

# TOSHIBA

Leading Innovation >>>

---

# 世界的な原子力推進機運と 東芝の対応

2007年3月29日

株式会社 **東芝**

原子力事業部 技監

**清水 建男**

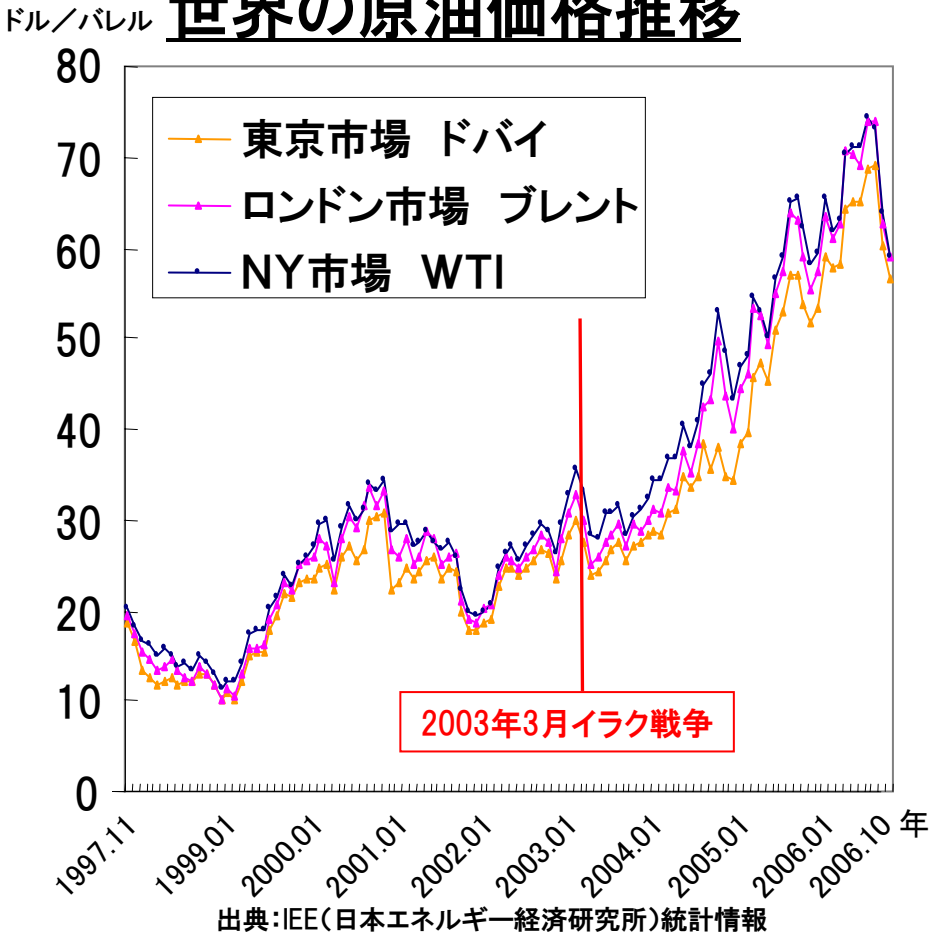
---

# 目次

- はじめに
- 原子力市場動向
- 東芝の原子力事業
- 海外への取組み
- 将来に向けた取組み
- GNEP構想

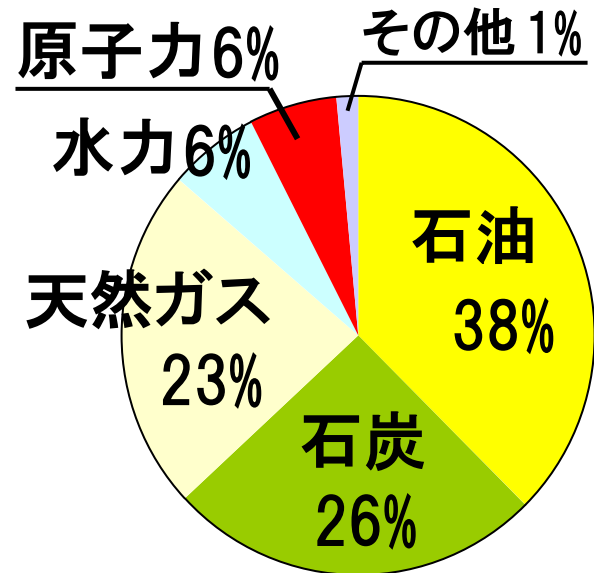
# 世界のエネルギー事情

## 世界の原油価格推移



## 一次エネルギー需要

### 資源別(2004年)



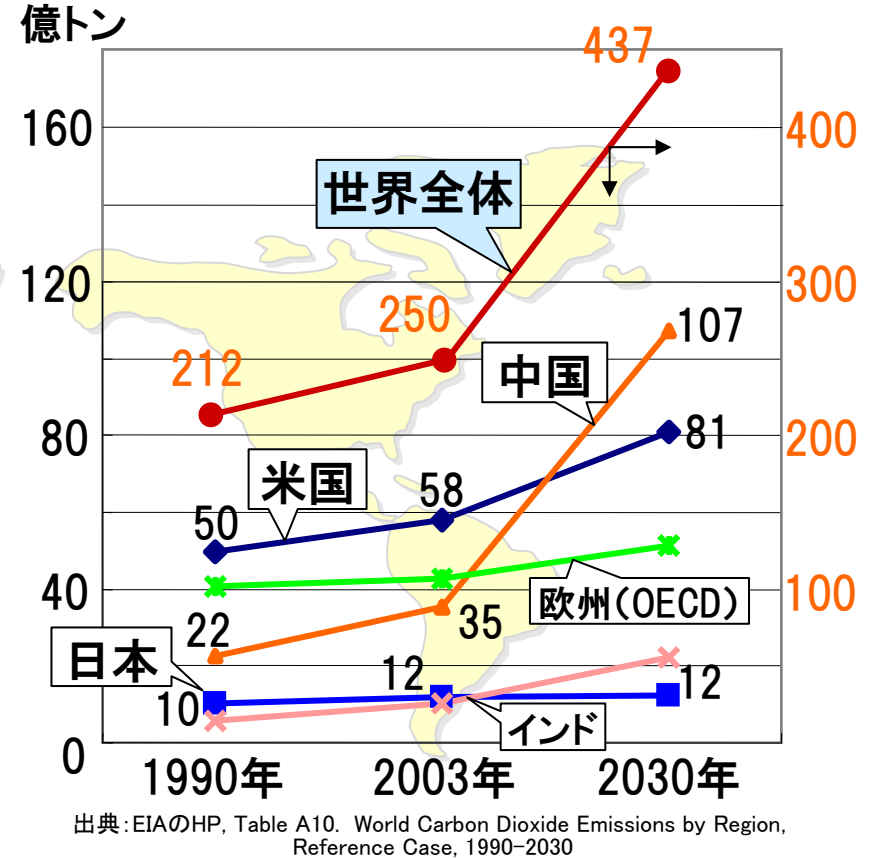
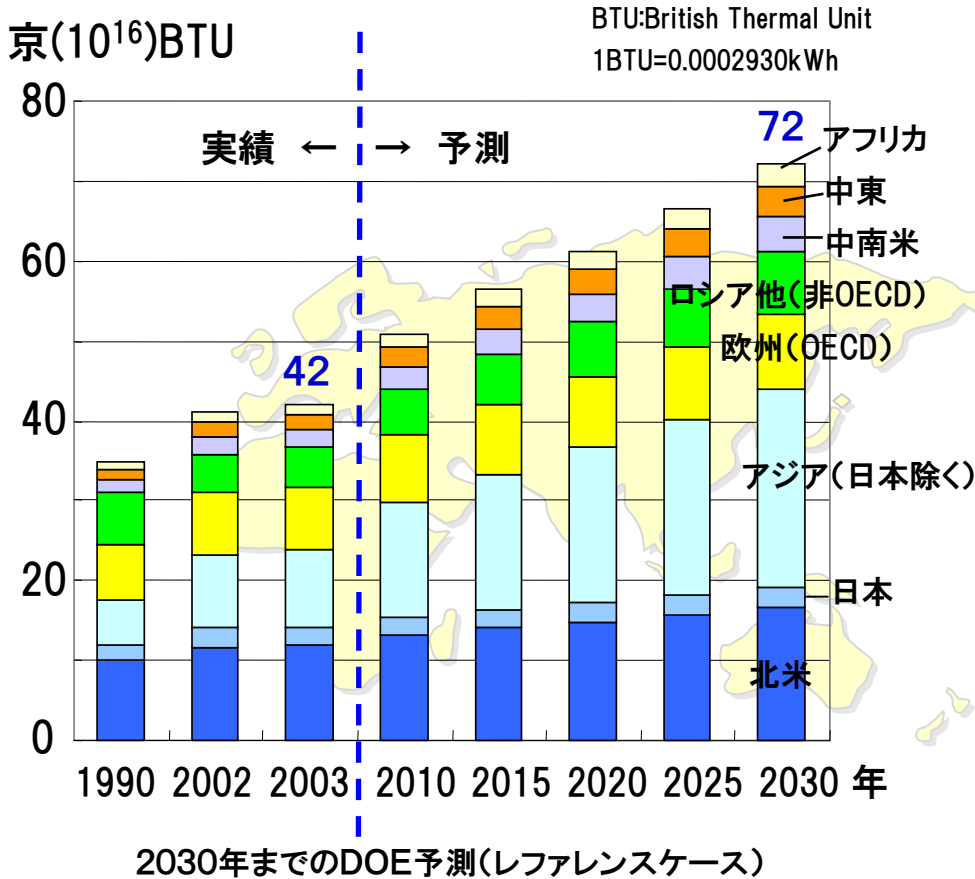
出典:International Energy Annual 2004

著しい価格高騰にも関わらずエネルギー需要は原油に依存

# 世界のエネルギー事情

## 一次エネルギー需要予測

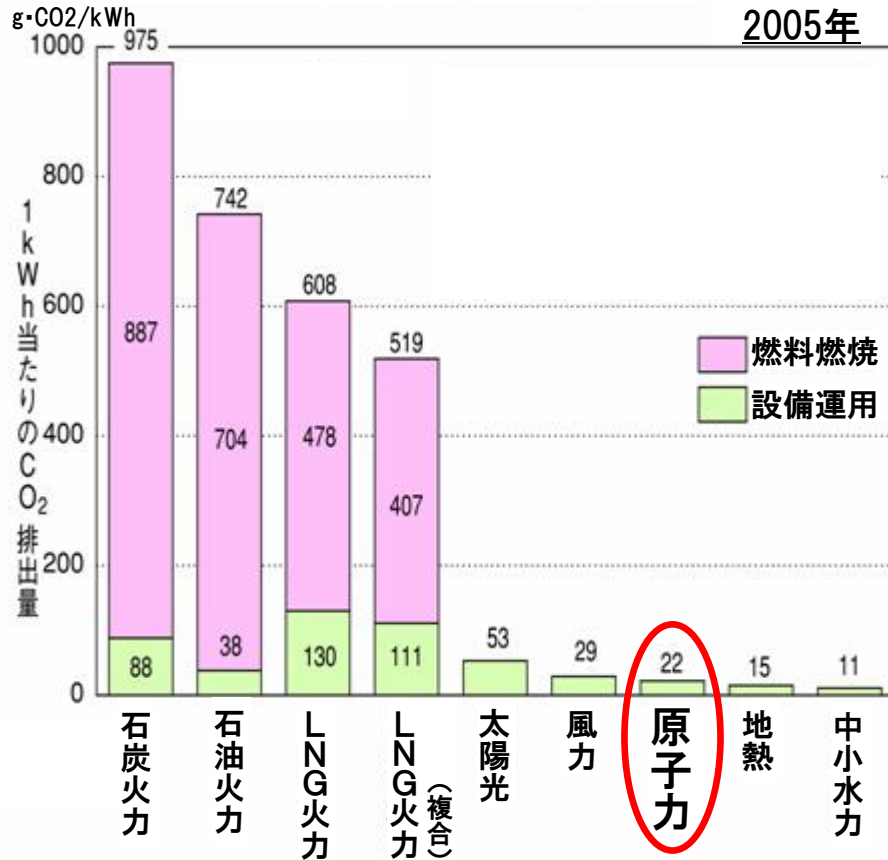
## CO<sub>2</sub>排出量予測(主要国)



エネルギー需要, CO<sub>2</sub>排出量は今後も増加

# 他電源との比較

## 各種電源別のCO2排出量



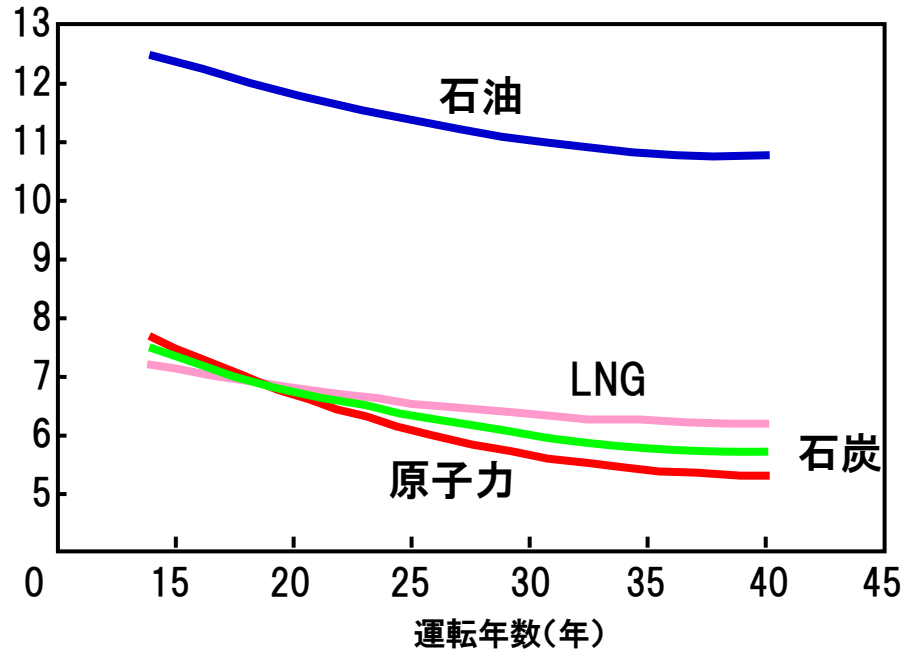
(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある。

出典：電力中央研究所報告書 他

出典：「原子力・エネルギー」図面集 2005-2006 (財)日本原子力文化振興財団

## 発電コスト比較

発電コスト 運転年数を変化させた場合の発電コスト  
(円/kWh) (設備利用率80%、割引率3%)



出典：総合資源エネルギー調査会

コスト等検討小委員会(平成16年1月23日)資料

原子力はCO2削減に効果的かつ経済的にも優位

# 原子力発電と新エネルギーの比較

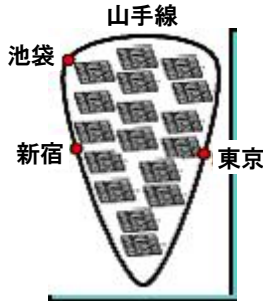
## 建設コストの比較 ※

原子力発電所一基  
100万kW級  
(3000億円)



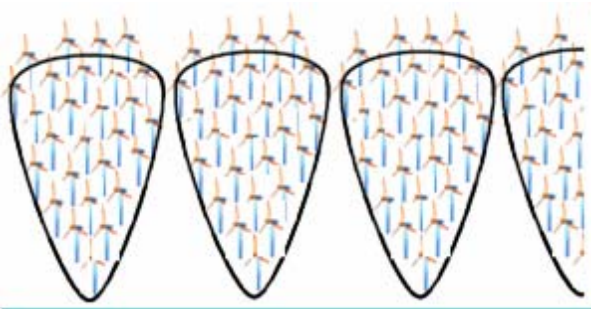
||

太陽光発電  
山手線一杯の  
面積(約67km<sup>2</sup>)  
(6~7兆円)

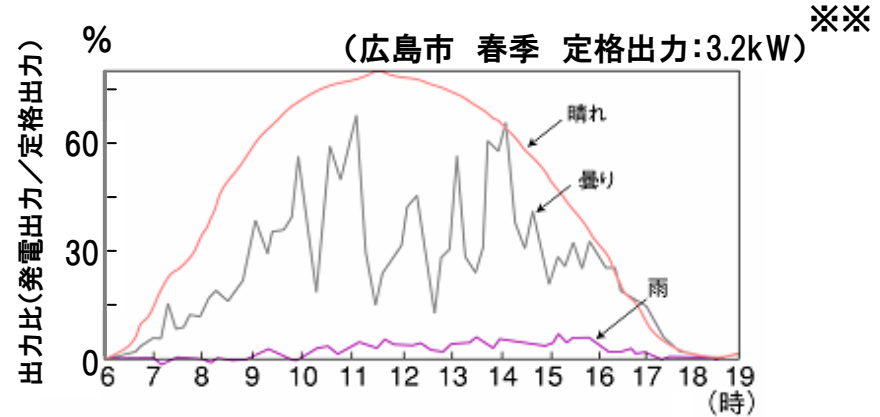


||

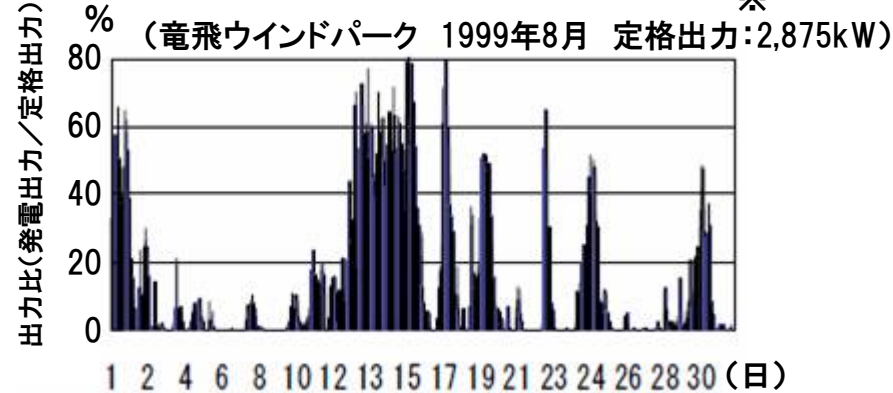
風力発電  
山手線の3.5倍の  
面積(約246km<sup>2</sup>)  
(1兆円)



## 太陽光発電の天候別発電出力の推移



## 風力発電の発電出力の推移 ※



出典: ※ 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会 原子力部会報告書「原子力立国計画」2006年8月  
 ※※ 「原子力・エネルギー」図面集 2005-2006 (財)日本原子力文化振興財団

新エネルギーに対しても経済性や供給安定性で優位

---

# 目次

- はじめに
- **原子力市場動向**
- 東芝の原子力事業
- 海外への取組み
- 将来に向けた取組み
- GNEP構想

# 原子力市場動向

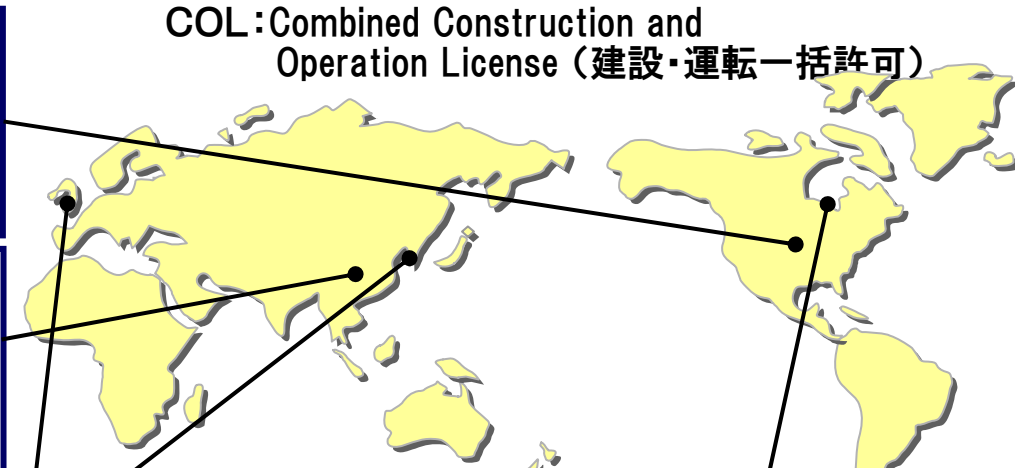
COL: Combined Construction and Operation License (建設・運転一括許可)

**米国** 包括エネルギー法成立  
COL申請計画30基  
〈内 AP1000が16基〉

**中国** 2020には30GW増設  
〈4基 AP1000受注〉

**韓国** 2015までに8基新設予定

**英国** 原子力推進へ転換  
〈AP1000も有力候補〉



**カナダ** 新設サイト準備許認可申請

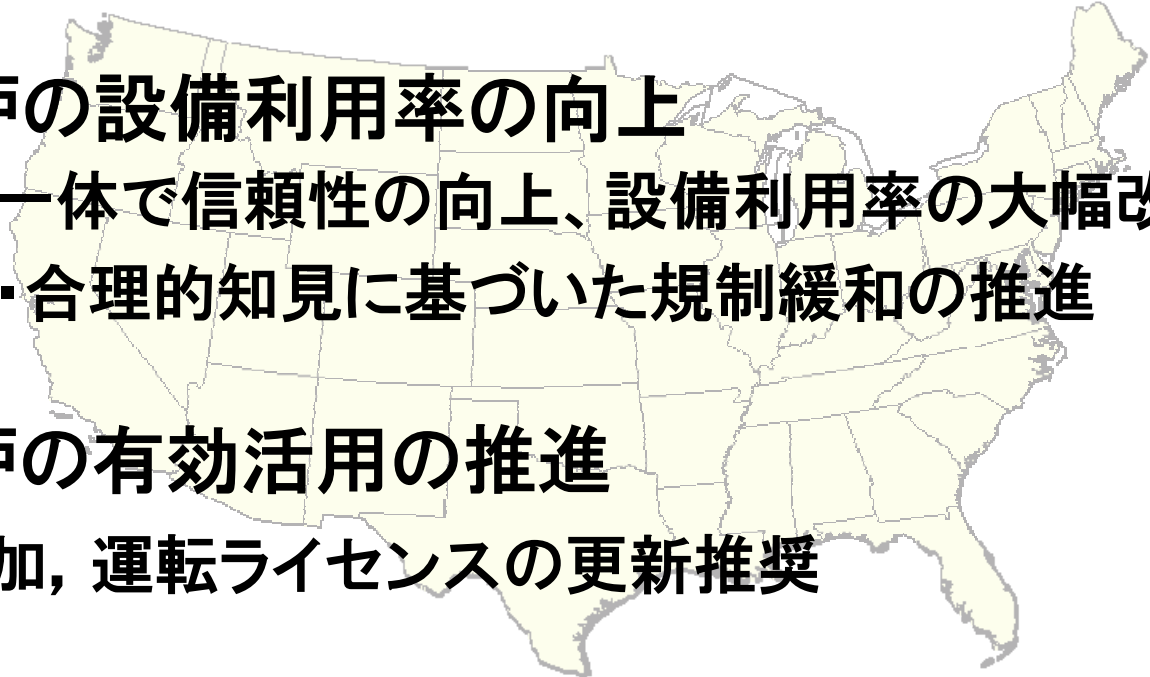
**日本** 「原子力立国計画」策定  
〈06年度電力供給計画推進支援〉  
計画中11基

**その他の新設需要**  
・ベトナム ・インド ・インドネシア ・マレーシア ・メキシコ ・ブラジル ・アルゼンチン ・リトアニア ・ルーマニア

**原子力導入・拡大機運が具体化**



# 米国 原子力の動向

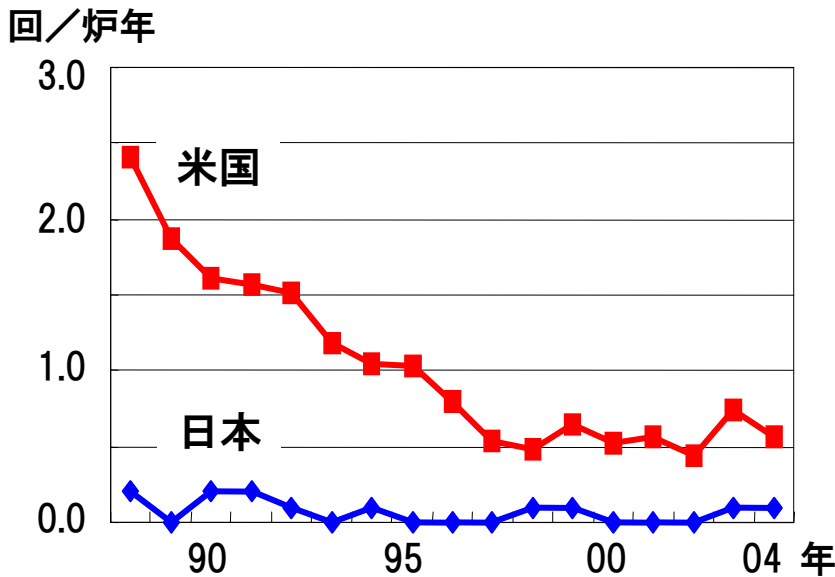
- 
- **既設炉の設備利用率の向上**  
産業界一体で信頼性の向上、設備利用率の大幅改善に努力  
科学的・合理的知見に基づいた規制緩和の推進
  - **既設炉の有効活用の推進**  
出力増加, 運転ライセンスの更新推奨
  - **新設炉建設促進のための政策・規制面での支援**

原子カルネッサンス

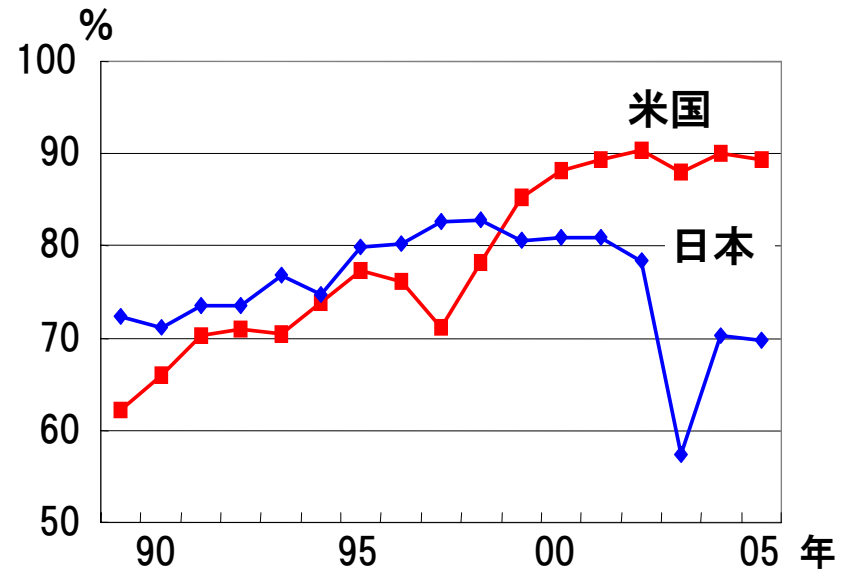
# 米国における既設炉の設備利用率の向上

## 計画外自動停止の低減

## 設備利用率の向上



出典: SECY-05-0069/SECY-06-0076, NRC  
原子力安全基盤機構ホームページ



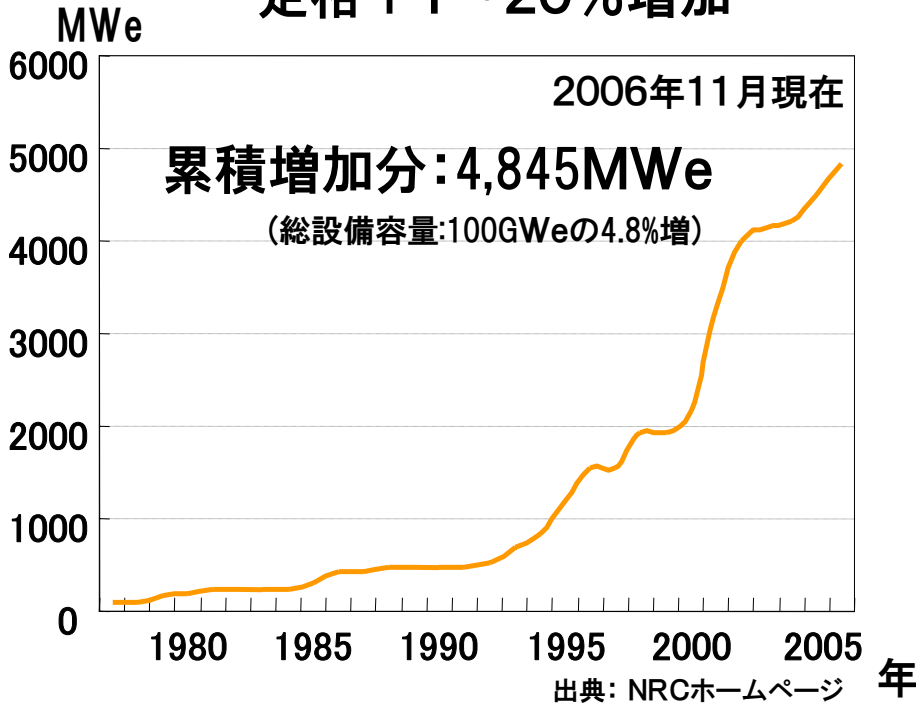
出典: Annual Energy Review2005, Energy Information Administration  
原子力安全基盤機構「原子力施設運転管理年報」、  
日本原子力産業協会HP(2004年～2005年分)

計画停止大幅削減と高設備利用率維持

# 米国の既設炉有効活用

## 出力増加

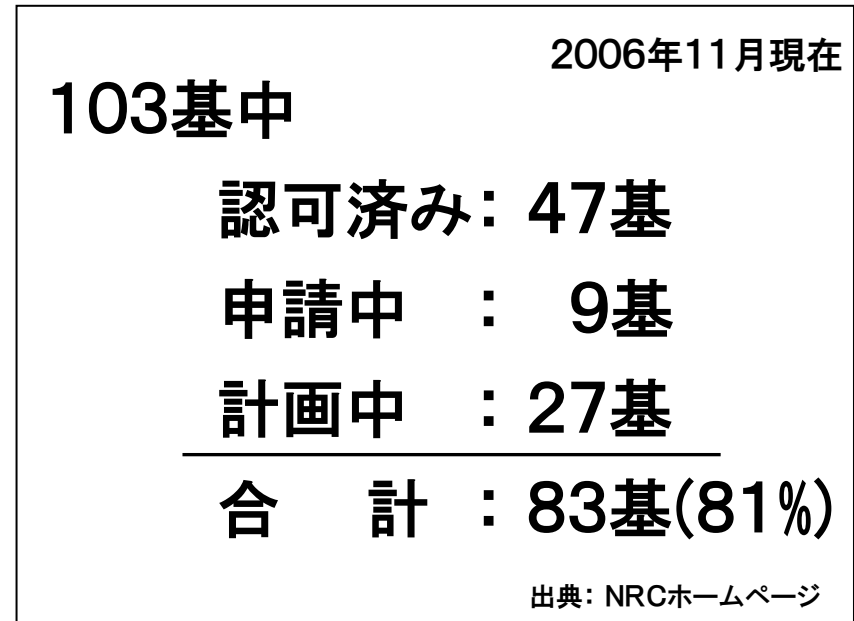
定格+1~20%増加



「2001年国家エネルギー政策」では  
『出力増加で+12,000MWe可能』と評価

## 運転ライセンスの更新

+20年間の期間延長



「2001年国家エネルギー政策」では  
『既設炉の90%が期間延長する』と予想

**国家エネルギー政策を受けて既設炉利用拡大加速**

# 米国の原子力発電支援政策

## 国家エネルギー政策(01年)

原子力発電許認可手続きの合理化による既設炉の有効活用等を提言

## 原子力計画2010 (02年)

2010年までに新規原子力発電所を建設し、運転開始を目指すDOEの支援プログラム

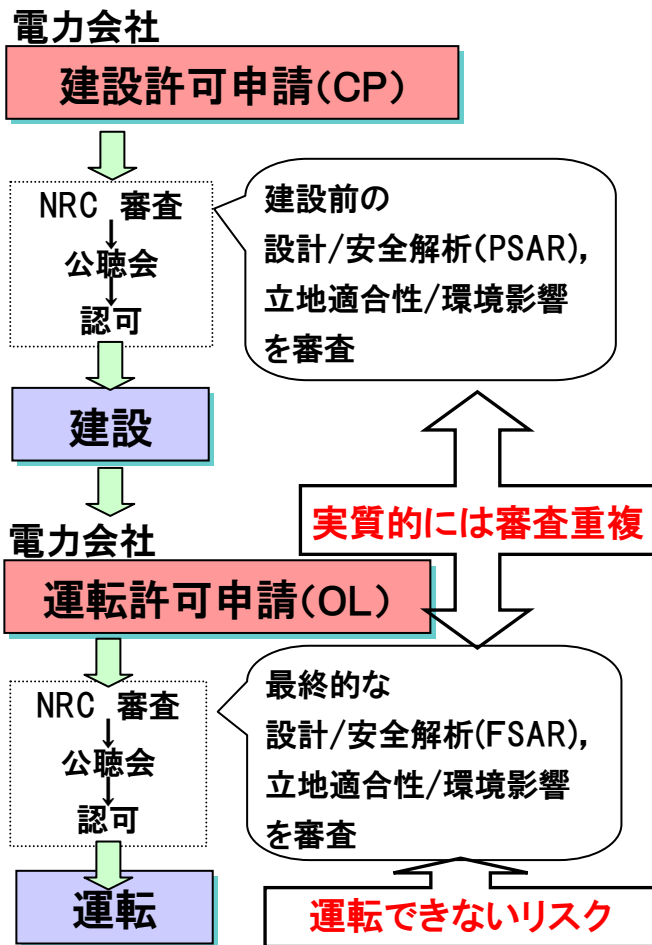
## 包括エネルギー法 (05年)

- ◆ プライス・アンダーソン法(無過失賠償)の2025/12/31まで延長
- ◆ 新規建設に対する最大80%までの債務保証(細目検討中)
- ◆ 新規建設に対する生産税控除
  - 最初の8年間、\$125M/1000MW又は1.8セント/kWhの低いほうの、生産税を控除
  - 適用上限は6000MW
- ◆ 新規建設遅延に伴う損失補償
  - 事業者責任ではない原因による建設遅延の場合、最初の6基を対象に、初めの2基は100%、後の4基は50%を政府が補償。炉型は3デザインに限定

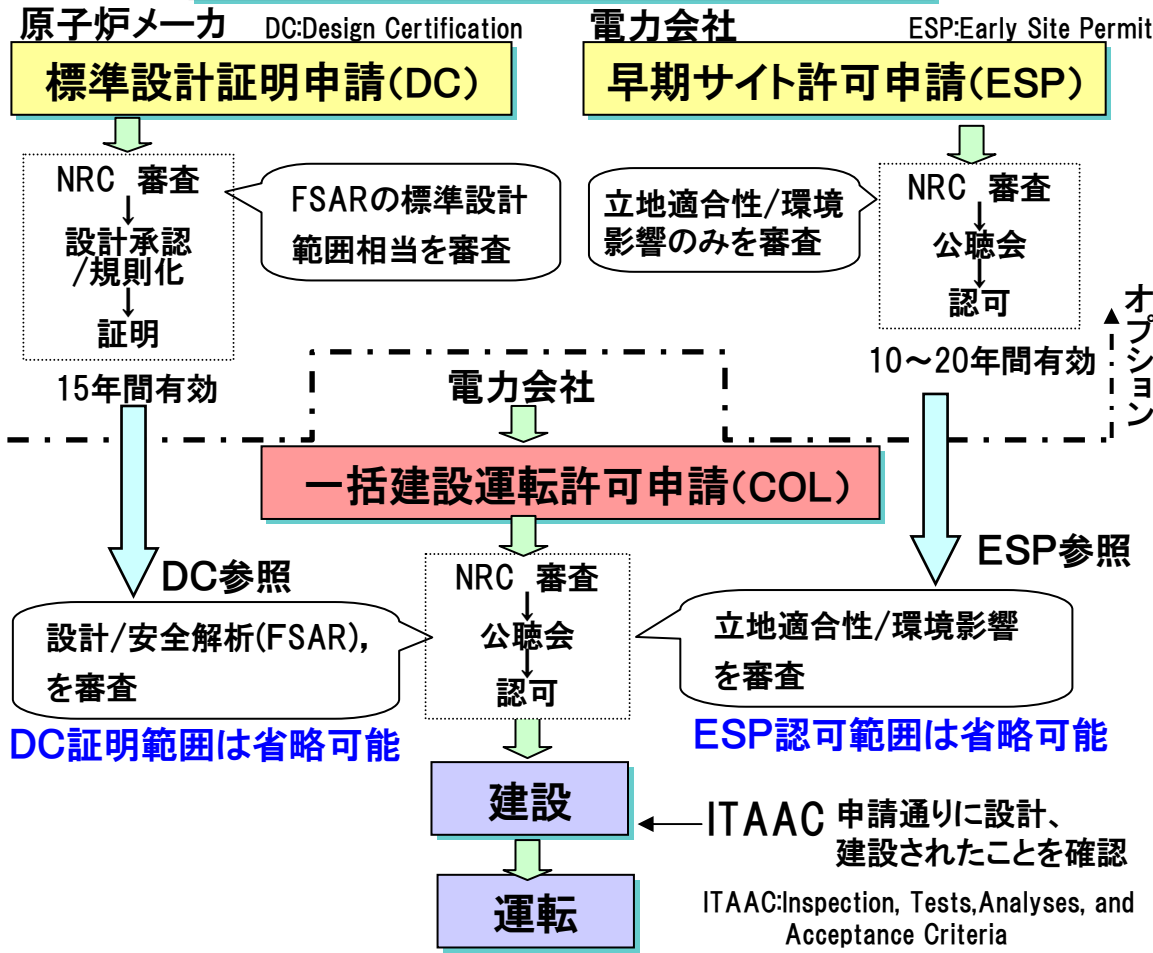
新規建設実現のための優遇政策を実行

# 設置許可プロセスの合理化

## 従来:二段階審査(10CFR50)



## 現在:一括審査(10CFR52)



COL申請後の許認可リスクを事前に低減

参考: "Nuclear Power Plant Licensing Process", NUREG/BR-0298)

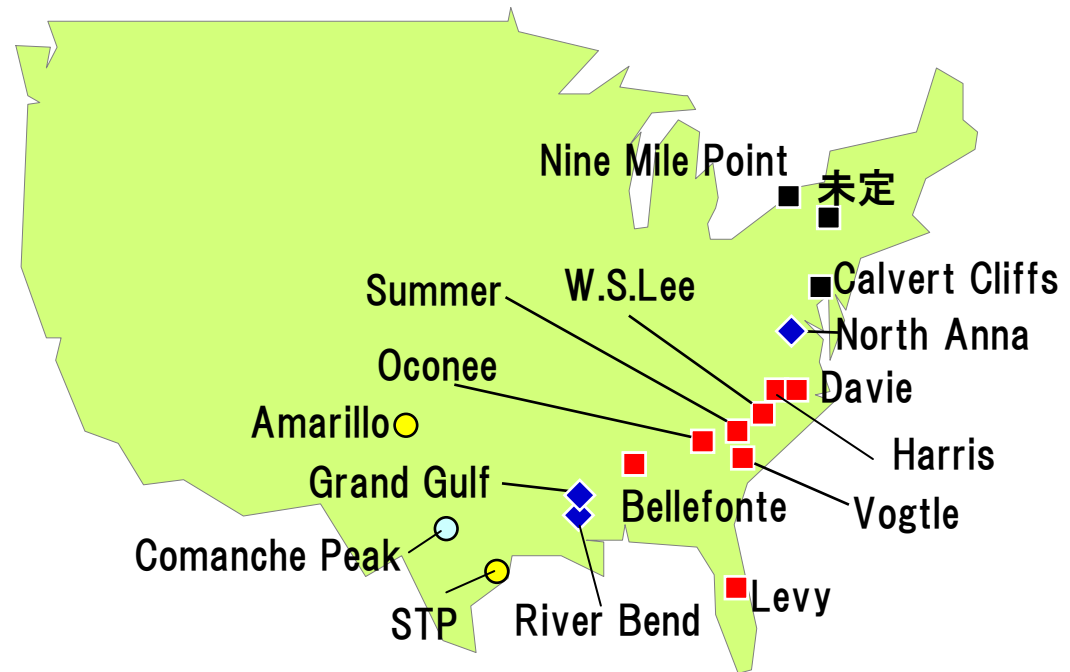
# 米国の新規建設申請状況

## ● 30基以上／15電力GrでCOL申請準備中

### 【COL申請準備中サイト】

■ AP1000	8サイト	16基
◆ ESBWR	3サイト	3基
■ EPR	サイト未定	5基
● ABWR	2サイト	4基
○ APWR	1サイト	2基

参考:NEIホームページ(07/3)  
一部東芝想定



新規建設機運が高揚

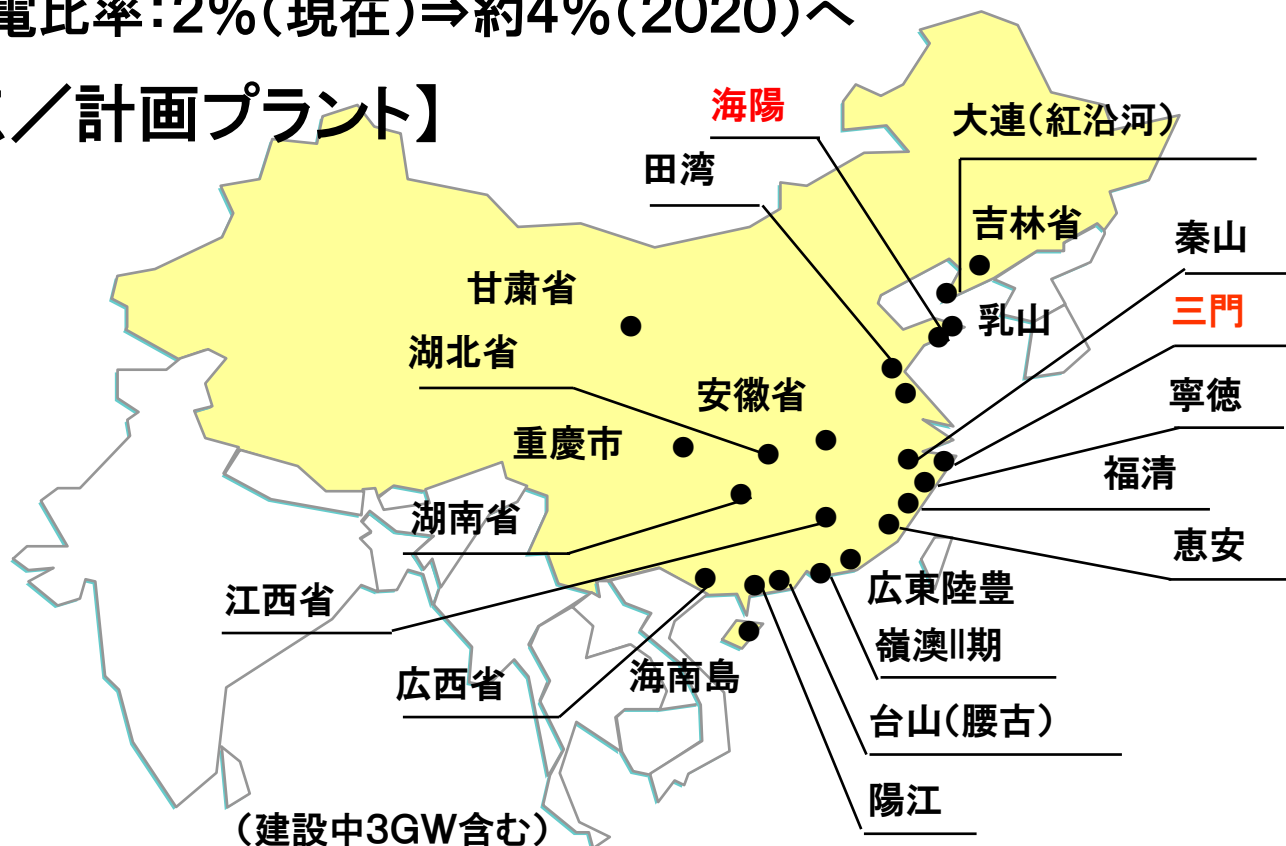
# 中国の原子力発電動向

## ■ 第11次5カ年計画(2006年3月)

原子力発電設備容量: 10GW⇒40GWへ

原子力発電比率: 2%(現在)⇒約4%(2020)へ

### 【候補地点／計画プラント】



2020年には現在10GW→40GWまで拡大

# ベトナムの原子力発電動向

■ 原子力長期計画の首相承認(2006年1月)

■ 新規原子力発電所導入のためのFS実施を予定

← 日本原電殿主体の日本連合で  
受注活動中

■ 日越間原子力平和協力推進を決定  
(2006年10月共同声明)



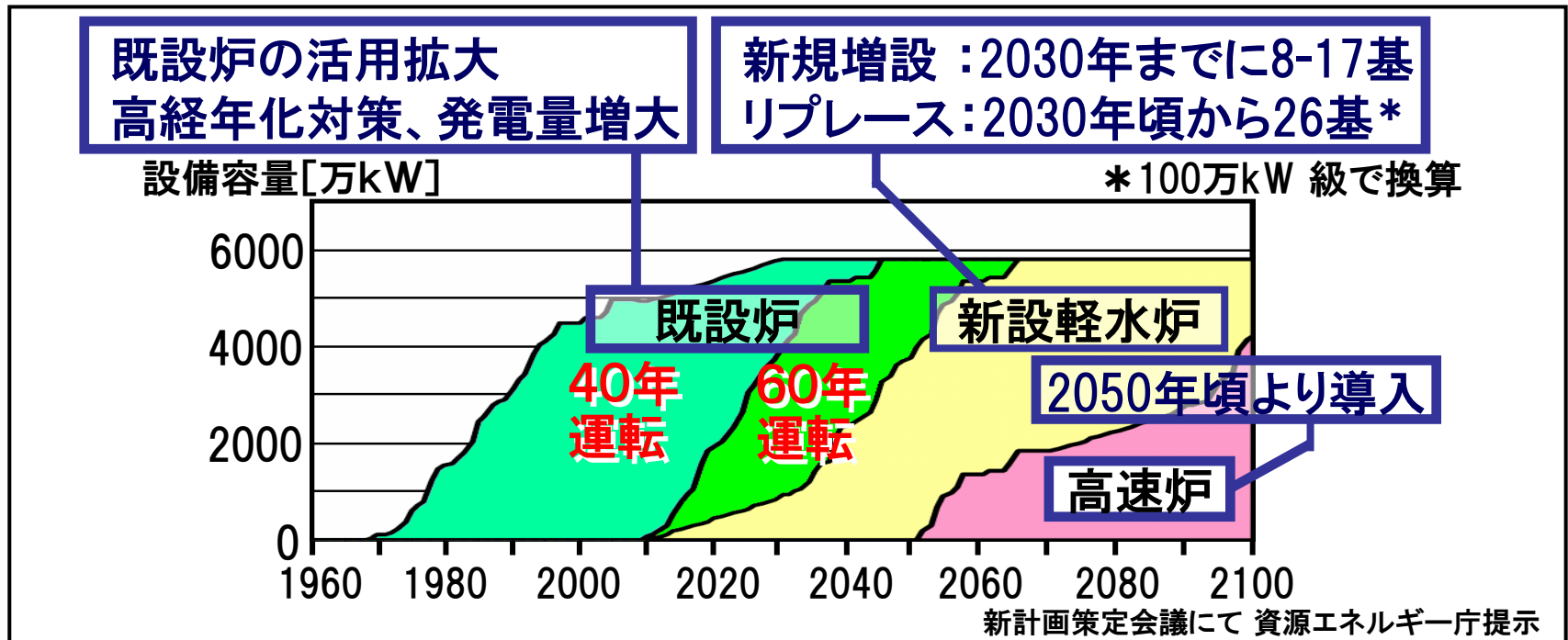
2020年までに2~4GWの原子力発電所導入を検討中



# 我が国の原子力政策

## 基本目標：『原子力政策大綱』閣議決定(2005年10月)

- ① 2030年以後も、発電電力量の30～40%程度以上
- ② 核燃料サイクルを着実に推進
- ③ 高速増殖炉の2050年の商業ベース導入 など



将来にわたり基幹電源として原子力を推進

# 国家原子力政策への東芝の取組み

## 原子力立国計画

## 東芝の取組み

1

既設原子力発電所の活用

統合保全／プラント性能向上技術の開発

2

原子力発電の新・増設、  
既設炉リプレイス投資環境の実現

大間、東電東通等の工期短縮工法開発、  
建設費削減への努力

3

核燃料サイクルの着実な推進  
高速炉サイクルの早期実用化

六ヶ所再処理工場の操業開始支援  
もんじゅ運転再開支援とNa取扱技術継承  
FBR実証炉開発への積極的参加

4

技術・産業・人材の厚みの確保・発展  
我が国原子力産業の国際展開支援

世界で通用する次世代軽水炉の開発  
WECを通じ東芝技術・経験を世界に展開  
ベトナム等海外の人材育成協力

5

原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた  
国際的な枠組み作りへの積極的関与

GNEP構想等国际協力枠組みへの参加  
核拡散抵抗性の高い再処理技術の開発

原子力大綱  
の実現

国家原子力政策実現に向け、積極的に技術開発等で貢献

---

# 目次

- はじめに
- 原子力市場動向
- **東芝の原子力事業**
- 海外への取組み
- 将来に向けた取組み
- GNEP構想

# 東芝グループの理念

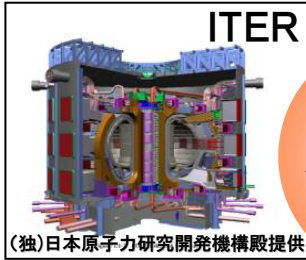


人と、地球と、明日のために。

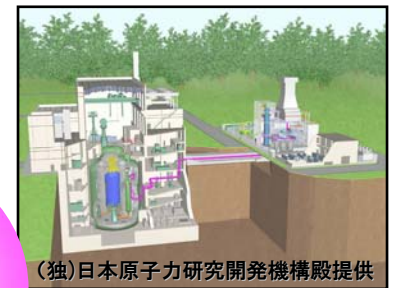
すべての事業プロセス、すべての製品で  
持続可能な地球の発展に貢献します。

# 東芝の原子力事業概要

プラント  
建設



核融合



水素  
製造

高速炉



保全  
サービス



燃料  
サイクル



原子力を通じ環境とエネルギーセキュリティに貢献

# 東芝の軽水炉事業

研究・開発



臨界試験設備

設計



系統設計

製造・調達



タービン

建設



建設計画

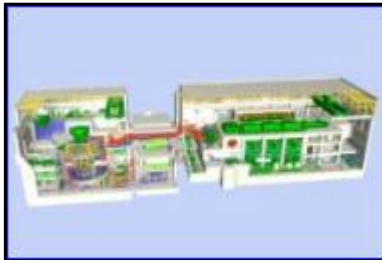
運転・保守



炉内溶接ロボット



静的安全系試験設備



プラント配置設計



原子炉炉内構造物



原子炉圧力容器据付

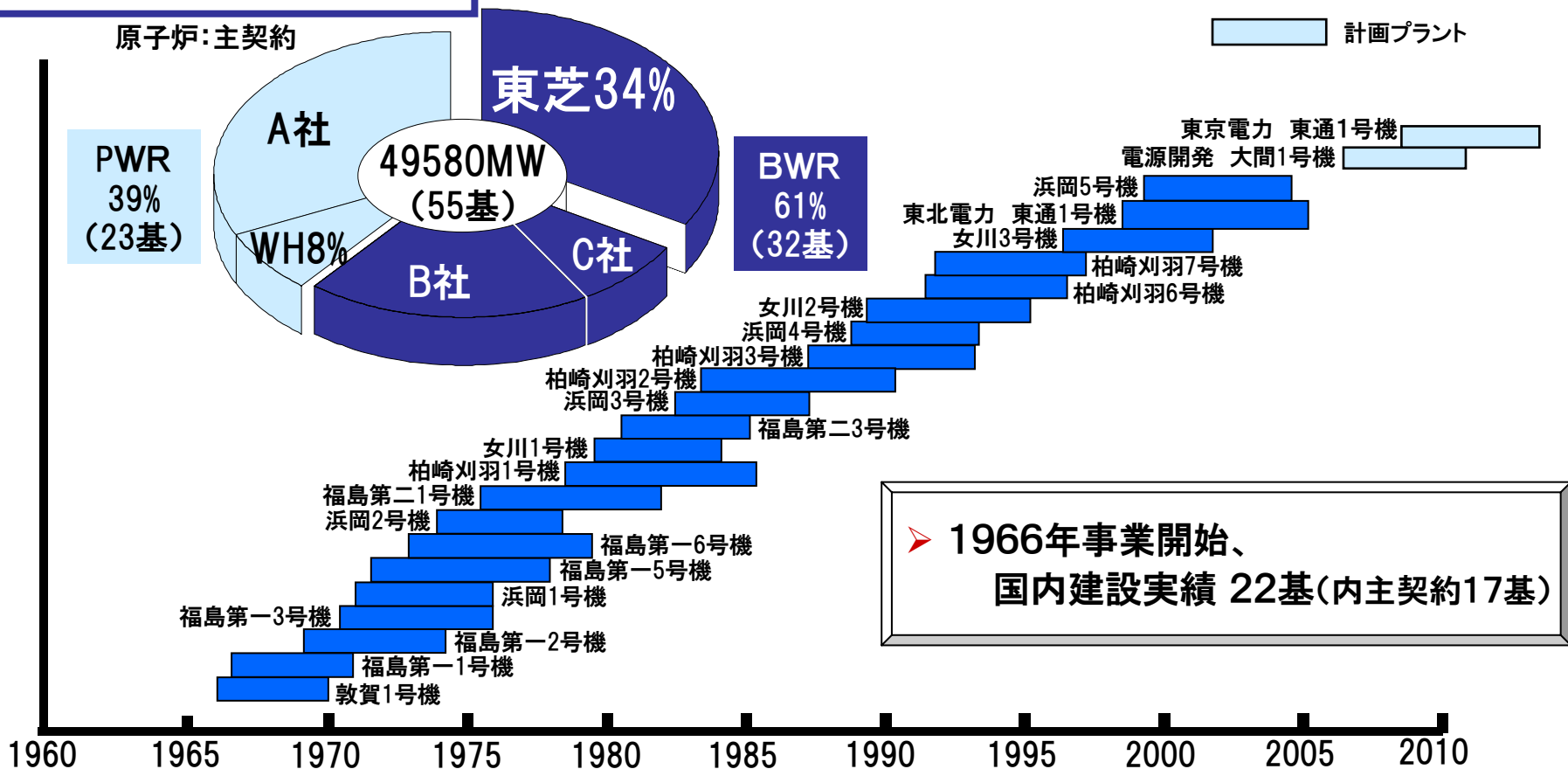


タービン点検

# 東芝の原子力事業(軽水炉事業実績)

## 国内軽水炉シェア(設備容量比)

■ 稼動中プラント  
■ 計画プラント



世界トップレベルの技術力と製造力

# 東芝原子力の取組み(国内既設炉)

## 原子力産業の動向

### 運転プラントの 価値向上

- 高経年化設備の予防保全の推進
- 60年運転を目指した設備信頼性向上

## 東芝の取組み

### 信頼性向上

安定運転維持・稼働率向上

- ・短工期補修技術
- ・検査・監視の高度化
- ・予防保全
- ・健全性評価

### 経済性向上

発電量増大

- 熱出力増加
- 長期サイクル運転
- 定格熱出力運転
- ・原子炉系性能向上
- ・運転状態監視の高度化
- ・タービン系性能向上

既設プラントの価値向上に向けた技術開発の推進



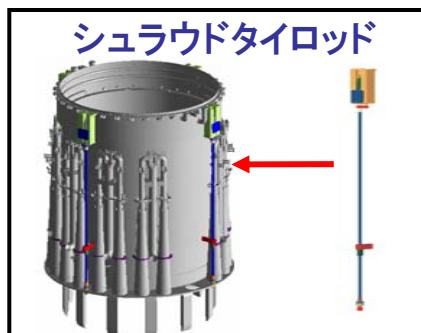
# 東芝原子力の取組み(国内既設炉)

## 信頼性向上

- 予防保全  
炉内構造物応力改善



- 短工期補修技術  
シュラウドの  
構造強度の確保



- 検査・監視  
状態監視保全の高度化

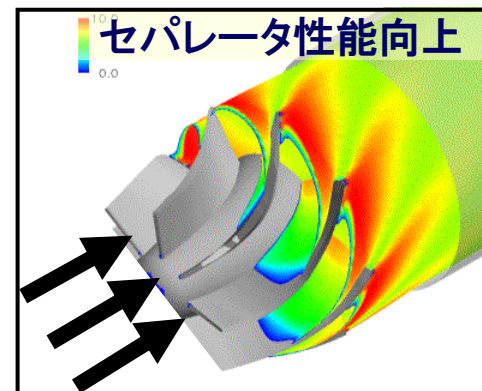


- 健全性評価  
確かな欠陥検出と  
正確な進展予測

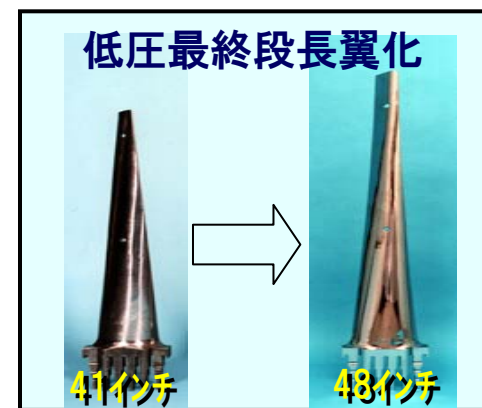


## 経済性向上

- 原子炉系性能向上



- タービン系性能向上



# 東芝原子力の取組み(次世代軽水炉)

## 世界で通用する次世代軽水炉

### 建設単価の低減

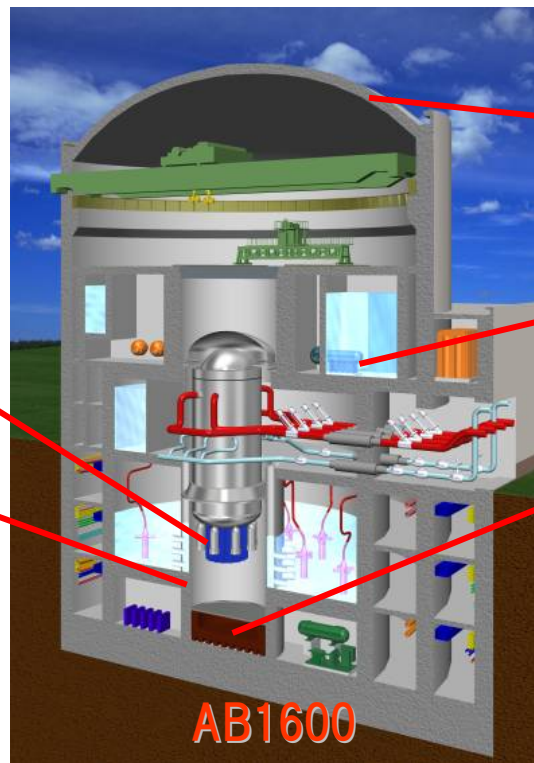
- 原子炉系の簡素化
  - ・大型燃料によりCR/CRD数を削減
  - ・RIP台数削減

### 建設工期の短縮

- モジュール工法建屋
- SC構造建屋  
モジュール構成/輸送容易

### 稼働率の向上

- 長期サイクル運転
- 定検短縮



### 安全性向上

- 航空機落下対応強化外壁
- 静的安全系※の採用  
(PCCSIによるPCV除熱、重力注入)
- 苛酷事故対応  
コアキャッチャ

※非常用炉心冷却系:静的・動的の組合せ  
※崩壊熱除去系:非常用:静的、常用:動的

- WEC技術と連携してPWR次世代軽水炉開発に参画

官民一体で革新的な次世代軽水炉の開発・推進

---

# 目次

- はじめに
- 原子力市場動向
- 東芝の原子力事業
- **海外への取組み**
- 将来に向けた取組み
- GNEP構想

# 海外への取り組み

---

世界的に原子力の役割増大・新規建設機運が高揚



WEC\*と一体となり世界の原子力発展に貢献

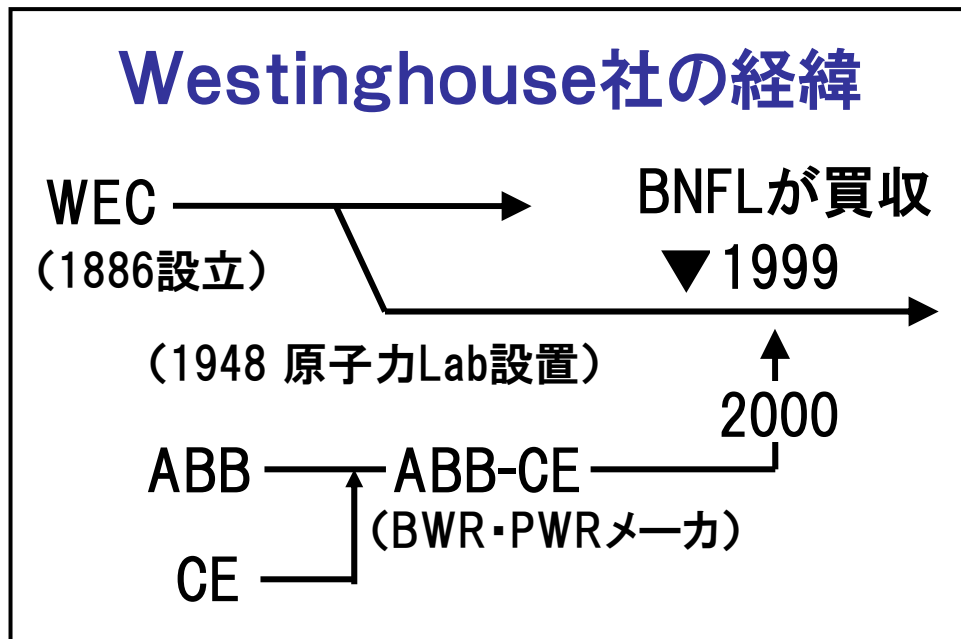
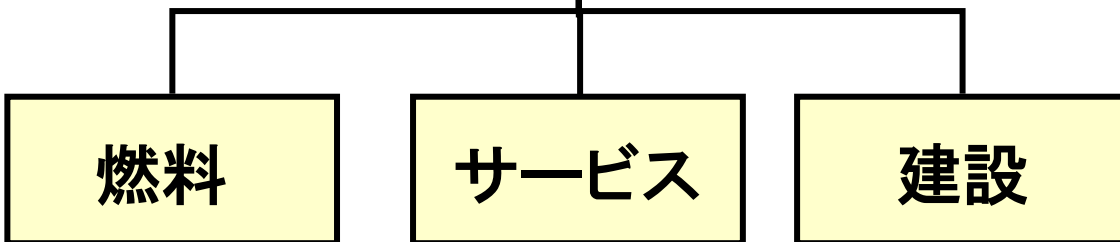
\*:Westinghouse社(WEC)

- 世界の原子力需要に応じて原子力発電設備を提供・普及
- 日本で培った製造技術・総合エンジニアリング力を世界に提供
- 日本の優れた原子力安全文化を世界に普及

# Westinghouse社(WEC)概要



Westinghouse

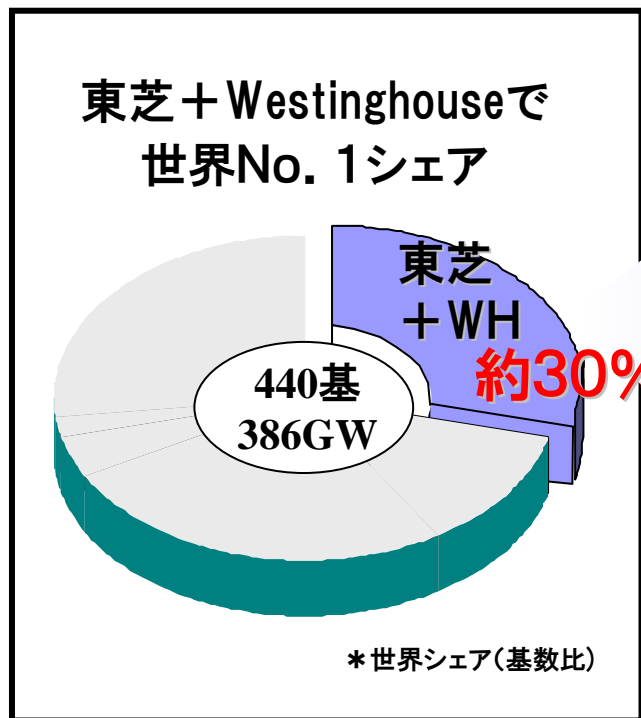


プラント実績 96基  
PWR 87基  
BWR 9基

\* 運転中基数(原子炉系納入)

原子力を創生・発展、PWRのリーディングカンパニー

# 世界最大規模のシェア保有



PWR 87基  
BWR 26基

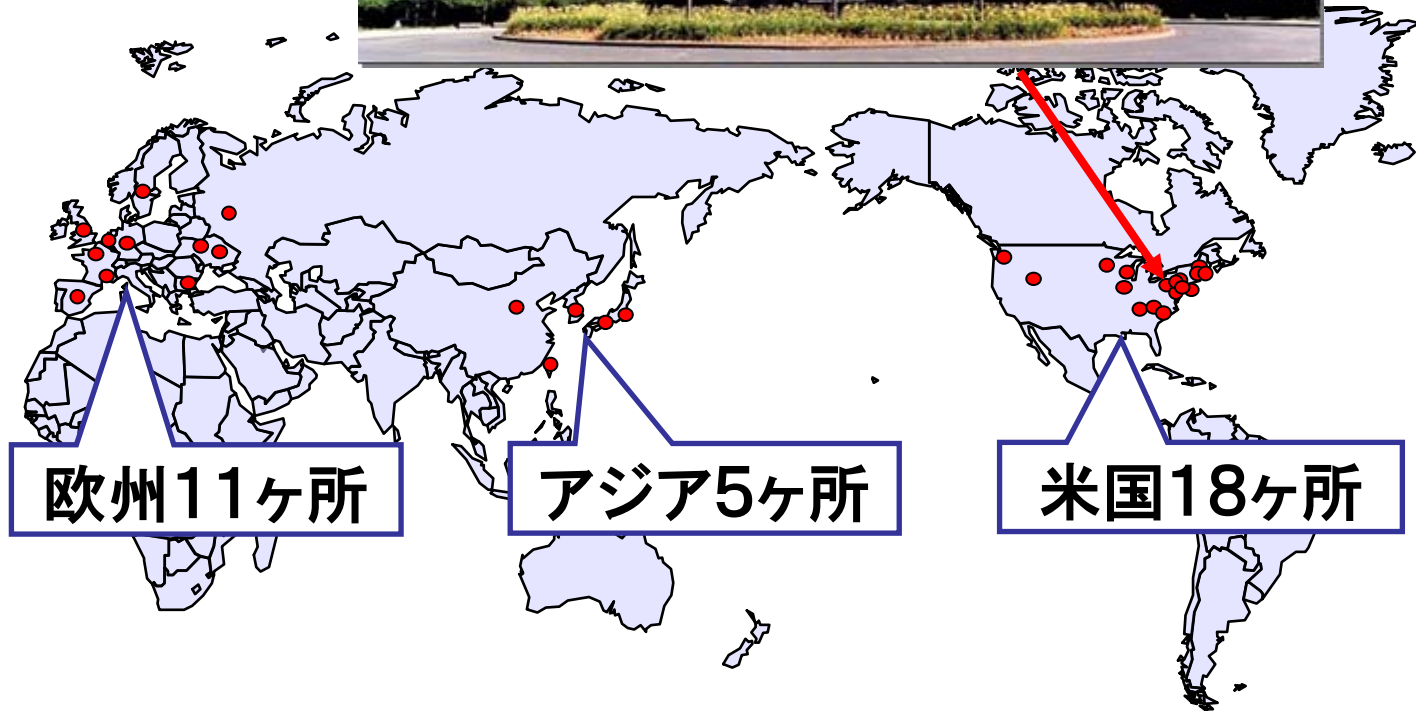
	米国	62基
	日本	22基
	スウェーデン	10基
	スペイン	5基
	韓国	6基
	台湾	2基
	スイス	2基
	フィンランド	2基
	スロベニア	1基
	ブラジル	1基
	10カ国合計	113基

各国の原子力事業推進を通して地球環境に貢献

# 世界14カ国 34ヶ所に活動拠点

本社

Energy Center Pittsburgh, PA



欧州11ヶ所

アジア5ヶ所

米国18ヶ所

## Sweden

燃料加工、BWRサービス



## USA

燃料加工



## USA

R&Dセンター



## UK

ガス炉燃料製造の運営



## USA

Zr材料



## USA

エンジニアリングセンター





## USA 炉内構造製造

Newington, NH



## USA I&C・スペアパーツ

New Stanton, PA



## USA フィールドセンター

Waltz Mill, PA



## Belgium

フィールド・エンジニアリングサービス

Nivelles



## Germany フィールド・ エンジニアリングサービス

Mannheim



## France

フィールドサービス

Manosque



## Spain

フィールド・  
エンジニアリングサービス

Madrid

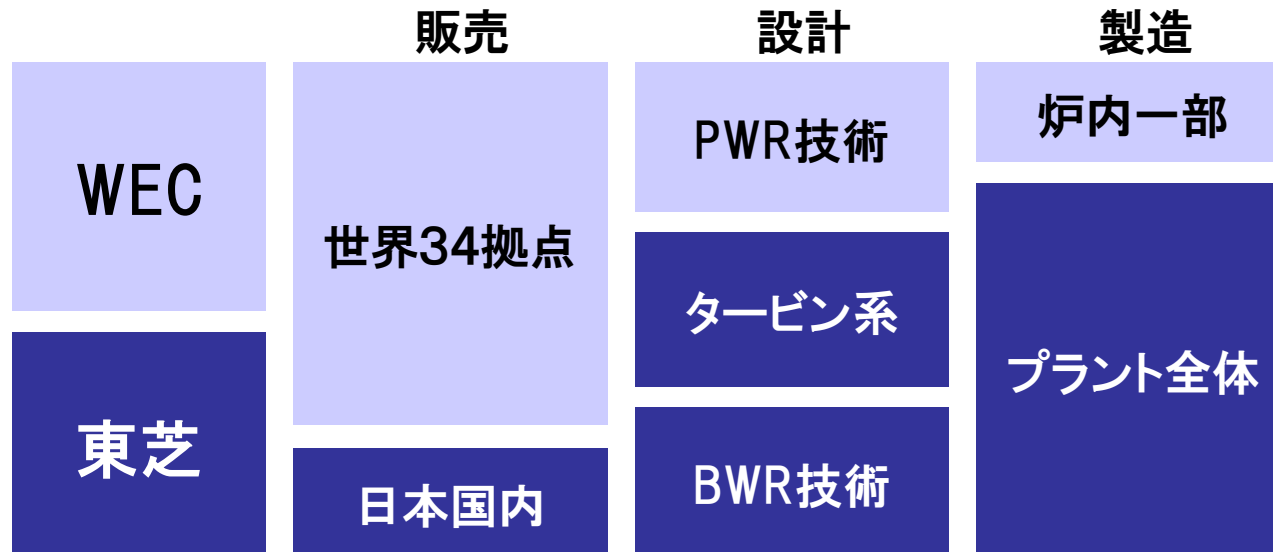


# 東芝／WECの事業領域

【販売】 世界14ヶ国34地点の販売網・拠点

【設計】 PWR／BWR両炉型に対応できる技術

【製造】 プラント全体を包括する製造能力



東芝＋WECで広範な領域をカバーし世界の原子力の発展に貢献

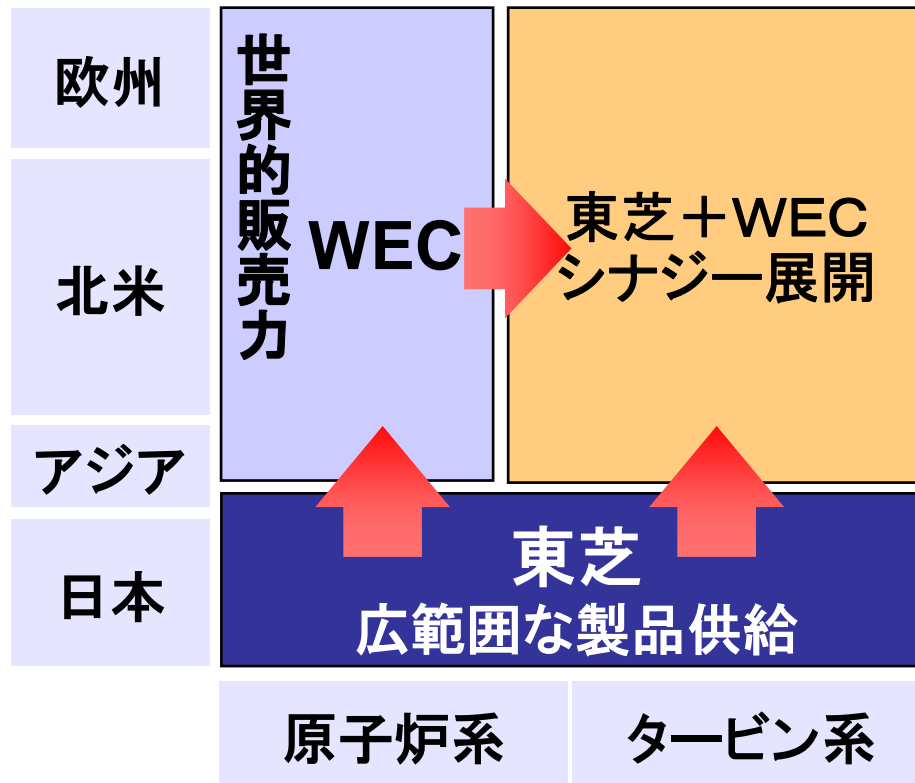
# 米国新設に向けた原子炉メーカーの動向

## 【候補炉型】

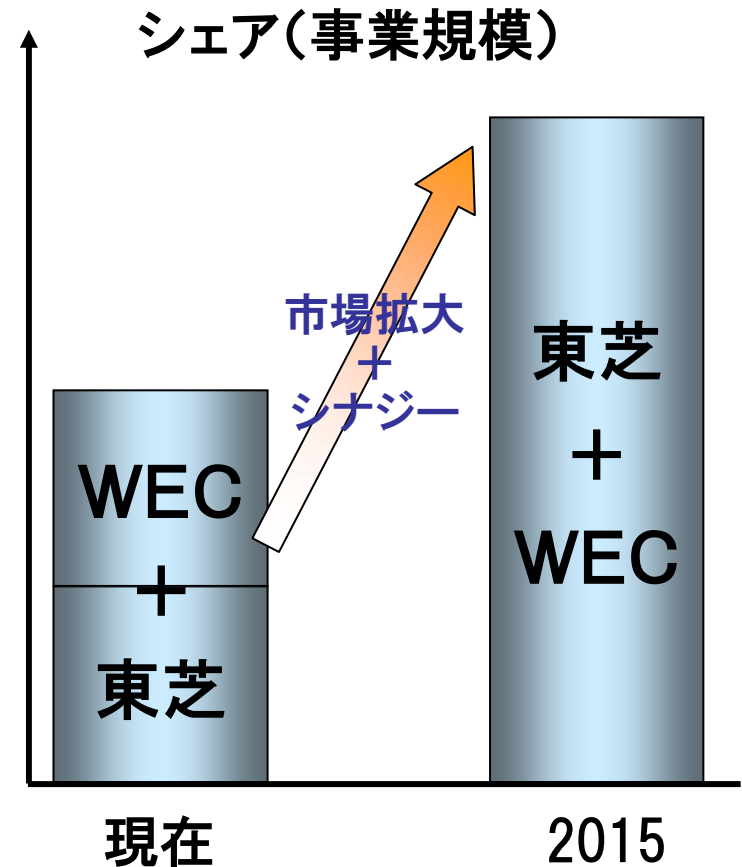
炉型	ABWR	ESBWR	AP1000	US-APWR	US-EPR
区分	BWR			PWR	
出力(MWe)	1400	1550	1200	1700	1650
設計認証	取得済み	審査中	取得済み	準備中	準備中
COL準備中	2サイト4基	3サイト3基	8サイト16基	1サイト2基	サイト未定5基
運転実績	4基(日本)	無	無	無	建設中(北欧)
メーカー	GE/東芝/日立		東芝/WEC	三菱	AREVA

日本メーカーによる米国原子力産業への貢献

# 東芝／WECの事業展開



東芝+WEC シナジー展開	建設	中国・米国へAP1000展開
	運転	P・B事業スコープ拡大
	燃料	生産性向上・拡販

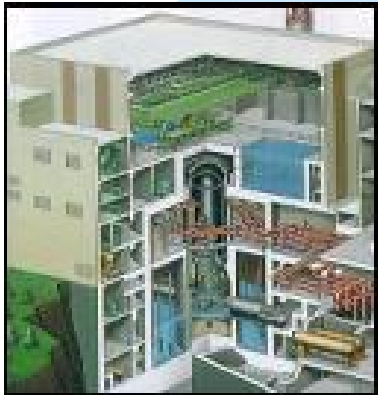


ワンストップでプラントライフサイクル全てをサポート

# 世界の原子力をリード

—世界市場でBWR・PWR両炉型を推進—

**TOSHIBA**



BWR事業  
建設 ABWR  
保全サービス  
再処理

ABWR

PWR事業主体  
建設 AP1000  
保全サービス  
燃料製造



AP1000

両社技術の融合で世界の原子力の発展に貢献

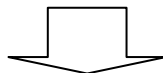
---

# 目次

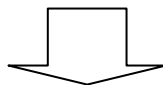
- はじめに
- 原子力市場動向
- 東芝の原子力事業
- 海外への取組み
- 将来に向けた取組み
- GNEP構想

# 原子力によるエネルギーセキュリティ確保

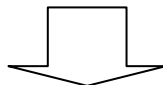
持続可能な発展のためのエネルギー安定供給と地球温暖化防止



原子力エネルギーの地球規模での平和利用拡大

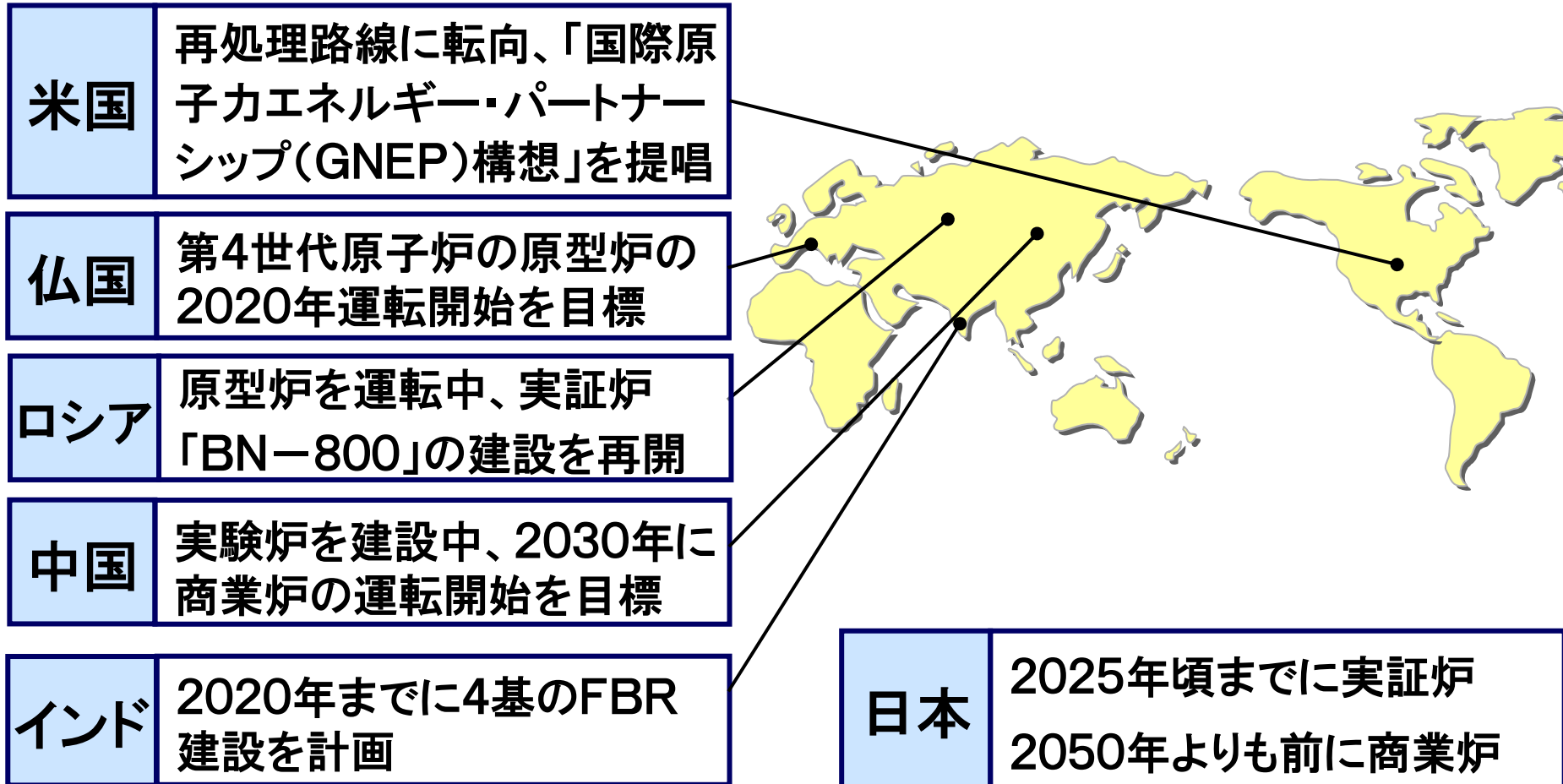


- ウラン資源の有効活用
- 核不拡散性の確保
- 放射性廃棄物の低減



高速増殖炉サイクルの早期実用化が必要

# 高速増殖炉サイクル開発：世界各国の取組み

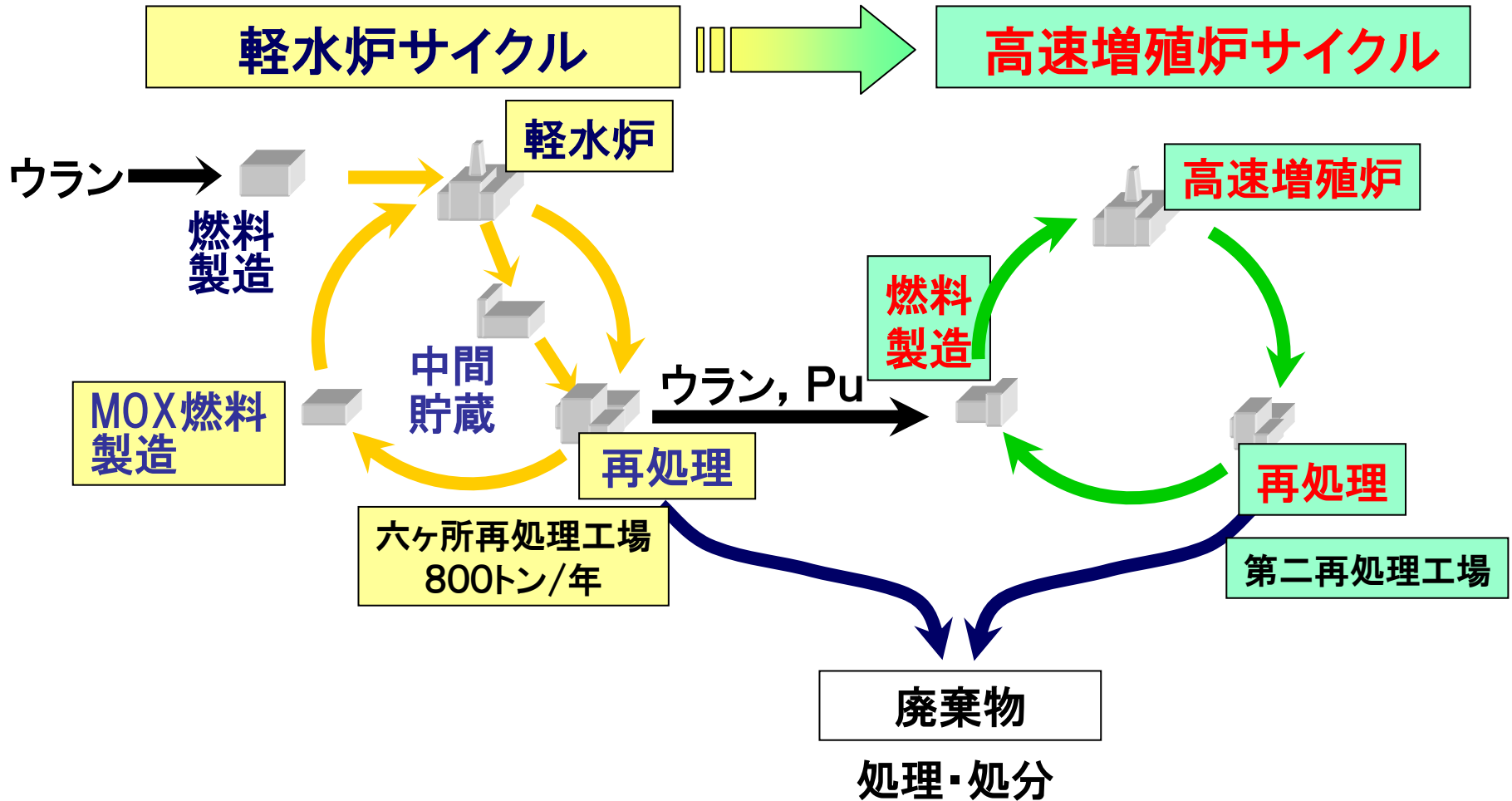


高速増殖炉サイクル開発計画が世界的に加速

参考：総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 第8回原子力部会資料2

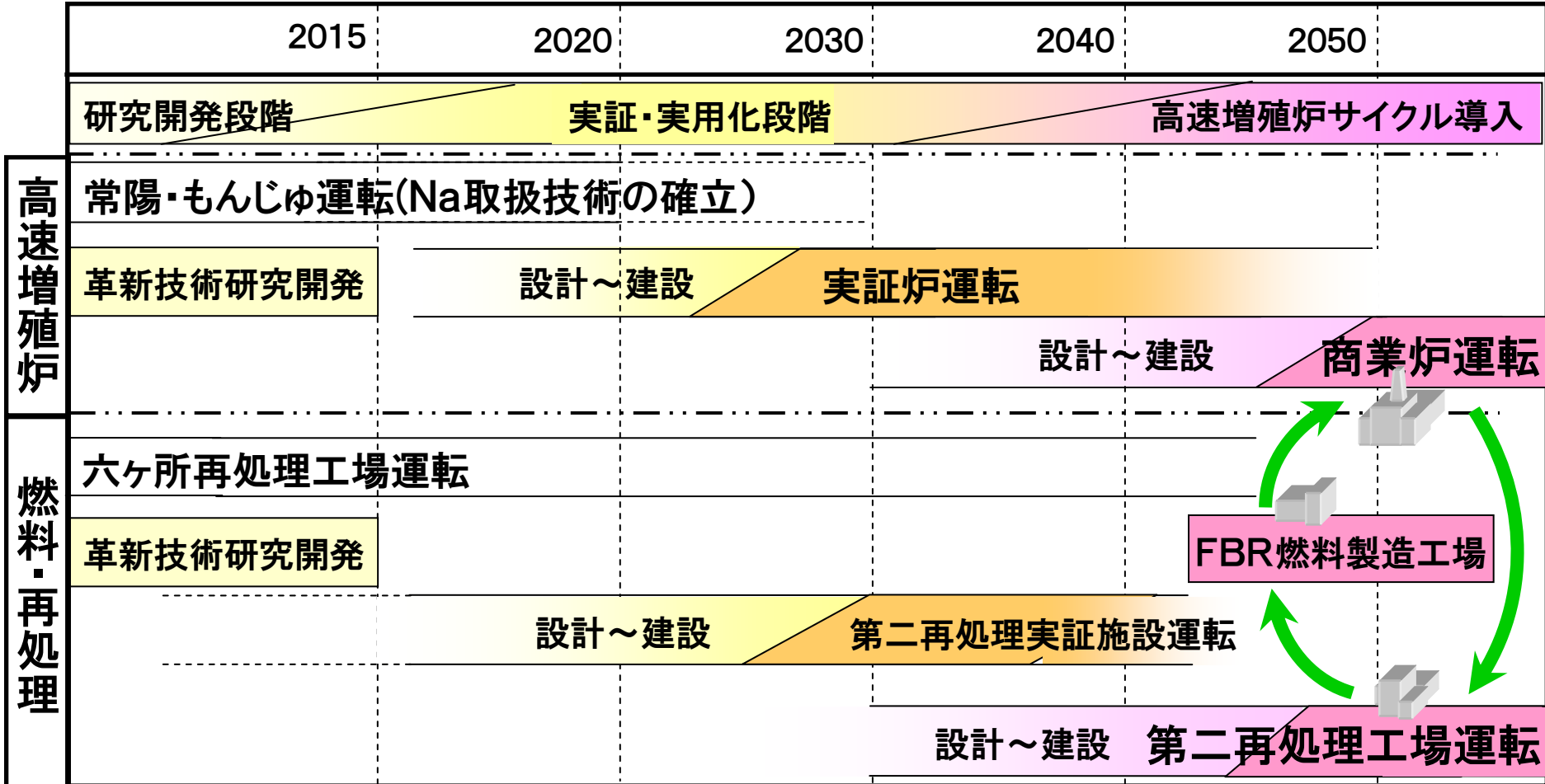


# 高速増殖炉サイクル開発：日本の取組み



高速炉・燃料・再処理一体となった技術確立が必要

# 高速増殖炉サイクル開発：日本の取組み



国策として商業炉を2050年よりも前を目指して開発

# 東芝の取組み: 高速炉技術の開発

● もんじゅの確実な運転再開支援と  
再開後のNa取扱技術の確立・技術継承

● 実証炉開発プロジェクトへの参加

- 『大容量浸漬型電磁ポンプ開発研究』等※  
で蓄積されたNa取扱技術を活かした貢献  
(中間熱交換器, 蒸気発生器, 電磁ポンプ, 等)

※: 日本原子力発電受託研究: 1985～2002年実施

国のFBR実証炉開発へ積極的に参画

# 東芝の取組み: 次世代再処理技術の開発

将来の軽水炉および高速炉燃料向けの次世代再処理技術として積極的に開発

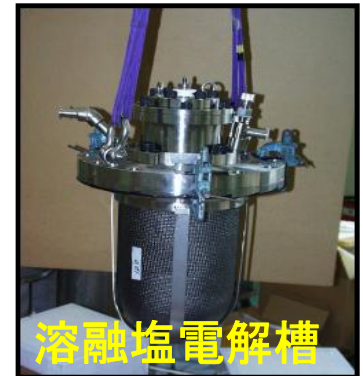
## ● 乾式再処理技術の開発

- 核不拡散性に優れ、核兵器への転用困難

⇒ウランとプルトニウムを単独に分離不可能

- 中規模プラントでの経済性に優れ、ニーズに従った増設・拡張が容易

⇒乾式法は、湿式法と比較して処理プロセスが単純で、設備の小型化が可能



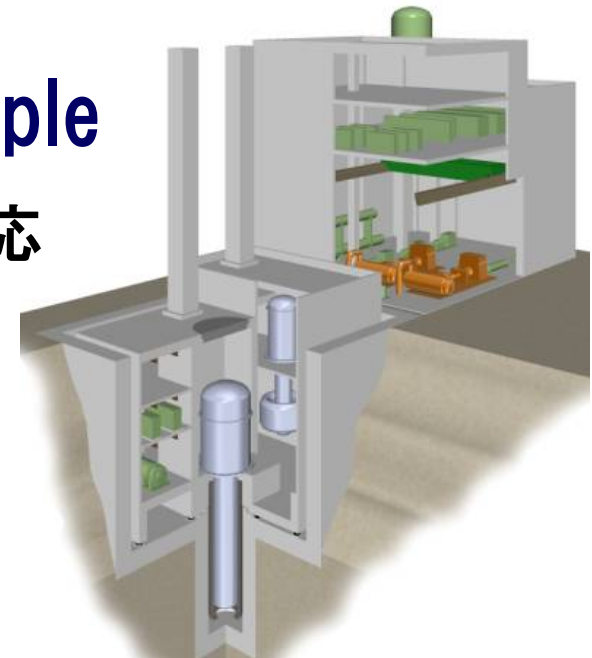
第二再処理工場に向けて次世代再処理技術の開発推進

# 東芝の取組み: 地域ニーズに合致した高速炉開発

- 大中型炉を必要としない遠隔地、島嶼等のニーズ
- 暖房, 海水淡水化等、多目的エネルギー供給源としてのニーズ
- メンテナンスの簡素化を求めるニーズ

## 4S: Super Safe, Small & Simple

- 10-50MWeの小規模電源ニーズに対応
- 30年間燃料交換不要
- 高い核拡散抵抗性
- 非常時でも自然放熱等で安全な炉



米国アラスカ州ガリーナ市が導入に賛成

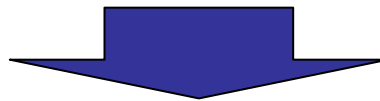
---

# 目次

- はじめに
- 原子力市場動向
- 東芝の原子力事業
- 海外への取組み
- 将来に向けた取組み
- **GNEP構想**

# GNEP構想の背景

- **世界的な原子力利用拡大(核拡散リスクの増大)**
  - 世界を燃料供給国と使用国に分け、サイクル技術はパートナー国に制限(米・仏・露・英・中・日)
- **米国の処分場問題(新規建設の足枷)**
  - 燃料サイクルによる核燃料有効利用と廃棄物低減  
⇒国内処分場は今世紀中YM1カ所に対応可能に



**原子力利用拡大と核不拡散の両立**

GNEP: Global Nuclear Energy Partnership

# GNEP構想

米国を含むリサイクル国  
(米・仏・露・英・中・日)

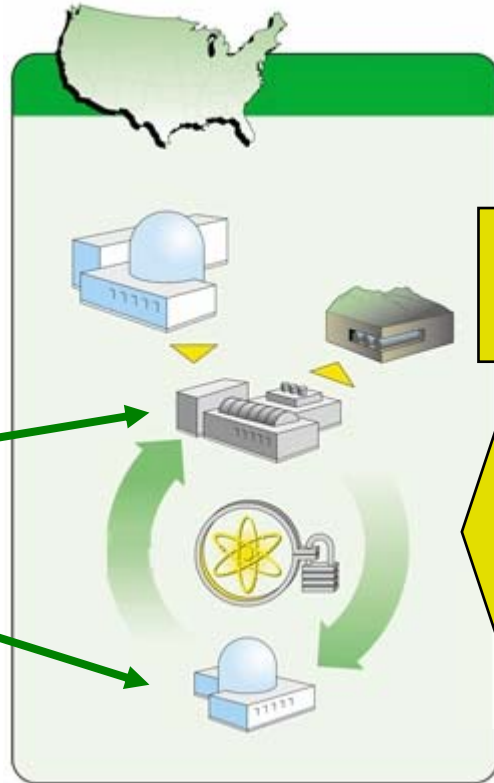
原子力発電使用国

先進リサイクル

放射性廃棄物の  
発生量低減

核不拡散性の  
高いリサイクル

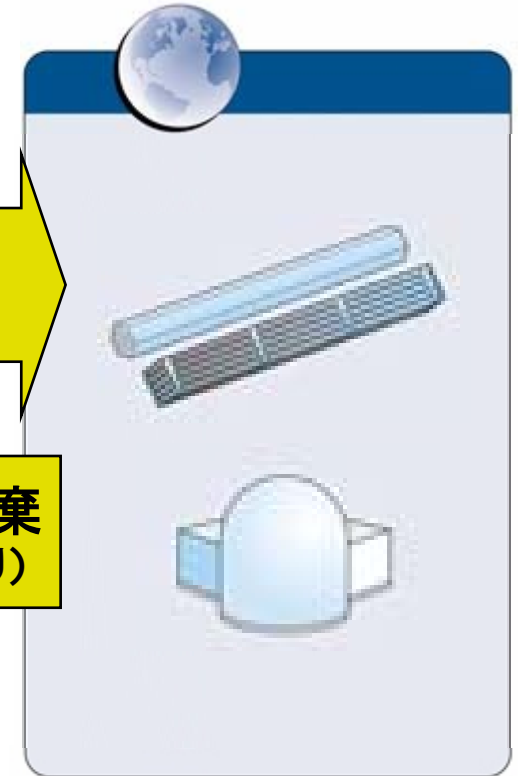
先進燃焼炉



多国間協定

燃料供給保証  
小型炉導入

濃縮・再処理放棄  
(使用済燃料引取り)



参考:DOE/GNEPホームページ

多国間の制度改革と先進リサイクルの開発



# GNEP構想 – 2段階アプローチ –

2006年2月: 長期的・理想的な研究開発計画(当初発表)

2006年8月: 至近の問題解決計画と長期的なR & D計画

⇒2段階アプローチへ

## 第一段階(トラック1) 2020年頃

### ■ 産業界の既存技術活用で以下の実証施設を建設

- ・ **先進的燃焼炉(ABR)**: 電気出力20~80万kW  
ーウラン・プルトニウム燃料による運転
- ・ **統合核燃料取扱センター(CFTC)**: 処理能力100~1000t/年  
ー軽水炉使用済燃料処理と先進燃焼炉(ABR)用燃料製造  
←MA(マイナーアクチニド)を回収しない既存技術の応用による再処理

CFTC: Consolidated Fuel Treatment Center  
ABR: Advanced Burner Reactor (高速炉)

# GNEP構想 – 2段階アプローチ –

## 第二段階(トラック2) 2040年頃

### ■ 当初計画通りの長期的・理想的な研究開発

- ・ 先進サイクル技術(MA分離回収と燃料へ使用)の研究
  - 高速炉の使用済燃料再処理技術開発
  - MAを燃焼するための燃料製造技術開発

#### 先進的燃焼炉(ABR):

消滅処理用燃料による核変換技術(MA燃焼)実証炉

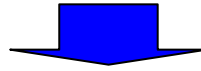
#### 先進的燃料サイクル施設(AFCF):

消滅処理用燃料(MA含有)開発・製造 及び  
ABR使用済み燃料の処理施設

AFCF: Advanced Fuel Cycle Facility

# GNEP構想－日本への期待

●米国：商用再処理の経験無し、FBR開発は中断



## 日米国際協力による開発推進への期待

クレイ・セルDOE副長官によるプレス向け記者会見抜粋  
(2006年2月16日、於国務省)

日本は、核燃料リサイクル技術において素晴らしい能力を有しており、まもなく、世界で最新の商業用再処理施設の運転を開始しようとしている。

我々としては、日本は新たな技術の試験及び実証を行うためのポテンシャルを有していると考えている。また、日本は自分の知る限り、少なくとも2つの高速炉(注:もんじゅ、常陽)を有しており、これらは、近い将来の当該炉の有用性の実証を行なうことが可能である。

従って、日本の参加は、本構想への大きなチャンスであり、できる限り早く当該技術を開発するためには、日米お互いの能力とリソースのコミットが重要であると考えている。

出典:総合資源エネルギー調査会電気事業分科会第8回原子力部会資料1

米国のGNEP(国際原子力エネルギー・パートナーシップ)構想について 資源エネルギー庁平成18年2月24日

# GNEP構想－日本の協力

2006年2月 4府省\*連名で米国のGNEP構想提案を評価  
(\*:内閣府, 外務省, 文部科学省, 経済産業省)

2006年5月 小坂文科大臣が、5つの研究協力分野\*における協力をボドマンDOE長官に提案

- ※ ①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, ④Na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

2006年8月 DOEは、ABRとCFTRCに関する関心意図表明(EOI)を募集(前述トラック1)

2006年9月 JAEA、日本原燃、日本メーカー等連名でDOEへ技術提案書を提出

2007年1月 日米で、GNEPを含む民生用原子力開発の行動計画を4月までに策定する方針を確認(甘利経産大臣－ボドマン長官会談)

高速炉、再処理分野等での日米協力による構想実現

# おわりに

---

- **世界のエネルギー需要／二酸化炭素排出量は今後も増加**
- **世界的な原子力発電の役割増大・新規建設機運が高揚**  
⇒ **製造技術、総合エンジニアリング力を活かして積極参加**
- **原子力発電拡大は核不拡散との両立が不可欠**  
⇒ **核拡散抵抗性の高い再処理技術開発等で貢献**
- **産官学/国際協力により将来に向けた技術を開発**



---

# TOSHIBA + Westinghouse New Global Leader

原子力技術の更なる革新を通し、

エネルギーセキュリティー  
と地球環境に貢献

---

**TOSHIBA**  
**Leading Innovation >>>**