

県内加圧水型軽水炉の事故・故障等に対する設計対応方針

県内加圧水型軽水炉の事故・故障等に対する設計対応方針

設備	損傷モード	損傷例、損傷機器名	既設対応	敦賀3,4号機 対応
配管	振動疲労	一次冷却材ポンプ入口エルボス ブリッタの振動疲労	スプリッタの切 断除去	同左 (スプリッタは 設置しない)
		ペント、ドレン管の振動疲労 化学体積制御系ペント管/余熱 除去系ドレン管/ 安全注入系ペント管等	共振しにくい構 造に取替	同左
		主蒸気サンプリングノズル振動 疲労	取付部をネジか ら溶接に変更、 管内への突き出 し量を低減	同左
		化学体制制御系抽出オリフィス 部のキャビテーションによる下 流曲げ管の振動疲労	オリフィスの取 替及びキャピテ ーション発生防 止のための運転 管理	オリフィス形状 選定を含め今 後、詳細設計で 反映
熱疲労	一次冷却材管からの余剰抽出取 出曲げ配管部熱疲労(熱成層)	曲げ配管を熱成 層の影響のない 位置に変更	日本機械学会で 実施中の高サイ クル熱疲労に関 する知見の収集 ・評価等の検討 結果を今後、詳 細設計に反映	
	再生熱交換器連絡配管(高低温 水混合)	内筒を有しない 熱交換器への取 替え(敦賀2号 機)	当該部は同左ま た、高低温水混 合部には上記の 同様、検討結果 を今後、詳細設 計に反映	
浸食	蒸気発生器ブローダウン管受衝 板他	配管形状変更他	既設で減肉経験 を踏まえた必要 個所への耐浸食 性材料(低合金 鋼等)の適用検 討を今後実施	
低温割れ	溶接不良による低温割れ 蒸気発生器ドレン管台/給水 配管(計装用配管)	配管、管台の取 替及び適切な溶 接施工の実施	同左	

配管	過大応力	主給水配管ドレン管の床との接触による拘束損傷、 クリーンアップ配管の隔離状態での加温による損傷	接触を回避する改造 配管内の圧力上昇防止策	起動、停止時の接続配管の移動等適切な配管設計の実施
	応力腐食割れ	化学体積制御弁・配管溶接部の残留応力による応力腐食割れ	弁材質を低炭素のものに取替え	詳細設計段階で応力腐食割れの恐れのある部位に鋭敏化しにくい材質及び適切な溶接施工方法を選定していく
	低融点金属割れ	化学体積制御系抽出曲げ配管	製造時の品質管理を徹底した配管取替え	同左（ステンレス管の製造時の品質管理の徹底）
	腐食	停止時の給水加熱器ドレン配管滞留水による腐食	経年監視	耐腐食性材料（低合金鋼等）の適用について詳細設計段階で検討を行う。
	ライニング剥離	非常用ディーゼル発電機冷却用海水配管内面ライニング剥離	新品取替え	剥離を起こしにくいライニング材の選定含め詳細設計段階で検討
弁	疲労損傷	蒸気加減弁 ・弁開閉に伴う局所的な繰り返し応力により弁座シートリングが疲労破壊 ・蒸気流による圧力脈動のため振動応力が発生し消音部が疲労損傷	材料・形状の変更（シートリング） 肉厚を増加させ振動応力を低減させた消音部に取替え	疲労しにくい構造に改良した弁を採用する計画（試験検証を行う予定）
		主給水制御弁 運転中に振動し、弁棒先端の弁体との溶接部で疲労損傷が起き弁棒が脱落	弁棒・弁体取付ネジ部のカエリを生じない構造に変更	信頼性の高い弁（バランス型玉形弁）を採用する計画（具体的には、詳細設計段階で検討）

弁	摩耗	蒸気加減弁 弁座を固定している冷やしばめ が緩み、この時の蒸気流により 弁座が回転し損傷	大型弁座に変更 し、シール溶接 構造に変更	構造を改良し振 動に対して強い 弁を採用する計 画	
		主給水制御弁 弁体のピストンリングによって シートリングが摩耗減肉	ピストンリング の定期取替 面取りしたピス トンリングに取 替え	信頼性の高い弁 (バランス型玉 形弁)を採用す る計画	
座屈	座屈	蒸気加減弁の開度検出器の差動 トランスを保持するゴム部の構 造不良で、ゴム部での摩擦力に より差動トランスロッドが曲が り発生	差動トランスの 取替え	座屈が生じにく い構造及び部品 とする計画 (具体的には、 詳細設計段階で 検討)	
		弁グランド 部摺動抵抗 増加	主蒸気隔離弁 弁棒鏡面仕上げとグランドパッ キンからの黒鉛の付着で弁棒摺 動抵抗増加が増加、不完全閉止	グランド摺動抵 抗低減(パッキ ン段数低減) 閉弁力アップ (パネ強化) 手動増締め装置 追加	閉弁力を強化し た改良型主蒸気 隔離弁を採用す る予定。 増締め装置相当 分の閉弁力を強 化し、運転員に よる操作を不要 とする。
		ダイヤフラ ム損傷	RTD高温側入口弁金属ダイヤ フラム加工時の凹凸からの損傷	RTD引き出し配管 を削除し直接計 測方式とした。	同左 (当該弁なし)
容器	原子炉格納 容器貫通配 管損傷	貫通配管と端板溶接部での鋭敏 化、残留応力等による応力腐食 割れ	配管材料の取替 え及び検査の容 易な構造への取 替え	同左 具体的には詳細 設計段階で検討 する	
	原子炉容器 上蓋キャノ ピーシールの 損傷	製作時の溶接による材料鋭敏化 と残量応力による応力腐食割れ 及び製作時の塩素に起因した応 力腐食割れ	原子炉容器上蓋 取替えプラント はキャノピーシ ールのない構造 もしくは材質を SUS316Lに変更	同左 (キャノピーシ ールのない構 造)	

炉内構造物	応力腐食割れ	制御棒案内管たわみピンの取付け時の応力、運転時の熱応力、材料の感受性による応力腐食割れ	最新プラントではたわみピンに変え溶接構造を採用	同左
		取付け時の応力、運転時の熱応力、材料の感受性により応力腐食割れが発生。 ・制御棒案内管支持ピン	応力腐食割れ感受性の低くなるような熱処理を施した支持ピンに取替え。	先行プラント同様、支持ピンの熱処理を改善し耐応力腐食割れ性を向上させるほか、支持ピンの大型化等により更なる応力低減を行い、発生防止を図ることとしている。
	摩耗	制御棒案内管の支持ピン止め金具が、取付け不良に起因して水流で振動しナットと接触摩耗し脱落	摩耗が生じないかしめによる止め構造の支持ピンに取替え	同左
復水器	伝熱管損傷	伝熱管内面への海生物付着による減肉（銅系伝熱管）	漏洩管の施栓	チタン管を採用する計画
		ドレン水による外面からの減肉	受衝板の設置他	同左
低圧給水加熱器	伝熱管損傷	製造時の加工に伴う粒界腐食割れ（銅系伝熱管）	漏洩管の施栓	ステンレス配管を採用する計画であり、製造時の塩分管理を徹底していく
	受衝板損傷	抽気、ドレン入口受衝板の流入流体による振動疲労	剛性の高い受衝板への取替え	同左
高圧給水加熱器	伝熱管損傷	製造時の加工、組立に伴う応力腐食割れ（銅系伝熱管）	施栓又は配管取替え	低炭素ステンレス配管を採用する計画であり、製造時の塩分管理を徹底していく
	受衝板損傷	抽気入口受衝板の流入流体による振動疲労	剛性の高い受衝板への取替え	同左
湿分離加熱器	仕切板溶接部損傷	仕切板内滞留ドレン水による熱疲労及び溶接不良（予熱未実施）による損傷	ドレンを滞留しない構造に変更及び適切な溶接施工の実施	同左

蒸気発生器	伝熱管損傷	伝熱管の管板拡管部及び管支持板部等での応力腐食割れ、減肉、粒界腐食割れ、腐食損傷	損傷管の施栓及び取替蒸気発生器は伝熱管を耐食性に優れたTT690に変更（最新4ループプラントは当初よりTT690材を適用）	同左 （二次側の水処理はAVT処理、復水脱塩装置設置、二次側の材料改善、拡管は先行と同様新拡管法の採用を予定）
		振れ止め金具の挿入不足による疲労損傷	改良型振れ止め金具への取替え（最新プラントは6点支持）	振れ止め金具の改善を予定（9点支持）
	水室隔離蓋取付金具の脱落	金具取付けボルトの締め付け不良による振動脱落	定検時のみ取付け可能な構造に変更	同左
ポンプ	応力腐食割れ	一次冷却材ポンプ変流翼取り付けボルトが過大締結力によって応力腐食割れ	耐SCC性に優れたインコネル750に変更しボルト首下部の形状を応力低減を図ったボルトとし合わせてボルトの軸力管理を実施	ポンプ水力設計の見直しにより変流翼を不要としており従来の変流翼取り付けボルトを削除している
	部品劣化	一次冷却材ポンプ軸シール面が肌荒れしシール機能が低下 格納容器スプレイポンプ軸シール面が肌荒れによりシール機能低下	シールを新品に取り替えるとともにRCPについてはシールインサートの表面計測管理を実施することとした。	一次冷却材ポンプ軸シールの主シール機能を有するNo.1シールについてはリーク特性の安定化を図った新型シールを採用予定であり、更にシール面の面荒れの要因である異物混入組立不良についても製造管理、運転管理に万全を尽くすよう計画している。

ポンプ	疲労損傷	余熱除去ポンプ羽根車ボス部のキー溝に過大応力が発生し運転中の変動応力とあいまって高サイクル疲労損傷	キー溝コーナ部及びボス端部を応力低減するよう拡大	羽根車ボス部の形状について今後詳細設計において疲労を生じないように適切な寸法を検討する
		往復動式充てんポンプシリンダ部の内圧変動によりシリンダブロックが高サイクル疲労損傷、吸込弁、吐出弁も同様に損傷	シリンダブロック及び弁を新品に取替え	充てんポンプには往復動式を採用しないことにより当該部位における損傷の可能性はない
	共振損傷	格納容器スプレイポンプシール部に空気が混入しベローズとポンプの吐出脈動成分が共振しベローズが共振損傷	共振回避をした仕様のメカシールに取替え	ベローズ型シール採用の予定はないことより当該部における損傷の可能性はない また今後同様なシールを採用する場合は既設の損傷を踏まえた適切な対策を検討していく
	摩耗	復水器真空ポンプのモータとのカップリング部において潤滑不良により摩耗し空転	カップリング部の取替え	潤滑油が不要なカップリング方式を採用する計画
ポンプモータ	部品劣化	主給水ブースターポンプモータ電源ケーブルの熱劣化	電源ケーブルルートの変更	電源ケーブルルートは高温配管の影響を受けないようなルート計画とすることを詳細設計段階で検討
	疲労損傷	一次冷却材ポンプモータの固定子コイル口出し線と中性点リング半田付け不良及び支持間隔不適切のため、運転中振動による疲労損傷	中性点リング支持間隔の適正化	同左

ポンプ モータ	製作不良	一次冷却材ポンプモータのガイド軸受ピンの取付け不良による振動増加	ガイド軸受の固定方法をピンかしめ方式からバナー方式へ変更	同左
	摩耗	主給水ポンプモータ（待機中）の固定子コイルが、運転中のモータの排熱により、素線と絶縁層が剥離し、振動によるフレッシング摩耗にて絶縁破壊	排気ダクトを共通から単独へ変更	周囲環境の厳しい、主給水ポンプモータに関して全閉内冷型とする計画
	加水分解（湿度）	主給水ブースターポンプモータの配管予備孔、点検孔等から高湿度空気が流入し、コイル素線ワニス加水分解	配管予備孔封鎖 点検孔に扉設置	周囲環境の厳しい、主給水ブースターポンプモータに関して全閉内冷型とする計画
	その他（引け割れ）	循環水ポンプモータ油冷却器水室製作時に発生した引け割れ部が外部荷重により進展、貫通	引け割れの可能性のない、鋼板製水質に変更	同左
燃料集 合体	燃料被覆管 及び 支持格子	バッフル板間隙からの冷却材の横流れ(バッフルジェット)による燃料集合体の振動	炉心のアップフロー化	炉心にバッフル構造に代わるリングブロック製の中性子反射体を採用。リングブロック間隙に生じる横流れは炉心外向き流れとなる構造としている
		バッフル板とコーナー部に配置された燃料集合体で被覆管と支持格子がフレッシング摩耗	支持格子形状の改良 支持格子 - 案内 シンプル拡管 結合方式変更	同左
		燃料装荷時の対角燃料との接触 燃料取出しまたは装荷作業時のわずかな横揺れで隣接燃料と接触し支持格子が損傷	支持格子形状改良 燃料取扱クレーンの改造（ホイスト速度の変更とホイスト速度計の設置）	同左 燃料取扱クレーンに燃料をオフセットした状態で燃料を取り出し、装荷可能な自動横ずらし装置を開発済であ

燃料集 合体				り、グリッド干渉は基本的には問題ない。
		異物と被覆管がフレットング摩耗	異物対策燃料(フィルタの設置)の採用	同左
		燃料棒組込みの支持格子との干渉に起因した外面からの水素化	燃料棒組込み方式の変更	同左
	スプリング スクリュー	製造組立て時の締めすぎ等による高い残留応力による応力腐食割れ	スプリングスクリューの形状変更	同左
	リーフスプリング	B型燃料のスプリング加工時の材料不良による応力腐食割れ A型燃料の3段構成バネの上部、中間2段のバネの干渉による応力腐食割れ	リーフスプリングの残留応力の低減 リーフスプリングの関連寸法の見直し	同左
燃料交 換装置	グリッパの 着底不良	燃料交換時に燃料取扱装置グリッパを降下した際、ガイドピンと燃料集合体上部ノズルの位置監視が不十分であったためグリッパが着底不良(燃料と装置が干渉)。	マスト先端に監視用水中TVカメラを設置することを検討中	同左 詳細設計段階で具体的対応を検討
タービ ン設備	疲労損傷	低圧タービン動翼の疲労損傷 ・共振により、翼本体もしくは溶接部で疲労損傷	共振を回避した翼に取替え 溶接止端部の成形	同左(共振回避翼とする)に加えて、シュラウドと翼を一体構造として溶接部のない設計を実施
		軸受油系配管溶接部の疲労損傷 ・支持金具折損による流体振動により疲労損傷	配管等の振れ止め対策の実施、エゼクタ吐出管形状の変更	今後詳細設計段階で配管振動が生じない配管支持設計を実施
	腐食割れ	高圧タービン翼環締付ボルトの腐食割れ ・腐食割れ感受性材質、有害成分を含むねじ潤滑剤による腐食割れ	腐食割れ感受性の小さい材料で形状変更 有害元素をほとんど含まない潤滑剤の使用	左記と比較して、更に腐食割れが生じにくいボルト材を検討する。また潤滑剤については、左記と同じ。

計測制御設備	検出器異常	検出器内回路不良、電磁ピックアップ不良、伝送器感圧部製作不良、保守不良	<ul style="list-style-type: none"> 品質管理の確保 安全上重要な回路の多重化、フェールセーフ化、フェールアズイズ化等設計面での考慮 定期交換作業管理の徹底 	<ul style="list-style-type: none"> 品質管理の確保 重要な設備にデジタル制御技術を採用 安全上重要な回路の多重化、フェールセーフ化、フェールアズイズ化等設計面での考慮 自己診断機能の充実 定期交換 作業管理の徹底
	制御回路不良	電子部品不良、製作不良、保守不良		
	リレー誤動作	絶縁低下、異物付着		
	電源装置不調	トランス不良		
	盤内配線短絡	絶縁不良、異物付着		
	遮断機不良	ローラ部潤滑剤不良		
	弁動作不良	ポジションパイロット弁磨耗		
電気 / 電源設備	疲労損傷	主発電機固定子位相リングの製造時の固定不良により、運転中振動で疲労損傷に至り相間短絡発生	コイルエンドの剛性確認	主発電機固定子の位相リング、コイル固定方式は一体式構造とすることを計画尚、一体化にあたってはモデル発電機による検証試験を実施
		主発電機励磁機回転整流器の抵抗器リード線が疲労により断線	整流器の逆耐電圧仕様を変更し抵抗器を削除	同左
	その他	主発電機自動電圧調整器制御カード内演算増幅器の製造時ボンディング不良により発電機電圧低下	制御カードの取替え	主発電機自動電圧調整器は自己診断機能付きデジタル二重化設備とする計画
		主変圧器中性点付近の巻線部が渦電流による局部過熱による焼損、層間短絡	渦電流を抑制する巻線構造に変更	同左
	部品劣化	コンデンサの劣化短絡、ヒューズの劣化断線等により非常用ディーゼル発電機自動停止	部品の定期取替え	同左

電気 / 電源設 備		コンデンサの劣化短絡、ヒューズ の劣化断線等により計器用電 源喪失	部品の定期取替 自動電源切替方 式へ変更	同左
------------------	--	---	----------------------------	----

