

# 世界の原子力発電市場と 産業界再編の展望

第397回定例研究報告会

2007年2月15日

日本エネルギー経済研究所

戦略・産業ユニット 電力・ガス事業グループ

村上朋子

# 目次

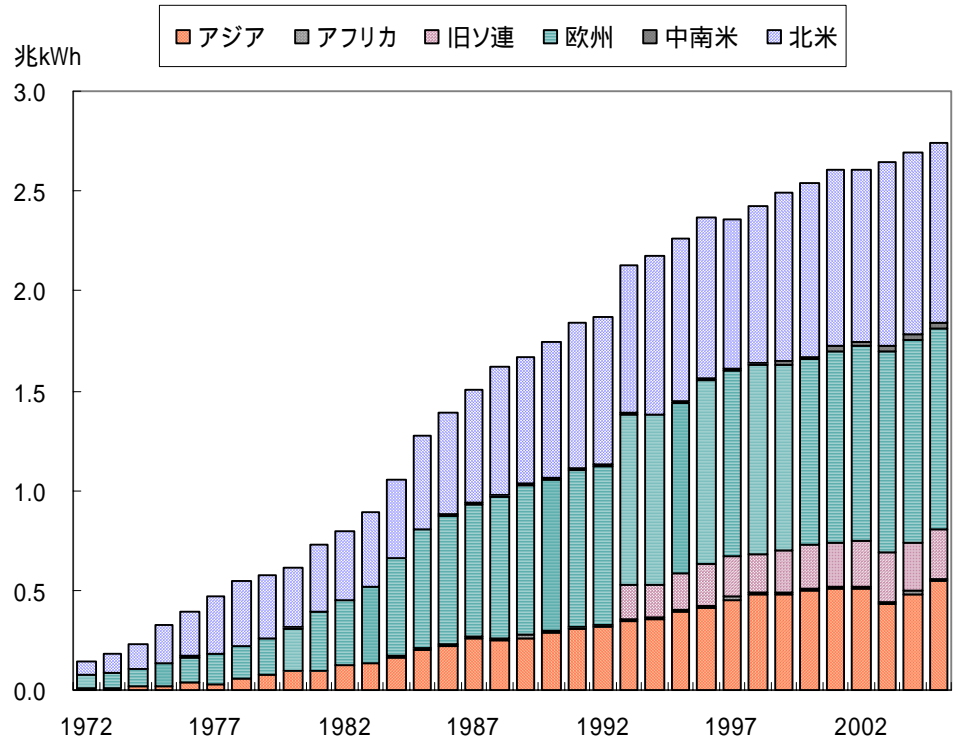
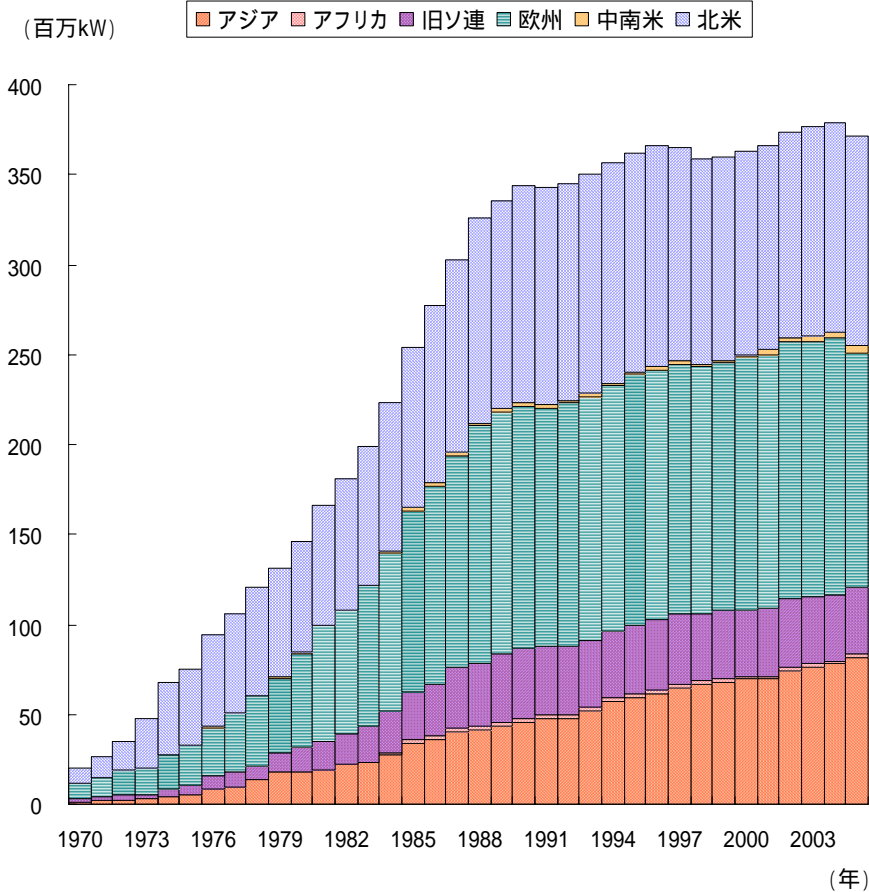
1. 世界の原子力開発状況及び政策動向
2. 今後の原子力発電開発の見通し
3. 世界の原子力産業の動向と日本の原子力産業の今後
4. まとめ

# 1. 世界の原子力開発状況及 び政策動向

# 世界の原子力発電の開発状況 - 総括 -

- ◆ 2005年末現在、世界では
  - 31カ国で443基、3億6,780万kWの原子力発電所が運転中
  - うち84%にあたる3億840万kWはOECD諸国内に存在
  - 一次エネルギーの約6%、発電電力量の約15%を供給
  - 原子力発電電力量は2兆7420億kWh
- ◆ 発電事業者(電力会社)
  - 全世界で86社(うち26社が米国)
  - 最大はフランス電力公社(EdF)、6,580万kW
- ◆ プラントメーカー
  - 従来は多くのメーカーがあったが現在は数社に収束しつつある

# 世界の原子力発電設備容量及び発電電力量推移

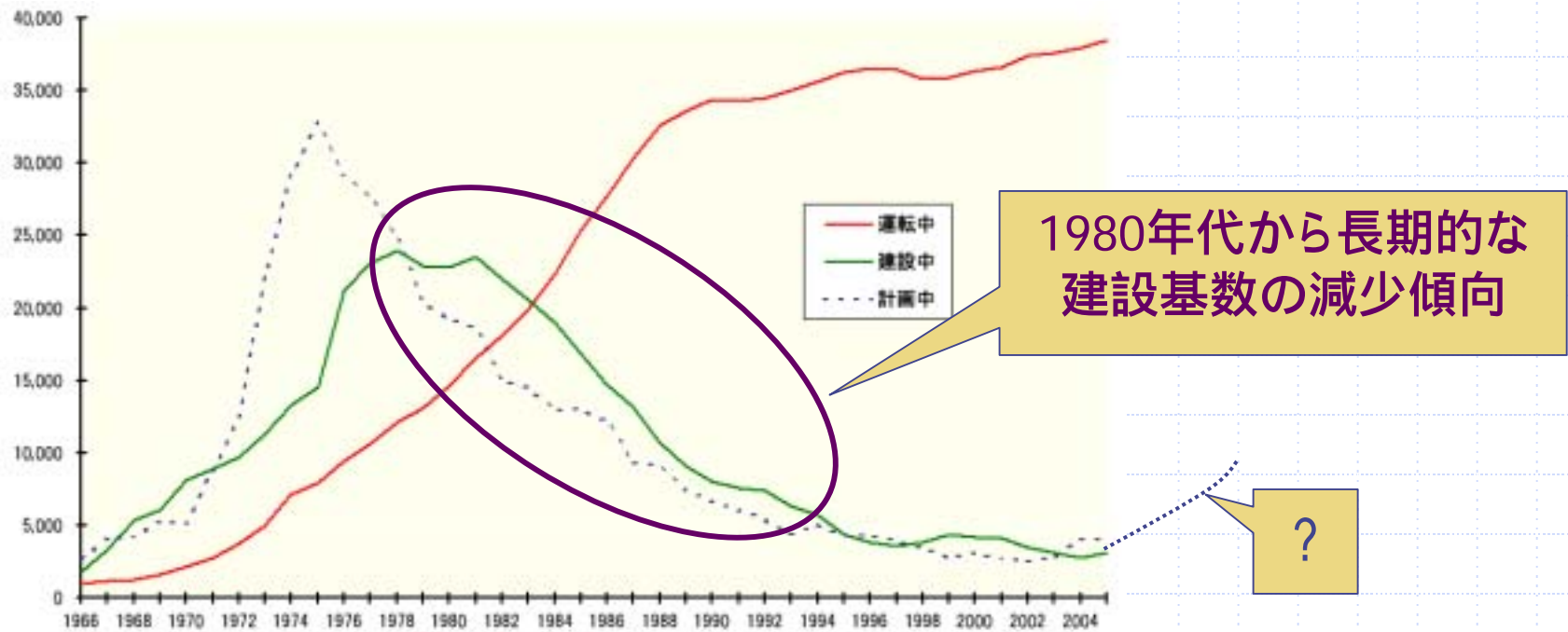


世界の原子力発電設備容量の推移

世界の原子力発電電力量の推移

# 建設中設備容量の推移

- ◆ 1980年代以降原子力発電所の建設が停滞
- ◆ しかし近年、米国等で原子力を政策的に推進する動きが現実化
- ◆ 中国・インド等でも原子力発電計画は着実に進展
- ◆ 欧米では2020年以降老朽化したプラントのリプレース需要が到来



(注) 1. 1973年以前は1万kW以上の発電炉を対象としている  
 2. 1974年以降は3万kW以上の発電炉を対象としている  
 3. 1996年の数値は、1987年2月現在

下記の出典をもとに作成した

図2 世界の原子力発電設備容量の推移

【出典】(社)日本原子力産業協会:世界の原子力発電開発の動向 2005年次報告(2006年5月)、p.64、p.88-129

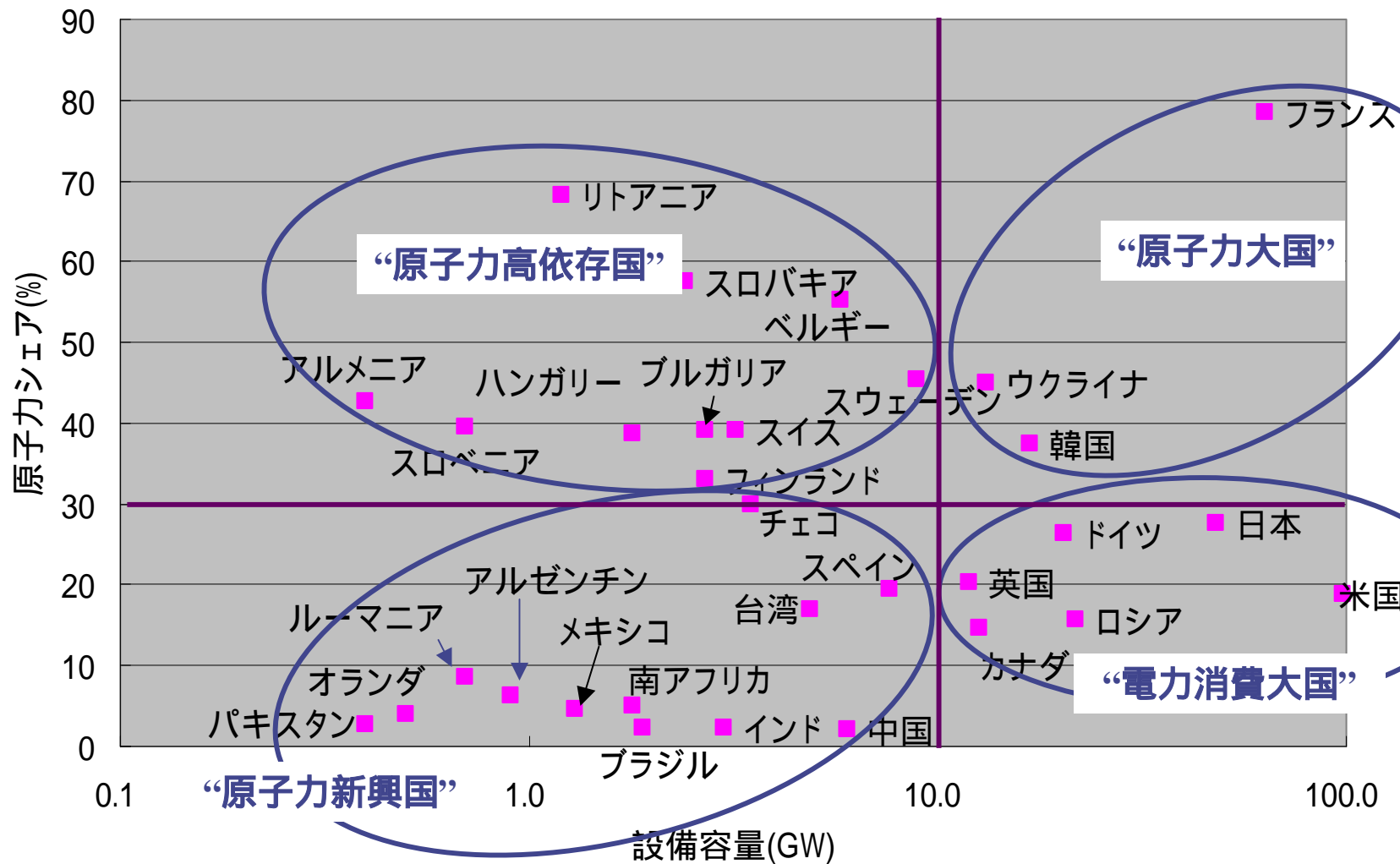
出所:原子力百科事典ATOMICA  
 (01-07-05-01)

## 各国の原子力発電開発状況一覽

国	運転中 原子炉 の基数	運転中設備 容量(GW)	建設中・計 画中原子 炉基数	建設中・計画 中設備容量(GW)	発電電力量 (TWh)	原子力 シェア (%)	原子力発 電事業者 数
ベルギー	7	5.8	0	0.0	48	55.2	1
カナダ	18	12.6	0	0.0	92	14.6	4
チェコ	6	3.5	0	0.0	25	29.9	1
フィンランド	4	2.7	1	1.7	23	33.0	2
フランス	59	63.1	1	1.6	452	78.5	1
ドイツ	17	20.3	0	0.0	163	26.3	4
ハンガリー	4	1.8	0	0.0	14	38.7	1
日本	56	47.8	13	17.2	293	27.7	10
韓国	20	16.8	8	9.6	147	37.4	1
メキシコ	2	1.3	0	0.0	11	4.6	1
オランダ	1	0.5	0	0.0	4	4.0	1
スロバキア	6	2.4	0	0.0	18	57.5	2
スペイン	9	7.6	0	0.0	58	19.5	5
スウェーデン	10	8.9	0	0.0	72	45.4	3
スイス	5	3.2	0	0.0	23	39.1	4
英国	23	11.9	0	0.0	82	20.4	2
米国	104	98.3	0	0.0	809	18.9	26
<b>OECD計</b>	<b>351</b>	<b>308.4</b>	<b>23</b>	<b>30.1</b>	<b>2,333</b>	<b>22.4</b>	<b>68</b>
アルメニア	1	0.4	0	0.0	3	42.7	1
ブルガリア	4	2.7	2	2.0	17	39.2	1
リトアニア	1	1.2	0	0.0	10	68.2	1
ルーマニア	1	0.7	4	2.8	5	8.6	1
ロシア	31	21.7	5	4.1	149	15.7	1
スロベニア	1	0.7	0	0.0	6	39.6	1
ウクライナ	15	13.1	3	3.0	84	45.1	1
<b>Transition Economies計</b>	<b>54</b>	<b>40.5</b>	<b>14</b>	<b>11.9</b>	<b>274</b>	<b>17.0</b>	<b>7</b>
アルゼンチン	2	0.9	1	0.7	6	6.3	1
ブラジル	2	1.9	1	1.3	10	2.2	1
中国	9	6.0	10	9.3	50	2.0	5
インド	15	3.0	8	3.9	16	2.2	1
パキスタン	2	0.4	1	0.3	2	2.8	1
南アフリカ	2	1.8	1	0.1	12	5.0	1
台湾	6	4.9	2	2.7	38	16.9	1
<b>発展途上国計</b>	<b>38</b>	<b>18.9</b>	<b>24</b>	<b>18.4</b>	<b>135</b>	<b>2.1</b>	<b>11</b>
<b>総計</b>	<b>443</b>	<b>367.8</b>	<b>61</b>	<b>60.4</b>	<b>2,742</b>	<b>14.9</b>	<b>86</b>

# 発電設備容量と原子力発電シェアに見る各国の特徴

各国の設備容量と原子力シェア





## 各国の原子力政策(1) 米国の政策動向

- ◆ 2001年5月、アメリカ・ブッシュ大統領「**国家エネルギー政策(NEP)**」を発表、原子力エネルギーの利用拡大を支持し、核燃料サイクル技術や次世代原子力技術の発展促進に言及。
- ◆ 2003年1月、米国DOEが「**先進的燃料サイクル・イニシアチブ(Advanced Fuel Cycle Initiative: AFCI)**」に関する議会への報告書「**先進的な使用済燃料処理と核変換研究の将来的道筋**」を発表
- ◆ 2005年8月、**米国で包括エネルギー法が成立**
- ◆ 2006年2月、米国DOE「**国際原子力エネルギー・パートナーシップ(Global Nuclear Energy Partnership, GNEP)**」を発表
- ◆ 2006年8月、**米印原子力協定が成立、インドへの欧米型軽水炉提供の可能性高まる**

# 各国の原子力政策(2)米国の政策動向

## 2005包括エネルギー法

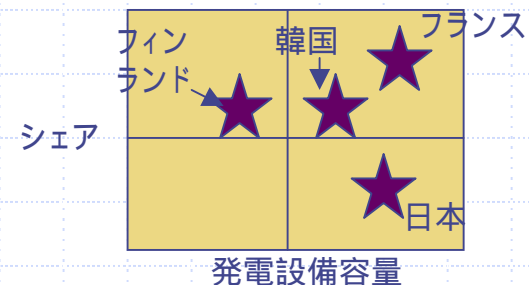
- ◆ 原子力損害賠償の**プライス・アンダーソン法**を20年間延長。この法改正にあたり事業者の潜在的な負債を大幅に増大させてきた「肩代わり条項」\*) が排除。
- ◆ 新技術を採用し、温暖化ガスの排出抑制に資するエネルギー技術プロジェクト(新規改良型原子力発電プラント、再生可能エネルギー発電プラント、石炭ガス化発電プラント等)の**遂行コストの80%までを政府が融資保証**。
- ◆ 新規原子力発電所からの発電電力に対し、最初の8年間、600万kWに達するまで**1.8セント/kWh、最大1.25億ドル/年の生産税控除**を適用。
- ◆ 許認可手続きを原因とした遅延による追加負担金を政府が1基につき**最大5億ドル補償**するという**遅延リスク保険**を承認。保険対象は新設6基とし、最初の2基については**最大5億ドル(100%)**、残りについては**最大2.5億ドル(50%)**まで補償。

\*)肩代わり条項:原子力施設での損害は原則として政府により補償されるしくみがある(原子力損害賠償法で規定)。ただし、DOEから委託を受けて施設の運営管理をしている業者(=DOE constructor)の重大な過失または故意によりその損害が生じた場合は、司法省がその事業者に対して、得た不当な利益を返還するよう要求することができる。DOE constructorにとっては不利なこの条項を「肩代わり条項」と呼び、彼らはこの条項を排除するよう長年ロビー活動を続けてきた。

# 各国の原子力政策(3)

## その他新規建設を積極的に推進する国

- ◆ フィンランド: 2010年(若干遅れる可能性あり)運転開始を目指し新規原子力発電所が建設中
- ◆ フランス: 国内60基目となる新規プラントを2007年にも着工予定
- ◆ 日本: 新国家エネルギー戦略にて2030年以降も原子力シェアを30-40%かそれ以上とする目標を明記
- ◆ 韓国: 2017年までに原子力発電設備容量を2,700万kWとする目標を明記

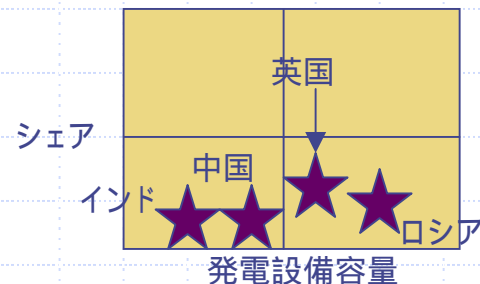


# 各国の原子力政策

## (4) その他新規建設に前向きな国

- ◆ ロシア: 2006年6月、Federal Target Program “Development of the Nuclear Power Complex of Russia in 2007-2015”を制定。現在17%の原子力シェアを2030年には25%とする目標
- ◆ 中国: 2020年までに4,000万kWとする目標\*)
- ◆ インド: 2006年5月、2030年までに4,000万kWとする目標を正式に発表
- ◆ 英国: 2006年7月、Energy Reviewにて原子力発電を重要と位置づけ

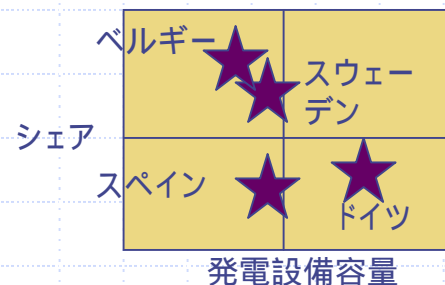
\*)2005年、CNNC「中国原子力中長期発展計画 2005-2020」




## 各国の原子力政策(5)

### 法律で原子力開発が禁止または制限されている国

- ◆ イタリア: 1990年に全ての原子力発電所を停止して以来、原子力発電及び核燃料サイクルの全ての開発を中断中
- ◆ デンマーク: 1999年以来、原子力発電開発を中断中
- ◆ ノルウェー: 1980年代初頭の政府白書で当面原子力開発しないことを表明
- ◆ オーストリア: 1978年に原子力禁止法が成立以来、開発されていない
- ◆ ポーランド: 1990年以来原子力発電開発を中断中
- ◆ オーストラリア: 1999年成立の環境保護法により、廃棄物処分技術開発を除く原子力発電関連の開発を制限
  
- ◆ スペイン: 1994年、新規建設計画の凍結決定、以来新規の計画なし
- ◆ ベルギー: 2003年の脱原子力法で原子力フェーズアウトを決定
- ◆ ドイツ: 2002年脱原子力法が成立、フェーズアウトを実施中
- ◆ スウェーデン: 1998年より原子力フェーズアウト政策施行中



## 世界の核拡散をめぐる政策動向(1)

- ◆ 近年、世界的な化石燃料資源制約や地球環境問題への意識が高まる中、**世界で原子力発電の導入拡大の見通しはほぼ確実**
- ◆ 一方、イランや北朝鮮等の核問題が深刻化、現行のNPT（核兵器不拡散条約）体制の限界も指摘される中、**核拡散の懸念につながらず平和利用を必要以上に阻害しない新たなフレームワークの必要性**  

- ◆ **核不拡散と原子力発電平和利用拡大の両立策**として、様々な**核不拡散対策の構想**がアメリカを中心に出される傾向

## 世界の核拡散をめぐる政策動向(2)

- ◆ 2003年9月、IAEA・エルバラダイ事務局長「国際核管理構想 (Multilateral Nuclear Approach, MNA)」を提唱。ウラン濃縮・再処理を多国間管理の下で行うとともに、使用済燃料の再処理や放射性廃棄物の処理処分も国際的に行うことを骨子とするもの
- ◆ 2004年2月、ブッシュ大統領、大量破壊兵器の不拡散問題に関する演説の中で、ウラン濃縮・再処理技術の拡散防止等を提案。(いわゆるブッシュ提案)
- ◆ 2005年2月、IAEAはエルバラダイ構想の実現に向けた5つのアプローチを盛り込んだ答申を発表。この中で、核保有国・非保有国・NPT未加盟国を問わず、既存の原子燃料サイクル施設は国際管理下に置き、多国間の国際核管理体制を構築することを提言

## 世界の核拡散をめぐる政策動向(3)

- ◆ 2006年1月、ロシア・プーチン大統領「**国際核燃料センター構想**」を提案。核拡散防止と核燃料リサイクルの両立を目指し、全ての原子力エネルギー利用国が濃縮・再処理といった核燃料サイクルに必須の役務の供給を受けられることが目的
- ◆ 2006年2月、米国DOE「**国際原子力エネルギー・パートナーシップ** (Global Nuclear Energy Partnership、GNEP)」を発表
  - 「核燃料サイクル国(パートナーシップ国)」から「原子力発電国」へ燃料の供給保障を行う代わりに、原子力発電国はサイクル技術を放棄
  - 核拡散抵抗性に優れた先進的再処理技術開発を促進し、プルトニウム等をエネルギーとして利用するための高速炉開発を推進
- ◆ 2006年12月、国連安全保障理事会がイラン核問題を巡る制裁決議を全会一致で採択

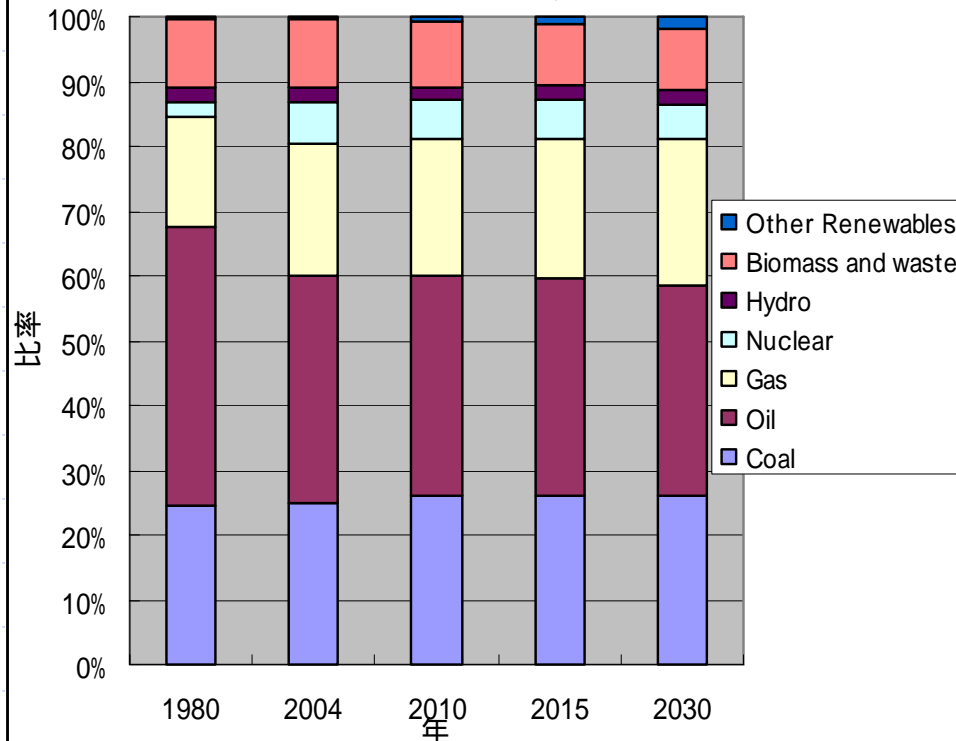


## 2. 今後の原子力発電開発の 見通し

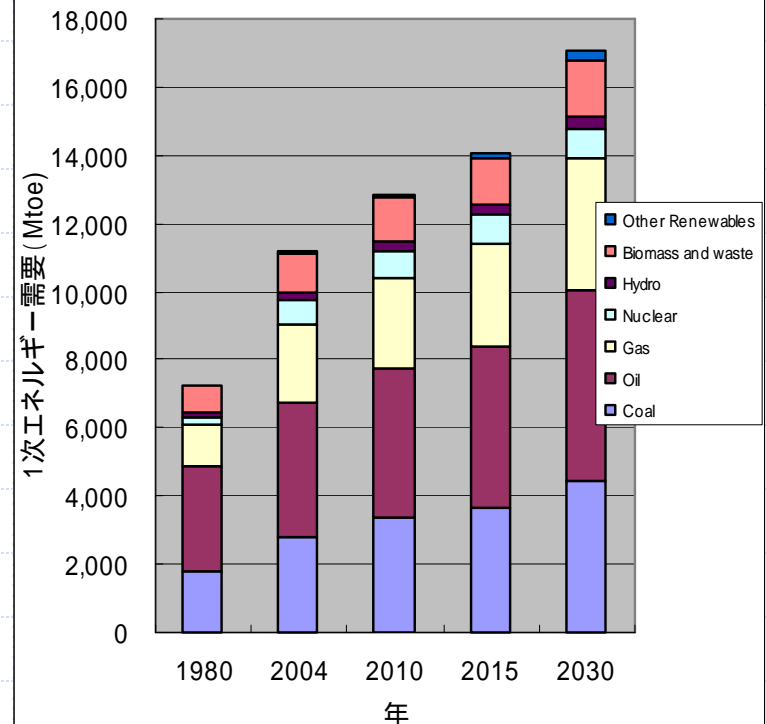
# World Energy Outlook 2006による今後の見通し: (1)レファレンスシナリオ

- ◆ 現行以上の地球温暖化対策等を考慮しないレファレンスシナリオでは原子力シェアは2030年には1次エネルギーの5%程度に低下
- ◆ アジアや発展途上国では原子力は増加するものの、欧米では老朽化プラントの廃止が相次ぐため

世界の1次エネルギー需要見通し(レファレンスシナリオ)

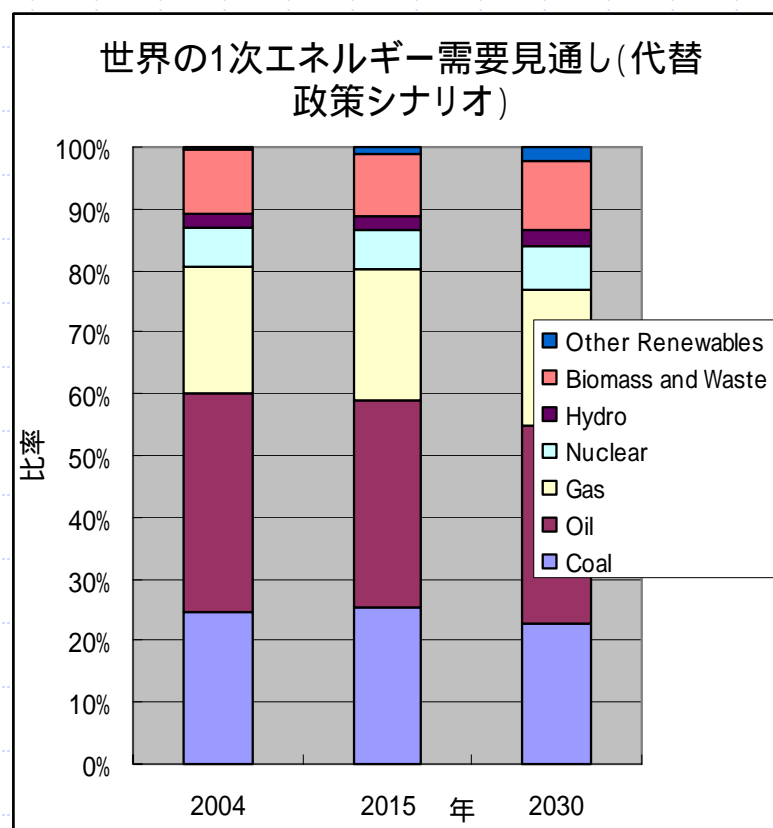
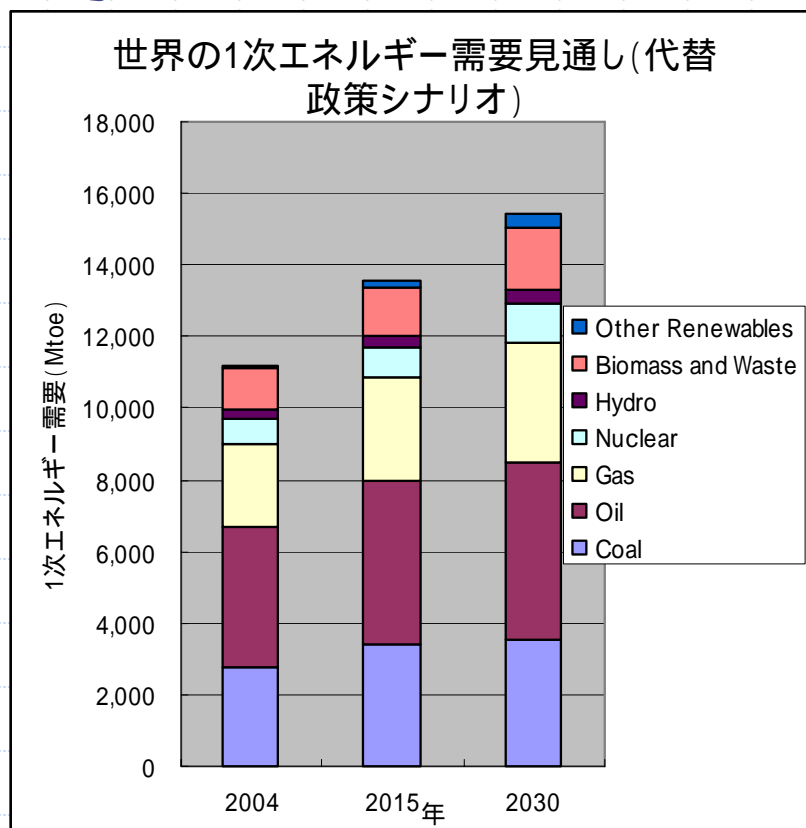


世界の1次エネルギー需要見通し(レファレンスシナリオ)



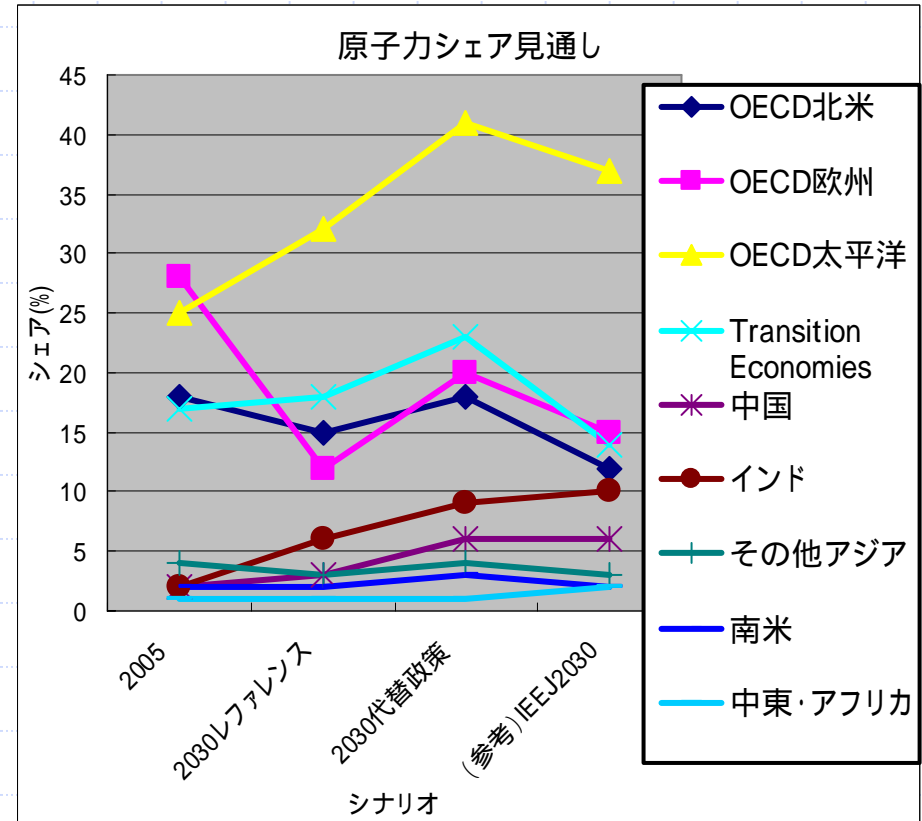
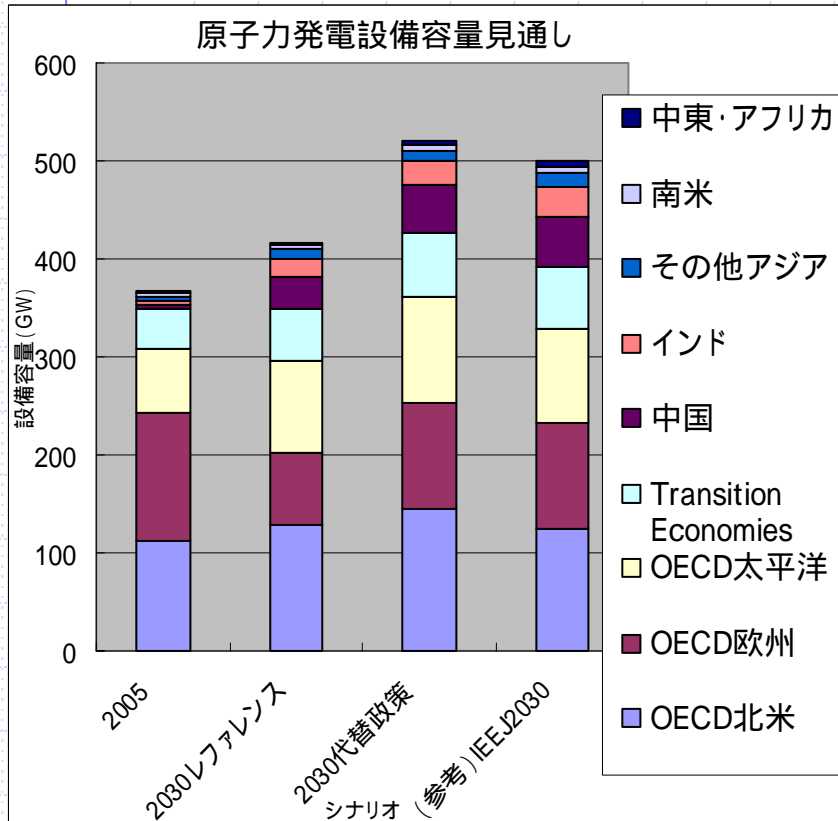
# World Energy Outlook 2006による今後の見通し: (2)代替政策シナリオ

- ◆ 現行以上の地球温暖化対策等を考慮する代替政策シナリオにおいては、原子力の比率は若干向上
- ◆ 省エネ効果により1次エネルギー需要増加はレファレンスシナリオより小さい



# World Energy Outlook 2006による今後の見通し: (3)原子力発電設備容量及び原子力シェア

- ◆ 2030年にはレファレンスシナリオでも現在(368GW)の13%増加(416GW)、代替政策シナリオでは40%増加(519GW)
- ◆ 現在建設中・計画中の原子炉が全て建設されれば、それだけでレファレンスシナリオ(416GW)を超過(PP.6参照)
- ◆ しかし現実には様々な阻害要因があることも事実



# 世界の原子力開発促進/阻害の要因

## ◆ 市場で経済性を有すること

- ガスや石炭価格が十分高い
- CO2排出権取引価格が高い
- 建設・運転コストが低い

ならば

原子力発電は  
市場で優位

## ◆ 初期投資リスク(計画の遅延を含む)

## ◆ 地球環境問題への関心


## ◆ エネルギー・セキュリティ(供給安定性)への関心

## ◆ 安全性・放射性廃棄物処理処分に関する公衆・ 立地自治体住民の関心・理解

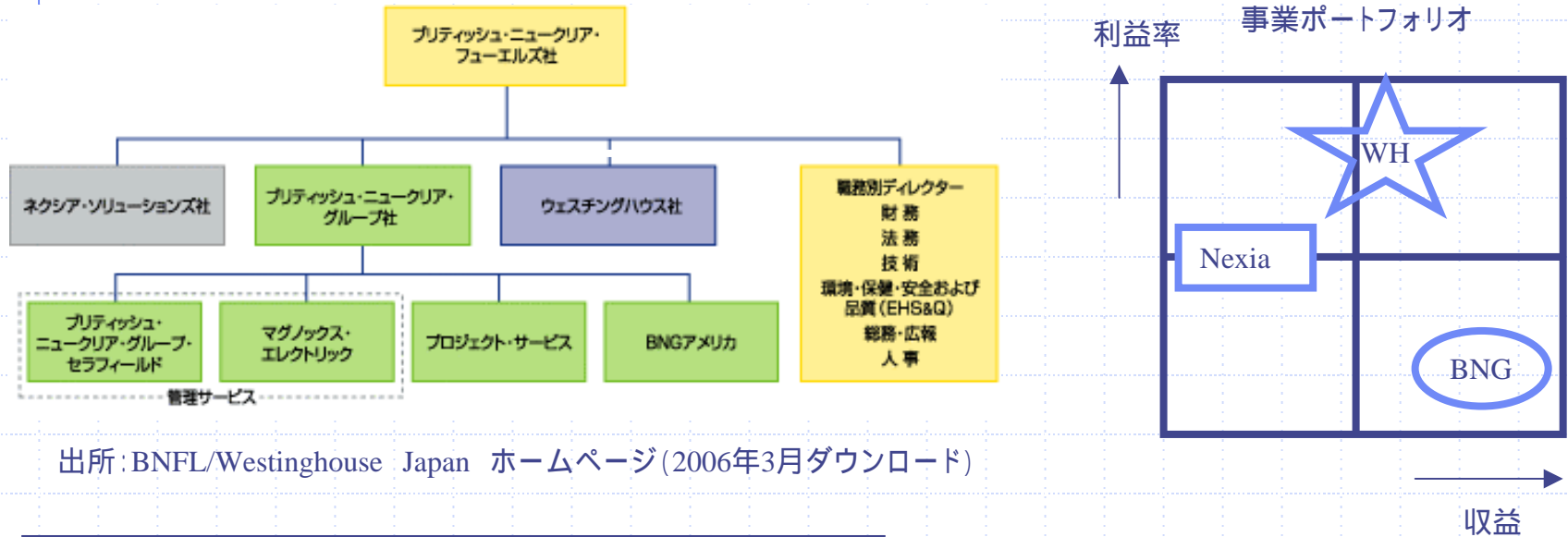
## ◆ 核拡散への懸念

# 3.世界の原子力産業の動向と 日本の原子力産業の今後

## 原子力産業界の動向レビュー

- ◆ 世界では1960年代の原子力開発の初期に各国で原子力プラントメーカー・燃料メーカー・エンジニアリング会社が振興
  - ◆ 1970年代からの需要低迷期に企業間で国境を越えた再編・集約化が進む
- 
- ◆ 経済性・信頼性とも優れたプラントコンセプトや設計ノウハウを有する数社に寡占化
    - General Electric (GE) (米国)
    - Westinghouse Electric (WH) (米国)
    - Areva (フランス)
    - 三菱・東芝・日立 (日本)

# BNFLにおけるWH社の位置づけ (2005年6月売却決定時)



(単位: £ M)	BNG	WH	Nexia
売上高	2,016	1,144	113
税引前利益	101	83	6
利益率	5.0%	7.3%	5.3%

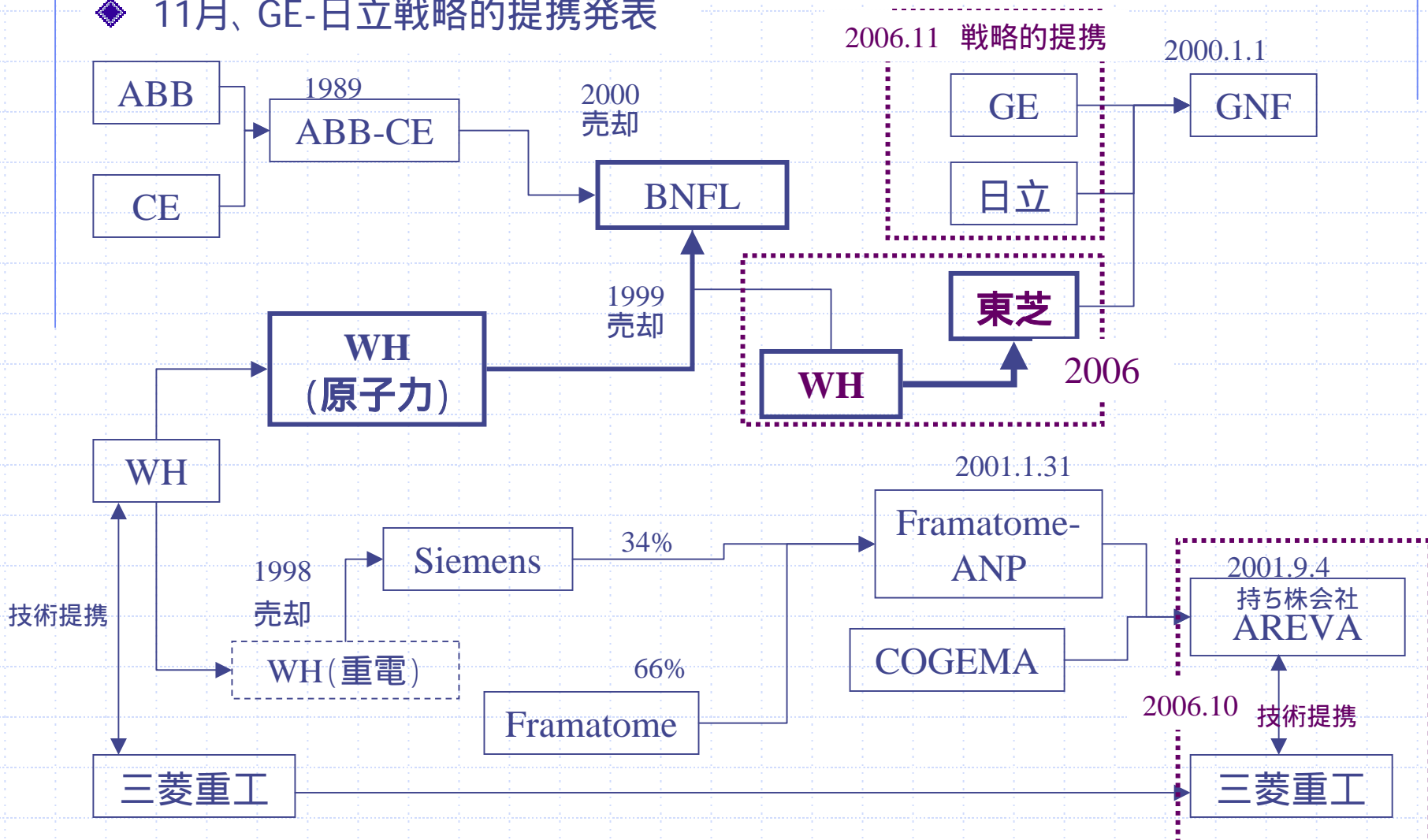
- ◆ BNFLグループでは優良子会社
- ◆ だからこそ売り時という声もあり

出所: BNFL Annual Report 2005



# 2006年から現在に至る動き

- ◆ 2月、東芝がWH買収を発表
- ◆ 7月、三菱が米国進出を発表
- ◆ 10月、三菱-Areva提携発表
- ◆ 11月、GE-日立戦略的提携発表



# 各プラントメーカーと炉型マップ(2007年1月)

	Areva	MHI	WH	東芝	GE	日立
150万kW超級	EPR オルキルト3号機(建設中) フラマンビル3号機(計画中) NRC-DC取得審査中	US-APWR NRC-DC申請準備中  APWR 敦賀3/4号機計画中			ESBWR NRC-DC取得見通し	
100万kW級	PWR 欧州・中国・韓国で多数運転中  2006年10月～ 共同開発	PWR 欧州・アジア等で多数運転中  ?		AP-1000 NRC-DC取得済み	2006年11月13日 戦略的提携発表  ABWR NRC-DC取得済み  ABWR/BWR 米国・日本・欧州で多数運転中	

\*) NRC-DC: 米国原子力規制委員会(NRC)の定める設計認証(Design Certification)。

注)この図は各メーカーの公式発表に基づき作成したものであり、実態を必ずしも正確に予測するものではない。

## メーカー各社のプラント仕様比較

炉型	ABWR	ESBWR	EPR	AP-1000	US-APWR
メーカー	GE/日立/ 東芝	GE/日立/ 東芝	Areva	WH	三菱
出力(万kW)	1,400	1,550	1,650	1,200	1,700
実績	柏崎刈羽 6/7号 浜岡5号 志賀2号	無し	オルキル オト-3号 (建設中)	無し	無し
米国NRC設計 認証	取得済み	審査中	事前審査 中	取得済み	準備中
建設単価 (\$/kW)	2,000~ 2,400	<~1,500	~2,300	<~1,500	~2,000

建設単価の出所: ESBWR、AP-1000についてはWNA”The New Economics of Nuclear Power (2005/12/1)”の記述であり、ペーパー上の期待値である。ABWR及びEPRについては実績(推定)を記載、US-APWRは日本の敦賀3/4号の公表値を記載。

ABWRの次期建設プラントは\$1,600~1,800/kW程度との予測もある(TVAのBellefonteプロジェクト及びGE見解)。

# メーカー再編の背景・個別の事情

## (1) GEの原子力事業ポートフォリオ分析

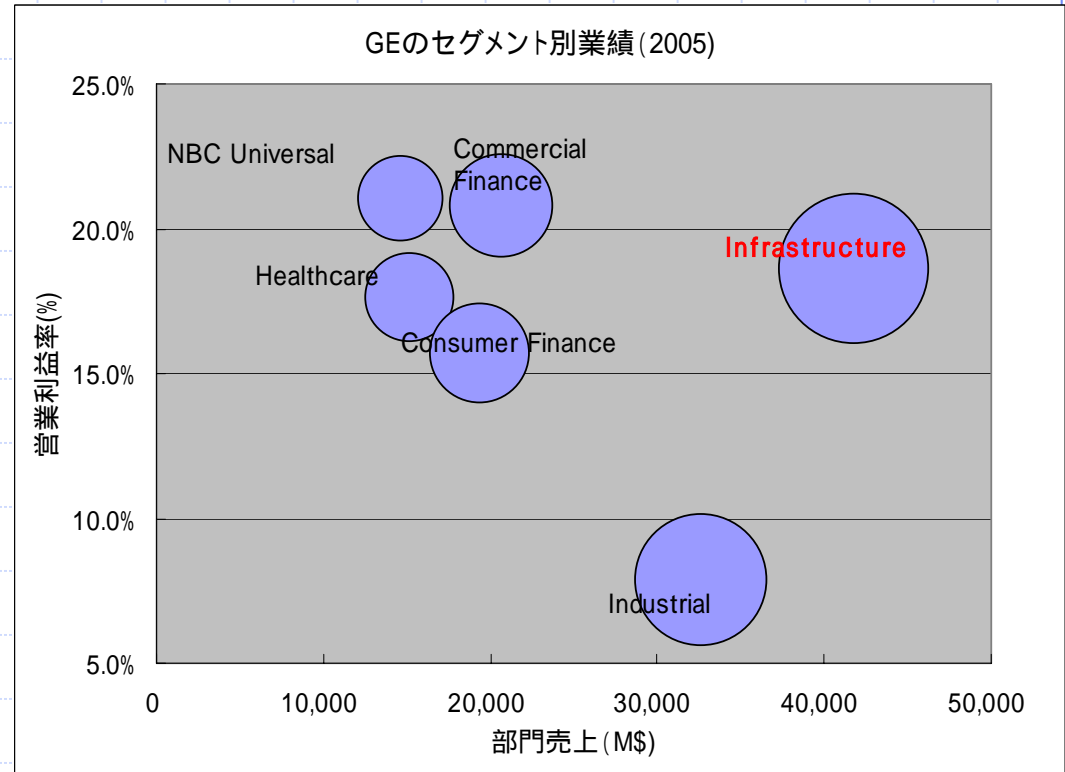
- ◆ “Infrastructure”セグメントはGEグループにおけるコア事業
- ◆ 高付加価値・高収益を追求し、そうでない事業は速やかに精算する組織風土
- ◆ 「優れたコンセプトを売り込み、主契約者として主に設計を担当し、機器製造は別のメーカーに発注する」というビジネスモデル



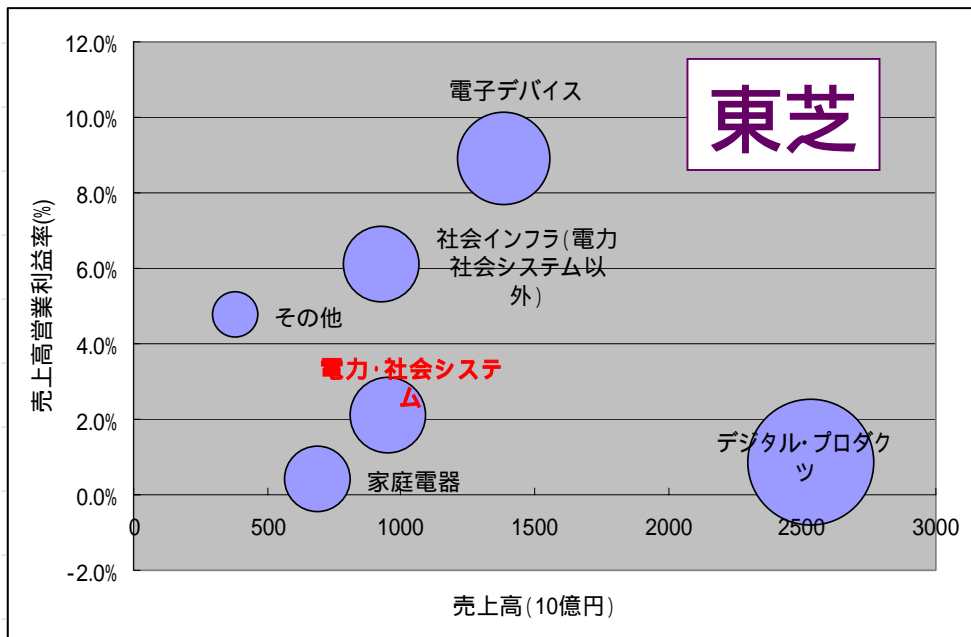
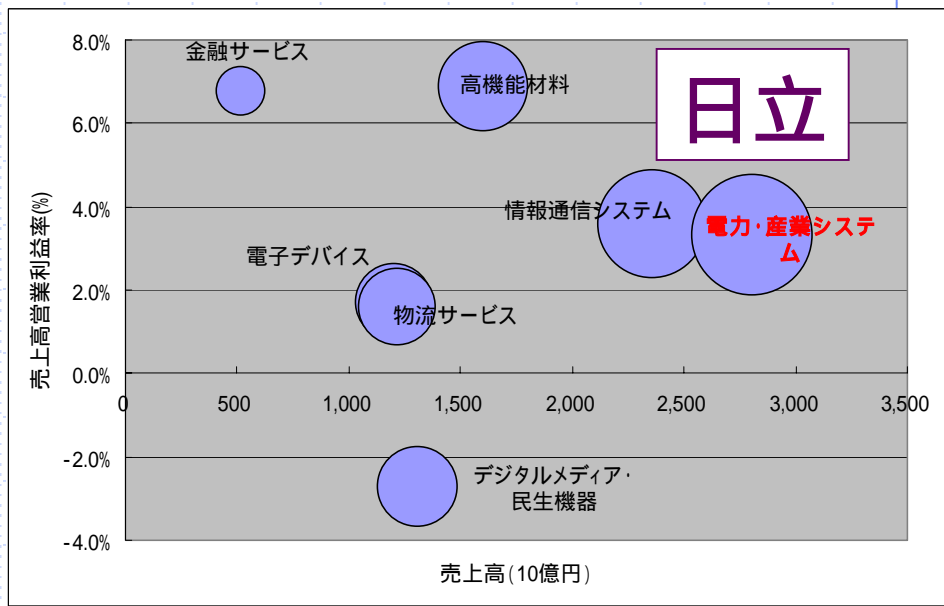
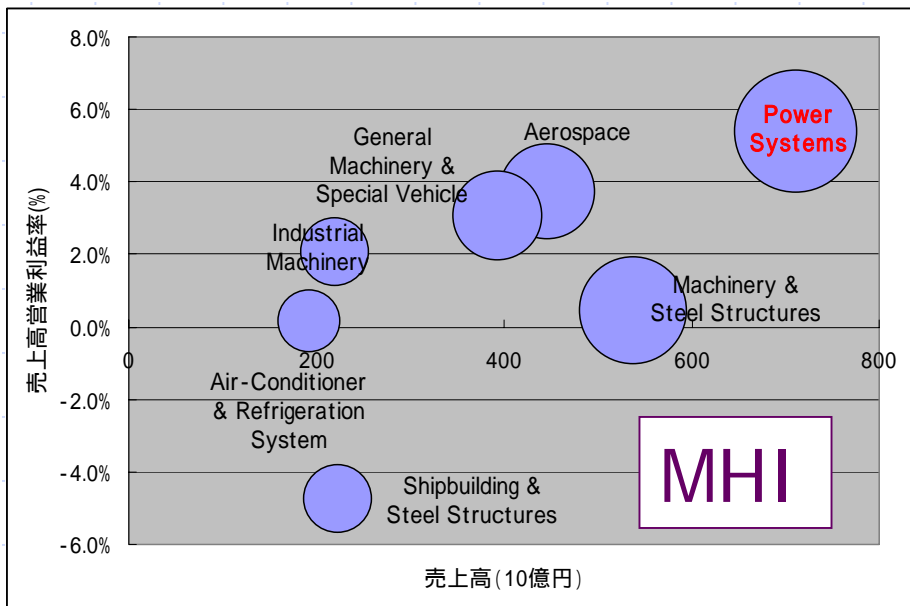
日本メーカーと比較すると利益率が高い

出所: 2005 GE annual report

[http://www.ge.com/files/usa/company/investor/secreport/pdfs/ge\\_10Ka\\_2005.pdf](http://www.ge.com/files/usa/company/investor/secreport/pdfs/ge_10Ka_2005.pdf)



## (2) 日本メーカ3社の原子力事業ポートフォリオ分析(2006年3月期)



- ◆ MHIにおける電力システム事業は“コア”
- ◆ 東芝はWH買収により売上と収益性を高められるかが今後の課題
- ◆ 日立は売上より収益性向上が課題か

# 世界の原子力市場で日本の原子力産業界が目指す方向

「原子力立国計画」(2006年9月4日、総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会で報告) に示された基本方針

日本の原子力産業界の目指すもの

- ◆ 現行水準以上の原子力発電比率の中長期的な実現
- ◆ 核燃料サイクルの着実な推進とサイクル関連産業の戦略的強化
- ◆ 高速増殖炉サイクルの早期実用化
- ◆ 次世代軽水炉開発プロジェクト
- ◆ 我が国原子力産業の国際展開支援
- ◆ 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

世界市場で通用する規模と競争力を有する原子力産業の体質強化

世界標準を取れる基本設計概念の構築

# 日本型次世代軽水炉開発と国際展開に係る課題

## 政策目標

- ◆ 日本型次世代軽水炉に関する原子力立国計画の記述
  - 国、電気事業者、メーカーが一体となったナショナルプロジェクトとして日本型次世代軽水炉に着手
  - メーカーが主体的役割
  - 開発する標準炉は多くても2つ程度
- ◆ 世界市場で通用する規模と競争力を持った原子力発電プラント産業の実現 に関する原子力計画立国の記述
  - わが国メーカーが「世界市場で通用する規模と競争力を持つよう体質を強化すること」が政策上の目標
  - わが国メーカーが国際市場で競争する原子炉のコンセプトやターゲット市場等を明確にし、その実現に向け、関係者が戦略的に取り組むことが必要
  - メーカーは内外のマーケティング戦略を描いた上で、国内外を問わず連携の相手企業や分野、形態等を戦略的に検討し、率直な意思疎通を図っていくことが必要
  - 海外市場の獲得はメーカーだけでは限界があるため、国が、政府としての意思表示や公的金融による支援等、国際展開に向けた環境整備を行うとともに、電気事業者がメーカーと必要な連携を行う

## 課題

日本メーカーと提携した海外企業の参画を得る可能性

概念の最適化

地域・国別、開発時期毎の炉型ニーズ調査

資本関係も変化する中での組織的技術力と人的資源の維持

日本政府として日本メーカーのプレゼンス向上のための働きかけ

## 4.まとめ



## 原子力開発のポイント(1)

- ◆ 原子力発電はエネルギー・セキュリティと地球温暖化問題の切り札として今後重要となる
- ◆ 政策的支援は開発促進のキーポイント
- ◆ 自由化と原子力: 原子力発電は市場で優位を保てるか
- ◆ 初期投資が大きいため、民間企業の投資を促進するには資金調達リスクを分散させる何らかのしくみが必要
- ◆ 海外メーカを傘下に収めた/提携した日本メーカの技術力が発揮できる事業環境の整備

## 原子力開発のポイント(2)

- ◆ 許認可・建設過程のスムーズな進行も重要な要素であり、コストや許認可プロセスの不確実性は可能な限り低減されるべき
- ◆ 安全性、廃棄物管理、核不拡散に関する監視が必要
  - 特に“原子力新興国”における安全規制の確立
  - 再処理の是非も含め使用済燃料をどうするか、廃棄物の最終処分をどうするかは、各国が早急に決めねばならない方針
  - GNEPやMNA等、国際的な原子力エネルギー利用拡大と核不拡散との両立に有効な枠組み)を実効化していく取り組みが必要
    - ◆ 燃料供給保証
    - ◆ 核燃料サイクル施設の多国間管理 等

## 産業界動向の注目ポイント

- ◆ 国により異なる炉型ニーズ及び事業リスクを各メーカーがどのように判断し“選択と集中”するか
  - 米国で最初の数基を受注するメーカーグループはやや有利となる可能性あり
  - 各国・各地域のカントリー・リスクを十分に認識した上で明確なビジョンを持って臨み、最適な投資判断をするメーカーが世界トップに
- ◆ 国境を越え、資本関係も変化する中でメーカーはどのようにして組織的技術力と人的資源を維持していくか
- ◆ 原子力産業の活性化につながるBWRとPWRのシナジー効果は実現するか
  - 両炉型を有する東芝/WHと、単独炉型で実績を築いてきたGE/日立及びAreva/三菱の今後に期待

# 産業界の動向が市場にもたらす効果

産業界全体の  
技術レベル向上

メーカー間の  
健全な競争

確かなものづくり技術力

原子力発電の  
市場競争力向上

米国新設市場

欧州

リプレース市場

アジア等新興市場

活性化