

水処理二次廃棄物の固化処理に関する 検討方針について

2023年12月4日

TEPCO

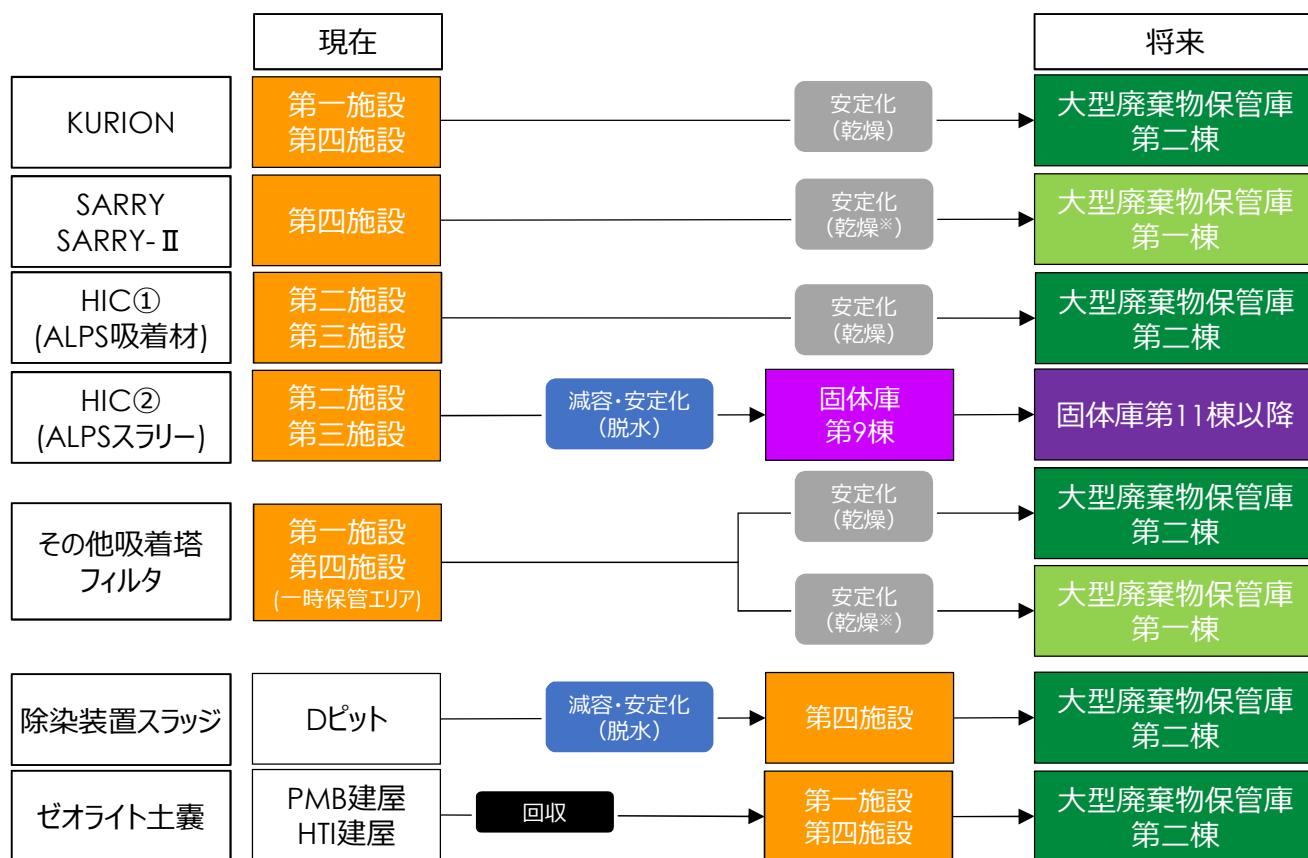
東京電力ホールディングス株式会社

基本方針（水処理二次廃棄物全体）

(1) 保管管理方針

全ての水処理二次廃棄物について、保管リスクの更なる低減を図るため建屋内保管への移行を進める。

- **乾燥・脱水等の水分除去により、保管中の腐食・漏洩リスクを解消し長期安定保管を期す。**
- 継続的に発生し、且つ保管容積の大きいHIC②は、建屋内保管移行前に減容処理を行う。
- 後工程（容器からの取出し、固化前処理、固化処理、空容器処理等）で困らないように配慮した保管形態とする。

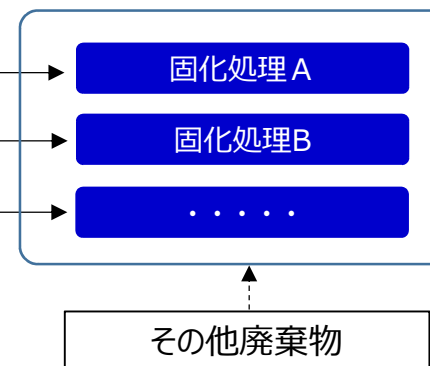


※：リスク低減に資する場合保管庫格納を先行する。

(2) 固化処理方針

廃棄体化を念頭に置いた固化処理方法を検討する。

- **瓦礫等も含めて、施設共用化を指向した合理的な固化処理方針を策定する。**
- 各廃棄物の性状把握を進め、固化に対する要件の明確化を図る。
- **2025年度中に対応方針・計画を策定し、計画に基づき技術開発、設計等を進める。**



保管に係る方針（水処理二次廃棄物全体）

- ALPSスラリーを含め、全ての水処理二次廃棄物について、保管リスクの更なる低減を図るため建屋内保管への移行を進める。
- 保管場所確保、保管上のリスクの観点から対策実施の優先順位を設定し、対策を講じる。ALPSスラリー、ALPS吸着材、除染装置スラッジが上位となる。
- 対策は、乾燥・脱水等の水分除去を行うことで、保管中の腐食・漏洩リスクを解消（スラリーに関しては減容）し、安全かつコンパクトに保管が継続できる状態に移行させる。

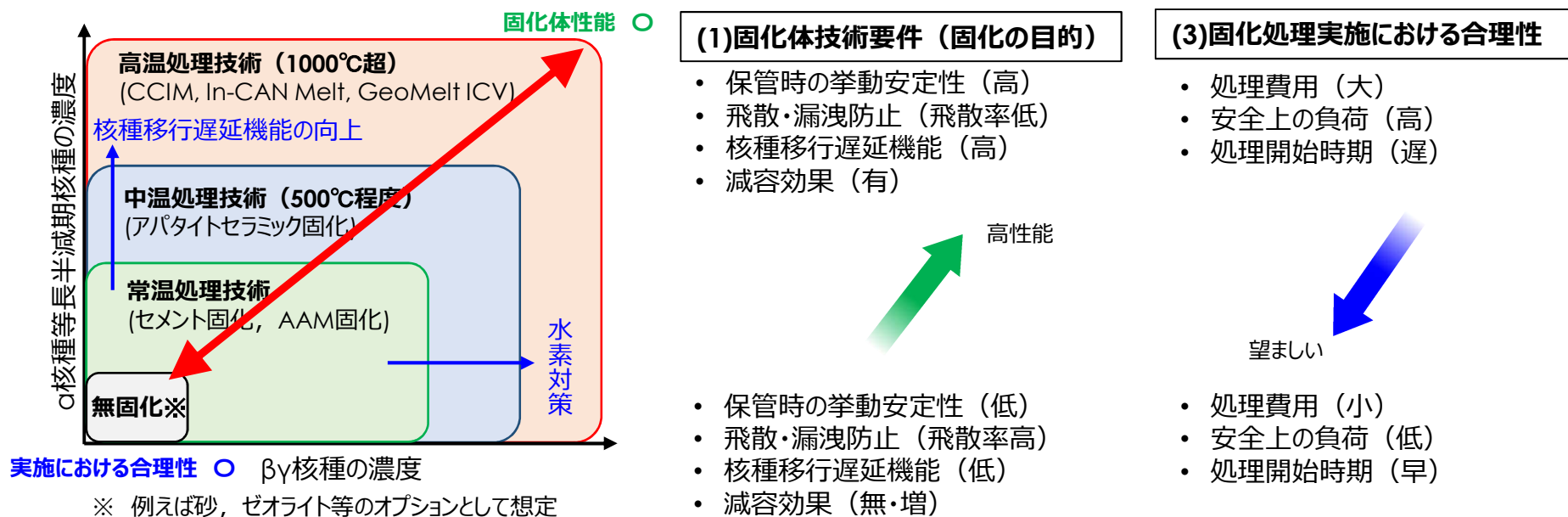
表 保管対策実施の優先順位

廃棄物種類	保管場所確保			保管上のリスク			その他	対応の優先度
	発生量		保管容量裕度	放射能インベントリ	性状	津波流出リスク		
	22年度末保管数	うち22年度追加発生数						
KURION	779	0	○	大	固体	○		1.5
SARRY	257	9	○	大	固体	○		1.5
SARRY-II	17	5	○	大	固体	○		1.5
モバイル系	38	0	○	中・小	固体	○	休止設備	0.5
高性能ALPS	111	7	○	中	固体	○		0.5
モバイルKURION	99	0	○	中	固体	○	休止設備	0.5
サブドレン等浄化	48	3	○	小	固体	○		0.5
使用済燃料プール浄化	11	0	○	小	固体	○		0
既設ALPS処理カラム	17	0	○	小	固体	○		0.5
既設・増設ALPS吸着材	545	31	△ ¹⁾	中	固体	○	水処理継続に影響 ¹⁾	4
既設・増設ALPSスラリー	3616	157	△ ¹⁾	中	スラリー状	○	水処理継続に影響 ¹⁾	5
濃縮廃液スラリー	約100m ³	0	○	大	スラリー状	○	今後フィルタープレスで脱水	2
除染装置スラッジ	約37m ³	0	○	大	スラッジ状	△	8.5m盤建屋地下貯槽 ¹⁾ に残存	4
ゼオライト土嚢等	約41.5t	0	○	大	固体 ²⁾	△	8.5m盤建屋地下に残存	3.5

このほか、インベントリ小の高性能ALPS検証試験装置、5/6号浄化ユニットの使用済み吸着塔が少量あり。 ■：重要(+1) ■：要注意(+0.5)
 1)ALPSスラリー安定化処理開始に伴い逼迫リスク解消 2)土嚢袋に劣化が認められる。

固化処理に係る方針（水処理二次廃棄物全体）

- 水処理二次廃棄物を含む廃棄物の固化処理については、下記を考慮して処理方法を決定する。対象廃棄物の特性から要求される技術要件を充足しうる範囲において、固化処理実施の観点から合理的な技術を選択する（図左下側を指向する）。
 - 固化体に求められる技術要件を満足すること（廃棄体要件，設計・評価上の要件等）
 - 固化処理が可能であること（処理技術に対する廃棄物の適合性）
 - 固化処理実施における合理性を有すること（費用，安全上の負荷，処理開始時期等）



- 分析対象核種：Mn-54, Co-60, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Sb-125, Cs-137, Eu-152, Eu-154, U-234, U-235, U-236, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-239+240, Pu-240, Pu-241, Pu-242, Am-241, Cm-244
(下線の核種はND)

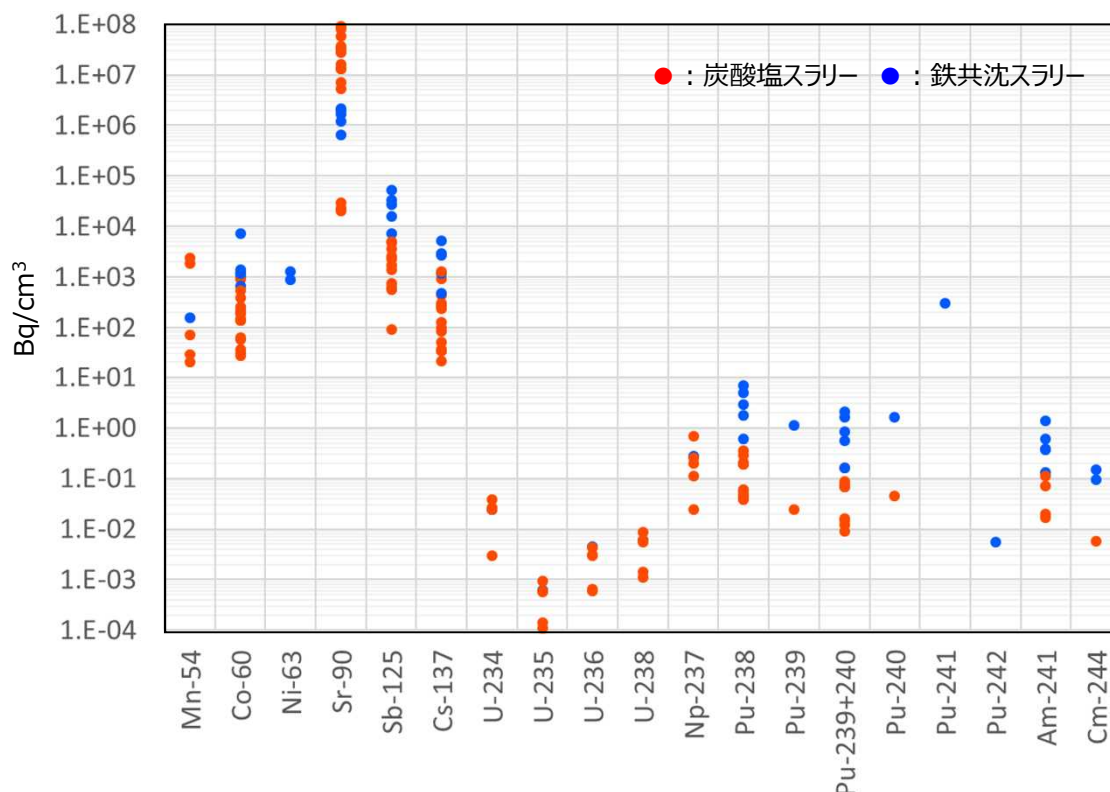


図 ALPSスラリー分析結果(FRAnDLi)

ALPSスラリーの性状（推定）を踏まえると、高温処理技術が必要となる可能性は低いと考えられる。そのため、ALPSスラリーをターゲットとした固化技術の開発は、常温・中温固化（セメント・AAM固化、アパタイトセラミック固化）を対象に進めている。

1)炭酸塩スラリー

- 放射線学的特性
 - Sr-90の放射能濃度が高い。バラツキは4桁程度。
 - C-14, I-129等の放射能濃度は取得されていない。
- 物理的・化学的特性
 - 白色・粘性のある液体状。
 - 平均粒子径3.6~7.4μm, 最大粒子径23.2~29.4μm。
 - 含水比は90%前後。個体差がある。
 - 元素分析の結果より、海水・地下水成分と考えられるCa・Mgが主要な成分。炭酸塩成分, 水酸化物成分が主体と推定される。主要成分はCaCO₃・Mg(OH)₂の形態で存在していると推定される。
 - pH: 11~12程度

2)鉄共沈スラリー

- 放射線学的特性
 - 炭酸塩スラリーに比べ、Sr-90の放射能濃度は低い。α核種の放射能濃度が高い。
 - C-14, I-129等の放射能濃度は取得されていない。
- 物理的・化学的特性
 - 茶褐色・粘性のある液体状。粒子を形成しない軟泥状。
 - 含水比は90%前後。個体差がある。
 - 元素分析の結果より、共沈材である水酸化鉄が主要な成分と推定される。Co, Zn, Ti等の遷移金属元素を含んでいる。水酸化物成分が主体と推定される。主要成分はFeO(OH)・H₂Oの形態で存在していると推定される。
 - pH: 不明

セメント固化技術の開発状況・見通し

- ALPSスラリー（炭酸塩スラリー・鉄共沈スラリー）を対象とした常温固化技術として、[セメント](#)、[AAM固化技術の開発](#)を進めている。固化方法については①均一固化，②充填固化を想定。

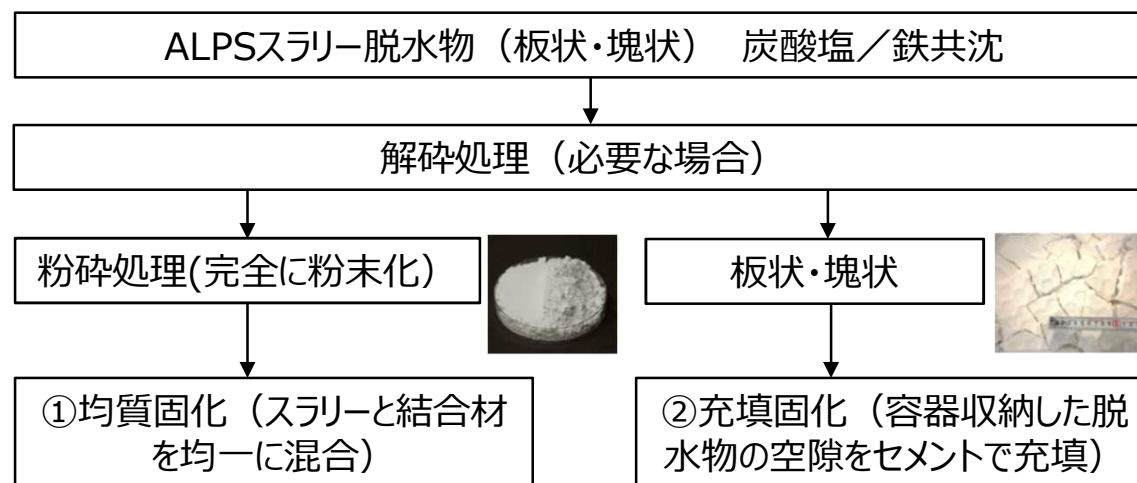


図 想定したALPSスラリーの固化方法

- 配合条件，スラリーの充填率の設定，スケールアップの影響確認，実規模試験を実施しており，セメント固化技術の開発は着実に進んでいる。
- スケールアップに伴い急結・白華などの現象が確認されるなど課題が抽出されている。現在，原因の解明，対策の具体化を進めている。
- 実スラリーの性状を踏まえ適切な対策（例えば急結に対しては，配合設計やインドラム方針を選択するなど）を講じることで，課題は解決可能であると考えている。
- 有効な対策を講じるために実スラリーの化学的性状の把握は不可欠であり，ALPSスラリーの分析を実施する予定である。

セメント固化技術のALPSスラリーに対する適用性について

- 現時点におけるセメント固化技術の得失を下記に整理した。
- ALPSスラリーの固化技術としてのセメント固化の適用性は、定性的には良好であると考える。

表 セメント固化技術のメリット

メリット	評価
原子力発電所の運転廃棄物の固化方法として適用されており実績が豊富である（施設の設計・運転等に係るノウハウが蓄積されている）。	有効：設計・運用等のノウハウは活用可能であるが、ALPSスラリー自体の処理は未経験であり、適用範囲は限定される(<u>通常のセメント固化施設に比べて設置に時間を要する可能性がある</u>)。
処理時の安全性が高い（核種の放出等のリスクが低い）	有効
コスト（処理施設、保管容器等）	有効

表 セメント固化技術のデメリット

デメリット	評価
高線量の廃棄物に適用できない	問題なし：照射試験を実施済
固化体による核種移行遅延（低溶出性）が期待できない	問題なし：現時点の知見では、低溶出性は要件とならない可能性が高い。ただし、 <u>C-14,I-129等のデータが取得できておらず分析による確認が必要</u> 。
減容率がガラス溶融等の処理方法に較べて劣る	問題なし：相対的には劣るが、HIC保管に対して減容は可能であり、減容の効果は期待できる。
化学挙動の評価・管理の難しさ	課題あり：炭酸塩スラリーの主成分である炭酸カルシウムとの親和性は高い。一方、炭酸カルシウム、水酸化マグネシウム以外の成分に起因すると推定される問題などが抽出されており、 <u>実スラリーの化学的性状を把握した上で対策を講じる必要がある</u> 。

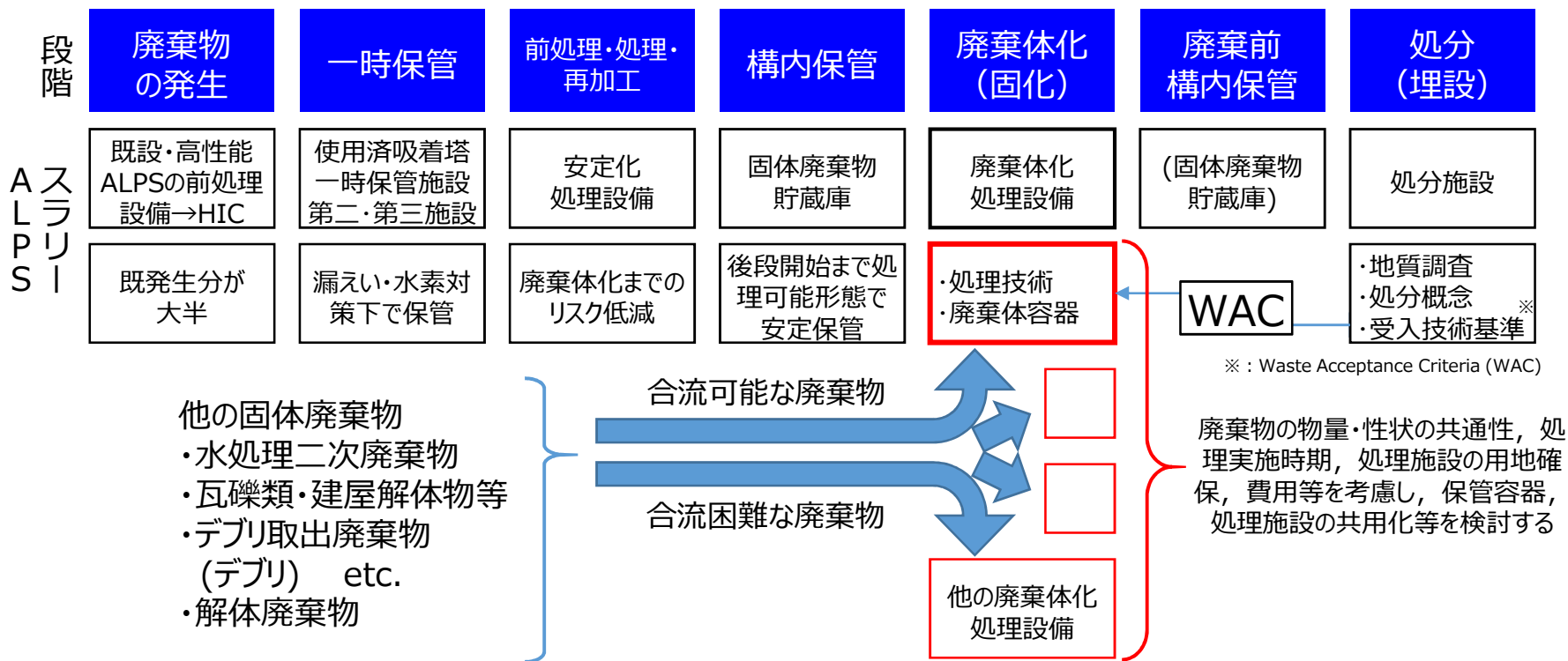
- 高温処理技術は、線量が高く常温固化の適用が難しく、また、無害化・無機化を目的とした熱分解等の処理のニーズを有するKURION/SARRY/SARRY-IIの吸着材を対象に技術開発を進めている。
- なお、高温処理技術によりALPSスラリーの処理も可能であることから、固化処理施設の共用化を視野に入れたオプションとして、高温処理技術のALPSスラリーへの適用性の確認を実施している。

例：KURION/SARRY吸着材（40種類以上、大別すると下記）

- | | | |
|-------------------|---|--|
| a. ゼオライト系 | } | • 鉱物系であり、地下環境下で安定である可能性→固化を必要としない可能性もあるが、現行の埋設規則には適合しないため規則改定が必要。
• 固化処理を行う場合、常温固化は適用が難しい。固化を行う場合にはガラス溶融等の高温処理が候補となる。 |
| b. 銀ゼオライト系 | | |
| c. 珪チタン酸塩系 | | |
| d. 砂 | | |
| e. 活性炭系 | } | • 熱分解による無機化・無害化が必要となる可能性がある。熱分解等の中間処理、ガラス溶融等の高温処理が候補となる。 |
| f. 高分子系 | | |
| g. その他(フェロシアン化物等) | | |

固化処理に係る方針（水処理二次廃棄物全体）

- 水処理二次廃棄物を含め、固化処理を必要とする廃棄物は多様である。各廃棄物の処理方針・処理計画の具体化にあたっては、廃棄物の物量・性状の共通性、固化処理の実施時期、処理施設の用地確保、費用等を踏まえて検討を行う必要がある。
- そのためには、廃棄物の性状の把握、廃棄物ストリームの整理、固化技術に関する知見の蓄積、また、処理施設設置にあたっての用地計画、コスト評価等を実施する必要がある。



固化処理に係る方針（ALPSスラリー）

- ALPSスラリーを対象とした固化処理技術については、引き続き常温・中温固化について検討を進める。
- 特に早期に実現可能であり、実施設として好ましい特性を有し、ALPSスラリーと相性が良いと考えられるセメント固化について優先的に検討を進める。
- 2025年度に、全体を俯瞰した上で候補技術を絞り込み、処理方法決定・許認可に向けた具体の計画及び処理開始までの工程案を作成する（p.11参照）。
- 一方、セメント固化を実施する場合でも、当社固化施設の実績から固化開始までに10年程度の時間を要するものと予想され、また、ALPSスラリー固化が未経験であることを踏まえれば、更に時間を要する可能性も否定できない。その間、脱水体を安全・安定的に保管できることを示す必要がある（説明事項は次項参照）。

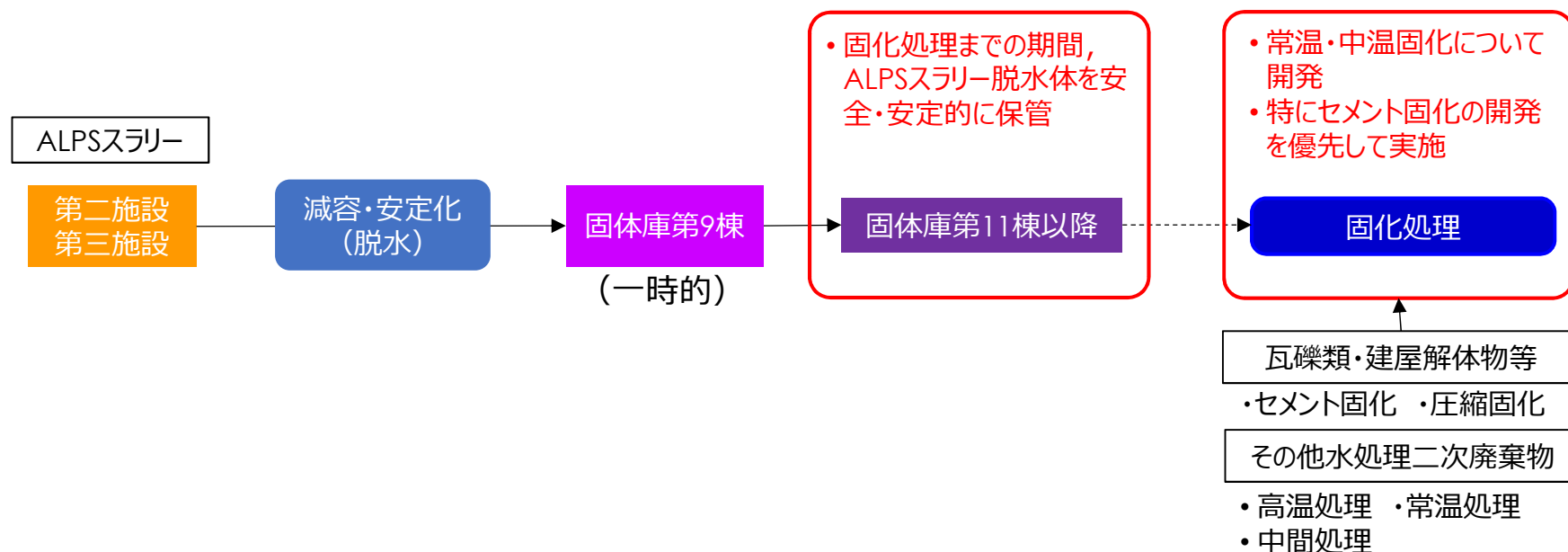


図 ALPSスラリーの保管，固化処理方針について

- ALPSスラリー脱水体の安全・安定的な保管に係る主な説明事項について下記に示す。

□ 脱水物の特性

- ✓ 漏えい・腐食に繋がるような自由水を含まないこと
- ✓ 事故時評価における飛散率の設定

□ 保管容器

- ✓ 密閉構造であること
- ✓ 適切な仕様のフィルタベントを備えること
- ✓ 適切なハンドリング性, 強度を有すること
- ✓ 適切な耐食性, 耐放射線性を有すること
- ✓ 後段において安全に脱水体の取出しが可能なこと
- ✓ 内容物に関する記録管理がなされていること

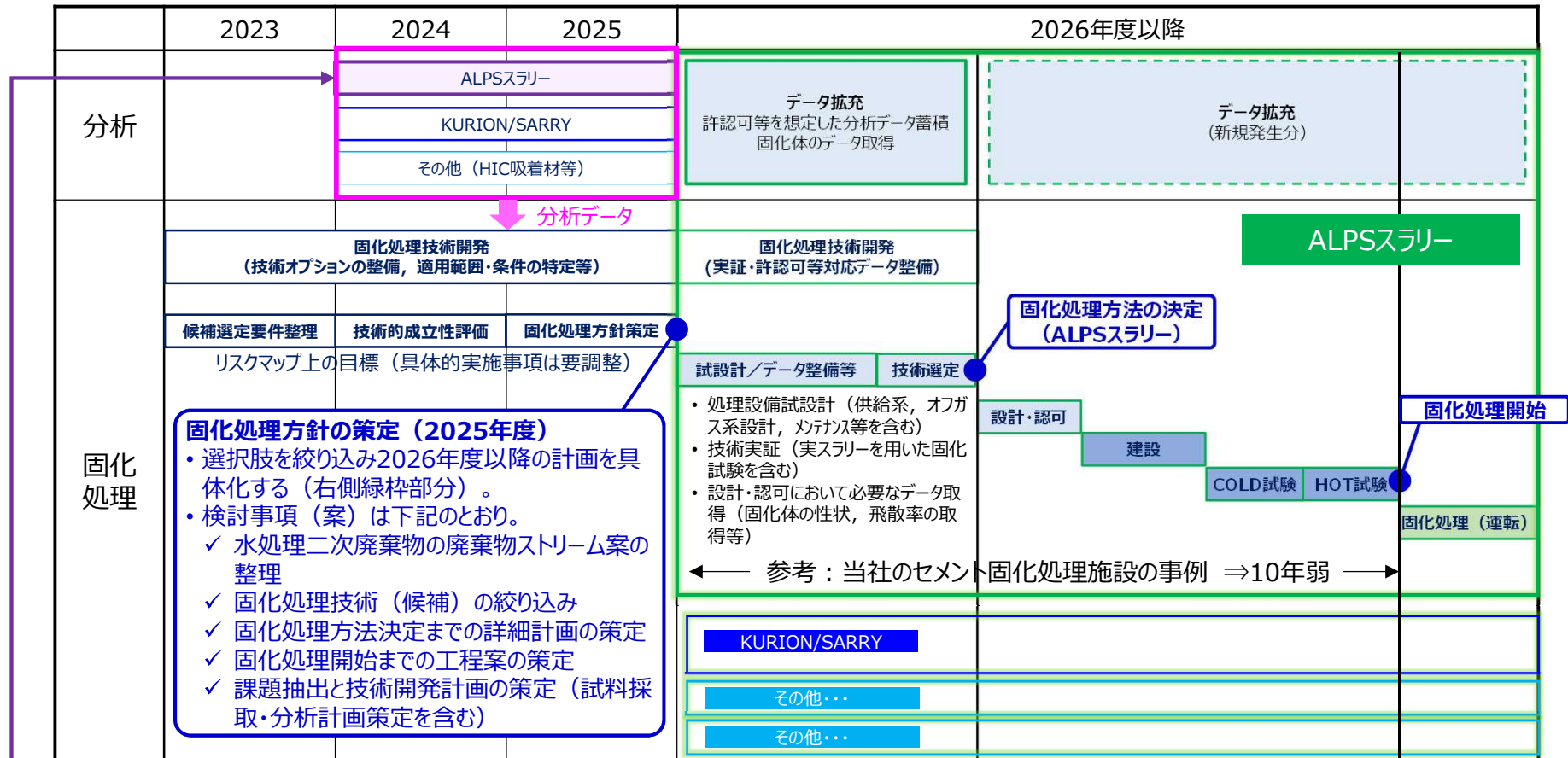
□ 保管施設

- ✓ 適切な耐震性, 水素滞留防止性を有する固体廃棄物貯蔵庫で保管する(建屋, 保管容器支持構造)

2025年度の固化処理方針策定について

- 固化処理実施に向けた検討の進め方及び2025年度の固化処理方針策定の検討事項案について、下記に整理した。

表 固化処理実施に向けた検討の進め方



ALPSスラリーの分析方針（固化処理方針策定に必要なもの）

- 不足していると考えているのは下記の2点。スラリーは、5試料を使って上記の分析をするべく調整中。分析は2024年度予定。
 - a. 処分重要核種のデータ（C-14, Tc-99, I-129等の取得）
 - b. 構成物質の確認（化学的性状）

以上