

2.40 放水路浄化設備

2.40.1 基本設計

2.40.1.1 設置の目的

1～3号放水路について、放水路内の溜まり水に汚染が確認されており、溜まり水の浄化を行う必要がある。海水配管トレンチ浄化に用いたモバイル式処理装置（2.5.1.5(10)モバイル式処理設備のうち、3号機海水配管トレンチ（以下、「トレンチ」という。）の汚染水処理に使用している装置（以下、「3号機モバイル式処理装置」という。）を使用し、1号放水路と装置間に新たにPE管及び汲み上げ用水中ポンプを移送ポンプとして設置し放水路移送設備とし、1号用の放水路浄化設備を構成する。

放水路の上流側立坑から移送ポンプにて汲み上げた後、放水路浄化装置の吸着塔によりセシウム等の放射性核種を除去し放水路下流側立坑に移送する。

吸着塔及び吸着材は、これまでモバイル式処理設備（2.5.1.5.1(10)モバイル式処理設備）、第二モバイル型ストロンチウム除去装置（2.39 第二モバイル型ストロンチウム除去装置）と同一のものを使用する。

2.40.1.2 要求される機能

- (1) 放水路の滞留水に内包される放射性核種のうち、セシウムについて濃度を低減する能力を有すること。
- (2) 漏えい防止機能を有すること。また、放射性液体廃棄物が、万一、機器・配管等から漏えいした場合においても、検知し、設備からの漏えい拡大を防止できること。
- (3) 装置内で発生する可燃性ガスの管理が行える機能を有すること。

2.40.1.3 設計方針

(1) 処理能力

放水路浄化設備は、放水路滞留水に含まれる放射性セシウムの濃度を低減する能力を有する設計とする。

(2) 材料

放水路浄化設備は、処理対象水の性状を考慮した材料を用いた設計とする。

(3) 放射性物質の漏えい防止

放水路浄化設備の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、万が一装

置内に漏えいが発生した場合には検知する。

b. 漏えい検知の警報については、水処理中央制御室にて監視できるようにする。

(4) 被ばく低減

放水路浄化設備は、遮へい、機器の配置等により被ばくの低減を考慮した設計とする。
また、放水路浄化設備の運転監視員は、水処理中央制御室に配置する設計とする。

(5) 崩壊熱除去に対する考慮

放水路浄化設備は、放射性物質の崩壊熱による温度上昇を考慮し、崩壊熱を除去できる設計とする。

(6) 可燃性ガスの管理

放水路浄化設備は、水の放射線分解により発生する可燃性ガスの滞留を防止でき、排出できる設計とする。

(7) 誤操作の防止に対する考慮

誤操作を防止するために、放水路浄化設備の運転操作手順書を整備し、教育を実施すると共に、特に重要なスイッチには、注意表示をする。また、弁には、銘板を取り付ける。
運転操作については、操作スイッチを制御スイッチ(C S式;Control Switch)、切り替えスイッチ(C O S式;Change over Switch)とし、タッチパネル特有の問題(ボタン間隔が狭い、反応が鈍い)を回避する。

(8) 健全性に対する考慮

放水路浄化設備は、機器の重要度に応じた有効な保全ができるものとする。

2.40.1.4 主要な機器

放水路浄化設備は、放水路浄化装置(「2.5.1.5(1)モバイル式処理設備のうち3号機モバイル式処理装置(既設)」を使用)および移送設備(配管等)で構成する。

(1) 放水路浄化装置

放水路浄化装置は、吸着塔を装荷する吸着塔ユニット(車載)及び流量調整等の機能を有する弁ユニット(車載)から構成する。吸着塔ユニットは、1塔の吸着塔により、滞留水に含まれるセシウムの放射性核種を除去し、吸着塔出入口差圧、吸着性能、吸着塔表面線量により吸着塔を交換する。吸着材は、除去する核種や滞留水の水質に応じて変更する場合がある。(表-1)

表－1 放水路浄化装置の吸着材について

除去核種	吸着材	表面線量率 (mSv/h)	吸着量 (Bq/塔)	温度評価	
				最高温度 (℃)	耐熱温度 (℃)
Cs	吸着材1	<1.0	約 1.3×10^{15}	約 215	600
Cs/Sr	吸着材2	<1.0	約 2.0×10^{15}	約 350	600

放水路浄化装置で使用する吸着塔は、円筒形容器で、内部に吸着材を充填したステンレス製の容器とし、外側に炭素鋼製の遮へい容器からなる構造とする。遮へい容器は二重筒構造とし、内部の鉛等により、表面で1 mSv/h以下となるよう十分な遮へい能力を有するものとする。

放水路浄化装置の主要な機器は、水処理中央制御室により運転状況の監視を行う。

吸着塔は、『2.5 汚染水処理設備等 添付資料－11 2号機及び3号機の海水配管トレンチにおける高濃度汚染水の処理設備』（以下、「モバイル式処理装置」という。）及び『2.39 第二モバイル型ストロンチウム除去装置等』の吸着塔と同仕様である。

また、吸着塔は、吸着材を充填したステンレス鋼製の容器の外側に鉛等の遮へいを設ける。使用済吸着塔は内部を淡水で置換し、使用済セシウム吸着塔仮保管施設等において内部の水抜きを行なう。使用済吸着塔は使用済セシウム吸着塔仮保管施設及び使用済セシウム吸着塔一時保管施設のコンクリート製ボックスカルバート内で貯蔵する。

なお、水抜きした水は、高温焼却炉建屋地下に排水する。

(2) 移送設備

放水路滞留水は、移送設備により放水路浄化装置に移送され、セシウム等を除去した後、移送設備により放水路に移送する。移送配管は、ポリエチレン管等により構成される。

2.40.1.5 自然災害対策等

(1) 津波

放水路浄化設備は、仮設防潮堤により、アウターライズ津波による浸水を防止する。また、アウターライズ津波を上回る津波の襲来に備え、大津波警報が出た際は、O.P.35m地盤にある電源操作により移送ポンプの電源を停止し、隔離弁を閉止することで、滞留水の流出を防止する。なお、津波による配管損傷があった場合でも、移送ポンプを停止することで、滞留水の漏えいは限定的なものとなる。

(2) 火災

火災発生を防止するため、基本不燃性または難燃性材料を使用する。また、初期消火

のために放水路浄化装置近傍に消火器を設置する。また、放水路浄化装置は独立した車両上の鋼製の箱内にあり、装置周辺から可能な限り可燃物を排除するため燃焼・延焼し難い。なお、火災発生は、巡視点検、監視カメラにより確認できる。

万一の火災に対する対応については、予め定めたマニュアル等に従い実施する。

(3) 豪雨

放水路浄化装置の吸着塔は、鋼製の箱内に収納されると共に防水シートで養生され、基本的に雨水の浸入を防止する構造とする。

万一、大雨警報等の予報、特別警報により、大量の雨水が浸入し、処理の停止に至る等の可能性がある場合は、装置を停止することで、装置の計画外停止に備える。豪雨に対する対応は、予め定めたマニュアル等に従い実施する。

(4) 強風（台風・竜巻）

放射能除去装置(吸着塔ユニット及び弁ユニット)は、鋼製の箱内に収納されており、強風に耐えうる構造としている。万一、暴風警報、竜巻警報等の予報、特別警報により、計器類・監視カメラが故障する等、運転継続に支障を来す可能性がある場合には、汚染水の漏えい防止を図るため、装置を停止する。強風に対する対応は、予め定めたマニュアル等に従い実施する。

2.40.1.6 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

放水路浄化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」においては、廃棄物処理設備に相当するクラス3機器と位置付けられることから、吸着塔及び鋼管については、「JSME S NC1-2005 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下、「設計・建設規格）」のクラス3機器の規定を適用することを基本とし、日本工業規格（JIS）等の国内外の民間規格も適用する。また、日本工業規格（JIS）、国内外の民間規格に適合した工業用品を採用し、ポリエチレン管については、日本水道協会（JWWA）規格に準拠する。

(2) 耐震性

放水路浄化設備を構成する主要機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけられる。耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」に準拠して耐震評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準については実態にあわせたものを採用する。ポリエチレン管及び耐圧ホースは、材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.40.2 基本仕様

2.40.2.1 系統仕様

(1) 放水路浄化装置

処理方式	吸着材方式
系列数	1
処理量	360m ³ /日/系列

2.40.2.2 機器仕様

(1) 吸着塔

名 称		吸着塔	
種 類	—	縦置き円筒形	
容 量	m ³ /h/系列	15.0	
最 高 使 用 圧 力	MPa	0.98	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	胴外径	mm	1020.0
	胴板厚さ	mm	10.0
	上部鏡板厚さ	mm	10.0
	下部鏡板厚さ	mm	10.0
	高さ	mm	1806.0
材 料	胴板	—	SUS316L
	鏡板	—	SUS316L
個 数	個/系列	1	
系 列 数	系列	1	

(2)配管等

主要配管仕様

名 称	仕 様	
放水路水移送ポンプより 放水路上流側立坑出口まで (耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリ塩化ビニル 0.98 MPa 40 ℃
放水路上流側立坑出口から 放水路浄化装置入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 ℃

放水路浄化装置入口取合から 放水路浄化装置出口取合まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch.80 STPG370 0.98 MPa 40 °C
	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch.40 SUS316L 0.98 MPa 40 °C
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリ塩化ビニル 0.98 MPa 40 °C
放水路浄化装置出口取合から 放水路まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C

(3) ポンプ

a. 移送ポンプ (完成品)

台 数	1 台
容 量	15.0 m ³ /h

なお、機器仕様に記載の寸法は公称値である。

2.40.3 添付資料

- 添付資料－1： 配置概要，系統構成図等
- 添付資料－2： 放水路浄化装置の強度に関する説明書
- 添付資料－3： 放水路浄化装置の耐震性に関する説明書
- 添付資料－4： 放水路浄化装置等に使用する配管の耐震に関する計算書
- 添付資料－5： 放水路浄化装置等の具体的な安全確保策等
- 添付資料－6： 放水路浄化装置の敷地境界線量率への影響
- 添付資料－7： 使用済吸着塔の水素到達濃度評価
- 添付資料－8： 使用済吸着塔の温度評価
- 添付資料－9： 放水路浄化装置等に係る確認事項

配置概要, 系統構成図等

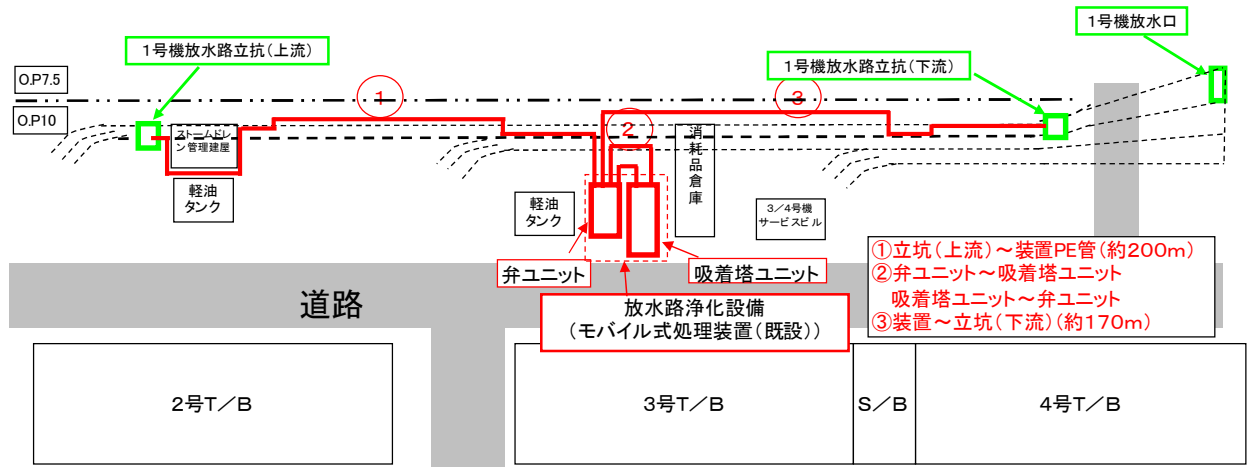


図 - 1 - 1 概略配置図

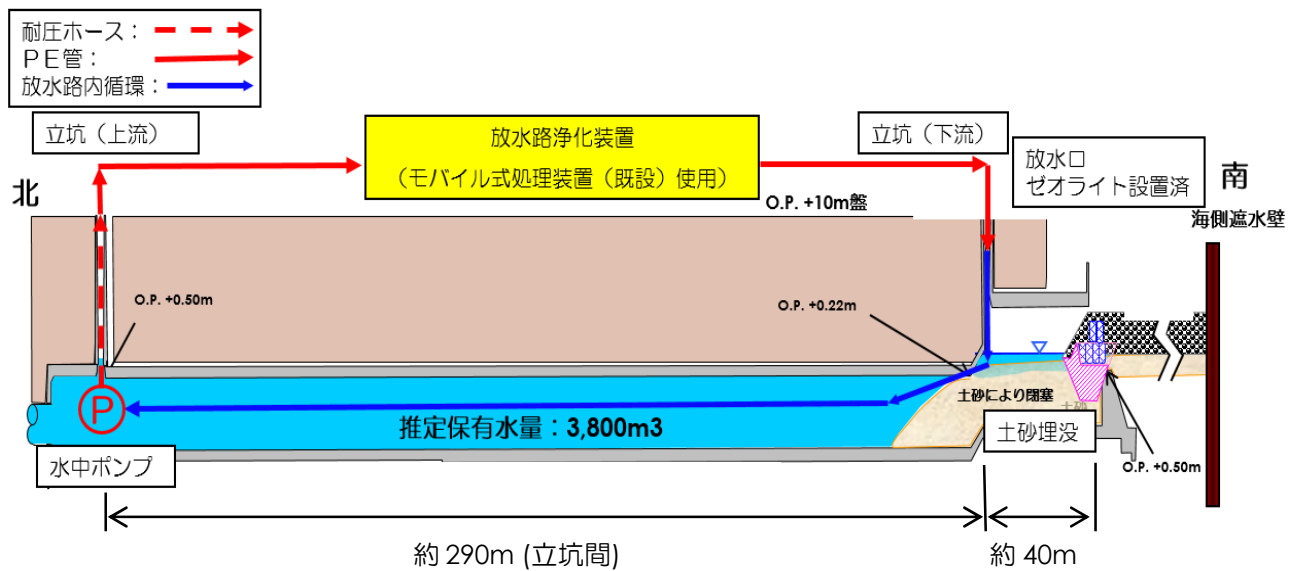


図 - 1 - 2 概略系統図

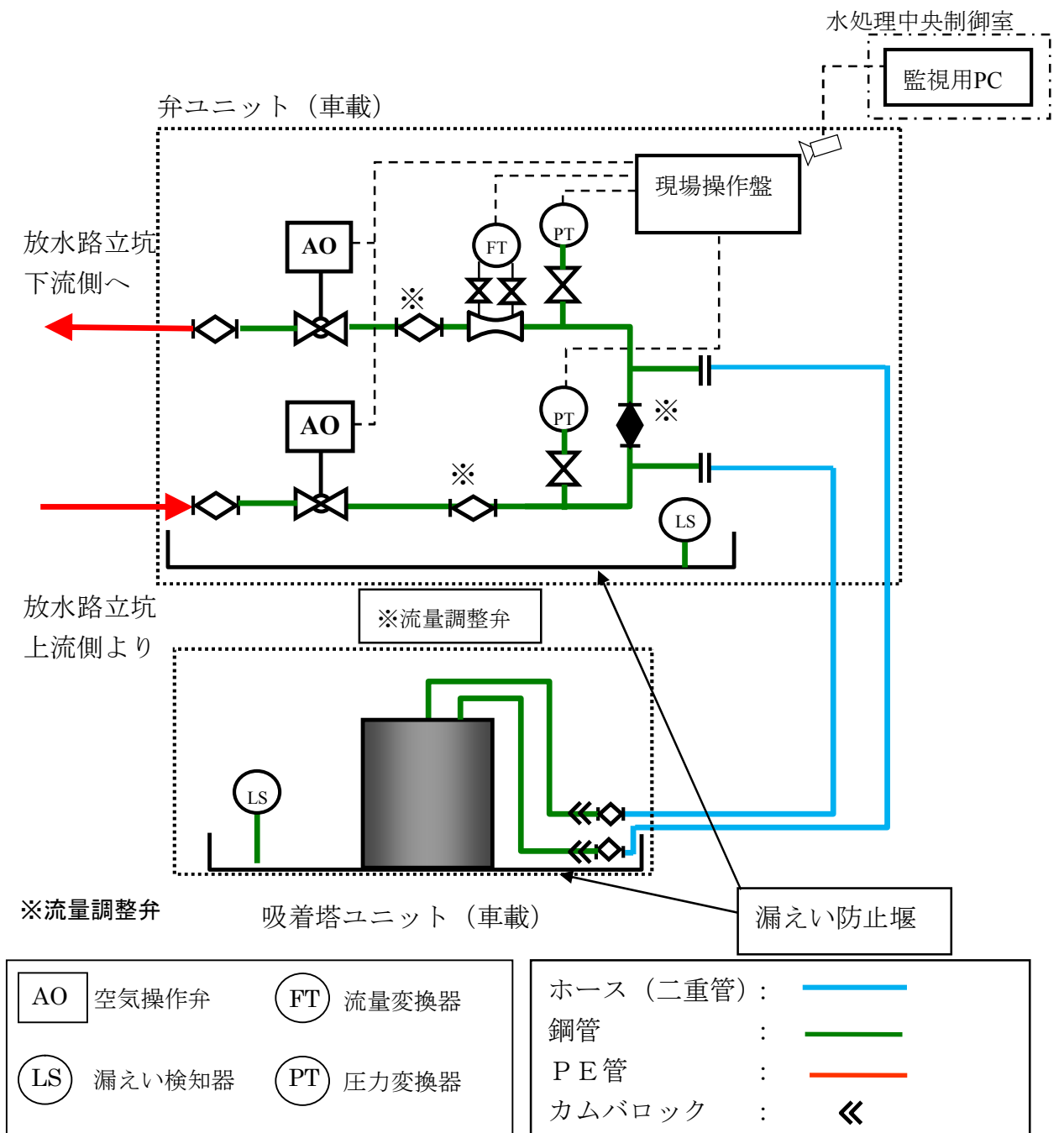


図-1-3 放水路浄化装置概略図

放水路浄化装置の強度に関する説明書

構造強度評価結果 (2.5.1.5.1(10)モバイル式処理装置と同一)

設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認する。

また、吸着塔の円筒形容器については、設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、内圧に耐えられることを確認した (表－２)。

a. 胴について、以下の計算式により必要な厚さを計算した。

$$t = \frac{PDi}{2S\eta - 1.2P}$$

t : 胴の計算上必要な厚さ

Di : 胴の内径

P : 最高使用圧力

S : 最高使用温度における

材料の許容引張応力(111 MPa)

η : 長手継手の効率 (0.7)

b. 鏡板について、以下の計算式により必要な厚さを計算した。

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

t : 鏡板の計算上必要な厚さ

P : 最高使用圧力

R : 鏡板の中央部の内半径

W : さら形鏡板の形状による係数 (1.54)

S : 最高使用温度における

材料の許容引張応力 (111 MPa)

η : 長手継手の効率 (1.0)

ただし、t の値は炭素鋼、低合金鋼の場合は t=3[mm]以上、その他の金属の場合は t=1.5[mm]以上とする。

表－２ 放水路浄化装置構造強度結果

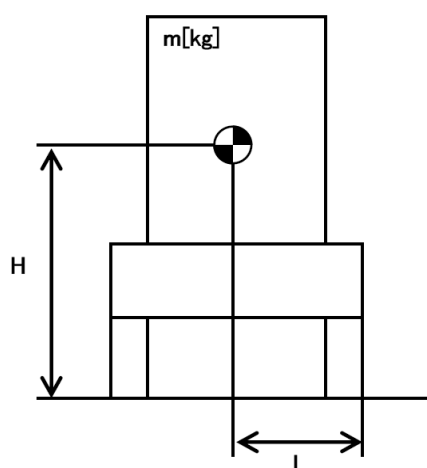
機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
放水路浄化装置 吸着塔	板厚	6.4	10.0
	鏡板	6.8	10.0

放水路浄化装置の耐震性に関する説明書

耐震性評価結果

a. 放水路浄化装置（吸着塔，トレーラー）の転倒評価

放水路浄化装置およびそれを搭載しているトレーラーの転倒評価については、モバイル式処理装置と同一であり、モバイル式処理装置の結果を以下に示す。地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することで転倒評価を行った。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した（表－3）。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 転倒支点から機器重心までの距離
- C_H : 水平方向設計震度 (0.36)

地震による転倒モーメント： $M_1[N \cdot m]=m \times g \times C_H \times H$

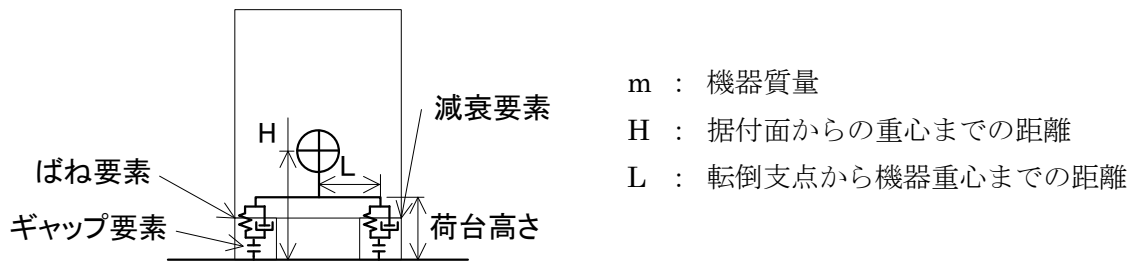
自重による安定モーメント： $M_2[N \cdot m]=m \times g \times L$

表－3 モバイル処理装置耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
モバイル式処理装置 (吸着塔，トレーラー)	本体	転倒	0.36	251	624	kN・m

また、モバイル式処理装置の時刻歴解析による耐震性確認について、過去に電源車（モバイル式処理装置と同様に車両上に機器を設置）で実施した評価と比較した。

電源車の解析モデルは、コンテナと車両を一体とし、評価は、ばね要素、減衰要素およびギャップ要素を地表面と荷台高さとの間に配置している。実車両を模擬し、本車両転倒解析モデルを構築する場合、転倒評価に用いる重心位置最大応答角は、重心位置と荷台を結ぶ剛体要素の角度差より求まることから、荷台高さを回転中心とした。



電源車の耐震評価結果とモバイル式処理装置形状比較は以下のとおり。

表-4 電源車の耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	重心位置 最大応答 回転角 (deg)	最大安定 傾斜角 (deg)	裕度
電源車	本体	転倒	1.00	11.0	30	2.72

- ・電源車の転倒に対する裕度は充分にある

表-5 モバイル式処理装置（吸着塔，トレーラー）と電源車の形状比較

機器名称	H (m)	L (m)	H/L
モバイル式処理装置	1.630	1.465	1.113
電源車	1.181	0.923	1.280

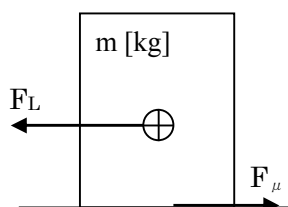
- ・モバイル式処理装置と電源車の形状は、モバイル式処理装置の方が安定している。
 m : 機器質量
 H : 据付面からの重心までの距離
 L : 転倒支点から機器重心までの距離

電源車の耐震性評価においては支配的な基準地震動を選定しており、その水平方向の最大応答加速度（重心位置）は約 800gal である。これに対して、福島第一原子力発電所の水平方向の最大応答加速度（OP.10m）は約 500gal と小さい。

以上のことから、過去に実施した電源車の転倒評価には十分な裕度があること、形状はモバイル式処理装置の方が安定していること、水平方向の加速度は電源車評価時に比べ小さいことから、モバイル式処理装置の耐震性は十分に確保されているものと考えられる。

b. 放水路浄化装置（吸着塔，トレーラー）の滑動評価

地震時の水平荷重によるすべり力と接地面の摩擦力の大きさを比較することにより吸着塔とトレーラー間の滑動評価を行った。表-6に示すように，すべり力より接地面の摩擦力が大きいことから，吸着塔とトレーラー間の滑動はないことを確認した。



- m : 機器質量
- g : 重力加速度
- C_H : 水平震度 (0.36)
- μ : 摩擦係数 (ゴム/鋼:0.9)

地震時の滑り力： $F_L = m \times g \times C_H$

接地面の摩擦力： $F_{\mu} = m \times g \times \mu$

表-6 放水路浄化装置の滑動評価

働く力	算出式	算出値[kN]
地震時のすべり力 F_L	$m \times g \times C_H$	56
接地面の摩擦力 F_{μ}	$m \times g \times \mu$	141

放水路浄化装置等に使用する配管の強度に関する計算書

(1)構造強度評価結果（配管等）

a. 配管（鋼製）

設計・建設規格におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、漏えい試験等を行い、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことにより、必要な構造強度を有していることを確認する。

また、配管の主要仕様から設計・建設規格に基づき板厚評価を実施した。評価の結果、最高使用圧力に耐えられることを確認した（表－7）。

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

t : 管の計算上必要な厚さ
 D_o : 管の外径
 P : 最高使用圧力
 S : 最高使用温度における材料の許容引張応力
 (①:111 MPa, ②:93 MPa)
 η : 長手継手の効率 (1.0)

表－7 配管構造強度評価結果

評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	必要肉厚 (mm)	肉厚 (mm)
配管①	50A	80	STPG370	0.98	40	0.32	5.5
配管②	50A	40	SUS316L	0.98	40	0.27	3.9

b. 配管（ポリエチレン管）

設計・建設規格上のクラス 3 機器に関する規格にはない材料であるが、系統の温度、圧力を考慮して仕様を選定している。また、ポリエチレン管は、一般に耐食性、電気特性（耐電気腐食）、耐薬品性を有しているとともに以下により信頼性を確保している。

- ・ 日本水道協会規格等に適合したポリエチレン管を採用する。
- ・ 継手は可能な限り融着構造とする。
- ・ 敷設時に漏えい試験等を行い、運転状態に異常がないことを確認する。

以上のことから、ポリエチレン管は、必要な構造強度を有するものと評価した。

c. 配管（耐圧ホース）

設計・建設規格上のクラス 3 機器に関する規格にはない材料であるが，系統の温度・圧力を考慮して仕様を選定すると共に，以下により信頼性を確保する。

- ・ チガヤによる耐圧ホースの貫通を防止するため，チガヤが生息する箇所においては地面に耐圧ホースを直接敷設しない等の対策を施す。
- ・ 通水等による漏えい確認を行う。

放水路浄化装置等の具体的な安全確保策等

放水路浄化設備は、放射性物質を扱うため、漏えい防止対策、放射線遮へい・崩壊熱除去、可燃性ガス滞留防止、環境条件対策について具体的に安全確保策を以下の通り定め、実施する。

1 放射性物質漏えい防止等に対する考慮

(1)漏えい発生防止

- a. 移送装置は、耐食性を有するポリエチレン管の使用を基本とする。また、可撓性を要する放水路浄化装置（車載間）との接続部は、耐圧ホースとする。ここで、耐圧ホースの継手部については、固縛すること等により、継手が外れない処置を実施する。また、屋外敷設箇所のうち重機による作業や車両の通行がある箇所は、水移送装置を損傷させないための措置を実施する。
- b. 放水路浄化装置吸着塔の容器は、腐食による漏えい発生を防止するために、耐腐食性、耐応力腐食割れ性を有する SUS316L 材の使用を基本とする。
- c. 放水路浄化装置を移設する場合には設備の取り合い部における閉止(隔離弁の閉止、フランジ開口部の養生等)を実施し、系統のバウンダリとして適切に管理する。また、必要に応じて装置のフラッシングや内部の水抜きを実施する。なお、フラッシング及び水抜きにより発生する排水は 1 号放水路へ排出する。
- d. 装置を海水配管トレンチから移設する際に、装置内の残水の放射性物質濃度により放水路の系統水濃度を上昇させないようにする。

(2)漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 屋外配管は二重管構造とし、漏えい水の拡大を防止する。耐圧ホースについては、二重管構造とすることで、漏えいの拡大を防止する。
- b. 放水路浄化装置に漏えい拡大防止用の堰等を設けると共に、堰内には漏えい検知器を設置する。漏えいが発生し、漏えい検知器が作動した場合には、水処理中央制御室に警報が発生するとともに、移送ポンプが停止し、移送を停止する。運転員は移送ポンプの停止確認や漏えい拡大防止等の必要な措置を講ずる。
- c. 屋外敷設箇所等については、念のため巡視点検等により漏えいの有無等を確認する。
- d. 放水路浄化装置内の漏えい検知器が作動した場合は、放水路浄化装置の空気作動式出入口自動隔離弁が閉止し、運転が停止する。
- e. 放水路浄化設備は、運転開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良、装置の初期欠陥等による大規模な漏えいの発生を防止する。放水路浄化装置においては、装

置内部に内包する滞留水が漏えいした場合でも堰内に収まることから、堰外へ漏えいすることはない。

- f. 移送装置の配管部については、放水路浄化装置周辺部は、同装置内に漏えい水が流れ込むような勾配とし、その他の配管部は、放水路立坑に漏えい水が流れ込むような勾配とする。
- g. 放水路浄化装置内（弁ユニットと吸着塔ユニット間）の耐圧ホースについては、浄化運転を終了し、再度浄化を再開するまでの間、ろ過水による水置換・通水後、水抜きを行い保管する。再度浄化を開始する際に、ろ過水にて水張りを実施し、漏えいがないことを確認する。なお、耐圧ホースは必要に応じて交換する。
- h. 放水路浄化装置内部に内包する滞留水と堰容量
吸着塔ユニットが内包する滞留水：約 0.7m³、吸着塔ユニット堰容積：約 1.0m³

表－8 放水路浄化装置 漏えい拡大防止 堰仕様（設計値）

対象設備		縦幅(m)	横幅(m)	高さ(m)	容積(m ³)	備考
放水路浄化装置	吸着塔ユニット	3.25	2.04	0.19	0.996	※
	弁ユニット	4.02	1.24	0.14	0.698	

※吸着塔ユニット容積から吸着塔体積を差し引いた容積

(3)放射線遮へい・被ばく低減に対する考慮

- a. 移送装置は、遠隔監視カメラにより、装置の状態や運転監視に必要なパラメータの確認をする。また、放射線業務従事者が接近する必要がある箇所（放水路浄化装置近傍）は、鉛等による遮へいを設置する。
- b. 放水路浄化装置は、放射線業務従事者が接近する必要がある箇所は、鋼製の容器等で遮へいする。

(4)崩壊熱除去

- a. 放水路浄化装置吸着塔吸着材に吸着した放射性物質の崩壊熱は、処理水を通水することにより除熱する。なお、通水がない状態でも崩壊熱による温度上昇は1時間当たり1℃未満である。
なお、吸着塔内部の温度は、最も高温となる水を抜いた状態であっても、ベント弁を開放して貯蔵することで、放熱と排熱が釣り合うため、吸着材及び構造材料に影響しない範囲で収束する。

(5)可燃性ガスの滞留防止

- a. 放水路浄化装置の吸着塔内で水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは、通水時は処理水とともに排出される。通水停止以降も再度その吸着塔によ

り処理を行う場合には、可燃性ガスが滞留する可能性があるため、吸着塔のベント弁を手動で開操作して通気により排出する。なお、水の放射線分解により発生する可燃性ガスはわずかであり、ベント弁を開操作するまでに時間的余裕があることから、手動で実施する。また、吸着塔を収納する鋼製の箱は、通気性を有しており、可燃性ガスが内部に滞留することはない。

- b. 放水路浄化装置にて発生する使用済みの吸着塔は、可燃性ガスの発生抑制のため、使用済セシウム吸着塔仮保管施設等において内部の水抜きを実施する。なお、吸着塔の内部水は、滞留水を貯留している高温焼却炉建屋の地下階に排出する。

(6)交換作業時の考慮

- a. 吸着塔の交換時には、使用済み吸着塔はトレーラーに車載された状態で輸送され、使用済みセシウム吸着塔仮保管施設等にクレーンにて搬入される。
吸着塔は鋼製であり、衝撃の緩和効果が期待できる遮へい容器と一体で搬入・貯蔵されるため、万一の落下時等にも損傷し難い構造となっているが、落下等の発生防止の観点で、クレーン操作は経験を積んだ操作者が行うこととする。
- b. 使用済み吸着塔は、運搬時に落下することを防止するため、レバブロック等によりトレーラーに固定する。
なお、運搬にあたっては、低速で走行することで安全性を確保する。

2 環境条件対策

(1)腐食

海水による炭素鋼の腐食速度は、「材料環境学入門」（腐食防食協会編，丸善株式会社）より，0.1mm/年程度と評価される。一方，炭素鋼の配管の必要肉厚は 0.5mm 以下である。系統を構成する配管（炭素鋼）のうち，板厚が最も薄い配管(50A Sch40)は，3.9mm（公称値）である。放水路の滞留水の塩化物イオン濃度は，50ppm～2,000ppm であり 1～2m/s 程度の流速がある場合の炭素鋼の腐食は，最大 1.1mm/年以下であるため，数年程度の使用に対しては，耐えられる板厚を有していると考えられるが，計画的に保全を計画・実施する。

放水路浄化装置吸着塔は，耐腐食，耐応力腐食割れを有する SUS316L 材を用いている。

(2)熱による劣化

滞留水の温度は，ほぼ常温のため，金属材料の劣化の懸念はない。

(3)凍結

滞留水を移送している過程では、水が流れているため凍結の恐れはない。滞留水の移送を停止した場合、屋外に敷設されているポリエチレン管等は、凍結による破損が懸念される。そのため、滞留水を移送している屋外敷設のポリエチレン管等に保温材等を取り付ける。

(4)生物汚染

移送ポンプはストレーナーが設けてあり、大きな藻等がポンプ内に浸入して機器を損傷させるようなことはない。

また、滞留水を移送している上では有意な微生物腐食等は発生しないと考えられる。

(5)耐放射線性

耐圧ホースの構造部材であるポリ塩化ビニルの放射線照射による影響は、 $10^5 \sim 10^6 \text{Gy}$ の集積線量において、破断時の伸びの減少等が確認されている。過去の測定において、2号機タービン建屋の滞留水表面上の線量当量率が 1Sv/h であったことから、耐圧ホースの照射線量率を 1Gy/h と仮定すると、集積線量が 10^5Gy に到達する時間は 10^5 時間（11.4年）と評価される。そのため、耐圧ホースは数年程度の使用では放射線照射の影響により大きく劣化することはないと考えられる。

ポリエチレンは、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が、上記と同様にポリエチレン管の照射線量率を 1Gy/h と仮定すると、 $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に到達する時間は 2×10^5 時間（22.8年）と評価される。放水路滞留水に含まれる放射能濃度は2号機タービン建屋滞留水の放射能濃度と比較し著しく低いため、ポリエチレン管は数年程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

なお、トレンチ滞留水移送装置のうち、系統バウンダリを構成するその他の部品には、ガスケット、グランドパッキンが挙げられるが、他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料（EPDM、黒鉛）を使用しており、運転実績により、数年程度の使用は問題ないと考えられる。

(6)紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管・耐圧ホースには、紫外線による劣化を防止するための耐紫外線性を有する保温材等で覆う処置を実施する。また、運用期間中、保温材等の劣化を確認した場合には、必要に応じて取替えを計画する。

(7)長期停止中の措置

放水路浄化装置を長期停止する場合は、必要に応じて装置をフラッシングすると共に、内部の水抜きを実施することで、腐食及び凍結を防止する。

(8)使用済み吸着塔長期保管時の考慮

前述の通り、吸着塔は耐腐食性を有する材料選定^{*}、漏えい防止措置（水抜き状態での保管）、安全評価（崩壊熱・可燃性ガス・遮へいに係わる解析評価）等により、長期保管を考慮した設計としている。また、以下の環境条件については、長期保管に影響しないことを確認している。

※吸着塔は、耐腐食性を有する材料（SUS316L）であるが、腐食リスク低減という観点で、吸着塔内部の滞留水をろ過水で置換し、水抜きした状態で貯蔵する。なお、新たな知見が確認された場合には、点検等の必要性について検討する。

a.熱による劣化

吸着塔は SUS316L 材を用いており、温度評価の結果(吸着塔の耐熱温度が 600℃ に対し、評価結果が 350℃を踏まえると、熱による影響は考えにくい。

b.凍結

長期保管中は、水抜きされた状態で保管されることから、凍結に対する配慮は必要ない。

c.生物汚染

長期保管中は、水抜きされた状態で保管されることから、生物汚染に対する配慮は必要ない。

d.耐放射線性

吸着塔は、SUS316L 材を用いており、樹脂系のような放射線による劣化は考えにくい。

e.紫外線

吸着塔は SUS316L 材を用いており、樹脂系のような紫外線劣化は考えにくい。

3 使用済み吸着塔発生量

放水路浄化設備から発生する使用済み吸着塔は、使用済みセシウム吸着塔一時保管施設（第一施設または、第四施設）のコンクリート製ボックスカルバート内に貯蔵する。放水路浄化設備を運転し、環境への影響の少ないレベルとなった後は停止する。放水路におけるセシウム等の放射性濃度に変動が見られた場合に必要に応じて運転を再開する計画としている。1号放水路において一回の運転で4塔程度の吸着塔が必要になる見込みであり、これまでの実績から年に2回程度運転する見通しとなり、予備を含めて12塔程度の吸着塔の発生が想定される。

使用済みセシウム吸着塔一時保管施設(第一施設または、第四施設)の空き保管容量は113

体(平成 27 年 8 月 6 日時点)であり、本装置の吸着塔発生量の他、セシウム吸着装置の吸着塔、モバイル式処理装置の吸着塔、サブドレン他浄化設備の吸着塔を考慮しても、平成 H28 年 7 月末の発生量は 105 塔程度であり、当面支障をきたすことはない。

放水路浄化設備の敷地境界線量率への影響

放水路浄化設備の設置により、敷地境界線量に与える影響を評価する。評価条件および装置と評価点の関係を表— 1 および図— 1 に示す。

放水路浄化設備の設置場所は敷地境界から遠いこと、また吸着塔は遮へい容器により覆われており、表面で 1 mSv/h 以下であることから、敷地境界線量率への影響は 10^{-6} mSv/年オーダーとなり極めて軽微であるため、影響は無視できると判断する。

表— 1 評価条件

評価手法	評価地点	表面線量
MCNP コード	敷地境界線量が最大となる No.7	1 mSv/h



図— 1 放水路浄化装置(設置位置)と評価地点の位置関係

使用済吸着塔の水素到達濃度評価

1.概要

使用済吸着塔をコンクリート製ボックスカルバート内に貯蔵する場合の水素濃度評価を行った。吸着塔の水素濃度は最大で約 1.7%となり、水素可燃領域の 4%を下回ったことから安全上問題はないと判断する。

2.吸着塔の水素濃度評価

2.1 評価手法

- ・吸着塔において、補足・吸着される放射能濃度が最大となる条件での水素発生量を計算する。
- ・吸着材領域が水で満たされている状態での水素発生量を計算する。
- ・給気側配管と排気側配管の温度差及び水素濃度差による気体密度差および流動抵抗に基づき、自然対流により流入する空気量を計算する。
- ・流入空気量と水素発生量の割合から水素濃度を計算する。
- ・拡散による水素排出は保守的に考慮しない。

2.2 水素発生条件

- ・水素の発生量：0.74[L/h/塔]（発生量 360[W/塔]，水素分子の G 値 0.45[100eV]より計算，吸着塔 1 体あたりの水素発生量）

2.3 温度条件

- ・給気側配管温度：約 40℃
- ・排気側配管温度：約 40℃

2.4 流入空気量

- ・流入する空気量：43.5[L/h/塔]（給気側配管と排気側配管の温度差および水素濃度差及び流動抵抗により計算。）

2.5 水素濃度

- ・空気により希釈された水素濃度：1.7%（流入空気量と水素の発生量の割合から計算）

3.評価結果

評価の結果、吸着塔内の水素濃度は最大で約 1.7%となり、水素可燃領域の 4%を下回ったことから安全上の問題はないと判断する。

使用済吸着塔の温度評価

1.概要

吸着塔に補足・吸着した放射性物質による発熱量を入熱条件に温度評価を実施した。Cs 吸着塔および Cs/Sr 吸着塔の評価結果はそれぞれ 215℃, 350℃となり, 共に耐熱温度の 600℃を下回ったことから安全上問題はないと判断する。

2.吸着塔の温度評価

2.1 評価手法

・吸着塔に補足・吸着した放射性物質による発熱量を入熱条件に, 1次元定常温度評価の手法を使用する。

2.2 入力条件

・発熱量 : 235 [W/体](Cs 吸着塔), 360[W/体](Cs/Sr 吸着塔), 外気温度 : 40℃

3.評価結果

評価の結果, 吸着塔内の濃度は最大で約 350℃となり, 耐熱温度の 600℃を下回ったことから安全上の問題はないと判断する。

放水路浄化設備に係る確認事項

放水路浄化設備に係る主要な確認事項を表— 1～5に示す。モバイル式処理装置，第二モバイル式ストロンチウム除去装置等にて検査を終了したものおよび同等品を使用する場合はあらためての検査は要しない。

なお，寸法許容範囲については製作誤差等を考慮の上，確認前に定める。

表— 1 確認事項（吸着塔）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・ 漏えい	外観・据付確認	各部の外観を確認する。 また，据付状態について確認する。 ※1	有意な欠陥がないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて記録を確認する。

表— 2 確認事項（移送ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観・据付確認	各部の外観を確認する。 ※1	有意な欠陥がないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて記録を確認する。

表-3-1 確認事項（主配管（ポリエチレン管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・ 漏えい	材料確認	主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観・据付確認	各部の外観を確認する。 また、据付状態について確認する。 ※1	有意な欠陥がないこと。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、漏えいの有無を確認する。 ※2	確認圧力に耐え、構造物の変形がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

※2：耐圧・漏えい確認を行うことが困難な箇所については、代替検査としてトルク・運転圧で確認する。

表-3-2 確認事項（主配管（耐圧ホース））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・ 漏えい	材料確認	主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観・据付確認	各部の外観を確認する。 また、据付状態について確認する。 ※1	有意な欠陥がないこと。
	耐圧・漏えい確認	定格容量にて運転し、漏えいの有無を確認する。 ※1	著しい漏えいがないこと。

※1：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表－４ 確認事項（インターロック）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能	インターロック確認	漏えい検知器を作動させた際、移送ポンプが停止し、空気作動式出入口隔離弁が閉止することを確認する。	漏えい検知器が作動した際、移送ポンプが停止し、空気作動式出入口隔離弁が閉止すること。

表－５ 確認事項（運転性能）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
性能	運転性能確認	定格容量にて運転できることを確認し、漏えい等の異常がないことを確認する。 ※１	定格容量にて通水できること及び、著しい漏えい等の異常がないこと。

※１：現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

以上