

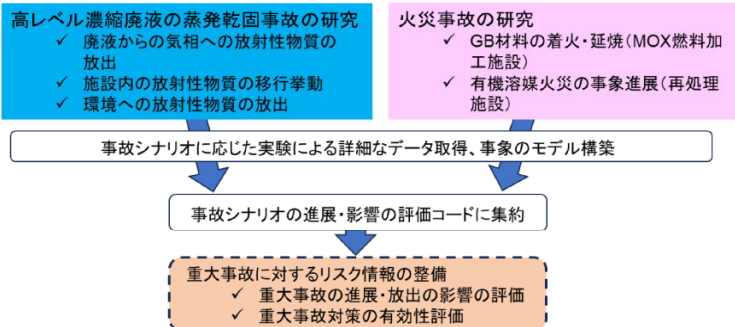
研究の全体概要

【第4期中長期計画】

核燃料サイクル施設のシビアアクシデント時の影響評価及び安全対策の有効性評価に必要な放射性物質の放出挙動に対する高レベル廃液の放射線分解生成物の影響等に係るデータを拡充し、事象進展解析手法に反映することにより、ソースタームを精度良く評価できるようにする。

サイクル施設におけるシビアアクシデント(重大事故)研究

再処理施設及びMOX燃料加工施設での重大事故によるリスクの定量化に資するため、特に重要な高レベル濃縮廃液の蒸発乾固事故、グローボックス(GB)や有機溶媒の火災事故を対象に、事故シナリオの進展の可能性とその条件、放射性物質の放出・移行の評価に必要なデータ取得、モデル化及びコード開発を行う。



サイクル施設におけるシビアアクシデント(重大事故)研究

研究背景

- 再処理施設の蒸発乾固事故によるリスクの定量化のために、廃液の蒸発段階でのルテニウムの揮発や経路上の沈着等、さらに乾固段階での温度上昇時のCs放出、エアロゾル共存下での移行等の各現象の理解とモデル構築が必要(蒸発乾固)。
- MOX燃料加工施設における火災事故時の閉じ込め評価のために、グローボックス(GB)が持つ閉じ込め機能の喪失の評価では、加熱されたGB材料由来の熱分解ガスの着火までの過程の理解が必要(GB火災)
- 再処理施設における万一の有機溶媒火災発生時の閉じ込め評価において、多量の粒子負荷を伴うHEPAフィルタの健全性や放射性物質の放出率の増加の可能性のあるボイルオーバー(BO)の事象進展に関する科学的知見が必要(有機溶媒火災)

研究内容

- 亜硝酸イオンによるルテニウムの揮発抑制効果、ルテニウムの移行段階における壁面沈着効果、乾固物内での温度分布及びセシウムの放出/移行に係るデータ取得とモデル構築(蒸発乾固)
- 可燃性の熱分解ガスの発生が判明した、GBパネル材料であるポリカーボネートの熱分解ガス成分の着火条件(ガス濃度、同伴ガス中の酸素濃度)の把握(GB火災)
- ドデカン/リン酸トリブチル(TBP)混合溶媒の燃焼に伴う、TBP燃焼に移行後のフィルタ目詰まり、及びBOの前兆である高温層の形成過程の把握(有機溶媒火災)

高レベル濃縮廃液の蒸発乾固事故研究

【ねらい】

■ NO₂によるRu放出抑制に関する研究

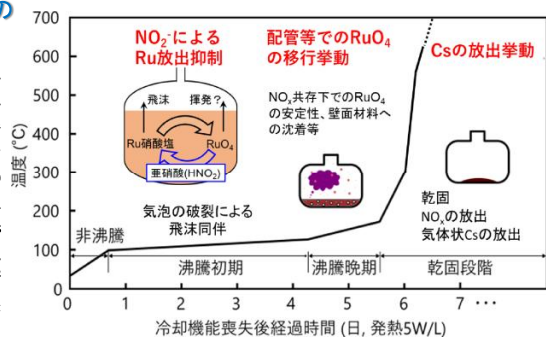
発生段階において、Ruの揮発量と亜硝酸イオン(NO₂⁻)に抑制される条件(硝酸・金属イオン濃度等)との関係を取得した実験データから整理し、NO₂濃度をパラメータとした揮発性Ru放出量のモデルを作成する。

■ 配管等でのRuO₄の移行挙動の研究

配管系などの移行経路において、硝酸蒸気やNO_x共存下でのRuO₄の安定化や凝縮、壁面での様々な材料への反応・沈着等の現象理解のための実験データを取得し、各現象に対するモデルを作成する。

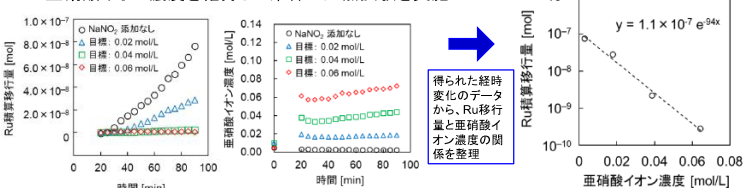
■ Csの放出挙動の研究

模擬乾固物の物性値を測定し、物性値の温度依存性を導入した温度解析手法を整備するとともに、乾固段階での温度上昇に応じたCs放出と放出されたCsの配管経路中でのエアロゾル化に係る知見を取得する。



【主な研究の成果】 NO₂によるRu放出抑制に関する研究

- 亜硝酸イオン濃度をパラメータとして、模擬廃液からの揮発性Ruの移行量を測定
- 模擬廃液を沸騰させつつ、亜硝酸ナトリウム水溶液を連続的に添加することで、目標の亜硝酸イオン濃度を維持した条件で加熱試験を実施



R. Yoshida et al., J. Nuclear Sci. Technol., 58 [2], 145-150 (2021).

- ✓ 実施施設において想定される濃度範囲内(0.02~0.08 mol/L程度)において、**亜硝酸イオン濃度が高くなることで揮発性Ruの移行量が低減**されることを確認した

平成30年度原子力施設等防災対策等委託費(再処理施設内での放射性物質の移行挙動に係る試験等)事業の成果を含む

有機溶媒火災事故研究

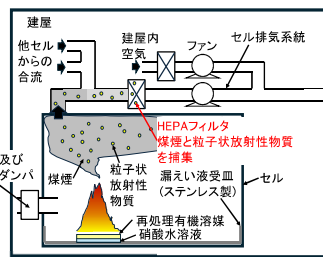
【ねらい】

■ 再処理有機溶媒相/水相系の燃焼継続に伴う高温層形成の把握

再処理有機溶媒(TBP/ドデカン)相/水相系の燃焼継続時の液高さ方向の温度分布測定や溶媒の分解生成物の同定によりボイルオーバー発生の前兆とされる溶媒相での高温層の発生と水相側への熱伝達過程を調べることで、ボイルオーバーの発生/継続に係る知見を取得する。

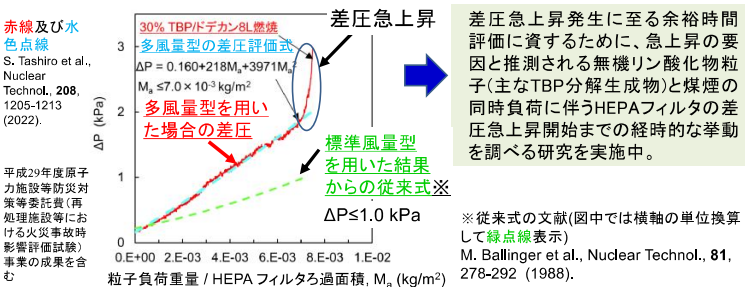
■ 再処理有機溶媒の燃焼に伴うHEPAフィルタ健全性の評価

- ・ 本火災では、多量の粒子流入に伴う差圧上昇によりHEPAフィルタの健全性が損なわれる可能性がある。そのため、同火災時の健全性が維持される範囲での適用性が確認された差圧上昇評価式を用いた余裕時間の評価は重要。
- ・ 従来のHEPAフィルタの差圧上昇評価式は、実施設備条件より風量が小さな標準風量型の結果から得られたものである。さらに近年の研究成果であるドデカン/TBP混合溶媒燃焼における差圧急上昇の知見が含まれていないことから、実施設備で用いられる多風量型を用いて差圧急上昇発生まで試験結果を用いた評価式の整備が必要。



【主な研究の成果】 HEPAフィルタ健全性の評価

- ・ 実施設備での多風量型のHEPAフィルタを用いた差圧上昇データを初めて取得し、多風量型の差圧上昇評価式を導出した。導出した多風量型の差圧評価値の方が、標準風量型による従来の評価式を用いた差圧評価値よりも2倍程度大きくなること分かった。
- ・ 差圧の急上昇は粒子負荷重量の二次関数で表現できないことから、通常の粒子目詰まりとは異なる事象で生じる可能性が示唆された。また経時的な溶媒消失量との比較から、**急上昇はTBPの燃焼に移行後に生じることが示唆された。**



※従来の文献(図中では横軸の単位換算して緑点線表示) M. Ballinger et al., Nuclear Technol., 81, 278-292 (1988).

成果と その活用

- 蒸発乾固事故における事象進展から放射性物質の環境放出に至る現象理解、コード開発を念頭に置いた新たなモデル構築の成果は、原子力規制検査への活用や事故シナリオの不確かさの低減による影響評価等への精度向上に役立つことが見込まれる。
- 有機溶媒火災事故の継続時のHEPAフィルタの余裕時間の評価の見直しのための技術的知見を提供し、原子力規制検査等における適切なAM対応策の妥当性判断への活用が見込まれる。