

「原子力・放射線部会 第50回技術士の夕べ 講演会」レジュメ

日時：2016年7月22日（金）18:00～20:00
場所：日本技術士会荻手第2ビル5階AB会議室
講演者：宮本泰明氏（原子力機構 福島研究開発部門 廃炉国際共同センター）
演題：「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」
司会：井口 幹事
参加者：49名

1. はじめに

司会から講演者の略歴等の紹介があった。

宮本先生は1987年に動力炉核燃料開発事業団に入社、2010年に原子力学会技術賞受賞、2013年に国際廃炉研究開発機構(以下 IRID と略)設立以降は同組合で放射性廃棄物の処理処分に関する研究に従事されている。

2. 講演の概要

はじめに

福島第一原子力発電所事故（以下1F事故と略）により発生した廃棄物の処理処分に関する課題と研究開発の体制・実施状況について60ページの資料で詳細に講演された。

事故によりコントロールできない状態で発生した1F事故の廃棄物は、従来の原子力発電所の放射性廃棄物とは異なることから、廃炉・汚染水対策を円滑に進めるために、その性状等の把握、処理・処分方法の開発、安全性確認等の研究開発が進められている。

1F事故廃棄物の特徴

事故によりコントロールできない状態で発生したため、炉心燃料を起源とする長半減期核種等を含む多様な廃棄物が広い範囲に大量に分布し、また廃止措置作業に伴う汚染水処理等による二次廃棄物も発生している。

次の特徴がある。(図-1参照)

- ・発生状況：事故によりコントロールできない状態で発生
- ・廃棄物性状：現時点では性状に関する情報が限定的
炉心燃料に由来する長半減期核種等を含む
汚染のレベルが多岐にわたり発生物量の想定が困難
- ・処理・処分技術：処理・処分実績が乏しいガレキ・伐採木、汚染水処理二次廃棄物等を含む
処理・処分技術、処分概念の検討が必要

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

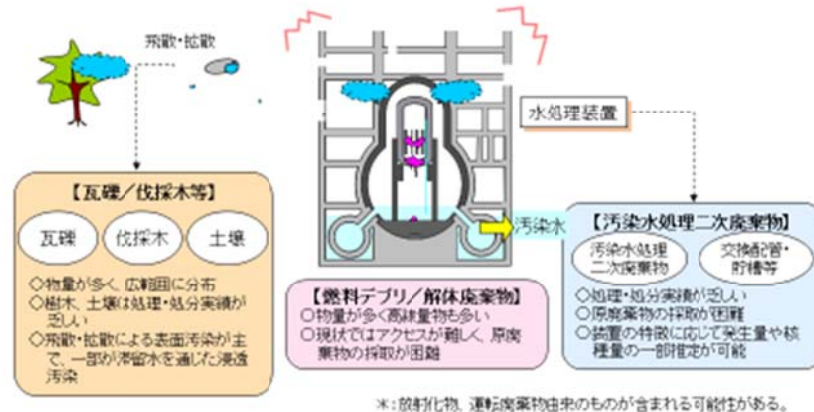


図-1 1F廃棄物の特徴

1F 事故により発生した放射性廃棄物の処理・処分を安全に進めるために、その特徴を考慮した研究開発を実施し、必要なデータ及び技術等を整備する必要がある。

放射性廃棄物処理・処分研究開発

中長期ロードマップ(平成27年6月改定)のもと、福島第一原子力発電所廃炉プロジェクトは、政府、原子力損害賠償・廃炉支援機構、IRID 東京電力廃炉推進カンパニーの関係機関で推進されている。IRIDは国内外の叡智を結集し、廃炉に必要な研究開発を実施している。

中長期ロードマップでは廃棄物対策として、保管に関しては「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」としている。また、処理・処分に関しては「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」としている。

放射性廃棄物の処理・処分に係る技術課題について、研究開発の実施内容の概要を図-2に示す。

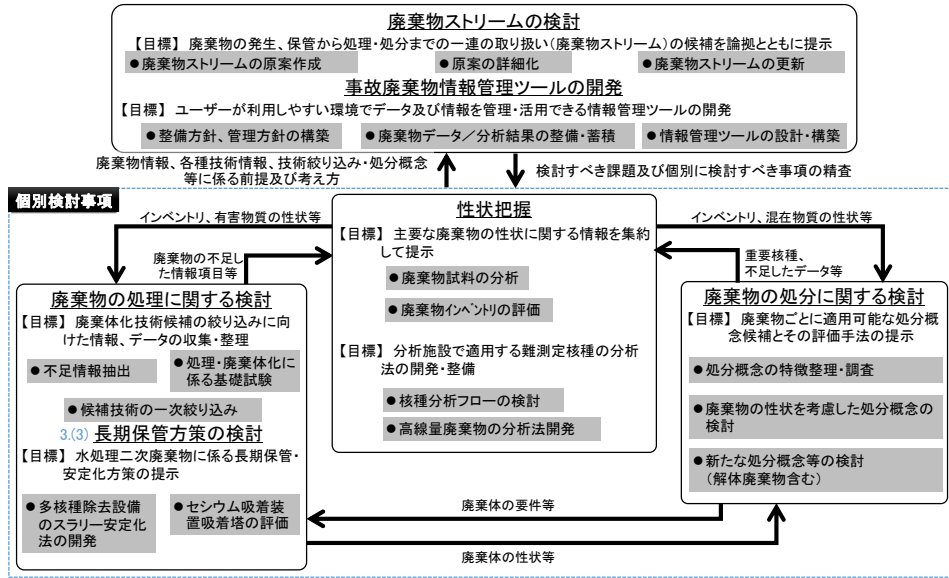


図-2 廃棄物の処理・処分にに関する研究開発

廃棄物ストリーム

廃棄物の性状に関する情報が少ないという特徴を踏まえ、全体を俯瞰し各研究開発と相互にフィードバックを行うことで合理的・効率的に研究開発を進め、発生から保管、前処理・処理(分別・減容・安定化)を経て、長期保管あるいは処分に至る流れ(廃棄物ストリーム)を整備する。

検討手順として、1F内の全ての廃棄物を抽出し、その性状を整理した廃棄物リストを作成し、汚染形態や材質等を考慮して分類し、分類毎に廃棄物ストリーム原案を作成することになる。現状では廃棄物に関する情報が少ないため、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挙することになる。

今後の廃棄物ストリームの絞り込みのためには、性状把握、処理・処分等の研究開発との相互フィードバックが重要である。

性状把握に関する研究開発

分析の目的は、廃炉工程の進捗や研究の進展とともに変化するが、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、理論的方法と実証的方法があり、後者ではスケールンクファクタ法とキー核種測定を組み合わせる方法やサンプリングした廃棄物試料の化学分析等を行う方法が適用されている。これまでに約240試料の分析が行われ公開されている。

性状把握に関する研究開発の進め方の概要を図-3に示す。

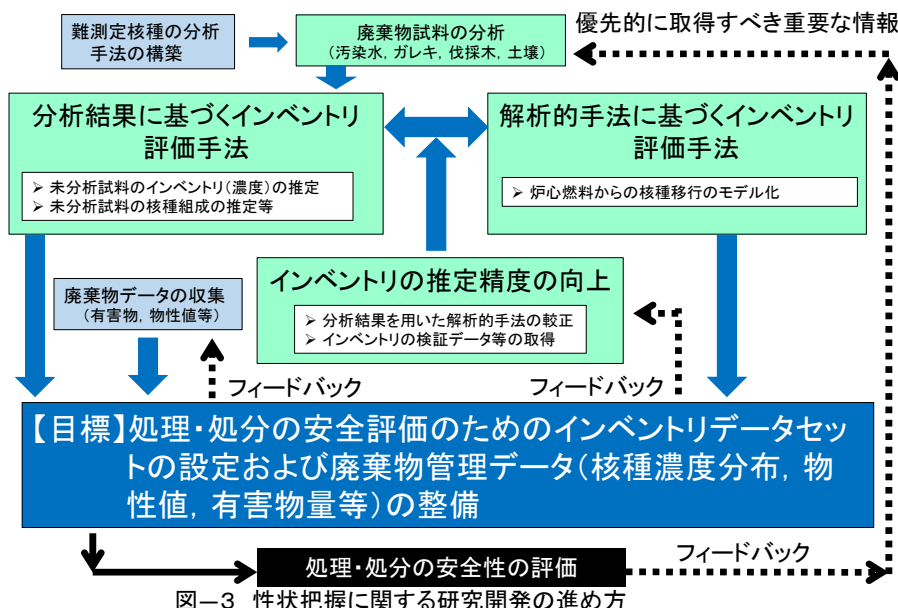


図-3 性状把握に関する研究開発の進め方

代表的な廃棄物の性状把握状況の概要を以下に示す。

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及び2号機原子炉建屋5階オペフロで採取したボーリングコアの試料分析を行い、1, 3号機の核種濃度は同程度であるが2号機の試料の核種濃度は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、また原子炉建屋のフロアごとの汚染状況が異なることを示唆しており、今後の分析サンプリング採取計画に反映する必要がある。

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り、直接放射能分析を行うことが困難であり、処理前後の分析結果を比較する間接的な評価を行っている。セシウム吸着塔のインベントリ評価では、装置入口で不検出であった核種の入り口濃度を検出限界値であるとして非常に保守的に評価しており、長半減期のヨウ素-129等については今後現実的な補正を行う必要がある。

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試料を採取し、放射能濃度はストロンチウム-90が支配的であること、鉄共沈スラリーは水酸化鉄、炭酸塩スラリーはカルシウムとマグネシウムの化合物が主体で遷移金属も含まれていることが分かった。また今後脱水処理を行う際に重要な炭酸塩スラリーの粒度分布の測定を行っている。

長期保管の検討及び廃棄物の処理に関する検討

セシウム吸着塔、多核種除去設備等の施設から発生する多様な汚染水処理二次廃棄物の処理として、セメント固化等の各種の固化試験体を作製しデータを採取し評価が進められている。

AREVA製の除染装置から発生するスラッジ中のフェロシアン化物を加熱分解する際の揮発挙動について研究を行い、600℃以下で加熱処理を行うことによりセシウムの揮発を1%以下に抑えてフェロシアン化物を分解できることが分かった。

多核種除去設備スラリーを脱水し安定化のための技術として、乾燥、ろ過、遠心分離の3つ技術を選定し、基礎試験を実施し課題を抽出した。

廃ゼオライト吸着塔内の温度、水素分布の評価を行い、残存水から放射線分解により発生する水素は爆発下限以下に抑えられ、ゼオライト層温度も水素の自己着火温度以下となることを確認し

た。

セシウム吸着装置吸着塔の長期保管に伴う腐食の影響を評価するため、第二セシウム吸着装置吸着塔を模擬した装置で、水と塩分の挙動を調査し、容器中に共存するゼオライトにより塩分濃度の上昇、照射による過酸化水素生成が抑制され、腐食の進行は起こりにくいことが確認された。

廃棄物の処分に関する検討

適用可能な処分概念候補を以下のステップで検討する。

- ① 現行の法令で示されている浅地中トレンチ処分、浅地中ピット処分、余裕深度処分、地層処分の4つの処分方法を対象として、性状把握に基づく情報と現行の濃度上限値等を用いて個々の1F廃棄物を暫定的に区分
- ② 区分された方法での安全な処分の可能性について、工学的対策等の追加も考慮し検討
- ③ 多量に発生することが予想される廃棄物については、4つの処分方法に対する検討と並行して、これまで我が国において採用されていない処分方法も含めて検討

ガレキの基準線量相当濃度評価したところ、廃棄体中のセシウム-137の濃度が成立条件よりも高い解析ケースが存在する。また、クリアランスの可能性の検討では、管理期間を長くしてもヨウ素-129の影響のためクリアランス濃度以下にならないことから、ヨウ素-129の濃度を精度良く求めることが重要である。

トレンチ処分の可能性検討では、ストロンチウム-90とセシウム-137の影響により、トレンチ処分の基準を下回るのは200年程度後となる。ストロンチウム-90とセシウム-137の精度の高い推定とトレンチ処分の安全を考慮した基準の設定が重要である。

おわりに

福島第一原子力発電所の廃炉のためには、事故により制御されずに発生した大量・多様な放射性廃棄物を安全に処理・処分することが最重要課題である。

廃棄物の性状把握、処理・処分方法等の個別研究開発項目の検討に基づき俯瞰的な廃棄物ストリームを策定し、相互フィードバックを通して精度を向上させていくことが重要である。

3. 質疑応答

Q) 1F事故廃棄物は性状把握が難しく、処理が遅れていることは理解できた。通常の原子炉の廃炉で発生する廃棄物は処理できるのか。

A) 通常の原子力発電所の廃炉で発生する放射性廃棄物は解体廃棄物の3%程度であり、それ以外の大部分はCL、NR（非放射性）である。廃炉で発生する放射性廃棄物は、ほとんどが放射化によるものであり、評価が可能で、性状把握もできていることから処理が可能である。ただし、原子炉周りの解体には、線量が高く遠隔操作が必要な箇所もあるためリスクを伴うものもあるが、知見は十分にあることから、処理が困難な状況ではない。

Q) 燃料デブリの処理はどうするのか。

A) 現状、取出し方法を検討しているところであり、燃料デブリの状況は確認できていない。1号機は原子炉容器の底部から落下しコンクリートと反応（MCCI）している可能性がある。2号機は原子炉容器内に大部分が残っていると推定。燃料デブリによるリスクを考慮し取り出して遮へい容器に入れて保管することを検討している。

Q) 燃料デブリの情報収集の取組み状況はどうか。

A) スリーマイル島原子力発電所2号機の情報を中心に収集している。評価すべき事項等参考になる。東電が廃棄物管理について聞き取りを始めている。

Q) 汚染水処理二次廃棄物の課題は物量か。

A)量もあるが保管上の問題が大きい。高線量のストロンチウム-90 等を含んでおり、放射線分解により発生する水素ガスの影響等による漏えいリスク（気泡の発生に伴う水素ガスの排出口からのリークなど）が高い。安定な状態とするため脱水したいと考えている。

Q)汚染水処理二次廃棄物の固化試験において、水素発生G値（(吸収放射線エネルギー100eV当りの生成物分子数)のばらつきが大きい理由は何か。

A)固化材によって傾向が異なっており、今のところメカニズムは分かっていない。この原因については量研機構高崎研で試験を実施し、検討を継続する。

Q)説明の中で、高温になるとセシウムが揮発することが紹介されたが、南相馬の除染廃棄物では減容のため焼却処理を行っており、その際にバグフィルタが機能し、セシウムを除去できたと認識している。バグフィルタは有効性をどう考えればよいか。

A)焼却において、焼却灰として回収される他に飛灰と同伴し、オフガス系に移行するものがある。焼却の際に飛灰に同伴するセシウムはバグフィルタで回収可能である。DF（放射能除染係数）で10000 程度の高い値が確認されており、焼却処理ではバグフィルタは有効である。（通常の安全設計ではDFは10程度と評価されている。）



宮本先生講演時の写真

以上