2.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策

現状,特定原子力施設の追加的放出等に起因する,敷地外の実効線量は低く抑えられている(2.2 参照)。また,多くの放射性物質を含有する燃料デブリや使用済燃料等において 異常時に発生する事象を想定したリスク評価においても,敷地外への影響は十分低いもの であると評価している(2.3 参照)。

今後,福島第一原子力発電所内に存在している様々なリスクに対し,最新の「東京電力 福島第一原子力発電所 中期的リスクの低減目標マップ(以下「リスクマップ」という。)」 に沿って,リスク低減対策に取り組んでいく。プラントの安定状態に向けた更なる取組, 発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた取組,ならびに使用済燃料プールから の燃料取り出し等の各項目に対し,代表される様々なリスクが存在している。

各項目に対するリスク低減のために実施を計画している対策については,リスク低減対 策の適切性確認の視点を基本とした確認を行い,期待されるリスクの低減ならびに安全性, 被ばく及び環境影響等の観点から,その有効性や実施の要否,時期等を十分に検討し,最 適化を図るとともに,必要に応じて本実施計画に反映する。

また,「I 2.3.7 放射性廃棄物」にて実施する, ALPS 処理水の海洋放出により, 廃炉作 業に係る敷地などのリソースを有効に活用していくことで,中長期ロードマップに沿った 全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減対策を実現していく。

2.4.1 添付資料

添付資料-1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(1/8)

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク	低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性		
プラントの安定状態等		・中長期的な温度計故障による原	原子炉圧力容器代替	温度計の新設	原子炉圧力容器の既設温度計について,既設温 度計の故障に備えて,追加温度計を設置できる ように,温度監視が可能な箇所を選定し,各号 機の温度監視のバックアップが保たれるように する。	 2 号機:平成 24 年 10 月設置完了 1,3 号機:平成 31 年 4 月に作業 の成立性,温度計設置の成立性 の観点から設置が困難である旨 報告(毎月,温度計信頼性評価 を実施) 	 ①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は冷却 状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤2 号機の温度計の故障が多いことから2 号機を優先的に設置することが妥当である。1,2 号機 についても順次設置を検討していく予定である。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ば く量が増加する。 ⑦既設の圧力容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する 		
持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	子炉冷温停止状態の監視不能リス ク	格納容器内監視計器	設置	原子炉格納容器内の既設温度計については,故 障した場合,メンテナンスや交換ができないこ とから,原子炉格納容器内部の冷温停止状態の 直接監視のために,代替温度計を格納容器貫通 部から挿入する。	1 号機: 平成 24 年 10 月設置完 了 2 号機: 平成 24 年 9 月設置完了 平成 25 年 8 月追加設置完了 3 号機: 平成 27 年 12 月設置完 了	 ふ。 ①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は格納 容器内の冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤3号機の原子炉建屋内は線量が高いため、1、2号機の設置を優先させることは妥当である。3 号機については、設置作業ができるよう環境改善後、速やかに設置する計画を立案する。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ば く量が増加する。 ⑦既設の格納容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。 		
		 ・注水機能停止リスク ・放射性物質の系外放出リスク 				復水貯蔵タンクへ の運用変更と復水 貯蔵タンク炉注水 ポンプ配管のポリ エチレン管化	原子炉注水設備について,水源を仮設バッファ タンクから,既設の復水貯蔵タンクに変更する ことにより,水源保有水量の増加,水源の耐震 性向上を図る。さらに配管距離の短縮,ポリエ チレン管の新設配管設置により,注水機能喪失 及び漏えいリスクの低減を図る。	平成 25 年 7 月復水貯蔵タンクの 運用開始 平成 26 年 2 月復水貯蔵タンク炉 注水ポンプ配管のポリエチレン 管化対策完了	 ①が注設備は既に多様性、多重性を備えており、一定の信頼性は確保されているが、期待される更なる信頼性向上が図れない。 ②が注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③水源を復水貯蔵タンクに変更することにより水源の耐震性が高くなるためリスクは低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤炉注設備の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
プラントの安定状態維	百子恒の冷却計画		循環注水冷却水源 の信頼性向上対策 水機能停止リスク	漏えい時の敷地外 放出防止対策(堰 や漏えい検出設備 等の設置検討)	原子炉注水設備の配管等に漏えいが発生した場 合の敷地外放出防止・早期検知のために堰や漏 えい検知設備を設置する。	平成 25 年 12 月設置完了	 ①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対する設備破損リスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。 		
特・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画		・放射性物質の系外放出リスク	仮設ハウスの恒久 化対策	原子炉注水設備のポンプ等を恒久化したハウス 内等に配置することにより,台風,塩害,凍結 等の外部事象による設備の故障防止を図る。	平成 25 年 2 月設置完了	 ①凍結等の外部事象リスクが低減しない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③仮設ハウスを恒久化することで外部事象に対するリスクは低減する。 ④仮設ハウスを恒久化するものであり、時間的なリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。 		
			建屋内循環ループ構	築	水処理設備など建屋外に設置された設備を経由 しない循環ループを形成し,系外への放出リス クを低減する。また,建屋内滞留水をそのまま 冷却水として使用することにより,水処理設備 等の処理量,あるいは原子炉格納容器からの漏 えい水量に依存せずに,原子炉注水量を増加さ せるシステムが構築出来る。	平成28年10月運用開始 (建屋滞留水循環冷却は,燃料 デブリ取り出しに合わせ検討 中)	 ①大循環ループからの漏えいリスクが低減しない。 ②屋外に敷設されているループ長が縮小する分,漏えいリスクを低減する。 ③建屋内に設置することで,気象等に関わる外部事象に対するリスクが低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており,時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤建屋内循環ループを構築する前段階として,滞留水水質,作業環境や格納容器止水作業等との 干渉も含めて取水場所等を検討する必要があるため,目標時期までに対策できるよう,実施に 向けての調査・検討を行っている。 ⑥作業員の被ばくリスクに加え,建屋内が高線量となるリスクがある。 ⑦滞留水水質の傾向監視,ライン構成の最適化,除染等の環境改善等を考慮し,効果的な対策と なるよう検討していく必要がある。 		

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(2/8)

П -	- ドマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	
プラントの安定共			原子炉圧力容器・格納容器への窒素供給装 置の増設	窒素供給装置は常用している2台の内1台の運 転で,原子炉格納容器内の水素濃度を可燃濃度 (4%)以下に維持するのに十分な性能を保持 している。また運転号機が停止しても予備の装 置を起動するまでの余裕時間も十分確保(100時 間以上)されていることから,常用1台の運転 で問題はないが,更なる信頼性向上のため,常 用の窒素ガス分離装置を1台増設する。	平成 25 年 3 月設置完了	 ①原子炉格納容器内窒素封入設備保しているものの,常用機器のる。 ②現状の設備設置状況でも機器の時間も十分に確保(100時間以水素爆発の可能性は十分に低く ③高台に設置することにより,外 ④設備の経年的な劣化により窒素適切な保守管理が可能となる。 ⑤窒素供給装置の信頼性を向上さましく既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい ⑦実施できないリスクはない。
仏態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・原子炉圧力容器・格納容器内不 活性雰囲気維持機能喪失リスク	水素の滞留が確認された機器への窒素ガス 封入	サプレッションチェンバ (S/C)気相部等の高濃度 の水素滞留が確認された機器について,窒素ガ スの封入等により不活性状態にする。	1 号機: 平成 24 年 10 月より 対応中 2 号機: 平成 25 年 5 月より対 応中 3 号機: S/C 内閉空間気相部 の水素残留状況の調査を検討 中	 ①今回確認されたサプレッションであると考えられ、酸素濃度が 鑑みると、水素爆発が発生するれば、この状況が継続する。 ②サプレッションチェンバは格納大きい可能性があることから、 るが、本対策により低減ができ ③水素パージにより外部事象に変 ④事故後現在まで安定した状態を こと、格納容器内については窒水素濃度を監視していることか ⑤サプレッションチェンバ補修ご 重に行い、高濃度の水素が確認 ⑥建屋内の高線量作業であるため を行う必要がある。 ⑦現場の状況を踏まえて安全にオ

個々の対	策に対す	る適切性
------	------	------

備は,非常用電源を装備した窒素供給装置の設置により多重性を確 つ長期間停止を伴う点検等を行う場合には,常用機器が単一状態とな

の多重性を確保していること,運転号機が停止した場合の停止余裕 (上)されていることから,今回の更なる信頼性向上対策が無くとも, く抑えられていると考えている。

▶部事象に対するリスクは低減する。

長供給設備が故障するリスクが増加するが、装置の増設により、より

させることはリスク低減に寄与するため、早期に実施することが望

۰,

ンチェンバ内の高濃度の水素は,事故初期に発生したものの残留物 が低いことや現在まで閉空間内に安定して存在してきてきたことを 5緊急性は低いと考えられる。しかしながら,水素パージを行わなけ

納容器の一部であること,閉空間の容積によっては水素の残留量が ,万一水素爆発が発生した際に放射性物質が放出されるリスクがあ きる。

すする水素爆発のリスクは低減する。

を維持していることや水の放射線分解の寄与は小さいと考えられる 髪素封入により不活性状態は維持され,格納容器ガス管理設備により から,時間的リスクが急激に増加することはないと考えられる。

L事等の関連工事や現場線量環境を考慮した上で,現場調査等を慎 &された場合には,早期に対策を実施する必要がある。

b,作業員の被ばくリスクに加え,水素濃度の挙動を確認しつつ作業

<素パージができるように窒素封入方法を検討する必要がある。

ロードマッ	プ関連項目	想定されるリスク	IJ	スク低減対策		対応状況	
				滞留水移送・淡水化装置 周りの耐圧ホースのポリ エチレン管化	滞留水移送・処理設備において耐圧ホースを使 用している箇所をより信頼性の高いポリエチレ ン管等に交換することにより,滞留水,処理水 の漏えいリスク,漏えい水による他の設備損傷 リスク,漏えい時の作業環境悪化リスクの低減 を図る。	平成 24 年 8 月対策完了	 ①滞留水移送ラインからの放射性 ②漏えい時における放射性物質の ③ポリエチレン管等へ取替を行う ④ポリエチレン管等へ取替を行う ⑤可能な限り早期に実施すること ⑥対策を実施するリスクは小さい ⑦ポリエチレン管等の敷設が出来
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画			汚染水処理設 備等の 信頼性向上	中低濃度タンク増設,及 びRO濃縮水一時貯槽の リプレース	ALPS 処理水の貯留場所確保のために中低濃度タ ンクを増設する。	令和2年12月目標容量の中低濃 度タンク設置を完了(合計137 万m ³)	①日々増加し続ける ALPS 処理水(②漏えい時における放射性物質の ③貯蔵量を確保することが目的で ④中低濃度タンクの経年劣化によ ⑤貯留場所確保のため、計画的に ⑥滞留水・処理水貯蔵量の増加に ⑦中低濃度タンク設置場所には隔 に実施する必要がある。
	滞留水処理計画	滞留水処理計画 ・放射性物質の 系外放出リスク		中低濃度タンクエリアへ の堰等の設置	中低濃度タンクエリアに堰等を設置することに より,貯蔵タンクからの漏えいの早期発見と大 規模漏えい時の系外への拡大防止	中低濃度タンク設置に合わせ順 次実施。目標容量(137万m ³) の中低濃度タンク設置分は,漏 えい拡大防止策を実施済	 ①漏えい時における放射性物質の ②漏えい時における放射性物質の ③漏えい拡大防止を目的としてお ④漏えい拡大防止を目的としてお ⑤可能な限り早期に実施すること ⑥対策を実施するリスクは小さい ⑦対策を実施できないリスクはな
			多核種除去設備の設置		本設備により,汚染水処理設備の処理済水に含 まれる放射性核種(トリチウムを除く)を十分 低い濃度まで除去することにより,汚染水貯蔵 量の低減ならびに中低濃度タンク貯留水の放射 能濃度低減による漏えい時の環境影響の低減を 図る。	既設 ALPS: 令和4年3月より本 格運転開始 増設 ALPS: 平成29年10月より 本格運転開始 高性能 ALPS: 令和5年2月より 本格運転開始	 ①大量の放射性物質を含んだ汚染 ②漏えい時における放射性物質の ③汚染水の処理により外部事象に 水が漏えいするリスクは低減で ④多核種除去設備の稼動が遅れる 量の放射性物質を含んだ汚染水 ⑤可能な限り早期に実施すること ⑥二次廃棄物の長期保管ならびに ⑦対策を実施できないリスクはな する。
			可能なトレンチ 施	から順次,止水・回収の実	トレンチ内の滞留水を回収し, 系外への漏えい 防止を図る。	 可能なトレンチ等から順次, 止水・回収を実施中 海水配管トレンチ内汚染水除去 完了 2号機: 平成 27年6月(トレンチ内滞留 水移送完了) 平成 29年3月(立坑充填完了) 3号機: 平成 27年7月(トレンチ内滞留 水移送完了) 平成 27年8月(立坑充填完了) 4号機: 平成 27年12月(トレンチ内滞 留水移送完了, 立坑充填完了) 1号機:対応中 	 ①津波の浸入等により滞留水が敷 ②漏えい時における放射性物質の ③対策を実施することにより津波 ④現在でも適切な管理を行っていところ、トレンチ部は10~13年 ⑤止水方法の成立性等を検討し、 並行して津波対策を実施予定。 ⑥対策を実施するリスクは小さい ⑦現場の状況を踏まえた止水方法

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(3/8)

個々の対策に対する適切性 生物質の追加放出リスクが低減しない。 の追加放出リスクは大きい。 ことにより、地震等の外部事象に対するリスクは低減する。 ことにより、時間的な設備劣化損傷リスクは低減する。 とが望ましく、既に実施している。 そない場合は,堰等により漏えいの拡大防止を図る。 の保管場所が無くなり、貯留できなくなるリスクがある。 D追加放出リスクは大きい。 であり、外部事象に対するリスクは変化しない。 い漏えいリスクは増加する。 こ増設していく必要があり、既に実施している。 こより、漏えいリスクは増加する。 艮界があるため、緩和措置として、地下水流入量低減対策を確実)追加放出リスクが低減しない。 り追加放出リスクは大きい。 おり、外部事象に対するリスクは変化しない。 おり、時間的にリスクは変化しない。 とが望ましく、既に実施している。 15 な水を保有し、漏えいするリスクが低減しない。 り追加放出リスクは大きい。 こ対する中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染 できる。 らことにより、汚染水貯留量が増加し中低濃度タンク等からの大 kが漏えいするリスクは増加する。 とが必要であり、本格運転を開始した。 こ漏えいリスクが発生する。 ないが、実施できない場合中低濃度タンクを増設し汚染水を貯留 数地外へ流出するリスクが低減しない。 り追加放出リスクは大きい。 **支の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。** いるが、高濃度滞留水のコンクリート健全部中の拡散を評価した で外表面に達するリスクがある。 可能なトレンチから順次実施していくことが望ましく、また、

いが,トレンチ内滞留水の処理が必要となる。 去等を検討する必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(4/8)

	ロードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	
プラ		・放射性物質の 系外放出リスク	建屋の津波対策(建屋開口部の閉鎖・水 密化)	仮設防潮堤を超える津波が建屋開口部から浸入 し,建屋地下に滞留している高濃度滞留水が系外 へ漏えいしないよう建屋開口部の閉鎖・水密化等 を行う。	令和4年1月建屋開口部閉止 (合計127箇所)完了	 ①津波の浸入等により滞留水が ②漏えい時における放射性物質 ③対策を実施することにより津 ④現在でも適切な管理を行ってていく方向であるが、時間的 ⑤現場状況を勘案し、対策の必い。 ⑥対策を実施するリスクは小さ ⑦現場の状況を踏まえた止水方
ントの安定状態維持・継続に向け	滞留水処理計画		サブドレンの復旧	建屋周辺の地下水を汲み上げる設備(サブドレ ン)を復旧し,地下水位を下げることにより,建 屋内への地下水流入量の低減を図る。	平成 27 年 9 月サブドレン稼働開 始	①建屋への地下水流入量が減少 ②漏えい時における放射性物質 ③地下水流入量低減を目的とし ④水処理の継続により,滞留水 下水の流入量を低減できないた ⑤可能な限り早期に実施してい ⑥対策を実施するリスクは小さ ⑦他の地下水流入量低減対策と を図る。
た 計 画		・滞留水の発生量の増加リスク	地下水バイパスの設置	建屋周辺の地下水は山側から海側に向かって流れ ていることから,建屋山側の高台で地下水を揚水 し,その流路を変更して海にバイパスすることに より,建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ, 建屋への地下水流入量の低減を図る。	平成 26 年 5 月地下水バイパス稼 働開始	 ①建屋への地下水流入量が減少 ②漏えい時における放射性物質 ③地下水流入量低減を目的とし ④水処理の継続により,滞留水下水の流入量を低減できない ⑤干渉する作業などはないこと ⑥揚水井稼働により建屋の周辺スの揚水井に汚染した地下水 ⑦揚水井を稼働しても建屋への場所の確保を行う必要がある。

個々の対策に対する適切性

「敷地外へ流出するリスクが低減しない。 賃の追加放出リスクは大きい。 虐波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 こいる上,水処理の継続により,滞留水中のインベントリは低減し りなリスクの変化は小さい。 公要な箇所については,可能な限り早期に実施することが望まし

500

5法等を検討する必要がある。

>しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 気の追加放出リスクは大きい。 しており、外部事象に対するリスクは変化しない。 とやのインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地とめ、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 いく必要があり、復旧計画を検討中。 いが、サブドレン水の浄化が必要となる。 として、地下水バイパスを早期に稼働することで地下水流入量抑制

>しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 賃の追加放出リスクは大きい。 しており、外部事象に対するリスクは変化しない。 、中のインペントリは低減していく方向であるものの、建屋への地いため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 とから、可能な限り早期に実施することが望ましい。 担地下水位が下がりすぎ、建屋の汚染水が流出するリスクやバイパ 、を引き込み、海域へ放出されるリスクへの対応が必要である。 つ地下水流入が想定どおり減少しない場合も考慮し、水処理・貯留

D-	- ドマップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
		 ・単一故障による 電源停止リスク 	タービン建屋内所内高圧母線設置及び重要 負荷の供給元変更	1 系統で供給していた重要負荷に対し,タービン建屋2階 に設置する2系統の所内高圧母線から供給できるようにす ることで信頼性を向上させる。	平成25年3月タービン建屋内所 内高圧母線設置完了 平成25年7月重要負荷の供給元 変更完了	 ①1系統で電源供給している重要負荷については、電源喪失時は一部小型発電機にて機能維持ができるが、機能喪失に繋がるリスクは低減しない。 ②重要度の高い原子炉注水設備の更なる信頼性向上に寄与するとともに、使用済燃料プール設備の一部の動的機器について、電源を2系統から供給できるようになるため、燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクを低減できる。 ③タービン建屋2階に設置されている所内高圧母線から供給できることにより、津波に対する電源喪失リスクは低減する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
プラントの安定状態維持・	電気系統設備の 信頼性向上	 ・津波浸水による 電源喪失リスク 	共用プール建屋の防水性向上	所内共通ディーゼル発電機 A. B が設置されている共用プ ール建屋に対して津波対策として防水性を向上させる。	平成 25 年 9 月対策完了	 ①共用プール建屋内への津波の浸入による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能 喪失のリスクは低減しない。 ②共用プール建屋内への津波の浸入を防止することで,所内共通ディーゼル発電機の 電源供給機能が維持できるため燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクは低 減する。 ③津波による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく,実施に向け検討を進めている。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた方法を検討する必要がある。
継続に向けた計画		 電源喪失時の 	小型発電機・電源盤・ケーブル等の資材の 確保	津波・地震による全交流電源喪失を伴う異常時に備えて, 重要設備の復旧作業に必要な屋外照明等の資材を確保す る。	平成 25 年 3 月対策完了	 ①津波や地震により全交流電源喪失を伴う異常が発生した場合に、屋外照明等が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ②放射性物質の追加放出リスクはないが、全交流電源喪失等の異常が発生した場合に、照明が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ③復旧資材の確保に対して外部事象に対するリスクはない。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクはない。
		復旧遅延リスク	₹喪失時の ≹延リスク 所内高圧母線 M/C(非常用 D/G M/C を含む)の免震重要棟 からの遠方監視・操作装置の新設	免震重要棟からの遠方監視・操作を可能とし,異常の早期 検知を図る。	平成 25 年 1 月対策完了	 ①電源喪失時に異常の検知等が遅れることで復旧作業が遅延するリスクがある。 ②対策を実施することで原子炉注水設備等の重要負荷の電源供給機能の長期機能喪失を防止することができるため、燃料の損傷等による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③対策を実施することで外部事象に対する電源供給機能の長期喪失リスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に完了している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(5/8)

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(6/8)

	ロードマ	マップ関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性	
	海洋	羊汚染拡大	 ・放射性物質が地下水に流出し た際の海洋への放出リスク 	遮水壁の設置	建屋内の汚染水が地下水に流出した場合,汚染された地下 水が地下の透水層を経由して海洋に流出することを防止す る	平成 27 年 10 月設置完了	 ①汚染水が地下水に流出した場合の汚染水が海洋等へ流出するリスクが低減しない。 ②汚染水が地下水に流出した場合,放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③敷地内の汚染水保管設備が破損した場合,遮水壁が汚染水流出の歯止めとなるため,外部事象に対するリスクは低減できる。 ④汚染水流出の歯止めが目的であり,リスクの時間的な変化はない。 ⑤干渉する作業などはないことから,早期に設置することが望ましく,既に実施している。 ⑥地下水ドレンでくみ上げた水により構内の保管水量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。 	
	防山	上計画	・港湾内の放射性物質の海洋へ の拡散リスク	港湾内海底土の浚渫・被覆等	 港湾内の環境改善のために海底の汚染土の除去と大型船舶の航路・泊地を確保することを目的に,港湾内海底土の浚 渫・被覆等を実施する。 浚渫した土は航路・泊地エリア外に一時的に集積させることとし,集積した土については再拡散防止のため,被覆等を実施する。 	平成 28 年 12 月対策完了	 ①港湾内の海底土が波浪等により再拡散し,港湾外に放出するリスクが低減しない。 ②波浪等により海底土が再拡散した場合,放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することで外部事象により海底土が再拡散するリスクは低減する。 ④海底土の拡散防止が目的であり,リスクの時間的な変化はない。 ⑤港湾内の船舶航行及び海上作業の輻輳状況を把握した上で,実施時期を検討する。 ⑥海底土が再拡散しない施工方法を選択することによりリスクは小さくなる。 ⑦対策を実施できないリスクはない。 	
		14 1 . J- MA		瓦礫類の覆土式一時保管施設の増設 または一時保管エリアAの追加遮へい		平成 27 年 6 月設置完了	 ①「措置を講ずべき事項」に要求されており、対策を実施しない場合、平成25年3月末時点での敷地境界線量1mSv/年未満の目標達成が困難となる。 ②敷地境界線量の目標達成が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 	
多電 戸 舎存 の 方	発 電 所 方	カレキ寺	・敷地内被はくリスク	覆土式の伐採木一時保管槽の設置	施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等 による敷地境界線量 1mSv/年未満を達成するため, 瓦礫等の 保管施設の増設等を実施する。また、これらの作業により、	平成 24 年 12 月設置完了	 ③対策を実施することにより、竜巻等による瓦礫等の飛散するリスクは低減する。 ④敷地境界線量の目標達成が目的であり、時間的なリスクの変化はない。 ⑤平成24年度内に達成することを目標としており、作業としては既に実施している。 	
	主事 りょう おうしょう おうしょう おうしょう おうしょう しょうしょう しょうしん しょうしょう しょうしん しょうしん しょうしん しょうしょう しょうしん しょうしん しょうしん しょうしん しょう しょうしん しょうしょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう	射 性 廃 来 水処理二次	 ・敷地内被ばくリスク ・おりせた物所の系列 	使用済セシウム吸着塔一時保管施設(第三 施設,第四施設)の設置	保官施設の増設等を実施する。また、これらの作業により、 敷地内全体の雰囲気線量も低減され、作業環境の改善にも なる。	第三施設:平成 26 年 2 月設置完了 第四施設:平成 25 年 6 月設置完了	 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に 実施することが必要。 ⑦対策を実施できない場合、施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等に 	
-2-4-7	村泉量氏	か 一 一 廃 乗物 理 し	・放射性物質の糸外 放出リスク	吸着塔保管施設の遮へい設置ならびに吸着 塔の移動		遮へい設置:平成25年3月設置完了移動:平成26年3月移動完了	よる平成25年3月末時点での敷地境界線量1mSv/年未満が達成できなくなる。なお, 代替策は時間的な制約から困難である。また,保管施設設置場所は限界があるため,放 射性廃棄物の減容等を確実に実施する必要がある。	
新 1-6	咸・ 汚杂広大坊上 こ 向けた	Qび敷地境界の放射線量低減に向けた計画		2 号機ブローアウトパネルの閉止	2号機原子炉建屋ブローアウトパネルを閉止することで、 原子炉建屋から大気への放射性物質の放出を抑制する。	平成 25 年 3 月閉止完了	 ①対策を実施しない場合,原子炉建屋から放射性物質が放出する状態が継続する。 ②原子炉の状態に変化がなければ、追加放出リスクに変化はない。 ③対策を実施することにより暴風等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施する必要があるが、ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋 作業環境悪化が懸念されることから、空調設備設置完了後に実施する。 ⑥対策を実施することで原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されるため、これらを改 るための空調設備の設置が必要。 ○四相の始知さなはことなまれなたときまたスペアジェスス 	
	いっていて言語		・放射性物質の系外放出リスク	 3,4号機使用済燃料取出用カバーの設置、フィルタ付換気設備の設置・運転 	使用済燃料プールから燃料を取り出すにあたって,作業時 の放射性物質の舞い上がりによる大気への放射性物質放出 を抑制するため,カバー並びに換気設備の設置を行う。	 3 号機:平成 30 年 2 月燃料取り出し 用カバー設置完了 4 号機:平成 25 年 11 月燃料取り出し 日カバー設置完了 3 号機:平成 30 年 6 月換気空調設備 設置完了 4 号機:平成 25 年 10 月換気空調設 備設置完了 	 ①対策を実施しない場合,使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりにより,放射性物質が放出するリスクが低減しない。 ②使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりによる放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③カバーの設置により,風雨により作業性が悪化するリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施していく必要があり,既に工事を実施している。 ⑥対策を実施することで,作業員等への被ばくが発生する。その為,線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要があり,現場の状況により使用済燃料の取り出し作業が遅れるリスクがある。 	
	敷垻	也内除染計画	・敷地内被ばくリスク	敷地内の除染計画の策定・実施	敷地内の雰囲気線量を低減させることにより,作業被ばく を低減させるとともに,ノーマスクエリア等を拡大し,作 業員の作業負担軽減を図る。	平成30年5月以降除染や舗装等の対 策により構内全体の96%のエリアで一 般作業服と防塵マスク等の軽装備で 作業が可能	 ①対策を実施しない場合,敷地内の雰囲気線量が低減しない。 ②被ばく抑制が目的であり,放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③外部事象に対するリスクは小さい。 ④中間的なリスクの変化はない。 ⑤対象範囲が広範囲であること,一部雰囲気線量が非常に高い所もあることから,段階を踏んで,計画的に実施していくことが必要。現在,その認識の基,比較的に効果が見込めるエリアを選定し,作業を実施している。 ⑥対策を実施することで,作業員等の被ばくが増加する。その為,線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の線量に応じた除染方法を検討する必要がある。 	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(7/8)

		ードマップ関連項目	想定されるリスク	リスク但	氐減対策	目的	対応状況	個々の対策
					予備品の確保	SFP冷却については 震災後設置した冷却設備等により継	平成 25 年 4 月対策完了	 ①電源停止等により冷却機能が一時的に ②冷却機能が長期間喪失した場合の使に
				1~4号機使用済燃料プー ル循環冷却設備の信頼性向 上対策 所内電源(M/C)多重化	続してプールの冷却・浄化等を実施している。昨年に設置した設備の故障等により、冷却機能が一時停止する事象が発生したため、これらの再発を防止するため予備品の確保並びに 電源の多重化を行う。	1,2 号機:平成25年3月 対策完了 3,4 号機:平成25年6月 対策完了	 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望る ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。 	
Ⅰ-2-4-添1-7	使用済燃料プー	1~6号機 使用済燃料 プール	・冷却機能喪失リスク	1~6号使用済燃料プールス 動	いら共用プールへの燃料移	1~4号使用済燃料プールには約3,000体の燃料集合体が 保管(1号機:392体,2号機:615体,3号機:566体,4 号機:1533体)されており,これらの崩壊熱を除去するた め,震災後に使用済燃料プール循環冷却系を設置してい る。これら冷却設備については,震災直後に設置した設備 であるため,信頼性向上対策等を実施することで冷却機能 が継続できるよう対策を講じているが,これら機能が長時 間停止した場合,使用済燃料の崩壊熱により,最悪の場 合,使用済燃料が溶融し,大気へ放射性物質を放出する可 能性が考えられる。その為,使用済燃料をより信頼性の高 い冷却機能を有し,雰囲気線量が低く管理しやすい,共用 プールに移送し,保管・管理を実施する。 5,6号使用済燃料プールには約3,000体の燃料集合体が 保管(5号機:1,542体,6号機:1,654体)されており,こ れらの崩壊熱を除去するため,既存の燃料プール冷却浄化 系で冷却をしている。廃炉の決定を踏まえ,5,6号機使 用済燃料プールの使用済燃料においても、1,2号機の作 業に影響を与えない範囲で共用プールに移送していく。	 1 号機:令和9年度~令 和10年度燃料取り出し 開始 2 号機:令和6年度~令 和8年度燃料取り出し開始 3 号機:令和3年2月燃 料取り出し完了 4 号機:平成26年12月 燃料取り出し完了 5 号機:令和6年度より 燃料取り出し開始 6 号機:令和4年度より 燃料取り出し開始 	 ①使用済燃料の冷却機能が長時間停止は 場合,使用済燃料が溶融し,大気へあ ②冷却機能が長時間喪失した場合の使は大きい。 ③共用プールへ1~6号機使用済燃料で使用済燃料プールでの地震,津波等のクが低減する。 ④冷却設備の劣化より,リスクは経時的ることで使用済燃料の崩壊エネルギャ水温が上昇しても管理値に達するます。 ⑤使用済燃料を取り出すには,原子炉愛一,燃料取扱設備の設置等が必要でま準備が整い次第,早期に行うことが必 ⑥使用済燃料を共用プール等へ移送される必要がある。また,高線量雰囲気でる必要がある。また,高線量雰囲気でる必要があり,作業員の被ばく管理等 ⑦瓦礫の影響や燃料ハンドルの変形等に燃料デブリ取り出し工程に影響を及びについて検討している。
	ルからの燃料取出計画		・貯蔵容量の不足リスク	共用プールから仮保管設備~	~ の燃料移動	共用プールには保管容量6840本に対して,既に637 7本保管している。今後,使用済燃料プールから使用済燃 料を受け入れるため,十分に冷却が進んだ使用済燃料を乾 式キャスクに移し,共用プールの燃料受入容量を確保す る。	平成25年6月以降順次実 施	 ①対策を実施しない場合,使用済燃料フ 料プールでの冷却機能喪失時における ②冷却機能が長期間喪失した場合の使 は大きい。 ③乾式キャスクに移し,高台の仮保管施 が低減する。 ④対策を実施しない場合,使用済燃料フ 料プールでの冷却機能喪失時における ⑤使用済燃料取り出しのために空き容量 ⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等 ⑦従前より実績のある取扱作業であるれ れ作業の輻輳による遅延が発生しない
		共用プール	 ・被災したキャスクの腐食等の リスク 	キャスク保管建屋から共用に	プールへのキャスク移動	キャスク保管建屋には、震災前から保管している乾式燃料 キャスクがあり、震災の影響により海水等を被っており、 腐食等の影響が懸念される。また、パトロール時の線量, 温度測定で異常の無いことを確認しているものの、常用の 監視系は使用できない状況である。その為、これらキャス クを共用プールに移送し、キャスク本体の健全性を確認す る。	平成 25 年 5 月完了	 ①対策を実施しない場合,密封機能の健 ②乾式燃料キャスク内には既に使用済 しており,キャスクの密封機能等の優 用済燃料からの放射性物質放出の抑制 ③再度津波等が発生した場合,キャスク 機能等の健全性に影響を与える可能性 ④腐食等の進展によりキャスクの密封格 ⑤キャスクをキャスク保管建屋から移送ができ次第,これら復旧作業を順次5 ⑥キャスクを移送するにあたっては,種 ⑦監視について検討する必要がある。
			・冷却機能喪失リスク	共用プール M/C 設置		共用プールの電源設備について, M/C(A)(B)を復 旧することで, 信頼性を向上させ, 冷却機能維持に努め る。	平成 25 年 9 月設置完了	 ①電源停止等により冷却機能が一時的に ②冷却機能が長期間喪失した場合の使は大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望い ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。

1回々の別 東に別 9 〇 1回 切竹	個々	の対策	に対す	る適切性
---------------------	----	-----	-----	------

より冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスク

するリスクは継続する。 『気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増

期に実施することが望ましく,既に実施している。 るリスクは小さい。 きないリスクはない。

令却機能が長時間停止した場合,使用済燃料の崩壊熱により,最悪の 然料が溶融し,大気へ放射性物質を放出するリスクは低減しない。 時間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスク

1~6号機使用済燃料プールの使用済燃料を受け入れることにより, ールでの地震,津波等の外部事象の影響による冷却機能喪失時のリス

化より,リスクは経時的に増加する。一方,冷却機能を長期間継続す 済燃料の崩壊エネルギーが減少していき,仮に設備が停止しプールの ても管理値に達するまでの時間は長くなる。

取り出すには,原子炉建屋上部の瓦礫等の撤去,燃料取り出し用カバ 設備の設置等が必要であり,これらを事前に行う必要がある。これら 第,早期に行うことが必要である。

共用プール等へ移送させるため,移送時の燃料落下防止対策等を講じ 。また,高線量雰囲気であれば,除染等の作業等を行うことも検討す ,作業員の被ばく管理等を適切に行う必要がある。

燃料ハンドルの変形等により取り出しが不可となった場合,後工程の り出し工程に影響を及ぼす可能性があることから,これらの取扱方法 している。

ない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃 冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。

期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスク

に移し、高台の仮保管施設に移動することにより津波に対するリスク

ない場合,使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり,使用済燃 冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。

り出しのために空き容量確保のため、計画的に実施する必要がある。 時の燃料落下防止対策等を講じる。

のある取扱作業であるが, 共用プール内の燃料払い出し作業と受け入 による遅延が発生しないよう工程管理を検討する必要がある。

ない場合,密封機能の健全性等,懸念材料が払拭されないこととなる。 スク内には既に使用済燃料(キャスク9基内に合計408本)を保管 ャスクの密封機能等の健全性が確認・維持されなければ,保管した使 の放射性物質放出の抑制機能が確認できない。

発生した場合,キャスク保管建屋に海水等が浸水し,キャスクの密封 性に影響を与える可能性がある。

によりキャスクの密封機能等の健全性が損なわれる可能性がある。

ャスク保管建屋から移送するための準備, 受入側の共用プールの準備 これら復旧作業を順次実施する計画である。

送するにあたっては,移送時のキャスク落下防止対策等を講じる。 検討する必要がある。

より冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。

期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスク

電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは

期に実施することが望ましく,既に実施している。 るリスクは小さい。 きないリスクはない。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性(8/8)

	ロードマップ	。関連項目	想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	
	原子炉施設の 解体・放射性廃棄 物処理・処分に向 けた計画	放射性廃棄物 処理・処分に 向けた計画	・廃棄物保管容量の 不足リスク	雑固体廃棄物焼却設備の設置	敷地内で発生した放射性固体廃棄物等を焼却,減容するた め焼却設備を設置する。	平成 28 年 3 月運用開始	 ①対策を実施し 管理に係る業 ②放射性固体廃 ③保管物が火災 ④対策を実施しる。 ⑤対策には建屋 ③放射性固体廃 ③放射性固体廃 る。その為,i 外への影響が ⑦対策を実施で
-		火災対策	・発電所周辺・所内火災の延焼 リスク	防火帯の形成・維持 発電所内火災対策の策定・実施	発電所周辺大規模火災から発電所重要設備の防護のため, 防火帯を形成するともに,発電所内火災から重要設備の防 護・延焼防止のため対策を策定・実施する。	防火帯の形成は実施済 今後も継続的に維持を行 う 火災対策について,今後 も継続的に実施する	 ①発電所敷地内: 物質の舞い上 ②大規模火災に ③対策を実施すできる。 ④リスクは時間 ⑤防火帯の形成木の自然発火 ⑦現場の状況に、施し、火災の必要がある。
	その他	敷地の確保に 向けた計画	・特定原子力施設の全体工程達 成及びリスクマップに沿ったリ スク低減のための施設建設用の 敷地の不足リスク	ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置	特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿った リスク低減のため、今後新たな施設(燃料デブリ保管施設 等)を建設する必要がある。施設建設用の敷地を確保する ため、ALPS 処理水等の貯蔵量を低減し中低濃度タンクを解 体できるよう、汚染水発生量以上の量の ALPS 処理水を海洋 へ放出できる設計及び運用とした ALPS 処理水希釈放出設備 及び関連施設を設置する。	令和5年4月中頃使用前 検査完了予定	 ①対金属のの 全体注入した。 ②クレンジングンジングランジング ③対ホーム ③対ホーム ④ALPS 処応を用 ④ALPS 処応た相対 ③う「東等処処理水を する京の処理水を する方のの ⑥ALPS 処とと放出 計・並や発生す。 ⑦日期間 ⑦日期間

個々	の対策	に対す	ろ適切性
	V / M / K		

- ない場合,保管する放射性固体廃棄物等が増加するとともに,保管・ 務が継続する。
- 棄物等が増加するが、放射性物質の追加放出リスクは小さい。
- 等の外部事象によって、飛散する可能性がある。
- なかった場合、放射性固体廃棄物等の保管リスクは時間的に増加す
- の建設から必要であり、長期にわたって時間を必要とする。現在既に おり、H26年度下期供用開始に向け、作業を進めている。
- 棄物等を焼却することから、大気へ放射性物質を放出する可能性があ 適切な処理設備を設置するとともに、放出管理も併せて実施し、敷地 ないことを確認する。
- きない場合は継続的に保管エリアを確保する必要がある。
- 1外で大規模火災が発生した場合に,設備の機能喪失ならびに放射性 たがりが発生する可能性がある。
- よって放射性物質の追加放出リスクがある。
- ることで大規模火災等の外部事象に対し、リスクを低減することが
- |的に変化しない。
- īしていく必要がある。
- たのために新たな森林の伐採が必要となり,保管エリアの確保・伐採 に対する対策が必要となる。
- 応じた対策(カメラによる監視・火報の設置・巡視等)を検討・実 早期検知に努めるとともに迅速な初期消火を行える体制を構築する
- ない場合,廃炉作業に必要な施設の設置のための施設が確保出来ず, 成及びリスクマップに沿ったリスク低減が実施されない。 ALPS 処理水等の貯蔵が継続するが,溶接タンクでの保管や中低濃度
- への堰の設置により,放射性物質の追加放出リスクは海洋放出前とほない。
- -ることにより、外部事象により、中低濃度タンクに貯留している汚染 里水の系外漏えいが発生するリスクを低減することができる。
- 等の貯蔵量が増加し、中低濃度タンクの保守管理が継続することによ に必要な施設建設用の敷地の確保に加えて、燃料デブリの取り出し等 †的に高いリスクの低減に活用出来るリソースの確保等にも影響を与
- ールディングス株式会社福島第一原子力発電所における多核種除去設 処分に関する基本方針」に沿った時期となっている。
- を海洋放出することから、告示濃度限度比1以上のトリチウムを放出 こる。測定・確認用設備での濃度確認、100倍以上の希釈、希釈後のト 量1,500Bq/L未満、年間トリチウム放出量22兆Bq/年未満とする設 り、環境への影響を抑制する。また、溶接タンクの解体・撤去方法の こる固体廃棄物の保管管理が必要となる。
- て ALPS 処理水の安定的な海洋放出が必要とされることから、その供 定される機器の故障等を考慮した設計及び運用とする。

- 2.16 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設
- 2.16.1 多核種除去設備
- 2.16.1.1 基本設計
- 2.16.1.1.1 設置の目的

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設は,汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射 性核種(トリチウムを除く)を十分低い濃度になるまで除去する多核種除去設備,多核種 除去設備の処理済水を貯留するタンク,槽類から構成する。

多核種除去設備は、処理済水に含まれる放射性核種(トリチウムを除く)を『東京電力 株式会社福島第一原子力原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項 を定める告示』に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度(以下,「告示濃度限度」という。) を下回る濃度まで低減する。

なお,多核種除去設備の性能を確認する試験(以下,「確認試験」という。)において, 多核種除去設備が上記性能を有する設備であることについて確認した。

2.16.1.1.2 要求される機能

- (1) 発生する液体状の放射性物質の量を上回る処理能力を有すること。
- (2) 発生する液体状の放射性物質について適切な方法によって、処理、貯留、減衰、管理等を行い、放射性物質等の濃度及び量を適切な値に低減する能力を有すること。
- (3) 放射性液体廃棄物が漏えいし難いこと。
- (4) 漏えい防止機能を有すること。
- (5) 放射性液体廃棄物が、万一、機器・配管等から漏えいした場合においても、施設からの漏えいを防止でき、又は敷地外への管理されない放出に適切に対応できる機能 を有すること。
- (6) 施設内で発生する気体状及び固体状の放射性物質及び可燃性ガスの検出,管理及び 処理が適切に行える機能を有すること。

2.16.1.1.3 設計方針

(1) 放射性物質の濃度及び量の低減

多核種除去設備は,汚染水処理設備で処理した水を,ろ過,凝集沈殿,イオン交換等に より周辺環境に対して,放射性物質の濃度及び量を合理的に達成できる限り低くする設計 とする。

(2) 処理能力

多核種除去設備は、滞留水の発生原因となっている雨水、地下水の建屋への流入量を上 回る処理容量とする。 (3) 材料

多核種除去設備の機器等は,処理対象水の性状を考慮し,適切な材料を用いた設計とする。

(4) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

多核種除去設備の機器等は,液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理され ない放出を防止するため,次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、タンク水 位の検出器、インターロック回路等を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は,漏えいの早期検出を可能にするとともに, 漏えい液体の除去を容易に行えるようにする。
- c. タンク水位,漏えい検知等の警報については,免震重要棟集中監視室及びシールド中 央制御室等に表示し,異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにし,これ を監視できるようにする。
- d. 多核種除去設備の機器等は、可能な限り周辺に堰を設けた区画内に設け、漏えいの拡大を防止する。また、処理対象水の移送配管類は、万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。さらに、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。
- (5) 被ばく低減

多核種除去設備は、遮へい、機器の配置等により被ばくの低減を考慮した設計とする。

(6) 可燃性ガスの管理

多核種除去設備は、水の放射線分解により発生する可燃性ガスを適切に排出できる設計 とする。また、排出する可燃性ガスに放射性物質が含まれる可能性がある場合には、適切 に除去する設計とする。

(7) 健全性に対する考慮

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設は,機器の重要度に応じた有効な保全が可能な 設計とする。 2.16.1.1.4 供用期間中に確認する項目

多核種除去設備処理済水に含まれる除去対象の放射性核種濃度(トリチウムを除く)が 告示濃度限度未満であること。

2.16.1.1.5 主要な機器

多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成す る。さらに共通設備として、前処理設備から発生する沈殿処理生成物及び放射性核種を吸 着した吸着材を収容して貯蔵する高性能容器、薬品を供給するための薬品供給設備、処理 済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、多核種除去設備の 運転監視を行う監視制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。なお、2系列運転 で定格処理容量を確保するが、R0 濃縮塩水の処理を早期に完了させる観点から、3系列同 時運転も可能な構成とする。また、装置の処理能力を確認するための試料採取が可能な設 備とする。

多核種除去設備は電源が喪失した場合,系統が隔離されるため,電源喪失による設備か ら外部への漏えいが発生することはない。

多核種除去設備の主要な機器は免震重要棟集中監視室またはシールド中央制御室の監 視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。また、多核種除去設備の設置エ リアには放射線レベル上昇が確認できるようエリア放射線モニタを設置し監視を行う。監 視・制御装置は、故障により各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。更に、運転員 の誤操作、誤判断を防止するため、装置毎に配置する等の配慮を行うとともに、特に重要 な装置の緊急停止操作についてはダブルアクションを要する等の設計とする。

多核種除去設備で処理された水は、処理済水貯留用タンク・槽類で貯留する。

(1) 多核種除去設備

a. 前処理設備

前処理設備は、アルファ核種、コバルト 60、マンガン 54 等の除去を行う鉄共沈処理 設備及び吸着阻害イオン(マグネシウム、カルシウム等)の除去を行う炭酸塩沈殿処理 設備で構成する。

鉄共沈処理は、後段の多核種除去装置での吸着材の吸着阻害要因となる除去対象核種 の錯体を次亜塩素酸により分解すること及び処理対象水中に存在するアルファ核種を 水酸化鉄により共沈させ除去することを目的とし、次亜塩素酸ソーダ、塩化第二鉄を添 加した後、pH 調整のために苛性ソーダを添加して水酸化鉄を生成させ、さらに凝集剤と してポリマーを投入する。

また、炭酸塩沈殿処理は、多核種除去装置での吸着材によるストロンチウムの除去を 阻害するマグネシウム、カルシウム等の2価の金属を炭酸塩により除去することを目的 とし、炭酸ソーダと苛性ソーダを添加し、2価の金属の炭酸塩を生成させる。 沈殿処理等により生成された生成物は,クロスフローフィルタにより濃縮し,高性能 容器に排出する。

b. 多核種除去装置

多核種除去装置は、1系列あたり16基の吸着塔及び2基の処理カラムで構成する。

多核種除去装置は,除去対象核種に応じて吸着塔,処理カラムに収容する吸着材(活 性炭,キレート樹脂等)の種類が異なっており,処理対象水に含まれるコロイド状及び イオン状の放射性核種を分離・吸着処理する機能を有する。また,吸着塔,処理カラム に収容する吸着材の構成は,処理対象水の性状に応じて変更する。

吸着塔に含まれる吸着材は,所定の容量を通水した後,高性能容器へ排出する。また, 処理カラムに含まれる吸着材は,所定の容量を通水した後,処理カラムごと交換する。 吸着材を収容した高性能容器は使用済セシウム吸着塔一時保管施設にて,使用済みの処 理カラムは,使用済セシウム吸着塔一時保管施設あるいは大型廃棄物保管庫にて貯蔵す る。なお,使用済みの処理カラムは一年あたり6体程度発生する。

c. 高性能容器 (HIC; High Integrity Container)

高性能容器は使用済みの吸着材、沈殿処理生成物を貯蔵する。

使用済みの吸着材は、収容効率を高めるために脱水装置(SEDS; Self-Engaging Dewatering System)により脱水処理される。

沈殿処理生成物の高性能容器への移送は自動制御で行い,使用済みの吸着材の移送は 手動操作によって行う。なお,使用済み吸着材の移送は現場で輸送状況を確認し操作す る。高性能容器内の貯蔵量は,水位センサにて監視する。

交換した使用済みの高性能容器は,使用済セシウム吸着塔一時保管施設で貯蔵する。 一時保管施設における貯蔵期間(約20年間)においては,高性能容器の健全性は維持 されるものと評価している。なお,使用済みの高性能容器は,3系列同時運転において, 一年あたりタイプ1の場合において 733 体程度発生し,タイプ2の場合において 803 体 程度発生する。

高性能容器取扱い時に落下による漏えいを発生させないよう高性能容器への補強体等 を取り付ける。

d. 薬品供給設備

薬品供給設備は、各添加薬液に対してそれぞれタンクを有し、沈殿処理や pH 調整のため、ポンプにより薬品を前処理設備や多核種除去装置に供給する。添加する薬品は、次 亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダ、炭酸ソーダ、塩酸、塩化第二鉄、ポリマーである。

何れも不燃性であり、装置内での反応熱、反応ガスも有意には発生しない。

e. 電源設備

電源は,異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。なお,電源が喪失 した場合でも,設備からの外部への漏えいは発生することはない。

f. 橋形クレーン

高性能容器、処理カラムを取り扱うための橋形クレーンを2基設ける。

g. 多核種移送設備

多核種移送設備は、多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済水 貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、多核種除去設備用処理済み 水移送ポンプおよび移送配管で構成する。

また,『2.16.1 多核種除去設備』で処理された水は,移送配管を通じて『2.16.2 増 設多核種除去設備』のサンプルタンク(増設多核種除去設備用処理済水一時貯留タンク) または『2.16.3 高性能多核種除去設備』のサンプルタンク(高性能多核種除去設備用 処理済水一時貯留タンク)に移送することも可能な構成とする。

- (2) 多核種除去設備関連施設
 - a. 処理済水貯留用タンク・槽類
 処理済水貯留用タンク・槽類は、多核種除去設備の処理済水を貯留する。
 タンク・槽類は、鋼製の円筒形タンクを使用する。

2.16.1.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

多核種除去設備及び関連施設は、アウターライズ津波が到達しないと考えられる T.P. 約28m以上の場所に設置する。

(2) 台風

台風による設備の損傷を防止するため、上屋外装材は建築基準法施行令に基づく風荷重 に対して設計している。

(3) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため、上屋外装材は建築基準法施行令および福島県建築基準法施行規則細則に基づく積雪荷重に対して設計している。

(4) 落雷

接地網を設け、落雷による損傷を防止する。

(5) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は,設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い,汚 染水の拡大防止を図る。また,車両などの飛来物によって,設備を破壊させることがない よう,車両を設備から遠ざける措置をとる。

(6) 火災

火災発生を防止するため,実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。また, 火災検知性を向上させるため,消防法基準に準拠した火災検出設備を設置するとともに, 初期消火のために近傍に消火器を設置する。さらに,避難時における誘導用のために誘導 灯を設置する。

2.16.1.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

多核種除去設備等を構成する機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準 に関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号)」において、廃棄 物処理設備に相当するクラス3機器と位置付けられる。この適用規格は、「JSMESNC-1発 電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下、「設計・建設規格」という。)で規定され る。ただし、増設する吸着塔15,16を除き、福島第一原子力発電所構内の作業環境、機 器等の設置環境等が通常時と大幅に異なっているため、設計・建設規格の要求を全て満 足して設計・製作・検査を行うことは困難である。

このため,設備の健全性は,製品の試験データ,材料納品書,管理要領,作業記録, 耐圧漏えい試験又は運転圧力による漏えい試験等の結果により確認している。

具体的には、国内製作機器については、 JIS 等の規格に適合した一般産業品の機器等 や、設計・建設規格に定める材料と同等の信頼性を有する材料等を採用する。

なお,材料調達性の観点から,JSME 規格で規定される材料の日本産業規格(JIS)年度指 定を考慮しない場合は,技術的妥当性を確認する。

また,耐圧試験については,最高使用圧力以上の耐圧試験,気圧による漏えい試験, 運転圧力による漏えい試験又は機器製造メーカの規定による耐圧漏えい試験等の実施に より,設備の健全性を確認する。溶接部については,溶接施工会社の管理要領や実施し た施工法,施工者の資格,系統機能試験等による漏えい等の異常がないことの確認によ り,溶接部の健全性を確認するとともに,非破壊検査や耐圧漏えい検査の要求のある機 器の一部溶接部では,外観検査等により溶接部に有意な欠陥等ないことをもって健全性 を確認している。

なお,増設する吸着塔15,16は,設計・建設規格のクラス3機器に準じた設計とする。 海外製作機器については、「欧州統一規格(European Norm)」(以下、「EN 規格」という。), 仏国圧力容器規格(以下, CODAP という。)等の海外規格に準拠した材料検査, 耐圧漏え い検査等の結果により, 健全性を確認している。クラス 3 機器に該当しない機器(耐圧 ホース, ポリエチレン管等)については, 日本産業規格(JIS), 日本水道協会規格また は ISO 規格等の適合品または, 製品の試験データ等により健全性を確認している。

なお、構造強度に関連して経年劣化の影響を評価する観点から、原子力発電所での使 用実績がない材料を使用する場合は、他産業での使用実績等を活用しつつ、必要に応じ て試験等を行うことで、経年劣化の影響についての評価を行う。なお、試験等の実施が 困難な場合にあっては、巡視点検等による状態監視を行うことで、健全性を確保する。

(2) 耐震性

多核種除去設備等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、2021年9月8日 の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能の重要度、地震 によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響(公衆への被ばく影響)や廃炉活動へ の影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における 耐震クラス分類を参考にして適切な耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる 設計用地震力に耐えられる設計とする。

ただし,2021 年 9 月 8 日以前に認可された機器については,「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を参考にして耐震クラスを分類している。

耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠 する。要求される地震力に対して耐震性を確保できない場合は、その影響について評価を 行う。

2.16.1.1.8 機器の故障への対応

(1) 機器の単一故障

多核種除去設備は、3つの処理系列を有し、電源についても多重化している。そのため、 動的機器、電源系統の単一故障については、処理系列の切替作業等により、速やかな処理 の再開が可能である。

(2) 除染能力の低下

放射性核種の濃度測定の結果,有意な濃度が確認された場合には,処理済水を再度多核 種除去設備に戻す再循環処理を実施する。

(3) 高性能容器の落下

高性能容器については、多核種除去設備での運用を考慮した高さから落下しても容器の 健全性に問題ないことが確認されているものを使用する。

また、万一の容器落下破損による漏えい時の対応として、回収作業に必要な吸引車等を

配備し,吸引車を操作するために必要な要員を確保する。また,漏えい回収訓練及び吸引 車の点検を定期的に行う。 2.16.1.2 基本仕様

- 2.16.1.2.1 主要仕様
- (1) 多核種除去設備

処理方式

凝集沈殿方式+吸着材方式

処理容量・処理系列 250m³/日/系列×3系列

(2) バッチ処理タンク

	名称		バッチ処理タンク
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	33. 1
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	3100
要	胴板厚さ	mm	9
4	下部鏡板厚さ	mm	9
法	高さ	mm	6100
材	胴板	—	SUS316L・内面ゴムライニング
料	下部鏡板	_	SUS316L・内面ゴムライニング
	個数	個	2 (1 系列あたり)

(3) スラリー移送ポンプ(完成品)

台	数	1 台(1 系列あたり)
容	量	36 m³/h

(4) 循環タンク

名称			循環タンク
種類		—	たて置円筒形
容量		m ³ /個	5.87
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	1850
要	胴板厚さ	mm	9
寸	下部鏡板厚さ	mm	9
法	高さ	mm	3650
材	胴板	_	SUS316L
料	下部鏡板	_	SUS316L
	個数	個	1 (1 系列あたり)

(5) 循環ポンプ1(完成品)

台	数	1台(1系列あたり)
容	量	$191 {\rm m}^3/{\rm h}$

(6) デカントポンプ (完成品)

台	数	1 台(1 系列あたり)
容	量	$120 {\rm m}^3/{\rm h}$

(7) デカントタンク

名称			デカントタンク
種類		—	たて置円筒形
容量		m ³ /個	35. 57
	最高使用圧力	MPa	静水頭
最高使用温度		°C	60
主	胴内径	mm	3100
要	胴板厚さ	mm	9
4	下部鏡板厚さ	mm	9
法	高さ	mm	5979
材	胴板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	下部鏡板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個数	個	1(1 系列あたり)

- (8) 供給ポンプ1(完成品)
 台数1台(1系列あたり)
 容量12.5 m³/h
- (9) 共沈タンク

名称			共沈タンク
種類		—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	3. 42
	最高使用圧力	MPa	静水頭
最高使用温度		°C	60
主	胴内径	mm	1400
要	胴板厚さ	mm	6
4	下部鏡板厚さ	mm	6
法	高さ	mm	3921
材	胴板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	下部鏡板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個数	個	1 (1 系列あたり)

(10) 供給タンク

名称		供給タンク	
種類		—	たて置円筒形
容量		m ³ /個	3. 69
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	1400
要	胴板厚さ	mm	6
4	下部鏡板厚さ	mm	6
法	高さ	mm	3646
材	胴板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	下部鏡板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個数	個	1 (1 系列あたり)

(11) 供給ポンプ2(完成品)

台	数	1 台(1 系列あたり)
容	量	12.5 m^3/h

(12) 循環ポンプ2(完成品)

台	数	1 台(1 系列あたり)
容	量	$313 \text{ m}^{3/h}$

(13) 吸着塔入口バッファタンク

名称			吸着塔入口バッファタンク
	種類	—	たて置円筒形
容量		m ³ /個	6.52
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	1500
要	胴板厚さ	mm	9
寸	底板厚さ	mm	25
法	高さ	mm	4135
材	胴板	—	SUS316L
料	底板	_	SUS316L
	個数	個	1 (1 系列あたり)

(14) ブースターポンプ1 (完成品)

台	数	1 台(1 系列あたり)
容	量	12.5 m^3/h

(15) ブースターポンプ2(完成品)
 台数1台(1系列あたり)
 容量12.5 m^{3/}h

(16) 吸着塔 1~14

名称			吸着塔 1~14
種類		—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	1
	最高使用圧力	MPa	1.37
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	1054
要	胴板厚さ	mm	18
寸	上部鏡板厚さ	mm	20
法	下部鏡板厚さ	mm	20
高さ		mm	2046
材	胴板	—	SUS316L
料	上部鏡板	—	SUS316L
	下部鏡板	—	SUS316L
	個数	基	14 (1 系列あたり)

(17) 吸着塔 15,16

	名 称		吸着塔 15,16
	種類	_	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	1
	最 高 使 用 圧 力	MPa	0.70
	最 高 使 用 温 度	°C	60
主	胴 内 径	mm	890. 4
要	胴 板 厚 さ	mm	12
寸	平 板 厚 さ (蓋)	mm	55
法	平 板 厚 さ(底)	mm	60
	高 さ	mm	3209
材	胴 板	_	SM490A・内面ゴムライニング
料	平 板 (蓋)	_	SM490A・内面ゴムライニング
	平 板 (底)	_	SM490A・内面ゴムライニング
	胴 フ ラ ン ジ	_	SM490A・内面ゴムライニング
	個数	基	2(1系列あたり)

(18) 処理カラム

名称			処理カラム
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	3
	最高使用圧力	MPa	1.37
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	1354
要	胴板厚さ	mm	20
寸	上部鏡板厚さ	mm	22
法	下部鏡板厚さ	mm	22
	高さ	mm	2667
材	胴板	—	SUS316L
料	上部鏡板	_	SUS316L
	下部鏡板	_	SUS316L
	個数	基	2(1系列あたり)

(19) 移送タンク

名称			移送タンク
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	4.12
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	60
主	胴内径	mm	1400
要	胴板厚さ	mm	6
寸	底板厚さ	mm	16
法	高さ	mm	3006
材	胴板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	底板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個数	個	1 (1 系列あたり)

(20) 移送ポンプ (完成品)

台	数	1 台(1 系列あたり)
容	量	12.5 m ³ /h

(21) 前段クロスフローフィルタ(完成品)

台 数 2台(1系列あたり)

(22) 後段クロスフローフィルタ (完成品)

最高使用圧力		MPa	0.98
最高使用温度		°C	60
十一十 半	外径	mm	340
土安り伝	高さ	mm	1126
材料		_	1.4404(海外製品)
			SUS316L (国内製品)
台数(1 系列あたり)		台	6

(23) 出口フィルタ(完成品)

台 数 1台(1系列あたり)

(24) 高性能容器 (タイプ1) (完成品)

基	数	12 基(多核種除去設備での設置台数)
容	量	2.86 m^3

(25) 高性能容器 (タイプ2) (完成品)

 基数
 12 基(多核種除去設備での設置台数)

 容量
 2.61 m³

(26) 苛性ソーダ貯槽(完成品)

名称			苛性ソーダ貯槽
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	15
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	40
主	胴外径	mm	2610
要寸	胴板厚さ	mm	18
法	高さ	mm	3315
材	胴板	—	ポリエチレン
料	底板	_	ポリエチレン
	個数	個	1

名称			炭酸ソーダ貯槽
	種類	—	たて置円筒形
	容量		50
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	40
主	胴外径	mm	3315
要	胴板厚さ	mm	17
法	高さ	mm	6200
材	胴板	—	ポリエチレン
料	底板	_	ポリエチレン
	個数	個	2

(28) 次亜塩素酸ソーダ貯槽(完成品)

	名称		次亜塩素酸ソーダ貯槽
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	3
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	40
主	胴外径	mm	1620
要寸	胴板厚さ	mm	7
法	高さ	mm	1650
材	胴板	—	ポリエチレン
料	底板	_	ポリエチレン
	個数	個	1

(29) 塩酸貯槽(完成品)

名称			塩酸貯槽
種類		—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	30
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	40
主	胴外径	mm	2905
要	胴板厚さ	mm	14
法	高さ	mm	4985
材	胴板	_	ポリエチレン
料	底板	_	ポリエチレン
	個数	個	1

(30) 塩化第二鉄貯槽(完成品)

名称			塩化第二鉄貯槽
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	4
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	40
主	胴外径	mm	1815
要	胴板厚さ	mm	6. 5
法	高さ	mm	1815
材	胴板	—	ポリエチレン
料	底板	_	ポリエチレン
	個数	個	1

(31) サンプルタンク

名称			サンプルタンク
種類		—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	1100
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	40
主	胴内径	mm	12000
要	胴板厚さ	mm	12
4	底板厚さ	mm	16
法	高さ	mm	10822
材	胴板	—	SS400
料	底板	_	SS400
個数		個	4

(32) 処理済水移送ポンプ

台	数	2 台
容	量	$40 \text{ m}^3/\text{h}$

- (33) 炭酸ソーダ供給ポンプ(完成品)
 - 台 数 3台
 - 容量 0.2 m³/h

(34) 配管

主要配管仕様(1/4)

名 称	仕 様	
RO濃縮水移送ポンプ配管分岐部	呼び径	100A 相当
から多核種除去設備入口まで	材質	ポリエチレン
(ポリエチレン管)	最高使用圧力	1.15MPa
		1.0MPa
		0.98MPa
	最高使用温度	40°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 80
	JOE / FC	100A/Sch. 80
	材質	STPG370
	最高使田庄力	1 15MPa
	最高使用温度	40° C
多核種除去設備入口から	取 び 径 / 厚 さ	504/Sch 80
ブースターポンプ1キで	材質	STPG370
	- 行員 - 最直は田匡力	$0.98MP_{2}$
	取同 <u></u> 使用 <u></u> 一是 直 庙 田 泪 庙	60°C
(綱答)	取回区市価反	$251/S_{ob}$ 40
	町011年/月で	23A/Sch. 40
		52A/Sch. 40
		50A/Sch. 40
		1004/Sch. 40
		100A/Scn. 40
		125A/Scn. 40
		150A/Scn. 40
		200A/Sch. 40
		250A/Sch. 40
		300A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	200A/Sch. 40
		100A/Sch. 40
	材質	KS D 3576 STS 316L
	最高使用圧力	0.98MPa
(Nrt & .	最高使用温度	60°C
	呼び佺/厚さ	50A/Sch. 40
	杉筫 見った田匠士	SUS316L
	最高使用圧力	1. 37MPa
(NET &	最高使用温度	60°C
	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用上刀	静水與
	最高使用温度 	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM
	最高便用圧力	0.98MPa
(最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	150A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C

名称		仕 様
ブースターポンプ1から	呼び径/厚さ	32A/Sch. 40
移送タンクまで		50A/Sch. 40
(鋼管)		80A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	1.37MPa
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.7MPa
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
		100A/Sch. 40
	材質	STPG370+ライニンク
	最高使用圧力	0.7MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	1.37MPa
	最高使用温度	60°C
移送タンクから	呼び径/厚さ	32A/Sch. 40
多核種除去設備出口まで		50A/Sch. 40
(鋼管)	材質	SUS316L
	最高使用圧力	1.15MPa
(NET & A.A.)	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	静水頭
(NE21 & & >>	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 80
	材質	STPG370
	最高使用上月	1. 15MPa
/ <u>አመ</u> ሎት \	取尚使用温度	60 C
	呼い住/ 厚さ	$\frac{50A}{Sch}$ $\frac{80}{sch}$
	++ 府斤	100A/Sch. 80
	竹筫 見宣は田広五	
	取尚()()	1.15MPa
		40 C

主要配管仕様(2/4)

名称	仕様		
多核種除去設備出口から	呼び径	100A 相当	
処理済水貯留用タンク・槽類**1ま	材質	ボリエチレン	
	 最高使用上刀	1. OMPa	
(ハリエテレン官)	具古体田坦座	1. 15MPa	
(ポリエチレン) (ポリアチレン)	取尚使用 通及	40 C	
	呼び住	1504 相当	
		2004 相当	
	材質	ポリエチレン	
	最高使用圧力	0 98MPa	
	最高使用温度	40° C	
(鋼管)	呼び径/厚さ	150A/Sch. 40	
		100A/Sch. 40	
	材質	SUS316L	
	最高使用圧力	0.98MPa	
	最高使用温度	40° C	
(鋼管)	呼び径/厚さ	100A/Sch. 40	
	材質	SUS316L	
	最高使用圧力	1.0MPa	
	最高使用温度	40°C	
(鋼管)	呼び径/厚さ	40A/Sch. 40	
		65A/Sch. 40	
		100A/Sch. 40	
		150A/Sch. 40	
		200A/Sch. 40	
	材質	STPG370+ライニンク	
	最高使用圧力	0.98MPa	
(NET Inte)	最高使用温度	40°C	
(鋼管)	呼び径/厚さ	100A/Sch. 20S	
	材質	SUS316LTP	
	最高使用圧力	0.98MPa	
	最高使用温度	40°C	
(耐圧ホース)	呼び径	100A 相当	
	材質	合成ゴム	
	最高使用圧力	0.98MPa	
	最高使用温度	40°C	

主要配管仕様(3/4)

名称		仕様
多核種除去設備用移送ポンプ出口	呼び径	100A 相当
から多核種除去設備入口まで	材質	ポリエチレン
(ポリエチレン管)	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	65A/Sch. 80
		100A/Sch. 80
	材質	STPG370
	最高使用圧力	1.15MPa
	最高使用温度	40°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	100A/Sch. 40
	材質	STPG370+ライニンク
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40°C
多核種除去設備建屋入口から	呼び径	65A 相当
炭酸ソーダ貯槽まで	材質	ポリエチレン
(ポリエチレン管)	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
炭酸ソーダ貯槽から	呼び径/厚さ	125A/Sch. 40
共沈タンクまで		65A/Sch. 40
(鋼管)		50A/Sch. 40
		40A/Sch. 40
		25A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	65A/Sch. 40
		40A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	40A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40°C
		60°C

主要配管仕様(4/4)

※1:多核種処理水貯槽, RO 濃縮水貯槽または Sr 処理水貯槽

※2:K4 エリアタンクへの配管の一部は、「II 2.50 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」と兼用する。

(35) 放射線監視装置

項目	仕様
名称	エリア放射線モニタ
基数	2 基
種類	半導体検出器
取付箇所	多核種除去設備設置エリア
計測範囲	$10^{-3}\mathrm{mSv/h}\sim 10^{1}\mathrm{mSv/h}$

放射線監視装置仕様

2.16.1.3 添付資料

添付資料-1: 全体概要図及び系統構成図

添付資料-2: 放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果

添付資料-3: 多核種除去設備上屋の耐震性に関する検討結果

添付資料-4: 多核種除去設備等の具体的な安全確保策

添付資料-5: 高性能容器の健全性評価

添付資料-6: 除去対象核種の選定

添付資料-7: 高性能容器落下破損時の漏えい物回収作業における被ばく線量評価

添付資料-8: 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設の試験及び工事計画

添付資料-9: 多核種除去設備に係る確認事項

添付資料-10:保管中高性能容器内水抜き装置の設置について

添付資料-11:多核種除去設備の確認試験結果について



(a) 配置概要図-1 汚染水処理設備並びに多核種除去設備等の全体概要図

Ⅱ-2-16-1-添 1-1



図-2 多核種除去設備の配置概要図

Ⅱ-2-16-1-添 1-2



図-3 多核種除去設備の系統構成図

Ⅱ-2-16-1-添 1-3

放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果

放射性液体廃棄物処理設備等を構成する設備について,構造強度評価の基本方針及び耐 震性評価の基本方針に基づき構造強度及び耐震性等の評価を行う。

1.1 基本方針

1.1.1 構造強度評価の基本方針

多核種除去設備等を構成する機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に 関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号)」において、廃棄物処理 設備に相当するクラス3機器と位置付けられる。この適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原 子力設備規格 設計・建設規格」(以下、「設計・建設規格」という。)で規定される。ただ し、福島第一原子力発電所構内の作業環境、機器等の設置環境等が通常時と大幅に異なっ ているため、設計・建設規格の要求を全て満足して設計・製作・検査を行うことは困難で ある。従って、可能な限り設計・建設規格のクラス3機器相当の設計・製作・検査を行う ものの、JIS 等の規格に適合した一般産業品の機器等や、設計・建設規格に定める材料と同 等の信頼性を有する材料・施工方法等を採用する。また、溶接部については、系統機能試 験等を行い、漏えい等の異常がないことを確認する。

なお、構造強度に関連して経年劣化の影響を評価する観点から、原子力発電所での使用 実績がない材料を使用する場合は、他産業での使用実績等を活用しつつ、必要に応じて試 験等を行うことで、経年劣化の影響についての評価を行う。なお、試験等の実施が困難な 場合にあっては、巡視点検等による状態監視を行うことで、健全性を確保する。

1.1.2 耐震性評価の基本方針

多核種除去設備等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、2021 年 9 月 8 日 の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能の重要度、地震 によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響(公衆への被ばく影響)や廃炉活動へ の影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における 耐震クラス分類を参考にして適切な耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる 設計用地震力に耐えられる設計とする。

ただし、2021年9月8日以前に認可された機器については、「発電用原子炉施設に関する 耐震設計審査指針」を参考にして耐震クラスを分類し、参考評価として、基準地震動Ss 相当の水平震度に対して健全性が維持されることを確認している。

耐震性を評価するにあたっては,「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠 する。要求される地震力に対して耐震性を確保できない場合は,その影響について評価を 行う。
- 1.2 評価結果
- 1.2.1 ポンプ類
- (1) 構造強度評価

ポンプは一般産業品とするため,設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しか しながら,以下により高い信頼性を確保した。

- ・公的規格に適合したポンプを選定する。
- ・耐腐食性(塩分対策)を有したポンプを選定する。
- ・試運転により、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認する。
- (2) 耐震性評価
- a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルト の強度が確保されることを確認した(表1)。



基礎ボルトに作用する引張力: F_b = $\frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$ 基礎ボルトの引張応力: $\sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$ 基礎ボルトのせん断応力: $\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$ b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較するこ とにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定 モーメントより小さくことから、転倒しないことを確認した。また、地震による転倒モー メント>自重による安定モーメントとなるものについては、a. での計算により基礎ボルト の強度が確保されることから転倒しないことを確認した(表1)。



地震による転倒モーメント: $M_1 = m \times g \times C_H \times H$ 自重による安定モーメント: $M_2 = m \times g \times L$

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
	本体	転倒	0.36	3. 17×10^5	6. 71×10^5	N•mm
スラリー移送ポンプ	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	1	139	MPa
	本体	転倒	0.36	2. 34×10^{6}	4. 70×10^{6}	N•mm
循環ポンプ1	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	4	133	MPa
	本体	転倒	0.36	6.84 $\times 10^{5}$	1.32×10^{6}	N•mm
デカントポンプ	基礎	引張	0.36	_	_	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	許容値 6.71×10^5 - 139 4.70×10^6 - 133 1.32×10^6 - 139 4.80×10^5 - 139 4.80×10^5 - 139 7.36×10^5 - 139 5.21×10^6 - 133 1.02×10^6 - 133 1.02×10^6 - 139 1.02×10^6	MPa
	本体	転倒	0.36	1.95×10^{5}	4.80 $\times 10^{5}$	N•mm
供給ポンプ1	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	1	139	MPa
	本体	転倒	0.36	3. 28×10^5	7.36 $\times 10^{5}$	N•mm
供給ポンプ2	基礎	引張	0.36	_	_	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	139	MPa
	本体	転倒	0.36	2. 59×10^{6}	5. 21×10^{6}	N•mm
循環ポンプ2	基礎	引張	0.36	_	_	MPa
	ボルト	せん断	0.36	4	133	MPa
	本体	転倒	0.36	4.85 $\times 10^{5}$	1.02×10^{6}	N•mm
ブースターポンプ1	基礎	引張	0.36	_	_	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	139	MPa
	本体	転倒	0.36	4.85 $\times 10^{5}$	1.02×10^{6}	N•mm
ブースターポンプ2	基礎	引張	0.36	_	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	139	MPa
	本体	転倒	0.36	8. 30×10^5	1.10×10^{6}	N•mm
処理済水移送ポンプ	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	141	MPa

表1:ポンプ耐震評価結果(1/3)

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
	本体	転倒	0.80	7.04×10^{5}	6. 71×10^5	N•mm
スラリー移送ポンプ	基礎	引張	0.80	1	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	3	139	MPa
	本体	転倒	0.80	5. 18×10^{6}	4. 70×10^{6}	N•mm
循環ポンプ1	基礎	引張	0.80	1	173	MPa
	ボルト	せん断	0.80	8	133	MPa
	本体	転倒	0.80	1.52×10^{6}	1.32×10^{6}	N•mm
デカントポンプ	基礎	引張	0.80	1	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	5	139	MPa
	本体	転倒	0.80	4. 33×10^5	4.80 $\times 10^{5}$	N•mm
供給ポンプ1	基礎	引張	0.80	_	_	MPa
	ボルト	せん断	0.80	2	139	MPa
供給ポンプの	本体	転倒	0.80	7.29×10^{5}	7.36 $\times 10^{5}$	N•mm
供給ポンプ2	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.80	3	139	MPa
	本体	転倒	0.80	5.74 $\times 10^{6}$	5. 21×10^{6}	N•mm
循環ポンプ2	基礎	引張	0.80	1	173	MPa
	ボルト	せん断	0.80	9	133	MPa
	本体	転倒	0.80	1.08×10^{6}	1.02×10^{6}	N•mm
ブースターポンプ1	基礎	引張	0.80	1	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	4	139	MPa
	本体	転倒	0.80	1.08×10^{6}	1.02×10^{6}	N•mm
ブースターポンプ2	基礎	引張	0.80	1	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	4	139	MPa
	本体	転倒	0.80	1.90×10^{6}	1.10×10^{6}	N•mm
処理済水移送ポンプ	基礎	引張	0.80	3	183	MPa
	ボルト	せん断	0.80	5	141	MPa

表1:ポンプ耐震評価結果(2/3)

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
	本体	転倒	0.36	2.03 $\times 10^{5}$	1.28×10^{5}	N•mm
灰酸ノーダ供給ホン	基礎	引張	0.36	2	183	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	141	MPa

表1:ポンプ耐震評価結果(3/3)

1.2.2 タンク類,吸着塔及び処理カラム

(1) 構造強度評価

タンク類は,SUS316L(バッチ処理タンクについてはゴムライニング付)もしくは炭素鋼 (ライニング付)とするが材料の調達において一般産業品とするため、材料証明がなく, 設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しかしながら、以下により高い信頼性を 確保した。

・工場にて溶接を行い高い品質を確保する。

・水張りによる溶接部の漏えい確認等を行う。

また,吸着塔 1~14 及び処理カラムは,SUS316L とするが材料の調達において一般産業品 とするため、材料証明がなく,設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しかしな がら,以下を考慮することで,高い信頼性を確保した。

・公的規格に適合した一般産業品の SUS316L を用いて吸着塔,処理カラムを製作する。

・溶接継手は、PT 検査、運転圧による漏えい確認等を行う。

・工場にて溶接を行い高い品質を確保する。

なお、吸着塔15、16については、設計・建設規格のクラス3容器に準じた設計とする。

a. スカート支持たて置円筒形容器

スカート支持たて置円筒形容器については,設計・建設規格に準拠し,板厚評価を実施 した。評価の結果,水頭圧(開放型タンク),最高使用圧力(密閉型タンク)に耐えられる ことを確認した(表2)。

(開放型の場合)

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

 $t : 胴の計算上必要な厚さ$
Di : 胴の内径
H : 水頭
 $\rho : 液体の比重$
S : 最高使用温度における材料の許容引張応力
 $\eta : 長手継手の効率$
(密閉型の場合)
(1) 胴の厚さ
 $t = \frac{PD_i}{2S\eta - 1.2P}$
F : 最高使用温度における材料の許容引張応力
 $\eta : 長手継手の効率$

ただし, t の値は炭素鋼, 低合金鋼の場合は t = 3.00[mm]以上, その他の金属の場合は t = 1.50[mm]以上とする。

(2) 平板の厚さ

$$t = d\sqrt{\frac{2KP}{S}}$$

- t: 平板の計算上必要な厚さ
- d:ボルト中心円の直径または平板の径
- P:最高使用圧力
- S: 平板の許容引張応力
- K: 平板の取付け方法による係数
- (3) 胴フランジの厚さ

$$t = \sqrt{\frac{6M_0}{\sigma_f (\pi C - nd_h)}}$$

- M₀:フランジに作用するモーメント
- σ_f:最高使用温度におけるフランジの許容引張応力
- C:ボルト穴中心円の直径

n:ボルト本数

d_h:ボルト穴直径

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
バッチ加亜カンカ	胴板	1.50	7.80
ハッリ処理ダンク	鏡板	2.67	7.80
(任理 ない) カ	胴板	1.50	7.80
個塚クマク	鏡板	1.14	8.35
デカントタンク	胴板	3.00	7.45
ノルマドクマク	鏡板	1.26	6.00
++ i b	胴板	3.00	4.60
共化グマク	川雨雨内上 上ママババナ(1001) 大パナ(1001) スパイ スパイ <td>3.90</td>	3.90	
併公々シンカ	胴板	3.00	4.60
浜和ク / ク	鏡板	0.32	3.90
四主棋 1。14	胴板	9.57	16.50
败有培1~14	鏡板	10.18	18.50
	鏡板 崩板 頭板 頭板 頭板 頭板 順板 平板(蓋) 平板(底) 胴板 鏡板 順友 梁板(底) 順板 鏡板	3.64	10.73
四 羊状 15 16	平板 (蓋)	47.07	54.00
败有培 15, 10	平板(底)	54. 57	58.05
	評価部位必要肉厚[mm]身胴板1.50鏡板2.67胴板1.50鏡板1.14崩板3.00鏡板1.26胴板3.00鏡板0.31崩板3.00鏡板0.32崩板3.64平板(底)54.57胴板12.29崩板12.29崩板13.09	56.00	
加理カラム	胴板	12.29	18.70
処理ルノム	鏡板	13.09	20.70

表2:スカート支持たて置円筒形容器板厚評価結果

b. 平底たて置円筒形容器

平底たて置円筒形容器については,設計・建設規格に準拠し,板厚評価を実施した。評価の結果,水頭圧に耐えられることを確認した(表3)。

t : 胴の計算上必要な厚さ Di : 胴の内径 H : 水頭 ρ : 液体の比重 S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ただし, t の値は炭素鋼, 低合金鋼の場合は t = 3.00[mm]以上, その他の金属の場合は t = 1.50[mm]以上とする。

Ⅱ-2-16-1-添 2-8

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
「「一」「「「」」」、「」」、「」」、「」	胴板	1.50	7.80
吸有培バロハウシェクシク	底板	3.00	23.70
投社ないな	胴板	3.00	4.60
後近クマク	底板	3.00	14.45
ビロ博	胴板	4.55	12.00
	底板	3.00	9.00

表3:平底たて置円筒形容器板厚評価結果

c. 三脚たて置円筒形容器

三脚たて置円筒形容器については,設計・建設規格に準拠し,板厚評価を実施した。評 価の結果,最高使用圧力に耐えられることを確認した(表4)。

	t : 胴の計算上必要な厚さ
	Di:胴の内径
$t = \frac{PD_i}{PD_i}$	P:最高使用圧力
$^{\prime} = 2S\eta - 1.2P$	S:最高使用温度における材料の許容引張応力
	η : 長手継手の効率

ただし, t の値は炭素鋼, 低合金鋼の場合は t = 3.00[mm]以上, その他の金属の場合は t = 1.50[mm]以上とする。

表4:三脚たて置円筒形容器板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
	胴板	1.92	3.50
	鏡板	1.34	3.10

d. 円筒型タンク

円筒型タンクについては,設計・建設規格に準拠し,板厚評価を実施した。評価の結果, 水頭圧に耐えられることを確認した(表5)。

t : 胴の計算上必要な厚さ

$DiH\rho$	Di : 胴の内径	
$\iota = \frac{1}{0.204 \mathrm{S} \eta}$	H : 水頭	

ρ : 液体の比重

S: 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ただし, t の値は炭素鋼, 低合金鋼の場合は t = 3.00[mm]以上, その他の金属の場合は t = 1.50[mm]以上とする。

表 5	:	円筒型タ	ンク	板厚評価結果
~~~~	•		• /	

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
サンプルタンク	タンク板厚	5.89	12.00

(2) 耐震性評価

a. スカート支持たて置円筒形容器

(a) 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルト の強度が確保されることを確認した(表6)。



- m :機器重量
- g :重力加速度
- H: 据付面からの重心までの距離
- n:基礎ボルトの本数
- A_b:基礎ボルトの軸断面積
- C_H :水平方向設計震度
- Cv : 鉛直方向設計震度
- C_t:中立軸の位置より求める係数
- σ_b: 基礎ボルトに作用する引張応力
- F_t:基礎ボルトに作用する引張力
- ①:基礎ボルトに作用する引張力の作用点
- ②:基礎部に作用する圧縮力の作用点
- R :基礎ボルトのピッチ円直径
- L₁:基礎ボルトのピッチ円中心から②までの距離
- L₂:①から②までの距離

基礎ボルトに作用する引張力:  $F_t = \frac{1}{L_2} \left( m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1 \right)$ 基礎ボルトに作用する引張応力:  $\sigma_b = \frac{2\pi \times F_t}{n \times A_b \times C_t}$ 基礎ボルトのせん断応力:  $\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$ 

### (b) 胴板の強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して, 胴板の強度評価を実施した。 一次一般膜応力 σ o を下記の通り評価し, 許容値を下回ることを確認した(表 6)。

$$\sigma_{0} = Max\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

σ_{0t}: 一次一般膜応力(引張側)
 σ_{0c}: 一次一般膜応力(圧縮側)
 σ_φ: 胴の周方向応力の和
 σ_{xt}: 胴の軸方向応力の和(引張側)
 σ_{xc}: 胴の軸方向応力の和(圧縮側)
 τ : 地震により胴に生じるせん断応力

(c)スカートの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して,スカートの強度評価を実施した。 組合せ応力σ。を下記の通り評価し,許容値を下回ることを確認した(表6)。

$$\sigma_{s} = \sqrt{(\sigma_{1} + \sigma_{2} + \sigma_{3})^{2} + 3 \cdot \tau^{2}}$$

$$\sigma_{1} : スカートの質量による軸方向応力$$

$$\sigma_{2} : スカートの鉛直方向地震による軸方向応力$$

$$\sigma_{3} : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力$$

$$\tau : 地震によるスカートに生じるせん断応力$$

また,座屈評価を下記の式により行い,スカートに座屈が発生しないことを確認した(表 6)。

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出值	許容値	単位
	胴板	一次一般膜	0.36	15	163	MPa
ドッチ和田	フカート	組合せ	0.36	10	205	MPa
ハッフ処理	ベルード	座屈	0.36	0.05	1	Ι
7.77	基礎	引張	0.36	1	130	MPa
	ボルト	せん断	0.36	33	101	MPa
	胴板	一次一般膜	0.36	8	163	MPa
	フカート	組合せ	0.36	9	205	MPa
循環タンク		座屈	0.36	0.04	1	-
	基礎	引張	0.36	1	131	MPa
	ボルト	せん断	0.36	18	101	MPa
	胴板	一次一般膜	0.36	12	233	MPa
デカント	フカート	組合せ	0.36	17	241	MPa
		座屈	0.36	0.10	1	_
7 7 9	基礎	引張	0.36	1	440	MPa
	ボルト	せん断	0.36	21	338	MPa
(残福石本)       バッチ処理 タンク       循環タンク       デカント タンク       共沈タンク       供給タンク       吸着塔 1〜14       吸着塔 15, 16       処理カラム	胴板	一次一般膜	0.36	5	233	MPa
	741	組合せ	0.36	10	241	MPa
	ベルード	座屈	0.36	0.05	1	-
	基礎	引張	0.36	11	180	MPa
	ボルト	せん断	0.36	11	139	MPa
	胴板	一次一般膜	0.36	6	233	MPa
	フカート	組合せ	0.36	11	241	MPa
供給タンク	ベルード	座屈	0.36	0.06	1	-
	基礎	引張	0.36	9	180	MPa
	ボルト	せん断	0.36	13	139	MPa
	胴板	一次一般膜	0.36	41	163	MPa
	フカート	組合せ	0.36	4	205	MPa
吸着塔 1~14		座屈	0.36	0.02	1	_
	基礎	引張	0.36	2	131	MPa
	ボルト	せん断	0.36	3	101	MPa
	胴板	一次一般膜	0.36	27	282	MPa
	フカート	組合せ	0.36	7	309	MPa
吸着塔 15, 16		座屈	0.36	0.03	1	_
	基礎	引張	0.36	9	158	MPa
	ボルト	せん断	0.36	6	121	MPa
	胴板	一次一般膜	0.36	48	163	MPa
	フカート	組合せ	0.36	4	205	MPa
<ul> <li>デカント タンク</li> <li>共沈タンク</li> <li>供給タンク</li> <li>吸着塔 1~14</li> <li>吸着塔 15, 16</li> <li>処理カラム</li> </ul>	- ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	座屈	0.36	0.02	1	_
	基礎	引張	0.36	1	131	MPa
<ul> <li>循環タンク</li> <li>デカント タンク</li> <li>共沈タンク</li> <li>吸着塔 1~14</li> <li>吸着塔 1~14</li> <li>吸着塔 15, 16</li> <li>処理カラム</li> </ul>	ボルト	せん断	0.36	12	101	MPa

表6:スカート支持たて置円筒形容器耐震評価結果(1/2)

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
	胴板	一次一般膜	0.80	21	163	MPa
い <i>て</i> 40 T田	7 + 1	組合せ	0.80	17	205	MPa
ハッナ処理	スルート	座屈	0.80	0.08	1	-
7 / 1	基礎	引張	0.80	75	131	MPa
	ボルト	せん断	0.80	26	101	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	12	163	MPa
毎四ないな	7 + 1	組合せ	0.80	16	205	MPa
循環タンク	スカート	座屈	0.80	0.07	1	-
	基礎	引張	0.80	42	121	MPa
	ボルト	せん断	0.80	39	101	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	20	233	MPa
ゴカント	フカート	組合せ	0.80	32	241	MPa
フルノト	ベルード	座屈	0.80	0.17	1	-
7 2 9	基礎	引張	0.80	63	440	MPa
	ボルト	せん断	0.80	47	338	MPa
共沈タンク 供給タンク	胴板	一次一般膜	0.80	8	233	MPa
	スカート	組合せ	0.80	20	241	MPa
		座屈	0.80	0.10	1	_
	基礎	引張	0.80	72	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	25	139	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	10	233	MPa
	スカート	組合せ	0.80	21	241	MPa
供給タンク		座屈	0.80	0.10	1	-
	基礎	引張	0.80	73	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	28	139	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	41	163	MPa
	スカート	組合せ	0.80	8	205	MPa
吸着塔 1~14		座屈	0.80	0.04	1	-
	基礎	引張	0.80	16	131	MPa
	ボルト	せん断	0.80	7	101	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	27	282	MPa
	スカート	組合せ	0.80	14	309	MPa
吸着塔 15, 16		座屈	0.80	0.05	1	_
川板           バッチ処理 タンク         スカー           基礎 ボルト         ボルト           循環タンク         基礎 ボルト           循環タンク         基礎 ボルト           アカント タンク         基礎 ボルト           デカント タンク         基礎 ボルト           現板         スカー           基礎 ボルト         スカー	基礎	引張	0.80	44	158	MPa
	ボルト	せん断	0.80	13	121	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	48	163	MPa
	スカート	組合せ	0.80	8	205	MPa
処理カラム		座屈	0.80	0.03	1	_
	基礎	引張	0.80	39	131	MPa
	ボルト	せん断	0.80	26	101	MPa

表6:スカート支持たて置円筒形容器耐震評価結果(2/2)

b. 平底たて置円筒形容器

(a) 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルト の強度が確保されることを確認した(表7)。



基礎ボルトに作用する引張力:  $F_t = \frac{1}{L_2} \left( m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1 \right)$ 基礎ボルトの引張応力:  $\sigma_b = \frac{2\pi \times F_t}{n \times A_b \times C_t}$ 基礎ボルトのせん断応力:  $\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$ 

## (b) 胴板の強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して, 胴板の強度評価を実施した。 一次一般膜応力 σ o を下記の通り評価し, 許容値を下回ることを確認した(表 7)。

$$\sigma_{0} = Max\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

また,座屈評価を下記の式により行い,胴板に座屈が発生しないことを確認した(表7)。

- σ₁:胴の空質量による軸方向圧縮応力
- σ₂:胴の鉛直方向地震による軸方向応力
- σ 3: 胴の水平方向地震による軸方向応力
- f。: 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力
- f_b:曲げモーメントに対する許容座屈応力

η:座屈応力に対する安全率

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

機器名称	評信	<b></b>	水平震度	算出値	許容値	単位
	胴板	一次 一般膜	0.36	7	163	MPa
		座屈	0.36	0.04	1	-
四半時1日	基礎	引張	0.36	6	131	MPa
「ツ有哈八日」	ボルト	せん断	0.36	10	101	MPa
パッファダンク	胴板	一次 一般膜	0.80	14	163	MPa
		座屈	0.80	0.08	1	-
	基礎	引張	0.80	55	131	MPa
	ボルト	せん断	0.80	21	101	MPa
	胴板	一次 一般膜	0.36	5	233	MPa
		座屈	0.36	0.03	1	-
	基礎	引張	0.36	2	180	MPa
投送ない方	ボルト	せん断	0.36	12	139	MPa
195777	胴板	一次 一般膜	0.80	11	233	MPa
		座屈	0.80	0.05	1	_
	基礎	引張	0.80	52	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	26	139	MPa
- 単語 ソー ガ	胴板	一次 一般膜	0.36	6	15	MPa
火阪ノーダ		座屈	0.36	0.34	1	_
<u>只丁</u> 个閏	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	44	141	MPa

表7:平底たて置円筒形容器耐震評価結果

c. 三脚たて置円筒形容器

(a) 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 竪形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルトの強度が確保されることを確認した(表8)。



基礎ボルトの引張応力: 
$$\sigma_{b} = \frac{1}{3 \times A_{b}} \left( \frac{4 \times m \times g \times C_{H} \times H}{L} - m \times g \times (1 - C_{V}) \right)$$
  
基礎ボルトのせん断応力:  $\tau_{b} = \frac{1}{3 \times A_{b}} \left( m \times g \times C_{H} - 0.1 \times m \times g \times (1 - C_{V}) \right)$ 

(b) 脚の強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 竪形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して、脚の強度評価を実施した。

組合せ応力σ。を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表8)。

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

σ₁:脚の質量による軸方向応力
 σ₂:脚の鉛直方向地震による軸方向応力
 σ₃:脚の曲げモーメントによる軸方向応力
 τ:地震による脚に生じるせん断応力

また、座屈評価を下記の式により行い、脚に座屈が発生しないことを確認した(表8)。

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

σ₁:脚の質量による軸方向応力
 σ₂:脚の鉛直方向地震による軸方向応力
 σ₃:脚の曲げモーメントによる軸方向応力
 f_c:軸圧縮荷重に対する許容座屈応力
 f_b:曲げモーメントに対する許容座屈応力
 η:座屈応力に対する安全率

σ₀。:一次一般膜応力(周方向)

(c)胴板の強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 竪形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して, 胴板の強度評価を実施した。

一次一般膜応力σ₀を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表8)。

$$\sigma_{0} = Max\{\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}\}$$

$$\sigma_{0x} : -次 - 般膜応力(軸方向)$$

$$\sigma_{\phi 1} : 内圧による周方向応力$$

$$\sigma_{x 1} : 内圧による軸方向応力$$

$$\sigma_{x 2} : 運転時質量による軸方向応力$$

$$\sigma_{x 5} : 地震力により生じる$$

転倒モーメントによる軸方向応力

- σ_{φ7}:胴の鉛直方向地震による周方向応力
- σ_{x7}: 胴の鉛直方向地震による軸方向応力

機器名称	評価部位		水平震度	算出値	許容値	単位
	胴板	一次一般膜	0.36	37	163	MPa
	脚	組合せ	0.36	57	205	MPa
		座屈	0.36	0.29	1	-
基礎	引張	0.36	37	153	MPa	
出口	ボルト	せん断	0.36	3	118	MPa
フィルタ	胴板	一次一般膜	0.80	37	163	MPa
	8±0	組合せ	0.80	120	205	MPa
	肘却	座屈	0.80	0.61	1	-
	基礎	引張	0.80	92	153	MPa
	ボルト	せん断	0.80	6	118	MPa

表8:三脚たて置円筒形容器耐震評価結果

d. 円筒型タンク

(a)転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し,それらを比較するこ とにより転倒評価を実施した。評価の結果,地震による転倒モーメントは自重による安定 モーメントより小さいことから,転倒しないことを確認した(表9)。



C_H : 水平方向設計震度

- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント:  $M_1 = m \times g \times C_H \times H$ 自重による安定モーメント:  $M_2 = m \times g \times L$ 

表9:円筒型タンク耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価 項目	水平 地震動	算出値	許容値	単位
サンプルタンク	卡休	<b>志</b> (石)	0.36	2. $20 \times 10^{10}$	$7.20 \times 10^{10}$	Nomm
	本译	料时	0.80	4.80 $\times 10^{10}$	7.20×10	N•mm

1.2.3 スキッド

(1) 耐震性評価

a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルト の強度が確保されることを確認した(表10)。



基礎ボルトに作用する引張力:  $F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$ 基礎ボルトの引張応力:  $\sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$ 基礎ボルトのせん断応力:  $\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$  b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較するこ とにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定 モーメントより小さく、転倒しないことを確認した。また、地震による転倒モーメント> 自重による安定モーメントとなるものについては、a. での計算により基礎ボルトの強度が 確保されることから転倒しないことを確認した(表10)。



- C_H:水平方向設計震度
- m :機器重量
- g :重力加速度
- H: 据付面からの重心までの距離
- L :転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント: $M_1 = m \times g \times C_H \times H$ 自重による安定モーメント: $M_2 = m \times g \times L$ 

機器名称	評価部位	評価 項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
バッチ加理タンク	本体	転倒	0.36	9. $27 \times 10^8$	$1.08 \times 10^{9}$	N•mm
ハッチ処理タンク	基礎	引張	0.36	-	_	MPa
X4.91	ボルト	せん断	0.36	23	139	MPa
バッチ加理タンク	本体	転倒	0.36	5.29 $\times 10^{6}$	$1.85 \times 10^{7}$	N•mm
ハッチ処理タンク	基礎	引張	0.36	-	_	MPa
用开入イット	ボルト	せん断	0.36	6	139	MPa
毎四 カンノカ	本体	転倒	0.36	4. $04 \times 10^{8}$	4. $94 \times 10^{8}$	N•mm
加尿クシク	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
~~ ~~ ~~	ボルト	せん断	0.36	25	139	MPa
(年間 わい) た	本体	転倒	0.36	5. $42 \times 10^{6}$	$1.16 \times 10^{7}$	N•mm
値塚グ ノク 田 会 ス た い ド	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	8	139	MPa
スラリー移送ポンプ スキッド	本体	転倒	0.36	$1.80 \times 10^{6}$	5.75 $\times 10^{6}$	N•mm
	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	5	139	MPa
クロスフローフィルタ	本体	転倒	0.36	6.80 $\times 10^{7}$	$1.40 \times 10^{8}$	N•mm
	基礎	引張	0.36	-	_	MPa
~~ > + 1	ボルト	せん断	0.36	16	139	MPa
デカントタンク	本体	転倒	0.36	4. $71 \times 10^8$	7.95 $\times 10^{8}$	N•mm
フォッド	基礎	引張	0.36	-	_	MPa
	ボルト	せん断	0.36	50	139	MPa
<b>开冲,</b> 研经力入力	本体	転倒	0.36	9. $16 \times 10^7$	$1.56 \times 10^{8}$	N•mm
共化・供和クシク	基礎	引張	0.36	-	_	MPa
X4 9 1	ボルト	せん断	0.36	16	139	MPa
カロフフローフィルタ	本体	転倒	0.36	$1.14 \times 10^{8}$	2. $11 \times 10^8$	N•mm
フェージョンク	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	25	139	MPa
吸着塔入口	本体	転倒	0.36	8.61 $\times 10^{7}$	$1.04 \times 10^{8}$	N•mm
バッファタンク	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
スキッド	ボルト	せん断	0.36	13	139	MPa
ブーフターポンプ1	本体	転倒	0.36	2.56 $\times 10^{6}$	7.62 $\times 10^{6}$	N•mm
フェンド	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	5	139	MPa
ブーフターポンプの	本体	転倒	0.36	2. $44 \times 10^{6}$	8. $36 \times 10^{6}$	N•mm
フーヘクー小ノノン スキッド	基礎	引張	0.36	_	_	MPa
	ボルト	せん断	0.36	5	139	MPa

表10:スキッド耐震評価結果(1/5)

機器名称	評価部位	評価	水平	質出値	許容値	単位
		項目	震度	开口區		
	本体	転倒	0.36	$1.50 \times 10^{8}$	2. $28 \times 10^8$	N•mm
スキッド1	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	21	139	MPa
	本体	転倒	0.36	$1.33 \times 10^{8}$	$1.91 \times 10^{8}$	N•mm
スキッド2	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	19	139	MPa
	本体	転倒	0.36	$1.33 \times 10^{8}$	$1.91 \times 10^{8}$	N•mm
双省培1-14 スキッド3	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	19	139	MPa
四美拱 1~14	本体	転倒	0.36	$1.22 \times 10^{8}$	$1.88 \times 10^{8}$	N•mm
双有皆 1 5 14 スキッド4	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	18	139	MPa
四 羊拔 15 10	本体	転倒	0.36	9. $14 \times 10^{7}$	9. $33 \times 10^{7}$	N•mm
双有塔 15, 10	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	5	121	MPa
処理カラム	本体	転倒	0.36	$1.04 \times 10^{8}$	$1.43 \times 10^{8}$	N•mm
	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
~~	ボルト	せん断	0.36	13	139	MPa
山口较义	本体	転倒	0.36	3. $10 \times 10^7$	9.89 $\times 10^{7}$	N•mm
山口移达	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
~~	ボルト	せん断	0.36	18	139	MPa
	本体	転倒	0.36	$1.89 \times 10^{7}$	6. $14 \times 10^{7}$	N•mm
$ALPS \Lambda \mu \pi$	基礎	引張	0.36	_	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	5	139	MPa
	本体	転倒	0.36	$3.13 \times 10^{6}$	$1.42 \times 10^{7}$	N•mm
$ALFS, \Pi$	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	3	139	MPa
	本体	転倒	0.36	6.57 $\times 10^{6}$	2. $27 \times 10^{7}$	N•mm
ス上にも田口开	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	3	139	MPa
	本体	転倒	0.36	2.90 $\times 10^{7}$	8. $44 \times 10^{7}$	N•mm
ガチホクシック	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	18	139	MPa
	本体	転倒	0.36	9. $28 \times 10^7$	2.05 $\times 10^{8}$	N•mm
HIC遮へい体	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	23	139	MPa

表10:スキッド耐震評価結果(2/5)

+份 田 万 千分	카 /파 슈끼 /누	評価	水平	答山古	赤皮体	畄位
機奋名例	評価部位	項目	震度	- 异田旭	計谷旭	単位
バッチ処理タンク	本体	転倒	0.80	2.06 $\times 10^{9}$	$1.08 \times 10^{9}$	N•mm
スキッド	基礎	引張	0.80	116	171	MPa
~~	ボルト	せん断	0.80	51	139	MPa
バッチ処理タンク	本体	転倒	0.80	$1.18 \times 10^{7}$	$1.85 \times 10^{7}$	N•mm
田弁スキッド	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.80	13	139	MPa
循環タンク	本体	転倒	0.80	8.97 $\times 10^{8}$	4. $94 \times 10^8$	N•mm
フキッド	基礎	引張	0.80	112	165	MPa
ハイット	ボルト	せん断	0.80	55	139	MPa
循環タンク	本体	転倒	0.80	$1.21 \times 10^{7}$	$1.16 \times 10^{7}$	N•mm
相採ノノノ	基礎	引張	0.80	1	180	MPa
用并スキット	ボルト	せん断	0.80	17	139	MPa
スラリー移送ポンプ	本体	転倒	0.80	4.00 $\times 10^{6}$	5. $75 \times 10^{6}$	N•mm
スキッド	基礎	引張	0.80	-	_	MPa
	ボルト	せん断	0.80	10	139	MPa
カロスフローフィルタ	本体	転倒	0.80	$1.52 \times 10^{8}$	1. $40 \times 10^8$	N•mm
スキッド1	基礎	引張	0.80	4	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	36	139	MPa
デカントタンク	本体	転倒	0.80	$1.05 \times 10^{9}$	7.95 $\times 10^{8}$	N•mm
7751757	基礎	引張	0.80	44	73	MPa
スキット	ボルト	せん断	0.80	112	139	MPa
出沈・供給タンク	本体	転倒	0.80	2.04 $\times 10^{8}$	$1.56 \times 10^{8}$	N•mm
天化・医相グシノ	基礎	引張	0.80	11	180	MPa
スキット	ボルト	せん断	0.80	35	139	MPa
カロスフローフィルタ	本体	転倒	0.80	2.53 $\times 10^{8}$	2. $11 \times 10^8$	N•mm
74,74 74,77	基礎	引張	0.80	14	166	MPa
スキット2	ボルト	せん断	0.80	54	139	MPa
吸着塔入口	本体	転倒	0.80	$1.92 \times 10^{8}$	$1.04 \times 10^{8}$	N•mm
バッファタンク	基礎	引張	0.80	57	180	MPa
スキッド	ボルト	せん断	0.80	27	139	MPa
ブースターポンプ1	本体	転倒	0.80	5. $69 \times 10^{6}$	7. $62 \times 10^{6}$	N•mm
スキッド	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.80	11	139	MPa
ブースターポンプ 2	本体	転倒	0.80	5. $41 \times 10^{6}$	8.36 $\times 10^{6}$	N•mm
スキッド	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
スキッド	ボルト	せん断	0.80	11	139	MPa

表10:スキッド耐震評価結果(3/5)

松胆 友 环	新年初任	評価	水平	答山店	<b>新</b> 应店	出任
機	計加買り业	項目	震度	异口恒	计谷恒	甲亚
吸差塔 1~14	本体	転倒	0.80	3. $32 \times 10^8$	2. $28 \times 10^8$	N•mm
フキッド1	基礎	引張	0.80	35	177	MPa
X4 9 F 1	ボルト	せん断	0.80	47	139	MPa
吸差塔 1~14	本体	転倒	0.80	2.94 $\times 10^{8}$	$1.91 \times 10^{8}$	N•mm
フキッドの	基礎	引張	0.80	34	180	MPa
	ボルト	せん断	0.80	41	139	MPa
吸差塔 1~14	本体	転倒	0.80	2.94 $\times 10^{8}$	$1.91 \times 10^{8}$	N•mm
フキッドワ	基礎	引張	0.80	34	180	MPa
~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~ ~~	ボルト	せん断	0.80	41	139	MPa
吸差塔 1~14	本体	転倒	0.80	2.70 $\times 10^{8}$	$1.88 \times 10^{8}$	N•mm
スキッド4	基礎	引張	0.80	27	180	MPa
スイツト4	ボルト	せん断	0.80	39	139	MPa
吸差塔 15 16	本体	転倒	0.80	2.03 $\times 10^{8}$	9. $33 \times 10^7$	N•mm
スキッド	基礎	引張	0.80	18	158	MPa
<u> </u>	ボルト	せん断	0.80	11	121	MPa
処理カラム	本体	転倒	0.80	2.30 $\times 10^{8}$	$1.43 \times 10^{8}$	N•mm
処理カノム	基礎	引張	0.80	31	180	MPa
スイツト	ボルト	せん断	0.80	28	139	MPa
出口移送	本体	転倒	0.80	6.89 $\times 10^{7}$	9.89 $\times 10^{7}$	N•mm
コキッド	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
スイツト	ボルト	せん断	0.80	40	139	MPa
<b>ΔΙΡ</b> ςλΠ弁	本体	転倒	0.80	4. $19 \times 10^{7}$	6. $14 \times 10^{7}$	N•mm
	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
<b>スキット</b> (1)	ボルト	せん断	0.80	10	139	MPa
<b>ΔΙΡ</b> ςλΠ弁	本体	転倒	0.80	$6.96 \times 10^{6}$	$1.42 \times 10^{7}$	N•mm
<u>лет 5 (п)</u>	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
スイット (II)	ボルト	せん断	0.80	7	139	MPa
	本体	転倒	0.80	$1.46 \times 10^{7}$	2. $27 \times 10^{7}$	N•mm
	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
~~ ~~ ~~	ボルト	せん断	0.80	6	139	MPa
排水タンク	本体	転倒	0.80	6. $44 \times 10^7$	8. $44 \times 10^7$	N•mm
フモッド	基礎	引張	0.80	-	-	MPa
ヘモツト	ボルト	せん断	0.80	40	139	MPa
	本体	転倒	0.80	$2.07 \times 10^{8}$	2. $05 \times 10^{8}$	N•mm
HIC遮へい体	基礎	引張	0.80	1	173	MPa
	ボルト	せん断	0.80	50	139	MPa

表10:スキッド耐震評価結果(4/5)

機器名称	評価部位	評価 項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
炭酸ソーダ供給ポンプ スキッド	本体	転倒	0.36	3.86 $\times 10^{6}$	$1.05 \times 10^{7}$	N•mm
	基礎	引張	0.36	-	-	MPa
	ボルト	せん断	0.36	7	141	MPa
共沈タンク用薬液弁 スキッド	本体	転倒	0.36	$7.05 \times 10^{5}$	6. $05 \times 10^{5}$	N•mm
	基礎	引張	0.36	1	183	MPa
	ボルト	せん断	0.36	2	141	MPa

表10:スキッド耐震評価結果(5/5)

#### 1.2.4 高性能容器

(1)構造強度評価

高性能容器本体は、ポリエチレン製の容器であり設計・建設規格の要求に適合するもの ではない。しかしながら、高性能容器(タイプ1)は、米国において低レベル放射性廃棄物 の最終処分に使用されている容器であり、米国 NRC (Nuclear Regulatory Commission,原 子力規制委員会)から権限を委譲されたサウスカロライナ州健康環境局(S.C. Department of Health and Environmental Control)の認可を得ており、多数の使用実績がある。また、 高性能容器(タイプ1)から更に落下に対する強度を向上させた高性能容器(タイプ2)を 併せて使用する。

a. 重量に対する評価

・高性能容器(タイプ1)は設計収容重量約4.5t で米国認可を受けており,多核種除去設備で使用する場合の収容物重量は最大3.5t であることから設計収容重量に対して十分な裕度がある。高性能容器(タイプ2)は多核種除去設備で使用する場合の収容物重量を最大3.2t としている。

・多核種除去設備で使用する場合の高性能容器の補強体等を含んだ総重量はタイプ1で約5.2t,タイプ2で約4.7tである。これに対し、設計総重量は裕度を考慮しタイプ1において6.0t,タイプ2において5.5tとして、高性能容器の転倒評価及び吊り上げ時の吊り耳の構造強度確認を行っている。

高性能容器は、交換時にクレーンによる吊り上げ作業が発生するため、その際の吊り耳 の強度評価を実施した。評価の結果、吊り耳の強度が確保されることを確認した(表11)。

- (a) 高性能容器 (タイプ1)
- 吊り耳に作用する引張応力:

$$\sigma 1 = \frac{m \times g}{A1 \times n}$$
  
但し,  $A1 = w1 \times t$ 

吊り耳に作用するせん断応力:

$$\tau 1 = \frac{m \times g}{A2 \times n}$$
  
但し,  $A2 = w2 \times t$ 

吊り耳(溶接部)に作用するせん断応力:

$$\tau 2 = \frac{m \times g}{A3 \times n}$$
  
但し、 $A3 = \sum (al)$   
= (w3+t) × a × 2

- m : 機器重量
  g : 重力加速度
  n : 吊り耳考慮本数
  w1: 吊り耳幅
  w2: 吊り耳幅
  t : 吊り耳厚さ
  A1: 引張荷重が作用する吊り耳断面積/本
  A2: せん断荷重が作用する吊り耳断面積/本
  o1: 吊り耳に作用する引張応力 (MPa)
  c1: 吊り耳に作用するせん断応力 (MPa)
  w3: 吊り耳幅 (下端)
  a : 各すみ肉溶接のど厚
  1 : 各すみ肉溶接の長さ
  A3: 吊り耳溶接部の面積
  c2: 吊り耳溶接部に作用するせん断応力
  - β : 溶接部係数







吊り耳 (溶接部)



HIC 吊り上げ条件 (多核種除去設備設置エリア)



HIC 吊り上げ条件 (一時保管施設)

- (b) 高性能容器 (タイプ 2)
- 吊り耳に作用する引張応力:

$$\sigma 1 = \frac{m \times g}{A1 \times n}$$
  
但し,  $A1 = w1 \times t$ 

吊り耳に作用するせん断応力:

$$\tau 1 = \frac{m \times g}{A2 \times n}$$
  
(E.U.,  $A2 = w2 \times t$ 

吊り耳(溶接部)に作用するせん断応力:

$$\tau 2 = \frac{m \times g}{A3 \times n}$$
  
但し、 $A3 = \sum (al)$   
= (w3+t) ×a×2

- m : 機器重量
- g : 重力加速度
- n : 吊り耳考慮本数
- w1: 吊り耳幅
- w2: 吊り耳幅
- t : 吊り耳厚さ
- A1: 引張荷重が作用する吊り耳断面積/本
- A2: せん断荷重が作用する吊り耳断面積/本
- σ1: 吊り耳に作用する引張応力 (MPa)
- τ1: 吊り耳に作用するせん断応力 (MPa)
- w3: 吊り耳幅 (下端)
- a : 各すみ肉溶接のど厚
  - 1 : 各すみ肉溶接の長さ
- A3: 吊り耳溶接部の面積
- τ2: 吊り耳溶接部に作用するせん断応力
- β : 溶接部係数

表11 高性能容器(タイプ1,2)強度評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	算出値	許容値	単位	
見り正		引張	11	116		
高性能容器	市り耳	せん断	12	67	MDe	
(タイプ 1)	吊り耳	よく医	G	20	MFa	
	(溶接部)	でんめ	0	30		
	Р N T	引張	7	136		
高性能容器	市り耳	せん断	7	78	MDe	
(タイプ 2)	吊り耳	よく医	F	25	MFa	
	(溶接部)	での例	Э	ამ		

b. 圧力に対する評価

高性能容器(タイプ 1)の外圧に対する設計圧力は 25 kPa である。多核種除去設備で用 いる高性能容器の外圧は屋外設置のため大気圧程度であることから,設計圧力を満足して いる。なお,高性能容器(タイプ 2)については外圧に対する設計要求はないが,高性能容 器(タイプ 1)と同一の材質及び厚さであることから,同程度の強度を有していると考えら れる。

一方,内圧に対しては,高性能容器(タイプ1)は,米国認可に当たり50kPaで試験を行い,容器に歪みがないことを確認している。

また,高性能容器の工場製作段階において,タイプ 1,2 とも最大 50kPa で試験を行い, 容器に漏えいがないことを確認している。なお,これらの容器には、ベント機能を設けて いることから、多核種除去設備で使用する際の内圧は、静水頭程度となるため、試験圧力 を満足している。 (2) 耐震性評価

a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し,それらを比較するこ とにより転倒評価を行った。評価の結果,地震による転倒モーメントは自重による安定モ ーメントより小さく,転倒しないことを確認した(表12)。



C_H:水平方向設計震度

m:機器重量

g:重力加速度

H: 据付面からの重心までの距離

L:転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント: $M_1 = m \times g \times C_H \times H$ 自重による安定モーメント: $M_2 = m \times g \times L$ 

表12 評価結果

機器名称	評価部位	評価 項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
高性能容器(タイプ 1) (補強体付き)	太休	転倒 .	0.36	2. $04 \times 10^7$	4 56 $\times 10^{7}$	N•mm
	74×14×		0.80	4. $19 \times 10^7$	4.00/(10	
高性能容器(タイプ 2) (補強体付き)	本体	転倒	0.36	$1.91 \times 10^{7}$	$4.02 \times 10^{7}$	N•mm
			0.80	$3.84 \times 10^{7}$	4.03 × 10	

#### b. 滑動評価

ー時保管施設(第二施設)貯蔵時の高性能容器について,地震時の水平荷重によるすべ り力と接地面の摩擦力を比較することにより,滑動評価を実施した。評価の結果,地震時 の水平荷重によるすべり力は,接地面の摩擦力より小さいことから,滑動しないことを確 認した(表13)。なお,本評価は鋼製の補強体付き高性能容器をコンクリート製のボック スカルバート上に設置した際の評価であり,実際の高性能容器貯蔵時はボックスカルバー ト底面にゴム製の緩衝材を設置するため,滑動はさらに生じ難くなると考える。

水平震度を 0.60 まで拡張した評価では、地震時の水平荷重によるすべり力が設置面の摩 擦力より大きくなり、滑動する結果となる。この結果高性能容器がボックスカルバート内 面に、あるいは高性能容器が相互に接触することが想定されるが、地震応答加速度時刻歴 をもとに算出した設置床に対する相対速度は最大でも0.5m/秒未満にとどまり、添付 5に示す高さ4.5mから(タイプ1)あるいは高さ7.1mから(タイプ2)の落下試 験における衝突速度(それぞれ9.3m/秒あるいは11.8m/秒)より十分小さな速 度でしか接触しないと見込まれることから、高性能容器の健全性に影響を及ぼすことはな い。

高性能容器とボックスカルバートの間隔が更に小さい第三施設においては接触時の速度 は更に小さくなり、健全性評価は上記に内包される。

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
高性能容器	迎升	0.36	0.36	0.40	
(ダイノ1及いタイノ2) (補強体付き)	们到	0.60	0.60	0.40	

表13 滑動評価結果

1.2.5 クレーン類

(1) 耐震性評価

a. 基礎ボルト等の強度評価

耐震設計技術規程並びに「クレーン構造規格」の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルト・転倒防止金具・転倒防止梁の強度が確保されることを確認した(表14)。





## b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較するこ とにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントが自重による安定 モーメントより小さくなるものについては、転倒しないことを確認した。また、地震によ る転倒モーメントが自重による安定モーメントより大きくなるものについては、a. での計 算により基礎ボルト・転倒防止金具・転倒防止梁の強度が確保されることから転倒しない ことを確認した(表14)。

機器名称	評価部位	評価 項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
	本体	転倒	0.36	5. $47 \times 10^4$	7. $44 \times 10^4$	kg•m
	基礎ボルト	引張	0.36	-	-	Kg
	転倒防止金具	変形	0.36	-	-	$N/mm^2$
高性能容器	転倒防止梁	変形	0.36	-	-	$N/mm^2$
交換用クレーン	本体	転倒	0.80	$1.21 \times 10^{5}$	7. $44 \times 10^4$	kg•m
	基礎ボルト	引張	0.80	542	1435	kg
	転倒防止金具	変形	0.80	37.7	175	$N/mm^2$
	転倒防止梁	変形	0.80	12.4	175	$N/mm^2$
	本体	転倒	0.36	2. $24 \times 10^4$	2. $25 \times 10^4$	kg•m
	基礎ボルト	引張	0.36	-	-	kg
	転倒防止金具	変形	0.36	-	-	$N/mm^2$
処理カラム	転倒防止梁	変形	0.36	-	-	$N/mm^2$
交換用クレーン	本体	転倒	0.80	4.96 $\times 10^{4}$	2. $25 \times 10^4$	kg•m
	基礎ボルト	引張	0.80	467	1435	kg
	転倒防止金具	変形	0.80	32.5	175	$N/mm^2$
	転倒防止梁	変形	0.80	10.7	175	$N/mm^2$

表14:クレーン類耐震評価結果

※ 算出値「-」については、引張荷重・応力が作用していない。

# 1.2.6 配管

1.2.6.1 構造強度評価

- 1.2.6.1.1 配管(鋼管)
- 1.2.6.1.1.1 評価箇所
  - 強度評価箇所を図-1に示す。



図-1 配管概略図(1/18)


図-1 配管概略図(2/18)



図−1 配管概略図(3/18)





PVC:ポリ塩化ビニール

図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

図-1 配管概略図(5/18)



図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

図-1 配管概略図(6/18)



図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。





図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

図-1 配管概略図(8/18)



図-1 配管概略図(9/18)



図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-1 配管概略図(10/18)



※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図−1 配管概略図(11/18)



記号凡例 PE : ポリエチレン管

図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-1 配管概略図(12/18)



※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-1 配管概略図(13/18)



図-1 配管概略図(14/18)

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある



#### ※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-1 配管概略図(15/18)



記号凡例 PE :ポリエチレン管

図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-1 配管概略図(16/18)



ホ : 耐圧ホース

図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

図-1 配管概略図(17/18)



Ⅲ-2-16-1-添 2-54

記号凡例 PE :ポリエチレン管

図中の番号は、1.2.6.1.1.3の番号に対応する。

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-1 配管概略図(18/18)

1.2.6.1.1.2 評価方法

(1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に揚げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$t_1 = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t1 : 必要厚さ (mm) P : 最高使用圧力 (MPa) Do: 管台の外径 (m) S : 許容引張応力 (MPa) η : 継手効率 (-)

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ: t₂ 設計・建設規格 PPD-3411 (3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

1.2.6.1.1.3 評価結果

評価結果を表-15に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有している と評価している。

ŊŢ	外径	++\v1	最高使用	最高使用	必要厚さ	最小厚さ
No.	(mm)	竹科	圧力(MPa)	温度(℃)	(mm)	(mm)
1	114.30	STPG370	1.15	40	3.40	7.52
2	60.50	STPG370	1.15	40	2.40	4.81
3	60.50	STPG370	0.98	60	2.40	4.81
4	60.50	SUS316L	0.98	60	0.28	3.40
5	60.50	SUS316L	静水頭	60	—	3.40
6	165.20	SUS316L	0.98	60	0.74	6.21
7	114.30	SUS316L	0.98	60	0.52	5.25
8	76.30	SUS316L	0.98	60	0.35	4.55
9	216.30	SUS316L	静水頭	60	—	7.17
10	216.30	SUS316L	0.98	60	0.97	7.17
11	267.40	SUS316L	0.98	60	1.20	8.13
12	34.00	SUS316L	0.98	60	0.16	2.90
13	139.80	SUS316L	0.98	60	0.63	5.77
14	42.70	SUS316L	0.98	60	0.20	3.10

表-15 配管の評価結果(管厚)

N	外径	++*1	最高使用	最高使用	必要厚さ	最小厚さ
INO.	(mm)	1/1 1/1	圧力(MPa)	温度(℃)	(mm)	(mm)
15	318.50	SUS316L	0.98	60	1.43	9.01
16	60.50	SUS316L	1.37	60	0.38	3.40
17	42.70	SUS316L	1.37	60	0.27	3.10
18	89.10	SUS316L	1.37	60	0.56	4.81
19	60.50	SUS316L	1.15	60	0.32	3.40
20	42.70	SUS316L	1.15	60	0.23	3.10
21	60.50	STPG370	1.15	60	2.40	4.81
22	165.20	STPG370	0.98	40	3.80	6.21
23	76.30	STPG370	0.98	40	2.70	4.55
24	48.60	STPG370	0.98	40	2.20	3.20
25	114.30	STPG370	0.98	40	3.40	5.25
26	216.30	STPG370	0.98	40	3.80	7.17
27	76.30	STPG370	1.15	40	2.70	6.12
28	60.50	SUS316L	0.7	60	0.20	3.40
29	114.30	STPG370	0.7	60	3.40	5.25
30	60.50	STPG370	0.7	60	2.40	3.40
31	165.20	SUS316L	0.98	40	0.73	6.21
32	114.30	SUS316L	0.98	40	0.51	5.25
34	139.80	SUS316L	0.5	40	0.32	5.77
35	76.30	SUS316L	0.5	40	0.18	4.55
36	60.50	SUS316L	0.5	40	0.14	3.40
37	48.60	SUS316L	0.5	40	0.11	3.20
38	34.00	SUS316L	0.5	40	0.08	2.90
39	76.30	SUS316L	0.5	60	0.18	4.55
40	48.60	SUS316L	0.5	60	0.12	3.20

注1)継手類は JIS 等の規格品を適用することで、管に対し十分な厚さを有し、管の強度評価に包絡される。

注2) 管及び機器の取合箇所において,変位の吸収や着脱の必要性から強度計算の規格外となるホース類を適用する箇 所がある。これらについては配管の流体・圧力・温度条件に合致した十分実績のあるものを採用することで,必 要な強度を確保するものとする。 1.2.6.1.2 配管(ポリエチレン管)

配管(ポリエチレン管)は鋼材ではなく,一般産業品であるため,設計・建設規格の要求に適合するものではない。しかしながら,配管(ポリエチレン管)は,一般に耐食性, 電気特性(耐電気腐食),耐薬品性を有しており,鋼管と同等の信頼性を有している。また, 以下により高い信頼性を確保する。

・日本水道協会規格、ISO規格に適合したポリエチレン管を採用する。

・継手は、可能な限り融着構造とする。

また,配管(ポリエチレン管)には保温材を取り付け凍結防止対策を施す。なお,本対 策は,配管(ポリエチレン管)の紫外線劣化対策を兼ねる。

1.2.6.1.3 配管(耐圧ホース)

配管(耐圧ホース)は鋼材ではなく,一般産業品であるため,設計・建設規格の要求に 適合するものではない。しかしながら,以下により高い信頼性を確保する。

- ・耐圧ホースで発生した過去の不適合のうち、チガヤによる耐圧ホースの貫通に関して はチガヤが生息する箇所においては鉄板敷き等の対策を施す。
- ・継手金属と樹脂の結合部(カシメ部)の外れ防止対策として,結合部に外れ防止金具 を装着する。
- ・通水等による漏えい確認を行う。

1.2.6.2 耐震性評価

1.2.6.2.1 配管(鋼管)

配管(鋼管)は、原子力発電所の耐震設計に用いられている定ピッチスパン法等により サポートスパンを確保する。

- 1.2.6.2.2 配管(ポリエチレン管) 配管(ポリエチレン管)は、可撓性を有しており地震により有意な応力は発生しない。
- 1.2.6.2.3 配管(耐圧ホース) 配管(耐圧ホース)は、可撓性を有しており地震により有意な応力は発生しない。

以上

別紙-1

#### 耐震クラスの設定について

多核種除去設備等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、2021年9月8日 の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能の重要度、地震 によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響(公衆への被ばく影響)や廃炉活動へ の影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における 耐震クラス分類を参考にして適切な耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる 設計用地震力に耐えられる設計とする。

本資料では、上記の方針に基づく耐震クラスの設定について記載する。

ただし、本資料に記載が無い、2021年9月8日以前に認可された機器については、「発電 用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を参考にして耐震クラスを分類している。

- 1. Cクラスに設定する設備
  - (1)対象設備

移送タンク,移送ポンプ,移送タンク~サンプルタンク間の主配管 ただし,Bクラス相当にて評価を示す場合が有る。

- (2) 設定の理由
  - a. 破損シナリオ

地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響を評価するため,対象設備 が破損して内包する液体放射性物質が漏えいすることを想定する。

b. 影響評価

対象設備の内包水が全て漏えいすると想定し、公衆への被ばく影響を評価する。 対象設備では配管構成上、吸着塔を通水した処理済水のみを取り扱うため、処理済 水の分析結果(平成25年7月)を内包水の放射能濃度として設定する。

直接線・スカイシャイン線による被ばくについては、想定よりも保守側の条件(放 射能濃度は同一で、漏えい量が多く、最寄りの敷地境界までの距離が短い条件)に て年間1μSv未満であると評価していることから、本想定の場合も同様に年間1μ Sv未満になると評価した。

漏えい水の気中移行による被ばくについては、想定よりも保守側の条件(放射能 濃度は同一で、漏えい量が多く、最寄りの敷地境界までの距離が短い条件)にて年 間1µSv未満であると評価していることから、本想定の場合も同様に年間1µSv未 満になると評価した。

c. 耐震クラス

破損シナリオによる公衆への被ばく影響は年間 2μSv 未満であり 50μSv 以下で あることから,耐震クラスはCクラスと評価する。

以上

### 多核種除去設備上屋の耐震性に関する検討結果

1. Bクラス施設としての評価

1.1 評価方針

多核種除去設備上屋は,耐震設計審査指針上のBクラス相当の建物と位置づけられるため,耐震Bクラスとしての評価を実施する。

多核種除去設備建屋は、地上1階建で平面が 59.4m (NS) ×58.6m (EW)の鉄骨造の建 物である。基礎底面からの高さは約 20.2mであり、地上高さは約 18.9mである。基礎スラ ブは厚さ 1.5mのべた基礎で、長期許容支持力 170kN/m²以上の地盤に設置する。建屋の平面 図及び断面図を図-1~図-4に示す。

建物に加わる地震時の水平力を,NS方向はブレース,EW方向は柱・梁ともトラス形式のフレームで負担する。

耐震性の評価は、地上1階の地震層せん断力係数として 0.3 を採用した場合の当該部位 の応力に対して行う。

多核種除去設備建屋の評価手順を図-5に示す。

添付資料3では,設計GL. Om= T.P. 36. Om(※)とする。

(※) 震災後の地盤沈下量(-709mm)と0.P.からT.P. への換算値(-727mm)を用いて,下式に基づき換算している。

<換算式> T.P.=旧 0.P.-1,436mm



図-2 屋根平面図(設計 G.L.+18.9)(単位:m)

# Ⅱ-2-16-1-添 3-2





図-5 Bクラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順

1.2 評価条件(検討に用いる設計用地震力の設定)

地震層せん断力係数及び設計用地震力を表-1に示す。評価に用いる材料の許容応力度 を表-2~表-4に、基礎地盤の許容支持力度を表-5に示す。

G. L. W i		地震層せん断力係数		設計用地震力(S _B ) (kN)	
(m)	(kN)	NS	EW	NS	EW
+18.7~ +0.2	4250	0. 30		12	75

表-1 地震層せん断力係数及び設計用地震力

表-2 構造用鋼材の許容応力度

(単位:N/mm²)

	板厚	材料	基準強度F	許容応力度
推进田阁社	t $\leq$ 40mm	SS400, SN400B STK400, STKR400	235	「鋼構造設計規準」
構造用鋼材 	t $\leq$ 40mm	SM490C SNR490B	325	値により求める。

表-3 コンクリートの許容応力度

(単位:N/mm²)

		長期		短期	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断
基礎 スラブ	$F_{c}=30$	10	0.79	20	1.18

# 表-4 鉄筋の許容応力度

(単位:N/mm²)

		長	期	短	期
~		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
基礎 スラブ	SD345	215 ^{**}	195	345	345

※:呼び径 D29 以上の太さの鉄筋に対しては 195 とする。

## 表-5 基礎地盤の許容支持力度

(単位:N/mm²)

	長期	短期
支持地盤	0.17	0.34

注:建築基準法施行令第93条及び平成13年国土交通省告示第1113号に基づき算定した。

1.3 評価結果

(1) 上部架構の評価結果

解析モデルは、全ての部材を線材置換した立体モデルで、柱脚はピンとする。

検討により得られた部材応力の内,応力度/短期許容応力度が最大となる鉄骨部材の断 面検討結果を表-6に示す。

これより鉄骨部材の応力度は、短期許容応力度以下であることを確認した。

部位	荷重条件	応力度 (N/mm ² )	短期許容応力度 (N/mm ² )	応力度/短期許容応力度
トラス梁 (STK400)	積雪荷重	62 (圧縮)	170 (圧縮)	0. 37
トラス柱 (STK400)	積雪荷重	56 (圧縮)	162 (圧縮)	0. 35

表-6 鉄骨部材の応力度と短期許容応力度

(2) 基礎スラブの評価結果

基礎スラブの応力解析は,弾性地盤上に支持された版として有限要素法を用いて行う。 解析モデルは,四辺形の均質等方な板要素により構成し,支持地盤は等価な弾性ばねとし てモデル化する。

必要鉄筋比が最大となる要素と面外せん断力が最大となる要素の断面検討結果を表-7 及び表-8に示す。

これより,設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り,また面外せん断力は短期許容せん断力以 下であることを確認した。基礎スラブ配筋図を図-6に示す。

なお,基礎地盤に生じる接地圧は短期で最大 0.08 N/mm²であり,基礎地盤の短期許容支 持力度 0.34 N/mm²以内となっている。

応	力	必要鉄筋比	設計鉄筋比	必要鉄筋比
軸 力 [※] (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	(%)	(%)	/設計鉄筋比
65	619	0.10	0.38	0.27

表-7 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

※: 圧縮を正とする。

表-8 面外せん断力に対する検討結果

応 力 面外せん断力(kN/m)	短期許容 せん断力(kN/m)	応力/短期許容せん断力
500	1316	0.38

以上のことから、設計用地震力に対する耐震安全性は確保されているものと評価した。



Ⅱ-2-16-1-添 3-9

2.基準地震動Ssに対する評価

2.1 解析評価方針

建屋について,参考評価として基準地震動Ssによる地震力に対し,崩壊しないことを 確認する。

解析モデルは,基礎及び地上階の曲げ,せん断及び軸剛性を評価した質点系モデルとする。

部材の評価は、地震応答解析により得られた当該部位の応力に対して、部材の終局耐力 と比較することによって行う。ただし、部材応力が短期許容応力度以下である場合は、終 局耐力との比較を省略する。

基準地震動Ssに対する建屋の耐震性評価手順を図-7に示す。



図-7 基準地震動Ssに対する建屋の耐震性評価手順

#### 2.2 解析に用いる入力地震動

建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審 査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価 中間報告書」(原管発官19第603号 平成20 年3月31日付)にて作成した解放基盤表面レベルに想定するSs-1,Ss-2及びSs -3に基づき算定することとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図-8及び図-9に示す。この建屋の解析 モデルは、建屋と地盤の相互作用を考慮したスウェイ・ロッキングモデルである。モデル に入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 Ssに対する地盤の応答として評価する。解放基盤表面位置における基準地震動Ss-1, Ss-2及びSs-3の加速度波形を図-10及び図-11に示す。



# 図-8 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図(水平方向)



## 図-9 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図(鉛直方向)





図-10 解放基盤表面位置における地震動の加速度波形(水平方向)

## Ⅱ-2-16-1-添 3-15






図-11 解放基盤表面位置における地震動の加速度波形(鉛直方向)

# Ⅱ-2-16-1-添 3-16

2.3 地震応答解析モデル

基準地震動Ssに対する建屋の地震応答解析は,「2.2 解析に用いる入力地震動」で算定 した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、水平方向については建屋の曲げ変形とせん断変形を考慮した質 点系、鉛直方向はトラス柱の上下軸変形及びトラス梁の曲げ変形とせん断変形を考慮した 質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋-地盤連成系モデルとする。解析に用いる 物性値は以下のとおりとし、建屋解析モデルの諸元を表-9及び表-10に示す。

a)コンクリート

- ・ヤング係数  $E = 2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  ( $F_c = 30 \text{ N/mm}^2$ );基礎部
- ・ポアソン比 v =0.2
- ・単位体積重量  $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
- 減衰定数 h=5%

b)鉄骨

- ・ヤング係数  $E = 2.05 \times 10^5 \,\text{N/mm}^2$
- ・ポアソン比 v =0.3
- ・単位体積重量  $\gamma = 77 \text{ kN/m}^3$
- 減衰定数 h=2%

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。 解析に用いた地盤定数を表-11~表-13に示す。

基礎底面地盤ばねについては、「JEAC4601-2008」に示された手法を参考にして,成層補 正を行ったのち,振動アドミッタンス理論に基づいて,水平方向はスウェイ及びロッキン グばねを,鉛直方向は鉛直ばねを近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図-12に示すようにばね定数(Kc)として実部の静的な値を、また、減衰係数(Cc)として建屋-地盤連成系の1次固有振動数 $\omega_1$ に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。 K



図-12 地盤ばねの近似

Ⅱ-2-16-1-添 3-17





ぼ 占 しょうしょう しょう	厨占舌昌	立口十十	軸断面積	せん断	断面二次
貝瓜	貝瓜里里	可的		断面積	モーメント
番亏	W(KN)	香亏	$A(\times 10^{-3}m^2)$	A $_{s}(\times 10^{-3} \mathrm{m^{2}})$	I (m ⁴ )
	1140	—	—	—	—
Û	1140	12	280	67.2	0.277
(19)	1120	12	362	07.5	0.277
(12)	1120		222	61.9	0.241
(19)	060	15	552	01.8	0.241
0	(J) 960		254	(5.5	0.257
	490	14	354	65.5	0.257
(14)	480	_	—	—	—

柱端部回転ばね  $K_{\theta} = 2.36 \times 10^7 \text{ kN·m/rad}$ 

Ⅱ-2-16-1-添 3-18

	國回		単位休藉重量	ポアソン比	初期 せん断波速度 Vs ₀ (m/s)	初期	S s - 1 _n 地震時				
設計G.L. (m)	(m)	地質	γ (kN/m ³ )			せん)新弾性(系数 G ₀ (kN/m ² )	剛性低下率 G/G0	せん断弾性係数 G(kN/m ² )	せん断波速度 Vs(m/s)	縦波速度 Vp(m/s)	減衰定数 h(%)
-1.3~-9.2	7.9	段丘 堆積層	15.6	0.480	315	158, 000	0.58	92, 000	240	1,230	7
-9.2~-35.6	26.4	砂岩	17.8	0. 473	380	262, 000	0.63	165, 000	302	1,330	8
-35.6~-47.5	11.9		16.5	0.464	450	341, 000	0.77	263, 000	395	1,530	3
-47.5~-117.5	70.0	海山	17. 1	0.455	500	436, 000	0.77	336, 000	439	1,530	3
-117.5~-145.5	28.0	泥石	17.6	0.446	560	563, 000	0.77	434, 000	492	1,580	3
-145.5~-233.5	88.0		17.8	0. 442	600	653, 000	0.75	490, 000	520	1,610	3
G.L233.5 (震災前0.P196.0m)	-	解放基盤	18.5	0. 421	700	924, 000	_	924, 000	700	1,890	_

表-11 地盤定数(Ss-1_H)

表-12 地盤定数(Ss-2_H)

	回回		用位体结重量		初期 せん断波速度 Vs ₀ (m/s)	初期	S s - 2 _H 地震時				
設計G.L. (m)	/唐/孚 (m)	地質	γ (kN/m ³ )	ポアソン比		せん断弾性係数 G ₀ (kN/m ² )	剛性低下率 G/G ₀	せん断弾性係数 G(kN/m ² )	せん断波速度 Vs(m/s)	縦波速度 Vp(m/s)	減衰定数 h(%)
-1.3~-9.2	7.9	段丘 堆積層	15.6	0. 480	315	158, 000	0. 57	90, 000	238	1,210	7
-9.2~-35.6	26.4	砂岩	17.8	0. 473	380	262, 000	0.64	168, 000	304	1,340	8
-35.6~-47.5	11.9	N 111	16. 5	0.464	450	341,000	0. 78	266, 000	398	1, 530	3
-47.5~-117.5	70.0		17. 1	0. 455	500	436, 000	0. 78	340, 000	442	1,540	3
-117.5~-145.5	28.0	0676	17.6	0. 446	560	563, 000	0.82	462,000	507	1,630	3
-145.5~-233.5	88.0		17.8	0. 442	600	653, 000	0.81	529,000	540	1,670	3
G.L233.5 (震災前0.P196.0m)	_	解放基盤	18.5	0. 421	700	924, 000	_	924, 000	700	1,890	-

	困厄		単位体積重量		初期	初期	S s - 3 µ地震時				
設計G.L. (m)	(m)	地質	$\gamma (kN/m^3)$	ポアソン比	せん断波速度 Vs ₀ (m/s)	せん)新弾性係数 G ₀ (kN/m ² )	剛性低下率 G/G0	せん断弾性係数 G(kN/m ² )	せん断波速度 Vs(m/s)	縦波速度 Vp(m/s)	減衰定数 h(%)
-1.3~-9.2	7.9	段丘 堆積層	15.6	0. 480	315	158,000	0.60	95, 000	244	1,250	6
-9.2~-35.6	26.4	砂岩	17.8	0. 473	380	262, 000	0.66	173, 000	309	1, 360	7
-35.6~-47.5	11.9		16.5	0.464	450	341,000	0.78	266,000	398	1, 530	3
-47.5~-117.5	70.0	泥巴	17. 1	0.455	500	436, 000	0.76	331,000	436	1,520	3
-117.5~-145.5	28.0	10276	17.6	0.446	560	563, 000	0.73	411,000	479	1,530	3
-145.5~-233.5	88.0		17.8	0. 442	600	653, 000	0.77	503, 000	526	1,630	3
G. L233.5 (震災前0. P196. 0m)	_	解放基盤	18.5	0. 421	700	924, 000	_	924, 000	700	1,890	_

表-13 地盤定数(Ss-3_H)

2.4 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向及び鉛直方向の最大応答加速度を図-13~図-15に示す。



図-14 最大応答加速度(EW方向)

Ⅱ-2-16-1-添 3-22



図-15 最大応答加速度(鉛直方向)

2.5 耐震安全性評価結果

(1) 上部架構の評価結果

地震応答解析により得られた部材応力の内,応力度/短期許容応力度が最大となる鉄骨 部材の断面検討結果を表-14に示す。

これより地震応答解析による鉄骨部材の応力度は,短期許容応力度以下であることを確認した。

部位	方向	応力度 (N/mm ² )	短期許容応力度 [※] (N/mm ² )	応力度/短期許容応力度
トラス梁 (STK400)	NS	121 (圧縮)	<b>157</b> (圧縮)	0.78
トラス柱 (STK400)	NS	132 (圧縮)	172 (圧縮)	0.77

表-14 鉄骨部材の応力度と短期許容応力度

※ : F 値を 1.1 倍している。

## (2) 基礎スラブの評価結果

必要鉄筋比が最大となる要素と面外せん断力が最大となる要素の断面検討結果を表-1 5及び表-16に示す。

これより,設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り,また面外せん断力は短期許容せん断力以 下であることを確認した。

なお,基礎地盤に生じる接地圧は最大 0.14 N/mm²であり,基礎地盤の短期許容支持力度 0.34 N/mm²以内となっている。

応力		必要鉄筋比	設計鉄筋比	必要鉄筋比
軸 力 [※] (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	(%)	(%)	/設計鉄筋比
-240	889	0.17	0.38	0.45

表-15 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

※: 圧縮を正とする。

応 力 面外せん断力(kN/m)	短期許容 せん断力(kN/m)	応力/短期許容せん断力		
741	1316	0.57		

以上のことから、Ss地震力に対する耐震安全性は確保されているものと評価した。

以上

### 多核種除去設備の具体的な安全確保策

多核種除去設備は、高濃度の放射能を扱う設備ため、漏えい防止対策,放射線遮へい・ 崩壊熱除去,可燃性ガス滞留防止について具体的に安全確保策を以下の通り定め、実施す る。

- 1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮
- 漏えい発生防止
  - a. 処理対象水,処理済水の移送配管は,耐腐食性を有するポリエチレン管,ステンレスの鋼管もしくは十分な肉厚を有する炭素鋼の鋼管を基本とする。(別添-1)
  - b. 放射性流体を内包する配管のうち、ポリエチレン管より可撓性を有する配管を使用する必要がある箇所(各スキッド間,各吸着塔間,吸着材排出ライン,処理カラム取合部,脱水装置)は、耐圧ホース(EPDM;エチレンプロピレンジエンモノマー)を使用する。ただし、福島第一原子力発電所で発生した耐圧ホース(PVC;ポリ塩化ビニル)と継手金属との結合部(カシメ部)の外れ事象に鑑み、耐圧ホース(EPDM)と継手金属の結合部(カシメ部)に外れ防止金具を装着する。
  - c. 吸着塔, 処理カラムは, 耐腐食性を有する SUS316L または炭素鋼 (ゴムライニング付) とする。(別添-1)
  - d. 高性能容器本体は,強度,耐腐食性,耐久性,耐放射線性,耐薬品性に優れたポリエ チレンとする。(別添-1)
  - e. 鋼材もしくはポリエチレンの継手部は、可能な限り溶接構造もしくは融着構造とする。 また、G1南、H5、H6(I)、B、B南、H3、H6(II)エリアタンク設置に 伴い新設する移送配管は、漏えい堰等が設置されないフランジ構造の継手部について シール材又は発泡剤の充填を実施し、G6、G1、G4南、G4北、G5エリアタン ク設置に伴い新設する移送配管及びH8エリアタンクに多核種除去設備で処理した 処理済水を移送するため新設する移送配管は、供用の終了後に配管の水抜きを実施す る。供用の終了後とは、タンクが満水の状態となった後を示す。
  - f. タンク・槽類には水位検出器を設け、オーバーフローを防止する。
  - g. ポンプの軸封部は、漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。
  - h. バックパルスポットは、シリンダシール部、軸シール部からの微少にじみによる炭酸 塩の析出及び固着による動作不良が発生した経緯を踏まえ、軸シールの多重化等によ るシール性を向上させた改良型バックパルスポットを使用する。
  - i. バッチ処理タンクの腐食による漏えい事象を踏まえ、すき間腐食の発生の可能性があ るフランジに対し、ガスケット型犠牲陽極等を施すとともに腐食環境の促進となる次 亜塩素酸の注入はしない。
  - j. クロスフローフィルタのガスケットは、耐放射線性に優れる合成ゴム(EPDM)を使用

する。

- k. タンク増設に合わせて敷設する耐圧ホース,ポリエチレン管は設計・建設規格(JSME) に記載のない非金属材料である為,日本産業規格(JIS),日本水道協会規格(JWWA), ISO 規格,製品の試験データ等を用いて設計を行う。なお,耐圧ホース,ポリエチレ ン管の耐震性については,可撓性を有しており地震による有意な応力は発生しない。
- (2) 漏えい検知・漏えい拡大防止・混水防止
  - a. 多核種除去設備はスキッド毎に漏えいパンを設け,エリア外への漏えいを防止すると ともに,漏えい検知器を設ける。また,多核種除去設備設置エリアの最外周及びその 内側にも漏えいの拡大を防止する堰を設ける(図1)。最外周堰の高さは,各容器から の漏えい廃液全量を貯留するために必要な堰高さとすることで,施設外漏えいを防止 する。さらに,カメラを設けて免震重要棟集中監視室またはシールド中央制御室で漏 えいを監視する。
  - b. 漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構造となる場合には,漏え い拡大防止カバーで覆った上で中に吸水シートを入れ,漏えい水の拡大防止に努める。
  - c. 漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室に警報を 発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適 切な対応を図る。また、大量の漏えいが確認された場合には、緊急停止スイッチによ り多核種除去設備の運転を停止する。
  - d. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため,多核種除去設備設置エリアには床 塗装を実施する。
  - e. 多核種除去設備の設置に伴い新規に敷設する屋外移送配管について,以下の対応を行う。
    - ・ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止するため融着構造と することを基本とし、ポリエチレン管と鋼管の取合い等でフランジ接続となる箇所 については養生を行い、漏えい拡大防止を図る。また、処理対象水の移送配管は、 万一漏えいが発生した場合でも構内排水路を通じて環境に汚染水が放出することが ないように、排水路から可能な限り離隔して配管等を敷設するとともに、排水路を 跨ぐ箇所は、ボックス鋼内等に配管を敷設する。さらに、ボックス鋼端部から排水 路に漏えい水が直接流入しないように土嚢を設ける。
    - 移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプ等を停止し、系統の隔離及び土嚢の設置等により漏えいの拡大防止を図る。
    - 移送配管の更なる漏えい検知・漏えい拡大防止策について、速やかに検討し、R0 濃縮水処理によるリスク低減効果、漏えい拡大防止策の有効性や工期等を踏まえ、可能なものから実施する。対策が完了するまでの間は、巡視点検による漏えい検知を要員へ周知し、確実に実施する。

- f. 多核種除去設備の設置エリアは、エリア放射線モニタにより連続的に監視し、放射線 レベルが高い場合には免震重要棟集中監視室、シールド中央制御室及び現場に警報を 発する。
- g. タンク増設等に合わせて,追加で敷設する屋外移送配管については,e.の措置に加えて,以下の対応を行う。
   移送配管は,使用開始までに漏えい確認等を実施し,施工不良等による大規模な漏えいの発生を防止する。また,フランジ継手部は,ガスケットの経年劣化により微小漏えいの発生が懸念されることから,架空化により視認性を向上させ,毎日の巡視点検により漏えいの有無を確認する。



2. 放射線遮へい・崩壊熱除去

線源条件の設定

放射線遮へい・崩壊熱除去評価で必要となる高性能容器,各吸着塔での線源強度は, 処理対象水の放射能濃度を,発電所構内で貯留している RO 濃縮塩水及び処理装置出口 水のサンプリングデータから保守的に設定し,さらに,前処理設備,多核種除去装置 での核種除去性能を考慮して決定する。

- (2) 放射線遮へい・被ばく低減に対する考慮
- a. 多核種除去装置,高性能容器等からの放射線による雰囲気線量当量率(機器表面から 1mの位置)が1mSv/h以下となるように遮へいを設ける(別添-2)。また,多核種 除去設備からの直接線・スカイシャイン線による敷地境界での実効線量を低減するた めの遮へいをクロスフローフィルタスキッド及び循環弁スキッドに設ける。これらの

対応により,最寄りの評価点(No. 66)における直接線・スカイシャイン線の評価結果 は年間約 0. 30mSv となる。

評価点	年間線量(mSv/年)
No. 66	0.30
(参考)No.70	0.14
(参考)No.71	0.088

- b. ポンプ等の動的機器は,保守作業を考慮し遮へい体内が高線量雰囲気となる吸着塔ス キッドとは区分して配置するとともに,作業スペースを確保する。さらに,保守作業 時の放射線業務従事者の被ばく低減のため,機器のフラッシングが行える構成とする。
- c. 多核種除去設備の運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づくこと がないよう,標識等を設ける。さらに,放射線レベルの高い区域は標識を設け,運転 操作等に係る放射線業務従事者の被ばく低減を図る。
- d. 高性能容器輸送時は,適切な遮へい機能を有する鋼製の容器に収容し,放射線業務従 事者の被ばく低減を図る。
- (3) 崩壞熱除去
  - a. 処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水により熱除去する。
  - b. 使用済みの吸着材あるいは沈殿処理生成物を収容する高性能容器,処理カラムのうち, 最も発熱量が大きいストロンチウム吸着材を収容する高性能容器の貯蔵時において
     b. 容器の健全性に影響を与えるものではない。
- 3. 可燃性ガスの滞留防止
  - a. 多核種除去設備では、水の放射線分解により発生する可燃性ガスは、通水時は処理対象水により排出される。また、多核種除去設備の運転停止時は、発熱量が大きいストロンチウム吸着材を収容している吸着塔のベントを開ける運用とする。
  - b. 使用済みの吸着材, 沈殿処理生成物を収容する高性能容器は, 可燃性ガスの発生を考 慮して圧縮活性炭高性能フィルタを介したベント孔を設ける。
- 4. 誤操作の防止に対する考慮

運転操作員による誤操作により設備が自動停止した事象を受け,機器の選択操作をダブ ルアクションを要する設計とする。

5. 不具合事象への対応

多核種除去設備でこれまでに確認された不具合事象に対し,必要となる対策を実施して きた。今後発生する不具合についても同様に,必要に応じた対策を適宜実施・反映してい



a. 吸着塔 1~14 概要図

b. 吸着塔 15, 16 概要図

c. 処理カラム概要図

6. その他

く。

(1) 処理済水の保管容量

多核種除去設備等で処理した処理済み水を貯蔵する多核種処理水貯槽については, 必要に応じて増設等を実施することとする。

(2) 高性能容器の発生量

多核種除去設備において,高性能容器(タイプ2)は年間約803基(高性能容器(タイ プ1)は年間約733基)発生すると想定される(2016.1.1~2016.12.31までの積算処理量 及び高性能容器の発生量を基に処理量750m³/日×3系列運転(稼働率80%)における年間 の高性能容器の発生数を評価)。

高性能容器(タイプ1)は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設のうち、第二施設(保 管容量 736 基)に保管する。2017.8.30 現在、未使用の高性能容器(タイプ1)は78 基あ り、新たな製作予定はない。

高性能容器(タイプ 2)は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設のうち、第二施設(保 管容量 736 基)及び第三施設(保管容量 3,648 基)に保管する。

なお、必要に応じて使用済セシウム吸着塔一時保管施設を増設する。

7. 環境条件を踏まえた対応

(1) 腐食

多核種除去装置は,汚染水処理設備の処理済水を処理することから塩化物イオン濃度が 高く,また薬液注入により pH が変動することから,耐腐食性を有する材料を選定する(別 添-1)。

(2) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については,汚染水処理設備の処理済水の温 度がほぼ常温のため,劣化の可能性は十分低い。

(3) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。水の移送を停止した場合、屋外に敷設 されているポリエチレン管等は、凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポ リエチレン管等に保温材を取り付ける。また、建屋内の配管については、40A以下の配管に 対し、保温、ヒータを設置する。

今後,タンク増設等に合わせて,追加で敷設する屋外移送配管については,凍結しない 十分な厚さ(100A に対して 21.4mm 以上)を確保した保温材を取り付ける。なお,保温材は, 高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止(空気調和・衛生工学会)」に基づき、 震災以降に凍結事象が発生した外気温-8℃、内部流体の初期温度 5℃、保温材厚さ 21.4mm の条件において、内部流体が 25%※凍結するまでに十分な時間(50時間程度)があること を確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温-8℃が半日程度継続することはな い。

※「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を 25%以上と推奨

(4) 耐放射線性

ポリエチレンは,集積線量が 2×10⁵Gy に達すると,引張強度は低下しないが,破断時の 伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を 1Gy/h と仮定すると,2×10⁵Gy に到達する時間は 2×10⁵時間(22.8年)と評価される。そのため,ポリエチレン管は数年 程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

なお,系統バウンダリを構成するその他の部品には,ガスケット,グランドパッキンが あるが,他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料を使用しており,数年程度の使用は 問題ない。

(5)紫外線

屋外に敷設されているポリエチレン管等は,紫外線による劣化を防止するため,紫外線 防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける,もしくは,カーボンブ ラックを添加していない保温材を使用する場合は,カーボンブラックを添加した被覆材ま たは紫外線による劣化のし難い材料である鋼板を取り付ける。

# 多核種除去設備に使用する材料の適合性評価

1. はじめに

多核種除去設備は,RO 濃縮塩水等を処理することから,系統内の塩化物イオン濃度が 高く,また,前処理設備等での薬液注入により,pH が変動することから,多核種除去設 備の使用環境における材料の適合性について評価を実施した。

2. 使用環境における材料の適合性について

多核種除去設備を構成する主な機器の材料選定理由を表1に示す。表1の材料のうち, SUS316L, 炭素鋼に対する耐食性について評価を行った。

	2 0 · III · I · III · III	
機器	材料	選定理由
吸着塔及び 処理カラム	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていること から,耐食性に優れる SUS316L または炭素鋼(ゴム ライニング付)を使用する。
高性能容器	ポリエチレン	収容するスラリー及び吸着材の脱水後の残水には, 海水由来の塩分が含まれていることから,約20年 の貯蔵期間を想定し,金属材料よりも耐食性に優れ るポリエチレンを使用する。
タンク類	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていること から,耐食性に優れる SUS316L(バッチ処理タンク はゴムライニング付)及び炭素鋼(ゴムライニング 付)を使用する。
配管 (鋼管)	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていること から,耐食性に優れる SUS316L を使用する。また, 全面腐食の懸念はあるが,十分な肉厚が確保されて いる炭素鋼を使用する。
配管 (ポリエチレン管)	ポリエチレン	耐食性に優れることから,屋外配管に主に使用す る。
配管 (耐圧ホース)	EPDM (エチレンプロピレ ンジエンモノマー)	可撓性のある配管を使用する必要がある箇所(各ス キッド間 (各スキッド間, 各吸着塔間, 吸着材排出 ライン等) に使用する。

表1 多核種除去設備を構成する主な機器の使用材料と選定理由

2.1 ステンレス鋼 (SUS316L) 及び炭素鋼の耐食性について

ステンレス鋼(SUS316L)及び炭素鋼の腐食モードを表 2 に示す。これらの腐食モード に対する耐食性について,表 3 に示す使用範囲を考慮し評価を実施した。ただし,ガルバ ニック腐食については,絶縁パッキンや絶縁ボルト等を使用しており,異材溶接箇所はな いことから,評価対象外とした。

表2 使用材料における腐食モード

使用材料	腐食モード		
	塩化物応力腐食割れ (SCC)		
ステンレス鋼	すきま腐食		
(SUS316L)	孔食		
	全面腐食		
出表细	全面腐食		
次希到	ガルバニック腐食*		

※評価対象外

使用材料	使用範囲	塩化物イオン 濃度[ppm]	常用温度 [℃]	最大流速 [m/s]	рН
ステンレス鋼 (SUS316L)	前処理ステージ I (バッチ処理タンク入口配管のみ)	13000	40	2.6	7
	前処理ステージ I (バッチ処理タンク入口配管以外)	13000	60	1.7	7.5~8.5
	前処理ステージⅡ	13000	60	2.8	11.8 $\sim$ 12.2
	多核種吸着塔 1~5 塔目	13000	40	1.5	$11.8 \sim 12.2$
	多核種吸着塔 6~14 塔目 処理カラム~移送ポンプ	13000	40	1.5	6~7
炭素鋼	多核種吸着塔 15~16 塔目	13000	40	1.5	6~7
	ALPS 入口~前処理ステージ I 移送ポンプ~ALPS 出口	13000	40	1.7	6~7

表3 ステンレス鋼(SUS316L)及び炭素鋼を使用する範囲の環境

a. ステンレス鋼の塩化物応力腐食割れ(SCC)

塩化物応力腐食割れ(SCC)の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度が寄与する。 塩化物イオン濃度が10ppmを超える条件においては一般的に316系のSCC発生限界温度 は100℃といった値がよく用いられており、使用温度60℃、塩化物イオン濃度13000ppm の使用環境では、塩化物応力腐食割れ(SCC)が発生する可能性は低いと考えられる。

1) 化学工学協会編: "多管式ステンレス鋼熱交換器の応力腐食割れ,"化学工業社 (1984).

b. ステンレス鋼のすきま腐食

すきま腐食の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度が寄与する。SUS316 において、 使用温度 60℃,塩化物イオン濃度 13000ppm の使用環境下では、すきま腐食が発生する 可能性は否定できない。¹⁾このため、すきま腐食が発生する可能性のある箇所について 定期的な点検・保守を行っていく。また、すきま腐食が発生する可能性が高いと考えら れるバッチ処理タンクについてはゴムライニングを施工する。

c. ステンレス鋼の孔食

孔食の発生には、自然電位、使用温度、塩化物イオン濃度が寄与する。ステンレス鋼の自然電位は pH に依存し、pH が低いほど自然電位は高く孔食が発生する可能性が高くなるが多核種除去設備の使用環境 pH = 6 では 0.137 V vs. SCE 程度であり、使用温度 60℃、塩化物イオン濃度 13000ppm という条件は、孔食が発生する可能性が低い領域であることから、多核種除去設備の使用環境においては、孔食が発生する可能性は低いと 考えられる。^{2) 3)}

d. ステンレス鋼の全面腐食

全面腐食の発生には,pH及び流速が寄与する。pH6~12.2の使用環境では不動態皮膜 は安定である。また,最大流速 2.8m/s (9.2feet/s)では,全面腐食が進行する速度は 小さいと考えられる。⁴⁾⁵⁾

e. 炭素鋼の全面腐食

使用温度 30℃,塩化物イオン濃度 12000ppm における腐食速度は 0.85mm/year 程度で ある。一般的に温度が高いほど腐食速度は増加傾向にあり、20℃に対して、40℃では 1.4 倍程度である。以上の点を考慮すると、使用温度 40℃,塩化物イオン濃度 13000ppm に おける腐食速度は、1.2mm/year 程度となる。⁶⁾⁷⁾

多核種除去設備で使用する炭素鋼配管の肉厚は,50Aのもので5.5mmであり,2~3年 程度は使用上問題ないと判断できる。また,定期的な点検・保守についても併せて行っ ていく。

- 1) 宮坂松甫他,「ポンプの高信頼性と材料」,ターボ機械 第36巻 第9号,2008年9月
- 2) M. Akashi, G. Nakayama, T. Fukuda: CORROSION/98 Conf., NACE International, Paper No. 158 (1998).
- 3) ステンレス協会編: "ステンレス鋼データブック,"日刊工業新聞社, p. 270 (2000).
- 4) ステンレス協会編, ステンレス鋼便覧 第3版, 日刊工業新聞社
- 5) 腐食防食協会編,腐食・防食ハンドブック,丸善
- 6) 木下ら,防食技術, 32, 31-36(1983)
- 7) 腐食防食協会: "金属の腐食・防食 Q&A コロージョン 110 番",丸善, P10(1988)

# 2.2 腐食に対する対応方針

評価結果から,ステンレス鋼及び炭素鋼に対する対応方針を表4に示す。

使用材料	腐食モード	対応方針
ステンレス鋼 (SUS316L)	すきま腐食	<ul> <li>・運転中の巡視点検</li> <li>・代表部位に対する定期的な分解点検等</li> <li>・万一の漏えい対策として、当該部位の</li> </ul>
		ビニール養生および受けパン設置
炭素鋼	全面腐食	<ul> <li>・運転中の巡視点検</li> <li>・代表部位に対する定期的な肉厚測定等</li> </ul>

表4 腐食に対する対応方針

ステンレス鋼(SUS316L)は、海水ポンプ等の海水環境で使用される材質としては最も 一般的であり、これまでの使用実績を考慮しても、運転開始直後に腐食が発生する可能性 は低いと考えられる。しかしながら、腐食発生の可能性は否定できないことから、表4の 対応方針を保全計画に反映する。

以 上

## 高性能容器に対する線量当量率評価結果

1. 概要

放射線遮へい・被ばく低減を考慮するにあたり、高性能容器(HIC)に対する線量当量率 評価を実施した。

- 2. 評価条件
- (1) 線源

前処理で発生するスラリーと吸着材をそれぞれ線源として設定した。また,スラリー 及び吸着材 1~6 は HIC 内に均一に充填されるものとした。

なお,吸着材7については,含まれる放射性物質の濃度が低く,また,処理カラムに よる遮へい効果が高いため,線量当量率としては低くなることから評価対象から除外し た。

(2) 評価モデル

スラリーを充填する HIC の評価モデルを図1に,吸着材を充填する HIC の評価モデル を図2に示す。HIC は円柱形状でモデル化し,スラリー及び吸着材は均一に充填するも のとした。なお,実際の運転状態を考慮し,スラリーを充填する HIC は,遮へい体の上 部に開口部を設け,吸着材を充填する HIC は遮へい体の上部に開口部は設けないものと して評価を実施した。評価点は,水平方向(線源領域の中心位置)及び高さ方向に遮へ い体表面から 1m に設定した。

(3) 評価方法

線量評価では、制動エックス線を考慮した γ 線線源強度を核種生成減衰計算コード ORIGEN-S により求め、線量当量率の計算には点減衰積分コード QAD-CGGP2R を使用した。

3. 評価結果

評価点における各々のHICの線量当量率を表1に示す。また,HIC容器表面の線量当量率 を表2に示す。







図2 吸着材を充填する HIC の評価モデル

HIC 充填物		遮へい体	線量当量率	
			$(mSv/h)^{*1}$	
			水平方向	上部方向
スラリー	鉄共沈処理	鉄 112mm	9.1E-02	1.2E+01
	炭酸塩沈殿処理	鉄 112mm	1.2E-02	2.9E+00
吸着材	吸着材 1/4	鉄 112mm	2.8E-16	2.6E-16
	吸着材 2	鉄 112mm	5.9E-02	4.2E-02
	吸着材 3	鉄 112mm	4.5E-01	3.3E-01
	吸着材 6	鉄 112mm	4.1E-02	3.1E-02
	吸着材 5	鉄 112mm	5.3E-03	3.9E-03

表1 遮へい体表面から 1m における HIC の線量当量率評価結果

※1 遮へい体表面から 1m における線量当量率

HIC 充填物		線量当量率(mSv/h) ^{**2}	
		水平方向	上部方向
スラリー	鉄共沈処理	1.2E+02	1.3E+02
	炭酸塩沈殿処理	2.8E+01	3.0E+01
	吸着材 1/4	8.0E-01	8.4E-01
	吸着材 2	1.2E+02	1.3E+02
吸着材	吸着材 3	4.7E+02	5.1E+02
	吸着材 6	7.0E+01	7.6E+01
	吸着材 5	9.9E+00	1.1E+01

表2 HIC 容器表面における線量当量率評価結果

※2 HIC 容器表面における線量当量率

## 炭酸ソーダ供給に係る機器の具体的な安全確保策

炭酸ソーダ供給に係る下記の機器の具体的な安全確保策を以下の通り定め,実施する。 なお,下記の機器については「添付資料-4 多核種除去設備の具体的な安全確保策」本 文の対象範囲外とする。

- a. 炭酸ソーダ貯槽
- b. 炭酸ソーダ供給ポンプ
- c.主要配管
  - ・多核種除去設備入口から炭酸ソーダ貯槽まで (ポリエチレン管)
  - ・炭酸ソーダ貯槽から共沈タンクまで
     (鋼管) (耐圧ホース)
- 1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮
- (1) 漏えい発生防止
  - a. 腐食による漏えい発生防止のため、液性等に応じて、ポリエチレン(PE)、ステンレス鋼等を採用する。(別添-1)
  - b. タンクには水位検出器を設け、オーバーフローを防止するため、インターロックの作 動によりポンプを停止する設計とする。
  - c. 鋼材の継手部は、可能な限り溶接構造とする。ポリエチレンの継手部は、可能な限り 融着構造とする。
  - d. ポンプは,軸封部が無く軸封部があるポンプと比較して漏えいリスクの低いダイヤフ ラムポンプを採用する。
- (2) 漏えい検知・漏えい拡大防止
  - a. スキッド毎に漏えいパン及び漏えい検知器を設け、漏えいを早期に検知する。また、 漏えいの拡大を防止する堰及び床面に漏えい検知器を設ける。
  - b. 漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室に警報を 発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適 切な対応を図る。
  - c. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、設置エリアには床塗装を実施する。
  - d. ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止するため融着構造と することを基本とし、ポリエチレン管と鋼管の取合い等でフランジ接続となる箇所に ついては養生を行い、漏えい拡大防止を図る。

- ・移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプを停止し、系統の隔離及び土嚢の 設置等により漏えいの拡大防止を図る。
- 移送配管は、使用開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良等による大規模な漏 えいの発生を防止する。
- 2. 放射線遮へい・崩壊熱除去
- (1) 放射線遮へい(被ばくに対する考慮)
  - a. 機器からの放射線による雰囲気の線量当量率が0.1mSv/h 以下(放射線業務従事者が 作業を行う位置で,遮へい体を含む機器表面から1m の位置)となるよう適切な遮へ いを設ける。
  - b. 通常運転時は,免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室から遠隔での監視及び 操作を可能とする。
  - c. 保守作業時の放射線業務従事者の被ばく低減のため,機器の洗浄が行える構成とする。

(2) 崩壞熱除去

処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水時は処理水とともに熱除去される。

3. 可燃性ガスの滞留防止

水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは,通水時は処理水とともに排 出される。

- 4. 環境条件を踏まえた対応
- (1) 腐食

汚染水処理設備の処理済水を処理することから塩化物イオン濃度が高く,また薬液注入 によりpHが変動することから,耐腐食性を有する材料を選定する(別添-1)。

(2) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。水の移送を停止した場合、凍結による 破損が懸念される40A 以下の配管に対し、保温材もしくはヒータを設置する。なお、保温 材は、高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止(空気調和・衛生工学会)」に基づき、震災以降に凍結事象が発生した外気温-8℃,内部流体の初期温度5℃,保温材厚さ21.4mmの条件において、内部流体が25%※凍結するまでに十分な時間(50時間程度)があることを確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温-8℃が半日程度継続することはない。

※「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を25%以下と推奨

(3) 耐放射線性

ポリエチレンは,集積線量が2×10⁵Gyに達すると,引張強度は低下しないが,破断時の 伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を1Gy/hと仮定すると,2×10⁵Gy に到達する時間は2×10⁵時間(22.8年)と評価される。そのため,ポリエチレン管は数年 程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

系統バウンダリを構成するガスケット,グランドパッキンについては,他の汚染水処理 設備で使用実績のある材料を使用しており,数年程度の使用は問題ない。

(4) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については,処理済水による炭酸ソーダ供給 に係る機器で扱う水の温度がほぼ常温のため,劣化の可能性は十分低い。

5. 規格·基準等

「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」,日本産業規格(JIS 規格), ISO規格を準拠する。

6. 耐震性及び構造強度

(1) 耐震性

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のB クラスに相当する設備と位置付け る。機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技 術規程」等に準拠する。評価の結果、各機器について算出応力に対し十分な強度を有する ことを確認した。また、鋼管については、定ピッチスパン法に基づき定められた間隔で支 持することにより、地震応力が過大とならないようにする。

耐震性評価は,「添付資料-2 放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震 性等の評価結果」参照。なお,ポリエチレン管,耐圧ホースについては,材料の可撓性に より耐震性を確保する。

(2) 構造強度

「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準拠し設計する。評価の結果, 各機器について必要厚さを満足しており,十分な構造強度を有することを確認した。 構造強度評価は,「添付資料-2 放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震 性等の評価結果」を参照。なお,ポリエチレン管はISO規格,または,JISに準拠し耐圧ホ ースは,流体・圧力・温度条件に合致した十分実績のあるものを採用することで、必要な 強度を確保するものとする。

以上

添付資料-5

### 高性能容器の健全性評価

1. 概要

多核種除去設備で発生する使用済みの吸着材及び沈殿処理生成物の貯蔵は、耐久性、耐 放射線性、耐薬品性に優れた高性能容器(HIC;High Integrity Container)(以下、「HIC」 という)を使用する。今回、HICを福島第一原子力発電所構内で貯蔵することから、この健 全性について評価した。なお、高性能容器はタイプ1、2ともに同一の品質保証計画にて製 作されている。

# 2. 主要仕様

HICの主要仕様を表1に、概略図を図1に示す。HICには落下時の健全性を確保するため、 鋼製の補強体等を取り付ける。(図2)。

項目		目	仕様		
			高性能容器(タイプ 1)	高性能容器(タイプ 2)	
材	料	本体	ポリエチレン	ポリエチレン	
4	法	外径	1,524 mm (60インチ)	1,469mm(57 53/64インチ)	
		高さ	1,854.2 mm(73インチ)	1,864.7mm (73 7/16インチ)	
		最小厚さ	11.4 mm (0.45インチ)	11.4mm(0.45インチ)	
容	量		2.86 m ³	2. $61m^3$	
最高使用圧力(内圧)		(内圧)	静水頭	静水頭	
重	量	空重量	約1.7 ton	約 1.5ton	
			(補強体含む)	(補強体含む)	
		設計総重量	6.0 ton	5.5ton	
			(収容物及び上蓋等付属品含	(収容物及び上蓋等付属品含	
			む)	む)	

表1 主要仕様

カッコ内は製作値

3. 健全性評価

(1) 腐食・化学的影響について

a. 収容物(化学成分)

HIC本体はポリエチレンで構成されており、一部の有機溶媒を除き、一般的な化学薬品 に対して良好な耐性を有する。

HIC に収容する吸着材(表2),沈殿処理生成物及び処理過程で添加する薬品成分(次 亜塩素酸ソーダ,苛性ソーダ,炭酸ソーダ,塩酸,塩化第二鉄,ポリマー)の化学成分 に対してポリエチレンは安定している。

No. ^{%1}	吸着材の組成	除去対象核種
1	活性炭	コロイド
2	チタン酸塩	$Sr (M^{2+})$
3	フェロシアン化合物	Cs
4	Ag 添着活性炭	Ι
5	酸化チタン	Sb
6	キレート樹脂	Co $(M^{2+}, M^{3+})$
7	樹脂系吸着材	Ru, 負電荷コロイド

表2 HICに収容する吸着材の種類

※1: No.1~No.6は吸着塔, No.7は処理カラム

b. 水分 · 水質

多核種除去設備で使用する HIC は、自由水体積で 100%までの範囲を取り得るが、HIC 本体を構成するポリエチレンは水に対して安定であり、水分が HIC の健全性に影響を与 えることはない。

また,多核種除去設備において,pH は 6~12.2 となる仕様であるが,HIC 本体のポリ エチレンは耐アルカリ性が高いため,水質が HIC の健全性に影響を与えることはない。

(2) 耐熱性について

HIC の設計温度は、IAEA Safety Standards に示される A 型輸送容器に対する使用温度の 条件(-40℃~70℃(158°F))に余裕をみて、-40℃から 76.6℃(170°F)とする。米国認 可時の試験では、170°F においてポリエチレンの材料特性を維持できることが確認されて いる。

多核種除去設備で使用する HIC は,屋外配置であり,使用環境の温度下限は-10℃を想定し ていることから,設計温度下限については問題ない。一方,設計温度上限について, HIC 温度評価の結果,最も発熱量が大きいストロンチウム吸着材(吸着材2)を収容する場合 において,HIC 容器表面温度は一時保管施設(第二施設)貯蔵時で約 60℃,一時保管施設 (第三施設)貯蔵時で約 57℃となる。さらに夏期の太陽光からの入熱によるボックスカル バート上蓋の温度上昇を考慮しても,HIC 容器表面温度は一時保管施設(第二施設)貯蔵時 で約 73℃,一時保管施設(第三施設)貯蔵時において約 70℃となることから,HIC の設計 温度 76.6℃に対して低い(別添-1)。また,ポリエチレンは,95℃のクリープ試験におい て,長期間にわたり屈曲点が現れていないことから,想定される使用環境において貯蔵時 の熱負荷における劣化はない(別添-2)。このため,温度について十分に余裕がある。

### (3) 耐放射線性について

HIC は照射線量 10⁶ Gy として設計している。また, SC DHEC の認可に当たり, 3×10⁶ Gy の照射まで材料特性(強度・延性)が維持されることを確認している。多核種除去設備で 使用する HIC の照射線量は, 貯蔵開始時で約 0.5 Gy/h(年間 約 5×10³ Gy)であり,一時 保管施設貯蔵時の放射線の影響については問題ない。(別添-3)

ただし,経年劣化の知見拡充のため,未使用のHIC等をボックスカルバート内に収容し, 放射線による劣化傾向を確認する。

(4) 耐紫外線性について

HIC は、ポリエチレン材であるため、紫外線環境下は1年未満となるよう設計している。 これは米国認可要件を採用しており、2年間の紫外線曝露試験の結果、推定寿命が1~2 年と評価したことによる。

多核種除去設備で用いる HIC は、多核種除去設備運転中に紫外線環境下となるため、交換周期の長い HIC 上部には着脱式のカバーを設置し、一時保管施設貯蔵時は上蓋をしたボックスカルバートに収納する。さらに、一時保管施設(第二施設)においては通路に面する上蓋貫通孔に遮光型ガラリを設置しており(図4)、一時保管施設(第三施設)においては、上蓋の貫通孔を2回以上屈折させ(図5)、また吸気孔は外側が下向きとなるよう設置しており(別添-1図6)、内部に直射日光は到達しない。ボックスカルバート内に微量の拡散光が侵入したとしても HIC は光を通さない鋼製の補強体で覆われており、HIC のポリエチレン部が1年以上の紫外線環境下となることはない。

また,使用前の HIC が過度に紫外線環境評価下に晒されないよう,製造から工場出荷ま での紫外線照射時間を出荷時の品質保証書で確認し,輸送時に遮光カバーを取り付ける運 用・管理を実施する。

(5) 密閉性について

密閉性については、SC DHEC の認可要件として、保管期間等を考慮した信頼性の高いシー ルを選定することとされており、HIC は密閉性のあるねじ込み蓋を採用している。さらに、 HIC に収容した液体が一時保管施設貯蔵中に外部へ漏えいしないよう、収容物の体積膨張を 考慮した空間容積を確保する。

また,HIC 転倒時の漏えいを想定して,図6に示すベントフィルタに 10 kPa の水圧をかけて透過試験を実施した結果,水の透過量は約 1ml/s と少量であることを確認している。 スラリーの粘性は水に比べて高いことから,HIC 転倒時における収容物の漏えいは更に限定 的となる。よって,万一,HIC が転倒し,スラリーが漏えいした場合には,ふき取り等により速やかに回収することで対応する。

なお、ねじ込み蓋を開けることにより、HICの収容物を確認できる構造としている。

### (6) ベント機能について

SC DHEC の認可要件として内圧を開放するベントを設けることとされている。ベントフィ ルタの設置目的は、HIC 内部で発生する可燃性ガスを大気へ放出するとともに、HIC への湿 分の浸入及び HIC からの収容物の流出を最小限とすることである。ベントフィルタは、3 重構造により、フィルタエレメントへの収容物(液体)の飛散を防止する設計としており、 HIC 移送時等に収容物の揺れ等が発生しても、フィルタが閉塞することはない(図6)。な お、万一、HIC が転倒し、スラリーがフィルタに付着した際は、念のため、HIC の上蓋を取 り替える。

HIC 内の水分の蒸発は無視できるほど小さいことから、ベントフィルタ等が目詰まりする ことはない。また、蒸発した水分によるベントフィルタ等の凍結に対しては、スラリーの 発熱量は小さく、雰囲気温度0℃付近では水蒸気の発生はほとんどないため、問題ない。 仮に、ベント機能が喪失した場合、発生した水素が HIC 内部に蓄積することになるが、着 火源がないため水素爆発には至らない。

(7) 寿命について

SC DHEC は、高性能容器(タイプ1)に対し最低 300 年間は構造を維持し、廃棄物を収容 していることを認可要件としており、妥当と判断している。また、高性能容器(タイプ2) は高性能容器(タイプ1)と同一の材質であることから、同程度の寿命であることが考え られる。以上のことから、多核種除去設備で使用する高性能容器の一時保管施設貯蔵中の 構造維持は問題とならない。

(8) 落下に対する評価について

HIC 取扱いにおける落下防止対策や落下時の漏えい発生防止対策を行っており,落下時の 漏えい発生防止対策では,HIC への補強体取り付け,傾斜落下防止等の為の設備対応及び想 定される落下ケースについての落下試験を行い,落下時の健全性に問題ないことを確認し ている(別添-4)。

以上





カッコ内は製作値(インチ)

(a) 高性能容器(タイプ 1)



カッコ内は製作値(インチ)

(b)高性能容器(タイプ 2)

図1 HIC 概要





補強体(SUS304, 304 相当製) 「厚さ:側面10mm、底面20mm」

(a) 補強体



(b) 高性能容器 (タイプ1) 補強



図2 HIC 補強概要

Ⅱ-2-16-1-添 5-6



図3 ボックスカルバート内 HIC 収容(平面) 概略図




図5 一時保管施設(第三施設)ボックスカルバート内 HIC 収容概略



フィルタ



(a) 写真

拡大図(1) 収容物には粘性があるほか、以下の3重 構造により、フィルタエレメントへの収 ベント孔 ベント孔 容物(液体)の飛散を防止する設計とし ていることから、フィルタが閉塞するこ 200 とはない。 ・脱水装置取付用パン ・フィルタ蓋 脱水装置 取付用パン 圧縮活性炭高性能フ ・フィルタエレメントを側面隙間部 高性能容器 より更に上部に設置 拡大図2 フィルタエレメント 側面隙間 発生ガスの ィルら 711 流れ フィルタ^{※2}

(b) ベント構造概略

- ※1 ベント構造は、水素発生量に応じ2種類(①フィルタ 2個、ベント孔 16 個 ②フィルタ 13 個、ベント孔 32 個)を使用することで、可燃限界に対して十分低い濃度を確保する。
- ※2 フィルタは、カーボンコンポジット材(炭素繊維強化炭素複合材)を採用しており、0.4µmの微粒 子を 99.97%阻止できる。



別添-1

## HIC の温度評価

(1)一時保管施設(第二施設)

温度評価は、HIC の収容物である吸着材からの発熱を入熱条件とし、一次元の定常温度 評価により HIC 容器温度を算出したうえで、太陽光から入熱によるボックスカルバート上 蓋の温度上昇を考慮した場合の HIC 容器温度が設計温度 76.6℃以下となることを確認す る。

1. HIC 内部の発熱による容器温度の評価概要

○評価手法:1次元定常温度評価(評価体系については,図1参照)

○入熱条件:発熱量が最大となる吸着材2を充填した HIC(発熱量 58.8[₩])2 基を発熱 体とした。

○初期条件:

・ボックスカルバート外気温度 40℃

・ボックスカルバートは2段重ねに比べて保守的となる1段重ねで評価を実施 〇その他の評価条件:

・上蓋貫通孔からの空気の出入りは考慮しない(図2参照)。

・HIC接地面への除熱は考慮しない(図2参照)。

・ボックスカルバートの側面のうち,他のボックスカルバートに面する3面からの除熱は考慮しない(図2参照)。



図1 評価体系の概念図(1次元定常温度評価モデル)

※ 1 HIC のボックスカルバート内への収容時,補強体~ボック スカルバート間の距離は収容の状況に応じ一定にないこと から,この間の温度勾配はないこととする。

Ⅱ-2-16-1-添 5-10

番号	伝熱箇所	伝熱機構	距離	熱伝導率等
1	吸着材 2	固体熱伝導	1446mm	熱伝導率 0.15 [W/mK]
2	HIC (ポリエチレン)	固体熱伝導	11.4mm	熱伝導率 0.46 [W/mK]
3	空気(HIC~補強体間)	気体熱伝導	3mm	熱伝導率 0.028 [W/mK]
4	補強体 (SUS304)	固体熱伝導	10mm	熱伝導率 51 [W/mK]
5	補強体から空気(補強体~ボックス	自然対流	_ *2	熱伝達率 1.7 [W/m ² K]
	カルバート間)			
6	空気 (補強体~ボックスカルバート	自然対流	_ *2	熱伝達率 1.7 [W/m ² K]
	間)からコンクリート			
7	コンクリート	固体熱伝導	400mm	熱伝導率 1.3 [W/mK]
8	空気(ボックスカルバート外)	自然対流	_ *2	熱伝達率 2.4 [W/m²K]

表1 考慮した熱伝達機構及び温度評価に用いた熱伝導率等

※2 自然対流による伝熱のため距離に依存しない。



図2温度評価条件(ボックスカルバート)

2. 太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度評価

太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度上昇の評価を実施した。評価体 系の概念を図3に示す。上蓋コンクリートのみをモデル化し、太陽光からの入熱及び大気 放射による入熱を上蓋コンクリート上表面に与え、上蓋コンクリート下表面における温度 を評価した。

○評価手法:非定常温度評価(評価体系については,図3参照)

○入熱条件:2011年5月25日(2011年において全天日射量が最大となる日)福島気象 台の全天日射量(図4参照)にコンクリート吸収率0.75を乗じた値。

 ○外気温度条件:2011 年 8 月 14 日(2011 年において最高気温が最大となる日)福島気 象台の外気温度分布を使用(ただし,当日の最高気温 36.3℃が,1.の評価条件 40℃と 一致するように各時間の気温を 3.7℃かさ上げした仮想温度分布を使用)(図5参照)
 ○評価上考慮した熱物性:

 ・ボックスカルバート上蓋の上表面からの輻射伝熱による除熱及び上下表面からの 自然対流による除熱を考慮。

○その他の評価条件:

・上蓋コンクリート側面は断熱とし、上表面からの蒸発潜熱による除熱は考慮しな い。

3. 評価結果

HIC 内部の発熱による容器温度を評価した結果、HIC 容器の温度は、約60℃となった。

また,太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度を評価した結果,上蓋下 面の最高温度は約53℃となった。仮に外気温度が40℃で一定で太陽光からの入熱が無い場 合,上蓋下面の温度は40℃であることから,太陽光からの入熱があった場合と無い場合の 上蓋下面の温度差は最大約13℃となる。

よって、HIC 内部の発熱による容器温度の評価結果である約 60℃に上蓋の温度上昇を約 13℃が全て加算された場合においても容器温度は約 73℃となり、HIC の設計温度 76.6℃に 対して低いことから、安全上の問題はないと判断する。

なお、評価結果の妥当性確認を目的として、今後、HICの温度測定方法等について検討を 実施する。



図3 太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度評価体系の概念





図5 外気温度の時間変化

(2)一時保管施設(第三施設)

温度評価は、HICの収容物である吸着材及び沈殿処理生成物からの発熱を入熱条件とし、 三次元の定常温度評価により HIC 容器温度を算出したうえで、太陽光から入熱によるボッ クスカルバート上蓋の温度上昇を考慮した場合の HIC 容器温度が設計温度 76.6℃以下と なることを確認する。

1. HIC 内部の発熱による容器温度の評価概要

○評価手法,体系:

- 3次元定常温度評価(評価体系については,図6参照*3)
- ※3 敷地境界線量評価を踏まえた容器配置の運用上,最も除熱条件が厳しくなる配置 で評価を実施。また,水平方向は対象性を考慮してモデル化範囲を限定。
- ○入熱条件:縦2列のHIC(タイプ2)(吸着材2【発熱量53.7[W]】×2基(下段左,中 段左),沈殿処理生成物(炭酸塩沈殿処理スラリー)【発熱量6.5[W]】×4基)6基を発 熱体とした。なお,発熱量が炭酸塩沈殿処理スラリーより大きく,吸着材2より小さ い鉄共沈処理スラリーの評価は吸着材2の評価に,他の吸着材の評価は炭酸塩沈殿処 理スラリーの評価に内包される。
- ○初期条件:ボックスカルバート外気温度 40℃
- ○その他の評価条件:
  - ・輻射伝熱は考慮しない。
  - ・ボックスカルバートの側面のうち、他のボックスカルバートに面する3面からの除熱は考慮しない。
  - ・HIC 接地面への除熱は考慮しない。
  - ・ボックスカルバートの貫通孔については、換気孔8箇所、隣のボックスカルバートとのアクセス用の通気口4箇所及び75度傾斜の吸気孔2箇所を考慮。





図 6 評価体系概念

# Ⅱ-2-16-1-添 5-14

表1 考慮した熱伝達機構及び温度評価に用いた熱伝導率

伝熱箇所	伝熱機構	熱伝導率等
収容物	固体熱伝導	熱伝導率 0.15 [W/mK] ^{**4}
HIC(ポリエチレン)	固体熱伝導	熱伝導率 0.46 [W/mK]
空気	気体熱伝導	熱伝導率 0.028 [W/mK]
補強体(SUS 材)	固体熱伝導	熱伝導率 15.9 [W/mK]
ゴムマット	固体熱伝導	熱伝導率 0.13 [W/mK]
コンクリート	固体熱伝導	熱伝導率 1.3 [W/mK]

※4 収容物の熱伝導率は,吸着材 0.15[W/mK]及び沈殿処理生成物(炭酸塩沈 殿処理スラリー) 0.63[W/mK]のうち,保守的に吸着材の熱伝導率を用いる。

表2 各 HIC 内に収納される廃棄物の発熱量^{*5}

括粨	沈殿処理	里生成物	吸着材					
化里尔只	鉄共沈	炭酸塩沈殿	1	2	3	4	5	6
発熱量(W)	18.4	6.5	0.0019	53.7	0.59	0.0019	0.025	0.33

※5 各 HIC 内に収容される廃棄物の発熱量が記載値を下回ることは、補強体に覆われてい ない HIC 上部における線量当量率の測定値が、「Ⅱ-2-16-1 添付資料-4 別添-2 表2」 に記載される上部方向の線量等量率を下回ることをもって確認する。

2. 太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度評価

(1)2.と同じ

3. 評価結果

HIC 内部の発熱による容器温度を評価した結果,HIC 容器の温度は,約57℃となった。

また,太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度変化を評価した結果,上 蓋下面は約13℃上昇した。

よって、HIC 内部の発熱による容器温度の評価結果である約 57℃に上蓋の温度上昇 約 13℃が全て加算された場合においても容器温度は約 70℃となり、HIC の設計温度 76.6℃に対して低いことから、安全上の問題はないと判断する。また、一時保管施設

(第三施設) への HIC 収容の際は,容器温度が約 70℃を超えることがないように HIC を配置する。

なお第三施設への格納に際しては図6の評価体系概念に示す範囲のうち,発熱量53.7[W] と扱う HIC の収容数を2基までとすることを制限とする。

以 上

ポリエチレンのクリープに対する評価について

架橋ポリエチレン管のクリープ特性は、図1に示すような熱間内圧クリープ試験で測 定される。

一般的なプラスチック管のクリープ線図には,時間に対してクリープの発生する円周 応力が急降下する屈曲点があらわれる。この急降下はプラスチックの酸化劣化による脆 性破壊の開始をあらわしており,この時間を使用限界(寿命時間)とするのが一般的で ある^{*1}。HICの材料である架橋ポリエチレンは,巨大な網目分子構造を持っており,酸 化劣化の影響を受けにくい。円周応力 3 MPa 程度においても,95℃以下のクリープ線図 の屈曲点は,長期間(一時保管施設の貯蔵として 20 年を想定しても)あらわれず,時 間に対して直線状になっている特性がある^{*1}。

※1 架橋ポリエチレン 技術資料 架橋ポリエチレン工業会



図1. 熱間内圧クリープ試験の概念図

以上

別添-3

# HIC 貯蔵時における照射劣化の影響評価

HIC の一時保管施設における貯蔵期間(20年)において,内包する放射性物質からの放 射線照射による劣化を HIC の材料である架橋ポリエチレンに対する照射後の引張試験およ び高速曲げ試験結果から評価する。

(1) HIC 貯蔵条件

○貯蔵場所:一時保管施設のボックスカルバート(コンクリート製)内

○貯蔵期間:20年

- ○貯蔵期間(20年)における積算線量
  - ・前処理1スラリー用 HIC(前処理2スラリーと比べ表面線量が高い): 1.3×104Gy
  - ・吸着材3用HIC(吸着材のうち,最も表面線量が高い):4.6×10⁴Gy

<参考>

積算線量(40年)「貯蔵期間2倍(40年相当)における評価値」

- ・前処理1スラリー用 HIC: 2.5×10⁴Gy
- ・吸着材 3 用 HIC: 9.1×10⁴Gy
- (2) 架橋ポリエチレン照射試験条件

架橋ポリエチレンに対する照射試験の条件を表1に示す。

	空気雰囲気	
線量率	1000 Gy/h	
積算線量	5.0×10 ⁴ Gy(50 時間照射)	
	1.0×10⁵Gy(100時間照射)	
温度	室温	
サンプル数	各積算線量につき2サンプル	
照射後	①引張試験、②シャルピー衝撃試験(高速曲げ試験)	

表1 架橋ポリエチレン照射試験条件

(3) 照射後引張試験

照射後の架橋ポリエチレンに対し引張試験を行った。試験結果を表2に示す。

# 表 2 照射後引張試験結果

	最大応力〔N/mm²〕		
	サンプル1	サンプル2	
照射なし	24.5	24.4	
5.0×10 ⁴ Gy(50 時間照射)	23.9	23.9	
1.0×10 ⁵ Gy(100時間照射)	24.3	24.4	

(4) 照射後シャルピー衝撃試験(高速曲げ試験)

照射後の架橋ポリエチレンに対しシャルピー衝撃試験を行った。試験結果を表3に示す。 なお、試験はひずみ速度280 s⁻¹*で行っている。

※落下時のひずみ速度:100s⁻¹程度

	公称ひずみ [%]		
	サンプル1	サンプル2	
照射なし	80	80	
5.0×10 ⁴ Gy(50時間照射)	80	80	
1.0×10 ⁵ Gy(100時間照射)	80	80	

表3 照射後シャルピー衝撃試験結果

(5) 照射試験の結果

照射後の材料試験の結果,1.0×10⁵Gy 照射後にも材料特性に有意な変化は確認されなかった。1.0×10⁵Gy は,表面線量の高い吸着材3の仮に40年貯蔵した場合における積 算線量よりも高く,貯蔵期間20年ではHICの材料特性に影響は無い。

以上

## 高性能容器落下時の健全性確認

#### 1. 概要

多核種除去設備の運転に伴い二次廃棄物(使用済み吸着材,沈殿処理生成物)が発生 し、二次廃棄物を収容した HIC を多核種除去設備エリアから使用済セシウム吸着塔一時 保管施設へ移送する。

HIC 取扱い時に万一 HIC を落下させた場合を考慮し,漏えい発生防止対策として,HIC への補強体の取付け及び傾斜落下防止対策等の設備対応を行った。更に,対策実施後に 発生する可能性のある落下姿勢を整理した上で,HIC への影響が大きいと想定される落下 ケースについて落下試験を実施することにより落下時の健全性確認を行った。

2. 落下時の漏えい発生防止対策

HICの取扱い時に万一落下事象が発生した場合を考慮し、以下の施設対応等を行った。

- ・垂直落下に対しては、補強体及び緩衝材によって HIC の健全性を保つ。
- ・傾斜落下及び逆さ傾斜落下に対しては,傾斜落下防止対策によって,当該の落下姿勢の発生を防止する。
- ・角部落下に対しては、補強体及び緩衝材によって HIC の健全性を保つ。

また,HIC,多核種除去設備設置エリア及び一時保管施設に対する具体的な対策を以下 に示す。

(1) HIC に対する対策

・HICに補強体を取り付ける。

- (2) 多核種除去設備設置エリアでの対策
  - a. 緩衝材及び傾斜落下防止架台の設置
    - ・HIC 遮へい体内, 輸送用遮へい体内に緩衝材を設置する。
    - トレーラ後部に門型の傾斜落下防止架台を追設することにより傾斜落下を防止する。
  - b. クレーン東西方向への移動操作の制限(傾斜落下防止)
    - ・HIC 取扱時は,東西の移動(横行)機能のないクレーン操作機を使用し,傾斜落下 を防止する。
  - c. 角部への緩衝材取付
    - ・HICの吊上げ・吊下ろし時にHIC 遮へい体,輸送用遮へい体の側板上部に緩衝材を取 付ることにより角部落下時の影響を緩和する。

- (3) 一時保管施設での対策
  - ・クレーン吊上げ高さ制限(第二施設においてタイプ1は3m,タイプ2は5m,第三施設においてタイプ2は9.5m)とリミットスイッチ等による移動可能範囲の制限により、傾斜落下が発生する箇所へのHICの移動を防止する。
  - ・第二施設においては、ボックスカルバート内に傾斜落下防止の器具を予め収容した うえで、HICの収容作業を行うことにより斜め落下の可能性を排除する。

3. 落下時の健全性確認

2. の対策実施後,発生する可能性のある落下姿勢を整理し,HICへの影響が大きいと想 定されるケースについて,表1の①,②の条件でタイプ1の落下試験を複数回実施した。

また,タイプ 2 については,より高い落下条件を想定しても健全性を維持できること を開発方針とし,表1の③,④,⑤の条件で落下試験を複数回実施した。

	試験体	落下 高さ	落下面	落下姿勢	試験回数
1	高性能容器(タイプ 1) (補強体付き)	4.5m	緩衝材	垂直	2 回
2	高性能容器(タイプ 1) (補強体付き)	2.6m	□100mm 角棒 (緩衝材敷設)	垂直	2 回
3	高性能容器(タイプ 2) (補強体付き)	9.5m	緩衝材	垂直	2 回
4	高性能容器(タイプ 2) (補強体付き)	7.1m	鋼板	垂直	2 回
5	高性能容器(タイプ 2) (補強体付き)	3.1m	□200mm 角棒	垂直	2回

表1 落下試験の条件

4. 試験結果

試験の良否判定は HIC 破損による内容物の漏えいの有無及び HIC 本体の異常な損傷等の有無により行った。

試験の結果,各試験ケースとも内容物の漏えいはなく,また,HIC本体にも異常な損傷 等がないことから,落下時の漏えい発生防止対策は有効であり HIC が落下した場合にも 健全性は維持されると判断する。 5.HIC の運用方針

4. の試験結果を踏まえ, HIC については落下試験で健全性が確認できている範囲で運 用を行う。一時保管施設(第二施設)における貯蔵方法としては,高性能容器はボック スカルバート内に2体を平置きで貯蔵する。また,高性能容器(タイプ1)は,2段重ね しているボックスカルバート内には収容しないこととする。

ー時保管施設(第三施設)における貯蔵方法としては,高性能容器(タイプ2)を3段 積みできるボックスカルバート内に収容する。

以上

#### 除去対象核種の選定

#### 1. 除去対象核種の選定方針

多核種除去設備の処理対象水(淡水, RO 濃縮塩水及び処理装置出口水)は、1~3号機 原子炉内の燃料に由来する放射性物質(以下,「FP 核種」という)及びプラント運転時の保 有水に含まれていた腐食生成物に由来する放射性物質(以下,「CP 核種」という)を含んで いると想定される。多核種除去設備の設計として,処理対象水が万一環境への漏えいした場 合の周辺公衆への放射線被ばくのリスクを低減するため,処理対象水に含まれる FP 核種及 び CP 核種のうち,多核種除去設備で除去すべき高い濃度で存在する核種を推定することが 必要となる。

よって、処理対象水に含まれる放射性物質の濃度を推定するにあたり、FP 核種について は、炉心インベントリの評価結果から有意な濃度で存在すると想定される核種を選定し、そ のうち、2011/3 に放射性物質の測定を実施している核種については、測定結果から滞留水中 の濃度を推定し、測定していない核種については、炉心インベントリの評価結果から滞留水 に含まれる濃度を推定した。

また、CP 核種については、プラント運転時の原子炉保有水に含まれていた核種が滞留水 に移行していること、また、高温焼却炉建屋に滞留水を移送した際に、濃縮廃液タンクの保 有水に含まれていた核種が混入したことが考えられることから、プラント運転時の原子炉及 び濃縮廃液タンクの保有水に対する CP 核種の測定結果を用いて、滞留水に含まれる濃度を 推定した。

FP 核種, CP 核種共に多核種除去設備の稼動時期が原子炉停止後より1年後(365 日後)以降となると想定されたことから,半減期を考慮し原子炉停止365 日後の滞留水中濃度を減衰補正により推定した。減衰補正により得られた原子炉停止後365 日後の推定濃度が告示濃度限度^{*1}に対し,1/100を超える核種を滞留水中に有意な濃度で存在するものとして多核種除去設備の除去対象核種として選定した。ただし、トリチウム^{*2} については除去することが困難であるため除去対象核種から除外した。

- ※1 核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量 限度等を定める告示(別表第一第六欄周辺監視区域外の水中の濃度限度)
   ※2 H23 年9月~H25 年1月に採取した淡水化装置(逆浸透膜装置)入口水トリ
- チウム測定値: $8.5 \times 10^{2}$ Bq/cm³~ $4.2 \times 10^{3}$ Bq/cm³

#### 2. 除去対象核種の選定結果

FP 核種から 56 核種, CP 核種から 6 核種を選定し, それらを加えた計 62 核種を除去対象 核種として選定した(表1参照)。

No.	放射性物質の種類	線種	No.	放射性物質の種類	線種
1	Rb-86	βγ	32	Ba-140	βγ
2	Sr-89	β	33	Ce-141	βγ
3	Sr-90	β	34	Ce-144	βγ
4	Y-90	β	35	Pr-144	βγ
5	Y-91	βγ	36	Pr-144m	γ
6	Nb-95	βγ	37	Pm-146	βγ
7	Тс-99	β	38	Pm-147	βγ
8	Ru-103	βγ	39	Pm-148	βγ
9	Ru-106	β	40	Pm-148m	βγ
10	Rh-103m	βγ	41	Sm-151	βγ
11	Rh-106	γ	42	Eu-152	βγ
12	Ag-110m	βγ	43	Eu-154	βγ
13	Cd-113m	γ	44	Eu-155	βγ
14	Cd-115m	βγ	45	Gd-153	γ
15	Sn-119m	γ	46	Tb-160	βγ
16	Sn-123	βγ	47	Pu-238	α
17	Sn-126	βγ	48	Pu-239	α
18	Sb-124	βγ	49	Pu-240	α
19	Sb-125	βγ	50	Pu-241	β
20	Te-123m	γ	51	Am-241	α
21	Te-125m	γ	52	Am-242m	α
22	Te-127	βγ	53	Am-243	α
23	Te-127m	βγ	54	Cm-242	α
24	Te-129	βγ	55	Cm-243	α
25	Te-129m	βγ	56	Cm-244	α
26	I-129	βγ	57	Mn-54	γ
27	Cs-134	βγ	58	Fe-59	γ
28	Cs-135	β	59	Co-58	γ
29	Cs-136	βγ	60	Со-60	βγ
30	Cs-137	βγ	61	Ni-63	β
31	Ba-137m	γ	62	Zn-65	βγ

表1 除去対象核種一覧

高性能容器落下破損時の漏えい物回収作業における被ばく線量評価

#### 1. 概要

多核種除去設備の運転に伴い二次廃棄物(使用済み吸着材,沈殿処理生成物)が発生 し、二次廃棄物を収容した高性能容器(HIC;High Integrity Container)(以下,「HIC」 という)を多核種除去設備エリアから使用済セシウム吸着塔一時保管施設へ移送する。

HIC 取扱いにおける安全確保のため,落下防止対策,漏えい発生防止の実施により HIC の落下・破損の可能性を低減するが,万一の漏えい事象への対策として漏えい物回収についての作業手順の検討と作業における被ばく線量評価を行った。

2. 落下モードの想定

万一 HIC が落下する場合の落下モードとしては吊りワイヤー切断等が考えられ,クレ ーン可動制限の対策を実施していることから,垂直落下を想定する。

垂直落下に対しては、落下試験結果等から、補強体及び緩衝材を取り付けることによって、HIC本体の損傷がないこと及び補強体にき裂等の損傷はなく、内容物の漏えいがないことを確認している。

3. 漏えい範囲の想定

HIC 内のスラリー及び脱水処理された廃吸着材は,仮に HIC 落下損傷により床面に漏え いしても粘性のない液体に比べ漏えい量及び床面への広がりは限定されるものと想定され る。

(1) 多核種除去設備エリア

HIC 設置エリアは堰により漏えい範囲が限定される。また、トレーラヤードには、HIC が落下しないような措置(クレーン可動範囲の制限)をするが、万一の落下時の漏えい 拡大防止の観点からトレーラヤードの南端にはスロープ堰を設置する。併せて、漏えい 物の飛散を考慮してトレーラヤードに搬入口を設置する。

(2) 一時保管施設(第二施設)エリア

ボックスカルバート設置エリアは堰により漏えい範囲が限定されるが,排水のための堰 の切れ間には土嚢を設置する。さらにトレーラエリアには HIC が落下しないような措置お よびクレーン可動範囲の制限および柵を設置する。また,トレーラエリアの北端には盛り 上げ堰を設置する。

ボックスカルバート間の隙間は狭隘であり、ボックスカルバート間通路へ HIC が落下す ることはなく、通路上への漏えいが発生する可能性も低いと考えられる。また、ボックス カルバート内下部は塗装され水密構造となっているため、ボックスカルバート内に HIC が 落下し漏えいが発生した場合でも外部への漏えい物の流出は発生しない。 4. 評価ケースについて

回収作業時の被ばく線量を評価するにあたり,一時保管施設のトレーラエリアで吸着材3 の HIC が落下し漏えいが発生した場合の回収手順を最も厳しいケースとして評価する。評 価に用いる線量条件を表1に示す。

(評価ケース選定時の考慮事項)

- ・HIC 落下による損傷はクレーン作業時に発生することが想定されることから、クレーン稼働範囲での漏えい発生を考え、トレーラによる移動エリアでの漏えいは想定しない。
- ・クレーンの稼働範囲には堰を設けることにより、スラリーおよび廃吸着材の漏えい範囲は限定される。
- ・スラリーは流動性があるため、堰内で漏えい範囲が拡大するが、溜め枡や漏えい物水 位の最深部に回収ポンプを配置し、ろ過水で希釈することで、比較的低い線量下での 回収作業が可能である。
- ・ 廃吸着材は流動性がないため、漏えい物の拡散範囲が狭く、高線量の漏えい物に作業 員が接近して回収作業を行う必要がある。
- ・遮へい体が設置されている多核種除去設備エリアと比較し、一時保管施設トレーラ エリアは、漏えい物からの線量を遮断するものがなく、作業員の被ばく線量が多く なると考えられる。

漏えい物 (吸着材) の縁から の距離〔m〕	線量率 ^{※1} 〔mSv/h〕	
0	78	
1	27	
2	12	
3	6.8	
4	4.3	
5	3	

表1 吸着材3(Cs)漏えい時の線量条件

※1線量率:各々の距離における高さ1.5mの点での評価値

5. 回収作業手順と被ばく線量評価

(1)漏えい発生に対する準備

HIC 取扱い時には、5 人程度の作業員が現場作業に従事しており、漏えい発生時の初期対応(土嚢設置による漏えい拡大等)に従事する。なお、土嚢は多核種除去設備設置エリア、 一時保管施設エリアに予め準備しておく。

その後の漏えい物回収作業等に従事する作業員(数十人程度を想定)は,多核種除去設備操作室や免震重要棟,バックオフィス(Jヴィレッジ等)から吸引車等の必要資機材を 準備したうえ,1,2時間程度での現場集合が可能である

(2)作業手順と被ばく線量

一時保管施設のトレーラエリアにおいて吸着材が漏えいした場合を想定し、その際の回 収手順を示す。また想定被ばく線量を表 2 に示す。回収作業は、予め機材を準備すること で数時間から半日程度で実施でき、想定される総被ばく線量は 50mSv・人以下である。

<回収手順1>漏えい拡大防止(土嚢設置)



- ・HICの輸送作業に従事していた作業員(5人程度)が初動対応として、土嚢を設置。
- ・系外漏えい防止のため、一時保管施設の雨水排水用の堰の切れ間に土嚢を設置。
- ・被ばく低減のため、HICから3m離隔した場所に土嚢を設置。
- ・被ばく線量は、漏えい物から3m程度に近づく作業時間から算出。
- ・土嚢は予め一時保管エリアに準備してあり、土嚢の移動距離は数十 m 程度であるため、 作業時間は 10 分程度。

<回収手順2>HIC回収



- ・漏えい物の回収作業における被ばく線量を下げるため、線源となる HIC を回収する。
- ・HIC 吊り具は、補強体に溶接で取り付けられており、破損はないものと考える。
- ・HIC を取り扱う門型クレーンに何らかの異常が発生した場合を想定し、HIC の回収はラ フタークレーンを使用する。
- ・玉がけ作業は作業員が接近して行うが、クレーン操作は10m程度離れたラフタークレーン操作室で行うため、被ばくの影響はほとんどない。
- ・HICへの玉掛けが行いにくい横倒し状態を想定し、玉掛け作業は2人で行う。
- ・HIC は輸送用遮へい容器内へ回収する。

<回収手順3>漏えい物回収



- ・吸引車(1F構内に予め準備)を使用し、回収物吐き出し作業等による更なる被ばくを 避けるため回収容器(HIC等) へ漏えい物を直接回収する。
- ・メディアもスラリーも吸着した放射性物質が気相へ移行することはないが、念のため、 フィルターを介して吸引する。
- ・吸い込みノズルを操作する作業員は1人で行い、被ばく線量を考慮して、5分程度で交代 することを想定する。
- ・吸い込みノズルは漏えい物から 2m 程度離れた距離で操作する。



- ・ろ過水を使用し、床面等の除染を実施する。
- ・車輌サーベイ実施後、トレーラを移動させる。
- ・使用後のろ過水は水中ポンプ(1F構内に予め準備)を使用し、回収後、汚染水を収納 しているタンク等へ移送する。
- ・漏えい物を回収した後は1mSv/h以下である。
- ・トレーラエリアは床塗装が実施してあり、15人程度が約1時間作業を実施すれば、十分 に除染できると考えられる。

作業内容	想定被ばく線量**2			
<ol> <li>①漏えい拡大防止</li> <li>(土嚢設置)</li> </ol>	5 人×10 分×6.8mSv/h(@3m)	5.7mSv·人		
②HIC 回収	2 人×2 分×27mSv/h(@1m)	1.8mSv·人		
③漏えい物回収	18 人×5 分×12mSv/h(@2m)	18mSv・人		
④回収後の除染	15 人×60 分×1mSv/h 以下	15mSv·人以下		

## 表2 回収作業時の想定被ばく線量

※2 作業人数,時間は漏えい物に接近して行う作業の人数・時間である。

以上

# 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設の試験及び工事計画

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設は,設備の安定運転の維持,安全確保の観点から以下の試験及び工事について計画し,実施する。

1. 汚染水を用いた通水試験(ホット試験)の実施

多核種除去設備は、福島第一原子力発電所内に貯留している汚染水に含まれる放射性核 種を除去し、汚染水の漏えいによる放射線被ばくのリスクを低減させるもので、早期に稼 働させるべく、十分な安全対策を施した上で汚染水を用いた通水試験(ホット試験)を実 施している。ホット試験にて放射性核種の除去性能及び性能維持に関する確認を行う。ま た、各系のホット試験と併せて実施してきたインプラント通水試験の結果を踏まえ、吸着 塔の増塔工事を実施し、除去性能及び性能維持に関する確認を行う。

項目 2013年 2014年 2015年 2016年 2017年 2020年 2022年 2018年 2019年 2021年 A系ホット試験 100 B系ホット試験 C系ホット試験 ホット 試験 インプラント通水試験 A, B, C系ホット試験結果の評価等 吸着塔增塔工事 וחחר 本格運転 

2. 工程(2021年10月現在の計画)

以上

# 多核種除去設備に係る確認事項

多核種除去設備に係る主要な確認事項を表-1~15に示す。後段クロスフローフィル タについては海外製品と国内製品があるため、各々に対する確認事項を示す。

なお, ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設と兼用する配管(鋼管,ポリエチレン管,耐圧ホース)に係る主要な確認事項は,「Ⅱ 2.50 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」に示す。

# 表-1 確認事項

(デカントタンク,共沈タンク,供給タンク,バッチ処理タンク,循環タンク,移送タンク,吸着塔入口バッファタンク,吸着塔1~14,処理カラム,

	生能容器(タイプ 2))
--	--------------

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について,材料証明書等により 確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について,記録または材料証明 書により確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	外観確認	各部の外観について記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付 ていることを記録等により確 認する。	実施計画のとおり施工・据付て いること。
構造強度 ・耐震性		①確認圧力で一定時間保持し た後,確認圧力に耐えているこ と,また耐圧部からの漏えいが ないことを記録等により確認 する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。
	漏 えい 確認	②運転圧力で耐圧部からの漏 えいのないことを記録等によ り確認する。	耐圧部から著しい漏えいがない こと。
		③浸透探傷検査記録または外 観検査記録による代替検査を 実施し,耐圧部に異常の無いこ とを確認する。	耐圧部に有意な欠陥等がないこ と。

注:①②③は、いずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について,材料証明書により確	実施計画の記載とおりであるこ
		認する。	C .
		実施計画に記載した主要寸法	宝梅計画の記載とおりであるこ
	寸法確認	について, 記録または材料証明	天旭町回り記載とわりてめるこ レ
		書により確認する。	C 0
	从细难到	各部の外観について,記録を確	右音なケロがわいこと
	クト毎兄り生司心	認する。	1 息な八陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付	宇族計画のよわり拡工・提供イ
<ul><li>・耐電性</li></ul>		ていることを記録により確認	天旭計画のこわり旭工・協内 C
MIXE		する。	
		タンク基礎の不陸を記録によ	ないカ甘醂の不時に用骨がわい
		り確認する。また,支持力試験	クラク 差硬の 小陸に 共市 かない
		にて,タンク基礎の地盤支持力	ここ。また、必安な又付力を有
		を記録により確認する。	
	副口.	運用水位以上で,一定時間保持	確認圧力に耐え、かつ構造物の
	<ul><li> 耐止・ 漏えい確 認</li></ul>	後,確認圧力に耐えること,ま	変形等がないこと。また、耐圧
		た漏えいがないことを記録に	部から著しい漏えいがないこ
		より確認する。	と。

表-2 確認事項(サンプルタンク)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観について, 記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付 ていることを記録により確認 する。	実施計画のとおり施工・据付て いること。
・耐震性	耐圧・ 漏えい確 認	CODAP2005 等に基づき,確 認圧力で一定時間保持した後, 確認圧力に耐えていること,ま た耐圧部からの漏えいがない ことを記録等により確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。 また,耐圧部から著しい漏えい がないこと。

表-3 確認事項

(前段クロスフローフィルタ,出口フィルタ)

# 表-4 確認事項

(後段クロスフローフィルタ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
		実施計画に記載した主な材料について記録	実施計画のとおりで
	们们们能	を確認する。	あること。
	一十叶本羽	実施計画に記載した主要寸法について記録	寸法が許容範囲内で
	ゴムギ鹿草ひ	を確認する。	あること。
		○海外製品	
	从细难到	各部の外観について,記録により確認する。	有意な欠陥がないこ
	外鲵锥祕	○国内製品	と。
		各部の外観を確認する。	
構造強度	据付確認	機器の据付位置,据付状態について確認す	実施計画のとおり施
· 耐震性		る。	工・据付ていること。
10172212	町田・	○海外製品	
		CODAP2005 等に基づき,確認圧力で一定時	
		間保持した後,確認圧力に耐えていること,	確認圧力に耐え,かつ
		また耐圧部からの漏えいがないことを記録	構造物の変形等がな
	漏えい確	等により確認する。	いこと。
	認	○国内製品	また, 耐圧部から著し
		確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えて	い漏えいがないこと。
		いることを確認する。耐圧確認終了後,漏	
		えいの有無も確認する。	

表-5 確認事項

(苛性ソーダ貯槽,炭酸ソーダ貯槽,次亜塩素酸ソーダ貯槽,塩酸貯槽,塩化第二鉄貯槽)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料につ いて,製品検査記録等により確 認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について,製品検査記録により 確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	外観確認	各部の外観について,記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付 ていることを記録により確認 する。	実施計画のとおり施工・据付 ていること。
	耐圧・ 漏えい確 認	確認圧力で一定時間保持した 後,確認圧力に耐えているこ と,また耐圧部からの漏えいが ないことを記録等により確認 する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。

# 表-6 確認事項

(スラリー移送ポンプ,循環ポンプ1/2,デカントポンプ,供給ポンプ1/2 ブースターポンプ1/2,移送ポンプ,処理済水移送ポンプ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付 ていることを立会いまたは記 録により確認する。	実施計画のとおり施工・据付て いること。
	漏えい確 認	運転圧力で耐圧部からの漏え いがないことを記録等により 確認する。	耐圧部から著しい漏えいがない こと。
性能	運転性能 確認	ポンプの運転確認を実施し,異 常のないことを立会いまたは 記録により確認する。	異音,振動等の異常がないこと。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について,材料証明書を確認す る。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について,記録または材料証明 書を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観について, 記録によ り確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態につ いて確認する。	実施計画のとおり施工・据付て いること。
	耐圧・ 漏えい確 認	確認圧力で保持した後,確認圧 力に耐えていることを確認す る。耐圧確認終了後,漏えいの 有無も確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。

表-7 確認事項(吸着塔15,16)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構  ・  耐  震 性	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について,材料証明書または納 品書により確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について,材料証明書または納 品書により確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	外観確認	各部の外観について, 立会いま たは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおり据付てい ることを立会いまたは記録に より確認する。	図面のとおり施工・据付ている こと。
	耐圧・ 漏えい確 認 注 1	<ol> <li>①:最高使用圧力の1.5倍で一 定時間保持後,同圧力に耐えて いること,また,耐圧部からの 漏えいがないことを立会いま たは記録により確認する。</li> </ol>	最高使用圧力の 1.5 倍に耐え, かつ構造物の変形等がないこ と。また,耐圧部から漏えいが ないこと。
		②:運転圧力で耐圧部からの漏 えいのないことを立会いまた は記録により確認する。※1	耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを立会いま たは記録により確認する。	通水ができること。

表-8 確認事項 主配管(鋼管)

※1:運転圧力による耐圧部の漏えい検査が実施できない配管フランジ部については、 トルク確認等の代替検査を実施する。

注1:耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料につい て,製品検査成績書により確認 する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 (外径相当)について,製品検 査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	外観確認	各部の外観について,立会いま たは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおりに据付てい ることを立会いまたは記録によ り確認する。	図面のとおり施工・据付ているこ と。
	耐圧・ 漏えい確認 注 1	<ol> <li>①:最高使用圧力以上で一定時間保持後,同圧力に耐えていること,また,耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。</li> </ol>	最高使用圧力に耐え,かつ構造物 の変形等がないこと。また,耐圧 部から漏えいがないこと。
		<ul> <li>②:気圧により,耐圧部からの 漏えいのないことを立会いまた は記録で確認する。</li> <li>③:運転圧力で耐圧部からの漏 えいがないことを立会いまたは 記録で確認する。</li> </ul>	耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを立会いま たは記録により確認する。	通水ができること。

表-9 確認事項(ポリエチレン管)

注1:耐圧漏えい確認は、①②③のいずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料につ いて,製品検査成績書等により 確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 (外径相当)について,製品検 査成績書等により確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおり据付 ていることを記録等により確 認する。	実施計画のとおり施工・据付て いること。
	耐圧・ 漏えい確 認	<ul> <li>確認圧力で一定時間保持した</li> <li>後,確認圧力に耐えていること,また耐圧部からの漏えいが</li> <li>ないことを記録等により確認する。</li> </ul>	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。

表-10 確認事項(耐圧ホース)

表-11 確認事項 多核種除去設備

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	
	運転性能 確認	実施計画に記載の処理容量が	実施計画に記載した処理容量が	
		通水可能であることを確認す	通水可能であり、設備からの異	
性能		る。	音、振動等の異常がないこと。	
	除去性能		『東京電力株式会社福島第一原	
		処理済水に含まれる放射性核	子力発電所原子炉施設の保安及	
		種(トリチウムを除く)につい	び特定核燃料物質の防護に関し	
		て,除去対象とする 62 核種の	て必要な事項を定める告示』に	
		放射能濃度を確認する。	定める周辺監視区域外の水中の	
			濃度限度未満であること。	

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置,据付状態につ いて,記録等により確認する。	実施計画のとおり施工・据付て いること。
機能	漏えい 警報確認	設定とおりに警報が作動する ことを記録等により確認する。	漏えいを検知し, 警報が作動す ること。設定とおりに警報が作 動すること。

表-12 確認事項(漏えい検出装置および警報装置※2)

※2:漏えい検出装置および警報装置については、最新の点検データにより、健全性を 確認する。

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準		
監視	構造 確認	外観確認	各部の外観について,記録等 により確認する。	有意な欠陥がないこと。		
		据付確認	機器の据付位置,据付状態に ついて,記録等により確認す る。	実施計画のとおりに施 工・据付ていること。		
	機能 確認	警報確認	設定値どおり警報及び表示 灯が作動することを記録等 により確認する。	許容範囲以内で警報及び 表示灯が作動すること。		
	線 確 確認 校	線源校正 確認	標準線源を用いて線量当量 率を測定し,各検出器の校正 が正しいことを記録等によ り確認する。	基準線量当量率に対する 正味線量当量率が,許容範 囲以内であること。		
		校正確認	モニタ内のテスト信号発生 部により,各校正点の基準入 力を与え,その時の指示値が 正しいことを記録等により 確認する。	各指示値が許容範囲以内 に入っていること。		

表-13 確認事項(エリア放射線モニタ※3)

※3:エリア放射線モニタ等の機器については、最新の点検データにより、健全性を確認す

る。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	材料確認	構造体コンクリートの圧縮 強度を記録等により確認す る。 鉄筋の材質,強度,化学成 分を記録等により確認す る。	<ul><li>構造体コンクリート強度が、実施計画</li><li>に記載されている設計基準強度に対し</li><li>て、JASS 5Nの基準を満足すること。</li><li>JIS G 3112 に適合すること。</li></ul>
	寸法確認	構造体コンクリート部材の 断面寸法を記録等により確 認する。	構造体コンクリート部材の断面寸法 が,実施計画に記載されている寸法に 対して, JASS 5Nの基準を満足するこ と。
	据付確認	鉄筋の径,間隔を記録等に より確認する。	鉄筋の径が実施計画に記載されている とおりであること。鉄筋の間隔が実施 計画に記載されているピッチにほぼ均 等に分布していること。

表-14 確認事項(基礎)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されてい る主な材料について記録 により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	漏えいの防止のための外 周堰の高さ <b>490mm※4</b> 以 上であることを記録等に より確認する。	外周堰の高さが 490mm 以上あ ること。
	外観確認	外周堰の各部の外観につ いて,記録等により確認す る。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	外周堰その他の設備の据 付位置,据付状態につい て,記録等により確認す る。	実施計画のとおり施工・据付て いること。

表-15 確認事項(堰その他の設備)

※4:設備保有水量から算出した値

多核種除去設備の溶接部に係る主要な確認事項を表-16~表-20に示す。後段ク ロスフローフィルタについては海外製品と国内製品があるため、各々に対する確認事項を 示す。

## 表-16 確認事項

(デカントタンク,共沈タンク,供給タンク,バッチ処理タンク,循環タンク, 吸着塔入口バッファタンク,吸着塔 1~14)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料検査	使用材料が JIS 規格に適合して いることを材料証明書又は納品 書等により確認する。	使用材料が JIS 規格に適合して いること。
	開先検査	①開先面に溶接に悪影響を及ぼ す欠陥等ないことを溶接施行記 録等により確認する。	開先面に溶接に悪影響を及ぼす 欠陥等ないこと。
		②開先形状の管理が行われてい ることを溶接施行記録または管 理要領等により確認する。	開先形状の管理が行われている こと。
溶接検査 (1/3)	溶接作業 検 査 (1/2)	<ul> <li>①溶接施工法が次のいずれかであることを施工法認可証,確認試験記録等により確認する。</li> <li>・溶接規格第2部に定める溶接施工法認証標準に基づく確認試験を実施し合格したもの</li> <li>・電気事業法に基づき実施された検査において適合性が確認されたもの</li> <li>・溶接施工法認証標準と同等の施工会社社内認証標準に基づく確認試験を実施し合格したもの</li> <li>・ASME規格に基づく確認試験を実施し合格したものこと。</li> </ul>	溶接施工法が次のいずれかで あること。 ・溶接規格第2部に定める溶接 施工法認証標準に基づく確認試 験を実施し合格したもの ・電気事業法に基づき実施され た検査において適合性が確認さ れたもの ・溶接施工法認証標準と同等の 施工会社社内認証標準に基づく 確認試験を実施し合格したもの ・ASME 規格に基づく確認試験 を実施し合格したものであるこ と。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
確認事項 溶接検査 (2/3)	溶接作業 検 査 (2/2)	また,溶接士は,実作業が可能と なる次のいずれかの資格を有して いることを有資格者証明書等によ り確認する。 ・溶接規格第3部に定める溶接士 技能認証標準に基づく有資格者 ・JIS規格に基づく有資格者 ・溶接士技能認証標準と同等の施 工会社社内技能認証標準に基づく 有資格者 ・ASME規格に基づき認定された 有資格者	溶接士は,実作業が可能となる 次のいずれかの資格を有して いること。 ・溶接規格第 3 部に定める溶 接士技能認証標準に基づく有 資格者 ・JIS 規格に基づく有資格者 ・溶接士技能認証標準と同等の 施工会社社内技能認証標準に 基づく有資格者 ・ASME 規格に基づき認定さ れた有資格者
		溶接施工法であり,溶接士が保 有する資格範囲内で溶接されてい ることを溶接記録又は管理要領等 により確認する。	溶接施工法であり,溶接士が保 有する資格範囲内で溶接され ていること。
	非破壊検	①非破壊検査(浸透探傷検査※5) を実施し,溶接部に欠陥指示模様 がないことを記録等により確認す る。	溶接部に欠陥指示模様がない こと。
	査	②外観検査記録による代替検査を 実施し、溶接部に有意な欠陥等が ないことを記録等により確認す る。	溶接部に有意な欠陥がないこ と。

※5:浸透探傷検査に使用する探傷剤は必要によりメーカーカタログにて確認する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
		①確認圧力で一定時間保持した 後,確認圧力に耐えていること, また耐圧部からの漏えいがない ことを記録等により確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。
	耐圧・ 漏えい検 査	②運転圧力で漏えい検査を実施 し,漏えい等が無いことを記録 等により確認する。	耐圧部から著しい漏えいがない こと。
溶接検査 (3/3)		③浸透探傷検査記録または外観 検査記録による代替検査を実施 し、耐圧部に異常の無いことを 確認する。※6	溶接部に有意な欠陥等がないこ と。
	外観検査	<ol> <li>①溶接部の外観確認を行い,異常のないことを記録等により確認する。</li> <li>②浸透探傷検査記録による代替検査を実施し,溶接部に異常の無いことを確認する。</li> </ol>	溶接部に有意な欠陥がないこ と。

※6:タンクの汚染水入口ノズルと天板の溶接部等

注1:①2③は、いずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
溶接検査 (1/3)	材料検査	使用材料が JIS 規格等に適合し ていることを材料証明書又は納 品書等により確認する。※7	使用材料が JIS 規格等に適合し ていること。
	開先検査	①開先面に溶接に悪影響を及ぼ す欠陥等ないことを溶接施行記 録等により確認する。	開先面に溶接に悪影響を及ぼ す欠陥等ないこと。
		②開先形状の管理が行われてい ることを溶接施行記録または管 理要領等により確認する。	開先形状の管理が行われてい ること。
	溶接作業 検 査 (1/2)	<ul> <li>①溶接施工法が次のいずれかであることを施工法認可証,確認試験記録等により確認する。</li> <li>・溶接規格第2部に定める溶接施工法認証標準に基づく確認試験を実施し合格したもの</li> <li>・電気事業法に基づき実施された検査において適合性が確認されたもの</li> <li>・溶接施工法認証標準と同等の施工会社社内認証標準に基づく確認試験を実施し合格したもの</li> </ul>	<ul> <li>溶接施工法が次のいずれかで あること。</li> <li>・溶接規格第2部に定める溶接 施工法認証標準に基づく確認試験を実施し合格したもの</li> <li>・電気事業法に基づき実施され た検査において適合性が確認さ れたもの</li> <li>・溶接施工法認証標準と同等の 施工会社社内認証標準に基づく</li> <li>確認試験を実施し合格したもの</li> </ul>

表-17 確認事項(主配管)

※7:素材メーカ及び継手メーカによる溶接構造の配管等は,JIS 規格及び「配管用ステ ンレス鋼製スタブエンド」(日本金属継手協会規格)に基づき,製作されていること を材料証明書により確認する。
確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
確認事項 溶接検査 (2/3)	確認項目 溶接作業 (2/2)	また,溶接士は,実作業が可能 となる次のいずれかの資格を有 していることを有資格者証明書 等により確認する。 ・溶接規格第3部に定める溶接 士技能認証標準に基づく有資格 者 ・JIS規格に基づく有資格者 ・溶接士技能認証標準と同等の 施工会社社内技能認証標準に基 づく有資格者	溶接士は,実作業が可能となる 次のいずれかの資格を有してい ること。 ・溶接規格第3部に定める溶接 士技能認証標準に基づく有資格 者 ・JIS規格に基づく有資格者 ・溶接士技能認証標準と同等の 施工会社社内技能認証標準に基 づく有資格者
		②溶接が、あらかじめ決められた溶接施工法であり、溶接土が保有する資格範囲内で溶接されていることを溶接施工記録又は管理要領等により確認する。	溶接が,あらかじめ決められ た溶接施工法であり,溶接士が 保有する資格範囲内で溶接され ていること。
	非破壊検	<ol> <li>①非破壊検査(浸透探傷検査※</li> <li>8)を実施し、溶接部に欠陥指示 模様がないことを記録等により 確認する。</li> </ol>	溶接部に欠陥指示模様がないこ と。
	査	②外観検査記録による代替検査 を実施し,溶接部に有意な欠陥 等がないことを記録等により確 認する。	溶接部に有意な欠陥がないこと。

※8:浸透探傷検査に使用する探傷剤は必要によりメーカーカタログにて確認する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
溶接検査 (3/3)	耐圧・ 漏えい検 査	①確認圧力で一定時間保持した 後,確認圧力に耐えていること, また耐圧部からの漏えいがない ことを記録等により確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。
		②運転圧力で耐圧部からの漏え い検査を実施し,漏えい等が無 いことを記録等により確認す る。	耐圧部から著しい漏えいがない こと。
	外観検査	溶接部の外観確認を行い,異常 の無いことを記録等により確認 する。	溶接部に有意な欠陥がないこと。

注1:①②は、いずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料検査	使用材料が, EN 規格等の 海外規格に準拠している ことを材料証明書により 確認する。	使用材料が,EN 規格等の海 外規格に準拠していること。
	開先検査	開先形状が, EN 規格等に 準拠していることを製作 図等により確認する。	開先形状が,EN規格等に準 拠していること。
	溶接作業 検査	EN 規格に定められた溶接 施工法及び溶接士の資格 を有していることを記録 等により確認する。	EN 規格に基づく,溶接施工 法及び溶接士により溶接施 工されていること。
溶接検査	非破壊試験	長手溶接部について,非破 壊検査(放射性透過試験) を実施し,試験方法及び結 果がCODETI2006等に適 合していることを記録に より確認する。	非破壊検査(放射性透過試 験)の試験方法及び結果が CODETI2006 等に適合して いること。
	耐圧漏えい 検査	CODAP2005 等に基づき 確認圧力で保持した後,確 認圧力に耐えていること また,耐圧部からの漏えい がないことを記録等によ り確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物 の変形等がないこと。 また,耐圧部から著しい漏え いがないこと。
	外観検査	溶接部の外観確認を行い, 異常のないことを記録等 により確認する。	溶接部に有意な欠陥がない こと。

表-18 確認事項(前段クロスフローフィルタ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
		○海外製品	○海外製品
		使用材料が,EN 規格等の海外	使用材料が,EN 規格等の海外
		規格に準拠していることを材	規格に準拠していること。
		料証明書により確認する。	
	材料検査	○国内製品	○国内製品
		材料が溶接規格等に適合する	材料が溶接規格等に適合する
		ものであり、溶接施工法の母	ものであり,溶接施工法
		材の区分に適合することを確	の母材の区分に適合するもの
		認する。	であること。
		○海外製品	○海外製品
		開先形状が,EN 規格等に準拠	開先形状が,EN規格等に準拠
	開先検査	していることを製作図等によ	していること。
波拉松木		り確認する。	
俗按快宜		○国内製品	○国内製品
(1/2)		開先形状等が溶接規格等に適	開先形状等が溶接規格等に適
		合するものであることを確認	合するものであること。
		する。	
		○海外製品	○海外製品
		EN 規格に定められた溶接施工	EN 規格に基づく,溶接施工法
		法及び溶接士の資格を有して	及び溶接士により溶接施工さ
		いることを記録等により確認	れていること。
	溶接作業	する。	
	検査	○国内製品	○国内製品
		あらかじめ確認された溶接施	あらかじめ確認された溶接施
		工法及び溶接士により溶接が	工法及び溶接士により溶接施
		行われていることを確認す	エしていること。
		る。	

表-19 確認事項(後段クロスフローフィルタ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
		○海外製品	○海外製品
		長手溶接部について,非破壊検査	非破壊検査(放射性透過試験)
		(放射性透過試験)を実施し、試	の試験方法及び結果が
		験方法及び結果が CODETI2006 等	CODETI2006 等に適合している
	非破撞封	に適合していることを記録によ	こと。
	が収壊れ	り確認する。	
	闷失	○国内製品	○国内製品
		溶接部について非破壊検査を行	溶接部について非破壊検査を
		い,その試験方法及び結果が溶接	行い、その試験方法及び結果が
		規格等に適合するものであるこ	溶接規格等に適合するもので
		とを確認する。	あること。
		○国内製品	○国内製品
		溶接部を代表する試験片にて機	溶接部を代表する試験片にて
	機械試験	械試験を行い,当該試験片の機械	機械試験を行い, 当該試験片の
		的性質が溶接規格等に適合して	機械的性質が溶接規格等に適
		いるものであることを確認する。	合しているものであること。
波拉拉木		○海外製品	○海外製品
(9/9)		CODAP2005 等に基づき確認圧力で	確認圧力に耐え、かつ構造物の
(2/2)		保持した後,確認圧力に耐えてい	変形等がないこと。
		ること,また,耐圧部からの漏え	また, 耐圧部から著しい漏えい
	耐圧渥う	いがないことを記録等により確	がないこと。
	心検査	認する。	
		○国内製品	○国内製品
		確認圧力で保持した後,確認圧力	確認圧力で保持した後,確認圧
		に耐えていることを確認する。耐	力に耐えていること。耐圧確認
		圧確認終了後, 耐圧部分からの漏	終了後, 耐圧部分からの漏えい
		えい有無を確認する。	がないこと。
		○海外製品	
		溶接部の外観確認を行い,異常の	
		ないことを記録等により確認す	外観上、傷・ヘこみ・変形等の
	从知论木	る。	異常がないこと。また、溶接部
	26戰(快)宜	○国内製品	の溶接施工状況に異常がない
		耐圧・漏えい検査後外観上, 傷・	こと。
		へこみ・変形等の異常がないこと	
		を確認する。	

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料検査	使用材料が, ASTM 規格等の 海外規格に準拠している ことを材料証明書により 確認する。※9	使用材料が,ASTM 規格等の海 外規格等に準拠しているこ と。
	開先検査	開先形状の管理が行われ ていることを管理要領等 により確認する。	開先形状の管理が行われて いること。
溶接検査	溶接作業 検査	ASME 規格に定められた溶 接施工法及び溶接士の資 格を有していることを記 録等により確認する。	ASME 規格に基づく, 溶接施工 法及び溶接士により溶接施 工されていること。
	耐圧漏えい 検査	確認圧力で一定時間保持 した後,確認圧力に耐えて いること,また耐圧部から の漏えいがないことを記 録等により確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物 の変形等がないこと。また, 耐圧部から著しい漏えいが ないこと。
	外観検査	溶接部の外観確認を行い, 異常の無いことを記録等 により確認する。	溶接部に有意な欠陥がない こと。

表-20 確認事項(主配管 海外製品溶接検査)

※9:素材メーカによる溶接構造の配管等は,海外材料規格に基づき製作されている ことを材料証明書により確認する。

注2:「表-18~20確認事項」のうち海外製品の確認範囲は,「東京電力株式 会社 福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関 する規則」の第26条第4号に規定する範囲とする。 添付資料-2 1.2.6.1.1.1 図-1 配管概略図(9/15)に記載のあるE,H5北, H6北エリアへの多核種処理設備処理済水移送配管に関する確認事項を表-21に示す。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した材料につ いて,製品検査成績書等により 確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 (外径相当)について,製品検 査成績書等により確認する。	実施計画の記載とおりであるこ と。
	外観確認	各部の外観について記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
構造強度 ・耐震性	据付確認	取付・取外し運用を行う配管の 接続前および接続後において, 機器が系統構成図とおりに据 付されていることを記録等に より確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。
	耐圧・漏 えい確認	取付・取外し運用を行う配管の 接続前および接続後において, 最高使用圧力以上で一定時間 保持後,確認圧力に耐えている こと,また耐圧部からの漏えい がないことを記録等により確 認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また,耐圧 部から著しい漏えいがないこ と。

表-21 確認事項(Eエリア等への多核種処理設備処理済水移送配管)

RO 濃縮水処理設備から用途変更する機器に関する確認事項を表-22に示す。

RO 濃縮水処理設備から他設備へ用途変更する機器は、用途変更に伴い、構造強度・耐震性、 機能及び性能について変更はないことから、用途変更後も機器を継続使用する。なお、用 途変更する機器に係わる確認事項については、継続使用しながら確認を実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確 認する。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	主要寸法について記録を確 認する。	製造者寸法許容範囲内で あること。
	外観確認	各部の外観を確認する。**1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確 認する。 ^{※1}	実施計画のとおり施工・据 付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	現場状況を考慮し製造者指 定方法・圧力による漏えい有 無を確認する。	耐圧部から著しい漏えい がないこと。

表-22-1 確認事項(主配管(PE管))

※1 現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表-22-2 確認事項(主配管(閉止部))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観・据付	配管閉止部の外観、据付状態	実施計画の通りであるこ
・耐震性	確認	について確認する。	と。
长长台口	+%k 台上 T 左 寻刃	配管が実施計画の通り施工さ	実施計画の通りであるこ
17改 月已	17改 月上 71年 前公	れていることを確認する。	と。

多核種除去設備の薬品供給設備に係る主要な確認事項を表-23~26に示す。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	
	堀≁堀翔	機器の据付位置, 据付状態につ	実施計画のとおり施工・据付さ	
構造強度 ・耐震性	<b></b> 拓竹 唯 認	いて確認する。	れていること。	
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部分からの漏	耐圧部から漏えいがないこと。	
		えいの有無を記録で確認する。		
性能	運転性能 確認		実施計画に記載した容量を満足	
		ポンプの運転確認を行う。	すること。	
			また、異音、異常振動等がない	
			こと。	

表-23 確認事項(炭酸ソーダ供給ポンプ)

表一	2.4	確認事項	(主配管	(錮管))
1	2 1			

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	十十小に「アセンテス」	実施計画に記載した主な材料について	実施計画のとおりである
	小小 小小 小田 中心	材料証明書等を確認する。	こと。
		実施計画に記載した外径、厚さについ	実抜計画のしわりでなる
	寸法確認	て記録または材料証明書等を確認す	夫旭司 回り こわり このる
構造強度		る。	
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
・耐震性	据付確認	松田の根は此地について変われて	実施計画のとおり施工・
		機器の据的状態について確認する。	据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐	確認圧力に耐え、かつ構
		えていることを記録で確認する。耐圧	造物の変形等がないこ
		確認終了後、耐圧部分からの漏えいの	と。また, 耐圧部から漏
		有無を記録で確認する。	えいがないこと。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
		実施計画に記載した主な材料について	実施計画のとおりである
	们们们能	検査成績書等を確認する。	こと。
		実施計画に記載した主要寸法(外径相	実施計画のとおりである
	寸法確認	当) について検査成績書等を確認する。	こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
<ul><li>構道強度</li><li>・耐震性</li></ul>	据付確認	機関の堀付供能について確認する	実施計画のとおり施工・
		1波曲の地内仏感について推動する。	据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐	確認圧力に耐え、かつ構
		えていることを記録で確認する。耐圧	造物の変形等がないこ
		確認終了後、耐圧部分からの漏えいの	と。また,耐圧部から漏
		有無を記録で確認する。	えいがないこと。

表-25 確認事項(耐圧ホース)

表一26 確認	事項(ポリ	エチレン管)
---------	-------	--------

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料に ついて材料証明書等を確認す る。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した外径,厚さ について記録または材料証明書 等を確認する。	実施計画のとおりである こと。
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
· 耐震性	据付確認	機器の据付状態について確認す る。	実施計画のとおり施工・据 付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	最高使用圧力以上の圧力で保持 した後,確認圧力に耐えている ことを記録で確認する。耐圧確 認終了後,耐圧部分からの漏え いの有無を記録で確認する。	最高使用圧力以上の圧力 に耐え、かつ構造物の変形 等がないこと。また、耐圧 部から漏えいがないこと。

以上

### 保管中高性能容器内水抜き装置の設置について

1. 概要

『2.16.1 多核種除去設備』及び『2.16.2 増設多核種除去設備』における処理の過程で 発生した使用済みの吸着材又は沈殿処理生成物を貯蔵している高性能容器(HIC; High Integrity Container)の保管中に、容器内の液位が上昇する事象が確認された。

このため、保管中の高性能容器内の液位上昇が想定される場合に、上澄み水を回収して 液位を低下させることを目的として保管中高性能容器内水抜き装置を設置する。

2. 主要仕様

保管中高性能容器内水抜き装置は、1系列構成とし、ポンプ、配管、監視制御設備等で構成され、使用済セシウム吸着塔一時保管施設(第二施設)のボックスカルバート内に設置する。

本装置は、保管中の高性能容器の上澄み水を回収し、上澄み水貯蔵用の別の高性能容器 に移送することが可能な構成とする。なお、上澄み水貯蔵用の高性能容器は、高性能容器 (タイプ2)を使用する。また、本装置で回収された上澄み水は、多核種除去設備または増 設多核種除去設備で処理する。

保管中高性能容器内水抜き装置の主要仕様を以下に示す。また,設置位置及び概要図を, それぞれ図1,図2に示す。

(1) ポンプ

a. 保管中高性能容器内水抜きポンプ(完成品)

台	数	1台
容	量	30 L/min以上
駆動	方法	空気駆動

(2) 配管

表1 主要配管仕様(1/2)

名称		仕様
水抜き対象高性能容器から保管中	呼び径/厚さ	25A/Sch. 40
高性能容器内水抜きポンプまで		25A/Sch. 10S
(鋼管)	材質	SUS316L
	最高使用圧力	大気圧
	最高使用温度	40 °C

名称		仕様
水抜き対象高性能容器から保管中 高性能容器内水抜きポンプまで (耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A 相当 ポリ塩化ビニル 大気圧 40 ℃
保管中高性能容器内水抜きポンプ から上澄み水貯蔵用高性能容器ま で (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A/Sch. 40 25A/Sch. 10S SUS316L 0. 4 MPa 40 ℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A相当 ポリ塩化ビニル 0.4 MPa 40 ℃

表1 主要配管仕様(2/2)

(3) 上澄み水貯蔵用高性能容器(タイプ2)(完成品)

基数	5 基
容量	$2.61 m^3$

- 3. 健全性評価
  - (1) 放射性物質の漏えい発生防止等について
  - a. 漏えい発生防止
    - (a) 上澄み水の移送配管は、耐腐食性を有するステンレス鋼管又は耐圧ホース(二重管)を使用する。
       耐圧ホースを使用する箇所については、福島第一原子力発電所で発生した耐圧ホースと継手金属との結合部(カシメ部)の外れ事象に鑑み、耐圧ホースと継手金属の結合部に外れ防止金具を装着する。また、福島第一原子力発電所で発生した耐圧ホースの劣化による漏えい発生事象に鑑み、上澄み水の回収作業時に、耐圧ホースの曲げ部が許容曲げ半径より小さい半径となっていないこと、耐圧ホースに変色、剥離、亀裂等の劣化がないことを確認する。
    - (b) 保管中高性能容器内水抜きポンプは, 耐腐食性を有するステンレス鋼製とする。
    - (c) 上澄み水貯蔵用の高性能容器には液位検出器を設け、オーバーフローを防止する ためにインターロックの作動によりポンプを停止できる設計とする。
  - b. 漏えい検出・漏えい拡大防止
    - (a) 保管中高性能容器内水抜き装置のポンプ,配管等及び高性能容器には漏えいパン を設け,外部への漏えいを防止する。
    - (b) 漏えいパン内には漏えい検出装置を設置し,漏えいを検出した場合には,現地の 監視盤に警報を発するとともに,インターロックの作動によりポンプを停止でき

Ⅱ-2-16-1-添10-2

る設計とする。

- (c) 漏えいパンが設置されていない耐圧ホース部については、上澄み水の回収作業中は監視員を配置し、漏えいの発生を監視する。 なお、漏えいパンが設置されていない耐圧ホース部で万一漏えいが発生した場合でも、漏えい水は防水塗装を施したボックスカルバート内に留まるため、外部に漏えいすることはない。
- (2) 放射線遮へい及び被ばくの低減について

上澄み水の回収操作は遠隔で行える設計とし,離隔距離を確保することにより被ばくを 低減する。

(3) 可燃性ガスの滞留防止及び粒子状放射性物質の除去について

上澄み水の回収作業に伴い,保管中の高性能容器内に滞留していた可燃性ガスが放出されるおそれがあるため,局所排風機により,保管中高性能容器内水抜き装置及び高性能容器が設置されるカバー内に可燃性ガスが滞留することを防止する。また,排出する可燃性ガスに粒子状の放射性物質が含まれる可能性がある場合には,局所排風機にHEPAフィルタを設置し,粒子状の放射性物質を除去する。

- (4) 環境条件等への対策について
- a. 腐食

保管中高性能容器内水抜き装置は,塩化物イオン濃度が高い上澄み水を回収することから,耐腐食性を有する材料を選定する。

b. 熱による劣化

保管中高性能容器内水抜き装置の処理水の温度は,ほぼ常温のため,材料の劣化の懸念 はない。

c. 凍結

上澄み水を回収する過程では,系統水が流れているため凍結のおそれはない。また,上 澄み水回収作業の終了時には,ポンプ,配管内を水抜きすることから凍結のおそれはない。

d. 耐放射線性

系統バウンダリを構成するシール部材として、ダイヤフラム、ガスケットが挙げられる が、他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料(EPDM,黒鉛)を使用しており、その使 用実績から、数年程度の使用は問題ないと考えられる。

e. 長期停止中の措置

保管中高性能容器内水抜き装置を長期停止する場合は,必要に応じて装置内をフラッシングするとともに,内部の水抜きを実施することにより,腐食及び凍結を防止する。

- (5) 自然災害等への対策について
- a. 津波

保管中高性能容器内水抜き装置は,アウターライズ津波が到達しないと考えられるT.P. 約28m以上の場所に設置する。

b. 火災

火災発生を防止するため、可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。また、初期 消火の対応ができるよう、保管中高性能容器内水抜き装置を設置するボックスカルバー ト近傍に消火器を設置する。水抜き作業時は作業員が常時設備近傍にいることから、火 災が発生した場合には早期に検知し初期対応を実施する。

c. 豪雨, 台風及び竜巻

保管中高性能容器内水抜き装置は,雨水の浸入防止のため,耐候性を有するカバー内 に設置する。

台風の接近や竜巻の発生等により,強風の発生が予見される場合には,耐候性を有す るカバーに替えて鋼製の蓋で装置を覆うことにより装置の損傷を防止するとともに,水 抜き作業を中止する。

### (6) 構造強度及び耐震性について

a. 構造強度

保管中高性能容器内水抜き装置を構成する主要な機器は、「実用発電用原子炉及びその附属 施設の技術基準に関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号)」にお いて、廃棄物処理設備に相当すると位置付けられる。これに対する適用規格は、「JSMESNC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下、「設計・建設規格」という。)で規定され、 機器区分クラス3の規定を適用することを基本とするが、クラス3機器に該当しない機器や、 設計・建設規格の適用が困難な場合は、JIS等の一般産業品を採用する。

b. 耐震性

保管中高性能容器内水抜き装置を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは, 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけられ, 耐震性を評価するにあたっては,「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」(以下,「耐 震設計技術規定」という。)等に準拠する。また,参考評価として,基準地震動 Ss 相当 の水平震度に対して健全性が維持されることを確認する。

(7) 機器の単一故障への対策について

保管中高性能容器内水抜き装置は、1系列構成であるが、動的機器、電源系統等の単一 故障については、機器の取替等により速やかな処理再開が可能である。 (8) 機器の保全について

保管中高性能容器内水抜き装置は,機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

以上





Ⅱ-2-16-1-添10-6



図2 保管中高性能容器内水抜き装置概要図

保管中高性能容器内水抜き装置に関する構造強度及び耐震性の評価結果

保管中高性能容器内水抜き装置を構成する設備について,構造強度及び耐震性の評価を 行う。

- 1. ポンプ
- (1) 構造強度評価

ポンプは一般産業品とするため,設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しか しながら,以下により高い信頼性を確保する。

・耐腐食性(塩分対策)を有したポンプを選定する。

・試運転により、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認する。

- (2) 耐震性評価
- a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規定の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルト の強度が確保されていることを確認した(表1)。



基礎ボルトに作用する引張力:  $F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$ 基礎ボルトの引張応力:  $\sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$ 基礎ボルトのせん断応力:  $\tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$ 

Ⅱ-2-16-1-添 10-8

b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較するこ とにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定 モーメントより小さくなることから、転倒しないことを確認した(表1)。また、地震に よる転倒モーメントが自重による安定モーメントより大きくなるものについては、a. での 計算により基礎ボルトの強度が確保されていることから、転倒しないことを確認した。



m:機器質量
 g:重力加速度
 H:据付面から重心までの距離
 L:転倒支点から機器重心までの距離
 C_H:水平方向設計震度

地震による転倒モーメント: $M_1 = m \times g \times C_H \times H$ 自重による安定モーメント: $M_2 = m \times g \times L$ 

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
	本体	転倒	0.36	$1.06 \times 10^4$	$1.33 \times 10^{4}$	N•mm
保管中高性能容器内水抜きポンプ	基礎	引張	0.36	-	153	MPa
	ボルト	せん断	0.36	1	118	MPa
保管中高性能容器内	本体	転倒	0.36	2. $48 \times 10^5$	$1.15 \times 10^{6}$	N•mm
水抜きポンプユニッ	基礎 ボルト	引張	0.36	_	183	MPa
		せん断	0.36	1	141	MPa
	本体	転倒	0.36	7.59 $\times 10^{6}$	$1.32 \times 10^{7}$	N•mm
保管中高性能容器内水抜きポンプ架台	基礎	引張	0.36	_	183	MPa
	ボルト	せん断	0.36	7	141	MPa

表1 耐震評価結果(1/2)

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
	本体	転倒	0.80	2. $34 \times 10^4$	$1.33 \times 10^{4}$	N•mm
保管中高性能容器内水抜きポンプ	基礎	引張	0.80	1	153	MPa
	ボルト	せん断	0.80	1	118	MPa
保管中高性能容器内	本体	転倒	0.80	5. $50 \times 10^5$	$1.15 \times 10^{6}$	N•mm
水抜きポンプユニッ	基礎 ボルト	引張	0.80	_	183	MPa
		せん断	0.80	3	141	MPa
	本体	転倒	0.80	$1.69 \times 10^{7}$	$1.32 \times 10^{7}$	N•mm
保管中高性能容器内水抜きポンプ架台	基礎 ボルト	引張	0.80	5	183	MPa
		せん断	0.80	14	141	MPa

表1 耐震評価結果(2/2)

2. 配管

(1) 構造強度評価

a. 配管(鋼管)

配管(鋼管)はJIS規格に適合した一般産業品とするため、設計・建設規格の要求には 必ずしも適合しない。しかしながら、以下により高い信頼性を確保する。

 ・材料は「JIS G 3459」,耐圧設計は設計・建設規格「PPD-3411(1)」に適合した配管 (鋼管)を選定する。

・耐腐食性(塩分対策)を有した配管(SUS316L)を選定する。

・通水等による漏えい確認を行う。

b. 配管(耐圧ホース)

配管(耐圧ホース)は鋼材ではなく、一般産業品であるため、設計・建設規格の要求に は適合しない。しかしながら、以下により高い信頼性を確保する。

- ・耐圧ホースと継手金属との結合部には、外れ防止金具を装着する。
- ・耐圧ホースの曲げ部は、許容曲げより大きい曲げで使用する。
- ・通水等による漏えい確認を行う。
- (2) 耐震性評価
- a. 配管(鋼管)

配管(鋼管)は、原子力発電所の耐震設計に用いられている定ピッチスパン法等により サポートスパンを決定する。

b. 配管(耐圧ホース)

配管(耐圧ホース)は、可撓性を有しており地震により有意な応力は発生しない。

以上

### 保管中高性能容器内水抜き装置に係る確認事項

保管中高性能容器内水抜き装置に係る主要な確認事項を表1~5に示す。

なお、上澄み水貯蔵用の高性能容器については、『2.16.1 多核種除去設備』及び『2.16.2 増設多核種除去設備』の高性能容器と同等の検査を実施する。

表1 確認事項

(鋼管)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した材料につ いて,材料証明書等により確認 する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について,検査記録等により確 認する。	実施計画のとおりであること。
構造強度	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
・耐震性	据付確認	機器が系統構成図どおり据付 されていることを記録等によ り確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で一定時間保持後,確 認圧力に耐えていること,また,耐圧部からの漏えいがない ことを,記録等により確認す る。※1	確認圧力に耐え、かつ、構造物 の著しい変形等がないこと。 また、耐圧部からの著しい漏え いがないこと。

※1 現地で施工するフランジ部については、運転圧による漏えい確認又は、締結部のト ルク確認等を実施する。

表2 確認事項

(耐圧ホース)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した材料につ いて,材料証明書等により確認 する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 (内径相当)について,検査記 録等により確認する。	実施計画のとおりであること。
構造強度 • 耐電性	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
III] JACIL	据付確認	機器が系統構成図どおり据付 されていることを記録等によ り確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で一定時間保持後,確 認圧力に耐えていること,耐圧 部からの漏えいがないことを, 記録等により確認する。	確認圧力に耐え,かつ,構造物 の著しい変形等がないこと。 また,耐圧部からの著しい漏え いがないこと。

表3 確認事項

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図どおり据付 されていることを記録等によ り確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。
	漏えい確認	運転圧力において耐圧部から の漏えいがないことを確認す る。	耐圧部からの著しい漏えいが ないこと。
性能	運転性能 確認	ポンプの運転状態に異常がな いことを確認する。	実施計画に記載した容量を満 足すること。 また,異音,振動等の異常がな いこと。
機能	インターロ ック確認	上澄み水貯蔵用高性能容器液 位高高信号により,ポンプが停 止することを確認する。	警報が作動すること。 ポンプが停止すること。

(保管中高性能容器内水抜きポンプ (完成品))

表4 確認事項

(漏えい検出装置及び自動警報装置)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観について,記録等に より確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置,据付状態につ いて,記録等により確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。
機能	漏えい警報 確認	漏えい信号により、警報が作動 することを確認する。	警報が作動すること。
	インターロ ック確認	漏えい信号によりポンプが停 止することを確認する。	警報が作動すること。 ポンプが停止すること。

# 表5 確認事項

(保管中高性能容器内水抜き装置)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
性能	運転性能 確認	保管中高性能容器内水抜き装 置の運転状態に異常がないこ とを確認する。	水抜き対象高性能容器から,上 澄み水貯蔵用高性能容器に上 澄み水が回収されること。 また,異音,振動等の異常がな いこと。

以上

別添-3

工事工程表

	平成 27 年					平成	28 年				
	12 月	1月	2月	3月	4月	5 月	6月	7 月	8月	9月	10月
保管中高性能 容器内水抜き 装置											△ ① △ ② △ ③

]:現地据付組立

① :構造,強度又は漏えいに係る試験をすることができる状態になった時

② :発電用原子炉施設の設備の組立てが完了した時

③ :発電用原子炉施設の工事の計画に係る工事が完了した時

### 多核種除去設備の確認試験結果について

多核種除去設備は,汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種(トリチウムを除く)を『東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の 防護に関して必要な事項を定める告示』に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度(以下, 「告示濃度限度」という。)を下回る濃度まで低減することを目的として設置した。

平成25年3月より,多核種除去設備の性能を確認する確認試験(ホット試験)を実施し, その後のホット試験において上記性能について確認してきた。また,系統流量などの運転 状態に関する使用前検査を実施した。

これまでのホット試験において、多核種除去設備で使用する各吸着材が、一定の使用期間を経ても、上記性能を有する設備であることを確認した。

以上

- 2.16.2 增設多核種除去設備
- 2.16.2.1 基本設計
- 2.16.2.1.1 設置の目的

増設多核種除去設備は、『2.5 汚染水処理設備等』で処理した液体状の放射性物質の処理 を早期に完了させる目的から設置するものとし、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放 射性核種(トリチウムを除く)を『東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の 保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示』に定める周辺監視区域 外の水中の濃度限度(以下、「告示濃度限度」という。)を下回る濃度まで低減する。

なお,増設多核種除去設備の性能を確認する試験(以下,「確認試験」という。)において,増設多核種除去設備が上記性能を有する設備であることについて確認した。

2.16.2.1.2 要求される機能

『2.16.1 多核種除去設備 2.16.1.1.2 「要求される機能」』に同じ。

2.16.2.1.3 設計方針

『2.16.1 多核種除去設備 2.16.1.1.3 「設計方針」』に同じ。

2.16.2.1.4 供用期間中に確認する項目

増設多核種除去設備処理済水に含まれる除去対象の放射性核種濃度(トリチウムを除く) が告示濃度限度未満であること。

2.16.2.1.5 主要な機器

増設多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、前処理設備及び多核種除去装置へ薬品を供給する薬品供給設備、処理済水のサンプリング、多核種処理水タンクへ移送する多核種移送設備、放射性物質を吸着した吸着材等を収容して貯蔵する高性能容器、増設多核種除去設備の運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。また、装置の処理能力を確認するための試料採取が可能な構成とする。

増設多核種除去設備の除去対象とする核種は,『2.16.1 多核種除去設備 添付資料-6』 と同じとする。

増設多核種除去設備の主要な機器は,免震重要棟集中監視室またはシールド中央制御室 の監視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。更に,特に重要な運転操作 についてはダブルアクションを要する等の設計とする。また,増設多核種除去設備の設置 エリアには,エリア放射線モニタを設置し,放射線レベルを監視する。

増設多核種除去設備で処理された水は、処理済水貯留用のタンクで貯留する。

(1) 前処理設備

前処理設備は、多核種除去装置での吸着材によるストロンチウムの除去を阻害するマグ ネシウム、カルシウム等の2価の金属を炭酸塩沈殿処理により除去することを目的とし、 炭酸ソーダと苛性ソーダを添加する。

炭酸塩沈殿処理による生成物は、クロスフローフィルタまたは沈殿槽により濃縮し、高 性能容器に排出する。

(2) 多核種除去装置

多核種除去装置は、1系列あたり18塔の吸着塔で構成する。

多核種除去装置は,除去対象核種に応じて吸着塔に収容する吸着材の種類が異なってお り,処理対象水に含まれるコロイド状及びイオン状の放射性物質を分離・吸着処理する機 能を有する。吸着塔に収容する吸着材の構成は,処理対象水の性状に応じて変更する。ま た,吸着材は,所定の容量を通水した後,高性能容器へ排出する。

なお,吸着塔は2塔分の増設が可能である。

(3) 高性能容器 (HIC; High Integrity Container)

高性能容器は,使用済みの吸着材,沈殿処理生成物を収容するもので,『2.16.1 多核 種除去設備』で使用する高性能容器と同じである。高性能容器の仕様及び健全性評価等を 『2.16.1 多核種除去設備 添付資料-5』に示す。

使用済みの吸着材は、収容効率を高めるために脱水装置(SEDS; Self-Engaging Dewatering System)により脱水処理される。脱水した水は増設多核種除去設備の系統内に移送する。

沈殿処理生成物の高性能容器への移送は自動制御で行い,使用済みの吸着材の移送は現 場で状況を確認しながら手動操作によって行う。高性能容器への収容量は,水位センサに て監視する。

沈殿処理生成物及び使用済みの吸着材を収容した高性能容器は,使用済セシウム吸着塔 一時保管施設で貯蔵する。

また,高性能容器は,取扱い時の落下による漏えいを防止するため,補強体等を取り付ける。

(4) 薬品供給設備

薬品供給設備は,各添加薬液に対してそれぞれタンクを有し,沈殿処理や pH 調整のため,ポンプにより薬品を前処理設備や多核種除去装置へ供給する。添加する薬品は,苛性ソーダ,炭酸ソーダ,塩酸とするが,何れも不燃性であり,装置内での反応熱,反応ガスも有意には発生しない。なお,炭酸ソーダについては,増設多核種除去設備の処理済み水に粉体を溶解させ生成することも可能な設計とする。

(5) 多核種移送設備

多核種移送設備は、増設多核種除去設備で処理された水を採取し、分析後の水を処理済 水貯留用のタンクに移送するための設備で、サンプルタンク、増設多核種除去設備用移送 ポンプおよび移送配管等で構成する。なお、増設多核種除去設備で処理された水は、サン プルタンクをバイパスして処理済水貯留用のタンクに移送することも可能な構成となっ ている。

また、サンプルタンクは、『2.16.1 多核種除去設備』で処理された水を受け入れることも可能な構成とする。

(6) 電源設備

電源は,異なる2系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。なお,電源が喪失 した場合でも,設備からの外部への漏えいは発生することはない。

(7) 橋形クレーン

高性能容器を取り扱うための橋形クレーンを設ける。

(8) 增設多核種除去設備基礎

増設多核種除去設備基礎は、平面が約61m(南北方向)×約81m(東西方向)、厚 さ約0.3mの鉄筋コンクリート造で、段丘堆積層に直接支持されている。

なお,上屋は,地上高さが約16mの鉄骨造で,構造上,基礎から独立した構造となっている。

- 2.16.2.1.6 自然災害対策等
  - (1) 津波

増設多核種除去設備は、アウターライズ津波が到達しないと考えられる T.P.約28m以上の場所に設置する。

(2) 台風

台風による設備の損傷を防止するため,建屋は建築基準法施行令に基づく風荷重に対し て設計する。

(3) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため,建屋は建築基準法施行令および福島県建築基準 法施行規則細則に基づく積雪荷重に対して設計する。 (4) 落雷

接地網を設け、落雷による損傷を防止する。

(5) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は、設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い、汚 染水の漏えい防止及び漏えい水の拡大防止を図る。

(6) 火災

火災発生を防止するため,実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。また, 火災検知性を向上させるため,消防法基準に準拠した火災検出設備を設置するとともに, 初期消火のために近傍に消火器を設置する。さらに,避難時における誘導用のために誘導 灯を設置する。

2.16.2.1.7 構造強度及び耐震性

(1)構造強度

増設多核種除去設備を構成する主要な機器は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の 技術基準に関する規則(平成25年6月28日原子力規制委員会規則第6号)」において、 廃棄物処理設備に相当すると位置付けられる。これに対する適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下、「設計・建設規格」という。)で規定さ れ、機器区分クラス3の規定を適用することを基本とする。設計・建設規格の適用が困難 な機器については、設計・建設規格適用品と同等の構造強度を有することを基本とする。

また、材料調達性の観点から、JSME 規格で規定される材料の日本産業規格(JIS)年度指 定を考慮しない場合は、技術的妥当性を確認する。溶接部については、「JSME S NB-1 発 電用原子力設備規格 溶接規格」(以下、「溶接規格」という。)の規定を適用することを 基本とし、一部の国内製作機器については、JIS や高圧ガス保安協会基準等に準拠する。 また、一部の海外製作機器については、「欧州統一規格(European Norm)」(以下、「EN 規 格」という。)、CODAP(仏国圧力容器規格)等に準拠する。

なお,クラス3機器に該当しないその他の機器は,JIS等規格適合品を用いることとし、 ポリエチレン管は、JWWA または ISO 規格に準拠する。

また,原子力発電所での使用実績がない材料を使用する場合は,他産業での使用実績等 を活用しつつ,必要に応じて試験等を行うことで,経年劣化等の影響についての評価を行 う。

(2) 耐震性

増設多核種除去設備を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは,2021年9月8 日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ,その安全機能の重要度,地 震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響(公衆への被ばく影響)や廃炉活動への影響等を考慮した上で,核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして適切な耐震設計上の区分を行うとともに,適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

ただし、2021年9月8日以前に認可された機器については、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を参考にして耐震クラスを分類している。

耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠 する。要求される地震力に対して耐震性を確保できない場合は、その影響について評価を 行う。

2.16.2.1.8 機器の故障への対応

(1)機器の単一故障

増設多核種除去設備は、3つの処理系列を有し、電源についても多重化している。その ため、動的機器、電源系統の単一故障が発生した場合においても、その他の処理系列の運転による処理が可能である。

(2) 高性能容器の落下

万一の高性能容器からの漏えい時の対応として,回収作業に必要な吸引車等を配備し, 吸引車を操作するために必要な要員を確保する。また,漏えい回収訓練及び吸引車の点 検を定期的に行う。 2.16.2.2 基本仕様

- 2.16.2.2.1 系統仕様
- (1) 增設多核種除去設備

処理方式

沈殿方式+吸着材方式

処理容量・処理系列

250m³/日 /系列×3系列 ※

※ 構内に貯留している RO 濃縮塩水を早期に処理するため,運用上可能な 範囲(最大で1.1 倍程度)において処理量を増加して運転する。

- 2.16.2.2.2 機器仕様
- (1) 容器
  - a. 処理水受入タンク

	名 称		処理水受入タンク
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	25
	最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭
	最 高 使 用 温 度	°C	60
主	胴 内 径	mm	3100
要	胴 板 厚 さ	mm	9
4	下 部 鏡 板 厚 さ	mm	9
法	高さ	mm	4740
材	胴 板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	下部鏡板	—	SS400・内面ゴムライニング
	個数	個	2

b. 共沈タンク

	名 称		共沈タンク
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	5
	最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭
	最 高 使 用 温 度	°C	60
主	胴 内 径	mm	1750
要	胴 板 厚 さ	mm	6
寸	下 部 鏡 板 厚 さ	mm	6
法	高さ	mm	4257
材	胴 板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	下 部 鏡 板		SS400・内面ゴムライニング
	個数	個	1 (1 系列あたり)

c.供給タンク

	名 称		供給タンク
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	5
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	°C	60
主	胴 内 径	mm	1750
要	胴 板 厚 さ	mm	6
4	下 部 鏡 板 厚 さ	mm	6
法	高さ	mm	3837
材	胴 板	—	SS400・内面ゴムライニング
料	下部鏡板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個 数	個	1 (1 系列あたり)

d. 吸着塔入口バッファタンク

	名	称		吸着塔入口バッファタンク
	種	類		たて置円筒形
	容	量	m³/個	6
	最高使用圧	力	MPa	静水頭
	最高使用温	度	°C	60
主	胴 内	径	mm	2000
要	胴 板 厚	さ	mm	6
斗	底 板 厚	さ	mm	20
法	高	さ	mm	2826
材	胴	板		SUS316L
퐏	底	板		SUS316L
	個	数	個	1 (1 系列あたり)

# e. 多核種吸着塔1~18

		名 称		多核種吸着塔1~5
	種	類	_	たて置円筒形
	容	量	m ³ /個	1
	最高使	用圧力	MPa	1.37
	最高使	用 温 度	$^{\circ}\mathrm{C}$	60
主	胴	内 径	mm	1054
要	胴 板	夏 さ	mm	18
4	上部·	下部鏡板厚さ	mm	20
法	高	さ	mm	2550
材	胴	板		SUS316L
料	鏡	板		SUS316L
	個	数	個	5(1 系列あたり)

	名 称		多核種吸着塔6~14
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	1
	最高使用圧力	MPa	1.37
	最高使用温度	°C	60
主	胴 内 径	mm	1050
要	胴 板 厚 さ	mm	16
4	さら形ふた板厚さ	mm	16
法	下 部 鏡 板 厚 さ	mm	16
	高さ	mm	2553
材	胴 板	—	SM490A・内面ゴムライニング
料	さら形ふた板	—	SM490A・内面ゴムライニング
	下 部 鏡 板	_	SM490A・内面ゴムライニング
	個数	個	9(1系列あたり)

	名 称		多核種吸着塔15~18
	種類	—	たて置円筒形
	容量	m ³ /個	2.4
	最 高 使 用 圧 力	MPa	1. 37
	最高使用温度	°C	60
主	胴 内 径	mm	1350
要	胴 板 厚 さ	mm	16
寸	さら形ふた板厚さ	mm	19
法	下 部 鏡 板 厚 さ	mm	19
	高さ	mm	3011
材	胴 板	_	SM490A・内面ゴムライニング
料	さら形ふた板	—	SM490A・内面ゴムライニング
	下 部 鏡 板	_	SM490A・内面ゴムライニング
	個 数	個	4 (1 系列あたり)

f. 移送タンク

	名	称		移送タンク
	種	類	_	たて置円筒形
	容	重	m ³ /個	27
	最高使用圧	力	MPa	静水頭
	最高使用温	度	°C	60
主	胴 内	径	mm	3100
要	胴 板 厚	さ	mm	9
寸	底 板 厚	さ	mm	22
法	高	さ	mm	4131
材	周司	板	_	SS400・内面ゴムライニング
料	底	板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個	数	個	2

		名	称		サンプルタンク
	種	类		_	たて置円筒形
	容			m ³ /個	1235
	最高作	吏用圧力	J	MPa	静水頭
	最高作	吏用温度	Ψ.Z.	°C	40
主	胴	内	径	mm	11000
要	胴	板 厚	お	mm	12
寸	底	板 厚	お	mm	12
14	高		お	mm	13000
材	胴		板	_	SM400C
料	底		板		SM400C
	個	数		個	3

g. サンプルタンク(増設多核種除去設備用処理済水一時貯留タンク)

h. 炭酸ソーダ溶解槽

	名	称		炭酸ソーダ溶解槽
	種	類		角形
	容	重	m ³ /個	1. 3
	最 高 使 用	圧 力	MPa	静水頭
	最 高 使 用	温 度	°C	60
主	内	<u>.</u>	mm	$1188 \times 1188$
要	側板厚	夏 さ	mm	6
4	底板厚	ずさ	mm	6
法	高	お	mm	1200
材	側	板		SS400・内面ゴムライニング
料	底	板		SS400・内面ゴムライニング
個 数		個	3	

## i. 炭酸ソーダ貯槽

	名	称		炭酸ソーダ貯槽
	種	類		たて置円筒形
	容	量	m³/個	33
	最高使用圧	力	MPa	静水頭
	最高使用温	度	°C	60
主	胴 内	径	mm	3100
要	胴 板 厚	さ	mm	9
4	底 板 厚	さ	mm	22
法	高	さ	mm	5022
材	胴	板		SUS316L
料	底	板	_	SUS316L
	個	数	個	2

j. 反応/凝集槽

	名	称		反応/凝集槽
	種	類		たて置円筒形
	容	量	m³/個	11
	最高使用圧	力	MPa	静水頭
	最高使用温	度	°C	60
主	胴 内	径	mm	2300
要	胴 板 厚	さ	mm	6
<u>.</u>	鏡板厚	さ	mm	6
法	高	さ	mm	4400
材	胴	板	_	SS400・内面ゴムライニング
料	鏡	板	_	SS400・内面ゴムライニング
	個	数	個	1個/系列(2系列に設置)
# k. 沈殿槽

	名	称		沈殿槽
	種	類		たて置円筒形
	容	量	m ³ /個	12
	最高使用圧	力	MPa	静水頭
	最高使用温	度	°C	60
主	胴 内	径	mm	2300
要	胴 板 厚	さ	mm	6
<u>.</u>	鏡板厚	さ	mm	6
法	高	さ	mm	4400
材	胴	板		SUS316L
料	鏡	板		SUS316L
	個	数	個	1個/系列(2系列に設置)

1. 上澄み水タンク

名称			上澄み水タンク	
	種	類	_	たて置円筒形
	容	量	m ³ /個	2
	最高使用圧	力	MPa	静水頭
	最高使用温	度	°C	60
主	胴 内	径	mm	1200
要	胴 板 厚	さ	mm	6
4	鏡板厚	さ	mm	6
法	高	さ	mm	3800
材	胴	板	_	SUS316L
料	鏡	板	_	SUS316L
	個	数	個	1個/系列(2系列に設置)

(2) ポンプ	þ		
a. 供給太	ポンプ1	(完成品)	
台	数		1台(1系列あたり)
容	量		10.5 m ³ /h
b. 供給ス	ポンプ2	(完成品)	
台	数		1台(1系列あたり)
容	量		11.0 m ³ /h
c. 循環ズ	ポンプ(完	E成品)	
台	数		1台(1系列あたり)
容	量		313 m ³ /h
d. ブース	スタポンフ	。1(完成品	1)
台	数		1台 (1系列あたり)
容	量		11.0 m ³ /h
e. ブース	スタポンフ	。2(完成品	1)
台	数		1台(1系列あたり)
容	量		11.5 m ³ /h
f. 移送太	ドンプ(完	E成品)	
台	数		2 台
容	量		35 m ³ /h
g. 増設創	多核種除去	設備用移送	ポンプ(完成品)
台	数		2 台
容	量		50 m ³ /h
h. 炭酸ソ	ーダ溶解	槽移送ポンご ・	プ(完成品)
台	数		3 台
容	量		1.8 m ³ /h
i. 炭酸ソ	'ーダ貯槽	1供給ポン	プ(完成品)
台	数		3 台
容	量		0.2 $m^3/h$

# ∏-2-16-2-13

j. 炭酸ソーダ貯槽2移送ポンプ(完成品)

台	数	2 台
容	量	20 m ³ /h

- k. スラリー循環ポンプ
  - 台数
     1台/系列(2系列に設置)

     容量
     13 m³/h
- 1. 上澄み水ポンプ

台	数	1台/系列	(2系列に設置)
容	量	$12 \text{ m}^3/\text{h}$	

- (3) その他機器
- a. クロスフローフィルタ

最高使用圧力		MPa	0.98
最高使用温度		°C	60
主要寸法	外径	mm	340
	高さ	mm	1126
++\v)			1.4404 (海外製品)
11	14	_	SUS316L (国内製品)
台数(1系列あたり)		台	6

- b. 出口フィルタ
  - 台数 1台(1系列あたり)

(4) 配管

主要配管仕様(1/8)

名称	仕	様
RO後濃縮塩水系受タンク移送流路分岐	呼び径/厚さ	100A/Sch. 40
部から処理水受入タンク入口まで	材質	STPG370 + ライニング
(綱答)	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
		40°C
(ポリェチレン管)	呼び径	100A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0. 98MPa
	最高使用温度	40°C
(耐圧ホース)	呼び径	100A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
	呼び径/厚さ	100A/Sch. 40
土汁タンク入口すで	材質	$STPG370 + 54=20^{\circ}$
	最高位田庄力	
	最高使用温度	60°C
(鋼帶)	取何及川温及	1004/Sch 40
		501/Sch. 40
		321/Sch 40
	お店	STDC270 $\pm 5i$
	17] 月   月百は田正五	$0.09MD_{\odot}$
	取同使用几月 县直庙田泪庙	0. 90mi a
(耐圧ナーフ)	取同次用価反	1004 担坐
	呼び住	
	17] 貝   具首は田正士	LFDM 热小/ 百
	取 尚 使 用 庄 <i>门</i> 县 吉 住 田 坦 庄	靜小與 60℃
	取向使用値及	500 C
	呼び住	DDM 作日ヨ
	竹貝   旦古は田匠も	EPDM 0. 00MD
	取 同 使 用 庄 / 目 古 住 田 氾 庶	0.98MPa
	東尚 ( 用 温 度 )	60 C
共化タンク出口から	呼び径/厚さ	150A/Sch. 40
供給ダンク入口まで	材質	SUS316L
(鋼官)	<b></b>	靜水與
	▲ 最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	150A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C

名称	仕	様
供給タンク出口から	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
クロスフローフィルタ循環ラインまで	材質	SUS316L
(鋼管)	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
		32A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	静水頭
		0.98MPa
	最高使用温度	60°C
クロスフローフィルタ循環ライン	呼び径/厚さ	125A/Sch. 40
(鋼管)		150A/Sch. 40
		200A/Sch. 40
		250A/Sch. 40
		300A/Sch. 40
		300A 相当/3mm
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
クロスフローフィルタ出口から	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
吸着塔入口バッファタンク入口まで		50A/Sch. 80
(鋼管)	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高便用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
吸着塔人口バッファダンク出口から	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
多核種吸着塔5ト流 塩酸供給点まで	材質	SUS316L
(鋼管)	最高使用圧力	静水與
( Nr.71 Kr/m )	最高使用温度	60°C
	呼び径/厚さ	32A/Sch. 40
	1155	50A/Sch. 40
	11 単一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一	505316L
	取尚()()	1.3/MPa
	取局便用温度	
(町庄ホース)	呼い住	5UA 相当
	竹筫   目古は田匠士	
	<b>取尚</b> (田)上/J	<b>靜</b> 亦與
	目古出田沢広	1.37MPa
		60 C

主要配管仕様(2/8)

名称	仕	様
多核種吸着塔5下流 塩酸供給点から 移送タンクまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A/Sch. 40 50A/Sch. 40 50A/Sch. 80 80A/Sch. 40 STPG370 + ライニング [*] 1. 37MPa 60°C
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 EPDM 1.37MPa 60℃
移送タンク出口から サンプルタンク入口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40 STPG370 + ライニング 静水頭 60℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A/Sch. 40 65A/Sch. 40 80A/Sch. 40 100A/Sch. 40 STPG370 + ライニング [*] 0. 98MPa 60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 SUS316L 0. 98MPa 60℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 EPDM 静水頭 60℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A 相当 EPDM 0. 98MPa 60℃

主要配管仕様(3/8)

名称	仕	様
サンプルタンク出口から 多核種処理水貯槽,R0 濃縮水貯槽また はSr 処理水貯槽まで ^{※2} (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 80A/Sch. 40 50A/Sch. 40 SUS316L 0. 98MPa 40°C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 SUS316L 0. 98MPa 60℃
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPG370 + ライニング [*] 0. 98MPa 40°C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 20S SUS316LTP 0. 98MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 100A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 合成ゴム 0.98MPa 40℃
<ul> <li>増設多核種除去設備用移送ポンプスキッドから</li> <li>増設多核種除去設備入口弁スキッドまで</li> <li>(ポリエチレン管)</li> </ul>	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃

主要配管仕様(4/8)

名 称	仕	様
移送ポンプ出口分岐部から	呼び径/厚さ	65A/Sch. 40
炭酸ソーダ溶解槽まで		40A/Sch. 40
(鋼管)		20A/Sch. 40
	材質	STPG370 + ライニンク゛
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	20A/Sch. 40
		15A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	40A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
炭酸ソーダ溶解槽から	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
炭酸ソーダ貯槽まで		40A/Sch. 40
(鋼管)	材質	SUS316L
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	40A/Sch. 40
		40A/Sch. 80
		15A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	40A 相当
	材質	PTFE
	最高使用圧力	静水頭
		0.5MPa
	最高使用温度	60℃

主要配管仕様(5/8)

名称	仕	様
炭酸ソーダ貯槽から	呼び径/厚さ	125A/Sch. 40
共沈タンクまで		65A/Sch. 40
(鋼管)	材質	SUS316L
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	65A/Sch. 40
		40A/Sch. 40
		25A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	125A 相当
	材質	PTFE
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60℃
(耐圧ホース)	呼び径	40A 相当
	材質	PTFE
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	40A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C

主要配管仕様(6/8)

名称	仕	様
炭酸ソーダ貯槽から	呼び径/厚さ	65A/Sch. 40
多核種除去設備建屋入口まで	材質	SUS316L
(鋼管)	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	80A/Sch. 40
		65A/Sch. 40
		50A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	65A 相当
	材質	PTFE
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(ポリエチレン管)	呼び径	75A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C
処理水受入タンク移送流路分岐部から	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
反応/凝集槽入口まで**3	材質	STPG370 + ライニンク゛
(鋼管)	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
反応/凝集槽出口から沈殿槽入口	呼び径/厚さ	150A/Sch. 40
まで**3	材質	SUS316L
(鋼管)	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	150A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
沈殿槽出口から	呼び径/厚さ	150A/Sch. 40
上澄み水タンク入口まで ^{※3}	材質	SUS316L
(鋼管)	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	150A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C

主要配管仕様(7/8)

名 称	仕	様
上澄み水タンク出口から供給タンク移	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
送流路合流部まで ^{※3}	材質	SUS316L
(鋼管)	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
		32A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
沈殿槽出口から反応/凝集槽まで**3	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
(鋼管)	材質	SUS316L
	最高使用圧力	静水頭
	最高使用温度	60°C
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch. 40
		40A/Sch. 40
		32A/Sch. 40
		25A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
クロスフローフィルタ循環ライン分岐	呼び径/厚さ	40A/Sch. 40
部から反応/凝集槽まで*3		25A/Sch. 40
(鋼管)		15A/Sch. 40
	材質	SUS316L
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	25A 相当
		40A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	60°C
炭酸ソーダ貯槽移送流路分岐部から反	呼び径/厚さ	25A/Sch. 40
応/凝集槽入口まで**3	材質	SUS316L
(鉤首)	最高便用圧力	0. 5MPa
	最高便用温度	60°C
(耐圧ホース)	呼び径	25A 相当
	材質	EPDM
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	60°C

主要配管仕様(8/8)

※1:現場施工状況により、配管仕様(呼び径、厚さ、材質)の一部を使用しない場合がある。

※2:K4エリアタンクへの配管の一部は、「Ⅱ 2.50 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」と兼用する。※3:2系列に設置

## (5) 放射線監視装置

項目	仕様	
名称	エリア放射線モニタ	
基数	2 基	
種類	半導体検出器	
取付箇所	増設多核種除去設備設置エリア	
計測範囲	$10^{-3}~{ m mSv/h}~\sim~10^{1}~{ m mSv/h}$	

#### 放射線監視装置仕様

2.16.2.3 添付資料

添付資料-1: 全体概要図及び系統構成図

添付資料-2: 増設多核種除去設備基礎の構造強度に関する検討結果

添付資料-3: 増設多核種除去設備の耐震性に関する説明書

添付資料-4: 増設多核種除去設備の強度に関する説明書

添付資料-5: 流体状の放射性廃棄物の施設外への漏えい防止に関する計算書

添付資料-6: 工事工程表

添付資料-7: 増設多核種除去設備の具体的な安全確保策

添付資料-8: 増設多核種除去設備の確認試験結果について

添付資料-9: 増設多核種除去設備に係る確認事項



図-1 汚染水処理設備並びに増設多核種除去設備等の全体概要図



図-2 増設多核種除去設備の配置概要図





Ⅱ-2-16-2-添 1-3



Ⅱ-2-16-2-添 1-4



増設多核種除去設備基礎の構造強度に関する検討結果

1. 評価方針

増設多核種除去設備基礎は、耐震Bクラスである増設多核種除去設備の間接支持構造物 であるため、耐震Bクラス相当として、設計する。

増設多核種除去設備基礎は、平面が約81m(EW方向)×約61m(NS方向)、厚さ約0.3mの鉄筋コンクリート造で、段丘堆積層に直接支持されている。増設多核種除去設備基礎の 平面図及び断面図を図-1~図-3に示す。

増設多核種除去設備基礎と増設多核種除去設備上屋とは、図-4に示すように、上屋から基礎スラブに荷重が伝達されない構造としている。



図-1 1階平面図(単位:m)



- 2. 評価条件
- 2.1 使用材料及び材料の許容応力度

増設多核種除去設備基礎スラブに用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリート とし、コンクリートの設計基準強度 F_cは 30N/mm²とする。鉄筋は SD295A とする。各使用材 料の許容応力度を表-1及び表-2に示す。

#### 表-1 コンクリートの許容応力度

(単位:N/mm²)

	長期		長期		短	期
	圧縮	せん断	圧縮	せん断		
$F_{\rm C}=30$	10	0.79	20	1.18		

注:日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表-2 鉄筋の許容応力度

(単位:N/mm²)

		長期		短期	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A	D16	195	195	295	295

注:日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

## 2.2 荷重

長期荷重として,鉛直荷重(固定荷重,配管荷重及び積載荷重)を考慮する。 また,短期荷重として地震時に基礎面に作用する荷重を考慮する。

## 3. 評価結果

#### 3.1 基礎スラブおよび基礎地盤の評価結果

基礎スラブの応力解析は、地盤上に支持された盤として計算を行う。曲げモーメントおよび面外せん断力について、長期荷重時および短期荷重時の断面検討結果から、検定比が 最大となる短期荷重時の断面検討結果を表-3及び表-4に示す。基礎スラブ配筋図を図 -5に示す。

これより,設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り,また面外せん断力は短期許容せん断力以 下となっていることを確認した。

表-3 曲けモーメントに対する検討結果				
応力	必要鉄筋比	設計鉄筋比	於字史	
曲げモーメント(kN・m/m)	(%)	(%)	便足比	
6. 7	0.05	0. 33	0.16≦1.0	

表-3 曲げモーメントに対する検討結果

### 表-4 面外せん断力に対する検討結果

応力 面外せん断力(kN/m)	短期許容せん断力 (kN/m)	検定比
44. 0	206	0.22≦1.0



鉄筋のかぶり厚さ 基礎上端部:80mm以上 基礎下端部:70mm以上

図-5 基礎スラブ配筋図

なお,基礎地盤に生じる接地圧について,長期荷重時および短期荷重時の検討結果から, 検定比が最大となる短期荷重時の検討結果を表-5に示す。短期許容支持力度を評価する にあたっては,日本建築学会「建築基礎構造設計指針」に準拠する。

	接地圧	許容支持力度	検定比
	$(kN/m^2)$	$(kN/m^2)$	
短期	153	278 *1	0.55≦1.0

表-5 基礎地盤の許容支持力度と接地圧の比較

*1:基礎地盤の平板載荷試験結果より許容支持力度を設定

基礎スラブおよび基礎地盤の参考評価について

増設多核種除去設備の基礎スラブおよび基礎地盤について、参考評価として、耐震 S クラス相当の水平震度(水平震度 0.8)に対して、健全性が維持されることを確認した。

基礎スラブの評価結果のうち,曲げモーメントおよび面外せん断力について,検定比が 最大となる断面検討結果を表-1及び表-2に示す。

応力	必要鉄筋比	設計鉄筋比	於字足
曲げモーメント(kN・m/m)	(%)	(%)	便足比
46	0. 30	0. 33	0.91≦1.0

表-1 曲げモーメントに対する検討結果

応力	短期許容せん断力	検定比		
面外せん断力(kN/m)	(kN/m)			
119	206	0.58≦1.0		

表-2 面外せん断力に対する検討結果

また,基礎地盤に生じる接地圧について,検討結果を表-3に示す。短期許容支持力度 を評価するにあたっては,日本建築学会「建築基礎構造設計指針」に準拠する。

	接地圧	許容支持力度	<b>举</b> 守至
	$(kN/m^2)$	$(kN/m^2)$	快た比
短期	183	278 *1	0.66≦1.0

表-3 基礎地盤の許容支持力度と接地圧の比較

*1:基礎地盤の平板載荷試験結果より許容支持力度を設定

基礎スラブおよび基礎地盤の参考評価について(基準地震動 Ss 評価)

増設多核種除去設備の基礎スラブおよび基礎地盤について、参考評価として、基準地震動 Ss (Ss-1~3,水平・上下)に対して、健全性が維持されることを確認した。

基礎スラブの評価結果のうち,曲げモーメントおよび面外せん断力について,検定比が 最大となる断面検討結果を表-1及び表-2に示す。

応力	必要鉄筋比	設計鉄筋比	於字足
曲げモーメント(kN・m/m)	(%)	(%)	便足比
39	0.26	0. 33	0.79≦1.0

表-1 曲げモーメントに対する検討結果

応力	短期許容せん断力	本中国			
面外せん断力(kN/m)	(kN/m)	快止比			

206

0.50≦1.0

102

表-2 面外せん断力に対する検討結果

また,基礎地盤に生じる接地圧について,検討結果を表-3に示す。短期許容支持力度 を評価するにあたっては,日本建築学会「建築基礎構造設計指針」に準拠する。

	接地圧 (kN/m²)	許容支持力度 (kN/m ² )	検定比
短期	155	278 *1	0.56≦1.0

表-3 基礎地盤の許容支持力度と接地圧の比較

*1:基礎地盤の平板載荷試験結果より許容支持力度を設定

## 増設多核種除去設備の耐震性に関する計算書

## 1. 耐震設計の基本方針

申請設備に係る耐震設計は、次の基本方針に基づいて行う。

(1) 設備の重要度による耐震クラス別分類

耐震クラス別系統設備	主要設備,補助設備 及び直接支持構造物	間接支持構造物及び相互 影響を考慮すべき設備		
	В	設備	検討用地 震動等	
2.16.2 増設多核種除 去設備				
(1)容器	処理水受入タンク1,2	処理水受入タンク1,2スキッド	S _B	
	共沈タンクA, B, C	共沈タンクA, B, Cスキッド	S _B	
	供給タンクA, B, C	供給タンクA, B, Cスキッド	S _B	
	吸着塔入口バッファタンク A, B, C	吸着塔入口バッファタンク A, B, Cスキッド	S _B	
	多核種吸着塔1~18A,B,C	多核種吸着塔A, B, Cスキッド 1~6	S _B	
	移送タンク1,2	移送タンク1,2スキッド	S _B	
	サンプルタンクA, B, C	サンプルタンクエリア	S _B	
	炭酸ソーダ溶解槽1,2,3	炭酸ソーダ製造スキッド 1, 2, 3	S _B	
	炭酸ソーダ貯槽1,2	増設多核種除去設備基礎	S _B	
(2)ポンプ	供給ポンプ1A,B,C	供給ポンプ1スキッド	S _B	
	供給ポンプ2A,B,C	供給ポンプ2A, B, Cスキッド	S _B	
	循環ポンプA, B, C	クロスフローフィルタA, B, C スキッド	S _B	

耐震クラス別	主要設備,補助設備	間接支持構造物及び相互 影響を考慮すべき設備		
系統設備	及び直接文村構垣物 B	<u> </u>	1 検討用地 雪動笑	
(つづき:ポンプ)	ブースターポンプ1A,B,C	ブースターポンプ1A,B,C スキッド	S _B	
	ブースターポンプ2A,B,C	ブースターポンプ2A,B,C スキッド	S _B	
	移送ポンプ1,2	出口移送スキッド	S _B	
	増設多核種除去設備用移送 ポンプA,B	増設多核種除去設備用移送 ポンプ用スキッド	S _B	
	炭酸ソーダ溶解槽1,2,3 移送ポンプ	炭酸ソーダ溶解槽1,2,3 移送スキッド	S _B	
	炭酸ソーダ貯槽 1 供給ポンプ A,B,C	炭酸ソーダ貯槽1供給スキッド	S _B	
	炭酸ソーダ貯槽2移送ポンプ 1,2	炭酸ソーダ貯槽2移送スキッド	S _B	
(3)その他機器	出口フィルタA,B,C	出口フィルタスキッド	S _B	
(4)配管	主配管	増設多核種除去設備基礎, スキッド等	S _B	
(5)スキッド	増設多核種除去設備入口弁 スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B	
	処理水受入タンク1,2スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B	
	供給ポンプ1スキッド	增設多核種除去設備基礎	S _B	
	共沈タンクA,B,Cスキッド	增設多核種除去設備基礎	S _B	
	供給タンクA,B,Cスキッド	增設多核種除去設備基礎	S _B	
	供給ポンプ2A,B,Cスキッド	增設多核種除去設備基礎	S _B	
	供給ポンプ2弁A,B,C スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B	
	クロスフローフィルタA,B,Cス キッド	増設多核種除去設備基礎	S _B	

耐震クラス別	主要設備,補助設備	間接支持構造物及び相互			
	及び直接支持構造物	影響を考慮すべき設備	Ì		
系統設備	В	設備	検討用地 震動等		
(つづき:スキッド)	吸着塔入口バッファタンク	增設多核種除去設備基礎	S _B		
	A,B,Cスキッド				
	ブースターポンプ1A, B, Cス キッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	多核種吸着塔A,B,Cスキッド1 ~6	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	ブースターポンプ2A, B, Cス キッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	出口フィルタスキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	移送タンク1、2スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	出口移送スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	増設多核種除去設備用移送 ポンプスキッド	多核種移送設備基礎	S _B		
	炭酸ソーダ製造スキッド 1,2,3	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	炭酸ソーダ溶解槽1,2,3移送 スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	炭酸ソーダ貯槽1供給スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
	炭酸ソーダ貯槽2移送スキッド	増設多核種除去設備基礎	S _B		
備夹	・増設多核種除去設備上屋は設備	を支持しておらず、間接支持構造			
加ち	物及び相互影響を考慮すべき設備	<b>備には該当しない。</b>			

耐震クラス別系統設備	主要設備,補助設備 及び直接支持構造物	間接支持構造物及び相互 影響を考慮すべき設備		
	в+	設備	検討用地 震動等	
2.16.2 増設多核種除 去設備				
(1)容器	反応/凝集槽A, C	反応/凝集・沈殿槽A, Cスキッド	$S_{B+}$	
	沈殿槽A, C	反応/凝集・沈殿槽A, Cスキッド	$S_{B+}$	
	上澄み水タンクA, C	上澄み水タンクA, Cスキッド	$S_{\rm B+}$	
(2)ポンプ	スラリー循環ポンプA, C	凝集沈殿ポンプA, Cスキッド	$S_{B+}$	
	上澄み水ポンプA, C	凝集沈殿ポンプA, Cスキッド	$S_{B+}$	
(4)配管	主配管	増設多核種除去設備基礎, スキッド等	$S_{B+}$	
(5)スキッド	反応/凝集・沈殿槽A, Cスキッ ド	増設多核種除去設備基礎	$S_{B+}$	
	上澄み水タンクA, Cスキッド	增設多核種除去設備基礎	$S_{B+}$	
	凝集沈殿ポンプA, Cスキッド	增設多核種除去設備基礎	$S_{B+}$	
備考	<ul> <li>・増設多核種除去設備上屋は設備</li> <li>物及び相互影響を考慮すべき設備</li> </ul>	を支持しておらず,間接支持構造 備には該当しない。		

## (2)構造計画

a. 機器





主要区分	<u>計</u> 画の 基礎・支持構造	概     要       主     体     構	概略構造図	摘	要
主 要 区 分 (3) 三脚たて置円 筒形容器	画     画     o       基礎・支持構造     胴を3個の脚で支持し,脚を取付ボルトでスキッドに据え付ける。     あ。	主体構造           主面及び下面に鏡板           を有するたて置円筒		摘 ・ 出口フィル C	要 夕A, B,

十一百〇〇	計画の	) 概	要		<b>坪 吹 楼 </b>	協	再
	基礎 · 支持構造	主 体	構	造	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	门问	女
(4) 横軸ポンプ	ポンプはポンプベース	うず巻形				・ 供給ポンプ	°1 A. B.
	に固定され、ポンプベ				原動機	C C	111, 2,
	ースは取付ボルトによ					C	
	りスキッドに据え付け					• 供給ポンプ	°2A, B,
	<u>ଚ</u> ୍ଚ					С	
						・ 循環ポンプ	°A. B. C
							+ 1 - 1
						• ) = , , .	
						A, B, C	
						・ブースター	ーポンプ 2
					ポンプベース 取付ボルト / 「	А, В, С	
					/	• 移送ポンプ	°1, 2
						• 増設多核種	意除去設備用
						移送ポンプ	°А, В
						・ 炭酸ソーダ	「溶解槽1,
						2,3移送	ポンプ
						・ 炭酸ソーダ	、貯槽1供給
						ポンプA,	В, С
						・ 炭酸ソーダ	、貯槽2移送
						ポンプ1,	2
						<ul> <li>スラリー</li> </ul>	盾環ポンプ
						A, C	
						・上澄み水ポ	ミンプA, C

	計 画 0	) 概	要		<b>揮</b> 政	協	щ
主安区万	基礎 · 支持構造	主 体	構	造	风哈伊但凶	〔〕	安
(5) スキッド	スキッド架構を基礎ボ	垂直自立形				<ul> <li>· 増設多核種除去設備</li> </ul>	<b>i</b> 入口弁スキッド
	ルトで基礎に据え付け					・処理水受入タンク1	, 2スキッド
	る。					<ul> <li>・供給ポンプ1スキッ</li> </ul>	, ド
					N	<ul> <li>・共沈タンクA, B,</li> </ul>	Cスキッド
						<ul> <li>・供給タンクA、B、</li> </ul>	Cスキッド
						・供給ポンプ2A、B	、Cスキッド
						・供給ポンプ2弁A	B. Cスキッド
						・クロスフローフィル	タA. B. Cスキッド
						・吸着塔入口バッファ	タンクA. B. Cスキ
					<u>_</u>	ッド	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
						・ブースターポンプ1	A. B. Cスキッド
						<ul> <li>多核種吸差塔A P</li> </ul>	$CZ \neq v \not\models 1 \sim 6$
					基礎ボルト	・ブースターポンプ9	A = C = C = C = C = C = C = C = C = C =
					J	・出口フィルタスキッ	K, D, CXXY
						・ お 送 な い カ 1 の フ	ー ・ ・ ・ 、 ド
						・移医クンクエ、乙へ	- T Y F
						・出口移达スキット	
						・増設多核種除去設備	<b>书移</b> 医ボンプスキッド
						・炭酸ソーダ製造スキ	・ッド1,2,3
						・炭酸ソーダ溶解槽1	,2,3移送スキッド
						・炭酸ソーダ貯槽1供	;給スキッド
						・炭酸ソーダ貯槽2移	;送スキッド
						・反応/凝集・沈殿槽	A, Cスキッド
						・上澄み水タンクA,	Cスキッド
						・凝集沈殿ポンプA,	Cスキッド

## b. 配管系

a) 配管(鋼管)

配管はサポートにより建屋(建屋で支持されるスキッドを含む)等の構造物から支持される。サポートの位置を決定するにあたっては、原子力発電所の耐震設計に用いられている定ピッチスパン法により適正なサポートスパンを確保する。

(3) 設計用地震力

百日	耐震	静的地	也震力	動的:	地震力
坦日	クラス	水平	鉛 直	水平	鉛 直
機 器	В	1.8 • C i *1		1/2Sd225*2	1/2Sd225*3
· 配管系	в+	1.8 • C i		1/2Ss450 1/2Sd225	1/2Ss450 1/2Sd225

注記 *1:C:は、標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

*2:水平方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

*3: 鉛直方向の地震動に対して共振のおそれのある施設に適用する。

ただし、2021年9月8日以前に認可された機器については、以下の通りとする。

□		適用する	記む田地電力	
項日	クラス	水平	鉛 直	—————————————————————————————————————
機 器・配 管 系	В	静的震度 (1.8・C i ^{*1} )		設計用地震力は,静的地 震力とする。

注記 *1:C:は、標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

(4) 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界は,原子力発電所耐震設計技術指針(重要度分類・許容応力編 J EAG4601・補-1984, JEAG4601-1987及びJEAG4601-1991追補版) (日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月,昭和62年8月及び平成3年6月)(以下「JEAG4601」という。)及び発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSMES NC1-2005(2007年追補版含む))(日本機械学会 2005年9月,2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)に準拠する。

記号の説明

- D : 死荷重
- Pd : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- Md : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
- SB : Bクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又はBクラス設備に適用 される静的地震力
- SB+ : B+クラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又はB+クラス設備に 適用される静的地震力
- BAS : Bクラス設備(B+クラス設備含む)の地震時許容応力状態
- Sy: : 設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定される値
- Su : 設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に規定される値
- S :許容引張応力 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定される値。
- ft :許容引張応力 支持構造物(ボルト等を除く。)に対して設計・建設規格
   SSB-3121.1 により規定される値。ボルト等に対して設計・建
   設規格 SSB-3131 により規定される値。
- fs :許容せん断応力 同 上
- f c :許 容 圧 縮 応 力 支持構造物(ボルト等を除く。)に対して設計・建設規格 SSB-3121.1により規定される値。
- fb :許容曲げ応力同 上
- τ_b:取付ボルトに生じるせん断応力
- ASS:オーステナイト系ステンレス鋼
- HNA:高ニッケル合金

また,「供用状態C」とは,「対象とする機器等が構造不連続部等においては大変形を 生じてもよい」と設計仕様書等で規定された圧力及び機械的荷重が負荷された条件下に ある状態をいう。
耐 震	共手の如人止	供用状態	許 容	限 界	<u>、</u> 汝田休田
クラス	何里の組合セ	(許容応力状態)	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力	」「」」」「」」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」
B B+	D + Pd + Md + SB ただし, SB について は適用する耐震評価 方針に応じて SB+に 読み替える。	C (BAS)	Syと0.6・Suの小さい方。 ただし,ASS及びHNAにつ いては上記の値と1.2・Sのう ち大きい方とする。	Sy ただし, ASS及びHNAに ついてはSy と 1.2・Sのうち 大きい方とする。	<ul> <li>処理水受入タンク1,2</li> <li>共沈タンクA,B,C</li> <li>供給タンクA,B,C</li> <li>多核種吸着塔1~18A,B,C</li> <li>吸着塔入口バッファタンクA,B,C</li> <li>稼送タンク1,2</li> <li>炭酸ソーダ貯槽1,2</li> <li>反応/凝集槽A,C</li> <li>沈殿槽A,C</li> <li>上澄み水タンクA,C</li> </ul>

# b. 支持構造物(注1,注2)

耐 震	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力	許容限界(ボルト等以外)       一次応力				許容限界(ボルト等) 一次応力			適用範囲	
クラス		状態)	引 張	せん断	圧 縮	曲げ	組合せ	引 張	せん断	組 合 せ	
	D+Pd+Md+SB ただし、SBについては										• 基礎ボルト
В В+	適用する耐震評価方針 に応じてSB+に読み替 える。	C (B _A S)	1.5•f t	1. 5• f s	1.5•fc	1.5•f ь	1.5•f t	1.5•f t	1.5•f s	Min{1.5•f t, (2.1•f t-1.6•τb)}	<ul> <li>取付ボルト</li> <li>スカート</li> <li>脚</li> </ul>

注1: 耐圧部に溶接により直接取り付けられる支持構造物であって、耐圧部と一体の応力解析を行うものについては、耐圧部と同じ許容応力とする。

注2: 鋼構造設計規準(日本建築学会 2005年改定)等の幅厚比の規定を満足する。

2. 耐震性評価

本評価は、「付録1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本 方針」、「付録2 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」及び「付 録3 横軸ポンプ及びスキッドの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づいて、以下 の耐震性の計算を行う。また評価方法が同付録に依らないものは以下に特記する。

- (1) 処理水受入タンク1,2
- (2) 共沈タンクA, B, C
- (3)供給タンクA, B, C
- (4) 吸着塔入口バッファタンクA, B, C
- (5) サンプルタンクA, B, C
- (6) 多核種吸着塔1~5A, B, C
- (7) 多核種吸着塔6~14A, B, C
- (8) 多核種吸着塔15~18A, B, C
- (9)移送タンク1,2
- (10)供給ポンプ1A, B, C
- (11) 供給ポンプ2A, B, C
- (12) 循環ポンプA, B, C
- (13) ブースターポンプ1A, B, C
- (14) ブースターポンプ2A, B, C
- (15)移送ポンプ1,2
- (16) 増設多核種除去設備用移送ポンプA, B
- (17) 出口フィルタA, B, C
  - ・・・・・・・・・「JPI-7R-71-96 石油学会規格 竪形容器用レグ」に準拠し評価する。
- (18) 増設多核種除去設備入口弁スキッド
- (19) 処理水受入タンク1, 2スキッド
- (20) 供給ポンプ1スキッド
- (21) 共沈タンクA, B, Cスキッド
- (22) 供給タンクA, B, Cスキッド
- (23) 供給ポンプ2A, B, Cスキッド
- (24) 供給ポンプ2弁A, B, Cスキッド
- (25) クロスフローフィルタA, B, Cスキッド
- (26) 吸着塔入口バッファタンクA, B, Cスキッド
- (27) ブースターポンプ1A, B, Cスキッド
- (28) 多核種吸着塔A, B, Cスキッド1
- (29) 多核種吸着塔A, B, Cスキッド2
- (30) 多核種吸着塔A, B, Cスキッド3
- (31) 多核種吸着塔A, B, Cスキッド4
- (32) 多核種吸着塔A, B, Cスキッド5
- (33) 多核種吸着塔A, B, Cスキッド6
- (34) ブースターポンプ2A, B, Cスキッド

- (35) 出口フィルタスキッド
- (36) 移送タンク1, 2スキッド
- (37) 出口移送スキッド
- (38) 増設多核種除去設備用移送ポンプスキッド
- (39) 主配管・・・・・・・・配管標準支持間隔評価(定ピッチスパン法)により評価する。
- (40) 炭酸ソーダ溶解槽1,2,3
- (41) 炭酸ソーダ貯槽1,2
- (42) 炭酸ソーダ溶解槽1,2,3移送ポンプ
- (43) 炭酸ソーダ貯槽1供給ポンプA, B, C
- (44) 炭酸ソーダ製造スキッド1, 2, 3
- (45) 炭酸ソーダ溶解槽1,2,3移送スキッド
- (46) 炭酸ソーダ貯槽1供給スキッド
- (47) 炭酸ソーダ貯槽2移送ポンプ1,2
- (48) 炭酸ソーダ貯槽2移送スキッド
- (49) 反応/凝集槽A, C
- (50) 沈殿槽A, C
- (51) 上澄み水タンクA, C
- (52) スラリー循環ポンプA, C
- (53) 上澄み水ポンプA, C
- (54) 反応/凝集・沈殿槽A, Cスキッド
- (55) 上澄み水タンクA, Cスキッド
- (56) 凝集沈殿ポンプA, Cスキッド
- (57) 主配管(固有振動数 20Hz 以上)

・・・・・配管標準支持間隔評価(定ピッチスパン法)により評価する。

なお,機器(配管の一部を除く)の固有周期について確認した結果,固有振動数が20Hz以上のため,以下では剛体として扱う。

添付資料3では,設計GL. Om= T.P.36.2m(※)とする。

(※) 震災後の地盤沈下量(-709mm)と 0.P.から T.P. への換算値(-727mm)を用いて、下式に基づき換算している。

<換算式> T.P.=旧 O.P.-1,436mm

# (1)処理水受入タンク

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
処理水受入タンク 1,2	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$		静水頭	60	40	1.00

#### b. 評価結果

- FI Balifeste				(単位:MPa)	_	
部材	材料	応力	算出応力	許容応力		
胴板	SS400	組合せ	σ ₀ = 9	S _a = 233		
		組合せ	σ _s = 12	f _t = 245		
スカート	SS400	圧縮と曲げ の組合せ	$\frac{\eta \cdot \sigma_{s_1}}{f_c} + \frac{\eta}{s_1}$	(単位: MPa) 算出応力 許容応力 $\sigma_{o}=9$ S _a = 233 $\sigma_{s}=12$ f _t = 245 $\frac{\eta \cdot \sigma_{s1}}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{b}} \leq 1$ 0.07 (無次元) $\sigma_{b}=-$ f _{ts} = 176* $\tau_{b}=13$ f _{sb} = 135		
		(坐屈の評価)	0.07	(無次元)		
取付式れた	\$\$400	引張り	σ _b = -	f _{t s} = 176*	注記	
- 4X日 4070 P	55400	せん断	$\tau_{b} = 13$	f _{s b} = 135		

すべて許容応力以下である。





<u>A-A</u>矢視図



(2) 共沈タンク

a. 条件

	機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ _{設計 G. L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
ţ	共沈タンクA, B, C	В	增投多核種涂去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	—	静水頭	60	40	1.01

## b. 評価結果

υ.	ゴーヨート				(単位:MPa)	_
	部 材	材 料	応 力	算 出 応 力	許 容 応 力	
	胴板	S S 4 0 0	組合せ	$\sigma \circ = 7$	S a =233	
			組 合 せ	$\sigma$ s =12	f t =245	
	スカート	S S 4 0 0	圧縮と曲げ の 組 合 せ	$\frac{\eta \cdot \sigma_{\rm S 1}}{f_{\rm c}} +$	$-\frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_{\rm b}} \leq 1$	
			(座屈の評価)	0.1	(無次元)	
	接続ボルト	\$\$400	引 張 り	$\sigma$ b=6	$f_{t s} = 176 *$	注記 * : (3.2.3.2) 式より算出
		55400	せん断	au b=6	$f_{\rm s\ b} = 135$	
				すべ	て許容応力以下である	



<u>A~A矢視図</u>



スカート開口部の形状を示す。

- (3)供給タンク
- a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
供給タンクA, B, C	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	—	静水頭	60	40	1.17

υ.	нт шална.											(详	〔位:	MPa)	
	部	材	材	料	応	力		算 出	1 応	力	許	容	応	力	
	胴	板	SS4	400	組	合 난		σ	0 = 7			S a =	=233		
					組	合 번		σ	s =11		j	f t =	=245		
	スカ	スカート S		400	圧縮の糸	iと曲に 組合 t	ザ		$\frac{\eta \cdot}{f_{c}}$	$\frac{\sigma_{s1}}{2}$ +	$-\frac{\eta\cdot 0}{f_{\rm b}}$				
					(座店	官の評価	)			0.1	(無沙	、元)			
	接続力	ミルト	a a	400	引	張 り		σ	b = 4		$f_{\rm t}$	$_{\rm s}=1$	76*		注記 * :
	IX INL N	.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	00-	100	せ	ん 断		τ	b=6		f _s	$_{\rm b} = 1$	35		
										すべ	て許容	际方	以下	である	) ₀





# (4) 吸着塔入口バッファタンク

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
吸着塔入口 バッファタンク A, B, C	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$		静水頭	60	40	1.00

b. 評価結果

				(単位:MPa)	_
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
		組合せ	σ ₀ =6	S _a = 163	
胴板	SUS316L	圧縮と曲げ の組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c}$	$+\frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
		(坐屈の評価)	0.03	(無次元)	
取付ボルト	\$\$400	引張り	σ _b =-	f _{t s} = 176*	注記 *:(3.2.3.2)式より算出
丸(1) ハハレー	33400	せん断	τ _b =8	f _{s b} = 135	

すべて許容応力以下である。





(5) サンプルタンク

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転 倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した。



地震による転倒モーメント: $M_1[N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H$ 自重による安定モーメント: $M_2[N \cdot m] = m \times g \times L$ 

評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平地震動	算出値	許容値	単位
サンプルタンクA, B, C	本体	転倒	0.36	3. $1 \times 10^4$	7. $1 \times 10^4$	kN∙m

# (6)多核種吸着塔1~5

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
多核種吸着塔1~5 A, B, C	В	增設多核種涂去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	—	1.37	60	40	_

#### b. 評価結果

												(详	i位:	MPa)
部	材	材	料	応	大	J	算	出	応	力	許	容	応	力
胴	板	SUS3	816L	組	合 번	ŀ		σ ₀=	41		S	S _a =	163	
	且後				合 번	ŀ	$\sigma_s = 7$			<i>f</i> t =205				
スカ	– ኑ	SUS304		圧縮と曲げ の 組 合 せ		げせ		-	$n \cdot \sigma$ $f_{\rm c}$	<u>s 1</u> +	$-\frac{\eta\cdot\sigma}{f_{\rm b}}$	s 2	≦1	
				(座扂	官の評価	后)			0.0	)3 (魚	〔次元〕			
基礎オ	ミルト	SUS	816L	引張り			$\sigma$ b=2			f	ts=	=131	*	
	.,,, 1	0000	101	せ	ん断	fr		τь=	=4		f	s b =	=101	
すべて許容応力以下である														



<u>A~A矢視図</u>



スカート開口部の形状を示す。

# (7) 多核種吸着塔6~14

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
多核種吸着塔 6 ~ 1 4 A, B, C	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	—	1.37	60	40	_

#### b. 評価結果

												(単	1位:	MPa)
部	材	材	料	応		力	算	出	応	力	許	容	応	力
胴	板	SM490A		組 合 せ			$\sigma_{o} = 46$		$S_{a} = 313$					
				組	合	せ	$\pm \sigma_{\rm s} = 14$				<i>f</i> t =325			
スカ	- ŀ	SM490A		圧縮と曲げ の 組 合 せ		$\frac{\eta \cdot \sigma_{\text{s}1}}{f_{\text{c}}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{\text{s}2}}{f_{\text{b}}} \leq 1$								
				(座屈の評価)		0.05 (無				無次元)				
基礎オ	L 砂 ボ ル ト SS400		引	引 張 り			$\sigma$ b=3			f	t s =	=161	*	
-25 HAE 11		001		せ	h	断		τь=	=4		f	s b	=124	
すべて許容応力以下である														



A~A矢視図



# (8)多核種吸着塔15~18

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
多核種吸着塔15~18 A, B, C	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	_	1.37	60	40	_

注記 *: (3.2.3.2) 式より算出

b. 評価結果

												(単	é位:	MPa)
部	材	材	料	応		力	算	出	応	力	許	容	応	力
胴	板	SM490A		M490A 組合せ		内	$\sigma_{0} = 59$			S _a =313				
				組 合 せ				$\sigma_{s} = 8$			<i>f</i> t =325			
スカ	— ŀ	SM490A		圧縮と曲げ の 組 合 せ			-	$\eta \cdot c$ $f_{\rm c}$	<u>) s 1</u>	$-\frac{\eta \cdot \sigma}{f_{\rm b}}$	s 2	≦1		
				(座唇	王の詔	『価)			0.	03 (魚	₩次元)			
基礎法	ドルト	SS4	00	引	引 張 り			σь=	=2		f	t s =	=161	*
CLT HAE IN	せん断					断	$\tau$ b=7			f _{s b} =124				
	すべて許容応力以下である。													



A~A矢視図



スカート開口部の形状を示す。

(9)移送	タンク
-------	-----

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
移送タンク1,2	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	_	静水頭	60	40	1.00

b. 評価結果

				(単位:MPa)	-
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
		組合せ	σ ₀ = 8	S _a = 233	
胴板 SS400		圧縮と曲げ の組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c}$	$+rac{\eta\cdot\sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
		(坐屈の評価)	0.03	(無次元)	
取付ボルト	\$\$400	引張り	σ _b = -	f _{t s} = 176*	注記 *:(3.2.3.2)式より算出
- AKTE AVIE F	55400	せん断	τ _b = 14	f _{s b} = 135	
					-





# (10)供給ポンプ1

a. 条件

機 器 名 称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
供給ポンプ1 A, B, C	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	Сн=0.36	—	Cp=0.18	60	40



0

-0

la



				(単位:MPa)
部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SUCOOA	引張り	_	$f_{ts1} = 153^*$
(i=1)	505504	せん断	$\tau_{b1}=2$	$f_{sb1}=118$
ポンプ取付ボルト	SUCOOA	引張り	$\sigma_{b2}=6$	$f_{ts2} = 153^*$
(i = 2)	505504	せん断	$\tau_{b2} = 1$	$f_{sb2} = 118$
原動機取付ボルト	SUCOOA	引張り	$\sigma_{b4} = 1$	$f_{ts4} = 153^*$
(i=4)	505504	せん断	$\tau_{b4} = 1$	<i>f</i> _{sb4} =118





# (11)供給ポンプ2

. a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
供給ポンプ 2 A, B, C	В	增設多核種涂去設備建屋 T. P. 36.2	Сн=0.36	_	Cp=0.26	60	40

b.	評価結果				(単位:MPa)	(Ci+Cp)·mi·q
	部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力	
	取付ボルト	5115.204	引張り	-	$f_{ts1} = 153*$	
	(i = 1)	505304	せん断	$\tau_{b1}=2$	f _{sb1} =118	$A \qquad \qquad A \qquad A \qquad \qquad A $
	ポンプ取付ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2} = 153^*$	取付ボルト $\ell_{12}$ $\ell_{22}$ $\ell_{13}$ $\ell_{22}$ $\lambda \sim \Lambda (2, 4)$
	(i = 2)	505001	せん断	$\tau_{b2} = 1$	$f_{sb2} = 118$	
	原動機取付ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b4}=1$	$f_{ts4} = 153*$	注記*: (3.1.2) 式より算出
	(i = 4)	505001	せん断	τ ₆₄ =2	$f_{sb4} = 118$	
	すべて許容応力以下であ	<b>る</b> 。				[f] the the transformula of the transformula

取付ボル

転倒方向

# (12)循環ポンプ

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
循環ポンプA, B, C	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	Сн=0.36	_	Ср=0.10	60	40



#### b. 評価結果

				(単位:MPa)
部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SUS304	引張り	_	$f_{ts1} = 153^*$
( i = 1 )	303304	せん断	$\tau_{b1} = 5$	$f_{\rm sb1} = 118$
ポンプ取付ボルト	6116.504	引張り	$\sigma_{b2}=4$	$f_{ts2} = 153^*$
(i = 2)	505304	せん断	$\tau_{b2} = 1$	$f_{\rm sb2} = 118$
原動機取付ボルト	6116.504	引張り	$\sigma_{b4} = 1$	$f_{ts4} = 153^*$
(i=4)	505304	せん断	τ _{b4} =3	$f_{sb4} = 118$







# (13) ブースタポンプ1

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
ブースターポンプ1A, B, C	В	增投多核重余去設備建屋 T.P.36.2	Сн=0.36	_	Cp=0.26	60	40





#### b. 評価結果

				(単位:MPa)
部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SUSSO4	引張り	$\sigma_{b1} = 1$	$f_{ts1} = 153^*$
( i = 1 )	505504	せん断	$\tau_{b1}=3$	$f_{sb1} = 118$
ポンプ取付ボルト	SUSSO4	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2} = 153^*$
(i = 2)	808304	せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{\rm sb2} = 118$
原動機取付ボルト	SUS304	引張り	$\sigma_{b4} = 1$	$f_{ts4} = 153^*$
(i=4)	505304	せん断	$\tau_{b4}=2$	$f_{sb4} = 118$





# (14) ブースタポンプ2

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
ブースターポンプ2 A, B, C	В	增設多核種涂去設備建屋 T.P.36.2	Сн=0.36	—	Cp=0.26	60	40



## b. 評価結果

				(単位:MPa)
部材	部材材料		算出応力	許容応力
取付ボルト	SUSSUA	引張り	$\sigma_{b1} = 1$	$f_{ts1} = 153^*$
(i = 1)	505504	せん断	$\tau_{b1} = 3$	$f_{sb1} = 118$
ポンプ取付ボルト	SUSSON	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2} = 153^*$
(i = 2)	808304	せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{sb2} = 118$
原動機取付ボルト	SUSSON	引張り	$\sigma_{b4}=1$	$f_{ts4} = 153*$
(i=4)	505304	せん断	$\tau_{b4}=2$	$f_{sb4} = 118$





-**0**-





# (15)移送ポンプ

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G.L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
移送ポンプ1,2	В	增投多核重除去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36		Ср=0.26	60	40

#### 転倒方向 (C_H+C_p)•mi •q (1-C_p)・mi 原動機取付ボルト d ポンプ取付ボルト 777 A A $(\ell_1\!\!:\leq\!\ell_2\!\!:i)$ $\ell_{22}$ $\ell_{12}$ 取付ボルト $\ell_{11}$ $\ell_{21}$ 注記*: (3.1.2) 式より算出



#### b. 評価結果

				(単位:MPa)	-
部材	部 材 材料		算出応力	許容応力	
取付ボルト	SUSSON	引張り	_	$f_{ts1} = 153^*$	
( i = 1 )	303304	せん断	$\tau_{b1} = 3$	$f_{sb1} = 118$	
ポンプ取付ボルト	SUCOOA	引張り	$\sigma_{b2}=7$	$f_{ts2} = 153^*$	
(i = 2)	808304	せん断	$\tau_{b2} = 1$	$f_{sb2} = 118$	
原動機取付ボルト	SUCOOA	引張り	$\sigma_{b4}=1$	$f_{ts4} = 153^*$	ž
(i=4)	SUS304	せん断	$\tau_{b4}=3$	$f_{sb4} = 118$	



## (16) 増設多核種除去設備用移送ポンプ

a. 条件

機 器 名 称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
増設多核種除去設備 用移送ポンプA, B	В	增設多核種涂去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	_	Cp=0.18	40	40





				(単位:MPa)
部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SUSSO4	引張り	$\sigma_{b1} = 1$	$f_{ts1} = 153^*$
( i = 1 )	303304	せん断	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 118$
ポンプ取付ボルト	SUSSO4	引張り	$\sigma_{b2}=11$	$f_{ts2} = 153^*$
(i = 2)	505304	せん断	$\tau_{b2}=2$	$f_{\rm sb2} = 118$
原動機取付ボルト	SUSSO4	引張り	$\sigma_{b4}=3$	$f_{ts4} = 153*$
(i=4)	505304	せん断	$\tau_{b4}=3$	$f_{sb4} = 118$



Ó

-0

ℓ2i



Ⅱ-2-16-2-添 3-30

## (17) 出口フィルタ

#### a. 条件

機	器	名	称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度
出口フ	イルタ	₹A,	В, С	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	

#### b. 評価方法

#### 三脚たて置き円筒型容器

(a)基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 堅形容器用レグ」の強度評価方 法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルトの強度が確保されることを確認し た。

基礎ボルトの引張応力: 
$$\sigma_{b} = \frac{1}{3 \times A_{b}} \left( \frac{4 \times m \times g \times C_{H} \times H}{L} - m \times g \times (1 - C_{v}) \right)$$
  
基礎ボルトのせん断応力:  $\tau_{b} = \frac{1}{3 \times A_{b}} \left( m \times g \times C_{H} - 0.1 \times m \times g \times (1 - C_{v}) \right)$ 

(b)脚の強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 堅形容器用レグ」の強度評価方 法に準拠して、脚の強度評価を実施した。

組合せ応力σ,を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した。

$$\sigma_{1}: 脚の質量による軸方向応力
\sigma_{2}: 脚の鉛直方向地震による軸方向応力
\sigma_{3}: 即の鉛直方向地震による軸方向応力
\sigma_{3}: 即の鉛直方向地震による軸方向応力
\sigma_{3}: 即の曲げモーメントによる軸方向応力
τ: 地震による脚に生じるせん断応力$$

また、座屈評価を下記の式により行い、脚に座屈が発生しないことを確認した。

$$\frac{\eta \cdot \left( \sigma_{1} + \sigma_{2} \right)}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma_{3}}{f_{b}} \leq 1$$

σ₂:脚の鉛直方向地震による軸方向応力
 σ₃:脚の曲げモーメントによる軸方向応力
 f_c:軸圧縮荷重に対する許容座屈応力
 f_b:曲げモーメントに対する許容座屈応力

ŋ:座屈応力に対する安全率



耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 堅形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して、胴板の強度評価を実施した。

一次一般膜応力α₀を下記の通り評価し,許容値を下回ることを確認した。

$\sigma_0 = Max[\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}]$
$\sigma_{\scriptscriptstyle 0x} = \sigma_{\scriptscriptstyle x1} + \sigma_{\scriptscriptstyle x2} + \sigma_{\scriptscriptstyle x5} + \sigma_{\scriptscriptstyle x7}$
$\sigma_{\scriptscriptstyle 0\phi}=\sigma_{\scriptscriptstyle \phi1}+\sigma_{\scriptscriptstyle \phi7}$

c. 評価結果

												(当	単位 :	MPa)
	部	材	材	芝	応	力	算	出	応	力	許	容	応	力
	胴	板	SUS:	316L	一次	一次一般膜		$\sigma 0 = 37$			163			
	脚		脚 SUS304		組合せ		$\sigma$ s =57			205				
					座屈		0.29 (無次元)		)	1 (無次元)				
	甘砵犬れた				引張り		$\sigma$ b = 37			153				
	嫍~~~~/	HE VIVE L		504	せん断		τ ь=3			118				

すべて許容応力以下である。



L/2

 $\mathbf{V}$ 

m[kg]



σ_{φ7}: 胴の鉛直方向地震による周方向応力
 σ_{φ7}: 胴の鉛直方向地震による軸方向応力

L : 脚断面の図心の描く円の直径

H :据付面からの重心までの距離
 A_b:基礎ボルトの軸断面積
 C_H:水平方向設計震度

A↓

m :機器重量
 g :重力加速度

 $\sigma_{0,*}$ : 一次一般膜応力 (周方向)  $\sigma_{0,x}$ : 一次一般膜応力 (軸方向)

σ_{φ1}:内圧による周方向応力 σ_{x1}:内圧による軸方向応力

σ_{×5}:地震力により生じる

σ_{x2}:運転時質量による軸方向応力

転倒モーメントによる軸方向応力

# (18) 増設多核種除去設備入口弁スキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
増設多核種除去設 備入口弁スキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$		Ι	60	40



				(単位:MPa)	_
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	SS400	引張り	σ _{b1} = —	30 *	注
(i = 1)		せん断	τ _{b1} =16	38 *	11.





(19)処理水受入タンク1,2スキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
処理水受入タンク 1, 2スキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	_	Ι	60	40

b. 評価結果

				(単位:MPa)	
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	55400	引張り	σ _{b1} =-	65 *	
(i = 1)	33400	せん断	τ _{b 1} = 24	70 *	12





# (20)供給ポンプ1スキッド a.条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計} G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
供給ポンプ1 スキッド	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40



-				(単位:MPa)	
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	55400	引張り	σ _{b1} =	30 *	注記 ・・・
(i = 1)	55400	せん断	τ _{b 1} = 8	38 *	任山 个 . 1





# (21) 共沈タンクA, B, Cスキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
共沈タンクA, B, Cス キッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	С н=0.36	_	_	60	40

#### b. 評価結果

部 材         材料         応力         算出応力         許容応力           基礎ボルト (i=1) $SS400$ 引張り $\sigma_{b1} = -$ 65 *           せん断 $\tau_{b1} = 16$ 70 *         注記 * : 後打ちアンカー耐力による。					(単位:MPa)	_
基礎ボルト (i=1)         SS400         引張り $\sigma_{bl}$ =-         65 *           せん断 $\tau_{bl}$ =16         70 *         注記 * : 後打ちアンカー耐力による。	部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力	
(i=1) さん断 τ _{bl} =16 70 * 注記 *:後打ちアンカー耐力による。	基礎ボルト	55400	引張り	$\sigma_{b1} = -$	65 *	
	(i = 1)	55400	せん断	$\tau_{b1} = 16$	70 *	注記 *:後打ちアンカー耐力による。





# (22)供給タンクA, B, Cスキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
供給タンクA, B, C スキッド	В	增設多核種涂去設備建屋 T.P.36.2	С _н =0.36	_		60	40

#### b. 評価結果

				(単位 : MPa)	_
部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	55400	引張り	$\sigma_{b1} = -$	65 *	
(i = 1)	33400	せん断	$\tau_{b1} = 16$	70 *	注記 *:後打ちアンカー耐力による。

すべて許容応力以下である。





A~A矢視図

(23)供給ポンプ2A, B, Cスキッド

а	条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
供給ポンプ2 A, B, Cスキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	_	_	60	40

				(単位:MPa)	_
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト (i=1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} = -	30 *	计
	33400	せん断	τ _{b1} =6	38 *	( <b>T</b> )
			· · ·		







# (24)供給ポンプ2弁A, B, Cスキッド a.条件

b. 評価結果

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
供給ポンプ2弁 A, B, Cスキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40



部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	\$\$400	引張り	σ _{b1} = —	30 *	注記 ま・※打たアンカー耐力に上ろ
(i=1)	SS400	せん断	τ _{b1} =4	38 *	(工品 や・後月 57 イル 順) がによる。

すべて許容応力以下である。

(単位:MPa)



# (25) クロスフローフィルタA, B, Cスキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ _{設計 G. L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
クロスフローフィルタ A, B, Cスキッド	В	增設多核種涂去設備建屋 T.P.36.2	Сн=0.36	_	_	60	40

				(単位 : MPa)	_
部 材	材 料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト	55400	引張り	$\sigma_{b1} = -$	65 <b>*</b>	
(i = 1)	55400	せん断	$\tau_{b1} = 31$	70 *	注記 *:後打ちアンカー耐力による。
			1		







(26)吸着塔入口バッファタンクA, B, Cスキッド a.条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計 G.L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
吸着塔入口バッファタンク A, B, Cスキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	_	_	60	40

# Сн∙́m1∙g (畄伝・MD。) m1∙ g 基礎ボルト ンカー耐力による。 AŤ すべて許容応力以下である。 R21 R11 (l11 ≤ l21)

				(単位:MPa)	_
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト (i = 1)	55400	引張り	σ _{b1} = -	65 *	注記 ♥・恣打たア、
	33400	せん断	τ _{b1} =13	70 *	在記 ~ . 後打ら/ >



(27)ブースターポンプ1A, B, Cスキッド a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計} G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
ブースターポンプ1 A, B, Cスキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40



b. 評価結果

					(単位:MPa)	
	部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
	基礎ボルト (i=1)	SS400	引張り	σ _{b1} =	30 *	沈記 ♥・ 後打たアンカー耐力に下る
			せん断	τ _{b1} =6	38 *	在山 か 夜打ちアマカ 町方による。
					ナジィキのヒーリー	5 t 7



(28)多核種吸着塔A, B, Cスキッド1

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計 G.L.} (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
多核種吸着塔A, B, C スキッド1	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40

				(単位:MPa)
部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} =	65 *
	55400	せん断	τ _{b1} = 21	70 *
			)	







# (29)多核種吸着塔A, B, Cスキッド2

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計} G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
多核種吸着塔A, B, C スキッド2	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$		Ι	60	40



				(単位:MPa)
部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	\$\$400	引張り	σ _{b1} = —	65 *
(i = 1)	33400	せん断	τ _{b 1} = 19	70 *







# (30)多核種吸着塔A, B, Cスキッド3

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計 G.L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
多核種吸着塔A, B, C スキッド3	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40



R11

R 21

#### b. 評価結果

				(単位:MPa)
部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} = —	65 *
	33400	せん断	τ _{b1} =17	70 *

#### すべて許容応力以下である。

(31)多核種吸着塔A, B, Cスキッド4

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計 G. L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
多核種吸着塔A, B, C スキッド4	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_		60	40

				(単位:MPa)	
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト (i = 1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} =	65 *	) 汁記 ・ 、 〜 ・ 〜 打す マンカー 声けた トス
	55400	せん断	τ _{b1} =18	70 *	住記 キ・仮打りアンル 一 剛力による。







# (32)多核種吸着塔A, B, Cスキッド5

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計 G.L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
多核種吸着塔A, B, C スキッド5	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40

				(単位:MPa)				
部材	材料	応力	算出応力	許容応力				
基礎ボルト (i = 1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} =	65 *				
	55400	せん断	τ _{b1} = 22	70 *				







# (33)多核種吸着塔A, B, Cスキッド6 a.条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
多核種吸着塔A, B, C スキッド6	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	I	Ι	60	40

				(単位:MPa)	_
部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
基礎ボルト (i=1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} = —	65 *	计扫
	55400	せん断	τ _{b1} = 22	70 *	注記
			すべて言	笄容応力以下である。	1




(34) ブースターポンプ2A, B, Cスキッド a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
ブースターポンプ2 A, B, Cスキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40



				(単位:MPa)	-			
部材	材料	応力	算出応力	許容応力				
基礎ボルト (i = 1)	SS400	引張り	σ _{b1} = -	30 *	¥7-			
		せん断	τ _{b1} =5	38 *	任			
	すべて許容応力以下である。							





# (35) 出口フィルタスキッド a.条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計G.L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
出口フィルタ スキッド	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	-		60	40

				(単位 : MPa)
部材	材料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト (i=1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} =	30 *
	55400	せん断	$\tau_{b1} = 9$	38 *







# (36)移送タンク1,2スキッド a.条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
移送タンク 1,2スキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$		Ι	60	40

					(単位:MPa)	
	部材	材料	応力	算出応力	許容応力	
	基礎ボルト	55400	引張り	σ _{b1} =-	65 *	ンコット 後打さ マンカー みわにり
	(i = 1)	33400	せん断	τ _{b1} = 25	70 *	在此 * . 後1157 2 2 刷力によ
1					すべて許容応力以下~	である。





# (3 7)出口移送スキッド a. ^{条件}

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
出口移送スキッド	В	增設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{\rm H} = 0.36$	_	_	60	40

(単位:MPa)							
部材	材料	応力	算出応力	許容応力			
基礎ボルト (i = 1)	\$\$400	引張り	σ _{b1} = —	30 *	注記 *		
	55400	せん断	τ _{b1} =10	38 *	住記 个		







(38) 増設多核種除去設備用移送ポンプスキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
増設多核種除去設備用 移送ポンプスキッド	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	$C_{H} = 0.36$	_	_	40	40

				(単位:MPa)			
部材	材料	応力	算出応力	許容応力			
基礎ボルト (i = 1)	SS400	引張り	σ _{b1} = -	30 *			
		せん断	τ _{b1} =11	38 *			
すべて許容応力以下である。							





(単位:MPa)

# (39) 主配管

配管標準支持間隔評価 (定ピッチスパン法)

#### <u>1.</u>評価方法

配管系を定められたピッチで支持することにより、配管系の固有周期を設定し、地震応力 が過大とならないようにする。

応力基準による定ピッチスパンの設定方法(耐震Bクラス配管)

(1) 直管部スパン

①一次応力評価

3スパン連続梁において発生する一次応力が許容値以下であることを確認する。



#### ②自重応力の制限

自重による応力は39MPaを超えないものとする。

③1次固有周期の制限

支持スパンは建屋の一次固有周期より短周期側となるように設定する。

上記による直管部 最大支持間隔を、2.評価結果に示す。

#### (2)集中質量部

集中質量部に発生する応力 及び 固有周期が、直管部における値を上回らないものとする。

#### (3)曲り部

曲り部の面外方向について、応力 及び 固有周期が直管部のそれを上回らない支持スパンとする。 曲り部の面内方向は、上記の縮小率を超えず、且つ(2)集中質量部の方法を準用し縮小率を決定するものとする。

#### (4) 分岐部

分岐部に発生する応力 及び 固有周期が、直管部における値を上回らないものとする。

#### <u>2. 評価結果</u>

					PE -	記管設計条件	÷		
	耐震	クラス	В	В	В	В	В	В	В
	保	:温	有	無	焦	焦	焦	有	無
	しゃ	$\sim v$	無	無	無	無	有	無	無
	流	体	液体	液体	液体	気体	液体	液体	液体
	内圧	(MPa)	静水頭~1.37	静水頭	静水頭~1.37	大気圧	0.98	静水頭~1.37	静水頭~1.37
	最高使用	温度(℃)	$\sim 60$	$\sim 60$	$\sim 60$	$\sim 60$	$\sim 60$	$\sim 60$	$\sim 60$
	比重(	g/cm3)	$1.00 \sim 1.17$	$\sim 1.00$	$1.00 \sim 1.17$	0.001	1.17	1.00	$1.00 \sim 1.05$
	材	質	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	炭素鋼	炭素鋼
	口径	sch				(mm)			
	10A	40	2570	2520	-	-	-	-	-
	15A	40	3210	2940	3690	-	-	3240	-
	20A	40	3770	3420	-	-	-	3820	-
古	25A	40	4430	3960	4610	-	-	4500	4700
管	32A	40	5070	4590	-	-	-	5170	-
部	40A	40	5420	4980	5460	-	-	5540	-
最	50A	40	6060	5700	6030	6630	-	-	6170
大支	65A	40	6930	6680	-	-	-	-	6950
持	80A	40	7470	-	-	-	-	-	7470
間	100A	40	8400	-	8170	9170	-	-	8360
四日	125A	40	-	-	8950	-	-	-	9000
	150A	40	-	-	9640	-	-	-	9600
	200A	40	-	-	10890	-	-	-	-
	250A	40	-	-	11990	-	9600	-	-
	300A	40	-	-	12970	-	-	-	-

(40) 炭酸ソーダ溶解槽1,2,3

原子力発電所耐震設計技術指針の評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果,基礎ボルトの強度が確保されることを確認した。



a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G.L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比重
炭酸ソーダ溶解槽 1, 2, 3	В	增設多核理涂去設備建屋 T.P.36.2	C _H =0.36	-	60	40	1.05

b.評価結果

				(単位:MPa )
部 材	材料	応 力	算出応力	許容応力
基礎ポルト	CIIC204	引張り	$\sigma_{b1} = -$	$f_{ts1} = 153$
(i=1)	303304	せん断	$\tau_{bi}=26$	$f_{sb1} = 118$
(1-1)		-12 AV(10)	τ _H -20	J _{zb1} -110

# (41)炭酸ソーダ貯槽1,2

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ _{設計 G.L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)	比 重
炭酸ソーダ貯槽 1, 2	В	増設多核種除去設備建屋 T.P.36.2	0.36	-	静水頭	60	40	1.05

b.評価結果

					(単位 : MPa)	
部	材	材 料	応力	算出応力	許 容 応 力	
			組 合 せ	σ₀=11	S a =278	
胴 オ	扳	SUS316L	圧縮と曲げの 組 合 せ	$\frac{n \cdot (\sigma x_{2} + \sigma x_{3})}{f_{c}}$	$+ \frac{n \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$	
			(座屈の評価)	0.0	4 (無次元)	
取付ポル	Y	\$\$400	引 張 り	σь=-	$f_{t s} = 176^*$	注記 *: (3.2.2.2) 式より算出
AND AVE	1	00400	せん断	τь=18	f _{sb} =135	



すべて許容応力以下である。

Ⅲ-2-16-2-添 3-55

-	スレ	'H-
a	-#=1	4
· · ·	121	

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ溶解槽 1, 2, 3移送ポンプ	в	<b>增設多核理涂达設備主星</b> T.P.36.2	C _H =0.36	_	C _P =0.30	60	40

b.評価結果
--------

				(単位:MPa)
部 材	材 料	応 力	算出応力	許容応力
ポンプ基礎ボルト	CU2204	引張り	$\sigma_{bl}=2$	f _{ts1} =153*
(i=1)	505304	せん断	$\tau_{b1} = 1$	<b>f</b> _{sb1} =118
ポンプ取付ボルト	SS400	引張り	$\sigma_{b2} = 4$	<b>f</b> _{ts2} =183*
(i=2)		せん断	$\tau_{b2}=2$	<b>f</b> _{sb2}=141
原動機基礎ボルト	۴ –	引張り	_	<b>f</b> _{ts3} =-
(i=3)		せん断	$\tau_{b3} = -$	$f_{sb3} = -$
原動機取付ボルト		引張り	_	<b>f</b> ₁₂₄ =-
(i=4)	_	せん断	τ _ы =-	<b>f</b> _{sb4} = -
すべて許容広力以下で	ある。			

べて許容応力以下である。

注記*: (3.1.2) 式より算出





# (43) 炭酸ソーダ貯槽1供給ポンプA, B, C

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	掘付場所及び床面高さ 設計G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ貯槽 1 供給ポンプ A, B, C	в	增設多核理涂上設備电量 T. P. 36. 2	C _H =0.36	_	C _P =0.00	60	40



ポンプ基礎ポルト

# (44)炭酸ソーダ製造スキッド1,2,3

# a.条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G.L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ製造スキッ ド 1, 2, 3	в	增快多核理余人致制制量 T.P.36.2	C _H =0.36	_	60	40

# b. 評価結果

				(単位:MPa )
部材	材 料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	\$\$400	引張り	$\sigma_{bi} = -$	$f_{ts1} = 39^*$
(i=1)	33400	せん断	$\tau_{b1} = 19$	<b>f</b> _{sb1}=49*
		31-01	and the second second second	TILLS LY

注記 *:後打ちアンカー耐力による





# (45) 炭酸ソーダ溶解槽1,2,3移送スキッド

a.条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G.L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ溶解槽1,2,3 移送スキッド	в	增設多核理会上設備建量 T.P.36.2	C _H =0.36	-	60	40

# b. 評価結果

				(単位:MPa )
部材	材 料	応 力	算出応力	許容応力
基礎ポルト	85400	引張り	$\sigma_{bi} = -$	f _{ts1} =39*
(i=1)	33400	せん断	$\tau_{bl}=3$	<b>f</b> _{sb1} =49*
•		注記	*:後打ちアンオ	ワー耐力による





(46)炭酸ソーダ貯槽1供給スキッド

a.条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ 設計 G. L. (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ貯槽1 供給スキッド	в	<b>增設多核理余人設備非量</b> T.P. 36.2	C _H =0.36	I	60	40

# b.評価結果

				(単位:MPa )
部材	材 料	応力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	55400	引張り	$\sigma_{bi} = -$	$f_{ts1} = 39^*$
(i=1)	33400	せん断	$\tau_{b1} = 5$	<b>f</b> _{sb1} =49*
		注記	*:後打ちアンオ	フー耐力による

 $\frac{\underline{\underline{A}}}{\underline{\underline{W}}} \xrightarrow{K_{11}} \underbrace{R_{21}}_{(g_{11} \leq g_{21})} \xrightarrow{K_{21}} \xrightarrow{K_$ 



# (47) 炭酸ソーダ貯槽2移送ポンプ1,2

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ _{設計 G. L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動 による震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ貯槽 2 移送ポンプ 1,2	В	增設多核重涂土設備建屋 T.P. 36.2	C _H =0.36	_	C _P =0.30	60	40

ポンプ取付ボルト



すべて許容応力以下である。

注記*: (3.1.2) 式より算出



ポンプ基礎ボルト



(48)炭酸ソーダ貯槽2移送スキッド

a. 条件

機器名称	耐震設計上の 重 要 度 分 類	据付場所及び床面高さ _{設計 G. L. (m)}	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用温度 (℃)	周囲環境温度 (℃)
炭酸ソーダ貯槽 2 移送スキッド	В	增設多核種余去設備建屋 T. P. 36.2	C _H =0.36	_	60	40

# b.評価結果

				(単位 : MPa )
部材	材 料	応 力	算出応力	許容応力
基礎ボルト	\$\$400	引張り	$\sigma_{b1} = -$	$f_{ts1} = 39^*$
(i=1)	33400	せん断	$\tau_{b1} = 4$	$f_{\rm sb1} = 49^{*}$
		注記	*:後打ちアンオ	ワー耐力による



すべて許容応力以下である。



Ⅱ-2-16-2-添 3-62

(49)反応/凝集槽A,C

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
	胴板	SS400	組合せ		19	208	MPa
			組合せ	水平	17	215	MPa
反応/凝集槽	スカート	SS400	圧縮と曲げの組合せ	0.70	0.00	1	
A, C			(座屈の評価)	約古	0.08	1	_
	取付 ボルト SS400	66400	引張り	亚巴 0.40	76	161	MPa
		SS400	せん断		37	124	MPa

(50) 沈殿槽A, C

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
	胴板	SUS316L	組合せ		21	160	MPa
			組合せ	水半	17	205	MPa
沈殿槽	スカート	SUS304	圧縮と曲げの組合せ	0.70	0.00	1	
A, C			(座屈の評価)	(約)古	0.09	1	_
	取付	66400	引張り	亚巴 0 40	72	161	MPa
	ボルト	55400	せん断	0.40	39	124	MPa

(51)上澄み水タンクA, C

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
	胴板	SUS316L	組合せ		13	160	MPa
			組合せ	水平	20	205	MPa
上澄み水タン	スカート	SUS304	圧縮と曲げの組合せ	0.70	0 10	1	
クA, C			(座屈の評価)	い 古	0.10	1	_
	取付	66400	引張り	如旦 0.40	48	161	MPa
	ボルト	55400	せん断		9	124	MPa

(52)スラリー循環ポンプA, C

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
スラリー循環 ポンプA, C	取付	55400	引張り	水平 0.70	3	161	MPa
	ボルト	SS400	せん断	鉛直 0.40	3	124	MPa

(53) 上澄み水ポンプA, C

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
上澄み水ポン 取 プA, C ボ	取付	55400	引張り	水平 0.70	3	161	MPa
	ボルト	55400	せん断	鉛直 0.40	3	124	MPa

# (54)反応/凝集・沈殿槽A, Cスキッド

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
反応/凝集・沈 殿槽A, Cスキ ッド	基礎	55400	引張り	水平 0.70	51	60*	MPa
	ボルト	SS400	せん断	鉛直 0.40	36	70*	MPa

注記 *後打ちアンカー耐力による

# (55) 上澄み水タンクA, Cスキッド

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
上澄み水タン	基礎	55400	引張り	水平 0.70	45	60*	MPa
ν Α, U × Ψ y ド	テッ ボルト	55400	せん断	鉛直 0.40	15	70*	MPa

注記 *後打ちアンカー耐力による

### (56)凝集沈殿ポンプA, Cスキッド

機器名称	評価部位	材料	評価項目	震度	算出値	許容値	単位
凝集沈殿ポン	基礎	22.400	引張り	水平 0.70	4	60*	MPa
) A, Cスキッ ド	ボルト	55400	せん断	鉛直 0.40	14	70*	MPa

注記 *後打ちアンカー耐力による

(57) 主配管(固有振動数 20Hz 以上)

1. 評価方法

増設多核種除去設備の主配管のうち追設するものは,建屋との共振による加速度増大の防止を目的とし,はりモデルを使用して,配管系の固有振動数が20Hz以上となるスパンを解析で算出し,配管系をこの定ピッチスパンで支持するように設計する。

				配管設計条件					
	耐震クラス		В	В	В	В	В		
	保温		無	無	有	有	無		
	遮へい		無	無	無	無	無		
	流体		液体	液体	液体	液体	液体		
	内 圧 (MPa)		0.98	静水頭~0.98	0.5	0.98	静水頭		
	最高使用温度(℃)		~60	~60	~60	~60	~60		
	比重(g/cm3)		1.0	1.0~1.2	1.0	1.0~1.2	1.1		
	材 質		炭素鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼		
古	口径	sch	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
管	15A	40				1400			
部長	25A	40			1850	1800			
ž	32A	40				2000			
文持	40A	40				2100			
間原	50A	40	2550	2500					
HAI	150A	40					4000		

増設多核種除去設備の各機器について、参考評価として、耐震 S クラス相当の水平震度に対して、健全性が維持されることを確認した。評価結果を表1に示す。

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
処理水受入れタンク1,	而任于五十	引張	0.8	19	176	MPa
2	取りホルト	せん断	0.8	29	135	MPa
	而任于九日	引張	0.8	32	176	MPa
共化ダンク A, B, U	取付ホルト	せん断	0.8	12	135	MPa
	取付ボルト	引張	0.8	27	176	MPa
展和クシクA, D, U		せん断	0.8	13	135	MPa
吸着塔入口バッファ	而任于九日	引張	0.8	5	176	MPa
タンク A, B, C	取りホルト	せん断	0.8	16	135	MPa
サンプルタンク A, B, C	本体	転倒	0.8	$6.7\! imes\!10^4$	$7.1  imes 10^{4}$	kN•m
多核種吸着塔1~5A,	而任于九日	引張	0.8	18	131	MPa
В, С	現11 ハノレ ト	せん断	0.8	8	101	MPa
多核種吸着塔6~14	而任于九日	引張	0.8	21	158	MPa
A, B, C	取付ホルト	せん断	0.8	9	121	MPa
多核種吸着塔15~	取付ゴルト	引張	0.8	32	158	MPa
18A, B, C	取付ホルト	せん断	0.8	16	121	MPa
<b>牧洋々ンク1 9</b>	取付ゴルト	引張	0.8	6	176	MPa
	現1 ハノレト	せん断	0.8	31	135	MPa
	取付ポルト	引張	0.8	1	153	MPa
	取行 ハノレト	せん断	0.8	3	118	MPa
供給ポンプ14 R C	ポンプ取付	引張	0.8	8	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	2	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	2	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	2	118	MPa

表1 増設多核種除去設備 各機器に対する耐震評価結果(1/4)

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
	西台光山	引張	0.8	2	153	MPa
供給ポンプ2A, B, C	取刊ホルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	ポンプ取付	引張	0.8	9	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	2	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	3	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	あけぜょし	引張	0.8	3	153	MPa
	取打がアレト	せん断	0.8	9	118	MPa
海費ポンプ Λ Ρ С	ポンプ取付	引張	0.8	8	153	MPa
¹¹¹ 現ホンノA, D, U	ボルト	せん断	0.8	2	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	3	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	5	118	MPa
	取付ボルト	引張	0.8	3	153	MPa
		せん断	0.8	5	118	MPa
ブースターポンプ1A,	ポンプ取付	引張	0.8	15	153	MPa
B, C	ボルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	3	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	取付ぜれた	引張	0.8	3	153	MPa
		せん断	0.8	5	118	MPa
ブースターポンプ2A,	ポンプ取付	引張	0.8	15	153	MPa
B, C	ボルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	3	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	取付ぜれた	引張	0.8	2	153	MPa
		せん断	0.8	5	118	MPa
段送ポンプ1 9	ポンプ取付	引張	0.8	10	153	MPa
19 広小 イノ 1, 2	ボルト	せん断	0.8	2	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	3	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	4	118	MPa

表1 増設多核種除去設備 各機器に対する耐震評価結果(2/4)

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
	取付ぎれた	引張	0.8	4	153	MPa
	取刊ホルト	せん断	0.8	6	118	MPa
増設多核種除去設備用	ポンプ取付	引張	0.8	14	153	MPa
移送ポンプ A, B	ボルト	せん断	0.8	3	118	MPa
	原動機取付	引張	0.8	5	153	MPa
	ボルト	せん断	0.8	5	118	MPa
	<b>T</b> . (1) N > 1	引張	0.8	92	153	MPa
田口フィルタ A, B, C	取付ホルト	せん断	0.8	6	118	MPa
增設多核種除去設備	++	引張	0.8	_	30	MPa
入口弁スキッド	基礎ホルト	せん断	0.8	36	38	MPa
処理水受入タンク		引張	0.8	37	65	MPa
1,2スキッド	基礎ホルト	せん断	0.8	52	70	MPa
供給ポンプ1スキッド	基礎ボルト	引張	0.8	—	30	MPa
		せん断	0.8	16	38	MPa
共沈タンク A, B, C ス	甘花水子	引張	0.8	44	65	MPa
キッド	産碇 小ノレト	せん断	0.8	34	70	MPa
供給タンク A, B, C ス	甘邓林子月月	引張	0.8	32	65	MPa
キッド	産曜 小ノレト	せん断	0.8	36	70	MPa
供給ポンプ2A, B, C	甘林ギルト	引張	0.8	_	30	MPa
スキッド	産碇 小 / レト	せん断	0.8	12	38	MPa
供給ポンプ2弁	甘林ゴルト	引張	0.8	_	30	MPa
A, B, C スキッド	産碇ハルト	せん断	0.8	9	38	MPa
クロスフローフィルタ	其雄ポルト	引張	0.8	34	65	MPa
A, B, C スキッド	金硬ハルト	せん断	0.8	68	70	MPa
吸着塔入口バッファ		引張	0.8	5	65	MPa
タンク A, B, C スキッド	基礎ボルト	せん断	0.8	28	70	MPa
ブースターポンプ1A,	++	引張	0.8	_	30	MPa
B, Cスキッド	基礎ホルト	せん断	0.8	13	38	MPa
多核種吸着塔 A, B, C		引張	0.8	36	65	MPa
スキッド1	基礎ホルト	せん断	0.8	45	70	MPa
多核種吸着塔 A, B, C	甘花	引張	0.8	31	65	MPa
スキッド2	基礎ホルト	せん断	0.8	41	70	MPa
多核種吸着塔 A, B, C	甘花水山	引張	0.8	27	65	MPa
スキッド3	基礎ホルト	せん断	0.8	37	70	MPa

表1 増設多核種除去設備 各機器に対する耐震評価結果(3/4)

機器名称	評価部位	評価項目	水平 震度	算出値	許容値	単位
多核種吸着塔 A, B, C		引張	0.8	32	65	MPa
スキッド4	奉碇小/レト	せん断	0.8	39	70	MPa
多核種吸着塔 A, B, C	甘7株-ビッ ]	引張	0.8	20	65	MPa
スキッド5	基礎ホルト	せん断	0.8	49	70	MPa
多核種吸着塔 A, B, C	甘7株-ビッ ]	引張	0.8	20	65	MPa
スキッド6	奉碇小/レト	せん断	0.8	49	70	MPa
ブースターポンプ2A,	基礎ボルト	引張	0.8	—	30	MPa
B, C スキッド		せん断	0.8	10	38	MPa
リロフィルカフナード	基礎ボルト	引張	0.8	—	30	MPa
山口ノイルタスキット		せん断	0.8	18	38	MPa
移送タンク1,2	甘7株-ビッ ]	引張	0.8	—	65	MPa
スキッド	奉碇小/レト	せん断	0.8	55	70	MPa
山口政学ったいい	甘7株-ビッ ]	引張	0.8	—	30	MPa
田口移送スイツト	奉碇小/レト	せん断	0.8	22	38	MPa
增設多核種除去設備用	甘花水平山	引張	0.8	—	30	MPa
移送ポンプスキッド	査碇小/レト	せん断	0.8	25	38	MPa

表1 増設多核種除去設備 各機器に対する耐震評価結果(4/4)

以上

別紙-2

#### 耐震クラスの設定について

増設多核種除去設備を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、2021年9月8日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえ、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響(公衆への被ばく影響)や廃炉活動への影響等を考慮した上で、核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして適切な耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

本資料では、上記の方針に基づく耐震クラスの設定について記載する。

ただし、本資料に記載が無い、2021年9月8日以前に認可された機器については、「発 電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」を参考にして耐震クラスを分類している。

- 1. B+クラスに設定する設備
  - (1)対象設備

反応/凝集槽, 沈殿槽, 上澄み水タンク, スラリー循環ポンプ, 上澄み水ポンプ, 反応/凝集・沈殿槽スキッド, 上澄み水タンクスキッド, 凝集沈殿ポンプスキッドお よびこれらに接続する主配管。

- (2) 設定の理由
  - a. 破損シナリオ

地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響を評価するため、増設多核 種除去設備の各機器が破損して内包する液体放射性物質が漏えいすることを想定 する。なお、破損を想定する各機器には、(1)対象設備に加えて、2021年9月8 日以前に認可された機器を含む。

b. 影響評価

敷地境界線量評価の対象としている機器に設置している遮へい等(各タンクの厚 さ含む)が消失することを想定し、これにより放射線量が増大する影響を簡易的に 評価した結果、最寄りの敷地境界(評価点 No. 70)の線量は年間 1.36mSv 程度にな ると評価した。

なお,敷地境界線量評価の対象としている機器は,処理水受入タンク,共沈供給 タンクスキッド,クロスフローフィルタスキッド,吸着塔,HIC(スラリー用及 び吸着材用),反応/凝集槽,沈殿槽,上澄み水タンクであり,これらの鉄遮へい が 5cm 消失することで線量が 10 倍になると設定して評価した。

また,各機器の破損により漏出した放射性物質を最寄りの敷地境界にいる公衆が 吸引することにより,0.08mSv程度の線量影響が有ると評価した。(表1参照)

なお、1年の間に線源の除去もしくは遮へいによる線量低減は十分可能であること、安全機能を失うような地震が発生したとしても、機器が全て破損することは無いと想定されることから、評価シナリオは保守性を有している。

c. 耐震クラス

破損シナリオによる公衆への被ばく影響は 1.44mSv 程度であり 50 μ Sv~5mSv の

範囲であること、増設多核種除去設備は供用期間が長期間であることから、耐震ク ラスはB+クラスと評価する。

項目	記号	単位	値	備考
放射性物質量	MAR	Bq	4.10E+14	実施計画記載の敷地境界線量 評価条件より設定。核種は Sr-90。
MAR のうち事故の影響を受ける割合	DR	_	1	全機器が損傷するとして保守 側に設定
雰囲気中に放出され浮遊する割合	ARF	_	5.00E-05	出典 ^{**1} より
肺に吸入され得る微粒子の割合	RF	_	1	知見となるデータが無いため 保守側に設定
環境中へ漏れ出る割合	LPF	_	1	機器・建物の損傷の程度を考 慮せず保守側に設定
五因子法 ^{※2} による放射性物質放出量	ST	Bq	2.05E+10	MAR $ imes$ DR $ imes$ ARF $ imes$ RF $ imes$ LPF
一般公衆の呼吸率	Ma	m³/s	2.57E-04	出典 ^{※3} より 2.22E+07cm ³ /日を 換算
実効線量換算係数	Н	mSv/Bq	7.7E-05	出典 ^{※4} より Sr-90 の値
発電用原子炉施設の安全解析に関す る気象指針による相対濃度	χ /Q	s/m ³	1.95E-04	大気安定度: D, 風速 3.1m/s, 敷地境界まで 440m
公衆が漏出した放射性物質を吸引す ることによる内部被ばく線量	Di	mSv	7.91E-02	ST $\times$ ( $\chi$ /Q) $\times$ Ma $\times$ H

表1 漏出した放射性物質を公衆が吸引した場合の線量簡易評価

※ 1 : U. S. Department of Energy, AIRBORNE RELEASE FRACTIONS/RATES AND RESPIRABLE FRACTIONS FOR NONREACTOR NUCLEAR FACILITIES, Volume I - Analysis of Experimental Data, DOE-HDBK-3010-94 December 1994

※2:五因子法とは、核燃料サイクル施設の事故解析ハンドブック(NUREG/CR-6410)に記載された簡易的に放射性物質の放出量を評価する手法である。

※3:発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標に対する評価指針

※4:核原料物質又は核燃料物質の精錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示

(3) B+クラスの設計震度

2021 年9月8日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方では、Bクラスに 対する静的地震力の評価と、動的地震力の評価として1/2Sd225 弾性範囲(共振時のみ) の評価を求めており、B+クラスではBクラスの評価に加えて、動的地震力の評価とし て1/2Ss450機能維持の評価を求めている。

a. 静的地震力の評価

機器に対する静的地震力の評価は,水平 0.3G に 1.2 を乗じて水平震度は 0.36 と して評価を行う。この評価は,後述する c. に包絡されることから, a. の評価を 省略する。

b. 1/2Sd225 弾性範囲(共振時のみ)

1/2Sd225 における機器に対する評価では、後述する c. に記載する値(水平震度 0.70, 鉛直震度 0.40) に 1/2 を乗じて求め、水平震度は 0.35, 鉛直震度は 0.20 として評価を行う。

c. 1/2Ss450 機能維持

増設多核種除去設備では 1/2Ss450 に対する,基礎(GL-0.1m)での最大応答加速 度は水平(2方向)にて 556cm/s²および 549cm/s²,鉛直にて 321cm/s²である。 また水平 2方向の各時刻の応答加速度を重ね合わせたところ,最大応答加速度は 570cm/s²である。

このため、機器に対する評価では最大応答加速度に1.2を乗じて重力加速度で除した値を評価に用いる震度とし、水平震度0.70、鉛直震度0.40にて評価を行う。

以上

付録1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性に ついての計算書作成の基本方針 1. 一般事項

本基本方針は、スカート支持たて置円筒形容器(耐震設計上の重要度分類BクラスおよびB+ クラス)の耐震性についての計算方法を示す。

1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は,原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和62年8月)に準拠する。

- 1.2 計算条件
  - (1) 容器及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
  - (2) 地震力は容器に対して水平方向および鉛直方向に作用するものとする。
  - (3) 容器はスカートで支持され、スカートは下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の 基礎ボルトで基礎に固定された固定端とする。ここで、基礎については剛となるように設計 する。
  - (4) 胴とスカートをはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
  - (5) 容器頂部に水平方向変位を拘束する構造物を設ける場合は、その部分をピン支持とする。
  - (6) スカート部材において、マンホール等の開口部があって補強をしていない場合は、欠損の 影響を考慮する。



図1-1 概 要 図

1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単 位
А	胴の軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
A b	基礎ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
A e	胴の有効せん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
A s	スカートの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
A s e	スカートの有効せん断断面積	$\mathrm{mm}^2$
C c	基礎ボルト計算における係数	—
Сн	水平方向設計震度	—
C t	基礎ボルト計算における係数	—
C v	鉛直方向設計震度	—
D b i	ベースプレートの内径	mm
D b o	ベースプレートの外径	mm
D c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D i	胴の内径	mm
D j	スカートに設けられた各開口部の穴径 (j=1, 2, 3… j1)	mm
D s	スカートの内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
E s	スカートの縦弾性係数	MPa
е	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F c	基礎に作用する圧縮力	Ν
$F_{t}$	基礎ボルトに作用する引張力	Ν
f b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
fs b	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f t	スカートの許容引張応力	MPa
ft o	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
fts	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G s	スカートのせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
Н	水頭	mm
Ι	胴の断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
I s	スカートの断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
j 1	スカートに設けられた開口部の穴の個数	—

記 号	記号の説明	単 位
Кн	水平方向ばね定数	N/m
Κv	鉛直方向ばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
λ	胴のスカート接合点から重心までの距離	mm
$\lambda_1$ , $\lambda_2$	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
	(図2-4に示す距離)	
$\lambda_r$	容器の重心から上端支持部までの長さ	mm
$\lambda$ s	スカートの長さ	mm
M s	スカートに作用する転倒モーメント	N•mm
${ m M}$ s $_1$	スカートの上端部に作用する転倒モーメント	N•mm
${ m M}$ s $_2$	スカートの下端部に作用する転倒モーメント	N•mm
m 0	容器の運転時質量	kg
m e	容器のスカート接合部から上部の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P r	最高使用圧力	MPa
Q	重心に作用する任意の水平力	Ν
Q'	Qにより上端の支持部に作用する反力	Ν
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S a	胴の許容応力	MPa
S u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
Sу	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	_
Тн	水平方向固有周期	S
Τv	鉛直方向固有周期	S
t	胴板の厚さ	mm
t 1	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t ₂	圧縮側基礎相当幅	mm
t s	スカートの厚さ	mm
Y	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ	mm
Z	基礎ボルト計算における係数	—
α	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
δ	荷重Qによる容器の上端での変位量	mm
δ′	荷重Q′による容器の上端での変位量	mm
$\delta_{0}$	荷重Q, Q' による容器の重心での変位量	mm
η	座屈応力に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—

# Ⅲ-2-16-2-添 3-付録 1-5

記号	・記号の説明	単 位
$\rho'$	液体の密度(=比重×10 ⁻⁶ )	$kg/mm^3$
σ	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σос	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σot	胴の組合せ引張応力	MPa
σb	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σс	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σs	スカートの組合せ応力	MPa
σ _{s1}	スカートの運転時質量による軸方向応力	MPa
σs ₂	スカートの曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
σs ₃	スカートの鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ _{x1} , σ	41 静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ x 2	胴の運転時質量による軸方向引張応力	MPa
<b>О</b> х з	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ x 4	地震により胴に生じる軸方向応力	MPa
σх5	胴の鉛直方向地震による軸方向引張応力	MPa
σх6	胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
σхс	胴の軸方向応力の和(圧縮側)	MPa
σxt	胴の軸方向応力の和(引張側)	MPa
σφ	胴の周方向応力の和	MPa
σ φ 2	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
au b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
au s	地震によりスカートに生じるせん断応力	MPa
$\phi_{1}(\mathbf{x})$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_{2}(\mathbf{x})$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

注:「設計・建設規格」とは,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005(2007年追補版含む。))(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・建 設規格」という。)をいう。

# 2. 計算方法

- 2.1 固有周期の計算方法
  - (1) 計算モデル

本容器は、1.2項より図2-1に示す下端固定の1質点系振動モデルあるいは下端固定上端 支持の1質点系振動モデルとして考える。



図2-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

a. 下端固定の場合

曲げ及びせん断変形によるばね定数K_Hは次式で求める。

$$K_{\rm H} = 1000 \swarrow \left\{ \frac{\lambda^3}{3 \cdot {\rm E} \cdot {\rm I}} + \frac{1}{3 \cdot {\rm E} {\rm s} \cdot {\rm I} {\rm s}} \cdot (3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_{\rm s} + 3 \cdot \lambda \cdot \lambda_{\rm s}^2 + \lambda_{\rm s}^3) + \frac{\lambda}{G \cdot {\rm A} {\rm e}} + \frac{\lambda_{\rm s}}{G {\rm s} \cdot {\rm A} {\rm s} {\rm e}} \right\} \qquad (2.1.1)$$

ここで,スカートの開口部(図2-2参照)による影響を考慮し,胴及びスカートの断面性能は次のように求める。

胴の断面性能は

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_{i} + t)^{3} \cdot t \qquad (2.1.2)$$

$$A_{e} = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_{i} + t) \cdot t \qquad (2.1.3)$$

スカートの断面性能は

スカート開口部の水平断面における最大円周長さは, (図2-2及び図2-3参照)

$$Y = \sum_{j=1}^{j-1} (D_{s} + t_{s}) \cdot \sin^{-1} \left( \frac{D_{j}}{D_{s} + t_{s}} \right) \qquad (2.1.5)$$

$$A_{s e} = \frac{2}{3} \cdot \{\pi \cdot (D_{s} + t_{s}) - Y\} \cdot t_{s} \qquad (2.1.6)$$

したがって,固有周期 T H は次式で求める。

$$T_{\rm H}=2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{\,0}}{K_{\rm H}}}$$
 (2.1.7)





図2-3 スカート開口部の水平断面における最大円周長さ

### b. 下端固定上端支持の場合

重心の位置に水平方向の荷重Qが作用したときに上端の支持部に生じる反力Qは、図 2-4に示すように荷重Q及び反力Qによる上端の変位量 $\delta$ と $\delta'$ が等しいとして求める。



図2-4 下端固定上端支持の場合の変形モデル

図 2-4の(1)の場合

$$\delta = \frac{\mathbf{Q} \cdot \lambda^{2}}{6 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{I}} \cdot (2 \cdot \lambda + 3 \cdot \lambda_{r}) + \frac{\mathbf{Q}}{6 \cdot \mathbf{E} \cdot \mathbf{s} \cdot \mathbf{I} \cdot \mathbf{s}}$$
$$\cdot \{2 \cdot \lambda_{s}^{3} + 3 \cdot \lambda_{s}^{2} \cdot \lambda_{r} + 6 \cdot \lambda_{s} \cdot \lambda \cdot (\lambda_{s} + \lambda + \lambda_{r})\}$$
$$+ \frac{\mathbf{Q} \cdot \lambda_{s}}{G \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{e}} + \frac{\mathbf{Q} \cdot \lambda_{s}}{G \cdot \mathbf{s} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{s} \cdot \mathbf{e}} \qquad (2.1.8)$$

図 2-4の(2)の場合

$$\delta' = \frac{Q' \cdot (\lambda + \lambda_{r})^{3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{Q'}{3 \cdot E \cdot I \cdot s}$$

$$\cdot \{3 \cdot (\lambda + \lambda_{r})^{2} \cdot \lambda_{s} + 3 \cdot (\lambda + \lambda_{r}) \cdot \lambda_{s}^{2} + \lambda_{s}^{3}\}$$

$$+ \frac{Q' \cdot (\lambda + \lambda_{r})}{G \cdot A \cdot e} + \frac{Q' \cdot \lambda_{s}}{G \cdot A \cdot s \cdot e} \qquad (2.1.9)$$

(2.1.8) 式と(2.1.9) 式を等しく置くことにより,

$$Q' = Q \cdot \left\{ \frac{\lambda^{2} \cdot (2 \cdot \lambda + 3 \cdot \lambda_{r})}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot \lambda_{s}^{3} + 3 \cdot \lambda_{s}^{2} \cdot \lambda_{r} + 6 \cdot \lambda_{s} \cdot \lambda \cdot (\lambda_{s} + \lambda + \lambda_{r})}{6 \cdot E \cdot s \cdot I \cdot s} + \frac{\lambda}{G \cdot A \cdot e} + \frac{\lambda_{s}}{G \cdot S \cdot A \cdot s \cdot e} \right\} \neq \left\{ \frac{(\lambda + \lambda_{r})^{3}}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot (\lambda + \lambda_{r})^{2} \cdot \lambda_{s} + 3 \cdot (\lambda + \lambda_{r}) \cdot \lambda_{s}^{2} + \lambda_{s}^{3}}{3 \cdot E \cdot s \cdot I \cdot s} + \frac{\lambda + \lambda_{r}}{G \cdot A \cdot e} + \frac{\lambda_{s}}{G \cdot A \cdot s \cdot e} \right\} \qquad (2.1.10)$$

したがって、図 2-4 の(3)に示す重心位置での変位量  $\delta_0$ は図 2-4 の(1)及び(2)の重心位置での変位量の重ね合せから求めることができ、ばね定数K_Hは次式で求める。

$$K_{\rm H} = \frac{Q}{\delta_{\rm o}} = 1000 \times \left\{ \frac{\lambda^{3}}{3 \cdot {\rm E} \cdot {\rm I}} + \frac{3 \cdot \lambda^{2} \cdot \lambda_{\rm s} + 3 \cdot \lambda \cdot \lambda_{\rm s}^{2} + \lambda_{\rm s}^{3}}{3 \cdot {\rm E} \, {\rm s} \cdot {\rm I} \, {\rm s}} \right. \\ \left. + \left( 1 - \frac{Q'}{Q} \right) \cdot \left( \frac{\lambda}{G \cdot {\rm A}_{\rm e}} + \frac{\lambda_{\rm s}}{G \, {\rm s} \cdot {\rm A}_{\rm s} \, {\rm e}} \right) - \frac{Q'}{Q} \cdot \left( \frac{2 \cdot \lambda^{3} + 3 \cdot \lambda^{2} \cdot \lambda_{\rm r}}{6 \cdot {\rm E} \cdot {\rm I}} \right. \\ \left. + \frac{3 \cdot \lambda_{\rm s}^{2} \cdot \lambda + \lambda_{\rm s}^{3} + 3 \cdot \lambda_{\rm s} \cdot \lambda^{2} + 3 \cdot \lambda_{\rm s} \cdot \lambda \cdot \lambda_{\rm r} + \frac{3}{2} \cdot \lambda_{\rm s}^{2} \cdot \lambda_{\rm r}}{3 \cdot {\rm E} \, {\rm s} \cdot {\rm I} \, {\rm s}} \right) \right\}$$

$$(2.1.11)$$

固有周期は(2.1.7)式により求める。

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数Kvは次式で求める。

$$K_{V} = 1000 / \left\{ \frac{\lambda}{A \cdot E} + \frac{\lambda_{s}}{A_{s} \cdot E_{s}} \right\}$$
 (2.1.12)

- $A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \qquad (2.1.13)$
- $A_{s} = \{ \pi \cdot (D_{s} + t_{s}) Y \} \cdot t_{s} \qquad (2.1.14)$
- したがって、固有周期Tvは次式で求める。

$$T_{v} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_{0}}{K_{v}}} \qquad (2.1.15)$$

### 2.2 応力の計算方法

応力計算において,静的地震力を用いる場合は,絶対値和を用い,動的地震力を用いる場合は,SRSS法を用いることができる。

## 2.2.1 胴の応力

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合(鉛直方向地震時を含む。)

$$\sigma_{\phi_1} = \frac{\rho' \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{H} \cdot \mathbf{D}_i}{2 \cdot \mathbf{t}} \qquad (2.2.1.1)$$

$$\sigma_{\phi_2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \qquad (2.2.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \qquad (2.2.1.3)$$

### 内圧による場合

$$\sigma_{\phi_1} = \frac{\mathbf{P}_{\mathbf{r}} \cdot (\mathbf{D}_{\mathbf{i}} + 1.2 \cdot \mathbf{t})}{2 \cdot \mathbf{t}} \qquad (2.2.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \qquad (2.2.1.5)$$

$$\sigma_{x_1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \qquad (2.2.1.6)$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がスカートと接合する点を境界として、上部には胴自身の質量による圧縮応力が、 下部には下部の胴自身の質量と内容物の質量による引張応力が生じる。

下部の胴について

$\sigma_{\rm mo} = \frac{(m_0 - m_e) \cdot g}{(m_0 - m_e) \cdot g}$	 $(9 \ 9 \ 1 \ 7)$
$\int \frac{1}{\pi} \cdot (D_{i} + t) \cdot t$	(2. 2. 1. ()

### 上部の胴について

$$\sigma_{x_3} = \frac{m \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.9)$$

$$\sigma_{x 6} = \frac{m e \cdot g \cdot C_{v}}{\pi \cdot (D_{i} + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.10)$$
(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はスカート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。 この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\tau = \frac{2 \cdot C H \cdot m_0 \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.12)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot C_{H} \cdot m_{0} \cdot g \cdot |\lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda + \lambda_{r})|}{\pi \cdot (D_{i} + t)^{2} \cdot t} \qquad (2.2.1.13)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_{H} \cdot m_{0} \cdot g \cdot (1 - \frac{Q'}{Q})}{\pi \cdot (D_{i} + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.14)$$

#### (4) 組合せ応力

(1)~(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

- a. 一次一般膜応力
  - (a) 組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi_{1}} + \sigma_{\phi_{2}} \qquad (2.2.1.15)$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

$$(2.2.1.16)$$

【絶対値和】

$$σ_{x t} = σ_{x 1} + σ_{x 2} + σ_{x 4} + σ_{x 5}$$
 (2. 2. 1. 17)  
[SRSS法]

(b) 組合せ圧縮応力

σxcが正の値(圧縮側)のとき、次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi_{1}} - \sigma_{\phi_{2}} \qquad (2.2.1.19)$$

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

$$(2.2.1.20)$$

ここで,

- 【絶対値和】
- $\sigma_{xc} = -\sigma_{x_1} + \sigma_{x_3} + \sigma_{x_4} + \sigma_{x_6} \qquad (2.2.1.21)$  [SRSS]

したがって, 胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は, 絶対値和, SRSS法それぞ れに対して,

 $\sigma_{0} = Max$  {組合せ引張応力 ( $\sigma_{0t}$ ),組合せ圧縮応力 ( $\sigma_{0c}$ ) }

(2.2.1.23)

とする。

一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

- 2.2.2 スカートの応力
  - (1) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力 スカート底部に生じる運転時質量及び鉛直方向地震による圧縮応力は次式で求める。

(2) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力によりスカートには曲げモーメントが作用する。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次式で求める。

a. 下端固定の場合

$$\tau_{s} = \frac{2 \cdot C_{H} \cdot m_{0} \cdot g}{\{\pi \cdot (D_{s} + t_{s}) - Y\} \cdot t_{s}} \qquad (2.2.2.4)$$

ここで,

$$M_{s} = C_{H} \cdot m_{0} \cdot g \cdot (\lambda_{s} + \lambda) \qquad (2.2, 2.5)$$

b. 下端固定上端支持の場合

軸方向応力は(2.2.2.3)式で表されるが、曲げモーメントMsは次のMs1又は Ms2のいずれか大きい方の値とする。

$$\mathbf{M}_{s\ 1} = \mathbf{C}_{H} \cdot \mathbf{m}_{0} \cdot \mathbf{g} \cdot |\boldsymbol{\lambda} - \frac{\mathbf{Q}'}{\mathbf{Q}} \cdot (\boldsymbol{\lambda} + \boldsymbol{\lambda}_{r})| \qquad (2.2.2.6)$$

$$\mathbf{M}_{s\ 2} = \mathbf{C}_{H} \cdot \mathbf{m}_{0} \cdot \mathbf{g} \cdot |\boldsymbol{\lambda}_{s} + \boldsymbol{\lambda} - \frac{\mathbf{Q}'}{\mathbf{Q}} \cdot (\boldsymbol{\lambda}_{s} + \boldsymbol{\lambda} + \boldsymbol{\lambda}_{r})|$$

1

(2. 2. 2. 7)

$$\tau_{s} = \frac{2 \cdot C_{H} \cdot m_{0} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{\left\{\pi \cdot (D_{s} + t_{s}) - Y\right\} \cdot t_{s}} \qquad (2.2.2.8)$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は次式で求める。

【絶対値和】

$$\sigma_{s} = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3})^{2} + 3 \cdot \tau_{s}^{2}} \qquad (2.2.2.9)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{\rm s} = \sqrt{(\sigma_{\rm s} + \sqrt{\sigma_{\rm s} 2^2 + \sigma_{\rm s} 3^2})^2 + 3 \cdot \tau_{\rm s}^2} \qquad (2.2.2.10)$$

- 2.2.3 基礎ボルトの応力
  - (1) 引張応力

基礎に作用する転倒モーメントMsは、下端固定の場合、(2.2.2.5)式を、下端固定 上端支持の場合は(2.2.2.6)式又は(2.2.2.7)式を用いる。

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重に ついては、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。(図2-5参照) 以下にその手順を示す。

a.  $\sigma_b \mathcal{B} \sigma_c \delta$  (定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma b}{s \cdot \sigma c}} \qquad (2.2.3.1)$$

b. 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 α を求める。

$$\alpha = \cos^{-1} (1 - 2 \cdot k)$$
 (2.2.3.2)



図2-5 基礎の荷重説明図

各定数 e, z, C t 及び C c を求める。  

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \quad \dots \dots \dots \dots (2.2.3.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left( \cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right)$$

$$(2. 2. 3. 4)$$

$$C_{t} = \frac{2 \cdot \{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha} \qquad (2.2.3.5)$$

$$C_{c} = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \qquad (2.2.3.6)$$

d. 各定数を用いてF t 及びF c を求める。

#### 【絶対値和】

с.

$$F_{t} = \frac{M_{s} - (1 - C_{v}) \cdot m_{0} \cdot g \cdot z \cdot D_{c}}{e \cdot D_{c}} \qquad (2.2.3.7)$$

$$F_{c} = F_{t} + (1 - C_{v}) \cdot m_{0} \cdot g$$
 (2.2.3.8)

$$\begin{bmatrix} SRSS法 \end{bmatrix}$$
  
F t =  $\frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} - \frac{z}{e} \cdot m_0 \cdot g \qquad \cdots \qquad (2.2.3.9)$ 

$$F_{c} = \frac{\sqrt{M_{s}^{2} + (C_{v} \cdot m_{0} \cdot g \cdot (z - e) \cdot D_{c})^{2}}}{e \cdot D_{c}} + (1 - \frac{z}{e}) \cdot m_{0} \cdot g$$

$$(2.2.3.10)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 $\alpha$ が $\pi$ に等しくなったときであり、 (2.2.3.3) 式及び (2.2.3.4) 式において $\alpha$ を $\pi$ に近づけた場合の値 e = 0.75及び z = 0.25を (2.2.3.7) 式又は (2.2.3.9) 式に代入し、得られるFt の値によって引

張力の有無を次のように判定する。

F t ≦0ならば引張力は作用しない。

F t >0ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e. σ b 及び σ c を求める。

$$\sigma_{b} = \frac{2 \cdot F_{t}}{t_{1} \cdot D_{c} \cdot C_{t}} \qquad (2.2.3.11)$$

$$2 \cdot F_{c}$$

$$\sigma_{\rm c} = \frac{2 \cdot 1 \cdot c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D \cdot c \cdot C \cdot c} \qquad (2.2.3.12)$$

$$\begin{array}{c} z \in \mathcal{C}, \\ t_{1} = \frac{\mathbf{n} \cdot \mathbf{A} \mathbf{b}}{\pi \cdot \mathbf{D} \mathbf{c}} \end{array}$$
 (2.2.3.13)

$$t_{2} = \frac{1}{2} \cdot (D_{b o} - D_{b i}) - t_{1} \qquad (2.2.3.14)$$

 $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ がa項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

# (2) せん断応力

a.

下端固定の場合  

$$\tau_{b} = \frac{C_{H} \cdot m_{0} \cdot g}{n \cdot A_{b}}$$
 (2.2.3.15)

# b. 下端固定上端支持の場合

$$\tau_{b} = \frac{C_{H} \cdot m_{0} \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{n \cdot A_{b}} \qquad (2.2.3.16)$$

## 3. 評価方法

3.1 固有周期の評価

2.1項で求めた固有周期から、水平方向及び鉛直方向の設計震度を求める。

- 3.2 応力の評価
  - 3.2.1 胴の応力評価

2.2.1項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力Sa以下であること。

応力の種類	許 容 応 力 Sa
一次一般膜応力	設計降伏点 Syと設計引張強さ Suの0.6倍のいずれか小さい
	方の値。ただし,オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッ
	ケル合金にあっては許容引張応力Sの1.2倍の方が大きい場
	合は、この大きい方の値とする。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

- 3.2.2 スカートの応力評価
  - (1) 2.2.2項で求めたスカートの組合せ応力が許容引張応力  $f_t$ 以下であること。

$$f_{t} = \frac{1}{1.5} \cdot 1.5$$
 (3.2.2.1)

(2) 圧縮膜応力(圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ)は次式を満足すること。 (座屈の評価)

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s\,1} + \sigma_{s\,3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s\,2}}{f_b} \leq 1 \qquad (3.2.2.2)$$

ここで、
$$f_c$$
は次による。  

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \qquad (3.2.2.3)$$

また, fbは次による。

$$\frac{D_{s}+2 \cdot t_{s}}{2 \cdot t_{s}} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \geq \mathbb{E}$$
  
f_b=F 
$$(3.2.2.7)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_{s} + 2 \cdot t_{s}}{2 \cdot t_{s}} \leq 800 \quad \mathcal{O} \succeq \stackrel{*}{\geq} f_{b} = \phi_{2} \left( \frac{D_{s} + 2 \cdot t_{s}}{2 \cdot t_{s}} \right) \qquad (3. 2. 2. 9)$$

ただし、
$$\phi_2(\mathbf{x})$$
は次の関数とする。  
 $\phi_2(\mathbf{x})=0.6 \cdot \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{x}} \cdot \left[1-0.731 \cdot \left\{1-\exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\mathbf{x}}\right)\right\}\right] \cdots (3.2.2.10)$ 

ηは安全率で次による。

$$\frac{D s + 2 \cdot t s}{2 \cdot t s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \mathcal{O} \geq \overset{*}{\leq} \eta = 1 \qquad (3. 2. 2. 11)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D s + 2 \cdot t s}{2 \cdot t s} \quad \mathcal{O} \succeq \overset{*}{\geq} \eta = 1.5 \qquad (3. 2. 2. 13)$$

# Ⅱ-2-16-2-添 3-付録 1-19

3.2.3 基礎ボルトの応力評価

2.2.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma$ bは次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。

せん断応力  $\tau_b$ はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$ 以下であること。

 $f_{t s} = 1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}$  (3.2.3.1) かつ,

 $f_{t s} \leq f_{t o}$  (3.2.3.2)

ただし、 $f_{to}$ 及び  $f_{sb}$ は下表による。

	許容引張応力 fto	許容せん断応力 f _{sb}
計 算 式	$\frac{\mathrm{F}}{2}$ • 1.5	$\frac{\mathrm{F}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

付録2 平底たて置円筒形容器の耐震性に ついての計算書作成の基本方針 1. 一般事項

本基本方針は、平底たて置円筒形容器(耐震設計上の重要度分類BクラスおよびB+クラス) の耐震性についての計算方法を示す。

1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は,原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和62年8月)に準拠する。

- 1.2 計算条件
  - (1) 容器及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
  - (2) 地震力は容器に対して水平方向および鉛直方向から作用するものとする。
  - (3) 容器は胴下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の基礎ボルトで基礎に固定さ れた固定端とする。ここで、基礎については剛となるように設計する。
  - (4) 胴をはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。



図1-1 概 要 図

#### 1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単 位
А	胴の軸断面積	mm ²
A b	基礎ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Аe	胴の有効せん断断面積	mm ²
Сс	基礎ボルト計算における係数	—
Сн	水平方向設計震度	—
C t	基礎ボルト計算における係数	—
C v	鉛直方向設計震度	—
D b i	ベースプレートの内径	mm
D b o	ベースプレートの外径	mm
D c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
е	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F *	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
Fс	基礎に作用する圧縮力	Ν
F t	基礎ボルトに作用する引張力	Ν
f b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
fs b	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
fto	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
fts	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
Н	水頭	mm
Ι	胴の断面二次モーメント	$\mathrm{mm}^4$
Кн	水平方向ばね定数	N/m
Κv	鉛直方向ばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
$\lambda_1$ , $\lambda_2$	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
	(図2-2に示す距離)	
$\lambda_{ m g}$	基礎から容器重心までの距離	mm
M s	基礎に作用する転倒モーメント	N•mm
m _o	容器の運転時質量	kg
m e	容器の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S _a	胴の許容応力	MPa
S u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa

記号	記号の説明	単 位
S y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
Тн	水平方向固有周期	S
Τv	鉛直方向固有周期	S
t	胴板の厚さ	mm
t 1	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t 2	圧縮側基礎相当幅	mm
Z	基礎ボルト計算における係数	—
$\alpha$	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
$\eta$	座屈応力に対する安全率	—
$\pi$	円周率	—
$\rho'$	液体の密度(=比重×10 ⁻⁶ )	$kg/mm^3$
σ	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σос	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σot	胴の組合せ引張応力	MPa
σ ₂	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
σ 2 φ	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
σ2с	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値	MPa
	(圧縮側)	
σ ₂ t	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値	MPa
	(引張側)	
<b>0</b> 2 х с	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和(圧縮側)	MPa
0 2 x t	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和(引張側)	MPa
σb	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σс	基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma$ x 1, $\sigma$ $\phi$ 1	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
<b>σ</b> x 2	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ _{х 3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ _{х4}	胴の水平方向地震による軸方向応力	MPa
σхс	胴の軸方向応力の和(圧縮側)	MPa
σxt	胴の軸方向応力の和(引張側)	MPa
σφ	胴の周方向応力の和	MPa
σ φ 2	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
au b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\phi_{1}$ (x)	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi$ $_{2}$ (x)	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

注:「設計・建設規格」とは,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005(2007年追補版含む。))(日本機械学会 2007年9月)(以下「設計・ 建設規格」という。)をいう。

- 2. 計算方法
- 2.1 固有周期の計算方法
  - (1) 計算モデル

本容器は、1.2項より図2-1に示すような下端固定の1質点系振動モデルとして考える。



図2-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

曲げ及びせん断変形によるばね定数KHは次式で求める。

$$K_{\rm H} = \frac{1000}{\frac{\lambda_{\rm g}^{3}}{3 \cdot {\rm E} \cdot {\rm I}} + \frac{\lambda_{\rm g}}{{\rm G} \cdot {\rm A}_{\rm e}}} \qquad (2.1.1)$$

ここで、胴の断面性能は次のように求める。

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_{i} + t)^{3} \cdot t \quad .... \quad (2.1.2)$$

したがって、固有周期THは次式で求める。

$$T_{\rm H} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_{\rm H}}}$$
 (2.1.4)

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数Kvは次式で求める。

$$K_{V} = \frac{1000}{\frac{\lambda_{g}}{A \cdot E}} \qquad (2.1.5)$$

ここで,胴の断面性能は次のように求める。

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t$$
 (2.1.6)

したがって、固有周期Tvは次式で求める。

$$T_{v} = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m e}{K_{v}}} \qquad (2.1.7)$$

#### 2.2 応力の計算方法

応力計算において,静的地震力を用いる場合は,絶対値和を用い,動的地震力を用いる 場合は,SRSS法を用いることができる。

- 2.2.1 胴の応力
  - (1) 静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi_{1}} = \frac{\rho' \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{H} \cdot \mathbf{D}_{i}}{2 \cdot \mathbf{t}} \qquad (2.2.1.1)$$
  
$$\sigma_{\phi_{2}} = \frac{\rho' \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{H} \cdot \mathbf{D}_{i} \cdot \mathbf{C}_{v}}{2 \cdot \mathbf{t}} \qquad (2.2.1.2)$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がベースプレートと接合する点には,胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地 震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x2} = \frac{m e \cdot g}{\pi \cdot (D i + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.4)$$

$$\sigma_{x3} = \frac{m e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D i + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.5)$$

(3) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを 受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のよう に求める。

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_{H} \cdot m_{0} \cdot g \cdot \lambda_{g}}{\pi \cdot (D_{i} + t)^{2} \cdot t} \qquad (2.2.1.6)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_{H} \cdot m_{0} \cdot g}{\pi \cdot (D_{i} + t) \cdot t} \qquad (2.2.1.7)$$

(4) 組合せ応力

(1)~(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

- a. 一次一般膜応力
  - (a) 組合せ引張応力

$$\sigma \phi = \sigma \phi_1 + \sigma \phi_2 \qquad (2.2.1.8)$$

$$\sigma_{0 t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{x t} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{x t})^{2} + 4 \cdot \tau^{2}} \right\}$$

$$(2.2.1.9)$$

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sigma_{x 3} + \sigma_{x 4} \quad \dots \quad (2.2.1.10)$$

【SRSS法】

 $\sigma_{x t} = \sigma_{x 1} - \sigma_{x 2} + \sqrt{\sigma_{x 3}^{2} + \sigma_{x 4}^{2}}$  (2.2.1.11)

## (b) 組合せ圧縮応力

したがって, 胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は, 絶対値和, SRSS法そ れぞれに対して,

とする。

一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

- 2.2.2 基礎ボルトの応力
  - (1) 引張応力

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重 については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。(図 2-2 参照) 以下にその手順を示す。



a. σ b 及び σ c を 仮定して 基礎 ボルトの 応力計算 における 中立軸の 荷重係数 k を 求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma b}{s \cdot \sigma c}} \qquad (2.2.2.1)$$

b. 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 α を求める。  

$$\alpha = \cos^{-1} (1-2 \cdot k) \qquad (2.2.2.2)$$
c. 各定数 e, z, C t 及びC c を求める。  

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \qquad (2.2.2.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \qquad (2.2.2.4)$$

$$C_{\pm} = \frac{2 \cdot \{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha} \qquad (2.2.2.5)$$

$$C_{c} = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \qquad (2.2.2.6)$$
d. Acg by charter to give the total of the total

F t ≦0ならば引張力は作用しない。

って引張力の有無を次のように判定する。

F t >0ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e. σ b 及び σ c を求める。

$$\sigma_{b} = \frac{2 \cdot F_{t}}{t_{1} \cdot D_{c} \cdot C_{t}} \qquad (2.2.2.12)$$

$$\begin{array}{l} z = \overline{c}, \\ t_{1} = \frac{n \cdot A b}{\pi \cdot D c} \\ t_{2} = \frac{1}{2} \cdot (D b \circ - D b i) - t_{1} \\ \end{array}$$
(2.2.2.14)

 $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ がa項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の $\sigma_b$ 及び $\sigma_c$ を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

#### (2) せん断応力

$$\tau_{b} = \frac{C_{H} \cdot m_{0} \cdot g}{n \cdot A_{b}} \qquad (2.2.2.16)$$

#### 3. 評価方法

3.1 固有周期の評価

2.1 項で求めた固有周期から、水平方向及び鉛直方向の設計震度を求める。

- 3.2 応力の評価
  - 3.2.1 胴の応力評価
    - (1) 2.2.1項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力Sa以下であること。

応力の種類	許 容 応 力 Sa
一次一般膜応力	設計降伏点 Syと設計引張強さ Suの0.6倍のいずれか小さい
	方の値。ただし,オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッ
	ケル合金にあっては許容引張応力Sの1.2倍の方が大きい場
	合は、この大きい方の値とする。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

(2) 圧縮膜応力(圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ)は次式を満足すること。 (座屈の評価)

$$\frac{\eta \cdot (\sigma \times 2 + \sigma \times 3)}{f_{c}} + \frac{\eta \cdot \sigma \times 4}{f_{b}} \leq 1 \qquad (3.2.1.1)$$

$$z = z \cdot f_{c} \ dx (z \pm \delta_{o})$$

$$\frac{D + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \qquad \mathcal{O} \geq 3$$

$$f_{c} = F \qquad (3.2.1.2)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D + 2 \cdot t}{2 \cdot t} < \frac{8000 \cdot g}{F} \qquad \mathcal{O} \geq 3$$

$$f_{c} = F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{F - \phi_{1}\left(\frac{8000 \cdot g}{F}\right)\right\} \cdot \left(\frac{D + 2 \cdot t}{2 \cdot t} - \frac{1200 \cdot g}{F}\right)\right]$$

$$(3.2.1.3)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \mathcal{O} \geq 3$$

$$f_{c} = \phi_{1}\left(\frac{D + 2 \cdot t}{2 \cdot t}\right) \qquad (3.2.1.4)$$

$$z \neq z \cdot z \quad (3.2.1.4)$$

$$z \neq z \cdot z \quad (3.2.1.4)$$

$$z \neq z \cdot z \quad (3.2.1.5)$$

$$\begin{split} \texttt{k}\texttt{k}, \ \ f \ \texttt{b} \ \texttt{k}\texttt{k}\texttt{k}\texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{b} \ \texttt{k}\texttt{k}\texttt{k} \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{b} \ \texttt{k} \\ \frac{\mathsf{D} \ \texttt{i} + 2 \cdot \texttt{t}}{2 \cdot \texttt{t}} \leq \frac{1200 \cdot \texttt{g}}{\mathsf{F}} \quad \mathcal{O} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \\ f \ \texttt{b} = \mathsf{F} \quad \cdots \quad (3.2.1.6) \\ \frac{1200 \cdot \texttt{g}}{\mathsf{F}} < \frac{\mathsf{D} \ \texttt{i} + 2 \cdot \texttt{t}}{2 \cdot \texttt{t}} < \frac{9600 \cdot \texttt{g}}{\mathsf{F}} \quad \mathcal{O} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \\ f \ \texttt{b} = \mathsf{F} \cdot \left[ 1 - \frac{1}{8400 \cdot \texttt{g}} \cdot \left\{ \mathsf{F} - \phi_2 \left( \frac{9600 \cdot \texttt{g}}{\mathsf{F}} \right) \right\} \cdot \left( \frac{\mathsf{D} \ \texttt{i} + 2 \cdot \texttt{t}}{2 \cdot \texttt{t}} - \frac{1200 \cdot \texttt{g}}{\mathsf{F}} \right) \right] \\ \cdots \qquad (3.2.1.7) \\ \frac{9600 \cdot \texttt{g}}{\mathsf{F}} \leq \frac{\mathsf{D} \ \texttt{i} + 2 \cdot \texttt{t}}{2 \cdot \texttt{t}} \leq 800 \quad \mathcal{O} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \\ f \ \texttt{b} = \phi_2 \left( \frac{\mathsf{D} \ \texttt{i} + 2 \cdot \texttt{t}}{2 \cdot \texttt{t}} \right) \quad \cdots \qquad (3.2.1.8) \\ \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{L}, \ \phi_2 \quad (\texttt{x}) \ \texttt{k} \ \texttt{k} \mathcal{O} \ \texttt{B} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{s} \ \texttt{o} \ \texttt{O} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \\ \phi_2 \quad (\texttt{x}) = 0.6 \cdot \frac{\mathsf{E}}{\mathsf{x}} \cdot \left[ 1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left( -\frac{1}{16} \cdot \sqrt{\mathsf{x}} \right) \right\} \right] \\ \cdots \qquad (3.2.1.9) \\ \eta \ \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{k} \ \texttt{s} \ \texttt{b} \ \texttt{b} \ \texttt{b} \ \texttt{k} \ \texttt{b} \ \texttt{c} \ \texttt{b} \ \texttt$$

Ⅱ-2-16-2-添 3-付録 2-12

3.2.2 基礎ボルトの応力評価

2.2.2 項で求めた基礎ボルトの引張応力 $\sigma$ bは次式より求めた許容引張応力fts以下であること。

せん断応力  $\tau$  bはせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f s b以下であること。

 $f_{t s} = 1.4 \cdot f_{t o} - 1.6 \cdot \tau_{b}$  (3.2.2.1) かつ,

 $f t s \leq f t o$  (3.2.2.2)

ただし、 $f_{to}$ 及び  $f_{sb}$ は下表による。

	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 ƒ _{sb}
計 算 式	$\frac{\mathrm{F}}{2}$ • 1.5	$\frac{\mathrm{F}}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

付録3 横軸ポンプ及びスキッドの耐震性に

ついての計算書作成の基本方針

1. 一般事項

本基本方針は、横軸ポンプ(耐震設計上の重要度分類BクラスおよびB+クラス)の耐震 性についての計算方法を示す。なお、本基本方針はスキッドにも適用する。(その場合は、 ポンプをスキッドと読み替える。)

1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は,原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和62年8月)(以下「指針」という。)に準拠 する。

- 1.2 計算条件
  - (1) ポンプ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
  - (2) 地震力はポンプに対して水平方向および鉛直方向から作用するものとする。
  - (3) ポンプは基礎ボルトで基礎に固定された固定端とする。ここで、基礎については剛となるように設計する。
  - (4) 転倒方向は図1-1概要図における軸直角方向及び軸方向について検討し,計算書には計算結果の厳しい方を記載する。



1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単 位
A b i	ボルトの軸断面積	$\mathrm{mm}^2$
Сн	水平方向設計震度	—
C v	鉛直方向設計震度	—
Cm	原動機振動による震度	—
Ср	ポンプ振動による震度	—
d i	ボルトの呼び径	mm
Fi	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
Fьі	ボルトに作用する引張力(1 本当たり)	Ν
$f_{ m s\ b\ i}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
ftoi	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ m t\ s\ i}$	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度(=9.80665)	$m/s^2$
Hm	原動機予想最大両振幅	$\mu$ m
Нp	ポンプ予想最大両振幅	$\mu$ m
h i	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
ℓıi	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
ℓ₂i	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
Mm	原動機回転により作用するモーメント	N•mm
Мр	ポンプ回転により作用するモーメント	N•mm
mi	運転時質量	kg
Nm	原動機回転速度(同期回転速度)	$\min^{-1}$
N p	ポンプ回転速度	$\min^{-1}$
n i	ボルトの本数	_
n fi	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	_
Р	原動機出力	k₩
$\mathbf{Q}$ b i	ボルトに作用するせん断力	Ν
Sui	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S y i	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
π	円周率	—
σbi	ボルトに生じる引張応力	MPa
au bi	ボルトに生じるせん断応力	MPa

- 注1:「設計・建設規格」とは,発電用原子力設備規格(設計・建設規格 JSME S NC1-2005(2007年追補版含む。))(日本機械学会 2007年9月)(以下「設 計・建設規格」という。)をいう。
- 注2: Abi, di, Fi, Fbi, fsbi, ftoi, ftsi,  $\ell_1$ i,  $\ell_2$ i, ni, nfi, Qbi, Sui, Syi,  $\sigma$ bi及び $\tau$ biの添字iの意味は、以下のとおりとする。

- i =1: ポンプ基礎ボルト(ポンプと原動機のベースが共通である場合を含 む。)
- i =2:ポンプ取付ボルト
- i =3:原動機基礎ボルト
- i =4:原動機取付ボルト
- なお、ポンプと原動機間に増速機がある場合は、次のように定義する。
  - i =5: 増速機基礎ボルト
  - i=6: 増速機取付ボルト
- 注3:hi及びmiの添字iの意味は、以下のとおりとする。
  - i =1 : ポンプ据付面
  - i =2:ポンプ取付面
  - i =3:原動機据付面
  - i =4:原動機取付面
  - なお、ポンプと原動機間に増速機がある場合は、次のように定義する。
    - i =5: 增速機据付面
    - i =6: 増速機取付面

注記*****:ℓ₁ i ≦ℓ₂ i

#### 2. 計算方法

2.1 固有周期の計算方法

横軸ポンプは構造的に1個の大きなブロック状をしており,重心の位置がブロック状のほぼ 中心にあり,かつ,下面が基礎ボルトにて固定されている。

したがって,全体的に一つの剛体と見なせるため,固有周期は十分に小さく,固有周期の 計算は省略する。

- 2.2 応力の計算方法
  - 2.2.1 ボルトの応力

ボルトの応力は地震による震度,ポンプ振動による震度及びポンプ回転により作用す るモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。



図 2-1 計算モデル(軸直角方向転倒)



(1) 引張応力

ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 2-1 及び図 2-2 で最外列のボルト を支点とする転倒を考え、これを片側の最外列のボルトで受けるものとして計算する。

なお、ポンプと原動機のベースが共通である場合の基礎ボルト(i=1)及び計算モデ ル図 2-2 の場合のボルト(i=1~6)については、ポンプ回転によるモーメントは作用し ない。

引張力

$$F_{b_{i}} = \frac{\left(C_{H} + C_{p}\right) \cdot m_{i} \cdot g \cdot h_{i} + M_{p} - \left(1 - C_{v} - C_{p}\right) \cdot m_{i} \cdot g \cdot l_{1 i}}{n_{f_{i}} \cdot \left(l_{1 i} + l_{2 i}\right)}$$
(2.2.1)

ℓ₁₁ が負となる場合, (2.2.1)式中の(1−C_v−C_p)を(1−C_v+C_p)に 置き換える。

増速機のボルト(i=5及び 6)の場合,(2.2.1)式中のMpは(Mp+Mm), Cpは(Cp+Cm)と置き換える。

ここで、ポンプ回転により作用するモーメントMpは次式で求める。

$$(M_m についても同様で, 次式で求める。この場合, N_p は N_m と置き換える。)M_p = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N_p}\right) \cdot 10^6 \cdot P \qquad (2.2.2)$$

 $(1kW=10^{6}N\cdot mm/s)$ 

また、Cpは振動による振幅及び回転速度を考慮して定める値で、次式で求める。 (Cmについても同様で、次式で求める。この場合、HpはHm、NpはNmと置き 換える。)

引張応力	
$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \qquad \cdots \qquad$	(2.2.4)
ここで、ボルトの軸断面積A b iは	
$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{i}^{2}$	(2.2.5)
ただし,Fbiが負のときボルトには引張力が生じないので,引張応力	の計算は
行わない。	

(2) せん断応力

ボルトに対するせん断力はボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

 $Q_{bi} = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \quad \dots \quad (2.2.6)$ 

増速機のボルト(i=5 及び 6)の場合, (2.2.6) 式中のCpは(Cp+Cm)と置き換える。

せん断応力

$$\tau_{\rm b\,i} = \frac{Q_{\rm b\,i}}{n_{\rm i} \cdot A_{\rm b\,i}} \qquad (2.2.7)$$

## 3. 評価方法

- 3.1 応力の評価
  - 3.1.1 ボルトの応力評価

2.2.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma$  bi は次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$  以下であること。

せん断応力  $\tau$  bi はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。

 $f_{t s i} = 1.4 \cdot f_{t o i} - 1.6 \cdot \tau_{b i}$  (3.1.1)

 $f_{tsi} \leq f_{toi}$  (3.1.2) ただし、 $f_{toi}$ 及び $f_{sbi}$ は下表による。

	許容引張応力 $f_{t o i}$	許容せん断応力 $f_{\rm s  b  i}$
計 算 式	$\frac{\mathrm{Fi}}{2} \cdot 1.5$	$\frac{\mathrm{Fi}}{1.5\cdot\sqrt{3}}\cdot 1.5$

#### 増設多核種除去設備の強度に関する計算書

1. 強度評価の方針

増設多核種除去設備を構成する主要な機器及び主配管(鋼管)は,強度評価においては,「JSME SNC-1 電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下,「設計・建設規格」という。)のクラス3 機器またはクラス3配管に準じた評価を行う。

- 2. 強度評価
- 2.1 処理水受入タンク、共沈タンク、供給タンク
- 2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図-1-1、図-1-2に示す。



図-1-1 処理水受入タンク 概要図 図-1-2 共沈タンク,供給タンク 概要図

図中の番号は、2.1.2及び2.1.3の番号に対応する。

# 2.1.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ: t1 炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は 3mm, その他の材料で作られた場合は 1.5mm とする

b. 胴の計算上必要な厚さ:t₂

$$t_{2} = \frac{D_{i} \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_{2} : 必要厚さ (mm)$   
Di: 胴の内径 (m)  
H: 水頭 (m)  
 $\rho : 液体の比重。$   
ただし, 1未満の場合は1とする。  
S: 許容引張応力(MPa)  
 $\eta : 継手効率 (-)$ 

(2) 下部鏡板の厚さの評価

さら形鏡板の場合で、中低面に圧力を受ける物については、下記式により計算した値以上の 厚さとする。

a. 鏡板の計算上必要な厚さ:t

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ: t1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_1 : 必要厚さ (mm)$   
Di:管台の内径(m)  
H:水頭(m)  
 $\rho:液体の比重。$   
ただし、1未満の場合は1とする。  
S:許容引張応力(MPa)  
 $\eta:継手効率(-)$ 

- b. 規格上必要な厚さ:t2
   管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。
- (4) 胴の穴の補強計算
  - a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるよう にすること。
  - b. 大きい穴の補強を要しない穴の最大径
     内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の2分の1 (500mm を超える場合は, 500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の3
     分の1 (1000mm を超える場合は, 1000mm) 以下の場合は, 大きい穴の補強計算は必要ない。
  - c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上である こと。

# 2.1.3 評価結果

評価結果を表-1~2に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
処理水受入タンク 1,2	(1)胴板の厚さ	3.00	7.27
	(2)下部鏡板の厚さ	0.98	6.00
	(3) 管台の厚さ(液出口)	3.50	4.35

表-1-1 処理水受入タンクの評価結果(板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ	最小厚さ
		(mm)	(mm)
	(1)胴板の厚さ	3.00	3.72
	(2)下部鏡板の厚さ	3.00	3.69
	(3) 管台の厚さ(液出口)	3.50	3.75
世対タンク	(3) 管台の厚さ (タイライン)	3.50	4.72
A B C	(3) 管台の厚さ(液入口)	2.40	2.40
П, D, С	(3) 管台の厚さ(苛性ソーダ入口)	2.20	2.20
	(3) 管台の厚さ(炭酸ソーダ入口)	2.20	2.20
	(3) 管台の厚さ(pH 計スキッド行き)	2.20	2.20
	(3)管台の厚さ(pH 計スキッド戻り)	1.70	1.90

表-2-1 共沈タンクの評価結果(板厚)

表-2-2 共沈タンクの評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果		
共沈タンク A, B, C	(4)胴 (タイライン)	補強に必要な面積 (mm ² )	補強に有効な総面積 (mm ² )	
		40.95	663.63	
		大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)	
		583.33	167.20	
		溶接部の負うべき荷重	予想される破断箇所の	
		(N)	強さ(N)	
		-47353	*1	

※1 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

機器名称	評価項目	必要厚さ	最小厚さ
		(mm)	(mm)
供給タンク A, B, C	(1)胴板の厚さ	3.00	3.72
	(2)下部鏡板の厚さ	3.00	3.69
	(3) 管台の厚さ(液出口)	3.50	3.75
	(3)管台の厚さ(タイライン)	3.50	4.72
	(3) 管台の厚さ		
	(クロフフローフィルタ戻り)	2.20	2.20
	(3) 管台の厚さ(デカント水戻り)	2.20	2.20

表-3-1 供給タンクの評価結果(板厚)

表-3-2 供給タンクの評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果		
供給タンク A, B, C	(4)胴 (タイライン)	補強に必要な面積 (mm ² )	補強に有効な総面積 (mm ² )	
		48.54	656.11	
		大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)	
		583.33	167.20	
		溶接部の負うべき荷重	予想される破断箇所の	
		(N)	強さ(N)	
		-45765	※2	

※2 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

#### 2.2 吸着塔

2.2.1 評価箇所





吸着塔Ⅰ型





吸着塔 I 型	:多核種吸着塔1~5
吸着塔Ⅱ型	:多核種吸着塔6~14

吸着塔Ⅲ型 :多核種吸着塔15~18

吸着塔Ⅲ型

図-2 吸着塔 概要図 図中の番号は, 2.2.2, 2.2.3 の番号に対応する。

### 2.2.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ: t1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあっては 3mm, その他の材料で作られた ものにあっては 1.5mm とする。

b. 内面に圧力を受ける胴の必要厚さ: t₂

$$t_{2} = \frac{P \cdot D_{i}}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

$$P : 最高使用圧力 (MPa)$$
Di : 胴の内径 (mm)
S : 許容引張応力 (MPa)
 $\eta : 継手効率 (-)$ 

(2) 鏡板の厚さの評価

さら形鏡板に必要な厚さは、以下で計算した値のうちいずれか大きい方の値とする。 a. フランジ部: t₁

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

t1:必要厚さ(mm) P:最高使用圧力(MPa) Di:胴の内径(mm) S:許容引張応力(MPa) η:継手効率(-)

t₂:必要厚さ (mm)

b. 鏡板:t₂

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2P}$$

t₂:必要厚さ(mm) P :最高使用圧力(MPa) R :鏡板の中央部における内面の半径(mm) W :さら型鏡板の形状による係数(-) S :許容引張応力(MPa) η :継手効率(-)

ここで、Wは以下の式により計算した値とする。

W=
$$\frac{1}{4}$$
  $\cdot \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}}\right)$ 

R:鏡板の中央部における内面の半径 (mm)r:さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)
(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 内面に圧力を受ける管台: t1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_O}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t₁:必要厚さ(mm) P :最高使用圧力(MPa) Do:管台の外径(mm) S :許容引張応力(MPa) η :継手効率(-)

- b. 規格上必要な最小厚さ:t2
   炭素鋼鋼管を使用する管台にあっては、管台の外径に応じて設計・建設規格 表
   PVC-3610-1より求めた管台の厚さとする。
- (4) 鏡板の補強を要しない穴の最大径の評価鏡板の補強を要しない穴の最大径は、以下で計算した値のうちいずれかとする。
  - a. 穴の径が 61mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴。

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_c}{4}$$

- d_{r1}:補強を要しない穴の最大径(mm)
- D : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

d .... 補強を要したい穴の最大径(mm)

- t c : 鏡板の最少厚さ(mm)
- b. a に揚げるものを除き, 穴の径が 200mm以下で, かつ, 設計・建設規格 図 PVD-3122-1 及び図 PVD-3122-2 により求めた値以下の穴。

$$d_{r2}$$
= 8.05  $\sqrt[3]{Dt_c(1-K)}$   
 $t_c$  : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)  
 $t_c$  : 鏡板の最少厚さ(mm)  
K : 係数(-)

ここで、Kは、さら形鏡板の場合、次の式により計算した値で、K>0.99のときは、K=0.99とする。

$$K = \frac{P \cdot D}{1.82S \cdot \eta \cdot t_{c}}$$

$$P : 最高使用圧力 (MPa)$$

$$D : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)$$

$$S : 許容引張応力 (MPa)$$

$$\eta : 継手効率の値 (-)$$

t c:鏡板の最少厚さ(mm)

- (5) 鏡板の穴の補強計算
  - a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が,補強に必要な面積より大きくなるよう にすること。
  - b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mmを超える場合は,500mm) 以下および内径が 1500mmを超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は,1000mm) 以下の場合は,大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として,予想される破断箇所の強さが,溶接部の負うべき荷重以上である こと。

2.2.3 評価結果

評価結果を表-4~6に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
	(1)胴板の厚さ	9.57	14.80
	(2)上部・下部鏡板の厚さ	10.18	15.50
<b>夕</b> 技種四美棋	(3) 管台の厚さ(清掃口)	1.04	5.80
多核性吸有增 1~5	(3) 管台の厚さ(液出口)	0.38	2.40
A, B, C	(3) 管台の厚さ(液入口)	0.38	3.00
, _, _	(3) 管台の厚さ(吸着材入口)	0.31	2.90
	(3)管台の厚さ(吸着材出口)	0.31	2.30
	(3) 管台の厚さ (ベント)	0.31	2.90

表-4-1 吸着塔の評価結果(板厚)

機器名称	評価項目	補強を要しない穴 の最大径(mm)	穴の径 (mm)
	(4)上部鏡板(清掃口)	165.50	$165.20$ *3
	(4)下部鏡板(液出口)	165.50	60.50
吸着塔1~5	(4)上部鏡板(液入口)	165.50	60.50
А, В, С	(4) 上部鏡板(吸着材入口)	165.50	48.60
	(4)下部鏡板(吸着材出口)	165.50	48.60
	(4)上部鏡板(ベント)	165.50	48.60

表-4-2 吸着塔の評価結果(鏡板の補強要否確認)

※3 管台の外径は165.2mm であるものの, 鏡板に加工する穴の径は最大168.5mm で

あり、補強を要しない穴の最大径を上回ることから鏡板の穴の補強計算を行う。

機器名称	評価項目	評価約	結果
		補強に必要な 面積 ( <b>mm</b> ²)	補強に有効な 総面積( <b>mm</b> ²)
		$1.015  imes 10^{3}$	$1.723  imes 10^{3}$
吸着塔1~5	(5)上部鏡板	大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)
А, Б, С		500.00	153.60
		溶接部の負う	予想される破断箇所
		べき荷重 (N)	の強さ (N)
		$-2.992  imes 10^4$	

表-4-3 吸着塔の評価結果(鏡板の穴の補強計算)

※4 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

表-5-1	吸着塔の評価結果	(板厚)
-------	----------	------

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
	(1)胴板の厚さ	8.44	13.60
	(2)さら形ふた板	6.50	11.70
	(3)下部鏡板の厚さ	9.02	11.80
多核種吸着塔	(4) 管台の厚さ(清掃口)	3.80	5.80
6~14 A, B, C	(4)管台の厚さ(液出口)	2.40	3.00
	(4) 管台の厚さ(液入口)	2.40	3.00
	(4) 管台の厚さ(吸着材入口)	2.40	3.00
	(4) 管台の厚さ(吸着材出口)	2.40	3.00
	(4)管台の厚さ(ベント)	2.20	2.90

### Ⅲ-2-16-2-添 4-10

機器名称	評価項目	補強を要しない 穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
	(5)さら形ふた板(清掃口)	142.05	$165.20$ *5
	(5)下部鏡板(液出口)	142.98	60.50
多核種吸着哈 6~14	(5)さら形ふた板(液入口)	142.05	60.50
A. B. C	(5)さら形ふた板(吸着材入口)	142.05	60.50
	(5)下部鏡板(吸着材出口)	142.98	60.50
	(5)さら形ふた板(ベント)	142.05	48.60

表-5-2 吸着塔の評価結果(鏡板・さら形ふた板の補強要否確認)

※5 さら形ふた板の穴の補強計算を行う

表-5-3 吸着塔の評価結果(さら形ふた板の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	—————————————————————————————————————	
		補強に必要な 面積 (mm ² )	補強に有効な 総面積 (mm ² )
		610.5	$1.438  imes 10^{3}$
多核種吸着塔 6~14	<ul><li>(6) さら形ふた板</li></ul>	大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)
A, B, C	(1月3市日)	437.00	153.60
		溶接部の負う	予想される破断箇所の強さ
		べき荷重 (N)	(N)
		$-6.530  imes 10^4$	%6

※6 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

表-6-1	吸着塔の評価結果	(板厚)
-------	----------	------

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
	(1)胴板の厚さ	10.85	13.60
	(2)さら形ふた板	8.36	14.40
	(3)下部鏡板の厚さ	11.60	14.60
多核種吸着塔	(4) 管台の厚さ(清掃口)	3.80	5.80
$1 \ 5 \sim 1 \ 8$	(4)管台の厚さ(液出口)	2.40	3.00
А, В, С	(4) 管台の厚さ(液入口)	2.40	3.00
	(4) 管台の厚さ(吸着材入口)	2.40	3.00
	(4) 管台の厚さ(吸着材出口)	2.40	3.00
	(4) 管台の厚さ (ベント)	2.20	2.90

機器名称	評価項目	補強を要しない 穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
	(5)さら形ふた板(清掃口)	162.41	$165.20$ *7
	(5)下部鏡板(液出口)	164.21	60.50
多核種吸着哈       15~18	(5)さら形ふた板(液入口)	162.41	60.50
A, B, C	(5)さら形ふた板(吸着材入口)	162.41	60.50
	(5)下部鏡板(吸着材出口)	164.21	60.50
	(5)さら形ふた板(ベント)	162.41	48.60

表-6-2 吸着塔の評価結果(鏡板・さら形ふた板の補強要否確認)

※7 さら形ふた板の穴の補強計算を行う

表-6-	3 吸着塔の評価結	果(さら形ふた板の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価約	持果
		補強に必要な 面積(mm ² )	補強に有効な 総面積 (mm ² )
		784.9	$1.687  imes 10^{3}$
多核種吸着塔 15~18	<ul><li>(6) さら形ふた板</li></ul>	大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)
А, В, С	(有功中日)	500.00	153.60
		溶接部の負う べき荷重 (N)	予想される破断箇所 の強さ(N)
		$-7.203  imes 10^4$	%8

※8 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

- 2.3 吸着塔入口バッファタンク、移送タンク、サンプルタンク
- 2.3.1 評価箇所

強度評価箇所を図-3に示す。



図中の番号は, 2.3.2, 2.3.3 の番号に対応する。 図-3 吸着塔入口バッファタンク,移送タンク 概要図

2.3.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 規格上必要な最小厚さ:t1 炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm,その他の材料で作られた場合は
- 1.5mm とする。
- b. 胴の計算上必要な厚さ:t2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$   
 $t_2 : 必要厚さ (mm)$   
 $Di : 胴の内径 (m)$   
 $H : 水頭 (m)$   
 $\rho : 液体の比重。$   
 $ただし, 1 未満の場合は1とする。$   
 $S : 許容引張応力(MPa)$   
 $\eta : 継手効率 (-)$ 

Ⅱ-2-16-2-添 4-13

c. 胴の内径に応じた必要厚さ:t3

胴の内径が 5m を超えるものについては, 胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(2) 底板の厚さの評価

地面,基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは,3mm以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ: t1

	t ₁ :必要厚さ (mm)
$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{\rho}$	Di:管台の内径(m)
$0.204 \cdot 5 \cdot \eta$	H:水頭(m)
	<ul><li>ρ:液体の比重。</li></ul>
	ただし, 1未満の場合は1とする。
	S:許容引張応力(MPa)
	η:継手効率(-)

b. 規格上必要な厚さ: t₂ 管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

- (4) 胴の穴の補強計算
  - a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるよう にすること。
- b. 大きい穴の補強を要しない穴の最大径

内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える場合は,500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は,1000mm) 以下の場合は,大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上である こと。

## 2.3.3 評価結果

評価結果を表-7~9に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最少厚さ (mm)
	(1) 胴の厚さ	1.50	3.48
吸着塔入口バッファ	(2)底板の厚さ	3.00	17.80
φνηΑ, Β, C	(3) 管台の厚さ(液出口)	2.40	3.91

表-7-1 吸着塔入口バッファタンクの評価結果(板厚)

表-7-2 吸着塔入口バッファタンクの評価結果(胴板の補強要否確認)

機器名称	評価項目	補強を要しな い穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
吸着塔入口バッファ タンクA, B, C	(4)胴(液出口)	85.00	85.00以下

表-8-1 移送タンクの評価結果(板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最少厚さ (mm)
移送タンク1.2	(1)胴の厚さ	3.00	7.47
	(2)底板の厚さ	3.00	20.35
	(3) 管台の厚さ(液出口)	3.50	3.91

表-8-2 移送タンクの評価結果(胴板の補強要否確認)

		補強を要しな	穴の径
機器名称	評価項目	い穴の最大径	(mm)
		(mm)	
移送タンク1.2	(4)胴(液出口)	85.00	85.00以下

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最少厚さ (mm)
	(1) 胴の厚さ	11.7	12.0
サンプルタンク A, B, C	(2)底板の厚さ	3.0	12.0
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.5	6.0
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.5	8.2
	(3) 管台の厚さ(650A)	3.5	12.0

表-9-1 サンプルタンクの評価結果(板厚)

表-9-2 サンプルタンクの穴の補強評価結果

機器名称	管台口径	評価部位	補強に必要 な面積[mm ² ]	補強に有効 な総面積 [mm ² ]
	100A	管台	724	1616
サンプルタンクA, B, C	200A	管台	1411	3195
	650A	管台	4466	10840

表-9-3	サンプルタンクの	の強め材の取付け強さ
-------	----------	------------

	管台	溶接部の負 うべき荷重		予想される破断箇所の強さ				
機器名称	口径	W	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$\mathrm{W}_4$	$W_5$	$W_6$
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
	100A	37367.82	154937	278514	119886	199587	234638	243463
サンプルタンクA, B, C	200A	63939.66	342042	570661	300675	402159	443526	529294
	650A	167003.76	1412331	2016618	1600574	1641873	1453630	2204861

2.4 主配管

2.4.1 評価箇所

強度評価箇所を図-4に示す。



図-4 配管概略図(1/14)





記号几例 ホ:耐圧ホース 図中の番号は,2.4.3の番号に対応する。 注記 * :管縦手

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある。 図-4 配管概略図(3/14)





図-4 配管概略図(4/14)



Ⅱ-2-16-2-添 4-21





図-4 配管概略図(6/14)



Ⅱ-2-16-2-添 4-23





Ⅱ-2-16-2-添 4-25



記号凡例 PE:ポリエチレン管

図中の番号は,2.4.3の番号に対応する。

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-4 配管概略図(10/14)



配管構成は変更となる場合がある

図-4 配管概略図(11/14)



Ⅲ-2-16-2-添 4-28



記号凡例 PE:ポリエチレン管

図中の番号は, 2.4.3の番号に対応する。

※使用する材料に変更の無い範囲で図に示す 配管構成は変更となる場合がある

図-4 配管概略図(13/14)



記号凡例 ホ:耐圧ホース

図中の番号は,2.4.3の番号に対応する。

図-4 配管概略図(14/14)

- 2.4.2 評価方法
  - (1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に揚げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$t_1 = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$
 $t_1 : 必要厚さ (mm)$ 
 $P : 最高使用圧力 (MPa)$ 
 $D_0 : 管台の外径 (m)$ 
 $S : 許容引張応力 (MPa)$ 

- η : 継手効率 (-)
- b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ:t₂ 設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1より求めた値

# 2.4.3 評価結果

評価結果を表-9に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると 評価している。

N	外径	++*	最高使用	最高使用	必要厚さ	最小厚さ
NO.	(mm)	竹科	圧力(MPa)	温度(℃)	(mm)	(mm)
1	114.30	STPG370	0. 98	40	3.40	5.25
2	114.30	STPG370	0.98	60	3.40	5.25
3	114.30	STPG370	静水頭	60	—	5.25
4	60.50	STPG370	0.98	60	2.40	3.40
5	60.50	STPG370	1.37	60	2.40	3.40
6	42.70	STPG370	0.98	60	1.90	3.10
7	165.20	SUS316L	静水頭	60	_	6.21
8	60.50	SUS316L	静水頭	60	—	3.40
9	60.50	SUS316L	0.98	60	0.28	3.40
10	42.70	SUS316L	0.98	60	0.20	3.10
11	76.30	SUS316L	0.98	60	0.35	4.55
12	165.20	SUS316L	0.98	60	0.74	6.21
13	139.80	SUS316L	0.98	60	0.63	5.77
14	216.30	SUS316L	0.98	60	0.97	7.17
15	267.40	SUS316L	0.98	60	1.20	8.13
16	318.50	SUS316L	0.98	60	1.43	9.01
17	60.50	SUS316L	0.98	60	0.28	4.81
18	60.50	SUS316L	1.37	60	0.38	3.40
19	42.70	SUS316L	1.37	60	0.27	3.10
20	89.10	STPG370	1.37	60	3.00	4.81
21	42.70	STPG370	1.37	60	1.90	3.10
22	60.50	STPG370	1.37	60	2.40	4.81
23	89.10	STPG370	静水頭	60	_	4.81
24	89.10	STPG370	0. 98	60	3. 00	4.81
25	76.30	STPG370	0.98	60	2.70	4.55

表-9 配管の評価結果(管厚)

N	外径	++101	最高使用	最高使用	必要厚さ	最小厚さ
No.	(mm)	竹科	圧力(MPa)	温度 (℃)	(mm)	(mm)
26	48.60	STPG370	0. 98	60	2.20	3. 20
27	114.30	SUS316L	0. 98	60	0.52	5.25
28	114.30	SUS316L	0.98	40	0.51	5.25
29	89.10	SUS316L	0.98	40	0.40	4.81
30	60.50	SUS316L	0.98	40	0.27	3.40
31	323.90	SUS316L	0.98	60	1.45	2.70
32	27.20	SUS316L	0.98	60	0.21	2.61
33	48.60	SUS316L	静水頭	60	—	3.20
34	48.60	SUS316L	0.50	60	0.12	3.20
35	48.60	SUS316L	0.50	60	0.12	4.46
36	139.80	SUS316L	静水頭	60	—	5.77
37	76.30	SUS316L	静水頭	60	—	4.55
38	76.30	SUS316L	0.50	60	0.18	4.55
39	34.00	SUS316L	0.50	60	0.08	2.90
40	27.20	STPG370	0.98	60	1.70	2.40
41	21.70	SUS316L	0.98	60	0.17	2.52
42	21.70	SUS316L	0.50	60	0.05	2.52
43	60.50	SUS316L	0.50	60	0.14	3.40
44	89.10	SUS316L	0.50	60	0.21	4.81
45	34.00	SUS316L	0.98	60	0.15	2.90
46	48.60	SUS316L	0.98	60	0. 21	3. 20

注1)継手類はJIS等の規格品を適用することで、管に対し十分な厚さを有し、管の強度評価に包絡される。

注2) 管及び機器の取合箇所において、変位の吸収や着脱の必要性から強度計算の規格外となるホース類を適用する箇 所がある。これらについては配管の流体・圧力・温度条件に合致した十分実績のあるものを採用することで、必 要な強度を確保するものとする。

- 2.5 炭酸ソーダ貯槽
- 2.5.1 評価箇所

強度評価箇所を図-5に示す。



図中の番号は, 2.5.2, 2.5.3の番号に対応する。 図-5 炭酸ソーダ貯槽 概要図

- 2.5.2 評価方法
  - (1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

- a. 規格上必要な最小厚さ:t1
   炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm,その他の材料で作られた場合は
   1.5mmとする。
- b. 胴の計算上必要な厚さ:t₂

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$   
 $H : 水頭 (m)$   
 $\rho : 液体の比重。$   
 $ただし, 1未満の場合は1とする。$   
 $S : 許容引張応力 (MPa)$   
 $\eta : 継手効率 (-)$ 

c. 胴の内径に応じた必要厚さ:t3

胴の内径が 5m を超えるものについては, 胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(2) 底板の厚さの評価

地面,基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは,3mm以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ: t1

b. 規格上必要な厚さ:t₂
 管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1より求めた管台の厚さとする。

- (4) 胴の穴の補強計算
- a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が,補強に必要な面積より大きくなるようにすること。
- b. 大きい穴の補強を要しない穴の最大径
   内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える 場合は、500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径 の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は、1000mm) 以下の場合は、大きい穴の補強計 算は必要ない。
- c. 溶接部の強度として,予想される破断箇所の強さが,溶接部の負うべき荷重以上であること。

## 2.5.3 評価結果

評価結果を表-10に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価 している。

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最少厚さ (mm)
	(1) 胴の厚さ	1.50	6.87
	(2)底板の厚さ	3.00	19.60
灰酸ノータ 灯槽 1	(3)管台の厚さ(125A)	3.50	4.87
	(3)管台の厚さ(100A)	3.50	4.35
	(1) 胴の厚さ	1.50	6.87
出職い. が時捷の	(2)底板の厚さ	3.00	19.60
灰酸ノータ 灯帽 2	(3) 管台の厚さ(65A)	2.70	3.65
	(3) 管台の厚さ(100A)	3.50	4. 35

表-10-1 炭酸ソーダ貯槽の評価結果(板厚)

機器名称		補強を要しな	穴の径	
	評価項目	い穴の最大径	(mm)	
		(mm)		
炭酸ソーダ貯槽1	(4) 胴板(125A)	85.00	85 を超える ^{※9}	
	(4) 胴板(100A)	85.00	85 を超える ^{※9}	
炭酸ソーダ貯槽2	(4)胴板(65A)	85.00	85.00以下	
	(4)胴板(100A)	85.00	85 を超える ^{※9}	

表-10-2 炭酸ソーダ貯槽の評価結果(胴板の補強要否確認)

※9 胴板の穴の補強計算を行う

機器名称	評価項目	評価結果	
炭酸ソーダ貯槽 1	(5) 胴(125A)	補強に必要な	補強に有効な
		面積 (mm ² )	総面積 (mm ² )
		87.58	$1.130 \times 10^{3}$
		大きな穴の補強を	穴の径
		要しない最大径(mm)	(mm)
		1000	130.06
		溶接部の負う	予想される破断箇所
		べき荷重 (N)	の強さ (N)
		$-7.759 \times 10^4$	%1 0
炭酸ソーダ貯槽 1,2	(5) 胴(100A)	補強に必要な	補強に有効な
		面積 (mm ² )	総面積 (mm ² )
		71.11	$7.845 \times 10^{2}$
		大きな穴の補強を	穴の径
		要しない最大径(mm)	(mm)
		1000	105.60
		溶接部の負う	予想される破断箇所
		べき荷重 (N)	の強さ (N)
		$-6.294 \times 10^{4}$	* 1 0

表-10-3 炭酸ソーダ貯槽の評価結果(胴の穴の補強計算)

※10 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

#### 2.6 炭酸ソーダ溶解槽

## 2.6.1 評価箇所

強度評価箇所を図-6に示す。



図中の番号は,2.6.2,2.6.3の番号に対応する。 図-6 炭酸ソーダ溶解槽 概要図

# 2.6.2 評価方法

(1) 側板,底板の評価

炭酸ソーダ溶解槽の側板の必要厚さは、等分布荷重、4 辺固定での最大曲げ応力  $\sigma_{max}$ が材料の許容引張応力となる場合(S =  $\sigma_{max}$ )の厚さを必要な厚さとして算出 する。

- t = a  $(\beta_2 \cdot p / S)^{1/2}$ p =  $\rho$  g H
  - t :最小必要厚さ (mm)
  - a : 平板の短辺長さ (mm)
  - β₂:長方形板の最大応力の係数
    - (機械工学便覧(第5章 平板の曲げ表 28)より)
  - p :等分布荷重 (MPa)
  - S :許容引張応力 (MPa)
  - g :重力加速度 (9.80665m/s²)
  - H :水頭 (m)
  - ρ :液体の比重
    - ただし、1未満の場合は1とする。

(2)底板の厚さの評価

地面,基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは,3mm以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ: t1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_1 : 必要厚さ (mm)$   
Di: 管台の内径(m)  
H: 水頭(m)  
 $\rho$ : 液体の比重。  
ただし, 1未満の場合は1とする。  
S: 許容引張応力(MPa)  
 $\eta$ : 継手効率(-)

- b. 規格上必要な厚さ:t2
   管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1より求めた管台の厚さとする。
- (4)側板の穴の補強計算
  - a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなる ようにすること。
  - b. 大きい穴の補強を要しない穴の最大径

内径が 1500mm 以下の側板に設ける穴の径が側板の内径の 2 分の 1 (500mm を 超える場合は,500mm) 以下および内径が 1500mm を超える側板に設ける穴の径 が側板の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は,1000mm) 以下の場合は,大 きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として,予想される破断箇所の強さが,溶接部の負うべき荷重以上で あること。

## 2.6.3 評価結果

評価結果を表-11に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると 評価している。

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最少厚さ (mm)
炭酸ソーダ溶解槽 1, 2, 3	(1) 側板の厚さ	2.11	5.5
	(2)底板の厚さ	3.0	5.5
	(3) 管台の厚さ(液出口)	2.7	3. 6
	(3)管台の厚さ(ヒータ取付座)	3.5	3. 6

表-11-1 炭酸ソーダ溶解槽の評価結果(板厚)

表-11-2 炭酸ソーダ貯槽の評価結果(側板の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
炭酸ソーダ溶解槽 1,2,3	(4)側板(液出口)	補強に必要な 面積 (mm ² )	補強に有効な 総面積 (mm ² )
		149.5	293.6
		大きな穴の補強を	穴の径
		要しない最大径(mm)	(mm)
		500	68.95
		溶接部の負う	予想される破断箇所
		べき荷重 (N)	の強さ (N)
		$-3.274 \times 10^{3}$	*11
	(4)側板 (ヒータ取付 座)	補強に必要な	補強に有効な
		面積 (mm ² )	総面積 (mm ² )
		176.5	286.0
		大きな穴の補強を	穴の径
		要しない最大径 (mm)	(mm)
		500	81.76
		溶接部の負う	予想される破断箇所
		べき荷重 (N)	の強さ (N)
		$-4.828 \times 10^{3}$	*11

※11 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

- 2.7 反応/凝集槽, 沈殿槽, 上澄み水タンク
- 2.7.1 評価箇所

強度評価箇所を図-7-1~図-7-3に示す。



図中の番号は、2.7.2及び2.7.3の番号に対応する。

2.7.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ: t₁

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は 3mm, その他の材料で作られた場合は 1.5mm とする。

b. 胴の計算上必要な厚さ: t₂

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_2 : 必要厚さ (mm)$   
 $Di: 胴の内径 (m)$   
 $H: 水頭 (m)$   
 $\rho: 液体の比重$   
ただし, 1未満の場合は1とする。  
 $S: 許容引張応力(MPa)$   
 $\eta: 継手効率 (-)$ 

(2)鏡板の厚さの評価

さら形鏡板の場合で、中低面に圧力を受ける物については、下記式により計算した値以 上の厚さとする。

a. 鏡板の計算上必要な厚さ:t

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に揚げる値のうちいずれか大きい値とする。 a. 管台の計算上必要な厚さ: t₁

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$
  
 $t_1 : 必要厚さ (mm)$   
Di:管台の内径(m)  
H:水頭(m)  
 $\rho:液体の比重$   
ただし、1未満の場合は1とする。  
S:許容引張応力(MPa)  
 $\eta:継手効率(-)$ 

b. 規格上必要な厚さ: t₂ 管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 平板の厚さの評価

平板に必要な厚さは、次に掲げる値とする。

a. 平板の計算上必要な厚さ:t

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

t:必要厚さ(mm) d:平板の径(mm) K:取付方法による係数(-) P:最高使用圧力(MPa) S:許容引張応力(MPa)

(5)胴の穴の補強計算

- a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるように すること。
- b 大きい穴の補強を要しない穴の最大径

内径が1500mm以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の2分の1(500mmを超える場合は, 500mm)以下および内径が1500mmを超える胴に設ける穴の径が胴の内径の3分の1(1000mm を超える場合は,1000mm)以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として,予想される破断箇所の強さが,溶接部の負うべき荷重以上である こと。
## 2.7.3 評価結果

評価結果を表-12~14に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有す ると評価している。

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
	(1)胴板の厚さ	3.0	3.7
	(2) 鏡板の厚さ	1.2	2.9
	(3) 管台の厚さ(スラリー出口)	3.5	4.7
反応/凝集槽	(3) 管台の厚さ(原水入口)	2.4	2.4
A, C	(3) 管台の厚さ(液入口)	1.7	1.9
	(3) 管台の厚さ(返送スラリー入口)	1.7	1.9
	(3) 管台の厚さ(炭酸ソーダ入口)	1.7	1.9
	(3)管台の厚さ(ドレン)	2.7	3.5

表-12-1 反応/凝集槽の評価結果(板厚)

表-12-2 反応/凝集槽の評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果					
		補強に必要な面積	補強に有効な総面積				
		$(mm^2)$	$(mm^2)$				
	(5)胴 (スラリー出口)	80	560				
反応/凝集槽		大きな穴の補強を	穴の径				
		要しない最大径(mm)	(mm)				
A, C		766	151				
		溶接部の負うべき荷重	予想される破断箇所の				
		(N)	強さ(N)				
		-40000	* 1				

※1 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
	(1)胴板の厚さ	1.5	3.9
	(2)鏡板の厚さ	1.2	3.2
沙型	(3) 管台の厚さ(スラリー入口)	3.5	5.4
	(3) 管台の厚さ(上澄み水出口)	3.5	5.4
11, 0	(3) 管台の厚さ(濃縮スラリー出口)	2.4	2.6
	(3)管台の厚さ(サンプ部)	3.5	3.9
	(4) 平板の厚さ	9.1	22.2

表-13-1 沈殿槽の評価結果(板厚)

Ⅱ-2-16-2-添 4-44

機器名称	評価項目	評価結果					
		補強に必要な面積 (mm ² )	補強に有効な総面積 (mm ² )				
	(5)鏡板 (サンプ部)	390	2000				
沈殿槽		大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)				
A, C		766	750				
		溶接部の負うべき荷重	予想される破断箇所の				
		(N)	強さ(N)				
		-180000	*1				

表-13-2 沈殿槽の評価結果(胴の穴の補強計算)

※1 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

表-14-1 上澄み水タンクの評価結果(板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
	(1)胴板の厚さ	1.5	3.9
上澄み水タンク A, C	(2) 鏡板の厚さ	0.4	3.2
	(3) 管台の厚さ(上澄み水入口)	3.5	5.4
	(3) 管台の厚さ(上澄み水出口)	2.4	2.6

## 表-14-2 上澄み水タンクの評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果					
		補強に必要な面積 (mm ² )	補強に有効な総面積 (mm ² )				
	(5)胴(上澄み水 入口)	30	680				
上澄み水タン ク		大きな穴の補強を 要しない最大径(mm)	穴の径 (mm)				
A, C		500	151				
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の 強さ (N)				
		-63000	*1				

※1 溶接部の負うべき荷重が負であり、溶接部の強度計算は不要

## 流体状の放射性廃棄物の施設外への漏えい防止に関する計算書

1. 流体状の放射性廃棄物の施設外への漏えい防止能力の評価

増設多核種除去設備建屋の外周には堰が設置されており,仮に全容器の保有廃液が流出 した場合においても施設内にとどまり,施設外への漏えいは防止される。この漏えい防止 能力の評価を表-1に示す。

容器名称	設置	場 所	容器容量 (m ³ ) ^{※1}	容器設置区画 内床面積 ^{※2} (m ² )	見込み高さ ※ ³ (cm)	漏えい廃液全 量を貯留する ために必要な 堰の高さ ( c m)	拡大防止 堰の高さ (cm)	評価	
	建屋名	設計 G.L. (m)	1	2	3	④=①/② ×100+③	5	容器設置区画の拡大 防止堰の高さは、各 容器からの漏えい廃 流会量を貯留するた	
処理水受入 タンク等	増設多核 種除去設 備建屋	T. P. 36. 2 684. 5		4371.5	17.0	32. 7	33 以上	校主量を灯留するために必要な堰の高さを満足しており、施設外への漏えいを防止できる。	

表-1 施設外への漏えい防止能力の評価(増設多核種除去設備)

注記 ※1 : 保守的に建屋内に設置する全容器の総容量としている

※2 : 容器設置区画内の内のり面積

※3 : 基礎体積による高さ増加分(基礎体積÷当該容器設置区画内床面積)を考慮した値

2. 増設多核種除去設備建屋の堰に関する説明

増設多核種除去設備建屋の外周に設置される堰の配置を図-1に示す。 堰の名称,主要寸法及び材料について,表-2に示す。



図-1 堰を明示した図面

表-2 堰の名称、主要寸法、材料

2	名 称	增設多核種除去設備建屋 堰		
_{主亜 十注} 堰の高さ		330mm 以上		
土安竹伝	床・堰の塗装	床面及び床面から堰の高さまで		
++ ¥1	堰	鉄筋コンクリート		
19 14	床・堰の塗装	エポキシ樹脂系		

2	名 称	増設多核種除去設備建屋 堰(クレーンレール基礎)		
<b>十里十</b> 汗	堰の高さ	330mm 以上		
土安勺伝	床・堰の塗装	床面及び床面から堰の高さまで		
++ 本1	堰	鉄筋コンクリート		
11 11	床・堰の塗装	エポキシ樹脂系		

工事工程表

$\square$	_						平成	26年						•••	平成28年		平成	29年	
		1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	1 0 月	1 1 月	1 2 月		1 2 月	1 月	2 月	3 月	4 月
増設多核種	増設多核種 除去設備									۵۵ (13)			 3					∆ 3	
	増設多核種 除去設備建屋																		

: 現地据付組立

① : 構造, 強度又は漏えいに係る試験をすることができる状態になった時

③ : 原子炉施設の工事の計画に係る工事が完了した時

### 増設多核種除去設備の具体的な安全確保策

増設多核種除去設備で扱う液体は,放射性物質を含むことから,漏えい防止対策,放射 線遮へい・崩壊熱除去及び可燃性ガス滞留防止等について,具体的な安全確保策を以下の 通り定め,実施する。

- 1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮
- 漏えい発生防止
  - a. 増設多核種除去設備を構成する機器は、腐食による漏えい発生防止のため、液性等に応じて、炭素鋼(内面ライニング)、ステンレス鋼、ポリエチレン材等を採用する。
     (別添-1)
  - b. タンクには水位検出器を設け、オーバーフローを防止するため、インターロックの作動によりポンプを停止する設計とする。
  - c. 鋼材もしくはポリエチレンの継手部は、可能な限り溶接構造もしくは融着構造とする。 また、G1南、H5、H6(I)、B、B南、H3、H6(Ⅱ)エリアタンク設置に 伴い新設する移送配管は、漏えい堰等が設置されないフランジ構造の継手部について シール材又は発泡剤の充填を実施し、G6、G1、G4南、G5エリアタンク設置に 伴い新設する移送配管は、供用の終了後に配管の水抜きを実施する。供用の終了後と は、タンクが満水の状態となった後を示す。
  - d. ポンプの軸封部は、漏えいし難いメカニカルシール構造とする。
  - e. 耐圧ホース,ポリエチレン管は設計・建設規格(JSME)に記載のない非金属材料であ る為,日本産業規格(JIS),日本水道協会規格(JWWA),IS0規格,製品の試験デ ータ等を用いて設計を行う。なお,耐圧ホース,ポリエチレン管の耐震性については, 可撓性を有しており地震による有意な応力は発生しない。
- (2) 漏えい検知・漏えい拡大防止・混水防止
- a. 増設多核種除去設備は、スキッド毎に漏えいパン及び漏えい検知器を設け、漏えいを 早期に検知する。また、増設多核種除去設備設置エリアの最外周及び系統毎に、漏え いの拡大を防止する堰及び漏えい検知器を設ける(図1)。トレーラヤードには、ス ロープ堰を設置する。
- b. 漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室に警報を 発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適切な対応を図る。
- c. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため,増設多核種除去設備設置エリアに は床塗装を実施する。

- d. 漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構造となる場合には,漏え い拡大防止カバーで覆った上で中に吸水シートを入れ,漏えい水の拡大防止に努める。
- e. 増設多核種除去設備の設置に伴い新規に敷設する屋外移送配管について,以下の対応 を行う。
  - ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止するため融着構造 とすることを基本とし、ポリエチレン管と鋼管の取合い等でフランジ接続となる箇 所については養生を行い、漏えい拡大防止を図る。また、処理対象水の移送配管は、 万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から 可能な限り隔離するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設す る。さらに、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土嚢を 設ける。
  - 移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプ等を停止し、系統の隔離及び土嚢の設置等により漏えいの拡大防止を図る。
  - 移送配管の更なる漏えい検知・漏えい拡大防止策について、速やかに検討し、RO 濃縮水処理によるリスク低減効果、漏えい拡大防止策の有効性や工期等を踏まえ、 可能なものから実施する。対策が完了するまでの間は、巡視点検による漏えい検知 を要員へ周知し、確実に実施する。
- f. サンプルタンクの本堰 (コンクリート堰) 高さは, 堰の保有水量がタンク1 基分の容 量以上となるよう確保する。
- g. タンク増設に合わせて、追加で敷設する屋外移送配管については、e.の措置に加えて、 以下の対応を行う。
  - 移送配管は、使用開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良等による大規模な漏 えいの発生を防止する。また、フランジ継手部は、ガスケットの経年劣化により微 小漏えいの発生が懸念されることから、架空化により視認性を向上させ、毎日の巡 視点検により漏えいの有無を確認する。
- (3) 検討用地震動に対する考慮

増設多核種除去設備のうち,処理前・処理中の液体を内包する設備は,検討用地震動(最 大加速度 900gal。以下「Ss900」という。)に対して海洋に流出するおそれのない設計とす る。ただし,建屋・構築物の設置後に本設計方針を適用する場合は,Ss900に対する評価を 行い,評価にて健全性が確認できない場合には施工上可能な範囲で補強等の対策工事を行 う。また,当該対策を講じても地震発生時に海洋に流出するおそれがある場合は、液体を 速やかに回収する機動的対応がとれるよう必要な機材、体制等を整備する。

- 2. 放射線遮へい・崩壊熱除去
- (1) 放射線遮へい(被ばくに対する考慮)
- a. 増設多核種除去設備からの放射線による雰囲気の線量当量率が 0.1mSv/h 以下(放射 線業務従事者が作業を行う位置で,遮へい体を含む機器表面から 1mの位置)となる よう適切な遮へいを設ける。また,最寄りの評価点(No.70)における直接線・スカイ シャイン線の評価結果は年間約 0.03mSv となる。

評価点	年間線量(mSv/年)
No. 70	0.034
(参考)No.66	0.027
(参考) No.71	0.026

- b. 通常運転時は,免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室から遠隔での監視及び 操作を可能とする。
- c. 保守作業時の放射線業務従事者の被ばく低減のため,機器の洗浄が行える構成とする。
- d. 増設多核種除去設備の運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づく ことがないよう、標識等を設ける。さらに、放射線レベルの高い区域は、標識を設け 放射線業務従事者の被ばく低減を図る。
- (2) 崩壊熱除去
- a. 処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水時は処理水とともに熱除去される。
- b. 使用済みの吸着材あるいは沈殿処理生成物を収容する高性能容器の貯蔵時は、伝導、 対流、輻射により熱除去される。最も発熱量の大きい収容物を貯蔵する場合において も、容器の健全性に影響を与えるものではない。(『2.16.1 多核種除去設備』添付 資料-5 別添-1参照)
- 3. 可燃性ガスの滞留防止
  - a. 増設多核種除去設備では,水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは, 通水時は処理水とともに排出される。
  - b. 増設多核種除去設備の運転停止時は、満水状態であれば可燃性ガスの滞留の可能性はないが、念のため吸着塔のベント弁を開操作し、可燃性ガスの滞留を防止する。なお、 増設多核種除去設備の建屋には、換気装置及び換気装置のための貫通箇所があり、可 燃性ガスが滞留し難い構造となっている。
  - c. 使用済みの吸着材,沈殿処理生成物を収容する高性能容器は,発生する可燃性ガスの 濃度が可燃限界を超えないようベント孔を設ける(『2.16.1 多核種除去設備』添付 資料-5参照)。高性能容器内の可燃性ガスの水素濃度を評価した結果,約2.3%程 度となり,可燃限界を超えることはない(別添-2)。

4. 環境条件を踏まえた対応

(1) 腐食

増設多核種除去設備は、汚染水処理設備の処理済水を処理することから塩化物イオン濃度が高く、また薬液注入によりpHが変動することから、耐腐食性を有する材料を選定する(別添-1)。

(2) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については,汚染水処理設備の処理済水の温 度がほぼ常温のため,劣化の可能性は十分低い。

(3) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。水の移送を停止した場合、屋外に敷設 されているポリエチレン管等は、凍結による破損が懸念される。そのため、屋外敷設のポ リエチレン管等に保温材を取り付ける。また、建屋内の配管については、40A以下の配管に 対し、保温、ヒータを設置する。

今後,タンク増設に合わせて,追加で敷設する屋外移送配管については,凍結しない十 分な厚さ(100Aに対して 21.4mm 以上)を確保した保温材を取り付ける。なお,保温材は, 高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止(空気調和・衛生工学会)」に基づき,震災以降に凍結事象が発生した外気温-8℃,内部流体の初期温度5℃,保温材厚さ21.4mmの条件において、内部流体が25%※凍結するまでに十分な時間(50時間程度)があることを確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温-8℃が半日程度継続することはない。

※「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を 25%以下と推奨

(4) 耐放射線性

ポリエチレンは、集積線量が2×10⁵Gyに達すると、引張強度は低下しないが、破断時の 伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を1Gy/hと仮定すると、2×10⁵Gy に到達する時間は2×10⁵時間(22.8年)と評価される。そのため、ポリエチレン管は数年 程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

なお,系統バウンダリを構成するその他の部品には,ガスケット,グランドパッキンが あるが,他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料を使用しており,数年程度の使用は 問題ない。

(5) 紫外線

屋外に敷設されているポリエチレン管等は,紫外線による劣化を防止するため,紫外線 防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける,もしくは,カーボンブ ラックを添加していない保温材を使用する場合は,カーボンブラックを添加した被覆材ま たは紫外線による劣化のし難い材料である鋼板を取り付ける。

5. その他

(1) 処理済水の保管容量

多核種除去設備処理済水の保管容量は、半期毎に報告している「福島第一原子力発電 所1~4号機における滞留水貯留タンク増設計画」(平成26年4月4日付)において、 地下水流入低減対策(地下水バイパス実施、サブドレン汲み上げ等)の実施により、平 成27年3月末時点で、多核種除去設備処理水保有量約52万m³の想定に対し、多核種除 去設備処理水貯槽容量を約58万m³確保する計画としており、必要な保管容量を確保し ている。なお、必要に応じて多核種除去設備処理水貯槽の増設等を実施する。

(2) 高性能容器の発生量

増設多核種除去設備において,高性能容器(タイプ2)は年間約545基(高性能容器(タイプ1)は年間約498基)発生すると想定される(2016.1.1~2016.12.31までの積算処理 量及び高性能容器の発生量を基に処理量750m³/日×3系列運転(稼働率80%)における年 間の高性能容器の発生数を評価)。

高性能容器(タイプ1)は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設のうち、第二施設(保 管容量 736 基)に保管する。2017.8.30 現在、未使用の高性能容器(タイプ1)は 78 基あ り、新たな製作予定はない。

高性能容器(タイプ2)は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設のうち、第二施設(保 管容量 736 基)及び第三施設(保管容量 3,648 基)に保管する。

なお、必要に応じて使用済セシウム吸着塔一時保管施設を増設する。

(3) 増設多核種除去設備設置エリアにおける高性能容器の落下対策

高性能容器の落下試験で健全性が確認された範囲で取り扱うため、増設多核種除去設備 設置エリアでは、以下の落下対策を実施する。

- a. 傾斜落下防止架台
  - トレーラエリアに門型の傾斜落下防止架台を設け、移動ルートを制限することにより、傾斜落下の可能性を排除する。
- b. クレーン上下方向,東西南北方向の移動制限
  - 高性能容器の落下試験で健全性が確認された落下高さ、落下姿勢で取扱うため、リ ミットスイッチによりクレーン上下方向の移動範囲、東西南北方向の移動範囲を制 限する。(図3)

また,万一の高性能容器の落下破損時における漏えい物回収作業での放射線業務従事者 の被ばく線量は,『2.16.1 多核種除去設備 添付資料-7 高性能容器落下破損時の漏え い物回収作業における被ばく線量評価』に示す通りである。また,増設多核種除去設備エリ アから一時保管施設までの高性能容器の移送についても,多核種除去設備エリアにおける 作業と同様の管理(トレーラ上に高性能容器を収容する遮へい体を設置することにより放 射線業務従事者の被ばくを低減,遮へい体の固縛により高性能容器の車両上からの落下・ 転倒を防止等)を実施する。

6. 多核種除去設備において確認された不具合事象の対応

多核種除去設備でこれまでに確認された不具合事象の増設多核種除去設備への対応を以 下に記す。また,多核種除去設備で今後発生する不具合についても,適宜対策を反映してい く。

(1) 誤操作による連続処理停止事象

運転データ取得のため,運転操作員が監視制御画面(タッチパネル)を操作したところ,機器の「選択操作」を誤り設備が自動停止した。対策としてシングルアクションとなっていた「選択操作」をダブルアクションとなるようソフト変更を行っており,増設 多核種除去設備においても同様に「選択操作」をダブルアクションとする設計とする。

(2) バックパルスポットからの漏えい事象

バックパルスポットのシリンダシール部,軸シール部からの微小にじみによる炭酸塩 の析出及び固着により,バックパルスポットの動作不良等が発生した。対策として軸シ ールの多重化等によるシール性を向上させた改良型バックパルスポットに交換しており, 増設多核種除去設備においても同様に改良型バックパルスポットを採用する。

(3) バッチ処理タンクからの漏えい事象

バッチ処理タンクからの漏えいが確認された原因は、当該材料である SUS316L 材のす き間腐食(生成した鉄沈殿物がタンク内に堆積・付着することによるすき間環境の形成 及び薬液注入(次亜塩素酸)等による腐食環境の促進)と推定した。対策として次亜塩 素酸の注入の停止、バッチ処理タンクへのゴムライニング施工及びすき間腐食の発生の 可能性があるフランジに対しガスケット型犠牲陽極等を施工した。増設多核種除去設備 では以下の対応を実施する。

・次亜塩素酸の注入の停止

・中性領域の機器は、ゴムライニングを施工

- ・アルカリ領域の機器は, SUS316L 材を採用するが,活性炭を収容する吸着塔は腐食電位の上昇が懸念されるため、吸着塔廻りのフランジにガスケット型犠牲陽極を施工
- (4) クロスフローフィルタからのスラリー透過事象

クロスフローフィルタ(以下,「CFF」という。)のガスケット(PTFE 製)がβ線照射 により脆化し,逆洗時の圧力脈動等によって欠損・傷が発生したことで,ストロンチウ ムを含む炭酸塩スラリーが下流側へ流出し,出口水に高い放射能濃度が確認された。対 策として当該ガスケットを耐放射線性に優れる合成ゴム(EPDM)へ変更した CFF へ交換 しており,増設多核種除去設備においても,同様の対応を実施する。

また,多核種除去設備下流側まで高い放射能濃度の水が流出したことを受け,増設多 核種除去設備では,以下の汚染拡大防止対策を図る(別添-3)。

- ・多核種移送設備(サンプルタンク,増設多核種除去設備用移送ポンプ)の導入
- ・サンプルタンクが万一汚染した場合の再処理ラインの設置
- ・当面の間,炭酸塩スラリーの透過がないことを、クロスフローフィルタ出口において Ca 濃度を測定することで確認



図1 堰及び漏えい検出装置





l			
			32
1 <u>3</u> -1	╫╒╧╗╌╬╌╪╌╪┝╔╌╪┝╋╌╌╪	┟╬╪┾╪╒╪┽╌╬╤╞┿╌╬╤┾╢╧┷╸╴	(┼───┼(┼┼)⊱───┼

図3 増設多核種除去設備 HIC 用クレーンの動作概要図

## 増設多核種除去設備に使用する材料の適合性評価

1. はじめに

増設多核種除去設備は、処理対象水(RO 濃縮塩水)の性状から、系統内の塩化物イオン濃度が高く、また、前処理設備等での薬液注入によりpHが変動する。そのため、増設 多核種除去設備の使用環境における材料の適合性について評価を実施した。

## 2. 使用環境における材料の適合性について

増設多核種除去設備を構成する主な機器の材料選定理由を表1に示す。表1の材料のうち, SUS316Lに対する耐食性について評価を行った。

機器	材料	選定理由
吸着塔	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれており,腐食 が懸念されることから,中性領域においてはゴムラ イニング付の炭素鋼を使用する。アルカリ性領域に おいては,中性領域よりも腐食の発生の可能性が低 いことから,耐食性に優れる SUS316L を使用する。 ただし,多核種除去設備において,活性炭を収容す る吸着塔及び近傍のフランジ部に,微小なすき間腐 食が確認された知見を踏まえ,当該箇所においては ガスケット型犠牲陽極を設置する。
高性能容器	ポリエチレン	収容するスラリー及び吸着材の脱水後の残水には, 海水由来の塩分が含まれていることから,約20年 の貯蔵期間を想定し,金属材料よりも耐食性に優れ るポリエチレンを使用する。
タンク類	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれており,腐食 が懸念されることから,中性領域においてはゴムラ イニング付の炭素鋼を使用する。アルカリ性領域に おいては,中性領域よりも腐食の発生の可能性が低 いことから,耐食性に優れる SUS316Lを使用する。
配管 (鋼管)	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれており,腐食 が懸念されることから,中性領域においてはゴムラ イニング付の炭素鋼を使用する。アルカリ性領域に おいては,中性領域よりも腐食の発生の可能性が低 いことから,耐食性に優れる SUS316Lを使用する。
配管 (ポリエチレン管)	ポリエチレン	耐食性に優れることから、屋外配管に主に使用す る。

表1 増設多核種除去設備を構成する主な機器の使用材料と選定理由

2.1 ステンレス鋼(SUS316L)及び炭素鋼の耐食性について

炭素鋼は、ゴムライニング施工するため腐食の発生の可能性はない。

ステンレス鋼(SUS316L)の腐食モードを表2に示す。腐食モードに対する耐食性について、表3に示す使用範囲を考慮し評価を実施した。

 
 使用材料
 腐食モード

 ステンレス鋼 (SUS316L)
 塩化物応力腐食割れ (SCC)

 社食
 社食

表2 使用材料における腐食モード

表3 ステンレス鋼(SUS316L)を使用する範囲の環境

使用材料	使用範囲	塩化物イオン 濃度[ppm]	常用温度 [℃]	最大流速 [m/s]	рН
ステンレス鋼	前処理設備	13000	60	2.8	11.8 $\sim$ 12.2
(SUS316L)	多核種吸着塔 1~5 塔目	13000	40	1.5	$11.8 \sim 12.2$

a. ステンレス鋼の応力腐食割れ (SCC)

応力腐食割れ (SCC) の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度が寄与する。塩化物 イオン濃度が 10ppm を超える条件においては一般的に 316 系の SCC 発生限界温度は 100℃といった値がよく用いられており、使用温度 60℃、塩化物イオン濃度 13000ppm の使用環境では、塩化物応力腐食割れ (SCC) が発生する可能性は低いと考えられる。

1) 化学工学協会編: "多管式ステンレス鋼熱交換器の応力腐食割れ," 化学工業社(1984).

b. ステンレス鋼のすきま腐食

すきま腐食の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度等が寄与し、増設多核種除去設備の環境下では、すきま腐食が発生する可能性は否定できない。¹⁾このため、すきま腐 食が発生する可能性のある箇所についてガスケット型犠牲陽極を設置するとともに、定 期的な点検・保守を行っていく。

c. ステンレス鋼の孔食

孔食の発生には、自然電位、使用温度、塩化物イオン濃度が寄与する。ステンレス鋼の自然電位は pH に依存し、pH が低いほど自然電位は高く孔食が発生する可能性が高く

なるが,増設多核種除去設備の環境下では,孔食が発生する可能性は低いと考えられる。 2) 3)

d. ステンレス鋼の全面腐食

全面腐食の発生には、pH及び流速が寄与する。pH11.8~12.2の使用環境では不動態 皮膜は安定である。また、最大流速2.8m/s(9.2feet/s)では、全面腐食が進行する速 度は小さいと考えられる。⁴⁾⁵⁾

1) 宮坂松甫他, 「ポンプの高信頼性と材料」, ターボ機械 第36巻 第9号, 2008年9月

2) M. Akashi, G. Nakayama, T. Fukuda: CORROSION/98 Conf., NACE International, Paper No. 158 (1998).

3) ステンレス協会編: "ステンレス鋼データブック," 日刊工業新聞社, p. 270 (2000).

4) ステンレス協会編, ステンレス鋼便覧 第3版, 日刊工業新聞社

5) 腐食防食協会編,腐食・防食ハンドブック,丸善

3. 腐食への対応方針

増設多核種除去設備で使用しているステンレス鋼(SUS316L)の腐食モードとして、すき ま腐食が想定される。対応方針として、すきま腐食が発生する可能性のある箇所について ガスケット型犠牲陽極を設置するとともに、定期的な点検・保守を行っていく。



図1 増設多核種除去設備における液性

以 上

### Ⅱ-2-16-2-添 7-11

## 高性能容器の水素到達濃度評価

高性能容器に収容するスラリー及び吸着材のうち、容器内の水素到達濃度が最も高くなるスラリーを収容する高性能容器の評価結果を以下に示す。

1. 水素発生量評価

水素は、吸着した核種の崩壊エネルギーが容器内に残留する水に吸収され発生する。 水素発生速度H(mol/s)は次式により算出する。

 $H = G \times \alpha \times V \times 6.24 \times 10^{19} \times D \div A$ 

- H:水素発生速度
- G:水が100eVのエネルギーを吸収した際に発生する水素分子の個数、0.45
- α:含水率、1.0 (スラリー)
- V:HIC内充填物体積、2.61m³(高性能容器タイプ2)
- D:吸収熱量、1.3E-05 (W/cm³)
- A:アボガドロ数 (6.02×10²³個/mo1)
- 2. 水素到達濃度評価

高性能容器内の水素到達濃度は、水素発生量と濃度勾配から生じる拡散による水素排出量 を考慮し、以下の方法で評価する。

2.1 評価体系

評価体系を図1に示す。



## Ⅱ-2-16-2-添 7-12

### 2.2 高性能容器の拡散係数

ベント孔及びフィルタの拡散係数から、高性能容器の拡散係数を算出する。

$$D_{total} = \frac{1}{\frac{1}{D_{hole}} + \frac{1}{D_{filter}}}$$

D_{total}:高性能容器の拡散係数
 D_{hole}:ベント孔の拡散係数、m×8.36×10⁻⁸(m³/s)、
 m:ベント孔の個数、32(個)
 D_{filter}:フィルタの拡散係数、n×3.66×10⁻⁷(m³/s)、n=13
 n:フィルタの個数、13(個)

## 2.3 水素の到達濃度評価結果

高性能容器内の水素濃度 CHIC [%] は以下の式から算出される。

$$C_{HIC} = 2.45 \times \frac{H}{D_{total}}$$

評価の結果、HIC内の水素到達濃度は約2.3%となり、可燃限界を下回る濃度となる。

以上

#### 増設多核種除去設備 汚染拡大防止対応状況について

#### 1. 概要

多核種除去設備B系のクロスフローフィルタパッキン損傷に伴う炭酸塩スラリーの透過 事象により、その下流の配管、多核種除去設備の処理済水を貯蔵するタンク等において、 全β濃度の上昇を確認した。

また、上記事象により、汚染拡大防止の観点から、運転中のA/C系統の停止も余儀な くされた(その後、A/C系統は健全であることが確認されたことから、汚染された系統 の洗浄のため再起動を実施)。

そのため、増設多核種除去設備においては、当該事象を踏まえ、以下の対策を追加で実施することにより、上記と同様な事象発生時の汚染拡大を防止するとともに、健全な系統 による浄化が可能な構成とする。

多核種移送設備(サンプルタンク、増設多核種除去設備用移送ポンプ)の導入

・ サンプルタンクが万一汚染した場合の再処理ラインの設置

また、当面の間、クロスフローフィルタ出口においてCa濃度測定を実施し、炭酸塩ス ラリーの透過がないことを確認する。

#### 2. 多核種移送設備、再処理ライン等の設置

増設多核種除去設備の処理済水は当初、移送ポンプから処理済水を貯蔵するタンク(多 核種処理水貯槽)へ直接移送する計画でいたが、多核種除去設備で発生した貯蔵タンク等 の汚染を踏まえ、サンプルタンク、増設多核種除去設備用移送ポンプを設置する。

また、増設多核種除去設備用移送ポンプの下流から増設多核種除去設備の処理水受入タンクへの戻りラインを設置し、万一サンプルタンクまで汚染した場合は、当該汚染水を再 処理する。

当該のライン設置により、損傷系統以外の系統は上記の汚染水の再処理を含めて運転継 続することが可能となる。



図1 多核種移送設備、再処理ライン等の概要

#### Ⅱ-2-16-2-添 7-14

3. 汚染発生時の対応の流れ

【評価条件】

- 運転系統: A~C 系の3系列運転
- サンプルタンクはAが受入れ中、Cが払い出し中
- サンプルタンクAの分析にて汚染を確認。調査の結果、A系が損傷したことを確認 【STEPO:A系にて損傷発生】







図2 汚染発生時の対応ステップ(1/2)

## Ⅱ-2-16-2-添 7-15



図2 汚染発生時の対応ステップ(2/2)

- 4. その他 (βモニタの概要)
  - 更なる信頼性向上の観点からβモニタを設置する。
  - 運用としては、多核種除去設備からサンプルタンクへの移送ラインより処理水を抜き出し、モニタリングする。モニタリング後の水は、処理水移送タンクへ移送する。
  - 万一、βモニタで汚染が確認された場合、系統毎のラインに切替え、損傷発生系統 を特定することができるライン構成となっている。



図3 βモニタシステムの概要

以上

処理済水による炭酸ソーダ生成・供給に係る機器の具体的な安全確保策

処理済水による炭酸ソーダ生成・供給に係る下記の機器の具体的な安全確保策を以下の 通り定め、実施する。なお、下記の機器については「添付-7 増設多核種除去設備の具 体的な安全確保策」の対象範囲外とする。

- a. 炭酸ソーダ溶解槽
- b. 炭酸ソーダ貯槽
- c. 炭酸ソーダ溶解槽移送ポンプ
- d. 炭酸ソーダ貯槽1供給ポンプ
- e. 主要配管
  - ・移送ポンプ出口分岐部から炭酸ソーダ溶解槽まで (鋼管)
  - ・炭酸ソーダ溶解槽から炭酸ソーダ貯槽まで
     (鋼管),(耐圧ホース)
  - ・炭酸ソーダ貯槽から共沈タンクまで
    - (鋼管),(耐圧ホース)
  - ・炭酸ソーダ貯槽から多核種除去設備建屋入口まで (鋼管), (耐圧ホース), (ポリエチレン管)
- 1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮
- 漏えい発生防止
  - a. 腐食による漏えい発生防止のため、液性等に応じて、炭素鋼(内面ライニング)、ス テンレス鋼等を採用する。(別添-1)
  - b. タンクには水位検出器を設け、オーバーフローを防止するため、インターロックの作動によりポンプを停止する設計とする。
  - c. 鋼材の継手部は、可能な限り溶接構造とする。ポリエチレンの継手部は、可能な限り 融着構造とする。また、漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構 造となる場合には、シール材又は発泡剤の充填を実施し漏えい防止カバーを設置する。
  - d. ポンプは,軸封部が無く軸封部があるポンプと比較して漏えいリスクの低いダイヤフ ラムポンプ及びキャンドポンプを採用する。
- (2) 漏えい検知・漏えい拡大防止
- a. スキッド毎に漏えいパン及び漏えい検知器を設け,漏えいを早期に検知する。また, 漏えいの拡大を防止する堰及び床面に漏えい検知器を設ける。

- b. 漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室に警報を 発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適 切な対応を図る。
- c. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、設置エリアには床塗装を実施する。
- d. ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止するため融着構造と することを基本とし、ポリエチレン管と鋼管の取合い等でフランジ接続となる箇所に ついては養生を行い、漏えい拡大防止を図る。
  - 移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプを停止し、系統の隔離及び土嚢の設置等により漏えいの拡大防止を図る。
  - ・移送配管は,使用開始までに漏えい確認等を実施し,施工不良等による大規模な 漏えいの発生を防止する。
  - ・建屋内の移送配管において漏えい検知器が設置されていない箇所に敷設する場合 は、漏えいした水を漏えい検知器が設置されている箇所に導くために配管下部に 受けを設置する。

2. 放射線遮へい・崩壊熱除去

- (1) 放射線遮へい(被ばくに対する考慮)
  - a. 機器からの放射線による雰囲気の線量当量率が 0.1mSv/h 以下(放射線業務従事者が 作業を行う位置で,遮へい体を含む機器表面から 1m の位置)となるよう適切な遮へ いを設ける。
  - b. 通常運転時は,免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室から遠隔での監視及び 操作を可能とする。
  - c. 保守作業時の放射線業務従事者の被ばく低減のため,機器の洗浄が行える構成とする。
- (2) 崩壞熱除去

処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水時は処理水とともに熱除去される。

3. 可燃性ガスの滞留防止

水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは,通水時は処理水とともに排 出される。

- 4.環境条件を踏まえた対応
- (1) 腐食

汚染水処理設備の処理済水を処理することから塩化物イオン濃度が高く,また薬液注入 によりpHが変動することから,耐腐食性を有する材料を選定する(別添-1)。

## (2) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。水の移送を停止した場合、凍結による 破損が懸念される 40A 以下の配管に対し、保温材もしくはヒータを設置する。屋外に敷設 されているポリエチレン管は、水の移送を停止した場合に凍結による破損が懸念されるた め、凍結しない十分な厚さを確保した保温材を取り付ける。なお、保温材は、高い気密性 と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止(空気調和・衛生工学会)」に基づき、 震災以降に凍結事象が発生した外気温-8℃、内部流体の初期温度 5℃,保温材厚さ 21.4mm の条件において、内部流体が 25%*凍結するまでに十分な時間(50 時間程度)があること を確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温-8℃が半日程度継続することはな い。

※「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を 25%以下と推奨

(3) 耐放射線性

ポリエチレンは,集積線量が2×10⁵Gyに達すると,引張強度は低下しないが,破断時の伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を1Gy/hと仮定すると,2×10⁵Gy に到達する時間は2×10⁵時間(22.8年)と評価される。そのため,ポリエチレン管は数年 程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

系統バウンダリを構成するガスケット,グランドパッキンについては,他の汚染水処理設 備で使用実績のある材料を使用しており,数年程度の使用は問題ない。

(4) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については,処理済水による炭酸ソーダ生 成・供給に係る機器で扱う水の温度がほぼ常温のため,劣化の可能性は十分低い。

(5) 紫外線

屋外に敷設されているポリエチレン管は,紫外線による劣化を防止するため,紫外線防 止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける,もしくは,カーボンブラ ックを添加していない保温材を使用する場合は,カーボンブラックを添加した被覆材また は紫外線による劣化のし難い材料である鋼板を取り付ける。 5. 規格·基準等

「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」,日本産業規格(JIS 規格), ISO 規格を準拠する。

- 6. 耐震性及び構造強度
- (1) 耐震性

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラスに相当する設備と位置付け る。機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技 術規程」等に準拠する。評価の結果、各機器について算出応力に対し十分な強度を有する ことを確認した。また、鋼管については、定ピッチスパン法に基づき定められた間隔で支 持することにより、地震応力が過大とならないようにする。

耐震性評価は、「添付資料-3 増設多核種除去設備の耐震性に関する計算書」参照。 なお、ポリエチレン管、耐圧ホースについては、材料の可撓性により耐震性を確保する。

(2) 構造強度

「JSME S NC-1 電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準拠し設計する。評価の結果, 各機器について必要厚さ等を満足しており,十分な構造強度を有することを確認した。

構造強度評価は、「添付資料-4 増設多核種除去設備の強度に関する計算書」を参照。

なお、ポリエチレン管は ISO 規格、または、JIS に準拠し、耐圧ホースは、流体・圧力・ 温度条件に合致した十分実績のあるものを採用することで、必要な強度を確保するものと する。

以上

## 増設多核種除去設備の確認試験結果について

増設多核種除去設備は,汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種(トリチウム を除く)を『東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物 質の防護に関して必要な事項を定める告示』に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度(以 下,「告示濃度限度」という。)を下回る濃度まで低減することを目的として設置した。

系統流量などの運転状態に関する使用前検査を実施後,平成26年9月より,増設多核種 除去設備の性能を確認する確認試験(ホット試験)を実施し,その後のホット試験におい て上記性能について確認してきた。

これまでのホット試験において,増設多核種除去設備で使用する各吸着材が,一定の使 用期間を経ても,上記性能を有する設備であることを確認した。

以上

## 増設多核種除去設備に係る確認事項

増設多核種除去設備に係る主要な確認事項を表-1~14に示す。クロスフローフィル タについては、海外製品と国内製品があるため、各々に対する確認事項を示す。

なお、ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設と兼用する配管(鋼管、ポリエチレン管、 耐圧ホース)に係る主要な確認事項は、「Ⅱ 2.50 ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設」 に示す。

> 表-1 確認事項(処理水受入タンク,共沈タンク,供給タンク, 吸着塔入口バッファタンク,移送タンク,反応/凝集槽,沈殿槽,

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について記録を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について記録を確認する。	寸法が許容範囲内である こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおりに据 付られていることを確認する。	実施計画のとおり施工・ 据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で保持した後,確認圧 力に耐えていることを確認す る。耐圧確認終了後,漏えいの 有無も確認する。	確認圧力に耐え,かつ構 造物の変形等がないこ と。また、耐圧部から著 しい漏えいがないこと。

上澄み水タンク)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について記録を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について記録を確認する。	寸法が許容範囲内である こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
構造強度 • 耐震性	据付確認	機器が系統構成図とおりに据 付られており、タンク基礎の不 陸について確認する。また、支 持力試験にて、タンク基礎の地 盤支持力を確認する。	実施計画のとおり施工・ 据付されており、タンク 基礎の不陸に異常がない こと。また、必要な支持 力を有していること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で保持した後,確認圧 力に耐えていることを記録で 確認する。耐圧確認終了後,漏 えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え,かつ構 造物の変形等がないこ と。また、耐圧部から著 しい漏えいがないこと。
社告	監視確認	水位計について、免震重要棟集 中監視室及びシールド中央制 御室にタンク水位が表示でき ることを確認する。	免震重要棟集中監視室及 びシールド中央制御室に タンク水位が表示できる こと。
1生16	寸法確認	基礎外周堰の高さを確認する。	必要容量に相当する高さ があること。
	外観確認	基礎外周堰の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

表-2 確認事項(サンプルタンク)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料 について記録を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 について記録を確認する。	寸法が許容範囲内である こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態につ いて確認する。	実施計画のとおり施工・ 据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で保持した後,確認圧 力に耐えていることを確認す る。耐圧確認終了後,漏えいの 有無も確認する。	確認圧力に耐え,かつ構 造物の変形等がないこ と。また,耐圧部から著 しい漏えいがないこと。

表-3 確認事項(吸着塔)

# 表-4 確認事項(供給ポンプ1,2,循環ポンプ,

ブースターポンプ1,2,移送ポンプ,増設多核種除去設備用移送ポンプ, スラリー循環ポンプ,上澄み水ポンプ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態につ いて確認する。	実施計画のとおり施工・ 据付されていること。
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部分からの漏 えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えい がないこと。
性能	運転性能 確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量 を満足すること。 また,異音,異臭,異常 振動等がないこと。

表-5 確認事項(その他機器(出口フィルタ))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 · 耐雪性	外観確認	各部の外観について記録にて 確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態につ いて確認する。	実施計画のとおり施工・ 据付されていること。
	耐圧 漏えい確認	確認圧力で保持した後,確認圧 力に耐えていることを確認す る。耐圧確認終了後,漏えいの 有無も確認する。	確認圧力に耐え,かつ構 造物の変形等がないこ と。また,耐圧部から著 しい漏えいがないこと。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料	実施計画のとおりである
		について記録を確認する。	こと。
	一十八十万次三刃	実施計画に記載した主要寸法	寸法が許容範囲内である
	竹伝唯祕	について記録を確認する。	こと。
		○海外製品	
		各部の外観について記録にて	
	外観確認	確認する。	有意な欠陥がないこと。
		○国内製品	
		各部の外観を確認する。	
		○海外製品	
		機器の据付位置, 据付状態につ	
	据付確認	いて確認する。	実施計画のとおり施工・
構造強度		○国内製品	据付されていること。
・耐震性		機器の据付位置, 据付状態につ	
		いて確認する。	
		○海外製品	
		CODAP2005等に基づき確認圧力	
		で保持した後,確認圧力に耐え	
		ていることまた, 耐圧部からの	変現にもに耐ら かん様
		漏えいがないことを記録等に	1111111111111111111111111111111111111
		より確認する。	している し、また、一日日初から 英
		○国内製品	と。また、耐圧部から者
		確認圧力で保持した後,確認圧	しい個人いかないこと。
		力に耐えていることを確認す	
		る。耐圧確認終了後,漏えいの	
		有無も確認する。	

表-6 確認事項(その他機器(クロスフローフィルタ))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	材料確認	実施計画に記載した主な材料に ついて,材料証明書または納品 書により確認する。	実施計画の記載とおりで あること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法に ついて,材料証明書または納品 書により確認する。	実施計画の記載とおりで あること。
	外観確認	各部の外観について,立会いま たは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおり据付ている ことを立会いまたは記録により 確認する。	図面のとおり施工・据付て いること。
	耐圧・ 漏えい確認 注 1	<ol> <li>①:最高使用圧力の 1.5 倍で一 定時間保持後,同圧力に耐えて いること,また,耐圧部からの 漏えいがないことを立会いまた は記録により確認する。</li> </ol>	最高使用圧力の 1.5 倍に 耐え,かつ構造物の変形等 がないこと。また,耐圧部 から漏えいがないこと。
		②:運転圧力で耐圧部からの漏 えいのないことを立会いまたは 記録により確認する。※1	耐圧部から漏えいがない こと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを立会いまた は記録により確認する。	通水ができること。

表-7 確認事項(主配管(鋼管))

※1:運転圧力による耐圧部の漏えい検査が実施できない配管フランジ部については、
 トルク確認等の代替検査を実施する。

注1:耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	材料確認	実施計画に記載した材料につい て,製品検査成績書により確認 する。	実施計画の記載とおりで あること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法 (外径相当)について,製品検 査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりで あること。
	外観確認	各部の外観について,立会いま たは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が図面のとおりに据付てい ることを立会いまたは記録によ り確認する。	図面のとおり施工・据付て いること。
	耐圧・ 漏えい確認 注 1	<ol> <li>①:最高使用圧力以上で一定時 間保持後,同圧力に耐えている こと,また,耐圧部からの漏え いがないことを立会いまたは記 録により確認する。</li> </ol>	最高使用圧力に耐え,かつ 構造物の変形等がないこ と。また,耐圧部から漏え いがないこと。
		<ul> <li>②:気圧により,耐圧部からの 漏えいのないことを立会いまた は記録で確認する。</li> <li>③:運転圧力で耐圧部からの漏 えいがないことを立会いまたは 記録で確認する。</li> </ul>	耐圧部から漏えいがない こと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを立会いまた は記録により確認する。	通水ができること。

表-8 確認事項(主配管(ポリエチレン管))

注1:耐圧漏えい確認は、①②③のいずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料につ いて記録を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法(外径 相当)について記録を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
構造強度 ・耐震性	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据 付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	確認圧力で保持した後,確認圧力に 耐えていることを記録により確認 する。 耐圧確認終了後,耐圧部分からの漏 えいの有無を記録により確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造 物の変形等がないこと。 また,耐圧部から漏えいが ないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

表-9 確認事項(主配管(耐圧ホース))

表-10確認事項(漏えい検出装置及び警報装置)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 据付状態につ いて確認する。	実施計画のとおり施工・ 据付されていること。
機能	漏えい 警報確認	設定通りに警報が作動するこ とを確認する。	漏えいを検知し, 警報が 作動すること。設定通り に、警報が作動すること。

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準
監視	構造確認	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
		据付確認	機器の据付位置, 据付状	実施計画の通りに施工・据
			態について確認する。	付されていること。
	機能確認	警報確認	設定値どおり警報及び表	許容範囲以内で警報及び 表示灯が作動すること。
			示灯が作動することを確	
			認する。	
	性能確認	線源校正 確認	標準線源を用いて線量当	基準線量当量率に対する 正味線量当量が,許容範囲 以内であること。
			量率を測定し、各検出器	
			の校正が正しいことを確	
			認する。	
		校正確認	モニタ内のテスト信号発	
			生部により, 各校正点の	
			基準入力を与え、その時	各指示値が許容範囲以内
			のデータ収集装置の指示	に入っていること。
			値が正しいことを確認す	
			る。	

表-11 確認事項(エリア放射線モニタ)
確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
			構造体コンクリート強度が,実
		構造体コンクリートの圧縮	施計画に記載されている設計
	++++≤  元左∋刃	強度を確認する。	基準強度に対して, JASS 5 の
	们作们能配		基準を満足すること。
		鉄筋の材質, 強度, 化学成分	TIC C 2110 に海ムナスこと
		を確認する。	」15 6 3112 に旭日 9 ること。
	寸法確認		構造体コンクリート部材の断
構造強度		構造体コンクリート部材の	面寸法が,実施計画に記載され
		断面寸法を確認する。	ている寸法に対して, JASS 5
			の基準を満足すること。
			鉄筋の径が実施計画に記載さ
			れている通りであること。鉄筋
	据付確認	鉄筋の径,間隔を確認する。	の間隔が実施計画に記載され
			ているピッチにほぼ均等に分
			布していること。

表-12 確認事項(基礎)

表-13 確認事項(堰その他の設備)

確認事項	確認項目	確認内容			
漏えい防 止	材料確認	実施計画に記載されている 主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。		
	寸法確認	実施計画に記載されている 主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。		
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。		
	据付確認	堰その他の設備の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。		

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	運転性能 確認	実施計画に記載の容量が通 水可能であることを確認す る。	実施計画に記載した容量を通 水することが可能であり、設備 からの異音, 異臭, 振動等の異 常がないこと。
性能	除去性能	処理済水に含まれる放射性 核種(トリチウムを除く)に ついて,除去対象とする 62 核種の放射能濃度を確認す る。	『東京電力株式会社福島第一 原子力発電所原子炉施設の保 安及び特定核燃料物質の防護 に関して必要な事項を定める 告示』に定める周辺監視区域外 の水中の濃度限度未満である こと。

表-14 確認事項(増設多核種除去設備)

増設多核種除去設備の溶接部に係る主要な確認事項を表-15~18に示す。クロスフ ローフィルタについては、海外製品と国内製品があるため、各々に対する確認事項を示す。

確認事項	確認項目	対象設備	確認内容	判定基準
溶接検査	材料検査	<ol> <li>①処理水受入タンク</li> <li>②共沈タンク</li> <li>③供給タンク</li> <li>④吸着塔入口^{ハ・ッ} 7 ァタンク</li> <li>⑤吸着塔</li> <li>⑥処理水受入タンク~吸着塔までの外径 61mm 以上の主配管</li> </ol>	溶接に使用する材料 が、溶接規格等に適 合するものであり、 溶接施工法の母材の 区分に適合すること を確認する。	溶接に使用する材料 が、溶接規格等に適 合するものであり、 溶接施工法の母材の 区分に適合するもの であること。
		<ul> <li>⑦処理水受入タンク~吸着塔までの外径 61mmを超える主配管</li> <li>⑧反応/凝集槽</li> <li>⑨沈殿槽</li> <li>⑩上澄み水タンク</li> </ul>	材料が溶接規格等に 適合するものであ り、溶接施工法の母 材の区分に適合する ことを確認する。	材料が溶接規格等に 適合するものであ り、溶接施工法の母 材の区分に適合する ものであること。
	開先検査	<ol> <li>①処理水受入タ</li> <li>②供タンク</li> <li>③供タンク</li> <li>③供吸着塔入口^{×*}ッ</li> <li>⑦(④火ク)</li> <li>③(●)の(1)の(*)の(1)</li> <li>(○)の(1)の(*)の(1)</li> <li>(○)の(1)の(*)の(1)</li> <li>(○)の(1)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(1)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)</li> <li>(○)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*)の(*</li></ol>	開先形状等が溶接規 格等に適合するもの であることを確認す る。	開先形状等が溶接規 格等に適合するもの であること。

表-15 確認事項(タンク、吸着塔、主配管の溶接検査)

溶接作業検査	<ol> <li>①処理水受入タンク</li> <li>②共沈タンク</li> <li>③供給タンク</li> <li>④吸着塔入ロハ[*]ッ 77,9ンク</li> <li>⑤吸処 つ人著塔</li> <li>⑥ 少ク 発音理水受入タンクの外電管</li> <li>⑦ 少ク 全 61mm 以上の一般者</li> <li>② 大学校のの外での外での外での外での人名主応</li> <li>⑧ 次殿槽</li> <li>⑨ 上澄み水タンク</li> <li>ク</li> </ol>	あらかじめ確認され た溶接施工法又は実 績のある溶接施工法 又は管理されたプロ セスを有する溶接施 工法であることを確 認する。あらかじめ確 認された溶接士によ り溶接が行われてい ることを確認する。	あらかじめ確認され た溶接施工法および 溶接士により溶接施 工をしていること。
	<ol> <li>①処理水受入タンク</li> <li>②共沈タンク</li> <li>③供給タンク</li> <li>④吸着塔入口^{××}ッ 77929</li> <li>⑤吸着塔</li> <li>⑥処理水受入タンク</li> <li>×ク~吸着塔ま</li> <li>×ク~吸着塔ま</li> <li>×ク~吸着塔ま</li> <li>×クの外径 61mm 以上の主配管</li> </ol>	溶接部(最終層)に ついて非破壊検査 (浸透探傷検査)を 行い、その試験方法 及び結果が溶接規格 等に適合するもので あることを確認す る。	溶接部(最終層)に ついて非破壊検査 (浸透探傷検査)を 行い、その試験方法 及び結果が溶接規格 等に適合するもので あること。
非破壞試験	<ul> <li>⑦処理水受入タンク~吸着塔</li> <li>での外径 61mm</li> <li>超える主配管</li> <li>⑧反応/凝集槽</li> <li>⑨沈殿槽</li> <li>⑩上澄み水タンク</li> </ul>	溶接部について非破 壊検査を行い、その 試験方法及び結果が 溶接規格等に適合す るものであることを 確認する。	溶接部について非破 壊検査を行い、その 試験方法及び結果が 溶接規格等に適合す るものであること。

機械試験	⑤吸着塔	溶接部を代表する試 験片にて機械試験を 行い、当該試験片の 機械的性質が溶接規 格等に適合している ものであることを確 認する。	溶接部を代表する試 験片にて機械試験を 行い、当該試験片の 機械的性質が溶接規 格等に適合している ものであること。
耐圧・ 漏えい検査 外観検査	<ol> <li>①処理水受入タンク</li> <li>②共沈タンク</li> <li>③供給タンク</li> <li>④吸着塔入口^{×・}ッ 7r^{βンク}</li> <li>⑤吸着塔</li> <li>⑥処理水受入タンク~吸着塔までの外径 61mm 以上の主配管</li> </ol>	検査圧力で保持した 後、検査圧力に耐え ていること及び耐圧 部分から漏えいがな いことを確認する。	検査圧力で保持した 後、検査圧力に耐え ていること及び耐圧 部分から漏えいがな いこと及び外観上、 傷・へこみ・変形等 の異常がないこと。
耐圧・ 漏えい検査	<ul> <li>⑦処理水受入タンク~吸着塔までの外径 61mm を超える主配管</li> </ul>	検査圧力で保持した 後、検査圧力に耐え ていることを確認す る。耐圧確認終了後、 耐圧部分からの漏え いの有無を確認す る。	検査圧力で保持した 後、検査圧力に耐え ていること。耐圧確 認終了後、耐圧部分 からの漏えいがない こと。
⑧反応/凝集槽       ⑨沈殿槽       ⑩上澄み水タン       ク	耐圧・漏えい検査後 外観上、傷・へこみ・ 変形等の異常がない ことを確認する。	外観上、傷・へこみ・ 変形等の異常がない こと。	

確認事項	確認項目	対象設備	確認内容	判定基準
溶接検査	材料検査	<ol> <li>①処理水受入タンク1</li> <li>②処理水受入タンク2</li> <li>③吸着塔入口^{n*}ッファタンク</li> </ol>	溶接に使用する材 料が、溶接検査申請 書に記載したもので あり、溶接施工法の 母材の区分に準拠す ることを記録で確認 する。	溶接に使用する材 料が、溶接規格等 に準拠するもので あり、溶接施工法 の母材の区分に準 拠するものである こと。
	開先検査	<ol> <li>処理水受入 タンク1</li> <li>処理水受入 タンク2</li> <li>吸着塔入口 パッファタンク</li> </ol>	溶接検査申請書に記 載した開先形状等で あることを記録で確 認する。	開先形状等が溶接 規格等に準拠する ものであること。
	溶接作業検 査	<ol> <li>①処理水受入タンク1</li> <li>②処理水受入タンク2</li> <li>③吸着塔入口[×]ッファタンク</li> </ol>	溶接検査申請書に 記載した溶接施工 法であり、実績のある 溶接施工法又は管理 されたプロセスを有 する溶接施工法であ ることを確認する。あ らかじめ確認された 溶接士により溶接が 行われていることを 記録で確認する。	溶接検査申請書に 記載した溶接施工 法および溶接士に より溶接施工され ていること。
	非破壊試験	<ol> <li>①処理水受入タンク1</li> <li>②処理水受入タンク2</li> <li>③吸着塔入口バッ ファタンク</li> </ol>	溶接部(最終層) について非破壊検 査(浸透探傷検査) を行い、その試験方 法及び結果が溶接規 格等に準拠するもの であることを記録で 確認する。	溶接部(最終層) について非破壊検 査(浸透探傷検査) を行い、その試験 方法及び結果が溶 接規格等に準拠す るものであるこ と。

表-16 確認事項(タンクの汚染水入口ノズルと天板の溶接部)

耐圧・	<ol> <li>①処理水受入タンク1</li> <li>③吸着塔入口[×]ッ ファタンク</li> </ol>	検査圧力で保持し た後、検査圧力に耐 えていること及び耐 圧部分から漏えいが	検査圧力で保持し た後、検査圧力に 耐えていること及 び耐圧部分から漏
痛えい 快査 外観検査	②処理水受入タ ンク2	ないことを記録で確 認する。	えいがないこと及 び外観上、傷・へ こみ・変形等の異 常がないこと

確認事項	確認項目	対象設備	確認内容	判定基準
			○海外製品	○海外製品
			使用する材料が, EN 規	使用する材料が, EN 規
			格等に準拠するもので	格等に準拠するもので
			あることを記録で確認	あること。
		①クロス	する。	
	材料検査	フローフ	○国内製品	○国内製品
		イルタ	材料が溶接規格等に適	材料が溶接規格等に適
			合するものであり,溶接	合するものであり、溶
			施工法の母材の区分に	接施工法の母材の区分
			適合することを確認す	に適合するものである
			る。	こと。
淧埣姈木	開先検査	① クロス フローフ イルタ	○海外製品	○海外製品
俗1女伙丑			開先形状が EN 規格等に	EN 規格等に準拠してい
			準拠していることを製	ること。
			作図等で確認する。	
			○国内製品	○国内製品
			開先形状等が溶接規格	開先形状等が溶接規格
			等に適合するものであ	等に適合するものであ
			ることを確認する。	ること。
			○海外製品	○海外製品
	※수수수 / 누구분수	①クロス	EN 規格に定められた溶	EN 規格に基づく, 溶接
	俗按作業 検査	フローフ	接施工法及び溶接士の	施工法及び溶接士によ
	N.A.	イルタ	資格を有していること	り溶接施工されている
			を記録で確認する。	こと。

表-17 確認事項(クロスフローフィルタ)

			○国内製品	○国内製品
			あらかじめ確認された	あらかじめ確認された
			溶接施工法及び溶接士	溶接施工法及び溶接士
			により溶接が行われて	により溶接施工をして
			いることを確認する。	いること。
			○海外製品	○海外製品
			長手溶接部について非	長手溶接部について,
			破壊検査(放射線透過	非破壊検査(放射線透
			試験) を行い, その試験	過試験)を行い,試験
			方法及び結果が	方法及び結果が
			CODETI2006 等に適合す	CODETI2006 等に適合す
		①クロス	るものであることを記	るものであること。
	非破壊試験	フローフィルタ	録で確認する。	
			○国内製品	○国内製品
			溶接部について非破壊	溶接部について非破壊
			検査を行い、その試験	検査を行い、その試験
			方法及び結果が溶接規	方法及び結果が溶接規
			格等に適合するもので	格等に適合するもので
			あることを確認する。	あること。
	機械試験	① クロス フローフ イルタ	○国内製品	○国内製品
			溶接部を代表する試験	溶接部を代表する試験
			片にて機械試験を行い,	片にて機械試験を行
			当該試験片の機械的性	い、当該試験片の機械
			質が溶接規格等に適合	的性質が溶接規格等に
			しているものであるこ	適合しているものであ
			とを確認する。	ること。
			○海外製品	○海外製品
			CODAP2005 等に基づき,	CODAP2005 等に基づく
			検査圧力で保持した後,	検査圧力で保持した
			検査圧力に耐えている	後,検査圧力に耐えて
	耐圧 ·	①クロス	こと及び耐圧部分から	いること及び耐圧部分
	漏えい検査	ノローノ イルタ	漏えいがないことを記	から漏えいがないこ
			録で確認する。	と。
			○国内製品	○国内製品
			検査圧力で保持した	検査圧力で保持した
			後,検査圧力に耐えて	後,検査圧力に耐えて

			いることを確認する。耐	いること。耐圧確認終
			圧確認終了後,耐圧部分	了後, 耐圧部分からの
			からの漏えい有無を確	漏えいがないこと。
			認する。	
			○海外製品	
			本体の外観及び溶接部	
外観検査		①クロス フローフ	の施工状況等を確認す	外観上,傷・ヘこみ・
			る。	変形等の異常がないこ
	外観検査		○国内製品	と。また,溶接部の溶
		イルタ	耐圧・漏えい検査後外観	接施工状況に異常がな
			上, 傷・ヘこみ・変形等	いこと。
			の異常がないことを確	
			認する。	

確認事項	確認項目	対象設備	確認内容	判定基準
	材料検査	①クロスフロー フィルタ接続管	溶接に使用する材 料が、溶接検査申請 書に記載したもので あることを記録で確 認する。	溶接に使用する材 料が、溶接規格等 に準拠するもので あること。
溶接検査	開先検査	<ol> <li>①クロスフロー</li> <li>フィルタ接続管</li> </ol>	溶接検査申請書に記 載した開先形状であ ることを記録で確認 する。	開先形状等が溶接 規格等に準拠する ものであること。
	溶接作業検 査	①クロスフロー フィルタ接続管	溶接検査申請書に 記載した溶接施工 法であり、管理された プロセスを有する溶 接施工法及び溶接士 により溶接が行われ ていることを記録で 確認する。	<ul> <li>溶接検査申請書に</li> <li>記載した溶接施工</li> <li>法および溶接士</li> <li>(JIS や高圧ガス</li> <li>保安協会基準等)</li> <li>により溶接施工さ</li> <li>れていること</li> </ul>

表-18 確認事項(クロスフローフィルタ接続管の溶接部)

非破壊試験	<ol> <li>①クロスフロー フィルタ接続管</li> </ol>	<ul> <li>浴按部(東終僧)</li> <li>について非破壊検</li> <li>査(浸透探傷検査)</li> <li>を行い、その試験</li> <li>方法及び結果が溶</li> <li>接規格等に準拠する</li> <li>ものであることを記</li> <li>録で確認する。</li> </ul>	<ul> <li>浴齿部(  最終層)</li> <li>について非破壊検</li> <li>査(浸透探傷検査)</li> <li>を行い、その試験</li> <li>方法及び結果が溶</li> <li>接規格等に準拠するものであること。</li> <li>検査圧力で保持し</li> </ul>
耐圧・ 漏えい検査 外観検査	<ol> <li>①クロスフロー フィルタ接続管</li> </ol>	検査圧力で保持した 後、検査圧力に耐え ていること及び耐圧 部分から漏えいがな いことを確認する。 また、溶接部の施工 状況等を確認する。	後重圧力で保持 た後、検査圧力に 耐えていること及 び耐圧部分から漏 えいがないこと及 び外観上、傷・へ こみ・変形等の異 常がないこと。 常がないこと。 ないこと。

増設多核種除去設備の薬品供給設備に係る主要な確認事項を表-19~24に示す。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料に	宇旋計画のしむりでなること
		る。	天旭計画のとわりてのること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法に	中共計画のしいかったステレ
		ついて, 記録または材料証明書寺 を確認する。	美施計画のとわりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器が系統構成図とおりに据付 られていることを確認する。	実施計画のとおり施工・据付さ れていること。
	耐圧・ 漏えい確 認	①確認圧力で保持した後,確認圧 力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後,漏えいの有無を 記録で確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の 変形等がないこと。また、耐圧 部から漏えいがないこと。
		②運用水位以上で,一定時間保持 後,確認圧力に耐えること,また 漏えいがないことを記録により 確認する。	確認圧力に耐え,かつ構造物の 変形等がないこと。また、耐圧 部から漏えいがないこと。

表-19 確認事項 (炭酸ソーダ溶解槽,炭酸ソーダ貯槽)

注1:①②は、いずれかとする。

表-20 確認事項(炭酸ソーダ溶解槽移送ポンプ、炭酸ソーダ貯槽1供給ポンプ,炭酸 ソーダ貯槽2移送ポンプ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態につ	実施計画のとおり施工・据付さ
		いて確認する。	れていること。
	漏えい確認	運転圧力 (ポンプ実施計画記載	
		容量時) で耐圧部分からの漏え	耐圧部から漏えいがないこと。
		いの有無を記録で確認する。	
性能	運転性能 確認		実施計画に記載した容量を満足
		ポンプの運転確認を行う。	すること。
			また、異音、異常振動等がない
			こと。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
	材料確認	実施計画に記載した主な材料に ついて材料証明書等を確認す る。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した外径,厚さ について記録または材料証明書 等を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
構造強度 ・耐震性	据付確認	機器の据付状態について確認す る。	実施計画のとおり施工・据 付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	<ul> <li>①最高使用圧力以上の圧力で保持した後,確認圧力に耐えていることを記録で確認する。耐圧確認終了後,耐圧部分からの漏えいの有無を記録で確認する。</li> <li>②運転圧力(ポンプ実施計画記載容量時)で耐圧部からの漏えいのないことを記録等により確</li> </ul>	最高使用圧力以上の圧力 に耐え,かつ構造物の変形 等がないこと。また,耐圧 部から漏えいがないこと。 耐圧部から漏えいがない
		認する。	

表-21 確認事項(主配管(鋼管))

注1:①②は、いずれかとする。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料につ いて検査成績書等を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法(外径 相当)について検査成績書等を確認 する。	実施計画のとおりである こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据 付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	最高使用圧力以上の圧力で保持し た後,確認圧力に耐えていることを 記録で確認する。耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無を記 録で確認する。	最高使用圧力以上の圧力 に耐え,かつ構造物の変形 等がないこと。また,耐圧 部から漏えいがないこと。

表-22 確認事項(耐圧ホース)

## 表-23 確認事項(薬品供給設備)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
性能	運転性能 確認	系統通水が可能であることを確認 する。	通水可能であること。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料に ついて材料証明書等を確認す る。	実施計画のとおりである こと。
	寸法確認	実施計画に記載した外径,厚さ について記録または材料証明書 等を確認する。	実施計画のとおりである こと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認す る。	実施計画のとおり施工・据 付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認	最高使用圧力以上の圧力で保持 した後,確認圧力に耐えている ことを記録で確認する。耐圧確 認終了後,耐圧部分からの漏え いの有無を記録で確認する。	最高使用圧力以上の圧力 に耐え,かつ構造物の変形 等がないこと。また,耐圧 部から漏えいがないこと。

表-24 確認事項(主配管(ポリエチレン管))