

戦略調査セミナー

報告(1)

日本のエネルギーセキュリティ

平成18年 1月12日

経営企画部戦略調査室

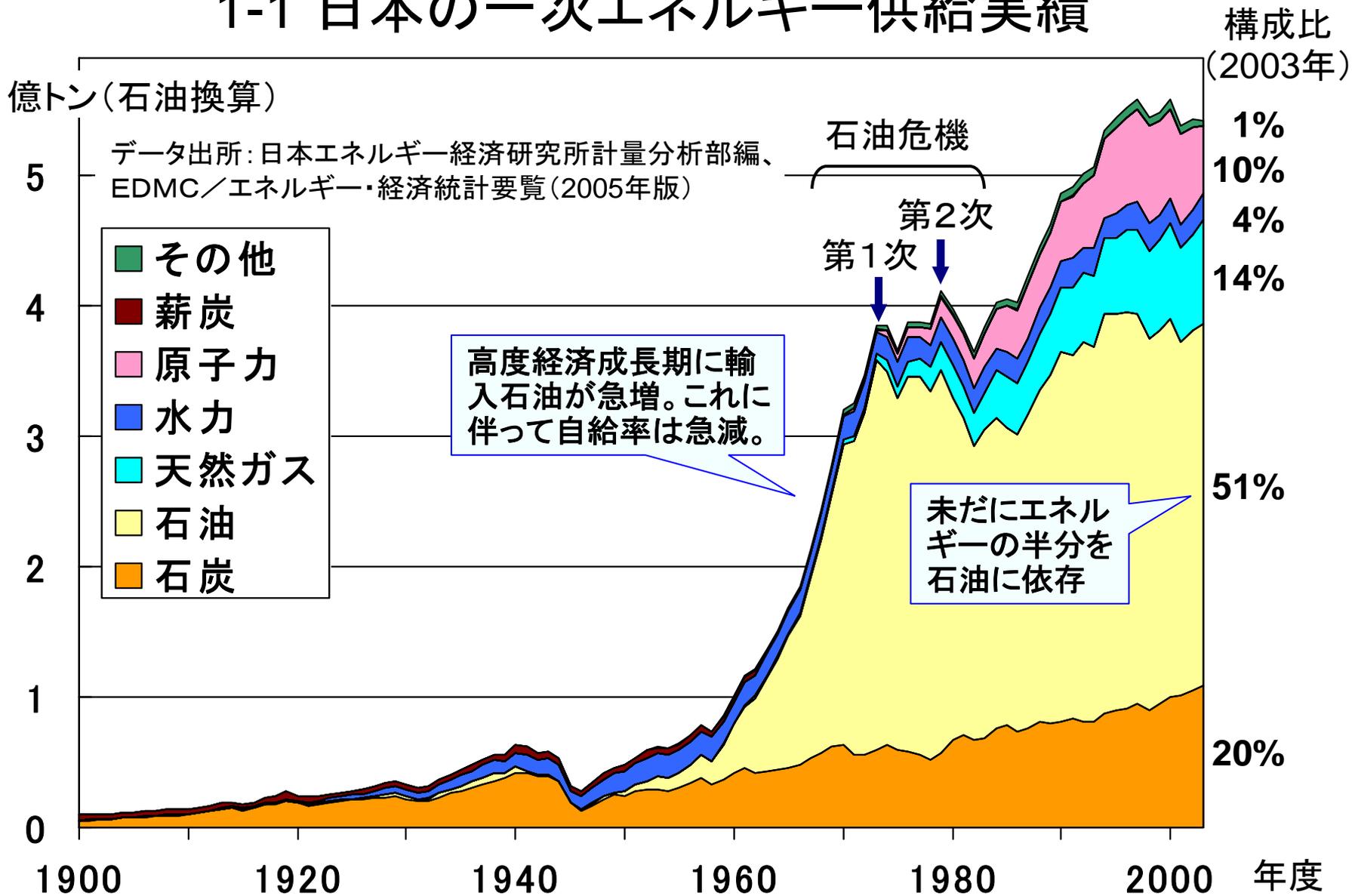
佐藤 治

目次

1. エネルギー需給の推移
2. 世界の石油・天然ガス資源
3. エネルギーセキュリティの強化に向けて
4. エネルギー源・供給源の多様化
5. 中東石油依存からの脱却に向けて
6. 再生可能エネルギーの利用拡大

1. エネルギー需給の推移

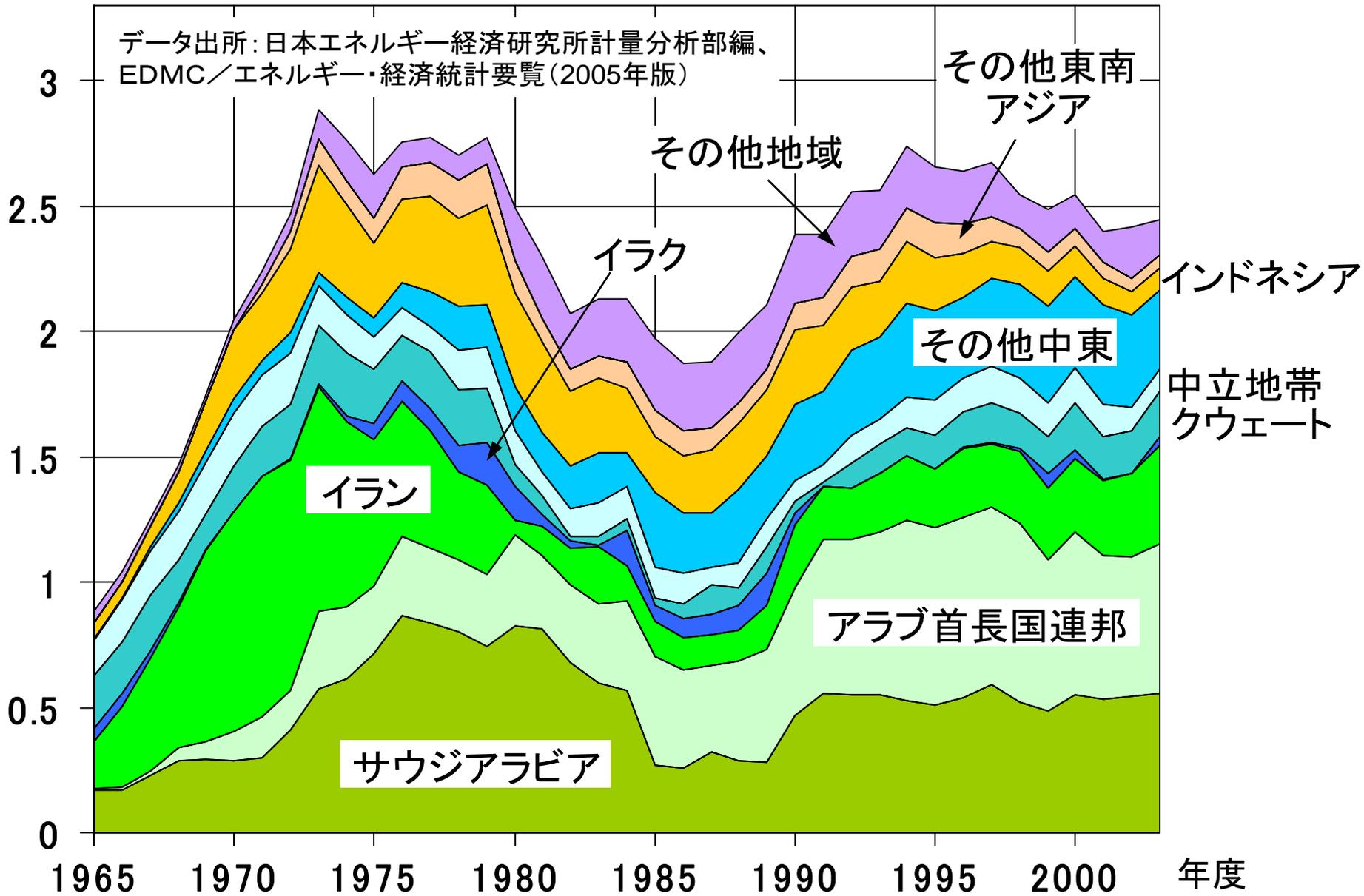
1-1 日本の一次エネルギー供給実績



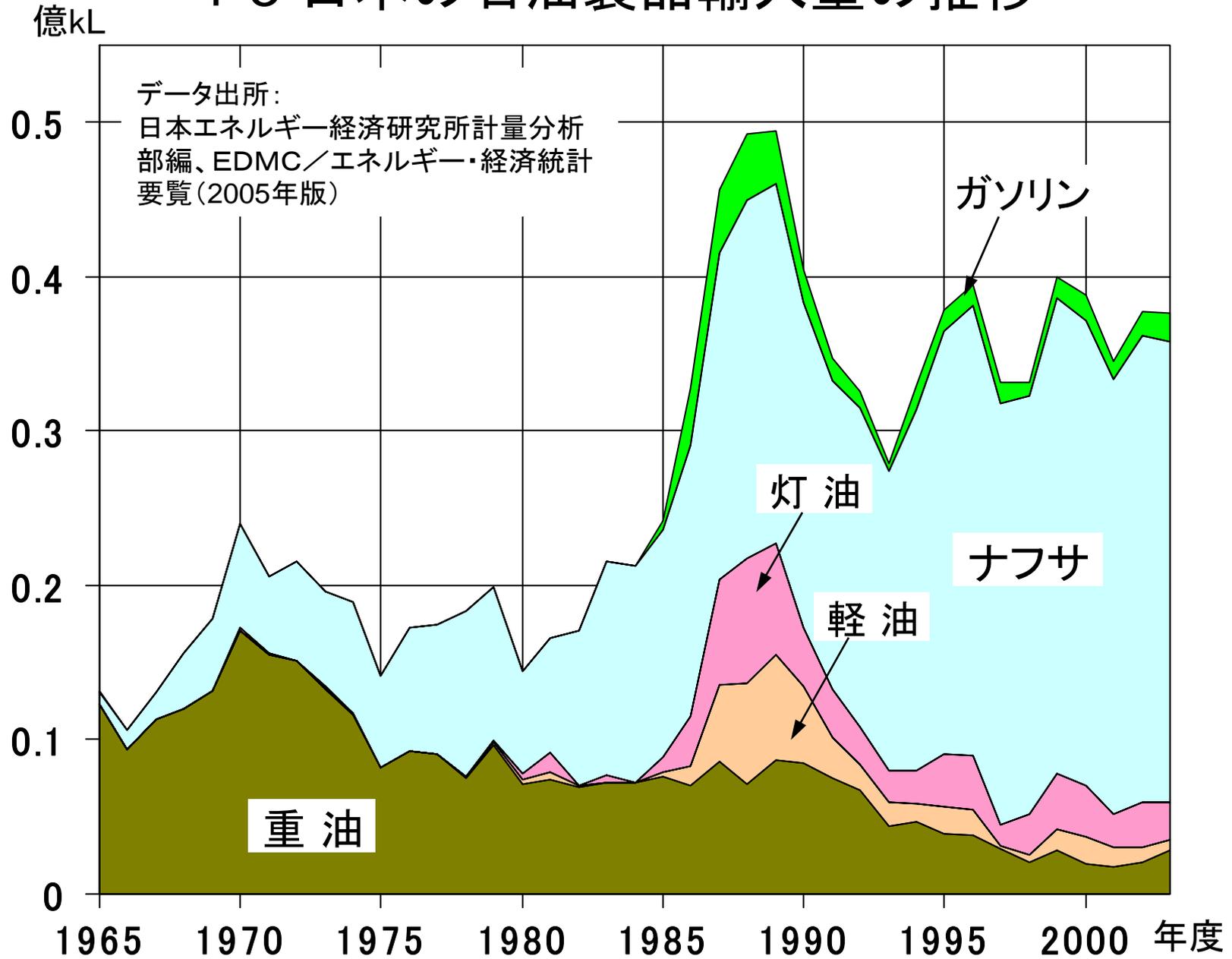
1-2 日本の原油輸入量の推移

億kL

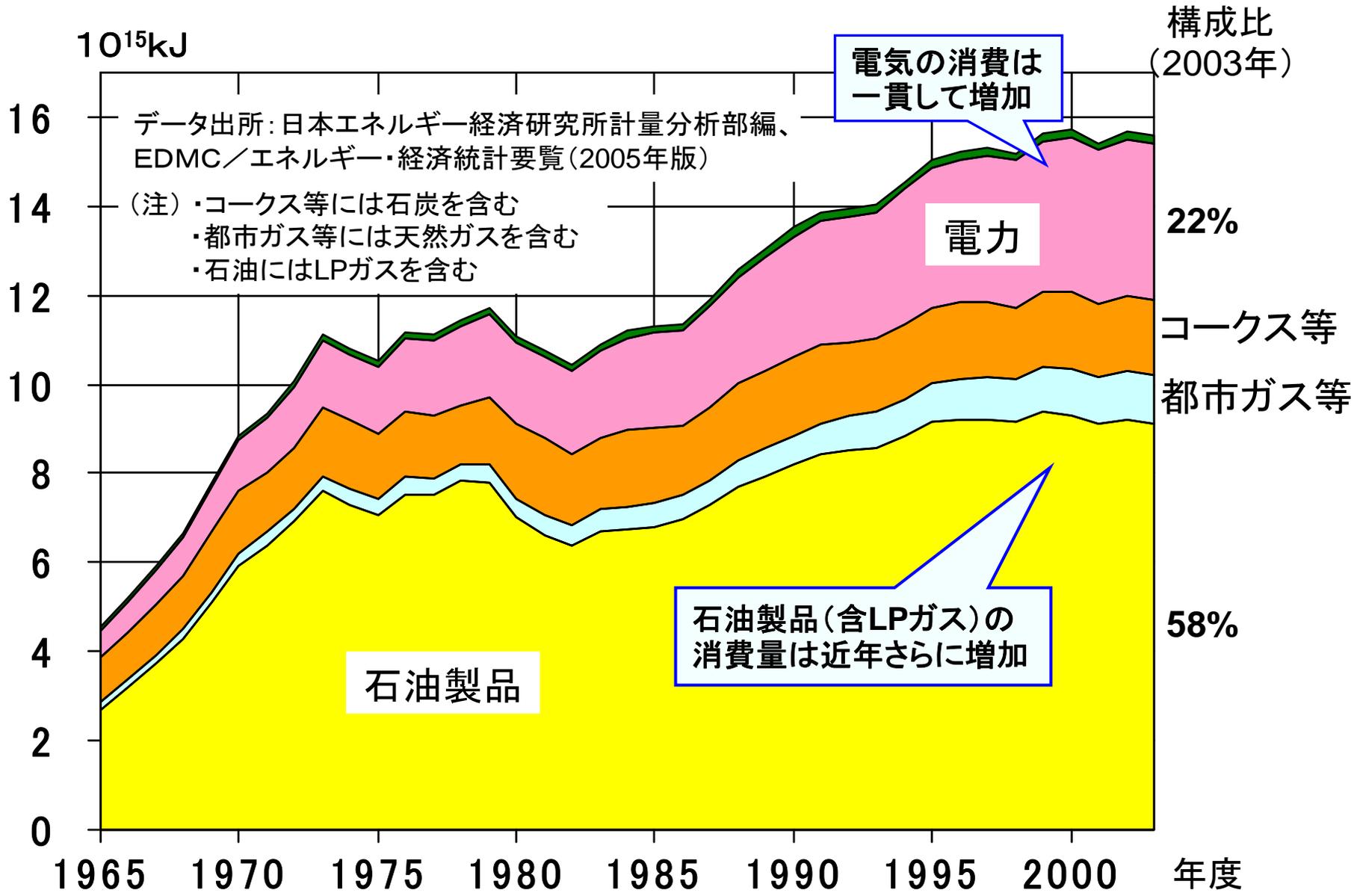
データ出所: 日本エネルギー経済研究所計量分析部編、
EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2005年版)



1-3 日本の石油製品輸入量の推移

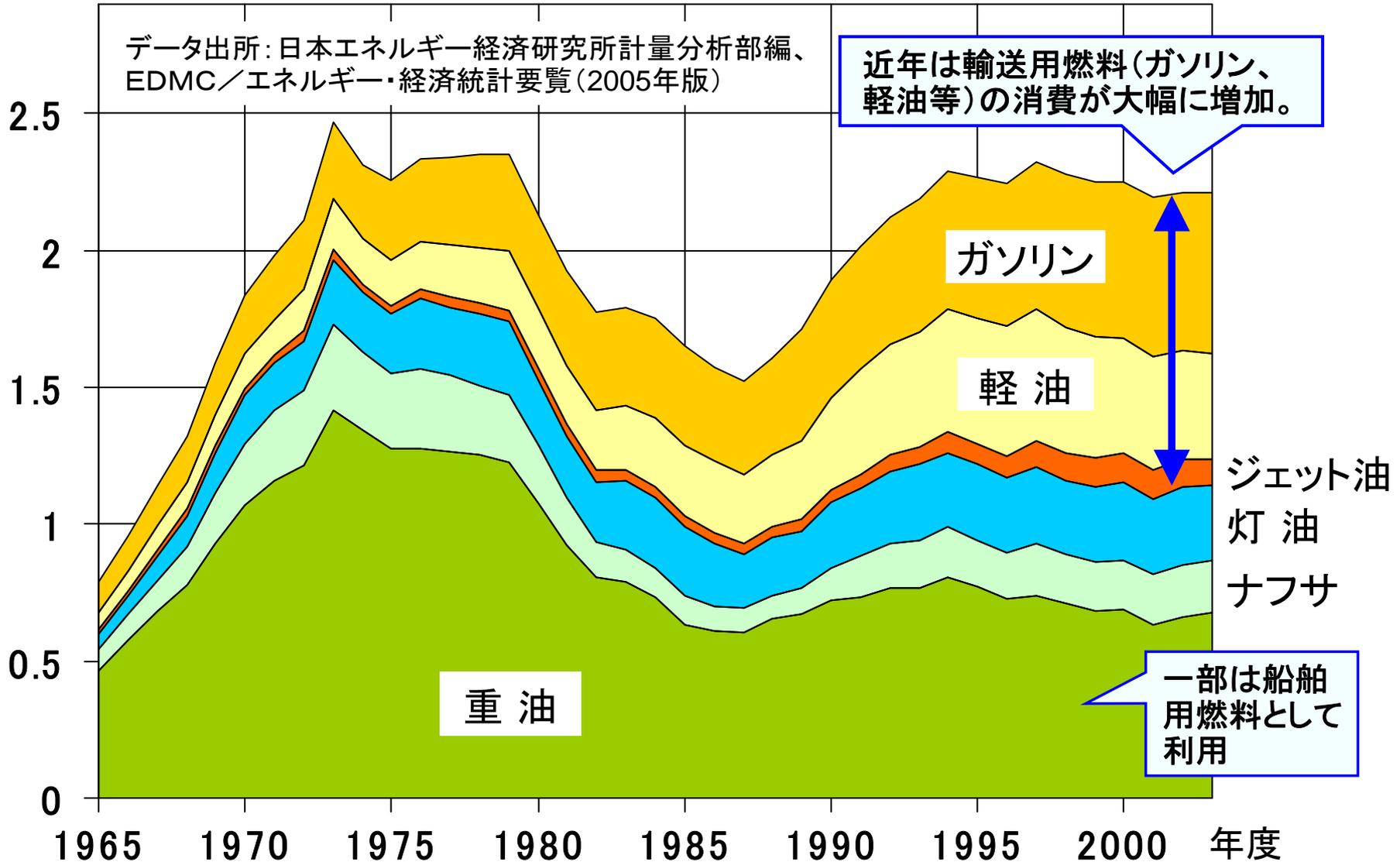


1-4 日本の最終エネルギー消費量の推移



1-5 石油製品の国内販売量の推移

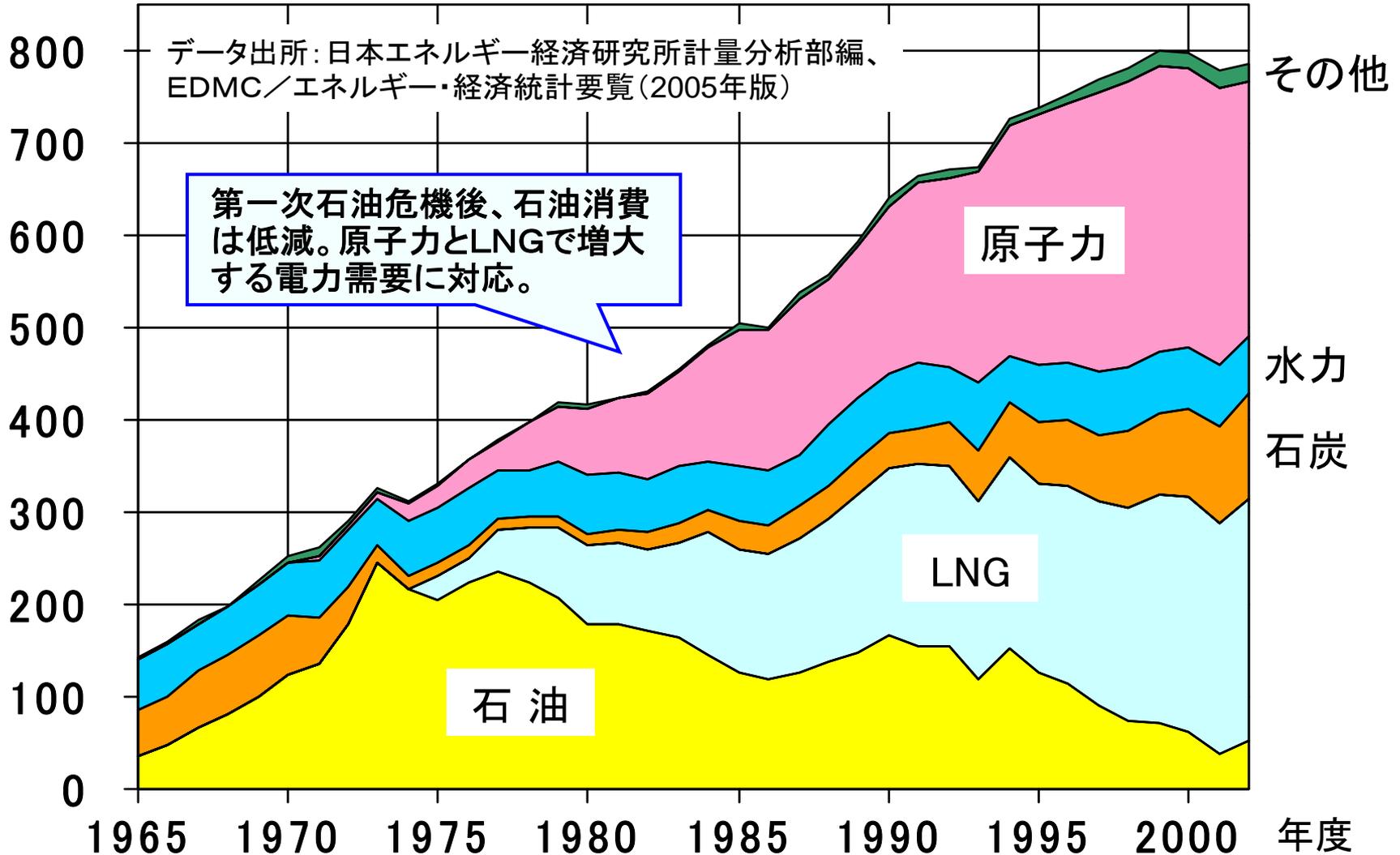
億kL



1-6 日本の電源別発電電力量の推移

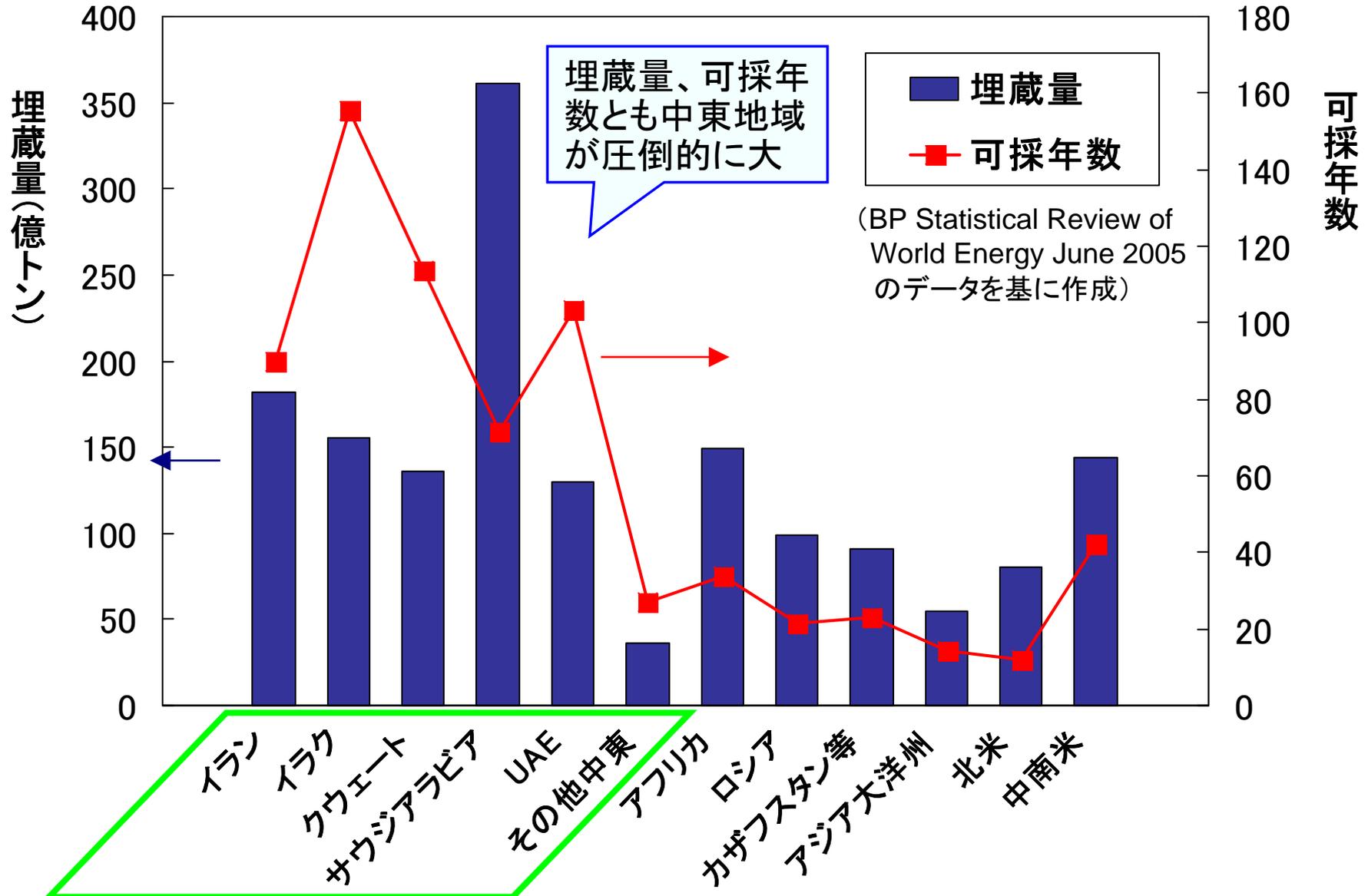
(一般電気事業者のみー共同火力・自家発電を除く)

10億kWh

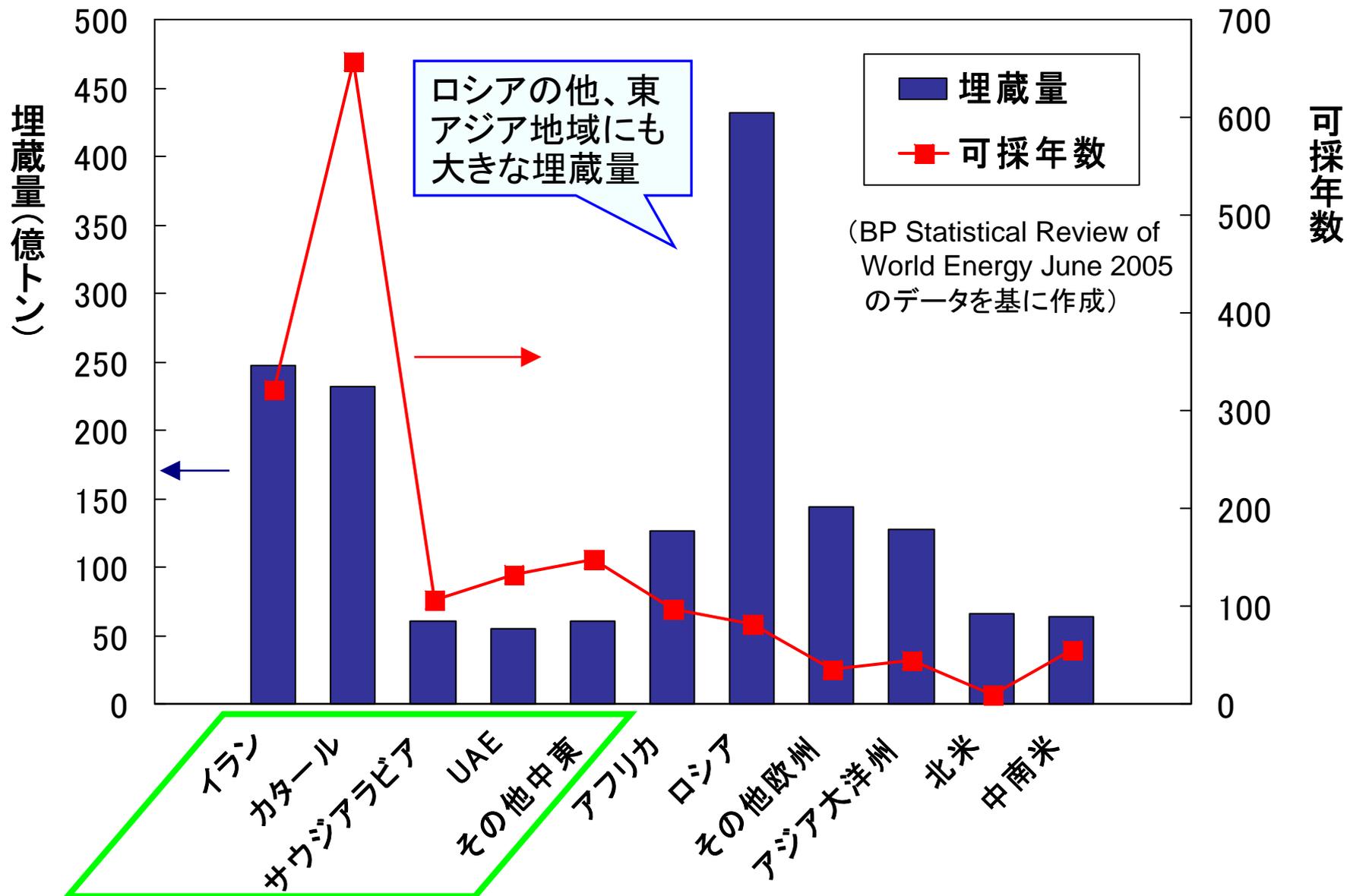


2. 世界の石油・天然ガス資源

2-1 世界の原油埋蔵量と可採年数

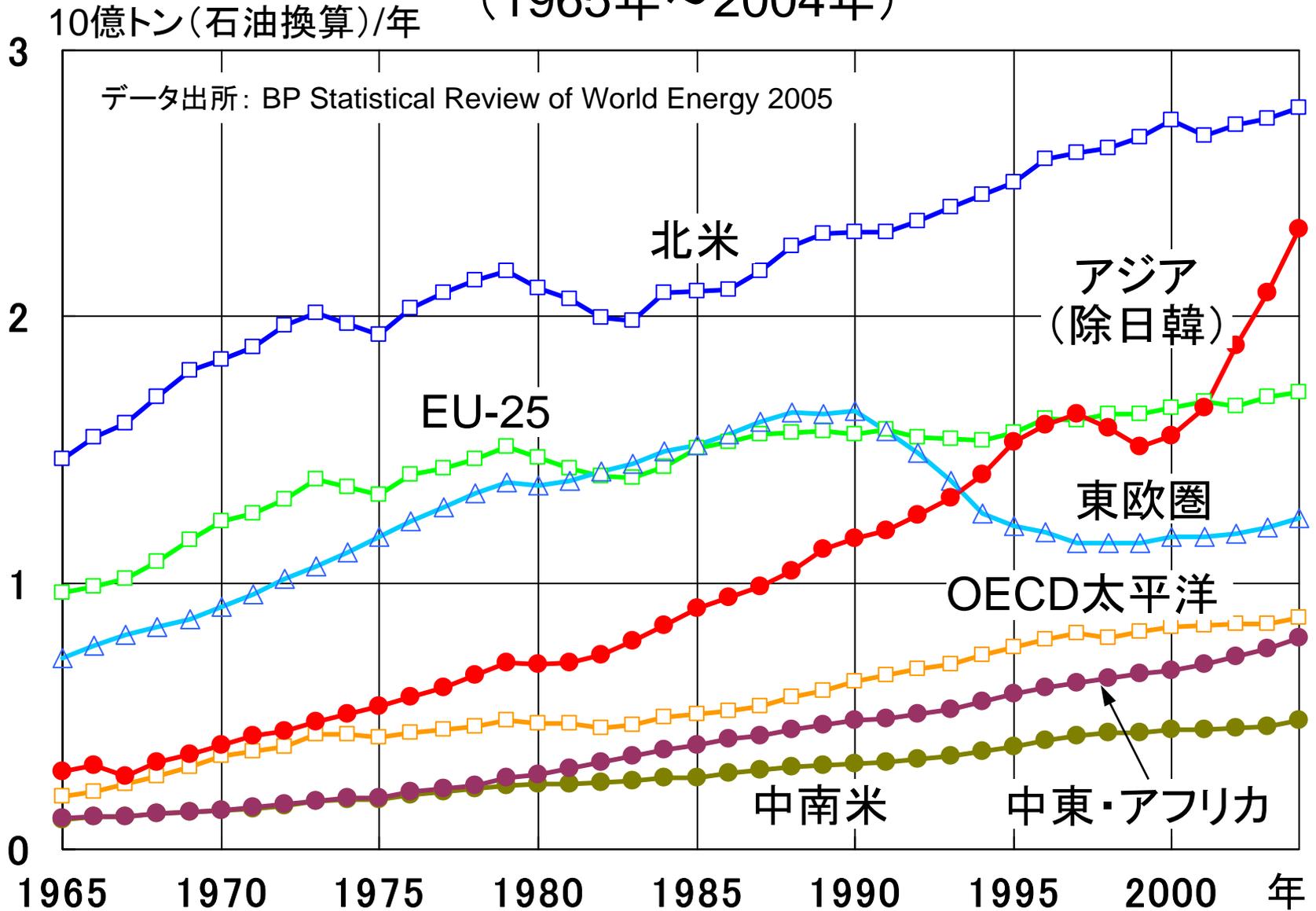


2-2 世界の天然ガス埋蔵量と可採年数

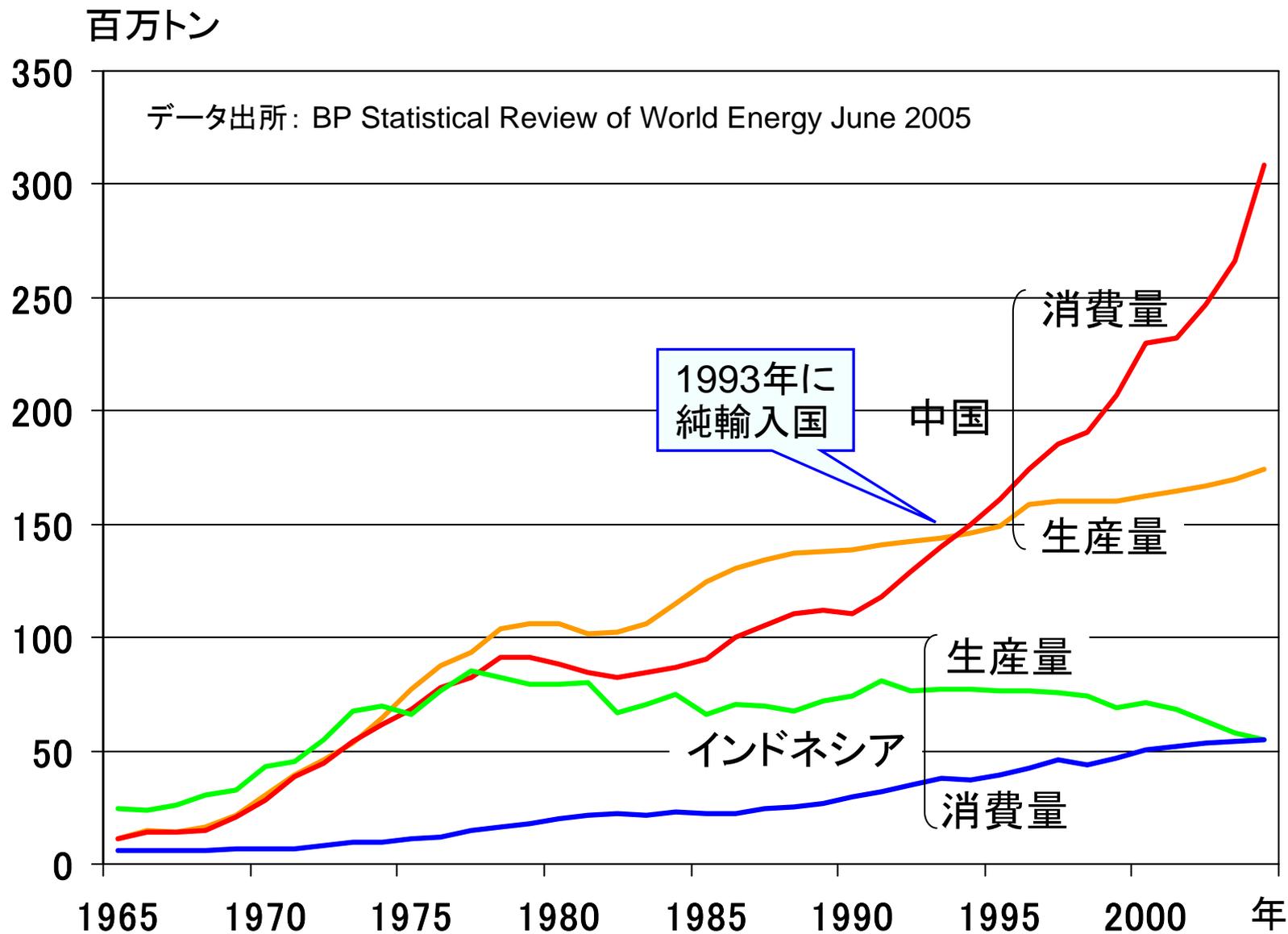


2-3 地域別一次エネルギー消費量の推移

(1965年～2004年)



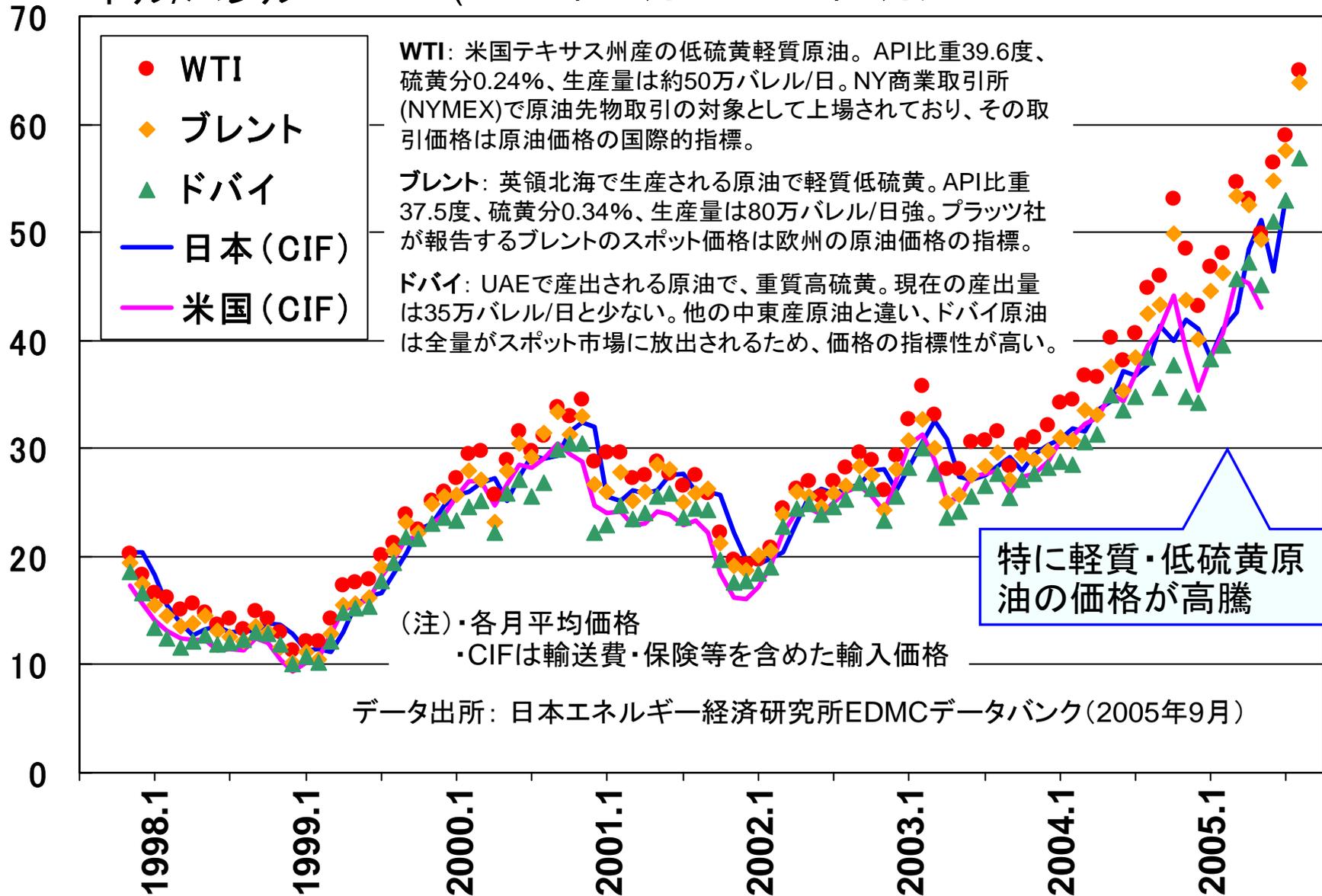
2-4 東アジアにおける石油の生産量と消費量



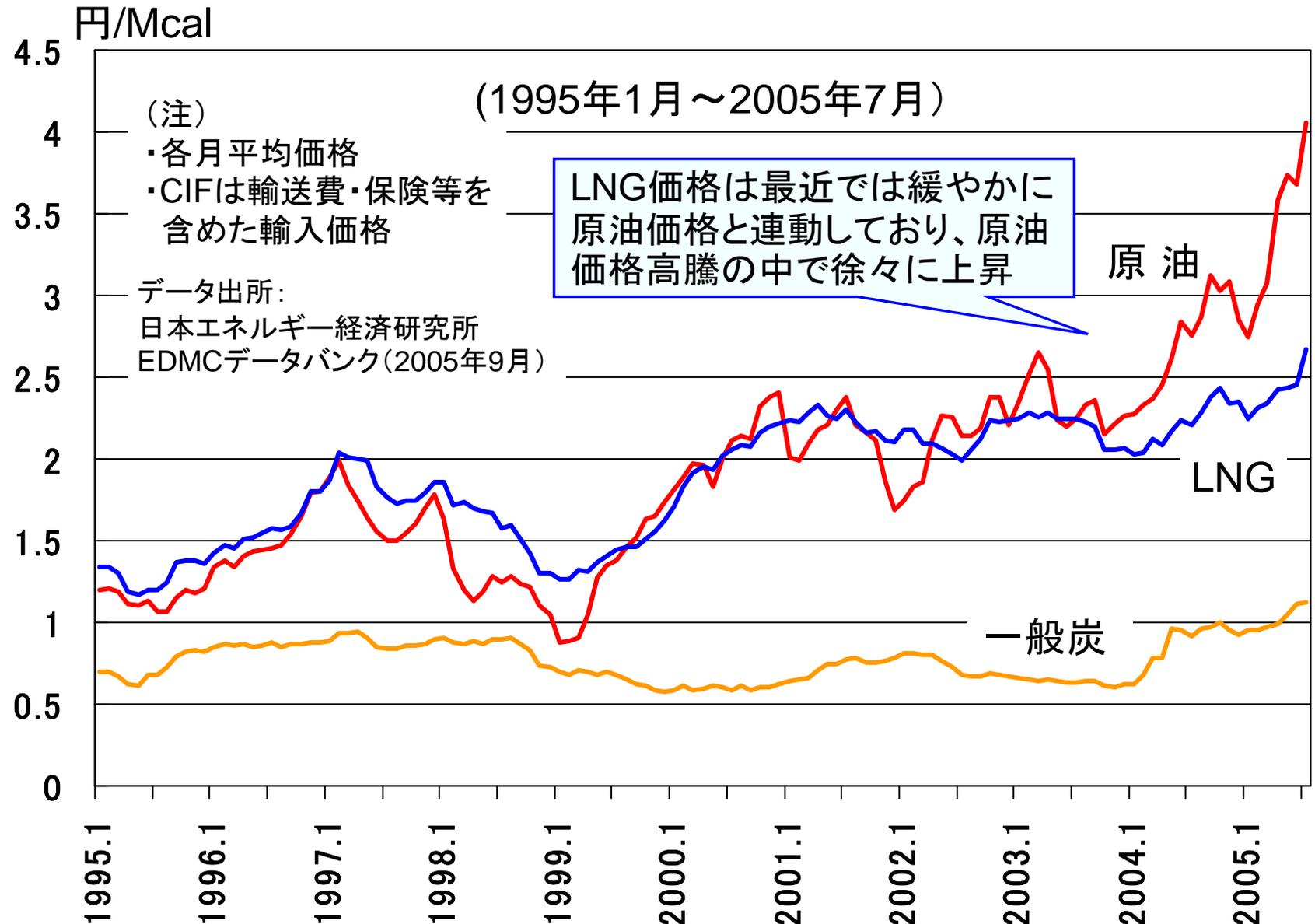
2-5 原油価格の推移

(1998年11月～2005年8月)

ドル/バレル



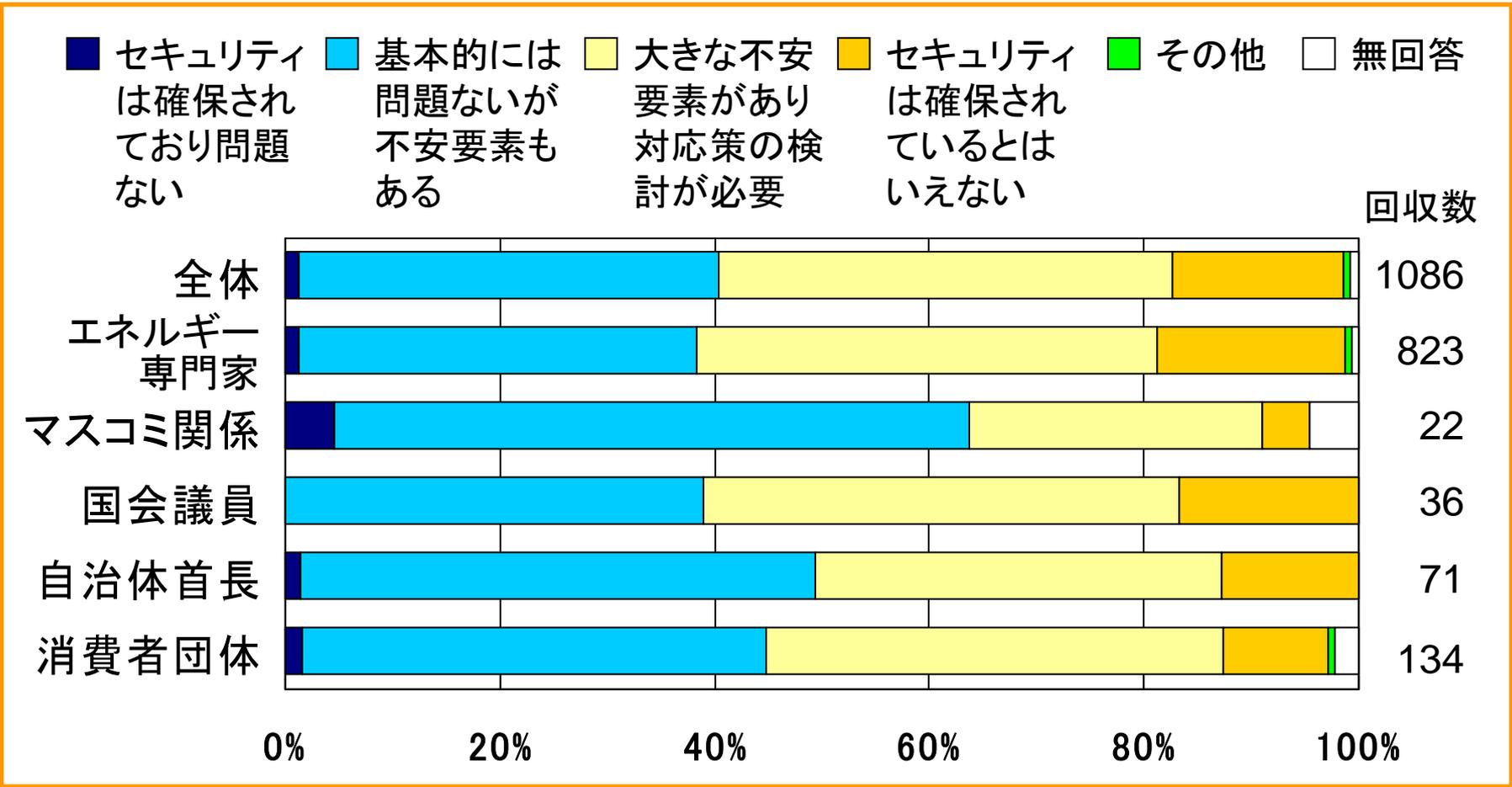
2-6 日本の燃料輸入価格(CIF)の推移



3. エネルギーセキュリティの強化に向けて

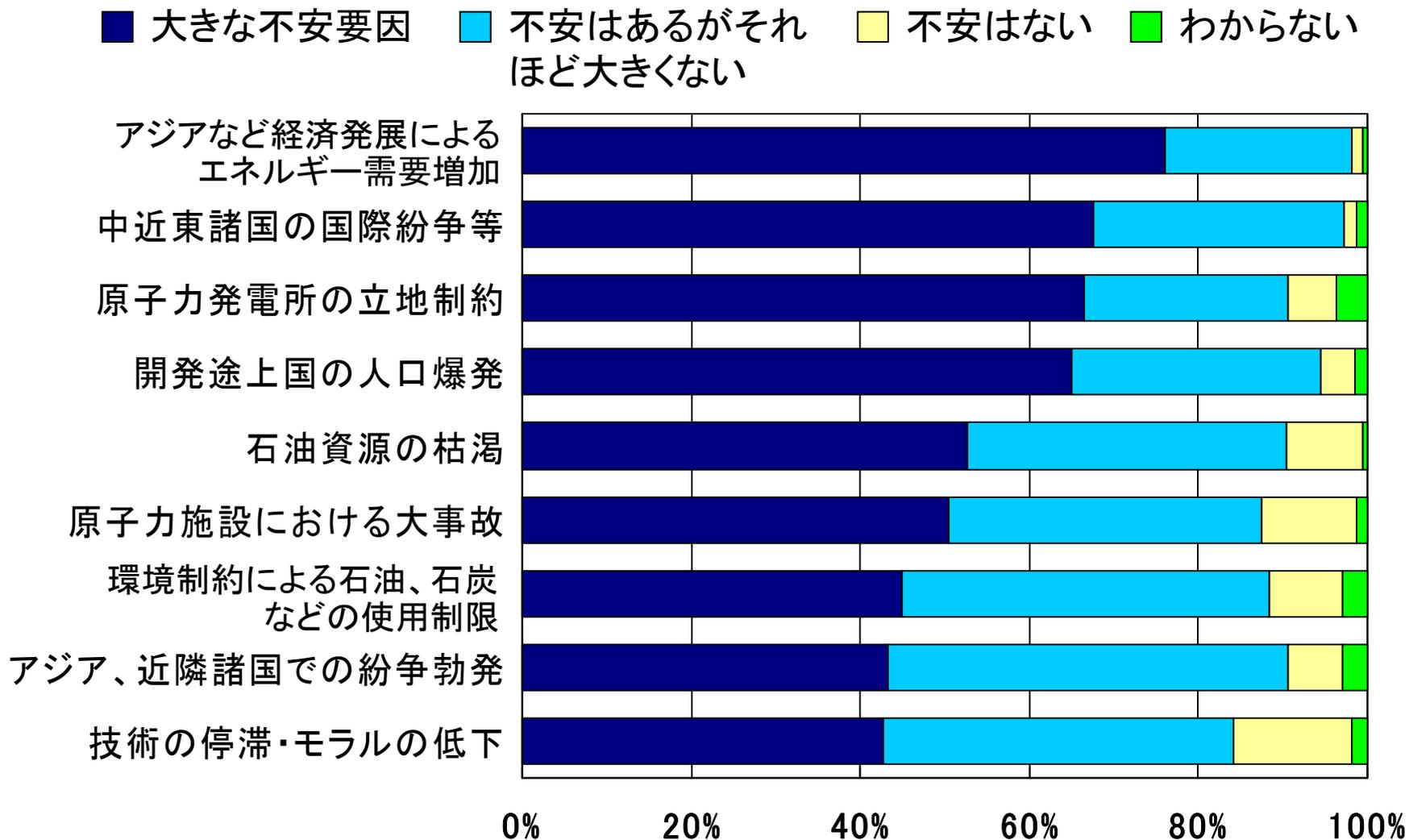
3-1 エネルギーセキュリティに関するアンケート調査*

◆現時点のわが国のエネルギーセキュリティをどう考えるか？

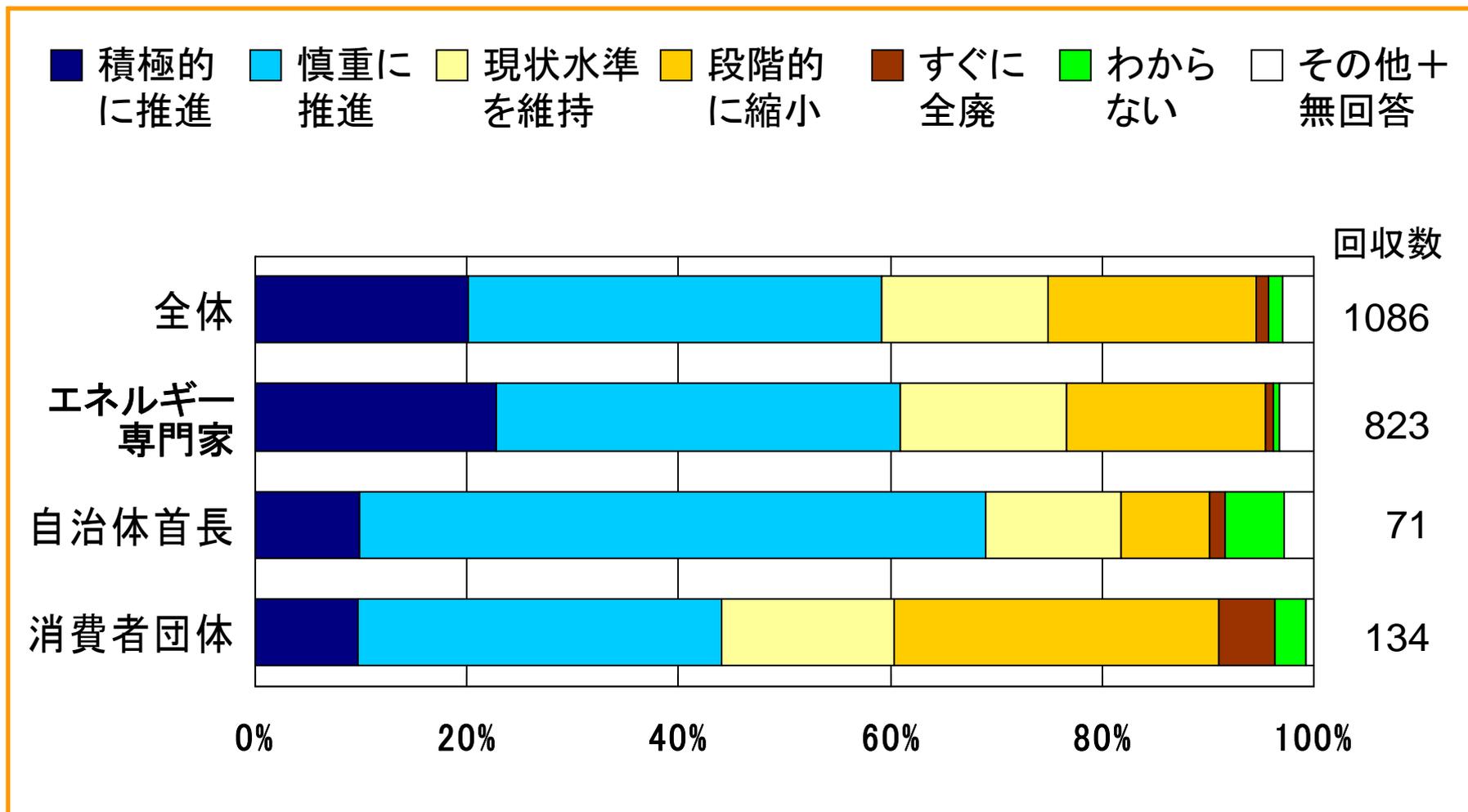


* 出所：社会経済生産性本部エネルギー問題特別委員会「エネルギーセキュリティの確立と21世紀のエネルギー政策のあり方」－有識者アンケート調査に基づいて－提言（2000年3月）

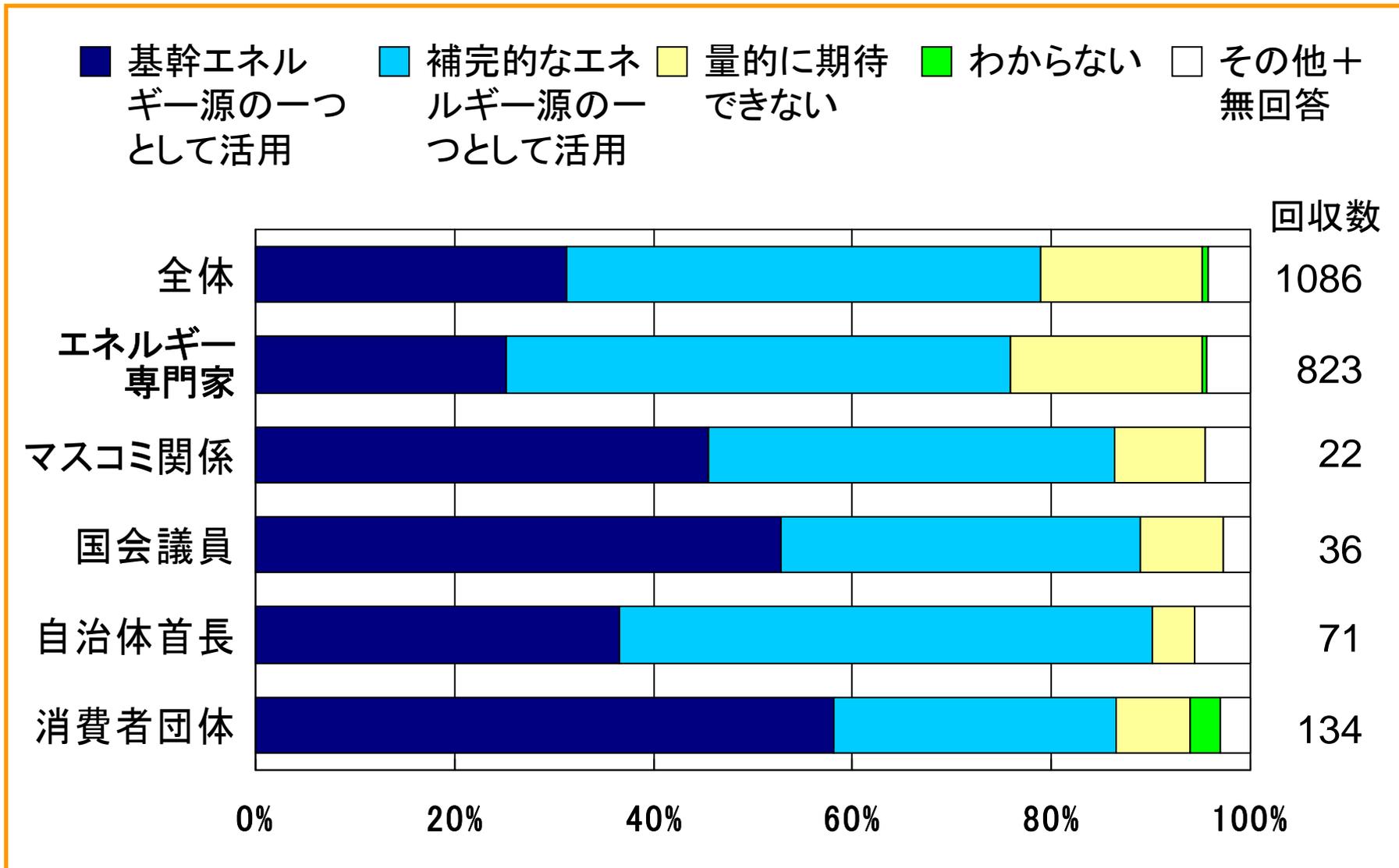
◆2030年までのわが国のセキュリティーを脅かすリスクとして どの程度の不安要因か？【エネルギー専門家の回答】



◆今後の原子力発電のあり方について？



◆ 今後、新エネルギーをどのように活用するか？



3-2 石油・天然ガス供給に係る主なリスク要因

発生
確率

大



小

- アジア諸国の急速な経済成長で恒常的に需給逼迫
 - ◆ 価格の高値安定化（代替燃料価格水準まで上昇）
 - ◆ 資源の抱え込み、バーター取引による市場攪乱
- 産油国における政変・国内紛争
 - ◆ サウジアラビア、イラン、中南米（メキシコ、ベネズエラ）
- ロシアにおける資源ナショナリズム台頭
 - ◆ 投資減少、プロジェクト停滞、価格上昇
- 石油輸送ルートへの規制～閉鎖
 - ◆ 地域紛争、テロ、大規模事故など
- 中東地域における新たな大規模紛争
 - ◆ 生産の大幅減少、価格高騰

3-3 セキュリティ強化の方策

目標：安定的、経済的、持続的なエネルギー供給の確保

○燃料備蓄

- ◆ 原油・LPガスでは既に事業者には義務化＋国家備蓄

○エネルギー源・供給源の多様化

- ◆ すべてのエネルギー源・供給源には固有のリスク
- ◆ リスクの大きい供給源(ex.中東原油)への依存を低減

○自給率の向上

- ◆ 政治的・経済的な自立性、主体性の確保に貢献
- ◆ 価格交渉力の強化

○個別のエネルギー源・供給源の安定性向上

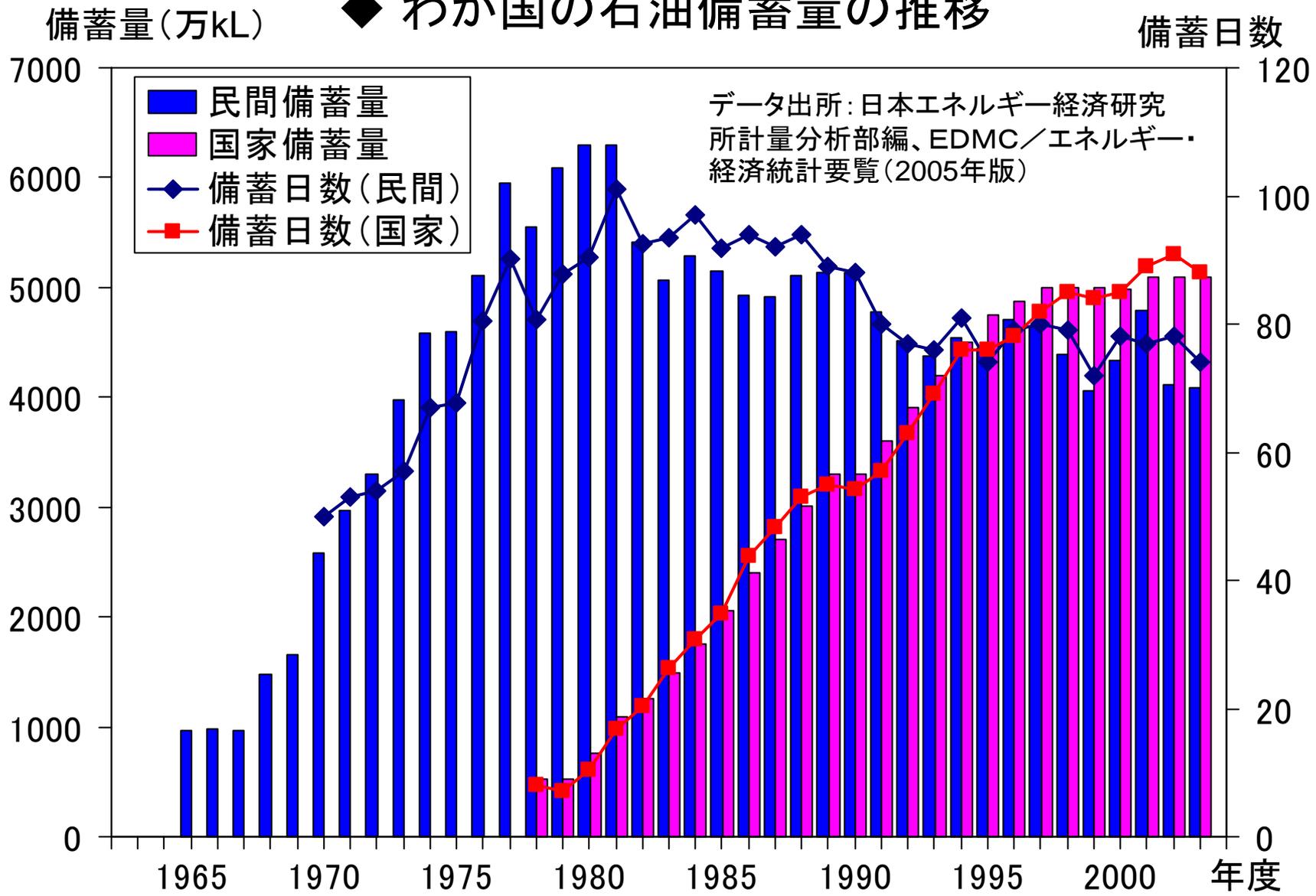
- ◆ 供給リスクの一層の低減
(輸送等の安全確保、技術的信頼性と柔軟性の向上、他)

○資源・環境面からの持続可能性の確保

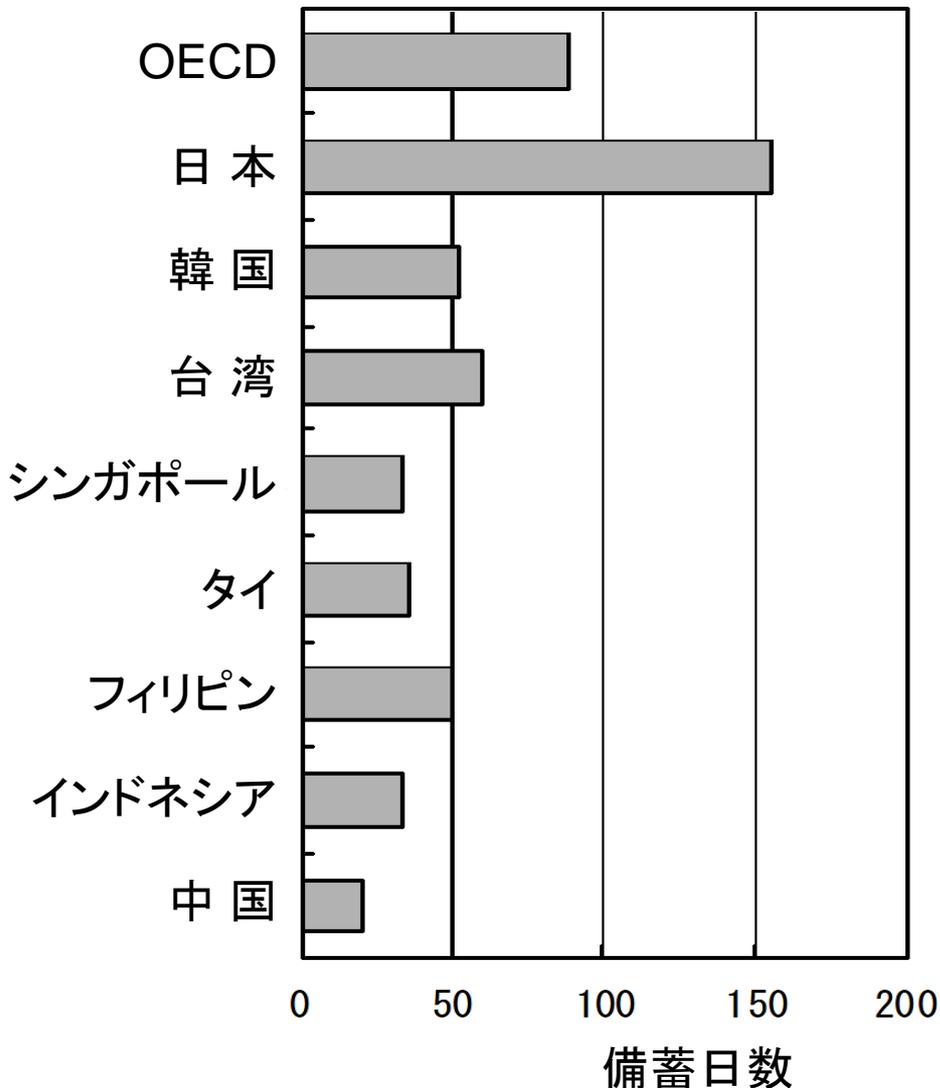
- ◆ 資源の量的制約からの解放
- ◆ ライフサイクルでの環境影響を最小限に低減

3-4 石油の備蓄

◆ わが国の石油備蓄量の推移



◆ アジア諸国の石油備蓄量と最近の動き



最近の石油備蓄を巡るアジアの動き

- 中国は国家石油備蓄制度の創設に向けた検討を政府部内で開始。2010年までに1億1,000万バレル(25日分)の備蓄目標
- 台湾も石油会社の60日備蓄義務に加え、国家石油備蓄制度の創設を検討中
- 民間備蓄義務を軽減したタイも、第1から第3段階に分けて国家石油備蓄制度を検討
- アジアの石油備蓄を巡る国際議論が活発化
 - －APECにおける共同備蓄構想の提案
 - －東アジア(日中韓中心)の石油備蓄構想の検討

出所:「東アジアのエネルギーと環境問題」日本エネルギー経済研究所小川 芳樹、ESRI東アジアの持続的発展に関する研修資料(2003年3月)

4. エネルギー源・供給源の多様化

4-1 多様化に向けての具体的選択肢

○石油供給国の多様化

- ◆ 中東地域内での多様化(残存埋蔵量は中東に集中)
- ◆ 非中東地域からの輸入(ロシア等)

○天然ガスの利用拡大

- ◆ 東アジア地域の資源開発
- ◆ 国土幹線パイプラインの整備
- ◆ 合成液体燃料製造技術の実用化

○石炭利用の拡大

- ◆ クリーン石炭技術(IGCC、IGFC等) + CO₂回収・固定化

○再生可能エネルギー利用の拡大

- ◆ 発電の拡大 → 天然ガスを石油代替利用(熱源、原料)
- ◆ バイオマスエネルギー利用による燃料製造

○原子力エネルギー利用

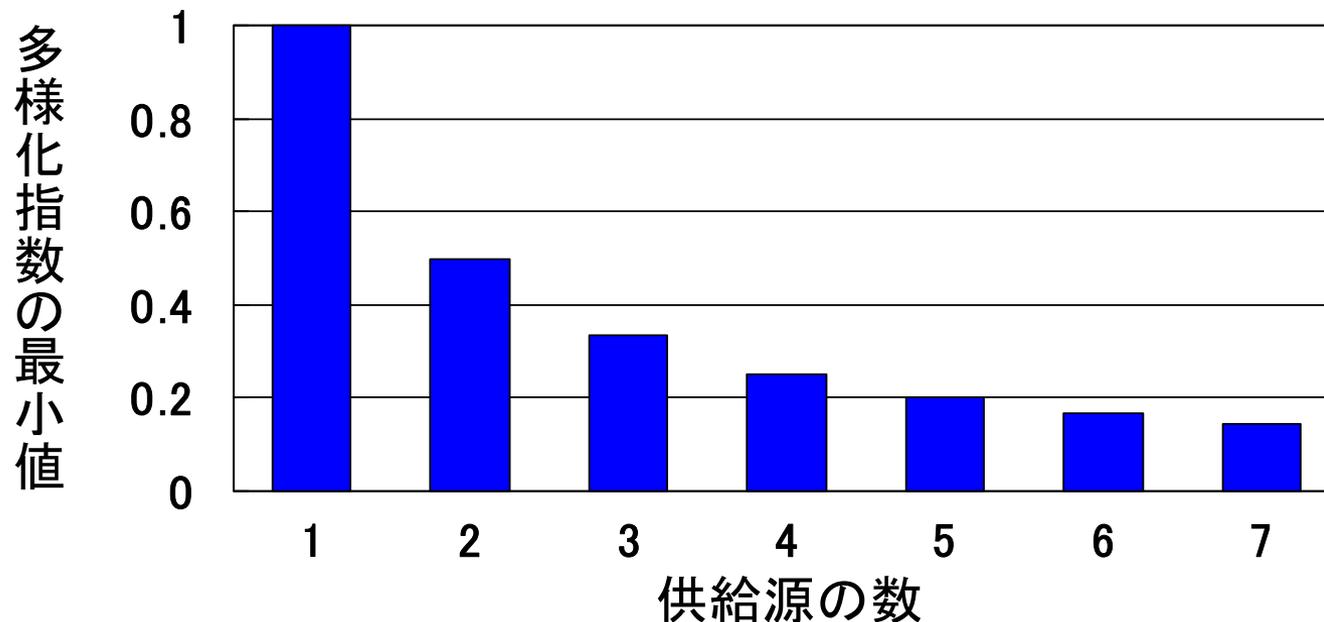
- ◆ 発電の拡大 → 天然ガスを石油代替利用(熱源、原料)
- ◆ 水素製造 → 低質化石燃料からの合成油製造

4-2 供給源の多様化を表す指標

多様化指数 (Herfindahl index) : $H = \sum x_i^2$

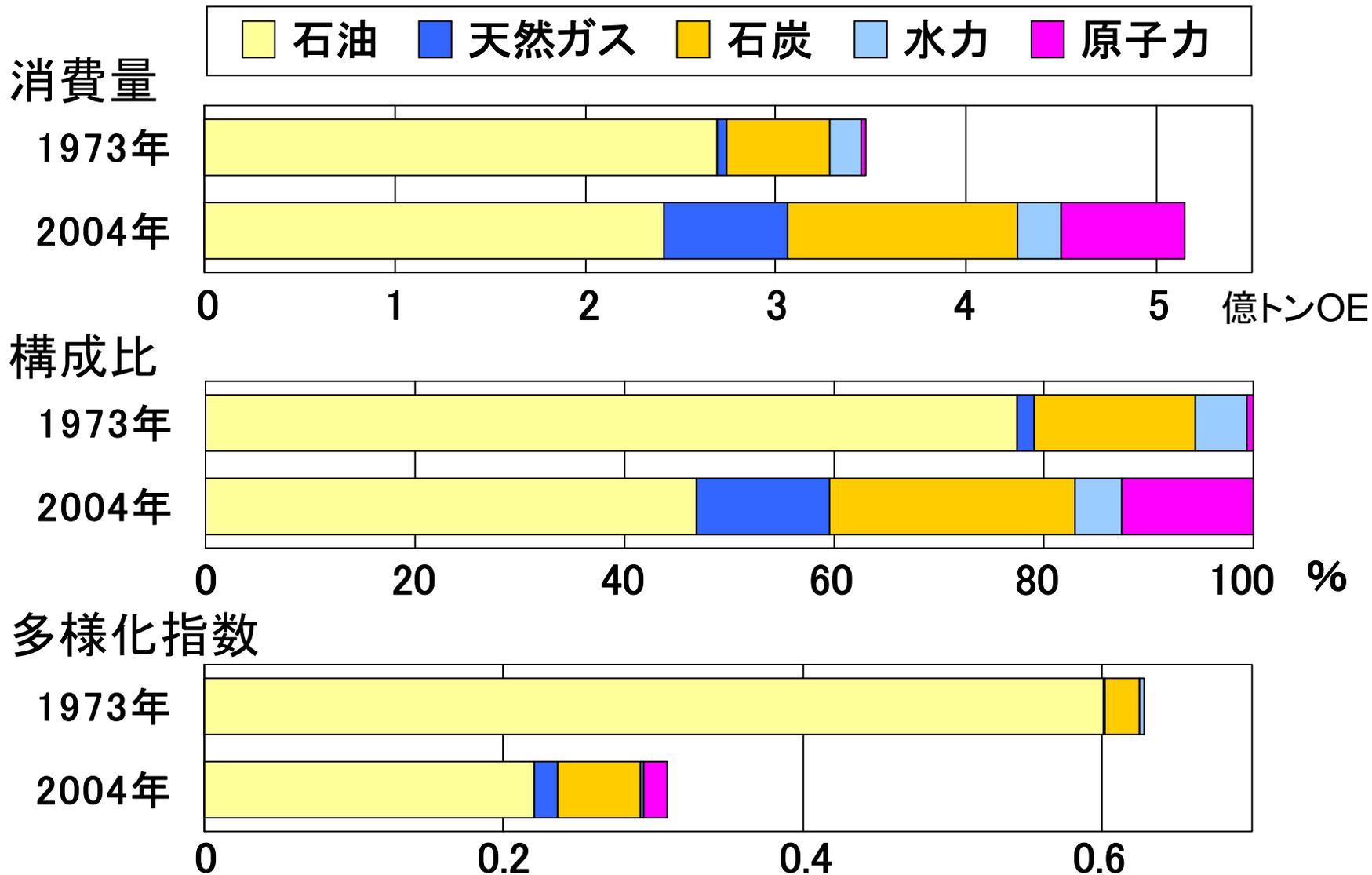
x_i は全供給量に占める供給源 i の比率

- 各供給源のリスクは同等であると仮定。
- 各供給源を同一比率で選択した場合に値が最小化。
- 単一供給源のみに依存する場合に値は最大化(1.0)。
- 供給源の数が多いほど最小値は低下。→ 下図参照



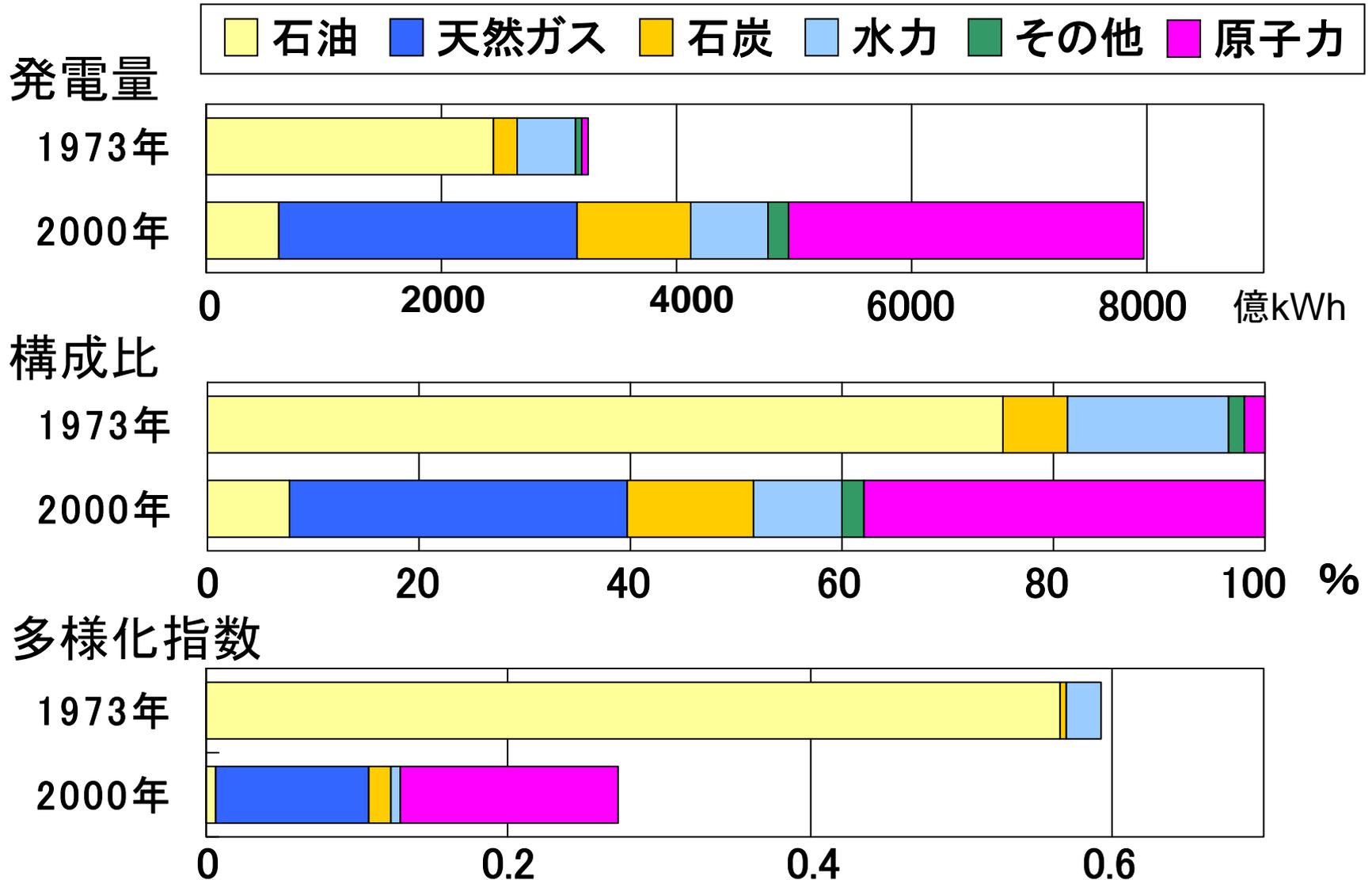
4-3 一次エネルギー源多様化の実績

(データ出所: BP Statistical Review of World Energy June 2005)



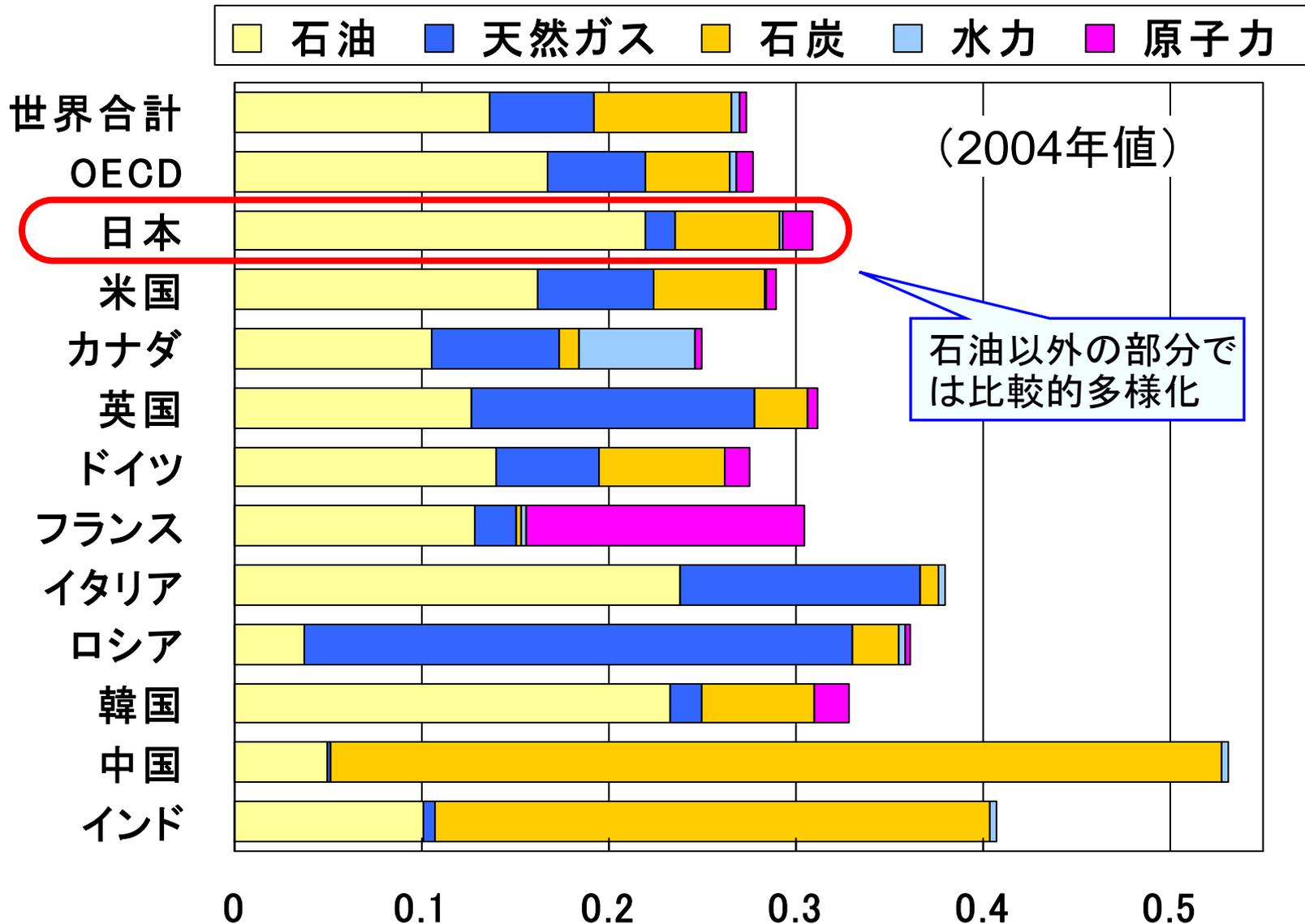
4-4 電源多様化の実績(一般電気事業)

(データ出所: 日本エネルギー経済研究所 EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2005年版))



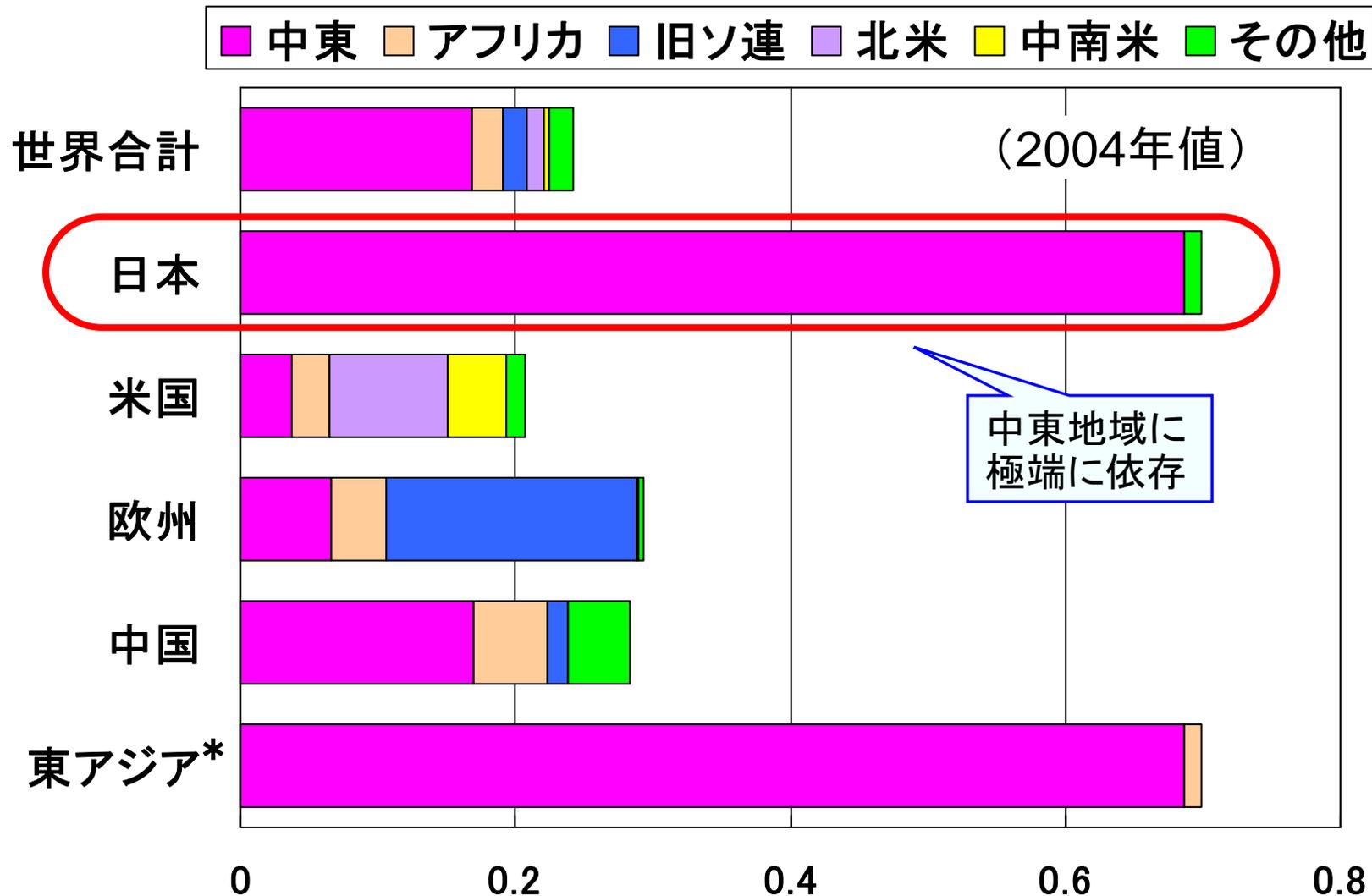
4-5 国際比較：一次エネルギー多様化指数

(データ出所：BP Statistical Review of World Energy June 2005)



4-6 国際比較：石油輸入地域の多様化指数

(データ出所：BP Statistical Review of World Energy June 2005)



* 日本と中国を除く

5. 中東石油依存からの脱却に向けて

5-1 東ロシアの石油・ガスパイプライン構想



出所:「動き始めたシベリア原油パイプライン計画」日本エネルギー経済研究所兼清賢介常務理事(平成16年7月22日)

5-2 東ロシアのエネルギープロジェクト

1. 本格生産に移行中

	原油	天然ガス(LNG換算)
サハリン-1	25 万BD (2005年)	600 万トン
サハリン-2	15 万BD (一部出荷開始済)	960 万トン (2007年)

2. 実現に向け詰めの段階

シベリア横断原油パイプライン

(ナホトカ向け: 60百万トン + 中国向け: 30百万トン = 90百万トン)

原油

180 万BD

3. 構想を検討中

北東アジア天然ガスパイプライン構想

(LNG換算

天然ガス

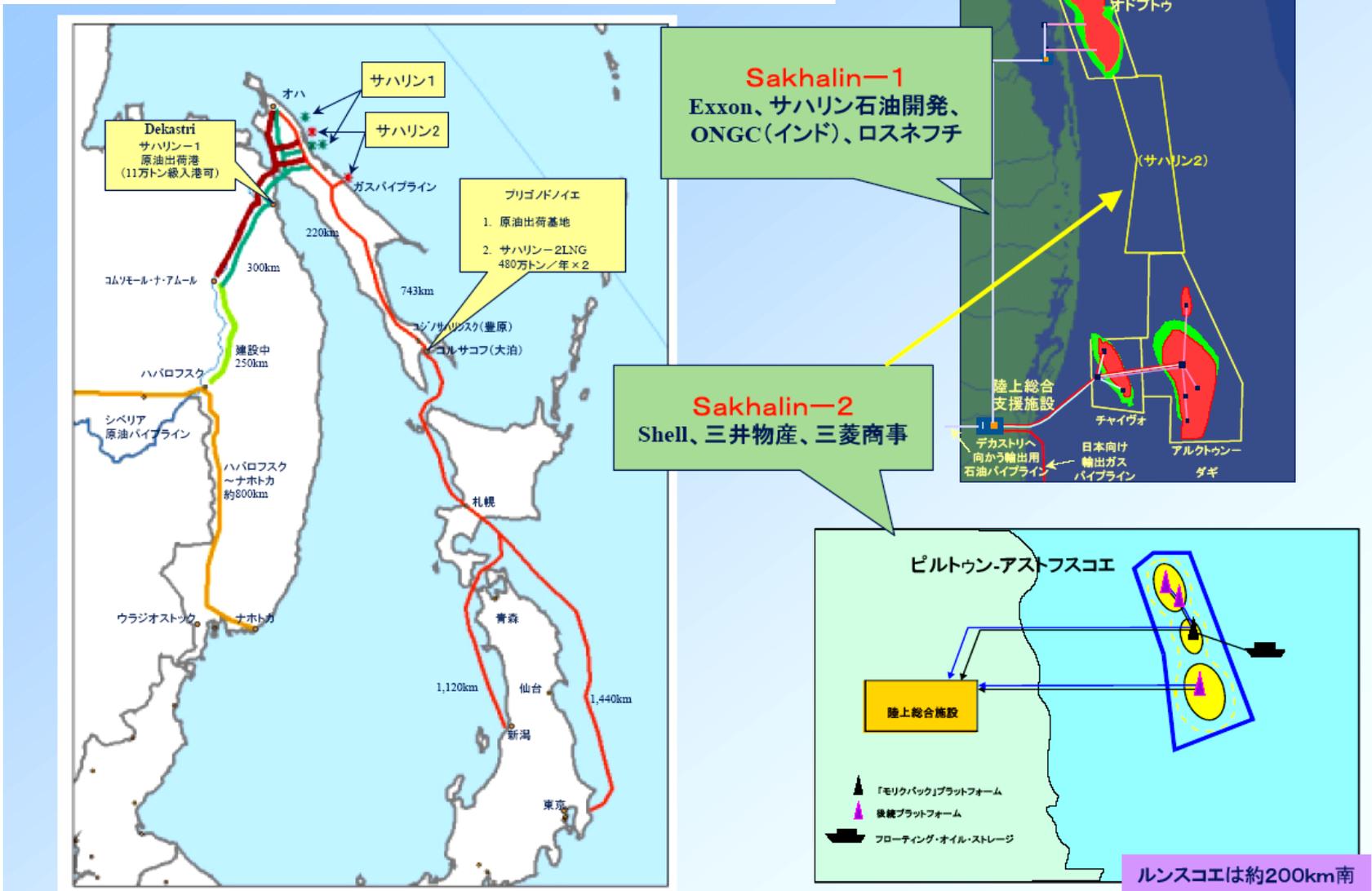
300 億m³/年

2000万トン/年)



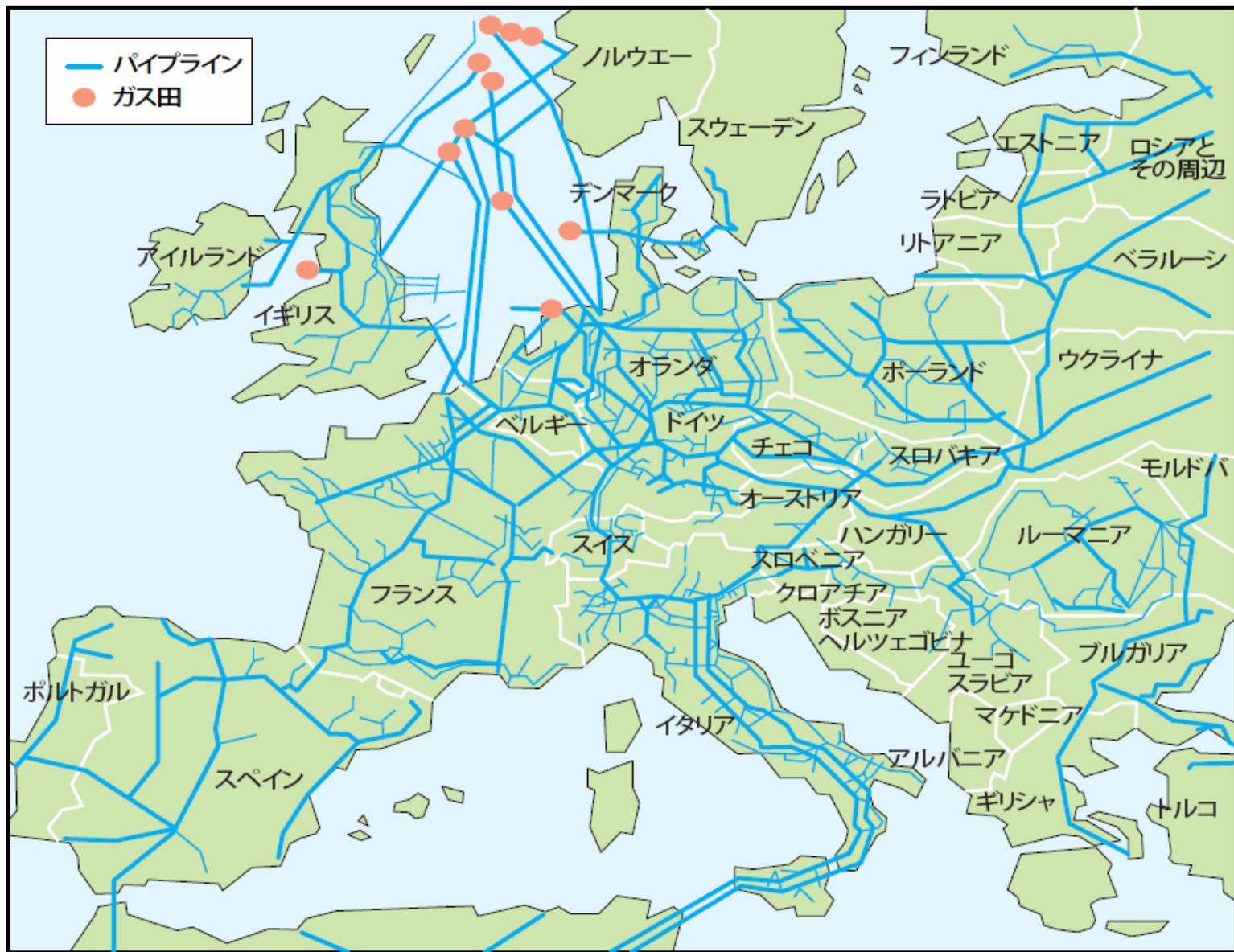
シベリア横断原油パイプラインは
北東アジアのエネルギー安全保障を強化する最重要プロジェクト

5-3 サハリン・プロジェクト



出所： 兼清賢介「ロシアの石油開発とわが国へのインプリケーション ロシアの石油開発とわが国へのインプリケーションーシベリア・サハリンの石油開発と北東アジア」日本エネ研第383回定例研究報告会(平成15年9月18日)

5-4 欧州における天然ガスのパイプライン網



出所:原子力・エネルギー図面集2004-2005 (電気事業連合会)

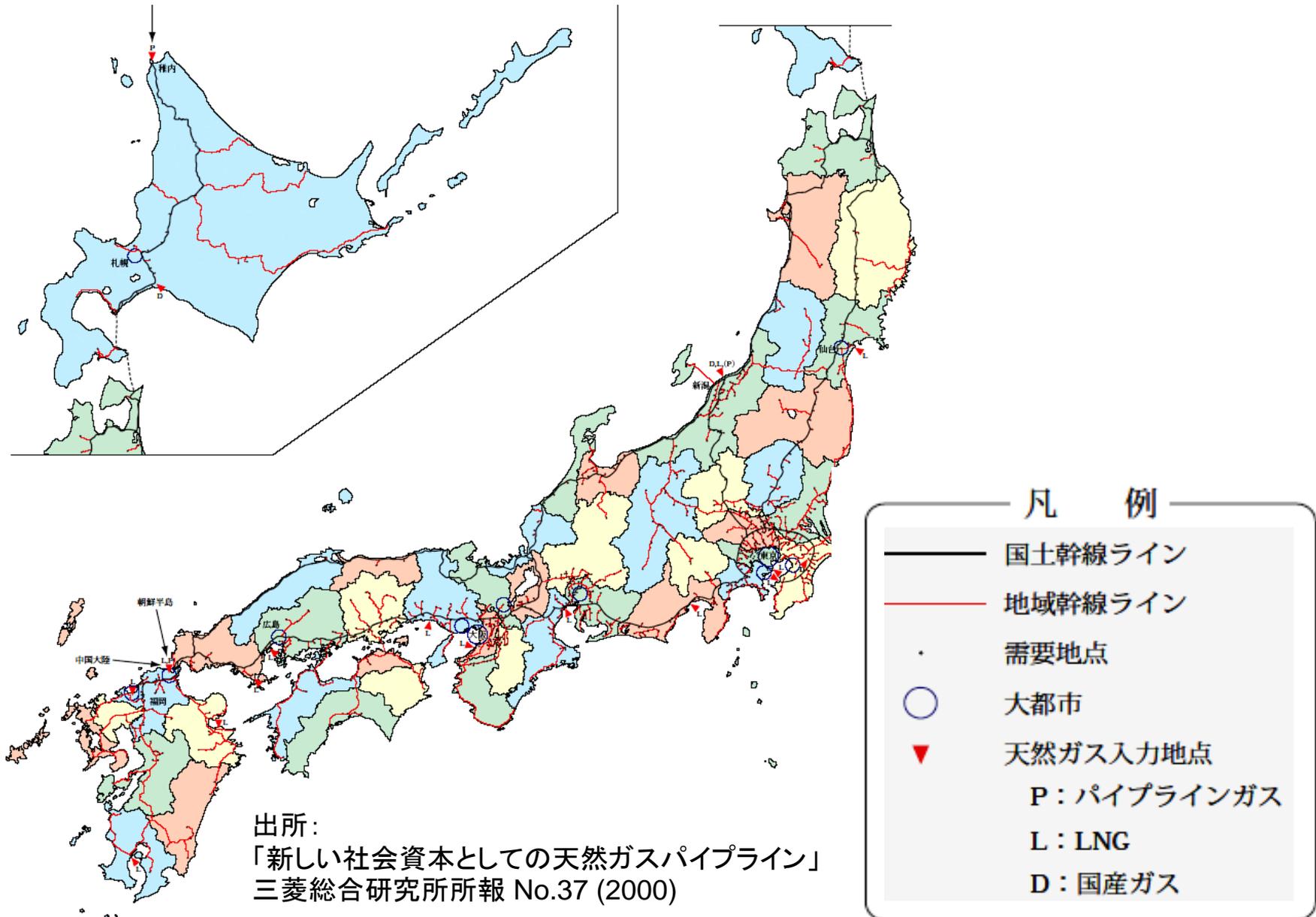
5-5 ガスパイプラインの比較(日本、英国)

	英国	日本	
	(1997年)	現状 (1997年)	将来 (2020年)
消費ガス量 (BCM = 10億m ³)	73BCM	22BCM (都市ガスのみ)	60BCM ¹⁾ (+38BCM)
パイプライン延長			
1) 国土幹線 (7Mpa程度)	4,700km (~7.5Mpa)	0km	5,300km (+5,300km)
2) 地域幹線 (1~7Mpa、概ね2Mpa程度)	13,300km (~3.8Mpa)	2,100km ²⁾	11,200km (+9,100km)
3) 供給ライン 中圧Aライン (0.3~1Mpa) 中圧Bライン (0.1~3Mpa) 低圧ライン (0.1Mpa未満)	249,300km (~0.7Mpa)	204,500km ³⁾	253,900km (+49,400km)

- 1) 日本の将来の消費ガス量は、ケース3の試算結果である(コージェネ、自動車等でガス利用を想定)
- 2) 国産天然ガス事業者の12インチ以上のP/Lと、都市ガス事業者の1Mpa以上のP/L延長
- 3) 都市ガス会社の1Mpa未満のP/L延長

出所:「新しい社会資本としての天然ガスパイプライン」三菱総合研究所所報 No.37 (2000)

5-6 国内幹線パイプライン・ネットワークの構想



5-7 国土幹線ガスパイプラインの建設費試算

ルート	ルート延長 (km)	口径 (インチ)	建設費 (百万円)	建設費単価 (百万円/km)
パイプライン整備費 (うち海底)	5,267 (150)	30~40 (一部はそれ以下)	4,201,210	798
その他整備費用	—	—	24,000	—
合計	—	—	4,225,210	—

注1：その他整備費用は、運転監視センターおよび維持管理センターの整備費用である。

注2：1999年価格

出所：三菱総合研究所

建設費総額
4.2兆円

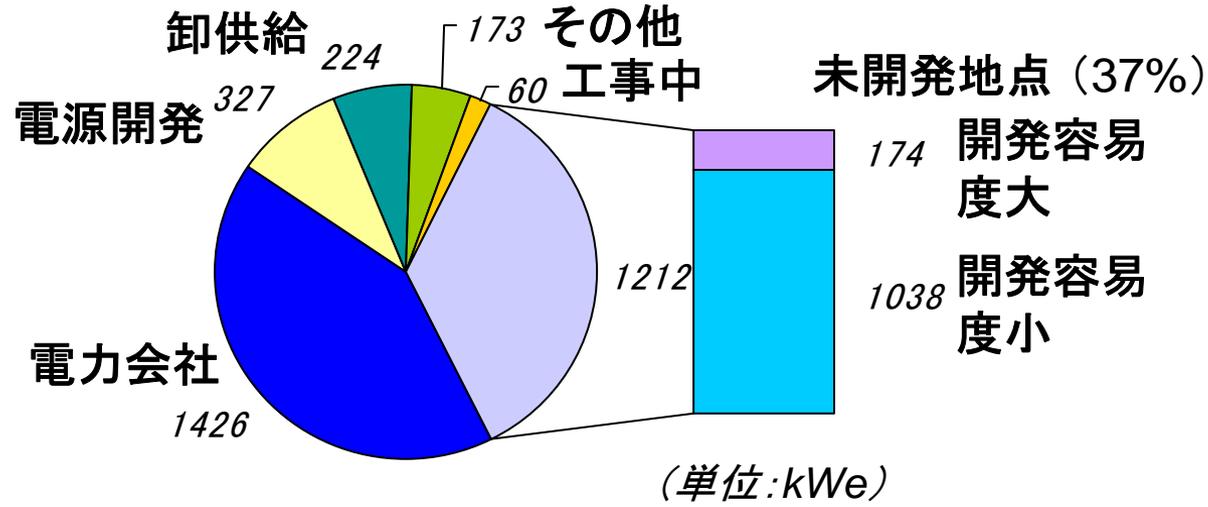
欧米の単価
の4~6倍

6. 再生可能エネルギーの利用拡大

6-1 我が国の包蔵水力 (平成12年3月31日時点)

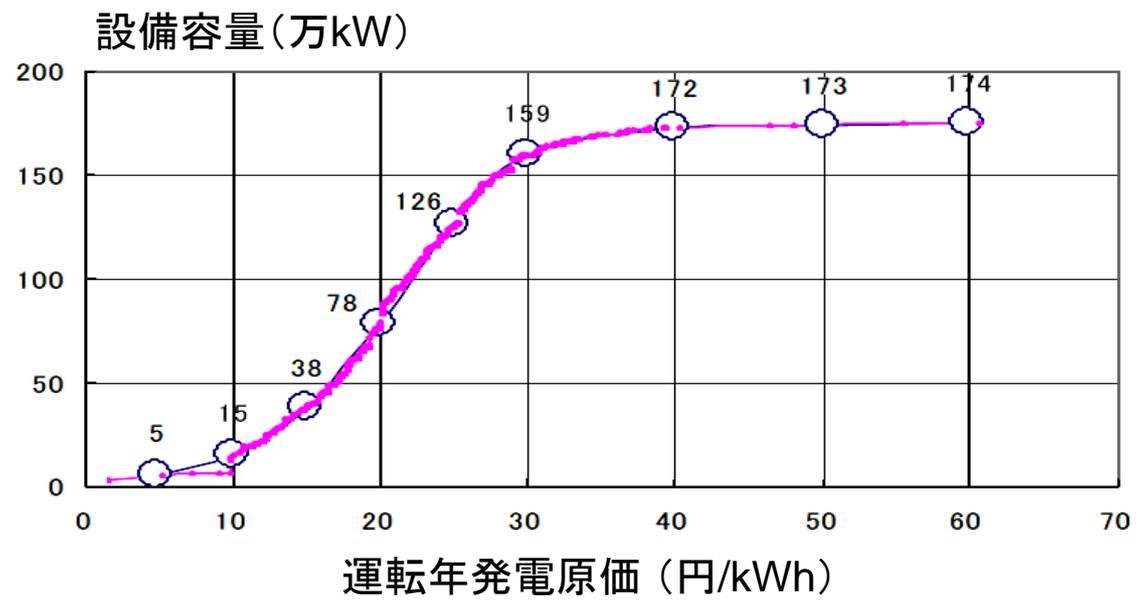
包蔵水力 (3315万kWe) の内訳

(注)包蔵水力とは、水力発電所として既に利用されている水力資源、または今後利用できる河川や湖沼などの水力資源を電力に換算したもの



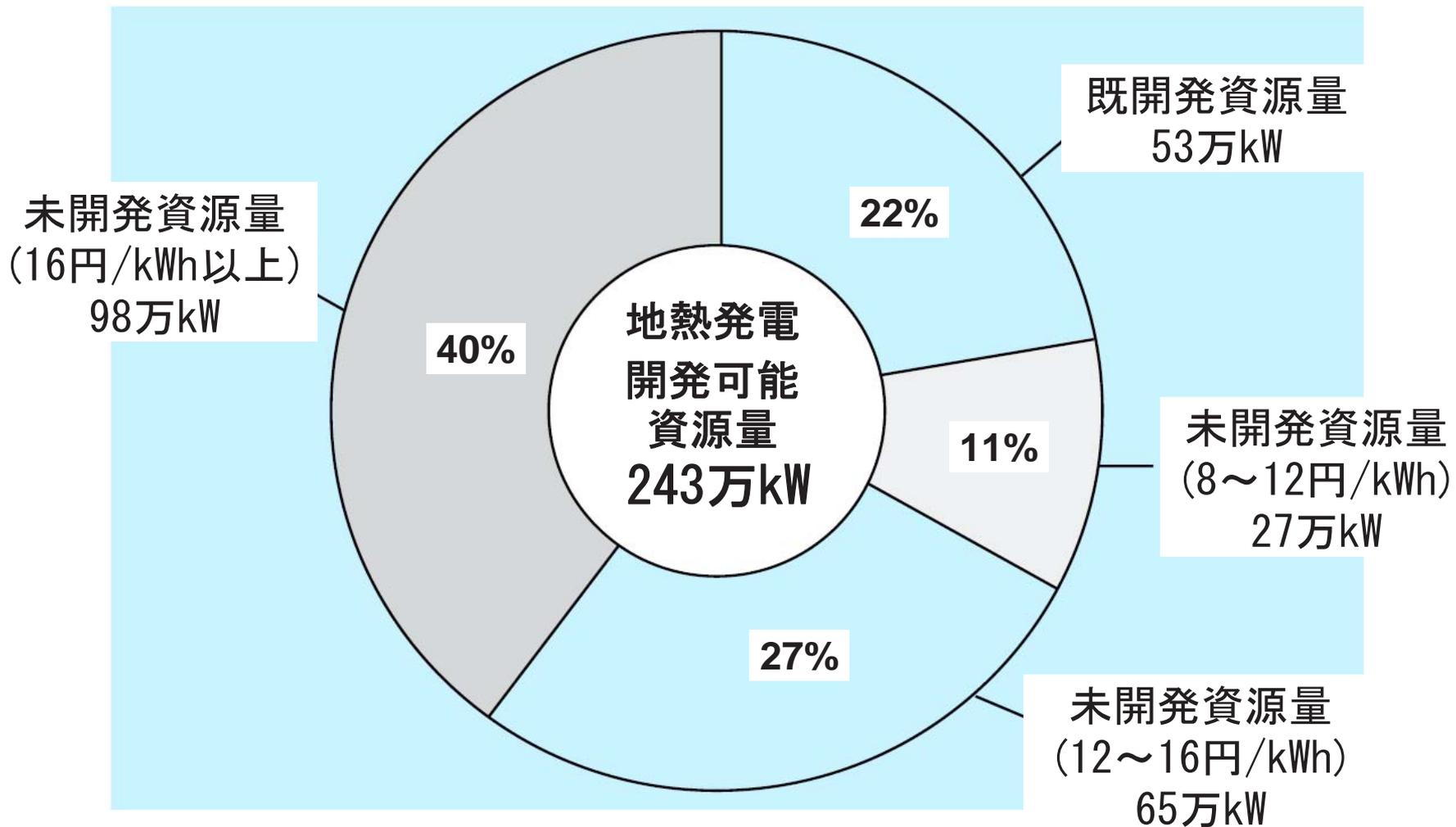
開発容易度大の未開発地点 (174万kWe) のコスト別導入可能量

出所:「水力発電の現状と課題」(資源エネルギー庁) 平成13年2月



6-2 わが国の地熱発電開発可能資源量

(地熱エネルギー:2002による)



- ・資源量は、新エネルギー・産業技術総合開発機構、平成11~13年度開発促進調査開発可能性調査(戦略的調査全国調査)による。
- ・国立公園特別地域等の開発困難な箇所は含まない。
- ・発電コストは、国の助成制度(地熱開発促進調査や地熱開発等補助金)を想定していない。助成制度を考慮すると、地熱発電単価は約20%低下する。

出所:
「地熱資源開発の現状」電中研レビューNo.49,
電力中央研究所 (2003)

6-3 主要な「新エネルギー」による 「限界潜在供給力」の試算

	2001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	45.2	11.0	17,300	8,483
風力発電	31.2	12.7	1,350	551
太陽熱利用	-	82.0	-	1,200
廃棄物発電	111	125.0	-	1,845
温度差エネルギー	-	4.4	-	3,372
限界潜在供給力の合計 (2001年度一次エネルギー供給量5.9億klに対する比)				15,451 (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ー供給サイドにおける対応ー」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。

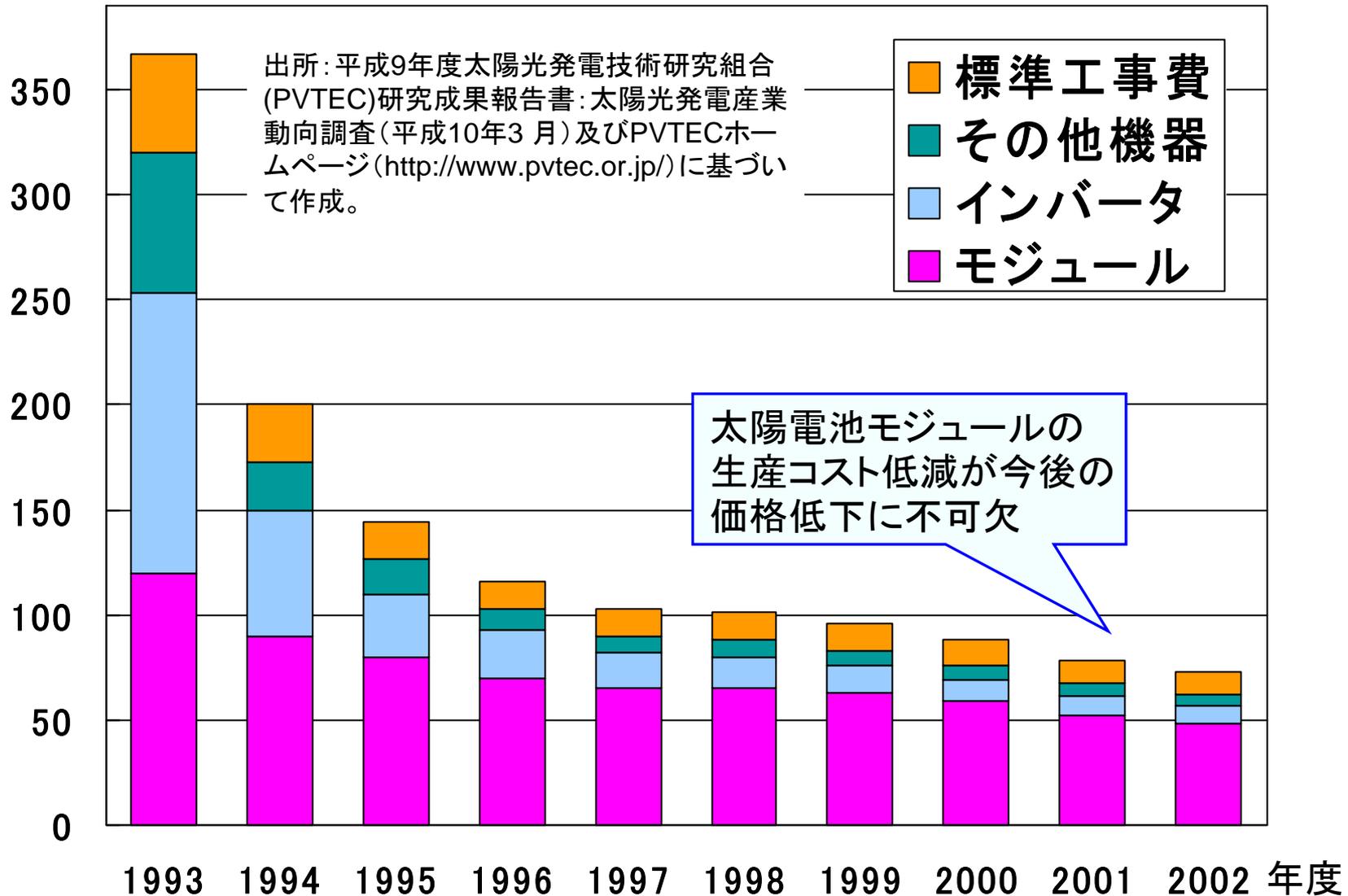
6-4 再生可能エネルギーによる発電コストの現状

	原子力発電	太陽光発電		風力発電
		業務用	住宅用	
1基あたり設備容量	100万kW	300kW	3.5kW	1,000kW
利用率	80%	12%	12%	20%
1基あたり年間発電量	70億kWh	32万kWh	0.37万kWh	175万kWh
1基あたり設備投資額	3,600億円	3億円	300万円	2.5億円
100万kW原子力発電所 1基の年間発電量を生み 出すのに必要な基数	1基	21,875基	190万基	4,000基
〈参考〉	必要な投資額	3,600億円	7兆円	1兆円
	必要な敷地面積		約67km ² (東京ドーム約1,500個分とほぼ同じ)	約248km ² (東京ドーム約5,550 個分とほぼ同じ)
発電コスト	5.9円/kWh	平均値(住宅用):66円/kWh (トップ値(住宅用):46円/kWh)		大規模: 9~14円/kWh
〈参考〉	下の競合エネルギーの コストとの比較	約2~3倍		約1.2~2倍
	前提とした 競合エネルギーコスト	家庭用電灯単価:23.3円/kWh		火力発電単価: 7.3円/kWh

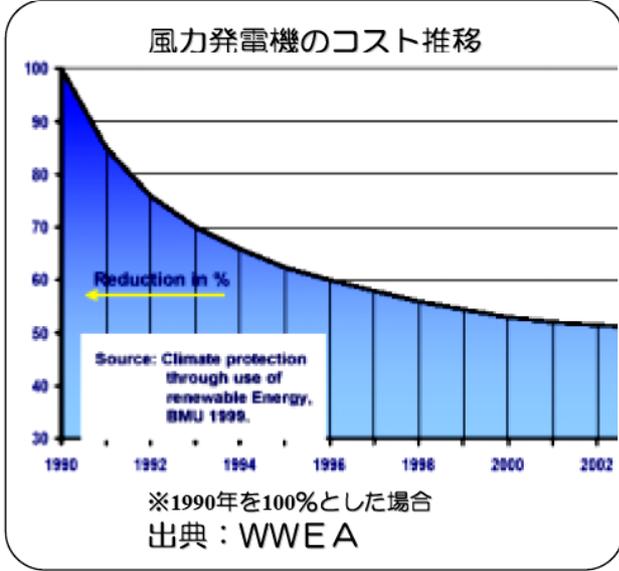
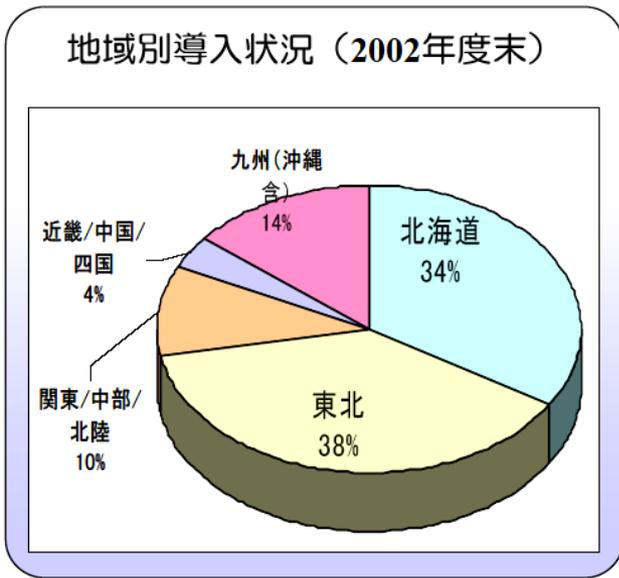
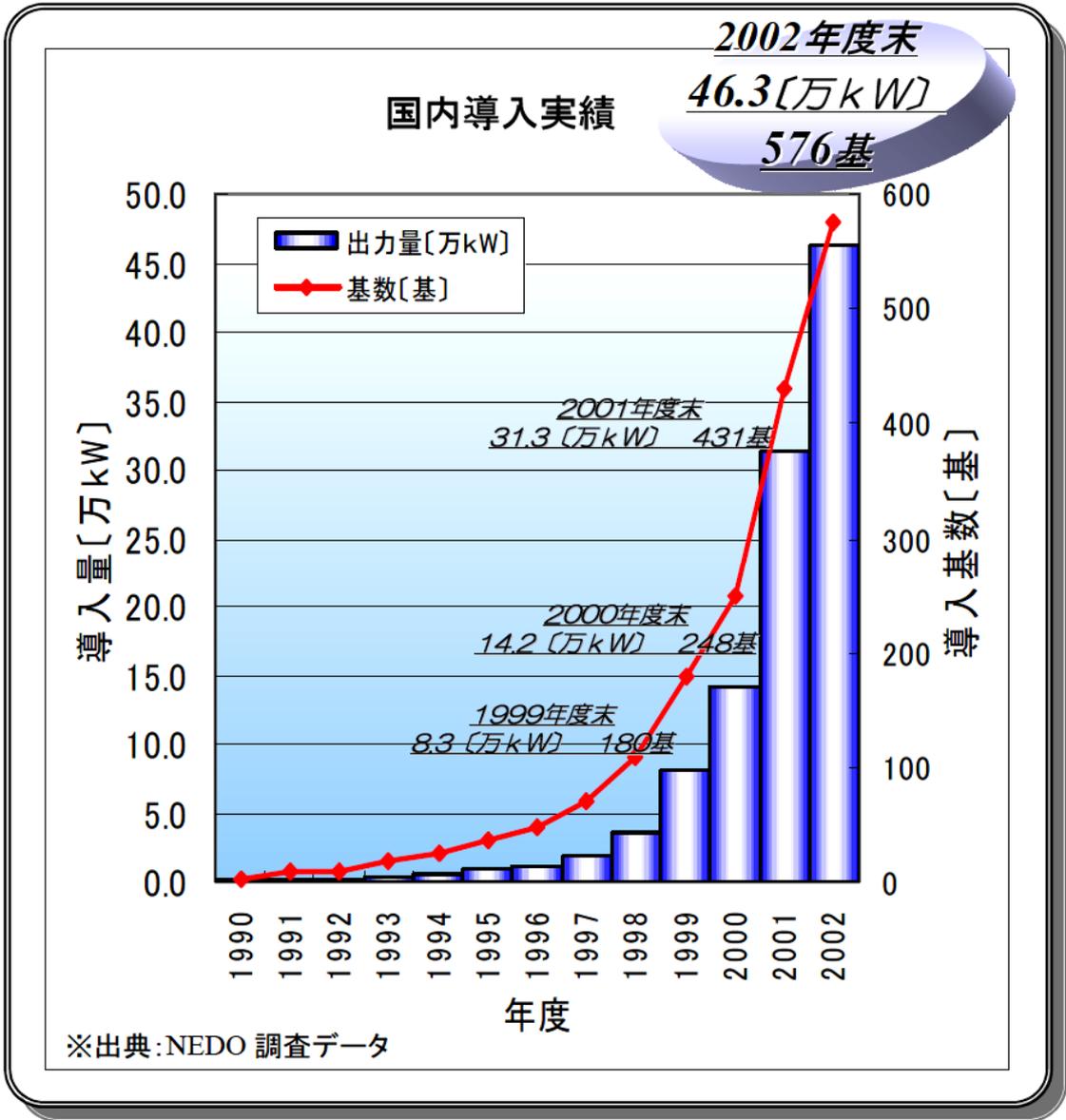
(出所:「日本のエネルギー2005」資源エネルギー庁)

6-5 住宅用太陽光発電システムの価格の推移

万円/kWe



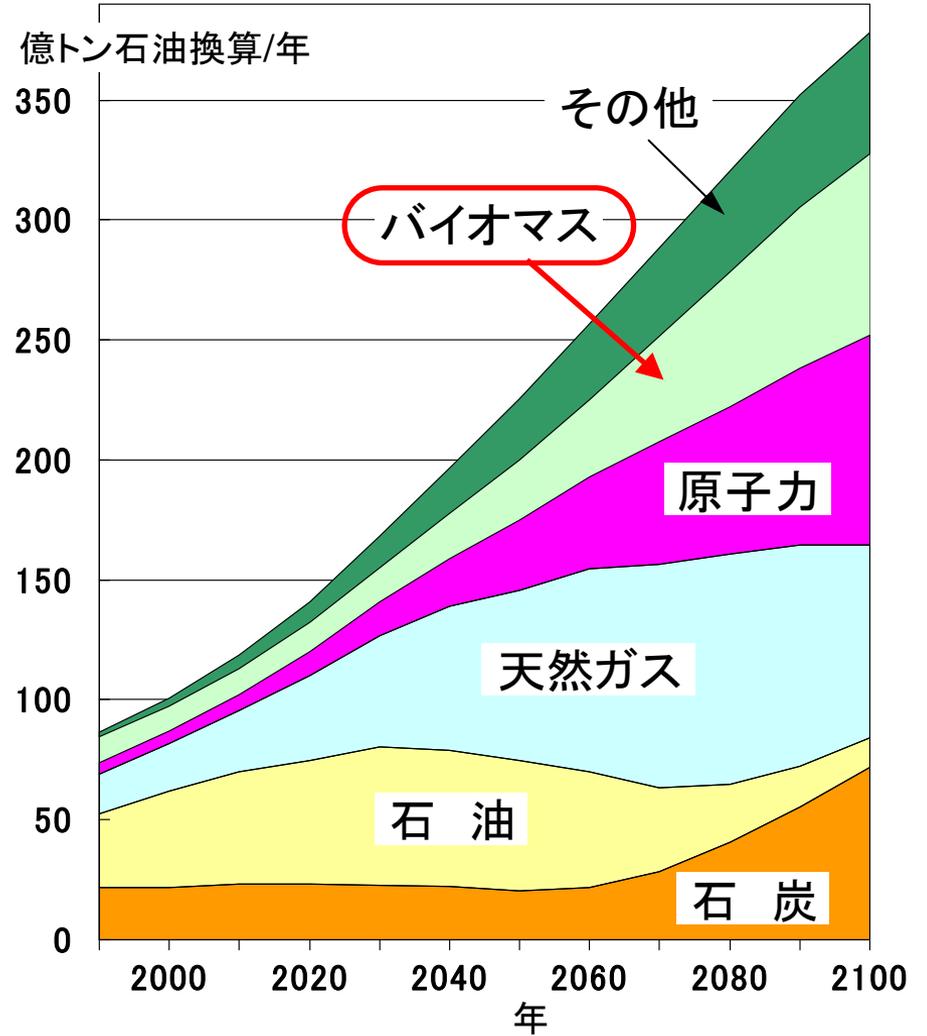
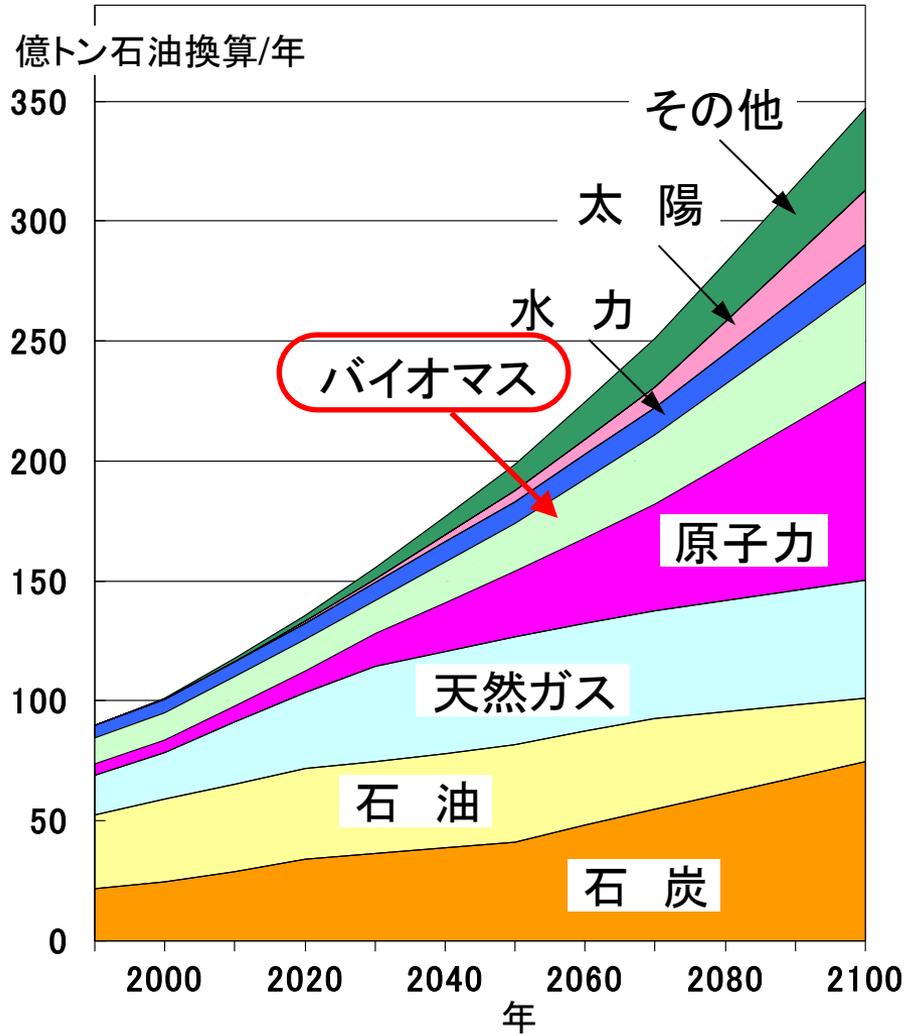
6-6 国内における風力発電の導入量推移



6-7 バイオマスエネルギー利用の長期展望

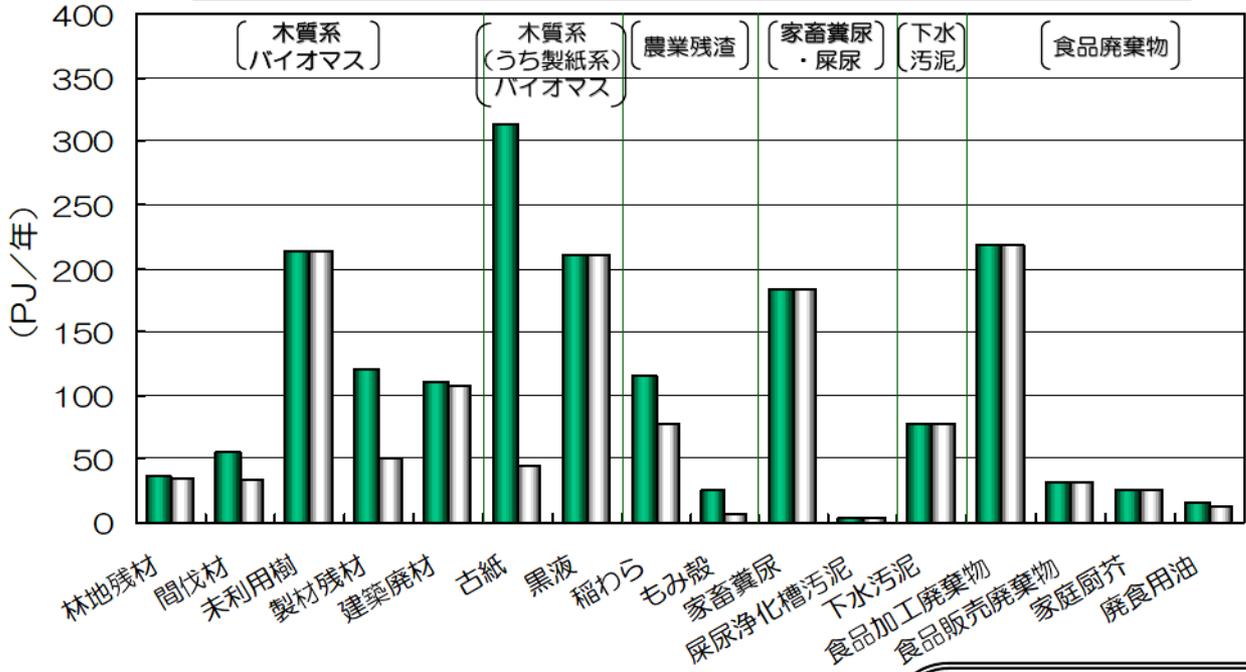
IIASA-WEC長期シナリオ シナリオB（中庸）

IPCC-SRESシナリオ シナリオB2



6-8 日本における主要バイオマスエネルギー賦存量

■ エネルギー賦存量 □ エネルギー利用可能量



賦存量計 1,757PJ/年
 利用可能量計 1,327PJ/年

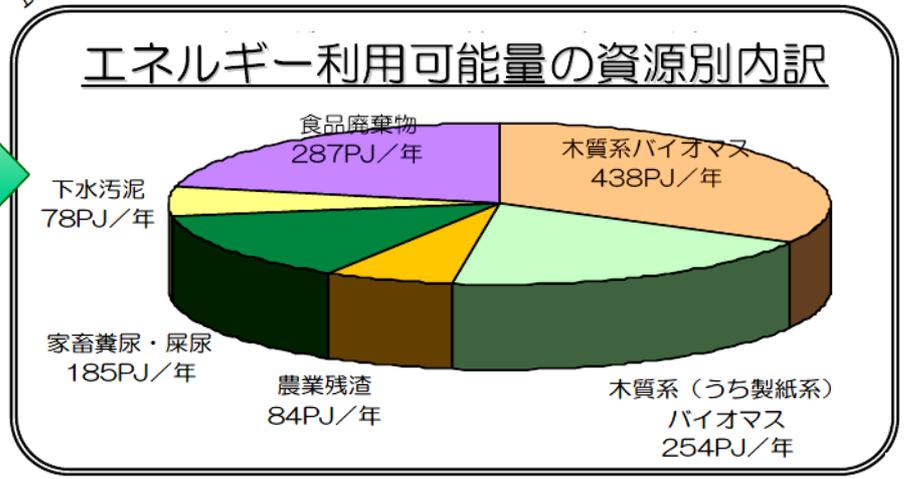
PJ=ペタジュール (=10¹⁵ J)
 1PJ=2.6万kl (原油換算)

賦存量：資源の総発生量を対象としたもの
 利用可能量：賦存量のうち、マテリアル利用量等を除外したもの

バイオマスエネルギーの賦存量、利用可能量はそれぞれ1,757PJ/年、1,327PJ/年であり、我が国の2000年の一次エネルギー総供給23,385PJ/年の7.5%、5.7%にそれぞれ相当する。

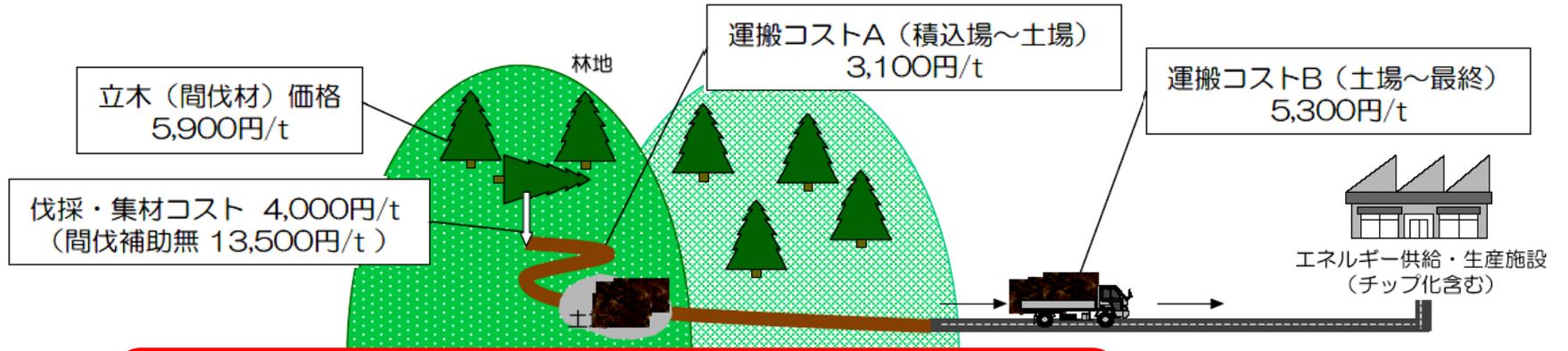
経済性に大きな課題があるが、物理的な賦存量は十分にあるといえる。

利用可能量の内訳は、木質系バイオマスが約1/3と最も多く、次いで食品廃棄物、製紙系バイオマスの順となっている。



出所：「経済産業省のバイオマス関連施策について」資源エネルギー庁（平成15年3月）

6-9 木質バイオマス利用の経済性の試算



間伐材調達費 18,300円/t (立木価格、伐採・集材コスト、運搬コストA、B) 出典)「素材生産費等調査報告」林野庁を元に作成

(前提条件)

処理量	100t/d	500t/d
燃料発熱量 (LHV)	1,900kcal/kg	
運転日数	330日	
発電出力	1,700kW	10,300kW
送電出力	1,320kW	9,420kW
発電効率	18.5%	22.3%
建設費	1,300百万円	3,100百万円
運転経費等 (減価償却費除く)	277百万円/年	518百万円/年

注) 建設費には燃料貯留設備や燃料ヤードなどの付属設備も含む

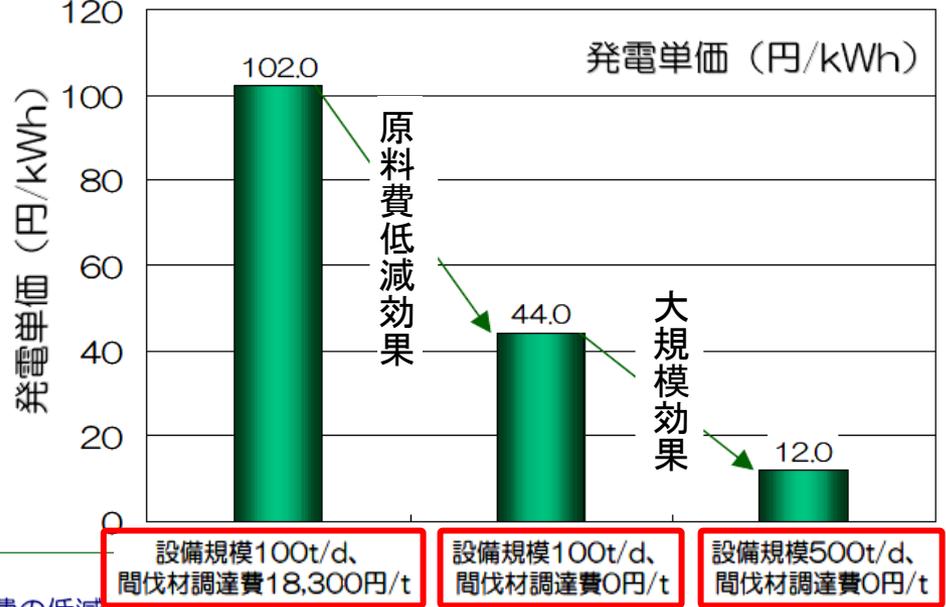
<事業性悪化の原因>

- ①原料費・輸送費 (集約コスト) が高い
- ②発電効率が低い (小規模のためエネルギー損失大)
- ③建設費が高い (スケールメリットが得にくい)

<望まれる方策>

- ①各種制度整備、収集システム構築による原料費、集約・輸送費の低減
- ②プラントの大規模化や技術革新等による発電効率の向上や建設単価の低減
- ③施設設置等における政策支援

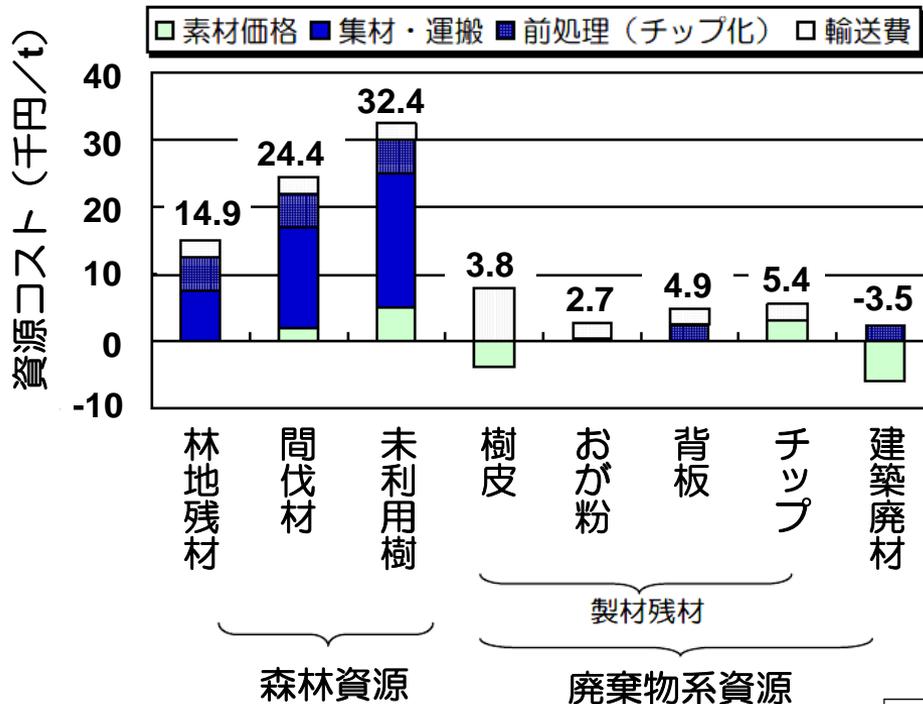
木質系バイオマス利用の経済性



出所: 「経済産業省のバイオマス関連施策について」
資源エネルギー庁 (平成15年3月)

6-10 木質バイオマス資源の利用コスト

木質系バイオマスの資源コスト



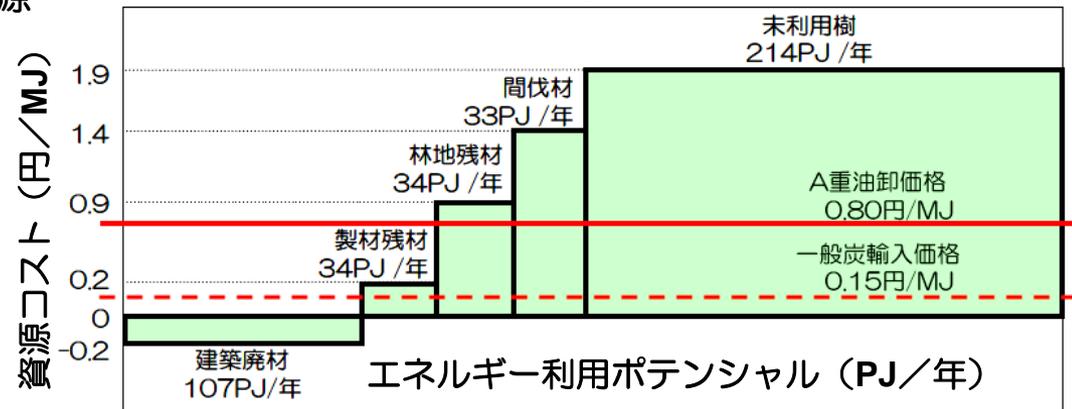
出所:「経済産業省のバイオマス関連施策について」
資源エネルギー庁 (平成15年3月)

木質系バイオマスのうち、林地残材、間伐材、未利用樹等の森林資源は林地内の集材、運搬コストの影響により、資源コストが高い。

注) 輸送費は40kmの輸送を想定。建築廃材の素材価格は持込価格のため輸送費は0。

木質系バイオマスのエネルギー利用ポテンシャルと資源コスト

PJ = ペタジュール (=1015J) 1PJ = 26万kl (原油換算)



建築廃材、製材残材等の廃棄物系資源は、化石燃料との競合性を有す。
なお、建築廃材は資源コストがマイナス（逆有償）となっているが、利用の際には排ガス処理等のための設備費が増加する可能性がある。

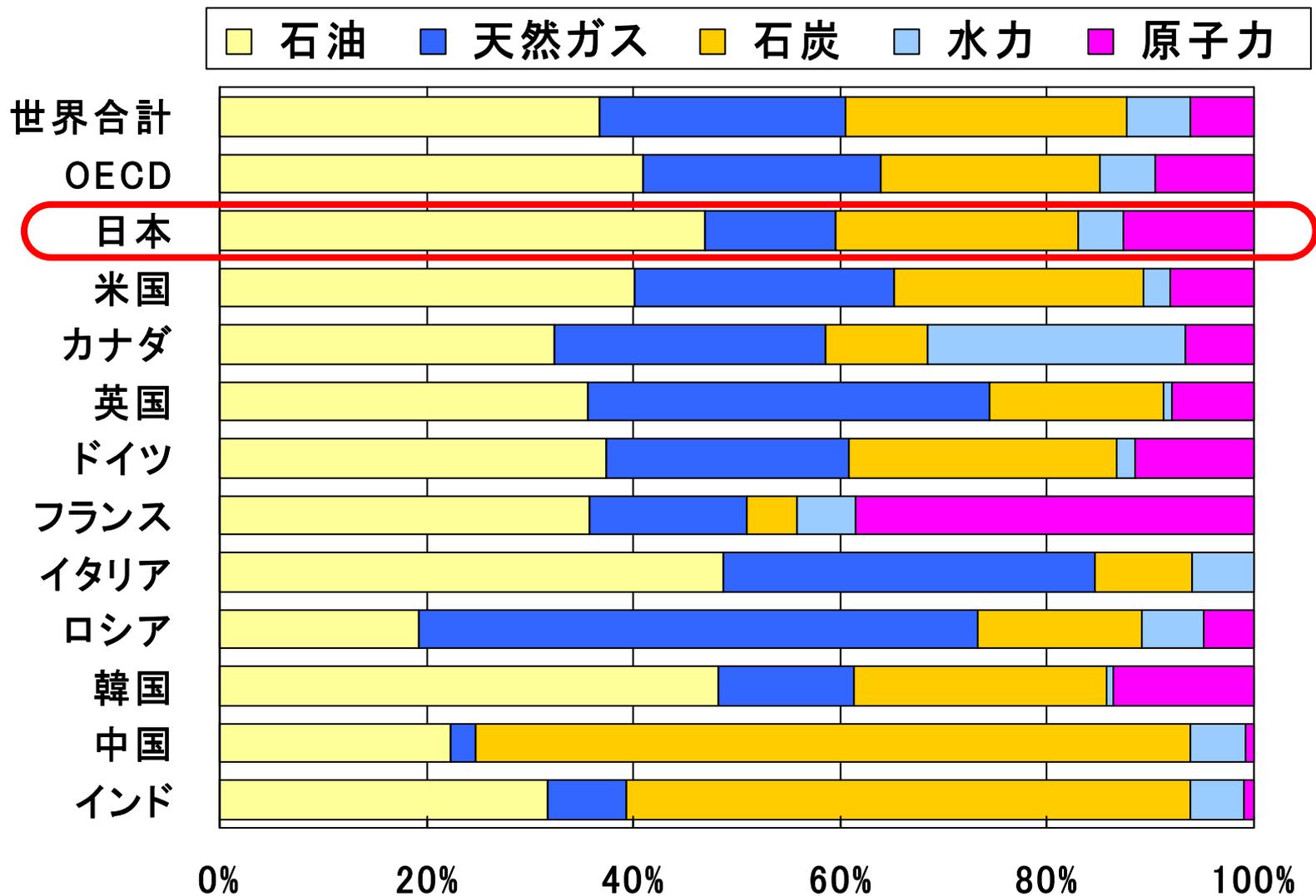
出典) 「新エネルギー等導入基礎調査 バイオマスエネルギーの利用・普及政策に関する調査」(社)日本エネルギー学会、平成14年5月を元に作成

注) 製材残材の価格は加重平均値

A1 エネルギー構成の国際比較

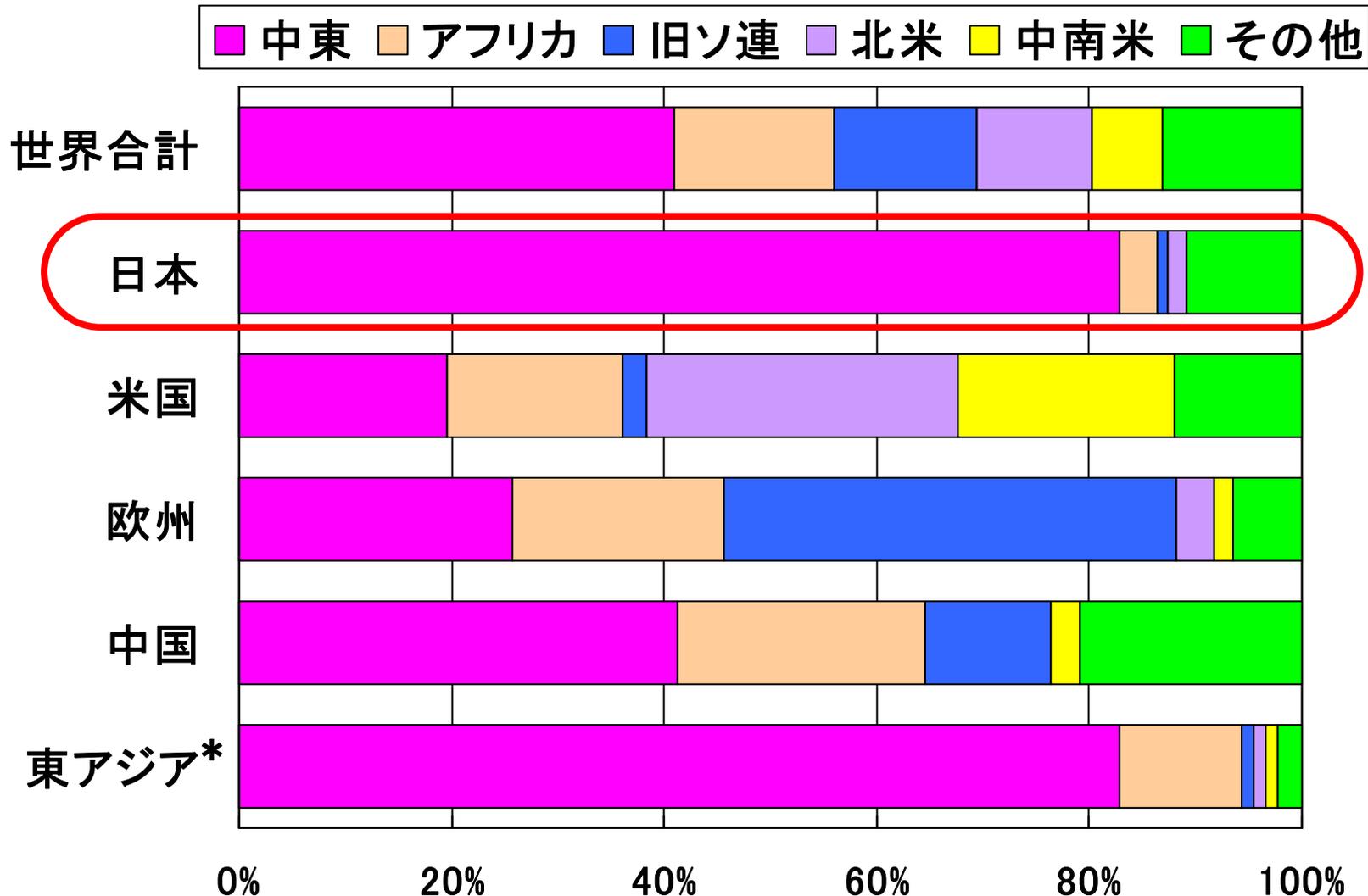
A1-1 国際比較：主要国の一次エネルギー構成

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



A1-2 国際比較：石油輸入の地域別構成

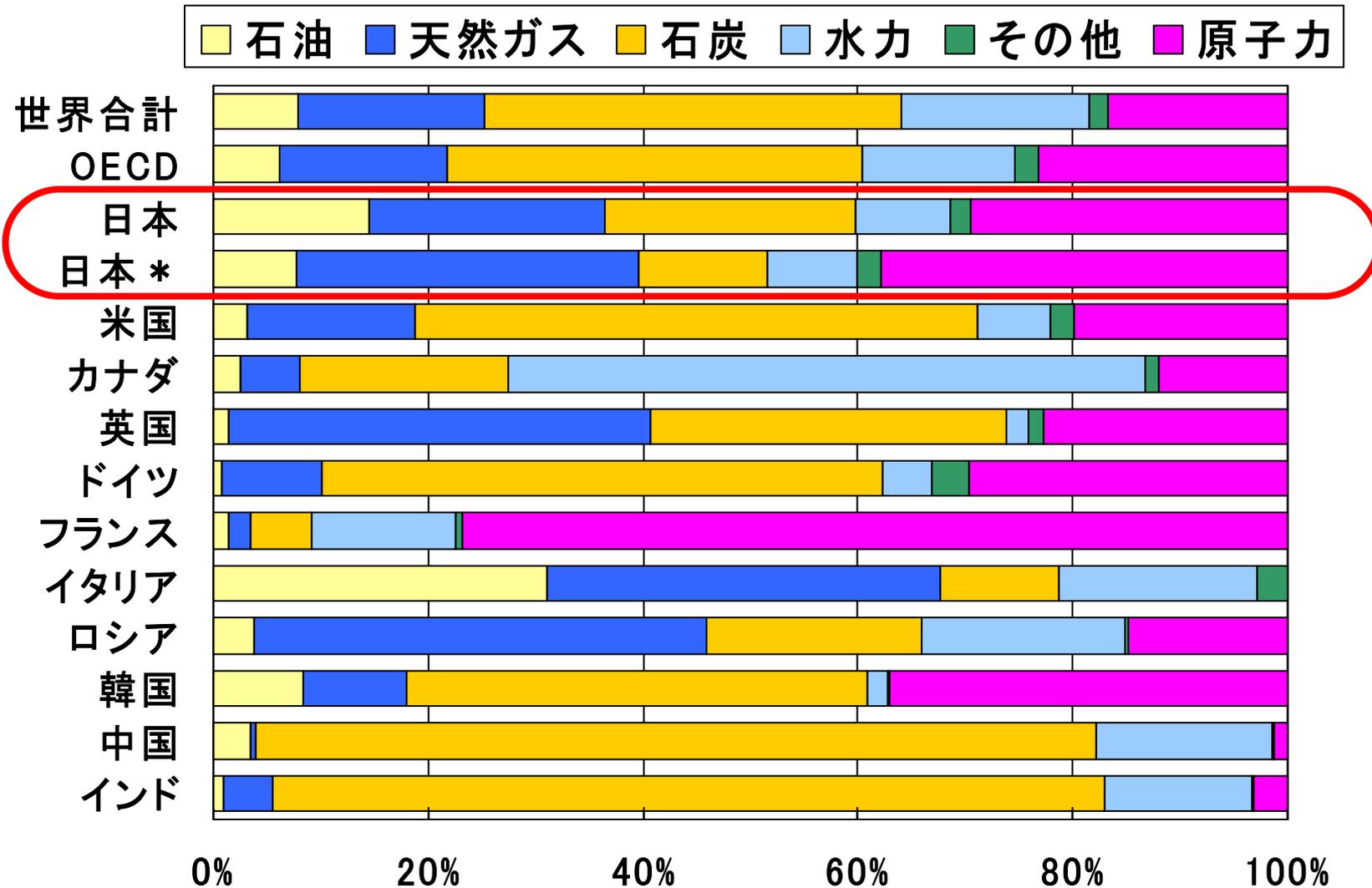
(2004年値, BP Statistical Review of World Energy June 2005 のデータを基に作成)



* 日本と中国を除く

A1-3 国際比較：発電量の電源別構成

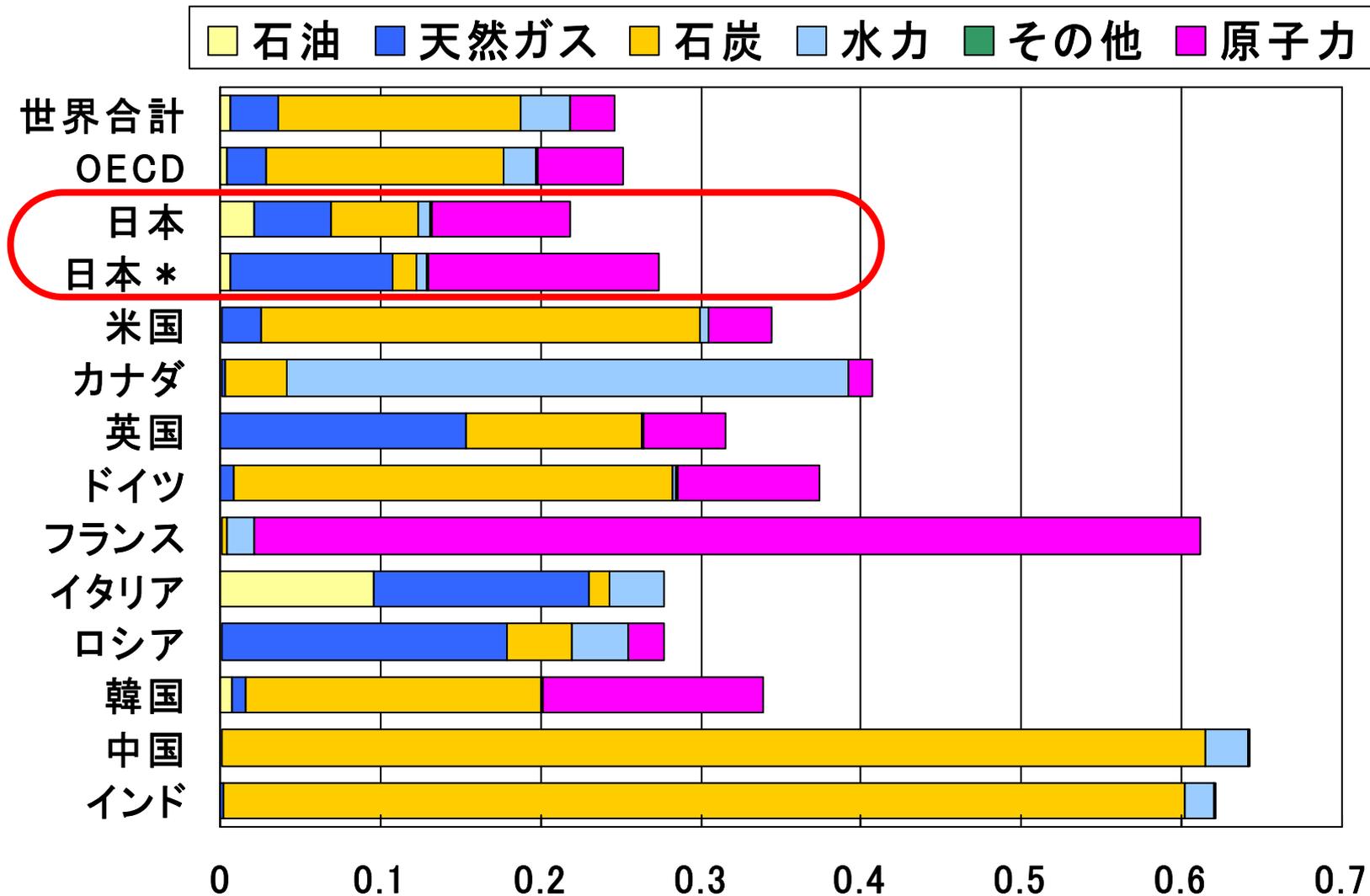
(2000年値, IEA Statistics – Electricity Information 2002 のデータを基に作成)



* 一般電気事業者のみ

A1-4 国際比較：電源構成の多様化指数

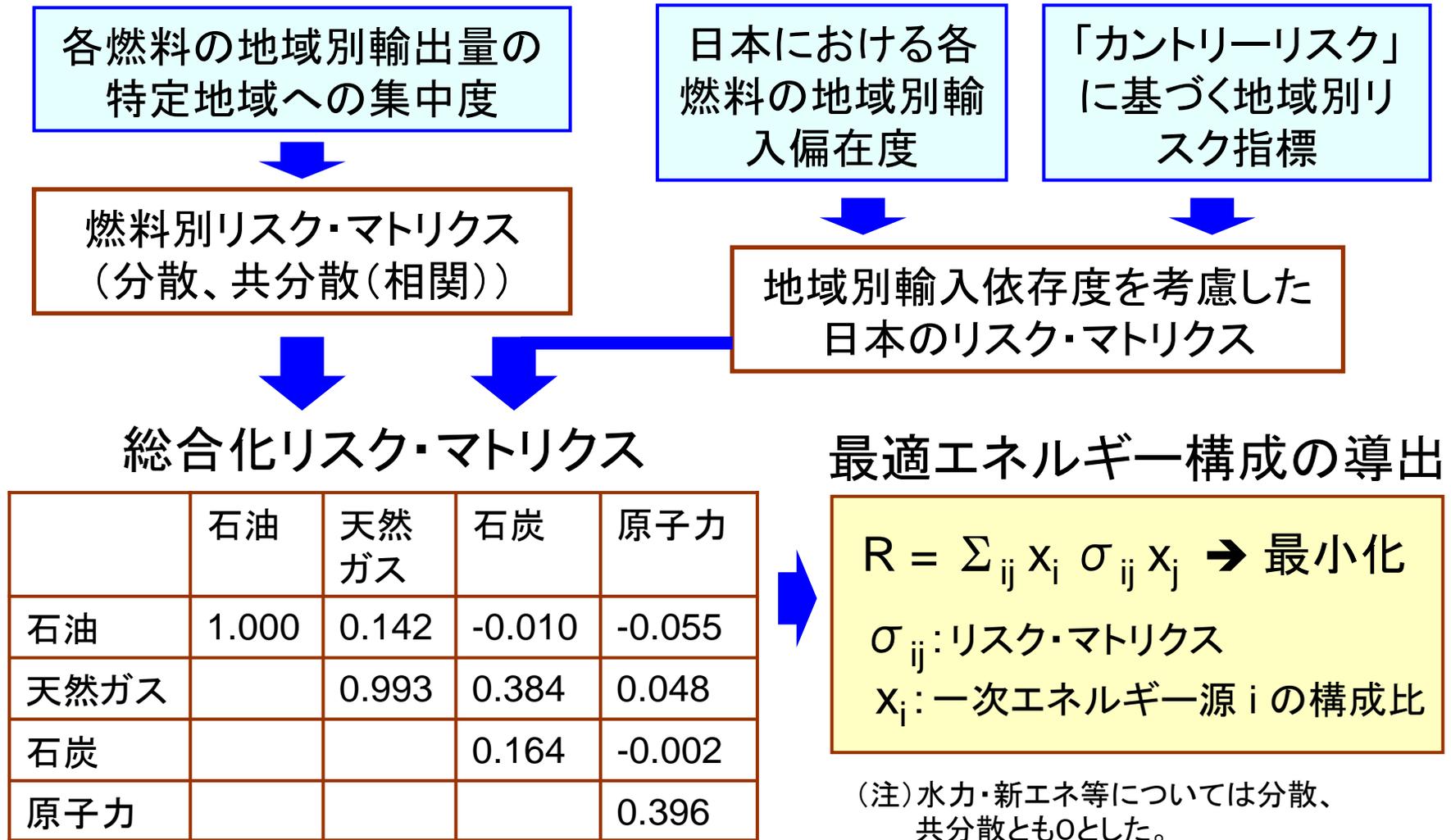
(2000年値, IEA Statistics – Electricity Information 2002 のデータを基に作成)



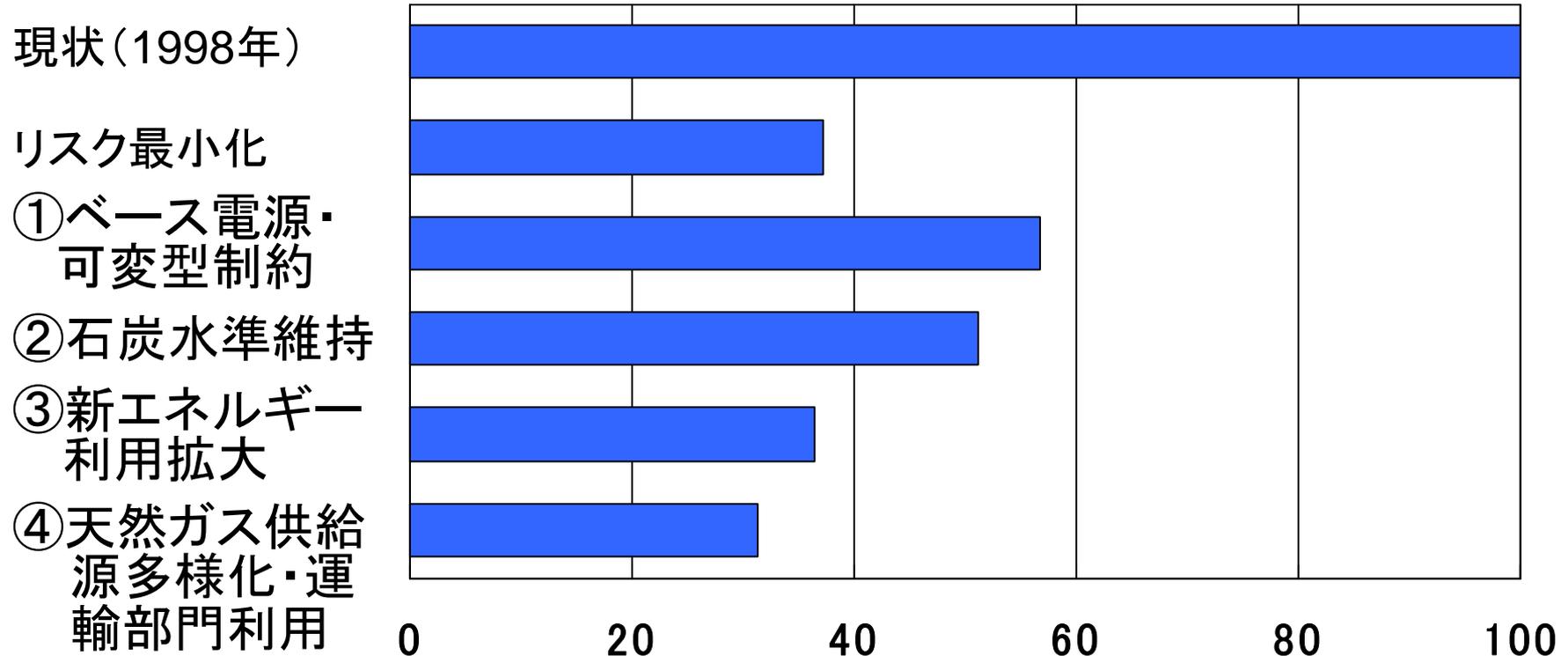
* 一般電気事業者のみ

A2 リスクを考慮した最適エネルギー構成の検討事例 * 48

A2-1 最適構成の導出手法



A2-2 ケース別のリスクの大きさ(現状=100)



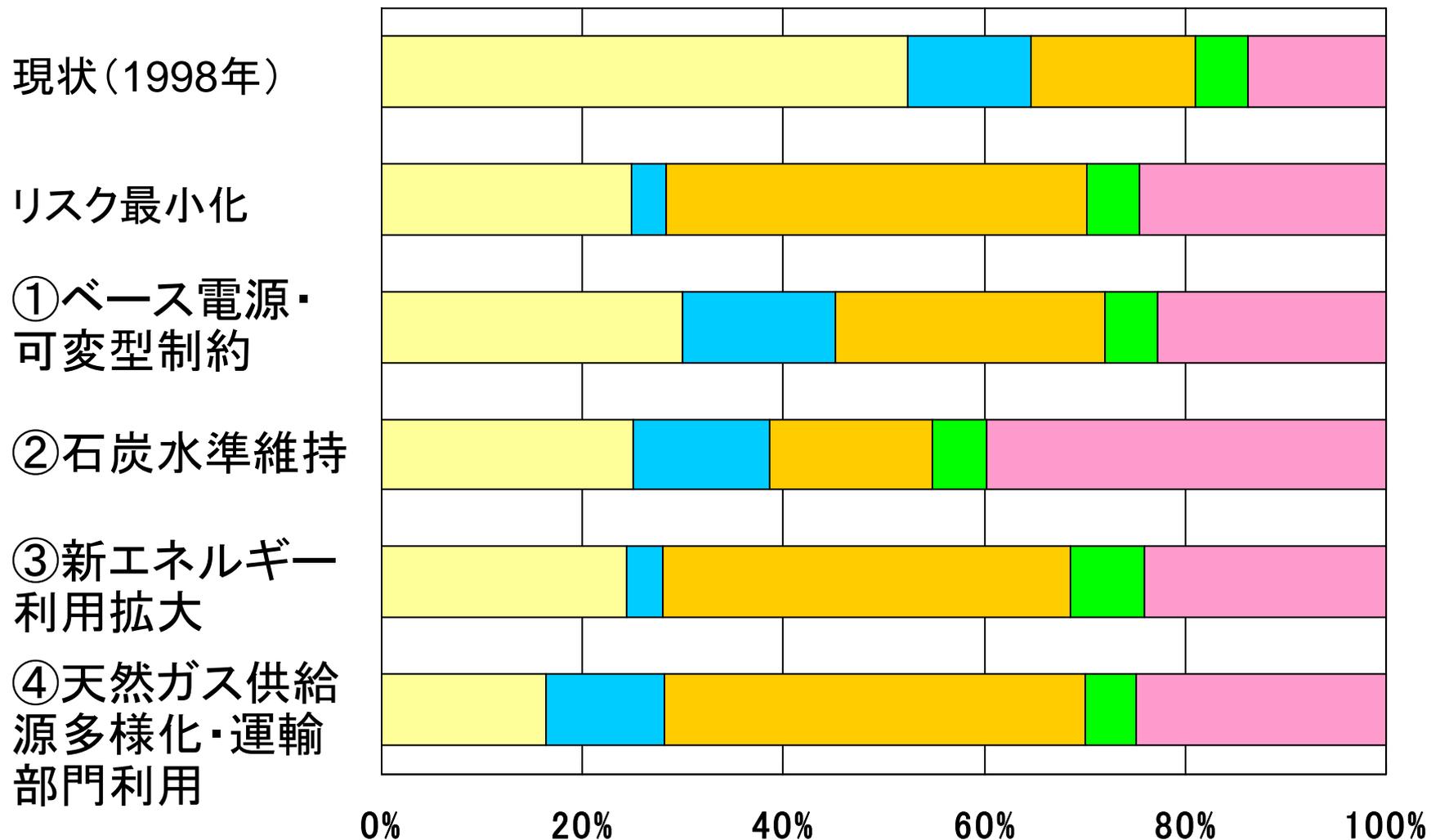
基本的な前提条件

1. 各部門(産業、民生、輸送)の最終エネルギー消費は現状(1998年)に固定。
2. 電力と非電力エネルギーとの間には代替はない。
3. 水力・新エネルギーは現状構成比に固定。原子力は電力のみに利用。運輸は石油のみ利用。

ケース①～④の前提条件

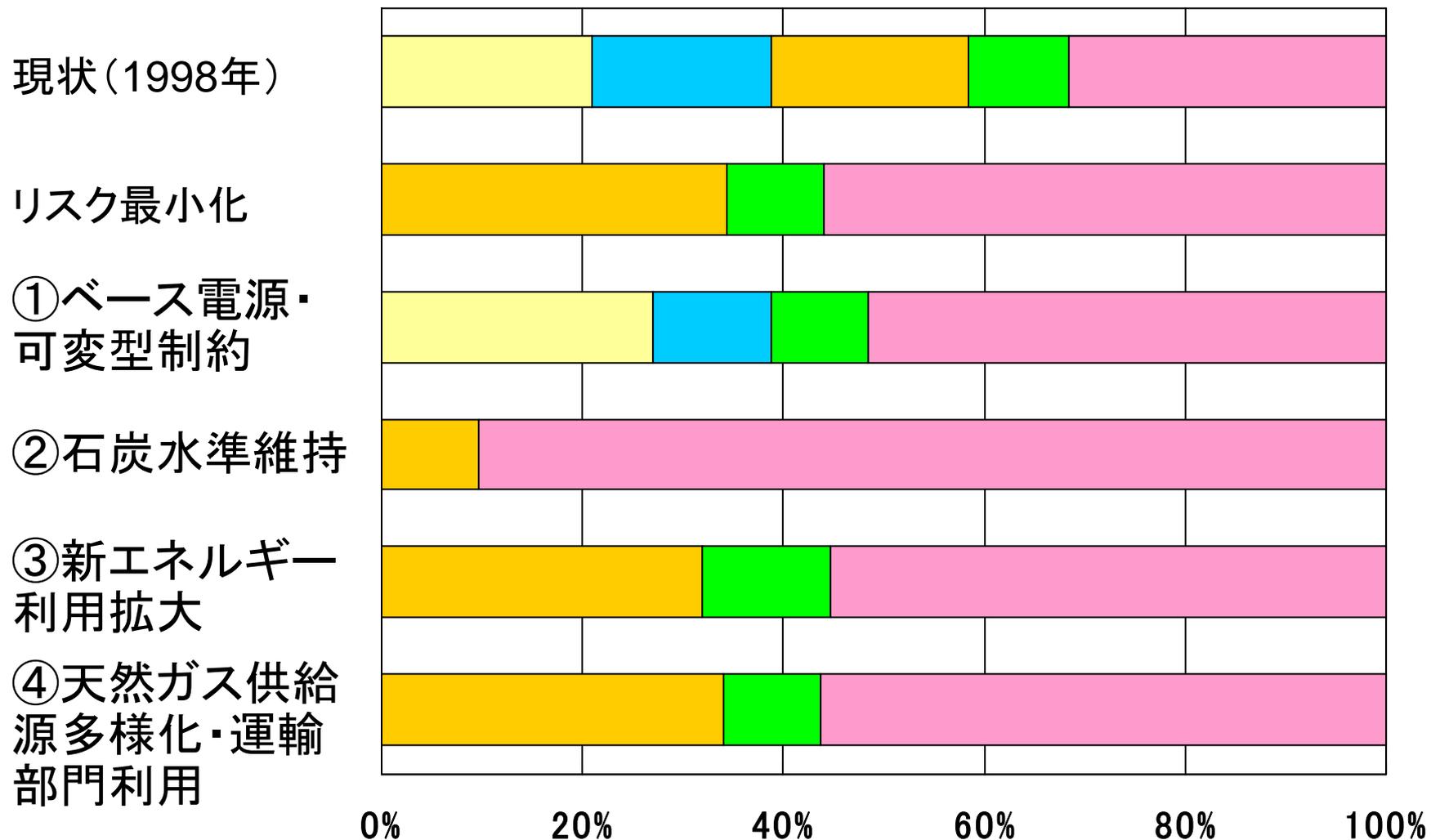
- ①: ベース電源(原子力、石炭)と可変型電源(石油、ガス)の間に代替性がないと考え、両者の比率を6:4とした。(ベース電源間、可変型電源間では代替を許容)
- ②: 石炭利用量を現状維持とした。 ③: 新エネルギー利用量を現状の3倍とした。
- ④: 天然ガスの半分がロシアから供給されるとし、GTL実用化で運輸部門でも天然ガス利用を想定した。

A2-3 ケース別最適一次エネルギー構成



A2-4 ケース別最適発電用エネルギー構成

石油
 天然ガス
 石炭
 水力・新エネ
 原子力



A3 再生可能エネルギー

A3-1 日本の地熱発電所



九州電力八丁原発電所



出所: エネルギーの基礎知識

(<http://www.energy-kiso.com/07.html>)

A3-2 主要国における地熱発電設備容量

国名	地熱発電設備(MW)	総発電設備(MW)	地熱割合(%)
アメリカ	2,850	810,964	0.3
フィリピン	1,400	6,793	20.6
メキシコ	783	33,228	2.4
イタリア	742	64,142	1.1
日本	544	220,898	0.2
インドネシア	310	15,915	1.9
ニュージーランド	290	7,520	3.8
エルサルバドル	105	751	14.0
ニカラグア	70	457	15.3
コスタリカ	65	1,044	5.7
アイスランド	51	1,076	4.7
ケニア	45	805	5.6
中国	26	199,897	0.0
トルコ	20	20,335	0.1
世界合計	7,326	-	-

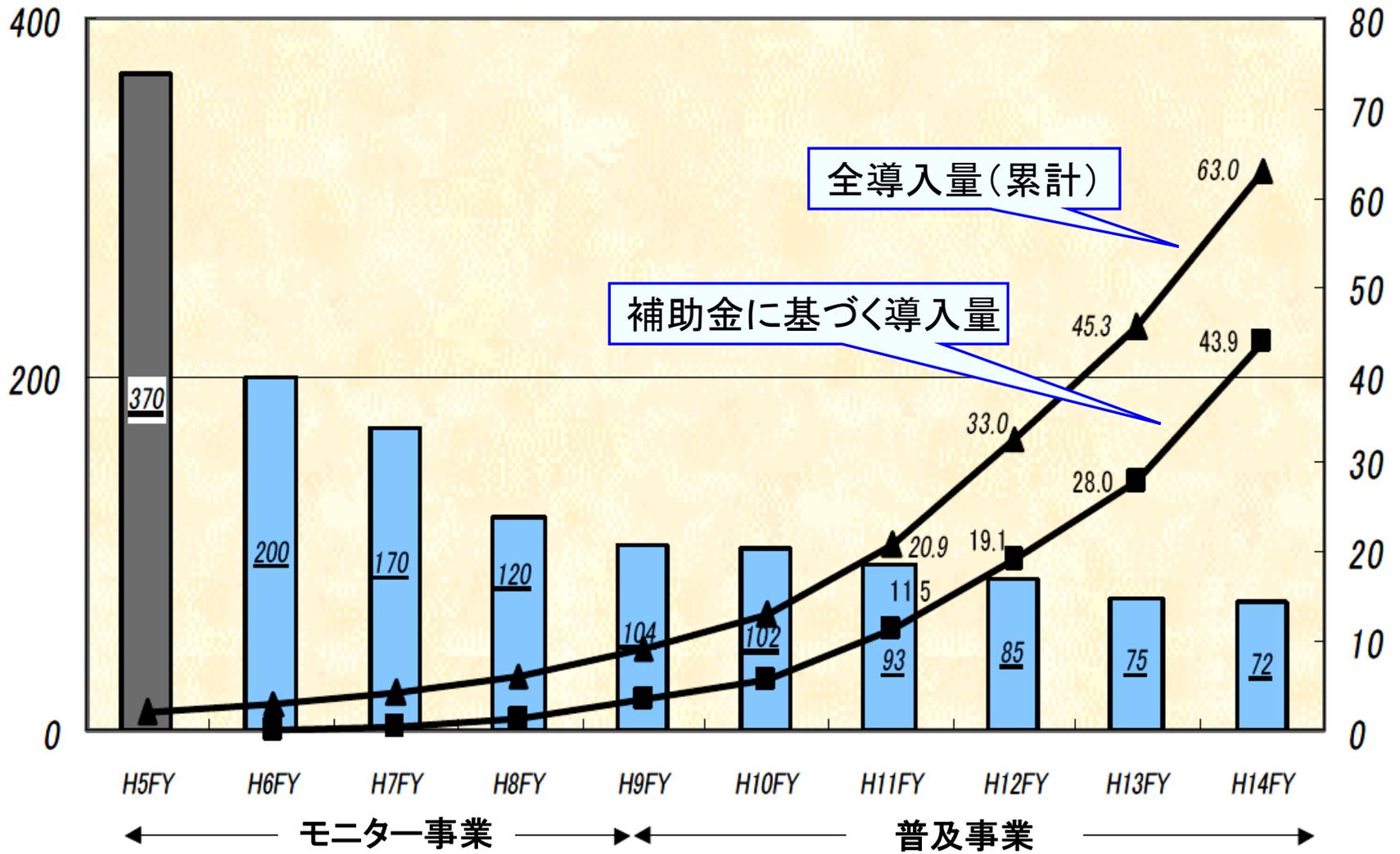
(社)日本地熱調査会 「わが国の地熱発電の動向, 1997年版」から引用

出典: 地熱エンジニアリング(株)ホームページ(<http://www.geothermal.co.jp/etc/geo04.htm>)より

A3-3 住宅用太陽光発電システムの導入量と価格

発電システム価格(万円/kWe)

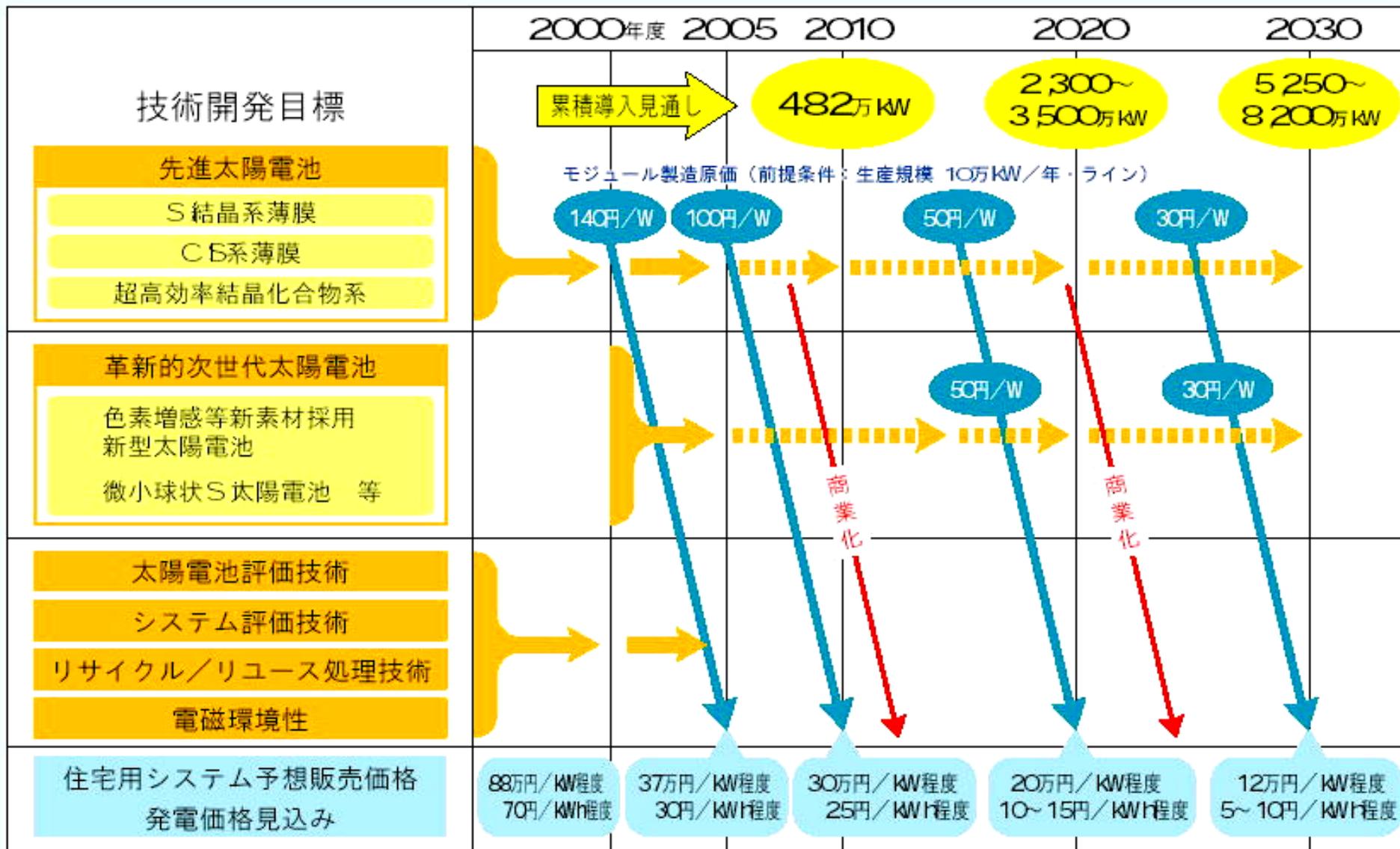
発電システム導入量(万kWe)



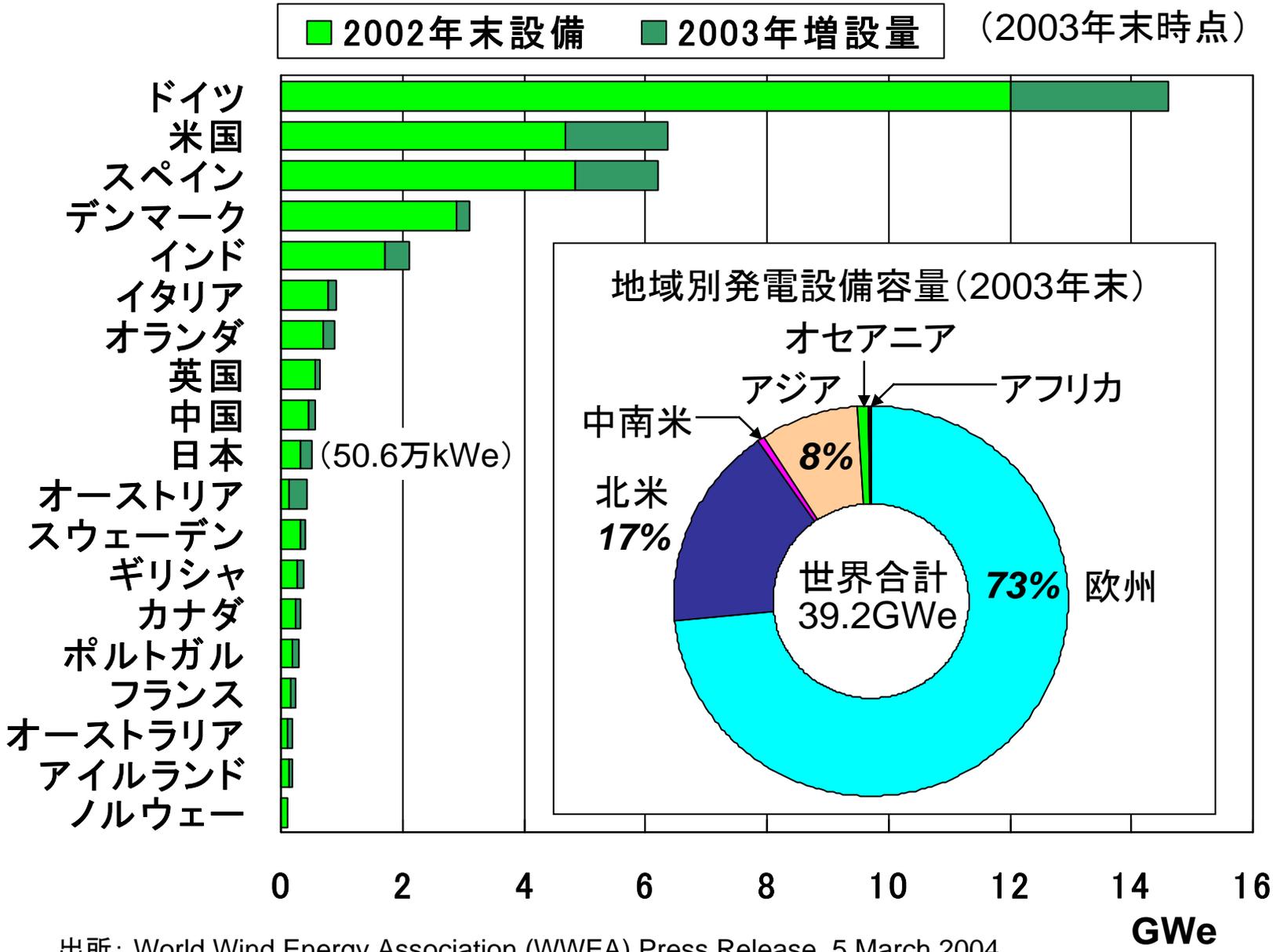
※出典: メーカーヒアリング等により経済産業省にて試算

出所: 「新エネルギーの導入拡大の意義と取組」資源エネルギー庁(2003年5月)

A3-4 太陽光発電システムの長期開発目標

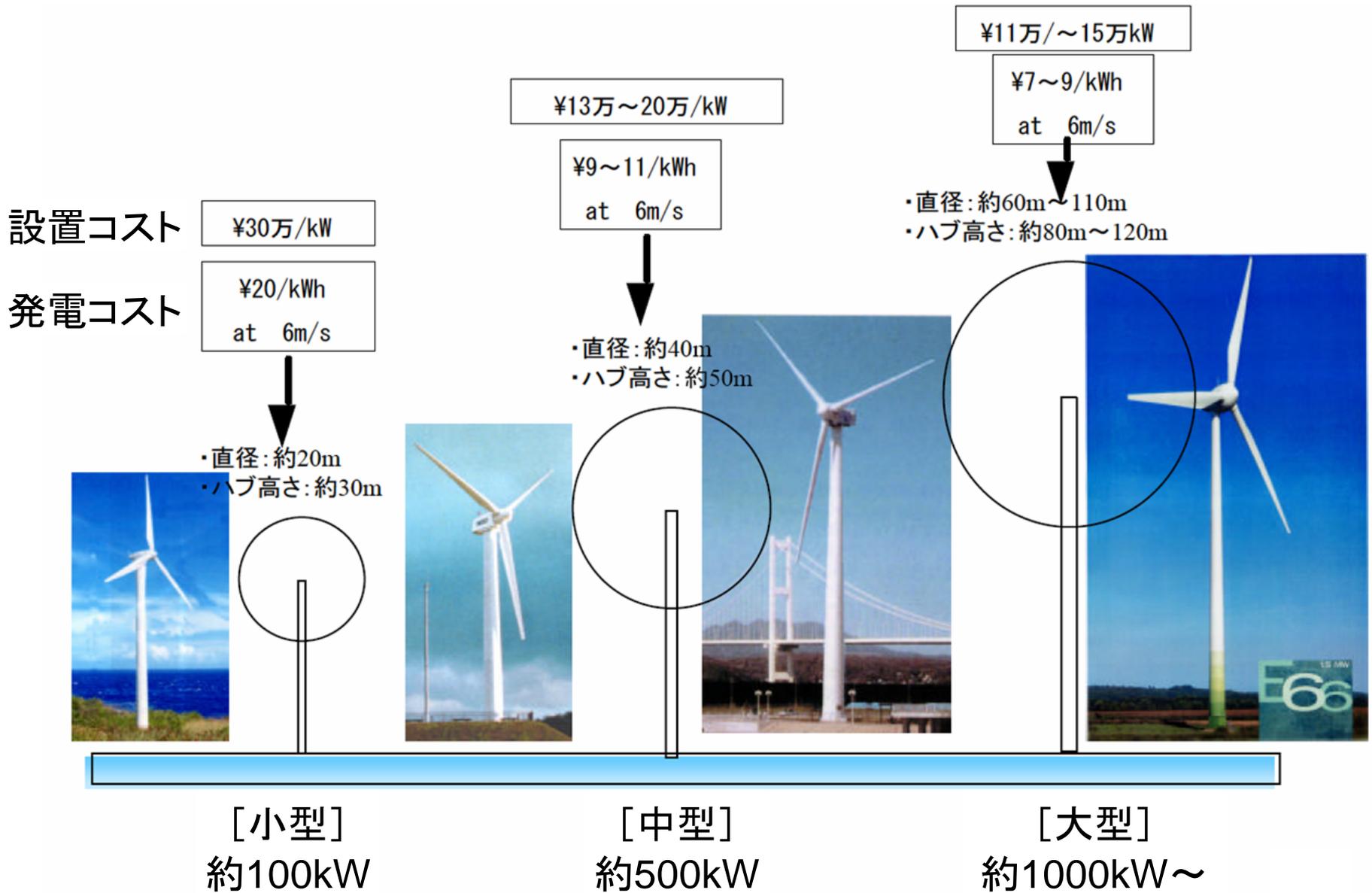


A3-5 世界の国別風力発電設備容量



出所: World Wind Energy Association (WWEA) Press Release, 5 March 2004

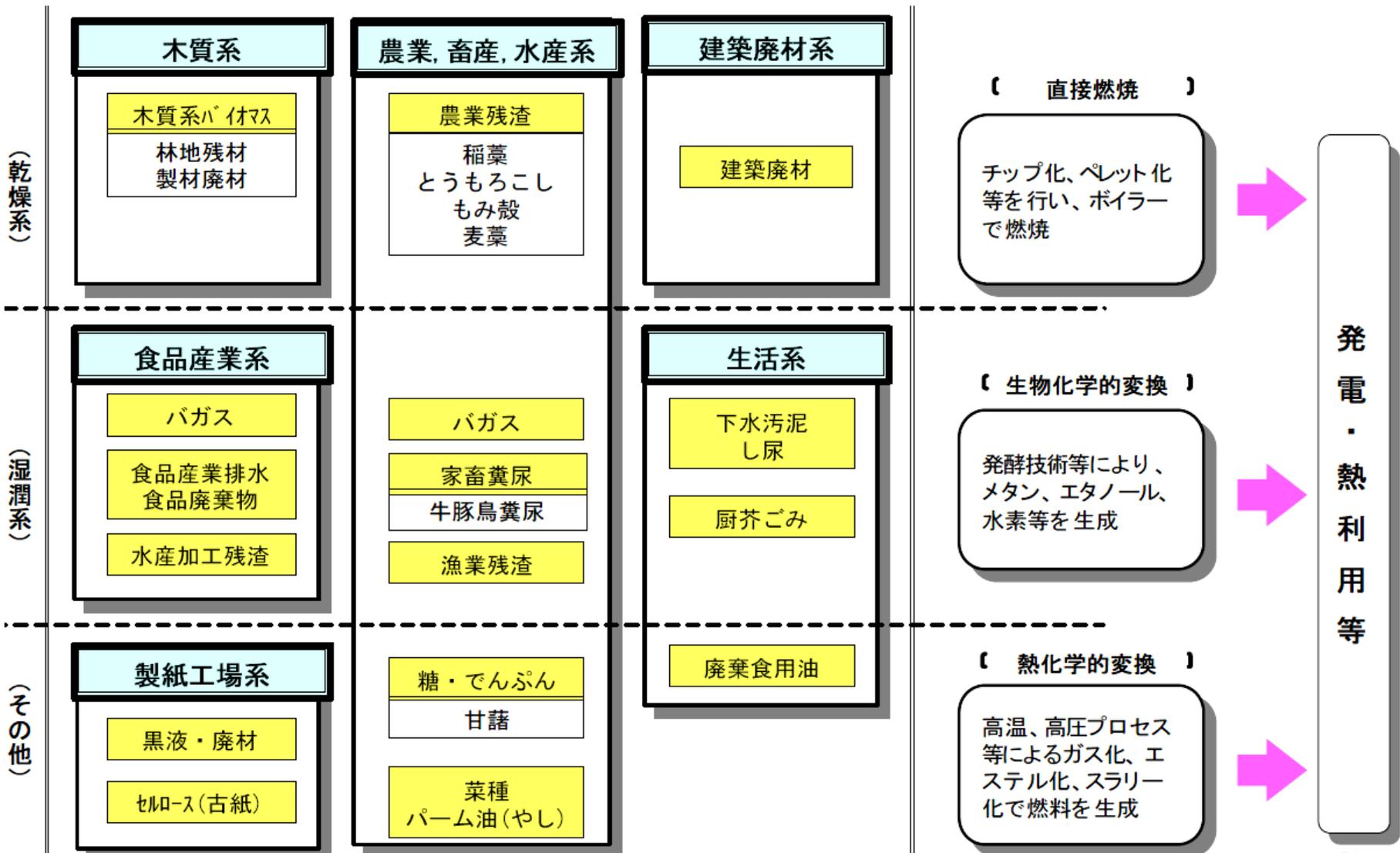
A3-6 風力発電の規模と経済性



A3-7 バイオマスの種類と利用方法

バイオマス資源の分類

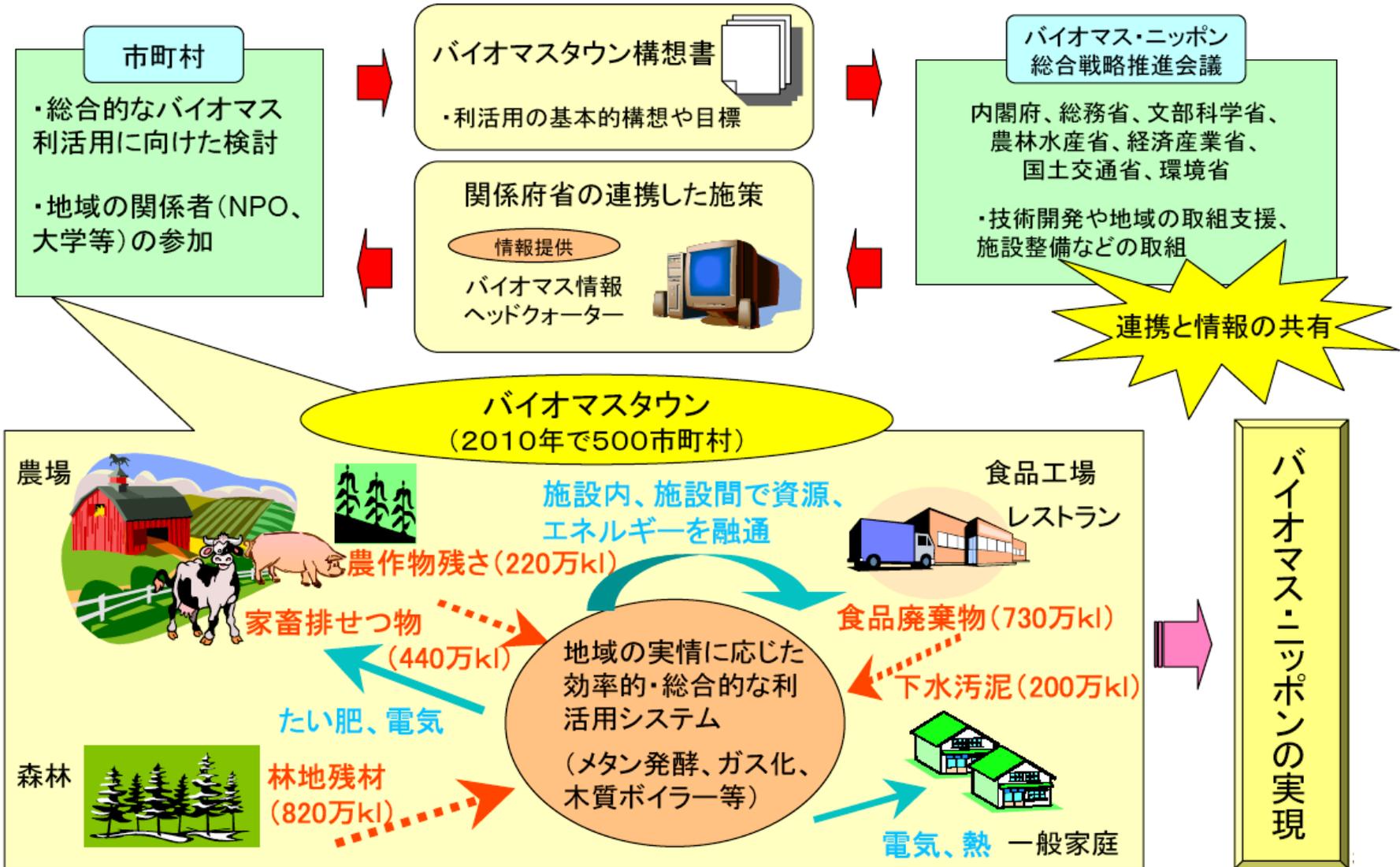
主要なエネルギー利用形態



出所: 「新エネルギーの導入拡大の意義と取組」資源エネルギー庁(2003年5月)

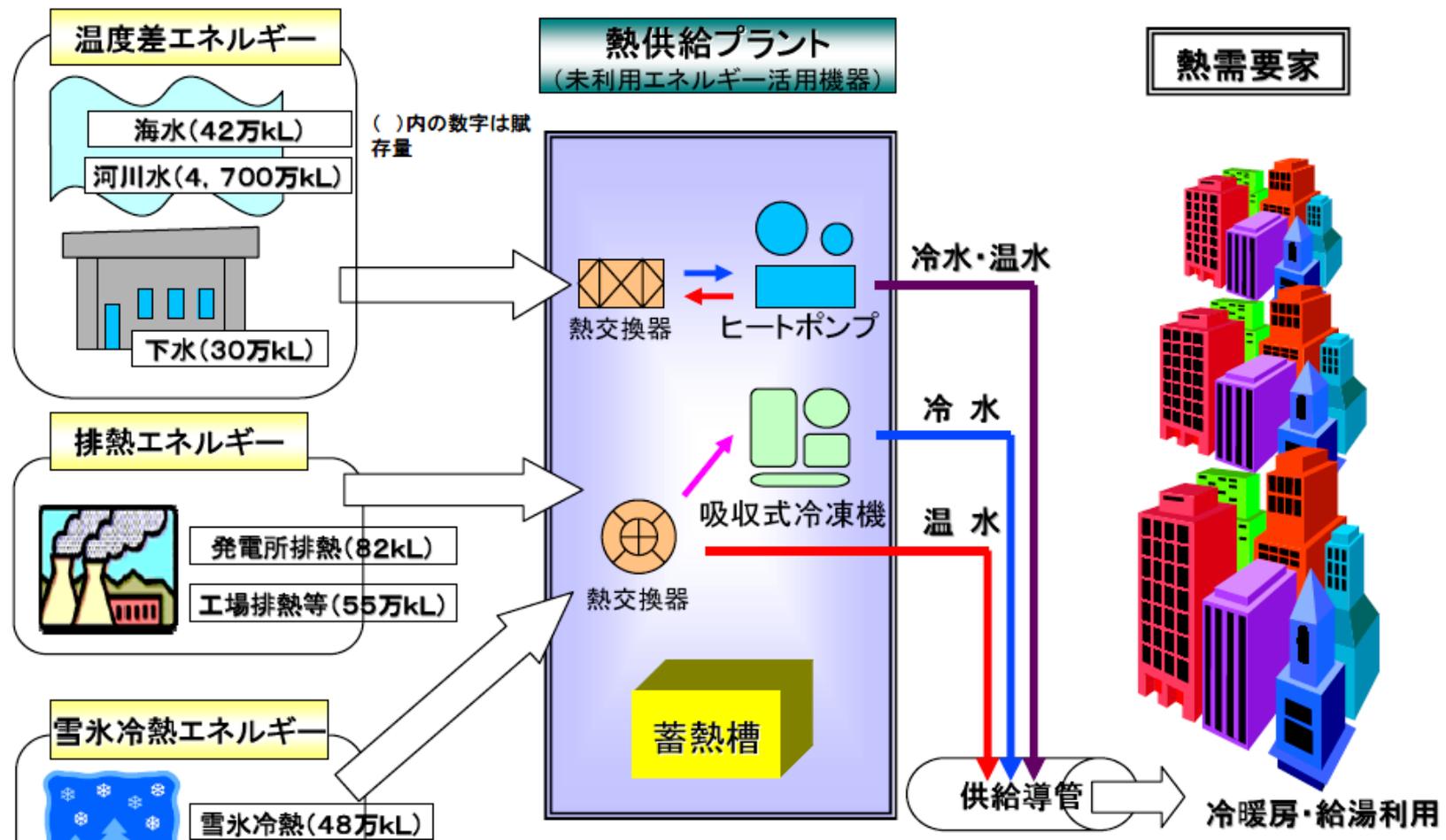
A3-8 バイオマスタウン構想

2002年12月に閣議決定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」の下で、2010年までに全国に500の「バイオマスタウン」を指定し、重点的支援を行う。



※ ()内の数字は日本全体の賦存量(出典:H14. 11新エネ部会資料)

A3-9 未利用エネルギーの利用促進



出典：
 温度差エネルギー：資源エネルギー庁調査（H10.5 未利用エネルギー活用システム導入促進調査）熱供給導入可能性地区1km圏内賦存量
 排熱エネルギー：資源エネルギー庁調査（H10.5 未利用エネルギー活用システム導入促進調査）熱供給導入可能性地区2km圏内賦存量
 雪氷冷熱エネルギー：新エネルギー部会報告書H13.6