
原子力の新たな国際戦略

2010年7月2日(金)
「核と人工物の歴史と科学」講演会

鈴木達治郎
原子力委員会 委員長代理

まとめ(1)

- 原子力は温暖化やエネルギー情勢の変化から、世界的に再注目を浴びている。
 - 多くのリプレイス需要が原子力産業を活性化させる可能性
 - しかし、欧米では現在の原子力シェアを維持するのも困難である。
- アジアでは、原子力の拡大が期待され、世界でも最も急成長が見込まれる。
 - 日本、韓国、中国、インドの4カ国で拡大が期待されている。
 - 他のアジア諸国も導入を計画しているが、導入には社会・産業インフラ、人材育成など、多くの課題を抱える

まとめ(2)

- 原子力産業の再編成が進み、日本メーカーも国際展開を進めている
 - 米国での市場の動きが重要
 - 金融支援などで、日本政府も積極的動き
 - 途上国支援には3S(核不拡散、核物質防護、安全)の確保が不可欠
- しかし、原子力利用拡大と核不拡散の両立が大きな課題
 - 特に核燃料サイクルの多国間管理が重要な課題
 - 普遍性、透明性、経済合理性を原則とした、新たなスキームが必要

目次

- 原子力ネットワーク
- 原子力産業の国際展開
- 原子力平和利用と核不拡散の両立

原子力カルネッサンスとは？

- 現状と将来見通し
- 現実
- エネルギー・環境問題にとっての意義

原子力カルネッサンスへの期待



"A nuclear revival is welcome so long as the industry does not repeat its old mistakes"

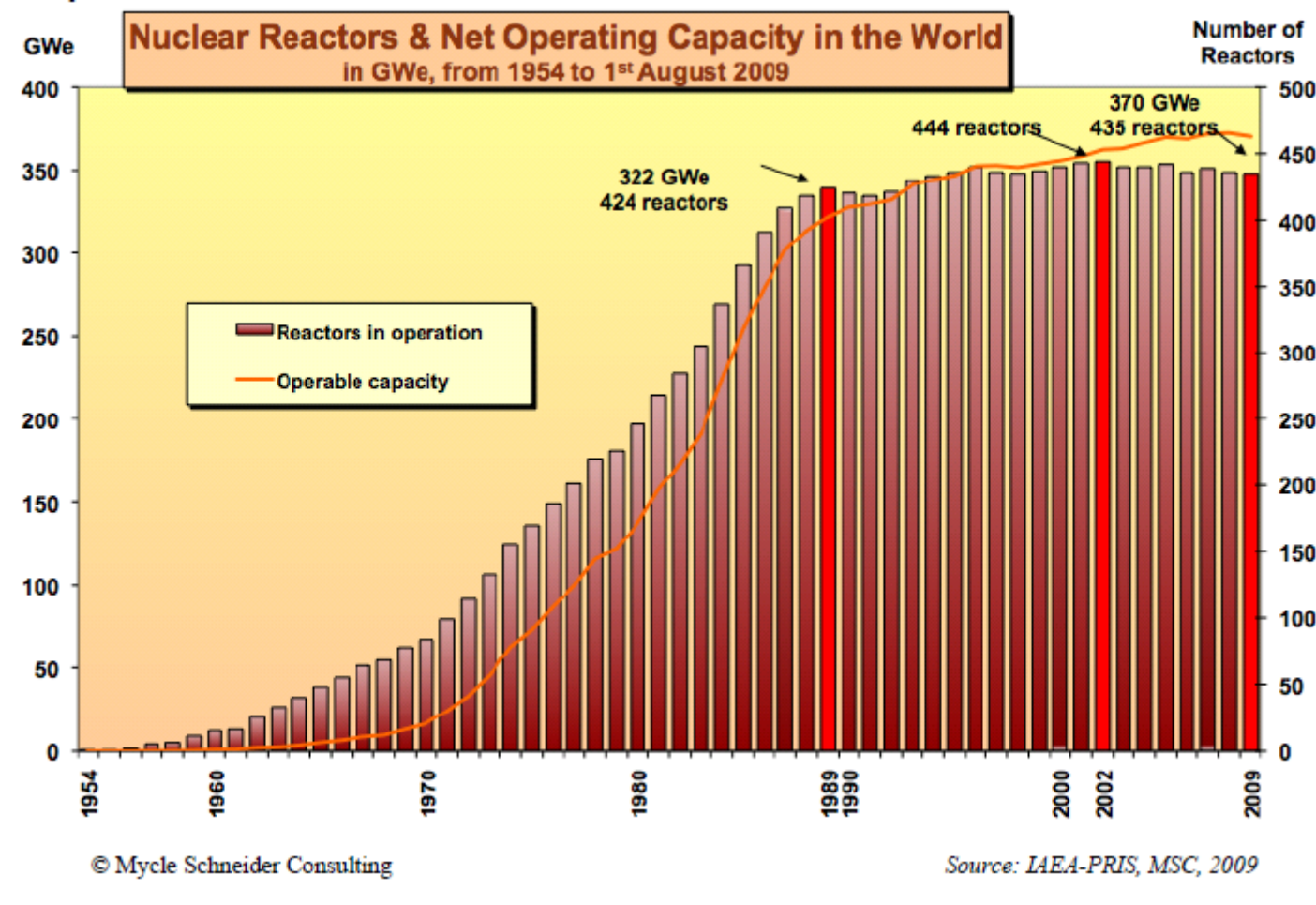
-- *The Economist*,
September 8, 2007

「原子力の復活は歓迎すべきことだが、それは原子力産業が同じ失敗を繰り返さないという前提の話である」
—英エコノミスト誌、2007年9月8日特集

世界の原子力発電の現状

- 2009年12月末時点で、435基の原子力発電所（373GW(e)）が運転中。
- そのうち~80% の設備容量が OECD 諸国
- 5 基(3.9GW) が長期停止中(2006)
- 45 基(40GW) が建設中, そのうち25 基がアジア(2008)、計画中も含めると189基(199GW)に上る。
- 世界の総発電量の ~16% を供給している(2008)

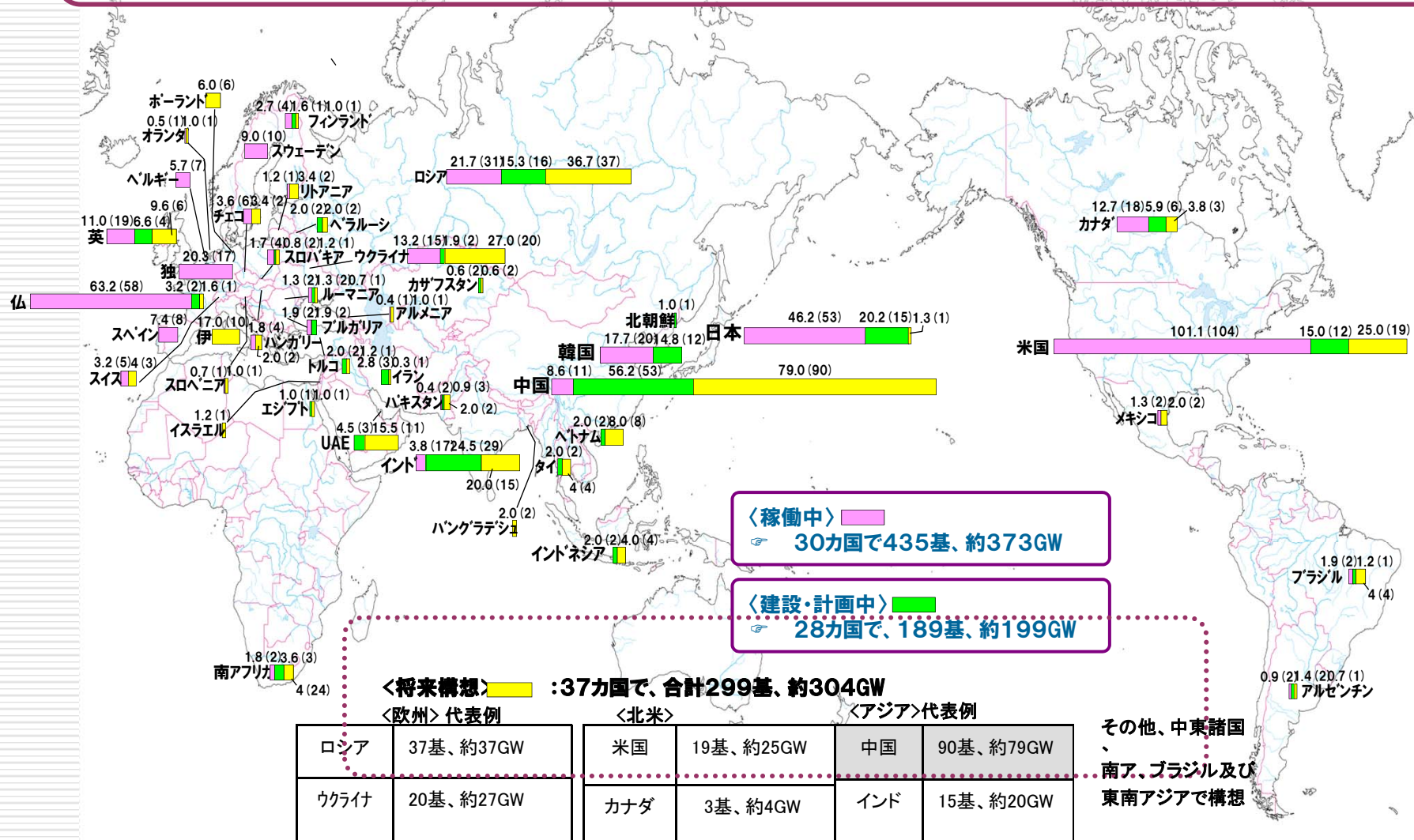
出所: International Atomic Energy Agency(2009)



Source: Mycle Schneider, A. Frogatt, "The World Nuclear Industry Status Report 2009," August 2009.
http://www.bmu.de/files/english/pdf/application/pdf/welt_statusbericht_atomindustrie_0908_en_bf.pdf

1-8 世界における原子力発電の拡大の動向

- ・1990年代以降、米欧では新設がなかったが、ここ数年、新設再開の動き。
- ・日米露中印等で大幅な増設が計画・構想されている。



1-9 世界における原子力発電の新規導入の動向

ベラルーシ

下院で原子力法を審議中。100万kW2基の建設サイトを2008年中に決定予定。

ポーランド

原子力発電の再導入を2005年に閣議決定。2020年代初頭の運開をめざす。

イタリア

原子力凍結解除の法案を可決。(2009年)

モロッコ

2016-17年に初号機建設を計画。仏と原子力協力協定。(2007年) 露とも協力。

アルジェリア

米と原子力協力合意。仏、亜と原子力協力協定。(2007-8年)

ガーナ

政府が原発導入検討を表明。(2008年)

ナイジェリア

科学技術相が原発導入検討を表明。(2008年)

リビア

露と原子力協力合意。仏と原子力協力協定。(2007年)

エジプト

大統領が原子力発電導入計画を発表。(2007年)

トルコ

政府が原発初号機建設を入札。露アトムstroyエクスポートのみが応札。(2008年)

カザフスタン

エネルギー・鉱物資源省が原発導入のフィージビリティスタディ開始。露、日、仏、中等と協力が進行中。(2007-8年)

イスラエル

首相官邸、国土基盤省で原子力発電導入検討。(2007年)

アラブ首長国連邦

原子力平和利用に関する公式報告書を公表。仏、英と原子力協力協定。米との協定も交渉中。(2008年)

ヨルダン

仏、加、英と原子力協力覚書。中と協力協定、韓との協定も検討中。(2008年)

GCC加盟国

(アラブ首長国連邦、バーレーン、クウェート、オマーン、カタール、サウジアラビア)GCCサミットで共同の原発導入検討を表明。(2007年)

バングラデシュ

国家エネルギー政策で、2020年までに2基の中小型炉の建設を計画。2025年以降の電源構成における原子力の割合を25%にすることを計画。

ベトナム

政府計画において、2020年までに最初の原発を運開する予定。2009年1月に原子力エネルギー法を施行。2ヶ所のサイト候補地についてブレFS報告書を議会提出。

タイ

電源開発計画では、2020年に原発初号機の運開を計画。2011年までに原発導入を閣議において判断する予定。電力開発計画では、2021年までに4000MWeの発電量を原子力で賄う予定。

フィリピン

80年代にほぼ建設完了しているバタアン原発の再活用に関するフィージビリティスタディを開始。(2008年)

マレーシア

現行のエネルギー政策の見直しを大統領が表明。2020年以降には原子力発電が必要との原子力庁の検討結果を公表。(2008年)

インドネシア

国家エネルギー計画では、2015-19年に原発初号機の運開を予定しており、その後2025年までに段階的に4基を建設することを計画。

ベネズエラ

大統領が、原発導入検討開始を表明。(2007年)

チリ

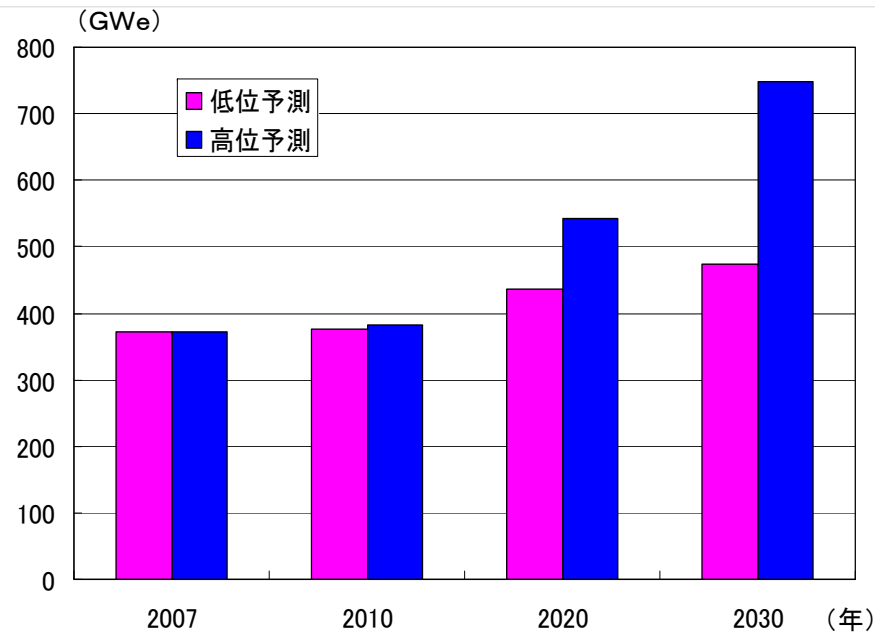
エネルギー相が、原発導入のフィージビリティスタディ開始を表明。(2007年)

(2009年6月現在、報道等をもとに作成)

1-10 世界の原子力発電量の将来予測

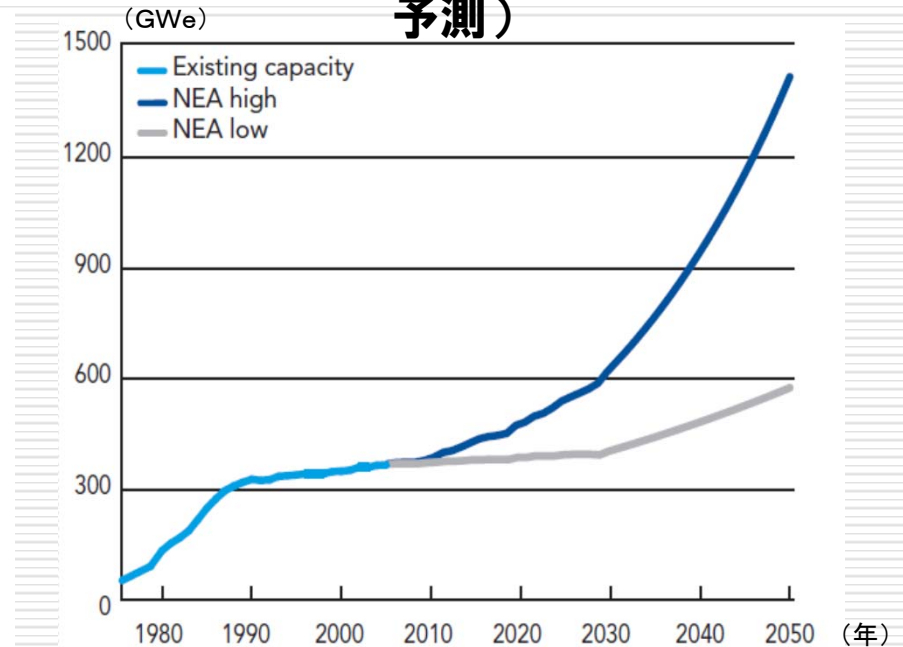
- ・今後も原子力発電設備容量の増加が予測されている。

世界の原子力発電設備容量の推移
(国際原子力機関 (IAEA) 予測)



出典: Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2030, 2008 Edition, IAEA RDS-1

世界の原子力発電設備容量の推移
(経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) 予測)



出典: Nuclear Energy Outlook 2008, OECD/NEA

OECD/IEAの予測

2030年までの予測: OECD (欧米)ではシェアが低下

Region	Nuclear Capacity [GW]			Share of nuclear in electricity generation		
	2005	2030 Reference Scenario	2030 Alternative Policy	2005	2030 Reference Scenario	2030 Alternative Policy
OECD	308	296	362	22%	16%	22%
OECD North America	112	128	144	18%	15%	18%
OECD Europe	131	74	110	28%	12%	20%
OECD Pacific	65	94	108	25%	32%	41%
Transition economies	40	54	64	17%	18%	23%
Developing countries	19	66	93	2%	3%	5%
China	6	31	50	2%	3%	6%
India	3	19	25	2%	6%	9%
Other Asia	5	10	10	4%	3%	4%
Latin America	3	4	6	2%	2%	3%
Middle East and Africa	2	2	2	1%	1%	1%
World	368	416	519	15%	10%	14%

Table 7.2. International Energy Agency (IEA) nuclear capacity projections for 2030.³¹³

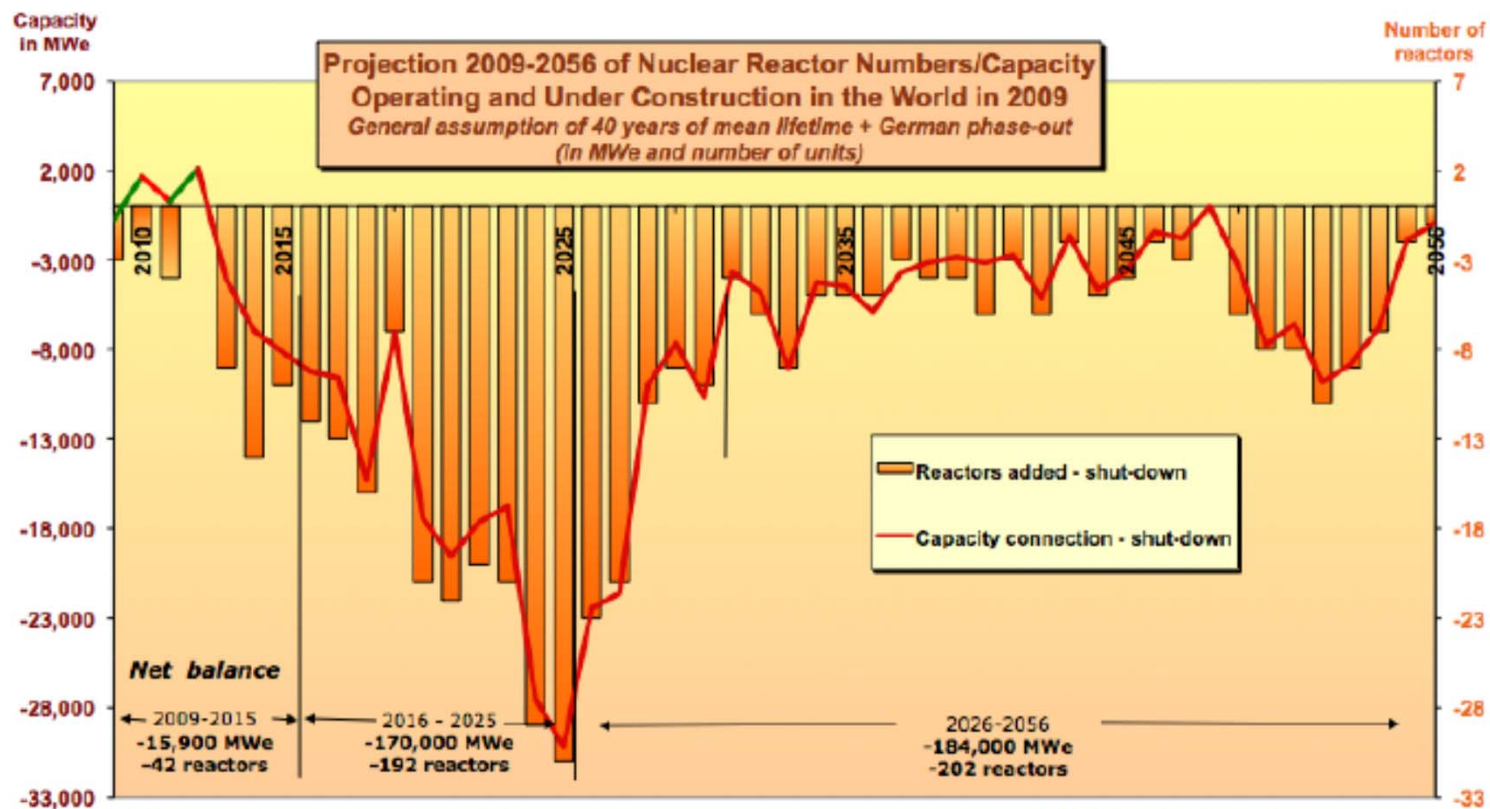
2050年までの予測

全世界でシェア拡大が目標

- 経済協力開発機構(OECD)は16日、原子力発電の見通しをまとめた初の報告書を発表し、世界の原発発電容量が2050年までに現在の1.5倍から最大3.8倍に拡大すると予測。
- OECDによると、原発の発電容量が3.8倍に急増した場合、世界の原発依存度は現在の16%から22%に上昇する。

原子力発電所の更新需要予測 (2009~2056)

Graph 7: The 40-Year Lifetime Projection



© Mycle Schneider Consulting

Sources: IAEA-PRIS, WNA, MSC 2009

原子カルネッサンスの期待と現実(1)

- OECD 諸国では、現在の原子力シェアを維持するためには、リプレイス発注が必要
 - 2025年までに234 基(186 GW)のリプレイス需要発生
 - 原子力シェアは、2030年までに米国で18%から15%、欧州では28%から12%にまで低下する見通し
 - 北米、欧州は「原子カルネッサンス」というより「原子力の生存競争」といった方が正しい。
- それでも、発注基数を考えれば、原子力産業にとっては、確かに「ルネッサンス」といえる。
- エネルギー・環境情勢からすると、現状のままでは原子力の貢献度は減少する可能性が高い

原子力カルネッサンスの期待と現実(2)

- アジアでは、日本、韓国、中国、インドがすべて原子力の拡大にコミットしている。
 - 4カ国だけで2030年までに70GWの増設の見通し
 - 中国は2030年までに130GW、インドは2050年までに170GWの政府計画
- さらに、ベトナム、UAEなどが2020年までに原子力導入を計画
 - ベトナムでは、4基で受注競争が進行中。UAEも4基発注。
 - その他：アルジェリア、エジプト、イラン、ヨルダン、リビア、モロッコ、サウジアラビア、チュニジア、トルコ、イエメン
- しかし、新規導入には重要なインフラ整備が必要

1-12 原子力利用に必要な基盤

- ・原子力利用には、広範な技術的社会的産業的基盤の整備が必要。
- ・新規導入をめざす途上国にとって、この基盤整備が課題となる。

<基盤整備>

原子力プログラムを定め、運用するに必要な全ての活動及び準備。

<基盤整備の課題>

- | | |
|----------|--------------------|
| ①国の立場 | ⑪ステークホルダー・インボルブメント |
| ②原子力安全 | ⑫サイト及びサポート施設 |
| ③マネジメント | ⑬環境保護 |
| ④財源、資金調達 | ⑭緊急時対策 |
| ⑤法的枠組み | ⑮セキュリティ及び核物質防護 |
| ⑥保障措置 | ⑯核燃料サイクル |
| ⑦規制枠組み | ⑰放射性廃棄物 |
| ⑧放射線防護 | ⑱産業界の巻き込み |
| ⑨電力網 | ⑲調達 |
| ⑩人的資源開発 | |

出典:IAEA Nuclear Energy Series, No NG-G-3.1, “Milestone in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power”を基に事務局作成

温暖化対策として必要な原子力容量 (MIT報告書、2003)

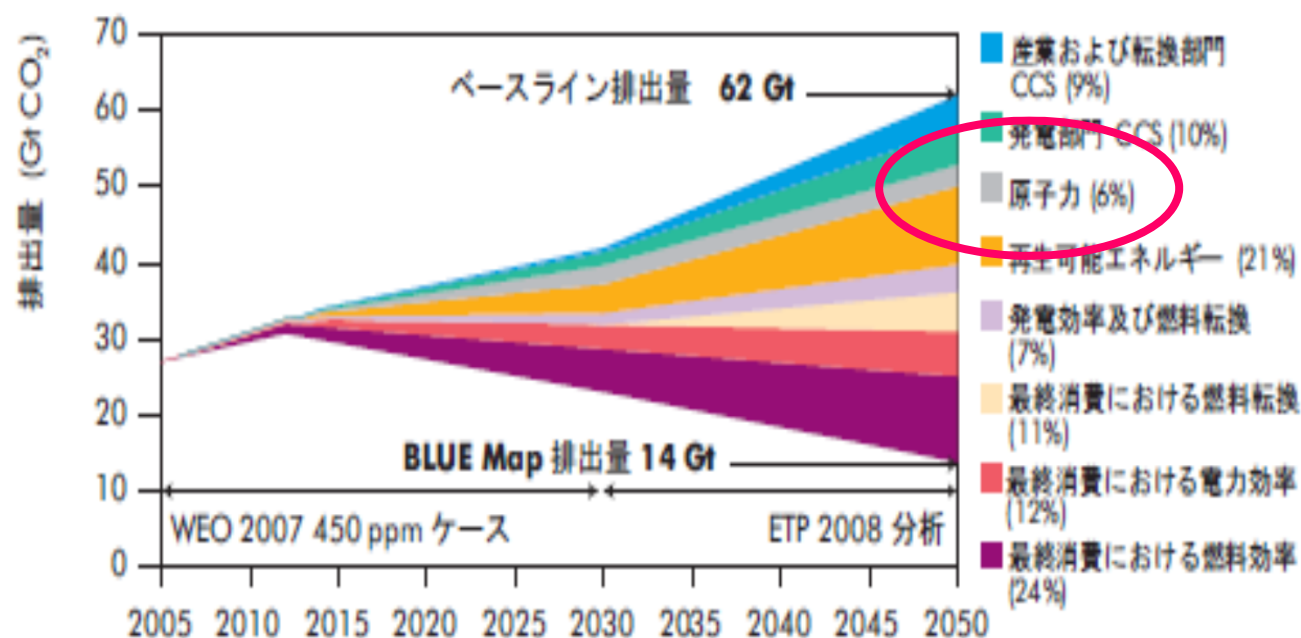
Global Growth Scenario			
REGION	PROJECTED 2050 GWe CAPACITY	NUCLEAR ELECTRICITY MARKET SHARE	
		2000	2050
Total World	1,000	17%	19%
Developed world	625	23%	29%
U.S.	300		
Europe & Canada	210		
Developed East Asia	115		
FSU	50	16%	23%
Developing world	325	2%	11%
China, India, Pakistan	200		
Indonesia, Brazil, Mexico	75		
Other developing countries	50		

Projected capacity comes from the global electricity demand scenario in Appendix 2, which entails growth in global electricity consumption from 13.6 to 38.7 trillion kWhrs from 2000 to 2050 (2.1% annual growth). The market share in 2050 is predicated on 85% capacity factor for nuclear power reactors. Note that China, India, and Pakistan are nuclear weapons capable states. Other developing countries includes as leading contributors Iran, South Africa, Egypt, Thailand, Philippines, and Vietnam.

Source: MIT Interdisciplinary Study, "The Future of Nuclear Power," 2003.
<http://web.mit.edu/nuclearpower/>

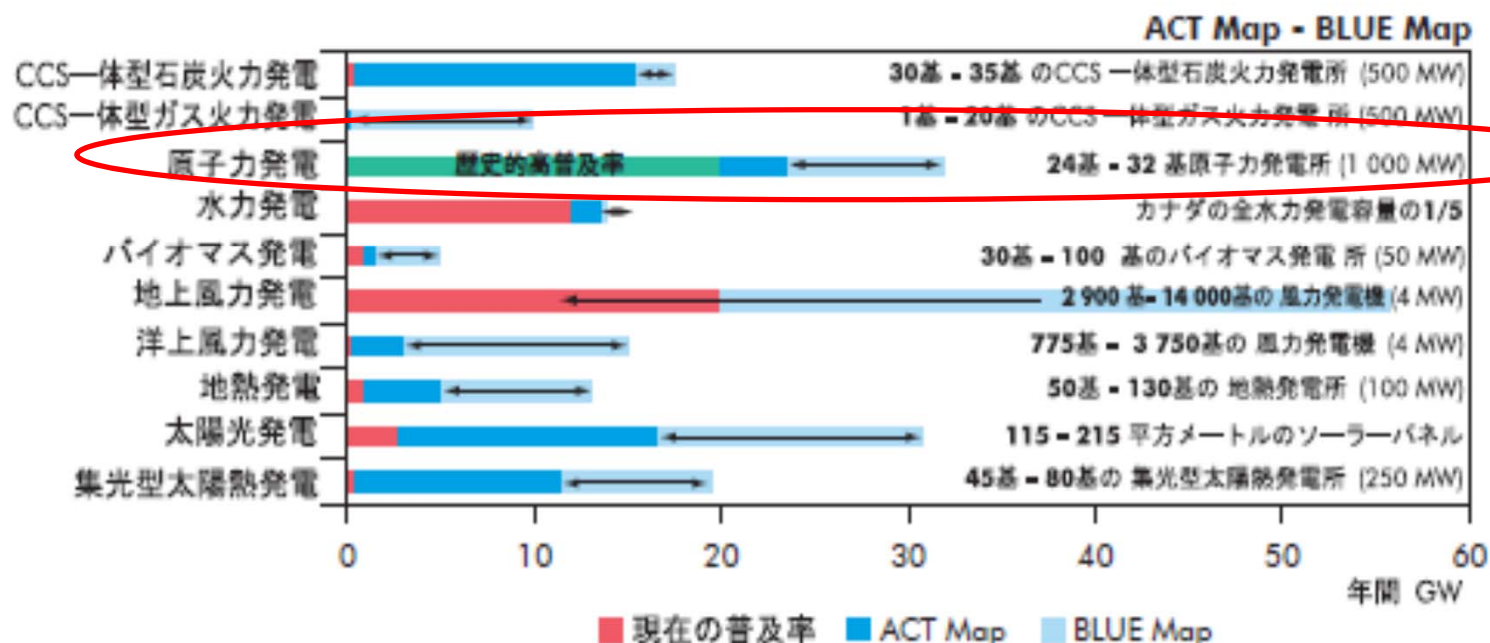
2050年までにGHG50%削減シナリオ

図ES.2 ▶ 世界エネルギー展望2007の450ppmケースとBLUE Mapシナリオの比較、2005年から2050年



24－32基/年の建設が必要(IEA,2008)

図ES.3 ▶ ACT Map・BLUE Map両シナリオにおける発電部門の平均年間必要投資
2005年から2050年



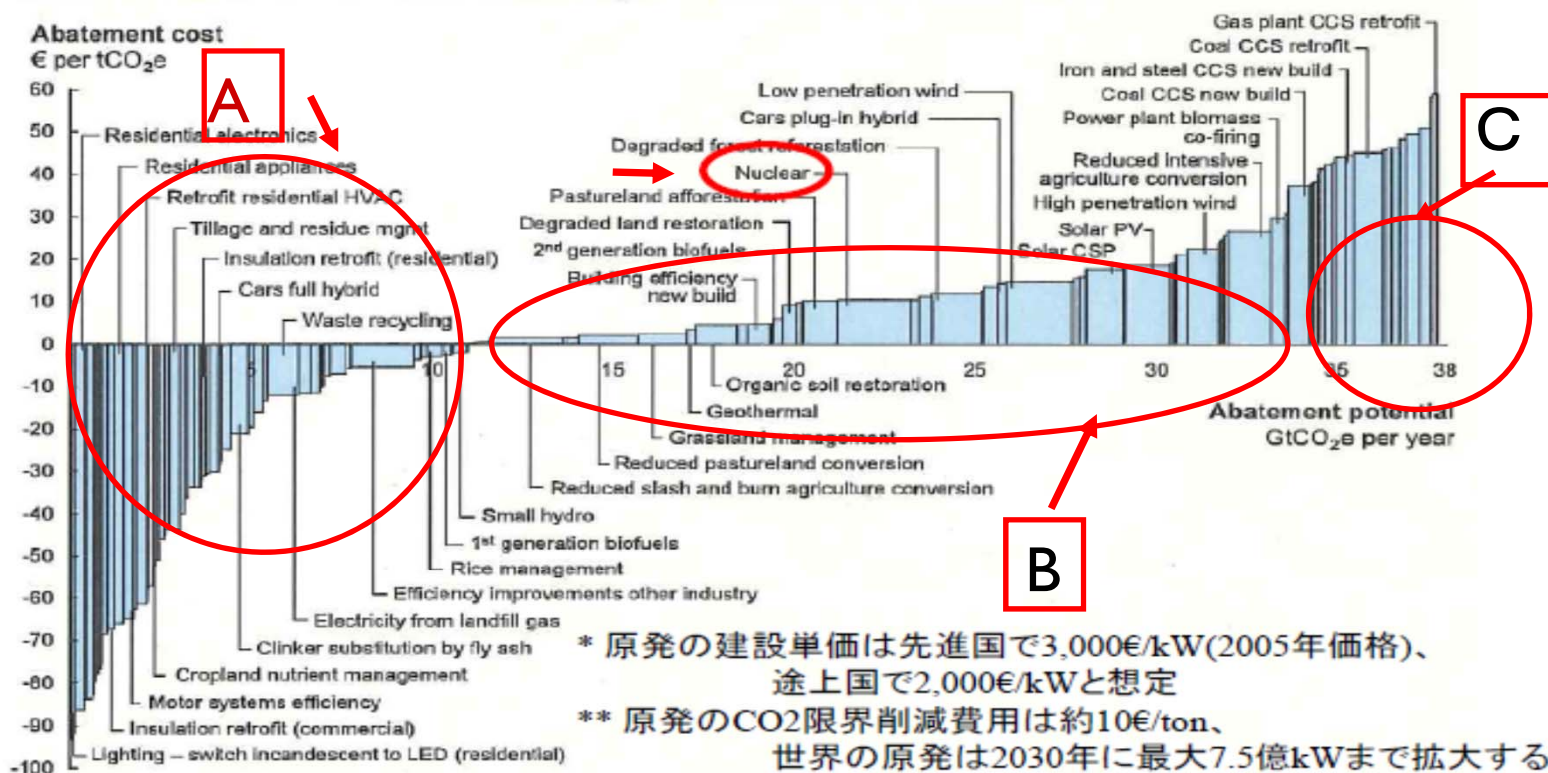
MITからの警告:このままでは.. (MIT, 2009)

“The sober warning is that if more is not done, nuclear power will diminish as a practical and timely option for deployment at a scale that would constitute a material contribution to climate change risk mitigation.”

- 「つらい警告ではあるが、さらなる努力がなされないと、気候変動対策の有効な手段としての原子力の役割は、ますます小さくなっていくだろう。」
- *Update of the MIT 2003 Study on Future of Nuclear Power (2009)*

削減費用コストカーブの意義： 選択肢は大きく3つに分類できる

Global GHG abatement cost curve beyond business-as-usual – 2030



* 原発の建設単価は先進国で3,000€/kW(2005年価格)、
途上国で2,000€/kWと想定

** 原発のCO₂限界削減費用は約10€/ton、
世界の原発は2030年に最大7.5億kWまで拡大すると想定

Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €50 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.
Source: Global GHG Abatement Cost Curve v2.0

段階ごとの対応策が有効

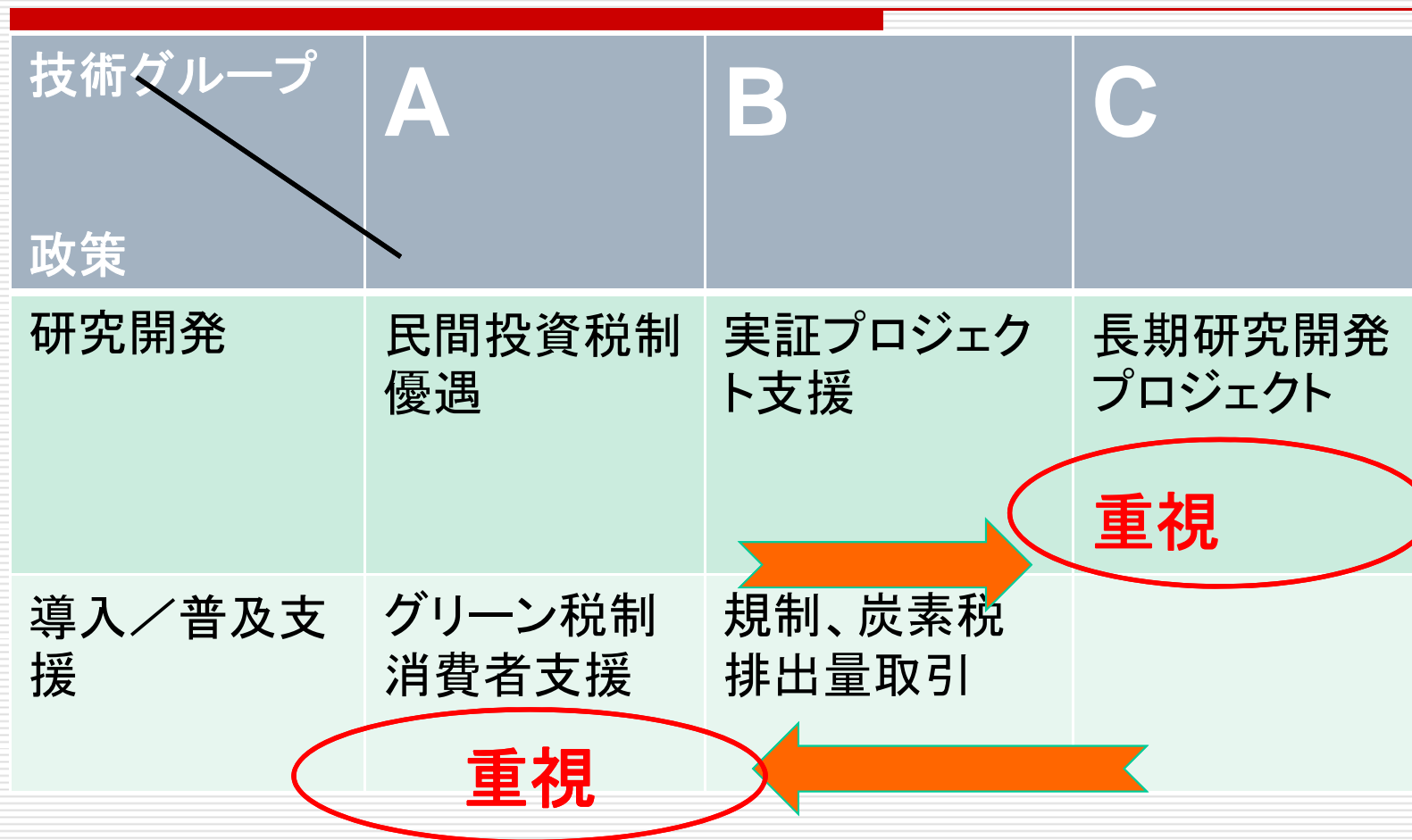
-
- A: 経済性はあるが、初期投資が高いなど、普及が難しいとされる技術
→ 税制優遇などのインセンティブ政策
 - B: 経済性はないが、支援制度や規制などで導入が可能と考えられる技術
→ 炭素税、排出量取引、規制、RPS、FIT、実証プロジェクト支援など
 - C: 現時点では経済性見通しが立たないが、長期的な技術開発が必要な技術
→ 長期研究開発の継続、基礎基盤技術による技術革新など
-

段階ごとの政策選択肢の組み合わせ

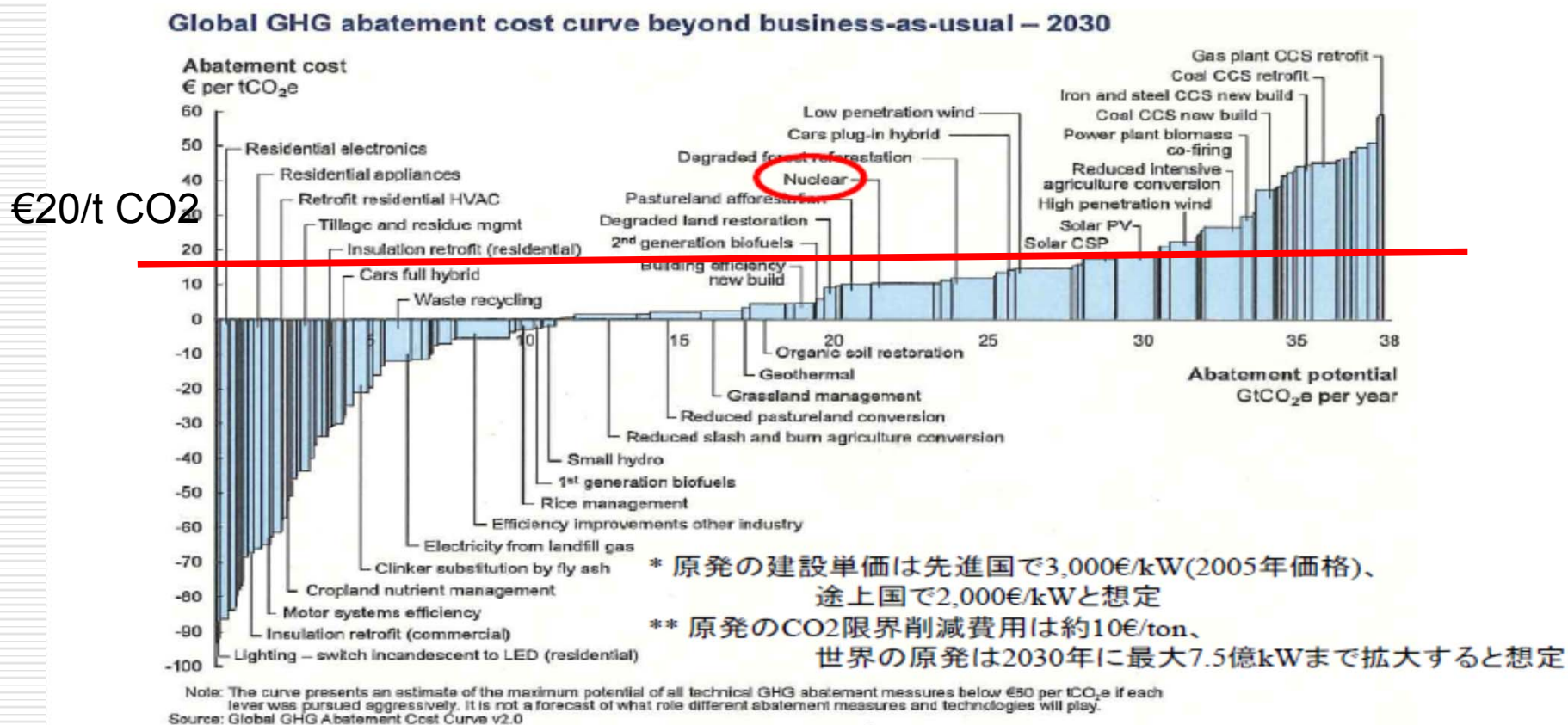
技術グループ 政策	A	B	C
研究開発	民間投資税制優遇	実証プロジェクト支援	長期研究開発プロジェクト
導入／普及支援	グリーン税制 消費者支援	規制、炭素税 排出量取引	

重視

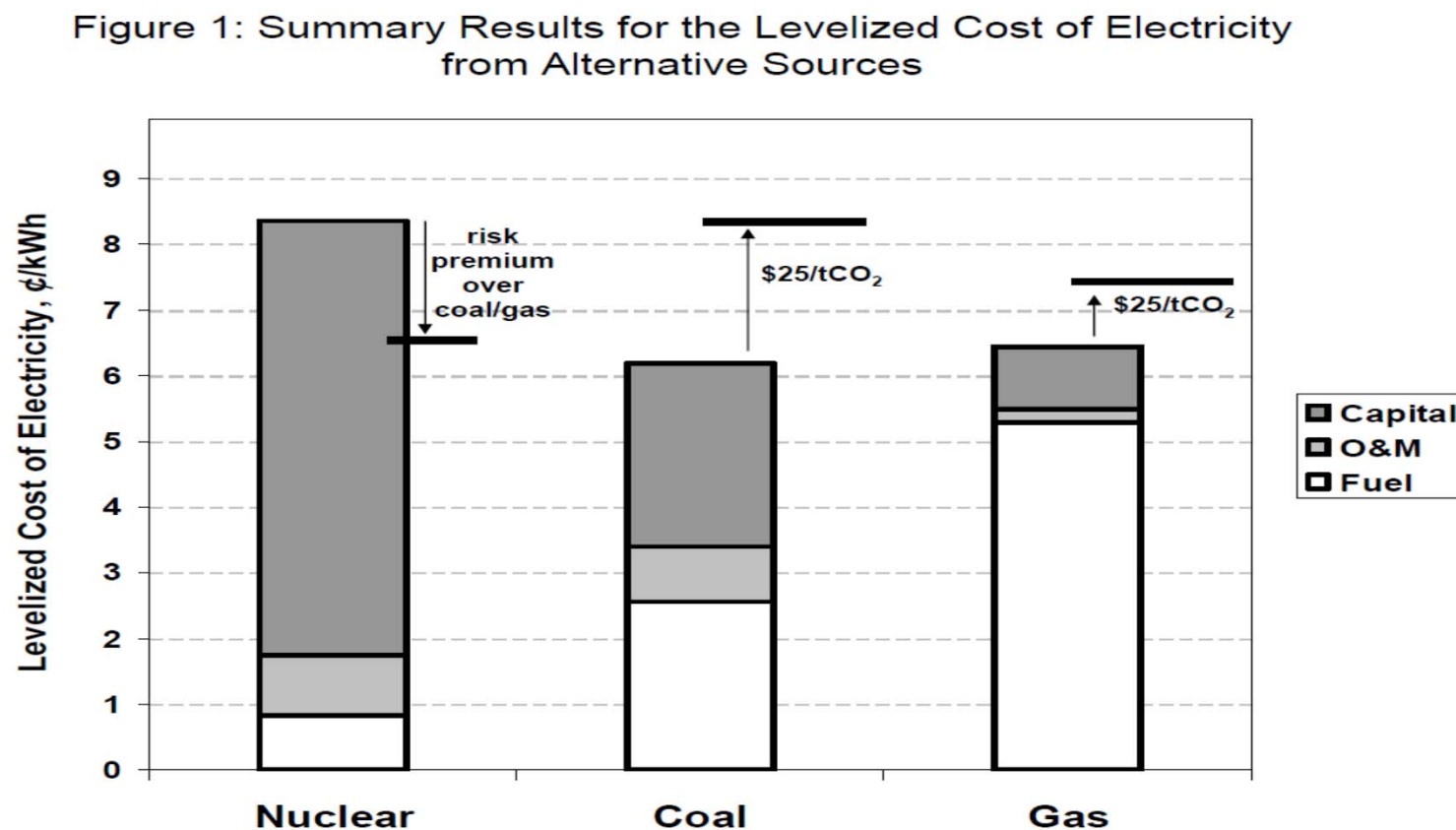
重視



原子力の位置：世界ではややコスト高だが炭素価格で競争力あり



アメリカでも炭素価格があれば競争力が出る。



Source: Yangbo Du and John E. Parsons, "Update on the cost of Nuclear Power," May 2009, MIT-CEEPR 090-004, <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf>

日本では、原子力は競争力がある（日本エネルギー経済研究所）

*石炭投入量を削減すると仮定、石炭価格を36ドル/t(2002年)～137ドル/t(2008年)と想定

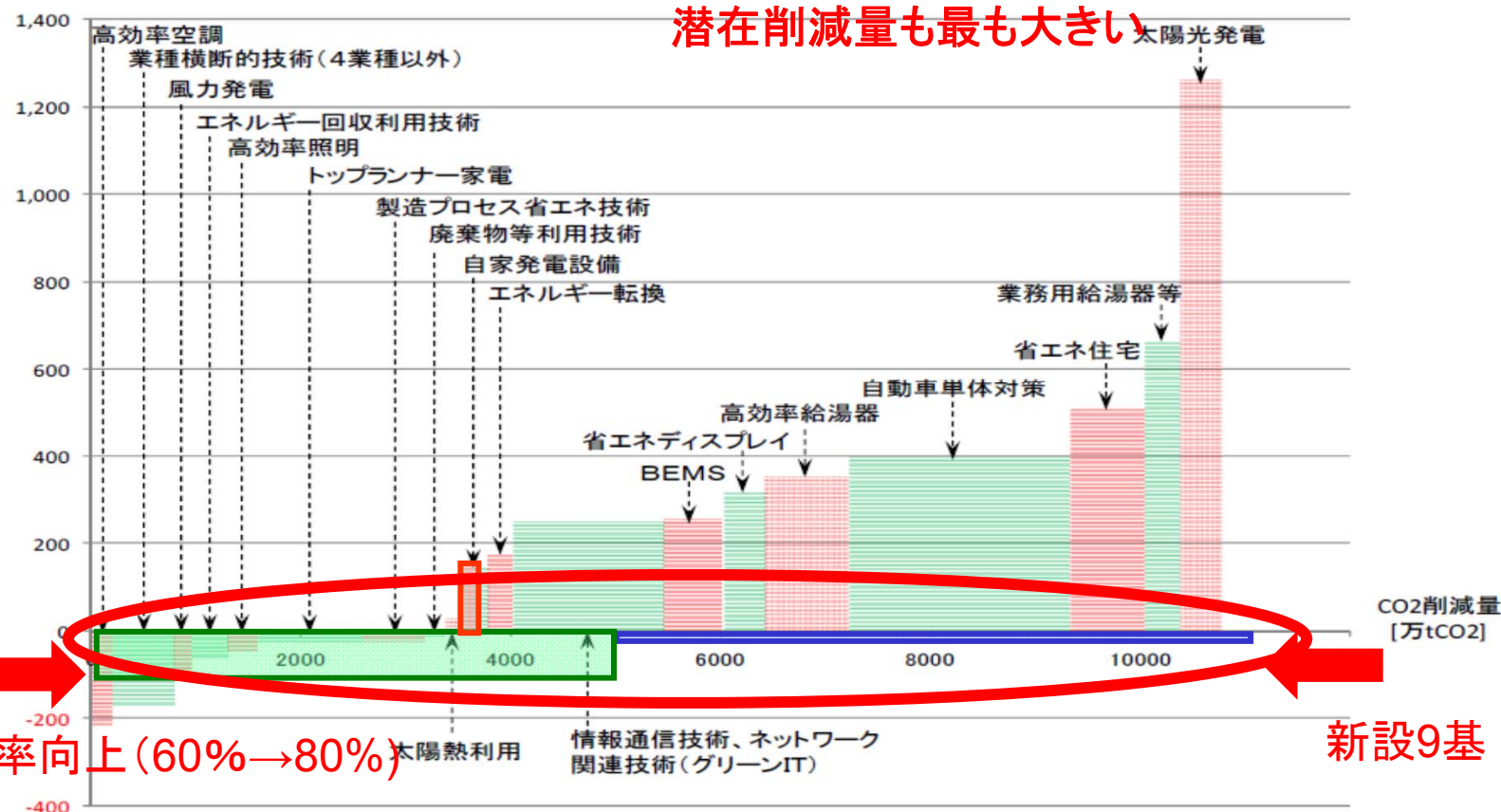
コスト等検討小委員会(2004)の試算値を用い、石炭火力発電を代替すると仮定した場合・・・

限界削減費用は

▲500円/tCO₂, 削減量 6,000万t(新規建設)、

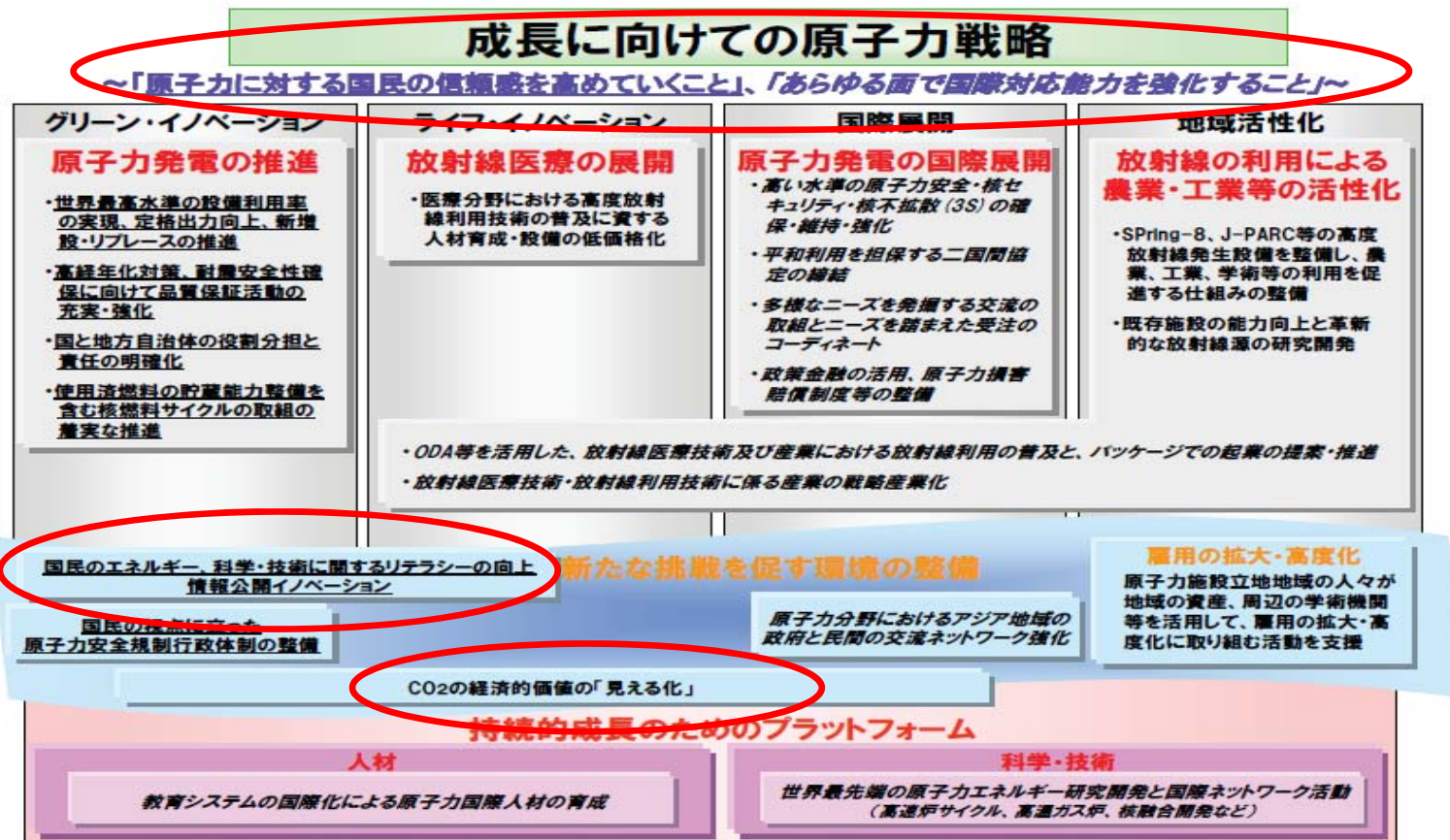
▲1,500～5,800円/tCO₂, 5,000万t(稼働率向上:61%→80%)

限界削減費用
[\$/tCO₂]



原子力委員会「成長に向けての原子力戦略」概要(2010/05)

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei100525.pdf>



提言：情報公開イノベーションに取り組み

- 政策策定に係るデータを最新の情報技術を用いて誰でも共有できるようにするデータ公開に関する新たな取組みを立ちあげること
- 技術進歩や制度や政策のイノベーションには、分野を異にする様々な知識と知識を使う人々の相互作用と相互学習を促進することが効果的
- 政策決定過程においてはできるだけ多くの情報が活用され、また、それを国民と共有することが国民に信頼される政策決定の推進に重要
- 国は、多様化する科学・技術の分野において技術の進歩と政策のイノベーションを率先して追求するべく、国が生成する情報や多様な技術の社会影響評価(テクノロジー・アセスメント)における入力や結果を最新の情報技術を用いてできるだけオンラインで公開していくデータ公開イノベーションとも言うべき新たな取組みを立ちあげるべき

出所：原子力委員会「成長に向けての原子力戦略」概要(2010/05)

<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei100525.pdf>

予測と現実のギャップ

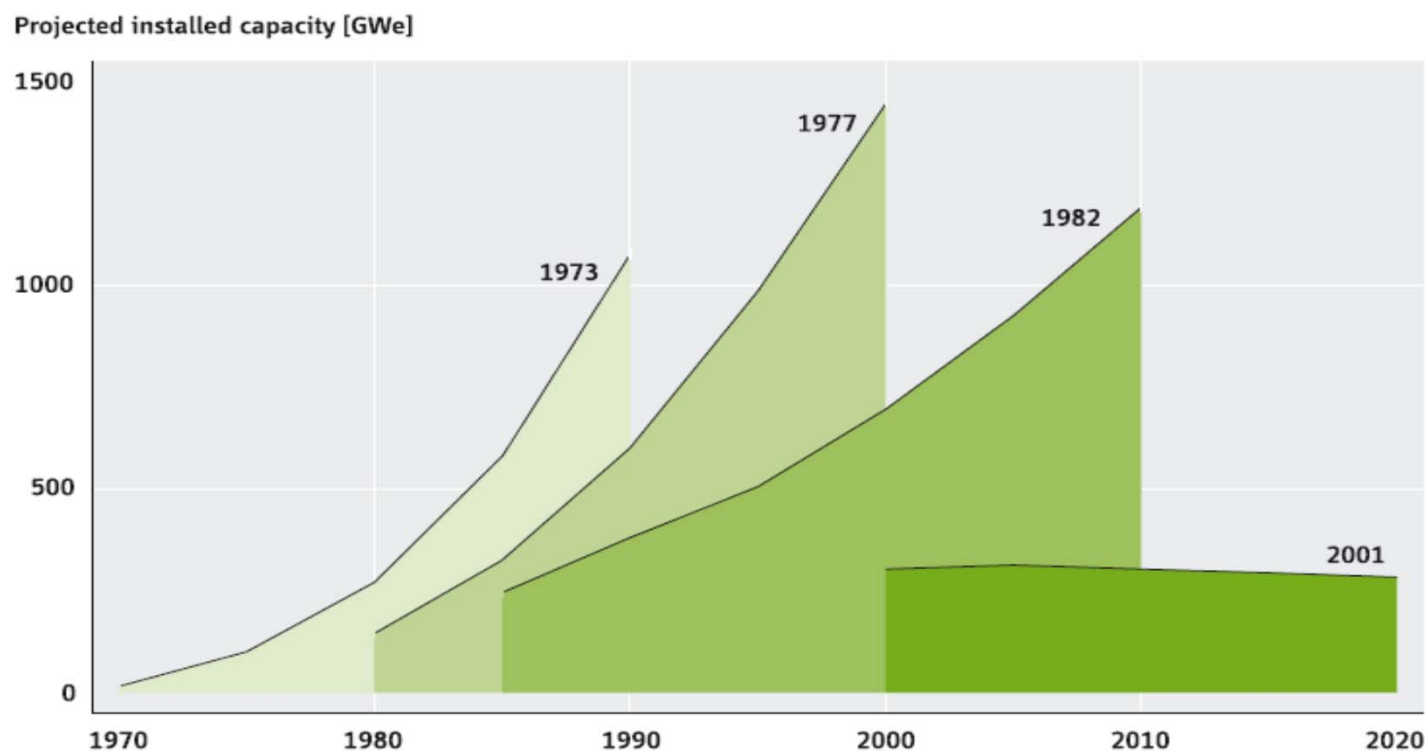


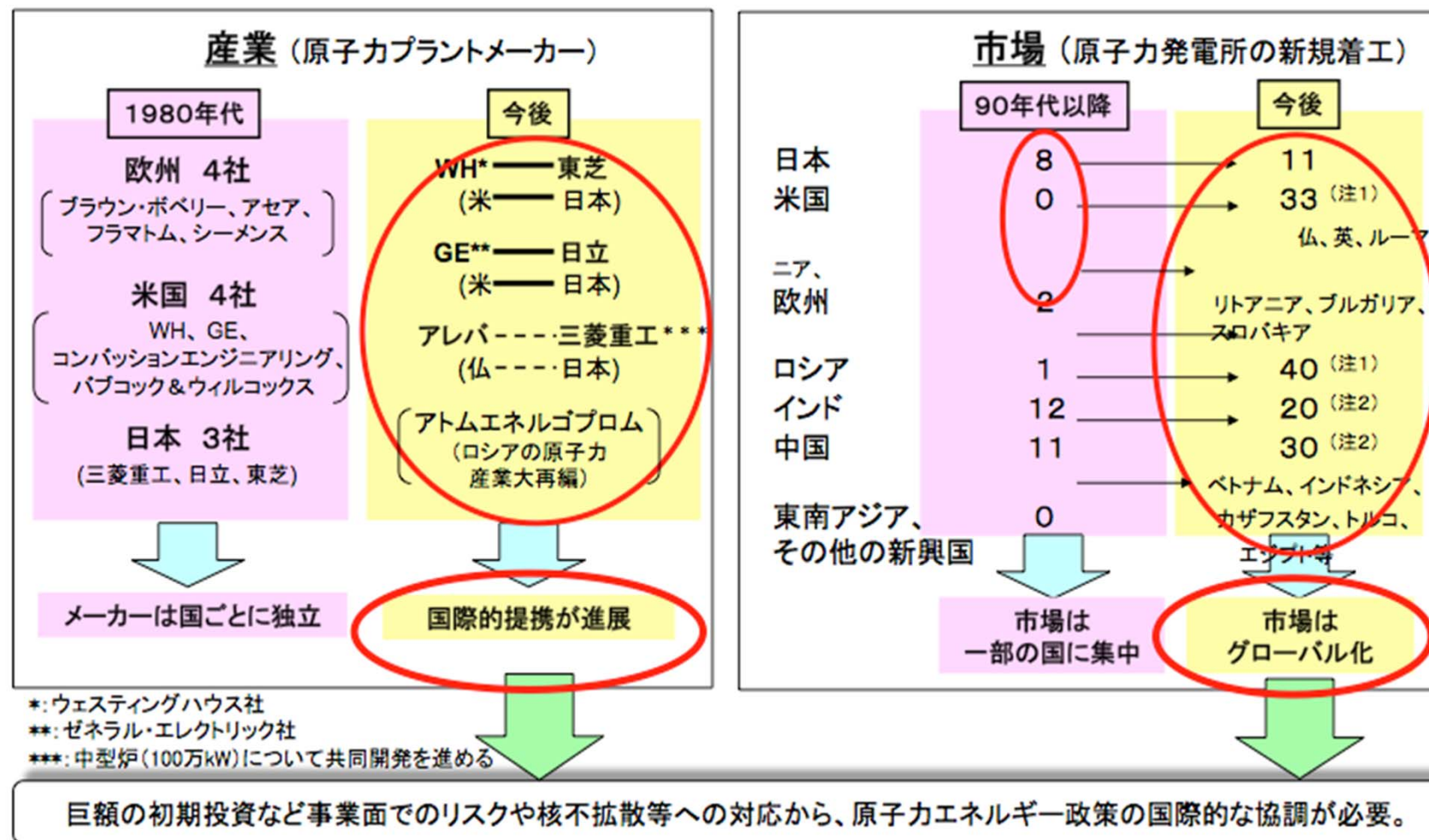
Figure 7.2. IAEA forecasts made in 1973, 1977, 1982, and 2001 for nuclear capacity growth in OECD countries.³¹⁶

Source: International Panel on Fissile Material (IPFM), "Global Fissile Material Report 2007," http://www.fissilematerials.org/ipfm/site_down/gfmr07.pdf

原子力産業の国際展開

- 原子力産業の国際再編成
- 原子力外交の現状と課題

原子力発電を巡る構造変化



*: ウェスティングハウス社

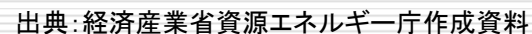
** : ゼネラル・エレクトリック社

*** : 中型炉(100万kW)について共同開発を進める

注1: 政府又は電力会社により計画されている基数

注2: 原子力発電所1基あたりの設備容量を100万kWと仮定し、政府計画における総発電容量を割った値

1990年代以降、国境を越えて合併・統合が進められている。



5-26 世界のプラントメーカーの建設実績

・プラントメーカーを有するのは10カ国程度、日本メーカーは海外での建設経験はない。

世界各国のプラントメーカーによる原子炉建設の実績

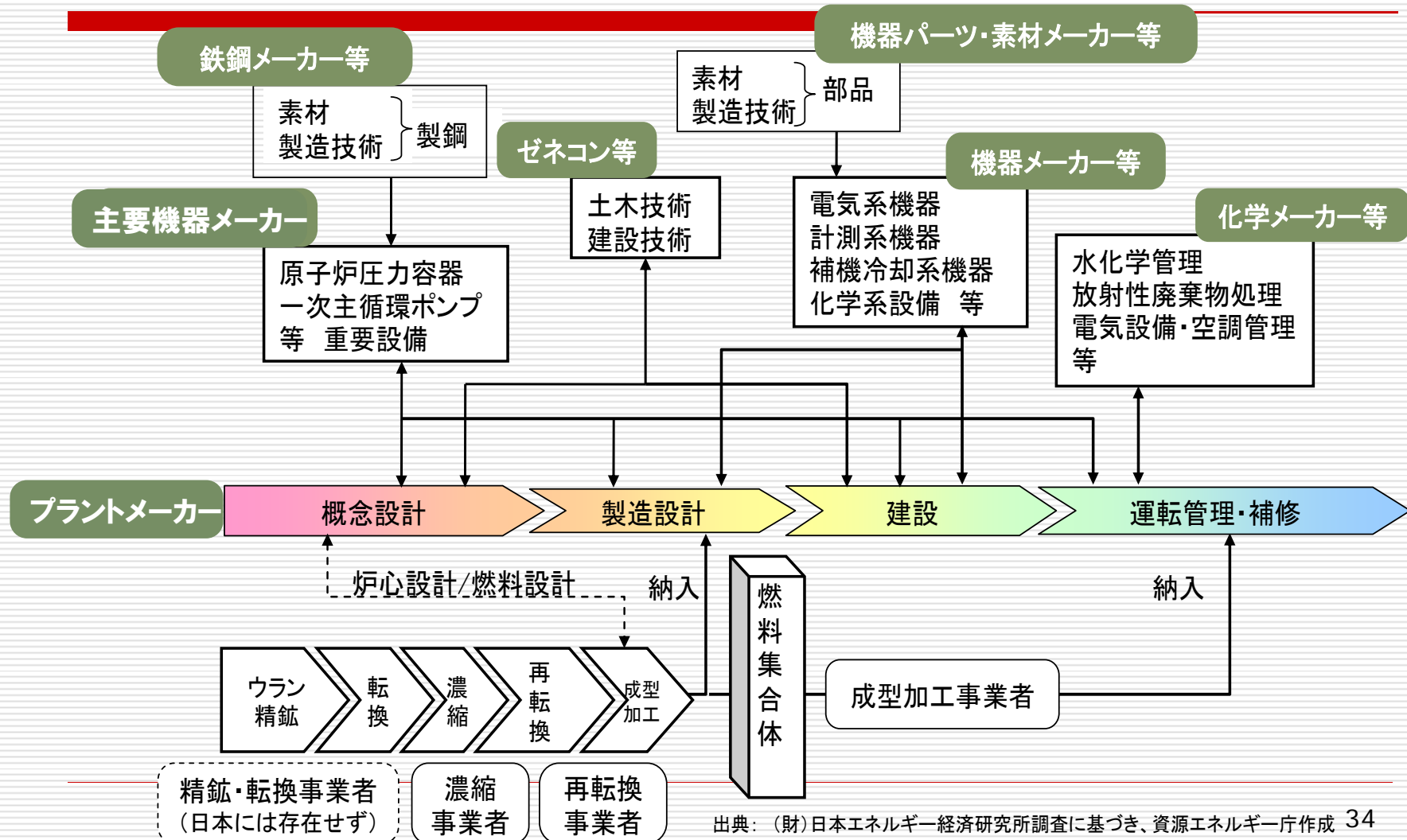
2009年1月現在。赤字は自国製。
閉鎖した炉も含む。

	三菱重工	AREVA (仏)	東芝	WH (東芝子会社)	日立GE	GE- HITACHI	アトムエネル ゴブロム(露)	SIEMENS (独)	AECL (加)	CNNC (中)	NPCIL (印)	斗山重工 (韓)	NPC,NNC他 (英)	ASE-ATOM (スウェーデン)	その他	計
日本	19		17	4	11	7										58
米国				74		40									9	123
フランス		59													11	70
英国													45			45
ドイツ						2	5	20							9	36
ロシア							30								1	31
カナダ									24							24
韓国		2		6					4			8				20
ウクライナ							18								1	19
インド						2			2		13					17
スウェーデン				3										9	1	13
中国		4							2	3					2	11
スペイン				6		2		1							1	10
ベルギー															7	7
チェコ															6	6
台湾				2		4										6
スイス				2				1							2	5
フィンランド		1					2							2		5
ハンガリー							4									4
スロバキア															4	4
イタリア				1		1									2	4
ブラジル				1				2								3
アルゼンチン								1	1							2
ブルガリア															2	2
メキシコ						2										2
パキスタン										1					1	2
ルーマニア									2							2
南アフリカ		2														2
リトアニア							2									2
アルメニア							2									2
オランダ								1							1	2
スロベニア				1												1
計	19	68	17	100	11	60	63	26	35	4	13	8	45	11	60	540
メーカー別シェア	4%	13%	3%	19%	2%	11%	12%	5%	6%	1%	2%	1%	8%	2%	11%	100%

出典：日本原子力産業協会「世界の原子力発電開発の動向 2009年版」をもとに事務局作成

5-27 原子力プラント建設運転に係るメーカー

- ・原子力発電所の建設及び運転には数多くのメーカーの関与が必要。
- ・我が国は設計、機器製造、建設、運転補修まで、信頼性の高いメーカーを有する。



5-28 日本のメーカーの原子力機器輸出実績

・日本のメーカーは、主要な原子力機器を輸出した実績を有する。

日本からの原子力機器の輸出実績

国・地域		品 名	輸出年	契約件数
北 米	米 国	原子炉圧力容器	1973	1
		制御棒駆動装置	2004	1
		取替用上部原子炉容器	2003	1
			2004	1
			2005	4
			2006	2
			2009～ (2010)	1
			(2012)	1
		取替用蒸気発生器	2006	1
			(2009)	1
	取替用加圧器	2006	1	
欧 州	仏 国	取替用蒸気発生器	(2011)	1
			(2014)	1
	フィンランド	原子炉圧力容器	2008	1
	ベルギー	取替用蒸気発生機	1995	1
			2001	1
			2004	1
			(2009)	1
	スウェーデン	取替用上部原子炉容器	1996	1
			2005	1
		制御棒駆動装置	2005	1
			2008	1
	ス イ ス	炉内構造物	1978	1
スペイン	タービンロータ	1999	1	
スロベニア	タービンロータ	2006	1	
ロ シ ア	プラント・シミュレータ	1996	1	

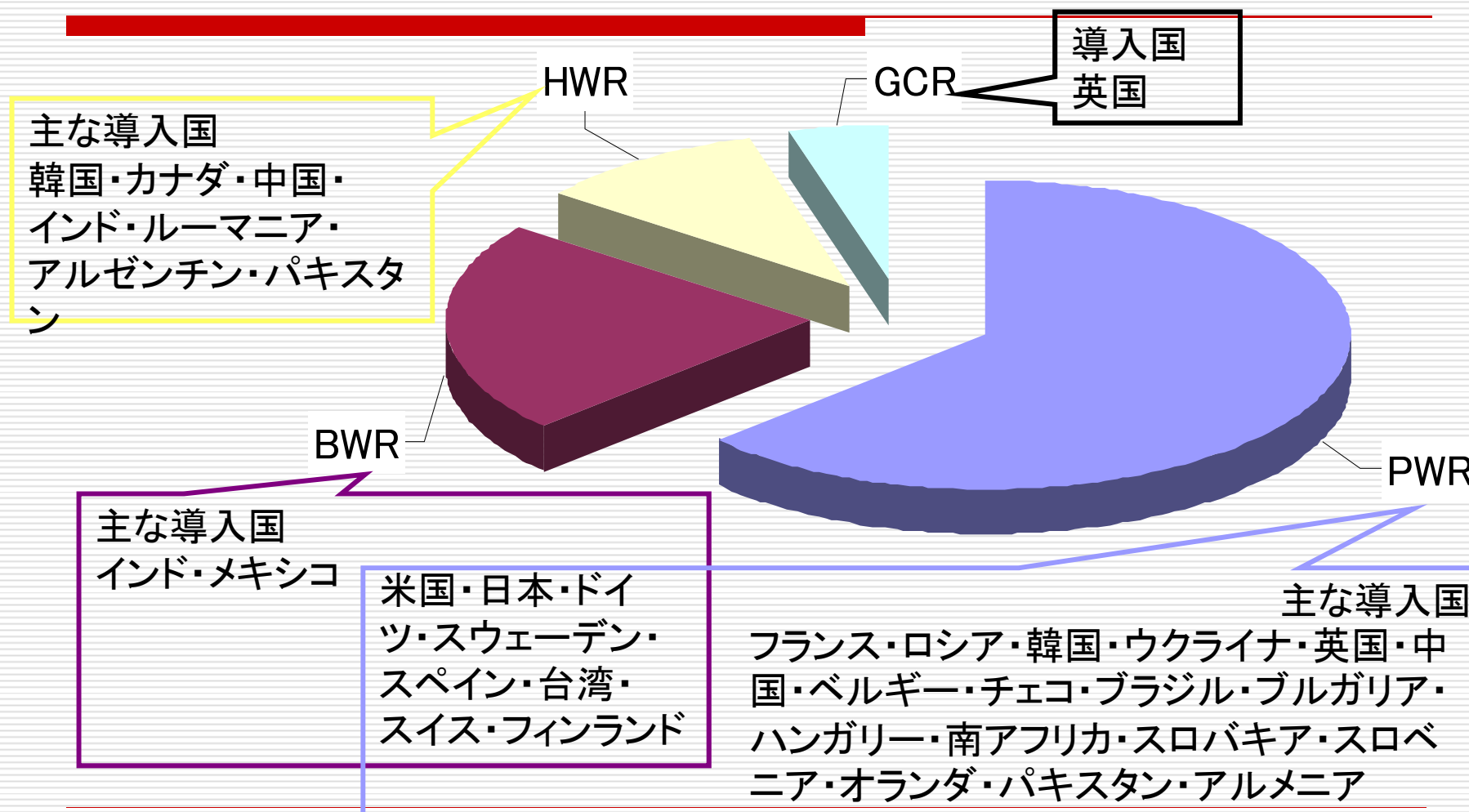
国・地域		品 名	輸出年	契約件数
中 南 米	メキシコ	蒸気タービン	1976	1
	ブラジル	取替用上部原子炉容器	(2010)	1
ア ジ ア	中 国	炉内構造物	1985	1
		原子炉圧力容器	1986	1
			1999	1
		主給水ポンプ	1987	1
			(2012)	1
		補助給水ポンプ	1986	1
		主冷却材ポンプ	2001	1
			(2010)	1
		充填ポンプ	1999	1
			(2009)	1
			(2011)	2
			発電タービン及び プラント補助系	2000
		タービン、発電機及び プラント補助系	(2013)	1
			(2014)	1
		デジタル計装制御システム	(2014)	2
	台 湾	原子炉格納容器	1973	1
		原子炉圧力容器、炉内構造物	2004	1
放射性廃棄物処理設備		2005	1	
蒸気タービン発電機		2006	1	
パキスタン	蒸気タービン発電機	1972	1	

35

出典：(社)日本電機工業会調査をもとに事務局作成

5-29 世界の主な発電炉炉型のシェア

- ・発電炉は軽水炉(PWR・BWR)が主流。
- ・ガス炉は英国のみで展開。



PWR:加圧水型軽水炉 BWR:沸騰水型軽水炉 HWR:重水冷却炉 GCR:ガス冷却炉

36

5-23 原子力産業の事業者別世界シェア

- ・限られた国々が技術を保有している。
- ・日本の企業は、燃料加工、原子炉・サービスの分野でシェアを有する。

		2006年度 市場規模	AREVA 仏	Cameco 加	URENCO 英・蘭・独	USEC 米	東芝・WH 日	BNFL・BNG 英	Rosatom 露	GE・日立 米・日	その他
フロントエンド	ウラン探鉱	65,000 t	20-25 %	15-20 %		6%			20-25 %		25-30 %
	転換	61,000 t	25-30 %	20-25 %		5-8 %			20-25 %		20-25 %
	濃縮	4万3,000 tSWU	20-25 %		20-25 %	25-30 %			20-25 %		5-10 %
	燃料加工	6,800 t	30-35 %				20-25 %		10-15 %	15-20 %	10-15 %
原子炉・サービス		110 億ユーロ	20-25 %				15-20 %		5-10 %	10-15 %	35-40 %
バックエンド	再処理	30,000 t	70-75 %					10-15 %	10-15 %		
	MOX燃料	2,211 t	65-70 %					1-5 %			25-30 %

出典：平成19年度核燃料サイクル技術等調査報告書（欧米における核燃料サイクルに関する調査）（独）日本原子力研究開発機構）

* 東芝、日立以外の我が国の事業者（三菱重工業等）のシェアは”その他”に含まれる。

世界原子炉市場の将来見通し: 重要な視点

- 米国での発注傾向が、世界の炉型選択に大きな流れを作る可能性
 - 2010年代に20-30基の新規発注が行われる
 - 日本の次世代炉計画は2030年を目標
- 新興国での受注競争が激化しており、早急な対応策を総合的に評価することが必要
 - UAEの受注では、これまでにない受注条件であった可能性もあり、総合的な検討が必要
 - インド、中国市場など、市場ごとの条件が異なる可能性がある
 - ロシア、フランスなど、核燃料サイクル供給条件も重要。
- 中・長期的には中・小型炉のもつ潜在的市場の可能性
 - 途上国向けの「ワンス・スルー」「小型」「超安全」炉の可能性

原子力外交／産業支援のポイント

- 成長戦略の中で、原子力輸出も位置づけられる
 - 温暖化対策、エネルギー政策としても、原子力拡大を国が支援することに意義がある
- 政府が積極的に原子力産業の国際展開を支援
 - 資源外交、輸出金融支援（米国市場で実施）
 - アジアなど、新規導入国への支援には3S（security, safeguards, safety）が重要、
 - 損害賠償など、国際規範とすべき条件の整備
 - システム輸出ニーズに対応：電力業界など他の産業との連携も重要：「国際原子力会社」設立へ

韓国によるUAE原子カプラントの入札について

- UAE原子カプラント、入札までの経緯
 - 09年3月:UAEが原子カプラント入札計画を発表。
エミレーツ・ニュークリア・エナジー社(ENEC)がアブダビにある2つの原子炉受入れ候補サイトの特性調査を開始
 - 5月:入札事前資格審査を、韓国電力、AREVA、GE日立コンソーシアムの3社が通過。
 - 5月:仏サルコジ大統領がUAEを訪問。
 - 6月:韓国がUAEと原子力協定を締結。
 - 7～8月:UAEが価格入札及び入札参加国による現地調査を実施。
 - 9月:UAEが優先交渉対象者選定の延期を発表。
 - 11月:米GEイメルト会長、日立川村社長がUAEを訪問。
 - 11月:韓国から韓(ハン)元総理を含む査察団40名がUAEを訪問。
 - 11月:韓国・李大統領がUAEを訪問。
 - 12月:UAEが、韓国を事業者に選定する。

【出展】報道(Newcleonics Week等)等の公開資料に基づいて作成

各国による応札仕様

	韓国（韓国電力）	仏国（AREVA）	米＋日（GE日立）
炉型	APR-1400	165万kW級EPR	135万kW級ABWR
建設入札額※	約200億 \$	約360億 \$	仏とほぼ同額
UAEに対する国際協力の申し入れ※	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力、再生可能エネルギー、情報通信技術、造船、半導体、人材育成などで協力 ・防衛産業技術交流、軍教育訓練協力、軍高官関係者交換 	<ul style="list-style-type: none"> ・駐屯仏軍の増強 ・ルーブル美術館分館の建設 ・原発警備に仏軍駐留 	（報道が見あたらず、不明）
（参考） 原発の建設費用	2,300 \$ /kW	2,900 \$ /kW	米：3,582 \$ /kW 日：2,900 \$ /kW
（参考） 設備利用率(2008年)	93.3%	76.1%	米：89.9% 日：59.2%

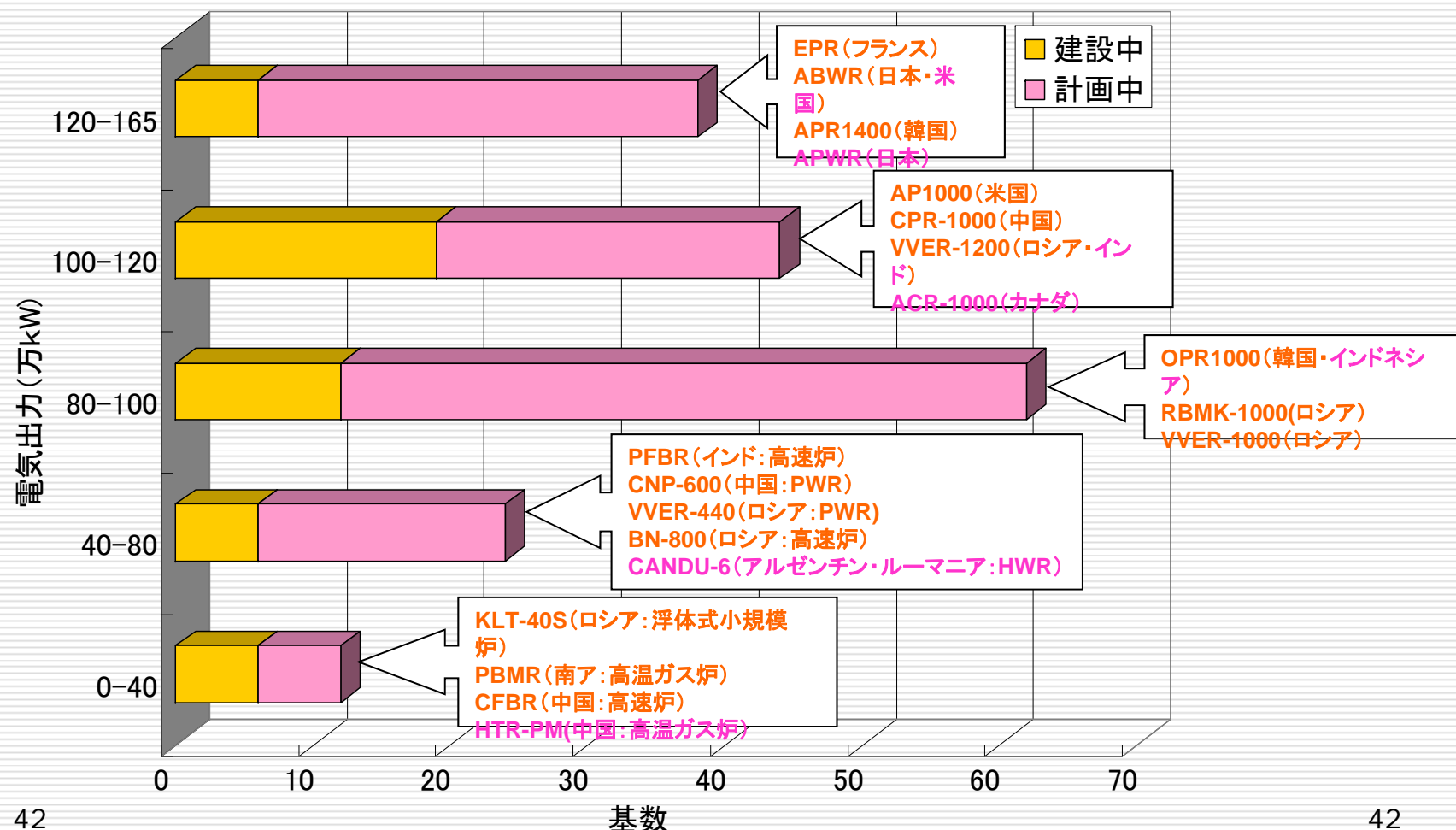
※：韓国国内の報道による

- UAE(ENEC)による韓国電力およびAPR-1400の評価
- APR-1400は米NRCの新しい原子炉安全指針を反映している。
（最高の国際安全基準を満たす。）
 - コンソーシアムの代表企業が、その他の参画企業の業務遂行の責任を持つことを確認した。
 - 韓国電力コンソーシアムが、過去30年間に蓄積した原発技術を積極的にUAEに伝授すると約束した。

【出展】報道(Newcleonics Week等)等の公開資料に基づいて作成

5-31 世界の小中規模発電炉の開発状況

- ・大型炉だけでなく、目的に応じた小中規模炉の需要も高い。
- ・小規模炉では、軽水炉以外の炉型も採用されている。



原子力委成長戦略提言：国際展開

国際展開：増大する国際社会の原子力発電新增設需要や途上国における放射線医療を含む放射線利用需要に対して我が国原子力産業がより大きな役割を果たすこと。このため、

- 1) 国際社会においても高い水準の原子力安全、核セキュリティ、核不拡散が確保・維持されることに貢献するため、これらに関してIAEA や国際社会とのネットワークを格段に強化すること
- 2) 原子力市場としての可能性のある国々との間で、原子力平和利用を担保する原子力協力に関する二国間協定を迅速かつ戦略的に締結すること
- 3) 国ごとに原子力発電所の建設に付随して整備が期待されるシステムのニーズを同定し、これを満たす取組みをコーディネートする機能を充実すること
- 4) 原子力投資に政策金融を積極的に活用する仕組みやその地球温暖化対策に係る効果を評価する仕組み及び投資リスクを軽減するための原子力損害賠償制度等を整備すること
- 5) ODA等を活用して放射線医療技術や農業・工業分野における放射線利用技術の普及を図るとともに、これに基づく事業展開を原子力発電所の建設に付随するインフラ整備の取組みの一部として提案していくこと

出所：原子力委員会「成長に向けての原子力戦略」概要(2010/05)
<http://www.aec.go.jp/jicst/NC/about/kettei/kettei100525.pdf>

原子力輸出の政府金融支援(米国向き)

5-32 我が国メーカーの国際展開の支援

・我が国メーカーの国際展開を支援するため、原子力に関する事業については、日本金融政策公庫(JBIC)による先進国向け投資金融を可能とする政令が制定された。

- 日米間の原子力協力の枠組みの中で、米国の原子力発電所建設を支援する日米間の政策協調が進められている。
- 米国政府は融資保証を実施する方針だが、予算枠の制限から支援策としては不十分。日本の公的金融機関の協力を期待。

米国の建設運転許認可申請済の新設案件

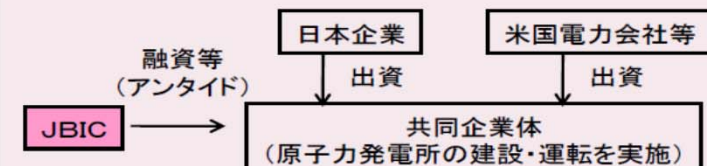
	原子力発電所名称	炉型	基数	メーカー
1	Bell Bend Nuclear Power Plant	U.S. EPR	1	AREVA
2	Bellefonte Nuclear Station, Units 3 and 4	AP1000	2	WH(東芝)
3	Callaway Plant, Unit 2	U.S. EPR	1	AREVA
4	Calvert Cliffs, Unit 3	U.S. EPR	1	AREVA
5	Comanche Peak, Units 3 and 4	US-APWR	2	三菱重工
6	Fermi, Unit 3	ESBWR	1	GE-Hitachi
7	Grand Gulf, Unit 3	ESBWR	1	GE-Hitachi
8	Levy County, Units 1 and 2	AP1000	2	WH(東芝)
9	Nine Mile Point, Unit 3	U.S. EPR	1	AREVA
10	North Anna, Unit 3	ESBWR	1	GE-Hitachi
11	River Bend Station, Unit 3	ESBWR	1	GE-Hitachi
12	Shearon Harris, Units 2 and 3	AP1000	2	WH(東芝)
13	South Texas Project, Units 3 and 4	ABWR	2	東芝
14	Turkey Point, Units 6 and 7	AP1000	2	WH(東芝)
15	Virgil C. Summer, Units 2 and 3	AP1000	2	WH(東芝)
16	Vogtle, Units 3 and 4	AP1000	2	WH(東芝)
17	William States Lee III, Units 1 and 2	AP1000	2	WH(東芝)

(出典:米原子力規制委員会ホームページ)

計 26基

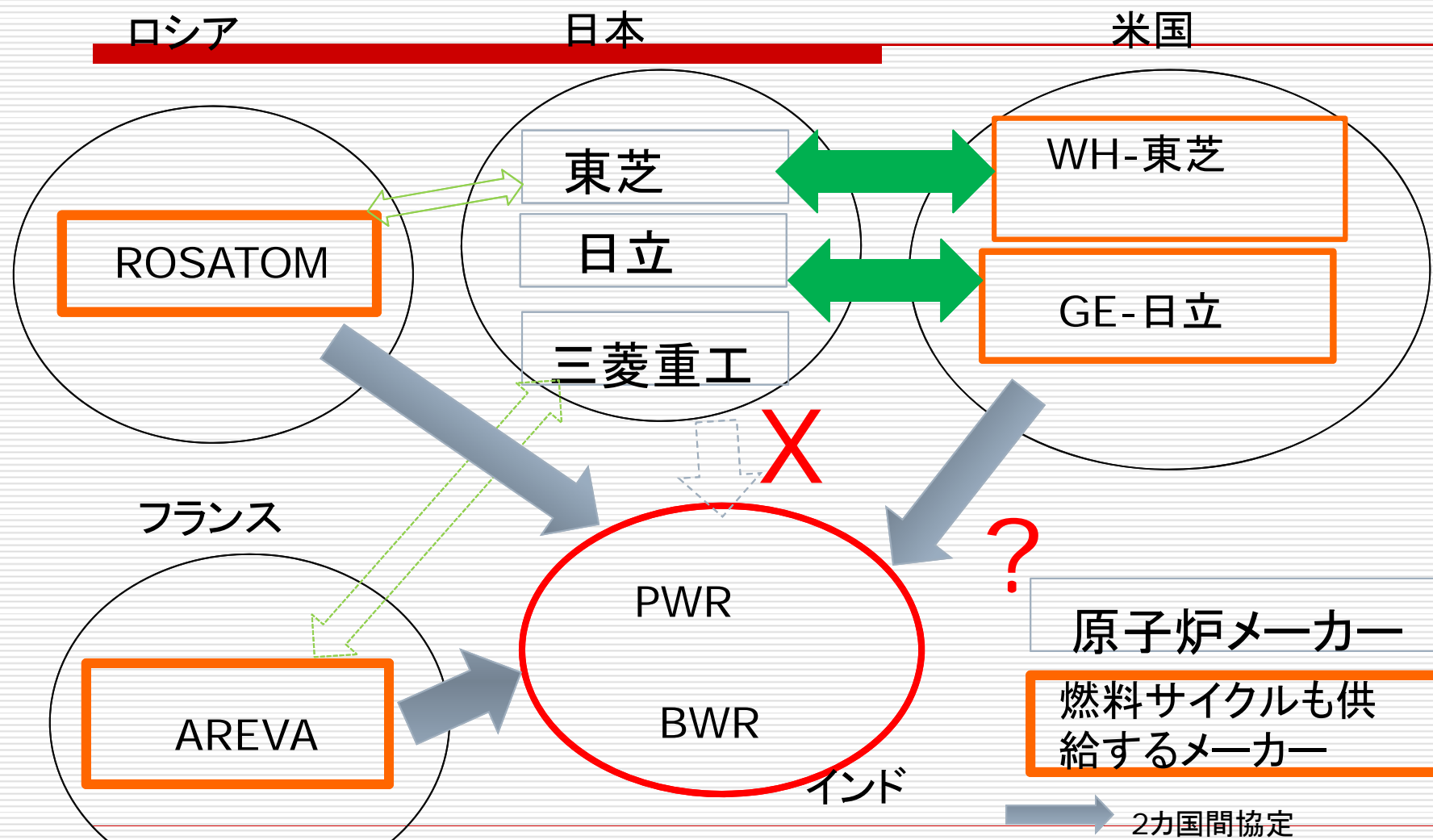
JBIC融資による日本企業進出支援

株式会社日本金融政策公庫(JBIC)では、先進国向けの金融は原則行わないこととなっているが、我が国原子炉メーカーの国際展開に対する資金面での支援策として、原子力発電に関する事業に限り、先進国向けのJBIC融資を可能とする。
(日本政策金融公庫法に基づく政令を制定。2008年10月1日より施行。)



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・国際戦略検討小委員会第1回資料より事務局作成 104

インドとの原子力協力問題



インドとの原子力協力と核不拡散問題

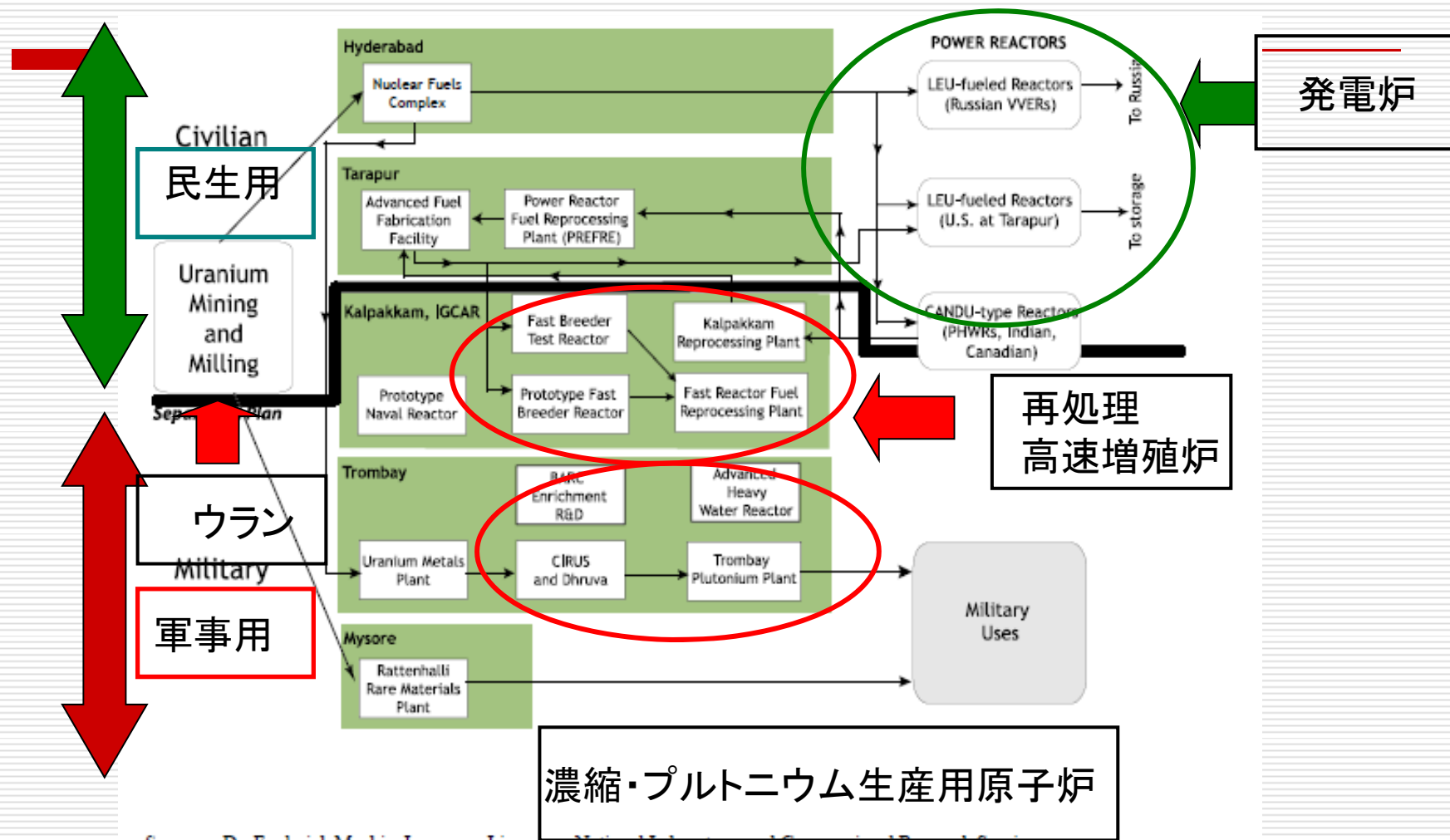
- 1974: インド平和利用核爆発実験
- 1978: 原子力供給国グループ(NSG)発足。NPTメンバー以外への原子力輸出原則禁止。
- 1998: インド、パキスタン核実験。核兵器所有宣言。
- 2006: 米・インド原子力協力法成立
- 2007: 米・インド原子力協力協定合意
- 2008: インド、IAEAと保障措置協定
- 2008: NSG、インド例外化に合意、米印協定発効
ロシア、フランスが協力協定締結
- 2009: カナダ原子力協定締結
- 2010: 韓国、原子力協定交渉開始。
- 2010: 日本、原子力協定交渉開始。

インドの例外扱いにNSG合意

2008/09/06

-
- 「約束と計画」にインド合意：インドが要求していた「完全で無条件」な例外扱いよりは多少の修正がなされた：
 - 核実験のモラトリアムは継続、FMCT署名への他国との協調
 - 保障措置協定、追加議定書の批准
 - NSGガイドラインを遵守、濃縮・再処理施設移転禁止
 - しかし、これらはすべて「法的制約」ではなく、インドの自主的対応に依存
 - インドの核兵器能力拡大に貢献する危険性大

インドの原子力施設と保障措置の範囲：軍事部門に利用されている施設は対象外



Sources: Dr. Frederick Mackie, Lawrence Livermore National Laboratory, and Congressional Research Service

日本の対インド原子力協力対応

- 2008NSG合意に際して：
 - 大局的観点から、**ギリギリの判断として、このコンセンサスに参加。**
 - その際、仮に**インドによる核実験モラトリアムが維持されない場合には、NSGとしては例外化措置を失効ないし停止すべきであること、また、NSG参加各国は各国が行っている原子力協力を停止すべきであることを明確に表明。**
- 2010/06/25: 日印原子力協定交渉開始を発表：
 - 「NPTの枠外に放置しておくことがいいのか、不十分ではありますがけれども、一定の枠内に関与させていくことがいいのか、そのことについて国際社会の中でいろいろな議論が行われ、NSGで全会一致で後者の選択を行ったわけがあります。」
 - 「**総合判断して、非常に苦しい判断ではありますが、原子力協定締結を目指すということにしたところであります。**」
 - 「今後の話し合いの中でしっかりと**一定の歯止めを設けることができるようにしていきたいと思っています。**」

(2010年6月25日、岡田外務大臣、記者会見より。)

http://www.mofa.go.jp/mofaj/press/kaiken/gaisho/g_1006.html#9

原子力委員会声明(2010/06/29)

- 我が国がインドと原子力協力を進めることは、クリーンエネルギーの一つである原子力発電の利用を積極的に進める取組みに、我が国が寄与できる可能性を開くなど、意義が少なくない。
- 原子力委員会は、まず、核不拡散の「約束と行動」を同国が着実に実行していることを確認し、さらに、今後ともその取組みを維持・前進させ、国際核不拡散体制の維持・強化に責任ある行動をとることを確かにするべきであると考える。
- さらに、原子力委員会は、政府がこの交渉において、核廃絶にむけた国民の強い願いを十分に踏まえ、核軍縮に向けても創造的で現実的な取組を両国が国際社会と連携協力して着実に推進する強い意志を共有していることを確認することを期待する。

原子力平和利用と核不拡散の両立

- 原子力拡大と核拡散リスク
- 核燃料サイクルの多国間管理構想

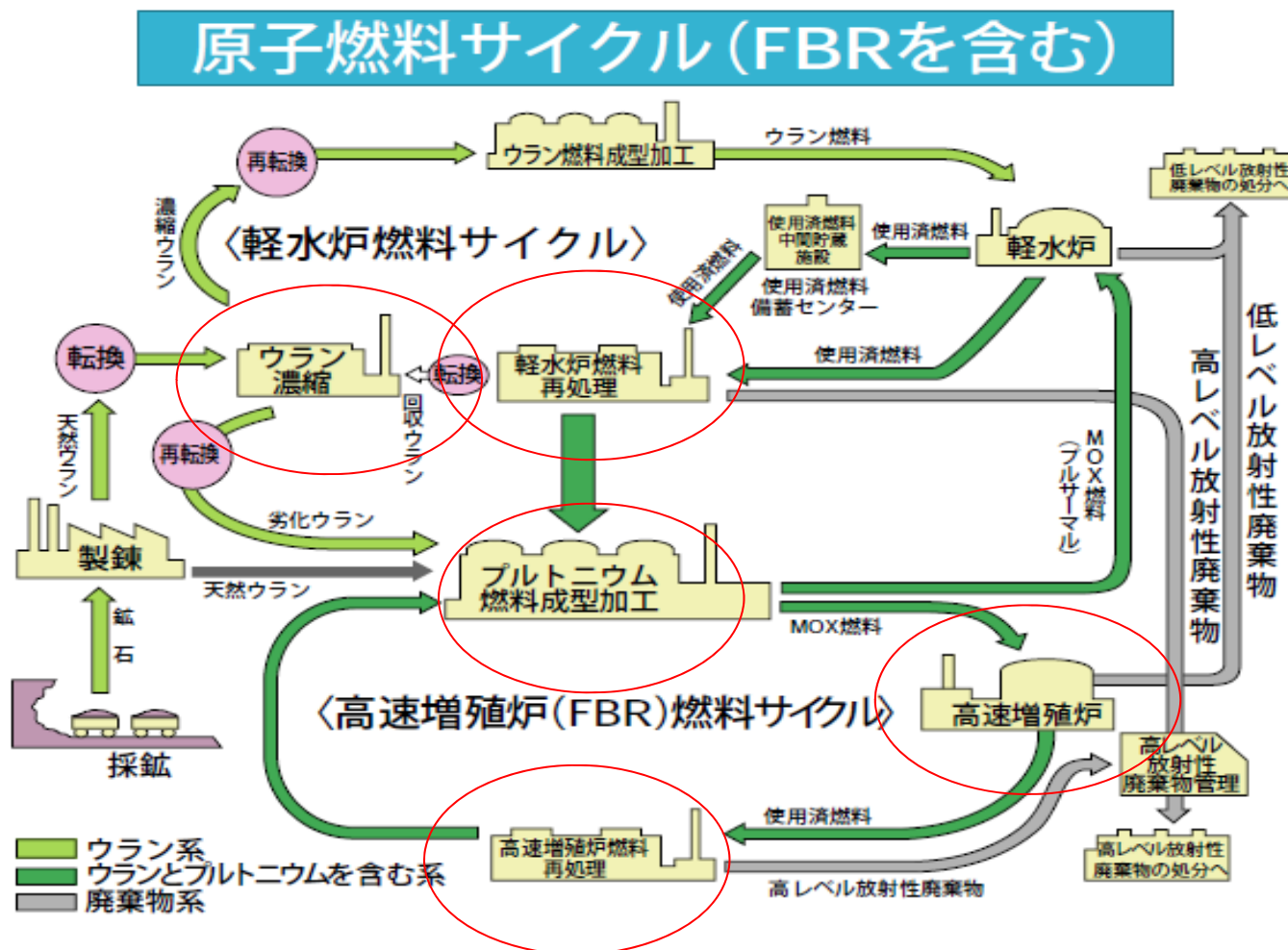
核と原子力：共通点と相違点

- 核兵器：高濃縮ウラン(>90%U235)またはプルトニウムを利用、瞬時(1/10万~100万秒)に核爆発を起こす。反応する核物質は~kg。
 - U/Pu 1kg~TNT2kton, 広島64kg、長崎で6kgの核物質を利用。
- 原子炉：天然ウラン、低濃縮ウラン(4~5%)、またはプルトニウムを利用、中性子数を制御して、ゆっくりと臨界状態を継続。反応する核物質は~ton/年。
- したがって、核物質の正確な計量管理が軍事転用抑止(検出)を目的とした保障措置が重要。

原子力拡大と核不拡散問題

- 原子力発電の拡大は核拡散リスクを増大させないことが大前提
- 現在懸念されていることは、以下の3点
 - 小規模な原子力プログラムの国が急増する
 - 濃縮市場需給バランスと自国能力確保のニーズ
 - 使用済み燃料問題と再処理需要の拡大
- この結果、機微な技術・施設の拡散、兵器転用核物質の在庫量拡大が懸念される

核燃料サイクル概念図



民生用濃縮施設でも軍事転用は容易

Feed	Time	Product	Depleted Tails
150 metric tons natural uranium	1 year	20,000 kg LEU (4%)	0.2% U-235
150 metric tons natural uranium	1 year	654 kg HEU (93%) (26 bombs)	0.31%
150 metric tons natural uranium	40 days	100 kg HEU (93%) (4 bombs)	0.65%
20,000 kg 4% LEU	8 days	100 kg HEU (93%) (4 bombs)	3.55%

アルゼンチン、イラン、オーストラリア、カナダ、カザフスタン、ウクライナが濃縮施設建設を示唆

Source: International Panel on Fissile Material (IPFM), "Global Fissile Material Report 2006", http://www.fissilematerials.org/ipfm/site_down/ipfmreport06.pdf

世界のプルトニウム在庫量 (2008)

—全世界で500トン、民生用・軍事用で半分ずつ

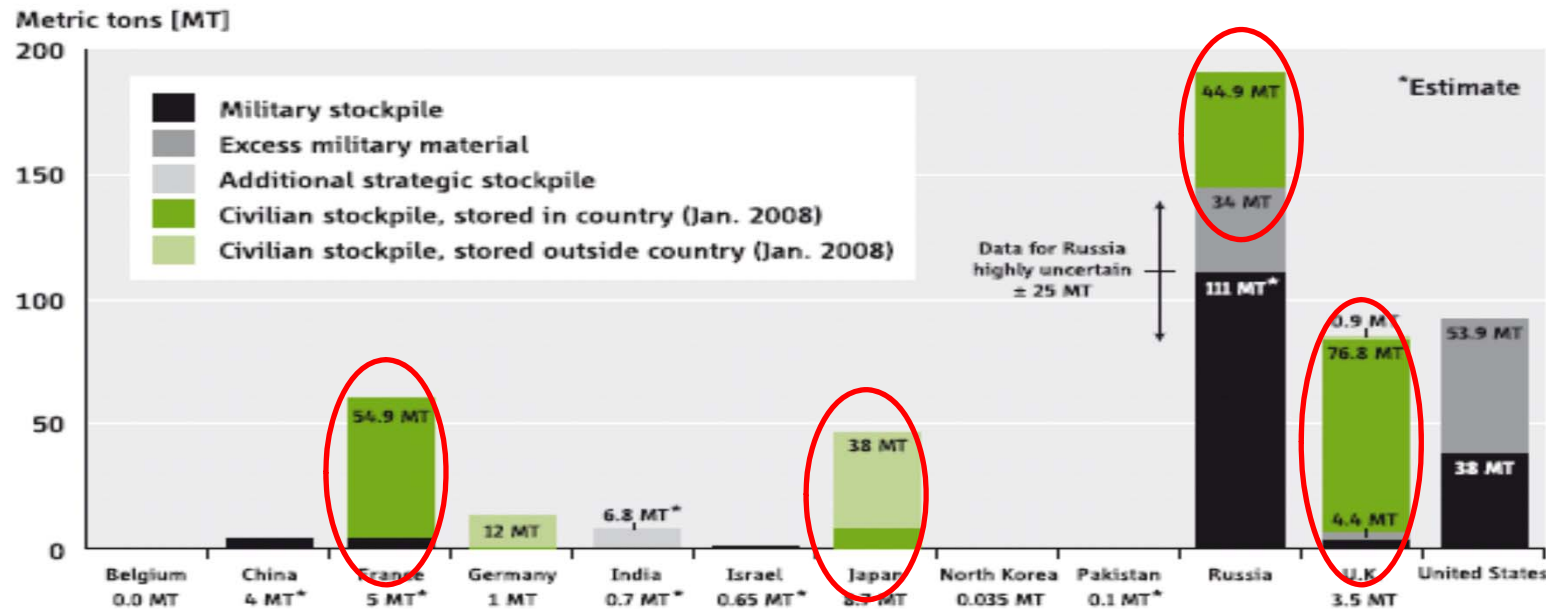


Figure 1.3. National stocks of separated plutonium. Civilian stocks are based on the most recent INFCIRC/549 declarations for January 2008 and are listed by ownership, not by current location. Weapon stocks are based on non-governmental estimates except for the United States and United Kingdom whose governments have made declarations. Uncertainties of the military stockpiles for

China, France, India, Israel, Pakistan, and Russia are on the order of 20%. The plutonium India separated from spent heavy-water power-reactor fuel has been categorized by India as “strategic,” and not to be placed under IAEA safeguards. Belgium holds 1.4 tons of foreign-owned plutonium, but has no stockpile of its own (Appendix 1C).

民生用プルトニウム在庫量主要国推移 (~2007)

- 在庫量は増え続けている(とくに、英・仏・露・日)

	Belgium (Addendum 3)		France (Addendum 5)		Japan (Addendum 1)		Russia (Addendum 9)		United Kingdom (Addendum 8)		United States (Addendum 6)	
1996	2.7	n.d. ?	65.4	30.0 0.2	5.0	0.0 15.1	28.2	0.0 0.0	54.8	6.1 0.9	45.0	0.0 0.0
1997	2.8	n.d. 0.8	72.3	33.6 <0.05	5.0	0.0 19.1	29.2	0.0 0.0	60.1	6.1 0.9	45.0	0.0 0.0
1998	3.8	n.d. 1.0	75.9	35.6 <0.05	4.9	0.0 24.4	30.3	0.0 0.0	69.1	10.2 0.9	45.0	0.0 0.0
1999	3.9	n.d. 0.9	81.2	37.7 <0.05	5.2	0.0 27.6	32.0	0.0 0.0	72.5	11.8 0.9	45.0	0.0 0.0
2000	2.7	n.d. 0.6	82.7	38.5 <0.05	5.3	0.0 32.1	33.4	0.0 0.0	78.1	16.6 0.9	45.0	0.0 0.0
2001	2.9	n.d. 1.0	80.5	33.5 <0.05	5.6	0.0 32.4	35.2	0.0 0.0	82.4	17.1 0.9	45.0	0.0 0.0
2002	3.4	n.d. 0.4	79.9	32.0 <0.05	5.3	0.0 33.3	37.2	0.0 0.0	90.8	20.9 0.9	45.0	0.0 0.0
2003	3.5	n.d. 0.4	78.6	30.5 <0.05	5.4	0.0 35.2	38.2	0.0 0.0	96.2	22.5 0.9	45.0	0.0 0.0
2004	3.3	n.d. 0.4	78.5	29.7 <0.05	5.6	0.0 37.1	39.7	0.0 0.0	102.6	25.9 0.9	44.9	0.0 0.1
2005	2.8	n.d. 0.0	81.2	30.3 <0.05	5.9	0.0 37.9	41.2	0.0 0.0	104.9	26.5 0.9	45.0	0.0 0.0
2006	0.6	0.3 0.0	82.1	29.7 <0.05	6.7	0.0 38.0	42.4	0.0 0.0	106.9	26.5 0.9	44.9	0.0 0.0
2007	1.4	1.4 0.0	82.2	27.3 <0.05	8.7	0.0 37.9	44.9	0.0 0.0	108.0	26.8 0.9	53.9	0.0 0.0

☐ Inventory held in country ☐ Foreign-owned (included in local inventory)
☐ Stored outside the country (not included in local inventory), n.d. = not disclosed

Source: IPFM (2009)

使用済み燃料と分離プルトニウムの核拡散抵抗性

Separated plutonium



2.5 kg Pu in light-weight container.
Can be processed in a glove box.
Four cans enough for Nagasaki bomb.

Spent fuel assembly (1000 pounds and 12 feet long)

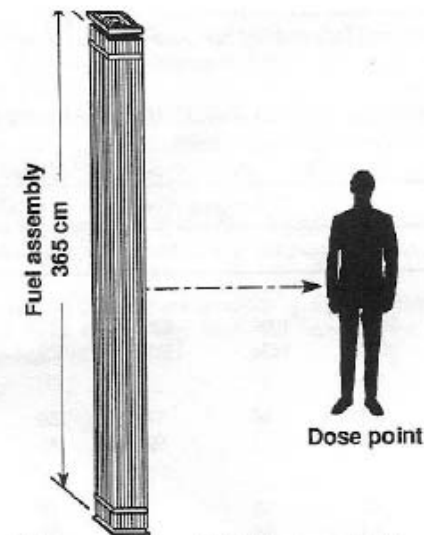
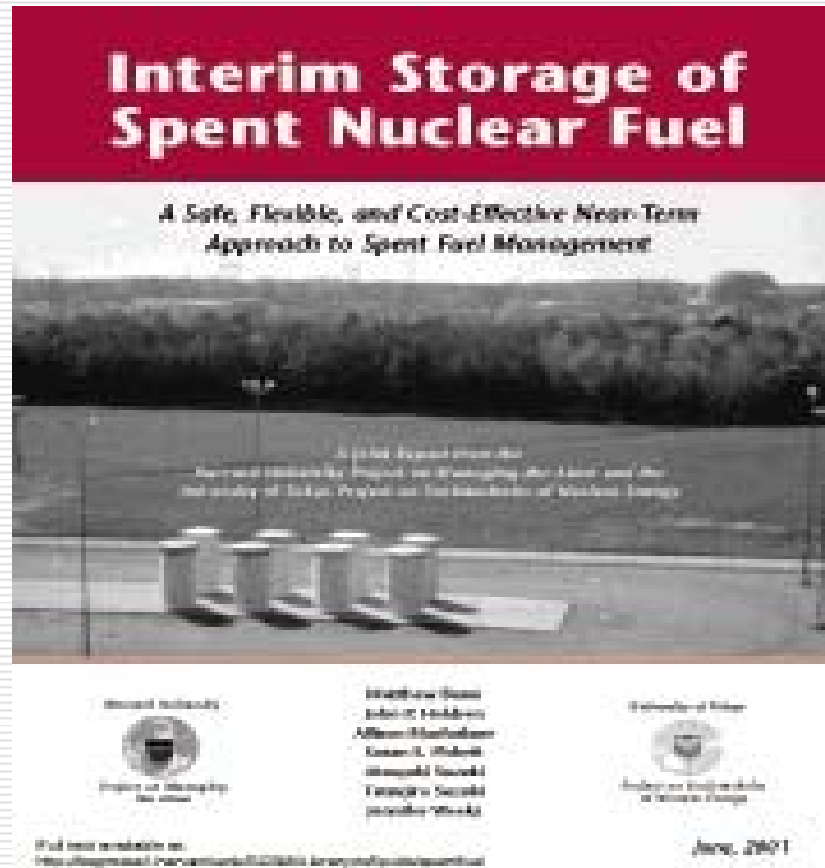


figure 1. Dose rate from a PWR fuel assembly.

5 kg Pu. Lethal gamma dose in 20 minutes
50 years after discharge. Requires 20-ton
container to transport & remote handling
behind thick walls to recover.

Source: Frank von Hippel, "Management of Spent Fuel in the US: Illogic of Reprocessing,"
Presentation at Carnegie Endowment for International Peace Non-proliferation Conference,
June 2007.

使用済み燃料中間貯蔵に関する提言 (東京大学・ハーバード大学共同研究、2001)



- 中間貯蔵は、もっとも経済的で、安全で、柔軟性に富んだ選択肢である。
- 再処理、ワンス・スルーの路線にかかわらず、中間貯蔵能力の確保が極めて重要である
- 世界中で中間貯蔵能力の確保を進めていくべきだ

Source; M. Bunn, A. Suzuki, etc. "Interim Storage of Spent Nuclear Fuel: A Safe, Flexible, and Cost Effective Near-Term Approach to Spent Fuel Management", Harvard University, The University of Tokyo, 2001

http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/2150/interim_storage_of_spent_nuclear_fuel.html

エルバラダイ(IAEA)提案

[Control, Commitment and Collective Security]

1. 機微な核施設・核物質の多国籍管理規制
(multinational limitation)と透明性強化
2. 核兵器に直接転用可能な核物質を利用しない平和利用シ
ステムの設計・開発
3. 放射性廃棄物(HLW)・使用済み燃料の国際貯蔵・処分
4. 核物質・技術の輸出規制強化、輸出規制の「普遍化」
5. IAEA査察官の権限強化
6. NPT脱退の禁止、または安全保障理事会の即時レビュー
7. FMCT, CTBTなど核軍縮関連条約の進展、安全保障対策
の強化

"Toward a Safer World, The Economist, 2003/10/16, "Saving ourselves from Self-Destruction," NYT, 2004/02/12,

カーネギー平和財団における講演、2004/06/2, [Control, Commitment and Collective Security])

<http://www.ceip.org/files/projects/npp/resources/2004conference/speeches/elbaradei.doc>

核燃料サイクル多国間管理の諸提案

4-16 核燃料供給保証に関する主な提案

目的:濃縮、再処理等の機微技術の拡散の防止

内容:要件を満たす国は、政治的な理由による燃料供給途絶時に燃料供給(燃料もしくは製造役務提供)が保証される。

提案名・提案者	核燃料への信頼できるアクセスのためのマルチラテラル・メカニズム(六カ国提案)	IAEA核燃料バンク	IAEA核燃料供給登録システム	核燃料サイクルの多国間管理化	アンガルスグ国際ウラン濃縮センター	可能性のある枠組み
提案者	米、仏、英、独、蘭、露	Nuclear Threat Initiative (米シンクタンク)	日本	ドイツ	ロシア	IAEA
年月	2006年5月	2006年9月	2006年9月	2007年5月	2007年6月	2007年6月
要件	自ら濃縮、再処理を行わないこと等	IAEA及び加盟国に一任(国際的な核不拡散規範の遵守等)	国際的な核不拡散規範の遵守	国際的な核不拡散規範の遵守	国際的な核不拡散規範の遵守	国際的な核不拡散規範の遵守
供給対象	低濃縮ウラン、濃縮役務	低濃縮ウラン	低濃縮ウラン、濃縮役務、燃料製造役務等 *フロントエンド全体	低濃縮ウラン、濃縮役務	低濃縮ウラン、濃縮役務等	低濃縮ウラン、燃料製造役務
備考	供給ネットワークの構築、濃縮ウラン備蓄の創設等	備蓄低濃縮ウランの提供(米、ノルウェー、UAE、EU、クウェートが資金の拠出を表明)	燃料供給能力を仮想登録、供給途絶時に提供	「非主権地帯」を設け、IAEA管理下に多国間管理の濃縮、備蓄施設	露アンガルスグに国際ウラン濃縮センターを設立(2007年9月登記、2008年事業許可取得)	各国、機関からの既存の提案を包含する案として提示された。

出典:日本原子力研究開発機構「国際的な核不拡散体制強化に関する制度整備構想の調査」より事務局作成 67

出所:原子力委員会国際専門部会資料「原子力平和利用をめぐる内外の動き」(2009)

http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/kokusaisenmon/houkoku/091225_sankou3.pdf

日米共同声明(2009/11/13)

- 「日本国政府及び米国政府は、拡散の危険を高めることなく各国が平和的な原子力にアクセスできるようにするため、共同で及び他の国々と協力して、核燃料供給保証を含む民生原子力協力のための新たな枠組みを推進する方法の探求に取り組む。また、揺りかごから墓場までの核燃料管理がこの枠組みの重要な要素の一つとなり得ることにつき一致する。」

——「核兵器のない世界」にむけた日米共同ステートメント(仮訳)(平成21年11月13日)。

NPT 2010 再検討会議

最終合意文書でも多国間管理に言及

Action 58: continue to discuss further, in a non-discriminatory and transparent manner under the auspices of IAEA or regional fora, the development of multilateral approaches to the nuclear fuel cycle, including the possibilities to create mechanisms for assurance of nuclear fuel supply, as well as possible schemes dealing with the back-end of the fuel cycle without affecting rights under the Treaty and without prejudice to national fuel cycle policies, while tackling the technical, legal and economic complexities surrounding these issues, including in this regard the requirement of IAEA full scope safeguards;

しかし、多国間管理は過去成功した例がない

64

-
- Baruch Plan: proposed an International Atomic Development Authority – 1946
 - Atoms for Peace: speech to UNGA by US President Eisenhower – 1953 – proposed an IAEA
 - IAEA Statute (1956): Article III.B.2 and Article XII.A.5 provide for Agency control over excess special fissionable materials
 - IAEA study project on regional nuclear fuel cycle centres (RNFC) – 1975 to 1977
 - Committee on International Plutonium Storage (IPS) – 1978 – 1982
 - International Fuel Cycle Evaluation Programme (INFCE) – 1977 to 1980
 - United Nations Conference for the Promotion of International Cooperation in the Peaceful Uses of Nuclear Energy (UNCPICPUNE) -1987
 - Committee on Assurances of Supply (CAS) – 1980 to 1987
 - International Symposium on Nuclear Fuel and Reactor Strategies: Adjusting to New Realities (1997)
 - Technical, Economic and Institutional Aspects of Regional Spent Fuel Storage Facilities (RSFSF) – 2003 IAEA TecDoc

多国間構想の課題

- 過去から何回も提案されてきた構想
 - これまで実現してこなかった
- 「持つ国」「持たざる国」の**不平等性**
 - すでに、アルゼンチン、イラン、オーストラリア、カナダ、カザフスタン、ウクライナなどが「濃縮能力」所有意図を宣言
- 燃料供給保証では**核技術獲得意欲**は減退しない？
 - イランは、技術獲得は国家の権利として主張
 - 供給国として信頼されていない
- 原子力**市場との整合性が欠如**
- 使用済み燃料(廃棄物)引取りの**不確実性**
 - どの国も廃棄物処分立地に成功していない
 - 先進再処理技術は未完成

多国間管理構想の条件とは？

□ 普遍性 Universality

- 「持つ国」「持たない国」の不平等感のないこと

□ 透明性 Transparency

- IAEAの追加議定書批准（あるいはそれと同等の保障措置制度）が国際規範となること
- さらなる透明性（検証可能性）が必要

□ 経済合理性 Economic Viability

- 国際市場動向と矛盾のない仕組み
- 原子力の経済競争力に貢献する仕組み

ロートブラット博士の精神を胸に.....

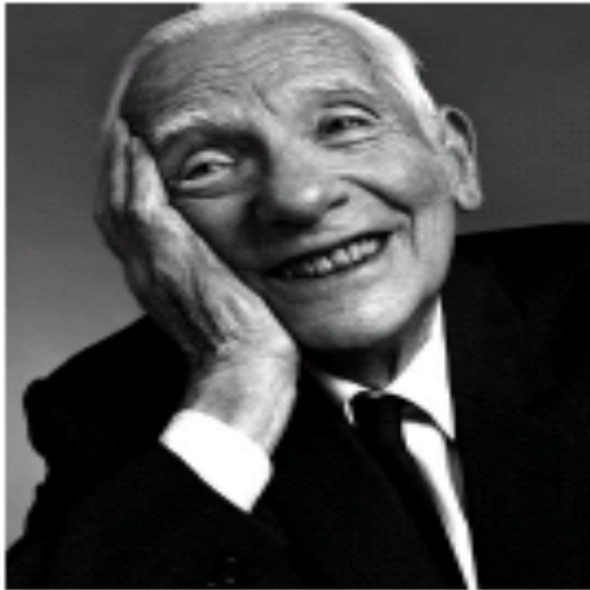


Figure 9.2. Sir Joseph Rotblat (1908–2005), a Manhattan Project scientist, one of the founders of the scientists' Pugwash movement, and a strong advocate of societal verification. Rotblat, a Nobel Laureate, was a leading supporter of Israeli whistle-blower Mordechai Vanunu, arguing that Vanunu's exposure of Israel's nuclear weapon program was an act of conscience. Credit: Peter Hönnemann.

- ▶ "*Remember Your Humanity, Forget the Rest*"
- Russell-Einstein Manifesto (1955)

Joseph Rotblat (1908-2005)

- ▶ マンハッタン計画に参画も、ドイツが核兵器開発が失敗したことを知って、辞退した唯一の科学者
- ▶ ラッセル・アインシュタイン宣言に署名、その後パグウォッシュ会議創設に参加。
- ▶ 1995年ノーベル平和賞受賞。