

「第1回つくば3Eフォーラム」セッション1“地球温暖化とエネルギー資源”

# エネルギー資源・環境問題と技術選択

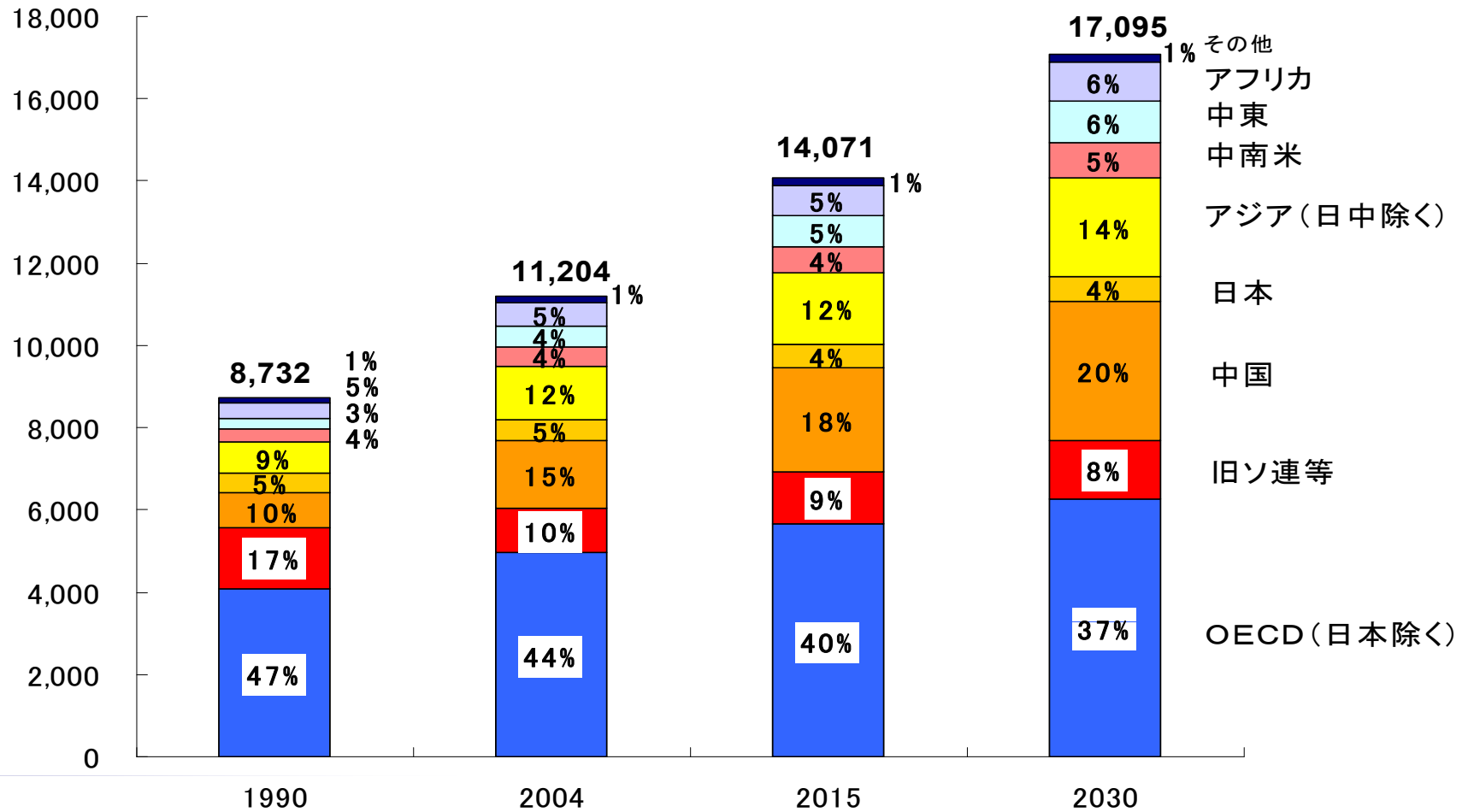
筑波大学 システム情報工学研究科  
リスク工学専攻  
内山 洋司

## 世界の一次エネルギー消費量の推移



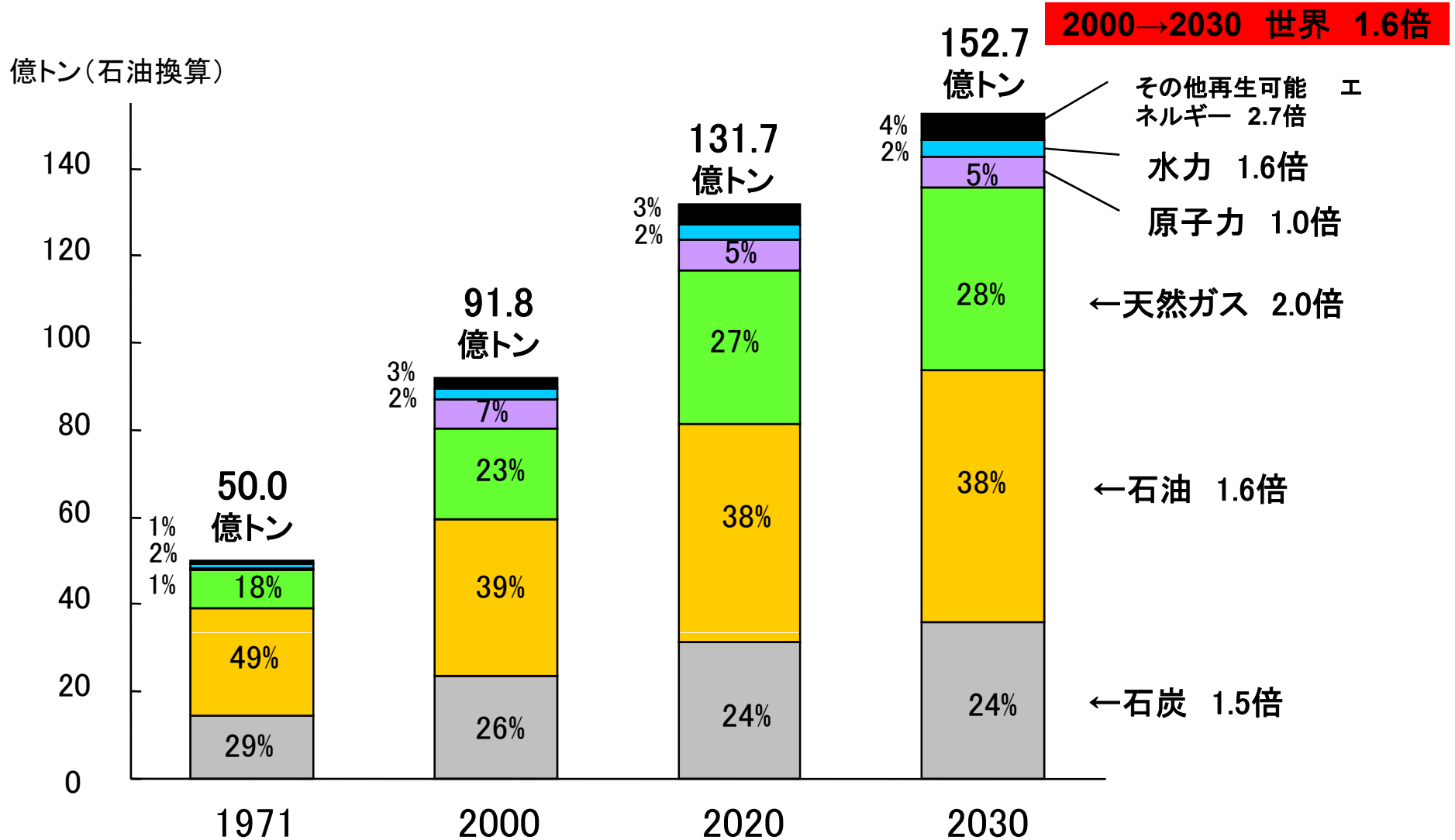
# 世界のエネルギー需要の見通し

(単位: 石油換算百万トン)



出典: WORLD ENERGY OUTLOOK 2006, IEA/OECD

# 世界の一次エネルギー消費量の資源別推移と見通し



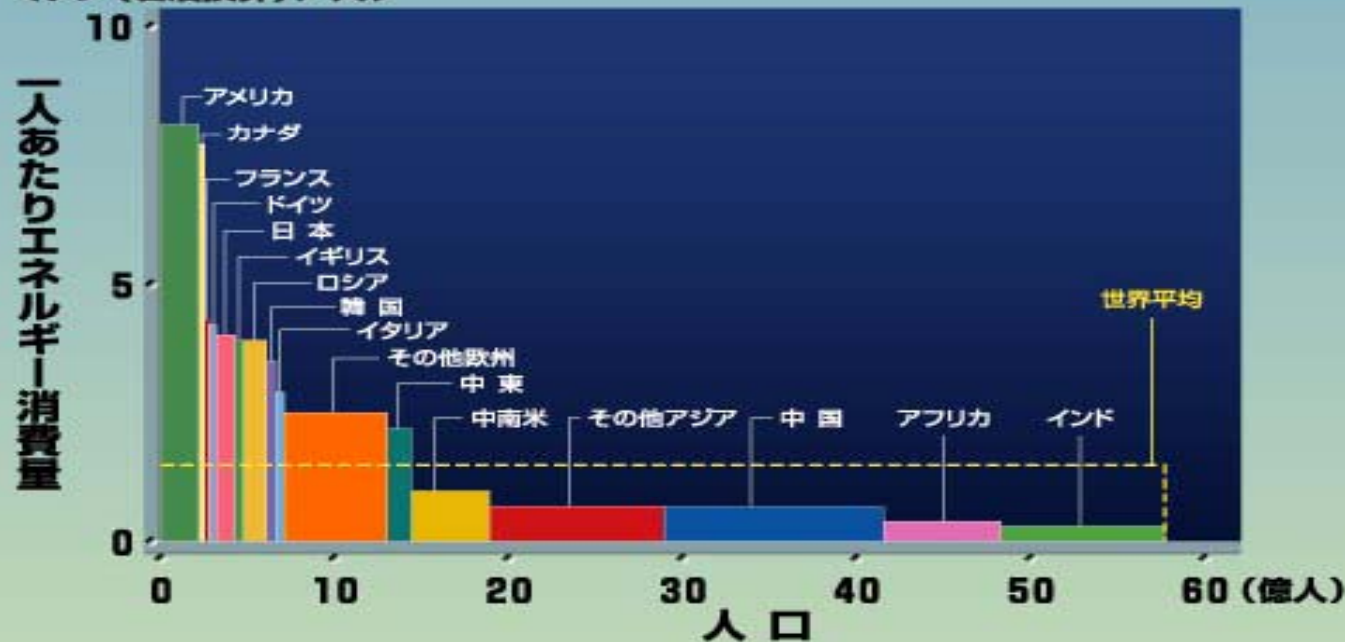
(出所)「WORLD ENERGY OUTLOOK 2002」

# Annex- I の人口と排出量

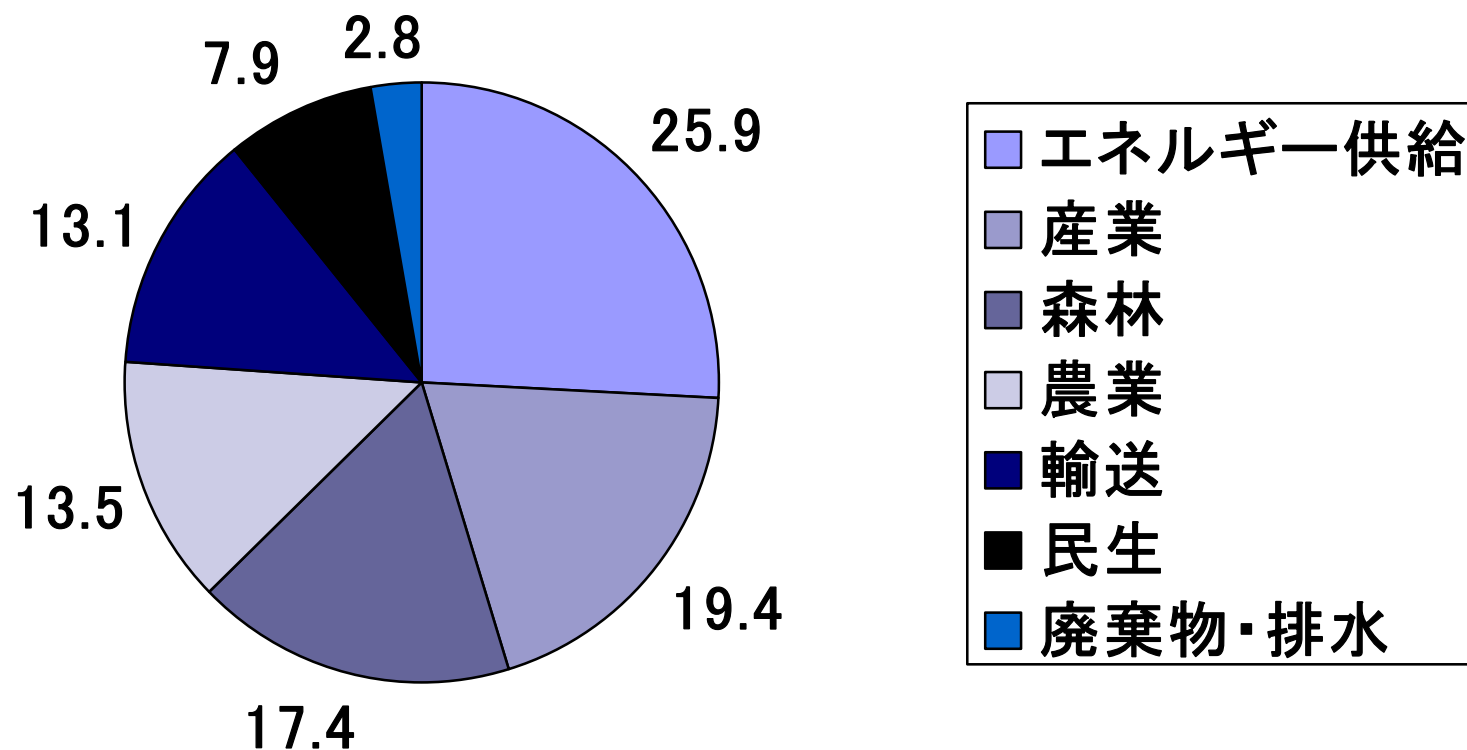
2000年	Annex I	Non-Annex I
人口	19.7%	80.3%
GHG排出量	46%	54%

国別・地域別にみた人口と一人あたりのエネルギー消費量

(トン(石油換算)/人)

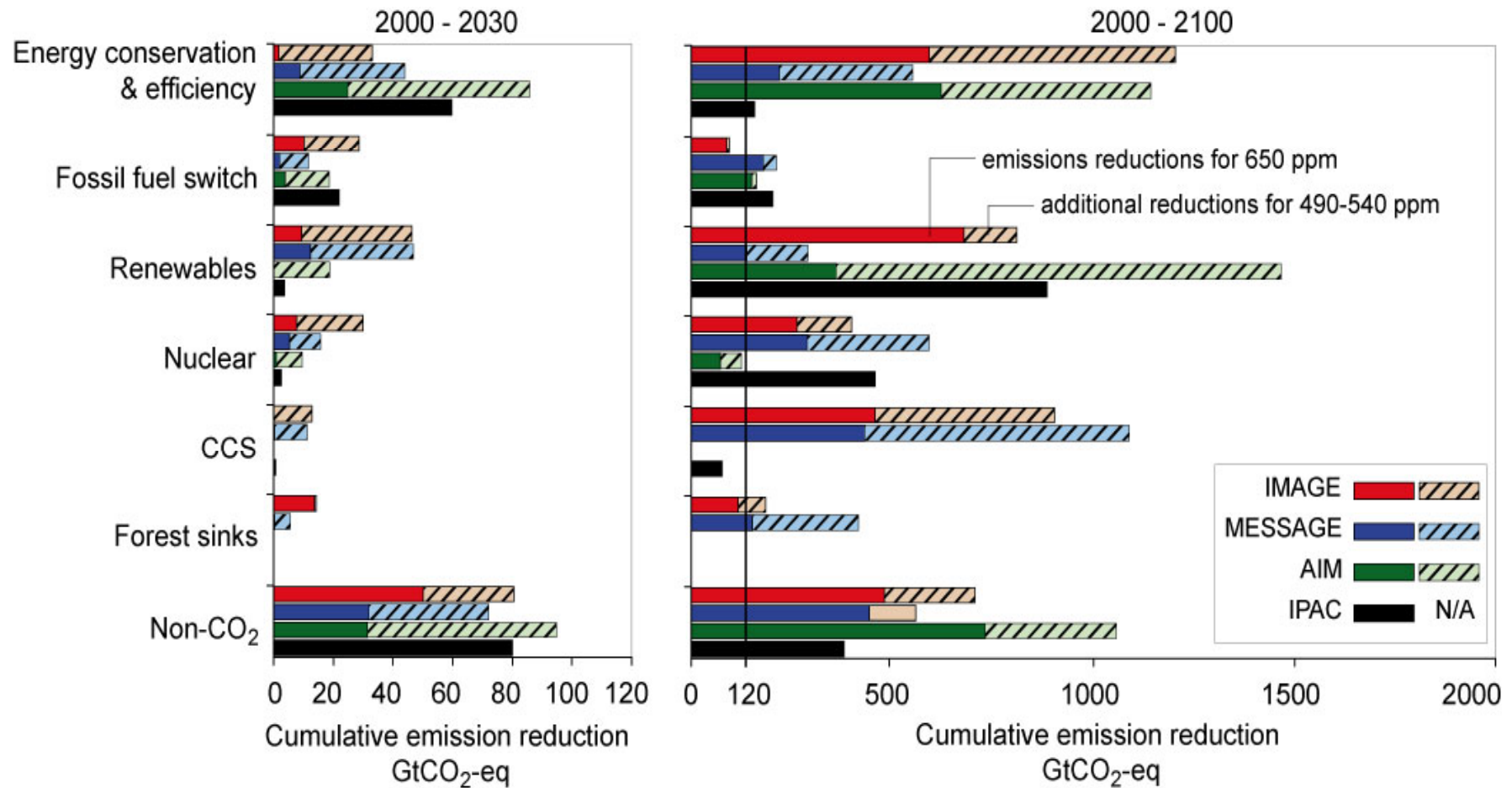


# 部門別に見た世界のGHG排出量



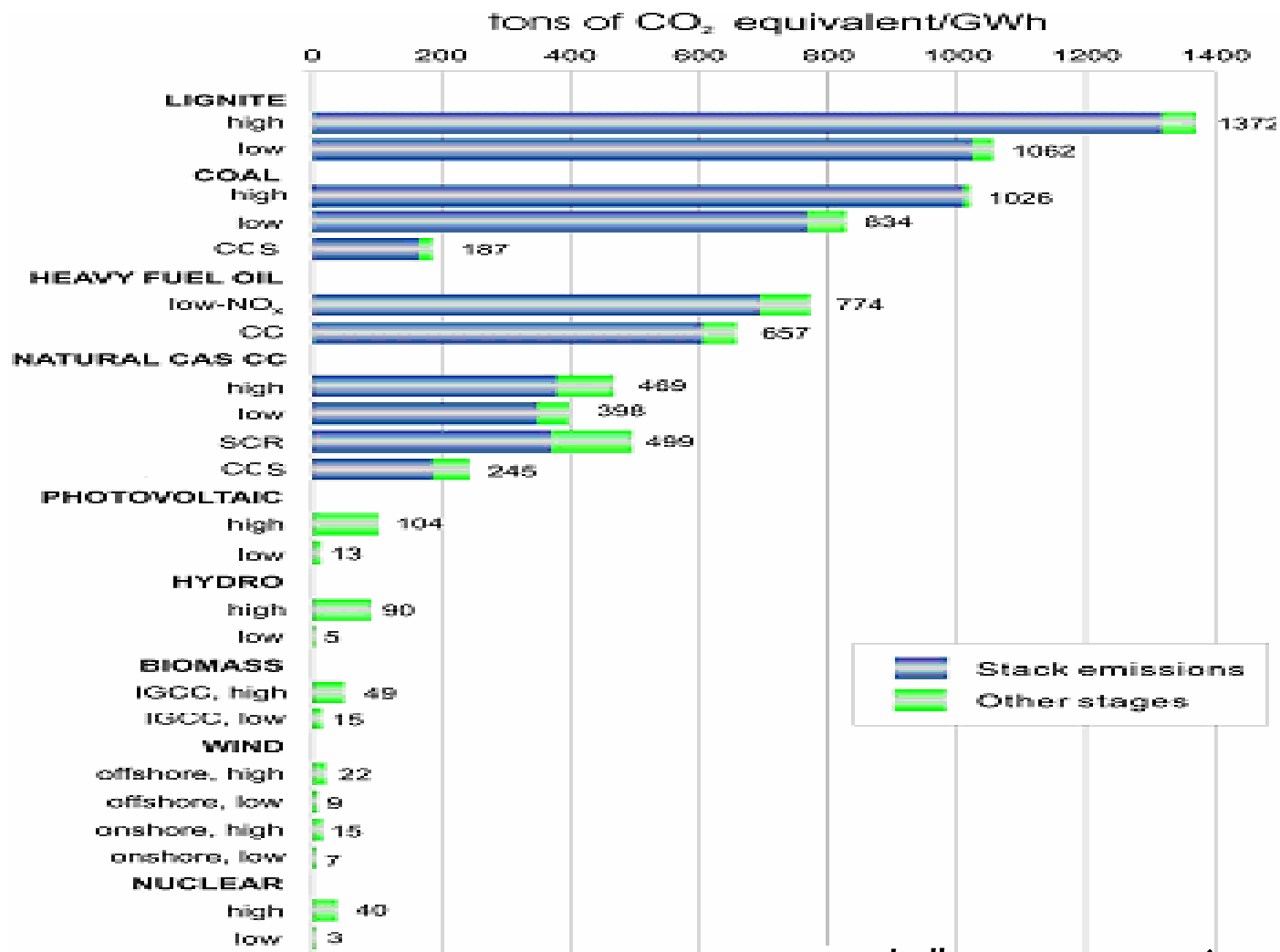
出典: IPCC、AR4 (2007)

# GHGの累積削減量



出典: IPCC、AR4 (2007)

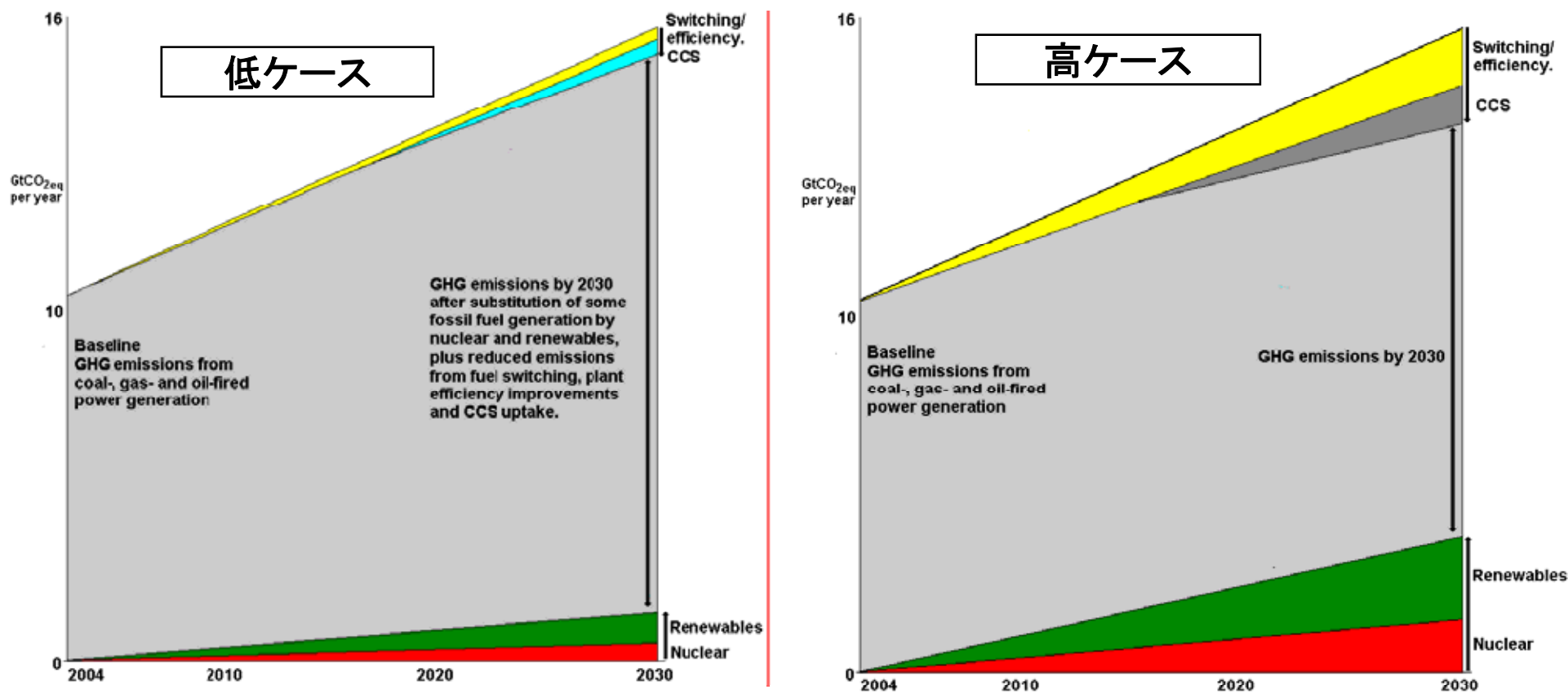
# 発電プラントのライフサイクルCO<sub>2</sub>排出量



出典: IPCC、AR4 (2007)



# エネルギー供給技術による GHG削減ポテンシャル

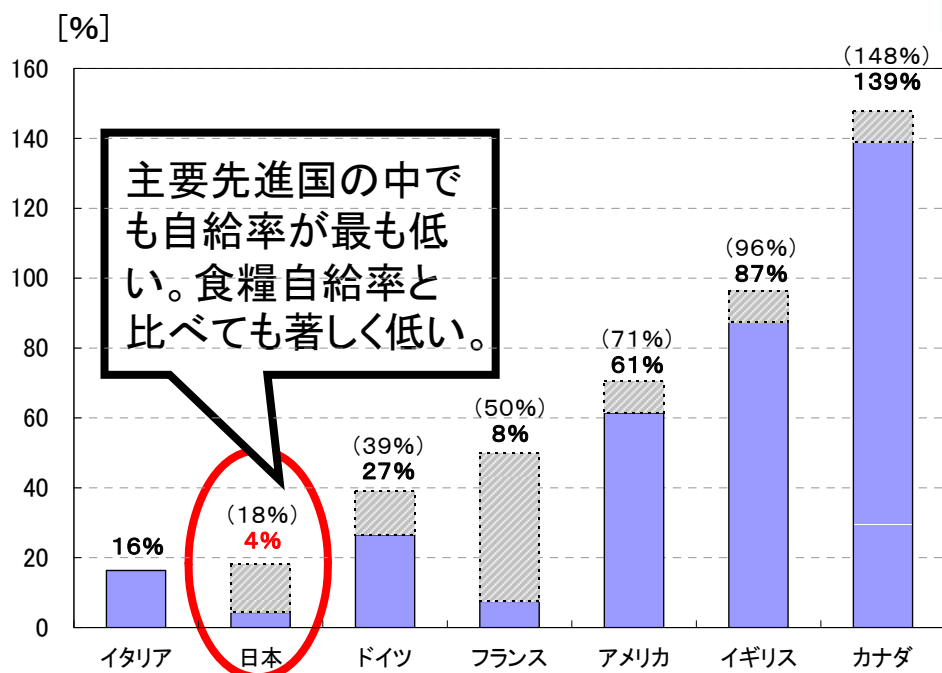


出典: IPCC、AR4 (2007)

# エネルギー自給率と資源の可採年数

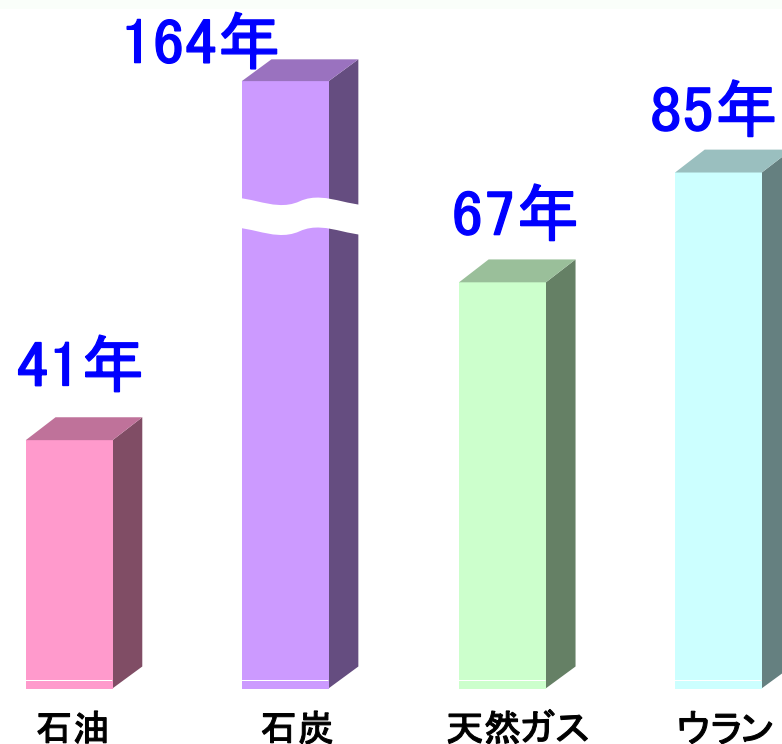
- 原子力を除けば、主要先進諸国の中で我が国のエネルギー自給率は非常に低く、わずか4%である
- エネルギー資源には限りがあり、世界で資源獲得競争が激化する可能性もある。

## 主要国のエネルギー自給率(2004年)



【出典：OECD/IEA “Energy Balances of OECD Countries 2003-2004”】

## ■世界のエネルギー資源確認可採年数

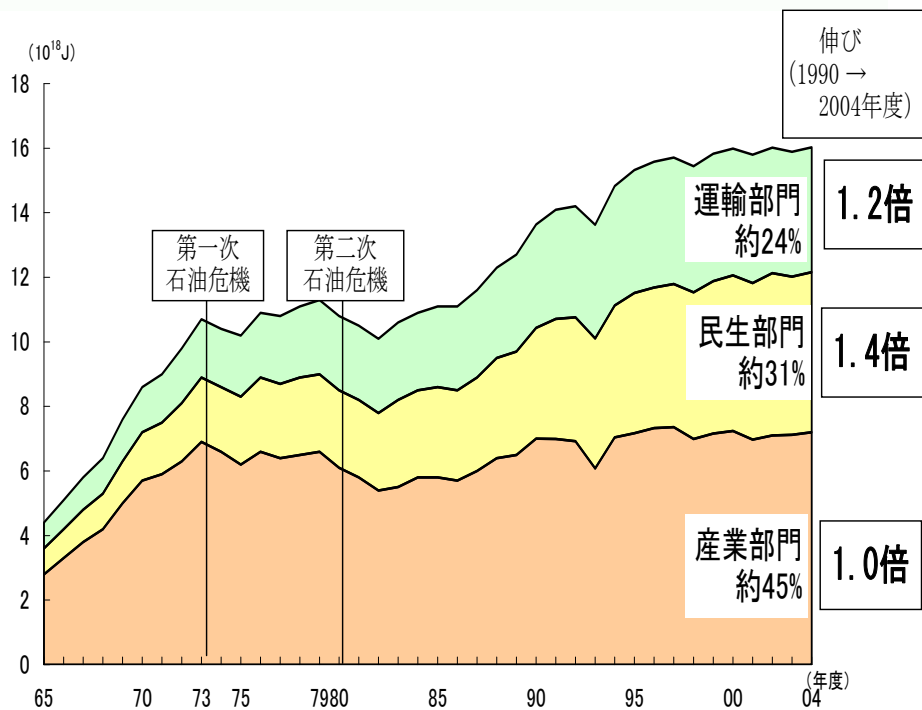


出典：石油、石炭、天然ガス：BP統計2005、  
ウラン：URANIUM 2003, OECD/NEA-IAEA

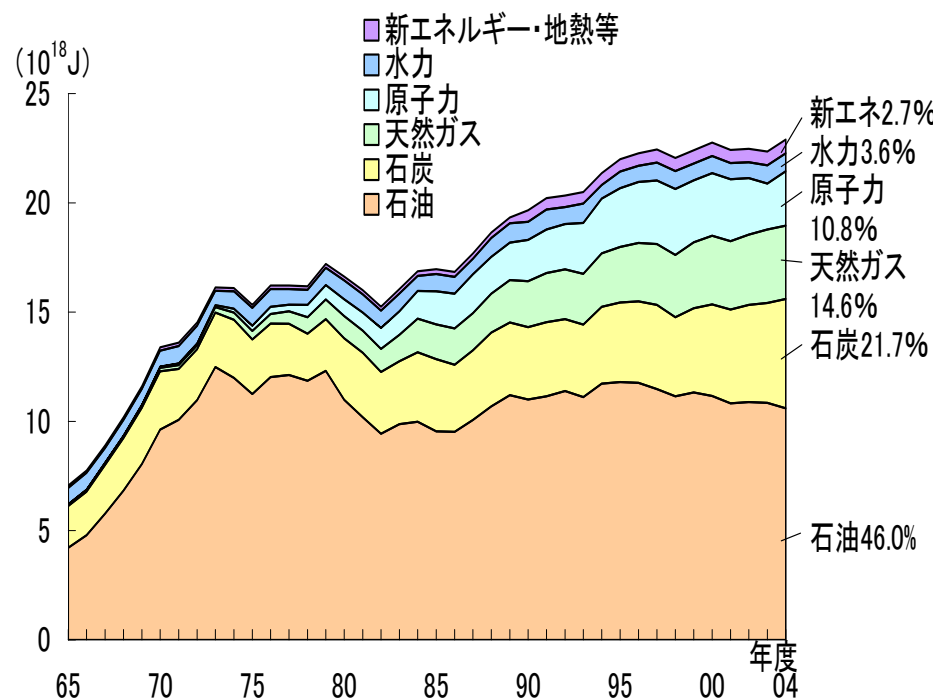
# 国内のエネルギー情勢

- 近年、我が国の民生部門、運輸部門のエネルギー消費の伸びが顕著であり、今後とも引き続き増加の見込みです。
- 現在、エネルギーの5割弱を石油に依存している状況です。

## 部門別最終エネルギー消費量の推移



## 日本の一次エネルギー供給の推移



資料:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、内閣府「国民経済計算年報」、(財)日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」

- (注) 1. J(ジュール)=エネルギーの大きさを示す指標の一つで、1MJ=0.0258×10<sup>13</sup>原油換算kl  
 2. 「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている。

資料:資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」

(注)「総合エネルギー統計」は、1990年度以降の数値について算出方法が変更されている。

## エネルギーの増加要因と減少要因





# GHG排出抑制を考慮した省エネルギー対策

## ●産業構造の変換

(サービス・情報産業、素材リサイクル産業)

## ●エネルギー・燃料転換

(電力シフト、天然ガス利用、原子力・再生可能エネルギー開発)

## ●規制強化・課税

(自主行動計画から協定へ、省エネ基準、環境税)

## ●インフラ改善

(高断熱・高气密、パッシブソーラーハウス、モーダルシフト、渋滞解消)

## ●高効率技術

(産業技術の高効率化、民生・運輸部門のトップランナー製品、ヒートポンプ、コージェネレーション)

## ●意識改革

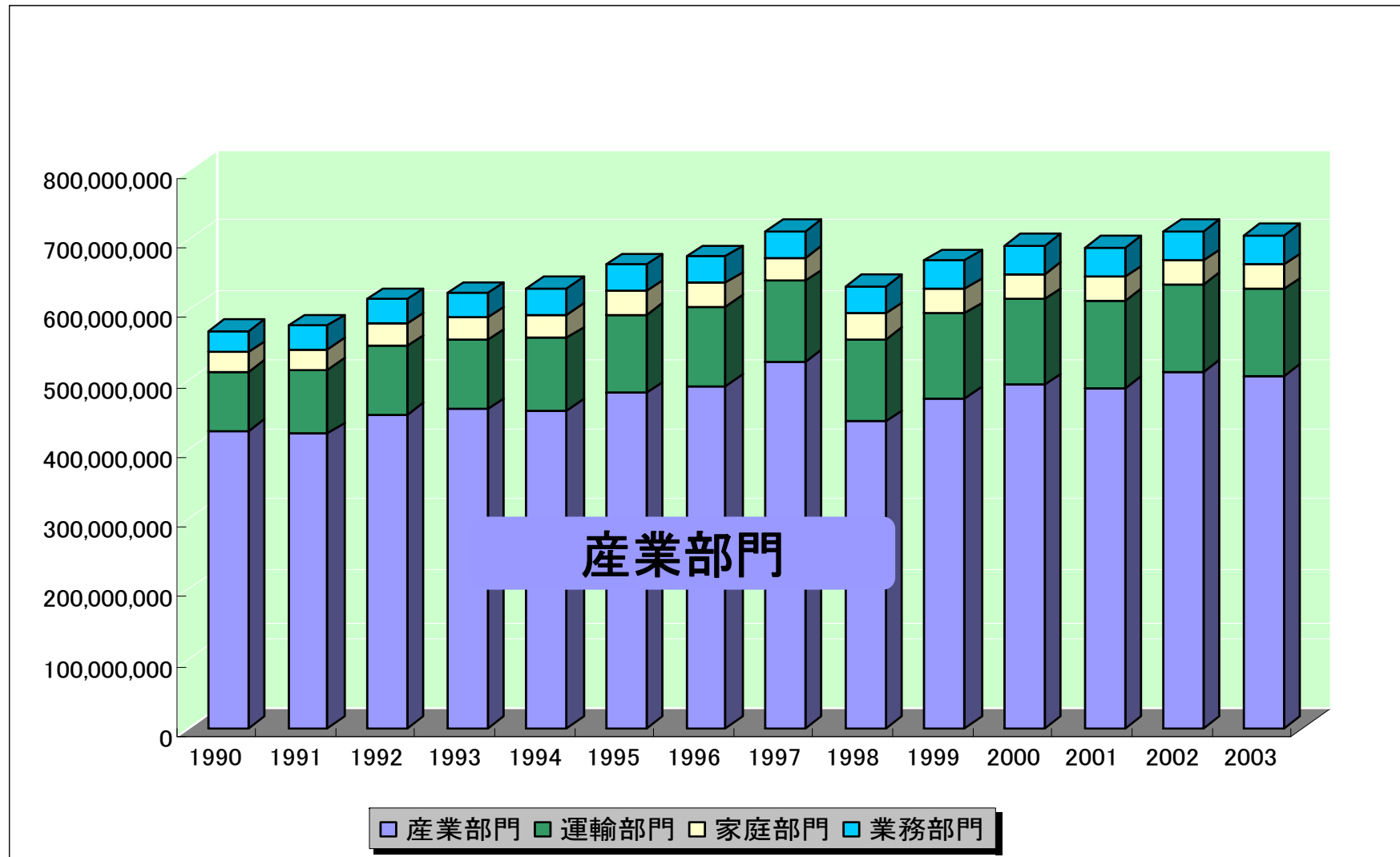
(ライフスタイルの変換、広報活動、エネルギー環境教育)

# 部門別にみた省エネルギー対策

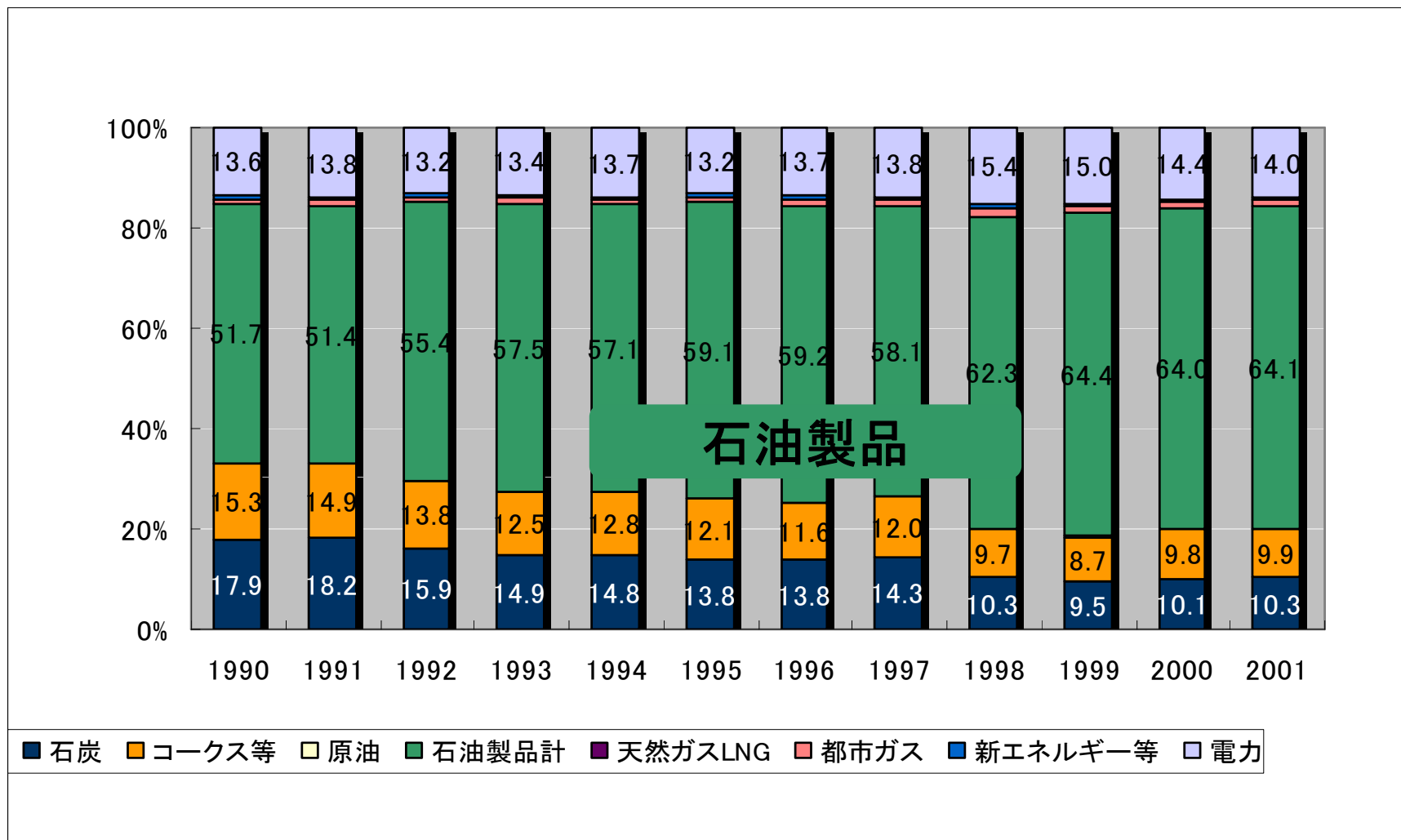
総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会報告書(2001年)

対策方法	省エネ量 [万キロリットル]
<b>[産業部門]</b>	2,050
<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ法に基づく措置の強化(経団連自主行動計画と第一種エネルギー管理指定工場に係る措置の強化)</li> <li>・中堅工場等の省エネ対策(第二種エネルギー管理指定工場に対する現行規制のフォローアップ)</li> <li>・高性能工業炉の加速的普及[中小企業対象]</li> </ul>	<p>2,010</p> <p>40</p>
<b>[民生部門]</b>	1,860
<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ法に基づく措置の強化(トップランナー規制による機器効率の改善)</li> <li>・住宅・建築物の省エネ性能向上</li> <li>・家庭用エネルギー管理システム(HEMS)の普及</li> <li>・業務用エネルギー管理システム(BEMS)の普及[うちESCOによる効果]</li> <li>・トップランナー機器の拡大</li> <li>・高効率機器の加速的普及</li> <li>・待機時消費電力の削減</li> </ul>	<p>540</p> <p>860</p> <p>90</p> <p>160 [100]</p> <p>120</p> <p>50</p> <p>40</p>
<b>[運輸部門]</b>	1,690
<ul style="list-style-type: none"> <li>・省エネ法に基づく措置の強化(トップランナー規制による機器効率の改善)</li> <li>・交通システムによる省エネ</li> <li>・トップランナー基準適合車の加速的導入</li> <li>・ハイブリッド自動車等車種の多様化</li> <li>・クリーンエネルギー車の普及促進</li> </ul>	<p>540</p> <p>970</p> <p>50</p> <p>50</p> <p>80</p>
<b>[部門横断的対策] 新たな技術開発</b>	100
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高性能ボイラ</li> <li>・高性能レーザ</li> <li>・高効率照明など</li> <li>・クリーンエネルギー自動車の高性能化</li> </ul>	<p>40</p> <p>10</p> <p>50</p> <p>—</p>
<b>合計</b>	5,700

# 茨城県の最終エネルギー消費の推移 (GJ)

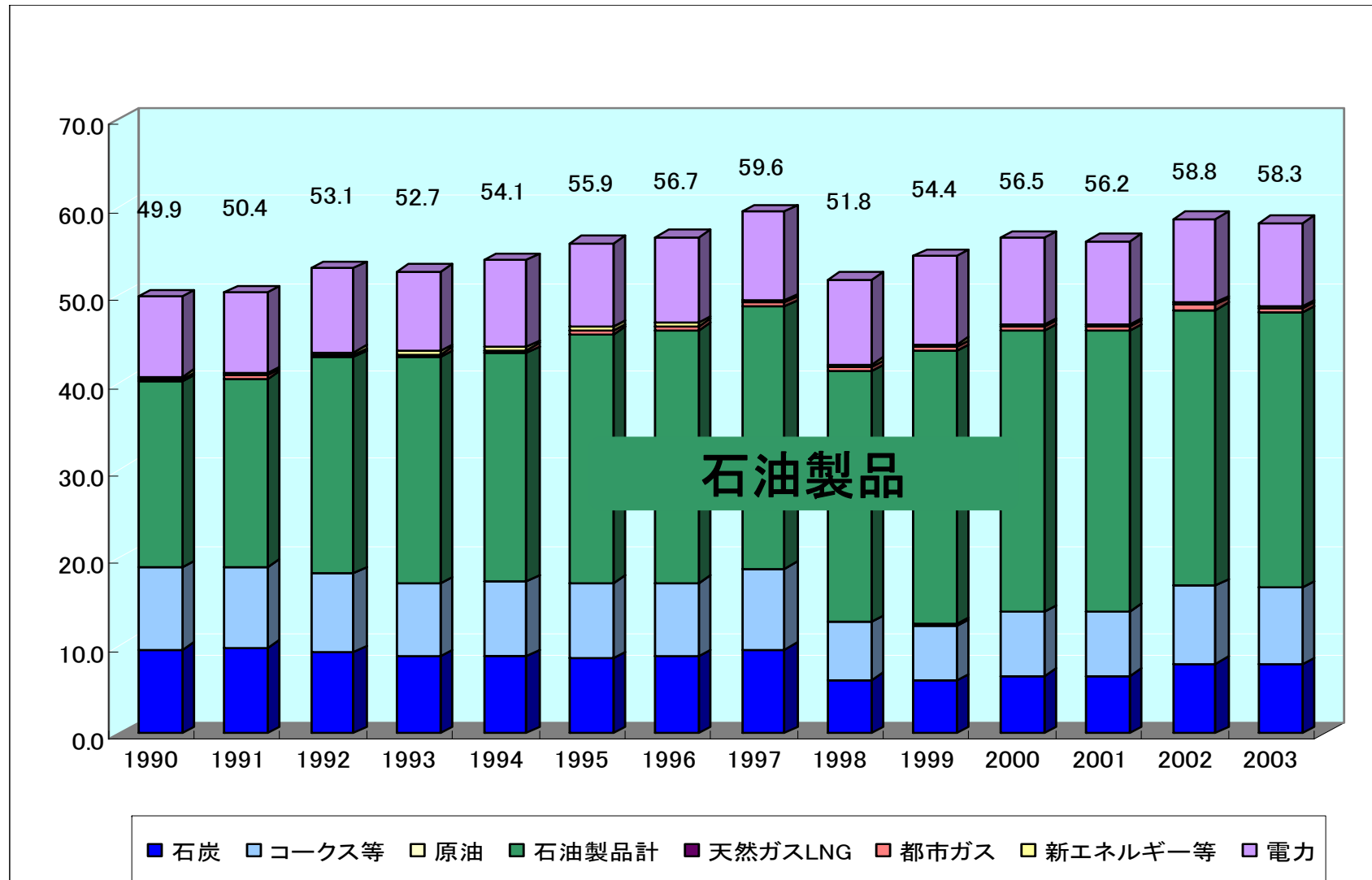


# 茨城県の最終エネルギー消費 (エネルギー種別構成比)の推移

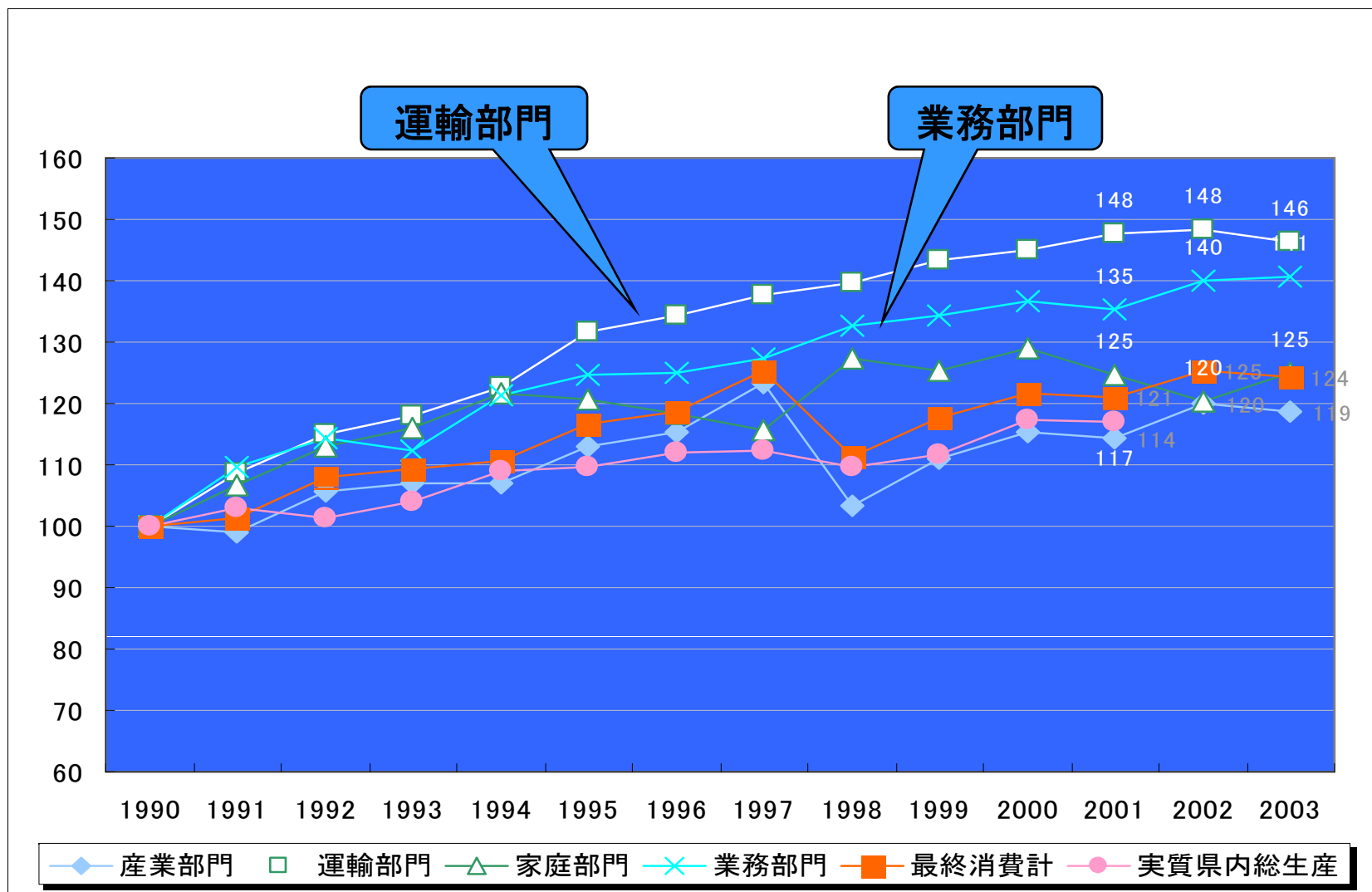




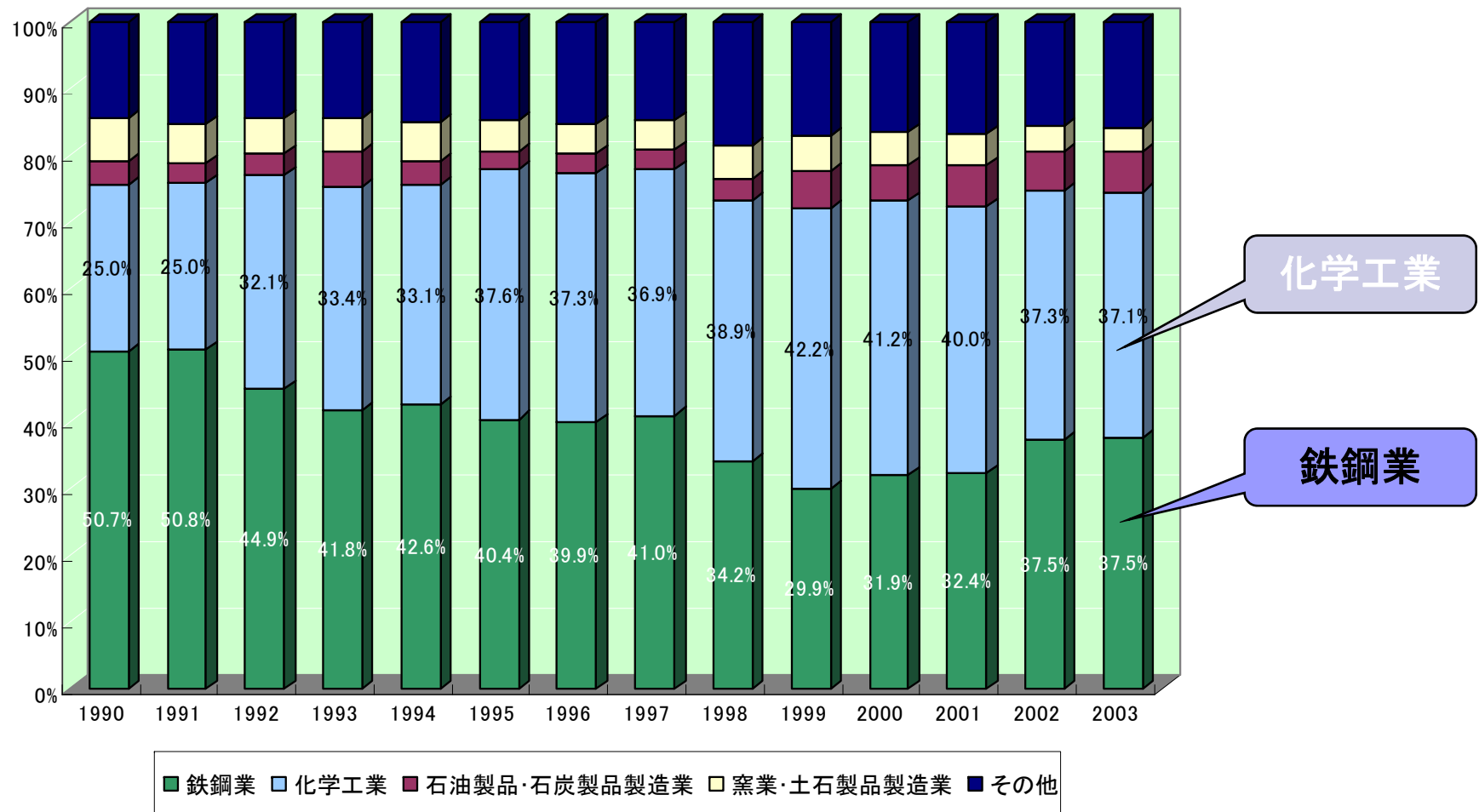
# エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量(概算)



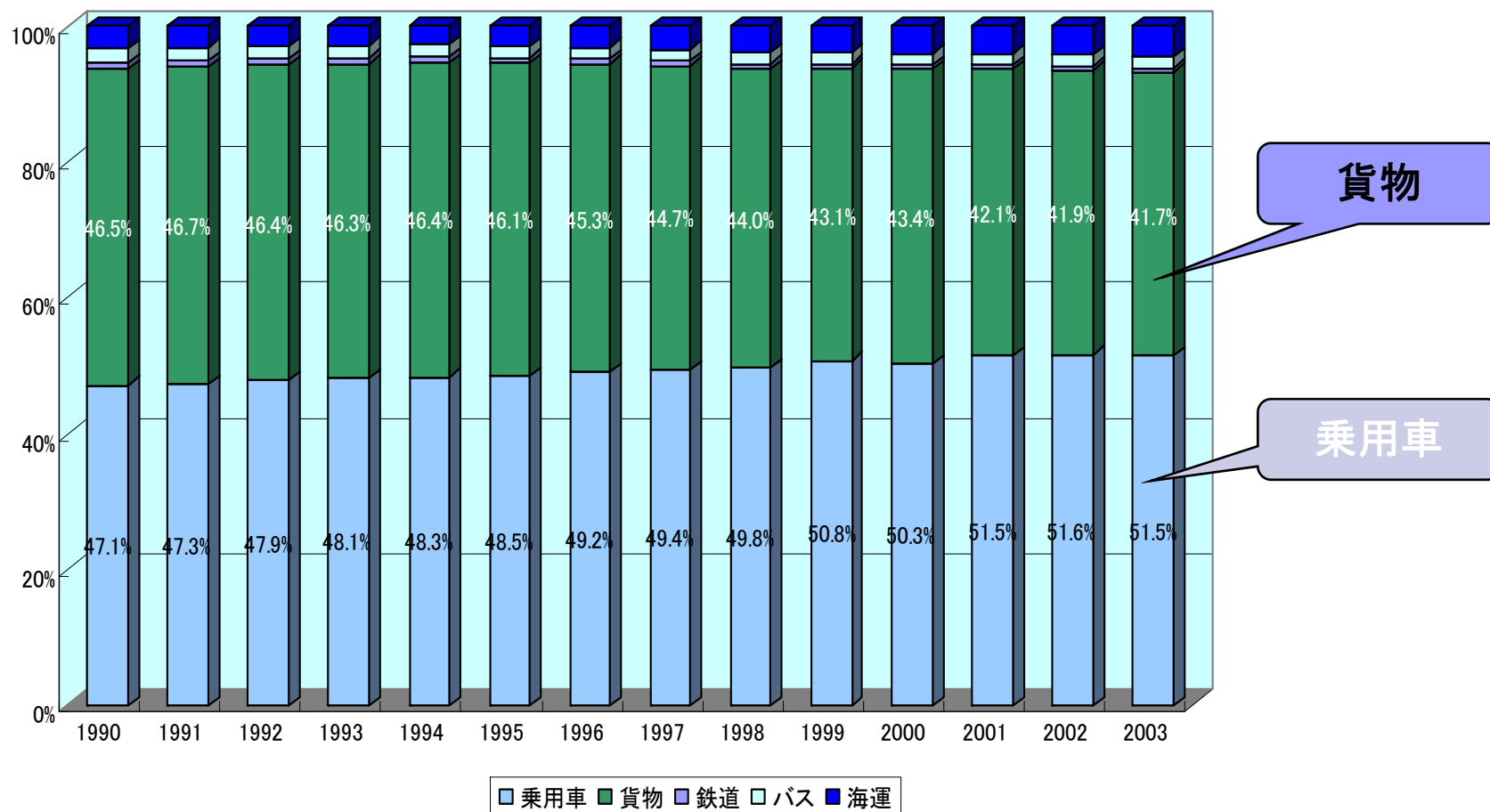
# 茨城県の最終エネルギー消費の推移 (1990年=100)



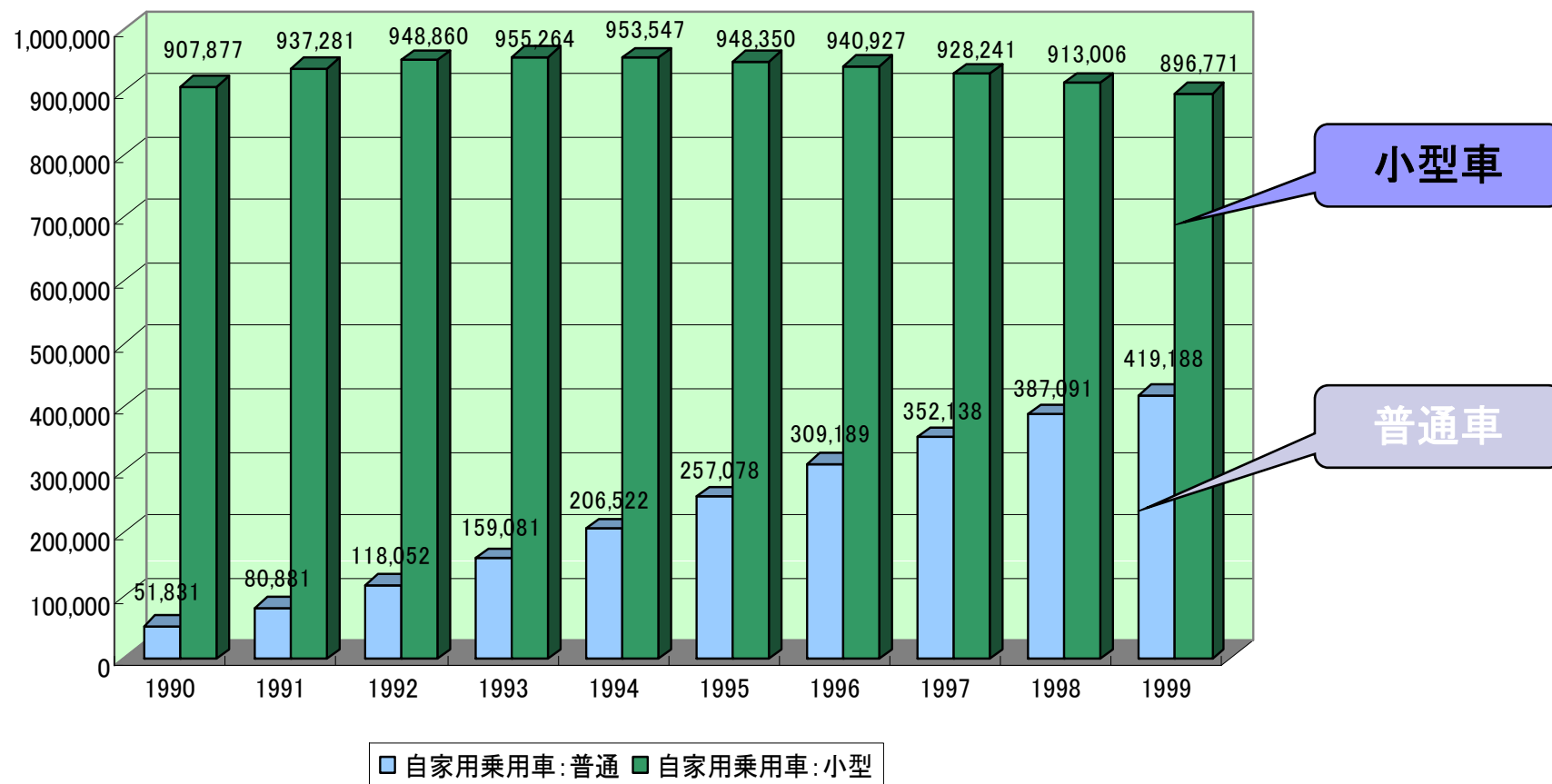
# 製造業におけるエネルギー消費種別構成



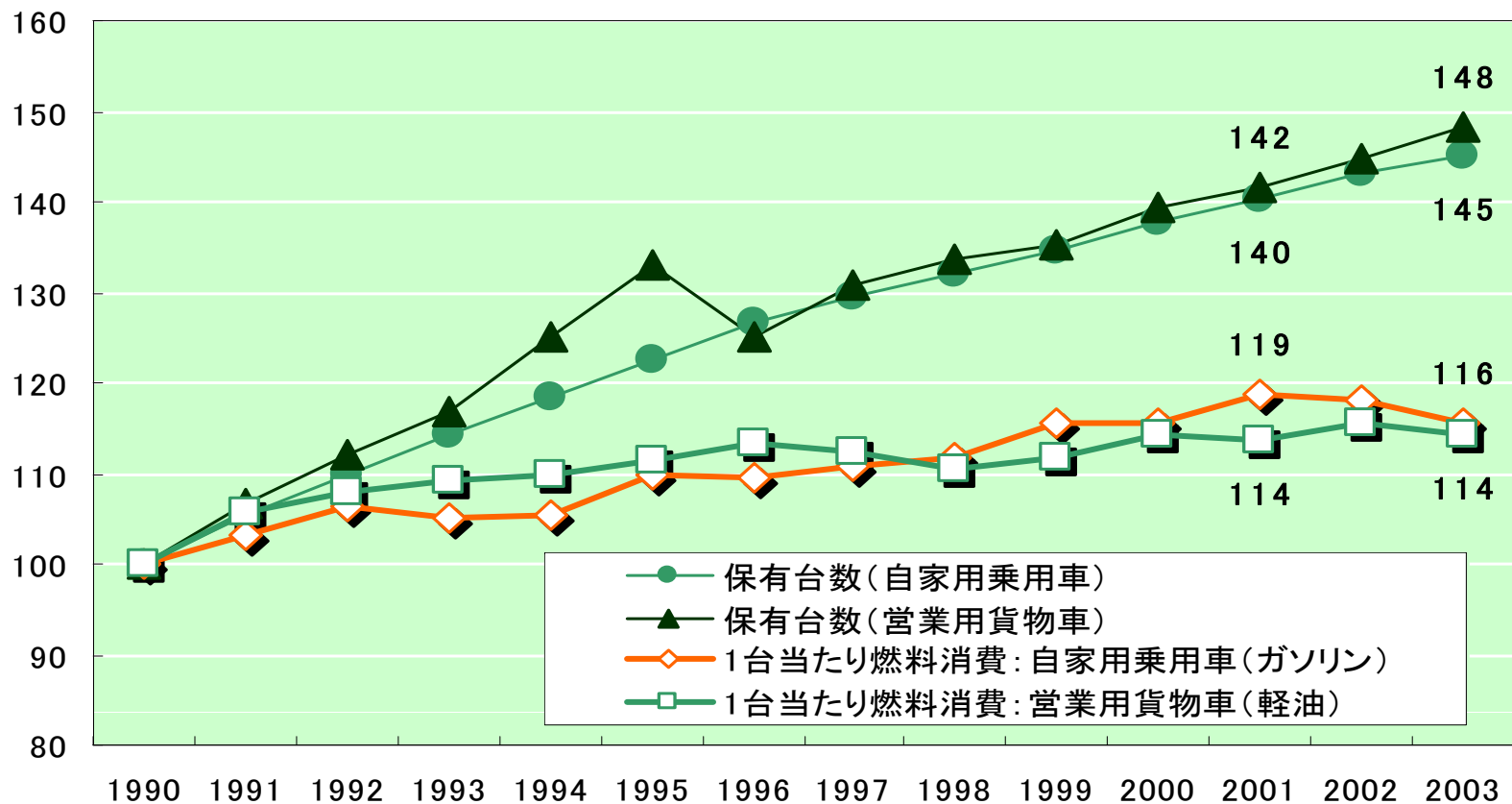
# 運輸部門のエネルギー消費の構成比の推移



# 自家用乗用車の保有台数の推移



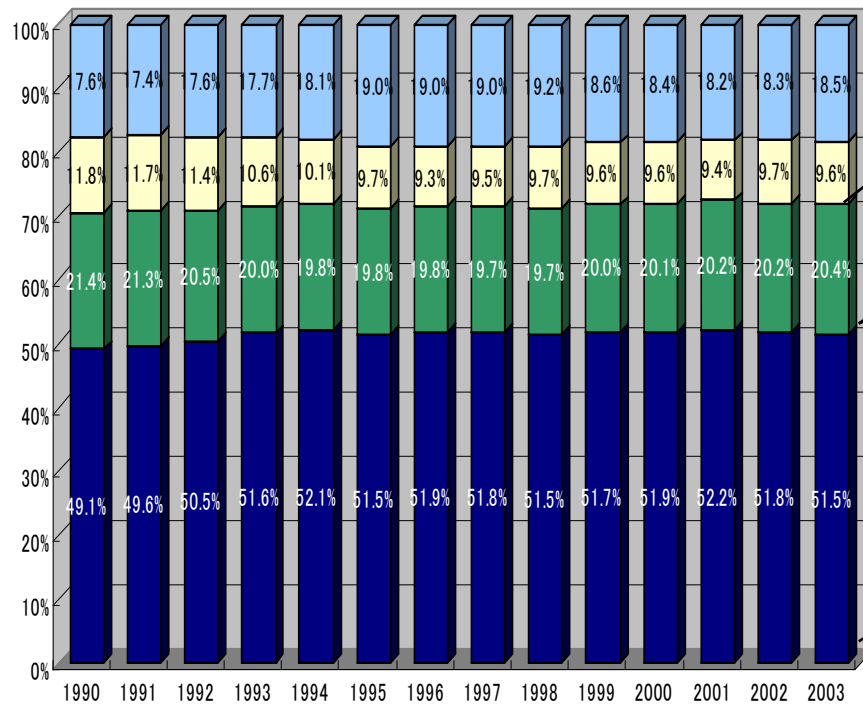
# 自動車の保有台数と 1台当たりの燃料消費の推移(90年=100)



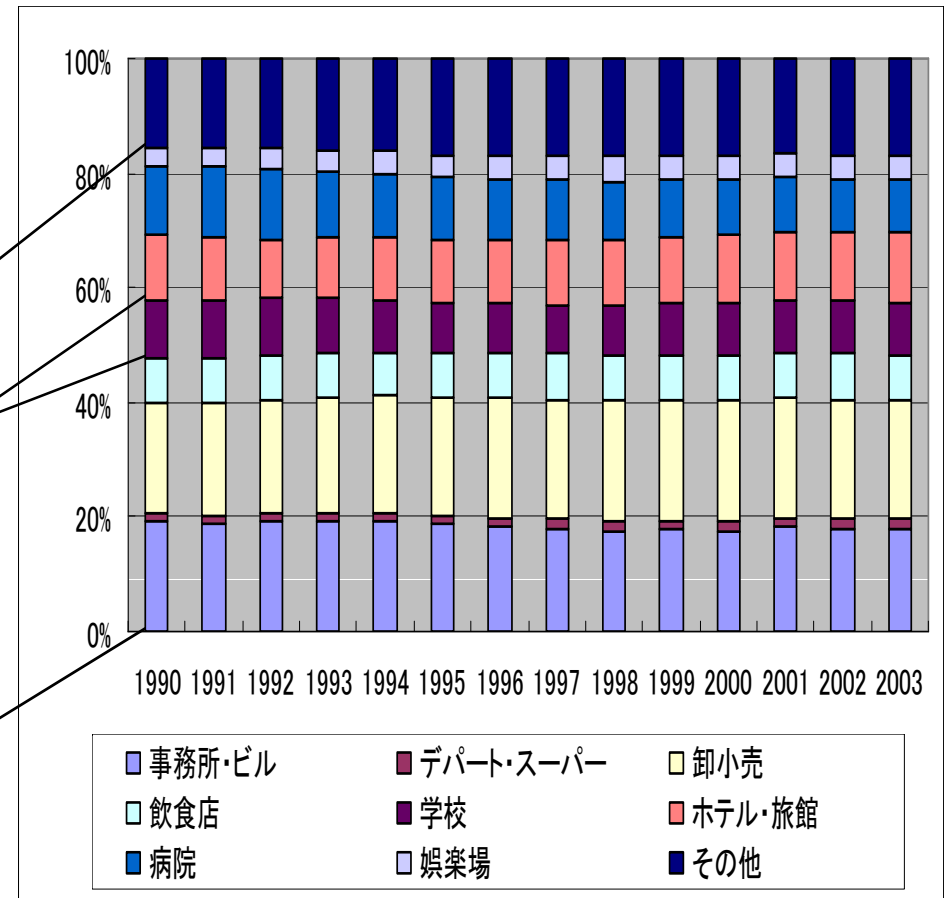
# 業務部門のエネルギー消費の構成比の推移

茨城県

全国

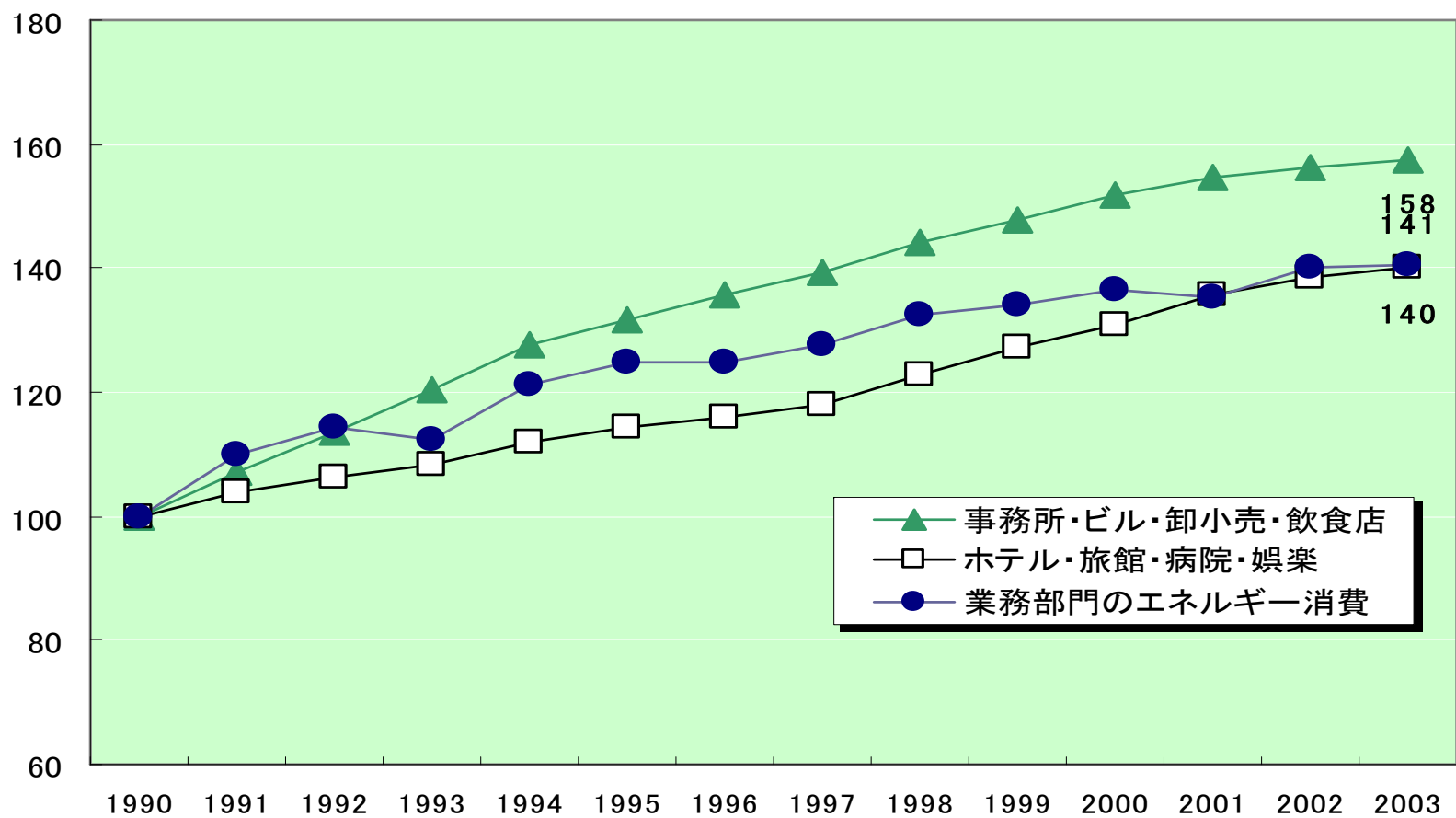


■事務所・ビル 卸小売 飲食店 ■ホテル・旅館・病院・娯楽 □学校 □その他



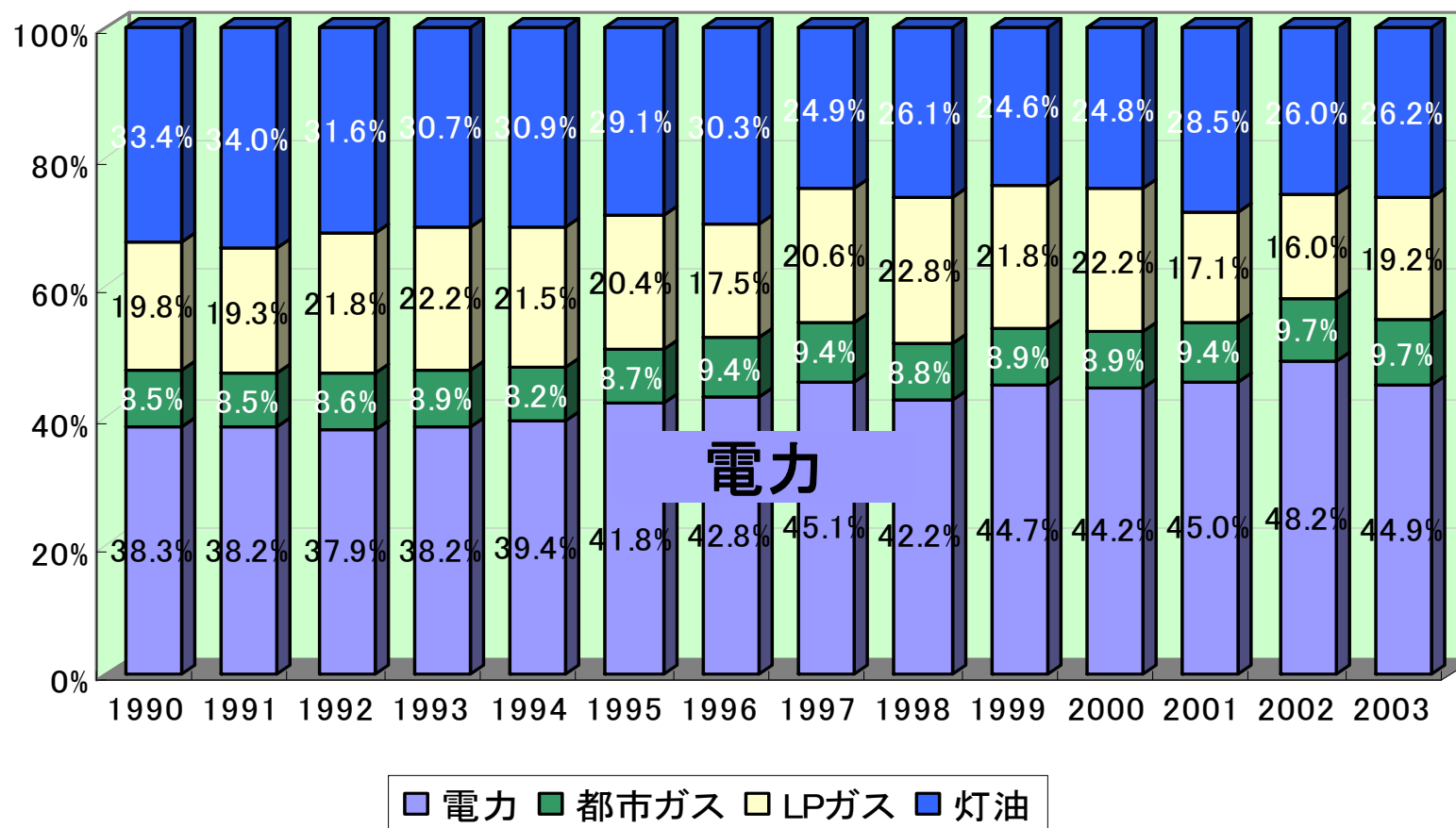
■事務所・ビル ■デパート・スーパー □卸小売  
 □飲食店 ■学校 □ホテル・旅館  
 ■病院 □娯楽場 ■その他

# 業務部門のエネルギー消費と床面積の推移 (90年=100)

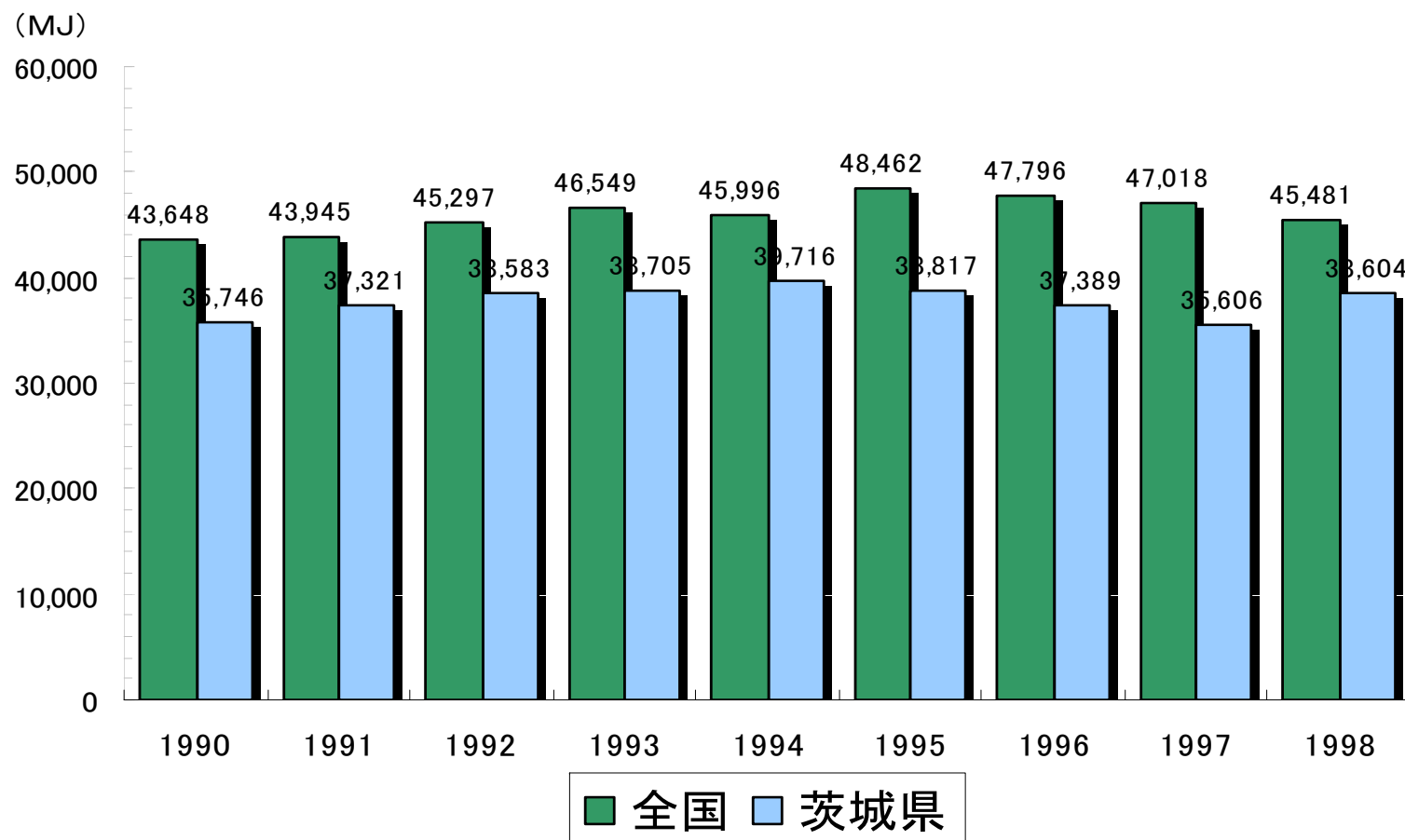




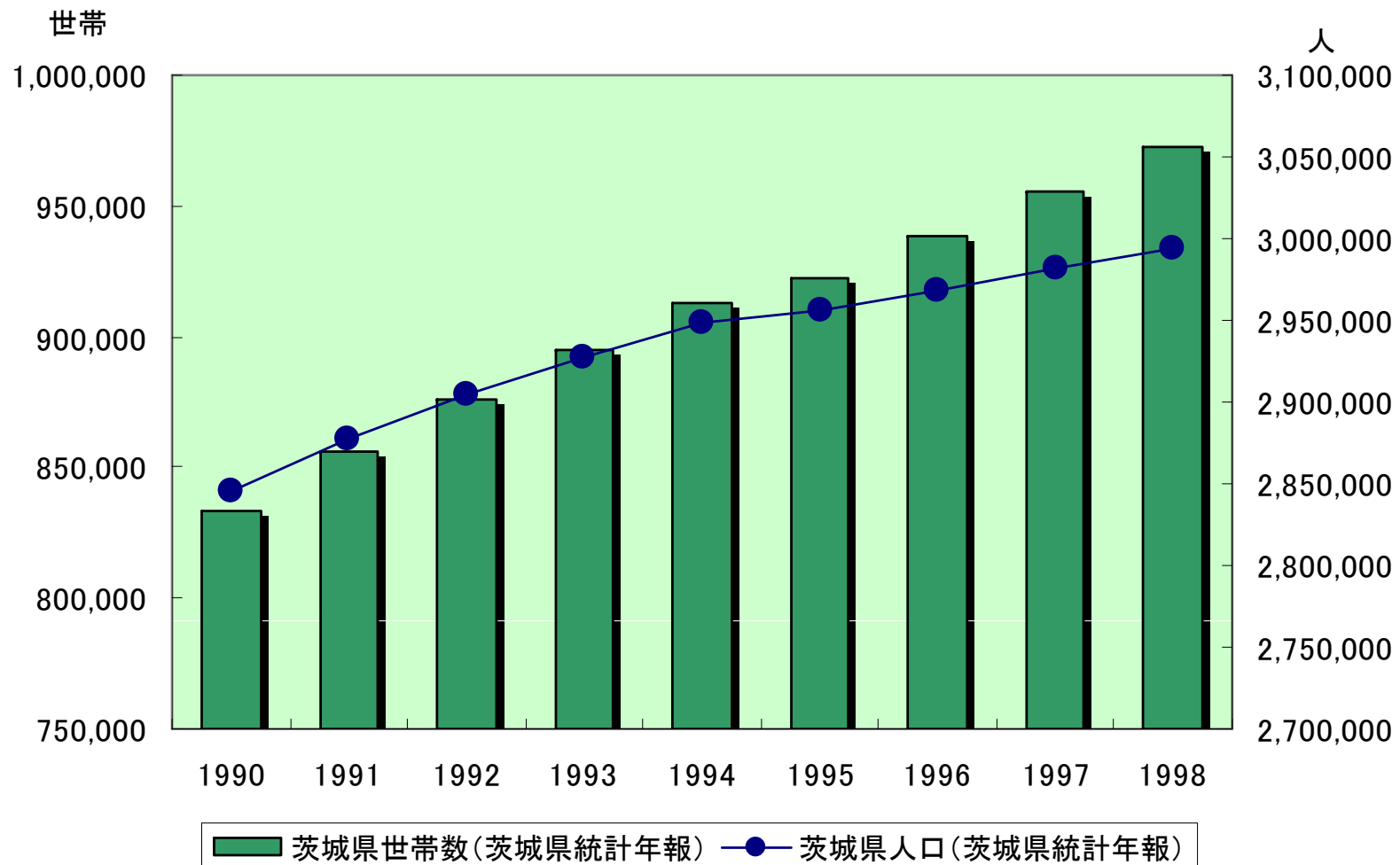
# 家庭部門のエネルギー消費の構成比の推移



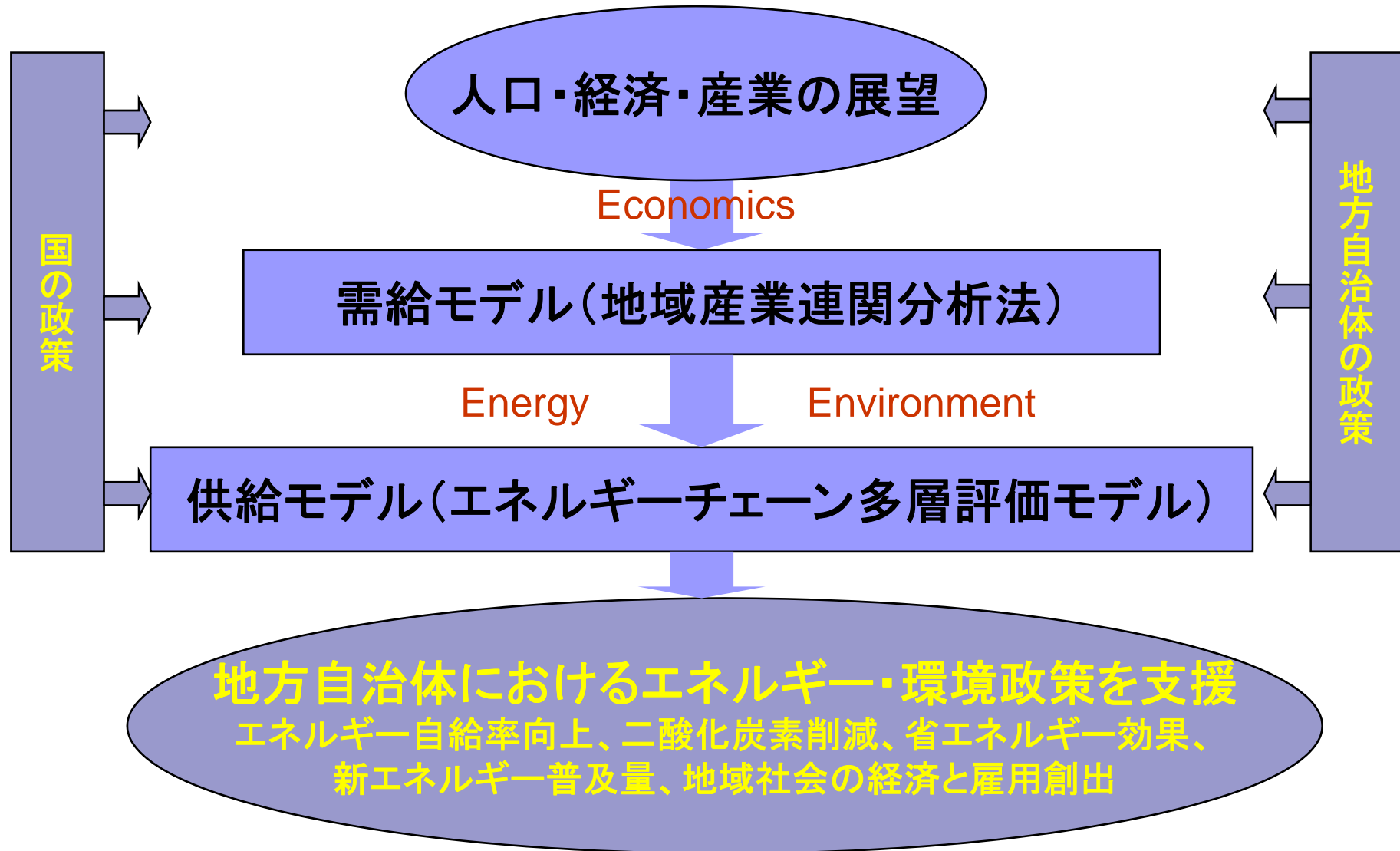
# 年間世帯当たりのエネルギー消費(MJ)



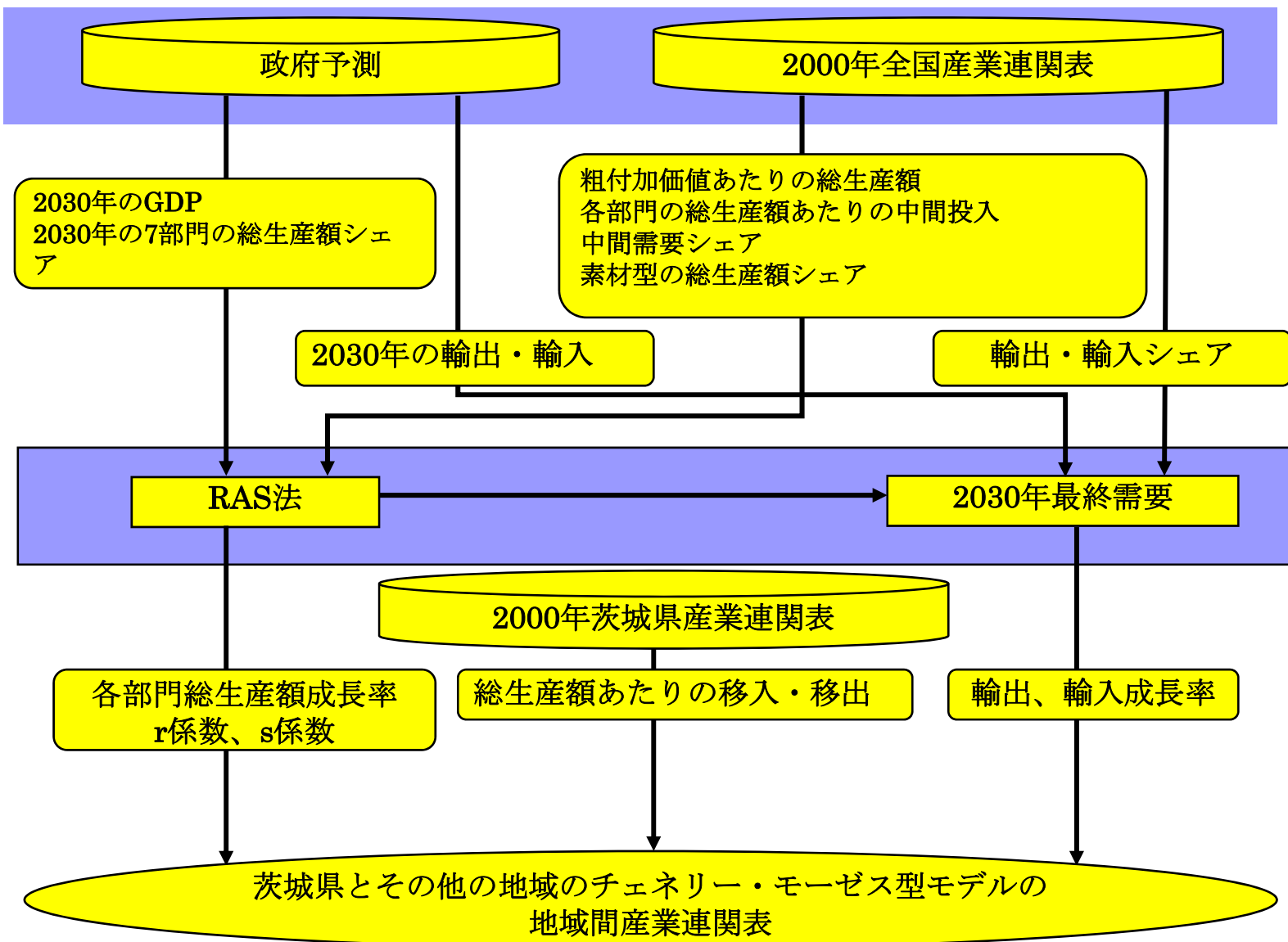
# 茨城県の人口と世帯数の推移



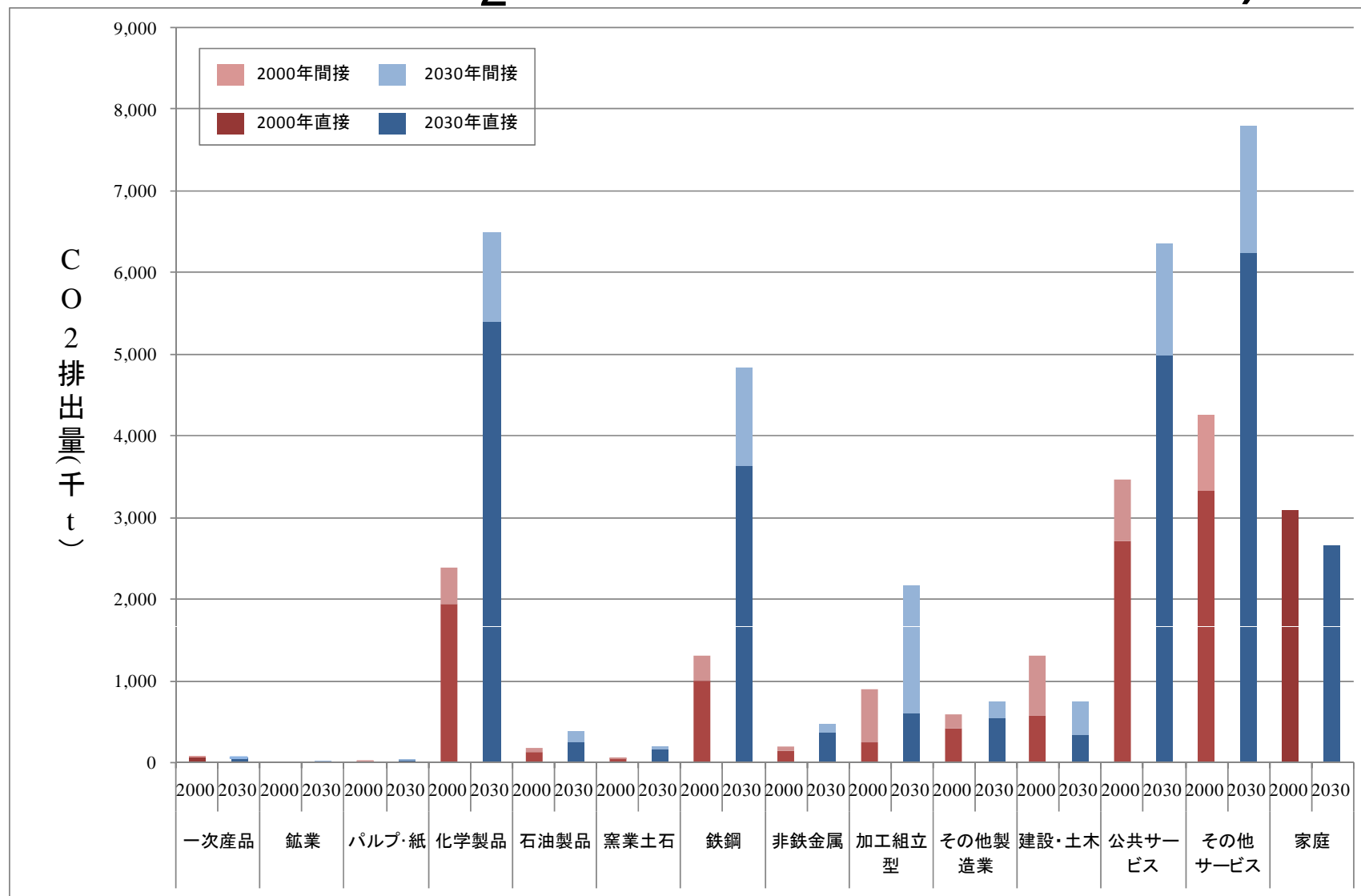
# 3Eローカルモデルの概要



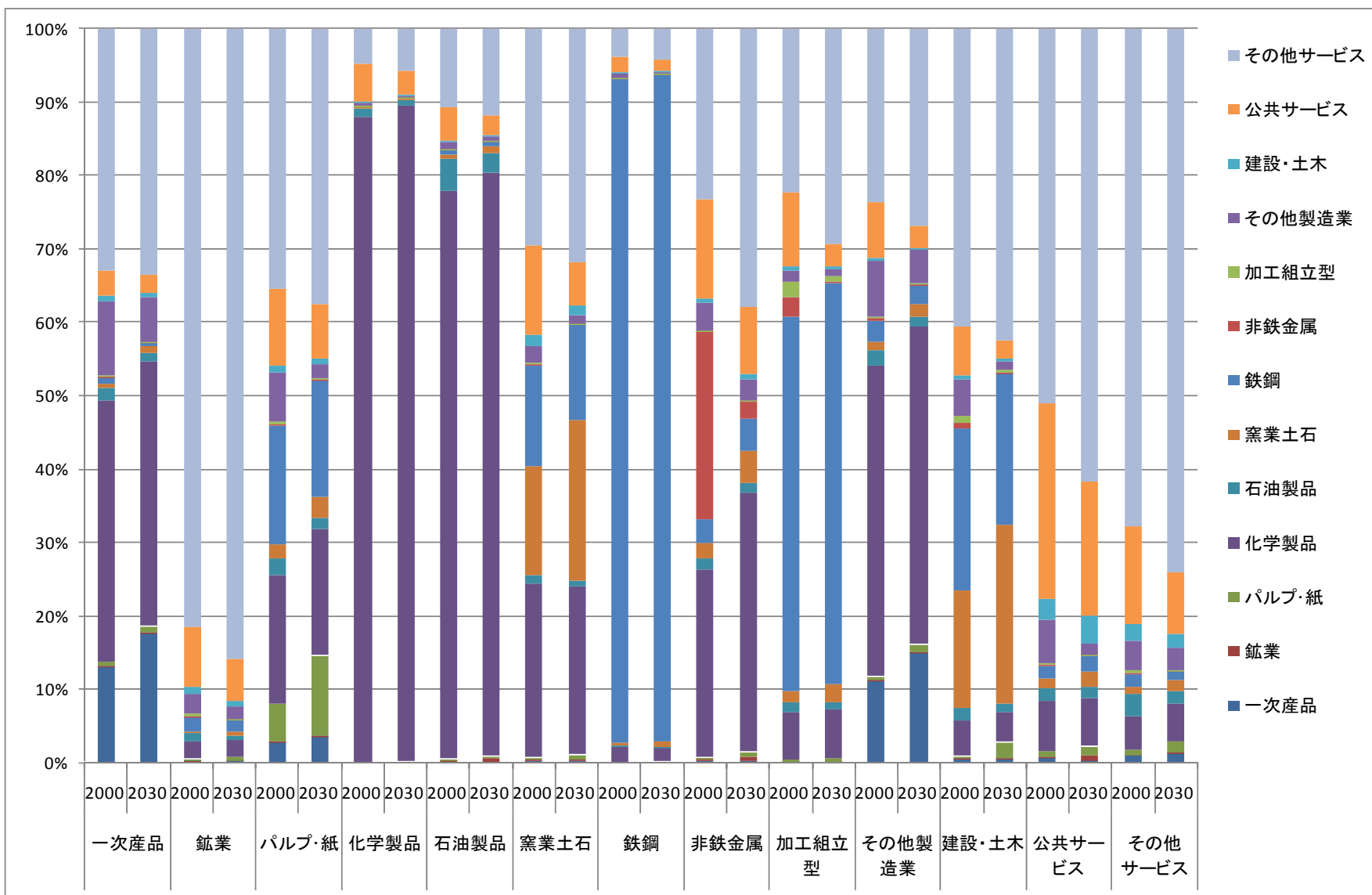
# 需給モデルの各種パラメータの推計方法



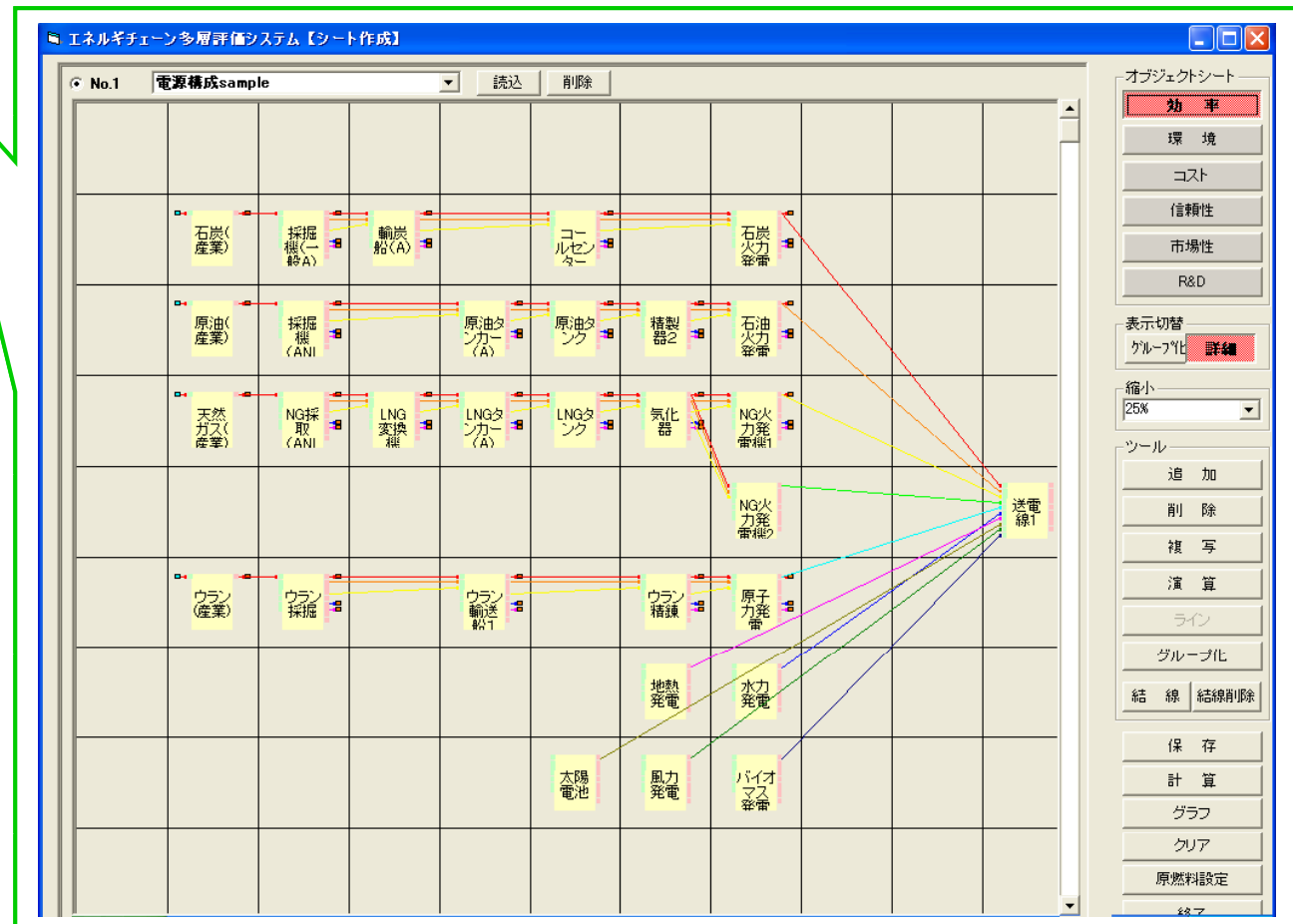
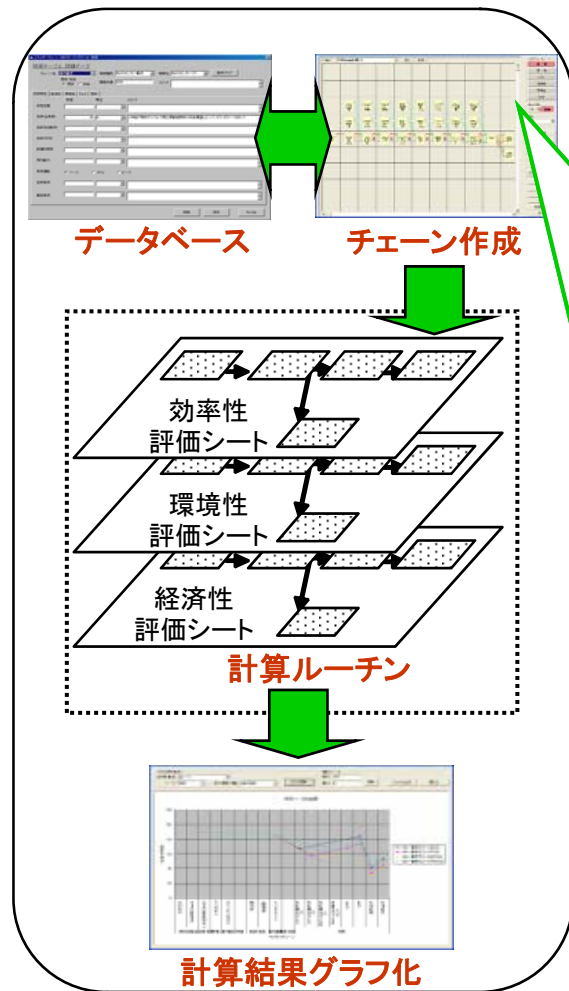
# 茨城県のCO<sub>2</sub>排出量の推計(BAU)



# CO<sub>2</sub>の間接排出量の内訳(BAU)



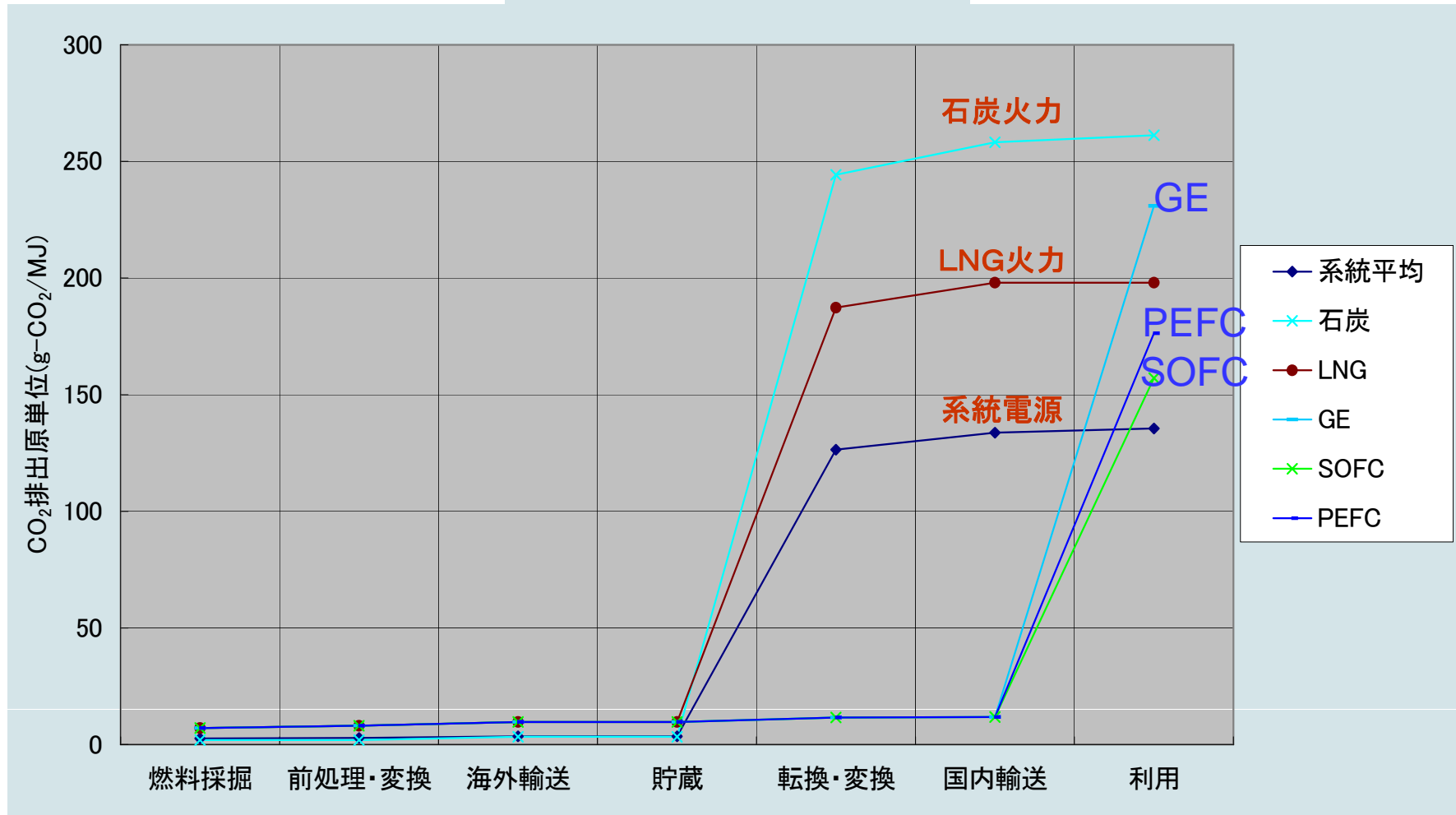
# エネルギー技術評価モデル (エネルギーチェーン多層評価モデル)の概要





# CO<sub>2</sub>排出原単位の比較(家庭CGSと大規模電源)

~HPなし温熱供給~





# 今後のシナリオ分析について

## ●経済シナリオ

県の人口構成、産業構造、雇用、家計所得、輸入・輸出、移入・移出、輸送量

## ●省エネルギーシナリオ

産業部門(燃料転換、高効率産業機器)

運輸部門(燃費改善、モーダルシフト)

民生部門(コージェネレーション、ヒートポンプ、高効率照明・家電製品)

## ●新エネルギーシナリオ

水素利用システム(副生水素、燃料電池、etc.)

再生可能エネルギー(太陽光、風力、バイオマス、etc.)

新型電池利用システム(プラグインハイブリッド車、電気自動車、民生部門利用)

# 期待される成果

経済シナリオ、省エネルギーシナリオ、新エネルギーシナリオ

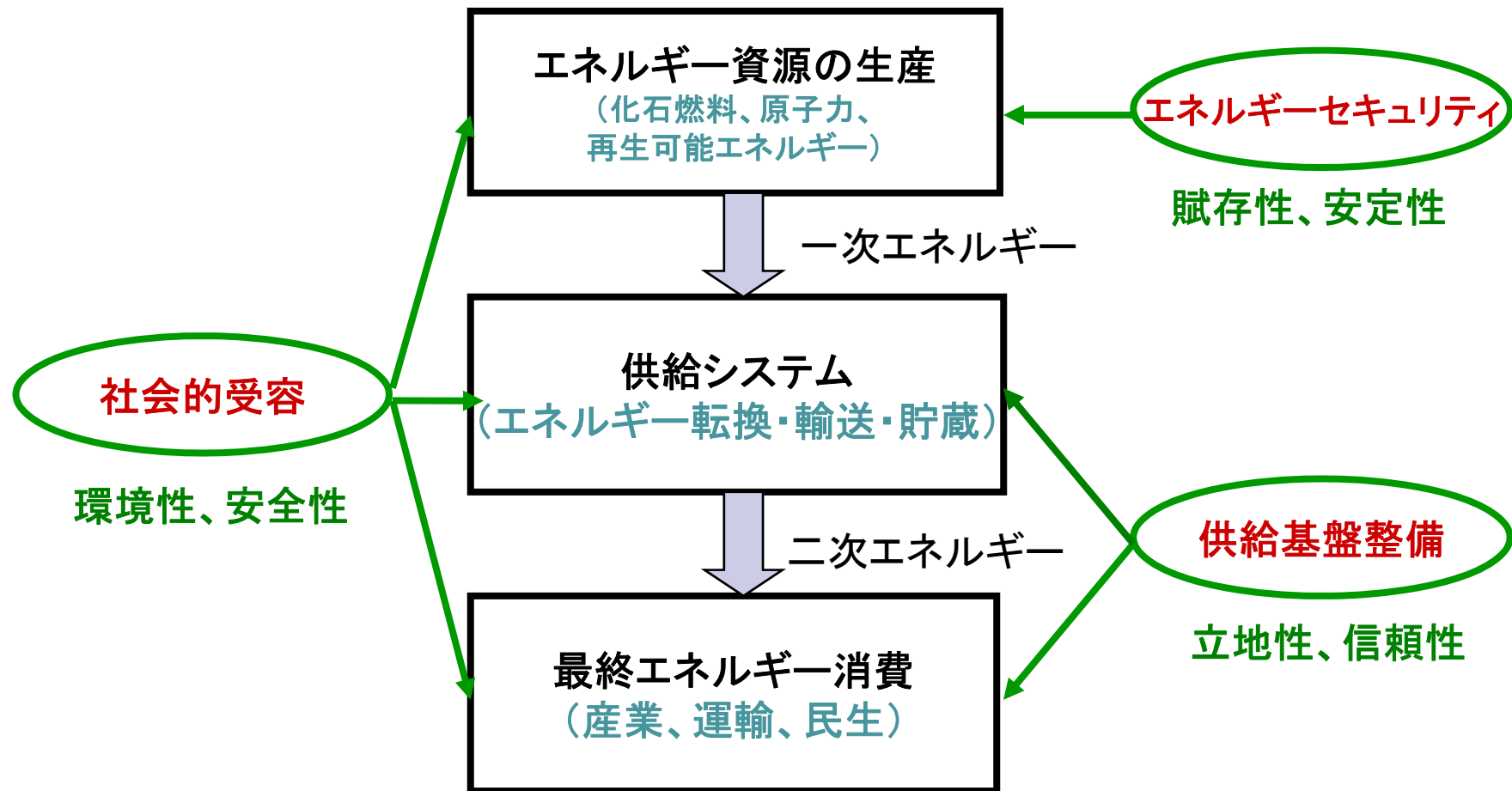
エネルギー需給モデル  
(マクロから見た3E評価)

エネルギー技術評価モデル  
(インフラ整備から見た3E評価)

地方自治体におけるエネルギー・環境政策を支援



# エネルギー供給の基本要件



持続可能な発展(産業活動、人々の生活)



# 基本要件とは

- **エネルギーセキュリティ**: 安定した資源調達
  - 賦存量 (豊富で安価な資源)
  - 安定性 (安定した供給と価格)
- **供給基盤整備**: 信頼できる供給
  - 立地性 (地元が受け入れる供給設備の整備)
  - 信頼性 (信頼性の高い設備運用)
- **社会的受容**: 安全と安心の確保
  - 環境性 (環境影響の最小化)
  - 安全性 (安心できる安全管理)

# 基本要件とリスク

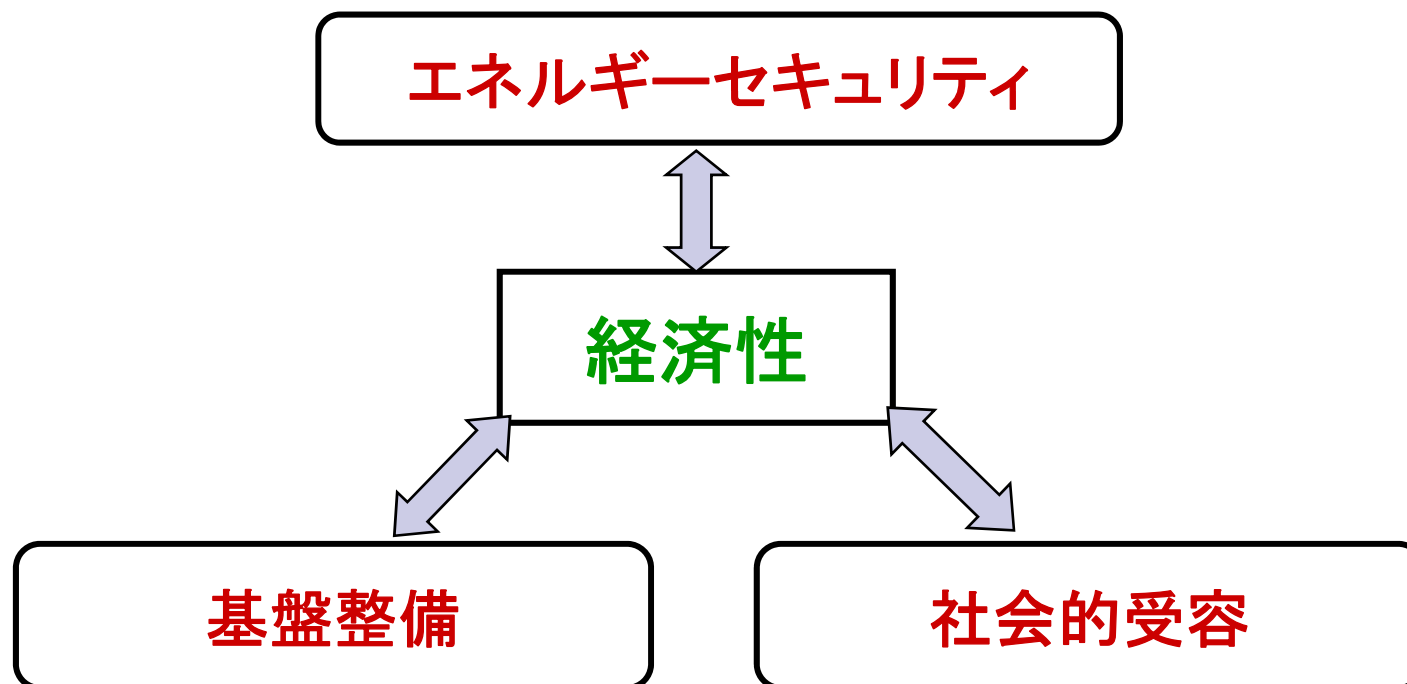
	リスク要因	対策
エネルギー セキュリティ	資源枯渇(長期) 資源の偏在性 供給途絶(資源保有国、シーレーン) 燃料価格変動	備蓄 資源開発 供給国の分散、予防的な外交 代替エネルギー開発、エネルギー有効利用技術の開発
基盤整備	立地問題、大型設備投資、離島・僻地への供給 高経年化設備 需要変動(負荷率の悪化、季節・時間帯負荷変動) 停電(自然災害、ヒューマンエラー、輪番停電)	エネルギー貯蔵(化石燃料、電気、熱) デマンドサイドマネジメント(需給調整契約、季節時間帯別料金など) 予備力、設備診断
社会的受容	事故(炭坑事故、タンカー座礁、ガス爆発、ダム決壊、原子力事故、風車への落雷など) テロ行為、核拡散 環境汚染(大気、水、土壌) 地球温暖化 高調波・電磁界 風評被害	技術開発(安全、環境) 保安管理、モニタリング 緊急時対応システム 国際・国内リスク管理システム 代替エネルギー、高効率技術開発 安全文化

# 基本要件からみた化石燃料、原子力、再生可能エネルギーの特徴

	化石燃料	原子力	再生可能エネルギー
<b>エネルギーセキュリティ確保</b> (賦存性、安定性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・石炭を含めた資源量は豊富でコストは安価。</li> <li>・価格変動が大きく供給途絶への不安がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プルトニウムを含めた資源量は豊富でコストは安定かつ安価。</li> <li>・燃料途絶の不安は小さい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資源量は潜在的に豊富だがコスト高。</li> <li>・供給途絶がない</li> </ul>
<b>供給基盤整備</b> (供給力、信頼性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料を供給するインフラ施設の整備。</li> <li>・設備の信頼性と負荷への追従能力に優れている。</li> <li>・発電設備の電気の質も高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・核燃料サイクル施設の整備。</li> <li>・設備の信頼性は高い。</li> <li>・発電設備の電気の質は高い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・季節、週、日で出力が変動する。</li> <li>・太陽光や風力など間欠的エネルギーによる発電施設の場合、出力、電圧、周波数に変動がある。</li> </ul>
<b>社会的受容</b> (環境性、安全性)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気汚染物質と温室効果ガスの放出。</li> <li>・タンカーの座礁、ガス爆発、炭坑事故の不安がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射性廃棄物の隔離。</li> <li>・重大事故と核拡散問題への不安がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最もクリーンで安全と言われている。</li> </ul>



# 基本要件と経済性



# 原子力の特徴

## 必要性

- ①エネルギー安全保障
- ②地球温暖化
- ③化石燃料の代替エネルギー
- ④エネルギーの安定供給
- ⑤安定した価格

## 安全・安心問題

- ①事故は(運転ミス、地震・津波など)?
- ②経年化の影響は?
- ③一極集中の危険?
- ④放射能汚染は?
- ⑤管理体制への不信感?
- ⑥核テロは?

社会的リスクへの不安

技術的リスクへの不安

100%のリスク削減は不可能

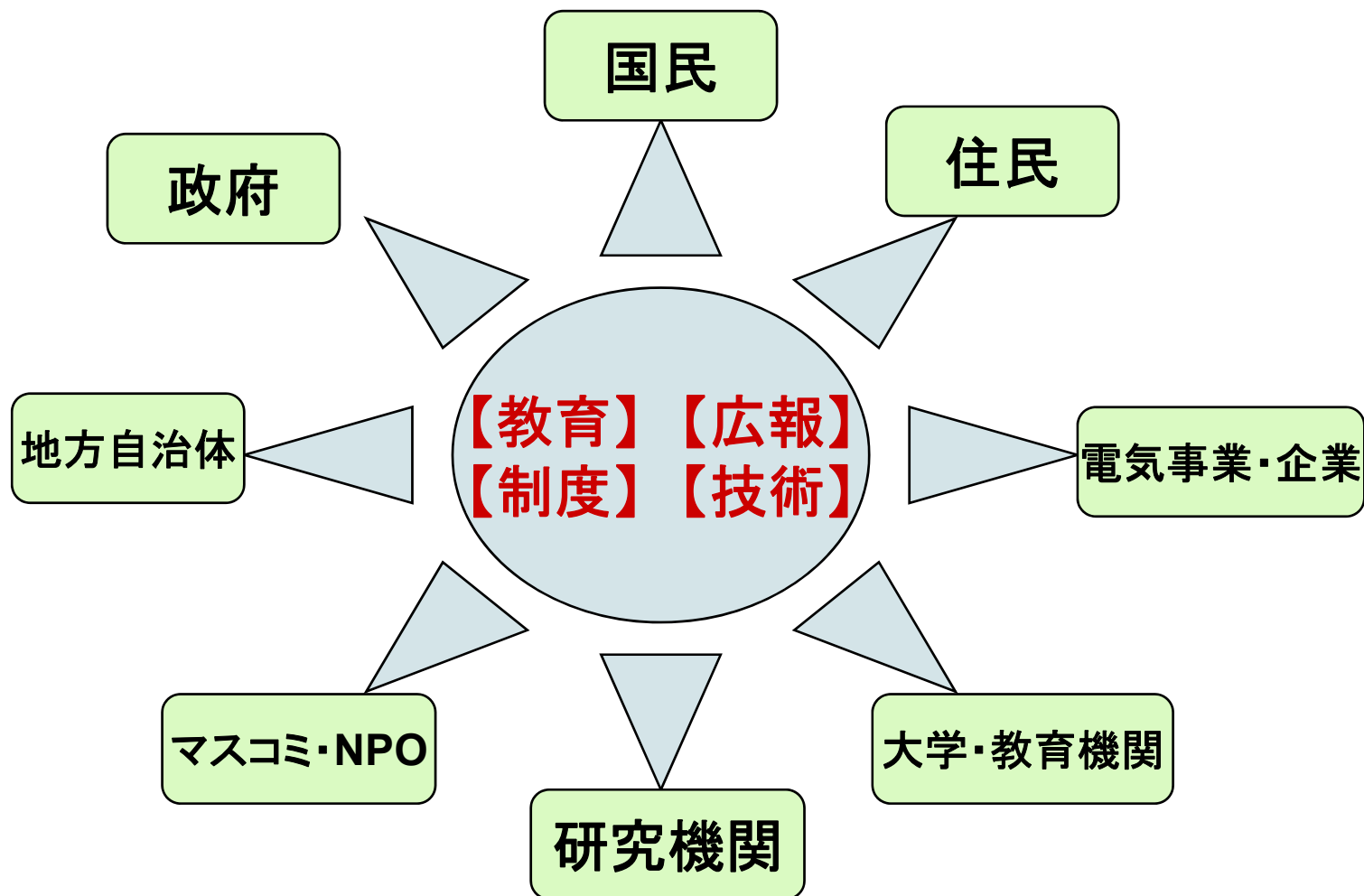
リスクの相対比較(確率によるリスク評価)



# 原子力開発の課題

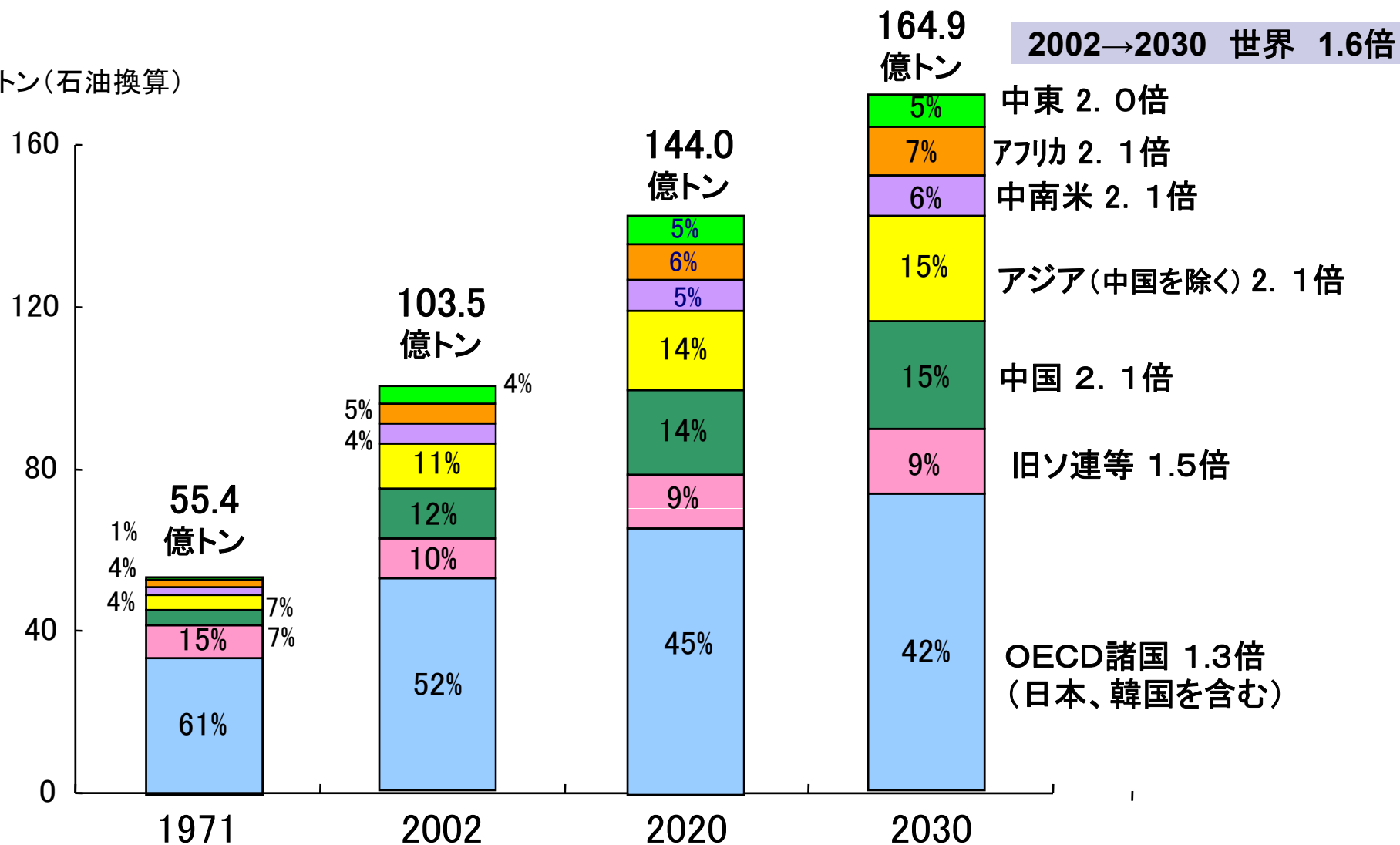
- ① 中越沖地震を教訓にして新しい耐震設計基準をどのように受け入れていくのか？
- ② 経年化に伴う安全性はどのように確保されるのか？
- ③ 固有安全炉など新しい技術開発の可能性はあるのか？
- ④ 核燃料サイクルはどのようにして確立できるのか？
- ⑤ 放射線リスクを低減する方法とその実現性は？
- ⑥ 中国を始めとするアジア諸国における原子力開発に果たす日本の役割は？
- ⑦ アジア地域における核不拡散はどのように図れるのか？日本の役割は？

# どうすれば原子力が理解されるのか



# 世界の一次エネルギー消費量の地域別推移と見通し

億トン(石油換算)



(出所)「WORLD ENERGY OUTLOOK 2004」

# 原油価格の推移

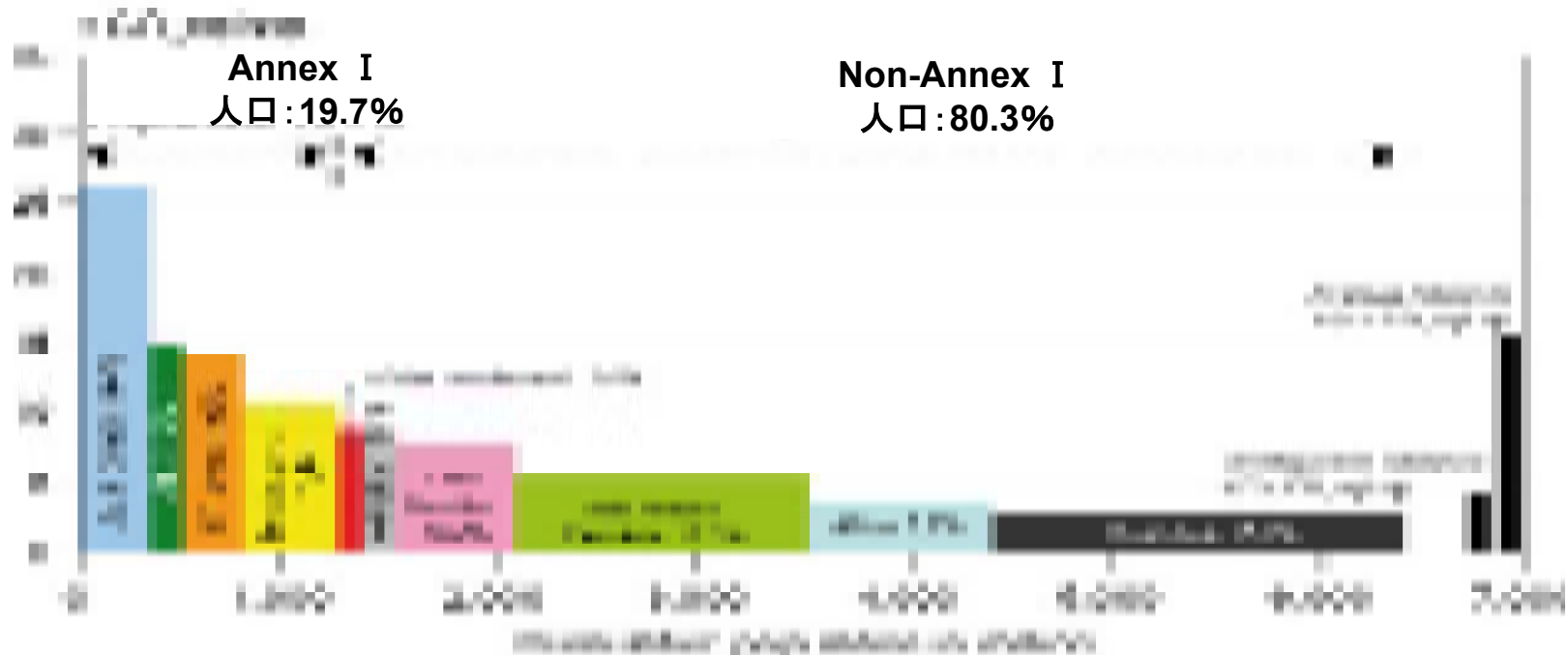
(単位：ドル／バレル)



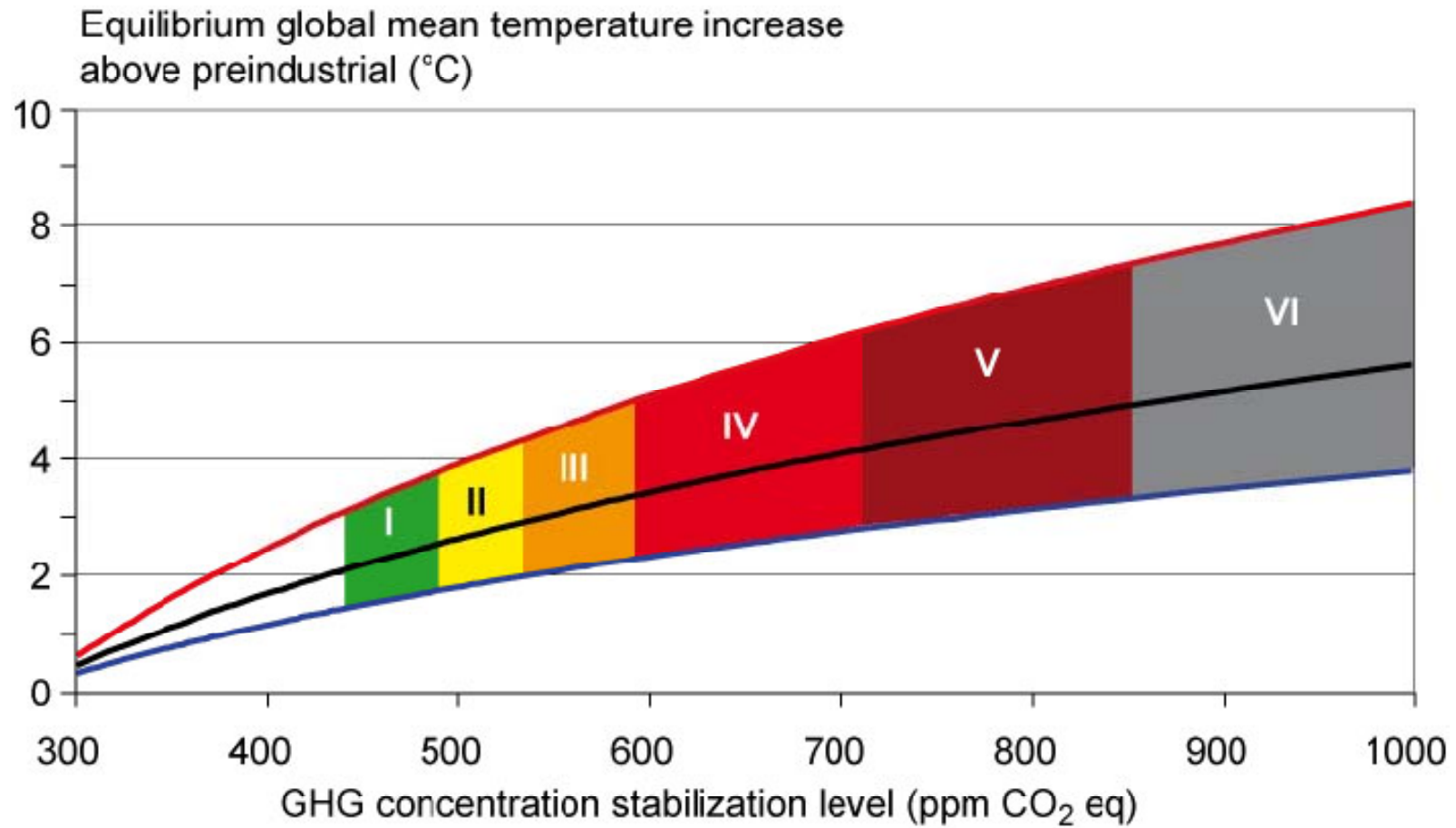
※我が国の取引量が多い、サウジアラビア産「アラビアン・ライト」の価格推移。

# Annex- I の人口と排出量

2000年	Annex I	Non-Annex I
人口	19.7%	80.3%
GHG排出量	46%	54%

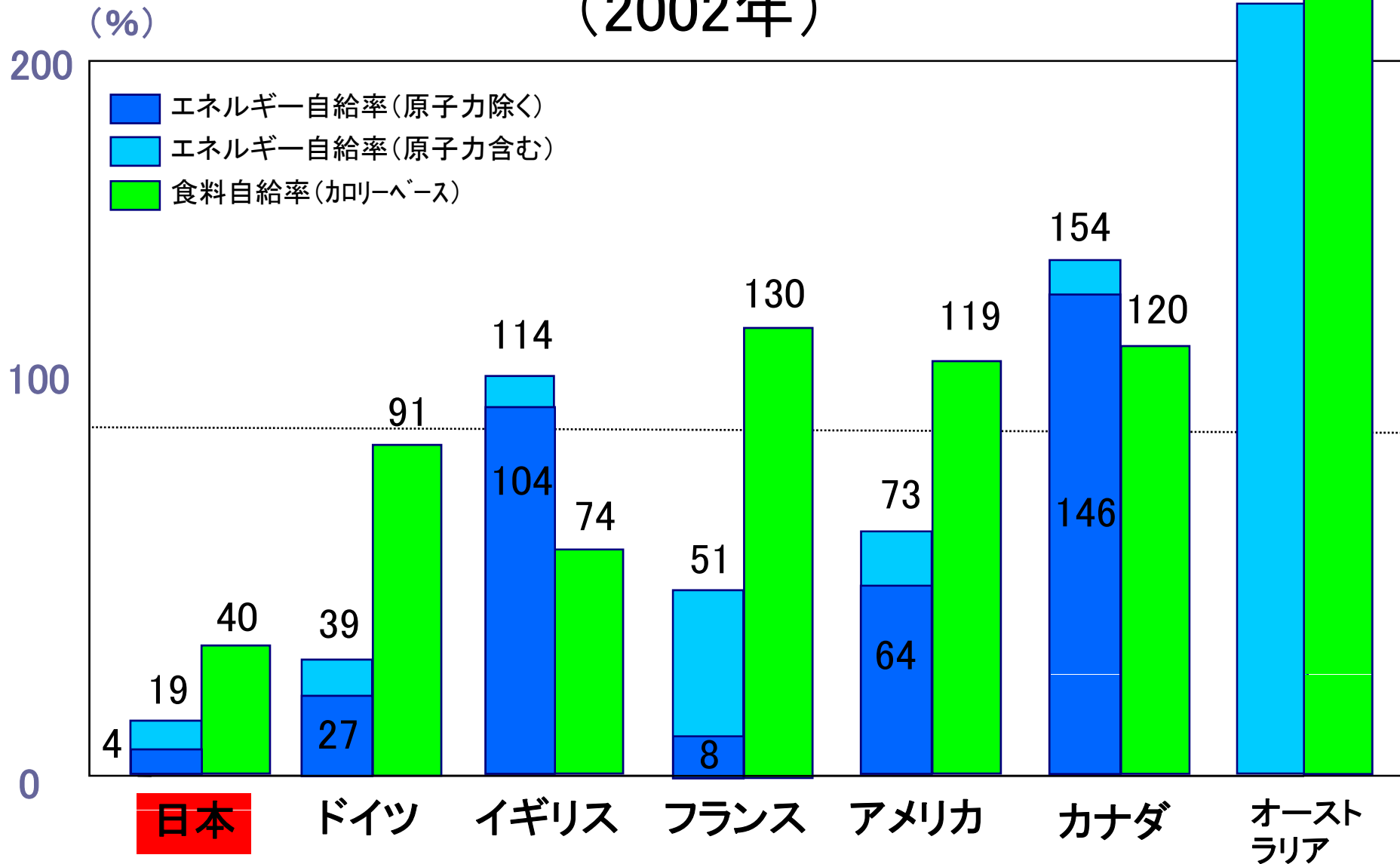


出典: IPCC、AR4 (2007)



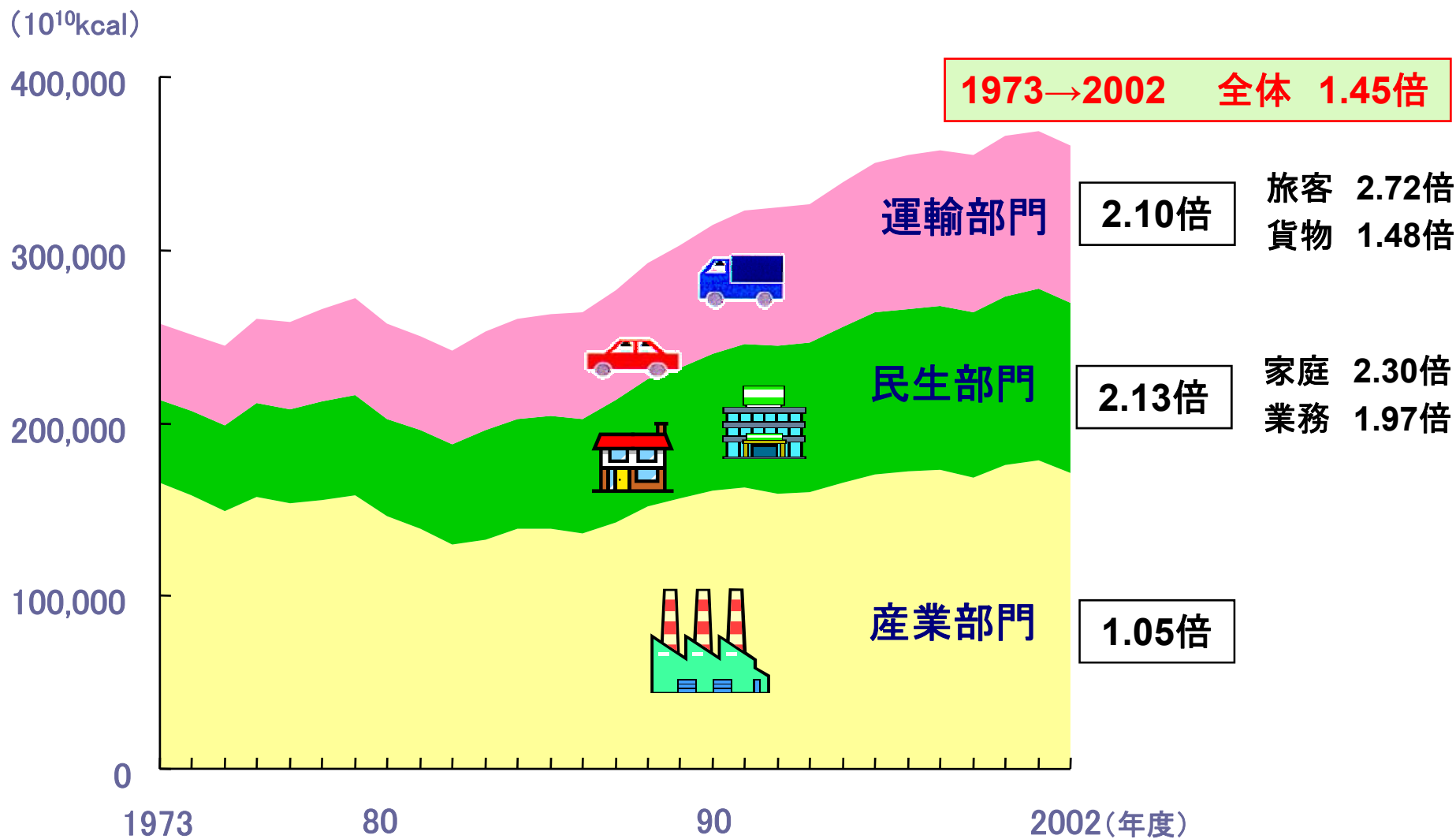


# エネルギーと食料の自給率の比較 (2002年)



(出所)「ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES 2001-2002」「我が国の食料自給率」

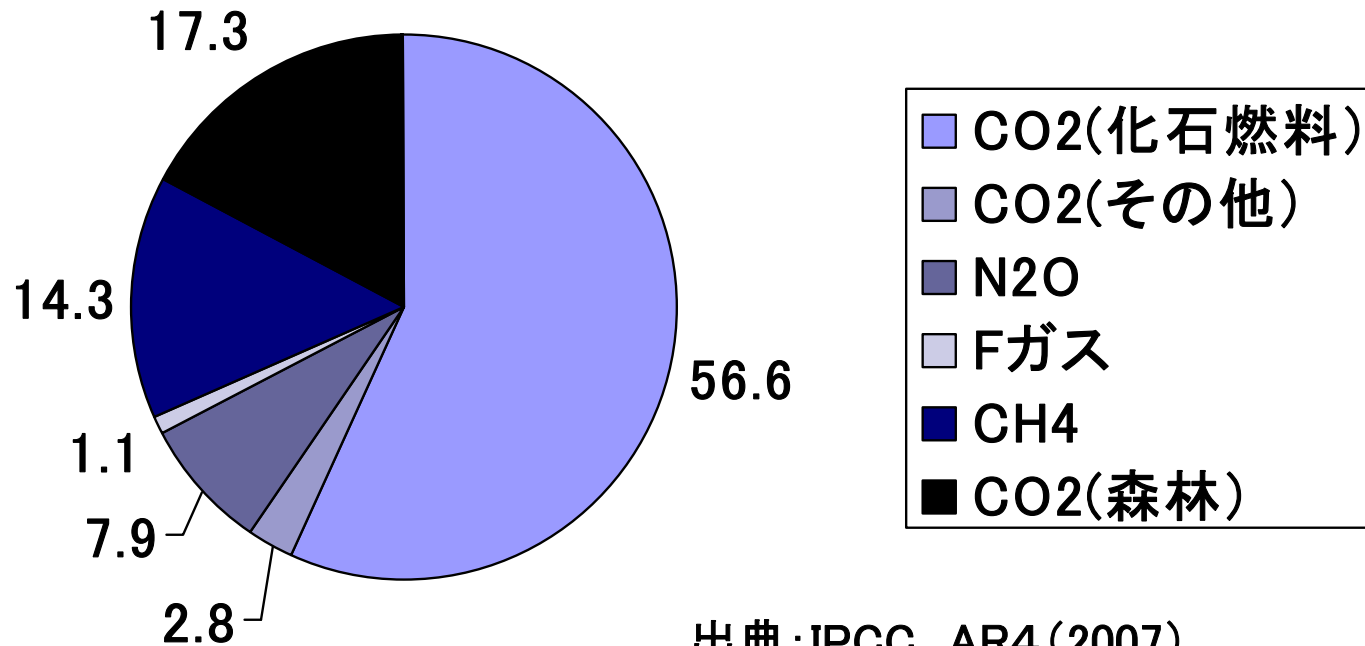
# 部門別最終エネルギー消費量の推移



(出所)「エネルギー・経済統計要覧2004」

# 人為的GHGの放出量

2004年のGHG放出量: 49Gt(CO<sub>2</sub>換算)  
1990年から24%増加



出典: IPCC、AR4 (2007)