

2.39 第二モバイル型ストロンチウム除去装置等

2.39.1 基本設計

2.39.1.1 設置の目的

汚染水処理設備の処理済水を貯留する設備（タンク）のうち、逆浸透膜装置の廃液を貯留するRO濃縮水貯槽は、高濃度の放射性ストロンチウムを含むため、第二モバイル型ストロンチウム除去装置により放射性ストロンチウム濃度を低減する。第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、CAエリア、CBエリア、G6南エリア及びG6北エリアのRO濃縮水貯槽のRO濃縮水を処理することとし、他エリアのタンクを処理する場合には、別途実施計画を申請するものとする。

なお、第二モバイル型ストロンチウム除去装置により放射性ストロンチウム濃度を低減した水は、多核種除去設備等により、放射性物質（トリチウムを除く）を十分低い濃度になるまで除去する。

平成28年3月現在、CAエリア、CBエリア、G6南エリア及びG6北エリアのRO濃縮水貯槽のRO濃縮水の放射性ストロンチウム濃度低減は終了しており、第二モバイル型ストロンチウム除去装置は運用を停止している。処理終了エリアの移送配管を撤去し、装置については必要に応じて移動する。

2.39.1.2 要求される機能

- (1) RO濃縮水貯槽に貯留される汚染水に内包される放射性核種のうち、ストロンチウムについて、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、早期に検知し、施設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。

2.39.1.3 設計方針

(1) 処理能力

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、RO濃縮水貯槽に貯留している汚染水に含まれる放射性ストロンチウムの濃度を低減する能力を有する設計とする。なお、放射性ストロンチウムの除染係数の目標値を10から1000とする。

(2) 材料

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、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及び管理されない放出の防止

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、万が一漏えいが発生した場合には停止するインターロックを設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えいの早期検出を可能にするとともに、漏えいした液体の除去を行えるようにする。
- c. タンク水位、漏えい検知等の警報については、シールド中央制御室に表示し、監視できるようにする。
- d. 第二モバイル型ストロンチウム除去装置の機器等は、可能な限り周辺に堰を設けた区画内に設け、漏えいの拡大を防止する。

(4) 被ばく低減

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、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、第二モバイル型ストロンチウム除去装置の運転監視員は、シールド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

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、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

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、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

第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、運転操作手順書を整備し、教育を実施すると共に、特に重要な運転操作については、ダブルアクションを要する等の設計とする。

(8) 健全性に対する考慮

第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、機器の重要度に応じた有効な保全ができるものとする。

2.39.1.4 主要な機器

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、第二モバイル型ストロンチウム除去装置および移送設備（配管等）で構成する。

(1) 第二モバイル型ストロンチウム除去装置

第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、処理対象のタンクエリア毎にユニットを設置する。ユニットは前置フィルタ、吸着塔で構成する。

前置フィルタは、汚染水の浮遊物質の粗取りを行ない、後段の吸着材を充填した吸着塔は、ストロンチウムを除去する。

第二モバイル型ストロンチウム除去装置の主要な機器は、シールド中央制御室により運転状況の監視を行う。

第二モバイル型ストロンチウム除去装置で使用する前置フィルタは、ステンレス鋼製のフィルタハウジングに収容する。

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。）の吸着塔と同仕様であることから、モバイル式処理装置と本装置で吸着塔を共用する。

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

RO 濃縮水貯槽に貯留した汚染水は、移送設備により第二モバイル型ストロンチウム除去装置に移送され、ストロンチウムを除去した後、移送設備により RO 濃縮水貯槽に移送する。移送配管は、ポリエチレン管等により構成される。

2.39.1.5 自然災害対策等

(1) 津波

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、アウターライズ津波が到達しないと考えられるタンクエリア近傍の O. P. 30m 以上の場所に設置する。

(2) 火災

火災発生を防止するため、不燃性または難燃性材料を使用する。また、初期消火のために第二モバイル型ストロンチウム除去装置近傍に消火器を設置する。放射性物質を吸着する吸着塔は遮へい付きであり、燃焼・延焼し難く、機器付配管はステンレス製であり、燃焼しない。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) 豪雨及び強風

第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、雨水の浸入を防止し、強風に耐えうる構造とするため、鋼製のユニット内に設置する。また、ユニットは、30m/s^{*}の風荷重においても転倒しない設計とする。

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。また、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。豪雨及び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。

※：建築基準法に基づく福島県の風荷重

2.39.1.6 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

第二モバイル型ストロンチウム除去装置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、前置フィルタ、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

第二モバイル型ストロンチウム除去装置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し、第二モバイル型ストロンチウム除去装置の配管は変位による破壊を防止する構造（定ピッチスパン法による配管サポート間隔の設定、配管等に可撓性のある材料を使用）を用いる（鋼管の耐震性については添付資料－4参照）。

2.39.2 基本仕様

2.39.2.1 系統仕様

(1) 第二モバイル型ストロンチウム除去装置

| | |
|------|-------------------------|
| 処理方式 | 吸着材方式 |
| 系列数 | 4 |
| 処理量 | 480m ³ /日/系列 |

2.39.2.2 機器仕様

(1) 前置フィルタ

| 名 称 | | 前置フィルタ | |
|------------------|----------------------|--------|--------|
| 種 類 | — | 縦置き円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /h/系列 | 20.0 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 0.98 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 40 | |
| 主 要 寸 法 | 胴内径 | mm | 350.0 |
| | 胴板厚さ | mm | 20.0 |
| | 上部鏡板厚さ | mm | 20.0 |
| | 下部鏡板厚さ | mm | 24.0 |
| | 高さ | mm | 915.0 |
| 材 料 | 胴板 | — | SCS16A |
| | 鏡板 | — | SCS16A |
| 個 数 | 個/系列 | 1 | |
| 系 列 数 | 系列 | 4 | |

(2) 吸着塔

| 名 称 | | 吸着塔 | |
|------------------|----------------------|--------|---------|
| 種 類 | — | 縦置き円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /h/系列 | 20.0 | |
| 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 | 2 | |
| 系 列 数 | 系列 | 4 | |

(3) 配管

主要配管仕様

| 名 称 | 仕 様 | |
|--|--------|----------------------------|
| 第二モバイル型ストロンチウム除去装置入口取合から 第二モバイル型ストロンチウム除去装置出口取合まで (鋼管) | 呼び径／厚さ | 50A／Sch. 40 32A／Sch. 40 |
| | 材質 | SUS316LTP |
| | 最高使用圧力 | 0.98 MPa |
| | 最高使用温度 | 40 °C |
| (耐圧ホース) | 呼び径 | 50A 相当 |
| | 材質 | EPDM |
| | 最高使用圧力 | 0.98 MPa |
| | 最高使用温度 | 40 °C |

(4) ポンプ

a. 移送ポンプ（完成品）

| | |
|----|------------------------|
| 台数 | 4台 |
| 容量 | 20.0 m ³ /h |

なお、機器仕様に記載の寸法は公称値である。

2.39.3 添付資料

添付資料－1：配置概要，系統構成図等

添付資料－2：第二モバイル型ストロンチウム除去装置の強度に関する説明書

添付資料－3：第二モバイル型ストロンチウム除去装置の耐震性に関する説明書

添付資料－4：第二モバイル型ストロンチウム除去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：第二モバイル型ストロンチウム除去装置等の具体的な安全確保策等

添付資料－6：第二モバイル型ストロンチウム除去装置等に係る確認事項

添付資料－7：工事工程表

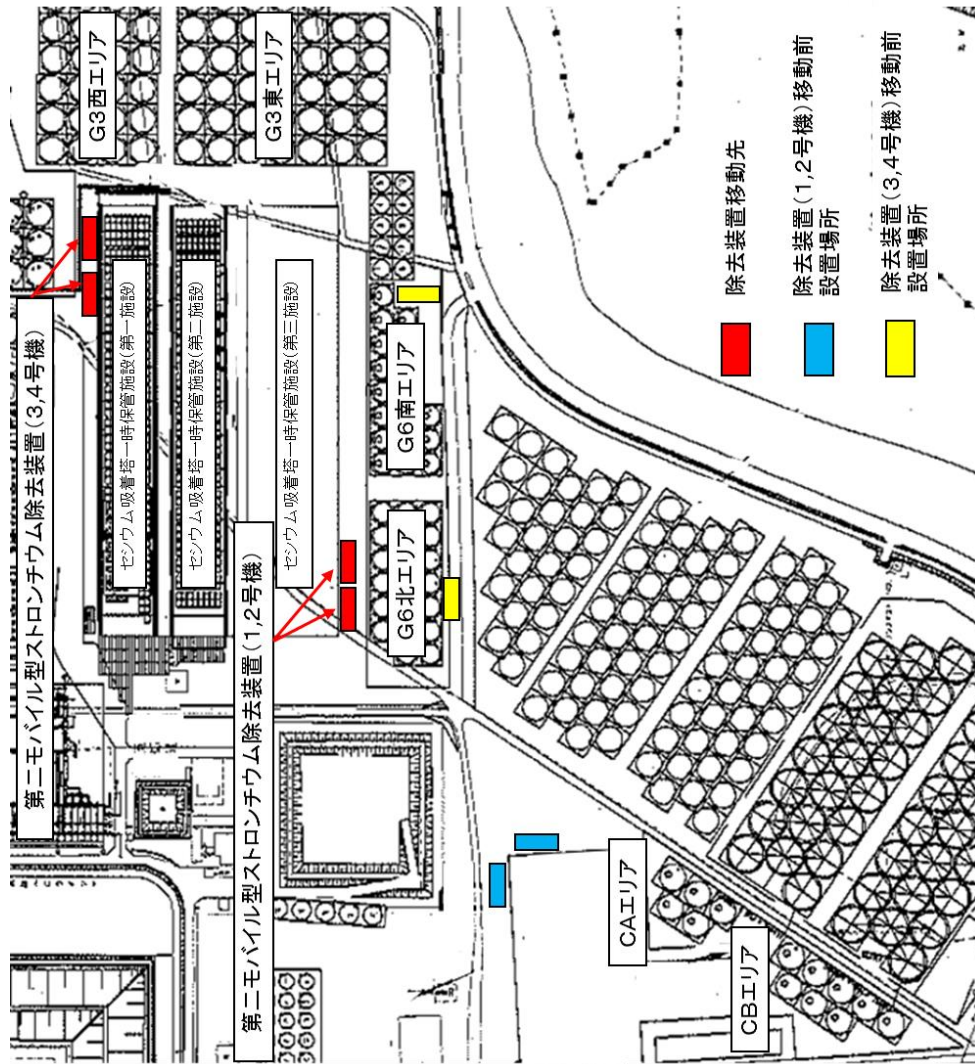


図-1 第二モバイル型ストロンチウム除去装置配置概要

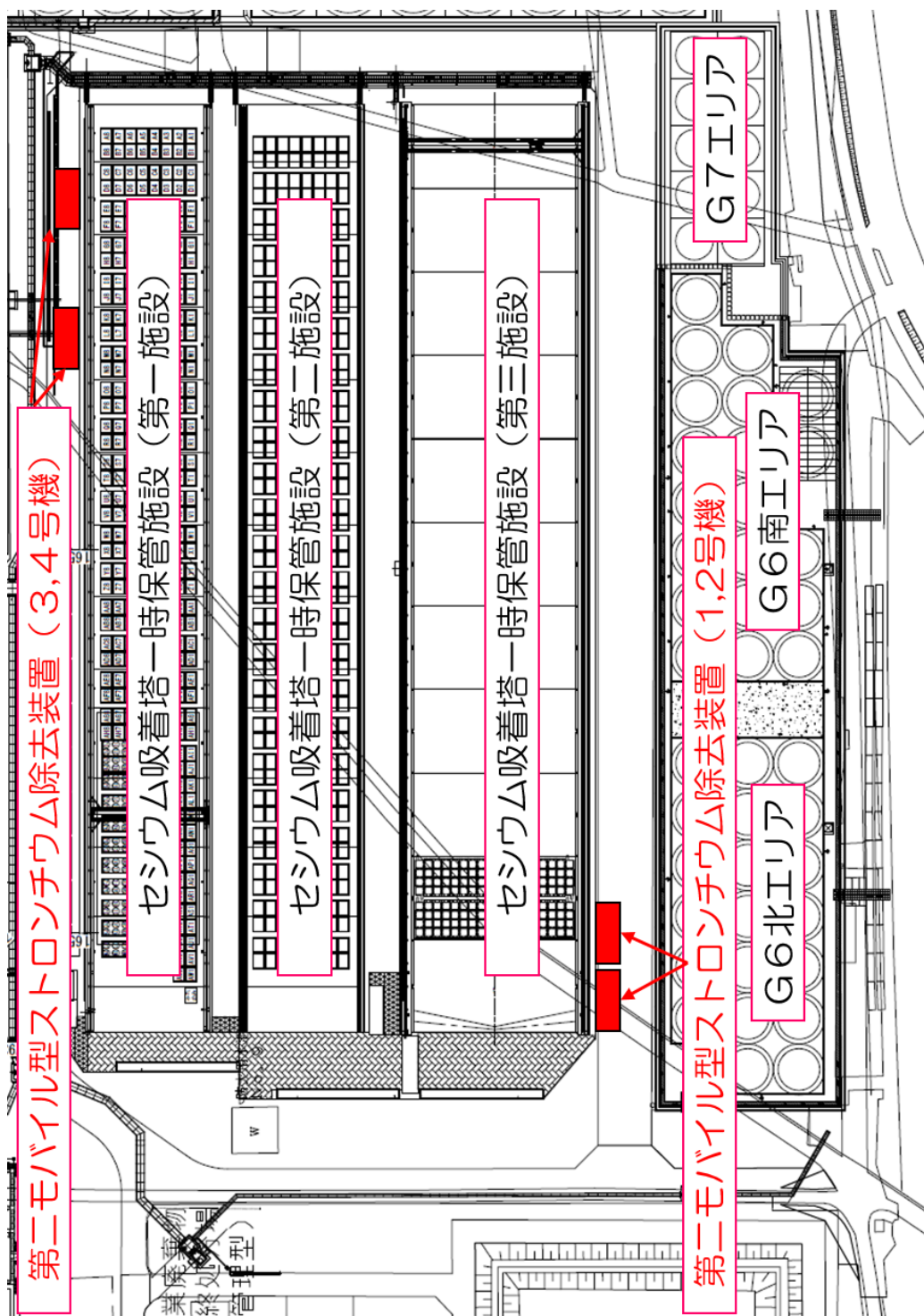


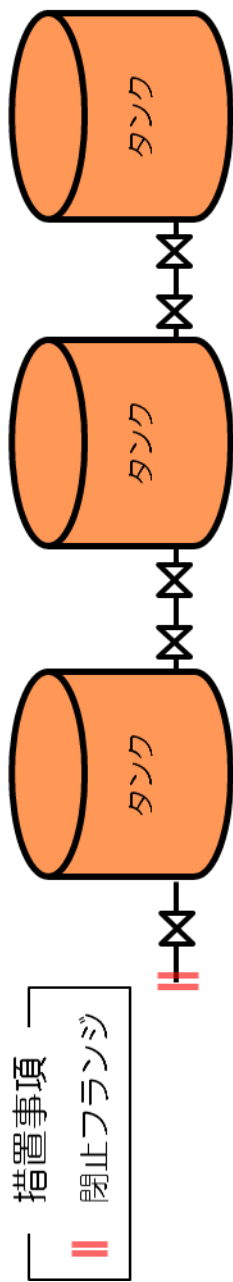
図-2 第二モバイル型ストロンチウム除去装置の移動先

表-1 CAエリア, CBエリア, G6南エリア及びG6北エリアの
水質分析結果 (平成26年2月19日採取)

| | 放射能濃度 (Bq/cc) | | | | | | | 性状 | | 【参考】 貯蔵量※2 (m ³) |
|-----------|---------------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|-------------|-------------|------------------------------------|
| | Cs-134 | Cs-137 | Co-60 | Mn-54 | Sb-125 | Ru-106 | Sr-90 | Cl (ppm) | Ca (ppm) | |
| CA1,2,3,5 | 7.7E+0 | 2.0E+1 | <9.6E-1 | <1.6E+0 | 3.7E+1 | 2.3E+1 | 7.2E+4 | 2200 | 157 | 5230 |
| CA4 ※1 | 1.6E+0 | 4.9E+0 | 9.8E-1 | <7.0E-1 | 1.3E+1 | - | 2.7E+4 | 3100 | 483 | |
| CB | <2.2E+0 | 3.2E+0 | <7.6E-1 | <1.3E+0 | 2.3E+1 | 1.5E+1 | 4.3E+4 | 975 | 113 | 8400 |
| G6南 | <2.3E+0 | 2.1E+0 | <1.9E+0 | <1.2E+0 | 1.5E+1 | 2.0E+1 | 5.8E+4 | 600 | 88 | 9390 |
| G6北 | <6.7E-1 | 8.5E-1 | <2.8E-1 | <4.0E-1 | 4.0E+0 | - | 1.0E+4 | 230 | 38 | 9220 |

※1 : 平成26年12月26日採取

※2 : 平成27年1月22日時点



第二モバイル型ストロンチウム除去装置 1~4

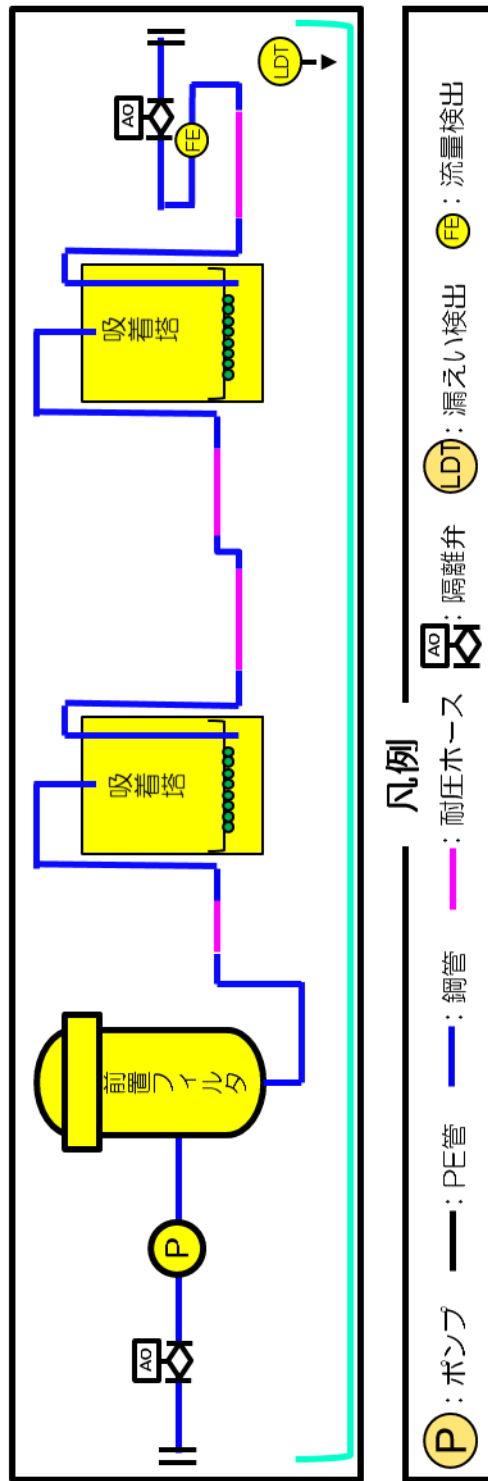


図-3 第二モバイル型ストロンチウム除去装置 系統構成図

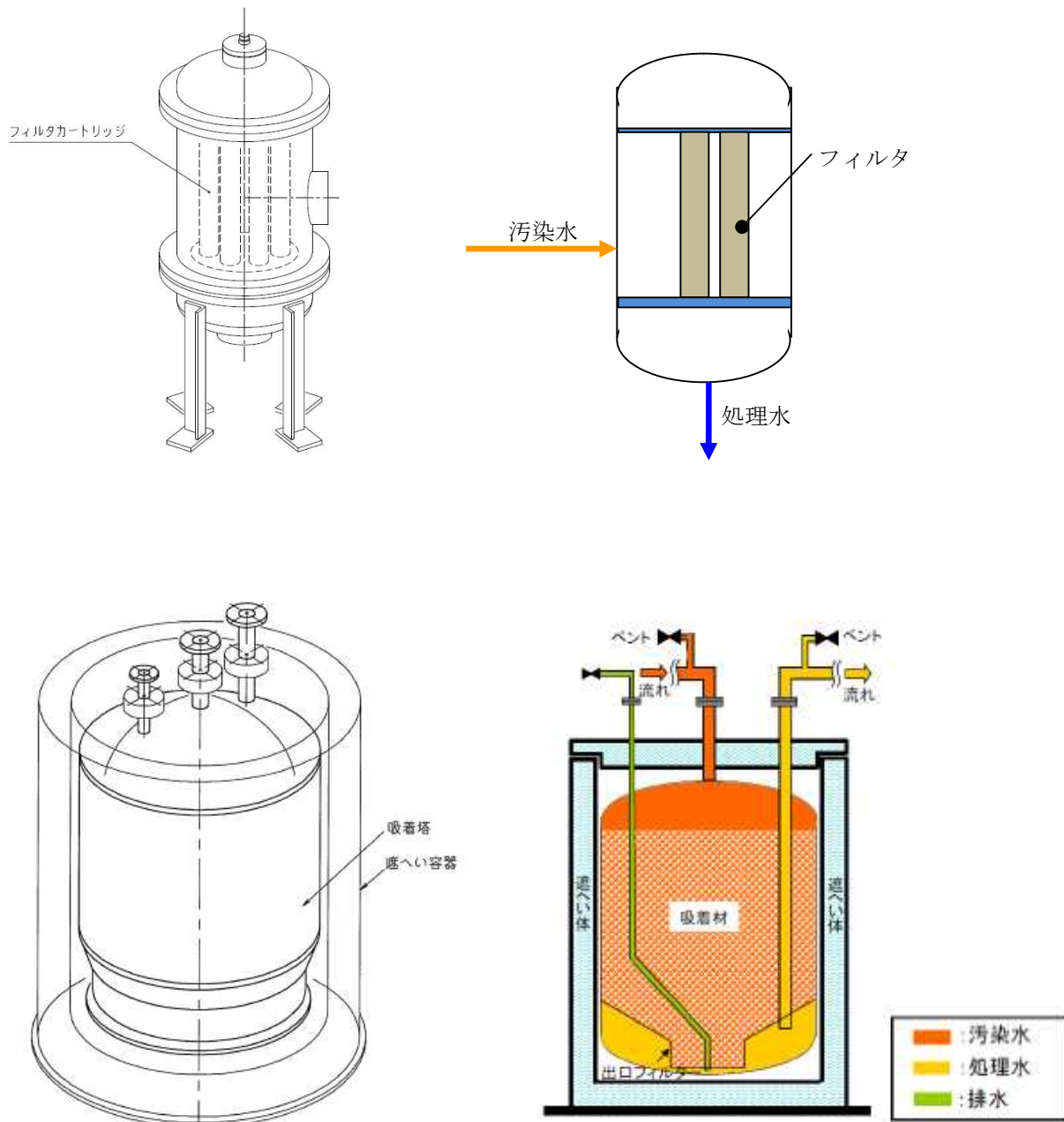


図-4 第二モバイル型ストロンチウム除去装置の前置フィルタ・吸着塔の概念図
(前置フィルタは上図, 吸着塔は下図)

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等の具体的な安全確保策等

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、高レベルの放射性物質を扱うため、漏えい防止、放射線遮へい、崩壊熱除去、可燃性ガス滞留防止、環境条件を踏まえた対応、使用済吸着塔の貯蔵について具体的な安全確保策を以下の通り定め、実施する。

1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

- a. 処理対象水及び処理済水の移送配管は、耐食性を有するポリエチレン管を基本とする。また、第二モバイル型ストロンチウム除去装置内の配管は、耐食性を有する SUS316L 材を基本とし、フィルタ及び吸着塔等は、耐食性を有するよう SUS316L 材同等品とする。第二モバイル型ストロンチウム除去装置内の配管のうち可撓性を要する部分は、耐食性を有する合成ゴム（EPDM）製耐圧ホースとする。なお、福島第一原子力発電所で発生した耐圧ホースと継手金属との結合部（カシメ部）の外れ事象に鑑み、耐圧ホースと継手金属の結合部（カシメ部）は外れを防止する設計とする。
- b. 処理終了後の各タンクエリアと第二モバイル型ストロンチウム除去装置との間の移送配管は、処理後に水を抜くことにより、漏えいを防止する。
- c. 装置運転中の処理対象タンクの水位管理については、シールド中央制御室にてタンク水位の監視を実施し、タンク溢水による放射性物質の漏えい発生を防止する。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 漏えいの早期検知として、ユニット毎に漏えいパンを設けるとともに、漏えい検知器を設ける（図－1）。各ユニットの機器の取合点は、漏えいパン内に設置し、漏えい水は漏えいパンに受ける設計とする。
- b. 上記漏えいを検知した場合には、シールド中央制御室に警報を発するとともに、第二モバイル型ストロンチウム除去装置のポンプが自動停止し、装置内の隔離弁が自動閉止する。運転操作員は、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. 第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、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。また、第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、内包水が漏えいした場合でもユニット内の漏えいパン内に収まることから、系外へ漏えいが拡大することはない。（表－1）
- d. 移送配管は、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。また、移送配管は、可能な限り堰内に配置し、運転中は定期的なパトロールを実施して、漏えい検知、漏えい拡大防止を図る。堰内に設置が困難な場所においては、移送配管を堰外に設置するが、堰外の接合部は融着

構造とすることで、漏えい発生を防止する。タンク等との接合部、装置との接合部は、フランジ接合とするが、フランジ接合部は養生を行うとともにタンク堰内やユニット内に設置することで、漏えい拡大を防止する。移送配管は、サポートにより地表面から離すことにより、漏えい検知を容易にする。また、移送配管は、タンク堰内やユニット内を除き二重構造の移送配管を使用し、内管であるポリエチレン管の内包水が漏えいした場合でも、外管を通じタンク堰内やユニット内に流入する構造とすることで、漏えい拡大防止を図るとともに漏えい検知も可能とする。

- e. 運転中の第二モバイル型ストロンチウム除去装置の流量は、常時監視する。異常の場合は速やかに現場の状況を確認し、タンク止め弁の閉操作等適切な対応を取る。
- f. 堰外の移送配管の更なる漏えい拡大防止対策については、速やかに検討し、RO濃縮水処理によるリスク低減効果、漏えい拡大防止対策の有効性や工期等を踏まえ、可能なものから実施する。

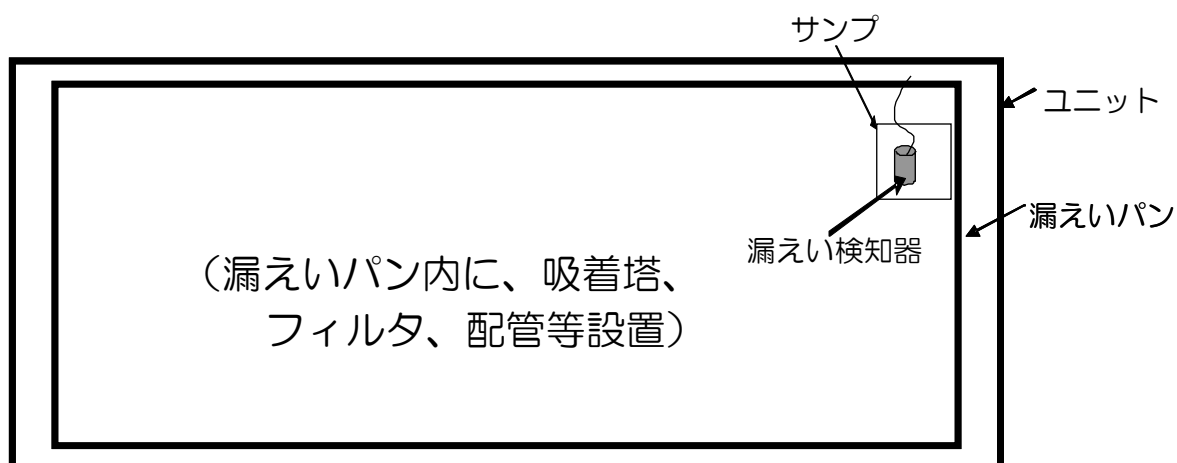


図-1 漏えいパンの概念図

表-1 第二モバイル型ストロンチウム除去装置各ユニットの漏えいパン仕様

| 対象設備 | 縦幅 (m) | 横幅 (m) | 高さ (m) | 容積 (m ³) | 容器単体の 最大容量 (m ³) |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|------------------------------------|
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-1 | 10.651 | 2.751 | 0.125 | 3.23 | 2.80 |
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-2 | 10.651 | 2.751 | 0.125 | 3.23 | 2.80 |
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-3 | 10.651 | 2.751 | 0.125 | 3.23 | 2.80 |
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-4 | 10.651 | 2.751 | 0.125 | 3.23 | 2.80 |

2. 放射線遮へい・崩壊熱除去

(1) 放射線遮へい（被ばくに対する考慮）

- a. 第二モバイル型ストロンチウム除去装置は、通常運転時は、シールド中央制御室から遠隔での運転操作を可能とする。
- b. 吸着塔は装置内で表面線量が最大となるため適切な遮へいを設け、被ばく低減を図る。吸着塔の表面線量当量率を表－2に示す。
- c. 使用済吸着塔の交換時は、可能な限り遠隔作業とする。また、交換作業の待機時間は、作業エリアの中の低線量箇所に退避することなどにより、無用な被ばくを防止する。
- d. 使用済吸着塔の輸送時は、表面線量当量率に応じて鋼製の容器等で遮へいし、放射線業務従事者の被ばくを低減する。
- e. 第二モバイル型ストロンチウム除去装置からの直接線・スカイシャイン線による敷地境界線量への影響は、設置位置において、敷地境界に最も近い地点で年間約0.02mSv、平成27年1月時点での敷地境界線量の合算値が最大となる地点で年間約0.02mSv、R0濃縮水貯槽に貯蔵された汚染水の影響を除く敷地境界線量の合算値が最大となる評価地点で約0.00004mSvとなる。いずれの地点においても、タンクの影響を除く敷地境界線量評価値は年間1mSvを超えない（別添－1）。

(2) 崩壊熱除去

- a. 処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水により熱除去する。
- b. 吸着塔の貯蔵時においては、使用済セシウム吸着塔一時保管施設のボックスカルバート内に貯蔵した場合、吸着塔の最高温度は、329℃と想定される（別添－2）。一方、吸着塔内の吸着材の耐熱温度は、600℃であることから、材料の健全性に影響を与えるものではない（表－2）。

表－2 第二モバイル型ストロンチウム除去装置の吸着塔の
吸着量，最大表面線量率および最高温度

| 機器 名称 | 捕捉・吸着 主要核種 | 捕捉・吸着量 (Bq/体) ※1 | 最大表面 線量率 (mSv/h) ※2 | 最大表面 線量率 (mSv/h) ※3 | 最高温度 (℃) ※4 | 耐熱 温度 (℃) |
|----------|---------------------------|--|---------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|
| 吸着塔 | Cs-134 Cs-137 Sr-90 | 5.0×10 ¹¹ 1.5×10 ¹² 2.0×10 ¹⁵ | 0.016 | 0.028 | 342 | 600 |

※1 捕捉・吸着する主要核種の放射能濃度（処理対象水中の放射能濃度を高めに設定し，主要核種が吸着塔に偏って捕捉・吸着された場合を想定した保守的な設定値）

※2 水抜き前の表面線量率

※3 貯蔵時を想定した水抜き後の表面線量率

※4 貯蔵時を想定したコンクリート製ボックスカルバート内での夏場の最高温度

(3) 交換作業時の考慮

- a. 吸着塔の交換時には，使用済吸着塔は，平成 23 年 6 月から実施している実績のあるセシウム吸着装置の吸着塔と同様の要領により，クレーンとトレーラを用いて，使用済セシウム吸着塔仮保管施設等に搬入される。吸着塔は鋼製であり，鉛を充填した鋼製の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. 吸着塔は，運搬時に落下することを防止するため，トレーラに固縛した専用容器にて輸送する。なお，運搬にあたっては，先導車等と共に低速で走行することで安全性を確保する。

3. 可燃性ガスの滞留防止

- a. 第二モバイル型ストロンチウム除去装置では，吸着塔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（水素ガス）は，通水時に処理水とともに排出される。通水停止時には，ベント弁を開放してユニット外に排出する運用とする。
- b. 吸着塔は，エアブロー等により水抜きして貯蔵する。使用済吸着塔は，処理水の入口，出口及びベント弁を開放し，発生する可燃性ガス（水素ガス）の濃度が可燃限界を超えない設計とする（別添－3）。なお，エアブロー等により水抜きした水は，高温焼却炉建屋地下に排水する。

4. 環境条件対策

(1) 腐食

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、汚染水処理設備の処理済水を処理するため塩化物イオン濃度が高いことから、耐食性を有する材料を選定する（別添－4）。

(2) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管及び耐圧ホースについては、処理対象水の温度がほぼ常温であることから、劣化の可能性は十分低い。

(3) 凍結

処理対象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。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ため、保温材等を取り付ける。

ユニット内については、ヒータにより暖房されるため凍結することはない。

(4) 耐放射線性

移送配管等に使用さ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。しかしながら、ポリエチレン管の照射線量率を 1Gy/h （タービン建屋滞留水と同等）と仮定しても、 $2 \times 10^5 \text{Gy}$ 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考慮する必要はないと考えられる。なお、第二モバイル型ストロンチウム除去装置等において、系統バウンダリを構成するその他の部品には、耐圧ホース、ガスケット、グランドパッキングが挙げられるが、他の汚染水処理設備等で使用実績のある材料（EPDM 等）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。

(5) 紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管には、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。

5. 長期停止中の措置

CA エリア、CB エリア、G6 南エリア及び G6 北エリアタンクの処理を終了した後、処理の計画がない場合等、第二モバイル型ストロンチウム除去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、被ばく線量の低減、腐食及び凍結を防止する。また、必要に応じて、吸着塔の搬出、所定の場所への移動を行う。長期に使用する予定のない移送配管は、水抜きを実施し必要に応じて撤去を実施する。第二モバイル型ストロンチウム除去装置等の長期停止中は巡視により状態を確認

する。(別添-5)

6. 使用済吸着塔の発生量

第二モバイル型ストロンチウム除去装置から発生する使用済吸着塔は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、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。処理対象とするタンクエリアのR0濃縮水の処理により第二モバイル型ストロンチウム除去装置から発生する使用済吸着塔の発生量は、4ユニット合計で22体程度と想定され、ボックスカルバートを11基使用すると想定される。平成27年5月末までに、第二モバイル型ストロンチウム除去装置から発生する使用済吸着塔により、ボックスカルバートを11基使用すると想定される。

使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第四施設）のボックスカルバートの空き保管容量は353基（平成26年12月末時点）であり、第二モバイル型ストロンチウム除去装置の他にセシウム吸着装置の吸着塔（平成27年5月末まで12基程度*と想定）、モバイル式処理装置の吸着塔（平成27年5月末まで0基程度*と想定）、サブドレン他浄化装置の吸着塔（平成27年5月末まで5基程度*と想定）、高性能多核種除去設備検証試験装置の吸着塔（平成27年5月末まで5基程度*と想定）及びモバイル型ストロンチウム除去装置の吸着塔及びフィルタ（平成27年5月末まで110基程度*と想定）を考慮しても、これらの設備から発生する吸着塔等は平成27年5月末まで143基程度*であり、平成27年5月末まで貯蔵に支障をきたすことはない。また、平成27年6月以降は、セシウム吸着装置を除く設備からの廃棄物発生量の低減が見込まれるが、必要に応じてセシウム吸着塔一時保管施設を増設する。

使用済吸着塔の貯蔵による敷地境界への直接線・スカイシャイン線による寄与は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第四施設）に貯蔵される他の廃棄物に比べて小さく、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第四施設）の敷地境界線量の評価結果に包絡される。

※ボックスカルバートの使用数を示す。

第二モバイル型ストロンチウム除去装置の敷地境界線量評価

第二モバイル型ストロンチウム除去装置から近傍の敷地境界に対する直接線・スカイシャイン線の寄与を評価する。

1. 評価概要

○ 評価手法：

- ・ 解析コード MCNP を用いて評価

○ 評価条件：

- ・ 第二モバイル型ストロンチウム除去装置 1～4 から最寄りの敷地境界（敷地境界評価地点 No. 7, 距離約 90m）、敷地境界線量の合算値が最大となる評価地点（敷地境界評価地点 No. 7, 距離約 90m）及び RO 濃縮水貯槽に貯蔵された汚染水の影響を除く敷地境界線量の合算値が最大となる評価地点（敷地境界評価地点 No. 70, 距離 1,000m 以上）を評価した（図-1）。
- ・ 評価上考慮する機器は、吸着塔を 2 塔ずつとした。
- ・ 吸着塔は、処理に伴い吸着量が増大し、交換する際に最大値に達する。また、吸着塔は、2 塔同時交換とし、最大吸着量 100% を線源条件とした。なお、吸着塔については、主要な核種である Sr-90 のみ考慮した。
- ・ 評価点における直接線・スカイシャイン線の評価値は、吸着塔 1 基あたりの評価値を合算して算出した。

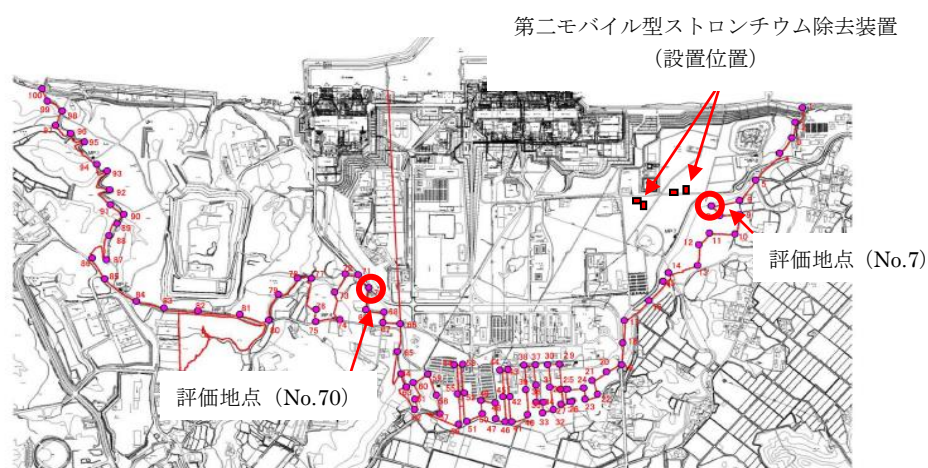


図-1 第二モバイル型ストロンチウム除去装置（設置位置）と評価点の位置関係

表－1 吸着塔の線源条件

| 機器名称 | 核種 | 線源強度 (Bq/体) |
|------|-----------------|----------------------|
| 吸着塔 | Sr-90 (Y-90) | 2.0×10^{15} |

2. 評価結果

上記条件により，評価を行った結果，各評価地点における直接線・スカイシャイン線の寄与は表－2の通りとなった。

表－2 第二モバイル型ストロンチウム除去装置の敷地境界線量評価結果

| 評価地点 | 装置-1 評価値 (mSv/年) | 装置-2 評価値 (mSv/年) | 装置-3 評価値 (mSv/年) | 装置-4 評価値 (mSv/年) | 合計 評価値 (mSv/年) |
|--------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| No. 7 | 約 0.0006 | 約 0.0006 | 約 0.0025 | 約 0.0176 | 約 0.02 |
| No. 70 | 約 0.000001 | 約 0.000001 | 約 0.000001 | 約 0.000001 | 約 0.000004 |

平成 27 年 1 月 21 日現在，評価地点 No. 7 及び No. 70 において，RO 濃縮水貯槽に貯蔵された汚染水の影響を除く実効線量は，それぞれ約 0.54mSv/年及び約 0.62mSv/年となっており，第二モバイル型ストロンチウム除去装置による寄与を加えても，1mSv/年は下回る。

なお，本装置で処理の対象となるタンクについては，敷地境界線量に寄与する線源として考慮しており，本装置から発生する使用済吸着塔についても，使用済セシウム吸着塔一時保管施設において線源として考慮している。

使用済吸着塔の温度評価について

温度評価は、使用済吸着塔の収容物からの発熱を入熱条件とし、1次元の定常温度評価により使用済吸着塔の最高温度を評価した。

1. 概要

使用済吸着塔を対象に、コンクリート製ボックスカルバート内に乾燥状態で貯蔵される場合の温度評価を行った。各吸着塔に捕捉・吸着した放射性物質による発熱を入熱条件とし、1次元の定常温度評価を行い、太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度上昇を考慮した場合の各吸着塔の温度が許容温度以下となることを確認した。

2. 吸着塔の温度評価

2. 1 評価方法

○評価手法：1次元定常温度評価

○温度条件：

- ・外気温度：40℃（福島県の過去最高気温 39.1℃（1942年8月15日）を切上げ）
- ・太陽光による温度上昇：13℃

○入熱条件：

- ・吸着塔2体をボックスカルバート内に設置
- ・吸着塔発熱量：360W/体

○放熱条件：

- ・ボックスカルバートの側面のうち1面からの放熱を考慮し、他のボックスカルバートに面する3面からの放熱は考慮しない。
- ・上蓋および床からの放熱は考慮しない。
- ・通気孔からの放熱は考慮しない。
- ・熱輻射による放熱は考慮しない。

2. 2 評価結果

評価の結果、コンクリートカルバート内に乾燥状態で貯蔵される場合、吸着塔の発熱により吸着塔の温度は約329℃となった。また、太陽光からの入熱による温度上昇を考慮すると、約342℃となり、吸着材の耐熱温度600℃より低い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の問題はないと判断する。

2. 吸着塔の水素濃度評価

2. 1 評価方法

○評価手法：

- ・吸着塔において、捕捉・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条件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およ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、評価式により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。

○水素発生条件：

- ・水素の発生量：0.74[L/h/個]（発熱量 360[W/体]，水素分子の G 値 0.0045[/eV] より計算。吸着塔 1 塔あたりの水素発生量。）

○温度条件：

- ・給気側配管温度：約 40℃
- ・排気側配管温度：約 40℃

○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及び水素濃度差及び流動抵抗により計算。）

○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。）

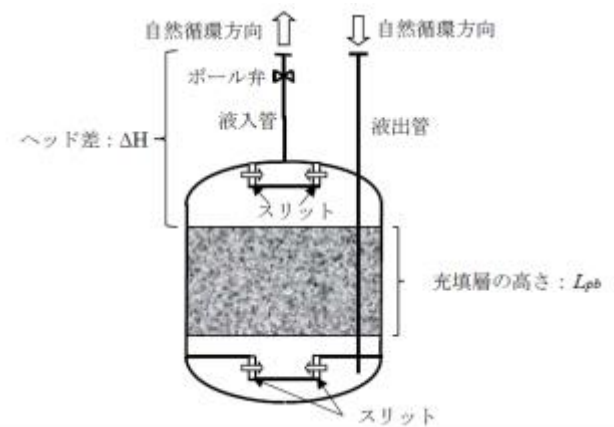


図1 評価体系の概念図

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。

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等に使用する材料の適合性評価

１．はじめに

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等は、RO 濃縮水等処理するため、系統内の塩化物イオン濃度が高いことから、使用環境における材料の適合性について評価を実施した。

２．使用環境における材料の適合性について

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等を構成する主な機器の材料選定理由を表－１に示す。表－１の材料のうち、SUS316Lの耐食性について評価を行った。

表－１ 第二モバイル型ストロンチウム除去装置等を構成する主な機器の使用材料と選定理由

| 機器 | 材料 | 選定理由 |
|-----------------|-----------|---|
| 前置フィルタ | SCS16A | 処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから、耐食性に優れる SCS16A（耐食性は SUS316L と同等）を使用する。 |
| 吸着塔 | SUS 316L | 処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから、耐食性に優れる SUS316L を使用する。 |
| 配管 (鋼管) | SUS316LTP | 処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから、耐食性に優れる SUS316LTP を使用する。 |
| 配管 (ポリエチレン管) | ポリエチレン | 耐食性に優れることから、屋外配管に使用する。 |
| 配管 (耐圧ホース) | EPDM | 可撓性のある配管を使用する必要がある箇所（吸着塔接続部等）において、耐食性のある EPDM を使用する。 |

ステンレス鋼（SUS316L）の主たる腐食モードは局部腐食である。その主要因は塩化物イオン（Cl⁻）による攻撃であり、Cl⁻濃度が高いほど局部腐食が起こりやすい。局部腐食（すきま腐食、孔食、SCC）のうち、最も穏和な環境で発生するのはすきま腐食であるため、すきま腐食の発生限界が材料の耐食限界に相当する。

淡水や海水などの通常の中性塩化物溶液中において、316系ステンレス鋼にすきま腐食が発生する下限界のCl⁻濃度は、30℃で約16,000 ppm程度¹⁾との報告例がある。また、セシウ

ム吸着装置，第二セシウム吸着装置の主配管，吸着塔等に使用されており，1万数千 ppm～数百 ppm の塩化物イオン濃度での使用実績があるが，次亜塩素酸注入等の腐食加速因子がない場合においては，腐食事象は見られていない。

今回の処理対象の RO 濃縮水の Cl⁻濃度は最大 2,300ppm 程度であり，すきま腐食の発生下限界の Cl⁻濃度を下回っているため，隙間腐食発生の可能性は低い。また，第二セシウム吸着装置，多核種除去設備で見られた SUS316L の腐食事象においては，次亜塩素酸注入や低 pH 条件，活性炭の使用により腐食が加速される要因となっていたが，本装置においてはこれらの腐食加速要因はないことから，腐食発生の可能性は低いと考えられる。

1) L. F. Plock and H. B. Bomberger: CORROSION/68, NACE International, Paper No. 36 (1968).

第二モバイル型ストロンチウム除去装置等の長期停止に係る措置事項

1. CAエリア, CBエリア, G6南エリア及びG6北エリアの処理終了後の長期停止時の措置事項

(1) 移送配管の撤去

以下の配管について、水抜き実施後、撤去する。

- ・R0濃縮水貯槽から装置への移送配管
- ・装置からR0濃縮水貯槽への移送配管

(2) 第二モバイル型ストロンチウム除去装置の移動

CAエリア, CBエリアの処理を実施した1号機, 2号機及びG6北エリア, G6南エリアの処理を実施した3号機, 4号機について、添付資料1 図-1及び図-2で示す場所に移動する。

同装置1号機, 2号機ユニットの移動先及び3号機, 4号機ユニットの移動先の周辺において、地震時における各ユニットからの波及的影響を受ける可能性のある施設はない。

(3) 廃棄物発生量

移送配管の撤去作業に伴い、以下の廃棄物が発生する。

発生する廃棄物は、瓦礫類として表面線量率に応じて定められた屋外の一時保管エリアに保管する。

表－1 廃棄物発生予定量

| 項目 | 発生量 | 表面線量率 |
|-----|--------------------|------------|
| 配管類 | 約 19m ³ | 30mSv/h 以下 |

(4) 移送配管撤去に係る確認事項について

移送配管撤去後の配管の端部への構造強度、機能に関する確認事項を表－2に示す。

表－2 構造強度及び機能の確認事項（移送配管）

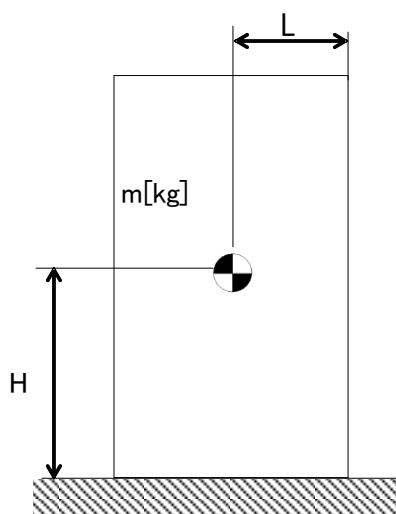
| 確認事項 | 確認項目 | 確認内容 | 判定基準 |
|------|---------|-----------------------------|---------------|
| 構造強度 | 外観・据付確認 | 配管端部の外観・据付状態について確認する。 | 実施計画の通りであること。 |
| 機能 | 機能確認 | 配管端部が実施計画の通り施工されていることを確認する。 | 実施計画の通りであること。 |

2. 長期停止時の耐震性について

第二モバイル型ストロンチウム除去装置について、長期停止時の装置内の水抜き、吸着塔の搬出後における耐震Bクラスでの転倒評価を示す。

a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを下記式にて算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。



- m : ユニットの合計質量 (15,500kg)
- g : 重力加速度 (9.80665m/s²)
- H : 地面からユニット重心までの距離 (1.01m)
- L : 転倒支点からユニット重心までの距離 (1.53m)
- 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 : $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L$

評価結果を表-3に示す。評価の結果、転倒しないことを確認した。

表-3 ユニット転倒評価結果

| 機器名称 | 評価部位 | 水平震度 | 算出値 | 許容値 | 単位 |
|--------------------------|------|------|-----|-----|------|
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-1 | ユニット | 0.36 | 56 | 232 | kN・m |
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-2 | ユニット | 0.36 | 56 | 232 | kN・m |
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-3 | ユニット | 0.36 | 56 | 232 | kN・m |
| 第二モバイル型 ストロンチウム除去装置-4 | ユニット | 0.36 | 56 | 232 | kN・m |