

7月28日 内閣府定例会議
(Ver.727)

加速器駆動型未臨界炉（ADS）等に係る 取組について

東京科学大学 総合研究院 ZCエネルギー研究所

准教授 近藤正聡

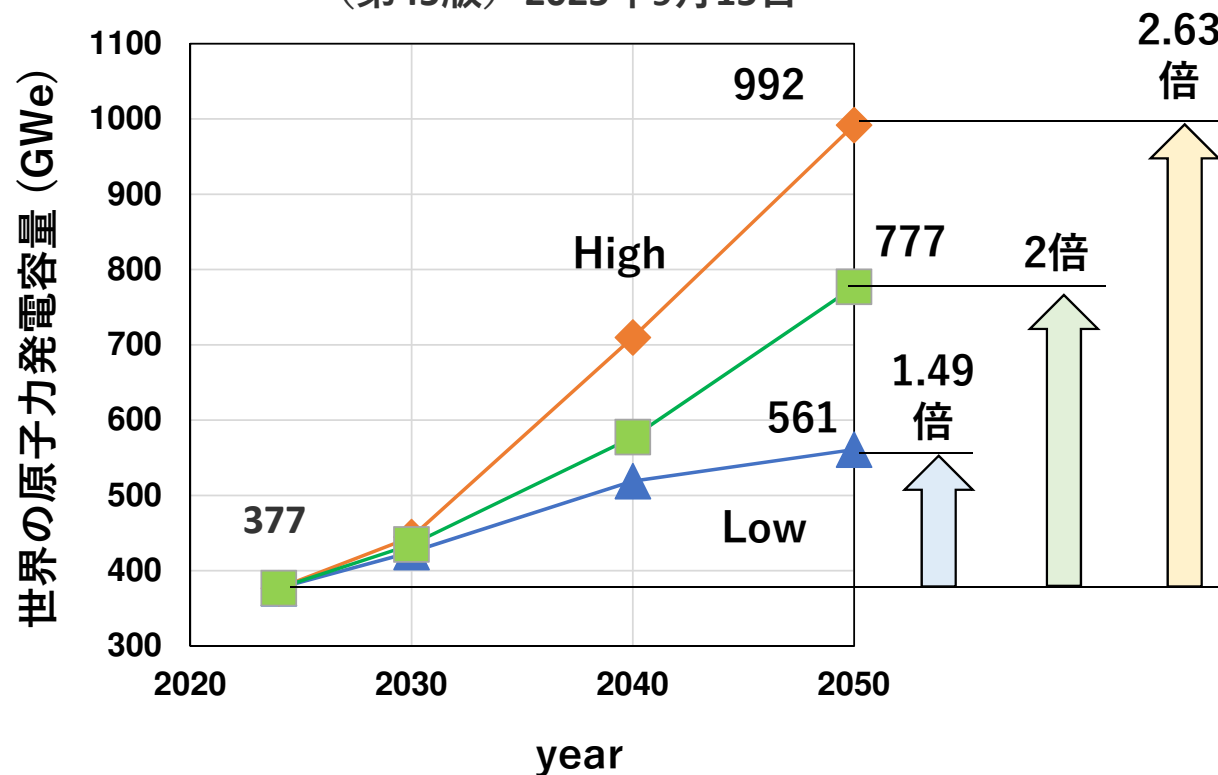
背景①: 2050CN社会に対する原子力の貢献

2

原子力発電は、確立された安定的かつ給電可能な低炭素技術である。クリーンで確実なエネルギー源の確保として関心が高まる。

IAEAは右のグラフのような予測を立てている。OECD-NEAはLOW(下振れ):347 GWe、Current trend 619、High(上振れ) 883、Transformative(より野心的)1324と予想。

2050年までの世界のエネルギー・電力・原子力発電予測
(第45版) 2025年9月15日



政策支援、資金調達、許認可、サプライチェーンの整備を通じて、実際の新設プロジェクトとして実現するかどうか。

大量かつ安定した電力の確保 (エネルギー自立、経済成長、人口増加)

アメリカの大統領令 (2025年5月)

Facilitate the expansion of American nuclear energy capacity from approximately 100 GWe in 2024 to 400 GWe by 2050

4倍に増やすということ

<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/2025/05/ordering-the-reform-of-the-nuclear-regulatory-commission/>

インド政府(2025-26年度連邦予算演説、2025年2月)

2047年までに少なくとも100 GWの原子力設備を開発

8.8 GWeから100 GWe **11倍**に増やすということ

https://www.indiabudget.gov.in/doc/bspeech/bs2025_26.pdf

中国 2030年までに110 GWeとする。70 GWeから5年で**1.5倍**

https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjzgh/202603/U020260317369114704096.pdf?utm_source=chatgpt.com

ロシア 現在**20%**の原子力発電比率を、2045年までに**25%**に引き上げる目標(40 GWe台後半)を立てている。

https://cnpp.iaea.org/public/countries/RU/profile/highlights?utm_source=chatgpt.com

日本の方針に関して

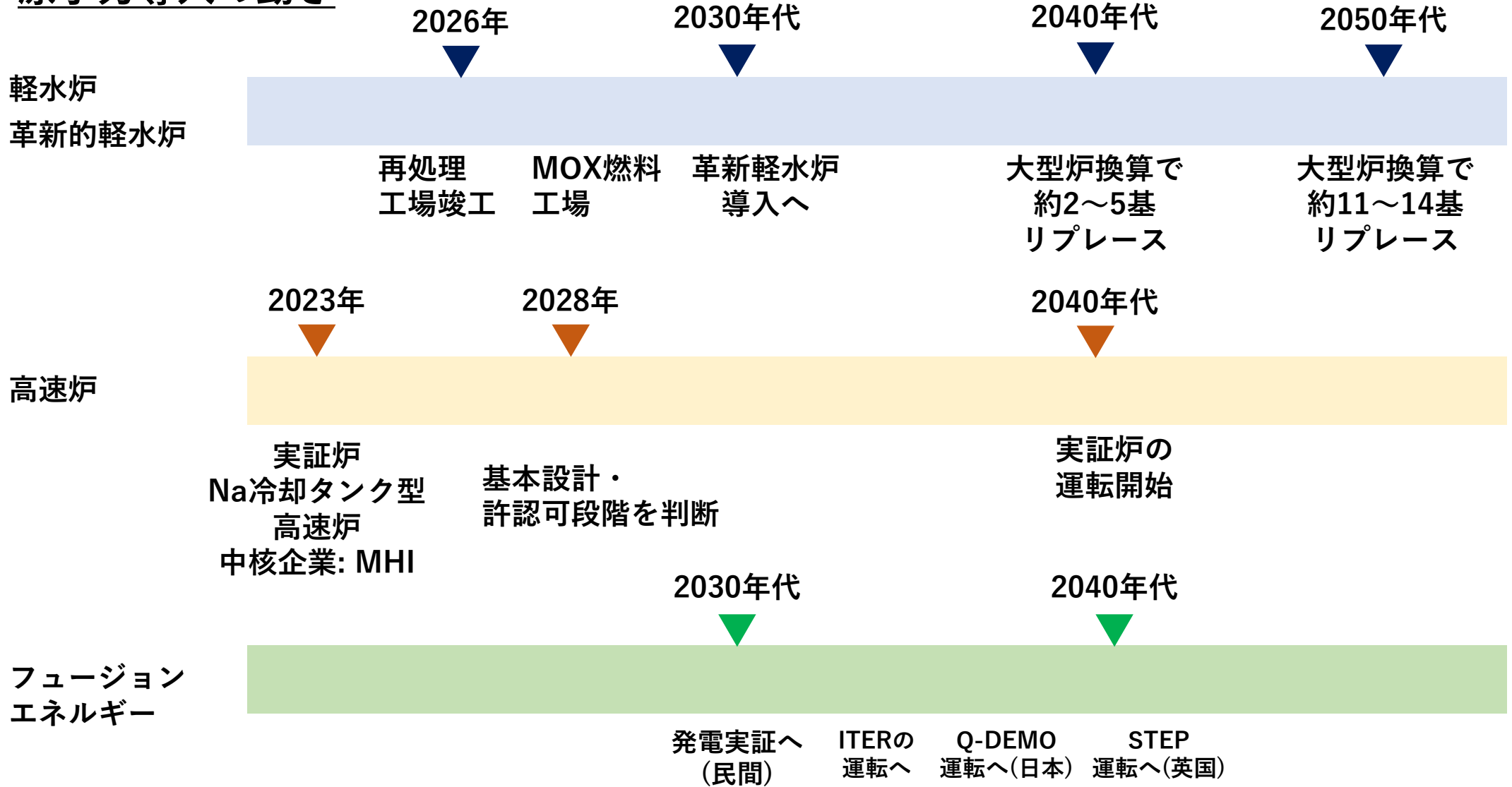
原子力は、燃料投入量に対するエネルギー出力が圧倒的に大きく、数年にわたって 国内保有燃料だけで発電が維持できる準国産エネルギー源として、優れた安定供給性 と技術自給率を有する自律性が高い電源であり、他電源と遜色ないコスト水準で変動 も少ない。また、天候に左右されず一定出力で安定的に発電可能な脱炭素電源である。 D XやG Xの進展等により増加が見込まれる電力需要、特に製造業のG X、定格稼働するデータセンターや半導体工場等の新たな需要のニーズに、原子力という電源の 持つ特性は合致することも踏まえ、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく。

(第7次エネルギー基本計画（令和7年2月）)

原子力発電の運転に伴って発生する使用済み燃料を再処理して、取り出したウランやプルトニウムを再利用しつつ、廃棄物の量を抑える核燃料のサイクルを推進することとしている。

(第7次エネルギー基本計画（令和7年2月）、令和7年度版原子力白書)

原子力導入の動き



日本	再処理、プルサーマル、 高速炉サイクル	六ヶ所再処理工場で回収したウラン・プルトニウムを燃料として利用。高速炉やMA分離・核変換につなげる政策。
フランス	使用済燃料を再処理し、回収したプルトニウムをMOX燃料として軽水炉で再利用	現在は基本的に1回だけ再利用する「モノリサイクル」。使用済MOX燃料の再処理や高速炉による多重リサイクルは将来構想。
米国	ワンススルー方式から 再処理・リサイクル・燃料再製造か	直接処分を基本としながら、先進炉向けの再処理・リサイクルへ政策を転換し始めている国
インド	使用済燃料を次段階の燃料として利用	PHWR→高速増殖炉→トリウム炉という3段階計画
中国	再処理によりウラン・プルトニウムを回収するクローズドサイクル	再処理施設、高速炉、MOX燃料、最終的な高レベル廃棄物の地層処分を並行して進める。
ロシア	クローズド燃料サイクル	使用済燃料の再処理とPu・MA再利用を進め、SMR・大型炉を海外展開する。
英国	Pu再利用構想 → 固定化・処分へ MAは核分裂生成物とともに高レベル廃液へ、ガラス固化して保管後、地層処分	「分離PuをMOX燃料として再利用する」方針から、2025年1月に約141トンの分離Puを固定化し、地層処分する方針へ転換

背景②: 原子力の使用済み核燃料の課題

世界の累積使用済み核燃料の430,000 tHM*

*tHM (重金属トン): 核燃料に含まれるウラン、プルトニウム、トリウムなどの重金属元素の質量を表し、酸素や被覆管の質量は含まない

年間排出量:

10,000 tHM～20,000 tHMの想定か。

https://www.oecd-neo.org/upload/docs/application/pdf/2026-01/2025__summary_report__workshop_on_extended_storage_and_transportation.pdf

およそ750,000 tHM～(in 2050)

ワンススルーのポリシーで地層処分をすることも可能。

フィンランド: ONKALO (概算: 6500 tHM)

スウェーデン: Forsmark (概算: 12,000 tHM)

適切な核燃料サイクルによる原子力のゴミの減容化
世界共通の社会的課題を解決するための技術開発を継続する必要がある。

背景③: 核燃料サイクルとマイナーアクチノイドの課題について

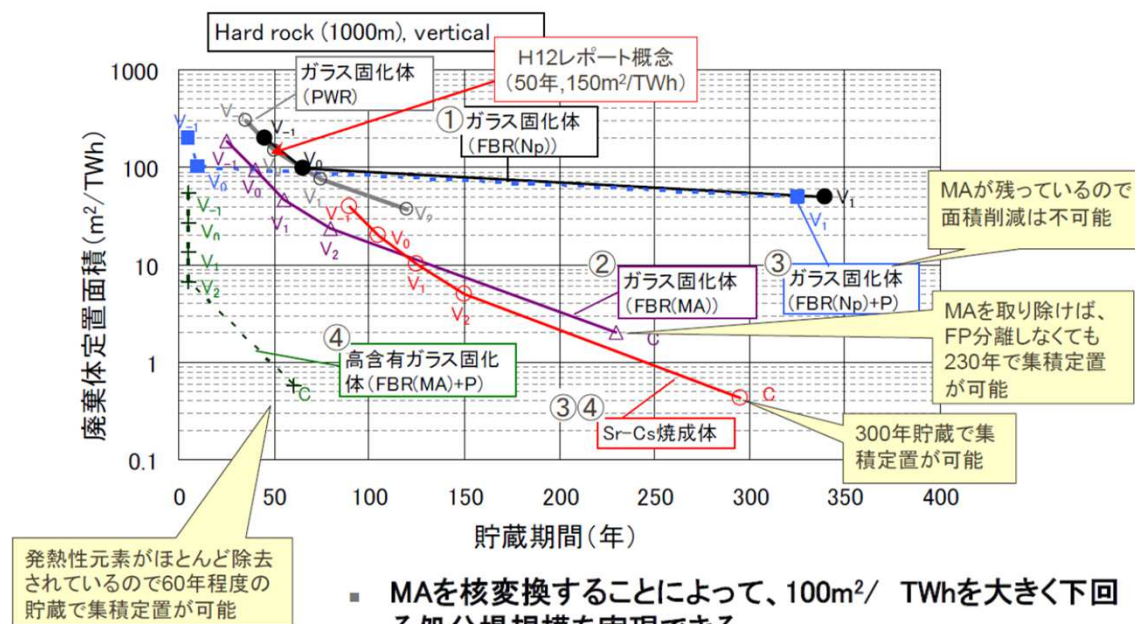
原子力のゴミを減らすためには、

- ★ ウラン・プルトニウムのリサイクル
- ★ マイナーアクチノイド (MA) の分離・核変換
- ★ 長寿命核分裂生成物の核変換(ヨウ素129やテクネチウム99)

MAを核変換することによって、
100m²/ TWhを大きく下回る
処分場規模を実現できる。

FBRやADSを用いたMAの核
変換を行うことで減容化が可
能となる。

処分場の廃棄体定置面積に関する補足
(日本原子力研究開発機構 平成20年10月 第2回分離変換技術検討会)



背景④: FBRと比較した場合のADSの特徴について

	FBR	ADS
主な目的	発電、UとPuの有効利用 MA燃料も可	MA核変換 発電も可能
核分裂反応	臨界状態 制御棒、負の反応度 受動的冷却	未臨界状態 陽子ビーム調整または遮断により 出力制御
導入実績	BN-600、BN-800 ロシア・Na冷却高速炉	未だ。これから統合ADSの状況。
市場の様子	複数の起業・SU	数が未だ少ない ただし、高い参入障壁

いずれも固有の特徴を有するが、未臨界でMAの核変換を得意とするADSはこれからの社会に必要なではないか？

戦略①: ADSにより原子力のゴミの問題を解決する

10

東京科学大学は、液体重金属の冷却系に関わる研究を実施してきた。また、日本原子力研究開発機構の原子力科学研究部門 J-PARCセンター 核変換ディビジョン等との共同研究も行っている。

2025年8月に、東京科学大学発のスタートアップとして株式会社Lead accelを創業した。東京科学大学とLead accel社の共同研究も実施予定である。

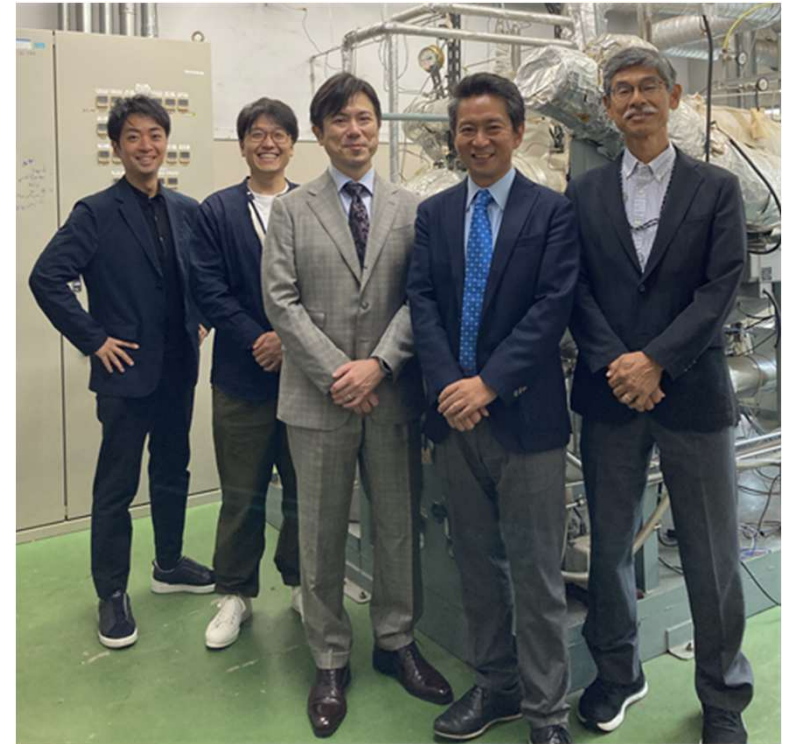
ADSによりMAを積極的に核変換することで、10万年規模の課題を、長期にわたる世代間管理に依存しないような地層処分へ移行できる課題へ変えることを目指す。

次の世代に原子力のゴミを残さない！ 株式会社Lead accelの創業

- GTIE GAPファンド2025
エクスプロールコース 1st採択
(2025年2月)
- 本店：東京都港区芝浦
(2025年8月、代表取締役 近藤正聡)
- 東京科学大学認定ベンチャー 第20号
(2025年10月)
- ANRI株式会社さまからJ-KISSによる調達

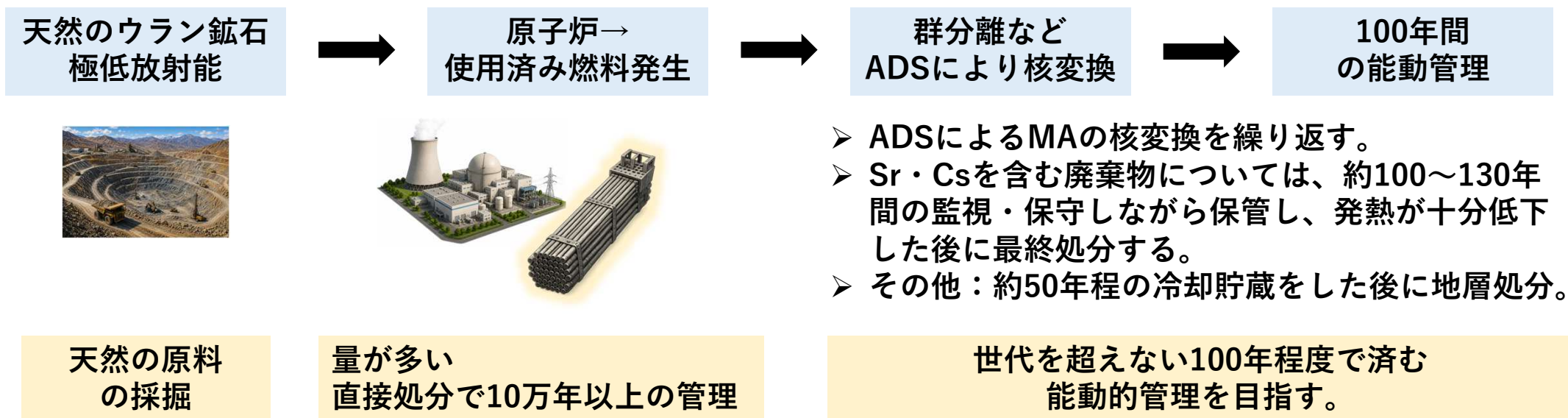
(当面の)主なミッション

- CN社会に適したADSの開発
- 原子力のゴミの課題を解決する複合型システム
- 液体重金属ターゲットの核破砕反応
- 核破砕中性子により核変換を実現



大学、スタートアップ、研究所、
企業、VC(投資家)からなるチーム
で、研究開発と事業を有機的に展
開していく

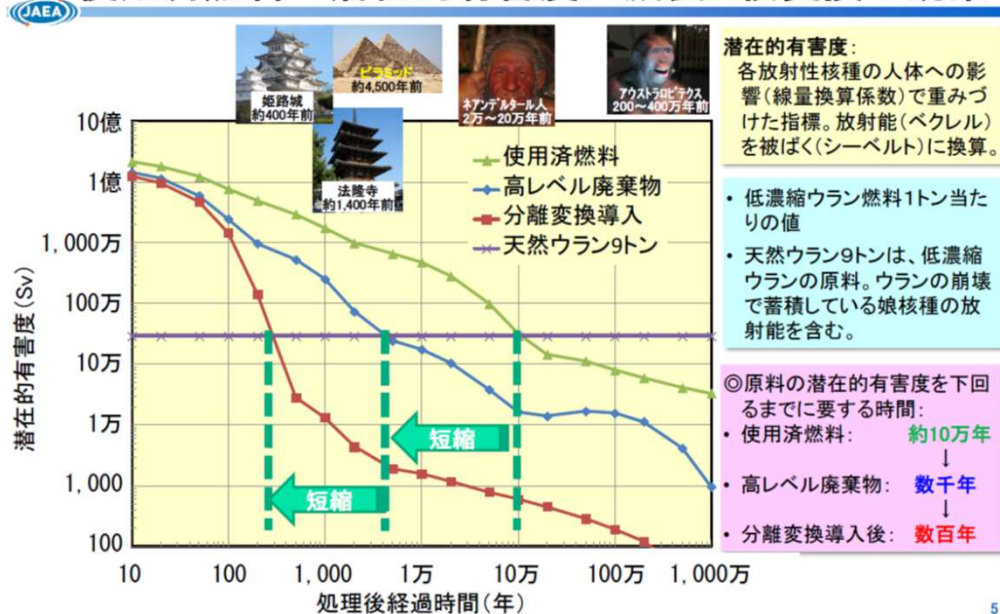
検討しているスキーム



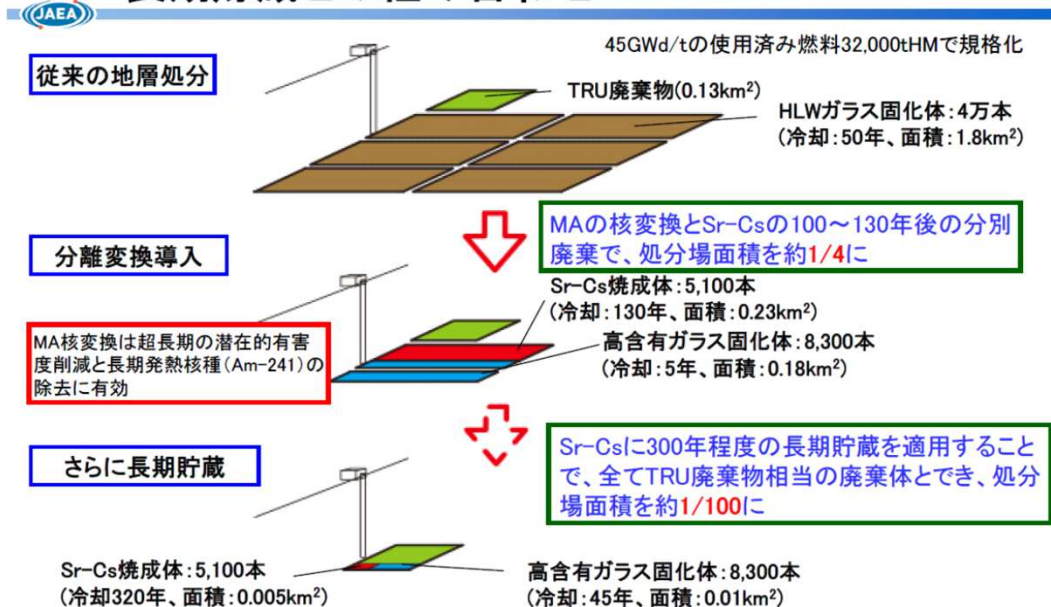
原子力の廃棄物が将来世代に与える負担には、安全な保管・処分に必要な管理空間と能動的な管理を必要とする期間がある。これらを可能な限り縮小し、長期間にわたる監視や施設の維持を将来世代に委ねるのではなく、現在の世代が処分までの道筋を整え、早期に受動的な安全管理へ移行できるシナリオを検討している。

日本原子力研究開発機構の検討結果

使用済燃料の潜在的有害度の減衰と核変換の効果



分離変換技術の導入による処分概念の合理化 長期貯蔵との組み合わせ

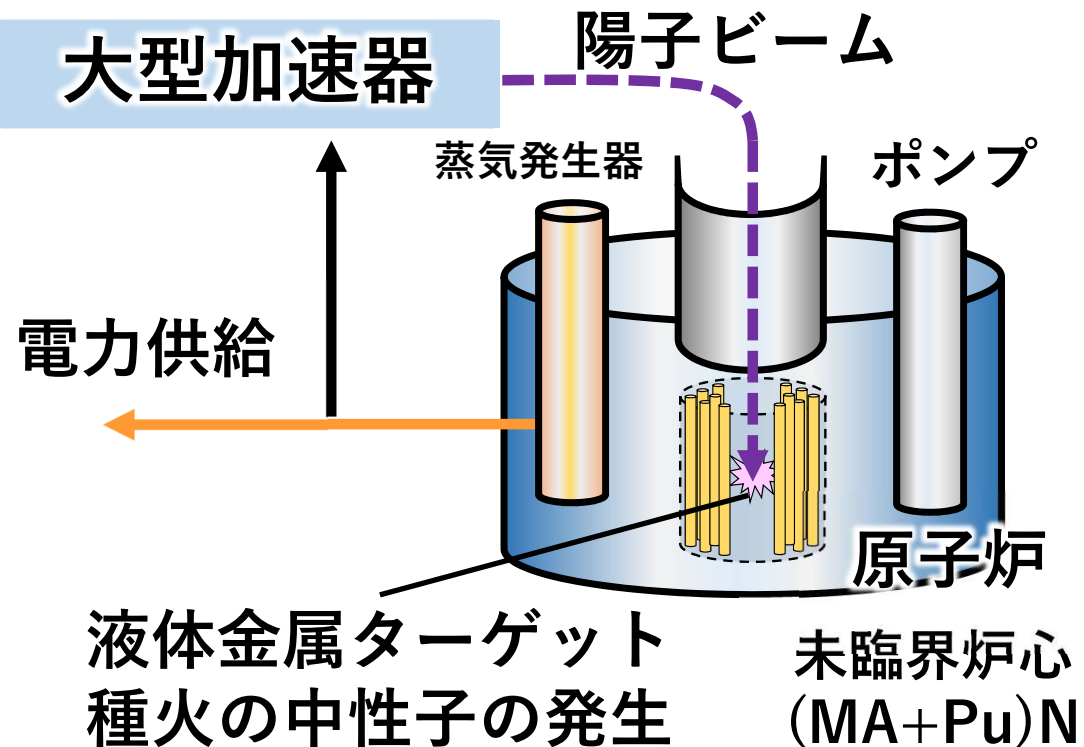


分離核変換により潜在的有害度を大きく低減されることが示されている。
日本国内のみならず、世界各国が注目する技術である。

日本原子力研究開発機構 放射性廃棄物の核変換技術への挑戦
第9回東海フォーラムより(平成26年2月18日)

戦略②: ADSの構造と課題

大型加速器と(未臨界)原子炉が接続したユニークな構造



① 大型加速器で陽子加速して、液体PbBi合金のターゲットに入射。

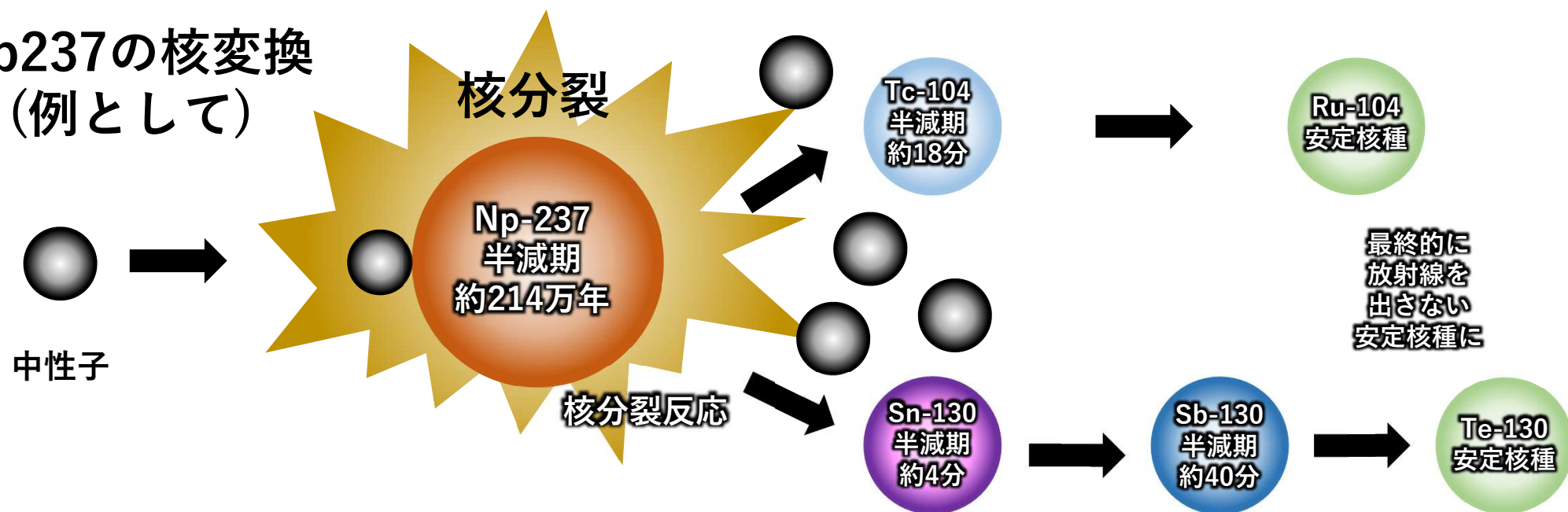
② 核破砕反応により中性子を発生。
(出力も加速器出力により決まる。
尚発電した電力の60%程度が大型加速器の運用に消費されてしまう。)

③ 燃料の主成分はMAとPu

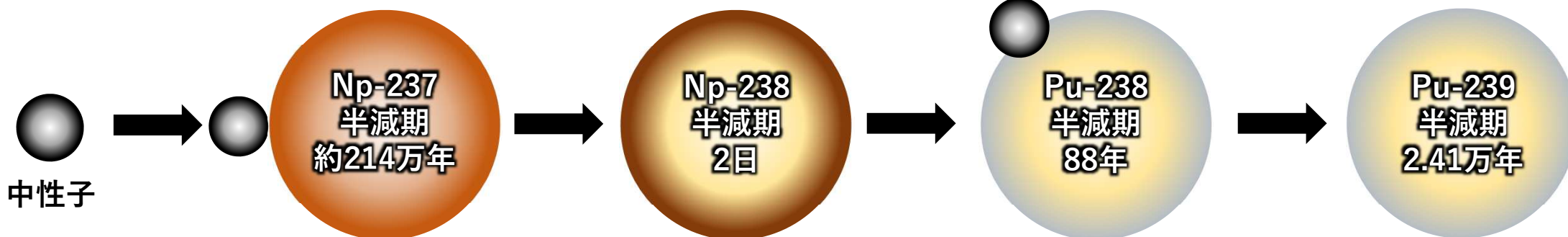
④ MAを核分裂反応しながら核変換
(未臨界状態の核分裂反応の連鎖)

信頼性と経済性を向上させる工夫は不可欠。

Np237の核変換 (例として)

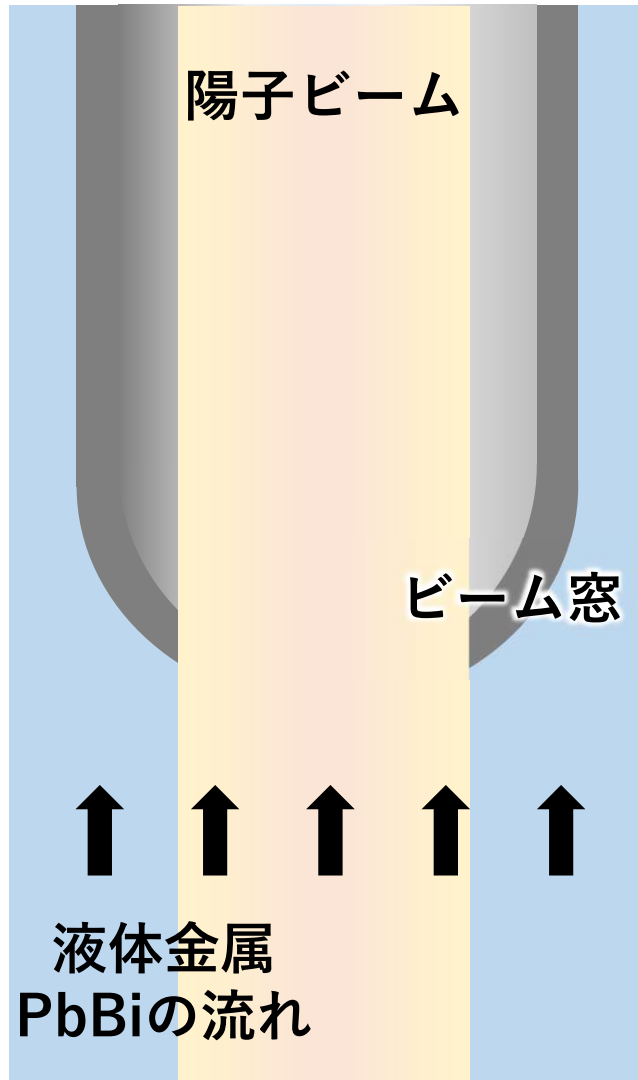


中性子捕獲



戦略③: ADSの設計とビーム窓に関する工学的課題

16



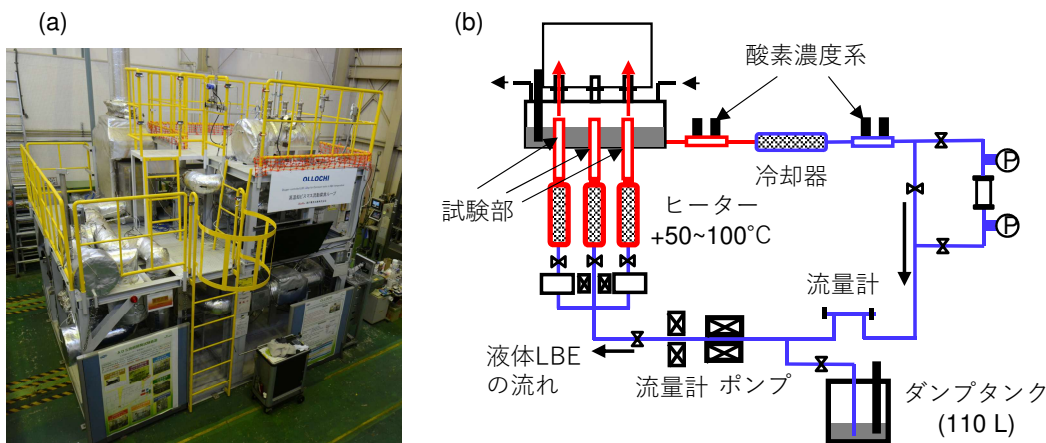
陽子照射、中性子照射、H・He生成、熱負荷、応力、液体PbBi合金による腐食が同時に作用
(極めて過酷な複合環境)

スイスPSIで2006年に行われたMEGAPIE
(MEGAwatt Pilot Experiment)

T91製ビーム窓が、陽子・中性子・発熱・流動
LBEの複合環境で、少なくとも数か月間は破損せず
運転できるということまでは確認できている。

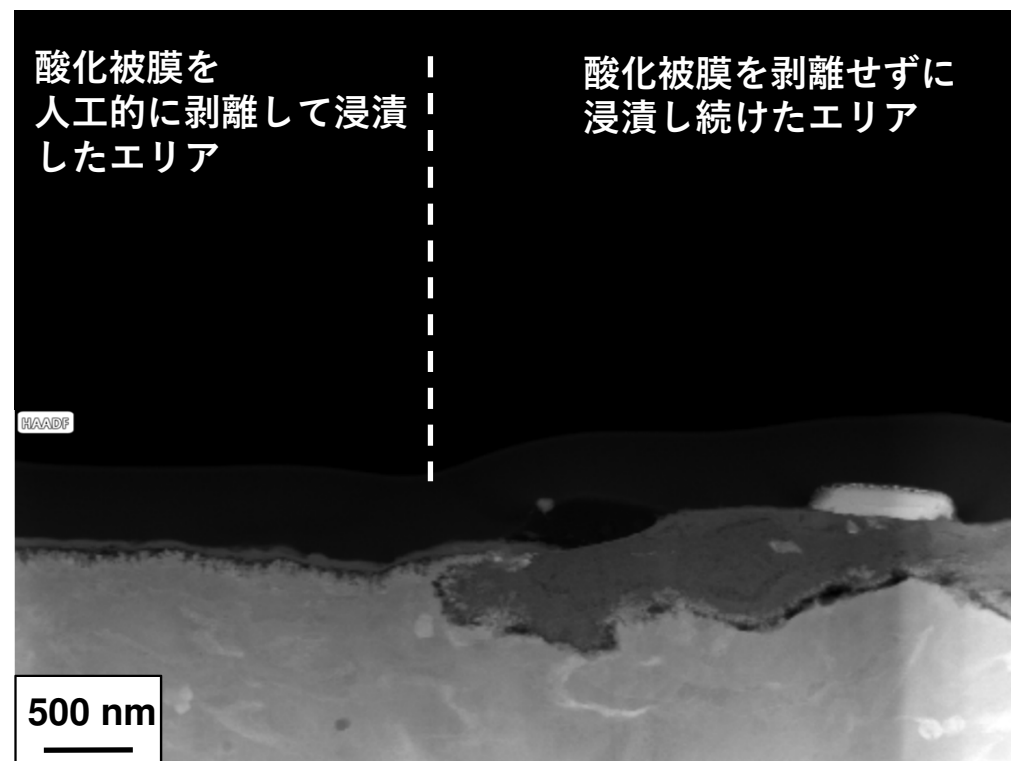
流動する液体PbBiと候補構造材料の化学的共存
性については一定の成果が得られている。

【東京科学大学と日本原子力研究開発機構との共同研究(プレスリリース)】
液体鉛ビスマス合金流動場で自己修復する耐食性構造材料
ー原子力のゴミをエネルギーに変える加速器駆動型未臨界炉の実現に向けて前進ー



日本原子力研究開発機構の非等温型高温液体金属流動
ループ「OLLOCHI (オロチ)」

FeCrAl(フィクラル)合金は、保護性酸化
被膜の自己修復機能を備え、優れた耐食
性を示した。
(試験時間: 723 K, 4000 h(約半年間))



液体重金属の流れの中で剥離しても自己
修復するアルミリッチな保護性酸化被膜

ADSの実現へ向けた3つのハードルをクリアする。

【技術③ MA含有核燃料】
MAや核燃料の調達は？
模擬燃料などで技術成熟度向上
青森六ヶ所村やロシア等の動向注視

【技術② 高強度陽子加速器の経済性と信頼性】
大型の加速器を運用する課題は？
★Lead accel社にて検討中①
★Lead accel社にて検討中②

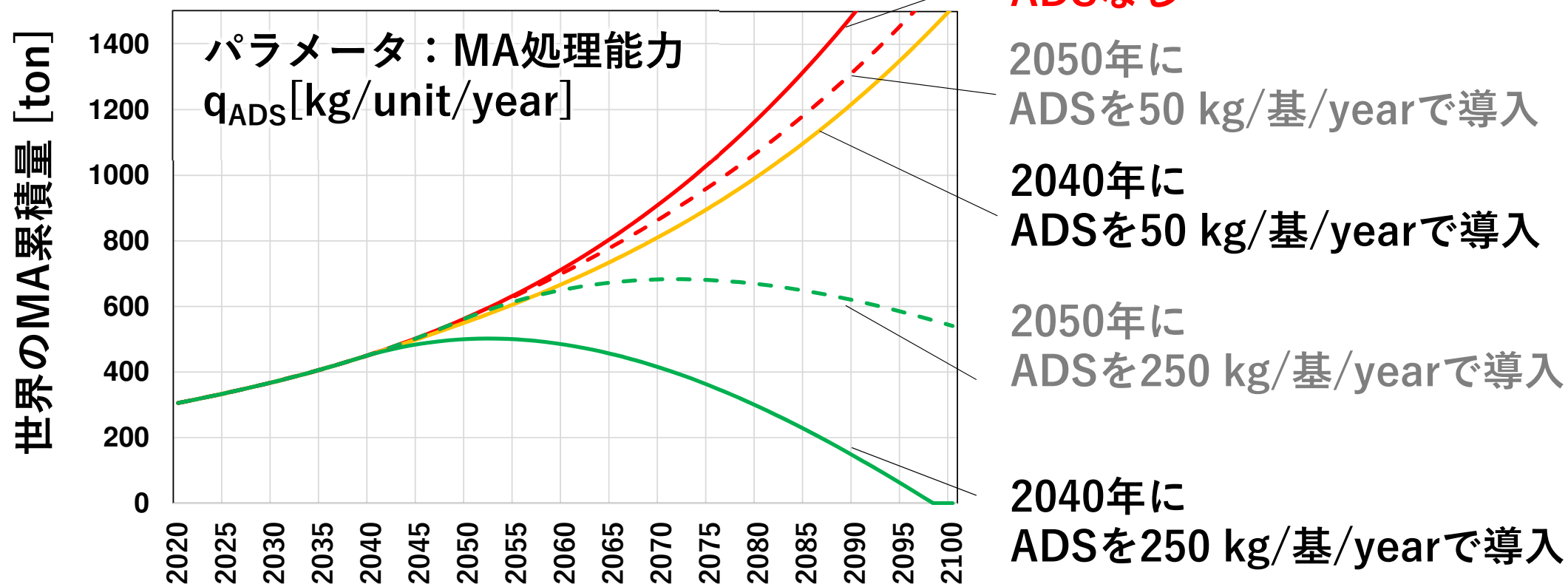
【技術① 液体重金属ターゲット：/論文掲載済み・プレスリリース】
種火の中性子を作る液体ターゲットは実現可能か？
東京科学大学の液体重金属技術で解決可能
FeCrAl合金や酸素濃度制御を応用



戦略④: 増え続けるであろうMAの燃やすADSの役割

原子力の導入が順当に進む(IAEAの発電容量評価: 中位予想 2050年777 GWe)

ADS導入の効果 <Lead accel社 西澤調べ>



増え続けるMAを減らすためには、ADS(250 kg/yearのMA核変換)を2040年位から世界でどんどん導入していかなければならない。

世界で進展するADS開発① ベルギー

ベルギーのMYRRHA計画は、原子力研究機関SCK CENがモルで進める、世界初の大規模な加速器駆動未臨界システム

(ADS) 実証計画。600 MeVの陽子加速器で鉛ビスマス標的から中性子を発生させ、鉛ビスマス冷却の未臨界炉（最大100 MWth）を駆動する。



第1段階のMINERVAでは100 MeV加速器と照射施設を整備中で、2024年に建設が本格化。

(Phase 2: 600 MeV増強 2033年建設開始予定)

(Phase 3: 未臨界炉心 2036年建設開始予定)

MYRRHA第1段階MINERVA(ベルギー) 約17 MeVまでは常伝導、17～100 MeVが超伝導単スポーク空洞



世界で進展するADS開発② アメリカ

米国政府が建設を決定した本格的なADS実証炉はなく、約4,000万ドル(60億円)のNEWTON計画(DOE傘下のARPA-E)を中心に、民間企業と国立研究所による基礎・要素技術開発を再び活発化させている段階

中国：大型科学技術インフラとして約18.17億元を投じ、2027年ごろの完成を目標に、約10 MWthのCiADSを実際に建設している。加速器・鉛ビスマス核破碎標的・未臨界炉心の結合運転を通じ、将来の産業規模MA核変換施設につなげる政策である。(2027年稼働か?)

Megawatt level (thermal power in total ~10 MW), including ~2.5 MW beam power, ~7.5 MWth reactor power, with more than 24 hours of single full power coupled operation

<https://english.imp.cas.cn/research/facilities/CIADS/>

中国南部の広東省に建設予定のCiADS



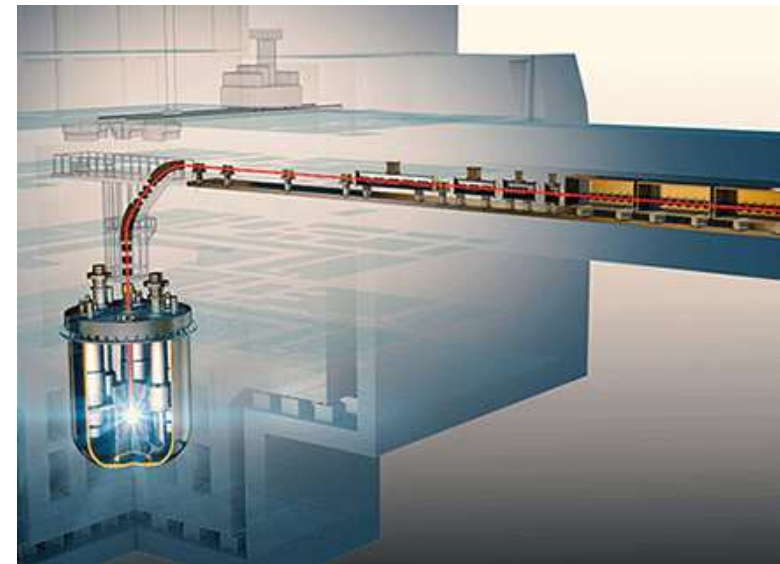
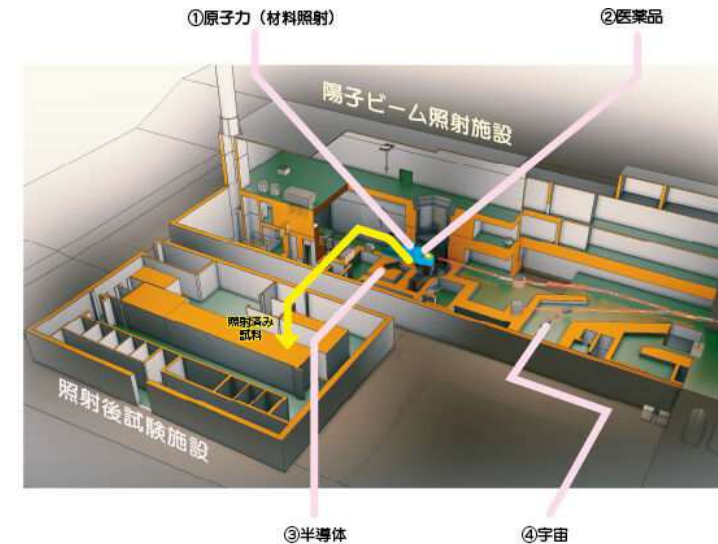
世界で進展するADS開発③ 日本

J-PARC(日本)は、400 MeV線形加速器 + 3 GeV RCS + 30 GeV主リング(常伝導)

ADSターゲット試験施設(TEF-T)の設計を踏襲して、陽子ビームを多様な分野に応用する新たな「陽子ビーム照射施設」の検討を進めている。

多目的利用：

1. 材料照射試験 中性子・陽子 (照射後試験)
2. 革新的医療RI創成 (^{225}Ac)
3. 半導体・ソフエラー用疑似宇宙線中性子利用
4. 宇宙開発のための陽子線利用



<https://j-parc.jp/c/facilities/accelerator-driven-transmutation-experimental/index.html>

世界で進展するADS開発④ 日本 (ImPACTプログラム H26-H30: 34.1億円)

高レベル放射性廃棄物中に含まれる長寿命核分裂生成物（半減期が10万年以上の放射性物質）を有用貴金属や半減期の短い短寿命核種に変換する新たな処理プロセス概念を確立することにより、原子力発電所等から生じる高レベル放射性廃棄物の処理処分問題に貢献することを目的として実施された。

- パラジウム(Pd) 同位体のうち、LLFPを含む 奇数核種のみを回収する方法(偶奇分離)を世界で初めて開発。処理量は従来比で10万倍
- 世界で初めて、LLFPのPd-107(半減期650万年)へ重陽子ビームを照射して核変換する実証実験を行い、核変換を実現する大容量加速器施設の概念設計を完成

まとめとして

幾つかの課題はあるものの、ADSの実現により、原子力の出口戦略はより柔軟になるものと思われる。

日本は、ADS研究を開発してきた基盤があり、世界のADS開発をリードできる可能性が高い。

世界の統合ADS研究が進んだ際には、世界中の多くの人に関心を寄せると期待できる。

ディープテックスタートアップ等を巻き込みながら、統合ADS研究の成果をしっかりと出していきたい。