービン、タービン動主給水ポンプ駆動タービン、充てん／高圧注入ポンプ、制御用空気圧縮機、燃料移送装置、潤滑油プラインギングポンプ、空気圧縮機、大容量空冷式発電機	軸受、ホワイトメタル、主軸、Vプーリ、チェーン、歯車他
	制御棒クラスタ駆動装置等は作動時に摺動部の摩耗が発生する可能性がある。	燃料取替クレーン、制御棒クラスタ駆動装置、制御棒クラスタ	走行・横行レール、車輪、ロッキングカム、ロックラッチ、ラッチアーム他
	ガバナ调速機構は摺動部があることから摩耗が発生する可能性がある。	タービン動補助給水ポンプタービン	ガバナ機構（ガバナ弁、オイルリレー、オーバースピードガバナ、圧力調整器）
	内部の固形物が機器と接触することにより摩耗が発生する可能性がある。	アスファルト混和機	攪拌用突起、掻き羽根、ケーシング

2.3 川内1号炉との相違点

摩耗の発生が想定される機器は川内1号炉と川内2号炉でほぼ同じであるが、蒸気発生器は川内1号炉では新型に取替え済み（平成20年）、川内2号炉は従来型のままである。

このため、蒸気発生器で発生する摩耗事象である伝熱管振止め金具（AVB）部摩耗について説明する。

その他事象

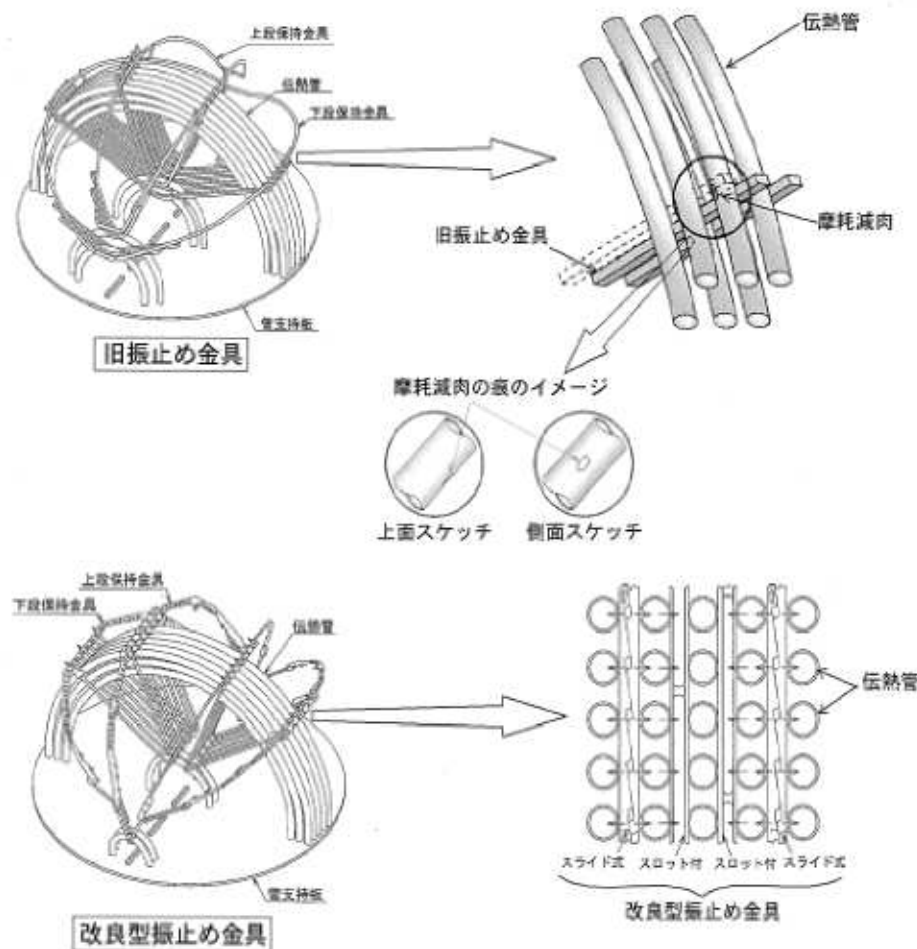
2.4 健全性評価

川内2号炉の蒸気発生器本体では、第5回定期検査時（1991年度）の渦流探傷検査において従来の2本組伝熱管振止め金具の支持位置で減肉信号が確認されている。

本事象は蒸気発生器伝熱管振止め金具による支持が不十分であったため、蒸気発生器伝熱管外面に流れる流体で蒸気発生器伝熱管が面外方向に振動したことによるものと推定されている。

第5回定期検査時（1991年度）に従来の2本組伝熱管振止め金具を取り除いた後、改良型の2本組振止め金具への取替えを行っており、過去の点検より改良型伝熱管振止め金具の挿入状態は良好であり、経年的な変化も認められていないため蒸気発生器伝熱管と改良型伝熱管振止め金具との接触部で摩耗減肉が発生する可能性は小さい。

また、改良型伝熱管振止め金具と従来の伝熱管振止め金具は蒸気発生器伝熱管と接触する部位が異なるため、旧伝熱管振止め金具接触箇所での摩耗が見られた部位は改良型伝熱管振止め金具に変更されてからは、摩耗進展の可能性は小さい。



その他事象

仮に振動が発生した場合の摩耗量の計算式としては次式を用いる。

$$V = W_s \cdot WR \cdot T$$

ここで、 W_s : 比摩耗量

WR : ワークレート（一定時間あたりの衝突荷重とこすれ距離の積の平均値）

T : ワークレートが有効であった時間

比摩耗量の実験値や過去に国内蒸気発生器で経験した最も速いワークレート値を用いて保守的に求めた1万時間あたりの平均摩耗進展率（肉厚に対する進展率）は1.3%であった。

したがって、蒸気発生器伝熱管の摩耗速度は非常に緩やかであると推定される。

2.5 現状保全

蒸気発生器伝熱管に対しては、損傷形態、部位に対し、適切な渦流探傷プローブにより定期的に渦流探傷検査を実施し、健全性を確認している。

2.6 総合評価

健全性評価結果から判断して、振止め金具部の摩耗による蒸気発生器伝熱管の損傷の可能性は小さいと考える。

また、有意な損傷がないことは渦流探傷検査により検知可能であり、点検手法として適切である。

よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

2.7 高経年化への対応

蒸気発生器伝熱管の振止め金具部の摩耗については、引き続き渦流探傷検査を実施していく。

なお、蒸気発生器については、更なる信頼性向上のため取替えを含めた保全方法を検討していくこととしている。新しい蒸気発生器では振止め金具は支持機能を向上させた3本組AVBに変更される。

2.8 その他の機器の評価

その他の評価対象機器においても、現状保全を継続していくことにより、健全性を維持できることを確認した。

その他事象

3. 応力腐食割れ

3.1 劣化事象の説明

応力腐食割れ（以下、SCC（Stress Corrosion Cracking））は、図3に模式的に示すように材料、応力、環境の3因子が重畳したときに発生することが知られている。

これらを踏まえ、SCCが想定される対象機器を抽出し、全てについて評価を実施した。

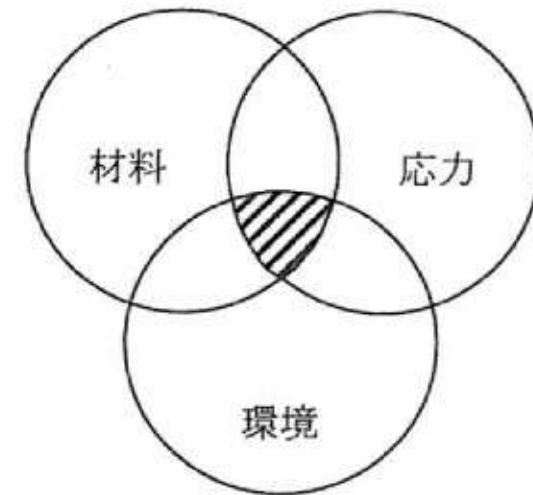


図3 応力腐食割れの発生因子

3.2 評価対象設備

SCCについては、評価対象機器を使用環境（内部流体等）、材料に応じグループ化を行っており、設備の重要度（高い）、使用条件（温度が厳しい）等を考慮してグループ内代表機器を選定した。

選定結果を表3-1に示す。

表3-1 川内2号炉 応力腐食割れが想定される評価対象機器・部位

材 料	事 象	事象の概要	グループ内代表機器	想定部位
600系ニッケル 基合金	600系ニッケル 基合金のSCC (PWSCC)	PWR1次系水質環境下の炉水に接液することでSCCが発生する可能性が考えられる。なお、温度が高いほど発生時間が短くなることが知られている。	原子炉容器、蒸気発生器	600系ニッケル基合金使用部位
ステンレス鋼	高温水における SCC	PWRの管理された炉水の水質環境下においては、鋭敏化材であってもSCC発生の可能性は極めて小さいが、閉塞滞留部は溶存酸素が有意に存在する場合があります、そのような部位にはSCCが発生する可能性が考えられる。	加圧器	計測用管台
			ステンレス鋼配管	母管
			1次冷却材圧力計測制御設備 加圧器水位計測制御設備	計装用取出配管他
	塩化物における SCC	塩化物が付着・濃縮し局所腐食箇所となる部位で発生の可能性はある。	燃料取替用水タンク、 復水タンク	胴板等耐圧構成品
			ステンレス鋼配管 (余熱除去系統配管他)	母管
			液体廃棄物処理系統弁 (濃縮液ポンプ入口弁他)	弁箱、弁蓋他
			ステンレス鋼弁 (タービン動補助給水ポンプ 復水タンク元弁他)	弁箱、弁蓋他
		B廃液蒸発装置他	蒸発器胴板他	
		アスファルト混和機	ロータ、攪拌用突起、 掻き羽根、ケーシング	
低合金鋼	低合金鋼のSCC	発生応力が高く、湿り蒸気雰囲気部位で使用されている部位に発生 の可能性はある。なお、低合金鋼は強度が高いほどSCCの発生が 早いことが知られている。	高圧/低圧タービン、タービン 動補助給水ポンプタービン 他	車軸、円板
銅合金	銅合金のSCC	温度、酸素・アンモニア濃度及び機器製作時の伝熱管のくぼみ擦り 傷部の残留応力条件により応力腐食割れが発生する可能性がある。	湿分分離加熱器 低圧第3給水加熱器	伝熱管

その他事象

3.3 川内1号炉との相違点

SCCの発生する機器は川内1号炉と川内2号炉でほぼ同じであるが、川内2号炉は蒸気発生器が従来型（600系ニッケル基合金を使用）である。

蒸気発生器で想定されるSCCとしては、以下のようなものがある。

- ①伝熱管の管板拡管部及び拡管境界部のSCC
- ②600系ニッケル基合金使用部位のSCC

①については、1次系水の十分な水質管理を行っていること、及び伝熱管管板部の拡管方法を改善していることからSCC発生の可能性は小さいが、引き続き渦流探傷検査を実施していく。

②については、A、B及びC-冷却材入口管台について、2008年度に耐食性に優れた690系ニッケル基合金による溶接への計画的な変更を実施している。

また、A、B及びC-冷却材出口管台について、2010年度に渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認している。

今後も原子力規制委員会決定文書（原規技発第1408063号 平成26年8月6日制定）に指示されている手法・頻度で定期的（供用期間中検査時）に超音波探傷検査及び渦流探傷検査を実施することとしている。

上記のように現状保全を継続して健全性を確保するとともに、更なる信頼性向上のため、より耐食性に優れた690系ニッケル基合金を採用した蒸気発生器への取替えを含めた保全方法を検討していく。以上のことから、蒸気発生器の健全性を維持できると考える。

また、原子炉容器については、600系ニッケル基合金使用部位に対して原子力規制委員会決定文書に指示されている手法・頻度で検査を実施し、欠陥は検出されていない。今後も検査を継続する。

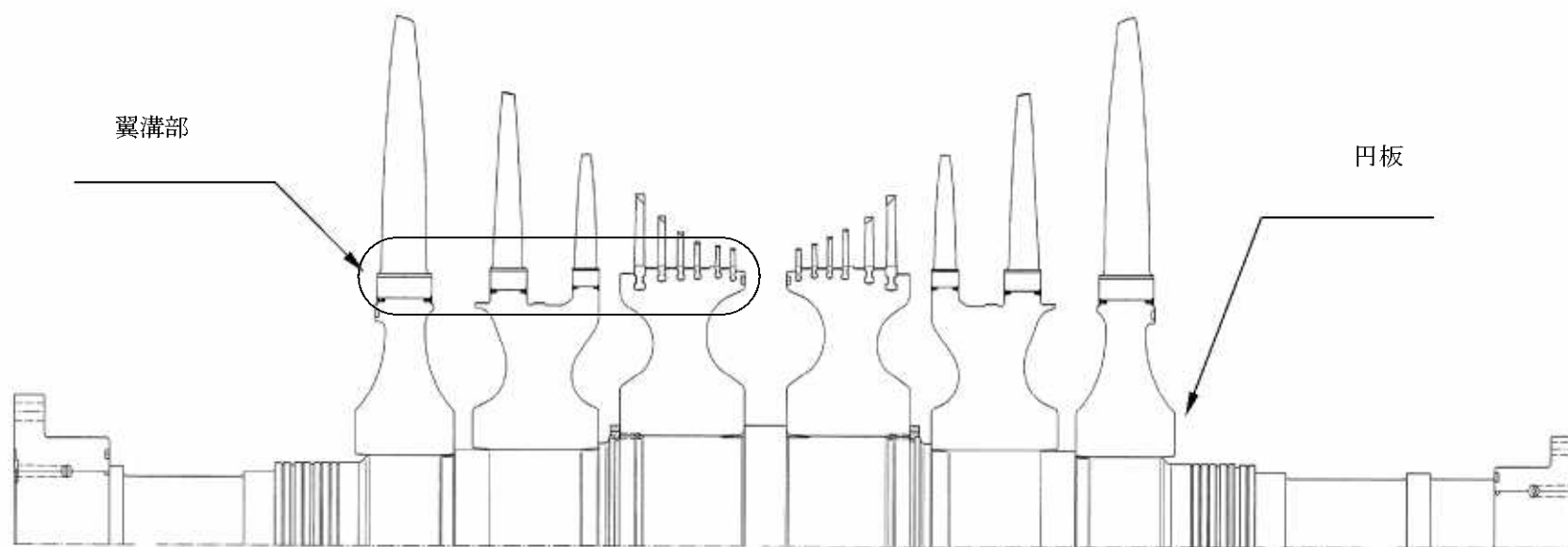
なお、応力条件として厳しい炉内計装筒母材部及び溶接部などについては、2007年度にウォータージェットピーニング（応力緩和）を施工している。さらに、2008年度に690系ニッケル基合金を用いた原子炉容器上部ふたに取替えている。以上のことから、原子炉容器の健全性は維持できると考える。

よって、ここでは、川内2号炉の特徴的な設備として、SCC対策を施した改良型に取替えた低圧タービン（2010年度に取替え）について説明する。

3.4 健全性評価

低圧タービン円板翼溝部は、湿り蒸気雰囲気下において応力集中による局部応力の高い部分に応力腐食割れが生じる可能性がある。

低圧タービン内を流れる湿り蒸気流は、低い溶存酸素濃度で適切な水質管理を実施しているが、翼溝部は他部位に比べ発生応力が高く、応力腐食割れが発生する可能性は否定できない。

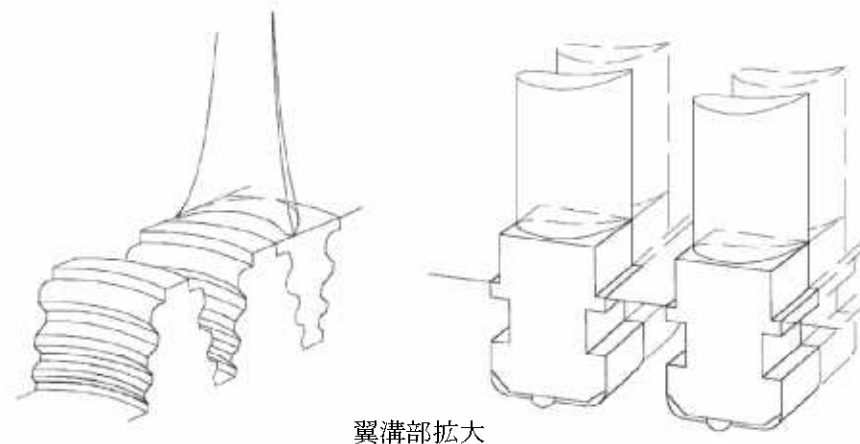


その他事象

川内2号の低圧タービンについては、2010年度に予防保全のために取替えを行っている。取替えた低圧タービンでは、下記のような耐SCC対策を施している。

項目	内容
発生応力の低減	運転中に円板表面に発生する応力低減のために、円板形状を最適化するとともに、熱処理により円板に圧縮応力を付与することで、発生応力の低減を図る。
耐SCCに優れた材料の使用	低降伏応力材を使用することにより耐SCC性の向上を図る。
ショットピーニングの実施	円板と翼溝の応力集中部にショットピーニングを実施し、圧縮応力を付与する。
翼溝形状の改善	翼溝を大型化（R部拡大）し、応力集中を緩和する。

これらの対策により、低圧タービン円板の応力腐食割れに対する感受性は低く、発生の可能性は小さいと考えられる。



その他事象

3.5 現状保全

円板の応力腐食割れに対しては、定期的に見視確認及び翼溝部端面の磁粉探傷検査を実施し、有意な割れがないことを確認している。

3.6 総合評価

健全性評価結果から判断して、円板の応力腐食割れが発生する可能性は小さいと考えられる。また、円板の応力腐食割れは、見視確認及び翼溝部端面の磁粉探傷検査により検知可能であり、点検手法として適切である。よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

3.7 高経年化への対応

円板の応力腐食割れについては、引き続き定期的に見視確認及び翼溝部端面の磁粉探傷検査を実施していく。

3.8 その他の機器の評価

その他の評価対象機器においても、現状保全を継続していくことにより、健全性を維持できることを確認した。

その他事象

4. 腐食

4.1 劣化事象の説明

腐食は使用材料や環境条件によって、全面腐食、孔食、隙間腐食など様々な形態で発生する。

4.2 評価対象設備

腐食については、評価対象機器を使用環境（内部流体等）、材料に応じグループ化を行っており、設備の重要度（高い）、使用条件（温度が厳しい）等を考慮してグループ内代表機器を選定し、評価を行った。

選定結果を表4-1に示す。

表4-1 腐食が想定される評価対象機器(1/3)

劣化事象	事象の概要	グループ内代表機器	想定部位 (主要材料)
キャビテーション	内部流体の圧力変動が大きく、キャビテーションによるエロージョンが発生する可能性がある。	非常用ディーゼル発電機機関本体	デフレクタ (合金鋼)
異種金属接触腐食	海水接液面にはライニングを施しているが、異物の衝突等によるライニングのはく離等により異種金属接触腐食が発生する可能性がある。	原子炉補機冷却水冷却器、ストレーナ入口弁、海水ポンプ出口逆止弁、空調用冷水設備、非常用ディーゼル発電機機関本体、清水冷却器、潤滑油冷却器	ライニング部 (炭素鋼)
全面腐食	炭素鋼等については、長期使用により腐食が発生する可能性がある。	タービン動補助給水ポンプ、蒸気発生器本体、ガス減衰タンク、復水タンク、消火用水格納容器入口弁（外隔離弁）、タービン動補助給水ポンプタービン、制御用空気ドレンセパレータ、制御用空気だめ、制御用空気除湿装置除湿塔、制御用空気圧縮装置配管、スチームコンバータ給水タンク、温水循環ポンプ、清水加熱器、清水冷却器、シリンダ冷却水タンク、空気だめ、シリンダ冷却水系統配管、清水加熱器温度調整弁、主始動弁	ケーシングカバー他 (炭素鋼鑄鋼)

その他事象

表4-1 腐食が想定される評価対象機器(2/ 3)

劣化事象	事象の概要	グループ内代表機器	想定部位 (主要材料)
全面腐食	炭素鋼等については、長期使用により腐食が発生する可能性がある。	脱気器、2次系ドレン系統配管、主蒸気系統配管、主給水系統配管、燃料油貯油槽、蒸気系統配管、燃料油系統配管、ストレーナ入口弁、ストレーナ出口弁、海水ポンプ出口逆止弁、スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータ給水ポンプ、スチームコンバータドレンタンク、スチームコンバータ給水タンク、大容量空冷式発電機	鏡板、胴板他 (炭素鋼)
		原子炉補機冷却海水系統配管、海水系統配管、ストレーナ出口弁	母管、弁箱 (炭素鋼、鋳鉄)
		格納容器給気外側隔離弁、中央制御室空調ファン、安全補機室給気ファン、中央制御室循環ファン	弁箱、弁体他 (炭素鋼鋳鋼)
		原子炉格納容器本体、余熱除去出口配管貫通部、主蒸気貫通部、主給水貫通部、機器搬入口、通常用エアロック、燃料移送管貫通部	トップドーム部、円筒部他 (炭素鋼)
		非常用ディーゼル発電機機関本体	ケーシング他 (鋳鉄)
	再生熱交換器、余熱除去冷却器、燃料取替用水タンク加熱器、湿分分離加熱器、低圧第3給水加熱器、原子炉補機冷却水冷却器、グラウンド蒸気復水器、脱気器、原子炉補機冷却水サージタンク、よう素除去薬品タンク、湿分分離加熱器第2段ドレンタンク、B廃液蒸発装置 (コンデンサ、蒸留水冷却器)、スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータドレンタンク	支持脚 (スライド脚) (炭素鋼)	
	濃縮廃液及びその固形分等との接触により局所的な腐食が発生する可能性がある。	アスファルト混和機	ロータ、攪拌用突起、掻き羽根、ケーシング (ステンレス鋼)
	炭素鋼等については、長期使用により腐食が発生する可能性がある。	雑固体焼却炉	炉外殻 (炭素鋼)
大気接触部の腐食 (塗装なし部)	大気環境下であるため、腐食が発生する可能性がある。	基礎ボルト	シールド、テーパボルト他 (炭素鋼)
流れ加速型腐食	内部流体による流れ加速型腐食が発生する可能性がある。	湿分分離加熱器、低圧第3給水加熱器、原子炉補機冷却水冷却器、空調用冷水設備、非常用ディーゼル発電機機関本体、清水冷却器、潤滑油冷却器	伝熱管 (銅合金)
		燃料取替用水タンク加熱器、湿分分離加熱器、高圧第6給水加熱器、低圧第3給水加熱器、グラウンド蒸気復水器、蒸気発生器本体、脱気器	胴板、鏡板他 (炭素鋼)
		主蒸気系統配管、主給水系統配管	母管 (炭素鋼)

その他事象

表4-1 腐食が想定される評価対象機器(3/3)

劣化事象	事象の概要	グループ内代表機器	想定部位 (主要材料)
流れ加速型腐食	内部流体による流れ加速型腐食が発生する可能性がある。	主蒸気逃がし弁元弁、主給水隔離弁（外隔離弁）、主蒸気逃がし弁、主給水制御弁、主蒸気隔離弁、主給水逆止弁、補助蒸気格納容器隔離弁、電動補助給水ポンプミニマムフロー逆止弁、主蒸気止め弁、蒸気加減弁、インターセプト弁・再熱蒸気止め弁、タービン動主給水ポンプ駆動タービン高圧蒸気止め弁・高圧蒸気加減弁・低圧蒸気止め弁・低圧蒸気加減弁、高圧タービン、低圧タービン、B廃液蒸発装置、スチームコンバータ本体、スチームコンバータドレンクーラ、スチームコンバータ給水ポンプ、清水加熱器	弁箱、弁蓋他 (炭素鋼鑄鋼)
エロージョン	蒸気中の水滴による衝撃で翼入口先端部がエロージョンにより減肉する可能性がある。	低圧タービン、タービン動主給水ポンプ駆動タービン	動翼 (ステンレス鋼)
孔食及び隙間腐食	内部流体が海水であり接液する部位については、孔食及び隙間腐食が発生する可能性がある。	海水ポンプ、海水ポンプ軸冷海水供給弁、軸受潤滑水入口弁、ストレーナ入口弁、海水ポンプ出口逆止弁、海水ポンプ軸冷海水供給逆止弁、海水ポンプエリア床ドレンライン逆止弁、補機冷却クーラ海水逃がし弁	主軸、吐出管他 (耐食ステンレス鋼、ステンレス鋼鑄鋼)
粒界腐食割れ	遊離アルカリの濃縮と酸化銅等による酸化性雰囲気重畳し、結晶粒界に沿って割れる可能性がある。	蒸気発生器本体	蒸気発生器伝熱管 (600系ニッケル基合金)
ピitting (孔食)	酸化銅等による酸化性雰囲気下で塩化物が濃縮し、局所的な腐食が発生する可能性がある。	蒸気発生器本体	蒸気発生器伝熱管 (600系ニッケル基合金)

4.3 川内1号炉との相違点

腐食の発生が想定される機器は川内1号炉と川内2号炉でほぼ同じである。

ここでは共用設備のうち川内2号炉設備として設置している雑固体焼却炉の腐食について説明する。

その他事象

4.4 健全性評価

4.4.1 雑固体焼却炉の概要

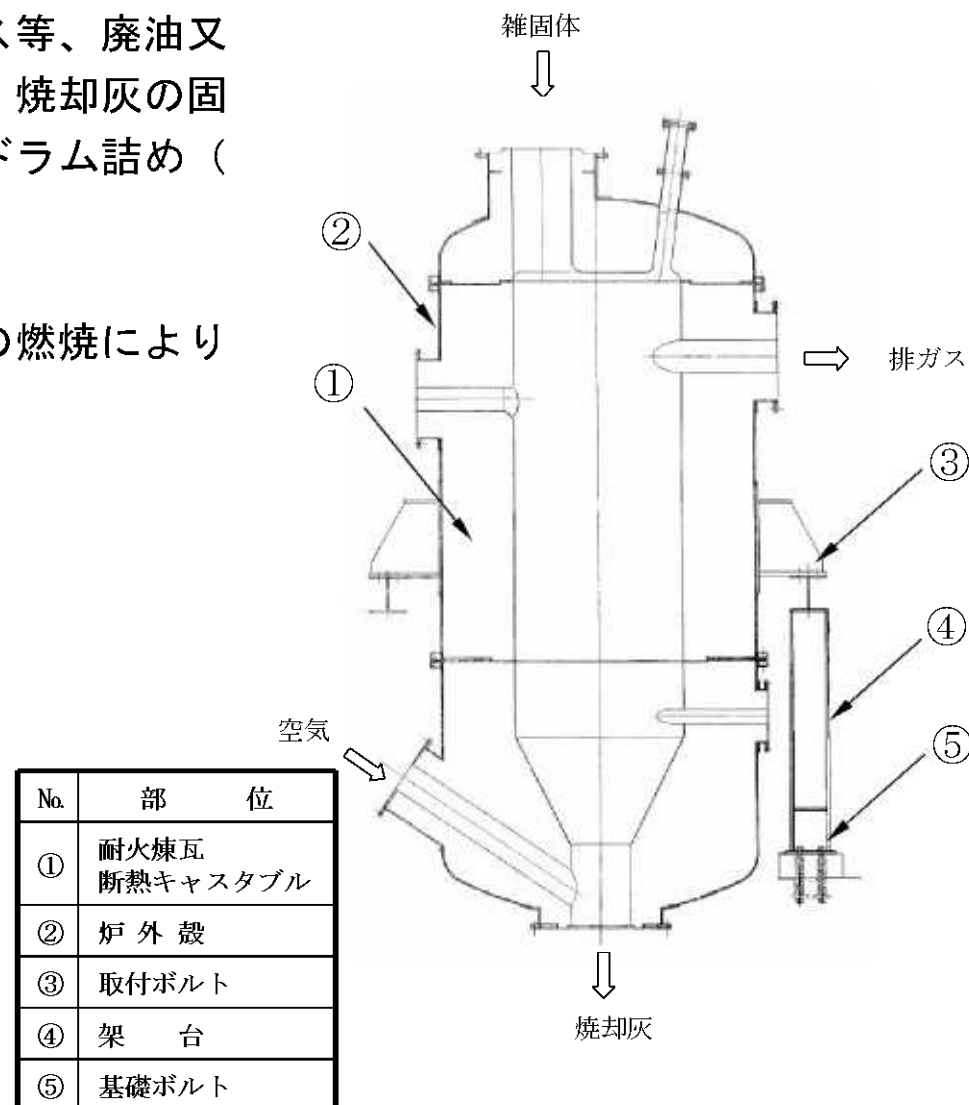
雑固体焼却炉上部から投入される廃ウエス等、廃油又は廃液は、雑固体焼却炉内で焼却減容され、焼却灰の固形物は雑固体焼却炉底部から排出させて、ドラム詰め（固体廃棄物）にする機能を有している。

炉外殻は炭素鋼であるが、内部は雑固体の燃焼により高温となるため、耐火物を内張りしている。

4.4.2 炉外殻の腐食（全面腐食）

炉外殻は炭素鋼であるが、外面は耐熱塗装が施工され、また内面は耐火物が内張りされており、通常の使用条件では有意な腐食減肉は想定されない。

しかしながら、内面の耐火物に減肉、割れ等が発生した状況では、腐食性ガス（HCl、SO_x他）が炉外殻部まで到達し腐食が発生する可能性がある。



炉外殻の腐食は、耐火煉瓦等の耐火物の減肉、割れの状況等により影響され、一律で定量的な評価は困難であり、定期的に肉厚測定を実施している。

これまでの肉厚測定において有意な減肉は認められておらず、今後も急激に腐食が進行する可能性は小さいと考える。

4.5 現状保全

炉外殻の腐食に対しては、定期的に超音波による肉厚測定を実施している。

4.6 総合評価

健全性評価結果から判断して、炉外殻の腐食の進行程度は耐火物の割れの状況等により、一律に定量的な評価は困難であるが、これまでの点検結果より、急激に腐食が進行する可能性は小さいと考えられる。

また、炉外殻の腐食は肉厚測定により検知可能であり、点検手法として適切である。よって、現状保全を継続することで、健全性を維持できると考える。

4.7 高経年化への対応

炉外殻の腐食については、引き続き定期的に肉厚測定を実施していく。

4.8 その他の機器の評価

その他の評価対象機器においても、現状保全を継続していくことにより、健全性を維持できることを確認した。

5. その他事象評価結果

全てのその他事象について高経年化対策に関する評価を実施した結果、以下のように現状保全を継続していくことにより健全性を維持できることを確認した。

「高経年化対策上着目すべき経年劣化事象」の評価結果を表5-1、「高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象」の評価結果を表5-2に示す。

- ・健全性評価の結果、劣化の発生・進展の可能性が小さいものについては、現状保全（検査・点検）を継続的に実施し、異常の有無を確認する。
- ・健全性評価の結果、劣化の発生・進展により機器の健全性に影響を与える可能性が否定できないものについては、現状保全（検査・点検）を継続することにより、劣化の状況を管理し、必要に応じて補修・取替えを実施する。

なお、冷温停止状態における評価について、運転を断続的に行うことを前提とした場合と比較して厳しくなることが想定される機器として、余熱除去ポンプ（主軸のフレット疲労割れ）、余熱除去冷却器（伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ）及び充てん／高圧注入ポンプ（主軸のフレット疲労割れ）が抽出されたが、何れの事象も発生の可能性は小さく、現状保全を継続することで健全性は維持できることを確認した。

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（1/12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
600系ニッケル合金の応力腐食割れ	原子炉容器	入口管台、出口管台、炉内計装筒	応力条件として厳しい炉内計装筒母材部、溶接部、出口管台継手及び入口管台継手については、ウォータージェットピーニング（応力緩和）を施工していることなどから応力腐食割れが発生する可能性は小さいと評価 第18回定期検査時（2008年度）に耐応力腐食割れ性に優れた690系ニッケル合金を用いた原子炉容器上部ふたに取替えを実施	保安院指示文書に指示されている手法・頻度（超音波探傷検査等・供用期間中検査時）で検査を実施 第17回定期検査時ウォータージェットピーニング（応力緩和）を施工	応力腐食割れは、超音波探傷検査等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	原子力規制委員会決定文書に指示されている手法・頻度（超音波探傷検査等・供用期間中検査時）で検査を実施
	蒸気発生器	伝熱管	全厚液圧拡管+1ステップローラ拡管採用により残留応力の低減を図っており、検出性能が向上したインテリジェントECTによる検出実績もないことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さいと評価	定期的に渦流探傷検査を実施	応力腐食割れは、渦流探傷検査にて検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査を実施
		600系ニッケル合金使用部位	A、B及びC-冷却材出口管台については、渦流探傷検査を実施しており、その他部位については、他プラントの蒸気発生器を取り替えた際の取替前機器に対する点検で有意な欠陥が認められていないことなどから、応力腐食割れが問題となる可能性は小さいと評価	保安院指示文書で指示された点検に対応するものとして渦流探傷検査を実施	応力腐食割れは、超音波探傷検査等により検知可能	原子力規制委員会決定文書に指示されている手法・頻度で検査を実施
ステンレス鋼の内面からの応力腐食割れ	加圧器 ステンレス鋼配管 プロセス計測制御設備	計測用管台 母管 計装用取出配管他	1次系水質環境下では適切な水質管理を行っていることから、応力腐食割れが発生する可能性は小さいと考える。	定期的に漏えい試験等を実施	応力腐食割れは、漏えい試験等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き漏えい試験等を実施
	弁（玉形弁他） 濃縮減容設備 アスファルト固化装置	弁箱、弁蓋他 胴板、鏡板他 ケツグ、ロータ他	塩化物イオン濃度が高く、温度が高いため応力腐食割れの発生の可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認等を実施	応力腐食割れは、目視確認等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認等を実施
ステンレス鋼の外表面からの応力腐食割れ	補機タンク ステンレス鋼配管 弁（仕切弁他）	胴板、管台他 母管 弁箱、弁蓋他	屋外設置機器については、塗装や防水措置（保温）を施して海塩粒子の付着を防止しており、応力腐食割れの発生する可能性は小さいと評価	巡視点検等にて塗装又は防水措置（保温）の目視確認を実施 分解点検時に外面の目視確認を実施	塗装、防水措置（保温）、外面の健全性は目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認にて塗装、防水措置（保温）の健全性確認、分解点検時の外面の目視確認を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（2 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
低合金鋼の応力腐食割れ	タービン （高圧タービン他）	車軸、円板	応力腐食割れに対する感受性は低く、発生の可能性は小さいと評価	定期的に磁粉探傷検査等を実施	応力腐食割れは、磁粉探傷検査等で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き磁粉探傷検査等を実施
伝熱管の応力腐食割れ	湿分分離加熱器 低圧第3給水加熱器	伝熱管	湿分分離加熱器は酸素・アンモニアが胴内で滞留することがないため、低圧第3給水加熱器は温度が低いため、応力腐食割れの発生により機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価	定期的に渦流探傷検査を実施	伝熱管の応力腐食割れは、渦流探傷検査により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
腐食（キャビテーション）	非常用ディーゼル発電設備	デフレクタ	デフレクタ自体のエロージョン抑制のため表面は熱処理による表面硬化が施されており、累積運転時間は、同型の使用実績に対し余裕があると評価	定期的に目視確認を実施	キャビテーションによるエロージョンが健全性に影響を与える可能性はなく、目視確認により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
腐食（異種金属接触腐食）	多管円筒形熱交換器 弁（バタフライ弁他） 冷水設備 非常用ディーゼル発電設備	ライニング部	ライニングのはく離等により異種金属接触腐食が発生する可能性は否定できないと評価	定期的にライニングの健全性確認を含む目視確認を実施	ライニングのはく離は、目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続きライニング状況の確認を実施
腐食（全面腐食）	ターボポンプ 補機タンク 炭素鋼配管 弁（仕切弁他） タービン動補助給水ポンプタービン 空気圧縮装置 スチームコンバータ 非常用ディーゼル発電設備	ケーシングカバー、 ケーシング他 胴板、鏡板他 母管 弁箱、弁蓋他 ケーシング、ケーシングカバー他 胴板、鏡板他 胴板、管台他 ケーシング、水室他	運転開始後60年時点での推定腐食量は設計上の腐れ代に対して小さいことから、現時点の知見においては、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価	定期的に目視確認及び塗装（内面塗装のタンク）の健全性確認を実施	腐食（全面腐食）は、目視確認及び塗装の健全性確認により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（3 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
腐食（全面腐食）	直接接触式熱交換器 低合金鋼配管他弁（仕切弁他） スチームコンバータ 非常用ディーゼル発電設備 大容量空冷式発電機	鏡板、胴板他 母管 弁箱、弁蓋 胴板、鏡板他 胴板、母管他 エンクロージャ他	塗装や防水措置（保温）が不十分であると、雨水等により外面からの腐食（全面腐食）が発生する可能性は否定できないと評価	巡視点検時等に機器外面の塗装や防水措置（保温）の目視確認を実施 分解点検時に外面の目視確認を実施	塗装、防水措置（保温）、外面の健全性は目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認にて塗装、防水措置（保温）の健全性確認、分解点検時の目視確認を実施
	炭素鋼配管 弁（ダイヤフラム弁） プロセス計測制御設備 非常用ディーゼル発電設備	母管 弁箱 計装用取出配管他 管板、母管他	ライニングのはく離等が生じた場合、海水による腐食（全面腐食）の可能性は否定できないと評価	定期的にライニングの健全性確認を含む目視確認を実施	ライニングのはく離は、目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続きライニング状況の確認を実施
	弁（バタフライ弁） ファン	弁箱、弁体他 主軸	内部流体はフィルタ処理後の空気であるが、腐食（全面腐食）の発生は否定できないと評価	定期的に目視確認を実施	腐食（全面腐食）は、目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認を実施
	原子炉格納容器 機械 ⁶ トレーション	トップドーム部、 円筒部 スリーブ、端板他	塗装のはく離により腐食（全面腐食）の可能性は否定できないと評価	巡視点検時等に塗装の目視確認を実施 定期的に原子炉格納容器漏えい率試験を実施	塗装の健全性は、目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き原子炉格納容器漏えい率試験、目視確認による塗装の健全性確認を実施
	プロセス計測制御設備 非常用ディーゼル発電設備	計器元弁 ケーシング他	目視確認にて腐食（全面腐食）の進展は認められていないが、腐食（全面腐食）が発生する可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認を実施	腐食（全面腐食）は、目視確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認を実施
	多管円筒形熱交換器 直接接触式熱交換器 補機タンク 濃縮減容設備 スチームコンバータ	支持脚（スライト ⁷ 脚）	長期使用による支持脚（スライト ⁷ 脚）の腐食（全面腐食）による固着発生の可能性は否定できないと評価	巡視点検時等に塗装の目視確認を実施 プラント起動時等にスライト ⁷ 脚の動作確認を実施	腐食（全面腐食）による固着は、動作状況の確認、塗装の健全性確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続きプラント起動時等の動作状況又は目視確認によるスライト ⁷ 部の塗装の健全性確認を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（4/12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
大気接触部の腐食（塗装なし部）	基礎ボルト	シールド、テーパボルト	基礎ボルトのコンクリート直上部の腐食に対しては、腐食減肉による支持機能の低下の可能性は否定できないと評価	巡視点検時等に機器に異常な振動等がなく、機器の支持機能に異常のないことを確認	腐食減肉による支持機能の低下は、機器の振動等の確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き機器の振動等の確認による支持機能確認を実施 知見充実のため、引き抜きの機会があれば調査を実施
腐食（流れ加速型腐食）	多管円筒形熱交換器 冷水設備 非常用ディーゼル発電設備	伝熱管	貝等の異物が海水に混入した場合、伝熱管内面に腐食（流れ加速型腐食）発生の可能性は否定できないと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	腐食（流れ加速型腐食）は、渦流探傷検査等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
	多管円筒形熱交換器 蒸気発生器 直接接触式熱交換器	胴板、鏡板他 給水リング、給水入口管台 胴板、鏡板	蒸気あるいは水が衝突する部位や、局部的に流速の速くなる部位では、腐食が加速されることにより、減肉が発生する可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認、肉厚測定を実施	腐食（流れ加速型腐食）は、目視確認、肉厚測定で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認、肉厚管理を実施
腐食（流れ加速型腐食及びエロージョン）	炭素鋼配管	母管	高温水及び二相流体を内包する配管のエロボ部等の流れの乱れが起きる箇所、腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は否定できないと評価	「配管減肉管理要領書」（社内文書）による配管減肉の管理を実施（超音波厚さ計による肉厚計測を含む）	腐食（流れ加速型腐食）は、肉厚計測により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き肉厚管理を実施
腐食（流れ加速型腐食）	弁（仕切弁他） 高圧タービン 低圧タービン 濃縮減容設備 スチームコンバータ 非常用ディーゼル発電設備	弁箱、弁蓋他 外部車室他 内部車室 胴板 胴板、鏡板他 胴板他	蒸気あるいは水が衝突する部位や、局部的に流速の速くなる部位では、腐食が加速されることにより、減肉が発生する可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認、肉厚測定等を実施	腐食（流れ加速型腐食）は、目視確認、肉厚計測等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認、肉厚管理等を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（5 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
腐食（エロージョン）	ステンレス鋼配管	母管	腐食（エロージョン）による減肉の進行程度は、正確に定量的な評価を行うことは困難であり、腐食の発生は否定できないと評価	「配管肉厚管理要領書」（社内文書）による配管減肉の管理を実施（超音波厚さ計による肉厚計測を含む）	腐食（エロージョン）は、肉厚計測により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き肉厚管理を実施
	タービン（低圧タービン他）	動翼	エロージョン防止のため材料に硬度を高める処置等を行っていることから、急激に減肉が進行する可能性は小さいと考えるが、腐食（エロージョン）が発生する可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認、浸透探傷検査を実施	腐食（エロージョン）は、目視確認、はく離は、浸透探傷検査により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認、浸透探傷検査を実施
腐食（孔食及び隙間腐食）	ターボポンプ弁（仕切弁他） プロセス計測制御設備	主軸、吐出管他 弁箱、弁蓋他 保護管他	内部流体が海水であることから、腐食（孔食及び隙間腐食）の発生は否定できないと評価	定期的に目視確認を実施	腐食（孔食及び隙間腐食）は、目視確認にて検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認を実施
その他の腐食	アスファルト固化設備	ロータ 攪拌用突起 掻き羽根 ケーシング	アスファルトの皮膜で覆われており、廃液と直接接触することはないと考えられ、急激に腐食が発生する可能性は小さいと評価	定期的にロータ等の目視確認を実施	腐食は、目視確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認を実施
	雑固体焼却設備	炉外殻	炉外殻の腐食は、耐火煉瓦等の耐火物の減肉、割れの状況等により影響されるが、これまでの肉厚測定の結果から、急激に腐食が進行する可能性は小さいと評価	定期的に超音波による肉厚測定を実施	炉外殻の腐食は、肉厚測定により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き肉厚測定を実施
フレットング疲労	ターボポンプ	主軸	ポンプ運転時に発生する曲げ応力振幅が疲労限を下回ることを確認 なお、電動補助給水ポンプについては、曲げ応力振幅が疲労限以上であるが、運転開始後60年時点での発生繰返し数は、曲げ応力振幅に対する許容繰返し数を下回ることを確認 主軸のフレットング疲労割れが問題となる可能性は小さいと評価	定期的に超音波探傷検査等を実施	フレットング疲労発生は、超音波探傷検査等により検知可能	引き続き超音波探傷検査等を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（6 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
フレットング疲労	蒸気発生器	伝熱管	材料のフレットング疲労強度、発生応力を評価した結果、フレットング疲労割れが問題となる可能性は小さいと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	フレットング疲労発生は、渦流探傷検査等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
中性子照射による靱性低下	炉内構造物	炉心そう	炉心そうに有意な欠陥を仮定した場合でも、不安定破壊発生の可能性はないと評価	定期的に水中テレビカメラによる目視確認を実施	炉心そうに有意な欠陥を仮定した場合でも、不安定破壊発生の可能性はない	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
照射誘起割れ	原子炉容器内挿物	制御棒被覆管	外径測定、照射後試験を実施し、クラック発生の可能性がある中性子照射量を評価した結果、制御棒被覆管先端部の照射誘起割れの発生の可能性は否定できないと評価	定期的に制御棒クラスタの落下試験、水中カメラによる目視確認を実施 予防保全的に中性子照射量に応じて制御棒クラスタの取替を実施	挿入性については落下試験により、割れの有無は、目視確認により検知可能、中性子照射量に応じて制御棒クラスタを取替え 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き中性子照射量に応じて取替えを実施、落下試験や目視確認を実施
照射脆化	重機器サポート	原子炉容器サポートリブ	破壊靱性評価を実施し破壊靱性値が応力拡大係数を上回っていることを確認できていることから、原子炉容器サポートの健全性に問題はないと評価	定期的にキャビティシール据付時に隙間計測を実施	照射脆化が問題となる可能性はなく、サポート部の変形は、キャビティシール据付時の隙間計測により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
摩耗及び高サイクル疲労割れ	多管円筒形熱交換器 スチームコンバータ 非常用ディーゼル発電設備	伝熱管	管内流速が高速ではなく、伝熱管の振動による摩耗及び疲労割れが発生する可能性は小さいと評価	定期的に伝熱管の渦流探傷検査等を実施	疲労割れは、渦流探傷検査等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
高サイクル熱疲労割れ	ステンレス鋼配管	母管	弁グランドリーク型熱成層による疲労割れに対しては、弁グランドリークに起因する滞留部への高温水の侵入によって熱成層の発生、消滅を防止する措置を講じており、疲労割れが発生する可能性は小さいと評価	定期的に隔離弁の分解点検を実施	疲労割れは、隔離弁分解点検時の弁シート部の隙間管理により熱成層の発生、消滅の繰り返しは防止可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き隔離弁の分解点検を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（7/12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
粒界腐食割れ	蒸気発生器	伝熱管	蒸気発生器伝熱管材料に600系ニッケル基合金（特殊熱処理）及び管支持板にはBEC穴の採用等により、粒界腐食割れが発生する可能性は小さいと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	粒界腐食割れは、渦流探傷検査により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
ピitting（孔食）	蒸気発生器	伝熱管	実機模擬スラッジによる腐食電位上昇を測定した結果、ピitting発生電位を下回ることからピitting（孔食）が発生する可能性は小さいと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	ピitting（孔食）は、渦流探傷検査により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
デンティング	蒸気発生器	伝熱管	国内の取替え前蒸気発生器でも発生していないことから、デンティングが発生する可能性はないと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	デンティングは、渦流探傷検査により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
スケール付着	多管円筒形熱交換器 冷水設備 非常用ディーゼル発電設備	伝熱管	海生物等の影響で伝熱管内面のスケール付着による伝熱性能低下の可能性は否定できないと評価	定期的に管内面洗浄を実施	スケール付着は、定期的な洗浄により除去可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き管内面の洗浄を実施
	蒸気発生器	伝熱管	蒸気発生器伝熱管外面（2次側）へのスケール付着による伝熱性能低下の可能性は否定できないと評価	伝熱性能の傾向監視を実施	伝熱性能低下は、プラントパラメータから評価可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続きプラントパラメータによる伝熱性能の確認を実施
	蒸気発生器	管支持板穴	短期間で急激なスケール付着が発生することは想定されないが、将来的には海外プラントと同様の事象が発生する可能性がある と評価	定期的に渦流探傷検査又は蒸気発生器広域水位によりスケール付着傾向を経年監視 必要に応じ付着スケール除去のための洗浄を実施	スケール付着は、渦流探傷検査又は蒸気発生器広域水位により把握可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続きBEC穴への渦流探傷検査又は蒸気発生器広域水位の確認を実施 必要に応じ付着スケール除去のための洗浄を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（8 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
スケール付着	スチームコパータ	伝熱管	蒸発作用により加熱管外面に経年的にスケールが付着し、伝熱性能に影響を及ぼす可能性は否定できないと評価	パラメータ監視を行い、熱交換性能に異常がないことを確認	伝熱性能低下は、運転パラメータ監視により把握可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き熱交換器通水時の流体温度、流量等のパラメータの監視を実施
ばねの変形（応力緩和）	弁（安全逃がし弁他） 配管サポート メタルクラッド開閉装置 パワーセンタ他	ばね	当該部に発生する応力は弾性範囲内であり、使用温度は一般産業界で使用されている実績以下であることから、有意な変形（応力緩和）が生じる可能性は小さいと評価	定期的に作動確認を実施	ばねの変形（応力緩和）は、作動確認により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
車室の変形	タービン（高圧タービン他）	車室	長期間の運転に起因する経年的な変形の可能性は小さいと考えるが、車室の変形発生の可能性は否定できないと評価	定期的に水平継手面の間隙計測を実施し、必要に応じて当たり状況の確認を実施	変形は、間隙計測、当たり状況の確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き水平継手面の間隙計測、必要に応じて当たり状況の確認を実施
はく離	配管サポート	スライドプレート	現在までにテフロンのはく離は認められていないことから、急激なはく離が発生する可能性は小さいと考えるが、テフロンのはく離の発生は否定できないと評価	プラント起動時に目視にて動作状況の確認を実施	テフロンのはく離は、動作状況の目視により確認可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続きプラント起動時にスライドサポートの動作状況を確認
摩耗、はく離	タービン（高圧タービン他）	ジャーナル軸受他	長時間使用によりホワイトメタルの摩耗、はく離の可能性は否定できないと評価	摩耗、はく離については、定期的に目視確認、間隙計測、当たり幅の確認、浸透探傷検査等を実施	摩耗、はく離は、目視確認、間隙計測、当たり幅の確認、浸透探傷検査等により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認、間隙計測、当たり幅の確認、浸透探傷検査等を実施
摩耗	ターボポンプ 原子炉容器上部ふた付属設備 大容量空冷式発電機	増速機歯車 プランジャー他 減速機歯車	これまでの点検結果で有意な摩耗のないことを確認しており、急激な摩耗の進行により機器の健全性に影響を与える可能性は小さいと評価	定期的に目視確認、動作確認、寸法計測を実施	摩耗は、目視確認、動作確認、寸法計測により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（9 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
摩耗	タービン動補助給水ポンプタービン燃料取扱設備	ガバナ調速機構 走行・横行レール他 主軸他 Vプーリ他	これまでの点検結果で有意な摩耗のないことを確認しているが、摩耗の可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認、寸法計測、Vベルトの張力確認を実施	摩耗は、目視確認、寸法計測、Vベルトの張力確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認、寸法計測、Vベルトの張力確認を実施
	空気圧縮装置 非常用ディーゼル発電設備	アスファルト固化装置	攪拌用突起他			
	燃料取扱設備 燃料移送装置	ロッキングカム チェーン	推定摩耗量又は推定伸び量の評価により、摩耗の進行が機器の健全性に影響を与える可能性は否定できないと評価	定期的に作動確認、寸法計測を実施	摩耗は、作動確認、寸法計測により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き作動確認及び寸法計測による傾向を監視し、必要に応じて取替えを実施
	配管サポート	ピン、パイプクランプ他	通常の配管熱移動による変位は起動・停止時等に想定されるが、想定回数は少なく、配管サポート可動部位の摺動により著しい摩耗が生じる可能性は小さいと評価	定期的に摺動面の状態、支持状態の目視確認を実施	支持機能の健全性は、目視確認にて検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き摺動部、支持状態の目視確認を実施
	蒸気発生器	伝熱管	改良型の2本組振止め金具への取替を行っており、過去の点検より経年的な変化が認められていないため、摩耗減肉が発生する可能性は小さいと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	摩耗は、渦流探傷検査にて検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
	炉内構造物	制御棒クラスタ案内管（案内板）	制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗が急激に進展することはないと、今後もこの傾向が変化する可能性は小さいと評価	定期的に全制御棒の落下試験及び摩耗データの採取を実施	摩耗による制御棒の案内機能への影響は、落下試験及び摩耗データの採取により検知可能	定期的に全制御棒の落下試験及び摩耗データの採取を実施し、健全性に問題がないことの確認を実施
炉内計装用シンプルチューブ		炉内計装用シンプルチューブの摩耗による減肉については、限界減肉率に至る前に取替え等の措置を実施することとしているが、炉内計装用シンプルチューブの摩耗の発生の可能性は否定できないと評価	定期的に渦流探傷検査を実施 必要に応じ取替え等の措置を実施	摩耗は、渦流探傷検査にて検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査による摩耗状況の把握を行い、必要に応じて取替え等の措置を実施	

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（10/12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
摩耗	炉内構造物	支持ピン	他プラントにおいて支持ピンの脱落事象が発生 川内2号炉においては、有意な摩耗は認められていないと評価	定期的に水中テレビカメラによる目視確認を実施	摩耗は、目視確認により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
	重機器サポート	パッド、ヒンジ他	摩耗量評価結果から、許容値に比べ小さくこれまでに有意な偏りは認められていないことから支持機能に影響を及ぼす可能性はないと評価	キャビティシール据付時の隙間計測を実施 定期的にかみ合い深さについて目視確認を実施	摩耗による支持機能の低下は、隙間計測又は目視確認により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
	原子炉容器内挿物	制御棒被覆管	国内プラントの摩耗測定結果から摩耗の進行を評価していることから、制御棒被覆管の摩耗の発生の可能性は否定できないと評価	摩耗が制御棒被覆管肉厚に達するまでに、制御棒引抜き位置をステップ変更 定期的に全制御棒クラスタの落下試験を実施	制御棒クラスタの挿入性は、落下試験により検知可能 摩耗進行曲線による運転時間管理によりステップ変更及び取替えを定期的に実施 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き運転時間に応じてステップ変更、取替えを行っていくとともに、落下試験を実施
固着	弁（リフト逆止弁）	弁体	弁体と弁体摺動部の隙間に腐食生成物等の堆積状態の把握は難しいため、一律に定量的な予測を行うことは困難であり、弁体の固着の発生は否定できないと評価	定期的に弁内面の目視確認を実施	弁体の固着に影響する腐食生成物等の堆積の兆候がないことは、目視確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き腐食生成物等の堆積の兆候がないことを目視にて確認
	メタルクラッド開閉装置 パワーセンタ 制御棒駆動装置用電源設備	操作機構	今後も運転状態や環境条件が変化することは考えられないことから、急激な特性変化の可能性は小さいと考えるが、操作機構の固着やそれによる動作特性の変化が生じる可能性は否定できないと評価	定期的に注油を行い、各部の目視確認、動作確認を実施	定期的な各部の目視確認、動作確認で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き注油を行い、各部の目視確認、動作確認を実施
	ダンパ	ダンパシャフト	粉塵等の影響によって、固着が発生する可能性があるため、固着発生の可能性は否定できないと評価	定期的に動作確認を実施	固着は、動作確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き動作確認を実施

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（11/12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
固着	非常用ディーゼル発電設備	燃料噴射ポンプ調整装置組立品各リンク	各軸受部の油脂の変質及び塵埃堆積等による摩擦抵抗増加によって、各リンクが固着する可能性は否定できないと評価	定期的に摺動抵抗測定を実施 負荷運転時においても、円滑な燃料制御が行われていることを確認	固着は、摺動抵抗測定又は負荷運転時の性能確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き摺動抵抗測定及び負荷運転時の性能確認を実施
	非常用ディーゼル発電設備	燃料油供給ポンプ軸スリーブ	潤滑油残渣が堆積すると堆積部で固着が発生する可能性は否定できないと評価	定期的に目視確認、作動確認を実施	固着は、目視確認、作動確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認、作動確認を実施
管板直上部腐食損傷	蒸気発生器	伝熱管	材料の耐食性向上、流動改善によるスラッジ堆積防止、液圧拡管による応力低減により発生の可能性は小さいと評価	定期的に渦流探傷検査等を実施	腐食損傷は、渦流探傷検査にて検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き渦流探傷検査等を実施
クリープ	非常用ディーゼル発電設備	過給機タービンロータ	プラント運転開始後60年運転時点での非常用ディーゼル発電機累積運転時間は、クリープ破断時間未満であることから、クリープが健全性に影響を与える可能性がないと評価	定期的にタービンロータの目視確認、浸透探傷検査を実施	有意な変形は目視確認で、有意な割れは浸透探傷検査により検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない
樹脂の劣化	基礎ボルト	ケミカルアンカ	高温環境下にさらされることはなく、放射線や水分付着による樹脂の劣化の可能性は小さいと評価	巡視点検等や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことにより、支持機能に異常のないことを確認	支持機能の低下は、巡視点検等や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことにより検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き巡視点検等や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことにより、支持機能に異常のないことを確認 知見充実のため、引き抜き機会あれば調査
グリスの劣化	配管サポート	メカニカルスナバ	グリスの熱による劣化は蒸発試験、放射線による固化は耐放射線試験にて問題とならないと評価	定期的にインジケータ指示位置によりメカニカルスナバの動作状況を確認	メカニカルスナバの動作状況はインジケータ指示位置確認、グリスの劣化に対して定期的に動作状況の確認を行っている	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない

その他事象

表5-1 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象）（12 / 12）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価			
			健全性評価	現状保全	総合評価	高経年化への対応
真空度低下	メタルクラッド開閉装置	真空バルブ	真空遮断器の真空バルブは、これまで有意な真空低下は認められていないことから、真空度の低下が進行する可能性は小さいと評価	定期的に真空度測定を実施	真空度低下は、真空度測定で検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き真空度測定を実施
耐火煉瓦の減肉	雑固体焼却設備	耐火煉瓦	減肉管理値を超えないようにしており、1サイクルあたりの減肉程度は管理値の最大約1/5と評価	定期的に寸法測定を実施 必要に応じて耐火煉瓦の張替えを実施	耐火煉瓦の減肉は、寸法測定により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き寸法測定を実施 必要に応じて耐火煉瓦の張替えを実施
耐火煉瓦等の割れ	雑固体焼却設備	耐火煉瓦 耐熱キャストブル	これまで有意な割れは認められておらず、発生の可能性は小さいと評価	定期的に目視確認を実施	耐火煉瓦等の割れは、目視確認により検知可能 現状保全を継続することで、健全性を維持	引き続き目視確認を実施
導通不良	加圧器ヒータ	ヒータエレメント チューブ ターミナル	60年間の運転を想定したヒータON-OFF回数は多くても約5000回であり、疲労割れによる導通不良に至る可能性はないと評価	定期的にヒータの抵抗測定を実施	導通不良は、ヒータの抵抗測定で検知可能	現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはない

その他事象

- 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象は、以下の通り分類している。
- ① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、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もの
 - ② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

表5-2 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象）（1 / 3）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価（健全性評価及び現状保全）	分類
隙間腐食	使用済燃料ピット	プールゲート	ほう酸水中の塩化物イオン濃度を管理しており、腐食が発生する可能性は小さく、ゲートパッキン取替時の目視点検において隙間腐食の兆候は認められず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いと評価	②
	原子炉容器上部ふた付属設備	ヘリコフレックスシール取付部	ヘリコフレックスシールの接触部は隙間構造となっていることから、隙間腐食が発生する可能性があるが、プラントが一度運転に入ると高温状態となり、シール部のステンレス鋼表面に強固な酸化皮膜が形成されるため、有意な腐食の進展は考えられないと評価。また、ヘリコフレックスシール取替え時は、接触面の目視確認及び定期的な漏えい検査を実施している。	②
照射スウェリング	炉内構造物	炉心バップル	現時点では、炉心バップルの炉心領域形成機能が失われるようなことはなく、また、運転時間が先行している海外PWRプラントでもそのような事例が発生していないことから、炉心バップルの健全性に問題ないと評価	②
	原子炉容器内挿物	制御棒クラスタ（制御棒被覆管）	照射スウェリング量は微量であり、燃料集合体内に制御棒を導く制御棒案内シムル細径部と制御棒とのギャップは確保されると評価。また、制御棒クラスタは、計画的な取替えを行う運用としている。	②
照射クリープ	炉内構造物	炉心そう他	炉心そう他のクリープ破断は荷重制御型の応力発生下で生じるが、荷重制御型応力は最大でも炉心そうの25N/mm ² 程度と微小であり、プラント運転に対し問題とはならないと評価	②
	原子炉容器内挿物	制御棒被覆管	制御棒被覆管先端部は照射下クリープの発生が想定されるが、照射クリープと外圧により制御棒被覆管直径が減少する方向に変形しても、中性子吸収体によって、変形量が制限され、吸収体外径より減少しないことから問題ないと評価。また、外観検査にて有意な変形がないことを確認している。	②

その他事象

表5-2 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象）（2 / 3）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価（健全性評価及び現状保全）	分類
中性子吸収能力の低下	使用済燃料ピット	使用済燃料ラックセル	ボロン添加ステンレス鋼は、ボロンの中性子吸収により吸収能力の低下が考えられるが、低下は無視できるほど小さいと評価	②
	原子炉容器内挿物	制御棒クラスタ（中性子吸収体）	中性子吸収能力が低下すると制御機能が満足できない可能性が考えられるが、運転中の制御棒クラスタは炉心から引き抜かれているため、照射量はわずかであり制御能力に影響はないと評価。また、計画的に取替えを行う運用としている。	②
照射によるばねの変形	原子炉容器内挿物	制御棒クラスタ	制御棒クラスタスパイダー内のばねは、中性子照射によりばね力が徐々に低下する可能性があるが、運転中制御棒クラスタは炉心から引き抜かれているため、照射量がわずかであることから、健全性に問題ないと評価。また、計画的に取替えを行う運用としている。	②
断線	ステンレス鋼配管	ヒートトレース	ヒートトレースは、ほう酸水の温度を維持するために設けられており、劣化による局部過熱を生じて導体が溶融し断線に至ることが考えられるが、ほう酸水温度の連続監視を行っており、断線が生じた場合には検知し容易に修復可能であると評価	①
劣化	ケーブル	シース	シースは絶縁体と同様に、熱的、電氣的及び環境的要因で劣化を起こす可能性があるが、ケーブルに要求される機能である通電・絶縁機能の維持に対する影響は小さいと評価。	②
コード外被等の劣化	ケーブル	光ファイバケーブル	コード外被、シース及び心線被覆が熱的及び環境的要因で劣化して光ファイバ心線（コア、クラッド）に水素や水分が混入した場合、伝送光量が減少することが想定されるが、水素や水分を透過し難いシース構造であり、また外部からの水分混入は考え難いことから、要求される伝送光量の維持に対する影響は極めて小さいと評価	②
汚損	パワーセンタ制御棒駆動装置用電源設備	消弧室	遮断器の消弧室は遮断器の電流遮断動作に伴う消弧室でのアーク消弧により、消弧室が汚損し、消弧性能の低下が想定されるが、定期的に目視確認を実施し、有意な汚損は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いと評価。	②
ゆるみ	動力変圧器	鉄心	鉄心は珪素鋼板の薄板を積層し締付け、組み立てられている。運転中の振動・温度変化等により締付圧力が低下し、鉄心のゆるみが想定されるが、締付ボルトには回り止めが施されている。また、定期的に目視確認を実施し、ゆるみは認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いと評価。	②

その他事象

表5-2 その他劣化事象整理表（高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象）（3 / 3）

劣化事象	主要な対象機器・部位		技術評価（健全性評価及び現状保全）	分類
素線切れ	燃料取扱設備（クレーン関係）	ワイヤロープ	ワイヤロープはドラムへの巻き取り、シーブ通過時のロープ曲げ及び機械的要因により素線切れが想定されるが、クレーン等構造規格に準じて、ワイヤロープ径の寸法確認及び目視確認を行い、有意な摩耗等が確認された場合には、適切に対処していることから健全性に問題ないと評価	①
水素反応機能の低下	静的触媒式水素再結合装置	触媒プレート（触媒）	触媒プレート（触媒）は、常時原子炉格納容器内の空気と接触しているため、水素反応機能の低下が想定されるが、定期的な目視確認、機能確認を行うこととしていることから、健全性に問題ないと評価	①
付着力低下	基礎ボルト	スタッドボルト、ケミカルアンカ他	基礎ボルトの耐力は、主にコンクリートとの付着力にて担保されることから、付着力低下を起こした場合、支持機能を喪失する可能性があるが、付着力低下につながるコンクリートの割れ等の発生の可能性は小さいと評価	②
カーボン堆積	非常用ディーゼル発電設備	ピストン他	燃焼室構成部位であるピストン他は、カーボンを主とする燃焼残渣物の堆積が想定されるが、分解点検時の目視確認で有意なカーボンの堆積は認められておらず、今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いと評価	②
エレメント（フィルタ）の目詰り	非常用ディーゼル発電設備	潤滑油主こし器他	エレメント（フィルタ）の目詰まりは、定期的な清掃により対処していることから、健全性に問題ないと評価	①