

東海第二発電所運転期間延長認可申請書の添付書類「二 東海第二発電所 劣化状況評価書」を以下のとおり補正する。

評価書	対象	機器	対象ページ	補正内容	
本冊	—	—	表紙	別紙 1 に変更する。	
			19	別紙 2 に変更する。	
			22	別紙 3 に変更する。	
			25	別紙 4 に変更する。	
			58	別紙 5 に変更する。	
別冊	ポンプ	前書き	1～2	別紙 6 に変更する。	
		ターボポンプ	1-3～1-4	別紙 7 に変更する。	
			1-33～1-34	別紙 8 に変更する。	
			1-50～1-51	別紙 9 に変更する。	
	ポンプモータ	高圧ポンプモータ	1-18～1-19	別紙 10 に変更する。	
		低圧ポンプモータ	2-20	別紙 11 に変更する。	
	容器	前書き	1	別紙 12 に変更する。	
		電気ペネトレーション	2.3-31	別紙 13 に変更する。	
	弁	原子炉再循環ポンプ 流量制御弁	7-9	別紙 14 に変更する。	
	タービン設備	低圧タービン	1.2-9	別紙 15 に変更する。	
		非常用系タービン設備	2-11	別紙 16 に変更する。	
	耐震	ポンプ	3.1-6	別紙 17 に変更する。	
	冷温停止	ポンプ	3.1-2～ 3.1-3	別紙 18 に変更する。	
	劣化状況評価で 追加する評価	—	—	73	別紙 19 に変更する。

東海第二発電所
劣化状況評価書

平成 29 年 11 月

(平成 30 年 2 月一部変更)

(平成 30 年 9 月一部変更)

(平成 30 年 10 月一部変更)

(平成 30 年 10 月一部変更)

日本原子力発電株式会社

3. 劣化状況評価の実施体制

3.1 評価の実施に係る組織

評価の実施に係る組織（劣化状況評価等にあたる体制）を資料 3-1 に示す。

保守総括グループは、評価に関する実施計画及び実施手順の策定、運転経験及び最新知見の調査・分析等を行い、作成された評価書の確認及びとりまとめ等の全体調整を行った。

機械設備（コンクリート構造物、鉄骨構造物含む）の保全を担当する機械グループ及び電気・計測制御設備の保全を担当する電気・制御グループが、劣化状況評価書を検討・作成し、保守総括グループが総括した。

また、劣化状況評価等を実施する保修室員以外の者が評価結果の妥当性の確認を行った。

本店は、発電所から送付された劣化状況評価書等の確認を行い、必要な社内手続きを経て原子力規制委員会へ報告した。また、作成に伴い発生する対外的な調整や最新情報を発電所に提供する等の支援、助言を行った。

3.2 評価の方法

劣化状況評価は、運転延長ガイド、高経年化対策実施ガイド及び学会標準 2008 版等に準拠して策定した社内規程「高経年化対策実施手引書」に基づいて実施した。

評価方法の詳細については、4. 劣化状況評価の実施方法にまとめている。

3.3 工程管理

運転延長ガイド、高経年化対策実施ガイド等に基づき、運転開始後 39 年を経過する 2017 年 11 月までに運転期間延長認可の申請を行うべく工程管理を実施した。

具体的には、発電所長が定めた計画工程に対し、組織として横断的な対応を図ることにより完遂した。

また、評価結果の妥当性確認は、高経年化対策レビュー&アドバイザー委員会（以下、「R&A 委員会」という）及び敦賀発電所により 2017 年 1 月～10 月に実施された。

原子炉施設保安運営委員会において本評価書の審議を経た後、2017 年 11 月 2 日に東海第二発電所長に承認された。

さらに、2018 年 10 月の工事計画認可申請(補正)を踏まえた評価等を本評価書に反映し、原子炉施設保安運営委員会において本評価書の審議を経た後、2018 年 10 月 23 日に東海第二発電所長に承認された。考査・品質監査室長は、実施手順及び実施体制の制定から評価書の承認までの手順について進捗にあわせ適時確認した。

劣化状況評価書等の策定の実施工程を資料 3 - 2 に示す。

3.7 評価年月日

2018年10月23日

3.8 評価を実施した者の氏名

日本原子力発電株式会社
東海第二発電所長 江口 藤敏

年度/月	2017年度												2018年度										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
項目	劣化状況評価及び保守管理に関する方針																						
[準備・計画] 社内規程整備 劣化状況評価委託 評価対象機器抽出 運転経験の抽出																							
[実施] 特別点検 個別評価書作成 評価書(総括)作成 耐震安全性評価, 耐津波安全性評価 保守管理に関する方針の策定																							
[妥当性確認] R&A委員会 敦賀発電所レビュー 原子炉施設保安運営委員会 劣化状況評価等承認 考査・品質監査レビュー																							
[申請手続き] 決裁手続き 申請																							

資料 3-2 劣化状況評価等の策定の実施工程 (2/2)

6.3 技術開発課題

高経年化に関する技術評価においては、現在までの知見と実績を基にしたものであるが、点検や検査技術の高度化及び更なる知見の蓄積に努める観点から、廃止措置プラントの解体作業時にあわせ、高経年化に関する種々のデータを採取する等、今後さらに技術開発課題に取り組んでいく必要がある。現時点では緊急性を有する課題はないが、今後も、電力研究や高経年化技術評価高度化事業の成果等を活用し、必要なものは保全計画に反映することとしている。

なお、2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において示された方針を具体化するために必要な措置のあり方が、総合資源エネルギー調査会原子力小委員会において検討され、原子力小委員会から要請を受けた自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループは2015年6月に、軽水炉の安全技術・人材の維持発展に重きを置き、国、事業者、メーカ、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された軽水炉安全技術・人材に関するロードマップを策定した。同ロードマップでは、高経年化技術評価によって抽出された技術開発課題も検討対象とされており、今後実施されるローリングの中で整合を図ってこれらの技術開発課題への取組を実施していく。

本評価書は、東海第二発電所（以下、「東海第二」という）で使用している安全上重要なポンプ（重要度分類審査指針におけるクラス1及びクラス2に該当するポンプ）、高温・高圧の環境下にあるクラス3のポンプ、高温・高圧環境下以外にあるポンプの中で耐震Sクラス機器への波及的影響を考慮する重要度クラス3のポンプ及び常設重大事故等対処設備に属するポンプについて、運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、内部流体、材料等でグループ化し、それぞれのグループから、重要度、運転状態、最高使用温度等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書はポンプの型式等を基に以下の3章で構成されている。

1. ターボポンプ
2. 往復ポンプ
3. 原子炉再循環ポンプ

原子炉再循環ポンプはターボポンプに属するが、構造の複雑さとクラス1の重要度を考慮し、ターボポンプには分類せず単独で評価した。

また、中央制御室チラー冷水循環ポンプは「空調設備の技術評価書」、主タービン制御装置高圧油ポンプは「タービンの技術評価書」、ディーゼル機関のうち海水ポンプを除く補機ポンプは「機械設備の技術評価書」、原子炉再循環流量制御弁用油圧供給装置ポンプは「弁の技術評価書」、液体廃棄物処理系ポンプは「機械設備の技術評価書」にて評価を実施する。

さらに、ジェットポンプは「炉内構造物の技術評価書」にて、ポンプモータは「ポンプモータの技術評価書」にて、原子炉隔離時冷却系ポンプ及び原子炉給水ポンプの駆動タービンは「タービンの技術評価書」にて、原子炉再循環ポンプのサポート部は「配管の技術評価書」にてそれぞれ評価するものとし、本評価書には含めていない。

なお、文書中の単位の記載はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1 評価対象機器一覧

型式	ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	重要度*1
ターボポンプ	残留熱除去海水系ポンプ	885.7 m ³ /h*2×184.4 m*2	MS-1, 重*3
	非常用ディーゼル発電機海水ポンプ	272.6 m ³ /h*2×44 m*2	MS-1, 重*3
	高圧炉心スプレィディーゼル冷却系海水系ポンプ	232.8 m ³ /h*2×43 m*2	MS-1, 重*3
	緊急用海水ポンプ*5	844 m ³ /h×130 m	重*3
	残留熱除去系ポンプ	1,691.9 m ³ /h×85.3 m	MS-1, 重*3
	低圧炉心スプレィ系ポンプ	1,638.3 m ³ /h×169.5 m	MS-1, 重*3
	高圧炉心スプレィ系ポンプ	1,576.5 m ³ /h×196.6 m	MS-1, 重*3
	給水加熱器ドレンプン	1,032.2 m ³ /h×25 m	高*4
	原子炉冷却材浄化系循環ポンプ	81.8 m ³ /h×152.4 m	PS-2
	原子炉冷却材浄化系保持ポンプ	13 m ³ /h×20 m	PS-2
	制御棒駆動水ポンプ	46.3 m ³ /h×823 m	高*4
	常設高圧代替注水ポンプ*5	136.7 m ³ /h*2×900 m*2	重*3
	格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ*5	10 m ³ /h×40 m	重*3
	タービン駆動原子炉給水ポンプ	4,315 m ³ /h×685.8 m	高*4
	高圧復水ポンプ	3,792 m ³ /h×365.8 m	高*4
	原子炉隔離時冷却系ポンプ	142 m ³ /h×869 m	MS-1, 重*3
	電動機駆動原子炉給水ポンプ	2,157.5 m ³ /h×762 m	高*4
	高圧炉心スプレィ系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×38.1 m	高*4
	低圧炉心スプレィ系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×38.1 m	高*4
	残留熱除去系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×48.8 m	高*4
原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×48.8 m	高以外*6	
常設低圧代替注水ポンプ*5	200 m ³ /h*2×200 m*2	重*3	
代替燃料プール冷却系ポンプ*5	124 m ³ /h×40 m	重*3	
代替循環冷却系ポンプ*5	250 m ³ /h×120 m	重*3	
往復ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ	9.78 m ³ /h×870 m	MS-1, 重*3
原子炉再循環ポンプ	原子炉再循環ポンプ	8,100 m ³ /h×245.4 m	PS-1

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：公称値

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

*5：新規に設置される機器

*6：重要度が「高」の機器以外で耐震Sクラス機器への波及的影響を考慮する重要度クラス3の機器

表 1-1(1/2) ターボポンプのグループ化と代表機器の選定

分類基準		ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	重要度*1	運転 状態	使用条件		選定	選定理由	
型式	内部 流体					材料*7	最高使用 圧力 (MPa)*2			最高使用 温度 (°C)*2
立軸 斜流	海水	ステンレス鋼	残留熱除去海水系ポンプ	MS-1, 重*5	一時	3.45	38	◎	重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力	
			非常用ディーゼル発電機海水ポンプ	MS-1, 重*5	一時	0.70	38			
			高圧炉心スプレイデューゼル冷却系 海水系ポンプ	MS-1, 重*5	一時	0.70	38			
	純水	炭素鋼	緊急用海水ポンプ*6	重*5	一時	2.45	38			
			残留熱除去系ポンプ	MS-1, 重*5	一時	3.45	174	◎	重要度 運転状態 最高使用温度	
			低圧炉心スプレイ系ポンプ	MS-1, 重*5	一時	4.14	100			
立軸 遠心	純水	炭素鋼	高圧炉心スプレイ系ポンプ	MS-1, 重*5	一時	10.69	100	◎		
			給水加熱器ドレンポンプ	高*4	連続	0.70	149	◎		
横軸 遠心	純水	ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系循環ポンプ	PS-2	連続	9.80	302	◎	重要度 運転状態 最高使用温度	
			原子炉冷却材浄化系保持ポンプ	PS-2	連続	9.80	66			
			制御棒駆動水ポンプ	高*4	連続	12.06	66			
			常設高圧代替注水ポンプ*6	重*5	一時	10.70	120			
			格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ*6	重*5	一時	2.5	200			

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：公称値を示す

*4：最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*6：新規に設置される機器を示す *7：ケーシングの材料を示す

表 1-1(2/2) ターボポンプのグループ化と代表機器の選定

分類基準		ポンプ名称	選定基準				選定理由			
型式	内部流体		仕様 (容量×揚程)	重要度*1	使用条件					
					運転状態	最高使用圧力 (MPa)*2		最高使用温度 (°C)*2	選定	
横軸遠心	純水	炭素鋼	低合金鋼	タービン駆動原子炉給水ポンプ	高*4	連続	15.51	233	◎	重要度
				高圧復水ポンプ	高*4	連続	6.14	205		
				原子炉隔離時冷却系ポンプ	MS-1, 重*5	一時	10.35	77	◎	
				電動機駆動原子炉給水ポンプ	高*4	一時	15.51	233		
				高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	高*4	連続	1.04	100		
				低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	高*4	連続	1.04	100		
				残留熱除去系レグシールポンプ	高*4	連続	1.04	100		
				原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ	高以外*8	連続	0.86	77		
				常設低圧代替注水ポンプ*6	重*5	一時	3.14	66		
				代替燃料プール冷却系ポンプ*6	重*5	一時	0.98	80		
				代替循環冷却系ポンプ*6	重*5	一時	3.45	80		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：公称値を示す

*4：最高使用温度が 95 °C を超え、又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*6：新規に設置される機器を示す *7：ケーシングの材料を示す

*8：重要度が「高」の機器以外で耐震 S クラス機器への波及的影響を考慮する重要度クラス 3 の機器

- v. サイクロンセパレータの貫粒型応力腐食割れ [残留熱除去系ポンプ, 高圧炉心スプレイ系ポンプ, 給水加熱器ドレンポンプ]

サイクロンセパレータはステンレス鋼であり, 大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより, 外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが, 原子炉建屋内機器の塩分測定において, 代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し, その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また, 東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって, サイクロンセパレータの応力腐食割れ (貫粒型応力腐食割れ) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- w. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから, 応力集中部等において, 高サイクル疲労割れが想定されるが, ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており, 高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお, 分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず, 今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- x. 羽根車の腐食 (キャビテーション) [共通]

ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ, ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが, ポンプはキャビテーションを起こさない条件 [(有効吸込ヘッド) > (必要有効吸込ヘッド)] を満たすよう設計段階において考慮されており, この大小関係は経年的に変わるものではないことから腐食の発生する可能性は小さい。

なお, 分解点検時の目視点検において有意な腐食 (キャビテーション) は確認されておらず, 今後も使用環境が変わらないことから, これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって, 羽根車の腐食 (キャビテーション) は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y. シール水クーラ伝熱管の異物付着 [原子炉冷却材浄化系循環ポンプ]

シール水クーラ伝熱管は、長期使用により異物付着が想定されるが、内部流体が水質管理された純水（防錆材入り）であることから、異物付着の可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において異物は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、シール水クーラ伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

z. 軸受箱の内面の腐食（全面腐食） [給水加熱器ドレンポンプ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ，タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ]

軸受箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが、内部流体は潤滑油であることから腐食の可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、軸受箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

aa. 軸継手の摩耗 [原子炉隔離時冷却系ポンプ]

軸継手はギアカップリングであり、ギア部によりトルクを伝達するため、長期使用により摩耗が想定されるが、ギア部には潤滑剤が塗布されており、摩耗が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、軸継手の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- u. サイクロンセパレータの貫粒型応力腐食割れ [低圧炉心スプレイ系ポンプ，制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，残留熱除去系レグシールポンプ，原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ]

代表機器と同様，サイクロンセパレータはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，サイクロンセパレータの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- v. 主軸の高サイクル疲労割れ [共通]

代表機器と同様，主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部等において，高サイクル疲労割れが想定されるが，ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 羽根車の腐食（キャビテーション）[共通]

代表機器と同様、ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ、ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが、ポンプはキャビテーションを起こさない条件 [(有効吸込ヘッド) > (必要有効吸込ヘッド)] を満たすよう設計段階において考慮されており、この大小関係は経年的に変わるものではないことからキャビテーションの発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食（キャビテーション）は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については、今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって、羽根車の腐食（キャビテーション）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. 軸受箱の内面の腐食（全面腐食）[共通]

代表機器と同様、軸受箱は炭素鋼、炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが、内部流体は潤滑油であることから腐食の可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については、今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって、軸受箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y. 増速機の摩耗 [制御棒駆動水ポンプ、電動機駆動原子炉給水ポンプ]

増速機及び減速機の歯車は長期使用において摩耗が想定されるが、潤滑剤により潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検及び歯当りの確認で、有意な摩耗は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、増速機の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験，交流電流試験，誘電正接試験及び部分放電試験）を行い，絶縁特性に有意な変化がないこと及び固定子コイルの目視確認，清掃を実施し異常がないことを確認しており，これまでの点検結果から有意な劣化は見られていない。

また，これらの点検で有意な絶縁特性の変化が認められた場合は，洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入），又は固定子コイル及び口出線・接続部品を取替えることとしている。

さらに，メーカ推奨の更新時期を参考に適切な更新時期を選定しており，高圧炉心スプレイ系ポンプモータは，第16回定期検査時にコイルの巻替を，残留熱除去海水系ポンプモータ(A)(C)号機は，第13回定期検査時に，(B)(D)号機については，第14回定期検査時にモータの取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，固定子コイル及び口出線・接続部品の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく，また，現状保全にて絶縁特性低下は把握可能と考えられる。今後も，絶縁抵抗測定，絶縁診断試験，目視確認及び清掃を実施することで，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

今後も，点検時に絶縁抵抗測定，絶縁診断試験，目視確認及び清掃を実施していくとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。

3. 代表機器以外への展開

本章では、2章で実施した代表機器の技術的評価について、1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

- ① 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ
- ② 残留熱除去系ポンプモータ
- ③ 緊急用海水ポンプモータ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下 [共通]

代表機器と同様、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は、有機物であるため、振動等による機械的劣化、熱分解による熱的劣化、絶縁物内空隙での放電等による電氣的劣化、埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し、絶縁物の外表面、内部から絶縁特性低下が想定されるが、長期健全性試験（非常用炉心冷却系ポンプモータ特殊環境状態時試験として残留熱除去系ポンプモータ、高圧炉心スプレイ系ポンプモータ、低圧炉心スプレイ系ポンプモータ3台共通の試験）を実施しており、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は60年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

また、常設重大事故等対処設備となる残留熱除去系ポンプモータの重大事故等時における環境条件は、高圧ポンプモータ長期健全性試験の設計基準事故時暴露試験条件に包絡されていることから重大事故等時雰囲気においても絶縁性能を維持できると評価できる。

さらに、代表機器と同様に固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験、交流電流試験、誘電正接試験及び部分放電試験）、目視確認及び清掃を実施していくとともに、必要に応じて洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）、又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されることから、今後、点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験、交流電流試験、誘電正接試験及び部分放電試験）、目視確認及び清掃を行うとともに、必要に応じて洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）、又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施することで健全性を維持できると判断する。

したがって、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

なお、代表機器以外の各高圧ポンプモータのうち、低圧炉心スプレイ系ポンプモータは、第17回定期検査時に固定子の取替を、残留熱除去系ポンプモータ(B)号機においては、第18回定期検査時にモータの取替を実施しており、残留熱除去系ポンプモータ(A)(C)号機においては、第26回施設定期検査時に取替を計画している。

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては、機械的、熱的、電氣的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し、絶縁特性低下を起こす可能性があるが、これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響を及ぼす要因は熱的劣化であることから、長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を行い、熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また、これらの点検で有意な絶縁特性低下による異常が確認された場合は、洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は、固定子コイル及び口出線・接続部品又はモータを取替えることとしている。

なお、第24回定期検査時に非常用ディーゼル発電機冷却系海水系ポンプモータ3台の取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価及び現状保全の結果から判断して、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は小さく、また、現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能と考えられる。今後も、目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで、異常の有無の確認は可能であり、現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては、高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

今後も点検時に目視確認、清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより、絶縁特性低下を監視していくとともに、必要に応じて洗浄、乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又はコイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。

本評価書は、東海第二発電所（以下、「東海第二」という）で使用されている安全上重要な容器（重要度分類審査指針におけるクラス1, 2及び高温・高圧の環境下にあるクラス3の容器）及び常設重大事故等対処設備に属する容器について、運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に、機能を表2に示す。

評価対象機器を型式、内部流体、材料等でグループ化し、それぞれのグループから、重要度、運転状態、最高使用温度等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後、代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は容器の型式等を基に以下の3章で構成されている。

1. 原子炉圧力容器
2. 原子炉格納容器
3. その他容器

なお、原子炉圧力容器と原子炉格納容器は、重要性及び特殊性を考慮し、その他の容器と分けて単独で評価している。

また、水圧制御ユニット、ディーゼル機関付属設備、可燃性ガス濃度制御系再結合装置、補助ボイラ設備の容器については「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし、本評価書には含めない。

なお、文書中の単位の記載は、原則としてSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

b. シール部の劣化による気密性の低下 [共通]

代表機器と同様に、シール部は、エポキシ樹脂であることから熱的、放射線、機械的、電氣的、環境的要因により、経年的に劣化が進行しリークを起こす可能性があるが、代表機器と同様の長期健全性試験結果より、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において気密性を維持できると評価する。

また、気密性低下に対しては、定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し、原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし、漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに、必要に応じて補修等を行うこととする。

c. Oリングの劣化による気密性の低下 [共通]

代表機器と同様にOリングは、エチレンプロピレンゴム製であるため、熱的、放射線、機械的、電氣的、環境的要因により、経年的に劣化が進行しリークを起こす可能性があるが、代表機器と同様の長期健全性試験結果より、60年間の通常運転期間、設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において気密性を維持できると評価する。

また、気密性低下に対しては、定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し、原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし、漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに、必要に応じて補修等を行うこととする。

- e. 油圧ポンプケーシング（外面）、油圧ポンプフランジボルト、フィルタベース（外面）、フィルタフランジボルト、フィルタケーシング（外面）、配管埋込金物（外面）、配管レストレイント、弁（外面）の腐食（全面腐食）〔油圧供給装置〕

油圧ポンプケーシング、フィルタケーシング、弁は炭素鋼鋳鋼、油圧ポンプフランジボルト、フィルタベース、フィルタフランジボルト、配管埋込金物、レストレイントは炭素鋼であり腐食が想定されるが、大気接触部は塗装が施されていることから、塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく、分解点検時に目視点検を行い必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって、油圧ポンプケーシング（外面）、油圧ポンプフランジボルト、フィルタベース（外面）、フィルタフランジボルト、フィルタケーシング（外面）、配管埋込金物（外面）、配管レストレイント、弁（外面）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- f. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）〔原子炉再循環ポンプ流量制御弁〕

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であるため腐食が想定されるが、格納容器内はプラント運転中窒素雰囲気であるため、腐食が発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

- g. 主軸の高サイクル疲労割れ〔油圧供給装置：油圧ポンプ〕

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから、応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが、ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており、高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお、分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず、今後も使用環境が変わらないことから、これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって、主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートの腐食（全面腐食）

油切り，軸受台，ベースプレートは炭素鋼，軸受ボルトは低合金鋼であり，腐食が想定される。

しかしながら，油切り，軸受台（内面），軸受ボルトはオイルミスト環境下であること，また，軸受台とベースプレートのスライド部については，潤滑剤が塗布されていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートについては，これまでの目視点検において有意な腐食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。

したがって，油切り，軸受台（内面），軸受ボルト，ベースプレートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 内部車室の疲労割れ

内部車室には，プラント起動・停止時の熱応力により疲労が蓄積され，疲労割れを起こす可能性があるが，プラント起動・停止の回数は2回／サイクルと少なく，起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転しており，熱応力による疲労蓄積は小さいことから疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検，浸透探傷検査において有意な欠陥は確認されておらず，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。

したがって，内部車室の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 噴口の高サイクル疲労割れ

国内他プラント（PWR）の低圧タービン最終段静翼（BWRでは噴口に相当）溶接部及びその近傍において，高サイクル疲労によるき裂が生じた事例があるが，国内BWRプラントで噴口の高サイクル疲労の事例はない。

なお，これまでの目視点検及び浸透探傷検査結果において有意な欠陥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。

したがって，噴口の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.1-1 (4/4) 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
作動機能の維持	潤滑油機能の確保	主油ポンプ	ケーシング	鋳鉄
			主軸	炭素鋼
			従軸	低合金鋼, 炭素鋼
			歯車	低合金鋼
			軸受 (すべり)	炭素鋼, ホワイトメタル
			ケーシングボルト	炭素鋼
			取付ボルト	低合金鋼
			ガスケット	(消耗品)
		油冷却器	伝熱管	ステンレス鋼
			管板	ステンレス鋼
			水室	ステンレス鋼
			管支持板	ステンレス鋼
			胴	炭素鋼
			フランジボルト	低合金鋼
			取付ボルト	低合金鋼
			ガスケット	(消耗品)
		油タンク		炭素鋼
		油配管		炭素鋼
機器の支持	支持	ベースプレート		炭素鋼
		支持鋼材		炭素鋼
		基礎ボルト		炭素鋼

表 2.1-2 原子炉隔離時冷却系タービン及び付属装置の使用条件

タービン	最高使用圧力	8.62 MPa
	最高使用温度	302 °C
	回転速度	2,200~4,500 rpm
	内部流体	蒸気

表 3.1-2(3/3) ターボポンプの代表機器

分類基準		ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	選定基準				「技術 評価」 代表 機器	耐震 安全性 評価 代表 機器	備考	
型式	内部 流体			材料	重要度*1	使用条件					耐震 重要度
						運転 状態	最高使 用圧力 (MPa)*2				
横軸 遠心	純水	炭素鋼	高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×38.1 m	高*3	連続	1.04	100	B		
			低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×38.1 m	高*3	連続	1.04	100	B		
			残留熱除去系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×48.8 m	高*3	連続	1.04	100	100	B	
			原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×48.8 m	高以外*8	連続	0.86	77		B	
			常設低圧代替注水ポンプ*4	200 m ³ /h*7×200 m*7	重*5	一時	3.14	66		重*6	
			代替燃料プール冷却系ポンプ*4	124 m ³ /h×40 m	重*5	一時	0.98	80		重*6	
			代替循環冷却系ポンプ*4	250 m ³ /h×120 m	重*5	一時	3.45	80		重*6	

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

*4：新規に設置される機器

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*6：耐震重要度とは別に常設重大事故等対処設備の区分に応じた耐震設計が求められることを示す

*7：公称値を示す

*8：重要度が「高」の機器以外で耐震Sクラス機器への波及的影響を考慮する重要度クラス3の機器

表 3.1.1-1(1/2) ターボポンプの主な仕様

分類基準		ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	選定基準			冷温停止 状態維持に 必要な機器 (運転状態)	選定	選定理由		
型式	内部流体			材料 ^{*7}	重要度 ^{*1}	使用条件				最高使用 圧力 (MPa) ^{*2}	最高使用 温度 (°C) ^{*2}
立軸 斜流	海水	ステンレス 鋼	残留熱除去海水系ポンプ 非常用ディーゼル発電機海水ポンプ 高压炉心スプレイディーゼル冷却系 海水系ポンプ 緊急用海水ポンプ ^{*6}	885.7 m ³ /h ^{*3} ×184.4 m ^{*3} 272.6 m ³ /h ^{*3} ×44 m ^{*3} 232.8 m ³ /h ^{*3} ×43 m ^{*3} 844 m ³ /h×130 m	MS-1, 重 ^{*5}	一時	3.45	38	◎	重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力	
					MS-1, 重 ^{*5}	一時	0.70	38			
					MS-1, 重 ^{*5}	一時	0.70	38			
					重 ^{*5}	一時	2.45	38	—		
立軸 遠心	純水	炭素鋼	残留熱除去系ポンプ 低压炉心スプレイ系ポンプ 高压炉心スプレイ系ポンプ 給水加熱器ドレンポンプ	1,691.9 m ³ /h×85.3 m 1,638.3 m ³ /h×169.5 m 1,576.5 m ³ /h×196.6 m 1,032.2 m ³ /h×25 m	MS-1, 重 ^{*5}	一時	3.45	174	◎	重要度 運転状態 最高使用温度	
					MS-1, 重 ^{*5}	一時	4.14	100			
					MS-1, 重 ^{*5}	一時	10.69	100	◎		
					高 ^{*4}	連続	0.70	149	◎		
横軸 遠心	純水	ステンレス 鋼	原子炉冷却材浄化系循環ポンプ 原子炉冷却材浄化系保持ポンプ 制御棒駆動水ポンプ ^{*6} 常設高压代替注水ポンプ ^{*6} 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ ^{*6}	81.8 m ³ /h×152.4 m 13 m ³ /h×20 m 46.3 m ³ /h×823 m 136.7 m ³ /h×900 m ^{*3} 10 m ³ /h×40 m	PS-2	連続	9.80	302	◎	重要度 運転状態 最高使用温度	
					PS-2	連続	9.80	66			
					高 ^{*4}	連続	12.06	66			
					重 ^{*5}	一時	10.70	120			
					重 ^{*5}	一時	2.5	200			

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：公称値を示す

*4：最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*6：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

*7：ケーシングの材料を示す

表 3.1.1-1(2/2) ターボポンプの主な仕様

型式	分類基準		ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	重要度*1	選定基準			冷温停止 状態維持に 必要な機器 (運転状態)	選定	選定理由
	内部流体	材料*7				運転 状態	最高使用 圧力 (MPa)*2	最高使用 温度 (°C)*2			
横軸 遠心	純水	低合金鋼	タービン駆動原子炉給水ポンプ	4,315 m ³ /h×685.8 m	高*1	連続	15.51	233	—	◎	重要度
			高圧復水ポンプ	3,792 m ³ /h×365.8 m	高*1	連続	6.14	205	—		
		原子炉隔離時冷却系ポンプ	142 m ³ /h×869 m	MS-1, 重*8	一時	10.35	77	—	◎		
		電動機駆動原子炉給水ポンプ	2,157.5 m ³ /h×762 m	高*1	一時	15.51	233	—			
		高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×38.1 m	高*1	連続	1.04	100	○ (連続)			
		低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×38.1 m	高*1	連続	1.04	100	○ (連続)			
		残留熱除去系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×48.8 m	高*1	連続	1.04	100	○ (連続)			
		原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ	4.54 m ³ /h×48.8 m	高以外*8	連続	0.86	77	—			
		常設低圧代替注水ポンプ*6	200 m ³ /h*3×200 m*3	重*5	一時	3.14	66	—			
		代替燃料プール冷却系ポンプ*6	124 m ³ /h×40 m	重*5	一時	0.98	80	—			
代替循環冷却系ポンプ*6	250 m ³ /h×120 m	重*5	一時	3.45	80	—					

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち、最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：公称値を示す

*4：最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*6：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

*7：ケーシングの材料を示す

*8：重要度が「高」の機器以外で耐震Sクラス機器への波及的影響を考慮する重要度クラス3の機器

<有効性評価>

日本電気協会「原子力発電所の安全系電気・計装品の耐環境性能の検証に関する指針」等に規定された長期健全性評価試験条件に基づき、健全性評価を行い同軸コネクタ及び原子炉格納容器外用端子台については、60年の運転を想定した期間、健全性は維持できることから、長期保守管理方針は有効であったと考える。

なお、原子炉格納容器内用端子台は、長期健全性評価試験の結果を基に、38年間の健全性は確認されていることから、点検計画（定期取替品に設定）に反映することし、本停止期間中に取替えることで60年の健全性は維持できることが確認されたことから、長期保守管理方針の当初意図した結果（長期健全性の確保）が得られたことから有効であったと考える。

また、回転数検出器は、60年間の運転期間における健全性評価試験を行い、健全性が確認できなかったことから、プラントメーカーがIEEE Std.323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」に準拠して行った、回転数検出器の長期健全性評価試験の結果をもとに、当該検出器の40年間の運転期間における健全性を確認した。当該検出器は運転開始後14年に設置以降25年間使用しており、点検計画（定期取替品に設定）に反映することとし、設置後40年を迎える前に取替えることにより、運転開始から60年間の健全性を維持することができ、長期保守管理方針の当初意図した結果（長期健全性の確保）が得られたことから有効であったと考える。