

第二セシウム吸着装置及び第三セシウム吸着装置に使用する吸着塔の種類追加に関する補足説明資料

2020年10月27日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

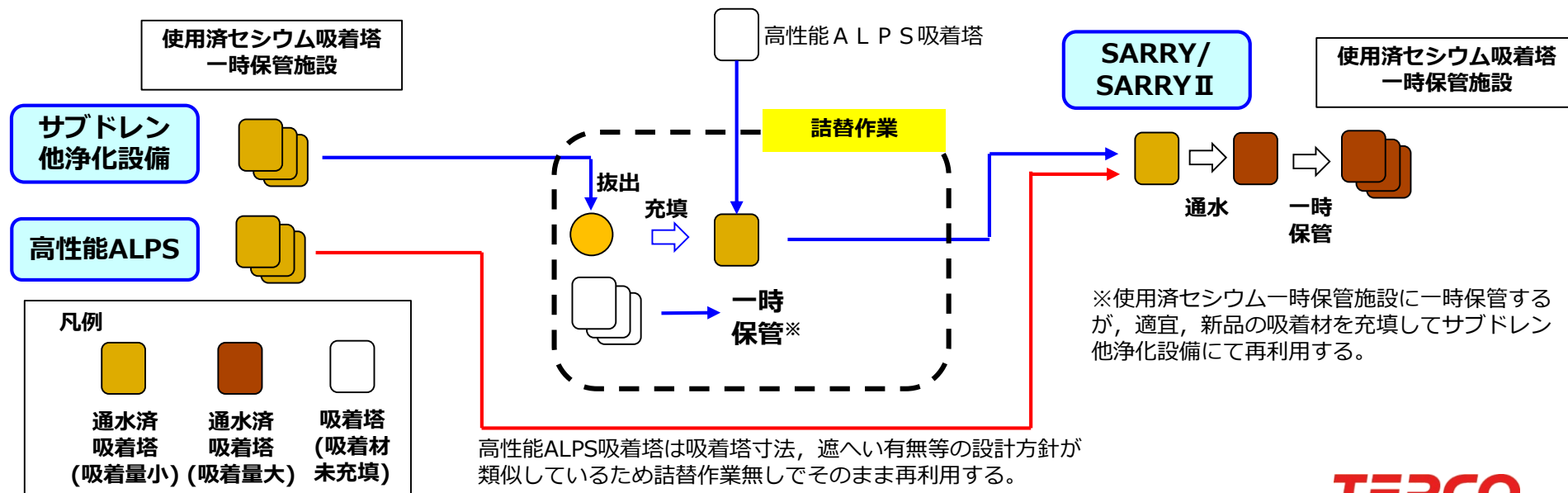
1. 実施計画の変更目的及び内容

<目的>

本申請は、高性能多核種除去設備（以下、高性能ALPS）の使用済吸着塔及びサブドレン他浄化設備の使用済吸着材の再利用を可能とするため、第二セシウム吸着装置（以下、SARRY）及び第三セシウム吸着装置（以下、SARRY II）に使用する吸着塔の種類を追加するものである。再利用により、一時保管される使用済吸着塔の発生が抑制される効果が期待できる。

<概要>

高性能ALPSはSARRY/SARRY II と吸着塔形状がほぼ同一であることから、吸着塔－装置間の取り合い部の新規製作により、高性能ALPS使用済吸着塔の再利用が可能である。サブドレン他浄化設備は吸着塔形状が同一でないが、既に製作済の高性能ALPS吸着塔（空容器:12基）へ詰め替える（製作済の吸着塔消費後は新規製作）ことにより、使用済吸着材の再利用が可能である。



参考：各処理設備の目的

<SARRY/SARRY II>

原子炉への注水，雨水の浸入，地下水の浸透等により1～4号機のタービン建屋等に発生する高レベル放射性汚染水の放射性物質等の濃度を適切な値に低減し，安全な箇所に移送・貯蔵もしくは再利用を行う。ろ過フィルタ，吸着塔の順に通水して放射性核種を低減する。

処理対象水の濃度はCs-137:10⁷Bq/L，Sr-90:10⁶Bq/Lオーダーであり，これを浄化してCs-137:10⁵Bq/Lオーダー以下に，Sr-90:装置入口水より低濃度にするを目的としている。

<高性能ALPS>

SARRY/SARRY IIで処理後，逆浸透膜(RO)装置にて処理して発生する濃縮水に含まれる放射性物質を十分低い濃度になるまで除去することを目的とする。前処理フィルタ，吸着塔の順に通水して放射性核種を低減する。

処理対象水の濃度はCs-137:10³Bq/L，Sr-90:10⁵Bq/Lオーダーであり，SARRY/SARRY IIより低濃度である。

<サブドレン他浄化設備>

1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットおよび海側遮水壁と既設護岸の間に設置される地下水ドレンポンドからくみ上げた地下水に含まれている放射性核種を十分低い濃度になるまで除去し，排水することを目的とする。前処理フィルタ，pH緩衝塔，吸着塔の順に通水して放射性核種を低減する。

処理対象水の濃度はCs-137:10²Bq/L，全β:10²Bq/Lオーダーであり，建屋滞留水と混じらない地下水のため低濃度である。

参考：再利用による使用済吸着塔発生量の抑制について

再利用により得られる使用済吸着塔発生量の抑制効果について下表に記載する。

実施内容	使用済吸着塔・吸着材数量の増減	再利用により得られる効果
高性能ALPS 使用済吸着 塔の再利用	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高性能ALPS使用済吸着塔の数が減となる ・ SARRY,SARRY II の使用済吸着塔の数が同数だけ増となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新規に製作して発電所構内へ搬入し一時保管されるSARRY,SARRY II 吸着材・吸着塔容器の数を抑制できる。
サブドレン 他浄化設備 の使用済吸 着材の再利 用	<ul style="list-style-type: none"> ・ サブドレン使用済吸着塔の数は変動しない ・ サブドレン使用済吸着材の量が減少する ・ SARRY,SARRY II の使用済吸着塔の数が、再利用した数だけ増となる 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新規に製作して発電所構内へ搬入し一時保管されるSARRY,SARRY II 吸着材・サブドレン吸着塔容器の数を抑制できる。

参考：再利用による使用済吸着塔発生量の抑制について

再利用により得られる使用済吸着塔発生量の抑制効果は下記の通り予測している※1。

SARRYの運転実績※2

通水量：約15万m³（2019年3月～2020年3月）

吸着塔交換数：12塔

1塔あたり平均通水量：12,500m³

高性能ALPS使用済吸着塔の再利用により得られる効果

再利用予定数：計19塔

1塔あたり平均通水量：10,000m³（新品の8割※3）

⇒約19万m³の浄化に再利用可能であり，新品吸着塔約15塔の発生を抑制できる。

サブドレン他浄化設備吸着塔の再利用により得られる効果

年間で使用される再利用吸着塔数：約15塔（約15万m³／10,000m³）※4

年間で再利用されるブドレン吸着塔数：約6塔（吸着塔容量の比より算出）※5

⇒サブドレン他浄化設備の吸着材交換数は年間6塔前後である。※6

このためSARRY使用済吸着塔の発生数は年間約3塔増えるものの，※7

使用済となるサブドレン他浄化設備吸着塔容器の数はほぼ抑制出来る。

※1：本説明は再利用対象とするCs/Sr同時吸着塔の発生量を予測するものであり，値は今後の試験結果により変動する。

※2：SARRY IIは十分な運転実績が得られていないことから，SARRY実績にて予測する。 ※3：過去の試験に基づく推定値。

※4：年間処理量を約15万m³と仮定。 ※5：サブドレン他浄化設備は約4 m³，SARRYは約1.4 m³。

※6：2019年8月より1年間で交換した吸着塔数は6塔。 ※7：15塔－12塔＝3塔による。

2. 実施計画の主な変更内容の概要

第Ⅱ章 特定原子力施設の設計

2.5 汚染水処理設備等

記載箇所	変更内容
2.5.2 基本仕様	<ul style="list-style-type: none"> ・ 取り合い部配管に関する要目表の追記
添付資料19 添付資料30 別冊5	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済吸着塔の再利用に関する説明の追記 ・ SARRY/SARRY II での耐震・強度評価の追記 ・ SARRY/SARRY II での安全評価の変更 ・ SARRY/SARRY II での確認事項（検査項目）の追記

2.16.3 高性能多核種除去設備

記載箇所	変更内容
添付資料7	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済吸着塔の再利用に関する説明の追記

2.35 サブドレン他水処理施設

記載箇所	変更内容
添付資料11	<ul style="list-style-type: none"> ・ 使用済吸着塔の再利用に関する説明の追記

2. 実施計画の主な変更内容の概要

SARRYに関する要目表では、吸着塔付属配管（S32205,S32750）、取合部配管(S31603,EPDM)の記載の追加を行う。従来のSARRYでは吸着塔付属配管にSUS316L,S32205,S31803等を、取合部配管に合成ゴムを用いている。

吸着塔付属配管：吸着塔に付属している配管。塔交換時に合わせて交換となる。

取合部：吸着塔付属配管と本設配管の取り合いとなる部分。今回追加する吸着塔は従来の吸着塔と比べて吸着塔付属配管の向きが異なるため取合部を新規に製作する。

表2. 5 - 1 汚染水処理設備等の主要配管仕様

変更前			変更後		
名称	仕様		名称	仕様	
第二セシウム吸着装置 入口から 第二セシウム吸着装置 出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A,80A,100A,150A/ Sch.80 STPG370,STPT370 1.37MPa 66℃	第二セシウム吸着装置 入口から 第二セシウム吸着装置 出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A,80A,100A,150A/ Sch.80 STPG370,STPT370 1.37MPa 66℃
第二セシウム吸着装置 入口から 第二セシウム吸着装置 出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A,80A/Sch.40 SUS316L 1.37MPa 66℃	第二セシウム吸着装置 入口から 第二セシウム吸着装置 出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A,80A/Sch.40 SUS316L ASME SA312 S31603 ASME SA790 S32205 ASME SA790 S32750 1.37MPa 66℃
			<u>(耐圧ホース)</u>	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A相当 合成ゴム(EPDM) 1.37MPa 66℃

2. 実施計画の主な変更内容の概要

SARRY IIに関する要目表では，吸着塔付属配管（S32205,S32750），取合部配管(EPDM)の記載の追加を行う。なお，取合部配管の構成はSARRY用とSARRY II用で異なる。従来のSARRY IIでは吸着塔付属配管にSUS316Lを，取合部配管に合成ゴム（NBR）を用いている。

表2. 5 - 1 汚染水処理設備等の主要配管仕様

変更前			変更後		
名称	仕様		名称	仕様	
第三セシウム吸着装置 入口から 第三セシウム吸着装置 出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch40,80A/Sch40, 65A/Sch40,50A/Sch40, 40A/Sch40 SUS316L 1.37MPa 40℃	第三セシウム吸着装置 入口から 第三セシウム吸着装置 出口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch40,80A/Sch40, 65A/Sch40,50A/Sch40, 40A/Sch40 SUS316L ASME SA790 S32205 ASME SA790 S32750 1.37MPa 40℃
(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A相当 ポリエチレン 1.37MPa 40℃	(ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A相当 ポリエチレン 1.37MPa 40℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A相当 合成ゴム(NBR) 1.37MPa 40℃	(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A相当 合成ゴム(NBR, EPDM) 1.37MPa 40℃

※配管の最高使用温度について，SARRYでは吸着塔と同じ値である66℃としているが，配管にて崩壊熱が発生するものではないため，SARRY IIでは40℃としている。

2. 実施計画の主な変更内容の概要

SARRYでは新しい吸着塔の種類として「TYPE-B3」を追加する。TYPE-B3は高性能ALPSで既に認可を受けた吸着塔※と同一の材質、形状、質量であるが、最高使用温度・圧力、吸着塔の取り付け方法が異なる。

※：多核種吸着塔 1～20（二相ステンレス製）

添付資料－19 第二セシウム吸着装置におけるCs及びSrの除去について

変更前	変更後
<p>2.2 装置概要</p> <p>同時吸着塔は、ステンレス製の容器（吸着材容器）に吸着材を充填し、周囲は鉛等で遮へいする構造とする。</p> <p>また、同時吸着塔には、吸着材容器が従来と同じ円筒形の構造（TYPE-A）のものと、中空円筒形の構造（<u>TYPE-B1・B2</u>）のものがある。TYPE-Aは、吸着材容器の外側の遮へい容器（二重筒構造）の中に鉛球等を充填する遮へい構造、TYPE-B1は吸着材容器の外側を鉛板等で覆う遮へい構造、<u>TYPE-B2</u>は吸着材容器の外側を鉛を鑄込んだ遮へいブロック等で覆う遮蔽構造とする。（図－1 参照）</p> <p>なお、<u>TYPE-B1・B2</u>を総称する場合は、TYPE-Bと記載する。</p>	<p>2.2 装置概要</p> <p>同時吸着塔は、ステンレス製の容器（吸着材容器）に吸着材を充填し、周囲は鉛等で遮へいする構造とする。</p> <p>また、同時吸着塔には、吸着材容器が従来と同じ円筒形の構造（TYPE-A）のものと、中空円筒形の構造（<u>TYPE-B1・B2・B3</u>）のものがある。TYPE-Aは、吸着材容器の外側の遮へい容器（二重筒構造）の中に鉛球等を充填する遮へい構造、TYPE-B1は吸着材容器の外側を鉛板等で覆う遮へい構造、<u>TYPE-B2・B3</u>は吸着材容器の外側を、鉛を鑄込んだ遮へいブロック等で覆う遮蔽構造とする。（図－1 参照）</p> <p><u>一部の同時吸着塔は、高性能多核種除去設備で発生したCs/Sr同時吸着塔（吸着材含む）、サブドレン他浄化設備で発生した使用済Cs/Sr同時吸着材を再利用して使用する。</u></p> <p>なお、<u>TYPE-B1・B2・B3</u>を総称する場合は、TYPE-Bと記載する。</p>

2. 実施計画の主な変更内容の概要

SARRY II では新しい吸着塔の種類として「B型」を追加する。従来の吸着塔は「A型」とする。吸着塔B型は高性能ALPSで既に認可を受けた吸着塔※と同一の材質、形状、質量であるが、最高使用温度・圧力、吸着塔の取り付け方法が異なる。

※：多核種吸着塔 1～20（二相ステンレス製）

添付資料－30 第三セシウム吸着装置について

変更前	変更後
<p>1.5 主要な機器</p> <p>第三セシウム吸着装置は1系列構成とし、第三セシウム吸着装置ブースターポンプ、吸着塔及び配管等で構成する。</p> <p>滞留水移送装置により移送された1号～4号機タービン建屋等、高温焼却炉建屋及びプロセス主建屋の滞留水は、第三セシウム吸着装置により放射性的のセシウム、ストロンチウムを除去する。</p>	<p>1.5 主要な機器</p> <p>第三セシウム吸着装置は1系列構成とし、第三セシウム吸着装置ブースターポンプ、吸着塔及び配管等で構成する。</p> <p>滞留水移送装置により移送された1号～4号機タービン建屋等、高温焼却炉建屋及びプロセス主建屋の滞留水は、第三セシウム吸着装置により放射性的のセシウム、ストロンチウムを除去する。</p> <p><u>吸着塔はA型・B型の2種類があり、吸着塔B型では、高性能多核種除去設備で発生したCs/Sr同時吸着塔（吸着材含む）、サブドレン他浄化設備で発生した使用済Cs/Sr同時吸着材を再利用して使用できる。</u></p>

2. 実施計画の主な変更内容の概要

高性能ALPS, サブドレン他浄化設備では使用済吸着塔または吸着材を再利用する旨の記載を行う。

2.16.3 高性能多核種除去設備

添付資料－7 高性能多核種除去設備の具体的な安全確保策

変更前	変更後
<p>5. その他 (3)使用済吸着塔の貯蔵 使用済吸着塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第四施設）に貯蔵する。 （中略）</p>	<p>5. その他 (3)使用済吸着塔の貯蔵 使用済吸着塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第四施設）に貯蔵する。 （中略） <u>なお一部の使用済吸着塔は、第二セシウム吸着装置、第三セシウム吸着装置にて再利用する。</u></p>

2.35 サブドレン他水処理施設

添付資料－11 サブドレン他水処理施設の具体的な安全確保策

変更前	変更後
<p>5. その他 (7) 使用済吸着塔の貯蔵 使用済吸着塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、使用済セシウム吸着塔保管施設（Ⅱ2.5.2.1.2参照）のコンクリート製ボックスカルバート内、または架台に格納して保管する。なお、水切りにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。 （中略）</p>	<p>5. その他 (7) 使用済吸着塔の貯蔵 使用済吸着塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、使用済セシウム吸着塔保管施設（Ⅱ2.5.2.1.2参照）のコンクリート製ボックスカルバート内、または架台に格納して保管する。なお、水切りにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。 （中略） <u>なお、一部の使用済Cs/Sr同時吸着塔は、吸着材を取り出して第二セシウム吸着装置、第三セシウム吸着装置にて再利用する。吸着材を取り出した吸着塔は、健全性を確認した上でサブドレン他浄化設備にて再利用する。</u></p>

（一文目は下記に変更予定）

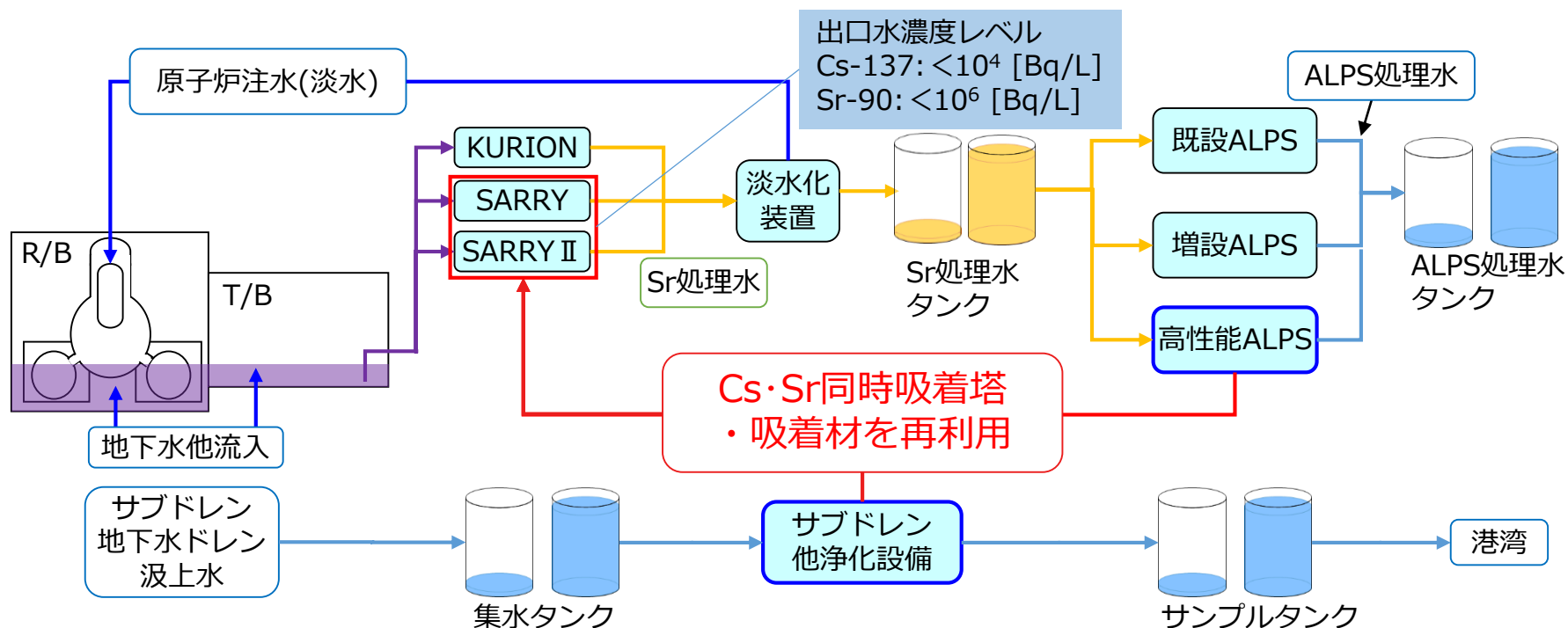
なお、一部の使用済Cs/Sr同時吸着塔は、吸着材を取り出して第二セシウム吸着装置、第三セシウム吸着装置の吸着塔に充填して再利用する。

3. 系統概要図

- 高性能ALPS及びサブドレン他浄化設備ではCs・Sr同時吸着材を使用しているが、取り扱う水の放射能濃度が低い（下表参照）ため、使用済吸着材を第二セシウム吸着装置（以下、SARRY）及び第三セシウム吸着装置（以下、SARRY II）にて再利用した場合に除染能力を発揮することが期待できる。

表 各水処理設備入口水の濃度レベル（2020.4時点）

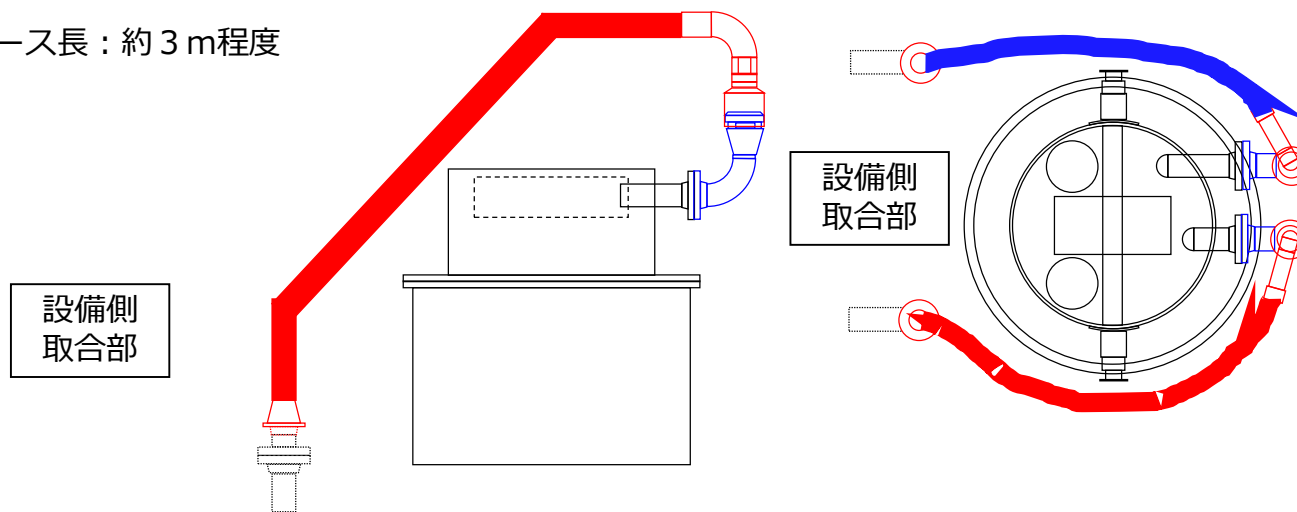
設備	Cs-137	Sr-90
SARRY, SARRY II	10^7 [Bq/L]	10^6 [Bq/L]
高性能ALPS	10^3 [Bq/L]	10^5 [Bq/L]
サブドレン他浄化設備	10^2 [Bq/L]	10^2 [Bq/L] (全β)



【参考】SARRY, SARRY IIへの接続について

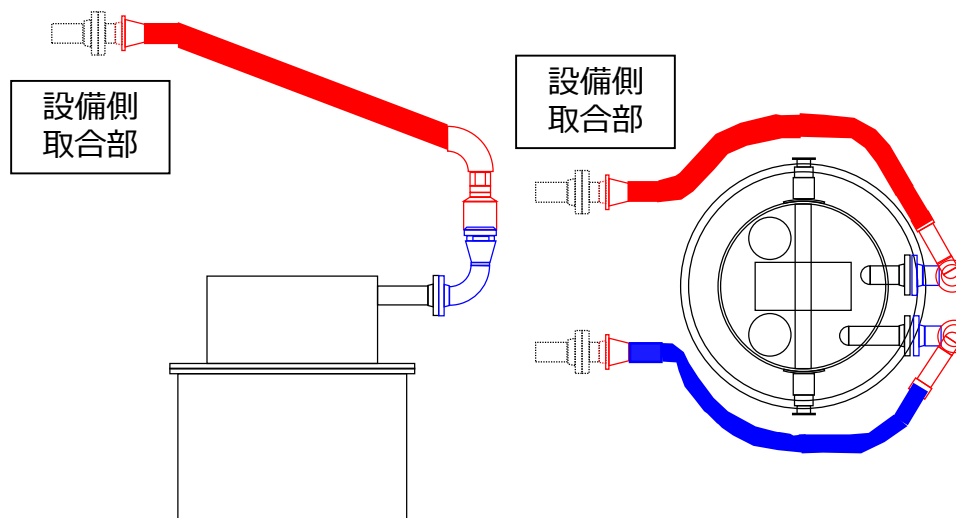
- 吸着塔（TYPE-B3）のSARRYへの接続は、下図のとおり実施する。

ホース長：約3 m程度



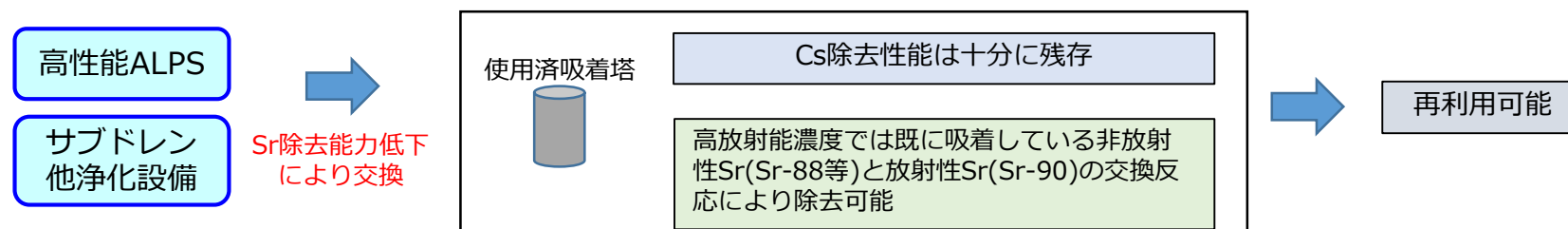
- 吸着塔（B型）のSARRY IIへの接続は、下図のとおり実施する。

ホース長：約2 m程度



4. 使用済Cs・Sr同時吸着塔・吸着材の再利用の原理

- 高性能ALPSとサブドレン他浄化設備では、Cs・Sr同時吸着塔を用いてCsとSrを1種類の吸着材にて除去。
- 両設備においてCs・Sr同時吸着塔は、CsとSrの設備出口濃度を基準値以下に管理するために、Sr-90の除去性能が低下した時点で交換を実施している。この場合、Cs-134,137の除去性能を十分に残した状態である。
- また、高性能ALPS等の設備の入口Sr-90濃度は再利用を実施するSARRY等の入口濃度に比べて十分に低く、濃度差が大きいことから再利用が可能。



- なお、両設備で用いているCs・Sr同時吸着材は同じであり、新品吸着材については、SARRYにおいてに対して適用した実績※有り

※ SARRYへのCs・Sr同時吸着塔の導入時（2015年）に2塔設置し、実機にて通水している。その際には現在SARRYにおいて使用中の吸着材と同程度の性能は得られている。

【参考】 再利用原理

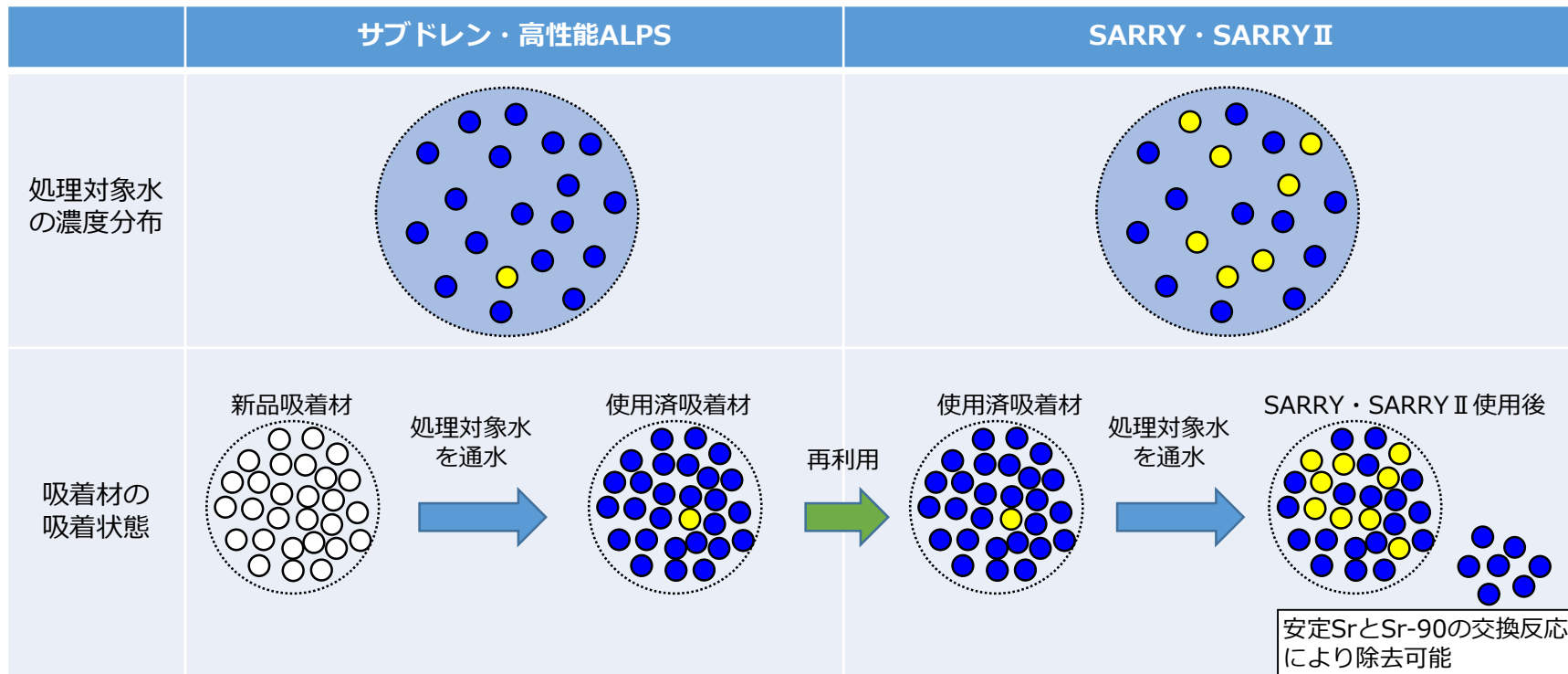
◆ Cs (セシウム)

高性能ALPS等の処理対象水の入口濃度が低いため、吸着可能な総容量に対して、0.1%以下しか利用しておらず十分に吸着容量が残っていることから、再利用が可能。

◆ Sr (ストロンチウム)

吸着材は処理対象水に海水成分由来として含まれる非放射性Sr (Sr-88等) も放射性Sr (Sr-90) と区別せず、イオン吸着により除去。再利用前後で非放射性Srの濃度は同程度で変化はないが、放射性Srの濃度は高くなる。この水質条件では、既に吸着している非放射性SrとSARRY等の処理対象水中の放射性Srとの交換反応により除去可能。

再利用時のSr除去イメージ



凡例 ● Sr-90イオン ● 安定Sr(Sr-88等)イオン ○ 吸着材内部のSr吸着サイト
 ©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved. 無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

5. 使用可能な使用済吸着塔の選定

再利用を使用可能と判断した吸着塔の選定根拠を説明すること

- 高性能ALPS：21塔／27塔を再利用可能と判断
 運転履歴を調査し、以下の確認を行い21塔を再利用可能と判断した。なお、再利用時には改めてSARRY入口濃度を考慮して、再利用可能か評価する。

表 高性能ALPS使用済吸着塔の再利用前確認事項

項目	確認事項	確認結果
Sr-90吸着量	高性能ALPS通水最終時のSr-90吸着量が、SARRY通水最終時の想定吸着量と比較して50%以下であること。	Sr-90吸着量の観点から、6塔を再利用不可と判断
通水最終時の吸着塔保有水水質	高性能ALPS通水最終時の吸着塔保有水のpHが、中性～弱アルカリ性であること。	使用済吸着塔保有水水質のpHが、全て中性～アルカリ性であることを確認
通水最終時の差圧	再利用時の初期差圧がSARRYおよびSARRYⅡ吸着塔と同等以下の差圧であることが見込まれること。	Sr-90吸着量の観点から再利用可能と判断した21塔について、ほぐし運転※による差圧低減効果を考慮すれば再利用時の初期差圧がSARRYおよびSARRYⅡ吸着塔と同等以下であると見込まれることを確認

※固着防止のため再利用前には必ず高性能多核種除去設備にて吸着塔の逆洗を実施する。
 なお実機にてほぐし運転の試験を行い、差圧低減効果を確認済。

5. 使用可能な使用済吸着塔の選定

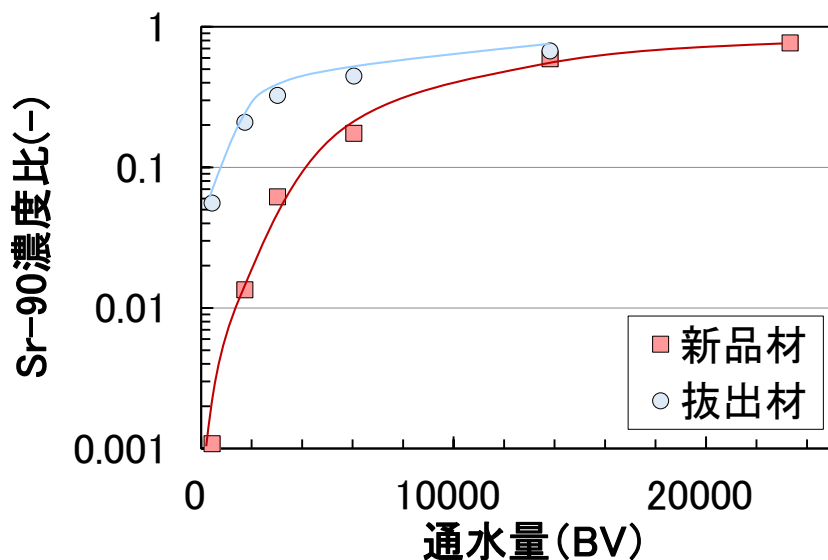
■サブドレン他浄化設備：全吸着塔使用可能

サブドレン他浄化設備については、以下の2種類の吸着材を用いて、ミニスケールのカラム通水試験により、再利用材のSrの除去性能について確認。再利用材1塔にてSrの低減は新品材と同様に可能であるが、使用可能な寿命は8割程度と想定している*。

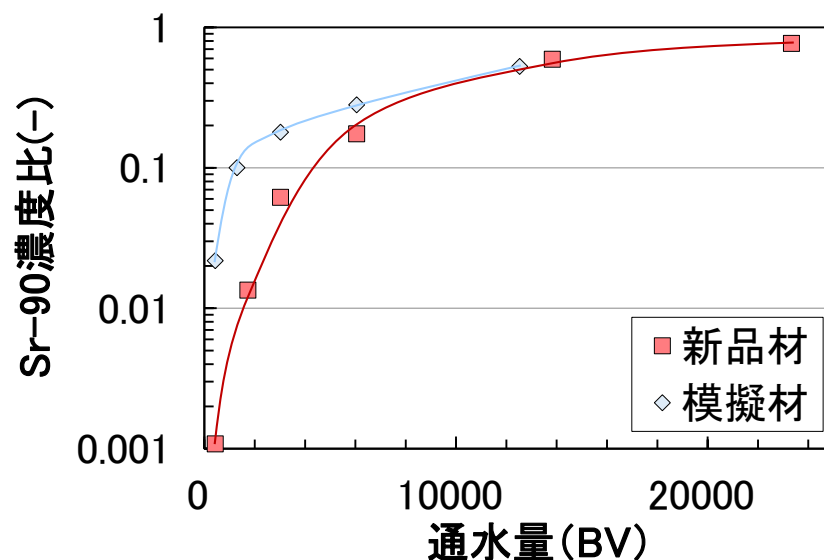
*試験による評価値であり、実際の寿命は吸着材の状態や処理水濃度により変動する可能性が有る。

- ・ 抜出材（サブドレン他浄化設備の使用済吸着塔から実際に抜き出した吸着材）
- ・ 模擬材（サブドレン他浄化設備の実液を新品材にカラム通水することにより、使用済状態を模擬し作成した吸着材）

試験水には実液（KURION Cs除去後水）を使用し、通水条件もSARRY II 同等としている。



抜出材の試験結果

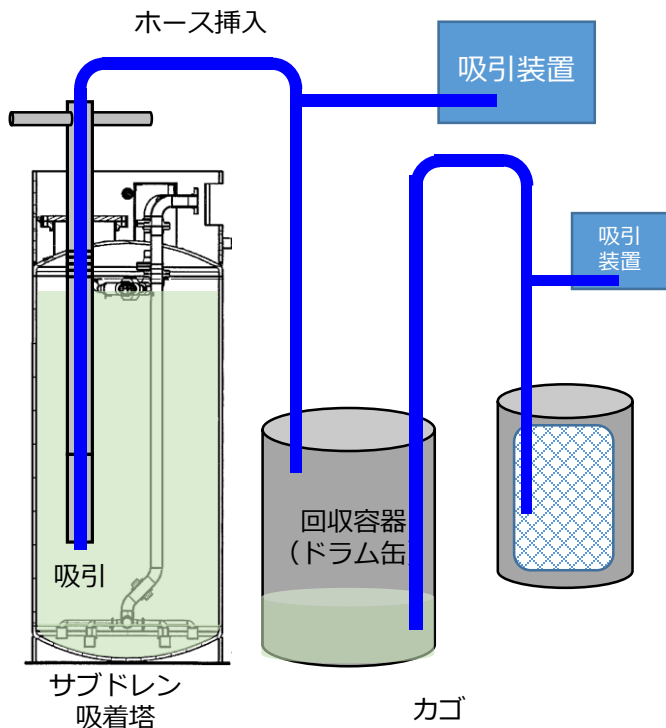


模擬材の試験結果

【参考】サブドレン他浄化設備 使用済吸着材の詰め替え作業イメージ

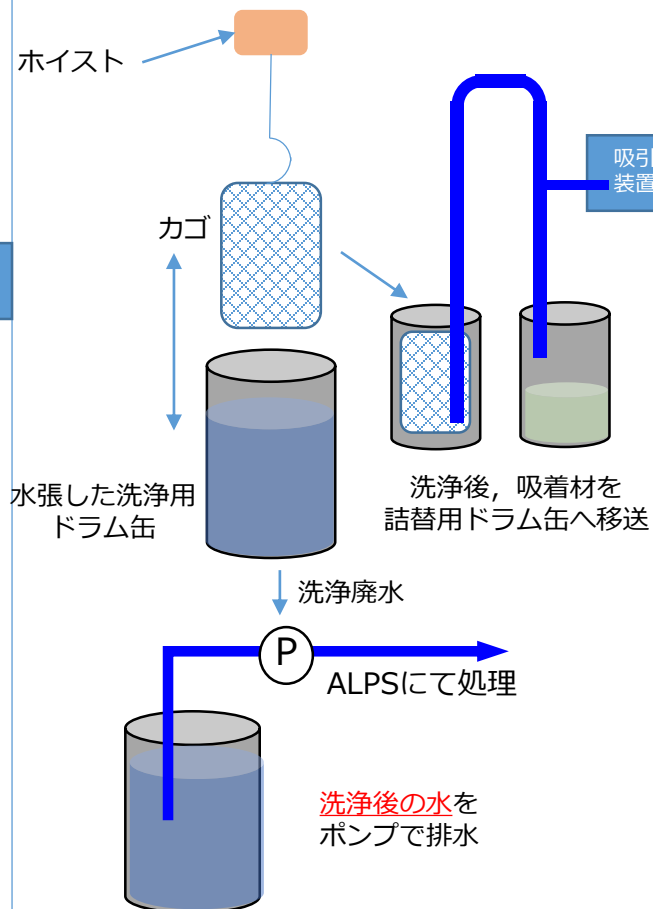
吸着材抜き出し

吸引装置で使用済吸着材を吸着塔上部の充填口より抜き出し、回収容器で回収し、洗浄用カゴに移す。



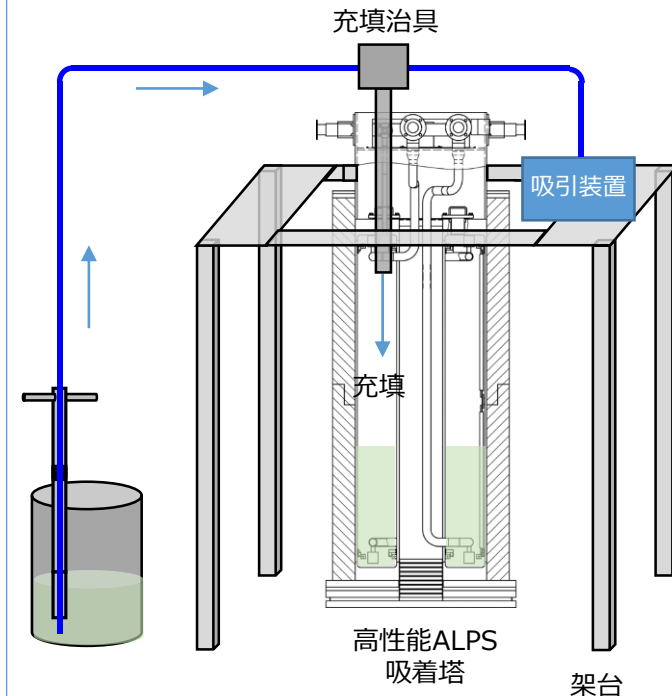
吸着材洗浄

使用済吸着材を収納した洗浄用カゴを吊り上げ、水張したドラム缶に上下させて洗浄し、洗浄後の吸着材を詰替用ドラム缶に移す。



吸着材充填

使用済吸着材を回収した容器から充填治具及び吸引装置を用いて、吸着塔へ充填する。




注1 装備品：全面マスク、アノラック、
タイバック、ゴム手袋2重

注2 作業は高性能ALPS建屋内に設置したシートで囲まれた仮設ハウス内で行い、
ハウスには局排を設置してダスト飛散防止を図る。回収容器等は受けパン上に設置する。

※今後の検討により使用機器は変更となる可能性有り

【参考】使用済吸着材詰め替え作業による被ばくの考慮

- サブドレン他浄化設備に関しては、使用済吸着塔となった際でも吸着した核種吸着量が少なく、抜き出した吸着材を測定した表面線量は最大となる表層部で γ : 0.15mSv/h, β : 0.5mSv/hであり、中間部より下部は $\gamma < 0.004$ mSv/h, β : < 0.055 mSv/hと低線量である。
- このことから、手作業により取り扱い可能な線量レベルであり、作業安全上も問題ないことから、使用済吸着材の詰め替え作業は治具等を用いた手作業により、実施することが可能と判断している。なお、詰め替え作業の繰り返しによる吸着塔の線量上昇は殆どないと考えている。

サンプリング材線量測		中央部		端部		
サンプリング箇所	γ	$\beta + \gamma$	サンプリング箇所	γ	$\beta + \gamma$	
	表層	0.15	0.50	表層	0.15	0.50
	上部	0.15	0.40	上部	0.075	0.25
	中間部	0.003	0.055	中間部	0.004	0.055
	下部	0.003	0.40	下部	0.004	0.050
		任意の位置		BG: γ : 0.002		
サンプリング箇所	γ	$\beta + \gamma$	$\beta + \gamma$: 0.002			
表層	0.018	0.12				
上部	0.016	0.090				

GMサーベイによる使用済吸着材（拔出材）の表面線量測定結果

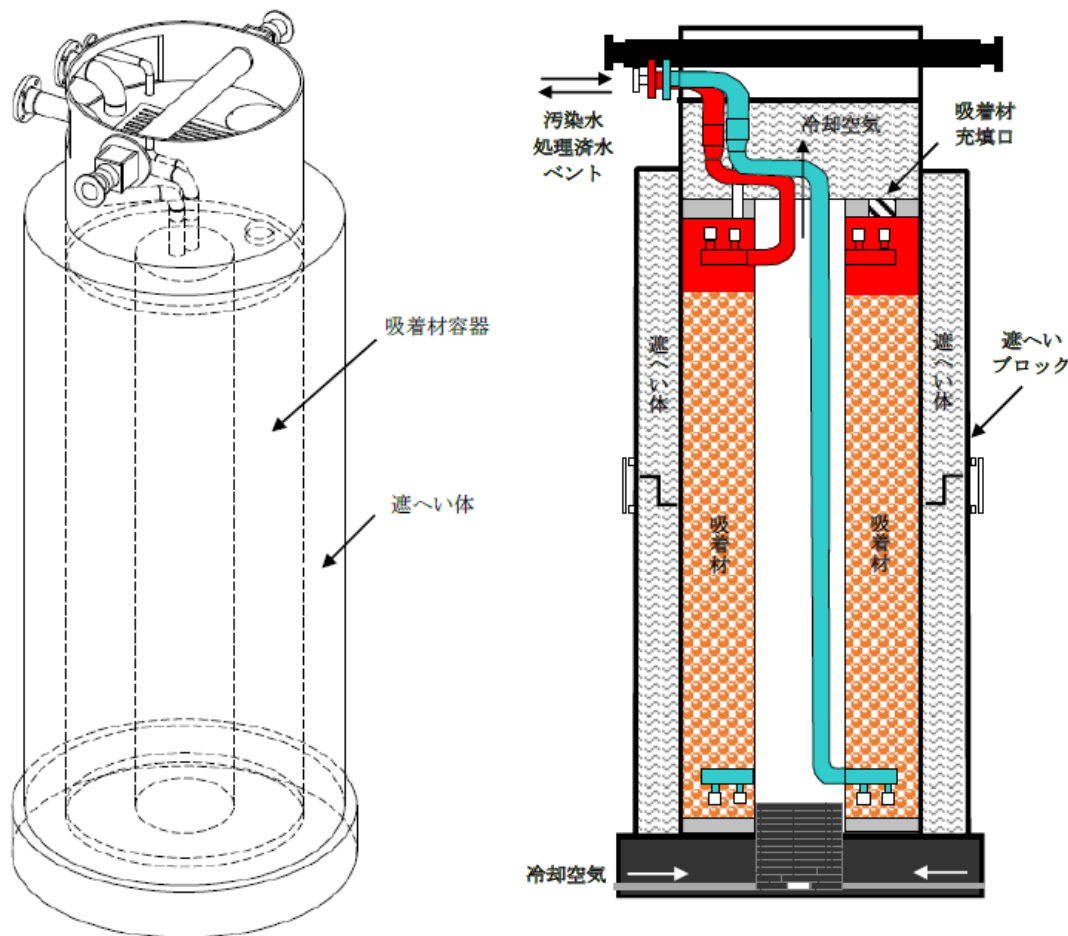
【参考】SARRY/SARRYⅡにおける吸着塔の交換について

<吸着塔交換のタイミングについて>

- SARRY/SARRYⅡ 吸着塔の交換は、安全評価に用いる吸着量の範囲内となるよう下記の何れかの傾向が確認された時に実施している。
 - ①吸着塔表面線量が安全評価にて求める値に近付いていることが確認された時
 - ②吸着塔出口におけるSr-90濃度の上昇により、Sr-90吸着量が吸着材の能力限界まで到達していることが確認された時

6. 吸着塔仕様

追加する吸着塔(SARRYにてTYPE-B3,SARRY IIにてB型)の仕様を以下に示す。



基本仕様

種類	—	中空円筒形	
容量	m ³ /h/個	20/25※1	
最高使用圧力	MPa	1.37※2	
最高使用温度	℃	66※2	
主要寸法	外胴内径	mm	939.8
	外胴板厚さ	mm	12.7
	内胴内径	mm	330.2
	内胴板厚さ	mm	12.7
	上部平板厚さ	mm	76.2
	下部平板厚さ	mm	76.2
材料	高さ	mm	3632
	外胴板	—	二相ステンレス
	内胴板	—	(S32205)
	上部平板	—	二相ステンレス
	下部平板	—	(S32750)
	遮へい材	—	Pb

※1 : SARRY/SARRY II の値

※2 : SARRY/SARRY II にて同一

7. 設計上の考慮

<腐食による漏えい発生防止>

- 腐食による漏えい発生を防止するため、耐腐食性を有する材料を従来より使用している。
- 今回申請する吸着塔及び吸着塔付属配管は二相ステンレス鋼(S32205,S32750)であり、新規製作する取合部配管はステンレス鋼 (S31603※) , 合成ゴム (EPDM) を使用する。
- 従来のSARRY,SARRY II の吸着塔, 付属配管はSUS316L, S32205等を使用しており、今回申請する吸着塔・付属配管は同等以上の耐腐食性を有する。

※S31603はJIS規格におけるSUS316Lに相当する

部位	材質
吸着塔及び付属配管	二相ステンレス鋼 (ASME SA790 S32205 または S32750)
吸着塔取合部配管 (SARRY用)	ステンレス鋼 (ASME SA312 S31603) 合成ゴム (EPDM)
吸着塔取合部配管 (SARRY II 用)	合成ゴム (EPDM)

<参考：耐食性について>

- ステンレス材の耐食性能を示す指標として耐孔食係数 (PREN:Pitting Resistance Equivalent Number) が用いられており、PRENが高いものほど耐食性能が優れている。PRENは $\%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%N$ により求められ、SUS316Lは24、S32205は35、S32750は42である。

<耐圧ホース・配管接続部の漏えい発生防止>

- 耐圧ホースの接続部はカムロック構造とし、誤って外れないようカムロックレバーの固縛を行う。また、配管のフランジ接続部は締結管理を行う。
- 耐圧ホースの接続部・配管のフランジ接続部は堰または受けパン内に設ける。これにより万が一、漏えいが発生した場合に早期に漏えいを検知し、運転停止等の必要な措置を講ずることが出来る。

7. 設計上の考慮

<評価条件>

- 使用済吸着塔の安全評価（水素評価，温度評価，線量評価）にて，Cs,Srの吸着量は下記の通り設定した。これは再利用前の吸着量に，SARRY/SARRY IIにおける通水量を保守側に設定（新塔で約10,000～20,000m³に対して約36,000m³）して算出したもの。

	C s	S r
【今回申請】 SARRY(TYPE-B3) SARRY II (B 型)	$3.8 \times 10^{15} \text{Bq}$	$2.5 \times 10^{15} \text{Bq}$
SARRY(TYPE-A)	$2.1 \times 10^{15} \text{Bq}$	$1.2 \times 10^{15} \text{Bq}$
SARRY(TYPE-B1,B2)	$3.8 \times 10^{15} \text{Bq}$	$2.2 \times 10^{15} \text{Bq}$
SARRY II (A 型)	$2.1 \times 10^{15} \text{Bq}$	$1.05 \times 10^{15} \text{Bq}$

<参考>

- 吸着量の設定において想定する入口濃度，通水量は以下の通り。入口濃度は水質の状況を踏まえてSARRY(TYPE-B1,B2)申請時に比べて低くし，通水量はより保守的に設定した。

	入口濃度	通水量
<u>SARRY(TYPE-B3)</u> <u>SARRY II (B 型)</u>		
<u>SARRY(TYPE-B1,B2)</u>		

7. 設計上の考慮

<水素評価>

- 使用済み吸着塔内部の水素濃度について評価を実施。
- 水素は、吸着した核種の崩壊エネルギーが容器内に残留する水に吸収され発生する。
- 使用済み吸着塔は、可燃性ガス発生抑制として、一時保管施設への保管前に内部の水抜きを実施するが、ここでは吸着材充填領域に水が張られた（保守的な）状態で評価を実施。
- 水素濃度は水素発生量と流入空気量により評価を実施し、吸着塔の自然換気が定常となる際の可燃性ガス濃度を評価※。
- なお、自然換気は吸着した放射能により生じる吸着塔内部の温度上昇で促進されるが、保守的に温度上昇を考慮しない状態で評価を実施。

※

- ・吸着塔内部で水素が発生
- ・吸着塔内部で空気と水素が混合した結果、空気との密度差が生じ、出口から混合空気が排出される（駆動力）。
- ・排出された混合気体の体積に応じて、入口側から空気が流入し、混合気体となって出口から排出される自然循環が発生。
- ・この駆動力と混合気体の流れによる配管の圧力損失が釣り合う時の流量で水素濃度が決まる。配管の圧力損失は、吸着塔付配管の形状により算出する。

なお、水素濃度は吸着塔気相部で均一な状態と仮定。

$$\text{駆動力} = \text{入口配管圧損（入口流量）} + \text{出口配管圧損（出口流量）}$$

$$\text{なお、出口流量} = \text{入口流量} + \text{水素発生流量}$$

計算結果は水素ガスの濃度は、約3.6%となり、可燃限界である4%を下回ることを確認した。また、吸着塔内部の温度上昇（ $\Delta T=15^{\circ}\text{C}$ ）を考慮した場合、水素ガス濃度は約2.5%である。

【参考】従来設備の評価

<水素評価>

- 従来設備における評価結果は以下の通り。

吸着塔種類	水素濃度
SARRY(TYPE-A)	3.0% (1.5%)
SARRY(TYPE-B1,B2)	3.1% (1.7%)
SARRY II (A型)	2.6% (1.3%)
高性能ALPS(二相ステンレス)	2.5%
【今回申請】 SARRY(TYPE-B3) SARRY II (B型)	3.6% (2.5%)

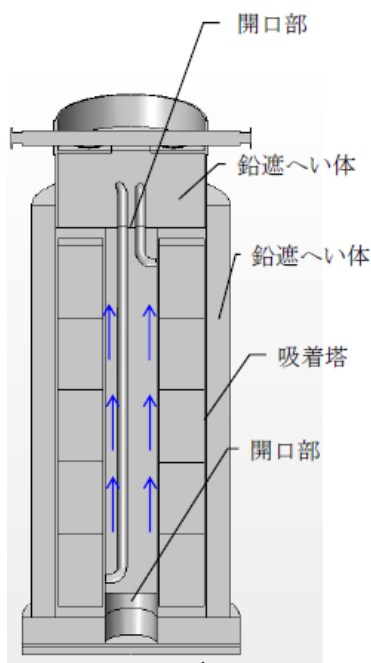
() 内の数値は、吸着塔内部の温度上昇 ($\Delta T=15^{\circ}\text{C}$) を考慮した場合の水素濃度を示す

7. 設計上の考慮

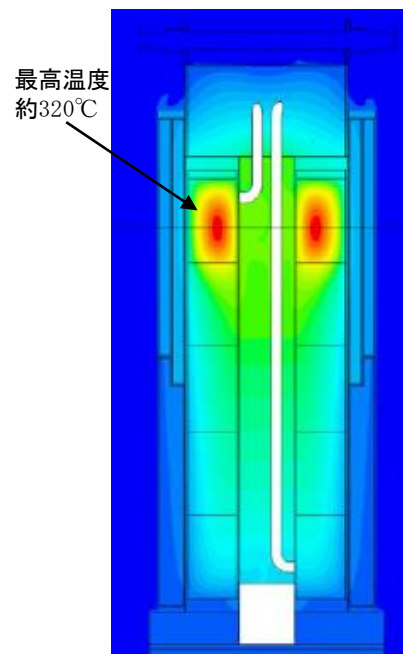
<崩壊熱除去>

- 通水がない状態においては、遮へい容器の上下に開口部を設けてあり、流れる空気の自然通風により吸着材容器を除熱する。大気への放熱が定常となる際の吸着塔内の温度上昇は、吸着塔および吸着材の耐熱温度未満となることを確認した。

	評価温度	耐熱温度
吸着材	320℃	600℃
鉛遮へい体	140℃	327℃



解析モデル



【参考】従来設備の評価

<崩壊熱除去評価>

- 従来設備における評価結果は以下の通り。

吸着塔種類	評価温度
SARRY(TYPE-A)	470℃
SARRY(TYPE-B1,B2)	340℃
SARRY II (A型)	510℃
高性能ALPS(二相ステンレス)	182℃
【今回申請】 SARRY(TYPE-B3) SARRY II (B型)	320℃

7. 設計上の考慮

<放射線遮へい>

- 再利用後の使用済み高性能多核種除去設備吸着塔は、機器表面の線量当量率が2 mSv/h以下（再利用後の線源条件における最大評価値：0.61mSv/h）となる。
- 敷地境界への影響について
使用済み高性能多核種除去設備吸着塔の再利用後の最寄りの敷地境界への影響を評価（建屋による遮へい考慮なし）した結果、吸着塔の寄与は0.0003mSv/年となり、敷地境界への影響は無視できる。
（SARRY II 時の評価値： 3.6×10^{-5} mSv/年）
- 使用済み吸着塔の保管への影響について
再利用後の高性能多核種除去設備吸着塔の最大表面線量率の評価値(0.61mSv/h)は、使用済みセシウム吸着塔一時保管施設において保管容量が確保されているS2カテゴリー(≦0.7mSv/h)よりも低いことから、使用済みセシウム吸着塔一時保管施設における敷地境界線量評価への影響はない。
また、再利用塔、新品塔の使用バランスを取ることで、SARRY,SARRY II から発生する使用済み吸着塔数は想定する年間発生量の値を超えないように運用する※。

※年間発生量は処理対象水の量・水質により変動するが、最近（2019.3～2020.3）のSARRY運転実績（通水量：約15万m³，吸着塔交換数：12塔）から試算すると、再利用塔の発生数は15塔／年であり、実施計画記載の使用済み吸着塔数（年間48塔）の範囲内である。また、吸着塔一時保管施設は2020年9月時点でSARRY,SARRY II の使用済み吸着塔を218塔受入可能であり、十分な空き容量を有している。

7. 設計上の考慮

高性能ALPS吸着塔をSARRY/SARRY II 吸着塔として使用するにあたり支障ないことは、下記の通り確認している。

評価項目	確認内容
強度評価	環境条件が変化するが、再評価により使用に支障が無いことを確認している。 ・ 最高使用圧力/温度が異なるため再評価を実施している。 高性能ALPS：1.55MPa,40℃ SARRY/SARRY II：1.37MPa,66℃
耐震評価	環境条件が変化するが、再評価により使用に支障が無いことを確認している。 ・ 最高使用圧力/温度及び吸着塔の取り付け方法が異なるため再評価を実施している。
腐食対策	環境条件が変化するが、保守側の変化であることを確認している。 ・ SARRY/SARRY IIはRO設備の上流側に有るため、下流側にある高性能ALPSに比べ塩化物イオン濃度が低い。なお、高性能ALPS吸着塔容器は腐食に強い二相ステンレス鋼を使用している。
凍結防止	環境条件に変化が無いため、凍結の恐れはないことを確認している。 ・ 何れの吸着塔も屋内にて使用し、水抜き後に屋外にて一時保管する。
紫外線対策	環境条件に変化が無いため、紫外線による劣化の恐れはないことを確認している。 ・ 何れの吸着塔も容器材質は金属であり劣化の恐れはない。
耐放射線性	環境条件に変更が無いため、放射線による劣化の恐れはないことを確認している。 ・ 何れの吸着塔も容器材質は金属であり劣化の恐れはない。

7. 設計上の考慮

取合部配管（S31603及びEPDM）を新設するにあたり支障ないことは、下記の通り確認している。

評価項目	確認内容
強度評価	最高使用温度・圧力にて使用可能であることを確認している。
耐震評価	施工上の最長のサポート間隔を設定し、その設定値にて耐震評価を行い支障がないことを確認している。
腐食対策	S31603はJIS規格におけるSUS316Lに相当し、十分な耐食性を有することを確認している。なお、SARRY/SARRY II でも配管・吸着塔容器の材質にSUS316Lを使用している。 EPDMは有機材料であり、十分に耐食性を有することを確認している。なお、既設/増設ALPSでも耐圧ホースの材質にEPDMを使用している。
凍結防止	屋内にて使用するため、凍結の恐れはないことを確認している。
紫外線対策	屋内にて使用するため、紫外線劣化の恐れはないことを確認している。
耐放射線性	S31603は金属材料のため、放射線による劣化の恐れはない。 EPDMは十分な耐放射線を有する有機材料であり、 10^5 Gyまで照射されても有意な材料特性の変化は確認されていない。このため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評価している。

8. 検査の確認事項について (SARRY)

- 主配管（鋼管及び耐圧ホース）の確認事項は以下の通り。吸着塔及び溶接部の確認事項は既認可と同一である。

主配管（鋼管）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径，厚さについて記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認※1 ※2	確認圧力で保持した後，確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	圧力に耐え，かつ構造物の変形等がないこと。 また，耐圧部から漏えいがないこと。

※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 耐圧確認が困難な箇所については代替試験にて確認する。

8. 検査の確認事項について (SARRY)

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・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認※1	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認※1	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認※1	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から漏えいがないこと。

※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。

8. 検査の確認事項について (SARRY)

溶接検査	確認事項	確認項目	確認内容 (※1)	判定基準
溶接検査		材料確認	使用材料を確認する。	実施計画に記載の材料が使用されていること。(※2) 溶接に使用する材料が、ASME Sec.VIII等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合するものであること
		開先確認	開先面に溶接に悪影響を及ぼす欠陥、付着物の有無を確認する。	開先形状等がASME Sec.VIII等に適合すること
			開先形状がJSME規格・ASME規格等に適合していることを確認する。	開先形状がJSME規格・ASME規格等に適合していること。
		溶接作業確認	溶接施工法が、確認試験等により、適合性が確認されたものであることを確認する。	ASME Sec.IX等で定められた溶接施工法および溶接士により溶接施工をしていること
			溶接士は、実機作業が可能となる次のいずれかの資格を有し、同資格が有効期限内であることを確認する。 <ul style="list-style-type: none"> 溶接規格第3部に定める溶接士技能認証標準に基づく有資格者 溶接技能認証標準と同等と認められるJISの適合性証明書交付受領者 溶接技能認証標準と同等の施工会社社内技能認証標準に基づく有資格者 電気事業法に基づき実施された検査において適合性が確認された有資格者 ASME規格に基づき認定された有資格者 	溶接士は、実機作業が可能となる次のいずれかの資格を有し、同資格が有効期限内であること。 <ul style="list-style-type: none"> 溶接規格第3部に定める溶接士技能認証標準に基づく有資格者 溶接技能認証標準と同等と認められるJISの適合性証明書交付受領者 溶接技能認証標準と同等の施工会社社内技能認証標準に基づく有資格者 電気事業法に基づき実施された検査において適合性が確認された有資格者 ASME規格に基づき認定された有資格者
溶接が、適合性を有する溶接施工法によって、溶接士の保有する資格の作業範囲内で行われていることを確認する。	溶接が、適合性を有する溶接施工法で行われていること。 溶接士が保有する資格の作業範囲内で行われていること。			

8. 検査の確認事項について (SARRY)

溶接検査

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
溶接検査	非破壊確認 (※4)	溶接が、適合性を有する溶接施工法によって、溶接士の保有する資格の作業範囲内で行われていることを確認する。	溶接部の非破壊検査結果がJSME規格またはASME規格等に適合していること。
	機械確認 (※4)	溶接部を代表する試験片にて機械試験を行い、当該試験片の機械的性質がJSME規格等に適合することを確認する。(※3)	溶接部を代表する試験片の機械試験結果が、JSME規格等に適合していること。
	耐圧確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていること、各部からの漏えいのないことを確認する。 また、耐圧確認が困難な箇所については、代替試験にて確認する。	耐圧試験に耐え、かつ、漏えいがないこと。 代替試験については、JSME規格またはASME規格等に適合していること。
	外観確認	溶接部の外観に異常がないことを確認する。	溶接部の外観に異常がないこと。

8. 検査の確認事項について（SARRYⅡ）

- 吸着塔 B 型及び海外品溶接検査の確認事項は以下の通り。鋼管及び耐圧ホースの確認事項は既認可と同一である。

吸着塔 B 型

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※ 1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。※ 1	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※ 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。

8. 検査の確認事項について (SARRY II)

海外製品溶接検査 (吸着塔 B 型, 取合配管)

確認事項	確認項目	実施計画記載事項※1	確認内容	判定基準
溶接検査	材料検査	①吸着塔 ②取合配管	溶接に使用する材料が, ASME Sec. VIII 等に適合するものであり, 溶接施工法の母材の区分に適合することを記録で確認する。	溶接に使用する材料が, ASME Sec. VIII等に適合するものであり, 溶接施工法の母材の区分に適合するものであること
	開先検査	①吸着塔 ②取合配管	開先形状等がASME Sec. VIII 等に適合するものであることを記録で確認する。	開先形状等がASME Sec. VIII等に適合するものであること
	溶接作業検査	①吸着塔 ②取合配管	ASME Sec. IX等に定められた溶接施工法により溶接されていること及び溶接士の資格を有しているものにより溶接が行われていることを記録で確認する。	ASME Sec. IX等で定められた溶接施工法および溶接士により溶接施工をしていること
	非破壊検査	①吸着塔 ②取合配管	溶接部について非破壊検査 (目視検査) を行い, その結果がASME B31.1 に適合するものであることを記録で確認する。	溶接部について非破壊検査 (目視検査) を行い, その結果がASME B31.1 に適合するものであること。
	耐圧・漏えい検査	①吸着塔 ②取合配管	検査圧力で保持した後, 検査圧力に耐えていること及び耐圧部分から漏えいがないことを確認する	検査圧力で保持した後, 検査圧力に耐えていること及び耐圧部分から漏えいがないこと
	外観検査	①吸着塔 ②取合配管	各部の外観を確認する。※2	外観上, 傷・へこみ・変形等の異常がないこと

※1: 「表-12 確認事項 (海外製品溶接検査)」の確認範囲は, 「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則」の第26条第4号に規定する範囲とする。なお, 適用する規格で使用が認められている材料の溶接部に関わる確認は, 適用する規格の条件に適合していることについて行う。

※2: 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。

9. 耐震・強度評価（吸着塔）

吸着塔の耐震・強度評価を以下に示す。

■ 応力評価

SARRY吸着塔TYPE-B3の耐震評価は重心高さの高いTYPE-B1,B2の評価に包絡される※ため、変更はない。

SARRY II 吸着塔B型の耐震評価は以下の通り評価しており、算出応力は許容応力を下回る。

※重心高さはTYPE-B1,B2: ■■■■mm,TYPE-B3: ■■■■mm,重量は共に■■■■kg

単位：MPa

機器	部材	材料	応力	水平震度	算出応力	許容応力
吸着塔 (S32205)	胴板	ASME SA240 S32205	一次一般膜	0.36	$\sigma_0=52$	$S_a=393$
	取付部	ASME SA36相当	組合せ	0.36	$\sigma_b=16$	$f_t=108$
吸着塔 (S32750)	胴板	ASME SA240 S32750	一次一般膜	0.36	$\sigma_0=52$	$S_a=477$
	取付部	ASME SA36相当	組合せ	0.36	$\sigma_b=16$	$f_t=108$

■ 共振評価

吸着塔の固有振動数は水平・鉛直方向で20Hz以上であり、共振の恐れはないと考える。

- ・ 水平方向の固有振動数は32Hz（固有周期0.031s）
- ・ 鉛直方向の固有振動数は167Hz（固有周期0.006s） ※S32205/S32750ともに同じ値

【参考】耐震・強度評価（従来設備）

- 従来設備における評価結果は以下の通り。

機器	部材	材料	応力	水平震度	算出応力	許容応力
高性能多核種 除去設備 (S32205)	胴板	UNS S32205	一次一般膜	0.36	59MPa	393MPa
	取付ボルト	ASTM A193 Gr.B7	引張 せん断	0.36	- 50MPa	452MPa 348MPa
高性能多核種 除去設備 (S32750)	胴板	UNS S32750	一次一般膜	0.36	59MPa	480MPa
	取付ボルト	ASTM A193 Gr.B7	引張 せん断	0.36	- 50MPa	452MPa 348MPa
SARRY (TYPE-B1,B2 を代表に評価)	本体	-	転倒	0.36	170kN*m	195kN*m
	基礎ボルト	SS400	引張 せん断	0.36	<0MPa 41MPa	- 133MPa
SARRY II (A型)	胴板	SUS316L	一次一般膜 膜+曲げ	0.36	52MPa 52MPa	159MPa 159MPa
	スカート	SUS304	組合せ 座屈	0.36	4MPa 0.02	205MPa 1
	取付ボルト	SUS316L	引張 せん断	0.36	8MPa 6MPa	131MPa 101MPa

9. 耐震・強度評価（吸着塔）

■ 強度評価

SARRY吸着塔TYPE-B3,SARRY II 吸着塔 B 型の各部位の必要肉厚は以下の通り評価しており、製作上の最小厚さを下回る。なお、最高使用温度・最高使用圧力はSARRY/SARRY II で同一（66℃/1.37MPa）であるため、評価結果は同一である。

機器	評価項目	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	最小厚さ[mm]
吸着塔 (S32205)	胴板（外筒胴）	5.0	12.7	[REDACTED]
	胴板（内筒胴）	7.2	12.7	
	上部平板	65.35	76.2	
	下部平板	65.35	76.2	
吸着塔 (S32750)	胴板（外筒胴）	4.1	12.7	
	胴板（内筒胴）	7.2	12.7	
	上部平板	59.32	76.2	
	下部平板	59.32	76.2	

【参考】耐震・強度評価（従来設備）

- 従来設備における評価結果は以下の通り。

機器	評価項目	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	最小厚さ[mm]
高性能ALPS (S32205)	胴板（外筒側）	5.61	—	■
	胴板（内筒側）	7.42	—	
	上部平板	69.51	—	
	下部平板	69.51	—	
	管台の厚さ（入口・出口）	0.25	—	
	管台の厚さ（ベント）	0.14	—	

機器	評価項目	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	最小厚さ[mm]
高性能ALPS (S32750)	胴板（外筒側）	4.59	—	■
	胴板（内筒側）	7.42	—	
	上部平板	62.96	—	
	下部平板	62.96	—	
	管台の厚さ（入口・出口）	0.21	—	
	管台の厚さ（ベント）	0.12	—	

【参考】耐震・強度評価（従来設備）

- 従来設備における評価結果は以下の通り。

機器	評価項目	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	最小厚さ[mm]
SARRY(TYPE-A)	胴板（外筒側）	9.6	12	－

機器	評価項目	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	最小厚さ[mm]
SARRY (TYPE-B1,B2)	胴板（外筒側）	8.1	12.7	－
	胴板（内筒側）	7.3	12.7	－

機器	評価項目	必要肉厚[mm]	実厚[mm]	最小厚さ[mm]
SARRY II (A型)	胴板	9.54	12.0	－
	上部鏡板	8.68	14.0	－
	下部鏡板	8.68	14.0	－

9. 耐震・強度評価（吸着塔）

■ 一時保管時の評価

使用済セシウム吸着塔一時保管施設での一時保管時における吸着塔の耐震評価は以下の通り評価しており、許容値を下回る。

なお、以下の評価結果は、同仕様である高性能ALPS吸着塔（二相ステンレス）の評価と同一である。

機器	評価項目	水平震度	算出値	許容値
吸着塔5塔×2列 及び架台	転倒	0.36	2.0×10^3 [kN・m]	4.3×10^3 [kN・m]
	転倒	0.60	3.3×10^3 [kN・m]	4.3×10^3 [kN・m]
	滑動（ボルトせん断）	0.36	<0 [kN]	—
	滑動（ボルトせん断）	0.60	10 [kN]	77 [kN]

■ （参考）一時保管時の評価に用いる入力値

吸着塔種類	質量[kg]	重心高さ[m]	重心水平距離[m]
SARRY(TYPE-B1,B2)			
SARRY II (A型)			
高性能ALPS(二相ステンレス)			
【今回申請】 SARRY(TYPE-B3)			
SARRY II (B型)			

【参考】耐震・強度評価（従来設備）

- SARRYでの従来の評価は以下の通りTYPE-B1,B2で実施している。従来の評価がより保守的であるため、今回の申請で評価の見直しは行わない。

機器	評価項目	水平震度	算出値	許容値
SARRY吸着塔 (従来型で評価が 厳しいTYPE- B1,B2で評価)	転倒	0.36	2.0×10^3 [kN・m]	4.3×10^3 [kN・m]
	転倒	0.60	3.3×10^3 [kN・m]	4.3×10^3 [kN・m]
	滑動（ボルトせん断）	0.36	<0 [kN]	—
	滑動（ボルトせん断）	0.60	10 [kN]	77 [kN]

端数処理によりTYPE-B1,B2とTYPE-B3の評価は同一となるが、重心高さの高いTYPE-B1,B2がより厳しい評価となる。

- SARRY II での従来の評価は以下の通り A 型で実施している。今回の申請で B 型の評価を追加する。

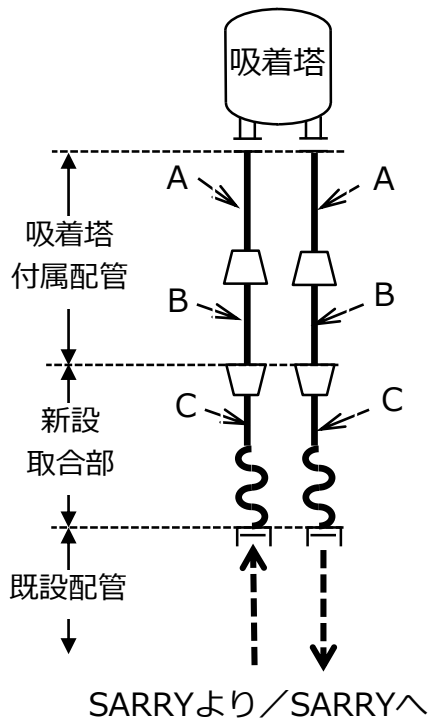
機器	評価項目	水平震度	算出値	許容値
SARRY II 吸着塔 (A型)	転倒	0.36	2.0×10^3 [kN・m]	4.3×10^3 [kN・m]
	転倒	0.60	3.3×10^3 [kN・m]	4.3×10^3 [kN・m]
	滑動（ボルトせん断）	0.36	<0 [kN]	—
	滑動（ボルトせん断）	0.60	9 [kN]	77 [kN]

10. 耐震・強度評価(SARRY配管)

SARRY配管の耐震・強度評価を以下に示す。

■ 強度評価

配管の必要肉厚は以下の通り評価しており、製作上の最小厚さを下回る。

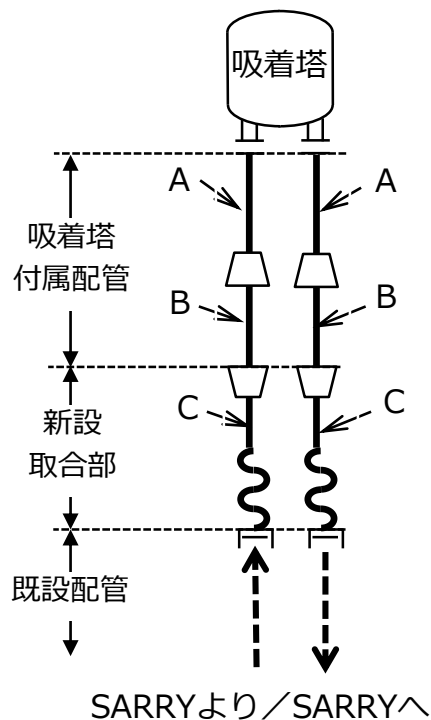


評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[℃]	必要肉厚 [mm]	実厚 [mm]	最小厚さ [mm]
A (吸着塔材質が S32205の場合)	50A	40	ASME SA790 S32205	1.37	66	0.22	3.91	3.42
B (吸着塔材質が S32205の場合)	80A	40	ASME SA790 S32205	1.37	66	0.33	5.49	4.80
A (吸着塔材質が S32750の場合)	50A	40	ASME SA790 S32750	1.37	66	0.19	3.91	3.42
B (吸着塔材質が S32750の場合)	80A	40	ASME SA790 S32750	1.37	66	0.27	5.49	4.80
C (吸着塔材質に よらず共通)	50A	40	ASME SA312 S31603	1.37	66	0.40	3.91	3.42

10. 耐震・強度評価(SARRY配管)

■ 耐震評価

地震加速度により配管に発生する応力は以下の通り評価しており、許容値を下回る。



評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[℃]	水平震度	発生応力 [MPa]	一次応力 許容値 [MPa]
A (吸着塔材質が S32205の場合)	50A	40	ASME SA790 S32205	1.37	66	0.36	40 (■)	417
B (吸着塔材質が S32205の場合)	80A	40	ASME SA790 S32205	1.37	66	0.36	29 (■)	417
A (吸着塔材質が S32750の場合)	50A	40	ASME SA790 S32750	1.37	66	0.36	40 (■)	510
B (吸着塔材質が S32750の場合)	80A	40	ASME SA790 S32750	1.37	66	0.36	29 (■)	510
C (吸着塔材質に よらず共通)	50A	40	ASME SA312 S31603	1.37	66	0.36	40 (■)	156

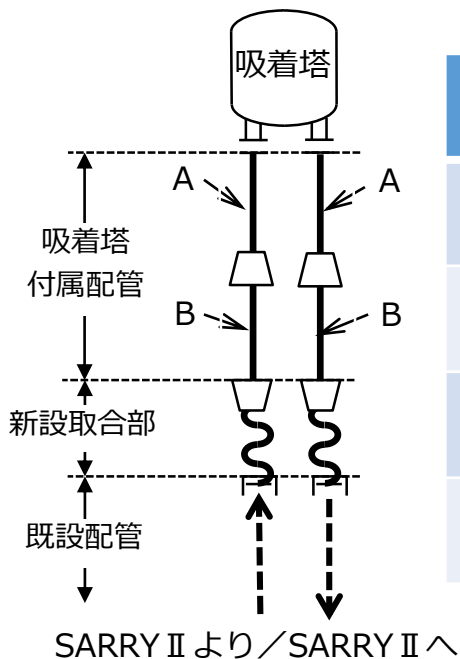
※ () は評価を行ったサポートピッチの値を示す。

10. 耐震・強度評価(SARRY II 配管)

SARRY II 配管の耐震・強度評価を以下に示す。

■ 強度評価

配管の必要肉厚は以下の通り評価しており，製作上の最小厚さを下回る。

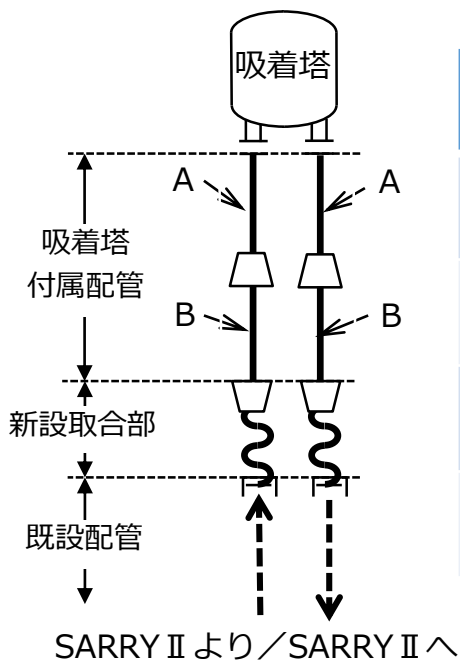


評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[℃]	必要肉厚 [mm]	実厚 [mm]	最小厚さ [mm]
A (吸着塔材質が S32205の場合)	50A	40	ASME SA790 S32205	1.37	40	0.22	3.91	3.42
B (吸着塔材質が S32205の場合)	80A	40	ASME SA790 S32205	1.37	40	0.33	5.49	4.80
A (吸着塔材質が S32750の場合)	50A	40	ASME SA790 S32750	1.37	40	0.18	3.91	3.42
B (吸着塔材質が S32750の場合)	80A	40	ASME SA790 S32750	1.37	40	0.27	5.49	4.80

10. 耐震・強度評価(SARRY II 配管)

■ 耐震評価

地震加速度により配管に発生する応力は以下の通り評価しており、許容値を下回る。

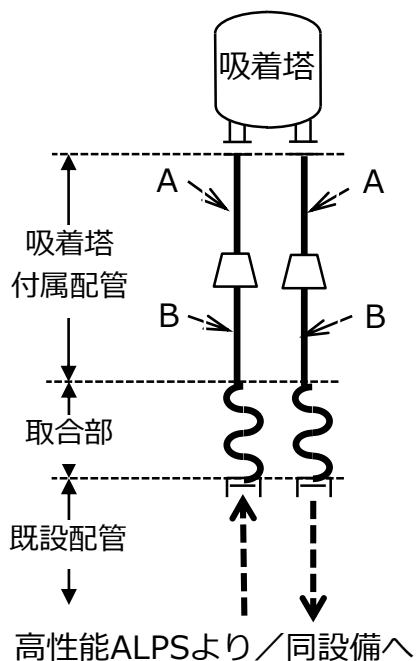


評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[℃]	水平震度	発生応力 [MPa]	一次応力 許容値 [MPa]
A (吸着塔材質が S32205の場合)	50A	40	ASME SA790 S32205	1.37	40	0.36	40 (■)	448
B (吸着塔材質が S32205の場合)	80A	40	ASME SA790 S32205	1.37	40	0.36	29 (■)	448
A (吸着塔材質が S32750の場合)	50A	40	ASME SA790 S32750	1.37	40	0.36	40 (■)	552
B (吸着塔材質が S32750の場合)	80A	40	ASME SA790 S32750	1.37	40	0.36	29 (■)	552

※ () は評価を行ったサポートピッチの値を示す。

【参考】耐震・強度評価（従来設備）

- 従来設備（高性能ALPS）における評価結果は以下の通り。

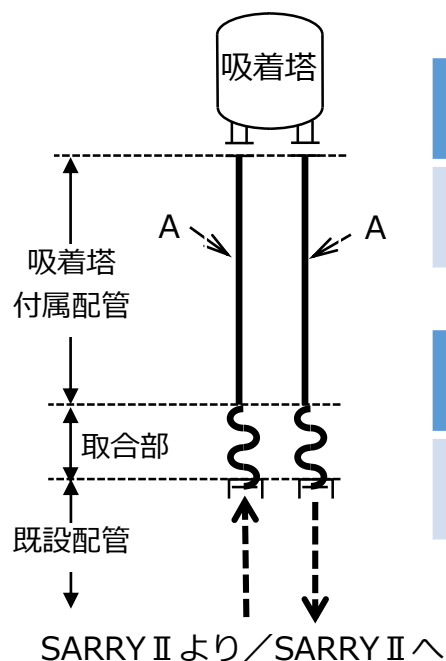


評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	必要肉厚 [mm]	実厚 [mm]	最小厚さ [mm]
A (吸着塔材質が S32205の場合)	50A	-	UNS S32205	1.55	40	0.25	-	3.42
B (吸着塔材質が S32205の場合)	80A	-	UNS S32205	1.55	40	0.37	-	4.80
A (吸着塔材質が S32750の場合)	50A	-	UNS S32750	1.55	40	0.21	-	3.42
B (吸着塔材質が S32750の場合)	80A	-	UNS S32750	1.55	40	0.31	-	4.80

評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[°C]	水平震度	発生応力 [MPa]	一次応力 許容値 [MPa]
A (吸着塔材質が S32205の場合)	50A	-	UNS S32205	1.55	40	0.36	40 (■)	448
B (吸着塔材質が S32205の場合)	80A	-	UNS S32205	1.55	40	0.36	40 (■)	448
A (吸着塔材質が S32750の場合)	50A	-	UNS S32750	1.55	40	0.36	40 (■)	552
B (吸着塔材質が S32750の場合)	80A	-	UNS S32750	1.55	40	0.36	40 (■)	552

【参考】耐震・強度評価（従来設備）

- 従来設備（SARRY II）における評価結果は以下の通り。なお，SARRYでは配管の強度評価，耐震評価を実施計画に記載していない。



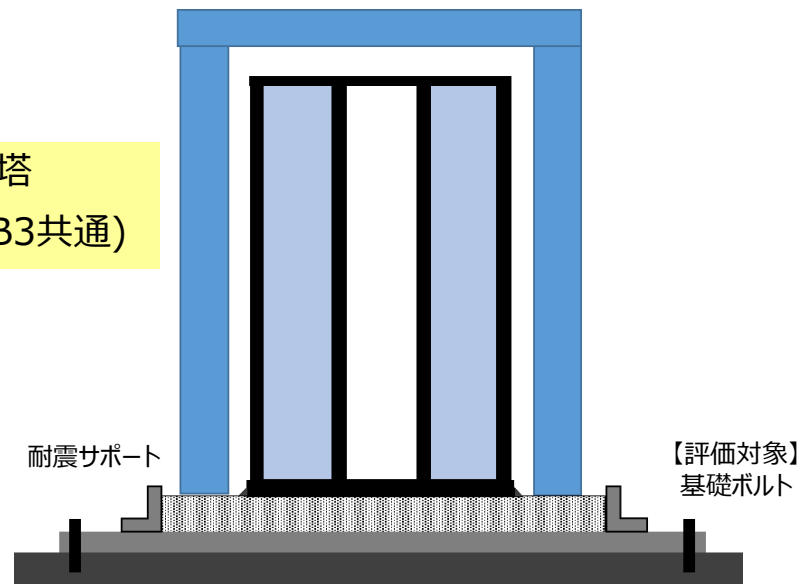
評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[℃]	必要肉厚 [mm]	実厚 [mm]	最小厚さ [mm]
A	50A	40	SUS316L	1.37	40	0.38	-	3.40

評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用 圧力[MPa]	最高使用 温度[℃]	水平震度	発生応力 [MPa]	一次応力 許容値 [MPa]
A	50A	40	SUS316L	1.37	40	0.36	37 (■)	175

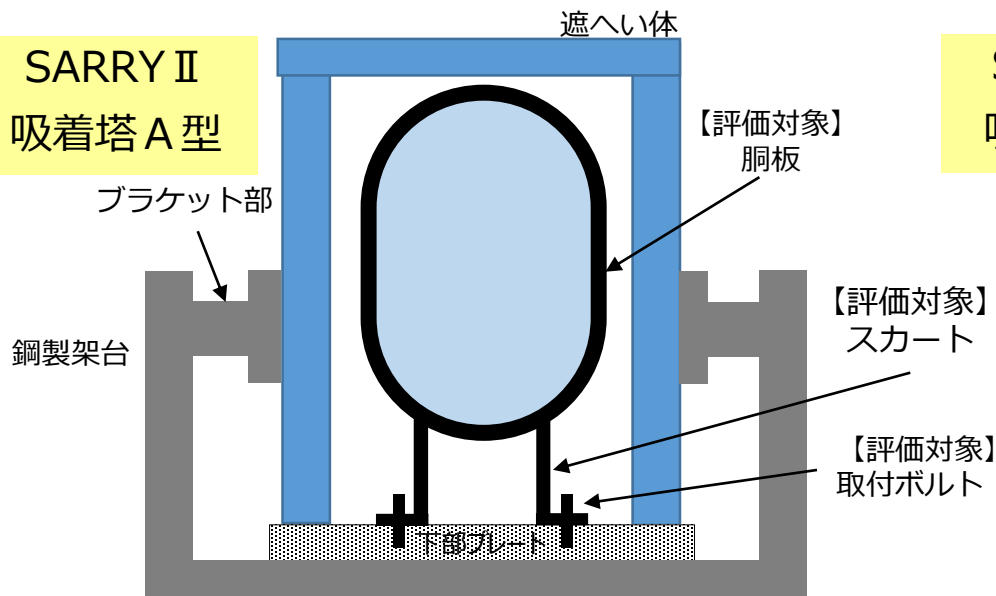
【参考】耐震評価モデル

■ 吸着塔の耐震評価モデル

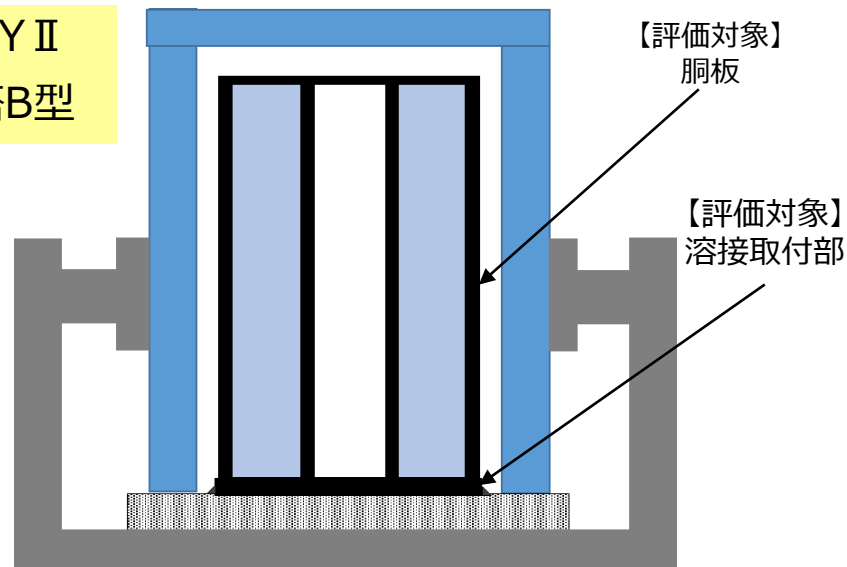
SARRY吸着塔
(TYPE-A,B1,B2,B3共通)



SARRY II
吸着塔 A 型



SARRY II
吸着塔 B 型



※ブラケット部は吸着塔取り外し時に位置調整が可能