

MA非均質高速炉に関する 研究開発の現状について

平成20年12月19日

日本原子力研究開発機構

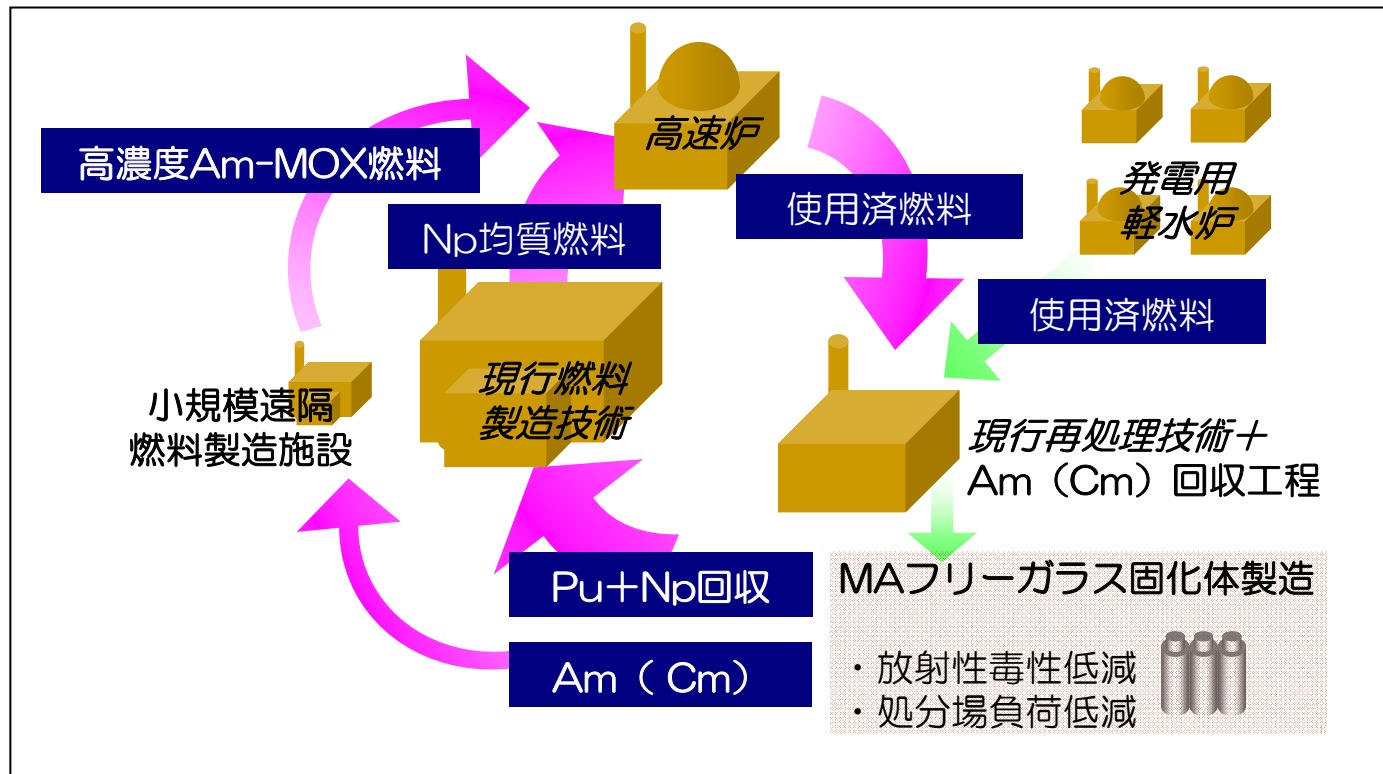
本研究は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、独立行政法人日本原子力研究開発機構が実施した平成17年度、18年度及び19年度「効果的環境負荷低減策創出の為の高性能Am含有酸化物燃料の研究」の成果です。

内 容

- (1) 背景・目的
- (2) 研究開発の全体像
- (3) システム概念の有効性評価
- (4) システムの枢要要素技術開発
- (5) まとめ

背景・目的

LWRからFBRへの移行期間の長期化 多数基LWRと少数基FBRの共存
⇒LWRから発生するMAによる環境負荷の軽減のため、
少数基FBRで集中的にMA燃焼(早期にMAリサイクルの実現)



・ Amの高濃度化
: 多量のAmを
小規模施設で
取扱可

経済的効果

- コンパクトな遠隔製造設備化可能
- 現行サイクル技術を基本としたシステム構成

システム評価による
MAリサイクルシステムの
経済合理性の明示

Am濃度20wt.% (暫定) を達成できるAm-MOX
またはAm-UO₂燃料製造技術の開発

研究開発の全体像

高性能・高濃度Am燃料製造技術開発

高濃度Am含有酸化物燃料の高性能化
FCCI特性改善⇒ U顆粒（酸素ゲッター）添加
熱伝導度改善⇒ Mo（高熱伝導度）顆粒添加

⇒ ホットプレス技術を用いた燃料製造技術開発

概念の有効性評価 （経済性等）

MA燃焼炉心の成立性評価

- ・ MA変換率
- ・ 最大線出力（出力ピーク）

経済性への影響評価

- ・ MAリサイクル施設建設費

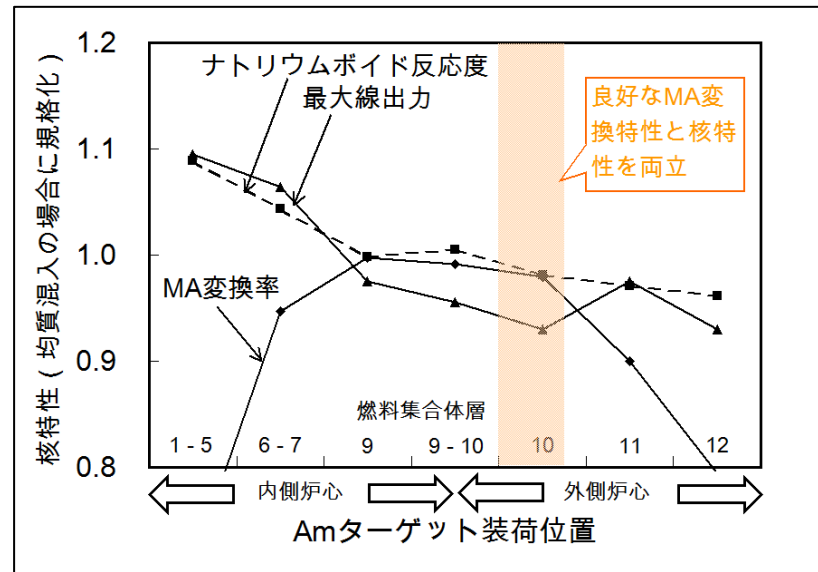
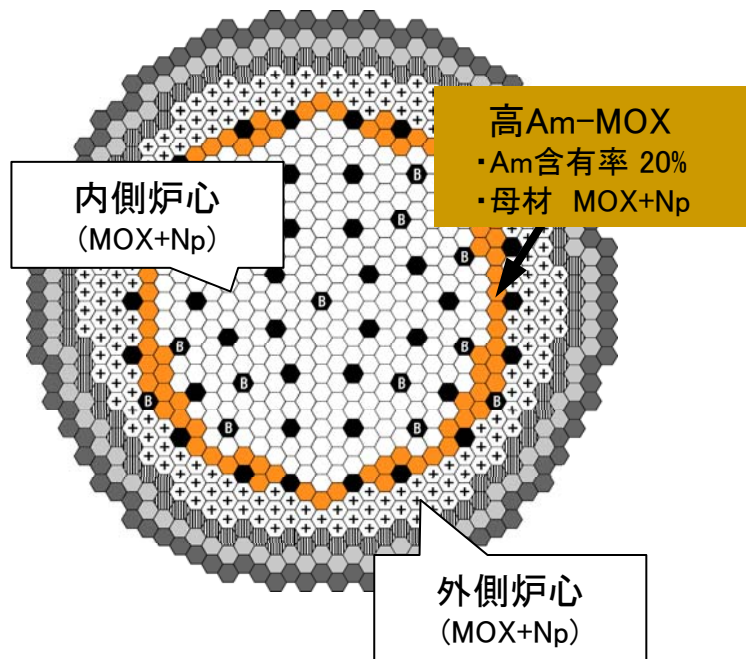
合理的MA
リサイクル
燃料システム
の確立

MA取り扱い 製造システムの検討

MAダスト発生低減に向けたプロセス開発

- ・ 溶液状態での取扱
- ・ 原料粉（微粉）飛散を抑制

MA燃焼炉心の成立性検討



高Am-MOX装荷位置と核特性の関係

◆炉心構成の成立性

: 内側炉心/外側炉心の間に高Am-MOXをリング状に装荷

⇒ 発電炉としての炉心性能を損なわずに効果的な核変換の可能性

◆熱的成立性並びに燃料健全性

⇒ Heガス放出に起因するCDF対策として被覆管肉厚の増加が有効

経済性への影響評価

【目的】

燃料サイクル関連施設建設費等(燃料製造施設、MA回収設備)及びガラス固化に係る経済負荷の概略検討を行いMAリサイクルシステムの有用性を評価する。

【概要】

- ①LWRから発生するMA量及びMA処理のための燃料製造施設規模の検討
- ②Am-MOX、Np-MOX燃料製造施設の概念設計に基づく建設費検討
- ③他のMAリサイクル関連設備建設費(MA回収設備)を公開情報⁽¹⁾に基づき、施設規模より評価
- ④比較対象としてLWRリサイクル施設建設費(Puサーマル燃料製造)を公開情報⁽²⁾に基づき施設規模より評価
- ⑤MA回収に伴うガラス固化体関連設備費等(固化工程、貯蔵、輸送・処分)低減効果を公開情報⁽²⁾に基づき評価

【MAリサイクル規模の検討条件】

- LWR再処理規模:800t/y
- 新燃料仕様(Pu富化度;約20wt%、燃料部重量;146kg/SA);FaCT参照
- 再処理対象燃料 ①使用済UO₂燃料 燃焼度 55GWd/t
- 使用済燃料冷却期間:20年
- 新燃料のAm含有率: 20wt%

(1)「抽出クロマト法によるMA回収設備の概念検討」JNCTJ8400 2002-005

(2)総合エネルギー調査会電気事業分科会コスト等検討小委員会

経済性への影響評価

(MAリサイクル施設設計結果)

- ① 800t/y LWR再処理から発生するMA及びPu量
 - 632Np-kg/y、1,245Am(Cm)-kg/y、8,800Pu-kg/y
- ② MAリサイクル関連施設規模
 - 20%Am-MOX遠隔製造施設(ホットセル) 5.9t-HM/y
 - Np-MOX製造施設(グローブボックス) 38.7t-HM/y
 - MA回収設備 廃液処理量がFSの3倍

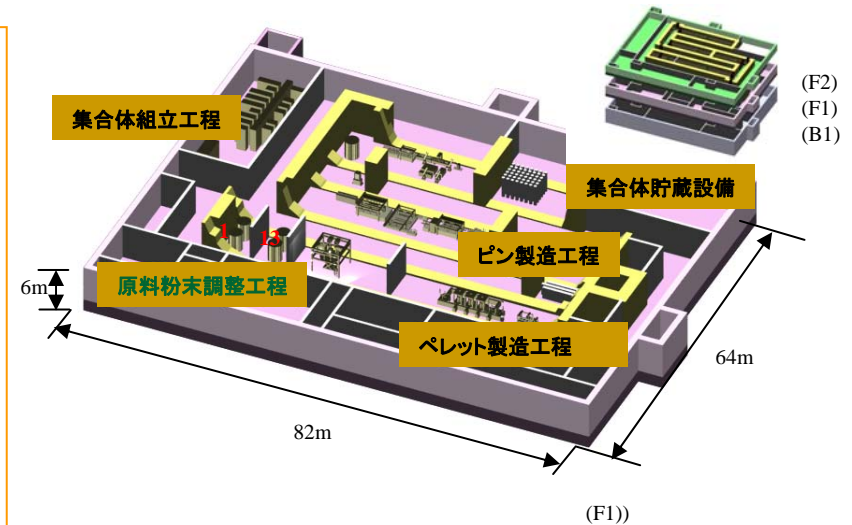
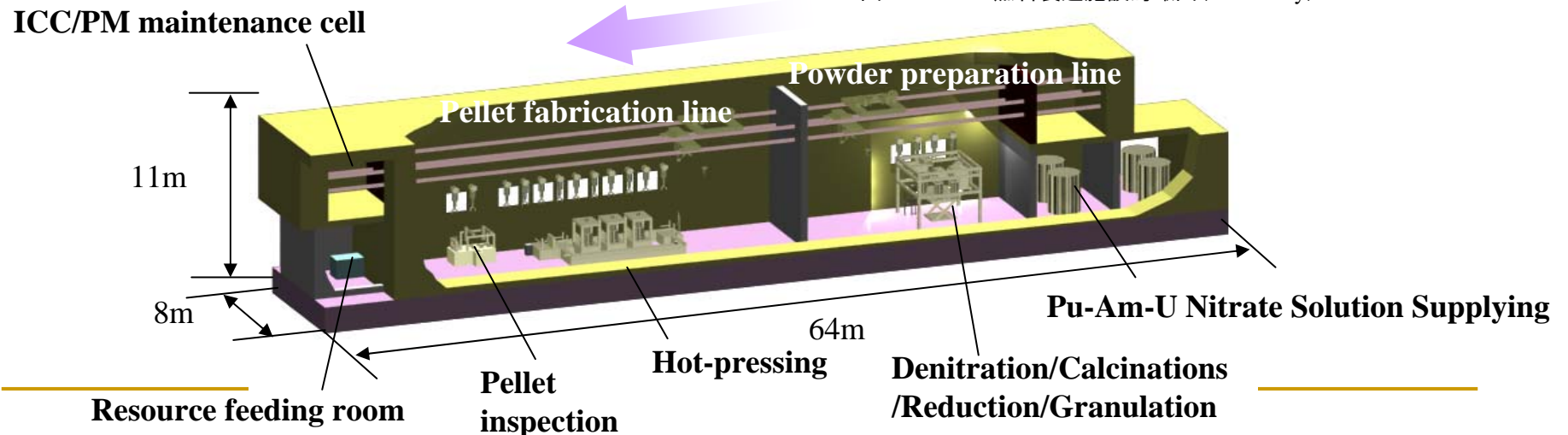


図 Am-MOX燃料製造施設鳥瞰図(5.9t-HM/y)



経済性への影響評価

(MAリサイクル施設建設費等)

MAリサイクル	施設 [生産規模]	建設費 (億円)	備考
	Am-MOX燃料製造 [5.9tHM/y]	520	設計研究による主工程設備機器付帯設備構成、及び建屋サイズに基づく建設コスト見積もり
	Np-MOX燃料製造 [38.7tHM/y]	620	同上
	MA回収設備	170	同一プロセス構成の過去の設計例の基づく廃液処理量の比較に基づく見積もり
	Total	1,310	
LWR燃料サイクルにおけるPuリサイクル	LWR-MOX 燃料製造施設 [163tHM/y]*	1,370	J-MOX製造施設建設コストに対する生産規模の比較に基づく見積もり * LWR800t/yから発生するPu量にバランスするLWR-MOX(5.4%Pu富化度)の生産規模

システム概念の有効性評価のまとめ

- 内側炉心と外側炉心の高Am-MOXをリング状に装荷する炉心構成により、発電炉としての炉心性能を損なわずに効果的に核変換を行えることを見出した。
- MAリサイクル概念のMA関連施設建設費（Am-MOX/Np-MOX燃料製造、MA回収設備）は、MAリサイクルを行わない場合に必要となる大型LWR-MOX製造施設建設費と同程度となる。
- また、MA回収に伴うガラス固化体の処理処分コスト低減見積もりを行い、MAリサイクルの有効性を示した。

高性能・高濃度Am燃料製造技術開発

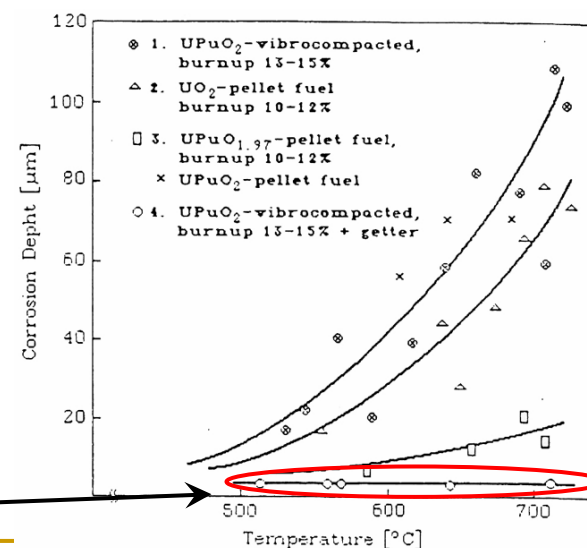
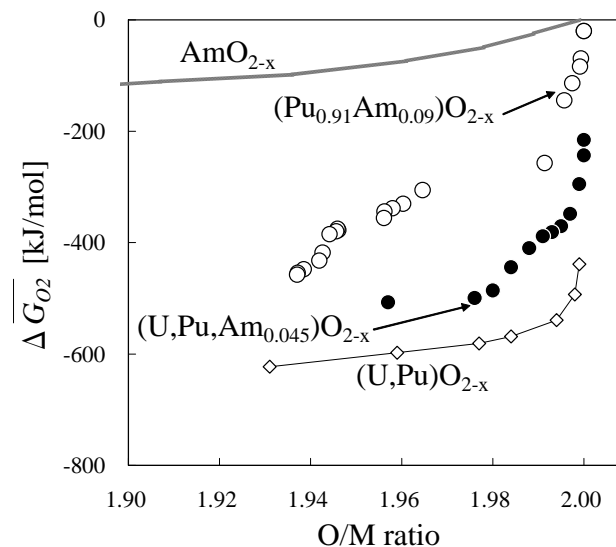
【目的】 高濃度Am含有に伴う熱伝導率低下の改善及び酸素ポテンシャル制御を可能とする燃料製造技術開発

ロシア型振動充填燃料用ゲッター技術の知見

燃料顆粒に金属Uを主成分とする金属顆粒を数wt.%添加

- ・酸素ポテンシャル制御
- ・低温域の伝熱特性の改善

ゲッター添加により、FCCIを顕著に抑制



J.Nucl. Matt. 204(1993) 93-101

高性能・高濃度Am燃料製造技術開発

【目標燃料組成： $5U-5Mo-(20Am-30Pu-40U)O_2$ 】

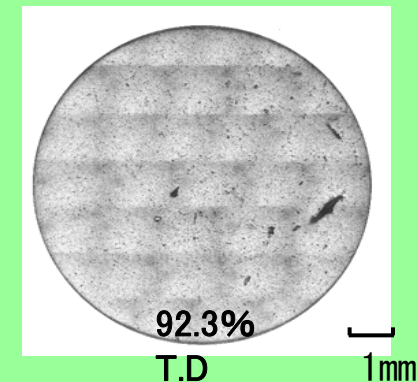
先行試験Ⅰ： $(10Am-30Pu-60U)O_2$ ペレット焼結試験(冷間圧縮・焼結)

【製造条件】

- ・Pu富化度：30wt%
- ・粉碎時間：5~5.5hr
- ・成形圧：3.84t/cm²
- ・焼結温度：1,700°C×3hr
- ・焼結雰囲気：Ar-5%H₂+H₂O
(酸素ポテンシャル：-390kJ/mol)



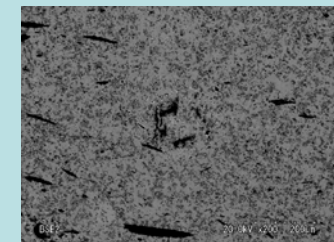
10%Am-MOX



先行試験Ⅱ： $(5Mo-5U-UO_2)$ ペレット焼結試験(簡易ホットプレス)

【製造条件】

- ・Mo粒度：~1 μm、U顆粒粒度：~130 μm
- ・成形圧：1t/cm²(加熱前)、加熱時(100kg/cm²)
- ・焼結温度：1,500°C×1hr
- ・焼結雰囲気：高純度He



1mm

先行試験結果のまとめ

I (50Am, 50U)O₂粉末を原料とする冷間圧縮・焼結法により、10%Am含有MOXペレットを作製した。

- ① 低濃度Am含有MOXペレットと同等の焼結密度を得た。
- ② X線回折測定の結果、焼結体は固溶していることを確認した。
- ③ ペレット横断面のEPMA分析からAmは概ね均一に分布していることを確認した。

以上より、

実燃料母材の高濃度Am-MOXペレットの高密度化の可能性を得た。

II 簡易ホットプレス法により5U・5Mo含有UO₂ペレットを製作した。

燃料健全性(高烧結密度、添加金属の均質分散、クラック発生防止)及び装置機能(燃料とパンチ等の焼きつき防止)を維持できる製造試験条件を得た。

III 今後の予定

(Am,U)O₂原料粉末の性状把握及び最大20%Am含有MOXペレットの試作及び物性測定(酸素ポテンシャル、格子定数等)、実燃料(5U-5Mo-(20Am-30Pu-40U)O₂)の試作、物性データ(熱伝導度等)の取得

MA取り扱い製造システムの検討

【目的】遠隔製造に適した微粉飛散防止に優れる製造工程の開発

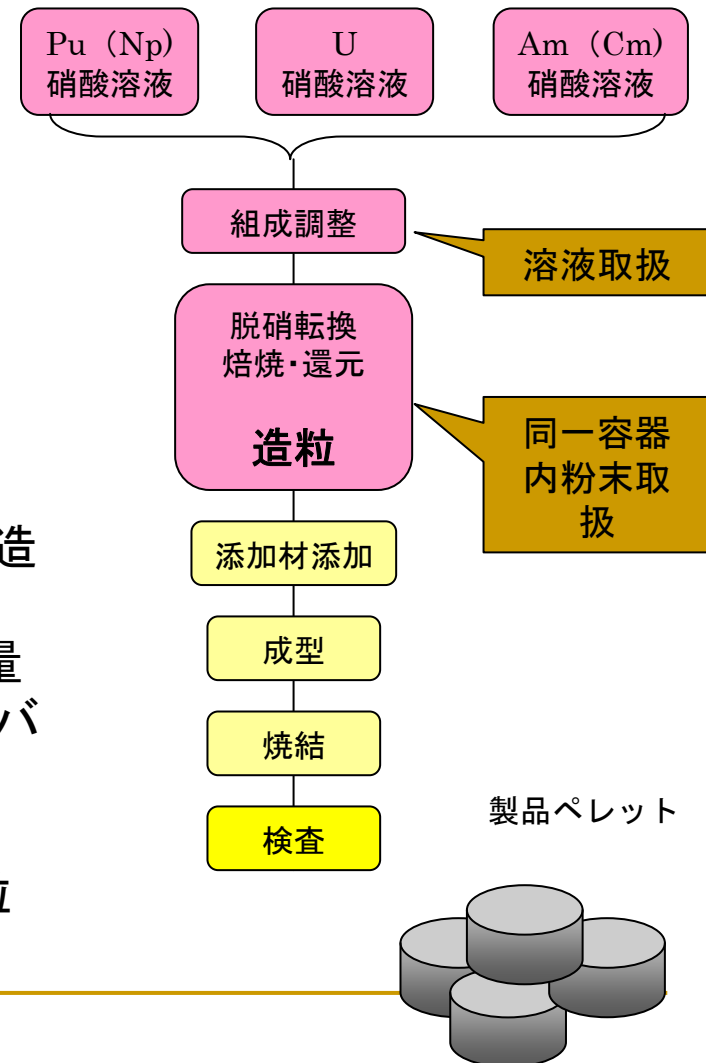
【造粒プロセス候補】

- ① 転動造粒法：回転羽根等により粉末を回転させ粉末を凝集
- ② 押出造粒法：混練物（粘土状）を小径口から、押出した紐状物質を回転板上での整粒（丸め）

【プロセス検討】

- ① 両手法ともに、良好な流動性を有する造粒粉の製造が可能
- ② 押出し造粒法は工程内における原料の滞留が少量
- ③ 押出造粒法で有機バインダを利用する場合には、バインダ除去のための予焼工程の導入が必要

押出造粒物焼結試験を行い、転動造粒法と押出造粒法の優劣を詳細に検討していく予定。



まとめ

■ 高濃度Am(Cm)含有MOX燃料によるMA非均質炉心の成立可能性及びMARサイクルの施設建設費の評価より本概念の有効性を示した。

■ UO₂等を用いた先行試験結果より実燃料(U、Mo添加高濃度Am含有MOXペレット)の製造試験条件を明らかにした。今後、実燃料製造試験及び試料の物性試験に基づく製造技術成立性評価を行う。

■ MA取り扱いの中核技術である粉末制御のための造粒技術評価を実施している。