

『特定原子力施設の指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項』 該当項目の整理表 (案件：滞留水一時貯留タンク設備の設置)

目次	該当項目	理由
I 全体工程及びリスク評価について講ずべき事項	○	本変更申請はプロセス主建屋、高温焼却炉建屋の滞留水処理のために当該建屋が担っている機能（処理装置を安定稼働させるための滞留水のバッファなど）を有する設備を設置するものであり、1Fのリスク低減に必要な設備のため
II 設計、設備について措置を講ずべき事項		
1 原子炉等の監視	-	本変更申請はRPV/PCV/SFP内の使用済み燃料等に関する内容ではないため
2 残留熱の除去	-	本変更申請はRPV/PCV内の燃料デブリ、SFP内の燃料体の残留熱除去に関する内容ではないため
3 原子炉格納施設雰囲気監視等	-	本変更申請はPCV内の気体の監視等に関する内容ではないため
4 不活性雰囲気維持	-	本変更申請はRPV/PCV内の可燃性ガスに関する内容ではないため
5 燃料取出し及び取り出した燃料の適切な貯蔵・管理	-	本変更申請は燃料の適切な貯蔵・管理に関する内容ではないため
6 電源の確保	-	本変更申請によって新設する設備は、特に高い安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器ではないため また、本変更設備の新設によって、外部電源系や非常用内電源系等の機器故障による、異常の検知、異常の拡大及び伝搬を防ぐ設計に変更はないため
7 電源喪失に対する設計上の考慮	-	本変更申請によって新設する設備は、全交流電源喪失時のRPV/PCV内やSFPへの冷却を確保し、かつ復旧するための手段ではないため
8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理	○	本変更申請によって新設する設備の工事において、放射性固体廃棄物が発生するため
9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	○	本変更申請によって新設する設備は、放射性液体廃棄物である建屋滞留水を一時貯留し、移送する設備であるため
10 放射性気体廃棄物の処理・管理	○	本変更申請によって新設する設備のタンクにおいて、液位変動により建屋滞留水を扱うタンク内上部の気体が外部へ排気されるため
11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等	○	本変更申請によって新設する設備により、敷地境界における実効線量の影響有無を確認する必要があるため
12 作業員の被ばく線量の管理等	○	本変更申請によって新設する設備により、作業員の被ばく線量の管理等を実施するため
13 緊急時対策	○	本変更申請によって新設する設備において、緊急時の通信連絡手段や安全避難通路等が問題ないことを説明する必要があるため
14 設計上の考慮		
① 準拠規格及び基準	○	本変更申請によって新設する設備は、果たすべき安全機能の重要度を考慮して、適切と認められる規格及び基準によるものである必要があるため
② 自然現象に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられるよう設計する必要があるため
③ 外部人為事象に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、追設する移送設備は地震以外の想定される自然現象によって、安全性が損なわれない必要があるため
④ 火災に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、火災により施設の安全性を損なわない設計である必要があるため
⑤ 環境条件に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、経年事象を含む全ての環境条件に適合できる設計である必要があるため
⑥ 共用に対する設計上の考慮	-	本変更申請によって新設する設備は、複数の施設間で共用をしないため
⑦ 運転員操作に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、運転員の誤操作を防止する適切な措置を講じる必要があるため
⑧ 信頼性に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、十分に高い信頼性を確保し、かつ維持しうる設計である必要があるため
⑨ 検査可能性に対する設計上の考慮	○	本変更申請によって新設する設備は、それらの健全性及び能力を確認する検査ができる設計である必要があるため
15 その他措置を講ずべき事項	-	その他措置を講ずべき事項はないため
III 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項	○	本変更申請によって新設する設備は放射性廃棄物を扱うため、適切な措置を講じて、「II. 設計、設備について措置を講ずべき事項」の適切かつ確実な実施を確保し、かつ、作業員及び敷地内外の安全を確保する必要があるため
IV 特定核燃料物質の防護	-	本変更申請は特定核燃料物質の防護のために措置を講ずべき事項に影響を与える設備ではないため
V 燃料デブリの取出し・廃炉のために措置を講ずべき事項	-	本変更申請は燃料デブリの取出しやそれに関連した措置と関係しないため
VI 実施計画を策定するにあたり考慮すべき事項	-	本変更申請は新規に実施計画の変更認可申請を行うことから、1～3に非該当であるため 1. 法第67条第1項の規定に基づく報告の徴収に従って報告している計画等 2. 原子力安全・保安院からの指示に従い、報告した計画等 3. 法の規定に基づき認可を受けている規定等
VII 実施計画の実施に関する理解促進	-	本変更申請によって、理解促進に関する取組みに変更はないため
VIII 実施計画に係る検査の受検	-	本変更申請によって、検査受検の考え方に変更はないため

福島第一原子力発電所
特定原子力施設への指定に際し
東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対し
して求める措置を講ずべき事項について等へ
の適合性について
(滞留水一時貯留タンク設備の設置)

令和5年7月
東京電力ホールディングス株式会社

本資料においては、福島第一原子力発電所の滞留水一時貯留タンク設備の設置に関連する「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について」（平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定。以下「措置を講ずべき事項」という。）等への適合方針を説明する。

目 次

1 章 全体工程及びリスク評価について措置を講ずべき事項	
1.1 特定原子力施設における主なリスクと今後のリスク低減 対策への適合性	1.1-1
2 章 設計, 設備について措置を講ずべき事項	
2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理への適合性	2.8-1
2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理への適合性	2.9-1
2.10 放射性気体廃棄物の処理・管理への適合性	2.10-1
2.11 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等 への適合性	2.11-1
2.12 作業者の被ばく線量の管理等への適合性	2.12-1
2.13 緊急時対策への適合性	2.13-1
2.14 設計上の考慮	
2.14.1 準拠規格及び基準への適合性	2.14.1-1
2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への適合性	2.14.2-1
2.14.3 外部人為事象に対する設計上の考慮への適合性	2.14.3-1
2.14.4 火災に対する設計上の考慮への適合性	2.14.4-1
2.14.5 環境条件に対する設計上の考慮への適合性	2.14.5-1
2.14.7 運転員操作に対する設計上の考慮への適合性	2.14.7-1
2.14.8 信頼性に対する設計上の考慮への適合性	2.14.8-1
2.14.9 検査可能性に対する設計上の考慮への適合性	2.14.9-1
3 章 特定原子力施設の保安	
3.1 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項 への適合性	3.1-1

1 章 全体工程及びリスク評価について 措置を講ずべき事項

1.1 特定原子力施設における主なリスクと 今後のリスク低減対策への適合性

特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（平成 24 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定）

（以下「措置を講ずべき事項」という。）

I. リスク評価について講ずべき措置

1号炉から4号炉については廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程，5号炉及び6号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし，各工程・段階の評価を実施し，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図ること，特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価を行うに当たっては，敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い，リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであること。

1.1.1 措置を講ずべき事項への適合方針

1号炉から4号炉については廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程，5号炉及び6号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし，各工程・段階の評価を実施し，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図る。

特定原子力施設全体及び各設備のリスク評価を行うに当たっては，敷地外への広域的な環境影響を含めた評価を行い，リスクの低減及び最適化が敷地内外の安全を図る上で十分なものであるようにする。

1.1.2 対応方針

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。

当該実施計画の変更認可申請内容である滞留水一時貯留タンク設備設置の設置目的については，別紙－1参照

東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ(固形状の放射性物質以外の主要な目標)

分野 (年度)	液状の放射性物質	使用済燃料	外部事象等への対応	廃炉作業を進める上で 重要なもの
2023	1/3号機PCV水位計の設置・S/C水位を低下	2号機原子炉建屋 オベフロ遮へい・ダスト抑制	陸側遮水壁内のフェーシング範囲 50%へ拡大 【当面の雨水対策】	多核種除去設備等処理水の 海洋放出開始
	原子炉建屋内滞留水の半減・処理	キャスク仮保管設備の増設着手	格納容器内部の閉じ込め機能維持方針 策定(水素対策含む)	2号機燃料デブリ試験的取り出し ・格納容器内部調査・性状把握
	タンク内未処理水(Dエリア)の処理開始		日本海溝津波防潮堤(T.P.約13～16m)設置	
	高性能容器(HIC)内スラリー移替作業		1～3号機原子炉建屋の遠隔による健全 性確認手法の確立・建屋内調査開始	
2024	滞留水中のα核種除去開始	1号機原子炉建屋カバー設置	建物構築物の健全性評価手法の確立	2号機燃料デブリの「段階的な 取り出し規模の拡大」に対する安全対策
2025		6号機燃料取り出し完了/ 5号機燃料取り出し開始		1/2号機排気筒下部の高線量SGTS配管 等の撤去・周辺の汚染状況調査
今後の 更なる 目標	タンク内未処理水(H2エリア)の処理開始	乾式貯蔵キャスク増設エリア拡張	地下水対策 (建屋外壁の止水等)	燃料デブリ分析施設設置(分析第2棟)
2026 ～	プロセス主建屋等ドライアップ	1/2号機燃料取り出し		取り出した燃料デブリの安定な状態での保管
2034	地下貯水槽の撤去	全号機使用済燃料プール からの燃料取り出し		
	ドライアップ完了建屋の残存スラッジ等の処理			
	原子炉建屋内滞留水の全量処理			
	【実現すべき姿】 タンク残量を含む液体状の放射性物質 の全量処理	【実現すべき姿】 全ての使用済燃料の乾式保管	【実現すべき姿】 建屋構築物等の劣化や損傷状況に応じ た対策を講じる	【実現すべき姿】 ・多核種除去設備等処理水の計画的 な海洋放出の実施 ・燃料デブリの安定な状態での保管

 周辺の地域や海域等への影響を特
に留意すべきリスクへの対策
 留意すべきであるが比較的外部へ
の影響が小さいリスクへの対策

※原子力規制委員会 東京電力福島第一原子力発電所の中期的リスクの低減目標マップ
(2023年3月版)より抜粋

滞留水一時貯留タンク設備設置の設置目的について

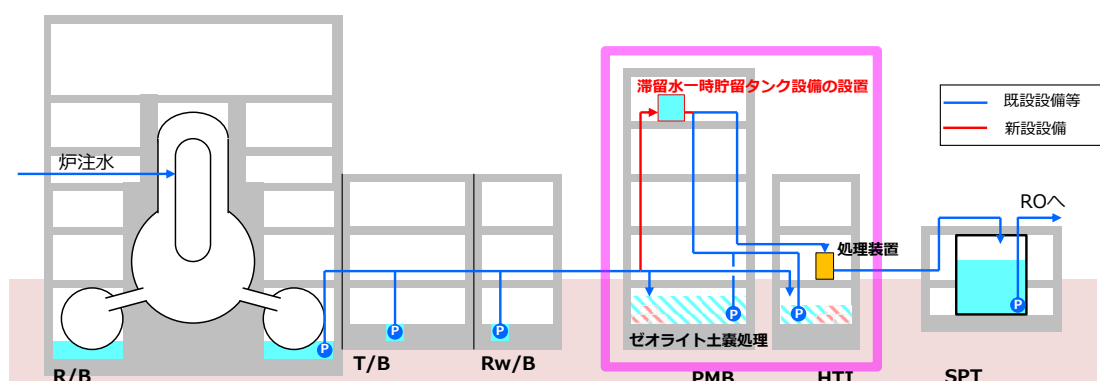
1. 建屋内滞留水処理の現状

1－4号機の建屋内滞留水については、1～3号機原子炉建屋、プロセス主建屋(PMB)、高温焼却炉建屋(HTI)を除き、2020年内に床面露出状態までの水位低下を達成し、滞留水処理を完了している状況。これに引き続き、プロセス主建屋および高温焼却炉建屋の滞留水処理完了へ向けには、最地下階に高線量のゼオライト土嚢等が存在することを踏まえ、ゼオライト土嚢等に対する線量緩和対策（回収作業）を実施後に、床面露出状態までの滞留水の水位低下により処理を行う計画を進めている。

2. 滞留水一時貯留タンク設備の設置目的

PMB/HTIは、震災当初より滞留水を敷地外に流出させない措置として、建屋地下で1-4号機の原子炉建屋(R/B)、タービン建屋(T/B)、放射性廃棄物処理建屋(Rw/B)の各建屋の滞留水を集約・貯留しており、1－4号機建屋滞留水の受入先、かつ処理装置（セシウム吸着装置【KURION】、第二セシウム吸着装置【SARRY】、第三セシウム吸着装置【SARRY II】）前段で滞留水を一時貯留するバッファ機能などを有している。

PMB/HTIの滞留水処理を実施し、床面露出するには、PMB/HTIでの1－4号機建屋滞留水の一時貯留が不要な処理プロセスへの変更が必要である。また、前後段設備の運転に影響を与えず、日々発生する滞留水の処理を継続することも必要となる。このため、PMB/HTIに代わるバッファ機能などを有する設備として滞留水一時貯留タンク設備をPMB/HTIの滞留水処理完了に向けて事前に設置する。



2章 設計，設備について措置を講ずべき 事項

2.8 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理 への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

8. 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，適切に処理し，十分な保管容量を確保し，遮へい等の適切な管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

2.8.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備内で発生する瓦礫等の放射性固体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，適切に処理し，十分な保管容量を確保し，遮へい等の適切な管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

2.8.2 対応方針

○ 廃棄物の性状に応じた適切な処理

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については、必要に応じて減容等を行い、その性状により保管形態を分類して、管理施設外へ漏えいすることのないよう一時保管または貯蔵保管する。

○ 十分な保管容量の確保

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等については、これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し、既設の保管場所内での取り回しや追加の保管場所を設置することにより保管容量を確保する。

○ 遮蔽等の適切な管理

作業員への被ばく低減や敷地境界線量を達成できる限り低減するために、保管場所の設置位置を考慮し、遮蔽、飛散抑制対策、巡視等の保管管理を実施する。

○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記を実施し、継続的に改善することにより、放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等からの敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

(実施計画：II-1-8-1)

滞留水一時貯留タンク設備の設置に伴い発生する廃棄物等の発生量については、別紙－1 参照

滞留水一時貯留タンク設備の設置に伴い発生する廃棄物の発生量について

滞留水一時貯留タンク設備の設置に伴い発生する廃棄物発生量を表 2.8.1-1 に示す。

なお、滞留水一時貯留タンク設備は、2023 年度の固体廃棄物の保管管理計画に計上済。

また、本設置工事で発生する廃棄物については、梱包材等の持ち込みを減らすなど、極力廃棄物の発生低減に努める。

表 2.8.1-1 滞留水一時貯留タンク設備の設置に伴い発生する廃棄物量

	想定発生量 [m ³]			発生源
	2023 年度	2024 年度	2025 年度	
可燃物	1	30	22	紙・ウエス類，プラスチック・ポリ・ビニール類，木材類
難燃物	1	27	19	ゴム類，難燃シート類，ホース類
不燃物	30	572	28	金属ガラ，コンクリートガラ，機器類・制御盤類，塩化ビニール類，保温材，ケーブル類
合計	32	629	69	

発生する瓦礫類については線量，種類で分別し，できる限り減容した上で，一時保管エリアで保管する。なお，β汚染のあるものについては飛散抑制のためコンテナ等に収納する。

以上

2.9 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理 への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

○施設内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，当該廃棄物の発生量を抑制し，放射性物質濃度低減のための適切な処理，十分な保管容量確保，遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。また，処理・貯蔵施設は，十分な遮へい能力を有し，漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにすること。

2.9.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備内で発生する汚染水等の放射性液体廃棄物の処理・貯蔵にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，当該廃棄物の発生量を抑制し，放射性物質濃度低減のための適切な処理，十分な保管容量確保，遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。また，処理・貯蔵施設は，十分な遮へい能力を有し，漏えい及び汚染拡大し難い構造物により，地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにする。

2.9.2 対応方針

- 廃棄物の発生量の抑制及び放射性物質濃度低減のための適切な処理
滞留水一時貯留タンク設備で発生した放射性液体廃棄物については、処理装置へ移送し、処理を行う。なお、設備へ蓄積したスラッジについてはプロセス主建屋地下階へ排出を実施する。
- 十分な保管容量確保
1－4号機建屋の滞留水を本設備にて一時貯留し、速やかに処理装置へ移送し、継続処理を行うプロセスであり、滞留水の長期にわたる貯留は実施しない設備であるため、保管容量は十分である。
- 遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止
機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用し、遮へいや漏えい防止を行う。また、機器等の周辺に堰等を設け、汚染拡大防止の対策を講じる。
- 敷地周辺の線量を達成できる限り低減
上記3項目を実施し、継続的に改善することにより、放射性液体廃棄物等の処理・貯蔵に伴う敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。
- 十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物
汚染水等を扱う処理・貯蔵施設に対して、人が近づく可能性のある箇所を対象に作業員の線量低減の観点で鉛毛マットによる遮へいを設置する等の対策を講じる。また、当該施設はトラフ等により独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け、漏えいの拡大の対策を講じることにより、万が一漏えいしても漏えい検知器を設置による漏えいの早期検知を行って、漏えい水が排水路等を通じて所外へ流出しないようにする。

滞留水一時貯留タンク設備の放射性物質の漏えい防止及び漏えい拡大防止については、別紙－1参照

滞留水一時貯留タンク設備の放射性物質の漏えい防止及び漏えい拡大防止

(1) 漏えい発生防止

- a. 高線量の滞留水を扱うため、接液部は耐放射線性、耐食性を併せ持つ材質を使用する。
- b. 滞留水を移送する配管は耐食性を有する鋼管並びにポリエチレン管等とする。
- c. 屋外に敷設される移送配管のうち、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防止のために融着構造とする。
- d. 滞留水供給ポンプおよびスラッジ排出ポンプは、耐食性に優れた二相ステンレス鋼等を使用するとともに、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。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 滞留水一時貯留タンク、滞留水供給ポンプおよびスラッジ排出ポンプ等は、以下の対応を行う。
 - ・漏えいの早期検知および漏えいの拡大防止として、機器の周囲に堰を設けるとともに漏えい検知器を設置する。
 - ・漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室に表示し、運転員が流量等の運転監視パラメータの状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする。
- b. 移送配管等は、以下の対応を行う。
 - ・鋼管と鋼管、ポリエチレン管と鋼管との取合い等でフランジ接続となる箇所については、堰を設置し、漏えい拡大防止を図る。また、堰内には漏えい検知器を設置する。漏えい検知の警報は、免震重要棟集中監視室に表示し、運転員により流量等の運転監視パラメータの状況を確認し、ポンプ運転・停止等の適切な対応がとれるようにする
 - ・屋外に敷設される移送配管については、コルゲート管等で移送配管を覆う二重構造とする。

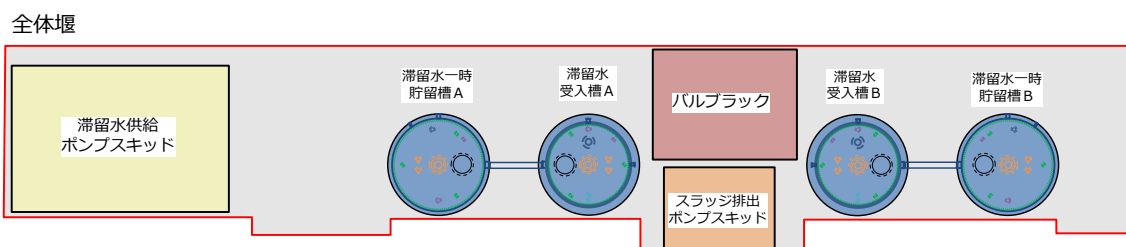
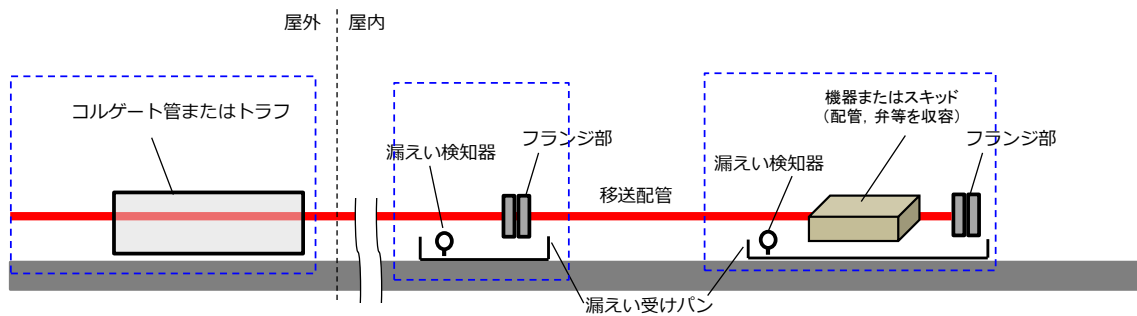


図 2.9.1-1 漏えい拡大防止に関する概念図

以上

2.10 放射性気体廃棄物の処理・管理への 適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

10. 放射性気体廃棄物の処理・管理

○施設内で発生する放射性気体廃棄物の処理にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，当該廃棄物の放出量を抑制し，適切に処理・管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

2.10.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備から発生する排気等の放射性気体廃棄物の処理にあたっては，その廃棄物の性状に応じて，当該廃棄物の放出量を抑制し，適切に処理・管理を行うことにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

2.10.2 対応方針

○ 廃棄物の性状に応じた適切な処理

滞留水一時貯留タンク設備のタンク上部の気相部については、内部で液位変動による気相部の押し込みや水素掃気に伴い気相部の外部への排気が発生することから、ベントフィルタを設ける。排気中に含まれる粒子状の放射性物質は、フィルタを通すことにより、放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、建屋内に放出する。

○ 廃棄物の放出量の抑制

滞留水一時貯留タンク設備から発生する排気等の放射性気体廃棄物等については、可能な限り排気の発生量を低減する設計とすることにより、建屋外への放出を防止する。

○ 敷地周辺の線量を達成できる限り低減

上記を実施し、継続的に改善することにより、放射性気体廃棄物からの敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

(実施計画：II-1-10-1)

以上

2.11 放射性物質の放出抑制等による敷地 周辺の放射線防護等への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 1. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

- 特定原子力施設から大気，海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。
- 特に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における実効線量（施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量の評価値）を，平成25年3月までに1 mSv/年未満とすること。

2.11.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，特定原子力施設から大気，海等の環境中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策を実施することにより，敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。特に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における実効線量（施設全体からの放射性物質の追加的放出を含む実効線量の評価値）を，1 mSv/年未満とする設計とする。

2.11.2 対応方針

- 平成 25 年 3 月までに、追加的に放出される放射性物質及び事故後に発生した放射性廃棄物からの放射線による敷地境界における実効線量を 1mSv/年未満とするため、下記の線量低減の基本的考え方にに基づき、遮へい等の対策を実施する。

また、線量低減の基本的考え方にに基づき、遮へい等の対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。

敷地境界における線量評価は、プラントの安定性を確認するひとつの指標として、放射性物質の放出抑制に係る処理設備設計の妥当性確認の観点と、施設配置及び遮蔽設計の妥当性確認の観点から施設からの放射線に起因する実効線量の評価を行うものとする。

線量低減の基本的考え方

- ・ 設備に対し、追加の遮へい対策を施す、もしくは、遮へい機能を有した施設内に廃棄物を移動する等により、敷地境界での放射線量低減を図っていく。

(実施計画：II-1-11-1)

○ 線量評価

滞留水一時貯留タンク設備は、高濃度放射性物質を内包する滞留水を取り扱う設備であることから影響評価を実施する。当該設備では、滞留水の受入、一時貯留、払出を行うことから、貯留容量に変動はあるが、保守的に満水状態での評価とする。滞留水の分析結果を基に核種は Cs-134、Cs-137 及び Sr-90、下記の放射能濃度が内包しているとし、制動エックス線を考慮したガンマ線線源強度を核種生成減衰計算コード ORIGEN により求め、3次元モンテカルロ計算コード MCNP により敷地境界評価点における直接線・スカイシャイン線の寄与を評価した。

評価の結果、敷地内各施設からの直接線及びスカイシャイン線による敷地境界の線量は、最寄り敷地境界評価点 No.7 では約 0.0001mSv/年未満 (約 0.00005mSv/年)、最大実効線量評価点 No.71 では約 0.0001mSv/年未満 (約 0.000002 mSv/年) であることを確認した。

(実施計画：III-3-2-2-3-2)

評価条件は滞留水の分析結果に基づいて放射能濃度を設定する（表 2.11.1）。

表 2.11.1 滞留水一時貯留タンクの放射能濃度と放射能物質質量

核種	放射能濃度 (Bq/L)	量 (m ³)	放射性物質質量 (Bq)
Cs-137 (Ba-137m)	1.3E+08	39	5.07E+12
Cs-134	6.6E+06		2.57E+11
Sr-90 (Y-90)	3.0E+07		1.17E+12

以上

2.12 作業者の被ばく線量の管理等への 適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 2. 作業者の被ばく線量の管理等

○現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して，遮へい，機器の配置，遠隔操作，放射性物質の漏えい防止，換気，除染等，所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより，放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を，達成できる限り低減すること。

2.12.1 措置を講ずべき事項への適合方針

作業者の被ばく管理等において，現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して，遮へい機器の配置，遠隔操作，放射性物質の漏えい防止，換気，除染等，所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより，放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を，達成できる限り低減する。

なお，滞留水一時貯留タンク設備の設置工事では，プロセス主建屋内で工事が行われるが，何れのエリアにおいても，外部放射線に係わる線量率は低減されており，放射線業務従事者が過度に被ばくする恐れはない。また，建屋内はイエローゾーンに設定されており，作業時には適切な放射線被ばく管理措置を講じる。

2.12.2 対応方針

(1) 作業者の被ばく線量管理等

○ 現存被ばく状況における放射線防護の基本的な考え方

現存被ばく状況において放射線防護方策を計画する場合には、害よりも便益を大きくするという正当化の原則を満足するとともに、当該方策の実施によって達成される被ばく線量の低減について、達成できる限り低く保つという最適化を図る。

○ 所要の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置の範囲

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」に基づいて定めた管理区域及び周辺監視区域に加え、周辺監視区域と同一な区域を管理対象区域として設定し、放射線業務に限らず業務上管理対象区域内に立ち入る作業者を放射線業務従事者として現存被ばく状況での放射線防護を行う。

○ 遮へい、機器の配置、遠隔操作、換気、除染等

放射線業務従事者が立ち入る場所では、外部放射線に係わる線量率を把握し、放射線業務従事者等の立ち入り頻度、滞在時間等を考慮した遮へいの設置や換気、除染等を実施するようにする。なお、線量率が高い区域に設備を設置する場合は、遠隔操作可能な設備を設置するようにする。

○ 放射性物質の漏えい防止

放射性物質濃度が高い液体及び蒸気を内包する系統は、可能な限り系外に漏えいし難い対策を講じる。また、万一生じた漏えいを早期に発見し、汚染の拡大を防止する場合は、機器を独立した区域内に配置する対策や、周辺に堰を設ける等の対策を講じる。

○ 放射線被ばく管理

上記の放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより、作業時における放射線業務従事者が受ける線量が労働安全衛生法及びその関連法令に定められた線量限度を超えないようにするとともに、現存被ばく状況で実施可能な遮へい、機器の配置、遠隔操作を行うことで、放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を、達成できる限り低減するようにする。

さらに、放射線防護上の措置及び作業時における放射線被ばく管理措置について、長期にわたり継続的に改善することにより、放射線業務従事者が立ち入る場所における線量を低減し、計画被ばく状況への移行を目指すこととする。

(実施計画：II-1-12-1)

滞留水一時貯留タンク設備の設置工事における被ばく線量管理に関する補足説明については、別紙－1参照。

(2) 放射線管理に係る補足説明

① 放射線防護及び管理

a. 放射線管理

(a) 基本方針

- 現存被ばく状況において、放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で、今後、新たに設備を設置する場合には、遮へい設備、換気空調設備、放射線管理設備及び放射性廃棄物廃棄施設を設計し、運用する。また、事故後、設置した設備においても、放射線被ばくを合理的に達成できる限り低減する方針で、必要な設備の改良を図る。
- 放射線被ばくを合理的に達成できる限り低くするために、周辺監視区域全体を管理対象区域として設定して、立ち入り制限を行い、外部放射線に係る線量、空気中もしくは水中の放射性物質の濃度及び床等の表面の放射性物質の密度を監視して、その結果を管理対象区域内の諸管理に反映するとともに必要な情報を免震重要棟や出入管理箇所等で確認できるようにし、作業環境の整備に努める。
- 放射線業務に限らず業務上管理対象区域に立ち入る作業者を放射線業務従事者とし、被ばく歴を把握し、常に線量を測定評価し、線量の低減に努める。また、放射線業務従事者を除く者であって、放射線業務従事者の随行により管理対象区域に立ち入る者等を一時立入者とする。
さらに、各個人については、定期的に健康診断を行って常に身体的状態を把握する。
- 周辺監視区域を設定して、この区域内に人の居住を禁止し、境界に柵または標識を設ける等の方法によって人の立ち入り制限をする。
- 原子炉施設の保全のために、管理区域を除く場所であって特に管理を必要とする区域を保全区域に設定して、立ち入り制限等を行う。
- 核燃料物質によって汚染された物の運搬にあたっては、放射線業務従事者の防護及び発電所敷地外への汚染拡大抑制に努める。

(実施計画：Ⅲ-3-3-1-2-2)

(b) 発電所における放射線管理

a. 管理対象区域内の管理

管理対象区域については、次の措置を講じる。

- 管理対象区域は当面の間、周辺監視区域と同一にすることにより、さく等の区画物によって区画するほか周辺監視区域と同一の標識等を設けることによって明らかに他の場所と区別し、かつ、放射線等の危険性の程度に応じて、人の立ち入り制限等を行う。

管理対象区域内の線量測定結果を放射線業務従事者の見やすい場所に掲示する等の方法によって、管理対象区域に立ち入る放射線業務従事者に放射線レベルの高い場所や放射線レベルが確認されていない場所を周知する。特に放射線レベルが高い場所においては、必要に応じてロープ等により人の立ち入り制限を行う。

- 放射性物質を経口摂取するおそれのある場所での飲食及び喫煙を禁止する。ただし、飲食及び喫煙を可能とするために、放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が、法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域を設ける。なお、設定後は、定期的な測定を行い、この区域内において、法令に定める管理区域に係る値を超えるような予期しない汚染を床又は壁等に発見した場合等、汚染拡大防止のための放射線防護上必要な措置等を行うことにより、放射性物質の経口摂取を防止する。

- 管理対象区域全体にわたって放射線のレベル及び作業内容に応じた保護衣類や放射線防護具類を着用させる。

- 管理対象区域から人が退去し、又は物品を持ち出そうとする場合には、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度についてスクリーニングレベルを超えないようにする。管理対象区域内において汚染された物の放射性物質の密度及び空気中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えるおそれのない区域に人が立ち入り、又は物品を持ち込もうとする場合は、その者の身体及び衣服、履物等身体に着用している物並びにその持ち出そうとする物品（その物品を容器に入れ又は包装した場合には、その容器又は包装）の表面の放射性物質の密度について表面汚染測定等により測定場所のバックグラウンド値を超えないようにする。

- 管理対象区域内においては、除染や遮へい、換気を実施することにより外部線量に係る線量、空気中放射性物質の濃度、及び放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質密度について、管理区域に係る値を超えるおそれのない場合は、人の出入管理及び物品の出入管理に必要な措置を講じた上で、管理対象区域として扱わないこととする。

(実施計画：III-3-3-1-2-3~4)

滞留水一時貯留タンク設備の設置工事における
被ばく線量管理に関する補足説明

滞留水一時貯留タンク設備の設置工事では、プロセス主建屋内で工事が行われるが、何れのエリアにおいても、外部放射線に係わる線量率は低減されており、放射線業務従事者が過度に被ばくする恐れはない（図 2.12.1-1～2 参照）。また、それぞれの作業の放射線被ばくリスクに応じて作業エリアの区域区分を表 2.12.1-1 のように設定して、それぞれの作業時には適切な放射線被ばく管理措置を講じる（図 2.12.1-3 参照）。

福島第一 原子力発電所	図面名称: 集中環境施設 プロセス主建屋 4階	[単位: mSv/h]
-------------	-------------------------	---------------

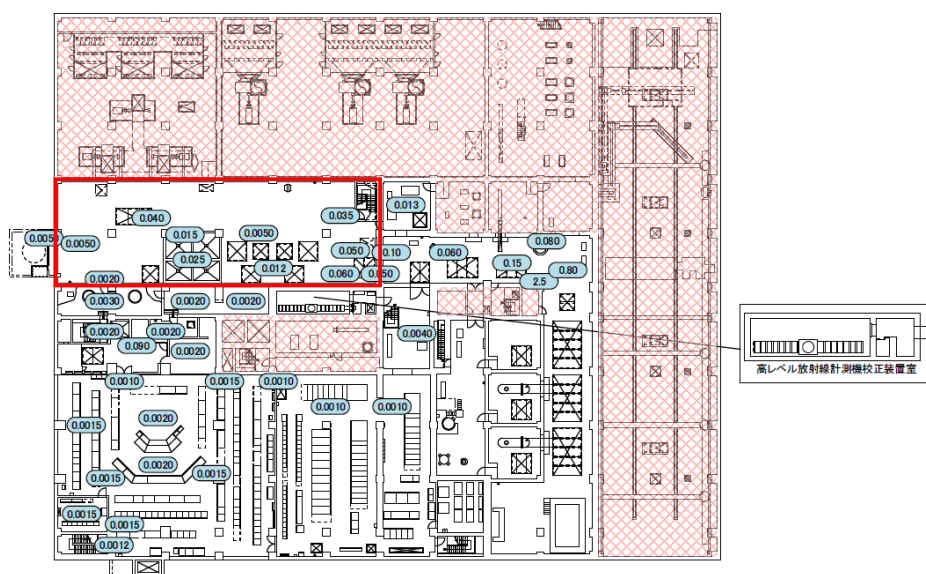


図 2.12.1-1 滞留水一時貯留タンク設備設置の設置工事の
作業エリアの外部放射線に係わる線量率（プロセス主建屋 4階 2022 年 8 月）

福島第一 原子力発電所	図面名称: 集中環境施設 プロセス主建屋 2階	[単位: mSv/h]
-------------	-------------------------	---------------

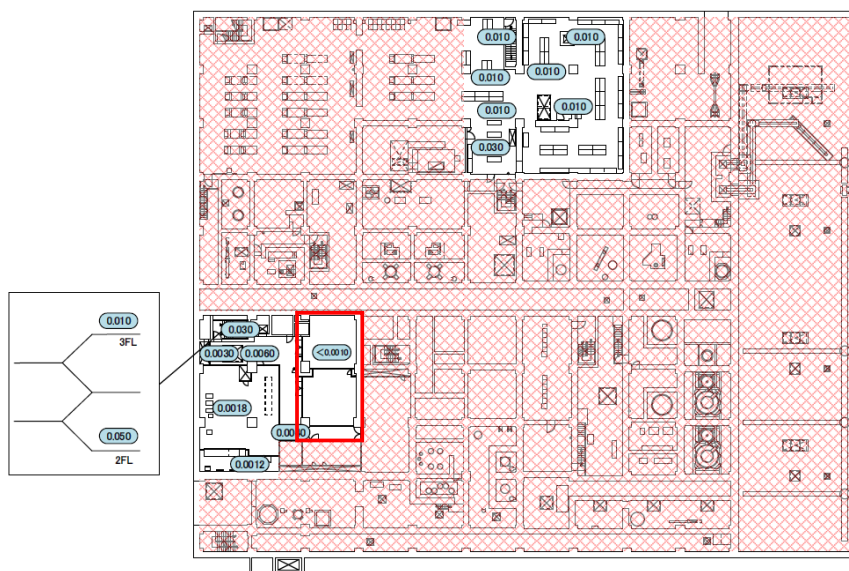


図 2.12.1-2 滞留水一時貯留タンク設備設置の設置工事の作業エリアの外部放射線に係わる線量率（プロセス主建屋 2階 2022 年 8 月）

表 2.12.1-1 滞留水一時貯留タンク設備設置の作業分類ごとの具体的な作業

分類	区分区分	具体的な作業
滞留水を直接扱う設備の設置作業	Yゾーン	<ul style="list-style-type: none"> ・機器の設置 (滞留水一時貯留タンク・滞留水供給ポンプ・スラッジ排出ポンプ・配管等)

2.13 緊急時対策への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 3. 緊急時対策

- 緊急時対策所，安全避難経路等事故時において必要な施設及び緊急時の資機材等を整備すること。
- 適切な警報系及び通信連絡設備を備え，事故時に特定原子力施設内に居るすべての人に対する確に指示ができるとともに，特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備は，多重性及び多様性を備えること。

2.13.1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 緊急時において必要な施設及び資機材等の整備について

緊急時において必要な施設及び安全避難経路等事故等において必要な施設及び緊急時の資機材等の整備を行う。

(2) 緊急時の避難指示について

緊急時の特定原子力施設内に居るすべての人に対し避難指示を実施できるようにする。

なお，滞留水一時貯留タンク設備においても，緊急放送等により施設内への周知が可能となっている。

(3) 所外必要箇所との通信連絡設備の多重性及び多様性について

特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備は，多重性及び多様性を備える。

2.13.2 対応方針

(1) 緊急時において必要な施設及び資機材等の整備について

原子力防災管理者は、緊急時において必要な施設及び緊急時の資機材等の整備について防災業務計画に従い以下の対応を実施する。

- ・ 緊急時対策所を平素から使用可能な状態に整備するとともに、換気浄化設備を定期的に点検し、地震等の自然災害が発生した場合においてもその機能が維持できる施設及び設備とする。また、外部電源喪失時においても専用の非常用発電機により緊急時対策所へ給電可能である。
- ・ 退避場所又は避難集合場所を関係者に周知する。
- ・ 瓦礫撤去用の重機及び操作要員を準備し、瓦礫が発生した場合の撤去対応が可能である。
- ・ 原子力防災資機材及びその他の原子力防災資機材について、定期的に保守点検を行い、平素から使用可能な状態に整備する。また、資機材に不具合が認められた場合、速やかに修理するか、代替品を補充あるいは代替手段により必要数量又は必要な機能を確保する。

施設内の安全避難経路については防災業務計画に明示されていないが、誘導灯により安全避難経路を示すことを基本としている。しかしながら、一部対応できていない事項があるため、それらについては以下のとおり対応する。

- ・ 震災の影響により使用できない誘導灯（1～4号機建屋内）
作業にあたっては、緊急時の避難を考慮した安全避難経路を定め、この経路で退出することとする。また、使用するエリアの誘導灯の復旧を進め、適切な状態に維持する。
- ・ 震災の影響により使用できない非常灯（1～4号機建屋内）
施設を使用するエリアの非常灯の復旧を進め、適切な状態に維持する。

(実施計画：II-1-13-1)

(2) 緊急時の避難指示について

○ 緊急時の避難指示

緊急時の避難指示については、防災業務計画では緊急放送等により施設内に周知することとなっているが、緊急放送等が聞こえないエリアが存在することを考慮し、以下の対応を実施することで、作業員等特定原子力施設内にいるすべての人に的確な指示を出す。

- ① 免震重要棟にて放射性物質の異常放出等のプラントの異常や地震・津波等の自然災害を検知。
- ② 原子力防災管理者は緊急放送装置により免震重要棟・高台等への避難を指示。
- ③ 緊急放送が聞こえないエリアで作業を実施している場合は、作業主管Gより携帯電話にて免震重要棟・高台等への避難を指示。
- ④ 緊急放送が聞こえないエリアでの作業員に対して上記③により連絡がつかない場合は、警備誘導班がスピーカー車により免震重要棟・高台等への避難を指示。

※ 建屋内等電波状況が悪く緊急放送等も入らないエリアにおいては、緊急放送が入るエリアに連絡要員を配置する、トランシーバ等による通信が可能な位置に連絡要員を配置する等通報連絡が可能となるような措置を実施する。

○ 通報、情報収集及び提供

緊急事態の発生及び応急措置の状況等の関係機関への通報連絡、事故状況の情報収集による応急復旧の実施のため、特定原子力施設内及び特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備として防災業務計画に定める以下を準備することで、多重性及び多様性を備える。

a. 特定原子力施設内の通信連絡設備

- ・ 緊急放送（1台）
- ・ ページング
- ・ 電力保安通信用電話設備（60台）
- ・ 携帯電話（40台）

※緊急放送・ページングについては、聞こえないエリア・使用できない場所があるが、場所を移動しての連絡や電力保安通信用電話設備・携帯電話の使用、その他トランシーバの使用等により対応する。

※電力保安通信用電話設備、携帯電話については防災業務計画に定める数量を示しているが、緊急時対応として必要により、防災業務計画に定める数量を超える通信連絡設備を使用する場合もある。

(実施計画：II-1-13-1~2)

滞留水一時貯留タンク設備に関する緊急時対策に関する補足説明については、別紙－1参照。

(3) 所外必要箇所との通信連絡設備の多重性及び多様性について

○ 通報，情報収集及び提供

緊急事態の発生及び応急措置の状況等の関係機関への通報連絡，事故状況の情報収集による応急復旧の実施のため，特定原子力施設内及び特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備として防災業務計画に定める以下を準備することで，多重性及び多様性を備える。

b. 特定原子力施設と所外必要箇所との通信連絡設備

- ・ ファクシミリ装置（1台）
- ・ 電力保安通信用電話設備（60台；上記「特定原子力施設内の通信連絡設備」の再掲）
- ・ TV会議システム（1台），IP電話（5台），IPFAX（3台）
- ・ 携帯電話（40台；上記「特定原子力施設内の通信連絡設備」の再掲）
- ・ 衛星携帯電話（1台）

※電力保安通信用電話設備，携帯電話については防災業務計画に定める数量を示しているが，緊急時対応として必要により，防災業務計画に定める数量を超える通信連絡設備を使用する場合もある。

※防災業務計画ではこの他に緊急時用電話回線があるが使用できないため，電気通信事業者の有線電話，携帯電話，衛星携帯電話等の通信手段により通信連絡を行う。

※上記防災業務計画で定めるもの以外として，TV会議システム（社内用）についても通信連絡用に使用する。

○ 外部電源喪失時の通信手段・作業環境確保

外部電源喪失時に緊急時対策を実施するために，防災業務計画に明示されていないが，以下の対応を実施する。

必要箇所との連絡手段確保のため，ページングについては，小型発電機または電源車から，電力保安通信用電話設備については，小型発電機から給電可能とする。また，夜間における復旧作業に緊急性を要する範囲の照明については，小型発電機から給電可能とする。

（実施計画：II-1-13-2~3）

滞留水一時貯留タンク設備に関する緊急時対策に関する補足説明

1. 緊急時の避難指示等について

滞留水一時貯留タンク設備の設置範囲において、「実施計画Ⅱ章 1.13 緊急時対策」の規定に従い、所内の作業等に対して必要な対応等を指示するために設置されているスピーカーのエリア図を図 2.13.1-1 に示す。

また、緊急放送が聞こえないエリアで作業を実施している場合は、作業主管 G より携帯電話にて免震重要棟・高台等への避難を指示する他、緊急放送が聞こえないエリアでの作業に対しては、警備誘導班がスピーカー車により免震重要棟・高台等への避難を指示する計画となっている。

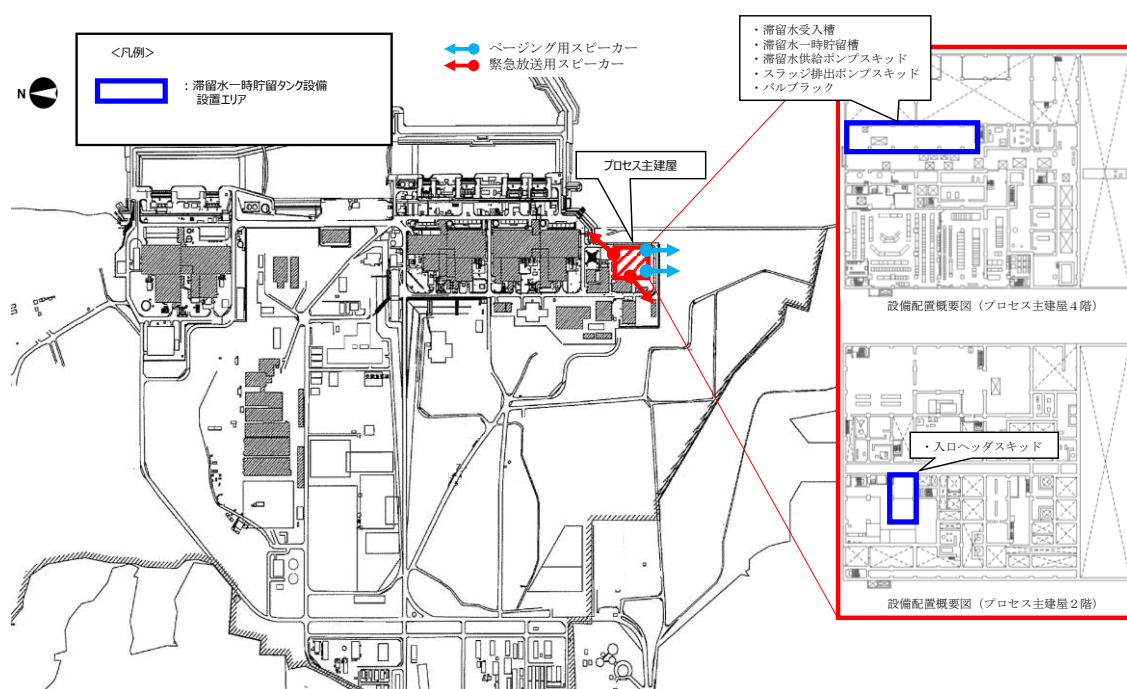


図 2.13.1-1 滞留水一時貯留タンク設備の設置範囲におけるスピーカーのエリア図

2. 所外必要箇所への通信連絡について

滞留水一時貯留タンク設備において、設計上の想定を超える自然現象等により事故故障等が発生した場合は、設備の状況を連絡するために、既認可の規定に沿って、ファクシミリ装置や電力保安通信用電話設備等を使用して、発電所外の関係箇所へ連絡を実施する。

以上

2.14 設計上の考慮

2.14.1 準拠規格及び基準への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

① 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，設計，材料の選定，製作及び検査について，それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。

2.14.1.1 措置を講ずべき事項への適合性

滞留水一時貯留タンク設備は，それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準を考慮して，設計，材料の選定，製作及び検査を実施する。

2.14.1.2 対応方針

施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものと
する。

(1) 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査につい
て、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によ
るものとする。

(実施計画：II-1-14-1)

滞留水一時貯留タンク設備を構成する構築物、系統及び機器の設計、材料の選定、製作
及び検査については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME)、日本産業規格
(JIS)、日本水道協会規格 (JWWA) 等を適用することにより信頼性を確保する。

(実施計画：II-2-5-添32-1)

滞留水一時貯留タンク設備を構成する主要な機器は、「発電用原子力設備に関する技術基
準を定める省令」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。

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、JSME 規格で規定される材料の日本産業規格の(JIS)の年度指定は、技術的妥当性の
範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。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。

具体的な規格および基準は以下のとおり。

- ・ JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材
- ・ JIS G 3106 溶接構造用圧延鋼材
- ・ JIS G 3193 熱間圧延鋼板及び鋼帯の形状、寸法、質量及びその許容差
- ・ JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 4303 ステンレス鋼棒
- ・ JIS G 5121 ステンレス鋼鋳鋼品
- ・ JIS B 1178 基礎ボルト
- ・ JIS B 2220 鋼製管フランジ
- ・ JIS B 8265 圧力容器の構造 一般事項
- ・ JIS B 8301 遠心ポンプ、斜流ポンプ及び軸流ポンプ—試験方法

- ・ JIS B 8302 ポンプ吐出し量測定方法
- ・ JIS B 8310 ポンプの騒音レベル測定方法
- ・ JIS C 4213 低圧三相かご形誘導電動機—低圧トップランナーモータ
- ・ JIS Z 3801 手溶接技術検定における試験方法及び判定基準
- ・ JIS Z 3841 半自動溶接技術検定における試験方法及び判定基準
- ・ JEC-2110 誘導機
- ・ JWWA K 144 水道配水用ポリエチレン管
- ・ JIS K6331 送水用ゴムホース（ウォーターホース）

(実施計画：II-2-5-添32 別1-3)

(2) 滞留水一時貯留タンク設備の構造強度評価

滞留水一時貯留タンク設備を構成する構築物、系統及び機器は、「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」において、廃棄物処理設備等に相当するものと位置づけられることから、その設計、材料の選定、製作及び検査において、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して、建屋滞留水を内包する容器及び鋼管については、発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME S NC1）のクラス3機器の規定を適用して評価を行う。

ポリエチレン管は ISO 規格または JWWA 規格に準拠したものを、適用範囲内で使用することで、構造強度を有すると評価する。また、耐圧ホースについては、製造者仕様範囲内の圧力及び温度で使用することで構造強度を有すると評価する。なお、滞留水一時貯留タンク設備におけるポリエチレン管、耐圧ホースの環境条件（最高使用温度・最高使用圧力）は以下のとおりであり、当該条件を満足する管を選定する。

滞留水一時貯留タンク設備の系統・機器の概要については、別紙－1，滞留水一時貯留タンク設備の構造強度評価については、別紙－2，滞留水一時貯留タンク設備の耐震重要度と機器クラスについては、別紙－3 参照。

また、ポリエチレン管、耐圧ホース等の設計・建設規格に記載のない非金属材料の信頼性確保については、参考資料参照。

滞留水一時貯留タンク設備の系統・機器の概要

滞留水一時貯留タンク設備における系統概略を「1.系統概略」に示す。また主要機器の機器概略を「2. 主要機器概略」に示す。

1. 系統概略

2.14.1.1-2

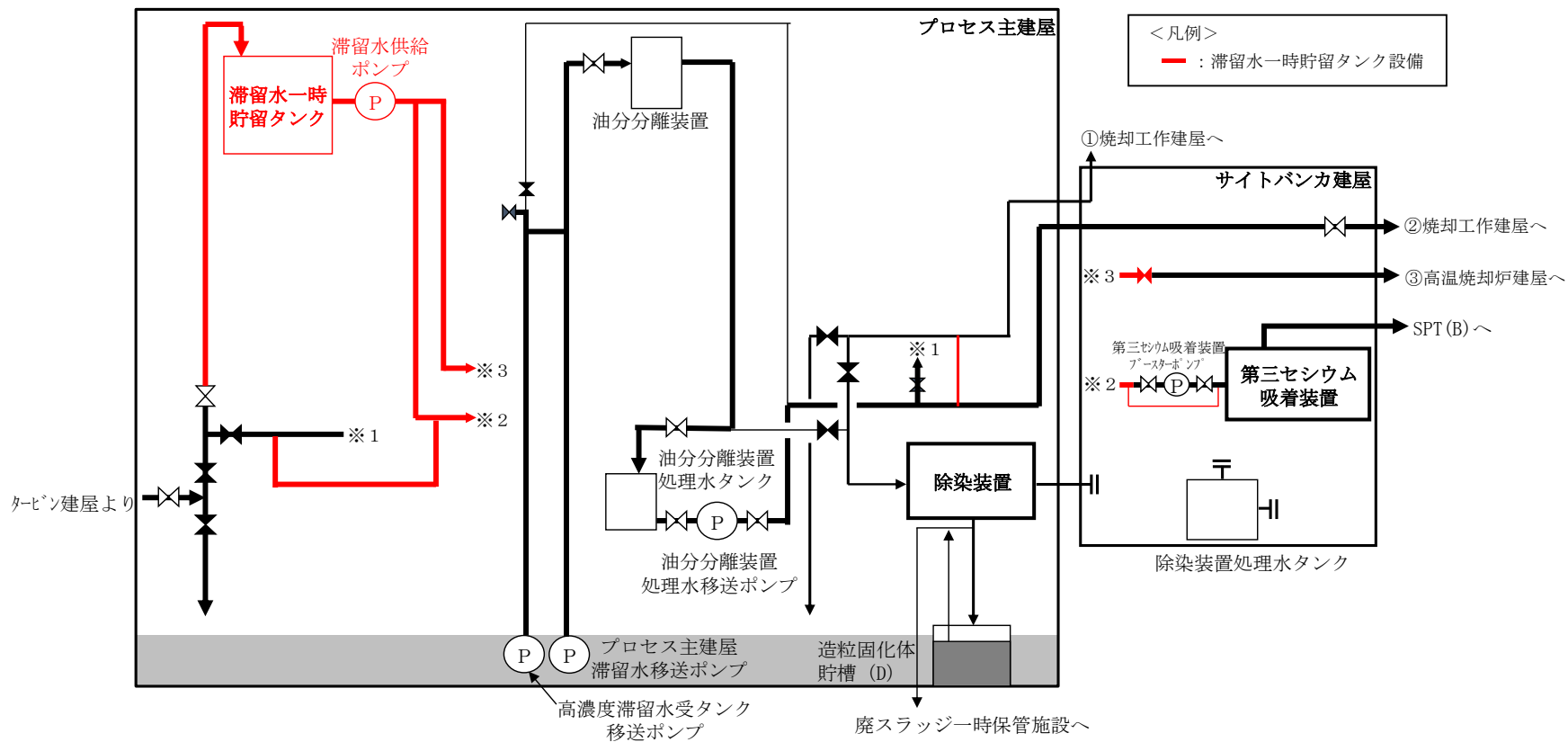


図 2.14.1-1 滞留水一時貯留タンク設備の全体概要図 (1 / 3)

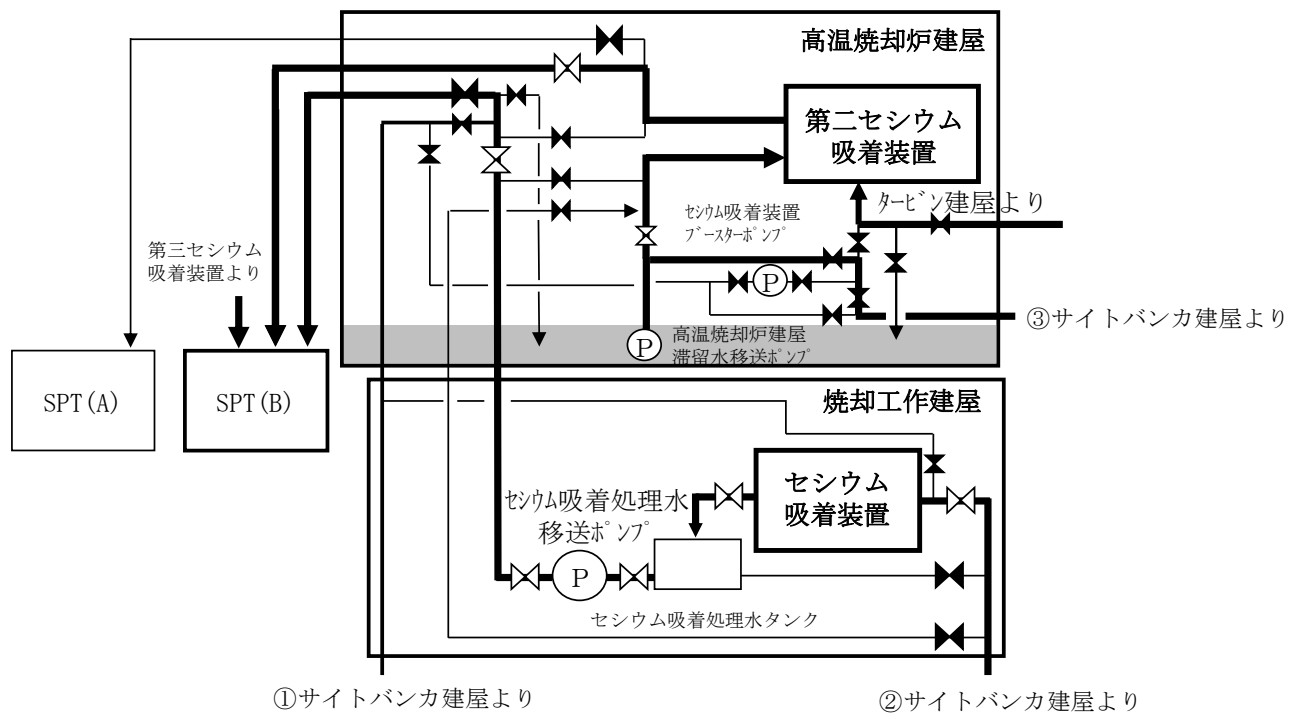


図 2.14.1-1 滞留水一時貯留タンク設備の全体概要図 (2 / 3)

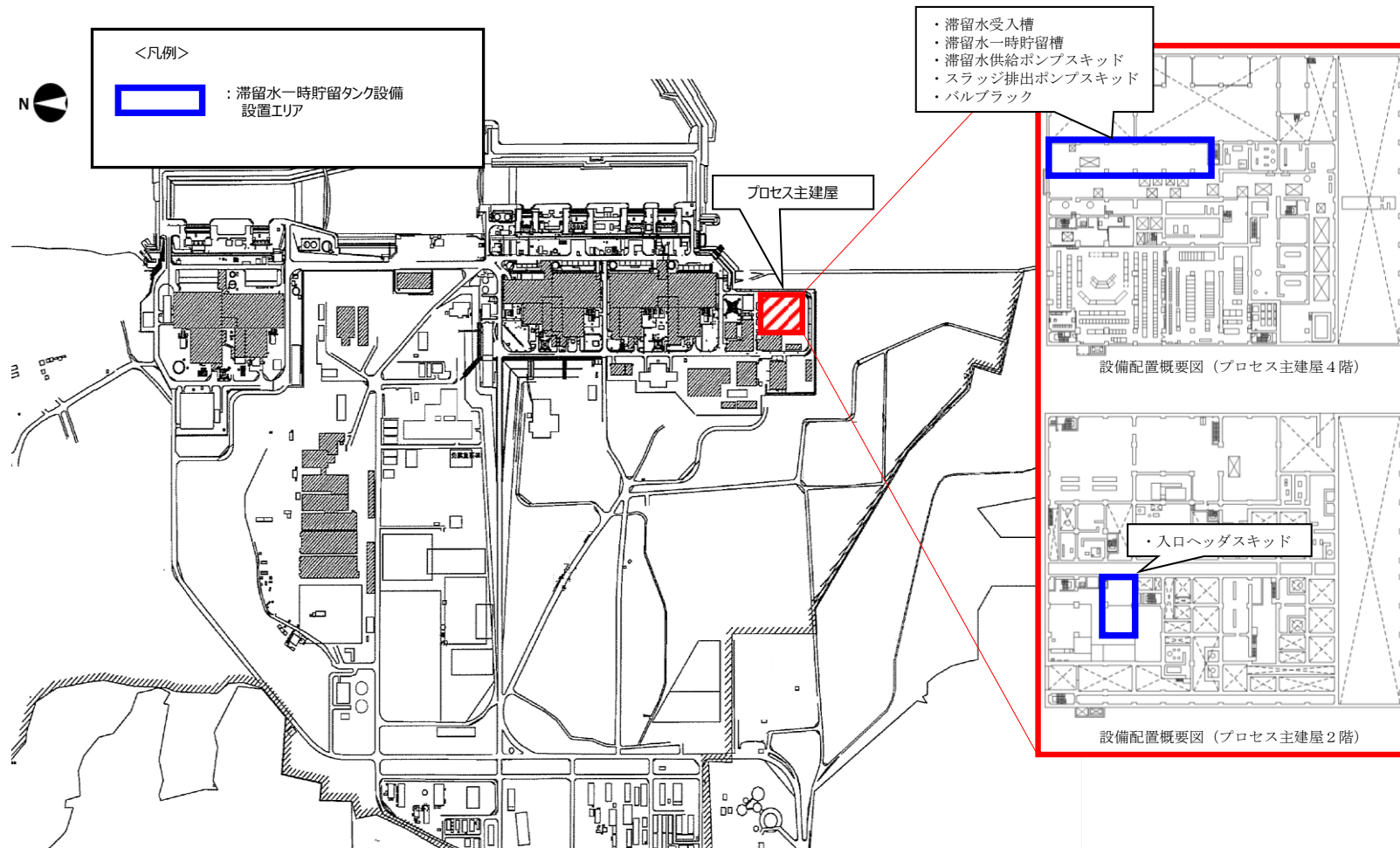


図 2.14.1-1 滞留水一時貯留タンク設備の全体概要図 (3 / 3)

2. 主要機器概略

2.1 滞留水一時貯留タンク設備の主要仕様

(1) 滞留水一時貯留タンク

a. 滞留水受入槽

名称		滞留水受入槽	
種類		たて置円筒形	
容量	m ³ /基	15	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴内径	mm	2800
	胴板厚さ	mm	12
	円錐鏡板厚さ	mm	12
	高さ	mm	4293
材料	胴板	-	SM400B (内面ゴムライニング)
	円錐鏡板	-	SM400B (内面ゴムライニング)
基数		基	2

b. 滞留水一時貯留槽

名称		滞留水一時貯留槽	
種類		たて置円筒形	
容量	m ³ /基	24	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴内径	mm	3100
	胴板厚さ	mm	12
	鏡板厚さ	mm	12
	高さ	mm	4406
材料	胴板	-	SM400B (内面ゴムライニング)
	鏡板	-	SM400B (内面ゴムライニング)
基数		基	2

(2) ポンプ

a. 滞留水供給ポンプ（完成品）

台数	2台
容量	30 m ³ /h

b. スラッジ排出ポンプ（完成品）

台数	2台
容量	15 m ³ /h

(3) 主配管

主要配管仕様 (1 / 4)

名称	仕様	
プロセス主建屋切替弁スキッド出口 から入口ヘッドスキッド入口まで (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 1.0MPa 40℃
入口ヘッドスキッド入口から 入口ヘッドスキッド出口まで (鋼管) (ポリエチレン管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.40, 150A/ Sch.40 STPG370 1.0MPa 40℃
	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.40 STPG370 1.37MPa 40℃
	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 1.0MPa 40℃
入口ヘッドスキッド出口から 滞留水受入槽まで (鋼管) (ポリエチレン管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.40 STPG370 1.0MPa 40℃
	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 1.0MPa 40℃
滞留水受入槽から 滞留水一時貯留槽まで (耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 静水頭 40℃

主要配管仕様（2 / 4）

名称	仕様	
滞留水一時貯留槽から 滞留水供給ポンプ入口まで （鋼管） （ポリエチレン管）	呼び径／厚さ	100A/Sch.40
	材質	STPG370
	最高使用圧力 最高使用温度	静水頭 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径／厚さ	100A/Sch.40 , 125A/Sch.40 , 150A/ Sch.40
	材質	STPG370
	最高使用圧力 最高使用温度	1.37MPa 40℃
滞留水供給ポンプスキッド出口から 滞留水供給ポンプスキッド出口まで （鋼管）	呼び径／厚さ	80A/Sch.40, 100A/Sch.40, 150A/ Sch.40
	材質	STPG370
	最高使用圧力 最高使用温度	1.37MPa 40℃
滞留水供給ポンプスキッド出口から 入口ヘッドスキッド入口まで （ポリエチレン管）	呼び径	100A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力 最高使用温度	1.37MPa 40℃
滞留水供給ポンプスキッド出口から 滞留水一時貯留槽まで （鋼管） （ポリエチレン管）	呼び径／厚さ	80A/Sch.40
	材質	STPG370
	最高使用圧力 最高使用温度	1.37MPa 40℃
（ポリエチレン管）	呼び径	25A 相当, 50A 相当, 80A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力 最高使用温度	1.37MPa 40℃

主要配管仕様（3 / 4）

名称	仕様	
入口ヘッドスキッド出口から 第三セシウム吸着装置入口まで (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 1.37MPa 40℃
プロセス主建屋切替弁スキッド近傍 配管分岐からプロセス主建屋1階北 側分岐部まで (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 1.37MPa, 1.0MPa 40℃
第三セシウム吸着装置入口分岐部か ら第三セシウム吸着装置ブースター ポンプ出口分岐部まで (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 1.37MPa 40℃
入口ヘッドスキッド出口からサイト バンカ建屋1階西側分岐部まで (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 1.37MPa 40℃
プロセス主建屋1階西側移送配管分 岐部からプロセス主建屋切替弁スキ ッド移送配管部まで (鋼管) (ポリエチレン管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch.80 STPG370 1.37MPa 66℃
	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 1.0MPa 40℃
第二セシウム吸着装置入口分岐部か ら第二セシウム吸着装置ブースター ポンプ出口分岐部まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 1.37MPa 40℃

主要配管仕様（4 / 4）

名称	仕様	
滞留水受入槽から スラッジ排出ポンプ入口まで （鋼管） （ポリエチレン管）	呼び径／厚さ	50A/Sch.40
	材質	STPG370
	最高使用圧力	静水頭, 1.0MPa
	最高使用温度	40℃
	呼び径	50A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	静水頭, 1.0MPa
	最高使用温度	40℃
スラッジ排出ポンプ出口から プロセス主建屋地下まで （鋼管）	呼び径／厚さ	40A/Sch.40, 50A/Sch.40
	材質	STPG370
	最高使用圧力	1.0MPa
	最高使用温度	40℃
（ポリエチレン管）	呼び径	50A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	1.0MPa
	最高使用温度	40℃
（耐圧ホース）	呼び径	50A 相当
	材質	ポリ塩化ビニル
	最高使用圧力	大気圧
	最高使用温度	40℃

滞留水一時貯留タンク設備の構造強度評価について

1. 構造強度評価の基本方針

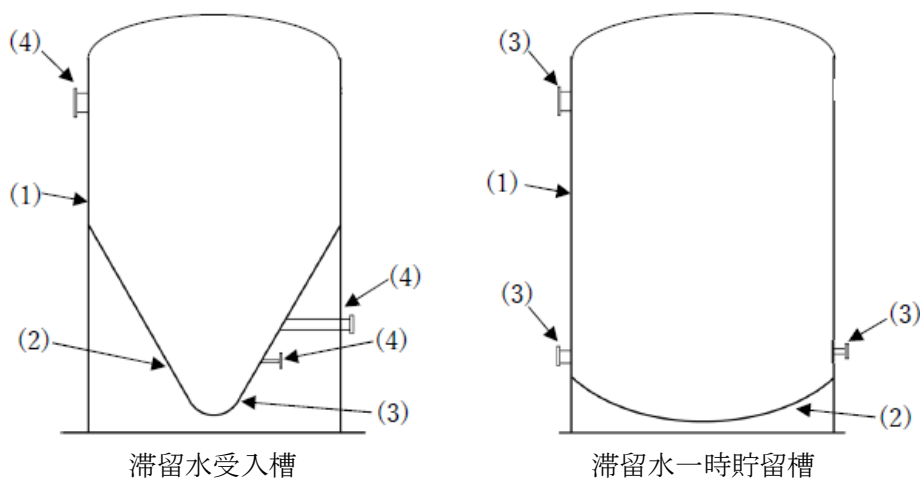
滞留水一時貯留タンク設備を構成する主要な機器及び主配管（鋼管）は，強度評価においては，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下，「JSME 規格」という。）のクラス3機器またはクラス3配管に準じた評価を行う。

2. 強度評価

2.1 滞留水受入槽，滞留水一時貯留槽

2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－1に示す。



“() ”は2.1.3の番号に対応する

図－1 滞留水受入槽概要図

2.1.2 評価方法

2.1.2.1 胴，底板の厚さの評価

(1) 円筒胴の厚さの評価

円筒胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうち，いずれか大きい値とする。

a. 計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_1 ：必要厚さ (mm)

D_i ：胴の内径 (m)

H ：水頭 (m)

ρ ：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)

η ：継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

炭素鋼鋼板又は低合金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。

(2) 円すい胴の厚さの評価

円すい胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうち，いずれか大きい値とする。

a. 計算上必要な厚さ： t_1, t_2

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.6 \cdot P)}$$

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i \cdot W}{4 \cdot \cos \theta \cdot (S \cdot \eta - 0.1 \cdot P)}$$

ただし，
$$W = \frac{1}{4} \cdot \left(3 + \sqrt{\frac{D_i}{2 \cdot r_o \cdot \cos \theta}} \right)$$

t ：必要厚さ (mm)

P ：最高使用圧力 (MPa)

D_i ：円すいの部分がすその丸みの部分に接続する部分の軸に垂直な断面の内径 (mm)

θ ：円すいの頂角の2分の1 (°)

S ：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

r_o ：胴の大径端側のすその丸みの部分の内半径

b. 規格上必要な最小厚さ： t_3

炭素鋼鋼板又は低合金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。

(3) 下部鏡板の厚さの評価

下部鏡板(全半球鏡板)に必要な厚さは，次に掲げる値とする。

$$t = \frac{P \cdot R}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

t ：必要厚さ (mm)

P ：最高使用圧力 (MPa)

R ：鏡板の内半径 (mm)

S ：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

(4) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうち、いずれか大きい値とする。

a. 計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_1 ：必要厚さ (mm)

D_i ：管台の内径 (m)

H：水頭 (m)

ρ ：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)

η ：継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じて、JSME 規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

2.1.2.2 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。

b. 大きい穴の補強を要しない穴の最大径

下においては、大きい穴の補強計算は必要ない。

- ・内径 1500mm 以下の胴において、穴の径が胴の内径の 2 分の 1 以下の場合
- ・内径 1500mm 以上の胴において、穴の径が胴の内径の 3 分の 1 以下の場合

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

滞留水受入槽に対して実施した強度評価の結果を表-1, 2に示す。また、滞留水一時貯留槽に対して実施した強度評価の結果を表-3, 4に示す。いずれの項目においても、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。

表－1 滞留水受入槽の評価結果（板厚）

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
滞留水 受入槽	(1) 胴板(円筒)の厚さ	3.0	8.5
	(2) 胴板(円すい)の厚さ	3.0	8.5
	(3) 下部鏡板の厚さ	0.1	8.5
	(4) 管台の厚さ (50A)	2.4	2.7
	(4) 管台の厚さ (100A)	3.5	4.8
	(4) 管台の厚さ (200A)	3.5	7.0

表－2 滞留水受入槽の評価結果（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 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
滞留水 受入槽	(4) 管台(100A)	92.9	1205.2
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		933.3	115.4
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
		-79,108	－※
		(4) 管台(200A)	補強に必要な面積 (mm ²)
	175.2		2233.3
	大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)		穴の径 (mm)
	933.3		218.0
	溶接部の負うべき負 荷 (N)		予想の破断箇所の強 さ (N)
	-149,660		－※

※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－3 滞留水一時貯留槽の評価結果（板厚）

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
滞留水 一時貯留槽	(1) 胴板(円筒)の厚さ	3.0	8.5
	(2) 下部鏡板の厚さ	0.8	8.5
	(3) 管台の厚さ (50A)	2.4	2.7
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.5	4.8
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.5	7.0

表－4 滞留水一時貯留槽の評価結果（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 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
滞留水 一時貯留槽	(3) 管台(100A)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		92.9	1205.2
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1033.3	115.4
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
		-79,108	－※
	(3) 管台(200A)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		175.2	2233.3
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1033.3	218.0
		溶接部の負うべき負 荷 (N)	予想の破断箇所の強 さ (N)
		-149,660	－※

※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 主配管

強度評価箇所を図-2に示す。

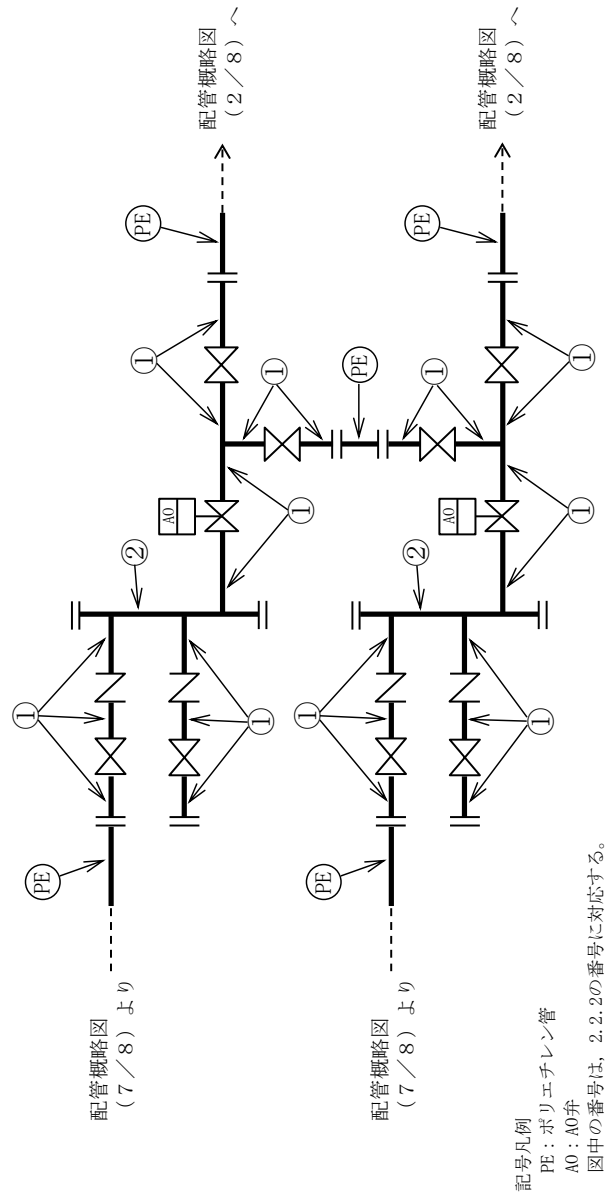
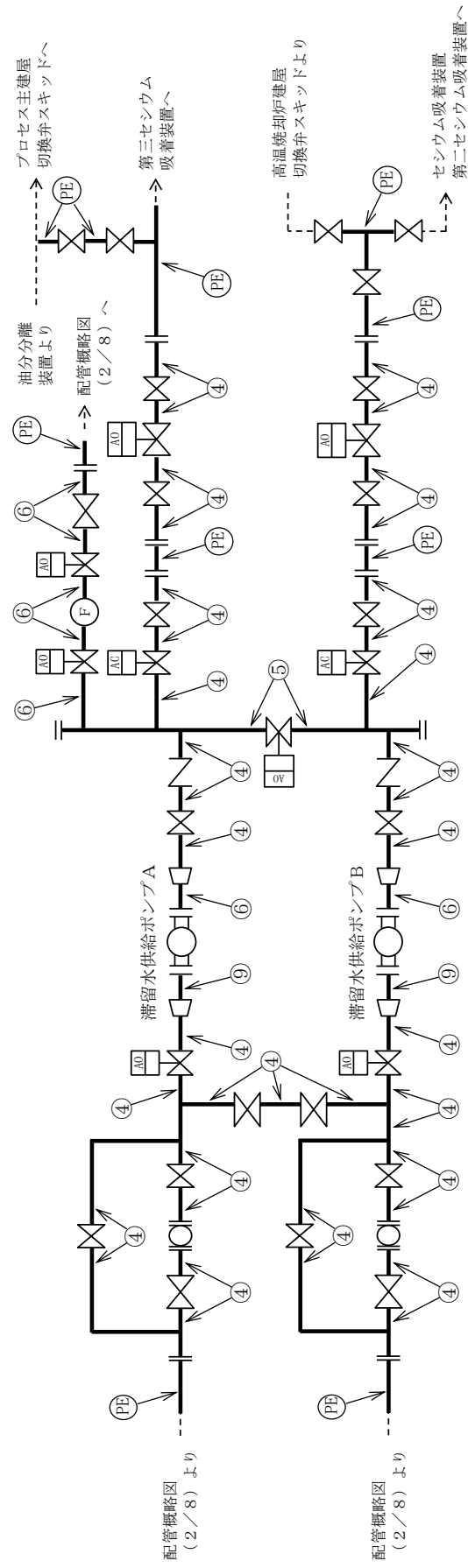
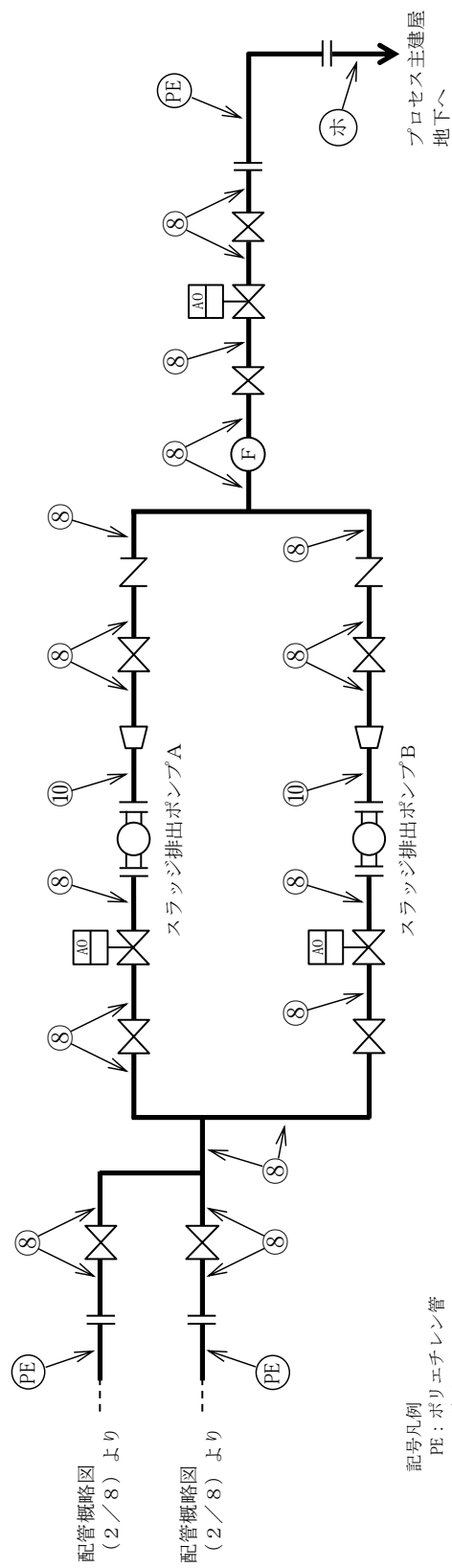


図-2 配管概略図 (1/8)



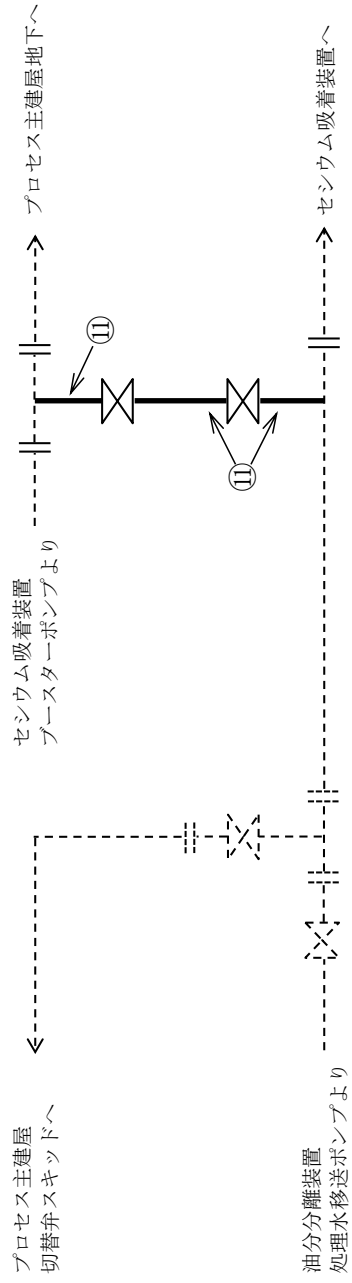
記号凡例
 PE：ボリエチレン管
 A0：A0弁
 F：流量計
 図中の番号は、2.2.2の番号に対応する。

図一 2 配管概略図 (3 / 8)



記号凡例
 PE：ポリエチレン管
 水：耐圧ホース
 AO：AO弁
 F：流量計
 図中の番号は、2.2.2の番号に対応する。

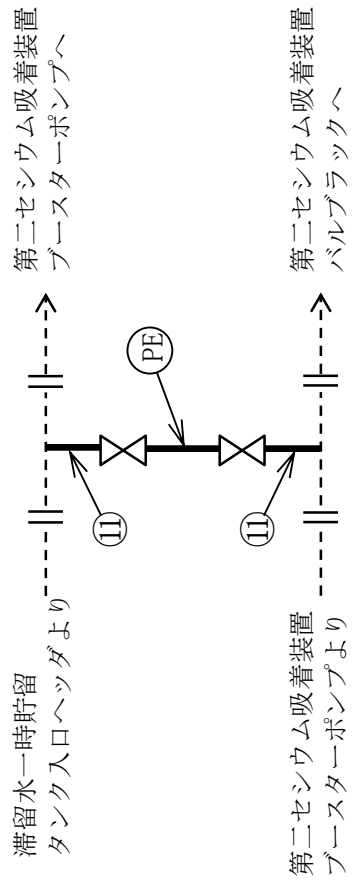
図一 2 配管概略図 (4 / 8)



記号凡例

図中の番号は、2.2.2の番号に対応する。

図一 2 配管概略図 (5 / 8)

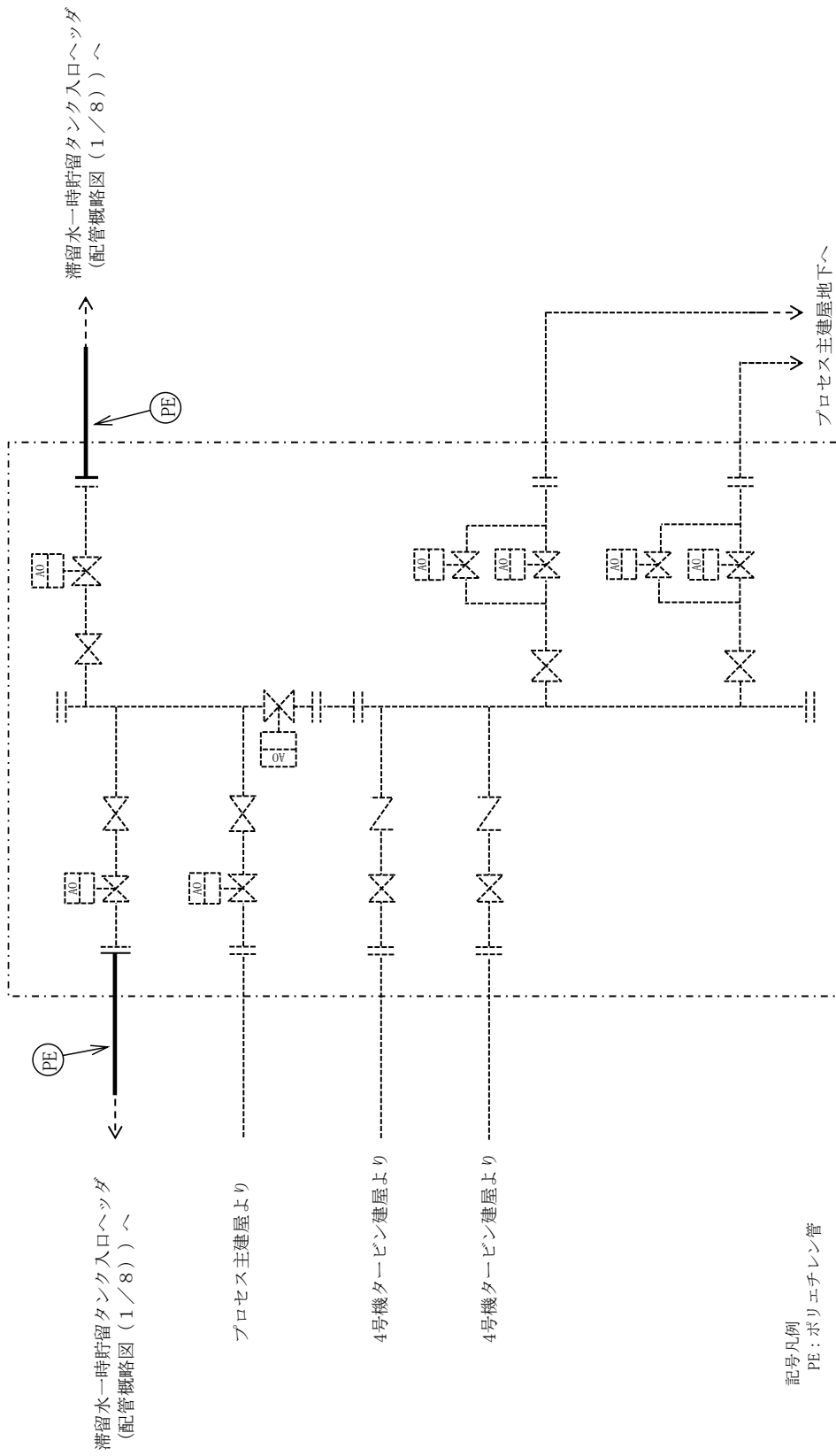


記号凡例

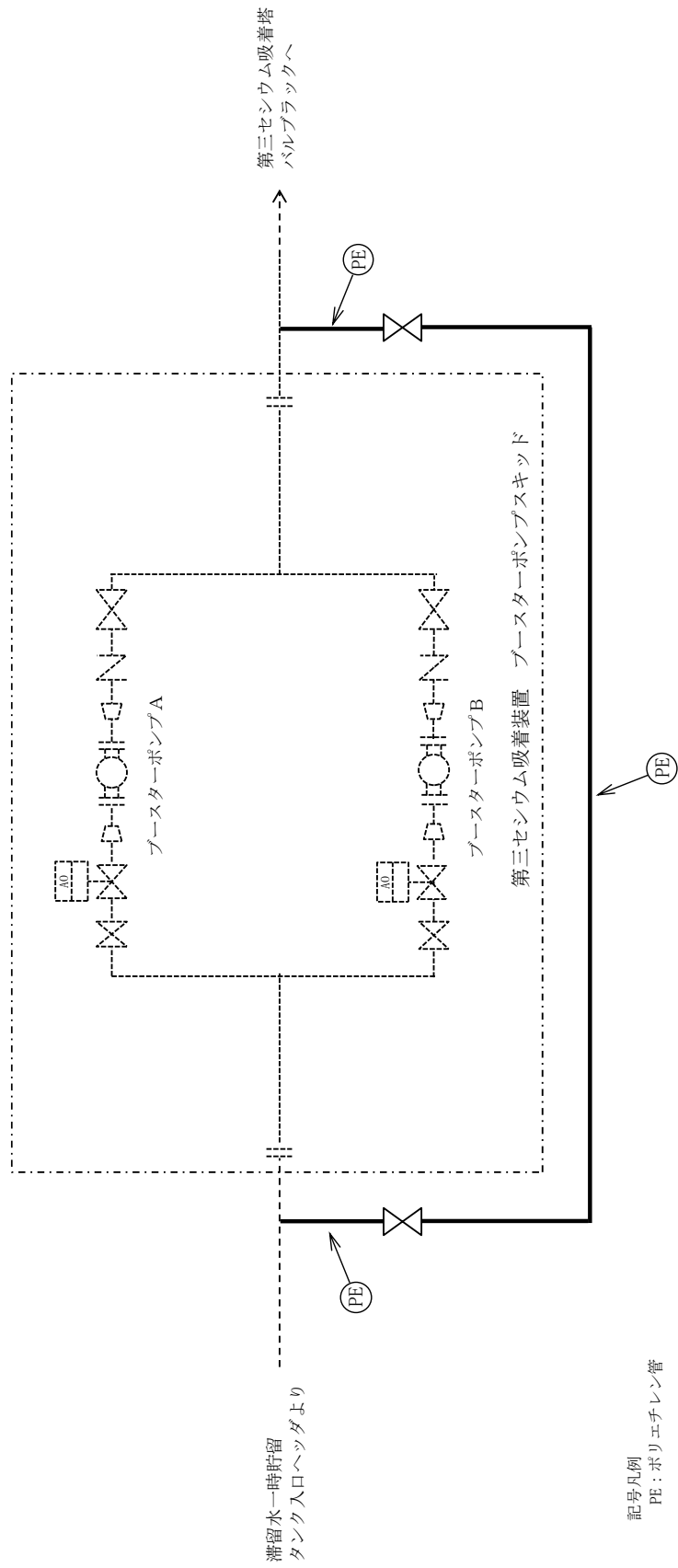
PE：ポリエチレン管

図中の番号は、2.2.2の番号に対応する。

図一 2 配管概略図 (6 / 8)



図一 2 配管概略図 (7 / 8)



図一 2 配管概略図 (8 / 8)

2.2.1 評価方法

管に必要な厚さは、次に掲げる値のうち、いずれか大きい方の値とする。

a. 計算上必要な厚さ： t_1

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

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： t_2

管台の外径に応じて、JSME 規格 表 PPD-3411-1 より求めた管の厚さとする。

2.2.2 評価結果

評価結果を表-5に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-5 主配管の評価結果

評価機器	口径	Sch	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
配管①	100A	40	STPG370	1.0	40	3.4	5.25
配管②	150A	40	STPG370	1.0	40	3.8	6.21
配管③	100A	40	STPG370	静水頭	40	3.4	5.25
配管④	100A	40	STPG370	1.37	40	3.4	5.25
配管⑤	150A	40	STPG370	1.37	40	3.8	6.21
配管⑥	80A	40	STPG370	1.37	40	3.0	4.81
配管⑦	50A	40	STPG370	静水頭	40	2.4	3.40
配管⑧	50A	40	STPG370	1.0	40	2.4	3.40
配管⑨	125A	40	STPG370	1.37	40	3.8	5.77
配管⑩	40A	40	STPG370	1.0	40	2.2	3.20
配管⑪	100A	80	STPG370	1.37	66	3.4	7.52

以上

滞留水一時貯留タンク設備の耐震重要度と機器クラスについて

滞留水一時貯留タンク設備の耐震重要度と機器クラスは表 2.14.1.3-1 の通り。耐震重要度については、令和 4 年度第 5 1 回原子力規制委員会にて、「東京電力ホ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耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」が示されたことを受け、耐震クラスを分類した（「2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への適合性」参照）。また、機器クラスについては、「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」に準じて設定した。

表 2.14.1.3-1 滞留水一時貯留タンク設備の耐震重要度と機器クラス

設備	機器	耐震重要度分類	機器クラス
滞留水一時貯留タンク設備	滞留水受入槽	B+	クラス 3
	滞留水一時貯留槽	B+	クラス 3
	滞留水供給ポンプ	B+	※1
	スラッジ排出ポンプ	B+	※1
	滞留水移送配管（鋼管）	B+	クラス 3
	滞留水移送配管（ポリエチレン管）	B+	※2
	滞留水移送配管（耐圧ホース）	B+	※2
その他	空気作動弁・手動弁	B	※3

※1：「発電用原子炉施設の工事計画に係る手続きガイド」に準じて、クラス 3 機器に接続するポンプについては「設計・建設規格」又は JIS を基にした強度に関する計算等を実施する。

※2：クラス 3 に準じた構造強度評価および検査を実施する。

※3：製造メーカー指定の方法で耐圧試験を実施する。

以上

「設計・建設規格」に記載のない非金属材料の信頼性確保について

滞留水一時貯留タンク設備では、ポリエチレン管や耐圧ホースを使用している。これらについては、福島第一原子力発電所で使用実績があり、また規格の適用範囲もしくは、製造者使用範囲内の圧力温度で使用することで、構造強度を有すると評価しているが、それぞれの非金属配管の適用範囲は、表 2.14.1.3-3 の通り。

表 2.14.1.3-3 非金属配管の環境条件と適用範囲

管の種類	環境条件		適用範囲	
	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	使用可能圧力 (MPa)	使用可能温度 (°C)
ポリエチレン管	1.37	40	～1.5	～40
耐圧ホース	静水頭	40	～1.0	～60

以上

2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮 への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

②自然現象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，その安全機能の重要度及び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を考慮して，耐震設計上の区分がなされるとともに，適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。
- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計であること。重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器は，予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件，又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。

2.14.2.1 措置を講ずべき事項への適合方針

(1) 地震に対する設計上の考慮

滞留水一時貯留タンク設備を構成する機器は，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。

(2) 地震以外に想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）に対する設計上の考慮

滞留水一時貯留タンク設備は，地震以外の想定される自然現象（津波，豪雨，台風，竜巻等）によって施設の安全性が損なわれない設計とする。

2.14.2.2 対応方針

2.14.2.2.1 自然現象に対する設計上の考慮

施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとする。

○自然現象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、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。また、確保できない場合は必要に応じて多様性を考慮した設計とする。
- ・安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって施設の安全性が損なわれないものとする。その際、必要に応じて多様性も考慮する。重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件、又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮したものとする。

(実施計画：II-1-14-1)

2.14.2.2.2 自然現象に対する滞留水一時貯留タンク設備の設計上の考慮

2.14.2.2.2.1 地震に対する滞留水一時貯留タンク設備の設計上の考慮

滞留水一時貯留タンク設備を構成する構築物，系統及び機器は，2021年9月8日および2022年11月16日の原子力規制委員会で示された「東京電力ホ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耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」に基づいて，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。

なお，主要な機器の耐震性を評価するにあたっては，原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601）等に準拠することを基本とするが，評価手法，評価基準について実態に合わせたものを採用する。

ポリエチレン管，耐圧ホース等は，材料の可撓性により耐震性を確保する。

(実施計画：II-2-5-添32-1~2)

(1) 耐震性の基本方針

滞留水一時貯留タンク設備は，耐震 B+クラスの設備に要求される地震動に対して必要な強度を確保する。耐震性の評価においては原則，構築物（間接支持構造物含む）は 1.5Ci，機器は 1.8Ci の水平方向設計震度の静的地震力，および 1/2Ss450，1/2Sd225（共振時のみ）を動的地震力として適用する。また，主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては，原子力発電所耐震設計技術規程（JEAG4601）等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが，評価手法，評価基準について実態に合わせたものを採用する。なお，滞留水一時貯留タンク設備に使用する耐圧ホース，ポリエチレン管等については，材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.14.2.2.3 地震以外に想定される自然現象に対する設計上の考慮

滞留水一時貯留タンク設備に対する地震以外に想定される自然現象に対する設計上の考慮は以下の通り。(実施計画：II-2-5-添32 別1-4~5)

a. 津波

滞留水一時貯留タンク設備は、アウターライズ津波による浸水を防止するため、仮設防潮堤内に設置する。また、アウターライズ津波を上回る津波の襲来に備え、大津波警報が出た際は、システムを停止し、隔離弁を閉めることにより滞留水の流出を防止する。

b. 豪雨

滞留水一時貯留タンク設備は、豪雨による影響を受けにくい建屋内に設置する。

c. 積雪

滞留水一時貯留タンク設備は、積雪による影響を受けにくい建屋内に設置する。

d. 落雷

滞留水一時貯留タンク設備は、構内接地網へ接続する等により、落雷に伴う雷サージ侵入による設備の損傷を防止する設計とする。

e. 台風（強風，高潮）

滞留水一時貯留タンク設備は、台風による影響を受けにくい建屋内に設置する。

f. 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合には、滞留水一時貯留タンク設備の停止・隔離弁の閉止操作を行い、汚染水の拡大防止を図る。

g. 凍結

滞留水一時貯留タンク設備は、建屋内に設置することから、凍結の恐れは小さいと考える。水の移送を停止した場合、屋外敷設のポリエチレン管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に保温材を取り付け、凍結防止を図る。

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し、凍結しない十分な厚さを確保する。

h. 紫外線

滞留水一時貯留タンク設備のうち、屋外敷設箇所のポリエチレン管は、紫外線による劣化を防ぐため、紫外線劣化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（鋼板等）を取り付ける。

i. 高温

滞留水一時貯留タンク設備は、熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については、処理対象水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

j. 生物学的事象

滞留水一時貯留タンク設備は、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とすることで対策を行う。

k. その他

滞留水一時貯留タンク設備は、上記の自然現象の他、火山、森林火災等により設備損傷のおそれがある場合は、運転する者が手動により免震重要棟集中監視室から設備を停止できる設計とする。

滞留水一時貯留タンク設備の耐震クラス分類に関する補足説明については、別紙—1、滞留水一時貯留タンク設備の耐震性に関する説明書については、別紙—2参照。

滞留水一時貯留タンク設備の耐震クラス分類に関する補足説明

1 耐震性の基本方針

滞留水一時貯留タンク設備のうち、液体放射性物質を内包し、地上階に設置する設備については、2021年9月8日および2022年11月16日の原子力規制委員会で示された「東京電力ホ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耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」を踏まえ、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした滞留水の一部がダストとして大気中に拡散した場合の外部及び内部被ばく線量を合わせた場合、その実効線量は5mSv以下と評価される。また、長期的に使用する設備に該当することから、耐震B+クラスと位置付けられる。

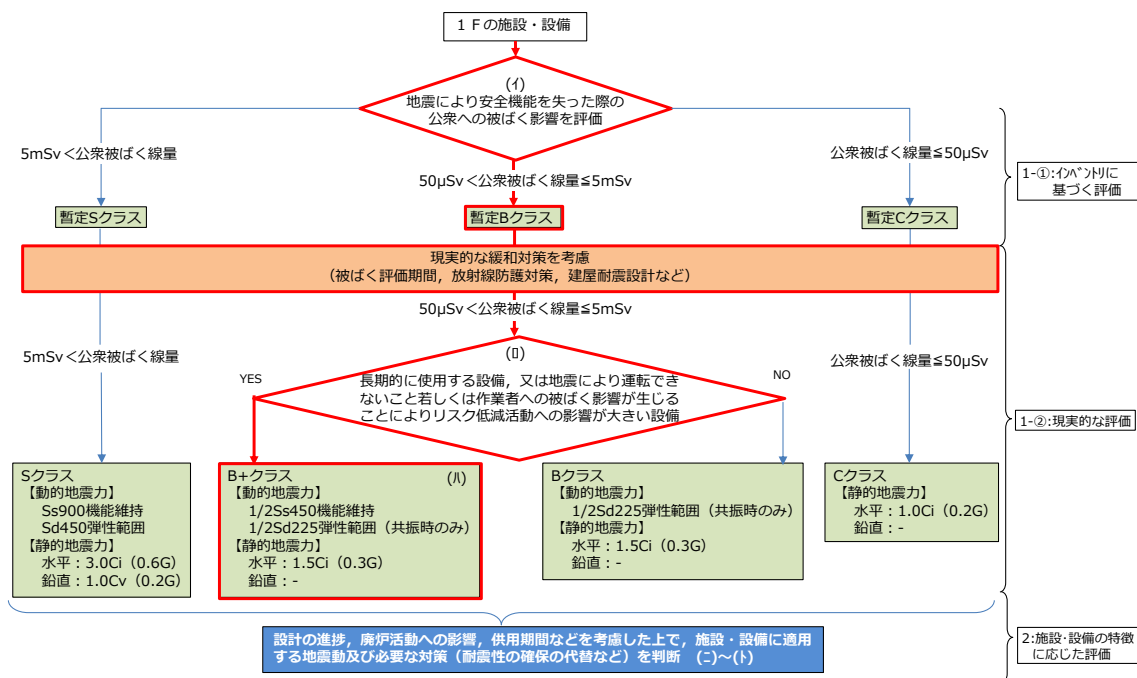


図 2.14.2.1-1 耐震クラス分類と施設・設備の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ

【(イ)：地震により安全機能を失った際の公衆被ばく影響】

核燃料施設等の耐震クラス分類を参考にして、地震による安全機能喪失時の公衆被ばく線量により、S、B、Cを分類する。液体放射性物質を内包する施設・設備にあつては、液体の海洋への流出のおそれのない設計を前提とした線量評価によるものとする。

【(ロ)：通常のBクラスよりも高い耐震性が求められるB+クラスの対象設備の要件】

「運転できないこと若しくは作業員への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」の具体例は以下のとおり。

- ・ 建屋滞留水・多核種除去設備などの水処理設備、使用済燃料をプールからより安定性の高い乾式キャスクへ移動させるために必要な燃料取出設備等。
- ・ 閉じ込め・遮へい機能喪失時の復旧作業における従事者被ばく線量が1日当たりの計画線量限度を超える設備等。

【(ハ)：B+クラスの1/2Ss450機能維持】

1/2Ss450に対して、運転の継続に必要な機能の維持や閉じ込め・遮へい機能の維持を求める。

令和4年3月16日の福島県沖地震の地震動が1/2Ss450を上回った周期帯に固有振動数を有する施設・設備は、当該地震動による施設・設備の機能への影響を評価する。

【(ニ)：耐震性の確保】

地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせる。

【(ホ)：耐震性の確保に対する代替策】

耐震性の確保の代替策として、耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させるための対策を講ずるとしてもよい。具体例は以下のとおり。

例：中低濃度タンクや吸着塔一時保管施設等の耐震性の不足に起因するリスクを早期に低減させる対策として、耐震性の高い建屋やタンクへの移替え及び移管、スラリー安定化処理設備や海洋放出設備による処理等を早期に行うことを想定。

【(ヘ)：上位クラスへの波及的影響】

上位クラスへの波及的影響がある場合、原則上位クラスに応じた地震動を念頭に置くが、耐震クラス分類の考え方と同様に、下位クラスによる波及的影響を起因とする敷地周辺の公衆被ばく線量も勘案し、適切な地震動を設定する。

【(ト)： 液体放射性物質を内包する設備】

多核種除去設備等で処理する前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備については、Ss900 に対して、海洋に流出するおそれのない設計とすることを求める（滞留水が存在する建屋、ALPS 処理前の水や濃縮廃液を貯留するタンクの堰等）。これ以外の液体を内包する設備については、上位クラスの地震動に対する閉じ込め機能の確保又は漏えい時の影響緩和対策を求める※。

※：設備自体を耐震CクラスからBクラスに格上げ、周囲の堰等に上位クラスの地震動に対して閉じ込め機能を維持する、漏えい時に仮設ホースによる排水等の機動的対応を講ずる等により、海洋への流出を緩和する措置を想定。

2 安全機能喪失の影響評価

2.1 機能喪失による公衆への放射線影響の程度について

滞留水一時貯留タンク設備について、機能喪失による公衆への放射線影響を確認するため、線量評価を実施した。評価条件については、設備から全量漏えいした場合を想定した条件にて設定する。評価条件における放射性物質量を表 2.14.2.1-1 に示す。

表 2.14.2.1-1 評価条件における放射性物質量

核種	濃度 (Bq/L)	容積 (m ³)	放射性物質量 (Bq)
Cs-137(Ba-137m)	1.3E+08	100 ^{※1}	1.3E+13
Cs-134	6.6E+06		6.6E+11
Sr-90(Y-90)	3.0E+07		3.0E+12

※1 プロセス主建屋4階設置の主要機器の内包水量 84m³ に対して保守的に設定。

2.1.1 直接線・スカイシャイン線による被ばく評価

地震により安全機能（遮へい機能・閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響が、1週間（7日間）継続したことを想定する。最寄りの線量評価点（BP7）における直接線・スカイシャイン線による被ばく量は 0.016 mSv 程度である。

(1) 条件

設定した核種毎の放射能濃度に基づき、線源強度を ORIGEN2 の計算コードを用いて算出し、その結果を踏まえて、3次元モンテカルロ計算コード MCNP5-1.60 を用いた解析により、敷地境界線上の直接線・スカイシャイン線の評価結果を算出。なお、機能喪失した場合の評価として、遮へいがなくなった状態での評価を実施する。

- ・ 建屋躯体による遮へい効果は考慮しない。
- ・ 法面（33.5m盤）による遮へい効果は考慮しないが、設置地面は考慮する。

- ・ 線源の高さはプロセス主建屋4階床面高さとし、評価点(BP7)との高低差を考慮する。
- ・ 保守的にインベントリは全て暴露。
- ・ 評価期間については、安全機能の喪失を想定する期間として、7日間とする。

(2) 評価結果

最寄りの線量評価点 (No. 7) における直接線・スカイシャイン線による被ばく量は 0.016mSv 程度であることを確認した。

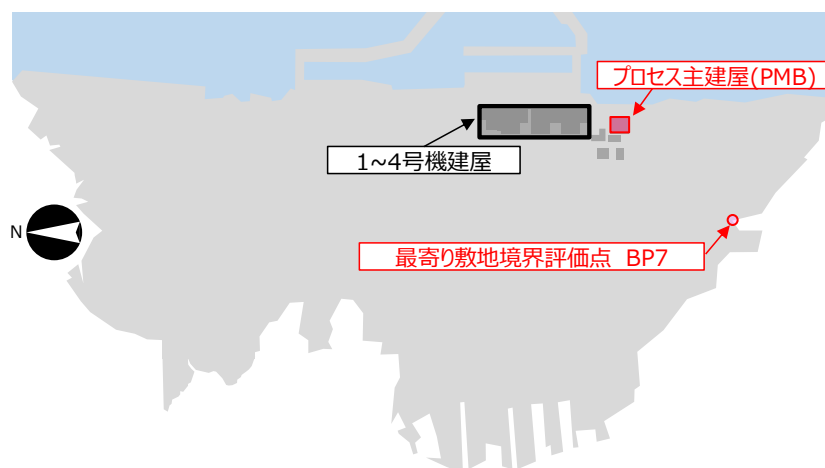


図 2.14.2.1-3 公衆被ばく線量評価における最寄りの線量評価点 (No. 7)

2.1.2 大気中への拡散による被ばく評価

地震により安全機能（遮へい機能・閉じ込め機能）を失った際に、漏えいした放射性物質がダストとして放出したことを想定する。実効放出継続時間を2時間と仮定した場合の、最寄り線量評価点 (BP7) におけるクラウドシャイン線、グラウンドシャイン線による外部被ばくおよびクラウドの吸入による内部被ばく量は 0.11 mSv 程度である。

(1) 条件

CADデータを用いて放出点を設定し、放出点から16方位（陸側）に対して最至近点を評価点として設定し、各方位の距離を算出。算出した放出点から評価点までの距離、放出率、実効放出継続時間、線量係数、気象データ等の条件を用いてWDOSE2_TEPSYSの計算コードを用いて相対濃度および相対線量を計算した。

算出した相対濃度、相対線量を用いて放出量から「クラウドシャインによる外部被ばく」、「グラウンドシャインによる外部被ばく」、「クラウドの吸入による内部被ばく」の3経路における大気拡散の評価結果となる積算線量を算出する。

- 建屋躯体による遮へい効果は考慮しない。
- 保守的にインベントリは全て暴露。

- 建屋及び閉じ込め機能は考慮せず、すべて喪失するものとし、DFは1とする。
 - 評価期間については、安全機能の喪失を想定する期間として、7日間とする。
 - 1979年4月1日～1980年3月31日（1979年度）の気象データを使用する。（参考に2020年4月1日～2021年3月31日（2020年度）の気象データを使用して、評価を実施※）
- ※評価の結果、2020年度の気象データを用いて算出した被ばく影響のほうが高いことから、保守的に2020年度の評価結果を採用している。
- 大気拡散の評価に用いている放射性物質の放出量は、DOE、NRCにおいても標準的な評価手法（DSA、ISA）として採用されている「五因子法」により評価した。

➤ 五因子法

$$\text{放射性物質放出量} = \text{MAR} \times \text{DR} \times \text{ARF} \times \text{RF} \times \text{LPF}$$

MAR：事象によって影響を受ける可能性のある放射性物質の総量（インベントリ）（Material At Risk）

DR：事象の影響を受ける割合（Damage Ratio）

ARF：事象の影響を受けたもののうち雰囲気に放出され浮遊する割合（Airborne Release Fraction）

RF：肺に吸入され得る微粒子の割合（Respirable Fraction）

LPF：環境中へ漏えいする割合（Leak Path Factor）

表 2.14.2.1-2 滞留水一時貯留タンク設備の放射能濃度と放射性物質質量

	項目	単位	数値	注記	
MAR	設備全体が保有する放射性物質質量	Cs-137	Bq	1.3E+13	1.3E+08[Bq/L] × 1.0E+5[L]
		Ba-137m	Bq	1.3E+13	1.3E+08[Bq/L] × 1.0E+5[L]
		Cs-134	Bq	6.6E+11	6.6E+06[Bq/L] × 1.0E+5[L]
		Sr-90	Bq	3.0E+12	3.0E+07[Bq/L] × 1.0E+5[L]
		Y-90	Bq	3.0E+12	3.0E+07[Bq/L] × 1.0E+5[L]
DR		—	1	地震ではインベントリ全体が影響を受けるものとして1を設定	
ARF	総放出割合	—	1.17E-04	落下時の飛散率+静置時の飛散率×放出期間	
	落下時の飛散率	—	5.0E-05	出典※1より スラリーとして評価。	
	静置時の飛散率	1/h	4.0E-07	出典※1より 屋内における均質な堆積物として評価	
	放出期間	h	168	放出期間(7day)×24(h)	
RF		—	1	微粒子の大きさによる変数であるため1と設定	
LPF		—	1	保守的に1と仮定	
放射性物質放出量	Cs-137	Bq	1.52E+09	設備全体が保有する核種毎の放射性物質質量×総放出割合	
	Ba-137m	Bq	1.52E+09		
	Cs-134	Bq	7.74E+07		
	Sr-90	Bq	3.52E+08		
	Y-90	Bq	3.52E+08		

※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

○安全機能喪失時の方位毎の評価条件と相対濃度・相対線量は以下の通りであり、南方向が最大となる。

表 2. 14. 2. 1-3 安全機能喪失時の方位毎の評価条件と相対濃度・相対線量(1979 年度気象データ)

放出点	PMB中心										備考
	一般公衆(敷地境界)										
評価点	S	SSW	SW	WEW	W	WNW	NW	NNW	N		
評価対象方位(風下方位)	S	SSW	SW	WEW	W	WNW	NW	NNW	N		
評価対象風向(風上方位)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S		
放出点から評価点までの距離(km)	0.78	0.67	0.61	0.73	0.88	1.18	1.34	1.34	2.23		
建屋影響有無	無	←	←	←	←	←	←	←	←		
放出点高さ(m)	0	←	←	←	←	←	←	←	←		
評価点高さ(m)	0	←	←	←	←	←	←	←	←		
実効放出継続時間	2時間										
1979年度 気象データ	相対濃度 (s/m ³)	4.70E-05	3.60E-05	1.40E-05	8.20E-06	5.40E-06	5.40E-07	4.00E-06	2.10E-05	2.00E-05	
	相対線量 (Gy/Bq)	3.60E-19	3.10E-19	1.70E-19	1.30E-19	9.80E-20	1.70E-20	7.70E-20	2.20E-19	2.70E-19	

表 2. 14. 2. 1-4 安全機能喪失時の方位毎の評価条件と相対濃度・相対線量(2020 年度気象データ)

放出点	PMB中心										備考
	一般公衆(敷地境界)										
評価点	S	SSW	SW	WEW	W	WNW	NW	NNW	N		
評価対象方位(風下方位)	S	SSW	SW	WEW	W	WNW	NW	NNW	N		
評価対象風向(風上方位)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S		
放出点から評価点までの距離(km)	0.78	0.67	0.61	0.73	0.88	1.18	1.34	1.34	2.23		
建屋影響有無	無	←	←	←	←	←	←	←	←		
放出点高さ(m)	0	←	←	←	←	←	←	←	←		
評価点高さ(m)	0	←	←	←	←	←	←	←	←		
実効放出継続時間	2時間										
2020年度 気象データ	相対濃度 (s/m ³)	2.50E-04	8.60E-05	3.20E-05	1.80E-05	1.50E-06	3.70E-06	5.20E-06	1.60E-05	1.90E-05	
	相対線量 (Gy/Bq)	1.20E-18	5.80E-19	3.20E-19	2.40E-19	4.10E-20	7.60E-20	1.10E-19	1.90E-19	2.50E-19	

(2) 評価結果

大気中への拡散による被ばく量は、1979 年度気象データ用いた場合では 0.021mSv、2020 年度気象データ用いた場合では 0.11mSv となった。

表 2. 14. 2. 1-5 安全機能喪失時の核種毎、被ばく経路ごとの実効線量評価結果(1979 年度気象データ)

核種	放出量 (Bq)	1979年度の気象データを用いた積算線量(μSv)				合計
		クラウドシャインによる外部被ばく		クラウドの吸入による内部被ばく	グランドシャインによる外部被ばく	
		γ線	β線			
Sr-90	3.516E+08	1.7E-07	2.6E-06	8.9E-01	1.1E-02	9.0E-01
Y-90(Sr-90)	3.516E+08	2.6E-06	1.2E-05	8.3E-03	6.9E-01	7.0E-01
Cs-134	7.735E+07	1.1E-04	4.7E-07	2.5E-02	2.1E+00	2.1E+00
Cs-137	1.524E+09	6.3E-07	1.1E-05	9.4E-01	8.2E-02	1.1E+00
Ba-137m(Cs-137)	1.524E+09	8.0E-04	3.7E-06	0.0E+00	1.6E+01	1.6E+01
合計		9.1E-04	2.9E-05	1.9E+00	1.9E+01	2.1E+01

表 2.14.2.1-6 安全機能喪失時の核種毎、被ばく経路ごとの実効線量評価結果(2020 年度気象データ)

核種	放出量 (Bq)	2020年度の気象データを用いた積算線量(μSv)				合計
		クラウドシャインによる外部被ばく		クラウドの吸入による内部被ばく	グランドシャインによる外部被ばく	
		γ線	β線			
Sr-90	3.516E+08	5.6E-07	1.4E-05	4.7E+00	5.5E-02	4.8E+00
Y-90(Sr-90)	3.516E+08	8.6E-06	6.4E-05	4.4E-02	3.7E+00	3.8E+00
Cs-134	7.735E+07	3.5E-04	2.5E-06	1.3E-01	1.1E+01	1.1E+01
Cs-137	1.524E+09	2.1E-06	5.6E-05	5.0E+00	4.4E-01	5.4E+00
Ba-137m(Cs-137)	1.524E+09	2.7E-03	2.0E-05	0.0E+00	8.4E+01	8.4E+01
合計		3.1E-07	1.6E-04	9.9E+00	9.9E+01	1.1E+02

2.1.3 評価結果

遮蔽機能および閉じ込め機能の喪失による影響評価結果は下記の通り。施設・設備の特徴に応じた評価により、耐震クラスは『B+クラス』と設定する。

- 放射性物質質量に基づく評価（地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響）
地震により安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響が、1週間（7日間）継続した際の公衆被ばく評価を実施。
 - ・ 直接・スカイシャイン線量：0.016mSv
 - ・ 大気拡散による被ばく線量：0.11mSv
 - ・ 公衆被ばく線量(上記合計)：0.126mSv
 - $50 \mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$
耐震クラス分類は、『B+クラス』

- 当該設備の供用期間とリスク低減活動への影響
当該設備は長期的に使用することを見込んでいる。
なお、当該設備が地震により運転できないことによるリスク低減活動への影響は小さく、作業員への被ばく影響も小さいことから、廃炉作業に大きな影響はない。

- 当該設備は多核種除去設備等で処理前の液体等、放出による外部への影響が大きい液体を内包する設備であるが、建屋滞留水を貯留している建屋に設置することから、海洋へ漏出するおそれはない。

以上

滞留水一時貯留タンク設備の耐震性に関する説明書

滞留水一時貯留タンク設備を構成する設備について、耐震性の基本方針に基づき、構造強度の評価を行う。

1. 耐震性の基本方針

滞留水一時貯留タンク設備のうち、液体放射性物質を内包し、地上階に設置する設備については、2021年9月8日および2022年11月16日の原子力規制委員会で示された「東京電力ホ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耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」を踏まえ、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした滞留水の一部がダストとして大気中に拡散した場合の外部及び内部被ばく線量を合わせた場合、その実効線量は5mSv以下と評価される。また、長期的に使用する設備に該当することから、耐震B+クラスと位置付けられる。

滞留水一時貯留タンク設備は、耐震B+クラスに要求される地震動に対して必要な強度を確保する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601）等」に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態に合わせたものを採用する。なお、滞留水一時貯留タンク設備に使用する耐圧ホース、ポリエチレン管等については、材料の可撓性により耐震性を確保する。

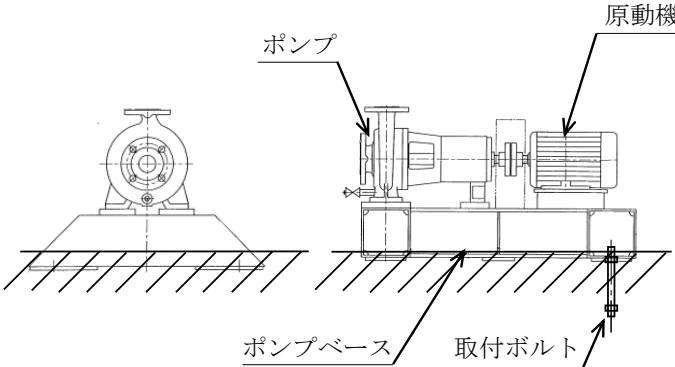
また、滞留水一時貯留タンク設備は、原子炉設置許可申請書及び工事計画認可申請書において、発災前に耐震Bクラスとして許可及び認可を受けたプロセス主建屋に設置する。

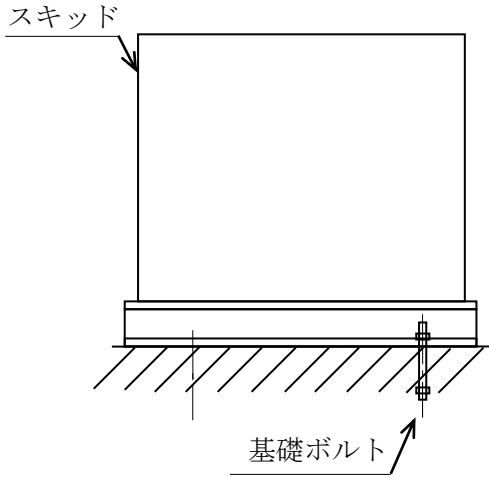
1.1 設備重要度による耐震クラス分類

<div style="text-align: right;">耐震クラス別</div> <div style="text-align: left;">系統設備</div>	B+
滞留水一時貯留タンク設備 (1) 容器 (2) ポンプ (3) 配管 (4) スキッド	滞留水受入槽 滞留水一時貯留槽 滞留水供給ポンプ スラッジ排出ポンプ 主配管 滞留水供給ポンプスキッド スラッジ排出ポンプスキッド バルブラック 入口ヘッドスキッド

1.2 構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造物	主体構造		
(1) スカート支持たて置円筒形容器	胴をスカートで支持し，スカートを取付ボルトでスキッドに据え付ける。	上面及び下面に鏡板を有するたて置円筒形		<ul style="list-style-type: none"> ・ 滞留水受入槽 ・ 滞留水一時貯留槽

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造物	主体構造		
(2) 横軸ポンプ	ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは取付ボルトによりスキッドに据え付ける。	うず巻形		<ul style="list-style-type: none">・ 滞留水供給ポンプ・ スラッジ排出ポンプ

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造物	主体構造		
(3)スキッド	スキッド架構を基礎ボルトで基礎に据え付ける。	垂直自立形		<ul style="list-style-type: none">・ 滞留水供給ポンプスキッド・ スラッジ排出ポンプスキッド・ バルブラック・ 入口ヘッダスキッド

1.3 設計用地震力

項目	耐震 クラス	静的地震力		動的地震力	
		水 平	鉛 直	水 平	鉛 直
機 器 ・ 配 管 系	B+	$1.8 \cdot C_i^*$	—	1/2Ss450 1/2Sd225	1/2Ss450 1/2Sd225

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

1.4 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界は、以下の通りとする。

記号の説明

- D : 死荷重
- P_d : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- M_d : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
- S_{B+} : 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
- $B_A S$: B+クラスの設備の地震時許容応力状態
- S_y : 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
- S_u : 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5～7に規定される値
- f_t : 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
- f_s : 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。
- f_b : 許容曲げ応力 同上
- τ_b : ボルトに生じるせん断応力

(1) 容器

耐震 クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)	許 容 限 界		適用範囲
			一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力	
B+	$D + P_d + M_d + S_{B+}$	C (BAS)	S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。 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ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	S_y 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ついては S_y と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 滞留水受入槽 ・ 滞留水一時貯留槽

(2) 支持構造物 (注1, 注2)

耐震 クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力 状態)	許 容 限 界 (ボ ル ト 等 以 外)					許 容 限 界 (ボ ル ト 等)			適用範囲
			一 次 応 力					一 次 応 力			
			引 張	せん断	圧 縮	曲 げ	組 合 せ	引 張	せん断	組 合 せ	
B+	$D + P_d + M_d + S_{B+}$	C (BAS)	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t, (2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b)\}$	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎ボルト ・ 取付ボルト ・ スカート

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. 耐震性評価の方法・結果

2.1 容器

本評価は、「2.16.2 増設多核種除去設備 添付資料-3 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」（耐震設計上の重要度分類B+クラス）に基づいて評価を実施した。評価の結果、胴板、スカート及び取付ボルト、取付部の強度が確保されることを確認した（表-1, 2）。

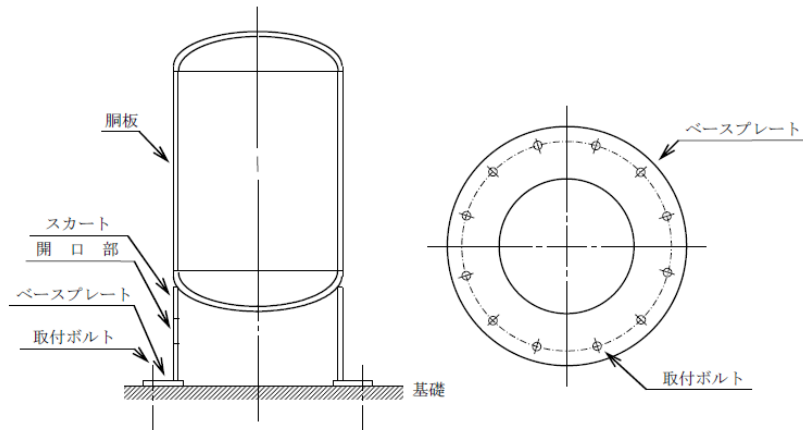


図-1 容器評価箇所

表-1 滞留水受入槽の耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	0.68	0.48	一次一般膜	$\sigma_0 = 9$	$S_a = 240$
				膜+曲げ	$\sigma_0 = 9$	$S_a = 240$
スカート	SM400B	0.68	0.48	組合せ	$\sigma_s = 17$	$F_t = 245$
				圧縮と曲げの組合せ (座屈評価)	$(\eta \cdot \sigma_{s1}/f_c + \eta \cdot \sigma_{s2}/f_b) \leq 1$ 0.08	
取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_b = 38$	$F_{ts} = 183$
				せん断	$\tau_b = 26$	$F_{sb} = 141$

表-2 滞留水一時貯留槽の耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
胴板	SM400B	0.68	0.48	一次一般膜	$\sigma_0 = 11$	$S_a = 240$
				膜+曲げ	$\sigma_0 = 11$	$S_a = 240$
スカート	SM400B	0.68	0.48	組合せ	$\sigma_s = 14$	$F_t = 245$
				圧縮と曲げの組合せ (座屈評価)	$(\eta \cdot \sigma_{s1}/f_c + \eta \cdot \sigma_{s2}/f_b) \leq 1$	
					0.06	
取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_b = 20$	$F_{ts} = 183$
				せん断	$\tau_b = 36$	$F_{sb} = 141$

2.2 ポンプ

ポンプの評価は、「2.16.2 増設多核種除去設備 添付資料-3 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」(耐震設計上の重要度分類B+クラス)に基づいて評価を実施した。評価の結果、ポンプ取付ボルトの強度が確保されることを確認した(表-3, 4, 5)。

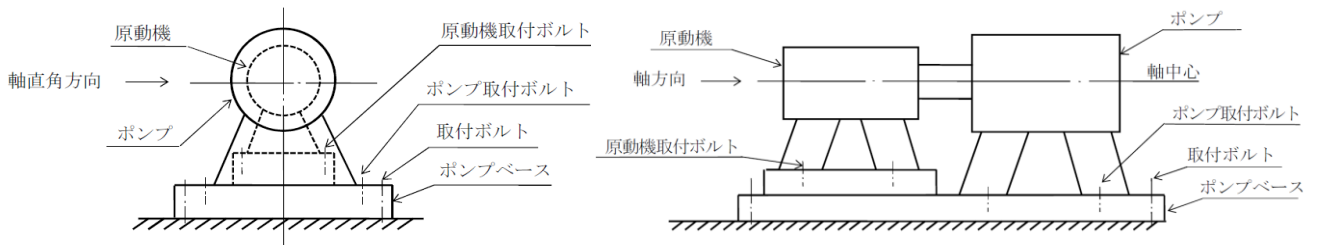


図-2 ポンプ評価箇所

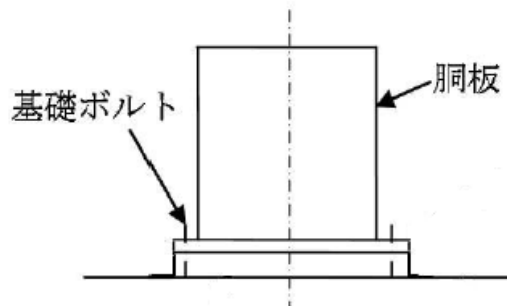


図-3 スキッド評価箇所

表-3 滞留水供給ポンプの耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
ポンプ 基礎ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = 7$	$f_{ts1} = 176$
				せん断	$\tau_{b1} = 7$	$f_{sb1} = 135$
ポンプ 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b2} = -$	$f_{ts2} = 176$
				せん断	$\tau_{b2} = 3$	$f_{sb2} = 135$
原動機 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b4} = 7$	$f_{ts4} = 176$
				せん断	$\tau_{b4} = 5$	$f_{sb4} = 135$

表-4 スラッジ排出ポンプの耐震性評価結果

部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
ポンプ 基礎ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = 5$	$f_{ts1} = 176$
				せん断	$\tau_{b1} = 4$	$f_{sb1} = 135$
ポンプ 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b2} = -$	$f_{ts2} = 176$
				せん断	$\tau_{b2} = 2$	$f_{sb2} = 135$
原動機 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b4} = 2$	$f_{ts4} = 176$
				せん断	$\tau_{b4} = 1$	$f_{sb4} = 135$

表-5 スキッド類の耐震性評価結果

機器名称	部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力	許容応力
滞留水供給 ポンプスキッド	スキッド 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = -$	$f_{ts1} = 176$
					せん断	$\tau_{b1} = 20$	$f_{sb1} = 135$
スラッジ排出 ポンプスキッド	スキッド 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = -$	$f_{ts1} = 176$
					せん断	$\tau_{b1} = 11$	$f_{sb1} = 135$
バルブラック	スキッド 取付ボルト	SS400	0.68	0.48	引張	$\sigma_{b1} = -$	$f_{ts1} = 176$
					せん断	$\tau_{b1} = 33$	$f_{sb1} = 135$
入口ヘッダ スキッド	スキッド 取付ボルト	SS400	0.65	0.46	引張	$\sigma_{b1} = -$	$f_{ts1} = 176$
					せん断	$\tau_{b1} = 16$	$f_{sb1} = 135$

2.3 主配管（鋼管）

共振による加速度増大の防止を目的とし、対象の配管を多質点モデルとして固有値解析を実施し、固有振動数が 20Hz 以上となるようなサポート構造を導出したうえで、各対象に一律の震度を与えて地震応力等を求める解析による評価を実施した。評価の結果、算出応力が許容応力以下であることを確認した。

表－6 配管系における各種条件

配管分類	主配管（鋼管）										
配管クラス	クラス 3 相当										
耐震クラス	B+クラス										
最高使用圧力 [MPa]	1.37			1.0				静水頭		1.37	
最高使用温度 [°C]	40										66
配管材質	STPG370										
配管口径 [A]	80	100	125	150	40	50	100	150	50	100	100
Sch	40										80

表－7 応力評価結果（主配管（鋼管））

配管分類	主配管（鋼管）				
配管種類	滞留水供給 ポンプスキッド 内配管	スラッジ排出 ポンプスキッド 内配管	入口ヘッド スキッド 内配管	バルブ ラック 内配管	処理装置 移送ライン バイパス配管
算出応力 [MPa]	38	50	32	19	27
供用状態における 一次許容応力 [MPa]	215	215	215	215	189

3. 耐震クラス分類に関する考え方

滞留水一時貯留タンク設備のうち、液体放射性物質を内包する設備については、その安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、直接線・スカイシャイン線による外部被ばく線量と、漏えいした滞留水の一部がダストとして大気中に拡散した場合の外部及び内部被ばく線量を合わせた場合、その実効線量は5mSv以下と評価されること、および長期的に使用する設備に該当することから、耐震B+クラスと位置付けられる。

3.1 機能喪失による公衆への放射線影響の程度について

滞留水一時貯留タンク設備について、機能喪失による公衆への放射線影響を確認するため、線量評価を実施した。評価条件については、設備から全量漏えいした場合を想定した条件にて設定する。評価条件における放射性物質量を表-8に示す。

表-8 評価条件における放射性物質量

核種	濃度 (Bq/L)	容積 (m ³)	放射性物質量 (Bq)
Cs-137(Ba-137m)	1.3E+08	100 ^{※1}	1.3E+13
Cs-134	6.6E+06		6.6E+11
Sr-90(Y-90)	3.0E+07		3.0E+12

※1 プロセス主建屋4階設置の主要機器の内包水量84m³に対して保守的に設定。

3.1.1 漏えいした放射性物質の直接線・スカイシャイン線による被ばく評価

地震により安全機能（遮へい機能・閉じ込め機能）を失った際の公衆被ばく影響が、1週間（7日間）継続したことを想定する。最寄りの線量評価点（BP7）における直接線・スカイシャイン線による被ばく量は0.016 mSv程度である。

3.1.2 漏えいした放射性物質の大気中への拡散による被ばく評価

地震により安全機能（遮へい機能・閉じ込め機能）を失った際に、漏えいした放射性物質がダストとして放出したことを想定する。実効放出継続時間を2時間と仮定した場合の、最寄り線量評価点（BP7）におけるクラウドシャイン線、グランドシャイン線による外部被ばくおよびクラウドの吸入による内部被ばく量は0.11 mSv程度である。

3.2 B+クラスの設計震度について

a. 静的地震力の評価

機器に対する静的地震力の評価は、水平震度 0.3 に 1.2 を乗じて水平震度は 0.36 とし評価を行う。この評価は、後述する b. に包絡されることから、a. の評価を省略する。

b. 1/2Ss450 機能維持

滞留水一時貯留タンク設備では 1/2Ss450 に対する、設備を設置するプロセス主建屋の各フロアでの水平（2方向）、鉛直、水平2方向の各時刻の応答加速度を重ね合わせの最大応答加速度は以下の通りである。

表-9 プロセス主建屋における設備設置箇所の最大応答加速度

プロセス主建屋	最大応答加速度[cm/s ²]			
	水平 NS 方向	水平 EW 方向	水平 2 方向 重ね合わせ	鉛直方向
4 階	460	545	552	387
2 階	415	516	523	370
1 階	368	460	461	352

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、備を設置するプロセス主建屋の各フロアに応じて以下の通りに評価を行う。

表-10 プロセス主建屋における設備設置箇所の設計震度

プロセス主建屋	水平震度	鉛直震度
4 階	0.68	0.48
2 階	0.65	0.46
1 階	0.57	0.44

c. 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、b. に記載する値に 1/2 を乗じて求め、評価を行う。

4. 耐震性についての計算の計算書作成の基本方針

4.1 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

4.1.1 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。

4.1.1.1 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 J E A G 4 6 0 1 -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。

4.1.1.2 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つて補強をしていない場合は、欠損の影響を考慮する。

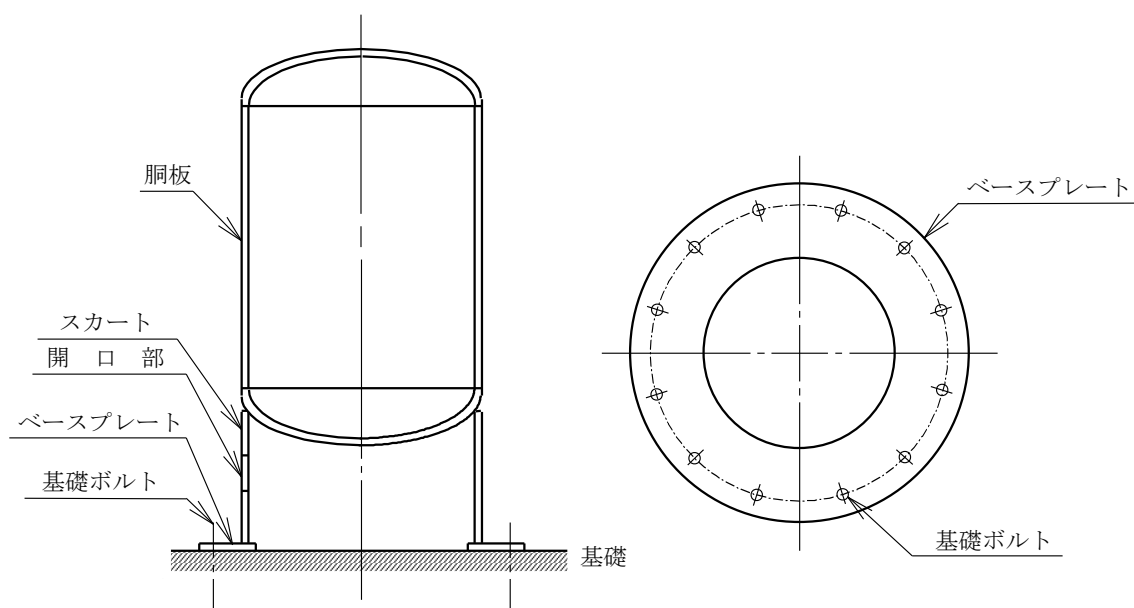


図 1 - 1 概 要 図

4.1.1.3 記号の定義

記号	記号の説明	単位
A	胴の軸断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _e	胴の有効せん断断面積	mm ²
A _s	スカートの軸断面積	mm ²
A _{s e}	スカートの有効せん断断面積	mm ²
C _c	基礎ボルト計算における係数	—
C _H	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 ($j=1, 2, 3\cdots j_1$)	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
e	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	N
F _t	基礎ボルトに作用する引張力	N
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
$f_{s b}$	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
$f_{t o}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{t s}$	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
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm ⁴
I _s	スカートの断面二次モーメント	mm ⁴

記号	記号の説明	単位
j_1	スカートに設けられた開口部の穴の個数	—
K_H	水平方向ばね定数	N/m
K_V	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
λ_1, λ_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 (図2-4に示す距離)	mm
λ_r	容器の重心から上端支持部までの長さ	mm
λ_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_{s1}	スカートの上端部に作用する転倒モーメント	N・mm
M_{s2}	スカートの下端部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	N
Q'	Q により上端の支持部に作用する反力	N
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
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	—
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	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

記号	記号の説明	単位
δ_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	—
π	円周率	—
ρ'	液体の密度 (=比重×10 ⁻⁶)	kg/mm ³
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0t}	胴の組合せ引張応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σ_s	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
σ_{s2}	スカートの曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
σ_{s3}	スカートの鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	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_{x2}	胴の運転時質量による軸方向引張応力	MPa
σ_{x3}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x4}	地震により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ_{x5}	胴の鉛直方向地震による軸方向引張応力	MPa
σ_{x6}	胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	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
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ_s	地震によりスカー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 J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 (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。

4.1.2 計算方法

4.1.2.1 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。

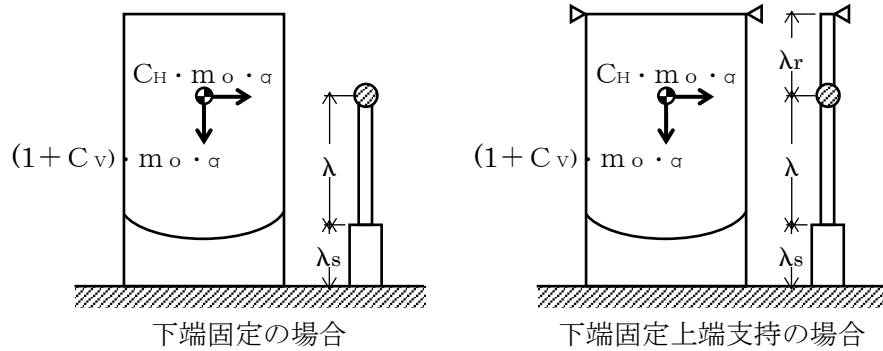


図2-1 固有周期の計算モデル

(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KHは次式で求める。

$$K_H = 1000 \left\{ \frac{\lambda^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{1}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot (3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot \lambda \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3) + \frac{\lambda}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \dots\dots\dots (2.1.1)$$

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

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \dots\dots\dots (2.1.2)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \dots\dots\dots (2.1.3)$$

スカートの断面性能は

$$I_s = \frac{\pi}{8} \cdot (D_s + t_s)^3 \cdot t_s - \frac{1}{4} \cdot (D_s + t_s)^2 \cdot t_s \cdot Y \dots\dots\dots (2.1.4)$$

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)

$$Y = \sum_{j=1}^{j_1} (D_s + t_s) \cdot \sin^{-1} \left(\frac{D_j}{D_s + t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (2.1.5)$$

$$A_{se} = \frac{2}{3} \cdot \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad \dots\dots\dots (2.1.6)$$

したがって、固有周期 T_H は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_H}} \quad \dots\dots\dots (2.1.7)$$

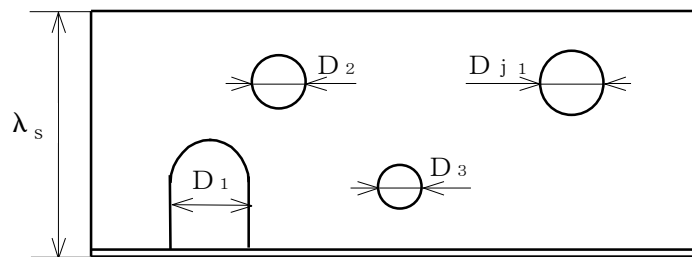


図2-2 スカート開口部の形状

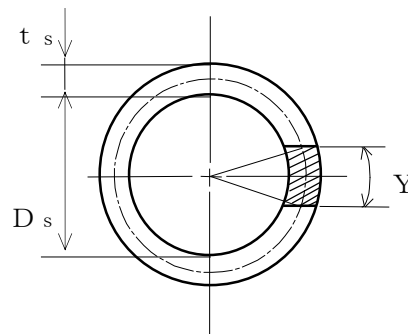


図2-3 スカート開口部の水平断面における最大円周長さ

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δとδ'が等しいとして求める。

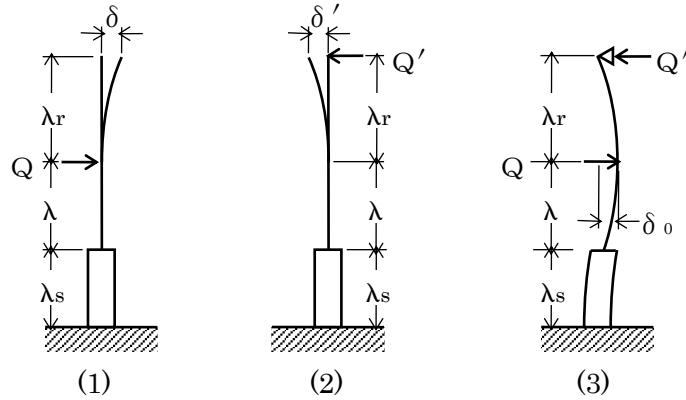


図2-4 下端固定上端支持の場合の変形モデル

図2-4の(1)の場合

$$\delta = \frac{Q \cdot \lambda^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2 \cdot \lambda + 3 \cdot \lambda_r) + \frac{Q}{6 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{2 \cdot \lambda_s^3 + 3 \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda_r + 6 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot (\lambda_s + \lambda + \lambda_r)\} + \frac{Q \cdot \lambda}{G \cdot A_e} + \frac{Q \cdot \lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \quad \dots \dots \dots (2.1.8)$$

図2-4の(2)の場合

$$\delta' = \frac{Q' \cdot (\lambda + \lambda_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{Q'}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{3 \cdot (\lambda + \lambda_r)^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot (\lambda + \lambda_r) \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3\} + \frac{Q' \cdot (\lambda + \lambda_r)}{G \cdot A_e} + \frac{Q' \cdot \lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \quad \dots \dots \dots (2.1.9)$$

(2.1.8) 式と (2.1.9) 式を等しく置くことにより、

$$Q' = Q \cdot \left\{ \frac{\lambda^2 \cdot (2 \cdot \lambda + 3 \cdot \lambda_r)}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot \lambda_s^3 + 3 \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda_r + 6 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot (\lambda_s + \lambda + \lambda_r)}{6 \cdot E_s \cdot I_s} \right\}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\lambda}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{s_e}} \left\{ \frac{(\lambda + \lambda_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \right. \\
& \left. \frac{3 \cdot (\lambda + \lambda_r)^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot (\lambda + \lambda_r) \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right. \\
& \left. + \frac{\lambda + \lambda_r}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{s_e}} \right\} \dots\dots\dots(2.1.10)
\end{aligned}$$

したがって、図 2-4 の(3)に示す重心位置での変位量 δ_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。

$$\begin{aligned}
K_H = \frac{Q}{\delta_0} = 1000 \left\{ \frac{\lambda^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot \lambda \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right. \\
+ \left(1 - \frac{Q'}{Q} \right) \left(\frac{\lambda}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{s_e}} \right) - \frac{Q'}{Q} \left(\frac{2 \cdot \lambda^3 + 3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_r}{6 \cdot E \cdot I} \right. \\
\left. + \frac{3 \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda + \lambda_s^3 + 3 \cdot \lambda_s \cdot \lambda^2 + 3 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \lambda_r + \frac{3}{2} \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda_r}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right) \left. \right\} \\
\dots\dots\dots(2.1.11)
\end{aligned}$$

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 K_V は次式で求める。

$$K_V = 1000 \left\{ \frac{\lambda}{A \cdot E} + \frac{\lambda_s}{A_s \cdot E_s} \right\} \dots\dots\dots(2.1.12)$$

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \dots\dots\dots(2.1.13)$$

$$A_s = \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \dots\dots\dots(2.1.14)$$

したがって、固有周期 T_V は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_V}} \dots\dots\dots(2.1.15)$$

4.1.2.2 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、SRS法を用いることができる。

4.1.2.2.1 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。）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.2.1.3)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.2.1.5)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.6)$$

(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

$$\sigma_{x 2} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.7)$$

$$\sigma_{x 5} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.8)$$

上部の胴について

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.9)$$

$$\sigma_{x 6} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.10)$$

(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。

a. 下端固定の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \lambda}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots(2.2.1.11)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots(2.2.1.12)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \left| \lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda + \lambda_r) \right|}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots(2.2.1.13)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots(2.2.1.14)$$

(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

$$\sigma_{\phi} = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots(2.2.1.15)$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots(2.2.1.16)$$

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sigma_{x5} \dots\dots\dots(2.2.1.17)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x5}^2} \dots\dots\dots(2.2.1.18)$$

(b) 組合せ圧縮応力

σ_{xc} が正の値 (圧縮側) のとき, 次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.19)$$

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_{\phi} + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_{\phi} - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.20)$$

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots(2.2.1.21)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x6}^2} \quad \dots(2.2.1.22)$$

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、

$$\sigma_o = \text{Max} \{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \} \quad \dots\dots\dots(2.2.1.23)$$

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。

4.1.2.2.2 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。

$$\sigma_{s1} = \frac{m_o \cdot g}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots(2.2.2.1)$$

$$\sigma_{s3} = \frac{m_o \cdot g \cdot C_v}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots(2.2.2.2)$$

(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

$$\sigma_{s2} = \frac{M_s}{(D_s + t_s) \cdot t_s \cdot \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D_s + t_s) - \frac{Y}{2} \right\}} \quad \dots\dots(2.2.2.3)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g}{\{\pi \cdot (D_s + t_s) - Y\} \cdot t_s} \dots\dots\dots(2.2.2.4)$$

ここで,

$$M_s = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot (\lambda_s + \lambda) \dots\dots\dots(2.2.2.5)$$

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 M_s は次の M_{s1}

又は

M_{s2} のいずれか大きい方の値とする。

$$M_{s1} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| \lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda + \lambda_r) \right| \dots\dots\dots(2.2.2.6)$$

$$M_{s2} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| \lambda_s + \lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda_s + \lambda + \lambda_r) \right| \dots\dots\dots(2.2.2.7)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q} \right)}{\{\pi \cdot (D_s + t_s) - Y\} \cdot t_s} \dots\dots\dots(2.2.2.8)$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は次式で求める。

【絶対値和】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \dots\dots\dots(2.2.2.9)$$

【SRSS法】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s3}^2})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \dots\dots(2.2.2.10)$$

4.1.2.2.3 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 M_s 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. 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。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \dots\dots\dots(2.2.3.1)$$

- 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。

$$\alpha = \cos^{-1} (1 - 2 \cdot k) \dots\dots\dots(2.2.3.2)$$

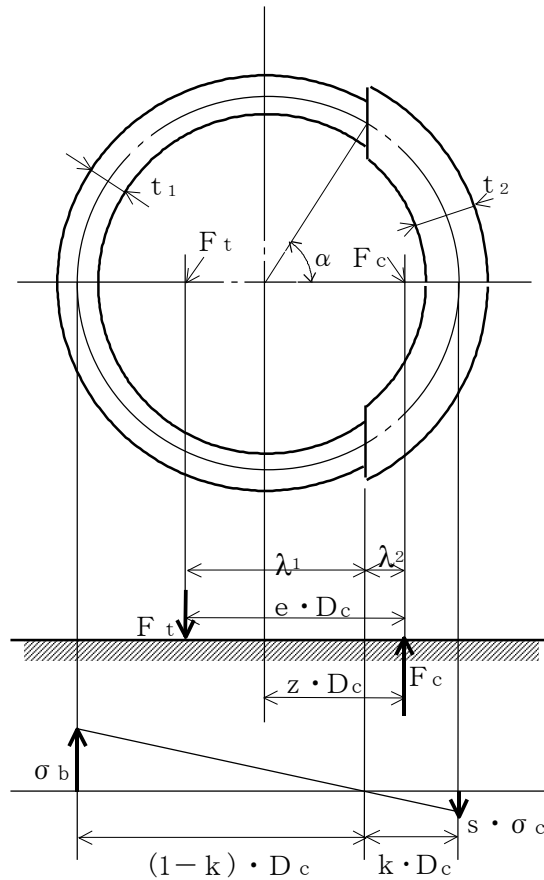


図2-5 基礎の荷重説明図

c. 各定数 e , z , C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \quad (2.2.3.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left(\cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right) \quad (2.2.3.4)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha\}}{1 + \cos \alpha} \quad (2.2.3.5)$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \quad (2.2.3.6)$$

d. 各定数を用いて F_t 及び F_c を求める。

【絶対値和】

$$F_t = \frac{M_s - (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \quad (2.2.3.7)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \quad (2.2.3.8)$$

【SRSS法】

$$F_t = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} - \frac{z}{e} \cdot m_0 \cdot g \quad (2.2.3.9)$$

$$F_c = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot (z - e) \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} + \left(1 - \frac{z}{e}\right) \cdot m_0 \cdot g \quad (2.2.3.10)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α が π 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 α を π 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 F_t の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$ 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。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t} \dots\dots\dots (2.2.3.11)$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c} \dots\dots\dots (2.2.3.12)$$

ここで、

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c} \dots\dots\dots (2.2.3.13)$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \dots\dots\dots (2.2.3.14)$$

σ_b 及び σ_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 σ_b 及び σ_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

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.2.3.15)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.2.3.16)$$

4.1.3 評価方法

4.1.3.1 固有周期の評価

4.1.2.1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。

4.1.3.2 応力の評価

4.1.3.2.1 胴の応力評価

4.1.2.2.1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 S_a 以下であること。

応力の種類	許容応力 S_a
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u 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つては許容引張応力 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。

4.1.3.2.2 スカートの応力評価

- (1) 4.1.2.2.2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。

$$f_t = \frac{F}{1.5} \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.1)$$

- (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）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.2)$$

ここで、 f_c は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \quad \dots\dots\dots (3.2.2.3)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \dots\dots\dots (3.2.2.4)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_c = \phi_1 \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \dots\dots\dots (3.2.2.5)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right] \dots\dots\dots (3.2.2.6)$$

また、 f_b は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \quad \dots\dots\dots (3.2.2.7)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \cdot \left[1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \dots\dots\dots (3.2.2.8)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_b = \phi_2 \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \dots\dots\dots (3.2.2.9)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_z(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x}\right) \right\} \right] \dots$$

.....(3.2.2.10)

η は安全率で次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 \quad \dots\dots\dots(3.2.2.11)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \quad \dots(3.2.2.12)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5 \quad \dots\dots\dots(3.2.2.13)$$

4.1.3.2.3 基礎ボルトの応力評価

4.1.2.2.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_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 τ_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。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \dots\dots\dots(3.2.3.1)$$

かつ、

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \dots\dots\dots(3.2.3.2)$$

ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計 算 式	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

4.2 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

4.2.1 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。）

4.2.1.1 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 J E A G 4 6 0 1-1987（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。

4.2.1.2 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。

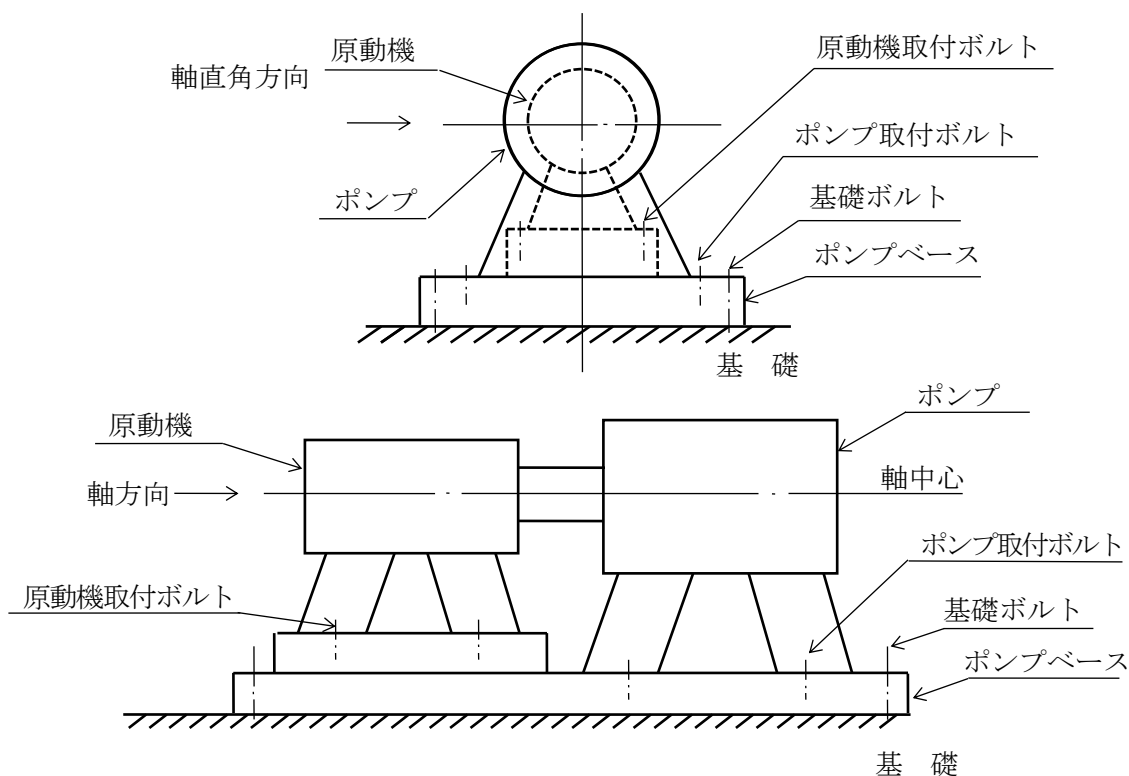


図 1-1 概要図

4.2.1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_{bi}	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
C_m	原動機振動による震度	—
C_p	ポンプ振動による震度	—
d_i	ボルトの呼び径	mm
F_i	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F_{bi}	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
f_{sbi}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{toi}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
f_{tsi}	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
H_m	原動機予想最大両振幅	μm
H_p	ポンプ予想最大両振幅	μm
h_i	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
λ_{li}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
λ_{zi}	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
M_m	原動機回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
M_p	ポンプ回転により作用するモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
m_i	運転時質量	kg
N_m	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	—
P	原動機出力	kW
Q_{bi}	ボルトに作用するせん断力	N
S_{ui}	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_{yi}	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	—
σ_{bi}	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_{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 J S M E S N C 1 - 2 0 0 5 (2 0 0 7 年 追 補 版 含 む 。)) (日 本 機 械 学 会 2 0 0 7 年 9 月) (以 下 「 設 計 ・ 建 設 規 格 」 と い う 。) を い う。

注 2: A_{bi} , d_i , F_i , F_{bi} , f_{sbi} , f_{toi} , f_{tsi} , λ_{1i} , λ_{2i} , n_i , n_{fi} , Q_{bi} , S_{ui} , S_{yi} , σ_{bi} 及び τ_{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: h_i 及び m_i 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。

$i = 5$: 増速機据付面

$i = 6$: 増速機取付面

注記*: $\lambda_{1i} \leq \lambda_{2i}$

4.2.2 計算方法

4.2.2.1 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。

4.2.2.2 応力の計算方法

4.2.2.2.1 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。

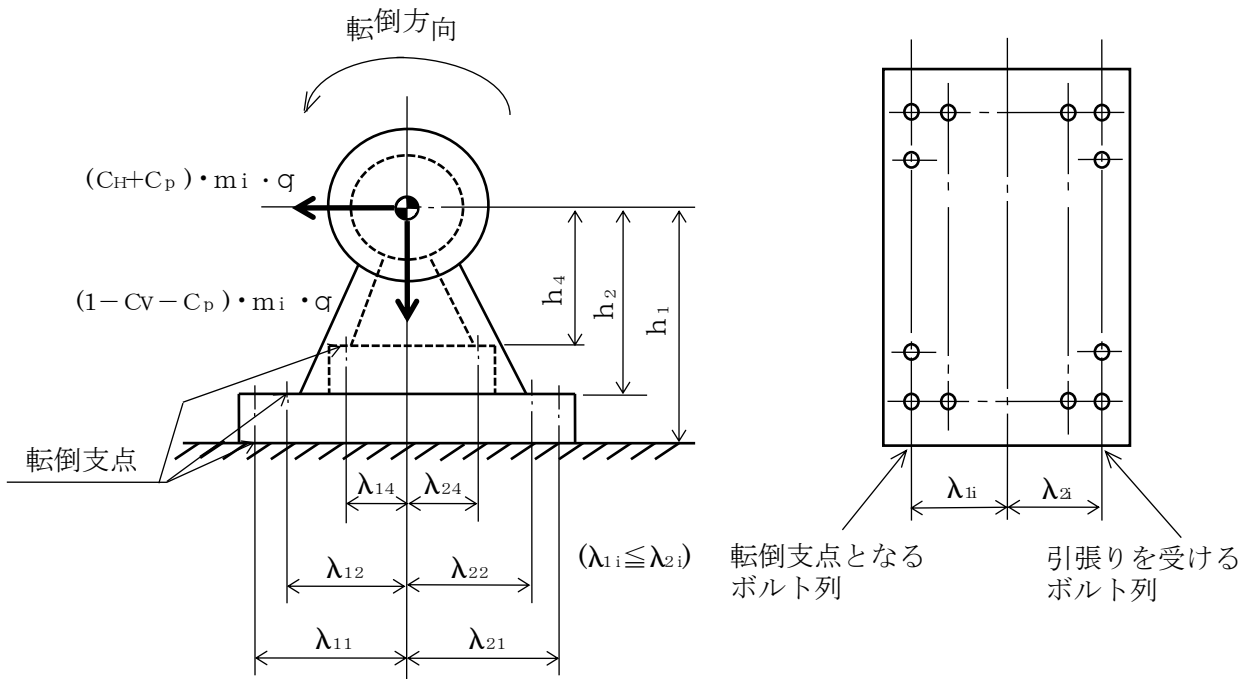


図 2-1 計算モデル (軸直角方向転倒)

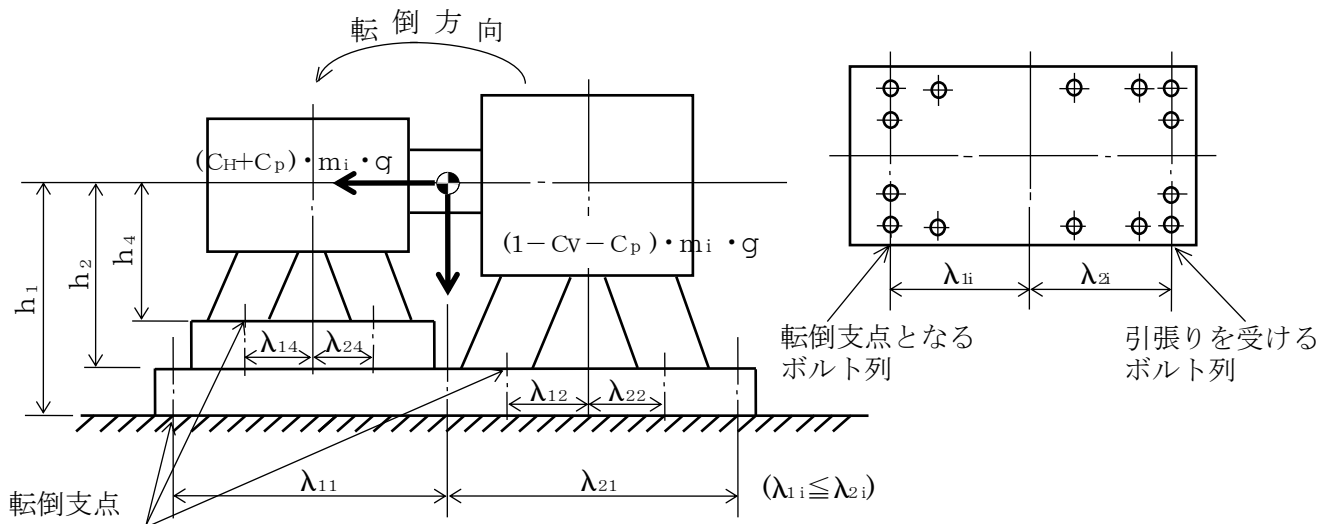


図 2-2 計算モデル (軸方向転倒)

(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

$$F_{b\ i} = \frac{(C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot h_i + M_p - (1 - C_v - C_p) \cdot m_i \cdot g \cdot l_{1\ i}}{n_{f\ i} \cdot (l_{1\ i} + l_{2\ i})} \dots\dots\dots (2.2.1)$$

λ_{1i} 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 M_p は $(M_p + M_m)$ 、

C_p は $(C_p + C_m)$ 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 M_p は次式で求める。(M_m についても同様に、次式で求める。この場合、 N_p は N_m と置き換える。)

$$M_p = \left(\frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N_p} \right) \cdot 10^6 \cdot P \dots\dots\dots (2.2.2)$$

(1kW=10⁶ N・mm/s)

また、 C_p 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。

(C_m についても同様に、次式で求める。この場合、 H_p は H_m 、 N_p は N_m と置き換える。)

$$C_p = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_p}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N_p}{60}\right)^2}{g \cdot 1000} \dots\dots\dots (2.2.3)$$

引張応力

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{A_{bi}} \dots\dots\dots (2.2.4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_{bi} は

$$A_{bi} = \frac{\pi}{4} \cdot d_i^2 \dots\dots\dots (2.2.5)$$

ただし、 F_{bi} 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

$$Q_{bi} = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \dots\dots\dots (2.2.6)$$

増速機のボルト($i=5$ 及び 6)の場合、(2.2.6) 式中の C_p は($C_p + C_m$)と置き換える。

せん断応力

$$\tau_{bi} = \frac{Q_{bi}}{n_i \cdot A_{bi}} \dots\dots\dots (2.2.7)$$

4.2.3 評価方法

4.2.3.1 応力の評価

4.2.3.1.1 ボルトの応力評価

4.2.2.2.1 項で求めたボルトの引張応力 σ_{bi} は次式より求めた許容引張応力

$f_{t\ s\ i}$ 以下であること。

せん断応力 τ_{bi} はせん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 $f_{s\ bi}$ 以下であること。

$$f_{t\ s\ i} = 1.4 \cdot f_{t\ oi} - 1.6 \cdot \tau_{bi} \dots\dots\dots (3.1.1)$$

かつ,

$$f_{t\ s\ i} \leq f_{t\ oi} \dots\dots\dots (3.1.2)$$

ただし, $f_{t\ oi}$ 及び $f_{s\ bi}$ は下表による。

	許容引張応力 $f_{t\ oi}$	許容せん断応力 $f_{s\ bi}$
計 算 式	$\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.14.3 外部人為事象に対する設計上の 考慮への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

③外部人為事象に対する設計上の考慮

- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器は，想定される外部人為事象によって，施設の安全性を損なうことのない設計であること。
- ・安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する第三者の不法な接近等に対し，これを防御するため，適切な措置を講じた設計であること。

2.14.3.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，想定される外部人為事象によって，施設の安全性を損なうことのない設計とする。

滞留水一時貯留タンク設備に対する第三者の不法な接近等に対し，これを防御するため，適切な措置を講じた設計とする。

2.14.3.2 対応方針

○ 施設の設計については、安全上の重要度を考慮して以下について適切に考慮したものとする。

(1) 外部人為事象に対する設計上の考慮

- ・ 想定される外部人為事象としては、航空機落下、ダムの崩壊及び爆発、漂流した船舶の港湾への衝突等が挙げられる。本特定原子力施設への航空機の落下確率は、これまでの事故実績等をもとに、民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した（原管発管 21 第 270 号 実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価結果について（平成 21 年 10 月 30 日））。その結果は約 3.6×10^{-8} 回/炉・年であり、 1.0×10^{-7} 回/炉・年を下回る。したがって、航空機落下を考慮する必要はない。また、特定原子力施設の近くには、ダムの崩壊により特定原子力施設に影響を及ぼすような河川並びに爆発により特定原子力施設の安全性を損なうような爆発物の製造及び貯蔵設備はない。また、最も距離の近い航路との離隔距離や周辺海域の流向を踏まえると、航路を通行する船舶の衝突により、特定原子力施設が安全機能を損なうことはない。
- ・ 安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する第三者の不法な接近、妨害破壊行為（サイバーテロ等の不正アクセス行為を含む）及び核物質の不法な移動を未然に防止するため、下記の措置を講ずる。
 - ① 安全機能を有する構築物、系統及び機器を含む区域を設定し、それを取り囲む物的障壁を持つ防護された区域を設けて、これらの区域への接近管理、入退域管理を徹底する。
 - ② 探知施設を設け、警報、映像監視等、集中監視する設計とする。
 - ③ 外部との通信設備を設ける。

(実施計画：II-1-14-1~2)

滞留水一時貯留タンク設備は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。また、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする。

(実施計画：II-2-5-添 32-2)

(2) 電磁的障害

滞留水一時貯留タンク設備は、電磁的障害による擾乱に対して、制御盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、通信ラインにおける光ケーブルの適用等により、影響を受けない設計とする。

(実施計画：II-2-5-添 32 別 1-5)

(3) 不正アクセス行為（サイバーテロを含む）

不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を未然に防止するため、滞留水一時貯留タンク設備の操作に係る監視・制御装置が、電気通信回線を通じて不正アクセス行為（サイバーテロを含む）を受けることがないように、外部からの不正アクセスを遮断する設計とする。

（実施計画：II-2-5-添32 別1-5）

2.14.4 火災に対する設計上の考慮への 適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

④火災に対する設計上の考慮

火災発生防止，火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて，火災により施設の安全性を損なうことのない設計であること。

2.14.4.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，火災発生防止，火災検知及び消火並びに火災の影響の軽減の方策を適切に組み合わせて，火災により施設の安全性を損なうことのない設計とする。

2.14.4.2 対応方針

滞留水一時貯留タンク設備は、火災発生防止及び火災影響軽減のため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用するとともに設備周辺から可能な限り可燃物を排除する。

また、初期消火の対応ができるよう、設備近傍に消火器を設置する。なお、火災発生は監視カメラ等により確認可能な設計とする。

(実施計画：II-2-5-添32-2, 実施計画：II-2-5-添32 別1-6)

滞留水一時貯留タンク設備の火災対策の補足説明については、別紙－1 参照。

滞留水一時貯留タンク設備の火災対策の補足説明

(1) 火災の発生防止

配管の一部に使用する可燃性材料については、周囲を不燃物又は難燃性材料で養生することで対策を行うとともに、最外周が可燃性材料となっているポリエチレン管の周辺には、可能な限り可燃物（配管敷設箇所周囲の草木等の可燃物を除去含む）を排除することで火災の発生を防止する。

(2) 火災の検知及び消火

滞留水一時貯留タンク設備については、監視カメラ等により火災の早期発見を図る。
また、初期消火の対応ができるよう、設備近傍に消火器を設置する。

(3) 火災の影響軽減

ポリエチレン管に関しては可燃であるが、内部は建屋滞留水を通水している状態であるため、通常の運用中は火災になりにくい。

また、前述した、可能な限り可燃物を排除する対策にて、火災の影響軽減も図る計画としている。

2.14.5 環境条件に対する設計上の考慮 への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

⑤環境条件に対する設計上の考慮

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計であること。特に，事故や地震等により被災した建造物の健全性評価を十分に考慮した対策を講じること。

2.14.5.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備の構築物，系統及び機器は，経年事象を含むすべての環境条件に適合できる設計とする。

2.14.5.2 対応方針

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，それぞれの場所に応じた圧力，温度，湿度，放射線等に関する環境条件を考慮し，必要に応じて換気空調系，保温，遮へい等で維持するとともに，そこに設置する安全機能を有する構築物，系統及び機器は，これらの環境条件下で期待されている安全機能が維持できるものとする。

(実施計画：II-1-14-2)

滞留水一時貯留タンク設備の構築物，系統及び機器は，経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

(実施計画：II-2-5-添32-2)

滞留水一時貯留タンク設備において使用する材料等に対して，環境条件に対する設計上の考慮は以下の通り。

(1) 圧力及び温度

滞留水一時貯留タンク設備は通常運転時及び異常事象発生時に想定される圧力・温度を踏まえて，適切な最高使用圧力・最高使用温度を有する機器等を選定する。

(2) 腐食に対する考慮

滞留水一時貯留タンク設備については，耐腐食性の優れた二相ステンレス鋼，ポリエチレン，合成ゴム，十分な肉厚を有する炭素鋼等を使用する。

(3) 放射線

滞留水一時貯留タンク設備の材質として使用するポリエチレン等については，放射線による材料特性に有意な変化がない期間を評価した上で，当該期間を超えて使用する場合に，あらかじめ交換等を行う。

(実施計画：II-2-5-添32 別1-6)

滞留水一時貯留タンク設備の環境条件に対する設計上の考慮の補足説明については，別紙－1参照。

滞留水一時貯留タンク設備の環境条件に対する設計上の考慮の補足説明

滞留水一時貯留タンク設備において使用する材料等に対して、環境条件に対する設計上の考慮を下記の通り確認している。

1. 圧力・温度

1.1 圧力

最高使用圧力を 1.37MPa と設定しているが、従来から福島第一原子力発電所において実績のある材料を使用しているため、妥当な設計である。

1.2 温度

福島県の小名浜気象台の気象観測記録で過去に計測された気温は、最高で 37.7℃であり、これを超えない温度として、40℃と設定している。なお、一部配管は既設仕様と同様の 66℃で設定している。

2. 腐食に対する考慮

建屋滞留水を扱うポンプ・配管に関して材料選定理由を表 2.14.5.1-1 に示す。表 2.14.5.1-1 のうち、炭素鋼、ステンレス鋼に対する耐腐食性について評価を行った。

表 2.14.5.1-1 滞留水一時貯留タンク設備の漏えい発生防止（腐食）

機器	材料	選定理由
タンク類	炭素鋼（内面ゴムライニング）	建屋滞留水に、海水由来等の塩分が含まれることから、ゴムライニング付の炭素鋼を使用する。
ポンプ類	二相ステンレス鋼（鋳鋼品）	建屋滞留水に、海水由来等の塩分が含まれることから、耐食性の優れる二相ステンレス鋼（鋳鋼品）を使用する。
配管	ポリエチレン管	施工性及び、耐腐食性に優れることから使用する。
	炭素鋼鋼管（内面ゴムライニング）	建屋滞留水に、海水由来等の塩分が含まれることから、ゴムライニング付の炭素鋼を使用する。
	合成ゴム（EPDM、ポリ塩化ビニル）	可撓性を要する箇所（タンク連結部）において、耐腐食性のある合成ゴム（EPDM）製ホースを使用する。また、敷設のしやすさから、地上階から地下階への移送配管としてポリ塩化ビニル製のホースを使用する。

3. 放射線

滞留水一時貯留タンク設備の材質として使用するポリエチレンについては、集積線量が $2 \times 10^5 \text{Gy}$ 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。このため、建屋滞留水の放射線による材料特性に有意な変化がない期間を評価した上で、当該期間を超えて使用する場合には、あらかじめ交換等を行う。

以上

2.14.7 運転員操作に対する設計上の考慮 への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

⑦運転員操作に対する設計上の考慮

運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計であること。

2.14.7.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，運転する者の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計とする。

2.14.7.2 対応方針

運転員の誤操作を防止するため、盤の配置、操作器具等の操作性に留意するとともに、計器表示及び警報表示により施設の状態が正確、かつ、迅速に把握できるものとする等、適切な措置を講じた設計とする。また、保守点検において誤りを生じにくいよう留意したものとする。

(実施計画：II-1-14-2)

滞留水一時貯留タンク設備は、遠隔操作室の監視・制御装置により、遠隔操作及び運転状況の監視が可能な設計とする。また、滞留水一時貯留タンク設備は、運転する者による誤操作を防止できる設計とするとともに、異常事象や設備の運転に影響を及ぼしうる自然現象等が発生した状況下においても、運転する者がこれらの事象に対処するために必要な設備を容易に操作できる設計とする。

(実施計画：II-2-5-添32-2)

- (1)滞留水一時貯留タンク設備の運転操作は監視・操作端末等により遠隔操作で実施する。滞留水一時貯留タンク設備はプロセス計器だけでなく、監視カメラを多用し、現場の状況を映像で確認することが可能な設計とする。
- (2)誤操作・誤判断を防止するため、弁操作や運転モードの切替等の重要な操作に関してはダブルアクションを要する設計とする。
- (3)漏えい検知器の作動により警報が発生した場合は、運転員の手動停止操作にて運転停止が可能な構成（遠隔でのポンプ停止・隔離弁閉止機能）とする。

2.14.8 信頼性に対する設計上の考慮への 適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

⑧信頼性に対する設計上の考慮

- ・安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計であること。
- ・重要度の特に高い安全機能を有するべき系統については，その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに，その構造，動作原理，果たすべき安全機能の性質等を考慮して，多重性又は多様性及び独立性を備えた設計であること。

2.14.8.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計とする。

2.14.8.2 対応方針

安全機能や監視機能を有する構築物，系統及び機器は，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得るものとする。

(実施計画：II-1-14-2)

滞留水一時貯留タンク設備の信頼性に対する設計上の考慮の補足説明については，別紙-1参照。

滞留水一時貯留タンク設備の信頼性に対する設計上の考慮の補足説明

滞留水一時貯留タンク設備は、以下の観点について考慮し、信頼性を確保する。

(1) 電源の設計

- a. 滞留水一時貯留タンク設備に係る滞留水供給ポンプ、スラッジ排出ポンプ、制御盤、計器等に対して電源を供給する。
- b. 各機器に電源を供給する電源盤は、常用2系統からなる所内共通低圧母線よりそれぞれ受電し、片系上位電源の計画外停止においても速やかに電源を復帰できる構成とする。

滞留水一時貯留タンク設備における具体的な電源構成のイメージ図は、図 2.14.8.1-1 の通り。

以上

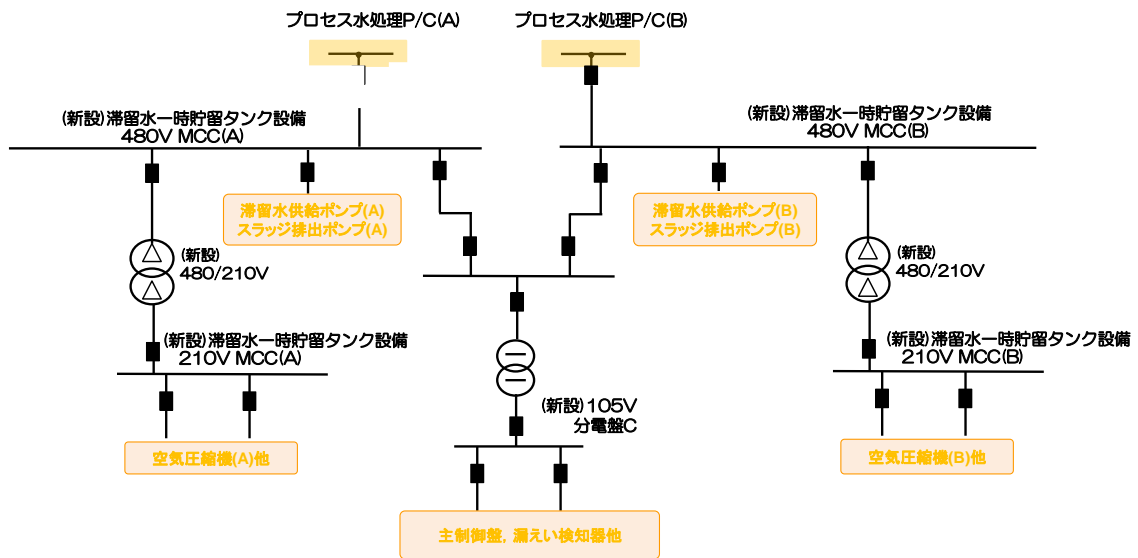


図 2.14.8.1-1 滞留水一時貯留タンク設備における電源構成

2.14.9 検査可能性に対する設計上の考慮 への適合性

措置を講ずべき事項

II. 設計，設備について措置を講ずべき事項

1 4. 設計上の考慮

○施設の設計については，安全上の重要度を考慮して以下に掲げる事項を適切に考慮されたものであること。

⑨検査可能性に対する設計上の考慮

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，それらの健全性及び能力を確認するために，適切な方法によりその機能を検査できる設計であること。

2.14.9.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，それらの健全性及び能力を確認するために，適切な方法によりその機能を検査できる設計とする。

2.14.9.2 対応方針

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，それらの健全性及び能力を確認するため，その安全機能の重要度に応じ，必要性及び施設に与える影響を考慮して適切な方法により，検査ができるものとする。

(実施計画：II-1-14-2)

滞留水一時貯留タンク設備を構成する構築物，系統及び機器は，それらの健全性及び能力を確認するために，適切な方法によりその機能を検査できる設計とする。

(実施計画：II-2-5-添32-2)

検査可能性に関する考慮事項については，別紙－1 参照。

検査可能性に関する考慮事項

滞留水一時貯留タンク設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計とする。設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。

今回設置する機器は使用前検査対象に合わせて、代表的な機器の点検に対する考慮は以下の通り。

(1) タンク

- ・外観・フランジ点検

内部の点検が実施可能な設計とする。

(2) ポンプ，弁

- ・外観点検，取替

点検や，取替が可能な設計とする。

(3) 配管

- ・外観・フランジ点検

フランジ（シール）部のガスケット交換等の点検が実施可能な設計とする。

(4) 漏えい検知器

- ・外観点検，取替，機能確認

点検や，取替，機能確認が可能な設計とする。

なお，長納期の機器について予備品を確保する。

以上

3章 特定原子力施設の保安

3.1 特定原子力施設の保安のために措置を 講ずべき事項への適合性

措置を講ずべき事項

III. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項

運転管理，保守管理，放射線管理，放射性廃棄物管理，緊急時の措置，敷地内外の環境放射線モニタリング等適切な措置を講じることにより，「II. 設計，設備について措置を講ずべき事項」の適切かつ確実な実施を確保し，かつ，作業員及び敷地内外の安全を確保すること。

特に，事故や災害時等における緊急時の措置については，緊急事態への対処に加え，関係機関への連絡通報体制や緊急時における医療体制の整備等を行うこと。

また，協力企業を含む社員や作業従事者に対する教育・訓練を的確に行い，その技量や能力の維持向上を図ること。

3.1.1 措置を講ずべき事項への適合方針

滞留水一時貯留タンク設備は，運転管理，保守管理，放射線管理，放射性廃棄物管理，緊急時の措置，敷地内外の環境放射線モニタリング等適切な措置を講じることにより，「II. 設計，設備について措置を講ずべき事項」の適切かつ確実な実施を確保し，かつ，作業員及び敷地内外の安全を確保する。

3.1.2 対応方針

○ 線量の評価方法

・ 線量評価点

施設と評価点との高低差を考慮し、各施設からの影響を考慮した敷地境界線上の最大実効線量評価地点における直接線及びスカイシャイン線による実効線量を算出する。

・ 評価に使用するコード MCNP 等、他の原子力施設における評価で使用実績があり、信頼性の高いコードを使用する。

・ 線源及び遮蔽

線源は各施設が内包する放射性物質質量に容器厚さ、建屋壁、天井等の遮蔽効果を考慮して設定する。内包する放射性物質質量や、遮蔽が明らかでない場合は、設備の表面線量率を測定し、これに代えるものとする。

対象設備は事故処理に係る使用済セシウム吸着塔保管施設、廃スラッジ貯蔵施設、貯留設備（タンク類）、固体廃棄物貯蔵庫、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備及び瓦礫類、伐採木の一時保管エリア等とし、現に設置あるいは現時点で設置予定があるものとする。

（実施計画：Ⅲ-3-2-2-2-1）

○ 線量評価

滞留水一時貯留タンク設備については、分析結果を基に核種は Cs-134、Cs-137 及び Sr-90、下記の放射能濃度が内包しているとし、制動エックス線を考慮したガンマ線線源強度を核種生成減衰計算コード ORIGEN により求め、3次元モンテカルロ計算コード MCNP により敷地境界における実効線量を評価した。

放射能濃度：Cs-134：6.6E+06 Bq/L,

Cs-137：1.3E+08 Bq/L,

Sr-90：3.0E+07 Bq/L

遮蔽：鉛 20mm

評価地点までの距離：約 1350m

線源の標高：T.P.約 24m

評価結果：約 0.0001mSv/年未満

※影響が小さいため線量評価上無視する

（実施計画：Ⅲ-3-2-2-2-61）

以上