

## ゼオライト土壌等処理設備の新設に関連した、措置を講ずべき事項の該当項目の整理

目次	作成対象 項目	理由
I. 全体工程及びリスク評価について講ずべき措置	○	本変更申請によって新設するゼオライト土壌等処理設備は、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に記載の通り。
II. 設計、設備について措置を講ずべき事項		(各項目参照)
1. 原子炉等の監視	-	ゼオライトを回収するための設備であり、RPV/PCV/SFP内の使用済み燃料等に関連する内容ではないため
2. 残留熱の除去	-	ゼオライトを回収するための設備であり、RPV/PCV内の燃料デブリ、SFP内の燃料体に関連する内容ではないため
3. 原子炉格納容器雰囲気監視等	-	ゼオライトを回収するための設備であり、PCV内の気体に関する内容ではないため
4. 不活性雰囲気維持	-	ゼオライトを回収するための設備であり、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	-	ゼオライトを回収するための設備であり、SFPからの燃料の取出し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ゼオライト土壌等処理設備は、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、本設備の新設によって、外部電源系や非常用所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	-	ゼオライトを回収するための設備であり、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	○	本変更申請に伴う設置工事で放射性固体廃棄物が発生するため該当
9. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理	○	ゼオライト土壌等処理設備は、放射性液体廃棄物が発生するため
10. 放射性気体廃棄物の処理・管理	○	ゼオライト土壌等処理設備は、放射性気体廃棄物が発生するため
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ゼオライト土壌等処理設備によって、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	○	本変更申請に伴う設置工事で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ゼオライト土壌等処理設備の設置工事において、事故時の通信連絡設備等に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		(各項目参照)
① 準拠規格及び基準	○	本変更申請によって新設するゼオライト土壌等処理設備は、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ゼオライト土壌等処理設備は、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計である必要があるため 本変更申請によって新設するゼオライト土壌等処理設備は、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設計である必要があるため
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ゼオライト土壌等処理設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器に該当するため、外部人為事象に対する設計上の考慮する必要があるため
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ゼオライト土壌等処理設備は、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ゼオライト土壌等処理設備は、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ゼオライト土壌等処理設備は、共用しないため
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ゼオライト土壌等処理設備は、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ゼオライト土壌等処理設備は、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ゼオライト土壌等処理設備は、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	○	汚染水処理設備等で発生した廃棄物の管理および、気体廃棄物の管理に変更があるため。
IV. 特定核燃料物質の防護のために措置を講ずべき事項	-	本変更申請によって、特定核燃料物質の防止に変更はないため
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	-	ゼオライトを取扱う設備であり、燃料デブリの取出しやそれに関連した措置に非該当であるため
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

# 1 章 特定原子力施設の全体工程及び リスク評価

## 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

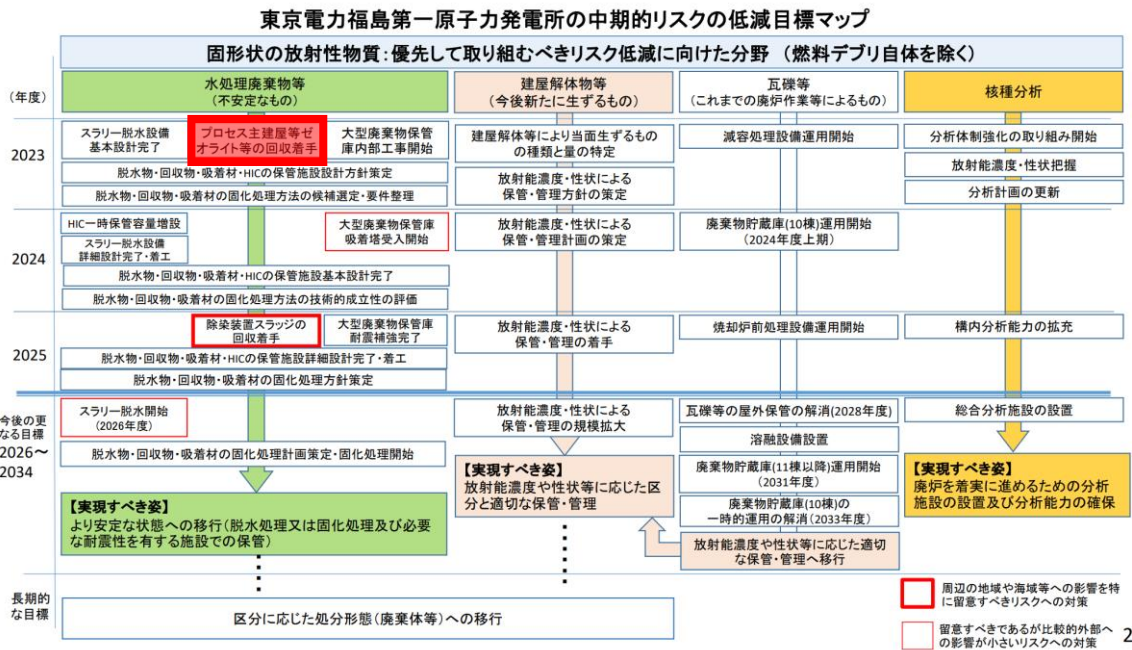
1号炉から4号炉については廃炉に向けたプロセス，燃料デブリの取出し・保管を含む廃止措置の完了までの全体工程，5号炉及び6号炉については冷温停止の維持・継続の全体工程をそれぞれ明確にし，各工程・段階の評価を実施し，特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化を図る。

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。





※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

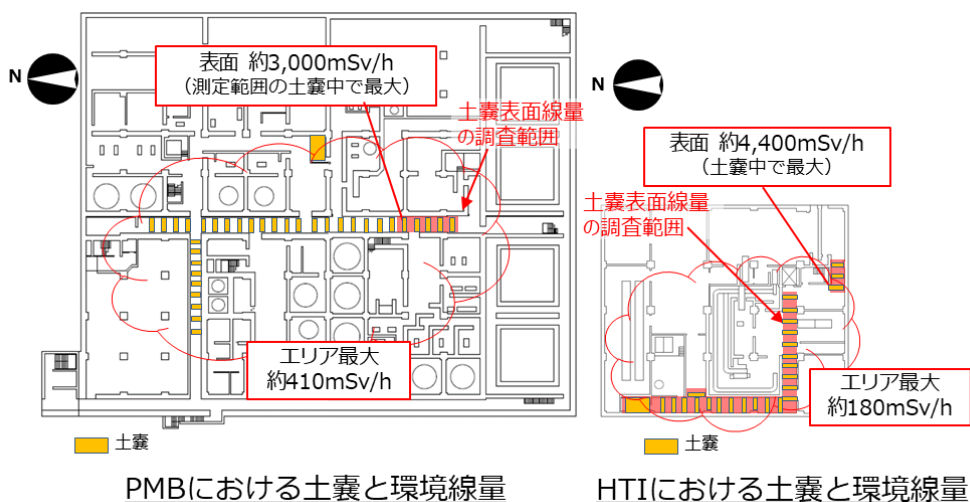
## ゼオライト土嚢等処理設備設置の背景について

### 1. ゼオライト土嚢等の現状

プロセス主建屋（PMB）、高温焼却炉建屋（HTI）はゼオライト土嚢・活性炭土嚢（以下、ゼオライト土嚢等）を最下階に敷設した後、建屋滞留水の受け入れを実施しており、現在は高線量化している。

これまでの調査により判明した最下階の状況は以下の通り。

- PMB、HTI の最下階の敷設状況を ROV で目視確認済。
- 土嚢袋は概ね原形を保っているが、劣化傾向があり、一部の袋に破損がみられる状況。
- 確認された土嚢表面の線量は PMB で最大約 3,000mSv/h、HTI で最大約 4,400mSv/h。
- 空間線量は、水深 1.5m 程度の水面で、PMB は最大約 410mSv/h、HTI は最大約 180mSv/h。
- ゼオライト土嚢は主に廊下に敷設され、セシウムを主として吸着しているため表面線量が非常に高い状況。活性炭土嚢は主に階段に敷設されており、多核種を吸着。

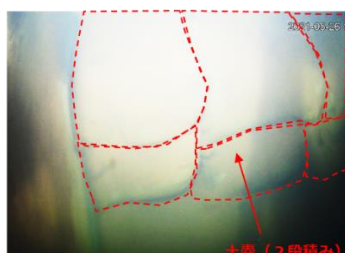


## 2. ゼオライト土嚢等の現状

ゼオライト土嚢等の敷設位置と作業に干渉する物の有無等を詳細に確認するため、ボート型 ROV にて調査を実施（2021年5月～8月）。確認の結果、ゼオライト土嚢等を敷設した全域の調査・視認が出来た。一部、土嚢袋は破損しているものの、概ね土嚢の原型は保持していることを確認。一部、干渉物があることも確認。



① 最下階の様子 (PMB) (水上)



② 最下階の様子 (HTI) (水中)



③ 干渉物の例 (HTI)

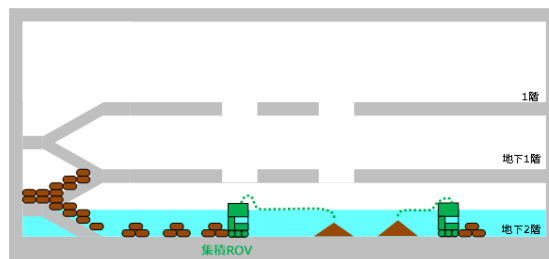
## 3. ゼオライト土嚢等の処理方法の概要

PMB・HTIの最下階のゼオライト土嚢等は回収作業を“集積作業”と“容器封入作業”に分け、作業の効率化を図ることを計画。

なお、土嚢袋は劣化傾向が確認されており、袋のまま移動できないことから、中身のゼオライト等を滞留水とともにポンプで移送する方式を基本とする。

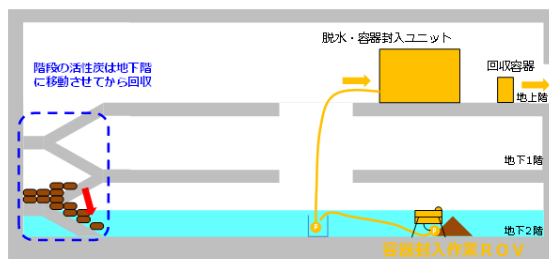
### ● ステップ① 集積作業

- ✓ ゼオライト土嚢等について、作業の効率化による工期の短縮（完了時期の前倒し）を目的に、容器封入作業の前に集積作業を計画。
- ✓ 集積作業用 ROV を地下階に投入し、ゼオライトを吸引し、集積場所に移送する。



### ● ステップ② 容器封入作業

- ✓ 集積されたゼオライトを容器封入作業用 ROV で地上階に移送し、建屋内で脱塩、脱水を行ったうえ、金属製の保管容器に封入する。その後は 33.5m 盤の一時保管施設まで運搬する計画。
- ✓ 階段に敷設されている活性炭土嚢は ROV を用いて、地下階に移動させた後、上記と同様に回収する。



容器封入作業は、ゼオライトを地上階まで移送することにより、敷地周辺の放射線影響や作業者の被ばく線量影響等があるため、実施計画上は、容器封入作業について記載する。

## 2章 特定原子力施設の設計，設備

## 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

ゼオライト土嚢等処理設備の設置工事に伴い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)



## ゼオライト土嚢等処理設備設置に伴う発生する廃棄物等の発生量について

ゼオライト土嚢等処理設備設置に伴い発生する廃棄物発生量は表 2.8.1-1 に示す。

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，「Ⅲ章第 3 編 2.1.1 放射性固体廃棄物等の管理」に従い，十分な保管容量を計画的に確保するとともに，これらの瓦礫類については表面線量率に応じたエリア等において保管し，定期的に巡視，保管量の確認等をおこなうことにより，適切に保管・管理する。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。

ゼオライト土嚢等処理設備設置に伴い発生する廃棄物は，2023 年度の福島第一原子力発電所の固体廃棄物の保管管理計画に計上予定。

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 ゼオライト土嚢等処理設備設置に伴い発生する廃棄物量

分類	2023 年度	2024 年度	備考
可燃物	121.95 m <sup>3</sup>	74.88 m <sup>3</sup>	紙・ウェス，プラスチック類 等 0.1～1mSv/h 147.52 m <sup>3</sup> ～0.1mSv/h 49.31 m <sup>3</sup>
難燃物	117.62 m <sup>3</sup>	268.24 m <sup>3</sup>	ホース類，難燃シート等 0.1～1mSv/h 139.44 m <sup>3</sup> ～0.1mSv/h 246.42 m <sup>3</sup>
不燃物	1,762.72 m <sup>3</sup>	296.14 m <sup>3</sup>	金属ガラ，コンクリートガラ・土砂，工 事用電源ケーブル等 0.1～1mSv/h 2023.86 m <sup>3</sup> ～0.1mSv/h 35 m <sup>3</sup>
合計	2,002.29 m <sup>3</sup>	639.26 m <sup>3</sup>	－

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

ゼオライト土嚢等処理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

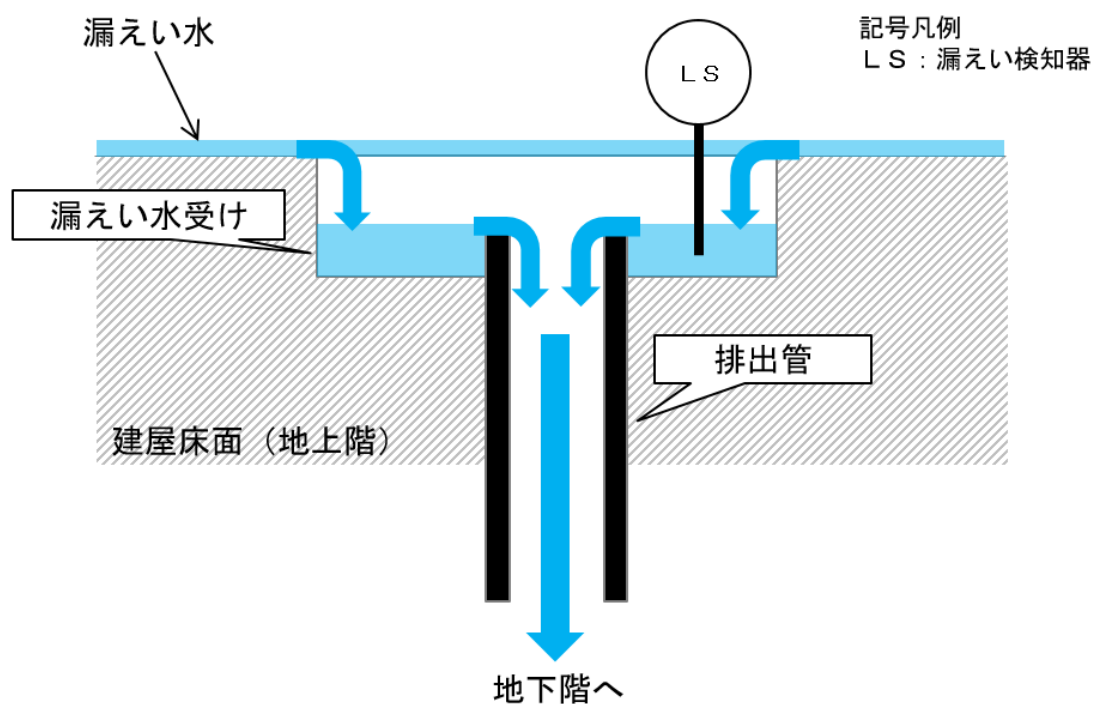
- 廃棄物の発生量の抑制及び放射性物質濃度低減のための適切な処理  
ゼオライト土嚢等処理設備で発生した放射性液体廃棄物については、建屋地下階へ排水を実施する。  
システムの洗浄等に使用する水については、RO 処理水又はろ過水を使用するが、運用上可能な限り RO 処理水を使用することとし、新たな汚染水等の発生量を抑制する。
- 十分な保管容量確保  
滞留水とゼオライトを建屋地下階から同時に移送し、滞留水のみを建屋地下階に排水して元の場所に戻す構造のため、保管容量は十分である。
- 遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止  
機器等には設置環境や内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用し、遮へいや漏えい防止を行う。また、機器等は独立した区画内に設けるかあるいは周辺に堰等を設け、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（処理・貯蔵施設）  
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遮へいを設置する等の対策を講じる。また、当該施設は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水が排水路等を通じて所外へ流出しないようにする。

ゼオライト土嚢等処理設備の堰の構造と漏えい検知について

ゼオライト土嚢等処理設備の漏えい検知対策として、機器、配管及び容器の取合いでフランジ接続となる箇所については、受けパン又は堰と漏えい検知器を設置し、漏えいの早期検知を図る。

堰内の漏えい水やゼオライト土嚢等は、建屋床面に排出口を設置し、地下階へ排出する構造とする。また、排出口に漏えい水受け及び漏えい検知器を設置し、漏えいした水を確実に検知可能な構造とする。

なお、RO 処理水を使用する場合もある補給水ラインも同様である。

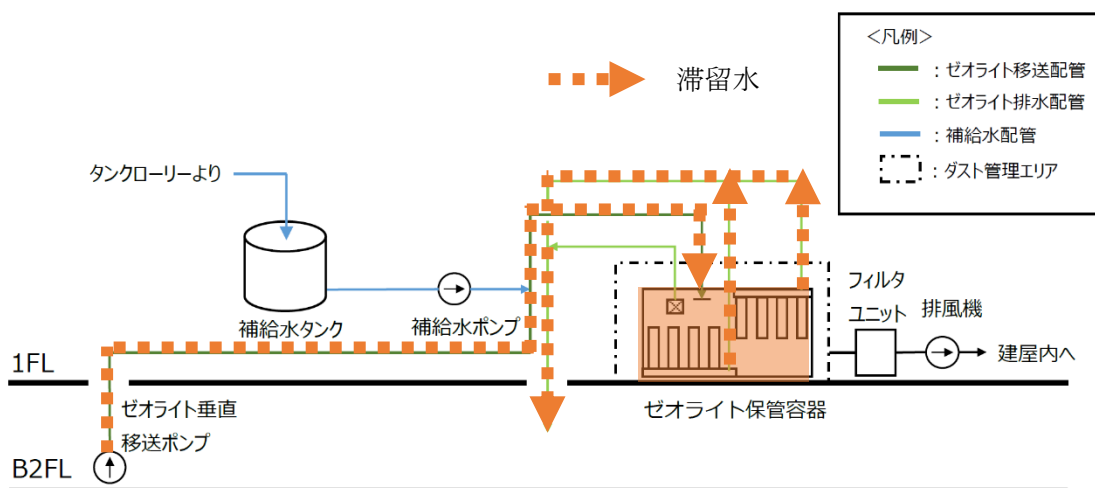


図－1 堰内排出口概念図

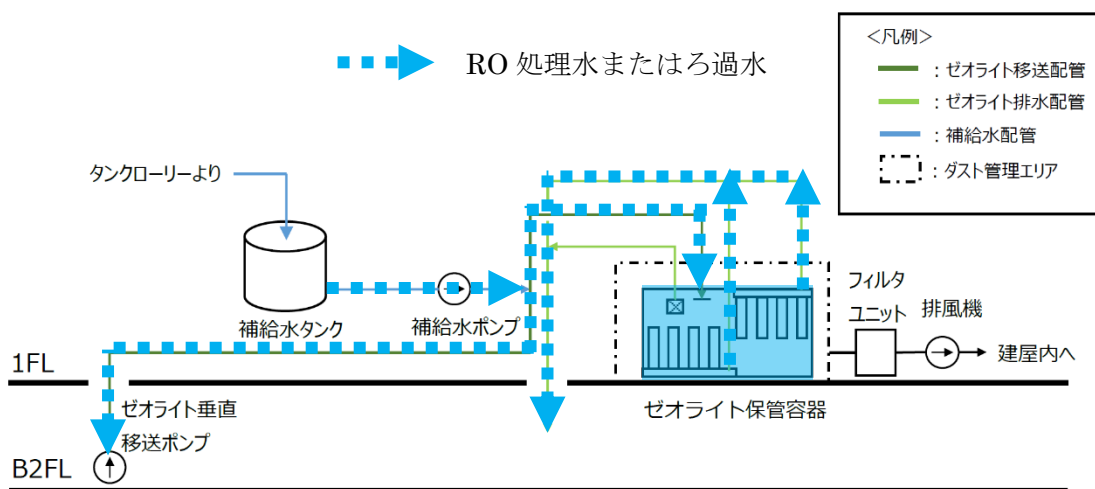
以上

ゼオライト土嚢等処理設備の運転状態別の配管の状態

ゼオライト土嚢等処理設備の配管は，地下階からゼオライト土嚢等を移送する処理運転時は，滞留水とゼオライト土嚢等を配管内に通水するが，移送をしていない場合は，補給水タンクから供給される，RO 処理水またはろ過水を使用して配管のフラッシングおよび圧縮空気による水抜きを実施し，配管内のゼオライト土嚢等の影響による線量上昇や，ゼオライト土嚢等の漏えいリスクを低減する。



図－1 ゼオライト土嚢等処理設備の処理運転時



図－2 ゼオライト土嚢等処理設備のフラッシング時

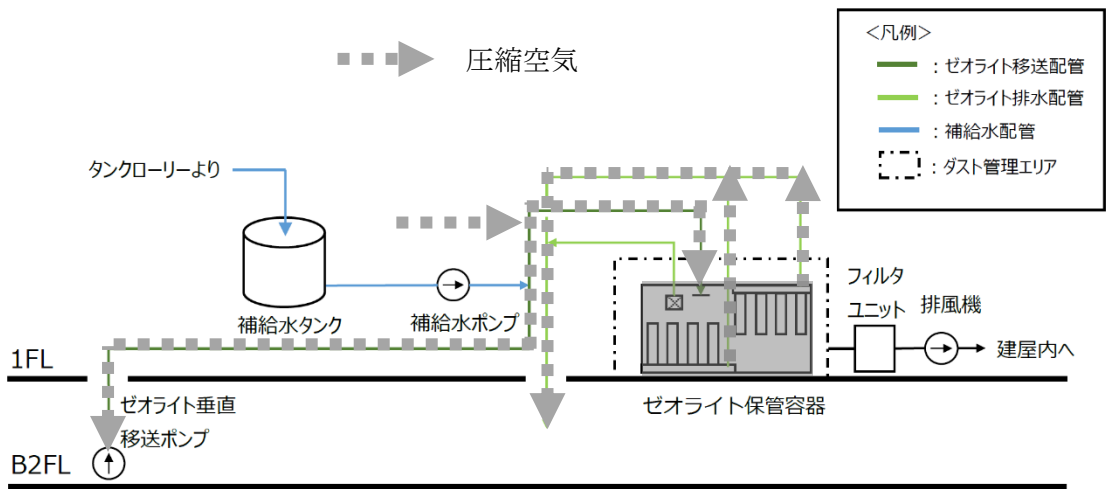


図-3 ゼオライト土嚢等処理設備の水抜き時

## 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

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備におけるダスト管理エリアの換気空調系の排気中に含まれる粒子状の放射性物質は、フィルタユニットを通すことにより、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。排気口近傍にダストモニタを設け、定期的（換気空調系運転時）に放射性物質濃度を測定する。

ゼオライト土嚢等処理設備における圧縮空気によるゼオライト保管容器の脱水時に発生する排気中に含まれる粒子状の放射性物質は、建屋地下階に排気することにより、建屋外への放出を防止する。

### ○ 廃棄物の放出量の抑制

ゼオライト土嚢等処理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。

### ○ 廃棄物を適切に処理・管理

ゼオライト土嚢等処理設備から発生する排気等の放射性気体廃棄物等は、地下階及び地上階に設置するダストモニタにより、地上階への影響がないことを確認する。

### ○ 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)

## 地下階への排気時におけるダスト対策について

ゼオライト保管容器の脱水時に発生する排気は、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋の地下階へ排出する。発生量は、類似容器の排水実績から、一回あたり約 27m<sup>3</sup> 程度（ゼオライト保管容器脱水 1 回につき約 10 分間の排気）と計画している。なお、本設備における最適な排気時間は今後モックアップの中で確認していく。

ゼオライト等は吸着した放射性物質を基本的には脱離しない性質であること、またゼオライト等は濡れた状態であることから、基本的には空气中に放射性物質を移行させることは無いと考えられる。

念のため、排気中の放射性物質量を既存の拡散係数※を流用した上で、地下階での希釈を考慮して計算した場合でも、全面マスクの着用上限(2.0E-2 Bq/cm<sup>3</sup>[β核種])に達することはないと評価している。

なお地上階への影響がないことを継続的に確認するため、地下階及び地上階にダストモニタを設置する。また、地下開口部はダスト対策として閉塞している。

※ARF:4.0E-07[1/h]

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

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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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

ゼオライト土嚢等処理設備は、ゼオライト土嚢等及び建屋滞留水を移送し、ゼオライト保管容器に充填することから影響評価を実施する。ゼオライト保管容器は充填完了後に搬出されるため、充填量に変動はあるが、保守的に満充填状態での評価とする。ゼオライト等の分析結果を踏まえ線源条件を設定し、今回設置する設備から最寄りの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コード計算により求める。

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 0.0046mSv/年、最大実効線量評価点 No.71 では約 0.0001mSv/年未満であることを確認した。

(実施計画：III-3-2-2-3-2)

## 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，ゼオライト土嚢等処理設備の設置工事では，プロセス主建屋および高温焼却炉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)

## (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)

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備設置の設置工事では、プロセス主建屋、高温焼却炉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の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 1階	[ 単位: mSv/h ]
-------------	-------------------------	---------------

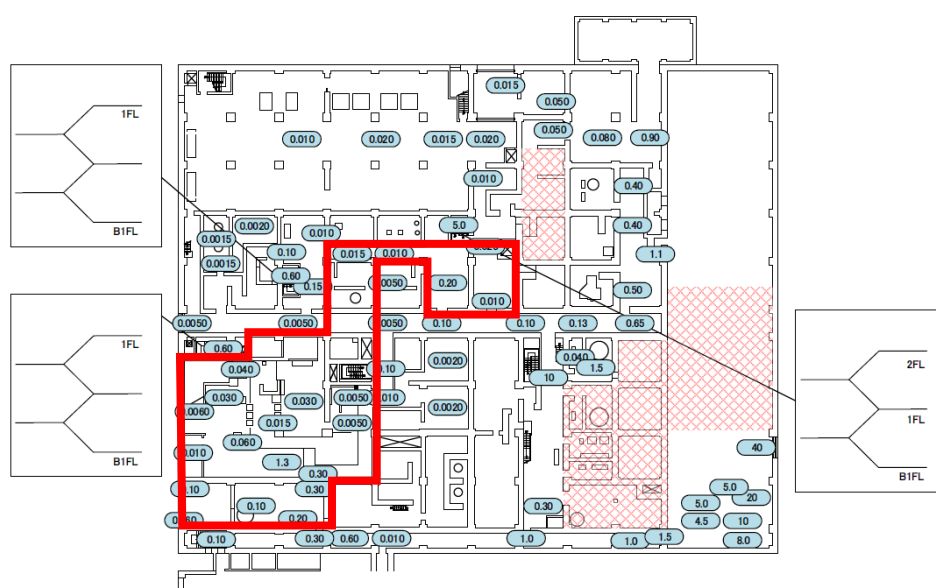


図 2.12.1-1 ゼオライト土嚢等処理設備設置の設置工事の作業エリアの外部放射線に係わる線量率（2022年8月）

福島第一 原子力発電所	図面名称: 集中環境施設 雑固体廃棄物減容処理建屋 1階	[ 単位: mSv/h ]
-------------	------------------------------	---------------

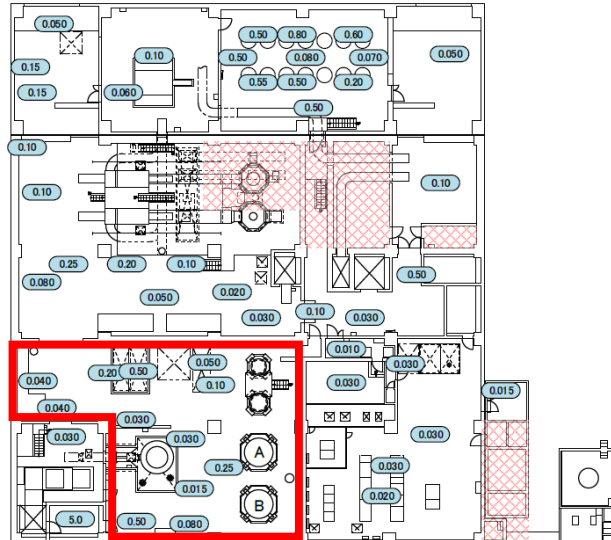


図 2.12.1-2 ゼオライト土嚢等処理設備設置の設置工事の作業エリアの外部放射線に係わる線量率（高温焼却炉建屋 2022 年 8 月）

表 2.12.1-1 ゼオライト土嚢等処理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
ゼオライト土嚢等・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"> <li>機器の設置 (ゼオライト保管容器・補給水タンク・補給水ポンプ・ゼオライト垂直移送ポンプ・地下階作業用機器・配管等)</li> </ul>
遠隔操作室の設置作業	Gゾーン	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔操作室設置 (制御監視装置等)</li> </ul>

ゼオライト土嚢等処理設備の運用時における  
被ばく線量管理に関する補足説明

ゼオライト土嚢等処理設備設置の運用中は、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋内で現場作業が行われるが、何れのエリアにおいても、ゼオライト土嚢等を移送する作業時にはエリアの線量率の上昇が見込まれる。そのため、放射線業務従事者が過度に被ばくすることがないように、作業者が近づく前に配管の淡水洗浄を実施する等、高線量となる箇所への近接作業は実施しない作業手順とする等、被ばく線量低減に努める（図 2.12.1-1～8 参照）。

○ 作業手順と想定被ばく線量について

・作業エリア

- ① 作業用 ROV 投入口近傍
- ② ゼオライト保管容器近傍
- ③ 回収設備作業エリア外（建屋内）
- ④ 保管容器搬出口近傍（建屋外）
- ⑤ 遠隔操作室

・エリア区分（凡例）

- ：現場作業可能エリア
- ：入域規制エリア

1. 容器封入作業用 ROV の投入

- ① 作業用 ROV 投入口近傍

$$0.5\text{mSv/h} \times 1\text{hr} \times 14\text{人} \rightarrow 7\text{mSv} \cdot \text{人}$$

- ⑤ 遠隔操作室

$$1\mu\text{Sv/h} \times 1\text{hr} \times 14\text{人} \rightarrow 0.014\text{mSv} \cdot \text{人}$$

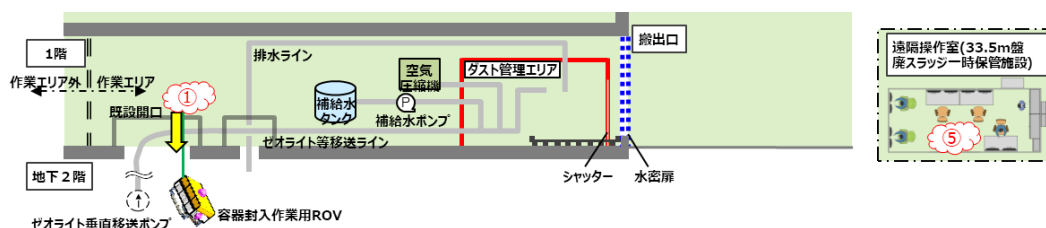


図 2.12.2-1 地上階での作業状況(1/8)

2. ゼオライト保管容器の搬入

② ゼオライト保管容器近傍

$$0.1\text{mSv/h} \times 2\text{hr} \times 10\text{人} \rightarrow 2\text{mSv} \cdot \text{人}$$

③ 回収設備作業エリア外(建屋内)

$$0.03\text{mSv/h} \times 0.5\text{hr} \times 10\text{人} \rightarrow 0.15\text{mSv} \cdot \text{人}$$

④ 保管容器搬出口近傍(建屋外)

$$0.015\text{mSv/h} \times 0.5\text{hr} \times 10\text{人} \rightarrow 0.075\text{mSv} \cdot \text{人}$$

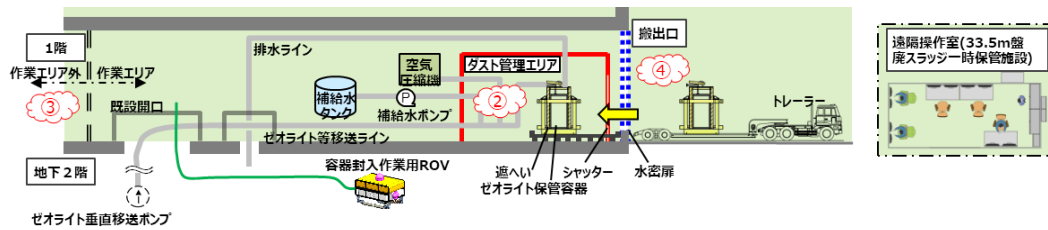


図 2.12.2-2 地上階での作業状況(2/8)

3. ゼオライト保管容器へゼオライト等と建屋滞留水の移送, 及び建屋滞留水の排水

① 作業用 ROV 投入口近傍

$$0.5\text{mSv/h (移送前準備)} \times 2\text{hr} \times 2\text{人} \rightarrow 2\text{mSv} \cdot \text{人}$$

⑤ 遠隔操作室

$$1\mu\text{Sv/h} \times 11\text{hr} \times 2\text{人} \rightarrow 0.022\text{mSv} \cdot \text{人}$$

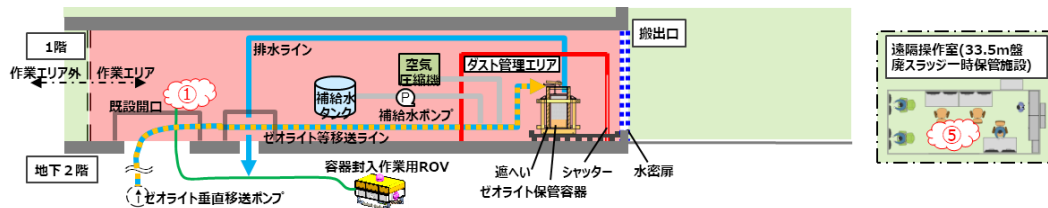


図 2.12.2-3 地上階での作業状況(3/8)

4. ゼオライト保管容器への回収完了及び補給水による配管フラッシング

⑤ 遠隔操作室

$$1 \mu \text{ Sv/h} \times 3\text{hr} \times 2 \text{人} \rightarrow 0.006 \text{ mSv} \cdot \text{人}$$

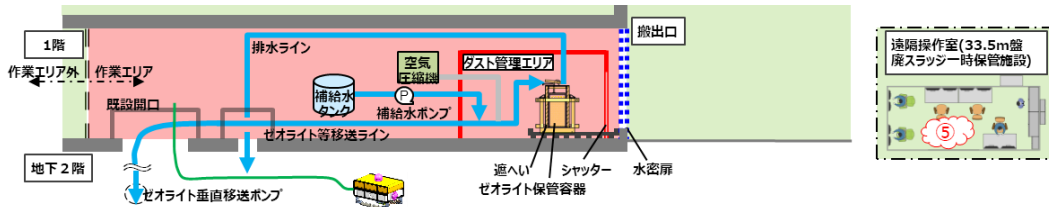


図 2.12.2-4 地上階での作業状況 (4/8)

5. ゼオライト等の脱塩 (補給水によるゼオライト等の洗浄)

⑤ 遠隔操作室

$$1 \mu \text{ Sv/h} \times 9\text{hr} \times 2 \text{人} \rightarrow 0.018 \text{ mSv} \cdot \text{人}$$

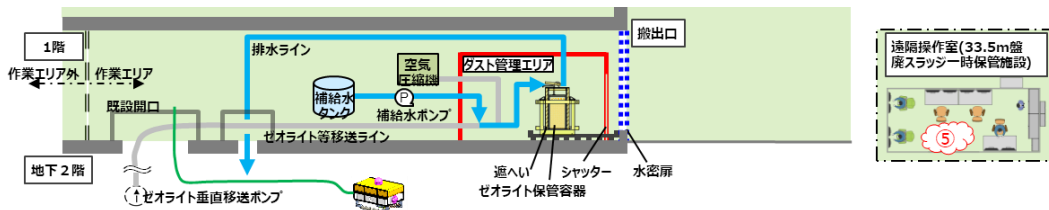


図 2.12.2-5 地上階での作業状況 (5/8)

6. ゼオライト等の脱水 (圧縮空気によるゼオライト等の脱水)

⑤ 遠隔操作室

$$1 \mu \text{ Sv/h} \times 26\text{hr} \times 2 \text{人} \rightarrow 0.052 \text{ mSv} \cdot \text{人}$$

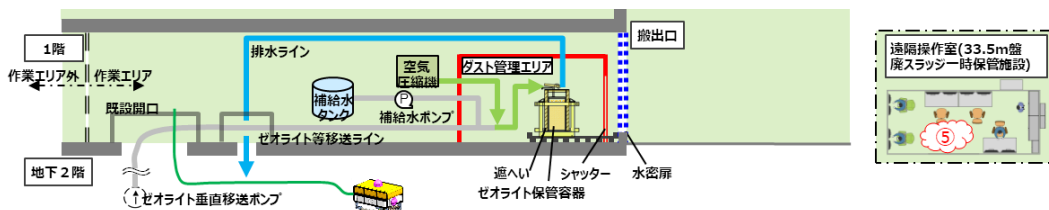


図 2.12.2-6 地上階での作業状況 (6/8)



7. 容器封入作業用 ROV の引き上げ

- ① 作業用 ROV 投入口近傍  
 $0.5\text{mSv/h} \times 1.5\text{hr} \times 14\text{人} \rightarrow 10.5\text{mSv} \cdot \text{人}$
- ⑤ 遠隔操作室  
 $1\mu\text{Sv/h} \times 1.5\text{hr} \times 14\text{人} \rightarrow 0.021\text{mSv} \cdot \text{人}$

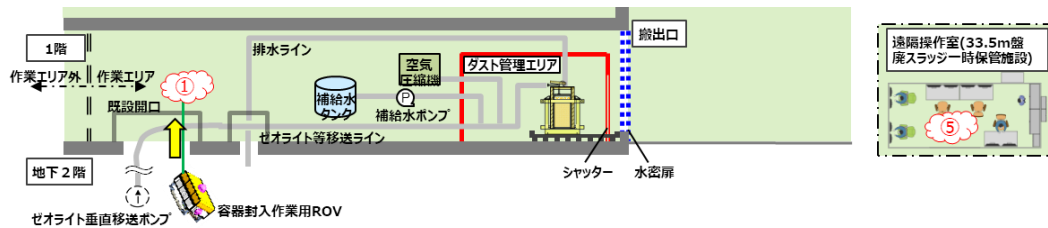


図 2.12.2-7 地上階での作業状況(7/8)

8. ゼオライト保管容器の搬出

- ② ゼオライト保管容器近傍  
 $1\text{mSv/h} \times 2\text{hr} \times 10\text{人} \rightarrow 20\text{mSv} \cdot \text{人}$
- ③ 回収設備作業エリア外(建屋内)  
 $0.03\text{mSv/h} \times 1\text{hr} \times 10\text{人} \rightarrow 0.3\text{mSv} \cdot \text{人}$
- ④ 保管容器搬出口近傍(建屋外)  
 $1\text{mSv/h} \times 1\text{hr} \times 10\text{人} \rightarrow 10\text{mSv} \cdot \text{人}$

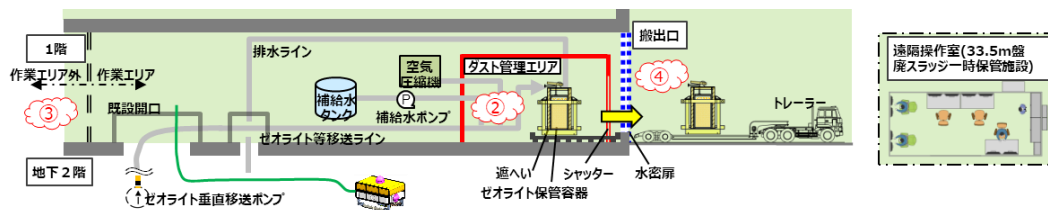


図 2.12.2-8 地上階での作業状況(8/8)

9. 以降, 手順 1~8 の繰り返し

## 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，ゼオライト土嚢等処理設備においても，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)

(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）*

## ゼオライト土囊等処理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

ゼオライト土囊等処理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、所内の作業者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者に対しては、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。

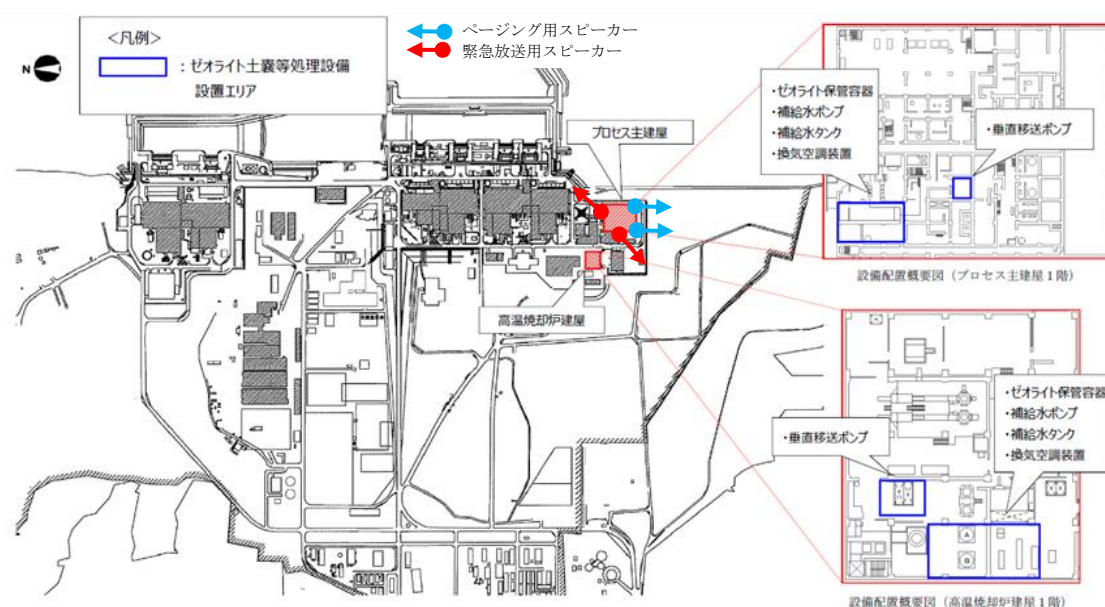


図 2.13.1-1 ゼオライト土囊等処理設備の設置範囲におけるスピーカーのエリア図

## 2. 所外必要箇所への通信連絡について

ゼオライト土囊等処理設備において、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に連絡を実施する。

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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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)

ゼオライト土嚢等処理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)、American Society of Mechanical Engineers (ASME 規格)、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-2-51-1)

ゼオライト土嚢等処理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。また、主要な機器のうちゼオライト保管容器は、「ASME Boiler and Pressure Vessel Code(Sec VIII)」に準拠する。ゼオライト土嚢等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。

具体的な規格及び基準は以下のとおり。

- ・ JIS G 3454 圧力配管用炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 3457 配管用アーク溶接炭素鋼鋼管
- ・ JIS G 3459 配管用ステンレス鋼鋼管
- ・ JIS G 3468 配管用溶接大径ステンレス鋼鋼管
- ・ JWWA K 144 水道配水用ポリエチレン管
- ・ JIS A 8604 工事用水中ポンプ
- ・ JIS G 4304 : 熱間圧延ステンレス鋼板 (タンクの胴板、底板)
- ・ JIS G 3101 : 一般構造用圧延鋼材
- ・ JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
- ・ JIS G 4305 冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
- ・ JIS G 5121 ステンレス鋼鋳鋼品
- ・ JIS G 4303 ステンレス鋼棒

- ・ JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材
  - ・ JIS C 4210 一般用低圧三相かご形誘導電動機
  - ・ JEC-2137 誘導機
  - ・ JIS B 1178 基礎ボルト
  - ・ JIS B 2220 鋼製管フランジ
  - ・ JIS K6331;送水用ゴムホース (ウォーターホース)
  - ・ ASME BPVC Sec.VIII
  - ・ ASME BPVC Sec.II Part A (SA-240, SA-312)
- (実施計画 : II-2-51-添 2-2~3)

## (2) ゼオライト土嚢等処理設備の構造強度評価

ゼオライト土嚢等処理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，ゼオライト土嚢等および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，伸縮継手については，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，ゼオライト土嚢等処理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。

*（実施計画：II-2-51-添4-1）*

## ゼオライト土嚢等処理設備の系統・機器の概要

ゼオライト土嚢等処理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

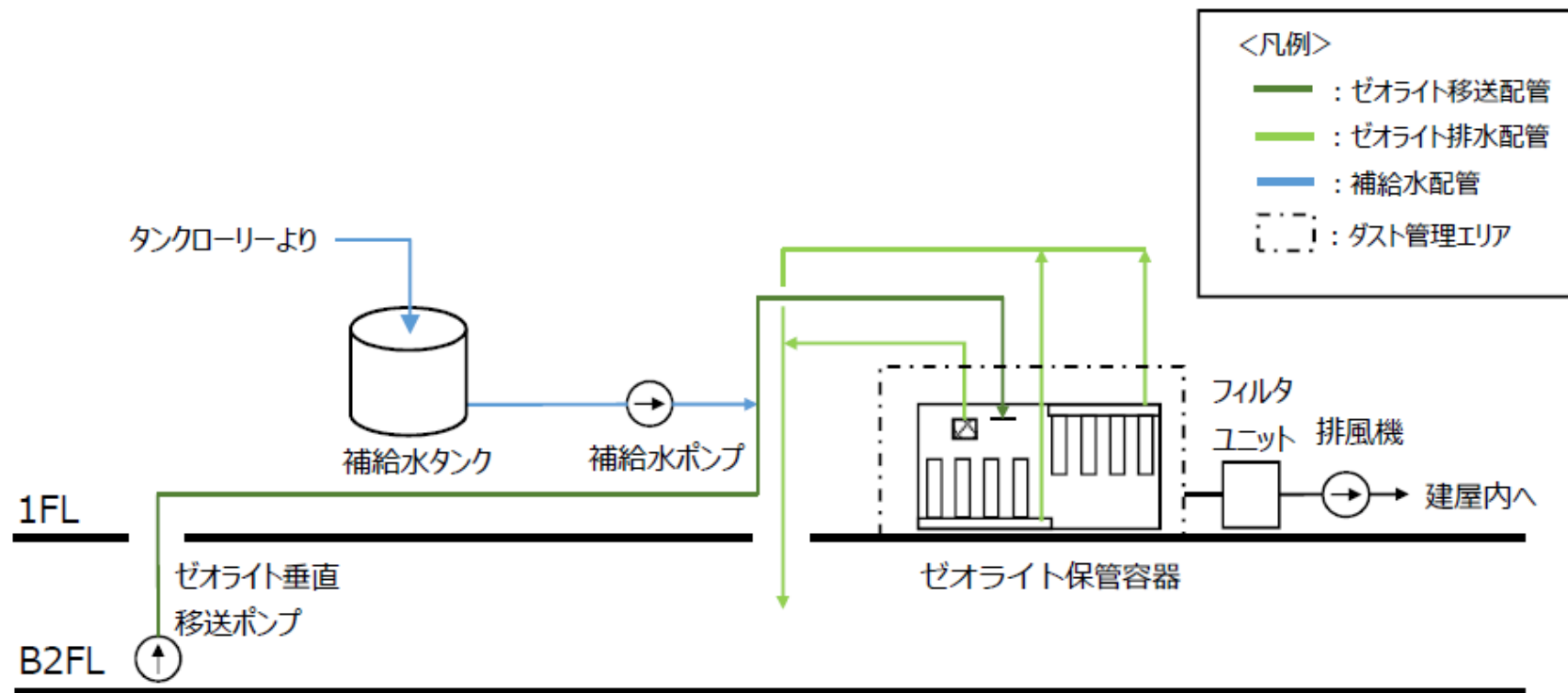


図 2.14.1-1 ゼオライト土囊等処理設備の全体概要図 (1 / 2)

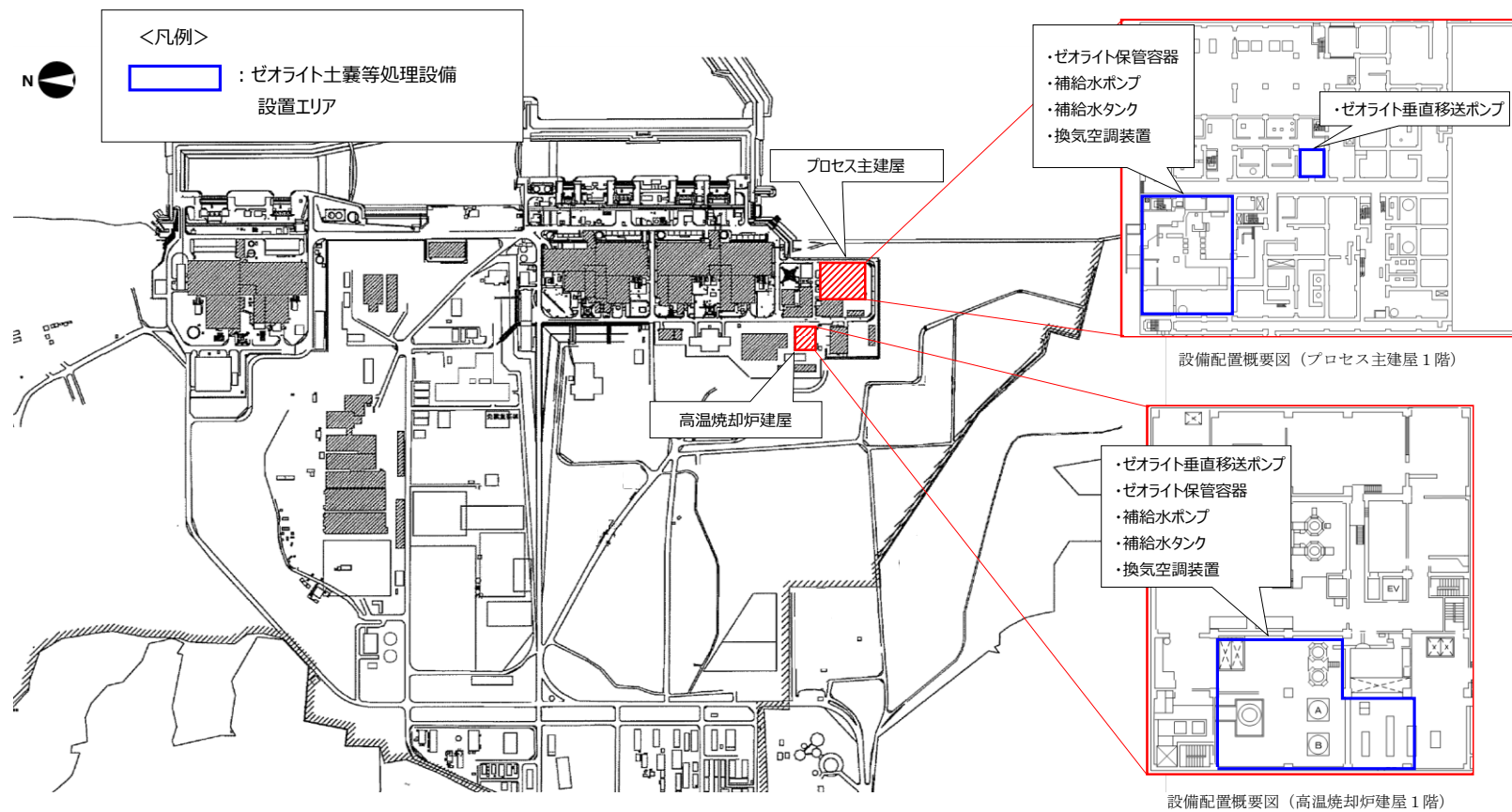


図 2.14.1-1 ゼオライト土囊等処理設備の全体概要図 (2 / 2)



2. 主要機器概略

2.1 ゼオライト土嚢等処理設備の主要仕様

2.1.1 ゼオライト土嚢等処理設備（プロセス主建屋）

(1) ポンプ

a. ゼオライト垂直移送ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	13m <sup>3</sup> /h

b. 補給水ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	20 m <sup>3</sup> /h

(2) ゼオライト保管容器

名称		ゼオライト保管容器	
種類		たて置円筒形	
容量	m <sup>3</sup> /基	2.88	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	100	
主要寸法	胴内径	mm	1244.6
	胴板厚さ	mm	12.7
	上部平板厚さ	mm	88.9
	下部平板厚さ	mm	88.9
	高さ	mm	3106.9
材料	胴板	-	ASME SA240 Type 316L
	上部平板	-	ASME SA240 Type 316L
	下部平板	-	ASME SA240 Type 316L
基数	基	1	

(3) 補給水タンク

名称		補給水タンク	
種類		たて置円筒形	
容量	m <sup>3</sup>	7	
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	2500
	胴板厚さ	mm	9.0
	底板厚さ	mm	12.0
	高さ	mm	1821
材料	胴板	-	SUS304
	底板	-	SUS304
基数		基	1

(4) 換気空調装置

a. 排風機 (完成品)

台数	2台
容量	3,500 m <sup>3</sup> /h (1台あたり)

b. フィルタユニット (完成品)

台数	1台
容量	3,500 m <sup>3</sup> /h

(5) 主配管

a. ゼオライト移送配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト垂直移送ポンプから ゼオライト保管容器まで (耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	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	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

b. ゼオライト排水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト保管容器からプロセ ス主建屋地下階まで (耐圧ホース)	呼び径	40A 相当 50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	40A/Sch80 50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

c. 補給水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
補給水タンク入口弁から補給水タンクまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 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	80A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
補給水タンクから補給水ポンプまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 静水頭 40℃
補給水ポンプからゼオライト移送配管分岐部まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch80 80A/Sch40 STPT410 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	50A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃

2.1.2 ゼオライト土嚢等処理設備（高温焼却炉建屋）

(1) ポンプ

a. ゼオライト垂直移送ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	13m <sup>3</sup> /h

b. 補給水ポンプ（完成品）

台数	1台
容量	20m <sup>3</sup> /h

(2) ゼオライト保管容器

名称		ゼオライト保管容器	
種類		たて置円筒形	
容量	m <sup>3</sup> /基	2.88	
最高使用圧力	MPa	0.98	
最高使用温度	℃	100	
主要寸法	胴内径	mm	1244.6
	胴板厚さ	mm	12.7
	上部平板厚さ	mm	88.9
	下部平板厚さ	mm	88.9
	高さ	mm	3106.9
材料	胴板	-	ASME SA240 Type 316L
	上部平板	-	ASME SA240 Type 316L
	下部平板	-	ASME SA240 Type 316L
基数	基	1	

(3) 補給水タンク

名称		補給水タンク	
種類		たて置円筒形	
容量	m <sup>3</sup>	7	
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	2500
	胴板厚さ	mm	9.0
	底板厚さ	mm	12.0
	平板厚さ	mm	6.0
	高さ	mm	1821
材料	胴板	-	SUS304
	底板	-	SUS304
基数		基	1

(4) 換気空調装置

a. 排風機 (完成品)

台 数                    2 台  
容 量                    3,500m<sup>3</sup>/h (1 台あたり)

b. フィルタユニット (完成品)

台 数                    1 台  
容 量                    3,500m<sup>3</sup>/h

(5) 主配管

a. ゼオライト移送配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト垂直移送ポンプから ゼオライト保管容器まで (耐圧ホース)	呼び径	50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	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	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

b. ゼオライト排水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
ゼオライト保管容器から高温焼 却炉建屋地下階まで (耐圧ホース)	呼び径	40A 相当 50A 相当
	材質	EPDM 合成ゴム
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃
(鋼管)	呼び径/厚さ	40A/Sch80 50A/Sch80
	材質	STPT410
	最高使用圧力	0.98MPa
	最高使用温度	40℃

c. 補給水配管

主要配管仕様

名称	仕様	
補給水タンク入口弁から補給水タンクまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 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	80A 相当 ポリエチレン 静水頭 40℃
補給水タンクから補給水ポンプまで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch40 STPT410 静水頭 40℃
補給水ポンプからゼオライト移送配管分岐部まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch80 80A/Sch40 STPT410 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	50A 相当 ポリエチレン 0.98MPa 40℃



## ゼオライト土嚢等処理設備の構造強度評価について

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する設備について、構造強度評価の基本方針に基づき、構造強度の評価を行う。

## 1. 強度評価の基本方針

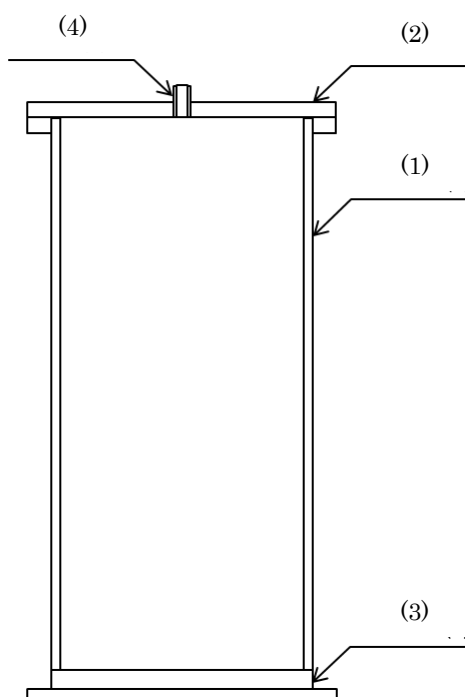
ゼオライト土嚢等処理設備のうち、ゼオライト土嚢等又はR0処理水を内包する容器及び配管については、「JSME S NC1-2005/2007 追補版 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス3機器に準拠して評価を行う。

## 2. 強度評価の方法・結果

## 2.1 ゼオライト保管容器

## 2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－１に示す。



図中の番号は、2.1.2, 2.1.3の番号に対応する。

図－１ ゼオライト保管容器概要図

## 2.1.2 評価方法

### (1) 胴板の評価

胴板の必要厚さは、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： $t_1$

胴板の最小厚さは、1.5mm とする。

b. 計算上必要な最小厚さ： $t_2$

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

$t_2$  : 必要厚さ (mm)

$P$  : 最高使用圧力 (MPa)

$D_i$  : 胴の内径 (mm)

$S$  : 許容引張応力 (MPa)

$\eta$  : 継手効率 (-)

### (2) 上部平板の評価

上部平板の必要厚さは、次に掲げる値とする。

計算上必要な最小厚さ： $t$

$$t = d \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

$t$  : 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)

### (3) 下部平板の評価

下部平板の必要厚さは、次に掲げる値とする。

計算上必要な最小厚さ： $t$

$$t = d \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

$t$  : 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)

(4) 管台の厚さの評価

管台の必要厚さは、次に掲げる値とする。

計算上必要な厚さ： $t$

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

- $t$  : 必要厚さ (mm)
- $D_o$  : 管台の外径 (mm)
- $S$  : 許容引張応力 (MPa)
- $\eta$  : 継手効率 (-)
- $P$  : 最高使用圧力 (MPa)

(5) 補強を必要としない穴の最大径の評価

平板の穴の径が  $d$  の値の 1/2 以下のため、補強を必要としない。

2.1.3 評価結果

評価結果を表-1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。

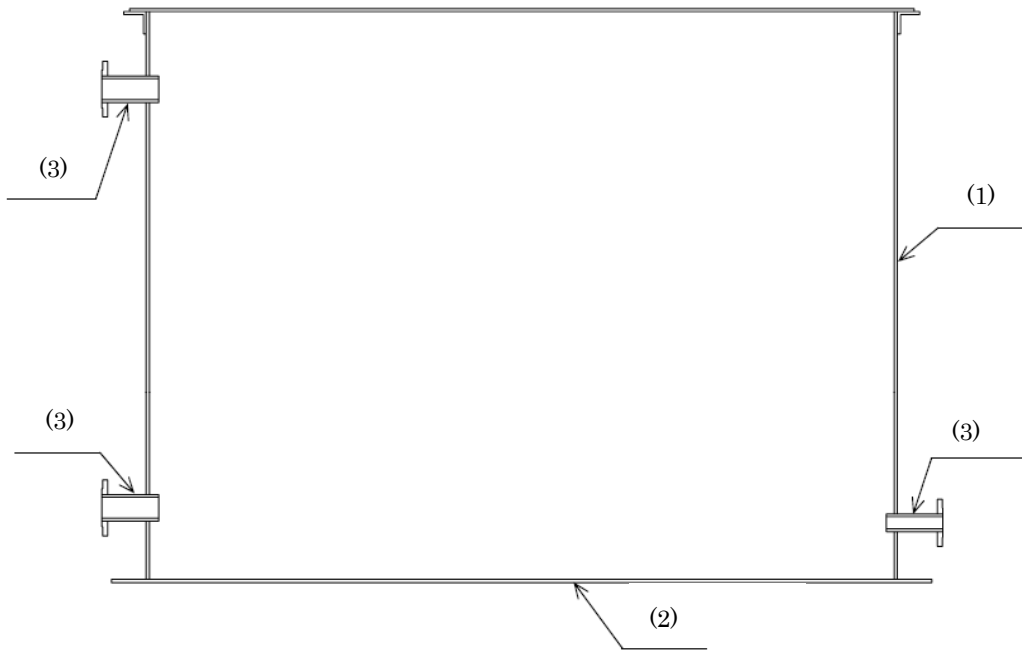
表-1 ゼオライト保管容器の評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
ゼオライト 保管容器	(1) 胴の厚さ	7.63	11.70
	(2) 上部平板の厚さ	73.83	87.90
	(3) 下部平板の厚さ	66.00	87.90
	(4) 管台の厚さ (N1 入口)	0.26	3.42
	(4) 管台の厚さ (N2 上部フィルタ出口)	0.21	3.22
	(4) 管台の厚さ (N3 下部フィルタ出口)	0.21	3.22
	(4) 管台の厚さ (N4 ベント)	0.14	2.96
	(4) 管台の厚さ (N5 液位計)	0.26	3.42
	(4) 管台の厚さ (N6 液位計)	0.26	3.42

## 2.2 補給水タンク

### 2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



図中の番号は、2.2.2、2.2.3の番号に対応する。

図-2 補給水タンク概要図

### 2.2.2 評価方法

#### (1) 胴板の評価

胴板の必要厚さは、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： $t_1$

胴板の最小厚さは、1.5mmとする。

b. 計算上必要な最小厚さ： $t_2$

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_2$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 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) 底板の評価

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 (PVD-3010 クラス 3 容器より)。

(3) 管台の厚さの評価

管台の必要厚さは、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 (mm) :  $t_1$

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。

b. 計算上必要な最小厚さ :  $t_2$

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

$t_2$  : 必要厚さ (mm)

$D_i$  : 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(-)

(4) 補強を必要としない穴の最大径の評価

胴板の穴の径が 85mm 以下のため、補強を必要としない。

2.2.3 評価結果

評価結果を表-3, 4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。

表-3 補給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)
補給水 タンク	(1) 胴の厚さ	1.50	6.56
	(2) 底板の厚さ	3.00	9.60
	(3) 管台の厚さ (補給水出口)	3.50	4.01
	(3) 管台の厚さ (ドレン)	2.40	2.60
	(3) 管台の厚さ (オーバーフロー)	3.50	4.01

表－４ 補給水タンクの評価結果（胴の穴の補強計算要否確認）

機器名称	評価項目	補強の計算を要しない 穴の最大径(mm)	穴の径 (mm)
補給水 タンク	(4) 胴（補給水出口管台）	85	81.08
	(4) 胴（ドレン管台）	85	55.30
	(4) 胴（オーバーフロー管台）	85	81.08

2.3 主配管（鋼管）

2.3.1

強度評価箇所を図-3～図-6に示す。

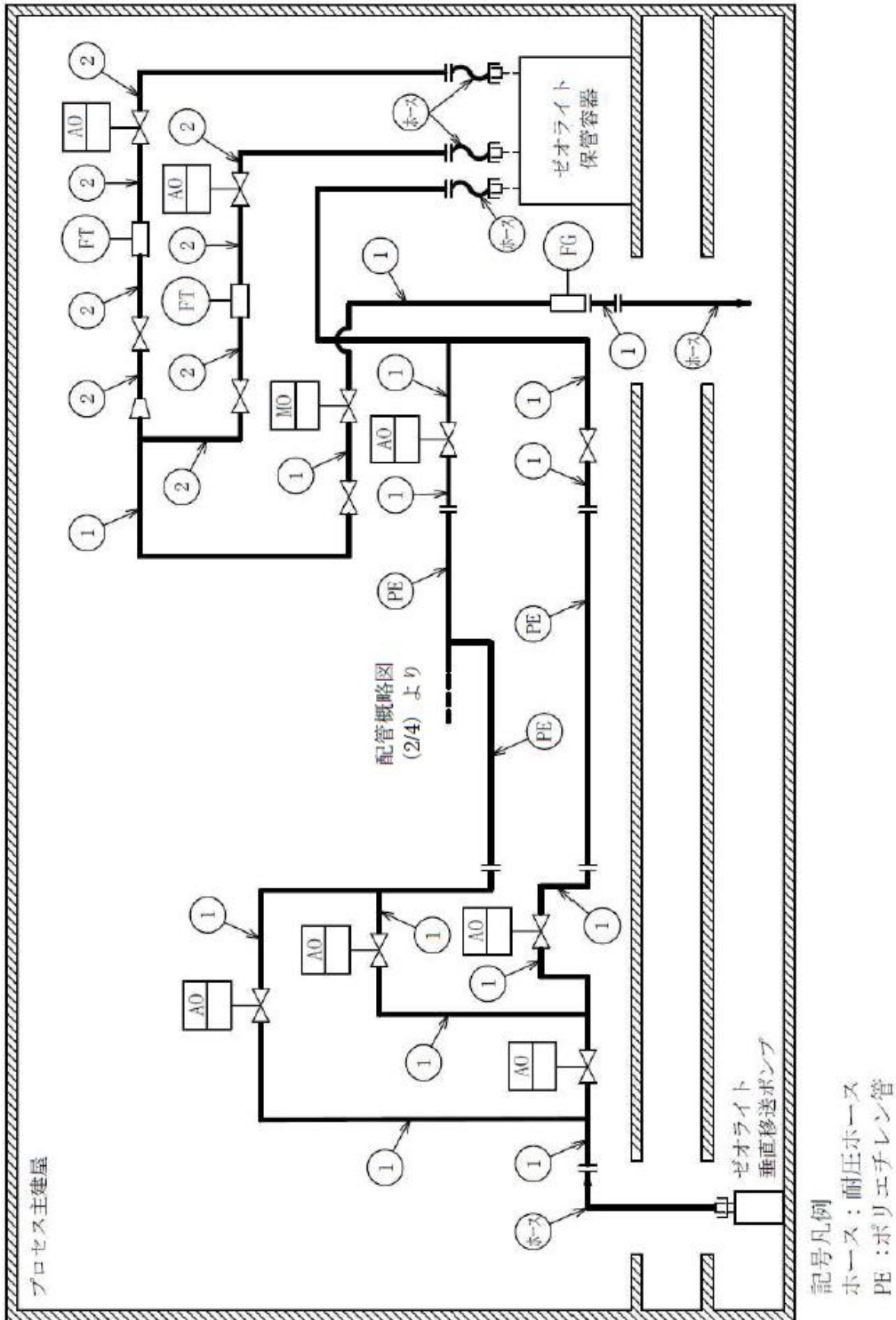
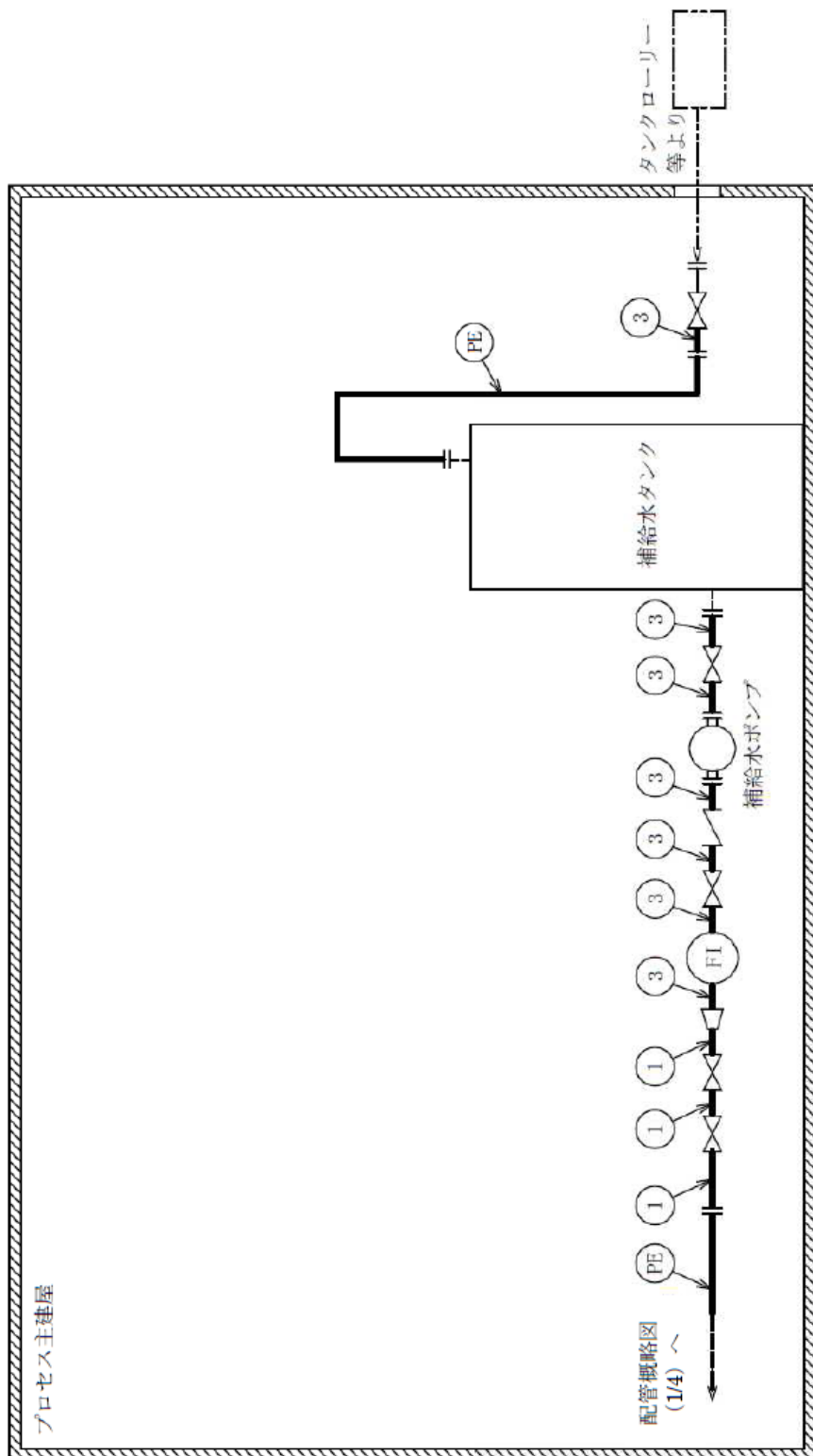


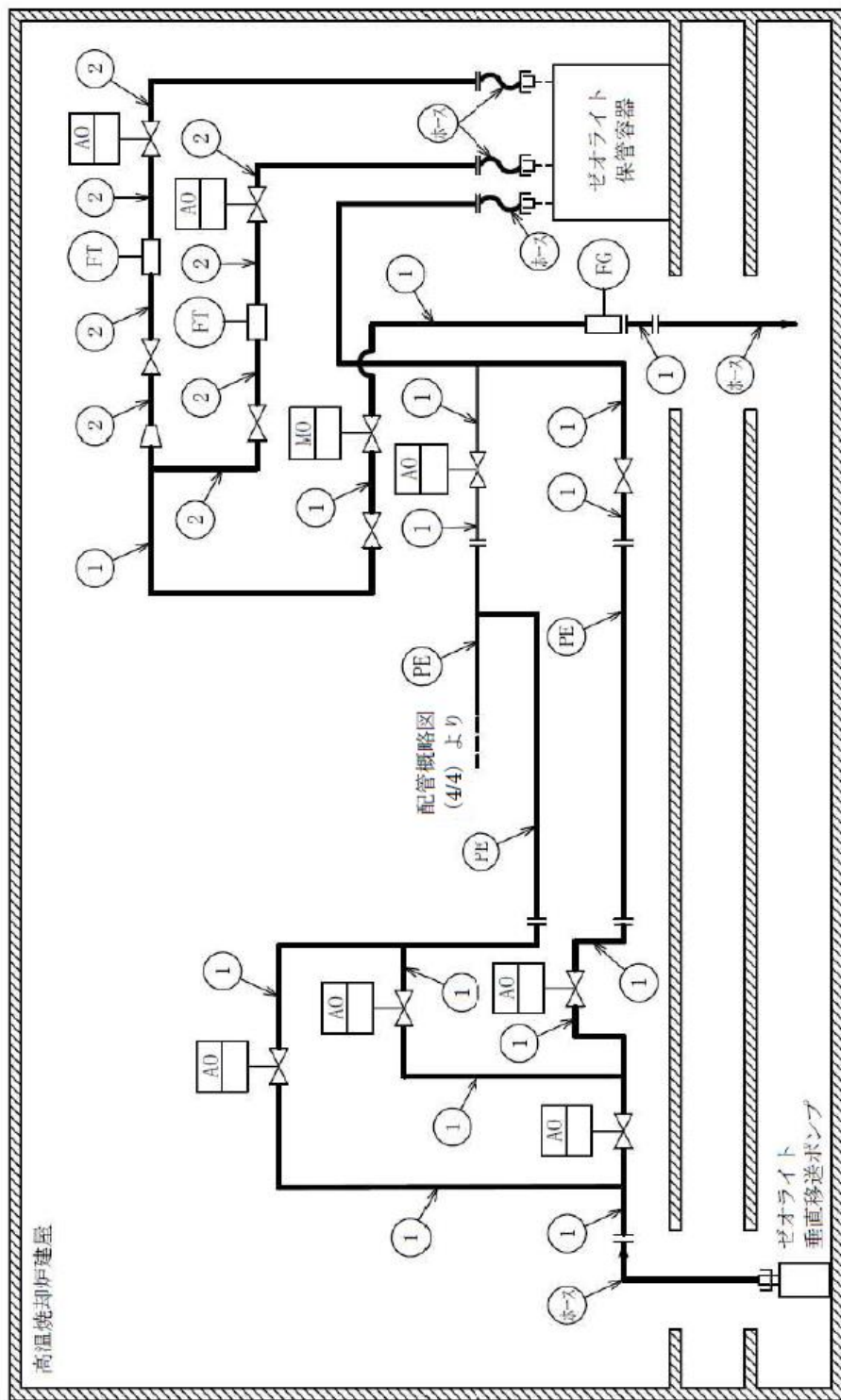
図-3 配管概略図 (1/4)  
(主配管 (プロセス主建屋))



記号凡例  
PE : ポリエチレン管

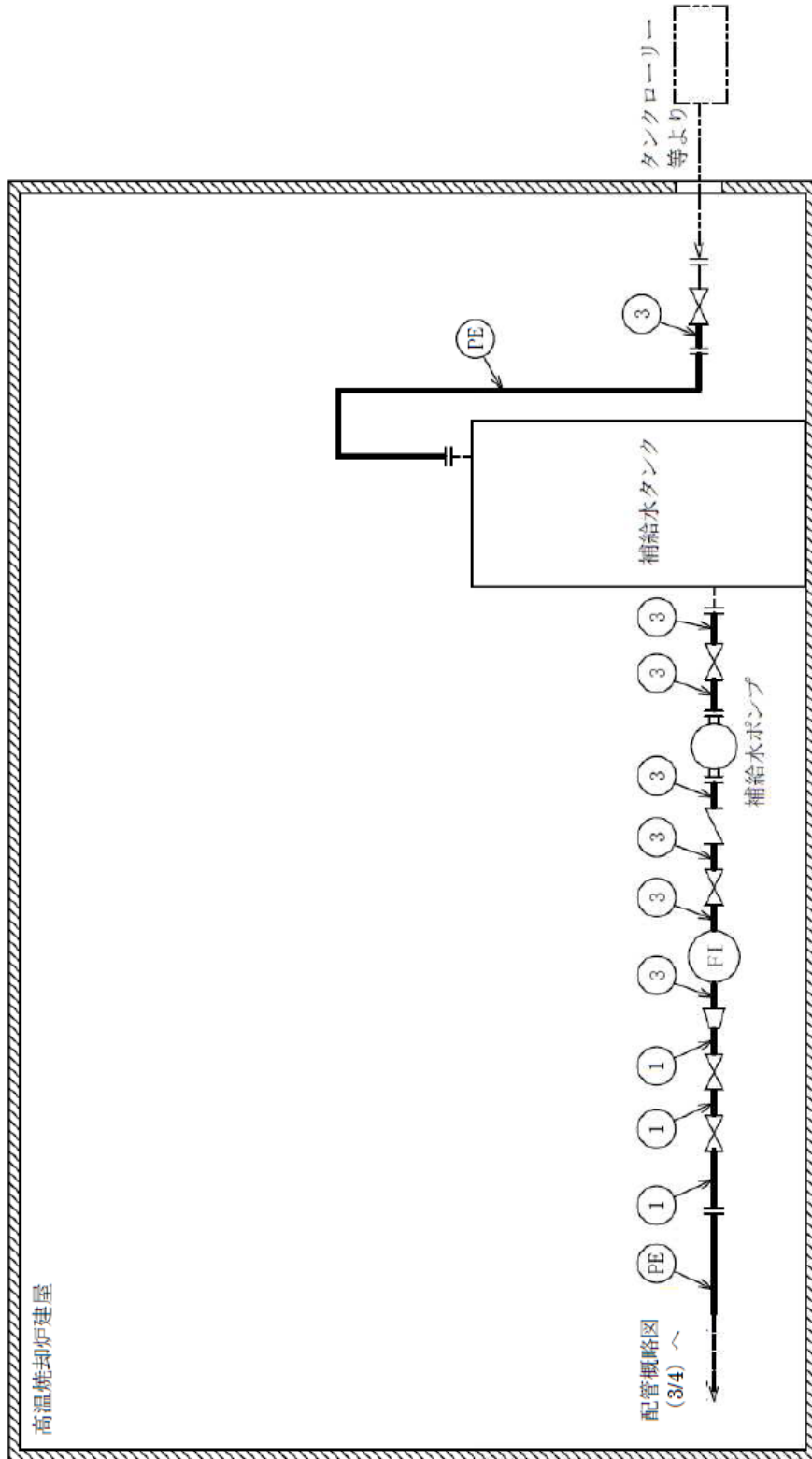
図-4 配管概略図 (2/4)  
(主配管 (プロセス主建屋))





記号凡例  
 ホース：耐圧ホース  
 PE：ポリエチレン管

図-5 配管概略図 (3/4)  
 (主配管 (高温焼却炉建屋))



記号凡例  
 PE：ポリエチレン管

図-6 配管概略図 (4 / 4)  
 (主配管 (高温焼却炉建屋))

### 2.3.2 評価方法

鋼管の最小厚さが設計・建設規格 PPD-3411 式(PPD-1.3)又は設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 によって求められる必要厚さを満足することを確認する。

管の必要厚さは次に掲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

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

- $t$  : 管の計算上の必要な厚さ (mm)  
 $P$  : 最高使用圧力 (MPa)  
 $D_0$  : 管の外径 (mm)  
 $S$  : 許容引張応力 (MPa)  
 $\eta$  : 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 (mm) : $t_r$

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

### 2.3.3 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（鋼管）の構造強度評価結果

No.	外径 (mm)	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)
①	60.50	STPT410	0.98	40	2.40	4.81
②	48.60	STPT410	0.98	40	2.20	4.46
③	89.10	STPT410	0.98	40	3.00	4.81

以上

## ゼオライト土嚢等処理設備の耐震重要度と機器クラスについて

ゼオライト土嚢等処理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、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 ゼオライト土嚢等処理設備の耐震重要度と機器クラス

機器	耐震重要度分類	機器クラス
ゼオライト保管容器	B	クラス 3
配管	B	クラス 3
ゼオライト垂直移送ポンプ	B	—※1
補給水タンク	B	クラス 3
補給水ポンプ	B	—※1
空調設備（排風機・フィルタユニット）	C	—
ハウス	C	—

※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。

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

ゼオライト土嚢等処理設備では、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。

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

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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 自然現象に対するゼオライト土嚢等処理設備の設計上の考慮

##### 2.14.2.2.2.1 地震に対するゼオライト土嚢等処理設備の設計上の考慮

ゼオライト土嚢等処理設備を構成する構築物、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。

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-2-50-3）*

#### (1) 耐震性の基本方針

ゼオライト土嚢等処理設備は、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 1/2Sd225 弾性範囲（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（JEAC4601）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、ゼオライト土嚢等処理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。

*（実施計画：II-2-51-添 3-1～7）*

#### (2) ゼオライト土嚢等処理設備の影響緩和対策について

ゼオライト土嚢等処理設備は、建屋内に設置し、地震によりゼオライト土嚢等および建屋滞留水が漏えいするおそれがある場合又は漏えいした場合を想定した対策を講じ、漏えいの拡大による敷地外への影響を防止又は緩和する。

#### 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

ゼオライト土嚢等処理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-2-51-添2)

##### a. 津波

ゼオライト土嚢等処理設備は、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、設置する建屋壁面に開口するゼオライト保管容器の搬出入口に水密扉を設置する。

##### b. 豪雨

ゼオライト土嚢等処理設備は、豪雨による影響を受けにくい建屋内に設置する。

##### c. 積雪

ゼオライト土嚢等処理設備は、積雪による影響を受けにくい建屋内に設置する。

##### d. 落雷

ゼオライト土嚢等処理設備は、保安器やケーブルシールド等の設置により、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）

ゼオライト土嚢等処理設備は、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、ゼオライト土嚢等処理設備の停止・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

ゼオライト土嚢等処理設備は、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が、扉近傍等で外気の影響が懸念される機器には、保温材等を取付ける。

##### h. 紫外線

ポリエチレン管は、建屋内に設置することから、紫外線による劣化が無いものと考えられる。

##### i. 高温

ゼオライト土嚢等処理設備において、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。また、中心温度が高くなる可能性のあるゼオライト保管容器において、金属材料に有意な特性変化は生じる温度には達しない。

j. 生物学的事象

ゼオライト土嚢等処理設備は、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。

k. その他

ゼオライト土嚢等処理設備は、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遠隔操作室から設備を停止できる設計とする。

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、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、漏えいしたゼオライト土嚢等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から、耐震Bクラスと位置付けられる。また、ゼオライト土嚢等処理設備のうち、耐震上の安全機能に関わらない設備については耐震Cクラスと位置付けられる。

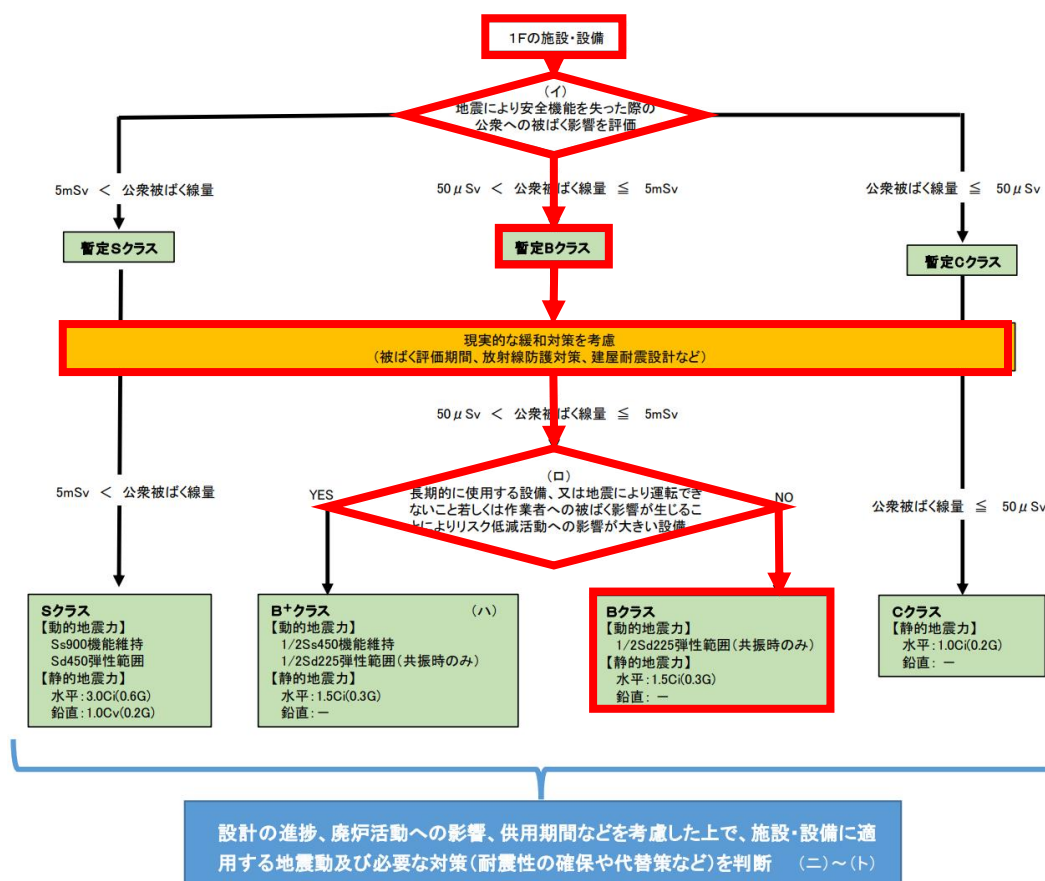


図 2.14.2.1-1 耐震クラス分類と施設・設備の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ

【(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者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 想定条件

ゼオライト土嚢等処理設備は、ゼオライト垂直移送ポンプ、補給水ポンプ、ゼオライト保管容器、補給水タンク、換気空調装置及び配管等により構成されるが、今回想定する条件は、最も取り扱い量の多い、ゼオライト保管容器を対象として評価を行う。

今回想定した事象は、地震によって、ゼオライト保管容器が滑動等により転倒及びゼオライト移送配管が損傷し、当該損傷部（ゼオライト保管容器入口配管）からゼオライトが漏えいすることを想定する。

### 2.2 機能喪失による公衆への放射線影響の程度について

ゼオライト土嚢等処理設備のゼオライト保管容器について、地震により安全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。評価条件については、ゼオライトの分析結果を放射能濃度として設定する（表 2.14.2.1-1）。

表 2.14.2.1-1 ゼオライト保管容器の放射能濃度と放射能物質質量

核種	放射能濃度	量	放射能物質質量
Cs-137	1.4E+8 Bq/g	2.87 m <sup>3</sup> (5.14 t)	7.2E+14 Bq
Cs-134	8.5E+6 Bq/g		4.4E+13 Bq

#### 2.2.1 直接線・スカイシャイン線による被ばく評価

機能喪失した場合の直接線・スカイシャイン線の評価として、地震によってゼオライト保管容器の滑動等により転倒及びゼオライト移送配管等が損傷し、当該損傷部（ゼオライト保管容器入口配管）からゼオライト全てがゼオライト保管容器外に漏えいしたことを想定する。

#### (1) 条件

3 次元モンテカルロ計算コード MCNP を使用して敷地境界線上の直接線・スカイシャイン線の評価する。ゼオライト保管容器が健全な場合、保管容器遮へい体（鉄厚さ 190mm 相当）により遮へいしているが、機能喪失した場合の評価として、ゼオライト保管容器の遮へい体がない評価を実施する。

- ・ 建屋躯体による遮へい効果は考慮しない。
- ・ 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 1.1mSv であることを確認した。

#### 2.2.2 大気中への拡散による被ばく評価

地震によってゼオライト保管容器の滑動等により転倒及びゼオライト移送配管等が損傷し、当該損傷部（ゼオライト保管容器入口配管）からゼオライト全てがゼオライト保管容器外に漏えいし、ゼオライトから放射性物質が拡散したことを想定する。

#### (1) 条件

地震によってゼオライト保管容器の滑動等により転倒及びゼオライト移送配管等が損傷し、当該損傷部（ゼオライト保管容器入口配管）からゼオライト全てがゼオライト保管容器外に漏えいし、ゼオライトから放射性物質が拡散。敷地境界（最寄り評価点）に居住する人が呼吸により摂取した放射性物質による内部被ばくを評価する。なお、ゼオライトを 1 週間以内に回収したと仮定した場合の放射線影響を評価する。

- 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。
- 保守的に全てのゼオライトから飛散をするものとし、地震による倒壊時の飛散率は出典※1 よりスラリー落下時の飛散率  $5 \times 10^{-5}$  [-] とする。また、地震から一定時間後静置した際の飛散率については、スラリー静置時の飛散率  $4 \times 10^{-7}$  [h<sup>-1</sup>] 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。
- クラウドシャイン外部被ばく，グラウンドシャイン外部被ばく，クラウド吸入被ばくを評価する。
- 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 ゼオライト保管容器の放射能濃度と放射能物質

	項目	単位	数値	注記	
MAR	設備全体が保有する放射性物質	Cs-137	Bq	7.2E+14	
		Cs-134	Bq	4.4E+13	
		Sr-90	Bq	5.7E+13	
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 ゼオライトは砂状であるが、保守的に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	8.44E+10	設備全体が保有する核種毎の放射性物質×総放出割合
		Cs-134	Bq	5.16E+09	
		Sr-90	Bq	6.68E+09	

※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

（実際にはゼオライト等は濡れた砂状の物質であるが、保守的により粒子径が細かいスラリーの飛散率を使用）

(2) 結果

最寄りの線量評価点（No. 7）における気中移行による被ばく量は0.1mSvとなった。



### 2.2.3 現実的な緩和策を考慮した被ばく評価

現実的な評価条件として、設備全体の最大放射性物質質量となる以下の状態にて評価を行う。

- ・ ゼオライト保管容器からの漏出は、容器が横倒しになる場合を想定。保管容器上面中央にある、入口部から保管容器内の半量が漏出したと仮定する。

ゼオライト保管容器：半容量分

ゼオライト移送配管：0（ゼオライト移送／脱塩／脱水後フラッシングを行うため）

- ・ 今後、8.5m 盤と 33.5m 盤の間のり面の遮蔽効果を含める予定であり、上記暫定値より評価値は低下する見込み。
- ・ PMB・HTI 建屋は既設の B クラス建屋であるが、Ss900 での耐震性について評価し、建屋による遮へい・閉じ込め機能を考慮することを検討中。

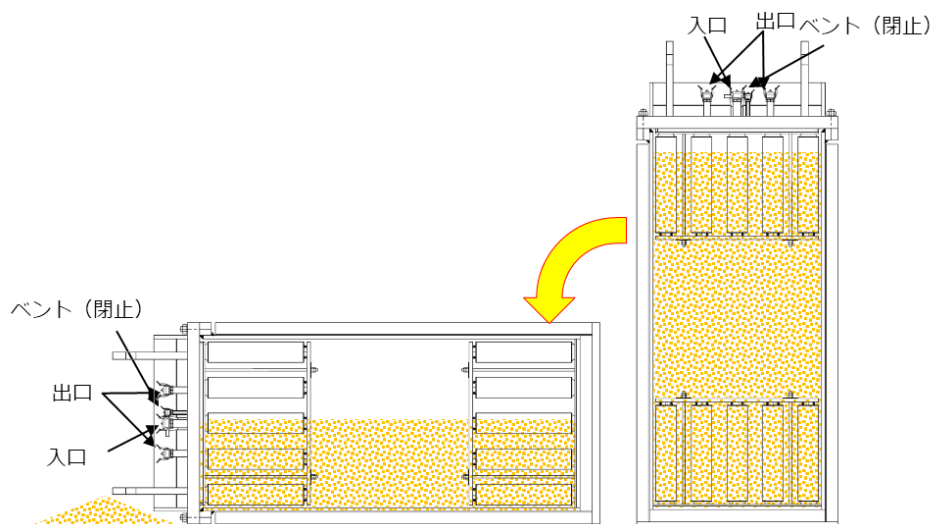


図 2.14.2.1-3 現実的な評価条件（保管容器内の半量が漏出）

### 2.2.4 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：1.1mSv（暫定値）
- ・ 大気拡散による被ばく線量：0.1mSv（暫定値）
- ・ 公衆被ばく線量（上記合計）：1.2mSv（暫定値）

➤  $50 \mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$

耐震クラス分類は、『暫定 B クラス』

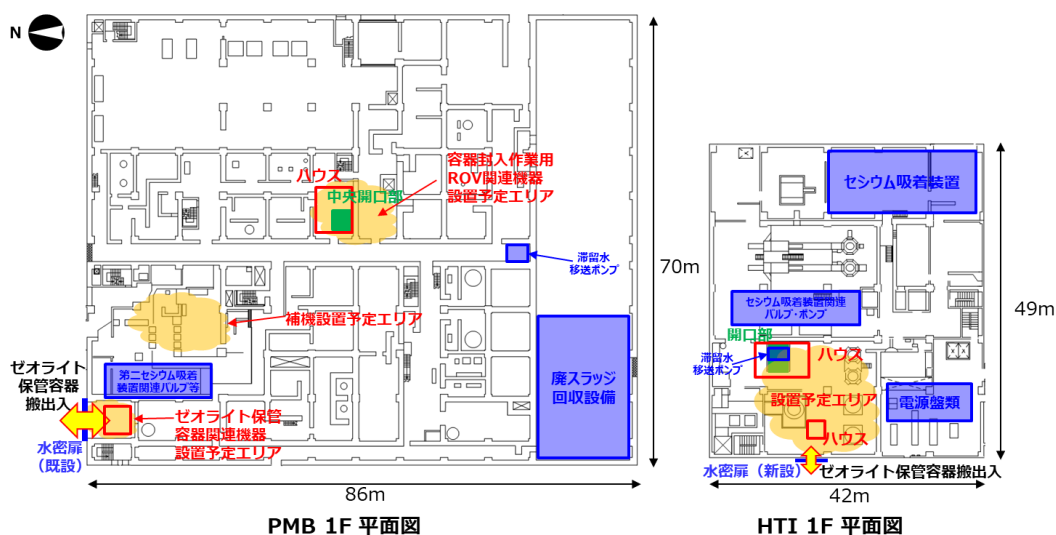
○ 現実的な評価（現実的な緩和対策を考慮）

現実的な緩和対策を考慮し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。（現時点はゼオライト保管容器からの漏えい量のみ考慮）

- ・ 直接・スカイシャイン線量：0.5mSv（暫定値）
  - ・ 大気拡散による被ばく線量：0.05mSv（暫定値）
  - ・ 公衆被ばく線量（上記合計）：0.55mSv（暫定値）
- $50 \mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$

○ 当該設備の供用期間とリスク低減活動への影響

『短期的』（各建屋半年，合計1年程度）に使用することを見込んでいる。  
地震により運転できないこと，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は小さく，廃炉作業に大きな影響はない。



設置する設備の周辺には以下の機器が存在

PMB：第二セシウム吸着装置関連バルブ等

HTI：滞留水移送ポンプ・セシウム吸着装置関連バルブ・ポンプ・電源盤類

上記については，通常の運転時は人が立ち入ることは基本的になく，切り替え操作時等（約数ヶ月毎）のみ操作を行う。

- 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。

### 2.3 機動的対応等

ゼオライト土嚢等処理設備において、地震の影響により安全機能を喪失するような事象が発生した場合には、以下のような対策を実施し、7日以内で事象を収束させる計画。

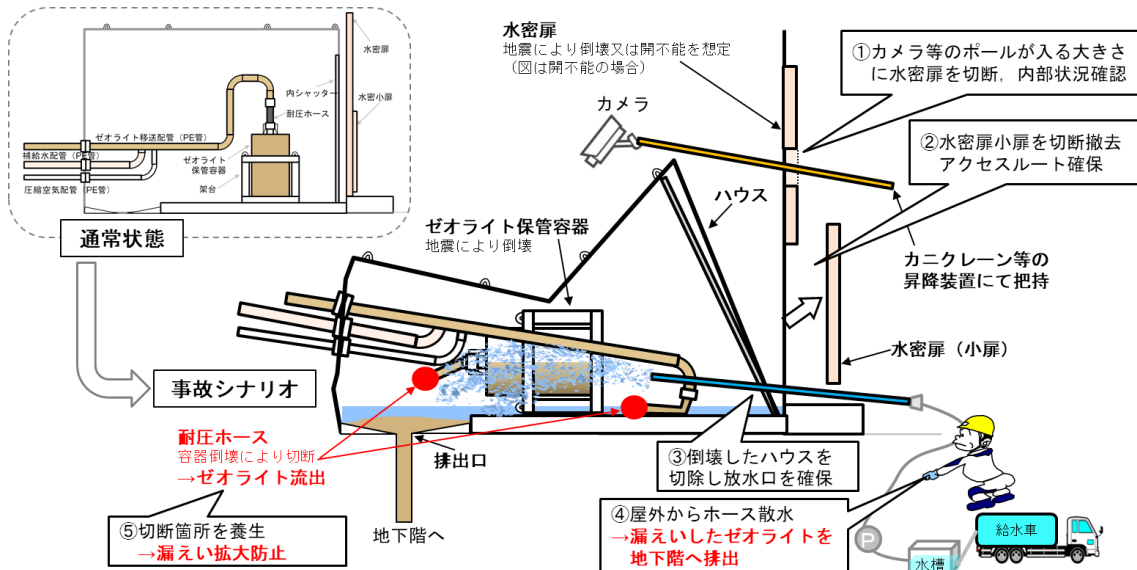


図 2.14.2.1-4 現実的な緩和対策 概念図

## 2.4 個別機器の耐震クラス設定について

ゼオライト土嚢等処理設備の安全機能（遮蔽機能・閉じ込め機能）については、前述までの評価で耐震クラス『B』と設定している。その他設備の耐震クラス設定については、その他設備が機能喪失した場合の公衆被ばく線量により設定する。

設備名称	耐震上の安全機能	耐震クラス	当該設備が機能喪失した場合の公衆被ばく線量（7日間）
主要ライン (地上階の配管・ゼオライト保管容器)	・遮蔽機能 ・閉じ込め機能 ・隔離機能	B	<input type="checkbox"/> 直接・スカイシャイン線量：0.5mSv(暫定値) <input type="checkbox"/> 大気拡散による被ばく線量：0.05mSv(暫定値) <input type="checkbox"/> 公衆被ばく線量(上記合計)：0.55mSv(暫定値) $50 \mu\text{Sv} < \text{公衆被ばく線量} \leq 5\text{mSv}$
ハウス	・なし	C	耐震上の安全機能に関わらない設備*。 耐震上の要求以外に、作業時の安全確保の為に備える機能（閉じ込め・隔離機能）の耐震クラス分類は、『C』とする なお、地震により損傷を受けた場合にも主要ラインに影響を及ぼさない設計とする。
換気空調設備 (隔離ダンパ含む)	・なし	C	耐震上の安全機能に関わらない設備*。 耐震上の要求以外に、作業時の安全確保の為に備える機能（閉じ込め・隔離機能・放出管理）の耐震クラス分類は、『C』とする。
電源・計装設備	・なし	C	耐震上の安全機能に関わらない設備*。 耐震上の要求以外に、作業時の安全確保の為に備える機能（閉じ込め・放出管理）の耐震クラス分類は、『C』とする。
その他、安全機能に関わらない設備 (圧縮空気・ろ過水供給)	・なし	C	安全機能に関わらない設備*。 耐震クラス分類は、『C』とする。

※当該設備はゼオライト土嚢等処理設備の耐震クラス設定時の事故時評価上考慮していない

以上

## ゼオライト土嚢等処理設備の耐震性に関する説明書

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、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、漏えいしたゼオライト土嚢等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から、耐震Bクラスと位置付けられる。また、ゼオライト土嚢等処理設備のうち、耐震上の安全機能に関わらない設備については耐震Cクラスと位置付けられる。

ゼオライト土嚢等処理設備は、耐震Bクラスまたは耐震C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。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（JEAC4601）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、ゼオライト土嚢等処理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。

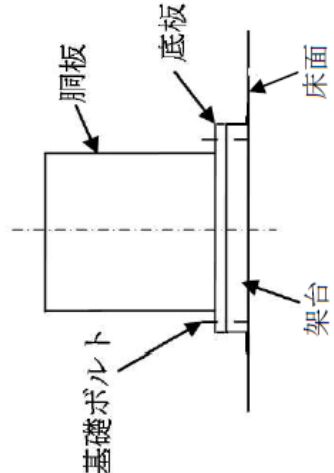
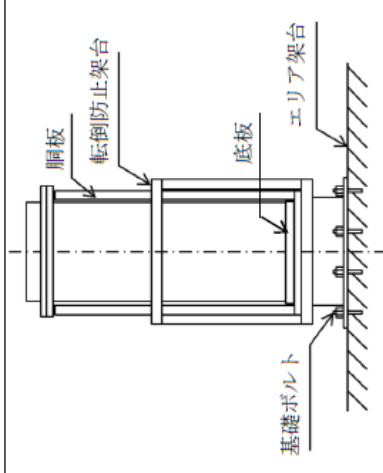
また、ゼオライト土嚢等処理設備は、原子炉設置許可申請書及び工事計画認可申請書において、発災前に耐震Bクラスとして許可及び認可を受けたプロセス主建屋および高温焼却炉建屋に設置する。

1.1 設備重要度による耐震クラス分類

設備 \ 耐震クラス	B	C
ゼオライト土嚢等処理設備※ (1) ポンプ  (2) ゼオライト保管容器 (3) 補給水タンク (4) 換気空調装置  (5) 配管	○補給水ポンプ  ○ゼオライト保管容器 ○補給水タンク  ○主配管	○排風機 ○フィルタユニット

※耐震クラス分類は、プロセス主建屋と高温焼却炉建屋で共通

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	主体構造		
(1) 平底たて置円筒形容器	床面に設けた架台に、底板を基礎ボルトで固定する。	下面に底板を有するたて置円筒形		補給水タンク
	床面に設けたエリア架台に、転倒防止架台を基礎ボルトで固定する。	下面に底板を有するたて置円筒形		ゼオライト保管容器

2.14.2.2-3

<p>(2)横軸うず巻ポンプ</p>	<p>ポンプはポンプベースに固定し、床面に設けた架台に、ポンプベースを基礎ボルトで固定する。</p>	<p>うず巻形</p>		<p>補給水ポンプ</p>
--------------------	--	-------------	--	---------------

2.14.2.2-4



### 1.3 設計用地震力

項目	耐震 クラス	適用する地震動等		設計用地震力
		水平	鉛直	
機器・配管 系	B	静的震度 ( $1.8 \times C_i^*$ )	—	静的地震力

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静的地震力
- $C_s$  : Bクラスの設備の地震時の供用状態
- $S_y$  : 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
- $f_p$  : 許容支圧応力 同上
- $\tau_b$  : ボルトに生じるせん断応力

(1) 機器

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態	許容限界	
			一次一般膜応力	一次応力
B	$D + P_d + M_d + S_B$	C s	$\min[S_y, 0.6 \cdot S_u]$ 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、 $1.2 \cdot S$ とすることができる。	$S_y$ 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、 $1.2 \cdot S$ とすることができる。

(2) 支持構造物(ボルト等以外)

応力分類	許容限界(ボルト等以外)								
	一次応力				一次+二次応力範囲				
	引張	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張 <sup>(1)</sup> 圧縮	せん断 <sup>(1)</sup> 曲げ <sup>(1)</sup>	支圧	座屈
C s	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$ <sup>(2)</sup>	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_b$ <sup>(3)</sup> $1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$

注(1):地震荷重のみによる応力範囲について評価する。

注(2):すみ肉溶接部にあつては、最大応力を $1.5 f_s$ 以下に制限する。

注(3):自重により常時作用する荷重に、地震による荷重を重ね合わせて得られる応力の圧縮最大値について評価する。

(3) 支持構造物(ボルト等)

応力分類	許容限界(ボルト等)		
	一次応力		
供用状態	引張	せん断	組合せ
C s	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\min[1.5 \cdot f_t, 2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b]$

2. 耐震性評価の方法・結果

2.1 ゼオライト土嚢等処理設備（プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋）

2.1.1 補給水ポンプ

(1) 評価方法

基礎ボルトの耐震評価は「4.1 横軸ポンプ（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算の計算書作成の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に準じて行う。応力評価箇所を図-1に示す。

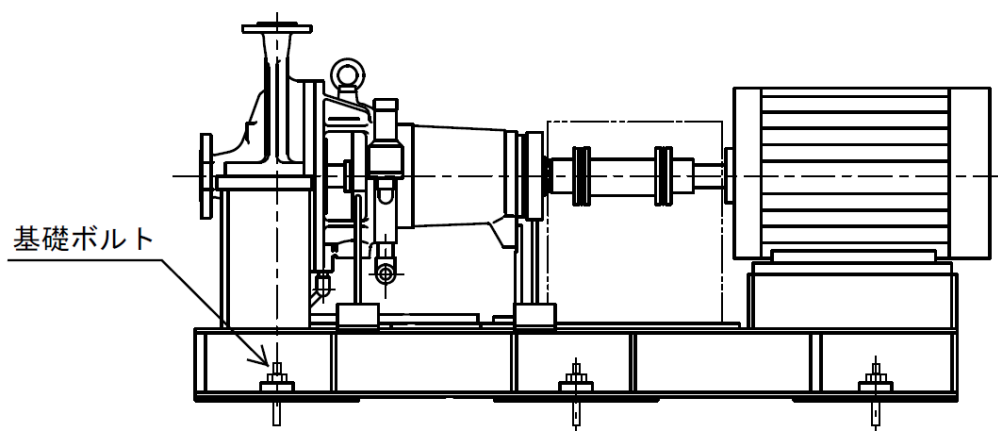


図-1 補給水ポンプ評価箇所

(2) 評価結果

基礎ボルトに生じる最大応力が許容応力以下であることを確認した。（表-1）

表-1 基礎ボルトの応力評価結果

機器名称	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
補給水ポンプ	SS400	せん断	3	124
		引張	1	161

2.14.2.2-7

### 2.1.2 ゼオライト保管容器

#### (1) 評価方法

本評価は、「4.2 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）の耐震性についての計算の計算書作成の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に準じて行う。応力評価箇所を図-2に示す。

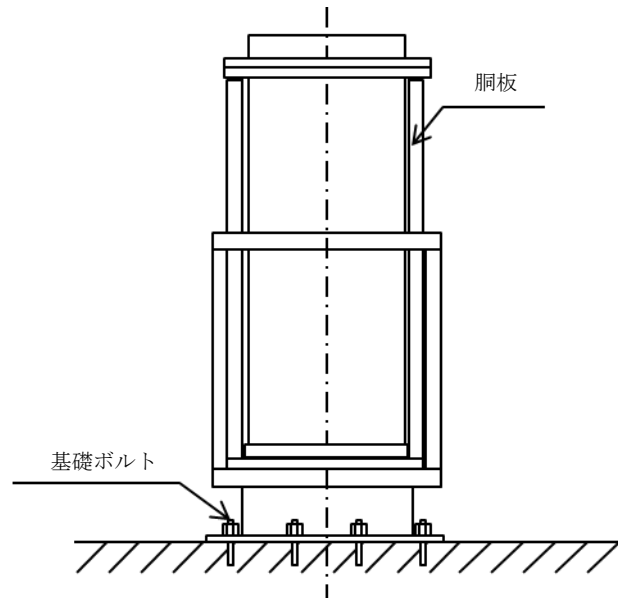


図-2 ゼオライト保管容器評価箇所

#### (2) 評価結果

各部材に生じる最大応力が許容応力以下であることを確認した。（表-2）

表-2 本体，基礎ボルトの応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	ASME SA240 Type 316L	一次一般膜	49	172
基礎ボルト	JIS G 3101 SS400	引張り	—	176
		せん断	21	135

### 2.1.3 補給水タンク

#### (1) 評価方法

本評価は、「5. 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）の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下、「基本方針」という。）に準じて行う。応力評

評価箇所を図-3に示す。

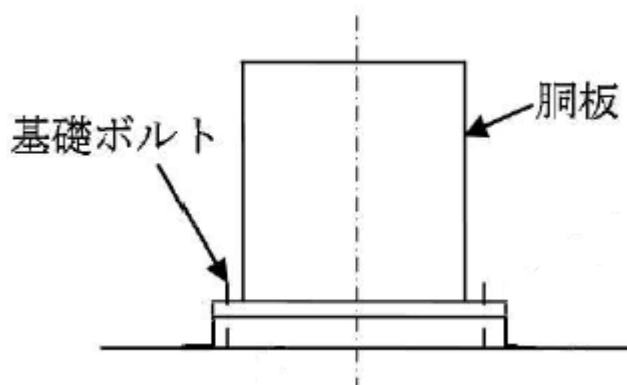


図-3 補給水タンク評価箇所

(2) 評価結果

各部材に生じる最大応力が許容応力以下であることを確認した。(表-3)

表-3 本体，基礎ボルトの応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
胴板	SUS304	一次一般膜	3	205
		圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価)	$\frac{\alpha_B(P/A)}{f_c} + \frac{\alpha_B(M/Z)}{f_b} \leq 1$ 0.01 (無次元)	
基礎ボルト	SS400	引張り	—	161
		せん断	11	124

## 2.1.4 主配管（鋼管）

### (1) 評価条件及び評価方法

#### a. 評価条件

評価条件として配管は、配管軸直角2方向拘束サポートにて支持される両端単純支持はりモデル（図-4）とする。

次に、当該設備における主配管（鋼管）について、各種条件を表-4に示す。

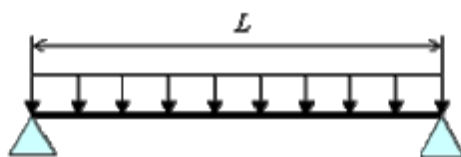


図-4 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

表-4 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		
設計温度（℃）	40		
配管材質	STPT410		
配管口径	40A	50A	80A
Sch	80	80	40
設計圧力（MPa）	0.98		

#### b. 評価方法

1次固有振動数20Hzのサポートスパンを求め、水平方向震度による管軸直角方向の配管応力を評価する。

20Hz固有振動数基準定ピッチスパン $L$ は、下記の式で示される。

$$L = \sqrt{\frac{\lambda^2}{2 \cdot \pi \cdot f}} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{w}}$$

- $L$  : 支持間隔 (mm)
- $\lambda$  :  $\pi$  (一次固有振動数の場合) (-)
- $f$  : 一次固有振動数 (Hz)
- $E$  : 縦弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)
- $I$  : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)
- $g$  : 重力加速度 (mm/s<sup>2</sup>)
- $w$  : 等分布荷重 (N/mm)

自重による応力  $S_w$  は、下記式で示される。

$$S_w = \frac{M}{Z} = \frac{w \cdot L^2}{8 \cdot Z}$$

- $S_w$  : 自重による応力 (MPa)
- $L$  : 支持間隔 (mm)
- $M$  : 曲げモーメント (N・mm)
- $Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)
- $w$  : 等分布荷重 (N/mm)

管軸直角方向の地震力による応力  $S_s$  は、自重による応力  $S_w$  の震度倍で下記の式で示される。

$$S_s = \alpha \cdot S_w$$

- $S_s$  : 地震による応力 (MPa)
- $\alpha$  : 想定震度値 (-)

また、評価基準として JEAC4601-2008 に記載の供用応力状態  $C_s$  におけるクラス 3 配管の一次応力制限を用いると、地震評価としては下記の式で示される。

$$S = S_p + S_w + S_s = S_p + S_w + \alpha \cdot S_w = S_p + (1 + \alpha) \cdot S_w \leq 1.0 \cdot S_y$$

- $S$  : 内圧，自重，地震力による発生応力 (MPa)
- $S_p$  : 内圧による応力 (MPa)
- $S_y$  : 許容応力値 (設計降伏点) (MPa)

## (2) 評価結果

両端単純支持はりモデルで、一次固有振動数  $f$  が 20Hz 以上の支持スパンとなる配管サポート配置を設定し、各応力を計算した結果を表-5に示す。表-5より、一次固有振動数  $f$  が 20Hz 以上の支持スパンとなる配管サポートの配置を設定することで、これらの配管の発生応力は、許容応力値を満足することを確認した。

表-5 応力評価結果（主配管（鋼管））

配管分類	主配管（鋼管）		
設計温度（℃）	40		
配管材質	STPT410		
配管口径	40A	50A	80A
Sch	80	80	40
設計圧力（MPa）	0.98		
内圧，自重，地震による発生応力 S（MPa）	14	15	17
供用状態 Cs における一次応力許容値（MPa）	245		
最大支持間隔（m）	2.3	2.6	3.1

## 3. 耐震クラス分類に関する考え方

ゼオライト土嚢等処理設備のうち、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、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、漏えいしたゼオライト土嚢等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

ゼオライト土嚢等処理設備について、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、高温焼却炉建屋、プロセス主建屋の順で作業を実施し、2 建屋同時に実施しないことから 1 建屋における評価とし、最大放射線量となる以下の条件にて設定する。評価条件における放射性物質量を表-6に示す。



・ゼオライト保管容器：1基全容量分<sup>※1</sup>

・ゼオライト移送配管：0<sup>※2</sup>

※1 建屋には1基のみ設置し、全量充填した時点で建屋外に搬出する

※2 ゼオライト移送/脱塩/脱水後、配管のフラッシングを行う

表-6 評価条件における放射性物質質量

核種	濃度 (Bq/g)	容積及び重量	放射性物質質量 (Bq)
Cs-137	1.4E+8	2.87 (m <sup>3</sup> )	7.2E+14
Cs-134	8.5E+6	5.14 (t)	4.4E+13

### 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5mSv以下である。

### 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5mSv以下である。

## 3.2 機動的対応等の影響を緩和する措置について

地震によりゼオライト土嚢等処理設備から液体又は固体の放射性物質が漏えいするおそれがある場合又は漏えいした場合を想定し、漏えいの拡大による敷地外への影響を防止又は緩和するため、以下の対策を講じる。

- ・震度5弱以上の地震発生時、遠隔操作室からの遠隔操作によりゼオライト土嚢等処理設備の運転を停止するとともに、タンク及び容器水位、漏えい検知器及び監視カメラによる漏えい確認を実施するとともに、ゼオライト土嚢等処理設備の重点パトロールを行い、設備の異常の有無を確認する。
- ・地震により耐震Bクラスの機器が損傷し、液体又は固体の放射性物質の漏えいが著しく拡大することを防止するために漏えい拡大防止堰を設置する。
- ・液体又は固体の放射性物質が漏えいし、堰内に滞った場合には、水洗等により建屋地下階へ排出を行う。
- ・ゼオライト土嚢等処理設備の配管に使用するポリエチレン管は、ポリエチレン管の外側にトラフを設置することで、漏えい拡大を防止する施工を行う。

#### 4. 耐震性についての計算の計算書作成の基本方針

##### 4.1 横軸ポンプ（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算の計算書作成の基本方針

###### 4.1.1 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）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規程 JEAC4601-2008（社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会）に準拠する。

但し、材料強度に関する規準は、JSME S NC1-2005/2007 による。

###### 4.1.1.2 計算条件

- (1) 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) ポンプ及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- (3) 地震力はポンプに対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (4) ポンプは基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。
- (5) 転倒方向は図1-1及び図1-2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（許容値/発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

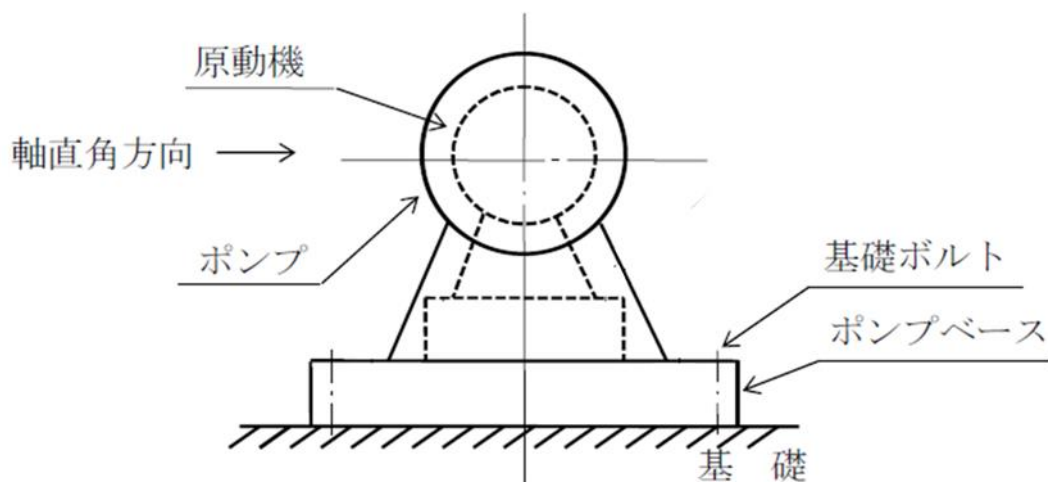


図1-1 概要図（横型ポンプ軸方向）

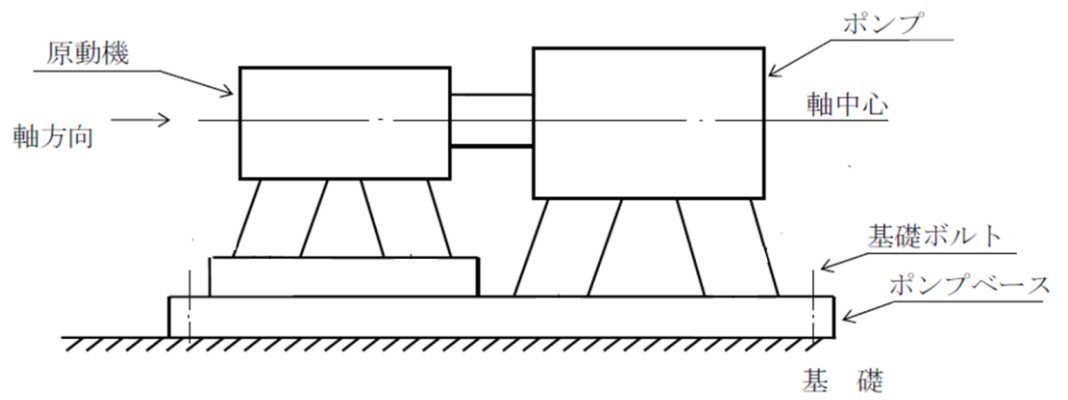


図 1 - 2 概 要 図 (横型ポンプ軸直角方向)

#### 4.1.1.3 記号の定義

記号	記号の説明	単位
$A_b$	ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_p$	ポンプ振動による震度	—
$d$	ボルトの呼び径	mm
$F_i$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値*1	MPa
$F_i'$	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値*1	MPa
$F_b$	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
$f_{sb}$	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	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)	$\text{m/s}^2$
$H_p$	予想最大両振幅	$\mu\text{m}$
$h_i$	据付面から重心までの距離*2	mm
$l_1$	重心とボルト間の水平方向距離*2	mm
$l_2$	重心とボルト間の水平方向距離*2	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*2	kg
$N$	回転数 (原動機の同期回転数)	rpm
$n$	ボルトの本数	—
$n_f$	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
$Q_b$	ボルトに作用するせん断力	N
$S_u$	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
$\pi$	円周率	—
$\sigma_b$	ボルトに生じる引張応力	MPa
$\tau_b$	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記\*1：  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ ：据付面

$i = 2$ ：ポンプ取付面

$i = 3$ ：原動機取付面

なお、ポンプと原動機間に減速機がある場合は、次のように定義する。

$i = 4$ ：減速機取付面

\*2：  $l_1 \leq l_2$

#### 4.1.2 評価部位

横軸ポンプの耐震評価は「1.2 計算条件」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。

#### 4.1.3 構造強度評価

##### 4.1.3.1 計算方法

##### 4.1.3.1.1 応力の計算方法

##### (1) ボルトに加わる荷重の計算モデル

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。

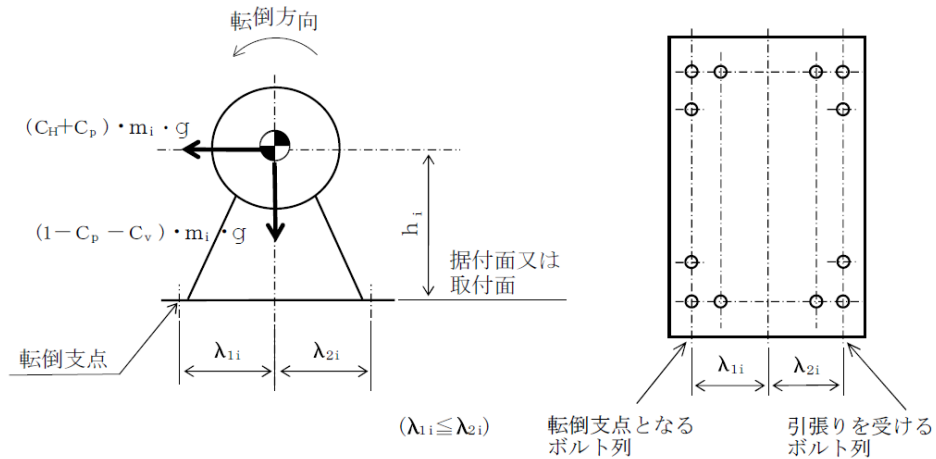


図3-1 計算モデル  
(軸直角方向転倒の場合)

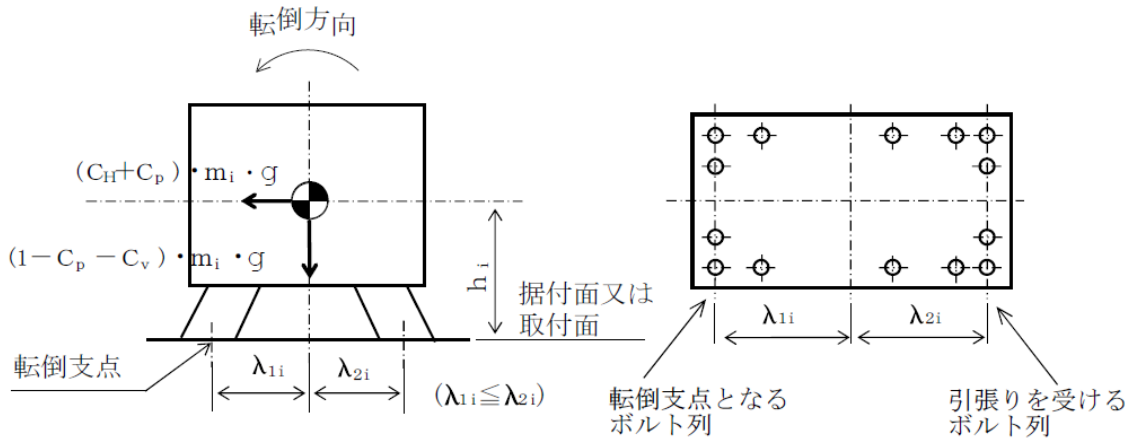


図3-2 計算モデル  
(軸方向転倒の場合)

(2) 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3-1及び図3-2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3-2の場合のボルト (i=1~4) 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

計算モデル図3-1及び図3-2の場合の引張力

【絶対値和】

$$F_b = \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H + C_p) \cdot h_i + M_p - m_i \cdot g \cdot (1 - C_p - C_v) \cdot l_1}{n_{f.l.} \cdot (l_{1.} + l_{2.})}$$

$$= \frac{m_i \cdot g \cdot (C_H \cdot h_i + C_v \cdot l_1) + m_i \cdot C_p \cdot g \cdot (h_i + l_1) + M_p - m_i \cdot g \cdot l_1}{n_{f.l.} \cdot (l_1 + l_2)}$$

..... (3. 1-1)

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。

$$M_p = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad \text{..... (3. 1-2)}$$

(1kW=10<sup>6</sup>N・mm/s)

また、 $C_p$ はポンプ振動による振幅及び原動機の同期回転数を考慮して定める値で、次式で求める。

$$C_p = \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{H_p}{1000} \cdot \left(2 \cdot \pi \cdot \frac{N}{60}\right)^2}{g \cdot 1000} \dots\dots\dots (3. 1-3)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3. 1-4)$$

ここで、ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3. 1-5)$$

ただし、 $F_b$ 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。

### (3) 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

$$Q_b = (C_H + C_p) \cdot m_i \cdot g \dots\dots\dots (3. 1-6)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (3. 1-7)$$

## 4.1.3.2 応力の評価

### 4.1.3.2.1 ボルトの応力評価

4.1.3.1.1で求めたボルトの引張応力 $\sigma_b$ は次式より求めた許容引張応力 $f_{ts}$ 以下であること。ただし、 $f_{to}$ は次式による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \dots\dots\dots (3. 2-1)$$

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。ただし、 $f_{sb}$ は表3-1による。

表 3-1 基礎ボルトの許容応力

耐震 クラス	供用 状態	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
B	C <sub>s</sub>	$1.5\left(\frac{F}{2}\right)$	$1.5\left(\frac{F}{1.5\sqrt{3}}\right)$

以上



## 4.2 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）の耐震性についての計算の計算書作成の基本方針

### 4.2.1 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）の耐震性についての計算方法を示す。

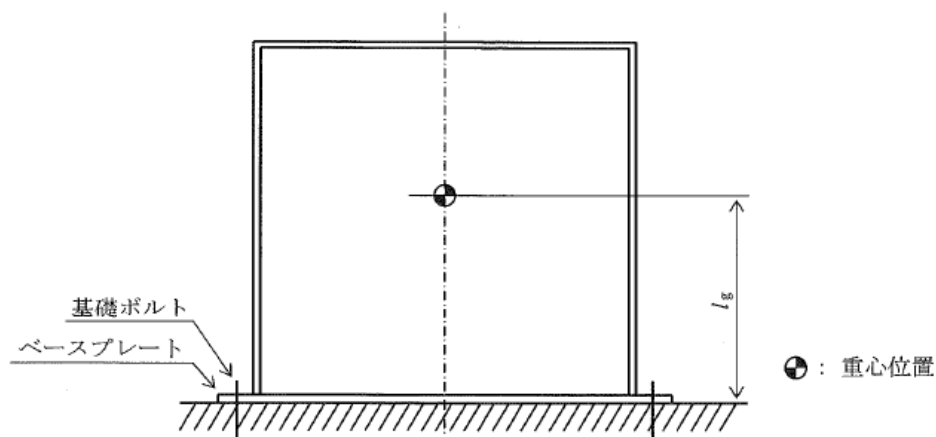
#### 4.2.1.1 適用基準

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規程 JEAC4601-2008（社団法人 日本電気協会 原子力規格委員会）に準拠する。

但し、材料強度に関する規準は、JSME S NC1-2005/2007による。

#### 4.2.1.2 計算条件

- (1) 容器及び内容物の質量を重心位置に集中させる。
- (2) 容器下端は固定とする。
- (3) 容器は鉛直方向に剛とみなす。
- (4) 水平方向については、容器を梁と考えて曲げ変形及びせん断変形を考慮する。
- (5) 地震力は、容器に対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用させて応力を計算し、強度評価において各応力を組み合わせる。



### 4.3 記号の定義

記号	記号の定義	単位
$A$	胴の軸断面積	$\text{mm}^2$
$A_b$	基礎ボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$A_e$	胴の有効せん断断面積	$\text{mm}^2$
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$C_c$	基礎ボルト計算における係数	—
$C_t$	基礎ボルト計算における係数	—
$D_{bi}$	ベースプレートの内径	mm
$D_{bo}$	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 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表 1 に定める値	MPa
$e$	基礎ボルト計算における係数	—
$F$	材料の許容応力を決定する場合の基準値。なお、支持構造物の許容応力は、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
$f_{sb}$	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
$f_{to}$	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
$f_{ts}$	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)	$\text{m/s}^2$
$H$	水頭	mm
$I$	胴の断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$K_H$	水平方向ばね定数	$\text{N/mm}$
$k$	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
$L$	胴長	mm
$l_1, l_2$	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
$l_g$	基礎から容器重心までの距離	mm
$M$	胴に作用する転倒モーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}$
$m_e$	容器の空質量	kg
$m_o$	容器の運転時質量	kg
$n$	基礎ボルトの本数	—
$P$	胴の軸圧縮荷重	N

記号	記号の定義	単位
$P_r$	最高使用圧力	MPa
$R$	胴の平均半径	mm
$S$	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
$t$	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
$Z$	断面係数	mm <sup>3</sup>
$z$	基礎ボルト計算における係数	—
$a$	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
$\alpha_B$	座屈応力に対する安全率	—
$\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3$	座屈計算における係数	—
$\nu$	ポアソン比	—
$\pi$	円周率	—
$\rho$	液体の比重	—
$\sigma_0$	胴の組合せ一次一般膜応力の最大値	MPa
$\sigma_{0c}$	胴の組合せ一次一般膜応力（圧縮側）	MPa
$\sigma_{0t}$	胴の組合せ一次一般膜応力（引張側）	MPa
$\sigma_2$	地震力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
$\sigma_{2\phi}$	地震力のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
$\sigma_{2c}$	地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和の変動値 （圧縮側）	MPa
$\sigma_{2t}$	地震力のみによる胴の組合せ一次応力と二次応力の和の変動値 （引張側）	MPa
$\sigma_{2xc}$	地震力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
$\sigma_{2xt}$	地震力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
$\sigma_b$	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
$\sigma_c$	基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向応力，周方向応力	MPa
$\sigma_{x2}$	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
$\sigma_{x3}$	鉛直方向地震力による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{x4}$	水平方向地震力による胴の軸方向応力	MPa
$\sigma_{xc}$	胴の軸方向応力の和（圧縮側）	MPa
$\sigma_{xt}$	胴の軸方向応力の和（引張側）	MPa
$\sigma_{\phi}$	胴の周方向応力の和	MPa

記号	記号の定義	単位
$\sigma_{\phi 2}$	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
$\tau$	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
$\tau_b$	基礎ボルトに生じるせん断応力	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）（日本機械学会 2005年9月及び2007年9月）を言う。

## 4.2.2. 計算方法

### 4.2.2.1 固有周期の計算

#### (1) 計算モデル

本容器は、1.2 項より図 2-1 に示す構造をもつ平底たて置円筒形容器に適用する。

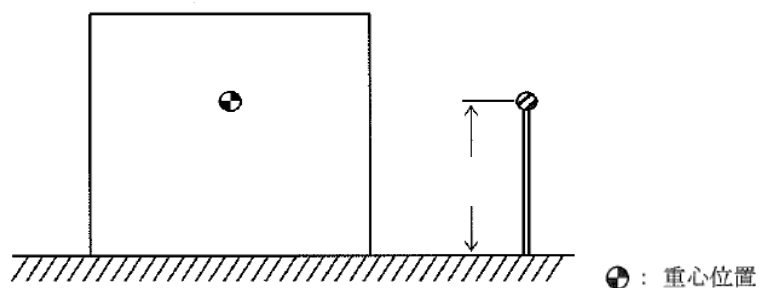


図 2-1 固有周期の計算モデル

#### (2) 水平方向固有周期

固有周期は、次による。

$$T_H = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{10^3 \cdot K_H}} \dots\dots\dots (2-1)$$

ここで、曲げ及びせん断変形によるばね定数  $K_H$  は、次による。

$$K_H = \frac{I}{\frac{l_g^3}{3EI} + \frac{l_g}{GAe}} \dots\dots\dots (2-2)$$

胴の断面性能は、次による。

$$I = \frac{\pi}{8} (Di + t)^3 t \dots\dots\dots (2-3)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \pi (Di + t) t \dots\dots\dots (2-4)$$

#### (3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向については、剛構造とみなす。

#### 4.2.2.2 応力の計算

4.2.2.1 項の計算で得られた固有周期から，耐震クラスに応じた設計震度及び地震力を決定し，応力計算を行う。

静的地震力を用いる場合は絶対値和を適用する。なお，B，Cクラスに対する応力を計算する場合には，一次＋二次応力を計算することを要しない。また，鉛直地震力は考慮しない。

##### 4.2.2.2.1 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）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i}{2t} \dots\dots\dots (2-5)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{10^{-6} \cdot g \rho H D_i C_v}{2t} \dots\dots\dots (2-6)$$

$$\sigma_{x1} = 0 \dots\dots\dots (2-7)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \dots\dots\dots (2-8)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \dots\dots\dots (2-9)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \dots\dots\dots (2-10)$$

###### (2) 運転時質量による応力及び鉛直方向地震時の運転時質量による応力

胴のベースプレートと接合する点に生じる軸方向応力は，次のように求める。

$$\sigma_{x2} = \frac{m_e g}{\pi (D_i + t) t} \dots\dots\dots (2-11)$$

$$\sigma_{x3} = \frac{C_v m_e g}{\pi (D_i + t) t} \dots\dots\dots (2-12)$$

###### (3) 水平方向地震力による応力

水平方向地震力による胴のベースプレート結合部に作用する曲げモーメントにより生じる軸方向応力及び水平方向地震力により生じるせん断応力は，次のように求める。

$$\sigma_{x4} = \frac{4 C_H m_0 g l_g}{\pi (D_i + t)^2 t} \dots\dots\dots (2-13)$$

$$\tau = \frac{2 C_H m_0 g}{\pi(D_i + t)t} \dots\dots\dots (2-14)$$

(4) 組合せ応力

(1)~(3)項によって算出される胴の応力は、次により組み合わせる。

a. 一次一般膜応力【絶対値和】

(a) 組合せ引張応力

$$\sigma_\phi = \sigma_{\phi 1} + \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (2-15)$$

$$\sigma_{x_t} = \sigma_{x1} - \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \dots\dots\dots(2-16)$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{x_t} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{x_t})^2 + 4\tau^2} \right\} \dots\dots\dots(2-17)$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_\phi = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2} \dots\dots\dots (2-18)$$

$$\sigma_{x_c} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} \dots\dots\dots (2-19)$$

$\sigma_{x_c}$  が正の値（圧縮側）の場合は、組合せ圧縮応力は次による。

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{x_c} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{x_c})^2 + 4\tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2-20)$$

したがって、胴に生じる一次一般膜応力の最大値は、次による。

$$\sigma_0 = \max[\sigma_{0t}, \sigma_{0c}] \dots\dots\dots(2-21)$$

b. 一次応力（膜+曲げ）

一次応力（膜+曲げ）は「a. 一次一般膜応力」に示す式により組合せ応力として算出した値と同じである。

4.2.2.2.2 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  $M$  は、次による。

$$M = C_H m_0 g l_g \quad \dots\dots\dots (2-22)$$

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条件を考慮する。(図2-2参照)

以下にその手順を示す。

$$t_1 = \frac{n A_b}{\pi D_c} \quad \dots\dots\dots (2-23)$$

$$t_2 = \frac{1}{2}(D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \quad \dots\dots\dots (2-24)$$

- a.  $\sigma_b$ ,  $\sigma_c$  を仮定して、中立軸の荷重係数  $k$  を求める。

$$k = \frac{l}{l + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \quad \dots\dots\dots (2-25)$$

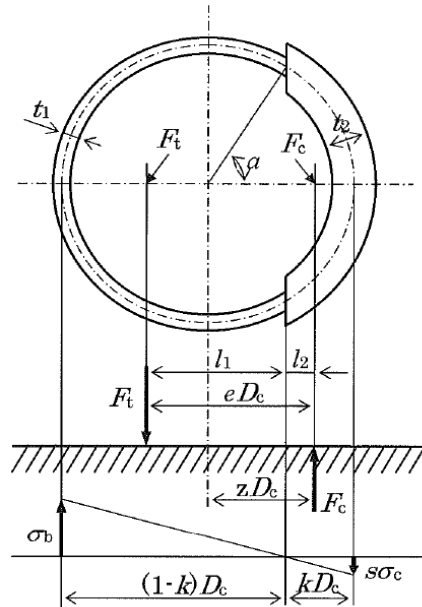
- b. 中立軸を定める角度  $a$  を求める。

$$a = \cos^{-1}(1 - 2k) \quad \dots\dots\dots (2-26)$$

- c. 各定数  $e$ ,  $z$ ,  $C_t$ ,  $C_c$  を計算する。

$$e = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\pi - a)\cos^2 a + \frac{1}{2}(\pi - a) + \frac{3}{2}\sin a \cos a}{(\pi - a)\cos a + \sin a} + \frac{\frac{1}{2}a - \frac{3}{2}\sin a \cos a + a \cos^2 a}{\sin a - a \cos a} \right\} \quad \dots\dots\dots (2-27)$$

$$z = \frac{1}{2} \left\{ \cos a + \left( \frac{\frac{1}{2}a - \frac{3}{2}\sin a \cos a + a \cos^2 a}{\sin a - a \cos a} \right) \right\} \quad \dots\dots\dots (2-28)$$





$$C_t = \frac{2\{(\pi - a)\cos a + \sin a\}}{1 + \cos a} \dots\dots\dots (2-29)$$

$$C_c = \frac{2(\sin a - a \cos a)}{1 - \cos a} \dots\dots\dots (2-30)$$

d. 各定数を用いて  $F_t$ ,  $F_c$  を求める。【絶対値和】

$$F_t = \frac{M - (1 - C_V) m_0 g z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \dots\dots\dots (2-31)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_V) m_0 g \dots\dots\dots (2-32)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 $a$  が  $\pi$  に等しくなったときであるので、式 (2-31) 及び式 (2-32) において  $a$  を  $\pi$  に近づけた場合の値  $e=0.75$ ,  $z=0.25$  を式 (2-35) 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。
- ・  $F_t > 0$  ならば引張力は作用しているので以降の計算を行う。

e.  $\sigma_b$ ,  $\sigma_c$  を求める。

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。

$$\sigma_b = \frac{2 F_t}{t_1 D_c C_t} \dots\dots\dots (2-33)$$

$$\sigma_c = \frac{2 F_c}{(t_2 + s t_1) D_c C_c} \dots\dots\dots (2-34)$$

(2) せん断応力

$$\tau_b = \frac{C_H m_o g}{n A_b} \dots\dots\dots (2-35)$$

#### 4.2.3 強度評価

##### 4.2.3.1 胴の応力

4.2.2.1(4)項で求めた組合せ応力が、胴の最高使用温度における表3-1に示す許容応力  $S_a$  以下であること。

なお、一次応力（膜+曲げ）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。

表3-1 胴の許容応力

耐震クラス	供用状態	許容応力 $S_a$	
		一次一般膜応力	一次応力(膜+曲げ)
B, C	C s	$\min[S_y, 0.6S_u]$ 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は、 $1.2S$ とすることができる。	$S_y$ 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は、 $1.2S$ とすることができる。

##### 4.2.3.2 胴の座屈

座屈に対する評価が必要な場合は、「JEAC4601-2008 4.2.3.1(1)c クラスMC容器の座屈防止」に規定する評価式によることができる。軸圧縮荷重と曲げモーメントが負荷されるクラスMC容器は、共用状態C s及びD sにおいて次の不等式を満足しなければならない。

$$\frac{\alpha_B(P/A)}{f_c} + \frac{\alpha_B(M/Z)}{f_b} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

式(3-1)は  $L/R \leq 5$  の場合に適用できる。ただし、強め輪等により  $L/R \leq 0.5$  となる場合は、強め輪の効果を考慮することができる。

ここで、 $f_c$  : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力は次による。

$$f_c = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left\{ 1 - \frac{1}{6800g} (F - \Phi_c \{ \eta_2 \}) (\eta - \eta_1) \right\} & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \\ \Phi_c \{ \eta \} & (\eta_2 \leq \eta \leq 800) \end{cases} \quad \dots\dots (3-2)$$

$$\Phi_c\{\eta\} = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[ 1 - 0.901 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{\eta}\right) \right\} \right] \dots\dots\dots (3-3)$$

また、 $f_b$  : 曲げモーメントに対する許容座屈応力は次による。

$$f_b = \begin{cases} F & (\eta \leq \eta_1) \\ F \left\{ 1 - \frac{1}{8400g} (F - \Phi_b\{\eta_3\})(\eta - \eta_1) \right\} & (\eta_1 < \eta < \eta_3) \quad \dots (3-4) \\ \Phi_b\{\eta\} & (\eta_3 \leq \eta \leq 800) \end{cases}$$

$$\Phi_b\{\eta\} = 0.6 \frac{E}{\eta} \left[ 1 - 0.731 \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1}{16}\sqrt{\eta}\right) \right\} \right] \dots\dots\dots (3-5)$$

$\alpha_B$  は安全率で、次による。

$$\alpha_B = \begin{cases} 1.0 & (\eta \leq \eta_1) \\ 1.0 + \frac{F}{13600g} (\eta - \eta_1) & (\eta_1 < \eta < \eta_2) \quad \dots\dots\dots (3-6) \\ 1.5 & (\eta_2 \leq \eta) \end{cases}$$

ここで、 $\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3$  は座屈計算における係数で、次による。

$$\eta = R/t \quad \dots\dots\dots (3-7)$$

$$\eta_1 = 1200 g/F \quad \dots\dots\dots (3-8)$$

$$\eta_2 = 8000 g/F \quad \dots\dots\dots (3-9)$$

$$\eta_3 = 9600 g/F \quad \dots\dots\dots (3-10)$$

#### 4.2.3.3 基礎ボルトの応力

4.2.2.2 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  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は表 3-2 による。

$$f_{ts} = \min [1.4f_{to} - 1.6\tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (3-11)$$

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。ただし、 $f_{sb}$  は表 3-2 による。

表 3-2 基礎ボルトの許容応力

耐震 クラス	供用 状態	許容引張応力 $f_{to}$	許容せん断応力 $f_{sb}$
B, C	C <sub>s</sub>	$1.5 \left( \frac{F}{2} \right)$	$1.5 \left( \frac{F}{1.5\sqrt{3}} \right)$

以上

### 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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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。

ゼオライト土嚢等処理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  $3.6 \times 10^{-8}$  回/炉・年であり、 $1.0 \times 10^{-7}$  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)

ゼオライト土嚢等処理設備は、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-2-51-2)

#### (2) 電磁的障害

ゼオライト土嚢等処理設備は、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-2-51-添2-4)

(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、ゼオライト土嚢等処理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-2-51-添2-5）*



#### 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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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

ゼオライト土嚢等処理設備は、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-2-51-添2-5)

ゼオライト土嚢等処理設備は、火災の発生を防止し、火災の検知及び消火を行い、並びに火災の影響を軽減するため、以下の対策を講じることにより、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。

- ・火災の発生を防止し、火災の影響を軽減するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する※とともに、設備周辺には可能な限り可燃物を排除する。
- ・本設備では監視カメラ等により火災の早期検知に努める。また、各設備の近傍に消火器を設置し、初期消火の対応を可能にし、消火活動の円滑化を図る。

※：配管の一部に使用する可燃性材料を不燃性又は難燃性材料で養生することを含む。

(実施計画：II-2-51-添2-5)

## ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備については、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、内部はゼオライト土嚢等を含む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

ゼオライト土嚢等処理設備の構築物，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)

ゼオライト土嚢等処理設備の構築物，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-2-51-添2-3)

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理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

ゼオライト土嚢等処理設備については，耐腐食性を有するステンレス鋼，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

ゼオライト土嚢等処理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は，あらかじめ交換等を行う。

## 回収対象のゼオライト土嚢等の現状についての補足説明

ゼオライト土嚢等処理設備が扱うゼオライト土嚢等についての現状は以下の通り。

## 1. ゼオライト土嚢等の設置の経緯と現状

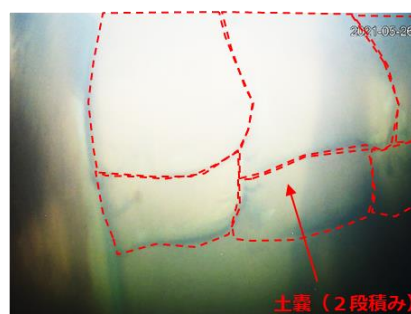
東北地方太平洋沖地震発生後、プロセス主建屋、高温焼却炉建屋は建屋滞留水の浄化を目的に、ゼオライト土嚢・活性炭土嚢を最下階に敷設した後、建屋滞留水の受け入れを実施しており、現在は高線量化している。

これまでの調査により判明した最下階の状況は以下の通り。

- PMB, HTI の最下階の敷設状況を ROV で目視確認済（下図参照）。
- 土嚢袋は概ね原形を保っているが、劣化傾向があり、一部の袋に破損がみられる状況。
- 確認された土嚢表面の線量は PMB で最大約 3,000mSv/h, HTI で最大約 4,400mSv/h。
- 空間線量は、水深 1.5m 程度の水面で、PMB は最大約 410mSv/h, HTI は最大約 180mSv/h。
- ゼオライト土嚢は主に廊下に敷設され、セシウムを主として吸着しているため表面線量が非常に高い状況。活性炭土嚢は主に階段に敷設されており、多核種を吸着。



① 最下階の様子 (PMB) (水上)



② 最下階の様子 (HTI) (水中)



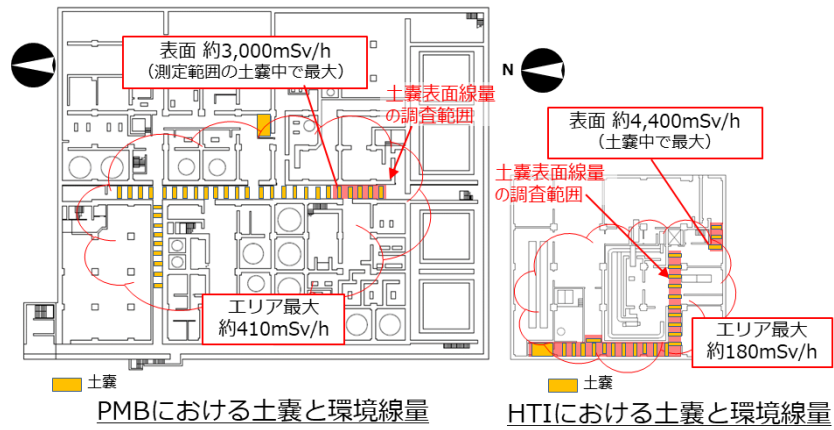
ゼオライトの外観 (敷設した物と同製品)



活性炭の外観 (敷設した物と同製品)



## 2. ゼオライト土嚢等の敷設状態



## 3. ゼオライト土嚢等推定敷設量と放射性物質質量

建屋	種類	放射性物質質量 (Cs-134, Cs-137, Sr-90)	評価に使用した設置量 (記録による)	評価に使用した分析データ			サンプリング日
				Cs-134	Cs-137	Sr-90	
PMB	ゼオライト	2.6E15 Bq	16t	8.5E6 Bq/g	1.4E8 Bq/g	1.1E7 Bq/g	2020/2/12
	活性炭	9.2E12 Bq	8t	3.3E4 Bq/g	5.4E5 Bq/g	5.8E5 Bq/g	2020/11/27
HTI	ゼオライト	1.6E15 Bq	10t	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	-
	活性炭	8.7E12 Bq	7.5t	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	PMB同等と仮定	-
合計		4.2E15 Bq	-	-	-	-	-

## 4. ゼオライトの分析結果

分析項目	放射性物質濃度 [Bq/g]		【参考】建屋滞留水放射性物質濃度 [Bq/cc] (採取日: 2020/2/25)
	ゼオライト (採取日: 2020/2/12)	活性炭 (採取日: 2020/2/27)	
Mn-54	ND	ND	-
Co-60	ND	(1.0 ± 0.1)E+3	-
Sr-90	(1.1 ± 0.1)E+7	(5.8 ± 0.1)E+5	5.4E+3
Nb-94	ND	ND	-
Sb-125	ND	(7.9 ± 1.0)E+2	-
Cs-134	(8.5 ± 0.1)E+6	(3.3 ± 0.1)E+4	1.7E+3
Cs-137	(1.4 ± 0.1)E+8	(5.4 ± 0.1)E+5	2.8E+4
Eu-154	ND	ND	-
Pu-238	ND	(1.6 ± 0.1)E+0	-
Pu-239+240	ND	(5.2 ± 0.3)E-1	-
Am-241	(2.4 ± 0.6)E-1	(5.6 ± 0.1)E+0	-
Cm-244	ND	(1.8 ± 0.1)E+0	-

本データは廃炉・汚染水対策事業による成果

<https://clads.jaea.go.jp/jp/rd/tech-info.html>

<https://frandli-db.jaea.go.jp/FRAnDLi/>

## ゼオライト土嚢等処理設備の環境条件に対する設計上の考慮の補足説明

ゼオライト土嚢等処理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 0.98MPa 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、ゼオライト保管容器を除いて 40℃と設定している。なお、ゼオライト保管容器は崩壊熱の影響も考慮して、100℃と設定している。

## 2. 腐食に対する考慮

ゼオライト土嚢等及び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 ゼオライト土嚢等処理設備の漏えい発生防止（腐食）

機器	対象	材料	選定理由
容器	ゼオライト保管容器	ステンレス鋼 (SUS316L)	建屋滞留水に、海水由来等の塩分が若干含まれることから、耐腐食性に優れるステンレス鋼 (SUS316L) を使用する。
タンク	補給水タンク	ステンレス鋼 (SUS304)	淡水を扱うが、念のため耐腐食性のある SUS304 を使用する。また、設計寿命 36 ヶ月程度で短期の使用である。
ポンプ	垂直移送ポンプ	鋳鉄（塗装あり）	建屋滞留水に、海水由来等の塩分が若干含まれることから、塗装された鋳鉄を使用する。また、設計寿命 36 ヶ月程度で短期の使用である。
	補給水ポンプ	ステンレス鋼	淡水を扱うが、念のため耐腐食性のあるステンレス鋼を使用する。また、設計寿命 36

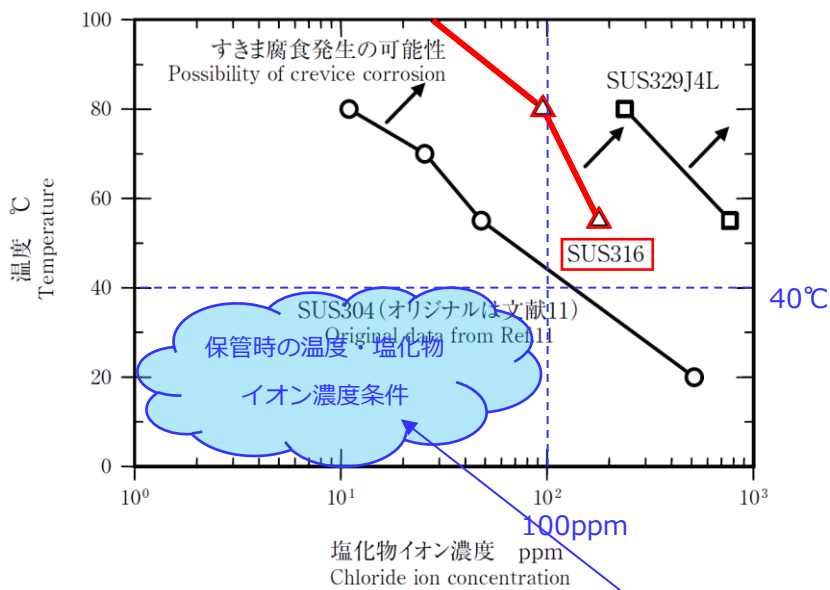
			ヵ月程度で短期の使用である。
配管	循環配管 移送配管	ポリエチレン管	施工性及び、耐腐食性に優れることから使用する。
		炭素鋼鋼管	加工性に優れる炭素鋼を使用する。海水由来等の塩分が若干含まれることから、腐食代を見込む。また、設計寿命 36 ヶ月程度で短期の使用である。
		合成ゴム (EPDM)	可撓性を要する箇所（保管容器連結部）において、耐腐食性のある合成ゴム（EPDM）製ホースを使用する。また、敷設のしやすさから、地下階から地上階への移送配管として使用する。また、設計寿命 36 ヶ月程度で短期の使用である。

保管時の環境条件（表 2.14.5.1-2）である温度～40℃及び塩化物イオン濃度～100ppm の条件では、ステンレス鋼の局部腐食形態（孔食、すきま腐食、SCC）のうち、最も発生しやすいすきま腐食でも発生する可能性は低いことから、耐腐食性に優れた SUS316L を選定する。ゼオライト保管容器に回収したゼオライト等については、表面に建屋滞留水が付着しているため、補給水（RO 処理水又はろ過水）を容器内に通水して表面を洗い流して脱塩して保管する。

なお、塩分濃度については、3 回洗浄で 10ppm 程度まで低減できていることを確認している。

また、回収まで又は回収時にサンプル採取等により情報を収集するため、サンプリング設備設置を検討している。

※現状、建屋滞留水の塩化物イオン濃度は 100ppm 程度



- ✓ SUS316 は、保管時の環境条件である温度～40℃及び塩化物イオン濃度～100ppm の条件では、すきま腐食が発生する可能性は低い。
- ✓ なお、ステンレス鋼の局部腐食形態（孔食，すきま腐食，SCC）のうち，最も発生しやすいのは「すきま腐食」であるため，「すきま腐食」が発生しない環境条件では，「孔食」も「SCC」も発生しない。

図 2.14.5.1-2 耐すきま腐食可使用限界温度及び塩化物イオン濃度条件(SUS316 の例)\*

\*宮坂 松甫 「腐食防食講座－海水ポンプの腐食と対策技術－」 第5報：ステンレス鋼及びニレジスト鋳鉄の腐食と対策技術

表 2.14.5.1-2 ゼオライト保管容器保管条件

	温度	湿度	酸素濃度	塩化物イオン濃度	内容物
保管時の環境条件	～40℃	～100%	大気同等	～100ppm	ゼオライト/活性炭

### 3. 放射線

ゼオライト土嚢等処理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、ゼオライト土嚢等や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

ゼオライト土嚢等処理設備の配置計画

ゼオライト土嚢等処理設備はプロセス主建屋、高温焼却炉建屋に設置する（図-1 参照）。

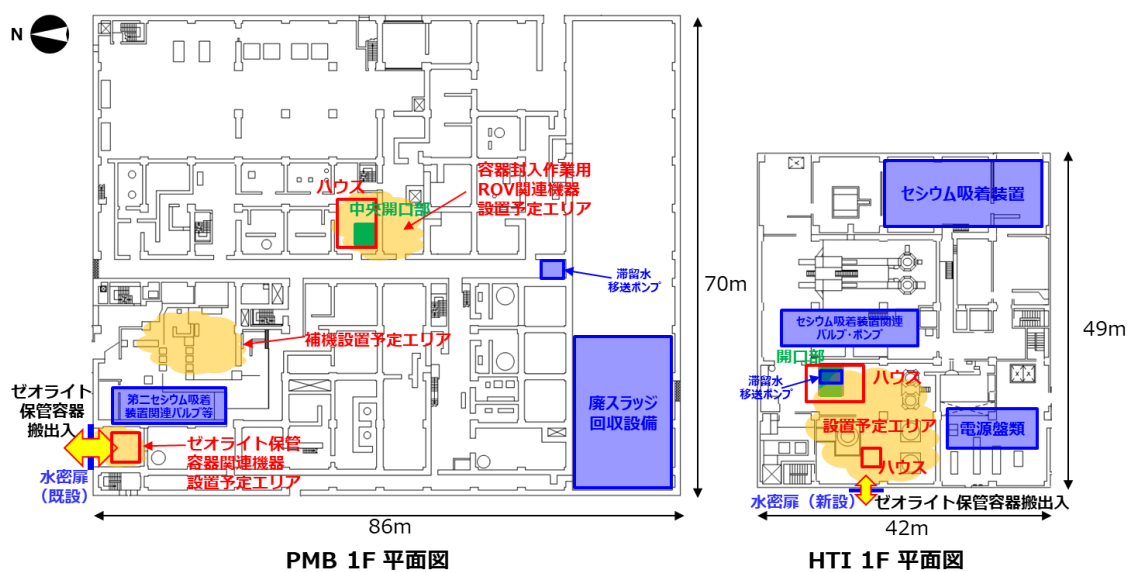


図-1 ゼオライト土嚢等処理設備の配置計画

高温焼却炉建屋については、建屋西側に保管容器搬出入のために、新規に開口を設置する。開口には水密扉を設置し、通常は閉とすることで、津波の襲来に備えるほか、建屋内の放射性物質の拡散を防ぐ。

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

ゼオライト土壌等処理設備は，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)

ゼオライト土嚢等処理設備は、運転員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、運転員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-2-51-添2-6)

(1)ゼオライト土嚢等処理設備の運転する者の操作に対する設計上の考慮は以下の通り。  
本設備の起動・停止などの運転操作および機器の運転状態、遠隔操作可能な各弁の開閉状態、液位、流量、圧力等の監視は、原則としてスラッジ貯蔵建屋に設置する遠隔操作室内にて実施する。

(2)弁操作や運転モードの切替等の操作は全てダブルアクションとし、誤操作防止に配慮した設計とする。

(3)本設備は、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（多様性を考慮）。

(4)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。

(5)遠隔操作室の操作端末にて、一連の操作・監視が可能な設計とする。



## 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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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)

ゼオライト土嚢等処理設備の信頼性に対する設計上の考慮の補足説明

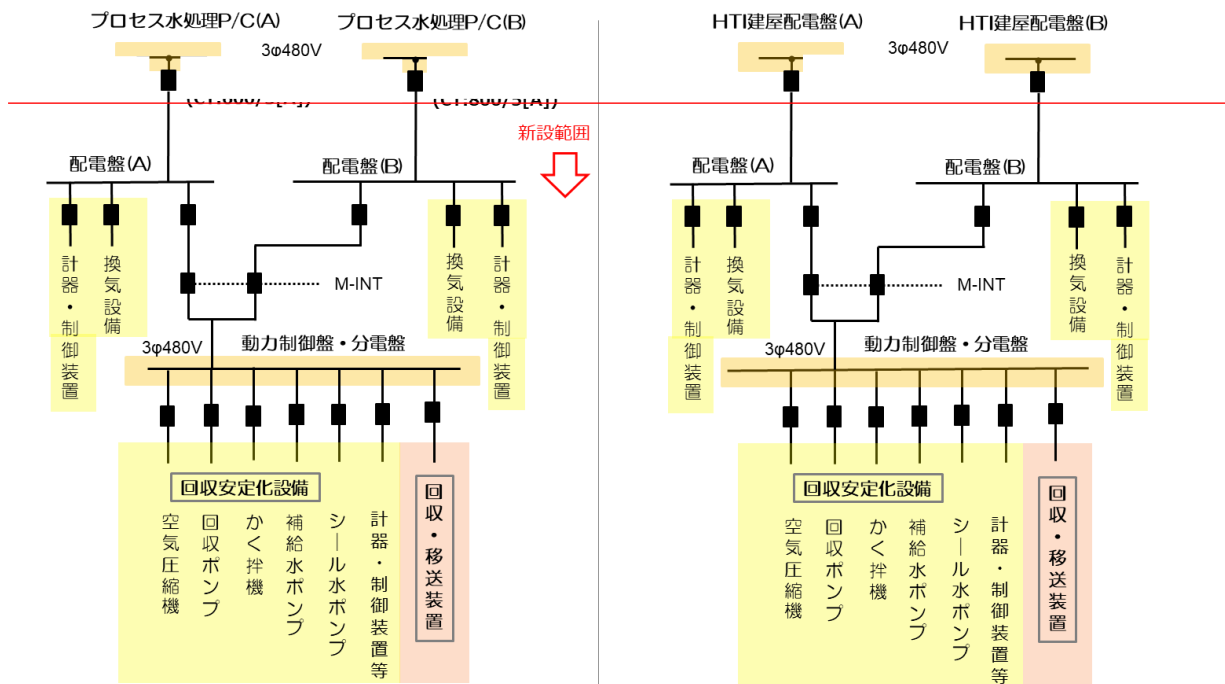
ゼオライト土嚢等処理設備は，以下の観点について考慮し，信頼性を確保する。

(1) 電源の設計

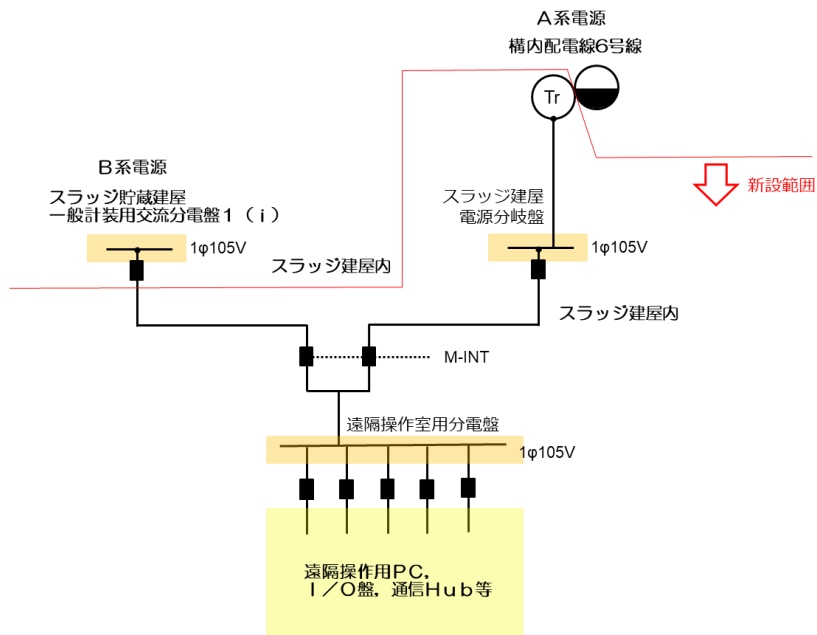
- a. 回収安定化設備および回収・移送装置の動的機器，制御盤，現場計器，空調設備，ユーティリティ設備，遠隔操作設備，等に対して電源を供給する。
- b. 各機器に電源を供給する電源盤は，常用2系統からなる所内共通母線よりそれぞれ受電し，メカニカルインターロックにて受電系統を切り替えられる構成とし，片系上位電源の計画外停止においても速やかに電源を復帰できる構成とする。

具体的なゼオライト土嚢等処理設備における電源構成のイメージは，図 2.14.8.1-1 の通り。

以上



(a) ゼオライト土嚢等処理設備



(b) 遠隔操作室

図 2.14.8.1-1 ゼオライト土嚢等処理設備における電源構成

## (2) 閉じ込め機能

### a. 基本的な考え方

ゼオライト土嚢等処理設備については、使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則に沿った設計とする。作業エリアについては、ダスト管理エリア又は一般エリアに区域設定し、放射性物質を限定されたダスト管理エリアに適切に閉じ込める設計とする（図 2.14.8.1-2）。

ゼオライト土嚢等の移送は建屋内かつ配管・容器内で行う計画であり、開放状態でゼオライト土嚢等を直接扱わない設計とする。機器内をダスト取り扱いエリアとし、ハウス内をダスト管理エリアとする。ゼオライト土嚢等の放射性物質については、換気空調設備にてハウス内部を負圧にすることで放射性物質をダスト管理エリアに閉じ込めることを基本とする。

### b. 想定される事象に対する閉じ込めの考え方

想定される事象に対する閉じ込めの考え方は以下のとおり。

#### ① 通常運転時

- 換気空調設備にてハウス内部を負圧に維持することにより、放射性物質をハウス内（ダスト管理エリア）に閉じ込める。ハウス区画の合計開口面積、開口部風速を考慮の上、負圧を維持可能な排気風量の設計とする。排気系統の動的機器は、メンテナンスや単一故障時も負圧維持が可能となるよう多重化する。
- ゼオライト等の脱水時に発生する排水、排気については地下階へ排出する。排出時の地上階への影響評価を実施の上、作業への影響がない設計とする。また地上階については、常時ダストモニタで監視し、地上階への影響がないことを確認する。
- ゼオライト保管容器の搬出時における、保管容器とゼオライト移送配管の接続部について、取り外し時にゼオライト移送配管内部のダストの放出を防止するため、移送配管のフラッシング後、弁等で系統を隔離し、保管容器の入口配管、出口配管、ベント配管よりホースを取り外す。また、取り外し時にゼオライト保管容器内部のダストの放出を防止するため、自動閉止機構等を設ける。

#### ② 負圧維持に必要な設備の機能喪失時<sup>\*1</sup>

負圧維持に必要な設備の機能喪失時においても、開放状態でゼオライト等を直接扱わないことから、放射性物質は機器内に閉じ込められる。

\*1： Bクラス地震による Cクラス設備の損傷時等、排風機が機能しない場合

### c. エリア毎の差圧の管理方法

プロセス主建屋・高温焼却炉建屋には、既設排風機等があるため、一般エリアは建屋外より負圧となっている。また、ハウス等によって一般エリアの中に仕切られるダスト管理

エリアは、ゼオライト土嚢等処理設備の設置によって、新たにダスト管理エリアから一般エリアに排気する排風機とフィルタを設置するため、建屋外＞一般エリア＞ダスト管理エリアのような気圧差となる。なお、ゼオライト土嚢等処理設備においては、ダスト取扱エリアは配管内であるため、ダスト取扱エリアとダスト管理エリアの間の負圧管理は実施しない。新たに設置する排風機はハウスの開口部等を考慮しても、ハウス内が負圧になる風量となるよう設計する他、逆流防止のためのダンパーを設置する。

#### d. ゼオライト保管容器搬出入時におけるダスト管理

容器搬出入時はハウスのシャッターを開閉して実施する。その際は、ダスト管理エリアを負圧に保つことは出来ないものの、搬出入作業前に、ハウス内のダスト濃度を測定し、問題ないことを確認して作業を実施することで、汚染拡大防止を図る。また、その他フィルタ交換時なども空調が停止するためダスト測定を実施して問題が無いことを確認する。

#### e. ゼオライト保管容器の接続部の構造

ゼオライト保管容器の接続部の配管継手は、図 2.14.8.1-3 に示すとおり、系統内のダストの飛散を防止するため、自動閉止機構のある配管継手を使用する。また、配管継手を外す前には必ず淡水洗浄工程があるため、ゼオライト等のダストの飛散を抑制することが出来る。

#### f. 地震時の考慮

前述の通りゼオライト土嚢等処理設備は耐震 B クラスであり、ダスト管理エリアのパウダリである配管は耐震 B クラス、その外側の排風機とハウスは耐震 C クラスである。B クラス程度の地震時においてはハウスおよびフィルタ、排風機は壊れる可能性があるが、B クラスの配管が近接するハウスは、ビニール等の軽量で柔軟な素材を採用して、ハウスが壊れた場合においても、配管への影響を及ぼさないようにする。

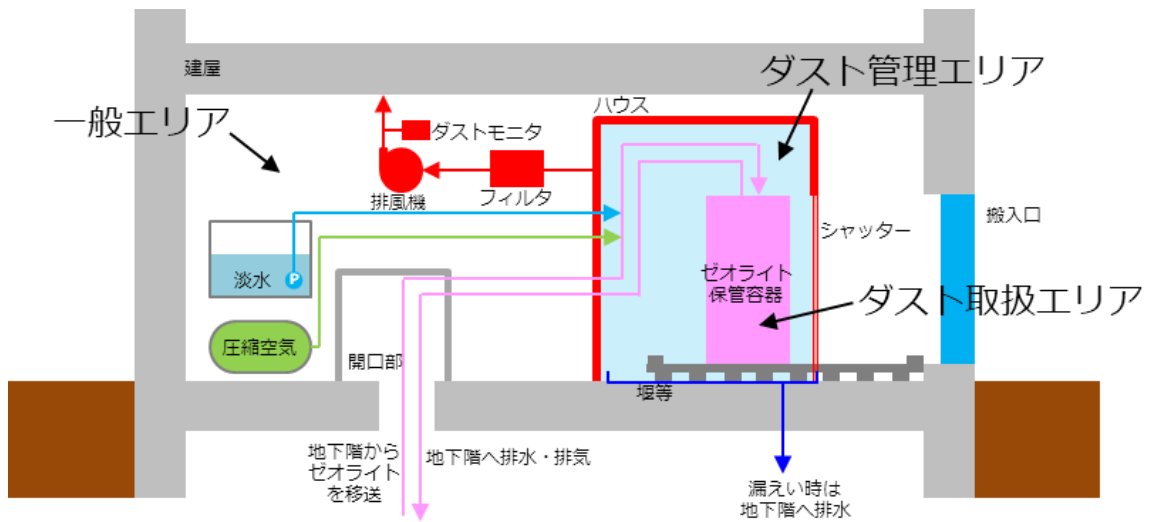


図 2.14.8.1-2 閉じ込め機能の概要図

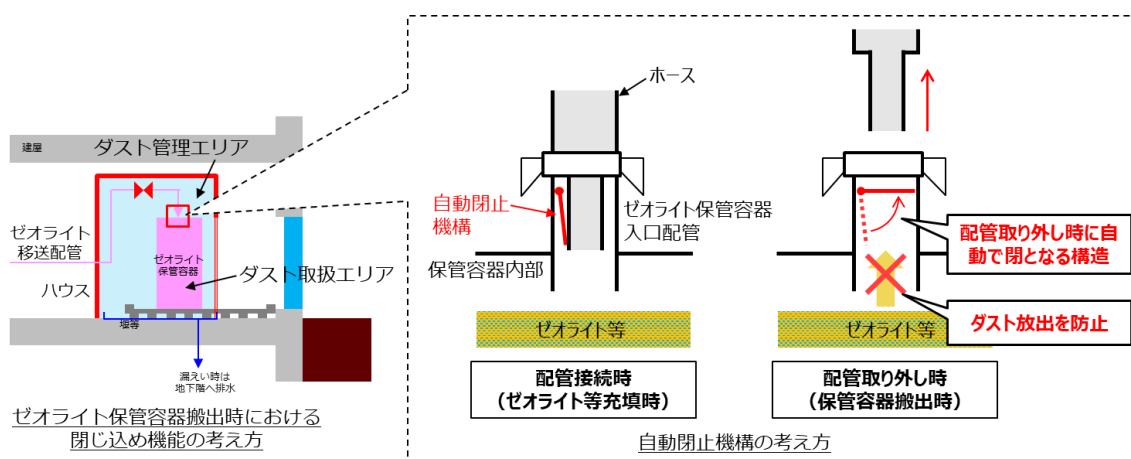


図 2.14.8.1-3 自動閉止機構

### (3) ROV による地下階の作業について

ゼオライト土嚢等処理設備は、充填・脱水設備で地下階のゼオライト土嚢等を地上階に抜き出し、ゼオライト保管容器に充填・脱水するために、地下階で ROV を使用してゼオライト土嚢等を充填・脱水設備まで移動させる作業を実施する。作業内容はⅡ-2-51-添 8 の通り。なお、作業はモックアップにより実現性を確認していく。具体的な ROV の洗浄方法のイメージは、図 2.14.8.1-4 の通り。

#### a. Ⅱ-2-51-添 8 記載以外の機器

メンテナンスにおける被ばく低減対策とし、ROV を地下階に遠隔で投入、吊上げするために、地上 1 階の既設開口近傍に揚重機（ジブクレーン）を設置する。回収作業時に取り扱う機器の重量は 200kg 以下を想定し、ジブクレーンの吊上げ荷重は 500kg 程度とする。電動チェンブロックのチェーン先端のフック部は把持機構を取り付け、ROV 等を地下 2 階に投入する際は、機器を着脱可能な構造とした。遠隔での作業性を考慮して、通常のペンダントでの操作に加えて、遠隔操作室からの操作が可能な構成とする。そのほか、メンテナンスにおける被ばく低減対策とし、地下階で汚染した ROV を除染するための洗浄システムを設置する。ROV に加え、ケーブルやジブクレーンのワイヤ、ポンプ、ホース等の洗浄も実施する。ROV 全体の除染を考慮し、噴射角度の調整が可能な構造とする。

#### b. 除染作業手順

装置洗浄用散水システムにてある程度の線量を低減させる。ROV を地上 1 階まで吊り上げ、線量測定器にて、遠隔で線量を測定する。人で扱うことが不可能なレベルに線量が高い場合、仮設の洗浄槽にて ROV の洗浄を実施し、人で扱うことが可能なレベルまで線量を低減させる。その後メンテナンスエリアまで搬送し、メンテナンスを実施する。



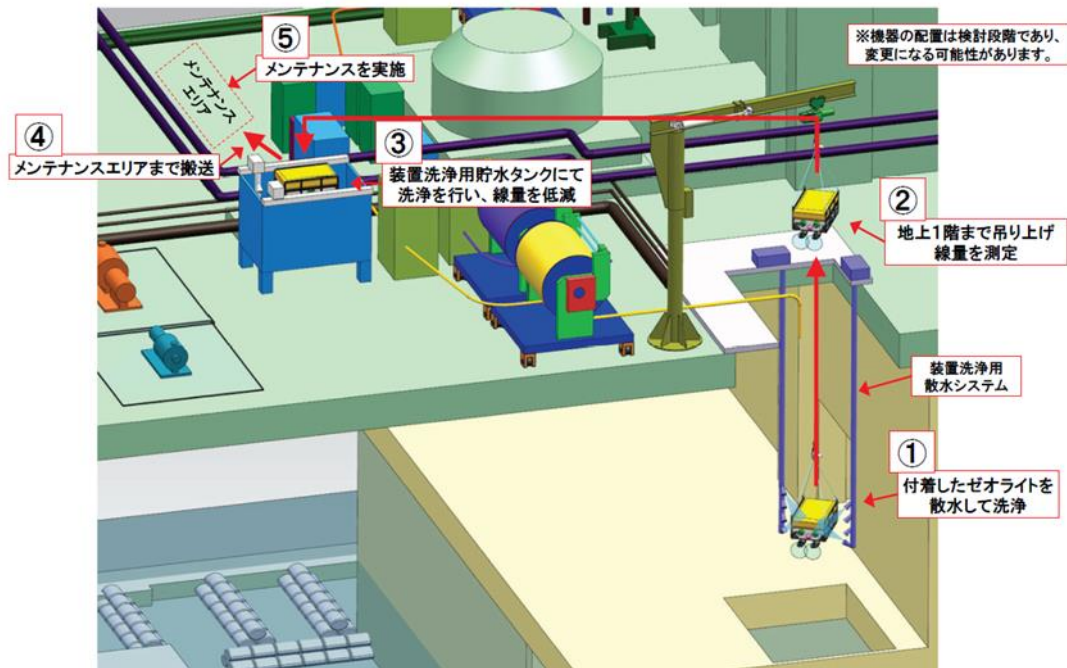


図 2.14.8.1-4 ROV の洗浄方法のイメージ

c. 濁水中の視認性確認手法について

ゼオライト回収時は水中ポンプを操作してゼオライトを吸引回収予定であり、濁水中でのゼオライトの状態の確認が必要となる。図 2.14.8.1-3 に示すとおり、袋の中を水で満たし、カメラを袋入口から覗かせて見ることで濁水中の視認性を向上させることを検討中。今後、水袋カメラを試作して、濁水中における視認性を確認する。また、ソナー等、カメラ以外の確認方法についても検討を進める。

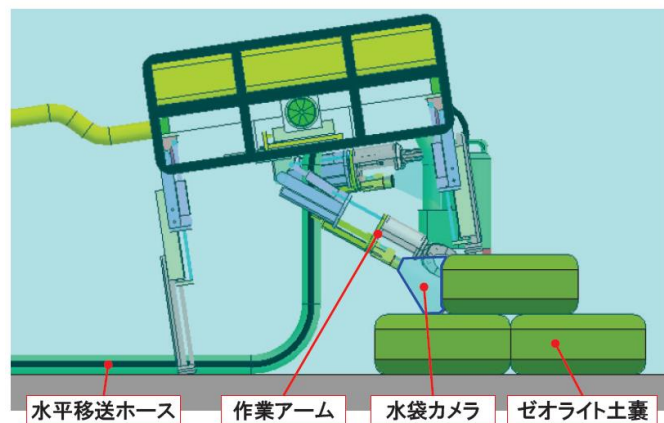


図 2.14.8.1-5 濁水中の視認性確認手法のイメージ

d. ゼオライト垂直移送ポンプとゼオライト中継タンク（垂直移送用）について

地下2階の水中ポンプ（垂直移送ポンプ）での吸上げ時、地上1階の移送設備での閉塞リスクを低減するため、地下2階でゼオライト等の濃度を調整する。垂直移送ポンプの吸込み口の開口面積比で、ゼオライト等の吸込み量を調整希釈するための方策案として、中継タンクはたて置き円筒形とし、中継タンク内の垂直移送ポンプを中心に垂直板を設置し、円周の一部を区切られた箇所にてゼオライト等を集積する。

これにより、設置する垂直移送ポンプの吸込み口の周囲が面積比で分けられ、ゼオライト等が集積されたエリアから高濃度で吸引されたとしても、仕切り板の外側のエリアから滞留水が供給されるため、ポンプ内で希釈する。仮にゼオライト等が集積されたエリアから15wt%で吸引される場合には、仕切り板のエリアを1/5（72°）に調整することで、ポンプ内部で3wt%程度まで希釈される見込みとなる。今後モックアップで実際に確認を実施する。具体的なゼオライト等濃度調整手法のイメージは、図2.14.8.1-5の通り。

水中ポンプ構造(例)

水中ポンプ配置イメージ

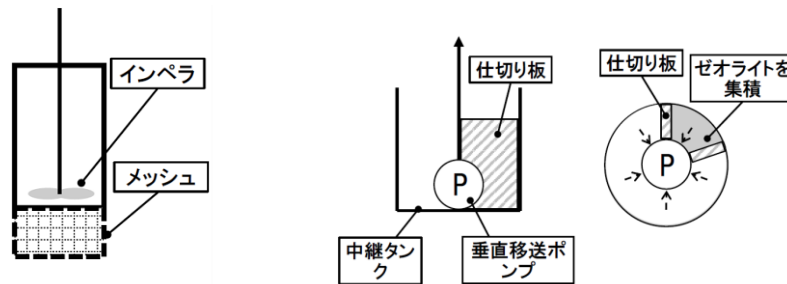


図 2.14.8.1-5 ゼオライト等濃度調整手法のイメージ

e. モックアップに向けたこれまでの知見の反映

SGTS 配管撤去で得られた知見を基に、本件への反映事項を検討した結果を表 2.14.8.1-1 に示す。

表 2.14.8.1-1 モックアップに向けたこれまでの知見の反映事項

No.	分類	不具合事象	得られた知見	知見の反映内容	本件への反映内容
1	ウレタン注入	配管恥装置の動作不良	配管把持装置を吊り上げた際の揺れによるケーブルコネクタの接触不良が発生する。	・ケーブルの整線を行い、制御坂内にケーブル固定用サポートを設置すること。	ROV 内部でケーブルコネクタが外れにくい形で固定する。
2	配管切断	配管切断中のワイヤーソーの配管噛み込みについて	切断装置のワイヤーソーの刃が配管に噛み込み、動かなくなった。配管の切断面が、切断対象配管の自重や吊り天秤の重心の僅かな偏り等により歪んだ可能性がある。	・噛み込み防止対策 ・噛み込んだ場合の対策	ゼオライト回収作業については、回収を継続することで相手側の状況が変わることも考慮して試験を実施する。

No.	分類	不具合事象	得られた知見	知見の反映内容	本件への反映内容
3	配管切断	モックアップと現場に相違があり切断装置の性能を十分発揮できない	使用するクレーンの大きさの違いから、油圧ホースをジブへ敷設した場合のリスク抽出が十分でなかった。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場に近いモックアップを再現</li> <li>・現場とモックアップの違いのリストアップ</li> <li>・タイムスケジュールの確認</li> </ul>	現地に近いモックアップ試験を計画した上で行う。実機を模擬できない事項については事前にリスク抽出と対応方針を検討する。
4	線量	2号機 SGTS 配管の切断後、線量測定を実施し、予想より高い線量を検出	最大 $\beta + \gamma$ : 3000mSv/h を確認		現場調査結果を基に遠隔で作業可能な工法を検討する。
5	油ホース	油圧ホースからの油漏れ	油ホースからの油の漏えい	<ul style="list-style-type: none"> <li>・油圧ホースをクレーンジブに這わせることで油圧ホースに負荷がかかっている。</li> </ul>	ケーブルへの負荷により水漏れしない構造とする。
6	飛散防止剤	飛散防止剤噴霧ノズルの詰まりについて	ノズルは毎回清掃しているが、詰まりがみられるため、発生飛散防止剤をタンクに入れる直前にろ過水でラインのフラッシングを行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・念入りに清掃</li> <li>・ろ過水でフラッシングの実施</li> <li>・ホース内のろ過水充填</li> </ul>	ゼオライト回収用のポンプについては、適宜水のみを回収することでフラッシングを実施する。
7	仮設ダストモニタ	外部放射線の影響を含んだ指示値が出力される。	測定場所で1時間※BG測定を実施する必要がある。切断装置の飛散防止材のミストや湿分が高い物を採取し、流量低による、ろ紙送りが発生した可能性がある。ろ紙送りされるとBG測定がリセットされるため、再度BG測定が必要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダスト採取口を飛散防止剤の影響を受けない位置に変更。</li> </ul>	ROVでの作業ではゼオライトを水と一緒に取り扱うため、外部への影響は限定的であるが、作業ハウスで水とゼオライトが外部に飛散しない状態で作業を実施する。
8	通信	通信障害の発生	公共電波との干渉により一時的な通信障害が発生する（他工事でも同様の事象が発生） 装置側アクセスポイント(AP)のハングアップにより復旧に時間を要している	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電波干渉による通信障害が発生した場合の主通信機と予備通信機の切り替え手順を整備</li> <li>・遠隔操作にて装置側のAPを再起動できるようにする</li> <li>・装置を吊上げる前にAPを再起動する手順に見直しする。</li> </ul>	有線接続で作業を実施する。

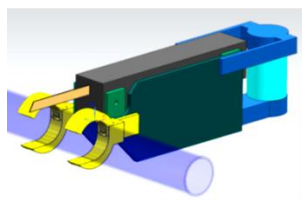
(4) ROV 以外の不具合対応

a. 配管からの漏えい

2重ホースを使用する等、漏えいを防止する構造としたうえで、遮へい付きのトラフ内に設置する方針。万一漏えいした場合は、トラフ内に留まる構造とし、漏えいの拡大を防ぐ。回収対応については、高線量が予想されることから、ロボットにて遠隔で実施する。

b. 配管の詰まりによる閉塞

ゼオライトで配管閉塞しないよう、固液比を制御して移送する計画。なお、これまでの要素試験では配管閉塞は確認されていないが、万が一、閉塞した場合は、逆洗が可能な設備構成とする、ロボットにて遠隔で加振を加える等、閉塞を解消する対策を準備する。それでも閉塞が解消されない場合は、遠隔ロボットを用いて配管を切断、除去する。配管の詰まりによる閉塞解消対策のイメージは、図 2.14.8.1-6 の通り。



閉塞対応配管切断治具



遠隔対応用ロボット(例)

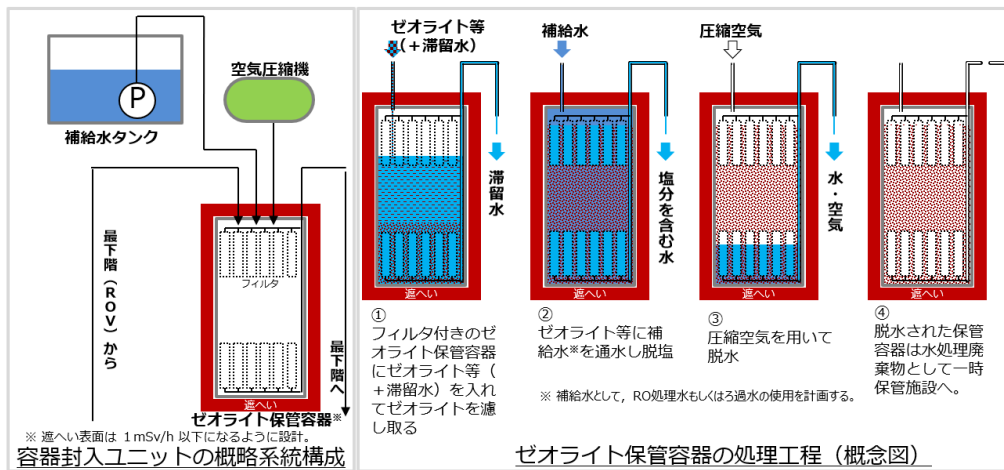
図 2.14.8.1-6 配管の詰まりによる閉塞解消対策のイメージ

(5) 保管容器

ゼオライト等は滞留水と共に地上階へ移送され、フィルタが装備されている遮へい付のゼオライト保管容器に入れて脱水し、ゼオライト等のみが封入された状態とする。ゼオライト保管容器に封入した後は補給水を通水して塩分を除去し、圧縮空気等を利用して脱水する。脱塩、脱水後のゼオライト保管容器は建屋外へ搬出し、33.5m 盤の一時保管施設（第一 or 第四施設）へ輸送する。発生数は40基程度、1本あたり約8E14Bq程度\*の放射性物質量となる見込み。保管容器の表面線量は1mSv/hにて設計しており、回収時に容器をモニタリングし、設計線量を超える場合については、回収を中断する。ゼオライト保管容器の基本仕様は、図2.14.8.1-7の通り。

\*ゼオライト保管容器（2.87m<sup>3</sup>）1本あたり約8E14Bq程度の放射性物質量

$$2.87[m^3] \times 10E6 \times 1.79[g/cm^3] \times 1.6E8[Bq/g] \text{ (Cs-134, 137, Sr-90 濃度)} = 8.19E14[Bq]$$

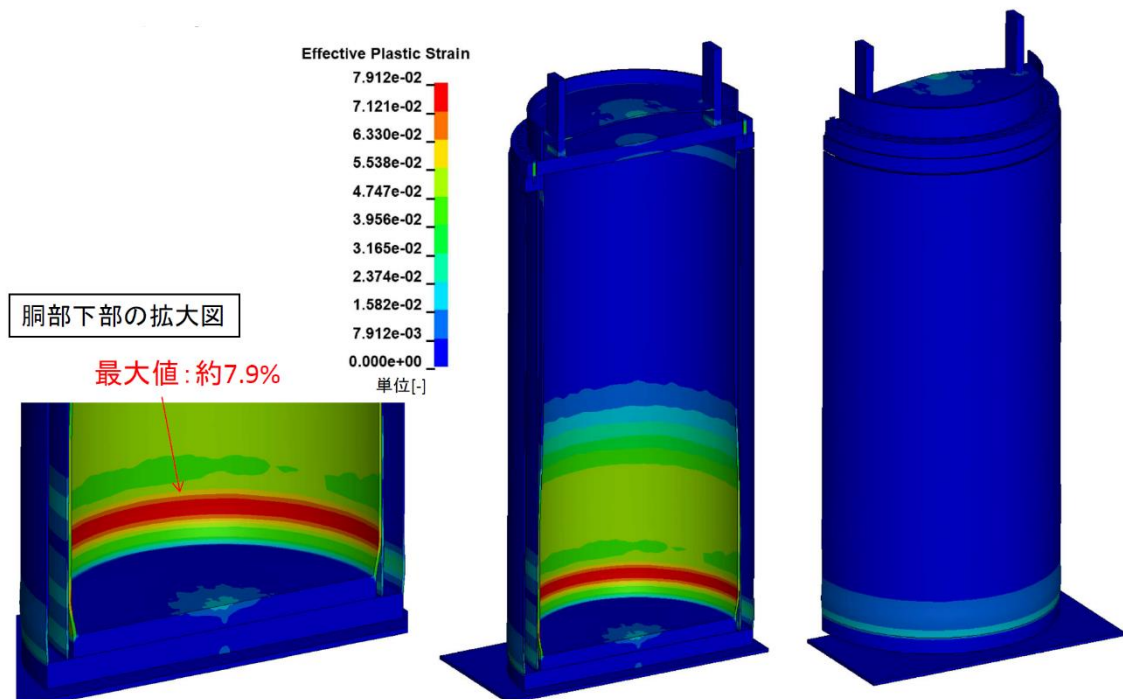


仕様			
構造	縦置き円筒形	高さ	3632mm
材質	SUS316L相当 + 鉛遮蔽	直径	1492mm
重量	22.9 t	容量	2.87m <sup>3</sup>
要求機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ゼオライト保管容器内で脱塩・脱水を実施</li> <li>● 長期の保管期間（30年程度）を考慮すること（耐腐食性の材料を使用）</li> <li>● ゼオライト保管容器の表面線量率は、作業員の被ばく低減を考慮し、1 mSv/h以下となるように遮へいを設置すること（上面も含めて遮へいを設置し、遮へいの上から操作を実施することで、作業における被ばくの低減が可能とする）</li> <li>● 崩壊熱による過熱を防ぐこと</li> <li>● 保管時は水素バントできる構造とし、可燃性ガスの滞留を防ぐこと</li> <li>● 再度の取り出しを考慮すること</li> <li>● 転倒・落下による内容物の漏出を防ぐこと</li> <li>● PMB・HTIへフォークリフト等で搬出入可能なこと</li> </ul>		
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ゼオライト回収容器は、米国で放射性物質が含まれるスラッジ回収等、多数の適用実績を有する容器の設計をもとに、本ゼオライト土嚢回収作業の作業性、一時保管施設の構造等を考慮して設計した</li> </ul>		

図 2.14.8.1-7 ゼオライト保管容器の基本仕様

○ ゼオライト保管容器の落下評価

構造解析プログラムにより、SCF が所定の高さから垂直落下し、地面と衝突した時のゼオライト保管容器構造材の応力ひずみを有限要素法により解析することにより評価した（図 2.14.8.1-8）。吊り上げ最大高さ 7.1m から垂直落下した際を評価し、容器の SUS316L 材の変形量（ひずみ）が JIG G 4304 に記載の伸び下限値（40%）より求めたひずみ 33% より小さいことを確認した。（ひずみ 33% 以上で破断と判断）



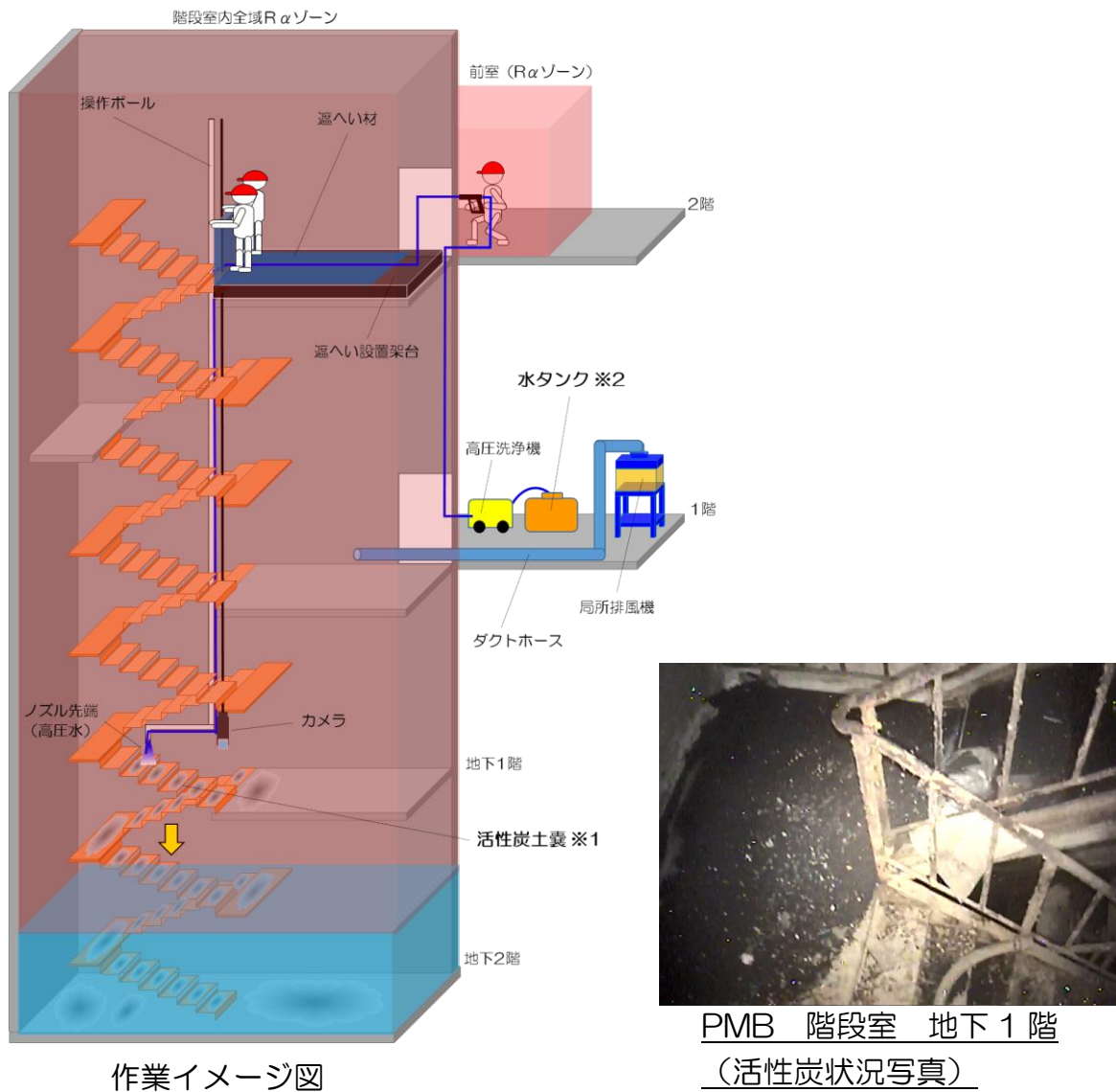
発生する塑性ひずみは約 7.9% と評価され、ゼオライト保管容器は吊り上げ最大高さ 7.1m から垂直落下した場合でも破断しない。

図 2.14.8.1-8 ゼオライト保管容器の落下評価について



(6) PMB・HTI 階段室 活性炭土嚢対策について

プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋の階段室（1階～最下階）に敷設されている活性炭土嚢について、有人により地上階（2階を予定）から最地下階へ落とし込み、活性炭を集積する。活性炭の落とし込み方法については、高圧水とし、操作ポールを用いて、対象箇所（土嚢袋等）にアクセスする。最地下階に集積した活性炭については、ゼオライト土嚢等処理設備にて回収しゼオライト保管容器に充填する。具体的な活性炭の落とし込み方法のイメージは、図 2.14.8.1-9 の通り。



作業イメージ図

PMB 階段室 地下1階  
(活性炭状況写真)

図 2.14.8.1-9 活性炭の落とし込み方法のイメージ

### (7) 実規模モックアップ実施概要

モックアップは日本原子力研究開発機構(JAEA) 檜葉遠隔技術開発センターにて実施予定。現場(地下2階)を模擬した水槽を使用。水平方向は実スケールより小さいものの、重要な確認項目である曲がり角におけるケーブルマネジメントについては、周回させることによって、現場と同じ回数を確認予定。上階(地下1階, 地上1階)を模擬した架台を設置(高さは実スケール)。現場調査で確認された干渉物, 劣化した土嚢袋等を再現し, 現場環境を模擬。主にケーブルマネジメント, 一連のROVの遠隔動作, 想定トラブル対応を検証する予定。実規模モックアップのイメージは, 図 2.14.8.1-10 の通り。

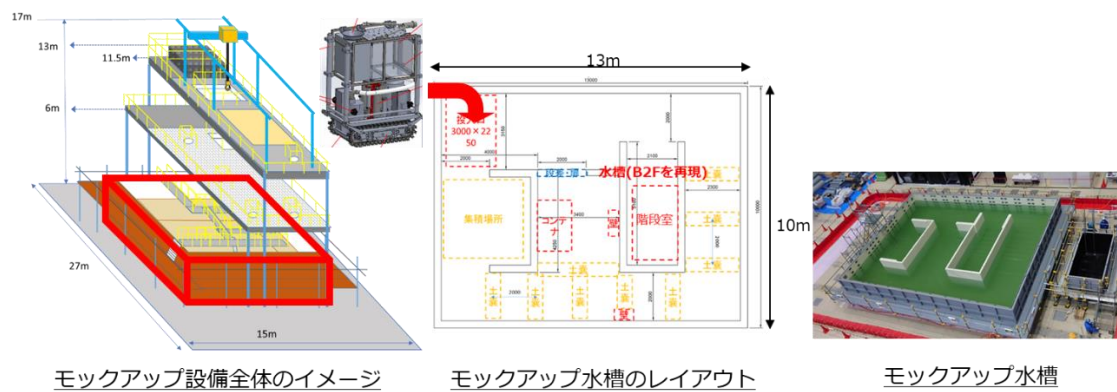


図 2.14.8.1-10 実規模モックアップのイメージ



## 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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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)

ゼオライト土嚢等処理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-2-51-2)

### 検査可能性に関する考慮事項

ゼオライト土嚢等処理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) 換気空調装置

- ・外観・分解点検，取替

点検や，取替が可能な設計とする。

(5) 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

ゼオライト土嚢等処理設備は，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

ゼオライト土嚢等処理設備については、分析結果を基に核種は Cs-134 及び Cs-137 とし、線源条件を設定し、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 : ゼオライト

Cs-134 : 8.5E+06 Bq/g, Cs-137 : 1.4E+08 Bq/g

移送水

Cs-134 : 6.6E+06 Bq/L, Cs-137 : 1.3E+08 Bq/L

遮蔽 : 鉄（ゼオライト保管容器） 190mm

鉄（ゼオライト移送配管） 35mm

鉄（ゼオライト排水配管） 5mm

評価地点までの距離 : 約 1210m

線源の標高 : T.P.約 9m

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