



# FaCTプロジェクト(FBRサイクル実用化研究 開発)に関する国際協力について

2007年12月7日

独立行政法人 日本原子力研究開発機構  
次世代原子力システム研究開発部門  
近藤 悟

# FaCTプロジェクトに関わる国際協力について

## 目次

- ◆ 国の原子力政策とFBRサイクル実用化の方針
- ◆ FBRサイクル実用化研究開発(FaCT)プロジェクトの概要
- ◆ 主要国におけるFBR開発の現状と計画
- ◆ FBRサイクル分野における国際協力について
  - 基本方針
  - 第4世代原子力システム(GIF)
  - 国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP)
  - 革新的原子炉及び燃料サイクル国際プロジェクト(INPRO)
  - 二国間、三国間協力
- ◆ まとめ
- ◆ 参考資料

# FBRサイクル研究開発を巡る動向

- ◆ 原子力政策大綱による核燃料サイクル政策の再確認(2005年10月)
- ◆ 国家基幹技術として高速増殖炉(FBR)サイクルの開発を推進(2006年3月)
- ◆ 実用化戦略調査研究(FS)フェーズⅡの終了(2006年3月)
- ◆ 国によるFSフェーズⅡの評価(2006年11月)
- ◆ 原子力委員会による基本方針(2006年12月)



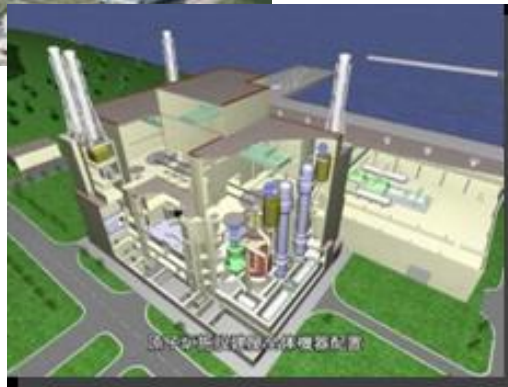
FBRサイクルの実用化に重点を置いた  
「FBRサイクル実用化研究開発」の開始  
Fast Reactor Cycle Technology Development Project  
(通称"FaCT" Project)

# 我が国の原子力エネルギー戦略

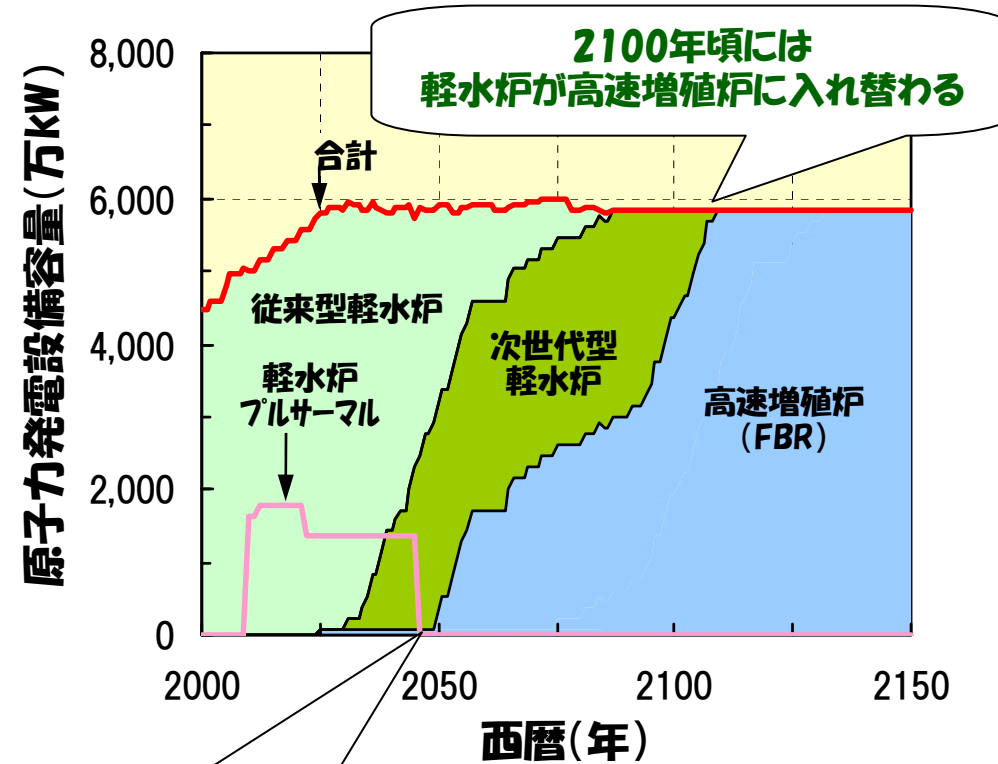
- 短期的には軽水炉を主体、中長期的に高速増殖炉へ移行 → 基幹電源の安定化



商用軽水炉



高速増殖炉実用炉(イメージ)



2050年より前に商業ベースで高速増殖炉導入開始

(注)軽水炉の寿命を60年と仮定

# FBRサイクルの実用化候補概念

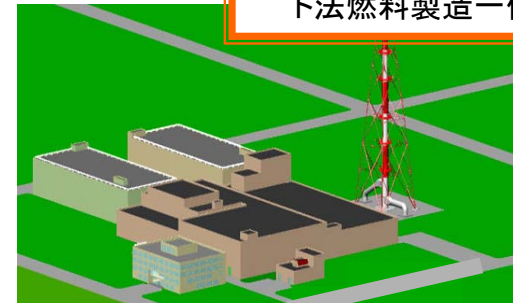
- ◆ 国の評価において「現在の知見で実用施設として実現性が最も高いと考えられる」として選定された主概念

電気出力 150万kW  
 ● 増殖比 1.03~1.10  
 ● 燃焼度 約15万MWd/t(炉心平均)



ナトリウム冷却FBR

● 処理能力 200tHM/年  
 ● 先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造一体型施設

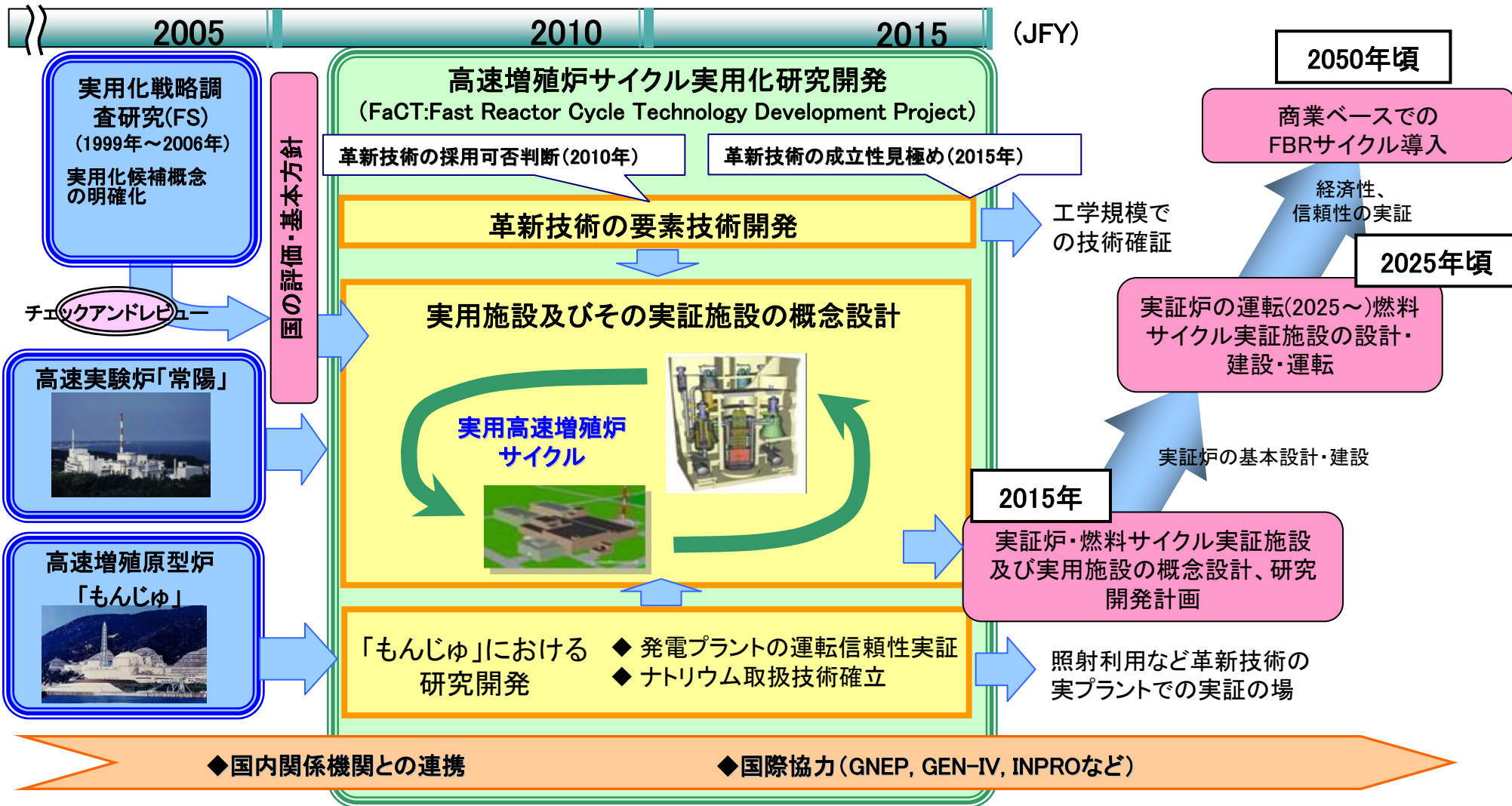


安全性	受動的安全機構等の各種試験を実施中
資源有効利用性	増殖比 1.03~1.10 リプレース最短期間 60年程度
環境負荷低減性	低除染多重リサイクル可能 LWR使用済燃料からのMA受入れ可能(MA含有率5%まで)
経済性 (資本費 ≤ 20万円/kWe)	建設単価 90%程度

先進湿式法再処理+簡素化ペレット法燃料製造

安全性	現行の指針等を踏襲できる
経済性 (燃料費 ≤ 1.1円/kWh)	大型プラント 約70%(200tHM/年)
環境負荷低減性 高レ $\leq 0.5\text{L/GWh}$ TRU, 高 $\beta$ $\gamma \leq 1.6\text{L/GWh}$	高レベル廃棄物固化体量 約60% TRU, 高 $\beta$ $\gamma$ 廃棄物量 約85%
核拡散抵抗性	U, Pu, Npの共回収、低除染製品

# FBRサイクルの研究開発計画





# Na冷却FBRの開発課題

## 経済性に係る課題

○ 建屋容積・物量の削減

① 配管短縮のための高クロム鋼の開発

② システム簡素化のための冷却系2ループ化

③ 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

④ 原子炉容器のコンパクト化

⑤ システム簡素化のための燃料取扱系の開発

⑥ 物量削減と工期短縮のための格納容器のSC造化

○ 高燃焼度化による長期運転サイクルの実現

⑦ 高燃焼度化に対応した炉心燃料の開発

## 信頼性向上に係る課題

○ ナトリウム取扱技術

⑧ 配管2重化によるNa漏洩対策と技術開発

⑨ 直管2重伝熱管蒸気発生器の開発

⑩ 保守、補修性を考慮したプラント設計と技術開発

## 安全性向上に係る課題

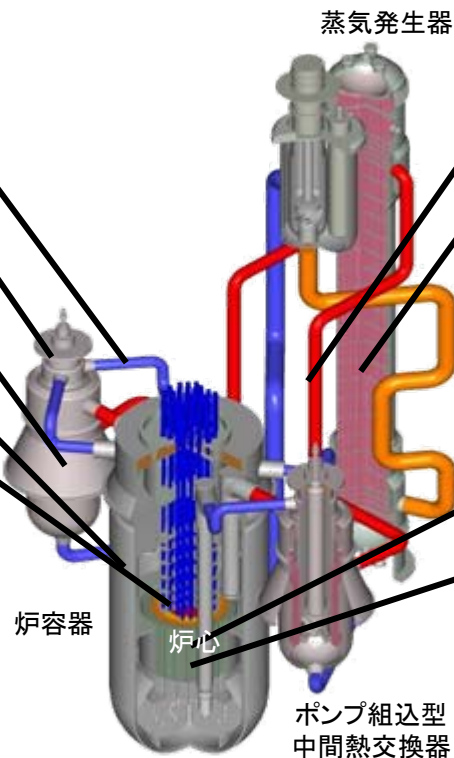
○ 炉心安全性の向上

⑪ 受動的炉停止と自然循環による炉心冷却

⑫ 炉心損傷時の再臨界回避技術

○ 耐震性の向上

⑬ 大型炉の炉心耐震技術



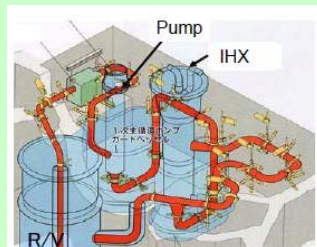
⑭ ナトリウム中機器・システム試験

⑮ 設計研究(実証炉、実用炉)

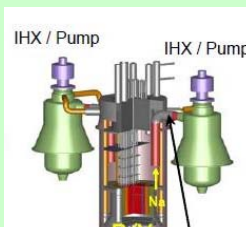
# FBR技術の実用化に向けて

## <革新的技術の採用>

- 高クロム鋼の採用による配管長短縮
- ループ数合理化によるシステム簡素化
- 大型機器の合体
- 原子炉容器のコンパクト化
- 燃料取扱系の簡素化
- 格納容器のSC造化による物量・工期削減 等



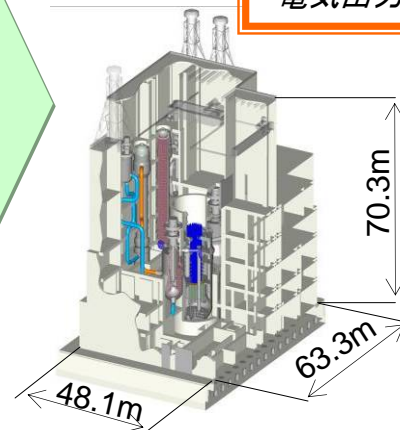
屈曲部8  
配管長100m × 3ループ



屈曲部1  
配管長25m × 2ループ

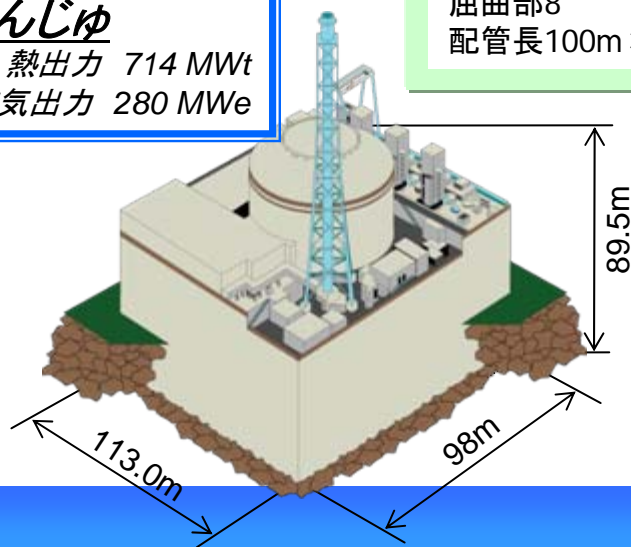
## 実用炉

熱出力 3570 MWt  
電気出力 1500 MWe



## もんじゅ

熱出力 714 MWt  
電気出力 280 MWe



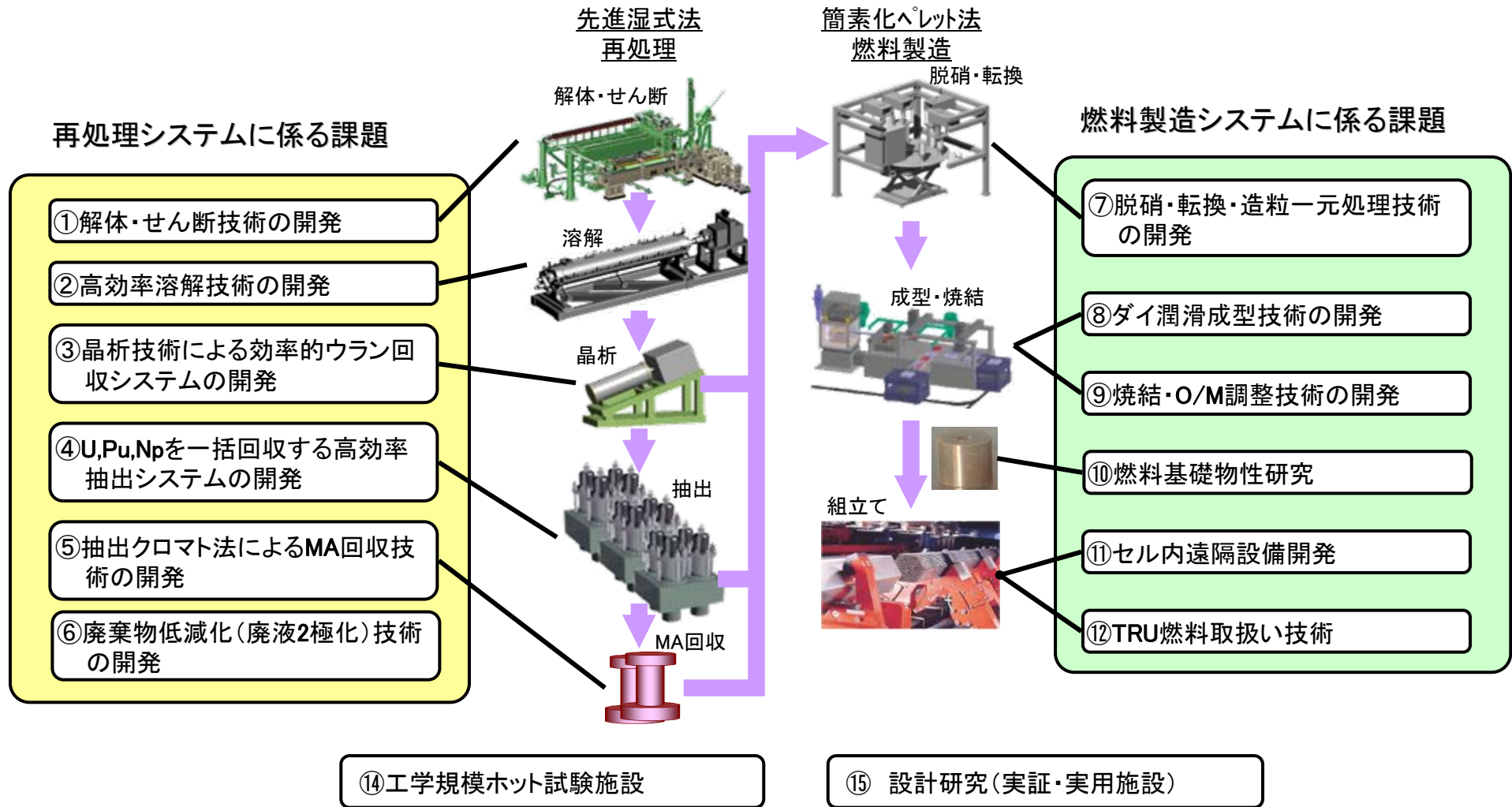
## <「もんじゅ」の運転・利活用>

発電プラントの運転信頼性実証  
ナトリウム取扱技術確立

経済性向上技術・安全性向上技術の実証

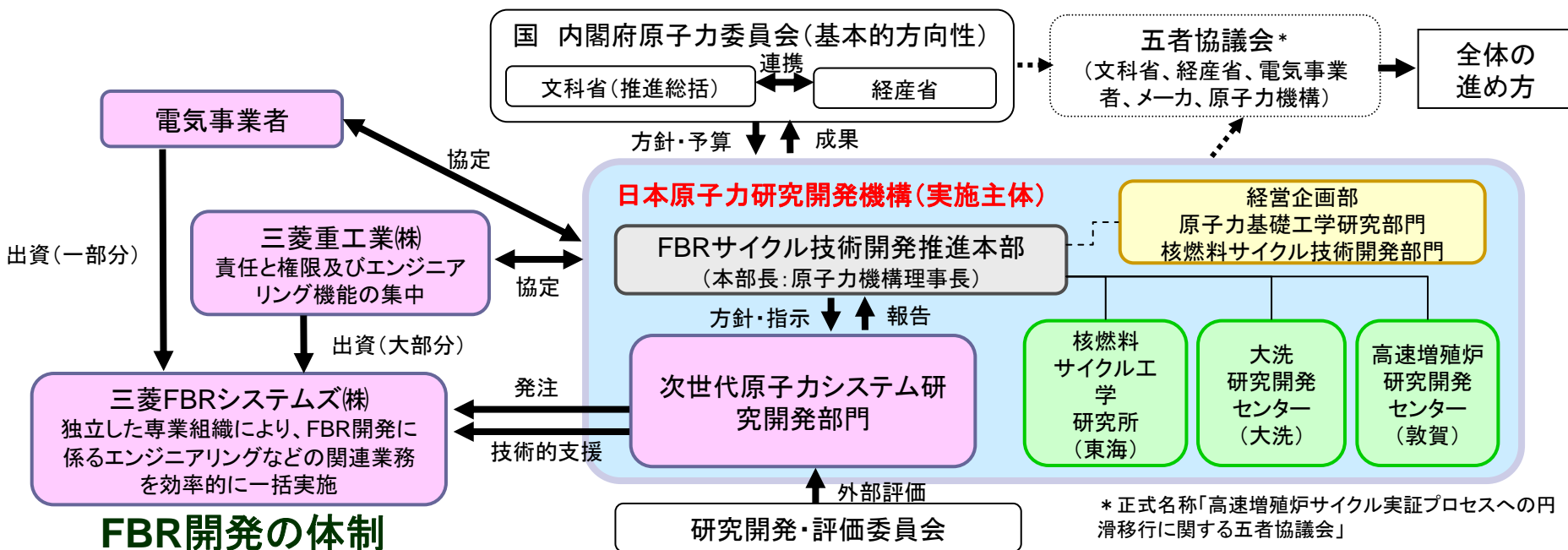


# 燃料サイクルシステムの開発課題



# FBRサイクル技術の研究開発体制

- ◆ 原子力機構は、理事長を本部長とする「**高速増殖炉サイクル技術開発推進本部会議**」を設置し、一元的推進体制を確立 (H18.9)
- ◆ 五者協議会\* は、「**基本設計開始までのFBR研究開発体制(炉関係)**」を決定し、原子力委員会に報告 (H18.12)
- ◆ **中核企業**として三菱重工業(株)が選定され(H19. 4)、**FBR開発会社**として三菱FBRシステムズ(株)が発足 (H19.7)



# 各国における高速炉開発状況：経緯 (1)

## [アメリカ]

- 世界で最も早く高速炉開発に着手し、各種の実験炉を建設、運転(1951年にEBR-I:200kWe、1964年にEBR-II:20MWe、1980年にFFTF:400MWthなどの実験炉を運転開始)
- 実験炉に続く原型炉「CRBR:380MWe」を建設すべく準備を進めていたが、1977年に核不拡散政策の強化により計画を中止。米国の高速炉開発プロジェクトは中断されたが、高速炉の設計研究等の研究開発は継続。
- 2000年に米国DOEの提唱により、GIF(第4世代原子力システム計画)が開始。

## [フランス]

- 1967年に実験炉「Rapsodie:40MWth」の運転を開始して以来、1974年に原型炉「Phenix:250MWe」、1986年に実証炉「Superphenix:1240MWe」の開発を進め、1988～1998年には欧州協力による欧州統合高速炉(EFR:150万kWe)開発計画を主導。
- 1969年から1979年にかけてラ・アークの再処理パイロットプラントで、1974年からはマルクールのパイロットプラントにて「Rapsodie」や「Phenix」の燃料が処理された。
- 1998年の政権交代にともない、経済的理由から、Superphenixを中心にマイナーアクチニド燃焼等の研究開発、高温熱源の多目的利用(水素製造など)、核燃料サイクルにおける次世代炉としてガス冷却炉の研究開発。ナトリウム冷却高速炉に関する研究開発はある時期スローダウン。

# 各国における高速炉開発状況：経緯 (2)

## [イギリス]

- 実験炉「DFR:15MWe」(1963～1977年)、原型炉「PFR:250MWe」(1977～1994年)など、長期の運転実績と燃料再処理の実績。ドーンレイ研究所においてDFRの使用済燃料の再処理試験(1962～1979年)、その後、PFR燃料を処理(1980～1996年)。
- 北海の豊富なエネルギー資源の発見により、1988年に高速炉開発予算の削減、さらに原子力研究機関の民営化を機に、1993年以降の政府出資の停止を決定。
- これ以降は、英国単独の高速炉開発は中止し、EFR計画に参加した。

## [ロシア]

- 1958年の実験炉「BR-5:590kWt」の運転開始以来、1969年実験炉「BOR-60:12MWe」、1980年原型炉「BN-600:600MWe」を運転開始、実証炉「BN-800:800MWe」を建設中。
- BN-600は数十回に及ぶナトリウム漏えい事故及び蒸気発生器伝熱管水漏えい事故などを経験しながらも、過去22年間の平均稼働率74%という高い稼働率を達成している。
- マヤークにおいて、1976年に再処理プラントの改造を行い、その後「BN-600」使用済燃料の再処理。
- 2004年にロシア議会在が高速炉建設と核燃料サイクル開発計画の完結を基本とする持続的な経済発展のためのエネルギー戦略(2005～2010年)を承認。

# 各国における高速炉開発状況：経緯 (2)

## [ドイツ]

- 実験炉「KNK-II:20kWe」(1979～1991年)の運転・改良に続き、原型炉「SNR-300:327MWe」の建設を行うが、政治的・財政的理由から1991年に計画を中止。
- それ以降は、産業界及びカールスルーエ研究所(FZK)はEFR計画の研究開発に参加し、現在は、高速炉サイクルに関する研究開発はほとんど実施されていない。

## [中国]

- 軽水炉から高速炉への核燃料サイクル開発を国のプロジェクトとして進めている。
- 実験炉「CEFR:23MWe」を建設中であり、それに続く原型炉(30～60万kWe)、実証炉(100～150万kWe)の開発計画がある。

## [韓国]

- 1997年に高速炉開発を国の長期研究計画に位置づけ、現在原型炉「KALIMER:600MWe」の設計研究を実施している。

## [インド]

- 原子力エネルギーの確保には、高速炉増殖炉と核燃料サイクルが不可欠と位置づけ、国のプロジェクトとして1985年に実験炉「FBTR:13MWe」を臨界、2010年完成を目指して、原型炉「PFBR:500MWe」を建設中。
- カルパッカムに、FBTRの使用済燃料の再処理も可能な再処理工場を建設中、また、2020年までに4基の高速増殖炉プラントを建設する計画としている。



# 各国における高速炉開発状況：計画 (1)

## [フランス]

- 実証炉スーパーフェニックス(1240MWe、タンク型) 放棄(1998年)
- 原型炉フェニックス(250MWe、タンク型) 2009年運転終了予定  
 MA、長寿命放射性廃棄物の核変換試験および将来のガス冷却高速炉開発のための照射試験を実施中
- 第4世代原子炉のプロトタイプを2020年に運転開始を行うと発表  
 (2006年1月シラク大統領)  
 ○2009年 設計仕様の一次選考      ○2012年 設計仕様の確定

## [アメリカ]

- 2006年2月GNEP構想発表、再処理路線の復活  
 2008年6月にDOE長官による政策判断の予定
- 2007年3月NERIワークショップ  
 先進リサイクル炉(ARR)、統合核燃料取扱センター(CFTC)、  
 先進核燃料サイクル施設(AFCE)  
 ○2009年                      概念設計終了  
 ○2014~2015年 設計仕様を確定し、以降建設着手
- 2007年4月 GNEPに基づく研究開発活動などについて、日米共同行動計画を調印

# 各国における高速炉開発状況：計画 (2)

## [ロシア]

- BOR-60(12MWe、ループ型)、BN-600(600MWe、タンク型)運転中
- 2012年 BN-800(870MWe、タンク型)運転開始予定、BN-1800(1800MWe、タンク型)を計画

## [中国]

- 2009年 実験炉CEFR(23.4MWe、タンク型)運転開始予定
- 2020年 原型炉CPFR(600MWe、タンク型)を計画
- 2025年頃 実証炉CDFR(1000-1500MWe、タンク型)、2030～2035年 商業炉CCFR(1000-1500MWe、タンク型)、複数基のモジュラー炉CMFR(600MWe、タンク型)を計画
- 2050年頃に200GWe程度のFBRの設備容量を計画

## [インド]

- 実験炉FBTR(13.5MWe、ループ型)を運転中(1985年初臨界、1994年初送電)
- 2011年 原型炉PFBR(500MWe、タンク型)運転開始予定
- 2020年までに4基の商業炉(PFBRと同型炉)を計画、2050年頃に260GWe程度のFBRの設備容量を計画

## [韓国]

- KALIMER-600(600MWe、タンク型、金属燃料) 設計研究中
- 2030年 FR実証炉(600MWe、タンク型、金属燃料)を計画
- 2040年 商業炉(1200MWe、タンク型、金属燃料)を計画

# 国際戦略の基本方針

## 基本的考え方

高速増殖炉サイクルの研究開発において国際的な共同研究・共同開発は、研究開発のリスクや資源負担の低減を図ることができる可能性がある。また、国際協力を通じて設計概念を共有することにより、世界標準概念を構築できる可能性がある。このような認識に立ち、今後の国際協力は、次のような基本的な考え方(\*1)に基づき進めることとする。

- 我が国が進めている高速増殖炉サイクル研究開発と目標を共有すること
- 我が国の技術が世界標準となるよう目指すこと
- 我が国にとって研究開発のリスクや資源負担の低減、研究開発に要する期間の短縮などの利益が明確であること
- 必要に応じ、二国間協力に限らず、三国間あるいは多国間協力の選択を検討すること
- 提示する情報、供与する技術等に係る知的所有権の確保に留意すること
- 協力によって我が国の研究開発計画に悪影響が生じないように留意すること
- 平和利用、核不拡散の担保、安全の確保、核セキュリティの担保を求めること

(\*1)高速増殖炉サイクルの研究開発方針について

—「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告書」を受けて—  
(科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 原子力分野の研究開発に関する委員会)



# 国際協力の現状の総括

- ◆ 世界標準技術によるFBRサイクル技術実用化
- ◆ 研究開発リスク/必要資源量低減、開発期間短縮
- ◆ 日仏米3カ国協力等による**国際共同研究開発計画の策定が必要**

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(INPRO)

- 国際的な核燃料サイクル評価



第4世代原子力システムに関する国際フォーラム(GIF)

SFRシステム取決め(2006年2月)

(設計研究・安全研究、先進燃料開発、機器開発・BOP開発、**GACIDプログラム**)



国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP)



- 核燃料サイクルによるエネルギー再生産と廃棄物低減等
- 日仏米中露+11カ国のパートナー国として参加(2007年9月)  
⇒ さらに38カ国へ拡大予定

- GNEPに基づく原子力研究開発協力
  - ◆ 高速炉技術
  - ◆ 燃料サイクル技術 など

- FOAへAREVA-三菱で応募し採択(JAEA-CEAが支援)

**日本**  
FBRサイクル実用化研究開発(FaCTプロジェクト)

三カ国によるMA燃焼の実証に関する計画

日仏米三カ国協力が基軸(協力を協議中)

- JAEA-DOE研究開発協力取決め(2007年4月)
- 日米共同行動計画(2007年4月)

CEAとJAEAとの間のフレームワーク協定(2005年12月)

**フランス**

- 再処理に関する協力
- 超ウラン元素、長寿命各種回収技術に関する協力
- ナトリウム炉に関する情報交換等

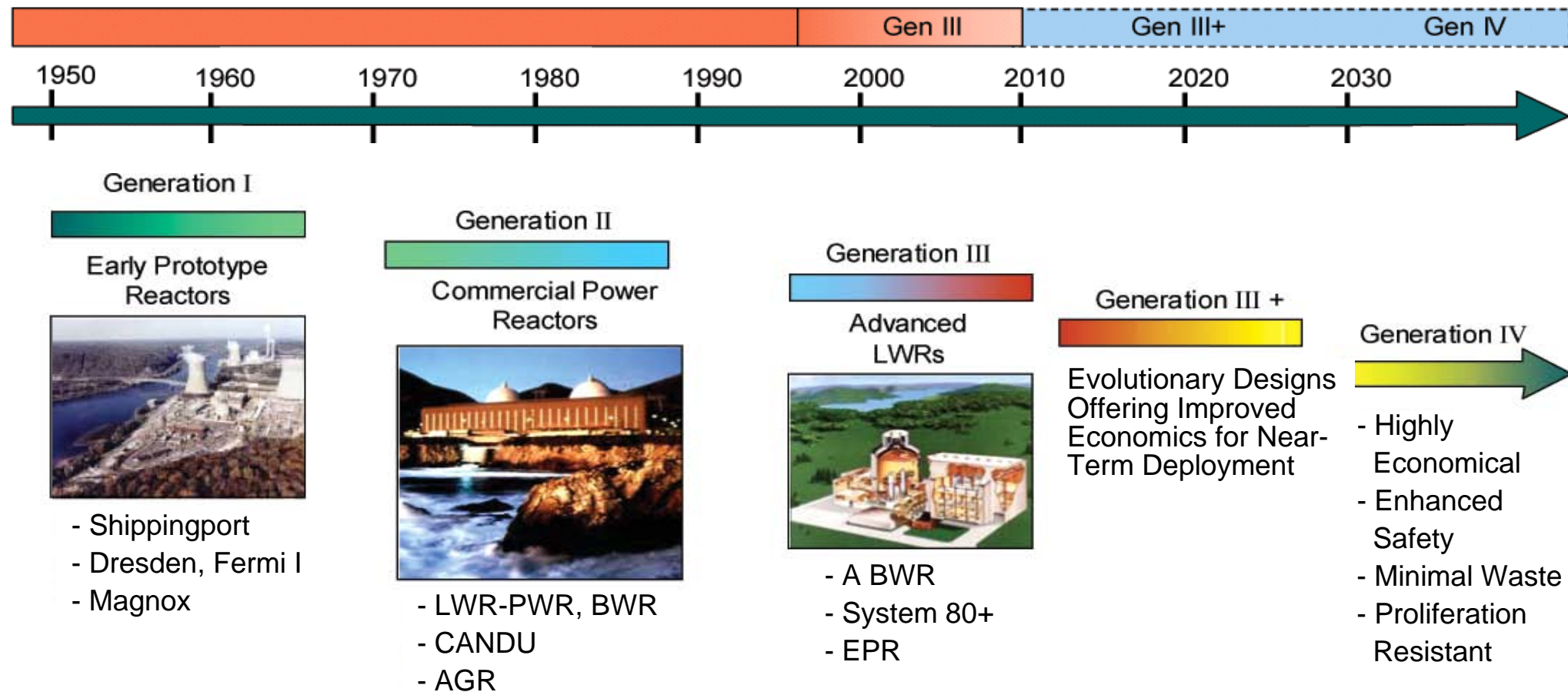
**アメリカ**

- 新型燃料開発に関する協力
- 燃料安全試験研究計画の検討
- GNEPに基づく原子力研究開発協力
- 放射性廃棄物管理施設等



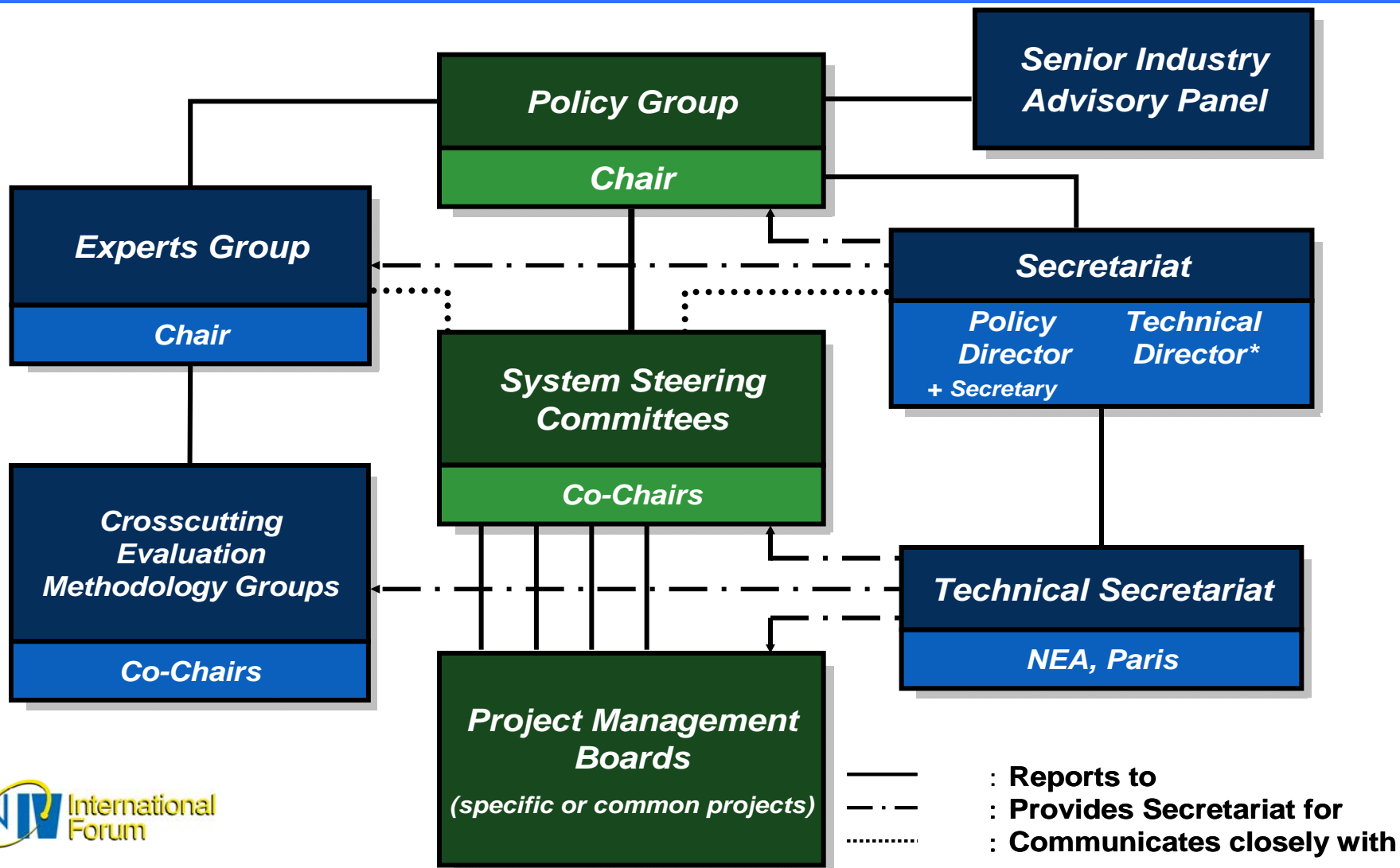
# 第4世代原子力システムについて

## An overview of the generations of nuclear energy systems





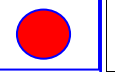












# GIFの運営体制



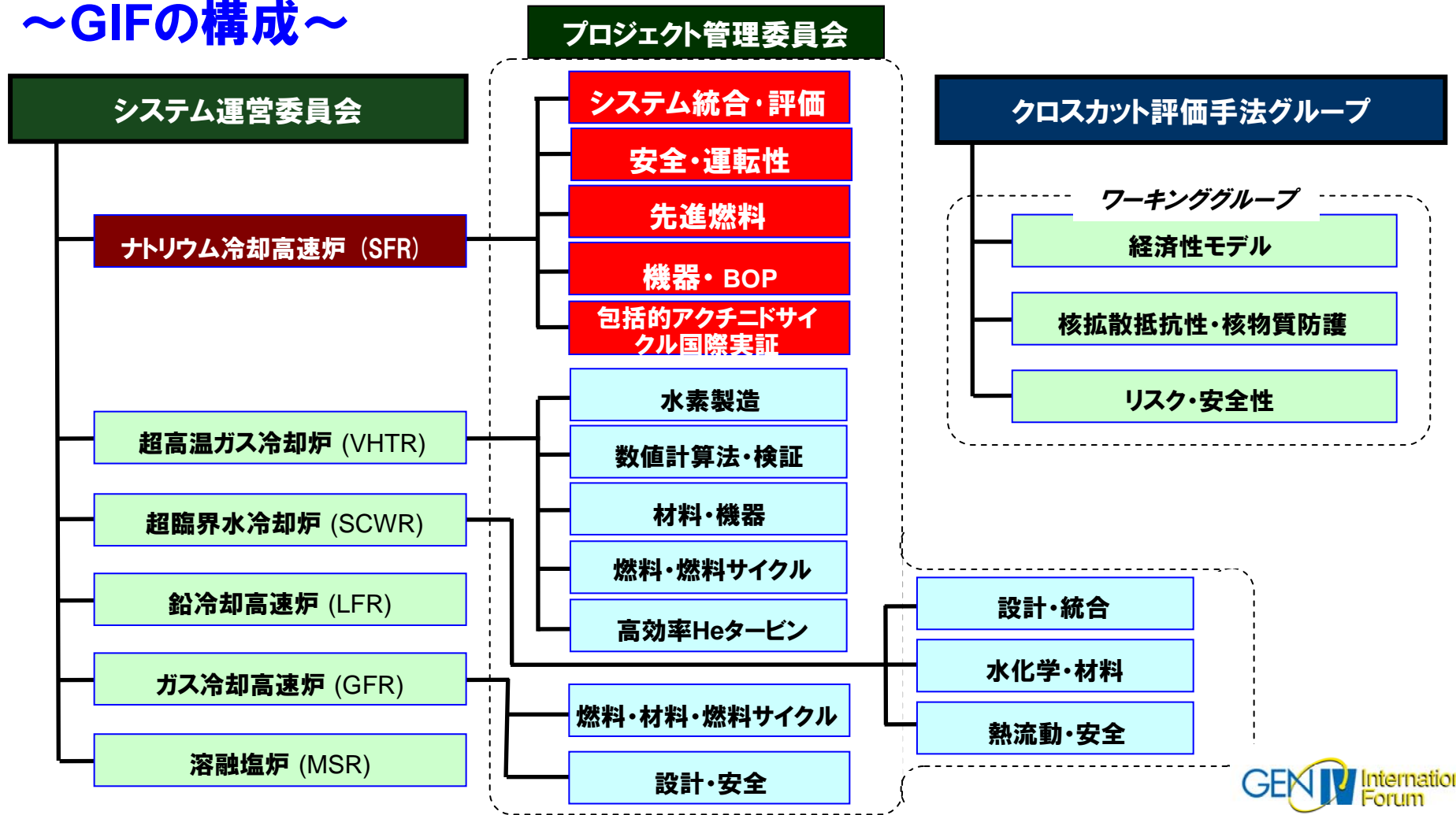
# GIFの各第4世代システム開発への参加国

Generation IV Systems	 アルゼンチン	 ブラジル	 カナダ	 フランス	 日本	 韓国	 南アフリカ	 スイス	 英国	 米国	 EU	 中国	 ロシア
Sodium-cooled Fast Reactor (SFR)				○	◎	○				◎	○		
Very-high Temperature Gas-cooled Reactor (VHTR)			○	◎	◎	○	○	○		◎	○		
Gas-cooled Fast Reactor (GFR)				◎	○			○			○		
Supercritical-water cooled Reactor (SCWR) <sup>a</sup>			◎	○	○						○		
Lead-cooled Fast Reactor (LFR)					○						○		
Molten Salt Reactor (MSR) <sup>a</sup>	Not decided												

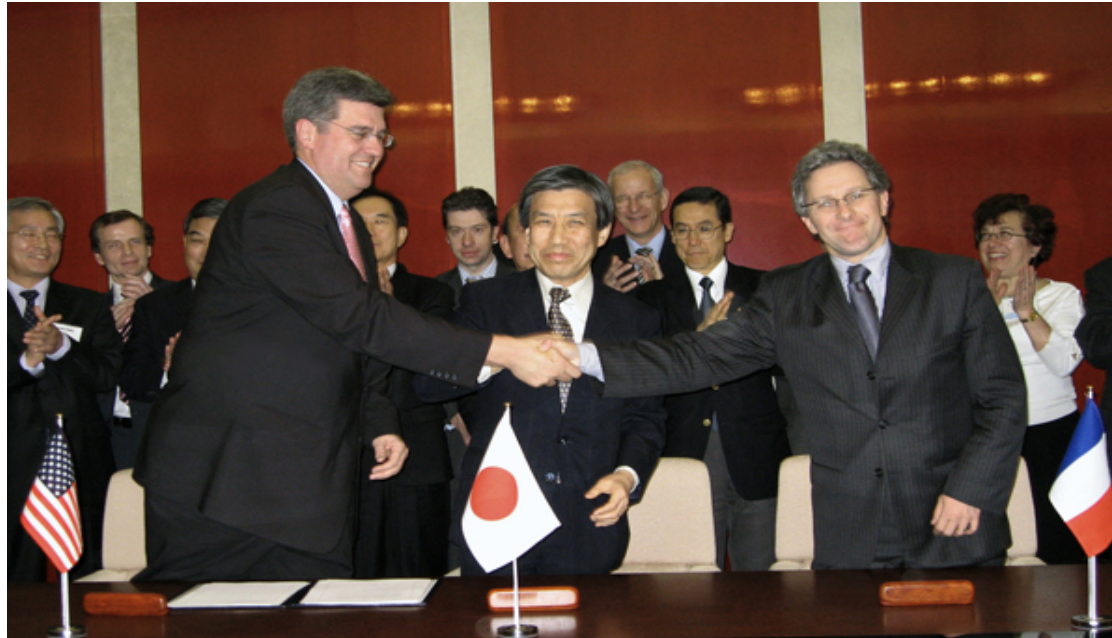
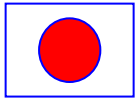
To be determined

# 第4世代原子力システム国際フォーラム

## ～GIFの構成～



# 第4世代原子力システム国際フォーラム



February 16, 2006, Fukui, Japan

**SFRに関するシステム取決め締結(当初は日仏米2006.2.16)**

- ◆ **先進燃料:プロジェクト取決め発効(2007.3.21)**
- ◆ **包括的アクチノイドサイクル国際実証:プロジェクト取決め発効(2007.9.27)**
- ◆ **機器設計・BOP:プロジェクト取決め発効(2007.10.11)**
- ◆ **上記以外のプロジェクトについても取決め締結に向け調整中**

# GIF/SFRに関する研究プロジェクト

## System Integration and Assessment :

SFRオプションの仕様検討とR&Dニーズ  
R&D計画のレビュー  
R&D成果の統合と評価  
SFR研究計画のマネジメント

## Safety and Operation :

安全設計要件の策定  
設計オプションに対する安全評価  
安全評価手法に関するR&D  
原子炉運転技術及び試験

## Advanced Fuel :

先進燃料オプションの比較評価  
高燃焼度燃料、MA含有燃料の評価  
実証及び適用  
燃料サイクルバックエンドに対する考察

## Component and BOP :

先進的 ISI&R及びLBB技術  
先進的SG及びエネルギー変換システム  
システム性能の実証

## Global Actinide Cycle Int. Demonstration :

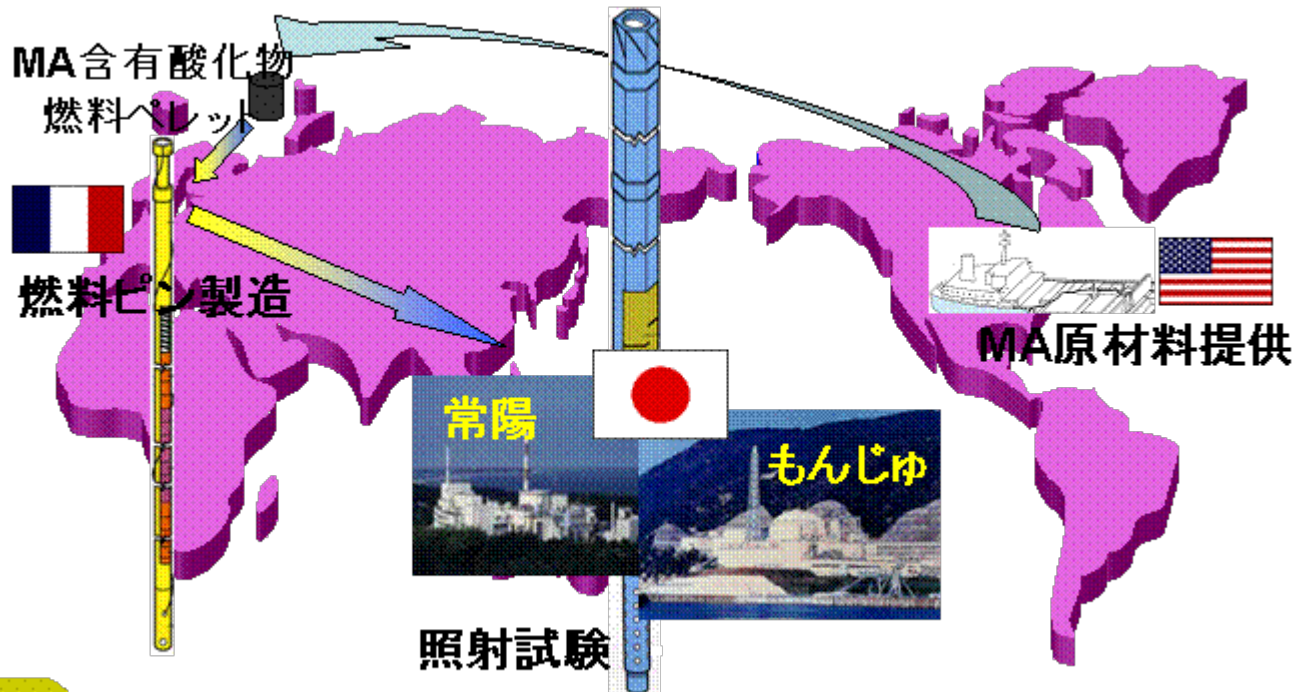
高速中性子炉によるMA燃焼の工学規模実証



# 日仏米共同のFBR燃料実証プロジェクト

目的: 高速増殖炉の実用炉用燃料として有力なマイナーアクチニド(MA)含有燃料(TRU燃料とも言う)を、「もんじゅ」及び「常陽」を利用して実証

- 高速増殖炉で燃焼させることによりMA全量リサイクルの可能性を実証
- 3ステップで段階的に実施
- GIF/ナトリウム冷却高速炉プロジェクトの一つ



## GACID全体スケジュール

**ステップ-1**  
Np/Am含有燃料のピン照射

Jojo

Monju

**ステップ-2**  
Np/Am/Cm含有燃料のピン照射

Jojo

Monju

**ステップ-3**  
Np/Am/Cm含有燃料の集合体照射

計画検討

試験燃料製造

Monju  
集合体照射

GACID: Global Actinide Cycle  
International Demonstration

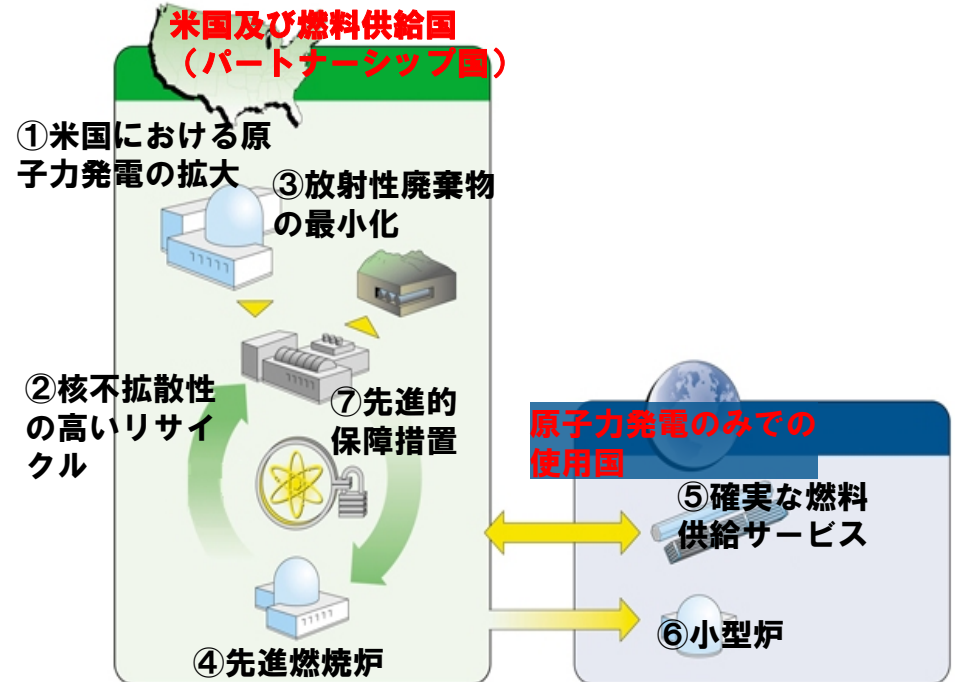
# GNEPの国際枠組み提案と主要な7つの取組

## 新たな国際枠組みの提案

- ・ パートナースHIP国：6カ国（当初）  
 米国、日本、仏国、ロシア、英国、中国（5核兵器国+日本）
- ・ 先進原子力技術を保有する国々（**燃料供給国**）により、コンソーシアムを設立し、原子力発電のみに同意する国々（**ユーザー国**）に対し、**燃料供給を保証**する。先進リサイクル技術が実用化されれば、**燃料供給国は使用済燃料を引き取り、リサイクルし、高速炉で燃焼し、最終処分**することを目指す。

## 主要な7つの取組

- ① 米国に新世代の原子力発電所を建設
- ② 核拡散抵抗性の高い先進リサイクル技術を開発
- ③ 放射性廃棄物を最小化
- ④ 先進燃焼炉 (ABR) を開発
- ⑤ 燃料供給サービス計画を確立
- ⑥ 小型炉を開発
- ⑦ 先進的保障措置手法を開発



# 国際原子力エネルギー・パートナーシップ

## ○ GNEPを巡る経緯

- ・2006.2.6 DOEによる**GNEP構想の発表**
- ・2006.5.5 小坂文部科学省大臣(当時)とボドマンDOE長官との間でGNEP構想に係る意見交換
- ・2006.8.3 DOEは、2トラックアプローチを公表、併せて国内外の産業界から**EOI (Expressions of Interest)の募集の発表**
- ・2006.9.8 JAEAは国内関連各社と連名で、**EOIに関心がある旨を表明**
- ・2007.4.19 **日米政府、日米原子力エネルギー共同行動計画を策定、署名**
- ・2007.5.9 DOEは、産業界を対象にした公募資金プログラムの発表(FOA:Funding Opportunity Announcement)と募集を開始
- ・2007.6.21 我が国**三菱重工業(株)が仏国AREVA社と共同でFOAへ応募(原子力機構とCEAが支援)**
  
- ・2007.6.21 日米原子力エネルギー共同行動計画の合同WGを開催
- ・2007.6.22 日米原子力エネルギー共同行動計画の運営委員会を開催
- ・2007.7.26 米国内の10国立研究所が共同でGNEP技術開発計画書を発行
- ・2007.7.30 **DOEがFOAの結果を発表**  
(Areva-MHI、EnergySolution、GE-Hitachi、General Atomicの4つを採用)

### トラック1

統合核燃料取扱センター(Consolidated Fuel Treatment Center)と先進リサイクル炉(Advanced Recycle Reactor)の商業規模施設から成る。CFTCは、軽水炉使用済燃料を再処理し、プルトニウムの単体分離ではなく、ARR燃焼用の超ウラン元素として分離する。

### トラック2

軽水炉使用済燃料に加えて高速炉使用済燃料も再処理し、マイナーアクチニド含有燃料を製造し、ARRで燃焼する。将来の超ウラン元素リサイクル技術に備えた試験施設として、先進的燃料サイクル研究施設(AFCF: Advanced Fuel Cycle Facility)を考慮中。

### 2トラックアプローチ

# GNEP 日米共同行動計画(1) ～全体概要～

日米共同行動計画は、米側がDOE長官、日本側が関係省庁(経産省、文科省、外務省)の各大臣が2007年4月に署名した日米原子力分野の包括的な行動計画である。本行動計画は以下の4つの分野に大別される。

- **国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP) 構想に基づく原子力研究開発の協力 (下記6分野のWGの設立)**
  - 1) 高速炉技術WG
  - 2) 燃料サイクル技術WG
  - 3) シミュレーション及びモデリングWG
  - 4) 中小型炉WG
  - 5) 保障措置と核物質防護WG
  - 6) 廃棄物管理WG
- **原子力発電所の新規建設を支援するための政策協調 (政府による債務保証等)**
- **核燃料供給保証メカニズムの構築 (確実な核燃料利用のための多国間枠組メカニズム (核燃料供給保証) に関係する省庁間での事務レベルの情報交換)**
- **核不拡散を実現しつつ、原子力に関心を有する国への安全で確実な原子力の拡大を支援するための協調 (原子力導入国の核不拡散、安全性、セキュリティ等の政策について日米で協議)**

# GNEP 日米共同行動計画(2) ～GNEP分野～

- ◆ 原子力機構としては、日米共同行動計画においてGNEP構想に関与する分野が主。
- ◆ 研究開発協力はフェーズⅠ（直近の課題に取り組むステージ:2007年—2008年6月〔DOE長官による決定時期〕）、フェーズⅡ（試験的な活動のステージ:2008年7月—2011年6月）、フェーズⅢ（実証開発のステージ:2011年7月以降）の3つの時期における方針を明記。

## ■ 高速炉技術WG（国際先進リサイクル炉（IARR）の概念検討を含む）

- フェーズⅠ：高速炉の研究開発、設計、システム設計概念の評価
- フェーズⅡ：フェーズⅠでの進展を基に、フェーズⅡでは共同行動計画の範囲を拡大し、高速炉技術のより複雑な課題に取り組むことを提案
- フェーズⅢ：困難な核燃料サイクルの課題に取り組むシステム実証の立案・開発

## ■ 燃料サイクル技術WG

- フェーズⅠ：核拡散抵抗性のある分離技術及び燃料製造技術の評価と試験
- フェーズⅡ：フェーズⅠでの進展を元に、フェーズⅡでは共同行動計画の範囲を拡大し、分離技術、その他燃料サイクル技術のより複雑な課題に取り組むことを提案
- フェーズⅢ：困難な核燃料サイクルの課題に取り組むシステム実証の立案・開発



# GNEP に係る最近の動向(2007年)

## 全体の動向

- **1.10:** DOEはGNEP戦略プラン (Strategic Plan)を発表
- **1.30:** DOEはGNEP(Track 1)用施設の評価サイトと契約金額を決定
- **5. 1:** DOEはGNEPサイト評価結果に関し、各実施者(9団体)よりの評価結果提出が完了したとして、評価報告書を公開
- **5.21:** 第1回GNEP閣僚級会合《ワシントンDC》
- **5. 9:** DOEは産業界を対象にした公募資金プログラム(FOA:Funding Opportunity Announcement)の発表と募集を開始
- **7.25:** GNEP技術開発計画 (GNEP-TECH-TR-PP-2007-00020-REVO)を公表
- **7.30:** DOEは、5月9日に募集を開始した FOAについて、4グループを選択したと発表

- **9.16:** 第2回GNEP閣僚級会合《ウイーン》
- **10.1:** FOAの資金配分の発表
- **10.29:** 全米科学アカデミー(NAS)がGNEP評価結果を公表

## 日本との関係

- **4.18:** 日米政府、日米原子力エネルギー共同行動計画に署名
- **4.24:** 日米原子力エネルギー共同行動計画に関しJNFLとAREVAが連携を発表
- **6.21:** 三菱重工業(株)、原燃が仏AREVA社と共同でFOAへ応募《JAEA/CEAがサポート》。
- **6.21:** 日米原子力エネルギー共同行動画の合同WGを開催
- **6.22:** 日米原子力エネルギー共同行動画の運営委員会を開催



# 革新的原子炉及び燃料サイクル国際プロジェクト

## IAEA/INPRO (International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles)

### ○ IAEA/INPROメンバー:27カ国1機関

アルゼンチン、アルメニア、ベラルーシ、ブラジル、ブルガリア、カナダ、チリ、中国、チェコ、フランス、ドイツ、インド、インドネシア、日本、カザフスタン、韓国、モロッコ、パキスタン、ロシア、スロバキア、南アフリカ、スペイン、スイス、オランダ、トルコ、ウクライナ、米国、欧州委員会 (EC)

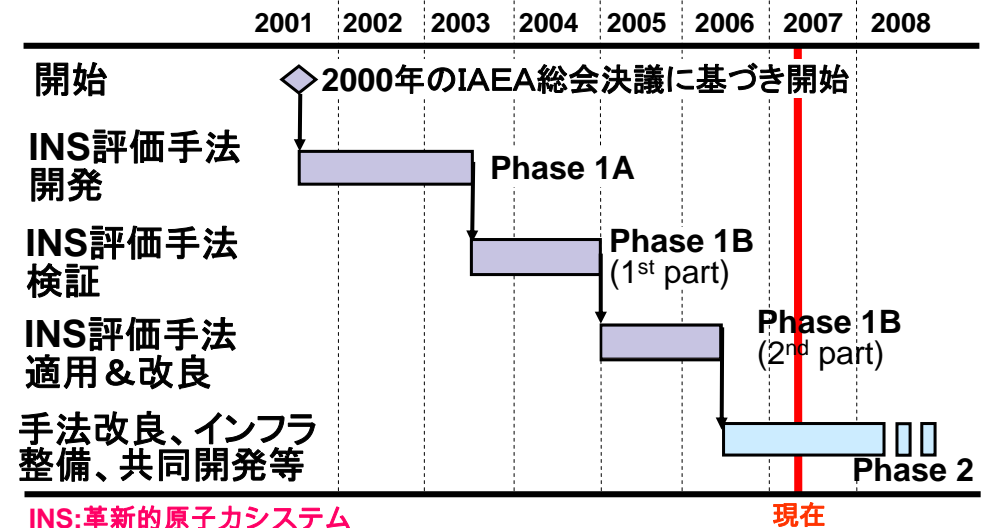
### ○ INPROの目的:

21世紀のエネルギー需要に対し、持続性を持った原子力エネルギーの貢献を可能とすることを支援する。また、技術保有国とユーザー国双方の結集により、要求される革新的な原子炉および燃料サイクルを検討する。

### ○ 協力の現状:

日本は、2006年4月より正式参加

- INPRO評価研究 (INSの共同評価研究)
  - JSFR概念を用いた評価研究
  - 日本と世界のFBR導入シナリオ評価
  - 評価手法の改善点の抽出
- 世界的原子力ビジョン共同研究
- 人員派遣



# 二国間協力、三カ国(日仏米)協力

## 二国間協力

### 【日米協力】

米国DOEとの**原子力科学・エネルギー取決め締結**(2007年4月4日)

### 【日仏協力】

**JAEA-CEAフレームワーク協定締結**(2006年12月):原子炉研究及び先進原子炉システム、核燃料サイクル など

## 三カ国(日仏米)協力

### 【背景】

- 今後20年のうちに**実証炉/原型炉**を建設する意向を有し、3カ国の**高速炉の開発フェーズ**がほぼ同じ
- 3カ国で**ナトリウム冷却高速炉の開発**に関する**協調作業**を行うことが**効率的**



**米国DOE、原子力機構、仏国CEAの間のナトリウム冷却高速炉プロトタイプに関する協力を強化するため調整中**

- 【協力内容】
- 「**原子炉の要件、設計基準の検討**
  - **プロトタイプ**の**概念およびスケジュールの検討**
  - **革新技术の同定と支援施設の利用可能性の検討**

## 米国エネルギー省(DOE)との原子力科学・エネルギー取決め

○2007年4月4日 締結

○協力分野:

- (1) 先進原子力技術
- (2) 量子ビーム技術
- (3) 放射性廃棄物管理
- (4) 核融合エネルギーの研究
- (5) その他合意した原子力科学・エネルギー分野

○運営管理:

- 常設調整グループ(PCG)を設置し、年1回米国と日本でPCG会合を交互に開催

○協力の方法

- 専門家の交換、情報交換、共同研究、セミナー、ワークショップその他の会合など

# 二国間国際協力の枠組み - JAEA/CEA -

## JAEA-CEA 二機関会合

○平成17年12月 JAEA-CEAフレームワーク協定締結

○協力分野：

- (1)原子炉研究及び先進原子炉システム、(2)核燃料サイクル、  
 (3)デコミッショニング及び廃棄物管理、(4)原子力科学、(5)研究基盤、  
 (6)その他両者が合意した分野

○協力の現状：

平成18年12月11日第2回会合（東京）：CEAと旧JNC及び旧原研が実施して来た協力を一本化し、協力分野ごとに新しいSTC（特定協力課題）を締結

## FBRサイクル分野に係る協力内容

### (1)原子炉研究及び先進原子炉システム

1.ナトリウム冷却高速炉

概念及びシステム研究、先進燃料、ODS被覆管、燃料取扱装置などのシステム技術など

2.ガス冷却高速炉の概念及びシステム研究

3.もんじゅ、常陽、フェニックスの運転経験

4.原子力エネルギー開発のシナリオ など

### (2)核燃料サイクル

1.燃料サイクルプロセス（分離、製造）開発 など

### (4)原子力科学

1.シミュレーション、熱流動現象

# まとめ

- ◆ 国家基幹技術の一つであるFBRサイクル技術の実証・実用化を目指したFaCTプロジェクトは、2010年のマイルストーン(革新技術の採用可否の判断)を経て、2015年に成果を取りまとめ(成立性の見極め)、それ以降の技術実証段階に進む計画である。
- ◆ このため、原子力機構としては、国、電気事業者、メーカ、研究機関などの協力・支援を得て、国際協力も有効活用しつつ、研究開発を進める考えである。
- ◆ 国際協力の活用については、GIF、GNEP、INPRO等の国際プロジェクトが本格化されており、FBRサイクル技術の平和利用の担保、国際的な目標と知識の共有化等の観点からも、これらの活動に参画することは有意義である。
- ◆ 米国及びフランスについては、中長期的な目標(長期・安定・持続的で経済的なエネルギーの確保、環境への負荷の軽減、核拡散への抵抗性の確保など)を共有でき、今後20年程度の間の実証炉／原型炉の建設の計画しており、一層の密接な協力を目指す。特に、研究開発リソース(施設、資金、人材)の分担や知識の共有を図るとともに、国際標準技術としての確立していくことは我が国の国益にもかなう。
- ◆ 明確なFBR開発計画を有するロシア、中国、韓国、インド等の国との協力については、協力の枠組みを含めて、何ができるかを真剣に考えるべき時期とも考えられる。一方で、燃料サイクル技術に関する協力については核不拡散に対する配慮が不可欠である。



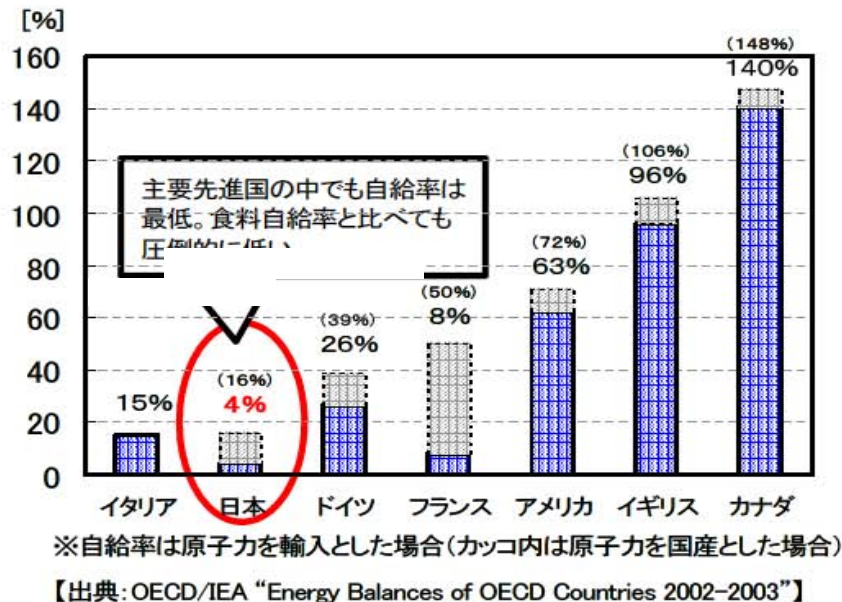
## 参考資料

- ◆ 原子力エネルギーを巡る現状
- ◆ GNEP閣僚級会合
- ◆ GNEPに関するNASの評価報告とDOEの見解

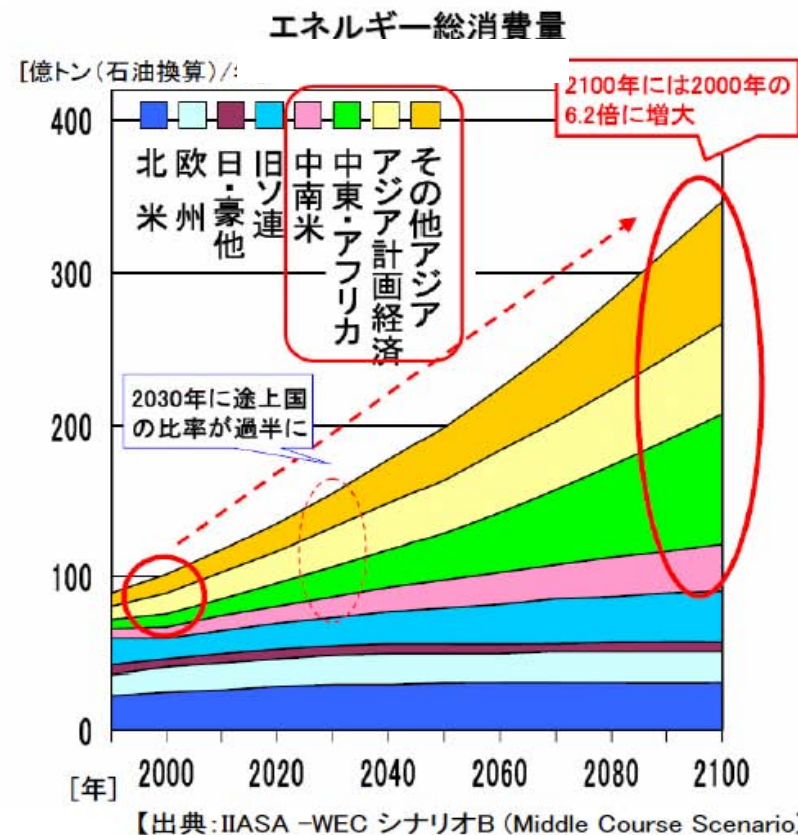
# エネルギーを巡る現状① (エネルギー消費の伸び)

- 我が国のエネルギー自給率は先進国の中でも最低レベル
- 一方、世界のエネルギー消費は、途上国の経済成長に伴い、飛躍的に増大する見通し

■主要国のエネルギー自給率(2003年)



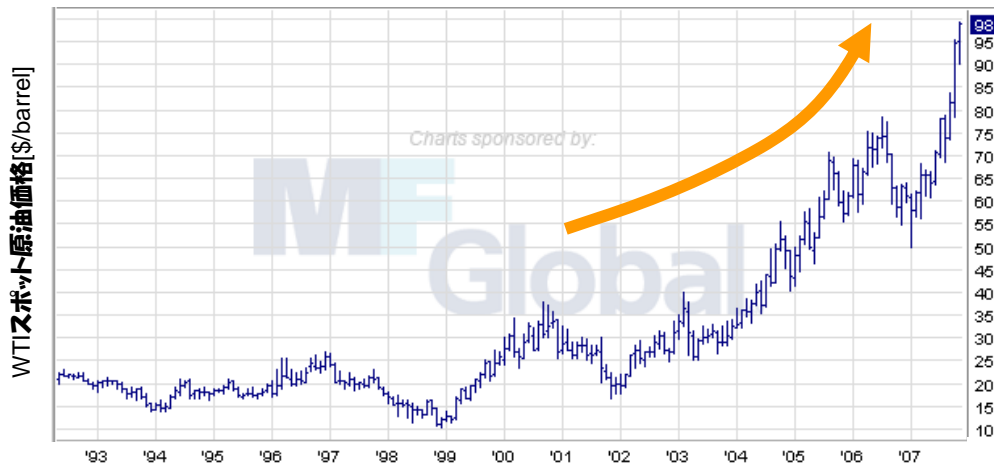
■エネルギー消費量の見通し



# エネルギーを巡る現状② (エネルギー資源価格の高騰)

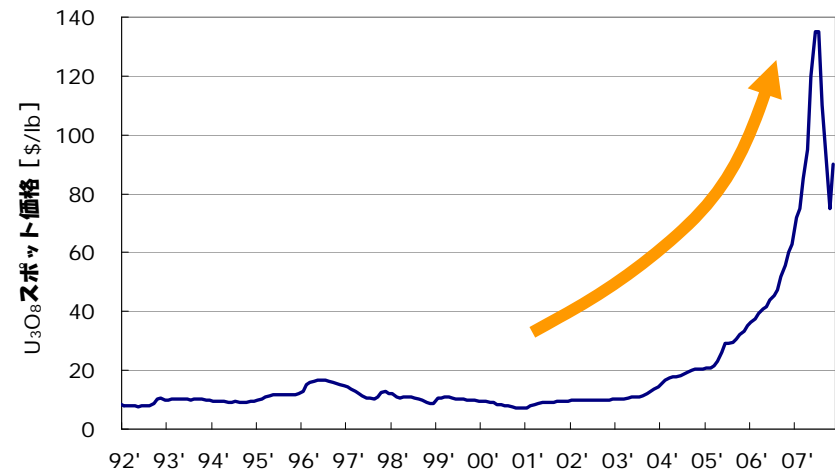
- エネルギー資源の価格は、高騰し高値で推移中、天然ウラン価格も同様

**原油価格(WTI)**



出展: Future Source.comホームページより  
 (<http://futuresource.quote.com/>)

**天然ウラン(U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)価格**

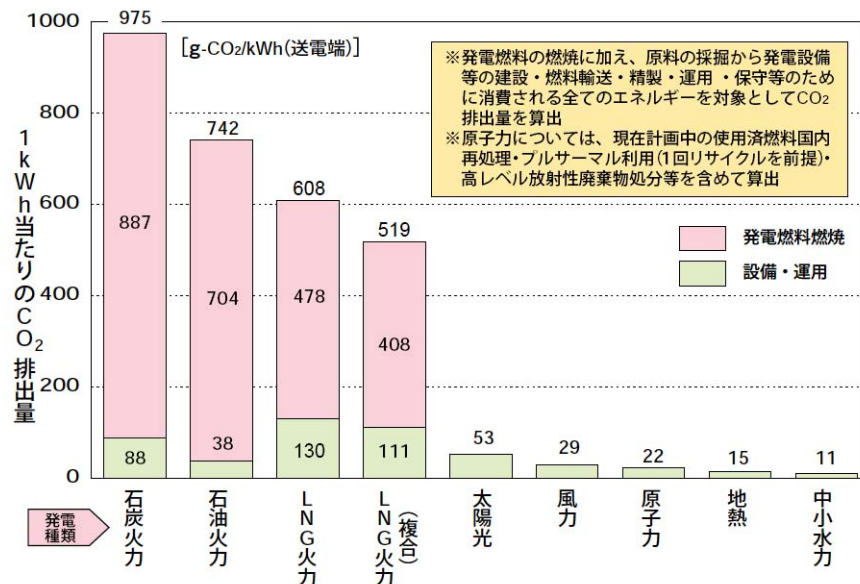


出典: Ux Consulting社ホームページより  
 (<http://www.uxc.com/>)

# エネルギーを巡る現状③ (地球温暖化=CO<sub>2</sub>排出)

- 原子力発電は、発電過程でCO<sub>2</sub>を排出しない。ライフサイクル全体でも排出量は小さい。
- 原子力発電は、エネルギー安定供給と地球温暖化対策の両立のための切り札。

## 各種電源別のCO<sub>2</sub>排出量



出典:電力中央研究所報告書 他

京都議定書を締結していない米国の国際原子力エネルギー・パートナーシップ(GNEP)構想でも、利点のトップに、「CO<sub>2</sub>等の温室効果ガスを排出しない豊富なエネルギーの供給」を挙げている。

# 第2回GNEP閣僚級会合(1/5)

## 1. 開催日

2007年9月16日

## 2. 開催場所

ウィーン

## 3. 参加国、機関

第1回GNEP閣僚級会合に参加した、米、中、仏、日、露を含め、38ヶ国、3つの国際機関 (IAEA, GIF, EURATOM) が参加。



米国のポドマン・DOE長官発言:  
GNEPは決して排他的なクラブではなく、GNEP原則声明を受け入れるすべての国に開かれている。温暖化対策として風力、太陽光、バイオ燃料などの再生可能エネルギーの開発が重要だが、これらだけでは不十分なので、是非とも原子力の拡大を図る必要があり、GNEPはそのためのものだ。

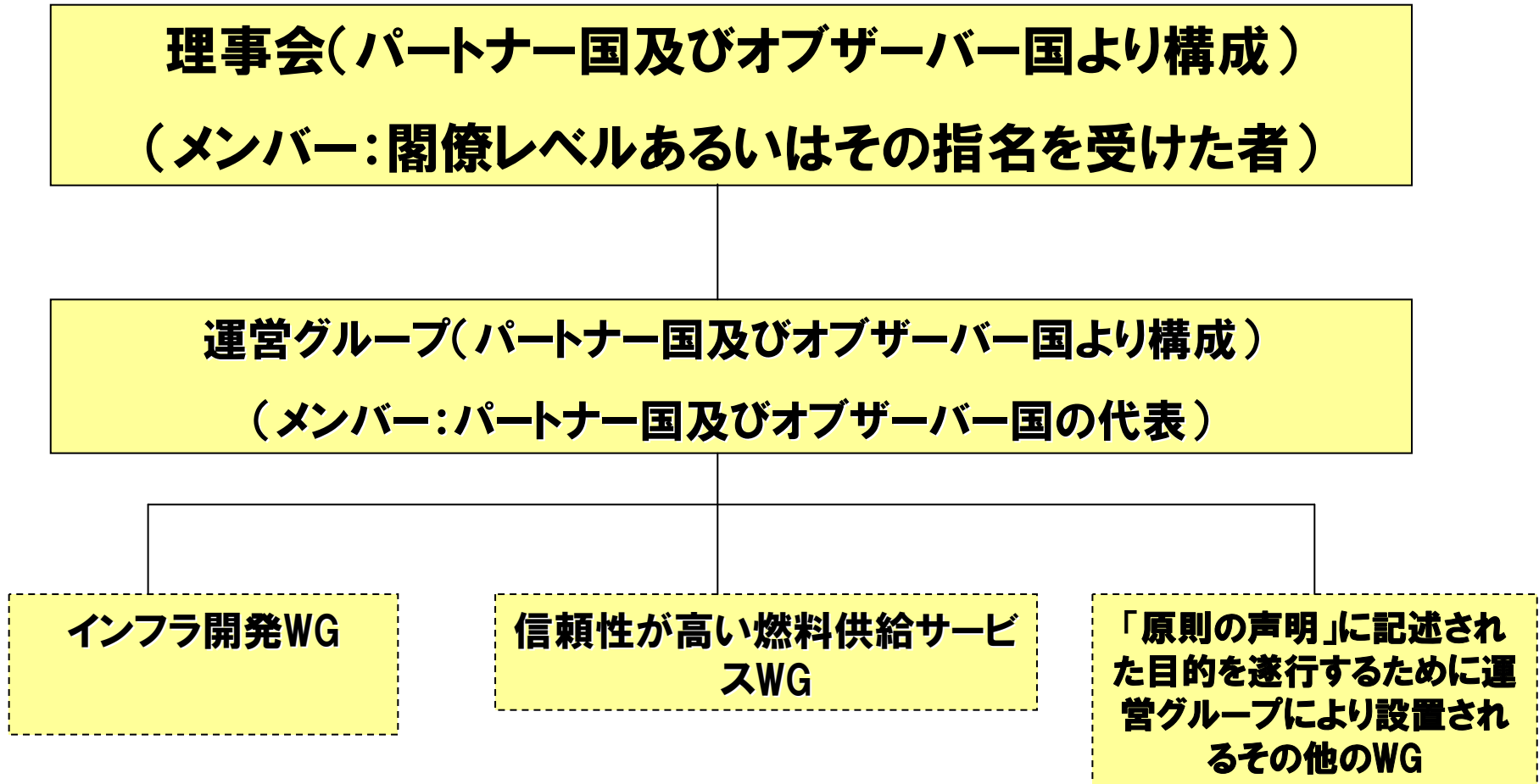
## 4. 概要

- (1) GNEPの構造(Structure)に合意。運営グループの下に、「信頼性が高い燃料供給サービスWG」、「インフラ開発WG」を設置。
- (2) 16ヶ国(米、中、仏、日、露、豪、ブルガリア、ガーナ、ハンガリー、ヨルダン、カザフスタン、リトアニア、ポーランド、ルーマニア、スロベニア、ウクライナ)が「原則の声明 (Statement of Principles)」と称される文書に署名。署名国は、GNEP Partnersと呼ばれる。



# 第2回GNEP閣僚級会合(2/5)

## GNEPの国際組織構造



## 第2回GNEP閣僚級会合(3/5)

### GNEP Partners (16)

Australia Bulgaria China France Ghana Hungary Japan  
Jordan Kazakhstan Lithuania Poland Romania Russia  
Slovenia✕ Ukraine United States

*✕Slovenia was originally identified as a candidate/observer state in releases during the GNEP Second Ministerial, but subsequently signed on the GNEP SOP.*

### Attending GNEP Candidate and Observer Countries (22)

Argentina Belgium Brazil Canada Czech Republic Egypt  
Finland Germany Italy Libya Mexico Morocco  
Netherlands Senegal Slovakia South Africa South Korea  
Spain Switzerland Sweden Turkey United Kingdom

### Observer Inter-Governmental Organizations (3)

IAEA G-IV International Forum Euratom

## 第2回GNEP閣僚級会合(4/5)

### GNEP「原則の声明(Statement of Principles)」概要

- GNEPは**安全かつセキュリティが高い方法で、原子力の平和利用を世界的に拡大する必要性**というビジョンを共有するという国々による協力。クリーンな開発、繁栄、環境の改善、**核拡散リスクの低減**のための先進燃料サイクル技術の開発、導入を加速させることを目指すもの
- 参加国はいかなる権利の放棄も求められず、**自発的に本取組みに参加することにより、経済的で平和的な原子力エネルギーの恩恵**を享受
- IAEA保障措置や国連安保理1540を含むコミットメントや**国際的な義務の厳守。最高レベルの原子力安全、核セキュリティの維持**
- 既存あるいは新たな二国間協定、及びGIF、INPROといった既存の**多国間の枠組みの下で協力を実施**

## 第2回GNEP閣僚級会合(5/5)

### GNEP「原則の声明(Statement of Principles)」概要(続き)

#### 以下を目的として協力を実施

- 拡大するエネルギー需要を持続可能な形で賄うための原子力の拡大
- IAEAとの協力により、強化された保障措置の開発継続
- 途上国等に対する国際的核燃料供給の信頼できる枠組みを確立することにより、機微な核燃料サイクル技術の取得に代わる実現可能な原子力オプションを構築し、核拡散リスクを低減
- 使用済燃料からのTRUを燃焼するための高速炉の開発、実証とその展開
- 発展途上国や発展途上の地域への電力供給のための先進的かつ核拡散抵抗性に優れた原子炉の開発の促進
- プルトニウムを単独抽出しない革新的な再処理技術の開発、実証。長期的には、プルトニウムの分離を停止すること、究極的には、民生用プルトニウムの在庫をなくすことが目標。
- エネルギーと天然資源の効率かつ責任ある利用に最も有効な核燃料サイクルアプローチの活用

# GNEPに関するNASの評価(1/2)

全米科学アカデミー (NAS) は、NA/NRC (National Research Council) が行ったGNEPなどの評価報告書を公表。本評価報告については、OMB (行政予算管理局) がNAS に対しFY06予算時、DOE/NE局の各種プログラムの評価を要請し、その後議会の承認が得られ、NASがその実施に着手。GNEPの他にもNP2010、Gen-IV及びNGNPなどについて、現状の分析や勧告、及びプログラムの優先順位について評価。

**概要** 【参照:2007. 10.29公表(NASホームページ)】

*“All committee members agree that the GNEP program should not go forward and that it should be replaced by a less aggressive research program. A majority of the committee favors fuel cycle and fast reactor research, as was being conducted under AFCL”*

米国内の廃棄物や核燃料供給などの観点から、再処理及び高速炉の早期商業ベースへの展開は不適切である。特に短期で第2廃棄物処分場の必要を回避するとした先進核燃料サイクル設備の必要性は、不明瞭である。仮に第2処分場が短期に必要としても GNEPが解決策になるとは信じられない。

GNEPを実現する技術は、未だ初期段階 (early stage) である。DOEがその実現を急ぐことは賢明ではない。スケジュールは、技術の進捗に応じて導かれるものである。

現状において、GNEPの商業性が成立するものではない。如何なる商業ベースの取組みにおいても、本プログラムの推進が経済性を有することはないなど。



# GNEPに関するNASの評価(2/2)

## DOEに対する勧告 (recommendation)

- ◆ UREX+1aや高速炉などについて、オプションも含め詳細な技術や経済性の分析を実施、公表すべきである。また、独立した機関によるレビューを行うべきである。
- ◆ かなりの技術的チャレンジを有する再処理技術の確立に向けた活動を行うべきである。
- ◆ 本プログラムのメリットに対し、技術、資金のリスクを合わせて評価すべきである。
- ◆ DOE内の他局、関連省庁、産業界、大学及び他国と協力し、適切な技術の選択を行うべきである。2008年に予定されるDOE長官が行うGNEP推進の是非の判断は避けるべきである。仮に将来的な決定を行うならば、工学ベースで新技術の施設建設を目標にすべき。また、将来の研開発プログラムに関し、長官が判断する際には、独立したピア・レビュー委員会を組織し、審議することが必須である。

## DOEの反応など

- ◆ 本報告書では、GNEPは今後、今までのペースでプログラムを進めるべきではなく、AFCIベースの研究開発に置きかえるべきとの結論となっているが、DOEでは、報告書公開当日に急遽電話によるプレス・カンファレンスを開催。
- ◆ スパージョン原子力次官補は、本評価結果は誤解 (misconception) に基づくもので、Urex+は、仮定として選択したもの、現状の複数技術の検討が参照されていない、また、2008年6月のDOE長官のプログラム実施是非の判断延期の求めや商業化に急いでいるとした評価は受け入れられない、また国際間の合意に基づく協力で進めている状況が反映されていないなどと発言。
- ◆ 本評価は、政府予算のとりまとめを行うOMBの要請であり、今後の影響として考えられるのはFY09政府予算要求であり、また議会の予算審議にもかなりの影響を与えるものと思われる。

# NASの報告書に対するDOEの見解表明

Statement by DOE Assistant Secretary for Nuclear Energy Dennis Spurgeon 《10月29日》

- ◆ “燃料サイクルを閉じるという目標をNAS委員会が支持したことに感謝すると共に、委員会が少数派の反対意見を拒否したことに特に注目したい。しかし、燃料サイクルを閉じることに緊急性がないとする委員会見解には強く異議を唱える。電力需要の増大が予想され、気候変動への懸念が深刻化していることから、世界中で原子力発電を大幅に拡張する必要があり、そのため“廃棄物問題”に対して、確かで持続性があり、地層処分場の必要性を最小限にしつつ、別の処分方法の可能性を与え、原子力資源の利用を最も効率化する解決策を明確に打ち出すことが緊急に求められている。
- ◆ GNEP計画を進めるべきでないとする委員会の見解は、実験室規模以上の実証がまだである技術の早計な商業化をDOEが促進しようとしているとの間違った仮定に基づいている。委員会に提出したGNEP戦略プラン(2007年1月)で述べている通り、GNEP計画にそのような意図はない。委員会の勧告はAFCEI計画の不正確な理解を反映しており、そもそも古い情報に基づいており、計画に関する最近の見解を示す資料を無視している。DOEは産業界と国際パートナーの最初の反応に基づいて、商業規模の使用済燃料リサイクル・センター計画は現在利用可能な最高の技術を取り入れて、産業界が主導すべきであるとの判断を下した。施設の規模と技術に関する決定は産業界が行う経済的・技術的分析に基づくものとなり、長期的な目的を満たす漸進的な改善のための研究と技術開発にはDOEと国立研究所、大学の資産が利用できる。環境・保安・安全の規制に従う以外、DOEからの要求は純粋な分離プルトニウムを生産しないという政策の順守だけである。”