

核燃料サイクル開発機構における核種分離・消滅処理技術の研究開発
(OHP資料)

平成11年2月9日

核燃料サイクル開発機構

1. 研究の基本的考え方

- 現在の国際的な技術レベルによれば、高レベル放射性廃棄物は深地層中に埋設（地層処分）することが共通の考え方であり、我が国の基本方針でもある。
- 高レベル放射性廃棄物の地層処分は、いかなる期間においても生活環境での被曝リスクが顕在化しないようなシステムを構築することを目指している。
- しかし、地層処分における長期的な隔離性能（安全）を科学的に評価できても、隔離を要する潜在的な危険性がそれだけ長く継続することに関して一般人の不安を完全に払拭する（安心）までには至っていないのも現状である。
- 分離・消滅研究により核燃料サイクルの廃棄物をより一層低減するか、あるいは利用できれば、地層処分との組み合わせによりさらなる環境影響の低減を実現でき、かつ社会が受け入れやすい核燃料サイクル技術の確立につながるものとする。

上記認識のもと、核種分離・消滅処理技術研究を創造的・革新的研究に位置づけ、核燃料サイクルの高度化のための要素技術として、

- マイナーアクチニド（MA）、核分裂生成物（FP）、有用金属（白金族等）の分離技術
- 高速増殖炉（FBR）を用いたMA及びFPの消滅処理技術
- 電子線加速器を用いたFPの消滅処理技術

等の研究開発を実施してきた。

核種分離・消滅処理研究

先進的核燃料リサイクル技術開発

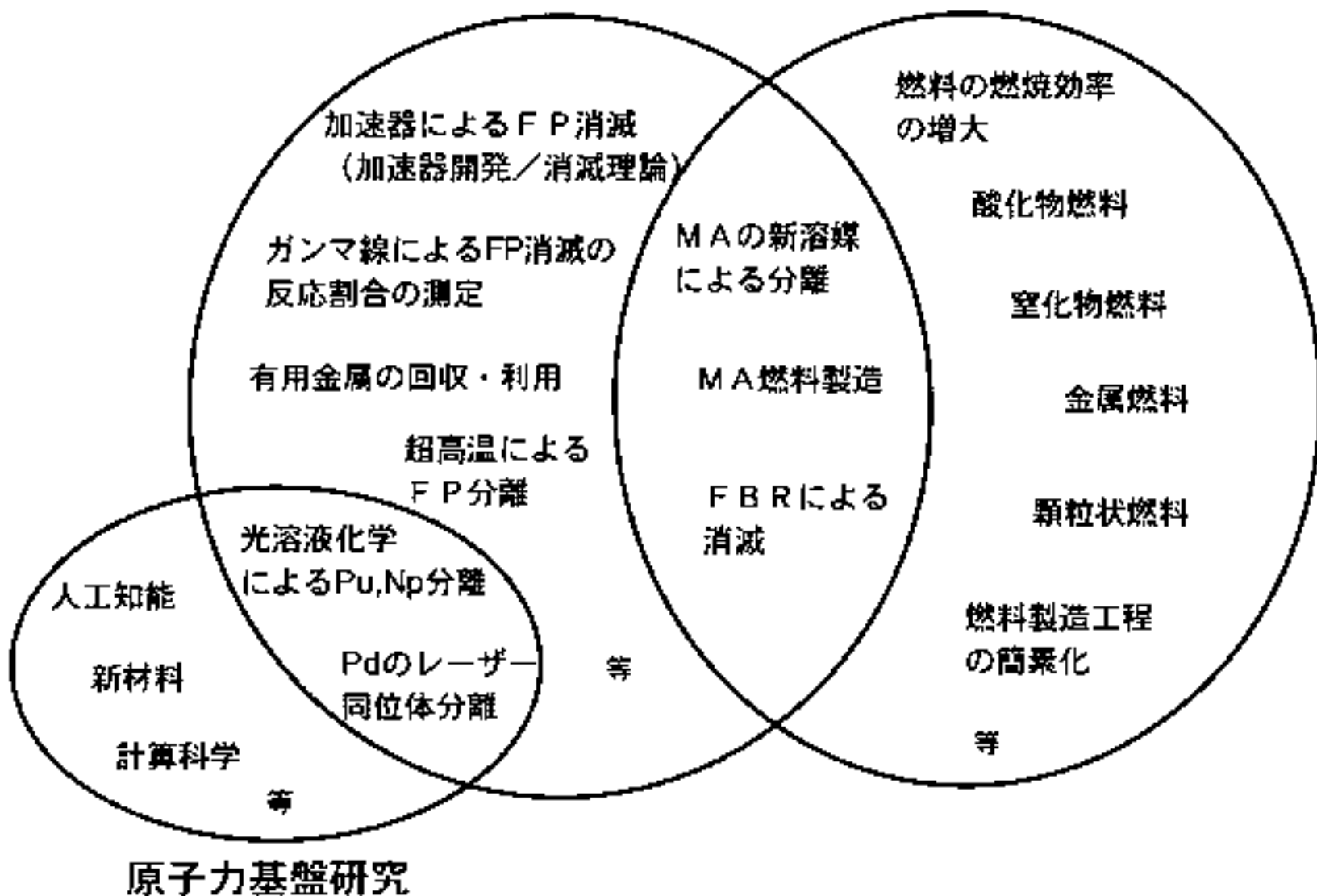


図 核種分離・消滅処理研究と先進的核燃料リサイクル技術開発の関連

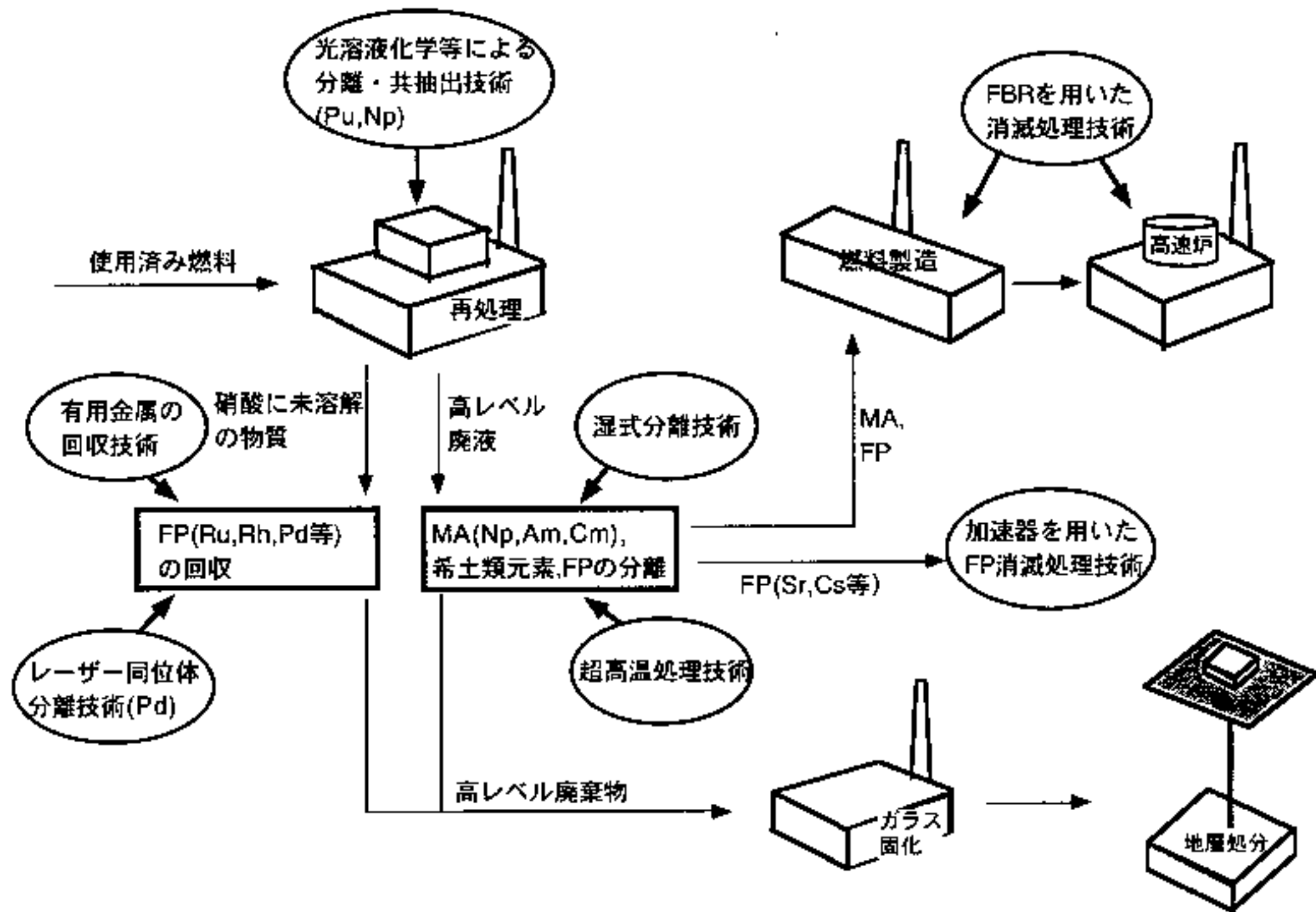


図 JNCにおける核種分離・消滅処理研究の概要

2. 研究項目及び主な成果

(1) 核種分離技術

1) 湿式分離 (PUREX 法及び TRUEX 法による分離)

○PUREX 工程における Np 抽出のため、実照射済燃料を用いた抽出試験を行い、高レベル放射性廃液中への Np の漏洩を防止し、Pu、U、Np を一緒に回収できることを明らかにした。

○高レベル放射性廃液から Am と Cm の回収を目指す技術として、新しい抽出剤を用いた TRUEX 法による試験を進めた。現在までに実高レベル放射性廃液中の Am、Cm を高い収率 (99.9%以上) で回収できることが分かった。

○試薬 DTPA を用いることで 80%の希土類元素が MA から分離できることが分かった。

○長半減期 FP(Pd,Tc,Se 等) 及び有用金属 (Pd,Ru,Rh,Te,Se 等) を電解採取法により回収できる見通しを明らかにした。

2) 有用金属の回収

使用済核燃料を再処理する際、硝酸に溶け残った物質には、白金族元素 (Ru、Rh、Pd) や天然には存在しない Tc 等の有用金属が多量に含まれている。これらを有効利用するため、これらの物質から鉛抽出法等を用いて白金族元素を粗分離から単離精製する一連のプロセス開発を進めてきた。現在までに鉛抽出法を用いた試験により国内で初めて白金族元素の合金粒の回収に成功した。

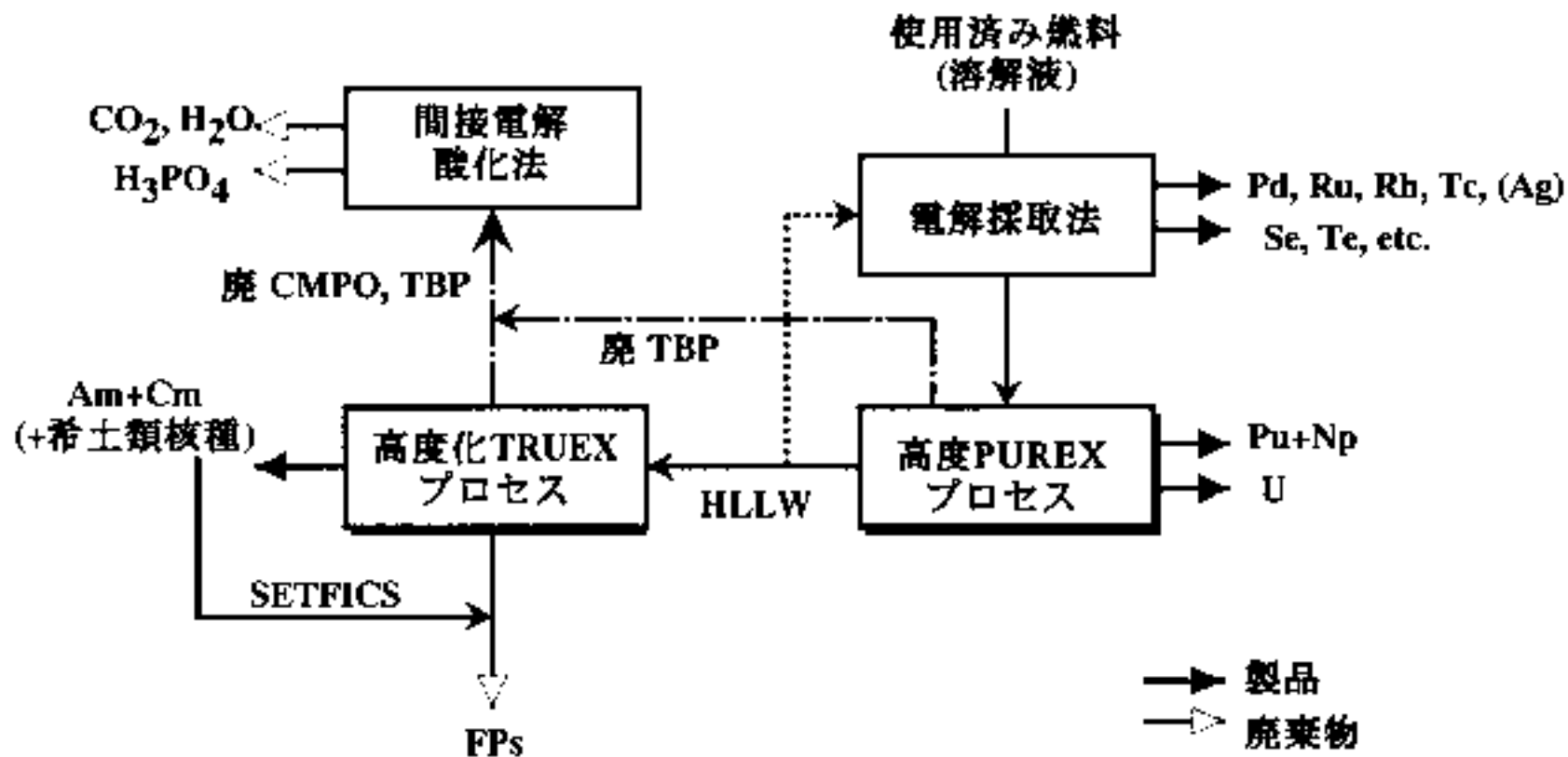


図 湿式分離技術の概念 (PUREX-TRUEXシステム)

(2) FBRによる消滅処理

1) 設計研究

○MAのFBRでの消滅については、炉心の燃料集合体全てにMAを一様に添加する場合、MA添加率が5%程度では、炉心特性に大きな影響を与えないで、消滅率できることが明らかになった。
1基の100万KWe級FBRで、約6基の100万KWe級軽水炉から生成されるMAを消滅することが可能となる。

○MAの多重リサイクルについては、FBRは炉心特性の観点からは十分に可能であることを示した。

○FP (^{99}Tc , ^{129}I) 消滅に関しては、炉心の外側のブランケット領域に、減速材付ペレット入りの集合体を装荷することにより、約10/年の ^{99}Tc 消滅率が達成できる見通しが得られた。

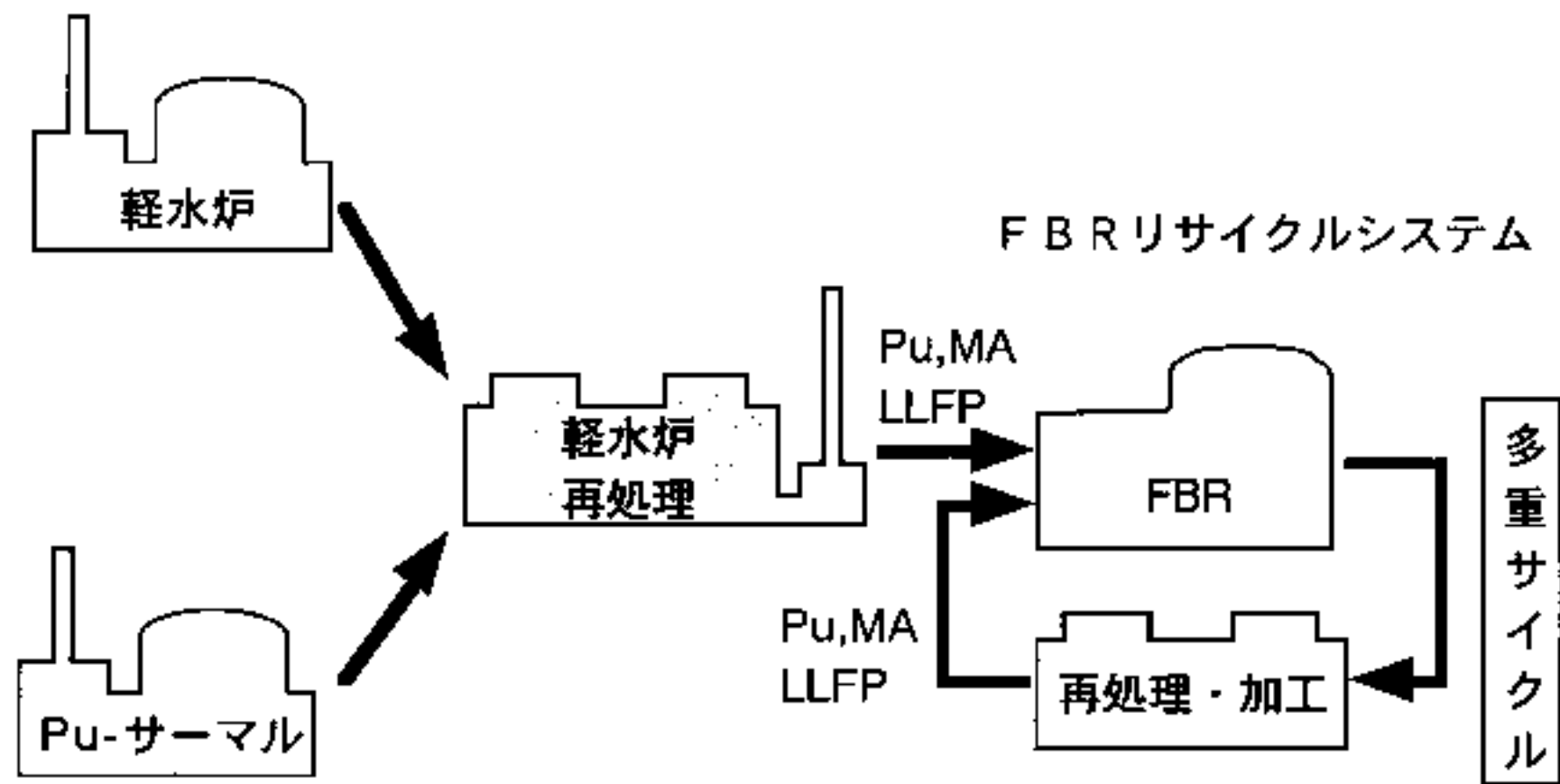
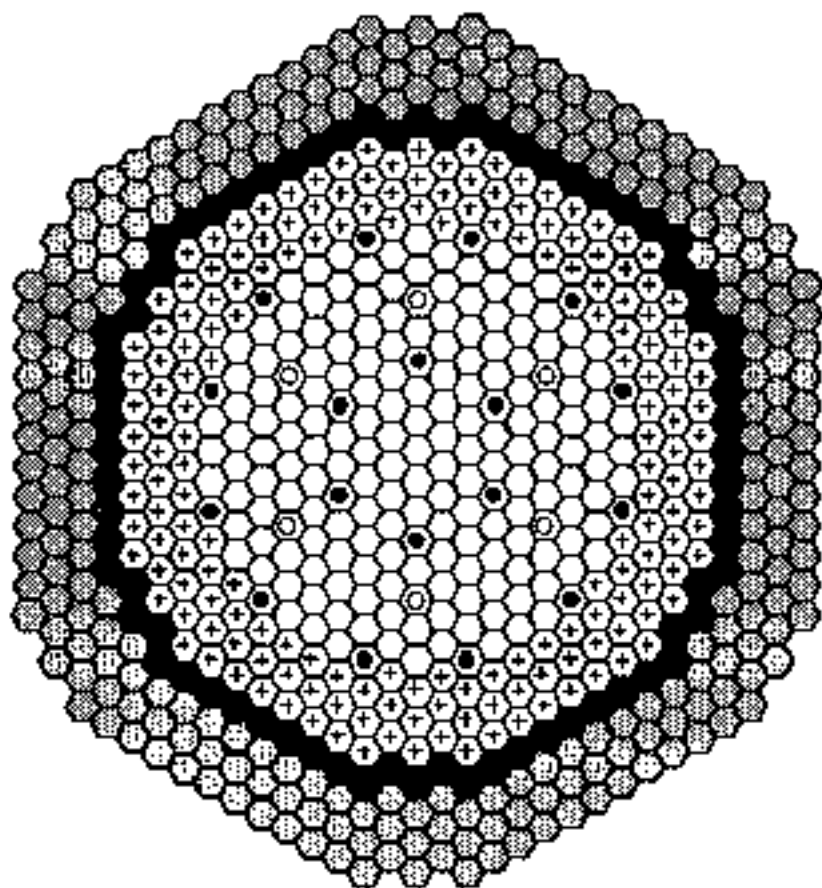


図 FBRによるリサイクルシステムの概念



- 内側炉心の燃料集合体 (M A 入り)
- ⊕ 内側炉心の燃料集合体 (M A 入り)
- 減速材付 F P 集合体 (一部)
- ⊙ 遮蔽体
- ⊗ 主制御棒
- ⊙ バックアップ制御棒

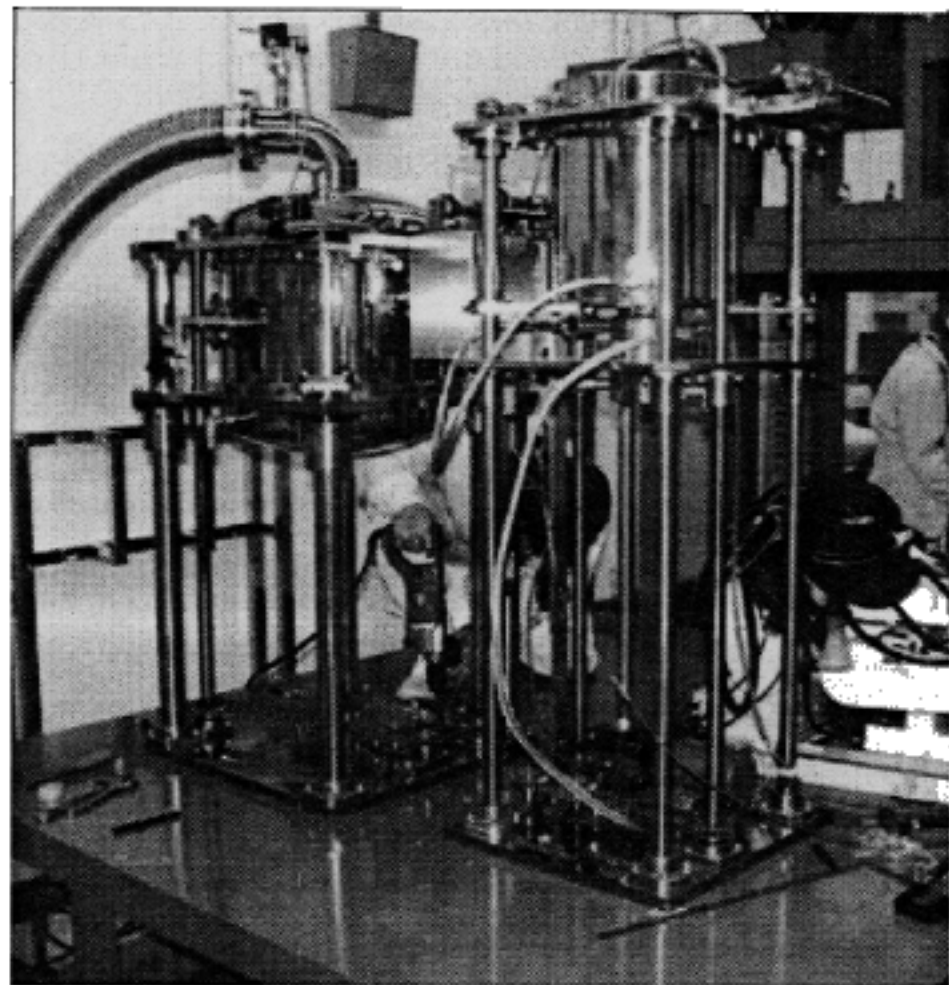
図 高速炉の炉心内の M A 及び F P 集合体の装荷方法の例
(炉心の断面図)

2) 燃料開発

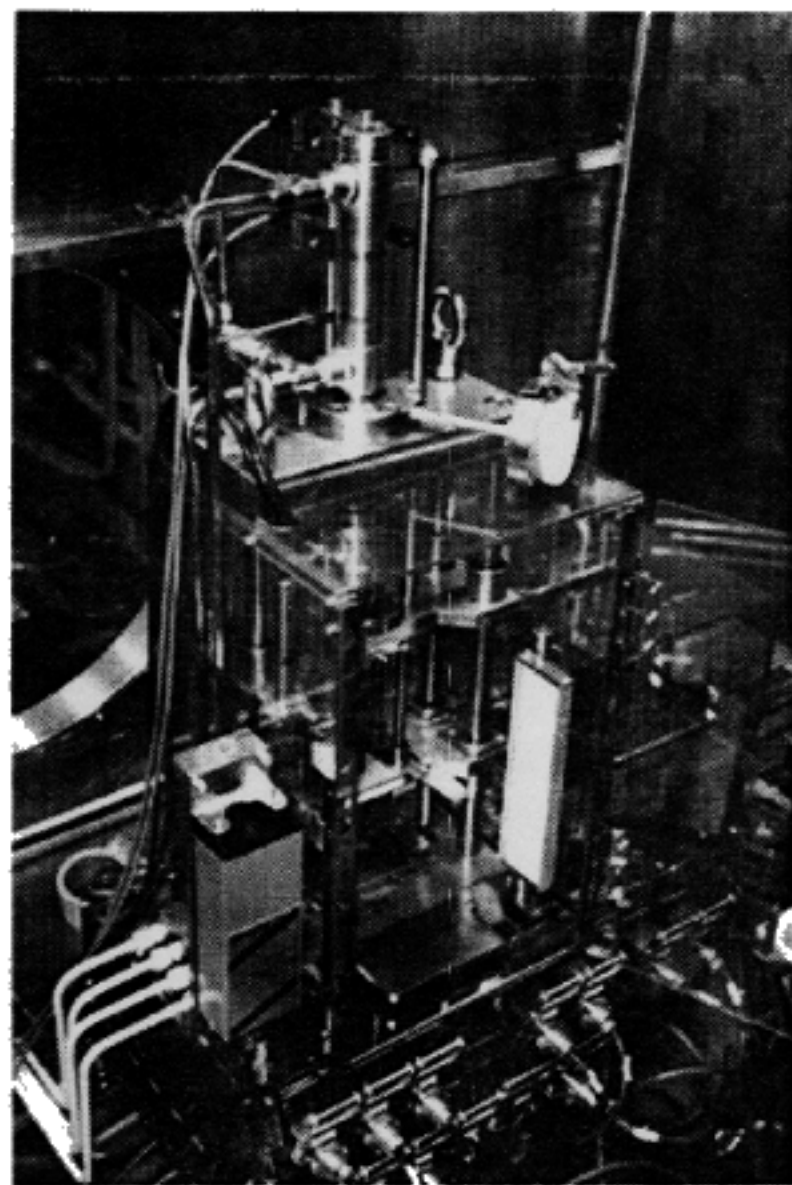
- Np 添加した混合酸化物 (MOX) 燃料製造に関連して、Np 回収設備を整備し 12g の Np を回収した。また、スイスのポール・シェラー研究所との共同研究により、振動充填法による Np を添加した MOX 燃料の製造技術開発を実施している。
- Am 添加 MOX 燃料製造に関連して、大洗工学センターの照射燃料試験施設のホットセル（放射線を遮蔽した部屋）内へ、ペレット製造設備、ピン加工検査設備等の遠隔燃料製造設備を設置し、現在、試運転中である。
- 燃料の照射挙動及び MA 核種の消滅特性の評価を行うため、「常陽」で照射した Am 含有 MOX 燃料の照射後試験及び MA サンプルの照射試験を実施した。



MA含有燃料作製のための遠隔操作制御ライン



ペレット焼結炉



ペレット成形プレス

遠隔操作型MA含有燃料作製設備（例）

(3) 電子線加速器による消滅

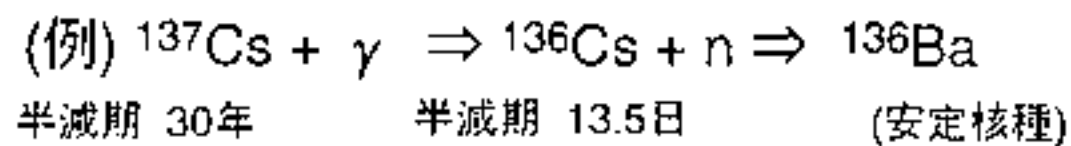
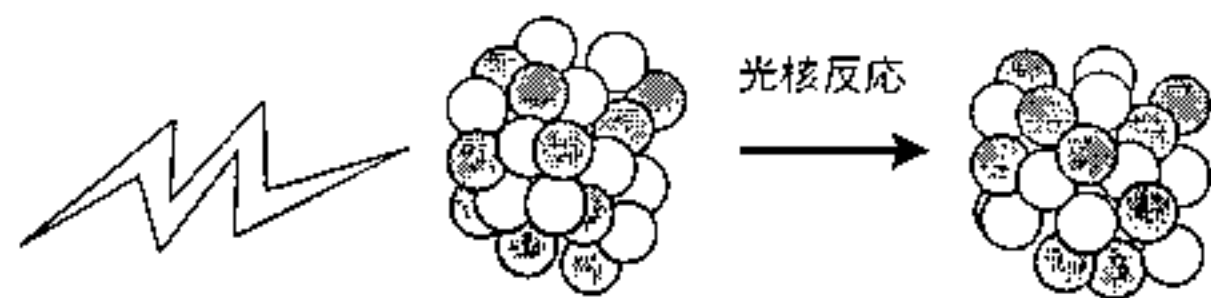
中性子吸収断面積が小さく原子炉では容易に消滅しにくい核分裂生成物 (^{137}Cs 、 ^{90}Sr 等) については、光核反応を用いて消滅することを目標に、電子線加速器の大電流化技術の開発、光核反応断面積の測定及び測定技術開発等を行っている。

1) 電子加速器の開発

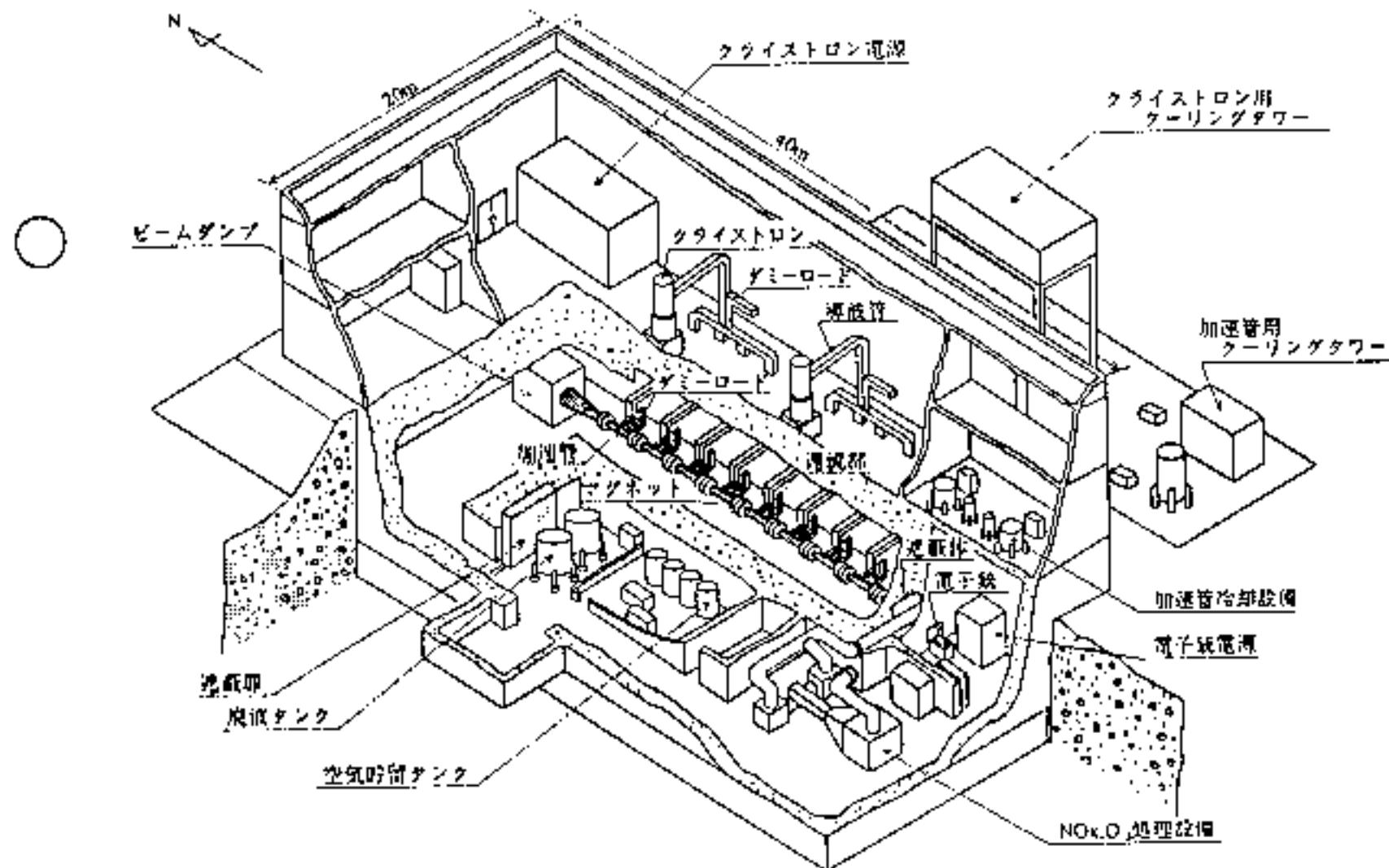
大電流電子線形加速器の当面の開発目標として、エネルギー：10MeV、最大/平均電流：100mA/20mA を設定し、設計、製作を実施し、入射部試験によりその性能を確かめた。これにより加速器の大電流化にある程度の技術的な見通しを得ることができた。

2) 断面積の測定

^{137}Cs の光核反応断面積の測定を行った。さらに、光核反応断面積を精度よく測定するため、高分解能の測定器を新たに開発した。



光核反応(γ 線)による消滅処理の原理



加速器開発施設

3. 今後の課題

(1) 核種分離技術

① MA 分離技術

- Pu/Np/U 混合抽出効率の向上

- TRUEX 法による 3 価 MA(Am, Cm)分離、MA/希土類元素の分離の効率の向上

- MA/希土類元素の分離のための新しい分離剤の開発

②長半減期 FP 分離技術

- 電解採取法による長半減期 FP 並びに有用元素の分離に関する実高レベル廃液での実証

- 同位体分離技術に関する研究

③二次廃棄物処理処分技術

- 触媒的電解酸化法による二次有機廃棄物の分解技術の工学的、経済的評価

(2) FBRによる消滅

①設計研究

○発電用大型FBRでの最適炉心（燃料サイクルも含めて）

○高速炉の多様な炉心概念（U無し燃料を使用した炉心等）

②MA 核種の核データの収集・評価（断面積、崩壊熱）

③MA 燃料の基礎物性データの収集・評価

④MA 燃料製造技術開発

⑤MA 及びFP 非均質燃料集合体の開発

⑥MA 燃料の照射挙動評価（「常陽」,「もんじゅ」での照射試験）

⑦経済性評価

(3) 電子線加速器による消滅

大電流電子線形加速器のビーム加速試験を実施し、大電流ビームの安定加速技術を確立する。