

委員からいただいた主なコメント等への回答

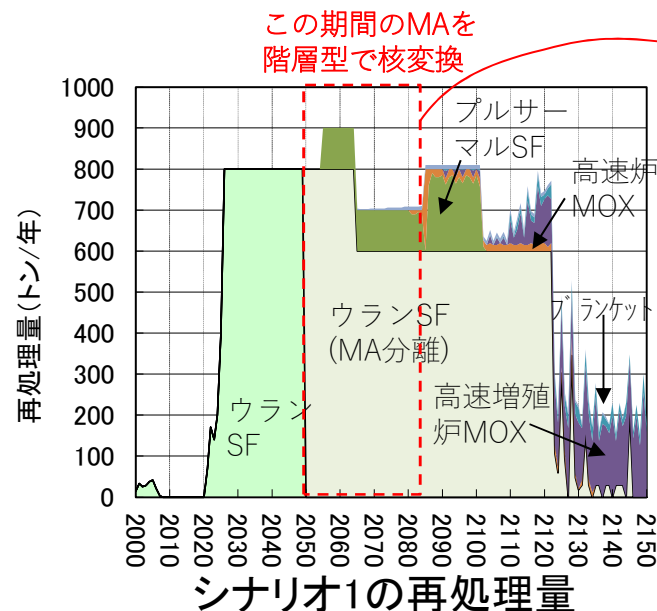


令和3年10月5日

国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構

分離変換導入効果：MA回収率、Sr-Cs貯蔵期間の影響

- MA分離における**MA回収率**と**Sr-Cs貯蔵期間**をパラメータとして、分離変換技術導入時の高レベル放射性廃棄物地層処分場の面積低減効果を検討。
 - ✓ **MA回収率**：回収率によって工程の規模や二次廃棄物量等も異なるが、ここでは単に回収率の違いのみを考慮（技術の達成度だけでなく、これらのパラメータも考慮して最終目標を決定する必要がある）。
 - ✓ **Sr-Cs貯蔵期間**：貯蔵期間により処分場内での廃棄体配置の変更を考慮（実際には、社会的受容性等を考慮した貯蔵期間の検討が必要）。



UO₂SF： 24,000トン
 プルサーマルSF： 3,000トン

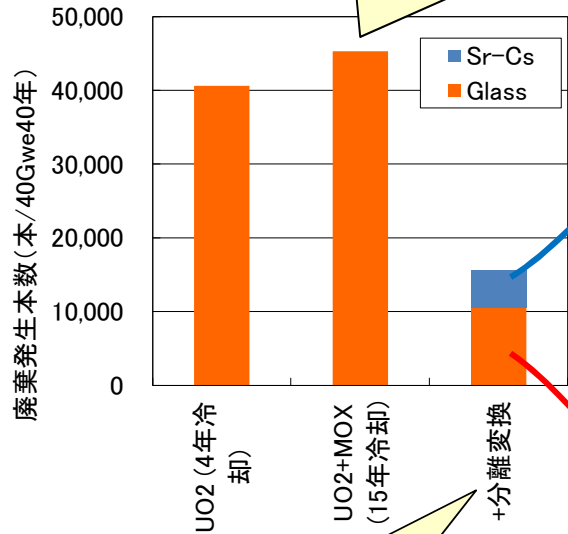
- ✓ UO₂とプルサーマルの混合再処理を想定する。
- ✓ 高燃焼度（60GWd/tHM）であることを勘案すると、六ヶ所再処理工場（～45GWd/tHM）の処理量32,000トンに匹敵。

- 軽水炉使用済み燃料に分離変換を導入した場合の、**MA回収率とSrCs貯蔵期間の影響**を検討。
- プルサーマル使用済み燃料を10%**混合再処理**することを仮定。
- PWR45GWd/tHM、15年冷却、処理量32,000トンを仮定。

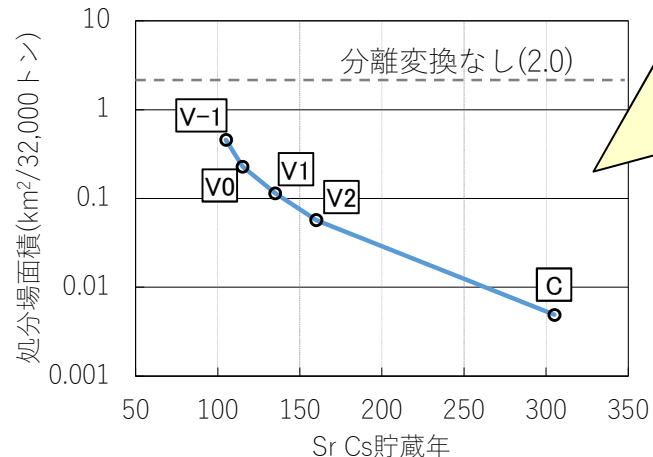
分離変換導入効果：MA回収率、Sr-Cs貯蔵期間の影響



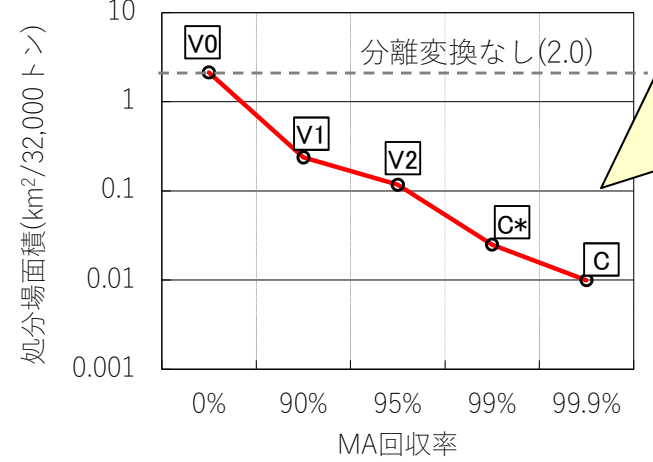
分離変換なしでは、4.5万本のガラス固化体が発生。混合再処理の効果で、ウランのみの場合と比べても大きく増加しない。



ガラス固化体高含有化により、6割減

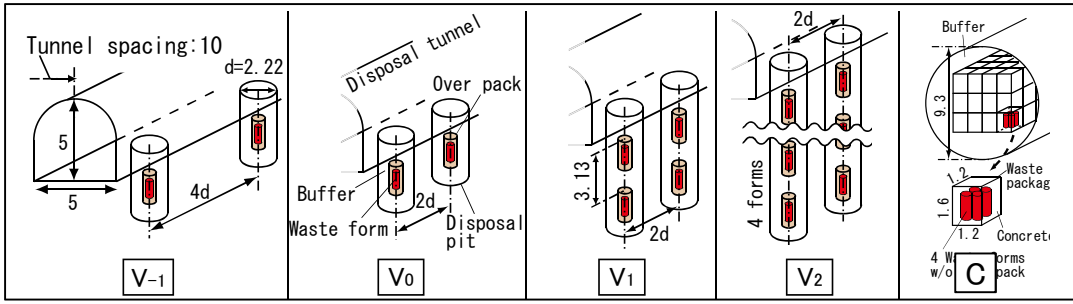


- ✓ 100年以上の貯蔵が必要
- ✓ 期間延長の効果が顕著 (15~30年で面積半分)
- ✓ 将来の状況に応じて柔軟に定置方法を変えられる。(例えば、原子力発電を終了するまで貯蔵して、その後まとめて処分)



- ✓ MA回収率が上がるにつれ、稠密な定置方法が採用できる。
- ✓ 貯蔵期間は全て50年以下。Am241が支配的であるため、冷却は殆ど効果がない。
- ✓ 回収コストと処分規模で最適な回収率が存在すると考えられる。

廃棄体定置方法 (硬岩深度1000m)



C*は、Cの定置概念から1/2.5に廃棄体稠密度を減らしたもの。Cの温度解析から概算した。

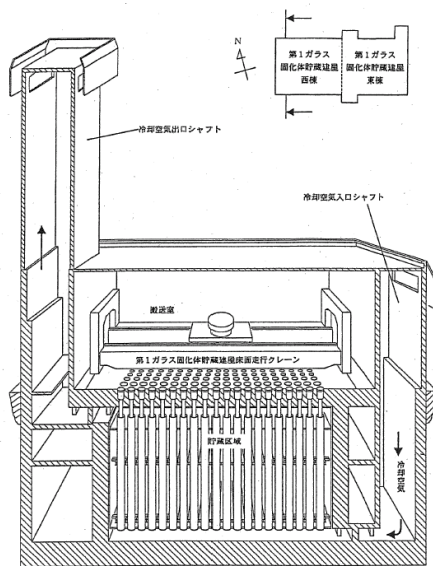
Sr-Csの長期貯蔵施設の検討

長期貯蔵施設の概念検討

- 日本でのガラス固化体乾式貯蔵と同様の概念が適用できることを、簡易な温度評価で確認(DOI: 10.1080/18811248.2010.9720977)。

(参考)米国ハンフォードサイトの例

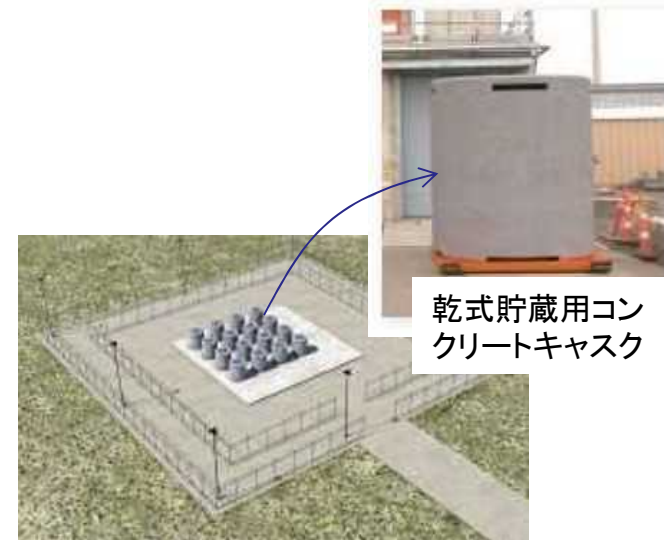
- 1970年代から高レベル放射性廃液からSrとCsを分離し、カプセル状容器に封入し、貯蔵プールで貯蔵してきた。
- 貯蔵プールの当初の想定耐用年数(30年)を過ぎているため、現在、乾式貯蔵に移行する準備を進めている。



ガラス固化体貯蔵建屋
(日本原燃、H17)



Cs、Srカプセル貯蔵プール



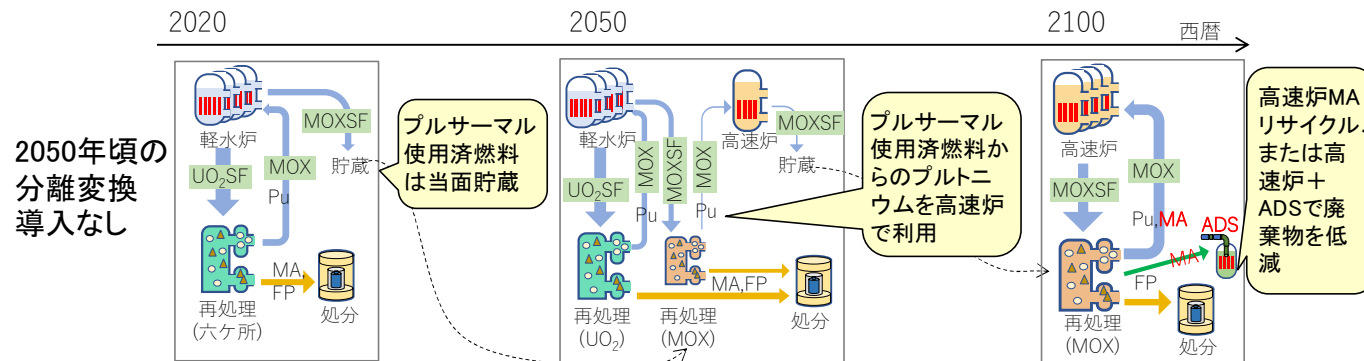
乾式貯蔵施設イメージ

米国ハンフォードサイトにおけるSr-Cs貯蔵

<https://www.hanford.gov/page.cfm/WESF>

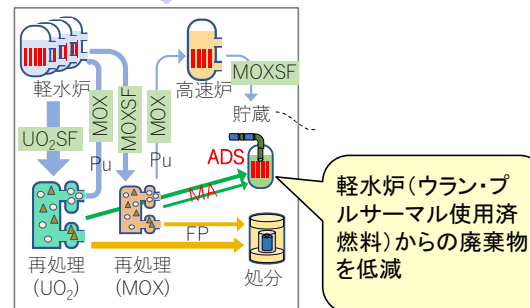
シナリオ検討補足: ADSを中心とした階層型概念の意義

- 本タスクフォース会合第2回では、ケーススタディとして、今世紀末に高速炉を本格導入するまでの期間に発生する軽水炉使用済燃料を分離変換するために、ADSを中心とした階層型分離変換システムを導入するシナリオを提示。
- ADSは核変換に特化したシステムであり、小規模に核変換を実施するための階層型分離変換システムを考慮。
 - 軽水炉の長期利用が想定される場合にも対応できる可能性。特に、プルサーマル使用済燃料に対する分離変換の導入効果は大きい。



- 今世紀後半にプルサーマルSFから発生するプルトニウムを少数基の高速炉の燃料とする。
- 高速炉使用済み燃料は高速増殖炉本格導入期まで貯蔵する。
- 今世紀後半に軽水炉ウランSF・プルサーマルSFから発生するMAをADSで核変換する。

階層型分離変換導入



シナリオ検討補足：ADSを中心とした階層型概念の意義

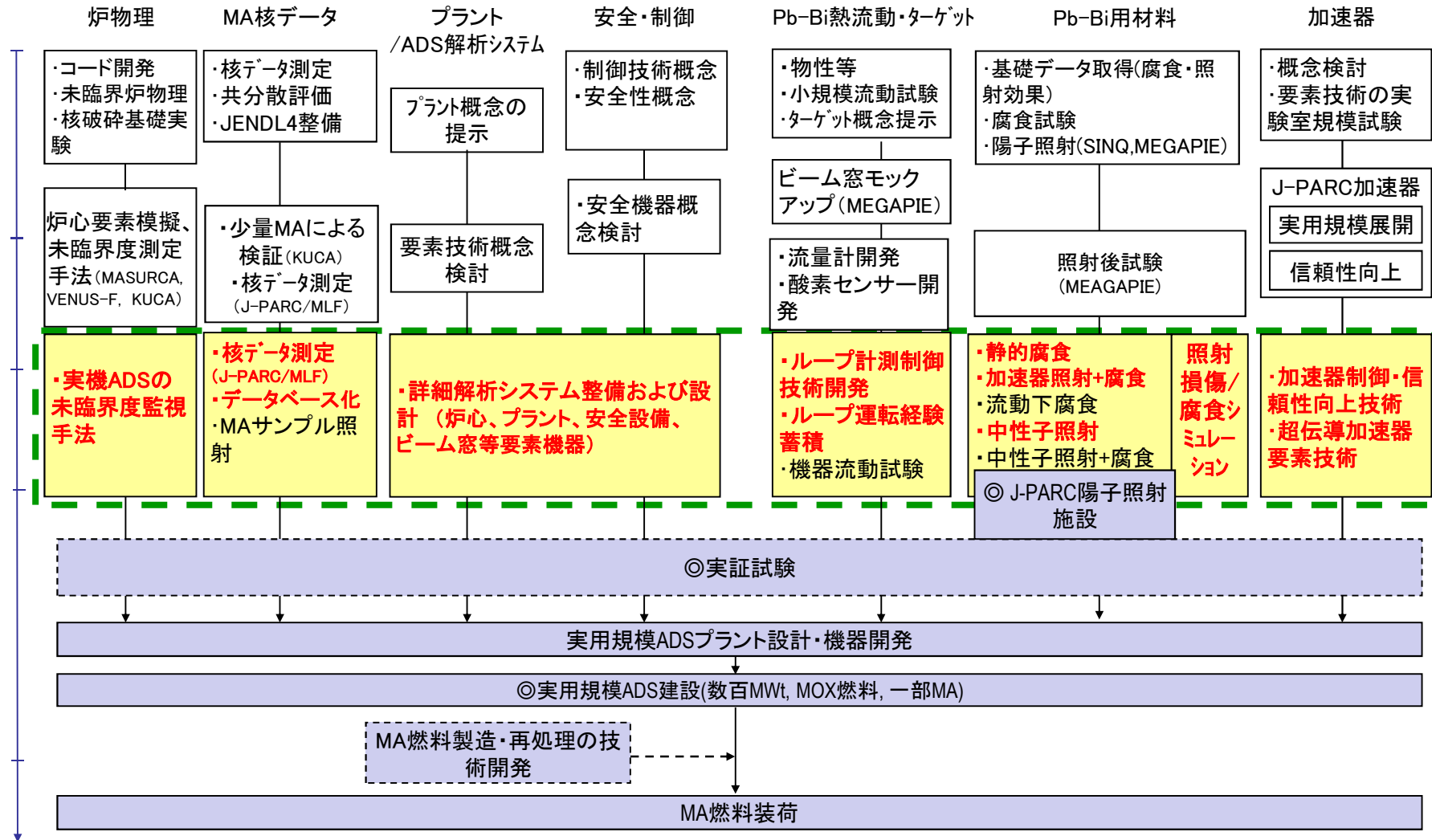
□ これまでに検討されてきた核変換システム概念の整理

- ADSは、核変換に特化した階層型システムを想定しており、**小規模なシステムで効率良くMAの核変換を実施できる可能性がある。**
- 高速炉の概念検討は、発電と核変換の両立を目的。

核変換システム	発電用高速炉利用型		ADS階層型
	均質型	非均質型	
燃料中のMA濃度と装荷形態	低濃度(5%以下) MA含有燃料を炉心全体に装荷	やや高濃度(20~30%) 炉心又はブランケットの一部にMAターゲット燃料を装荷	高濃度(50~80%) Uフリー燃料を炉心全体に装荷
移行期における典型的な概念の核変換能力 MA核変換量 [kg/GWt/年]	50 (酸化物、MA5%) 60 (金属、MA5%)	~30 (炉心平均MA4%)	~310
新燃料の発熱量 (移行期/平衡期) [W/kgHM]	15 / 9	54 / 155 (ターゲット)	300 / 385
新燃料の中性子放出量 (移行期/平衡期) [10 ⁶ n/s/kgHM]	32 / 26	140/560 (ターゲット)	660 / 1,010

「分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方」から抜粋(2009年4月28日) 原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会

ADS研究開発:ロードマップ(見直し)



注: 表記の都合により、時間軸は必ずしも開発期間を表さない。

→ 技術の流れ

□ ほぼ終了している部分

■ 現在実施中(赤字)、及び今後の中心部分(黒字)

□ PSi計画

■ 将来計画。施設の新設が必要な部分を◎で示した。

今後のADS研究開発：研究開発の考え方

目標：加速器駆動システム(ADS)を用いた階層型分離変換システムの実現性、実用性等の判断に向けて、システムを構成する各要素に対する技術開発・技術基盤の確立

【ADS】 (今後の研究開発の進め方：資料2-2より再掲)

- 多様な状況に柔軟に対応するために、分離変換導入シナリオ検討と連携し、最適な核変換システムの検討を継続する。
- 多くのリソースが必要な施設建設に代わって、合理的かつ効率的に研究開発を進めるために、既存の施設を有効活用しながら、計算科学などの最新の技術・知見を活用した研究開発計画(PSi計画)を実施する。
- PSi計画で得られた成果等を活用し、次期中長期計画期間中に、実現性、柔軟性、経済性の観点や規制基準を考慮した成立性の高いシステム概念を必要な技術的根拠とともに提案する。
- 海外研究機関との研究協力(特にMYRRHA計画によるADS実験炉の建設を目指すベルギーSCK-CEN)を積極的に進めながら、合理的な研究開発計画を再検討する。
- J-PARCの実験施設については、PSi計画の成果や多目的の応用を考慮して、陽子加速器が利用可能な利点を最大限活用する施設仕様を再検討する。



実用化を目指した研究開発の実施判断に資する技術基盤の確立

今後の研究開発：具体的な研究開発項目(ADS)

ADSの開発に当たっては、PSi計画(Proton accelerator-driven Subcritical virtual system)の元、計算科学アプローチを導入し、下記に示したADS設計、材料燃料開発等の効率化を図る。

【ADS概念検討】

- ビーム窓等のADS機器について解析の詳細化・高度化(核・熱・構造を連成させた詳細解析やビーム窓材料の照射損傷モデルの構築等)を進める。
- 外的事象やシビアアクシデント等への対策を含めて安全性検討を強化する。

【炉物理、核データ】

- 運転時の未臨界度監視設備の概念設計を行うとともに、ADS核設計の信頼性向上を目的とした核データ検証実験のデータベース化および核データ測定を進める。

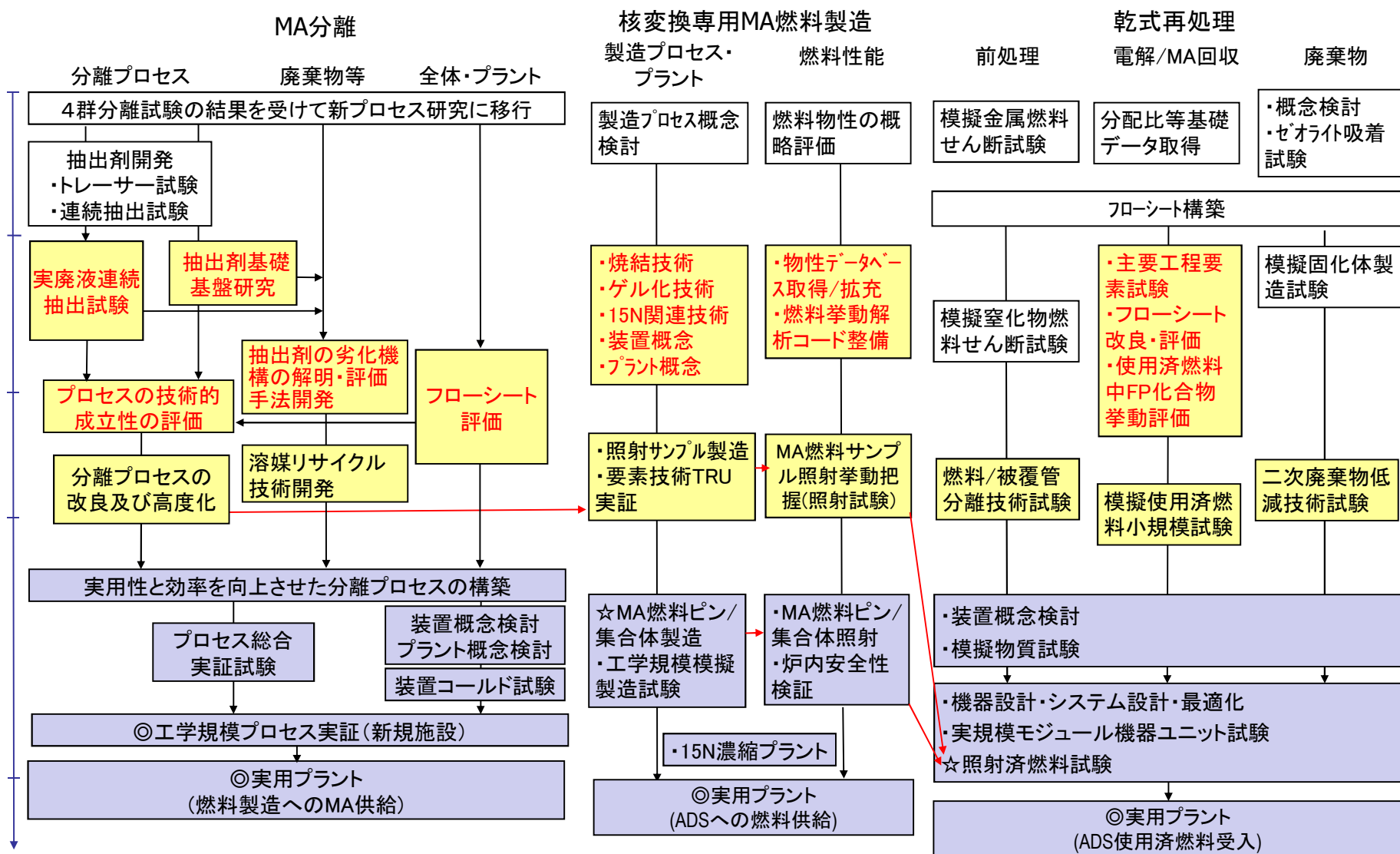
【鉛ビスマス熱流動、材料】

- 既存の鉛ビスマスループを用いて計測制御技術開発を進め運転経験を蓄積する。
- 国内外の既存施設を活用して、ビーム窓候補材の照射試験を実施し、照射損傷解析モデル構築に寄与する。

【加速器】

- 国内外機関と連携し、ADS用超伝導加速器開発を継続するとともに、ビームトリップ低減策の検討を進める。

群分離とMA燃料サイクル研究開発：ロードマップ(見直し)

注: 表記の都合により、時間軸は必ずしも開発期間を表さない。

→ 技術の流れ
→ MAの流れ

□ ほぼ終了している部分
□ 現在実施中(赤字)、及び今後の中心部分(黒字)

更に将来の部分。MA取り扱い設備・施設の新設が必要な部分を☆(～10gMA)及び◎(kgMA～tMA)で示した。

今後の研究開発：具体的な研究開発項目

【MA分離】

- JAEAの現有施設(CPF、BECKY)では、これ以上の規模を拡大した試験は困難であり、今後は、現有施設を有効活用して、工学規模実証の実施判断に向けた機器開発等の課題抽出やプロセス改良等の研究開発を一体的に実施する。

CPF：工学化に向けた課題抽出等の応用研究

BECKY：抽出プロセスの改良等の基礎基盤研究

- また、MA分離の研究開発は、再処理研究の一環として研究開発を実施し、大学・民間企業等との連携・協力を積極的に推進する。

【ADS用窒化物燃料】

- 燃料製造技術については、実燃料で必要となるゲル化法のTRU実証試験を目指すとともに、燃料ふるまい解析の精度向上のため照射試験を目指して、照射試験用燃料の作製に着手する。
- 乾式処理技術については、使用済不活性母材含有MA窒化物燃料を模擬した試料を用いて、原理実証段階の研究開発を進める。

参考資料

高速炉開発:「戦略ロードマップ」

「**戦略ロードマップ**」:原子力関係閣僚会議(2018年12月21日)にて**決定**

- **高速炉の意義**:資源の有効利用、高レベル廃棄物の減容化、潜在的有害度低減 → 時代背景等による重心、優先度が変化
 - 廃棄物に対する課題は継続的なものであり、**高レベル廃棄物の減容化・有害度低減に対する寄与の観点も重要**
- **高速炉の本格利用が期待される時期**:**21世紀後半**のいずれかのタイミングとなる可能性
 - 21世紀半ば頃の適切なタイミングにおいて現実的なスケールの高速炉の運転開始の期待
- **研究開発の進め方**
 - ✓ **ステップ1:競争の促進** 当面5年間(2019年~2024年)
 - 民間によるイノベーションの活用による多様な技術間競争を促進
 - ✓ **ステップ2:絞り込み・重点化**
 - 技術的成熟度、経済性や社会環境への適応性等を踏まえて、採用の可能性がある技術の絞り込みを実施
 - ✓ **ステップ3:今後の開発課題及び工程についての検討**
 - 社会環境の変化の考慮、関係者の理解の共通化等の前提条件の下、現実的なスケールの高速炉の運転開始に向けた工程を検討

多様な核燃料サイクルにおけるMA核変換の意義

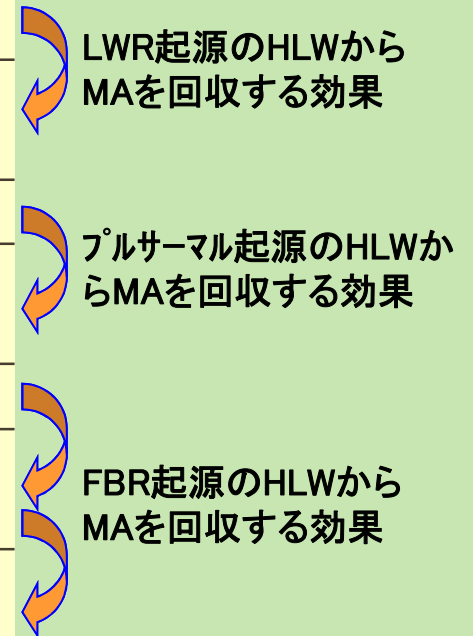


－ 対象とした核燃料サイクル －

原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会(第1回資料1-3-2号より)

- 軽水炉(UO₂燃料、MOX燃料)及び高速炉からの使用済燃料を再処理した際に生じる高レベル放射性廃棄物(HLW)からマイナーアクチノイド(MA)を回収することの処分への影響を評価

ケース	原子炉	燃料	再処理回収元素	略称
ケース1	LWR	ウラン燃料	なし (直接処分)	LWR (直接処分)
ケース2	LWR	ウラン燃料	U+Pu	LWR
ケース3	LWR	ウラン燃料	U+Pu+MA	LWR (MAリサイクル)
ケース4	LWR	MOX燃料(プルサーマル燃料)	U+Pu	プルサーマル
ケース5	LWR	MOX燃料(同上)	U+Pu+MA	プルサーマル (MAリサイクル)
ケース6	FBR	MOX燃料	U+Pu	FBR
ケース7	FBR	Np含有MOX燃料	U+Np+Pu	FBR (Npリサイクル)
ケース8	FBR	MA含有MOX燃料	U+Pu+MA	FBR (MAリサイクル)

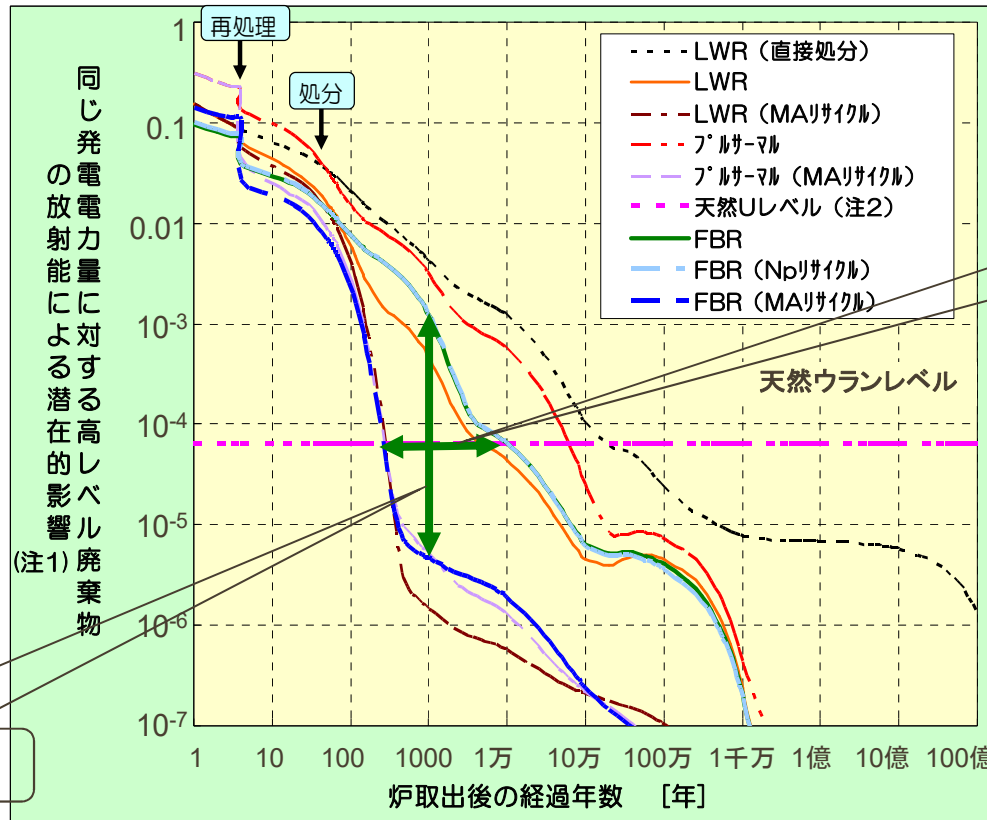


燃焼度: LWR 4.9万MWd/t、FBR 11.5万MWd/t
 再処理前の貯蔵期間: 4年、ガラス固化体の貯蔵期間: 50年

多様な核燃料サイクルにおけるMA核変換の意義

— 潜在的な有害度 —

原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会(第1回資料1-3-2号より)



天然ウランレベルまでの減衰に要する期間を1万年から数百年に短縮

潜在的有害度を約2桁低減

(注1) 高レベル放射性廃棄物と人間との間の障壁は考慮されておらず、高レベル放射性廃棄物の実際の危険性ではなく、潜在的な有害度(経口摂取による年摂取限度で規格化)を示している。使用済燃料取り出し直後の潜在的影響を1とした相対値。

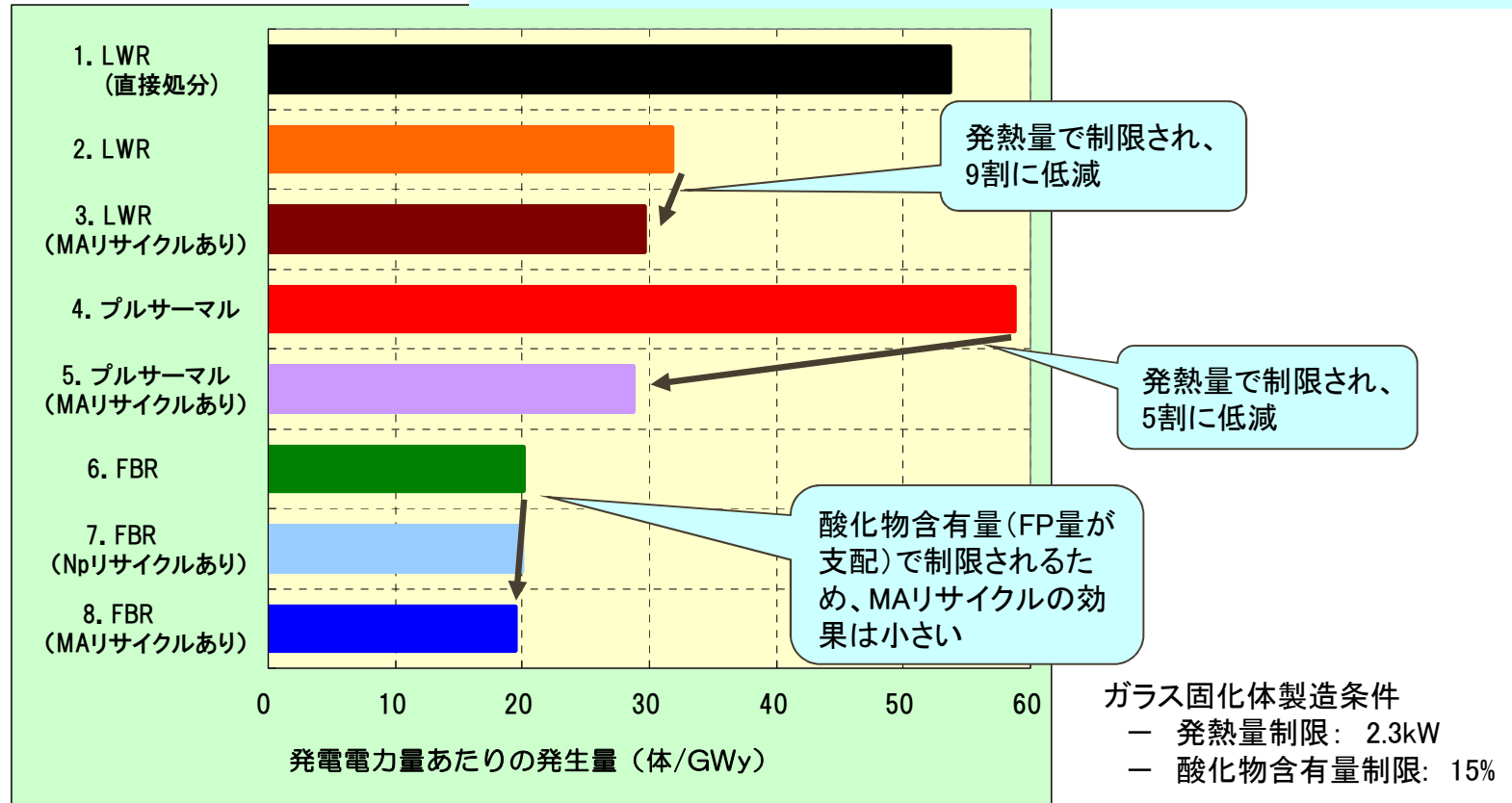
(注2) 天然ウランレベルの線は、LWR(直接処分)のケースで燃料の原料として必要な天然ウラン(190トン強)とその娘核種 による潜在的な有害度の経時変化における最大値を示している。

- MAリサイクルにより潜在的な有害度は1/10~1/1000に減少
- 特に100年以降はその効果が大きい
- Npのみをリサイクルしても潜在的な有害度の低減効果はほとんどない

多様な核燃料サイクルにおけるMA核変換の意義

－ 発電電力量あたりのHLW発生量 －

原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会(第1回資料1-3-2号より)



■ MAをリサイクルした場合、発電電力量あたりのガラス固化体発生量は以下の通り。

- LWR : 9割程度に低減
- プルサーマル : 5割程度に低減
- FBR : ほとんど変わらない

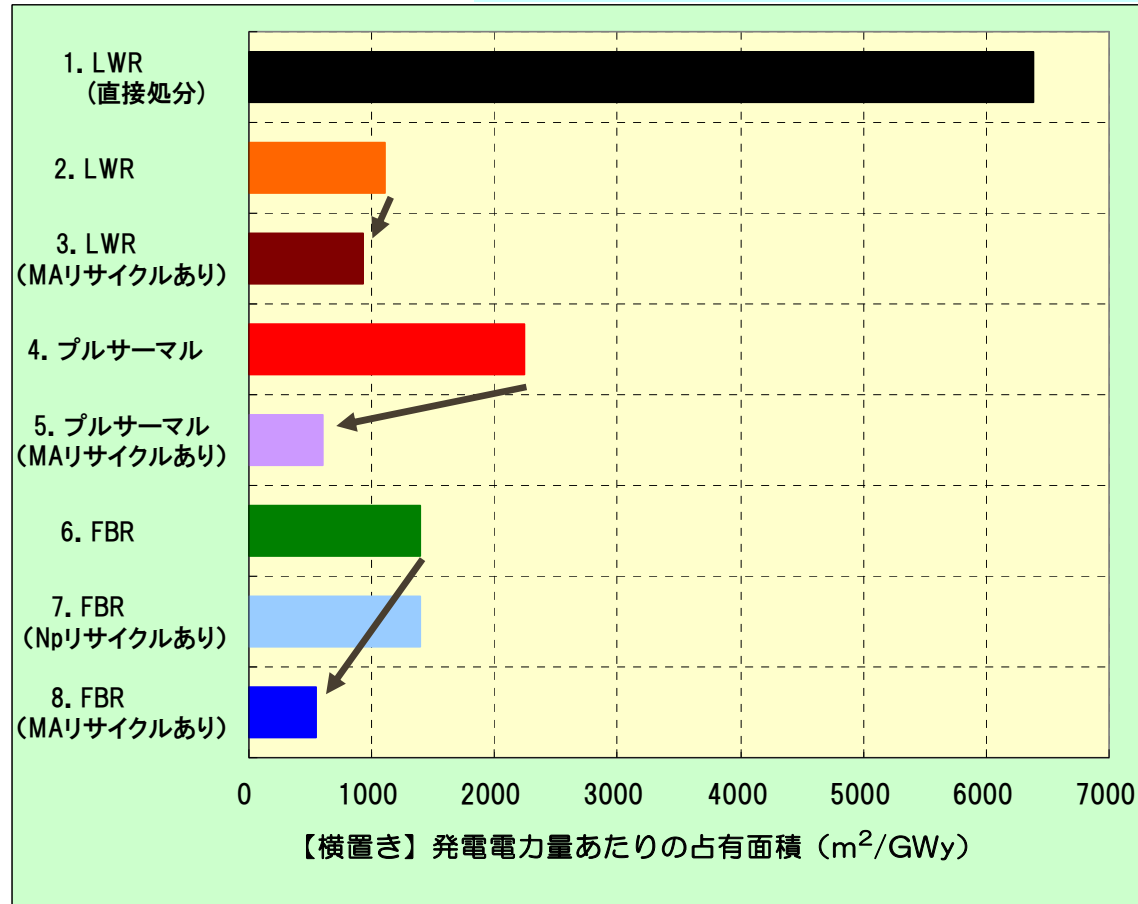
■ 発電電力量あたりのガラス固化体発生量は、熱効率向上と発熱性FPの発生量が少ないため、FBRの方がLWRよりも少なくなる。

注) LWR(直接処分)のケースについては燃料集合体の体数で表し、それ以外のケースについてはガラス固化体の体数で表している。

多様な核燃料サイクルにおけるMA核変換の意義

－ 処分場の廃棄体定置面積(発電電力量あたり:硬岩・横置き) －

原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会(第1回資料1-3-2号より)



ガラス固化体処分条件
－ 構造上の強度が十分強い
－ 緩衝材温度制限: 100°C

■ MAをリサイクルした場合、発電電力量あたりの処分場面積は以下の通り。

- LWR : 8割程度に低減(HLW発生量が約9割、HLW1体あたり占有面積が9割に低減)
- プルサーマル : 3割程度に低減(HLW発生量が約5割、HLW1体あたり占有面積が5割強に低減)
- FBR : 4割程度に低減(HLW発生量はほぼ同じ、HLW1体あたり占有面積が4割に低減)

核変換システムの整理

表1 MA 核変換サイクル概念の整理

システム呼称	発電用高速炉 (MA 均質サイクル)	発電用高速炉 (MA 非均質サイクル)	階層型
炉 型	発電用高速増殖炉		ADS
燃料中の重金属に占める MA 濃度と装荷形態	・低濃度(5%以下)の MA 含有燃料(酸化物又は金属)を炉心全体に装荷	・MOX 炉心の一部にやや高濃度(20~30%)の MA ターゲット燃料を装荷	・高濃度(50~80%)の MA 含有燃料を炉心全体に装荷
MA 燃料の再処理・再加工	発電炉用サイクル設備で一括処理	発電炉用サイクル設備の一部共用	発電炉用サイクルと独立の MA 専用サイクル設備
移行期における典型的な概念の核変換能力	50kgMA/GWt/年 (酸化物、MA 濃度 5%) 60kgMA/GWt/年 (金属、MA 濃度 5%)	~30kgMA/GWt/年 (炉心平均 MA 濃度 4%)	~310kgMA/GWt/年
平衡期の全体構成 (58GWe の中での各システムの割合)	MA 装荷高速炉:58GWe	MA 非装荷高速炉:43GWe MA 装荷高速炉:15GWe	MA 非装荷高速炉:58GWe ADS:約 2GWe
平衡期の発電用サイクルの再処理量	480tHM/年	480tHM/年	480tHM/年
発電用サイクルにおける新燃料発熱	移行期:15W/kgHM (酸化物、金属) 平衡期: 9W/kgHM(酸化物) 4W/kgHM(金属)	移行期:4W/kgHM 平衡期:3W/kgHM	移行期:4W/kgHM 平衡期:3W/kgHM
発電用サイクルにおける新燃料中性子放出量 (10^{16} n/s/kgHM)	移行期:32(酸化物、金属) 平衡期:26(酸化物) 7(金属)	移行期:0.3 平衡期:0.2	移行期:0.3 平衡期:0.2
平衡期に核変換サイクルが受け入れる MA 量	該当なし (発電炉で変換するため)	1.5tMA/年 (Am、Cm のみ)	1.5tMA/年 (Am、Cm のみ)
核変換サイクルの再処理量	該当なし	移行期:40tHM/年 平衡期:30tHM/年	移行期:16tHM/年 平衡期:12tHM/年
核変換サイクルにおける新燃料発熱	該当なし	移行期:54W/kgHM 平衡期:155W/kgHM	移行期:300W/kgHM 平衡期:385W/kgHM
核変換サイクルにおける新燃料中性子放出量 (10^{16} n/s/kgHM)	該当なし	移行期:140 平衡期:560	移行期:660 平衡期:1010
備 考	・MA 濃度は、移行期で最大 5%、平衡期は酸化物で 1%、金属で 0.5%	・Np は発電サイクルで変換	・Np は発電サイクルで変換 ・MA 専焼(臨界)炉は、安全性の余裕が厳しいため現在のところ検討対象外

※本表は各概念の典型的な設計パラメータを挙げており、設計の前提及び条件が異なっているため、性能の直接比較は示していない。

分離変換技術に関する研究開発の現状と今後の進め方P.12(2009年4月28日) 原子力委員会 研究開発専門部会 分離変換技術検討会

フランス:CEAの分離変換に関する報告書(2012年)



- コスト比較の前提条件(軽水炉から高速炉へ完全に移行した2120~2150年を想定)
 - ✓ 総発電量は、60GWe(1500MWeの高速炉40基)
 - ✓ ADS導入時:熱出力400MWthのADS18基
 - ✓ 高速炉でMA核変換を実施しない場合に対する相対値として評価
- ADSの場合は、高速炉に加えてADSが必要となるため約25%程度コスト高。
 - ✓ コストは導入基数に比例するため、コスト削減には出力上げる必要がある

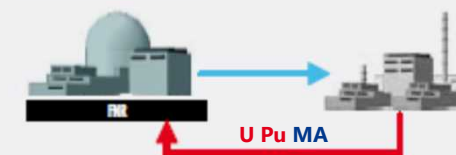
核変換システム	高速炉(均質)			高速炉(非均質)		ADS
MA割合	1%	2%	4%	10%	20%	55%
MA核変換量 (kg/TWhe)	0*	5*	14*	3-5 (-0.5*)	6~8 (2-4*)	95*

平準化コストの相対比較(発電容量60GWeの高速炉(UとPuマルチリサイクル、MA核変換無):100%)

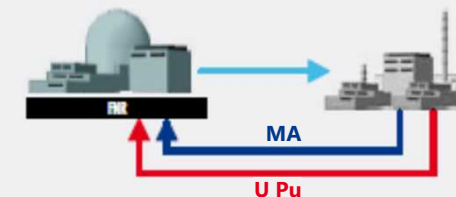
シナリオ	割引率 8%→3%			割引率 4%→2%		
	合計	原子炉	サイクル	合計	原子炉	サイクル
核変換無	100	94	6	100	91	9
非均質(MA)	106	96	10	107	92	14
非均質(Am)	104	95	9	105	92	13
均質(MA)	108	95	12	109	92	17
均質(Am)	106	95	10	106	92	13
ADS(MA)	126	116	10	124	110	14

MINOR ACTINIDE TRANSMUTATION ROUTES

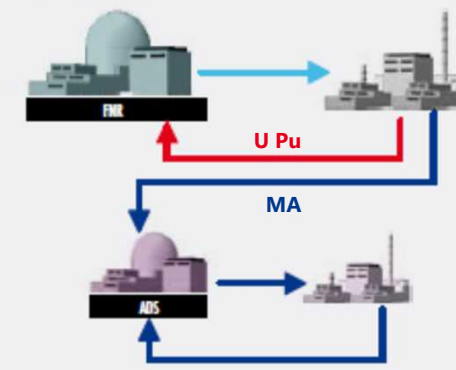
高速炉(均質モード)



高速炉(非均質モード)



ADS(階層型)



CEA, 02 Séparation – Transmutation des Éléments Radioactifs à vie Longue, 2012.

<http://www.cea.fr/multimedia/Documents/publications/rapports/rapport-gestion-durable-matieres-nucleaires/Tome%202.pdf>

CEA, Report on Sustainable Radioactive Waste Management, 2012.

<http://www.cea.fr/english/Documents/corporate-publications/report-sustainable-radioactive-waste-management.pdf>

ADSのTRL

H25. 10. 16 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会 群分離・核変換技術評価作業部会（第4回）資料1より

- 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）

ADSのTRL:核工学

H25.10.16 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会 群分離・核変換技術評価作業部会（第4回）資料1を改訂

	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]) 	<ul style="list-style-type: none"> ○MAサンプル照射試験
	<ul style="list-style-type: none"> ・未臨界度測定手法の実証 [TEF-Pの機能。鉛装荷高速体系、DT源で代替] 	<ul style="list-style-type: none"> ・臨界実験装置による部分装荷MA実験 [TEF-Pの機能。BFS:Np部分装荷の知見と設計裕度で対応]
	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADS炉心設計 ・実用規模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] ・実用規模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への実用規模ADS用MA燃料集合体照射
	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADSの建設、性能試験 	
	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADS運転 	

ADSのTRL:炉工学

H25.10.16 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会 群分離・核変換技術評価作業部会（第4回）資料1を改訂

	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	✓安全性概念の検討 ✓ADS運転制御概念提示	✓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	○実用規模ADSの機器概念設計	○過渡・事故事象解析および安全設備設計 ・加速器運転・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	・安全設備開発 ・加速器の運転・制御試験	○実用規模ADSの遮蔽検討
	・実験炉級ADS用モックアップ試験		・ADS安全設計の確立 ・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]			
	・実用規模ADSの建設、性能試験			
	・実用規模ADS運転			

ADSのTRL:ターゲット・加速器

H25.10.16 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会
原子力科学技術委員会 群分離・核変換技術評価作業部会（第4回）資料1を改訂

	核破碎ターゲット		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 (STIP-2) 	<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計測技術開発 ○高温ビーム窓モックアップ試験 	<ul style="list-style-type: none"> ✓LBE流動条件での陽子照射 [MEGAPIE] ○照射後試験(強度、腐食) 	<ul style="list-style-type: none"> ○要素技術の実用規模展開 [J-PARC(常伝導)] ○超伝導加速器要素開発
	<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の機能] 	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADS条件でのビーム窓材料の陽子照射 [TEF-Tの機能] 	<ul style="list-style-type: none"> ○実証試験 [J-PARC加速器運転] ○信頼性向上方策等検討 ・超伝導加速器要素の実証試験
	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADS用ターゲット試験 [TEF-Tの機能] 	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADSの設計データの取得 [TEF-Tの機能] 	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模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"> ・実用規模ADSの建設、性能試験 		
	<ul style="list-style-type: none"> ・実用規模ADS運転 		

MA分離研究に使用可能な施設

BECKYとCPFでは取り扱える使用済燃料の量、コンタミネーションの状況及び分析設備の設置状況が異なっており、BECKYでは少量かつ精緻な研究、CPFでは商用技術を模擬する試験と役割を分担して対応することで、効率的に様々な試験ニーズに対応できる。

	CPF (核燃料物質使用施設、日米協定上の再処理施設)	BECKY (核燃料物質使用施設)
試験規模	セル: 1.48×10^{15} Bq GB: 200g(Pu+ ²³³ U+ ²³⁵ U)	セル: 2.99×10^{14} Bq GB: 1.6mg~200gPu
設備数	【セル】 コンクリートαセル: 4基 コンクリートβγセル: 7基 鉄セル: 2基	【セル】 コンクリートαセル: 2基 コンクリートβγセル: 1基 鉄セル: 3基
	【GB】 空気雰囲気: 24基 Ar雰囲気: 1基	【GB】 空気雰囲気: 47基 Ar雰囲気: 1基
	【フード】 14基	【フード】 24基
分析機器	【セル】 ICP元素分析装置、 X線回折装置、他	
	【GB】 表面電離型質量分析装置、 ICP元素分析装置、他	【GB】 表面電離型質量分析装置、 ICP元素分析装置、他
	【その他】 放射能分析装置、 ガスクロマトグラフ、他	【その他】 放射能分析装置、 ICP質量分析装置、他
対象燃料	軽水炉使用済燃料 高速炉使用済燃料	軽水炉使用済燃料