

廃炉プロセス 「燃料デブリ取り出し」
検討対象 「放射性物質の閉じ込め」
課題 「ダスト対策」

ニーズ

1. デブリ切粉の抑制及び回収策を検討したい

燃料デブリ取り出し：【中期】

望ましい状態とその理由

- 燃料デブリ取り出し時や解体作業時における周辺環境及び作業員の被ばく評価を行うために、燃料デブリ切削による多量の α 核種を含む放射性飛散微粒子（ α ダスト）が発生した場合の α ダストに係る性状及び気相中・液相中における挙動を把握することが望まれる。
- また、 α 核種の存在の有無に依らず、燃料デブリ取り出し時の切削に伴う切粉の気相中または液相中への放出量を低減するために、燃料デブリの加工方法及び加工方法に応じた回収方法を確立し、廃棄物量を評価できることが望まれる。
- ダストの気中拡散を可能な限り抑制するため、発生したダストは、加工点近傍にて可能な範囲で集塵・浄化されることが望ましい。
- ダストの飛散、抑制のために総合的な閉じ込め機能やその性能評価手法の確立があることが望ましい。これには模擬試験を通じた α ダストの事前評価に加え、実際の燃料デブリ取り出し時に発生する α ダストの実測による評価検証が含まれる。
- α ダスト飛散による被ばく線量評価ができることが望ましく、それにより作業時の被ばく条件等のクライテリアを設定できることが望ましい。

理想に対する現状

- 燃料デブリの切削等の加工（気中または液中で行われる）には、燃料デブリの特性に応じた加工性の要求と加工によって発生するダストの発生影響等を考慮して、コアボーリング、ディスクソー、チゼル等の機械的な方法、レーザー等の熱的な方法、高圧ジェットブラストによる方法等の適用が検討、開発されている。
- 廃炉・汚染水対策事業で燃料デブリ加工前後の塗布、散布等によって、加工中に発生するダストの飛散抑制効果を高める材料に関する要素技術の開発が実施されている。
- ダストの気相部への移行抑制のため、可能な限り水中で燃料デブリを加工するが、全ての加工を水中でできるとは限らないため、水没していない燃料デブリについては水を掛け流すこと等によるダストの気相部への移行抑制が検討されている。

- 廃炉・汚染水・処理水対策事業では、現在切削工法として検討されている手法で様々な条件下でのダストの飛散率等のデータ取得及び燃料デブリ切削時のダスト飛散率評価技術の検討が進められている。また、ウラン含有模擬デブリを用いた飛散挙動評価試験も進められており、データの取得・整理が進められている。
- 加えて、燃料デブリ加工時の環境移行率に対する影響把握を実施するとともに、ダスト飛散に係る影響評価技術の検討を実施している。
- ダストの飛散、抑制のために総合的な閉じ込め機能やその性能評価手法として、CFDの適用が試行されているものの、PCV内の境界条件は複雑であり、また実時間での計算が困難であることから、条件設定法や高速なサロゲーション技術の開発が進められている。

解決すべき課題

- 燃料デブリを機械的又はレーザー等により高温で切削する場合、多量のダストが発生すると予測され、閉じ込め管理や監視、基準値の考え方の整理が必要となる。
- 燃料デブリ加工時に発生するダストを最小限に抑える加工方法の開発と、その加工時のダスト粒径分布の理論値検討、さらに発生したダストの抑制方法の確立が重要である。
- 燃料デブリ加工時に発生するダストのPCV内での挙動の予測に必要なPCV内部の気流解析とエアロゾル挙動の解析技術の組み合わせについて研究開発するとともに、R/B内での挙動予測を行うための解析モデルの拡張に関する開発が課題である。
- 1F廃炉工程で発生する放射性飛散微粒子は、燃料デブリの取出し時に燃料デブリそのものから発生する微粒子及び汚染された構造物等から発生する微粒子がある。また、放射性物質の種類としては α 核種及び β γ 核種がある。内部被ばくの観点ではプルトニウムを代表とする α 核種の放射性飛散微粒子(α ダスト)の抑制が重要であるが、総合的な被ばく評価の観点からは、セシウムなどの β γ 核種についても考慮する必要がある。
- これまで α ダストが発生した場合の飛散率等に関するデータは、日本原子力研究開発機構におけるJPDRの廃炉、核燃料サイクル工学研究所のグローブボックス解体などに際して取得されたデータであり、核燃料そのものから発生する α ダストに関するデータなどが体系的に整理されていないことが課題である。
- HEPAフィルタやスプレースクラビングでも除去困難なグリーンフィールドギャップ領域($0.1 = 0.3 \mu\text{m}$ 程度)のダストの除去率を高めるため、これまで積極的に用いてこなかった電磁気力、音波振動等を活用したPCV内におけるダストの凝集および沈降促進技術の開発が課題である。
- 通常の燃料デブリ取り出し時のダスト評価だけでなく、取り出し工程における内的、外的要因による例外事象発生時の評価を行うことが課題である。
- 模擬燃料デブリを用いたダストの評価手法はかなり確立されている一方、実際の燃料デブリ取り出しでは、ダスト自体が汚染源であり、使用後の機器除染も困難であることから、除染を前提としない評価手法の開発が課題である。

参考文献

(参考) 関連する研究課題

実施されている研究課題

- H27 年度英知「多核種高除染性空気浄化システム開発による作業被曝低減化研究」
 - https://www.kenkyu.jp/nuclear/result/h28_decommi/pdf/sys_p02.pdf
- H28 年度英知「燃料デブリ取り出し戦略の構築：リスク管理と物理シミュレーションの融合」
 - https://www.kenkyu.jp/nuclear/result/h29/document/H29eichi_houkokukai_shiryō_poster_31.pdf
- R1 年度英知「アルファダストの検出を目指した超高位置分解能イメージング装置の開発」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-039.pdf>
- R1 年度英知「レーザー加工により発生する微粒子の解析と核種同定手法の開発」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-031.pdf>
- H30 年度英知「燃料デブリ取り出し時における放射性核種飛散防止技術の開発」
- R1 年度英知「燃料デブリ取り出しを容易にするゲル状充填材の開発」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-030.pdf>
- R2 年度英知「燃料デブリ取出し時における放射性核種飛散防止技術の開発」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2022-010.pdf>
- R3 年度英知「ウラニル錯体化学に基づくテーラーメイド型新規海水ウラン吸着材開発」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2022-028.pdf>
- R2 年度英知「単一微粒子質量分析法に基づくアルファ微粒子オンラインモニタリングに向けた基礎検討」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2021-074.pdf>
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化（燃料デブリの拡散防止に係る技術開発）」
 - http://irid.or.jp/_pdf/20180000_14.pdf
 - http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/06/20170000_09.pdf?v=2
 - https://dccc-program.jp/files/20190711_ONET.pdf
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・システムの高度化（燃料デブリ由来のダストの捕集・除去に関する技術開発）」
 - http://irid.or.jp/_pdf/20180000_13.pdf
 - http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2018/06/20170000_10.pdf?v=2
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発（燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発）」
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに向けた技術の開発（燃料デブリ由来のダストの捕集・除去に関する技術開発）」
- 廃炉・汚染水対策事業「燃料デブリの取り出し工法の開発（燃料デブリ飛散抑制技術の開発）」
 - https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20231215_ONET.pdf
- 廃炉・汚染水対策事業「安全システムの開発（ダスト飛散率データ取得）」
 - https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20250602_dentyuken.pdf
- H30 年度英知「燃料デブリ取り出し時における放射性核種飛散防止技術の開発」

- R5 年度英知「アルファ微粒子の実測に向けた単一微粒子質量分析法の高度化」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2025-019.pdf>
- R5 年度英知「福島第一原子力発電所の廃止措置における放射性エアロゾル制御及び除染に関する研究」
 - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2025-015.pdf>
- 廃炉・汚染水・処理水対策事業「安全システム（ダスト飛散率データ取得）」

検討されている研究課題

- 特になし

関連する課題

- デブリ-204「境界線量評価」