

多核種除去設備等処理水の取扱い
に関する小委員会（第10回）

資料3

2018年10月1日

福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会

資料（2）－①

汚染水対策について

多核種除去設備等処理水のトリチウム以外の 核種測定結果について

2018年11月30日

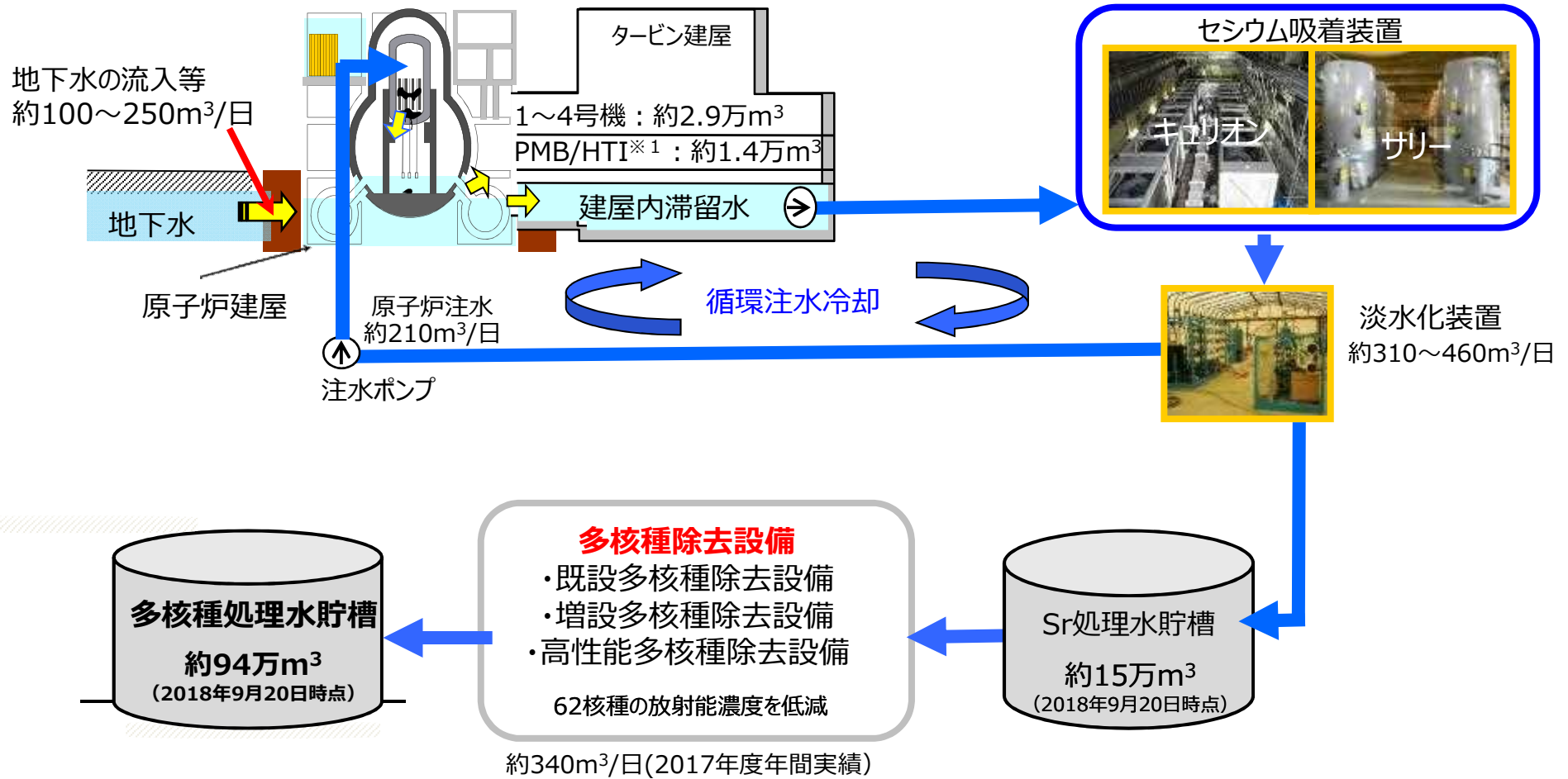
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 汚染水処理の概要
- 多核種除去設備(ALPS)の基本情報
 - ALPSの基本情報
 - ALPSで除去対象としている核種選定の考え方
 - ALPSによる核種除去システムの概要
 - ALPSの運用方針
- ALPS処理水関係のデータ
 - ALPS処理水関係のデータ採取箇所
 - ALPS処理による核種の除去
 - ALPS処理水の放射能濃度の変動要因
 - ALPS処理水タンクの放射能濃度
- ALPS処理水の二次処理
- 参考資料
 1. ALPS処理水データ集（出口濃度推移）
 2. ALPS処理水データ集（62核種評価結果）
 3. ALPS処理水データ集（タンク群毎）

- 汚染水処理の概要
- 多核種除去設備(ALPS)の基本情報
 - ALPSの基本情報
 - ALPSで除去対象としている核種選定の考え方
 - ALPSによる核種除去システムの概要
 - ALPSの運用方針
- ALPS処理水関係のデータ
 - ALPS処理水関係のデータ採取箇所
 - ALPS処理による核種の除去
 - ALPS処理水の放射能濃度の変動要因
 - ALPS処理水タンクの放射能濃度
- ALPS処理水の二次処理

- 日々流入する地下水等により発生する汚染水（建屋内滞留水）は、セシウム吸着装置及び淡水化装置で処理後、淡水化装置の透過水は原子炉注水へ再利用するとともに、濃縮水（ストロンチウム処理水）は多核種除去設備にて浄化されタンクで貯留



※ 1 プロセス主建屋/高温焼却炉建屋

- 汚染水処理の概要
- 多核種除去設備(ALPS)の基本情報
 - ALPSの基本情報
 - ALPSで除去対象としている核種選定の考え方
 - ALPSによる核種除去システムの概要
 - ALPSの運用方針
- ALPS処理水関係のデータ
 - ALPS処理水関係のデータ採取箇所
 - ALPS処理による核種の除去
 - ALPS処理水の放射能濃度の変動要因
 - ALPS処理水タンクの放射能濃度
- ALPS処理水の二次処理

- 多核種除去設備（以下、「ALPS」）は、既設多核種除去設備（既設ALPS）、増設多核種除去設備（増設ALPS）、高性能多核種除去設備（高性能ALPS）で構成
- ALPSは、滞留水に含まれるトリチウムを除く放射性の62核種を告示濃度限度未満まで除去できる能力を有するよう設計
- ALPSは、2015.5末まではRO濃縮塩水（淡水化装置の濃縮水でストロンチウム（Sr）-90を除去していない水）、以降はSr処理水（淡水化装置の濃縮水でSr-90の濃度が低減された水）を処理
- 既設ALPS,増設ALPS,高性能ALPSの除去性能（DF；除染係数）は同程度。至近は処理量調整の容易さ等を考慮して、既設ALPS、増設ALPSで処理を実施

設備名	供用開始月	処理量	運用状況
既設ALPS	2013.3	250m ³ /日/系列×3系列	<ul style="list-style-type: none"> ・供用開始以降、<u>I-129、Ru-106、Sb-125の除去性能不足（DF不足）</u>を確認 ・2013年度末に前処理設備の不具合により、Srを含んだ炭酸塩を貯留タンク側へ流出させた事象が発生 ・RO濃縮塩水処理完了以降、<u>性能向上のため吸着塔の増設、吸着材の変更を実施</u>
増設ALPS	2014.9	250m ³ /日/系列×3系列	<ul style="list-style-type: none"> ・既設ALPSから、吸着塔の増塔、吸着材の変更等を行い供用開始
高性能ALPS	2014.10	500m ³ /日	<ul style="list-style-type: none"> ・供用開始以降、<u>Sr-90の除去性能持続時間が短いことを確認</u> ・RO濃縮塩水処理完了以降、<u>Sr-90の除去性能向上のため処理プロセスの改善（pH調整等）を実施</u>

- ALPSで除去対象としている62核種は、以下の考え方に基づき選定（『実施計画Ⅱ.2.16.1多核種除去設備』に記載し、原子力規制委員会に認可された内容の概要）

【核分裂生成物（核分裂により生成した核種）】

- 原子炉停止30日後の炉心に存在する核種を評価※1、その中からトリチウム、不溶解性核種（滞留水へ移行し難い）、希ガスといった核種を除外
- 滞留水に含まれるCs-137の放射能濃度測定結果等から各核種の滞留水への移行※2を評価し、原子炉停止365日後の滞留水中の放射能濃度を推定
- 滞留水中の放射能濃度が告示濃度限度の1/100を超える核種を除去対象として抽出（56核種を抽出）

【腐食生成物（原子炉冷却系等で使用している金属が放射化された核種）】

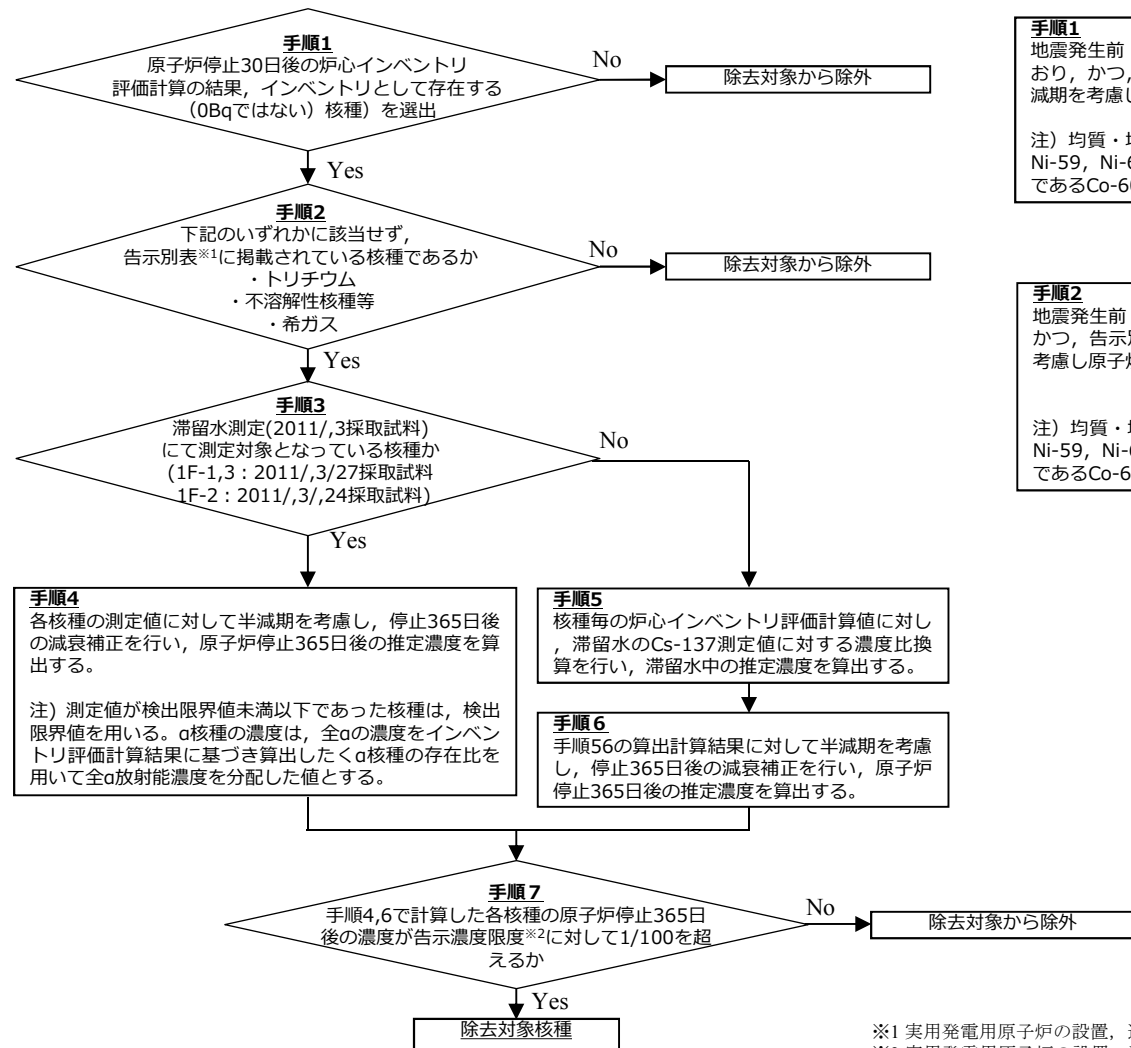
- 震災の影響による1～3号機の原子炉保有水、濃縮廃液タンクから滞留水への移行を考慮
- 地震発生前における1～3号機原子炉保有水の放射能濃度測定結果及び濃縮廃液タンク保有水の放射能濃度測定結果から、海水流入等による希釈及び1年後の減衰を考慮し、滞留水中の放射能濃度が告示濃度限度の1/100を超えるものについて、除去対象核種として抽出（6核種を抽出）

※1 ORIGEN（放射性物質の生成、壊変、減損について計算を行うためのコードシステム）による評価

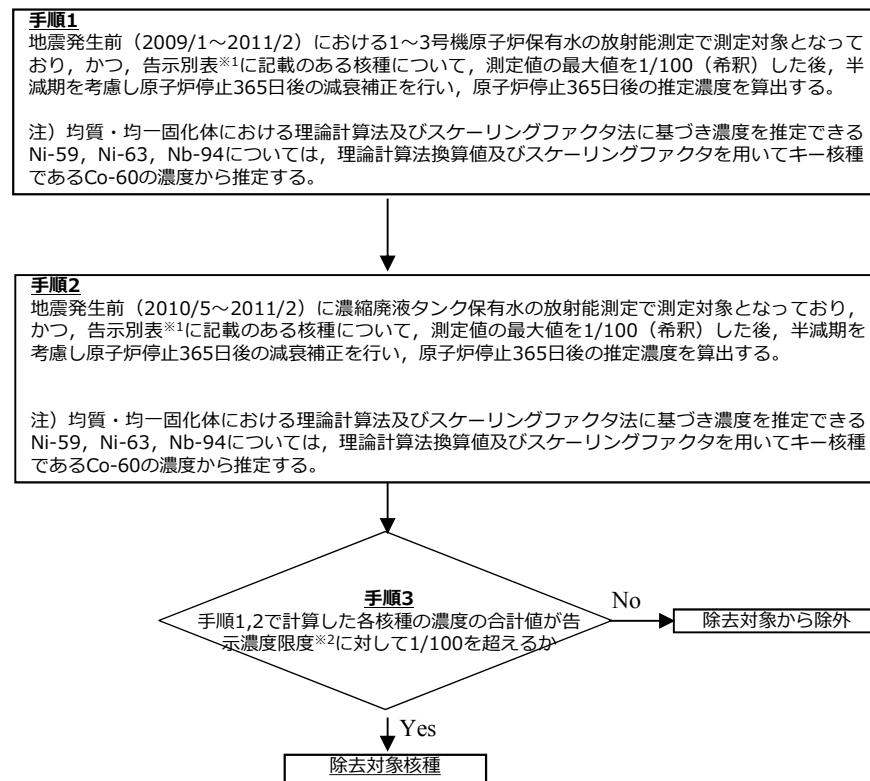
※2 滞留水におけるCs-137等の測定結果及び事故解析コード（MAAP）による滞留水への移行を評価

【参考】除去対象核種の選定フロー

＜核分裂生成物＞

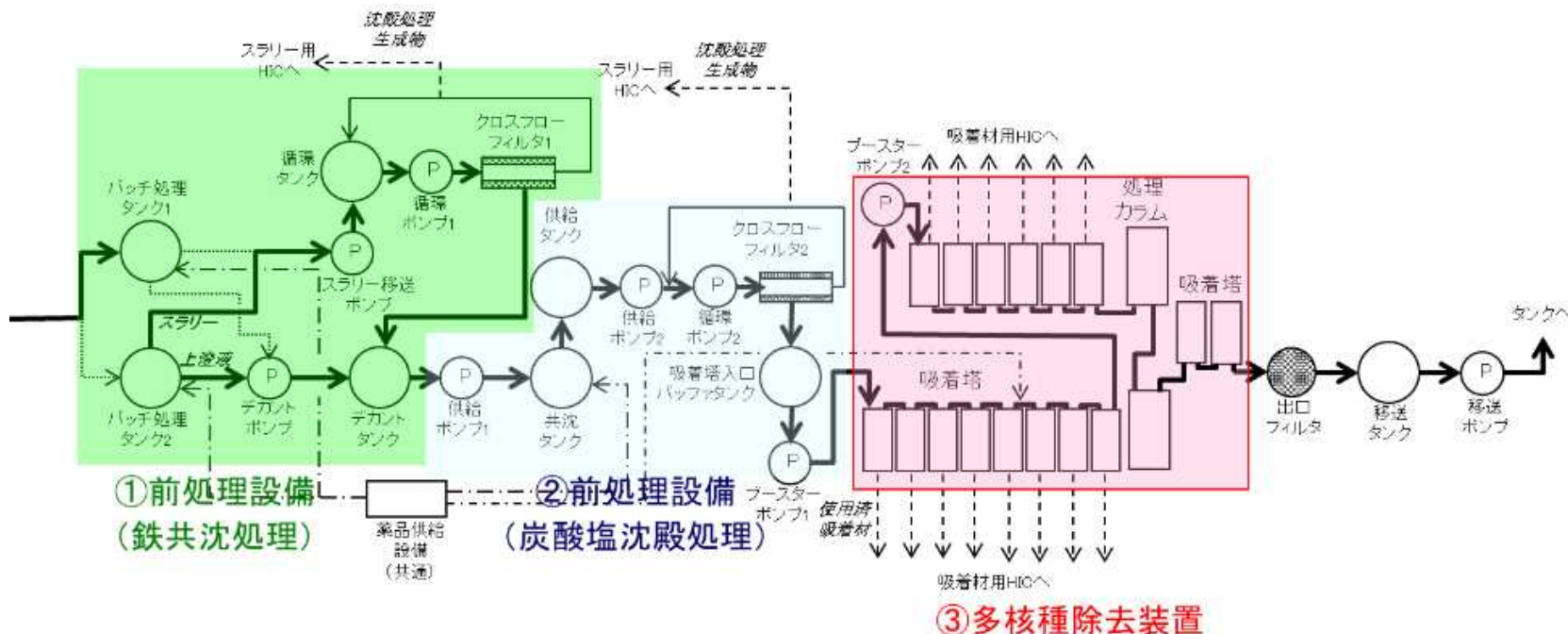


＜腐食生成物＞



※1 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（別表第2第六欄）
 ※2 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示（別表第2第六欄）周辺監視
 区域外の水中の濃度限度

■ 既設ALPS・増設ALPSでは薬液、活性炭や機能性材料（吸着材）による吸着などの物理的・化学的性質を利用した処理方法より放射性核種を除去



既設ALPS系統構成 (A,B,C系統共に同様の構成)

【既設ALPS・増設ALPSの主要設備と役割】

I. 前処理設備

①鉄共沈処理設備 (既設ALPSのみ) : 鉄共沈によるα核種、重金属等の除去

②炭酸塩沈殿処理設備 : Sr吸着の障害イオン (Mg、Ca等) を除去し、吸着塔におけるSr除去性能向上を促進

II. 多核種除去装置

③吸着塔他 : 複数種類の吸着材によりイオン状及びコロイド状の核種 (Cs、Sr、I、Sb等) を除去

- 既設ALPS・増設ALPSにおける除去システムと主な除去対象は以下の通り

除去システム		主な除去対象
前処理設備	鉄共沈処理 (既設ALPSのみ)	α核種の除去、Co-60、Mn-54
	炭酸塩沈殿処理	吸着阻害イオン (Mg、Ca等) Sr-89,90
多核種除去装置 (吸着塔)	活性炭	コロイド状の核種(I-129,Co-60等)
	Sr吸着材	Sr-89,Sr-90
	Cs吸着材	Cs-134,Cs-137
	I,Sb吸着材	I-129 (IO ³⁻) ,Sb-125
	I吸着材	I-129(I ⁻)
	Ru吸着材	Ru-106

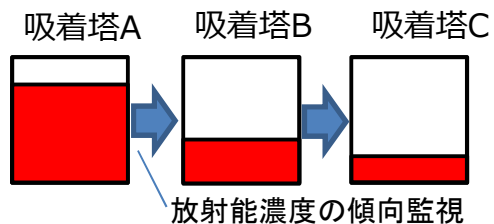
ALPSの吸着塔構成

- ALPSでは、吸着材が充填された吸着塔へ汚染水を通水させることで放射性核種を除去
- 吸着塔の一部では、メリーゴーラウンド運用により吸着材の利用効率を向上
 - ✓ 先頭塔の破過時に後段の吸着塔でバックアップするとともに、吸着塔の並びを変更することで、効率のよい運用が可能

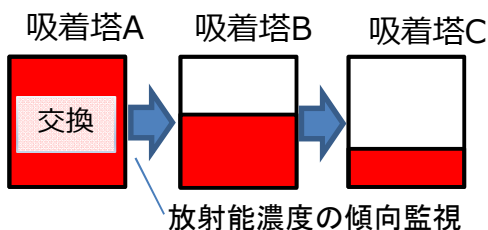
既設ALPS 吸着塔構成(2018.9現在※1)



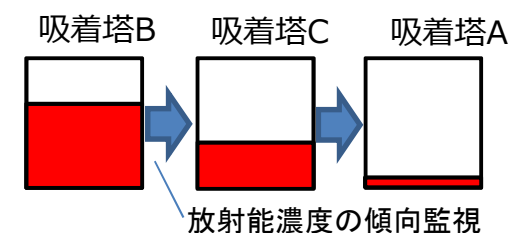
(参考) 吸着材の交換・運用 (メリーゴーラウンド運用) イメージ(Sr吸着材を充填した吸着塔3塔の場合)



①核種吸着により先頭の吸着塔から吸着性能が低下 (■ は吸着材の吸着量を示す)



②吸着塔出口の放射能濃度の傾向監視により、放射能濃度の上昇傾向が確認された場合、先頭の吸着材が破過(吸着能力が失われた)したものと見なし吸着材を交換



③先頭塔の吸着材交換後、バルブ操作により通水順序を切替え (以降、①⇒②⇒③の繰返し)

- ALPSは、滞留水に含まれるトリチウムを除く62核種の放射能濃度を告示濃度限度未満まで低減する能力を有す
- ただし、実際のALPS処理では、リスク低減目標を踏まえた運用を実施

【リスク低減目標とALPSの運用状況】

2013～2015年度（フェーズ1）：

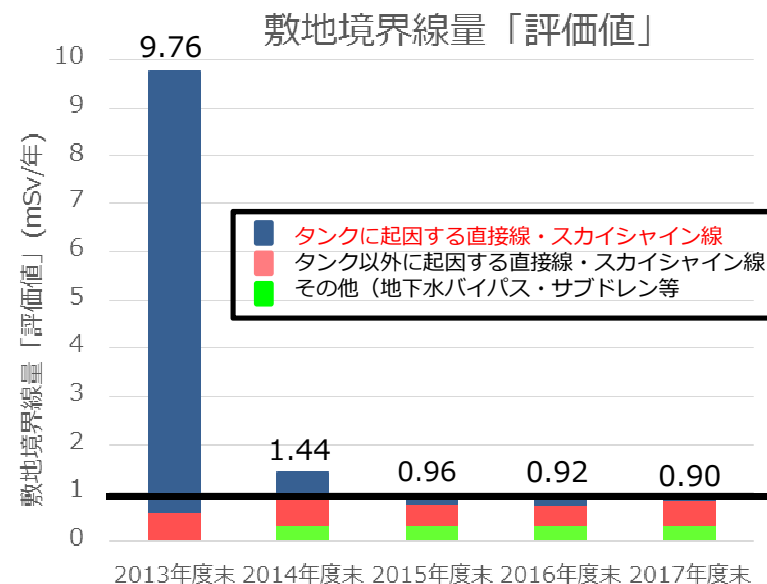
RO濃縮塩水の早期処理・敷地境界1mSv/年未満の早期達成を目標とし、稼働率を上げて処理を実施

2016年度（フェーズ2）：

既設ALPS・増設ALPSの処理容量がタンクの建設容量を上回っていたため、告示濃度限度未満を意識した処理を実施

2017年度以降（フェーズ3）：

漏えいリスクの高いフランジタンクに貯留している水を2018年度末までに処理することを目標とし、敷地境界1mSv/年未満を維持しつつ運用



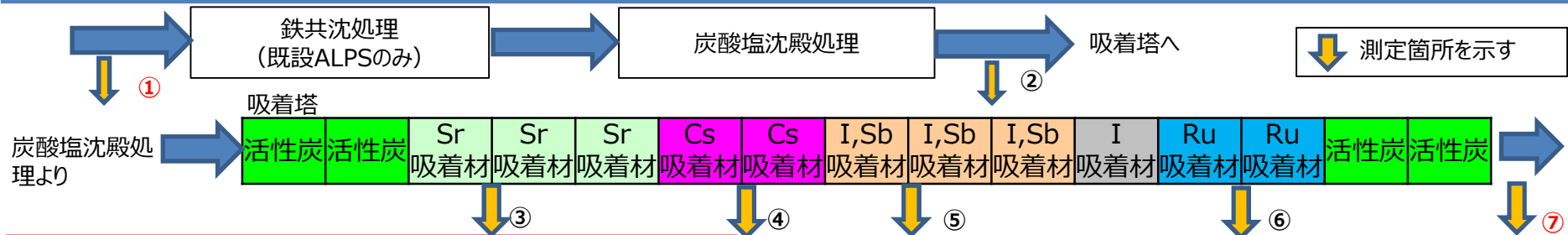
- 稼働率を上げて運用するためには、吸着材交換による停止期間を短くする必要がある。吸着材交換による停止期間は短いもので1塔あたり2日程度（処理量換算で500m³※1）、長いもの（吸着材が固着しやすいもの）で14日程度（処理量換算で3,500m³※1）要することから、吸着材交換による処理量の低下の影響が大きい場合は、告示濃度限度を大きく超えない範囲において交換時期を調整

※1 処理量は250m³/日（定格流量）で評価

- 汚染水処理の概要
- 多核種除去設備(ALPS)の基本情報
 - ALPSの基本情報
 - ALPSで除去対象としている核種選定の考え方
 - ALPSによる核種除去システムの概要
 - ALPSの運用方針
- **ALPS処理水関係のデータ**
 - ALPS処理水関係のデータ採取箇所
 - ALPS処理による核種の除去
 - ALPS処理水の放射能濃度の変動要因
 - ALPS処理水タンクの放射能濃度
- ALPS処理水の二次処理

ALPS処理水関係のデータ採取箇所

- ALPSでは、設備入口・出口の放射能濃度の測定及び吸着材の破過傾向の確認等のため処理プロセス途中における測定を実施（定常測定）
 - 測定項目・頻度は処理対象水の性状等に応じ適宜見直しを実施
- 定常測定の他に使用前検査時、施設定期検査時等で設備入口・出口の62核種の測定を実施



測定箇所①：設備入口（処理対象水）
 測定核種：Cs-134,Cs-137,Co-60,Mn-54,Sb-125, Ru-106,Sr-90,Tc-99,I-129,全β,全α
 測定頻度：全αを除く核種：1回/週程度,全α:1回/2週
 測定目的：処理前の性状の確認

測定箇所②：炭酸塩沈殿処理出口
 測定核種：Cs-134,Cs-137,Co-60,Mn-54,Sb-125, Ru-106,全β
 測定頻度：1回/週程度
 測定目的：処理前の性状の確認

測定箇所③：Sr吸着塔先頭塔出口
 測定核種：Sr-90
 測定頻度：1回/週程度
 測定目的：Srに対する吸着塔の破過傾向の確認

測定箇所④：Cs吸着塔先頭塔出口
 測定核種：Cs-134,Cs-137
 測定頻度：1回/週程度
 測定目的：Csに対する吸着塔の破過傾向の確認

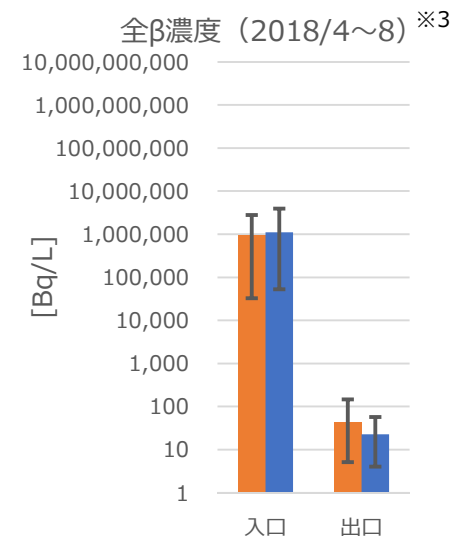
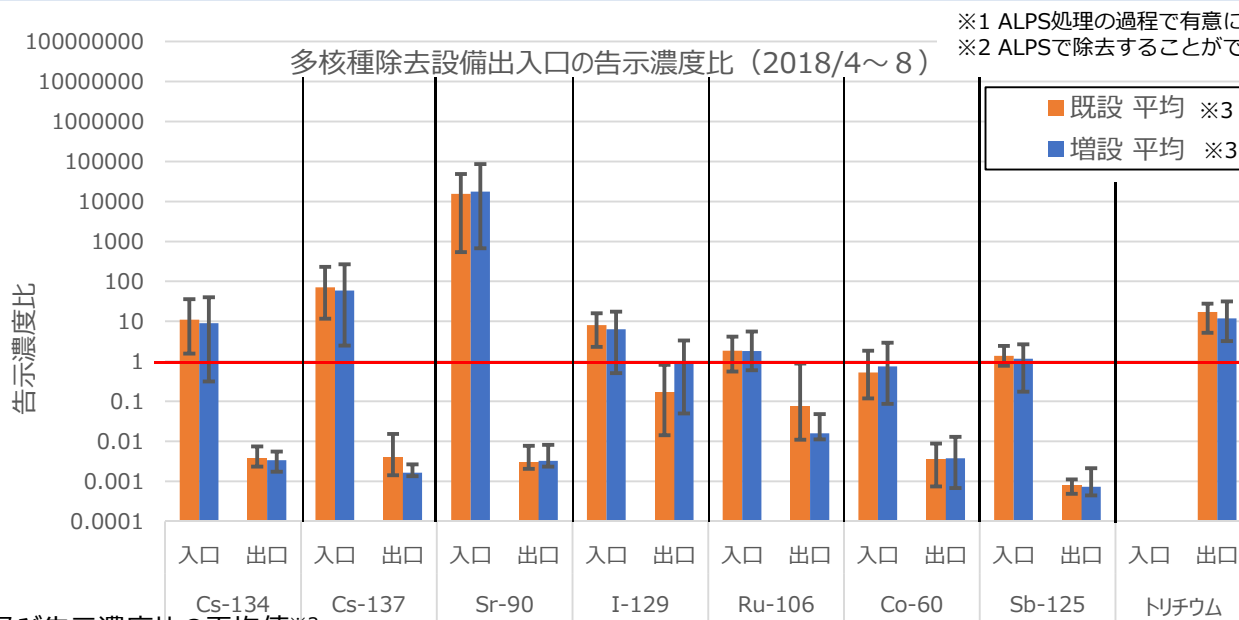
測定箇所⑤：I,Sb吸着塔先頭塔出口
 測定核種：I-129,Sb-125
 測定頻度：1回/週程度
 測定目的：I-129,Sb-125に対する吸着塔の破過傾向の確認

測定箇所⑥：Ru吸着塔先頭塔出口
 測定核種：Ru-106
 測定頻度：1回/週程度
 測定目的：Ruに対する吸着塔の破過傾向の確認

測定箇所⑦：設備出口（処理済水）
 測定核種：Cs-134,Cs-137,Co-60,Mn-54,Sb-125,Ru-106, Sr-90,Tc-99,I-129,全β
 測定頻度：1回/週程度
 測定目的：処理済水の性状の確認

ALPS処理による核種の除去

- 2018年度の定常測定における主要7核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,I-129,Ru-106,Co-60,Sb-125）※1、全β、トリチウム※2のALPS入口・出口の放射能濃度
 - Cs-134,Cs-137,Sr-90,Ru-106,Co-60,Sb-125は、告示濃度限度を下回る濃度まで低減
 - I-129は、告示濃度限度を下回る測定値と告示濃度限度を超えている測定値をともに確認
- 2017年度以前ではCs-137,Sr-90,I-129,Ru-106,Sb-125について、告示濃度限度を下回る測定値と告示濃度限度を超えている測定値をともに確認（詳細はデータ集参照）



告示濃度及び告示濃度比の平均値※3

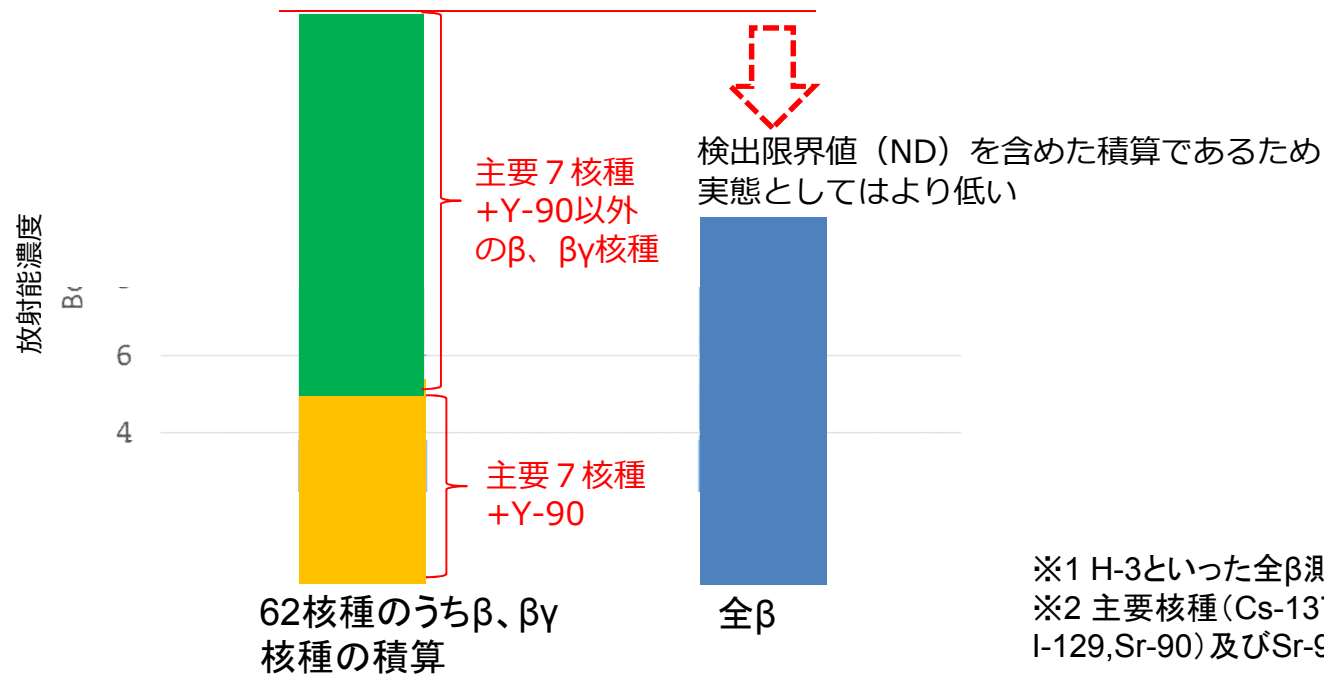
		Cs-134	Cs-137	Sr-90	I-129	Ru-106	Co-60	Sb-125	トリチウム	
告示濃度限度[Bq/L]		60	90	30	9	100	200	600	60000	
告示濃度比「二」	既設	入口	11	71	15000	8.1	1.9	0.53	1.4	-
		出口	0.0038	0.0040	0.0031	0.18	0.077	0.0036	0.00079	17
	増設	入口	9.0	59	18000	6.4	1.8	0.75	1.2	-
		出口	0.0034	0.0017	0.0033	0.94	0.016	0.0038	0.00073	12

全β濃度の平均値※3[Bq/L]

		全β濃度
既設	入口	92万
	出口	42
増設	入口	110万
	出口	23

※3：平均値の計算に際し、検出限界未満(ND)の核種は検出限界値を採用、平均値は単純平均であり、処理量は考慮されていない

- 62核種中のβ核種及びβγ核種には直接測定できない核種があり、これらの放射能濃度は測定可能な核種から評価を実施している。これら核種の寄与を把握^{※1}するため全β測定を実施している。
 - 全β測定値は、主要7核種とY-90^{※2}の放射能濃度の積算値と比べて、高い傾向にあるが、62核種中のβ、βγ核種の放射能濃度積算値よりは低い
 - 62核種中のβ、βγ核種の積算値は、検出限界値（ND）未満の核種を含んでおり、実態の濃度としてはより低い可能性があり全β測定値に近づくと推定



K4タンクにおけるβ、βγ核種(62核種)の積算と全βの比較

