再処理リサイクル部会企画セッション
北大　2006年秋
JAEA　野村　茂雄

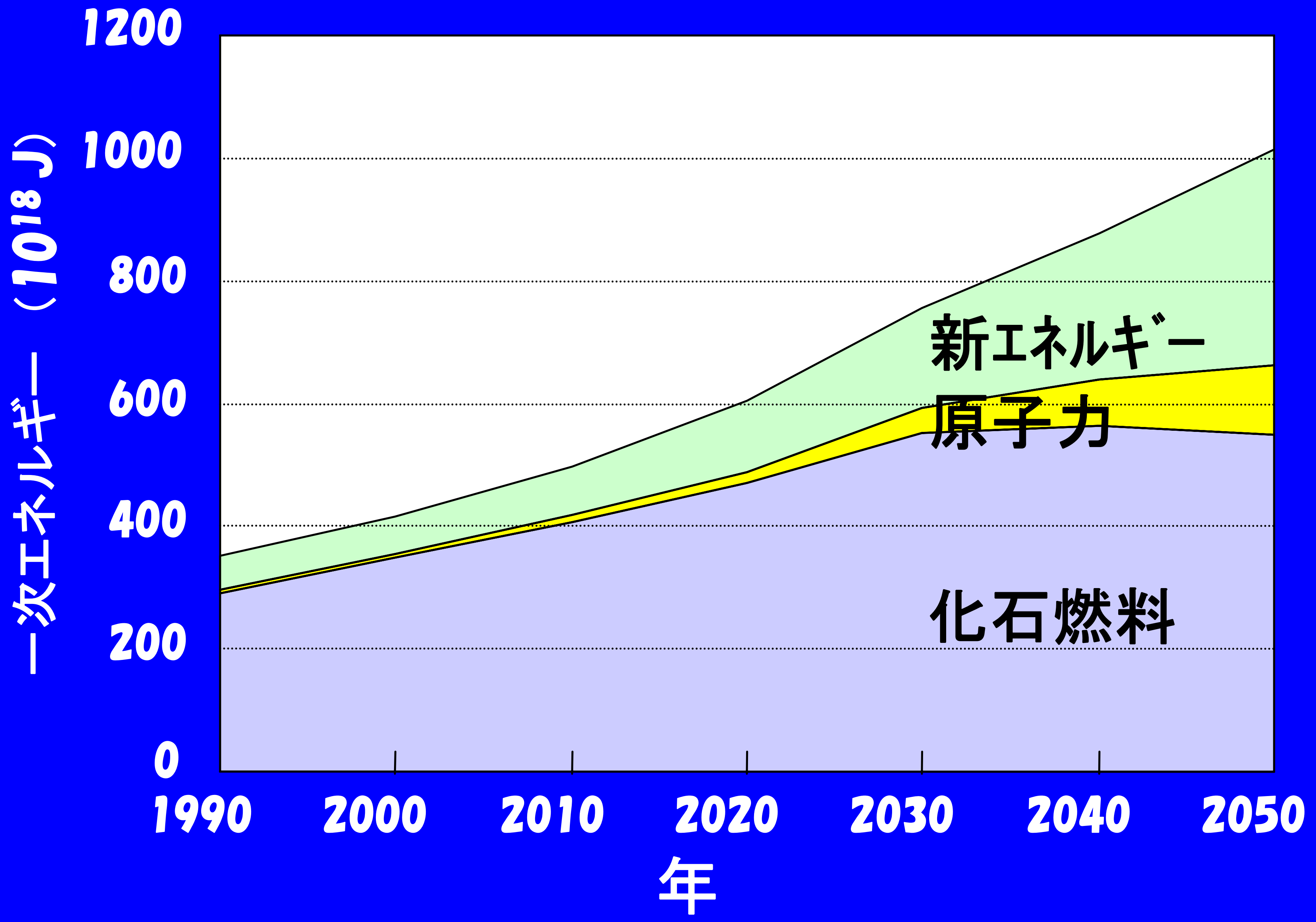
GNEP等海外諸国の動向について

1．中長期のエネルギー予測

2．ウラン資源の動向

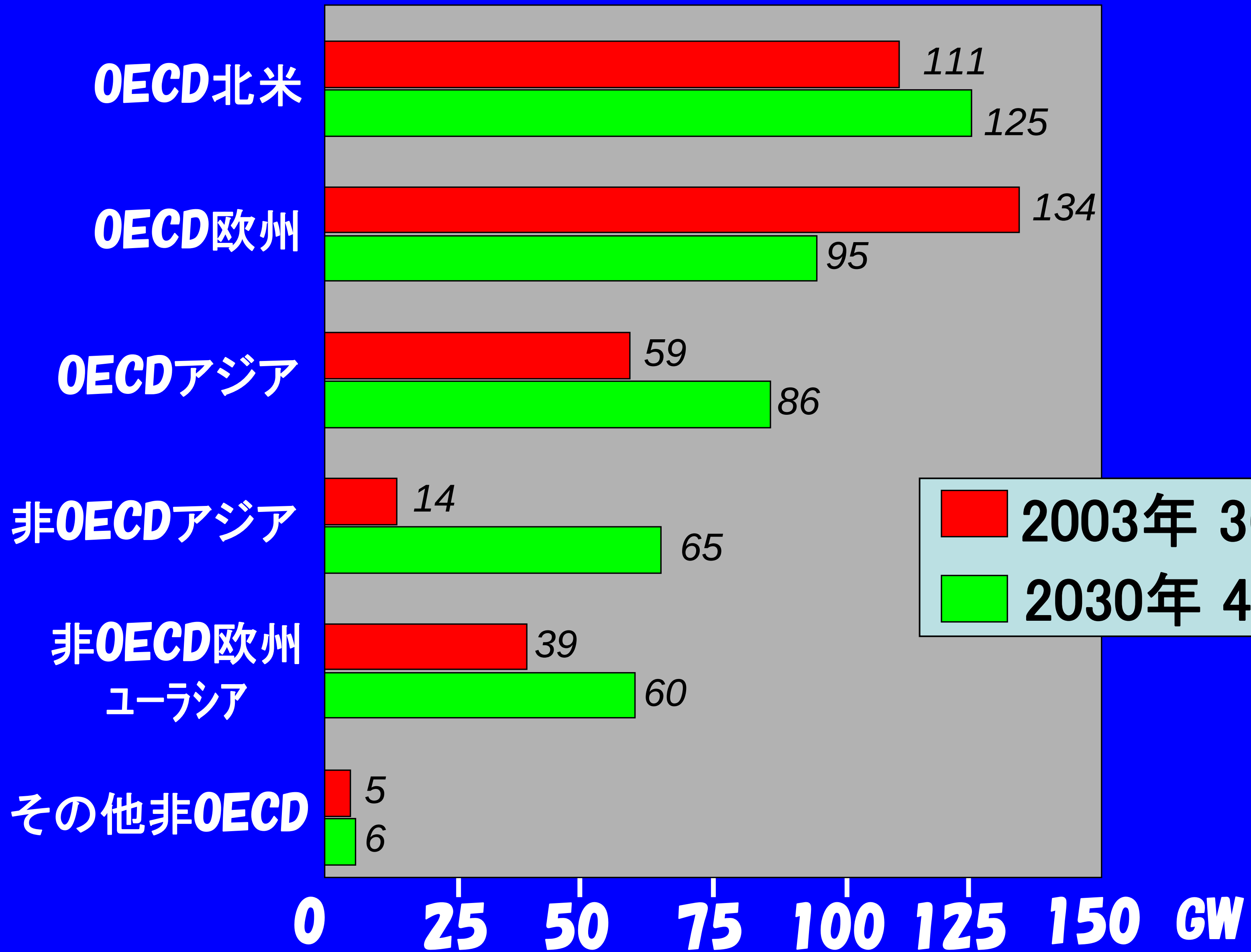
3．各国の原子力政策
　1）　米
　2）　IAEA
　3）　仏
　4）　英
　5）　アジア：中国、インド

中長期のｴﾈﾙｷﾞｰ別需要予測　IEA



世界の原子力発電設備容量　2003,2030年地域別

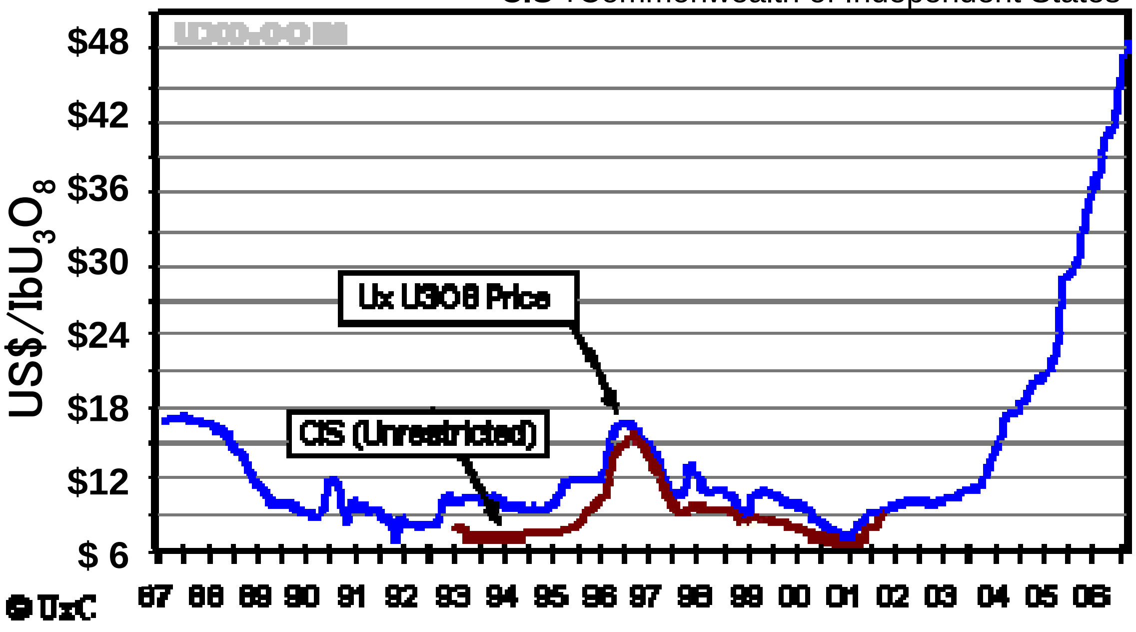
DOE/EIA-0484　June 2006

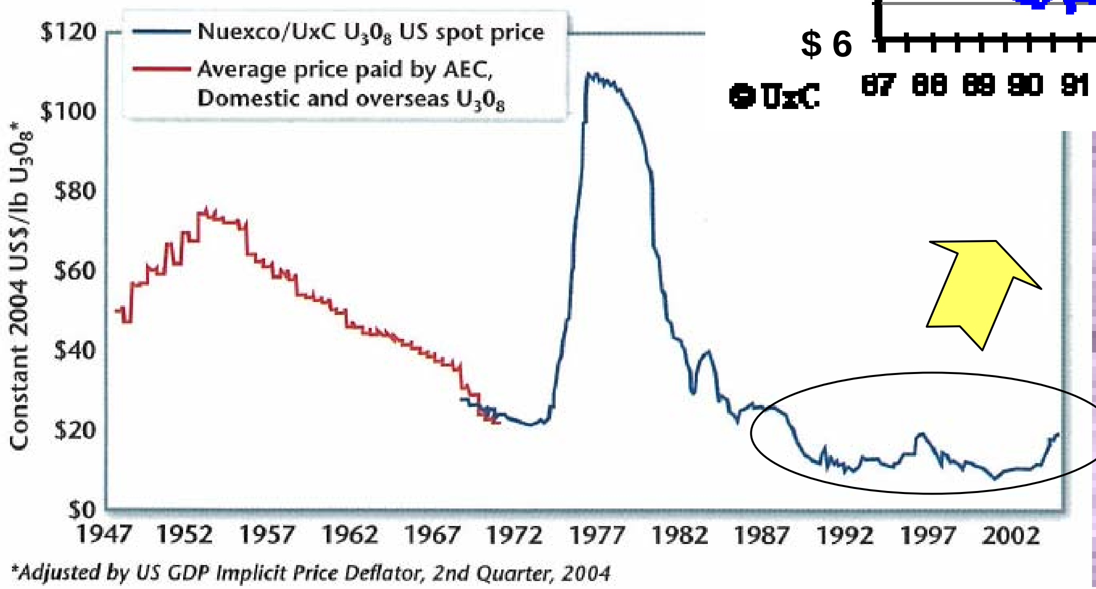


２）ウラン資源の動向

ウランの市場価格の推移（1947－2006年）

CIS ：Commonwealth of Independent States





T.L.Neff: ‘Legacies form the future :the history of uranium’, Nucl. Engg. Inter., P12 Jan.(2005)

2）ウラン資源の動向

世界のウラン資源量（万ﾄﾝU）
OECD/NEA-IAEA　Red Book

	発見資源 ＜50$/ﾎﾟﾝﾄﾞ$U_3O_8$	未発見資源		在来型資源総量
		予測	期待	
Red Book 2005	474	252	754	1480
Red Book 2003	459	225	754	1438

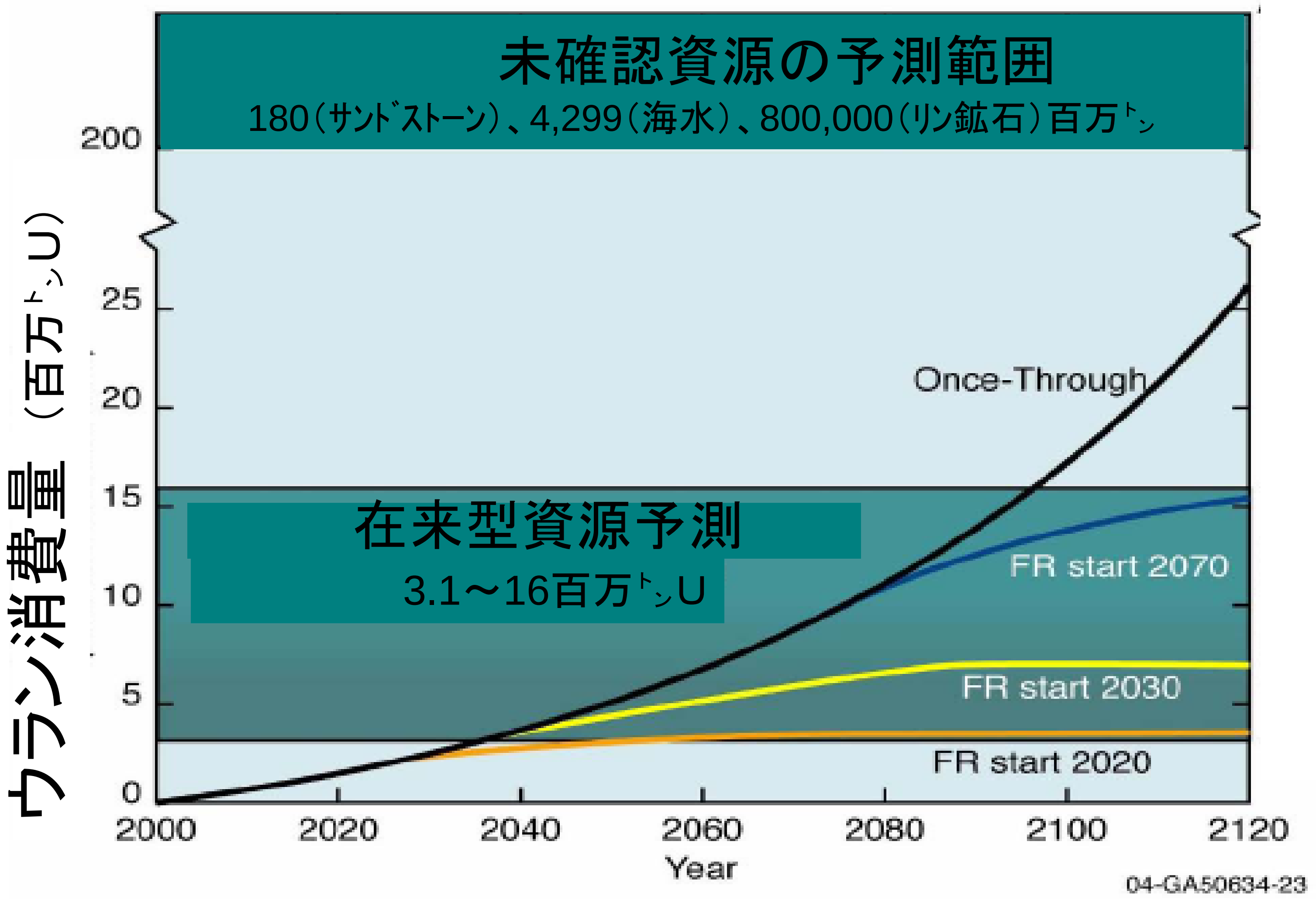
現行LWRワンススルーでの利用可能年数

現行ベースの発電設備	約85年
今後50年で3倍に増設	約41年

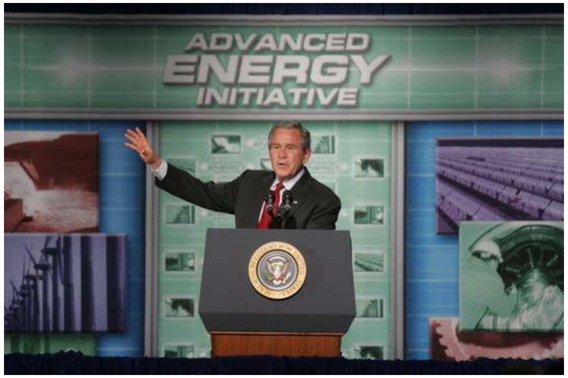
2）ウラン資源の動向

高速炉燃料サイクル導入効果の検討

DOE-AFCI報告2005



原子力を熱く語るブッシュ大統領



National Defense University (Feb. 2004)

世界は、兵器への拡散の恐れがない、民生用原子力プラントが構築できような、安全で定常的なシステムを作る必要がある。

Ronald Reagan Building (June, 2005)

アメリカの将来のｴﾈﾙｷﾞｰ保障のため、我々はクリーンで安全な原子力を拡大する必要がある。

Limerick原発、 Pennsylvania (May, 2006)

経済と国家の安全保障のために、米国は新しい原子力プラントの建設をアグレッシブに進めなければならない。

National Association of Manufacturers (July, 2006)

我々は21世紀に競争できる原子力産業を拡大させなければならない。新しいプラントの建設を強く推進することで賢くなる。

政府は、高速増殖炉技術に多くのお金を使うことにしている。再処理された燃料を燃やすことができる技術を他国とともに開発する。これにより、民生用原子力の廃棄物を減らすことができるようになる。

インド、中国の原子力に関心があり、原子力産業を支援していきたい。

NEI 2006年 9月現在

動き出した原発の新規計画

19サイト、27基　（AP1000:10, ESBWR:3, ABWR:4, EPR:5など）

企業	サイト	Early Site Permit (ESP)	設計、基数	建設／運転一体ライセンス（COL）
Dominion	North Anna	レビュー中 2007認可予定	ESBWR (1)	2007　11月
TVA (NuStart)	Bellefonte	–	AP1000 (2)	2007　10月
Entergy (NuStart)	Grand Gulf	レビュー中、 2007認可予定	ESBWR (1)	2007　11月
Entergy	River Bend	–	ESBWR (1)	2008　5月
Southern Company	Vogtle	2006　8月提出 2009年認可予定	AP1000 (2)	2008　3月
Progress Energy	Florida (TBD), Harris	–	AP1000 (2) 未定（2）	Harris 2007　10月 Florida2008　7月
South Carolina Electric & Gas	Summer	–	AP1000 (2)	2007　10月
Duke	William States Lee, Cherokee County, South Carolina	–	AP1000 (2)	2007 10月
	Davie County, North Carolina	検討中	–	未定
	Oconee County, South Carolina	検討中	–	未定
Exelon	Clinton	レビュー中 2007認可予定	未定	未定
Constellation (UniStar)	Calvert Cliffs or Nine Mile Point	COL予定 サイト情報早期提示	EPR (5)	2007 4Q
Florida Power & Light	未定	–	未定	未定
NRG Energy/STPNOC	South Texas Project	–	ABWR (2)	2007後半
Amarillo Power	Amarillo近郊, TX	開発中、2007　4Q提出	ABWR (2)	2007以降早期
Texas Utilities	未定	直接COL提出	未定	2008

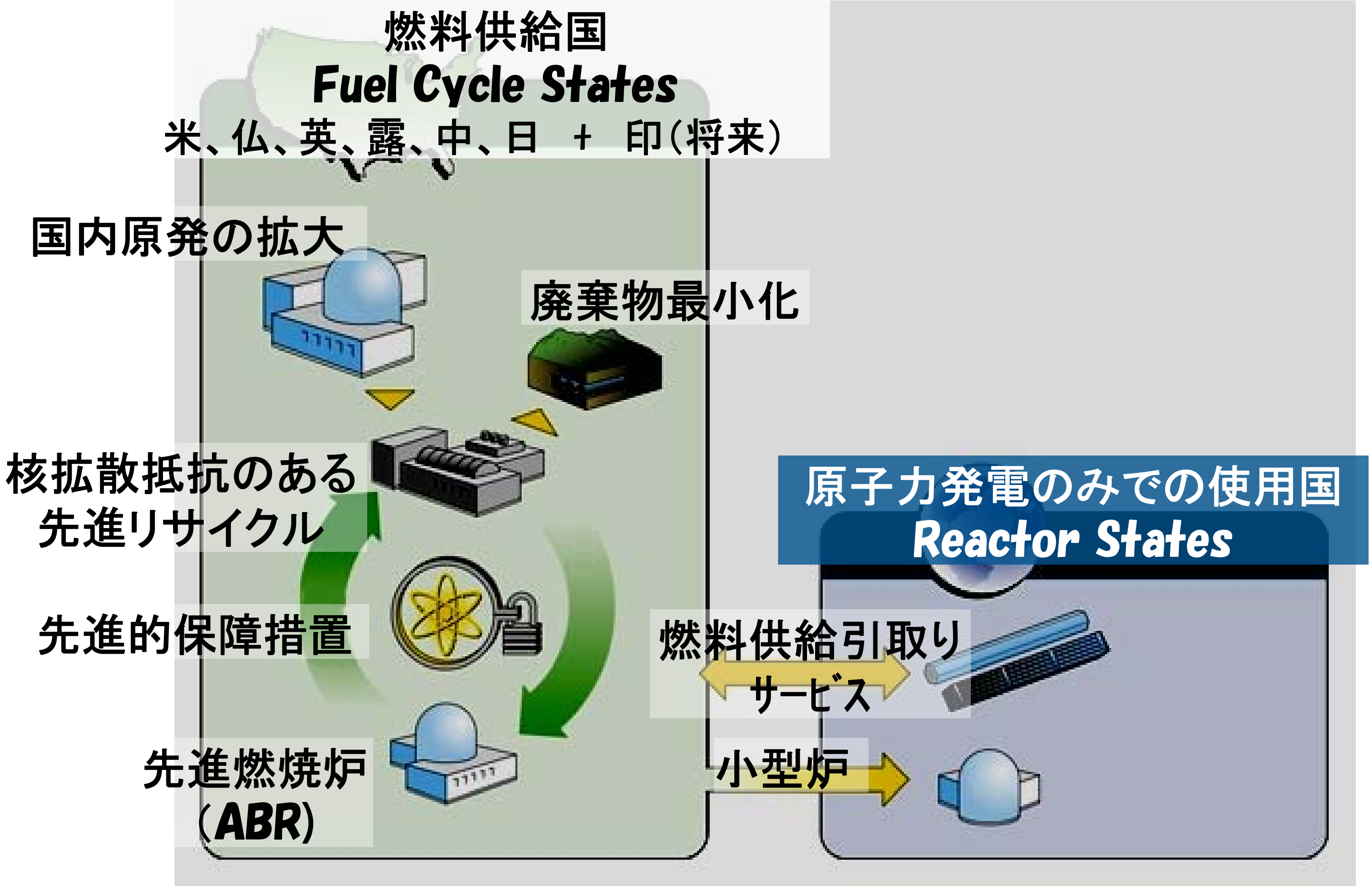
米国の使用済燃料発生予測と処分場の検討

AFCI報告2005

将来の原子力		既存ライセンス完了時	延長ライセンス完了時	現状基数のまま	現状シェア20%のまま	シェア増大
2100年累積使用済燃料（トン）		100,000	120,000	250,000	600,000	1,400,000
		既存原発のみ		既存＋新規原発		
燃料管理アプローチ		処分場必要数（70,000トン規模）				
リサイクルなし	ワンススルー	2	2	4	9	20
	ワンススルー高燃焼度	2	2	3	7	17
再処理リサイクル	部分リサイクル高燃焼度	リサイクル推奨せず		2	5	10
	移行-持続サイクル			1	1	1

グローバル原子力パートナーシップ(GNEP)

- 米国の海外化石燃料依存度を下げ、経済成長促進。
- 先進リサイクル技術で、より多くのｴﾈﾙｷﾞｰ再生と処分廃棄物量の削減。
- 世界の成長と繁栄、ｸﾘｰﾝ化、核拡散ﾘｽｸ低減。国際的なﾘｰﾀﾞｰｼｯﾌﾟ。



GNEP-TDP(Technology Demonstration Program)の概要

9末/2006

Phase 1：＄220M
Stand-up

9末/2008

Phase 2：＄930M
Assessment

～2020

Phase 3：未定
Demonstration

- 計画の必要性の承認（済）
- R&D,D計画策定と開発
  - －使用済燃料の貯蔵と分離
  - －燃料仕様
  - －燃料製造
  - －高速炉設計
- AFCI加速
- 貯蔵ﾘｻｲｸﾙ施設サイト公募
- 候補概念の比較検討
- 国研、大学、ﾒｰｶｰとの協力
  国際協力

- 実証施設ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄCD-1
  Prototype SF Recycling Fac.
  - －概念設計、予備設計
  - －代替の選択、ｺｽﾄ
- 環境影響評価

建設運転
可否決定

- 実証施設ﾌﾟﾛｼﾞｪｸﾄ
  - －性能評価CD-2
  - －建設開始CD-3
  - －運転開始CD-4
- 実証施設の運転

11/2006
中間選挙

11/2008
大統領選

GNEP構想実現のための
3実証施設の建設・整備計画（初期の構想）

①　ESD (Spent Fuel Separations Engineering-Scale Demonstration)

軽水炉燃料の貯蔵と分離処理施設
UREX+法湿式再処理技術によるTRU一括回収の工学規模実証
100ｔ/年規模、2011～2015年運開

②　ABTR　(Advanced Burner Test Reactor)

高速スペクトル試験炉
Na冷却型でのＴＲＵ燃焼と発電
285MWｔ、2014～2019年運開

③　AFCF　(Advanced Fuel Cycle Facility)

研究実証施設
ＥＳＤからのＴＲＵの燃料製造とＡＢＴＲ使用済燃料処理（湿式・乾式）
第1モジュール2016～2019年稼動
2500t/年規模商用プラント構想へ経験反映

GNEP構想実現　短期と長期のDual　Track方式

可能な限り早期の再処理実証を目指す第1Track　DOE 8/3　8/14

① CFTC　（Consolidated Fuel Treatment Center）
- 中間規模実証施設は想定せず、できる限り早期の導入可能性を追求
- 軽水炉使用済燃料の再処理、ABR用燃料(MAなし)製造の統合施設
  2010年建設開始、2020年運転開始、
  プロセスと規模（100～1,000トン/年？）、資金計画は未定
- 実証済技術、Pu-U同時抽出（ＴＲＵ分離しABR燃焼）

開発への参画意思表示(EOI:Expressions of Interest)募集

-国内外の産業界を対象、締切り9月8日、海外含め18件応募

-EOI結果で、12月以降参画申込受付、公募(RFP: Request for Proposals)開始、
環境影響評価書(EIS: Environmental Impact Statement)準備や計画を順次策定

建設サイトの評価研究(site studies)

-$20M(1サイト当り最大$5M)、締切り9月7日、10月末対象者発表、90日間の調査研究

GNEP構想実現 短期と長期のDual Track方式

第1Track DOE 8/3 8/14

② ABR（Advanced Burner Reactor)
- 高速中性子スペクトル炉
- TRU燃焼、発電
- ABRの冷却材, 燃料など 全てのオプションを評価範囲
- 熱出力90年代のLMFBR規模 （20～80万KWe原型炉）、2020年運開
- 資金計画未定

開発への参画意思表示(EOI:Expressions of Interest)募集

- 国内外の産業界を対象、締切り9月8日

GNEP構想実現　短期と長期のDual Track方式

第2Track: 長期のR&D　DOE 8/3　8/14

③ 第2Track：国研が中心の長期R&D

- ABR使用済燃料の再処理実証（先進再処理技術UREX+）
- ABR用核変換燃料(MA含有燃料)の開発・製造
- ABRでの核変換技術の実証
- AFCF構想の実現

第2Trackについては、今回のEOI対象ではない。

計画変更の背景(私見)
GNEP構想実現　短期と長期のDual Track方式

- 2015年までに運転開始する100ﾄﾝ規模の再処理リサイクル施設（TRP並み）
  建設構想は、サバンナリバーの改造程度でも、スケジュール的に無理。

- 軽水炉再処理技術は、PUREXプロセス主体に、周辺サポート技術を含め成熟。
  軽水炉の2000ﾄﾝ規模プラントに、これを利用しないのは、大きな無駄。

- 既存のPUREX改良でも、U-Pu-MA共抽出が可能。

- 新技術の実証までには、多数の障害を乗り越える必要がる。
  ﾋﾞｰｶｰｽｹｰﾙのUREX+が、直ぐに2,000t/年規模になるとは、思えない。

- 実用FBR再処理が必要な時期までには、まだ時間があり、
  こちらは新技術の実証に挑戦すべき。

仏AREVAのGNEP対応

The Boston Consulting Group (July2006)

Economic Assessment of Used Nuclear Fuel Management In the US

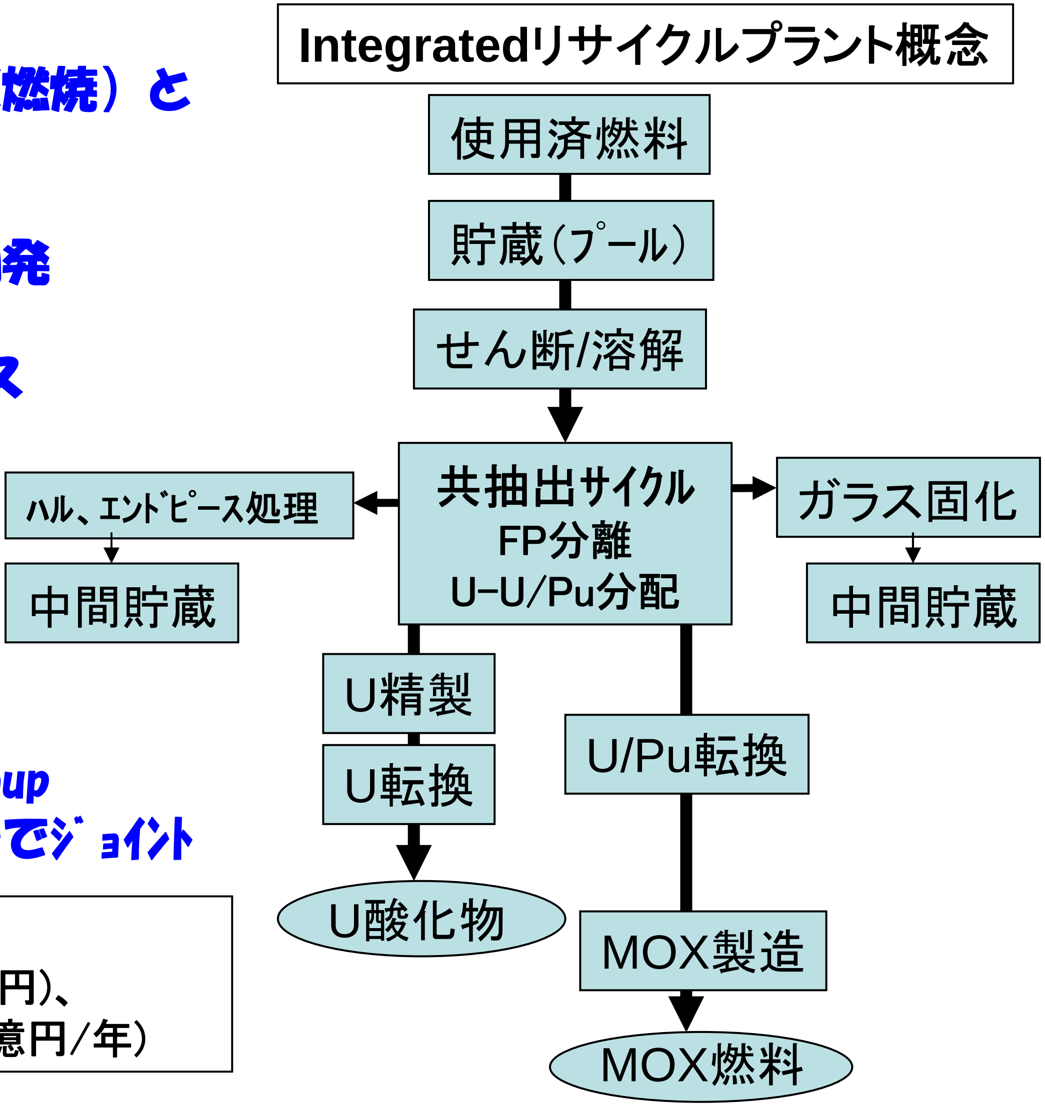
- Life Cycle Cost
Closed（現行LWR又次世代LWRでのMOX燃焼）とOpenのｻｲｸﾙで、ほとんど差なし

- ２タイプの次世代再処理プラント開発
「輸出向け」
2020年までに準備、COEXプロセス

「仏内向けLa Hagueリプレース」
2040年頃導入、Ganexプロセス

- EOI提出：US-AREVA, Washington Group International and BWX Technologiesでｼﾞｮｲﾝﾄ

2,500t/y規模
建設費＄160億＄(約1.8兆円)、
運転費＄900M/y(約1,000億円/年)



GNEP構想の日米協力

小坂MEXT大臣－ボドマンDOE長官の合意（2006/5/5）

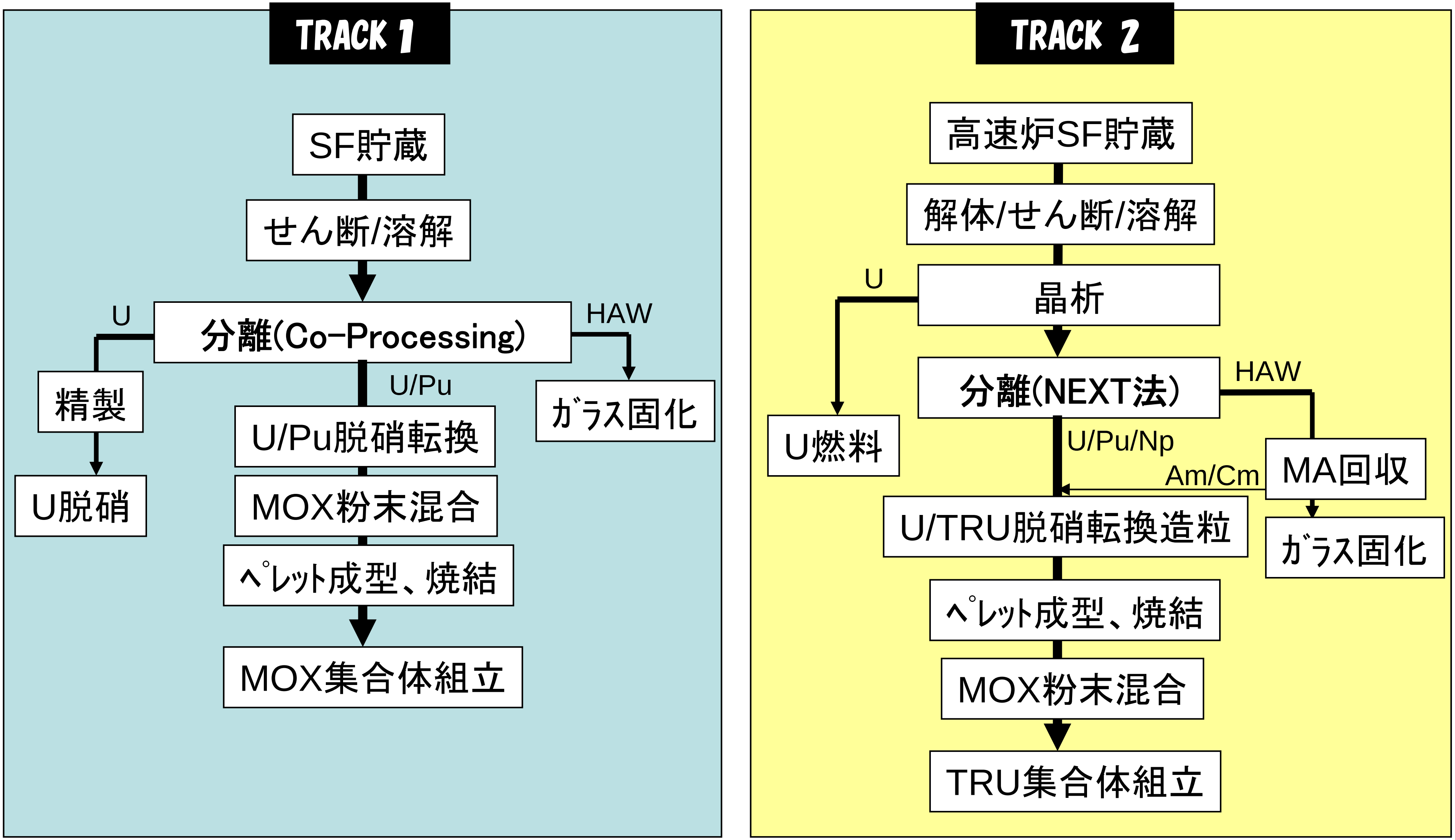
5分野の合意
（１）米国核燃料サイクル施設の共同設計
（２）「常陽」「もんじゅ」を活用した共同燃料開発
（３）原子炉をコンパクト化する構造材料の共同開発
（４）ナトリウム冷却炉用の主要大型機器の共同開発
（５）核燃料サイクル施設等への保障措置概念の共同構築

・政府間の運営委員会
・研究者間のWGを設置
　１）炉技術
　２）燃料サイクル技術
　３）シミュレーションとモデリング
　４）小型炉
　５）廃棄物処分

EOIの提出

GNEP構想の日米協力
EOI：統合核燃料取扱センターCFTCの構想

JAEA、JNFL、富士、日立、IHI、日揮、木村化、神鋼、三菱重工、三マテ、東芝



第50回IAEA総会（2006/9/19-21） 140ヶ国参加
核燃料供給保証(「国際核燃料銀行」構想)

Special Event
New Framework for the Utilization of Nuclear Energy in the 21st Century:
Assurances of Supply and Non-Proliferation

- 多国籍アプローチ
- 核燃料バンク構想（IAEA)
- 核燃料サイクル国際センター（国際ウラン濃縮センター）構想（露）
- GNEP, 濃縮ウラン供給構想（米）
- 燃料供給セキュリティ、共同ウラン濃縮ｾﾝﾀｰ（濃縮産業）
- 核燃料供給登録システム（日）

技術的、制度的検討、IAEAの役割、燃料バンクからの原料提供
Findings、Conclusions、Road map for future work

「核脅威対策構想」(Nuclear Threat Initiative=NTI)グループが、5,000万ドルをIAEAに寄付。

シラク大統領
第4世代原子炉開発着手を発表

2006年1月5日賀詞交換会

<u>第4世代原子炉プロトタイプは、2020年稼働</u>

- 多くの国が2,030～2,040年運開の将来炉を開発中。
これらの炉は、廃棄物の発生が少なく、核物質をより良く利用できる。

- 私は、今日、2,020年に稼動する第4世代原型炉のCEAによる設計作業に着手することを決定した。

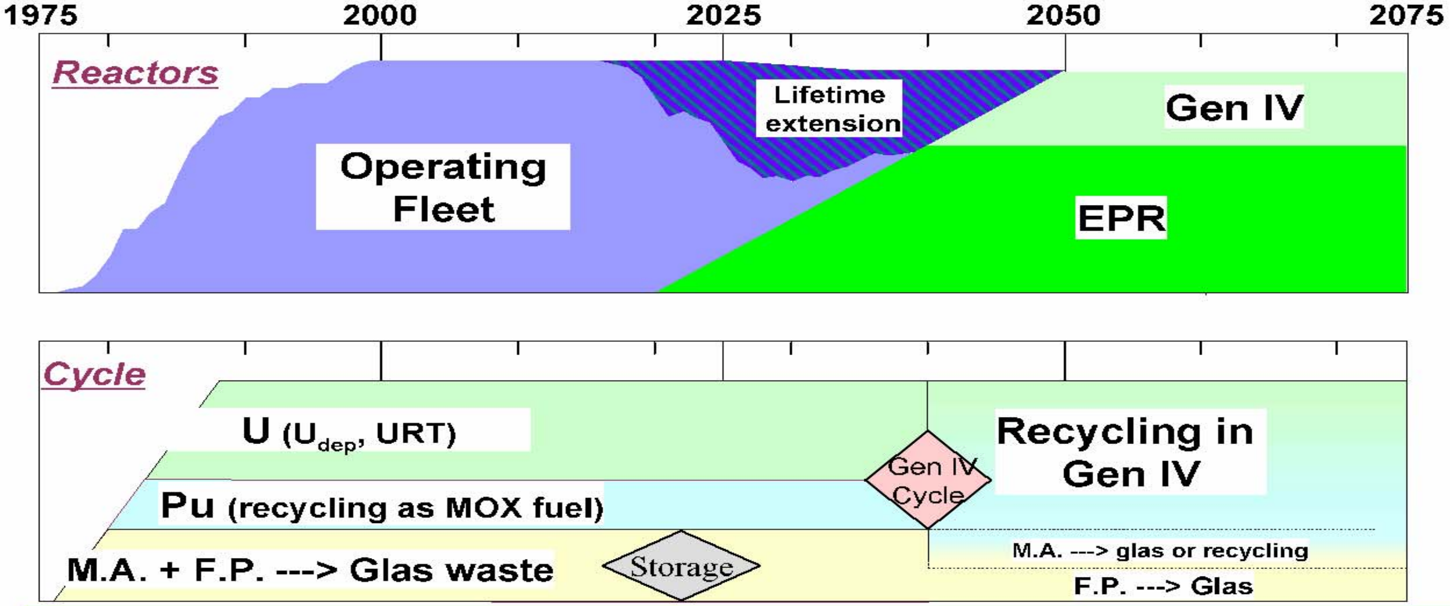
- 参加可能な産業界や国際パートナを自然体で歓迎する。

仏：炉型戦略とPu利用
2040年頃の高速炉と新燃料サイクル計画
第5回敦賀国際フォーラム資料

2040: - Deployment of Fast neutron systems *(SFR or GFR)*

- New spent fuel treatment plant at La Hague (Ganex) – 2 options:

- **Recycling of U-Pu and separate management of MA** *(to waste or interim storage)*
- **Integral recycling of U-Pu-MA**



「放射性物質及び放射性廃棄物の持続可能な管理計画法」公布

フランス新廃棄物法　2006年6月

1991年廃棄物法

高レベル長寿命放射性廃棄物の管理の研究分野

1）長寿命放射性核種の分離・変換

2）回収可能あるいは不可能な地層処分

3）放射性廃棄物のコンディショニングと長期地上貯蔵

2006年新廃棄物法

・法律名の変更

・地層処分場の回収可能性条件を法定化

処分場の閉鎖許可発給は法律の制定による、設置許可で100年以上の回収可能性を確保する期間を設定

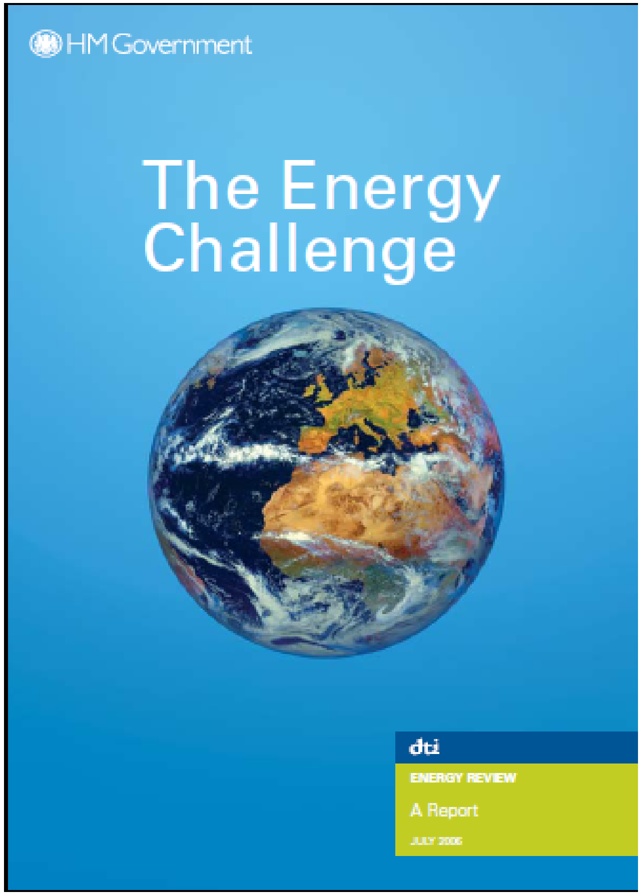
・地層処分場建設・操業等の基金設置

2015年に処分場の設置許可申請、2025年操業開始

中間貯蔵は、2015年までに施設設置

処分場設置許可申請は、地下研究所による研究対象となった地層に限定

英国「原子力の復活」
新エネルギー政策の発表　2006年7月



- 原子力は、今後40年間英国のｴﾈﾙｷﾞｰﾐｯｸｽの中で重要な役割を果たす。
- 現状のままで何もしなければ、今後15年間に原子力は20%から6%に減

「2020年電源構成比」

ガス	37%
石炭	34%
再生可能ｴﾈﾙｷﾞｰ	5%
新規原子力	20%

- 原子力によるCO_2削減効果は大、2030年までに800万トン（50万MWガス発電所22基からの排出量相当）を削減可

BNG、ソープ再処理工場
硝酸溶液漏れ事故、運転再開を期待

- 05年4月83m３の硝酸溶液漏れで操業停止。
- 原子力廃止措置機関NDAの運転再開決定と
  NIIの許認可が必要。
- 9月末に原子力施設検査局NIIの49項目改善措置を完了予定。
  12月末までにﾘｰｸﾗｲﾝ閉鎖の現場処置。
  運転再開は2007年始めとの観測？

- BNFLの組織再編
- WHの東芝売却
- BNGの売却（07/4～）、URENCOの持ち分？
- NEXIAの政府機関への移管希望（2007年末）
  “National Nuclear Labo構想”

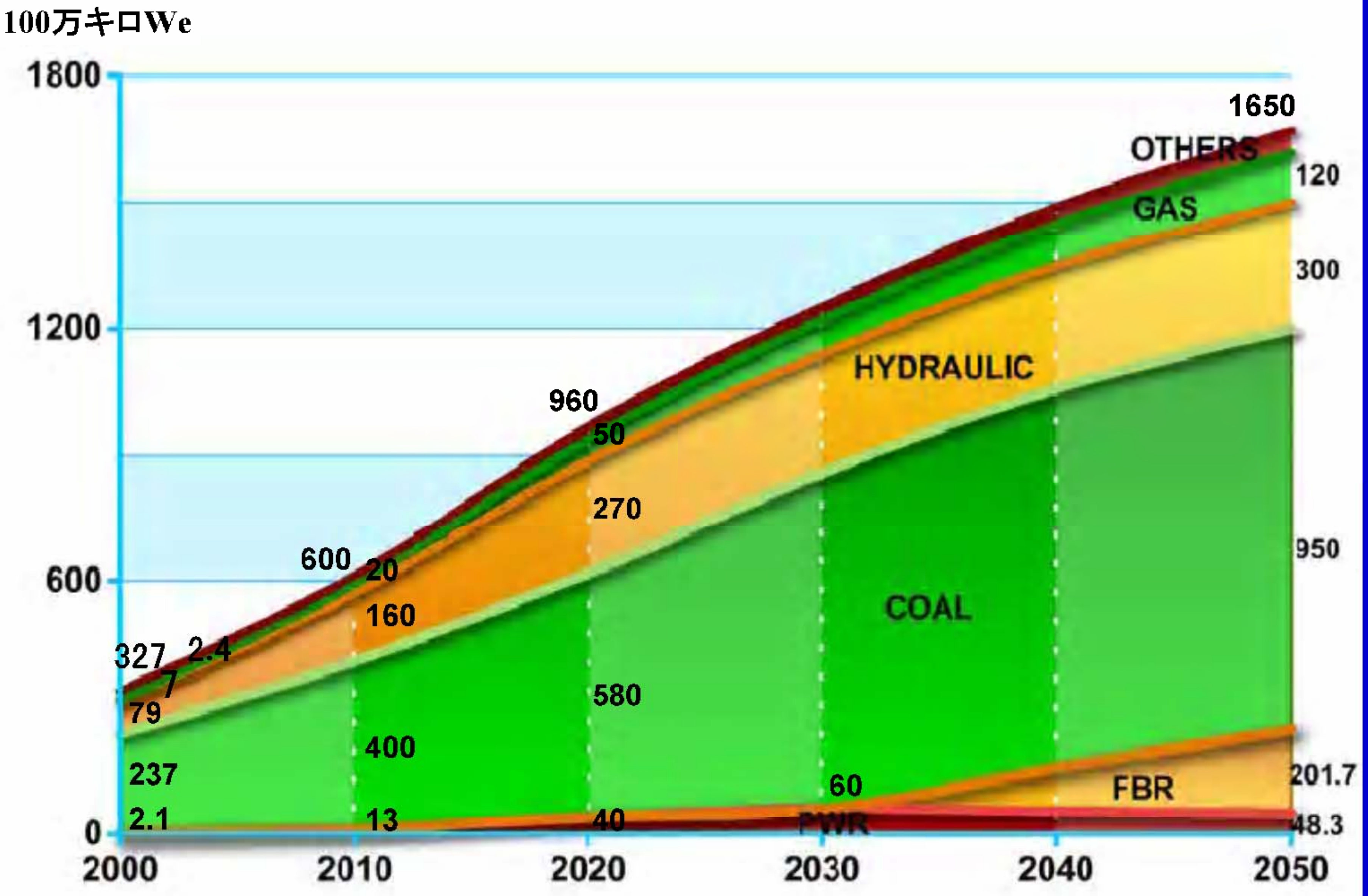
中国の急速な電力供給の伸び

05年　新設発電所6,600万KW　（東電1社分の供給量）、
　　電源構成：火力（石炭）発電が3/4
06年　新設7,000万KW稼働予定

課題（国家発展改革委員会）
「地域を越えた送電網の整備、大都市での電力不足問題の解消」

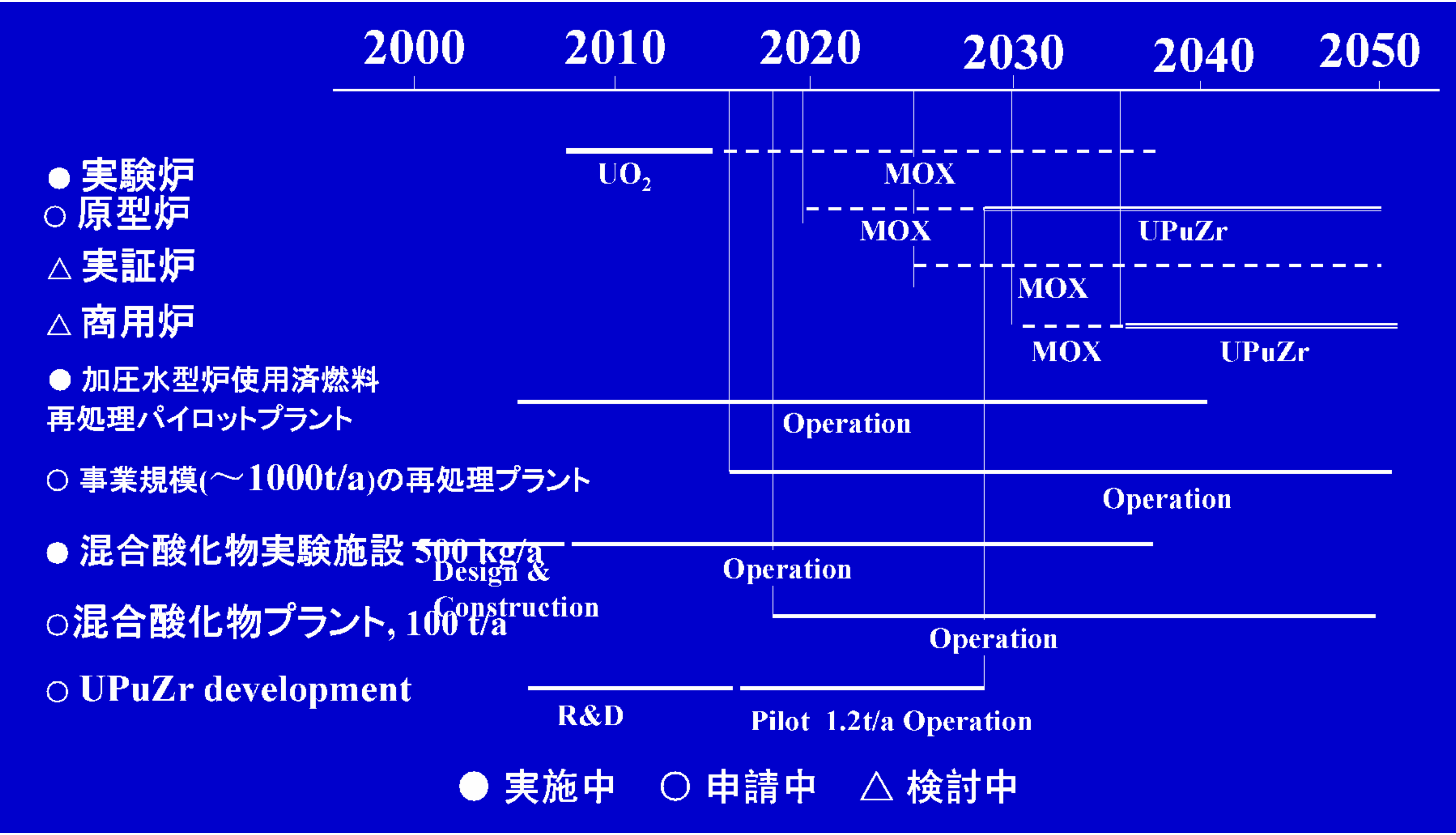
原子炉：稼働中　9基（設備容量約700万KW、PWR7、CANDU2）
　　運転開始準備中　2基
　　建設中　4基
　　FBR実験炉　09年臨界
　　国産PWR　2010年実現

「国家経済開発計画」
2020年原子力発電容量36～40GW　（電源構成4-5%）を想定



中国において予想される発電容量の伸び

燃料サイクル計画


2000
2010
2020
2030
2040
2050
● 実験炉
○ 原型炉
△ 実証炉
△ 商用炉
UO_2
MOX
MOX
UPuZr
MOX
MOX
UPuZr
● 加圧水型炉使用済燃料
再処理パイロットプラント
Operation
○ 事業規模(～1000t/a)の再処理プラント
Operation
● 混合酸化物実験施設 500 kg/a
Design &
Construction
Operation
○混合酸化物プラント, 100 t/a
Operation
○ UPuZr development
R&D
Pilot 1.2t/a Operation
● 実施中　○ 申請中　△ 検討中

大規模な原発新設構想

・　電源構成（総発電容量123GWe）
石炭55％、水力26％、天然ガス10％、新エネ5％、原子力3％

現在7基建設中：　PHWR 4基、VVER 2基、PFBR 1基

・2052年電力ニーズ：　10倍規模（1,344GWe）予測、
原子力275 Gwe（大部分FBR）まで増期待。

・　<u>Pu利用を最も効率的に行う高速炉開発利用は当面最重要課題</u>

1）高速実験炉FBTR（カルパッカムのインディラ・ガンジー原子力研究所）　20年間安全運転
炭化物燃料、最高燃焼度15万MWD/ｔ達成。使用済炭化物燃料の再処理試験も実施中

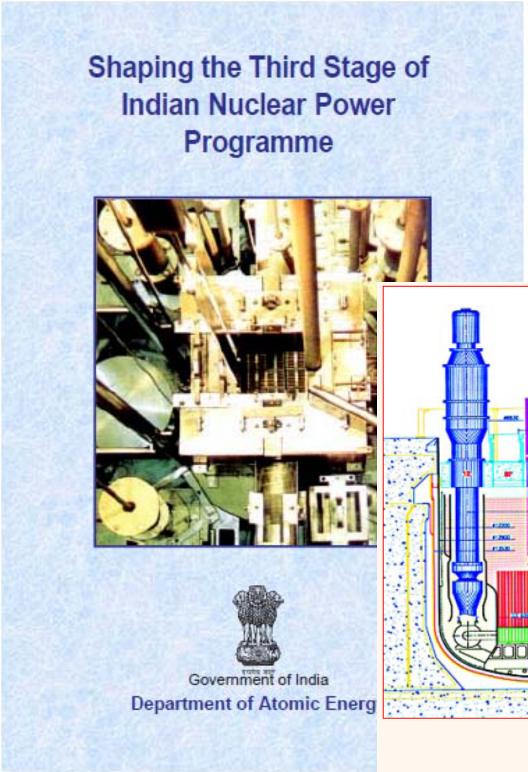
2）　高速原型炉PFBR（50万kW ）建設中
D9被覆管MOX 燃料はトロンベイのバーバ原子力研究所（BARC）で製造

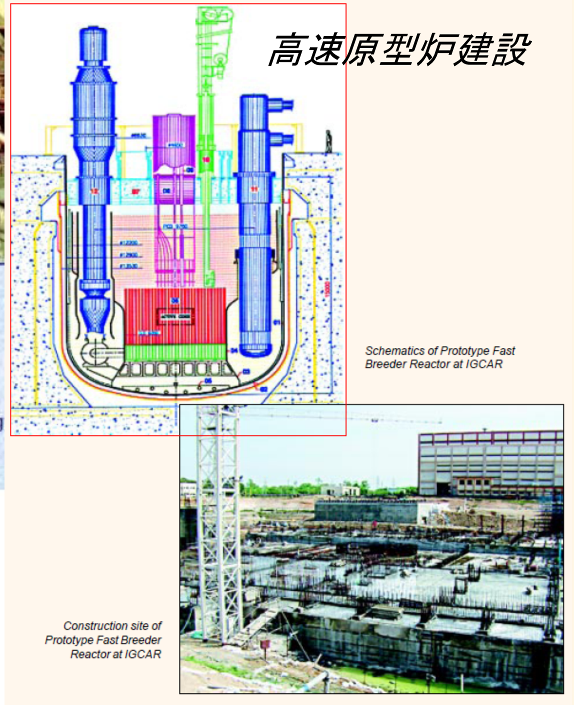
3）　高速炉燃料サイクル施設の建設計画
PFBRサイトに隣接、現在地盤調査中
増殖比向上のため金属燃料開発と、乾式再処理法の研究も推進中

・　<u>自国のウラン資源は少量、ワンススルー利用では十分なエネルギー供給源になりえない</u>
（NPT未加盟のため海外からの調達は特別ケース以外は困難）。

・　<u>トリウム資源は極めて豊富</u>

高速炉サイクル開発の推進





基本政策：3段階の原子力開発・利用

1）重水炉でのウラン燃料利用

2）高速炉でのPuリサイクル

3）新型重水炉でのThリサイクル

まとめ

・原発1000基以上の事態に備えるｻｲｸﾙ技術が必要

－　中長期の不確実性に備える
－　競合・実証技術をホールドする
－　技術継承と人材育成を忘れずに