

# 第 1 回高性能多核種除去設備タスクフォース 高性能多核種除去設備整備実証事業の概要

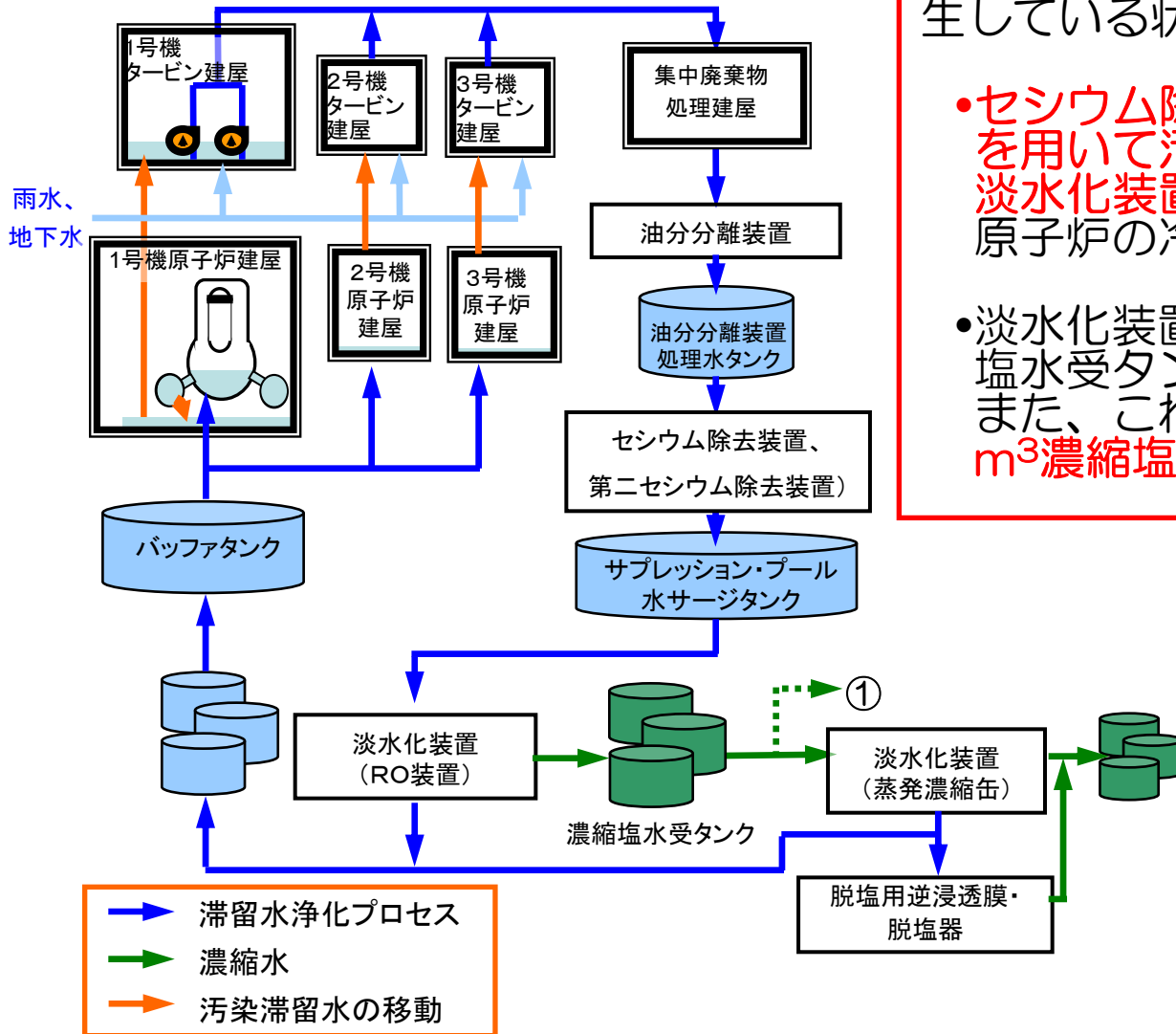
2013年11月29日

東京電力株式会社  
日立GEニュークリア・エナジー株式会社  
株式会社東芝

---

# 現行多核種除去設備が有している課題等

# 汚染水処理の概要

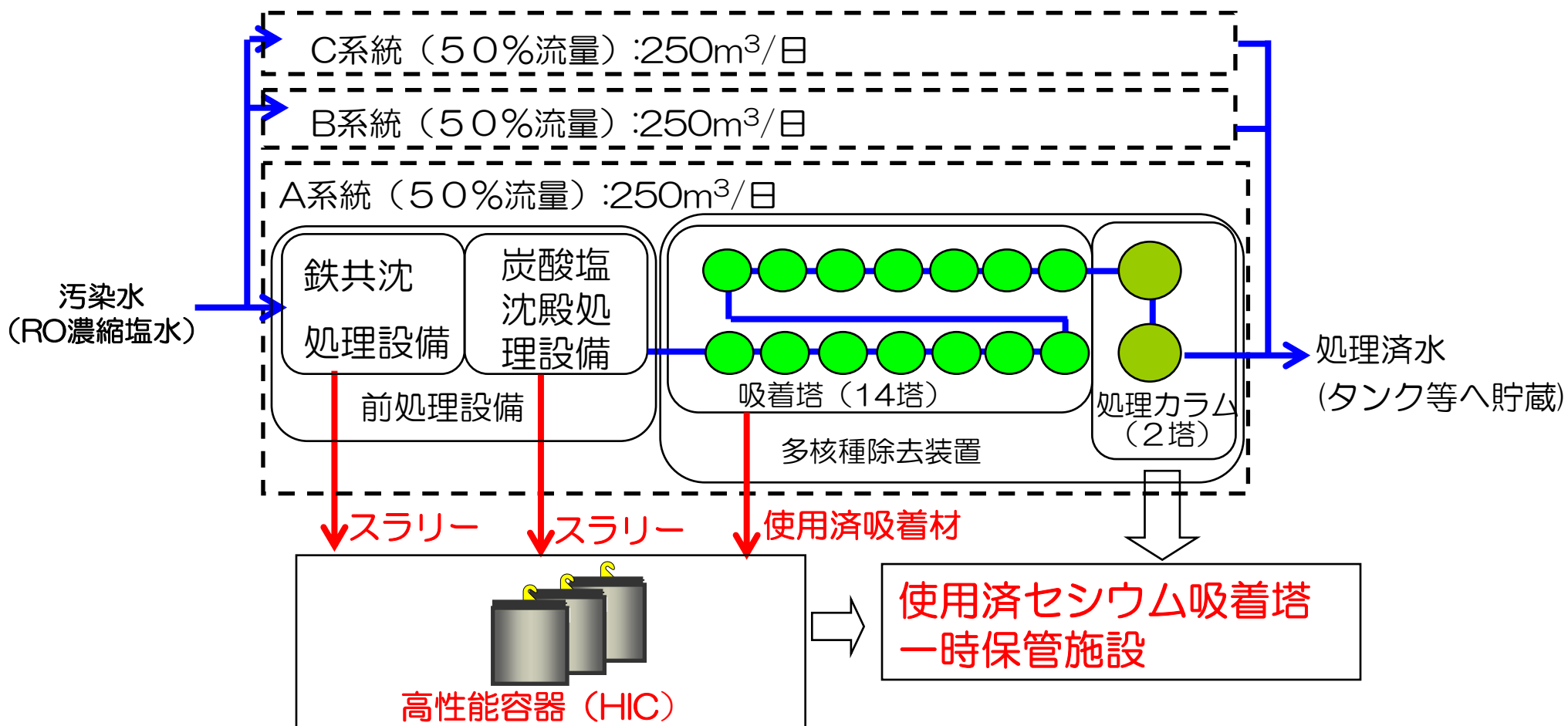


福島第一原子力発電所の各建屋へ流入する雨水・地下水流入に伴い400m<sup>3</sup>/日の汚染水が発生している状況。

- セシウム除去装置及び第二セシウム除去装置を用いて汚染水からセシウムを除去、さらに淡水化装置（RO装置）を用いて淡水を生成、原子炉の冷却水として利用
- 淡水化装置（RO装置）の濃縮塩水は、濃縮塩水受タンクに約32万m<sup>3</sup>貯留している状況。また、これまで多核種除去設備により約3万m<sup>3</sup>濃縮塩水を処理。（11/19現在）

# 現行多核種除去設備の概要

- 前処理設備・多核種除去装置に汚染水（RO濃縮塩水）を通水し、放射性物質を除去。
- 廃棄物のうち、スラリー及び吸着塔内の使用済吸着材は、高性能容器（HIC）に移送。廃棄物を規定の量受入れたHICは、使用済セシウム吸着塔一時保管施設へ輸送し貯蔵。また、処理カラム内の使用済吸着材は、処理カラムごと一時保管施設へ輸送し貯蔵。



# 現行多核種除去設備が有している課題等（1）

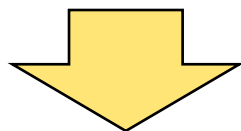
## ■ 廃棄物発生量

現行設備の想定廃棄物発生量 年間約2,300m<sup>3</sup>（HIC約800体）のうち、前処理設備（鉄共沈・炭酸塩沈殿処理）により発生するスラリーが95%を占める。

廃棄物	廃棄物発生量（年間）※	廃棄物発生量割合（%）※
スラリー（鉄共沈、炭酸塩沈殿処理）	約2,200m <sup>3</sup>	95%
使用済み吸着材	約100m <sup>3</sup>	5%
合計	約2,300m <sup>3</sup>	100%

※ 多核種除去設備2系列（500m<sup>3</sup>/日）運転を想定した設計上の発生本数。

処理対象水の性状に応じ、実運転における発生本数は記載の本数と異なる。



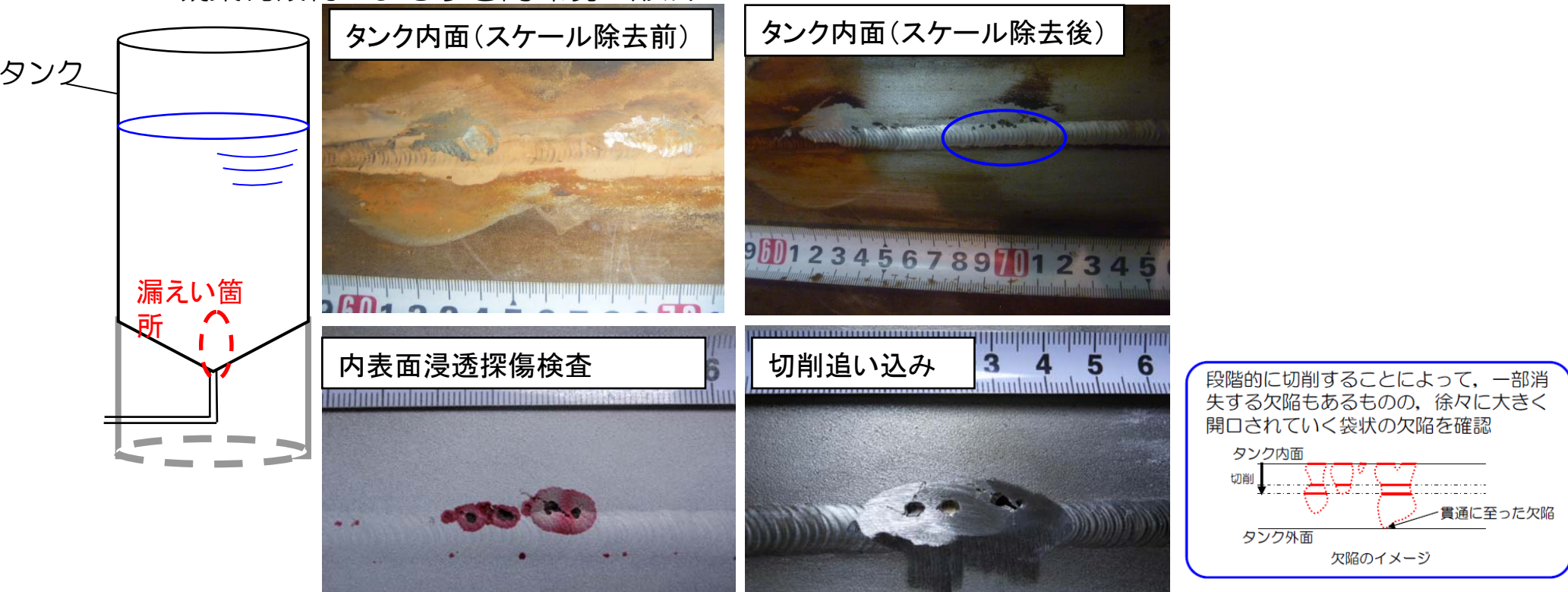
**廃棄物低減の観点から、鉄共沈・炭酸塩沈殿処理による放射性物質の除去プロセスを採用せず、かつ、現行多核種除去設備と同等以上の除去プロセスの開発が必要**

# 現行多核種除去設備が有している課題等（2）

## ■耐食性

現行多核種除去設備は、主にSUS316Lを用いているが、以下の要因が重畳し、バッチ処理タンクにすき間腐食が発生し、欠陥が貫通、漏えいに至った

- 汚染水に海水由来の塩素イオンを含むこと
- 前処理設備で次亜塩素酸等の薬液注入を行っていたこと（現在は次亜塩素酸の注入を停止）
- 凝集沈殿物によるすき間環境の形成



汚染水は、海水由来の塩素イオンを含む事から、材料選定に際しては、**耐食性を考慮した、ライニング材、耐食性の高い二相ステンレス等を選定**

# 現行多核種除去設備が有している課題等（3）

## ■現行多核種除去設備の除去性能

現行設備の除去性能の評価結果を以下に示す。

- 除去対象とする62核種（トリチウムを除く）の放射能濃度は、処理済み水において**告示濃度限度以下**  
「（参考）A系ホット試験における除去性能評価まとめ」参照
- 処理対象水と比較し、**主要な核種であるSr-90の放射能濃度は、1/100,000,000程度に低減**
- Co-60、Ru-106(Rh-106)、Sb-125(Te-125m)、I-129については、微量ながら検出
  - ✓ これらの核種については、ラボ試験において活性炭系の吸着材を用いることにより検出限界値未満まで除去できることを確認  
「（ ）内は放射平衡となる核種」

核種はコロイド状で存在している可能性がある

---

# 高性能多核種除去設備の開発方針



# 高性能多核種除去設備の開発コンセプト（1）

## ➤ フィルタ・吸着材処理を主体とした除去プロセスにより廃棄物発生量を低減

現行多核種除去設備では、発生する廃棄物量の95%が薬液注入による前処理（鉄共沈処理、炭酸塩沈殿処理）から発生する。この要因は、廃棄物の形態が水分を含むスラリーであることに起因していることから、**フィルタ・吸着材に放射性物質を濃縮吸着させることにより廃棄物発生量の低減**を目指す。

また、前処理設備の簡素化により、**静的機器主体の設備構成となるため、信頼性が向上。**

## ➤ 除去性能の向上

現行多核種除去設備では、前処理により主要核種であるストロンチウムを99%程度除去している。高性能多核種除去設備では、前処理に相当する除去性能に加え、より高濃度の汚染水（RO濃縮塩水）を処理するために必要な除去性能を有する**新たなフィルタ・吸着材処理技術の開発・実証を行う。**

## ➤ 耐食性について

汚染水は、海水由来の塩素イオンを含むことから、高性能多核種除去設備では、**耐食性を考慮した材料選定を行う。**

# 高性能多核種除去設備の開発コンセプト（2）

## ■高性能多核種除去設備の技術要件に対する取組み

### ①放射性廃棄物発生量の低減

フィルタ・吸着材を主体とした除去プロセスの採用により、廃棄物発生量を現有する多核種除去設備（年間2,300m<sup>3</sup>）に対して**約95%削減し、年間約120m<sup>3</sup>**とする。

### ②処理能力の向上

フィルタ・吸着材処理技術の開発により処理対象とする62核種に対して、告示濃度限度のみならず、『**「汚染水処理対策事業」に係る補助事業者公募要領**』の別紙**2**に示される**処理済み水の目標放射能濃度を満足する除去性能（NDレベル）**を達成する。

### ③耐食性について

材料の実機を模擬した系での腐食データを取得し、長期に安定運用が可能な材料を選定する。

### ④安全設計上の考慮事項等

過去の許認可対応及び水処理設備の設計・開発実績から、以下の安全設計上の考慮事項等に対応可能。

a. 放射線遮へい評価

b. 可燃性ガスの滞留防止

c. 廃棄物の除熱評価

d. 実証設備の運転費用

# 核種除去プロセスの開発（1）

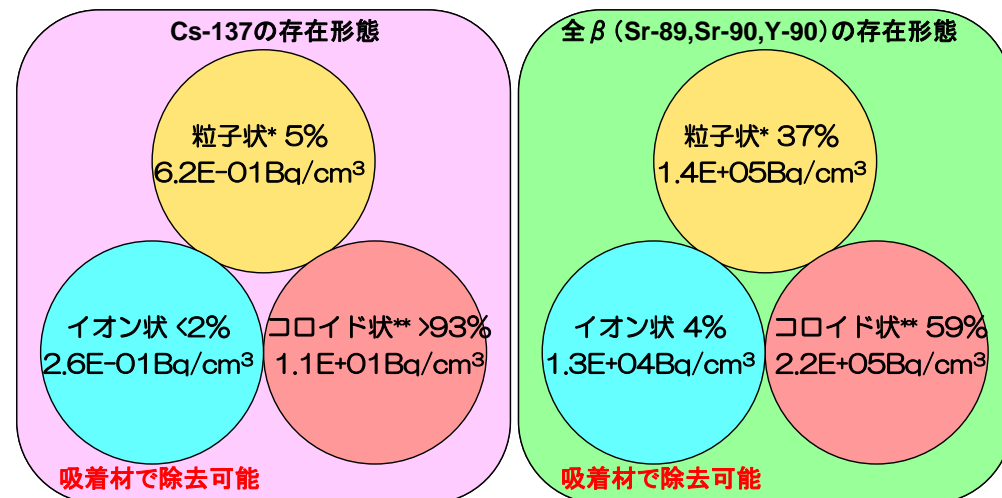
## ■ 処理対象とする汚染水（RO濃縮塩水）の性状の把握

- 現行の多核種除去設備の設計段階では、Cs及びSrはその化学的性質から、RO濃縮水中にイオンの状態で存在すると想定
- しかしながら、ラボによる汚染水の性状分析を実施したところ、粒子状・コロイド状としても存在することが判明。汚染水に溶け込んだ様々な物質が相互に影響していると推定。
- 前処理（炭酸塩除去等）を省略し廃棄物を大幅に減らすためには**粒子状・コロイド状核種の除去プロセスが必要**。

粒子状・コロイド状の核種を除去するにはこれらを選択的に取るフィルタを使用するのが効率的（フィルタの選択・開発が必要）



既に、実験・調査により、開発済みのフィルタを用い、ラボにおいて粒子状・コロイド状のCs・Srを除去できる見通し



\*1 μmを超える粒子への付着物、\*\*コロイドおよび1 μm以下の微細粒子への付着物

# 核種除去プロセスの開発（２）

## ■ 前処理としてフィルタ処理等を採用し廃棄物発生量を大幅低減

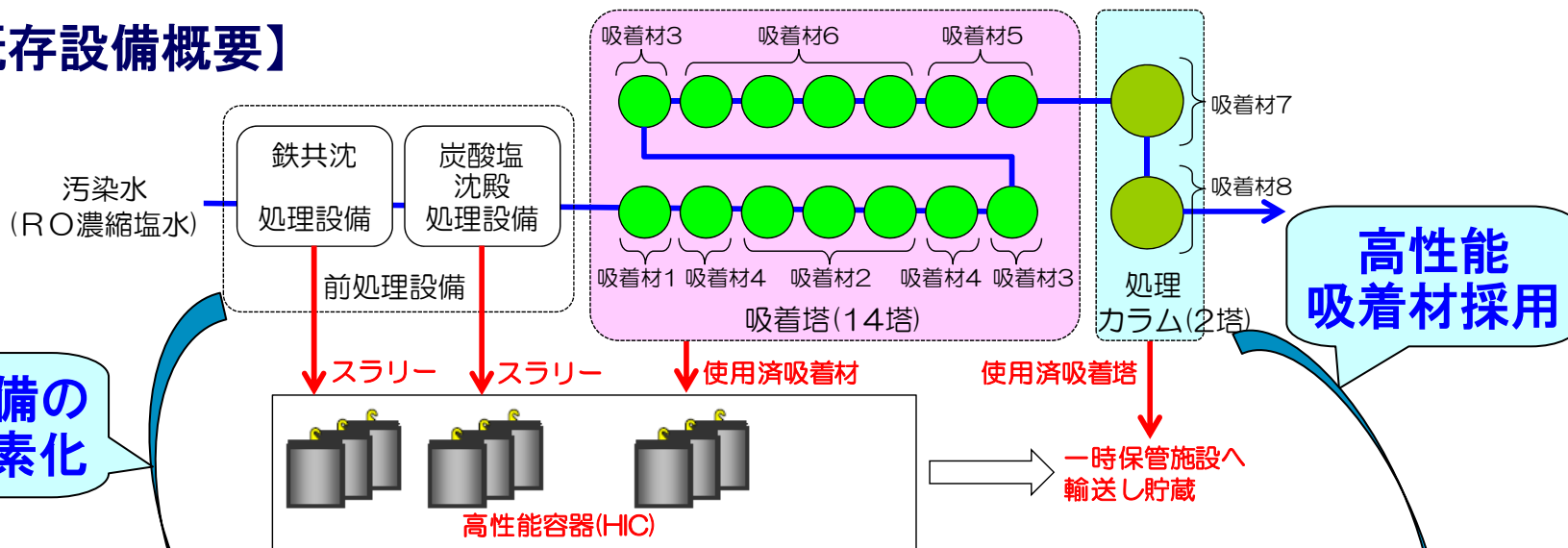
- ① 既存の多核種除去設備の廃棄物は95%が前処理である鉄共沈処理、炭酸塩沈殿処理から発生。  
（これらの廃棄物の形態が水分を多量に含むスラリーであることが要因）
- ② 前処理としてフィルタ処理等（ストロンチウム等の荒取り）を採用することでスラリー廃棄物を無くし、廃棄物発生量の大幅低減を目指す。
- ③ これまでのRO濃縮塩水の調査から、前処理に採用するフィルタは通常のろ過フィルタだけではなく、コロイド形態やろ過されない微小な粒子に付着した放射性核種を除去可能なコロイド除去フィルタが必須である。
- ④ 前処理としてフィルタ処理を採用することで、バッチ処理タンクや薬液注入設備が不要となり、信頼性の高いシンプルかつコンパクトな多核種除去設備とすることができる。

## ■ 高性能吸着材を採用し廃吸着塔を削減

- ① 炭酸塩沈殿処理を行わないことから、海水由来の非放射性SrやSr吸着除去の妨害物質であるCaイオンが既存設備より多量に残留する。
- ② このため、Sr吸着材には既存設備で用いられている吸着材より妨害物質の影響を受け難い高性能な吸着材を採用することが必要となる。
- ③ 震災以降、2年以上に亘る開発の結果、高性能吸着材についてRO濃縮塩水を用いた実液試験を済ませており、本コンセプトを実現できる見通しを得ている。

# コンセプトデザインのまとめ

## 【既存設備概要】



前処理設備の大幅な簡素化

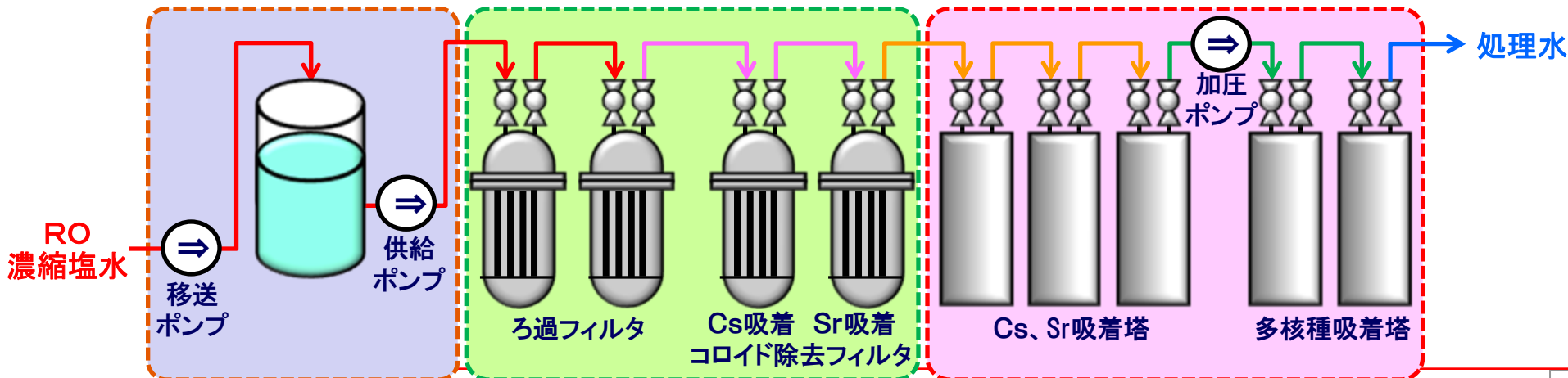
## 【実証設備概要】

- ①凝集沈殿と同等の核種除去能力を有するコロイド除去フィルタ等
- ② 高性能吸着材を用い塔数や廃吸着塔を削減

処理水移送

フィルタ処理装置

核種吸着装置(溶解性核種除去)



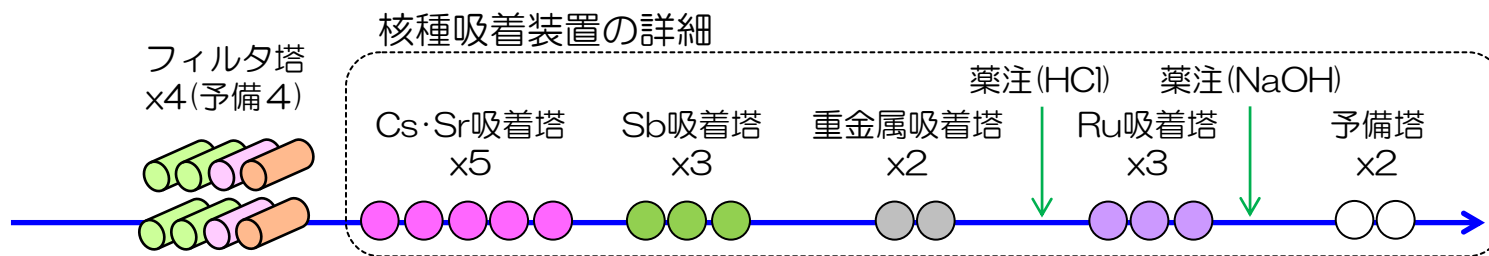
※上図はプロセスを模式的に表したフローであり、実機塔数はフィルタ8塔、吸着塔15塔。

無断複製・転載禁止

# 核種除去性能の見通し

これまでの実験では、RO濃縮塩水の性状に対し適切なフィルタ・吸着材の選定を行い、除去対象とする**62核種**に対して**目標とする除去性能達成の見通し**を得ている（下表参照）

## ■核種除去性能の見通し(主要核種抜粋)



核種 \ 処理	RO濃縮塩水 処理前	フィルタ 処理水	核種吸着装置での処理水				処理後の 目標値 (NDレベル)
			Cs・Sr 吸着塔	Sb 吸着塔	重金属 吸着塔	Ru 吸着塔	
Sr-90	1.0E+06	1.0E+05	<1.5E-04	同左	同左	同左	<1.5E-04
Cs-137	1.0E+02	1.0E+01	<1.5E-08	同左	同左	同左	<2.8E-04
Sb-125	5.0E+02	5.0E+02	5.0E+02	<5.0E-6	同左	同左	<3.8E-04
Co-60	6.6E-01	6.6E-02	6.6E-02	6.6E-02	<6.6E-05	同左	<1.1E-04
Mn-54	7.7E-01	7.7E-02	7.7E-02	7.7E-02	<7.7E-05	同左	<1.1E-04
Ru-106	2.0E+02	2.0E+02	2.0E+02	2.0E+02	2.0E+01	<1.0E-03	<1.2E-03
I-129	9.1E-02	9.1E-02	9.1E-02	(9.1E-02)	<1.0E-04	同左	<6.9E-04

# 廃棄物発生量の見通し（1）

## ■ 廃棄物発生量の見通しについて

今回採用するフィルタ・吸着材処理プロセスからの廃棄物発生量は、現有する多核種除去設備（年間約2,300m<sup>3</sup>）に対して**約95%削減し、年間約120m<sup>3</sup>となる。**

### 〔評価の前提条件〕

- ① 処理期間 : 1年(365日)とする
- ② 処理量 : 処理容量500m<sup>3</sup>/日⇒累積処理量182,500m<sup>3</sup>/年
- ③ SS濃度 : 5ppm
- ④ 塩素濃度 : 平均6,000ppm
- ⑤ フィルタ塔は交換周期が最も短い過フィルタ塔と同時に4種類のフィルタ塔を全て交換
- ⑥ 吸着塔は交換周期が最も短いCs・Sr吸着塔と同時に6種類の吸着塔を全て交換

### 〔評価結果〕

		処理量 500m <sup>3</sup> /日	備考
フィルタ	処理対象SS量	913kg	ろ過フィルタ塔1塔当りのSS保持量190kg/塔
	フィルタ交換回数	4.8回/年	
	交換フィルタ塔数	19.2塔/年	フィルタ4種類
	廃棄物量	19.2m <sup>3</sup> /年	廃棄物1m <sup>3</sup> /塔
吸着塔	Cs・Sr吸着塔の交換周期	1回目:90日後 2回目以降:30日毎	Cl濃度と処理量に依る。シミュレーションから評価
	Cs・Sr吸着塔の交換回数	1年目:10回/年 2年目以降:12回/年	
	交換塔数	1年目:60塔/年 2年目以降:72塔/年	吸着塔6種類
	廃棄物量	1年目:84m <sup>3</sup> /年 2年目以降:101m <sup>3</sup> /年	廃棄物1.4m <sup>3</sup> /塔
<b>フィルタと吸着塔の合計廃棄物量</b>		<b>1年目:103m<sup>3</sup>/年 2年目以降:120m<sup>3</sup>/年</b>	廃棄物発生量は既存設備の約1/20

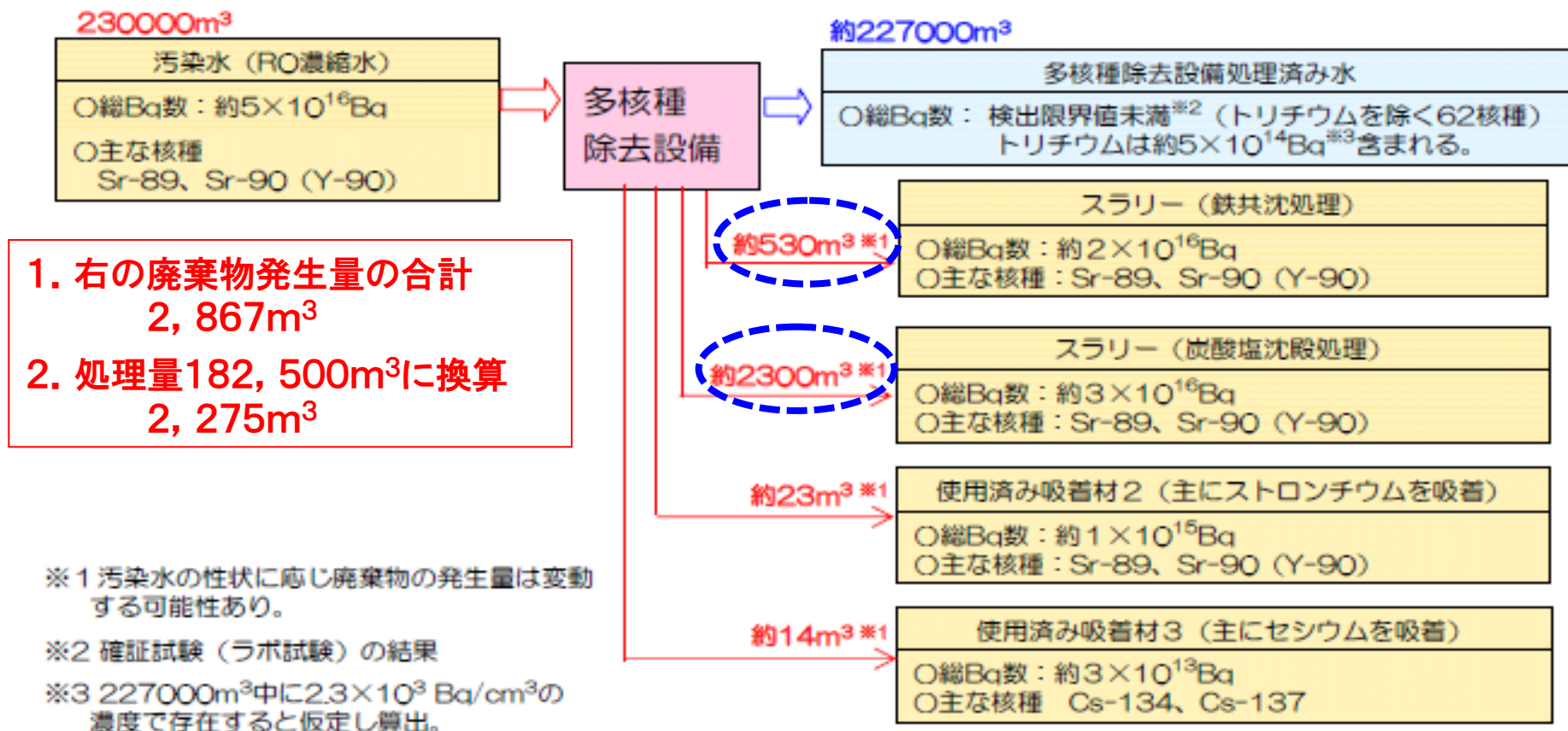
# 廃棄物発生量の見通し（2）

既存設備の廃棄物は、前処理設備（鉄共沈処理、炭酸塩沈殿処理）で発生する含水率95%のスラリーが大部分を占めている。

⇒（本開発）前処理設備の簡素化により廃棄物の大幅な減量を目指す。

## 【既存設備の廃棄物発生量の評価】

出典：特定原子力施設監視・評価検討会（第6回）資料1-1



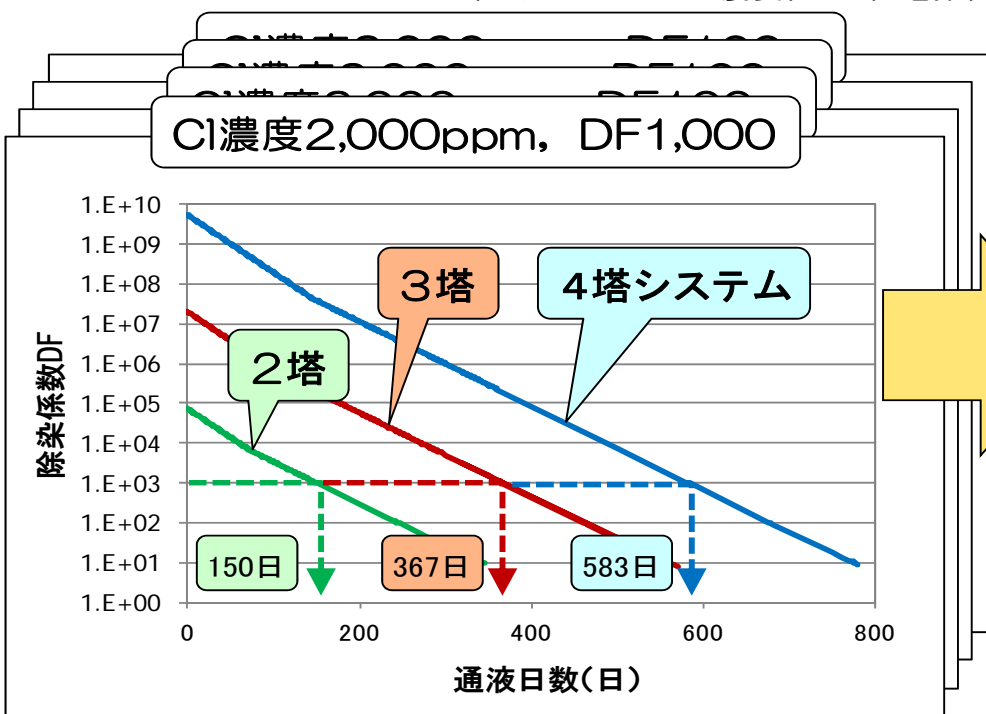


# 廃棄物発生量の見通し（3）

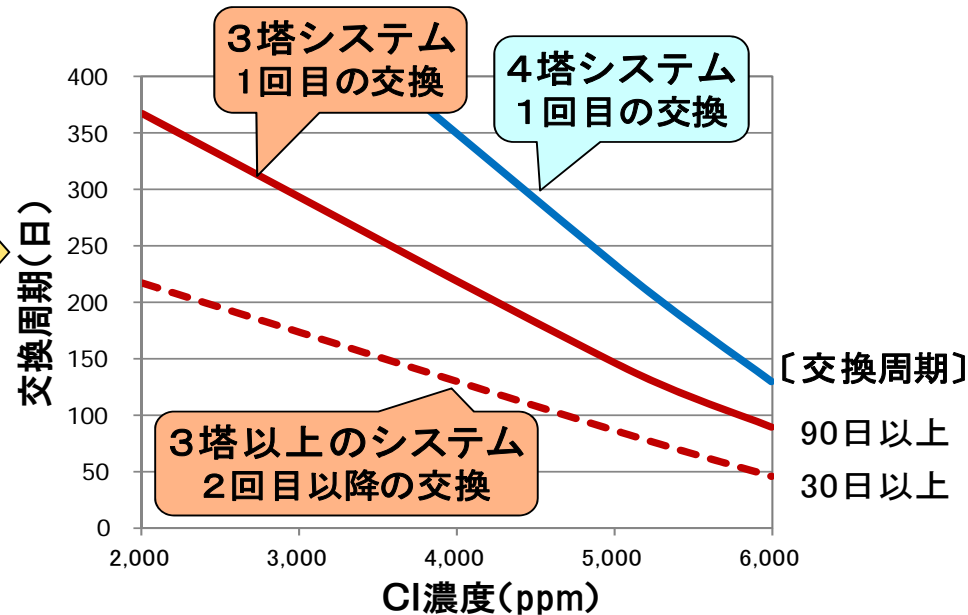
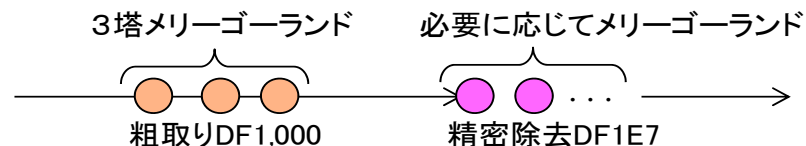
## ■吸着塔の交換周期の評価方法

- ① Cs・Sr吸着塔の性能を様々な条件でシミュレーション
- ② シミュレーションにもとづく塔構成と交換周期から廃棄物発生量を評価

様々な条件でシミュレーション  
(パラメータ: Cl濃度、DF、塔数)



〔Cs・Sr吸着塔の構成〕



# 実証プラントの設備仕様（案）

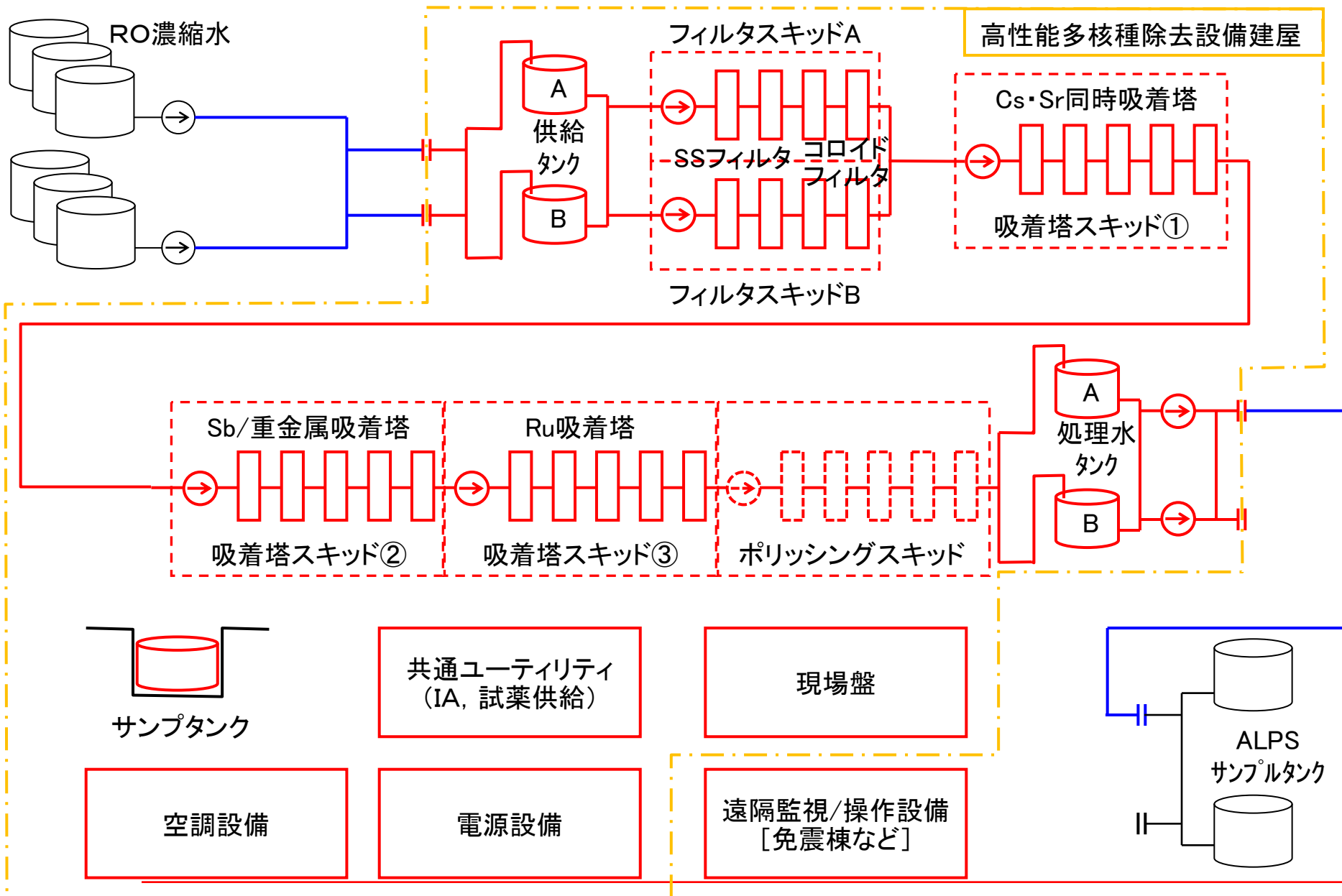
## ■設備仕様

No.	項目	高性能多核種除去設備	既存多核種除去設備
1	処理量	500m <sup>3</sup> /日	750m <sup>3</sup> /日
2	系列数	1系列	3系列
3	稼働率	80～90%以上	75%程度
4	耐食性の改善	二相ステンレスライニング炭素鋼	SUS316L
5	前処理方式	フィルタ方式	凝集沈殿方式
6	吸着塔数	13塔＋予備7塔	14塔＋2塔
7	吸着塔容量	1.4m <sup>3</sup> /塔	—

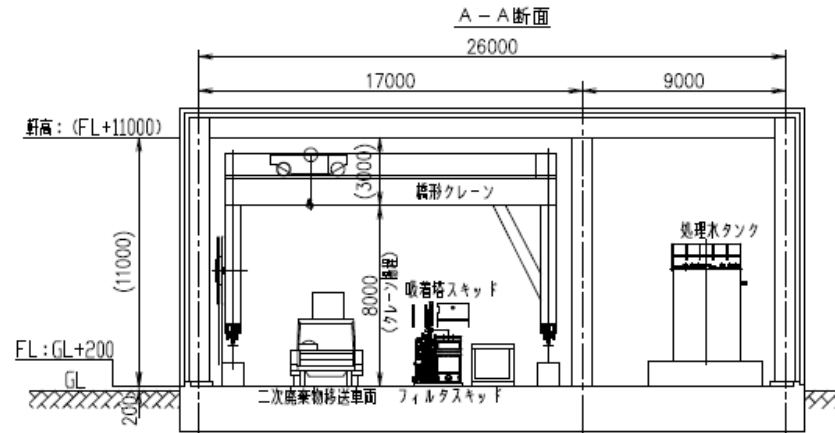
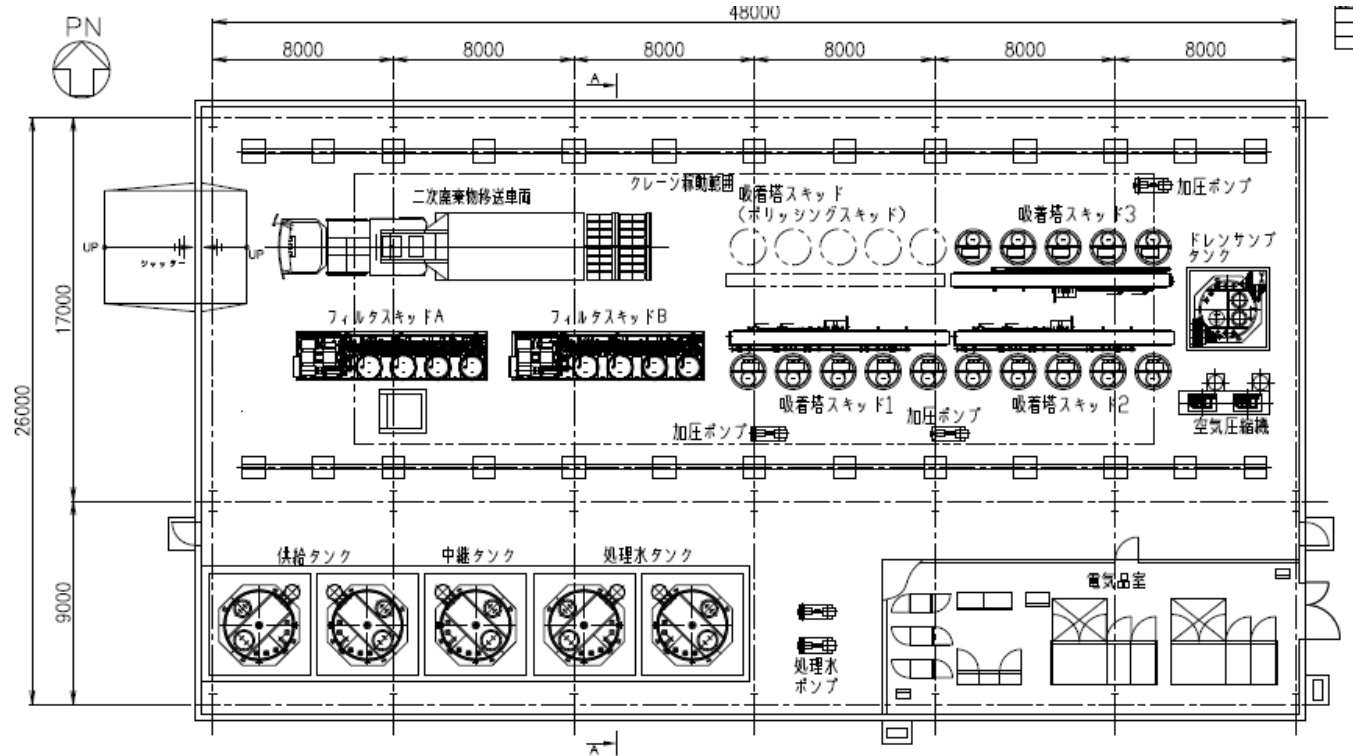
## ■処理性能

No.	項目	高性能多核種除去設備	既存多核種除去設備
1	核種除去能力	62核種NDレベル (トリチウムを除く)	同左
2	廃棄物発生量	既存多核種除去設備の 1/20程度	—

# 実証プラントの系統構成 (案)



# 実証プラントの建屋配置 (案)



# 実証プラントに対する技術要件等

## ◆ 技術要件等

- I. 放射性廃棄物の減量
- II. 処理能力の向上
- III. 耐食性について
- IV. 安全設計上の考慮事項
  - a. 放射線遮へい評価
  - b. 可燃性ガスの滞留防止
  - c. 廃棄物の除熱評価
  - d. 実証設備の運転費用

---

# 実証事業の進め方

# 補助事業の進め方（1）

## 【補助事業の実施体制】

福島第一原子力発電所における汚染水処理設備の設計・施工実績があり、放射性物質の除去プロセスに対するノウハウを有する日立GEニュークリア・エナジー、東芝と汚染水処理設備の運用実績のある東京電力との3社共同による技術開発

## 【補助事業の進め方】

### ■ラボ試験

- 汚染水を用いて試験管レベルで吸着材等の除去性能を検証

### ■検証試験

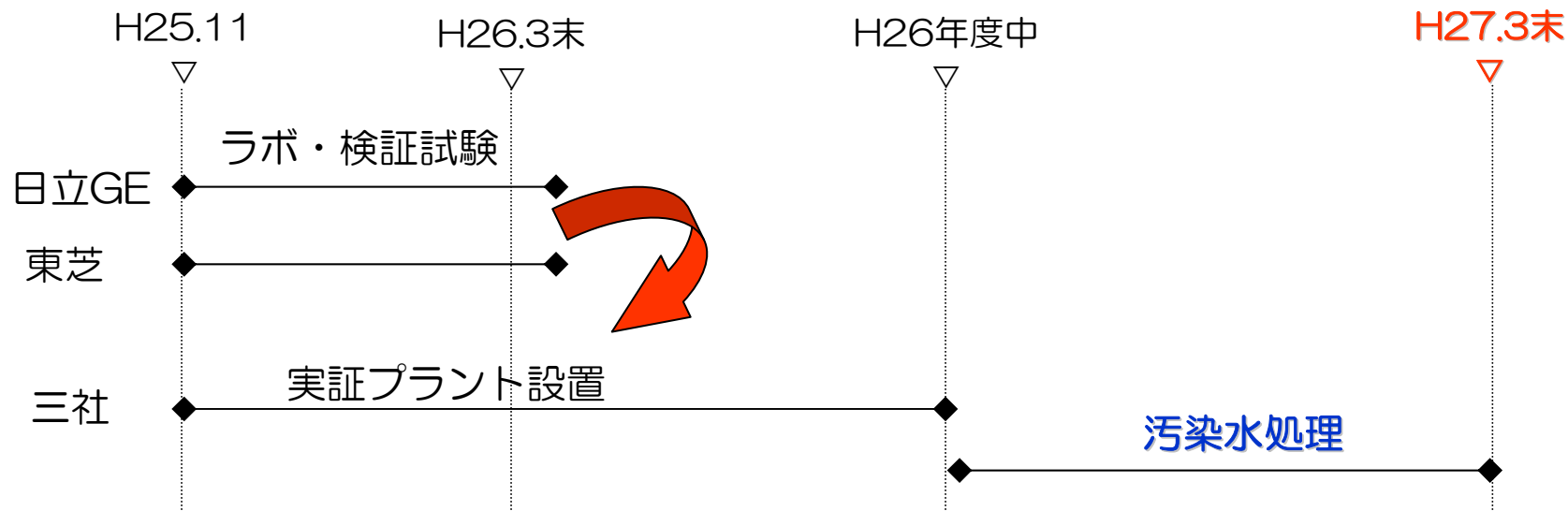
- 実証プラントの1/10スケール程度の試験装置を用いて、吸着材の除去性能、除去プロセスの妥当性、廃棄物発生量、廃棄物の性状を検証

### ■実証試験

- 実証プラント（500m<sup>3</sup>/日/系×1系列）を設計・製作・設置し、除去性能を確認

# 補助事業の進め方（2）

## 《研究計画》



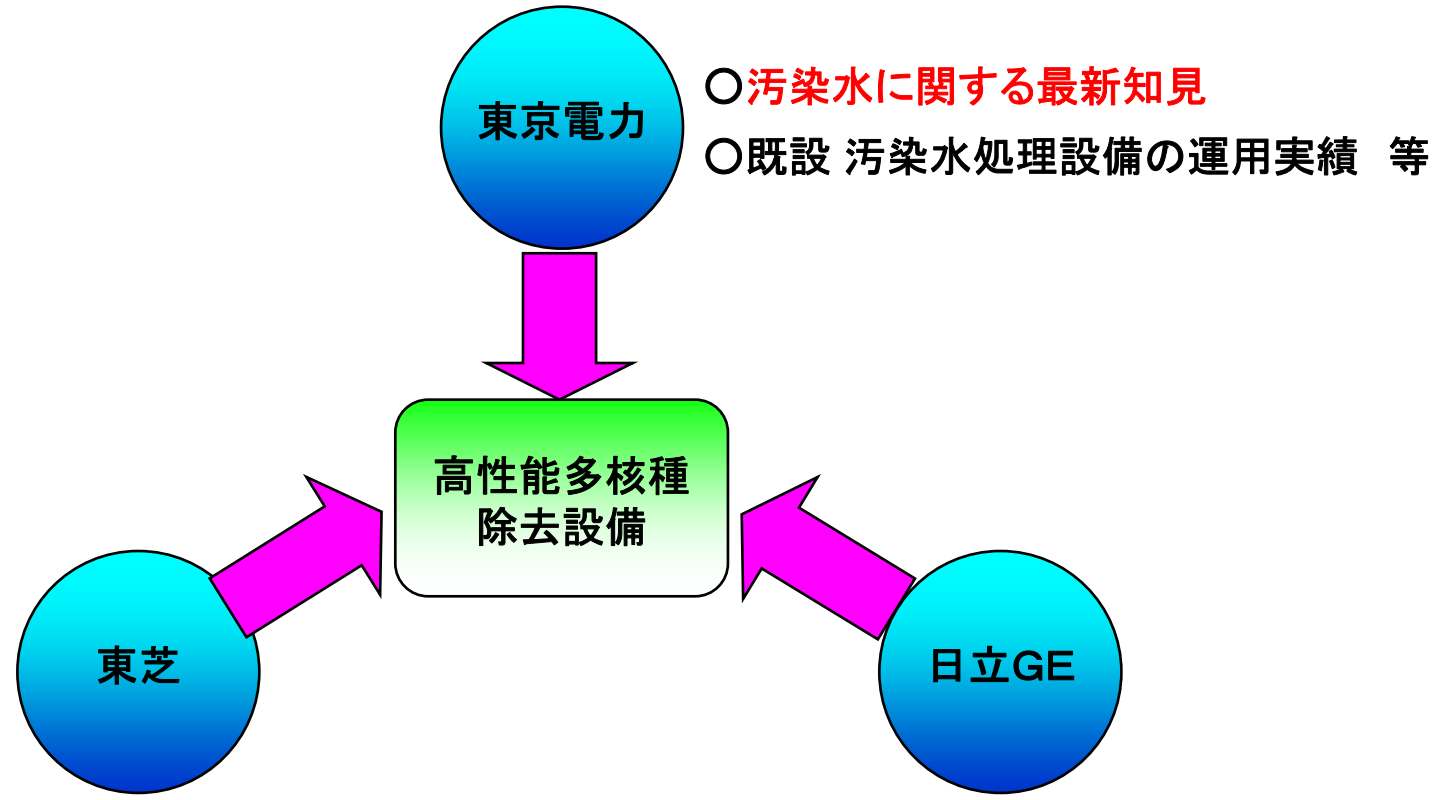
- H26年度中のRO濃縮水処理完了のためには、高性能多核種除去設備の稼働をH26年度中のできるだけ早い時期とする必要有り
  - 現時点で実証プラントの設計を着手
  - 日立GE、東芝のラボ試験・検証試験で得られた成果を設計へ反映



# 事業の実施体制

## ■事業の実施体制

福島第一原子力発電所における汚染水処理設備の設計・施工実績があり、放射性物質の除去プロセスに対するノウハウを有する**東芝、日立GEニュークリア・エナジーと汚染水処理設備の運用実績のある東京電力との3社共同**による技術開発を行う



- 汚染水に関する最新知見
- 既設 汚染水処理設備の運用実績 等

○福島第一汚染水処理設備の設計・施工実績  
『第二セシウム除去装置、多核種除去設備』

○福島第一汚染水処理設備の設計・施工実績  
『淡水化装置(RO装置)、サブドレン浄化装置(設計中)』

---

# 研究開発

# 研究開発項目

## 浄化性能

前処理設備の大幅簡素化するため、凝集沈殿と同等の核種除去能力を有するフィルタ技術を開発し、62核種の告示濃度限度以下を実現

## 吸着材開発

必要塔数の削減や交換周期の長寿命化を可能とする高性能吸着材を開発

## 耐食性材料の検討

ラボ試験（模擬環境）で母材および溶接部の腐食データを取得し、検証試験（実環境）にて試験装置の腐食状況から検証

## 廃棄物減量と管理

設備簡素化の検討及び吸着剤開発による廃棄物減量の実現

交換周期の長寿命化に耐える吸着塔の設計・製作

廃棄物最終形態を見据えた固化方式の検討

# 除去対象核種

本設備の除去対象核種は右表の62核種とし、これらの核種を目標値以下の濃度に低減することを確認する。

赤文字(斜体)の核種については、実液の分析により検出された核種であり、試験時に特に着目して、除去性能の確認を行う。  
(放射平衡の娘核種も含む)

Rb-86	Sn-126	Ce-141	Pu-240
<i>Sr-89</i>	Sb-124	Ce-144	Pu-241
<i>Sr-90</i>	<i>Sb-125</i>	Pr-144	Am-241
Y-90	Te-123m	Pr-144m	Am-242m
Y-91	Te-125m	Pm-146	Am-243
Nb-95	Te-127	Pm-147	Cm-242
<i>Tc-99</i>	Te-127m	Pm-148	Cm-243
Ru-103	Te-129	Pm-148m	Cm-244
<i>Ru-106</i>	Te-129m	Sm-151	<i>Mn-54</i>
Rh-103m	<i>I-129</i>	Eu-152	Fe-59
Rh-106	<i>Cs-134</i>	Eu-154	Co-58
Ag-110m	Cs-135	Eu-155	<i>Co-60</i>
Cd-113m	Cs-136	Gd-153	<i>Ni-63</i>
Cd-115m	<i>Cs-137</i>	Tb-160	Zn-65
Sn-119m	Ba-137m	Pu-238	
Sn-123	Ba-140	Pu-239	

---

# 参考

# 参考1：A系ホット試験における除去性能評価まとめ

## A系ホット試験における除去性能評価（1/5）

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水（E Aタンク 内RO濃縮水） の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	備考
1	Rb-86 (約19日)	3E-01	ND < 7.0E+00	ND < 1.4E-03	
2	Sr-89 (約51日)	3E-01	ND < 3.4E+03	ND < 9.3E-05	
3	Sr-90 (約29年)	3E-02	2.9E+04	ND < 1.5E-04	
4	Y-90 (約64時間)	3E-01	2.9E+04	ND < 1.5E-04	Sr-90と放射平衡
5	Y-91 (約59日)	3E-01	ND < 2.1E+02	ND < 4.3E-02	
6	Nb-95 (約35日)	1E+00	ND < 8.8E-01	ND < 1.5E-04	
7	Tc-99 (約210000年)	1E+00	3.6E-02	ND < 3.5E-03	
8	Ru-103 (約40日)	1E+00	ND < 1.3E+00	ND < 1.5E-04	
9	Ru-106 (約370日)	1E-01	1.2E+01	6.9E-03	
10	Rh-103m (約56分)	2E+02	ND < 1.3E+00	ND < 1.5E-04	Ru-103と放射平衡
11	Rh-106 (約30秒)	3E+02	1.2E+01	6.9E-03	Ru-106と放射平衡
12	Ag-110m (約250日)	3E-01	ND < 9.5E-01	ND < 1.2E-04	
13	Cd-113m (約15年)	4E-02	ND < 6.1E+03	ND < 2.4E-03	

# 参考1：A系ホット試験における除去性能評価まとめ

## A系ホット試験における除去性能評価（2/5）

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水（EAタンク内RO濃縮水） の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	備考
14	Cd-115m (約45日)	3E-01	ND < 4.6E+01	ND < 8.2E-03	
15	Sn-119m (約290日)	2E+00	ND < 2.0E+01	ND < 2.8E-03	Sn-123の放射能濃度より評価
16	Sn-123 (約130日)	4E-01	ND < 1.5E+02	ND < 2.1E-02	
17	Sn-126 (約1000000年)	2E-01	ND < 7.1E+00	ND < 5.4E-04	
18	Sb-124 (約60日)	3E-01	ND < 1.3E+00	ND < 2.3E-04	
19	Sb-125 (約3年)	8E-01	2.5E+01	9.8E-04	
20	Te-123m (約120日)	6E-01	ND < 1.9E+00	ND < 1.3E-04	
21	Te-125m (約58日)	9E-01	2.5E+01	9.8E-04	Sb-125と放射平衡
22	Te-127 (約9時間)	5E+00	ND < 1.5E+02	ND < 1.8E-02	
23	Te-127m (約110日)	3E-01	ND < 1.5E+02	ND < 1.9E-02	Te-127の放射能濃度より評価
24	Te-129 (約70分)	1E+01	ND < 9.4E+01	ND < 1.1E-02	
25	Te-129m (約34日)	3E-01	ND < 2.9E+01	ND < 3.9E-03	
26	I-129 (約160000000年)	9E-03	9.1E-02	6.9E-03	

# 参考1：A系ホット試験における除去性能評価まとめ

## A系ホット試験における除去性能評価（3/5）

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水（E Aタンク 内RO濃縮水） の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	備考
27	Cs-134 (約2年)	6E-02	3.1E+00	ND < 2.8E-04	
28	Cs-135 (約30000000年)	6E-01	3.7E-05	ND < 1.7E-09	Cs-137の放射能濃度より評価
29	Cs-136 (約13日)	3E-01	ND < 7.4E-01	ND < 1.2E-04	
30	Cs-137 (約30年)	9E-02	6.3E+00	ND < 2.8E-04	
31	Ba-137m (約3分)	8E+02	6.3E+00	ND < 2.8E-04	Cs-137と放射平衡
32	Ba-140 (約13日)	3E-01	ND < 4.3E+00	ND < 5.0E-04	
33	Ce-141 (約32日)	1E+00	ND < 3.5E+00	ND < 2.7E-04	
34	Ce-144 (約280日)	2E-01	ND < 1.6E+01	ND < 9.8E-04	
35	Pr-144 (約17分)	2E+01	ND < 1.6E+01	ND < 9.8E-04	Ce-144と放射平衡
36	Pr-144m (約7分)	4E+01	ND < 1.6E+01	ND < 9.8E-04	Ce-144と放射平衡
37	Pm-146 (約6年)	9E-01	ND < 1.7E+00	ND < 1.9E-04	
38	Pm-147 (約3年)	3E+00	ND < 2.7E+01	ND < 5.6E-03	Eu-154の放射能濃度より評価
39	Pm-148 (約5日)	3E-01	ND < 2.2E+00	ND < 1.5E-03	



# 参考1：A系ホット試験における除去性能評価まとめ

## A系ホット試験における除去性能評価（4/5）

	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水（E Aタンク 内RO濃縮水） の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	備考
40	Pm-148m (約41日)	5E-01	ND < 9.4E-01	ND < 1.2E-04	
41	Sm-151 (約87年)	8E+00	ND < 1.3E-01	ND < 2.7E-05	Eu-154の放射能濃度より評価
42	Eu-152 (約13年)	6E-01	ND < 6.6E+00	ND < 6.2E-04	
43	Eu-154 (約9年)	4E-01	ND < 1.7E+00	ND < 3.6E-04	
44	Eu-155 (約5年)	3E+00	ND < 8.8E+00	ND < 7.2E-04	
45	Gd-153 (約240日)	3E+00	ND < 8.2E+00	ND < 4.3E-04	
46	Tb-160 (約72日)	5E-01	ND < 2.3E+00	ND < 4.2E-04	
47	Pu-238 (約88年)	4E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
48	Pu-239 (約24000年)	4E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
49	Pu-240 (約6600年)	4E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
50	Pu-241 (約14年)	2E-01	ND < 7.9E-02	ND < 4.6E-03	Pu-238の放射能濃度から評価
51	Am-241 (約430年)	5E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
52	Am-242m (約150年)	5E-03	ND < 1.1E-04	ND < 6.4E-06	Am-241の放射能濃度より評価

# 参考1：A系ホット試験における除去性能評価まとめ

## A系ホット試験における除去性能評価（5/5）

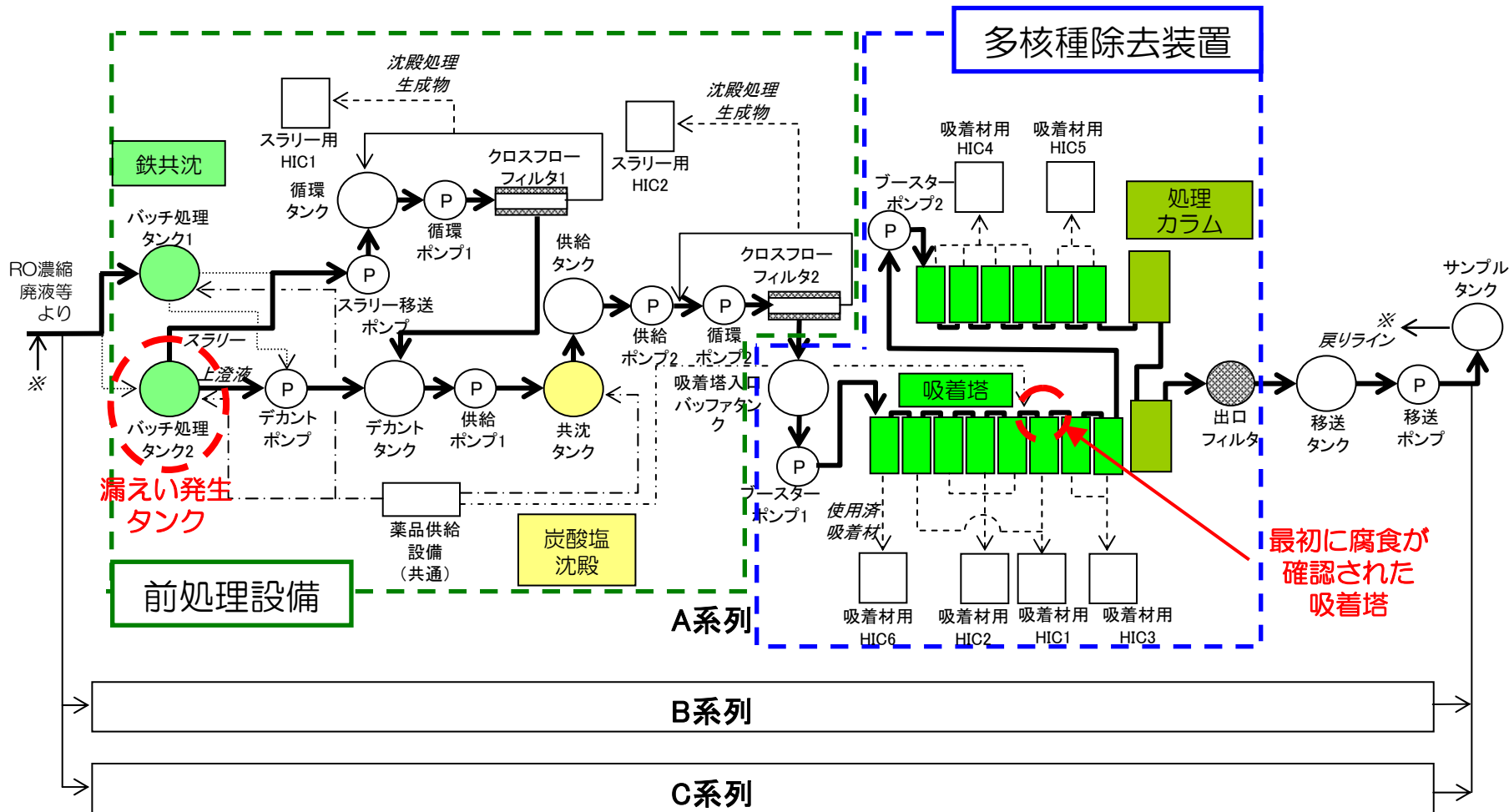
	核種 (半減期)	炉規則告示濃度限度 (別表第2第六欄 周辺監視区域外の 水中の濃度限度) [Bq/cm <sup>3</sup> ]	処理対象水（E Aタンク 内RO濃縮水） の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	多核種除去設備 処理済水の放射能濃度 [Bq/cm <sup>3</sup> ]	備考
53	Am-243 (約7400年)	5E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
54	Cm-242 (約160日)	6E-02	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
55	Cm-243 (約29年)	6E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
56	Cm-244 (約18年)	7E-03	ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	全α放射能の測定値に 包絡されるものとし評価
57	Mn-54 (約310日)	1E+00	ND < 7.9E-01	ND < 1.1E-04	
58	Fe-59 (約45日)	4E-01	ND < 1.1E+00	ND < 2.1E-04	
59	Co-58 (約71日)	1E+00	ND < 8.2E-01	ND < 1.2E-04	
60	Co-60 (約5年)	2E-01	ND < 6.6E-01	7.0E-04	
61	Ni-63 (約100年)	6E+00	1.8E+00	ND < 1.3E-02	
62	Zn-65 (約240日)	2E-01	ND < 1.5E+00	ND < 2.4E-04	
全α			ND < 1.8E-03	ND < 1.0E-04	

## 参考2：現行多核種除去設備 吸着材の性状

吸着材	組成	除去対象元素
吸着材1	活性炭	コロイド
吸着材2	チタン酸塩	Sr ( $M^{2+}$ )
吸着材3	フェロシアン化合物	Cs (Co、Ru)
吸着材4	Ag添着活性炭	I
吸着材5	酸化チタン	Sb
吸着材6	キレート樹脂	Co ( $M^{2+}$ 、 $M^{3+}$ )
吸着材7	樹脂系吸着材	Ru等 負電荷コロイド

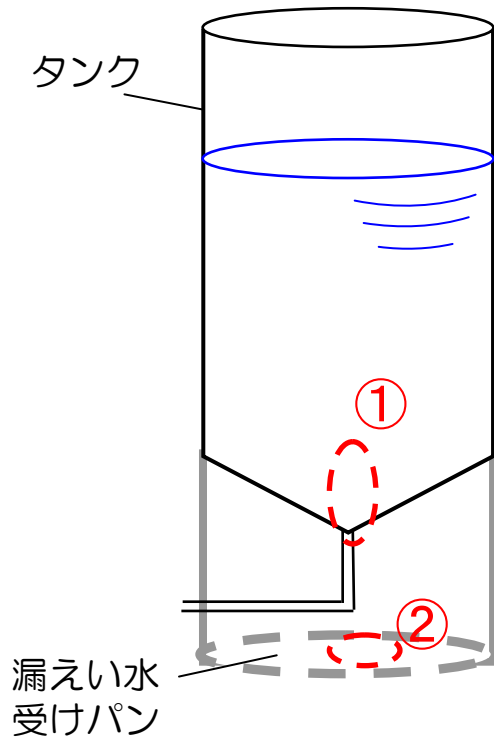
# 参考3：バッチ処理タンクの腐食 —漏えい、腐食発生箇所—

- 6月15日にバッチ処理タンク2Aで発生したタンク下部からの漏えいを確認。
- その後、水平展開調査において、吸着塔6A等において腐食が発生していることを確認。

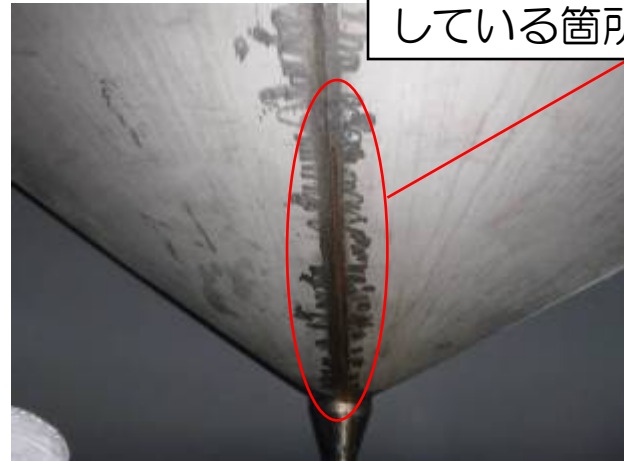


# 参考3：バッチ処理タンクの腐食 ー漏えいの状況ー

バッチ処理タンク概要



溶接線近傍に一部変色（茶色）している箇所があることを確認



①タンク下部状況



①タンク下部状況（拡大）

変色した水の滴下跡があることを確認

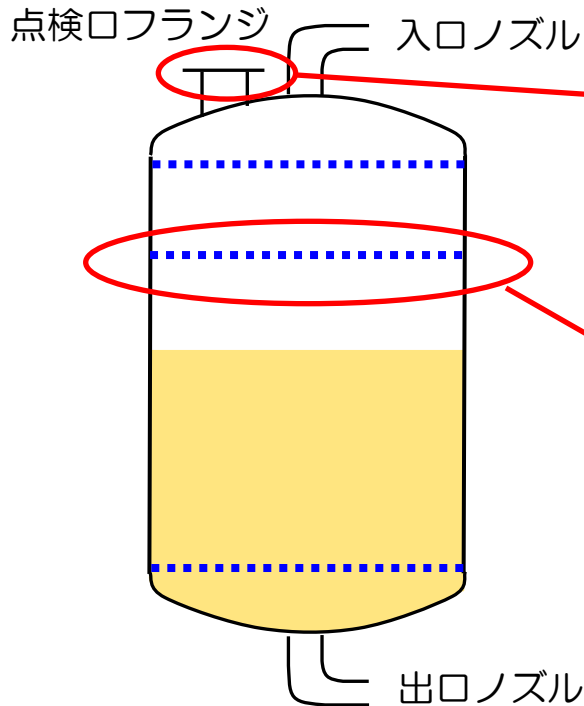


②漏えい水受けパン状況

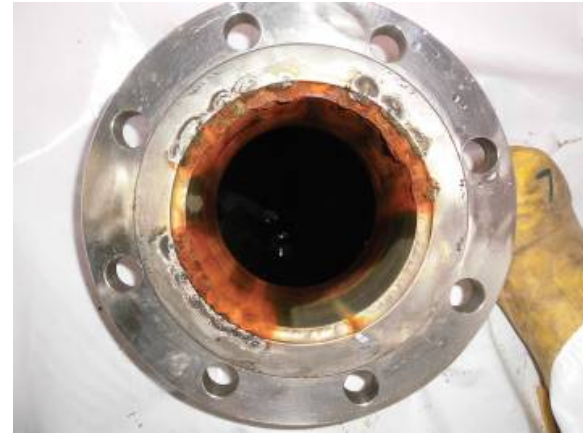
大漏えいには至らず、タンク下部の受けパン床上に僅かな漏えい（数滴の滴下跡）をパトロールで発見

# 参考3：バッチ処理タンクの腐食 —吸着塔の腐食—

- Aシステムの停止期間中に吸着塔6Aの吸着材交換のため、吸着材の抜き取り作業を実施
- 吸着材抜き取り後の内部点検を行ったところ、**フランジ面のすき間腐食**と**吸着塔内面の溶接線近傍の腐食**を確認



..... : 溶接線  
■ : 吸着材充填範囲



点検口フランジ  
(閉止フランジ)  
部のすき間腐食



吸着塔内溶接線  
近傍の腐食痕\*

\*腐食に起因する茶色の帯状模様を確認

〔バッチ処理タンク内面にも同様の模様を確認〕

## 参考3：バッチ処理タンクの腐食 ー推定原因ー

### ■ バッチ処理タンク2Aで発生したタンク下部からの漏えい

生成した鉄沈殿物がタンク内に堆積・付着することによる**すき間環境の形成**と、薬液注入（主に次亜塩素酸）等による**腐食環境が促進**といった**複合的な要因が重畳したこと**によって、想定以上の腐食が発生し、欠陥が貫通、漏えいに至ったもの。

### ■ 吸着塔6以降における腐食

吸着塔6に充填された**銀添着活性炭に腐食を発生、促進させる要因**があると考えられ、かつアルカリ環境下ではない吸着塔6下流側に腐食が確認された。

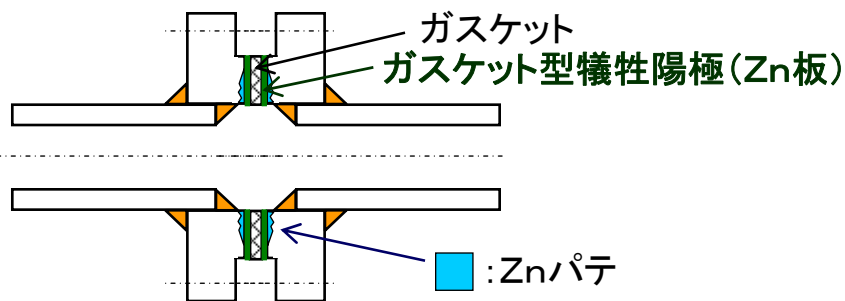
### ■ バッチ処理タンク近傍及び吸着塔6以降フランジ部の腐食

腐食が確認されたフランジ部は、フランジ部の形状により流体が**よどみ状態**となっており、**局部腐食が発生しやすい低流速**となっていることも腐食を促進させる要因となっていたと推測。

# 参考3：バッチ処理タンクの腐食 一対策一

- バッチ処理タンクの再発防止対策  
欠陥部補修の後、タンク内面に**ゴムライニング（クロロプレンゴム）**を施工

- 水平展開範囲の対策  
すきま腐食発生の可能性があるフランジに対し、**ガスケット型犠牲陽極**等を施工。また、将来的にはより信頼性を高めるため、**ライニング配管への取替**を検討



- その他の対策
  - 次亜塩素酸注入を停止
  - 腐食電位を上昇させる中性領域における銀添着活性炭吸着塔をバイパス



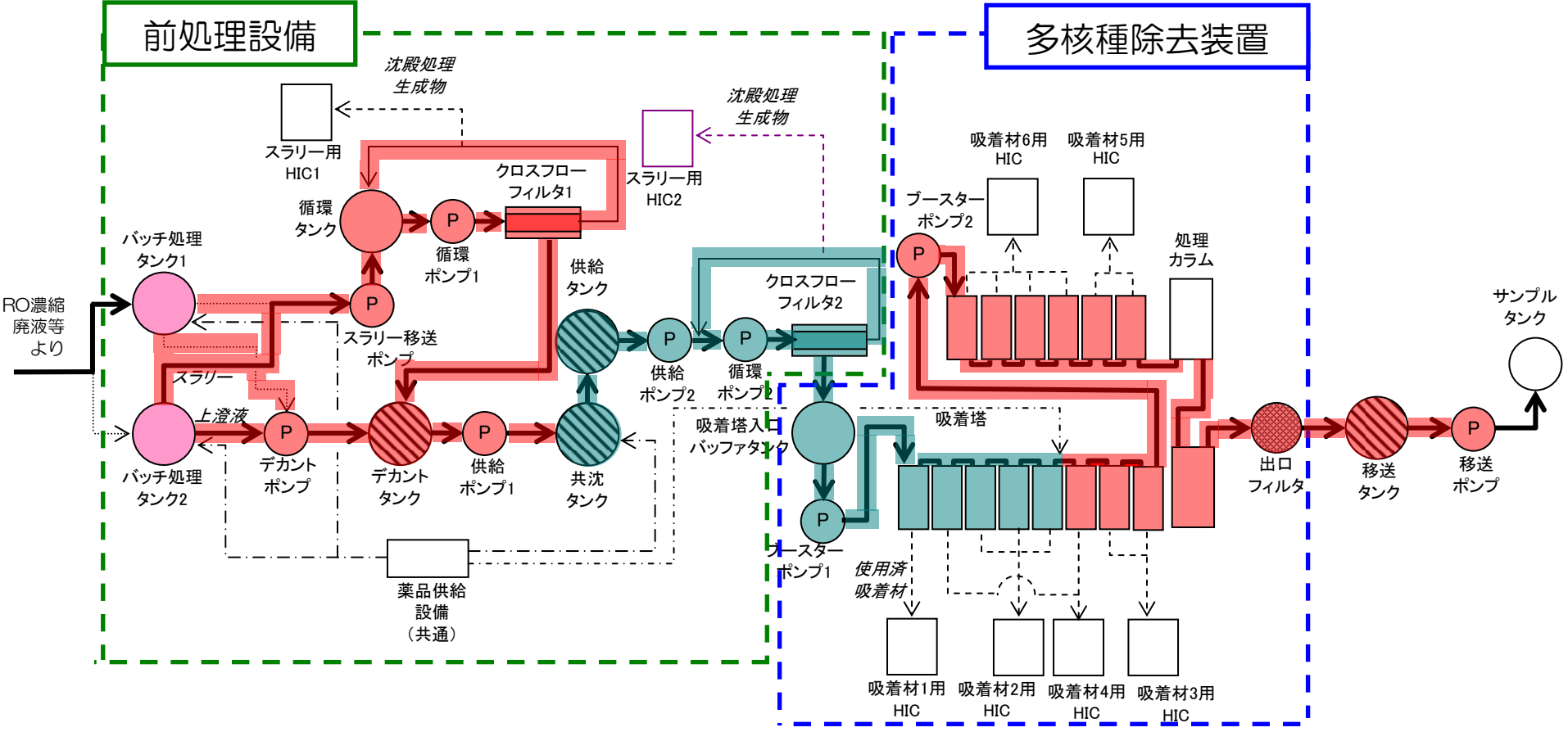
バッチ処理タンク1C  
(ゴムライニング施工後)



ガスケット型犠牲陽極



# 参考4：多核種除去設備 系統内の液性について



中性  
 アルカリ性

# 参考5：サリーコースフィルタ（1B）配管腐食漏えいの例

## ■H24.2 サリー「コースフィルタ(1B)配管」で発生したすき間腐食の例



溶接部等に局部腐食が発生した場合、腐食孔からの茶色の腐食生成物が帯状模様で確認される

すき間腐食箇所の断面観察 →

欠陥の一部は、すき間環境によりSU S 3 1 6 L表面の腐食に強い不動態層が孔食し、内部に腐食が広がったものと評価

