

地球温暖化と原子力について

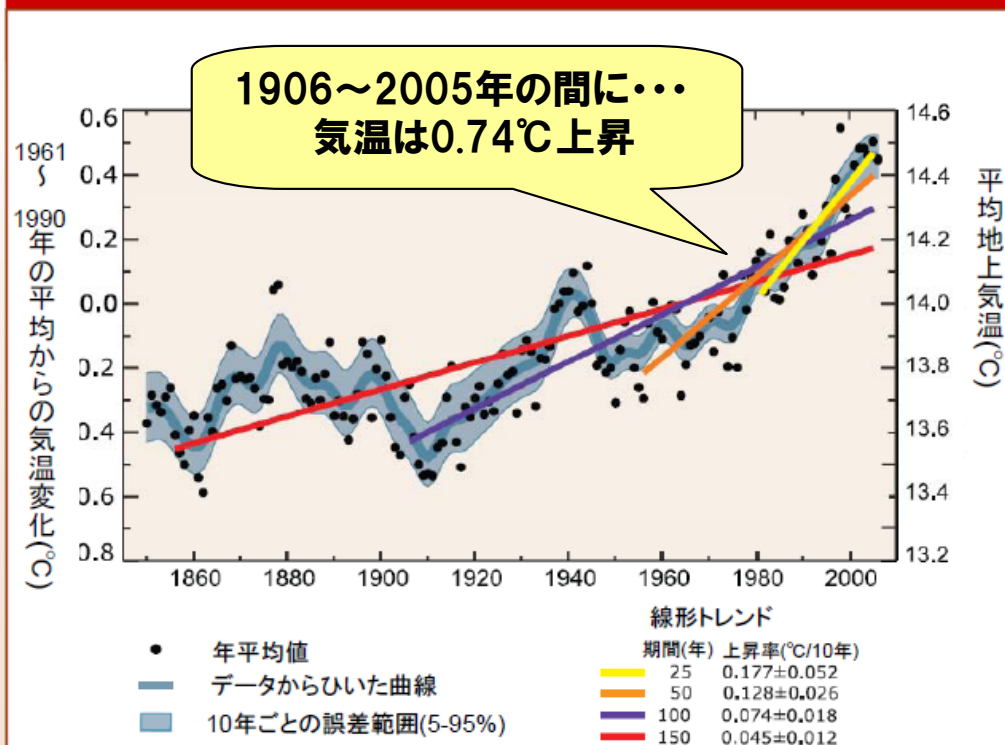
原子力委員会 市民参加懇談会in京都

平成20年6月2日
内閣府 原子力政策担当室

気候システムの温暖化

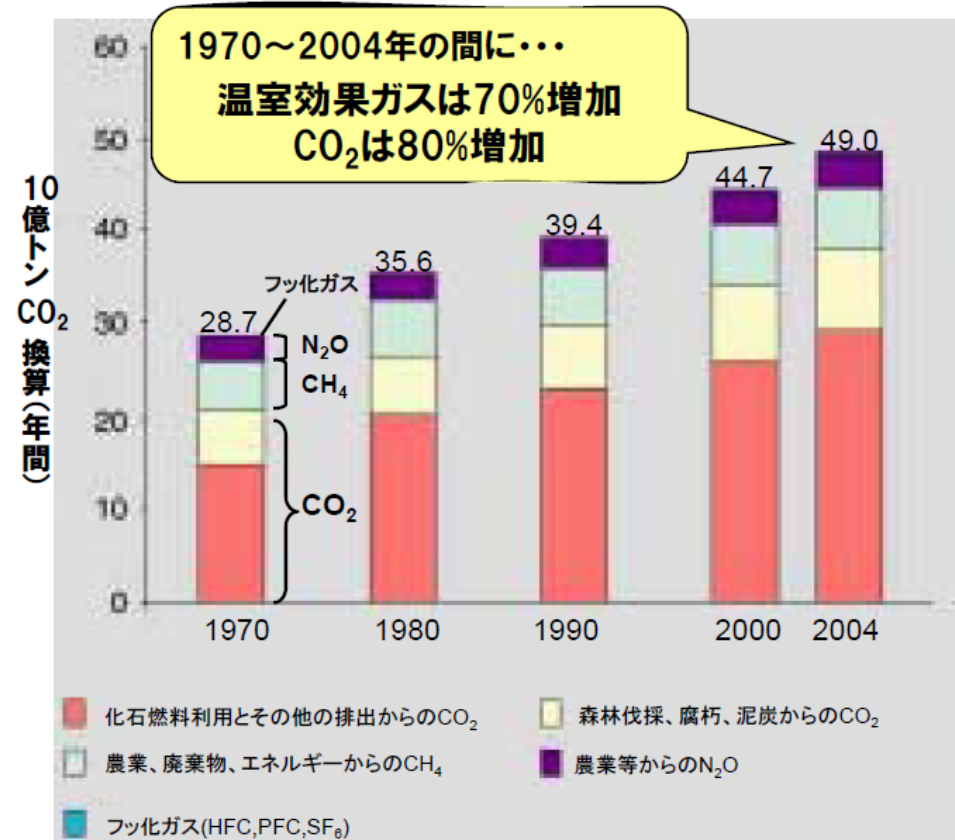
1

平均地上気温（1961～1990年の平均気温との偏差）



出典:AR4 WG1 第3章 FAQ 3.1 図1

人為起源温室効果ガス(GHG)の排出量



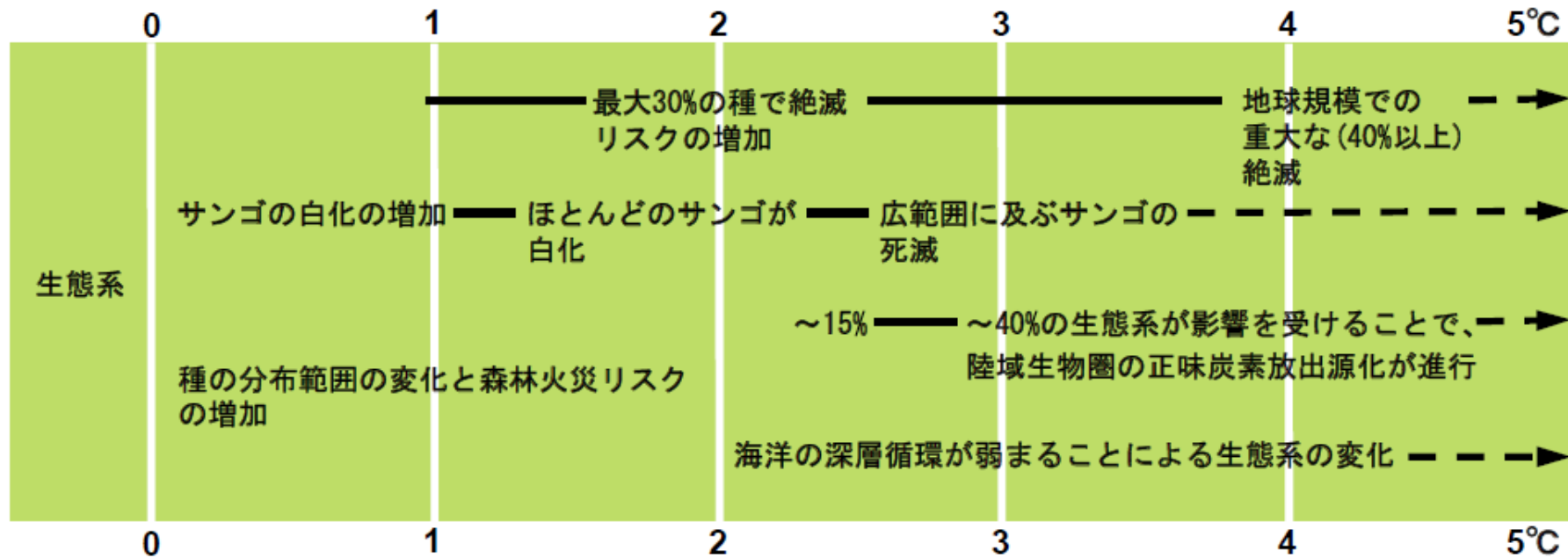
出典:AR4 SYR SPM 図SPM3

「環境省:IPCC第4次評価報告書統合報告書概要(公式版)、2007年12月17日version」を基に事務局にて加工

➤ 20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇は、その大部分が、人間活動による温室効果ガスの大気中濃度の増加によってもたらされた可能性が非常に高い。

出典:AR4 SYS SPM

気温上昇の程度と生態系への影響規模



1980-1999年に対する世界年平均気温の変化(°C)

- ・「—」は関連する影響を示し、「—▶」は気温上昇に伴って影響が継続することを示す。
- ・各記述の左端は、影響が出始めるおよその位置を示す。
- ・全ての記述の信頼度は高い。

安定化シナリオと気温上昇

安定化シナリオによる長期の世界平均気温上昇と熱膨張による海面上昇※1

区分	CO ₂ 濃度※2	温室効果ガス(エアロゾル含む)安定化濃度※2 (CO ₂ 換算)	CO ₂ 排出がピークとなる年※1,3	2050年のCO ₂ 排出※1,3 (2000年比、%)	産業革命前からの 気温上昇※4,5	熱膨張による産業革命前からの 海面上昇※6	シナリオの数
	ppm	ppm	年	%	°C	メートル	
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 to -50	2.0 – 2.4	0.4 – 1.4	6
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 to -30	2.4 – 2.8	0.5 – 1.7	18
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 to +5	2.8 – 3.2	0.6 – 1.9	21
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 to +60	3.2 – 4.0	0.6 – 2.4	118
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 to +85	4.0 – 4.9	0.8 – 2.9	9
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	+90 to +140	4.9 – 6.1	1.0 – 3.7	5

※1 ここで評価された緩和と研究で報告されている特定の安定化レベルを満たすための排出削減は、炭素循環フィードバックを考慮に入れていないことから、過小評価である可能性がある。

※2 2005年の大気中の二酸化炭素濃度は379ppmであった。また同年の全ての長期滞留温室効果ガスの濃度の最良推計値は455ppmCO₂換算である一方、それに対応する全ての人為起源作用物質の正味の効果を含んだ数値は375ppmCO₂換算であった。

※3 TAR以降のシナリオの15%～85%信頼区間に相当する範囲。

※4 気候感度の「最良の推計値(3°C)」を利用した場合の世界平均気温の上昇幅。気候感度とは、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のこと。

※5 平衡点における世界平均気温は、気候システムの慣性のために温室効果ガス濃度安定化時の予測値とは異なってくる。多くのシナリオにおいて、温室効果ガスの安定化は2100年～2150年の間に起こる。

※6 海面上昇は熱膨張のみによるものであり、少なくとも何世紀も安定化には到達しない。これらの数値は比較的簡易な気候モデルで推計されており、氷床、氷河、氷帽による影響を含まない。長期の熱膨張は、産業革命前の気温から一度上がるごとに0.2～0.6mの海面上昇を引き起こすと予測される。



出典：AR4 SYR SPM 表SPM6

参考：産業革命前の二酸化炭素濃度：280ppm
2005年の二酸化炭素濃度：379ppm

「環境省：IPCC第4次評価報告書統合報告書概要(公式版)、2007年12月17日version」
を基に事務局にて加工

➤ 国際エネルギー機関(IEA)により、450安定化ケース(温室効果ガス濃度安定化レベル445-490ppm・**気温上昇2.0-2.4°C**に相当)での二酸化炭素排出量削減の試算が実施されている。

G8ハイリゲンドラムサミット「世界経済における成長と責任(2007年6月7日)」より抜粋

- 排出削減の地球規模での目標を定めるにあたり、本日我々が合意したすべての主要排出国を含むプロセスにおいて、我々は2050年までに地球規模で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。

【参考】

●気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3) 京都議定書

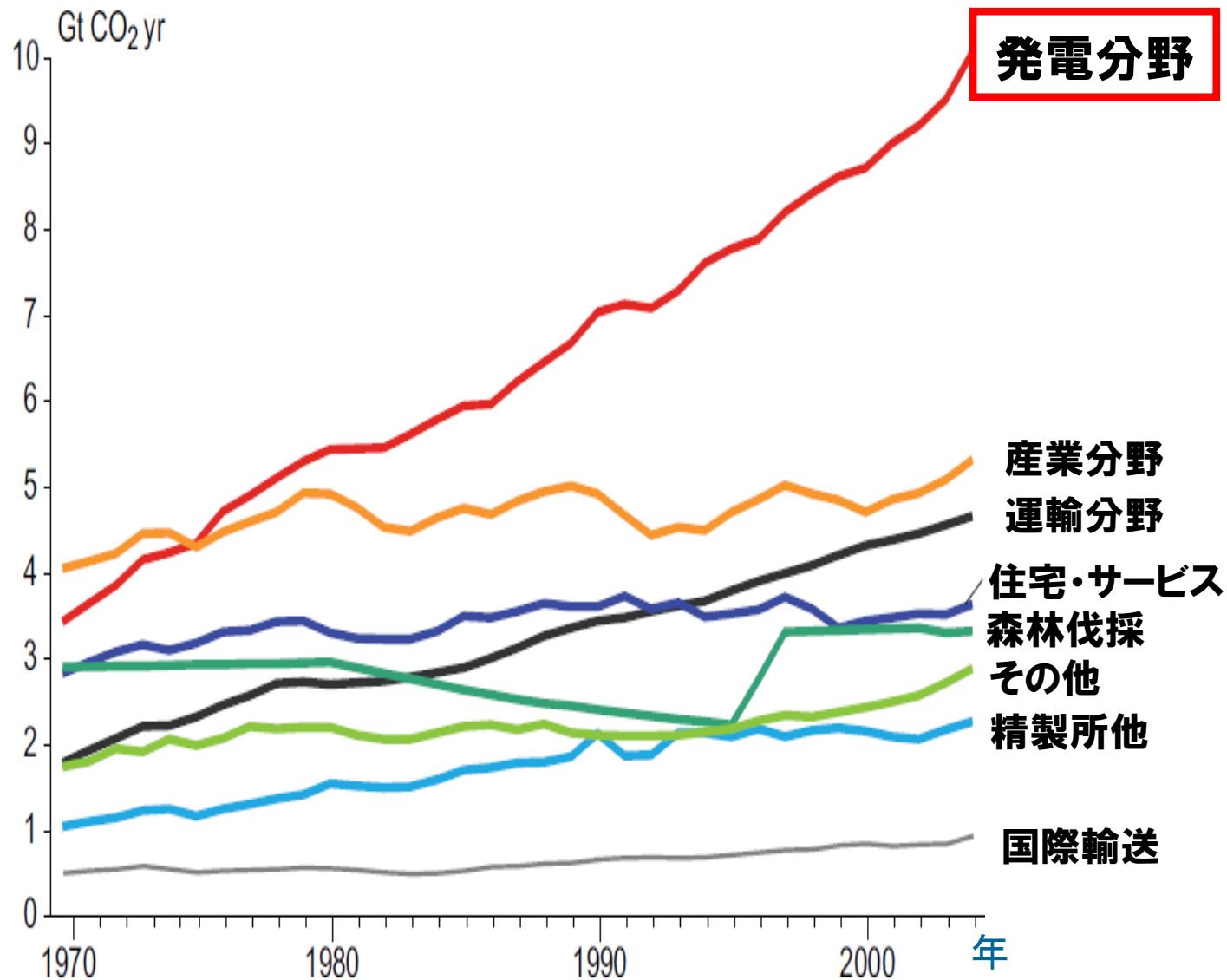
- 先進国の温室効果ガス排出量について、1990年比で2008～2012年に一定数値（日本6%）削減することを義務づける
- 国際的に協調して、目標を達成するための仕組みを導入
- 途上国に対しては、数値目標などの新たな義務は導入せず

●気候変動枠組条約第13回締約国会議(COP13)【バリ】

- 2013年以降の枠組み（ポスト京都議定書）を2009年（COP15【コペンハーゲン】）までに合意を得て採択する

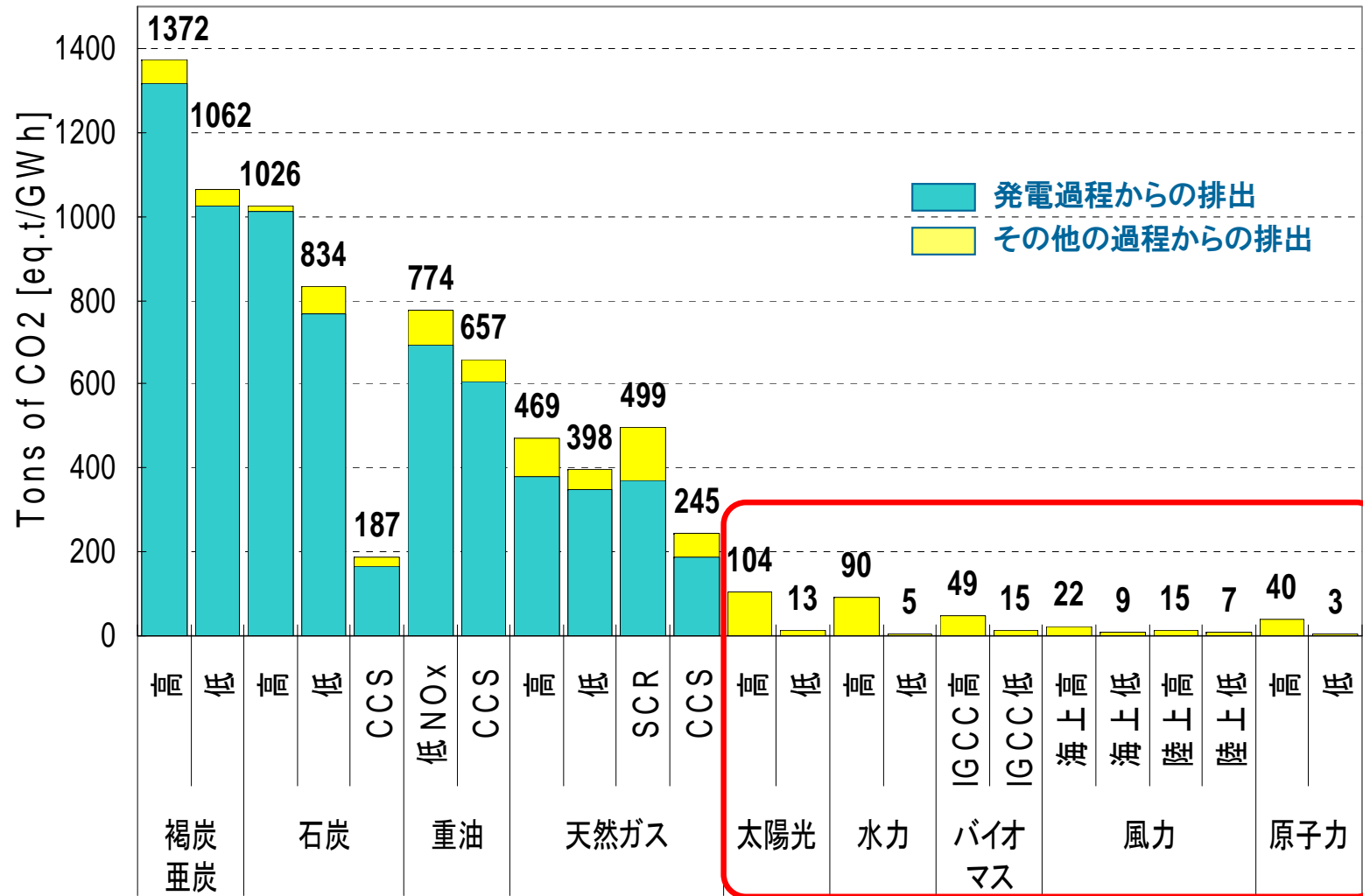
世界の分野別二酸化炭素排出量の推移

(World Energy Outlook 2007より作成)



- 発電分野は 二酸化炭素排出量が大きく、しかも増加中
- 排出の少ない電源導入が急務

各電源の二酸化炭素排出原単位



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。

➤ 再生可能エネルギーと原子力は二酸化炭素の排出量が比較的少ない。

原子力発電の二酸化炭素排出低減への寄与（日本）

7

○2006年の日本の原子力発電量※1を化石電源に置換えた場合

「各電源の二酸化炭素排出原単位」図の
中間値を用い試算

・液化天然ガス複合サイクル火力発電の場合

→2006年の日本の二酸化炭素総排出量※2の約10%（約1.2億トン）増加

・石炭火力発電の場合

→2006年の日本の二酸化炭素総排出量※2の約22%（約2.7億トン）増加

※1 日本の原子力発電量(2006年):3030億kWh(55基・約5000万kW、総発電量の約31%) 出典:電気事業
連合会HP

※2 日本の二酸化炭素総排出量(2006年):約12.7億トン

【参考】

○100万kWの発電所を1年間運転した場合(稼働率80%)、

二酸化炭素発生量		日本の総発生量に対する割合
原子力	15.1万トン	0.01%
LNG複合	303.8万トン	0.24%
石炭	651.7万トン	0.51%

「各電源の二酸化炭素排出原単位」図の中間値を用い試算

原子力発電の二酸化炭素排出低減への寄与(世界)

○2006年の世界の原子力発電量※1を化石電源に置換えた場合

「各電源の二酸化炭素排出原単位」図の
中間値を用い試算

・液化天然ガス複合サイクル火力発電の場合

→2005年の世界の二酸化炭素総排出量※2の約4%(約11億トン)増加

・石炭火力発電の場合

→2005年の世界の二酸化炭素総排出量※2の約9%(約24億トン)増加

※1 世界の原子力発電量(2006年):26580億kWh(435基・約3.7億kW、総発電量の約16%) 出典:世界原子力協会(WNA)

※2 世界の二酸化炭素総排出量(2006年):約266億トン

○現在、世界各国が今後10ー20年で建設を計画・構想中の 原子力発電は合計約3.3億kW

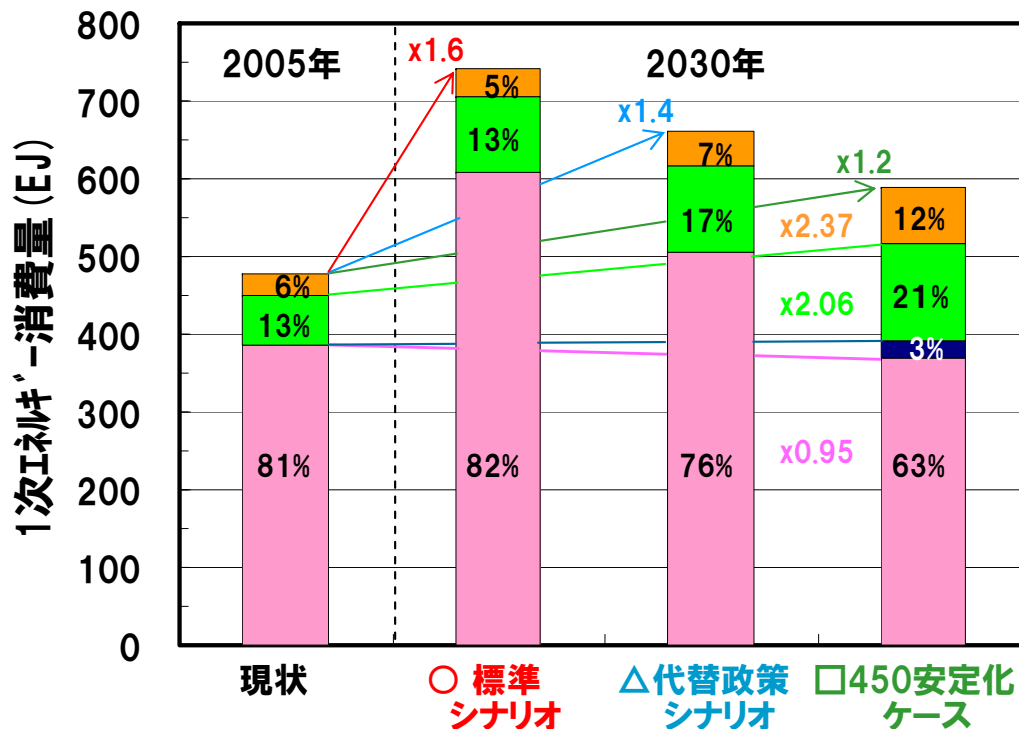
これが実現され、合計7億kWとなれば、
化石電源を使う場合に比較した二酸化炭素排出量抑制効果は、
液化天然ガス複合サイクル火力発電比で20億トン
石炭火力発電比で45億トン

「各電源の二酸化炭素排出原単位」図の中間値を用い、稼働率80%と仮定して試算

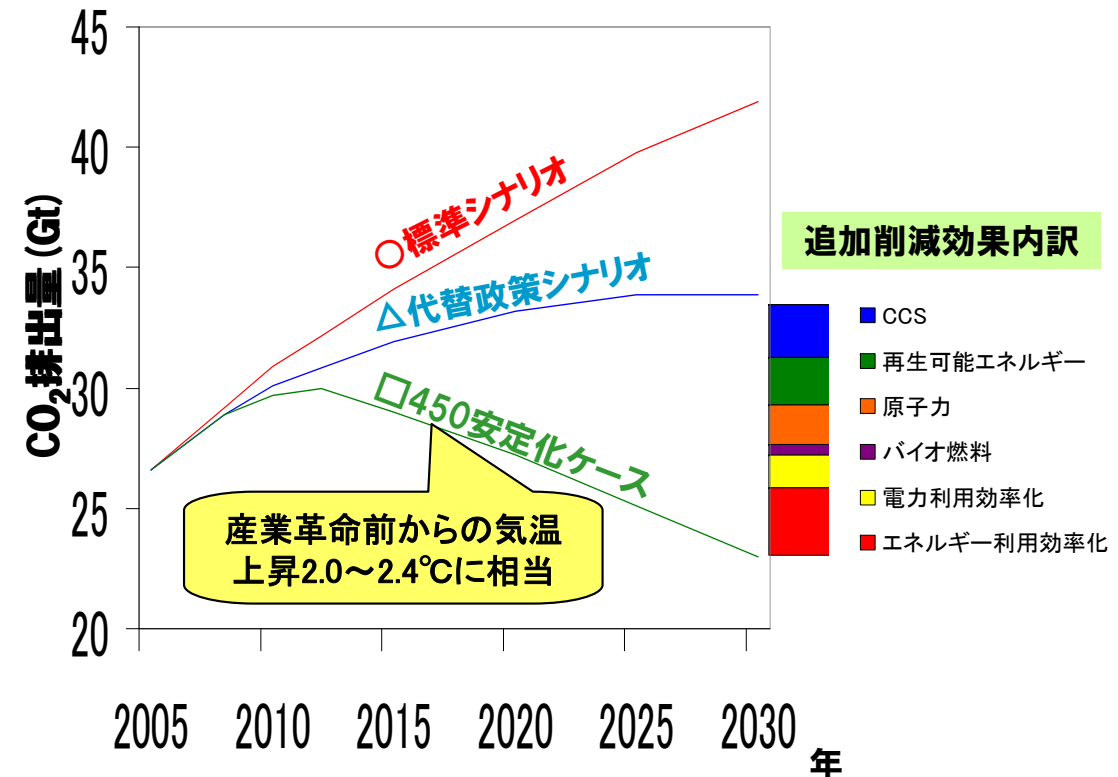
世界の二酸化炭素排出量削減の試算例

(World Energy Outlook 2007より作成)

■ 従来型化石エネルギー ■ CCS化石エネルギー ■ 再生可能エネルギー (水力、風力、太陽光等) ■ 原子力



世界の一次エネルギー消費



世界のCO₂排出量

➤ 国際エネルギー機関(IEA)により、様々な対策を仮定した世界の二酸化炭素排出量削減の試算が実施されている。

試算の例:

○標準シナリオ: 各国の現行政策、対策の継続を想定したもの

△代替政策シナリオ: 各国で検討中の追加対策の実施を想定したもの

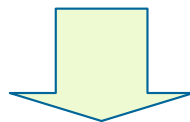
□450安定化ケース: 2050年までの排出量半減を条件に、より大幅な省エネ・効率化と化石燃料利用低減を仮定した試算

世界の二酸化炭素排出量削減の試算例

国際エネルギー機関(IEA)の試算例(配布資料P16参照)

○2050年に二酸化炭素排出量を半減するには、電力需要について、2030年時点で以下の達成が必要

- 電力需要を現状の約1.6倍に抑制
- 再生可能エネルギーを現状の約3.5倍に増加
 - ➡ 水力を現状の約2.3倍に増加
 - ➡ バイオマスを現状の約2.3倍に増加
 - ➡ 風力を現状の約9倍に増加
 - ➡ 太陽光を現状の約135倍に増加
- 原子力を現状の約2.4倍に増加



- 2050年に二酸化炭素排出量を半減するには、省エネ、再生可能エネルギー利用の最大限の実施は必須。
- 現実的な対応として、原子力利用の拡大も不可欠である。

【世界的な課題】

- ・ 核不拡散、安全及び核セキュリティの確保等

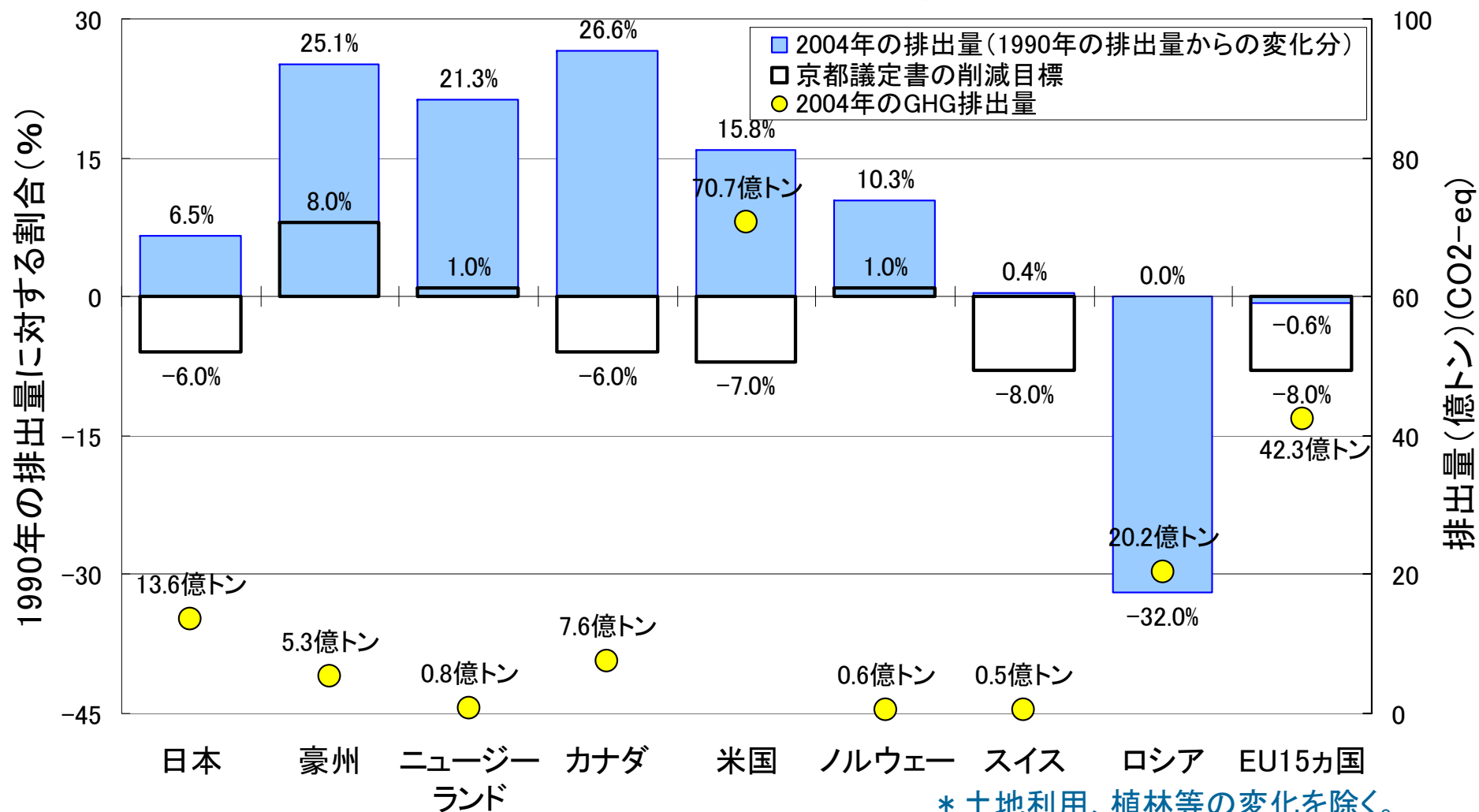
【日本での課題】

- ・ 安全の確保(耐震安全性確認など)
- ・ 高レベル放射性廃棄物処分場の立地
- ・ 国民との相互理解活動の強化等

参考資料

京都議定書の削減目標

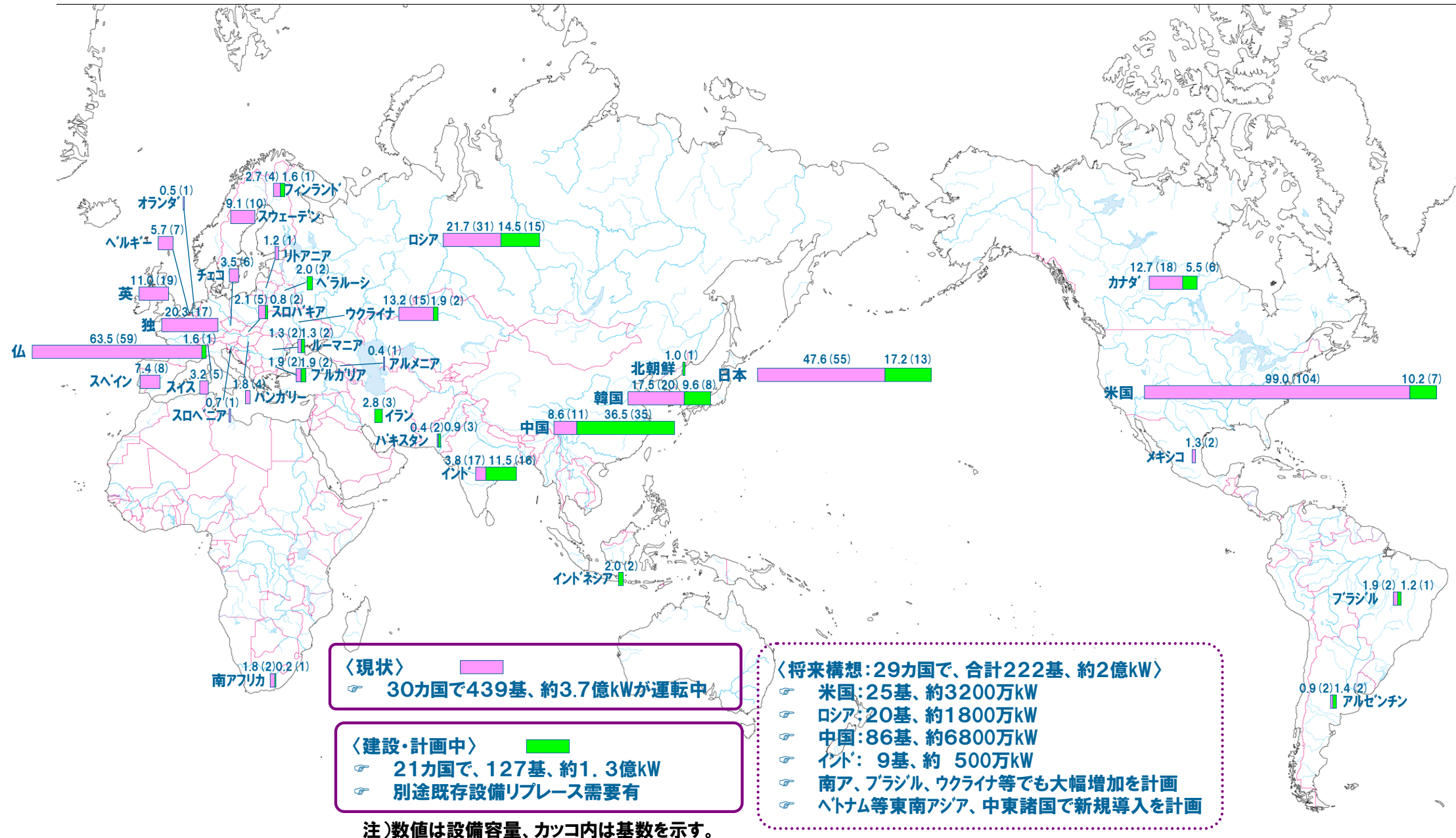
主要国の温室効果ガス排出量実績と削減目標



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

世界の原子力発電設備

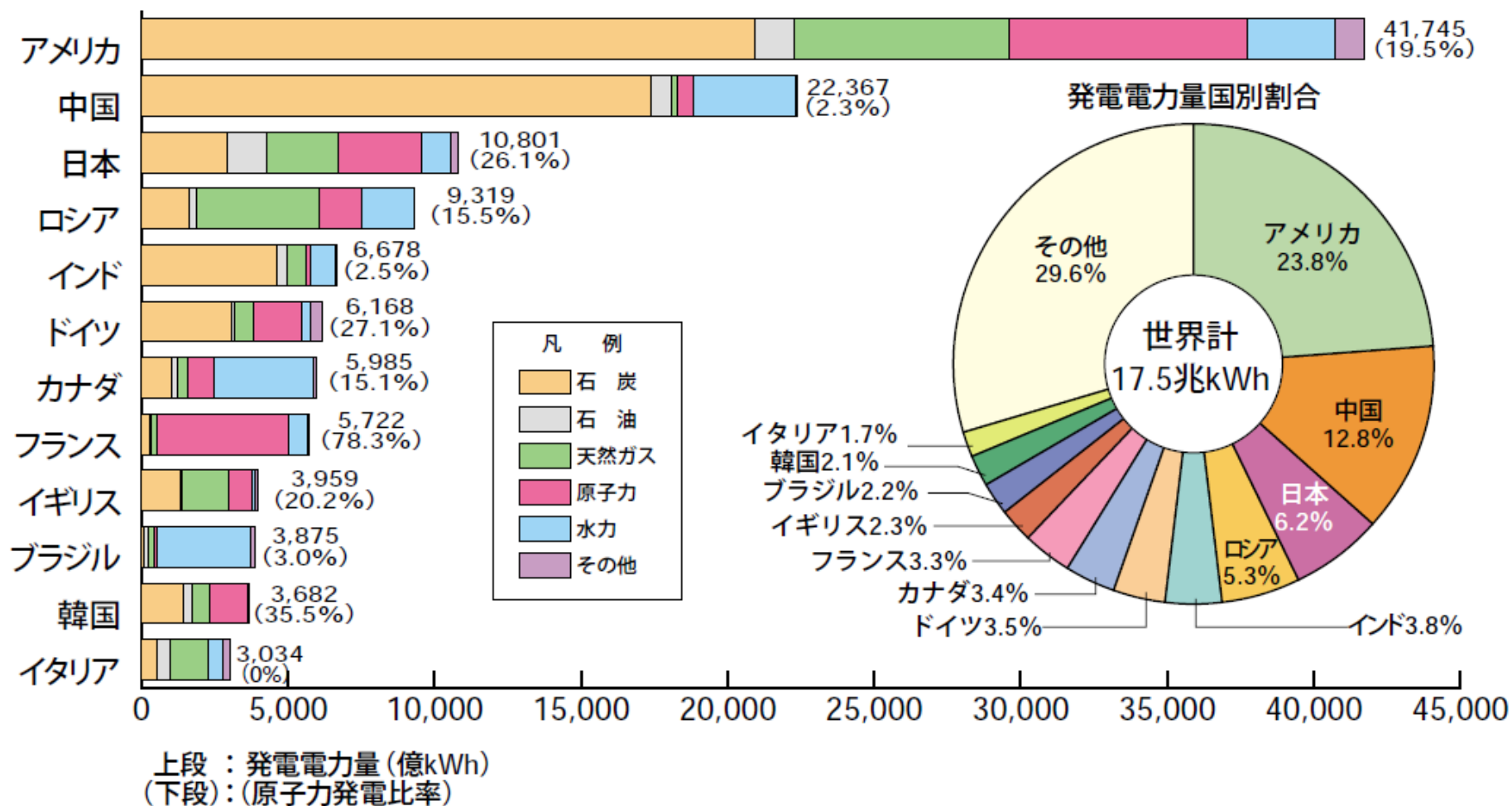
世界原子力協会(WNA)2007年12月現在データより作成



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

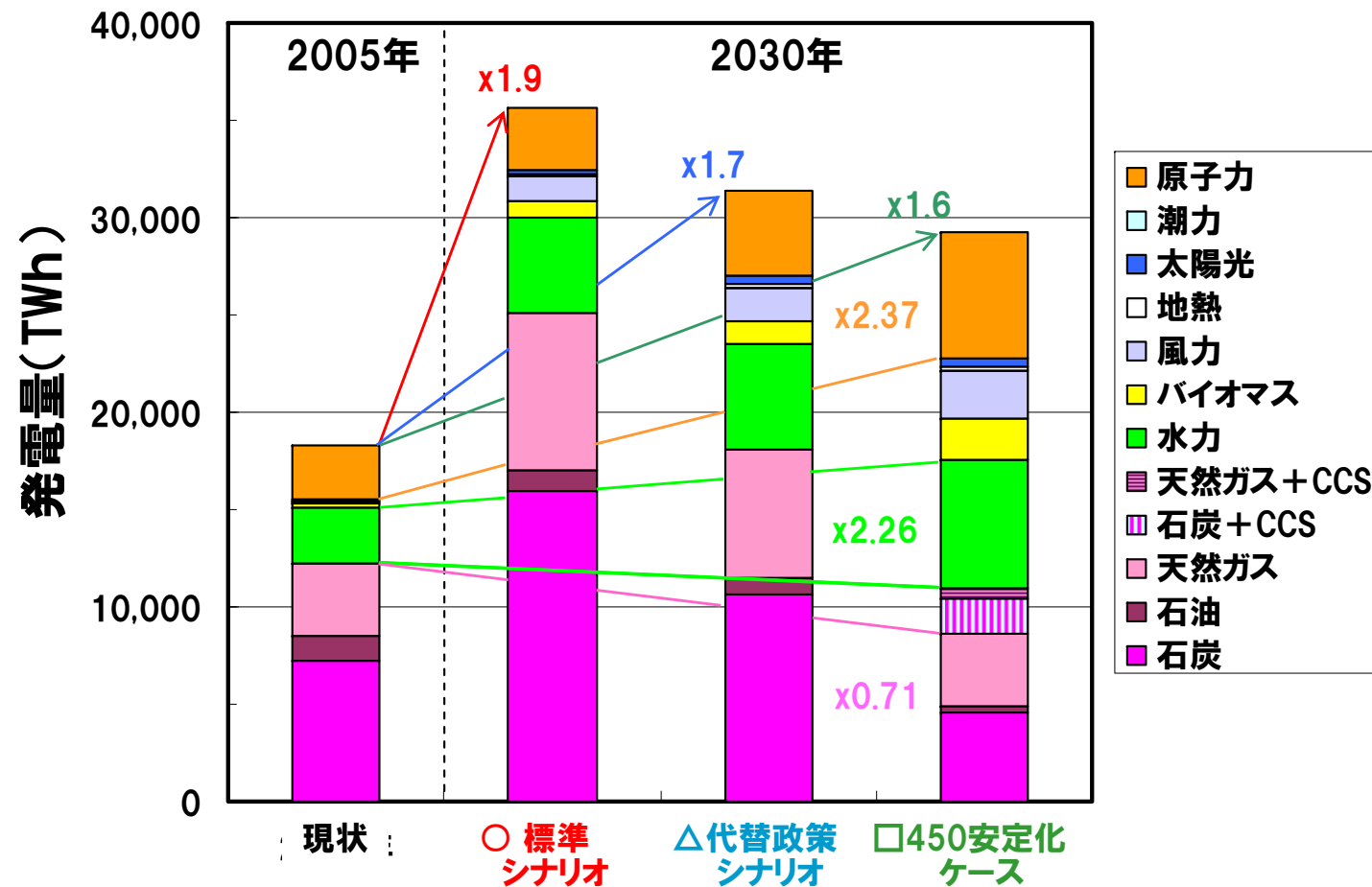
(2004年)



総発電電力量に占める原子力の割合(2006年)は、
世界で約16%、日本で約31%

原子力・エネルギー図面集2007(電気事業連合会)より
出典：IEA Electricity Information 2006 Edition

世界の電力供給の試算例

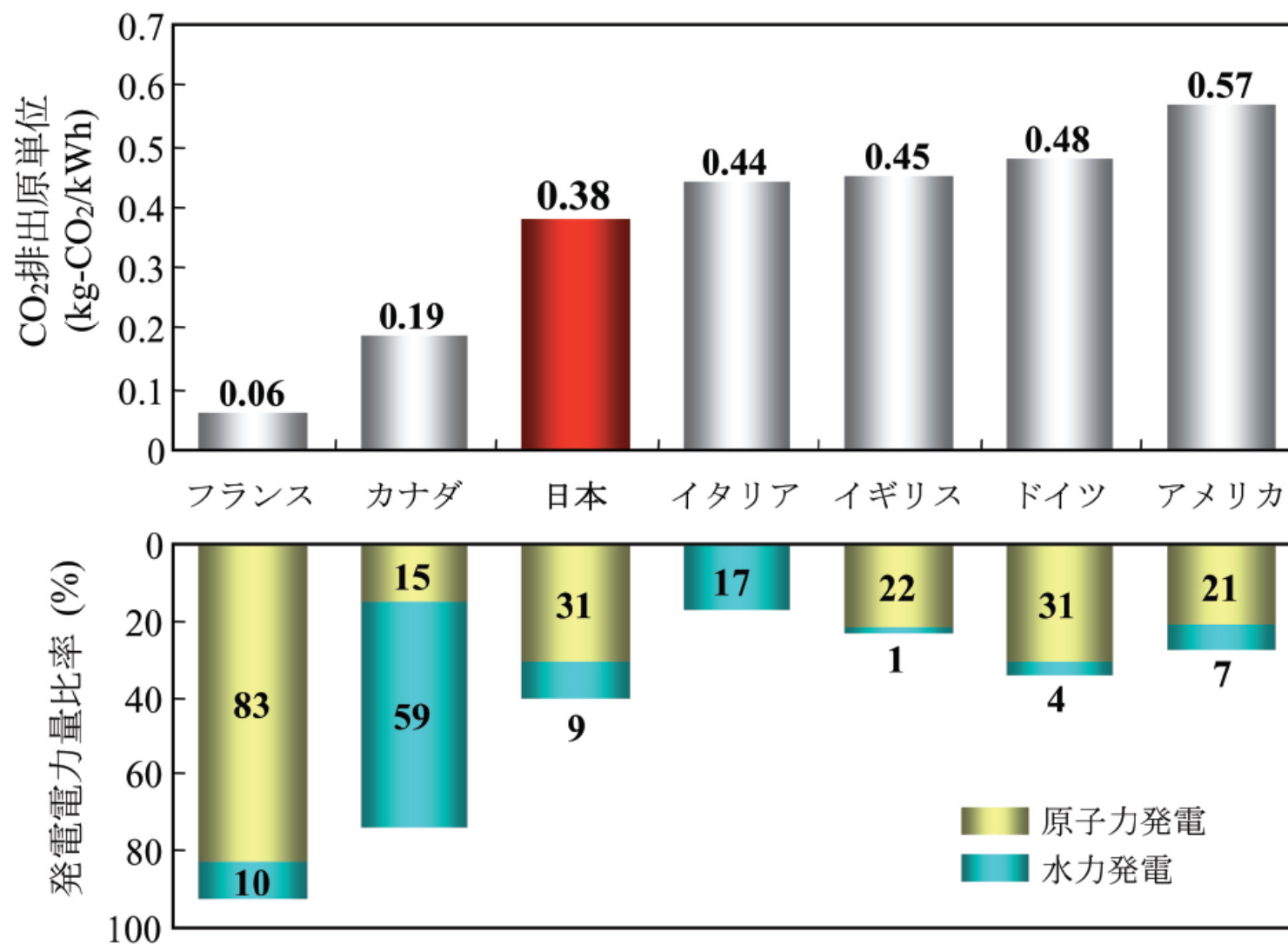


世界の電力供給

(World Energy Outlook 2007より作成)

各国のCO₂排出原単位

■ CO₂ 排出原単位 (発電端) の各国比較 (電気事業連合会試算)



* 2005 年度の値

* 出典：Energy Balances of OECD Countries 2004-2005

* 日本については電気事業連合会調査より

電気事業における環境行動計画 (2007年9月電気事業連合会) より

各電源の特性

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)

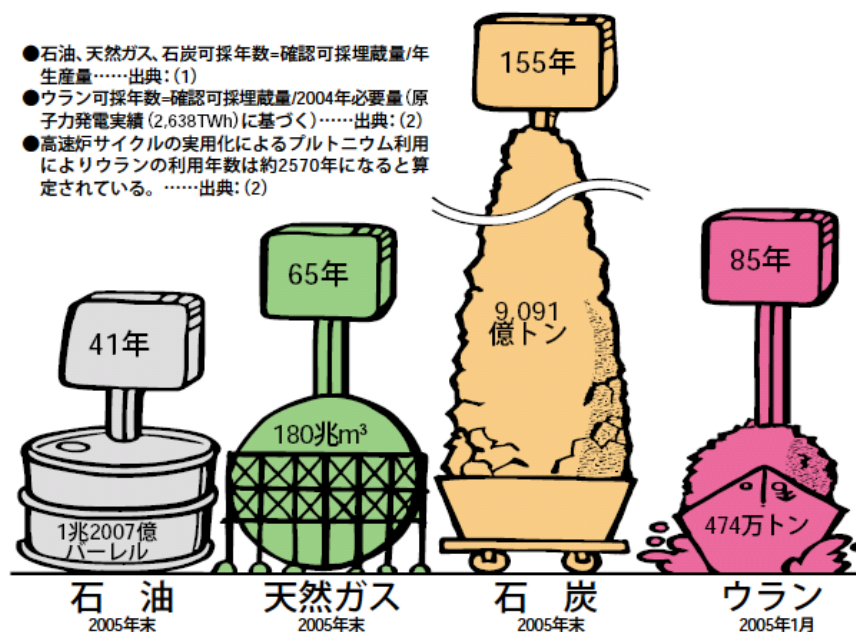
	太陽光	風力
必要な敷地面積	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合 約58km ²	約214km ²
設備投資額	100万kW級原子力発電所1基分を代替する場合 (原子力: 約2,800億円) 約3.9兆円	約8,700億円

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

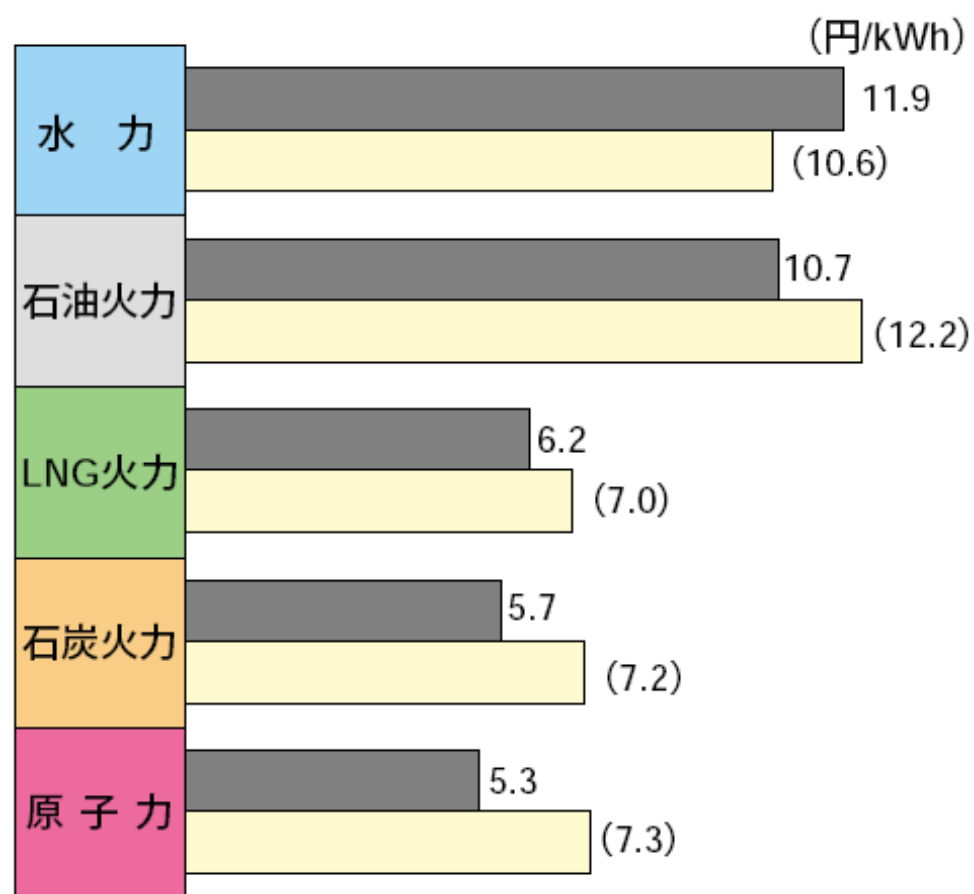
世界のエネルギー資源確認埋蔵量



出典: (1)BP統計2006
(2)URANIUM2005

日本の発電コスト比較

1キロワットアワーあたりの電源別発電コスト(送電端)



上 段 ■ 運転年数を各電源とも40年とした場合
・割引率は各電源とも3%とした。

下 段 ■ 運転年数を各電源の法定耐用年数(水力40年、石油15年、LNG15年、石炭15年、原子力16年)に置き換えた場合
・割引率は各電源とも2%とした。

<試算の前提>

電源別諸元	運転年数	設備利用率	1基当たりの出力
水力	40年	45%	1.5万kW
石油火力	40年	80%	40万kW
LNG火力	40年	80%	150万kW
石炭火力	40年	80%	90万kW
原子力	40年	80%	130万kW

- ・平成14年度運転開始ベース
- ・為替レート(平成14年度平均値): 121.98円/\$
- ・燃料価格(平成14年度平均値):
 - 石油 27.41\$/bbl
 - 石炭 35.5\$/t
 - LNG 28,090円/t
- ・石油、石炭、LNGの燃料上昇率: IEA「World Energy Outlook」

<原子燃料サイクルコストの内訳>※

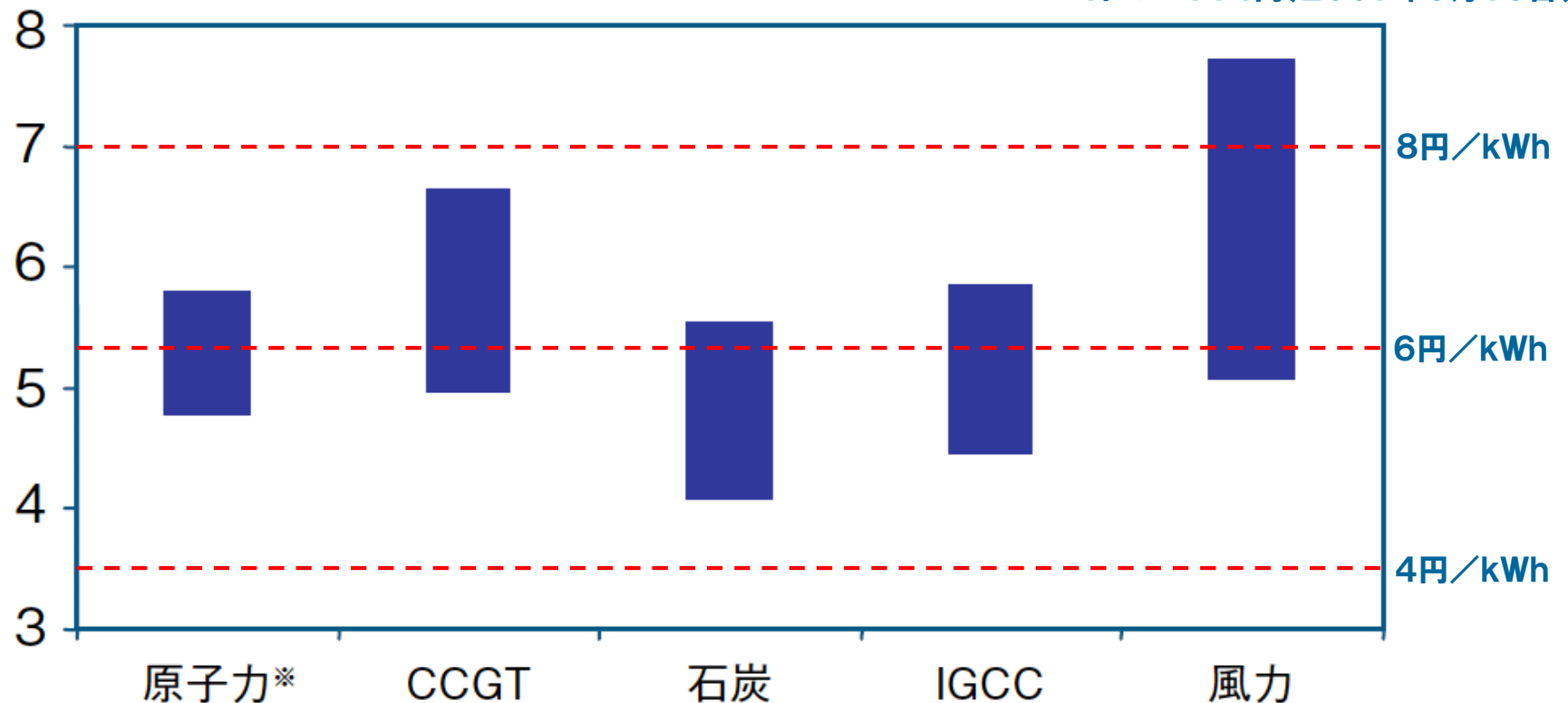
原子燃料サイクルコスト計	1.47円/kWh
フロントエンド計	0.66円/kWh
バックエンド計	0.81円/kWh
再処理(輸送込み)	0.50円/kWh
中間貯蔵(輸送込み)	0.04円/kWh
HLW貯蔵・輸送・処分	0.15円/kWh
TRU処理・貯蔵・処分	0.09円/kWh
再処理デコミ	0.03円/kWh

※運転年数を各電源とも40年とした場合(割引率3%)

世界の発電コスト比較①

米 セント / kWh

1ドル=114円(2007年9月13日)



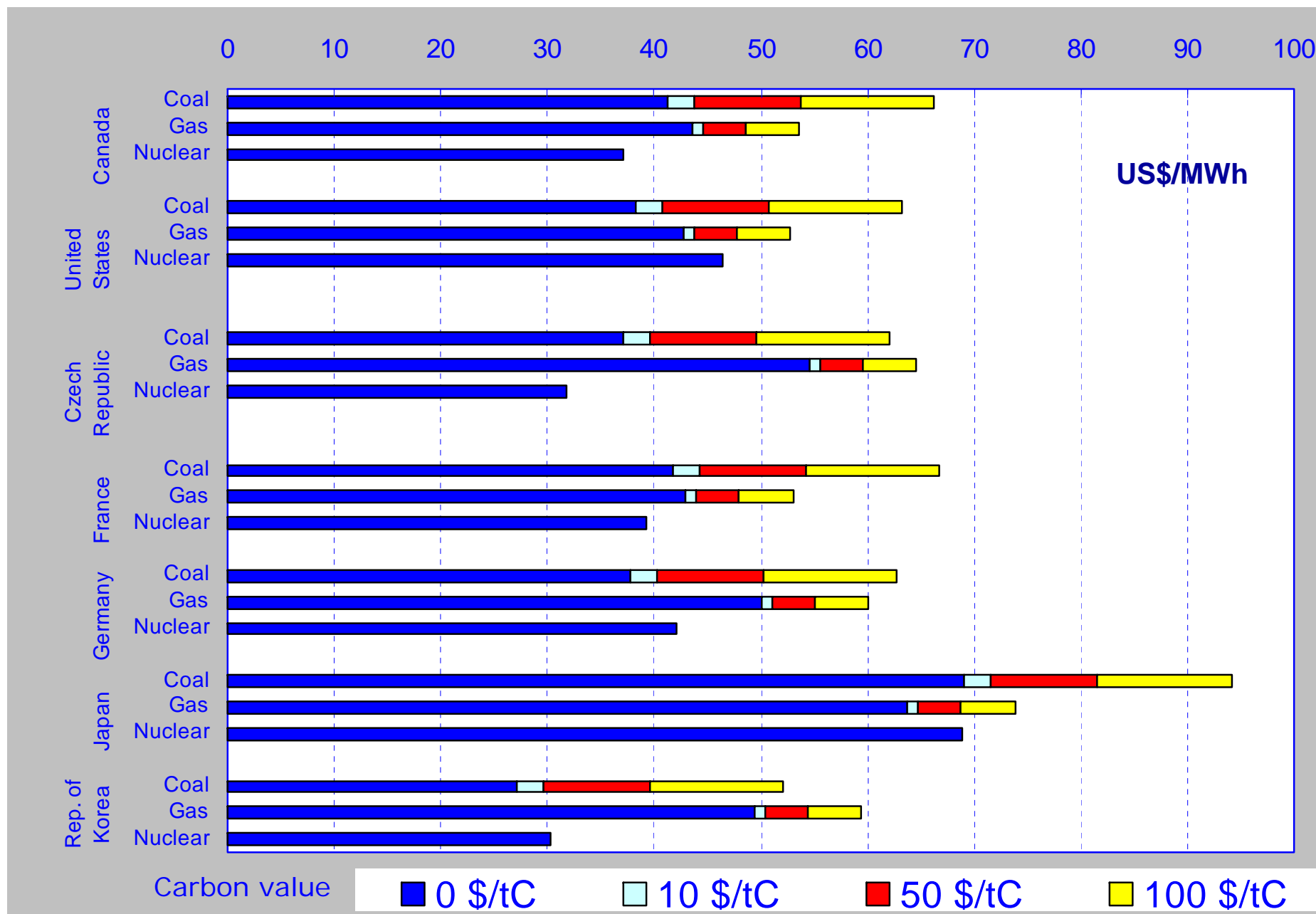
※原子力発電のコストには、廃棄物管理に係るコストを含む。

(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。

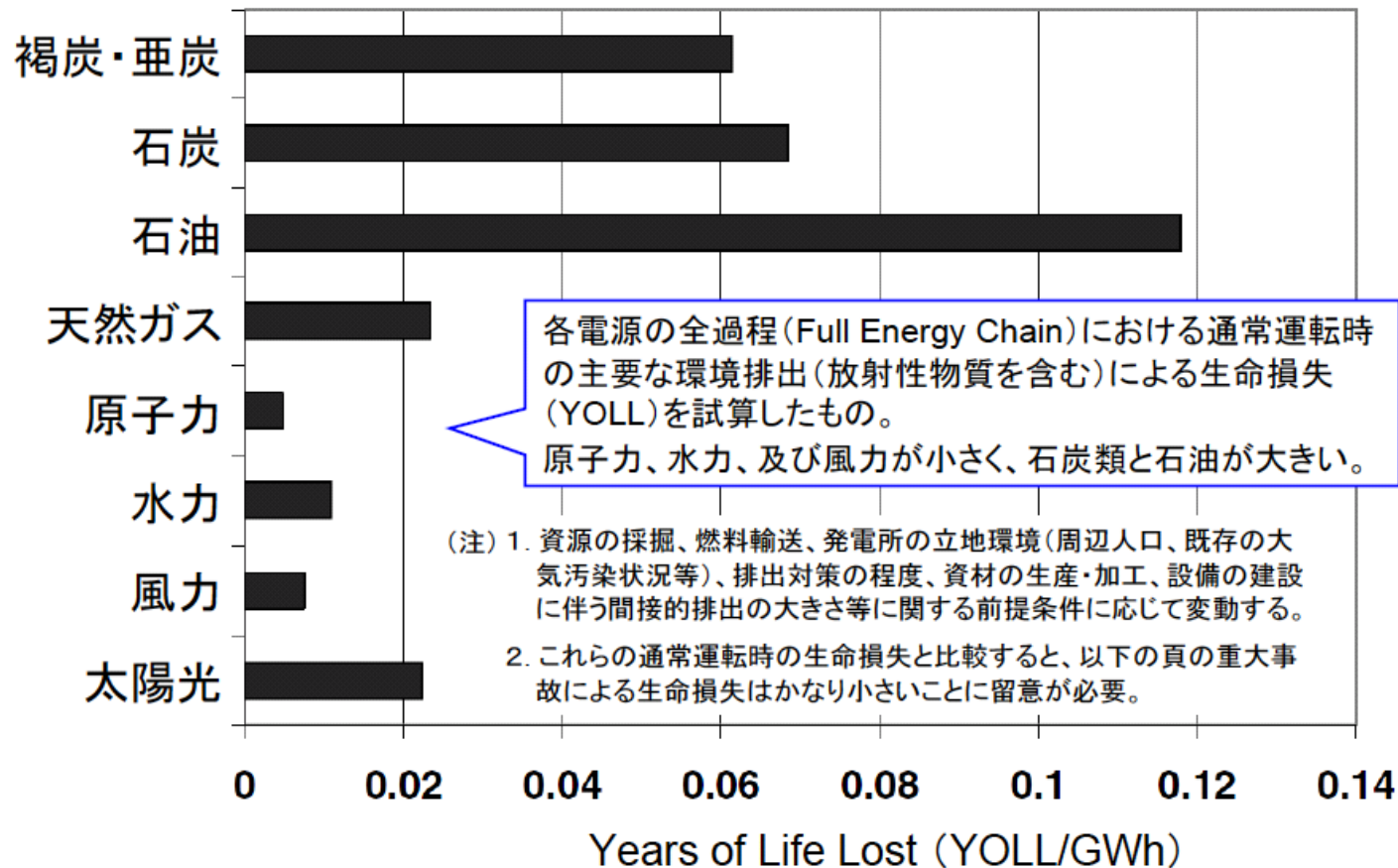
世界の発電コスト比較②



通常運転時の人への健康影響

安全性

通常運転時の生命損失 ＜ドイツの分析例＞



出所: Risks and Benefits of Nuclear Energy, OECD/NEA (2007)