

加速器駆動核変換システムによる 分離変換技術の開発ロードマップ

平成25年10月23日

日本原子力研究開発機構

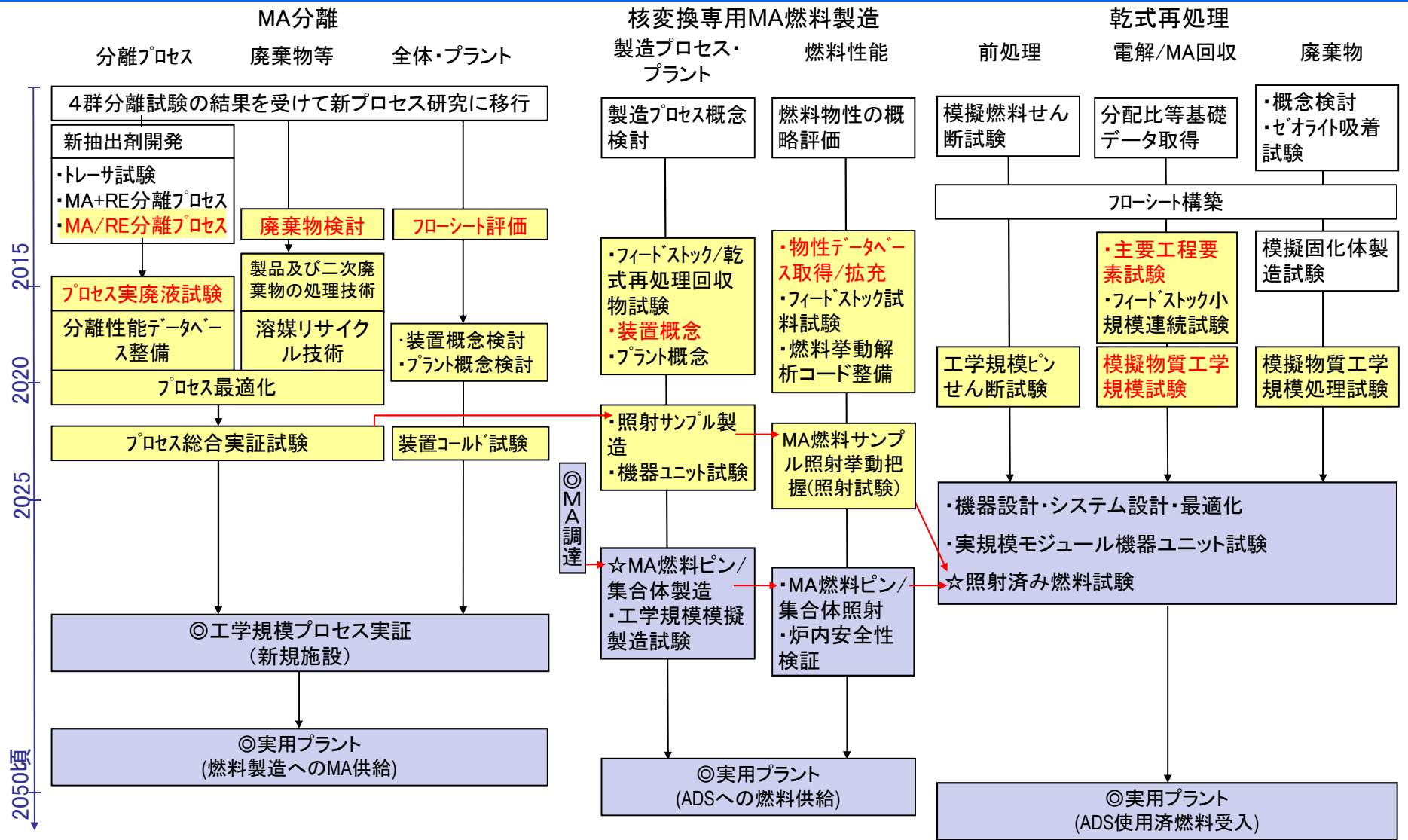
開発の現状と当面の技術課題：サイクル

- MA分離
 - MAの希土類元素からの分離プロセス確立が最優先事項
 - プロセス実廃液試験による適用性評価に向けた検討を実施中
 - 発生廃棄物量に関する検討等を実施中
 - 分離性能・溶媒のリサイクルに関する技術検討を実施し、フローシート評価の結果を踏まえて、プロセスの最適化と総合実証試験を目指す
- MA燃料製造
 - 燃料物性に関するデータベース整備、燃料製造装置概念検討等を実施中
 - 分離プロセス総合実証試験で得られるMAを用いた照射サンプルの製造と照射、燃料挙動を解析するコードの開発が今後の課題
- 乾式再処理
 - 電解・MA回収に関する工程の要素試験及び模擬物質を用いた工学規模試験等を実施中
 - 再処理システムの設計・最適化及び実規模モジュール試験、照射済み試料を用いた試験が今後の課題

開発の現状と当面の技術課題: ADS

- MA装荷炉心の物理
 - 未臨界度測定技術開発、MA核データの整備・検証等を実施中
 - 陽子ビームとMA装荷高速炉模擬炉心を結合した炉物理実験が必要
- 核破砕ターゲット・液体重金属利用技術
 - 液体金属対応の各種計測技術開発、MEGAPIE照射後試験等を実施中
 - 実用ADSの運転条件を模擬した環境下での、要素技術開発及び陽子ビームを用いた照射試験が必要
- ADSプラント概念及び安全・制御技術
 - プラント要素概念の検討及び安全機器概念の検討・検証を実施中
 - 実用規模に外挿可能な機器開発ならびに高出力運転による実証が課題
- ADS用加速器
 - J-PARC加速器の運転による信頼性検証と向上策の検討を実施中
 - 実用ADSに向けた超伝導加速器開発及び安定したビーム制御が今後の課題

今後の研究開発計画: 分離・燃料サイクル



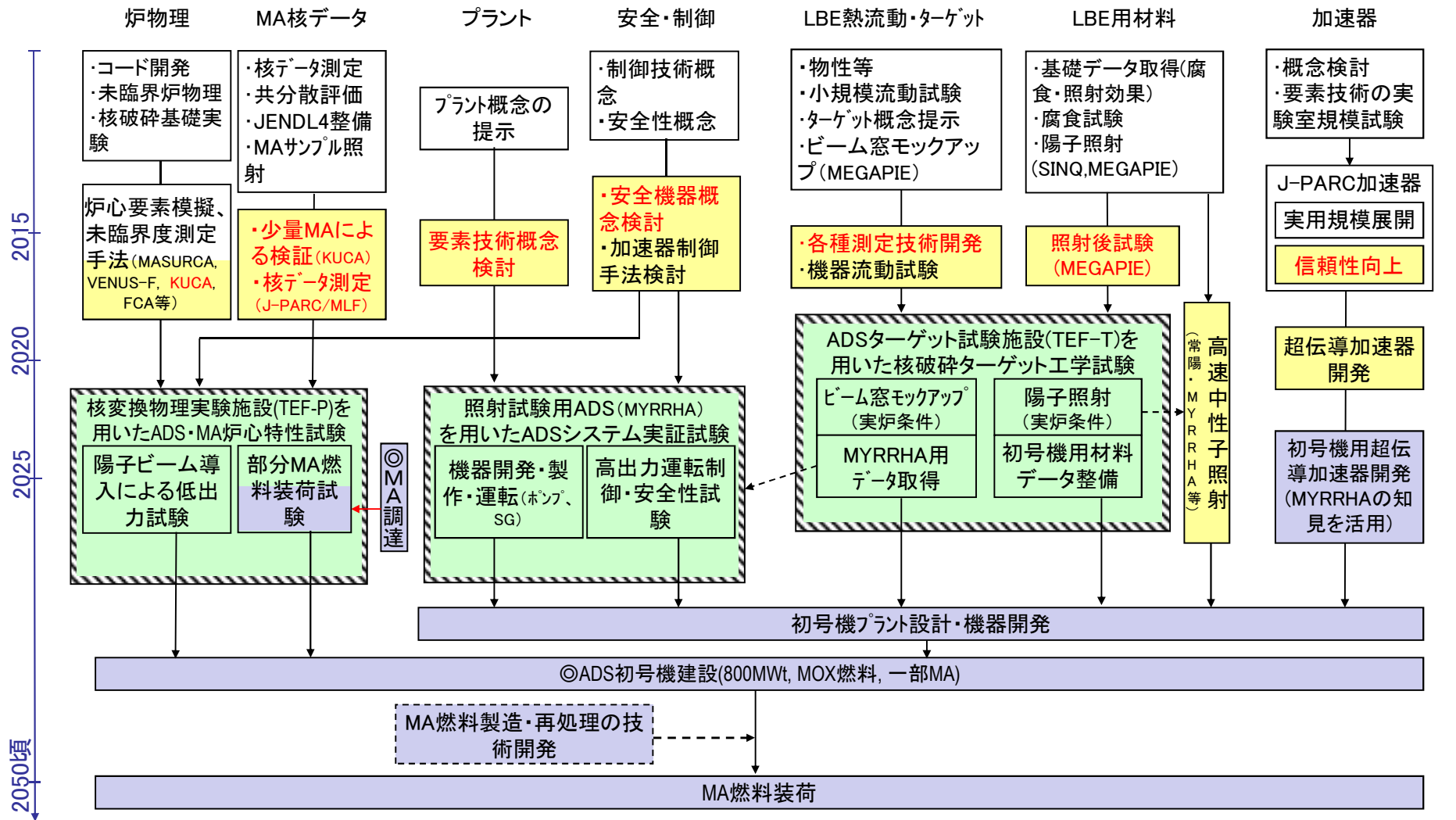
注: 表記の都合により、時間軸は必ずしも開発期間を表さない。

→ 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。

今後の研究開発計画: ADS



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)

▨ 評価を踏まえて進めていく部分
□ 更に将来の部分。施設の新設
が必要な部分を◎で示した。

參考資料

施設整備計画と建設経費の見込み

西暦年度	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	建設経費 の見込み (億円)
平成年度	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
ビームライン TEF-T	設計・開発												82
			建設・装置製作	運転									
TEF-P	設計・開発												129
			許認可	建設・装置製作				運転					
MYRRHA	設計・開発												125
			契約	装置製作/組立				建設			運転		

- 2015年よりビームライン及びTEF-Tの建設に着手とした場合
 - 2017年よりTEF-Tの運転開始(当初1/4出力)
 - 2015年よりTEF-Pの設置許可手続きに着手し、2017年にTEF-P建設に移行
- 欧州でMYRRHAの建設が並行
 - 日本から総予算(960M€、約1,250億円)の10%の拠出を想定
 - 2018年以降の材料照射(照射後試験は2021年頃)により、MYRRHAの設計に照射データを反映

※ 建設予算に含まない主な費用として、新規基準への対応、MA燃料製造、既設LINAC改造及び研究開発費、運転維持費がある

(4) 分離変換技術の技術レベル

分離変換技術の成熟度評価 (TRL: Technology Readiness Levels)



✎ TRLの評価を通して、それぞれの技術分野において、TRL 5に難しい要求があることを認識

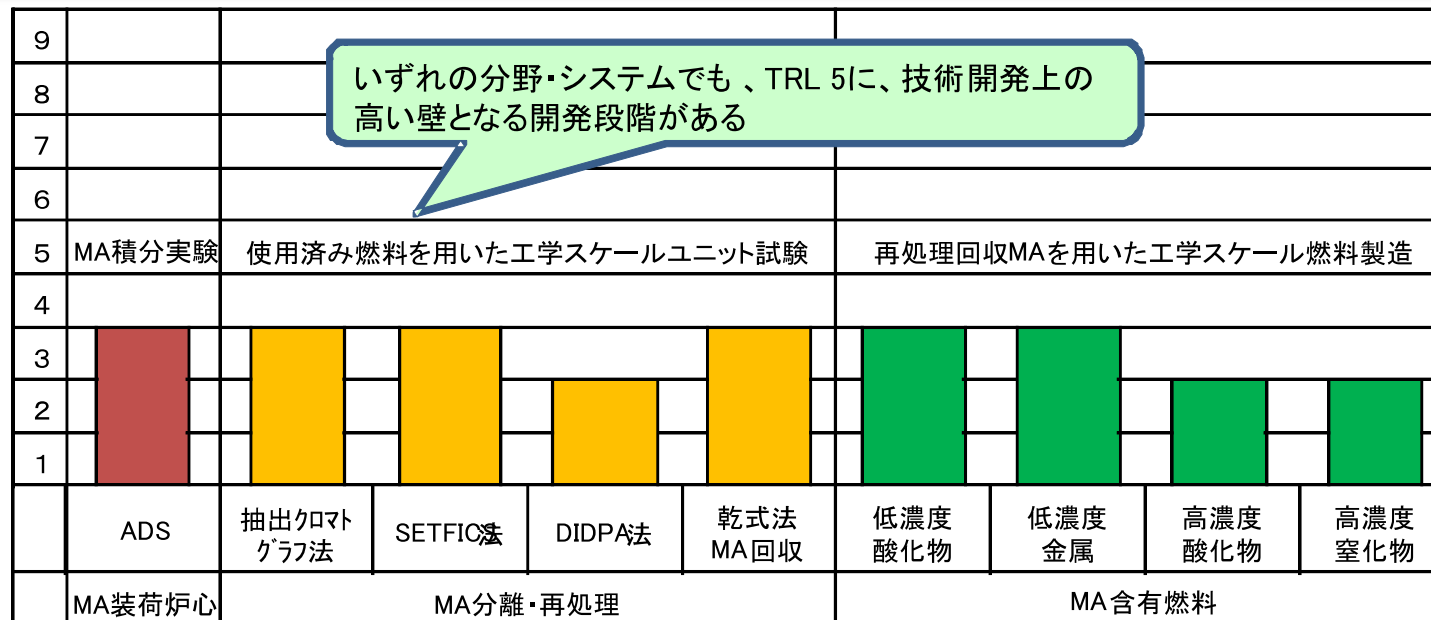
✂ MA装荷ADS炉心

MA試料調達と新たな炉物理実験施設が必要なMA核データ積分実験

✂ ADS用のMA燃料サイクル(再処理、燃料製造、燃料挙動)

再処理回収MAを用いた小規模ホット試験(MA: 数10g規模)と準工学規模コールドユニット試験(数kg規模)の再処理・燃料製造試験、及び燃料ピン照射試験による過渡時の安全性も含めた燃料ふるまい評価

✂ 全ての分野で、**相当量のMAを用いた試験が可能なインフラの欠如**が、次段階に進む障害になっている。



「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).

(5) 成果のまとめと今後の課題

平成21年原子力委員会C&R以降の成果のまとめ



ADSに関する研究開発成果

- ✂ J-PARCリニアックの運転実績から**ADS用加速器のビームトリップ頻度を評価**。許容トリップ頻度との比較から、ADS用加速器のトリップ頻度低減策の検討を実施中。
- ✂ ビーム窓の使用条件における外力、熱応力、除熱、腐食等の観点から**成立の見込めるビーム窓の概念を提示**。
- ✂ 新たに評価された**JENDL-4.0及び誤差評価システム**を用いて、核変換システムの**核データ起因誤差を定量的に評価**。炉定数調整法を用いて、解析の不確かさを低減するために必要な炉物理実験を検討。また、**KUCA-FFAG実験において、未臨界度測定手法を開発**。
- ✂ 炉心損傷事故に至る可能性のある事象に対して、**動特性解析を実施**。極めて保守的な条件でも燃料破損の可能性が極めて低いことを確認。

ADS用のMA燃料サイクル技術に関する研究開発成果

- ✂ MA回収率を評価できる**物性データベースを整備**。窒化物固有課題(電解残渣対策)の、**プロセス原理を確認**。使用済み金属燃料から**MA回収**(電中研成果)。
- ✂ ADS用燃料ペレットの**調製技術基盤を確立**するとともに、燃料設計に不可欠な**熱伝導度及び溶解度の評価式を整備**。



研究開発の進捗





- ✂ 原子力委員会C&Rで指摘された具体的な技術課題解決に向けた研究開発を実施。
- ✂ ADSやADS用燃料のサイクル技術に関し、**原理実証段階に進むための基盤データを取得するとともに、工学的課題克服のための要素技術開発が進行中(TRL3~TRL4)**。



(5) 成果のまとめと今後の課題

ADS研究開発の今後の課題

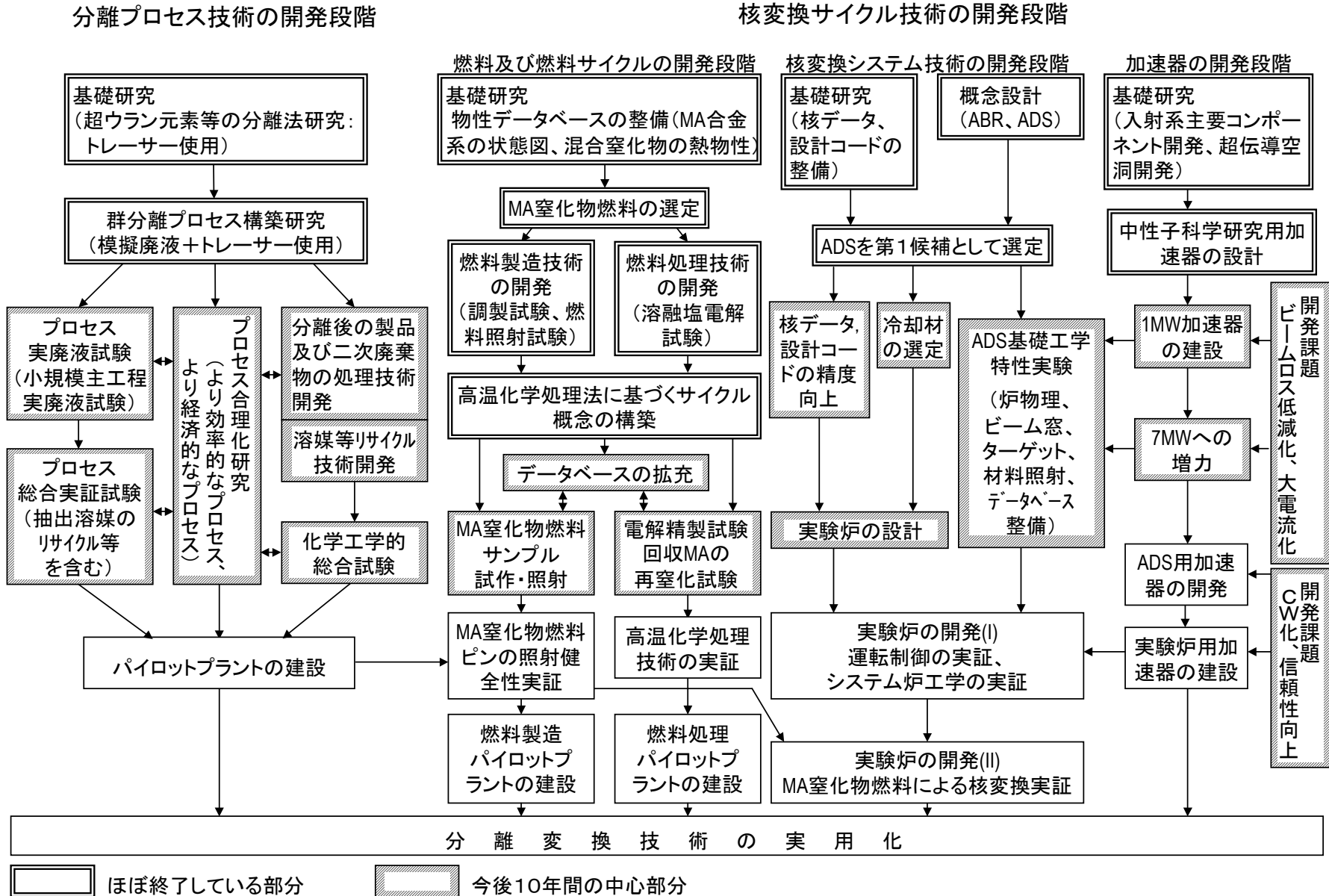


-  **ADS燃料サイクルの工学技術基盤の完成(TRL5)が、重要な開発目標。**研究者や技術者が責任持って、技術の到達レベル(実用化で達成できること)を見通せる開発段階を達成する。(社会的要請があれば、いつでも実用開発に展開できる技術を保有)
-  **ADSの技術的成熟度を向上するための主な課題**

 -  ビーム窓の工学的成立性評価のために、**鉛ビスマス核破碎ターゲットの運転と材料照射データ**(照射硬化や延性脆性遷移温度等)の充実
 -  MA装荷体系の核特性予測精度検証のための**MA装荷炉物理実験**(ADSだけでなく、高速炉を含めたMA装荷体系全般に貢献可能)と**核破碎ターゲット+高速未臨界体系**の核特性評価
 -  ある程度出力規模(MWクラス)のADSの設計・建設・運転
-  **ADS用のMA燃料サイクル技術の技術的成熟度を向上するための主な課題**

 -  **主工程の小規模ホット試験(MA:数10g規模)と準工学規模コールドユニット試験(数kg規模)**によるプロセス実証 (備考:従来技術の準工学規模はADS燃料サイクルでは実機規模)
 -  MA高含有燃料の**照射挙動や機械的特性の把握、ふるまいコードの整備**

【参考】平成12年のチェックアンドレビューで提示したロードマップ



【参考】原子力委員会 研究開発専門部会 第5回分離変換技術検討会 (H20)

