

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

平成 25 年度報告書

～廃棄物情報の整理と課題解決に向けた考慮事項～

平成 26 年 3 月

日本原子力学会

「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

目次

1.	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	経緯・目的	2
2.	研究開発の基本的な考え方	4
2.1	中長期ロードマップの判断ポイントにおける目標（例）	4
2.2	研究開発の進め方	4
3.	総合的な廃棄物対策の重要性	9
4.	廃棄物情報の整理	10
4.1	福島第一事故廃棄物の分類	10
4.2	福島第一事故廃棄物の概要	10
4.2.1	汚染水処理二次廃棄物の概要	10
4.2.2	瓦礫／伐採木等の概要	15
4.2.3	燃料デブリ／解体廃棄物の概要	19
5.	研究開発課題に関する検討	22
5.1	性状把握	22
5.1.1	化学・物理性状の把握	22
5.1.2	核種分析手法の整備	22
5.1.3	インベントリ評価	23
5.2	処理	23
5.2.1	安全性の見通しを得る上で必要な課題	23
5.2.2	現場状況を踏まえ早急に対応すべき対策	23
5.3	処分	24
5.4	廃棄物ストリーム	24
5.5	その他の課題	24
5.5.1	研究者の連携・情報共有	24
5.5.2	人材の育成	25
5.5.3	研究開発拠点の活用	25
6.	研究開発計画案	26
6.1	研究開発全体計画案	26
6.1.1	性状把握	26

6.1.2	処理.....	27
6.1.3	処分.....	27
6.1.4	廃棄物ストリーム.....	27
6.2	研究開発個別計画案.....	29
6.2.1	性状把握.....	29
6.2.2	処理.....	29
6.2.3	処分.....	30
7.	おわりに.....	34
7.1	委員会及び委員.....	34
7.2	委員会の活動.....	35

別冊：福島第一事故廃棄物情報

1. はじめに

本書は、平成 24 年度に設立された日本原子力学会「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（以下、「特別専門委員会」という）における平成 25 年度の調査・検討結果を取りまとめたものである。

1.1 背景

現在、東京電力（株）福島第一原子力発電所 1～4 号機では廃止措置に向けた作業が行われている。すでに放射性核種により汚染された物質が福島第一原子力発電所敷地内で保管されているが、今後の廃止措置等の作業に伴いさらに増加していく。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。

福島第一事故廃棄物は、事故によりコントロールできない状態で発生したものであり、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、事故直後の炉心冷却に用いた海水の成分を含む可能性があること、汚染のレベルが多岐にわたりその物量も大きいこと等、従来の原子力発電所で発生する放射性廃棄物とは異なる特徴がある。図 1-1 に福島第一事故廃棄物の特徴を示す。

廃止措置に向けた作業においては、多種多様な廃棄物が発生する。また、引き続き現場状況に応じ種々対策が取られていくため、廃棄物の発生についても状況が変化することが予想され、現時点で今後の廃棄物の発生量を定量的に推定することが困難な状況にある。

現時点における状況としては、1～3 号機の原子炉への循環注水冷却を継続することにより冷温停止状態を引き続き保持しており、4 号機においては使用済燃料プールからの燃料取り出し作業を平成 25 年 11 月 18 日より開始し、平成 26 年度末の完了を目指している。燃料デブリ取り出しに向けて、ロボットを用いた原子炉建屋内の調査なども進められている。汚染水処理に関しては、これまでのセシウム吸着装置等の汚染水処理設備に加えて、新たに多核種除去設備のホット試験が開始されており、1～4 号機に流入する地下水によって毎日増加する汚染水への対応が継続されてきたが、解決には至っていない。深刻化する汚染水問題を根本的に解決することが急務であることから、国は、平成 25 年 9 月 3 日、原子力災害対策本部の下に「廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議」等を設置し、自らが前面に出て必要な対策を実施していくこととした¹⁾。また、平成 25 年 8 月には、燃料デブリの取り出しや、放射性廃棄物の処理・処分といった廃止措置等に関する作業を進める上で必要な研究開発に対し、国内外の叢智を結集し一元的に取り組むための組織として、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（IRID, International Research Institute for Nuclear Decommissioning）が発足した。

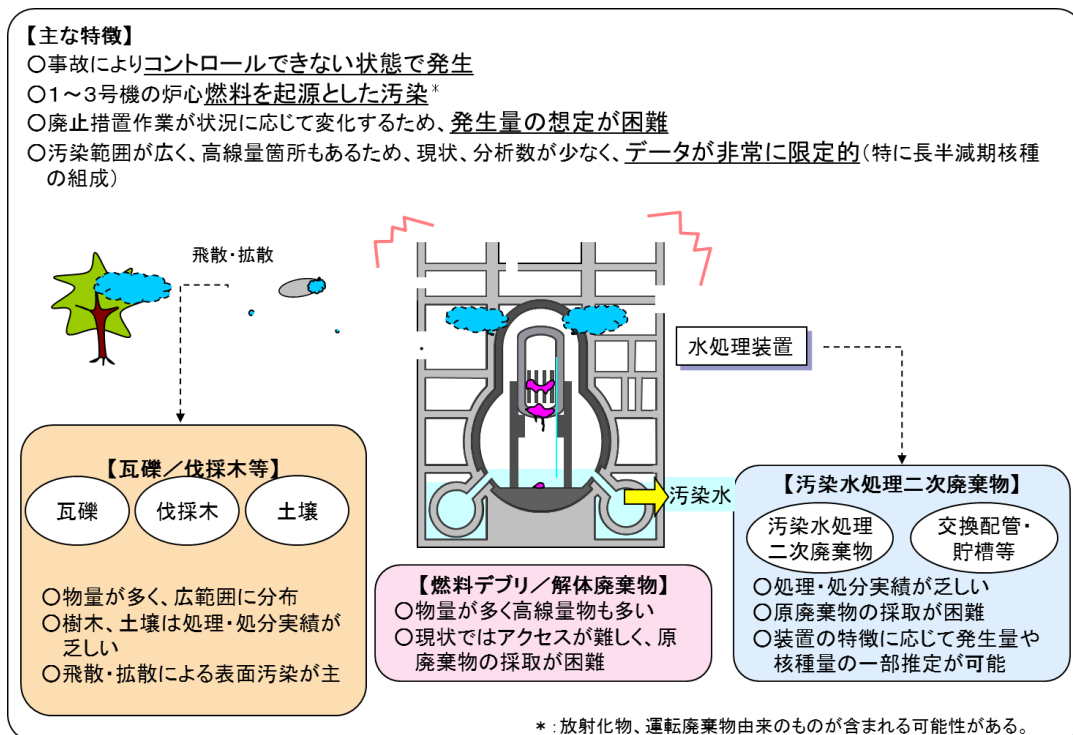


図 1-1 福島第一事故廃棄物の特徴

1.2 経緯・目的

日本原子力学会では、処理・処分に関する研究開発課題について、専門的立場から検討を行うとともに適切な助言を行い、廃止措置に向けた作業の進展に寄与することとし、平成 24 年度に「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」特別専門委員会を設立した。

平成 24 年度においては、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を安全に処理・処分するための技術的見通しを得るための研究開発の考え方を、対象となる廃棄物の特徴、性状等に基づいて検討し、研究開発計画としてまとめた。また、その推進上の課題及び問題点についても必要なリソースやマネジメントの観点も含めて整理した。これら成果については、福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃炉措置等に向けた中長期ロードマップ¹⁾²⁾(東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議、平成 25 年 6 月 27 日、以下「中長期ロードマップ」という)に反映されている。

平成 24 年度に引き続き、平成 25 年度においても本特別専門委員会の活動を継続し、福島事故廃棄物の処理・処分の研究開発を円滑かつ効率的に進めるための調査・検討を実施した。具体的には、処理・処分に関する検討を進めるうえでは廃棄物に関する情報が不可欠であることから、平成 24 年度に実施した情報の整理に対し、追加的な情報調査を行い、得られた情報を広く整理し、共有を図ることを念頭に取纏めた。また、その結果を踏まえ平成 24 年度に抽出した研究開発課題を効率的・効果的に解決するために考慮すべき事項を検討

し、それを反映した研究開発計画案を提案した。

参考文献

- 1-1) 原子力災害対策本部 (2013 年 9 月 3 日) 【資料 1】 東京電力 (株) 福島第一原子力発電所における汚染水問題に関する基本方針.

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/osensuitaisaku_houshin_01.pdf

- 1-2) 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議 (第 5 回) (2013 年 6 月 27 日) 【資料 2】 東京電力 (株) 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.

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/130627_01d.pdf

2. 研究開発の基本的な考え方

2.1 中長期ロードマップの判断ポイントにおける目標

中長期ロードマップ¹⁻²⁾に記載された固体廃棄物の処理・処分に関する判断ポイント(HP)とその目標は、以下の通りである。

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。

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(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直しを確認する。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。

上記の各判断ポイントに示された目標を達成する上で、具体的には、下記のように取り組むのが適切であると考えられる。

(ア) HP SW-1

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。

(イ) HP SW-2

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直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、安全性の見直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。

2.2 研究開発の進め方

ここでは、2.1のような取り組みや3章で述べる総合的な廃棄物管理対策を念頭に置いて、研究開発の進め方について検討する。

図2-1にIAEAの安全用語集²⁻¹⁾を参考にした放射性廃棄物対策に関する用語の定義を示す。一般に、放射性廃棄物対策は、「処分」とそれに向けた処理、保管、輸送から構成さ

れる「処分前対策」からなり、それぞれの検討を行う上では、廃棄物に関する情報が重要である。

原子力発電所の稼働中あるいは廃止措置において発生する放射性廃棄物は、コントロールされた状況下のものであり、その性状の把握も概ね容易である。我が国においては、高度化や経済合理性の高い技術を目指して研究開発が継続されているものの、廃棄体化を行う際の適用技術が明確になっており、処分技術及び規制もほぼ整備されている。これに対して、福島第一事故廃棄物は、事故時の突発的な揮発性核種の拡散及び汚染水の発生により汚染された廃棄物がほとんどであり、発生状況は十分把握されておらず、これらの性状に関する情報も現時点では限定的である。また、汚染水を処理した際に発生した廃棄物等を始めとして、処理・処分実績のない物質が多い。

そのため、福島第一事故廃棄物の安全な処分を実現する上では、廃棄物の性状を把握し、適切な処理・処分技術を構築するための研究開発を行うことにより、安全性の見通しを得た上で、必要な制度化を実施し、処分施設の立地等の検討へ繋げていく必要がある。福島第一事故廃棄物と原子力発電所で発生する通常の放射性廃棄物の特徴の相違点を踏まえた研究開発の進め方のイメージを図 2-2 に示す。

原子力発電所で発生する通常の放射性廃棄物の処分に向けた主要な研究開発フローでは、放射性廃棄物のインベントリ、化学組成等の性状に関する通常の情報把握し、それらを用いて、処理に関する検討、及び、処分概念や処分施設の設計、安全評価等の検討が順を追って行われる。しかし、福島第一事故廃棄物の場合、現時点では廃棄物の性状が十分に把握されておらず、原子力発電所で発生する通常の放射性廃棄物の処分に向けた研究開発フローと同様の進め方で検討を行うことは極めて困難である。そのため、福島第一事故廃棄物に関する処理・処分について安全性の見通しを得るという目標にできるだけ早く確実に到達するためには、廃棄物性状に関する情報が不足している段階においても、放射性廃棄物の処理と処分方法に関する検討を一体化し廃棄物ストリームとして進めることができるよう計画することが重要と考えられる。

福島第一事故廃棄物の研究開発の初期の段階では、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前提に性状把握のための試料分析をできるだけ効果的、効率的に進めるとともに、解析的手法を併用するなどして予め処分方法を想定し、それに対応する処理方法を検討するという逆向きの手順を視野に入れて検討を進めつつ、その過程で、このような検討に重要となる情報を明確にしていく必要がある。また、これを性状把握の作業にフィードバックし、優先的に取得すべき情報を整理する必要がある。このような情報としては、処理に伴い発生する二次廃棄物の推定や廃棄体化要件の検討に必要な情報、また、インベントリ評価に直結する分析対象核種の濃度・量、組成等に関する情報が想定される。

研究開発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と考えられる。この段階では、初期段階に比較して、原子力発電所で発生する通常の放

放射性廃棄物についての研究開発フローに近い検討になるものと考えられる。一方、廃止措置に向けた作業全体も通常化が進むと考えられるとはいえ、不測の事態も含め時間的に変化する可能性を考慮に入れ処理・処分の検討は柔軟にできるようにしておくことが肝要である。

上述したような廃棄物性状の把握は、分析データの蓄積を進めるとともに、解析的な手法による評価を併用する必要がある。解析的評価により、分析が行われていない核種も含めて廃棄物の核種組成や濃度をある程度の精度で推定し、その推定結果を前提として処理・処分に関する検討を進めることが重要である。事故事象の詳細が明らかではなく、情報が不足している状況においては、廃棄物性状に関する解析的評価の推定誤差は大きいと考えられるが、事故事象の詳細解明や分析データの蓄積を適宜反映することにより、評価の信頼性を高めることが可能となると考えられる。また、こうした解析評価の信頼性を高めるための分析計画も用意しておくことが重要である。

処理に関する検討については、廃棄物の保管や処分に与える影響を総合的に判断して決定する必要がある。その判断材料とするため、可能性のある処理方法について、処理施設の操業時の安全性や廃棄体処分後のリスクに関する情報に加え、実現性の評価に必要な技術の実用化状況、経済性、二次廃棄物の発生量や性状等の情報を包括的に整備していく必要がある。その上で、実際の廃棄物性状把握の進展に応じて技術の適用性を評価し、技術の絞込みを実施すべきである。廃棄物処理方法の検討が進捗することにより廃棄物処分の検討を行う上で必要な廃棄体条件がより明確に設定されるようになる一方で、二次廃棄物の発生量や性状等の評価や廃棄物分類の見直しが必要となることが想定される。その場合にも、適宜、必要な情報を取得できるように研究開発計画に柔軟性をもたせておくことが重要である。

処分に関する検討に際しても、福島第一事故廃棄物の特徴や、廃棄物性状に関する評価の精度が分析や廃止措置に向けた作業の進展に応じて向上していくものであることを念頭に検討する必要がある。福島第一事故廃棄物が多岐にわたること、また、現時点でそれらの性状が十分に把握されていないということを考慮して、まず、可能性のある処分概念を幅広く調査するとともに、福島第一事故廃棄物を安全に処分するための方策について包括的に検討することが考えられる。本検討を通じて、処分の安全性や実現性を検討する上で必要な廃棄物性状に関する情報を抽出することにより、処理技術の検討や効率的な分析計画の立案に反映させることが有効と考えられる。

以上のように、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得るためには、廃棄物処理技術や処分技術についてあらかじめ幅広く評価し、廃棄物性状把握の進展に応じて絞り込んでいくことにより、効率的・効果的に研究開発を進めていくことが重要である。これらを円滑に進めるためには、複雑な情報のやりとりを支援することを目的として、関係者が情報を共有できるよう研究開発に必要な情報をデータベース化し管理することが重要である。

2.1 に示したとおり、HP SW-1 までに行う、成立する可能性のある廃棄物ストリームの検討・評価に際しては、廃棄物処理技術や処分技術に関する検討を幅広く実施する必要がある。

る。また、これらの検討の結果、廃棄物ストリームに関する成立条件や残された課題を抽出することができると考えられるが、この段階では、廃棄物の性状等に関するデータが限定的であることや想定に伴う多くの不確実性に起因し、非常に多くの課題が抽出される。よって、図 2-2 の左図のように、特に、処理・処分にに関する検討結果から得られる情報に基づき、課題の優先順位を明確にし、HP SW-2 に向けた性状把握に関する検討等に反映することが重要である。

HP SW-2 では、福島第一事故廃棄物の性状把握に関する知見を蓄積し、その特徴を明らかにする必要がある。その結果を踏まえ、図 2-2 の中央の図のように、処理・処分の検討を行うことにより、適切と考えられる廃棄物ストリームの絞り込みを行い、それに基づいて現実的に処理・処分の安全性の見通しを得られるようにすることが重要である。

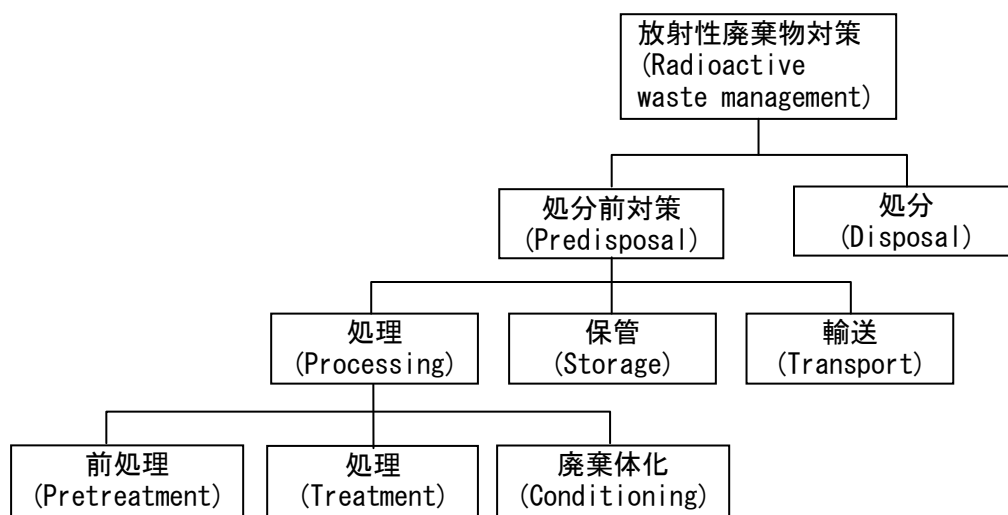


図 2-1 放射性廃棄物対策に関する用語の定義 (IAEA 資料 2-1) を元に作成)

本文中では、「処理(Processing)」を「処理」、「処理(Treatment)」を「処理(Treatment)」と表記する。

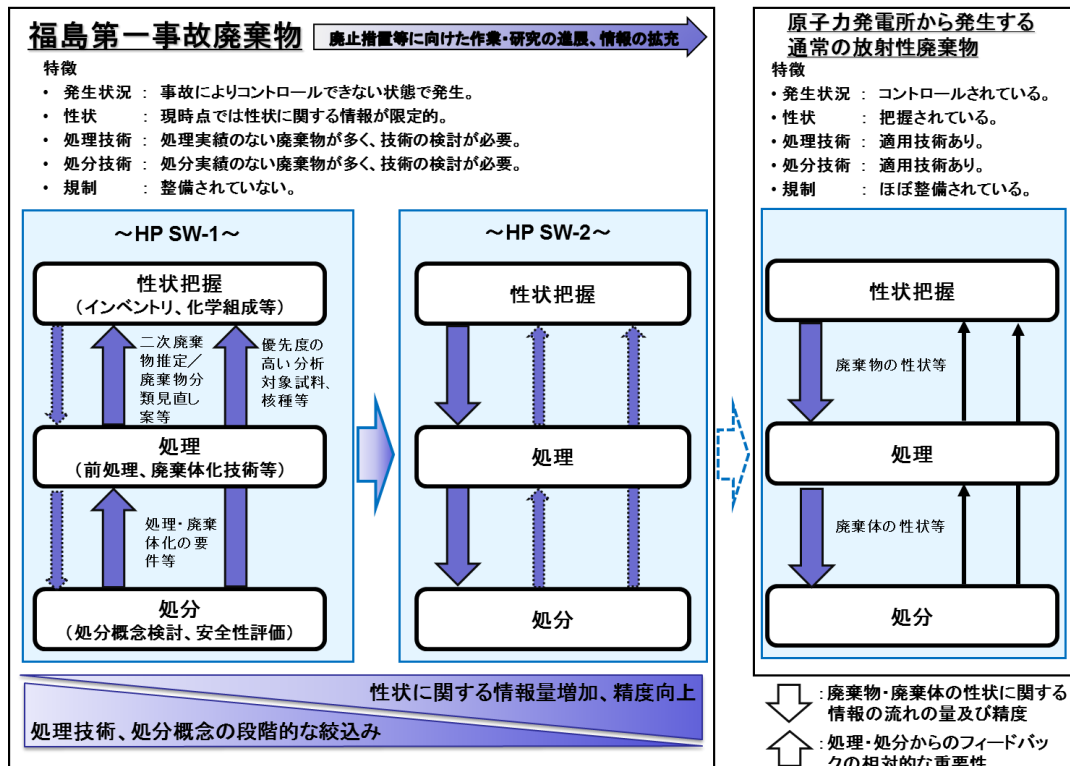


図 2-2 福島第一事故廃棄物の処分に向けた研究開発の進め方 (イメージ)

参考文献

2-1) IAEA Safety Glossary, Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2007 Edition.

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1290_web.pdf

3. 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であり、現場状況に応じ種々対策が講じられているため、作業の結果として生じる廃棄物量や廃棄物の種類を想定することすら困難な状況である。しかし、廃棄物対策は、廃止措置等の作業を計画し実行していく上で最も重要な事項の1つである。例えば、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。

廃棄物の保管に際しては、敷地の有効利用等の観点から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し、安全を最優先にしながら保管を継続する方針とされている^{1,2)}。また、廃棄物発生量の低減は、「持ち込み抑制>発生量最小化*1>再使用(リユース)>リサイクル」の優先順位で取り組むとされている^{1,2)}。

安全に保管するという観点では、例えば、汚染水処理二次廃棄物について、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必要がある。また、廃棄物発生量の低減対策のためには、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することが重要である。

加えて、今後の処理・処分を検討する上では、処理・処分が困難な物質を持ち込まないことや、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が有効である。さらに、廃棄物の構成成分の情報が不可欠であるため、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である。こうした情報の整備のために、廃棄物が発生する設備(高機能多核種除去設備等)については分析試料が採取できる機能を備えるべきである。

*1 : 持ち込んだ物品の汚染管理や分別を適切に行うことにより、最終的に廃棄物となる物量をできるだけ少なくする考え方

4. 廃棄物情報の整理

「2. 研究開発の基本的な考え方」及び「3. 総合的な廃棄物対策の重要性」を踏まえると、今後の福島第一事故廃棄物の処理・処分の安全性の見通しを得る上では、廃棄物情報を整理し、関係者が情報を共有できるよう研究開発に必要な情報をデータベース化し管理することが重要である。

平成 24 年度特別専門委員会報告書に福島第一事故廃棄物の特徴を取りまとめたが、平成 25 年度はさらに最新の情報を反映させるとともに、関係者が情報を共有し活用できるように「福島第一事故廃棄物情報」を作成した。本章では、その概要を示し（4.2 参照）、「福島第一事故廃棄物情報」は本報告書の別冊として添付する。

4.1 福島第一事故廃棄物の分類

図 1-1 に示した通り、福島第一事故廃棄物は大きく 3 つに分類され、具体的には以下の廃棄物が想定される。

- ①【汚染水処理二次廃棄物】汚染水の処理により発生する核種除去に用いた物質（廃ゼオライト、スラッジ、樹脂等）及び、汚染水の処理に伴い設置した設備のうち汚染水の通水により汚染した物質（配管、タンク等）
- ②【瓦礫／伐採木等】水素爆発により建屋外に飛散・拡散した放射性核種による汚染に伴い発生した瓦礫、伐採木、土壌、及び燃料デブリ取り出し終了までの廃止措置等に向けた作業により建屋から撤去されたコンクリート、金属等
- ③【燃料デブリ／解体廃棄物】燃料デブリ取り出し作業によって燃料デブリ収納缶に収納されたもの、及び燃料デブリ取り出し終了以降の廃止措置等の作業で発生する廃棄物

なお、燃料デブリの処理方針は決定していないが、処理の有無によらず一部または全部を廃棄物として扱う必要が生じるため本検討に含めることとした。汚染水そのものについては、汚染水処理対策委員会等で検討されていることから、本検討では対象外としている。

4.2 福島第一事故廃棄物の概要

上記 4.1 で示した廃棄物分類毎に、廃棄物の概要を以下に示す。

4.2.1 汚染水処理二次廃棄物の概要

原子炉建屋及びタービン建屋（1～4 号機）には、津波、炉心冷却水の流入、雨水の侵入、地下水の浸透などにより放射性核種及び海水成分を含んだ汚染水（滞留水）が滞留している。この汚染水を汚染水処理設備で処理した処理水や放射性核種が濃縮された溶液（濃縮塩水）はタンク等に保管されている。また、主な放射性核種は処理装置により捕捉され、二次廃棄物に含まれることとなる^{4.1-1}。

汚染水処理設備は、化学的原理の異なる複数の方法から構成される。汚染水処理設備の構成と滞留水や処理水の流れを図 4-1 に示す。セシウム吸着装置及び第二セシウム吸着装置は、ゼオライトを主剤として充填したカラム（セシウム吸着塔）に滞留水を通じ、セシウムを吸着する。セシウム吸着塔は使用後に交換され二次廃棄物となる。除染装置は、種々の放射性核種を含む沈殿を生成させて除染する。この過程で二次廃棄物として放射性核種を含むスラッジが発生する。淡水化装置（RO 方式）は逆浸透膜を用いて淡水と濃縮塩水を得る（トリチウムは分離されない）。濃縮塩水は、蒸発濃縮装置と多核種除去設備により処理される。蒸発濃縮により、淡水とさらに濃縮された廃液が得られ、淡水は原子炉の冷却に利用され、濃縮廃液は保管される。また、多核種除去設備により濃縮塩水から放射性核種を除去する場合には、処理水が得られ、放射性核種は二次廃棄物に含有される。

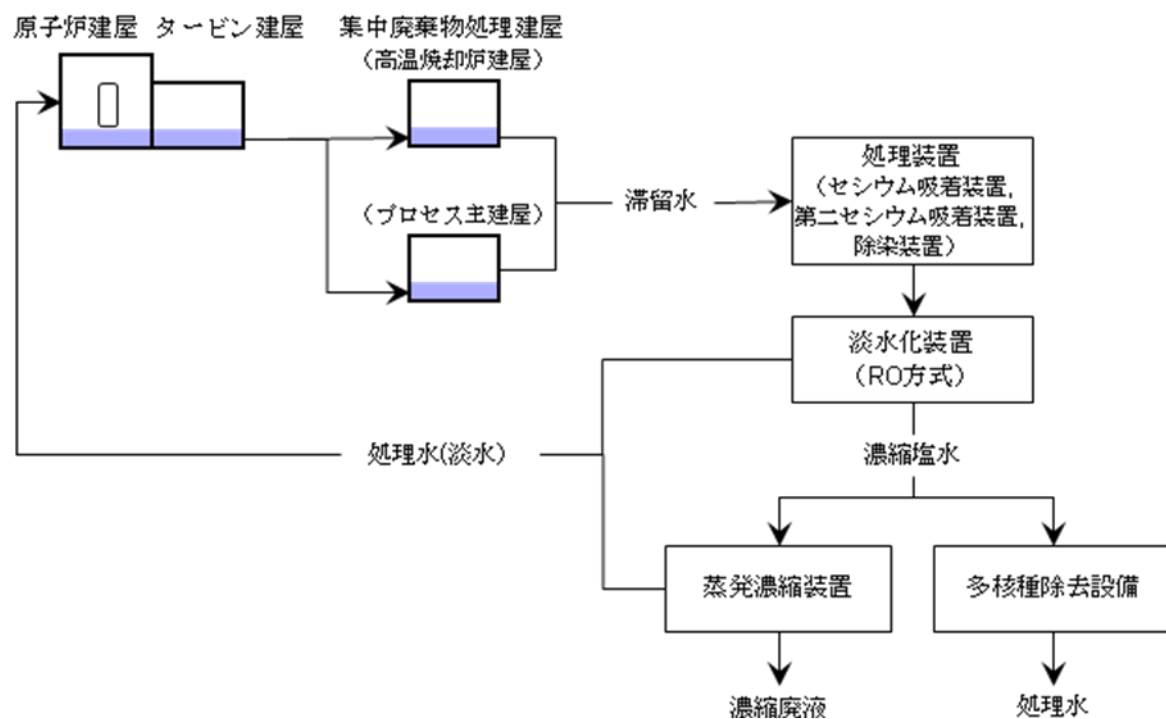


図 4-1 汚染水処理設備の構成と水の流れ 4.1-2)

平成 23 年 6 月にセシウム吸着装置、除染装置、淡水化装置（RO 方式）が設置され、運転を開始した 4.1-3)。第二セシウム吸着装置が同年 8 月に運転を開始、以後、蒸発濃縮装置や多核種除去設備が加えられた。多核種除去設備は平成 25 年 4 月からホット試験が開始された。しかし、多核種除去設備には、スラリーの発生量や材料腐食に課題があり、これらを解決する目的で、高性能多核種除去設備の検討が進められている 4.1-4)。現在は、処理装置としては第二セシウム吸着装置が主に運転されている。

処理設備により累積 85 万 m³ 余りが処理され、濃縮塩水や処理水などがタンク等に 41 万 m³ 余り保管されている。処理によって二次廃棄物が生じている一方で、保管のためのタンクや配管などが将来廃棄物となりうる。なお、滞留水は現在 9 万 m³ 余りが貯蔵されている。処理量と保管量を表 4-1 に示す。処理水は放出されておらず増加を続けており、このためにタンクの増設計画がある^{4.1-5)}。

表 4-1 滞留水の貯蔵量、処理量等（平成 26 年 1 月 15 日現在）(m³)^{4.1-2)}

滞留水保管量		累積処理量	処理水等保管量	
約 90,690		約 850,620	412,816	
内訳			内訳 *1	
1 号機	約 13,600		濃縮塩水	336,752
2 号機	約 21,800		淡水	27,753
3 号機	約 21,200		濃縮廃液	9,205
4 号機	約 16,000		処理水	37,131
プロセス主建屋	約 14,880		RO 供給液	765
高温焼却炉建屋	約 3,210		処理装置処理液	1,210

*1 タンクにより分類。

水処理により発生している主な二次廃棄物には以下のものがある。

- ・ セシウム吸着塔（セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置より）
- ・ スラッジ（除染装置より）
- ・ スラリー（2 種、多核種除去設備より）
- ・ 使用済吸着材（6 種、多核種除去設備より）
- ・ 処理カラム（多核種除去設備より）

これらは、線量が高く、また、設備にサンプリングの機能が無いために、試料の採取と分析が困難である。これらの二次廃棄物についてはいずれも国内での処理、処分の実績がなく、技術開発の必要がある。性状に関しては、スラッジやスラリーのように水を含むものが多く（セシウムを吸着するゼオライトも吸湿性）、海水成分を含む、あるいは海水成分と接触した履歴がある点に留意すべきである。二次廃棄物の他にも、装置の運転、保守、更新等に伴って配管や貯槽などの廃棄物が発生する。

セシウム吸着塔は、通水洗浄・水抜きされた後に、セシウム吸着塔一時保管施設において保管される。セシウム吸着装置のセシウム吸着塔の長期的な保管に関して、その安全性を確保する目的で、放射線分解による水素の生成、材料の腐食による核種の漏洩の可能性等の予測検討が実施されている^{4.1-6)}。除染装置から発生するスラッジは、造粒固化体貯槽 (D) に保管されており、将来廃スラッジ一時保管施設に移される予定である。除染装置は現在稼働していないため、二次廃棄物量は増加していない。スラッジは種々の成分からなる凝集沈殿物であり、その処理技術としてガラス固化に関する実験が実施された^{4.1-7)}。

多核種除去設備にて発生するスラリーや使用済吸着材は、高性能容器 (High integrity

container; HIC) に収納、保管される。設備の試運転において既に相当数が発生している

二次廃棄物のインベントリを評価する上で、各工程における水の分析データが重要である。これまでに、水処理施設の工程から採取された試料の分析がなされ、 α 、 β 、 γ 核種の濃度が報告されている^{4.1-8)}。

以上のように、二次廃棄物に関して、性状把握が進められるとともに、長期保管の安全性が検討されている。継続した取り組みがなされ、処理技術等への展開が行われるべきである。

参考文献

- 4.1-1) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所特定原子力施設に係る実施計画” (2013).
http://www.tepco.co.jp/cc/press/2013/1229734_5117.html
- 4.1-2) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について (第 133 報) , 平成 26 年 1 月 15 日 (2014).
http://www.tepco.co.jp/cc/press/2014/1233637_5851.html 添付資料の図を元に作成。
- 4.1-3) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 放射性滞留水の回収・処理の取組み, 水処理 (放射能除去) の仕組み, 平成 23 年 10 月 29 日 (2011).
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_111029_02-j.pdf
- 4.1-4) 汚染水処理対策委員会事務局, “高性能多核種除去設備タスクフォースの設置について,” 平成 25 年 11 月 29 日 (2013).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131129/131129_03b.pdf
- 4.1-5) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 1~4 号機における滞留水貯留タンク増設計画について (平成 25 年 10 月時点) ,” 平成 25 年 10 月 31 日 (2012).
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu13_j/images/131101j0101.pdf
- 4.1-6) Isao Yamagishi et al., “Safe Storage of Zeolite Adsorbents Used for Treatment of Accident-generated Water at Fukushima Daiichi Power Station,” International Experts’ Meeting on Decommissioning and Remediation after a Nuclear Accident, 28 January–1 February 2013, Vienna, Austria (2013).
- 4.1-7) Ippei Amamoto et al., “Behaviour of IPG Waste Forms Bearing BaSO₄ as the Dominant Sludge Constituent Generated from the Treatment of Water Used for Cooling the Stricken Power Reactors,” 15th International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management (ICEM2013), September 8-12, 2013, Brussels, Belgium (2013).
- 4.1-8) 日本原子力研究開発機構, “汚染水の分析結果について,” 政府・東京電力中長期対策会議運営会議第 10 回会合, 2012 年 9 月 24 日 (2012).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20120924_01.html

および

日本原子力研究開発機構, “滞留水及び処理水の放射能分析,” 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議／事務局会議 (第 10 回) , 2013 年 11 月 28 日 (2013).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/20131128_01.html

4.2.2 瓦礫／伐採木等の概要

瓦礫、伐採木、土壌は、水素爆発により広範囲にわたって汚染が生じたことから物量が非常に多い。また、伐採木や土壌については有機物を多く含有していることが特徴であり、我が国では放射性廃棄物として処理・処分した実績がない。

瓦礫としては、原子炉建屋周辺に飛散した鉄筋コンクリート、使用済燃料プール内燃料の取り出しのために残存建屋から撤去された鉄筋コンクリートや金属類が発生している。大気中に放出された放射性核種の付着が瓦礫の主たる汚染の原因と考えられるが、事故直後行われた冷却のための放水作業に伴い、部材表面への付着や内部への浸透が生じた可能性もある。金属類は主としてステンレス、炭素鋼と考えられるが、その他にもアルミニウム合金や鉛等、それら自身が処理・処分に与える影響を検討する必要がある金属の混入の可能性もある。また、ケーブル類の被覆材として PVC（塩化ビニル）が有機物として含まれる。さらに、瓦礫表面には、海水注入による塩分や飛散防止剤、ホウ素、油分等の不純物の付着が考えられる。各号機の原子炉建屋周辺および原子炉建屋上部の瓦礫や、使用済燃料プールに落下した瓦礫片については、計画に従って撤去が進められており、4号機では同プール内の燃料集合体の取り出しが開始された状況にある^{4.2-1)}。

これらの瓦礫は、コンクリートと金属類の材料別、受入れの目安とする表面線量率^{4.2-2)}に基づいて可能な限り分別され、「発電所敷地内で発生する瓦礫類の処理フロー」^{4.2-3)}に従って、サイト内数カ所に設けられた保管場所（「一時保管エリア」）^{4.2-4)}に分別保管（「一時保管」）されている。放射線量が低いものについてはシート養生等の飛散抑制対策が取られた上で屋外集積場にて保管され、放射線量が高いものは容器や覆土式一時保管施設^{4.2-5)}、固体廃棄物貯蔵庫に保管されている。また、今後、飛散した瓦礫の収集や現存建屋の撤去作業の継続に伴う物量の増加が見込まれており^{4.2-6)}、新たにドラム缶 11 万本相当の保管容量を持つ固体廃棄物貯蔵庫の建設が予定されている。同貯蔵庫は高線量の瓦礫等の一時保管に対応できるよう、地下階への貯蔵が可能となっている^{4.2-7)}。

瓦礫片の採取と放射能測定により、気相の放射性核種の付着のみならず、冷却水に溶存していたと見られる放射性核種による汚染が確認されている^{4.2-8)}。また、保管されている瓦礫保管エリア境界の空間線量率実測値が 0.1 mSv/h 未満から 0.05mSv/h の広範囲に及んでいること^{4.2-4)}、汚染の経路や状況が異なることから、瓦礫片に含まれる放射性核種濃度が広範囲にわたる可能性がある。

今後の瓦礫等の発生量増加に対しては、保管施設の増設による安全な保管管理の実施に加えて、保管の合理化等の観点から破碎や圧縮等による減容やリサイクル^{4.2-9)}のための処理技術が重要である。

伐採木は、汚染水貯留設備等の設置や固体廃棄物の一時保管エリア増設のための敷地造成や敷地内除染の際に伐採により発生しつつある草木類である。福島第一原子力発電所構内に植生されているマツ等の常緑樹では、幹部よりも枝葉部の汚染が大きい。また、伐採木は長期的には微生物活動により分解・腐敗するという特徴がある。伐採木は、汚染の程度が異

なる枝葉部と幹部を分別して保管場所に屋外集積されている。汚染が大きい枝葉部については、敷地境界線量低減と火災発生リスク低減の目的で、チップ化による減容の上、上部に覆土による遮へい機能と遮水シートを有する「伐採木一時保管槽」に保管されており 4.2-10)、気温が上昇する夏期には定期的な温度測定により火災発生の未然の防止が図られている 4.2-11)。今後の敷地造成等に伴うさらなる伐採による増量が見込まれている 4.2-6 が、腐植による減量が同時に進行するため、物量の想定にはこれらの作業や現象を考慮したきめ細かな評価が必要である。また、計画されている焼却等による減容も合理的な一時保管を実施する上で重要である。

サイト内の除染作業や敷地造成に伴い回収された表面土壌と植生、腐葉土層等が廃棄物として発生している。事故直後に発電所構内グラウンド等で採取した土壌試料の分析により、種々の放射性核種の存在が認められている 4.2-12)。

また、地下貯水槽や濃縮塩水の貯留タンク 4.2-13)からの汚染水漏えいによる土壌の汚染が生じているのに加えて、地下水を介して地中の土壌の汚染の可能性もある。さらに、汚染水対策の一環としてフェーシングが実施されれば、除染土壌の発生が想定される。

性状把握として、平成 24 年度には瓦礫と伐採木について合わせて 19 試料の放射能分析が行われ、平成 25 年度は 5 試料（立木を合わせると 35 試料）が分析中である 4.2-14)。高線量の瓦礫を除くと試料の採取は比較的容易であるが、現段階ではデータが少なく引き続き分析データの蓄積が必要である。また、分析データ蓄積と並行して、瓦礫／伐採木等の廃棄物の処理・処分に関する検討を念頭においたインベントリの評価が重要である 4.2-15)。

参考文献

4.2-1) 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議／事務局会議，“廃止措置等に向けた進捗状況：使用済み燃料プールからの燃料取り出し作業，”参考資料 1/6，廃炉・汚染水対策チーム会合 第 2 回事務局会議，2014 年 1 月 30 日，資料 2 東京電力（株）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進捗状況（概要版）。

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01f.pdf

4.2-2) 東京電力株式会社、「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，III 特定原子力施設の保安，第 3 編（保安に係る補足説明），2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明」平成 25 年 8 月 14 日、p. III-3-2-1-1-10.

https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_03_03_02_01.pdf

4.2-3) 文献 4.2-2)、III-3-2-1-1-11.

4.2-4) 東京電力株式会社、放射性廃棄物処理・処分、「ガレキ・伐採木の管理状況（H25.12.31 時点）」【資料 3】 個別の計画毎の進捗状況，廃炉・汚染水対策チーム会合 第 2 回事務局会議，2014 年 1 月 30 日。

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01uu.pdf

- 4.2-5) 東京電力株式会社、「覆土式一時保管施設の主要仕様」、福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画、2.10 放射性固体廃棄物等の管理施設、添付資料-2、平成 25 年 8 月 14 日、p. II-2-10-添 2-1.

https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_02_02_10.pdf

- 4.2-6) 東京電力株式会社、「今後 3 年間の想定発生量と保管容量の比較」、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、添付資料-1、p. II-2-10-添 1-1.

https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_02_02_10.pdf

- 4.2-7) 東京電力株式会社、「福島第一原子力発電所固体廃棄物貯蔵庫第 9 棟の増設について」、平成 25 年 12 月 11 日.

<http://www.tepco.co.jp/news/2013/images/131211a.pdf>

- 4.2-8) 技術研究組合国際廃炉研究開発機構、日本原子力研究開発機構、「福島第一発電所構内で採取した瓦礫、伐採木の放射能分析」、東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議 事務局会議（第 2 回）資料 3-7、平成 26 年 1 月 30 日.

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf

- 4.2-9) 石川 真澄、「研究開発課題と基盤研究への具体的ニーズ」、技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（東京電力 株式会社 原子燃料サイクル部）、文部科学省、国際廃炉研究開発機構（IRID）共催「東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ（第 1 回）」、セッション 3 「放射性廃棄物の処理・処分、核種分析」発表資料、平成 25 年 9 月 25 日.

<http://www.nsr.or.jp/safe/fdecomi/haifu01-07.pdf>

- 4.2-10) 東京電力株式会社、「伐採木一時保管槽の設置」、平成 24 年 10 月 22 日.

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/121022/121022_01dd.pdf

- 4.2-11) 東京電力株式会社、「伐採木保管槽の温度傾向」2013 年 10 月 31 日、資料 3-7 放射性廃棄物処理・処分、東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議 事務局会議（第 9 回）、2013 年 10 月 31 日.

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131031/131031_01rr.pdf

- 4.2-12) 東京電力株式会社、「福島第一原子力発電所構内における土壤中の放射性物質の核種分析の結果について（続報 42）」、平成 23 年 12 月 8 日、添付資料.

<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11120810-j.html>

- 4.2-13) 東京電力株式会社、「汚染水貯留タンクからの漏えいについて」、平成 25 年 10 月 15 日、特定原子力施設監視・評価検討会汚染水対策検討ワーキンググループ（第 8 回）資料 2.

http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/tokutei_kanshi_wg/data/0008_02.pdf

4.2-14) 文献 4.2-8)、p. 2.

4-2-15)山名 元、「技術研究組合国際廃炉研究開発機構と福島第一原子力発電所廃止措置に向けた研究開発における課題」、第36回原子力委員会資料、技術研究組合国際廃炉研究開発機構、平成25年10月1日、p.30.

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/iinkai/teirei/siryo2013/siryo36/siryo1.pdf>

4.2.3 燃料デブリ／解体廃棄物の概要

東京電力（株）福島第一原子力発電所の1～3号機においては多くの燃料が溶融し、溶融燃料の一部は原子炉格納容器内に落下している可能性が高い。

燃料デブリ（燃料と被覆管等が溶融し再び固まったもの）の特徴をスリーマイル島原子力発電所2号炉（TMI-2：加圧水型軽水炉）事故から類推すると、燃料（主成分 UO_2 ）、被覆管（主成分 Zr ）、制御棒（主成分 SUS 、中性子吸収材 B_4C ）、及び構造材（主成分 SUS 、インコネル、低合金鋼等）の破片や、これら材料同士の相互作用や水蒸気による酸化反応で生じる $(\text{U}, \text{Zr})\text{O}_2$ 、 (Fe, Ni) 酸化物、及び合金等で構成されていると考えられる。ただし温度履歴が場所ごとに異なり、温度の違いにより材料間相互作用の種類が異なるため、燃料デブリは多様な形態をとりうると思われる。また、発熱量が大きく、放射線量も高いことから、取り出し・保管・処理にあたっては、冷却・遠隔操作・遮蔽等の対策が必要となる。一方、TMI-2と異なる点としては、炉型が沸騰水型軽水炉であることから燃料集合体の Zr の存在量が多く、制御棒に B_4C を用いていること、さらに海水が注入されたため海水成分との相互作用を起こした可能性があること、圧力容器外に抜け落ちた溶融炉心とコンクリートとで相互作用(MCCI: Molten Core Concrete Interaction)が起きた可能性があるため溶融物-コンクリートとの混合相等を考慮する必要があることが挙げられる^{4.3-1)}。

現在、燃料デブリは、炉心部、原子炉圧力容器下部プレナム、原子炉格納容器ペDESTALに存在していると考えられている。^{4.3-6)} また、燃料デブリは冷却水による冷却が行われており、燃料デブリの溶解物や微細粉末が冷却水と共に、圧力容器外、格納容器外に移行している可能性がある。このため、燃料デブリの存在範囲や物量を想定することが困難な状況にある。

燃料デブリの取出しやその後の処理・処分の方策等の検討にあたっては、IRID燃料取出技術グループで、遠隔操作のロボット等を用いた実証試験等^{4.3-2,3)}や性状調査のための分析^{4.3-4)}等に取り組みられているところであるが、原子炉建屋内部が高濃度に汚染されているため放射線量が高く、人が容易に立ち入ることができない状況にあり、現時点では燃料デブリの性状は十分に得られていない。これについては、燃料デブリ取り出し準備の本格化に向けた工法・機器の開発が進められている^{4.3-5)}ことから、それらの検討結果が作業に反映され、少しずつ明らかになっていくと思われる。

一般的な原子力発電所の廃止措置に伴う解体作業にて発生する解体廃棄物は、施設解体時に発生するコンクリート部材（鉄筋を含む）と機器類からなり、それぞれ発電所の運転に伴い放射化した部位と放射性核種で汚染した部位が存在する。また、一般には9割以上のコンクリート等の解体廃棄物はクリアランス等の考え方により非放射性物質として扱うことができるとされている。一方、福島第一事故廃棄物の解体廃棄物は、通常の廃止措置における解体廃棄物とは異なり、燃料起源の放射性核種による汚染など放射性核種の種類が異なる、廃棄物の化学特性が異なる（塩分、ホウ素、油分、有機物の付着や混入等）、汚染範囲が広範に及んでいる、廃棄物量が多い、炉心に近づくほど高線量であり性状把握に必要なデ

一タ採取が困難である、等の特徴を有する。

なお、解体廃棄物のうち、放射化物として処分される制御棒、燃料集合体構成要素、炉内構造物等のうち溶融せず残存しているものもあると思われるが、通常の廃止措置における放射化物と比較して燃料成分によって高濃度に汚染されている可能性がある。

これらの廃棄物の取り出しや撤去は通常の廃止措置と同様にはできないため、廃棄物の取扱いについては、燃料デブリの取り出しや、その後の廃止措置作業の進め方と合わせて検討される必要がある。

これまで遠隔操作のロボット等を用いた建屋内の空間線量率の取得^{4.3-7}、原子炉建屋コアボーリング試料の放射能分析^{4.3-8}が実施されているが、現時点では解体廃棄物としての性状は十分に得られていない。これについては、燃料デブリ取り出しに向けた建屋内除染や、その他の作業を通じて少しずつ状況が明らかになっていくと思われる。

燃料デブリ取り出し準備分野等の作業で、解体廃棄物として扱う廃棄物の発生が考えられるが、解体廃棄物の大半は、燃料取り出し作業の終了後の解体工事に伴い発生するものであり、中長期ロードマップでは20～25年後以降で発生するとされている。

参考文献

- 4.3-1) 日本原子力研究開発機構、東京電力株式会社 「福島第一原子力発電所の廃止措置技術に係る原子力機構の取組」(2012年度版).
<http://www.jaea.go.jp/fukushima/pdf/20121206-02.pdf>
- 4.3-2) 東京電力株式会社 「サブプレッションチェンバ(S/C)内水位測定ロボットの基盤技術の開発実証試験結果について」(2013年10月31日).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131031/131031_01mm.pdf
- 4.3-3) 東京電力株式会社 「福島第一原子力発電所1号機ベント管下部周辺の調査結果について」(2013年11月28日).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131128/131128_01nn.pdf
- 4.3-4) 東京電力株式会社 「1, 2号機トールラス室滞留水および堆積物分析結果について」(2013年8月29日).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01gg.pdf
- 4.3-5) 技術研究組合国際廃炉研究開発機構 「中長期ロードマップ第Ⅱ期を迎えた中でのIRIDにおける当面の主な取組み」(2013年11月28日).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/131128/131128_01uu.pdf
- 4.3-6) 東京電力株式会社 「福島第一原子力発電所1～3号機の炉心・格納容器の状態の推定と未説明問題に関する検討第1回進捗報告」平成25年12月13日.
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu13_j/images/131213j0102.pdf
- 4.3-7) 原子力災害対策本部 政府・東京電力中長期対策会議、「【資料4】中長期ロードマップ進捗状況(概要版)」、2012年12月25日、第13回運営会議資料。

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/m121225_06-j.pdf

4.3-8) 日本原子力研究開発機構「原子炉建屋コアボーリング試料の放射能分析」(2013年8月29日).

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01nn.pdf

5. 研究開発課題に関する検討

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。本年度においては、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。

本章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。

- ・ 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

なお、平成 24 年度は 4 章に示した 3 つの廃棄物分類ごとに課題を摘出したが、平成 25 年度は、課題に対処していく上で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、2 章で示した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。また、課題及び考慮事項は、現状に基づくものであり、研究開発や現場作業の進捗に応じ適宜見直しを図る必要がある。

5.1 性状把握

5.1.1 化学・物理性状の把握

- ・ 処理・処分に係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。例えば、海水成分を含むと考えられる水処理二次廃棄物、周囲の pH に影響を与えるコンクリート等が考えられる。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。

5.1.2 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。

5.1.3 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。

5.2 処理

5.2.1 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。

5.2.2 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。

5.3 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。

5.4 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⁵⁻¹⁾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。

5.5 その他の課題

5.5.1 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。

5.5.2 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。

5.5.3 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る、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。

参考文献

- 5-1) 東京電力福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議（第5回）（2013年7月26日）【資料2】東京電力（株）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。
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130627/130627_01d.pdf

6. 研究開発計画案

前章までの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の見直しを行った。2 章で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、5 章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。

6.1 研究開発全体計画案

研究開発は、中長期ロードマップに記載された判断ポイント「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）」及び「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（2021 年度）」に向けて進められる。

福島第一事故廃棄物は、事故時の突発的な揮発性核種の拡散及び汚染水の発生により汚染された廃棄物がほとんどであり、発生状況は十分に把握されておらず、これらの性状に関する情報も現時点では限定的である。また、汚染水を処理した際に発生した廃棄物等を初めとして、処理・処分実績のない廃棄物が多い。このため、廃棄物処理方法や処分概念についてあらかじめ幅広く評価し、廃棄物性状把握の進展に応じて絞り込んでいくことにより、できるだけ早期に安全性の見直しを得るべく、効率的・効果的に研究開発を進めていく必要がある。

2 章で述べたように、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。

以上の基本方針に基づき検討した全体計画案を表 6-1 に示す。なお、平成 24 年度の報告書では、汚染水処理二次廃棄物、瓦礫等廃棄物、燃料デブリ、解体廃棄物に分けて研究開発計画案を整理しているが、各々の研究開発には共通項も多く、廃棄物ストリームとして全体を統合することが重要であることから、廃棄物の種類毎ではなく、2 章で示した研究開発の基本的な考え方に従い、「性状把握」、「処理」、「処分」、「廃棄物ストリーム」に分けて計画案を示した。

6.1.1 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。

6.1.2 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。

6.1.3 処分

HP SW-1 に向けて、国内外の事例を参考に、候補となりうる処分概念を広範囲に調査する。また、性状把握や処理に関する検討の結果を踏まえ、処分概念と安全評価手法の適用性について評価し、安全に処分するための条件を明らかにする。さらに、評価結果に基づき、性状把握の精度や処分技術の向上等に必要の研究開発項目を抽出し以降の計画に反映する。

HP SW-2 に向けては、性状把握や処理に関する検討の進捗に基づき、福島第一事故廃棄物の特徴を踏まえた処分の安全性の見通しを示すとともに、処分場の設計等に必要な技術的事項を明らかにする。

6.1.4 廃棄物ストリーム

HP SW-1 に向けて、福島第一事故廃棄物の特徴を踏まえ、成立する可能性のある廃棄物ストリームの候補の検討・評価結果と、それらが成立する上で必要な条件及び残された課題を取りまとめる。

HP SW-2 に向けては、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、その技術的な根拠及び信頼性向上に向けた課題とともに取りまとめ、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。

表 6-1 放射性廃棄物処理・処分にに関す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 全性の見直し確認
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	分析結果の蓄積、解析的手法の評価信頼性向上
処理・処分の検討に必要な分析項目を反映	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
候補処理技術の調査	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	適用性評価のための長期試験
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	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	処分の安全性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	処分に関する安全性の見通しの提示
処分概念の調査	適用性の検討	処分場の設計等に必要な技術的事項の明確化
安全評価手法の調査	適用性の検討	各検討結果を廃棄物ストリームに反映
廃棄物ストリームの検討	廃棄物ストリームの絞り込み	各検討結果を廃棄物ストリームに反映

6.2 研究開発個別計画案

本節では、6.1においてまとめた研究開発全体計画案のうち「性状把握」、「処理」、「処分」について、計画を詳細化し、研究開発計画個別案を示した。

6.2.1 性状把握

HP SW-1に向けた分析データの蓄積に関しては、分析計画を明確にし、着実に分析を実施していくとともに、処理・処分に関する検討状況を反映して、分析対象とする廃棄物の種類や核種の絞り込みを行い、効率的な分析計画に見直す。また、化学・物理性状の把握に関しては、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含む廃棄物及び従来の廃棄物とは異なる化学・物理性状を持った廃棄物の性状分析を優先的に進める。HP SW-1に向けた核種分析手法の整備に関しては、処理・処分の検討を進めるうえで重要であり、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を進めるとともに、国内での分析実績が乏しい核種や高線量試料の分析に対応する方法を整備する。また、より短期間で実施でき、効率的なデータ蓄積に繋がる分析手法の開発を進める。これらと並行して、開発した分析手法の標準化を進める。

HP SW-1に向けたインベントリ評価に関しては、実廃棄物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。セシウム吸着塔などの採取が困難な廃棄物については、HP SW-1を目標に採取方法の検討を進める。また、今後設置され、廃棄物の発生が見込まれる設備については、試料の採取機能を備えるように設計しておくべきである。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べきである。

HP SW-2に向けては、HP SW-1までに開発した分析技術を活用して分析データの蓄積を継続するとともに、分析結果と解析的な手法を組み合わせたインベントリ評価の推定精度を向上させ、福島第一事故廃棄物の特徴を明らかにする必要がある。また、処理・処分に関する検討状況を反映した分析計画の見直しを定期的に行う。

以上の性状把握に関する研究開発計画案を表 6-2 にまとめる。

6.2.2 処理

HP SW-1に向けては、福島第一事故廃棄物は従来の原子力発電所から発生する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いく。特に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、新規技術の開発に取り組む。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を念頭に、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を抽出し、効率的に開発を進める。

以上の HP SW-1 に向けた取り組みに加えて、現場状況を踏まえた対策を強化する必要がある。汚染水処理装置から発生する二次廃棄物に関しては、多核種除去装置の前処理過程から発生するスラリーの安定化処理や、廃吸着塔に対する追加的な安定保管対策を進める。特に多核種除去装置から発生するスラリーは発生量が大きく、かつそのほとんどが水分であることから、安定化処理及び安定化物の保管に関する技術開発を早急に進める。物量が多い瓦礫・伐採木については、分別・減容や再使用・再利用のための対策を検討・実施する。汚染水処理対策に関しては、汚染水タンクのリプレースに際し多量の廃棄物の発生が懸念されることから、除染、減容等のための対策を検討・実施する。これらの現場状況を踏まえた対策は、緊急を要することから、2015 年度末の終了を目標にする。

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た候補技術の絞り込みを行う必要がある。また、有望な廃棄体化技術については必要に応じて長期試験を行い処分の安全性を評価する上で必要な情報を収集する。これらの試験・検討結果を基に、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。

以上の処理に関する検討についての研究開発計画を表 6-3 にまとめる。

6.2.3 処分

HP SW-1 に向けては、国内外の事例を参考に、候補となりうる処分概念を広範囲に調査する必要がある。また、性状把握や処理に関する検討の結果を踏まえ、処分概念と安全評価手法の適用性について評価し、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すること等により、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。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、分析試料や核種の優先順位や処理に求められる条件を検討し、性状把握や処理に関する検討にフィードバックする。このような検討を 1~2 年を 1 サイクルとして HP SW-1 に向けて繰り返し実施する。

HP SW-2 に向けては、性状把握や処理に関する検討の進捗に基づき、福島第一事故廃棄物の特徴に適した処分概念の絞り込みを行い、その技術的な成立性を評価する。また、これらと並行し、必要に応じて、処分概念及び安全評価手法の合理化・高度化を図る。以上の検討に基づき、福島第一事故廃棄物の特徴を踏まえた処分の安全性の見通しを示すとともに、処分場の設計等に必要な技術的事項を明らかにする必要がある。

以上の処分に関する検討についての研究開発計画を表 6-4 にまとめる。

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

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 - 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		廃棄体化技術の調査（広範囲） ↓ 適用性評価のための基礎試験		↓ 適用性の検討		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 ↓ 適用性評価のための長期試験（ホット）	HP SW-1			性状把握結果等を踏まえた候補技術の絞り込み	HP SW-2
現場状況を踏まえた対策			処理の必要性、処理要件の検討		↓ 多核種除去装置スラリーの安定化 ↓ 使用済み汚染水タンクの除染・減容	↓ デブリ処理方法の検討へ反映					↓ 成果のまとめ 
		瓦礫・伐採木の減容、再利用等				↓ 成果のまとめ 				↓ 成果のまとめ 	

表 6-4 「処分」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	
処分						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	
		全体アプローチ1 既存処分概念の調査(広範囲)		全体アプ ローチ2 想定する条件への 適用性検討	全体アプ ローチ3 想定する条件への 適用性検討		候補となる処分概念の整理と 有望候補の絞り込み				
		既存安全評価手法の調査 (広範囲)		想定する条件への適用性検討 (感度解析等)			処分概念候補に対する安全性の評価 (不確実性評価、確率論的評価等)				
						処分概念、安全評価手法の合理化・高度化					
					成果のまとめ					成果のまとめ	

7. おわりに

本年度は、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特定の技術にとらわれない公平な立場から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。

7.1 委員会及び委員

委員会の構成委員、オブザーバ及び説明者は、以下の通りである。

（五十音順、敬称略）

委員

主査	朽山 修	原子力安全研究協会
幹事	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	日本原子力研究開発機構
	大和田 仁	原子力環境整備促進・資金管理センター
	河西 基	電力中央研究所
	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	日本原子力研究開発機構

オブザーバ

林道 寛 日本原子力研究開発機構

説明者

芦田 敬 日本原子力研究開発機構
大井 貴夫 日本原子力研究開発機構
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	日本原子力研究開発機構
齋藤 典之	東京電力
佐々木 紀樹	日本原子力研究開発機構
塩月 正雄	日本原子力研究開発機構
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	原子力環境整備促進・資金管理センター
牧野 仁史	日本原子力研究開発機構
宮本 泰明	日本原子力研究開発機構
目黒 義弘	日本原子力研究開発機構

7.2 委員会の活動

平成 25 年度の本委員会の活動について示す。

第 1 回委員会 平成 25 年 12 月 4 日

- (1) 平成 25 年度委員会計画
- (2) 報告書骨子案（目的、章項目構成など）
- (3) 重点課題に関する検討
- (4) 廃棄物情報カタログ

第 2 回委員会 平成 26 年 1 月 10 日

- (1) 報告書骨子案（記載内容）
- (2) 廃棄物情報カタログ

第 3 回委員会 平成 26 年 1 月 29 日

- (1) 報告書ドラフト版
- (2) 福島第一事故廃棄物情報

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

別冊

福島第一事故廃棄物情報

平成 26 年 3 月

日本原子力学会

「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

本資料は、「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 平成 25 年度報告書 ～廃棄物情報の整理と課題解決に向けた考慮事項～」の別冊として、2014 年 2 月 7 日時点の最新の情報を集約したものです。

そのため、参考とした資料ごとに引用元の公開日時等が異なっている場合があります。

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エネルギー等	67

概要

(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、福島第一原子力発電所の事故によって発生した廃棄物（以下「福島第一事故廃棄物」という）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。

(3) 構成

福島第一事故廃棄物の技術情報を以下の構成で整理した。

- ・ 廃棄物の発生状況
 - ①福島第一事故廃棄物の種類
 - ②保管量
 - ③保管場所
- ・ 廃棄物情報
 - ①概要
 - ②特徴（発生場所、保管場所、幾何形状、重量、廃棄物になる可能性のある構成物、保管での留意事項、処理・処分での留意事項）
 - ③保管量

- ④表面線量率
- ⑤評価インベントリ
- ⑥性状把握の状況
- ⑦処理方法
- ⑧処分方法
- ・参考情報
 - ①福島第一原子力発電所の施設スペック（発電所設備の概要、燃料等の概要を紹介）
 - ②環境へ放出された放射エネルギー等（公開されている解析結果等を紹介）

情報に関する理解を促進するため、概要においても重要な図表、写真を示した。また、情報の追跡性を確保するために参考文献を明示した。

(4) 重要な情報源

情報を収集、整理した結果として、よく引用した（すなわち重要な）情報源には以下のものがある。

- ・ 発電所内の施設や設備について、「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」¹⁾。
- ・ 汚染水処理二次廃棄物について、東京電力からの週例のプレスリリース²⁾。
- ・ 瓦礫と伐採木について、廃炉・汚染水対策チーム会合事務局会議³⁾。

また、本書には、東京電力株式会社により提供された情報も収録している。

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，“福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について。” <http://www.tepco.co.jp/cc/press/index-j.html>
- 3) 経済産業省，廃止措置に向けた取組，ウェブサイト。
<http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/decommissioning.html>

PDF ファイルを閲覧する場合、リンク先の詳細情報を参照したあとは、以下の操作を行うことでもとの箇所に戻ることができる。

- ・ Windows の場合：Ctrl + 「←」
- ・ Mac (Adobe Reader) の場合：Command + 「←」

1. 福島第一事故廃棄物の発生状況

(1) 福島第一事故廃棄物の種類

分類	福島第一事故廃棄物
汚染水処理 二次廃棄物	1. セシウム吸着塔（セシウム吸着装置）
	2. 第二セシウム吸着塔（第二セシウム吸着装置）
	3. スラッジ（除染装置）
	4. HIC（多核種除去設備－前処理スラリー）
	5. HIC（多核種除去設備－吸着材）
	6. 処理カラム（多核種除去設備－樹脂系吸着材）
瓦礫/伐採木	7. 瓦礫
	8. 伐採木
	9. 土壌
燃料デブリ 解体廃棄物	10. 燃料デブリ
	11. 解体廃棄物

(2) 保管量

分類	福島第一事故廃棄物	保管量
汚染水処理 二次廃棄物 ¹⁾	セシウム吸着塔（セシウム吸着装置）	466 本
	セシウム吸着塔（第二セシウム吸着装置）	96 本
	スラッジ(除染装置)	597 m ³
	高性能容器 (HIC)（多核種除去設備）	190 基
	処理カラム（多核種除去設備）	1 塔
瓦礫／ 伐採木	瓦礫 ²⁾	69,000 m ³
	伐採木 ²⁾	78,000 m ³
	敷地内土壌	不明
	タンクエリア土壌 ³⁾	615 m ³
燃料デブリ 解体廃棄物	燃料デブリ	0
	解体廃棄物	0

参考¹⁾

滞留水	合計	約 90,400 m ³	
	内訳	1 号機	約 13,400 m ³
		2 号機	約 20,500 m ³
		3 号機	約 21,500 m ³
		4 号機	約 16,500 m ³
		プロセス主建屋	約 15,450 m ³
		高温焼却炉建屋	約 3,050 m ³
処理水等	合計	422,360 m ³	
	内訳	濃縮塩水（濃縮塩水受タンク）	337,826 m ³
		淡水（淡水受タンク）	27,103 m ³
		濃縮廃液（濃縮廃液貯槽）	9,205 m ³
		処理水（処理水貯槽）	45,752 m ³
		RO 供給液（廃液供給タンク）	854 m ³
		処理装置処理液（SPT(B)）	1,620 m ³
汚染水累積処理量	約 865,730 m ³		

参考文献

- 1) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について（第 136 報）”, 平成 26 年 2 月 5 日 (2014).
http://www.tepco.co.jp/cc/press/2014/1234055_5851.html
- 2) 東京電力株式会社, “ガレキ・伐採木の管理状況（H25.12.31 時点）,” 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議（第 2 回）, 平成 26 年 1 月 30 日 (2014).
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01uu.pdf
- 3) 詳細は「2(9) 土壌」を参照.

(3) 保管場所



参考文献

東京電力株式会社, 資料 3-7 放射性廃棄物処理・処分 ガレキ・伐採木の管理状況, 2014 年 1 月 30 日 (2014). http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01uu.pdf

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）

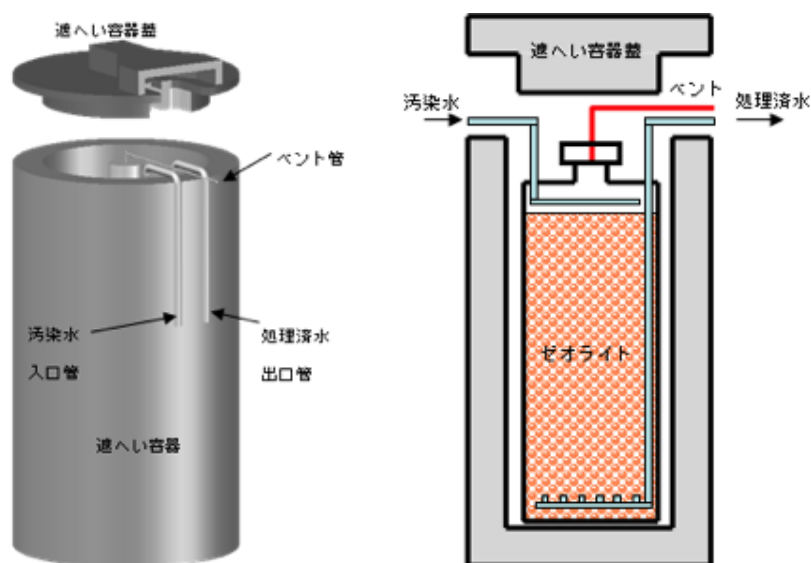
○保管場所：セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設、第二施設）

<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

	総放射能量	α	β 、 γ
放射能量 (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.

(2) セシウム吸着塔（第二セシウム吸着装置）

① 概要

汚染水処理設備の一つである第二セシウム吸着装置（Simplified Active Water Retrieve and Recovery System, SARRY）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。

セシウム吸着材として、米国 UOP 社の IE-96（ゼオライト（チャバサイト））及び IE-911（ケイチタン酸塩）が使われている。

使用後は、内部の水を抜き、使用済セシウム吸着塔一時保管施設において保管される。

② 特徴

○発生場所：第二セシウム吸着装置（SARRY）

<関連>汚染水処理設備（P. 35）

<関連>第二セシウム吸着装置（SARRY）（P.38）

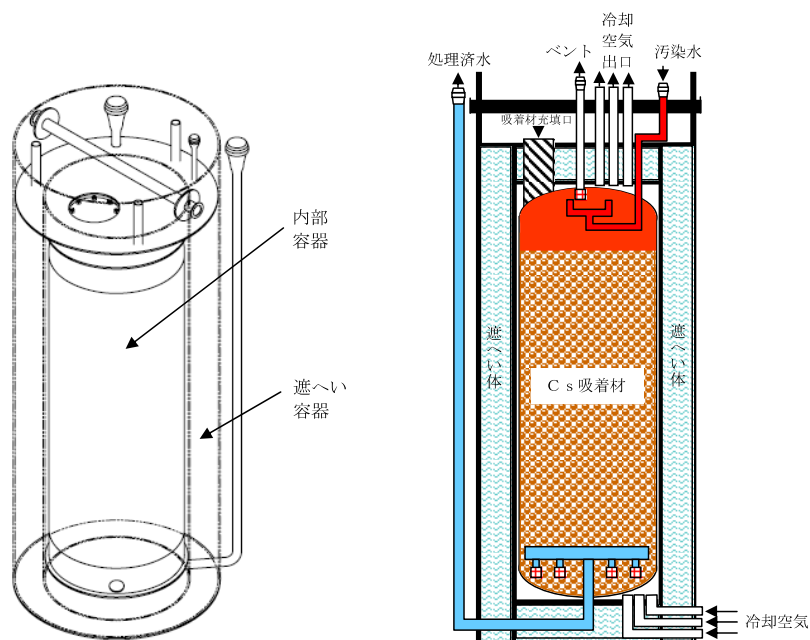
○保管場所：セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設）

<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 3.6 m

○重量：約 24 t（遮へい容器を含む）



第二セシウム吸着装置吸着塔の外形・概要¹⁾

- 廃棄物になる可能性のある構成物 : IE-96、IE-911、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
IE-96 : 74本 IE-911 : 6本 ろ過砂 : 16本	4本/月 ¹⁾	未評価

④ 表面線量率

0.04～1.20 mSv/h（遮へい容器表面での実測値）²⁾

⑤ 評価インベントリ

	総放射エネルギー	α	β 、 γ
放射エネルギー (Bq)	未評価	未評価	8.0×10^{16} * (¹³⁷ Cs)

* 2013年4月2日までに発生した吸着塔（78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.

(3) スラッジ (除染装置)

① 概要

汚染水処理設備の一つである除染装置から発生する汚染水処理二次廃棄物¹⁾。汚染水中のセシウムを凝集沈殿物として回収したもので、主な成分は硫酸バリウム、フェロシアン化ニッケル、水酸化鉄、ポリマーである²⁾。

除染装置は現在停止中であるが、これまでの運転により発生したスラッジは、プロセス主建屋地下に設置されたコンクリート製のピット (造粒固化体貯槽 (D)) に保管されている。また、廃スラッジ貯蔵施設のセル室に設置されているタンクに移送して保管することが検討されている。

② 特徴

○発生場所 : 除染装置

<関連>汚染水処理設備 (P. 35)

<関連>除染装置 (P. 41)

○保管場所 : 造粒固化体貯槽

(D)、廃スラッジ一時保管施設

<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)

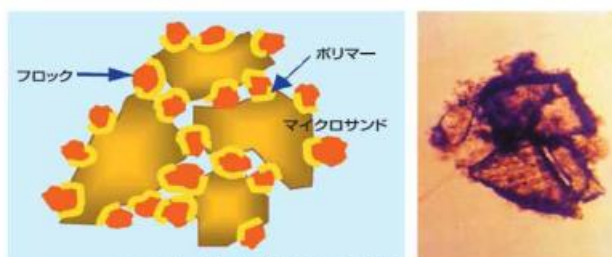
<関連>除染装置 (P. 41)

○幾何形状 : 凝集物 (スラッジ)

○重量 : 不明

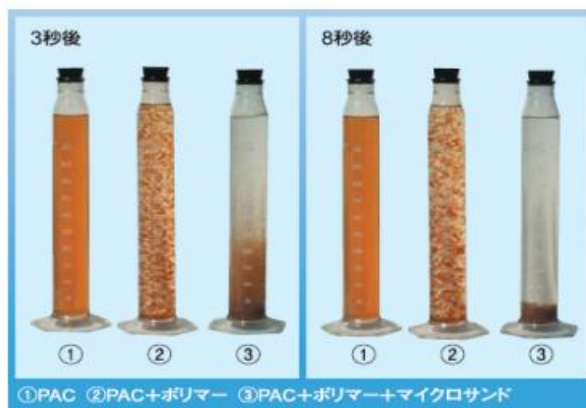
○廃棄物になる可能性のある構成物

硫酸バリウム、フェロシアン化ニッケル、水酸化鉄、ポリマー



フロックがマイクロサンドと結合している様子

凝集沈殿させる汚染物質 (フロック) の例¹⁾



凝集沈殿の実験例¹⁾

○保管での留意事項 : 高線量、崩壊熱、水素発生、容器腐食

○処理・処分での留意事項 : 高線量、崩壊熱

③ 保管量

現在 (2014.2.4)	5年後の想定	廃炉時の想定
597 m ³	(新たな発生の見込みなし)	(新たな発生の見込みなし)

④ 表面線量率

1 mSv/h (スラッジ貯槽建屋外壁での評価値)

⑤ 評価インベントリ

	総放射エネルギー	α	β 、 γ
放射エネルギー (Bq)	未評価	未評価	8.0×10^{14} * (¹³⁷ Cs)

* 2011年9月13日までに発生したスラッジ量(597 m³)に含まれる総¹³⁷Cs除染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, 水処理設備、及び水処理二次廃棄物保管施設の概要について,平成 25 年 7 月 2 日. “https://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20130702_01_shiryō.pdf
- 2) Prevost, T. et al., “Areva’s Actiflo™-Rad water treatment system for the Fukushima nuclear power plant,” International Journal for Nuclear Power, atw, 57(5), pp. 308-313 (2012).

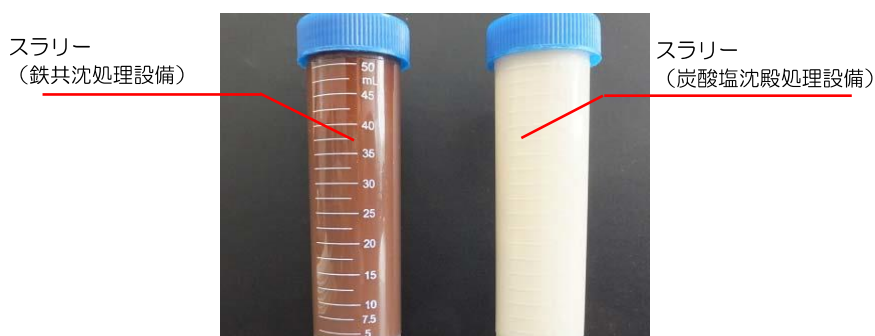
(4) スラリー（多核種除去設備 前処理工程）

① 概要

汚染水処理設備の一つである多核種除去設備（ALPS）の前処理工程から発生する汚染水処理二次廃棄物¹⁾。高性能容器（High Integrity Container; HIC）に収容して保管される。

ALPS の前処理工程には鉄共沈工程と炭酸塩沈殿工程の 2 種類が使われている。スラリーの HIC への移送は、自動制御で行われる。

所定量のスラリーが充てんされた HIC は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設において、被ばく線量低減ならびに紫外線対策のためボックスカルバート内に保管される。



濃縮したスラリー¹⁾

② 特徴

- 発生場所：多核種除去設備（ALPS）前処理設備
 - <関連>汚染水処理設備 (P. 35)
 - <関連>多核種除去設備 (P. 42)
- 保管場所：使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設、第三施設）
 - <関連>高性能容器 (HIC) (P. 43)
 - <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：外径約 1.5 m、高さ約 1.8 m
- 重量：空重量 0.27 t、最大重量約 4.9 t（収容物及び蓋等付属品含む）

- 廃棄物になる可能性のある構成物：下表の沈殿物、海水成分、ポリエチレン (HIC)、SUS（補強体）

	沈殿物
鉄共沈	水酸化鉄
炭酸塩沈殿	炭酸カルシウム、炭酸マグネシウム

- 保管での留意事項：水素発生、容器劣化（放射線、紫外線）、高線量

○処理・処分での留意事項：高線量

③ 保管量

現在 ³⁾ (2014.2.3)	5年後の想定	廃炉時の想定
鉄共沈： 33 基 炭酸塩沈殿：142 基	HIC 約 450 基/年 ⁴⁾	未評価

④ 表面線量率

○HIC 表面での値 (mSv/h)

	実測値最大 ³⁾	設計評価 (SUS 補強体無し)
鉄共沈	4.6	130
炭酸塩沈殿	4.3	30

○スラリーに含まれる放射性物質の濃度評価値

<関連>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 (P.44)

⑤ 評価インベントリ

	総放射能量	α	β 、 γ
放射能量 (Bq)	未評価	未評価	未評価

(2013.10.3 時点)

<関連>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 (P. 47)

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, “多核種除去設備の概要,” 平成 25 年 7 月 2 日.
https://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20130702_01_shiryo.pdf
- 2) 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>
- 3) 東京電力株式会社より提供, 2014.3.20.
- 4) 東京電力株式会社, “多核種除去設備 (ALPS) 確証試験、設置工事の状況及び廃棄物の性状について,” 平成 24 年 6 月 25 日.
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120625/120625_02j.pdf

(5) 吸着材（多核種除去設備）

① 概要

汚染水処理設備の一つである多核種除去設備（ALPS）の吸着工程から発生する汚染水処理二次廃棄物^{1,2)}。高性能容器（High Integrity Container; HIC）に収容して保管される。

吸着材には7種類が使われ、このうちの樹脂系吸着材を除く6種類がHICに収容される。除去対象核種を下表に示す。使用済吸着材を収容したHICは、脱水装置を用いて水抜きし、使用済セシウム吸着塔一時保管施設において、被ばく線量低減ならびに紫外線対策のためボックスカルバート内に保管される。

② 特徴

○発生場所：多核種除去設備（ALPS）吸着塔

＜関連＞汚染水処理設備（P. 35）

＜関連＞多核種除去設備（P. 42）

○保管場所：使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第二施設、第三施設）

＜関連＞高性能容器（HIC）（P. 43）

＜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：外径約1.5 m、高さ約1.8 m

○重量：空重量0.27 t、最大重量約4.9 t（収容物及び蓋等付属品含む）

○廃棄物になる可能性のある構造物：下表の吸着材、海水成分、ポリエチレン（HIC）、SUS（補強体）

No.	吸着材の組成	除去対象核種
1	活性炭	コロイド
2	チタン酸塩	Sr (M^{2+})
3	フェロシアン化合物	Cs
4	Ag 添着活性炭	I
5	酸化チタン	Sb
6	キレート樹脂	Co (M^{2+} , M^{3+})

○保管での留意事項：水素発生、容器劣化（放射線、紫外線）、高線量

○処理・処分での留意事項：高線量

③ 保管量

現在 ³⁾ (2014.2.3)	5年後の想定	廃炉時の想定
活性炭： 1基 チタン酸塩： 1基 フェロシアン化合物： 5基 Ag添着活性炭： 2基 酸化チタン： 2基 キレート樹脂： 4基	約 50 基/年 ⁴⁾	未評価

④ 表面線量率

○HIC 表面での値 (mSv/h)

	実測値最大 ³⁾	設計評価 (SUS 補強体無し)
活性炭	0.36	0.84
チタン酸塩	3.4	130
フェロシアン化合物	3.4	510
Ag 添着活性炭	0.13	0.84
酸化チタン	1.25	11
キレート樹脂	0.0057	76

○吸着材に含まれる放射性物質の濃度評価値

<関連>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 (P. 45)

⑤ 評価インベントリ

	総放射能量	α	β 、 γ
放射能量 (Bq)	未評価	未評価	未評価

(2013.10.3 時点)

<関連>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 (P. 47)

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, “多核種除去設備の概要,”平成 25 年 7 月 2 日.
“https://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20130702_01_shiryo.pdf
- 2) 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>

3) 東京電力株式会社より提供 2014.3.20.

4) 東京電力株式会社, “多核種除去設備 (ALPS) 確証試験、設置工事の状況及び廃棄物の性状について,” 平成 24 年 6 月 25 日.

http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120625/120625_02j.pdf

(6) 処理カラム（多核種除去設備）

① 概要

汚染水処理設備の一つである多核種除去設備（ALPS）の吸着工程から発生する汚染水処理二次廃棄物¹⁾。

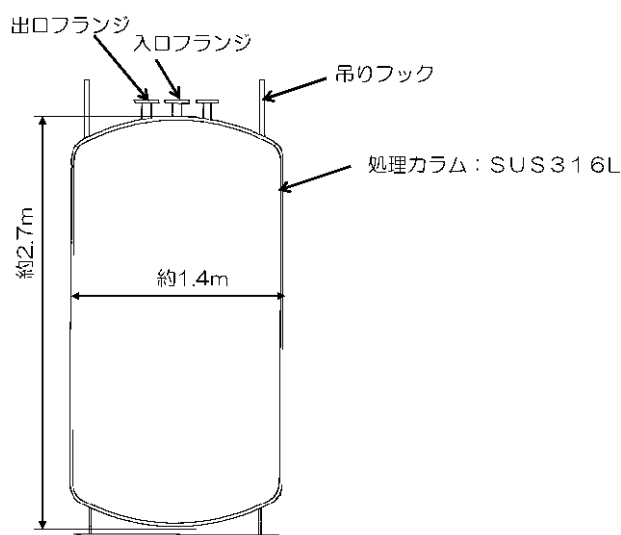
ALPSの吸着材には7種類が使われているが、このうちのRu等の核種と負電荷コロイドを除去するための樹脂系吸着材が処理カラムごと交換される。使用済処理カラムは、使用済セシウム吸着塔一時保管施設において、保管される。

② 特徴

○発生場所：多核種除去設備（ALPS）吸着塔

<関連>汚染水処理設備（P. 35）

<関連>多核種除去設備（P. 42）



処理カラムの概要

○保管場所：使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一、四施設）

<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：外径約1.4m、高さ約3.0m

○重量：不明

○廃棄物になる可能性のある構成物：樹脂系吸着材、海水成分、SUS316L

○保管での留意事項：容器腐食

○処理・処分での留意事項：特になし

③ 保管量

現在 ²⁾ (2014.2.3)	5年後の想定	廃炉時の想定
1基	約10基/年 ³⁾	未評価

④ 表面線量率

不明

⑤ 評価インベントリ

	総放射能量	α	β 、 γ
放射能量 (Bq)	未評価	未評価	未評価

(2013.10.3 時点)

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, “多核種除去設備の概要,” 平成 25 年 7 月 2 日.
https://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20130702_01_shiryo.pdf
- 2) 東京電力株式会社より提供, 2014.3.20.
- 3) 東京電力株式会社, “多核種除去設備 (ALPS) 確証試験、設置工事の状況及び廃棄物の性状について,” 平成 24 年 6 月 25 日.
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/120625/120625_02j.pdf

(7) 瓦礫

① 概要

水素爆発により原子炉建屋周辺に飛散した鉄筋コンクリート、使用済燃料プール内燃料の取り出しのために残存建屋上部から撤去された鉄筋コンクリートや金属類、放射性物質により汚染した資機材等が瓦礫として発生している。また、使用済燃料プールにも瓦礫が落下しており、建屋上部の瓦礫同様、計画に従って撤去されつつある¹⁾。なお、燃料デブリ取り出し終了以降の廃止措置作業で発生するものは、後述の「解体廃棄物」に含める。

瓦礫は、コンクリートと金属類、目安とする表面線量率に基づいて可能な限り分別され、複数の保管エリアに一時保管されている²⁾。

<関連> 発電所敷地内で発生する瓦礫類の管理の流れ (P. 48)

② 特徴

○発生場所 : 1~4号機原子炉建屋周辺、1、3、4号機原子炉建屋上部、および構内作業

<関連> 3号機建屋上部瓦礫撤去状況 (P. 49)

○保管場所 : 瓦礫保管エリア

<関連> 瓦礫・伐採木保管エリア (P.50)

<関連> 瓦礫等の一時保管状況 (P.53)

<関連> 覆土式一時保管施設 (P.56)

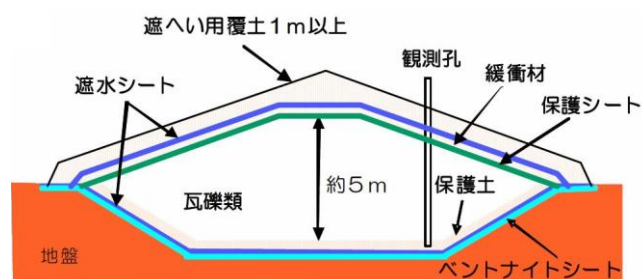


固体廃棄物貯蔵庫



集積

瓦礫の保管の様子³⁾



覆土式一時保管施設概略図⁴⁾

- 幾何形状 : 塊状、細片、棒状
- 重量 : 不明
- 廃棄物になる可能性のある構成物: コンクリート、鉄筋、各種金属、ケーブル類
- 保管での留意事項: 分別、水素等金属腐食に伴うガス発生、容器腐食、高線量
- 処理・処分での留意事項: 水素等金属腐食に伴うガス発生、容器腐食、高線量

③ 保管量

現在 ³⁾ (2013.12.31)	5年後の想定	廃炉時の想定
69,000 m ³	未評価	未評価

<関連> 今後3年間の瓦礫等の想定発生量と保管容量の比較 (P.54)

各エリアの保管容量が受入目安表面線量率とともにまとめられている⁴⁾。

<関連> 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 (P.51)

④ 表面線量率

- 分別管理時の受入目安線量区分³⁾ (瓦礫片当たり)

- ・ >1Sv/h
- ・ ≤1Sv/h
- ・ ≤30mSv/h
- ・ ≤1mSv/h
- ・ ≤0.1mSv/h

- 一時保管時の測定値 (「瓦礫・伐採木の管理状況」³⁾表中、エリア境界空間線量率データより)

0.01 mSv/h 未満/保管エリア~0.50 mSv/h/保管エリア。

各保管エリアの境界空間線量率が、伐採木データと合わせて毎月公開されている²⁾。

<関連> 瓦礫・伐採木の管理状況 (P.52)

⑤ 評価インベントリ

	総放射エネルギー ⁵⁾	α	β、γ
放射エネルギー (Bq)	1.7×10 ¹⁵	未評価	未評価

(2013.3.31 時点)

⑥ 性状把握の状況

平成 24 年度から瓦礫の採取と放射能分析を継続中⁶⁾。

〈関連〉瓦礫・伐採木等の放射能分析 (P. 57)

⑦ 処理方法

案⁷⁾として以下の提案例がある。

○当面の処理

- ・コンクリート瓦礫：破砕による減容、可能なものは路盤材としてリサイクル
- ・金属瓦礫：切断による減容

○将来の計画

- ・コンクリート瓦礫：再生コンクリートとしてのリサイクル
- ・金属瓦礫：熔融・インゴット化による減容及び鋳造品へのリサイクル

⑧ 処分方法

未定

参考文献

- 1) 廃炉・汚染水対策チーム会合／事務局会議／事務局会議，“廃止措置等に向けた進捗状況：使用済み燃料プールからの燃料取り出し作業，” 参考資料 1/6，廃炉・汚染水対策チーム会合 第 2 回事務局会議，2014 年 1 月 30 日，資料 2 東京電力（株）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進捗状況（概要版）．
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01f.pdf
- 2) 東京電力株式会社，“東京電力福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明，” 平成 25 年 8 月，pp. III-3-2-1-1-10～III-3-2-1-1-11.
https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_03_03_02_01.pdf
- 3) 東京電力株式会社，放射性廃棄物処理・処分，“ガレキ・伐採木の管理状況（H25.12.31 時点）”，資料 3-7 放射性廃棄物処理・処分，廃炉・汚染水対策チーム会合 第 2 回事務局会議，2014 年 1 月 30 日．http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01uu.pdf
- 4) 東京電力株式会社，“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，添付資料-2，p. II-2-10-添 2-1.
https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_02_02_10.pdf
- 5) 東京電力株式会社，“瓦礫等の放射エネルギー（平成 25 年 3 月末現在）”，平成 25 年 6 月 5 日，原子力規制庁「東京電力（株）福島第一原子力発電所の実施計画（放射性固体廃棄物）に係る面談」（平成 25 年 6 月 5 日）資料．
http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20130605_03_shiryō.pdf
- 6) 技術研究組合国際廃炉研究開発機構，日本原子力研究開発機構，“福島第一発電所構内で採取した瓦礫、伐採木の放射能分析，” 廃炉・汚染水対策チーム会合 第 2 回事務局会議，資料 3-7 放射性廃棄物処理・処分，2014 年 1 月 30 日．
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf
- 7) 石川 真澄，“研究開発課題と基盤研究への具体的ニーズ，” 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ（第 1 回），セッション 3「放射性廃棄物の処理・処分、核種分析」，平成 25 年 9 月 25 日．
<http://www.nsr.or.jp/safe/fdecomi/haifu01-07.pdf>

(8) 伐採木

① 概要

汚染水貯留設備や廃棄物一時保管エリアの設置のための敷地造成や敷地内の除染に伴い伐採された樹木。大気中に放出された放射性核種の付着により汚染が生じている。加えて原子炉建屋に近い箇所の伐採木については、放水作業に伴う、揮発性放射性核種や冷却水に溶存した放射性核種により汚染している可能性がある。

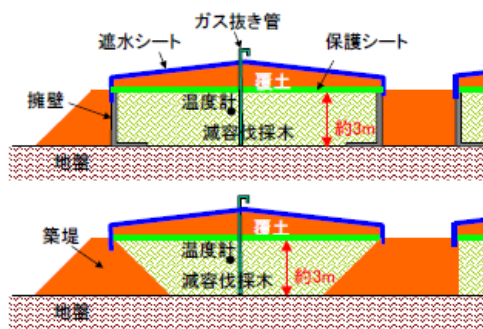
枝葉根は敷地境界線年間 1 mSv/年未満達成のための線量低減対策、および火災発生リスクへの対処のために、覆土による遮へい機能を有する伐採木一時保管槽に保管されている（一部屋外集積あり）。一方、幹根部はバックグラウンド線量率と同等以下であり、また、微生物活動による発熱が起こり難いと考えられており、通気性が確保される集積方法により温度上昇を抑えることで火災リスクが低くできるとして、一時保管槽には収納されず、屋外集積場に一時保管されている。¹⁾

② 特徴

○発生場所：敷地内随所。汚染水貯留設備や廃棄物一時保管エリアの設置のための敷地造成や敷地内除染の際に伐採した樹木



伐採木（幹根部）の屋外集積の様子²⁾



伐採木一時保管槽³⁾

○保管場所：伐採木保管エリア

幹・根は上図のように丸太状で積み上げ、枝・葉・根は減容（チップ化）された後一時保管槽に保管されている⁴⁾。

<関連>瓦礫・伐採木保管エリア (P. 50)

<関連>伐採木一時保管槽 (P. 61)

○幾何形状：伐採木一時保管槽主要仕様³⁾

擁壁等を設置し、減容した伐採木（枝葉根）を収納して保護シート、土、遮水シートで覆う構造である。

- ・ 大きさ：1 槽あたり、200 m² 以内
 - ・ 高さ：約 3 m
 - ・ 保管容量：1 槽あたり、600 m³ 以内
 - ・ 上部：遮水シート、覆土（厚さ 0.5 m 以上）、保護シート
 - ・ 槽間の離隔距離：2 m 以上
- ＜関連＞伐採木一時保管槽 (P. 61)

- 重量：不明
- 廃棄物になる可能性のある構成物：草木の有機物、焼却灰
- 保管での留意事項：分解・腐敗に伴うガス発生、微生物活動に起因する発熱・火災
- 処理・処分での留意事項：焼却作業時、焼却灰処分時の高線量

③ 保管量

現在 ²⁾ (2013.12.31)	5 年後の想定	廃炉時の想定
78,000m ³	未評価	未評価

＜関連＞今後 3 年間の瓦礫等の想定発生量と保管容量の比較 (P. 54)

各エリアの保管容量が受入目安表面線量率とともにまとめられている⁵⁾。

＜関連＞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 (P. 51)

④ 表面線量率

0.01 mSv/h 未満/保管エリア～0.04 mSv/h/保管エリア²⁾。

瓦礫同様、各保管エリアの境界空間線量率が毎月公開されている²⁾。

＜関連＞瓦礫・伐採木の管理状況 (P.52)

⑤ 評価インベントリ

	総放射能量 ⁶⁾	α	β、γ
放射能量 (Bq)	9.8×10 ¹¹	未評価	未評価

(2013.3.31 時点)

⑥ 性状把握の状況

＜関連＞瓦礫・伐採木等の放射能分析 (P. 57)

⑦ 処理方法

案⁷⁾として以下の提案例がある。

○ 当面の処理

表面線量率の低い幹は屋外での原型保管を続けながら焼却による減容も検討。

表面線量率の高い枝葉は遮蔽を目的とした覆土保管を続けながら焼却による

減容も検討。

○将来の計画

- ・リサイクルも検討

⑧ 処分方法

未定

参考文献

- 1) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画,” III 特定原子力施設の保安, 第3編 保安に係る補足説明, pp. III-3-2-1-1-6~III-3-2-1-1-7, 平成25年8月14日. https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_03_03_02_01.pdf
- 2) 東京電力株式会社, 資料3-7 放射性廃棄物処理・処分 ガレキ・伐採木の管理状況, 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第2回)2014年1月30日. http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01uu.pdf
- 3) 東京電力株式会社, “伐採木一時保管槽の設置,” 平成24年10月22日. http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/121022/121022_01dd.pdf
- 4) 東京電力株式会社, “特定原子力施設監視・評価検討会における確認事項に対する回答について, 一東京電力福島第一原子力発電所における放射性廃棄物の処理・保管・管理計画と今後の確認について一,” 特定原子力施設監視・評価検討会(第10回)資料3, pp. 15-17, 平成25年5月17日. https://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei_kanshi/data/0010_04.pdf
- 5) 東京電力株式会社, “東京電力福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画, 2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明”, 平成25年8月14日, pp. III-3-2-1-1-10~III-3-2-1-1-11. https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_03_03_02_01.pdf
- 6) 東京電力株式会社, “瓦礫等の放射エネルギー(平成25年3月末現在),” 平成25年6月5日, 原子力規制庁「東京電力(株)福島第一原子力発電所の実施計画(放射性固体廃棄物)に係る面談」(平成25年6月5日)資料. http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20130605_03_shiryo.pdf
- 7) 石川 真澄, “研究開発課題と基盤研究への具体的ニーズ,” 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ(第1回), セッション3「放射性廃棄物の処理・処分、核種分析」, 平成25年9月25日. <http://www.nsr.or.jp/safe/fdecomi/haifu01-07.pdf>

(9) 土壌

① 概要

敷地内の除染作業や敷地造成に伴い回収された土壌が廃棄物として発生している。また、平成 25 年 4 月以降、地下貯水槽¹⁾や濃縮塩水の貯留タンク²⁾などからの漏えいが発生し、汚染土壌の回収が行われており、回収された土壌は汚染に応じてトンパックや容器に収納されている。

発電所構内での地表土壌採取試料の分析により、種々の放射性核種が確認されている³⁾。多くは土壌や植物に吸着されていると推定できるが、表面土壌の飛散の可能性も考えられる。なお、タンク内貯留水や周辺地下水からは放射性ストロンチウムが検出されており、土壌にも同様に含まれると考えられる⁴⁾。

また、汚染水対策の一環として地表のフェーシングが実施される際に土壌が回収される可能性があるなど、現在、発生量の想定は困難である。

② 特徴

- 発生場所：福島第一原子力発電所構内の地表面、H4 タンクエリア周辺²⁾、地下貯水槽 No.1 および No.2 周辺¹⁾、B 南エリア周辺²⁾

<関連>H4 タンクエリア周辺汚染土壌の調査・回収方法について (P. 62)

- 保管場所：瓦礫保管エリア

<関連>H4 タンクエリア周辺汚染土壌の調査・回収方法について (P. 62)

- 幾何形状：塊状、粒状

- 重量：不明

- 廃棄物になる可能性のある構成物：土壌、植生、腐葉層、碎石

- 保管での留意事項：腐植および容器腐食に伴うガスの発生、容器腐食

- 処理・処分での留意事項：腐植および容器腐食に伴うガスの発生

③ 保管量

現在 ^{注)} (2013.11.27)	5 年後の想定	廃炉時の想定
敷地内土壌： 不明 タンクエリア土壌： 615 m ³	未評価	未評価

注) 地下貯水槽 No.2 除去土壌 (35.5 m³)¹⁾と H4 タンクエリア除去土壌約 (580 m³)²⁾の和。

今後、地下貯水槽 No.1 の除去土壌 1,838 m³が発生の見込み¹⁾

<関連>地下貯水槽周辺の汚染土壌回収量 (P. 62)

④ 表面線量率

○H4 エリア土壌回収の線量基準から推定

・ $\beta > 0.01 \text{ mSv/h}$

⑤ 評価インベントリ

	総放射エネルギー	α	β 、 γ
放射エネルギー (Bq)	今後評価	未評価	未評価

注) 地下貯水槽 No.2 除去土壌 (35.5 m³) の放射能はバックグラウンドレベル⁵⁾

⑥ 性状把握の状況

<関連> 発電所構内グラウンド等で採取された土壌試料の分析 (P. 63)

⑦ 処理方法

未定

⑧ 処分方法

未定

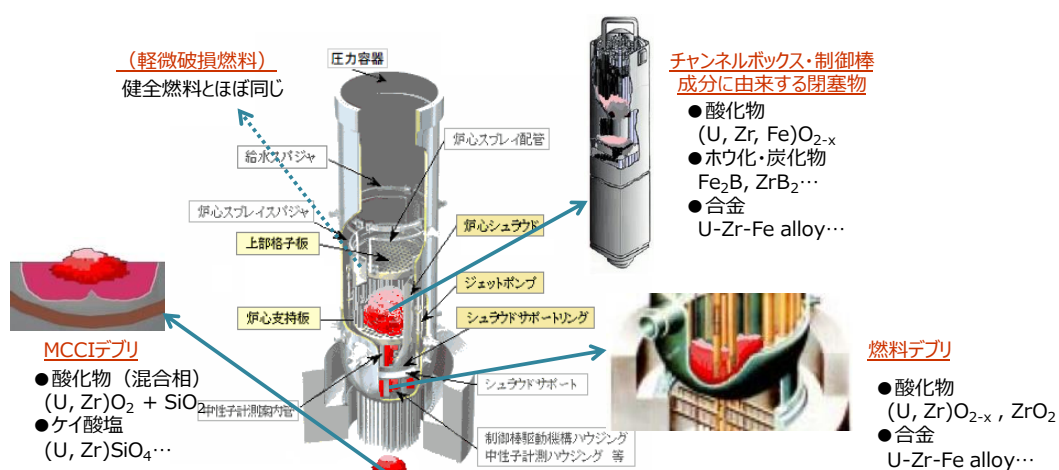
参考文献

- 1) 東京電力株式会社, 福島第一原子力発電所, 土木部土木第三 G, “地下貯留槽に関する対応状況について,” 原子力規制委員会 被規制者等との面談 (沸騰水型軽水炉), 平成 25 年 11 月 27 日. http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20131127_03_shiryo08.pdf
- 2) 東京電力株式会社, “汚染水貯留タンクからの漏えいについて,” 平成 25 年 10 月 15 日, 特定原子力施設監視・評価検討会汚染水対策検討ワーキンググループ (第 8 回), 資料 2. http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tokutei_kanshi_wg/data/0008_02.pdf
- 3) 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所構内における土壌中の放射性物質の核種分析の結果について (続報 42),” 平成 23 年 12 月 8 日, 添付資料. <http://www.tepco.co.jp/cc/press/11120810-j.html>
- 4) 石川 真澄, “研究開発課題と基盤研究への具体的ニーズ,” 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ (第 1 回), セッション 3 「放射性廃棄物の処理・処分、核種分析」, 平成 25 年 9 月 25 日. <http://www.nsra.or.jp/safe/fdecomi/haifu01-07.pdf>
- 5) 1) の 10 ページ.

(10) 燃料デブリ

① 概要

1～3号機においては多くの燃料が溶融し、溶融燃料の一部は圧力容器を貫通して格納容器内に落下している可能性が高い。溶融した燃料、被覆管、制御棒、構造材などが再び固まったものを燃料デブリという。また、溶融燃料とコンクリートとの相互作用（MCCI: Molten Core Concrete Interaction）で生成する溶融物とコンクリート成分が混合した状態で再び固まったものは、性状が異なると推定されることから「MCCIデブリ」と区別される場合もある。なお、福島第一事故廃棄物の分類上では、燃料デブリ取り出し作業によって燃料デブリ収納缶に収納されたものを燃料デブリという。燃料デブリについては、取り出しに向けた工法・機器の開発が進められている状況である。次図に溶融状態のイメージを示す。



溶融状態のイメージ¹⁾

今後の処理・処分の方策等の検討にあたっては燃料デブリの特性を把握する必要があるが、原子炉建屋内部が高濃度に汚染されているため放射線量が高く、人が容易に立ち入ることができない状況にあり、性状把握のためのデータ取得には時間を要すると考えられる。

② 特徴

○発生場所 : 1～3号機

○保管場所

保管場所は決定していない。現在、燃料デブリは、炉心部、原子炉圧力容器下部プレナム、原子炉格納容器ペダスタルに存在していると考えられる²⁾。また、燃料デブリの溶解物や微細粉末が冷却水と共に、圧力容器外、格納容器外に移行している可能性がある。

○幾何形状

燃料デブリ収納缶に収納される前は、塊状、ピン状、粒子状と推定される。

燃料デブリ収納缶形状は、決定していないが、先行事例であるスリーマイル島原子力発電所 2 号炉 (TMI-2) 事故において用いられた収納容器の情報³⁾を参考とすることができる。

○重量

燃料デブリの重量は明らかになってはない。参考として、燃料集合体及び制御棒の本数及び重量を次表に示す。

燃料集合体及び制御棒の本数等

		1号機	2号機	3号機
制御棒	本数 ⁴⁾ (本)	97	137	137
	重量 ⁵⁾ (kg/本)	約 100		
燃料集合体	本数 ⁴⁾ (本)	400	548	548
	重量 ⁶⁾ (kg/本)	約 300		

○廃棄物になる可能性のある構成物

TMI-2 (加圧水型軽水炉) 事故から類推すると、燃料 (主成分 UO_2)、被覆管 (主成分 Zr)、制御棒 (主成分 SUS、中性子吸収材 B_4C)、及び構造材 (主成分 SUS、インコネル、低合金鋼等) の破片や、これら材料同士の相互作用や水蒸気による酸化反応で生じる $(U,Zr)O_2$ 、 (Fe,Ni) 酸化物、及び合金等で構成されていると考えられる。ただし、以下の点が TMI-2 と異なると推定される。

- ・ 沸騰水型軽水炉であることから Zr、Fe の存在量が多い。
- ・ 中性子吸収材に使用されていた B_4C や海水の影響を考慮する必要がある。
- ・ 熔融燃料とコンクリートとの相互作用を考慮する必要がある。

○保管での留意事項：臨界管理、計量管理、冷却対策、遮蔽対策、閉じこめ対策、構造強度・耐久性

○処理・処分での留意事項：臨界管理、温度の違いによる材料間相互作用、冷却対策、遠隔操作、遮蔽対策、計量管理

③ 保管量

燃料デブリは、まだ保管されていない。

④ 表面線量率 不明

⑤ 評価インベントリ

燃料デブリのインベントリについては、明らかになってはない。

1~4 号機の原子炉内に存在する燃料中のウラン燃料及び放射化したジルカ

ロイ被覆管を対象とした核種の燃料組成評価⁷⁾を参考とすることができる。

⑥ 性状把握の状況

表面線量率、評価インベントリ、性状把握の状況については、これまで遠隔操作のロボット等を用い、建屋内の調査等が行われているがデータは十分に得られていない。燃料デブリ取り出しに向けた調査等の作業を通じて少しずつ状況が明らかになっていくと思われる。

⑦ 処理方法 未定

⑧ 処分方法 未定

燃料デブリ取り出しについては、国際原子力機関が運用する国際原子力情報システムデータベースに収録された過酷事故後の損傷燃料の取り出しの先行事例である、TMI-2の文献等⁸⁾を参考とすることができる。

中長期ロードマップでは、燃料デブリの取り出しについて、号機毎の状況の違いを分析し、複数のプランを用意し、プランの絞り込みや修正・変更を行う可能性が想定される時期的なポイントを判断ポイントとして設定している。

また、中長期ロードマップで示された固体廃棄物の保管管理と処理・処分に向けた計画における判断ポイント（「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）までに、処分の安全性の観点から見た燃料デブリの処理の必要性を含めて、固体廃棄物の処理・処分に関する基本的な考え方を取りまとめた報告書を作成するとしている。

参考文献

- 1) 日本原子力研究開発機構，東京電力株式会社，“福島第一原子力発電所の廃止措置技術に係る原子力機構の取組（2012年度版）．<http://www.jaea.go.jp/fukushima/pdf/20121206-02.pdf>
- 2) 東京電力株式会社，“福島第一原子力発電所 1～3 号機の炉心・格納容器の状態の推定と未解明問題に関する検討第 1 回進捗報告，平成 25 年 12 月 13 日．
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu13_j/images/131213j0102.pdf
- 3) エネルギー総合工学研究所，“平成 23 年度発電用原子炉等利用環境調査（スリーマイル島及びチェルノブイリ原子力事故等に関する調査）報告書，”平成 24 年 3 月． P-99 図 3.2.3-3 キャスク断面図 http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2012fy/E002769.pdf
- 4) 東京電力株式会社，“福島第一原子力発電所 東北地方太平洋沖地震に伴う原子炉施設への影響について，”参考資料-1 福島第一原子力発電所設備主要諸元，平成 23 年 9 月．
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/earthquake/houkoku7/sankou.pdf>
- 5) 東京電力株式会社，“福島第一原子力発電所 原子炉設置許可申請書．”
- 6) 東京電力株式会社，“福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，”2.11 使用済燃料プールからの燃料取り出し設備，平成 25 年 10 月 29 日．
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu13_j/images/131029j0101.pdf
- 7) 日本原子力研究開発機構，“福島第一原子力発電所の燃料組成評価，JAEA-Data/Code 2012-018 (2012)，<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Data-Code-2012-018.pdf>
- 8) 日本原子力研究開発機構，“損傷燃料の取り出しに関する INIS 文献リスト．”
<http://jolifukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/sanko/file34.pdf>

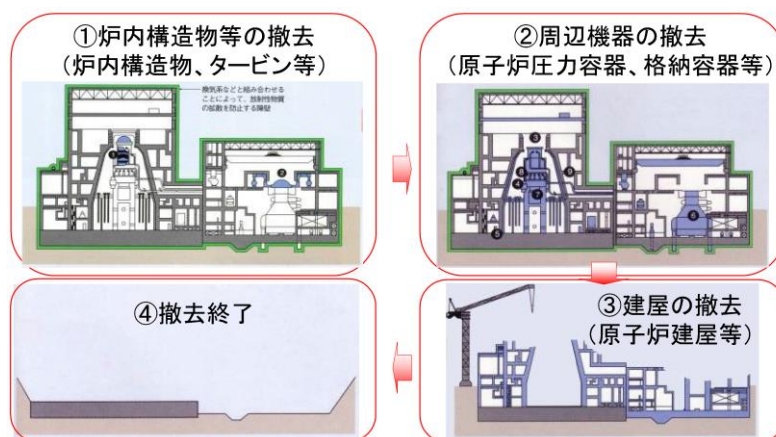
(11) 解体廃棄物

① 概要

原子力発電所の廃止措置に伴う解体作業にて発生した廃棄物を解体廃棄物という。なお、福島第一事故廃棄物の分類上では、燃料デブリ取り出し終了以降の廃止措置作業で発生する廃棄物をいう。

福島第一原子力発電所の解体廃棄物は、水素爆発により原子力施設の建屋内外に放射性核種が飛散・拡散しており、さらに汚染水によっても汚染が拡大している可能性がある。そのため、部材内部への放射性核種の浸透や放射性廃棄物とする対象の種類が増加するなど、一般的な原子力発電所の廃止措置¹⁾における解体廃棄物とは異なる性状を有する。また、一般的な原子炉の廃止措置とは放射能分布が異なることから、解体廃棄物の発生量や取扱いについては、除染・解体作業等で持ち込み、それを廃棄した場合に発生する廃棄物（二次廃棄物）の取扱いについても、考慮される必要がある。

なお、一般的な原子炉の解体撤去は、安全貯蔵期間を経て放射性物質量が減少した後に開始される。まず、タービン等の炉内構造物等の撤去を実施して、次に原子炉压力容器等の周辺機器を撤去し、放射性物質の除去が行われる。その後は通常のビル等の解体と同様に建築構造物の撤去が行われる。解体撤去の具体的な進め方の例を次図に示す。



解体撤去の具体的な進め方（BWR型原子力発電所の例）²⁾

事故の影響により残存設備の利用範囲や発生する廃棄物の種類や量が一般的な原子力施設の廃止措置と異なることから、中長期ロードマップでは、実現可能で合理的な廃止措置シナリオを検討・立案するとしており、30～40年後の廃止措置終了を目標として2015年度までに国際標準に照らしても妥当なシナリオを確立するとしている。

② 特徴

- 発生場所 : 1~4号機及びその付属建屋
- 保管場所 : 解体廃棄物の保管場所は、決定していないが、一般的な原子力発電所の廃止措置では、廃棄物貯蔵庫、専用保管エリアを想定している。
- 幾何形状 : 解体廃棄物の収納容器は、決定していないが、一般的な原子力発電所の廃止措置で想定している解体廃棄物の収納容器（ドラム缶、角型容器³⁾）を参考とすることができる。
- 重量 : 解体廃棄物の重量は明らかになっていない。
- 廃棄物になる可能性のある構成物 : コンクリートや各種金属等の原子力発電所の構成材料、放射化及び燃料起源の放射性核種、塩分、ホウ素、有機物
- 保管での留意事項 : 廃棄物区分毎の分別・混在防止措置、廃止措置作業前に他作業に関連して発生する建屋構造物等の廃棄物管理
- 処理・処分での留意事項 : 事故による解体対象構造物の損傷

③ 保管量

解体廃棄物は、まだ保管されていない。解体廃棄物量の概算の参考のため、一般的な原子力発電所の廃止措置における解体廃棄物量を次表に示す。

一般的な原子力発電所の廃止措置における解体廃棄物量 (t)⁴⁾

	BWR 小規模 (50万kW級)	BWR 中規模 (80万kW級)	BWR 大規模 (110万kW級)
L1 廃棄物 [*]	50	70	80
L2 廃棄物 [*]	760	830	850
L3 廃棄物 [*]	5,530	6,750	11,810
クリアランスレベル 以下の廃棄物	140,330	230,180	523,910
合計	146,670	237,830	536,650

端数処理は1トン単位を四捨五入している。

^{*}原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物は、廃止措置で発生する廃棄物に限らず、法令によって区分され、それぞれの基準に沿って処分される。⁵⁾

④ 表面線量率 不明

⑤ 評価インベントリ

解体廃棄物のインベントリについては、明らかになっていない。

⑥ 性状把握の状況

現時点では解体廃棄物の性状は十分に得られていない。性状については、放射能分析や燃料デブリ取り出しに向けた建屋内除染、その他の作業を通じて効率的に蓄積されるデータをもとに、明らかにされていくと思われる。

<関連>原子炉建屋コアボーリング試料の放射能分析 (P. 59)

⑦ 処理方法 未定

⑧ 処分方法 未定

処理・処分の検討においては、解体廃棄物の物量が多いことから、廃棄物の適切な区分や物量の低減に必要な分別、除染、減容、再利用に関する技術の検討が重要である。

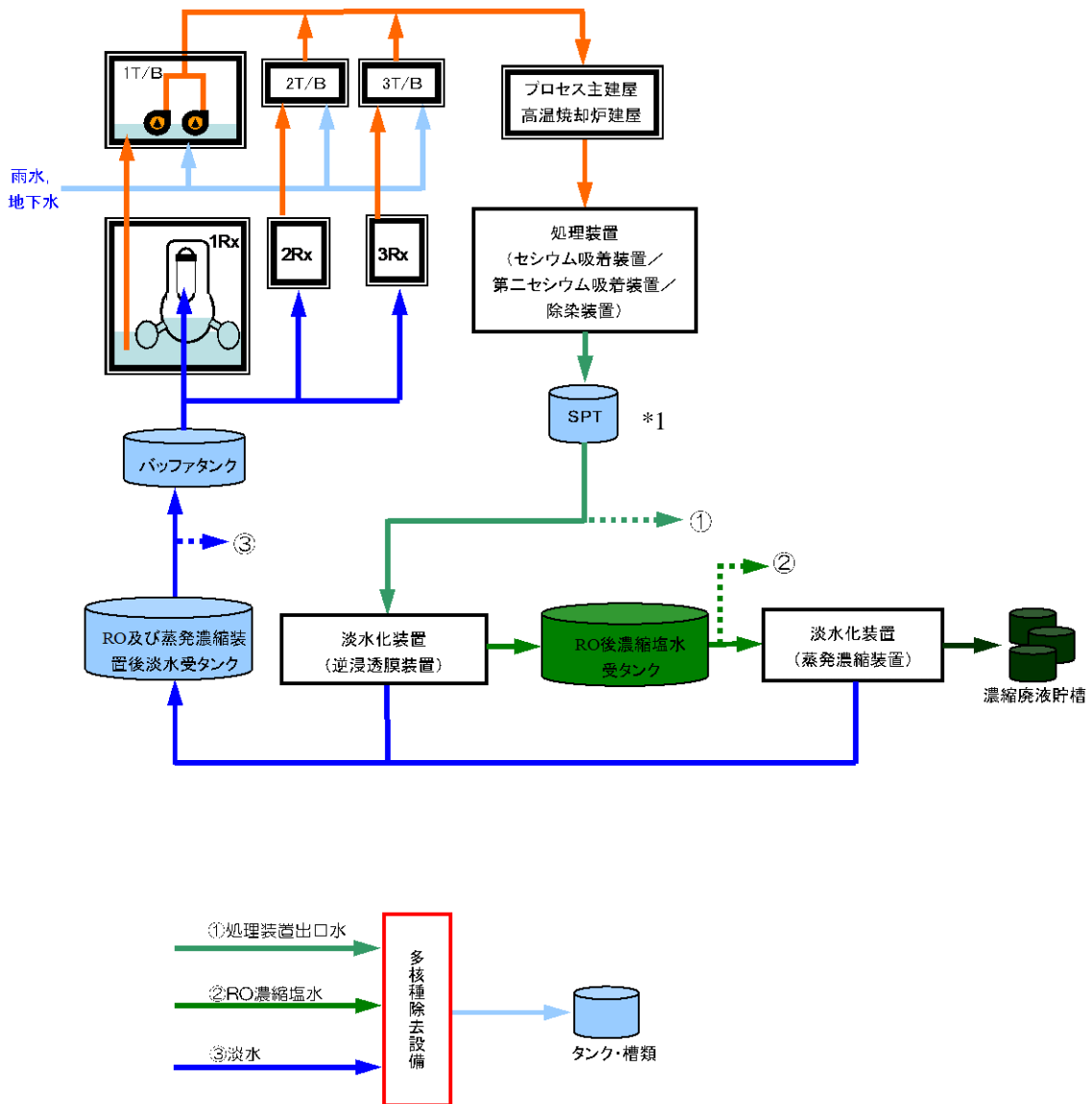
通常の廃止措置とは手順、工法が異なると推定されるため、既存の処理・処分の技術全般をそのまま適用できないことが考えられるが、日本原子力研究開発機構の JPDR・ふげん、日本原子力発電（株）の東海発電所等の先行事例や海外事例の知見を参考にしつつ、新たな技術開発等の検討が進められることが望ましい。

参考文献

- 1) 日本原子力発電(株), “東海発電所廃止措置事業と今後の課題,” 2012年11月18日.
<http://www.nuce-aesj.org/uploads/WeekendSeminar/wes2012/WES12-4.pdf>
- 2) 電気事業連合会, “原子力発電施設廃止措置費用の過不足について,” 平成19年2月8日.
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g70226b03j.pdf>
- 3) 日本原子力学会, “余裕深度処分対象廃棄体の製作に係わる基本的要件: 2009,” AESJ-SC-F014:2009 (2009). 附属書 E (参考) 廃棄体の容器の仕様.
- 4) 総合エネルギー調査会 電気事業分科会, “原子力発電投資環境整備小委員会報告書,” 平成19年5月.
- 5) 日本原子力発電(株), “法令に基づく低レベル放射性廃棄物の区分と処分方法の概念,” ホームページ. <http://www.japc.co.jp/project/haishi/waste.html>

3. 関連情報

(1) 汚染水処理設備

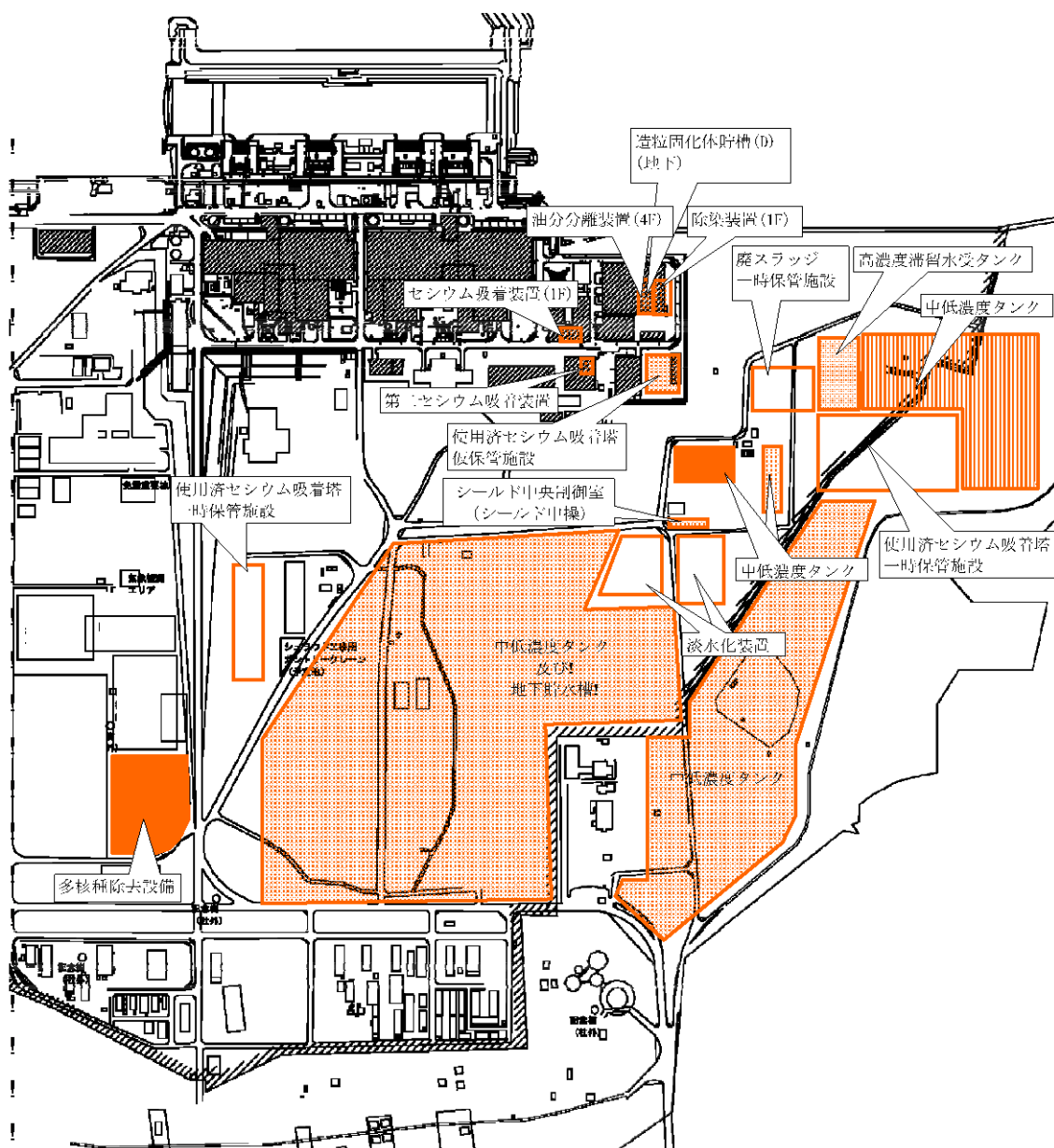


参考文献 東京電力株式会社, “特定原子力施設の設計, 設備,” 福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画,” 平成 25 年 8 月 14 日認可.

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

*1 SPT : サプレッションプール水サージタンク

(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



参考文献 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>.

(3) セシウム吸着装置 (KURION)

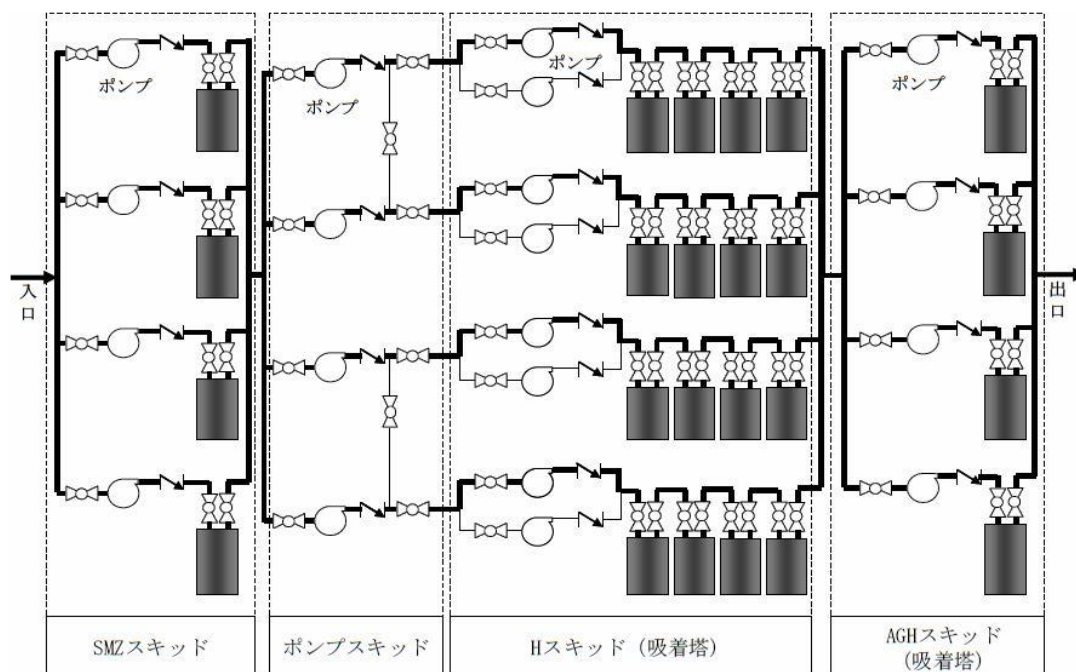
① 外観



参考文献 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 放射性滞留水の回収・処理の取組み, ~水処理(放射能除去)の仕組み~, 平成 23 年 10 月 29 日.

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/images/handouts_111029_02-j.pdf

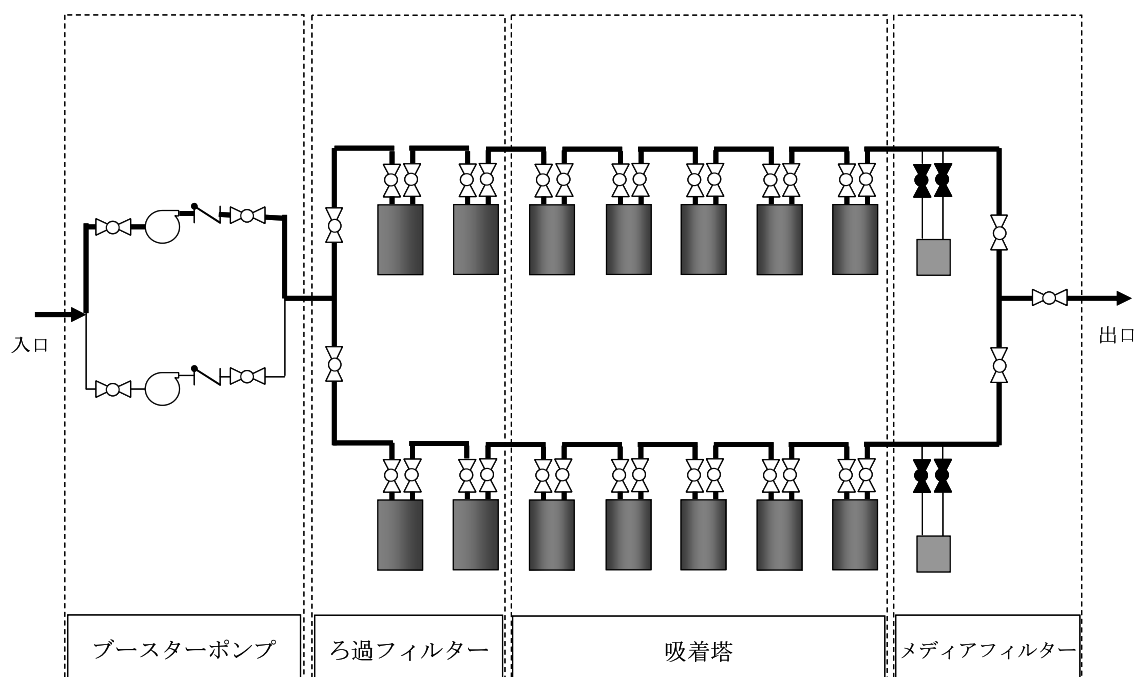
② 系統構成



参考文献 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>

(4) 第二セシウム吸着装置 (SARRY)



第二セシウム吸着装置の系統構成

参考文献 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>

(5) セシウム吸着塔一時保管施設

① 吸着塔保管体数

施設	吸着塔保管体数
第一施設	604 体 (セシウム吸着装置)
	142 体 (第二セシウム吸着装置, 処理カラム)
第二施設	736 体 (セシウム吸着装置, 高性能容器)
第三施設	約 2,000 体 (高性能容器, 今後増容量予定)
第四施設	680 体 (セシウム吸着装置)
	212 体 (第二セシウム吸着装置, 処理カラム)

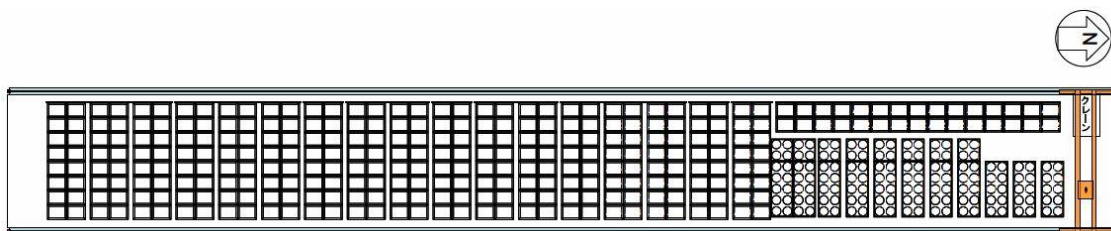
参考文献 東京電力株式会社, “特定原子力施設の設計, 設備,” 福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画,” 平成 25 年 8 月 14 日認可.
<http://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/25/08/0814-1.html>

② 第一施設



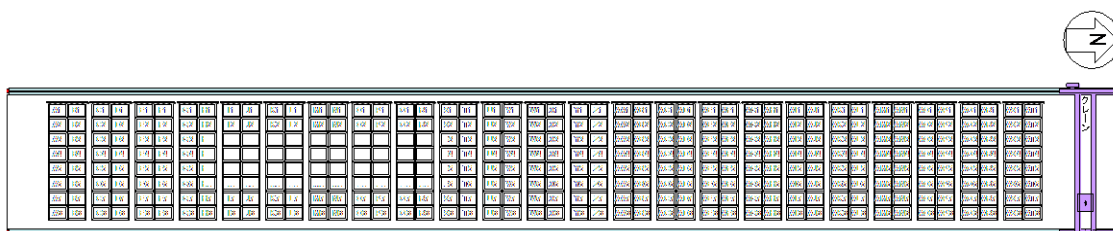
参考文献 東京電力株式会社, “セシウム吸着塔一時保管施設の設置,” 2011年12月21日.
<http://photo.tepco.co.jp/date/2011/201112-j/111221-01j.html>

参考文献 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所第1～4号機に対する「中期的安全確保の考え方」に基づく施設運営計画に係る報告書(その1)(改訂2),” 別紙: 高レベル放射性汚染水処理設備、貯留設備(タンク等)、廃スラッジ貯蔵施設、使用済セシウム吸着塔保管施設および関連設備(移送配管、移送ポンプ等), 平成24年9月11日(2012).
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu12_j/images/120911j0501.pdf



参考文献 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>

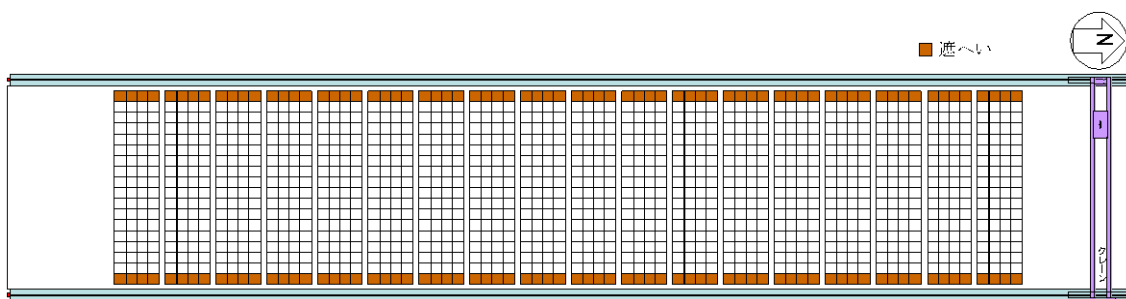
③ 第二施設



参考文献 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.

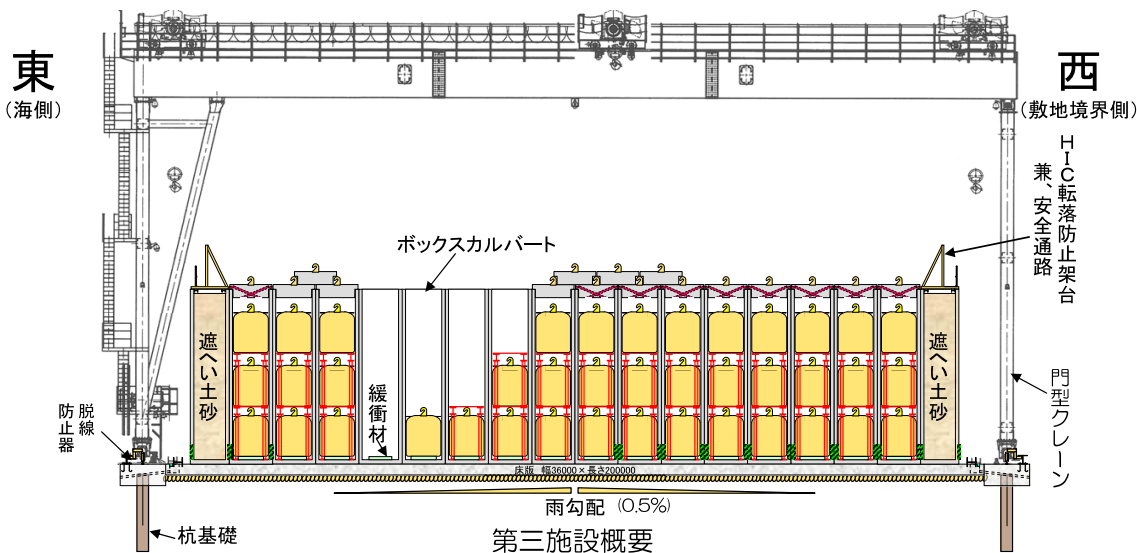
<http://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/25/08/0814-1.html>

④ 第三施設



参考文献 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>

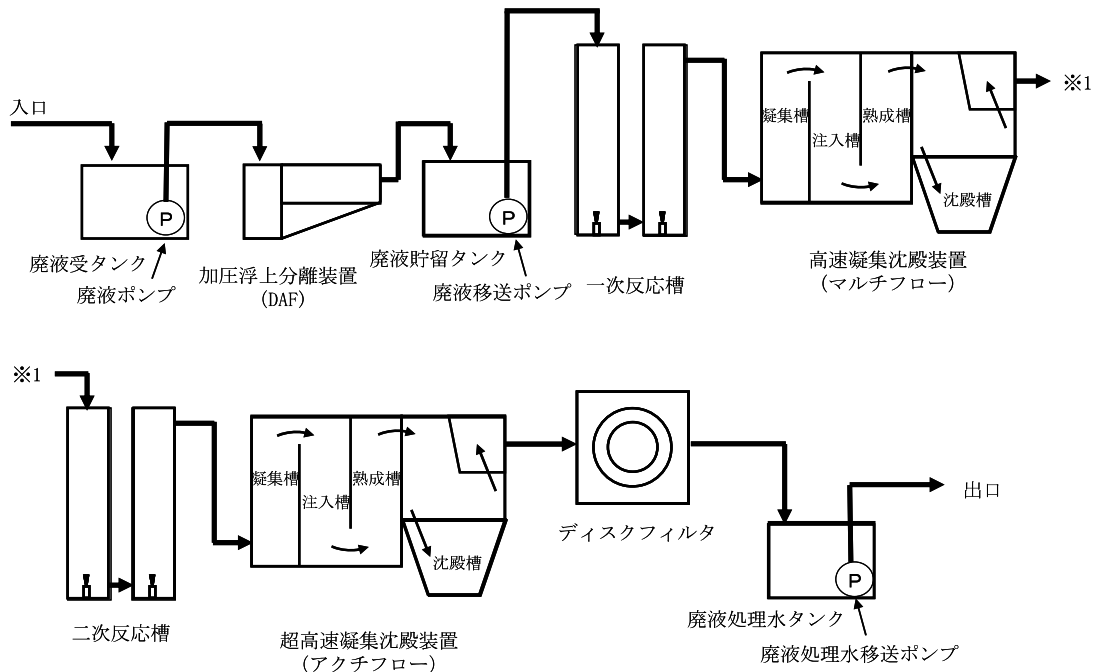


参考文献 東京電力株式会社, “一時保管施設(第三施設)の設置及び改良型 HIC の導入について,” 平成 25 年 10 月 4 日.

http://www.nsr.go.jp/disclosure/meeting_operator/BWR/data/20131004_08_shiryo.pdf

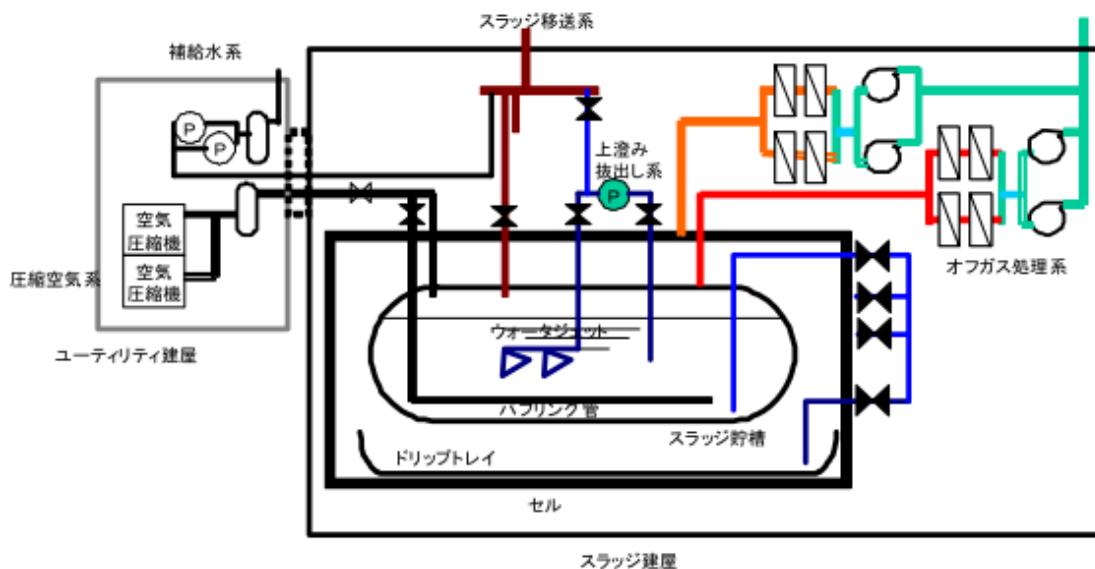
(6) 除染装置

① 系統構成



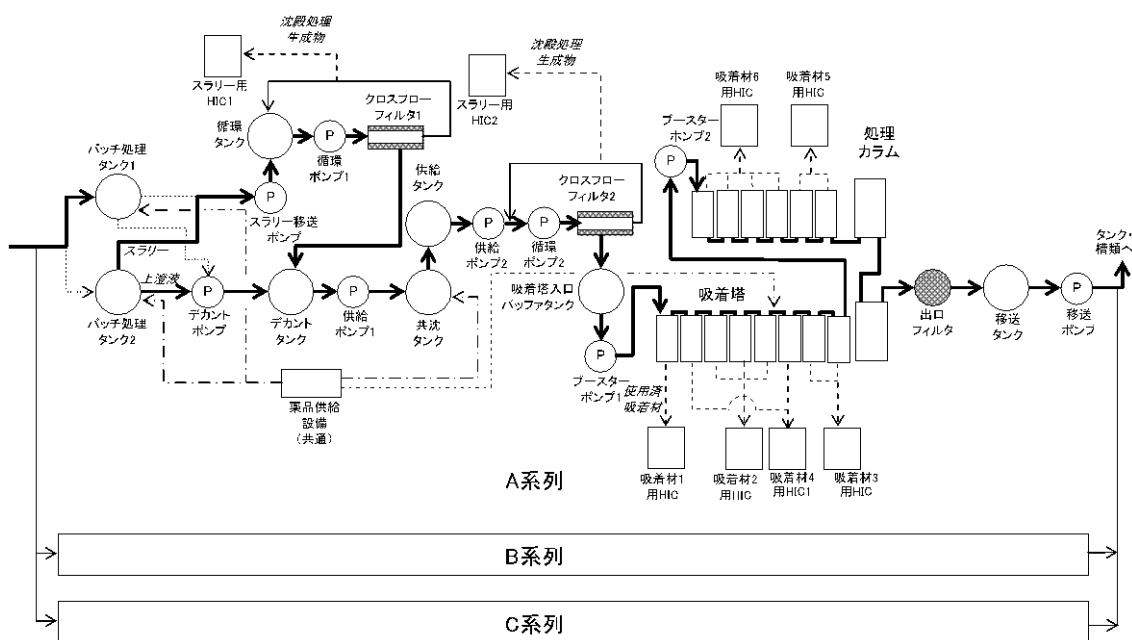
参考文献 東京電力株式会社，“特定原子力施設の設計，設備，” 福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，” 平成 25 年 8 月 14 日認可。
<http://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/25/08/0814-1.html>

② 廃スラッジ一時保管施設



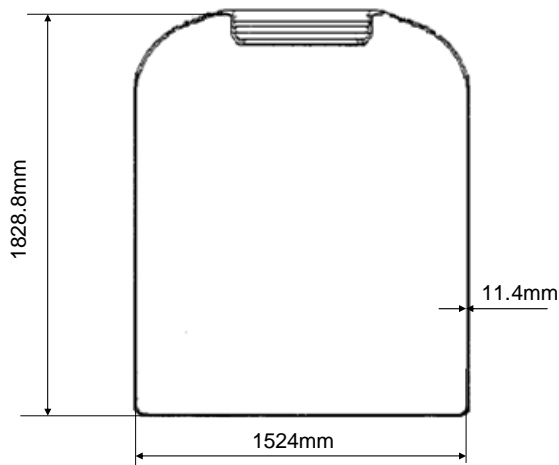
参考文献 東京電力株式会社，“特定原子力施設の設計，設備，” 福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，” 平成 25 年 8 月 14 日認可。
<http://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/25/08/0814-1.html>

(7) 多核種除去設備



参考文献 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>

(8) 高性能容器 (HIC)



項目		仕様
材 料	本体	ポリエチレン
寸 法	外径	1,524 mm (60 インチ)
	高さ	1,828.8 mm (72 インチ)
	最小厚さ	11.4 mm (0.45 インチ)
容 量		2.86 m ³
最高使用圧力		25 kPa
重 量	空重量	0.27 ton
	最大重量	約 4.9 ton (収容物及び蓋等付属品含む)

参考文献 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>

(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

スラリーを収納した高性能容器 (HIC) の線量率を評価するために、設計を元にして次表の濃度が設定された。

核種	放射能濃度 (Bq/cm ³)			核種	放射能濃度 (Bq/cm ³)		
	スラリー (鉄共沈処理)	スラリー (炭酸塩沈殿処理)	吸着材 3		スラリー (鉄共沈処理)	スラリー (炭酸塩沈殿処理)	吸着材 3
Fe-59	5.55E+02	1.33E+00	0.00E+00	Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+05
Co-58	8.44E+02	2.02E+00	0.00E+00	Ba-137m	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+05
Rb-86	0.00E+00	0.00E+00	9.12E+04	Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Sr-89	1.08E+06	3.85E+05	0.00E+00	Ce-141	1.74E+03	8.46E+00	0.00E+00
Sr-90	2.44E+07	8.72E+06	0.00E+00	Ce-144	7.57E+03	3.69E+01	0.00E+00
Y-90	2.44E+07	8.72E+06	0.00E+00	Pr-144	7.57E+03	3.69E+01	0.00E+00
Y-91	8.12E+04	3.96E+02	0.00E+00	Pr-144m	6.19E+02	3.02E+00	0.00E+00
Nb-95	3.51E+02	8.40E-01	0.00E+00	Pm-146	7.89E+02	3.84E+00	0.00E+00
Tc-99	1.40E+01	2.20E-02	0.00E+00	Pm-147	2.68E+05	1.30E+03	0.00E+00
Ru-103	6.37E+02	2.01E+01	0.00E+00	Pm-148	7.82E+02	3.81E+00	0.00E+00
Ru-106	1.10E+04	3.47E+02	0.00E+00	Pm-148m	5.03E+02	2.45E+00	0.00E+00
Rh-103m	6.37E+02	2.01E+01	0.00E+00	Sm-151	4.49E+01	2.19E-01	0.00E+00
Rh-106	1.10E+04	3.47E+02	0.00E+00	Eu-152	2.33E+03	1.14E+01	0.00E+00
Ag-110m	4.93E+02	0.00E+00	0.00E+00	Eu-154	6.05E+02	2.95E+00	0.00E+00
Cd-113m	0.00E+00	5.99E+03	0.00E+00	Eu-155	4.91E+03	2.39E+01	0.00E+00
Cd-115m	0.00E+00	1.80E+03	0.00E+00	Gd-153	5.07E+03	2.47E+01	0.00E+00
Sn-119m	6.72E+03	0.00E+00	0.00E+00	Tb-160	1.33E+03	6.50E+00	0.00E+00
Sn-123	5.03E+04	0.00E+00	0.00E+00	Pu-238	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Sn-126	3.89E+03	0.00E+00	0.00E+00	Pu-239	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Sb-124	1.44E+03	3.88E+00	0.00E+00	Pu-240	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Sb-125	8.99E+04	2.42E+02	0.00E+00	Pu-241	1.13E+03	5.48E+00	0.00E+00
Te-123m	9.65E+02	2.31E+00	0.00E+00	Am-241	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Te-125m	8.99E+04	2.42E+02	0.00E+00	Am-242m	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Te-127	7.96E+04	1.90E+02	0.00E+00	Am-243	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Te-127m	7.96E+04	1.90E+02	0.00E+00	Cm-242	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Te-129	8.68E+03	2.08E+01	0.00E+00	Cm-243	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
Te-129m	1.41E+04	3.36E+01	0.00E+00	Cm-244	2.54E+01	1.24E-01	0.00E+00
I-129	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	Mn-54	1.76E+04	4.79E+00	0.00E+00
Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	2.61E+05	Co-60	8.21E+03	6.40E+00	0.00E+00
Cs-135	0.00E+00	0.00E+00	8.60E+05	Ni-63	0.00E+00	8.65E+01	0.00E+00
Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	9.73E+03	Zn-65	5.81E+02	1.39E+00	0.00E+00

参考文献 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>

(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

使用済吸着材を収納した高性能容器 (HIC) の線量率を評価するために、設計を元にして次表の濃度が設定された。

No.	核種	放射能濃度 (Bq/cm ²)					
		吸着材 1 / 4	吸着材 2	吸着材 3	吸着材 6	吸着材 5	吸着材 7
1	Fe-59	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+02	0.00E+00	0.00E+00
2	Co-58	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.35E+02	0.00E+00	0.00E+00
3	Rb-86	0.00E+00	0.00E+00	9.12E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	Sr-89	0.00E+00	1.27E+06	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	Sr-90	0.00E+00	2.88E+07	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	Y-90	0.00E+00	2.88E+07	0.00E+00	4.31E+04	0.00E+00	0.00E+00
7	Y-91	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.43E+01	0.00E+00	0.00E+00
8	Nb-95	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.78E+01	0.00E+00	0.00E+00
9	Tc-99	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.23E-02
10	Ru-103	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.91E+03
11	Ru-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.75E+04
12	Rh-103m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+02	0.00E+00	3.91E+03
13	Rh-106	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.72E+03	0.00E+00	6.75E+04
14	Ag-110m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
15	Cd-113m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.98E+05	0.00E+00	0.00E+00
16	Cd-115m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.10E+05	0.00E+00	0.00E+00
17	Sn-119m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.67E+03	0.00E+00	0.00E+00
18	Sn-123	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.75E+04	0.00E+00	0.00E+00
19	Sn-126	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.12E+03	0.00E+00	0.00E+00
20	Sb-124	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.25E+02	0.00E+00
21	Sb-125	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.90E+04	0.00E+00
22	Te-123m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.69E+02	0.00E+00
23	Te-125m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.90E+04	0.00E+00
24	Te-127	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.22E+04	0.00E+00
25	Te-127m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.22E+04	0.00E+00
26	Te-129	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.42E+03	0.00E+00
27	Te-129m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.92E+03	0.00E+00
28	I-129	3.70E+04	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
29	Cs-134	0.00E+00	0.00E+00	2.61E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
30	Cs-135	0.00E+00	0.00E+00	8.60E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
31	Cs-136	0.00E+00	0.00E+00	9.73E+03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

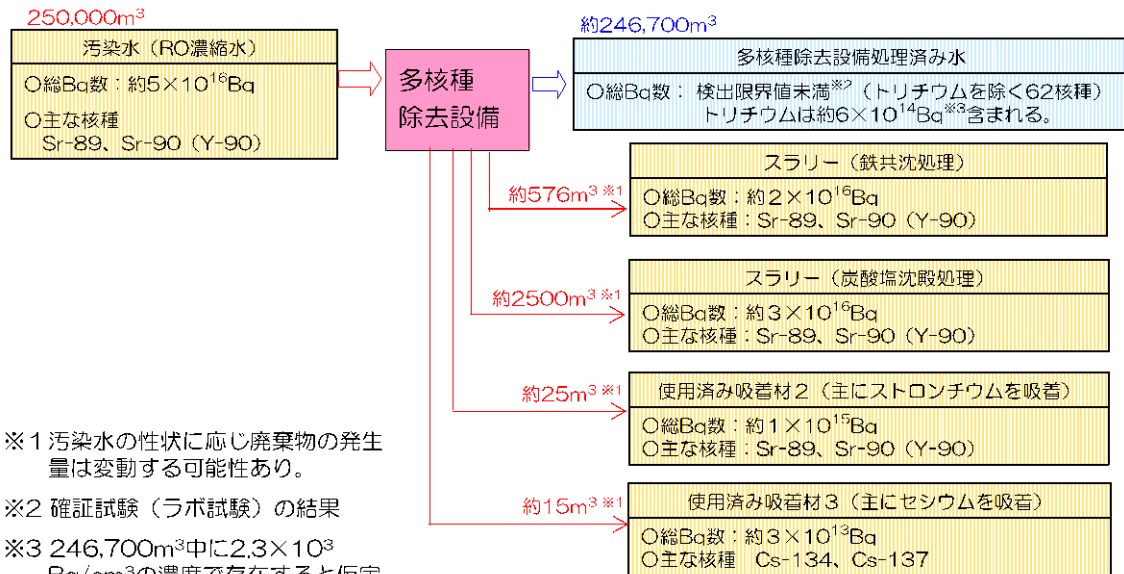
No.	核種	放射能濃度 (Bq/cm ²)					
		吸着材 1 / 4	吸着材 2	吸着材 3	吸着材 6	吸着材 5	吸着材 7
32	Cs-137	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+05	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
33	Ba-137m	0.00E+00	0.00E+00	3.59E+05	2.41E+05	0.00E+00	0.00E+00
34	Ba-140	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.77E+04	0.00E+00	0.00E+00
35	Ce-141	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.48E-01	0.00E+00	0.00E+00
36	Ce-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.13E+00	0.00E+00	0.00E+00
37	Pr-144	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.13E+00	0.00E+00	0.00E+00
38	Pr-144m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.38E-01	0.00E+00	0.00E+00
39	Pm-146	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.30E-01	0.00E+00	0.00E+00
40	Pm-147	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+02	0.00E+00	0.00E+00
41	Pm-148	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.26E-01	0.00E+00	0.00E+00
42	Pm-148m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.74E-01	0.00E+00	0.00E+00
43	Sm-151	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.45E-02	0.00E+00	0.00E+00
44	Eu-152	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+00	0.00E+00	0.00E+00
45	Eu-154	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.30E-01	0.00E+00	0.00E+00
46	Eu-155	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.68E+00	0.00E+00	0.00E+00
47	Gd-153	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.77E+00	0.00E+00	0.00E+00
48	Tb-160	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.28E-01	0.00E+00	0.00E+00
49	Pu-238	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
50	Pu-239	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
51	Pu-240	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
52	Pu-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.14E-01	0.00E+00	0.00E+00
53	Am-241	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
54	Am-242m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
55	Am-243	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
56	Cm-242	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
57	Cm-243	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
58	Cm-244	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.39E-02	0.00E+00	0.00E+00
59	Mn-54	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.10E+02	0.00E+00	0.00E+00
60	Co-60	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.46E+02	0.00E+00	0.00E+00
61	Ni-63	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.01E+04	0.00E+00	0.00E+00
62	Zn-65	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.62E+02	0.00E+00	0.00E+00

参考文献 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>

(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

(H25.4.16現在の汚染水量から算出)



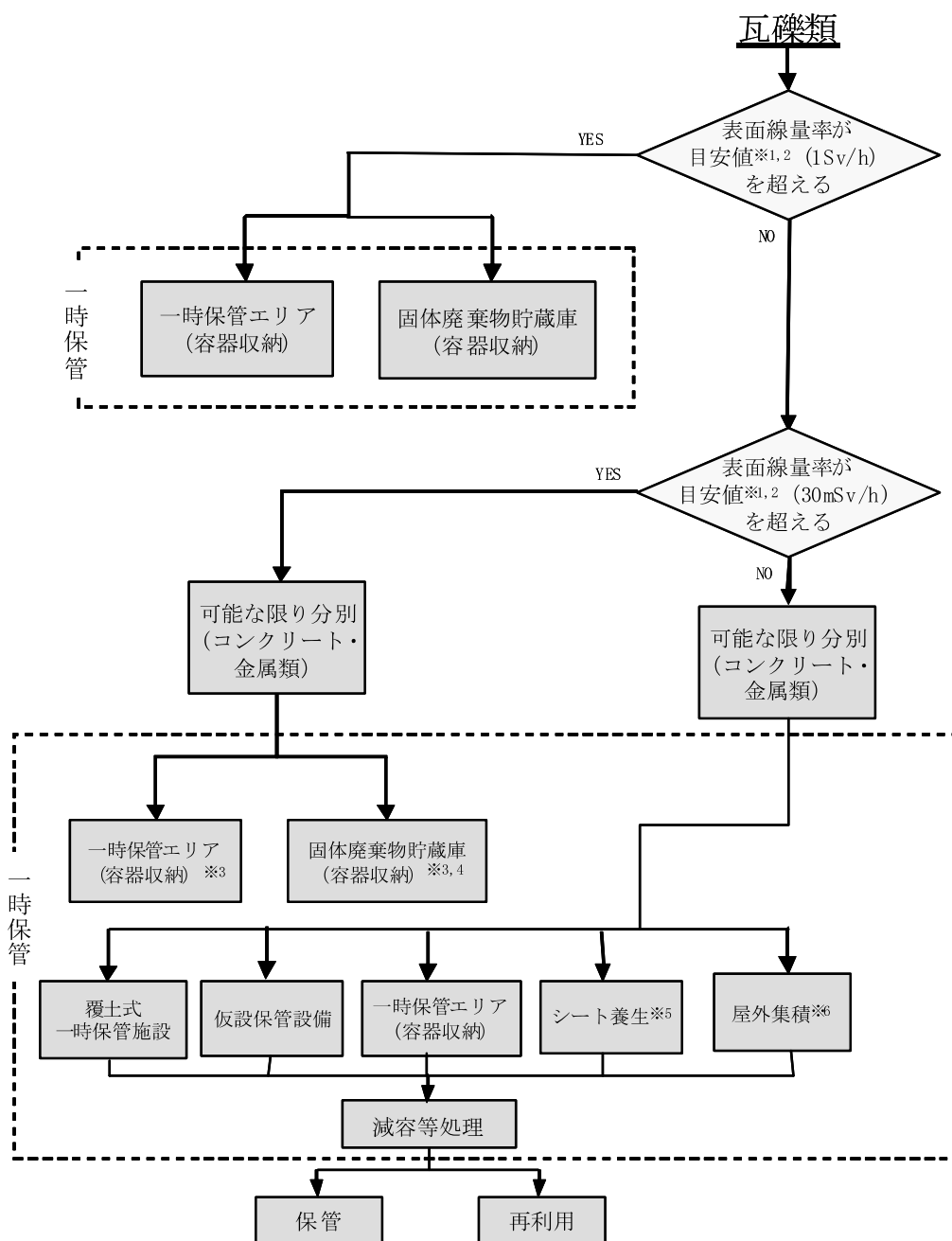
※1 汚染水の性状に応じ廃棄物の発生量は変動する可能性あり。

※2 確認試験 (ラボ試験) の結果

※3 246,700m³中に 2.3×10^3 Bq/cm³の濃度で存在すると仮定し算出。

参考文献 東京電力株式会社, “多核種除去設備のホット試験について,” 平成 25 年 4 月 19 日.
http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/handouts/2013/images/handouts_130419_07-j.pdf

(12) 発電所敷地内で発生する瓦礫類の管理の流れ



- ※1 目安値は発電所敷地内の空間線量率を踏まえ適時見直し
- ※2 目安を判断することができる場合は、表面そのものの測定を実施しないことがある
- ※3 容器に収納できない大型瓦礫類は、飛散抑制対策を講じて一時保管する
- ※4 30mSv/h以下の瓦礫類もある
- ※5 目安値1mSv/h以下の瓦礫類を一時保管する
- ※6 目安値0.1mSv/h以下の瓦礫類を一時保管する

参考文献東京電力株式会社，“東京電力福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，
2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明”，平成 25 年 8 月 14 日，pp. III-3-2-1-1-11.
https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_03_03_02_01.pdf

(13) 3号機建屋上部瓦礫撤去状況

<オペレーティングフロア全景>



(大型がれき撤去前：平成23年3月24日撮影)



(大型がれき撤去後：平成25年10月11日撮影)

<原子炉建屋北面全景>



(大型がれき撤去前：平成24年2月21日撮影)



(大型がれき撤去後：平成25年10月11日撮影)

参考文献 東京電力株式会社, “原子炉建屋上部のガレキ撤去の完了について,” ウェブサイト, 2013年10月29日更新.

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/f1/genkyo/fp_reactor/fp_no03/index.html

(14) 瓦礫・伐採木保管エリア



参考文献東京電力株式会社, 資料 3-7 放射性廃棄物処理・処分 ガレキ・伐採木の管理状況, 2014年1月30日. http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01uu.pdf

(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

エリア名称	保管物	保管容量 (約 m^3)	受入目安表面線量率 (mSv/h)
固体廃棄物貯蔵庫 (第1, 第2棟)	瓦礫類	3,000	10
固体廃棄物貯蔵庫 (第3～第8棟)	瓦礫類	15,000	>30
一時保管エリアA1	瓦礫類	※(ケース1) 2,400 (ケース2) 4,200	※(ケース1) 30 (ケース2) 0.01
一時保管エリアA2	瓦礫類	※(ケース1) 4,700 (ケース2) 7,400	※(ケース1) 30 (ケース2) 0.005
一時保管エリアB	瓦礫類	3,100	0.01
一時保管エリアC	瓦礫類	40,000	0.05 (3,000 m^2 分), 残り0.1
一時保管エリアD	瓦礫類	3,000	0.5
一時保管エリアE1	瓦礫類	10,500	1
一時保管エリアE2	瓦礫類	1,800	10
一時保管エリアF1	瓦礫類	650	10
一時保管エリアF2	瓦礫類	7,500	0.1
一時保管エリアG	伐採木 (枝葉根)	27,000	0.3
一時保管エリアH	伐採木 (枝葉根・幹根)	15,000	0.3
一時保管エリアJ	瓦礫類	4,800	0.005
一時保管エリアL	瓦礫類	16,000	30
一時保管エリアN	瓦礫類	6,000	0.1
一時保管エリアO	瓦礫類	16,500	0.1
一時保管エリアP1	瓦礫類	51,000	0.1 (25,500 m^2 分), 0.05 (25,500 m^2 分)
一時保管エリアP2	瓦礫類	7,100	1
一時保管エリアQ	瓦礫類	6,100	5
一時保管エリアR	伐採木 (枝葉根・幹根)	6,900	0.3
一時保管エリアS	伐採木 (枝葉根・幹根)	11,400	0.3
一時保管エリアT	伐採木 (枝葉根・幹根)	23,100	0.3
一時保管エリアU	瓦礫類	750	0.015 (310 m^2 分), 0.020 (110 m^2 分), 0.028 (330 m^2 分)
一時保管エリアV	伐採木 (枝葉根・幹根)	15,000	0.3
一時保管エリアW	瓦礫類	29,300	1

※高線量の瓦礫類に遮蔽を行って一時保管する場合のケース1と遮蔽を行っていた瓦礫類を他の一時保管エリアに移動した後に低線量瓦礫類を一時保管する場合のケース2により運用する。

・一時保管エリアI, Mには、バックグラウンド線量率と同等以下の線量率の低い伐採木 (幹根) を保管する。

・一時保管エリアH, Vの保管容量には伐採木 (幹根) は含まれない。

参考文献 東京電力株式会社, “東京電力福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画, 2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明”, 平成25年8月14日, pp. III-3-2-1-1-10.
https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_03_03_02_01.pdf

(16) 瓦礫・伐採木の管理状況

ガレキ・伐採木の管理状況(H25.12.31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 (H25.11.30)	エリア占有率
固体廃棄物貯蔵庫	0.04	コンクリート、金属	容器	4,000 m ³	- m ³	31 %
A：敷地北側	0.50	コンクリート、金属	仮設保管設備	2,000 m ³	- m ³	27 %
C：敷地北側	0.01	コンクリート、金属	屋外集積	31,000 m ³	- 3,000 m ³	91 %
D：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	88 %
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	87 %
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	8,000 m ³	- m ³	100 %
O：敷地南西側	0.04	コンクリート、金属	屋外集積	11,000 m ³	- m ³	69 %
Q：敷地西側	0.15	コンクリート、金属	容器	5,000 m ³	- m ³	86 %
U：敷地南側	0.01未満	コンクリート、金属	屋外集積	1,000 m ³	- m ³	100 %
合計（コンクリート、金属）				69,000 m ³	- 2,000 m ³	75 %
G：敷地北側	0.01未満	伐採木	伐採木一時保管槽	7,000 m ³	- m ³	27 %
H：敷地北側	0.01	伐採木	屋外集積	13,000 m ³	+ 1,000 m ³	74 %
I：敷地北側	0.02	伐採木	屋外集積	11,000 m ³	- m ³	100 %
M：敷地西側	0.01	伐採木	屋外集積	32,000 m ³	+ 4,000 m ³	91 %
T：敷地南側	0.01	伐採木	伐採木一時保管槽	5,000 m ³	- m ³	23 %
V：敷地西側	0.04	伐採木	屋外集積	10,000 m ³	+ 2,000 m ³	64 %
合計（伐採木）				78,000 m ³	+ 7,000 m ³	60 %

※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。

参考文献 東京電力株式会社, “ガレキ・伐採木の管理状況 (H25. 12.31 時点),” 2014 年 1 月 30 日,

【資料 3】個別の計画毎の進捗状況, 廃炉・汚染水対策チーム会合 事務局会議 (第 2 回), 資料 3-7, 2014 年 1 月 30 日.

http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/images/d140130_06-j.pdf

(17) 瓦礫等の一時保管状況

ガレキ等の一時保管状況



100 μ Sv/h以下のガレキ一時保管



1mSv/h以下のガレキ一時保管



建屋上部ガレキ保管テント



固体廃棄物貯蔵庫内部

IRID

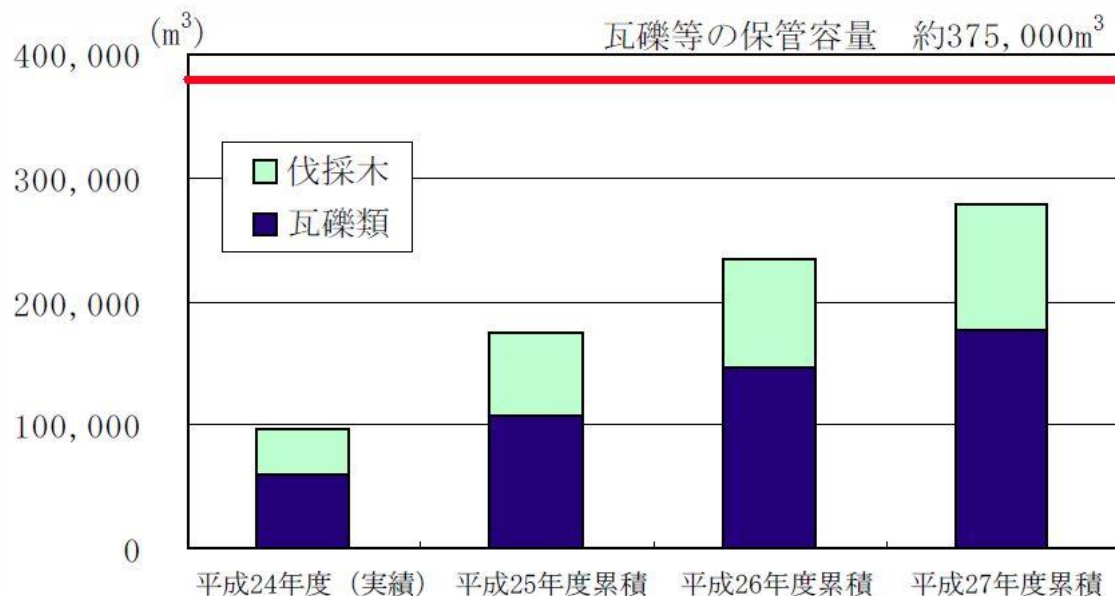
©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

参考文献 石川 真澄, “研究開発課題と基盤研究への具体的ニーズ,” 東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に向けた研究開発計画と基盤研究に関するワークショップ (第1回), セッション3「放射性廃棄物の処理・処分、核種分析」, 平成25年9月25日.

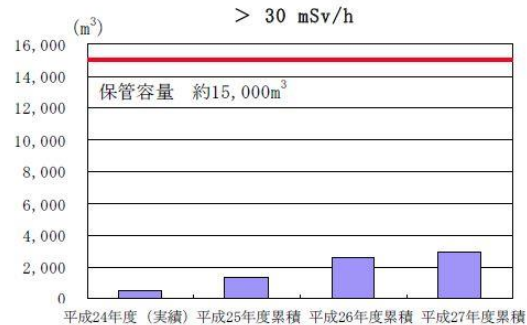
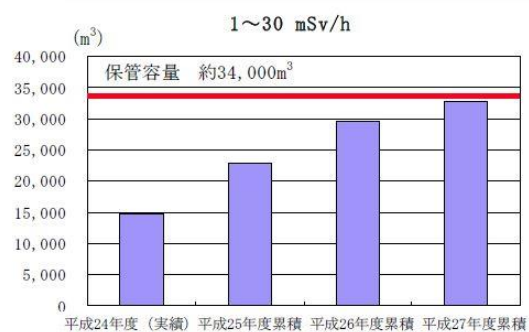
<http://www.nsra.or.jp/safe/fdecomi/haifu03-01.pdf>

(18) 今後 3 年間の瓦礫等の想定発生量と保管容量の比較

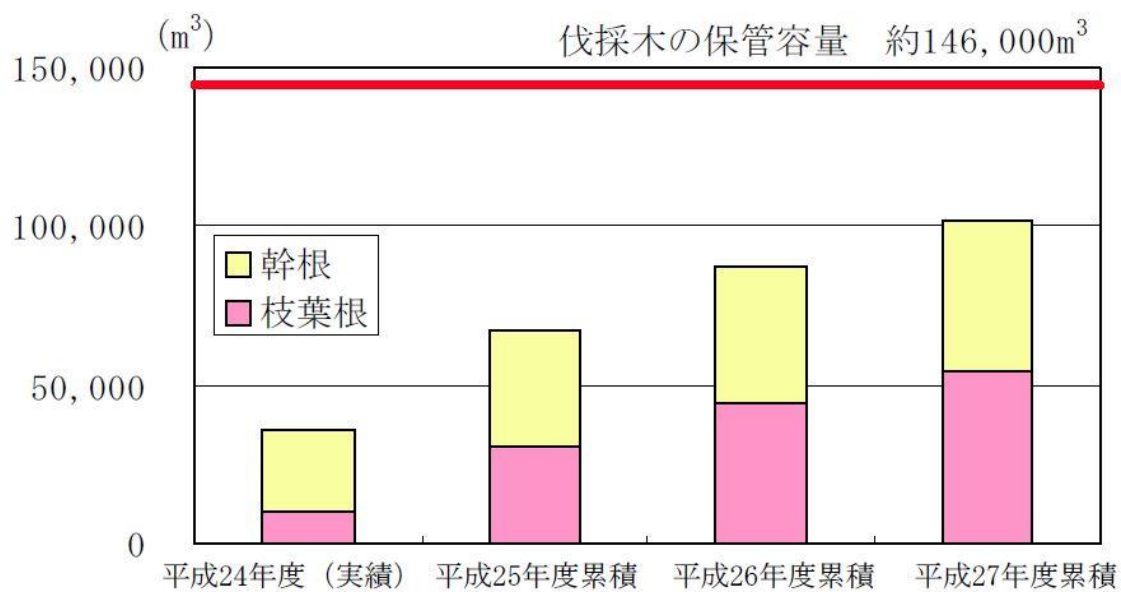
① 瓦礫（総量）



② 瓦礫（線量区分毎）



③ 伐採木（総量）



参考文献 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画” 2.10
 放射性固体廃棄物等の管理施設, 平成 25 年 8 月 14 日.
http://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_02_02_10.pdf

(19) 覆土式一時保管施設

覆土式一時保管施設の主要仕様

大きさ：約 80m×約 20m

高さ：約 5m (最大)

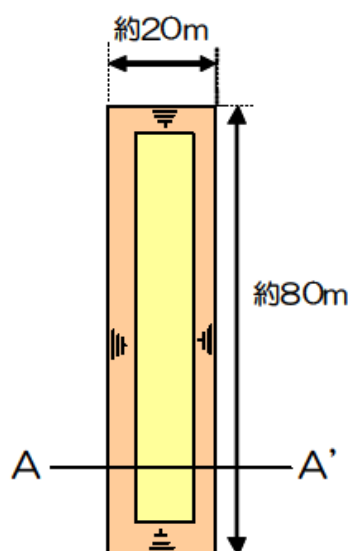
設置個数：4

保管容量：約 4,000m³/箇所

上部：覆土 (厚さ 1m 以上), 遮水シート, 緩衝材, 保護シート

底部, 法面部：保護土, 遮水シート, ベントナイトシート

平面図



A-A' 断面図

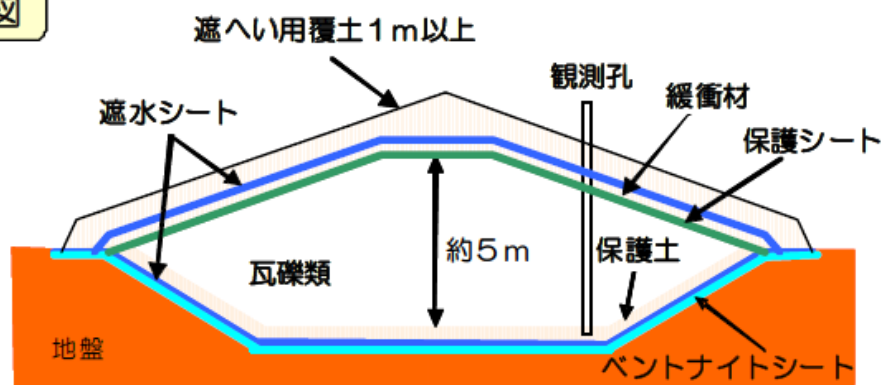


図 覆土式一時保管施設概略図

参考文献 東京電力株式会社, “東京電力福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画, 2.10 放射性固体廃棄物等の管理施設, 平成 25 年 8 月 14 日, p. II-2-10-添 2-1. https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_02_02_10.pdf

(20) 瓦礫・伐採木等の放射能分析結果

① γ 線放出核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度[Bq/g]				
		⁶⁰ Co (約5.3年)	⁹⁴ Nb (約2.0×10 ⁴ 年)	¹³⁷ Cs (約30年)	¹⁵² Eu (約14年)	¹⁵⁴ Eu (約8.6年)
1	1U-05※	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.3±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
2	1U-06	(1.1±0.4)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(3.8±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
3	1U-07	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(5.9±0.1)×10 ²	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
4	1U-08	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.8±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
5	1U-09	(1.1±0.4)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(2.2±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
6	3U-02	(4.3±0.4)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.9±0.1)×10 ⁴	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
7	3U-03※	(2.0±0.6)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.4±0.1)×10 ⁴	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
8	3U-07	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(2.3±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
9	3U-09	(5.6±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻¹	(1.9±0.1)×10 ⁵	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
10	3U-10	(5.0±0.4)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.4±0.1)×10 ⁴	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
11	4U-01	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.5±0.1)×10 ³	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
12	4U-02	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(3.2±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
13	4U-05	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(6.1±0.1)×10 ¹	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
14	4U-07※	< 1×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(6.3±0.2)×10 ⁰	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
15	4U-08	(9.4±0.4)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹	(1.5±0.1)×10 ²	< 5×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻¹
16	4U-N01	(1.4±0.1)×10 ⁶	< 4.2×10 ⁰	(1.6±0.2)×10 ³	< 7.2×10 ⁰	< 7.1×10 ⁰
17	4U-N02	(8.3±0.1)×10 ⁵	< 4.2×10 ¹	(2.7±0.7)×10 ³	< 7.0×10 ¹	< 7.3×10 ¹

② β 線放出核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度 [Bq/g]			
		³ H (約12年)	¹⁴ C (約5.7×10 ³ 年)	⁹⁰ Sr (約29年)	¹²⁹ I (約1.6×10 ⁷ 年)
1	1U-05※	(7.5±1.4)×10 ⁻²	(3.9±0.2)×10 ⁻¹	(1.3±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
2	1U-06	(4.0±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(5.2±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
3	1U-07	(3.0±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(3.3±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
4	1U-08	(2.8±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(1.0±0.1)×10 ¹	< 5×10 ⁻²
5	1U-09	(3.1±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(8.0±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
6	3U-02	(1.7±0.2)×10 ⁻¹	(3.1±0.1)×10 ⁻¹	(5.3±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
7	3U-03※	(2.8±0.2)×10 ⁻¹	(1.2±0.1)×10 ⁰	(2.6±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²
8	3U-07	(2.7±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	(1.3±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²
9	3U-09	(3.5±0.2)×10 ⁻¹	(6.1±0.1)×10 ⁻¹	(3.9±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
10	3U-10	(1.5±0.1)×10 ⁰	(4.1±0.1)×10 ⁻¹	(1.2±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²
11	4U-01	(5.2±0.2)×10 ⁻¹	(1.3±0.1)×10 ⁻¹	(2.1±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²
12	4U-02	(1.8±0.1)×10 ⁰	(2.7±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
13	4U-05	(3.1±0.2)×10 ⁻¹	(4.9±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
14	4U-07※	(2.0±0.2)×10 ⁻¹	(3.0±0.2)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²	< 5×10 ⁻²
15	4U-08	(1.2±0.1)×10 ⁰	< 5×10 ⁻²	(2.7±0.1)×10 ⁻¹	< 5×10 ⁻²
16	4U-N01	γ線測定結果から、クラッドによる汚染であると推定。 試料量が少ないため、α・β線核種の分析は実施しない。			
17	4U-N02				

③ α線放出核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度 [Bq/g]				
		²³⁸ Pu (約88年)	²³⁹ Pu (約2.4 × 10 ⁴ 年)	²⁴⁰ Pu (約6.6 × 10 ³ 年)	²⁴¹ Am (約4.3 × 10 ² 年)	²⁴⁴ Cm (約18年)
1	1U-05 [※]	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
2	1U-06	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
3	1U-07	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
4	1U-08	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
5	1U-09	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
6	3U-02	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
7	3U-03 [※]	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
8	3U-07	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
9	3U-09	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
10	3U-10	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
11	4U-01	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
12	4U-02	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
13	4U-05	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
14	4U-07 [※]	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
15	4U-08	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
16	4U-N01					
17	4U-N02					

γ線測定結果から、クラッドによる汚染であると推定。
試料量が少ないため、α・β線核種の分析は実施しない。

参考文献 技術研究組合国際廃炉研究開発機構, 日本原子力研究開発機構, “福島第一発電所構内で採取した瓦礫、伐採木の放射能分析,” 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第2回), 平成26年1月30日.. http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/140130/140130_01tt.pdf

(21) 原子炉建屋コアボーリング試料の放射能分析

① 分析試料

 分析試料の情報				
No.	試料名	採取場所※1	試料量	汚染部面積
			(g)	(cm ²)※2
1	1号機① 	1階 北西コーナー 床 (PCV機器ハッチ近傍)	168.7	9.42
2	1号機⑥ 	1階 西側通路 壁	213.4	12.48
3	2号機① 	1階 北西コーナー 床 (パーソナルエアロック室入口)	151.9	11.08

※1 遊離性・固着性汚染を除去した後、床壁のコンクリートコアを採取
 ※2 汚染部位である樹脂の表面積
 3号機試料は、除染技術の開発に全量を使用したため、分析を実施せず

② 放射線分析

γ 線核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度 (2013.3.21 時点) [Bq/cm ²]				
		Co-60	Nb-94	Cs-137	Eu-152	Eu-154
1	1号機	< 9 × 10 ⁻¹	< 6 × 10 ⁻¹	(2.4 ± 0.1) × 10 ²	< 2 × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁰
2	1号機	< 8 × 10 ⁻¹	< 5 × 10 ⁻¹	(1.4 ± 0.1) × 10 ¹	< 2 × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁰
3	2号機	< 8 × 10 ⁻¹	< 5 × 10 ⁻¹	(3.8 ± 0.1) × 10 ³	< 2 × 10 ⁰	< 2 × 10 ⁰


β 線核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度 (2013.3.21 時点) [Bq/cm ²]						
		H-3	C-14	Cl-36	Se-79	Sr-90	Tc-99	I-129
1	1号機	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	(5.3 ± 0.6) × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
2	1号機	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹
3	2号機	(8.6 ± 1.1) × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹	(4.0 ± 0.1) × 10 ¹	< 4 × 10 ⁻¹	< 4 × 10 ⁻¹

α線核種分析結果

No.	試料名	放射能濃度 (2013.3.21 時点) [Bq/cm ²]			
		Pu-238	Pu-239+240	Am-241	Cm-244
1	1号機	< 5 × 10 ⁻³	< 8 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻²	< 1 × 10 ⁻²
2	1号機	< 5 × 10 ⁻³	< 7 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻²	< 9 × 10 ⁻³
3	2号機	< 5 × 10 ⁻³	< 8 × 10 ⁻³	< 2 × 10 ⁻²	< 9 × 10 ⁻³

③ 元素分析



分析結果 (3/3)

■ コアボーリング試料中の各元素含有率 (単位 : mass%)

No.	試料名	含有率			
		Al	Ca	Fe	Si
1	1号機①	7.0±0.1	7.8±0.1	3.6±0.1	25±1
3	2号機①	6.5±0.1	9.1±0.1	3.3±0.1	27±1

- 1号機および2号機のコンクリート主要成分に大きな差は見られなかった。
- 主要成分の分析値を各酸化物重量に換算した合計値は約85%であった。

残りの約15%は、K、Mg、Ti、Mn等微量成分の酸化物および水分であると推測される。

参考文献 日本原子力研究開発機構, “原子炉建屋コアボーリング試料の放射能分析,” 東京電力
 福島第一原子力発電所廃炉対策推進会議/事務局会議 (第7回), 平成25年8月29日.
http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/130828/130828_01nn.pdf

(22) 伐採木一時保管槽

伐採木一時保管槽の主要仕様

大きさ：1槽あたり，200m²以内

高さ：約3m

保管容量：1槽あたり，約600m³以内

上部：遮水シート，覆土（厚さ0.5m以上），保護シート

槽間の離隔距離：2m以上

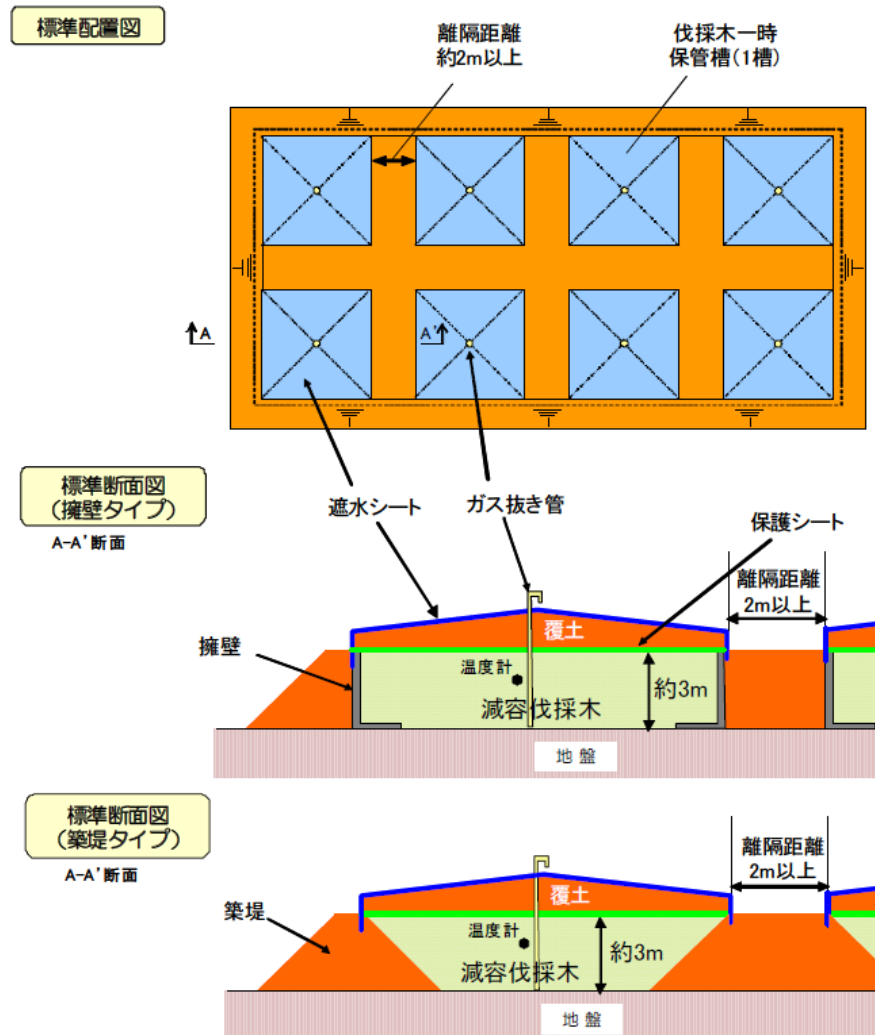


図 伐採木一時保管槽概略図

なお、保管槽の配置および形状は、現地の地形状況に応じて可能な限り効率的に配置する計画としているため、概略図通りとならない場合がある。

参考文献 東京電力株式会社，“東京電力福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画，2.10 放射性固体廃棄物等の管理施設，平成25年8月14日，II-2-10-添4-1.
https://www.nsr.go.jp/activity/earthquake/kisei/plan/data/250814_zissi_02_02_10.pdf

(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

3.1 汚染土壌の調査・回収方法について 調査(前回までの資料再掲)

- 線量調査結果を踏まえて汚染範囲を特定し、当該範囲の土壌を回収し、角形タンクに保管
- 掘削毎に線量を確認し、線量(β)が0.01mSv/h未満※になるまで土壌を除去
 - ※当該エリア北側土のう付近(No.57)の線量(β)が0.01mSv/hであることを踏まえて設定

土堰堤
排水路(ボライン)
懸線中継機
想定される汚染範囲
57
コンクリート堰
漏えいタンク(No.5)
想定される汚染範囲

※角型タンクは、土堰堤内南側に設置

東京電力
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

調査・回収フロー

```

            graph TD
            A[砕石約40cm、土壌約30cm  
毎に掘削し、線量計測] --> B{β < 0.01mSv/h※}
            B -- No --> A
            B -- Yes --> C[汚染が深部で分布しないことの確認  
のため、更に30cm掘削して線量計測]
            C --> D{β < 0.01mSv/h※}
            D -- No --> A
            D -- Yes --> E[最初に汚染がないとされた深度  
までを汚染範囲として除去]
            
```

参考文献 東京電力株式会社, “汚染水貯留タンクからの漏えいについて,” 平成 25 年 10 月 15 日, 特定原子力施設監視・評価検討会汚染水対策検討ワーキンググループ(第8回), 資料 2, 43 ページ.

(24) 地下貯水槽周辺の汚染土壌回収量

1. No.1地下貯水槽周辺汚染土の回収について

- No.1地下貯水槽周辺の汚染範囲については、調査中である。
- No.1地下貯水槽周辺の汚染範囲はNo.2に比べ広範囲となるため、汚染土の回収方法については、別途検討することとする。

ND
● 全β検出
● 追加調査箇所

図 No.1地下貯水槽における汚染範囲

東京電力
無断複製・転載禁止 東京電力株式会社

表 汚染土回収量

地下貯水槽	汚染土回収量	備考
No.1	1,838.0m ³	予定
No.2	35.5m ³	実績

参考文献 東京電力株式会社 福島第一原子力発電所 土木部土木第三 G, “地下貯留槽に関する対応状況について,” 平成 25 年 11 月 27 日, 9 ページ.

(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

① Sr 分析結果

(単位 : Bq/kg・乾土)

採取場所 ()は1,2号機スタックからの距離	採取日 分析機関	Sr-89	Sr-90
①グラウンド(西北西約500m)	11月14日	$(7.0 \pm 0.42) \times 10^1$	$(1.7 \pm 0.03) \times 10^2$
②野鳥の森(西約500m)	日本分析	$(6.9 \pm 1.3) \times 10^0$	$(1.6 \pm 0.10) \times 10^1$
③産廃処分場近傍(南南西約500m)	センター	$(1.6 \pm 0.06) \times 10^2$	$(3.1 \pm 0.04) \times 10^2$
過去の測定値の範囲*		-	ND~4.3

※ : 平成21年度 原子力発電所周辺環境放射能測定結果報告書より (平成11年度~20年度)

※ : 「①グラウンド」「③産廃処分場近傍」は、過去のサンプリングが重ならないよう隣接地を採取。「②野鳥の森」は同じポイントを深さ方向に採取 (採取不可となった時点でポイント変更)

参考文献 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 土壌中の Sr 分析結果,” 福島第一原子力発電所構内における土壌中の放射性物質の核種分析の結果について (続報 42), 平成23年12月8日. http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11_j/images/111208u.pdf

② Pu 分析結果

1. 測定結果

(単位 : Bq/kg・乾土)

採取場所 ()は1,2号機スタックからの距離	採取日 分析機関	Pu-238	Pu-239, Pu-240
①グラウンド(西北西約500m)	11月21日	$(1.2 \pm 0.12) \times 10^{-1}$	$(7.7 \pm 0.91) \times 10^{-2}$
②野鳥の森(西約500m)	日本分析	N. D. [$<9.6 \times 10^{-3}$]	N. D. [$<9.6 \times 10^{-3}$]
③産廃処分場近傍(南南西約500m)	センター	$(6.2 \pm 0.90) \times 10^{-2}$	$(6.2 \pm 0.89) \times 10^{-2}$
国内の土壌*		N. D. $\sim 1.5 \times 10^{-1}$	N. D. ~ 4.5

[]内は検出限界値を示す

※ : 文部科学省「環境放射線データベース」昭和53年~平成20年

※ : 「①グラウンド」「③産廃処分場近傍」は、過去のサンプリングが重ならないよう隣接地を採取。「②野鳥の森」は同じポイントを深さ方向に採取 (採取不可となった時点でポイント変更)

2. 評価

11月21日に検出されたPu-238とPu-239, 240の濃度は、過去の大気圏内核実験において国内で観測されたフォールアウトと同様なレベルである。しかし、これまでの結果から、今回の事故に由来する可能性が考えられる。

なお、3月21日以降にサンプリングした試料からPu-238およびPu-239, Pu-240が検出されている箇所があるが、値に大きな変化は見られていない。

参考文献 東京電力株式会社, “福島第一原子力発電所 土壌中の Pu 分析結果,” 福島第一原子力発電所構内における土壌中の放射性物質の核種分析の結果について (続報 42), 平成23年12月8日. http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11_j/images/111208v.pdf

③ ガンマ線核種分析結果

(単位: Bq/kg・乾土)

試料採取場所	【定点①】*1 グラウンド (西北西約500m)*2	【定点②】*1 野鳥の森 (西約500m)*2	【定点③】*1 産廃処分場近傍 (南南西約500m)*2	
試料採取日	11月21日	11月21日	11月21日	
分析機関	日本分析センター*3	日本分析センター*3	日本分析センター*3	
測定日	11月22日	11月22日	11月22日	
核種	I-131(約8日)	ND	ND	ND
	I-132(約2時間)	ND	ND	ND
	Cs-134(約2年)	3.5E+05	1.3E+04	1.3E+06
	Cs-136(約13日)	ND	ND	ND
	Cs-137(約30年)	4.0E+05	1.6E+04	1.6E+06
	Sb-125(約3年)	ND	ND	ND
	Te-129m(約34日)	ND	ND	ND
	Te-132(約78時間)	ND	ND	ND
	Ba-140(約13日)	ND	ND	ND
	Nb-95(約35日)	ND	ND	ND
	Ru-106(約370日)	ND	ND	ND
	Mo-99(約66時間)	ND	ND	ND
	Tc-99m(約6時間)	ND	ND	ND
	La-140(約40時間)	ND	ND	ND
	Be-7(約53日)	ND	ND	ND
	Ag-110m(約250日)	ND	ND	ND

*1 「①グラウンド」「③産廃処分場近傍」は、過去のサンプリングが重ならないよう隣接地を採取。「②野鳥の森」は同じポイントを深さ方向に採取(採取不可となった時点でポイント変更)

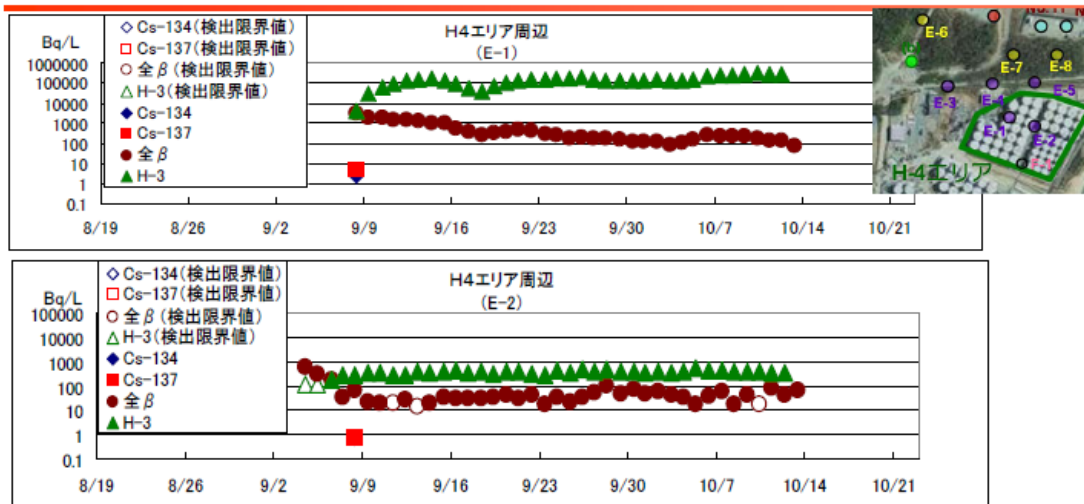
*2 1.2号機スタックからの距離

*3 日本分析センターにおける分析結果は、試料採取時までの半減期補正を行っていない

参考文献 “福島第一原子力発電所 土壌中のガンマ線核種分析結果,” 福島第一原子力発電所構内における土壌中の放射性物質の核種分析の結果について (続報 42), 平成 23 年 12 月 8 日.
http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11_j/images/111208w.pdf

④ ボーリングによる分析結果

3.6 追加ボーリング 放射能分析結果 (1/5)



■タンク直近のE-1,E-2では高濃度のトリチウム、全βが検出されており、漏洩水の影響を受けている可能性がある。

参考文献 東京電力株式会社, “汚染水貯留タンクからの漏えいについて,” 平成 25 年 10 月 15 日, 特定原子力施設監視・評価検討会汚染水対策検討ワーキンググループ (第 8 回), 資料 2, 52 ページ.

⑤ 漏洩した水の分析結果

1.5 B南エリアタンク天板からの漏えいの概要

■ 日時:平成25年10月2日(水)

8:37~9:35、11:25~12:39 堰内雨水回収ポンプ運転

20:00頃 タンク天板と側板のフランジ部からの漏水及び堰外への漏出を確認

21:00 漏えい水が堰内に落ちるようシート等にて応急処置

■ 状況:以前発生したB南エリア堰からの溢水もあり、当該エリア地盤の緩やかな傾斜を認識していたものの、傾斜によるタンク端部での水位上昇等の設計及びレビューも行わず、適切な作業手順書もないまま雨水を移送していたため、タンク天板と側板のフランジ部から漏えいが発生(堰外に約430L)。

■ 放射能濃度(水分析):

堰内溜まり水 :Cs134:18Bq/L、Cs137:54Bq/L、全β:200,000Bq/L

C放水路出口付近:Cs134:ND、Cs137:ND、全β:ND

参考文献 東京電力株式会社, “汚染水貯留タンクからの漏えいについて,” 平成 25 年 10 月 15 日, 特定原子力施設監視・評価検討会汚染水対策検討ワーキンググループ (第 8 回), 資料 2, 127 ページ.

4. 参考情報

(1) 福島第一原子力発電所の施設スペック

① プラント主要諸元，原子炉，タービン，燃料の概要

福島第一原子力発電所 設備の概要								
		1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	
プラント 主要諸元	電気出力(万 kW)	46.0	78.4	78.4	78.4	78.4	110.0	
	建設着工	1967/9	1969/5	1970/10	1972/9	1971/12	1973/5	
	営業運転開始	1971/3	1974/7	1976/3	1978/10	1978/4	1979/10	
	原子炉形式	沸騰水型軽水炉(BWR)						
	格納容器形式	マーク I					マーク II	
	国産化率(%)	56	53	91	91	93	63	
	主契約者	GE	GE・東芝	東芝	日立	東芝	GE・東芝	
原子 炉	熱出力(万 kW)	138	238.1				329.3	
	燃料集合体数(体)	400	548				764	
	燃料集合体全長(m)	約 4.35	約 4.47				約 4.47	
	制御棒本数(本)	97	137				185	
	圧力容器	内径(m)	約 4.8	約 5.6				約 6.4
		全高(m)	約 20	約 22				23
		全重量(t)	440	500				750
	格納容器	全高(m)	約 32	約 33		約 34		約 48
		円筒部直径(m)	約 10	約 11				約 10(上部)
		球部直径(m)	約 18	約 20				約 25(底部)
圧力抑制 プール水量(t)		1,750	2,980				3,200	
ター ビン	回転数(rpm)	1,500						
	入口蒸気温度(°C)	282						
	蒸気圧力(kg/cm ² g)	66.8						
燃 料	種類	二酸化ウラン						
	ウラン装荷量(t)	69	94				132	
	燃料集合体(本)	400	548				764	

* 3号機は MOX 燃料。

参考文献 東京電力(株)，ウェブサイト，安定供給を支える電力設備＞福島第一原子力発電所＞
発電所の概要。 <http://www.tepco.co.jp/nu/f1-np/intro/outline/history-j.html>

② 炉心内のインベントリに関する評価

項目	単位	1F1	1F2	1F3	1F4
炉心熱出力	MWt	1380	2381	←	←
U235濃縮度	wt%	3.7	←	←	←
集合体数	本	400	548	←	←
炉内Uインベントリ	tHM	69	94	←	←
平均比出力	MW/tHM	20.0	25.3	←	←
炉内平均燃焼度(本検討)	GWd/tHM	25.8	23.1	21.8	-
(公開データ[8])	GWd/tHM	25.769	~23.05*	21.800	-
プール内SF体数	本	292	587	514	1331
プール内平均燃焼度	GWd/tHM	33.3	42.3	41.3	36.8

* 文献[8]の出力分布サマリログ中の印字が不鮮明のため、前後のログから推定した。

参考文献

- 1) 西原健司, 岩元大樹, 須山賢也, “福島第一原子力発電所の燃料組成評価,” JAEA-Data/Code 2012-018.
- 2) 東京電力(株), “福島第一原子力発電所 設備の概要,” ウェブサイト.
<http://www.tepco.co.jp/nu/f1-np/intro/outline/outline-j.html>
- 3) 東京電力(株), 東北地方太平洋沖地震発生当時の福島第一原子力発電所プラントデータ集 (3. 警報発生記録等データ, 出力分布サマリログ), 上記の文献 [8] に該当.
<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/index10-j.html#anchor04>

(2) 環境へ放出された放射能量等

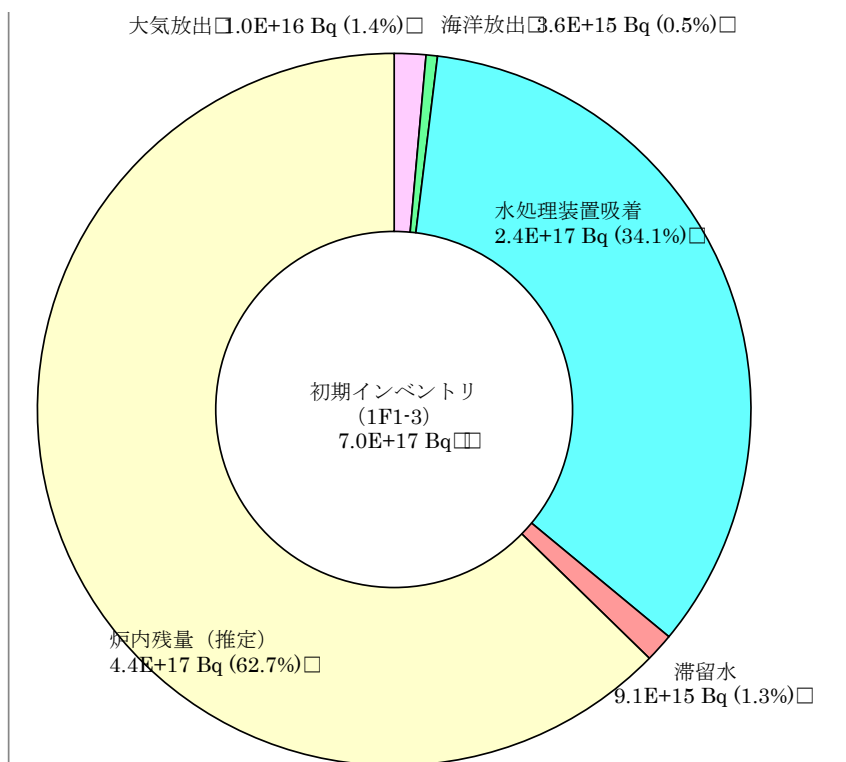
① 大気中への推定放出量 (^{131}I 、 ^{137}Cs)

	^{131}I (Bq)	^{137}Cs (Bq)
JAEA Chino, et al. 2011	1.5×10^{17} (3/11-4/10)	1.3×10^{16} (3/11-4/10)
Katata, et. al. 2012	1.3×10^{17} (3/11-4/10)	1.1×10^{16} (3/11-4/10)
Terada, et. al. 2012	1.2×10^{17} (3/11-4/10)	0.9×10^{16} (3/11-4/10)
Aoyama, et al. 2012	-	$1.5\text{-}2.0 \times 10^{16}$
NISA Apr. 12, 2011	1.3×10^{17} (3/11-3/17)	0.6×10^{16} (3/11-3/17)
Jun. 6, 2011	1.6×10^{17} (3/11-3/17)	1.5×10^{16} (3/11-3/17)
Feb. 16, 2012	1.5×10^{17} (3/11-3/17)	0.8×10^{16} (3/11-3/17)
Stohl, et. al. 2011	-	3.7×10^{16} (3/11-4/5)
IRSN 2011	0.9×10^{17} (3/11-3/22)	1.0×10^{16} (3/11-3/22)
TEPCO 2012	5.0×10^{17} (3/11-4/10)	1.0×10^{16} (3/11-4/10)

参考文献 Masamichi CHINO, “ ^{131}I 及び ^{137}Cs の大気放出推移の推定,” 東京電力(株) 福島第一原子力発電所事故に関する技術ワークショップ, AM-3, 2012年7月23日.
<http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/700/14/240723/AM-3-3.pdf>

② ¹³⁷Cs 分布状況の推定

	放射能 (Bq)	重量 (kg)
初期インベントリ (1～3号機) ¹⁾	7.0×10^{17}	218.8
大気放出 ²⁾	1.0×10^{16}	3.1
海洋放出 ³⁾	3.6×10^{15}	1.1
水処理装置吸着	2.4×10^{17}	74.5
滞留水 ⁴⁾	9.1×10^{15}	3.0
炉内残量 (推定)	4.4×10^{17}	136.5



参考文献

- 1) 西原健司, 岩元大樹, 須山賢也「福島第一原子力発電所の燃料組成評価」, JAEA-Data/Code 2012-018 (2012).
- 2) Hiroya SHIRAKI, “福島第一原子力発電所の事故に伴う放射性物質の放出量の推定について,” 東京電力 (株) 福島第一原子力発電所事故に関する技術ワークショップ, AM-3, 2012年7月23日. <http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/700/14/240723/AM-3-2.pdf>
- 3) 津旨 大輔, “領域海洋モデルを用いた海洋への放出量の推定,” 東京電力 (株) 福島第一原子力発電所事故に関する技術ワークショップ, AM-3, 2012年7月23日. <http://www.nsr.go.jp/archive/nisa/shingikai/700/14/240723/AM-3-4.pdf>
- 4) 東京電力プレスリリース資料「福島第一原子力発電所における高濃度の放射性物質を含むたまり水の貯蔵及び処理の状況について」(毎週公開)を基に推定.