



日本原子力研究開発機構機関リポジトリ
Japan Atomic Energy Agency Institutional Repository

Title	福島第一原子力発電所の廃棄物処理・処分の研究開発
Author(s)	和田 隆太郎, 芳中 一行
Citation	技術士, 28(11), p.4-7
Text Version	出版社版
URL	https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?5057355
Right	日本技術士会

福島第一原発事故の影響と現状、これから (その4)

福島第一原子力発電所の廃棄物処理・処分の研究開発

R&D on Treatment and Disposal of Waste Resulting from Fukushima Daiichi Accident

和田 隆太郎 芳中 一行
Wada Ryutaro Yoshinaka Kazuyuki

福島第一原子力発電所の廃炉作業を進める上で、放射性廃棄物を安全かつ合理的に処理処分することは重要な課題であり、その実現に向けて研究開発が実施されている。この現状を理解するため、研究開発の実施主体である国際廃炉研究開発機構 (IRID) の講師による、同・原子力発電所の事故に伴う廃棄物処理・処分の課題と研究開発状況について講演会を開催したのでその概要を紹介する。

It is one of the important subjects for decommissioning to establish the safe and effective waste management. R&D programs on the waste management for Fukushima-Daiichi as it differs from normal practices are conducted by IRID. We show the outline of the lecture presented by Mr. Miyamoto, Deputy Director of IRID.

キーワード：福島第一原子力発電所事故、放射性廃棄物、廃棄物ストリーム、処理処分、技術的課題

1 概要

福島第一原子力発電所 (以下「1F」と称す) の廃炉作業を進める上で、放射性廃棄物を安全かつ合理的に処理処分することは重要な課題である。国際廃炉研究開発機構 (IRID) と略す) の宮本泰明氏を講演者に迎えて、1F 事故により発生した廃棄物 (以下「1F 事故廃棄物」と称す) の処理・処分の課題と国内外の叢智を集めて進められている研究開発の実施状況について講演を開催した。1F の廃炉と廃棄物処理の課題と取組状況を紹介する。

2 廃炉とそれに伴う廃棄物について

講演内容を紹介する前に、一般の原子力発電所の廃炉とそれに伴う廃棄物について簡単に説明する。

通常、発電用原子炉の廃炉は、「使用済燃料搬出」に続き「容器・配管内に付着した放射性物質の除去 (系統除染)」、「放射能レベルの高い原子炉容器等の放射能減衰を待つ一定期間の安全貯蔵」、「設備の撤去」、「建屋の解体」というステップで進められる¹⁾。廃炉作業に伴い発生する発電所廃棄物の約 98% は、放射性廃棄物としての取扱いを要しないものであり、残り 2% が「低レベル放射性廃棄物」である。「低レベル放射性廃棄物」は、その放射性物質の濃度や量に応じて処分時の安全性を考慮する必要があるため、3 つに区分し

処分することになっている²⁾。

- 炉内構造物等の放射能レベルが比較的高いもの (L1 廃棄物)：70 m 程度の地下施設に埋設する余裕深度処分
 - 放射能レベルが比較的低いもの (L2 廃棄物)：コンクリートで囲って地中に処分する浅地中ピット処分
 - 放射能レベルが極めて低いもの (L3 廃棄物)：ピットを設けずに処分する浅地中トレンチ処分
- 廃炉中の浜岡 2 号機の計画では、低レベル放射性廃棄物の発生量は、L1 が約 80 トン、L2 が約 830 トン、L3 が 7 830 トン程度で、約 263 000 トンは放射性廃棄物として取り扱う必要のないものである。

3 1F 事故廃棄物の課題と研究開発の状況

3.1 1F 事故廃棄物の特徴

通常の発電所からの放射性廃棄物は、中性子を吸収することにより放射化したもの、冷却系配管等のように核分裂生成物 (以下「FP」と称す) による汚染を伴う廃棄物があるが、比較的評価は容易である。これに対し、1F 事故廃棄物は、核分裂反応で発生した FP、核燃料物質等による汚染が広範囲に渡り、多種多様であり、評価が難しい³⁾。その特徴を整理すると以下の通りとなる (図 1 参照)。

- 事故により、あらゆる物が放射性物質によって

汚染しており、広範囲に及ぶこと、様々なレベルの汚染があること

- 現時点では性状に関する情報が限定的であること
- 炉心燃料に由来する長半減期核種等を含むことから、処分の安全性を考慮するため、これらの評価が必要となること
- 処分場までを含めて対応を検討する上では、汚染レベルごとの物量が必要であるが、それが多岐にわたっており、想定が困難な状況にあること
- 放射性廃棄物としての処理・処分実績が乏しいガレキ等を含んでいること
- 汚染水処理に使用したゼオライトや沈殿物が二次廃棄物となり、これらの処理を検討する必要があること

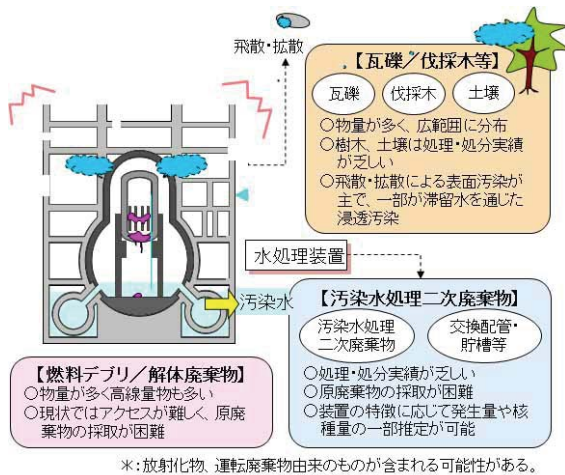


図1 1F事故廃棄物の特徴³⁾

これらの特徴を持つ放射性廃棄物の処理・処分を安全に進めるためには各種の研究開発を実施し、必要なデータ（性状、物量等）と技術（処理処分等）を整備する必要がある。

3.2 廃棄物処理・処分に関する研究開発

政府は、1Fの廃炉・汚染水問題の根本的解決に向けて中長期ロードマップ（2015年6月改定）⁴⁾を策定し、それに基づく進捗管理を実施している。原子力損害賠償・廃炉支援機構（NDF）、IRID、東京電力廃炉推進カンパニー等の関係機関が連携し、廃炉プロジェクトに取り組んでおり、IRIDは廃炉に必要な研究開発を国内外の叢智を結集して実施する役割を担っている。廃棄物対策については、中長期ロードマップに次の方針を定めている。

- 汚染水処理等で発生した二次廃棄物保管設備の

経年劣化や放射性物質の飛散・漏えい等のリスクに十分配慮した管理を行い、必要に応じ腐食抑制策等を講じること

- 固体廃棄物の性状把握、幅広く抽出した処理・処分技術の適用性の検討、難測定核種等の分析手法やインベントリ評価技術の開発を行い、2017年度内に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こと

廃棄物の保管、処理・処分に係る技術課題と個々の研究開発の要素の関連を図2に示す。

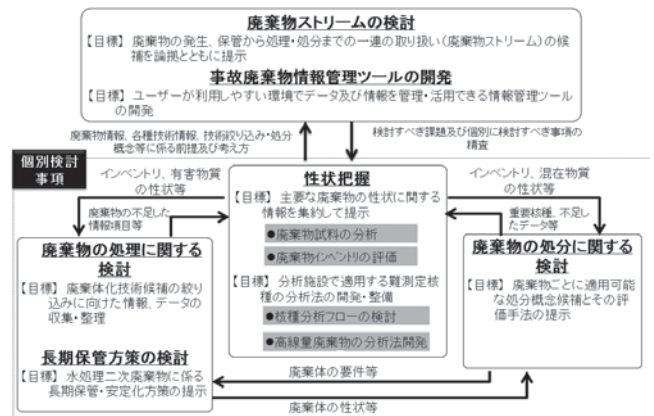


図2 1F事故廃棄物の保管、処理・処分に係る技術課題³⁾

3.3 廃棄物ストリームの検討

通常、原子炉から発生する放射性廃棄物は、その素性、放射能濃度等がある程度想定可能であり、処分の物量や方策など、関連の流れを予め想定することができる。しかしながら、1F事故廃棄物の場合は、性状不詳な多様な廃棄物があることから、性状を確認しつつ、予測して、廃棄物ストリーム（発生から保管、前処理・分別・減容・安定化の処理を経て長期保管あるいは処分に至る流れ）を検討していく必要がある。

その原案は、少ない情報に基づくため、既存の処理・処分技術を基に、可能性のある選択肢を複数列举することにならざるを得ない。性状把握、処理・処分等の研究開発と相互フィードバックを繰り返し、廃棄物ストリームの検討を進めていくことになる。

3.4 性状把握に関する研究開発

性状把握には、廃棄物に含まれる放射性核種の種類や量を推定するための分析、廃棄物管理区分（分類）のための分析等があり、廃炉工程の進捗

や研究の進展とともに変化する。

廃棄物中の放射能濃度を決定する方法としては、理論的な背景から推定する手法と実証的な手法があり、分析する試料や対象とする核種等に応じた方が適用され、これまでに約 240 試料の分析結果が公開されている。

分析による性状把握とインベントリデータ、廃棄物管理データの整備との関連を図 3 に示す。

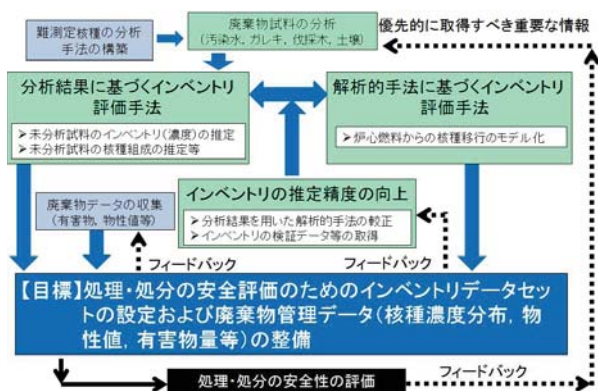


図 3 性状把握等に関する研究開発の進め方³⁾

代表的な廃棄物の性状把握状況を以下に示す。

建屋内ガレキ

1, 3 号機原子炉建屋 1 階で回収したガレキと 2 号機原子炉建屋 5 階オペフロで採取した試料の分析結果から、1, 3 号機の試料の核種濃度は、同程度であるが 2 号機試料の核種濃度は 2 から 3 桁高いことが分かった。各号機で事故進展に差があることや、同じ原子炉建屋でもフロアごとの汚染状況が異なることを考慮して、分析サンプリング採取計画を作る必要がある。

汚染水処理二次廃棄物

汚染水処理によって発生する廃ゼオライト、スラッジ等は、高線量であるため、直接放射能分析を行うことが困難である。セシウム吸着塔のインベントリ評価では、処理前後の分析値を比較し、吸着量を推定する間接的な評価を行っているが、装置入口で不検出であった核種の入口濃度を検出限界値であるとして評価しているため、非常に保守的な値となっている。特に、長半減期のヨウ素-129 については処分方法に影響するため、現実的な評価、補正が今後必要である。

多核種除去設備スラリー

多核種除去設備の高性能容器内スラリーから採

取した試料を分析した結果、放射能濃度は、ストロンチウム-90 が支配的であることが分かっている。引き続き、スラリー脱水処理の際に必要なスラリー中の粒度分布の測定を行っている。

3.5 長期保管と処理の検討

廃棄物の長期保管と処理についての検討状況と成果は、以下の通りである。

処理についての検討状況

- セシウム吸着塔、多核種除去設備等の施設から発生する汚染水処理二次廃棄物を安定な固体状とするために、セメント及びジオポリマーによる固化に係る検討を進めている。模擬試験体を作製した結果においては、いずれも固化可能であることが確認されている。
- 除染装置から発生するスラッジ中に含まれる有害なフェロシアン化物の分解処理に関して検討を実施している。これまでの検討結果において、600℃以下で加熱処理を行うことによって、セシウムの揮発を 1%以下に抑えつつ、フェロシアン化物を分解できることが確認できている。
- 多核種除去設備スラリーの安定化処理のための脱水に、乾燥、ろ過、遠心分離の 3 技術を選定し、基礎試験を進めている。

長期保管についての検討状況

- 長期保管中の廃ゼオライト吸着塔内の温度、水素分布を解析した結果では、残存水の放射線分解により発生する水素は、爆発下限値以下、ゼオライト層温度も水素の自己着火温度以下に維持できることを確認している。
- セシウム吸着装置吸着塔内に含まれる塩分による腐食の影響を評価するため、模擬装置を製作し、水と塩分の挙動を確認した。その結果、容器中にゼオライトが共存することにより、容器壁面付近の塩分濃度の上昇が抑えられ、照射による過酸化水素生成も抑制される現象が確認された。この結果から、腐食の進行は、想定より抑制される可能性がある。

3.6 廃棄物処分についての検討

処理や性状把握に関する研究開発と並行して、

処分概念についても検討が行われている。

- 本稿の冒頭で紹介した3つの処分に、地層処分を加え、それぞれの廃棄物を暫定的に分類し、具体的な処分の方法を検討している。その中で、安全に処分ができるかについて、工学的対策等についても検討している。
- 現行の処分方法に対する検討と並行し、1F事故廃棄物の特徴（多量に発生、燃料由来の核種を含む等）を踏まえ、その他の処分方法についても検討を進めている。なお、ここで検討している方策を適用する場合については、新たに法制度を整備する必要がある。

講演においては、評価の例として、物量が最も多く見積もられているガレキについて、L2 浅地中ピット処分、L3 トレンチ処分を想定した評価の例が紹介された。その中で、L2 浅地中ピット処分を想定した評価では、廃棄体中のセシウム-137の濃度が高く基準値を上回ってしまうケースがあったこと、L3 トレンチ処分を想定した評価では、ストロンチウム-90とセシウム-137の影響により、基準値を下回るのに200年程度の減衰期間が必要である結果となったこと等が示されている。

また、放射性廃棄物として取り扱う必要のないレベル（クリアランスレベル）を下回るかどうかの評価において、現在、用いている廃棄物中放射性物質濃度の情報を用いると107年オーダーの半減期であるヨウ素-129が影響し、クリアランス濃度以下にならない評価となっている。

過度に保守的な評価となってしまっている放射性物質の濃度（ストロンチウム-90、セシウム-137、ヨウ素-129等の濃度の精度の高い推定）の推定精度向上が必要であり、さらに、安全を考慮した新しい処分基準の検討及び設定が重要である。

4 講演会を終えて

中長期ロードマップに基づき1Fの廃炉に向けた作業が進められているが、破損燃料に由来する放射性核種の付着した多量の廃棄物を安全かつ安定に保管管理し、中長期を見据えて処理・処分方法を策定するためには多くの課題がある。廃炉を

円滑に推進するためには、安全確保を前提に、合理的・実効的な処分方法の設定が必須である。個々の技術士が1F事故廃棄物に係る技術課題について理解を深める一助となれば幸甚である。



写真1 宮本氏講演時の会場風景

<引用文献>

- 1) 電気事業者連合会：原子力発電所等の廃止措置及び運転に伴い発生する放射性廃棄物の処分について、2015年2月12日、<https://www.nsr.go.jp/data/000096058.pdf>
- 2) 原子力規制庁：廃炉等に伴う放射性廃棄物の規制に関する検討の基本方針、2015年1月26日、<http://www.nsr.go.jp/data/000095927.pdf>
- 3) 宮本泰明：東電福島第一発電所廃炉に伴う廃棄物の処理処分の課題、研究開発の状況、国際廃炉研究開発機構／日本原子力研究開発機構、2016年7月22日、第50回定例講演会 OHP 資料
- 4) 東京電力（株）福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ 廃炉・汚染水対策関係閣僚等、2015年6月22日 <http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/pdf/20160317.pdf>

<参考文献>

- 5) 原子力損害賠償・廃炉支援機構：東京電力ホールディングス（株）福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2016、2016年7月13日

和田 隆太郎 (わだ りゅうたろう)

技術士（原子力・放射線部門）

(株) 神戸製鋼所 原子力・CWD 本部
原子力・放射線部会幹事
e-mail : wada.ryutarou@kobelco.com



芳中 一行 (よしなか かずゆき)

技術士（原子力・放射線部門）

日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所
e-mail : yoshinaka.kazuyuki@jaea.go.jp

