

地球環境保全・エネルギー安定供給と 原子力に関する論点整理

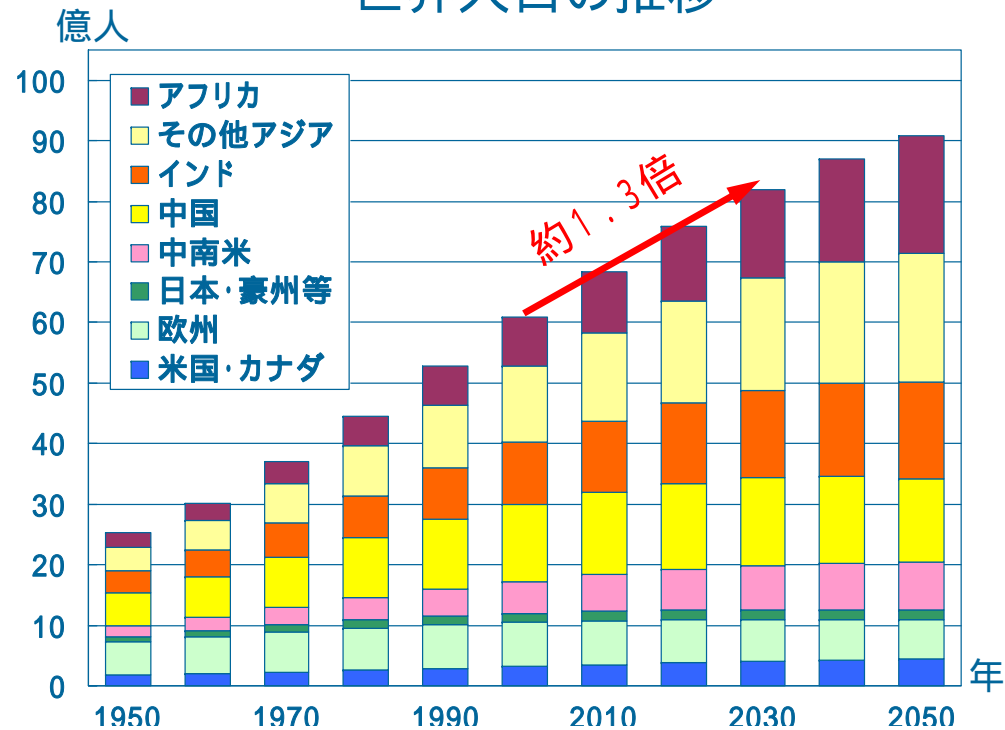
地球環境保全・エネルギー安定供給のための
原子力のビジョンを考える懇談会
第1回

平成19年9月20日
内閣府 原子力政策担当室

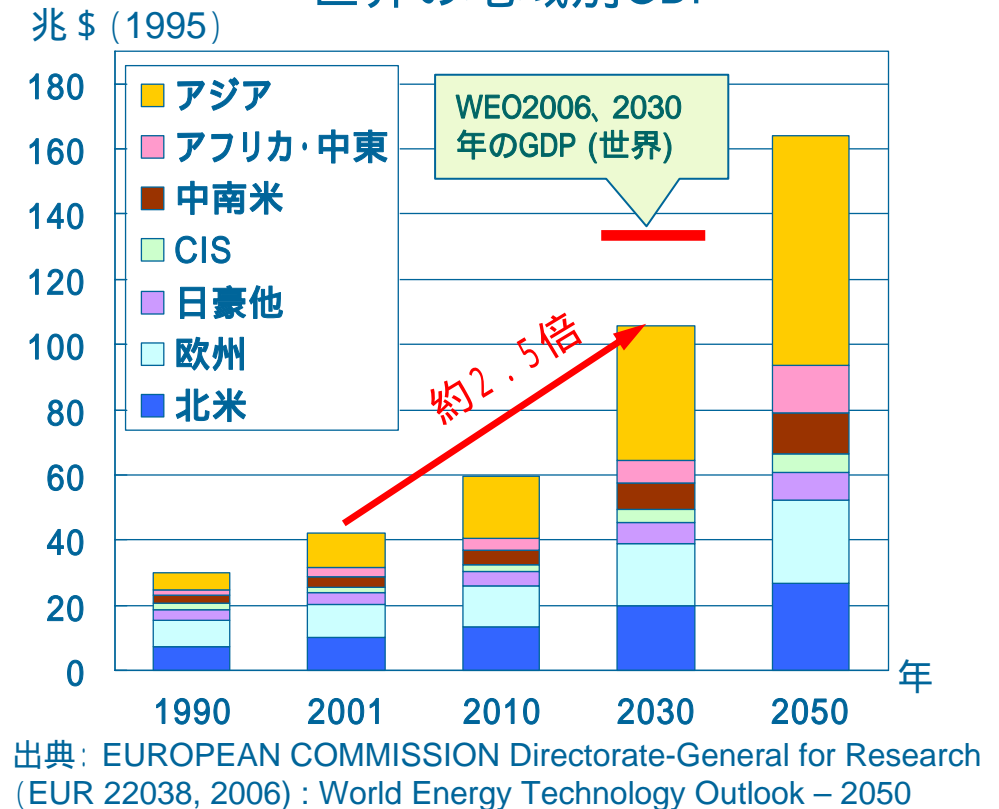
エネルギー・環境問題の認識

人口増加と経済成長

世界人口の推移



世界の地域別GDP



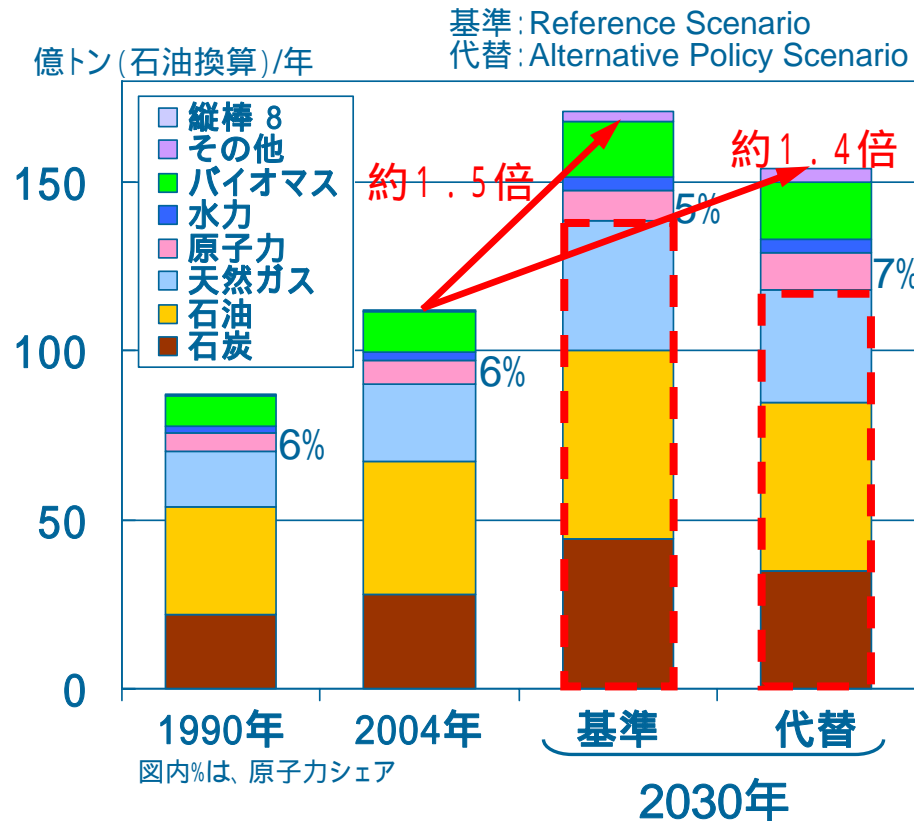
GDP成長率 (世界 / アジア)

- WEO2006 : 3.4% / 5.1% (2004-2030)
- WETO2050: 3.2% / 4.7% (2001-2030)

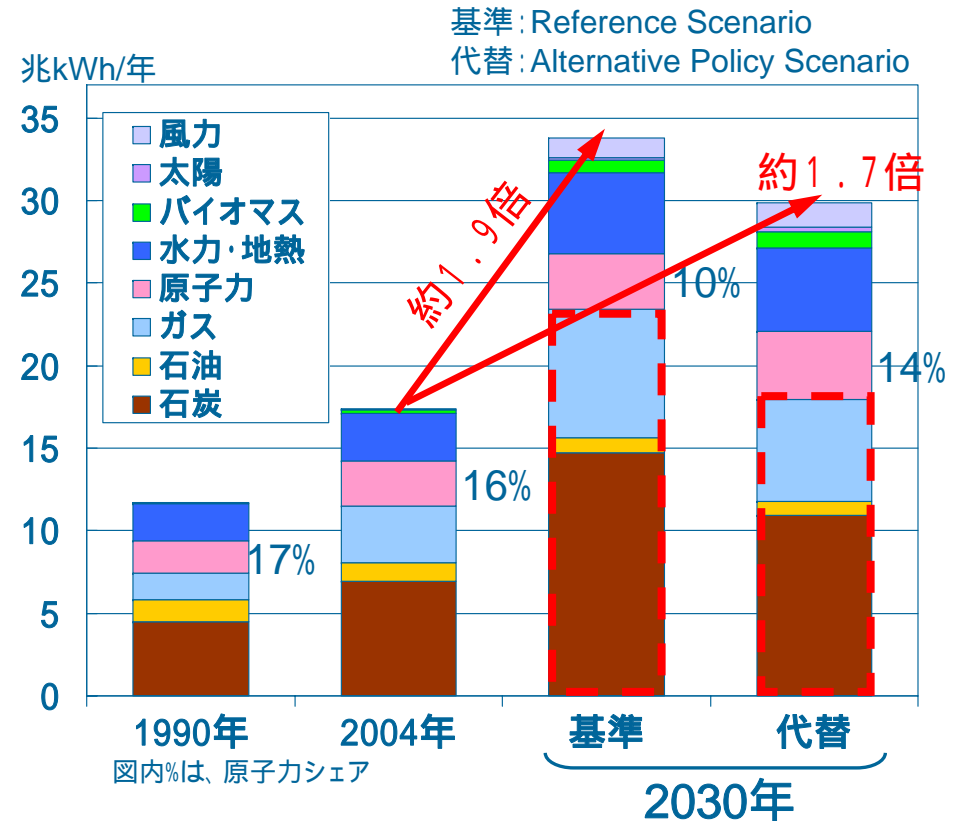
- 世界人口は2030年には約80億(現在の約1.3倍)に達し、さらに増加
- 特に、アジア・アフリカの増加が大 世界人口の8割以上
- GDPも大幅増加し、2030年には現在の2.5 ~ 3倍(特にアジアの増加が大)

一次エネルギー及び発電電力量の増加

世界の一次エネルギー供給量



世界の発電電力量

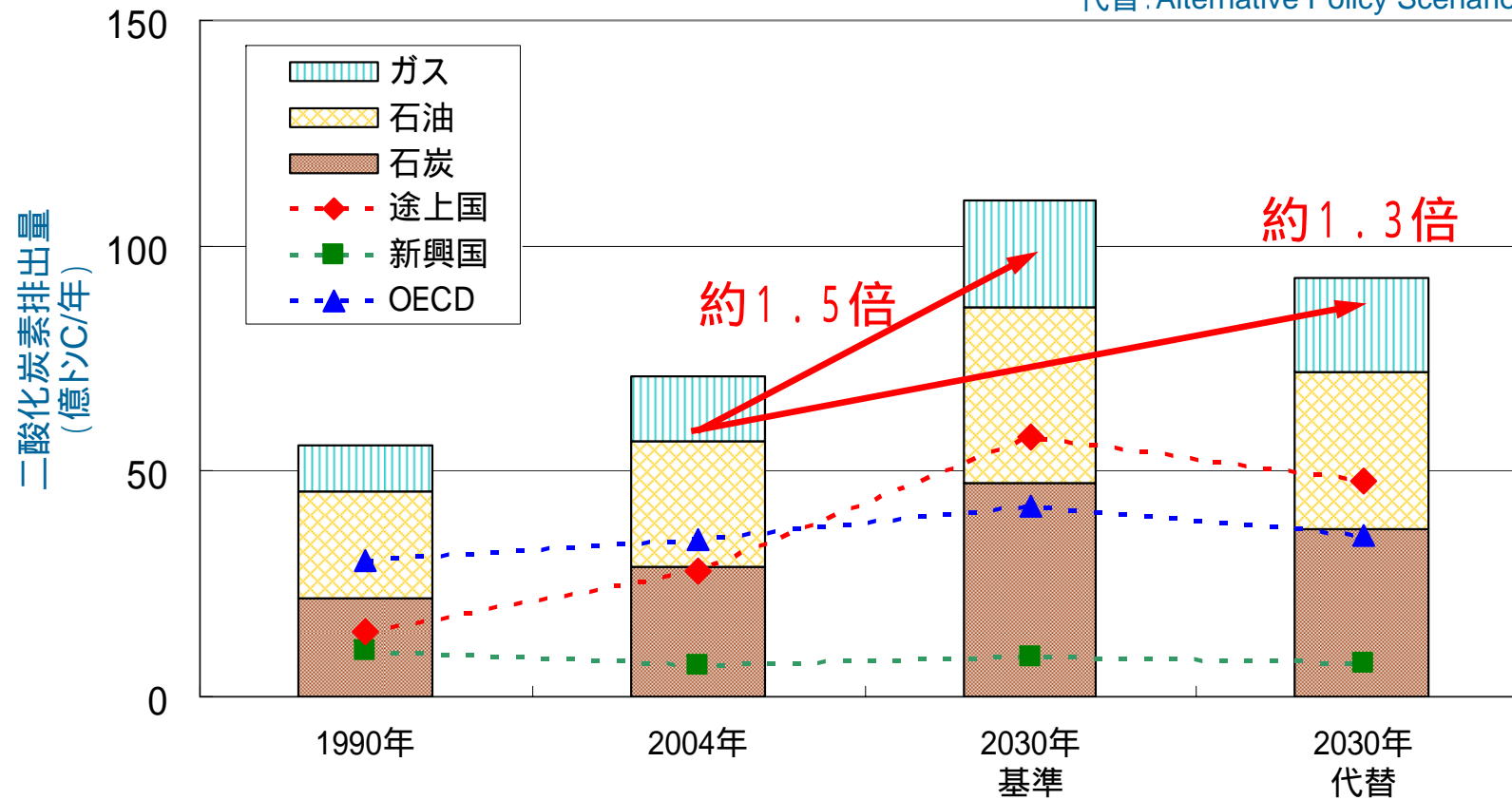


- ➡ 大幅な人口増加と経済成長を支える、安価で安定したエネルギー供給が課題
- ➡ WEO予測では、2030年に一次エネルギーが約1.5倍、電力量が約1.7～1.9倍
(化石資源は将来も主力: 一次エネルギーの約80%、電力量の約60～70%)
- ➡ (原子力も一定の寄与と想定: 一次エネルギーの約5～7%、電力量の約10～14%)。

温室効果ガス排出量の増加

CO₂発生量予測

基準: Reference Scenario
代替: Alternative Policy Scenario

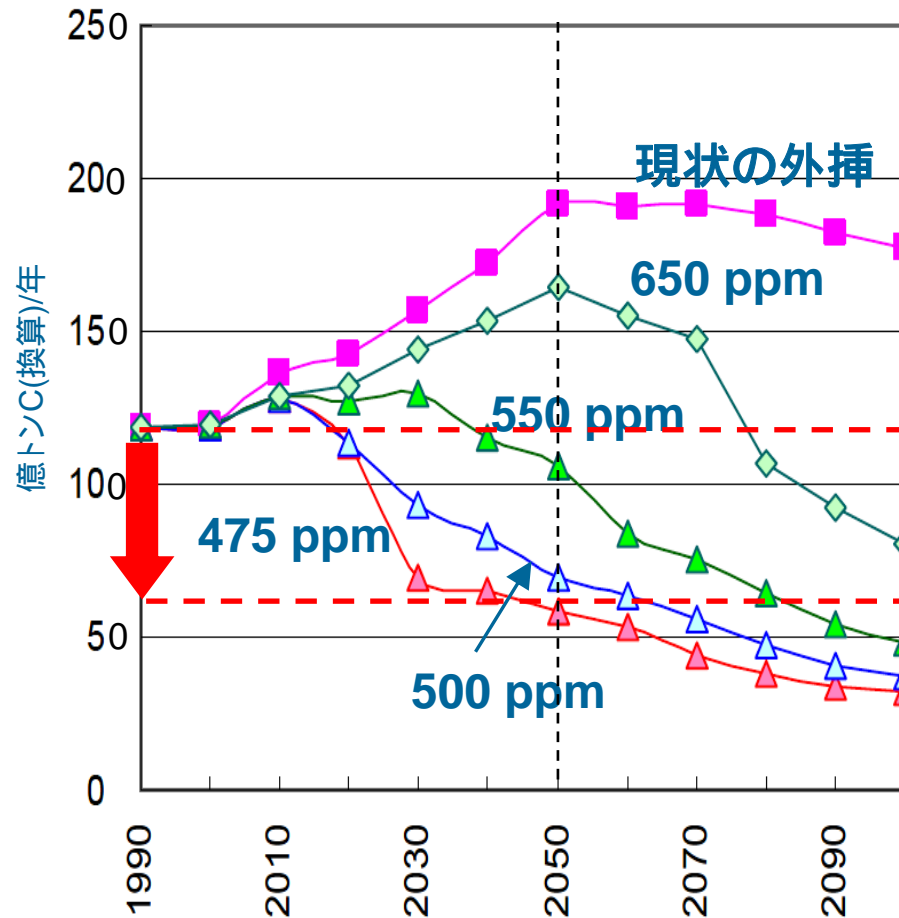


出典) World Energy Outlook 2006

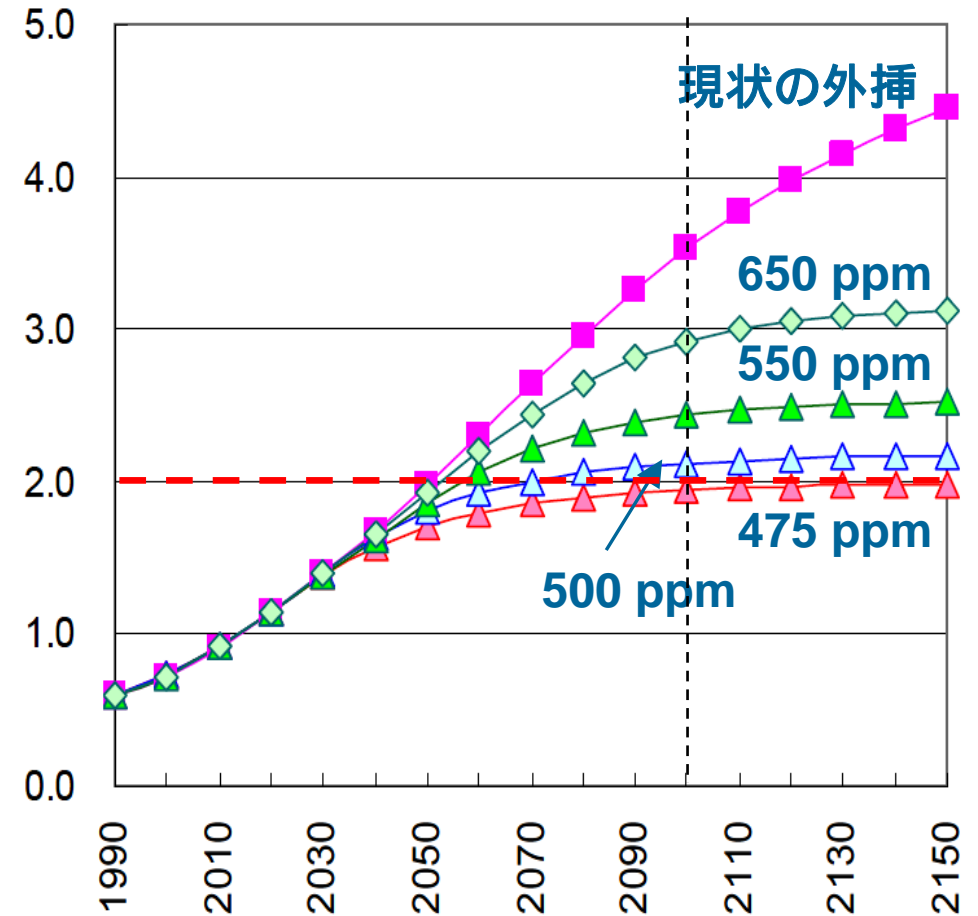
- ➡ エネルギー供給の増加に伴い、温室効果ガスの排出量は大幅に増加
- ➡ WEO予測では、特に対策を講じない場合、CO₂排出量は2030年に現在の約1.5倍
- ➡ エネルギー生産・利用効率改善、非化石燃料利用増加等を想定した場合約1.3倍

温室効果ガス排出量(安定化水準)と気温上昇

世界の総排出量と安定化水準



安定化水準と気温上昇(1990年=0.6℃)

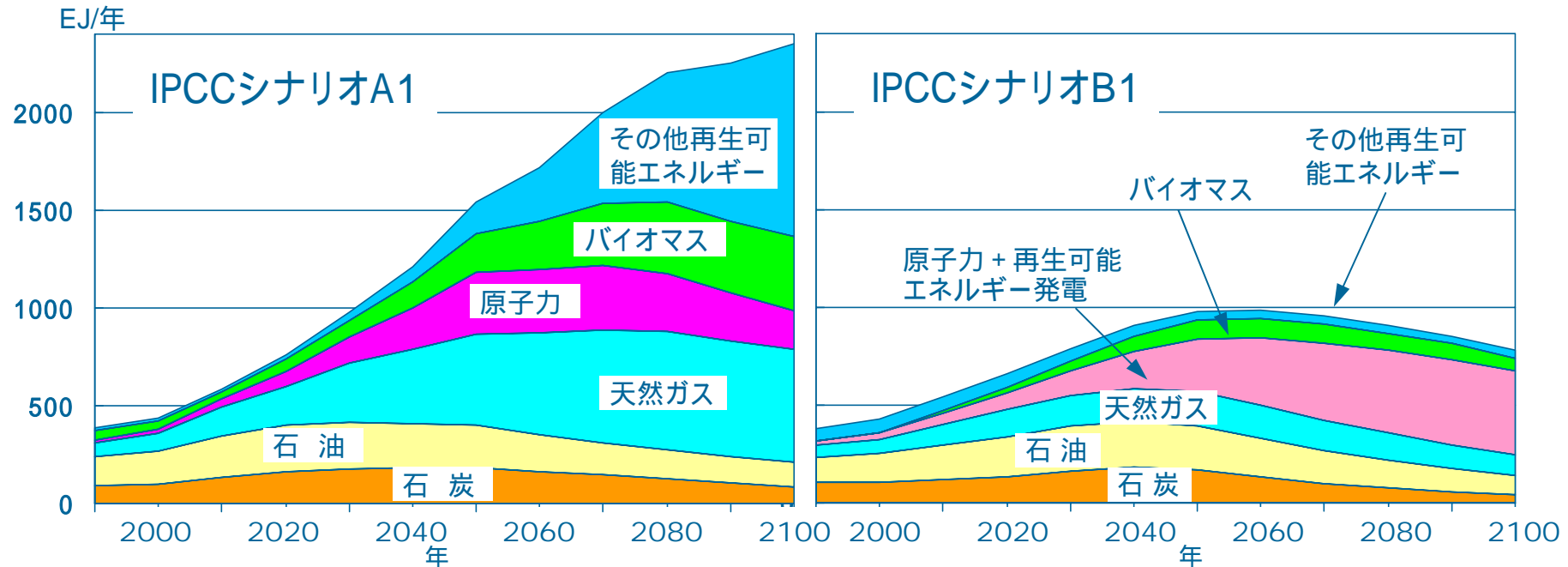


出典) 中央環境審議会・地球環境部会・気候変動に関する国際戦略専門委員会
「気候変動に関する今後の国際的な対応について(長期目標をめぐって)第2次中間報告」(平成17年5月)

- ☞ 温暖化防止の観点からは、温室効果ガス排出量の大幅な削減が必要
- ☞ (2050年までに世界全体の排出量を現状から半減)

多様な予測シナリオ

一次エネルギー消費量予測例 (IPCC)



【高成長社会シナリオ(A1)】

- ・低人口成長下での高いエネルギー、物質需要。
- ・人口成長：低、経済成長及び1次E消費：非常に高い
- ・技術成長：新技術、高効率技術の早期導入。

【持続発展型社会シナリオ(B1)】

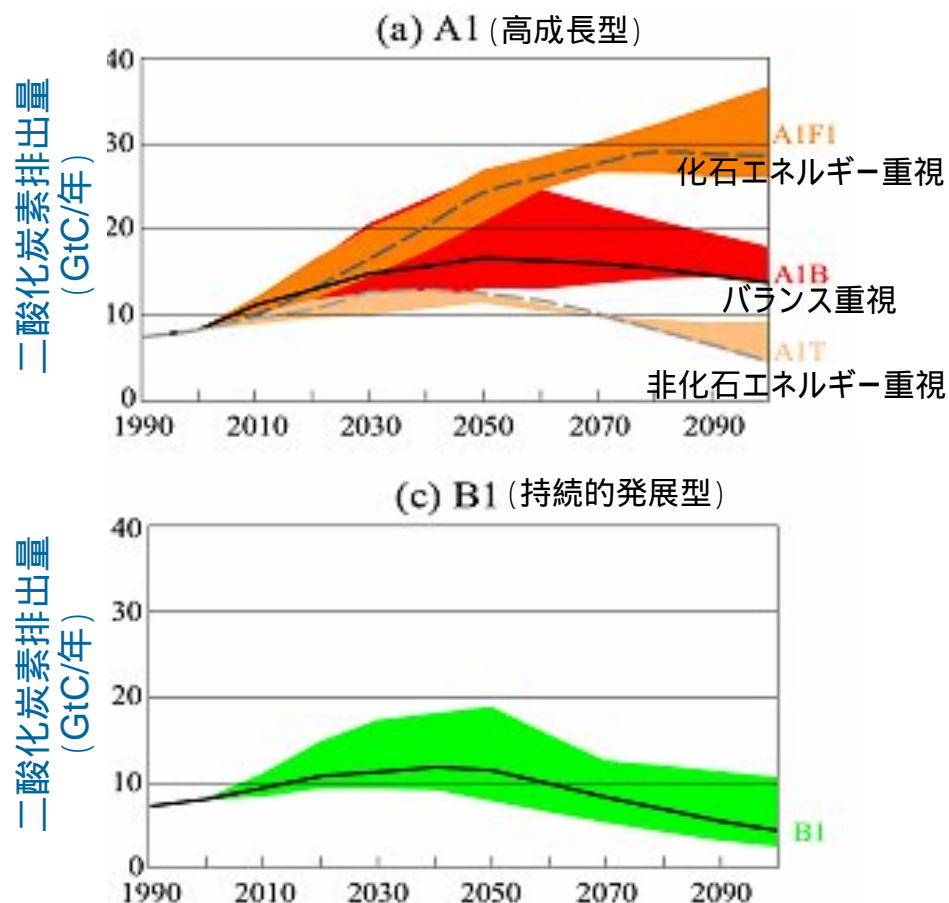
- ・資源利用の効率化、環境産業市場の拡大等。
- ・人口成長：低、経済成長：高、1次E消費：低
- ・技術成長：新エネルギーの技術革新。環境産業の発展。

出典) Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart 編: IPCC Special Report on Emissions Scenarios、
IPCC事務局ホームページ (<http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>)

➡ 但し、エネルギー需要、エネルギー源構成等の予測値にはシナリオ間で大きな幅
(上記例のように、人口増加、成長率、経済構造、技術開発等の想定に相違)

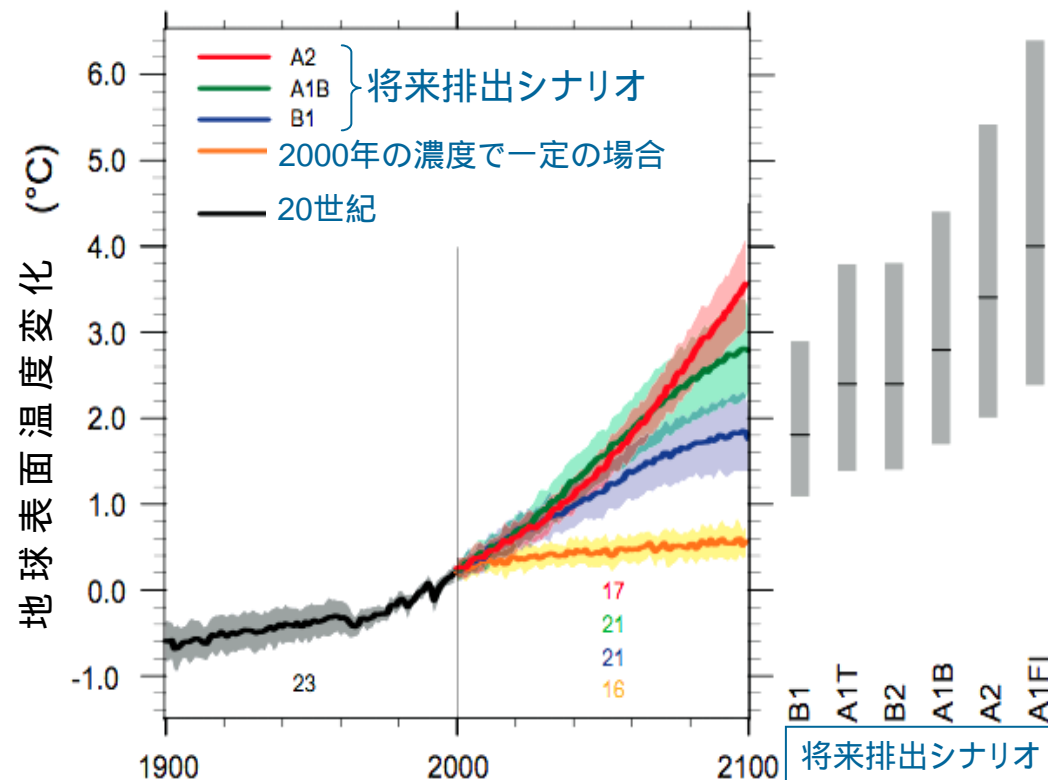
温暖化予測

IPCC各シナリオのCO₂排出量予測



出典) Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart 編: IPCC Special Report on Emissions Scenarios, IPCC事務局ホームページ (<http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>)

気温上昇の予測 (1980 ~ 1999年の平均値を基準)



出典: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Working Group I Contribution to the IPCC Fourth Assessment Report Presented by R.K. Pachauri, IPCC Chair and Bubu Jallow, WG 1 Vice Chair, Nairobi, 6 Feb. 2007

- エネルギー需要の伸びが小さいシナリオでは、気温上昇が2 程度となる場合もあり
- (上記の例では、長期的な気温上昇予測値 = 最小約1 ~ 最大約4)

(参考) 北極海での海水面積が観測史上最小に

- ✓ 北極海における海水面積が、過去最小を記録した2005年夏を大幅に上回るペースで減少している。
- ✓ IPCC第4次報告書の予測を大幅に上回っている。

- 2007年8月15日に1978年から開始された衛星観測史上最小となったことを確認。
- 海水の減少は9月中旬まで続き、海水面積はさらに大幅な減少となる見込み。
- このままのペースで減少が続けば、IPCCの予測を大幅に上回り、今年度中に2040～2050年の予測値に達する可能性がある。
- 予測モデルでは北極海で起こっている現象が十分に表現されていないことの現れであると考えられる。

【推定原因】

- (1) 沿岸付近で作られたばかりの脆く融けやすい氷が北極海内部にまでひろがった
- (2) 北極海内部に広がった脆く溶けやすい氷が早期に融解したことにより、
太陽の日射を吸収し海洋の加熱が進み、さらに海水減少が加速されている
- (3) 北極海から大西洋に放出される海水が増加

(出典: プレスリリース 2007年8月16日海洋研究開発機構、宇宙航空研究開発機構)

➡ 早期の効果的な対策実施が必要なことを示唆する現象がある。

1. 長期的な安定化シナリオ (1)

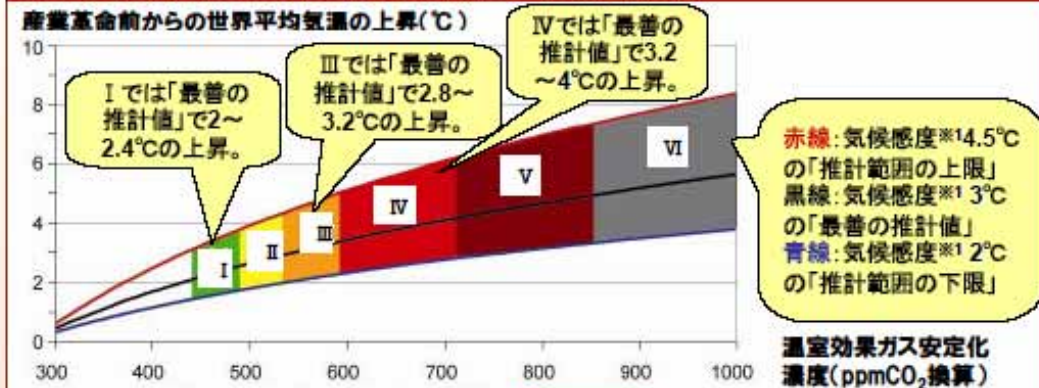
- 安定化レベルが低いほど、排出量のピークと減少を早急に達成しなければならない。★★★★
- 低いレベルでの安定化を達成するためには、今後20～30年での緩和努力が大きな影響を持つ。★★★★

出典: AR4 SPM

※1 大気中の二酸化炭素濃度が産業革命前の2倍になった場合の気温の変化。
 ※2 正の放射強制力は地表面を暖め、負の放射強制力は地表面を冷やす。地球に出入りするエネルギーのバランスを変化させる影響力のことで、1平方メートルあたりのワット数で表される。
 ※3 「最善の推計値」による産業革命前と比べた場合の世界平均気温の上昇幅。



6つの安定化目標とそれらの世界平均気温上昇値との関係



カテゴリー	放射強制力※2	CO ₂ 濃度	温室効果ガス濃度 (CO ₂ 換算)	産業革命前からの気温上昇※3	CO ₂ 排出がピークとなる年	2050年のCO ₂ 排出 (2000年比、%)	シナリオの数
	W/m ²	ppm	ppm	℃	年	%	
I	2.5 - 3.0	350 - 400	445 - 490	2.0 - 2.4	2000 - 2015	-85 to -50	6
II	3.0 - 3.5	400 - 440	490 - 535	2.4 - 2.8	2000 - 2020	-60 to -30	18
III	3.5 - 4.0	440 - 485	535 - 590	2.8 - 3.2	2010 - 2030	-30 to +5	21
IV	4.0 - 5.0	485 - 570	590 - 710	3.2 - 4.0	2020 - 2060	+10 to +60	118
V	5.0 - 6.0	570 - 660	710 - 855	4.0 - 4.9	2050 - 2080	+25 to +85	9
VI	6.0 - 7.5	660 - 790	855 - 1130	4.9 - 6.1	2060 - 2090	+90 to +140	5
合計							177

出典: AR4 SPM 表5および図8

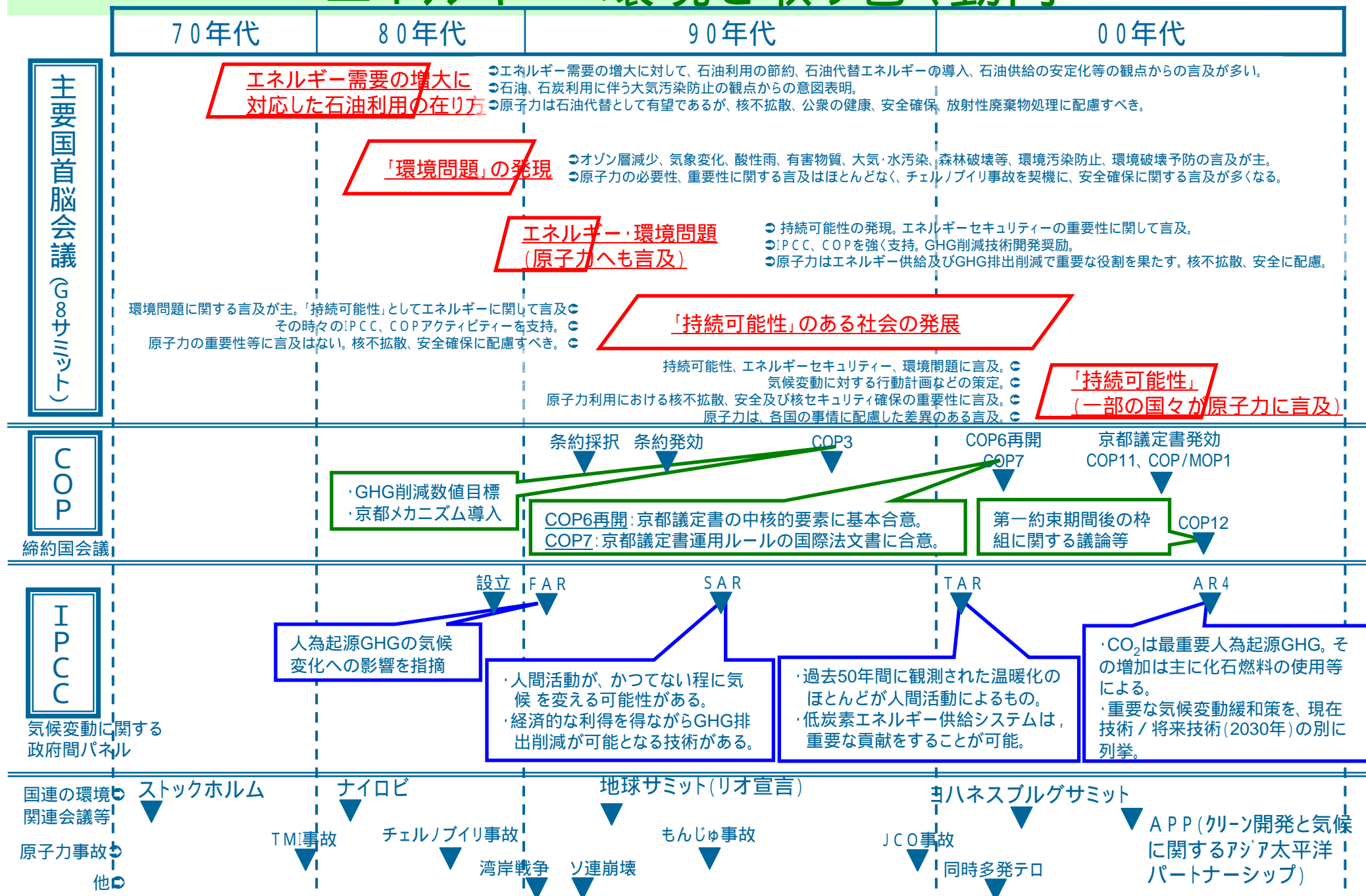
(環境省: IPCC第4次評価報告書第3作業部会報告書概要(公式版)、2007年5月22日Ver.)

低いレベルでの温室効果ガスの安定化には、排出削減対策の早急な開始が必要

世界的な対策検討の動き

エネルギー・環境を取り巻く動向

12



気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC)

環境と開発に関するリオ宣言(リオ宣言)

前文と27の原則から成る。21世紀を目指した、人と国家の行動範囲を規定。中心は「持続可能な開発」(sustainable development)。

アジェンダ21

環境と開発の統合のための21世紀に向けた具体的な行動計画。開発資源の保護、管理の中で、大気保全、森林保全、砂漠化、生物多様性、海洋保護、廃棄物対策等の具体的問題について行動計画を示すとともに、実施のための資金、技術移転、国際機構、国際法のあり方等についても規定。

気候変動枠組条約(1992年5月採択、1994年3月発効 締約国会議: COP)

大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目的とする。先進国は1990年代末までに温室効果ガス排出量を1990年レベルまで戻すことを目指す。(努力目標)

京都議定書

先進国等に対し、温室効果ガスを1990年比で、2008年～2012年に一定数値(日本6%)削減することを義務づける。

【京都メカニズム】 数値目標を達成するための補足的な仕組みとして、市場原理を活用。

共同実施(JI) : 数値目標が設定されている国同士が協力

クリーン開発メカニズム(CDM) : 数値目標が設定されている国が、設定されていない国で実施

排出量取引(ET) : 数値目標が設定されている国間で排出枠を取引

COP12(モントリオール)

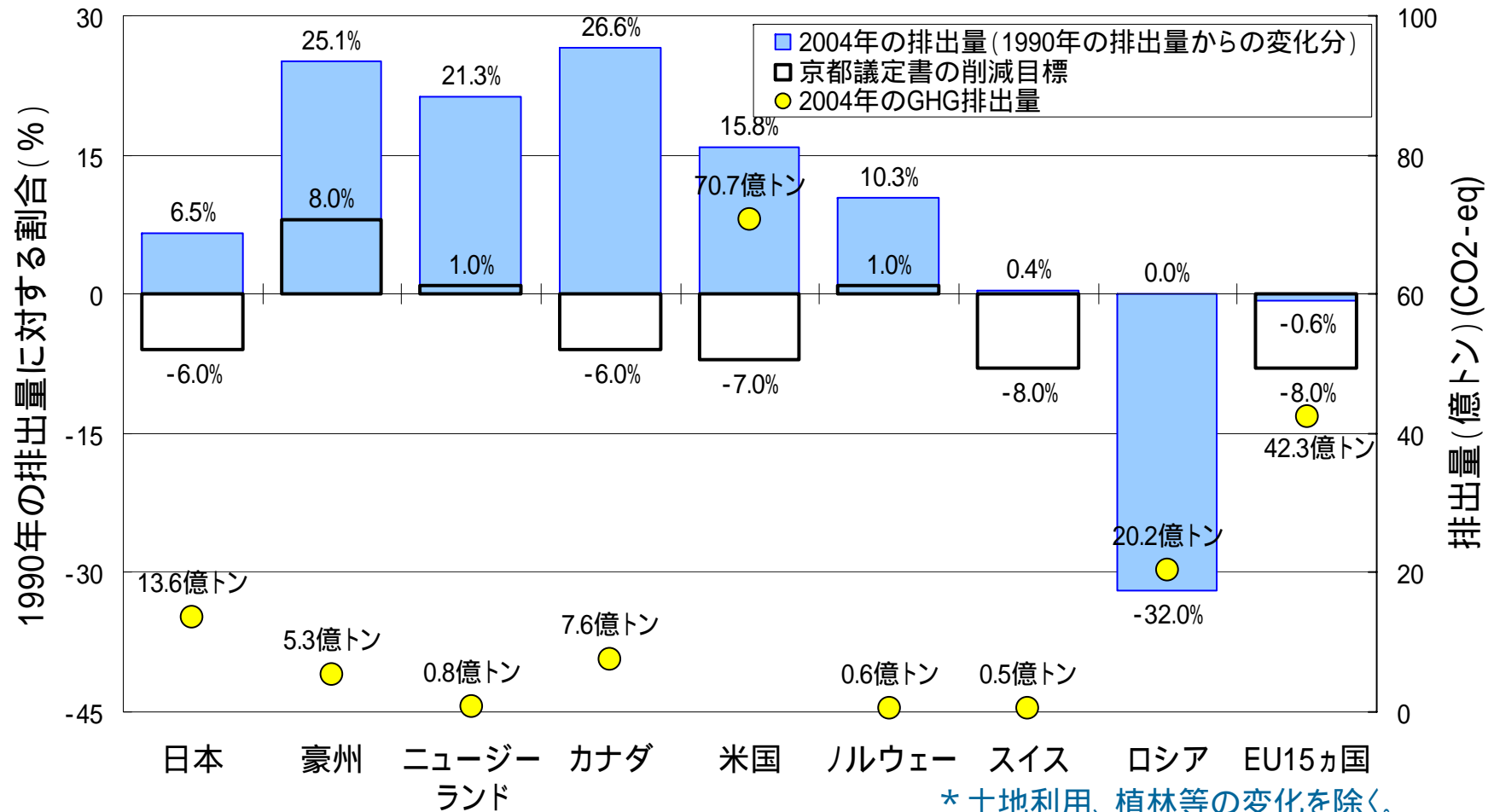
京都議定書の第一約束期間後(2013年以降)の将来枠組みに関する議論。京都議定書の見直し(第9条)のプロセス化に合意。

COP13(バリ)

IPCCの第4次統合報告書が、閣僚級会合の場でIPCCによりプレゼンテーションされる予定。

京都議定書の削減目標

主要国の温室効果ガス排出量実績と削減目標



出典) National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2004 and status of reporting, UNFCCC

- 第1約束期間の目標達成: ロシア以外は、追加の対策が実施されない限り困難
- 米、豪は未批准。主要温室効果ガス排出国である中国、インドには、削減義務なし

近年の主要国首脳会議(G8サミット)

エビアン(2003)

⇒『持続可能な開発のための科学技術：G8行動計画』

シーアイランド(2004)

⇒『持続可能な開発のための科学技術：「3R」行動計画及び実施の進捗』

グレンイーグルズ(2005)

⇒『グレンイーグルズ行動計画：気候変動、クリーン・エネルギー、持続可能な開発』

サンクトペテルブルク(2006)

⇒『世界のエネルギー安全保障 [サンクトペテルブルク行動計画]』

ハイリゲンダム(2007)

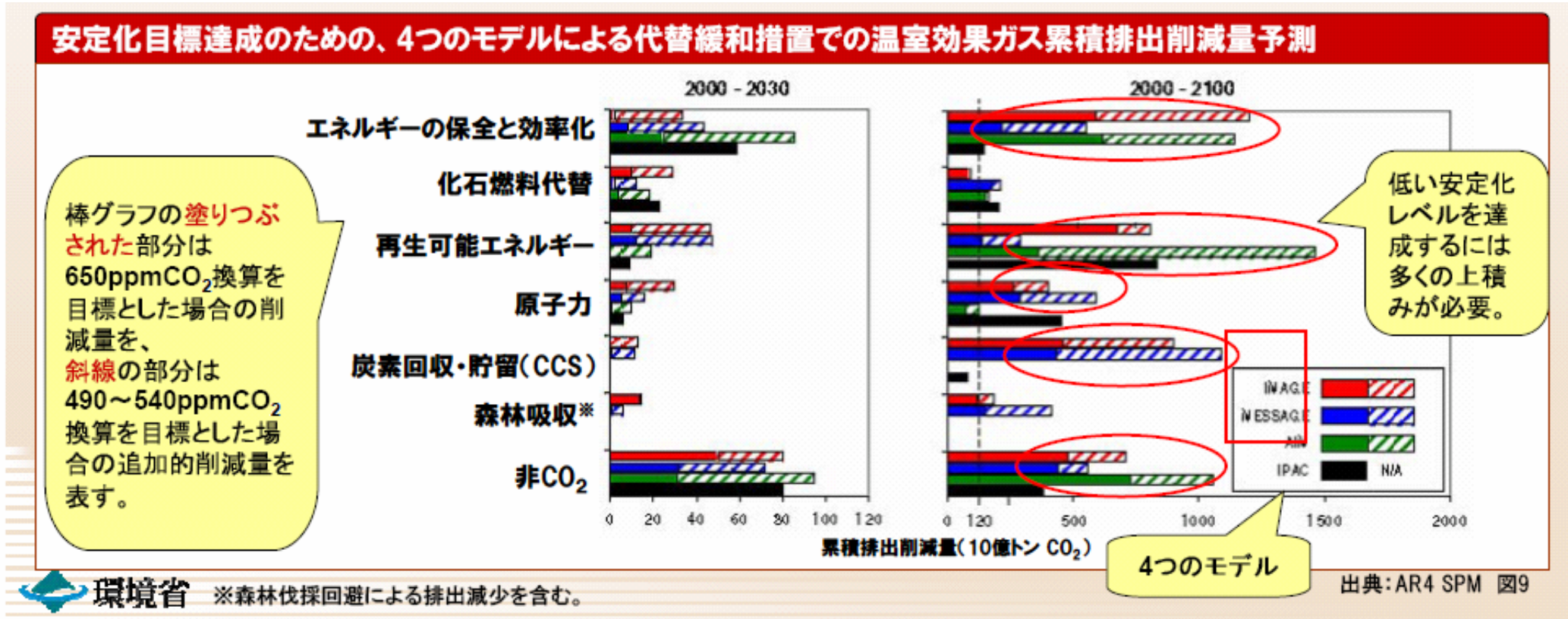
⇒ 2050年までに地球規模での温室効果ガスの排出を少なくとも半減させることを含む、EU、カナダ及び日本による決定を真剣に検討する。

米国：9月に主要経済国会合を主催し、長期目標及びポスト京都議定書の枠組の要素について議論を予定している。

⇒ 温室効果ガス排出量の早急な大幅削減を提言 対策の早期開始の必要性を認識

原子力利用の維持、拡大

温室効果ガス排出削減のための対策



(環境省: IPCC第4次評価報告書第3作業部会報告書概要(公式版)、2007年5月22日Ver.)

- ☞ 各種の積極的な排出削減対策が検討されている
- ☞ (十分な削減効果を得るには各種の対策の組み合わせが必要不可欠)
- ☞ (各対策については、今後の研究開発による技術実現・改良・革新を期待)
- ☞ 原子力は2005年の電力供給量の16%を占めるが、2030年には18%のシェアを占めることができる。(IPCC第4次評価報告書第3作業部会報告書政策決定者向き要約版より)

温室効果ガスの大幅削減に向けた革新的技術の例

経済成長と温室効果ガスの排出削減の双方を同時に達成できる技術を
国際協力により開発

二酸化炭素排出量ゼロの石炭火力発電

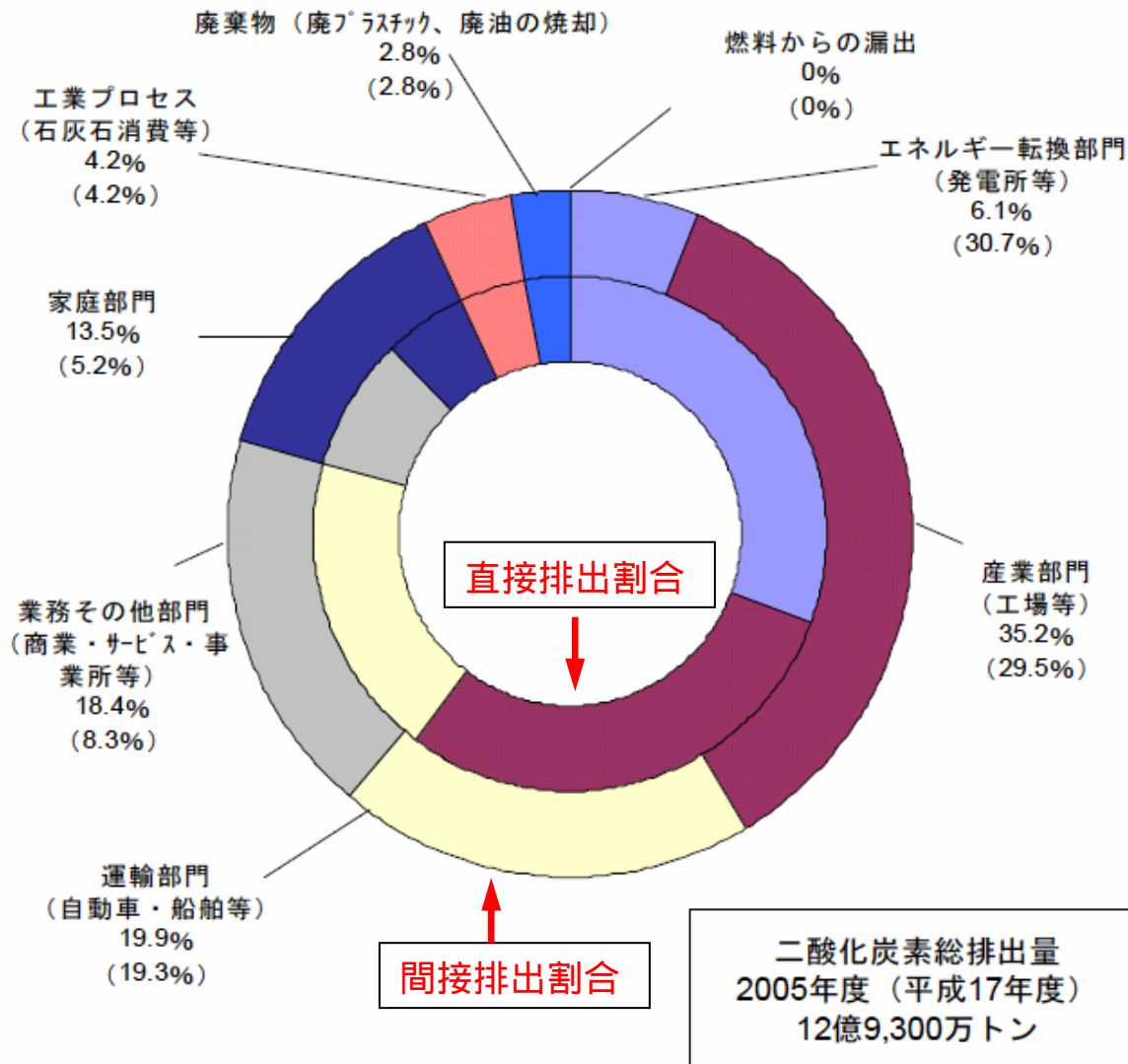
安全で平和的な原子力の利用を拡大するための信頼性と安全性を前提とした
先進的な原子力発電

高効率かつ低コストな太陽光発電や燃料電池、次世代自動車の普及

コークスを減らし水素を用いる製鉄プロセス等に関する技術開発

21世紀環境立国戦略(平成19年6月1日)より

二酸化炭素排出量の部門別内訳(日本)



(注1) 内側の円は各部門の直接の排出量の割合(下段カッコ内の数字)を、また、外側の円は、電気事業者の発電に伴う排出量及び熱供給事業者の熱発生に伴う排出量を、電力消費量及び熱消費量に応じて最終需要部門に配分した後の割合(上段の数字)を、それぞれ示している。

(注2) 統計誤差、四捨五入のため、排出量割合の合計は必ずしも100%にならないことがある。

出典: 環境省「2005年度(平成17年度)の温室効果ガス排出量(確定値)について」

👉 エネルギー転換部門からの排出削減は、一定の貢献あり

各電源比較の指標

環境	温室効果ガス排出量
	固体廃棄物(放射性物質および非放射性物質)
	専有面積(ライフサイクルを通じて)
社会	通常運転時の健康影響(損失余命)
	危険な廃棄物の必要監視期間
	核拡散リスク
経済	発電コスト
	建設費
	資源量(利用可能年数)
	資源の地政学的要因
	稼働率
	ピーク需要応答性

(出典:「Risks and Benefits of Nuclear Energy」OECD/NEAを基に事務局作成。)

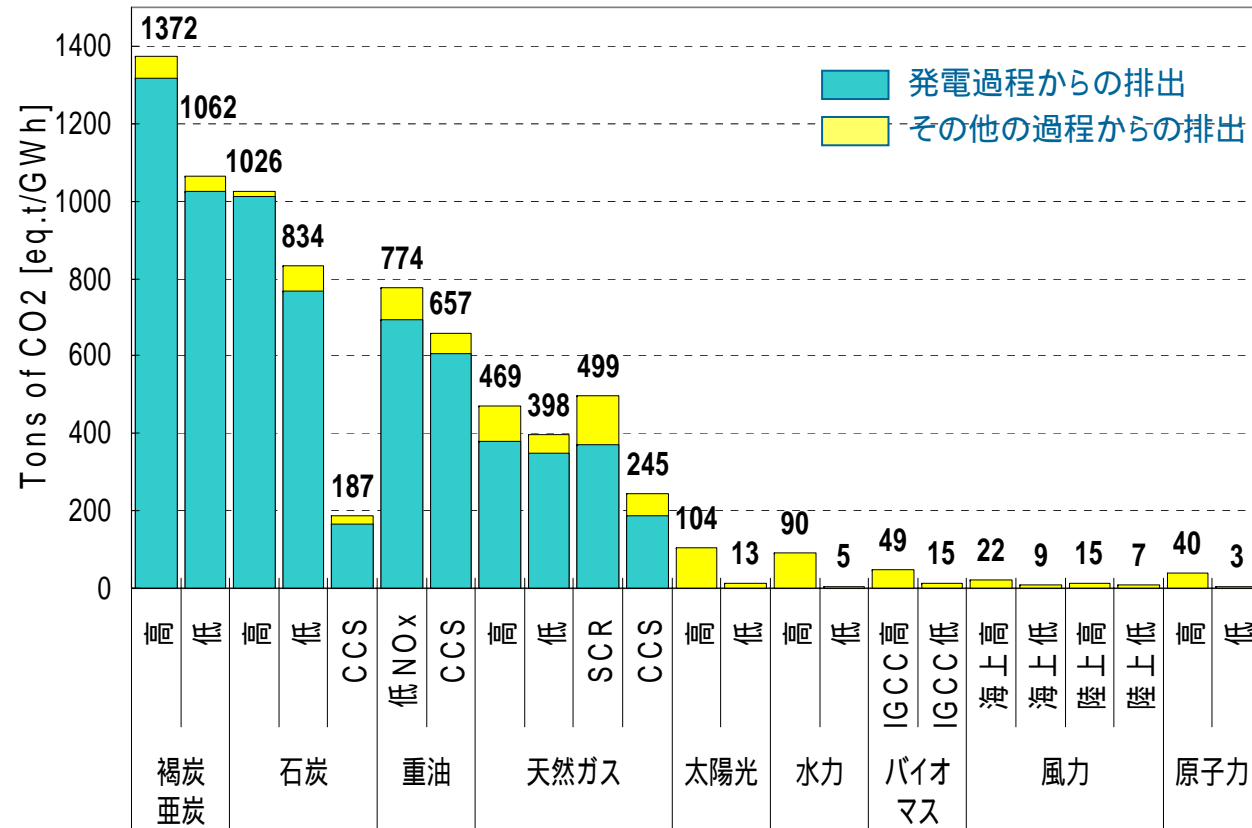


特性に応じた各種電源の適切な組み合わせ

発電部門からの排出量の効果的削減と安定供給の両立

各電源の特性 (1)

電源別CO₂排出原単位



出典) IPCC第4次評価報告第3作業部会報告書を基に事務局作成。



太陽光、風力、原子力は、発電過程からのCO₂排出がない

各電源の特性 (2)

エネルギー密度

原子力・エネルギー図面集2007(電事連)より

	太陽光	風力
発電コスト	〔住宅用〕 ・平均値: 66円/kWh 〔非住宅用〕 ・平均値: 73円/kWh	〔大規模〕 ・10～14円/kWh 〔中小規模〕 ・18～24円/kWh
必要な敷地面積	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合 ・約67km ² 山手線の内側面積 (約70km ²)とほぼ同じ	・約248km ² 山手線内側面積 (約70km ²)の約3.5倍
設備利用率	・12%	・20%

出典: 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会報告書(2001年6月)

資源エネルギー庁「核燃料サイクルのエネルギー政策上の必要性」(2002年3月)他

最新データ(資源エネルギー庁)

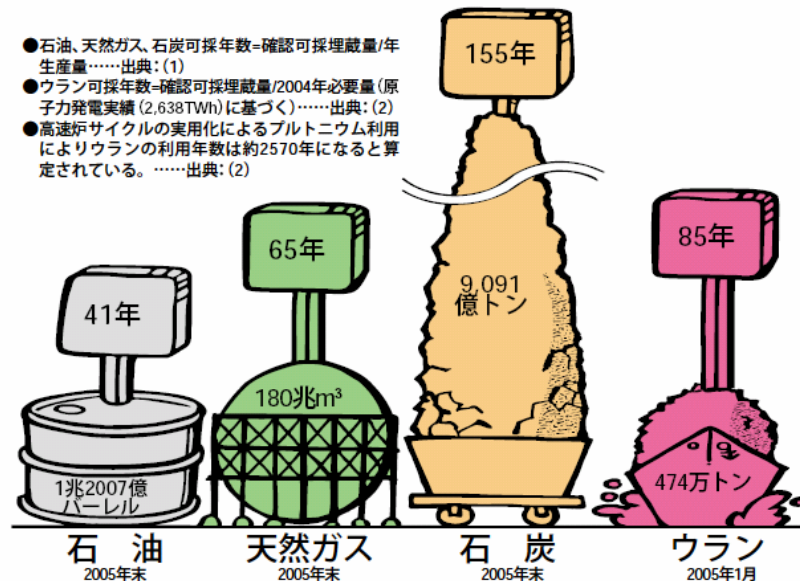
	太陽光	風力
必要な敷地面積	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合 約58km ²	約214km ²
設備投資額	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合 (原子力: 約2,800億円) 約3.9兆円	約8,700億円

参考) 国内の原子力発電所の敷地面積の合計を稼働基数(55基)で割った値: 0.6km²

各エネルギー資源の確認埋蔵量

原子力・エネルギー図面集2007(電事連)より

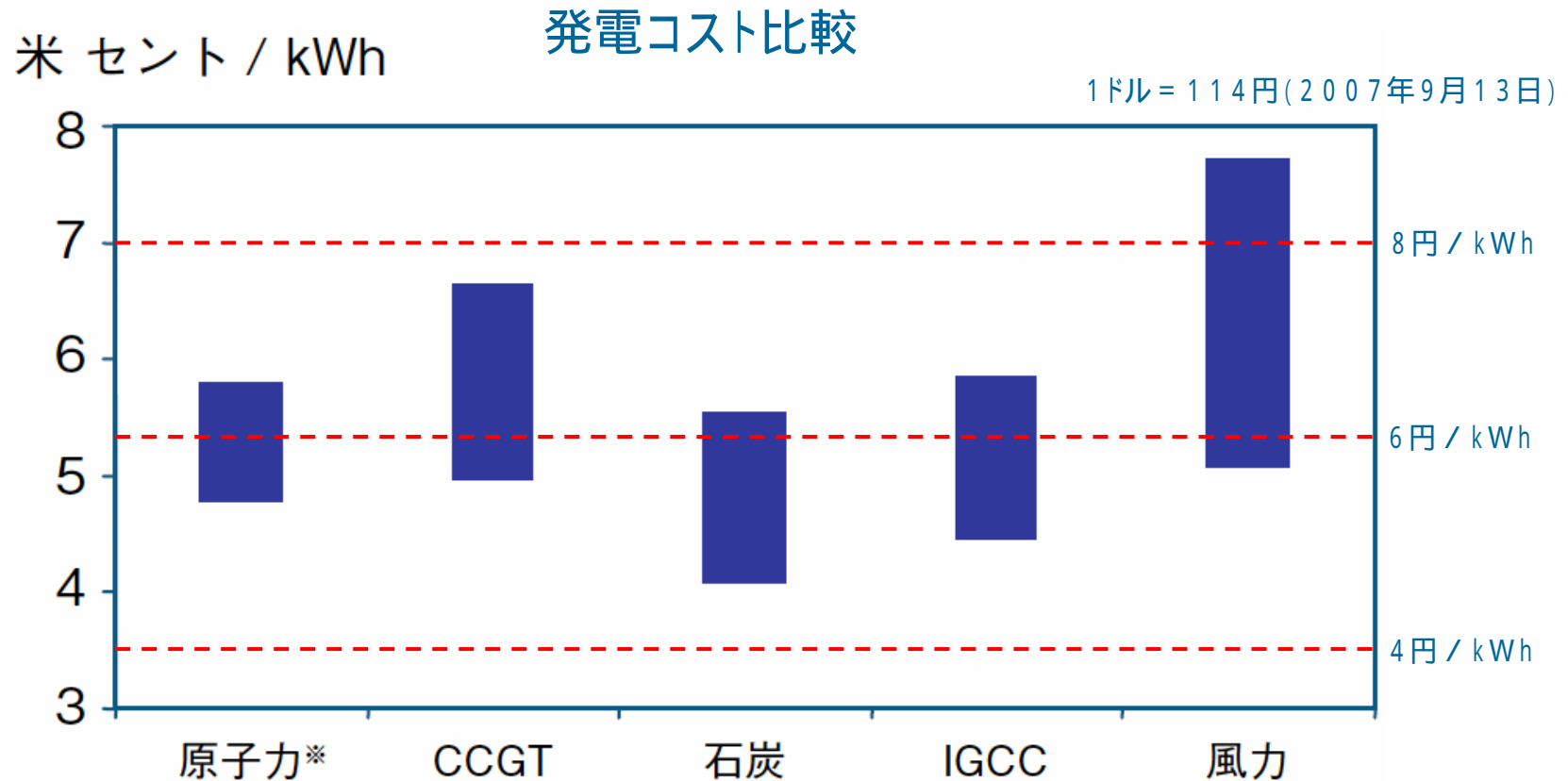
世界のエネルギー資源確認埋蔵量



出典: (1) BP統計2006
(2) URANIUM2005

- ☞ 太陽光、風力はエネルギー密度が低い
- ☞ ウランの利用可能年数は化石資源と同程度
(高速炉サイクル実用化によるプルトニウム利用が可能となれば、2000年以上)

各電源の特性(3)



(出典) IEA WORLD ENERGY OUTLOOK 2006

CCGT: ガスタービン複合発電、又はコンバインドサイクル発電
IGCC: 石炭ガス化複合発電

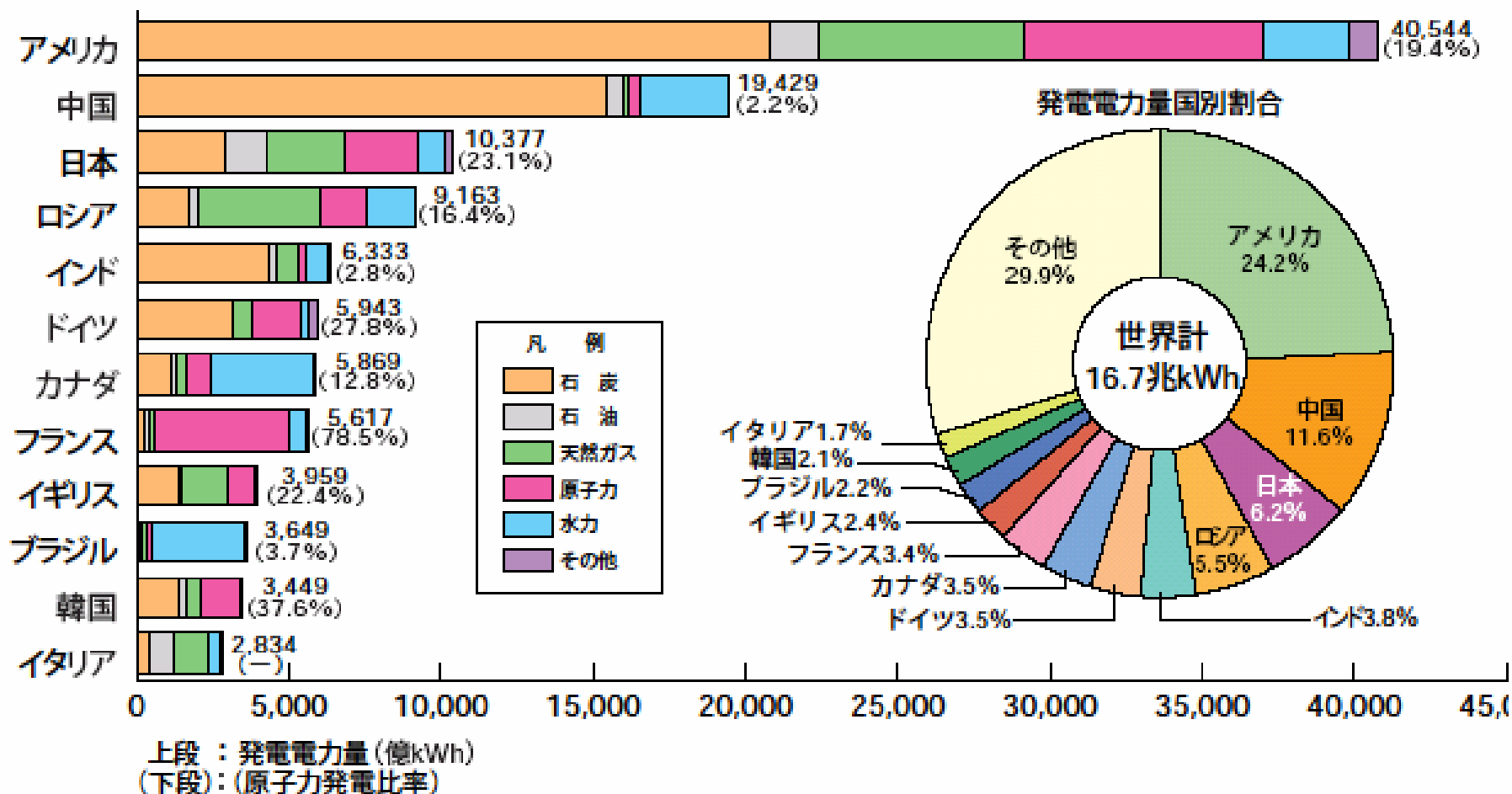
今後10年の技術予測の基に評価。
幅は各地域におけるコスト評価の差に起因する。

👉 コスト評価結果には、条件・想定によってかなりの幅がある

各国の電源比率

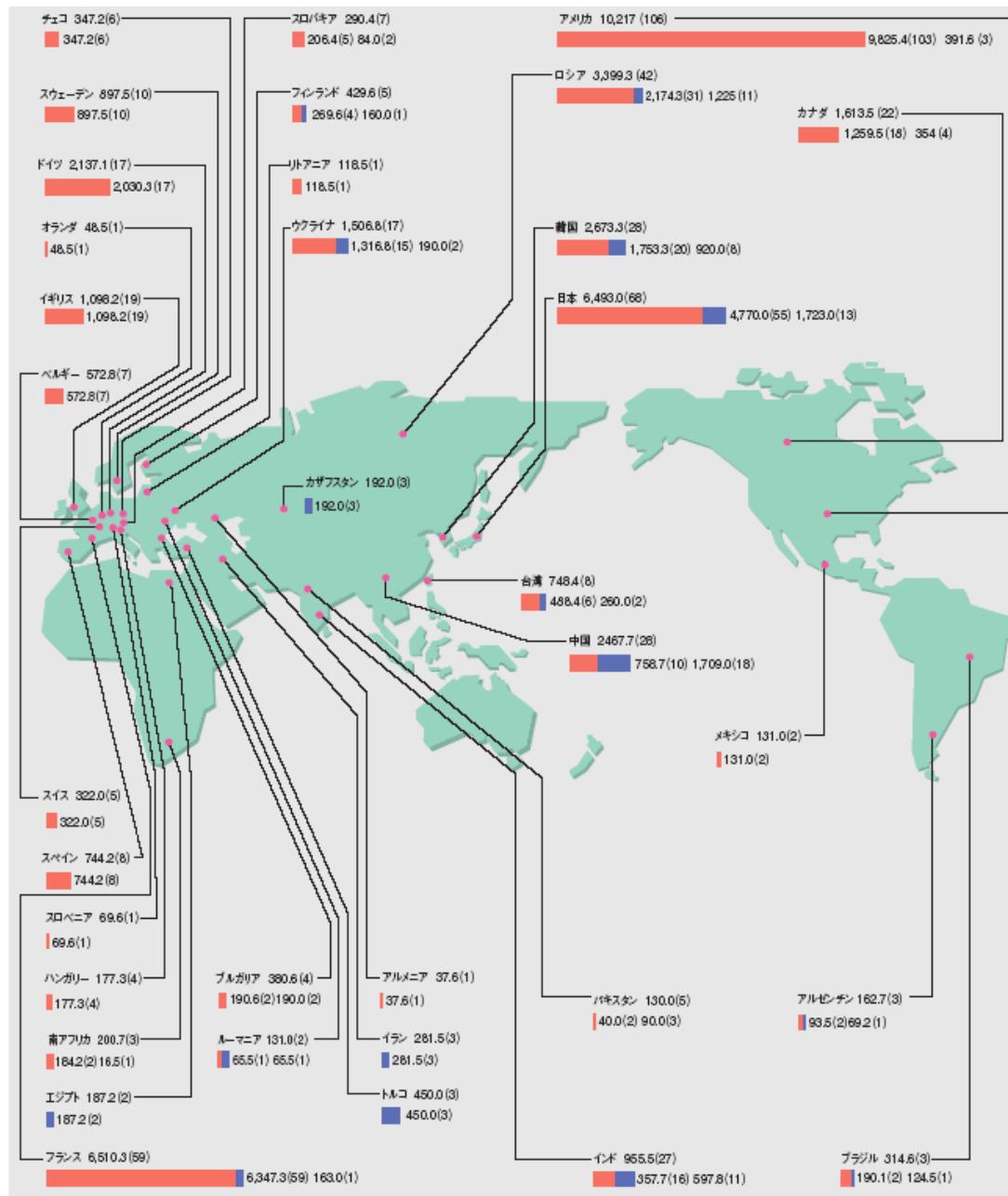
主要国の発電電力量と原子力発電の割合

(2003年)



出典 : ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2002-2003 他

世界の原子力発電設備



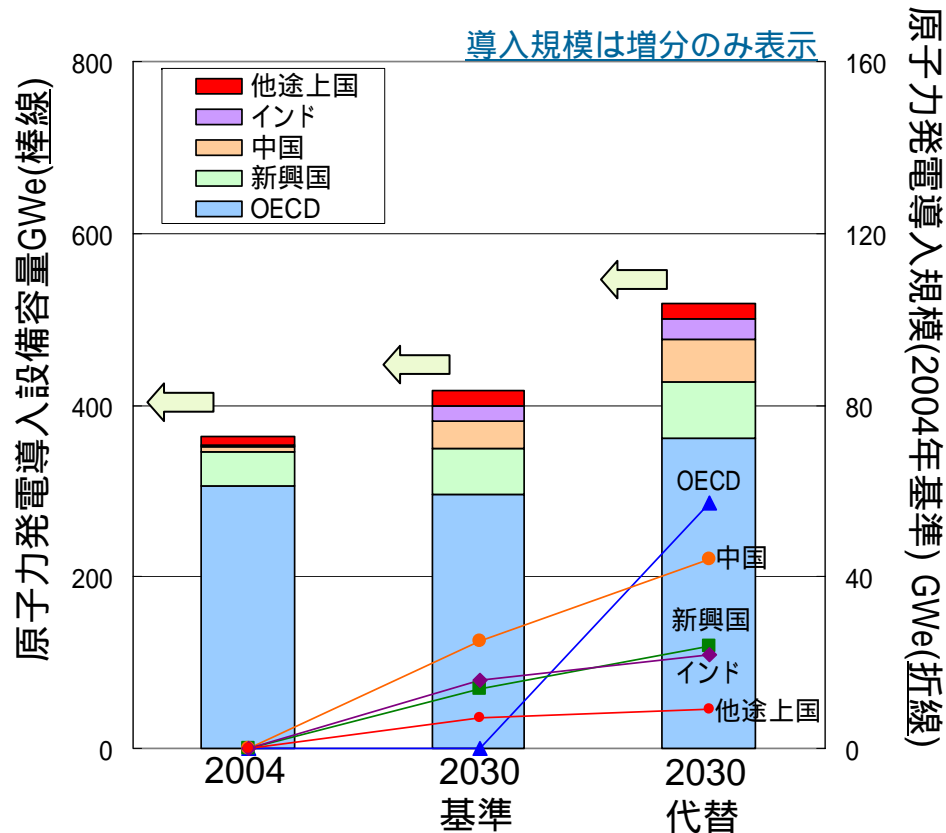
- 439基、約372GWが運転中。
建設・計画中を含めると554基、
約489GW。
(2007.08末現在)
- 既存設備リプレイス需要は別

- 将来構想: 223基、約200GW
- 米国: 25基、32GW
- 中国: 88基、72GW
- インド: 15基、約11GW
(他の国々でも拡大)
- ベトナム等、東南アジアでも導入
- 中近東、アフリカ、欧州ほか
各国で導入構想発表

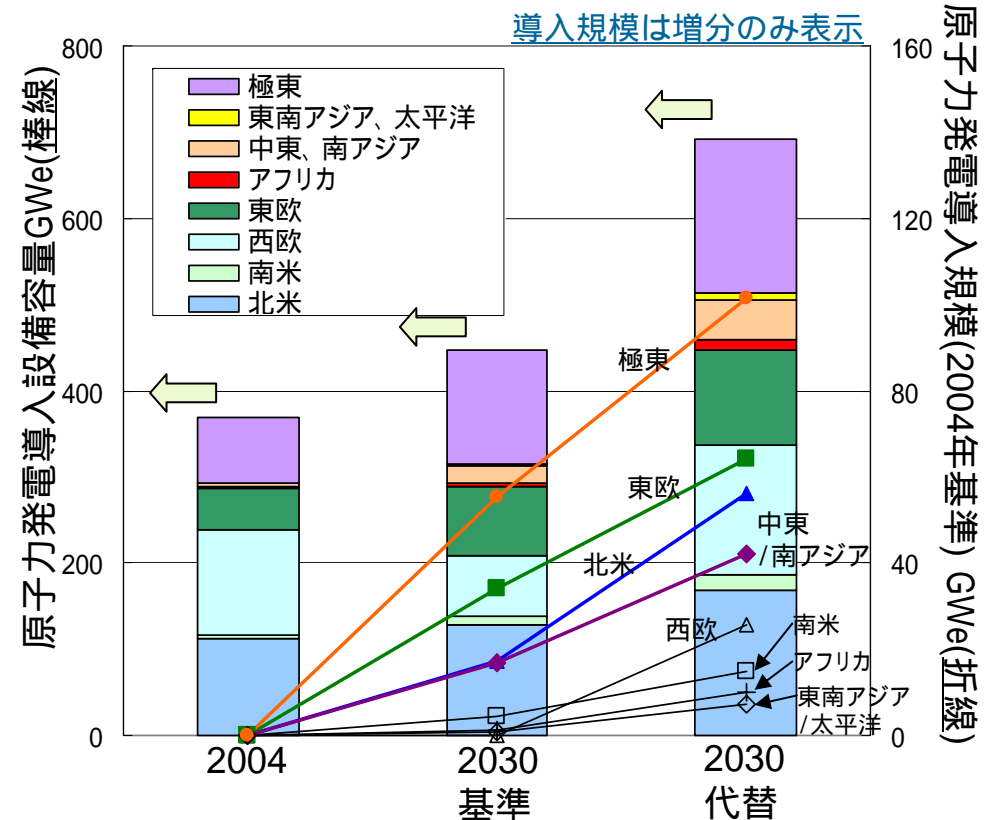
種々の原子力導入予測

26

World Energy Outlook 2006



IAEA2006年次報告

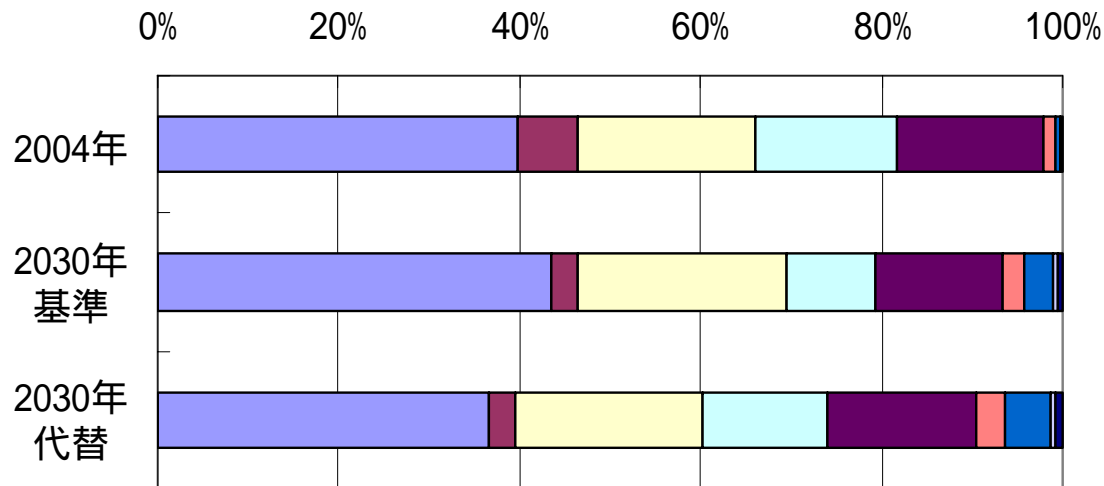


中国は極東に含む / インドは南アジアに含む / ロシアは東欧に含む

- ☞ 温室効果ガスの排出削減を重視する予測では、2030年に現在の約1.5-2倍に増加
- ☞ 先進国、途上国ともに利用拡大を想定(成長の半分以上が、中国、インドの2国)
- ☞ 数100GWeという大きな伸びの実現は、非常にチャレンジング

電源構成比予測

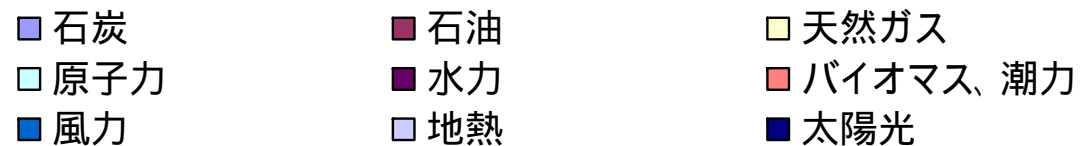
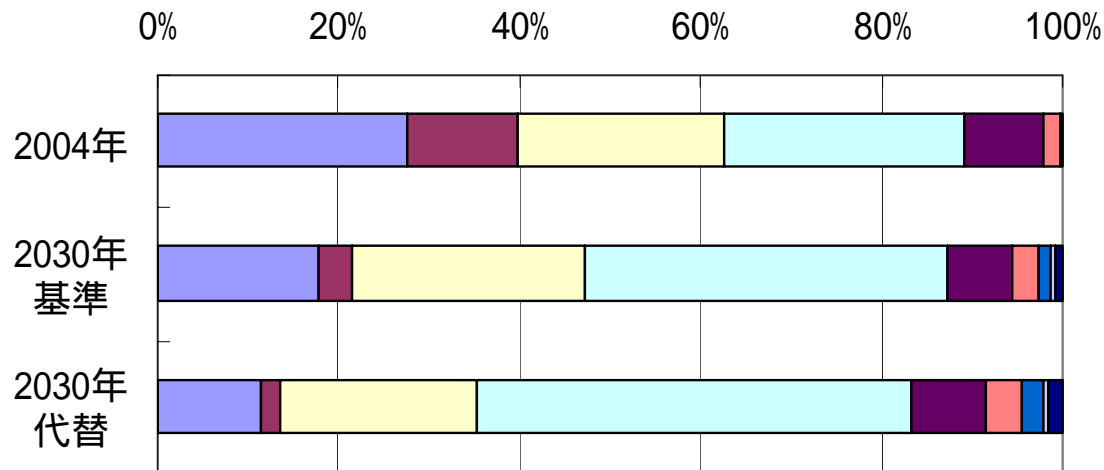
世界



➡ 各国の政策に依存するが、原子力にはある一定の役割が期待されている。

➡ 日本は、エネルギーセキュリティの観点から、原子力への依存度が高くなると予測されている。

日本



出典) World Energy Outlook 2006

原子力への期待

➤エネルギー安定供給及び地球温暖化問題は、社会全体の問題として、関係各界が協力して取り組まねばならない。

取組の目標

- 京都議定書第一約束期間(2008年～2012年)の約束達成への貢献
- 2030年までの効果的な貢献
- 2050年の目標達成への貢献
(世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して半減)

論点

原子力の特長を活かして世界的な利用を維持、拡大できれば、原子力は、エネルギー安定供給と地球環境保全に貢献する有効な手段の一つになり得るのではないか？

世界的な原子力の利用に際し、解決すべき課題は何か？

世界的な原子力利用の維持、拡大に伴う課題 (1 / 2) ²⁹

➡ 安全の確保

- ✓ 潜在的に大きな危険性への対処
- ✓ 社会受容においても重要（利用拡大に伴う施策が必要、等）

➡ 放射性廃棄物の処理・処分

- ✓ 長期の監視、超長期にわたる安全性確保が必要
- ✓ 最終処分場の立地
- ✓ もし利用をやめても蓄積した廃棄物の処理・処分が必要

➡ 核拡散の防止

- ✓ 核兵器への転用防止
- ✓ 核兵器及び関連技術の拡散防止
- ✓ 利用拡大のためには技術的措置と体制的措置の改良開発が必要

➡ 核セキュリティの確保

- ✓ 核テロ防止、核物質防護
- ✓ 技術的措置と体制的措置の改良開発が必要

世界的な原子力利用の維持、拡大に伴う課題 (2 / 2) ³⁰

➡ ウラン資源

- ✓ ウラン資源の確保 / プルトニウム利用による資源の有効利用
- ✓ 技術開発 (高速炉サイクル、海水ウラン)

➡ 産業・技術インフラストラクチャー

- ✓ 途上国での利用拡大、新規導入のための基盤整備
- ✓ 地球規模での拡大に対応するための技術改良、革新
- ✓ コスト低減や、新たなニーズへの対応のための研究開発 (中小型炉、新型炉、サイクル等)

➡ 社会的インフラストラクチャー

- ✓ 資本の確保、規制体系の整備、人的資源の確保
- ✓ 国民的理解・合意
- ✓ 資金援助措置

➡ その他