

高速炉燃料再処理技術開発の動向について

1991年10月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。注)

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松 4 - 33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 (Tokai Works)

技術協力部 技術管理室

(Technology Management Section)

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technology Management Section Office, Tokai Work, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4-33, Muramatu Ooaza, Tokai, Naka-gun, Ibaraki, 319-11, Japan 注)

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)1991

高速炉燃料再処理技術開発の動向について

福島 操

要 旨

資源の少ない我が国はU資源を有効に利用をはかってゆくために、Pu利用体系の確立を目指し、FBR、FBR再処理、MOX加工の技術開発を進めている。

この体系において、FBR再処理はPuを供給するという重要な位置付けにあり、その技術をFBR実用化までに確立しておくことが必要である。

我が国のFBR再処理の技術開発は動燃事業団を中心として、東海再処理工場の経験をベースに、昭和50年から自主技術で開発が進められて来た。

この技術開発の現状及び今後の開発計画について説明するとともに、海外のFBR再処理の動向について説明する。

1. はじめに

資源の少ない我が国は、ウラン資源を有効に活用していくためウラン資源の有効利用が格段に優れたFBRによるプルトニウム利用体系、すなわち使用済燃料の再処理と、それから得られるプルトニウムを利用する体系の確立を目指し、FBR、FBR再処理、MOX加工の技術開発を進めている。

この体系において、FBR再処理はプルトニウムを供給するという重要な位置づけにあり、その技術をFBR実用化時代までに確立しておくことが必要である。

我が国のFBR再処理の技術開発は動燃事業団を中心として、東海再処理工場の建設・運転を通して得られた技術蓄積をベースに、昭和50年から東海事業所の研究開発施設において自主技術で開発が進められてきた。

以下、その技術開発の現状及び今後の開発計画について説明するとともに、海外のFBR再処理の動向についても紹介する。

2. 使用済燃料再処理概要

(1) 再処理の意義

- U, Puのリサイクルによる資源の有効利用
- 放射能, 性状区分と減容による放射性廃棄物の最適管理

(2) FBRサイクルシステム (別添-1)

(3) 再処理プロセス概要 (別添-2)

3. FBR再処理技術開発計画

(1) FBR再処理に特有な技術開発（別添-3, 4）

- 高燃焼度（FP含有最大）（15～20万MWD/T）
 - －溶解性の確認
 - －溶媒損傷対策
- 高プルトニウム含有率（Pu富化度：15～30w/o）
 - －厳しい臨界管理への対応
 - －Pu分配方法の改良
- 燃料集合体形状
 - －ラッパ管の解体
 - －ラッピングワイヤ対策

(2) 現在までのFBR再処理技術開発の成果

- FBR再処理特有の技術課題の解決（高燃焼度，高Pu含有率，ラッパ管等への対応）
- 主工程機器の小型化，連続化（連続溶解槽，遠心抽出機 他）
- 大型セル遠隔保守システム（ラックシステム，BSM〔マニプレータ〕）

(3) 今後のFBR再処理技術開発の進め方

① 開発方針

- 経済性 …………… 軽水炉サイクルシステムと競合できるか。
- 環境保全 …………… 環境放出ミニマム
廃棄物負担ミニマム
- 核不拡散 …………… Pu利用に対する国際的理解
- 社会的受容性 …… 社会に受け入れられるか。

② FBR再処理技術の高度化のための開発課題（別添-5）

- 「建設コスト削減」「運転コスト削減」「安全性・環境保全性向上」
- 「核不拡散性向上」

③ FBR再処理開発ステップ（別添-6）

4. FBR再処理技術開発の現状

(1) プロセス研究

- ホットラボ（CPF）において、昭和57年から照射燃料ピンを用いて、せん断、溶解、清澄、抽出の確性試験を実施。
- 燃焼度約10万 MWD/T、Pu富化度30w/o までの燃料に対し、再処理の見通しが得られている。

(2) 工程機器開発（別添－8）

- FBR再処理特有な課題を解決し、さらに経済性、安全の向上を目的として新型機器の開発を行ってきた。
- 集合体の違い（ラップ管）に対応するためのレーザ解体機、小型化、高速処理化を目指した連続溶解槽（円筒回転型）及び遠心抽出器、被ばく低減、保守の容易性を可能にする大型セル遠隔保守、プロセス高度化を目的とした抽出工程の短縮化、ソルトフリープロセスシステム等の新しい技術について開発を行い、その技術的見通しが得られている。

(3) リサイクル機器試験施設（RETF）（別添－9）

- RETFは新型の機器、プロセスについてホットで工学規模の確証試験を行い、技術の信頼性、安全性を確認し、工学データを取得することを目的としている。
- 長期にわたってFBR再処理技術の研究開発に活用できるように、機器、プロセス変更に対し柔軟性を持つ施設設計概念（ラックシステム）を採用する。
- 試験項目：「解体試験」「せん断試験」「溶解試験」「清澄試験」
「抽出試験」「溶媒洗浄試験」「オフガス処理試験」
- RETFは現在、詳細設計を進めており、1990年代後半に試験を開始する計画である。

5. 海外のFBR再処理の現状（別添-10）

(1) 米 国

高速増殖炉クリンチリバー建設計画やバーンウェル商用再処理工場計画の中止などの影響で、ワシントン州ハンフォードに建設する計画で設計が進められていたFBR再処理試験施設（BRET施設：Breeder Reprocessing Engineering Test Facility）の建設が無期延期の状況になるなど、FBR再処理に係わる政策は見直しが行われている。

技術開発としては、オークリッジ国立研究所（ORNL）を中心に総合再処理開発計画（Consolidated Fuel Reprocessing Program）のもとに、新型機器の開発・試験が行われている。

資金に対する開発効率を上げる点から国際協力が積極的に進められており、特に、動燃事業団とは、昭和63年以来FBR再処理技術開発全般における共同研究を実施してきている。

その他、仏国、英国との間でも共同開発・試験が行われている。

(2) 英 国

英国におけるFBR再処理技術開発は、UKAEA主導で進められDounreay研究所を中心にHarwell研究所、Spring Field研究所等で分担して行われている。

Dounreayでは、DFR燃料（高濃縮U）を中心とした再処理を1962～1974年に約10トン処理したが、その施設を高速原型炉PFR（Prototype Fast Reactor）のMOX燃料用に改造し、1980年に再処理運転を開始し、1989年までに約16tを処理した。

また、同研究所のMarshall Laboratory（1985年5月～）、Harwell研究所で、パルスカラム試験等再処理の研究が行われ、FBR再処理に長い歴史と大きな技術蓄積を有している。

しかし、現在1988年に打ち出された電力民営化に伴うDounreayのFBR再処理への政府出資の1997年停止、ヨーロッパのFBRからの燃料を集中処理するためのEDRP（ヨーロッパ実証再処理プラント）の遅延等の問題に直面している。

(3) 仏 国

再処理の開発はCEA、COGEMA及びSGNが一元的に協力して進めている。

FBR再処理の基礎研究はフォンテネオ・ローズ研究所で1965年以来続けられ、再処理施設としては、

- ラ・アージュのAT-1施設：ラブソディ燃料を処理
(1967年～1979年で約1 t 処理)
- マルケールのSAP施設：ラブソディ、フェニックス燃料
(1974年～)
- APM施設（旧TOR）：SAP施設に前処理施設を付加
1988年ホット試験開始と着実に開発が進められて来ている。

しかし、ヨーロッパのFBR燃料再処理用としてのMar-600は、英国のEDRP同様、EFR計画の遅れにより、最近大きな動きを見せていない。

以上のように、海外各国のFBR再処理技術の開発は、FBR計画の不透明さのために、実証プラント等の施設計画は順調に進められていないが、英国、仏国、米国においては長い着実な技術開発を行ってきており、技術の蓄積がはかられている。

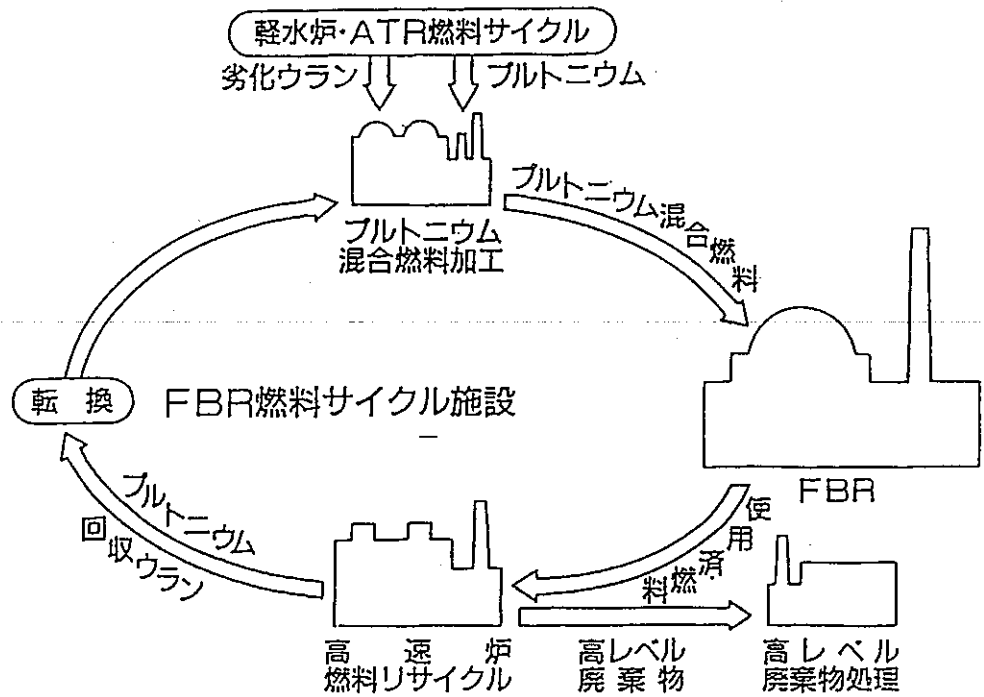
別 添 一 覧

- 別添-1 FBRサイクルシステム
- 別添-2 高速炉燃料再処理プロセスの概要
- 別添-3 高速炉及び軽水炉燃料集合体の相違について
- 別添-4 高速炉燃料に特有な技術開発課題とその開発
- 別添-5 FBR燃料再処理実用化に向けての課題
- 別添-6 高速炉燃料再処理技術の開発ステップ
- 別添-7 CRFにおける高速炉燃料再処理ホット試験
- 別添-8 高速炉燃料再処理技術の変遷
- 別添-9 RETFでの主要技術
- 別添-10 海外各国のFBR再処理開発ステップ

別添-1

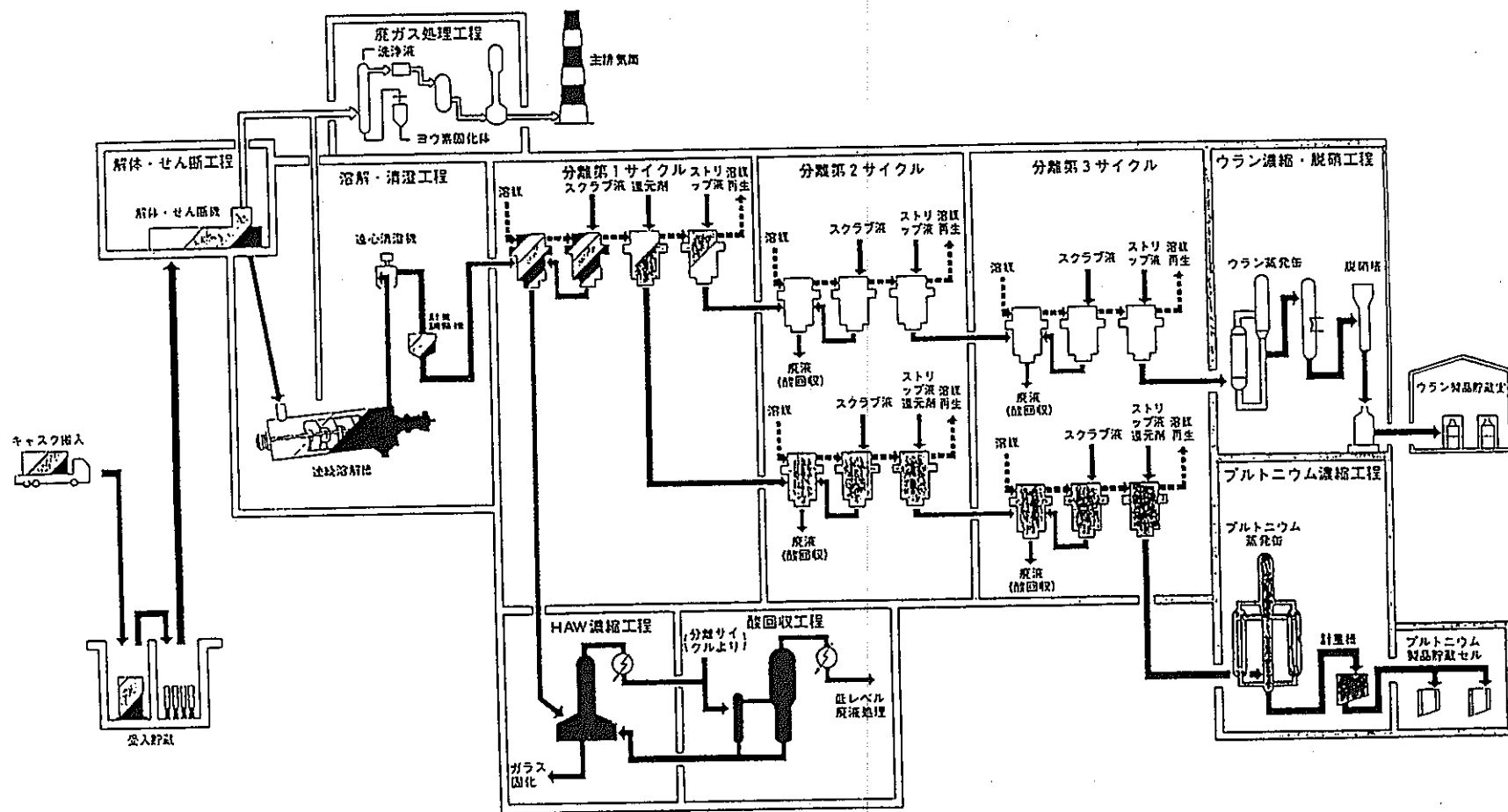
FBRサイクルシステム

FBR Cycle System



別添-2

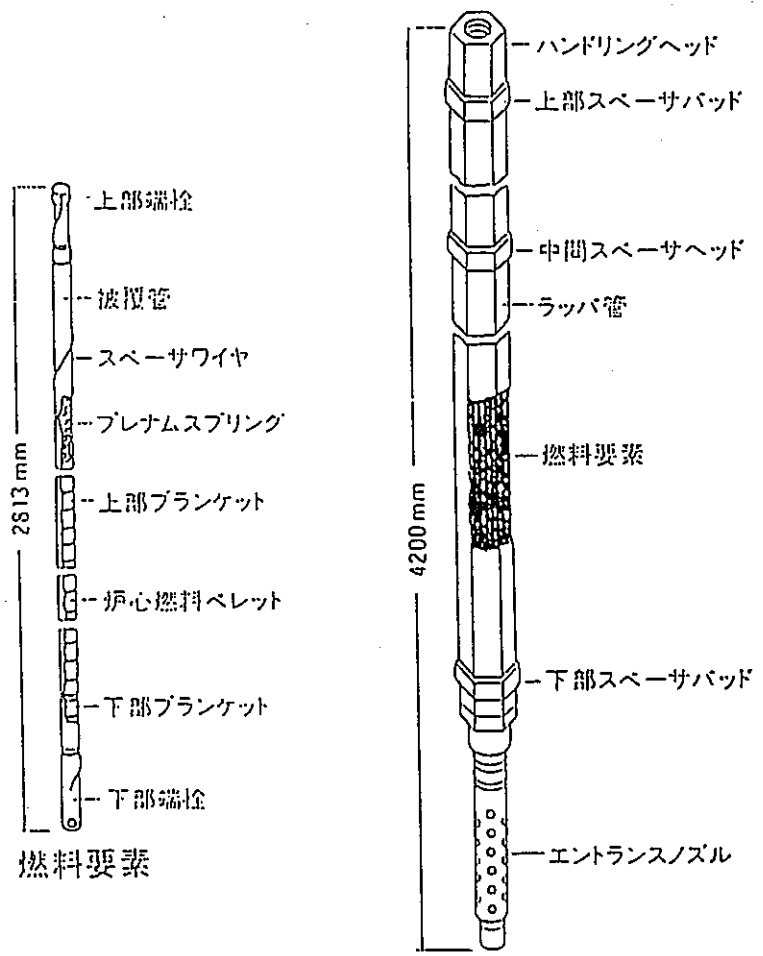
高速炉燃料再処理プロセスの概要



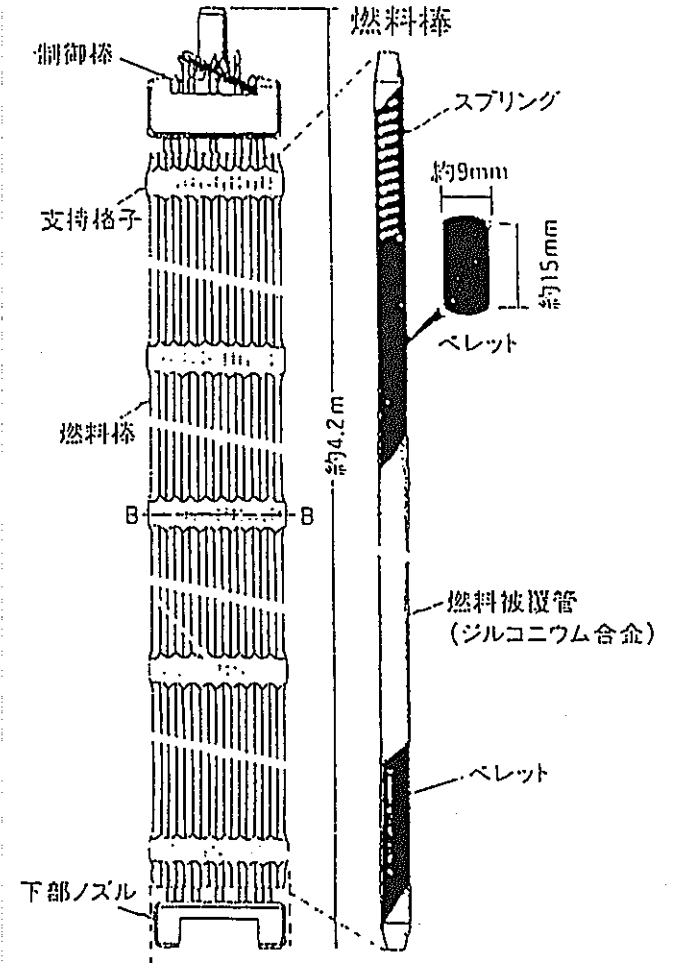
- 溶 液……30%リン酸トリブチル
・70%ドデカン
- 還 元 剤……硝酸ヒドロキシルアミン(HAN)
- ストリップ液……0.02規定程度の希硝酸
- スクラップ液……3規定程度の硝酸

高速炉及び軽水炉燃料集合体の相違について

- 6 -

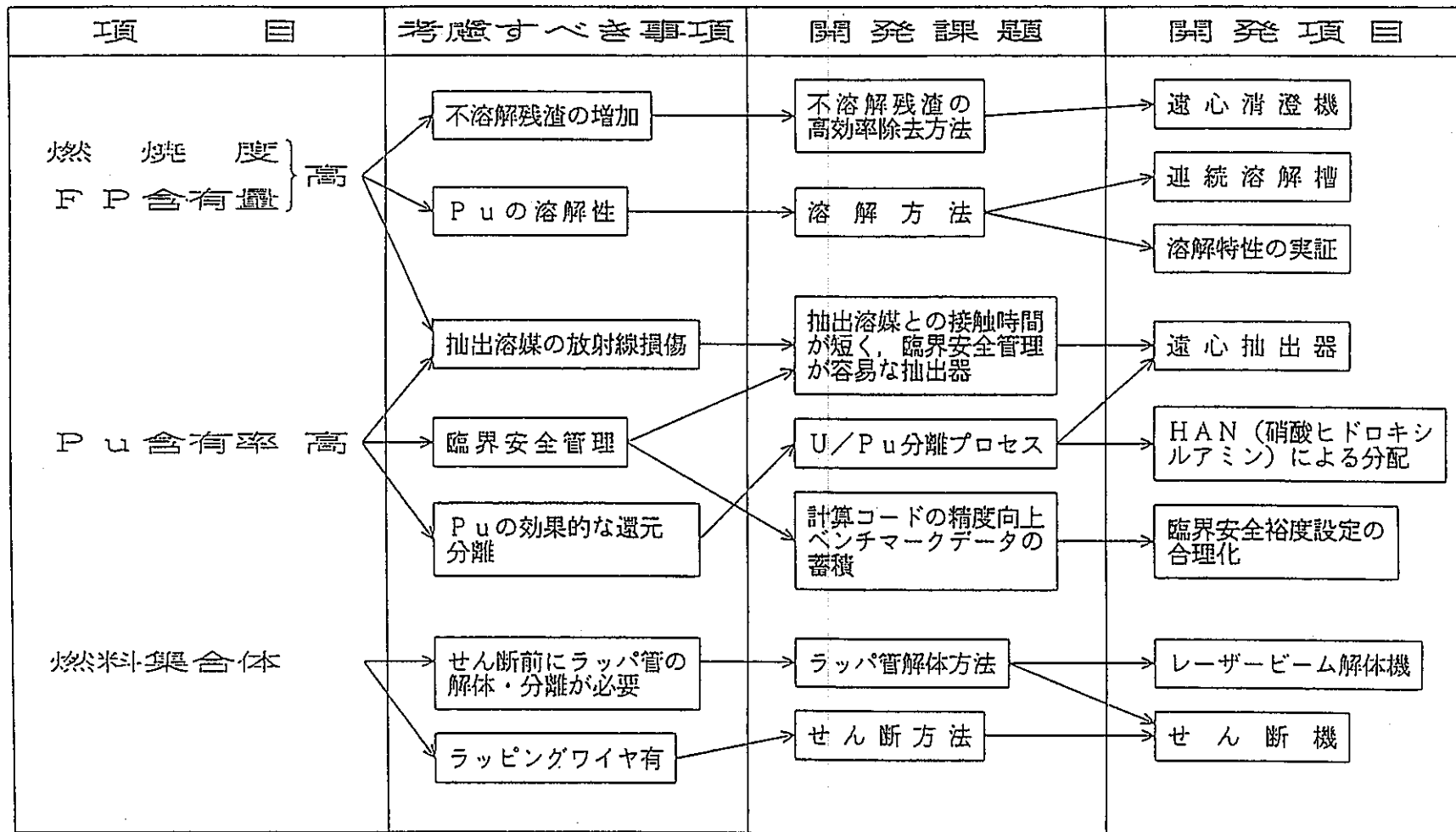


FBR「もんじゅ」炉心燃料集合体と燃料要素



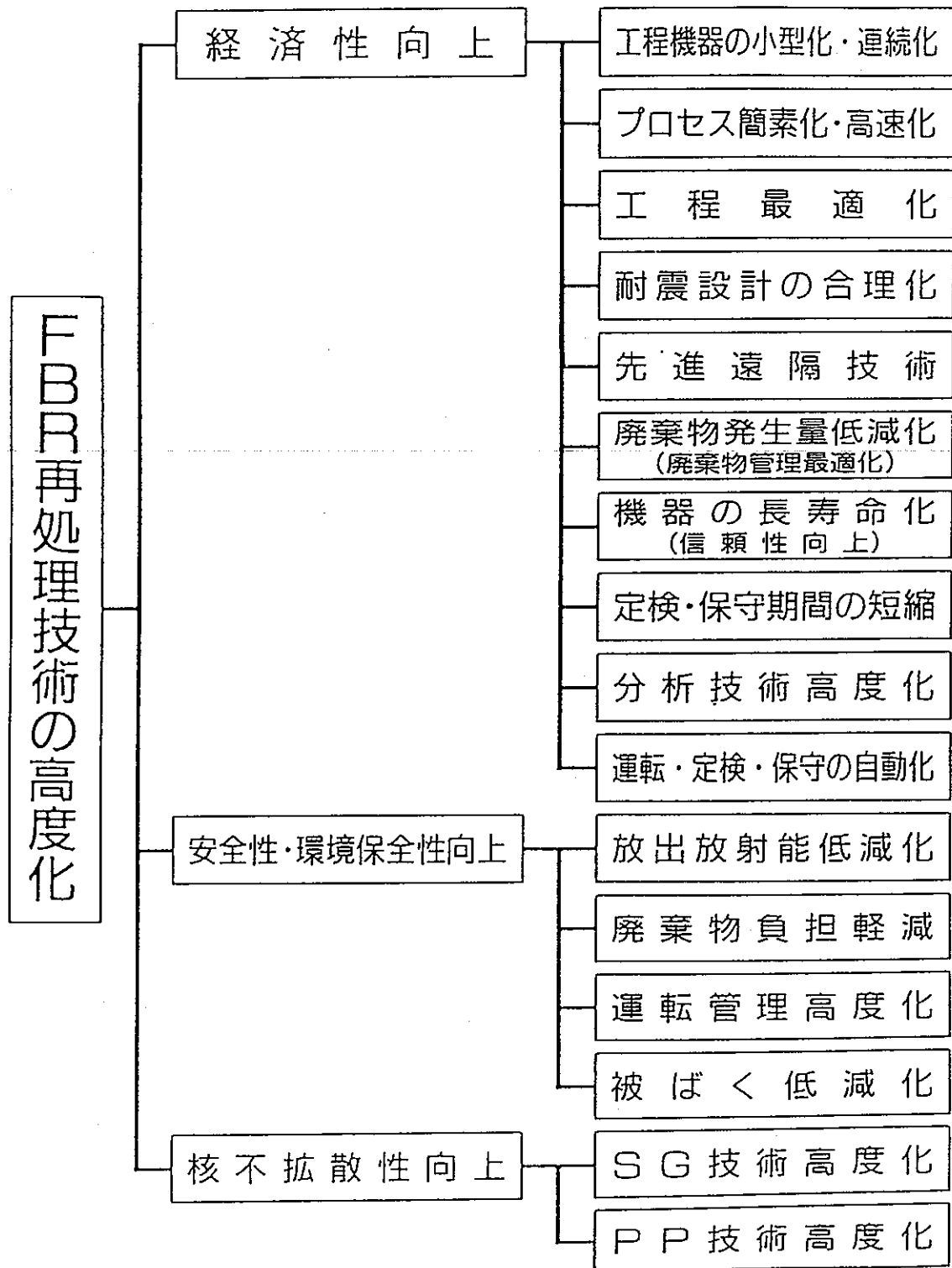
LWR加圧水炉の燃料集合体と燃料要素

高速炉燃料に特有な技術開発課題とその開発



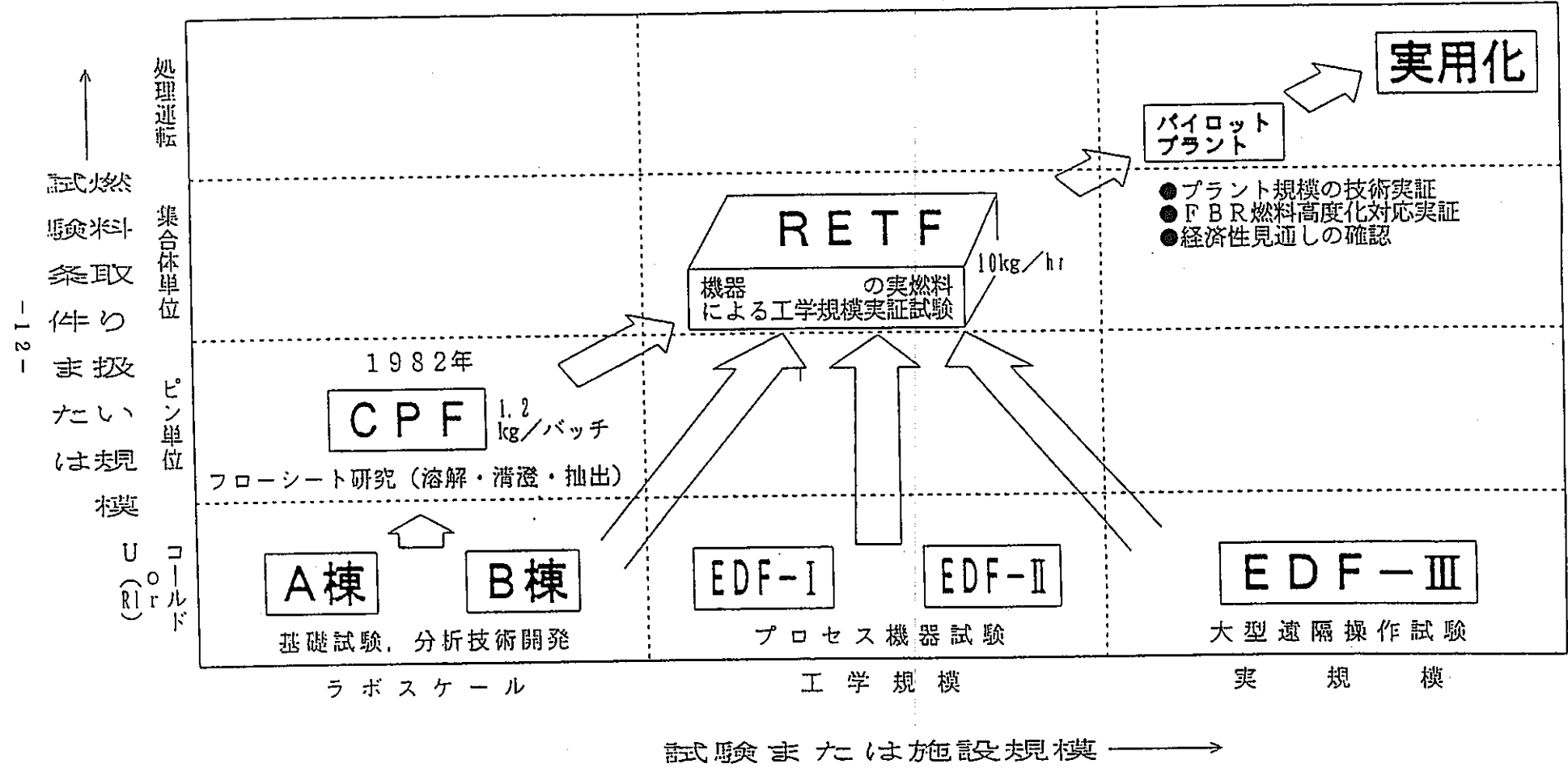
FBR燃料再処理実用化に向けての課題

R/D Items for Commercial Use



別添-6

高速炉燃料再処理技術の開発ステップ



-12-

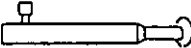
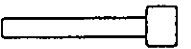
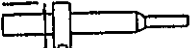
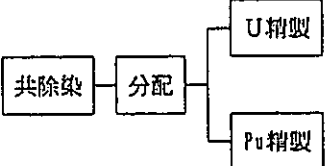
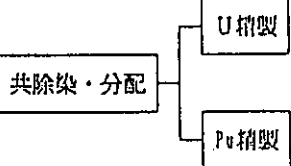
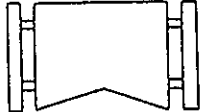



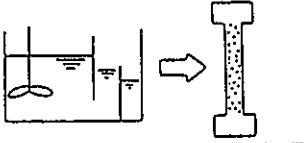


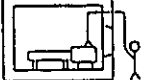

CPFにおける高速炉燃料再処理ホット試験

(溶解, 清澄, 抽出試験)

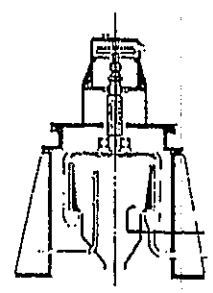
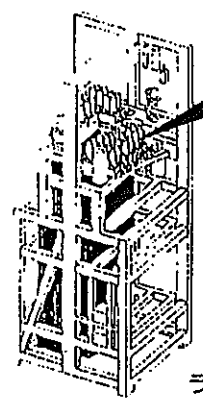
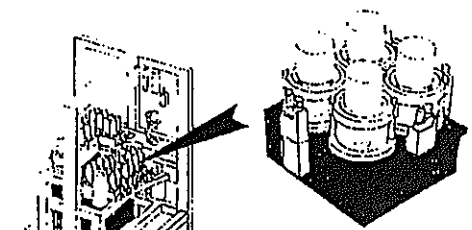
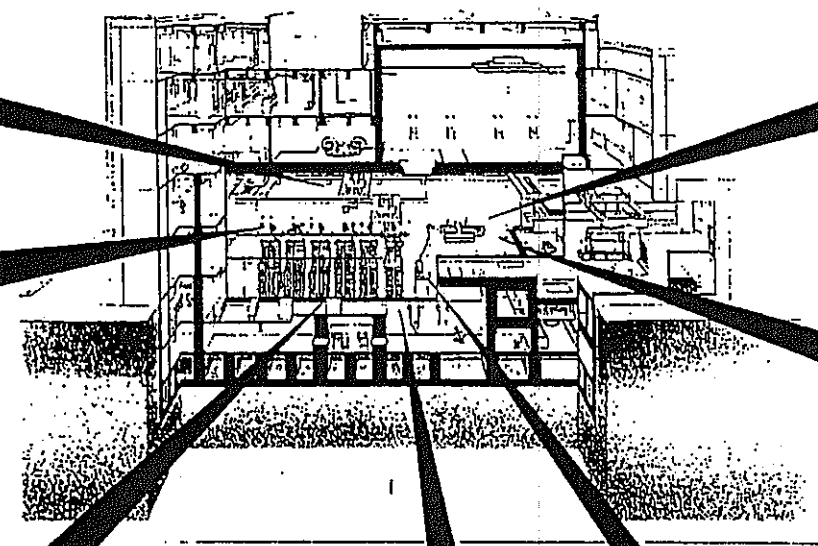
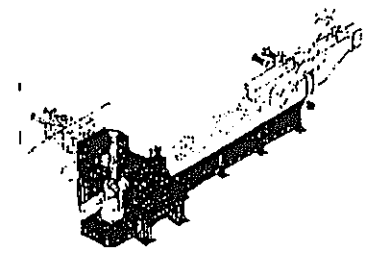
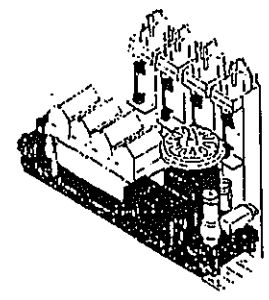
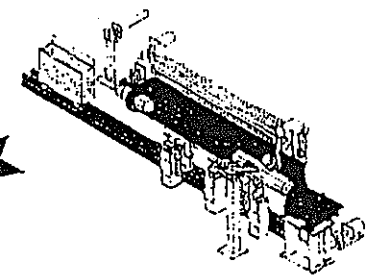
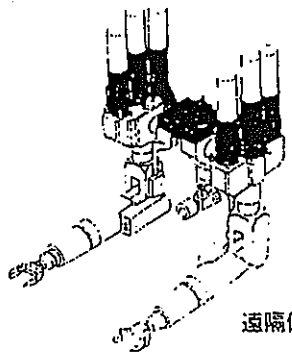
PNC TN8100 91-031

| | 昭和57年度 | 昭和58年度 | 昭和59年度 | 昭和60年度 | 昭和61年度 | 昭和62年度 | 昭和63年度 | 平成元年度 | 平成2年度 |
|---------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-------|-------|
| ホット試験回数 | | | | | | | | | |
| 第1回 | | ■ MK-I 4,400MWD/l 2本 | | | | | | | |
| 第2回 | | ■ MK-I 32,000MWD/l 2本 | | | | | | | |
| 第3回 | | ■ MK-I 40,100MWD/l 4本 | | | | | | | |
| 第4回 | | | ■ MK-I 40,100MWD/l 4本 | | | | | | |
| 第5回 | | | ■ MK-I 40,100MWD/l 4本 | | | | | | |
| 第6回 | | | | ■ MK-II 13,800MWD/l 3本 | | | | | |
| 第7回 | | | | ■ MK-II 13,800MWD/l 3本 | | | | | |
| 第8回 | | | | | ■ MK-II 31,700MWD/l 3本 | | | | |
| 第9回 | | | | | ■ DFR ~50,000MWD/l MOx 200g | | | | |
| 第10回 | | | | | ■ MK-II 31,700MWD/l 3本 | | | | |
| 第11回 | | | | ■ Phenix 94,000MWD/l 3本 | ■ | | | | |
| 第12回 | | | | | ■ Phenix 94,000MWD/l 3本 | ■ | | | |
| 第13回 | | | | | ■ C型特燃 54,100MWD/l 4本 | ■ | | | |
| 第14回 | | | | | | ■ MK-II 54,700MWD/l 3本 | ■ | | |
| 第15回 | | | | | | ■ C型特燃 54,100MWD/l 1本 | ■ | | |
| 第16回 | | | | | | | ■ C型特燃 54,100MWD/l 4本 | ■ | |
| 第17回 | | | | | ■ Phenix 94,000MWD/l 1本 | ■ C型特燃 54,100MWD/l 2本 | ■ | | |

高速炉燃料再処理技術の変遷

| 開発項目 | | 従来技術レベル 1980年代 | RETF技術レベル 1990年代 | 開発項目 | | 従来技術レベル 1980年代 | RETF技術レベル 1990年代 | |
|-----------------------|--------|---|---|----------------------------|----------------------------|--|--|---|
| ハ ー ド 技 術 | 解体/せん断 | <ul style="list-style-type: none"> レーザー集光ヘッド固定式  (解体機)  (せん断機) | <ul style="list-style-type: none"> レーザー集光ヘッド可動式  | プ ロ セ ス 技 術 | 抽出プロセス | <ul style="list-style-type: none"> 第2サイクル分離  | <ul style="list-style-type: none"> 第1サイクル分離  | |
| | 溶解槽 | <ul style="list-style-type: none"> バッチ式  | <ul style="list-style-type: none"> 連続式(円筒回転型)  | | U/Pu分離 | <ul style="list-style-type: none"> ウラナス(U(IV))還元分配 | <ul style="list-style-type: none"> HAN還元分配 | |
| | 澄清機 | <ul style="list-style-type: none"> バルスフィルタ  | <ul style="list-style-type: none"> 遠心澄清機  | | 溶媒洗浄 | <ul style="list-style-type: none"> アルカリ洗浄 | <ul style="list-style-type: none"> ヒドラジン系試薬(ソルトフリー化) | |
| | 抽出器 | <ul style="list-style-type: none"> ミキサセトラ→パルスカラム  | <ul style="list-style-type: none"> 遠心抽出器  | | 材 料 共 通 技 術 | 材 料 | <ul style="list-style-type: none"> オーステナイトステンレス鋼(低炭素鋼) | <ul style="list-style-type: none"> 同左+Ti-5Ta(Zr) |
| | 保守概念 | <ul style="list-style-type: none"> 直接保守 一部遮隔(M/S方式)   | <ul style="list-style-type: none"> 大型遮隔セル方式、ラックシステム、筒胴型マニプレータ  | | | 分 析 | <ul style="list-style-type: none"> オフライン分析 | <ul style="list-style-type: none"> オフライン分析 + 一部インライン分析 |

RETFでの主要技術



海外各国のFBR再処理開発ステップ

| | 1960' S | 1970' S | 1980' S | 1990' S | 2000' S | 備 考 |
|-------------|---------------------------------------|------------------------|--|------------------------------|----------------------------|---------------|
| 仏 | ▼ AT-1 (1kg/d) | ▼ SAP (10kg/d) | ▼ APM (旧名称 TOR) (50kg/d、5t/y) | ▼ MAR600 (50t/y~60t/y) | | |
| 英 | ▼ DFR燃料再処理 (75% EU) (1.2t/y) | | ▼ PFR燃料再処理 (MOX) (30kg/バッチ、10t/y) | ▼ EDRP (60t/y~80t/y) | | |
| 西 独 ベルギー | | ▼ MILLI (1kg/d) | | | | |
| 米 | | ▼ SETF (2~4kg/d) | | ▼ BRET (100kg/d) | | BRET計画 は中断 |
| 日 | | | ▼ CPF (1.2kg/バッチ) | ▼ RETF (10kg/hr) | ▼ FRPP (120~240kg/d) | |

▼ 運転中 ▽ 計画中