

テクノロジーアセスメント(技術の社会 影響評価)と原子力政策

2010年5月21日

実践メディアビジネス講座III

駒澤大学

鈴木達治郎, Tatsujiro Suzuki

原子力委員会 委員長代理

Vice Chairman, Japan Atomic Energy Commission

目次

- テクノロジー・アセスメント(TA)とは？：
 - TAの特徴
 - 科学技術の意思決定におけるTAの役割
- 欧米のTA機関：
 - 米国OTA及びその後
 - 欧州
- 高レベル廃棄物におけるTA事例：
 - 米国OTA
 - フランス OPECST
 - 英国 コンセンサス会議
- まとめ：

TAとは？

What is Technology
Assessment(TA)

第3期科学技術基本計画

- 科学技術が及ぼす倫理的・法的・社会的課題への責任ある取組（第4章1）
- 国民の科学技術への主体的な参加の促進（第4章4）
- 具体的な取り組みとしては、「科学技術に対する社会・国民の関心と理解を得るために、各府省が十分な取組を行うことが重要であるが、総合科学技術会議としてもこうした取組を促進する。」（第5章2（3））

文科省報告書(2009)

- 社会と科学技術イノベーションとの関係深化に向け、倫理的・法的・社会的課題(ELSI)について、「**政策等の意志決定に際して、テクノロジーアセスメント等に基づいた幅広い国民合意を図るための取組を推進する**」
 - 文部科学省「我が国の中長期を展望した科学技術の総合戦略に向けて(中間報告)～ポスト第3期科学技術基本計画における重要政策」(2009年12月25日)

TA: 定義と起源(1)

- 1966 E.Daddalio議員報告
 - 「科学技術が社会に与える影響について『早期警告』を与える機能が必要」
 - 67年、議会に技術評価局(OTA)設立を提案
 - 背景にSST論争(行政府に対する不信)
 - 1972年の法案成立まで、理事会から非議員を外したり、機関の権限が拡大しないようにするなど専門家や議員による法案修正が続いた

- TAの定義: 「早期警告」と「可能性提示」

“..identifying the **potentials** of applied research and technology and promoting ways and means to accomplish their transfer into practical use, and identifying the **undesirable by-products and side-effects** of such applied research and technology...in order that appropriate steps may be taken to eliminate or minimize them...”

(OTA Bill introduced by E. Daddalio, 1967)

TA: 定義と起源(2)

— 議会TA機関の機能

- 米国OTA法(1972)
 1. 技術および技術開発プログラムのもたらす現在及び将来の影響を明らかにする
 2. 可能な限り、「因果関係」を明らかにする
 3. 目的を達成する代替技術、手段を提示
 4. 代替技術・手段による影響を比較
 5. 分析結果を議会に提示
 6. 更なる調査・研究が必要な分野を提示し、必要に応じて自らも実施

TAの定義

- テクノロジーアセスメント(TA)とは、従来の研究開発・イノベーションシステムや法制度に準拠することが困難な先進技術に対し、その技術発展の早い段階で将来の様々な社会的影響を予想することで、技術や社会のあり方についての問題提起や意思決定を支援する制度や活動を指す。

TAの特徴

- 評価の対象は技術自体だけではなくその社会的影響
- したがって評価は基本的に政治的・社会的プロセス
- 技術専門家だけでは不十分：学際的アプローチが必要
- 不確実性及び価値の多様性を考慮に入れることが不可欠
- 政策提言ではなく、意思決定を支援するための選択肢の提示とその比較が成果

→ 「技術評価」という訳はやめること

科学技術に関する 社会意思決定におけるTAの役割

- 科学技術に関する「事実(facts)」について合意が欠如する時、科学技術への信頼は低下する
 - 不確実性が高い
 - 科学者・専門家間で意見が分かれる
 - モデル(シミュレーション)の限界
 - 利害関係者が意図的に事実を歪曲

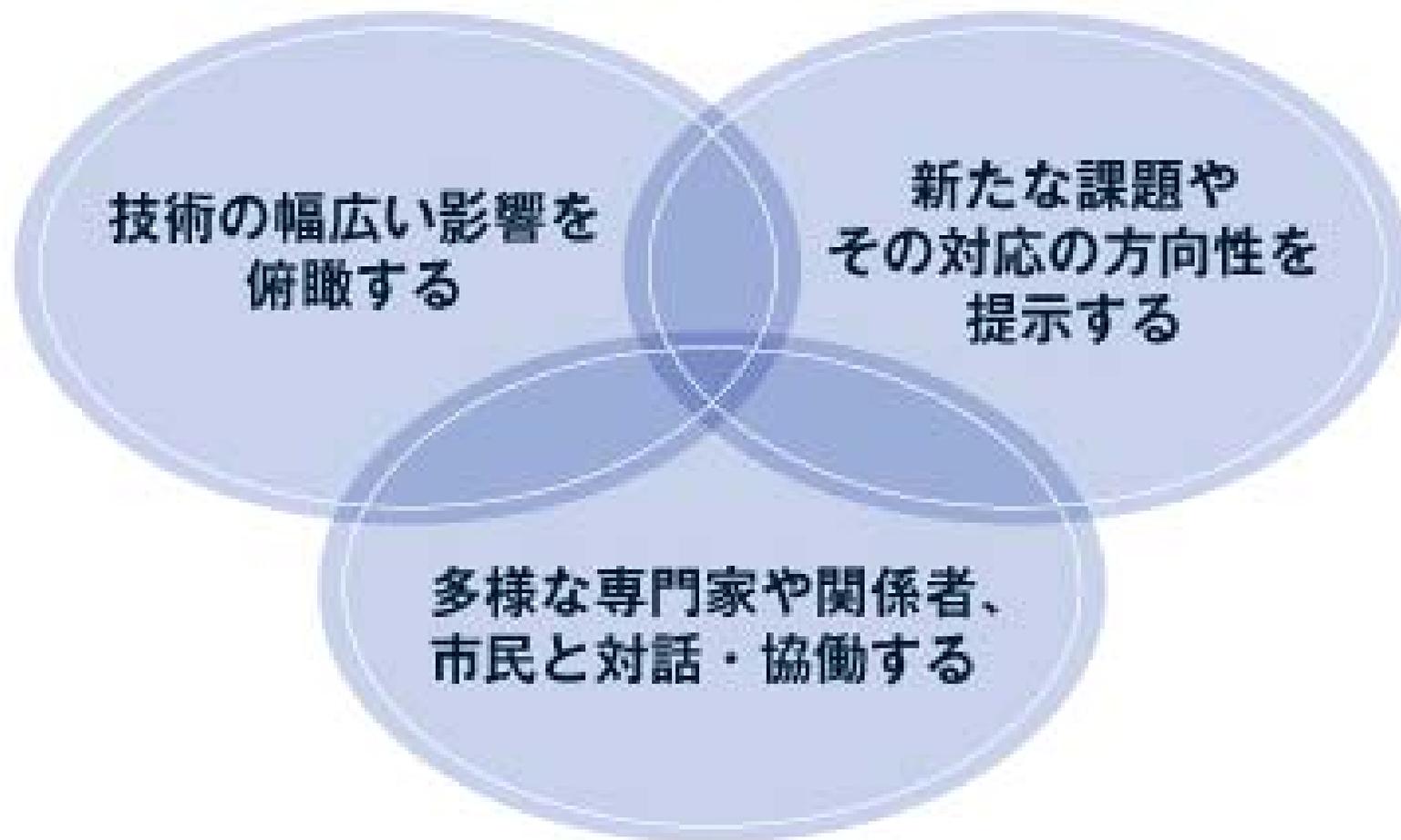


「事実」についての整理が必要

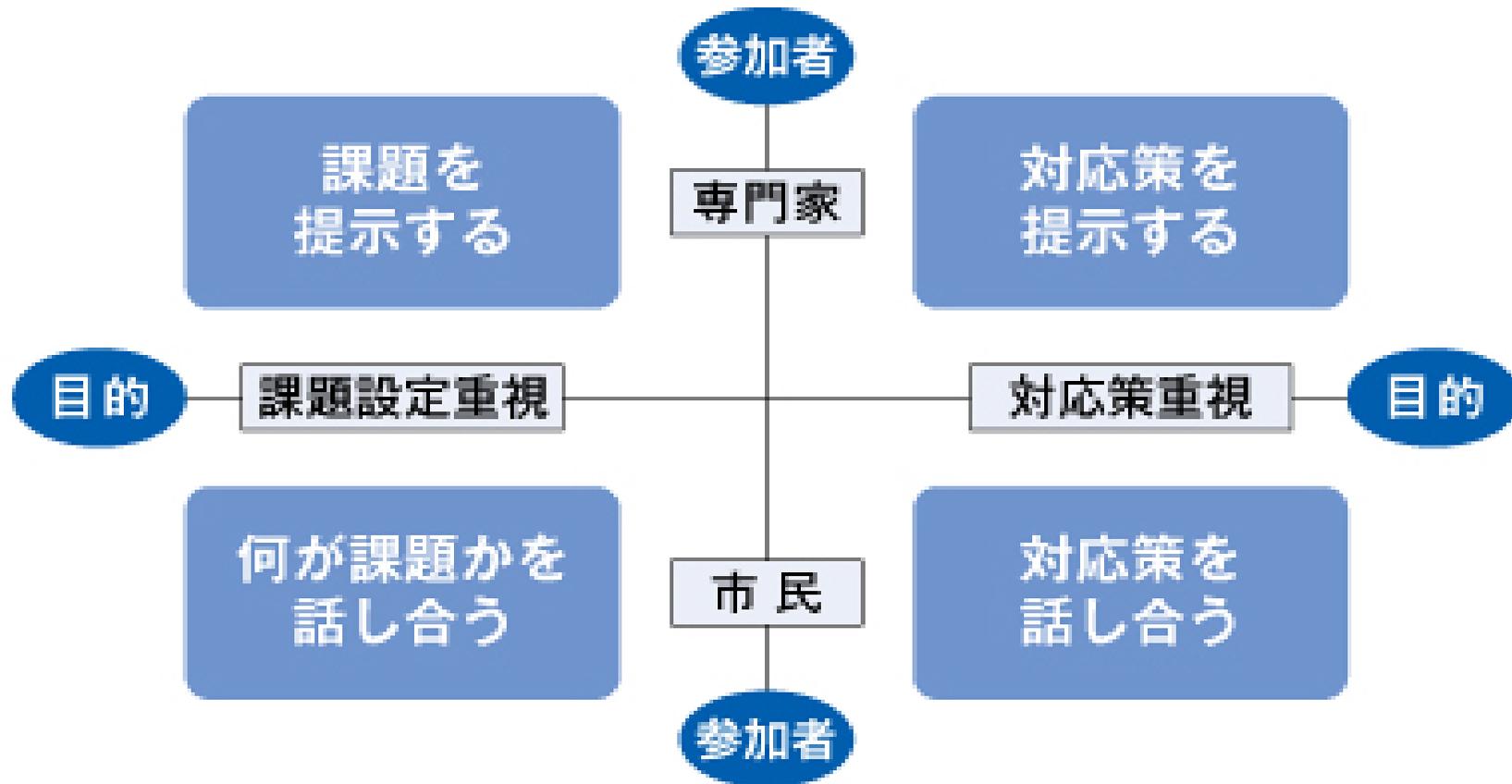
TAのもたらす付加価値は何か？

- 対象となる科学技術と社会の関係について、現状における事実を客観的に（特定の立場をとらずに）整理する：
- 科学技術が将来にわたり、どのような社会的影響を及ぼすか。その予測および評価の枠組みを説得力ある形で示す。
- その枠組みに基づき、現状の確実な部分と不確実な部分を整理し、多くの場合、不確実な部分を減少させる
- その結果、合意しうる範囲を示唆することにより、建設的な社会意思決定を支援できる。

TAの機能



TAの活動



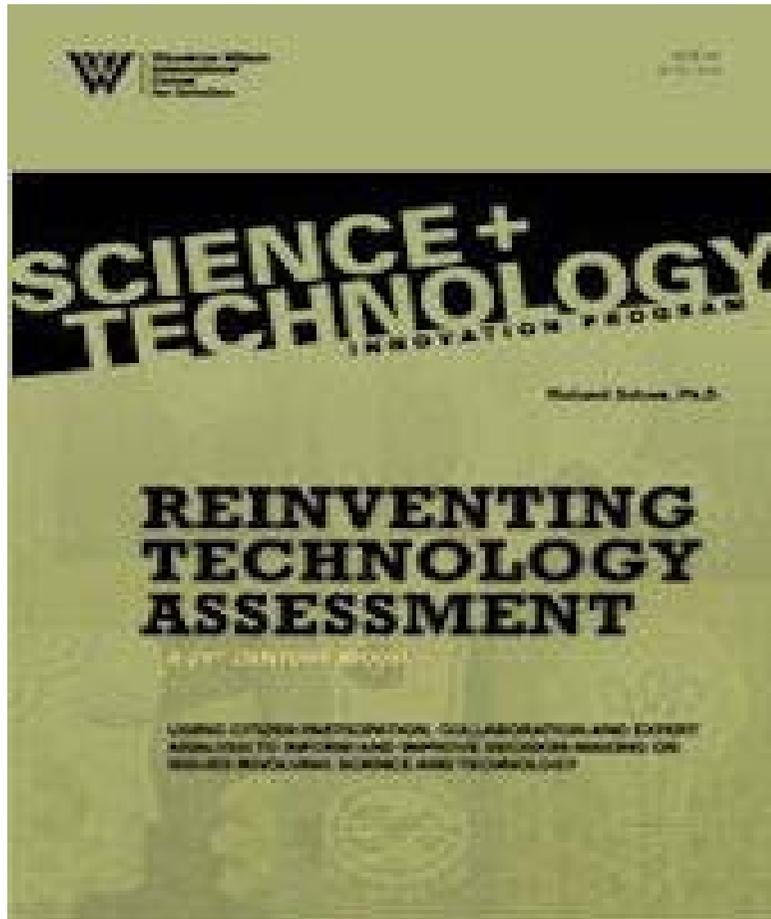
TA活動の変遷

- 1970年代: 事前評価(早期警告)
 - 背景: 公害・環境・社会問題、巨大技術開発(ex.SST)の失敗
 - 特定技術の社会への影響を(導入以前に)評価
 - 悪影響の排除または最小化に重点
- 1980年代: 構築的TA
 - 背景: 欧州において産業振興への科学技術の役割を高めようとする動き。一方で、チャレンジャー・チェルノブイリ事故など科学技術リスクへの関心
 - 技術導入以前の開発段階から同時進行で評価
 - 技術開発のもたらす利益の最大化に重点
- 1990年代; 参加型TA
 - 背景: 倫理的問題、科学技術への理解や関心の衰退、GMO問題などリスク・コミュニケーションの重要性への認知高まる
 - 技術評価に非専門家の意見を導入
 - 技術と社会の関係を広く捉える

21世紀型TA?

Reinventing US Technology Assessment For The 21st Century

by Richard Sclove



- Sclove recommends an *Expert & Citizen Assessment of Science & Technology (ECAST) network* combining the skills of nonpartisan policy research organizations with the research strengths of universities and the public outreach and education capabilities of science museums.
- 政党色のない研究機関や大学、市民団体、博物館など、科学技術に関わる諸団体のネットワーク (ECAST)の設立を提案

欧米のTA機関

米国OTAとそれ以降

- 行政府に対する議会の技術評価、政策支援として、重要な役割を果たす。
- 政党中立性を制度で担保：民主党主導であったが、理事会(TAB)は党・院のバランスが公平になるように構成
- 共和党議会になって、財政削減の対象として1995年に廃止
 - 189名の常勤スタッフ(1995年度)、約2,200万ドル(1980-95年平均)
 - 復活の動きは常にある(予算復活すればよい)が、実現していない

米国OTAとそれ以降(2)

- TA的活動は定着化しており、多種の機関で継続されている。
- しかし、活動が断片化・多様化し、包括的TAが減少。独立性、中立性も担保できない状況
- 個別事例で制度化を担保：研究開発法でELSI研究を義務付け
- TA専門機関がないため、人材育成が難しい

欧州における議会TA

- 70年代:一部で議論が開始. しかし, 米国とは社会法制度(特に, 行政と議会の関係)のあり方が異なること等により, policy transferは生じず, 欧州でのTA活動は低調
- 1980年代: 科学技術による社会や環境への影響が強まり, 特に経済停滞・低雇用を脱する方策としての技術(のポジティブな側面)への期待から, 欧州版TAの議論が開始→欧州・各国レベルで議会TA機関の設立が相次ぐ

英国議会科学技術室 (POST)

- 設立: サッチャーは意義を認めたが予算を付けたがらなかったため、1989年議員の呼びかけによる議会科学技術情報基金 (PSTIF) からの寄附により議会外に時限的なプロジェクトとして設置、96年に議会内に移設、01年に常設機関に
- 組織: POSTボード(理事会)は、14名(下院10名、上院4名)非議員の有識者(科学者)で構成。事務局(ディレクター1名、専門研究者6名他、博士課程の学生など外部人材を4~5名活用)
- クライアント: 議会
- 調査課題: 理事会が決める場合もあるが、POSTから提案することもある
- 活動: ①タイムリーなPOST NOTEの作成(政府省庁やNGOなど利害関係者に話を聞き、バランスのとれた4ページ程度の報告書にまとめたもの)。これよりも長いレポートも作成。
②議会の特別委員会に対する助言や議員に対するセミナーの開催

ラテナウ研究所 (Rathenau Institute)

- 設立: 1986年ラテナウの前身NOTAが教育科学省の行政決定によりオランダ王立科学アカデミー (KNAW) に設置. 94年にラテナウに改名
- 組織: ボード(理事会)は7名の有識者・業界関係者で構成. ラテナウは, コミュニケーション部局、TA部局、科学システム (SciSA) 部局、事務局からなる. スタッフ. 予算ともに近年急増(40-50名)
- クライアント: クライアントはオランダ議会および欧州議会(政府に対しても報告), 財源は教育科学省
- 活動: ①政治家への情報提供、②社会の意見形成への働きかけを目的として, TAとSciSAを実施→政策サイクルの中で問題認識と政策形成の部分に重点を置いている. 議論のファシリテーターになることと、独立性と自由度を保つことに注意を払う
- ラテナウにおけるTAの変化: ①プロダクト→プロセス(92年から), ②SciSAの追加(04年から)

フランス議会科学技術評価局(OPECST)

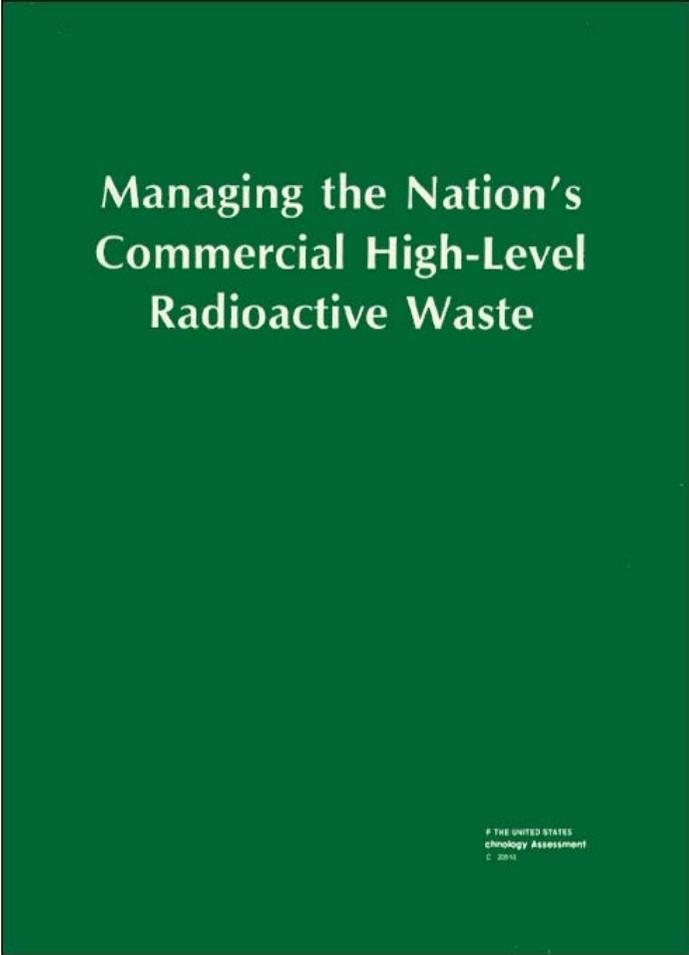
- 設立: 83年両院で設立に関する議会議案を採択. 議会内部(議員代表部)に設置
- 組織: Officeの構成16人のメンバー(両院から8人ずつ. 政党の比率に応じた配置). Bureau: 毎年議長, 副議長, 4人の secretaries, 他欧州TA機関との窓口の代表1名を選出
- クライアント: 議会
- 目的: 議会の意思決定を透明化するための科学技術に関する選択肢の情報提供を目的として, 情報収集, 研究・評価活動を実施する
- 活動: OPECSTのメンバーがラポーターとして報告書を作成. 意思決定に関わる議員自らがTAをしているという点で, 政策提言に直結しているとされる.

欧州TA機関の一覧: Overview of TA institutions in EU

	UK POST	OPECST(仏)	ラテナウ(蘭)	STOA (EU)
設立年	1989年, 01年から常設機関に	1983年	1986年にNOTAとして設立. 92年に改名	1987年
設置場所	初期の段階は, 議会外. その後, 96年に議会内に設置される	議会内部(議員代表部)	王立科学アカデミー(KNAW)内	現在域内政策総局(DG Internal Policy)のDGA(経済・科学政策)
組織	議会のボード(下院10名, 上院4名の計14名)がPOSTの監督	Officeの構成16人のメンバー(両院から8人ずつ. 政党の比率に応じた配置). Bureau: 毎年議長, 副議長, 4人の secretaries, 他欧州TA機関との窓口の代表1名を選出	現在のボード: 7名(KNAW), Advisory Council of Government Policy, 文部科学省が任命. ①コミュニケーション部局, ②TA部局, ③科学システム部局, ④事務局	①政治的意思決定は, 「STOAパネル」15名の議員から構成. パネルの運営は「STOA bureau」. 実務運営を行うのは, STOAチーム
職員	9名(研究員6名)		現在約45名	5-8名
目的	議会の委員会に科学技術に関する助言を行う.	議会の意思決定を透明化するための科学技術に関する選択肢の情報提供を目的として, 情報収集, 研究・評価活動を実施する	①政治家への情報提供 ②社会の意見形成への働きかけ, 主要な二つの任務①TAと, ②Science System Assessment (SciSA)	①議会の委員会に独立で質の高い科学的に中立な研究と情報, 選択肢の提供. ②議論の場の企画

高レベル廃棄物のTA例

米国OTA (1985)



Managing the Nation's
Commercial High-Level
Radioactive Waste

- 1982年放射性廃棄物法についての包括的レビュー
 - 1982年の法案審議の際に、すでにドラフトの要約が印刷されて、反対派、推進派両方に利用された
- DOEに代わる独立実施機関の設立、長期貯蔵の可能性など、実現していれば有効な提案が多い
- この他、米科学アカデミー(NAS)、大学など数多くの報告書

米エネルギー省が廃棄物処分諮問委員会を設立 DOE Blue Ribbon Commission on HLW Disposal (2010)

- *The Commission should conduct a **comprehensive review of policies for managing the back end of the nuclear fuel cycle, including all alternatives** for the storage, processing, and disposal of civilian and defense used nuclear fuel and nuclear waste... In performing its functions, the **Commission should consider a broad range of technological and policy alternatives, and should analyze the scientific, environmental, budgetary, economic, financial, and management issues**, among others, surrounding each alternative it considers..- US President Obama, Memorandum for Secretary of Energy, Jan. 29, 2010*

委員会は、あらゆる代替案を包括的に評価するべきである: 米国オバマ大統領(2010/1/29)

フランスOPECST(1992)

- 放射性廃棄物庁(ANDRA)が進めていた立地プロセスがとん挫
- OPECST(議長:バタイユ議員)が報告書をまとめ、それをもとに議会在「放射性廃棄物法」(1992)を立法
 - OPECSTは80年代にも再処理の選択肢についての報告書を提出(バタイユ報告書として有名)
- 廃棄物法は、行政府に対し、**廃棄物処分のすべての選択肢を包括的に評価するよう義務付け**

コンセンサス会議：英国高レベル廃棄物 －「鍵になる質問」例

- 地下深層処分のメリット, デメリットは何か？ 浅地処分との比較はどうか？
- BNFL以外に, 放射性廃棄物を現実に監視している団体は誰か？ 将来はだれが監視するのか？
- 放射性廃棄物分野で行われている研究開発の内容は？
- 電力自由化(民営化)の影響は？
- 放射性廃棄物について、一般市民への情報提供政策は現在どうなっているのか？
- 使用済み燃料を再処理することによるメリットは何か？
- 原子力発電を継続していくことについての意見は？ その財政的コスト, 環境に及ぼす影響は？
- 放射性廃棄物を分類付けている現在の定義は？

コンセンサス会議：英国高レベル廃棄物 －市民パネルの結論例

- 放射性廃棄物は、地上から撤去され、地下に貯蔵されるべきであるが、常に監視可能な状態におかれ、かつ回収可能な貯蔵でなければならない。将来の解決策に制約を与えないよう、選択をオープンにしておく必要がある。
- 放射性廃棄物を管理する団体として、政府が任命する「中立機関」の設立を提唱する。
- 現在、一般市民からの信頼と理解が欠如している。一般市民の意識を高める努力が必要である。一方で、意思決定はオープンにかつ透明性を持って行われるべきである。

コンセンサス会議：英国高レベル廃棄物 －市民パネルの結論例

- 既存の再処理契約は遂行されるべきであるが、新規の再処理契約は結ばれるべきではない。
- 原子力一般に対して反対ではないが、廃棄物問題に対する解決策が適切に確保されるまでは、拡大すべきではない。一方、代替電源が明確に見つかるまで、原子力からの撤退にも反対である。
- 原子力産業は、「非公開（秘密）主義」というレッテルを貼られてきているが、今回の会議を通じて、その文化が大きくシフトし、公開の精神が生まれ始めていることに気がついた。これは歓迎すべき傾向である。

まとめ: Conclusions

- 高レベル廃棄物のように、科学技術と社会の関係が複雑化し、信頼が低下している場合、TA機関の役割は潜在的に期待できる
- これまでの実施機関ではない、第三者的機関による科学的事実の整理、不確実性の範囲の明確化、幅広い社会影響の評価、それに基づく選択肢の提示、などが可能となる。
- 一般市民との信頼を回復することにより、建設的な意思決定が可能となりうる。

気候変動問題解決の切り札として、原子力をどう位置付けるか？

原子力カルネッサンスへの期待



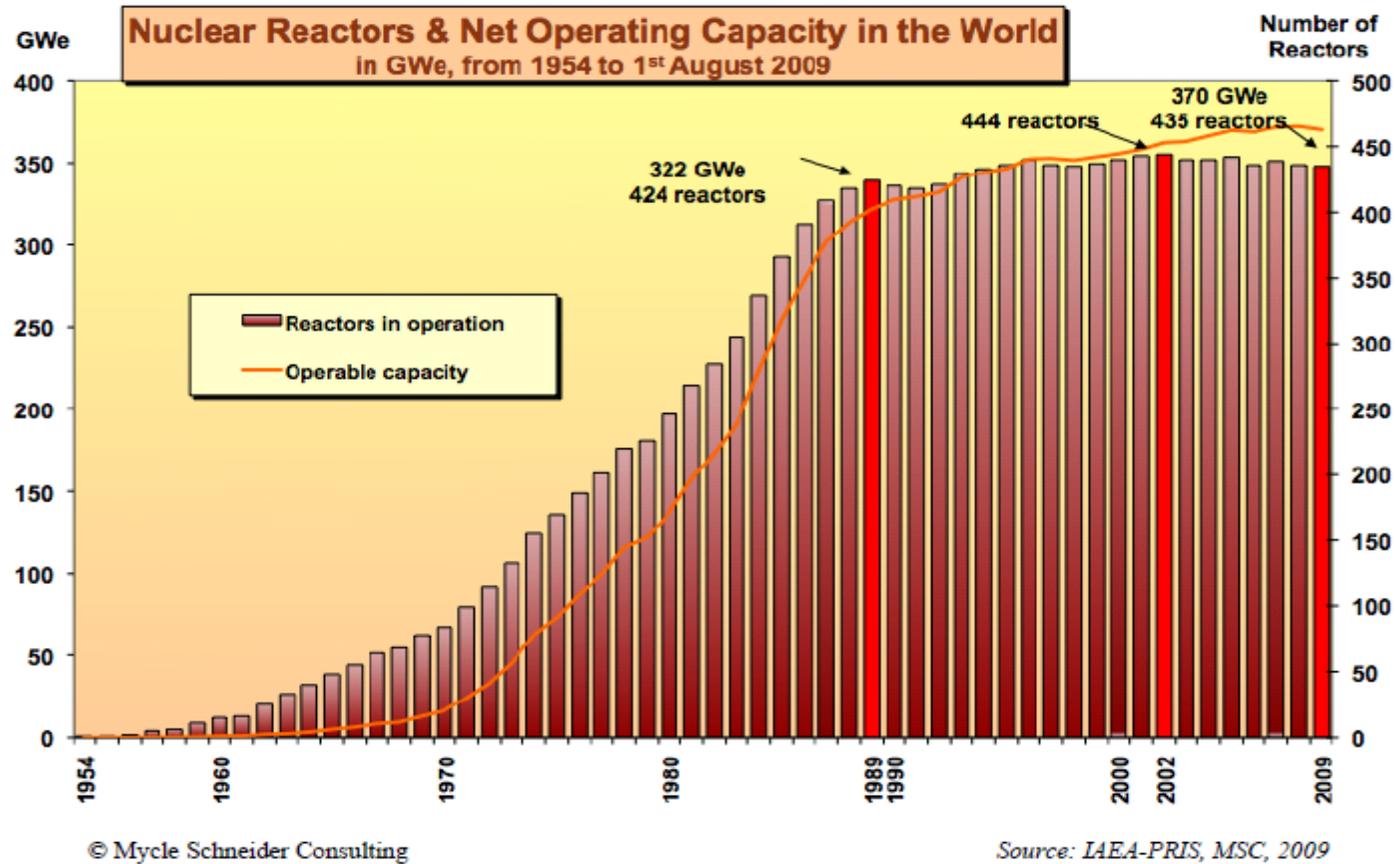
“A nuclear revival is welcome so long as the industry does not repeat its old mistakes”

-- *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」

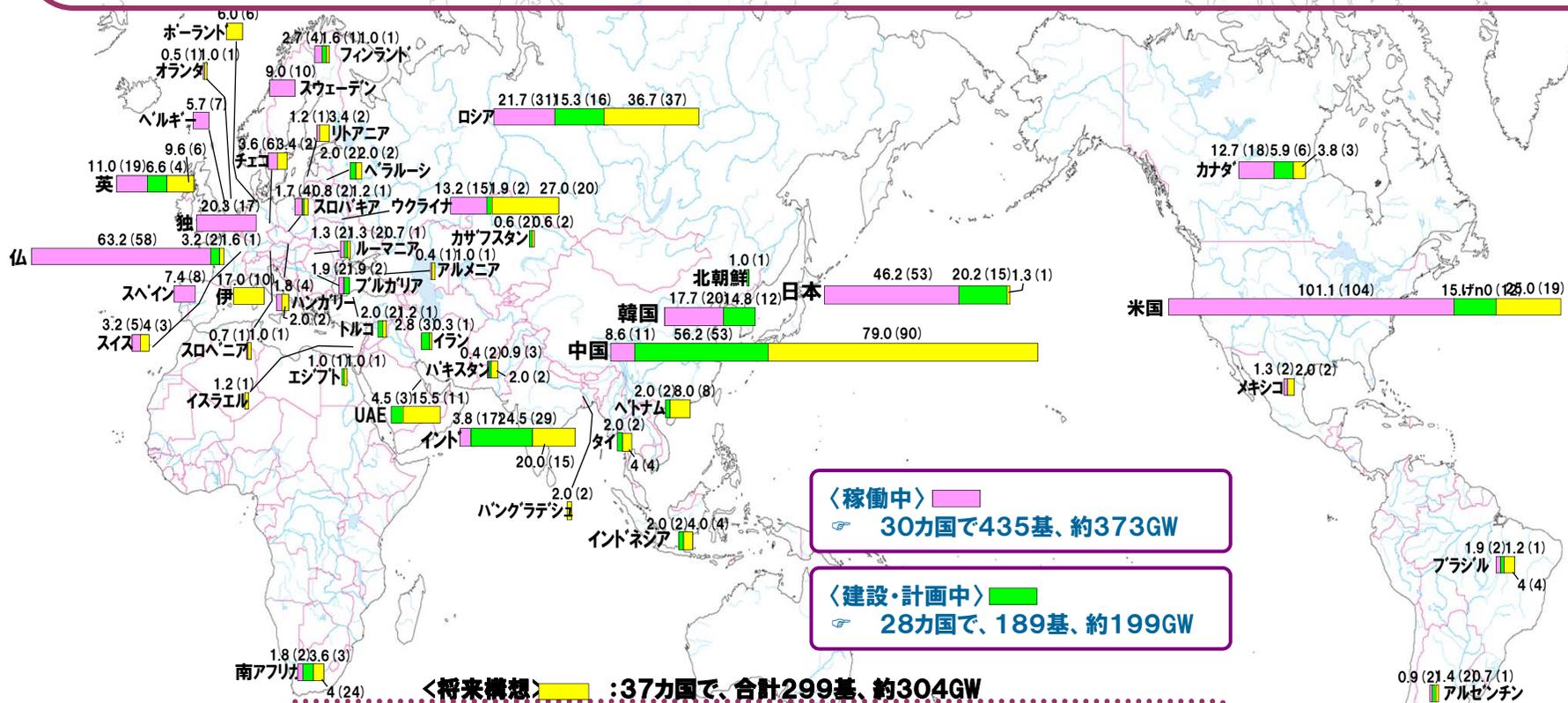
—英エコノミスト誌、2007年9月8日
特集

世界の原子力発電容量推移



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

- ・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。
New construction projects are emerging in US/Europe
- ・日米露中印等で大幅な増設が計画・構想されている。
In particular, large expansion is expected in Asia (China, India, Russia...)



〈稼働中〉
30カ国で435基、約373GW

〈建設・計画中〉
28カ国で、189基、約199GW

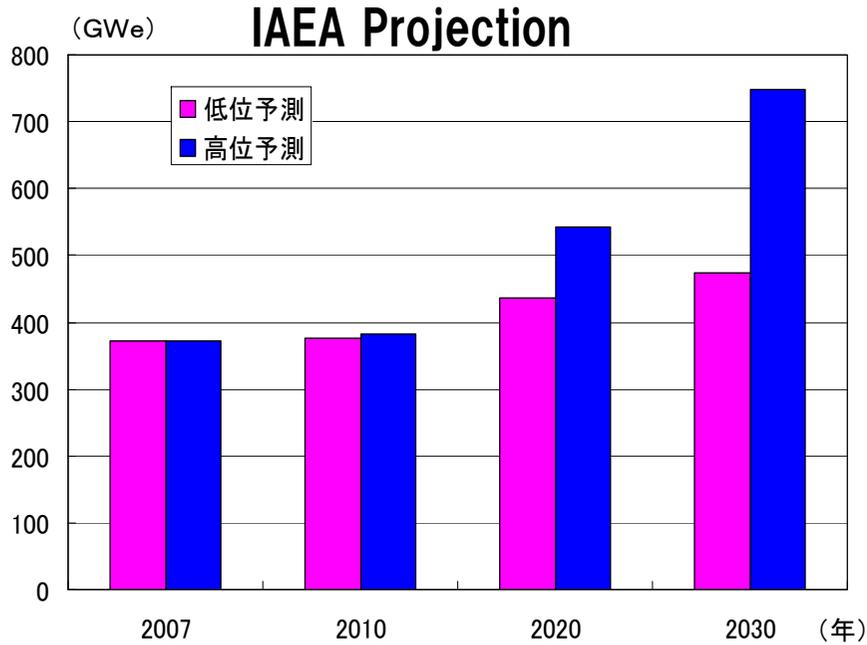
〈将来構想〉 : 37カ国で、合計299基、約304GW

〈欧州〉代表例		〈北米〉		〈アジア〉代表例	
ロシア	37基、約37GW	米国	19基、約25GW	中国	90基、約79GW
ウクライナ	20基、約27GW	カナダ	3基、約4GW	インド	15基、約20GW

その他、中東諸国、南ア、ブラジル及び東南アジアで構想

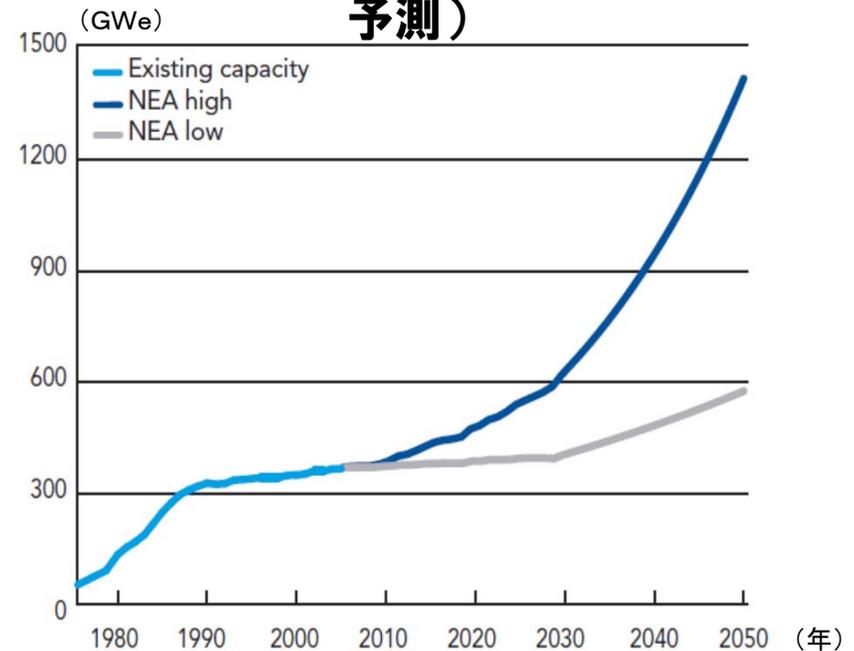
・大幅な(2~3倍)原子力発電設備容量の増加が予測されている。
 2~3 times of expansion is projected by IAEA and OECD/IEA

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

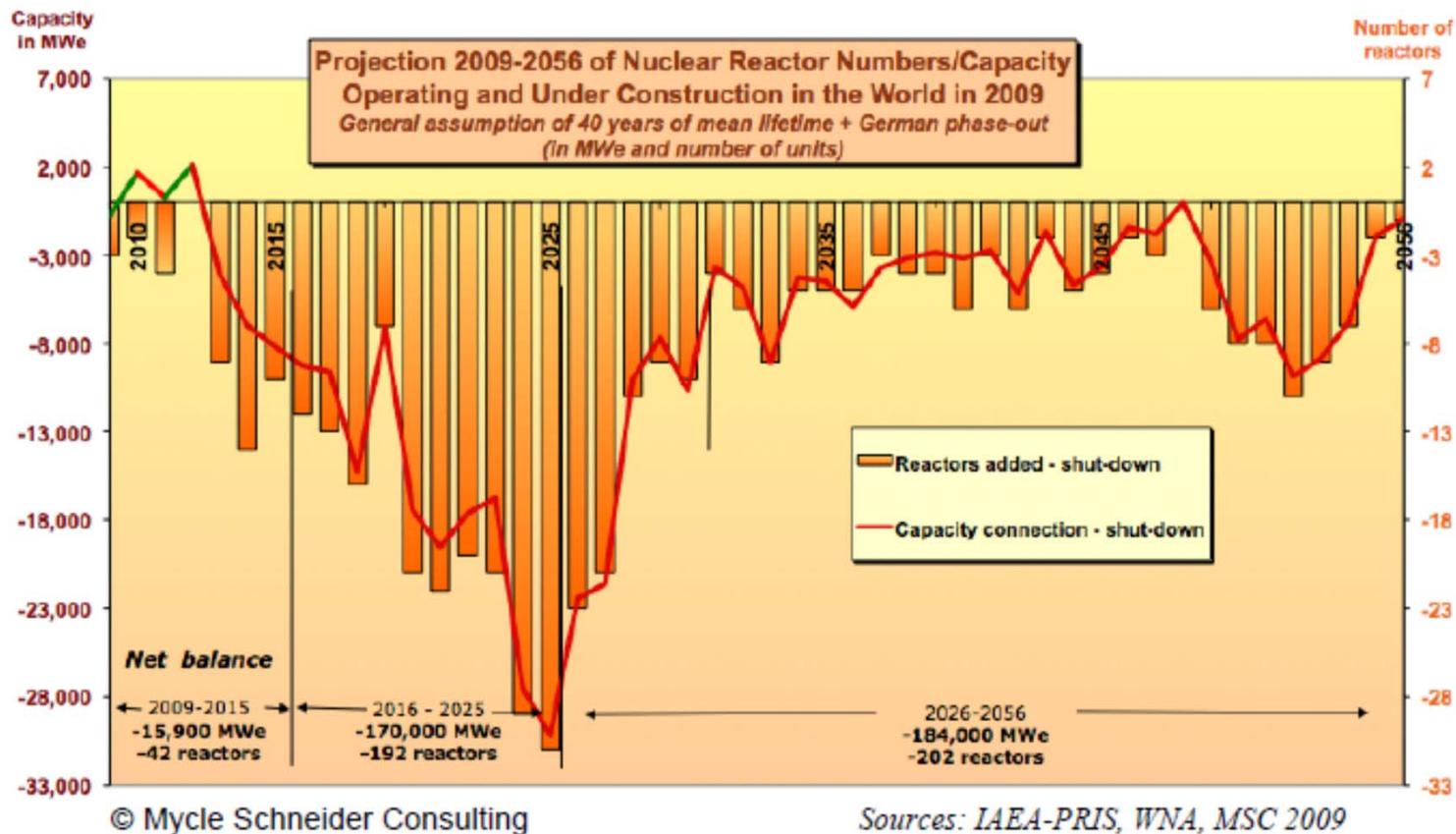
世界の原子力発電設備容量の推移
 (経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) 予測)



出典: Nuclear Energy Outlook 2008, OECD/NEA

一方、多くの原子力発電所が更新時期を迎える Many reactors will face 40-year life soon (2009~2056)

Graph 7: The 40-Year Lifetime Projection



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

温暖化対策として2050年までに1000GWが必要

MIT report: 1000 GW by 2050 is necessary

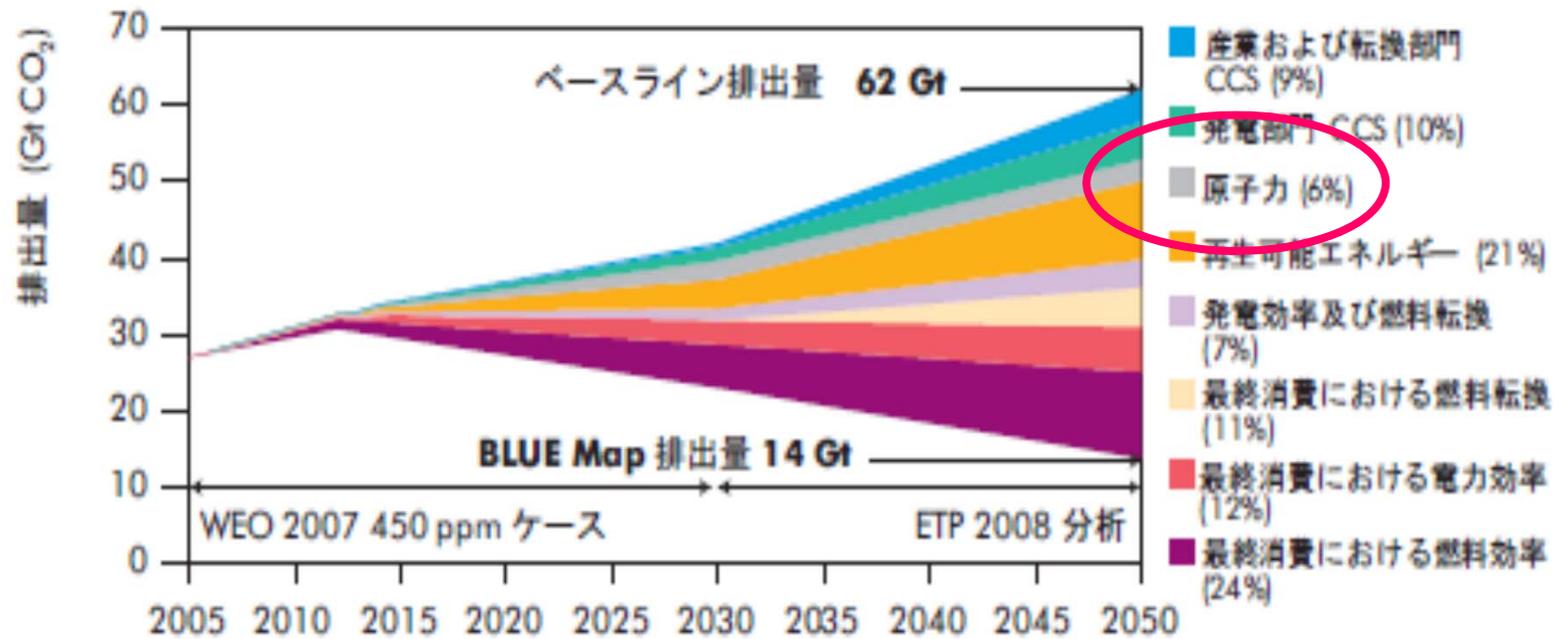
Global Growth Scenario			
REGION	PROJECTED 2050 GWe CAPACITY	NUCLEAR ELECTRICITY MARKET SHARE	
		2000	2050
Total World	1,000	17%	19%
Developed world	625	23%	29%
U.S.	300		
Europe & Canada	210		
Developed East Asia	115		
FSU	50	16%	23%
Developing world	325	2%	11%
China, India, Pakistan	200		
Indonesia,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

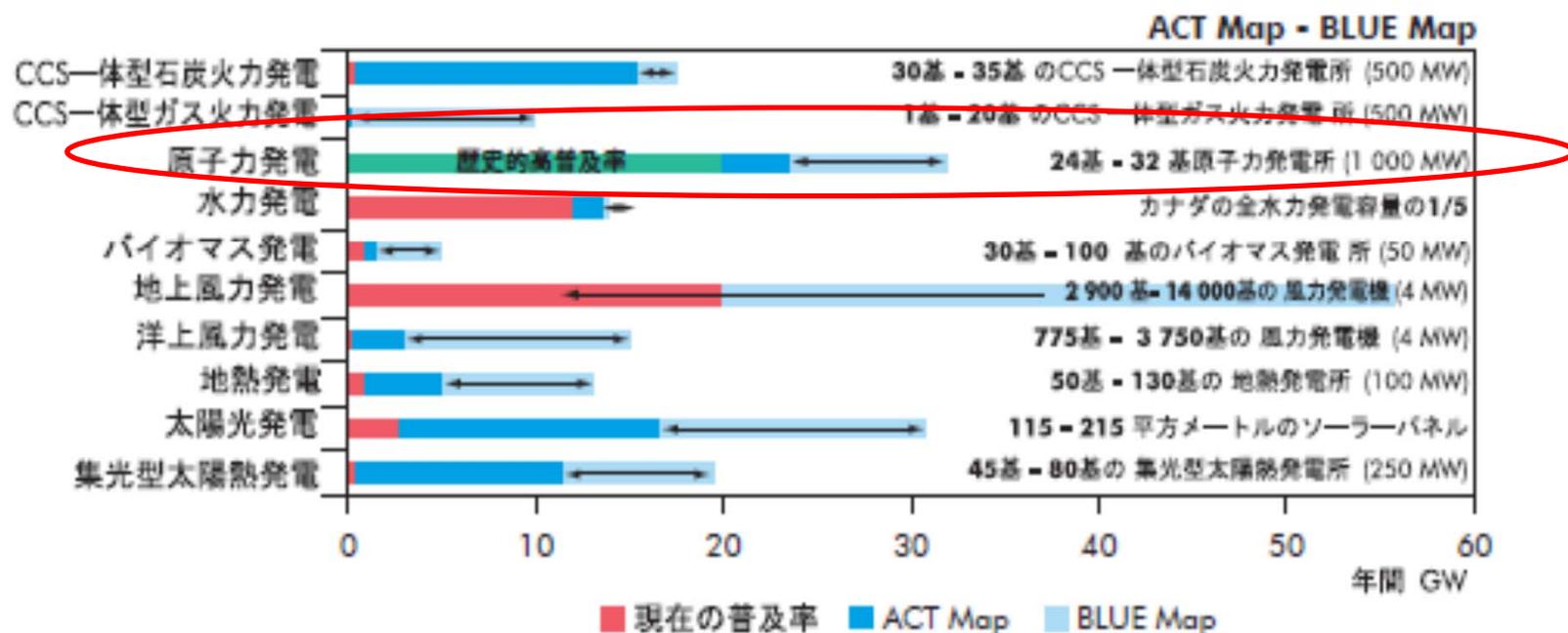
2050年までにGHG50%削減シナリオ: 原子力の貢献は6%程度

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



そのためには24－32基/年の建設が必要 (IEA,2008)
 24-32 units/y construction of NPPs will be needed

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・・・

Warning from MIT: Needs more efforts (MIT, 2009)

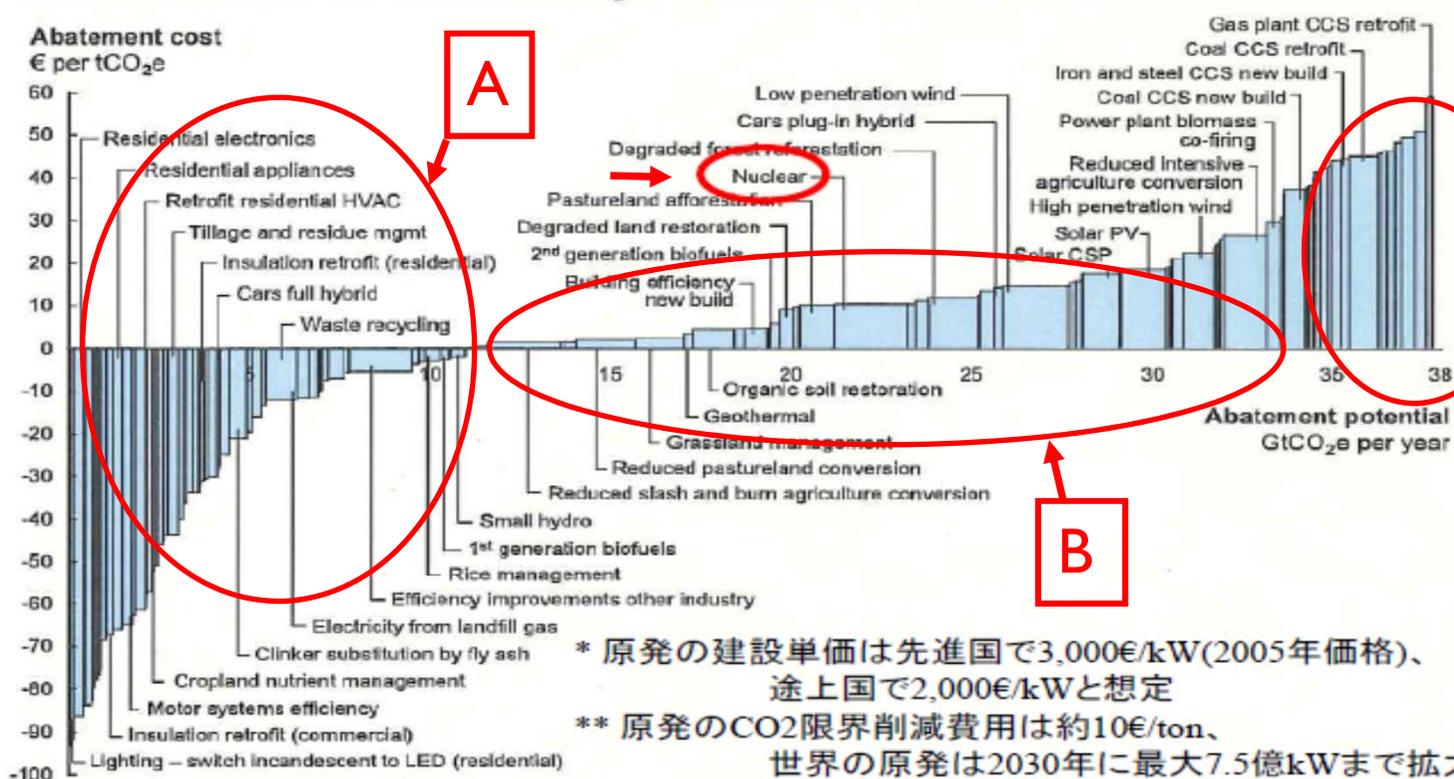
“The sober warning is that if more is not done, nuclear power will diminish as a practical and timely option for deployment at a scale that would constitute a material contribution to climate change risk mitigation.”

- 「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)

選択肢は大きく3つに分類できる

Options can be divided into 3 groups

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

Different policy responses are desirable

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

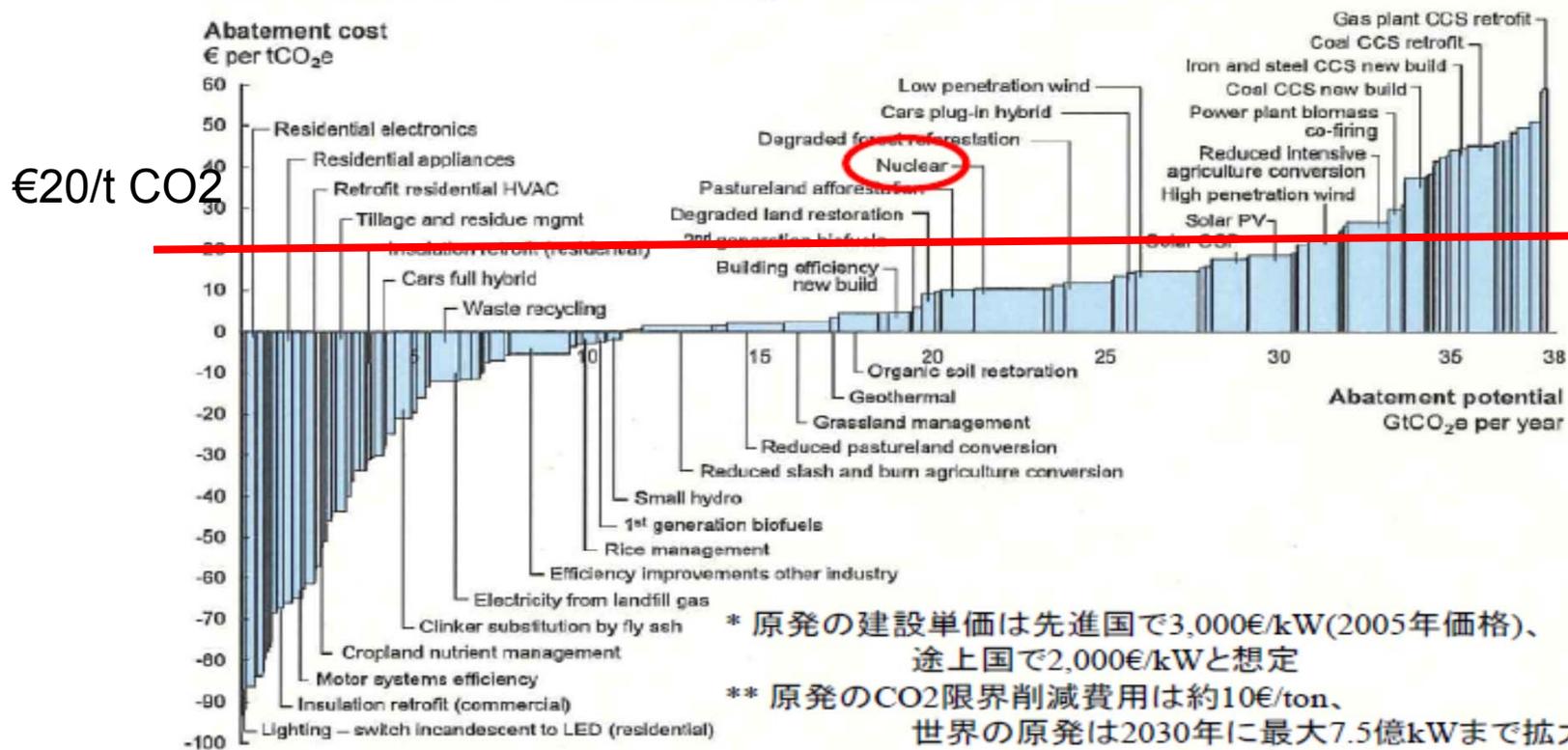
段階ごとの政策選択肢の組み合わせ Combinations of different policy mix

技術グループ 政策	A	B	C
研究開発 R&D	民間投資税制 優遇 Tax incentives	実証プロジェクト 支援 Demonstration Project	長期研究開発プ ロジェクト Long term R&D
導入／普及支援 Policy Measures	グリーン税制 消費者支援 Green Tax	規制、炭素税 排出量取引 Cap&Trade, Carbon Tax	

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

Position of Nuclear Power: can be competitive with carbon price

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

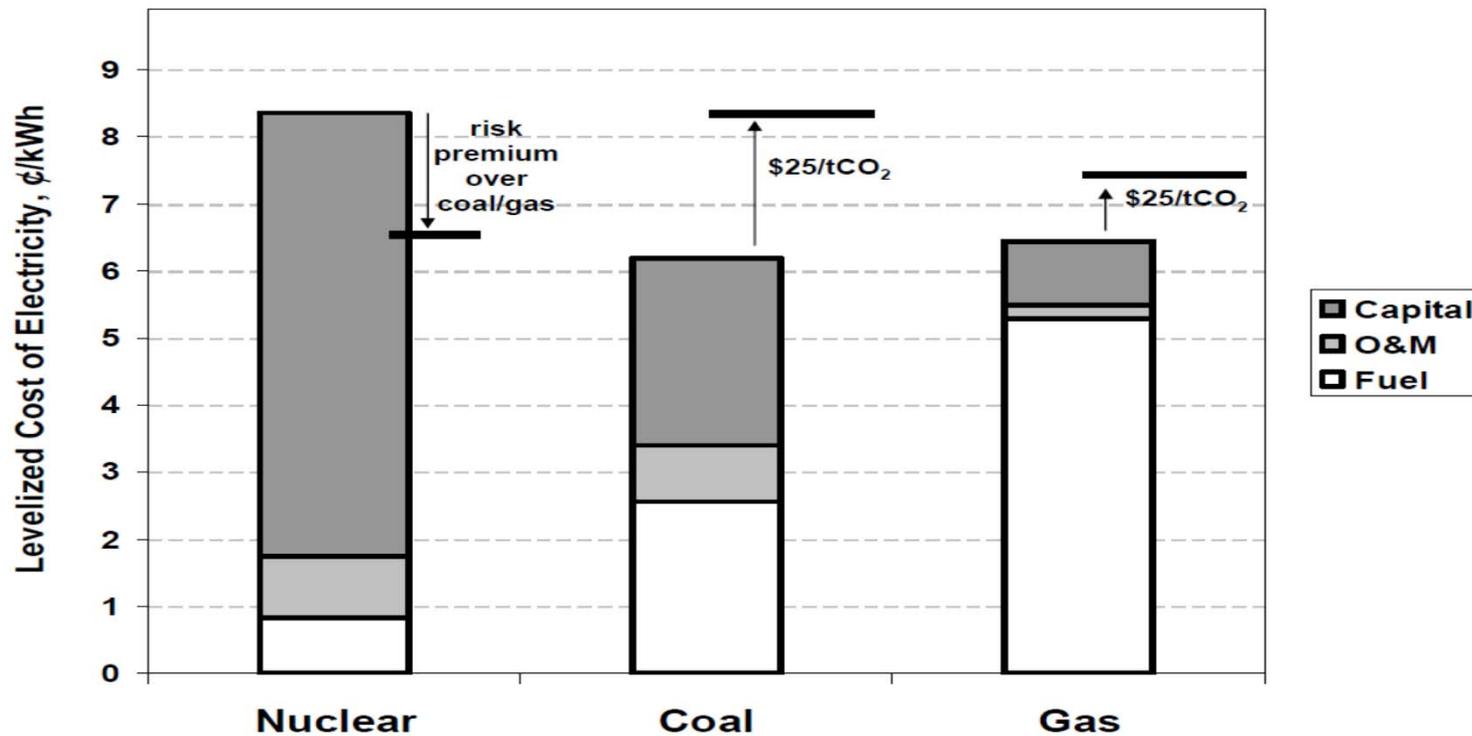


* 原発の建設単価は先進国で3,000€/kW(2005年価格)、途上国で2,000€/kWと想定
 ** 原発のCO₂限界削減費用は約10€/ton、世界の原発は2030年に最大7.5億kWまで拡大すると想定

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

アメリカでも炭素価格があれば競争力が出る。

Figure 1: Summary Results for the Levelized Cost of Electricity from Alternative Sources



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)

CO2 Cost Curve in Japan by 2020 (IEEJ): Nuclear Power is competitive

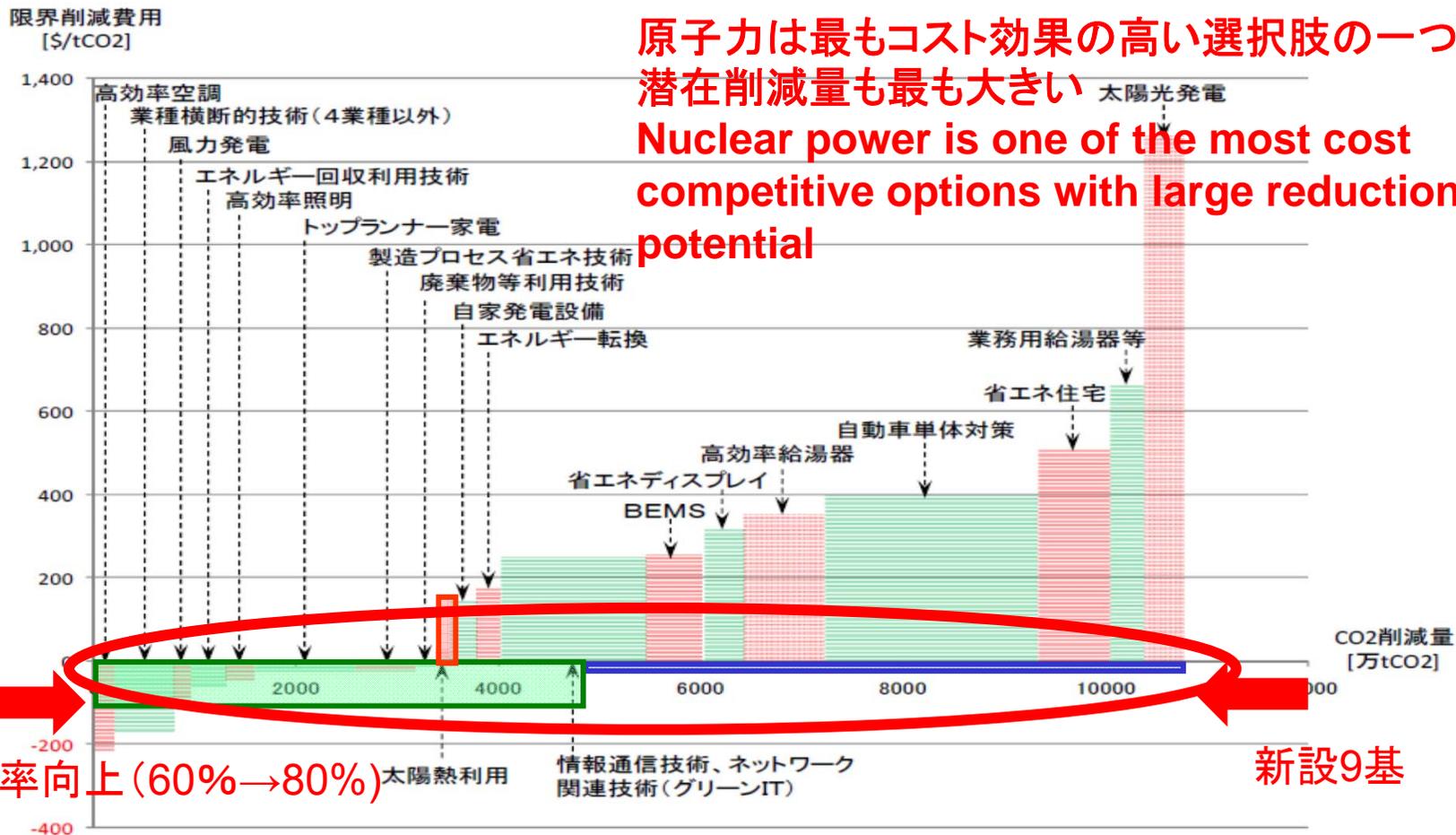
*石炭投入量を削減すると仮定、石炭価格を36ドル/t(2002年)~137ドル/t(2008年)と想定

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%)



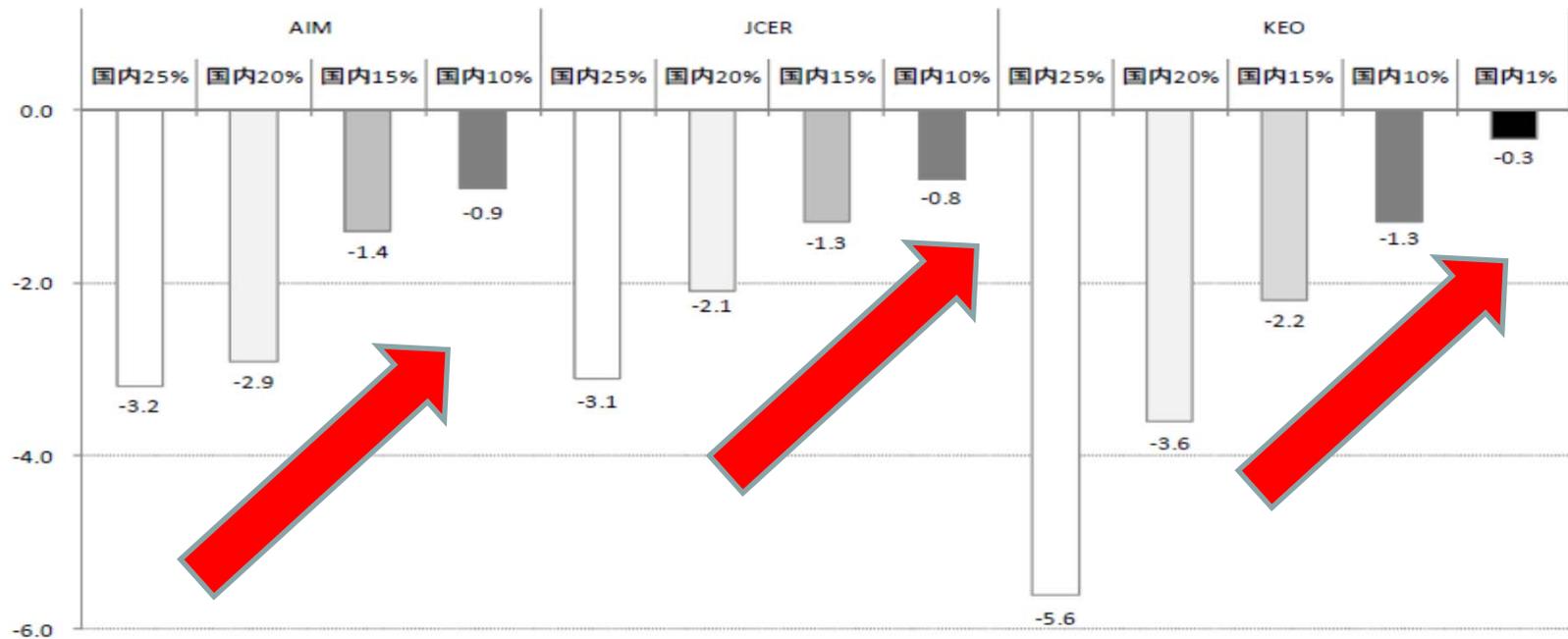
原子力は最もコスト効果の高い選択肢の一つ:
潜在削減量も最も大きい
Nuclear power is one of the most cost
competitive options with large reduction
potential

稼働率向上 (60%→80%)

新設9基

25%削減目標に対する 海外クレジット購入による負担軽減

▶海外クレジット利用によっては大幅な負担軽減も可能
 -国内対策25%から、国内対策10%（海外クレジット購入15%）まで



(海外クレジットの価格は50ドル/tCO₂を想定。タスクフォース会合中間とりまとめ(2009年12月11日)資料より作成。KEOモデルでの国内1%ケースは、50ドル/tCO₂までの国内対策を実施したケース。単位:リファレンス・ケース(選択肢①)からの乖離率(%))

(※)タスクフォースの資料より作成。ここでの海外クレジット購入では、負担のみで、それによる日本国内における生産波及などを含んでいない。原発や高効率石炭火力発電など輸出できれば、経済と環境の両立も可能な局面がありうるか。

原子力成長：予測と現実のギャップ

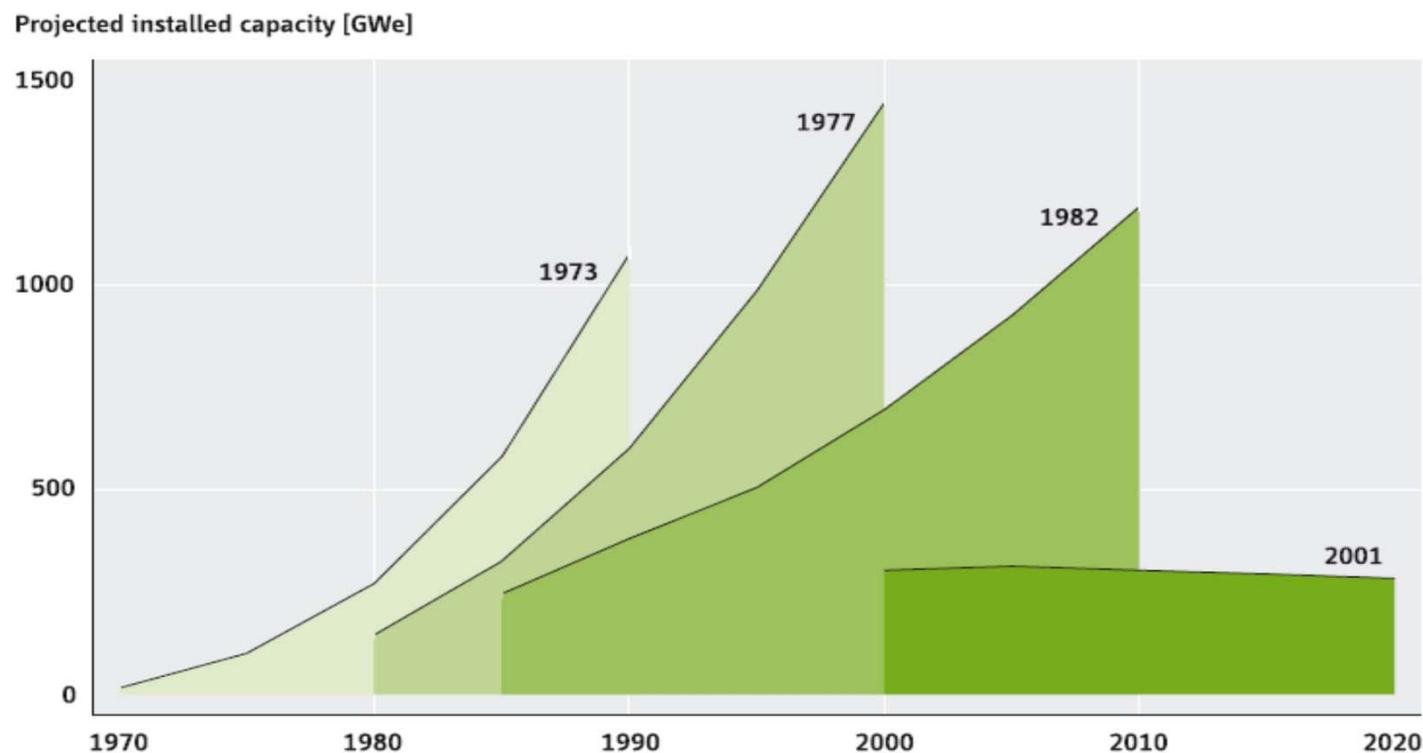


Figure 7.2. IAEA forecasts made in 1973, 1977, 1982, and 2001 for nuclear capacity growth in OECD countries.³¹⁶

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

3大課題の解決が不可欠

- 安全性と社会受容性
Safety and social acceptance
- 廃棄物・使用済み燃料管理
Radioactive waste/Spent fuel management
- 核不拡散・核セキュリティ
Nuclear non-proliferation/Nuclear Security