

群分離及びMA燃料製造/乾式再処理に 関する技術開発の進捗状況



平成27年8月13日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

群分離技術及びMA燃料製造/乾式再処理技術開発の 取組み状況



□ 群分離技術開発

◎ 高レベル廃液からの溶媒抽出法によるMA分離プロセスの確立

←溶媒抽出法を選択することで、これまでの再処理技術開発の知見を活用

- MAと希土類元素(RE)の一括回収とMA/RE相互分離の2段階分離とする。
- MA・RE一括回収工程についてはTDdDGAを用いる方法で連続抽出のトレーサー試験まで行い、プロセス確立に目途。次は実廃液試験。
- MA/RE相互分離工程では、新規抽出剤が必要であり、研究開発の結果、HONTA抽出剤が非常に有望であることを見出し、トレーサー試験を実施中。さらに開発を加速させる必要がある。

□ MA燃料製造/乾式再処理技術開発

◎ 高濃度のMAを添加して効率的に核変換できる専用の燃料サイクル技術の確立

MA燃料：窒化物を選択 ←高含有MAが可能。優れた熱特性等

MA燃料再処理：溶融塩/液体金属を用いた乾式法 ←高濃度MAの取扱いが可能。

- (MA,Pu,Zr)N燃料ペレット作製の基本技術を確立済み。今後は、照射試験を目指して、セル内遠隔操作による燃料ピン製造装置類の検討、製作を進める
- 燃料の熱的特性データ取得に加え、機械特性データ取得を開始。燃料ふるまい解析コードに随時最新のデータ・モデルを反映し、照射挙動予測に役立てる
- 乾式再処理の主工程である溶融塩電解及び電解回収物の再窒化について、Pu及びAmを用いた実験室規模試験によって技術的な成立性を確認済み。
- 乾式再処理技術の工学化に向けて工学規模コールド機器の開発を実施中、使用済み燃料組成を模擬した試料による実験室規模試験を準備中。

群分離技術及びMA燃料製造/乾式再処理技術における 他分野との連携



群分離技術

- 発電炉サイクルから核変換に投入するMA等を分離する技術
- ➡ ADS階層型概念及び高速炉均質型概念の共通基盤技術として開発を推進

原子力基礎工学研究センター
高速炉サイクルへの貢献

- DGA系抽出剤の開発
- MA/RE相互分離用新規抽出剤開発等



次世代高速炉サイクル研究開発センター
高速炉サイクル開発からの技術導入

- 遠心抽出器等のプロセス機器の新抽出剤への応用
- プラント概念検討における工学的知見に関する協力

量子ビーム応用研究センター・大学等
基礎研究による現象理解

- 新抽出剤の錯体構造・抽出分離メカニズムの理解
- 複雑な溶液組成におけるイオン挙動、放射線分解挙動の理解

- 合同技術検討会、研究会を通じた情報交換
- 共同研究・研究分担等による協力
- 外部資金の共同提案

- ➡ 国際協力として日米CNWGへの参加、及び日仏協力における活動の具体化を検討中

MA燃料製造技術

- 高速炉均質型概念における核変換燃料とは、燃料組成において補完関係

ADS核変換燃料

- 窒化物・高MA含有率



高速炉用核変換燃料

- 酸化物・低MA含有率

- データベースの拡充に関する協力
- 燃料取扱い技術、工学技術

MA窒化物燃料乾式再処理技術

- 先行している金属燃料の乾式再処理技術開発の知見の活用
- ➡ 電中研との共同研究、米国との情報交換

「群分離」技術開発進捗状況

「中間的な論点のとりまとめ」指摘事項

- MAをランタノイドとともに抽出する工程以外の開発段階が低い。
- トレーサー量を超える濃度のMA溶液によるデータ取得が必要、実液試験によるデータ取得を進めることが必要。

これまでの成果

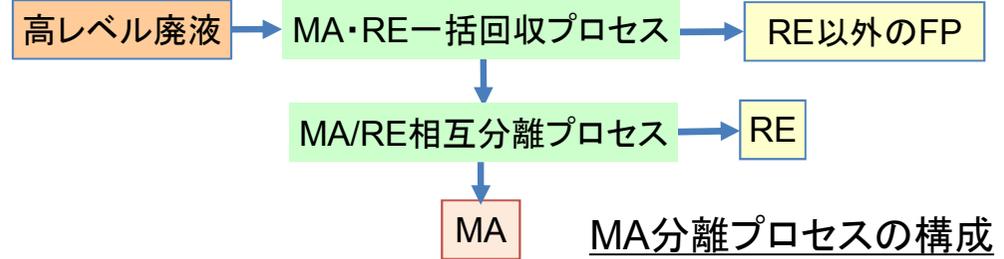
- TDdDGA抽出剤を用いたMA・RE一括回収プロセスで、条件最適化により、模擬高レベル廃液からAmをほぼ完全に回収することに成功した。(回収率99.9%以上)
- MA/RE相互分離プロセス用の抽出剤として、抽出特性に優れ適度な分離性能を有するHONTA抽出剤を見出した。

検討の現況

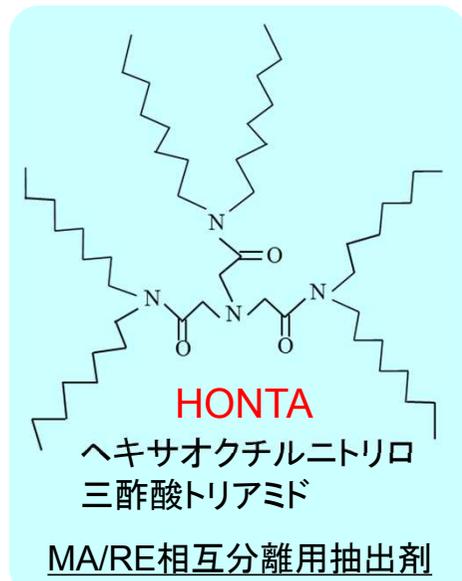
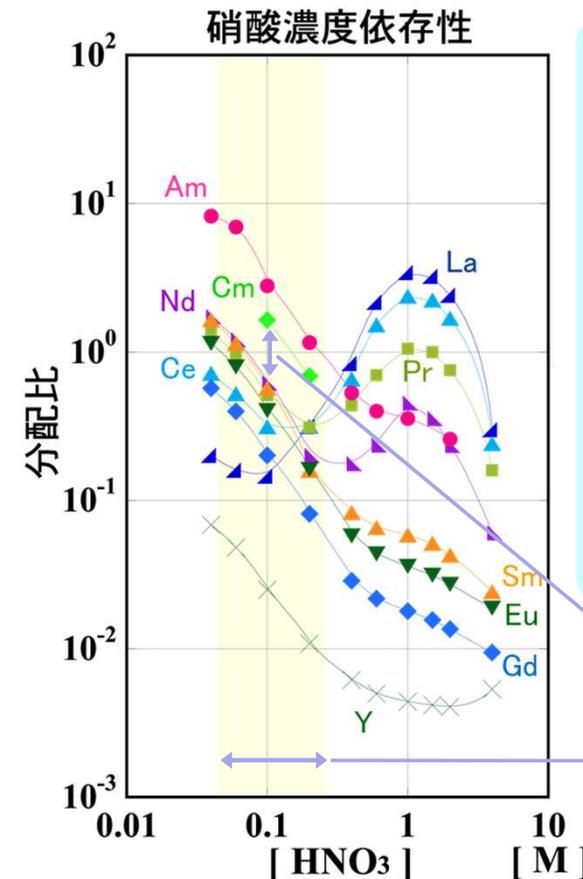
- MA・RE一括回収プロセスの実液試験の条件決定のため、MAトレーサーによる連続抽出試験を実施中。
- MA/RE相互分離プロセスのMAトレーサーによる連続抽出試験を開始。

今後の展開

- 今年度中にMA・RE一括回収プロセスの実液試験開始
- H28に、MA/RE相互分離プロセスの実液試験を実施し、MA試料を回収
- H28には、高濃度MA溶液を取扱可能な重遮蔽グローブボックスの整備を開始する計画
- H31までにMA分離プロセス主工程を確立。プロセス廃液処理、使用済溶媒再生等と組み合わせたプロセス実証試験に移行



MA分離プロセスの構成



十分な分離特性

適度な酸濃度における分離性能発揮

有機相 : [HONTA] = 0.08 M = const. in n-dodecane
水相 : [HNO₃] = 0.04 ~ 3 M

抽出剤HONTAによるMA及びREの抽出

「核変換専用MA燃料製造/乾式再処理」技術開発進捗状況(1/3)

目標: MA高含有窒化物燃料について、燃料挙動評価に不可欠な燃料ふるまいコードを作成

これまでの成果

- MA高含有窒化物燃料、被覆管材料、Pb-Bi冷却材の物性データを軽水炉燃料ふるまいコード「FEMAXI-7」へ入力して、シミュレーション計算を可能とした。

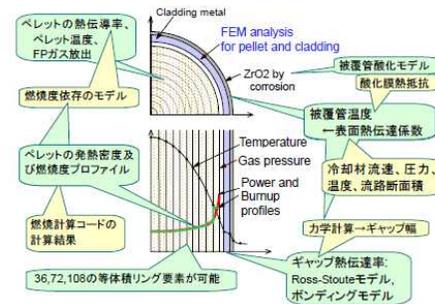
現在の状況

- 燃料-被覆管ギャップ幅等をパラメーターとした試計算など、既存データを利用した計算を実施

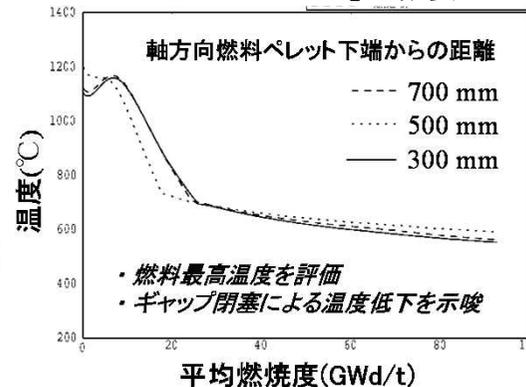
今後の展開

- 感度解析等により各種物性データの重要度を評価・データ取得
- 計算結果と既存照射試験データ*の比較を実施

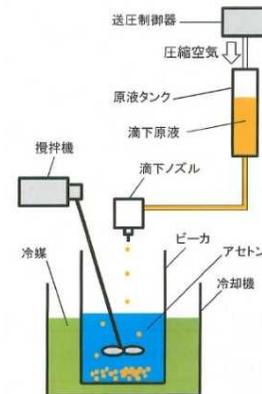
* (Pu, Zr)N (JMTR)、(U, Pu)N (常陽、JMTR)、外国のデータ等



軽水炉燃料用ふるまい解析コード「FEMAXI-7」の概要



「FEMAXI-7」による窒化物燃料ペレット中心温度履歴計算結果の例



脱水ゲル化法による酸化物/炭素混合物製造装置概略

目標: 原理実証段階に移行するために、MAの調達、燃料製造設備の整備、実用燃料ピン設計を実施

これまでの成果

- 工学規模の燃料製造法の開発に向けたコールド模擬試験
- これまでの燃料ピン設計検討状況を把握

現在の状況

- 粉末飛散を防止できるゾルゲル法による酸化物/炭素混合物(窒化物の原料)製造試験
- 軽水炉燃料ピンの挙動を参考として燃料ピン挙動調査中

今後の展開

- コールド模擬試験等により、大規模燃料製造法の開発
- 実用燃料ピン設計

「核変換専用MA燃料製造/乾式再処理」技術開発進捗状況(2/3)



目標: 相当量のMAを使用する物性測定やサンプル照射試験等を効率的に進める

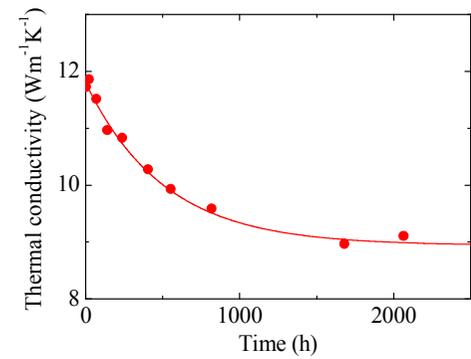
- これまでの成果
- 既存の熱物性測定装置に加え、機械物性測定装置を整備
 - MA高含有窒化物燃料照射用サンプル製造及び照射試験内容を検討

- 現在の状況
- 熱物性測定実施
 - データベースweb版作成に向け、公開データベース運営実績のある他機関との連携関係を構築

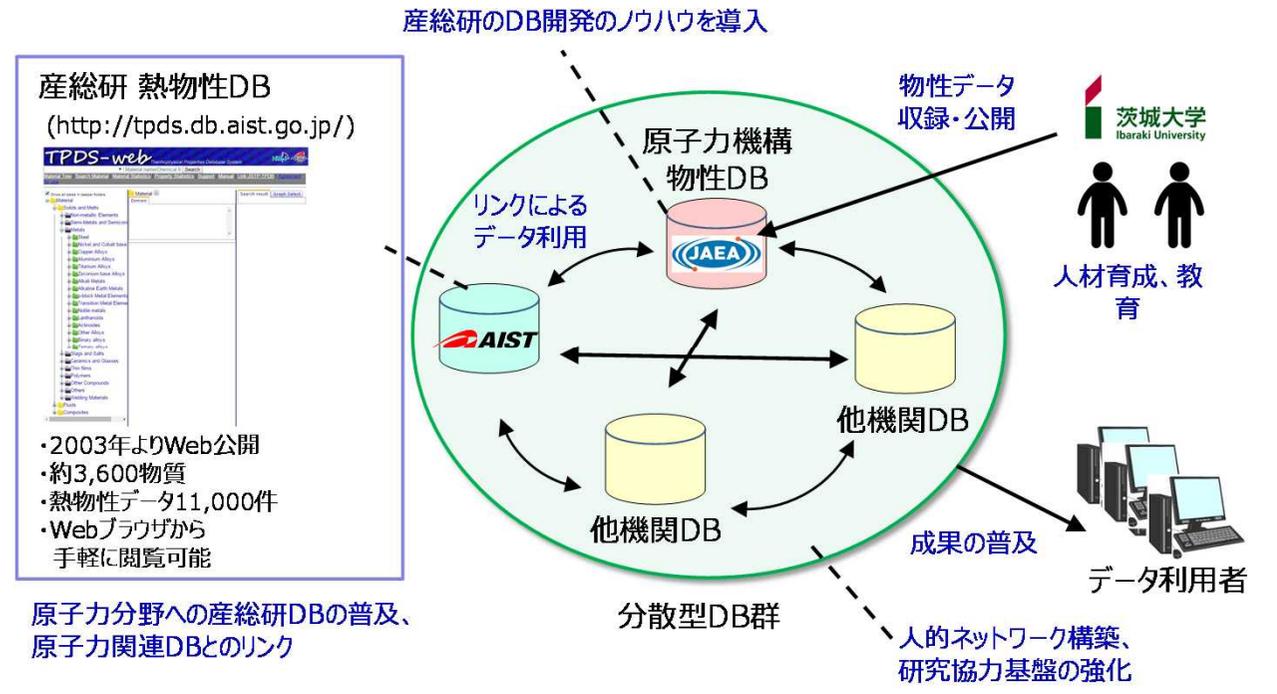
- 今後の展開
- ・MA高含有窒化物燃料の熱物性・機械物性データベースの拡充、微細組織構造データ取得
 - ・サンプル照射試験計画立案・サンプル製造設備検討



機械物性測定用に整備した弾性挙動測定装置(左)、及び機械特性測定装置(右)



熱物性測定結果の例
Zr_{0.70}Pu_{0.25}Cm_{0.05}Nの自己照射損傷による熱伝導率変化



「核変換専用MA燃料製造/乾式再処理」技術開発進捗状況(3/3)

目標: MA高含有窒化物燃料の乾式再処理技術の工学化に向けて、

- ・工学規模コールド機器の開発を実施
- ・高レベル廃液(HLW)から分離したMA等を用いた実験室規模の試験を実施

これまでの成果

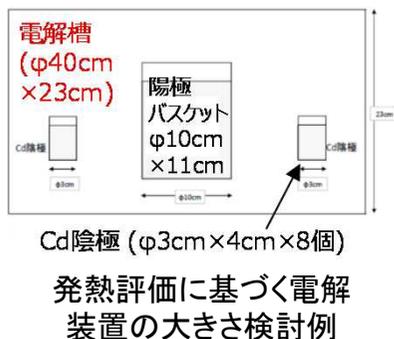
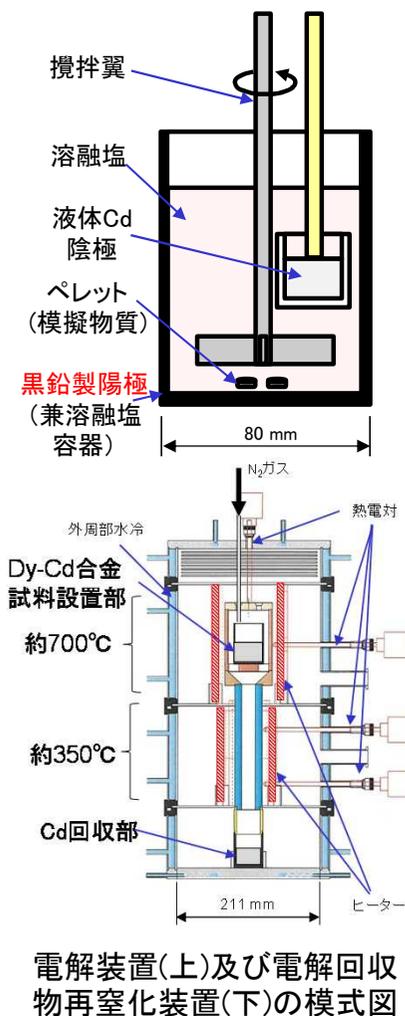
- 処理速度の向上を目指した電極を用いた電解装置及び電解回収物再窒化装置を考案・製作
- 試料の発熱を考慮に入れて工学機器の大きさ(バッチサイズ)を概略評価

現在の状況

- 電解装置及び電解回収物再窒化装置の性能を確認中
- 実験室規模のMA試験準備中

今後の展開

- ・電解・再窒化装置及びプロセスの改良・最適化を進める



「中間的な論点のとりまとめ」指摘事項

核変換用燃料の乾式再処理については、金属燃料乾式再処理に関して多くの知見を有する電中研及び米国をはじめとする国外との協力が必要不可欠である。また、近年進捗が著しい韓国、インド、中国等の動向を注視しておく必要がある。

これまでの成果

- 高速炉用金属燃料の乾式再処理研究で実績のある電中研と、共同研究において情報交換を実施
- 日米原子力研究開発協力(CNWG)の高速炉分野において分離変換に関する意見交換を実施
- 国際会議及び技術会合等において各国の技術情報の取得、及び意見交換を実施

今後の展開

- ・電中研との共同研究、米国との情報交換(継続)