

## (2) 様々な候補概念の概要

実用化戦略調査研究フェーズⅡにおいて比較検討された候補概念を以下に示す。

### ① 高速増殖炉

#### ア. ナトリウム冷却高速増殖炉(MOX燃料、金属燃料)

##### (a) プラントシステムの特徴

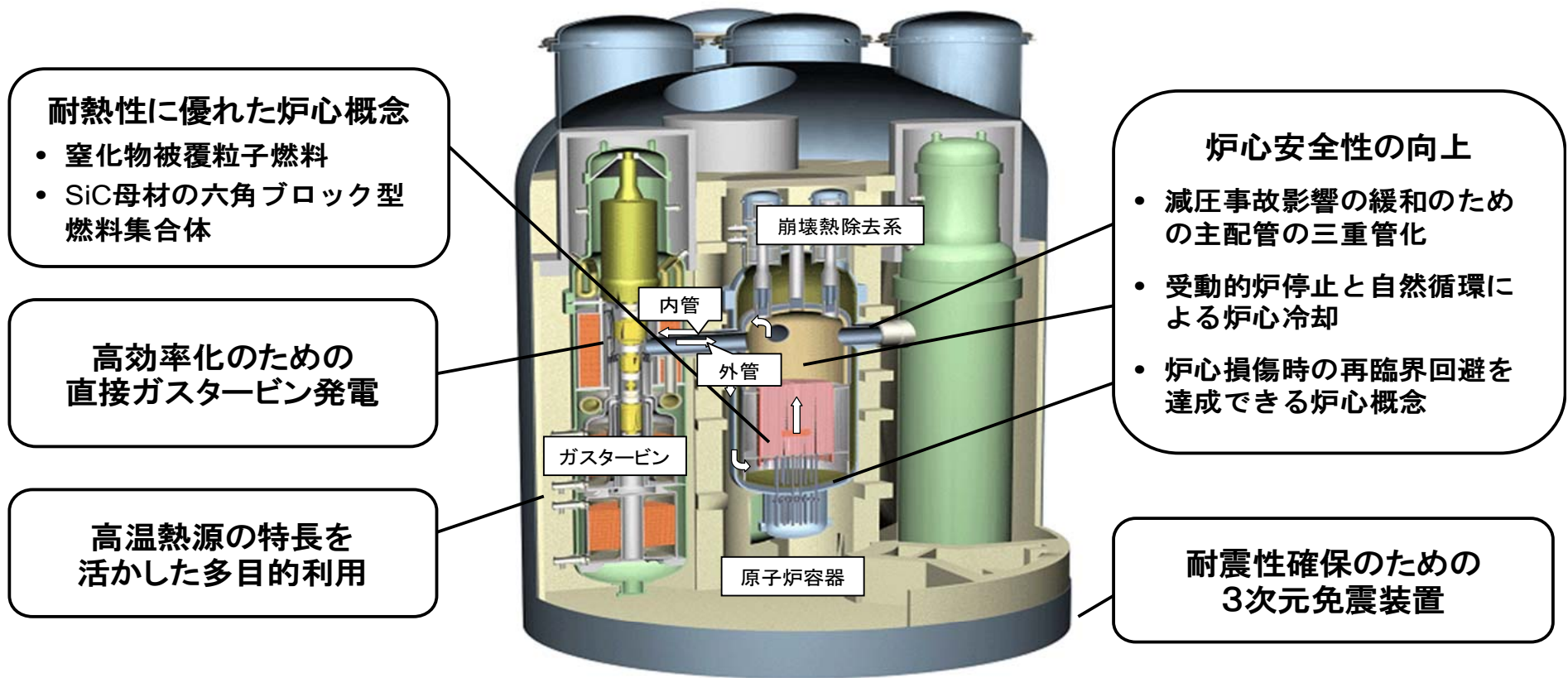
設計要求に掲げた建設費を満足させるため、高い安全要求を満たしつつ、プラントの物量を大幅に削減できる革新技術を採用したシステム概念としている。ナトリウムに固有な課題（化学的活性、不透明など）に対しては、配管及び容器のナトリウム境界を二重化することにより、ナトリウム漏えいの影響範囲を限定するとともに、蒸気発生器の伝熱管を二重管構造とすることにより、プラント寿命期間中にナトリウム-水反応の発生可能性を著しく低下させ、プラントの運転信頼性を向上させる設計としている。また、ナトリウムの特徴（構造材料との共存性が良いこと、不透明であること、運転停止中も約 200 °C という高温を保持することなど）を踏まえた供用期間中検査の方針を検討するとともに、事故や予期せぬ重大な不具合が発生した場合の機器の引抜き補修を含めて、保守・補修性を向上したプラント設計としている。（図-●、表-●参照）

##### (b) 炉心燃料

炉心燃料設計では、MOX 燃料及び金属燃料ともに、設計要求を十分に満足した設計としている。革新技術として、高燃焼度化と高出口温度化を達成可能な酸化物分散強化型（ODS）フェライト鋼被覆管、及び炉心損傷時の再臨界を回避するため熔融燃料流出のための内部ダクト付き燃料集合体概念を採用している。その結果、MOX 燃料炉心、金属燃料炉心ともに設計要求を上回る性能が確認され、ナトリウム冷却炉心の高いポテンシャルが示されている。

##### (c) 要素技術開発

採用した革新技術の成立性見通しを得るために、高クロム鋼開発、



図一 ● ヘリウムガス冷却高速増殖炉概念図

2 ループ化に必要となる大口径配管の流動安定性試験、ポンプ組込型中間熱交換器 (IHX) の振動伝達試験、蒸気発生器のための2重伝熱管試作試験、等を行っている。これらの結果から、技術的成立性の見通しを得るとともに、2015 年頃の技術体系整備に向けた研究開発計画を立案している。

#### イ. ヘリウムガス冷却高速増殖炉 (窒化物燃料)

##### (a) プラントシステムの特徴

高温熱源としても利用できるという特長を活かすとともに、コンパクトで簡素なシステム構成とすることにより高い熱効率による経済性の向上を図っている。原子炉容器の回りに縦型単軸ガスタービン (38 万 kWe) を4基配置した直接サイクル発電方式 (150 万 kWe) とし、冷却系配管を二重管 (内側配管をホットレグ、外側配管をコールドレグ) にした構造を採用している。減圧事故時の影響を緩和するため、二重管の外側をさらに配管で覆った三重管構造とし、原子炉容器からガスタービンまで内包できる大型格納容器を採用している。(図一●参照)

##### (b) 炉心燃料

窒化物燃料を採用し、これを高温強度に優れる窒化チタン (TiN) で被覆した粒子燃料 (被覆燃料) を製造し、それらを炭化ケイ素 (SiC) 母材に埋め込んだ六角ブロック型燃料集合体としている。炉心設計では、燃料の優れた高温耐性、低い炉心出力密度 (約 100W/cc)、減圧時反応度上昇の抑制などにより、減圧事故時に原子炉スクラム失敗と強制循環除熱機能喪失が重畳した事象や ATWS を想定しても、炉心損傷に至らない可能性を示している。

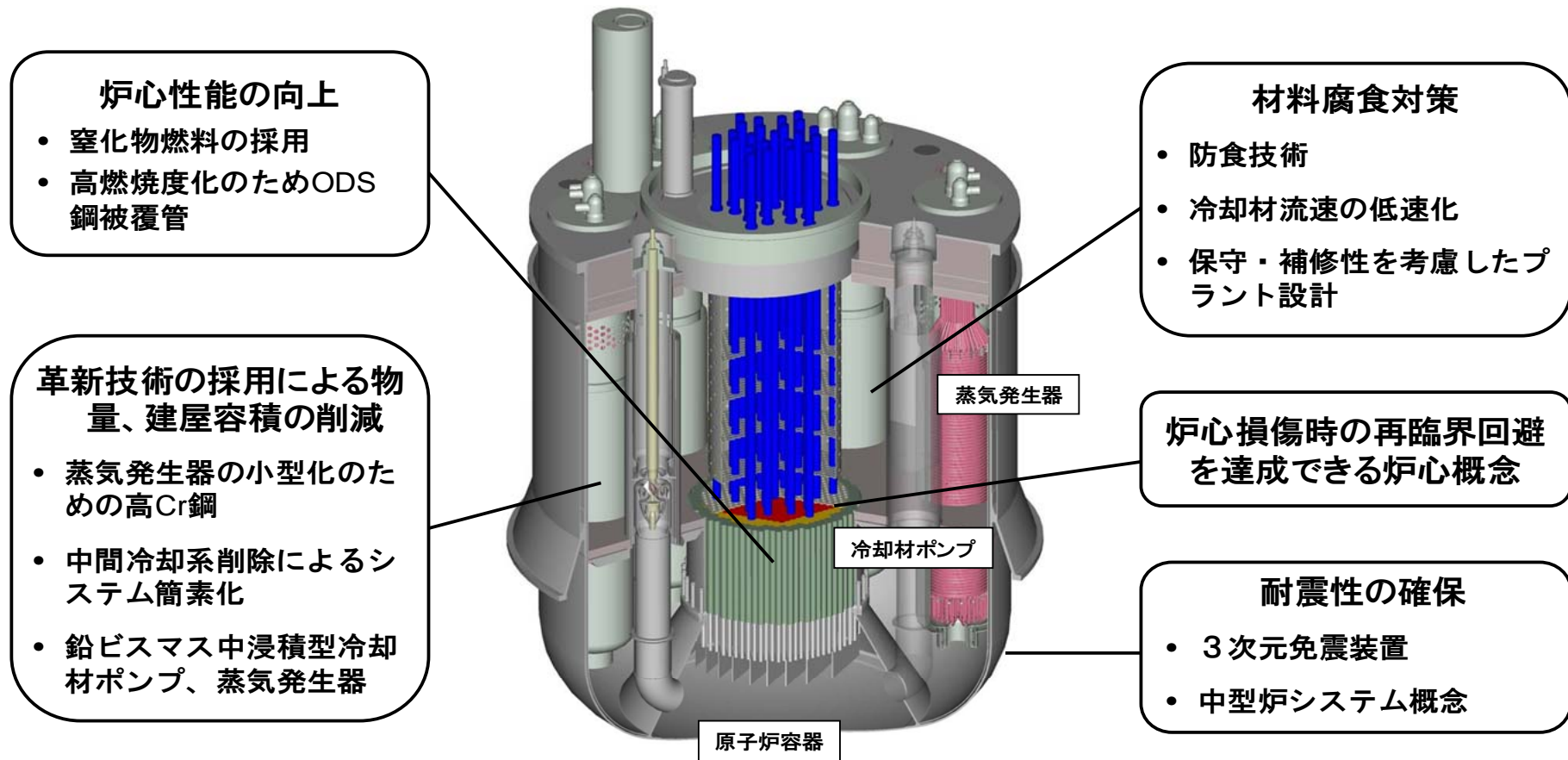
##### (c) 要素技術開発

被覆燃料に関する基礎的な試験を一部実施している。

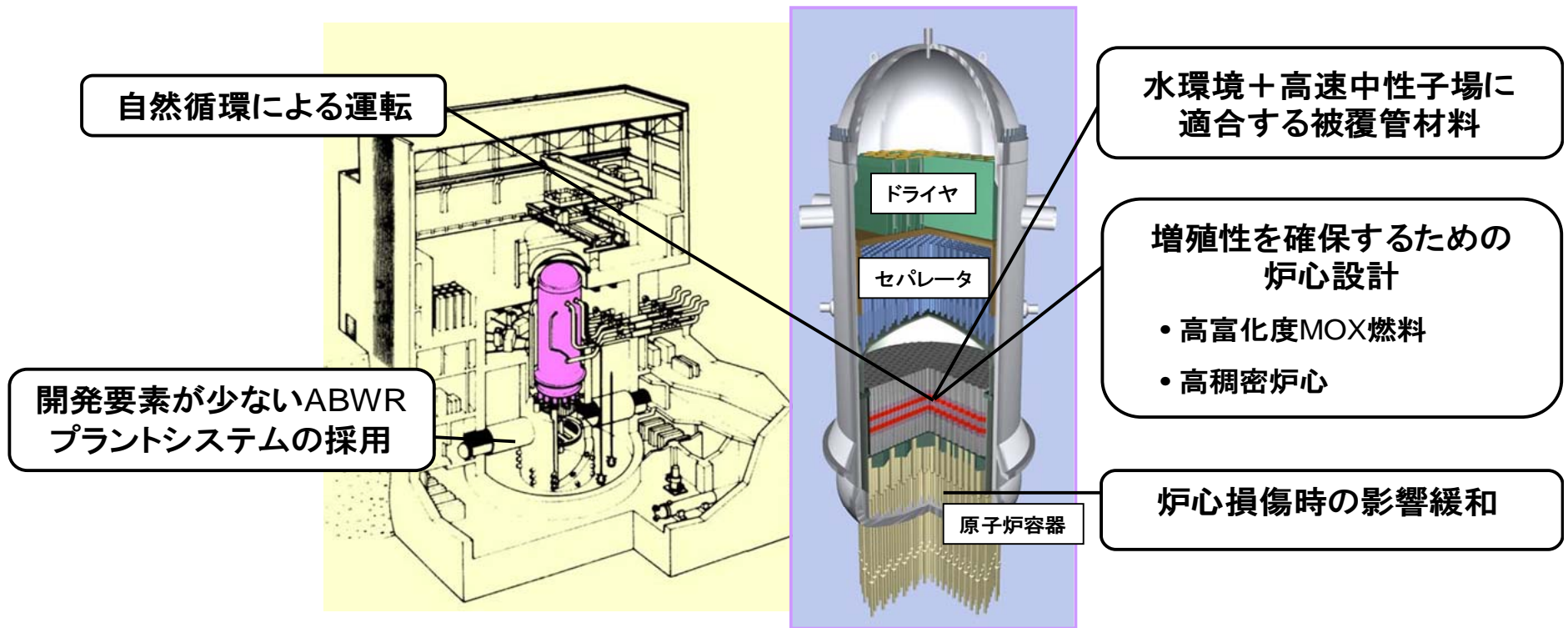
#### ウ. 鉛ビスマス冷却高速増殖炉 (窒化物燃料)

##### (a) プラントシステムの特徴

耐震性の検討において、3次元免震を採用しても大型炉の成立性を



図一● 鉛ビスマス冷却高速増殖炉概念図



図一● 水冷却高速増殖炉概念図

見通せなかったため、中型炉規模で2次系を必要としないプール型概念を検討しており、この概念は耐震性を確保した上で建設費の目標を満たし得ることを確認している。また、材料腐食を抑制するために被覆管最高温度や冷却材流速を制限し、窒化物燃料を採用することで、設計要求を満たし得る炉心概念を構築することができるとしている。

(図一●参照)

#### (b) 炉心燃料

材料腐食を抑制するために被覆管最高温度及び冷却材流速を制限する必要があることから、酸化物燃料と比較して重金属密度の高い窒化物燃料を採用している。この結果、炉心核特性が改善され、径方向ブランケットなしで増殖比 1.1 を確保できるとしている。

#### (c) 要素技術開発

鉛ビスマス冷却材を利用する上で重要な技術課題となる、鉛ビスマスによる鋼材の腐食性に関する試験を実施し、その成果を設計に反映している。

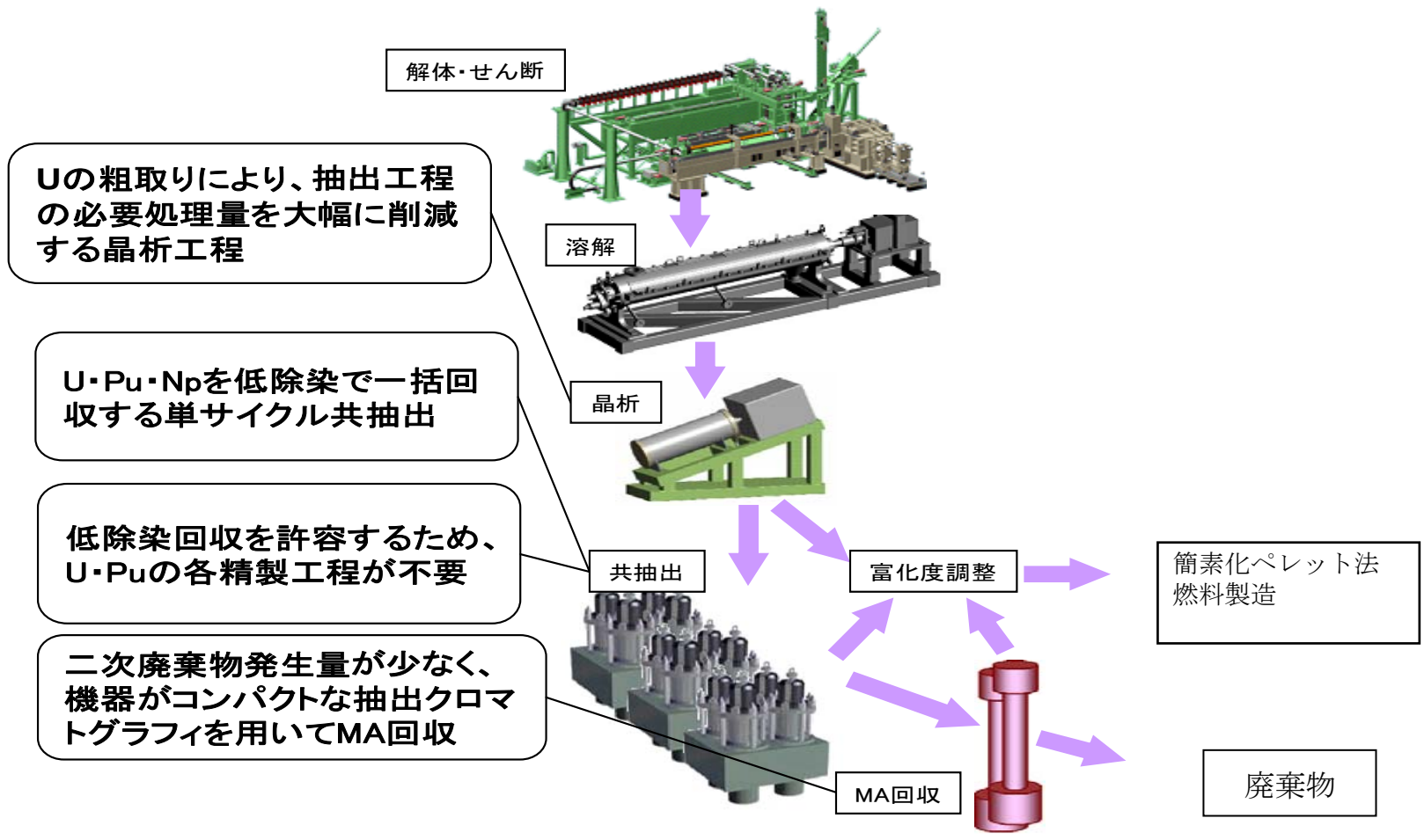
### エ.水冷却高速増殖炉 (MOX 燃料)

#### (a) プラントシステムの特徴

水冷却高速増殖炉は、数十年の商業発電実績がある軽水炉で培った豊富な技術と経験があることから、運転・保守性に優れ、技術的実現性が高いとしている。既に実用化されている ABWR のプラント技術が活用できるが、高速炉とするために冷却材のボイド率が高くなり、また、炉心が扁平であるため、冷却材流動にともなう圧力損失が小さいことから、インターナルポンプを削除した自然循環冷却によるシステムとしている。(図一●参照)

#### (b) 炉心燃料

水冷却炉は、負のボイド反応度係数を炉心の扁平化で実現している。また、炉心の燃料ピン間ギャップを 1.3mm と稠密化するとともに、冷却材ボイド率を高く (炉心平均ボイド率 70%程度) して増殖比 1 以上を達成している。



図一 ● 先進湿式法再処理の概念図

表一● 先進湿式法再処理の基本仕様

	先進湿式法
受入燃料	酸化物燃料 (ペレット)
再処理製品	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
発生廃棄物処分体 (高レベル廃棄物)	ホウケイ酸ガラス固化体
年間処理能力	200tHM/y
再処理製品へのFP混入率	0.14%以下
前処理操作	バンドルせん断(短尺)
分離操作原理と 使用媒体	溶解(硝酸水溶液) 晶析 溶媒抽出(TBP+n-ドデカン) クロマトグラフィー(シリカ担持型 CMPO/BTP吸着材)
操作温度	0~95℃
セル雰囲気	空気雰囲気
運転・保守補修方式	連続式 自動運転(配管移送) 遠隔保守補修
臨界管理方式	形状管理(全濃度安全形状)



### (c) 要素技術開発

被覆管候補材料として、改良ステンレス鋼及び軽水炉用燃料被覆管（ジルコニウム合金）を選定し、国内のイオン照射研究施設で基礎的な照射試験を実施中である。熱水力特性については、大規模バンドルの限界出力試験を実施し、稠密体系での除熱限界、並びにその燃料ピン間ギャップ幅の効果を明らかにしている。

## ②再処理

### ア. 先進湿式法（MOX 燃料、窒化物燃料）

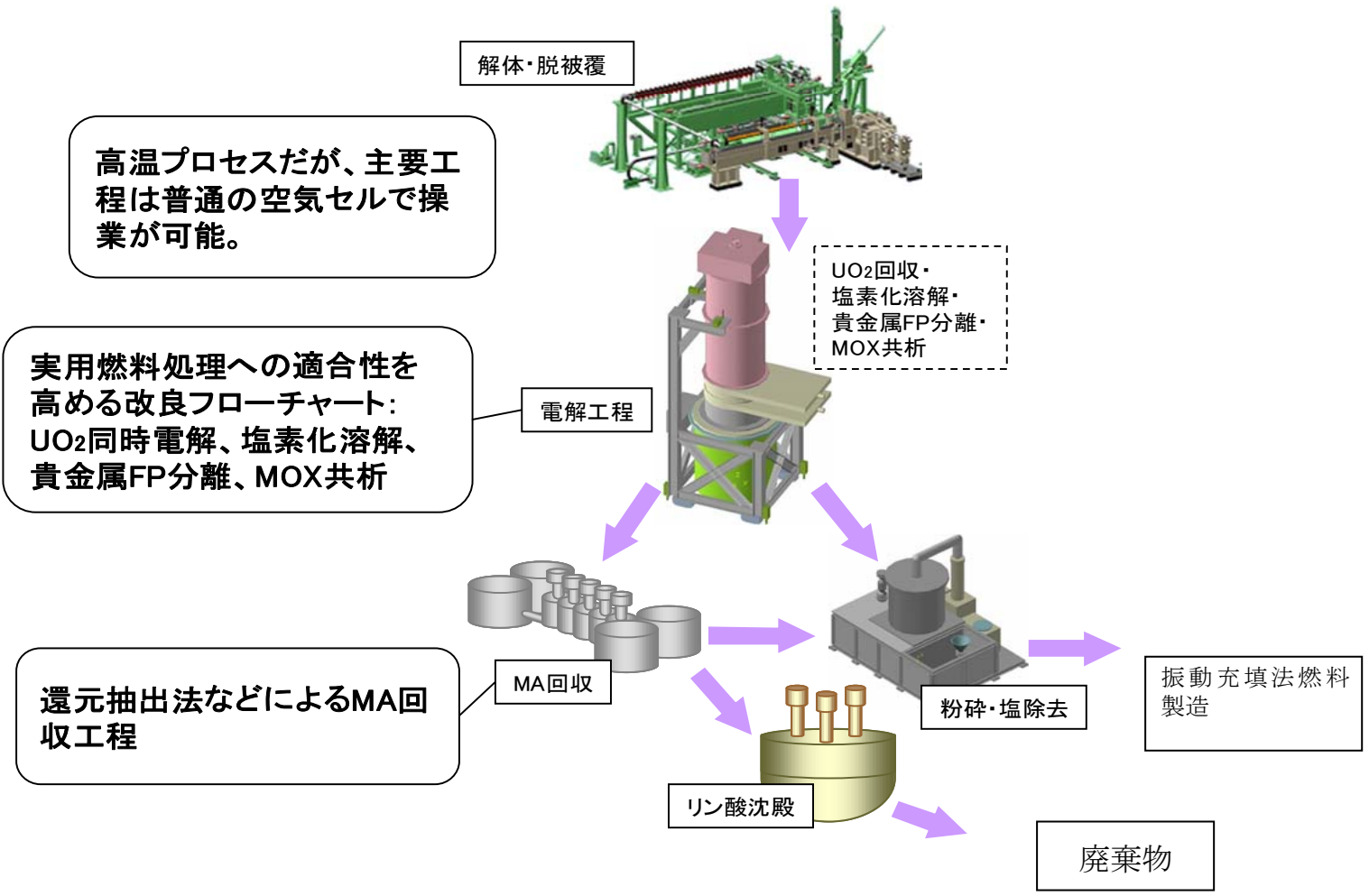
#### (a) プロセスシステムの特徴

先進湿式法再処理は、従来の高除染（回収する再処理製品（ウラン／プルトニウム溶液）に含まれる不純物の割合が少ない）の湿式再処理法をベースに、ウラン／プルトニウムの低除染・混合回収などプロセスの合理化を図り、マイナーアクチニド（MA）の回収を組み入れたものである。これらにより、経済性及び核拡散抵抗性の向上、資源有効利用、及び環境負荷低減を目指すこととしている。先進湿式法再処理の概念図を図－●に、プラント仕様を表－●に示す。

具体的には、晶析工程と単サイクル共抽出工程の導入、回収したウラン及びプルトニウム等の精製工程の削除、ソルトフリー試薬（塩廃棄物を発生させない（ナトリウムを含まない）試薬）の採用と廃液の二極化処理などを合理化項目としている。高レベル放射性廃棄物への MA の移行量を減らして環境負荷低減を図るため、単サイクル共抽出工程で回収されないネプツニウム以外の MA（アメリシウム及びキュリウム）を抽出クロマトグラフィにより回収することとしている。

本システムは窒化物燃料にも適用可能であるが、炉内での長寿命炭素（C14）の生成抑制のため、窒素同位体（N15）を用いる必要があり、その回収工程の追加が必要とされている。特に、被覆粒子燃料の場合にはこの他 TiN 被覆材の除去工程も必要とされている。

#### (b) 要素技術開発



図一● 酸化物電解法の概念図

晶析工程に適した高濃度ウラン／プルトニウム溶液を得るため、溶解工程については照射済燃料の粉体化により 99%以上の溶解率で、晶析工程に適した濃度を所定の時間内に達成できることを小規模ホット試験で確認している。遠心抽出器による単サイクル共抽出工程では、小規模ホット試験により、ウラン及びプルトニウムは 100%近い回収率、ネプツニウムは 98%程度の回収率が得られている。工学規模の遠心抽出器を開発し、水相と有機相の分離などの基本性能や耐久性能が確認されている。

晶析工程については、使用済燃料を用いた小規模試験においてウラン回収率の目標値を上回るデータを得るとともに、今後の課題としてバリウムやセシウムなど除染し難い元素へ対応する必要性が示されている。また、実機形状を考慮した工学規模のウラン試験装置を用いた試験を行い、硝酸ウラニル結晶の連続的回収が可能であることが確認されている。

抽出クロマトグラフィによる MA 回収については、模擬物質を用いた小規模試験結果から MA 分離の可能性が示されている。

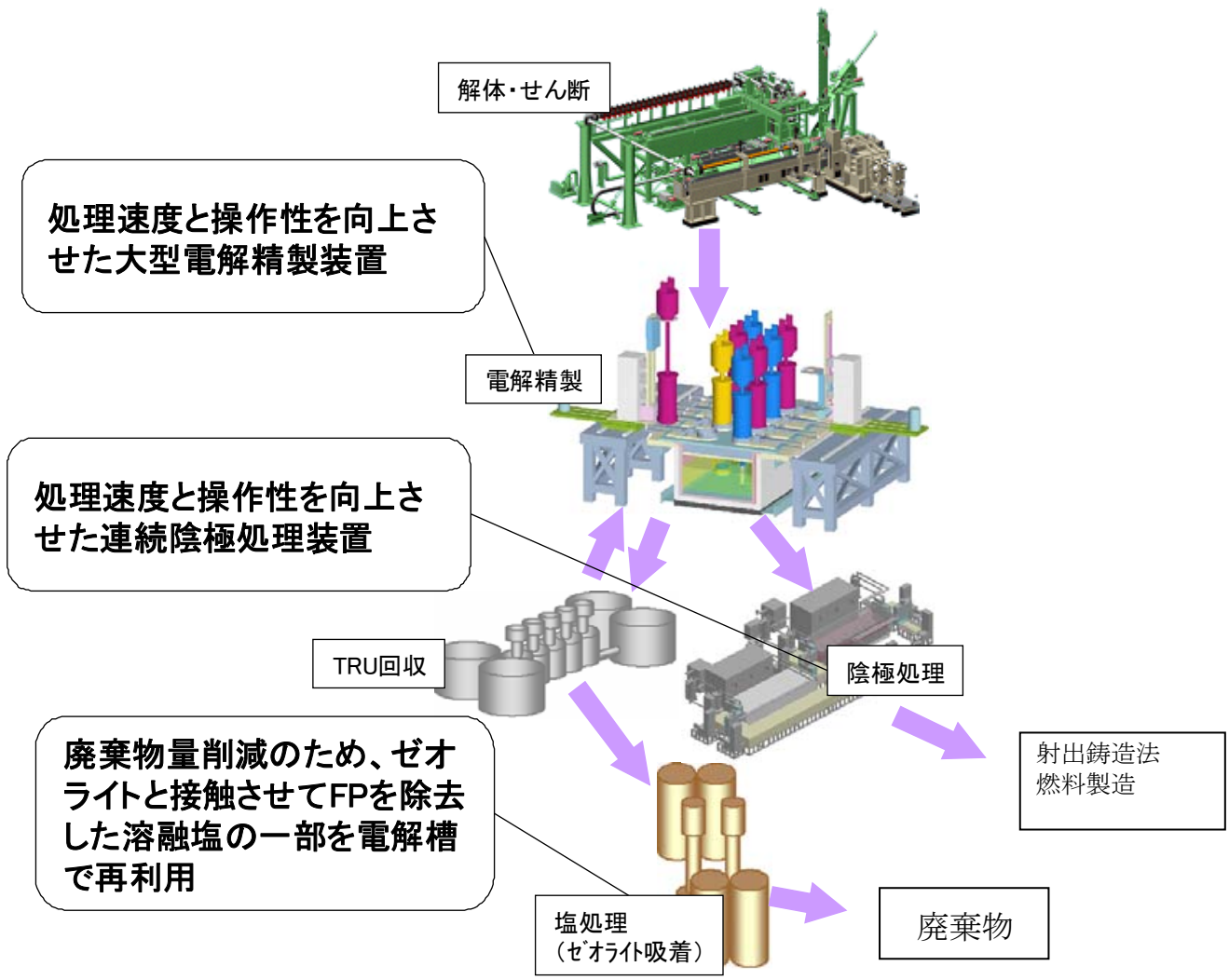
## イ. 酸化物電解法 (MOX 燃料)

### (a) プロセスシステムの特徴

酸化物電解法再処理は、使用済燃料を塩素ガスによって熔融塩 ( $\text{NaCl-2CsCl}$ ) 中に溶解し、電気分解などによって酸化ウラン ( $\text{UO}_2$ ) 顆粒及び MOX 顆粒を得る乾式再処理法である。概念図を図一●に示す。ロシアで開発された基本技術に、 $\text{UO}_2$  回収のための同時電解、貴金属回収電解、酸化プルトニウム ( $\text{PuO}_2$ ) を単独で回収しないための MOX 共析、MA 回収工程などを組み込んでいる。MA を除去した熔融塩中の FP はリン酸塩により沈殿し、リン酸沈殿物や余剰塩をリン酸ガラス形状の廃棄体とする。

### (b) 要素技術開発

MOX 共析、MA 回収及びリン酸沈殿については、ロシア原子炉科学研究所において使用済燃料を用いた試験がなされた。国内では同時電解や貴金属 FP 分離に関するウラン試験及び材料耐食性試験などが行



図一 ● 金属電解法の概念図

われた。MOX 共析工程においては電流効率向上やプロセス制御条件の最適化が必要であり、MA 回収については、グラファイト陰極への析出は困難なため液体金属を用いた抽出などの検討が必要とされている。ルツボ材料について試験片レベルの耐食性から選定しているため、製造性も含めた開発が必要とされている。

#### ウ. 金属電解法（金属燃料）

##### (a) プロセスシステムの特徴

金属電解法再処理は、500 °C の LiCl-KCl 熔融塩 (LiCl-KCl) 中での電解精製によって燃料物質を回収する乾式再処理法である。概念図を図一●に示す。使用済燃料を陽極とし、ウランの回収には鋼製の陰極を、またプルトニウムとウランの一括回収には液体カドミウム陰極を用いる。液体カドミウム陰極にはプルトニウムとウランと同時に MA 及び少量の希土類元素が同伴するのが本プロセスの特徴である。設計においては、米国で開発されたフローシートをベースに経済性向上のため大型電解精製装置や連続陰極処理装置を適用している。

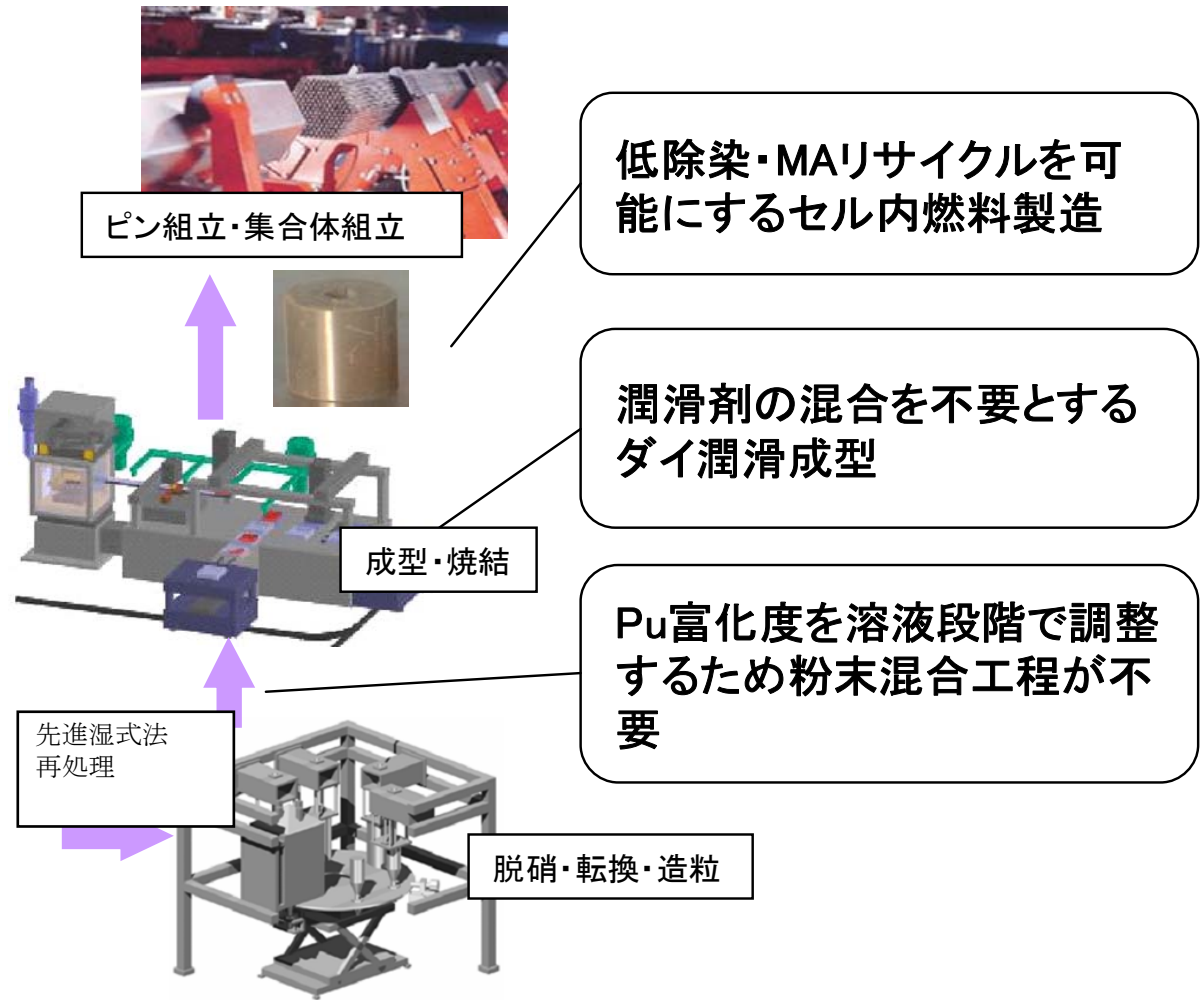
##### (b) 要素技術開発

ウラン、プルトニウム、MA 及び模擬 FP 元素を用いた電解精製や陰極処理技術に関する小規模試験が日本原子力研究開発機構と電力中央研究所の共同研究などによって進められ、カドミウム陰極によるウラン/プルトニウム共析出や希土類 FP との分離性能を確かめられている。また、共同研究により、MOX 還元－電解精製－陰極処理の一連の小規模試験が MOX を用いて行われ、プロセス全体の物質収支に関するデータを得るとともに、高い回収率でアクチニドを回収可能な見通しが得られている。塩廃棄物処分体であるガラス結合ソーダライトについては FP 添加量が少ないため、改良や処分方法を含めた検討が必要とされている。

### ③ 燃料製造

#### ア. 簡素化ペレット法（MOX 燃料）

##### (a) プロセスシステムの特徴



図一● 簡素化ペレット燃料製造法の概念図

表一● 簡素化ペレット法燃料製造の基本仕様

	簡素化ペレット法
受入原料	硝酸水溶液 (Pu富化度・MA含有率調整済)
中間製品	酸化物中空ペレット
燃料スミア密度	82%
年間処理能力	200tHM/y
製品へのFP混入率	0.14wt%
転換操作	マイクロ波加熱直接脱硝法
Pu富化度／MA添加率調整操作	不要
O/M調整操作	H <sub>2</sub> ガス還元
焼結操作	必要
使用試薬等	ステアリン酸亜鉛
操作温度	室温～1700℃
セル雰囲気	空気雰囲気
運転・保守補修方式	バッチ式 自動運転(機械式移送) 遠隔保守・補修
臨界管理方式	形状管理／質量管理／本数・体数管理

簡素化ペレット法は、「常陽」及び「もんじゅ」の燃料製造技術として、製造実績がある従来のペレット法をベースとしている。図一●に概念図を、表一●にプラント仕様を示す。プルトニウム富化度調整を硝酸溶液段階で行うことにより、従来のペレット製造工程の多くを占めていたプルトニウム富化度調整のための粉末混合工程を大幅に削減している。これにより、経済性向上が期待されるととともに、粉末飛散抑制に伴いプルトニウムの工程内滞留量低減が図られ計量管理の合理化が期待される。金型の内面に潤滑剤を直接塗布するダイ潤滑成型法の導入により、粉末への潤滑剤の添加・混合が不要となり、脱ガス工程も不要となるため、成型焼結工程が簡素化される。

燃料製造システムでは、低除染 MA 含有燃料を取扱うため、遮蔽セル内での運転に適した設備とする必要がある。このため、設計検討で、量産性、運転信頼性及び遠隔保守補修性に優れるターンテーブル方式の脱硝・転換・造粒設備を導入している。また、燃料ペレットの酸素比率（O/M 比）調整のための工程を焼結工程の後に付加している。

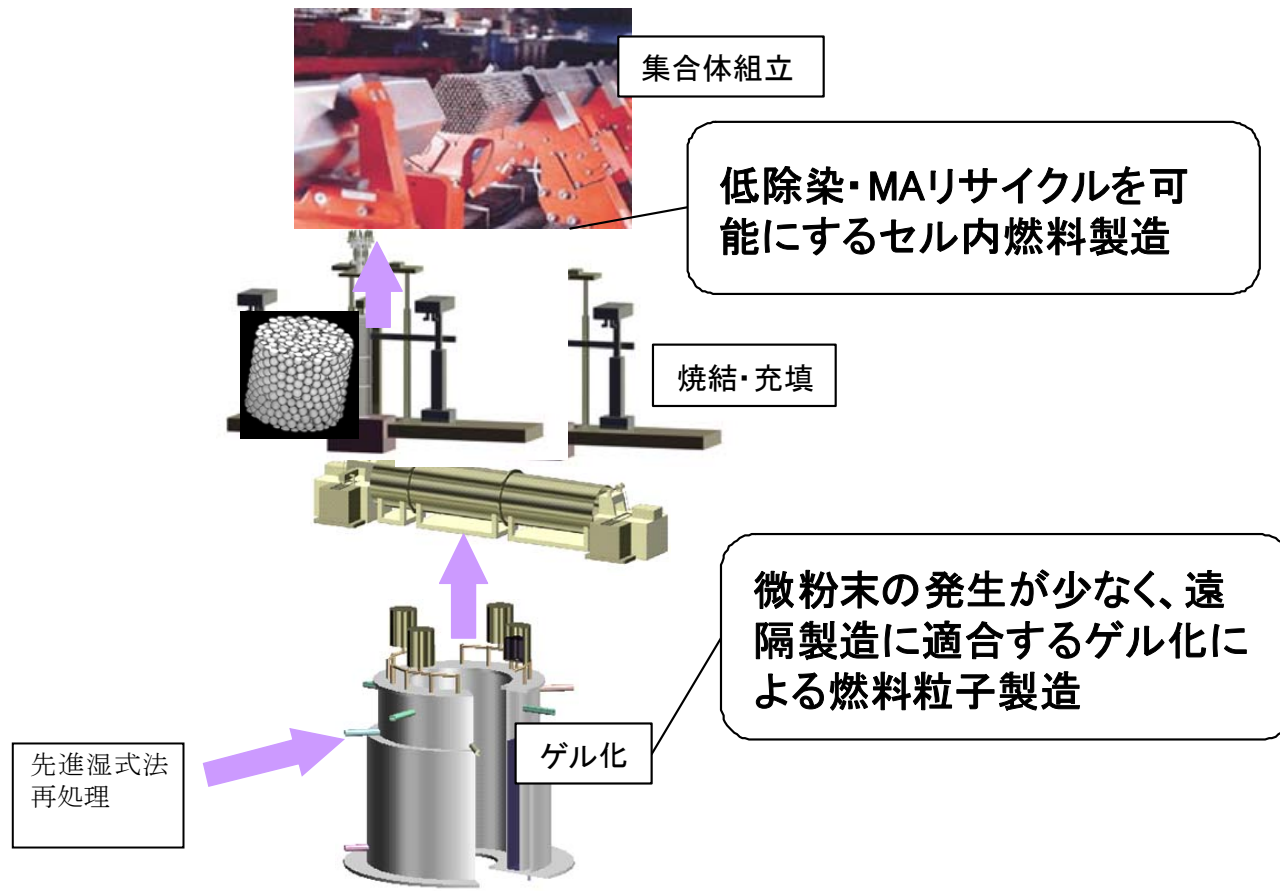
#### (b) 要素技術開発

硝酸溶液混合によるプルトニウム富化度調整についてはモックアップ装置を用いた試験、マイクロ波直接脱硝についてはビーカースケールでの MOX 試験を実施し、随伴する FP の影響などの検討が必要ではあるものの、プロセスの成立性が概略確認されている。

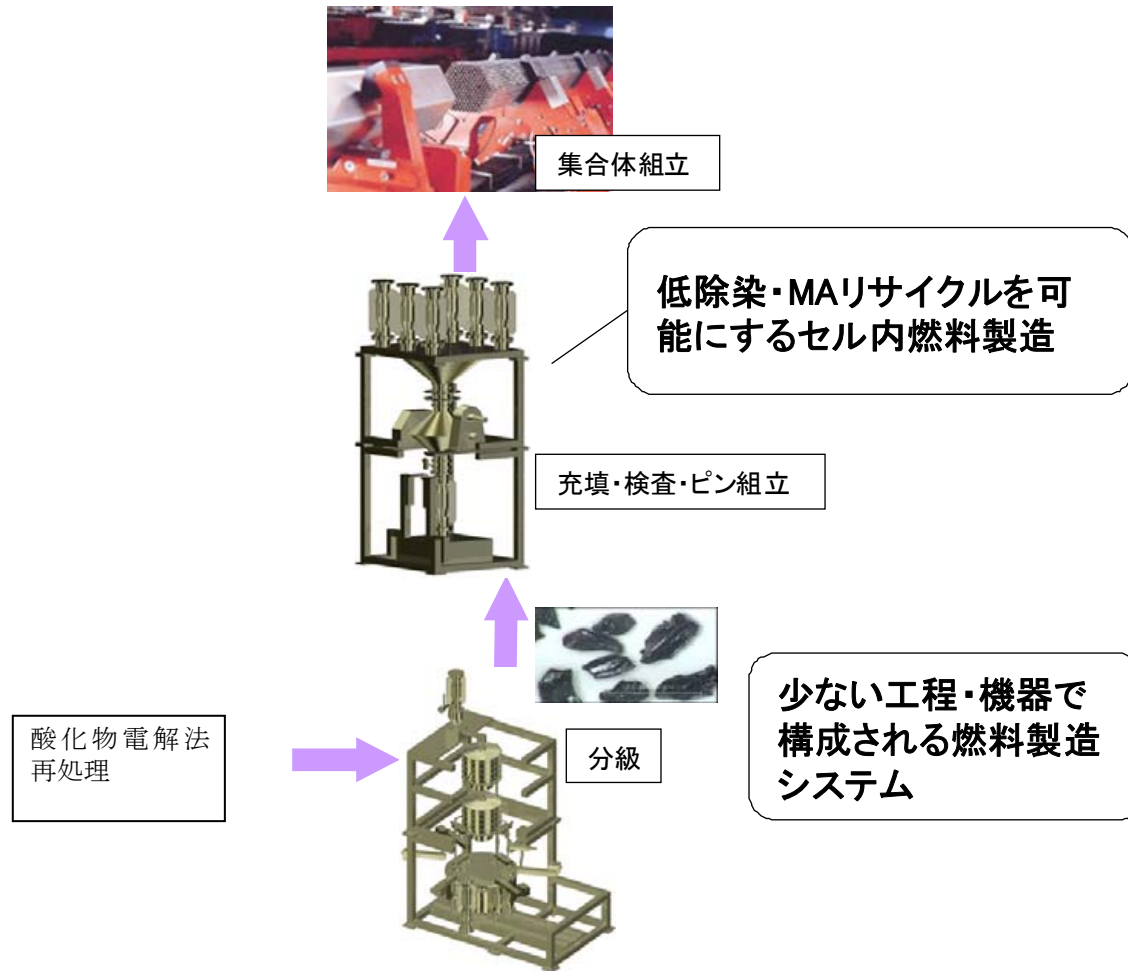
粉末流動性改良については、造粒処理による顆粒調整技術により流動性を改良する手法について試験が行われ、転動造粒法により平均粒径 700 ～ 1000  $\mu\text{m}$  の MOX 粉末が得られること、金型への充填性が良好であることを確認されている。

ダイ潤滑成型に関しては、成型特性の確認、MOX ペレットの試作などを実施するとともに、コールド雰囲気において機器開発及び模擬粉末によるペレット試作を行い、噴霧方法の最適化や遠隔保守への対応策の検討などが進められた。更に、小規模での焼結試験の結果、欠け・割れ・有意なプルトニウムスポットのない理論密度 95%以上のペレットの製造が可能なが確認されている。また、ホットセル内での遠隔操作で、照射用 MA 含有 MOX ペレットの製造に成功し、ホッ





図一● 振動充填法/湿式法再処理対応(スフェアパック法)の燃料製造の概念図



図一● 振動充填法/酸化物電解法再処理対応(バイパック法)の燃料製造の概念図

トセル内遠隔製造の見通しが得られている。

#### イ. 振動充填法/湿式法再処理対応（スフェアパック法）（MOX 燃料）

##### (a) プロセスシステムの特徴

先進湿式法に適合する振動充填燃料製造では、ゲル化法により大小 2 種類の球形燃料粒子を製造し、重量比 3 : 1 で被覆管内に充填する。ゲル化法ではプルトニウム富化度調整済みのウラン/超ウラン元素硝酸溶液をアンモニア水中に滴下し、重ウラン酸アンモニウム及び水酸化プルトニウムのゲル球とした後、洗浄・乾燥・ばい焼・還元により二酸化物粒子とする。微粉末発生が少ないとともに簡素化工程のため、遠隔自動化に適合することが期待されている。（図一●参照）。

##### (b) 要素技術開発

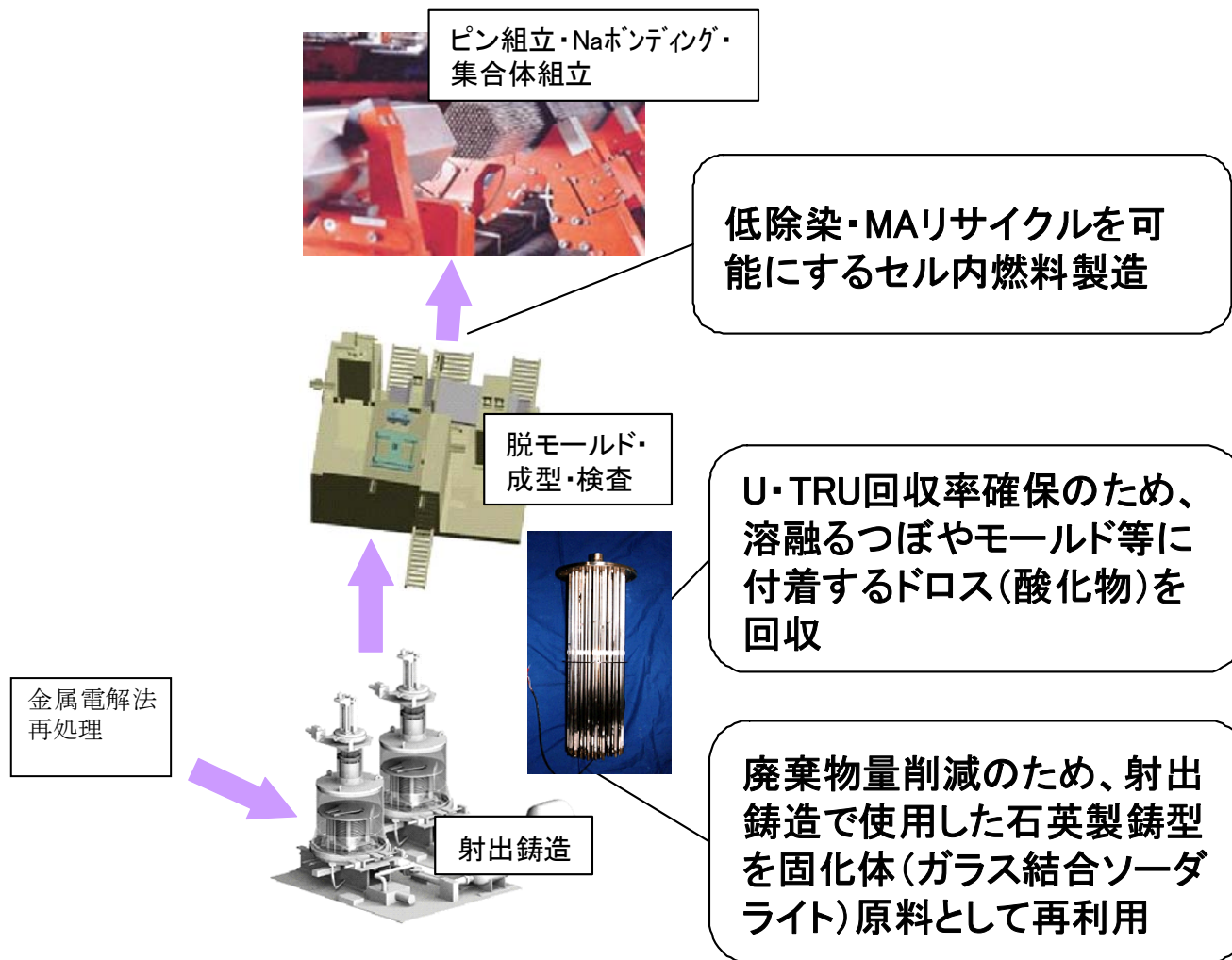
ウランや模擬 FP 元素を添加した粒子製造試験やネプツニウム含有 MOX 燃料粒子の製造によりゲル化技術の成立性が確認されている。粒子充填技術については、大小 2 種類の粒径の模擬粒子（ガラス及びハフニア）を用いた充填試験、及びオランダの高中性子束炉「HFR」での照射試験に供したネプツニウム－MOX スフェアパック燃料の製造を実施している。これらにより、スミア密度 80%程度の充填密度が達成可能であること、軸方向密度の偏差が許容できるレベルであることが確認されている。

#### ウ. 振動充填法/酸化物電解法再処理対応（バイパック法）（MOX 燃料）

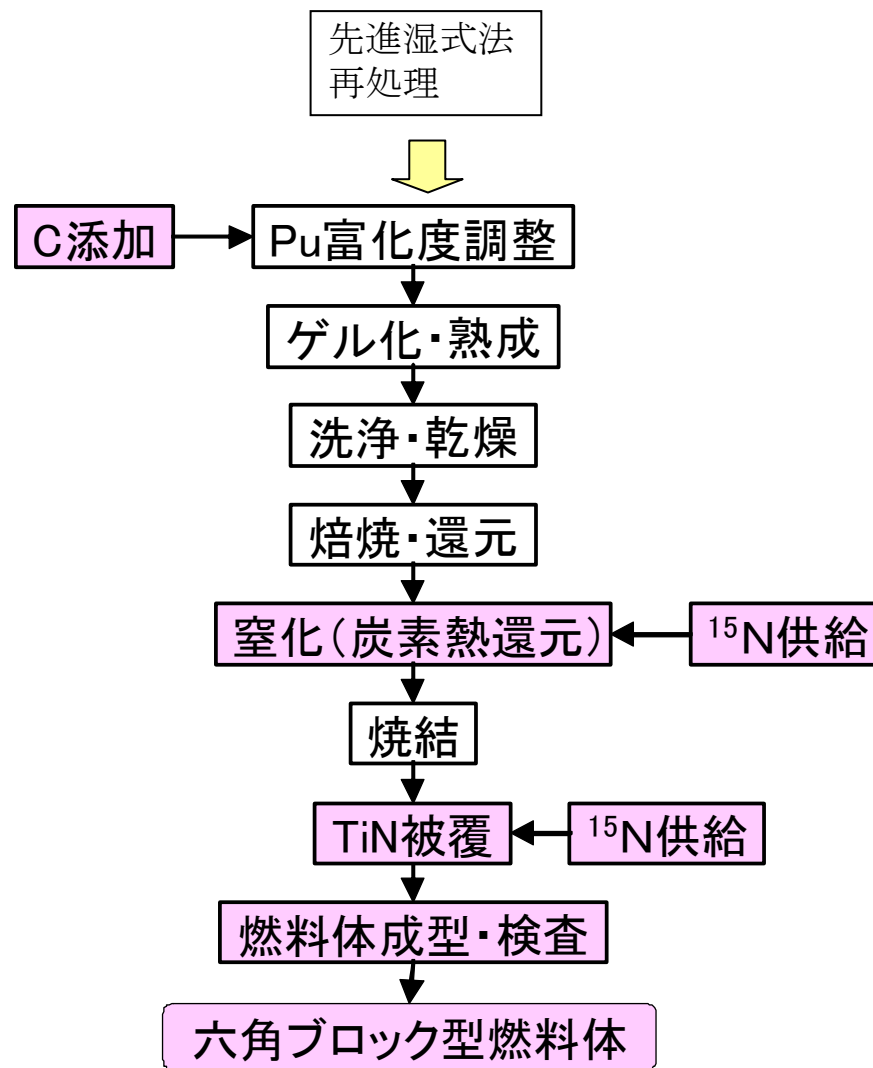
##### (a) プロセスシステムの特徴

酸化物電解法に適合する振動充填燃料製造では、電気分解で回収される理論密度に近い酸化ウラン析出物及び MOX 析出物を粉砕して顆粒状とし、これらを数種類の大きさに分級した後、混合して加振しながら被覆管内に充填する（図一●）。酸化物電解法によって得られる燃料顆粒の O/M 比は 2 となる。照射中の燃料被覆管内面の腐食を防止するために燃料中の O/M 比を 2 未満とする必要があるため、金属ウラン粒子を酸素吸収剤として添加する。

##### (b) 要素技術開発



図一 ● 射出 casting 法燃料製造の概念図



図一 ● 被覆粒子燃料製造の概念図

使用済燃料から回収した顆粒状の酸化プルトニウムを用いて、バイパック燃料製造試験及びその燃料の照射試験を実施し、被覆管内面腐食や燃料/被覆管の機械的相互作用に関して、ペレット燃料と同等の性能が期待できることが確認されている。プルトニウム富化度の軸方向のばらつきについては、ロシアの高除染 MOX 燃料製造実績から制限値以内とできる見通しが得られている。低除染燃料のプルトニウム富化度分布測定法については、高放射線下で適用可能な新たな測定法の開発が必要とされている。

## エ. 射出鋳造法（金属燃料）

### (a) プロセスシステムの特徴

射出鋳造法による燃料製造法は、米国で開発され、高速実験炉「EBR-II」のドライバ燃料製造に用いられた技術である。射出鋳造装置内のアルゴンガス中で燃料合金を溶解し、真空引きの後、上端を閉じた石英製のパイプ状の鋳型を溶融合金に浸漬する、再び、装置内にアルゴンガスを導入することで、鋳型内部との差圧により溶融燃料合金を鋳型内に射出する。概念図を図一●に示す。簡素な工程、装置小型化、遠隔操作への適合などが特徴である。なお、使用済石英製鋳型は再処理廃棄物を処理する際の原料として利用することとしている。

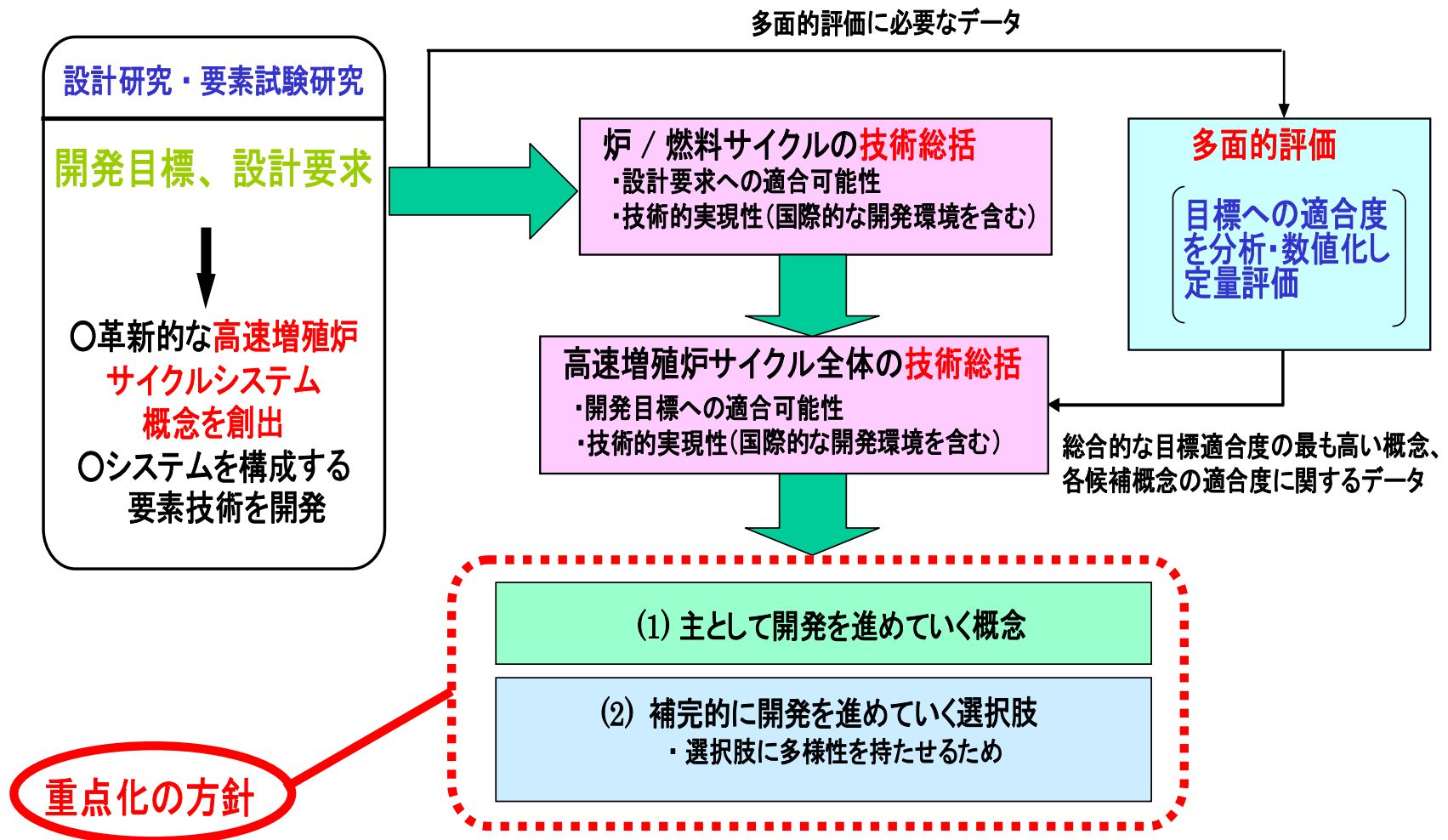
### (b) 要素技術開発

ウラン-ジルコニウム合金の射出鋳造試験が電力中央研究所により工学規模（1 バッチ約 20g）で実施され、燃料スラグの寸法精度など統計データが蓄積された。日本原子力研究開発機構と電力中央研究所の共同研究により「常陽」での照射試験に向けたウラン-プルトニウム-ジルコニウム合金の射出鋳造試験が進められている。また、石英鋳型の廃棄物固化体原料としての利用などについても技術的成立性を確認するための小規模試験が進められている。

## オ. 被覆粒子燃料製造（窒化物燃料）

### (a) プロセスシステムの特徴

ヘリウムガス冷却炉で用いる被覆粒子燃料の燃料核の製造にはゲル化法が適用可能で、図一●に示す通り、原料硝酸溶液に予め炭素粉末



図一● フェーズⅡにおける検討の流れ

表一 ● 高速増殖炉サイクルの設計要求

開発目標	高速増殖炉の設計要求	燃料サイクルの設計要求
<p style="text-align: center;"><b>安全性</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 炉心損傷の発生頻度<math>10^{-6}</math>/炉・年未満</li> <li>● 炉心損傷に至る代表事象に対する受動安全性の強化 あるいは事故管理方策の具体化</li> <li>● 仮想的な炉心損傷時の再臨界発生を回避し、その影響を原子炉容器あるいは格納施設内で確実に終息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 同時代の軽水炉燃料サイクルシステムと同等以上（異常の発生要因を極力排除、異常の拡大防止等）</li> <li>● 施設内での放射性物質の大規模放出事象の発生頻度を<math>10^{-6}</math>/プラント・年未満に抑制し、その事象を想定しても、施設の閉じ込め能力を確保して、影響を周辺環境に及ぼさない設計</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>経済性</b></p> <p>高速増殖炉サイクル全体としての発電原価 4円/kWh</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 建設費：20万円/kWe</li> <li>● 燃料費：炉心燃料の平均燃焼度 15万MWd/t</li> <li>● 運転費：連続運転期間 18カ月以上、稼働率 90%以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 再処理・燃料製造費 0.8円/kWh</li> <li>● 処分費等を含む燃料サイクル費としては 1.1円/kWh</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>環境負荷低減性</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 軽水炉の使用済燃料中のMAも経済的に燃焼できるよう、5%程度のMA含有低除染TRU燃料を受入可能</li> <li>● 長寿命核分裂生成物の核変換能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 発電量あたりの放射性廃棄物の発生量が軽水炉燃料サイクル施設と同等以下を要求、1/10に削減することを目標</li> <li>● UおよびTRUの廃棄物への移行率 0.1%以下（目標）</li> <li>● 長寿命核種の分離核変換技術の採用などにより処分負荷低減の可能性を追求</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>資源有効利用性</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 増殖比 低除染TRU燃料を用いて増殖比1.0以上を達成できること 1.1以上が達成できる場合は、移行期での経済性向上のため、炉心全体の燃焼度の増加及び連続運転期間の長期化を図る</li> <li>● 基幹電源としての利用に加え、多目的利用・高熱効率を達成できること（目標）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● UおよびTRU回収率99%以上</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>核拡散抵抗性</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 低除染TRU燃料を輸送・取扱い、高線量化により接近性を制限</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 核物質防護、保障措置への対応を考慮した設計 プルトニウムが単体の状態で存在しないこと</li> <li>● 低除染・TRU燃料の使用に伴う高線量化による接近性の制限</li> </ul>



を添加しておき、炭素を含む MOX 粒子を窒素 (N15) ガス流下で転換し窒化物粒子を得る。粒子燃料の被覆には TiN を化学蒸着により生成させる方法を検討している。なお、窒化物燃料の場合には、長半減期放射性核種である炭素 (C14) の生成を抑制するため、通常の大気中での存在率が 0.37% 以下の窒素同位体 N15 を 99.9% 程度まで濃縮して用いる必要がある。

#### (b) 要素技術開発

窒化物燃料製造のゲル化法は酸化物燃料の場合と共通部分が多いため、窒化物燃料サイクルに関わる技術開発は、N15 の濃縮など特有な課題に絞ると共に、ヘリウムガス炉などの進捗に応じて柔軟に進めることができる。N15 濃縮技術については、経済性の向上が期待できる圧カスイング法 (PSA) に関する試験が産業創造研究所で実施され、分離性能などのデータが得られつつある。

表一● 各高速増殖炉候補概念の設計要求への適合可能性

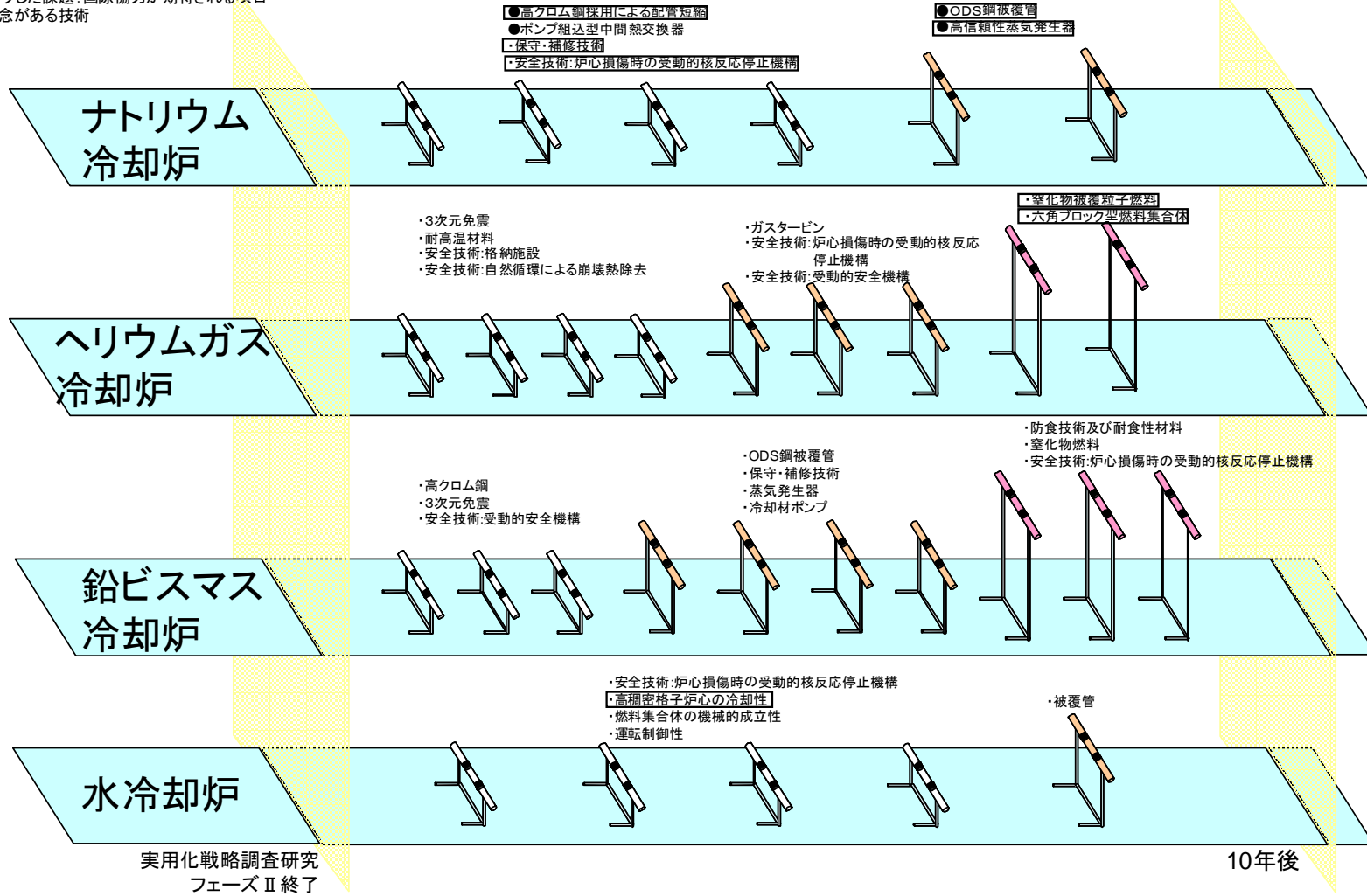
設計要求			ナトリウム炉(1,500MWe) 酸化物燃料(金属燃料)		He炉(1,500MWe) 窒化物燃料		Pb-Bi炉(750MWe) 窒化物燃料		水炉 (1,356MWe) 酸化物燃料
			資源重視	経済性重視	資源重視	経済性重視	資源重視	経済性重視	資源重視
安全性			受動的安全機構及び再臨界回避方策について炉外・炉内試験実施中		炉心加熱昇圧に伴う燃料流出とコアキャッチャによる再臨界回避の可能性		燃料浮遊による再臨界回避の可能性		吸収体設置などによる再臨界回避の可能性
資源有効利用	増殖比(1.0~1.2程度)		1.10(1.11)	1.03(1.03)	1.11	1.03	1.10	1.04	1.05
	初装荷炉心に必要となる核分裂性物質質量		5.7(4.9)t/GWe	5.8(5.1)t/GWe	7.0t/GWe	7.0t/GWe	5.9t/GWe	5.9t/GWe	11t/GWe程度
	高速増殖炉に全てリプレースするために必要となる期間		60年程度	—	110年程度	—	70年程度	—	250年程度
環境負荷低減	MA燃焼		低除染条件(FP含有率0.2vol%)で、 軽水炉使用済み燃料条件のMA含有率5%程度まで受入可能						低除染条件でMA含有率4%程度まで受入可能
	FP核変換		炉心部及び径ブランケット領域に装荷することで、 自己生成成分のLLFP(I-129とTc-99)を核変換できる可能性あり						未検討
経済性	燃料費削減	燃焼度 炉心平均(15万MWd/t以上)	14.7(14.9)万MWd/t	15.0(15.3)万MWd/t	12.1万MWd/t	12.3万MWd/t	15.0万MWd/t	15.5万MWd/t	8.8万MWd/t
		全体平均(6万MWd/t以上)	9.0(13.4)万MWd/t	11.5(15.3)万MWd/t	6.9万MWd/t	8.9万MWd/t	10.5万MWd/t	12.8万MWd/t	4.5万MWd/t
	稼働率向上	連続運転期間(18ヶ月以上)	26(22)ヶ月	26(22)ヶ月	18ヶ月	18ヶ月	18ヶ月	18ヶ月	18ヶ月
		稼働率(計算値)(90%以上)	95(94)%程度	95(94)%程度	92%程度		93%程度		93%程度
	熱効率向上	出口温度	550℃		850℃		445℃		287℃
		熱効率率/所内負荷率	42.5% / 4%		47% / 3%		38% / 3%		35% / 3%
	資本費削減	建設単価(20万円/kWe以下)	相対値:90%程度		相対値:100%程度		相対値:100%程度		相対値:100%程度

\* 稼働率(設計値)=100×連続運転期間/(連続運転期間+計画停止期間)

資源重視: 倍增時間を短縮し、より効率的にPuを増殖させる炉心仕様  
 経済性重視: 平均燃焼度向上により燃料サイクルコスト低減を図った炉心仕様

実現可能性(難易度:ハードルの高さ)の分類  
 低:「開発見通しがあり、不確かさが少ない革新技術」  
 中:「現状知見に乏しく、開発に不確かさがある革新技術」  
 高:「基礎知見に乏しい燃料・材料関連の革新技術であり、不確かさが最も大きく、かつ研究開発に時間がかかる技術」

□でマークした課題:国際協力が期待される項目  
 ●:代替概念がある技術



図一 ● 各高速増殖炉候補概念の技術的実現性