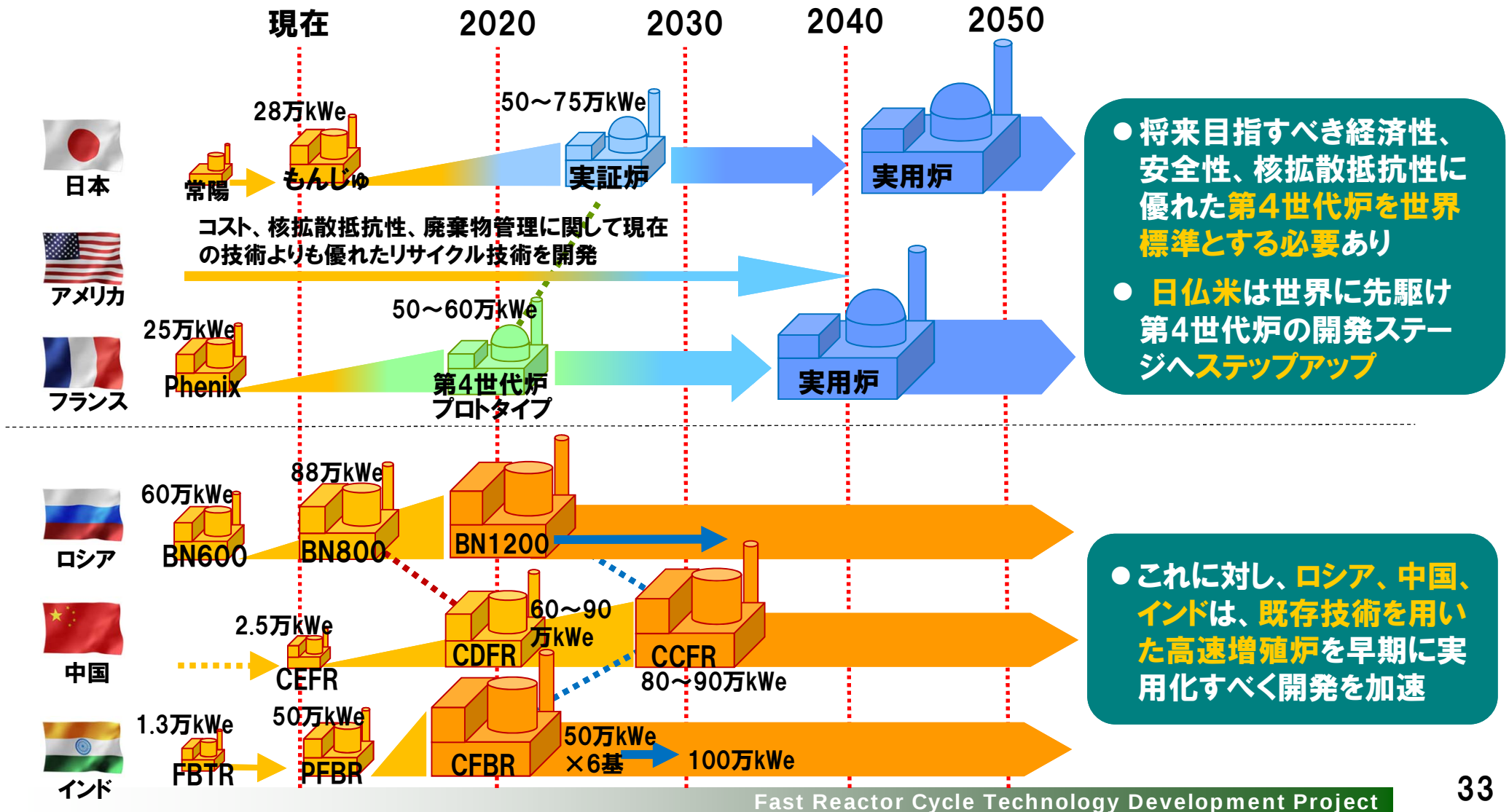


海外の開発動向と国際協力

- ◆ FBR開発を巡る今後の世界情勢
- ◆ 各国のFBR開発計画
- ◆ FaCTに関する国際協力

FBR開発を巡る今後の世界情勢

- ロシア、中国、インドは2030年頃の実用化を目指して開発、仏も2040年頃から第4世代炉を順次導入予定
- 将来の国際展開を狙った開発競争の激化



各国の高速炉開発計画

国	高速炉開発計画
日本	実験炉「常陽」(熱出力14万kWt) 2010年 原型炉「もんじゅ」(28万kW) 試運転再開 2025年 実証炉(50～75万kW) 運転開始 2050年前に商用炉(150万kW) 運転開始
フランス	2009年* 原型炉「フェニックス」(25万kW) 運転終了(*2010年2月にEnd-of-life試験を終了) 2020年 プロトタイプ炉(ASTRID)(50～60万kW) 運転開始 2040年 商用炉(150万kW) 運転開始
ロシア	実験炉BOR-60(1.2万kW)、原型炉BN-600(60万kW) 運転中 2014年 実証炉BN-800(88万kW) 運転開始 2020年 商用炉BN-1200(122万kW) 運転開始 2030年までに同規模の商用炉を少数基導入 [原子力発電設備容量: 現在 約2300万kW ⇒ 2050年 1億kW以上]
インド	実験炉FBTR(1.3万kW) 運転中 2012年 原型炉PFBR(50万kW) 運転開始 (2011年臨界) 2023年までに安全性、経済性を向上させた同規模の商用炉をさらに6基建設 2020年以降に100万kWの商用炉(金属燃料)建設 [原子力発電設備容量: 現在 約400万kW ⇒ 2050年頃 2.7億kW*(高速炉は2.6億kW*)] (*インド政府は、2012～2020年の海外からの4000万kWの軽水炉導入を見込んで、数字を見直し中)
中国	2010年 実験炉CEFR(2万kW) 運転開始 (2010年臨界) 2018～2020年 実証炉(60～90万kW; ロシアとの協力状況に依存) 運転開始 2030年から同規模の商用炉を複数基導入 2028年 高増殖の実証炉(100～150万kW; 金属燃料) 運転開始 2030～2032年から同規模の商用炉を運転開始 [原子力発電設備容量: 現在 約900万kW ⇒ 2050年 2.4～2.5億kW(高速炉は約2億kW)]
韓国	2028年 実証炉(60万kW) 運転開始 2040年ごろから商用炉(120万kW)を導入

出典: 各国の高速炉開発計画はFR09(2009年12月7日～10日、京都)における各国の発表論文より引用

ロシアの2050年原子力発電設備容量 P.G. Shchedrovitsky, et al., "The Program of Fast Reactor Development in Russia." (2009)

インドの2050年頃の原子力発電設備容量 A. Kakodkar, "Nuclear Energy in India" (2004).

中国の2050年の原子力発電設備容量 Xu. Mi, "Fast Reactor Development for a Sustainable Nuclear Energy Supply in China." (2009)

FaCTに関する国際協力

国際協力のメリット

- FBRの効率的な開発
- 開発リスクの低減
- 世界標準技術の確立

日米仏三国協力

「ナトリウム冷却高速実証炉の協力に関する覚書」
(2008年1月覚書 → 2008年8月改正)

日米仏

ナトリウム冷却高速炉の協力に関する
覚書(MOU)改正(2010年10月)



協力の内容候補

- 設計基準の統一
- 研究施設の共同利用
- 機器の共同開発
- 概念設計の相互協力

日-米

日米原子力エネルギー共同行動計画
(JNEAP) 2007年4月

日-仏

JAEA-CEA フレームワーク協定(2005年12月)
JAEA-EDF 高速炉システム協力取決め(2008年10月)

協力協定の締結

設計クライテリアの統一化

- 安全、プラントシステム、構造
- 保守・補修性、検査技術
- PRPP(核拡散抵抗性・核物質防護)
- 他



INPRO

革新的原子炉・
燃料サイクルシステム
に関する国際プロジェクト

GIFに参加していない
インド等との情報交換



GIF

第4世代原子力システム
国際フォーラム

GIF-SFRメンバー国

・日本 ・フランス ・米国 ・中国
・韓国 ・ロシア ・EU

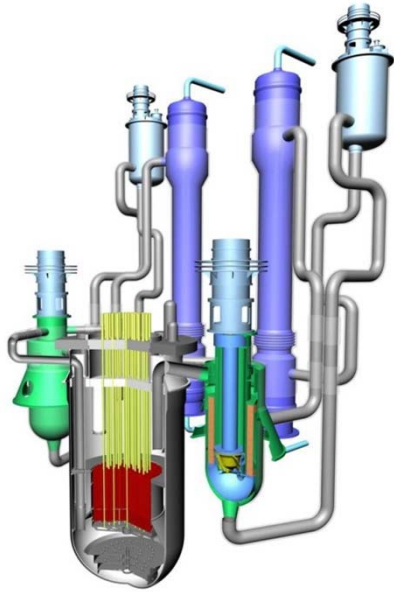
GIFを通じて国際的な設計
基準の統一化を検討

まとめ

- **FSフェーズII成果に対する国の評価・方針に基づき、原子力機構が中核となって電力と協力しながらFaCTプロジェクトを開始し、主概念に係る革新技術(炉:13課題、燃料サイクル:12課題)に関する要素技術開発及び設計研究を実施**
- **関係機関(文科省、経産省、メーカ、電力、原子力機構)間の連携・認識共有のための五者協議会が設置されるとともに、FBR開発に係る中核メーカを選定し、開発体制を強化**
- **原子力機構と電気事業者・メーカが連携・協力し、上記革新技術の採用可能性判断を実施**
- **原子力機構は、革新技術採否判断結果を踏まえたFBRサイクルシステム概念を対象として性能目標達成度評価を実施**
- **原子力機構は、日仏米3国協力を基軸とする国際協力を追求**
- **関係五者は、FBRサイクルの早期実用化を一層着実に進めるための認識を共有し、課題を検討中**

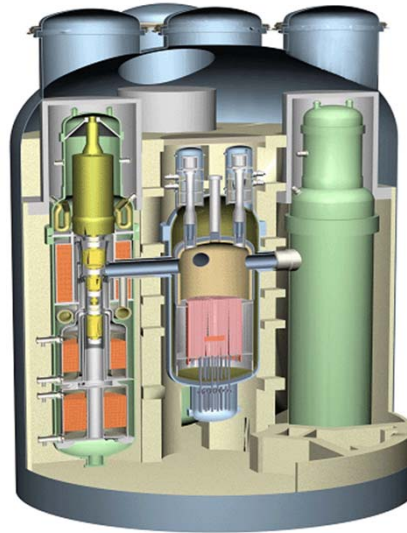
参考資料

FBRシステムの実用化概念(FS時)



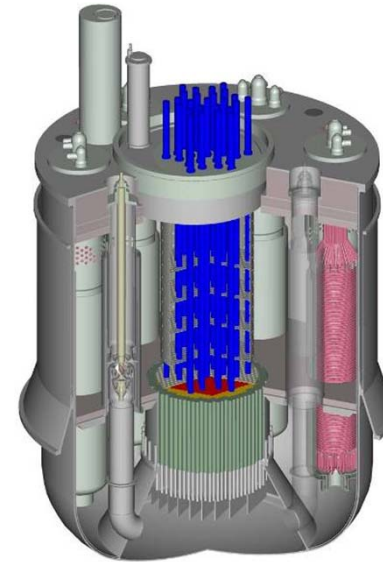
ナトリウム冷却炉

- 150万kWe大型炉
(酸化物及び金属)
- 革新技术の採用で物量、建屋容積を大幅に削減
- ナトリウムの特徴を考慮した設計により信頼性を確保



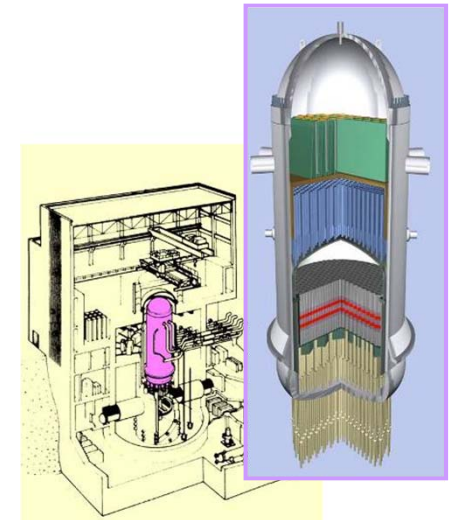
ヘリウムガス冷却炉

- 150万kWe大型炉
(窒化物被覆粒子燃料)
- 高温熱源の特長を活かして物量・建屋容積を削減
- 減圧事故、炉心損傷事故対策を考慮



鉛ビスマス冷却炉

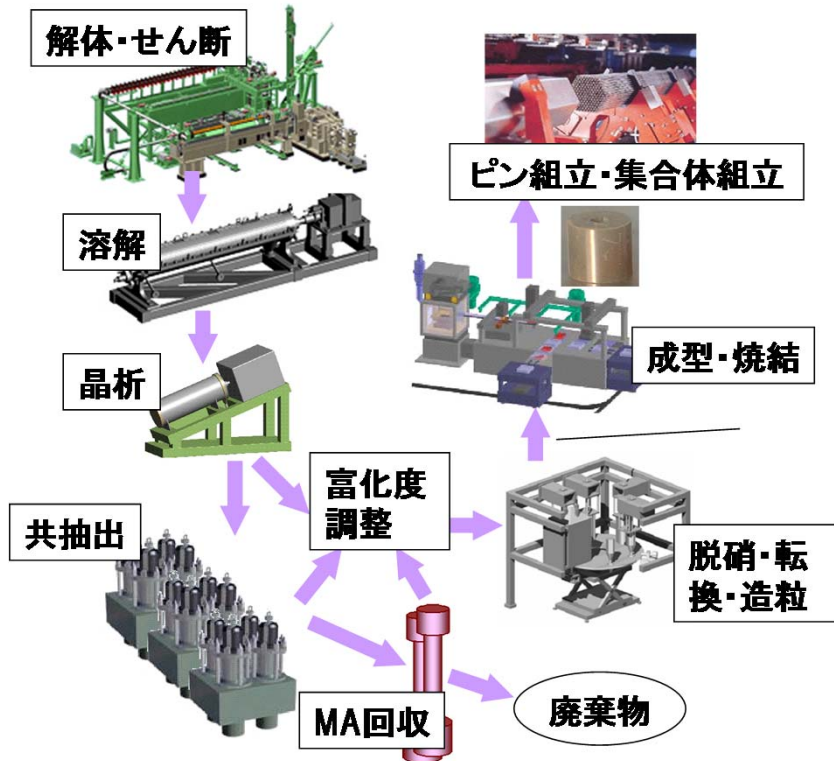
- 75万kWe中型炉
(窒化物燃料)
- 化学的に不活性な冷却材であり二次冷却系を削除したシステムを構築



水冷却炉

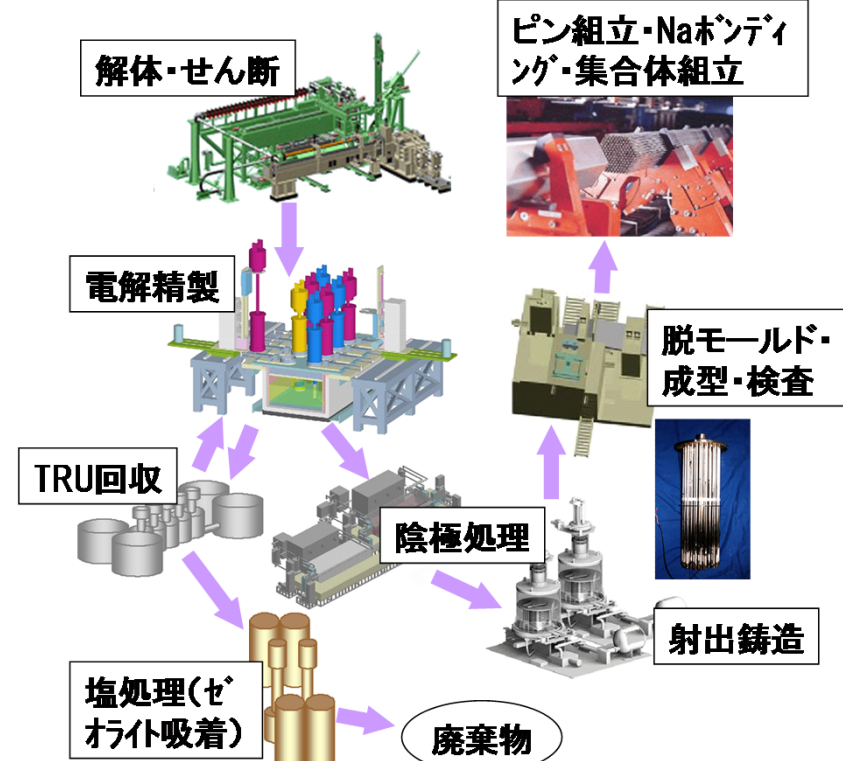
- 135万kWe BWR型
高速増殖炉
(酸化物燃料)
- 増殖性確保のため、高富化度・高稠密炉心概念
- ABWRのプラント技術が利用可能

燃料サイクルシステムの実用化概念(1/2)(FS時)



先進湿式法＋簡素化ペレット法

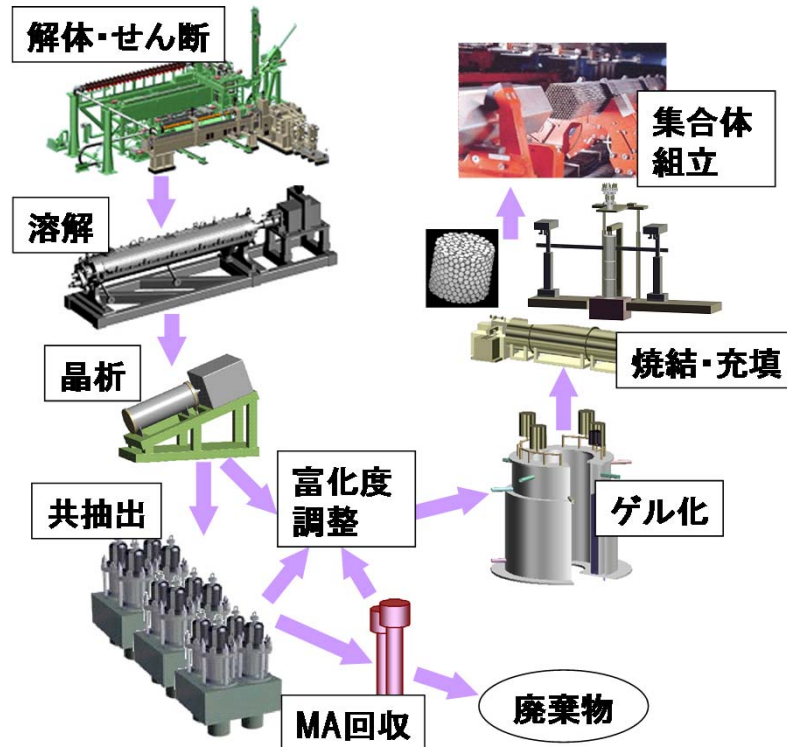
- 低除染燃料の使用が許容される高速増殖炉の特徴を生かし、回収/精製工程を合理化
- 溶液段階でのPu富化度調整などにより、従来のペレット製造から粉末混合工程を削除



金属電解法＋射出鑄造法

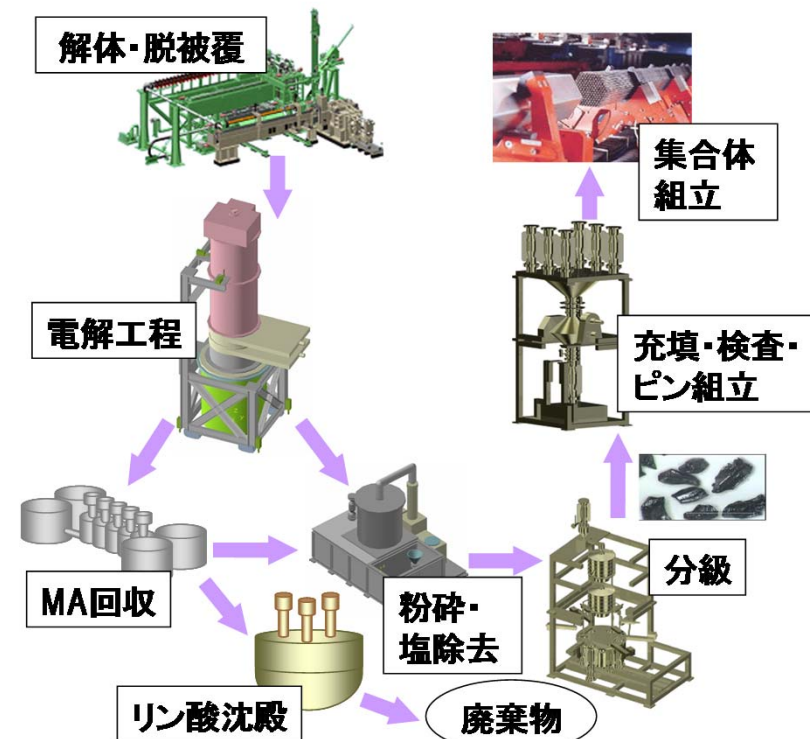
- 米国で開発された乾式再処理法に対して、処理速度向上等の改良
- 米国高速実験炉EBR-IIの燃料製造に用いられた射出鑄造法の一部合理化

燃料サイクルシステムの実用化概念(2/2)(FS時)



先進湿式法＋振動充填法

- 低除染燃料の使用が許容される高速増殖炉の特長を活かし、回収/精製工程を合理化
- 微粉末発生が少なく、遠隔製造に適合するゲル化法による粒子燃料製造を採用



酸化物電解法＋振動充填法

- ロシアで開発された乾式再処理法に対して、実用燃料処理への適合性を高める改良
- ロシアの高速実験炉BOR-60の燃料製造に用いられているバイパック燃料製造を採用

高速炉サイクルの国際協力枠組み

経緯: ①世界的に高速炉開発が低調な時期に多国間の国際的なフォーラムGIFとINPROが開始
 ②その後、米仏の復帰により、日米と日仏の2国間の協力が具体化
 ③国際標準化、プロトタイプ炉の効率的な開発という観点から3カ国協力へと国際協力が進展してきた

	 日米原子力共同行動計画 (JNEAP/GNEP)	 日米仏三国協力	 日仏協力	第4世代原子力システム 国際フォーラム (GIF) <12ヶ国1機関※>	INPRO <27ヶ国1機関>
目的	日米協調による高速炉を用いた核燃料サイクル政策の国際的醸成、及び技術情報の交換等による双方の技術基盤の高度化	三国共同でインフラの開発や国際的なプロトタイプ概念の確立	日仏協調による原子力R&Dの国際的先導、及び技術情報の交換等による双方の技術基盤の高度化	GEN-IV炉に関する研究開発、課題を分担し、共同開発・情報交換等を促進	革新システムを導入するための評価手法や制度の整備
政府	合意文書(外務・文科・経産大臣が署名) 二国間協力事項 に関する協力 ①原発の新規建設WG 多国間協力事項 に関する協力 ①核燃料供給保証検討Gr ②第3国協力検討Gr	研究機関間協力から格上げして、 政府当局間の枠組みを構築予定 	原子力の平和利用に関する政府間協定 日仏専門家会合	政府間協定 (FA: Framework Agreement) 政策グループ会合	IAEAにプロジェクトへの参加を表明 運営委員会
研究機関	JNEAP研究協力 ①高速炉技術WG ②燃料サイクル技術WG ③シミュレーション&モデリングWG ④中小型炉WG ⑤保障措置・核物質防護WG ⑥廃棄物管理WG	MOU (覚書)  JAEA/CEA/DOE間 2020~25年頃のNa冷却プロトタイプ炉の実現に向けた協力 Task I-VIIIに3項目追加 	 JAEA-CEA 原子炉及び核燃料サイクル分野の協力  JAEA-EDF 実用炉及びプロトタイプ炉の設計要求と設計概念に関する検討、人材開発等。	 SFR (Na冷却炉) - システム統合・評価 - 運転・安全性 - 先進燃料 - 機器・BOP - GACID	 IAEA 国際的な核燃料サイクル 評価
民間			 FEPC-EDF 実用炉及びプロトタイプ炉の設計要求に関する協議、検討等。		

GNEP: 国際原子力エネルギー・パートナーシップ

※FAに署名しているのは9カ国+EU