

戦略調査特別セミナー

エネルギー・環境を巡る情勢 と将来展望

平成18年2月13日

経営企画部戦略調査室

佐藤 治

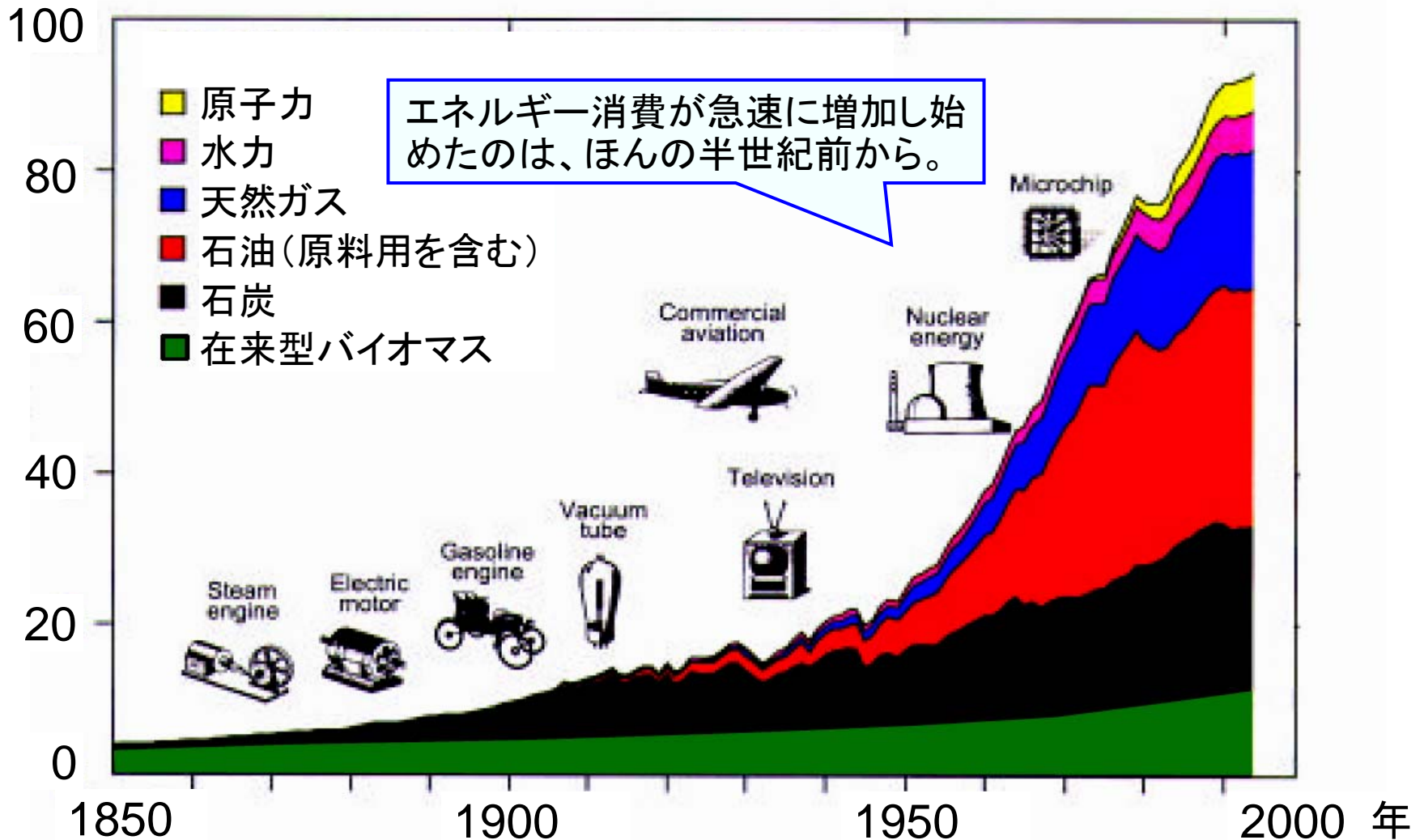
目次

- I. 世界のエネルギー需給動向
- II. 世界のエネルギー資源
- III. 世界のエネルギー需給の展望
- IV. 地球温暖化問題
- V. 日本のエネルギー需給動向
- VI. 日本のエネルギー政策と課題

I. 世界のエネルギー需給動向

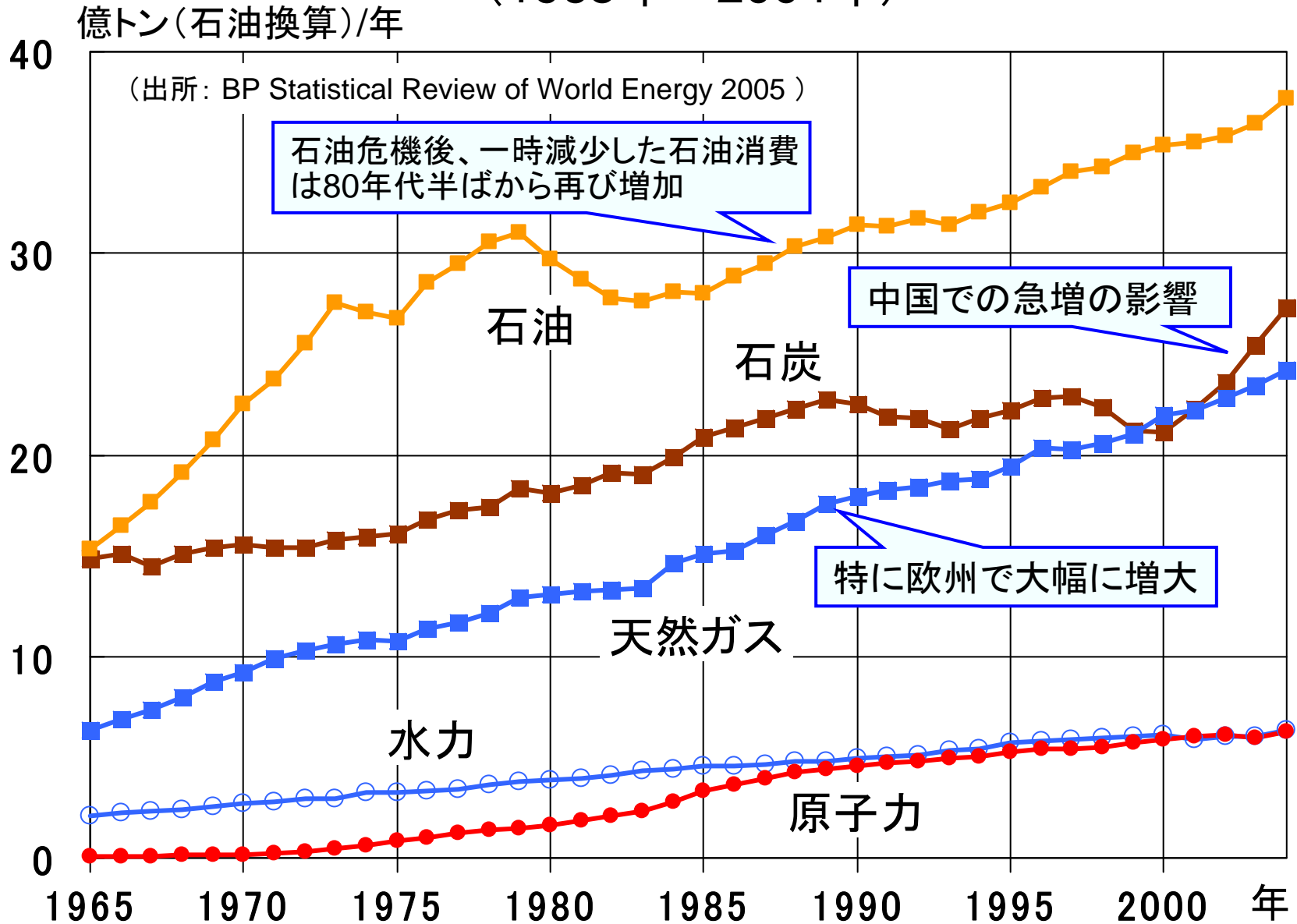
1. 世界の一次エネルギー消費量の長期推移

億トン(石油換算)



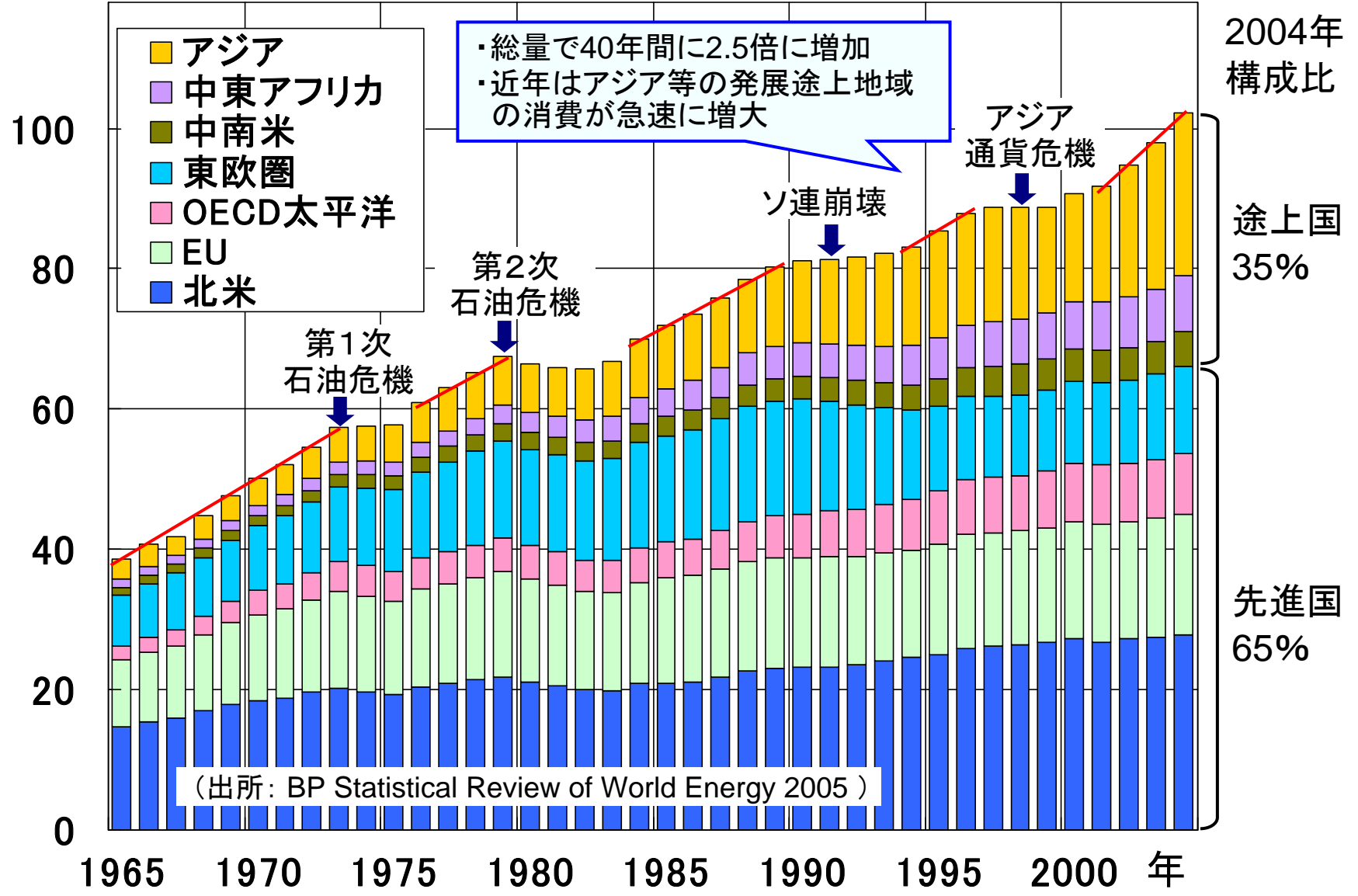
出所: IGU (International Gas Union) and IIASA (International Institute for Energy Systems Analysis), 2000

2. 世界のエネルギー源別消費量の推移 (1965年～2004年)



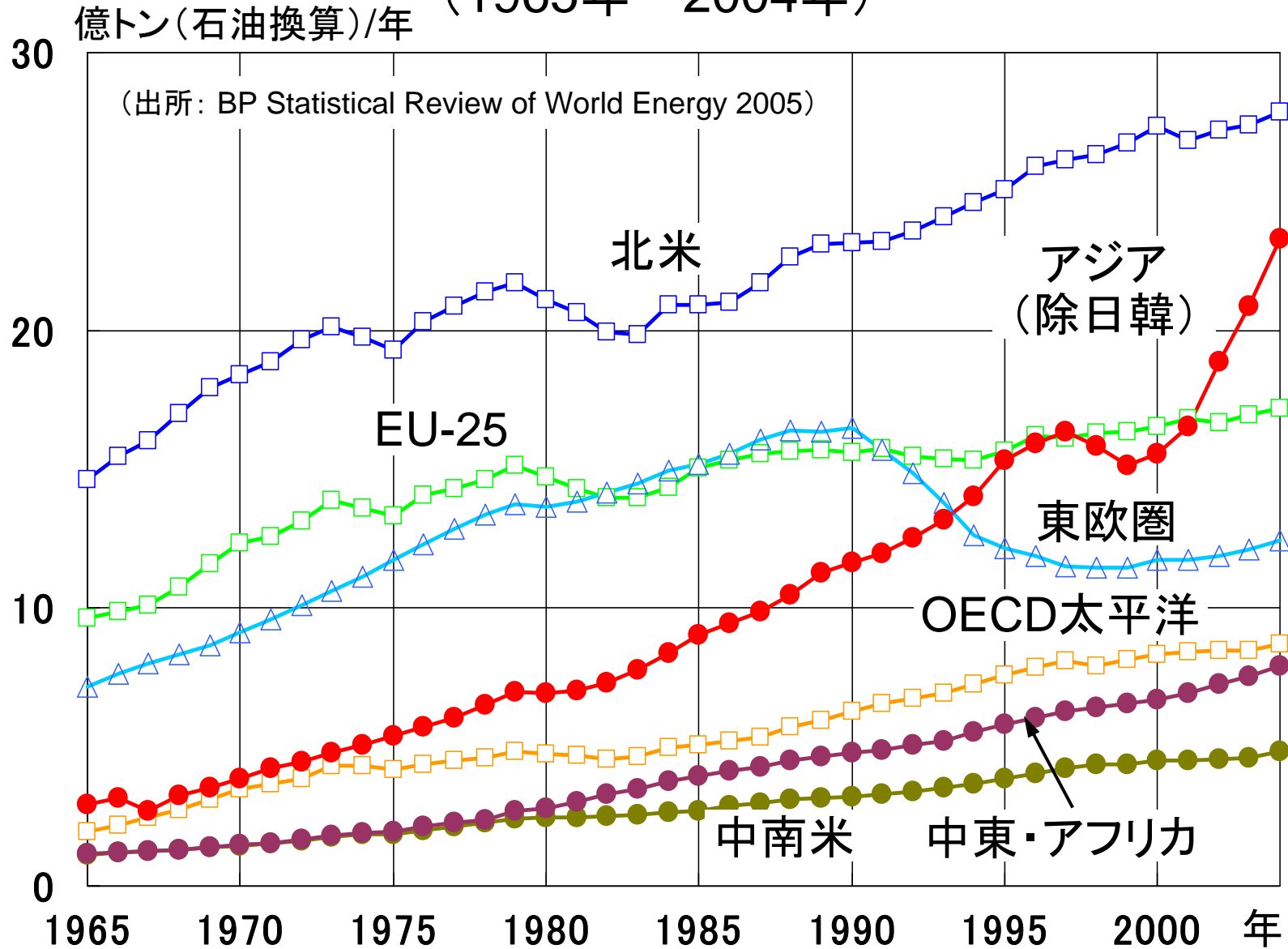
3. 一次エネルギー消費量の推移 (1965年～2004年)

億トン(石油換算)/年



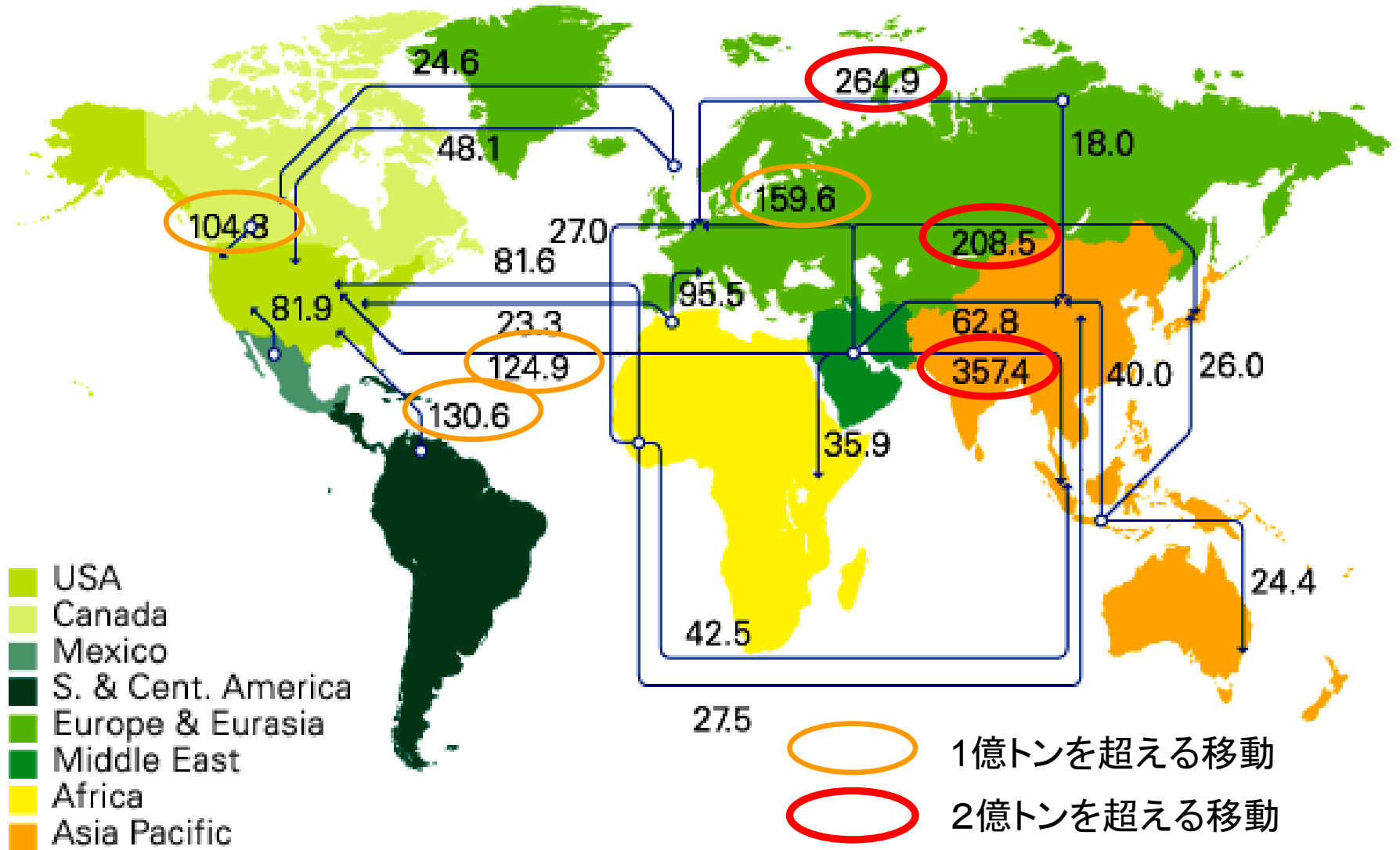
4. 各地域の一次エネルギー消費量の推移

(1965年～2004年)



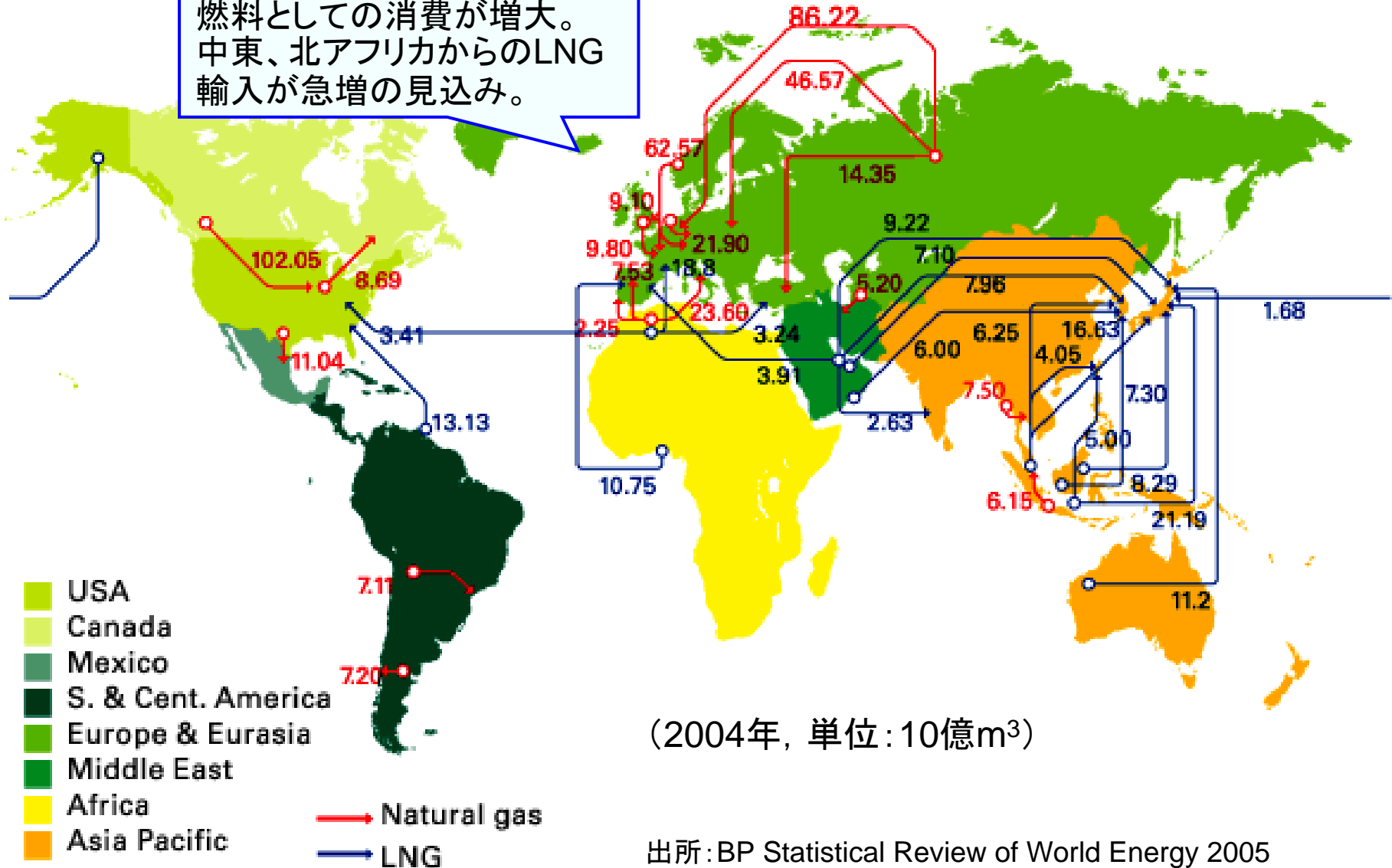
5. 石油の地域間移動量

(2004年, 単位:100万トン)



6. 天然ガス(LNG)の地域間移動量

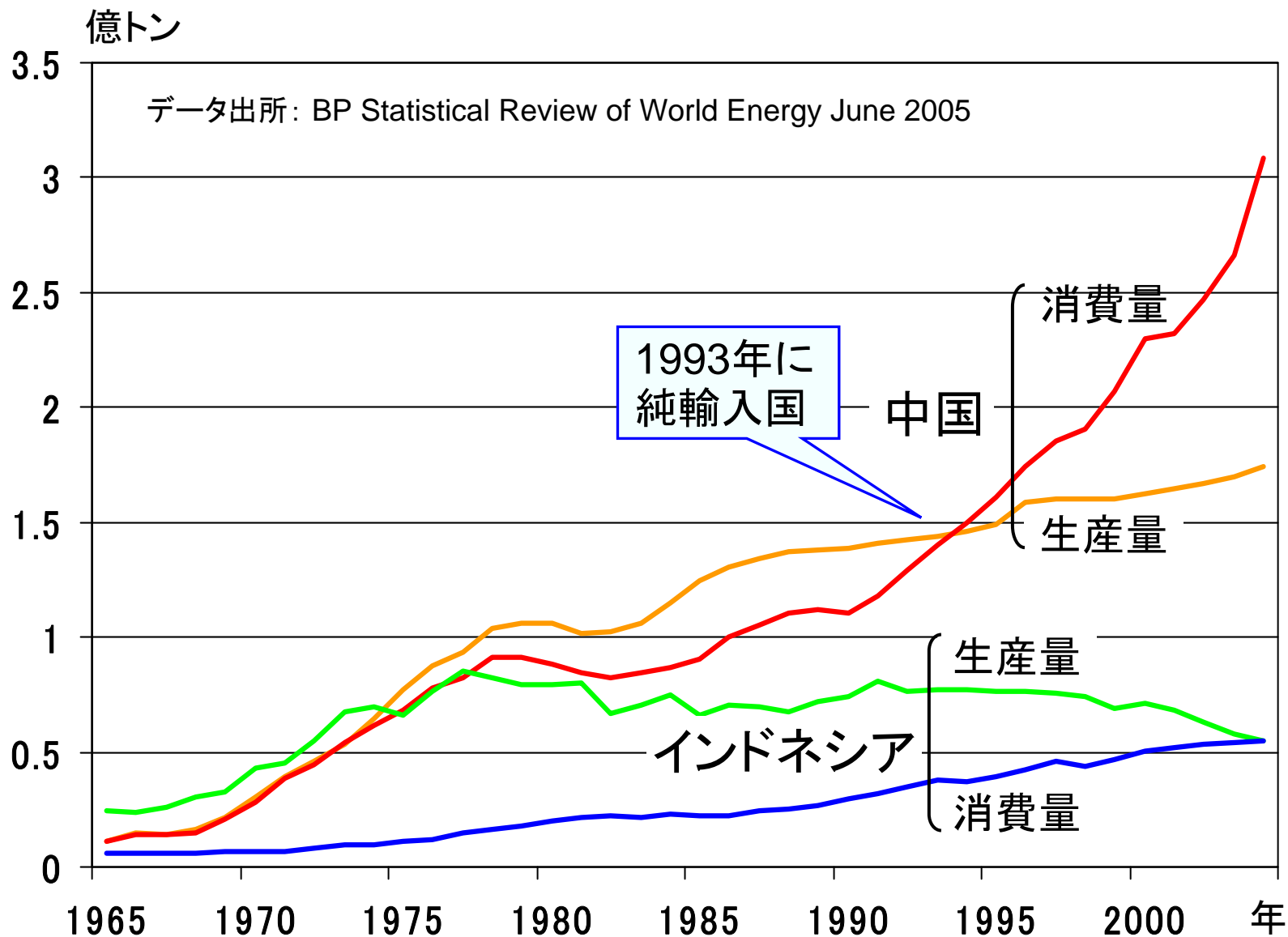
今後は北米、欧州とも発電用燃料としての消費が増大。
中東、北アフリカからのLNG
輸入が急増の見込み。



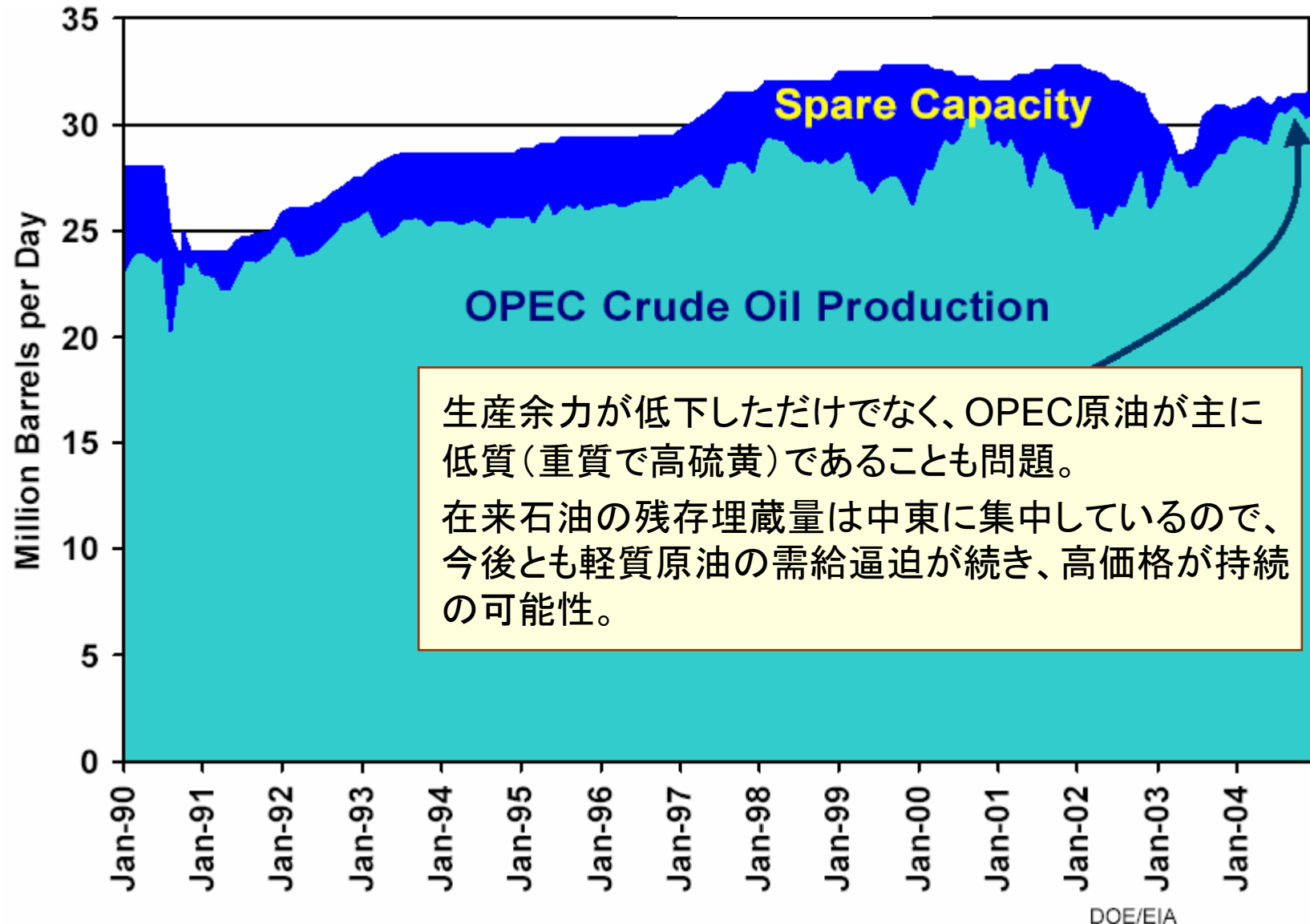
(2004年, 単位:10億m³)

出所:BP Statistical Review of World Energy 2005

7. 中国とインドネシアの石油生産量と消費量



8. OPEC原油生産能力と生産量



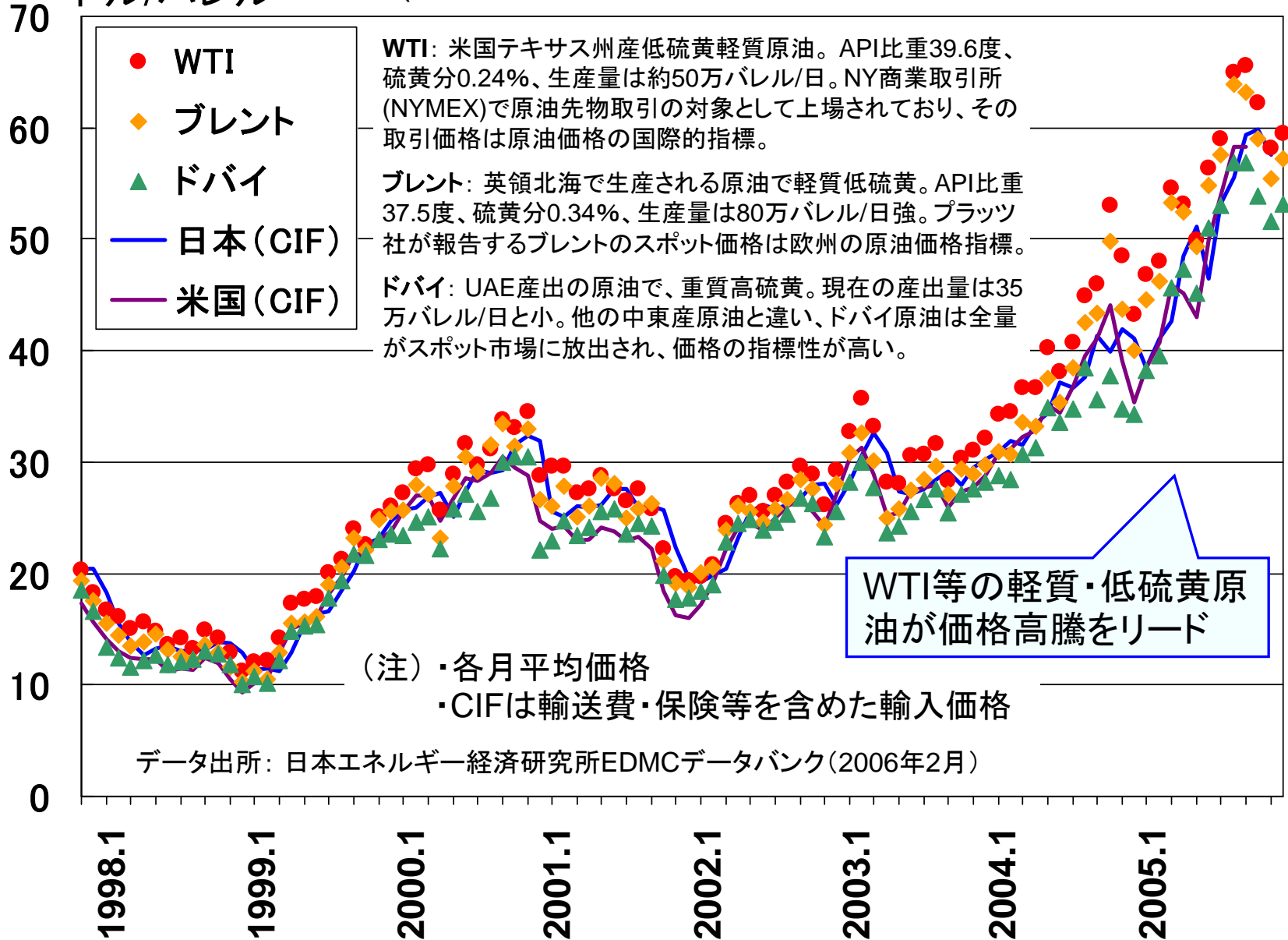
生産余力が低下しただけでなく、OPEC原油が主に低質（重質で高硫黄）であることも問題。
在来石油の残存埋蔵量は中東に集中しているので、今後とも軽質原油の需給逼迫が続き、高価格が持続の可能性。

DOE/EIA

9. 原油価格の推移

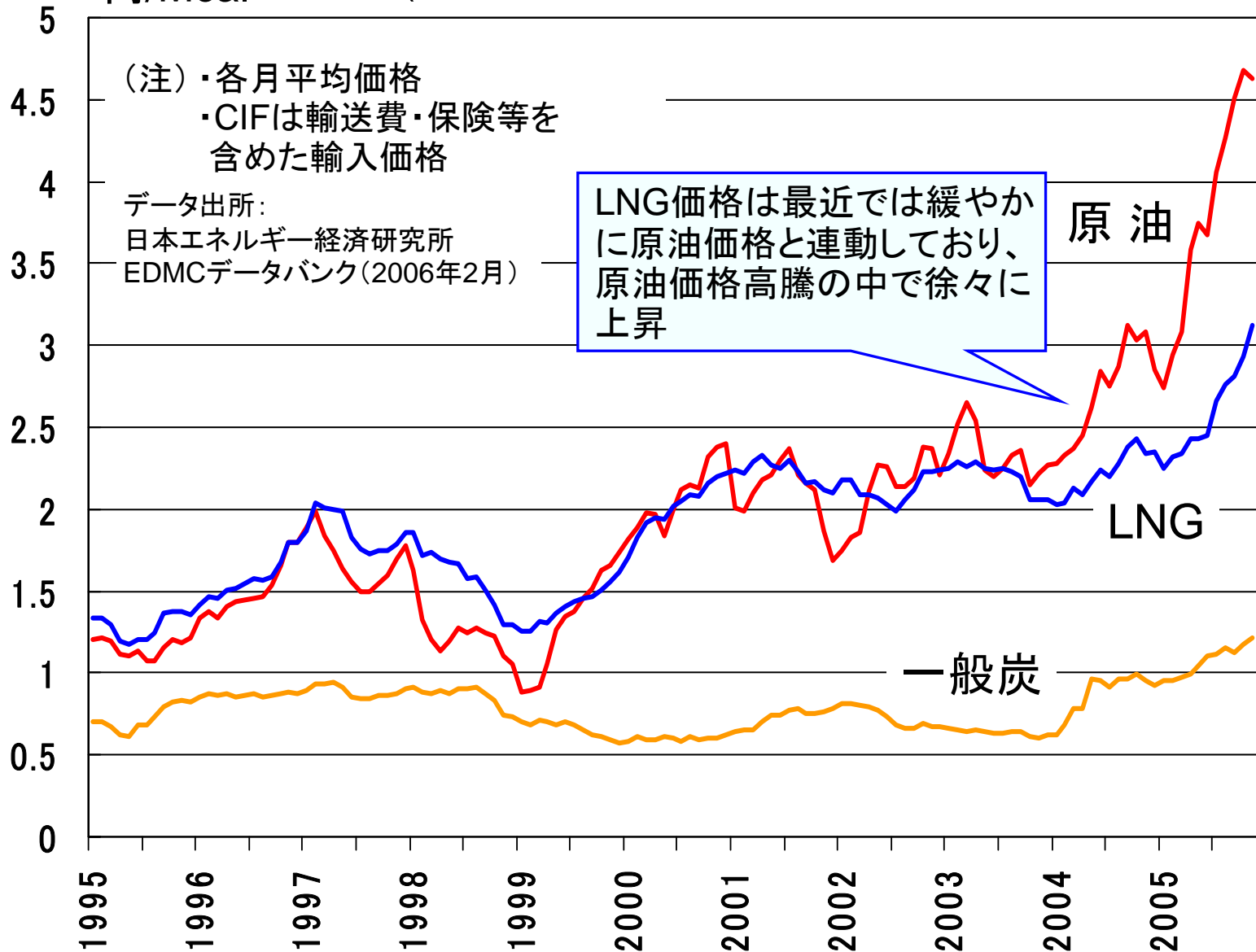
(1998年11月～2005年12月)

ドル/バレル



10. 日本の燃料輸入価格(CIF)の推移

円/Mcal (1995年1月～2005年11月)

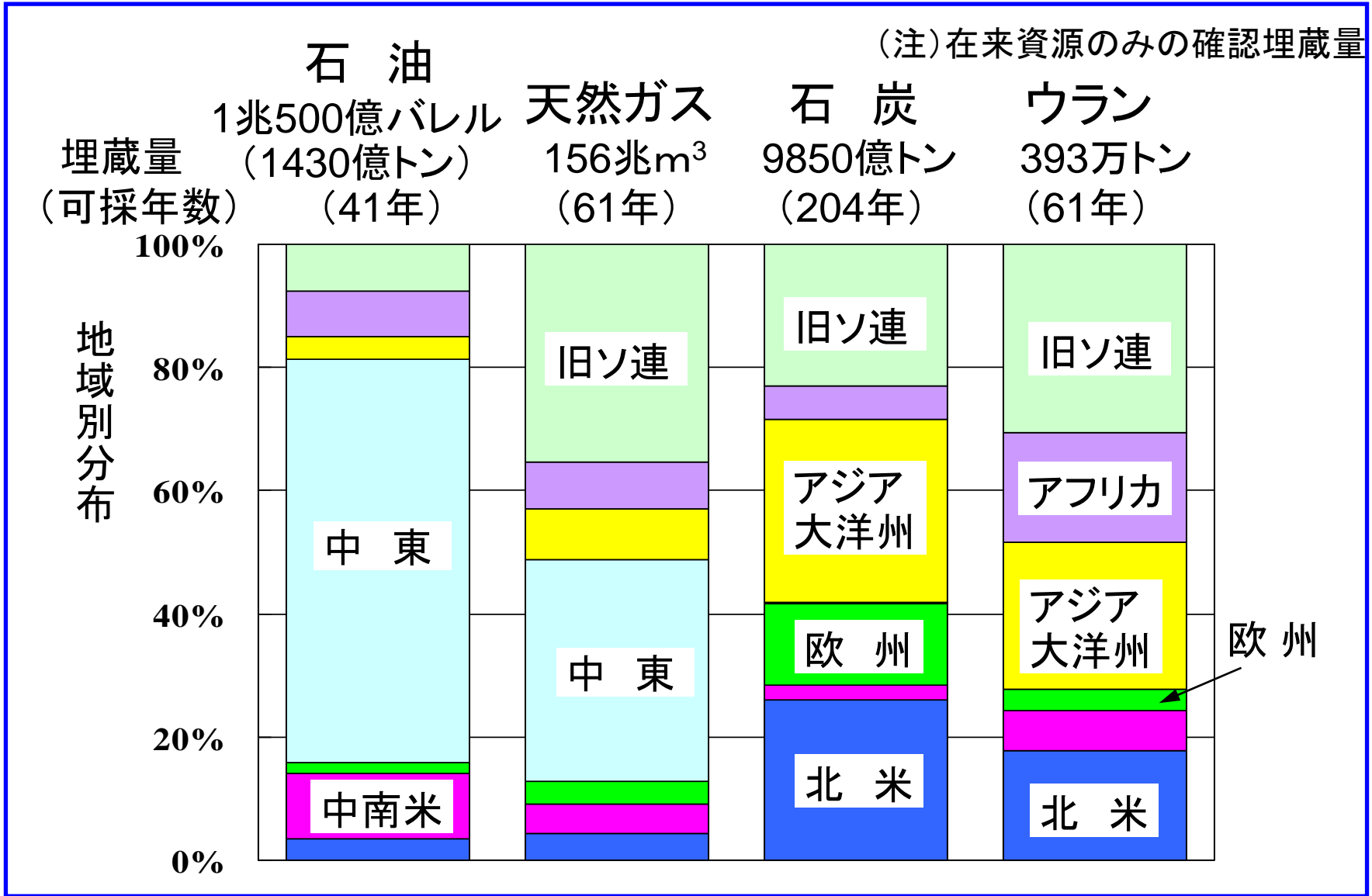


Ⅱ. 世界のエネルギー資源

1. エネルギー資源の種類

大分類	エネルギー源と小分類		用途
化石燃料	石炭	無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭	熱供給(ボイラ、工業炉、暖房器、その他) 発電 化学工業原料 輸送機関燃料
	石油	在来型 : 原油、NGL(天然ガス液) 非在来型: 超重質油、タールサンド、オイルシェール	
	天然ガス	在来型 : 構造型(ガス田)、石油随伴型、水溶性 非在来型: 炭層、硬質砂岩層、頁岩層、ハイドレート	
再生可能エネルギー	水力	貯水池(ダム)式、流れ込み式	発電、動力
	地熱	熱水発電、バイナリー発電、高温岩体発電	給湯、発電
	風力	陸地、海上	発電、動力
	太陽	太陽熱、太陽光	給湯、発電
	バイオマス	木質系、農業残滓(バガス、発酵ガス他)、 海洋性、ピート(泥炭)	熱供給、発電 合成油原料
	海洋	潮汐、波力、海流、温度差(OTEC)	発電
原子力	核分裂	軽水炉、高速炉、高温ガス炉等	主に発電
	核融合	磁気閉込(トカマク)、慣性核融合(レーザー)等	主に発電

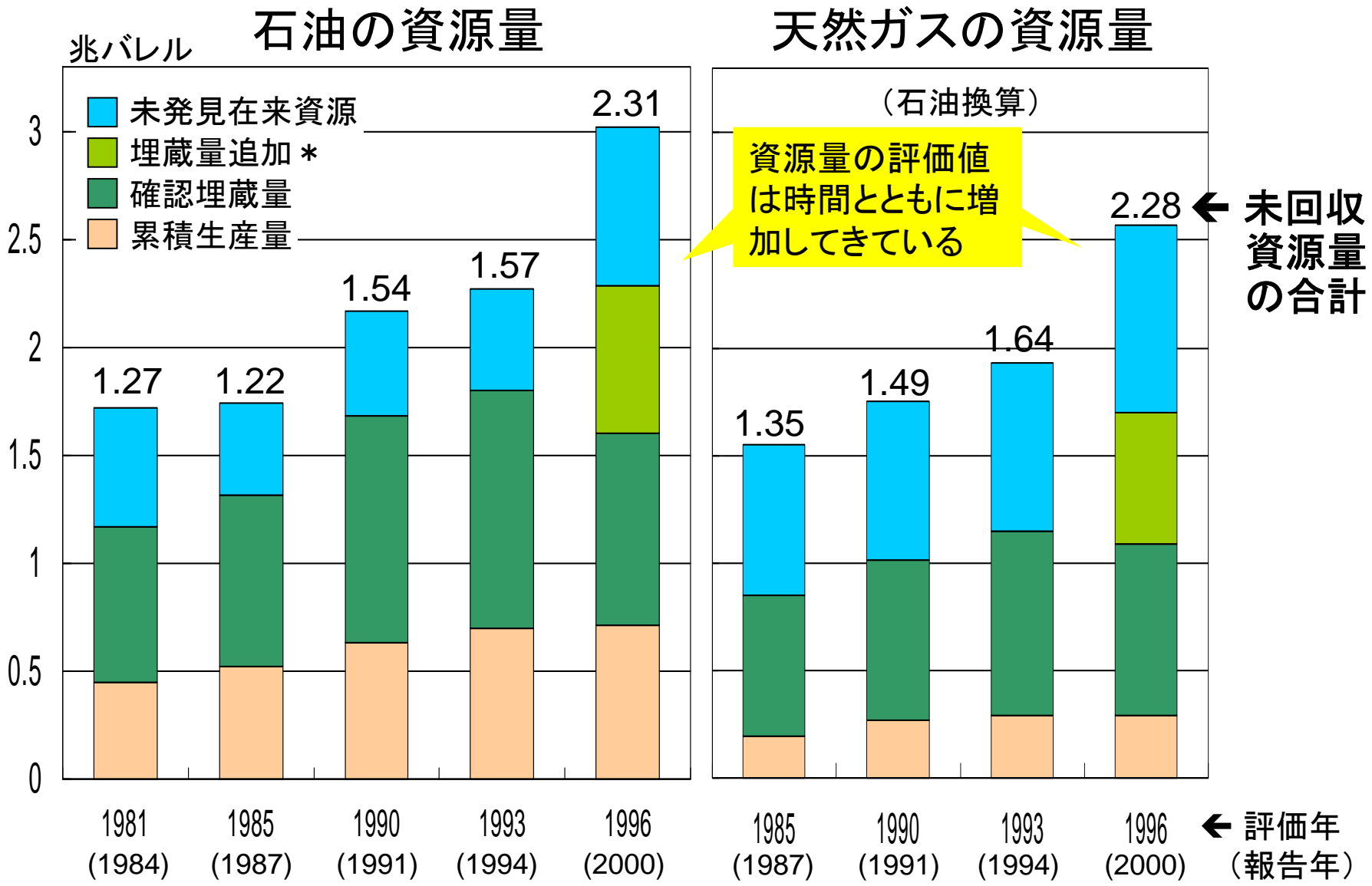
2. 化石燃料とウランの確認埋蔵量



出典:「エネルギー2004」資源エネルギー庁編(エネルギーフォーラム)

3. 米国地質調査 (USGS) による評価値の推移

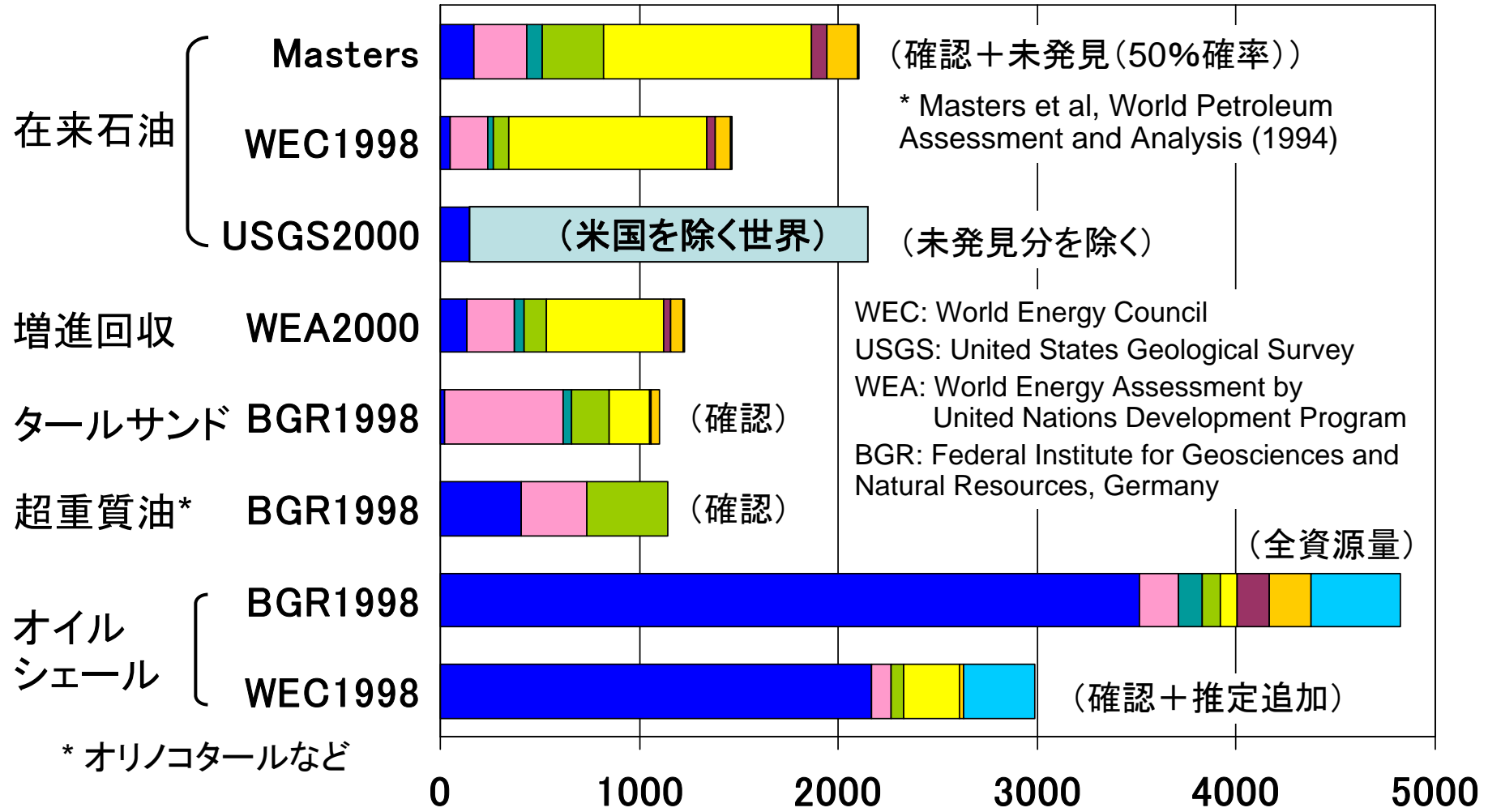
(出所: U.S. Geological Survey, World Petroleum Survey, Chapter ES, Chapter RV)



* 埋蔵量追加: 既存の油田、ガス田の再評価等による埋蔵量の増加分

4. 石油資源量の推定

■ 北米 ■ 中南米 ■ 欧州 ■ FSU ■ 中東 ■ アフリカ ■ アジア ■ オセアニア

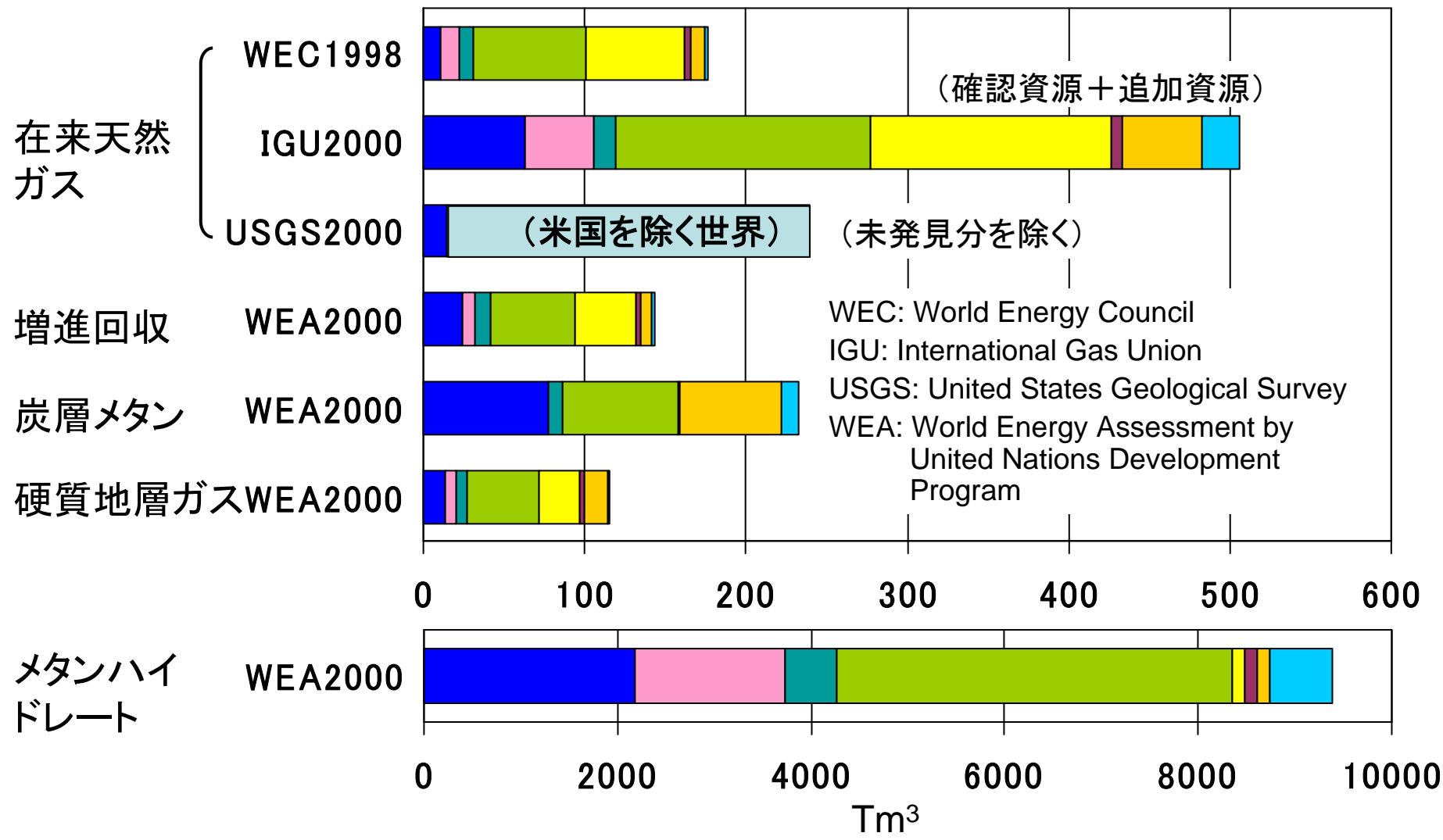


(注: 石油1兆バレルは約1360億トン)

億トン(石油換算)

出所: World Energy Assessment 2000, UNDP, U.S. Geological Survey, Chapter ES

5. 天然ガス資源量の推定

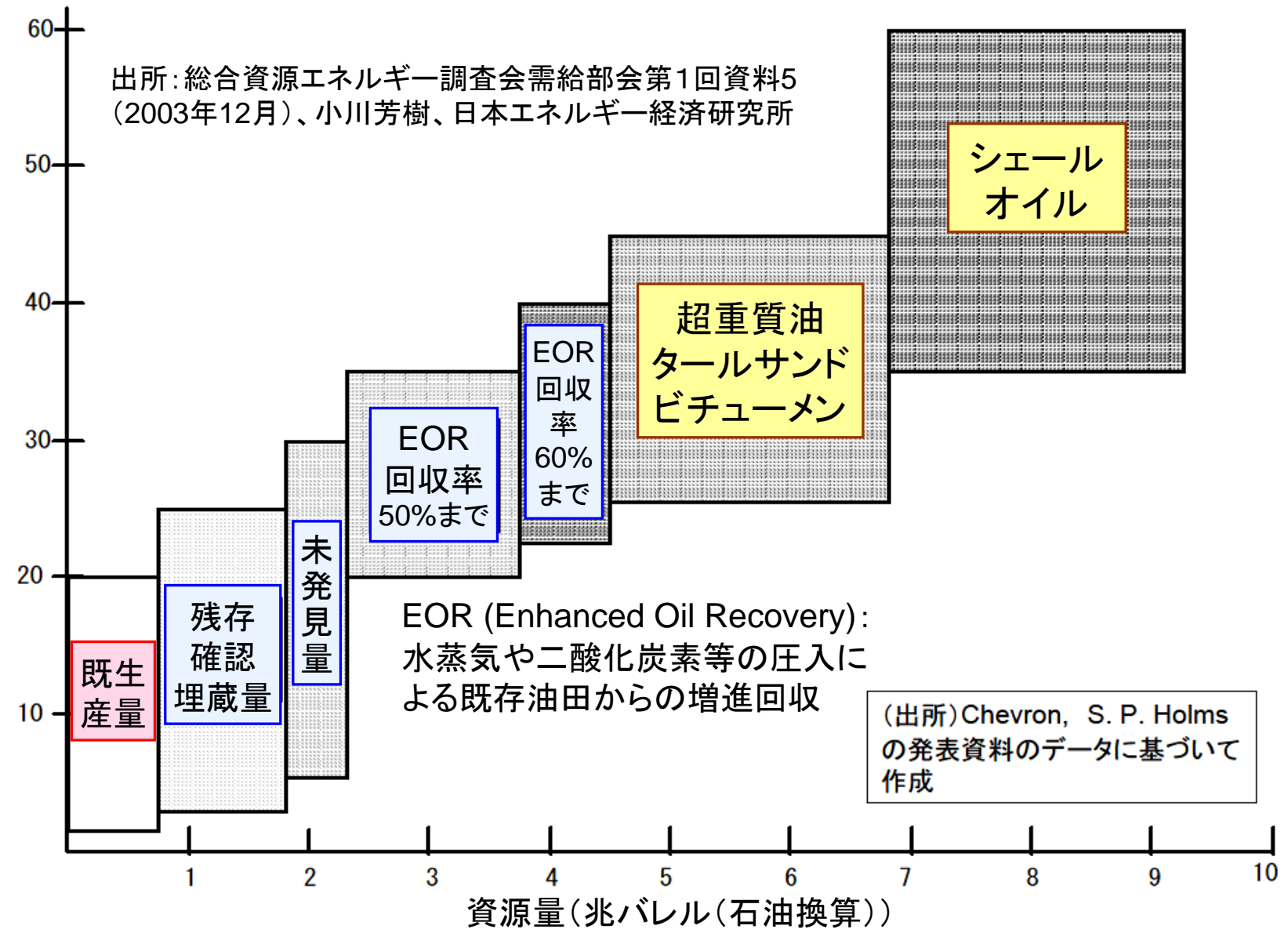


出所: World Energy Assessment 2000, UNDP, U.S. Geological Survey, Chapter ES

6. 在来・非在来型石油資源と価格

ドル/バレル

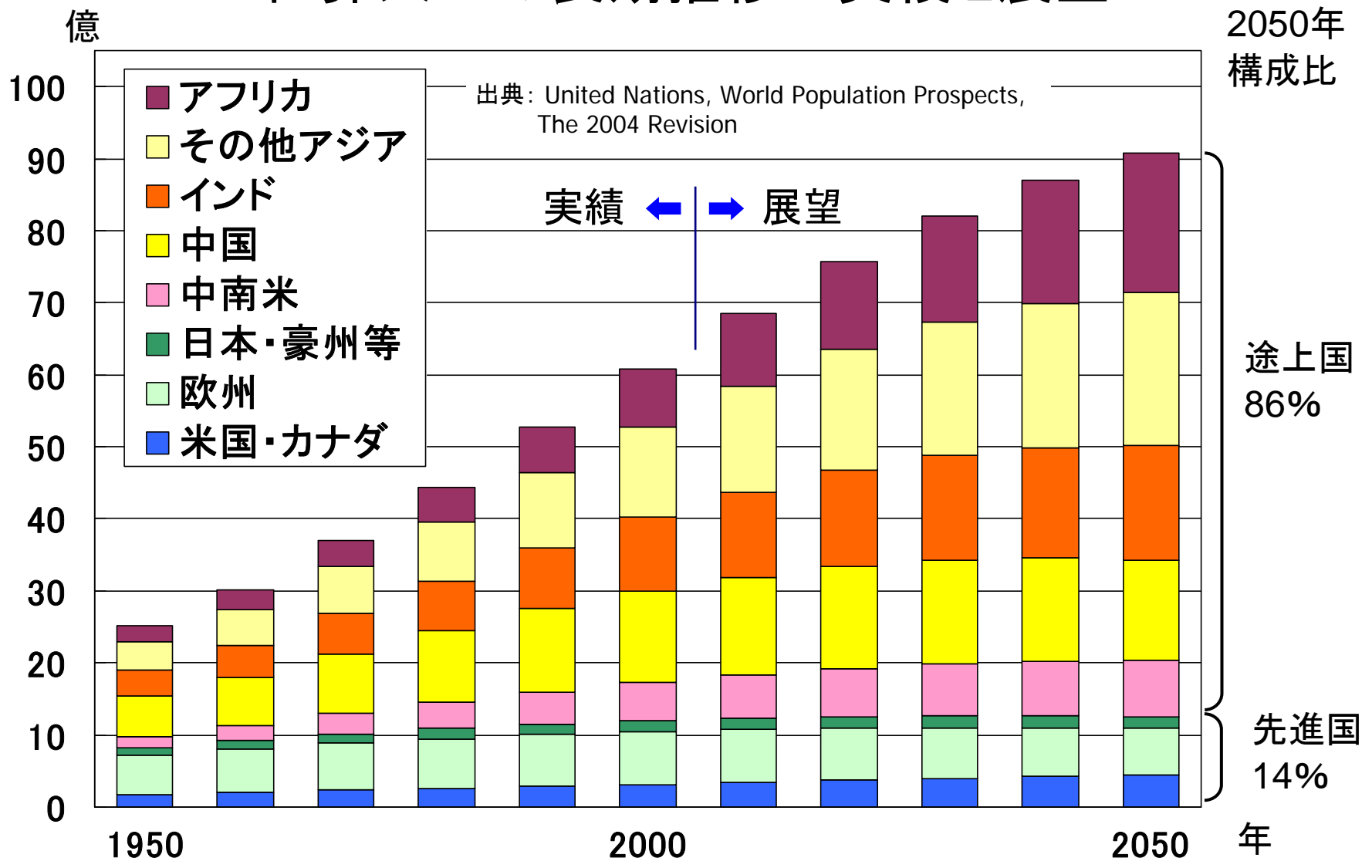
出所: 総合資源エネルギー調査会需給部会第1回資料5 (2003年12月)、小川芳樹、日本エネルギー経済研究所



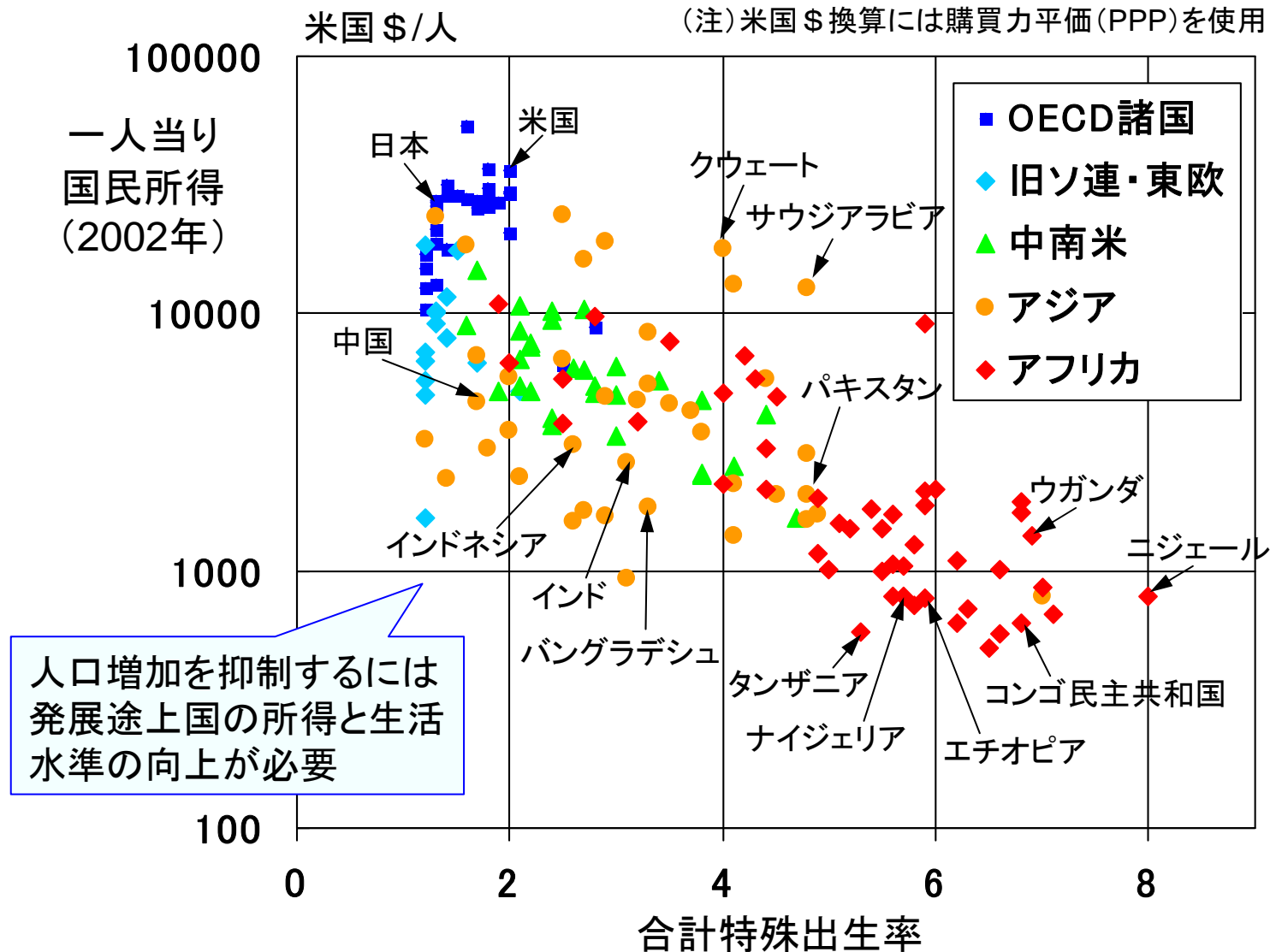
資源量(兆バレル(石油換算))

Ⅲ. 世界のエネルギー需給の展望

1. 世界人口の長期推移－実績と展望

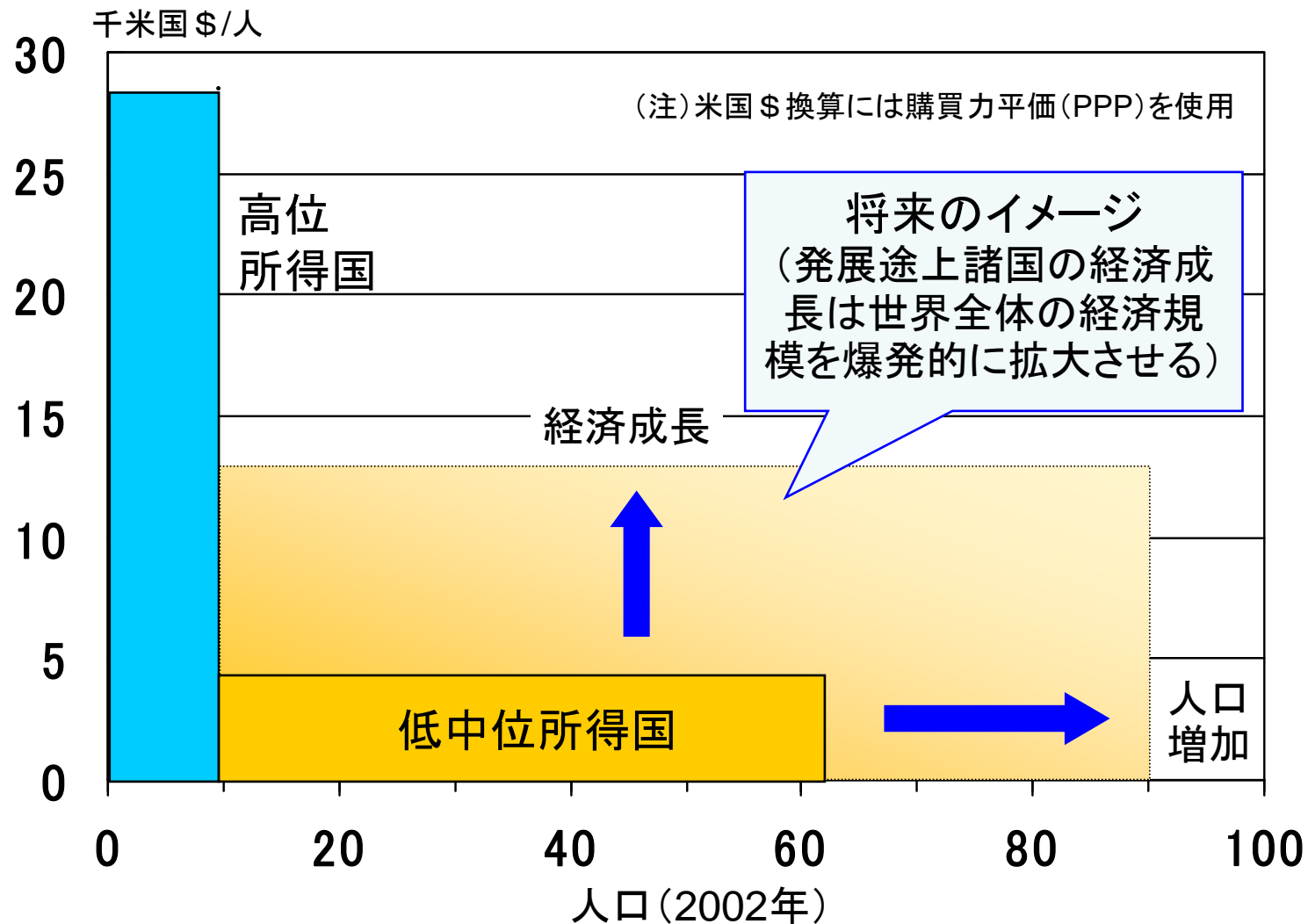


2. 世界各国の所得水準と出生率



3. 世界の所得分布の現状と将来イメージ

一人当り国民所得(2002年)

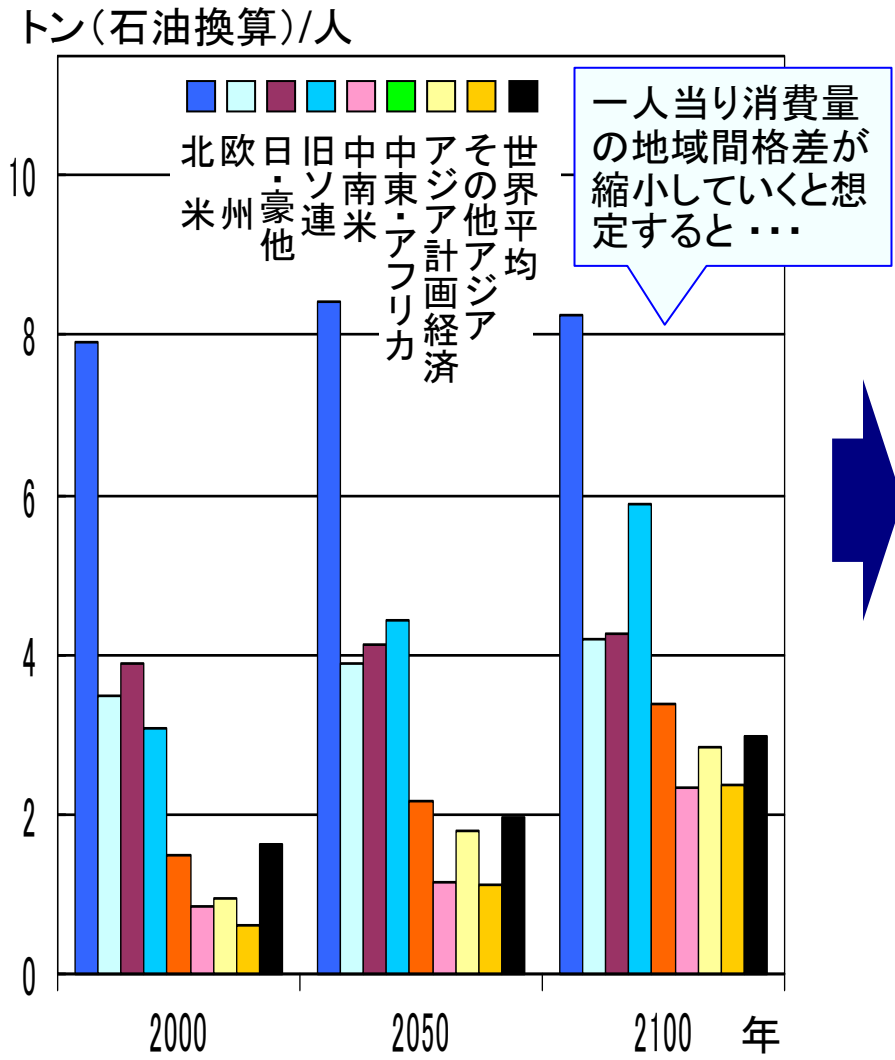


データ出所: World Development Indicators 2004, World Bank (<http://www.worldbank.org/data/wdi2004/index.htm>)

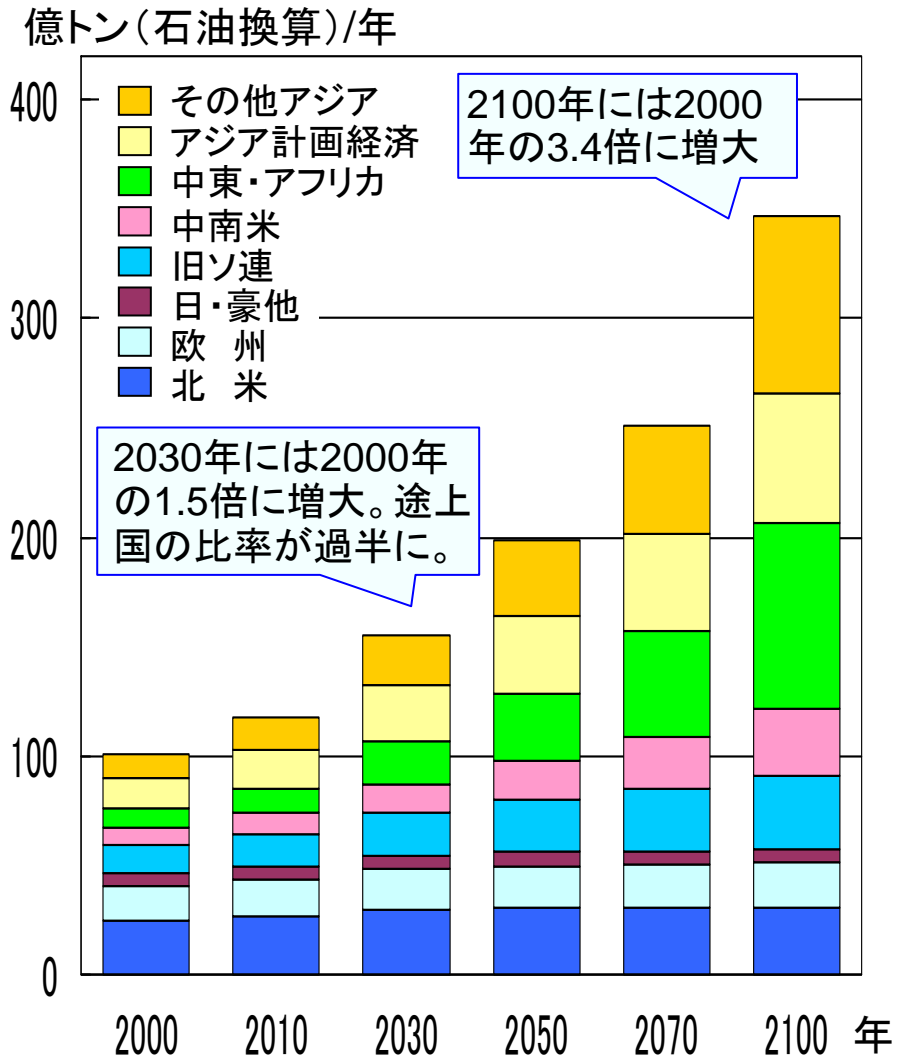
4. 一次エネルギー消費量の長期展望

(IIASA-WECシナリオ・中庸ケース)

一人当たり消費量



エネルギー総消費量



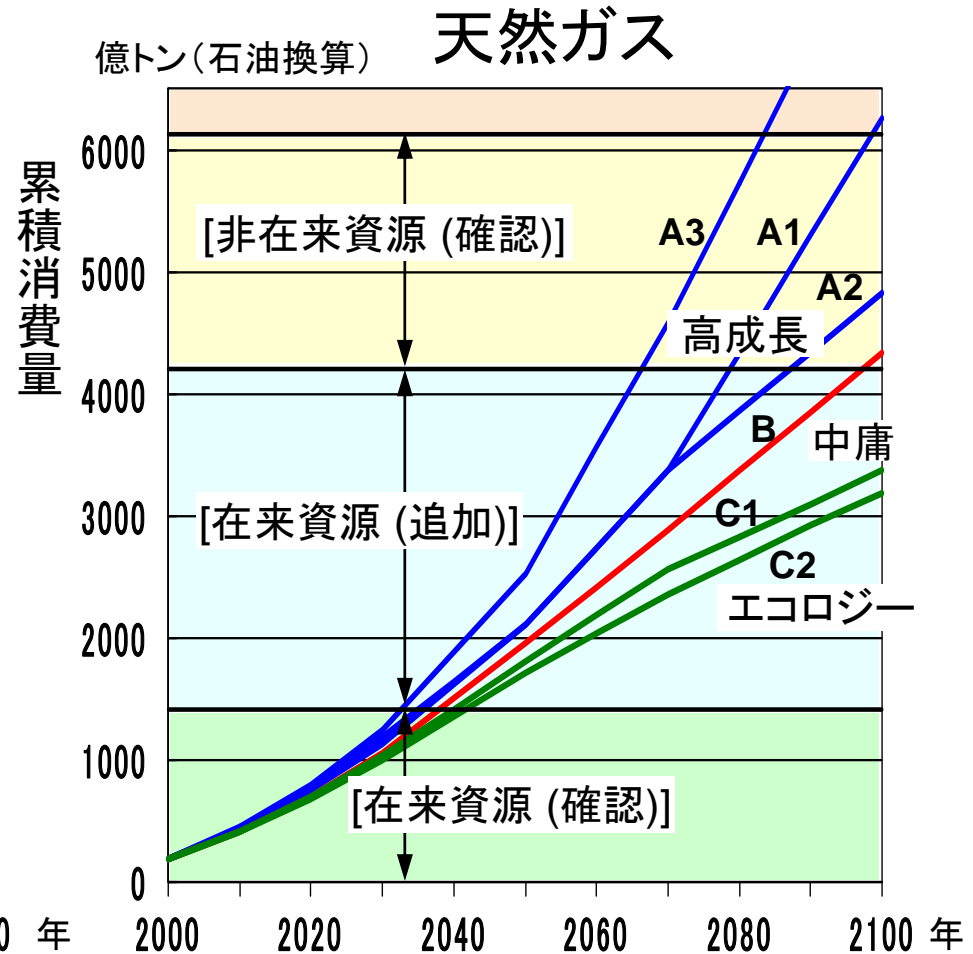
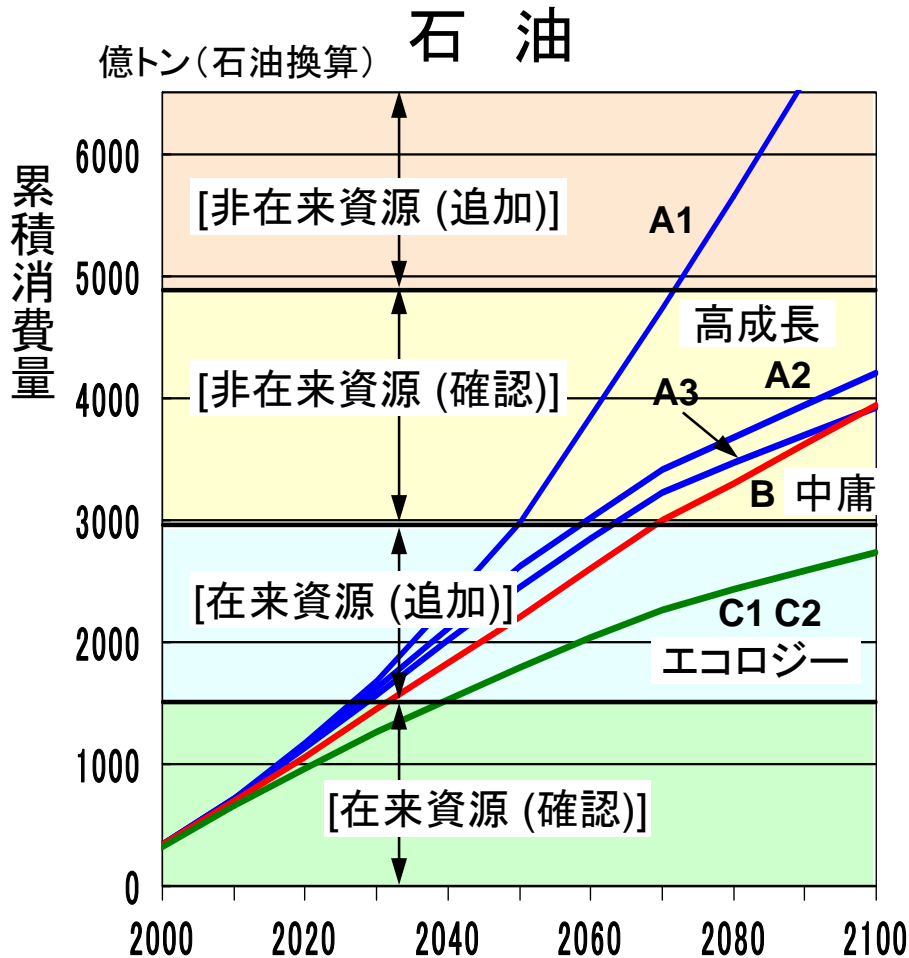
出所: N. Nakicenovic et al (editors), Global Energy Perspectives, Cambridge University Press (1998)

5. 石油と天然ガスの消費量の長期展望

IIASA-WECシナリオ各ケースにおける累積消費量

(注)ケースの定義

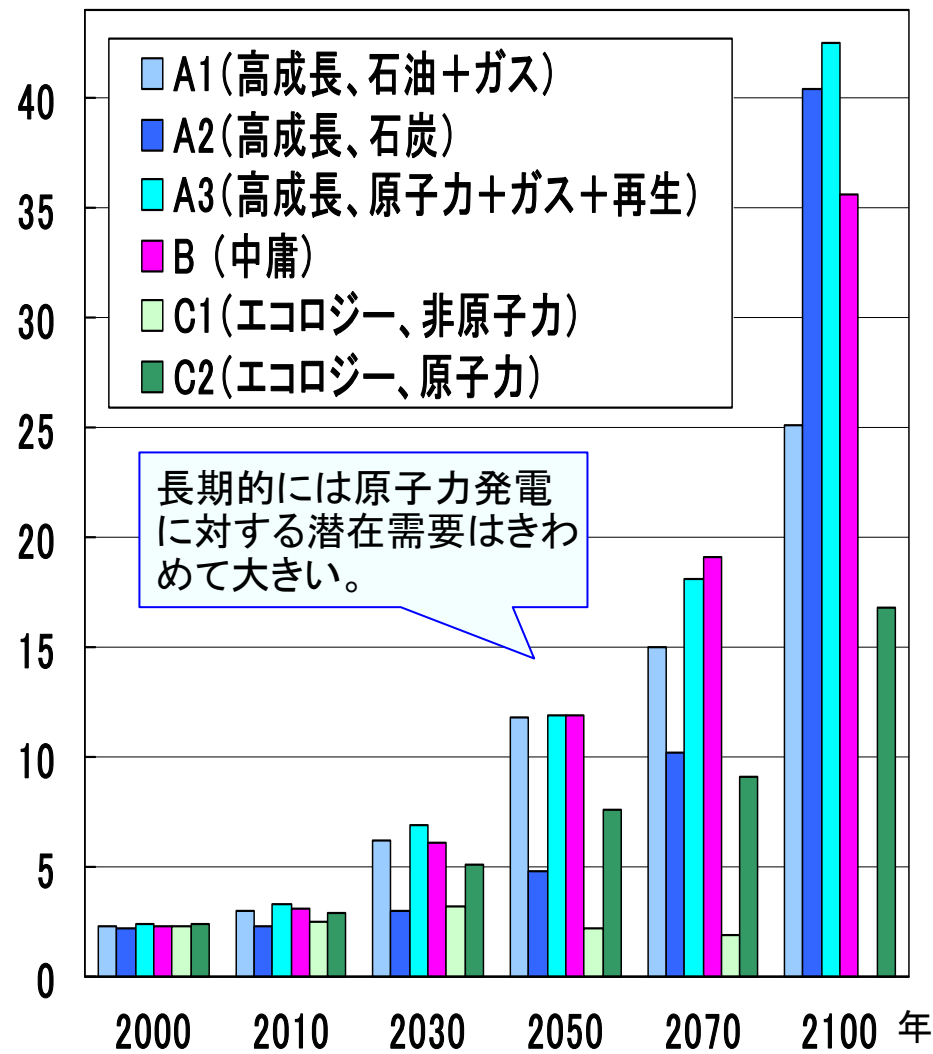
- ・高成長 (A1:石油+ガス, A2:石炭, A3:原子力+ガス+再生型)
- ・中庸 (B:現状の趨勢を外挿したケース)
- ・エコロジー (C1:非原子力依存, C2:原子力依存)



6. IIASA-WECシナリオにおける原子力利用規模

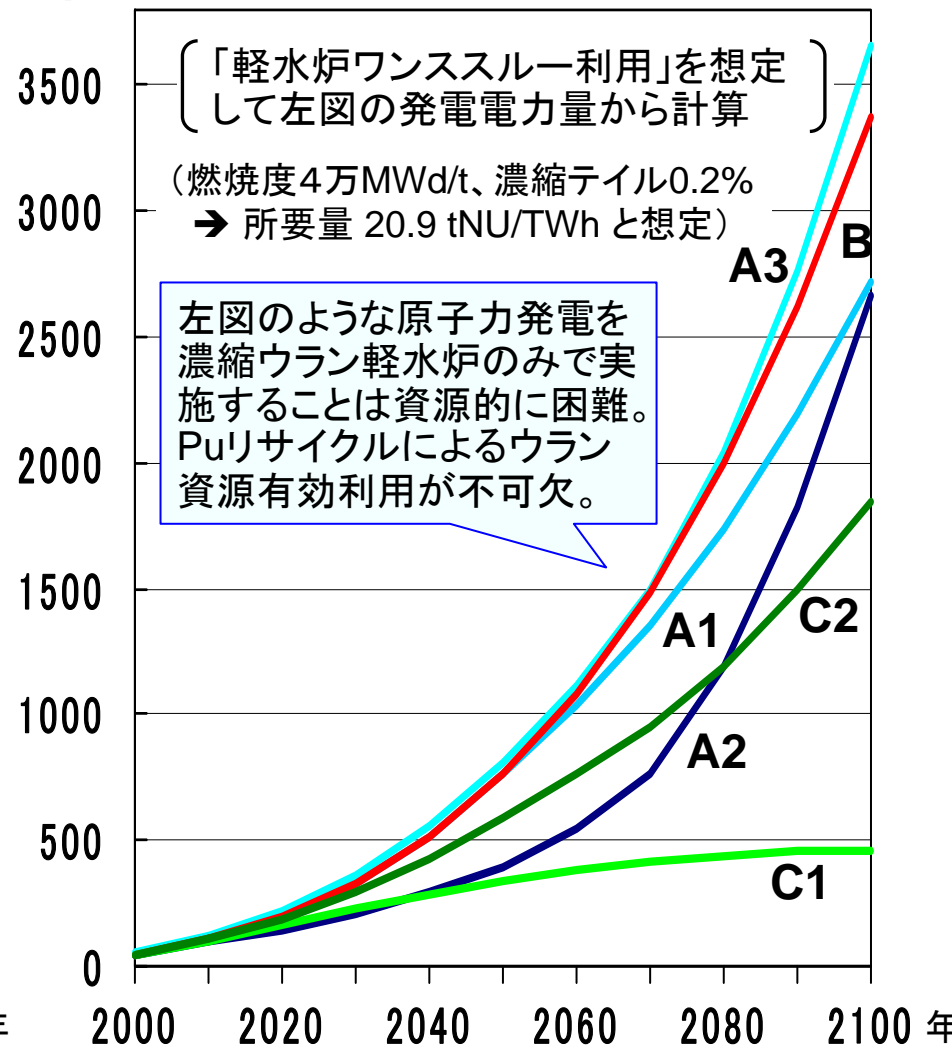
世界の原子力発電電力量

兆kWh/年



天然ウランの積算消費量(試算)

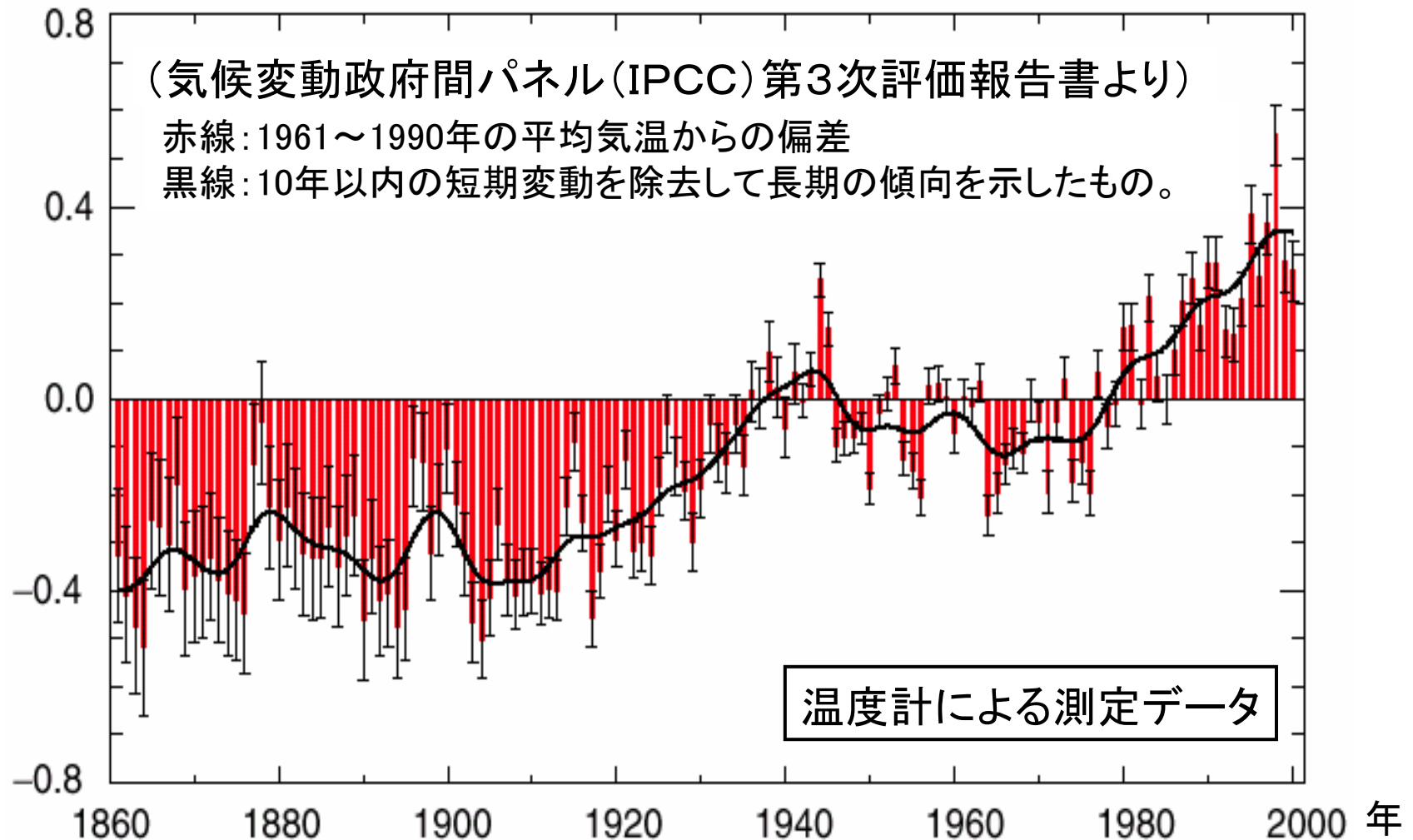
万吨



出所: N. Nakicenovic et al (editors), Global Energy Perspectives, Cambridge University Press (1998)

IV. 地球温暖化問題

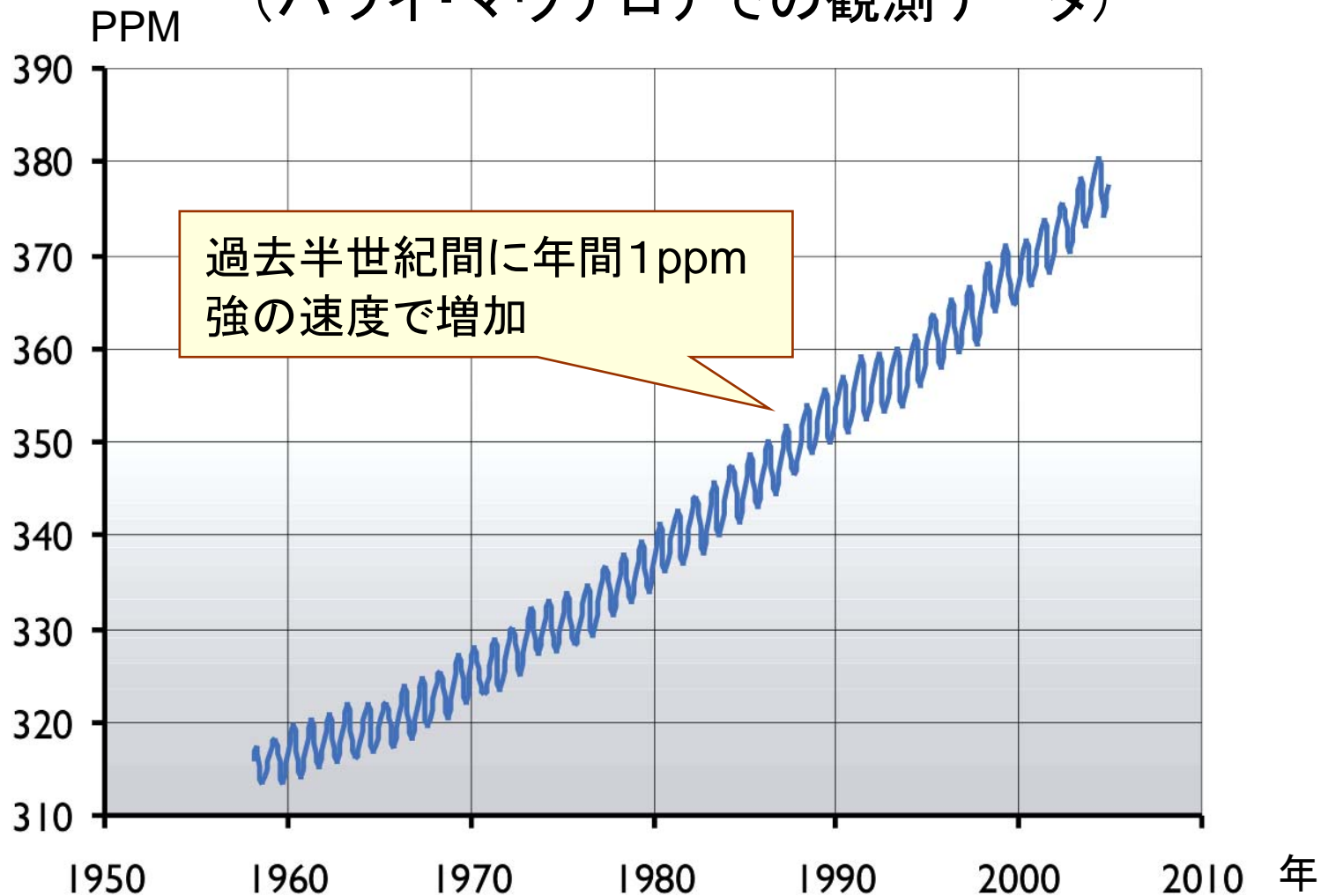
1. 過去140年間の平均地表気温の変動



出所: Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

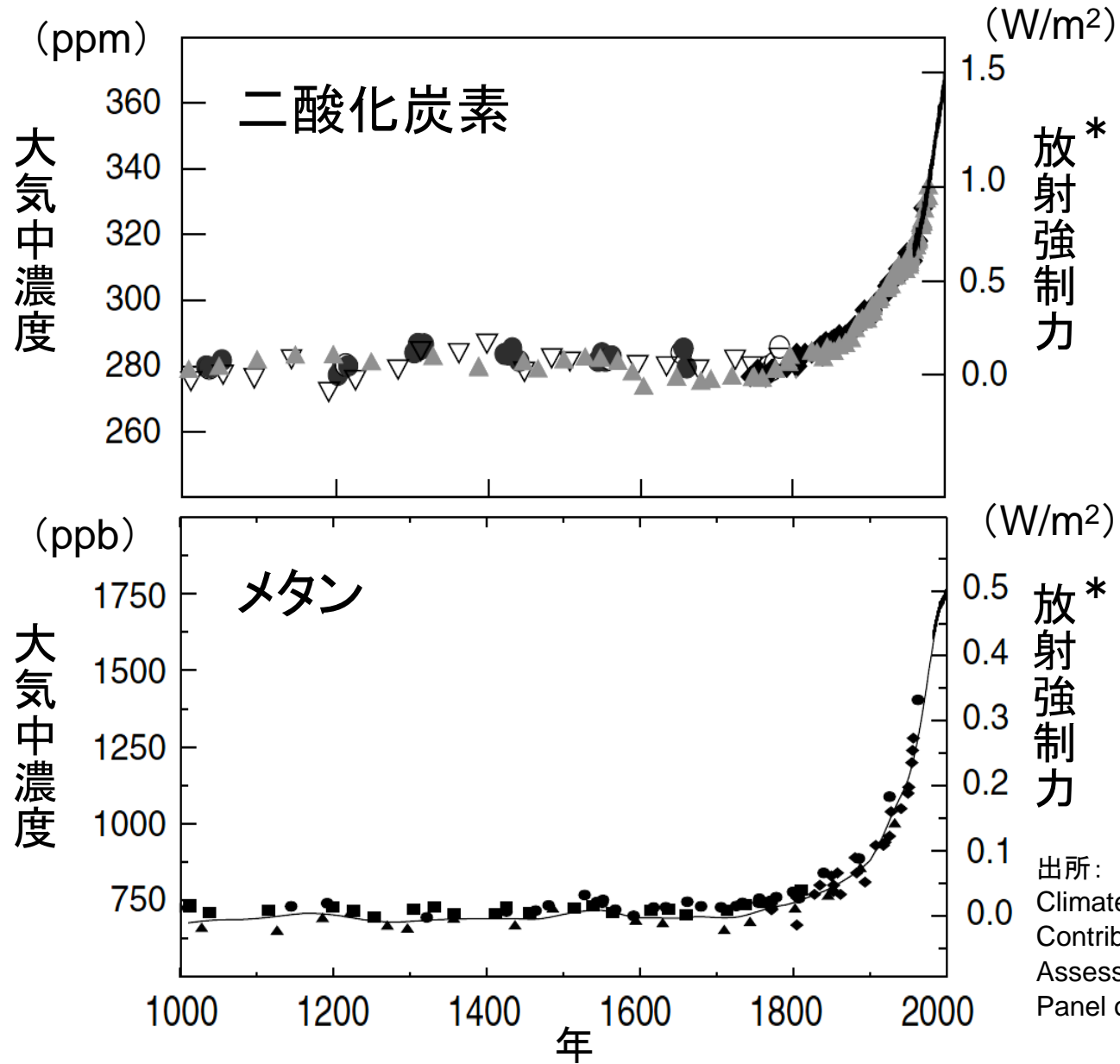
2. 二酸化炭素の大気中濃度の経年変化

(ハワイ・マウナロアでの観測データ)



出所: 米国オークリッジ国立研究所 (<http://mercury.ornl.gov/cdiac/>)

3. 二酸化炭素とメタンの大気中濃度の長期的変化

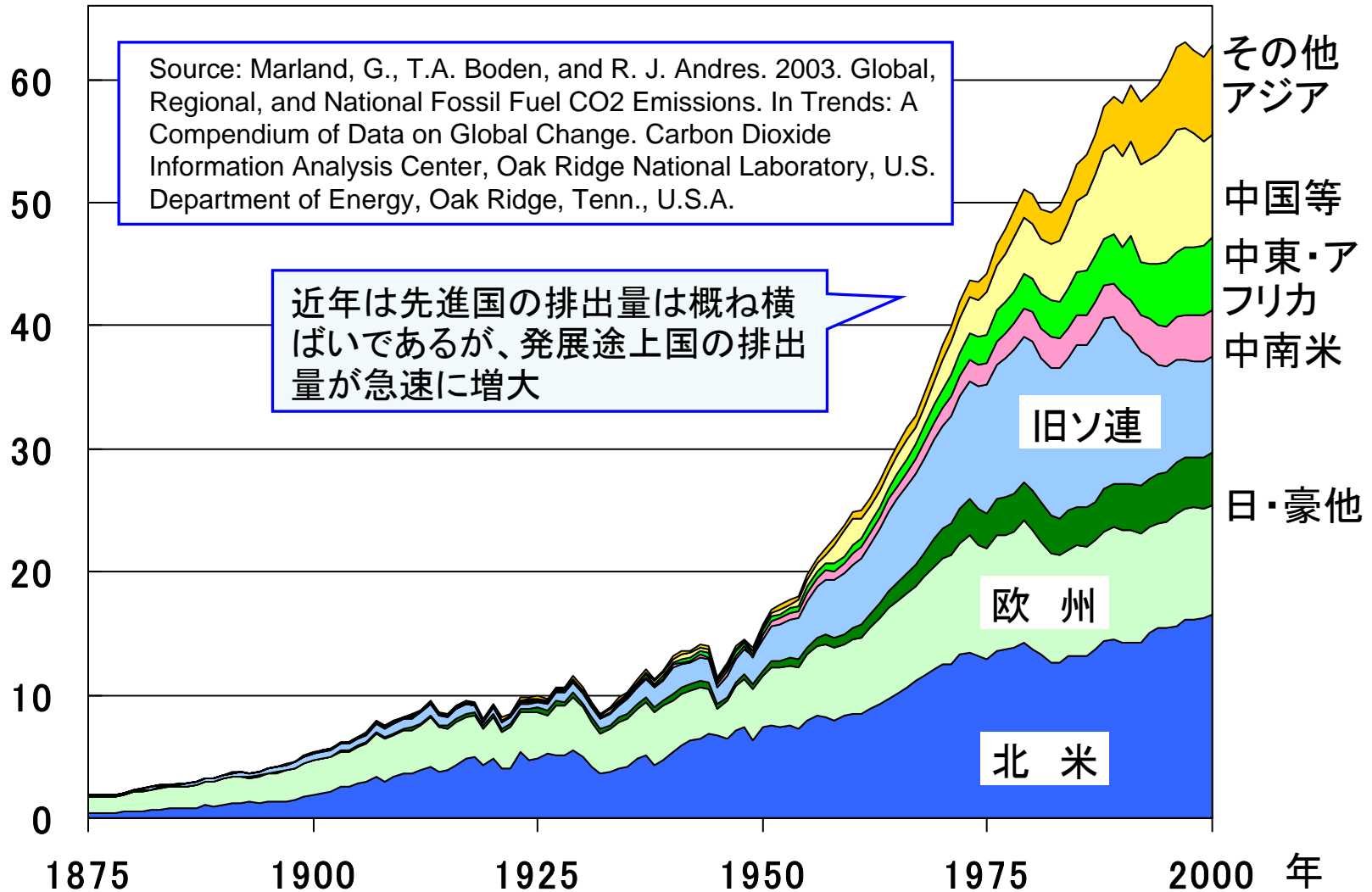


* 放射強制力とは
 地表と宇宙空間との間の熱エネルギー収支を変化させる力。ここでは産業革命前の水準からの濃度増加がもたらす効果が表示されている。
 なお、現在の地球の熱収支において、大気中の全温室効果ガスの放射強制力は $155 W/m^2$ であり、この約9割は水蒸気、残りの半分程度が CO_2 の寄与と推定されている。この効果によって地表気温は温室効果ガスがない場合(255K)に比べて33K上昇して、288K(15°C)に維持されている。

出所:
 Climate Change 2001: The Scientific Basis,
 Contribution of Working Group I to the Third
 Assessment Report of the Intergovernmental
 Panel on Climate Change

4. 世界の地域別CO₂排出量 (1875年～2000年)

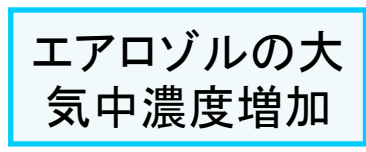
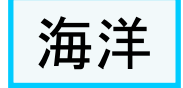
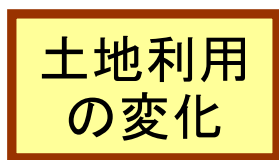
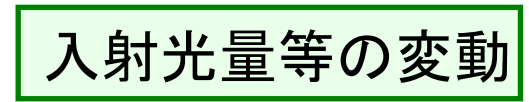
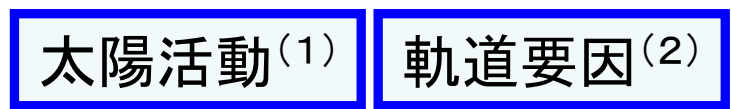
億トン(炭素換算)



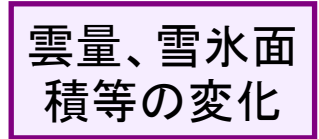
5. 地球温暖化の基本的なメカニズム

(1) 太陽活動: 放射強度(赤外線~紫外線)、黒点数、活動周期の変化等に起因して入射光量の変動、その他間接的な気候影響が発生。

(2) 軌道要因: 離心率、近日点の位置、地軸の傾き等の変化に起因して入射光量が増減(ミランコビッチサイクルと呼ばれ2~10万年周期)。

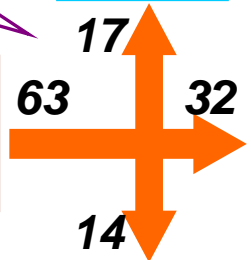


このフィードバック効果の影響は現時点ではきわめて不明確



海洋の影響:
・大きな熱慣性を持ち、地表気温の変化速度を緩和。
・表層と中深層との間で年数百億トン規模のCO₂交換。

海洋と大気は年間900億トン、陸地と大気は年間1200億トンのCO₂を交換していると推定されている。

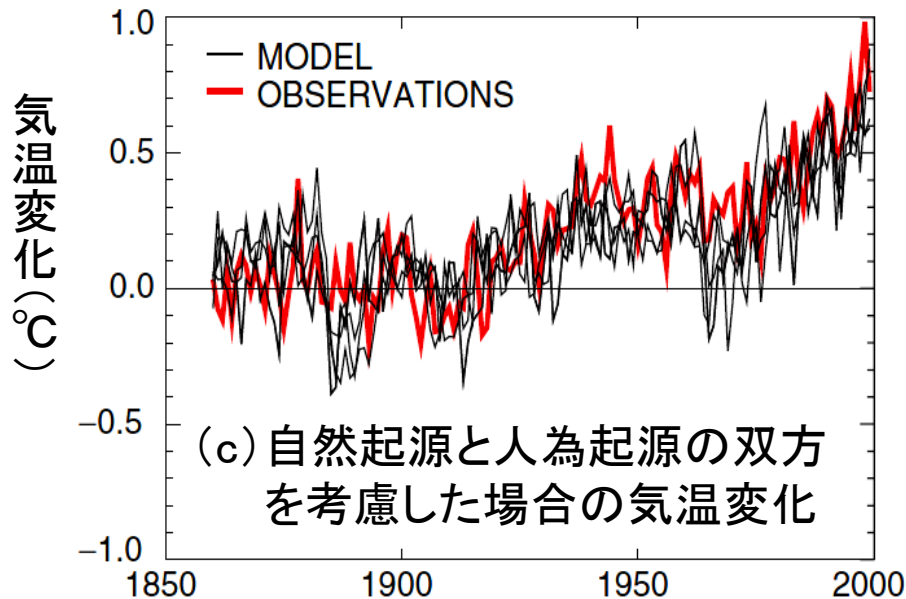
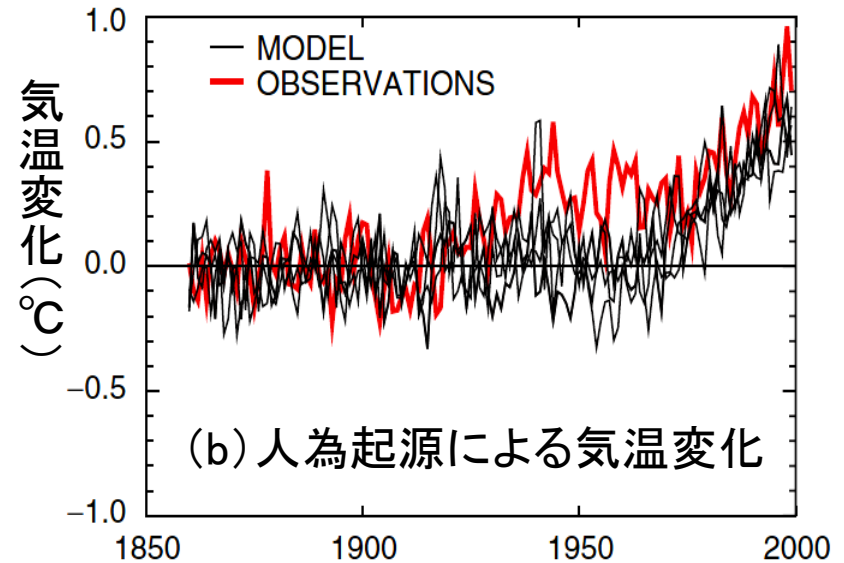
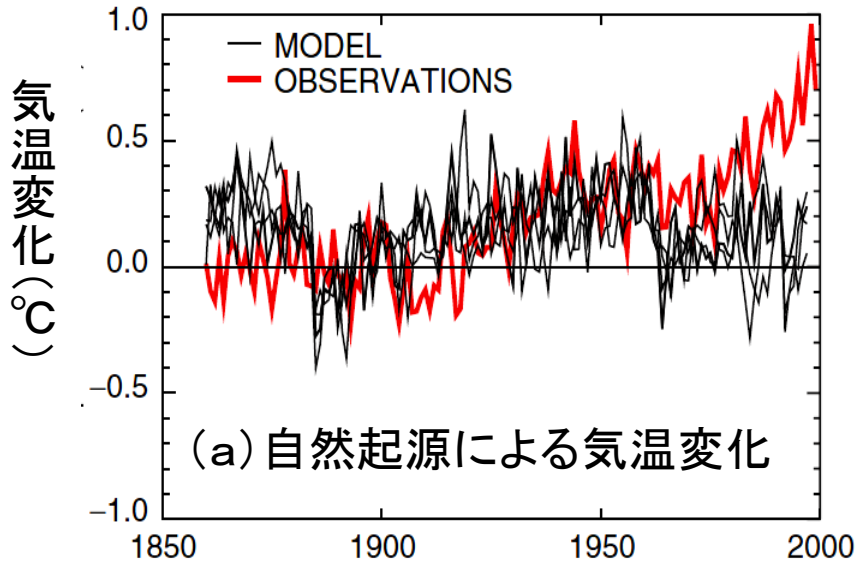


大気中CO₂総量は7300億トン

* GHG: 温室効果ガス(CO₂、メタン、N₂O、フロンなど)

6. モデル分析による気温変化の要因の確認

(気候変動政府間パネル(IPCC)第3次評価報告書より)



モデルによるこのシミュレーション結果は、第3次評価結果(近年の温暖化のほとんどは人間活動によるもの)の主要な論拠の一つ。

出所:

Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

7. IPCC第3次評価における科学的知見の評価

総合所見	近年に得られた、より確かな証拠によると、最近50年間に観測された温暖化のほとんどは人間活動によるものである。	
温暖化の程度	過去100年	今後100年
気温上昇	0.4～0.8 °C	1.4～5.8 °C
海面上昇	10～20 cm	9～88 cm



- ・ 今後100年の間には、過去100年の少なくとも2倍程度の温度上昇が起こると予想。
- ・ 人間活動、生態系などへの深刻な影響を緩和するためには、CO₂等の温室効果ガス排出量の削減を含む総合的対策が必要。

8. 気候変動に関する国際的取組

年	主要国際会議	IPCC	国連枠組条約(UNFCCC)
1988	UNEPTロント会議	設立	
1989			
1990	第2回世界気候会議	第1次報告	交渉開始
1991			
1992	国連環境開発会議 (地球サミット、リオ)		枠組条約の採択
1993			
1994			枠組条約の発効
1995		第2次報告	COP-1(ベルリン)
1996			COP-2(ジュネーブ)
1997	国連環境特別総会		COP-3(京都)、京都議定書の採択
1998			COP-4(ブエノスアイレス)
1999			COP-5(ボン)
2000			COP-6(ハーグ)
2001		第3次報告	COP-7(マラケシュ、CDM・遵守規定等合意)
2002	国連環境開発会議		COP-8(ニューデリー)
2003			COP-9(ミラノ)
2004			COP-10(ブエノスアイレス)
2005			京都議定書の発効 COP-11, COP/MOP-1(モントリオール)

9. 気候変動国連枠組条約 (UNFCCC)

発効 : 1994年3月

調印国 : 188カ国及び欧州連合 (2005年5月時点)

目的 : 気候に危険な人為的影響を及ぼさない水準において、温室効果ガスの大気中濃度を安定化させる

各国の義務:

- 数量目標と政策・措置
- 排出と吸収の目録作成、通報とレビュー
- 技術の開発と普及、情報交換、国際協力
- 途上国支援 (資金提供、技術移転)

その他 : 毎年開催する締約国会議 (COP) において締約国の義務等に関する検討、決定を行う

10. 京都議定書の要点

- 対象ガス : CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆
- 対象機関 : 2008年～2012年の5年間
- 数量目標 : 6種類ガスの合計(CO₂換算)で少なくとも5%削減
 (日本 : - 6%, 米国 : - 7%, EU : - 8%)
 (基準年 = 1990年 (CO₂, CH₄, N₂O))
 (1995年 (HFCs, PFCs, SF₆))
- その他 : - 附属書 I 国間での共同実施を認める
 - 附属書 I 国間での排出権取引を認める
 - クリーン開発メカニズム(CDM)を導入する
 - バンキング(超過削減量の繰越)を認める
 (附属書 I 国:OECDと旧ソ連・東欧諸国)

◆京都議定書批准状況(2006年1月18日現在)

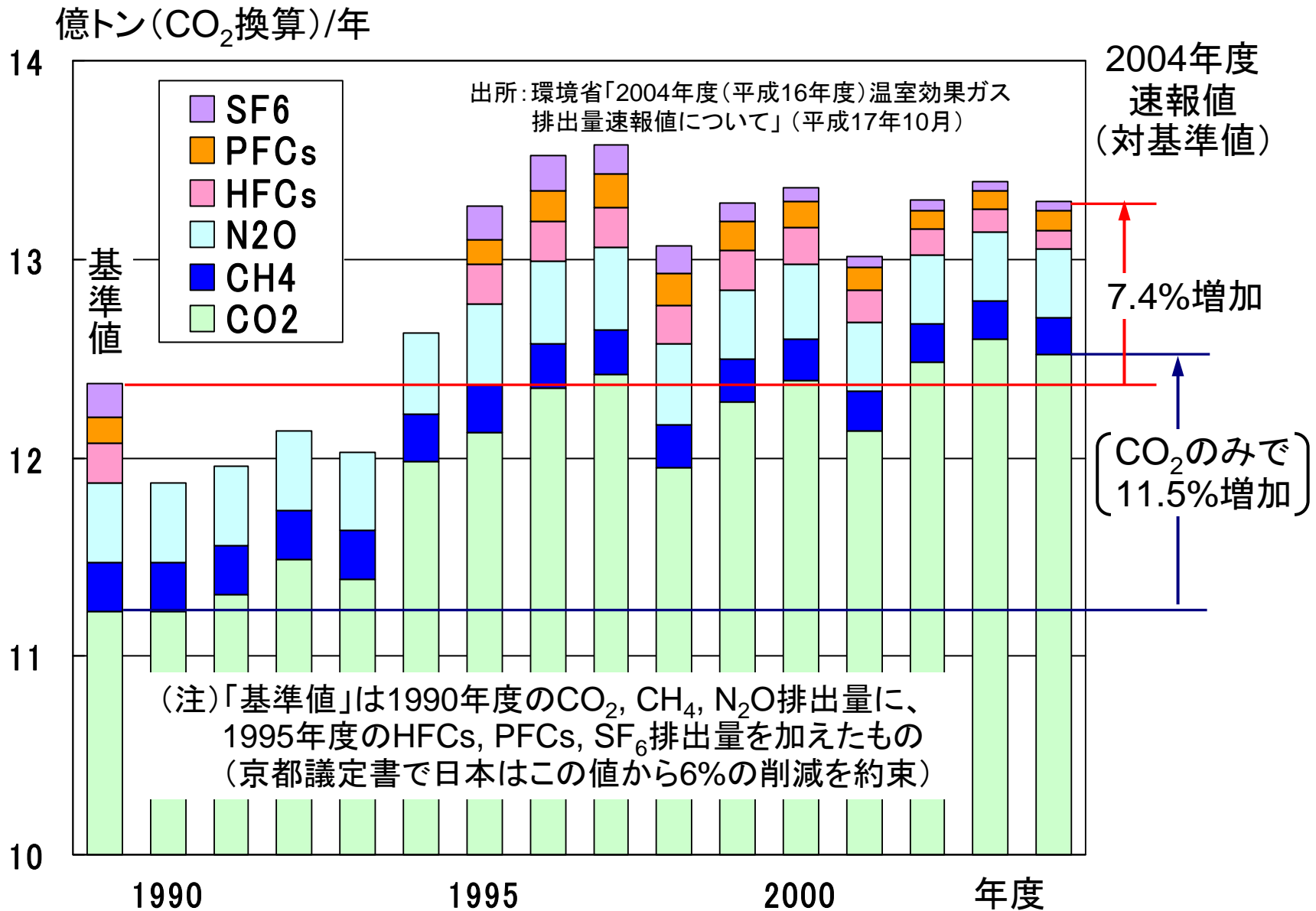
- ・ 京都議定書は2005年2月16日に正式発効。
- ・ 批准国は158ヶ国に達し、批准手続きを済ませた附属書 I 締約国の1990年のCO₂排出量は附属書 I 締約国全体の61.6%。
- ・ 未批准の附属書 I 国は米国、オーストラリア、トルコ、クロアチア、モナコ。

11. わが国の京都議定書削減目標の達成方針

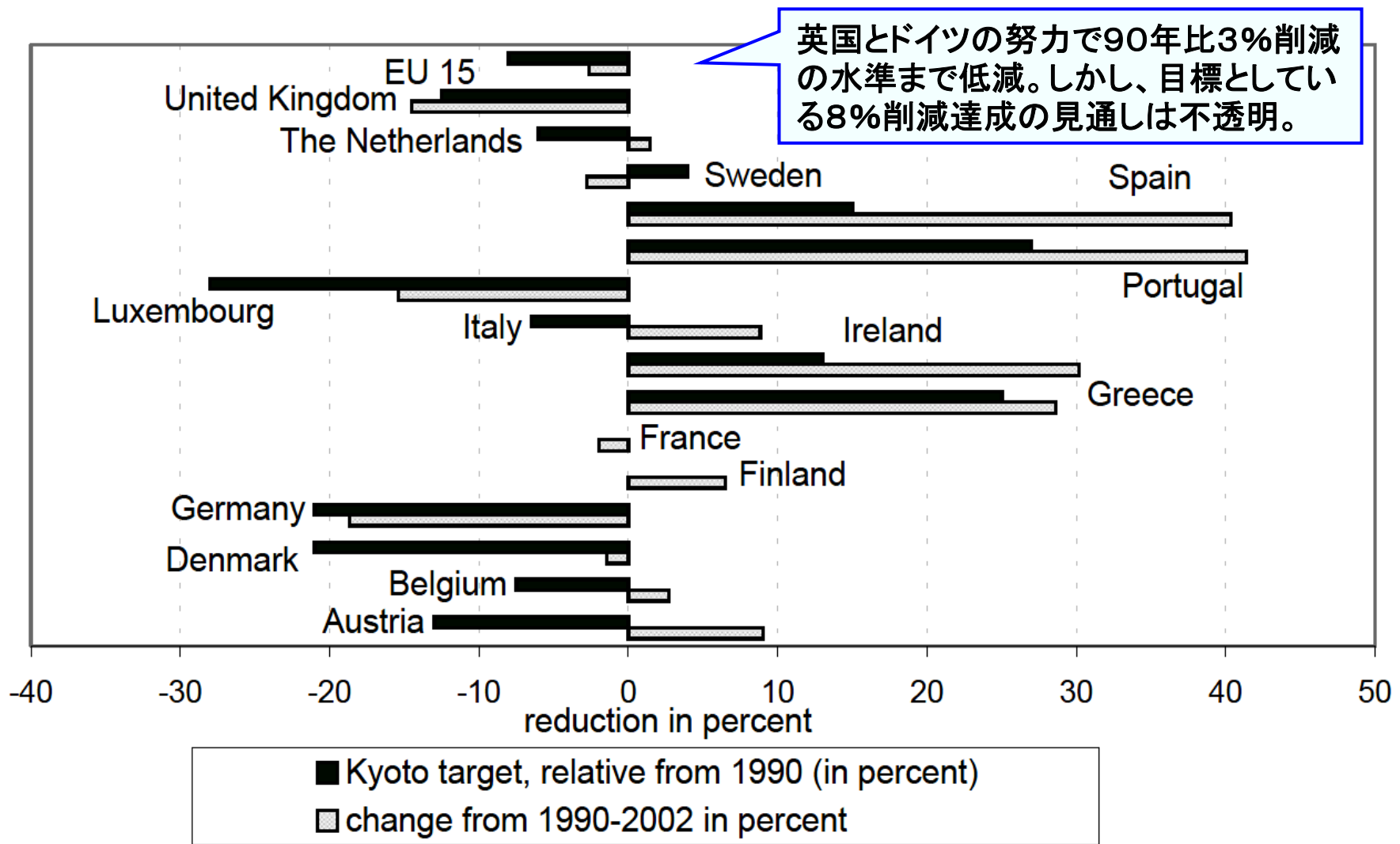
(「地球温暖化対策推進大綱」(平成14年3月19日決定)による方針)

- ① エネルギー起源CO₂: ±0% (1990年度と同水準に抑制)
(省エネで2200万t、新エネで3400万t、燃料転換で1800万tの各追加対策、及び原子力の推進)
- ② 非エネルギー起源CO₂, CH₄, N₂O: 0.5%削減
- ③ 革新的技術開発及び国民各界各層の更なる地球温暖化防止活動の推進: 2.0%削減
(革新的技術開発: 省エネ型新製鉄プロセス、同新規化学プロセス、自動車軽量化用材料開発、低消費電力型電子機器など
更なる活動推進: 白熱灯の電球型蛍光灯への取り替え、夜間屋外照明の上方光束のカット、冷蔵庫の効率的な使用など)
- ④ 代替フロン等3ガス(HFCs, PFCs, SF₆): 2%増加
(自然体で+5%を+2%程度の影響に止めることを目標)
- ⑤ 吸収量の確保: 3.9%削減
(COP-7で合意された-3.9%程度の吸収量の確保を目標)

12. 日本の温室効果ガス排出量の推移



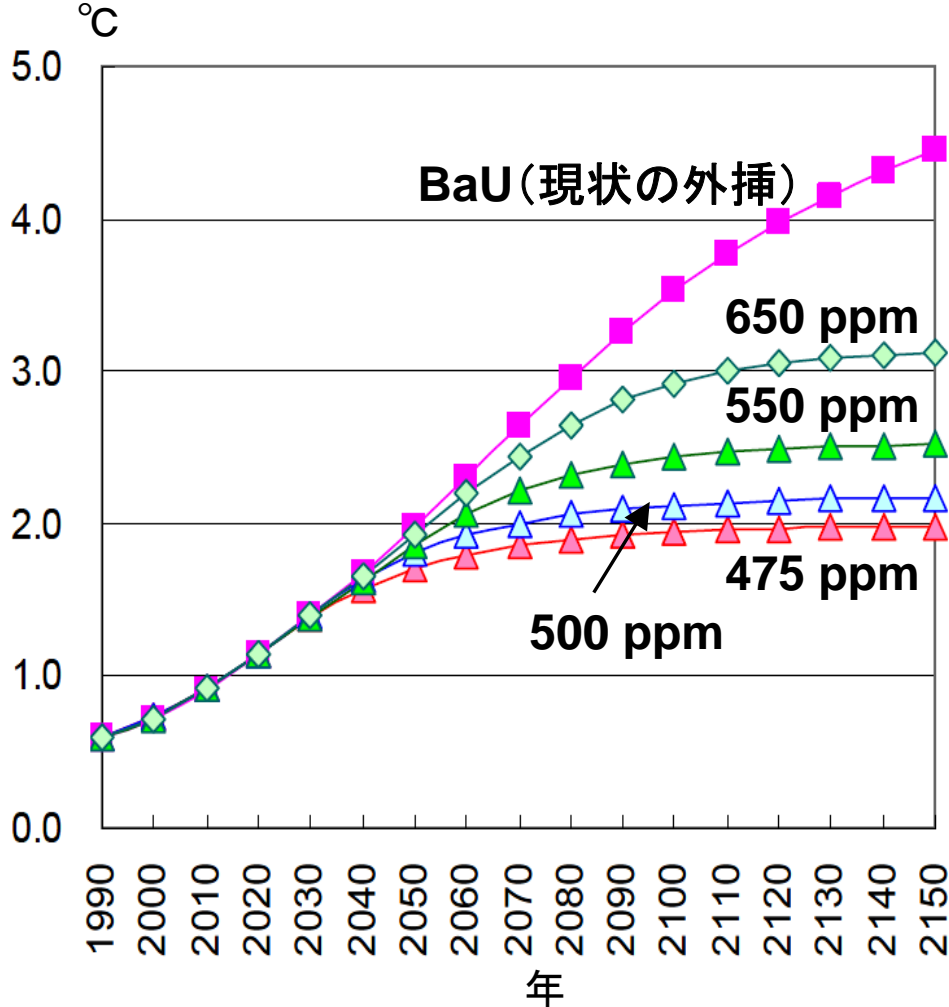
13. EU15カ国の排出量目標と2002年の排出量 (1990年からの変化率)



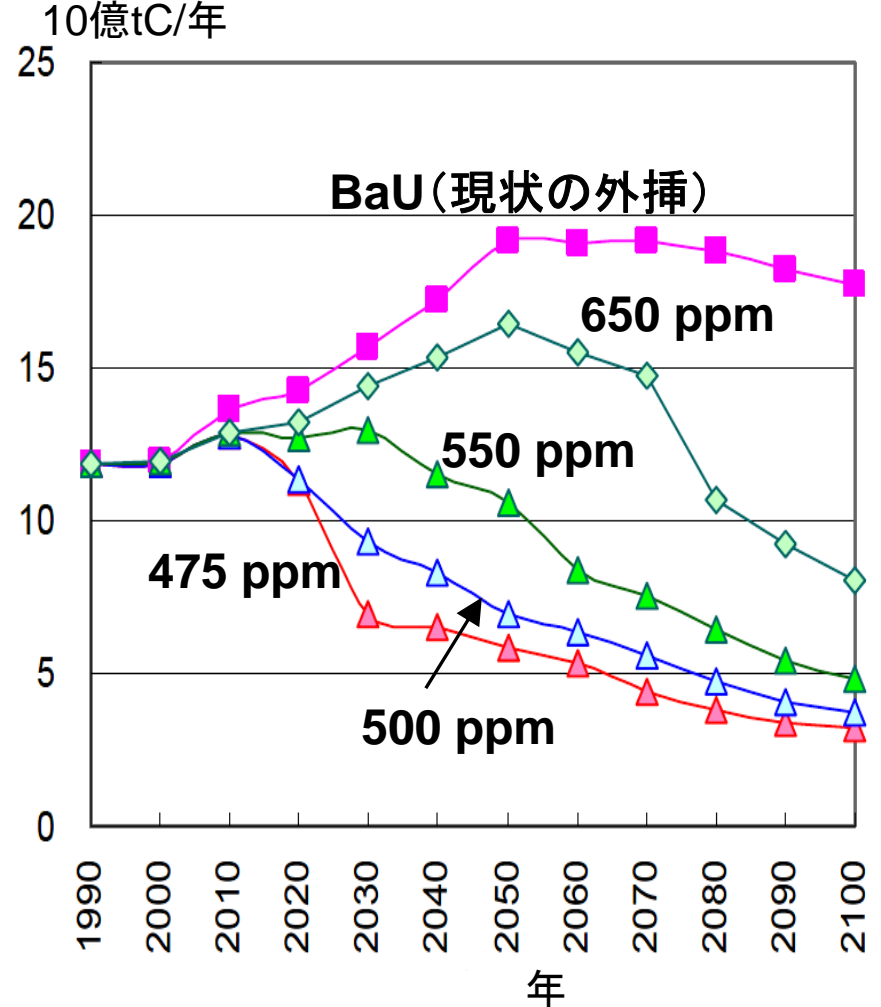
出所: The role of CDM and JI for fulfilling the European Kyoto commitments, Helen Lückge and Sonja Peterson, Kiel Institute for World Economics Duesternbrooker Weg 120 24105 Kiel (Germany), Nov. 2004

14. 温室効果ガス(GHG)濃度の各種安定化水準における 気温上昇とそれを達成するための将来排出量

気温上昇(1990年=0.6°C)



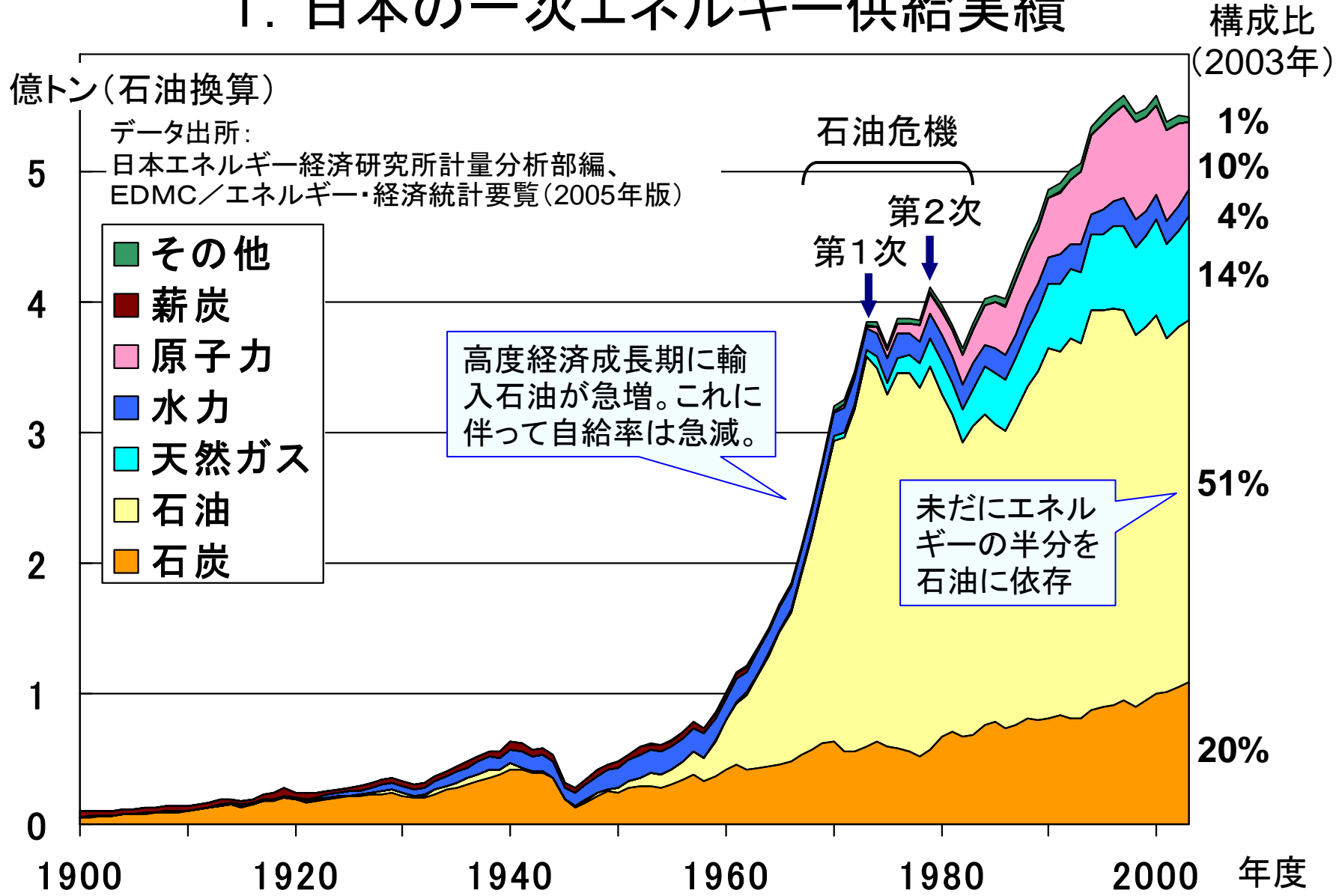
世界のGHG総排出量



出所: 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)

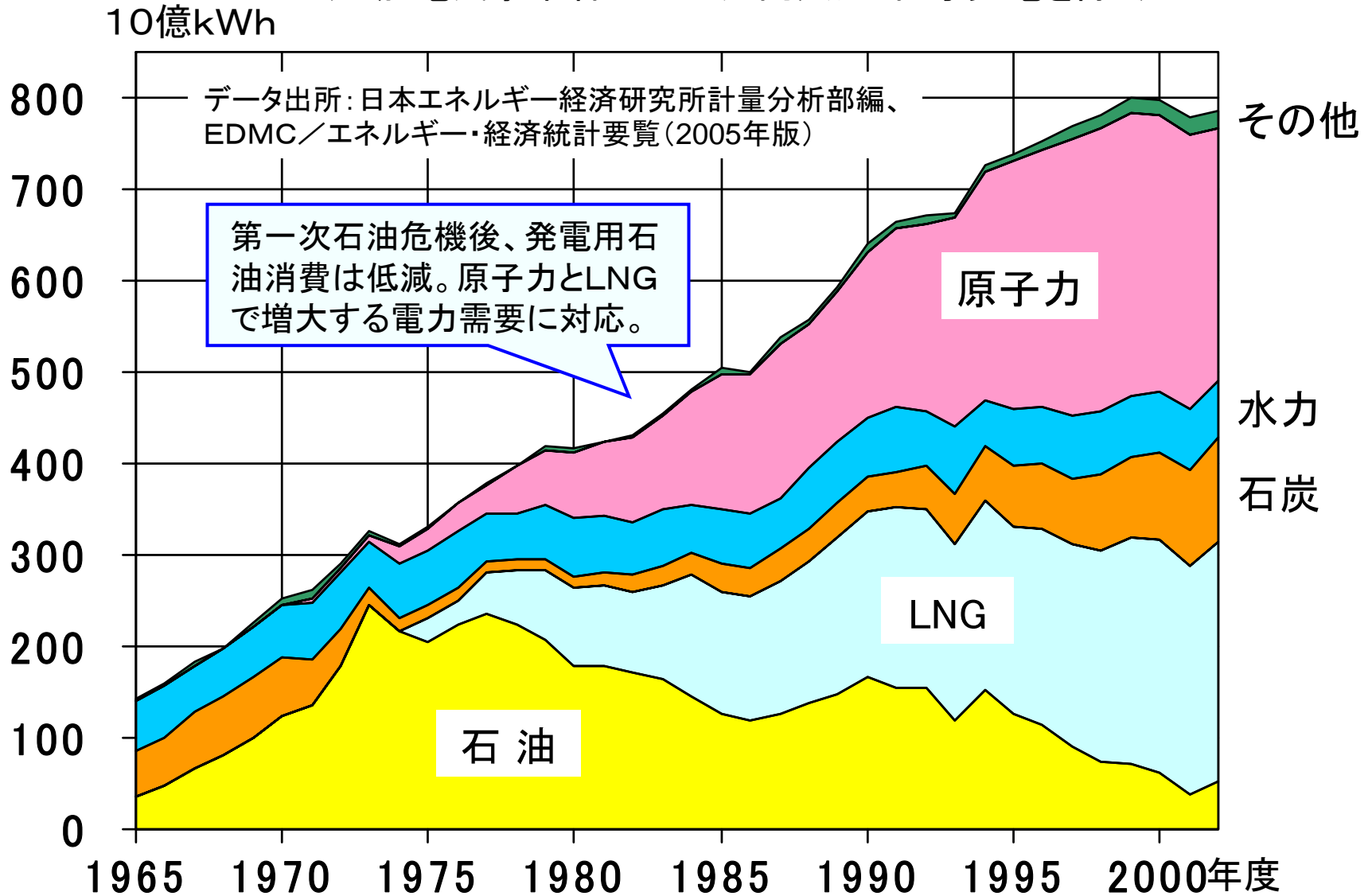
V. 日本のエネルギー需給動向

1. 日本の一次エネルギー供給実績



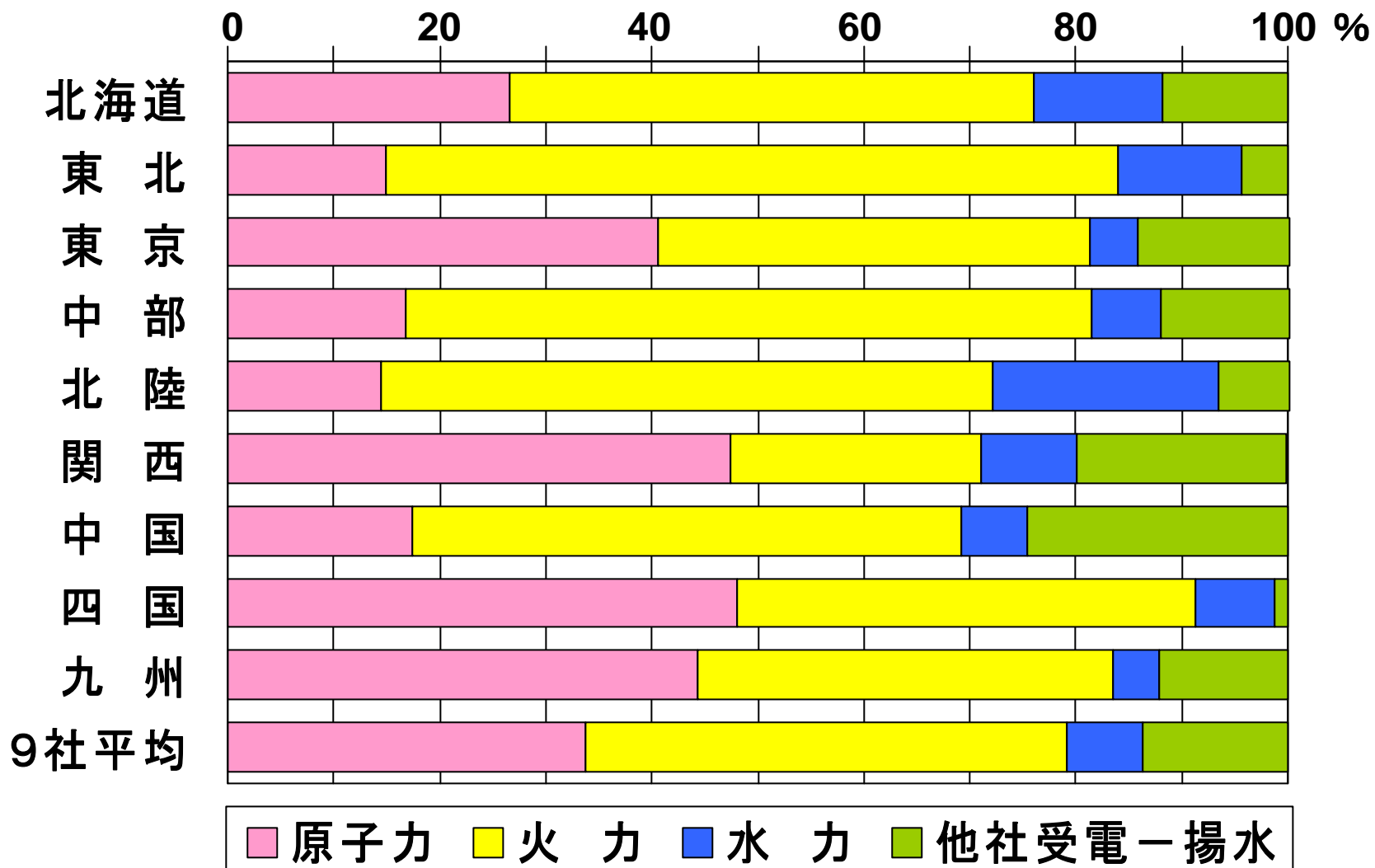
2. 日本の電源別発電電力量の推移

(一般電気事業者のみー共同火力・自家発電を除く)



3. 九電力会社の発受電量の構成(2001年度)

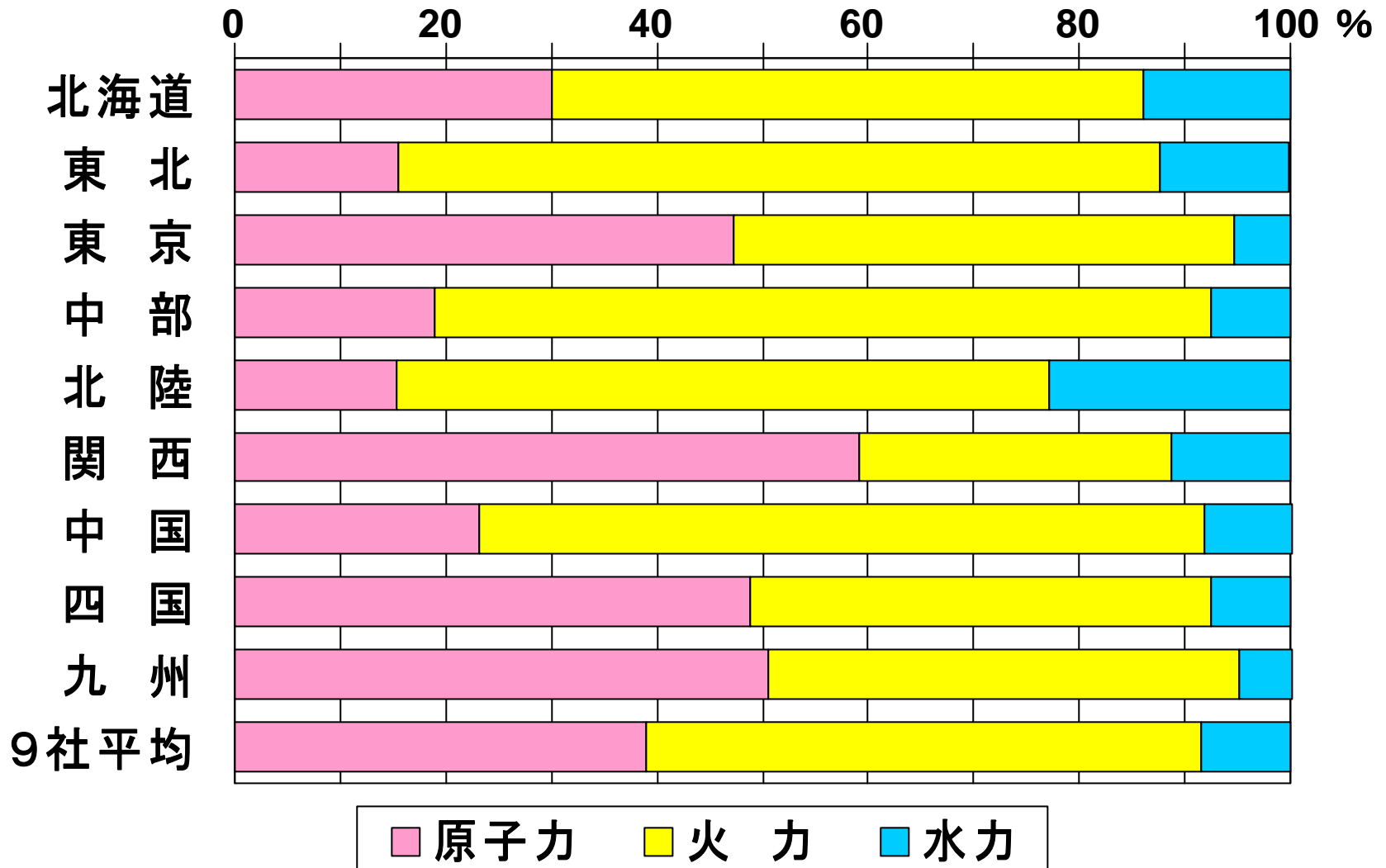
(注)原子力発電設備容量:45GWe, 同設備利用率:80.5%(含日本原電)



出所:電気事業連合会「2001年度の発受電速報」(2002年4月15日)

4. 九電力会社の発電電力量の構成(2001年度)

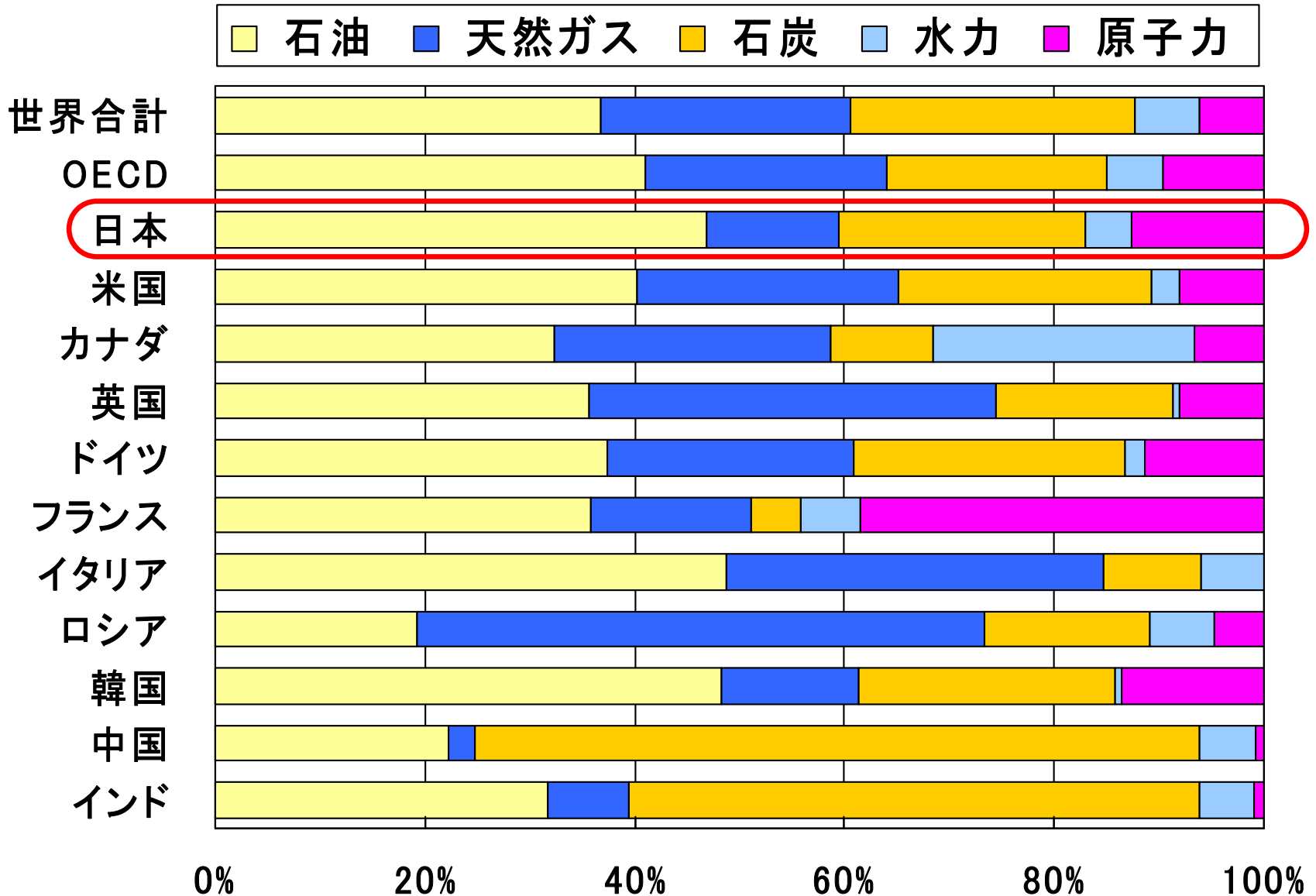
(注)原子力発電設備容量:45GWe, 同設備利用率:80.5%(含日本原電)



出所:電気事業連合会「2001年度の発電電力量速報」(2002年4月15日)

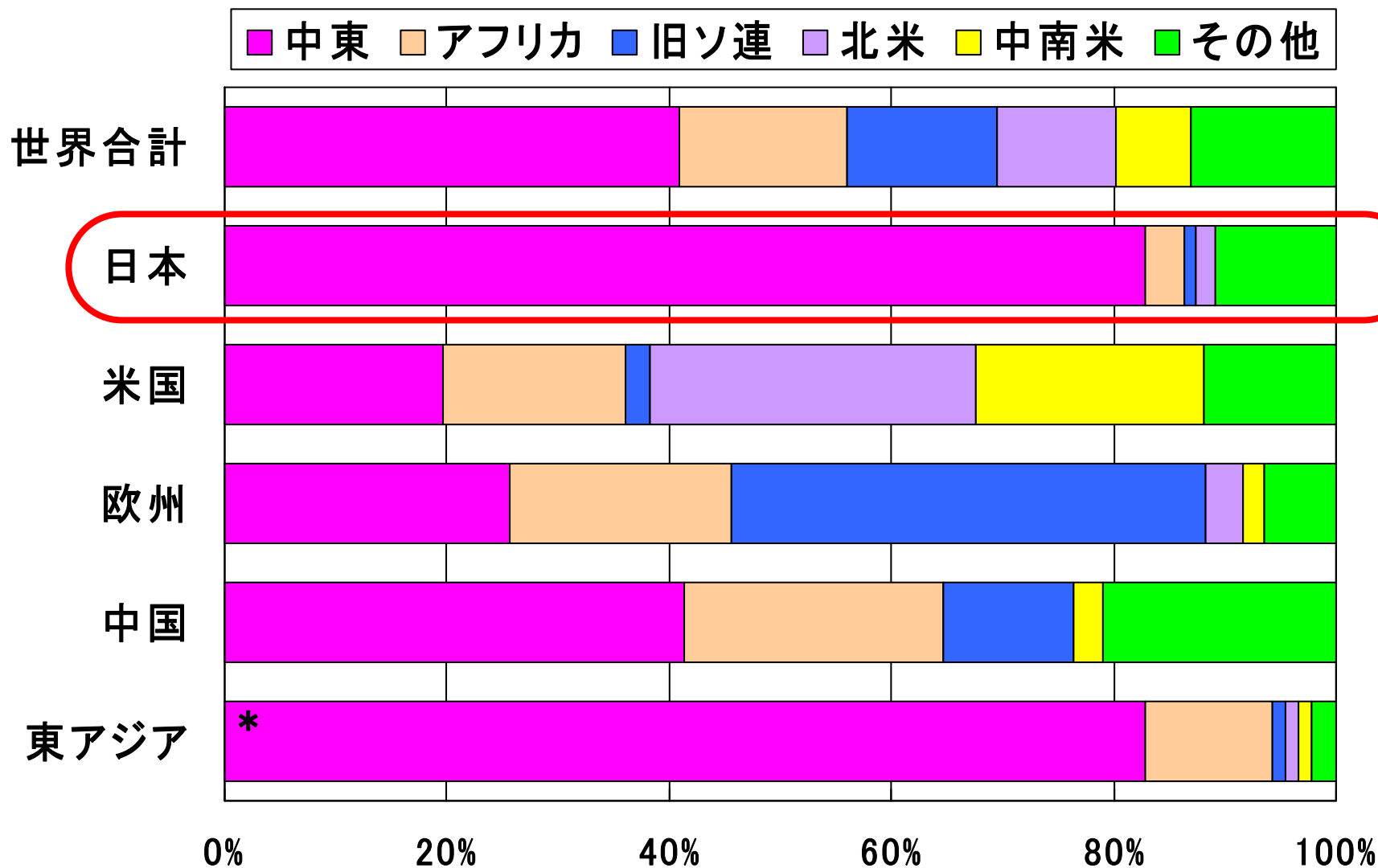
5. 主要国の一次エネルギー構成

(2004年値, BP Statistical Review of World Energy June 2005 のデータを基に作成)



6. 石油輸入の地域別構成

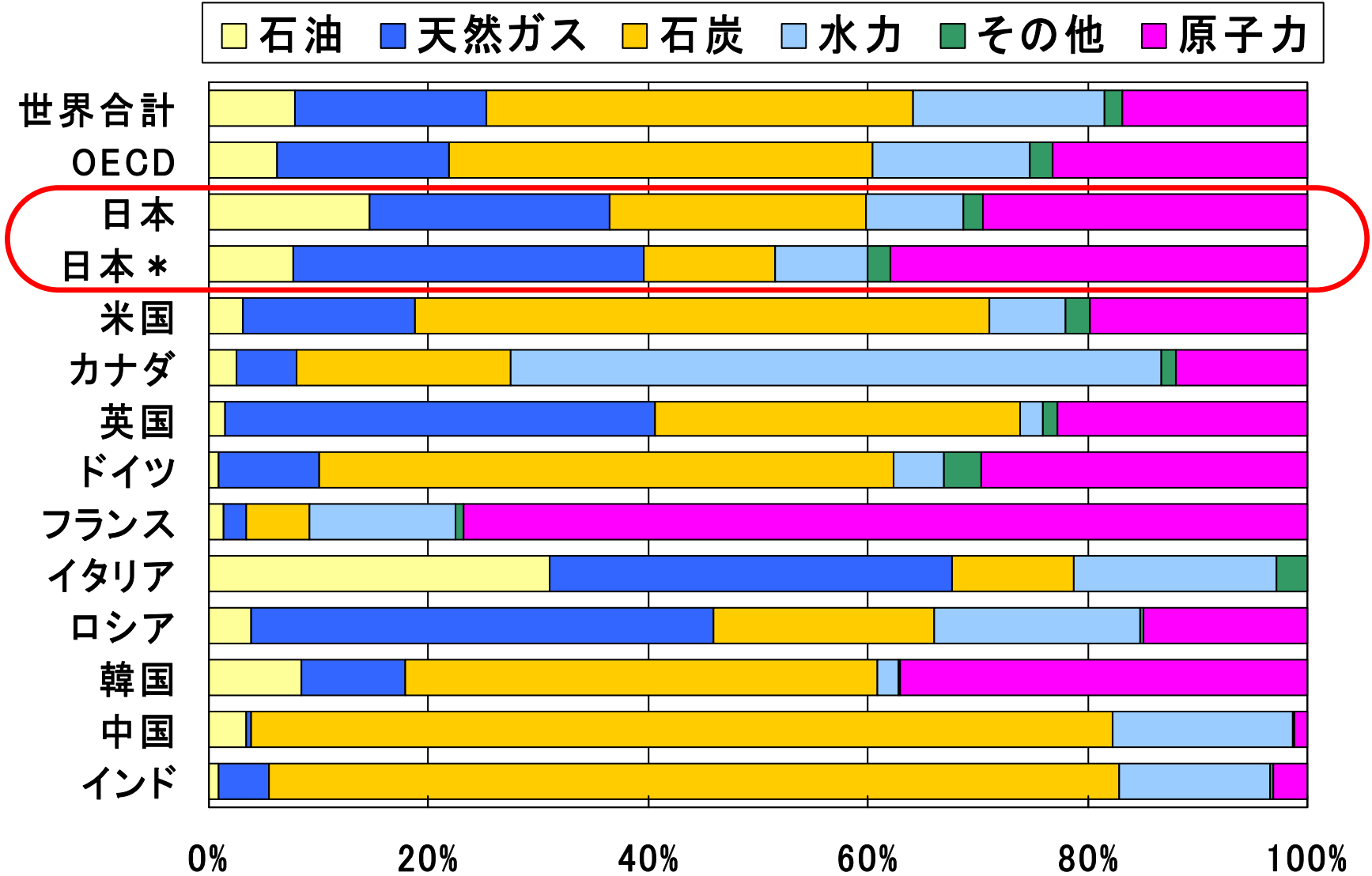
(2004年値, BP Statistical Review of World Energy June 2005 のデータを基に作成)



* 日本と中国を除く

7. 発電量の電源別構成

(2000年値, IEA Statistics – Electricity Information 2002 のデータを基に作成)



*一般電気事業者のみ

VI. 日本のエネルギー政策と課題

1. エネルギー政策基本法と基本計画

エネルギー政策基本法(平成14年6月14日公布)

- ◇基本方針: 安定供給確保、環境への適合、市場原理の活用
- ◇各主体の役割分担: 国、地方公共団体、事業者、国民、相互協力
- ◇エネルギー基本計画の策定: 10年程度を見通して、エネルギーの需給全体に関する施策の基本的な方向性を定性的に示すもの(少なくとも3年ごとに検討)



エネルギー基本計画(平成15年10月)

1. 基本方針

- ◇安定供給: 省エネ、石油供給安定下、エネルギー源多様化、安全確保
- ◇環境適合: 省エネ、非化石エネルギー利用、化石燃料利用の改善、循環型社会
- ◇市場原理の活用: 上記2点を考慮の上、エネルギー市場の制度改革を推進

2. 長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

- ◇需要対策の推進: 省エネ(民生、運輸、産業、横断的)、負荷平準化対策
- ◇多様なエネルギーの開発、導入及び利用: 原子力、新エネ、ガス体、石炭
- ◇石油の安定供給の確保等に向けた取組: 備蓄、総合的資源戦略、産業基盤
- ◇電気事業制度・ガス事業制度の在り方: 制度運用の在り方、信頼性の向上
- ◇長期展望を踏まえた取組: 分散型システム構築、水素エネルギー社会への取組

3. 重点的に研究開発施策を講ずべきエネルギー技術

- ◇エネルギー技術開発の意義と国の関与の在り方
- ◇重点的施策を講ずべきエネルギー技術とその施策
 - －原子力(原文の主要部分を抜粋):

①安全関係、②核燃料サイクル、③軽水炉関係の研究開発を重点的に実施する。
安全対策については、安全規制の実効性向上を目指した検査技術や手法の高度化を図る。核燃料サイクル技術については、原子力の長期安定利用に向け、高速増殖原型炉「もんじゅ」の研究開発や放射性廃棄物処分の研究開発等を含め我が国における核燃料サイクルの早期の確立に必要な研究開発を行う。また、高度の経済性、安全性、核拡散抵抗性等の特徴を有する次世代の核燃料サイクルの確立に向けた研究開発を行う。軽水炉関係技術については、今後実用化される技術の発掘、確立等に重点化した研究開発を行う。

- －電力：高効率ガスタービン、分散型電力と調和したネットワーク、電力貯蔵
- －新エネルギー：水素／燃料電池(自動車、定置型)、太陽光発電、バイオマス
- －省エネルギー：波及効果、投資効果の高い技術開発
- －石油：低硫黄燃料、石油残さ油有効利用、石油資源開発・生産技術
- －ガス体エネルギー：GTL、DME製造技術開発、メタンハイドレート利用技術開発
- －石炭：クリーン・コール・テクノロジーの開発、石炭ガス化による燃焼効率向上
- －長期的視野で取り組むべき課題：核融合、宇宙太陽光利用等

4. 長期的、総合的かつ計画的に推進するために必要な事項

- ◇情報公開の推進・知識の普及／役割分担／際協力

2. 化石エネルギー利用技術の革新

2-1 火力発電プラントの性能向上

発電技術		送電端効率 (%)	建設費 (千円/kW)	設備容量 (GWe)
石炭	亜臨界圧汽力発電	35.9	220	1.4
	超臨界圧汽力発電	37.0	230	12.5
	超々臨界圧汽力発電	40.9	230	15.9
	加圧流動床複合発電	41.5	320	0.09
	IGCC*(1300°C級)	43.0	270	0
	IGCC*(1500°C級)	47.0	270	0
LNG	亜臨界圧汽力発電	35.9	190	8.0
	超臨界圧汽力発電	37.0	210	23.3
	超々臨界圧汽力発電	40.9	220	5.6
	複合サイクル(1100°C級)	40.6	230	4.7
	複合サイクル(1300°C級)	46.5	250	10.5
	複合サイクル(1500°C級)	50.5	250	0
原子力	軽水炉発電	34.5**	310	45.2

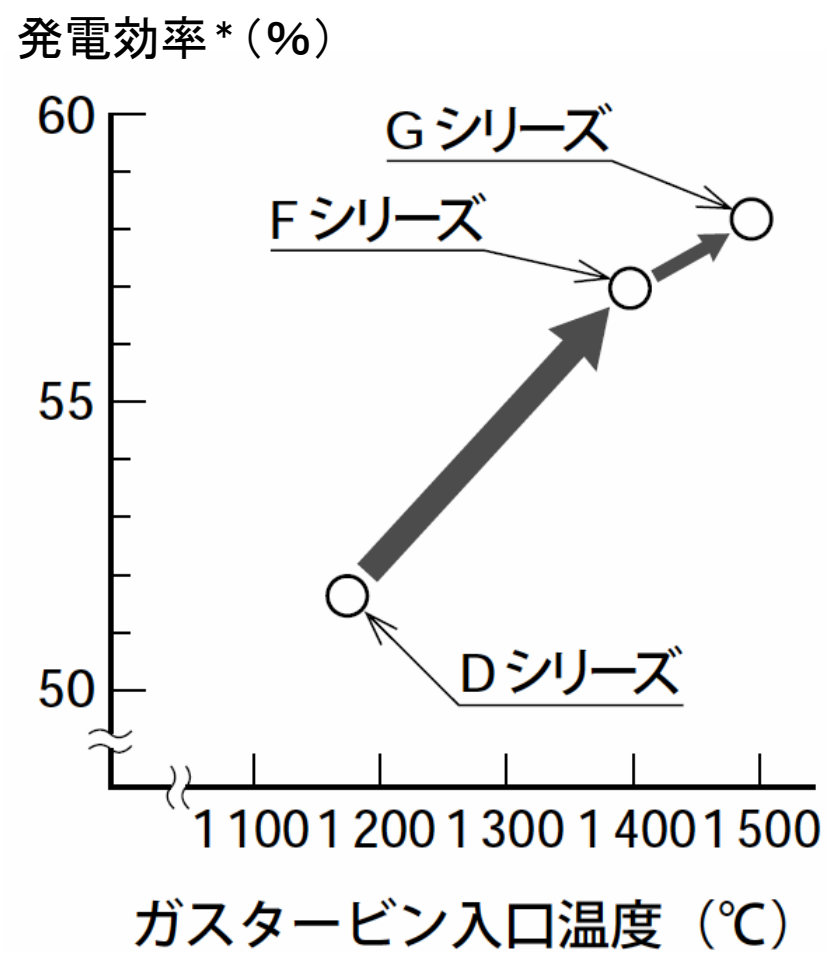
* ガス化複合サイクル発電

** 発電端効率を表示

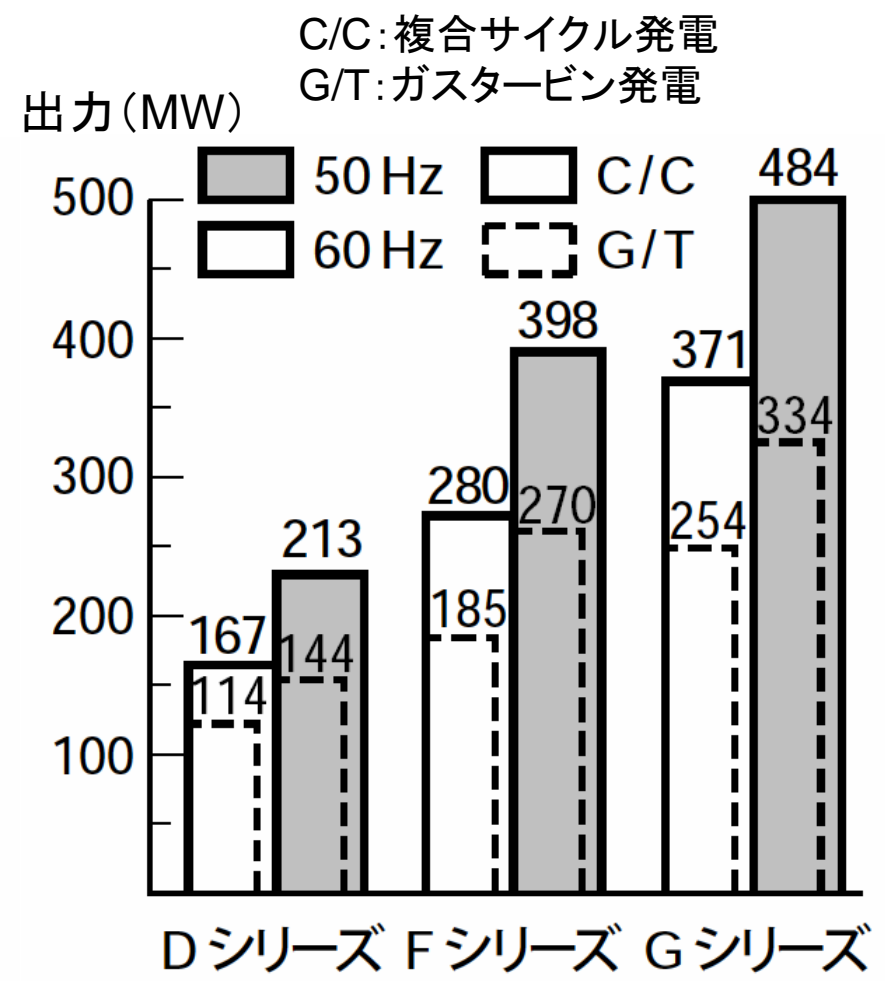
出所：新エネルギー・産業技術総合開発機構「エネルギー使用評価システムに関する調査」（平成15年3月）

2-2 ガスタービンの大容量・高効率化の変遷

* 低位発熱量での値



(a) 発電効率の変遷

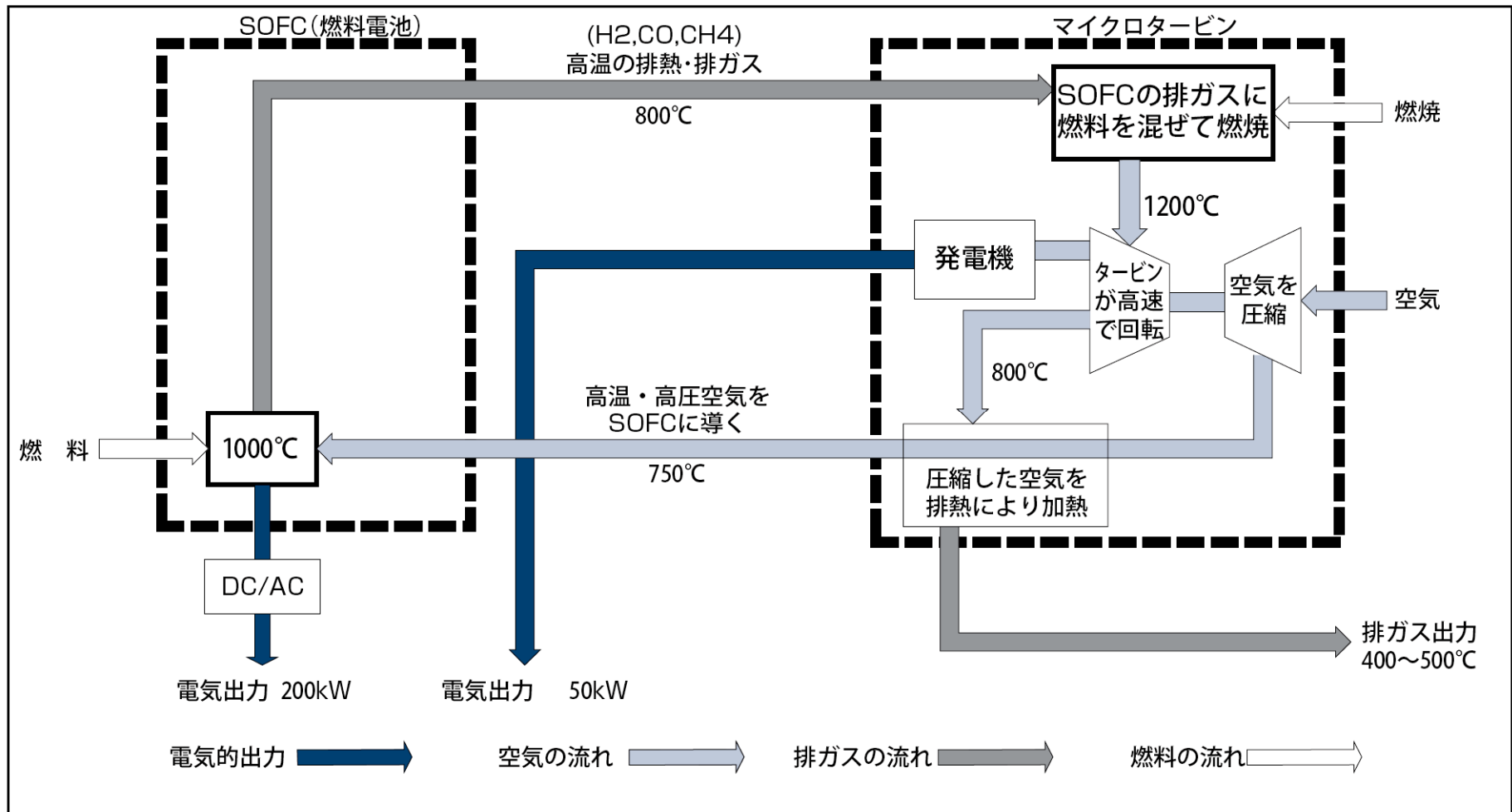


(b) 出力の変遷

2-3 代表的な燃料電池の特徴と性能

	リン酸型 (PAFC)	溶融炭酸塩型 (MCFC)	固体電解質型 (SOFC)	固体高分子型 (PEFC)
電解質	リン酸	炭酸塩	固体酸化物	イオン交換膜
作動温度	150~220℃	600~650℃	800~1000℃	~100℃
触媒	白金系	不要	不要	白金系
燃料	水素 (CO ₂ 含有可)	水素 一酸化炭素	水素 一酸化炭素	水素 (CO ₂ 含有可)
燃料源	天然ガス LPG等	天然ガス 石炭ガス化ガス	天然ガス 石炭ガス化ガス	天然ガス メタノール
発電効率	40~45%	45~60%	50~60%	(40~50%)
排熱利用	温水、蒸気	ガスタービン 蒸気タービン	ガスタービン 蒸気タービン	温水
用途	オンサイト・コー ジェネシシステム	オンサイト電源 事業用発電	オンサイト電源 事業用発電	家庭用等電源 FC自動車用
課題	安価な触媒開発 長寿命化・低コス ト化	耐食・耐熱材料 CO ₂ 循環系など 要素技術開発	耐熱材料開発 熱サイクルに対 する耐久性	白金使用量低減 材料の高性能化 と長寿命化

2-4 燃料電池&マイクロガスタービンハイブリッドシステム

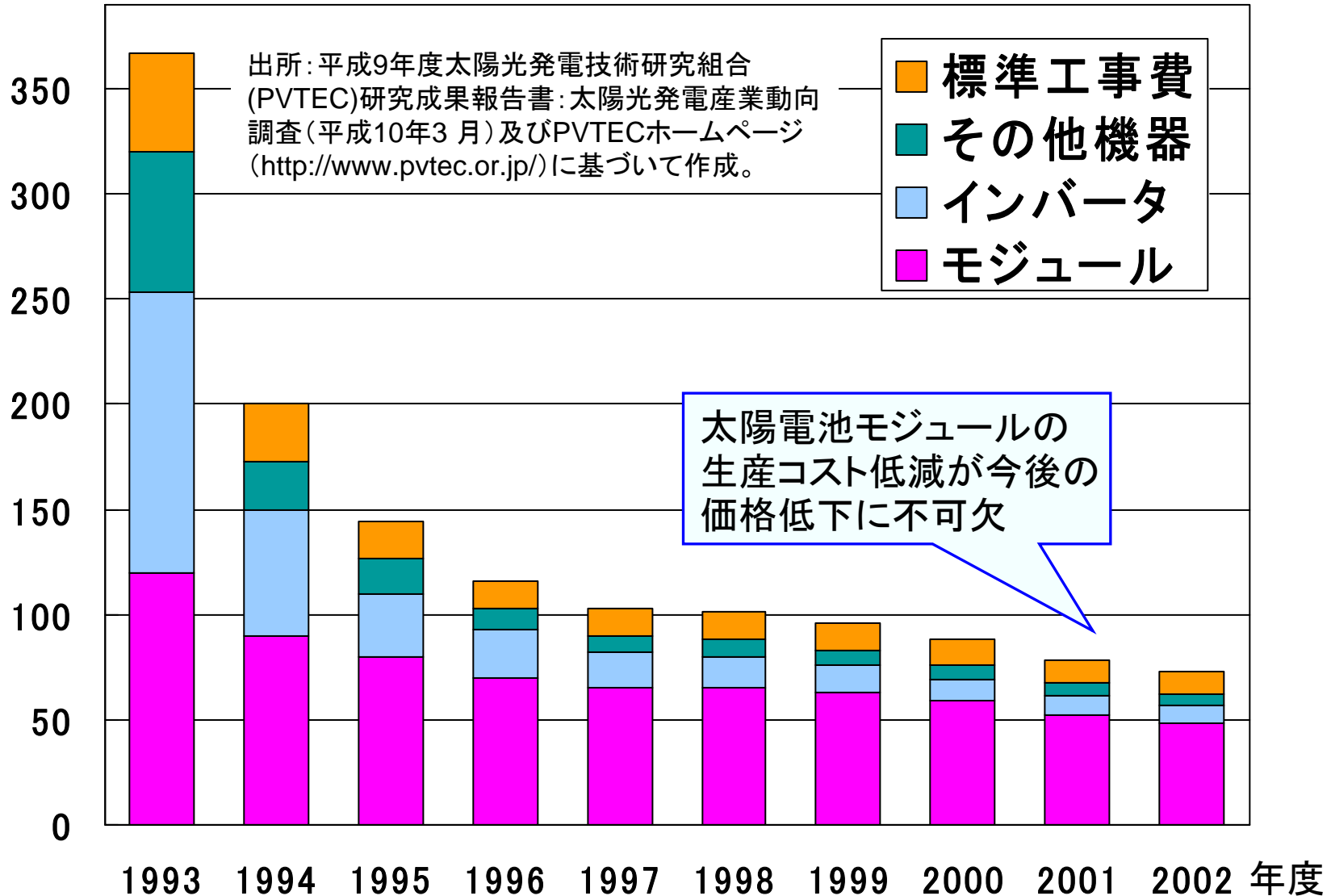


燃料電池&マイクロガスタービンのハイブリッドシステムでは、1,000°C程度に及ぶ高温作動の固体電解質型燃料電池(SOFC)からの排熱をさらにマイクロガスタービン(MGT)の熱源として用いることにより、トータルの発電効率が理論的には70%にも達する。

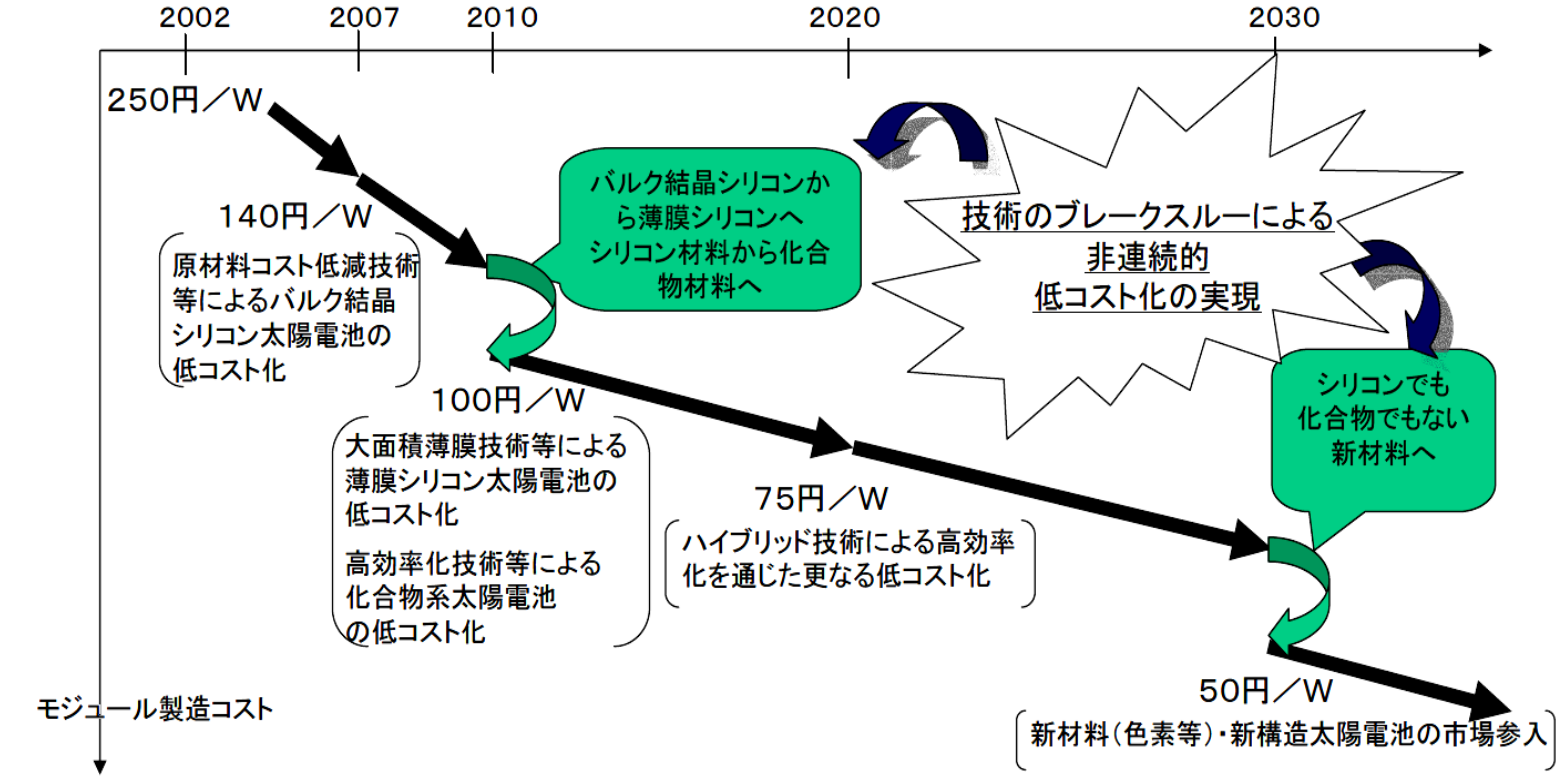
3. 再生可能エネルギーの利用拡大

3-1 住宅用太陽光発電システムの価格の推移

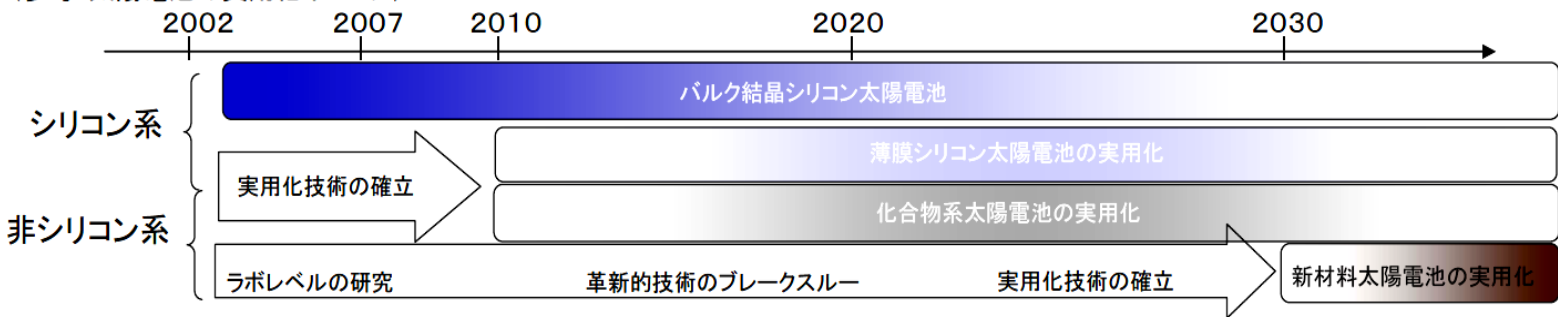
万円/kWe



3-2 住宅用太陽光発電システムの価格の推移



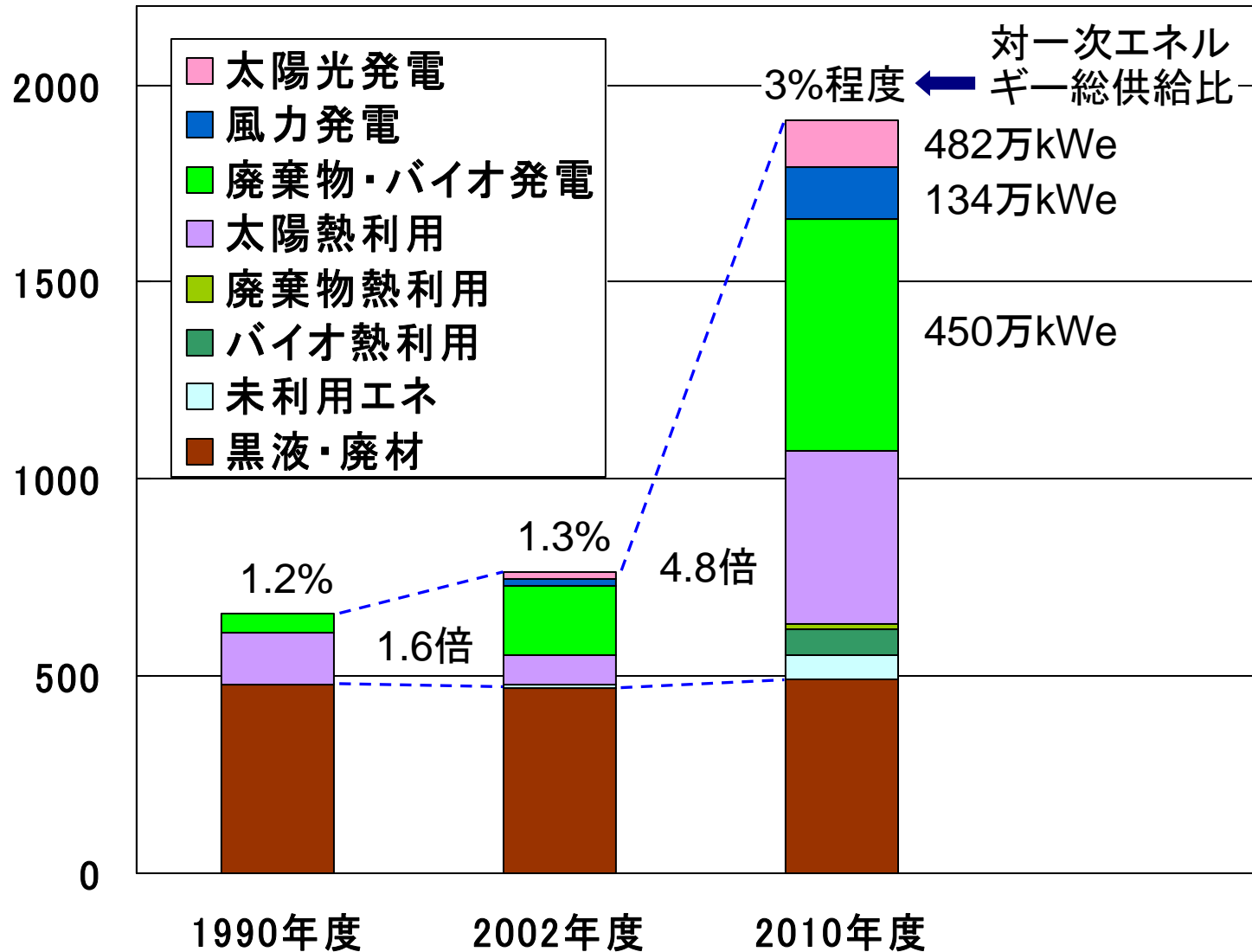
(参考:太陽電池の実用化イメージ)



出所:総合資源エネルギー調査会需給部会第7回資料4「2030年に向けた新エネルギー政策の展望」
資源エネルギー庁(平成16年3月17日)

3-3 新エネルギー導入実績と2010年導入目標

万kl(石油換算)



出所: 総合資源エネルギー調査会需給部会第7回資料4「2030年に向けた新エネルギー政策の展望」
資源エネルギー庁(平成16年3月17日)

3-4 主要な新エネルギーの「限界潜在供給力」

	2002年度実績		限界潜在供給力	
	設備 (万kWe)	供給量 (万kl)	設備 (万kWe)	供給量 (万kl)
太陽光発電	64	16	17,300	8,483
風力発電	46	19	1,350	551
太陽熱利用	-	74	-	1,200
廃棄物・バイオ発電	162	175	-	1,845
温度差エネルギー	-	6	-	3,372
限界潜在供給力の合計				15,451
(2002年度の一次エネルギー供給量 5.9億kl に対する比)				(26%)

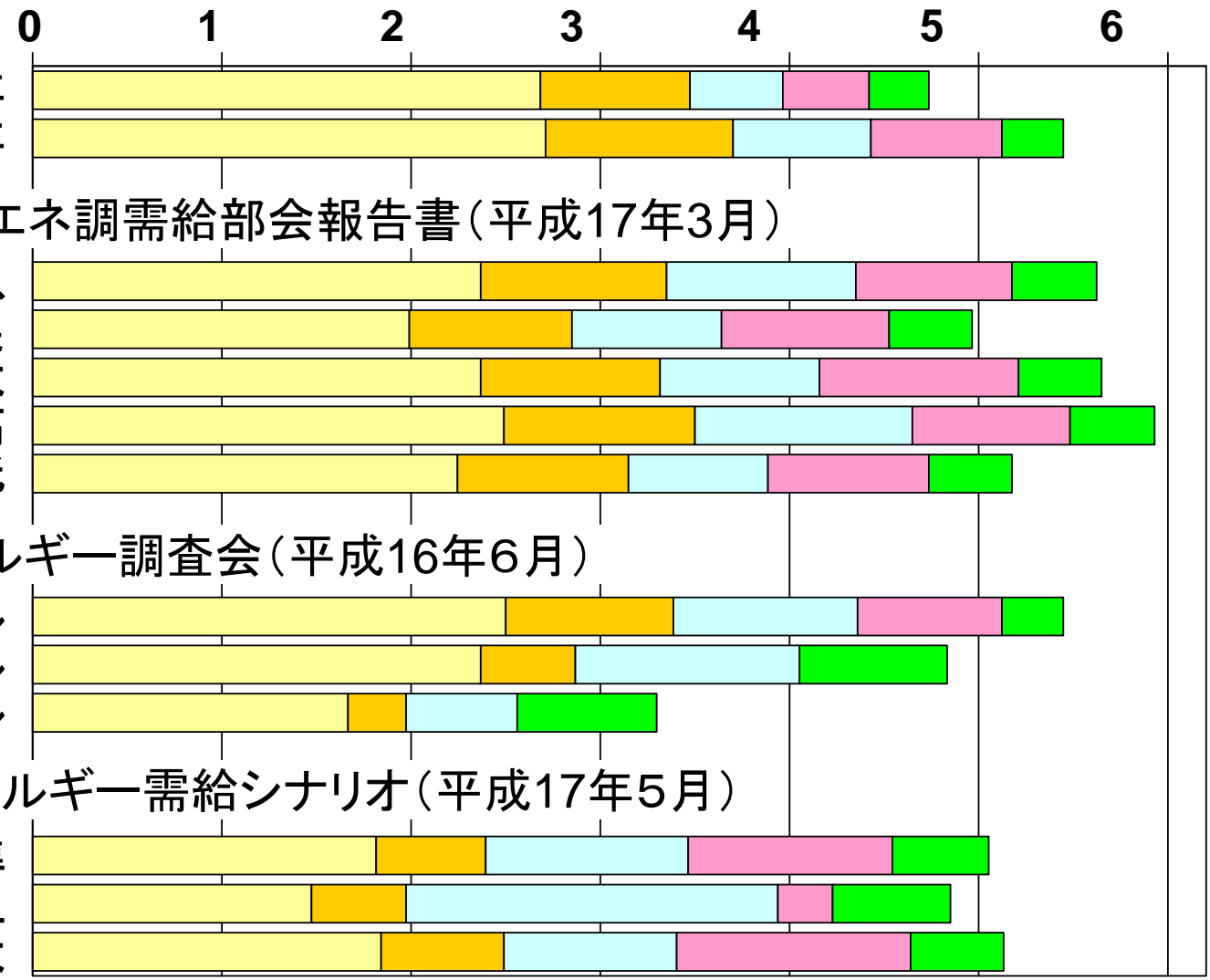
この試算では、次の条件を想定している。(出所:「新エネルギーの現状と課題－供給サイドにおける対応－」総合エネルギー調査会基本政策小委員会資料2(平成8年6月20日))

- ①太陽光発電では、住宅、公共建築物、工場、道路、遮音壁、その他公共用地(堤防敷、河川敷等)に設置することを想定。また、発電効率が現状の2倍に上昇すると仮定して供給量を算定。
- ②風力発電では、NEDOの風況マップによる経済的導入可能量900万kWeの5割増の設備が可能と仮定。
- ③太陽熱利用では2500万戸の一戸建て住宅の6割に設置することを仮定。
(上記の太陽光発電についても同一の設置規模を仮定。また、将来的にハイブリッド型の普及を想定。)
- ④廃棄物発電に関しては可燃性廃棄物の総量を利用、かつ燃焼率、発電効率等の向上で発電量が現状の1.5倍になると想定した。

4. 日本の将来エネルギー需給展望

4-1 一次エネルギー供給量と構成

億トン(石油換算)



2030年

◆総合資源エネ調需給部会報告書(平成17年3月)

レファレンス
省エネ進展
原子力大
経済成長高
経済成長低

◆市民エネルギー調査会(平成16年6月)

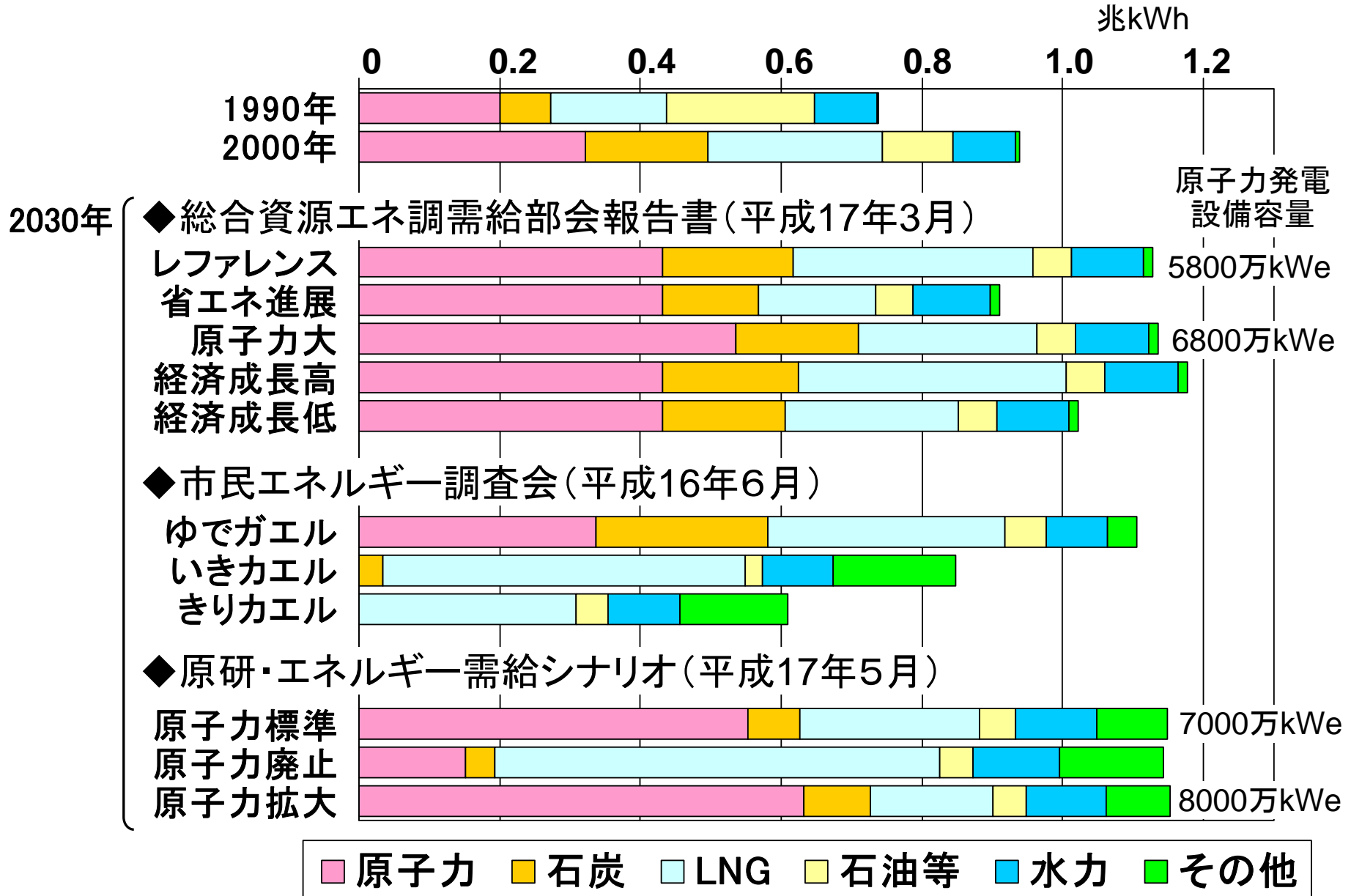
ゆでガエル
いきカエル
きりカエル

◆原研・エネルギー需給シナリオ(平成17年5月)

原子力標準
原子力廃止
原子力拡大



4-2 発電電力量と電源構成



エネルギー・環境情勢と将来展望のまとめ

◆世界のエネルギー需給展望

- ◇エネルギー需要はアジア等の発展途上国で急速に増加
- ◇石油・天然ガスの「枯渇」は来世紀以降？（技術革新、非在来型資源）
- ◇しかし、高価格化（需給逼迫が常態化、高コスト資源利用）

◆地球温暖化問題

- ◇IPCCは「最近の温暖化の原因は人間活動」と評価
- ◇しかし、未解明の点も多く「科学より政治が先行」との指摘も
（冷戦終結後の共通課題、「持続可能な開発を阻む課題」の象徴）
- ◇枠組条約：潜在影響が大／長期の課題→「予防原則」適用が必要
- ◇現実には京都議定書の目標達成は各国ともに厳しい情勢

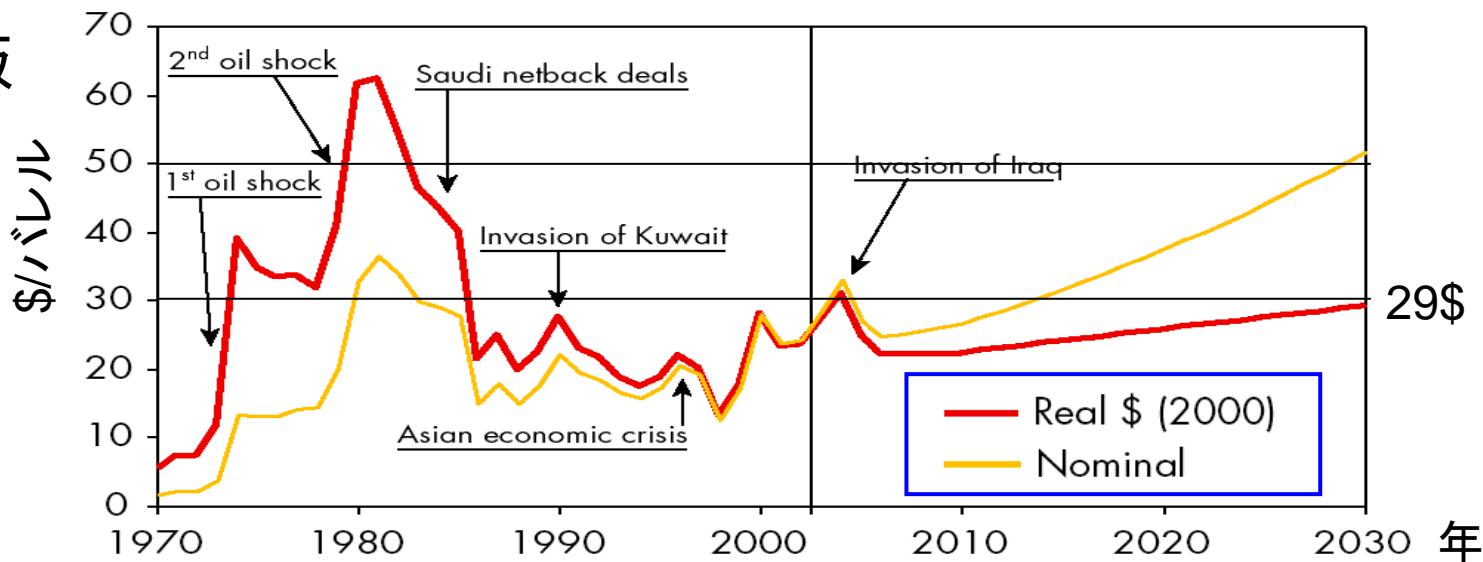
◆日本のエネルギー安定供給のポイント

- ◇石油依存脱却の鍵は天然ガスと原子力（競争的でなく補完的）
- ◇両者ともにインフラ整備が重要（幹線パイプライン、燃料サイクル）
- ◇石炭利用の拡大には技術革新必要（ガス化CC+CO₂回収固定等）
- ◇再生可能エネルギーは日本では補助的役割
（低コスト化、高効率化、出力安定化等のための技術革新が必要）

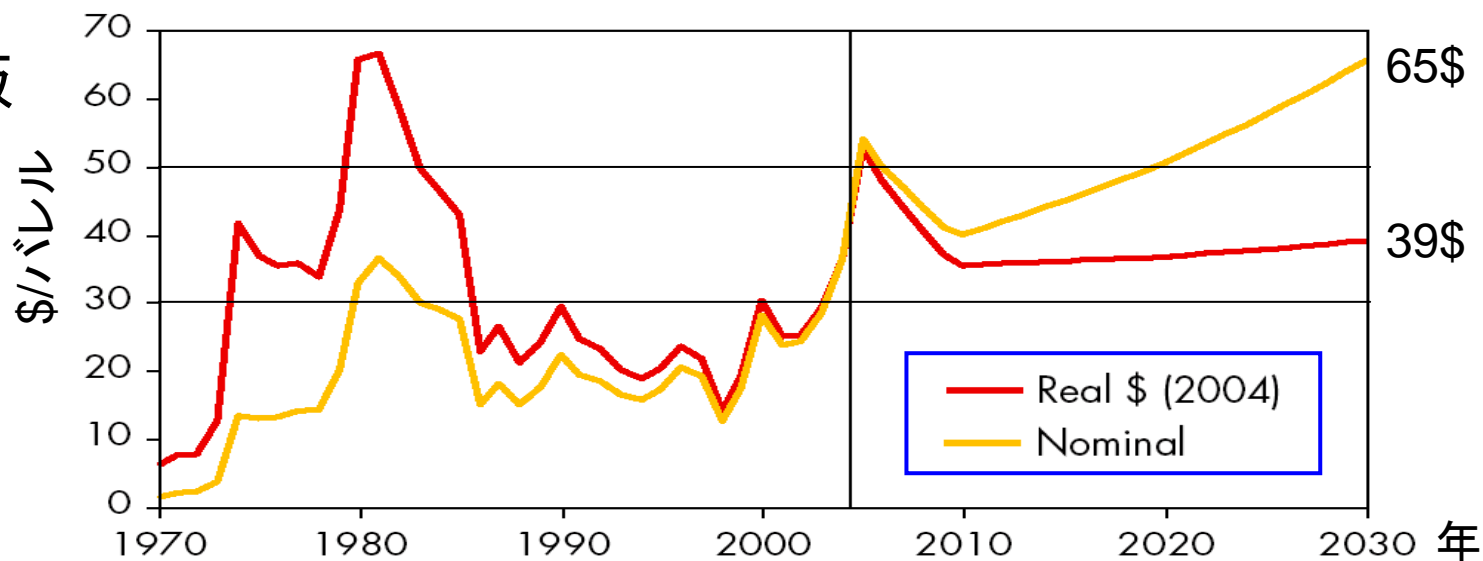
参考1. 原油価格の推移と将来展望

1. World Energy Outlook (IEA) の基準シナリオ

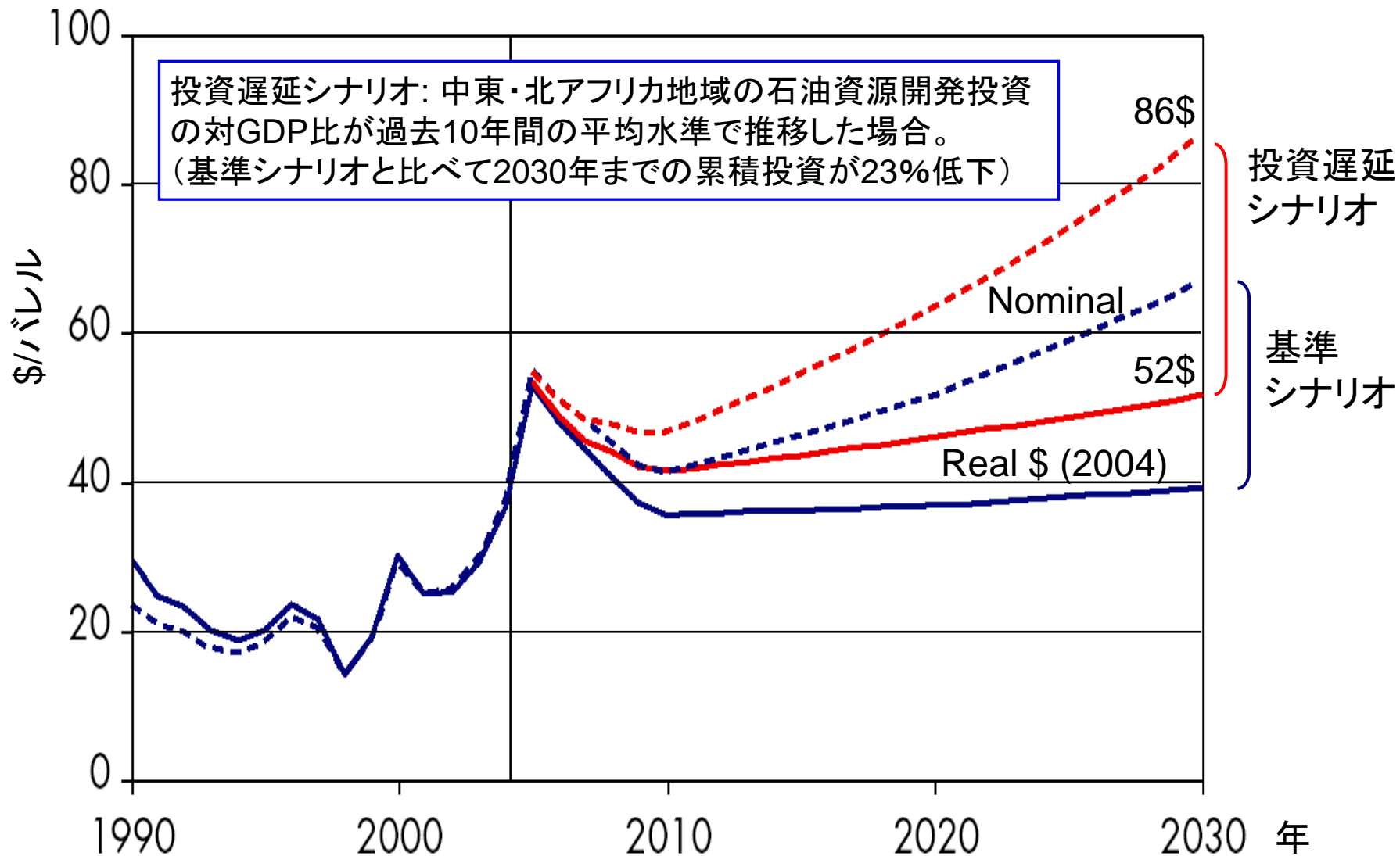
2004年版
の展望



2005年版
の展望



2. World Energy Outlook (IEA) 2005年版 — 基準シナリオと投資遅延シナリオ —



参考2. IIASA-WECシナリオについて

1. 定義と前提条件

■ シナリオのカテゴリー

	GWP (兆米国 \$(1990))			エネルギー 原単位改善 率(%/年)	一次エネルギー需要 (億トン(石油換算))			CO ₂ 制約
	1990	2050	2100		1990	2050	2100	
A. 高成長	20	100	300	1.0	90	250	450	なし
B. 中庸		75	200	0.8		200	350	なし
C. エコロジー		75	220	1.4		140	210	あり

■ 個別シナリオの内容

シナリオ記号: 重視するエネルギー源

A: 高成長



A1 : 石油+ガス
A2 : 石炭
A3 : 原子力+ガス+再生型(バイオマス)

B: 中庸



B : 中庸シナリオ

C: エコロジー

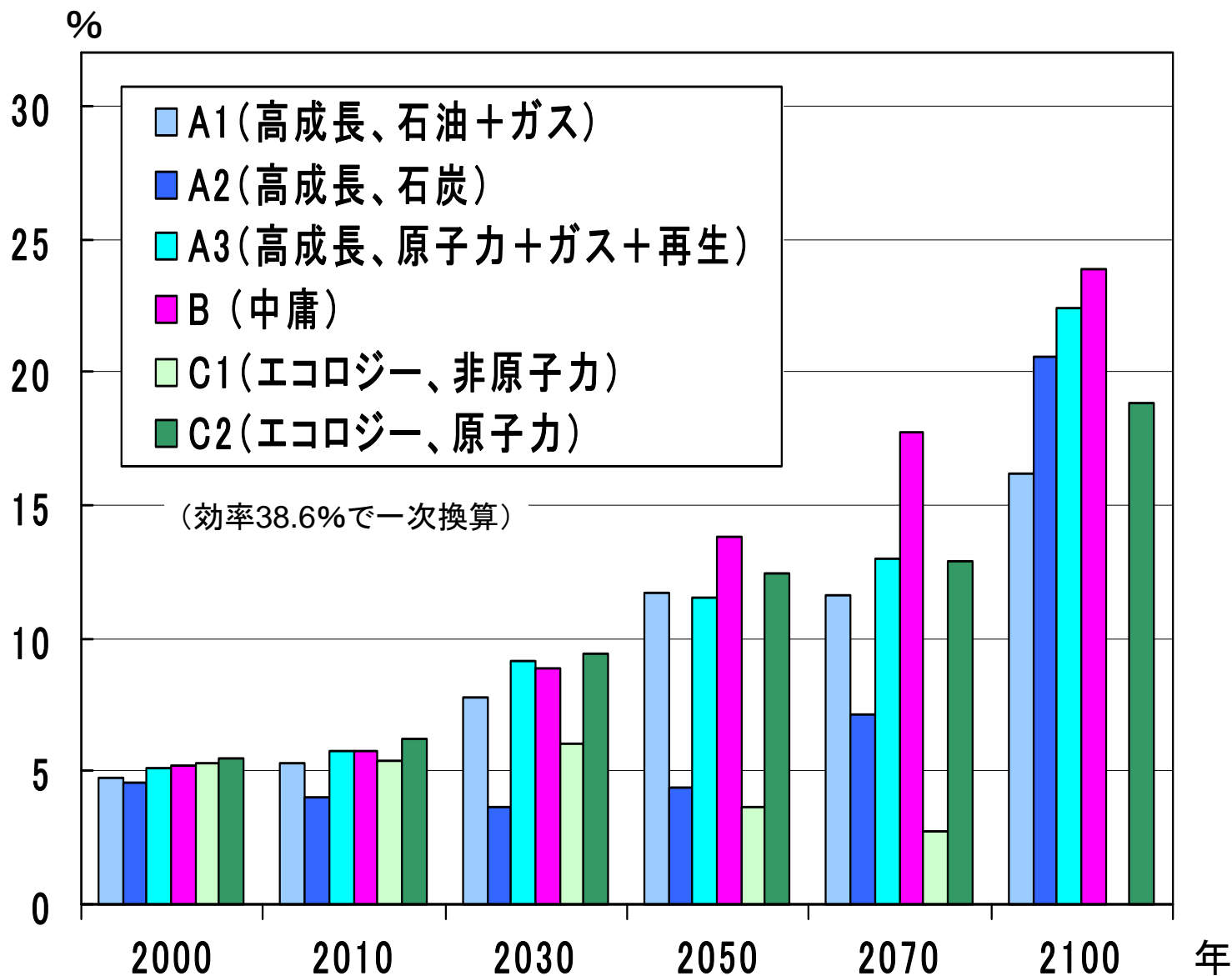


C1 : 非原子力依存
C2 : 原子力依存

計量分析条件:

1. 化石燃料には低位発熱量(燃焼時の生成する水蒸気の蒸発潜熱を控除したもの)を使用。
2. 原子力と再生可能エネルギーによる電力は効率38.6%で一次エネルギー換算

2. 原子力の一次エネルギーに占める比率



参考3. 人為的温暖化説への懐疑論

1. 米国における見解の違い(Hansenの報告から)

	James Hansen (NASA)	Richard Lindzen (MIT)
気温上昇実績	過去100年: 0.5~0.75°C 過去25年: 少なくとも0.3°C	1850年以来: 0.1±0.3°C
気候感度 *	3±1°C	1°C以下
水蒸気のフィードバック効果	正(大気圏の上層、下層とも水蒸気は温暖化を加速)	負(大気圏の上層の水蒸気は温暖化を抑制)
自然の温室効果(33°C)へのCO ₂ の貢献	CO ₂ がなければ(水蒸気の変化なしとして)気温が5~10°C低下。他のガスもなく、かつ水蒸気が応答すれば、温室効果はほぼ消滅。	CO ₂ 、メタン等がなくとも温室効果の98%以上は確保(1992)。CO ₂ がなくとも水蒸気と雲がほぼ現在の温室効果を提供(1993)。
温暖化が明確化する時期	すでに可能性は高い。	21世紀中に自然変動と同等の温暖化が起こる可能性は小さい。
地球の放射平衡	非平衡(0.5W/m ² の入射超過)	—

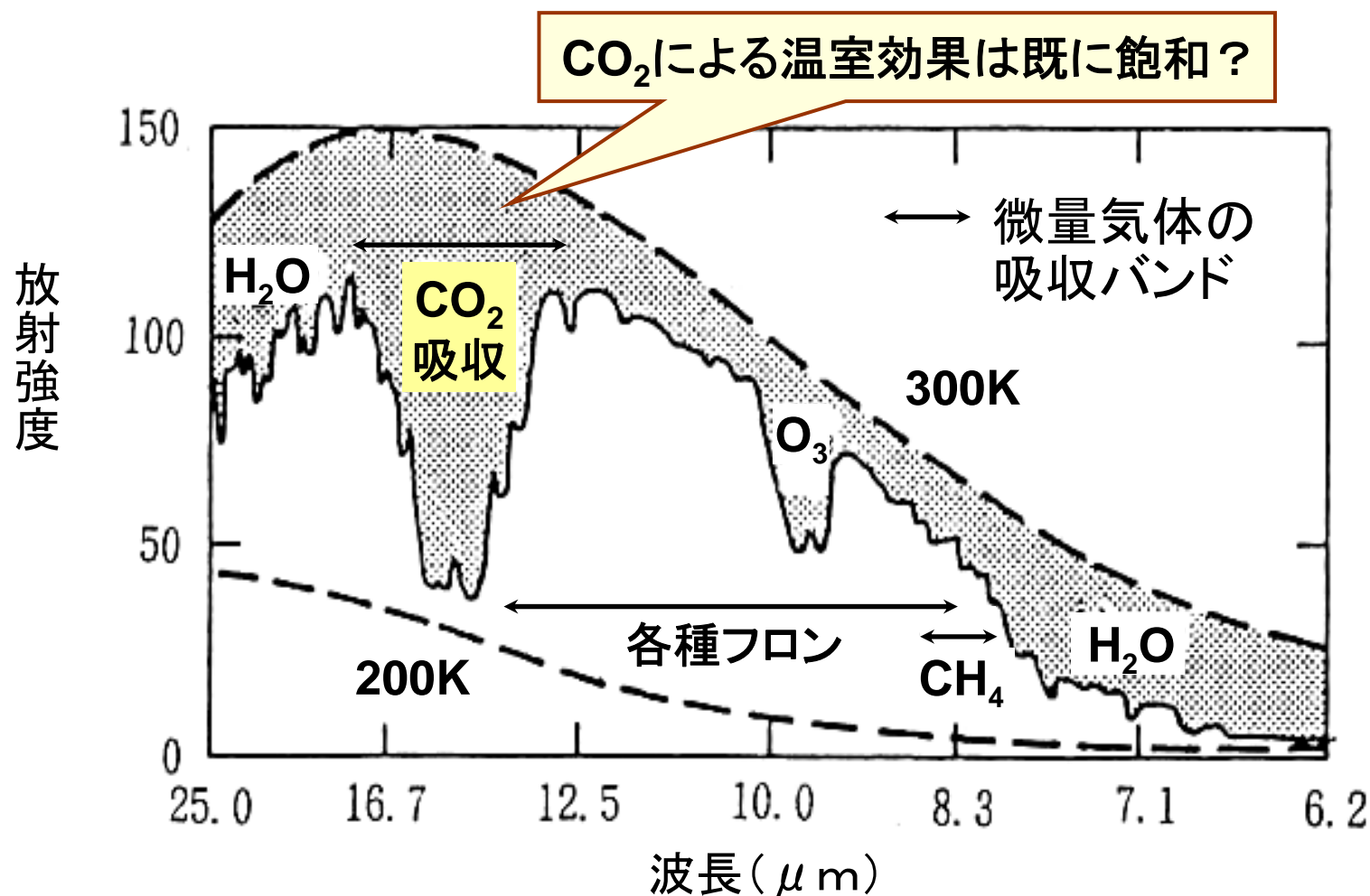
* CO₂大気中濃度の倍増に伴う気温上昇(平衡達成時)

出所: J. Hansen, The Global Warming Debate, Jan. 1999 (<http://www.giss.nasa.gov/edu/gwdebate/>)

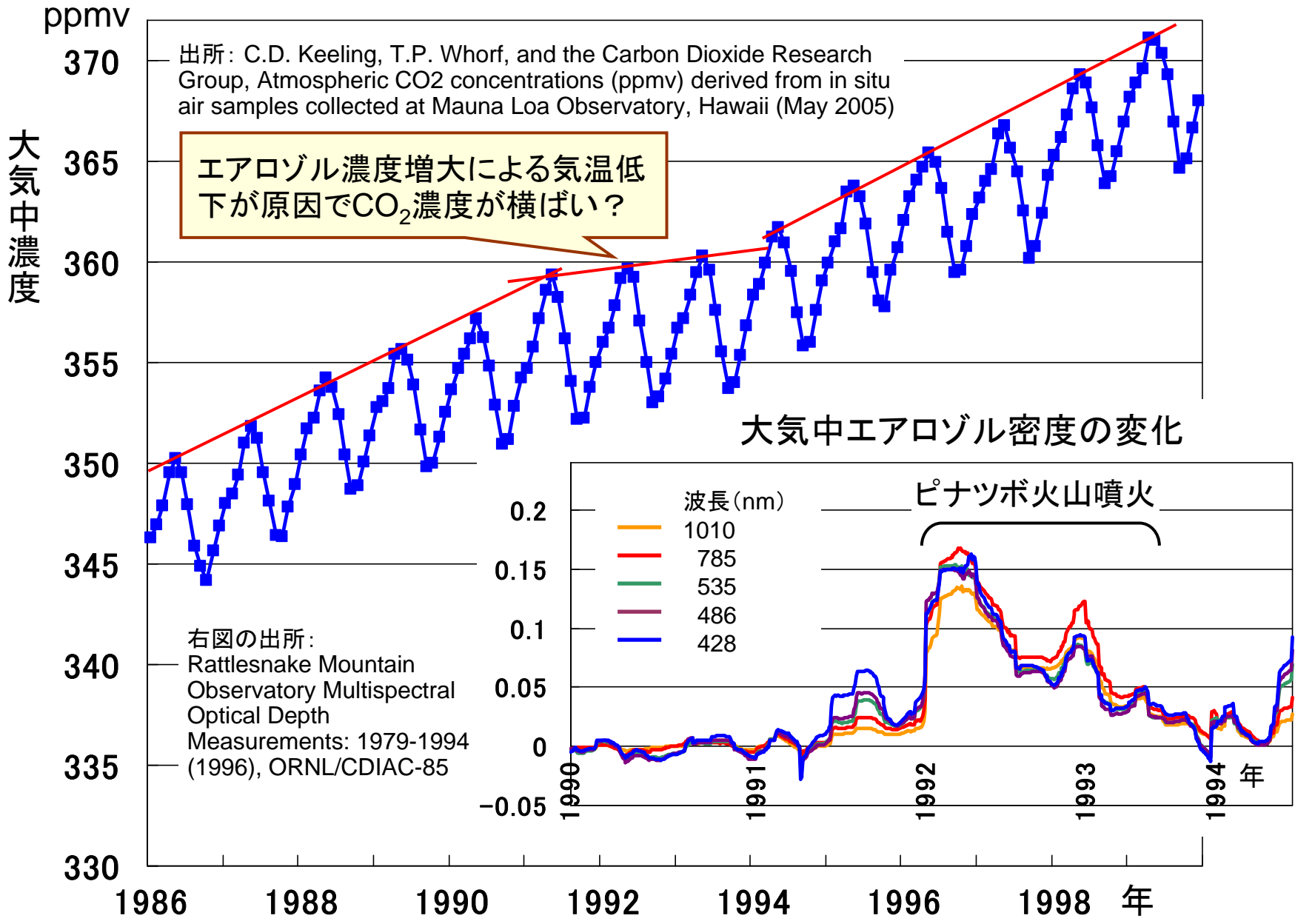
2. 二酸化炭素の大気中濃度増加の影響

人工衛星ニバス4号が南太平洋で測定した
長波放射のスペクトル分布

[実線が測定値、破線は300K、200Kの黒体放射スペクトル分布]

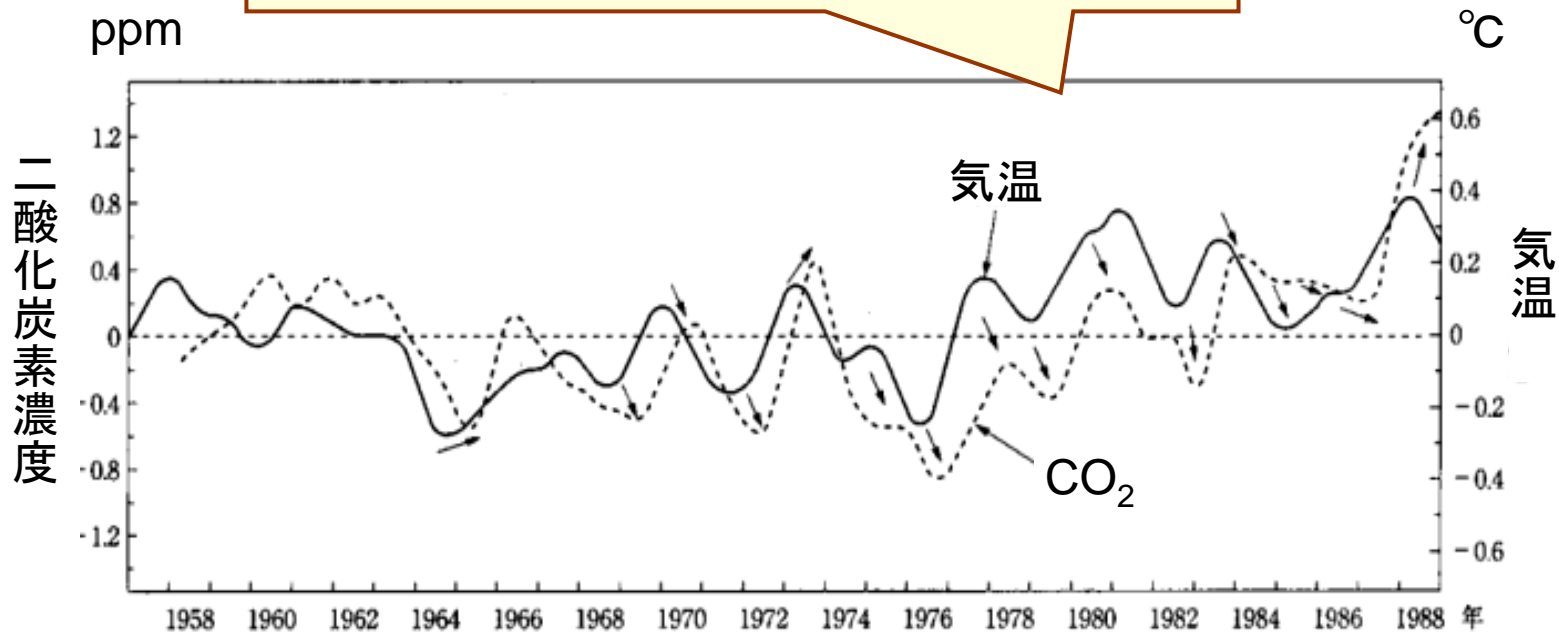


3. 二酸化炭素の大気中濃度の観測値



4. 気温の変化と二酸化炭素の変化の対応

上昇傾向を除いた残りの変化で見ると、気温が先に変化し、二酸化炭素は後から変化



原データ: C. D. Keeling et al., Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas (Geophysical Monograph 55, American Geophysical Union, 1989)

出典: 根本順吉著「超異常気象」中公新書(1994年)、中央公論社