

福島第一原子力発電所で発生する廃棄物の 処理・処分に係る研究開発について

「福島第一原子力発電所事故により発生する
放射性廃棄物の処理・処分」特別専門委員会

原子力環境整備促進・資金管理センター
大和田 仁

特別専門委員会の開催内容（平成24年度）

日程 （開催場所）	回次	実施内容
10月15、19日 （福島第一原子力発電所）	第1回準備会	福島第一原子力発電所の視察 （10月15日、19日の2回に分けて実施）
11月7日 （原環センター）	第2回準備会	①本委員会の設立趣旨、検討の進め方 ②発電所内の主な作業業況 ③処理・処分に関する研究開発の状況
11月20日 （原環センター）	第3回準備会	①水処理施設・水処理施設二次廃棄物の概要 ②水処理二次廃棄物の処理・処分に関する課題
12月4日 （原環センター）	第1回委員会	①発電所内の主な作業業況 ②瓦礫・伐採木の保管管理状況 ③課題の抽出事例（瓦礫、伐採木、汚染土壌） ④インベントリ設定に関する課題の整理 ⑤安全評価感度解析事例
12月19日 （原環センター）	第2回委員会	①課題の抽出事例（燃料デブリ／解体廃棄物） ②研究開発計画検討の全体フロー ③研究開発計画の骨子
1月17日 （原環センター）	第3回委員会	①発電所内の主な作業業況 ②研究開発計画
2月1日 （原環センター）	第4回委員会	①発電所内の主な作業業況 ②研究開発計画

特別専門委員会の開催内容 平成25年度

日程 (開催場所)	回次	実施内容
12月4日 (原環センター)	第1回委員会	①発電所内の主な作業業況 ②平成25年度委員会計画 ③報告書骨子案(目的、章項目構成など) ④重点課題に関する検討 ⑤福島第一事故廃棄物情報
1月10日 (原環センター)	第2回委員会	①発電所内の主な作業業況 ②報告書ドラフト版 ③重点課題に関する検討 ④福島第一事故廃棄物情報
1月29日 (原環センター)	第3回委員会	①発電所内の主な作業業況 ②報告書ドラフト版(1～3章) ③報告書ドラフト版(4章、福島第一事故廃棄物情報) ④報告書ドラフト版(5章～6章)

委員会:委員長、幹事を含む委員12名(原安協、大学、JAEA, 電中研、原環セ)、オブザーバー 1名(JAEA), 協力者 10名

特別専門委員会の開催内容 委員／オブザーバー／説明者

委員

主査 幹事

朽山 修	原安協
新堀 雄一	東北大学
池田 泰久	東京工業大学
出光 一哉	九州大学
梅木 博之	原子力機構
大和田 仁	原環センター
河西 基	電中研※
桐島 陽	東北大学
小崎 完	北海道大学
佐々木 隆之	京都大学
佐藤 努	北海道大学
高橋 邦明	原子力機構

オブザーバ

林道 寛	原子力機構
------	-------

説明者

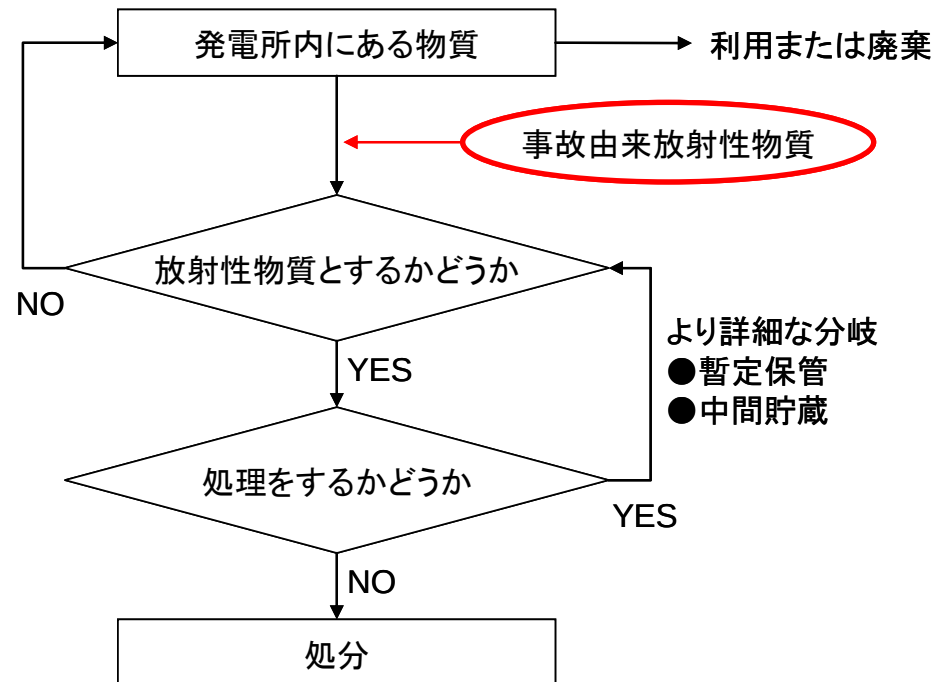
芦田 敬	原子力機構
大井 貴夫	原子力機構
大部 祐一	日本原子力発電
上西 修司	東京電力
小足 隆之	日本原子力発電
駒 義和	原子力機構
齋藤 典之	東京電力
佐々木 紀樹	原子力機構
塩月 正雄	原子力機構
杉山 大輔	電力中央研究所
塚本 政樹	電力中央研究所
星野 国義	原環センター
牧野 仁史	原子力機構
宮本 泰明	原子力機構
目黒 義弘	原子力機構

※兼 (株)アサノ大成基礎エンジニアリング

全体概要－①背景

東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機は廃止措置に向けた作業が行われているが、事故由来の放射性核種で汚染された多種多様な物質が今後も作業に伴い発生する。廃止措置を円滑に進めるためには、これら放射性核種で汚染された物質を分別保管し、処理・処分を進めていく必要がある。

それぞれのプロセスにおいて、汚染された物質の特徴とその後のプロセスにおける扱いを考慮して、次に進むか、何らかの措置を取るのかを判断し、最終的には汚染された物質からの放射線による人及び環境への影響を安全に防護し、かつ処分する廃棄物量が適切に抑制されるよう、作業を進めていく必要がある。



全体概要－②特別専門委員会設立の趣旨

東京電力(株)福島第一原子力発電所1～4号機は廃止措置に向けた作業が行われているが、作業に伴い多種多様な放射性廃棄物が発生しており、また今後も発生する。発電所周辺の環境の改善も含めて、廃止措置を円滑に進めるためには、これら放射性廃棄物を適切に管理するのみならず、処理・処分を進めていく必要がある。

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故により発生した放射性廃棄物は、破損した燃料に由来した放射性核種を含んでいることや、処分場の性能に影響を与える塩分を多く含む等、従来の原子力発電所で発生した放射性廃棄物と異なる特徴がある。

このため、放射性廃棄物の特徴をよく把握した上で研究開発を行い、処理・処分に関する安全性の見通しを得る必要がある。

本特別専門委員会は廃止措置の進展に貢献するため、東京電力(株)福島第一原子力発電所事故により発電所内で発生する放射性廃棄物の処理・処分を行う上で必要と思われる技術開発課題について検討を行うものである。

なお、これらの検討の結果は、発電所周辺の廃棄物の処理・処分方法の検討にも貢献するとともに、シビアアクシデント対策の深化にも貢献する。

全体概要－②特別専門委員会設立の趣旨

活動内容

平成24年度

東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故により発生した放射性物質により汚染された物質(福島第一事故廃棄物)を水処理二次廃棄物、ガレキ・伐採木、デブリ燃料、解体廃棄物に分類して特徴をまとめ、処理・処分の安全性の見通しを得る上で必要な研究開発計画を取りまとめた。

平成25年度

上記を念頭に、福島第一原子力発電所における作業や廃棄物管理の状況、処理・処分に向けた研究開発の状況及び処理・処分に係る技術動向を調査し学術的観点から評価するとともに、福島第一事故廃棄物の特徴をより細分化して分析することにより、特に重点的に取り組むべき課題を抽出し取りまとめた。

全体概要－③目的

福島第一原子力発電所敷地内で一時的に保管されている放射性核種により汚染された物質並びに、今後の廃止措置作業に伴い将来的に発生する放射性核種により汚染された物質(これらのうちには、廃棄物あるいは放射性廃棄物とされない可能性のあるものも含まれるが、これらを含めて、以下、「福島第一事故廃棄物」という)を安全に処理・処分するための技術的な見通しを得るのに必要な研究開発計画について取りまとめる。

中長期ロードマップの計画も踏まえ、下記の各段階で研究開発成果を取りまとめる目標とする。

(ア)目標1(2016年度末)

中間的な報告を取りまとめるために必要な情報を集約する。

⇒中長期ロードマップHP「廃棄物性状に応じた既存概念への適用性の確認(2017年度)」に反映する。

(イ)目標2(2020年度末)

福島第一事故廃棄物を安全に処理・処分するための技術的な見通しを評価した情報を集約する。

⇒中長期ロードマップHP「廃棄物の処理・処分における安全性の見通し(2021年度)」に反映する。

全体概要－③目的

中長期ロードマップの判断ポイントにおける目標と具体的取り組み

HP SW-1:

固体廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方の取りまとめ(2017 年度)
固体廃棄物の処理・処分に関する安全規制などの制度化に向けた検討の着手に資するため、基本的な考え方を取りまとめた報告書を作成する。

具体的取り組み

廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方を取りまとめるのに必要な情報を集約する。(ただし、この時点においても廃棄物の性状等に関するデータは限定的であるので、以降も性状把握等を継続する。)すなわち、福島第一事故廃棄物に対し、その**特徴を踏まえ、成立する可能性のある、発生・保管から処理・処分までの一連の廃棄物の取り扱い(以下、「廃棄物ストリーム」という)の検討・評価結果と、それらの成立に必要な条件及び残された課題を取り纏める。**なお、これらの成果を踏まえ、早期に制度面の検討に着手する。

全体概要－③目的

中長期ロードマップの判断ポイントにおける目標と具体的取り組み

HP SW-2:

固体廃棄物の処理・処分における安全性の見通し確認(2021年度)

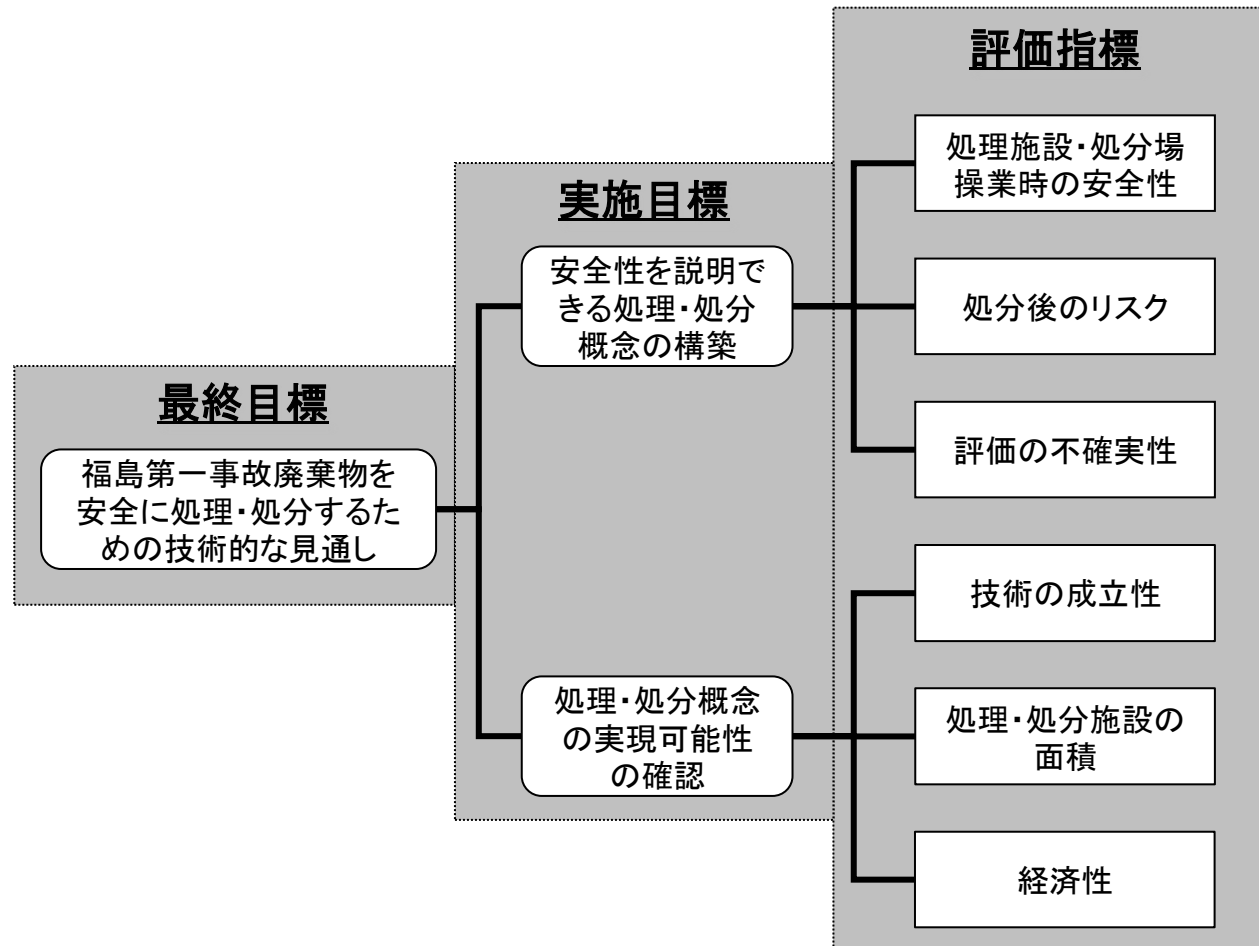
固体廃棄物の処理・処分に関して、技術的な成立性を踏まえた安全性の見通しを確認する。また、処理・処分に関する安全規制の枠組みを作るために必要な情報を整理する。

具体的取り組み

福島第一事故廃棄物を安全に処理・処分するための技術的見通しを評価した情報を集約する。すなわち、福島第一事故廃棄物の特徴を踏まえ、**安全性の見通しがある廃棄物ストリームの絞り込みを行い、その技術的な根拠並びに信頼性向上に向けた課題とともに取り纏め、処理施設の概念検討や処分場の設計等に必要な技術的事項を明らかにする。**

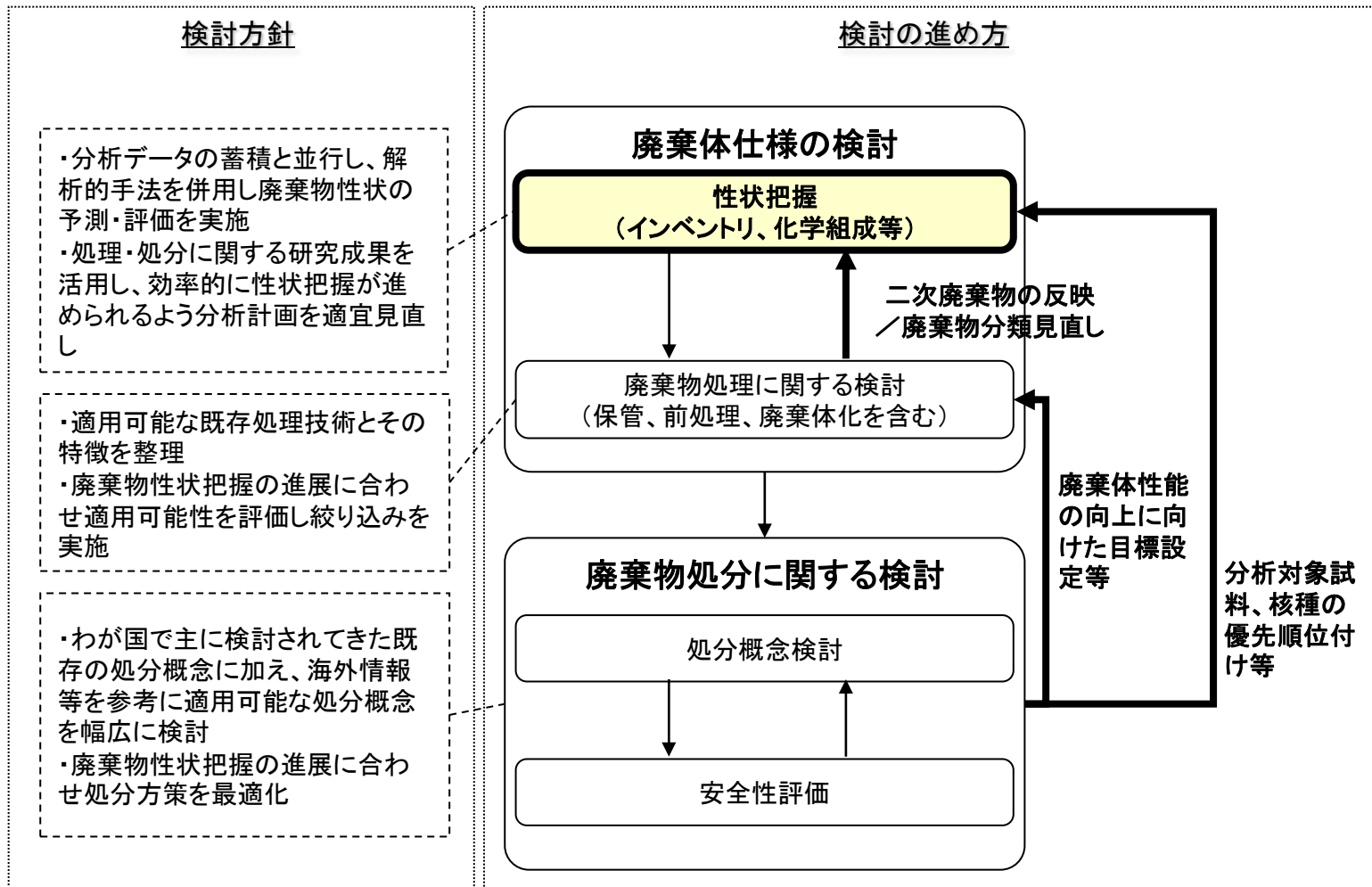
全体概要－④目標と評価項目

安全に処理・処分するための技術的な見通しを得るという最終目標を達成する上では、安全性を説明できる処理・処分概念の構築と処理・処分概念の実現可能性の確認が必要であり、それらの達成度合いは下図に示すような評価指標に基づくことが重要である。



全体概要－⑤研究開発の基本的な考え方

一般に、放射性廃棄物処分に関する検討は、処理方法やインベントリといった廃棄体条件に関する事項を前提条件として設定したうえで進められる。しかし、福島第一事故廃棄物について、廃棄物性状に関する情報は現時点では限定的であり、それらの情報は分析や廃止措置作業の進展に応じて得られていくことになる。



福島第一事故廃棄物の処分に向けた研究開発の進め方(イメージ)

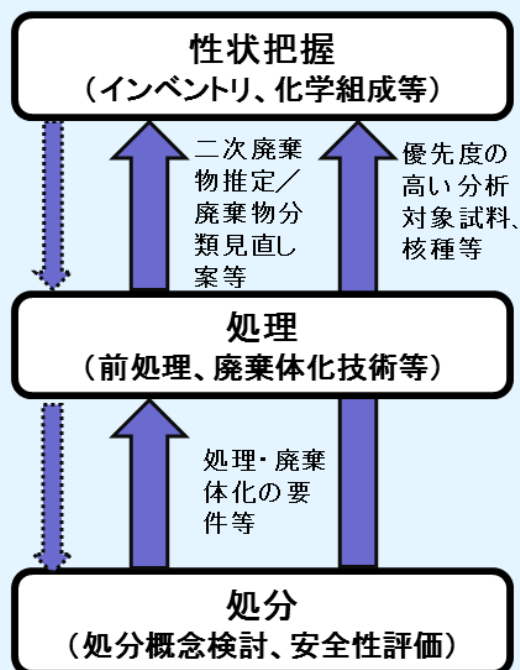
福島第一事故廃棄物

廃止措置等に向けた作業・研究の進展、情報の拡充

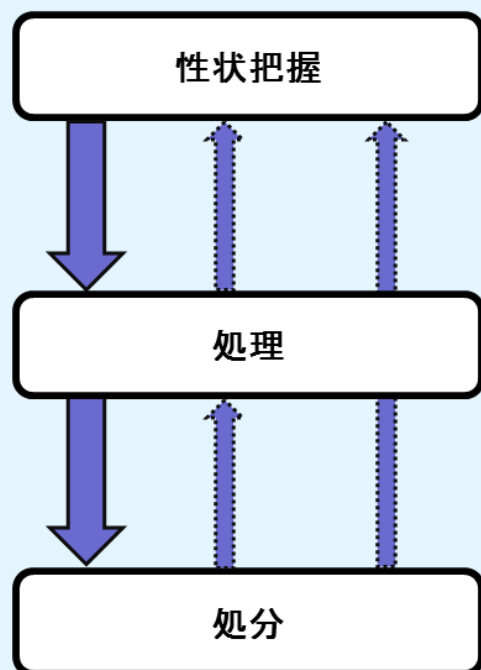
特徴

- ・ 発生状況 : 事故によりコントロールできない状態で発生。
- ・ 性状 : 現時点では性状に関する情報が限定的。
- ・ 処理技術 : 処理実績のない廃棄物が多く、技術の検討が必要。
- ・ 処分技術 : 処分実績のない廃棄物が多く、技術の検討が必要。
- ・ 規制 : 整備されていない。

～HP SW-1～



～HP SW-2～



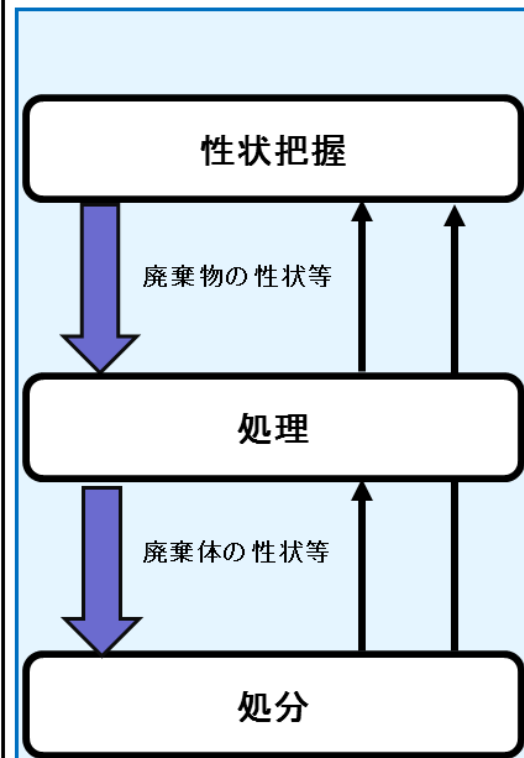
性状に関する情報量増加、精度向上

処理技術、処分概念の段階的な絞込み

原子力発電所から発生する 通常の放射性廃棄物

特徴

- ・ 発生状況 : コントロールされている。
- ・ 性状 : 把握されている。
- ・ 処理技術 : 適用技術あり。
- ・ 処分技術 : 適用技術あり。
- ・ 規制 : ほぼ整備されている。



- ↓ : 廃棄物・廃棄体の性状に関する
情報の流れの量及び精度
- ↑ : 処理・処分からのフィードバックの
相対的な重要性

全体概要－⑥総合的な廃棄物対策の重要性

福島第一原子力発電所1～4号機の**廃止措置に向けた作業はこれまでに経験のないもの**

ある作業を実施することにより、問題となるリスクを取り除くことができたとしても、その作業により発生した廃棄物を安全に保管、処理、処分できなければ、かえってリスクが増大してしまうおそれがある。

そのため、現時点では大きな不確実性を伴うということを認識しつつも、廃止措置等の作業を通じて**発生する廃棄物の種類、発生量、発生時期を予測し取り纏めることが重要である**。また、その廃棄物の発生予測を念頭に、**廃棄物ストリームを総合的に検討し、廃止措置等を計画・実施していく必要がある**。

廃棄物の保管：

廃棄物発生量をできるだけ少なくすることを重視し、それでもなお発生する廃棄物は一時保管エリアを確保

「持ち込み抑制＞発生量最小化＊＞再使用(リユース)＞リサイクル」の優先順位

安全に保管するという観点：

高線量なものがあることや処理・処分実績のない物質が多いことを念頭に、対策を検討し、技術的にこれを確立する

廃棄物発生量の低減対策：

二次廃棄物の発生に配慮するとともに、発生した廃棄物の減容についても検討

処理・処分の検討：

処理・処分が困難な物質を持ち込まない

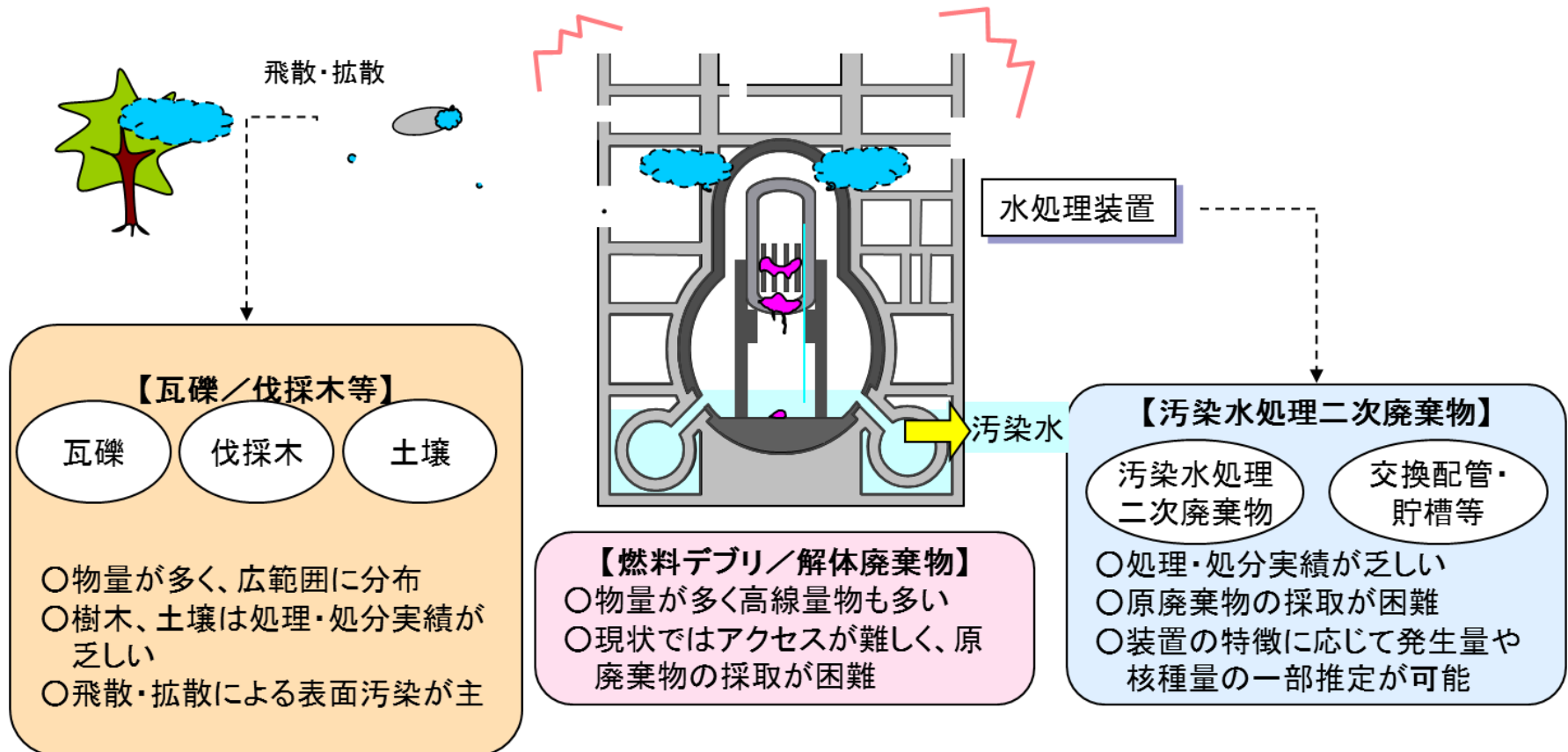
廃棄物の物理・化学的な性状を考慮して分別し保管すること

使用された材料の情報を管理・記録するとともに、必要な情報を幅広く公開していくことが重要

福島第一事故廃棄物の特徴－①

【主な特徴】

- 事故によりコントロールできない状態で発生
- 1～3号機の炉心燃料を起源とした汚染*
- 廃止措置作業が状況に応じて変化するため、発生量の想定が困難
- 汚染範囲が広く、高線量箇所もあるため、現状、分析数が少なく、データが非常に限定的（特に長半減期核種の組成）



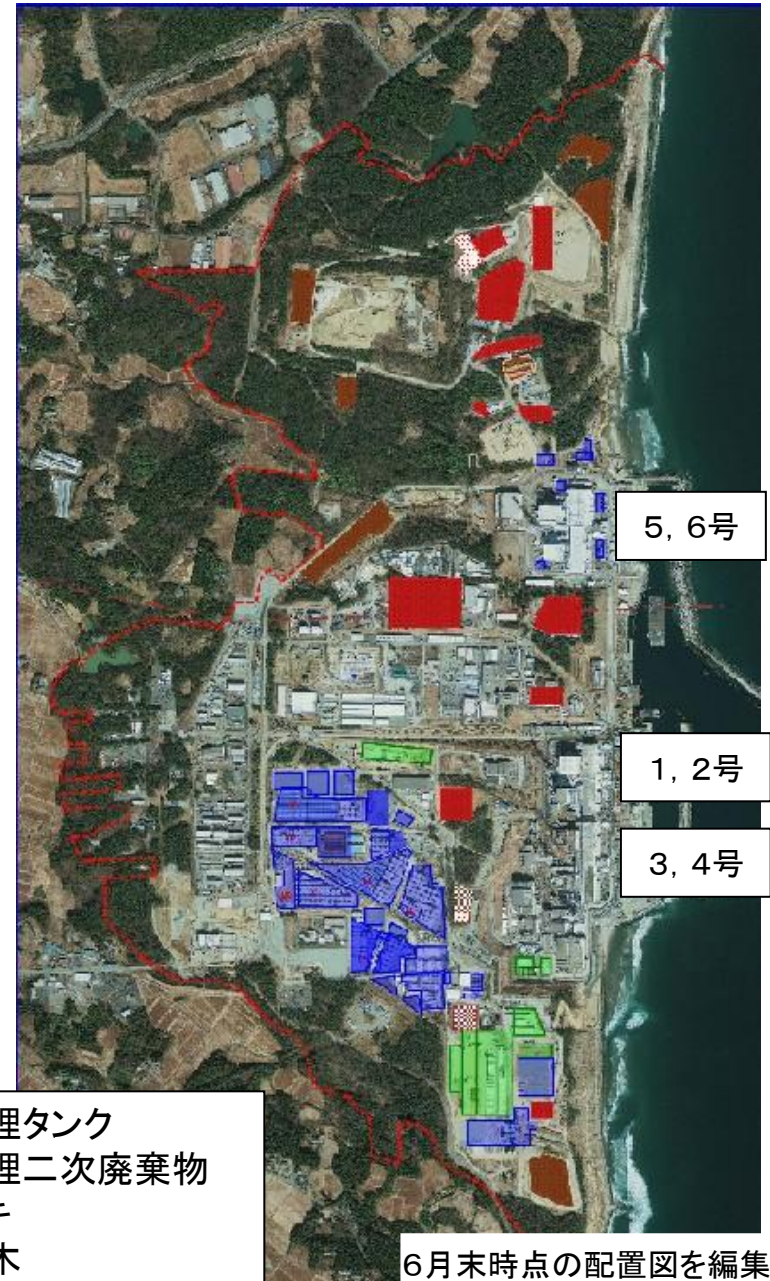
* : 放射化物、運転廃棄物由来のものが含まれる可能性がある。

福島第一事故廃棄物の特徴－②

福島第一事故廃棄物の発生状況

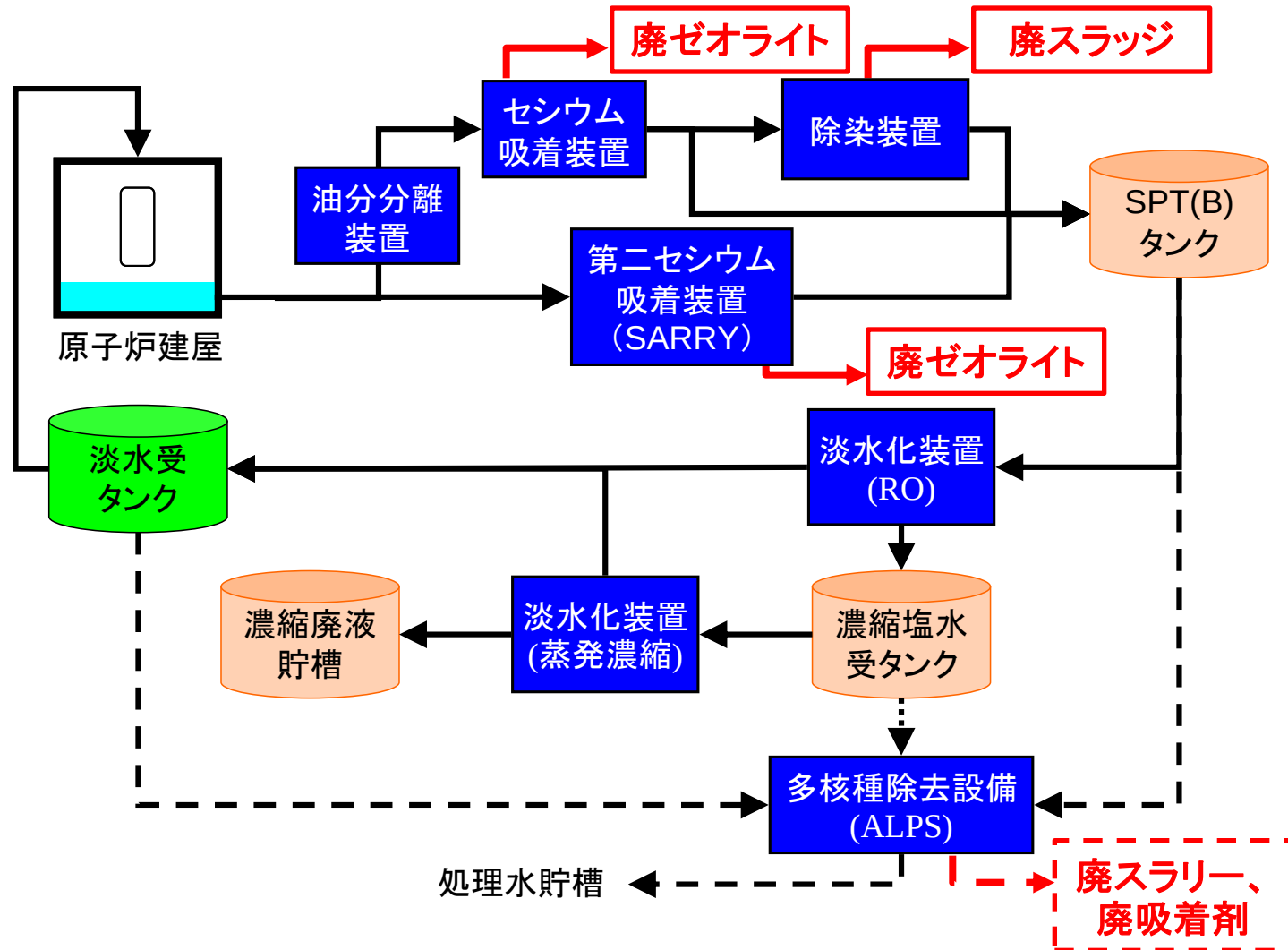
主な廃棄物種類	発生量
汚染水処理水	約42万 m ³
水処理二次廃棄物 (セシウム吸着塔)	約560 本
スラッジ	約600m ³
高性能容器 (HIC)	190 基
ガレキ	69,000m ³
伐採木	78,000 m ³
タンクエリア土壌	615 m ³

汚染水処理水、水処理二次廃棄物：H26年2月5日時点
ガレキ、伐採木：H26年1月末時点



福島第一事故廃棄物の特徴－③

汚染水処理設備の概要と発生する廃棄物



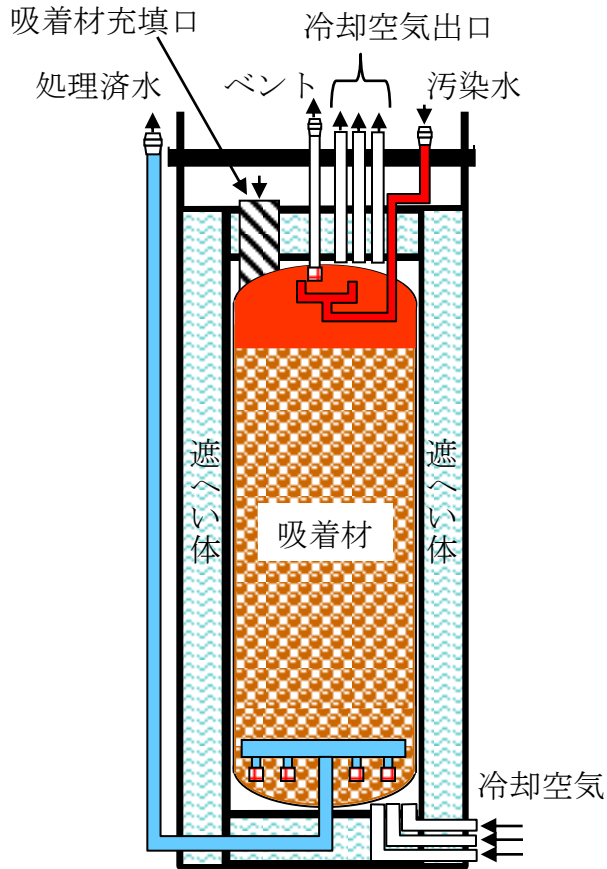
福島第一事故廃棄物の特徴－④

汚染水処理二次廃棄物の種類と発生量

処理工程	廃棄物	発生量/(推定量)	保管状況
セシウム吸着装置	ゼオライト-H	466本	吸着塔に充填した状態で、吸着塔内水洗浄・温風乾燥の後、コンクリート製のボックスカルバート内で保管。ボックスカルバート外側で10mSv/hと評価。
	ゼオライト-SMZ		
	ゼオライト-AGH		
	シリカサンド		
第二セシウム吸着装置	IE-96	96本	吸着塔に充填した状態で、吸着塔内水洗浄・通風の後、スキッドで保管。鉛遮蔽体と一体型。吸着塔外側で1mSv/hと評価。
	IE-911		
除染装置 (停止中)	スラッジ	597 m ³	コンクリート製ピット内一括保管、空送攪拌。将来的にスラッジ貯槽への移送、保管を検討中
淡水化装置	濃縮塩水	337,826 m ³	炭素鋼製のタンク及び地下貯水槽に保管
	濃縮廃液	9,205 m ³	炭素鋼製のタンクに保管
多核種除去設備 (試験中)	水酸化鉄スラッジ	(147塔/年)	高性能容器(HIC)内で保管
	炭酸塩スラッジ	(635塔/年)	
	活性炭	(4塔/年)	脱水しHIC内で保管
	Ag添着活性炭	(8塔/年)	
	チタン酸塩	(8塔/年)	
	フェロシアン化合物	(5塔/年)	
	酸化チタン	(7塔/年)	
	キレート樹脂	(7塔/年)	
	樹脂系吸着材	(10基/年)	吸着塔に充填した状態で保管

福島第一事故廃棄物の特徴－⑤

水処理二次廃棄物の例



吸着塔断面図



第二セシウム吸着装置

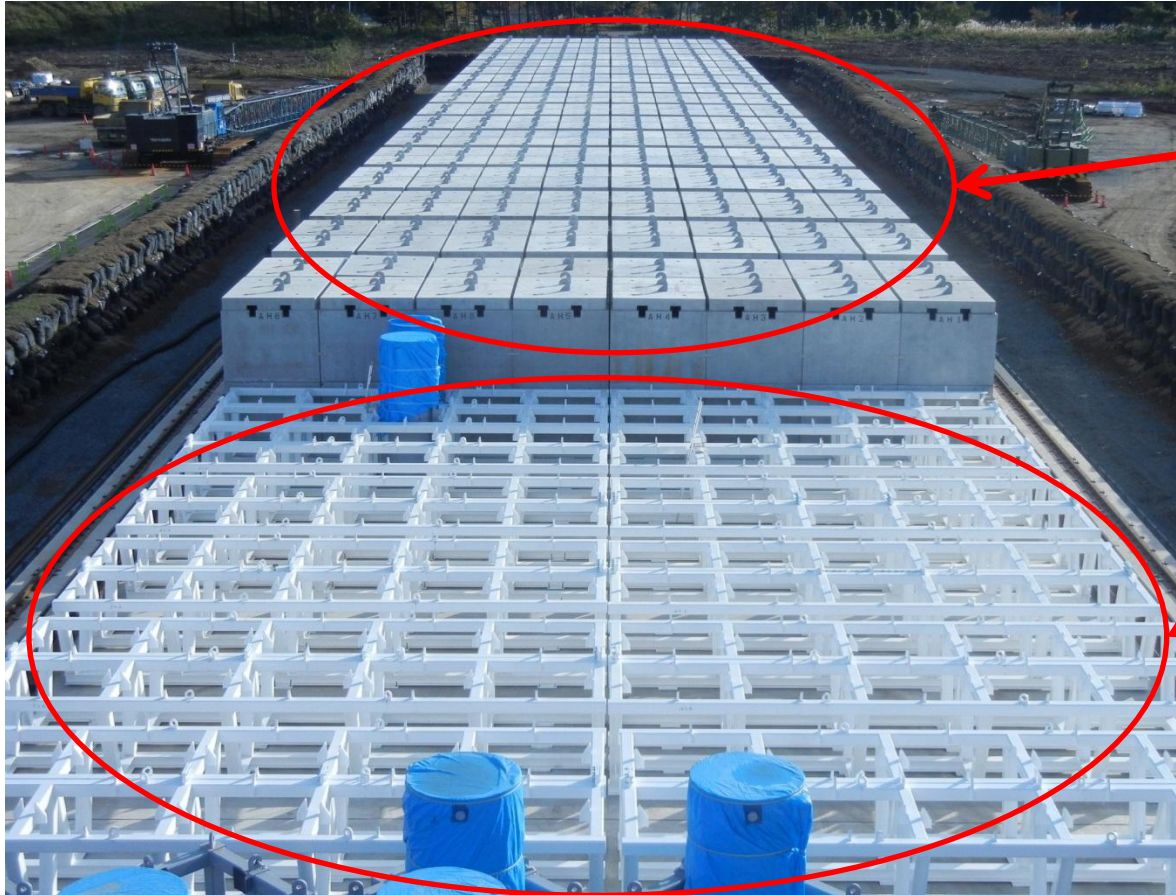
吸着塔の例(第二セシウム吸着塔)

- ・ 重量約 24トン、外形1.4 m、高さ約3.6 mの円筒形容器
- ・ ゼオライト、ケイチタン酸塩を充てんしたステンレス製容器を炭素鋼製の遮へい容器が覆う二重構造
- ・ 遮へい容器は二重管構造で内部を鉛で充てん
- ・ 吸着塔外側での線量率は、1mSv/h 程度

- ・ 廃棄物の放射エネルギーの把握
- ・ サンプルングが困難

福島第一事故廃棄物の特徴－⑥

セシウム吸着塔一時保管施設の外觀



キュリオン(セシウム吸着装置)
吸着塔格納部
(コンクリート製のボックスカル
バート内に入れ、保管)

サリー(第二セシウム吸着装
置)吸着塔格納部

福島第一事故廃棄物の特徴－⑦

瓦礫・伐採木の保管状況

(H24.10.31時点)

保管場所	エリア境界空間線量率 (mSv/h)	種類	保管方法	保管量※1		前回報告比 (H24.9.28)		エリア占有率
固体廃棄物貯蔵庫	0.05	コンクリート、金属	容器	2,000	m ³	—	m ³	35 %
A：敷地北側	0.45	コンクリート、金属	仮設保管設備	7,000	m ³	- 4000	m ³	64 %
B：敷地北側	0.05	コンクリート、金属	容器	4,000	m ³	—	m ³	98 %
C：敷地北側	0.01	コンクリート、金属	屋外集積	28,000	m ³	—	m ³	82 %
D：敷地北側	0.02	コンクリート、金属	シート養生	2,000	m ³	—	m ³	86 %
E：敷地北側	0.01	コンクリート、金属	シート養生	3,000	m ³	—	m ³	86 %
F：敷地北側	0.01	コンクリート、金属	容器	1,000	m ³	—	m ³	99 %
L：敷地北側	0.01未満	コンクリート、金属	覆土式一時保管施設	4,000	m ³	+ 2000	m ³	46 %
O：敷地南西側	0.08	コンクリート、金属	屋外集積	3,000	m ³	+ 3000	m ³	17 %
合計（コンクリート、金属）				54,000	m ³	+ 1000	m ³	62 %
G：敷地北側	0.01	伐採木	屋外集積	18,000	m ³	—	m ³	83 %
H：敷地北側	0.02	伐採木	屋外集積	16,000	m ³	—	m ³	93 %
I：敷地北側	0.02	伐採木	屋外集積	11,000	m ³	—	m ³	100 %
J：敷地南側	0.06	伐採木	屋外集積	12,000	m ³	—	m ³	77 %
K：敷地南側	0.04	伐採木	屋外集積	5,000	m ³	—	m ³	100 %
M：敷地西側	0.01	伐採木	屋外集積	7,000	m ³	+ 1000	m ³	35 %
合計（伐採木）				69,000	m ³	+ 1000	m ³	76 %

※1 端数処理で1,000m³未満を四捨五入しているため、合計値が合わないことがある。

※2 一時保管エリアの追加。

福島第一事故廃棄物の特徴－⑧

瓦礫・伐採木の保管状況



瓦礫の特徴

- ・材質:コンクリート、金属、有機物 (PVC)等
- ・アルミ、鉛の含有の可能性
- ・海水起源の塩分の含有の可能性
- ・物量が多く、汚染のレベルが広範囲
- ・汚染形態も、表面汚染、浸透汚染もある
- ・瓦礫の表面線量は低いものから高いものまで多様な分布のものがある。
- ・当初の保管場所から移動したものがあ、採取場所と表面線量・保管場所との対応は取れていない。

伐採木等の特徴

- ・幹部よりも枝葉部の汚染が大きい
- ・有機物であるため、微生物活動に伴う発熱の可能性
- ・処理・処分実績が乏しい

福島第一事故廃棄物の特徴－⑨

瓦礫の一時保管状況



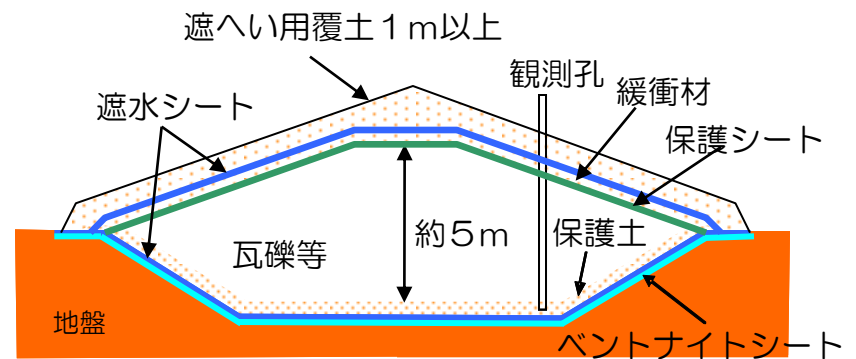
100 μ Sv/h以下のガレキ一時保管



覆土式一時保管施設



1mSv/h以下のガレキ一時保管



覆土式一時保管施設の構造

福島第一事故廃棄物の特徴－⑩

瓦礫の一時保管状況



瓦礫保管コンテナと建屋上部ガレキ保管テント



建屋上部瓦礫保管テント内部

福島第一事故廃棄物の特徴⑪

瓦礫の一時保管状況

覆土式一時保管施設の状況



1槽目内部の状態(11/14)



保護土

緩衝材

瓦礫

1槽目内部の状態(11/1)



2槽目の外観(10/30)



1槽目の外観(11/13)

福島第一事故廃棄物の特徴－⑫

瓦礫の特徴

- 原子炉建屋周辺に散逸した鉄筋コンクリート
- 残存建屋から撤去された鉄筋コンクリート
- 原子炉建屋周辺に散逸、残存建屋から撤去された金属類
 - － 低濃度～高濃度の主に降下放射性物質による汚染
 - － 表面汚染に加え、一部内部に汚染浸透
 - － 塩分や飛散防止剤成分が付着
 - － SUS、炭素鋼、アルミニウム合金、鉛(遮蔽体)
 - － ケーブル類等のPVCの被覆物(有機物)

福島第一事故廃棄物の特徴－⑬

伐採木の一時保管状況



図 伐採木(幹)の一時保管

- 伐採した樹木は、幹と根・枝葉に分け、敷地内に場所を決め一時保管
- 枝葉については、線量低減対策及び、火災発生リスクへの対処として覆土式の一時保管槽に保管(定期的に温度管理を実施)



図 伐採木(枝葉)の一時保管

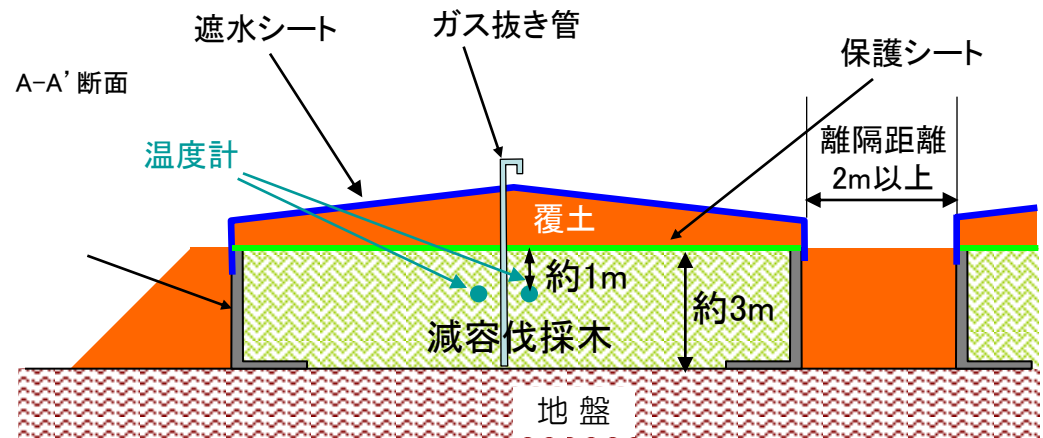


図 伐採木一時保管槽の構造

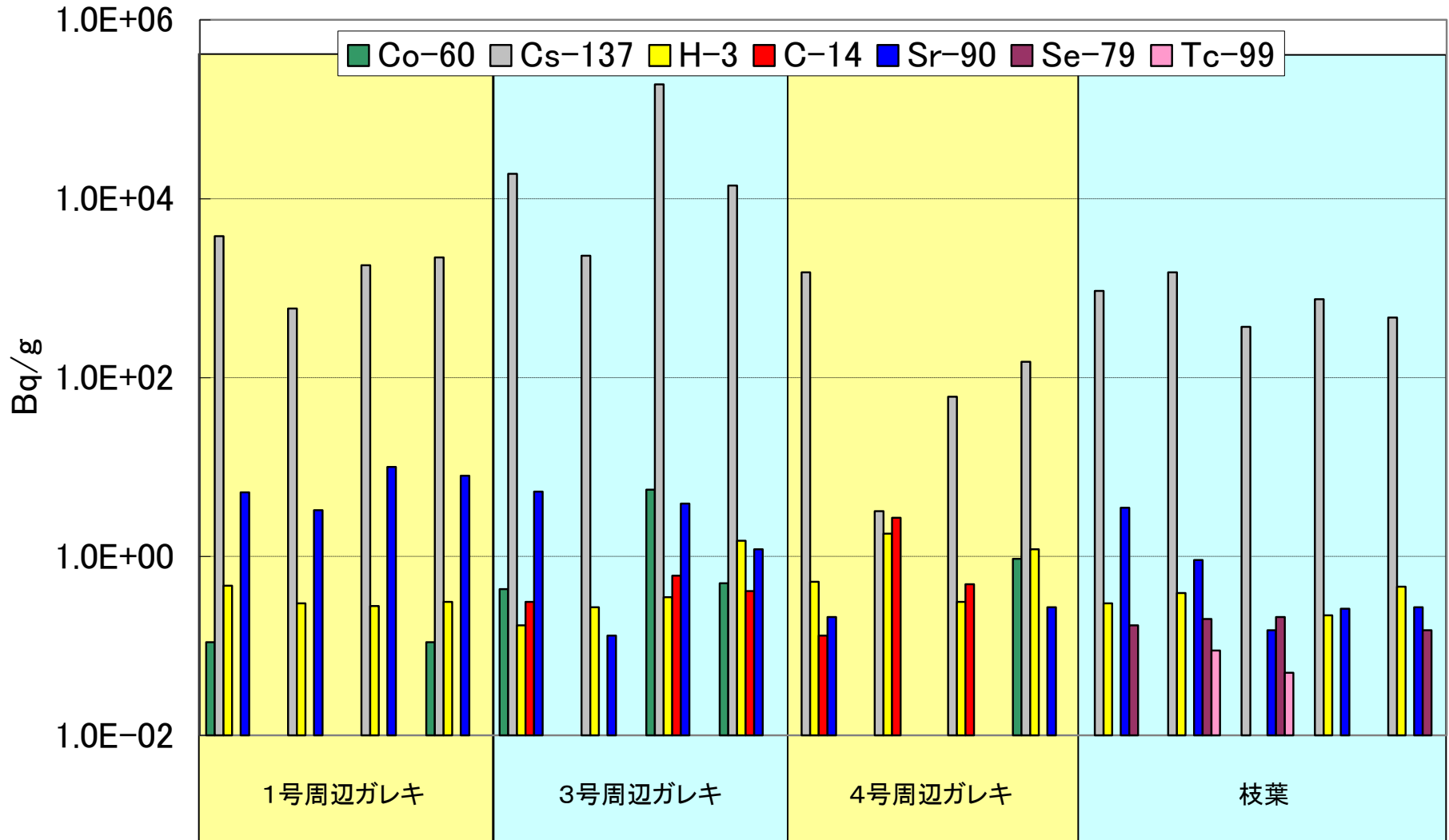
福島第一事故廃棄物の特徴一⑭

伐採木の特徴

- 有機物（セルロース）廃棄物
- 表面汚染と一部内部に汚染浸透
- 塩分や飛散防止剤の混入
- 枝葉はチップ化による減容が図られる
- 腐植が進行し、土壌との分別が困難

福島第一事故廃棄物の特徴－⑮

瓦礫・伐採木の核種分析例



福島第一事故廃棄物の特徴ー①⑥

燃料デブリ

- 下記の段階を経て性状把握が進展する計画とされている
 - 2017年 格納容器内調査・サンプリング
 - 2019年 炉内調査・サンプリング
 - 2020年以降 燃料デブリ取り出し

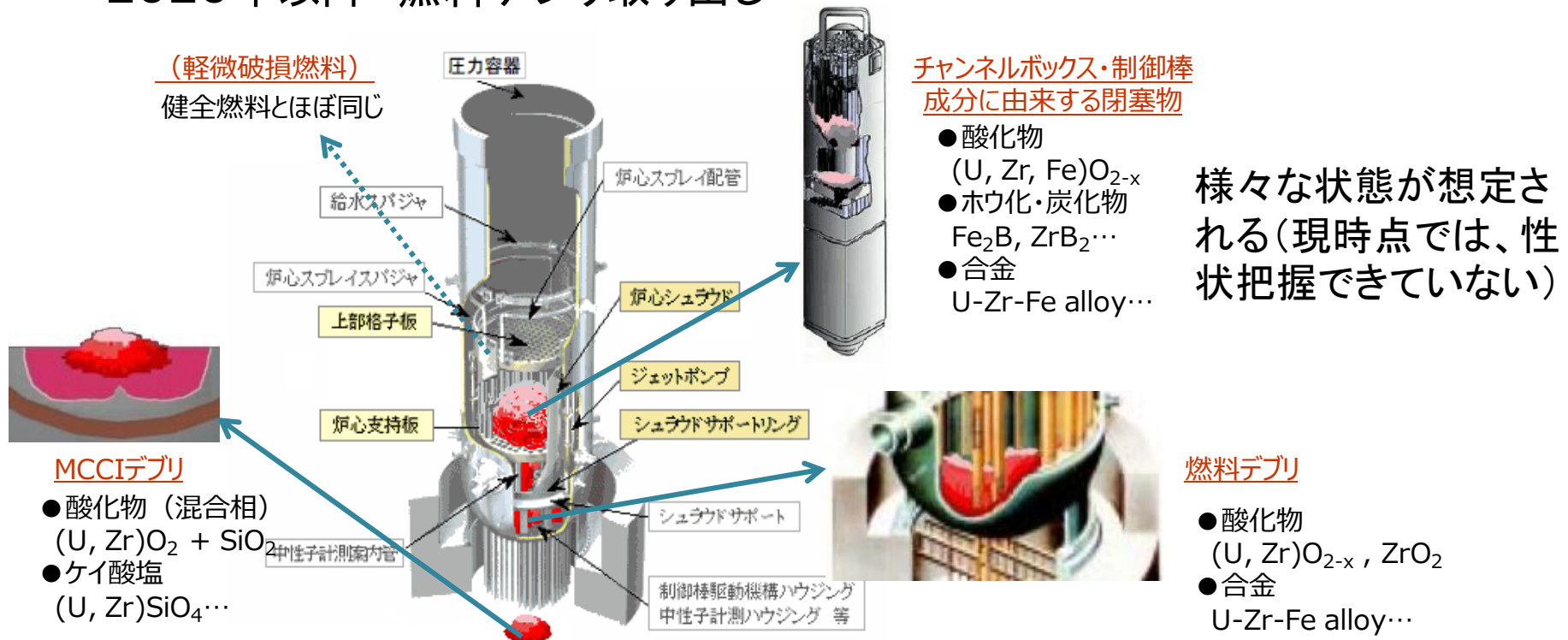


図 溶融状態のイメージ

福島第一事故廃棄物の特徴－⑪

解体廃棄物

一般的な原子力発電所の廃止措置における解体廃棄物とは異なり、以下のような特徴を有する。

- ・燃料起源の放射性核種による汚染が生じている
- ・塩分、ホウ素、油分、有機物の付着や混入の可能性
- ・汚染範囲が広範
- ・廃棄物量が多い
- ・当面はアクセスが自体が困難であり、データ採取が困難

福島第一事故廃棄物の特徴一⑱

各廃棄物区分ごとの特徴(まとめ)

廃棄物区分	特徴
汚染水処理二次廃棄物	・処理・処分実績が乏しい材料が多い ・汚染水処理施設の特徴に応じた廃棄物の推定がある程度可能。 ・原廃棄物の採取が困難なものあり
瓦礫／伐採木等	・物量が多く、広範囲に分布 ・樹木・土壌の処理・処分実績が乏しい
燃料デブリ／解体廃棄物	・通常の廃止措置に比較し廃棄物量が多い ・当面はアクセスが自体が困難であり、データ採取が困難

福島第一事故廃棄物の特徴－⑬

報告書別冊 福島第一事故廃棄物情報

(1) 目的

福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置を円滑に進めるためには、「福島第一事故廃棄物」に関する処理・処分の安全性の見通しをできるだけ早期に得ることが重要である。この見通しを得ることに資するため、**処理・処分の検討に重要となる福島第一事故廃棄物の関連する様々な情報を関係者が共有できるように整備・管理すること**を目的として福島第一事故廃棄物の情報を収集、整理する。

(2) 情報の範囲と情報項目の整理の考え方

関係者が**福島第一事故廃棄物**を理解する上で必要とする技術情報または、それらに**関連する情報、それらを支える情報等を対象**とする。これら対象とする情報の項目を既存の資料(福島第一原子力発電所1～4号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ、福島第一原子力発電所事故により発生する放射性廃棄物の処理・処分～研究開発課題の抽出と解決に向けた考え方～報告書、東京電力公開資料、廃棄物対策推進会議事務局会合資料等)等を参照して抽出し、分類整理した。**廃棄物の発生や保管の状況は変化していくので、今後必要に応じて反映、拡張**していく。

情報の整理においては、可能な限り1件1葉の形式で、概要が容易に把握できるように工夫し、さらに、詳細な情報を別途整理し廃棄物情報とハイパーリンクで繋ぎワンクリックで参照できるようにした。将来的には、利便性、情報の拡張性、情報の共有性等を考慮し、データベース構築技術を反映して高度化を検討していく。

福島第一事故廃棄物の特徴②⑩

報告書別冊 福島第一事故廃棄物情報

目次

概要	3
(1) 目的	3
(2) 情報の範囲と情報項目の整理の考え方	3
(3) 構成	3
(4) 重要な情報源	4
1. 福島第一事故廃棄物の発生状況	5
(1) 福島第一事故廃棄物の種類	5
(2) 保管量	6
(3) 保管場所	7
2. 廃棄物情報	8
(1) セシウム吸着塔（セシウム吸着装置）	8
(2) セシウム吸着塔（第二セシウム吸着装置）	10
(3) スラッジ（除染装置）	12
(4) スラリー（多核種除去設備 前処理工程）	14
(5) 吸着材（多核種除去設備）	16
(6) 処理カラム（多核種除去設備）	19
(7) 瓦礫	21
(8) 伐採木	24
(9) 土壌	27
(10) 燃料デブリ	29
(11) 解体廃棄物	32
3. 関連情報	35
(1) 汚染水処理設備	35
(2) 汚染水処理設備や汚染水処理二次廃棄物の一時保管施設等の配置	36
(3) セシウム吸着装置（KURION）	37
(4) 第二セシウム吸着装置（SARRY）	38
(5) セシウム吸着塔一時保管施設	38
(6) 除染装置	41
(7) 多核種除去設備	42
(8) 高性能容器（HIC）	43
(9) 多核種除去設備前処理工程スラリーに含まれる放射性物質の濃度評価値	44
(10) 多核種除去設備吸着材に含まれる放射性物質の濃度評価値	45
(11) 多核種除去設備のホット試験における放射性物質の移行	47

(12) 発電所敷地内で発生する瓦礫類の管理の流れ	48
(13) 3号機建屋上部瓦礫撤去状況	49
(14) 瓦礫・伐採木保管エリア	50
(15) 瓦礫・伐採木の一時保管エリアの保管容量および受入目安表面線量率	51
(16) 瓦礫・伐採木の管理状況	52
(17) 瓦礫等の一時保管状況	53
(18) 今後3年間の瓦礫等の想定発生量と保管容量の比較	54
(19) 覆土式一時保管施設	56
(20) 瓦礫・伐採木等の放射能分析結果	57
(21) 原子炉建屋コアボーリング試料の放射能分析	59
(22) 伐採木一時保管槽	61
(23) H4タンクエリア周辺汚染土壌の調査・回収方法について	62
(24) 地下貯水槽周辺の汚染土壌回収量	62
(25) 発電所構内グラウンド等で採取された土壌試料の分析	63
4. 参考情報	66
(1) 福島第一原子力発電所の施設スペック	66
(2) 環境へ放出された放射能量等	67

報告書別冊 福島第一事故廃棄物情報

2. 廃棄物情報

(1) セシウム吸着塔（セシウム吸着装置）

① 概要

汚染水処理設備の一つであるセシウム吸着装置（キュリオン社; Kurion, Inc.）から発生する汚染水処理二次廃棄物。汚染水中の主要核種であるセシウムを除去するため、内部にゼオライトが充填されている。ステンレス製の容器を炭素鋼製の遮へい容器が覆う二重構造となっている。遮へい容器の厚さは、3 インチと7 インチの2種類がある。

吸着材として、主に4種類（SMZ、H、AGH、EH、KH）が使われている²⁾。

使用後は、通水洗浄・水抜き・温風乾燥された後に、使用済セシウム吸着塔一時保管施設において、遮へい機能を有するボックスカルバート内に保管される。

② 特徴

○発生場所：セシウム吸着装置（KURION）

＜関連＞汚染水処理設備（P. 35）

＜関連＞セシウム吸着装置（KURION）（P. 37）

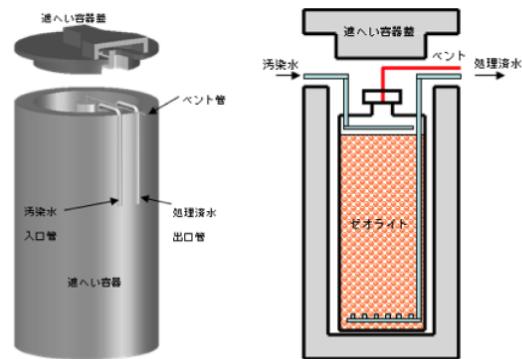
○保管場所：セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第二施設）

＜関連＞汚染水処理設備や汚染水処理二次廃棄物の一時保管施設等の配置（P. 36）

＜関連＞セシウム吸着塔一時保管施設（P. 38）

○幾何形状：外径1.4 m、高さ2.4 m

○重量：約15 t（遮へい容器を含む）



セシウム吸着塔外形図及び断面図¹⁾

○廃棄物になる可能性のある構成物：ハーシュライト（現在の区分ではチャバサイト-Na）、ゼオライト、ろ過砂、海水成分、SUS316L、炭素鋼

○保管での留意事項：容器腐食、高線量、水素発生（自然換気中）

○処理・処分での留意事項：高線量

③ 保管量

現在 ²⁾ (2014.2.3)	5年後の想定	廃炉時の想定
SMZ： 8本 H： 396本 AGH： 10本 EH： 20本 KH： 1本 ろ過砂： 29本 空容器： 2本	6本/年 ¹⁾	未評価

④ 表面線量率

0.5 mSv/h/本（遮へい（ボックスカルバート）外側での実測値最大）

0.10～250 mSv/h（遮へい容器表面での実測値²⁾）

⑤ 評価インベントリ

	総放射線量	α	β 、 γ
放射線量 (Bq)	未評価	未評価	1.7×10^{17} * (¹³⁷ Cs)

* 2013年4月2日までに発生した吸着塔（424本）に含まれる総¹³⁷Cs吸着量を汚染水中の濃度から評価した。

⑥ 性状把握の状況

⑦ 処理方法

未定

⑧ 処分方法

未定

参考文献

1) 東京電力株式会社, “特定原子力施設の設計, 設備,” 福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画, 平成25年8月14日認可。

<http://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/25/08/0814-1.html>

2) 東京電力株式会社より提供, 2014.3.20.

研究開発課題に関する検討①

平成24年度特別専門委員会では、福島第一事故廃棄物の処理・処分に係わる**研究開発課題を幅広く摘出し、解決に向けての対策案を検討**した。課題の多くは検討の途上、あるいは今後検討されるものであり、継続して取り組まれる必要がある。**平成25年度においては、同委員会にて、研究開発の基本的な考え方を改めて整理し(2章)、現段階での現場状況を考慮した上で「福島第一事故廃棄物情報」を取りまとめた。**

ここではそれらの結果を踏まえ、幅広く摘出された**研究開発課題に効率的・効果的に対処していくために課題を再整理し、優先的に考慮すべき事項を検討**した。検討にあたっての主な観点を以下に挙げる。

検討に当たっての観点

- ・従来の廃棄物との相違
- ・利用可能な情報の制約
- ・他の課題の解決に不可欠な情報の提供
- ・課題の解決に要するリードタイムの確保
- ・新規技術の必要性
- ・現場状況への対応

考慮すべき事項がそれぞれの研究開発で共通的なものが多いことに着目し、研究開発の基本的な考え方に沿い、「**性状把握**」、「**処理**」、「**処分**」と、これらを俯瞰する「**廃棄物ストリーム**」に分けて整理した。

研究開発課題に関する検討－②

(1) 性状把握－1

化学・物理性状の把握

- ・ 処理・処分に関する検討に**影響を及ぼす可能性が高い共存物質を含む廃棄物について検討を進めることが重要**である。併せて、こうした**共存物質の影響の程度について定量的な検討が必要**である。
- ・ **従来の廃棄物とは異なる化学・物理性状を持った廃棄物は、性状分析を進めることが重要**である。特に、水処理二次廃棄物のうち、スラッジとスラリーは汚染水処理設備における運転条件により性状が異なる可能性があるため、**実廃棄物の分析**を行い、これを把握する必要がある。

核種分析手法の整備

- ・ 国内での**分析実績が乏しい核種**（例えば、Mo-93、Zr-93）や**高線量試料に対応**するための分析方法の整備が必要である。
- ・ 処理・処分の検討を行う上で重要で、かつ、濃度が低く定量が困難な核種に対して、**検出限界がより低い手法の開発**が必要である。
- ・ 廃棄物が多種多様であり、廃棄物の種類毎に多くの分析を実施する必要があることから、より**短期間で実施でき、効率的なデータ蓄積に繋がる手法**の開発が重要である。
- ・ 多くの分析を長期にわたり実施していく必要があることから、**一定水準の品質を維持するため、分析手法の標準化**を行うことが重要である。

研究開発課題に関する検討－③

(1) 性状把握－2

インベントリ評価

- ・ インベントリ評価には、**実際の廃棄物を分析しデータを蓄積**することが不可欠である。よって、セシウム吸着塔などの**採取が困難な廃棄物については、採取方法の検討が必要**である。
- ・ 効率的に分析を進めるため、**分析計画と品質管理方法を明確に**するとともに、分析結果の蓄積や処理・処分に関する検討状況を反映し、適宜見直すことが重要である。
- ・ 実廃棄物の分析には技術的及び数量的な制約があるため、**解析的な手法を併用**してインベントリの評価を進めることが重要である。
- ・ なお、**インベントリ評価に用いる汚染水等の分析データ**は、水処理二次廃棄物の発生量の推測や、燃料デブリの状態の推定などの他の検討に反映できることから**有効に活用することが重要**である。

研究開発課題に関する検討－④

(2) 処理－1

安全性の見通しを得る上で必要な課題

- ・ 福島第一事故廃棄物は原子力発電所から発生する通常の廃棄物とは特徴が異なることから、**適用可能と思われる処理技術に関する情報を幅広く収集し、基礎的なデータを取得**しておくことが重要である。
- ・ 除染装置及び多核種除去設備から生じる**シアン化合物を含む廃棄物の処理については、既存技術の適用が困難な可能性が高い**ため、新技術の開発に取り組む必要がある。
- ・ 特に**燃料デブリの処理には開発に時間を要する高度な技術**が求められることから、処分に関する検討からのフィードバックを有効に活用して、**処分の安全性の観点から処理に求められる事項(再処理の必要性を含む)**を抽出し、効率的に開発を進めることが重要である。

研究開発課題に関する検討－⑤

(2) 処理－2

現場状況を踏まえ早急に対応すべき対策

- ・ 廃棄物の**安定保管のため、より安定な状態に処理(Treatment)すること**が重要である。例えば、廃吸着塔に対する追加的な安定保管対策の必要性を検討することが重要である。また、多核種除去設備から発生するスラリーは発生量が多く、かつそのほとんどが水分であることから、**漏えいのリスクを低減する安定化処理及び安定化物の保管に関する技術開発**は喫緊の課題である。
- ・ 瓦礫・伐採木については、物量が多いことから、**分別・減容や再使用・再利用のための対策**を早急に検討・実施することが重要である。
- ・ **汚染水タンクを漏えいリスクの低いタンクに交換すること**が喫緊の対策として予定されている。交換に伴い多量の**タンクが廃棄物として発生することから、その除染・減容や再使用・再利用のための対策**を早急に検討・実施することが重要である。

研究開発課題に関する検討－⑥

(3) 処分

- ・ 福島第一事故廃棄物は原子力発電所から発生する通常の廃棄物とは特徴が異なることから、国内外の**既存の処分概念の調査・整理を早期かつ幅広く実施し、福島第一事故廃棄物に適した概念を検討**する必要がある。
- ・ 個々の処分概念への**適用性を支配する重要な因子を抽出し、福島第一事故廃棄物を安全に処分するための条件を明らかにすることが重要**である。また、蓄積される廃棄物の性状に関する情報を反映しつつ、このような検討を繰り返し進めていく必要がある。
- ・ 処分の安全性を念頭においた感度解析等を実施することにより、**分析試料や測定核種の優先順位や処理に求められる事項を検討し、性状把握や処理に関する検討にフィードバックすることが重要**である。
- ・ なお、性状把握や処理及び処分概念とその安全性の一連の検討を踏まえ、早期に制度面の検討に着手する必要がある。

(4) 廃棄物ストリーム

- ・ 研究開発を合理的、効率的に進めるため、**利用可能な情報が限定的な状況ではあるが、様々な不確実性を考慮して廃棄物ストリームを検討し、適宜見直していく必要がある**。
- ・ なお、廃棄物ストリームは、中長期ロードマップにおいて2018年度までに検討・策定するとされている廃止措置シナリオと密接に関わるため、**全体的なリスクを低減させることを念頭に相互に整合させることが重要**である。

研究開発課題に関する検討⑦

(5) その他の課題

研究者の連携・情報共有

- ・ 開発要素が多いため、**国内及び国際協力を積極的に活用**し、幅広く国内外の叡智を結集すべきである。そのためには、研究開発に関する計画や成果、関連する**情報を発信する必要**がある。
- ・ **円滑に情報が共有できる仕組みを構築すること**が重要である。例えば、本報告書でまとめた「福島第一事故廃棄物情報」の定期的な更新や、情報をデータベース化して管理することが考えられる。
- ・ 研究や技術開発を促進する上で、情報とともに**実験に用いる試料等の共有化が必要**である。例えば、福島第一事故廃棄物の性状把握や除染技術開発に関して、試料を必要とする機関に提供することが効果的であると考えられる。

人材の育成

- ・ 廃止措置等の取り組みは長期にわたる計画であり、**関連する技術者・研究者を育成することが不可欠**である。例えば、分析に関しては、廃棄物が多種多様であり、廃棄物の種類毎に多くの分析を実施する必要があることから、予定されている**放射性物質分析・研究施設の整備とともに、分析技術者の育成を計画的に進めていく必要がある**。

研究開発課題に関する検討－⑧

(5) その他の課題－2

研究開発拠点の活用

- ・ 福島第一原子力発電所近傍に整備される**研究開発拠点は、廃止措置等の取り組みに関する研究開発の中核的な施設となるべき**である。研究開発の促進のみならず、人材を育成する観点から活用する必要があり、**国内外の研究者が共同利用できる仕組みの確立**が重要である。

研究開発計画案一①

検討結果を具体的に反映するため、平成24年度の報告書でまとめた研究開発計画案を平成25年度に見直した。

検討した研究開発の基本的な考え方を基にHP SW-1、2に向けた主要実施項目を検討した。また、平成24年度の研究開発計画案での廃棄物の種類毎の整理から、ここでの課題の整理に合わせて研究開発項目毎の計画に整理し直したうえで、実施項目、実施内容及びスケジュールの見直しを行った。

(1) 研究開発全体計画案

(1) 研究開発全体計画案

福島第一事故廃棄物の処理・処分検討の初期の段階では、性状に関する情報の量及び精度が低い状態であることを加味した上で処理・処分の検討を進めつつ、その過程で、処理・処分の検討に重要となる情報を明確にする。処理・処分の検討に重要となる情報の整備は、性状把握において優先的に取り組むべきものであり、廃棄物分析等によって情報を蓄積していく。廃止措置に向けた作業・研究が進捗した段階では、性状に関する情報量は増加し精度も向上していると考えられるので、これらの蓄積した性状に関する情報を用いて、より現実的な処理・処分の検討を進めることが可能となる。

表 6-1 放射性廃棄物処理・処分に係る研究開発全体計画案

項目	第 1 期			第 2 期						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1. 性状把握						HP SW-1 固体廃棄物の処理・処 分に関する基本的な考 え方の取りまとめ				HP SW-2 固 体 廃 棄 物 の 処 理 ・ 処 分 に お け る 安 全 性 の 見 通 し 確 認
2. 処理										
3. 処分										
4. 廃棄物ストリーム										

分析手法の確立、分析計画の見直し

分析や解析的手法による性状把握

性状把握結果を処
理、処分検討に反映

性状把握結果を処
理、処分検討に反映

性状把握結果を処
理、処分検討に反映

性状把握結果を処
理、処分検討に反映

各検討結果を廃棄物ストリームに反映

各検討結果を廃棄物ストリームに反映

処理・処分の検討に必要な分析
項目を反映

候補処理技術の調査

適用性評価のための基礎試験

適用性評価のための長期試験

技術の絞り込み、
課題の抽出

処分概念の調査

安全評価手法の調査

廃棄物ストリームの検討

廃棄物種類毎の物量、化学・物理性状、インベントリの整理

さらなる技術の絞り込み、施設の概念検討に必要な技術的事項の明確化

適応性評価に関する検
討結果を性状把握や処理
に関する検討に反映

処分に係る安全性の見通し等の提示

処分場の設計等に必要な技術的事項の明確化

廃棄物ストリームの絞り込み

成果のまとめ ▲

成果のまとめ ▲

45

(2) 研究開発全体計画案-2

性状把握

- 核種分析等によりデータの蓄積を行うが、HP SW-1までに分析結果が得られる試料数に限りがあるという前提の下、解析的な手法を併用し、インベントリ及びその他の性状を評価し、福島第一事故廃棄物の特徴を検討する。また、効率的なデータ蓄積を行う上で必要な核種分析手法の開発を行うとともに、分析計画を明らかにする。
- HP SW-2に向けては、分析結果を蓄積し、解析的な手法に基づく評価の信頼性を向上させることにより、廃棄物種類毎の物量、化学・物理性状、及びインベントリを整理し、福島第一事故廃棄物の特徴を明らかにする。

表 6-2 「性状把握」研究開発計画案

項目	第 1 期			第 2 期							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
性状把握						HP SW-1 固体廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方の取りまとめ				HP SW-2 固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認	
				分析計画の見直し							
				放射性核種の分析			開発した分析技術を活用した分析データ蓄積				
				化学組成、物理的性状の把握			廃棄物性状把握の精度向上				
				難測定核種分析技術開発							
				分析手法の標準化							
				分析と解析的手法を組み合わせたインベントリ評価手法開発			インベントリ推定精度の向上				
				水処理二次廃棄物試料採取方法の検討							
				燃料デブリの状態推定への分析データの活用							
							成果のまとめ 		成果のまとめ 		

(3) 研究開発全体計画案-3

処理

- ・ HP SW-1に向けて、国内外の事例を参考に、適用可能性のある処理技術を広範囲に調査する。また、この段階までに得られた性状把握結果及び、処理技術に対する基礎試験結果を踏まえ、技術の絞り込みを行うとともに、課題の抽出を行う。
- ・ HP SW-2に向けては、性状把握及び処分に関する検討の進展を踏まえ、さらなる技術の絞り込みを行う。また、絞り込まれた処理技術を対象として、処理施設の概念検討に必要な技術的事項を明らかにする。

表 6-3 「処理」研究開発計画案

項目	第 1 期			第 2 期							
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
処理							HP SW-1				HP SW-2
						固体廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方の取りまとめ				固体廃棄物の処理・処分における安全性の見直し確認	
- 分別（測定を含む）											
- 除染											
- 再利用											
- 安定化											
- 廃棄体化											
- 燃料デブリ処理の検討											
現場状況を踏まえた対策											

おわりに

平成25年度は、福島第一原子力発電所における作業や廃棄物管理の状況、処理・処分に向けた研究開発の状況を調査し、関連する多くの学問分野の専門家の知見を結集して評価するとともに、福島第一事故廃棄物の特徴を踏まえた処理・処分の安全性の観点から整理し分析することにより、特に重点的に取り組むべき事項を包括的に検討し取りまとめを行った。

なお、日本原子力学会には、平成24年度に「東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会」が設立され、バックエンド関連として福島第一原子力発電所事故後の放射性廃棄物に関する検討が進められている（以降、学会事故調（バックエンド関連）と略す）。学会事故調（バックエンド関連）では、中長期ロードマップに示された計画を遂行するにあたって検討すべき事項の提言をまとめていくことが主な活動であり、一方、本委員会は、放射性廃棄物の処理・処分に向けた研究開発計画の検討、立案を行うものである。