

ADS階層型概念関連技術の 研究開発段階



平成25年10月23日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

群分離・核変換システムの研究開発段階



- 日本原子力学会「分離変換・MAリサイクル」研究専門委員会(H19～H23)において、NASAやJAXAで活用されている技術成熟度(TRL)評価手法を用いて、我が国のMA分離変換に係る各技術分野の現状達成度や開発段階を整理。
- 上記研究専門委員会の資料を基に、MA分離及びADS階層型核変換システムに関する各技術毎の開発段階について、研究開発の進展や今後の重点課題等を考慮して内容を見直し、代表的な研究開発項目を記載。

「分離変換・MAリサイクル」研究専門委員会、『分離変換技術はどこまで成熟したか？技術成熟度評価に基づく現状整理と提案』, 日本原子力学会誌, Vol.52, No.12 (2010).

研究開発段階の基本的な考え方

開発段階	
概念開発段階	システム概念の構築
	技術概念の具体化
	技術開発の活性化
原理実証段階	要素技術の開発
	要素技術の完成
	技術基盤の確立
性能実証段階	プロトタイプの試験運転
	実機プラント試験
	実機プラント運転

研究開発段階(p.3～p.8)の表中の記載事項

 : 実施済みの段階  : 実施中の段階

✓ : 既に終了した項目

○ : 現在実施中又は一部実施中の項目

▪ : 未実施の項目

[] : 実験施設等(青字:既存施設、赤字:将来計画)

(赤字記載は、今後の研究開発において特に重点的な検討が必要な項目)

MA分離回収の研究開発段階



	高レベル廃液からのMAと希土類元素の一括回収	MAの希土類元素からの分離
概念開発段階	<ul style="list-style-type: none"> ✓新抽出剤(TDdDGA)開発、基礎データ評価 	<ul style="list-style-type: none"> ✓TDdDGA+DTPA抽出系の基礎データ評価 ○候補抽出剤の選定
	<ul style="list-style-type: none"> ✓抽出フローシートの定量評価 ✓主工程模擬廃液試験 	<ul style="list-style-type: none"> ✓コールドフローシート試験により分離条件の確定 ○溶媒放射線分解評価、劣化物影響評価 <ul style="list-style-type: none"> ・ MA含有模擬液によるフローシート試験
	<ul style="list-style-type: none"> ○プロセス最適化検討 <ul style="list-style-type: none"> ・ 小規模ホット連続試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小規模ホット連続試験、プロセス条件最適化 ・ 溶媒再生法の検討、プロセス試験
原理実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ○機器設計のシミュレーション技術 <ul style="list-style-type: none"> ・ 工学規模試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 抽出剤特性に応じた工学機器設計 ・ 工学規模試験
	<p>既存施設を利用した、数g～数100g(MA)/dayの数日～1ヶ月程度の連続試験を想定</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 工学規模でのプロセス実証 ・ 機器設計、システム設計 	
性能実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ フルスケール機器でのユニット試験 ・ 実プラント設計 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全体システム性能の確認 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実機性能の確認、製品/廃棄物の仕様の確認 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商用運転 	

核変換専用MA燃料製造・性能実証の研究開発段階



	燃料製造	燃料性能評価
概念開発段階	<ul style="list-style-type: none"> ✓ MA窒化物燃料製造原理の提示 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 窒化物燃料基礎データのレビュー
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高濃度MA燃料の製造条件範囲の選定 ✓ 小規模試験による製造性の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ MA物性データの拡充 ✓ 高濃度MA添加の概略影響評価
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 高濃度MA燃料製造プロセス制限因子評価 ○ 燃料製造工学装置の開発要求明確化 <ul style="list-style-type: none"> ・ 高濃度MA燃料照射サンプルの製造 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 基礎物性データベース構築と諸量評価 ○ 高濃度MA含有燃料ふるまいコードの整備 <ul style="list-style-type: none"> ・ 高濃度MA含有燃料サンプル照射
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 高濃度MA窒化物のラボスケール製造試験 <ul style="list-style-type: none"> ・ プロトタイプ照射サンプルの製造 ・ 模擬物質での工学規模製造試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロトタイプ燃料の照射試験 ・ 燃料設計コードの基盤整備
原理実証段階	数g～数10g (MA)サンプルの照射燃料の製造	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 模擬物質での工学規模ユニット試験 ・ 機器設計、システム設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・ サンプル照射試験 ・ 安全性シミュレーションコードの確立
	<ul style="list-style-type: none"> ・ フルスケールでの燃料集合体製造試験 ・ 実プラント設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロトタイプ燃料ピン照射 ・ プロトタイプ燃料挙動評価
性能実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実原料を用いた集合体レベルでの燃料製造 ・ 全体システム性能の確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 集合体照射
	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロトタイプ燃料製造の定常運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プロトタイプ燃料の定常照射
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商用運転 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 商用炉の定常運転

核変換専用MA燃料乾式再処理技術の研究開発段階



	前処理(ピンせん断等)	電解精製・MA回収・燃料再加工	廃棄物処理(ゼオライト処理)
概念開発段階	✓せん断性能、燃料溶解速度の概略評価	✓基礎データ評価 ✓電極形状の基礎評価	✓FP吸着候補材検討 ✓基本プロセスパラメータ範囲提示
	✓フローシート構築とマスバランス評価 ✓模擬燃料ピン乾式せん断試験	✓主工程フローシート構築とマスバランス評価 ✓模擬試験による性能検証	✓廃棄物処理フローシート構築とマスバランス評価 ✓ゼオライト吸着性能の実験的検証
	✓主工程との両立性評価 ✓プラントコスト概略評価	✓工学試験の目標設定 ○プロセス条件最適化（主要工程要素試験、小規模ホット連続試験）	✓模擬固化体製造試験 ○ゼオライトカラムの性能検証
	○工学規模ピンせん断試験 ・機器設計技術開発	○実用条件での工学試験 ○機器設計技術開発	○工学規模塩廃棄物処理試験 ・機器設計シミュレーション
原理実証段階	実廃液や実使用済み燃料を用いた、数g～数100g(MA)/dayの数日～1ヶ月程度の連続試験		
	<ul style="list-style-type: none"> ・工学規模でのプロセス実証 ・機器設計、システム設計、モジュール最適化 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・実規模モジュール機器でのユニット試験、プロセスモニタリング、プロセス制御 ・実プラント設計 		
性能実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ・全体システム性能の確認 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・実機性能の確認、製品/廃棄物の仕様の確認 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・商用運転 		

ADS(核工学)の研究開発段階



	ADS炉物理	MA装荷炉心
概念開発段階	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS用解析コードの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 評価済データの比較検討
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 核破碎中性子基礎実験 ✓ 未臨界体系での基礎炉物理試験 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ MA等の核種の核データ測定 ✓ 評価データの整備
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ADS模擬実験(臨界、未臨界:固定中性子源) ○ 未臨界度測定手法の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 臨界実験による核データ検証(反応率、反応度測定)
原理実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ○ ADS模擬実験(未臨界:DT源 [VENUS-F, FCA, KUCA]) ・ 未臨界度測定手法の実証 [TEF-P] 	<ul style="list-style-type: none"> ○ MAサンプル照射試験
	<ul style="list-style-type: none"> ・ ADS模擬実験(核破碎中性子源) [TEF-P] ・ 実験炉用未臨界度測定手法の確立 [TEF-P] 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 臨界実験装置による部分装荷MA実験 [BFS:Np部分装荷] [TEF-P]
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験炉級ADS炉心設計 ・ 実験炉級ADS未臨界度測定システム確立 	<ul style="list-style-type: none"> ・ MA燃料集合体燃焼試験と照射後試験解析
性能実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験炉級ADSの性能試験(MOX) [MYRRHA] ・ 実機ADSの炉心設計 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験炉級ADSへのMA燃料集合体装荷 [MYRRHA] ・ 実験炉級ADS実機用MA燃料集合体照射
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実機ADSの建設、性能試験 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 実機ADS運転 	

ADS(炉工学)の研究開発段階



	熱流動	構造	運転制御	遮蔽
概念開発段階	✓ADS概念の検討			
	✓小規模LBE流動試験	✓炉心概念の提示	✓ADS運転制御方法検討	✓ADS遮蔽概念の検討
	○中規模LBE流動試験 ・集合体水流動試験	✓プラント構造検討 ○構成要素技術概念の絞込	✓ADS運転制御概念提示 ✓安全性概念の検討	✓遮蔽コードの開発 ✓遮蔽概念検討
原理実証段階	・集合体LBE流動試験	・ADS用機器要素技術開発	○ADS模擬実験安全解析 ・ADS模擬実験用加速器の 運転・制御手法検討	○ADS用実験施設遮蔽設計 ・遮蔽実験、コードの検証
	・大規模LBE流動試験	・実験炉級ADS用機器開発	・ADS模擬実験用加速器の 運転・制御 [TEF-P] ・実験炉級ADS安全審査デー タの充実	・実験炉級ADSの遮蔽検討
	・実験炉級ADS用モックアップ試験		・実験炉級ADS運転制御手 法の確立	・実験炉級ADSの遮蔽設計
性能実証段階	・実験炉級ADSプラントの建設、運転 [MYRRHA]			
	・実機ADSの建設、性能試験			
	・実機ADS運転			

ADS(ターゲット及び加速器)の研究開発段階



	核破砕ターゲット		加速器
	熱流動	材料	
概念開発段階	<ul style="list-style-type: none"> ✓ターゲット概念の検討（窓有り、窓無し） ✓基礎データの調査 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ADS用加速器概念検討
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ターゲット・ビーム窓の概念提示 	<ul style="list-style-type: none"> ✓基礎データの取得 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ADS用加速器の開発目標の明確化 ✓要素技術の開発着手
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ターゲット小規模LBE流動試験 ○各種測定技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> ○ビーム窓候補材の腐食試験 ○ビーム窓候補材の陽子照射試験 	<ul style="list-style-type: none"> ✓要素技術の実験室規模試験
原理実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ✓ビーム窓モックアップ試験 [MEGAPIE] ○実用化に向けた各種測定技術開発 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ビーム窓候補材のLBE流動条件での陽子照射 [MEGAPIE] ○ビーム窓候補材の照射後試験 	<ul style="list-style-type: none"> ○要素技術の実用規模展開 [J-PARC 加速器開発, MYRRHA加速器開発]
	<ul style="list-style-type: none"> ・LBEを用いたビーム窓、ターゲット領域モックアップ試験 [TEF-T] 	<ul style="list-style-type: none"> ・実機条件でのビーム窓材料の陽子照射 [TEF-T] 	<ul style="list-style-type: none"> ○実証試験 [J-PARC加速器運転] ・ADS実験施設へのビーム供給
	<ul style="list-style-type: none"> ・実験炉級ADS用ターゲット試験 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験炉級ADSの設計データの取得 	<ul style="list-style-type: none"> ・信頼性向上方策等検討 ・実験炉級ADS用加速器設計
性能実証段階	<ul style="list-style-type: none"> ・実験炉級ADSのターゲット運転 [MYRRHA] 		<ul style="list-style-type: none"> ・実験炉級ADS用加速器運転 [MYRRHA]
	<ul style="list-style-type: none"> ・実機ADSの建設、性能試験 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・実機ADS運転 		