

A L P S スリーの当面の分析計画について

2024年12月5日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 水処理二次廃棄物については、ALPSスラリーを中心として、漏洩・飛散防止対策を講じるとともに、将来の固化について検討を進めてきた
- 本資料では、固化処理方針の策定に反映するALPSスラリーの分析対象の選定と分析項目について、考え方を説明する

(分析計画の検討の進め方)

- ✓ ALPSスラリーの発生量と性状を、発生時期とALPS入口水を手掛かりに整理する
- ✓ 整理した結果から、分析対象（採取する試料）の選定の仕方を設定する
- ✓ スラリー固化への要求事項を想定し、要求事項の充足性を検討する際に必要と考える分析項目を整理する

試料採取・分析計画の骨子

- 線量率と時系列の範囲を網羅するように、分析対象を選定する。
 - ✓ ALPSスラリーの性状は、ALPS入口水の組成の時系列的な変化の影響を概ね受けていると思われる。そこで発生年ごとに分析することとし、分析数は、基本的には年ごとのHIC本数に案分する。
 - ✓ 2014年度およびその前後は他の期間に比べて線量率の変化が大きいことから、保管本数からの案分数よりも多めに分析し、性状の違いの有無について情報を得るようにする。
 - ✓ 炭酸塩について、既設と増設との割合は、発生量に合わせて1 : 1を目安とする。

- 下記について補強を図っていく。実施場所と分析数を調整中
 - ✓ 放射能濃度：C-14、I-129、等の長半減期核種、α核種、など
 - ✓ 化学組成・物理性状：固化に影響する物質の有無（塩化物イオン、硫酸イオン、等）、処理可能な性状の範囲、埋設環境下での安定性評価に資する条件

- 候補技術の絞り込みでは、固化に影響する因子（化学成分など）の有無、設備の補器類（排ガス系など）への影響、二次廃棄物などへの対応の見直しなどを確認する。ALPSの処理対象では、固化に影響する可能性がある海水起源の塩類などが時系列的に増す方向ではないことから、現状のスラリーおよび処理対象水のデータに基づく推定評価と数点の追加分析に注力することで、確認可能と考える

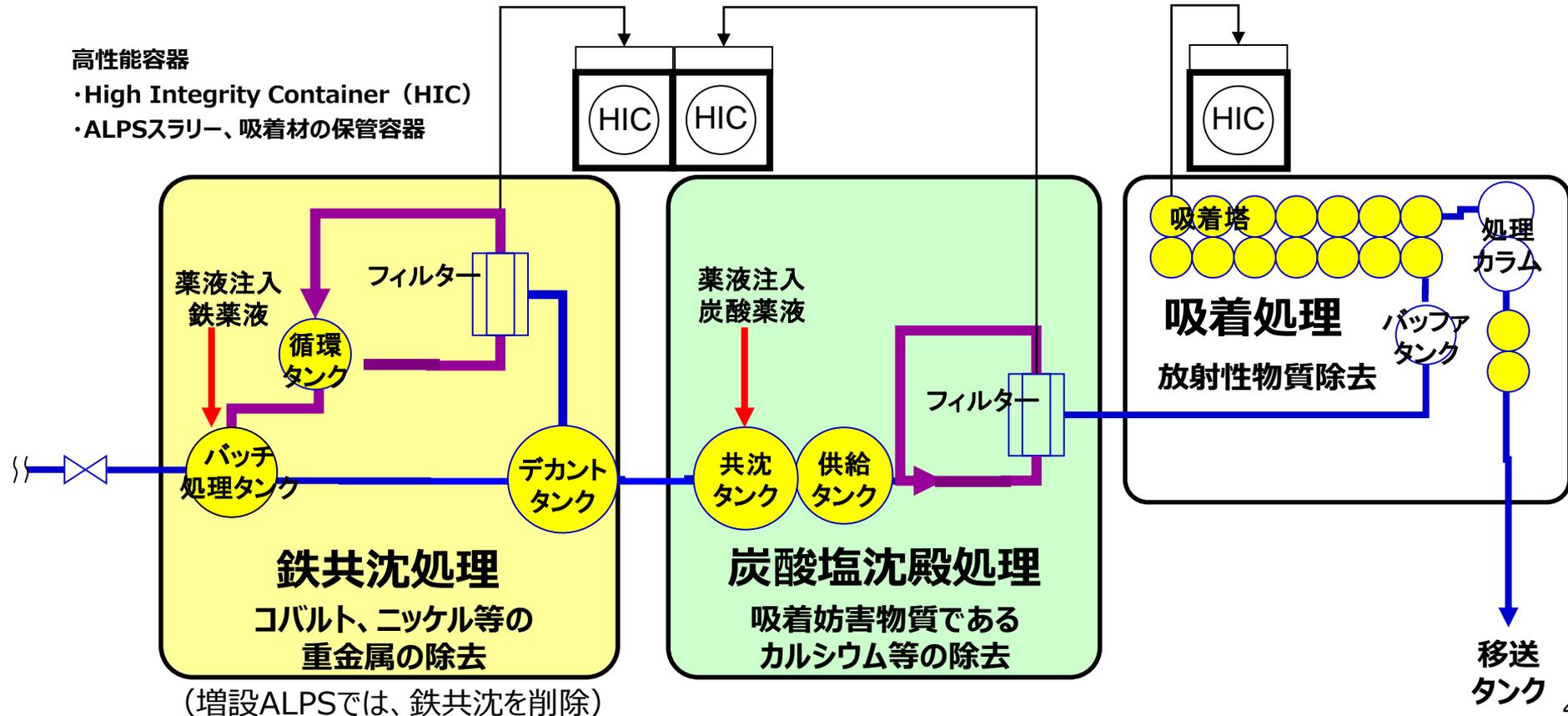
- その先の技術選定については、固化物の検認（核種組成・濃度など）方法、固化にあたっての減容性や二次廃棄物への対応、設備規模と内容（廃棄物のハンドリングや被ばく対策も考慮した設計）などを検討する必要がある。このため、検討に必要なデータを積み上げていく必要がある。

A L P Sスラリーの発生・保管状況、分析状況、性状
および、サンプリング対象選定の考え方

ALPS処理工程とスラリーの生成

- ALPS入口にて、沈殿形成及びろ過により重金属や吸着妨害物質を除去
- ろ過に伴って濃縮された凝集物が発生（鉄共沈スラリー、炭酸塩スラリー）
- スラリーは高性能容器（HIC）に回収し、保管中
- 鉄共沈スラリーにはCo-60、Sr-90など、炭酸塩スラリーにはSr-90などが含まれる

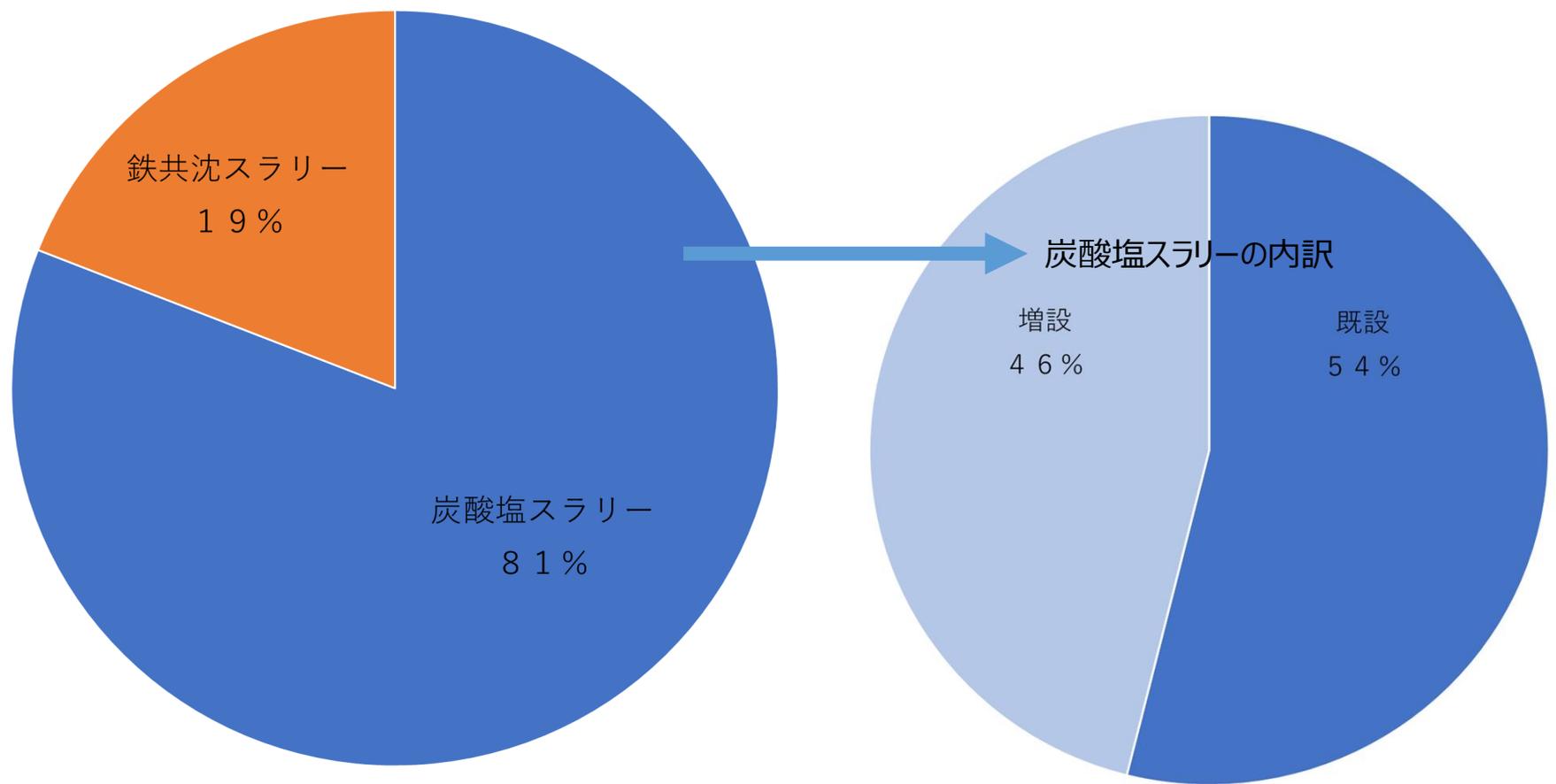
(ALPS処理工程)



保管HICの本数割合

炭酸塩スラリー：鉄共沈スラリー = 8：2

うち炭酸塩は、既設ALPS：増設ALPS = 1：1



スラリーの発生年度別 保管容器数と分析数 (2023年度末)

- 炭酸塩・鉄共沈とも2014、2015年度の割合が多く、概ね半数程度を占める
- 初期のものは比較的線量が高いこともあり、これらから分析してきた
- 一方、他年度の合計量も概ね半数となる

発生年度	炭酸塩スラリー						鉄共沈スラリー		
	既設ALPS			増設ALPS			既設ALPS		
	保管HIC (体)	炭酸塩全数に対する割合(%)	分析済 (試料)	保管HIC (体)	炭酸塩全数に対する割合(%)	分析済 (試料)	保管HIC (体)	保管数の割合(%)	分析済 (試料)
2013	108	5.4	1	-	-	-	24	5.1	1
2014	280	14.0	2	127	6.3	5	124	26.6	4
2015	273	13.6	2	416	20.7	2	82	17.6	未
2016	92	4.6	未	50	2.5	1	48	10.3	未
2017	96	4.8	未	55	2.7	未	34	7.3	未
2018	59	2.9	未	73	3.6	未	28	6.0	未
2019	47	2.3	未	51	2.5	未	22	4.7	未
2020	64	3.2	未	57	2.8	未	30	6.4	未
2021	29	1.4	未	17	0.8	未	34	7.3	未
2022	9	0.4	未	35	1.7	未	18	3.9	未
2023	23	1.1	未	45	2.2	未	23	4.9	未
(計)	1080体	54%	5試料	926体	46%	8試料	467体	100%	5試料

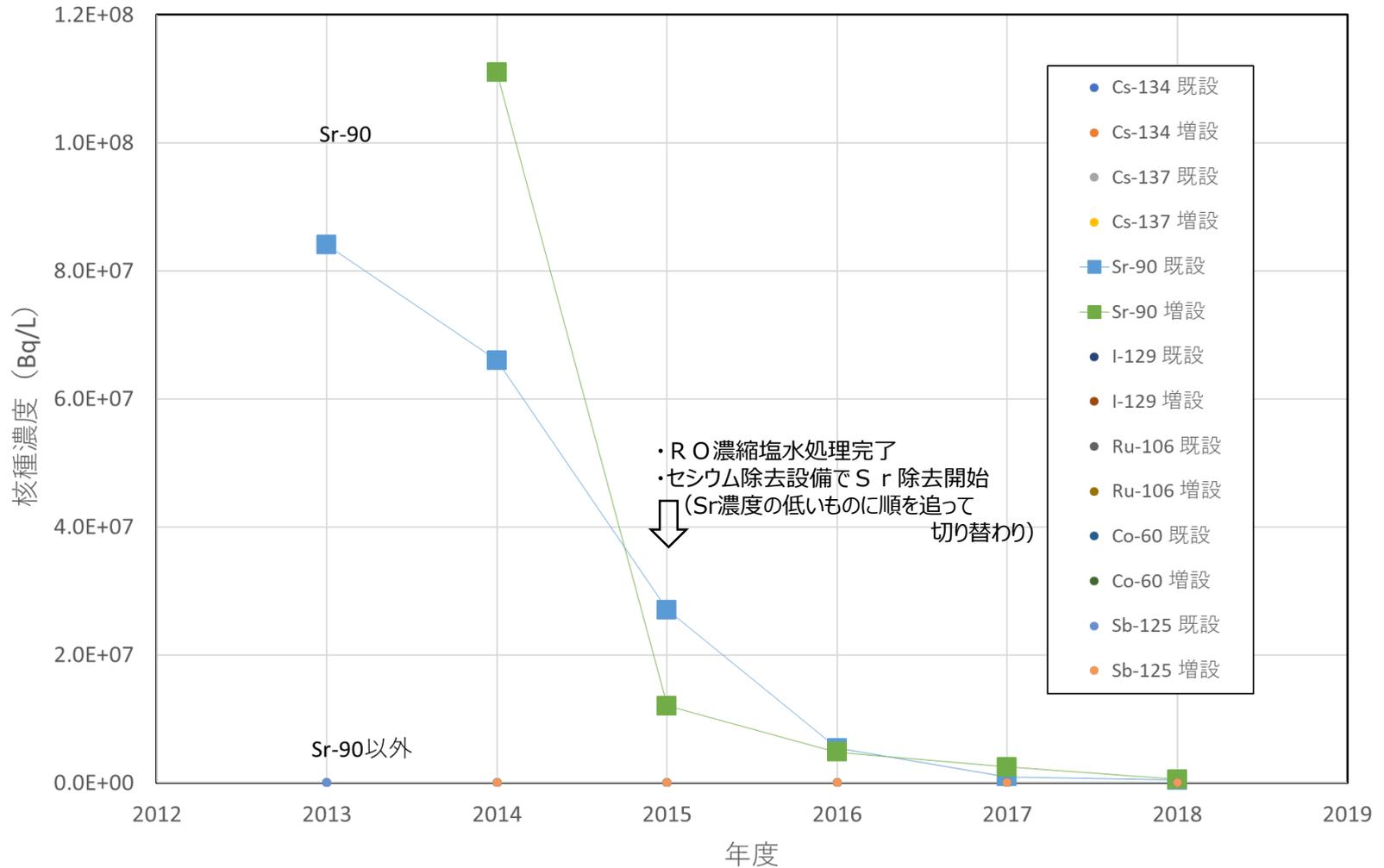
55%

44%

注1：%数の合計値は、端数処理の影響で小数点以下のずれがある

注2：分析済の内容は核種濃度測定主体であり、固化検討には別項目の分析が必要

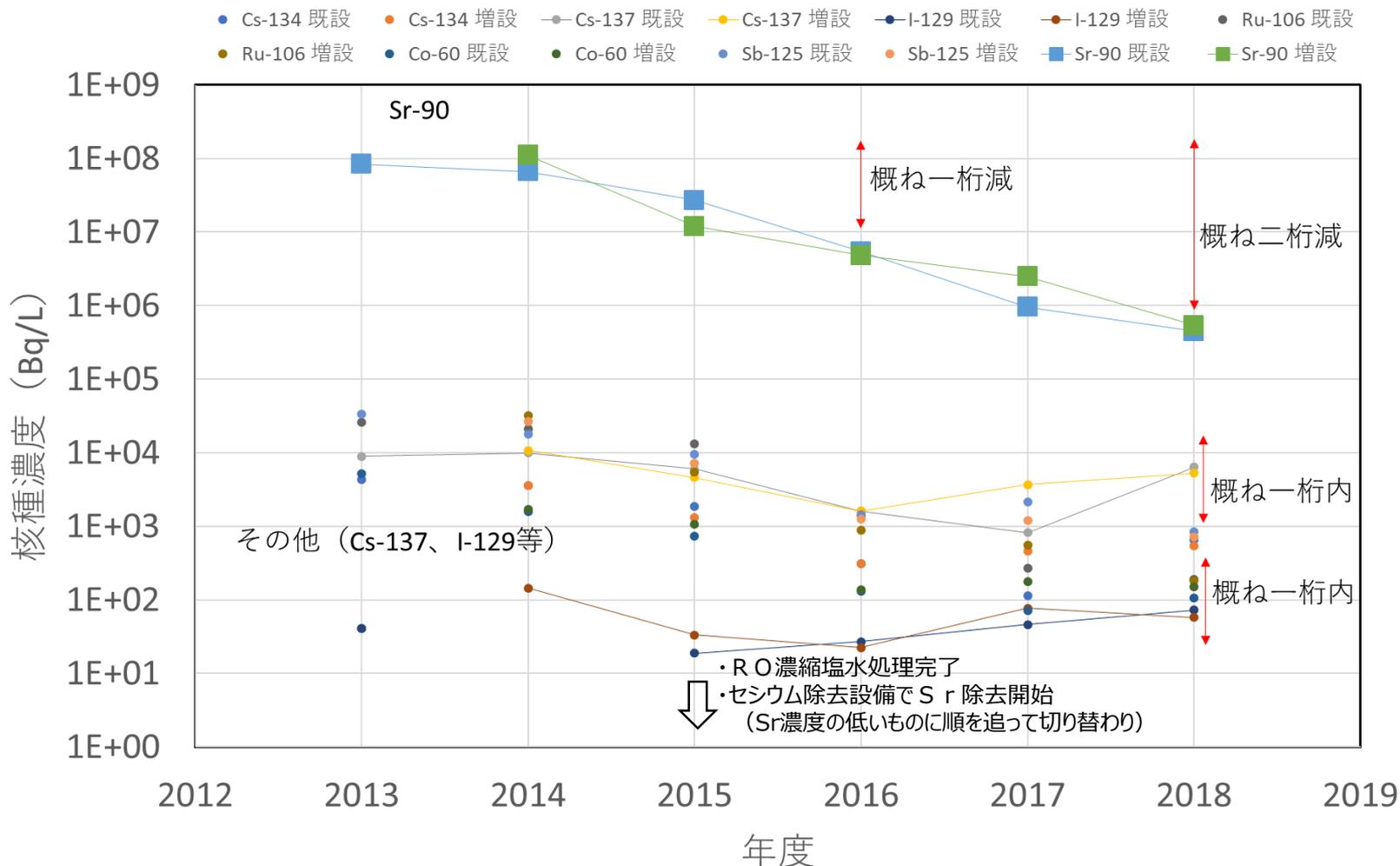
入口水の核種濃度は、時期に応じて異なる



* ALPS入口水の発生時期と核種濃度 縦軸通常表記

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/010_haifu.html
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) -配布資料 に記載の数値を基に作成

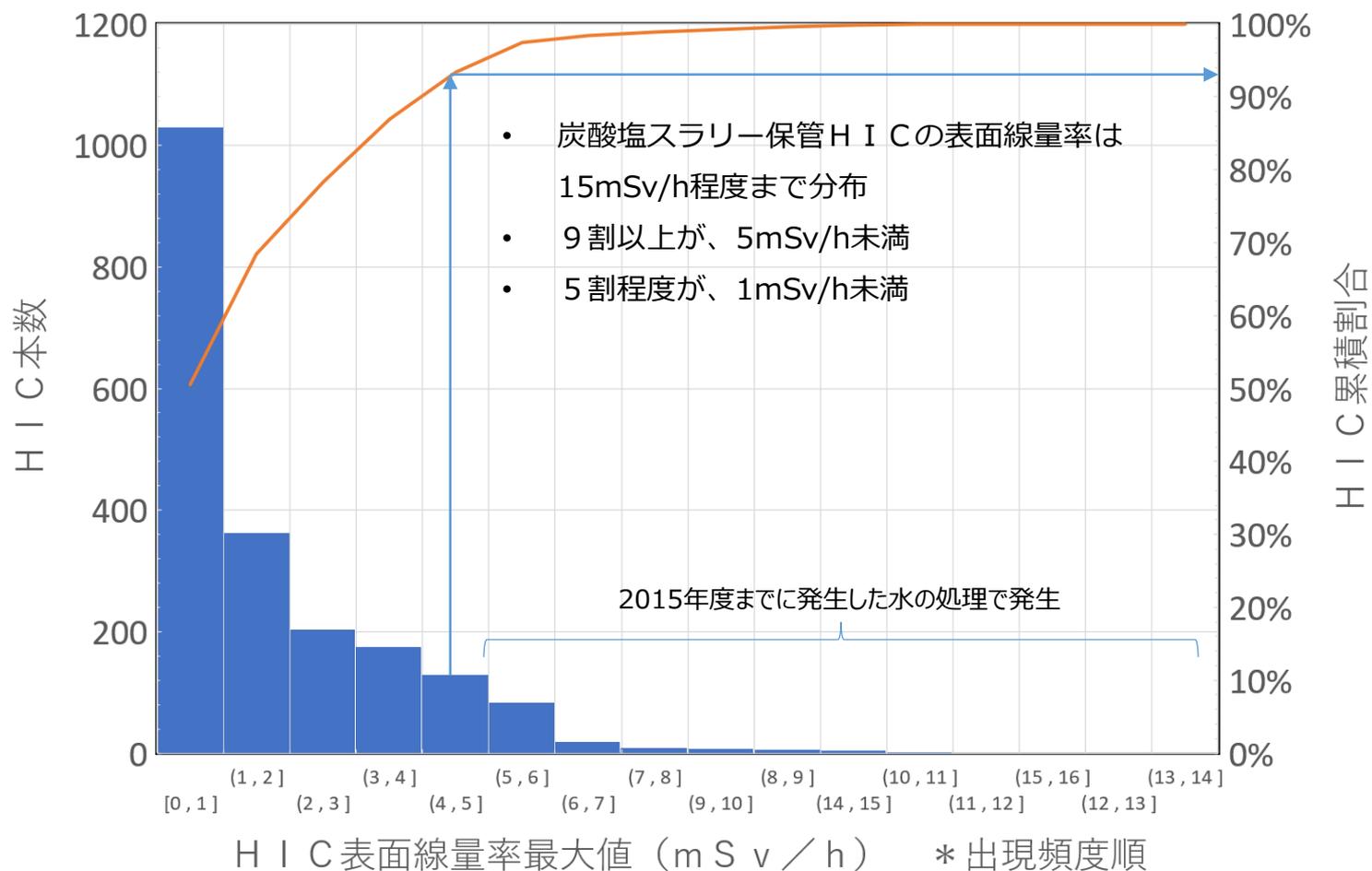
入口水の核種組成（特にSr-90とその他の核種との存在割合）は、時期に応じて異なる
 （スラリーの核種組成は、時期について網羅的に分析が必要）



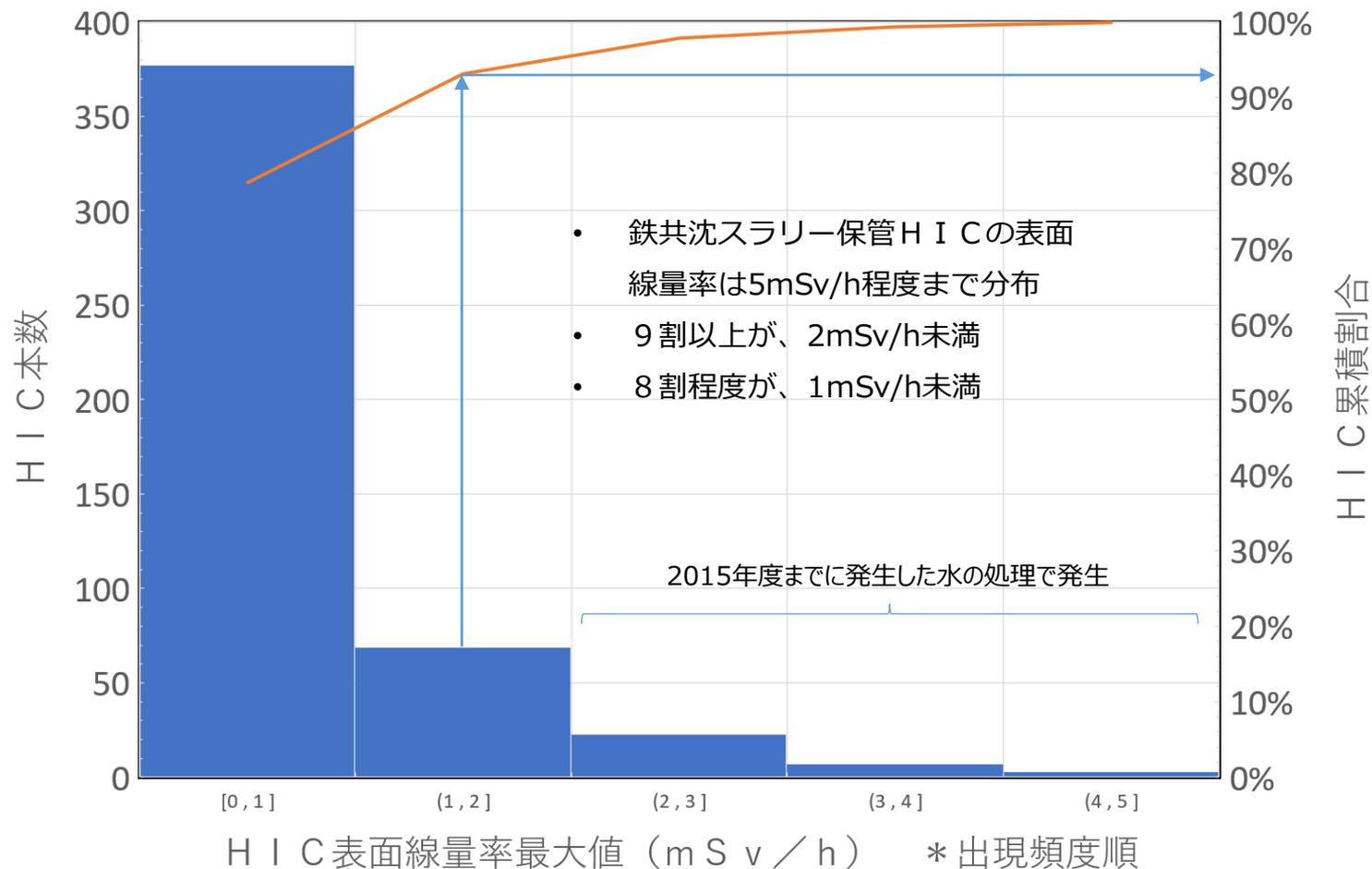
* ALPS入口水の発生時期と核種濃度 縦軸対数表記

https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committee/takakusyu/010_haifu.html
 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）-配布資料 に記載の数値を基に作成

- 保管H I Cの多くは比較的線量率が低いもの。
- ✓ 低線量側も性状を確認する必要がある



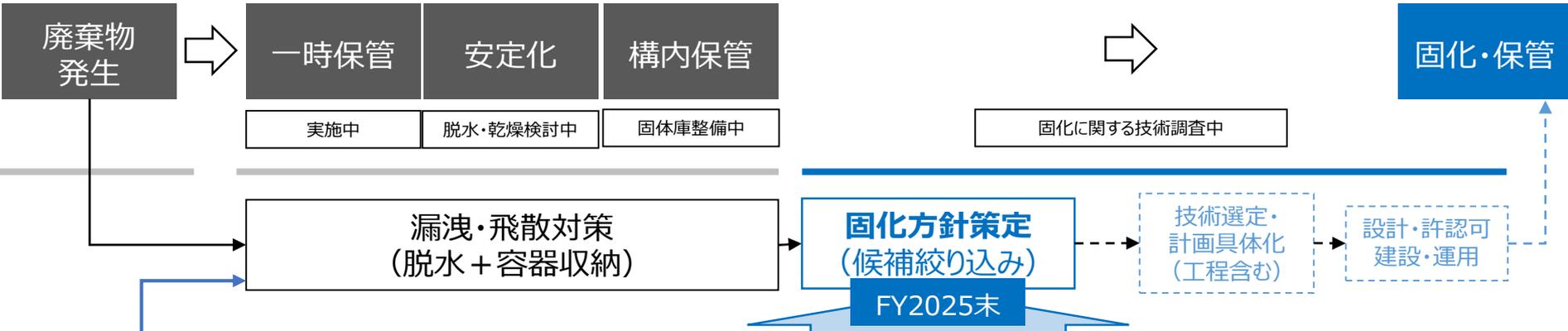
- 保管H I Cの多くは比較的線量率が低いもの。
- ✓ 低線量側も性状を確認する必要がある



- 線量率と時系列の範囲を網羅するように、採取対象を選定する。
 - ✓ ALPS入口水の性状は、滞留水の組成の時系列的な変化の影響を概ね受けていると思われる。そこで発生年ごとに分析することとし、分析数は、基本的には年ごとのHIC本数に案分する。
 - ✓ 2014年度およびその前後は他の期間に比べて線量率の変化が大きいことから、保管本数からの案分数よりも多めにサンプリングし、性状の違いの有無について情報を得るようにする。
 - ✓ 炭酸塩について、既設と増設との割合は、発生量に合わせて1 : 1を目安とする。

A L P S スラリーの当面の分析計画について

水処理二次廃棄物の固化方針検討の手順と内容



- 性状確認
- ・物量
 - ・化学的性状
 - ・物理的性状
 - ・核種組成・濃度

性状確認は、必要に応じて繰り返し実施

適用範囲の広い固化方法で、敷地の逼迫・固化設備多数化に伴うリスクを回避

検討の手順	内容
① 固化への要求事項を想定	要求事項を想定して、検討に必要なデータを抽出
② 技術適用性確認	各種の技術が要求事項を満たす可能性を検討 ・常温処理 (セメント、AAM、他 (圧縮など)) ・中温処理 (リン酸セラミックス) ・高温処理 (ガラス化技術)
③ 適用可能性のある技術を絞り込み	適用可能性のある技術を比較 (以下は、観点の例) ・処理可能な性状の範囲 (化学的性状) ・処理可能量 (廃棄物全体のどの程度か) ・処理後の性状 (固化への要求との対応) ・二次廃棄物 (量、処理の容易さ) ・固化体の核種閉じ込め性 ・廃棄確認方法 ・減容性 ・実用化レベル ・技術供給体制 ・運用開始までのリードタイム など

- 固化技術について、廃棄物に含まれる成分の影響が知られている
 - セメント固化
 - ✓ 塩化物イオン : 固化不良
 - ✓ 硫酸イオン : 結晶生成・成長による膨張・ひび割れ
 - ✓ Na、K : 混錬段階の急結（炭酸塩形態）
 - ✓ Mg、Ca : MgによるCa溶出促進
 - ✓ pH : 酸性側での固化不良
 - 熱処理（ガラス化）
 - ✓ 塩化物、他 : 非ガラス相形成
 - ✓ ガラス形成成分 : ガラス組成変動
 - ✓ 金属元素 : 金属層形成

- 要求事項の概要を想定し、それらの充足性の検討に必要なデータを整理した

項目 観点	固化への要求事項（想定）	要求事項の充足性の検討に必要なデータ
放射能・核種組成	<ul style="list-style-type: none"> • 廃棄体の処分区分が決定できる • 核種インベントリが決定できる • 線量率制限に対応できる 	<ul style="list-style-type: none"> • 難測定核種濃度（C-14、I-129、など） • 線量率の大半を占める核種の濃度 • 各核種の濃度の相関性
化学性状	<ul style="list-style-type: none"> • 固化を阻害する成分が含まれない • 固化後の保管中に、結晶形成による体積膨張でひび割れを起こす、などの物質を含まない • 排ガス・排水処理で対応しきれない成分が含まれない • 可燃性、爆発性、腐食性、ガス発生性、毒性、などを有する物質を含まない • 期待しない核種移行を促進する、長期的に対策が必要となるようなガスを発生する、などの物質を含まない 	<ul style="list-style-type: none"> • 共通の事項 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 含水割合・固形分濃度、化学組成（固相、液相）、pH（液相） • セメント固化への影響などに関連して着目する事項 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 塩化物イオン（固化阻害） ✓ 硫酸イオン（体積膨張） ✓ B（固化遅延） ✓ Na・K（炭酸塩形態で処理中に急結） ✓ Mg/Ca比（埋設後の安定性） ✓ pH（固化阻害） ✓ 有機物量（固化遅延）、など • 高温固化への影響などに関連して着目する事項 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 塩化物、他の塩類（相分離） ✓ ガラス形成成分（融点変動、相分離など） ✓ 金属元素（金属層形成など） • 圧縮、無固化などに関連して着目する事項 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 有機物の有無（長期的影響）、など
物理性状	<ul style="list-style-type: none"> • 保管中に必要な機械的強度を維持できる • 保管中に形態が損なわれない 	<ul style="list-style-type: none"> • 比重、粒度分布、粘度（混練・混合への影響） • 固化物の比重、機械的強度、空隙率 など

	必要なデータ	固化方針の策定に反映するデータ	
		データから推定・模擬試料測定 (補助事業、他)	実試料測定
核種組成	<ul style="list-style-type: none"> 難測定核種の濃度 測定可能な核種の濃度 など 	<ul style="list-style-type: none"> Sr-90 Cs-137 α核種 他 	(実施可能な項目を確認中) <ul style="list-style-type: none"> C-14、I-129、Tc-99、Se-79、α核種、他
化学性状	(固化の阻害などの観点) <ul style="list-style-type: none"> 固相の定性 pH (液相) 化学組成・特性 ✓ 塩化物イオン ✓ 硫酸イオン ✓ Na、K a ✓ Mg/C a比 ✓ ガラス形成成分の濃度 ✓ 処分に適さない物質の有無 など 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水処理関連データから推定 化学組成・特性 ✓ 塩化物イオン ✓ 硫酸イオン ✓ Na、K ✓ Mg/C a比 ✓ ガラス形成成分 (Si、Al、B 他) 濃度 ✓ pH (液相) など 	(実施可能な項目を確認中) <ul style="list-style-type: none"> 固相の定性 (化学組成、結晶相 他) pH (液相) 化学組成 ✓ 塩化物イオン ✓ 硫酸イオン ✓ Na、K ✓ Mg/C a比 ✓ ガラス形成成分 (Si、Al、B 他) 濃度 ✓ 有機物 (TOC) など
物理性状	<ul style="list-style-type: none"> 含水割合、固形分濃度 比重、粒度分布、粘度 固化物の比重、機械的強度、空隙率 など 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 模擬試料測定から推定 含水割合、固形分濃度 比重、粒度分布、粘度 固化物の比重、機械的強度、空隙率 など 	(実施可能な項目を確認中) <ul style="list-style-type: none"> 含水割合、固形分濃度 比重、粒度分布、粘度 など

固化技術に関する知見を反映し更新していく

データを収集・推定し、更新していく

実施場所、分析数、分析項目を調整中

- 下記について補強を図っていく。実施場所と分析数を調整中
 - ✓ 放射能濃度：C-14、I-129、等の長半減期核種、α核種、など
 - ✓ 化学組成・物理性状：固化に影響する物質の有無（塩化物イオン、硫酸イオン、等）、処理可能な性状の範囲、埋設環境下での安定性評価に資する事柄
- 候補技術の絞り込みでは、**固化に影響する因子（化学成分など）**の有無、設備の補器類（排ガス系など）への影響、二次廃棄物などへの対応の見通しなどを確認する。ALPSの処理対象では、固化に影響する可能性がある海水起源の塩類などが時系列的に増す方向ではないことから、現状のスラリーおよび処理対象水のデータに基づく推定評価と数点の追加分析に注力することで、確認可能と考える
- **その先の技術選定**については、固化物の検認（核種組成・濃度など）方法、固化にあたっての減容性や二次廃棄物への対応、設備規模と内容（廃棄物のハンドリングや被ばく対策も考慮した設計）などを検討する必要がある。このため、検討に必要なデータを積み上げていく必要がある。

ALPSスラリー 分析計画（状況を反映して見直し、更新する）

マイルストーン（仮）	分析数（仮）：試料準備数と分析施設対応可能数とで調整し見直す									
	～2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
			▼分析計画策定	▼固化方針策定（候補技術の絞り込み）			▼固化技術選定			
				複数候補の技術実証等			技術選定・設計検討			▼固化施設設計開始
炭酸塩スラリー（既設）	5	2	2	4	4	4	8	8	8	
鉄共沈スラリー（既設）	5	2	2	4	4	4	8	8	8	
炭酸塩スラリー（増設）	8	2	2	4	4	4	8	8	8	
合計	18	6	6	12	12	12	24	24	24	

実施場所、分析数、分析項目を調整中

HICからの採取

（安定化処理（脱水）前のスラリー）

安定化処理ラインからの採取

（固化前の廃棄物）

- 水処理二次廃棄物については、ALPSスラリーを中心として、漏洩・飛散防止対策を講じるとともに、将来の固化について検討を進めてきた
- 固化処理方針の策定に反映する、当面の、ALPSスラリーの分析対象選定の考え方と分析項目を整理した
- 引き続き、データ整備と分析試料の準備を継続し、固化方針の検討を進める

■ 線量率と時系列の範囲を網羅するように、採取対象を選定する。

- ✓ ALPSスラリーの性状は、ALPS入口水の組成の時系列的な変化の影響を概ね受けていると思われる。そこで発生年ごとに分析することとし、分析数は、基本的には年ごとのHIC本数に案分する。
- ✓ 2014年度およびその前後は他の期間に比べて線量率の変化が大きいことから、保管本数からの案分数よりも多めにサンプリングし、性状の違いの有無について情報を得るようにする。
- ✓ 炭酸塩について、既設と増設との割合は、発生量に合わせて1 : 1を目安とする。

■ 下記について補強を図っていく。実施場所と分析数を調整中

- ✓ 放射能濃度：C-14、I-129、等の長半減期核種、α核種、など
- ✓ 化学組成・物理性状：固化に影響する物質の有無（塩化物イオン、硫酸イオン、等）、処理可能な性状の範囲、埋設環境下での安定性評価に資する条件

■ 候補技術の絞り込みでは、固化に影響する因子（化学成分など）の有無、設備の補器類（排ガス系など）への影響、二次廃棄物への対応の見通しなどを確認する。ALPSの処理対象では、固化に影響する可能性がある海水起源の塩類などが時系列的に増す方向ではないことから、現状のスラリーおよび処理対象水のデータに基づく推定評価と数点の追加分析に注力することで、確認可能と考える

■ その先の技術選定については、固化物の検認（核種組成・濃度など）方法、固化にあたっての減容性や二次廃棄物への対応、設備規模と内容（廃棄物のハンドリングや被ばく対策も考慮した設計）などを検討する必要がある。このため、検討に必要なデータを積み上げていく必要がある。

以上