

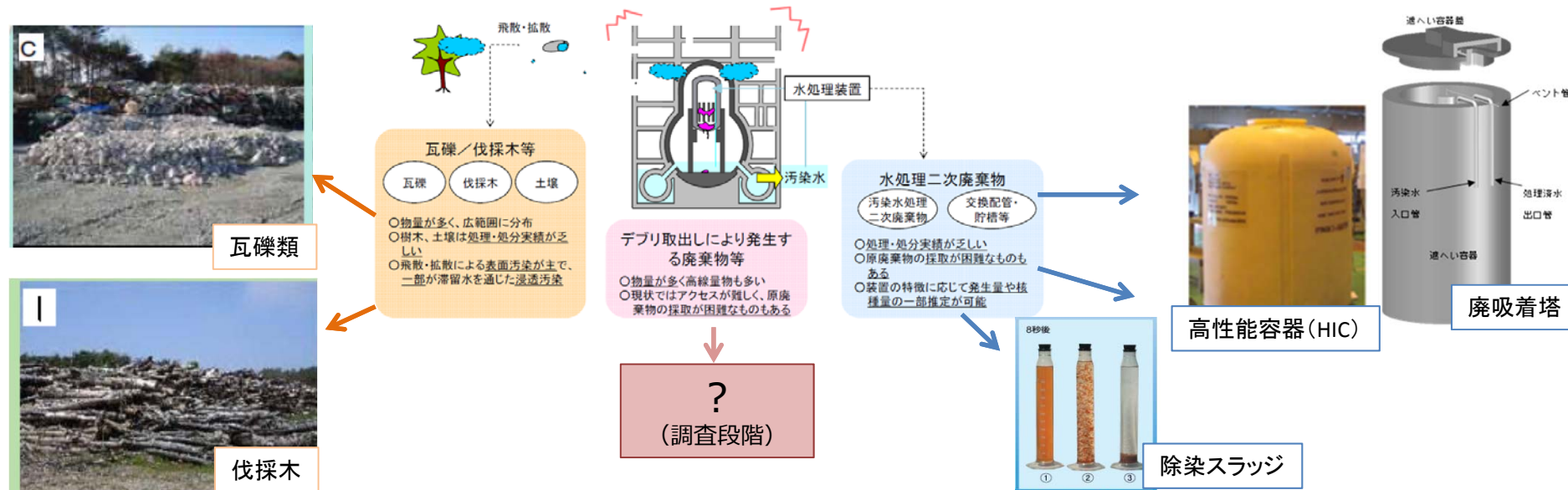
廃炉・汚染水対策事業費補助金 固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発

福島第一原子力発電所 発生廃棄物対策への取り組み ～廃棄物ストリームの検討について～

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東芝エネルギーシステムズ株式会社

廃棄物ストリームの検討 背景

- ✓ 福島第一原子力発電所（以下、1 F）で発生した固体廃棄物は、破損した燃料に由来した放射性物質等の付着、塩分の含有、多量であることなど、従来の原子力発電所で発生していた廃棄物とは特徴が異なる※1
- ✓ 1 F の固体廃棄物対策については、性状把握から処理・処分に至るまでの一体となった対策の検討を国の総力を挙げ取り組んでいる※2
- ✓ 瓦礫（金属・コンクリート）や水処理二次廃棄物などの固体廃棄物が継続して発生し続けており、それぞれの特徴に応じた保管、処理、処分方法の検討が必要



廃棄物ストリームの検討 背景

- 本プロジェクトで研究対象としている「固体廃棄物」は、保管廃棄物の安定化処理などを経て、「より安定な状態に向けて計画的に措置すべきリスク源（分類Ⅲ）」と定義されている
- 廃棄物ストリームでは、固体廃棄物の性状に関する情報が少ないという特徴を踏まえ、全体の安全性、および合理性を確保しながら、発生から保管、分別・減容・安定化を経て、長期保管あるいは処分にいたる流れ（廃棄物ストリーム）を整備し、全体を俯瞰するとともに、情報をフィードバックすることで研究開発を合理的、効率的に進めることを目的として検討を進めている

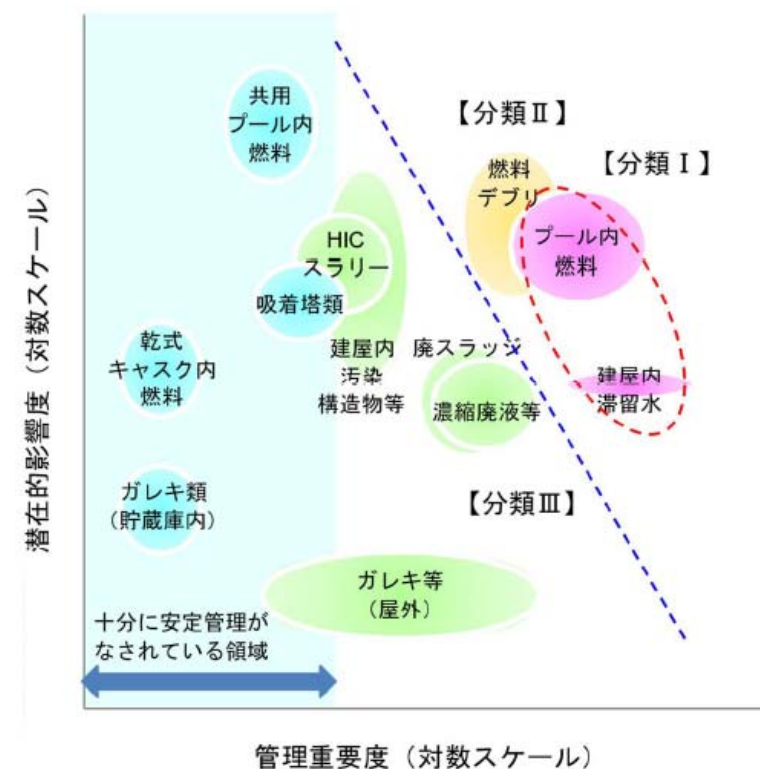


図 福島第一原子力発電所に係るリスクレベルの例

廃棄物ストリームの検討 これまでの検討概要

1. 全ての廃棄物をリスト化
固体廃棄物を網羅的に検討するため、1F廃棄物を廃棄物リストとしてまとめた。
2. 廃棄物を分類
廃棄物リストに記載の廃棄物を「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」などで分類した。
3. 分類毎に処理の選択肢を検討
分類した廃棄物の処理の選択肢を検討し、処理フローを構築した。
4. 処理の選択肢の絞り込み手法の検討
処理フローにおける処理の選択肢の絞り込み手法を検討した。
5. 全体を統合する方法を検討（廃棄物ストリームの構築）
研究成果や新たな課題など、全体を統合する方法を検討し、廃棄物ストリームを構築した。

全ての廃棄物をリスト化

1. 全ての廃棄物をリスト化
固体廃棄物を網羅的に検討するため、1F廃棄物を廃棄物リストとしてまとめた。
2. 廃棄物を分類
廃棄物リストに記載の廃棄物を「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」などで分類した。
3. 分類毎に処理の選択肢を検討
分類した廃棄物の処理の選択肢を検討し、処理フローを構築した。
4. 処理の選択肢の絞り込み手法の検討
処理フローにおける処理の選択肢の絞り込み手法を検討した。
5. 全体を統合する方法を検討（廃棄物ストリームの構築）
研究成果や新たな課題など、全体を統合する方法を検討し、廃棄物ストリームを構築した。

		発生量				化学組成	
		公開可否		放射能濃度		線量	
分析				保管			
サンプル数	最大放射能濃度		α核種検出	参照文献	保管場所	保管形態	
	核種	濃度(Bq/g)					
廃棄物リスト							
発生時期		発生場所			廃棄物名称		
	発生理由	外形	号機、 構内エリア	建屋			
復旧対策	汚染水処理	吸着塔	1～4号機PP内	焼却工作建屋	セシウム吸着装置	SMZ	
						H	
		吸着塔	1～4号機PP内	高温焼却炉建屋	第二セシウム吸着装置	IE-96	
						IE-911	
						EN-101	
						HS-726	

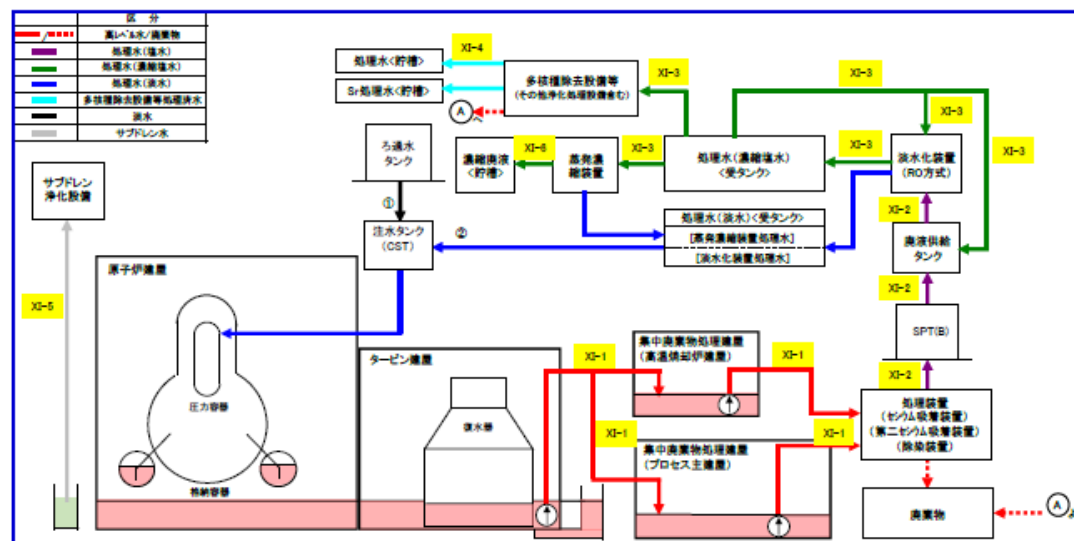
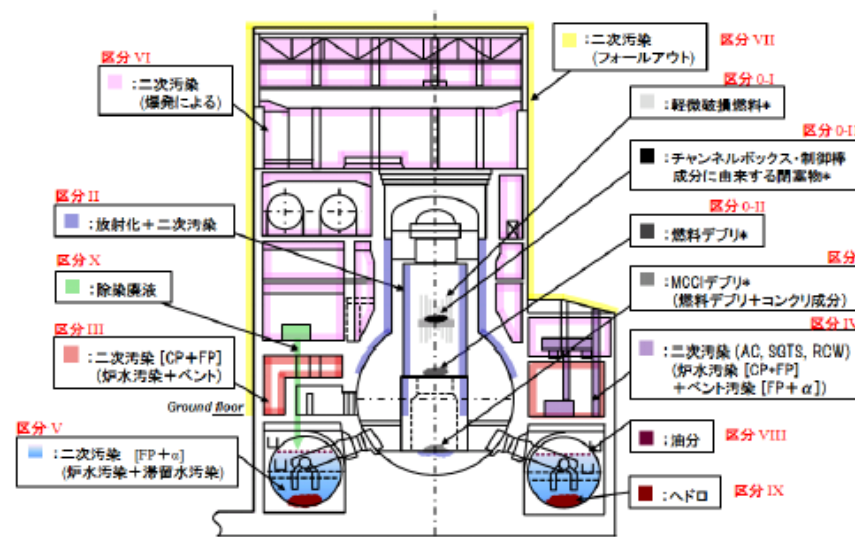
廃棄物を分類

1. 全ての廃棄物をリスト化
固体廃棄物を網羅的に検討するため、1F廃棄物を廃棄物リストとしてまとめた。
2. 廃棄物を分類
廃棄物リストに記載の廃棄物を「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」などで分類した。
3. 分類毎に処理の選択肢を検討
分類した廃棄物の処理の選択肢を検討し、処理フローを構築した。
4. 処理の選択肢の絞り込み手法の検討
処理フローにおける処理の選択肢の絞り込み手法を検討した。
5. 全体を統合する方法を検討（廃棄物ストリームの構築）
研究成果や新たな課題など、全体を統合する方法を検討し、廃棄物ストリームを構築した。

廃棄物を分類

「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」をもとに以下の通り分類した。

1. 圧力容器
2. 格納容器金属
3. 格納容器コンクリート
4. 建屋金属
5. 建屋コンクリート
6. 瓦礫金属
7. 瓦礫コンクリート
8. 可燃物
9. 汚染水処理二次廃棄物（吸着塔；SARRY、KURIONなど）
10. 汚染水処理二次廃棄物（多核種除去装置、RO濃縮水処理設備、モバイル型Sr除去装置など）
11. 汚染水処理二次廃棄物（除染装置スラッジ）
12. 汚染水処理二次廃棄物（フィルタ）
13. 汚染水処理二次廃棄物（濃縮廃液）
14. デブリ取出しに伴い発生する廃棄物

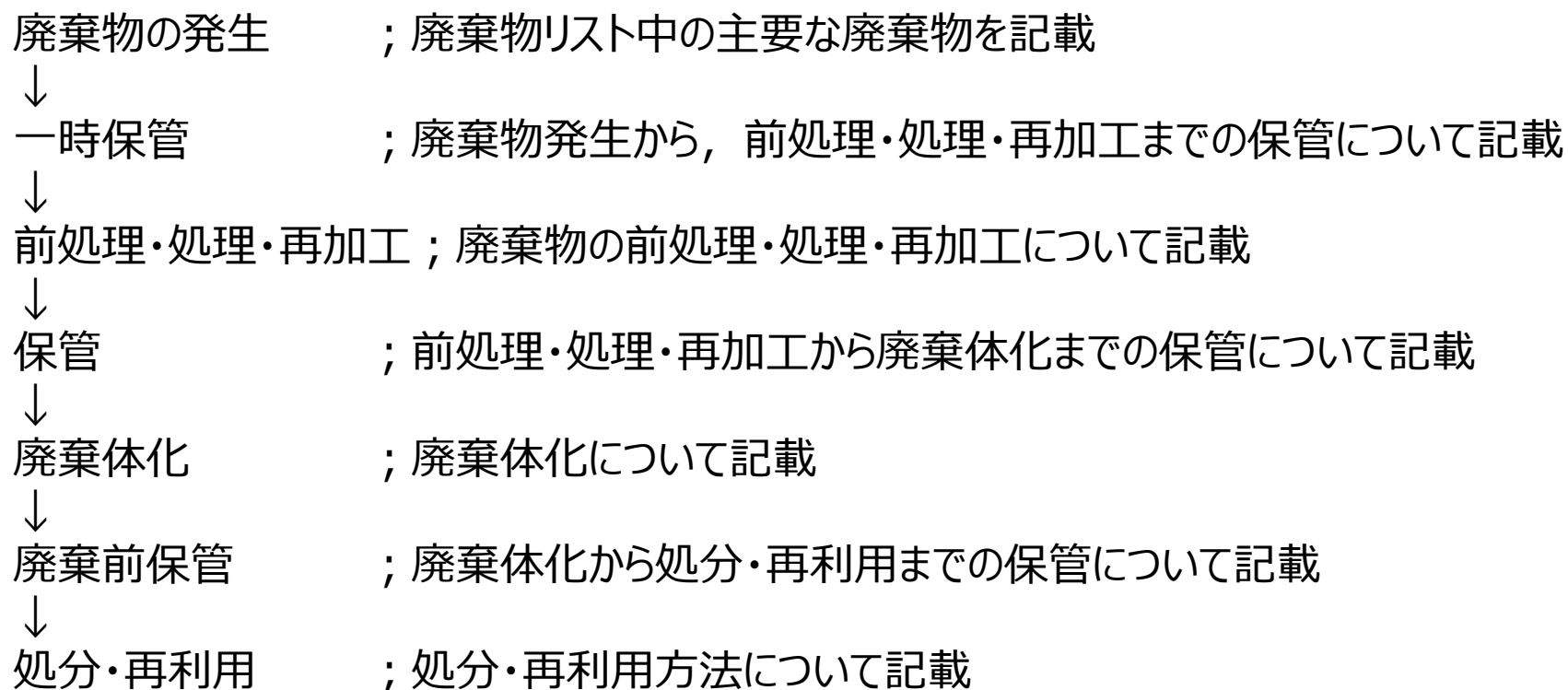


分類毎に処理の選択肢を検討

1. 全ての廃棄物をリスト化
固体廃棄物を網羅的に検討するため、1F廃棄物を廃棄物リストとしてまとめた。
2. 廃棄物を分類
廃棄物リストに記載の廃棄物を「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」などで分類した。
3. 分類毎に処理の選択肢を検討
分類した廃棄物の処理の選択肢を検討し、処理フローを構築した。
4. 処理の選択肢の絞り込み手法の検討
処理フローにおける処理の選択肢の絞り込み手法を検討した。
5. 全体を統合する方法を検討（廃棄物ストリームの構築）
研究成果や新たな課題など、全体を統合する方法を検討し、廃棄物ストリームを構築した。

分類毎に処理の選択肢を検討（処理フローの構築）

以下のステップに従い、廃棄物分類毎に処理フローを構築した



分類毎に処理の選択肢を検討（処理フローの構築）

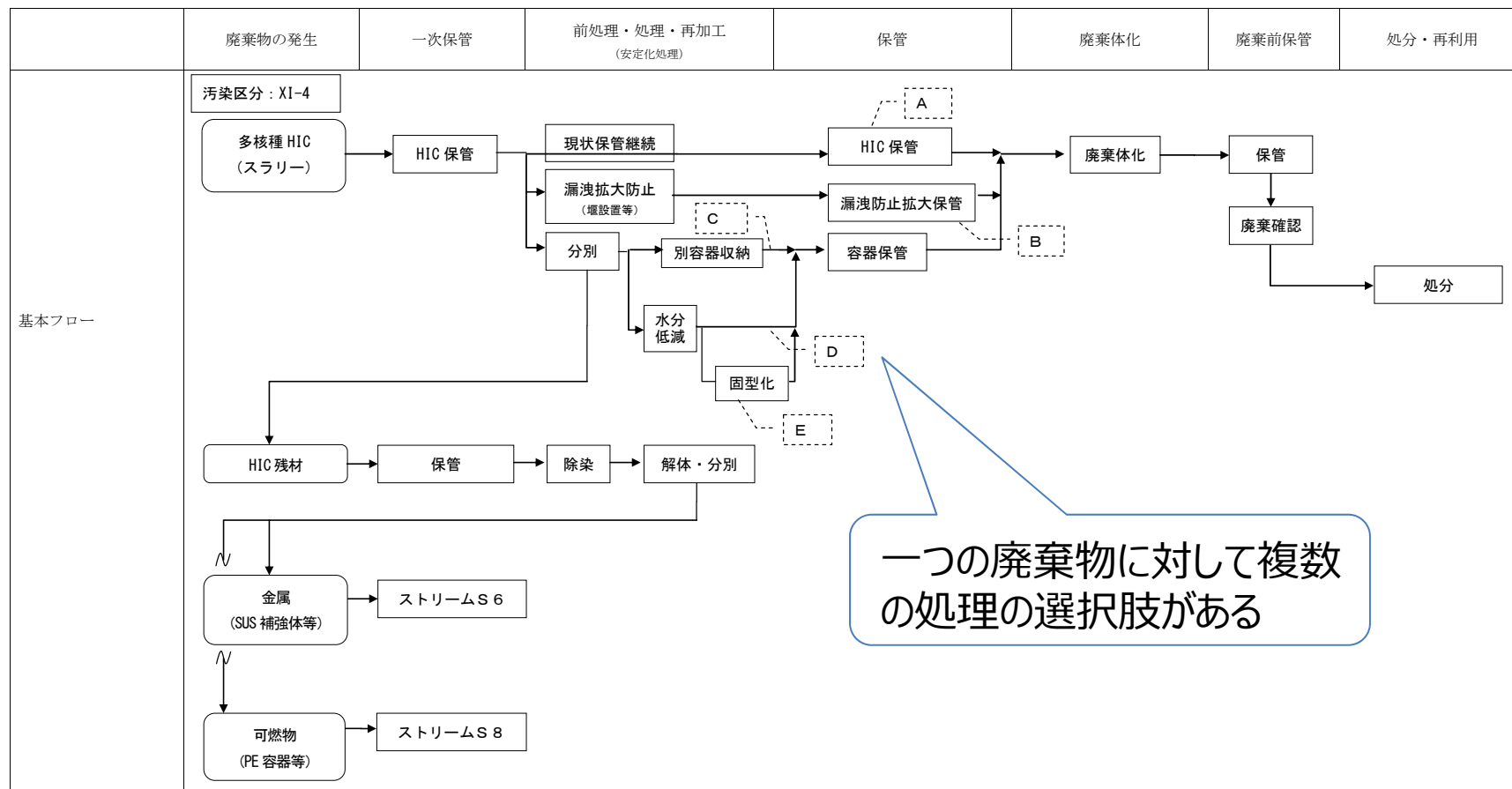


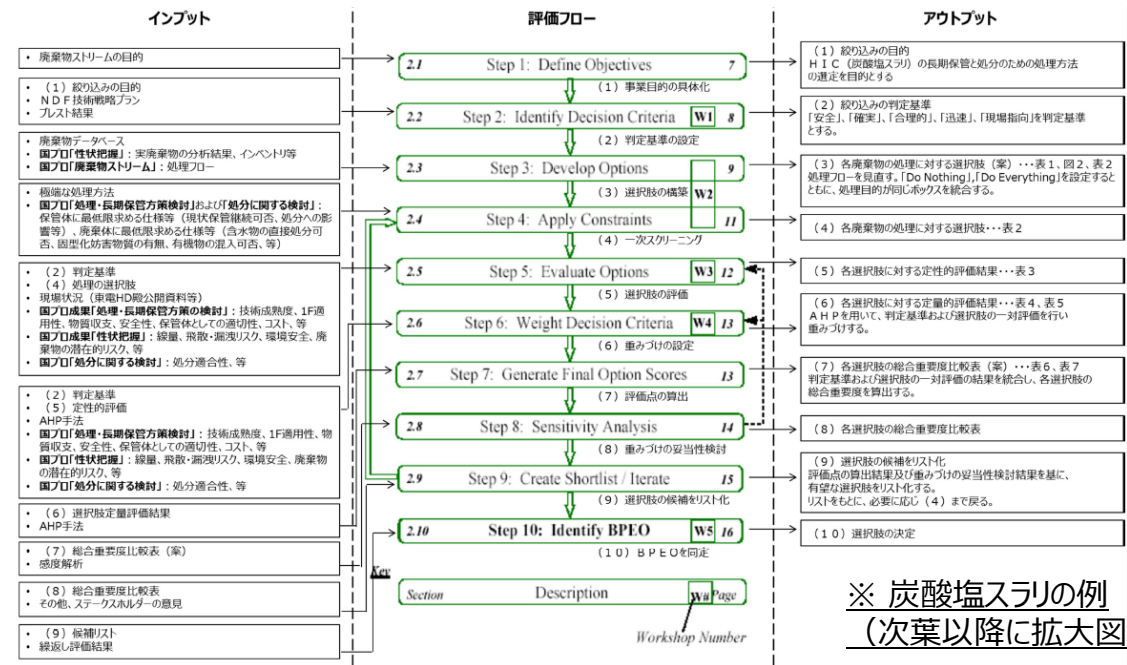
図 多核種除去設備スラリーの例

処理の選択肢の絞り込み手法の検討

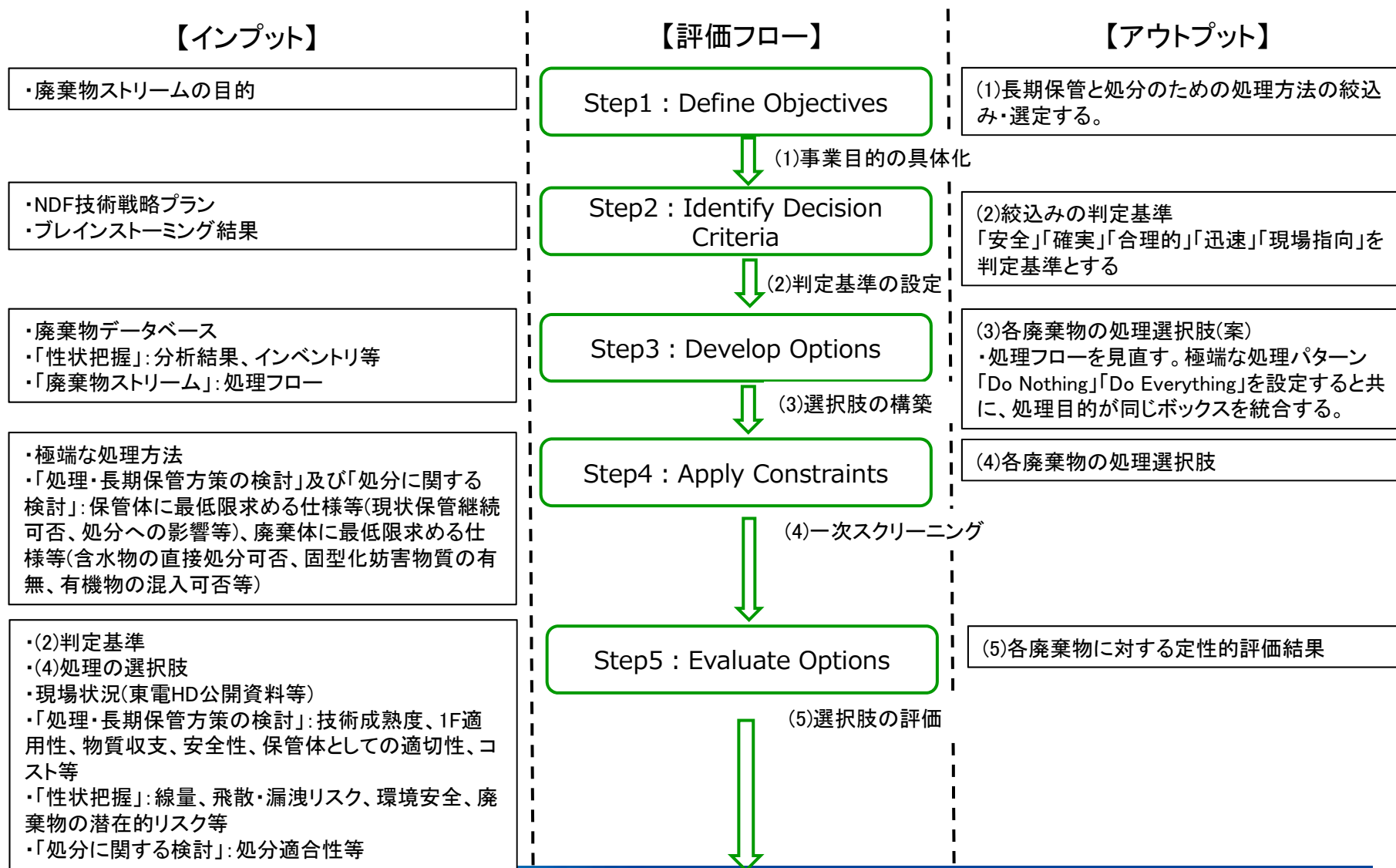
1. 全ての廃棄物をリスト化
固体廃棄物を網羅的に検討するため、1F廃棄物を廃棄物リストとしてまとめた。
2. 廃棄物を分類
廃棄物リストに記載の廃棄物を「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」などで分類した。
3. 分類毎に処理の選択肢を検討
分類した廃棄物の処理の選択肢を検討し、処理フローを構築した。
4. 処理の選択肢の絞り込み手法の検討
処理フローにおける処理の選択肢の絞り込み手法を検討した。
5. 全体を統合する方法を検討（廃棄物ストリームの構築）
研究成果や新たな課題など、全体を統合する方法を検討し、廃棄物ストリームを構築した。

処理の選択肢の絞り込み手法の検討

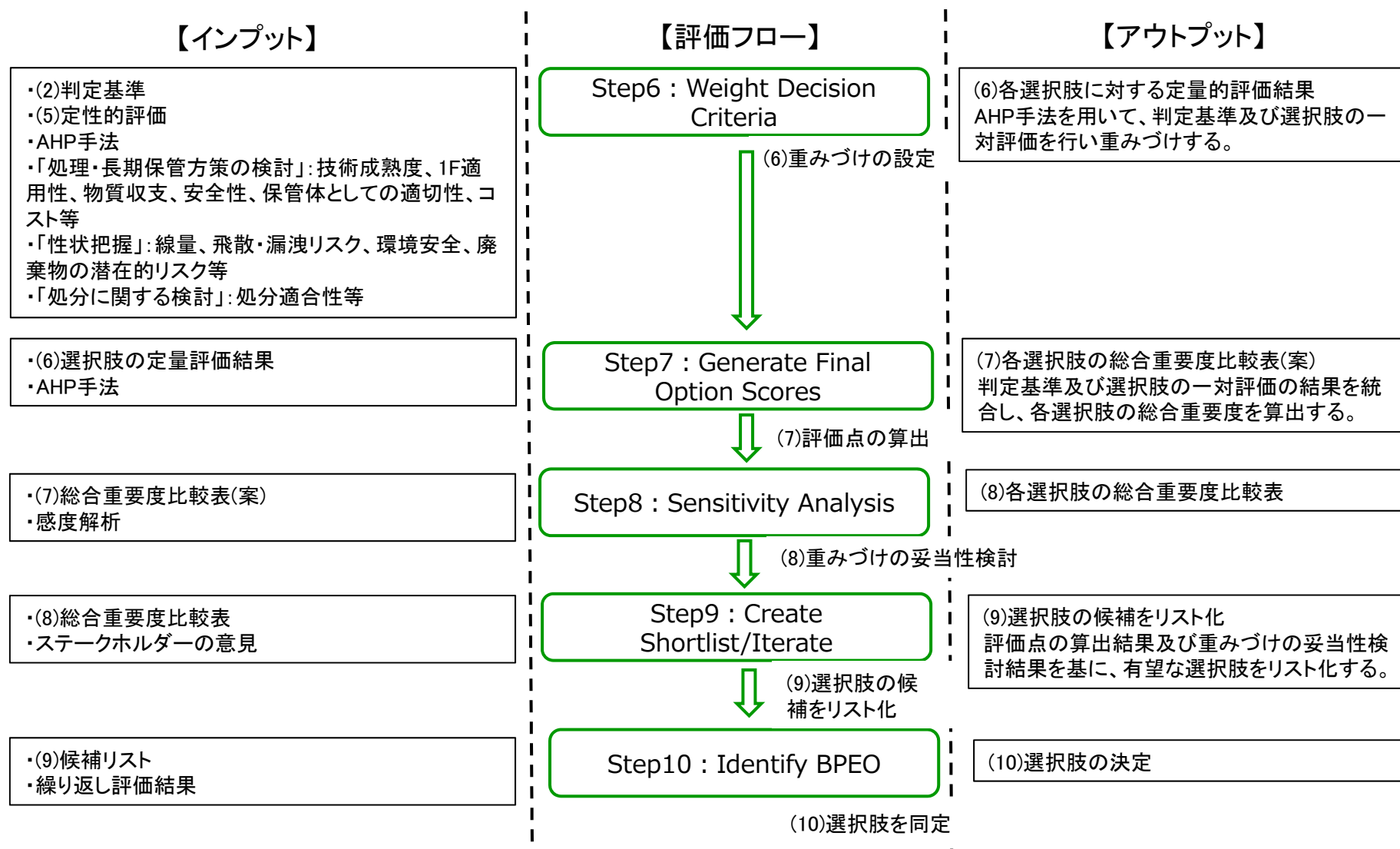
英国のBPEO（Best Practical Environmental Option）評価を参考にオプション絞り込み手法を検討し事例検討により適用性評価を実施。
評価を行うことにより、不足しているインプット情報が明確になり、かつ、包括的に現状評価と課題を抽出できる可能性があることがわかった
その一方、定量的な評価を用いてシナリオを絞り込む上では、指標の妥当性（安全に関する指標とその他の合理化に関する指標を分ける必要があるか否か）や、定量化方法の体系化（値付けのプロセスの透明性と追跡性の確保）が必要であることがわかった



処理の選択肢の絞り込み手法の検討

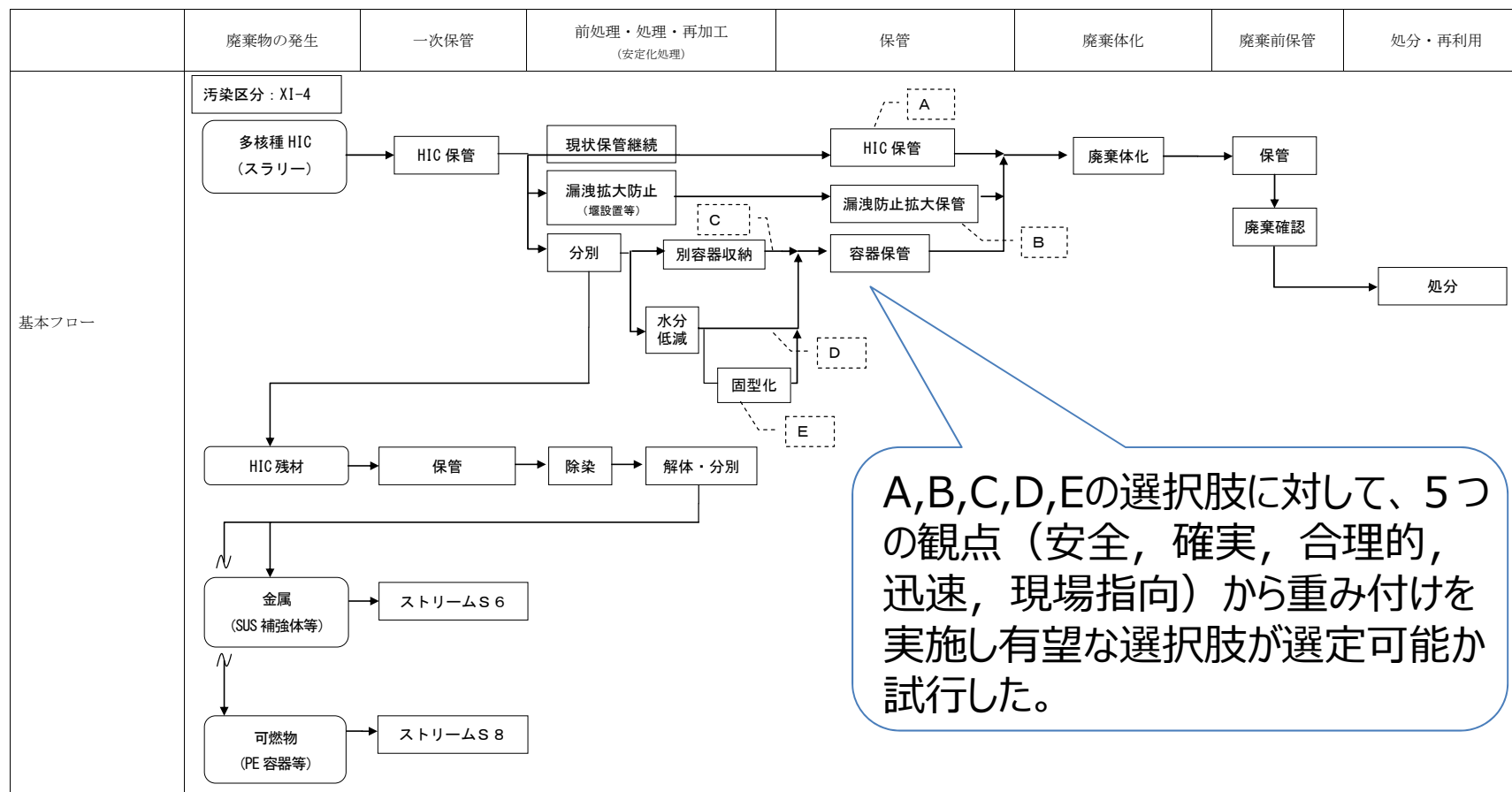


処理の選択肢の絞り込み手法の検討



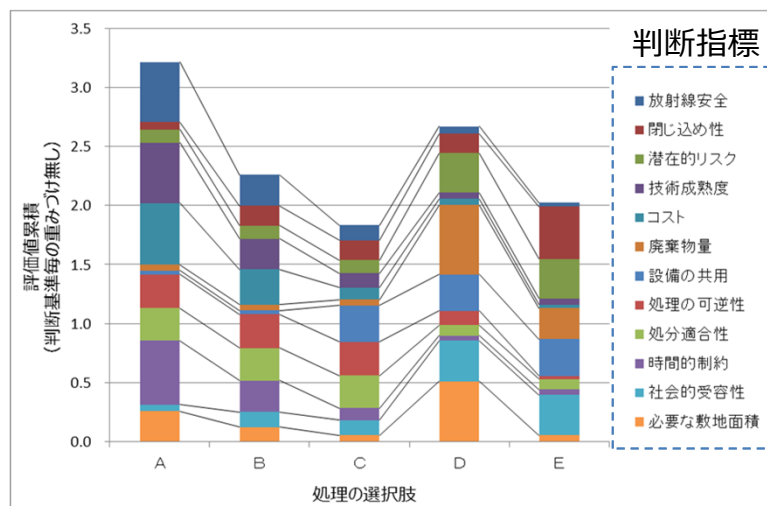
処理の選択枝の絞り込み手法の検討

多核種除去設備のスラリーを例に選択枝の絞り込みを試行

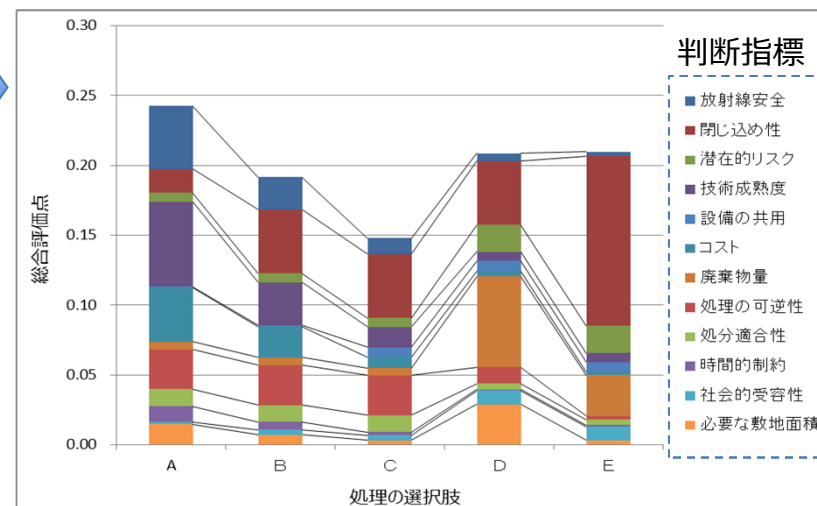


処理の選択肢の絞り込み手法の検討

- 試行結果（HICスラリーの場合）
 - ✓ 判断指標は、5つの観点（安全、确实、合理的、迅速、現場指向）をブレインストーミングで展開して設定した。他の指標も考え得る。
 - ✓ 現状のまま作業しないことが、技術成熟度が高く・放射線安全が高く・コストが低い、と評価すると、現状のまま保管する方策Aが総合評価点が高くなった
 - ✓ 閉じ込め性の重み付けを高くすると、他の判断指標の評価点が低いにも関わらず、高度な処理をする方策Eの総合評価点が高くなった
- 考察
 - ✓ 設定する判断指標は、立場の異なる関係者が広く納得できるものとする必要がある。
 - ・ 廃棄物量（発生量低減）といった、立場によらず、少なければ少ないほど良いものもある
 - ✓ 評価方針によって評価点に変化しやすい判断指標について、詳しく検討を進める必要がある
 - ・ 放射線安全（廃棄物の放射能濃度を含む）、閉じ込め性、技術成熟度、など



判断指標に重み付け

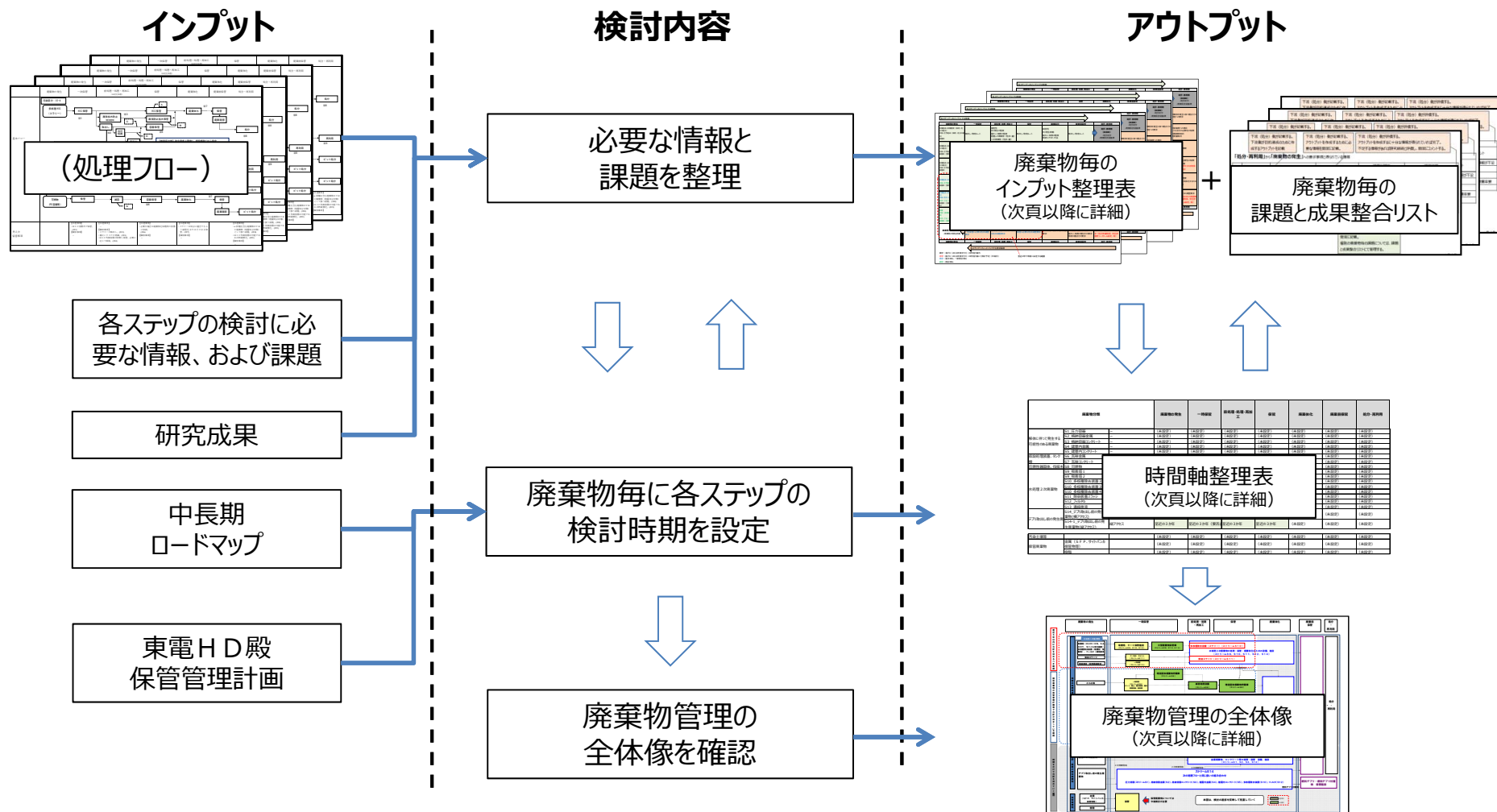


全体を統合する方法を検討

1. 全ての廃棄物をリスト化
固体廃棄物を網羅的に検討するため、1F廃棄物を廃棄物リストとしてまとめた。
2. 廃棄物を分類
廃棄物リストに記載の廃棄物を「性状」、「汚染区分」、「汚染源／汚染履歴」などで分類した。
3. 分類毎に処理の選択肢を検討
分類した廃棄物の処理の選択肢を検討し、処理フローを構築した。
4. 処理の選択肢の絞り込み手法の検討
処理フローにおける処理の選択肢の絞り込み手法を検討した。
5. 全体を統合する方法を検討（廃棄物ストリームの構築）
研究成果や新たな課題など、全体を統合する方法を検討し、廃棄物ストリームを構築した。

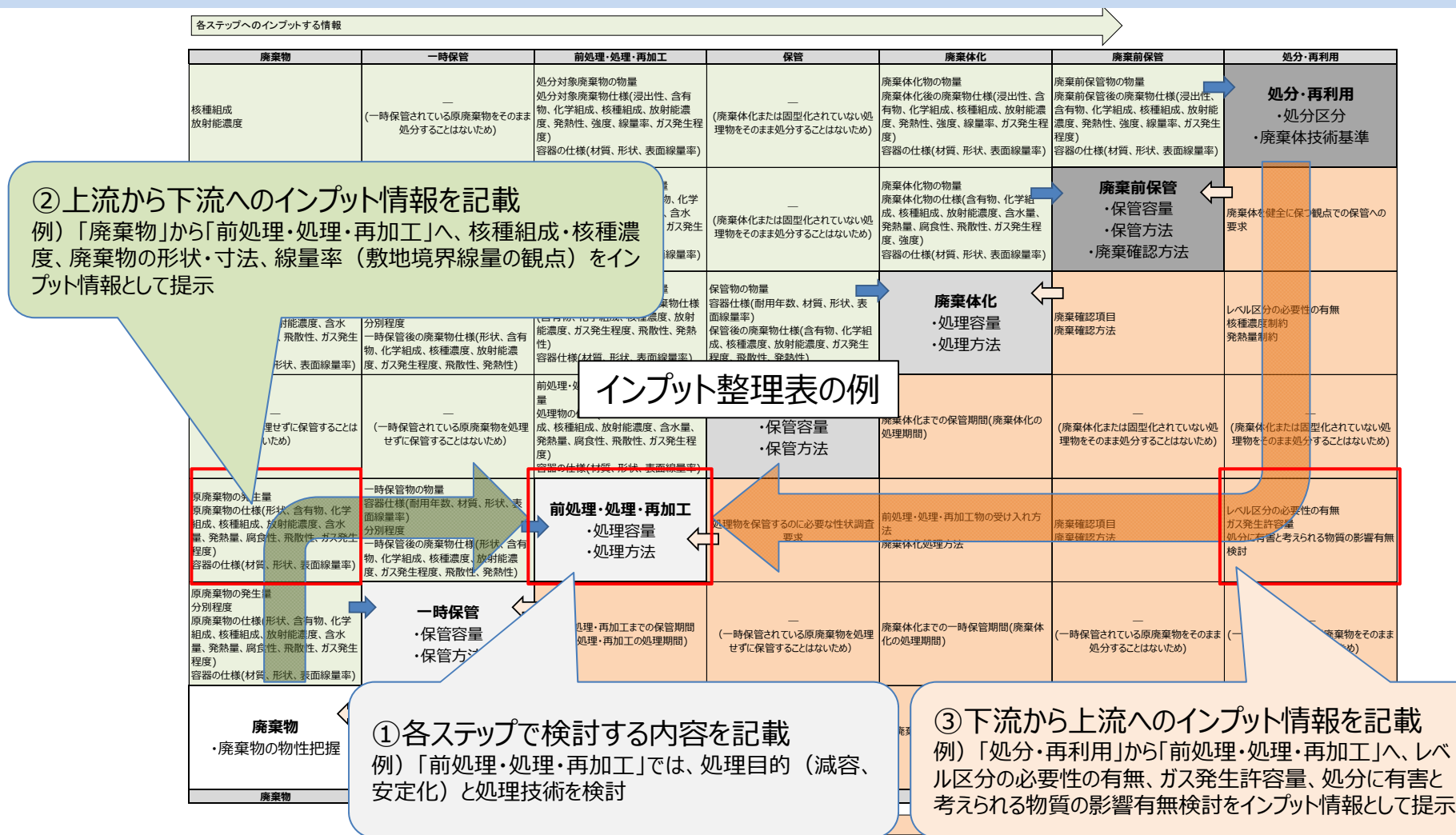
全体を統合する方法を検討（情報の流れを整理）

情報と要求事項、研究開発が必要な時期を整理し、廃棄物毎に研究を計画、管理する



全体を統合する方法を検討 (各ステップの検討に必要な情報と課題の整理)

各ステップ間の情報の流れを整理する、インプット整理表を作成



全体を統合する方法を検討 (廃棄物ごとの各ステップの開始時期の設定)

中長期ロードマップや東電HD殿の保管管理計画から、処理や保管の開始時期を記載した時間軸整理表を作成

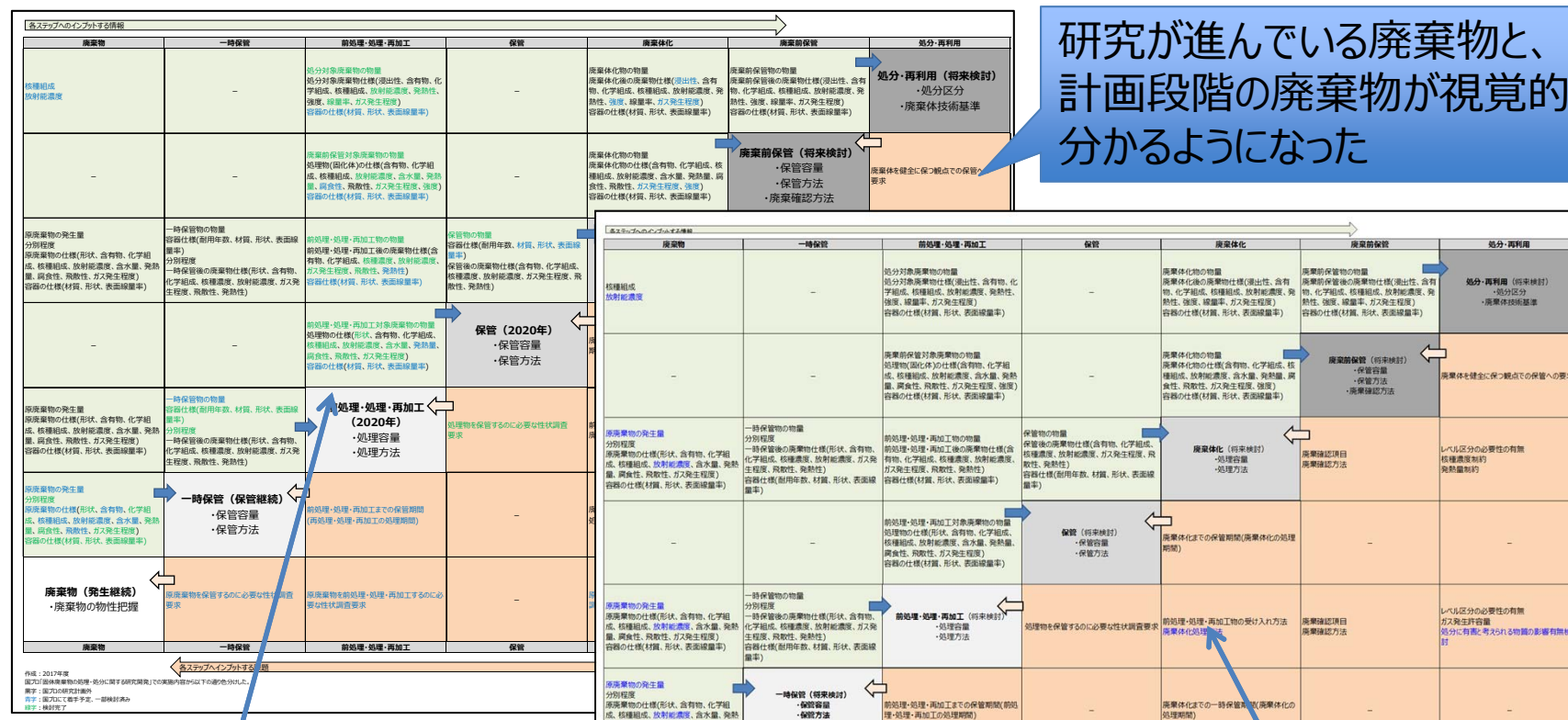
廃棄物分類			廃棄物	一時保管	前処理・処理・再加工	保管	廃棄体化	廃棄前保管	処分・再利用
解体に伴って発生 する可能性のある 廃棄物	S1_圧力容器	－	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S2_格納容器金属	－	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S3_格納容器コンクリート	－	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S4_建屋内金属	－	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S5_建屋内コンクリート	－	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
仮設処理装置、タンク類	S6_瓦礫金属	－	(発生継続)	(保管継続)	(減容設備を計画)	(計画済み)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S7_瓦礫コンクリート	－	(発生継続)	(保管継続)	(減容設備を計画)	(計画済み)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
可燃性雑固体、伐	S8_可燃物	－	(発生継続)	(保管継続)	(焼却処理中)	(保管中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
水処理二次廃棄物	S9_吸着塔 1	KURION, SARRY	(発生継続)	(保管継続)	(検討中)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S9_吸着塔 2	モバイル浄化装置	(発生継続)	(保管継続)	(検討中)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S10_多核種除去装置 3-1	スラリー	(発生継続)	(保管継続)	2020年※1	2020年※1	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S10_多核種除去装置 3-2	吸着材	(発生継続)	(保管継続)	(検討中)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S10_多核種除去装置 4-1	処理カラム	(発生継続)	(保管継続)	(検討中)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S11_除染装置スラッジ	AREVA	(発生終了)	(保管継続)	2020年※2	2020年※2	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S12_フィルタb	高性能多核種	(発生継続)	(保管継続)	(検討中)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S13_濃縮廃液	エバポ濃縮廃液	(発生停止中)	(保管継続)	(検討中)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	S14_デブリ取出し前の発生廃棄物(横アクセス)	横アクセス	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
デブリ取出し前の発生廃棄物	S14-1_デブリ取出し前の発生廃棄物(縦アクセス)	縦アクセス	(将来発生)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
汚染土壌等			(発生継続)	(検討中)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
保管廃棄物	金属 (SFP、サイトパンク保管物等)		(発生終了)	(保管継続)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)
	樹脂		(発生終了)	(保管継続)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)	(将来検討)

※1：東京電力ホールディングス株式会社，特定原子力施設放射性廃棄物規制検討会（第6回）資料2 スラリー、スラッジの安定化処理に向けた検討状況，2017年7月25日
※2：東京電力ホールディングス株式会社，特定原子力施設監視・評価検討会（第55回）資料4 地震・津波対策の進捗状況，2017年8月30日

白抜：将来検討
緑塗：発生継続，
計画済み，
検討中

全体を統合する方法を検討 (各ステップの検討に必要な情報と課題の整理)

以降、インプット整理表を廃棄物別に作成し、各ステップの欄に開始時期を記載する。また、研究進捗を色別に表示する。これらを参照することで、必要な情報の整備・検討に過不足はないか、時期は適切か、点検できるようにして、開発項目を合理化する。

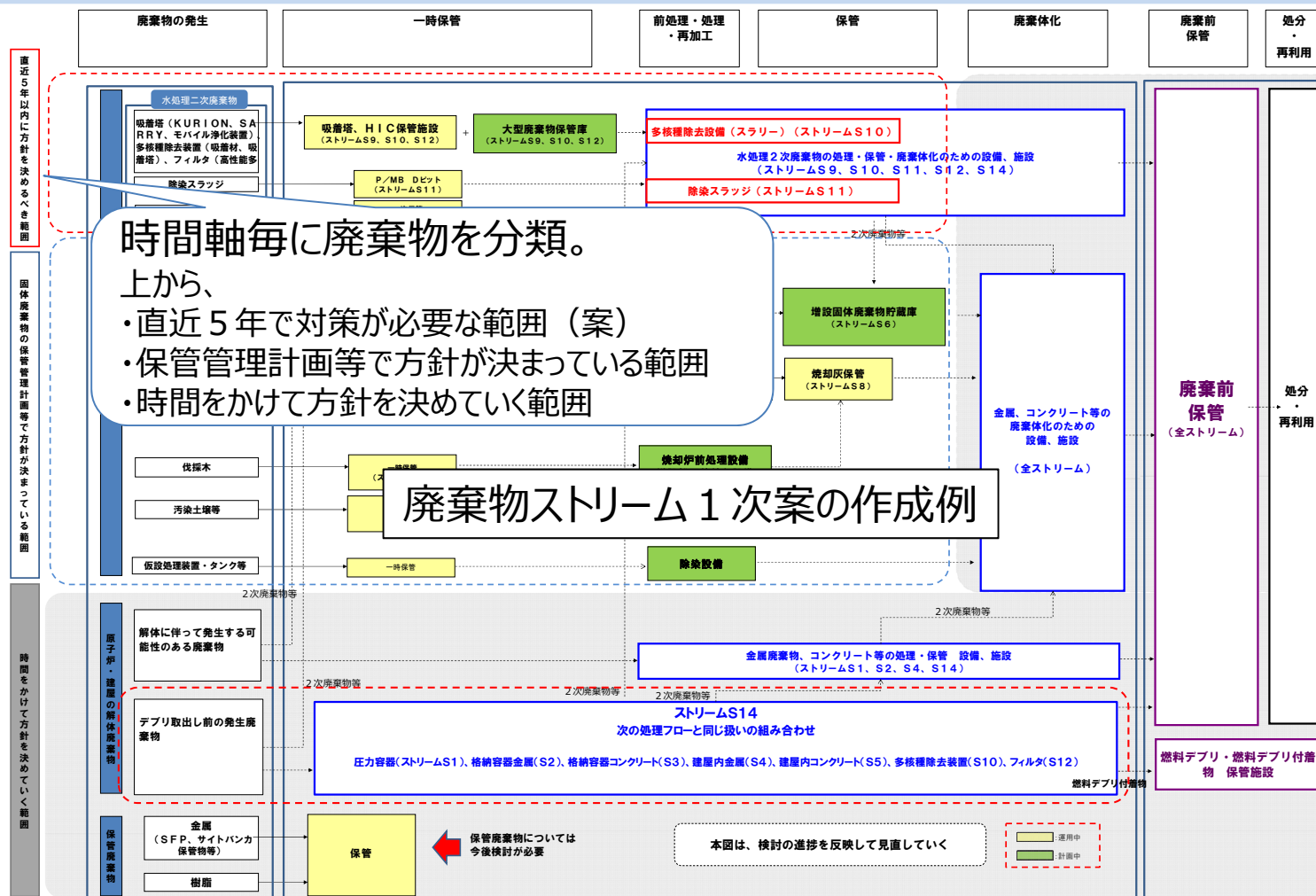


ストリームS10多核種除去装置スリーは、2020年の保管開始に向け、廃棄物（性状把握）や前処理・処理・再加工を中心に情報を取得（青塗・緑塗が多い）

時間軸整理表で将来検討予定としているストリームS1圧力容器は、研究開発を計画中の段階（黒塗りが多い）

全体を統合する方法を検討（廃棄物管理の全体像を確認）

- ・ストリーム：各廃棄物のステップ毎の対応時期や設備計画を反映して修正
- ・技術課題：個別の廃棄物毎に、課題と成果の整合を評価し技術課題を抽出した。



まとめ

廃棄物ストリームでは、1 F の全ての廃棄物をリスト化（廃棄物リスト）し、分類した廃棄物毎に処理の選択肢を検討（処理フローの構築）した。

また、英国の知見を取り入れ B P E O 手法による処理の選択肢の絞り込みを試行した。

そして、既往研究で得られた最新の成果を反映し、進捗、成果の整合性、及び残された課題を統合して行く手法の構築に着手した。

今後、研究開発で得られる課題や成果を取り込んで廃棄物ストリームを繰り返し検討し、それに基づく評価を行っていく計画である。

おわりに

本成果は、経済産業省／

平成25年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金（事故廃棄物処理・処分技術の開発）」
平成26年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金（固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発）」
平成28年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金（固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発）」

により得られたものです。

また本検討は、

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構の下、
東芝エネルギーシステムズ株式会社
三菱重工業株式会社殿
日立GEニュークリアエナジー株式会社殿

の三社協力体制にて推進しております。