

品析工程については、使用済燃料等を用いた小規模試験においてウラン回収率 70 % 以上（炉心燃料のプルトニウム富化度調整を想定したウランの回収率目標）が得られることを確認している。一方、今後の課題としてバリウムやセシウムなどの除染し難い元素が回収したウランに随伴するため、回収ウランの取扱いを含め品析製品の処理工程について検討する必要があるとしている。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たとしている。

遠心抽出器による単サイクル共抽出工程については、小規模ホット試験において、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。また、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たとしている。

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たとしている。

ii. 酸化物電解法 (MOX 燃料)

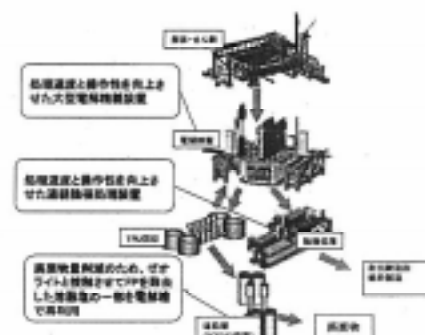
(a) プロセスシステムの特徴

酸化物電解法再処理は、乾式再処理法の一つで、使用済燃料を塩素ガスによって熔融塩 (NaCl - 2CsCl) 中に溶解し、電気分解などによって酸化ウラン (UO_2) 顆粒及び MOX 顆粒を得る方法である。酸化物電解法再処理のプラント概念図を図 1-1-9 に、実用プラント概念の基本仕様を表 1-1-6 に示す。ロシアで開発された基本技術に、 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 (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核分裂生成物 (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こととしている。

(b) これまで実施された要素技術開発

MOX 共析、MA 回収及びリン酸沈澱については、ロシア原子炉科学

図1-1-10 金属管解は真知堂の標本図



来源: 1995年12月15日新华社电

表1-1-7 金属電解法再処理の基本仕様

[illegible]

来源: 中国知网CNKI 数据库

研究所において使用済燃料を用いた試験がなされ、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われたとしている。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。機器開発について、溶融塩による反応ルツボの耐食性が主な課題であるとしている。材料の腐食挙動については、試験片を用いたブルトニウム試験により確認できているものの、大型ルツボの製作性、工学規模のルツボの耐食性など確認すべき点があるとしている。

三、金屬電解法（金屬燃料）

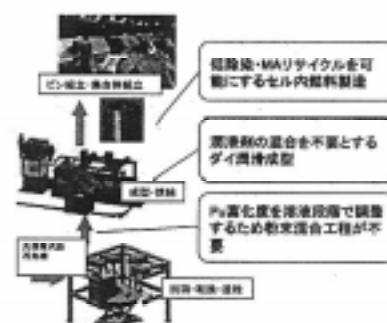
(a) プロセスシステムの時相

金属電解法再処理は、乾式再処理法の一つで、500℃の溶融塩（LiCl-KCl）中での電解精製によって燃料物質を回収する方法である。金属電解法再処理のプラント概念図を図1-1-10に、実用プラント概念の基本仕様を表1-1-7に示す。使用済燃料を陽極とし、ウランの回収には銅製の陰極を、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ている。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随伴するのが本プロセスの特徴となっている。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に大型電解精製装置や連続陰極処理装置を採用している。

(b) これまで実施された要素技術開発

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と陰極処理技術に関する小規模試験が原子力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/プルトニウム共抽出や希土類 FP との分離性能が確認されたとしている。また、MOX 還元-電解精製-陰極処理の一連の小規模試験が MOX ペレットを用いて行われ、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、ウランと TRU を 99% 以上回収可能であるとの見通しが得られたとしている。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 添加可能性が低い、改良や処分方法を含めた検討が必要であるとしている。

図1-1-11 糖蜜化ペレット造粒製造の概念図



来源: 中国第一历史档案馆馆藏

表1-1-8 複素化ベルト法燃料製造の基本仕様

[illegible]

来源: 1957年—2000年制成品贸易数据

③ 燃料製造

(1) 簡素化ペレット法 (MOX 燃料)

簡素化ペレット法燃料製造のプラント概念図を図1-1-11に、実用プラント概念の基本仕様を表1-1-8に示す。

(a) プロセスシステムの特徴

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実績があるペレット法をベースとしている。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と比べ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、経済性向上が期待するとともに、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できるとしている。ペレットの成型工程において、金型の内面に潤滑剤を直接塗布するダイ潤滑成型法を導入することにより、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としている。

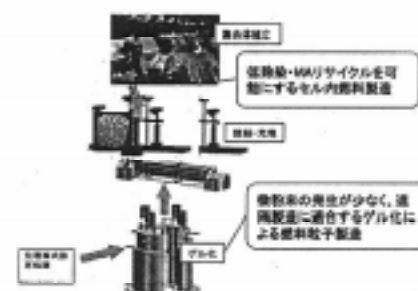
燃料製造システムでは、低除染マイナーアクチニド含有燃料を取扱うため、遮蔽セル内での取扱いに適した設備とする必要があるとしている。このため、運転信頼性、遠隔保守補修性及び量産性に優れるターンテーブル方式の脱硝・転換・造粒設備を導入している。また、燃料ペレットの酸素対金属比率（O/M 比）調整のための工程を焼結工程の後に付加している。

(b) これまで実施された要素技術開発

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を、マイクロ波直接脱硝についてはピ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としている。

粉末流動性については、造粒処理工程において顆粒調整技術を採用し流動性を向上する試験が行われ、平均粒径 700 ~ 1000 μm 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したと

図1-1-12 振動充填法/湿式法再処理対応(スフェアパック法)
燃料製造の概念図



来源: 作者整理, 部分数据来自网络

表1-1-9 振動充填法/湿式法再処理対応（スフェアパック法）
燃料製造の基本仕様[illegible]

来源: 中国天气网-中国天气网

している。

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ている。さらに、小規模での焼結試験の結果、欠け・割れ・有意なブ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たとしている。また、ホットセル内での遠隔操作で、照射用MA含有MOXペレットの製造を行い、ホットセル内遠隔製造の見通しが得られたとしている。

iii. 振動充填法/湿式法再処理対応（スフェアバック法）（MOX 燃料）

振動充填法/型式法再処理対応（スフェアバック法）燃料製造のプラント概念図を図1-1-12に、実用プラント概念の基本仕様を表1-1-9に示す。

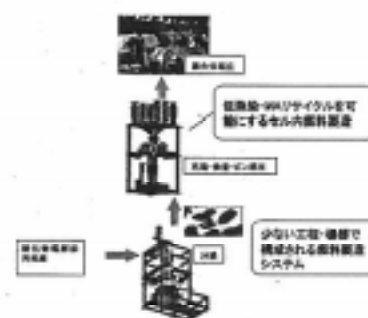
(a) プロセスシステムの特徴

先進複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としている。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している。工程上で微粉末発生が少ないため厳重な工程内滞留対応を要せず、また、ペレット法と比較して簡素な工程となっていること、燃料の取扱いが比較的単純な振動充填装置など遠隔自動化に適した機器を前提とすることから、低除染TRU燃料製造技術への適合性が高いとしている。

(b) これまで実施された事業技術関係

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たとしている。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）を用いた充填試験を行うとともに、ネプツニウム-MOX スフェアパック燃料を製造しオランダの高中性子炉「HFIR」で

図1-1-13 振動充填法/酸化物電解法再処理対応(パイパックス法)
燃料製造の概念図



由表 1 可知, 式 (1) 中各参数的数量级

表1-1-10 振動充填法/酸化物電解法再処理対応(パイバック法)
燃料製造の基本仕様

	標準配置(55型)
受入原料	国産純粋亜鉛
中間製品	IPZ(度々400系亜鉛を製造)
最終納入先	日本国内の鉛製品メーカー (約80～90%の割合)
年間販売能力	約7000t
製品へのIPZ比率	1.6t以下
製造条件	平炉
IPZをIPZ/MZ添加する製品	混合製品
鉛の製造設備	鉛製バッテリーの工場
原料供給	平炉
原料の調達	中国・メキシコ産
製品の流通	直接
主な買手	鉛製品メーカー
顧客・保守体制	バッテリー 鉛製品(鉛製品形式) 鉛合金(鉛合金形式)
協業関係	東京電力・日本・三菱電機

来源: EPCRA—工厂和设施报告制度

の照射試験に供している。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たとしている。

iii. 振動充填法/酸化物電解法再処理対応(パイバック法) (MOX 燃料)

振動充填法/酸化物電解法再処理対応(パイバック法)燃料製造のプラント概念図を図1-1-13に、実用プラント概念の基本仕様を表1-1-10に示す。

(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としている。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としている。

(b) これまで実施された要素技術開発

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、パイバ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たとしている。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に抑えられる見通しが得られたとしている。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している。

iv. 射出鋳造法(金属燃料)

射出鋳造法燃料製造のプラント概念図を図1-1-14に、実用プラント概念の基本仕様を表1-1-11に示す。

図1-1-14 射出鋳造法燃料製造の概念図



出典: JAEA 原子力技術開発報告書

表1-1-11 射出鋳造法燃料製造の基本仕様

項目	仕様
投入原料	U-100%の金属ウラン (U-100%の金属ウラン)
中間製品	U-100%の合金スラグ
燃料スミア密度	90% (U-100%の合金スラグ)
燃料製造能力	500kg/年
燃料-CPV投入率	0.5%
燃料製造	不溶
U-100%の合金スラグ 中間製品	射出鋳造法/合金スラグ
燃料製造	射出 (U-100%)
燃料密度	~1400%
燃料製造	射出
燃料-合金製造方式	射出 (射出/射出/射出)
燃料製造方式	射出/射出/射出

出典: JAEA 原子力技術開発報告書

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り、簡素な工程、装置小型化、遠隔操作への適合性の高さが特徴である。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熔融合金に浸漬し、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熔融燃料合金を鋳型内に射出するとしている。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。

ウラン-ジルコニウム合金の射出鍛造試験が電力中央研究所により工学規模（1 バッチ約 20kg）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ている。原子力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鍛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。

被覆粒子燃料製造のプラント概念図を図1-1-15に、実用プラント概念の基本仕様を表1-1-12に示す。

ヘリウムガス冷却炉で用いる被覆粒子燃料を製造するためのものであり、燃料核の製造にはゲル化法を採用している。原料硝酸溶液に予め炭素粉末を添加し、炭素を含む MOX 粒子を窒素 (N15) ガス流野囲気下で転換し窒化物粒子を得ている。粒子燃料の被覆には TiN を化学蒸着により生成させている。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としている。

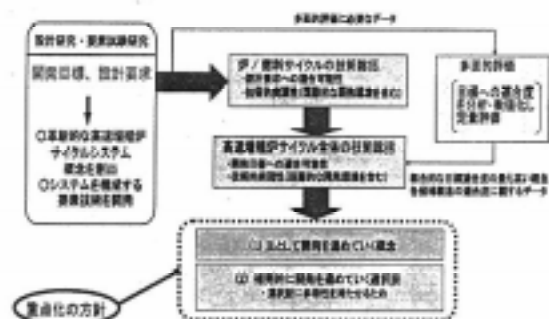
[illegible][illegible]

1998年12月，——《中国环境报》

(b) これまで実施された要需技術開発

窒化物燃料の燃料核の製造には、酸化物燃料スフェアパック燃料製造と同じ技術を用いており、知見を共有することができるとしている。窒化物燃料に共通する N15 濃縮技術については、経済性の向上が期待できる圧力スイング法(PSA)等に関する試験が実施され、分離性能などのデータが得られつつある。

図1-1-16 フェーズⅢにおける検測の流れ



由表 10-2 可知, 不同温度下, 不同浓度的

表1-1-13 各高速増殖炉候補概念の設計要求への適合可能性

[illegible]

来源: 国家知识产权局专利局专利审查协作中心

(3) 様々な候補概念の比較検討

当委員会は、高速増殖炉システム及び燃料サイクルシステムの様々な候補概念について、「FS フェーズII報告書」に述べられている開発目標への適合性と技術的実現性の妥当性について検討を行った。なお、高速増殖炉システム概念と燃料サイクルシステム概念を組み合わせた総合的なシステムとしての比較は、次節において述べる。

① 比較検討の方法

「FS フェーズII報告書」では、(i) 開発目標への適合性について、高速増殖炉システム及び燃料サイクルシステムの様々な候補概念が有するポテンシャルを評価する観点から、技術的难度が高く現時点では技術的実現性に課題を有している革新的な技術が期待通り成立すると仮定し、開発目標ごとに設定している設計要求への適合可能性を評価している。(ii) 技術的実現性については、これまで実施された要素技術開発の結果、概念検討において抽出された課題の多さや難度、革新的な技術が万一成立しない場合の代替技術の有無、今後の国際協力による効率的な研究開発の可能性などを考慮し、技術的な判断を行っている。このように設計要求への適合性と技術的実現性を踏まえ、各候補概念を技術総括し、比較検討を行っている(図1-1-16参照)が、当委員会は、このような比較検討の方法は妥当であると考え。

② 高速増殖炉候補概念の比較検討

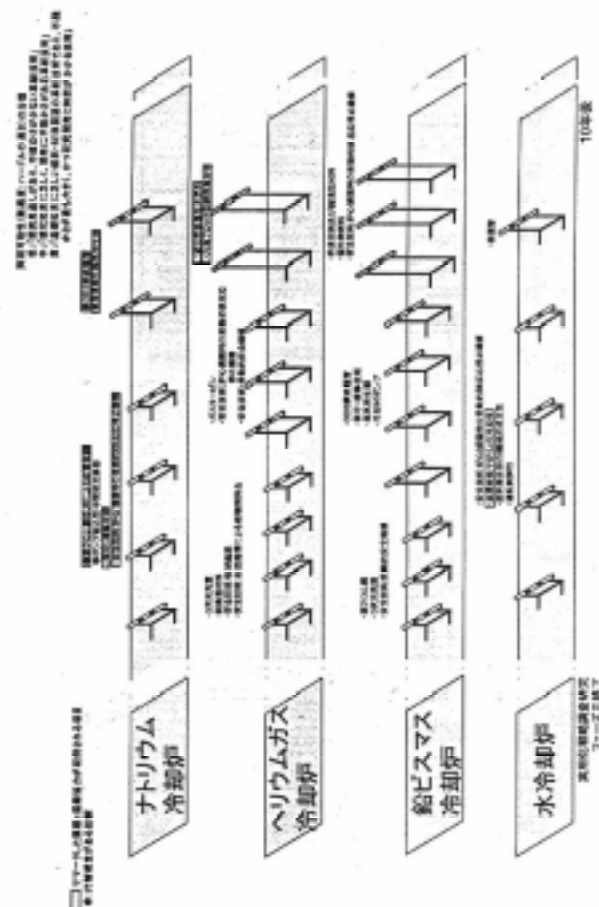
i. 開発目標適合性

「FS フェーズII報告書」でとりまとめられた高速増殖炉の候補概念に関し、設計要求への適合性の評価結果は表1-1-13のように示されている。

同報告書において示された候補概念中、まずナトリウム冷却炉については、すべての設計要求に対して高いレベルで適合する可能性があり、金属燃料を採用した場合には更なる炉心性能向上が期待できるとされており、当委員会としてもこの評価結果は妥当であると考え。

なお、「FS フェーズII報告書」で示されているナトリウム冷却高速

図1-1-17 各高速増殖炉候補概念の技術的実現性



増殖炉のシステム概念はループ型炉であり、ナトリウム冷却高速増殖炉のタンク型炉の記載がない。しかし、現在の知見において改めてループ型とタンク型を比較することは重要であると考え、検討を行った（後述、iii. ナトリウム冷却高速増殖炉のループ型とタンク型の比較を参照）。

ヘリウムガス冷却炉については、全ての設計要求に対して適合する可能性があるとともに、高温熱源としての利用可能性に魅力があるが、炉心に必要となる FP 量がナトリウム冷却炉などと比べて多いため、軽水炉から高速増殖炉に全て入れ替わるまでに要する期間は 110 年間程度になるとされており、この評価結果は妥当であると考えられる。

鉛ビスマス冷却炉は全ての設計要求に対して適合する可能性があるが、水冷炉は資源有効利用性および環境負荷低減性に制約があるとされており、この評価結果は妥当であると考えられる。

ii. 技術的実現性

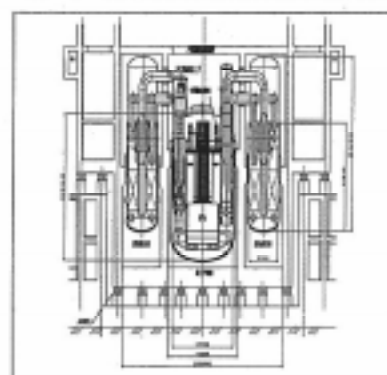
「FS フェーズ II 報告書」でとりまとめられた高速増殖炉の候補概念に関し、技術的実現性の評価結果は図 1-1-17 のように示されている。

ナトリウム冷却炉については、今後の課題が明確であり、その難度は相対的に低く、万が一革新的な技術が成立しないことが明らかになった場合にも既存技術に基づく代替技術を準備することができることから、高い確度で実現性を見通すことが可能であるとされており、こうした考え方については当委員会としても妥当であると考えられる。

ヘリウムガス冷却炉の実現性を見通すためには、特に窒化物燃料にかかわる課題を解決することが必要であり、国際協力などによりこれらの課題が解決されれば技術的実現性を向上できるとされており、この考え方は妥当であると考えられる。

鉛ビスマス冷却炉の実現性を見通すためには、特に防食・耐食技術、窒化物燃料、炉心損傷時の受動的核反応停止機構にかかわる課題を解決することが必要であり、国際協力などによりこれらの課題が解決さ

図 1-1-18 比較評価対象としたタンク型炉概念



出典：ナトリウム冷却炉設計（JNC TR1340 2001-005, No.12 20020513）

表 1-1-14 タンク型炉とループ型炉の性能比較 表 1-1-15 タンク型炉とループ型炉の保守・補修性の比較

項目	ループ型炉	タンク型炉	備考	項目	ループ型炉	タンク型炉	備考
炉心構造	炉心・燃料要素（燃料棒）は、燃料要素（燃料棒）の交換・修理が容易である。	炉心・燃料要素（燃料棒）は、燃料要素（燃料棒）の交換・修理が困難である。		炉心構造	炉心・燃料要素（燃料棒）は、燃料要素（燃料棒）の交換・修理が容易である。	炉心・燃料要素（燃料棒）は、燃料要素（燃料棒）の交換・修理が困難である。	
燃料要素の交換	燃料要素の交換が容易である。	燃料要素の交換が困難である。		燃料要素の交換	燃料要素の交換が容易である。	燃料要素の交換が困難である。	
炉心の保守	炉心の保守が容易である。	炉心の保守が困難である。		炉心の保守	炉心の保守が容易である。	炉心の保守が困難である。	
炉心の修理	炉心の修理が容易である。	炉心の修理が困難である。		炉心の修理	炉心の修理が容易である。	炉心の修理が困難である。	
炉心の点検	炉心の点検が容易である。	炉心の点検が困難である。		炉心の点検	炉心の点検が容易である。	炉心の点検が困難である。	
炉心の清掃	炉心の清掃が容易である。	炉心の清掃が困難である。		炉心の清掃	炉心の清掃が容易である。	炉心の清掃が困難である。	
炉心の点検	炉心の点検が容易である。	炉心の点検が困難である。		炉心の点検	炉心の点検が容易である。	炉心の点検が困難である。	
炉心の清掃	炉心の清掃が容易である。	炉心の清掃が困難である。		炉心の清掃	炉心の清掃が容易である。	炉心の清掃が困難である。	
炉心の点検	炉心の点検が容易である。	炉心の点検が困難である。		炉心の点検	炉心の点検が容易である。	炉心の点検が困難である。	
炉心の清掃	炉心の清掃が容易である。	炉心の清掃が困難である。		炉心の清掃	炉心の清掃が容易である。	炉心の清掃が困難である。	

* 点検・修理に要する時間を示している。点検・修理に要する時間を示している。

出典：ナトリウム冷却炉設計（JNC TR1340 2001-005, No.12 20020513）

れば技術的実現性を向上できるとされており、この考え方は妥当であると考えらる。

水冷却炉は実現性を見通すための課題が炉心燃料に関連するものに限定できるとされており、この考え方は妥当であると考える。

iii. ナトリウム冷却高速増殖炉のループ型とタンク型の比較

今回、原子力機構よりタンク型炉のシステム概念について報告を受け、比較検討を行った。タンク型炉のシステム概念(図1-1-18)は、原子炉容器の大幅な小径化を狙い、革新的な技術として、原子炉容器内の機器配置密度を向上可能とするキドニー型断面形状の中間熱交換器(HX)、2次主循環電磁ポンプ等を採用している。

経済性、安全性、構造健全性、製作建設性について比較された結果を表1-1-14に、保守・補修性について比較された結果を表1-1-15に示す。これらの結果を踏まえると、経済性、安全性、構造健全性、製作建設性については概ね同等であると見込まれるものの、保守・補修性、2次冷却系を簡素化したシステム概念への将来の発展性の点でループ型炉が優れたポテンシャルを有していると考えられる。

ただし、これまでに開発された世界の高速増殖炉をみると、仏国の原型炉「Phenix」、実証炉「Super-Phenix」、ロシアの原型炉「BN-600」などはタンク型である。一方、ループ型は我が国の実験炉「常陽」、米国の実験炉「FFTF」など小規模なものが多く、また、原型炉「もんじゅ」はナトリウム漏れ事故後改造工事中であるなど、運転実績が少ない。実用化に向けては、技術的なポテンシャルとともに運転実績により培われる経験が重要である。我が国としては、ループ型の優れたポテンシャルを具現化するために研究開発を行い、原型炉「もんじゅ」の運転再開後に経験を積み重ねるべきと考えるが、同時に、現在、ロシア、中国、インド等で建設中または計画されている高速増殖炉はタンク型であることを踏まえ、海外におけるタンク型の運転経験や今後の動向に留意するべきである。また、今後の評価において、タンク型の運転経験や今後の動向について改めて確認する必要があると考える。

表1-1-16 各燃料サイクルシステム機構概念の設計要求への適合可能性

[illegible]

来源: 1997—2001 年中国统计年鉴

③ 燃料サイクル候補概念の比較検討

1. 開発目標適合性

「FS フェーズII報告書」でとりまとめられた燃料サイクルの候補概念に関し、設計要求への適合性の評価結果は表1-1-16のように示されている。

同報告書において示された候補概念中、まず先進湿式法再処理と簡素化ペレット法燃料製造の組み合わせがすべての設計要求に対して高いレベルで適合する可能性があると考えられており、当委員会としてもこの評価結果は妥当であると考えられる。さらに、スケールアップ効果により大規模施設の場合の経済性は、最も優れる可能性があると考えられており、この評価結果は妥当であると考えられる。

金属電解法再処理と射出鋳造法燃料製造の組み合わせは、全ての設計要求に対して適合する可能性があり、小規模施設の場合の経済性は、最も優れる可能性があると考えられており、この評価結果は妥当であると考えられる。ただし、他の候補概念に比べ高レベル放射性廃棄物発生量(体積)が大きくなる可能性があるため、今後、最終処分場概念との整合性をも踏まえて評価を行う必要があると考えられる。

先進湿式法再処理と振動充填法燃料製造(スフェアバック)の組み合わせは、全ての設計要求に適合する可能性があるが、先進湿式法と簡素化ペレット法に比べて、経済性が劣るとされており、この評価結果は妥当であると考えられる。

酸化物電解法再処理と振動充填法燃料製造(パイバック)の組み合わせは、全ての設計要求に適合する可能性があり、小規模施設の場合の経済性は先進湿式法と簡素化ペレット法の組み合わせを上回る可能性があると考えられており、この評価結果は妥当であると考えられる。ただし、ホット試験によるマイナーアクチニド回収率の確認が必要であると考えられる。

図1-1-19 各燃料サイクルシステム候補概念の技術的実現性



ii. 技術的実現性

「FS フェーズII 報告書」でとりまとめられた燃料サイクルの候補概念に関し、技術的実現性の評価結果は図1-1-19のように示されている。

先進湿式法再処理と簡素化ペレット法の組み合わせは、燃料製造設備の遠隔での保守補修性等に課題があると考えられるが、他の候補概念と比較して既存技術の延長線上にある技術が多いことから、高い確度で実現性を見通すことが可能であるとされており、この考え方は妥当であると考えられる。特に先進湿式法については、軽水炉燃料再処理で培われた知見を活用することができると考える。また仏国ではホット試験が行える工学規模施設において研究開発が行われており、国際協力を期待することが可能であると考えられる。

金属電解法と射出鋳造法の組み合わせは、米国での研究開発実績などを踏まえれば主要プロセスの成立性はほぼ確認されており、実現性を見通すことが可能であるとされており、この考え方は妥当であると考えられる。ただし、高レベル放射性廃棄物発生量の削減、計量管理手法の課題を解決することが必要であり、日本国内に研究開発を行える施設が少ないため、研究開発に長期間を要すると考える。

先進湿式法とスフェアバック燃料製造の組み合わせは、ペレット法燃料製造に比べて技術的知見が少なく、その実現性を見通すためには、燃料ビン品質検査技術、遠隔保守補修技術などにかかわる課題を解決することが必要であるとされており、この考え方は妥当であると考えられる。

酸化物電解法とバイバック燃料製造の組み合わせは、保障措置技術、マイナーアクチニド回収技術の成立性、材料腐食対策などにかかわる課題を解決することが必要であり、技術的課題が多く技術的ハードルも高いことから、実用化のためには研究開発に長期間を要するとされており、この考え方は妥当であると考えられる。

表1-1-17 選択された「主概念」と「副概念」

	原子炉	再処理	燃料製造
主概念	ナトリウム冷却炉 (MOX燃料)	先進湿式法	簡素化ペレット法
副概念	ナトリウム冷却炉 (金属燃料)	金属電解法	射出鋳造法

主概念：報告書の知見で実用性として実現性が最も高いと考えられる高炉システム概念であり、
副概念：報告書の知見で実用性として実現性が認められるが、社会的な観点や技術的な観点から
比較的低確度の概念である高炉システム概念

表1-1-18 ナトリウム冷却高速増殖炉の技術的評価結果

- 設計要求への適合可能性、技術的実現性
 - 酸化燃料で全ての設計要求に高いレベルで適合する可能性がある。金属燃料の使用により更に適合可能性が向上。
 - 燃料製造が明確で、それらの技術的実現性が見通せる。開発リスクの高い課題には代替技術を開発可能。
- 設計要求への適合可能性
 - 建設コストは目標 (20 万円 / kW_e) の 90 % 程度に低減できる可能性がある[経済性]。
 - 酸化燃料を用いた場合、増殖比1.5を確保しつつ[実用有効利用性]、ブランケットを含めた早期燃焼度3万MWd/MTU(設計要求: 6万MWd/MTU)と運転運転期間20ヶ月(設計要求: 18ヶ月)[経済性]の炉心性能を確保できる可能性がある。
 - 燃料中の金属燃料の4%程度までMAを含んだ燃料棒TRU燃料を投入可能で、炉心に投入したMAの約45%を燃焼可能[燃焼有効利用性]。
 - 高速増殖炉に全てリプレースするための必要となる期間は、60年程度[実用有効利用性]。
 - 金属燃料を使用することで、さらに炉心性能に優れた概念を開発できる可能性がある[燃焼有効利用性、実用有効利用性]。
 - ナトリウム漏れ、ナトリウム水反応に対して冷却材バランサーを二重化する等の設計対応と保守・補修性を考慮したプラント設計を採用[安全性、信頼性]。
- 技術的実現性
 - 「常理」、「もんじゃ」、実証炉などの豊富な開発経験があり、確立性・成立性を定むる課題はない。また開発課題が明確で、その解決方法を具体化できる。
 - ODRなど開発リスクの比較的高い課題に対して代替技術がある。
 - Gen-IVで代表的な概念候補となっており、国際標準の確立へ貢献していく可能性があり、その実現に向けて国際的に開発計画できる可能性がある。

出典：FSフェーズII報告書の補遺

(4) 主概念及び副概念の選択

高速増殖炉サイクルを実現するためには、高速増殖炉候補概念と燃料サイクル候補概念とをそれぞれ評価するだけでは十分でなく、これらを組み合わせた高速増殖炉サイクル候補概念をシステム全体として評価することが不可欠であると考ええる。

また、高速増殖炉サイクルを評価し、現時点において想定される最も可能性のある実用プラントの候補概念を選択するに当たっては「各論第一部1. (1) 選択に当たっての基本的な考え方」で述べたように、技術的な判断の視点のみならず社会的な判断の視点を十分に踏まえる必要があると考える。

当委員会としては、検討の結果、今後研究開発を特に進めるべき「主概念」として、「ナトリウム冷却高速増殖炉 (MOX 燃料)、先進型法再処理、簡素化ペレット法燃料製造」の組み合わせが適切であると判断する。また、「副概念」としては、「ナトリウム冷却高速増殖炉 (金属燃料)、金属電解法再処理、射出鋳造法燃料製造」の組み合わせが適切であると判断する (表1-1-17参照)。

「主概念」の高速増殖炉システムは、技術の質として高いレベルを目指した、国際競争にも耐えうる概念であると考ええる。一方、燃料サイクルシステムについて、現時点では、主に実験室規模での研究データに基づいて判断した。「主概念」の燃料サイクルシステムは、高いポテンシャルを有するが、今後、工学規模での研究開発を早急に行うとともに、類似の技術との比較検討を適宜実施すべきであると考ええる。

また、「副概念」については、主概念と比較した場合、技術的実現性において不確実性が高いものの、将来の社会環境によっては「主概念」よりもその時点の社会に柔軟に適合する可能性があると考ええる。今後、国際協力を通じ、着実に研究開発が行われることを期待する。

これらの判断は、社会的な判断の視点と技術的な判断の視点を総合的に勘案したものであるが、判断にあたり特に考慮した事項は次のとおりである。

表1-1-19 ヘリウムガス冷却高速増殖炉の技術的評価結果

●設計要求への適合可能性、技術的実現性

- 全ての設計要求に対して適合可能性がある。
- 燃料サイクル材料・燃料集合体の実現性を見通すためには、基礎的課題の解決が必要である。
- 国際協力により基礎的課題をブレイクスルーできる可能性がある。

●設計要求への適合可能性

- 建設コストは目標 (20 万円 / kW) を達成できる可能性がある (経済性)。
- 燃料サイクル材料により、増殖比 1.1 を確保しつつ (資源有効利用性)、ブランケットを含めた平均燃焼度 7 万 MWd/t (設計要求: 6 万 MWd/t) と連続運転期間 18 ヶ月 (設計要求: 18 ヶ月) (経済性) の炉心性能を確保できる可能性がある。
- MA 含有率 4% 程度の低濃度 TRU 燃料を投入可能で、炉心に装填した MA の約 40% を燃焼可能 (資源有効利用性)。
- 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は、110 年程度 (資源有効利用性)。
- 高燃焼度 (80%+) としての特長から、多目的利用・高燃焼率 (47%) を達成できる可能性がある (資源有効利用性)。

●技術的実現性

- 技術的実現性を見通すためには、燃料サイクル材料及び炉心ブロック型燃料集合体の基礎的課題を解決する必要があるに加え、システムを構築していくためには、ガスタービン、再稼働促進、受動的安全機構などを開発する必要がある。
- 炉心を中心としたガス冷却実験炉の開発計画に対し、Gen-IV 国際協力の下で、炉心によって基礎的課題をブレイクスルーできる可能性がある。

出典: FZP フォーラム 2 報告書の要約

表1-1-20 水冷型高速増殖炉の技術的評価結果

●設計要求への適合可能性、技術的実現性

- 資源有効利用性に制約があり、環境負荷低減性がやや低い。
- 燃料サイクル材料の開発や炉心構築時の影響緩和策の検討が必要。

●設計要求への適合可能性

- 建設コストは目標 (20 万円 / kW) を達成できる可能性がある (経済性)。
- 燃料サイクル材料により、増殖比 1.05 程度 (資源有効利用性)、ブランケットを含めた平均燃焼度 4.5 万 MWd/t (設計要求: 6 万 MWd/t)、連続運転期間 18 ヶ月 (設計要求: 18 ヶ月) (経済性) の炉心性能を確保できる可能性がある。
- 高速増殖炉に全てリプレースするまでに 260 年程度の期間が必要であり、MA 含有率 4% 程度 (炉心は 8% 程度) の低濃度 TRU 燃料を投入可能で、炉心に装填した MA の約 10% を燃焼可能と、他炉と比較して、資源有効利用性に制約があり、環境負荷低減性がやや低い。

●技術的実現性

- 開発課題が炉心燃料部分に限定され、実現性を見通すための課題が明確。
- 高速中性子炉および水循環で利用可能な燃料サイクル材料の開発や炉心構築時の影響緩和策に関する試験研究、許認可のためのデモンストラティブ実験が必要。
- Gen-IV 概念に適合されておらず、現状では基礎的な研究開発内容に限定される。

出典: FZP フォーラム 2 報告書の要約

① ヘリウム冷却高速増殖炉と水冷却高速増殖炉

ヘリウム冷却高速増殖炉及び水冷却高速増殖炉は、現在の軽水炉を全てリブレースするために必要となる期間として、それぞれ 110 年間程度及び 250 年間程度を要するとされている。これは、原子炉の運転に必要なプルトニウム量が多いため、新たに運転開始する原子炉に提供できるプルトニウム量を確保するために長期間を要することを意味している。また、『FS フェーズII 報告書』に示されているヘリウム冷却高速増殖炉の場合、ウランからプルトニウムへの変換効率（炉心の内部転換比）がナトリウム冷却高速増殖炉より劣り、増殖性能は 1.11 程度となっている。水冷却高速増殖炉の場合には、水を冷却材に用いていることから本質的に炉心の内部転換比がナトリウム冷却高速増殖炉より劣り、増殖比が 1.05 程度となっている（表 1-1-18～表 1-1-20 参照）。

軽水炉を 60 年でリブレースすると仮定すれば、全ての軽水炉がこれらのタイプの高速増殖炉に置き換わるためには、軽水炉をおよそ 2 世代あるいは 4 世代にわたり継続して建設する必要が生じる。その間に軽水炉が必要とするウランの需給を考慮すると、これらのタイプの高速増殖炉は、導入する社会的な意味合いが薄くなると判断され、ナトリウム冷却高速増殖炉を優先することが適切であると考えられる。

② 鉛ビスマス冷却高速増殖炉

鉛ビスマス冷却高速増殖炉が現在の軽水炉を全てリブレースするために必要となる期間は 70 年間程度とされており、ナトリウム冷却高速増殖炉と同程度であると認められる。しかし、ナトリウム冷却高速増殖炉と比較した場合、材料防食技術や窒化物燃料など実用化に向けて概念成立性を左右する基礎的な研究開発課題が多く残されていると考える。国際的に見ても、GIF において鉛ビスマス冷却高速増殖炉の研究開発を主導する国が現時点ではないなど、基礎的課題を短期間にブレイクスルーできる可能性は比較的低いと考えられる（表 1-1-21 参照）。

我が国が高速増殖炉実用化に向けて研究開発を行うにあたり、戦略

表 1-1-21 鉛ビスマス冷却高速増殖炉の技術的評価結果

●設計要求への適合可能性、技術的実現性

- ＞全ての設計要求に対して適合可能性がある。
- ＞材料防食技術・窒化物燃料の実現性を見通すためには、基礎的課題の解決が必要である。

●設計要求への適合可能性

- ＞建設コストは目標（20 万円 / kWh）を達成できる可能性がある（経済性）。
- ＞窒化物燃料により、増殖比 1.1 を確保しつつ（資源有効利用性）、ブランケットを含めた平均燃焼度 11 万 MWd/t（設計要求：6 万 MWd/t）と連続運転期間 18 ヶ月（設計要求：18 ヶ月）（経済性）の炉心性能を達成できる可能性がある。
- ＞MA 含有量 5% 程度の燃料を 180 日間を要する入炉可能で、炉心に装荷した MA の約 40% を燃焼可能（環境負荷低減性）。
- ＞高速増殖炉に全てリブレースするために必要となる期間は、70 年程度（資源有効利用性）。

●技術的実現性

- ＞技術的実現性を見通すためには、材料防食技術と窒化物燃料に関する基礎的課題を解決する必要があるのに加え、システムを構築していくためには、再処理回収装置、OG 燃焼装置、保守・検査技術、高圧発生機、冷却材ポンプなどを開発する必要がある。
- ＞Gen-IV 概念に選定されているものの、開発を主導する国がなく、国際協力によって基礎的課題をブレイクスルーできる可能性は低い。

出典：FS フェーズ II 報告書の概要

表 1-1-22 金属燃料の利用によるナトリウム冷却炉の炉心性能の向上

増殖比	1.80(1.00)	1.11(1.10)	1.19(1.22)	1.28
炉心増殖比に必要となる燃料燃焼度	8.1 (3.8) t/GWe	4.9 (3.7) t/GWe	2.9 (4.4) t/GWe	3.9 t/GWe
燃 料 性 能	炉心燃焼度 25 MWd/t	15.2 (15.0) 25 MWd/t	14.8 (14.7) 25 MWd/t	9.5 (15.4) 25 MWd/t
	ブランケット燃焼度 25 MWd/t	15.2 (11.8) 25 MWd/t	13.4 (8.0) 25 MWd/t	8.5 (5.8) 25 MWd/t
連続運転期間	約 22 (28) ヶ月	約 22 (28) ヶ月	約 22 (18) ヶ月	約 22 ヶ月
特徴	炉心燃焼度および燃料燃焼度が低い	燃料燃焼度および燃料燃焼度が低い	燃料燃焼度および燃料燃焼度が低い	燃料燃焼度および燃料燃焼度が低い

（ ）内は燃料燃焼度（燃料燃焼度 100% の設計条件）を用いた場合の値

- 金属燃料炉心（炉心出口温度 800℃、連続運転期間 22 ヶ月の設計条件）では、
 - ・軽水炉並みの燃焼度では最低の 1.28 程度の増殖比（MOX 炉心では 1.20 程度）を達成可能（今後、建設コストの検証が必要）
 - ・増殖比 1.20 程度までは、燃料燃焼度を用いた場合（1）に比べ、燃焼度が 20～30% 向上、燃料燃焼度の燃焼度が 10% 以上低減可能
- FS への移行に関する経費評価では、例え 2030 年導入開始と仮定すると、MOX 燃料（増殖比 1.20）に比べ、金属燃料（増殖比 1.28）では天然ウラン原料費削減効果が顕著に認められる

出典：FS フェーズ II 報告書の概要

的重点化をさらに強力に進める必要があることを踏まえれば、現時点において比較した場合、ナトリウム冷却高速増殖炉を優先することが適切であると考える。

④ ナトリウム冷却高速増殖炉における MOX 燃料と金属燃料及びこれらに対応した燃料サイクルシステム

ナトリウム冷却高速増殖炉には、燃料ピンの内部に詰める燃料が酸化物である MOX 燃料方式と金属である金属燃料方式がある。

これまで開発された世界の高速増殖炉は、我が国の実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」、仏国の原型炉「Phenix」、実証炉「Super-Phenix」、ロシアの原型炉「BN-600」など、MOX 燃料を利用したものが多い。この MOX 燃料に対応した再処理方式としては、湿式法が合理的である（金属電解再処理法を適用するためには、MOX 燃料を金属に還元する工程を追加する必要がある）。現在世界で主流となっている軽水炉の燃料は酸化物（ UO_2 ）であり、これに対応する商業用大型再処理施設も全て湿式法を採用している。

金属燃料は、海外において実戦炉に採用された例がある。この金属燃料に対応した再処理方式としては、金属電解法が合理的である。しかし、国内外において、この金属電解法を用いた大型の再処理施設は建設されていない。

1. MOX 燃料炉心と金属燃料炉心の比較

金属燃料ナトリウム冷却高速増殖炉の構造は、燃料体以外の部分は MOX 燃料ナトリウム冷却高速増殖炉と同様である。炉心性能は、MOX 燃料と比較した場合、重金属密度が 30 % 程度大きく、核分裂に寄与する中性子の効率が高いことから、燃料の効率的燃焼、高増殖比、炉心のコンパクト化、炉心装荷ブルトニウム量の低減、などの特長を有した設計が容易である（表 1-1-22 参照）。

一方、金属燃料炉心では炉心材料への高速中性子照射量が増加することから、炉心材料の耐スエリング性について高い性能が要求される。

表1-1-23 MOX燃料炉心と金属燃料炉心の比較

設計受渡件	MAG材料 (炭素鋼板)	断面材料 (炭素鋼棒)		備考
		黒鉄標準寸法	断面寸法D12・D13・ D14標準寸法	
渡渡部材 利用部材	規格は JIS 5-12 程度	1.2	1.5	
	初層梁中心必要寸法 現況梁中心必要寸法 (25mm)	2.7	4.2	4.0
	梁中心 (mm)	104	8.2	7.2
	梁中心 (mm)	100	100	80
	高強度ボルト用鋼 (S45C・S50C)	3.0×10^4	8.2×10^4	3.4×10^4
断面 利用部材	梁中心 (mm) 125mm 以上	14.7mm/m ²	14.7mm/m ²	8.2mm/m ²
	全長平均 (mm) 125mm 以上	23mm/m ²	23mm/m ²	8.2mm/m ²
断面 利用部材	断面規格 (mm) 100mm 以上	23mm	23mm	21mm
	断面規格 (mm) (100mm 以上)	80mm	80mm	80mm
断面 利用部材	断面規格	330mm	330mm	330mm
	断面規格 (mm) 125mm 以上	42.5mm	42.5mm	42.5mm

出典: 日経人事Research 2006.04.27. <http://www.nikkei-research.com/> フォーズミテタリ社社第一任選考部アソシエイト

被覆管材料として開発している ODS 鋼の最大高速中性子照射量に関する目標値 ($5 \times 10^{20} \text{ n/cm}^2$) を設計条件とした場合には、金属燃料炉心であっても MOX 燃料と同程度の燃焼度しか得られず、金属燃料の優位性が失われる可能性があり、今後被覆管材料の開発を含む詳細な検討が必要であると考えられる。また、金属燃料は MOX 燃料に比べて材料に対する中性子照射実績が少ない。このため、原子炉出口温度 550℃ としている現在の概念設計に金属燃料を用いる場合には、被覆管材料の定常照射試験および過渡試験データの拡充を行い、被覆管内面温度 650℃ での健全性を確認することが不可欠であると考え（表 1-1-23 参照）。

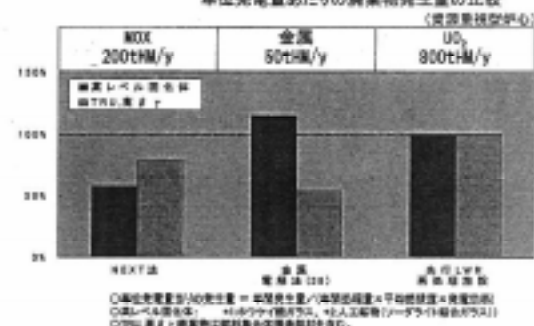
インド、中国が発表した原子力発電所建設計画では、短期間に数多くの高速増殖炉を導入するとしている。これを実現するためには、高速増殖炉の運転開始に必要なプルトニウムを効率よく生産するとともに、一基あたりの原子炉が必要とするプルトニウム量を拘えることが必要である。このため、プルトニウム量が少なくすむ金属燃料の採用を想定しているものと推測される。

なお、米国が発表した GNEP 計画では、ナトリウム冷却高速増殖炉の研究開発を進めるとしているが、MOX 燃料を採用するか金属燃料を採用するかについては今後判断するとしている。

ii. 燃料サイクルシステムの比較

燃料サイクルシステムは、MOX 燃料と金属燃料では大きく異なる。「FS フェーズ II 報告書」にも示されているように、MOX 燃料に合理的に適用可能なのは、先進湿式法と簡素化ペレット法の組み合わせであり、金属燃料に合理的に適用可能なのは、金属電解法と射出鋳造法の組み合わせであると考えられる。また、「FS フェーズ II 報告書」では、処理能力が年間 200 トンの施設では先進湿式法と簡素化ペレット法の組み合わせが、年間 50 トンの施設では金属電解法と射出鋳造法の組み合わせが経済性に優れる可能性のあることが示されている。一方、2110 年頃以降の高速増殖炉サイクルの平衡期（高燃焼度／低増殖炉心を想定）には、毎年一定量（年間 400 トン程度）の使用済燃料の発生が想定されるが、2050 年頃から始まる軽水炉サイクルから高速増殖炉サイ

図 1-1-20 金属電解法と先進湿式法(NEXT法)の
単位発電量あたりの廃棄物発生量の比較



出典: IAEA Research 2000-043 プルトニウム燃料サイクル—次世代原子力システム—

クルへの移行期（高速増殖炉サイクル導入期）には、毎年発生する高速増殖炉使用済燃料が除々に増加する。このような社会環境の違いに適応するためには、小規模の処理能力を有する再処理施設を需要に応じて順次増設することが、より経済性に優れる可能性があると考えられる。

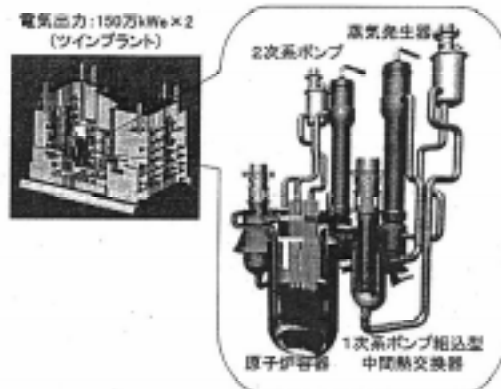
再処理施設からの廃棄物発生量について、金属電解法は先進湿式法と比較して、単位発電量あたりの発生量が TRU・高β廃棄物では少ないが高レベル固化体では設計要求より若干多く、先進湿式法の 1.7 倍程度と評価されている（図 1-1-20 参照）。これは、金属電解法の高レベル固化体である人工鉱物（ソーダライト結合ガラス）への FP 添加可能性が低いことで、FP 添加率向上や固化体の大型化が今後の課題であると考えられる。また、現在体系化されている湿式法に対応したホウケイ酸ガラスの高レベル固化体と同等な新たな地層処分体系の整備が必要であると考えられる。

軽水炉燃料用大型再処理施設は、我が国、仏国及び英国において建設、運転されているが、これらの施設は全て湿式法を採用しており、金属電解法と比較して経験が豊富である。また、この経験を活かせることから、高速増殖炉燃料用再処理においても、基礎的なデータの蓄積は先進湿式法の方が進んでいると考える。例えば、金属電解法では、大型電解装置の導入に伴って新たな臨界管理手法を採用しているが、臨界防止や計量管理に高い測定精度が要求されるため、現時点では、先進湿式法に比べて研究開発に時間を要するものと考えられる。

これらを踏まえて両者の優位性を比較検討すると、先進湿式法を「主概念」とすることが適切であると考えられる。しかし、原子炉と比較すると再処理に関する技術的知見は相対的に少ないことから、再処理の研究開発にあたっては、新たな知見や経験などを積極的に取り入れるなどのより柔軟な姿勢が必要であると考えられる。

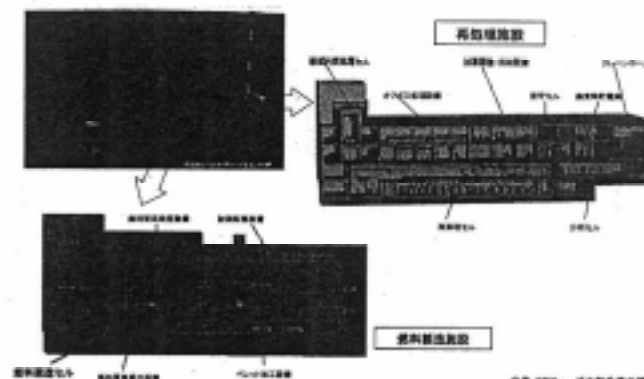
なお、米国の GNEP 計画においては、将来の高速増殖炉に対応した再処理法については、湿式再処理法とするか乾式再処理法とするかを含め今後の課題とされている。しかし、米国は金属電解法のための研究施設を有しているが、我が国はこれに相当する研究施設を有していないという現状を踏まえると、我が国が金属電解法の研究開発を進めるにあたっては、今後とも米国との国際協力が重要であると考えられる。

図 1-2-1 実用炉の概念



出典: JAEA 原子力工学研究センター

図 1-2-2 燃料サイクル実用施設の概念



出典: JAEA 原子力工学研究センター

2. 主概念の今後の研究開発の進むべき方向

当委員会は、現在の知見で実用施設として実現する可能性が最も高いと考えられる概念であり、今後研究開発を特に進めるべきものとして、ナトリウム冷却高速増殖炉（MOX 燃料）、先進型式法再処理、簡素化ペレット法燃料製造の組み合わせを「主概念」として選択した（図1-2-1及び図1-2-2参照）。

この選択のための検討を通じ、次のような、今後の研究開発における考慮事項、新たな研究開発課題、優先的に取り組むべき研究開発課題などが明らかになった。今後の研究開発は、これらの点に留意して行われるべきであるとする。

（1）開発目標、設計要求の留意事項

開発目標や設計要求は、社会情勢の変化などに適応していなければならない。このため、必要に応じて適宜適切な見直しを行うべきであるとする。

① 軽水炉から高速増殖炉への移行期の明確化

FS は、高速増殖炉サイクルの適切な実用化像とそこに至るまでの研究開発計画を2015年頃までに提示することを目的に行われてきた。これまでの研究開発により、2110年頃以降、軽水炉のリプレースが終了し、高速増殖炉のみが存在する高速増殖炉サイクル平衡期における高速増殖炉サイクルの実用化像を検討するための技術的な知見が積み重ねられてきている。

しかし、高速増殖炉サイクル平衡期に至るまでの過渡期にあたる、2050年頃に商業ベースの高速増殖炉の導入が開始された以降の高速増殖炉サイクル導入期、さらには、現在から2050年頃に商業ベースでの高速増殖炉の導入が開始されるまでの研究開発段階から実証段階、それぞれの時期に建設される施設の姿についても明確にすることが不可欠であるとする（図1-2-3参照）。これらについては、「FS フェ

図1-2-3 軽水炉から高速増殖炉への移行期の原子力発電設備容量の構成

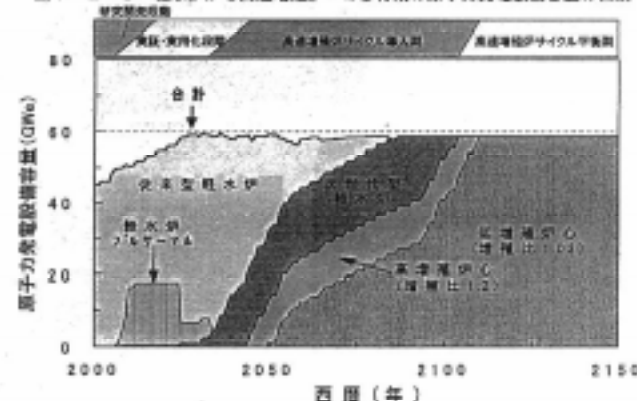


表1-2-1 今後の開発目標を実現するための設計要求

研究開発目標	高速増殖炉の設計要求	燃料サイクルの設計要求
安全性	<ul style="list-style-type: none"> 設計基準外の発生確率は10⁻⁷/年未満 設計基準外の発生確率に対する影響の低減 設計基準外の発生確率の低減 設計基準外の発生確率の低減 	<ul style="list-style-type: none"> 設計基準外の発生確率は10⁻⁷/年未満 設計基準外の発生確率に対する影響の低減 設計基準外の発生確率の低減 設計基準外の発生確率の低減
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 発電効率: 20%以上 燃料サイクルの平均発電効率: 15%以上 燃料サイクルの平均発電効率: 15%以上 燃料サイクルの平均発電効率: 15%以上 	<ul style="list-style-type: none"> 発電効率: 20%以上 燃料サイクルの平均発電効率: 15%以上 燃料サイクルの平均発電効率: 15%以上 燃料サイクルの平均発電効率: 15%以上
環境負荷低減性	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること 燃料サイクルのCO₂排出量を削減すること
資源有効利用性	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること 燃料サイクルの資源有効利用性を向上させること
建設・運転の簡便性	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること 燃料サイクルの建設・運転の簡便性を向上させること

* コーギー等の設備が設置されている場合

ーズII報告書」においても明確にされておらず、これまでの研究開発においては十分に意識されていなかったと考える。

それぞれの時期に建設されるべき施設に対する設計要求は、当然、それぞれ異なる。従って、それぞれの時期に対応した適切な開発目標、設計要求を定めて研究開発を行う必要があると考える。また、その研究開発の成果は、個々の要素技術の進展のみならず、要素技術が適切に組み合わせられて総合的な判断が可能となる施設の概念設計という形でとりまとめられるべきである。

② 開発目標、設計要求の関のバランス

高速増殖炉サイクルの研究開発は、5つの開発目標（「安全性」、「資源有効利用性」、「環境負荷低減性」、「核拡散抵抗性」、「経済性」）を定め、それぞれの開発目標に対応した設計要求に適合するように研究開発を行うという手法は妥当であると考え（表1-2-1参照）。

「安全性」は原子力施設を設計・建設・運転する上での前提であり、「資源有効利用性」と「環境負荷低減性」は高速増殖炉サイクルを導入する意義であり、「核拡散抵抗性」は国際社会の原子力システムに対する受容性の変化への対応であり、「経済性」は社会への導入の基礎であることを意味している。

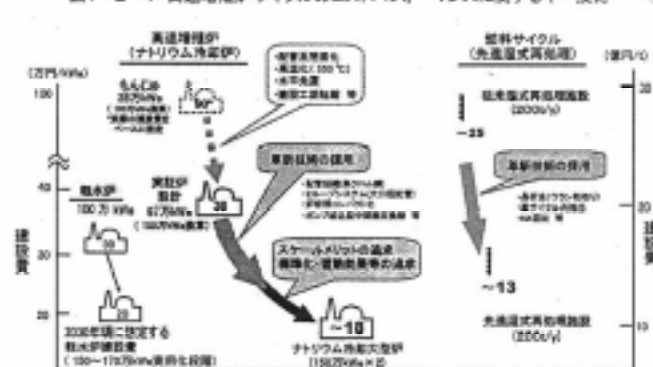
しかし、開発目標や設計要求は相互に関連性があり、設計を収束していく過程で利益相反となる場合が多い。例えば、マイナーアクチノイドを5%含んだ燃料を高速増殖炉で利用できるよう設計することは、環境負荷低減や核拡散抵抗性の向上には寄与するが、燃料の放射線が強くなることや発熱量が大きくなることなどにより、その取り扱いが軽水炉燃料と比較して難しく、結果として経済性を低下させる方向に働くことになる。

従って、どれかひとつの開発目標を優先して判断するのではなく、全ての開発目標を一定のレベルで満たしているかどうかを総合的に判断すべきである。また、設計要求は全体のバランスをはかりつつ適切に設定すべきであると考え。

表1-2-2 ナトリウム冷却炉の安全設計概念
固有の安全性、能動的な安全設備、受動的な安全機能の組み合わせとこれらを活用した事故管理の方針



図1-2-4 高速増殖炉サイクルのコストパフォーマンスに関するキー技術



③ 開発目標「安全性」に関する設計要求

高速増殖炉が軽水炉のリプレースとして実用化されることから、原子炉の開発目標「安全性」に対応する総合的な設計要求としては、「現在の軽水炉のリプレースとして2030年代に導入が検討されている次世代軽水炉に比肩すること」とすることが適切であると考ええる。

この次世代軽水炉に関する検討においては、シビアアクシデントへの考慮、耐震性の向上など、最新の知見を踏まえて、現行の軽水炉よりも安全性の向上に配慮したものとすることが検討されている。高速増殖炉サイクルの研究開発（表1-2-2参照）においてもこのような最新の知見を踏まえた設計を目指すべきである。なお、次世代軽水炉の設計要求は、今後の検討において適宜見直されるものであることから、その状況に留意することが重要であると考ええる。

④ 開発目標「経済性」に関する設計要求

高速増殖炉が軽水炉のリプレースとして実用化されることから、原子炉の開発目標「経済性」に対応する総合的な設計要求としては、「安全性」と同様、「現在の軽水炉のリプレースとして2030年代に導入が検討されている次世代軽水炉に比肩すること」とすることが適切であると考ええる。

「FS フェーズII 報告書」において、ナトリウム冷却高速増殖炉の概念設計は、ツインプラント（150万kW_e × 2基）初号機の平均建設費として18万円/kW_e程度（図1-2-4参照）、建設期間として46ヶ月（性能試験期間を含む）、稼働率95%程度を達成できる可能性が示されている。一方、次世代軽水炉に関する検討においては、多数基建設による習熟効果を考慮して世界水準の建設費（1000ドル/kW_e、12～13万円/kW_eに相当）、建設期間30ヶ月台前半、稼働率94%が目標とされており、現行の軽水炉よりも経済性が向上するよう配慮されたものとなっている。高速増殖炉サイクルにおいても、次世代軽水炉と同等の経済性を実現できることが重要であり、3次元免震技術などを導入してプラント設計の標準化を図り、多数基建設による習熟効果の促進を目指すべきであると考ええる。なお、次世代軽水炉の設計要求

図1-2-5 増殖比の違いによる高速増殖炉導入特性の比較

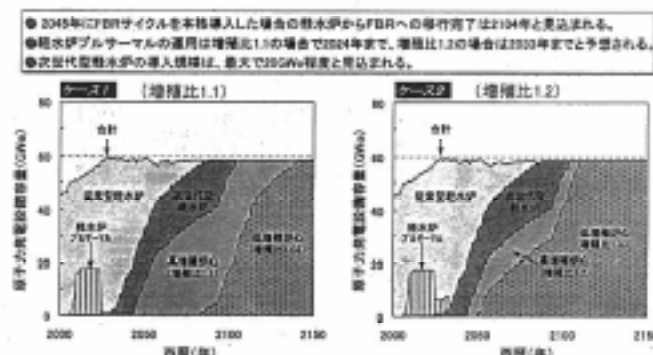
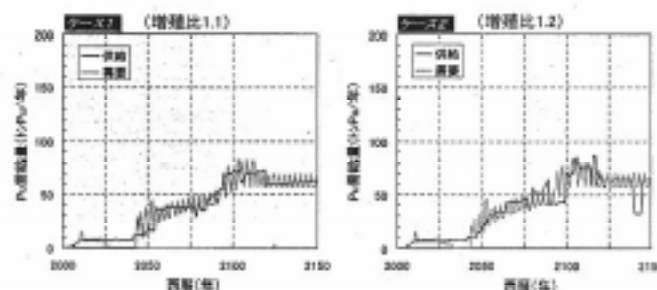


図1-2-6 増殖比の違いによるプルトニウムの年間産出量の比較

● 増殖比1.1および1.2のケースともに、解着期間全体を通してプルトニウムの年間産出量と消費量はほぼバランスしている



は、今後の検討において適宜見直されるものであることから、その状況に留意することが重要であると考ええる。

⑤ 増殖性能

「FS フェーズII 報告書」においては、増殖比（原子炉に燃料として装荷したプルトニウム238の核分裂量と、炉内において、核分裂を起こさないウラン238が中性子を吸収し、燃料として利用可能なプルトニウム239に変換する量の割合）について、1.10と1.03の2つの設計要求を設定し、それぞれに対応した2つの炉心概念を設計している。ひとつは、高速増殖炉サイクル導入期に対応し、軽水炉から高速増殖炉に60年間程度で置き換えるための炉心概念（資源重視炉心）である。この時期に必要なプルトニウム量を確保するため増殖比を1.10程度として設計している。もう一つは、高速増殖炉サイクル平衡期に対応し、一定規模の高速増殖炉を維持し続けるための炉心概念（経済性重視炉心）である。プルトニウムバランスを図りつつ、燃料サイクルでのロス（使用済燃料を再処理するまでの冷却期間を4年と設定しており、この間の核分裂性物質の衰変による損失など）を考慮しても増殖比1が確保できるように増殖比1.03として設計している。なお、経済性重視炉心では、炉心における中性子の利用効率が資源重視炉心より高いことから、高燃焼度が達成でき、経済性が向上する。

しかし、この増殖比1.10という設計要求は、プルトニウム需要量に対する供給量の裕度を十分に考慮したものとはいえない可能性がある。例えば、何らかの要因でプルトニウムの生産が予定量に達しない場合、燃料生産に必要なストックが不足するなど、燃料確保の点で不安定性が生じる可能性がある。さらに、各国それぞれのエネルギー需給状況によって高速増殖炉への設計要求が異なることが見込まれている（例：中国やインドは、高速増殖炉を短期間に数多く導入するエネルギー計画を公表している。しかし、軽水炉の運転実績が少なく軽水炉使用済燃料が少ないため、そこからのプルトニウム供給は十分に期待することができず、高速増殖炉に対し高い増殖比を要求するものと考えられる）。この様な状況に対応し我が国の高速増殖炉サイクル技術を世界標準とするためには、高い増殖比に対応できるポテンシャルを設計上確保することへの配慮が重要と考える。

図1-2-7 高速増殖炉新燃料中のマイナーアクチノイド濃度

●PBRの新燃料中のMA濃度率については、第2期水炉再処理施設（年間処理量1000tU/年）の運転期間中は2～4%程度と見込まれるが、軽水炉からPBRに移行し入れた後では概ね1%で推移する。

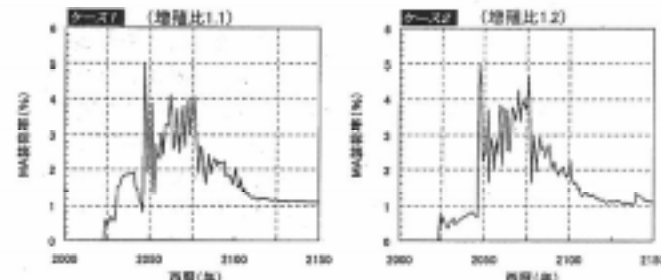


表1-2-3 セシウム・ストロンチウムの減衰割合に係る検討結果



このため、「FS フェーズⅡ報告書」では、設計要求として増殖比 1.10 とすることを提案しているが、設計要求としては増殖比 1.20 程度とし、同時に燃焼度を向上する方策を検討し、燃料増殖に関する柔軟性を確保すべきである（図 1-2-5 及び図 1-2-6 参照）。

⑥ 核燃料中の MA 装荷率と設計対応

「FS フェーズⅡ報告書」においては、2050 年頃に商業ベースの高速増殖炉の導入が開始された以降の高速増殖炉サイクル導入期における、それまでに中間貯蔵された軽水炉燃料やプルサーマル燃料を含む軽水炉燃料の再処理から回収される MA の物質収支を考慮した場合、これを高速増殖炉で燃焼して減らすためには、高速増殖炉燃料に含有させる MA 量は最大 5%、平均 3～4%程度が必要であるとされている（図 1-2-7 参照）。

このような外的環境を踏まえ、設計要求として高速増殖炉燃料中の MA 装荷率を 5%と設定しているが、「FS フェーズⅡ報告書」で示された高速増殖炉の概念は、この範囲の MA 装荷率であれば、炉心特性に与える影響は軽度であり、炉心設計により対応が可能であるとしている。なお、高速増殖炉サイクル平衡期においては、MA の物質収支を考慮すると、高速増殖炉燃料中の MA 装荷率は概ね 1%で推移するとされている。

また、高速増殖炉燃料の MA 装荷率を 5%と設定した場合、再処理及び燃料製造においてもこれに対応したプロセス設計、遮蔽設計、取扱設備設計などが必要となるが、「FS フェーズⅡ報告書」ではこれに対応が可能であるとしている。

高速増殖炉燃料に要求される MA 装荷率は時期によって異なるが、さまざまな時期を見据えて、高速増殖炉、再処理及び燃料製造施設の設計要求及び設計の前提を、MA 装荷率約 1～5%程度としていることは妥当であると考ええる。

⑦ 長寿命核分裂生成物等の分離

長寿命核分裂生成物（LLFP）の分離は、数百万年後といった超長期における放射能の環境への潜在的影響を 1 桁程度低減する効果が認められる。このため、これまで LLFP の分離を設計要求に含め研究開発が行われてきた。その結果、「FS フェーズⅡ報告書」では、LLFP の分離変換について、現時点においては「基礎的な課題が多く、研究開発に長期間を要することから将来の目標」とし、今後 5 年間の研究開発においては設計要求に含めないこととしている。

高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）を地層処分する際、ガラス固化体が周囲に過大な熱影響を与えないよう、一定の間隔を保って設置することが考えられている。また、ガラス固化体の製造の際に FP を多く混入しようとする発熱量が制限因子になるとされている。このため、再処理工程において発熱性の核種を分離しガラス固化体に FP を含めないようにすれば、地層処分施設に必要とされる面積を縮小できるとともに、ガラス固化体の発生量を減らす効果が期待できる。なお、分離した発熱性の核種については、一定の期間保管を行い、発熱量を減衰させた後にガラス固化体に混入して処分することが考えられている。ただし、分離した核種の一時貯蔵が新たなコスト増につながるという問題が生じる（表 1-2-3 参照）。

LLFP の分離については、放射能による潜在的影響の低減効果が数百万年後といった極めて遠い将来に期待されるものであること、現時点においては多くの困難な課題が残されており技術的実現性が低いことから、今後 5 年間の研究開発において設計要求に含めないことは妥当であると考ええる。むしろ発熱性核種（セシウムやストロンチウム）等の地層処分に大きな影響を与える核種の分離に関する研究開発を進めることが適切であると考ええる。

なお、再処理施設の設計は、放射性廃棄物の地層処分に影響を与えることから、関連する設計要求を定めるにあたっては放射性廃棄物の処分にかかわる研究者と連携をより一層深めるべきである。

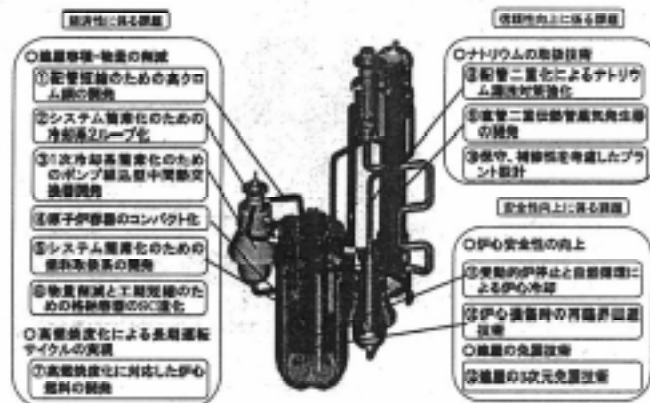
⑧ 保守、補修性への考慮

「FS フェーズII報告書」では、保守、補修性に関連し、主な機器についての供用中検査の要求項目、破損の起こりやすさに基づいた補修レベルなどを考慮している。また、定期検査期間を評価している。

保守、補修性への配慮は、ユーザーの視点から極めて重要であり、また、研究開発段階から実用化段階への移行とともに機器設計・機器配置の具体化、詳細化が進むことから、徐々にその重要性が増していくものと考ええる。今後5年間は、ナトリウム可視化技術を含む検査装置、蒸気発生器検査装置、及びナトリウム中補修技術の開発が重要と考える。また、メンテナンスフリー設計、取替機器の長寿命化、及び設計段階からの状態監視保全（CBM）・運転中保全（OLM）技術の適用を取り上げて研究開発を進めることが必要と考える。

保守、補修性について、「FS フェーズII報告書」では開発目標「経済性」の一環として評価している。しかし、今後の研究開発においては、安全性や環境負荷低減性（放射性廃棄物発生量の低減）などをも考慮して、保守、補修性に積極的に取り組むべきであり、保守、補修性を設計要求に取り上げることを検討すべきである。

図1-2-8 ナトリウム冷却炉における技術開発課題



(2) 主概念の技術開発課題

「FS フェーズⅡ報告書」では、これまでの概念検討や技術開発成果に基づき、技術開発課題を抽出している。当委員会は、今後の研究開発は戦略的重点化をさらに強力に進めるべきとの考えに立ち、主概念として選定したナトリウム冷却高速増殖炉、先進型法再処理、簡素化ペレット法燃料製造に関して集中的に検討を行った。その結果、「FS フェーズⅡ報告書」に示された主概念に関する技術開発課題の内容は概ね妥当であると考えているが、今後の研究開発にあたって、以下の事項をさらに検討すべきである。

① 革新的な技術

開発目標及び設計要求を満足する高速増殖炉を実現するためには、既存の技術だけでは達成が困難であり、新たな技術を導入する必要がある。新たな技術の中でも、特に、設計上重要な要素となっており、また、技術的難度が高い技術については、革新的な技術として今後の研究開発において優先的に取り組む必要があると考える。

一方、2015年頃には、高速増殖炉サイクルの適切な実用化像とそこに至るまでの研究開発計画を提示することが求められている。

このため、革新的な技術については、2010年に予定されている評価において、2015年頃に研究開発を終えて実証段階へ移行が可能との見通しを高い確度で得ることを目標として、今後5年間研究開発を行うべきであると考えている。

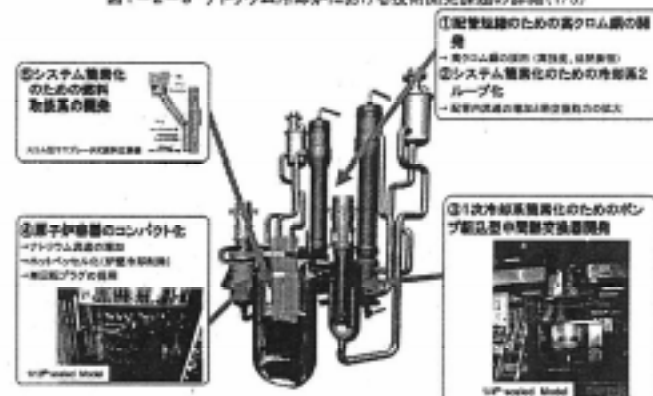
1. ナトリウム冷却高速増殖炉

ナトリウム冷却高速増殖炉(MOX燃料)に関する革新的な技術は、以下の13課題とする(図1-2-8参照)。

○配管短縮のための高クロム鋼の開発(図1-2-9参照)

ループ型では特に問題となる冷却系構造材料の熱膨張を抑制する

図1-2-9 ナトリウム冷却炉における技術開発課題の詳細(1/3)



出典: JAEA Research 2008-042 フェーズⅡ技術開発計画(1)原子炉プラントシステム

図1-2-10 ナトリウム冷却炉における技術開発課題の詳細(2/5)



出典: JAEA Research 2008-042 フェーズⅡ技術開発計画(1)原子炉プラントシステム

ことにより熱応力が緩和されることを狙い、機器のコンパクト化、配管の短縮を達成し、建設コスト低減を図ることとする。このため、従来の材料に比べ高強度・低熱膨張を特長としている高クロム鋼を開発するものである。

○システム簡素化のための冷却系2ループ化（図1-2-9参照）

150万kW_eの炉において冷却系を2ループとする概念を成立させ、これにより、冷却系機器の数を減らし、物量、補機類、及びその配置スペースを削減し、建設コスト低減を図ることとする。このため、大口径・高流速配管の流動安定性を確認するものである。

○1次冷却系簡素化のためのポンプ組込型中間熱交換器開発（図1-2-9参照）

1次系主循環ポンプを中間熱交換器中心部に組込み、機器数削減、ミドルレグ配管削除、及び配置スペースを縮小し、建設コスト低減を図ることとする。このため、長軸ポンプの開発、ポンプから中間熱交換器への振動伝達防止に関する研究開発を行うものである。

○原子炉容器のコンパクト化（図1-2-9参照）

スリット付き炉上部構造の採用、サーマルライナの削除、炉心のコンパクト化などにより、原子炉容器を小径化し、建設コスト低減を図ることとする。このため、上部プレナム内流動の安定化、及び高温構造の健全性確保技術の確立を行うものである。

○システム簡素化のための燃料取扱系の開発（図1-2-9参照）

物量削減、廃棄物低減、稼働率向上のために高効率の燃料交換の実現を図ることとする。このため、燃料取り扱いシステムを開発するものである。

図1-2-11 ナトリウム冷却炉における技術開発課題の詳細(3/5)

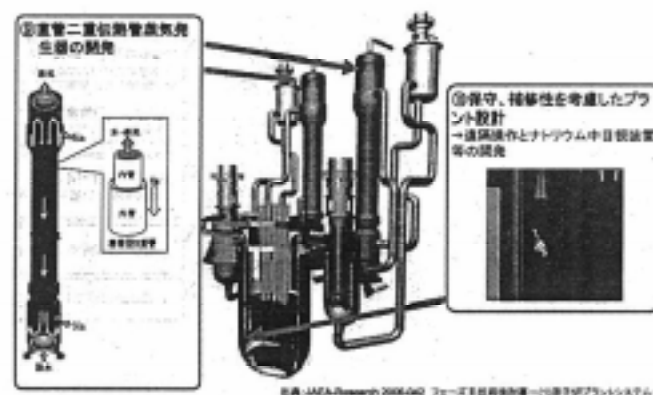
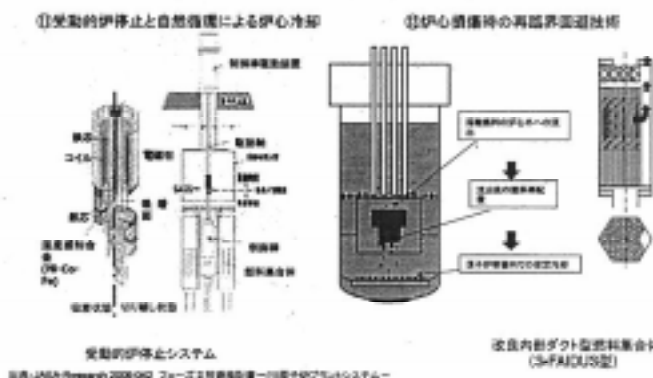


図1-2-12 ナトリウム冷却炉における技術開発課題の詳細(4/5)



○物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化（図1-2-10参照）

建設コスト低減と建設工期短縮の実現を図ることとする。このため、鋼板・コンクリート（SC）造の格納容器を開発するものである。

○高燃焼度化に対応した炉心燃料の開発（図1-2-10参照）

燃料の高燃焼度化により燃料の利用効率を向上させ、運転コスト低減を図ることとする。このため、高燃焼度・高炉心出口温度の達成を可能にすると見込まれる被覆管材料である ODS 鋼の照射試験を、ロシアの「BOR-60」炉、「常陽」、「もんじゅ」を用いて実施するものである。また、TRU 燃料ピン、筒素化ペレット法で製造した中空燃料ピン、及び再臨界回避集合体の照射試験を行うものである。

○配管二重化によるナトリウム漏洩対策強化（図1-2-10参照）

ナトリウム漏洩対策強化のため、主配管からのウェル・枝管の削除、配管の二重化・区画化、及び漏洩検出の高感度化を行い、信頼性向上を図ることとする。このため、レーザ式漏洩検出器の開発、破断前漏洩（LBB）評価手法の確立を併せて行うものである。

○直管二重伝熱管蒸気発生器の開発（図1-2-11参照）

蒸気発生器でのナトリウム-水反応を防止するため、伝熱管の信頼性向上、伝熱管の破損拡大防止を図ることとする。このため、直管二重伝熱管蒸気発生器を開発し、その製作性、構造健全性、ナトリウム-水反応特性を確認するものである。

○保守、補修性を考慮したプラント設計（図1-2-11参照）

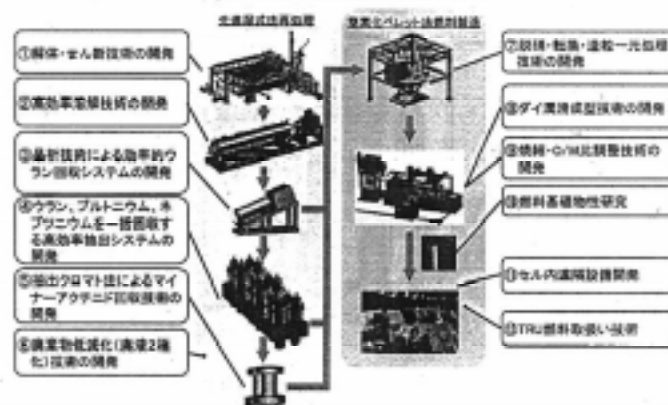
保守、補修性の向上を図ることとする。このため、不透明で化学的に活性なナトリウム冷却材中での供用期間中検査（ISI）技術、直管二重伝熱管蒸気発生器の伝熱管検査技術、及びナトリウム中補修技術の確立を行うものである。

図1-2-13 ナトリウム冷却炉における技術開発課題の詳細(5/5)



出典：JAEA Research 2008-042 フレーズ2建設設計書-①原子炉プラントシステム

図1-2-14 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題
(先進型高速炉用燃料製造+簡素化ペレット法燃料製造)



○受動的炉停止と自然循環による炉心冷却（図1-2-12参照）

炉心安全性の向上を図ることとする。このため、磁石が一定以上の温度（キュリー点）に達すると磁力を失う性質を利用して機械的なメカニズムによらずに制御棒が炉心に挿入される受動的炉停止機構（SASS）の技術実証、自然循環による崩壊熱除去性能の確認、及び評価手法の確立を行うものである。

○炉心損傷時の再臨界回避技術（図1-2-12参照）

万一の炉心損傷事故時においても溶融燃料の再臨界を回避しつつ、燃料を冷却するシステムを確立することとする。このため、炉心損傷事故時に溶融燃料を炉心外に排出する経路を取り付けた集合体を開発するものである。

○建屋の3次元免震技術（図1-2-13参照）

耐震性能の向上と同時に、サイト毎の耐震設計条件を標準化することにより建設コスト低減を図ることとする。このため、3次元免震技術を開発するとともに、設計基準の整備を行うものである。

ii. 先進湿式法再処理及び簡素化ペレット法燃料製造

先進湿式法再処理と簡素化ペレット法燃料製造の組み合わせに関する革新的な技術は、以下の12課題（再処理：6課題、燃料製造：6課題）とする（図1-2-14参照）。

（再処理）

○解体・せん断技術の開発（図1-2-15参照）

燃料ピンが損傷することなく燃料集合体を解体し、高粉化率でせん断を行うことにより、高濃度溶解に対応した解体せん断工程とすることとする。このため、従来よりも制御性に優れた機械式解体技術及び高粉化率のせん断片が得られる短尺せん断技術を開発する

図1-2-15 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題の詳細(1/6)
(先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造)

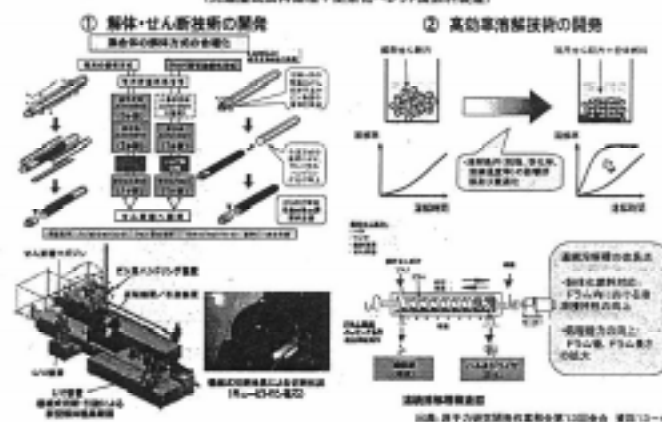
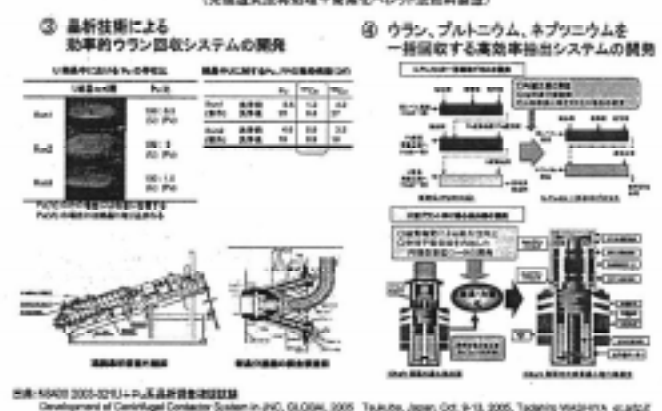


図1-2-16 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題の詳細(2/6)
(先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造)



出典: 2005-2014 JAEA 燃料サイクル技術開発計画
Development of Centrifugal Contactors System in JNC, GLOSH, 2005. Tokai, Japan, Oct. 9-13, 2005. Toshiaki WAKABAYASHI et al.

ものである。

○高効率溶解技術の開発（図1-2-15参照）

品析により効率的にウランを回収するために、高濃度溶解液が得られる溶解プロセス及び溶解槽とすることとする。このため、溶解条件を最適化するとともに高粉化燃料のハンドリング性や攪拌性に優れた構造を持つ溶解槽を開発するものである。

○晶析技術による効率的ウラン回収システムの開発（図1-2-16参照）

溶解液中のウランの大部分を抽出工程前に効率的に回収することにより、抽出工程の規模の縮小を図ることとする。このため、晶析技術によるウラン回収システムについてウランに同伴する可能性のある F P 元素の晶析挙動等を解明するとともに連続晶析装置などを開発するものである。

○ウラン、プルトニウム、ネプツニウムを一括回収する高効率抽出システムの開発（図1-2-1.6参照）

抽出工程の効率化とプルトニウムを単体分離することなく回収することにより経済性とともには核拡散抵抗性の向上を図ることとする。このため、ウラン・プルトニウム・ネプツニウムの一括回収プロセスを最適化するとともに大処理能力を有する遠心抽出器を開発するものである。

○抽出クロマト法によるマイナーアクチニド回収技術の開発（図1-2-17参照）

抽出工程からの廃液よりマイナーアクチニドを回収することにより環境負荷低減等を図ることとする。このため、小型の装置で効率的に回収できる抽出クロマト法について最適な吸着剤を選定するとともにプロセス機器の遠隔運転技術等を開発するものである。

図1-2-17 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題の詳細(3/6)
(先進型減速炉型原子力発電所(ABWR)燃料製造)

[illegible]

図1-2-18 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題の詳細(4/5)
(共通開発技術開発+開発+設計+燃料製造)

[illegible]

○廃棄物低減化（廃液2極化）技術の開発（図1-2-17参照）

再処理工程全体から発生する廃棄物の分類を簡素化し、その処理工程を効率的に行うこととする。このため、発生廃液を高レベルと極低レベルの2極化する技術を開発するものである。

（燃料製造）

○脱硝・転換・造粒一元処理技術の開発（図1-2-18参照）

転換工程で得られる原料粉末の流動性を向上することによりペレット成型用金型への粉末の充填性を改善することを図ることとする。このため、脱硝加熱器などの転換装置に造粒機能を組み込み、流動性の良い粉末を直接得られる技術を開発するとともに、遠隔保守対応型脱硝転換造粒装置を開発するものである。

○ダイ潤滑成型技術の開発（図1-2-18参照）

従来の原料粉末に潤滑剤を混合する工程を削除することを図ることとする。このため、ペレット成型用金型へ潤滑剤を塗布する機構の成型機（ダイ潤滑成型機）を開発するとともに、遠隔保守対応型ダイ潤滑成型装置を開発するものである。

○焼結・O/M比調整技術の開発（図1-2-19参照）

燃料仕様を満足するペレットを製造するための熱処理条件を検討するとともに、遠隔保守対応型焼結・O/M比調整炉を開発するものである。

○燃料基礎物性研究（図1-2-19参照）

燃料設計や燃料製造に必要となる基礎物性データについて、実験及び理論的に整備し、モデル化するとともに、得られた物性モデルを用いて挙動解析コードを開発するものである。

図1-2-19 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題の詳細(3/5)
(先進型式燃料製造+脱硝転換ペレット燃料製造)

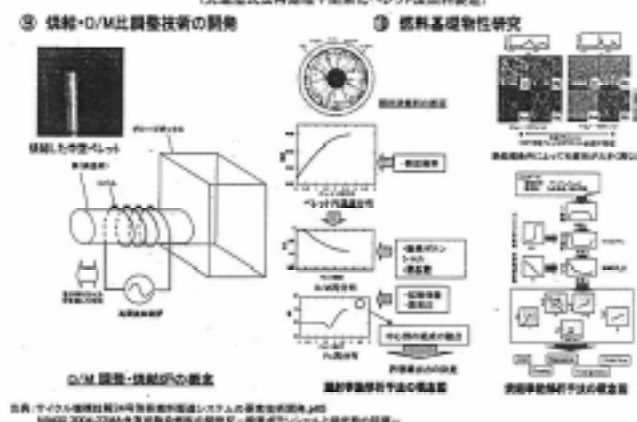


図1-2-20 燃料サイクルシステムにおける技術開発課題の詳細(4/5)
(先進型式燃料製造+脱硝転換ペレット燃料製造)

