

第2回作業部会での指摘事項について



平成25年9月13日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

分離技術に関する主な懸案事項



- 分離プロセス

- MA+RE分離プロセス以外の分離工程(MA/Ln分離、Sr-Cs分離、白金族等分離)の開発段階が低い状態にとどまっている。各工程毎に抽出剤、分離手法等の検討を進め、開発を加速させる必要があるが、**課題の数と比べて取り組むべき専門家が不足している。**
- 特に、MA+RE分離、MA/RE分離のプロセス開発に関する基盤データを取得するためには、**トレーサー量を超える濃度のMA溶液を取り扱う必要がある。**このための実験設備が不足している。
- 実液試験を実施するには、**ホットセルでの遠隔操作**によって抽出装置を運用する必要がある。このための**装置整備、人材確保、試験技術の維持**を継続的に図ることが必要。
- 工学規模への展開、放射線劣化及び溶媒再生プロセスの開発などには、**メーカーとの連携**が必要
- 本分野で成果を挙げている**フランスとの情報交換**は活性化が有益

加速器駆動システムに関する主な懸案事項



- 陽子加速器
 - ビーム停止頻度を低減させるために**加速器を並列化**した際の、多重化によるコスト増加や大強度ビームの合流方法、大強度ビームのドリフト検知・抑制などが課題
 - 大電流陽子ビームを効率よく加速するために**中・低エネルギー加速部の超伝導化**が必要
- 陽子ビーム窓
 - 陽子・中性子による**照射**や**陽子ビームの位置・強度等の変動に起因する影響**の解明
 - **ビーム窓の加工・製造方法**や**ビーム窓破損時の検出方法**について検討が必要
- MA装荷炉心
 - **鉛ビスマス冷却炉心の炉物理実験**が未実施
 - **MA含有燃料装荷炉心の炉物理実験**が未実施
 - 連続ビーム導入時の、精度の高い**未臨界度監視方法**の開発
- 鉛ビスマス冷却炉
 - **炉心損傷事故に至る可能性のある事象についての対策**(解析上被覆管温度等は融点を超えないが、クリープ破損が懸念される)の検討
 - **鉛ビスマス冷却材用機器**(機械式ポンプ、蒸気発生器、崩壊熱除去システム等)の開発
 - **鉛ビスマス利用技術**(凍結対策、鋼材腐食防止のための酸素濃度制御等)の確立

核変換用燃料に関する主な懸案事項



- 核変換用燃料の製造
 - 燃料挙動評価に不可欠な燃料ふるまいコードの開発に未着手。よって安全性評価とそれに基づくピン照射の道筋を見通すことができない。
 - ペレット製造較差・不純物仕様・安全性・FCMI等を考慮した実用燃料設計に多くの課題があり、酸化物燃料での経験に基づき、これから取組む段階である。しかし、これらの課題に取り組むべき専門家が不足している。
- 核変換用燃料の再処理
 - 高発熱性物質に対応した機器の開発にメーカーの協力が必須
 - 課題の解決を含む周辺工程開発では、今後、準工学コールドユニットが必要。金属燃料の乾式再処理技術を有する電中研との協力を検討中。
 - 金属燃料の乾式再処理工学技術を有する米国との協力関係の再構築が不可欠

軽水炉から高速増殖炉への移行時のADSの役割



原子力発電方式		軽水炉利用	軽水炉+分離変換	高速炉への移行期 (~50年間)	高速増殖炉利用
原子炉	軽水炉	軽水炉でリplace		高増殖型FBRに リplace	高速炉で リplace
	プルサーマル	導入基数の1/3まで利用		-	-
	高速増殖炉	-	-	高増殖型 を導入	低増殖型 を導入
	ADS	-	軽水炉 からのMA核変換	軽水炉/高速炉 からのMA核変換	高速炉 からのMA核変換
サイクル	軽水炉燃料 再処理	軽水炉再処理工場 (従来型)	軽水炉再処理工場 (群分離工程付加)		-
	高速炉燃料 再処理	-	-	高速増殖炉再処理 (群分離工程付加)	
	HLW処分	従来型地層処分	高度化された地層処分		

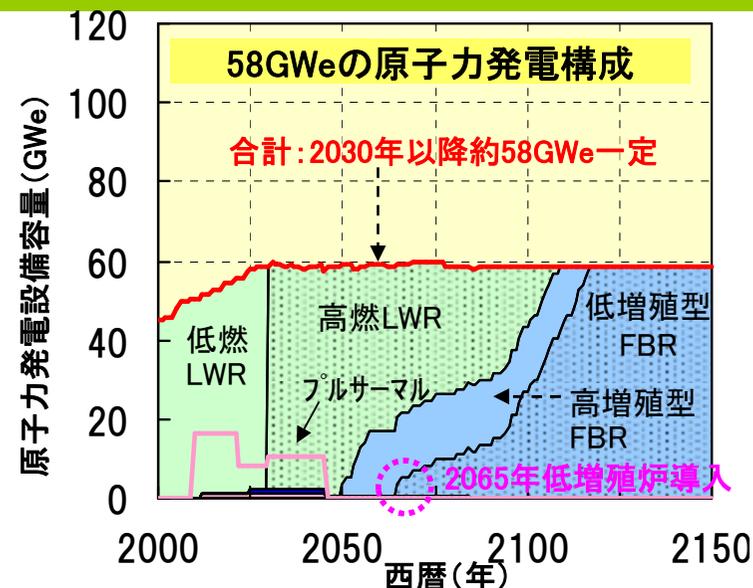
参考：原子力発電の構成及びサイクルシステムの想定

原子力委員会研究開発専門部会 第2回分離変換技術検討会 資料第2-3より

(1) 制約条件

- ①Puバランスを保ちつつ所定の移行期間で軽水炉からFBRへ切り替わる
- ②六ヶ所工場のPu貯蔵能力を考慮する
- ③第二再処理の全操業期間の平均稼働率は、80%以上を確保する

(2) 核燃料サイクルシステムの主な想定条件



システム		概要
原子炉システム	軽水炉	～2029年：燃焼度 約4万MWd/t、稼働率80% 2030年～：燃焼度 約6万MWd/t、稼働率90% プルサーマル：2010年利用開始（導入規模、終了時期はFBR導入に応じて変更）
	FBR	高増殖型：増殖比1.2、Pu需給バランスに応じて低増殖型（増殖比1.03）を導入
燃料サイクルシステム	炉外サイクル時間	軽水炉サイクル：4年、FBRサイクル：5年
	ロス率	軽水炉サイクル（転換：0.5%、加工：0.1%、再処理：Uは0.4%、Puは0.5%、MAは0.1%） FBRサイクル（加工：0.1%、再処理：U、Pu、Am、Cmは0.1%、Npは10%）
	その他	軽水炉サイクル：回収ウラン再濃縮利用、第二再処理以降でMA回収を想定 再処理技術：L再ではPurex法を想定（MAは一括回収）、F再ではNEXT法を想定（大部分のNpはPu製品に随伴、AmとCmは独立して回収） プルサーマル再処理：第二LWR再処理の初期に5：5で再処理する 高レベル廃棄物処分場：2035年頃に運開、ガラス固化体は処分まで50年貯蔵 原子炉の寿命：60年、再処理施設の寿命：40年

出典：経済産業省委託報告書「平成19年度 回収ウラン転換前高除染プロセス開発」他 6

MA分離での回収率の設定



潜在的有害度を低減し、原料天然ウラン相当になる期間を数百年に短縮する(目標)。

HLWに含まれるMAの99%核変換が必要。

分離1回、乾式再処理5回でのMAロスを0.6%とすると、核変換率は99.4%。

廃棄物に含まれるMAを分離工程で99.9%回収する。

ADSで一回照射辺り20%程度のMAを核変換する。
=核変換するまでに5回程度の照射を行う。

ADS使用済燃料に含まれるMAを乾式再処理で99.9%回収する。

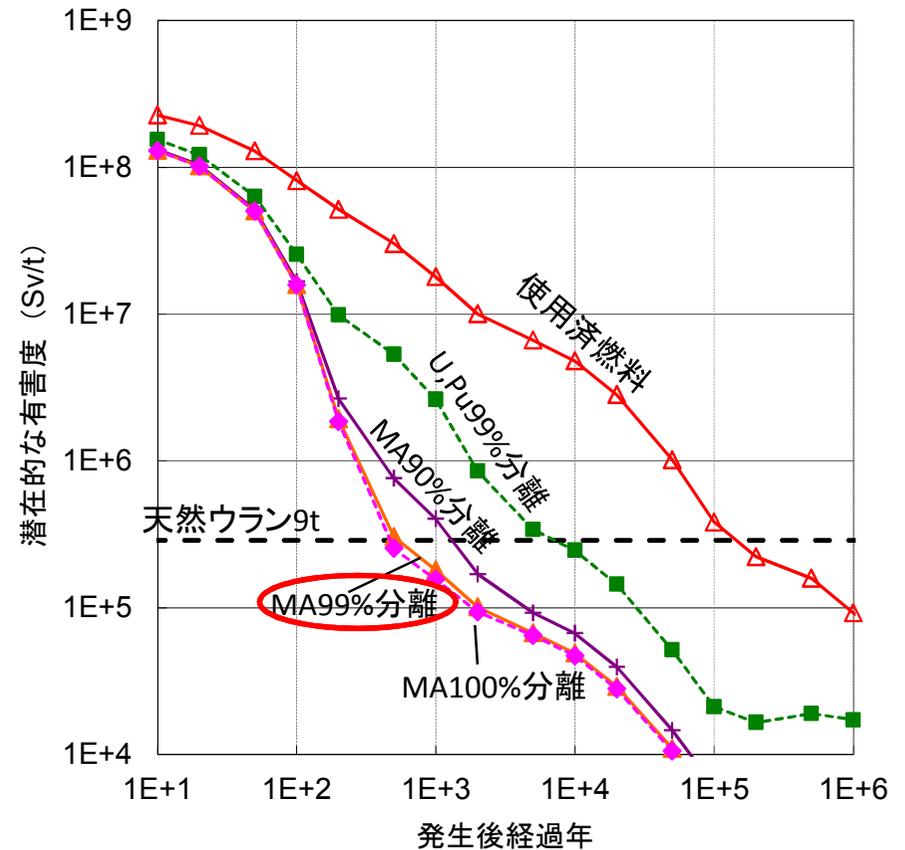
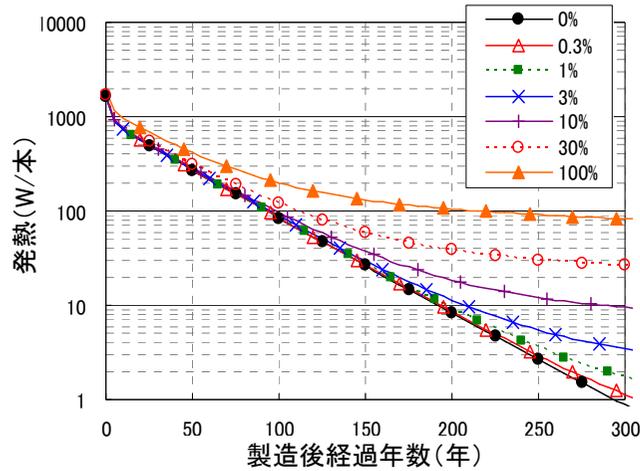


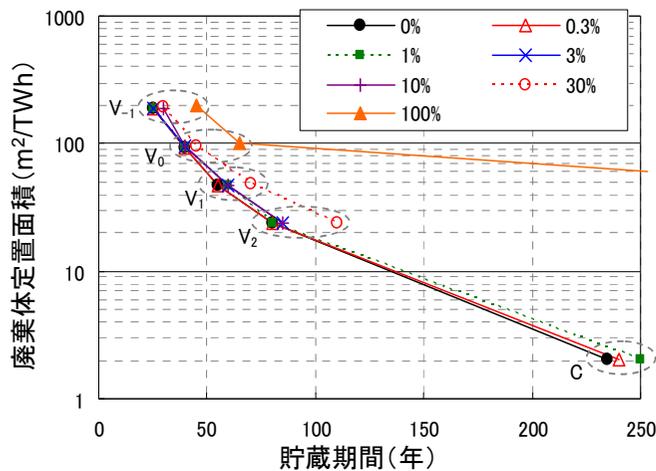
図 MA分離の回収率と有害度低減の関係

3. 分離工程における元素移行率の影響

— ガラス固化体へのMAの移行率 —



MA移行率と発熱推移
FBR(MA)ケース

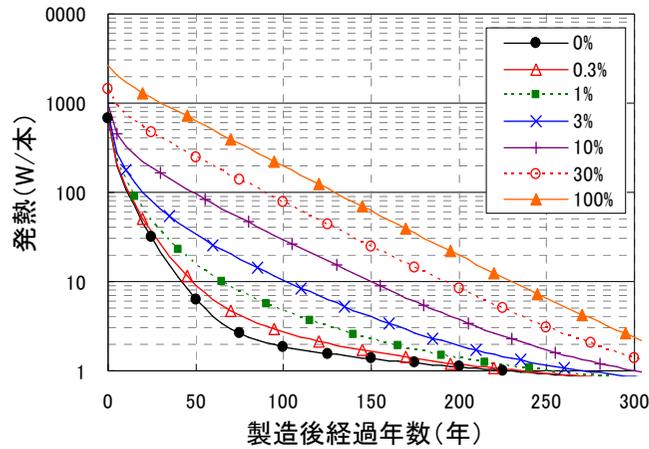


貯蔵期間と処分場規模の関係
FBR(MA)ケース

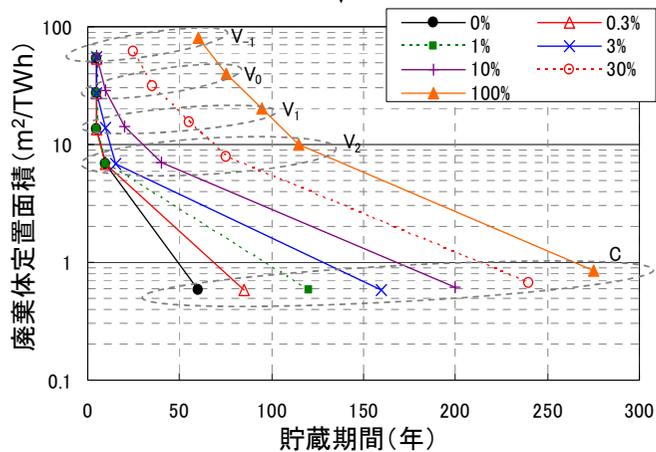
ケース	定置方法	MA移行率	影響
FBR(MA) ガラス固 化体	HV ₋₁ ~ HV ₂	≤ 10%	影響なし
		30%	貯蔵期間5~30年延長
		100%	影響大。(FBR(Np)ケースと同じ)
	HC	≤ 1%	影響なし
≥ 3%		集積定置不可	
FBR(MA) +P 高含有ガ ラス固 化体	HV ₋₁ ~ HV ₂	≤ 10%	影響なし
		≥ 30%	影響大(HV ₂ 370年貯蔵)
		100%	35%の含有率は非効率(HV ₋₁ 370年貯蔵)
	HC	≤ 0.3%	影響小(貯蔵期間延長)
≥ 1%		集積定置不可	

処分場の規模に着目した場合、HV₋₁~HV₂定置に対してはMA移行率10%以下、集積定置に対してはMA移行率0.3~1%以下が目標となる。

3. 分離工程における元素移行率の影響 — ガラス固化体へのSr-Csの移行率 —



Sr-Cs移行率と発熱推移
FBR(MA)+Pケース



貯蔵期間と処分場規模の関係
FBR(MA)+Pケース

ケース	定置方法	Sr-Cs移行率	影響
FBR(Np)+P ガラス固化体	HV ₋₁ ~ HV ₂	≤30%	影響なし
		100%	貯蔵期間10~20年延長
FBR(MA)+ P 高含有ガラ ス固化体	HV ₋₁ ~ HV ₂	≤1%	影響なし
		3~10%	貯蔵期間5~35年延長
	30~100%	貯蔵期間20~110年延長	
	HC	≤0.3%	影響小(貯蔵期間25年延長)
		1~10%	貯蔵期間60~140年延長
30~100%		貯蔵期間180~215年延長	

HV₋₁~HV₂定置に対してはSr-Cs移行率**1%**以下、
集積定置に対してはSr-Cs移行率**0.3%**以下が目
標となる。

ただし、貯蔵期間延長による対応が可能。