

島根原子力発電所 2 号炉 高経年化技術評価
(2 相ステンレス鋼の熱時効)

補足説明資料

平成 30 年 7 月 4 日
中国電力株式会社

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	3
(1) 評価対象	3
(2) 評価手法	3
4. 代表機器の技術評価	6
(1) 健全性評価	6
(2) 現状保全	6
(3) 総合評価	8
(4) 高経年化への対応	8
5. 代表機器以外の技術評価	8
6. まとめ	8
(1) 審査ガイド適合性	8
(2) 保守管理に関する方針として策定する事項	8

別紙1. 代表機器以外の機器に関する現状保全等について

別紙2. 評価対象外機器の熱時効への対応について

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第82条第1項に基づき実施した高経年化技術評価のうち、2相ステンレス鋼の熱時効の評価結果について、補足説明するものである。

オーステナイト相とフェライト相の2相から成るステンレス鋳鋼は、高温状態（250℃以上）で長時間使用すると、材料特性（靱性）が低下する可能性がある。この現象は、熱時効脆化と呼ばれ、熱時効によってフェライト相中にCrの割合の高い相（Crリッチ相）が析出し、この析出相がフェライト相を硬化させることによって発生すると考えられている。熱時効の程度は材料に含まれるフェライト量が多く、使用温度が高く、時効時間が長いほど大きくなる。

熱時効により、靱性が低下した場合、き裂の存在によっては、機器の健全性維持に影響があるため、想定すべきき裂発生の有無の観点から、2相ステンレス鋼の熱時効について評価を実施した。

2. 基本方針

評価対象部位において熱時効の発生の可能性について評価し、その発生の可能性が将来にわたって否定できない場合は、その発生または進展に係る健全性評価を行い、実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイドに定める要求事項に適合することを確認する。

2相ステンレス鋼の熱時効を評価するにあたっての要求事項を表1に整理する。

表1 (1/2) 2相ステンレス鋼の熱時効についての要求事項

が 什	要求事項
実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査が 什	<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施が 什 3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>(2) 長期保守管理方針の審査</p> <p>①長期保守管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p>

表1 (2/2) 2相ステンレス鋼の熱時効についての要求事項

が 什	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施が 什</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の保守管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価 プラウトの運転を開始した日から60年間</p> <p>3.2 長期保守管理方針の策定及び変更</p> <p>長期保守管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、保守管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期保守管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期保守管理方針を策定すること。</p>

3. 評価対象と評価手法

(1) 評価対象

熱時効の評価対象機器・部位については、最高使用温度が 250℃以上の機器のうち、材質がステンレス鋼の部位を抽出した。

また、それらについて、「一般社団法人 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：2008」の C.5 (2 相ステンレス鋼の熱時効) C.5.2 (評価対象) を基に、以下の条件で整理を実施した。

○使用温度が 250℃以上

○き裂の原因となる経年劣化事象の発生が想定される

抽出された対象部位の一覧表を表 2 に示す。

(2) 評価手法

表 2 に示す評価対象機器のうち、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象である低サイクル疲労割れが想定される部位から、原子炉再循環ポンプのケーシングと原子炉冷却材の圧力バウンダリを構成する弁で、口径が大きく、最高使用圧力が高い原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱を代表部位として選定した。代表部位について、「4. 代表機器の技術評価」にて、熱時効により靱性が低下した際に問題となるき裂が発生する可能性について評価を行う。

なお、代表機器以外の評価結果は「5. 代表機器以外の技術評価」に示す。

表 2 (1/2) 熱時効の劣化評価に関する評価対象部位の抽出結果一覧表

評価書 分類	機器名称	対象部位	最高使用温度 【℃】	使用温度 【℃】	き裂の原因と なる 劣化事象※1
ポンプ	原子炉再循環ポンプ	ケーシング	302	289	疲労割れ
		羽根車	302	289	—
		水中軸受	302	289	—
		ケーシングリング	302	289	—
配管	主蒸気系配管	フローズル	302	289	—
仕切弁	原子炉再循環ポンプ 入口弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉再循環ポンプ 出口弁 (代表機器)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化系入口内側隔離弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化系入口外側隔離弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化補助ポンプ バイパス弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化補助ポンプ 入口弁 (電 動弁) (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化補助ポンプ 出口弁 (電 動弁) (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化再生熱交管側入口弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化補助熱交入口弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化補助ポンプ 入口弁 (手 動弁) (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	原子炉浄化補助ポンプ 出口弁 (手 動弁) (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
	残留熱除去系炉水入口止め弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ
		弁ふた, 弁体	302	289	—
残留熱除去系炉水戻り止め弁 (代表機器以外)	弁箱	302	289	疲労割れ	
	弁ふた, 弁体	302	289	—	
排ガス再結合器出口弁	弁箱, 弁体	420	370	—	

※1: 技術評価書にて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象としている事象を記載する。

表2 (2/2) 熱時効の劣化評価に関する評価対象部位の抽出結果一覧表

評価書分類	機器名称	対象部位	最高使用温度【℃】	使用温度【℃】	き裂の原因となる劣化事象※1	
玉形弁	再循環カソード元弁	弁箱, 弁ふた	302	250 未満	—	
	原子炉浄化系原子炉圧力容器 トレンチ流量調節弁	弁箱	302	289	—	
	原子炉浄化系入口元弁	弁箱, 弁ふた	302	289	—	
	原子炉圧力容器トレンチ側流量調節弁 バイパス弁	弁箱, 弁ふた	302	289	—	
逆止弁	原子炉浄化補助ポンプバイパス 逆止弁	弁箱	302	289	—	
	原子炉浄化再生熱交出口逆止弁	弁箱	302	250 未満	—	
	原子炉浄化補助熱交出口逆止弁	弁箱	302	250 未満	—	
	原子炉浄化補助熱交冷却水逆止弁	弁箱	302	289	—	
	ほう酸水注入系外側隔離弁	弁箱	302	250 未満	—	
	ほう酸水注入系内側隔離弁	弁箱	302	289	—	
炉内 構造物	燃料支持金具	中央燃料支持金具	302	289	—	
	制御棒案内管	ベース	302	289	—	
	炉心スプレッド管 (原子炉圧力容器 内部)・スプレッド	バス	302	289	—	
	ジェットポンプ	ライザ管		302	289	—
		インレットミキサ		302	289	—
		デフューザ		302	289	—
		ブラケット		302	289	—
タービン	原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用 蒸気タービン	翼	302	296	—	
機械 設備	制御棒	落下速度リミッタ	302	289	—	
	制御棒駆動機構	コレットピストン	302	250 未満	—	
		コレットリテーチューブ	302	250 未満	—	

※1: 技術評価書にて、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象としている事象を記載する。

4. 代表機器の技術評価

(1) 健全性評価

熱時効による靱性低下は、フェライト量が多く、使用温度が高く、時効時間が長いほど大きくなる。靱性が低下した状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し、不安定破壊を引き起こす可能性がある。原子炉再循環ポンプのケーシングおよび原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱の使用温度は 250℃以上であり、熱時効による靱性低下の可能性は否定できないが、不安定破壊の原因となるき裂が存在しなければ健全性の維持は可能である。

き裂の原因となる経年劣化事象としては、応力腐食割れおよび低サイクル疲労割れが考えられるが、ステンレス鋼は、二相ステンレス組織であり、溶接等による熱影響によって鋭敏化することがないため、応力腐食割れは発生しないものと考えられる^{※1} ことから、当該機器において、き裂の原因として想定される経年劣化事象は低サイクル疲労割れのみである。

低サイクル疲労割れについては、運転実績に基づいた現時点の過渡回数と、今後も同様な運転を続けたと仮定して推定した 60 年時点の過渡回数を用いて、疲れ累積係数による評価を実施している。

表 3 に示すとおり、60 年時点の疲れ累積係数は許容値である 1 を十分に下回っており、低サイクル疲労が原因となり、割れが発生する可能性はないと判断する。

※1：一般社団法人 日本原子力技術協会「BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン」

表 3 代表機器の運転 60 年時点の疲労評価結果

対象機器 (部位)	運転実績に基づく疲れ累積係数（許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労曲線による解析		環境疲労評価 手法による解析
	現時点 (2015 年 7 月末時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
原子炉再循環ポンプ (ケーシングと配管の溶接部)	0.001	0.001	0.004
原子炉再循環ポンプ 出口弁 (弁箱)	0.001	0.002	0.025

(2) 現状保全

原子炉再循環ポンプのケーシングおよび原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱については、表 4 に示すとおり、製造時に放射線透過試験および浸透探傷試験を実施しており、ポンプケーシングの溶接部、弁箱の溶接部も含めてすべての内表面においてき裂がないことを確認している。

表 4 代表機器の製造時検査方法および結果

対象機器	対象部位	検査方法	判定基準	判定
原子炉再循環ポンプ	ケーシング	放射線透過試験	告示第 501 号	合格
		浸透探傷試験	告示第 501 号	合格
原子炉再循環ポンプ 出口弁	弁箱	放射線透過試験	JIS G 0581 JIS Z 3106 (溶接開先部)	合格
		浸透探傷試験	告示第 501 号	合格

現状保全としては、定期事業者検査のクラス 1 機器供用期間中検査として日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (JSME S NA1-2008)」等に基づき、定期的に溶接部の超音波探傷試験、内表面の目視点検を実施し、き裂が無いことを確認しており、これまでに補修した実績はない。表 5 に代表機器の現状保全の内容を示す。

表 5 代表機器の現状保全

対象機器	検査部位	検査方法	検査種別	判定基準	定期検査	判定
原子炉再循環ポンプ	ケーシングの内表面	目視点検	分解点検	社内基準 ^{※1}	17 回	合格
	ケーシングの内表面	目視点検	供用期間中検査	維持規格 (JSME S NA1-2008) VT-3	17 回	合格
	ケーシングの耐圧部の溶接継手	浸透探傷試験	供用期間中検査	溶接規格 (JSME S NB1-2007)	17 回	合格
	ケーシングと配管の溶接部	超音波探傷試験	供用期間中検査	溶接規格 (JSME S NB1-2007) NISA 文書 ^{※2}	17 回	合格
原子炉再循環ポンプ 出口弁	弁箱の内表面	目視点検	分解点検	社内基準 ^{※3}	16 回	合格
	弁本体の内表面	目視点検	供用期間中検査	維持規格 (JSME S NA1-2008) VT-3	16 回	合格
	弁箱と配管の溶接部	超音波探傷試験	供用期間中検査	溶接規格 (JSME S NB1-2007) NISA 文書 ^{※2}	17 回	合格

※1：機能・性能に影響する傷及び腐食等が無いこと

※2：発電用原子力設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について（平成 21・11・18 原院第 1 号）

※3：著しい損傷・減肉・腐食・摩耗等の無いこと

(3) 総合評価

健全性評価結果から判断して、現時点の知見においては、2 相ステンレス鋼の熱時効は高経年化対策上問題となる可能性はないと考える。

内面からの割れは溶接部の超音波探傷試験により検知可能であり、また、割れが発生するとすれば応力の観点から溶接部であると判断されるため、点検手法として適切である。

(4) 高経年化への対応

原子炉再循環ポンプのケーシングおよび原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱の熱時効については、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く、今後も現状保全を継続していく。

5. 代表機器以外の技術評価

表 2 に示す機器のうち、使用温度が 250°C 以上となる機器について評価を行った。

き裂の原因となる低サイクル疲労割れが想定される機器は、代表機器の評価に包含され、低サイクル疲労割れが発生する可能性はないと評価する。

また、その他の機器については、き裂の原因となる経年劣化事象が想定されないことから、熱時効が問題となる可能性はないと評価する。

別紙 1 に対象機器の製造時検査および現状保全について、別紙 2 に評価対象外機器の熱時効への対応を記載する。

6. まとめ

(1) 審査ガイド適合性

「2. 基本方針」で示した要求事項について技術評価を行った結果、すべての要求を満足しており、審査ガイドに適合していることを確認した。熱時効についての要求事項との対比を表 6 に示す。

(2) 保守管理に関する方針として策定する事項

保守管理に関する方針として策定する事項は、抽出されなかった。

表 6 (1/2) 2相ステンレス鋼の熱時効についての要求事項との対比

ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>6</p> <p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド</p>	<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <p>⑫健全性の評価 実施ガイド 3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。</p> <p>⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。</p> <p>⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。</p> <p>(2) 長期保守管理方針の審査</p> <p>①長期保守管理方針の策定 すべての追加保全策について長期保守管理方針として策定されているかを審査する。</p>	<p>「4. (1) 健全性評価」に示すとおり、代表機器である原子炉再循環ポンプのケーシングおよび原子炉再循環ポンプ 出口弁の弁箱について運転開始後60年時点を想定した健全性評価を実施した。</p> <p>「4. (2) 現状保全」に示すとおり、健全性評価結果から、現状の保全策が妥当であることを確認した。</p> <p>「4. (4) 高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべき新たな保全策はなかった。</p> <p>「4. (4) 高経年化への対応」に示すとおり、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く、保守管理に関する方針として策定する事項はなかった。</p>

表 6 (2/2) 2相ステンレス鋼の熱時効についての要求事項との対比

ガイド	要求事項	技術評価結果
<p>10</p> <p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の保守管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価 プラントの運転を開始した日から60年間</p> <p>3.2 長期保守管理方針の策定及び変更</p> <p>長期保守管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、保守管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期保守管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期保守管理方針を策定すること。</p>	<p>「4. (4) 高経年化への対応」に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加する新たな保全策はなかった。</p> <p>「4. (4) 高経年化への対応」に示すとおり、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く、保守管理に関する方針として策定する事項はなかった。</p>

代表機器以外の機器に関する現状保全等について

熱時効の健全性評価において、代表機器以外の機器に関して、以下の理由から、現時点でき裂は存在せず、今後もき裂は発生しないと評価した。

- ・製造時の検査または現状保全において、き裂が無いことを確認している。
- ・ステンレス鋳鋼は、二相ステンレス組織であり、溶接等による熱影響によって鋭敏化することがないため、応力腐食割れは発生しないものと考えられる^{※1}。
- ・低サイクル疲労割れについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける機器について、建設時に工事計画認可にて評価を実施しており、技術評価においても代表機器の評価を実施し、許容値を満たすことを確認している。

その他の機器については、工事計画認可時の評価対象ではなく、また、疲労評価上、プラントの起動・停止時等に温度・圧力の影響が代表機器よりも厳しくないことから、低サイクル疲労割れが発生する可能性はない。

※1: 一般社団法人 日本原子力技術協会「BWR 炉内構造物点検評価ガイドライン」

以下に、代表機器以外の機器において「き裂の原因となる経年劣化事象が想定される部位」および「き裂の原因となる経年劣化事象が想定されない部位」の対応について示す。

1. き裂の原因となる経年劣化事象が想定される部位の対応

(1) 仕切弁の弁箱について

各弁の弁箱は、表 1 に示すとおり、製造時の検査および現状保全を実施し、異常がないことを確認している。

また、低サイクル疲労割れについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける部位として、高経年化技術評価書の代表機器である原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱について運転開始後 60 年時点を想定した評価を実施しており、許容値を満たしていることから、低サイクル疲労割れが発生する可能性はない。

以上より、熱時効は想定されるが、そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表 1 仕切弁の弁箱の製造時の検査および現状保全

評価書 分類	機器名称	対象 部位	製造時の検査 および判定基準*1	現状保全 および判定基準*1	判定
仕切弁	原子炉再循環ポンプ入口弁	弁箱	・放射線透過試験：①② ・浸透探傷試験：④	・供用期間中検査：⑥ ・目視点検：⑦	合格
	原子炉浄化系入口内側隔離弁	弁箱	・放射線透過試験：①③ ・浸透探傷試験：④	・供用期間中検査：⑤⑥ ・目視点検：⑦	合格
	原子炉浄化系入口外側隔離弁	弁箱	・放射線透過試験：①③ ・浸透探傷試験：④	・供用期間中検査：⑤⑥ ・目視点検：⑦	合格
	原子炉浄化補助ポンプバイパス弁	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑧	合格
	原子炉浄化補助ポンプ入口弁 (電動弁)	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑧	合格
	原子炉浄化補助ポンプ出口弁 (電動弁)	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑦	合格
	原子炉浄化再生熱交管側入口 弁	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑧	合格
	原子炉浄化補助熱交入口弁	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑧	合格
	原子炉浄化補助ポンプ入口弁 (手動弁)	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑧	合格
	原子炉浄化補助ポンプ出口弁 (手動弁)	弁箱	・放射線透過試験：③ ・浸透探傷試験：④	・目視点検：⑧	合格
	残留熱除去系炉水入口止め弁	弁箱	・放射線透過試験：①③ ・浸透探傷試験：④	・供用期間中検査：⑤⑥ ・目視点検：⑦	合格
	残留熱除去系炉水戻り止め弁	弁箱	・放射線透過試験：①③ ・浸透探傷試験：④	・供用期間中検査：⑤⑥ ・目視点検：⑦	合格

※1：製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

- ①JIS G 0581
- ②JIS Z 3106 (溶接開先部)
- ③JIS Z 3104 (溶接開先部)
- ④告示第 501 号
- ⑤弁本体の内表面の目視点検：維持規格 (JSME S NA1) または電気技術規程 (JEAC4205) VT-3
- ⑥弁箱と配管の溶接部の超音波探傷試験：溶接規格 (JSME S NB1) および NISA 文書 (き裂解釈)
- ⑦社内基準：著しい損傷・減肉・腐食・摩耗等の無いこと
- ⑧社内基準：機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打痕、変形及び摩耗等がないこと

2. き裂の原因となる経年劣化事象が想定されない部位の対応

(1) 原子炉再循環ポンプの羽根車，水中軸受，ケーシングリングについて

原子炉再循環ポンプの羽根車，水中軸受，ケーシングリングは，表 2 に示すとおり，製造時の検査および現状保全を実施し，異常がないことを確認している。

また，プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける部位として，ケーシングの疲労評価を実施しており，許容値を満たすことを確認している。

さらに，羽根車，水中軸受，ケーシングリングは，原子炉冷却材の圧力バウンダリではなく，疲労評価上はケーシングが羽根車，水中軸受，ケーシングリングよりも厳しいと考えられることから，低サイクル疲労割れが発生する可能性はない。

以上より，熱時効は想定されるが，そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表 2 原子炉再循環ポンプの製造時の検査および現状保全

機器名称	対象部位	製造時の検査 および判定基準※1	現状保全 および判定基準※1	判定
原子炉再循環ポンプ	羽根車※2	・浸透探傷試験：① ・放射線透過試験：①	・目視点検：③ ・浸透探傷試験：④⑤	合格
	水中軸受※2	・浸透探傷試験：① ・放射線透過試験：②	・目視点検：③	合格
	ケーシングリング	・浸透探傷試験：①	・目視点検：③	合格

※1：製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

①告示第 501 号

④溶接規格（JSME S NB1）

②JIS G 0581

⑤設計・建設規格（JSME S NC1）

③社内基準：機能・性能に影響する傷及び腐食等が無いこと

※2：取替実績があるため，取替後の製造時検査の内容を記載。

(2) 主蒸気系配管のフローノズルについて

主蒸気系配管のフローノズルは表 3 に示すとおり，製造時の検査を実施し，異常がないことを確認している。

また，バウンダリを構成する部位ではなく，当該部位に発生する応力は自重および支持対象物の重量が主であり，劣化によるき裂は想定されない。

以上より，熱時効は想定されるが，そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表 3 主蒸気系配管フローノズルの製造時の検査および現状保全

機器名称	対象部位	製造時の検査の検査 および判定基準	現状保全 および判定基準	判定
主蒸気系配管	フローノズル	・浸透探傷試験：ANSI B31.1 ・放射線透過試験：ANSI B31.1	—	合格

(3) 仕切弁、玉形弁、逆止弁（弁箱、弁ふた、弁体）について

各弁の弁箱、弁ふた、弁体は、表4に示すとおり、製造時の検査または現状保全により、異常がないことを確認している。

また、低サイクル疲労割れについては、プラントの起動・停止時等に受ける温度・圧力変化により大きな応力を受ける部位として代表機器である原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱について疲労評価を実施しており、許容値を満たすことを確認している。

さらに、疲労評価上、弁箱が弁ふた、弁体よりも厳しいと考えられることから、弁ふた、弁体の低サイクル疲労割れが発生する可能性はない。

以上より、熱時効は想定されるが、そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表4（1/2） 仕切弁、玉形弁、逆止弁の製造時の検査および現状保全

評価書 分類	機器名称	対象部位	製造時の検査 および判定基準※1	現状保全 および判定基準※1	判定
仕切弁	原子炉再循環ポンプ 入口弁	弁ふた、 弁体	・放射線透過試験：① ・浸透探傷試験：②	・目視点検：⑤ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉再循環ポンプ 出口弁	弁ふた、 弁体	・放射線透過試験：① ・浸透探傷試験：②	・目視点検：⑤ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化系入口内側隔離弁	弁ふた、 弁体	・放射線透過試験：① ・浸透探傷試験：②	・目視点検：⑤ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化系入口外側隔離弁	弁ふた、 弁体※2	・放射線透過試験：①③ ・浸透探傷試験：②③	・目視点検：⑤ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化補助ポンプ ハイパス弁	弁ふた、 弁体	・浸透探傷試験（弁ふた）：②	・目視点検：⑥ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化補助ポンプ 入口弁（電動弁）	弁ふた、 弁体※2	・浸透探傷試験（弁ふた）：②	・目視点検：⑥ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化補助ポンプ 出口弁（電動弁）	弁ふた、 弁体	・浸透探傷試験（弁ふた）：②	・目視点検：⑤ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化再生熱交管側入口弁	弁ふた、 弁体	・浸透探傷試験（弁ふた）：②	・目視点検：⑥ ・浸透探傷試験：③④	合格
	原子炉浄化補助熱交入口弁	弁ふた、 弁体	・浸透探傷試験（弁ふた）：②	・目視点検：⑥ ・浸透探傷試験：③④	合格

※1：製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| ①JIS G 0581 | ⑤社内基準：著しい損傷・減肉・腐食・摩耗等の無いこと |
| ②告示第501号 | ⑥社内基準：機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打痕、 |
| ③設計・建設規格（JSME S NC1） | 変形、摩耗、侵食、付着物等がないこと |
| ④溶接規格（JSME S NB1） | |

※2：取替実績があるため、取替後の製造時検査について記載する。

表 4 (2/2) 仕切弁, 玉形弁, 逆止弁の製造時の検査および現状保全

評価書 分類	機器名称	対象 部位	製造時の検査 および判定基準*1	現状保全 および判定基準*1	判定
仕切弁	原子炉浄化補助ポンプ入口弁 (手動弁)	弁ふた, 弁体	・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑩ ・浸透探傷試験: ⑥	合格
	原子炉浄化補助ポンプ出口弁 (手動弁)	弁ふた, 弁体	・浸透探傷試験 (弁ふた): ②	・目視点検: ⑩ ・浸透探傷試験: ⑥	合格
	残留熱除去系炉水入口 止め弁	弁ふた, 弁体	・放射線透過試験: ① ・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑨ ・浸透探傷試験: ⑤⑦	合格
	残留熱除去系炉水戻り 止め弁	弁ふた, 弁体	・放射線透過試験: ① ・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑨ ・浸透探傷試験: ⑤⑦	合格
	排ガス再結合器出口弁	弁箱, 弁体	・放射線透過試験 (弁箱): ③ ・浸透探傷試験 (弁箱): ②	・目視点検: ⑨ ・浸透探傷試験 (弁体): ⑤ ⑦	合格
玉形弁	原子炉浄化系原子炉圧 力容器側の流量調節弁	弁箱	・放射線透過試験: ③ ・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑨	合格
	原子炉浄化系入口元弁	弁箱, 弁ふた	・放射線透過試験: ①③ ・浸透探傷試験: ②	・供用期間中検査: ⑧⑪ ・目視点検: ⑨ ・浸透探傷試験 (弁ふた): ⑤⑦	合格
	原子炉圧力容器側の側 流量調節弁バypass弁	弁箱, 弁ふた	・放射線透過試験 (弁箱): ③ ・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑨ ・浸透探傷試験 (弁ふた): ②④	合格
逆止弁	原子炉浄化補助ポンプバ ypass逆止弁	弁箱	・放射線透過試験: ③ ・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑩	合格
	原子炉浄化補助熱交冷 却水逆止弁	弁箱	・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑩	合格
	ほう酸水注入系内側隔 離弁	弁箱	・浸透探傷試験: ②	・目視点検: ⑨	合格

※1: 製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

① JIS G 0581

② 告示第 501 号

③ JIS Z 3104 (溶接開先部)

④ 電気工作物の溶接の技術基準の省令および解釈

⑤ 溶接規格 (JSME S NB1)

⑥ NISA 文書 (き裂解釈)

⑦ 設計・建設規格 (JSME S NC1)

⑧ 弁本体の内表面の目視点検: 維持規格 (JSME S NA1) VT-3

⑨ 社内基準: 著しい損傷・減肉・腐食・摩耗等の無いこと

⑩ 社内基準: 機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂,
打痕, 変形および摩耗がないこと

⑪ 弁箱と配管の溶接部の超音波探傷試験:

溶接規格 (JSME S NB1) および NISA 文書 (き裂解釈)

(4) 中央燃料支持金具，制御棒案内管のベース，炉心スプレイ配管・スパー ज्याのノズル，制御棒の落下速度リミッタについて

当該部位は，表 5 のとおり，製造時の検査および現状保全を実施し，異常がないことを確認している。

また，発生する応力は自重および支持対象物の重量が主であり，劣化によるき裂は想定されない。

以上より，熱時効は想定されるが，そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表 5 中央燃料支持金具等の製造時の検査および現状保全

機器名称	対象部位	製造時の検査 および判定基準 ^{※1}	現状保全 および判定基準 ^{※1}	判定
燃料支持金具	中央燃料支持金具	・浸透探傷試験：①② ・放射線透過試験：①	・供用期間中検査（目視点検）：⑥	合格
制御棒案内管	ベース	・浸透探傷試験：① ・放射線透過試験：③	・供用期間中検査（目視点検）：⑥	合格
炉心スプレイ配管（原子炉圧力容器）・スパー ज्या	ノズル	・浸透探傷試験：①	・供用期間中検査（目視点検）：⑥	合格
制御棒	落下速度リミッタ ^{※2}	・浸透探傷試験：①②④ ・放射線透過試験：③⑤	・水中カメラによる目視点検：⑦ ・運用基準 ^{※3} に基づき取替	合格

※1：製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

①告示第 501 号

⑤ASTM E71 および ASTM E186

②ASME NB-2546

⑥維持規格（JSME S NA1）VT-3

③JIS G 0581

⑦社内基準：強度・性能に影響を及ぼす有意なひび，破損等

④設計・建設規格（JSME S NC1）

がないこと

※2：取替実績があるものとないものが混在するため，両方の製造時検査について記載する。

※3：制御棒の有効長を 4 等分したいずれかの区間で相対価値が 10%減少した時点の核的寿命に対して保守的に定めた運用基準による。

(5) ジェットポンプのライザ管，インレットミキサ，ディフューザ，ブラケットについて

当該部位は，原子炉冷却材の圧力バウンダリではなく，表 6 に示すとおり，製造時の検査および現状保全を実施し，異常がないことを確認している。

以上より，熱時効は想定されるが，そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表 6 ジェットポンプの製造時の検査および現状保全

機器名称	対象部位	製造時の検査 および判定基準※1	現状保全 および判定基準※1	判定
ジェットポンプ	パイプ	・浸透探傷試験：①② ・放射線透過試験：④	・供用期間中検査（目視 点検）：⑤⑥	合格
	インレットミサ	・浸透探傷試験：①② ・放射線透過試験：③④	・供用期間中検査（目視 点検）：⑤	合格
	ディフューザ	・浸透探傷試験：① ・放射線透過試験：④	・供用期間中検査（目視 点検）：⑤⑥	合格
	ブラケット	・浸透探傷試験：①② ・放射線透過試験：④	・供用期間中検査（目視 点検）：⑤⑥	合格

※1：製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

- ①告示第 501 号
- ②ASME NB-2546
- ③ASTM E192 および ATM E447
- ④ASTM E446
- ⑤維持規格（JSME S NA1）VT-3
- ⑥維持規格（JSME S NA1）MVT-1（溶接部のみ）

(6) 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンの翼について

当該部位については、表 7 に示すとおり製造時の検査および現状保全を実施し、異常がないことを確認している。

以上より、熱時効は想定されるが、そのことが機器の健全性に影響を与える可能性はないと評価する。

表 7 原子炉隔離時冷却ポンプ駆動用蒸気タービンの製造時の検査および現状保全

機器名称	対象部位	製造時の検査 および判定基準※1	現状保全 および判定基準※1	判定
原子炉隔離時冷却ポンプ 駆動用蒸気タービン	翼	・磁粉探傷試験：①	・目視点検：② ・浸透探傷試験：③	合格

※1：製造時の検査および現状保全の判定基準を以下に示す。

- ①製造メーカー社内基準：原則として無欠陥とする
- ②社内基準：表面に機能・性能に影響を及ぼすおそれのあるき裂，打痕，変形，摩耗および腐食がないこと
- ③告示第 501 号

評価対象外機器の熱時効への対応について

補足説明資料本文の表 2「熱時効の劣化評価に関する評価対象部位の抽出結果一覧表」において、使用温度が 250℃未満と評価し、評価対象外とした理由を以下に示す。

(1) 使用温度が 250℃未満の玉形弁，逆止弁について

以下の玉形弁，逆止弁については，最高使用温度は 302℃であるが，使用温度は 250℃未満であることから，評価対象外とした。

表 1 使用温度が 250℃未満の玉形弁，逆止弁

機器名称	使用温度	最高使用温度
再循環カシールポンプ元弁	66℃以下	302℃
原子炉浄化再生熱交出口逆止弁	112℃	302℃
原子炉浄化補助熱交出口逆止弁	171℃	302℃
ほう酸水注入系外側隔離弁	43℃	302℃

(2) 制御棒駆動機構のコレットピストン，コレットリテイナチューブについて

当該部位は，ステンレス鋳鋼製であるが，構造上，冷却流路に設置されているため，使用環境は 250℃未満であることから評価対象外とした。