

# 原子力開発の動向と プラントメーカーの取組み

平成21年8月28日

株式会社 **東芝**

原子力事業部 技監  
久保田健一

# 目 次

---

## 1. 原子力発電所の現況

## 2. 原子炉開発の流れ

## 3. 今後の展開

# 目次

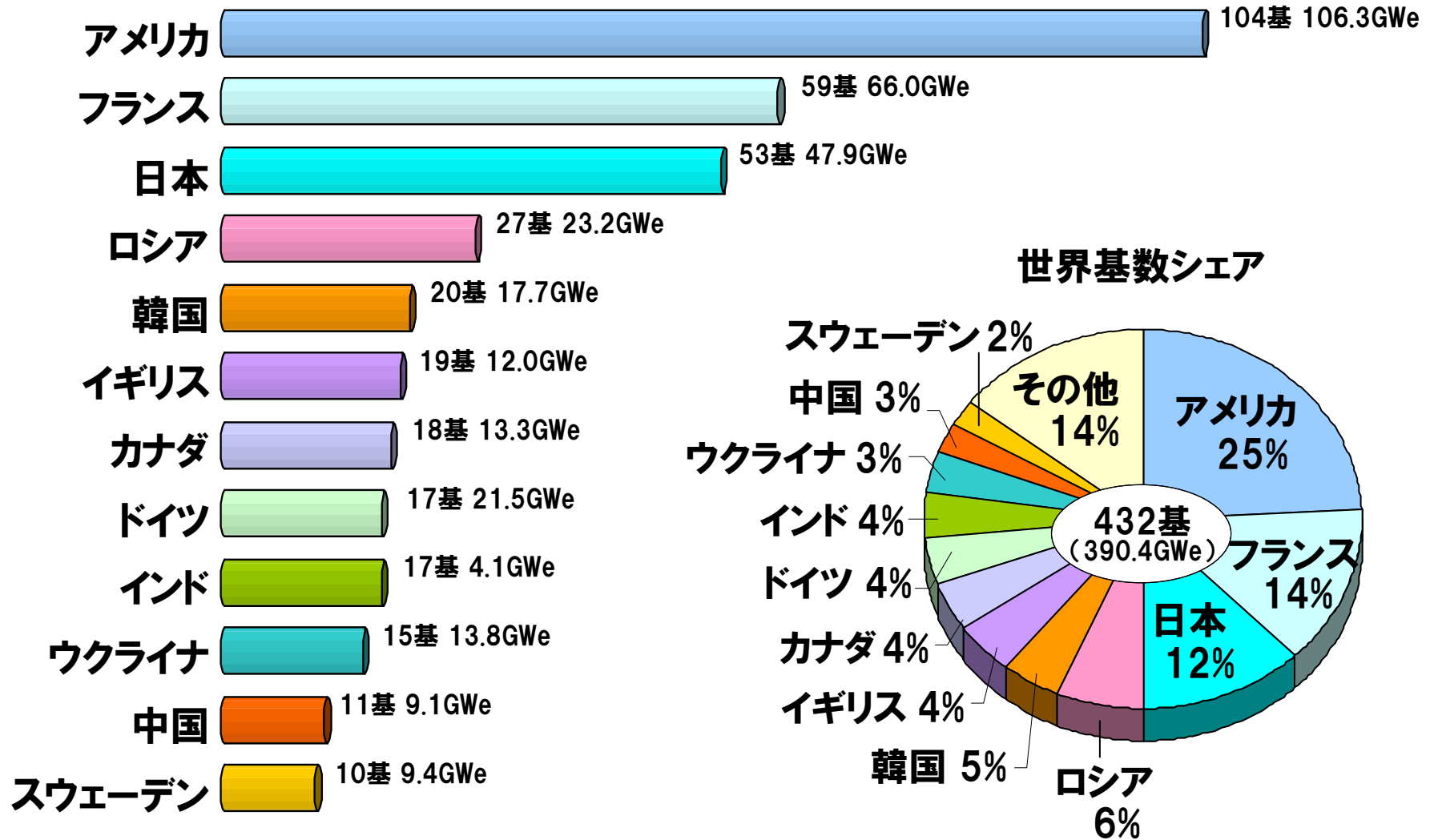
---

## 1. 原子力発電所の現況

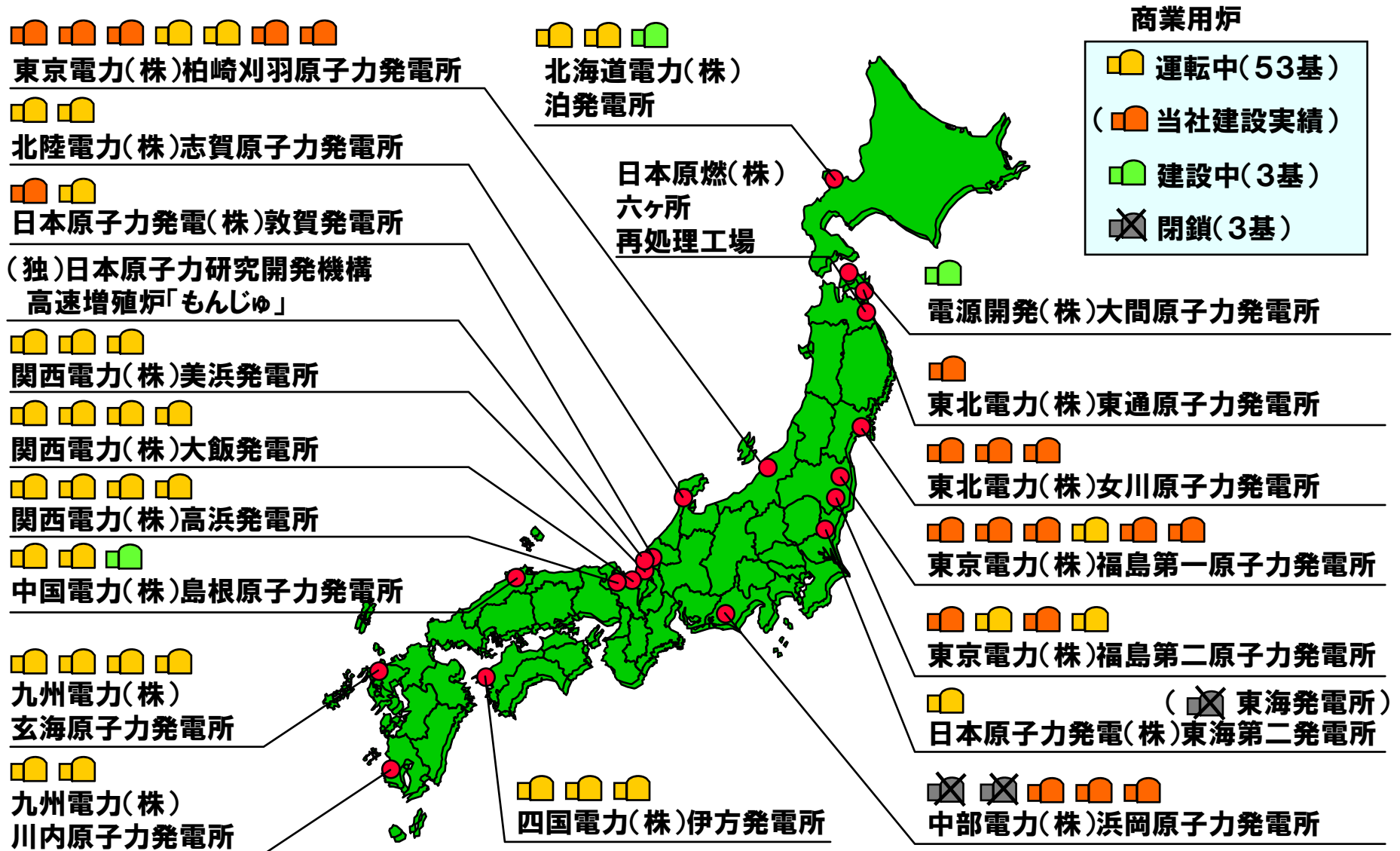
## 2. 原子炉開発の流れ

## 3. 今後の展開

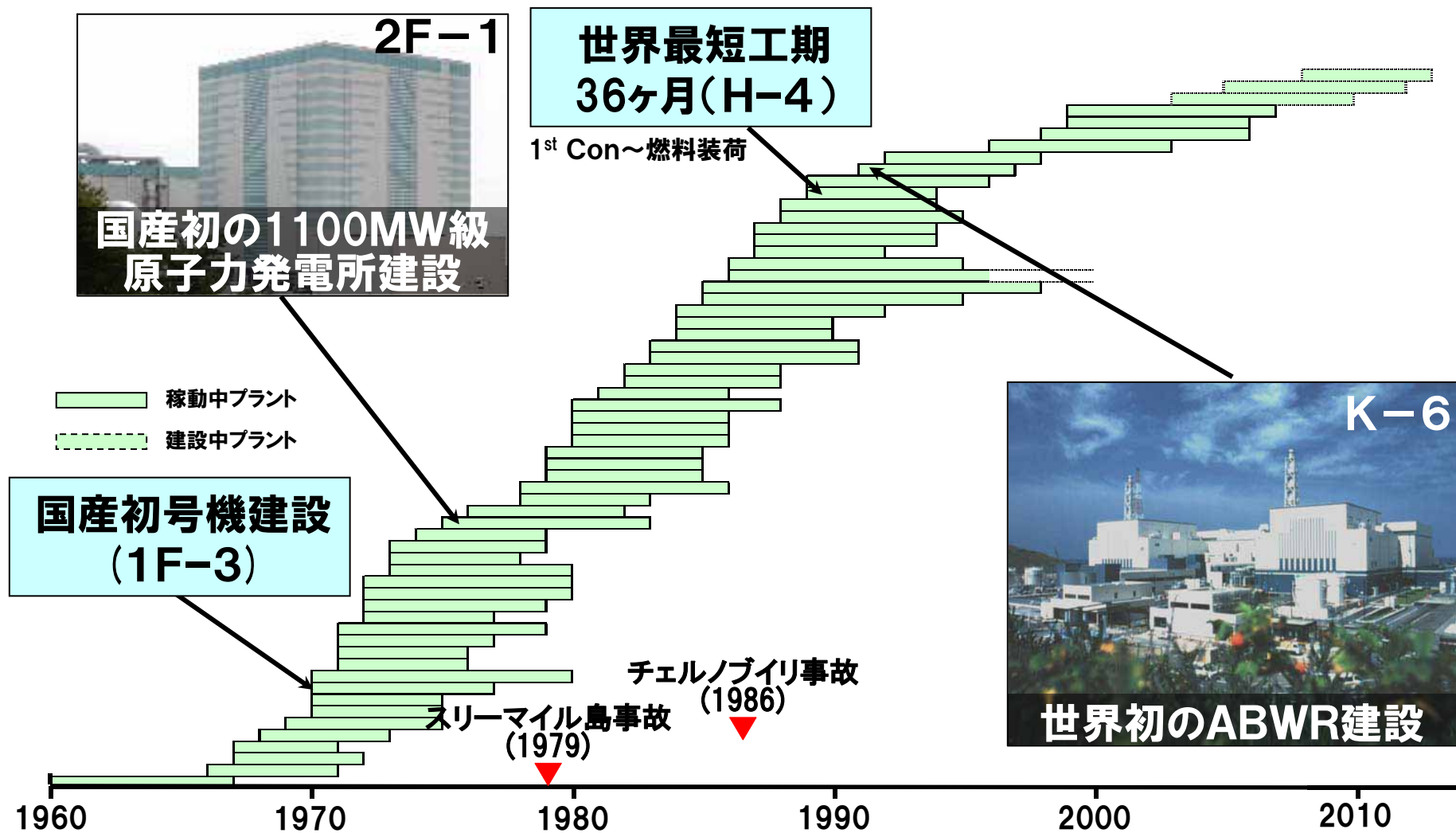
# 世界の原子力発電所運転基数



# 日本の原子力発電所基数



# 日本のプラント建設実績



日本は約半世紀、着実に原子力を推進(55基)

# 目次

---

1. 原子力発電所の現況

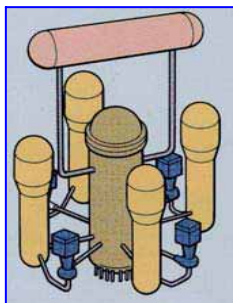
2. 原子炉開発の流れ

3. 今後の展開

# BWRとPWRの改良・発展の歴史

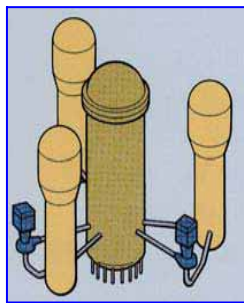
## BWR

BWR-1



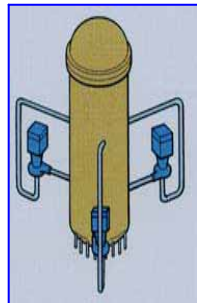
米国ドリスコン-1

BWR-1.5



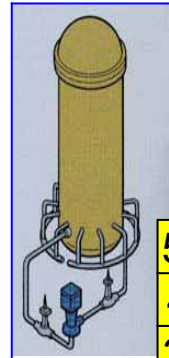
独国グントラミゲン

BWR-2  
300 MW



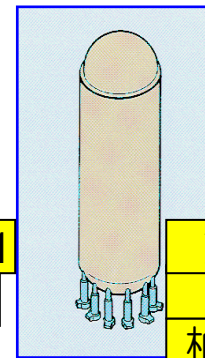
敦賀-1

BWR-3,4,5  
500-1100MW



5:福島 I -6, II -1  
4:福島 I -2~5  
3:福島 I -1

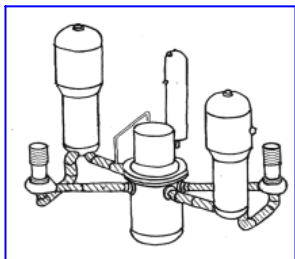
ABWR  
1350MW



志賀-2  
浜岡-5  
柏崎-6,7

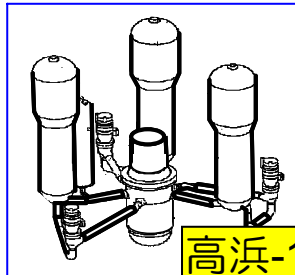
## PWR

2ループ:500 MW



美浜-2

3ループ:800 MW



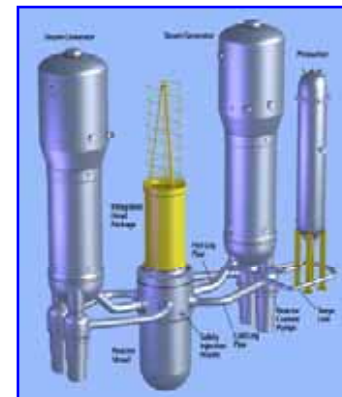
高浜-1~4  
美浜-3

4ループ:1100 MW



大飯-3,4  
敦賀-2

AP1000  
2ループ:1100 MW



安全性・経済性を追求し、シンプルな設計へ

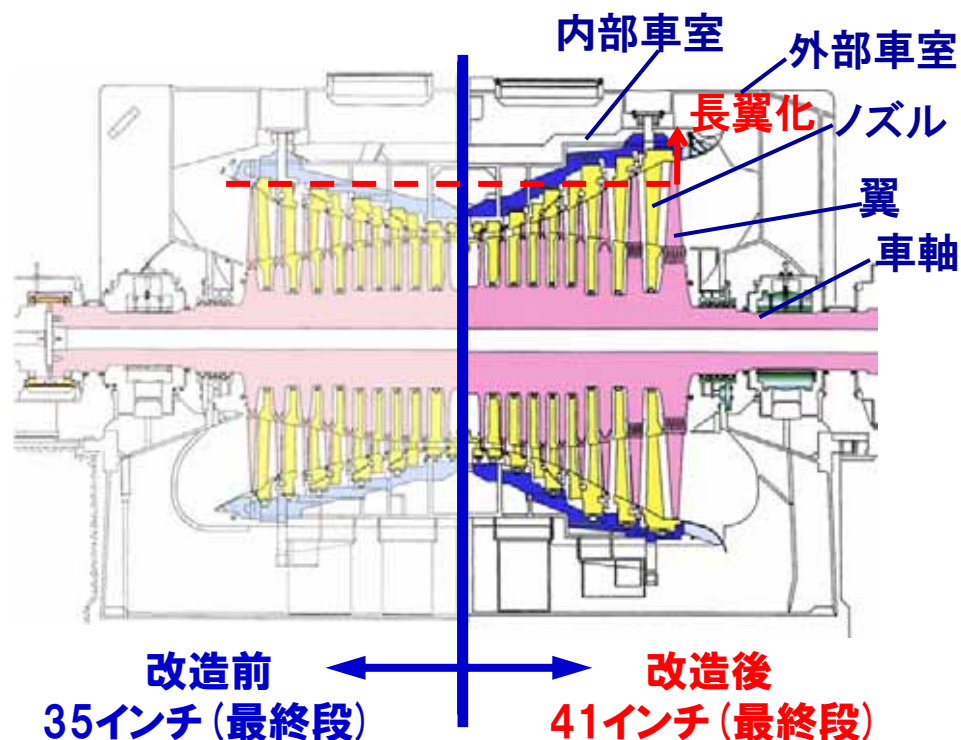


# 既設プラント出力向上への取り組み

## ■国内初のBWRタービン高性能化工事

電気出力784MWe ⇒ 822MWe (約5%UP)

### 主要取替部分例



東京電力株式会社殿提供

最新技術の適用でプラントの効率向上を実現

# 稼働率向上、寿命延長に向けた取り組み

- **レーザーによる欠陥検査／溶接補修技術開発**
  - ◆ 水中施工を可能にし、被ばくの大幅低減、定検工期短縮に貢献
- **ポータブルレーザーピーニングの開発**
  - ◆ 世界最小化し、炉内狭隘部位への応力腐食割れ予防保全を実現
- **大型機器の取替工法開発（復水器、炉心シュラウド等）**
  - ◆ 被ばくの大幅低減、定検工期短縮を実現

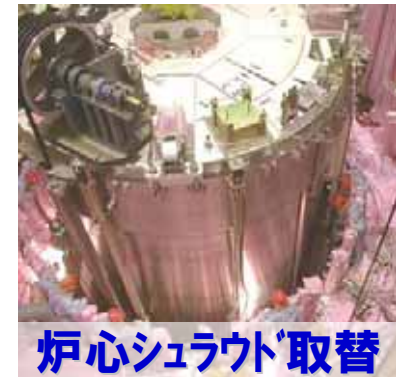
## BWRでの先進技術・豊富な実績を、PWRに展開

- ◆ 国内PWRで、「炉内計装筒J溶接部FLP工事」「SG管台取替工事」を実施
- ◆ 海外PWRで、「仏電力公社 発電機固定子補修工事」10基以上受注（08年7月 1億ユーロ以上/10年）

ポータブル  
レーザーピーニング



復水器管束取替



炉心シュラウド取替

高度な保全技術で既設炉の信頼性／経済性向上に貢献

# 目 次

---

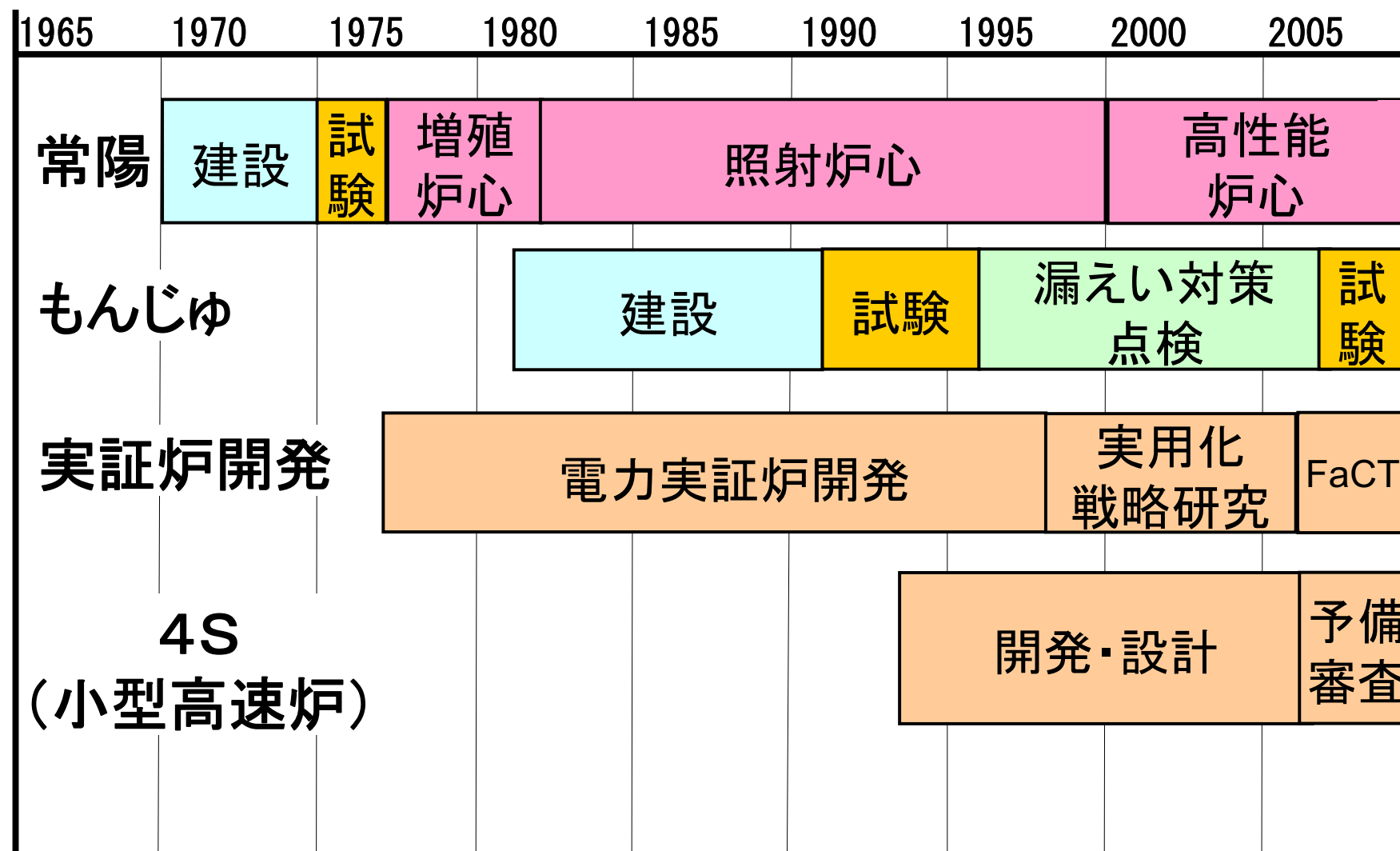
## 1. 原子力発電所の現況

## 2. 原子炉開発の流れ

### 高速増殖炉開発

## 3. 今後の展開

# 東芝の高速炉開発実績



国・電力殿の開発PJに参画し技術力を向上

# 常陽

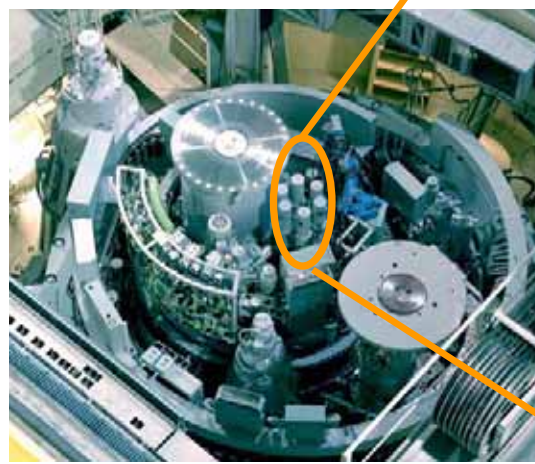
- 建設主務会社としてエンジニアリングを取り纏め
- 増殖炉心設計、炉心支持構造物、格納容器の製作
- 制御棒駆動機構を自社開発で検証
- 燃交保守を通して放射線下でのNa取扱技術を向上



炉心支持構造物



燃料交換設備



制御棒駆動機構(CRD)



高速炉の機器設計製造技術、燃料取扱技術を習得



# もんじゅ

- しゃへいプラグ、原子炉上部機構、燃料交換装置等を製作
- 2次冷却系システム、水・蒸気系システム一式を納入
- 炉内ナトリウム透視装置の実機適用(世界初)
- ナトリウム漏えい対策工事を完了、緊急ドレン機能を確認



しゃへいプラグ



燃料交換装置



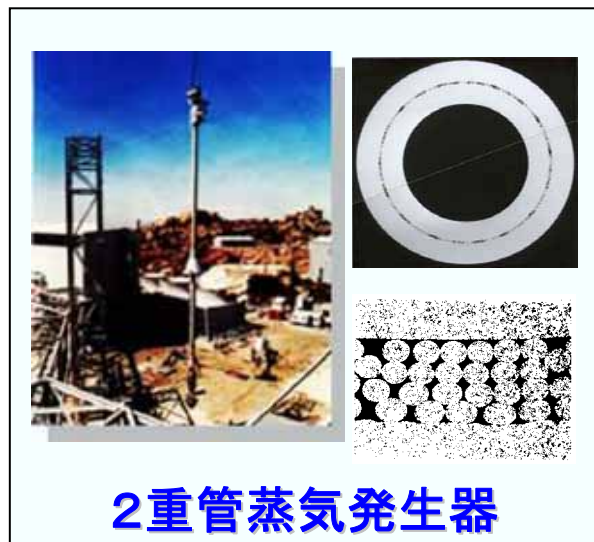
2次主循環ポンプ

運転再開に向け全社を挙げた取組みを推進

# 電力実証炉開発

ナトリウム流動及び浸漬試験により

- 組網線2重管蒸気発生器を開発
- 世界最大の浸漬型電磁ポンプを開発
- ナトリウム中カメラで世界で始めて構造物可視化に成功



これらの研究は、日本の9電力会社殿、電源開発(株)殿の支援を受けている日本原子力発電(株)殿からの委託により実施したものです。

革新技术をナトリウム中で実証

# 原子力発電所の経済性向上策

$$\text{発電コスト} = [\text{資本費}] + [\text{運転費}] + [\text{燃料費}]$$

## ◆ [資本費] の削減

- 物量低減策: 出力増(スケールメリット)、動的機器削減(受動安全システム)、ツインプラント(設備共用化、現地工事合理化)、機器合体
- 設計工数低減: CAD・CAEツール、リピート、習熟効果(設計省力化)
- 現地工事工数低減: 工期短縮、ブロック化

## ◆ [運転費] の削減

- 運転サイクル長期化、定検短縮

## ◆ [燃料費] の削減

- 高燃焼度化
- 燃料製造プロセス簡素化

### 中小型炉でも経済性向上の可能性

- ◆ [資本費] の低減 → 量産化、プレハブ・モジュール化、需要地近接(送電コスト低減)
- ◆ [運転費] の低減 → 複数プラント共通管理
- ◆ 熱効率向上 → 多目的利用(電気+熱・蒸気等)

経済性向上にはエンジニアリングの総合力が必要



# 小型高速炉 (4S) 開発への取り組み

< Super , Safe , Small , & Simple >

## ■ 4Sの特徴

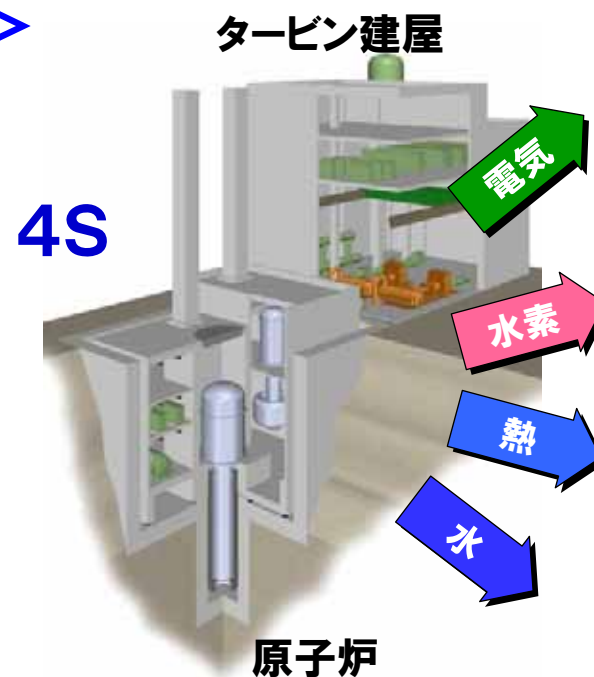
- ◆ 遠隔地電源に適した超小型高速炉
- ◆ 電気出力: 10~50MWe
- ◆ 30年間燃料交換不要
- ◆ 高い核拡散抵抗性
- ◆ パッシブセーフティ採用
- ◆ 水素製造炉としての活用にも注力

## ■ 米国アラスカ州ガリーナ市への導入検討中

- ◆ 冬期の燃料輸送が困難なため、ディーゼル発電機に代わる独立電源として強い関心

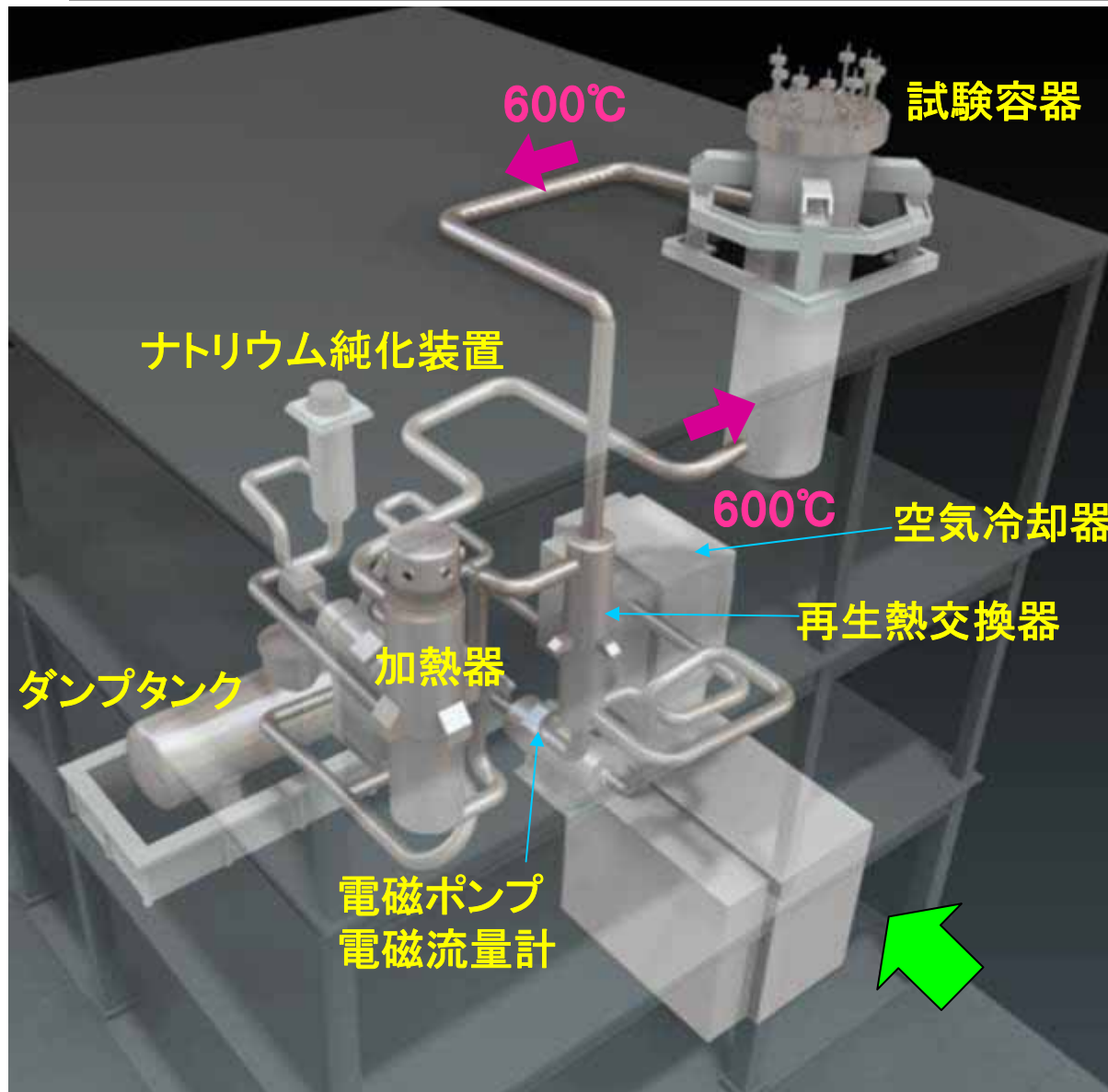
## ■ 米国NRC予備審査、全4回を完遂

- ◆ 電力中央研究所殿とNRCによる新型原子炉の型式認定審査に先立つ予備審査を完遂



4S 第4回NRC公開会議

# ナトリウムループの建設（'08年2月）



ループ正面（ ← 方向）



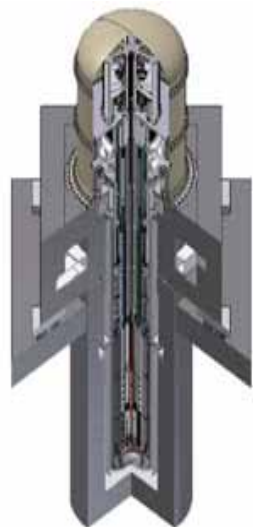
# ナトリウムループ建設の狙いと特徴

## 狙い

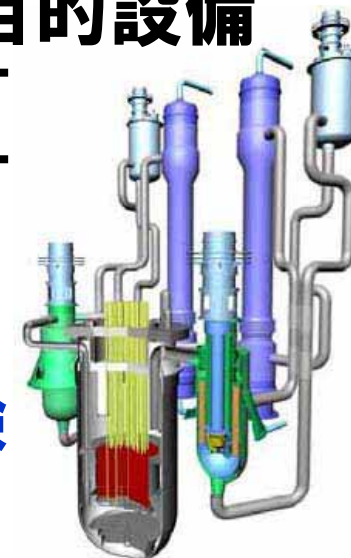
- ◎ ナトリウム関連独自技術の確立による高速炉開発の加速
- ◎ 解析システムとのリンクによる開発効率向上、期間短縮

## 特徴

- ◎ 多様なナトリウム試験が可能な大型多目的設備



特徴	試験
高温大流量	システム評価試験
高速過渡／	構造健全性試験
大温度差	計算コード検証試験
大型機器浸漬	機器要素試験
	計測技術試験



(独) 日本原子力研究開発機構提供  
出典: JAEA-Research 2006-042  
高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズII  
技術検討書-(1) 原子炉プラントシステム-

# 世界から期待される日本の原子力技術

欧米： ◆ TMI事故（1979）、チェルノブイリ事故（1986）で新規建設停滞  
米国は、約30年間新規発注なし

◆ 新規建設停滞により、特に機器製造供給、建設技術力低下



日本： ◆ 1960年代より、継続して建設技術・ノウハウを蓄積  
◆ 開発・設計から、機器製造供給、建設技術、保守・保全に至る  
総合エンジニアリング力を維持・保有



★ 高度なプラント建設技術力

短工期、厳寒地での建設、耐震技術等

★ 総合エンジニアリング力

国家的戦略資源としての原子力技術の世界へ展開

# 発電プラント炉型比較

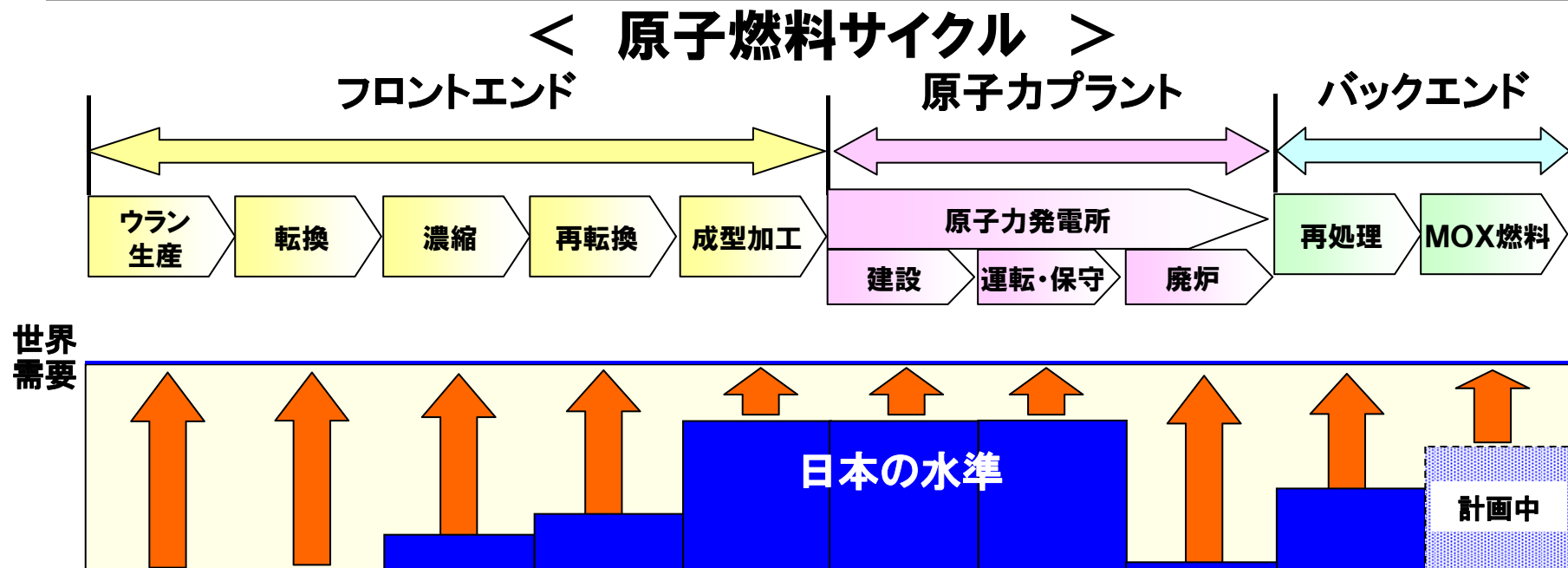
- BWR/PWRともに強力な商品ラインナップを確保
- 建設・運転実績及び許認可等で世界をリード

炉型	BWR		PWR		
型式	ABWR	ESBWR	AP1000	APWR	EPR
メーカー	GE/日立/東芝		東芝/WEC	三菱/WEC	AREVA
出力	1385MWe	1550MWe	1100MWe	1700MWe	1650MWe
設計認証	取得済	審査中	取得済	審査中	審査中
COL申請中	1サイト 2基	5サイト 6基	7サイト 14基	1サイト 2基	4サイト 4基
建設中	4基	—	4基	—	2基
運転実績	4基(日本)	—	—	—	—

日本は豊富な炉型技術を有し、世界をリード



# 原子力発電における日本の現状



## ◆ 確立済みの領域

⇒ 建設、運転管理・保守技術等で国際展開推進

## ◆ 未確立の領域

⇒ 海外との連携も含め、戦略的な領域確立が必要

**NSGの一員として、世界規模での原子燃料サイクル確立に向け、多国間での協力体制構築に貢献**

# 目 次

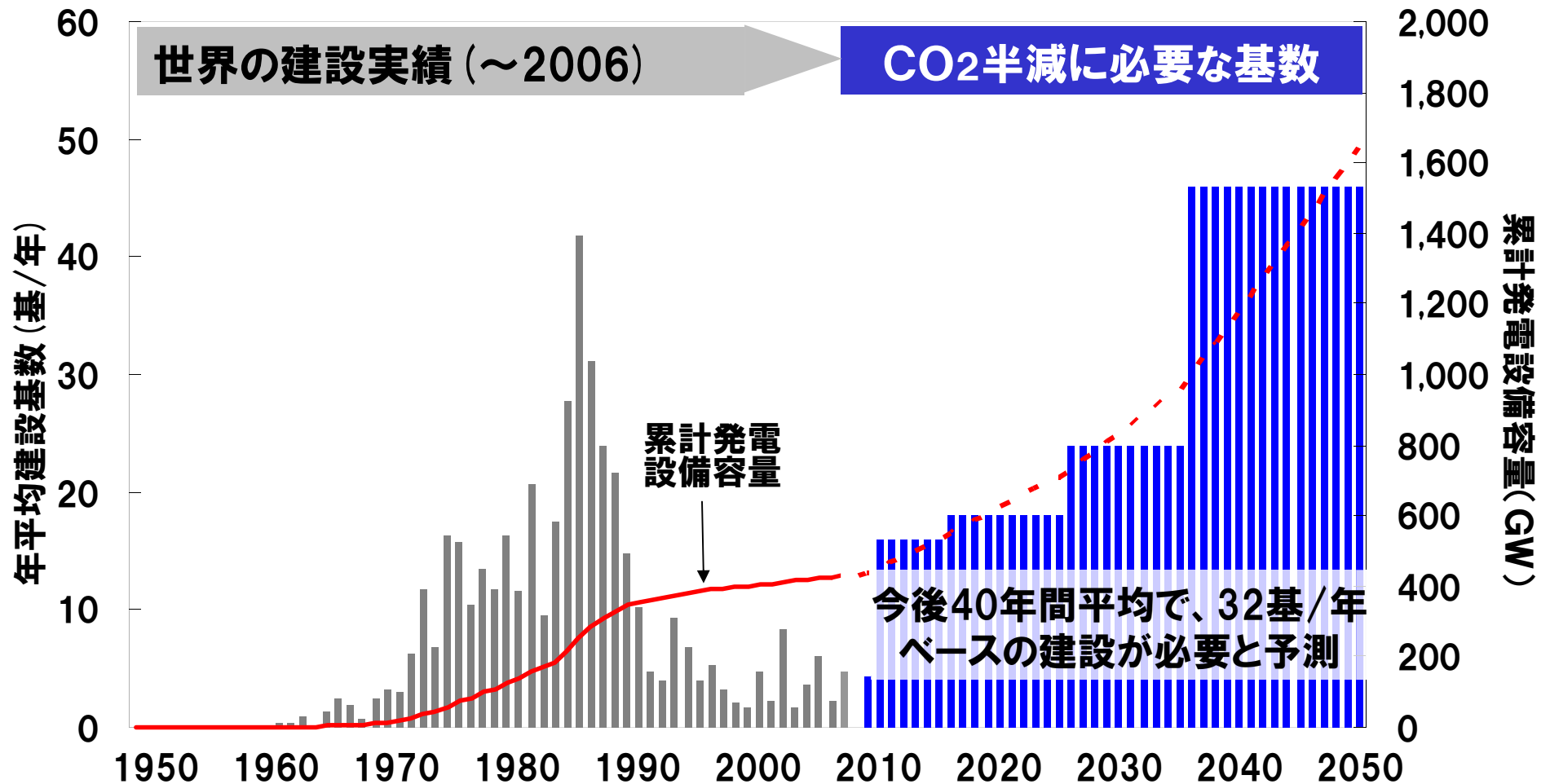
---

1. 原子力発電所の現況

2. 原子炉開発の流れ

3. 今後の展開

# IEA「エネルギー技術展望2008」における原子力への期待

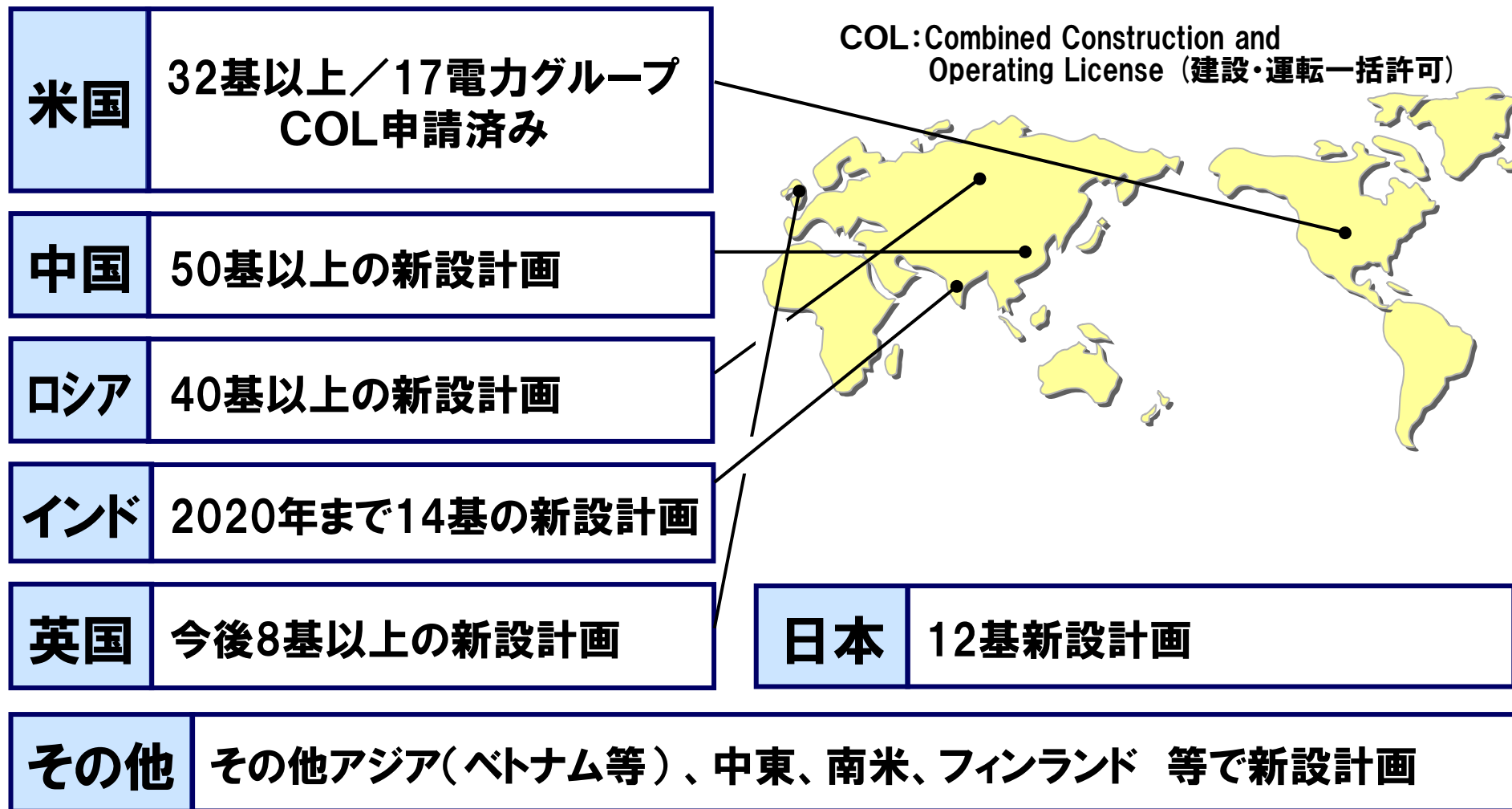


出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向2006年次報告、2009年版」  
IEA「Energy Technology Perspectives 2008」より、一部試算

**2050年まで、1280基の建設が必要と予測**



# 原子力プラント新規建設推進の状況



世界で新規プラント建設計画が具体化・加速

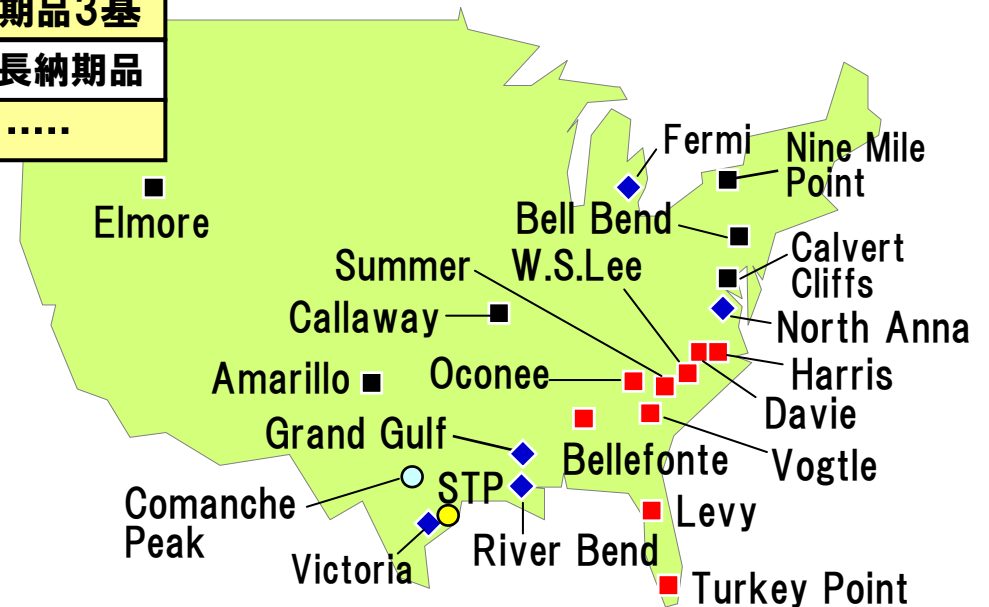
# 米国の状況 COL申請状況

■ 32基以上 / 17電力Grで建設・運転認可申請準備中

【建設計画内訳】

	COL申請中	COL準備中	発注状況
■ AP1000	7サイト 14基	2サイト 2基	3サイト 6基
● ABWR	1サイト 2基	.....	1サイト 2基
◆ ESBWR	5サイト 6基	.....	長納期品3基
■ EPR	4サイト 4基	2サイト 2基	一部長納期品
○ APWR	1サイト 2基	.....	.....

参考: NEIホームページ (09/5)  
一部東芝想定  
\*EPRのみ仏AREVA単独



建設予定の32基中26基 (約8割) で日本企業が貢献

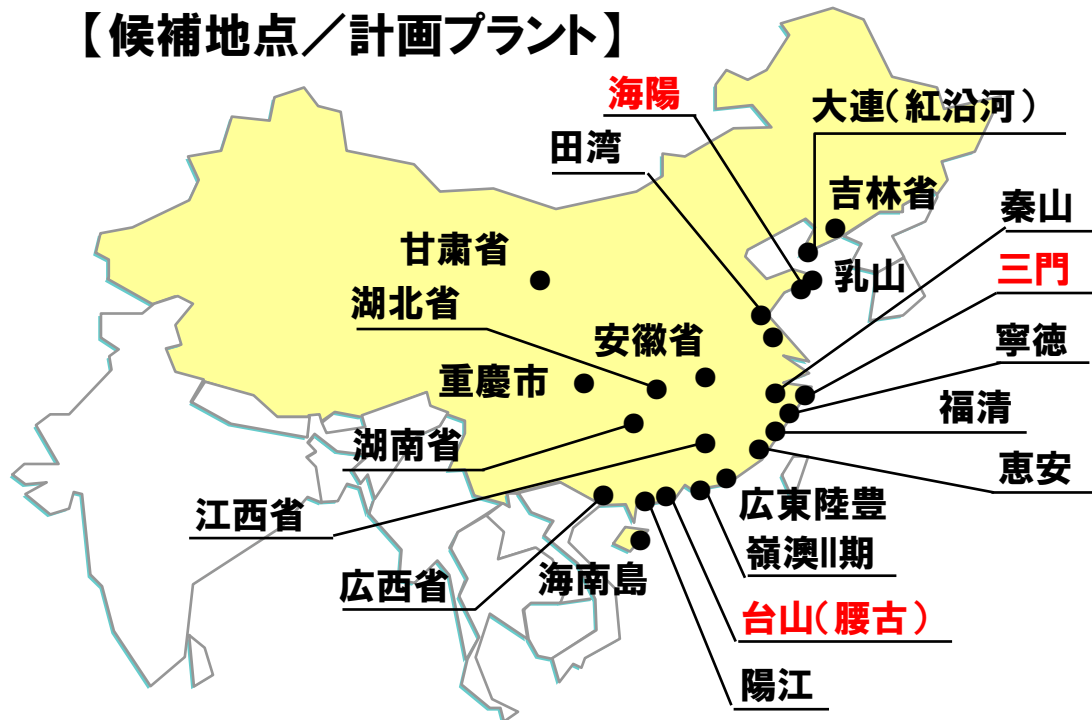
# 中国の状況

## ■ 国家エネルギー局発表(2008年3月)

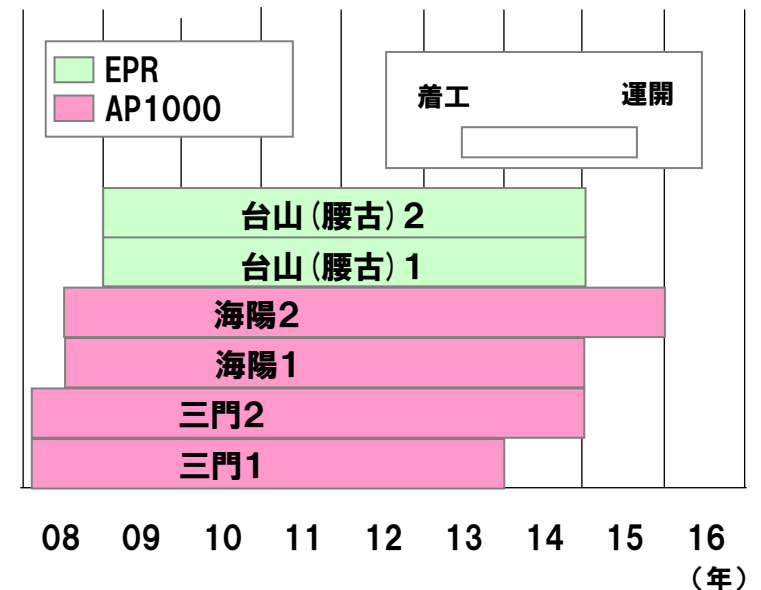
原子力発電容量: 10GW ⇒ 60GWへ

原子力発電比率: 2% ⇒ 5%へ(2020年)

【候補地点/計画プラント】

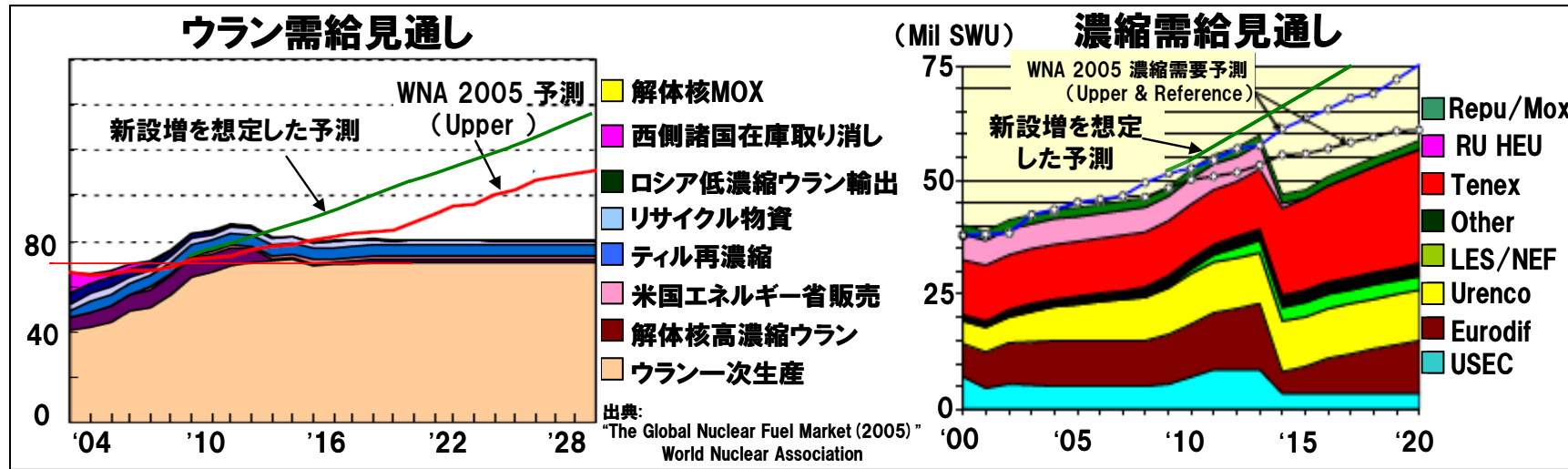


【新設スケジュール】

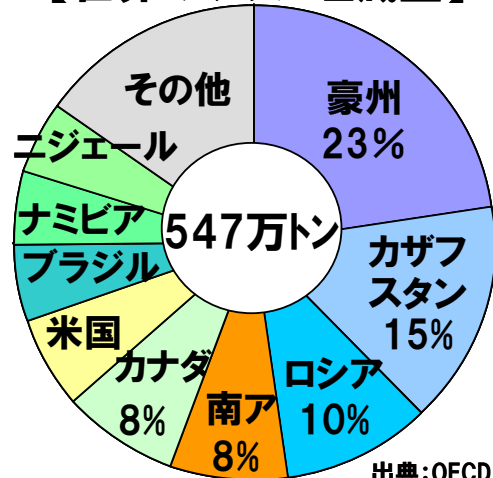


増大するエネルギー需要に対応すべく、新規建設加速

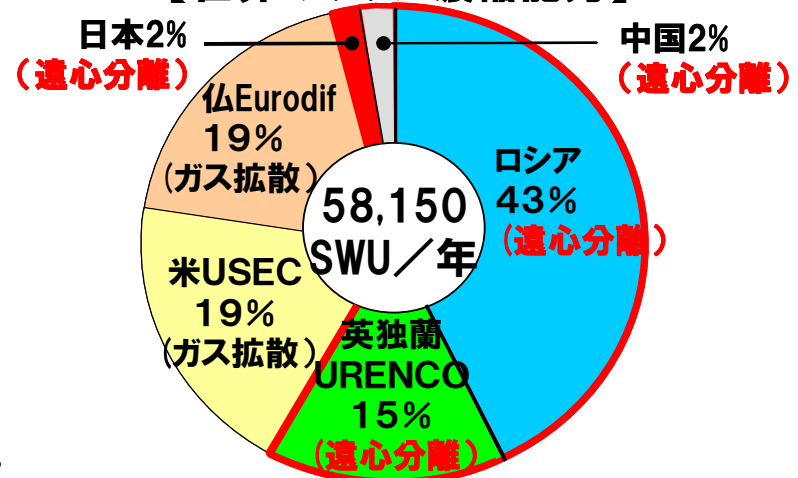
# フロントエンドの状況



【世界のウラン埋蔵量】



【世界のウラン濃縮能力】

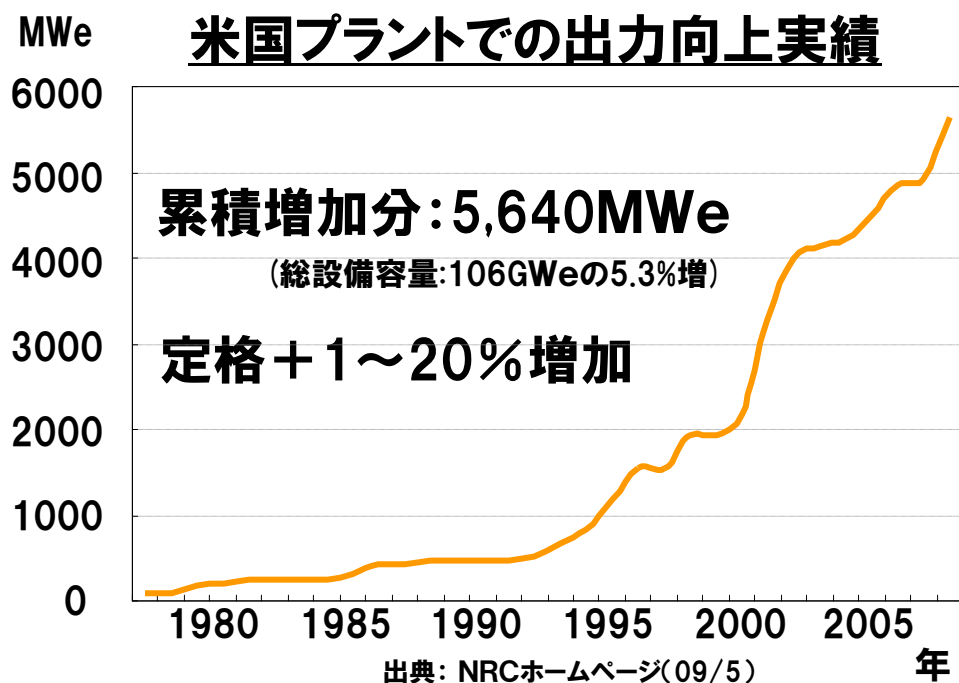


**新設増加に向けてウラン資源、濃縮等の供給力拡大が必要**

# 既設炉の出力向上

## ■ 米国での取り組み

- ◆ 1977年以降、2008年までに5,640MWeの出力増  
総設備容量の5.3%
- ◆ 最大可能な出力増は12,000MWeと評価



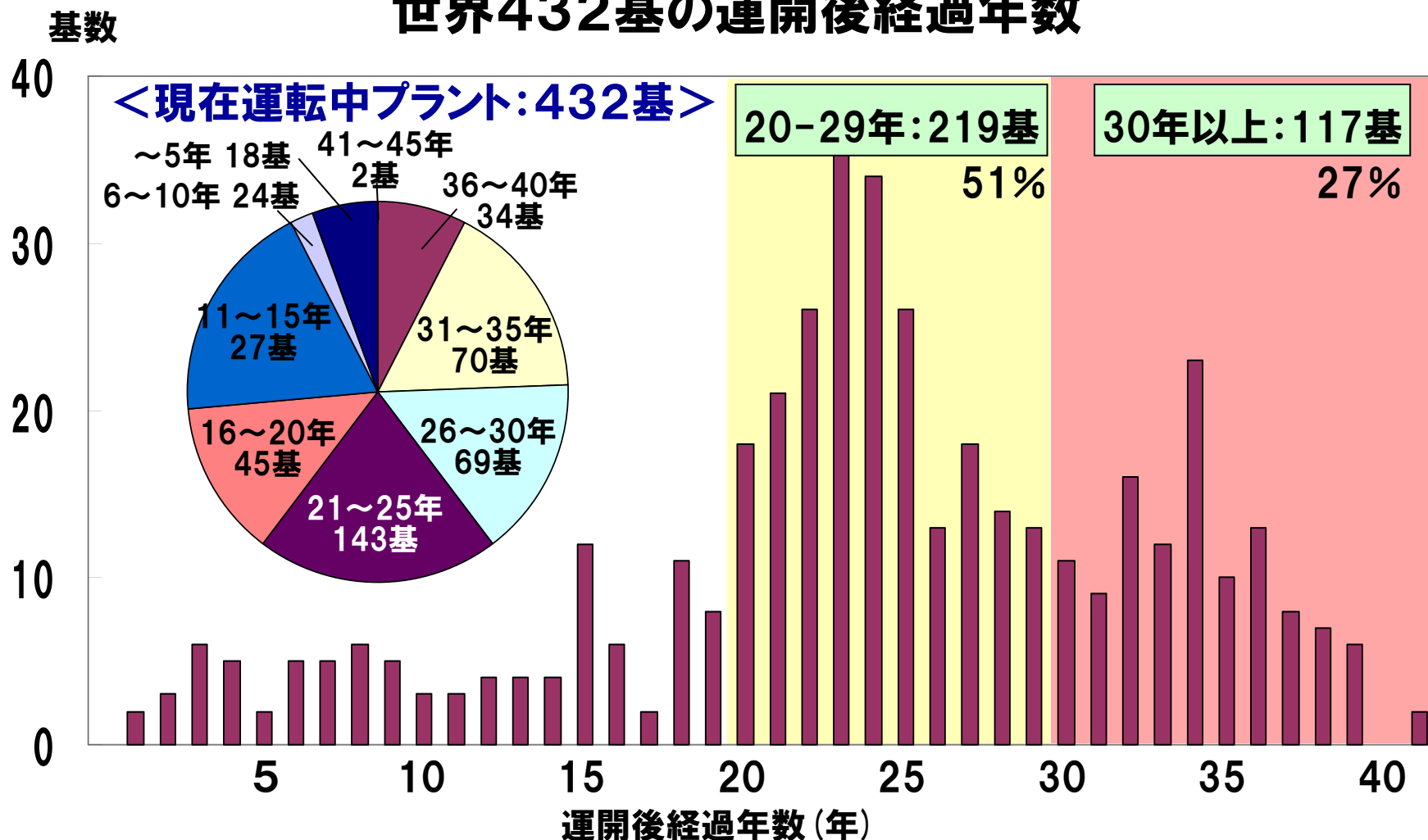
## <日本への適用について>

- ◆ 国内プラントのタービン性能向上で5%出力増を達成
- ◆ 国内プラントへの展開を加速し、さらなる本格的な出力向上を推進

出力向上により既設プラントを最大限に利用  
⇒年間3千万トンのCO<sub>2</sub>削減(約5基分)に貢献

# 既設炉の寿命延長

## 世界432基の運開後経過年数



寿命延長、廃止措置等、巨大なO & Mビジネス拡大へ

# 世界の高速炉サイクル開発の動向

【米国】 高速炉や商業用再処理施設の建設計画は慎重論が台頭、  
但し研究開発は継続



【中国】 実験炉を建設中、  
2030年に商業炉の運転開始を目標



【仏国】 2040年以降、  
40基以上の高速炉建設を検討



【インド】 2020年までに、  
4基のFBR建設を計画



【ロシア】 原型炉を運転中、  
実証炉「BN-800」の建設を再開



【日本】 2025年頃までに実証炉、  
2050年より前に商業炉



【国内の動き】・原子力委員会

FBR研究開発方針決定 (06/12/26)

2010:採用技術決定 → 2015:実用化像、研究計画提示

各国の事情を反映した方針→世界の動向を注視

# 目 次

---

1. 原子力発電所の現況

2. 原子炉開発の流れ

3. 今後の展開

**東芝の取組み**



# 東芝原子力の事業概要

研究・開発

設計

製造・調達

建設

運転・保守



臨界試験設備



系统设计



原子炉炉内構造物



建設計画



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



タービン



デジタル I&C



原子炉圧力容器据付



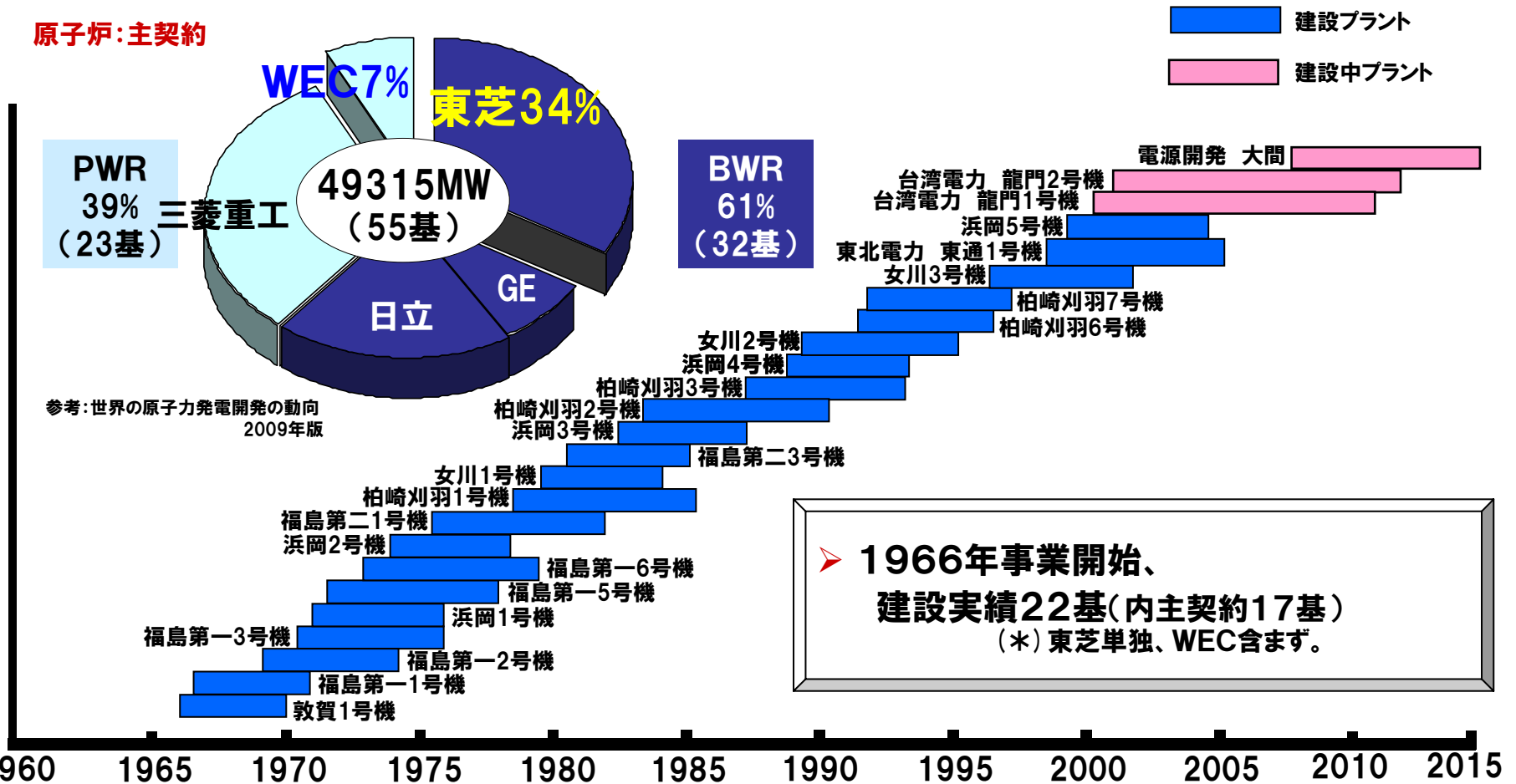
タービン点検

原子力発電システムのライフサイクル全体でビジネスを展開

# 東芝の原子力発電所建設実績

## 国内軽水炉建設実績割合(設備容量比)

原子炉:主契約



参考:世界の原子力発電開発の動向  
2009年版

➤ 1966年事業開始、  
建設実績22基(内主契約17基)  
(\* 東芝単独、WEC含まず。)

**国内NO. 1レベルのシェアと長年に亘る豊富な建設実績**

# 東芝の原子力事業体制

- 営業窓口
- 技術統括
- プロジェクト管理



- エンジニアリング
- 建設統括
- 品質保証



(連結会社)	Toshiba America Nuclear Energy Corporation(東芝アメリカ原子力エナジー社) 東芝プラントシステム(株)、東芝電力検査サービス(株) 他5社
(関係会社)	日本核燃料開発(株)、東洋ニュークリア・サービス(株) 他3社
(協力会社)	石川島播磨重工業(株)、(株)グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン 他4社

+

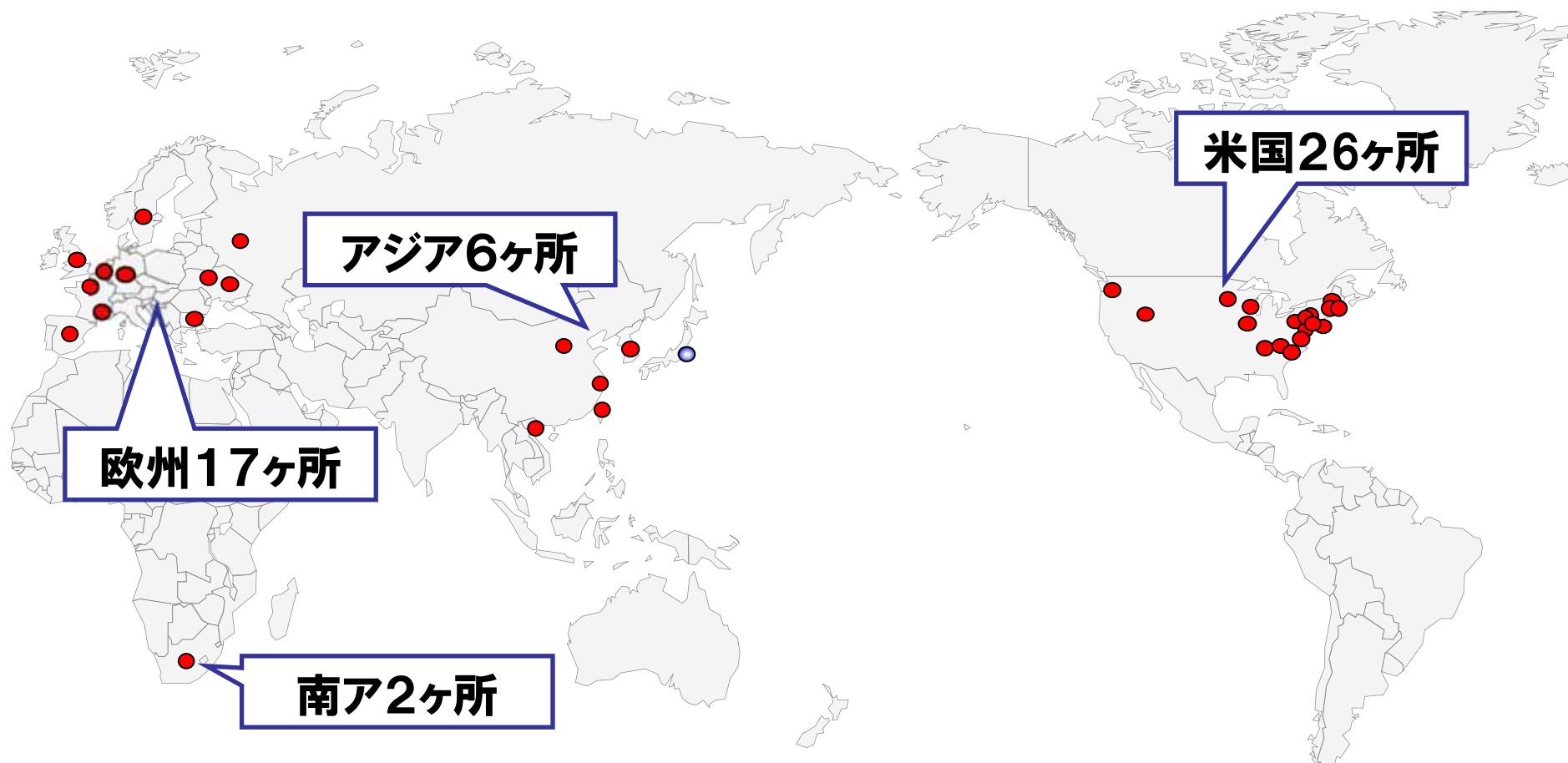
(連結会社)  
**Westinghouse**

**東京・神奈川に機能を結集し世界へビジネスを展開**



# 国際展開に向けた海外体制

## 東芝原子力Gr. の海外事業拠点

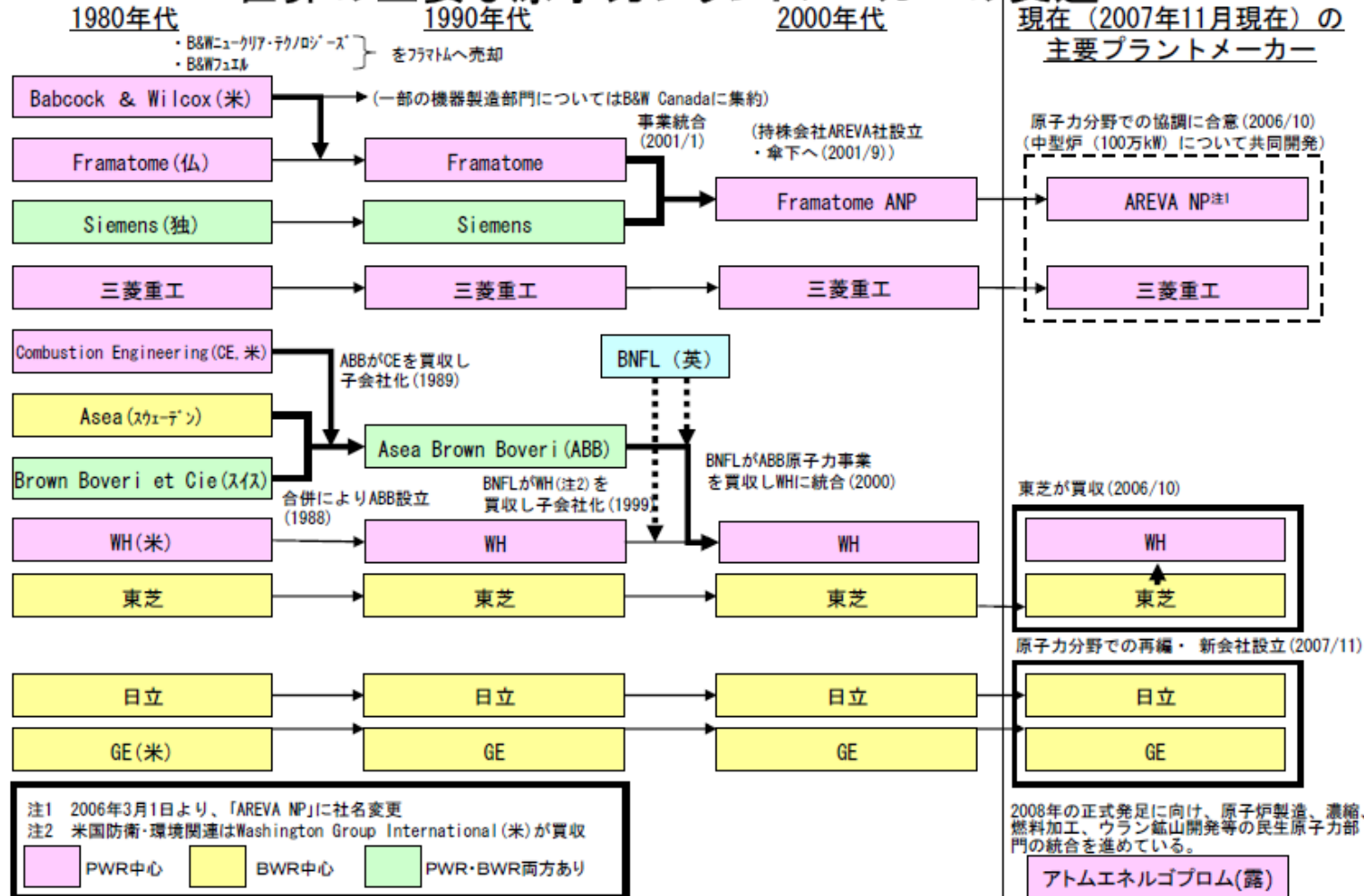


世界15ヶ国51地点(日本分除く)の販売網・拠点

# 原子カプラントメーカーの再編

## 世界の主要な原子カプラントメーカーの変遷

出典：経済産業省



メーカーは長期にわたった需要低迷期において、総合産業である原子力産業として、必要な企業規模を維持していくために、国境を越えて再編・集約化

# 東芝グループの取り組み

## BWR・PWR両炉型の提供

**TOSHIBA**  
Leading Innovation >>>

**BWR事業**



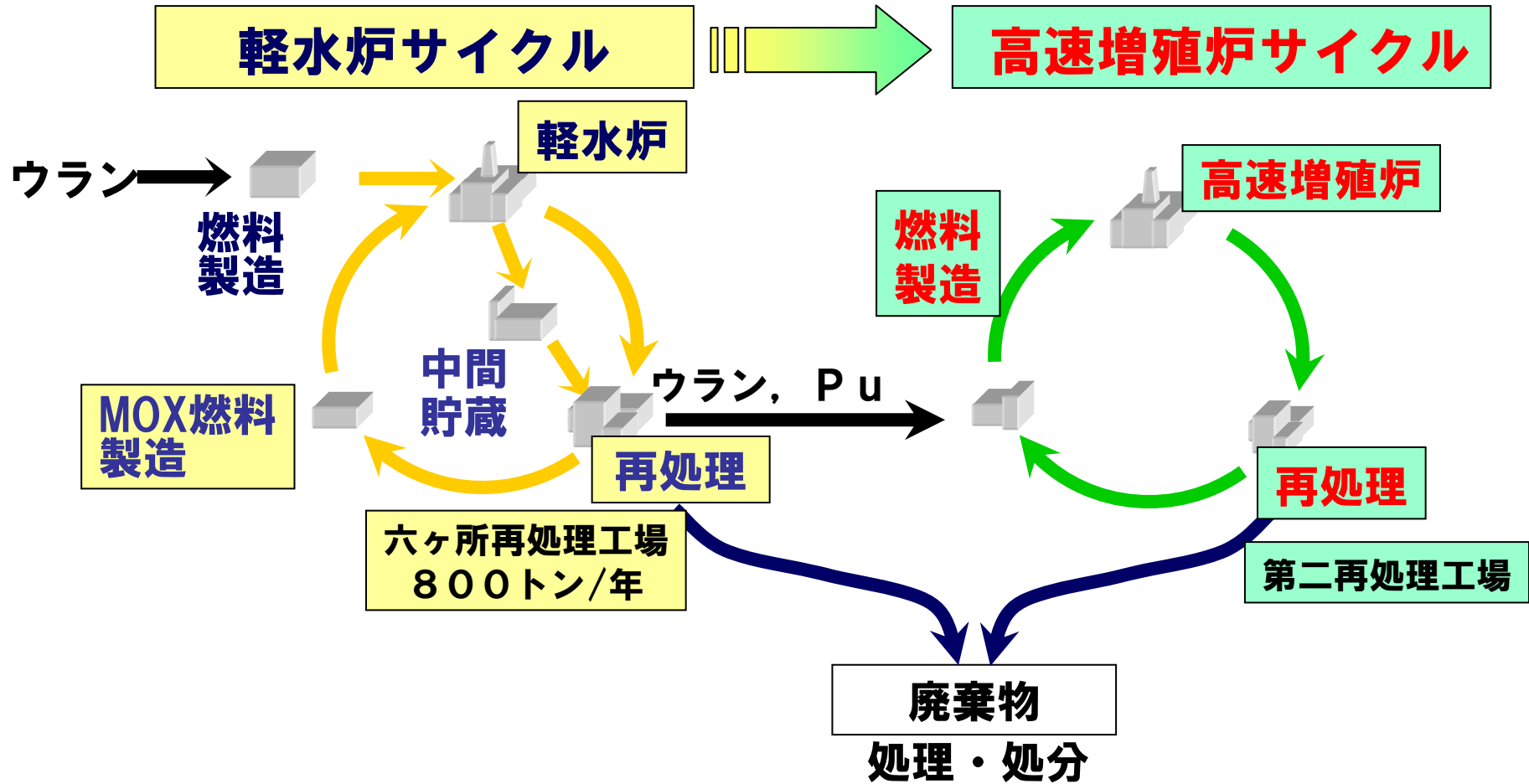
 **Westinghouse**

**PWR事業**

**既設の信頼性・経済性向上**

**両社技術のシナジーで世界の原子力推進に貢献**

# 原子燃料サイクルへの取組み



六ヶ所再処理工場稼動・もんじゅの運転再開支援

**TOSHIBA**

**Leading Innovation >>>**