

# GNEPに対する 原子力機構の取り組み

丹羽 元

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

# 目次

- (1) 序
- (2) GNEP構想の概要
- (3) 各国の状況
- (4) 我が国の対応と基本的考え方の案
- (5) 協力を検討している分野
- (6) 小坂大臣とボドマン長官との間での合意項目を含む協力項目案の協議の現状と今後の方針

# GNEPの概要

2006年2月6日、米国エネルギー省(DOE)のボドマン長官は、ブッシュ大統領の先進エネルギー戦略構想の一環として、グローバル原子力パートナーシップ(GNEP)を立ち上げる旨を発表した。

## GNEPの狙い

- 米国の海外の化石燃料への依存度を下げ、経済成長を促進する。
- 核拡散抵抗性を高める先進的技術を活用して核燃料リサイクルを行い、**より多くのエネルギーを再生産するとともに廃棄物を低減**する。
- 世界の成長と繁栄、クリーンな開発を奨励する。
- 世界の**核拡散のリスクを減らす**ため、最新の技術を利用する。

## 検討の経緯(1/2)

- ・2月6日のGNEP構想の発表を受け、2月7日、4府省(内閣府、外務省、文科省、経産省)はこれを評価する見解を公表

出典: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  
第13回会合資料「米国「国際原子力エネルギー・パートナーシップ」構想に対する見解」  
(H18.2.24)

米国が、原子力発電の世界的な発展拡大を許容しつつ核不拡散を確保するための構想を提案したことを評価する。

また、本構想が、エネルギー効率を高め、放射性廃棄物を低減するため、使用済燃料のリサイクルを進める方向を明示したことは、米国の新たなイニシアティブとして注目される。

我が国としては、今後、どのような貢献ができるかという観点から、本構想に関する検討を行っていく考えである。

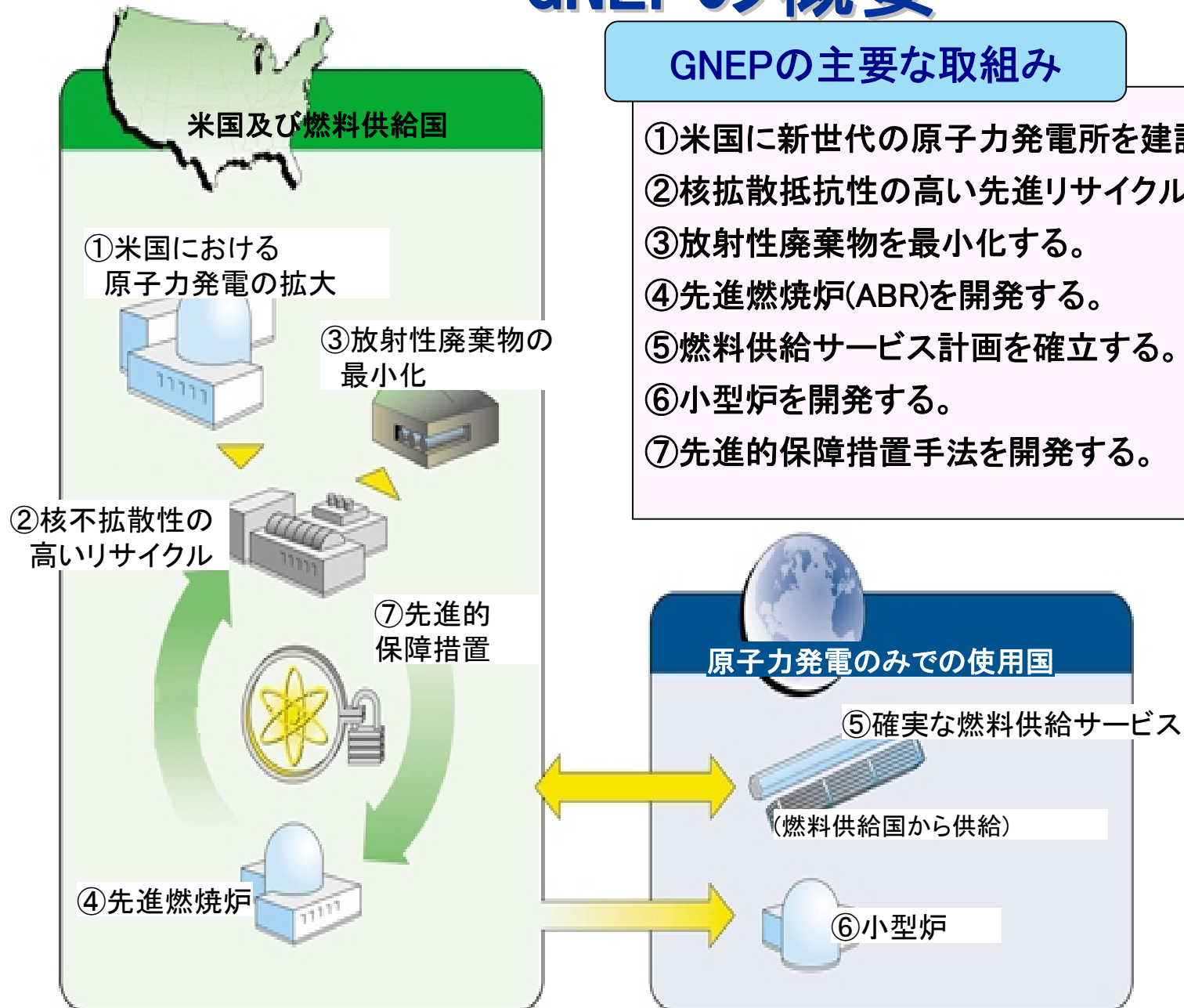
## 検討の経緯(2/2)

- ・2月末、政府間会合においてDOEからの協力要請を受けた。
- ・ GNEPの目標は環境負荷低減、核拡散抵抗性等、実用化戦略調査研究の目標と一致しているため、原子力機構内でも**前向きに協力可能な点の検討**を開始。
- ・ 機構内では**GNEP対応検討会**を設置し、対応の基本方針、協力可能分野、項目、方法、留意点等を検討してきた。
- ・ 米側とは4月と6月にはJAEAとDOE・国研研究者レベルで、5月には政府間会合にて意見交換を行ってきた。

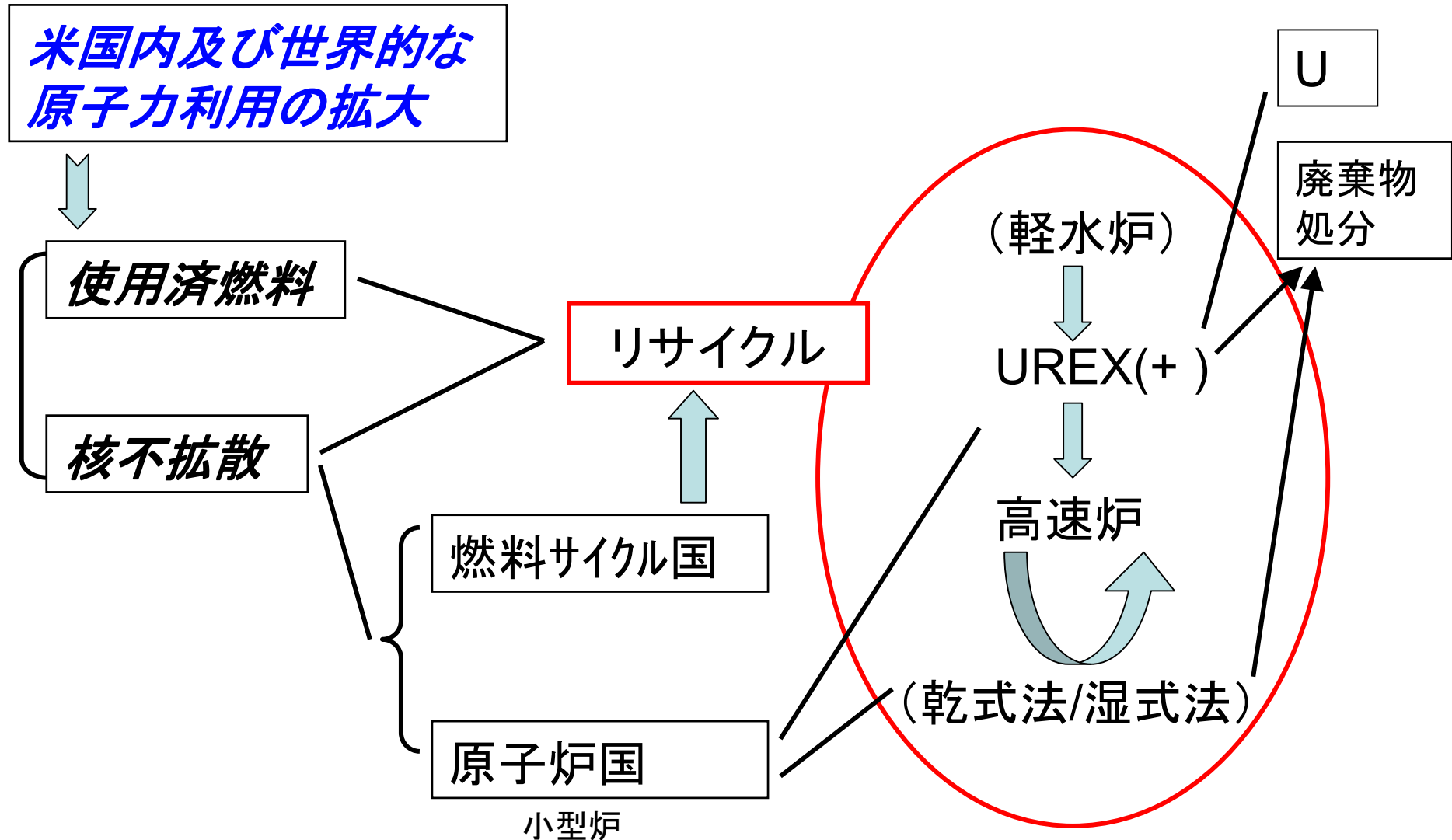
# GNEPの概要

## GNEPの主要な取組み

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



# Global Nuclear Energy Partnership



使用済み燃料の米国内既貯蔵量53,000MT。年間発生量2,100MT。YM規模70,000MT(うち7,000MT分は政府分)。よって2010年に満杯の計算。

# GNEP Element-1: 米国における原子力発電の拡大

## 概要

NP2010計画でのサイト選定・建設・運転に係る規制の合理化、エネルギー政策法2005(EPACT2005)におけるインセンティブを実施する。原子力発電は、全電力量の20%、第2位の位置にあるが、継続した安定なエネルギー未来へ国家を導くには、原子力発電の拡大が必須である。

## NP2010 (Nuclear Power 2010)

- 新規原子力発電所のサイト選定、改良標準化プラントの設計、規制の合理化の実施のために、政府-産業界が共同で費用負担する試み
- 申請者に新しい原子炉設計の適用が容易なように、規制関連の遅れや、全出力運転を遅らせる訴訟に対して、連邦リスク保険を整備

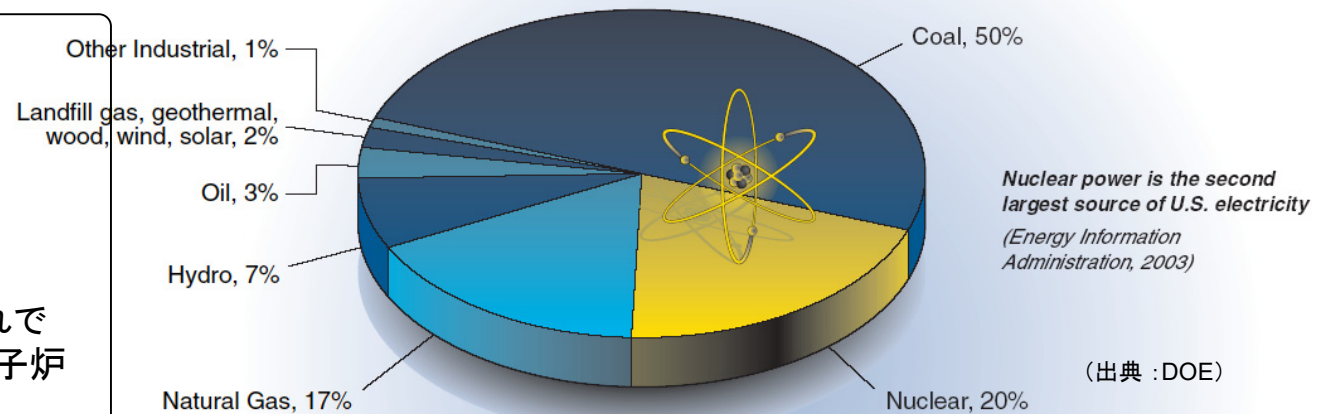
## EPACT2005

- 先進原子力施設に対する税金クレジット
- 低放射能放出技術に対するローン保証

## 新しい規制システム

- 事前サイト許可 (ESP)
- 建設・運転を一括許可 (COL)  
- 規制リスクを減少-
- 事業者のコントロール外の遅れでかつ1994年から承認された原子炉設計の場合に対する保証。

- COLを受領し、建設を開始している最初の2プラントは、500百万\$まで補償。
- 次の4プラントは、250百万\$を上限に50%補償。



## スケジュール

- 2006 : EPACT2005の支援条項、最初の申請者の保護に関する法案作成完成(目標)
- 2007 : 3つのESPを発給予定
- 2007~2008 : 事業者からCOL申請
- ~2010 : 事業者が建設を進めるかの判断



## GNEP Element-2: 核拡散抵抗性の高いリサイクル技術の実証

### 構 想

- GNEPパートナー国と共に、核拡散抵抗性の高い技術による燃料リサイクル実証—工学規模実証(ESD)
- 50年以上の試験ニーズに応えるため、多目的のR&D施設である先進燃料サイクル施設(AFCF)を設置
- 使用済燃料からのUおよびTRU(Np, Pu, Am, Cm)の回収と新燃料の製造を行うリサイクルプラントは、核拡散リスク低減のため燃料供給国にのみ設置
- 燃料供給国との技術開発協力を模索

### 技術開発

- TRUの再利用、廃棄物低減、核拡散抵抗性向上のため、TRU元素を一括して取り扱う分離プロセスを開発(例:UREX+)
- 工学規模実証(ESD):  
UREX+: 実験室規模で高純度ウランの分離と全TRUの回収に成功  
商用プラント(2000t/y以上)の設計と操業に資するコスト&性能データ取得  
先進燃焼炉(ABR)の燃料試験のためのTRU供給も
- 先進燃料サイクル施設(AFCF):  
50年以上の試験ニーズに応える多目的のR&D施設  
モジュール型の柔軟な建設方法を採用  
短期的には、ABRで用いる燃料の製造と品質確認
- 先進シミュレーションラボ(ASL):  
コンピュータシミュレーションとビジュアル化により研究を支援  
試験費の抑制、AFCFの設計支援

### スケジュール

- 2008 : ASL運用
- 2010まで : AFCF設計
- 2011~15: ESDリサイクルプラント運転開始目標
- 2016~19: AFCF(第一次研究モジュール)運転開始

High purity uranium oxide product recovered from used nuclear fuel using the UREX+ process



出典: <http://www.gnep.energy.gov/>

## GNEP Element:3 放射性廃棄物の最小化

### 概要

米国は、今世紀、原子力発電所から発生する放射性廃棄物の処分に最終処分場が必要である。次世紀まで新規の最終処分場が不要となるよう、使用済燃料の効率的な管理を目指す。

### どのようにリサイクル・管理を行うか

使用済燃料のTRUをABRで燃焼し、残渣は、最終処分場での処分のため形態を整える。

GNEPは、処分場での使用済燃料の廃棄のため3つの改善を計画している。

- (a) 廃棄物の容量の画期的な減少
- (b) 廃棄物の形での熱負荷を減少させることによる熱管理の高度化
- (c) 長寿命核種を減少

ユッカマウンテンは、米国の原子力発電所から供用中に発生する全ての使用済燃料を収容する技術的能力がある。

2007年度:544.5百万\$要求



Aerial view of Yucca Mountain, Nevada, ([www.ocrwm.doe.gov/ym](http://www.ocrwm.doe.gov/ym))

## GNEP Element-4: 先進燃焼炉(ABR)の開発

### 概要

原子力発電所の使用済燃料に含まれるTRUを燃焼させる炉の開発。高エネルギーまたは高速中性子を用い、長寿命核種を短寿命核種に変換し、その過程で発生するエネルギーは電気エネルギーに変換する。本来ならば廃棄物となるものから有用なエネルギーを生むとも言える。

### どのような機能を備えるか

現行の軽水炉と補完的(共存)に機能する(Advanced Nuclear Fuel Cycle)。即ち、LWRがTRUを生産し、ABRで消費する。

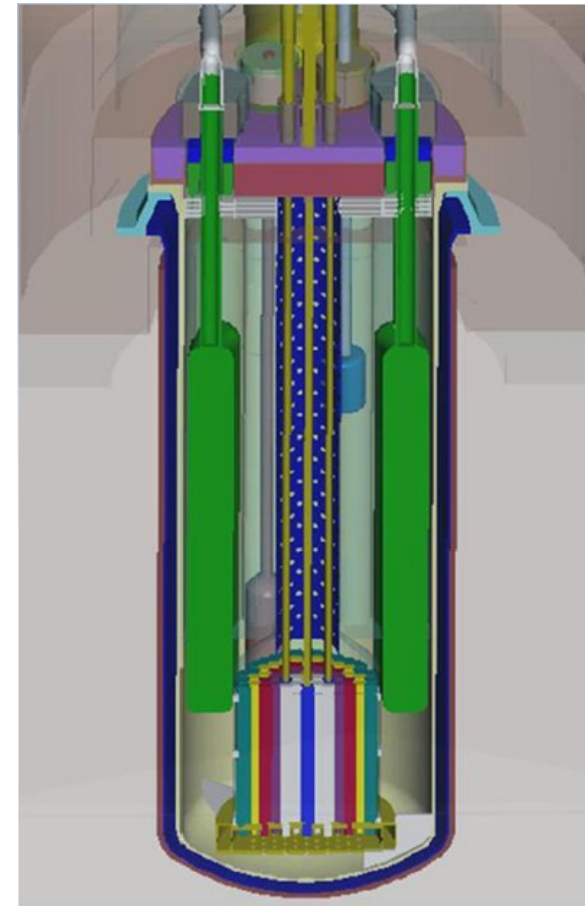
- ABRは、経済的な観点でモジュール化の可能性がある。100万kWe級のサイトに2~3モジュールが建設され得る。

### 安全の確保

供用中は、温室ガス効果低減に寄与し、安全な設計・運転は当然のことであるが、このABRプログラムのキーは、NRCのDesign Certificationを取得することであり、将来はNRCの許認可に基づき運転される。

### スケジュール

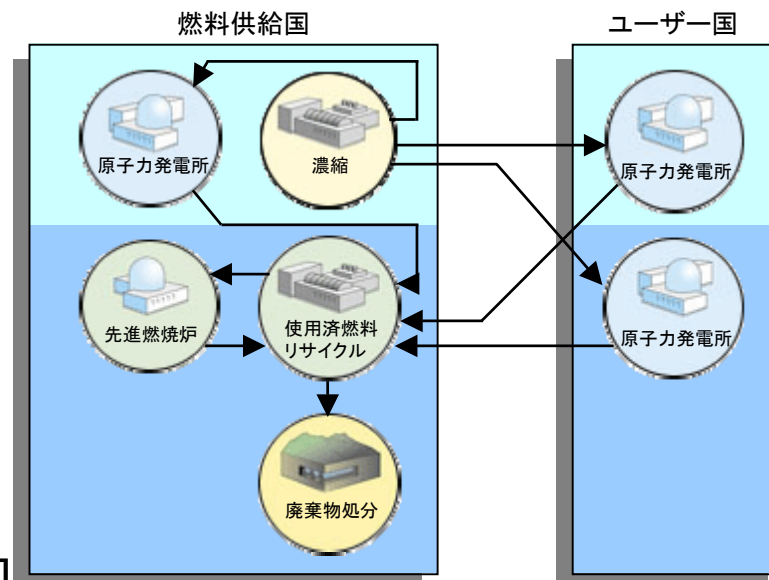
- フェーズ1(～2014～2019): 先進燃焼実験炉(ABTR)  
効果的なTRU燃焼概念の実証、燃料・材料開発、NRC許認可支援。  
現行の原子力発電所の1/10規模。
- フェーズ2 : ABR(標準)初号機をABTR運開から約10年後までに運開。現行の原子力発電所規模。



A concept diagram for an Advanced Burner Test Reactor

(出典:DOE)

## GNEP Element-5: 信頼性の高い燃料サービス確立



### [米国の説明内容]

#### ①燃料供給国が『コンソーシアム』を設立し、原子力発電利用のみの国に燃料供給保証

- 濃縮・再処理を放棄する国には、信頼性の高い核燃料へのアクセスを保証
- ユーザー国は、原子力の恩恵に浴し、核拡散の懸念も受けず、巨額なインフラ投資も不要
- \* 本構想の鍵： 燃料供給の信頼性、即応性、競争的市場価格という魅力的な誘因(→濃縮・再処理の放棄につながる)
- 米国の当面の政策： 信頼性の高い燃料供給サービス・システム(GNEPの目標と合致するもの)の設立  
(燃料供給国による『燃料バンク構想』、米国は燃料備蓄のため高濃縮ウラン17.4t拠出表明)

(先進リサイクル技術の実証・配備を前提として)

#### ②『揺り籠から墓場まで』の『燃料リースシステム』を構築

- 燃料供給国は、使用済み燃料をリサイクルと最終処分のため引き取り、Puを単体で分離せずに先進リサイクルし、先進燃焼炉で燃焼
- ユーザー国は、濃縮・再処理を放棄した国で、一定の条件、適切な保障措置の下で原子力発電(小型炉含む)のみを行う国。資金面、安全面、保障措置上の負担軽減が図れる

## GNEP Element-6: 小型炉の建設・開発

### 概要

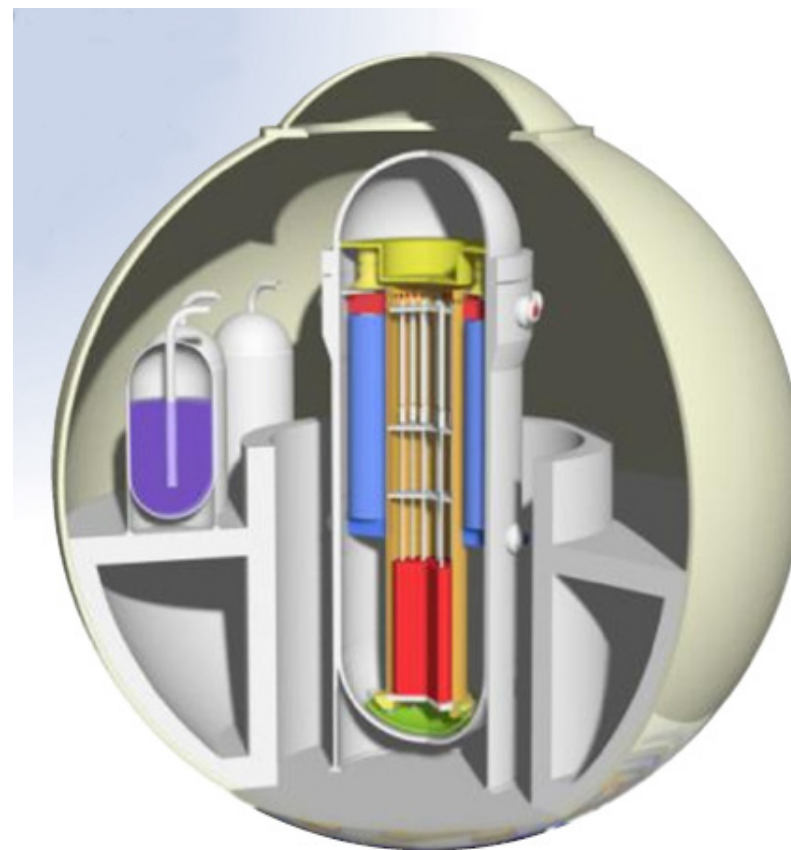
発展途上国、需要の小さな市場において、経済成長、都会化等による電力需要の増加に対処し、化石燃料の使用を押さえるため、核拡散抵抗性が大きく、高い安全性、運転がシンプルな小型炉を提供する。

### どのような機能を備えるか

- ✓ 長寿命燃料(可能ならば供用中燃料交換なし)
- ✓ 効果的で安価なIAEA査察
- ✓ サボタージュ、テロに対する核物質防護
- ✓ 5万kWe~35万kWe
- ✓ 地域暖房、簡易水供給の可能性
- ✓ 完全な受動的安全システム
- ✓ 最小の原子カインフラで運転可能(シンプル)
- ✓ 可能な限り現存の許認可、技術を活用

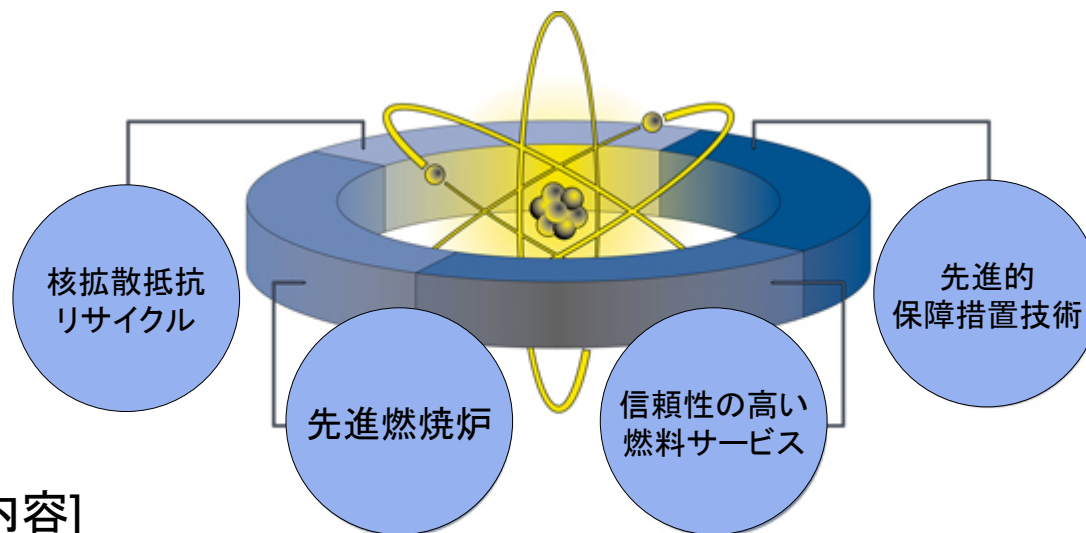
### 現状と今後の進め方

- ✓ 現在完成品はなく、GNEPメンバーとの評価・探求が、開発・設置についての将来決定を支援することになる。
- ✓ 研究、開発、概念設計は、先進国にて実施中である。
- ✓ GNEPは、Advanced Fuel Cycle Demonstrationと並行して、市場性のある設計の加速、運転実証プラントの設置のため、国際的パートナーシップの形成を模索している。



An example of a “small reactor” is IRIS,  
International Reactor Innovative and Secure 13  
(出典 :DOE)

## GNEP Element-7: 先進的保障措置技術の開発



[米国の説明内容]

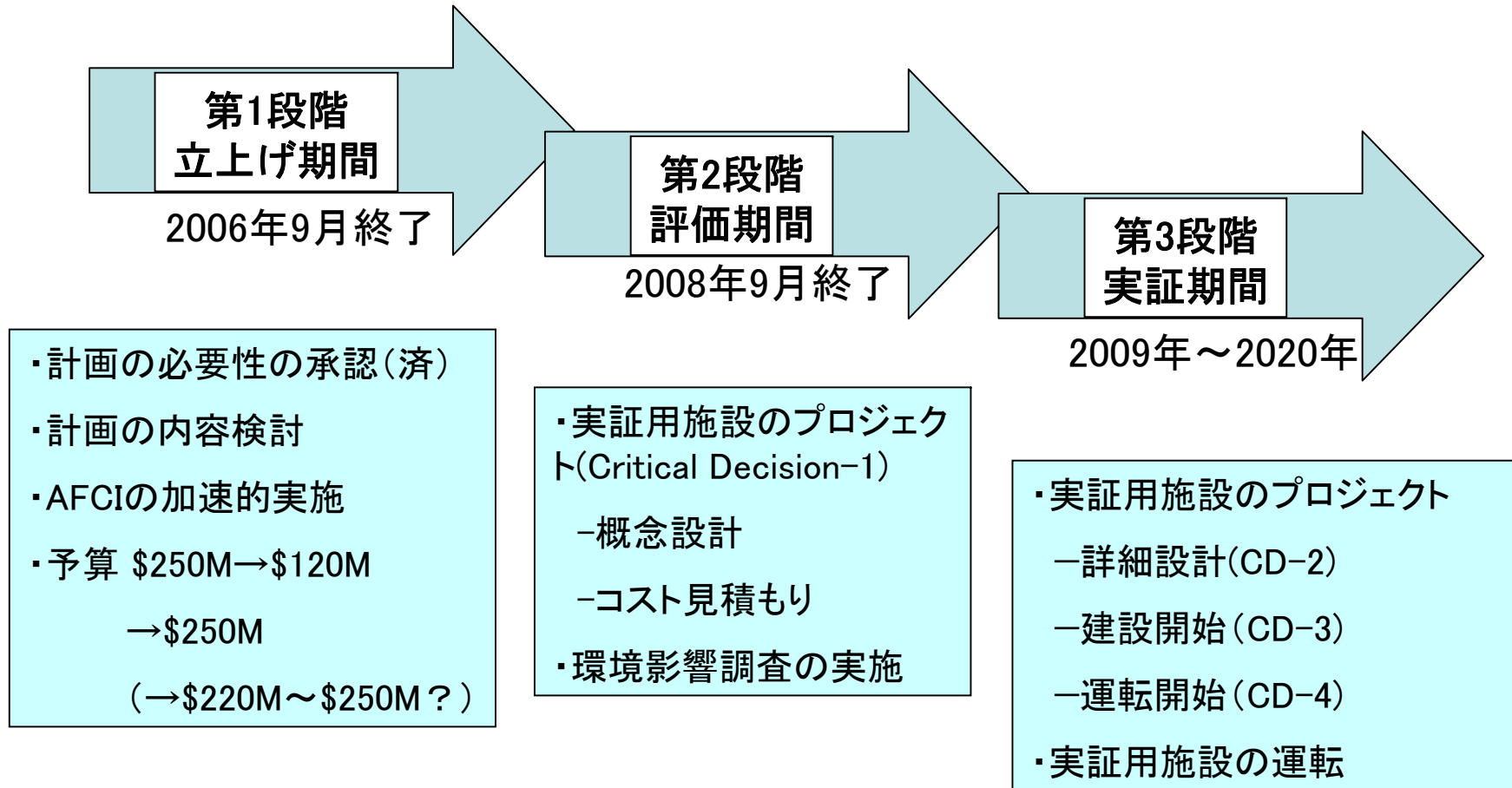
### ① 先進的保障措置を、新規の原子力システムと核燃料サイクル施設に、設計・建設段階から直接組込む

- ・基本目標: 核物質の転用・仕様の変更が直ちに探知できるシステムとする
- ・IAEAの査察の効果・効率の向上 + 原子力技術提供国(小型炉等)が保障措置設計に関与

### ② 先進的保障措置技術開発の国際協力を進め、技術の統合を図る

- ・保障措置技術をリサイクル施設、先進的燃料サービス、関連する核物質貯蔵・輸送の設計段階から組み込む
- ・高信頼性、遠隔・非立会監視技術、先進的封込め・監視、高度保障措置情報収集・管理・分析システム、原子力施設使用目的管理システム、次世代非破壊分析・工程監視センサーの開発
- ・先進的核物質追跡手法、工程管理技術、施設工学設計、遠隔監視、環境サンプル手法の研究開発
- ・保障措置技術の試験・実証を行なう国際施設
- ・核物質防護、核物質管理の『ベスト・プラクティス』の国際的な奨励

# GNEPの技術実証アプローチ



# GNEP: システム技術への要求

The system should:

- be protective of public health, safety and the environment. 安全性
- maximize the amount of material recovered from spent fuel for use in producing additional energy and minimize the amount that needs disposal in a geological repository. 資源有効利用・環境負荷低減
- make available the energy value of separated materials for future use. 資源有効利用
- reduce proliferation risk. 核拡散抵抗性
- **be deployable within the GNEP-TDP timeframe (20-25 years).**
- remain as economical as possible. 経済性



# ABTR/ABRの計画

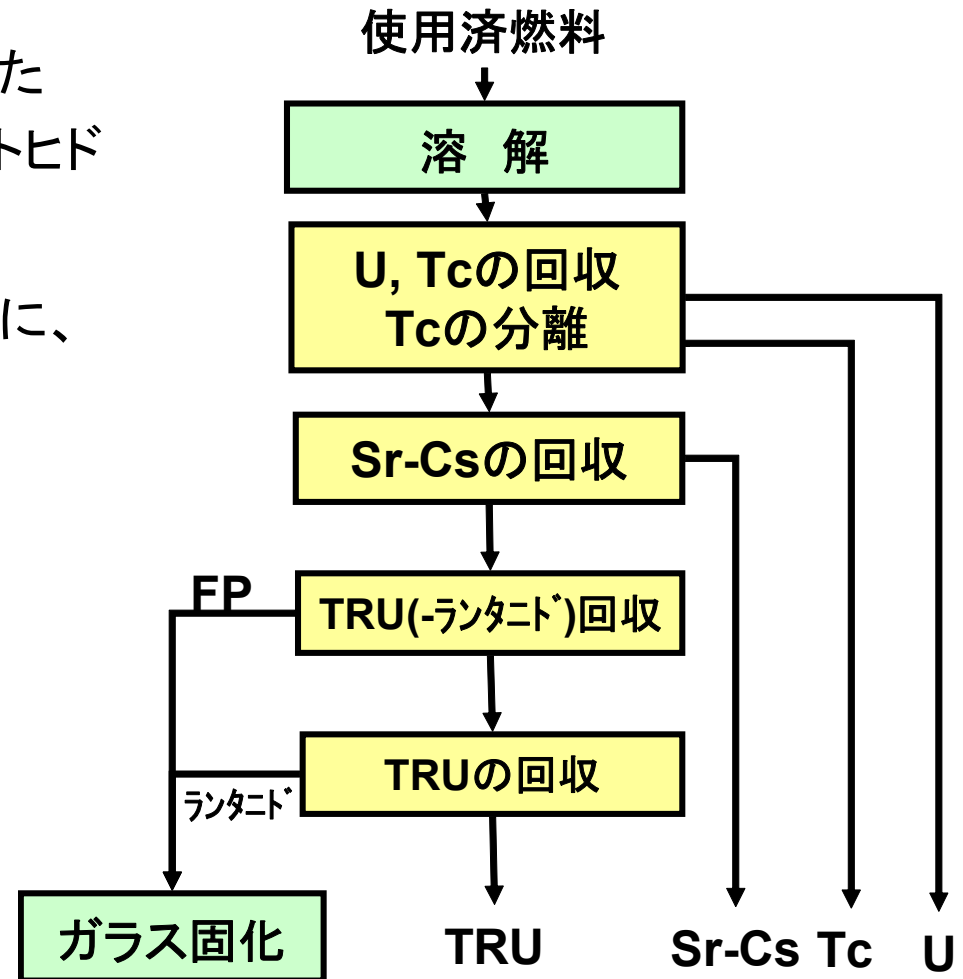
- ABTRの目的
  1. 炉心規模でのTRU燃料の核変換の実証、ABRのためのTRU燃料や材料の性能確認、NRCによるABR設計認証の基盤
  2. 革新技術の取り込み、保障措置・セキュリティ技術の実証、ABRへ向けた各種インフラの整備
- 工程
  - 06年10月：概念設計→ 08年3月 （その後CD-1）
  - 14年～19年：運転開始 critical decision
  - ABRの運開はABTRの運開から約10年後か

# ESDの計画

- 狙い：核拡散抵抗性が高いリサイクル技術の工学規模での実証
- **TRUを一括回収できる**先進的分離プロセス (ex. UREX+) の利用
  - 超ウラン元素をエネルギー源として再利用
  - 廃棄物を最小化
  - PUREXより、更に**核拡散抵抗性を向上**させる
- UREX+の開発
  - 実験室規模で、ピュアなUの分離と全TRU捕集に成功
  - 次段階は、将来の商用プラントの設計・運転に向けたコスト及びパフォーマンスデータを取得するための工学規模実証 (ESD : Engineering Scale Demonstration) の実行
  - ESDの処理規模は～100tHM/ y 規模か  
(ABTRで行う燃料試験のための燃料供給)
- 工程
  - 06年 ～ ： 概念設計
  - 11年～15年： 運転開始

# 米国で開発されている湿式再処理技術 UREX+法

- Uの分離 (PUREX法をベースとした UREX法 (Puの錯化剤としてアセトヒドロキサム酸を利用))
- 更に、異なる抽出剤により段階的に、
  - ・Sr-Cs
  - ・Pu-Np-Am-Cm (TRU)を分離・回収



# 主要国における高速炉導入の情勢

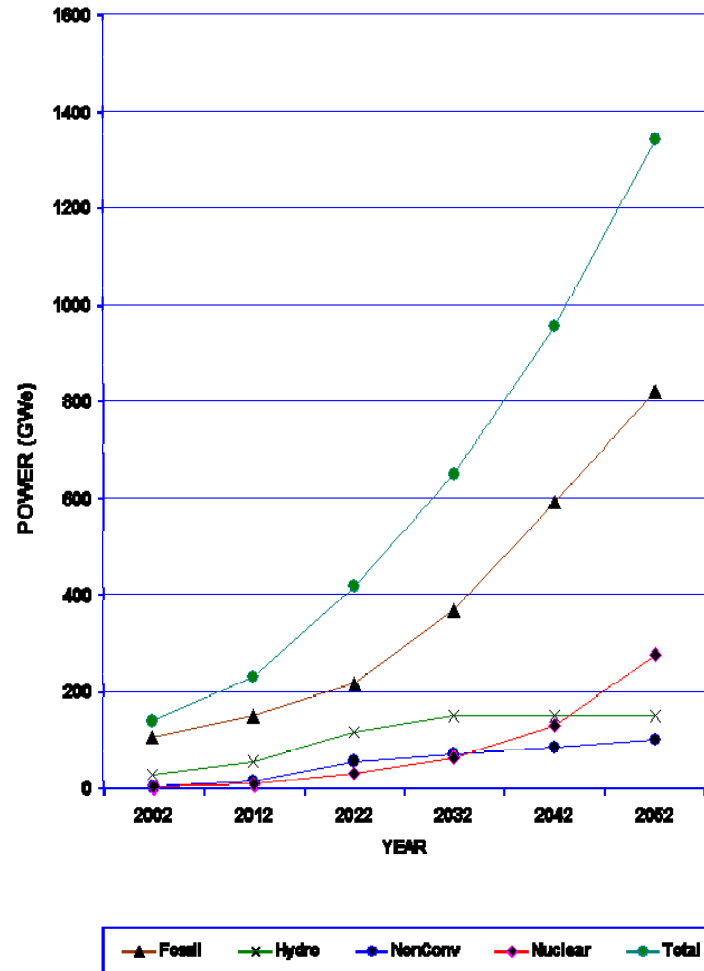
- フランス(2006年1月5日、シラク大統領)
  - 第4世代原子炉のプロトタイプを2020年頃に運転開始するとの目標
- アメリカ(2006年1月一般教書演説、ブッシュ大統領)
  - グローバル原子力パートナーシップ(GNEP)計画では、2014年～19年頃にNa冷却高速炉の先進燃焼試験炉を運開、その約10年後に商用1号炉を運転開始
  - また、2011～15年に分離技術の工学規模実証施設ESD、2016～19年に先進的分離技術と燃料製造技術の試験施設AFCFを運転開始
- ロシア
  - 停滞していたBN-800炉の建設を再開するため連邦予算を計上
- 中国
  - 実験炉を建設中。2030年に商用炉の運転開始
  - 2050年頃に200GWe程度のFBRの設備容量を計画
- インド
  - 2010年に原型炉50万kWe(建設中)。2020年までに4基のFBRを建設。
  - 2050年頃に270GWe程度の原子力の設備容量(FBRの割合は不明)

(参考)

日本の発電設備容量 (平成16年度末推定実績) ・総発電設備容量: 238GWe ・原子力: 47GWe
---

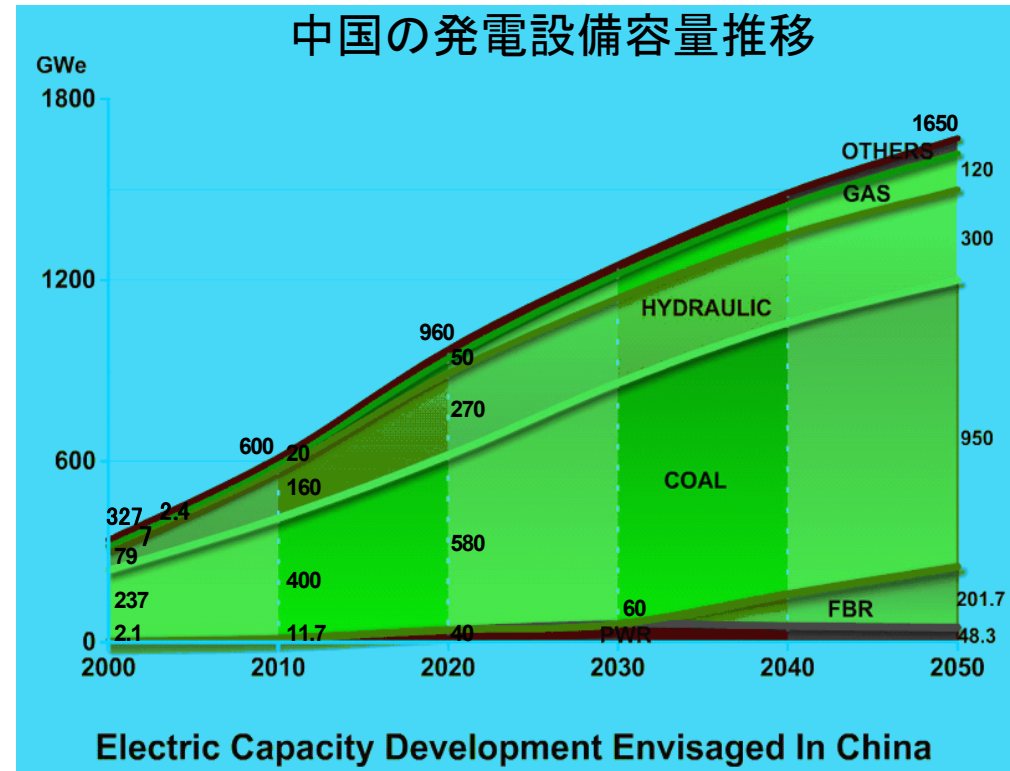
# 中国、インドにおける将来の発電設備容量推移

## インドの発電設備容量推移



出典) Government of India, Department of Atomic Energy (DAE), <http://www.dae.gov.in/>

## 中国の発電設備容量推移



出典) Mi Xu, Status and Prospects of Sustainable Nuclear Power Supply in China, GLOBAL2005, No.511, Tsukuba, JAPAN (2005).

(参考) 日本の発電設備容量(平成16年度末推定実績)

- ・総発電設備容量: 238GWe
- ・原子力発電設備容量: 47GWe

# FBRサイクル技術の研究開発に関する 国際協力の基本方針(案)

以下のような基本的な考え方にに基づき、今後の研究開発協力を進める。

- ① 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。
- ② 我が国の技術が**世界標準となる**よう目指すこと。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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。
- ⑥ 協力によって我が国の研究開発計画へ**悪影響が生じないように留意**すること。

## 基本方針にしたがってJAEAが協力を希望している分野

### 協力を打診された分野

- 高速炉設計
- 燃料開発
- 分離技術開発
- AFCF設計(廃棄物形態を含む)
- 先進的設計用ソフトウェア・アーキテクチャ
- 保障措置技術

### JAEAが協力を希望している分野

- 高速炉設計と技術
- 燃料開発
- 燃料サイクル技術
- 基盤技術(シミュレーション)
- 保障措置技術
- 高レベル廃棄物処分

# GNEP構想への協力（小坂文科大臣とボドマンDOE長官合意）

（2006年5月5日）

## GNEPの7つの事業・技術開発

- ① 米国における原子力発電の拡大
- ② 放射性廃棄物の低減
- ③ 核拡散抵抗性の高いリサイクル技術の実証
- ④ 先進燃焼炉（ABR）の開発
- ⑤ 燃料供給サービスの確立
- ⑥ 輸出可能な小型炉の開発
- ⑦ 先進的保障措置技術の開発

## 5つの研究開発協力課題

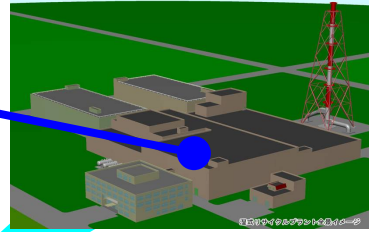
- (1) 我が国の再処理及びMOX燃料製造技術に基づく米国の核燃料サイクル施設の共同設計活動
- (2) 「常陽」、「もんじゅ」を活用した共同燃料開発
- (3) 原子炉をコンパクト化する構造材料の共同開発
- (4) ナトリウム冷却炉用主要大型機器（蒸気発生器）の共同開発
- (5) 我が国の経験に基づく核燃料サイクル施設等への保障措置概念の共同構築



# 5つの研究開発協力課題

我が国の高速増殖炉サイクル研究開発

(1) 我が国の再処理及びMOX燃料製造技術に基づく米国の核燃料サイクル施設の共同設計活動

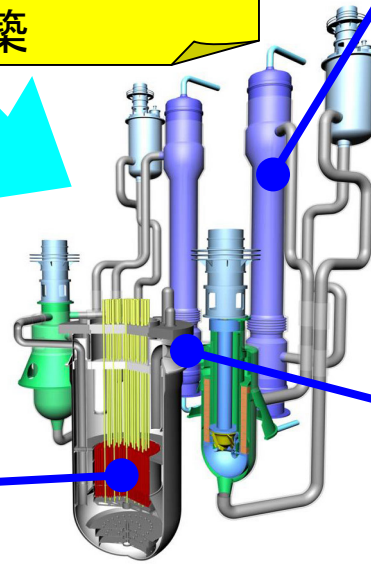


核燃料サイクル施設

(4) ナトリウム冷却炉用主要大型機器（蒸気発生器）の共同開発

(5) 我が国の経験に基づく核燃料サイクル施設等への保障措置概念の共同構築

(2) 「常陽」、「もんじゅ」を活用した共同燃料開発



高速増殖炉

(3) 原子炉をコンパクト化する構造材料の共同開発

# 今後の対応

- 政府間で情報の交換と協力の枠組みについて検討し、研究機関間で各分野毎に情報交換と協力項目の検討を開始している。

原子炉の分野

燃料サイクルの分野

...

...

- **協力項目の議論は比較的短期の項目に重点  
(2008年9月の第2段階までを視野に)**

# 留意点

- 米国の政治動向
- 他国の動向、協力関係（特に仏）
- GIF、INPROとの関係
- 燃料供給保障などの核燃料サイクルの国際的な秩序に関する動向を注視。