



# Clean energy for the future transportation

**Global Seminar Series - 6th Kanazawa Session**

**November 25, 2006**

---

株式会社三菱総合研究所

エネルギー研究本部

## 本日の発表内容

1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題
2. 運輸分野の改善の必要性
3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況
4. 技術的な解決策とその課題
5. 今後に向けて

## 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

### ■ 地域環境（大気汚染対策）

NO<sub>x</sub>、PMといった有害物質の排出量の削減



### ■ 地球環境（地球温暖化問題への対応）

CO<sub>2</sub>排出量の抜本的削減



### ■ 資源制約

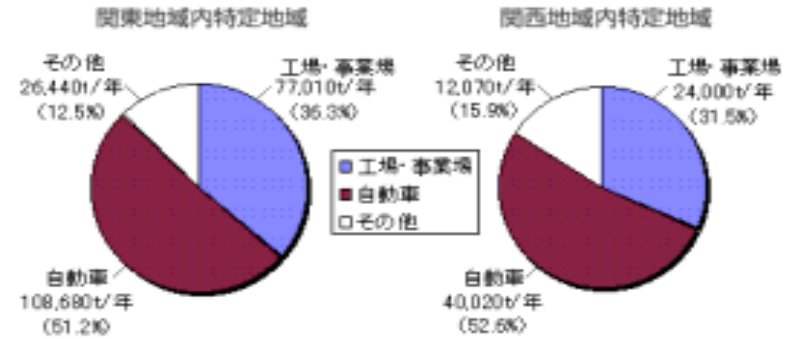
過度に石油に依存した運輸部門のエネルギー対策（石油代替燃料利用等）

# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

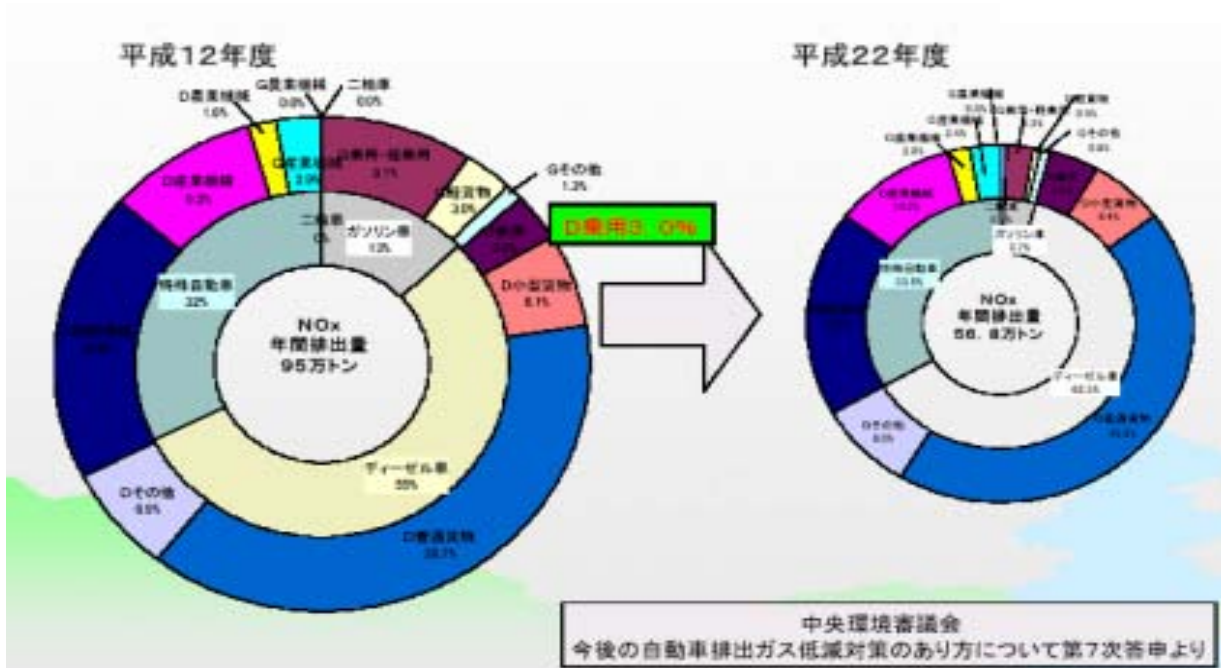
## ■ (1) 地域環境 (大気汚染対策)

自動車は課題。ただし改善の見込みあり。

自動車NOx法特定地域における  
発生源別NOx排出量の割合



平成9年度 環境省 (資料)



中央環境審議会  
今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について第7次答申より

出所) 経済産業省 資料

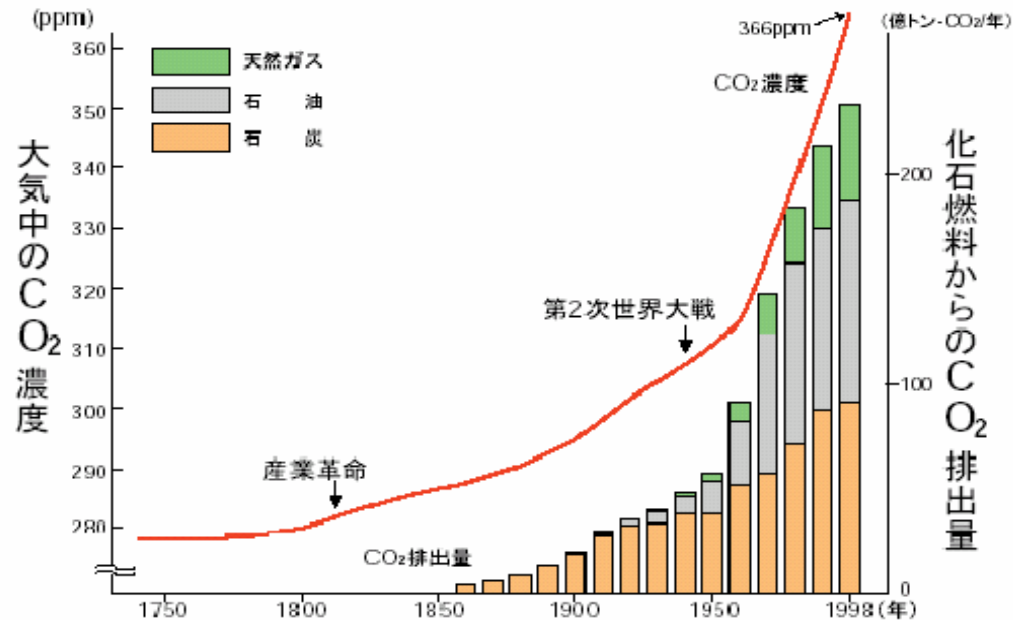
# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

## ■ (2) 地球環境 (地球温暖化問題への対応)

増加するCO<sub>2</sub>排出量

地球温暖化の要因

### 化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量と大気中のCO<sub>2</sub>濃度の変化

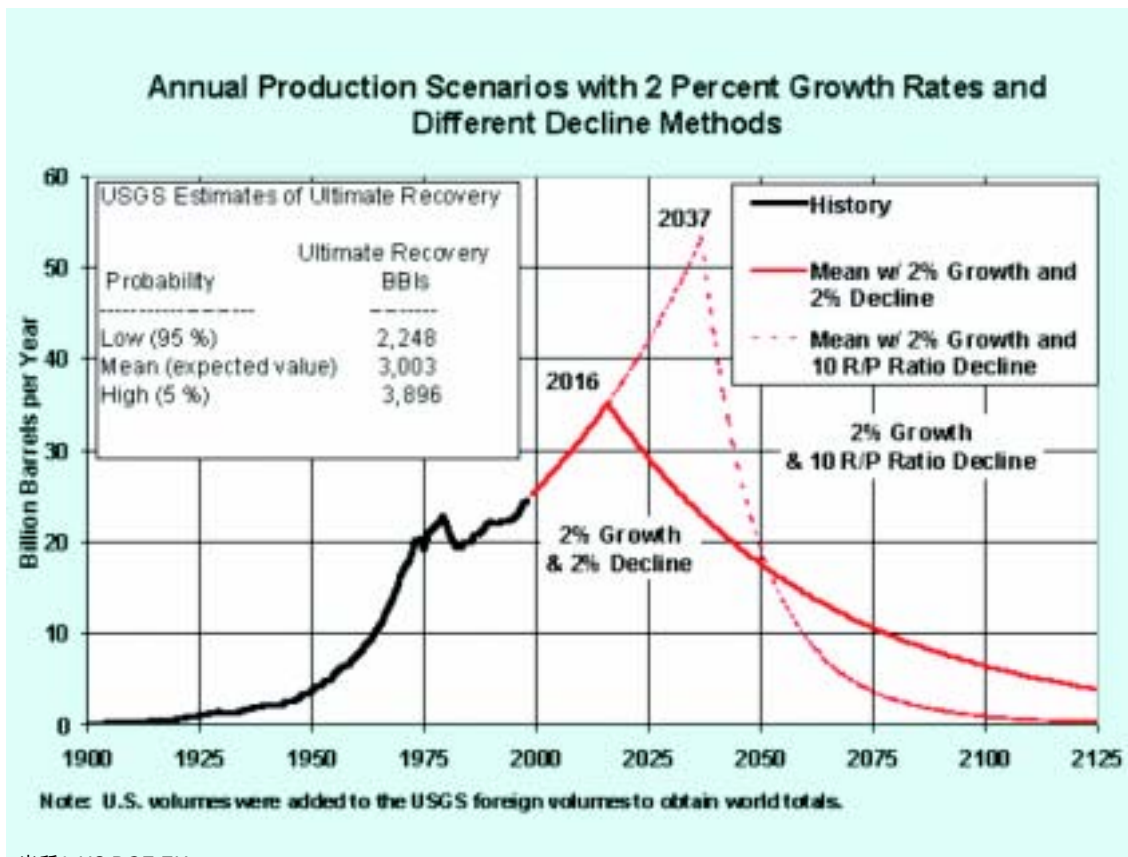


(注) 1850年以前の化石燃料からのCO<sub>2</sub>排出量のデータはないため記載していない。  
出典：環境省資料、気象庁資料、エネルギー・経済統計要覧 2002年版

# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

## ■ (3) 資源制約 (石油の生産量の減少)

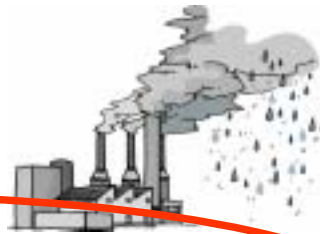
石油の枯渇は当分ない。問題は、石油の生産量が減少して需給ギャップが生じること。



出所) US DOE EIA

## 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

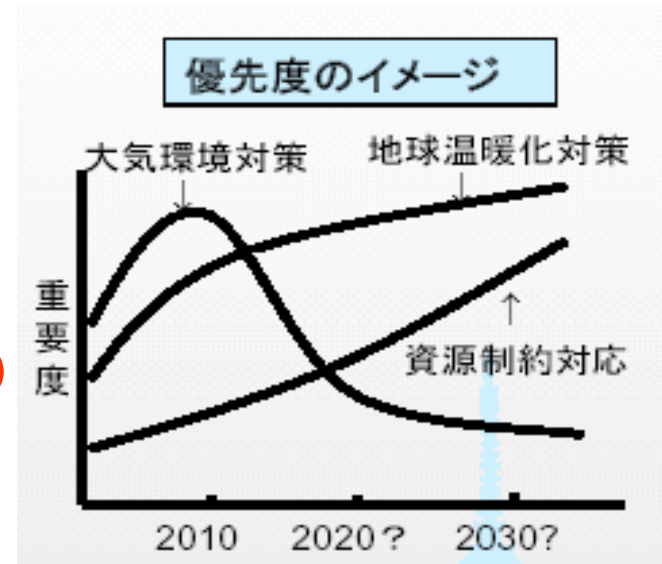
### ■ 地域環境（大気汚染対策）



### ■ 地球環境（地球温暖化問題への対応）



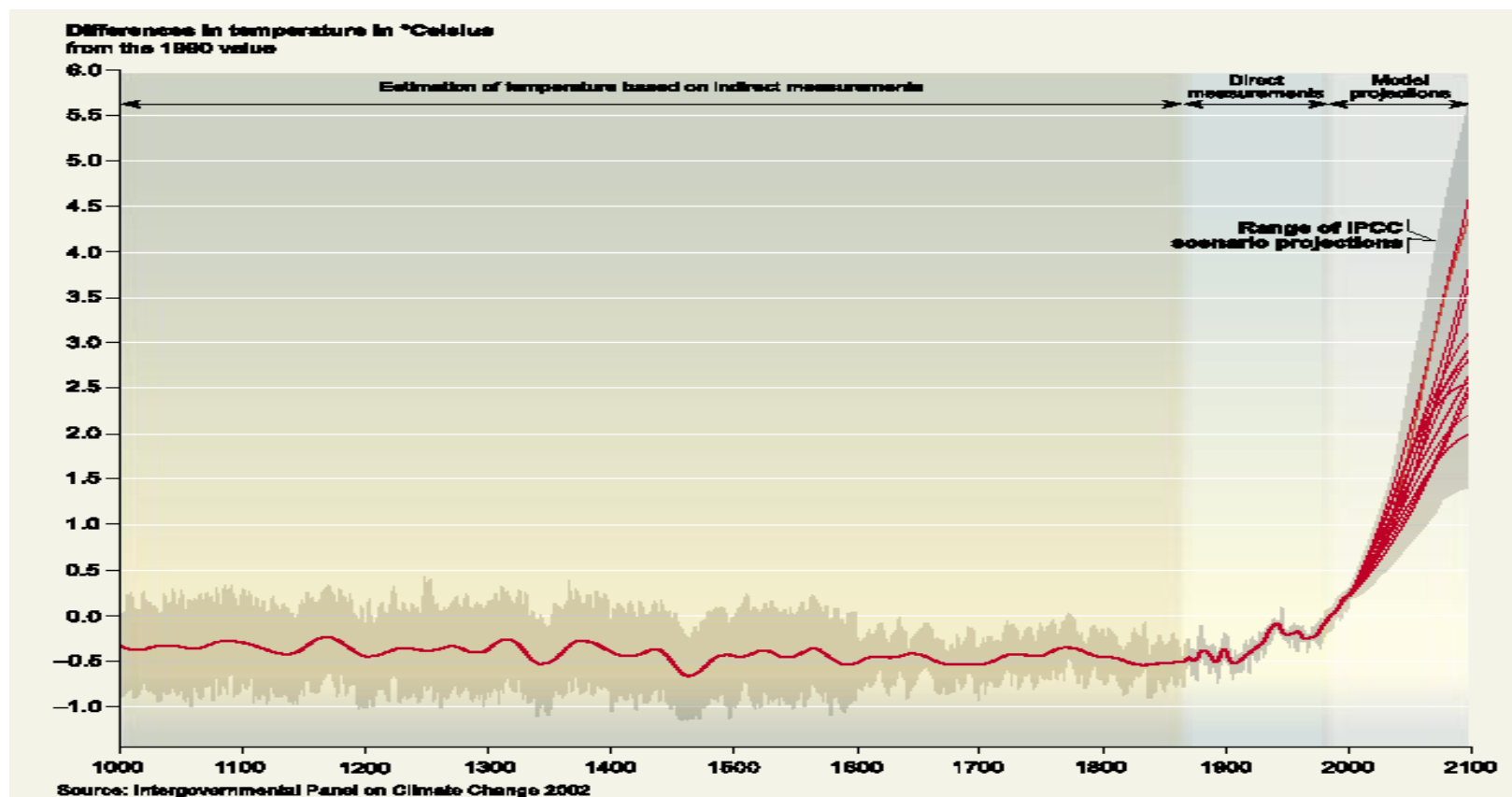
### ■ 資源制約



大気環境対策は改善の見通し。  
次なる課題は地球温暖化問題への対応

# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

- このままでは、大気温度が5℃近く上昇する可能性もある。



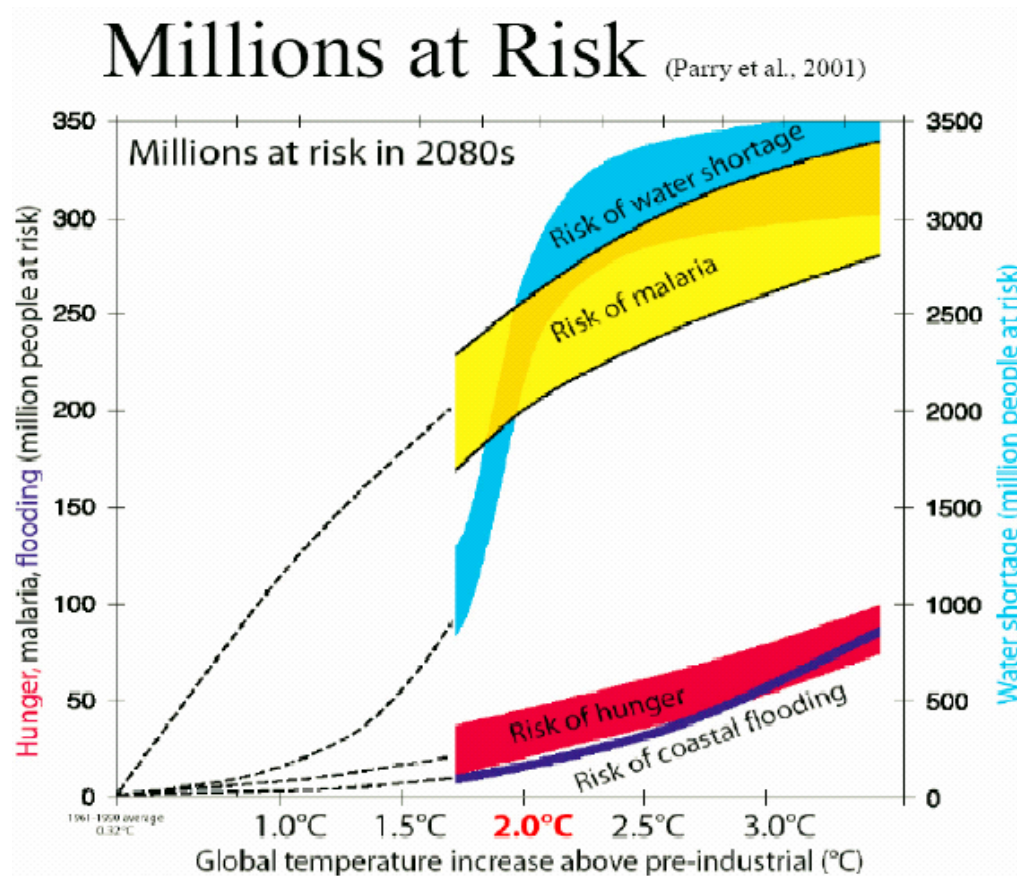
“Ecosystems and Human well-being”, Millennium Ecosystem Assessment, UN (2005)



# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

- どれだけCO2を削減すればよいのか。

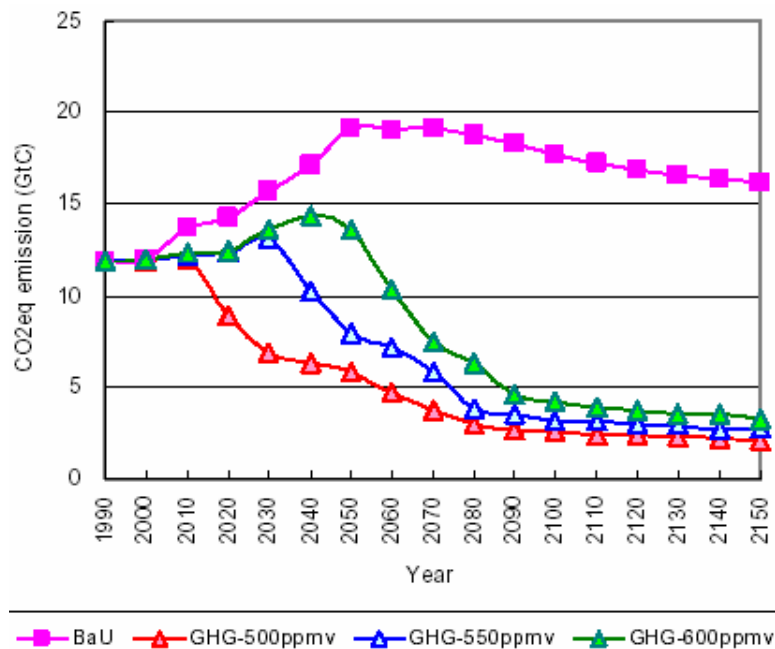
気温を2 以上上昇させない範囲との考え方



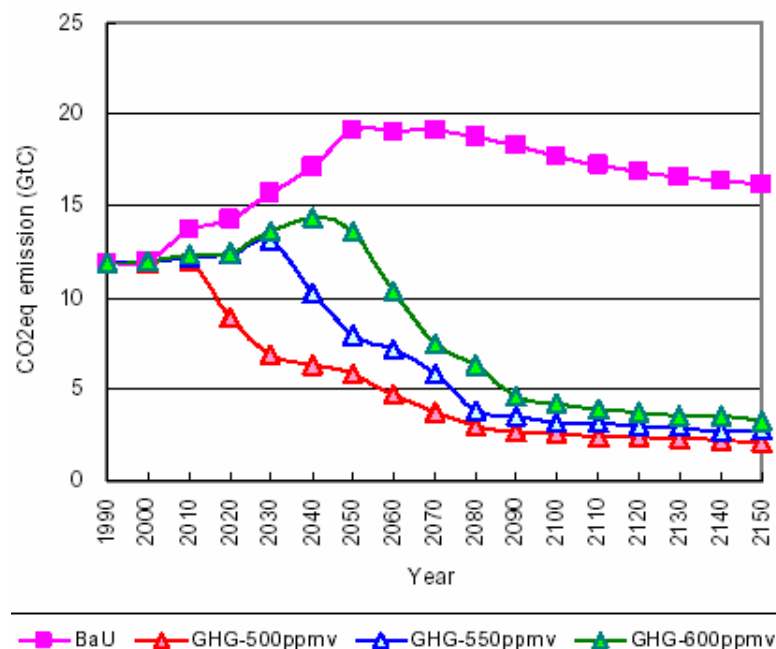
# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

## 2 の温度上昇を防ぐにはCO2排出量をどれだけ削減すればよいのか。

- CO2 550ppm制約では気温上昇を2 に抑えることは難しい。
- GHGを500ppmに抑えることが必要
- そのためには、1/2の削減が必要



\* 国立環境研究所のシミュレーション結果



出所) 国立環境研究所 資料

# 1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

## ■CO2の削減目標

欧州ではこんなCO2削減目標も定められている。

	目標 (1999年比)	備考
英国 王立環境汚染委員会報告 (2003年 産業貿易省)	2050年 60%減 2100年 80%減	大気中のCO2濃度を 550ppm以下に抑制
フランス 温暖化対策関係省庁タスクフォース報告 (MIES 2004)	2050年 75%減	450ppm
ドイツ 連邦環境省報告(2002)  地球環境専門委員会(WBGU 2003)	2050年 80%減  2050年 45%-60% 2020年 20%減	2 以下 450ppm
スウェーデン 気候政策(2000)	2050年 50%	CO2 500ppm

## 本日の発表内容

1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題

## 2. 運輸分野の改善の必要性

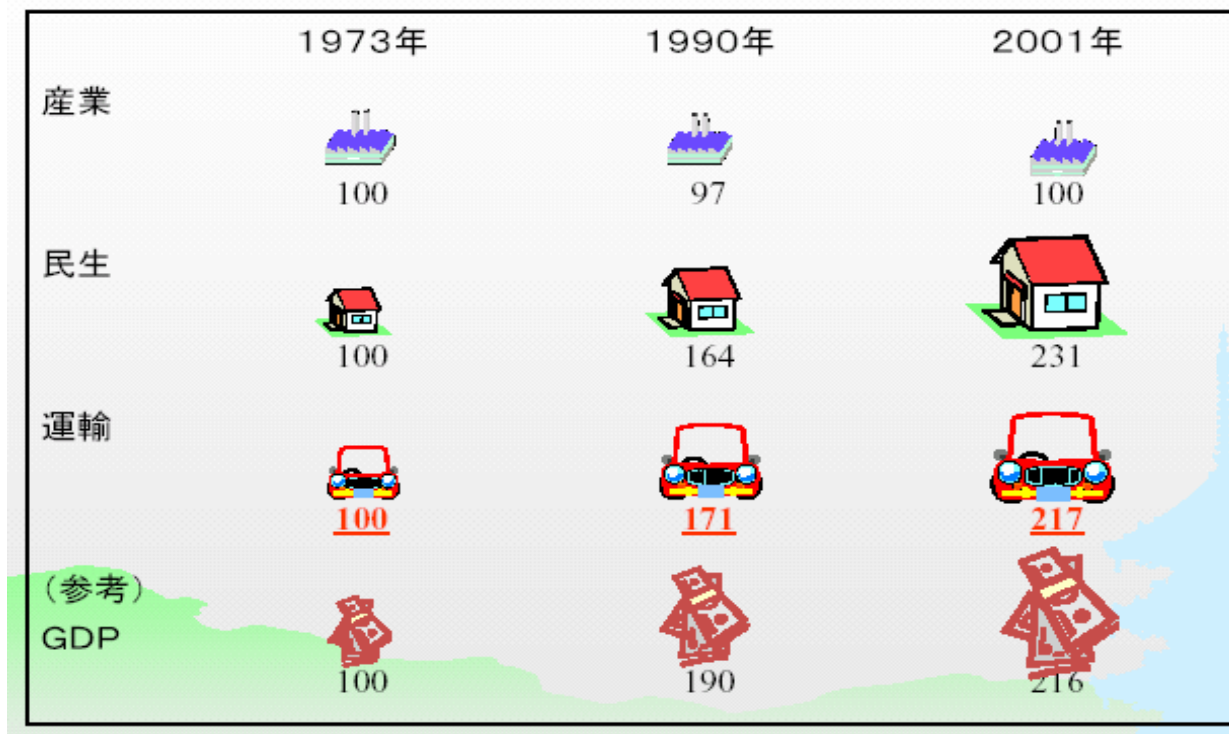
3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況

4. 技術的な解決策とその課題

5. 今後に向けて

## 2. 運輸分野の改善の必要性

- 民生、運輸分野でのエネルギー消費量の拡大 課題解決の必要性



出所) 経済産業省 資料

## 2. 運輸分野の改善の必要性

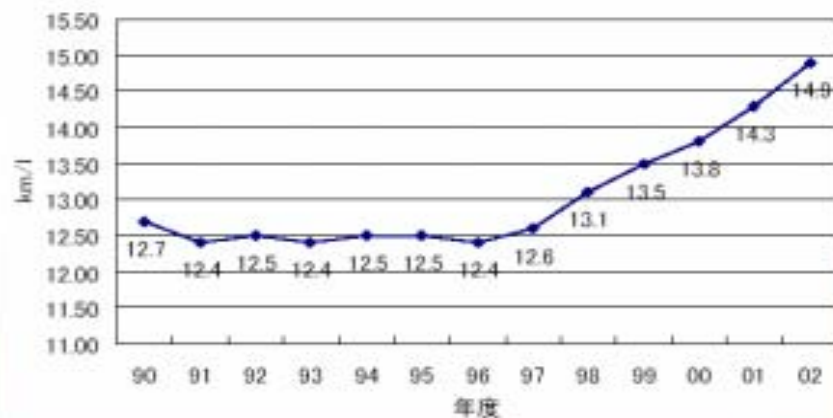
### ■ 開発の背景

燃費規制の導入等、様々な対策が実施されて自動車の燃費性能は向上しているが ……



依然として  
運輸部門と民生部門は  
目標達成が困難

ガソリン乗用車の理論燃費の推移(出荷ベース)



ガソリン乗用車の理論燃費の推移(出荷ベース)

対90年度比

	目標	2010年度見通し現 行対策推進ケース
産業部門	7%	7%
民生部門	2%	23%
運輸部門	17%	20%

総合資源エネルギー調査会需給部会中間とりまとめ原案(2004年6月)より

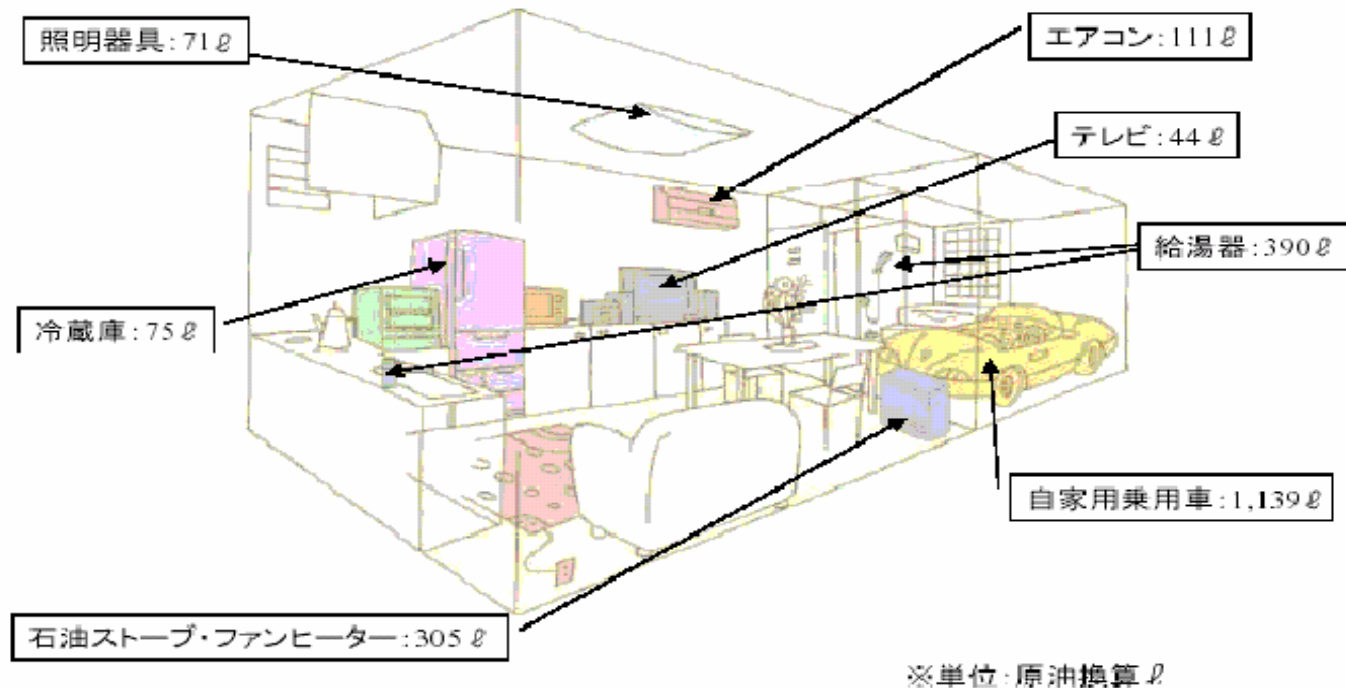
## 2. 運輸分野の改善の必要性

### ■ 開発の背景

自家用車のエネルギー消費量 = 家1軒分のエネルギー消費

Ⅲ. 世帯あたりの年間エネルギー消費(2001年度)

### 1世帯あたりの年間エネルギー消費(2001年度)

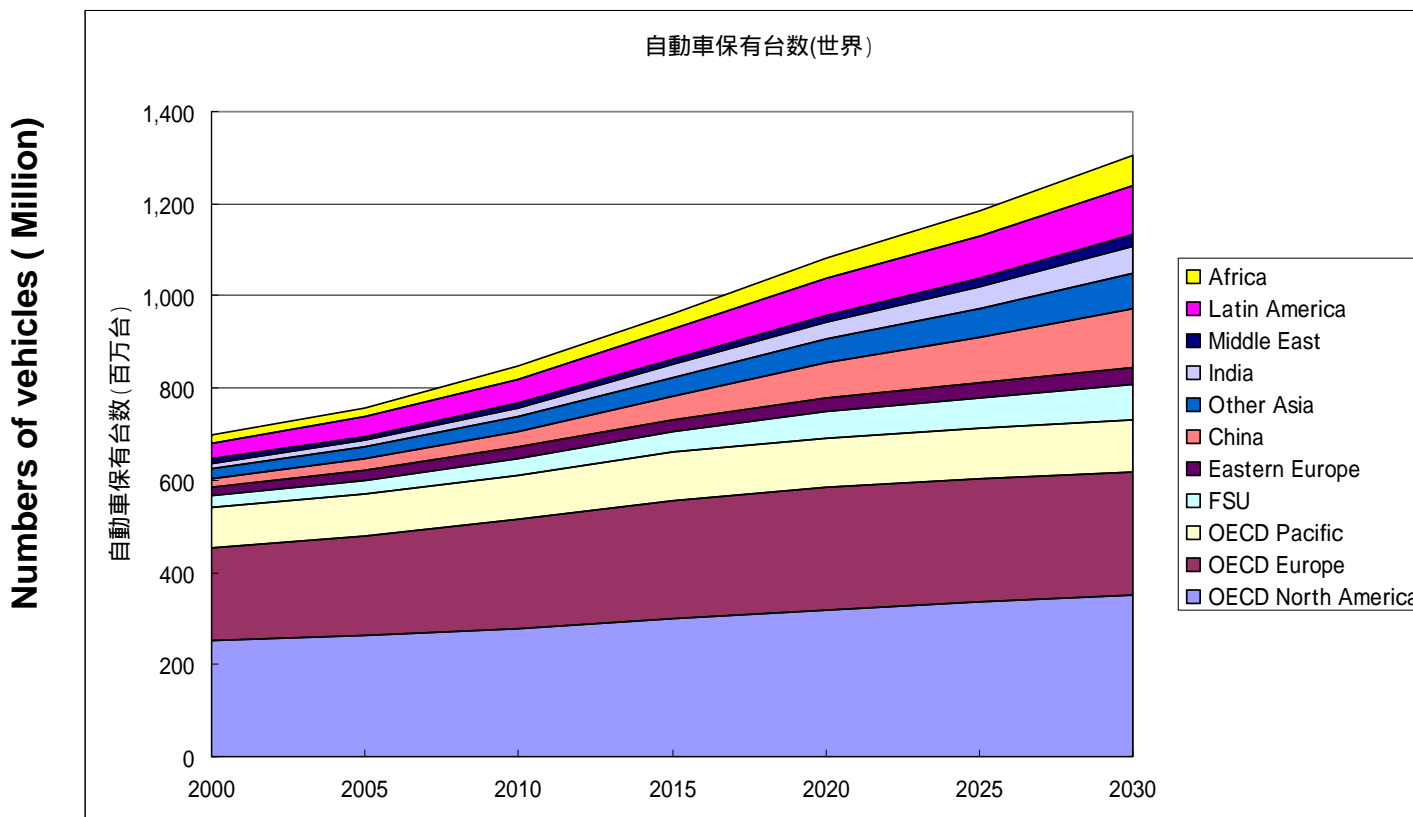


出所) 経済産業省 資料

## 2. 運輸分野の改善の必要性

### ■ 増加する自動車

世界の自動車保有台数は、現在おおよそ7億台。  
2030年には14億台程度に増加すると予測されている。  
地域では、北米、欧州における保有台数が多い。

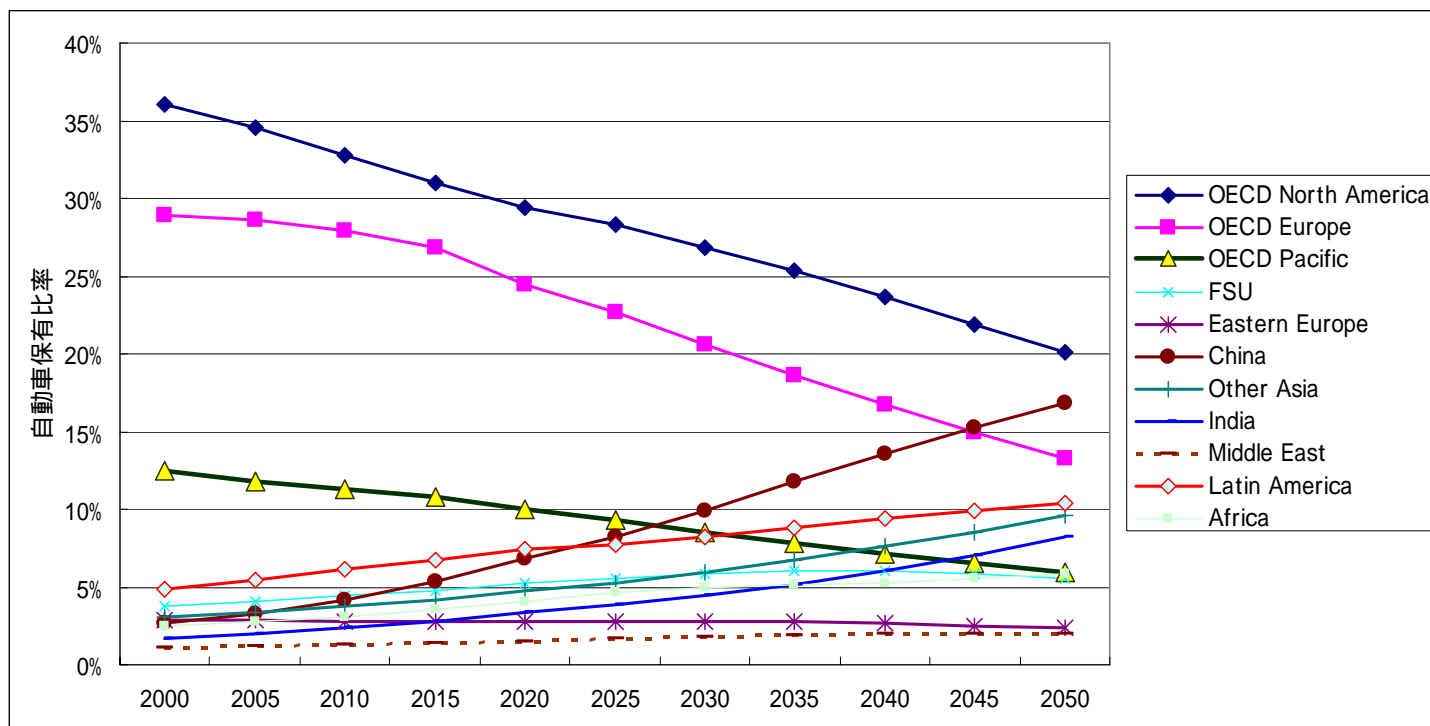




## 2. 運輸分野の改善の必要性

### ■ 中国、インドの自動車保有の増大

中国における急激な自動車の普及  
北米、欧州のシェアは相対的に低下



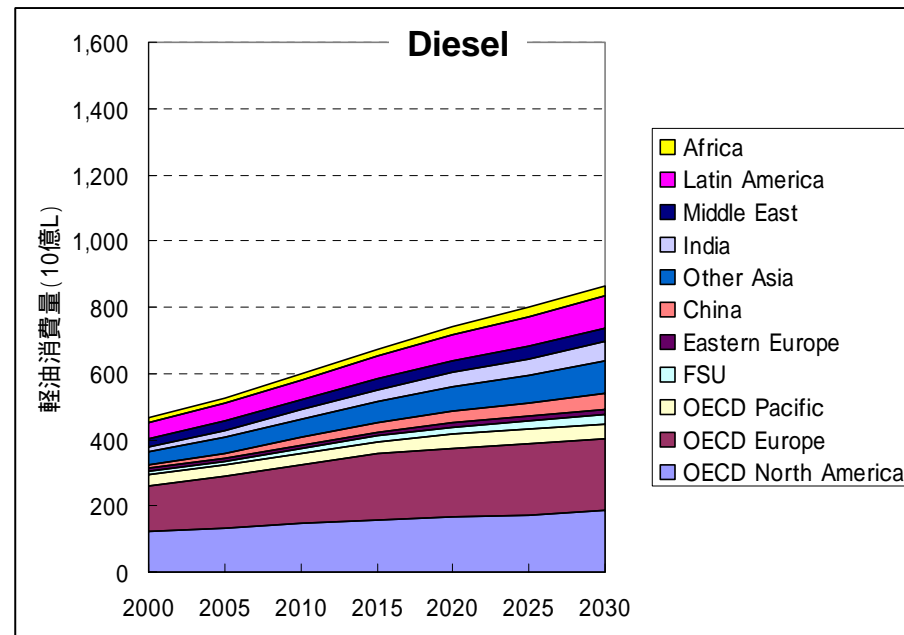
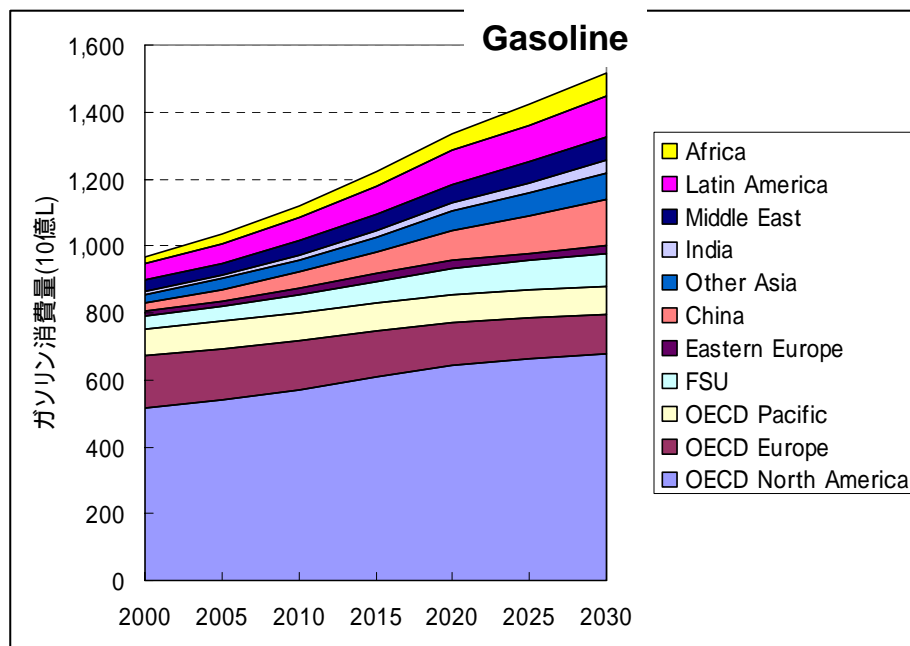
出所) "Mobility 2030" WBCSD (2004)

## 2. 運輸分野の改善の必要性

### ■ ガソリン、石油の需要の見通し

モータリゼーションの進展

ガソリン需要の増大



出所) "Mobility 2030" WBCSD (2004)

## 本日の発表内容

1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題
2. 運輸分野の改善の必要性
- 3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況**
4. 技術的な解決策とその課題
5. 今後に向けて

### 3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況

これまでは、石油を用いる内燃機関自動車が、蒸気自動車、電気自動車といった様々な強敵を100年間破り続けた歴史

でも、こんな時代も・・

1900年：米国での製造台数

・蒸気自動車	1,681台
・電気自動車	1,575台
・ガソリン自動車	936台

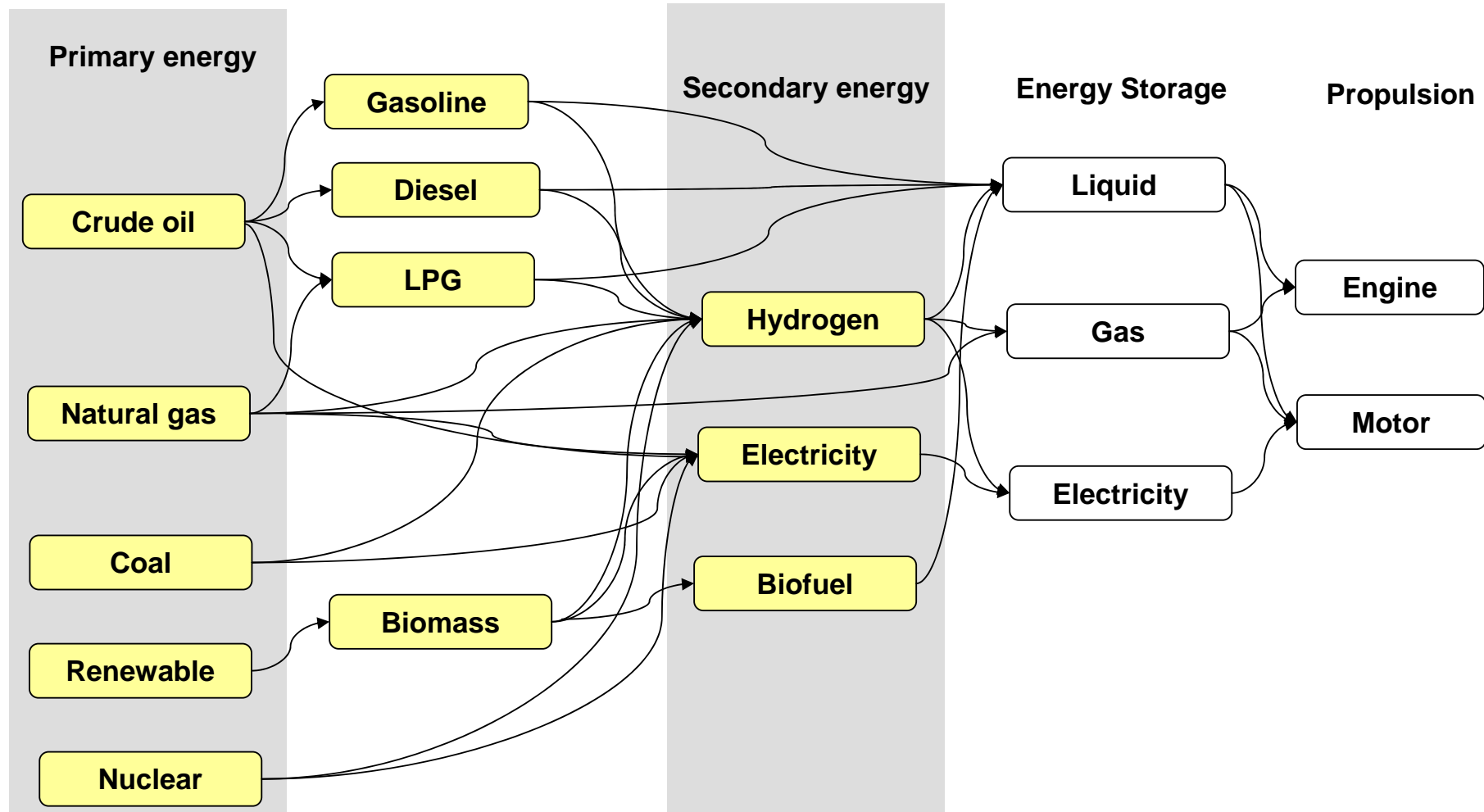
出所 ) Jim Motavalli, “ Forward DRIVE”

日本でも第二次世界大戦後には、電気自動車が普及したこともある。

第二次大戦後の1949年には電気自動車の普及台数が3299台となり、普及率が自動車全保有の3%シェアに達した。

### 3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況

#### ■ Energy Source for automobiles



### 3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況

～これまでの代替燃料車の普及の歴史を学ぶ～

- LPG(液化石油ガス)自動車
- CNG(圧縮天然ガス)自動車
- バイオ燃料自動車
- メタノール自動車

#### < 業務用車 >

石油系燃料よりも安価であれば普及

- ・ LPG / CNG タクシー
- ・ LPG / CNGトラック

#### < 個人用車 >

燃料価格が相当安価でない限り普及は困難

成功事例) アルゼンチンのCNG車

失敗事例) ニュージーランドのCNG車



中国の天然ガス自動車

## 本日の発表内容

1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題
2. 運輸分野の改善の必要性
3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況
- 4. 技術的な解決策とその課題**
5. 今後に向けて

## 4. 技術的な解決策とその課題

- ハイブリッド自動車・軽量化
- バイオ燃料
- 電力
- 水素



## 4. 技術的な解決策とその課題

### ■ ハイブリッド化、軽量化

現状の交通量が維持されると、自動車の軽量化、ハイブリッド化によりCO2は現在の64%の排出量になる。しかし、仮に自動車の交通量が2050年において1.5倍（2000年比）になると、自動車の軽量化、ハイブリッド化による省エネルギーは、交通量の増加でキャンセルされる。

いずれにせよ、新たな方策が必要

#### Assumptions for improvement in fuel efficiency

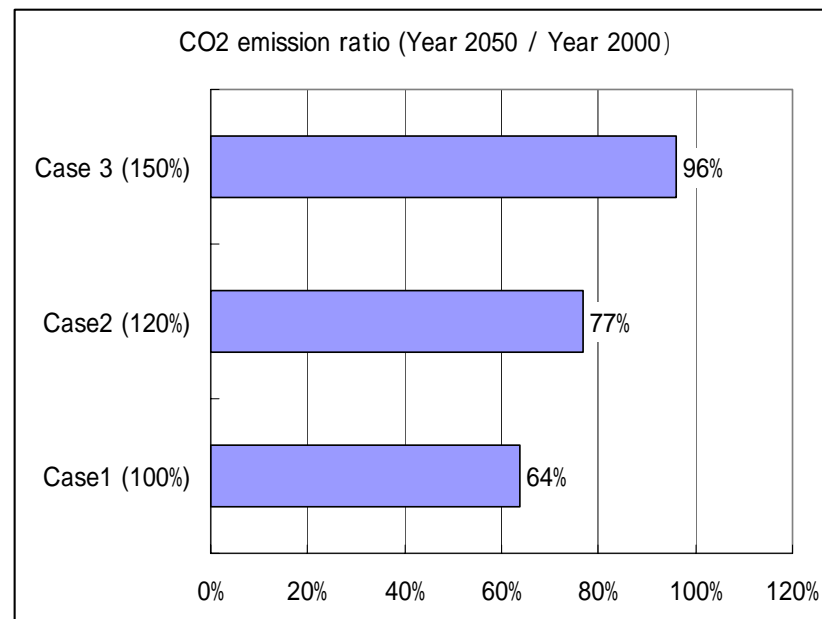
##### Light Duty Vehicles

	Year 2000	Year 2050
Light Weight	100	130
Hybridization	150	200

##### Heavy Duty Vehicles

	Year 2000	Year 2050
Light Weight	100	110

#### Effect of conventional technology for energy saving



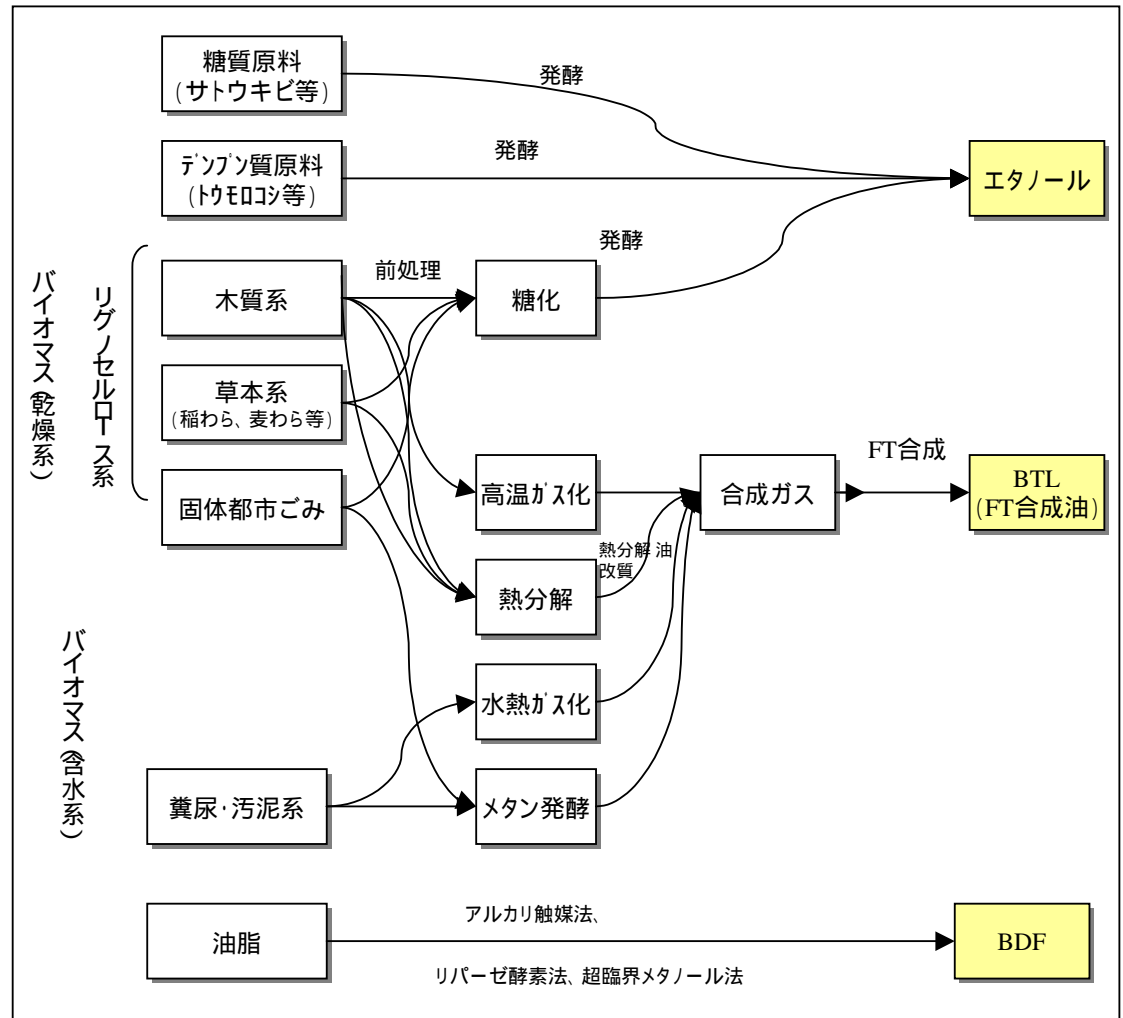
# 技術的な解決策とその課題 (1) バイオ燃料

## ■ バイオエタノール

- 糖質系
  - ・ サトウキビ
- デンプン質系
  - ・ トウモロコシ
  - ・ 小麦
- リグノセルロース系
  - ・ 木質
  - ・ 麦わら

## ■ バイオディーゼル(BDF)

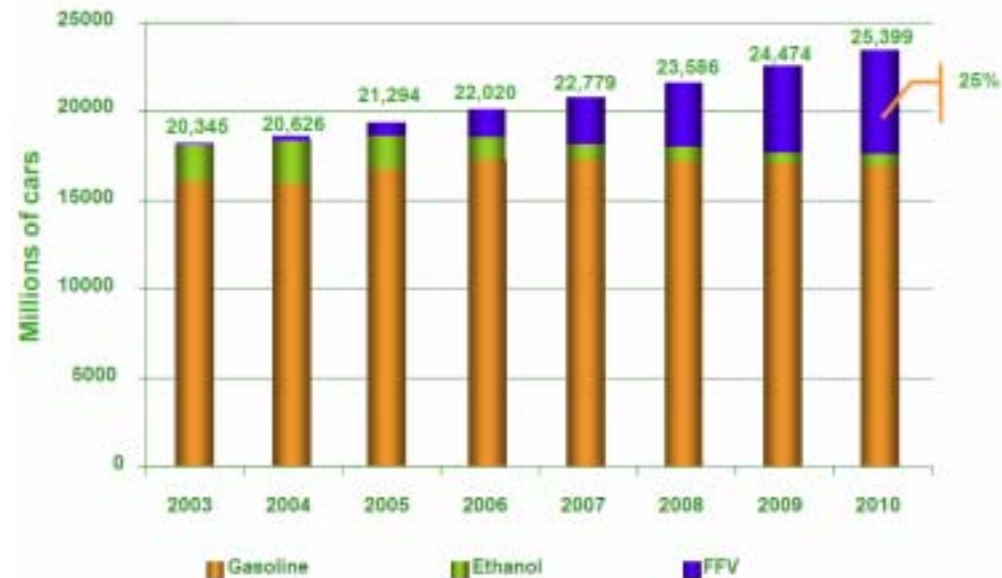
- BDF (FAME: fatty acid methyl ester)
- BTL (FT synthetic fuel)
- その他



# 技術的な解決策とその課題 (1) バイオ燃料

## ■ ブラジルでの成功事例

- ブラジルではサトウキビからバイオエタノールを製造（30円/L程度で製造可能）
- 世界最大の生産量。すべてのガソリンに20%以上混和されている。
- さらに、ガソリンと任意の比率でエタノールを混ぜても走行できるFFV (Flex Fuel Vehicle)が近年普及（2006年には新車販売の70%を超えた。）
- 日本への大規模な輸出も検討中



Brazilian Automotive Industry Association - ANFAVEA

## Numbers of Flex Fuel Vehicles In Brazil

# 技術的な解決策とその課題 (1) バイオ燃料

(参考) ブラジルにおけるエタノールの現状

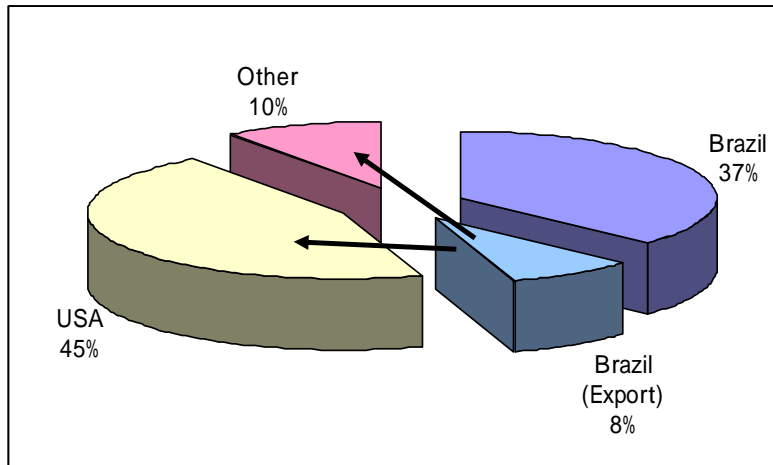
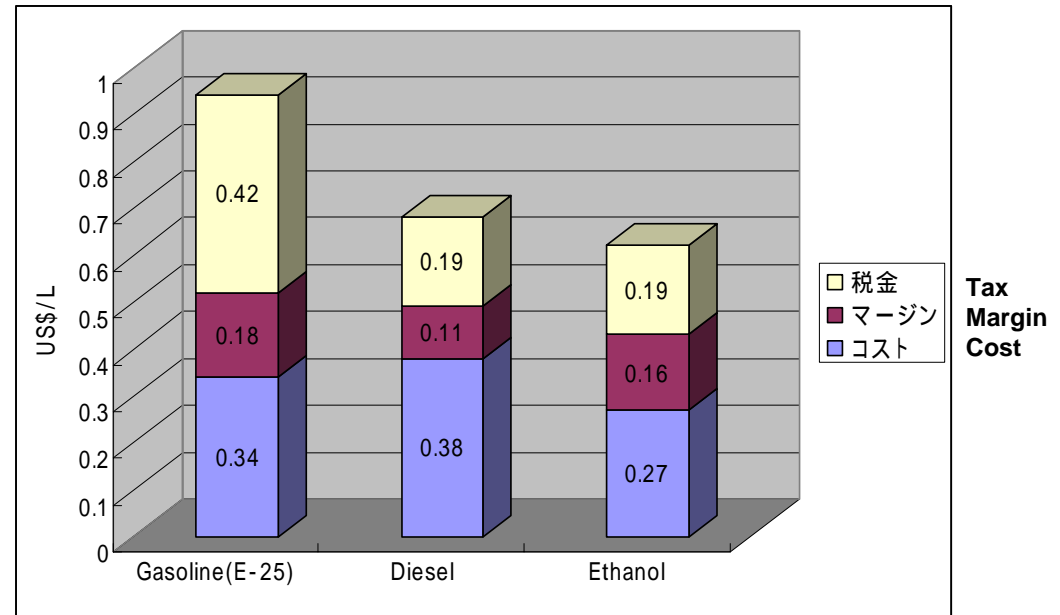


図 世界のエタノール生産



出所) World Ethanol Conference (2005)

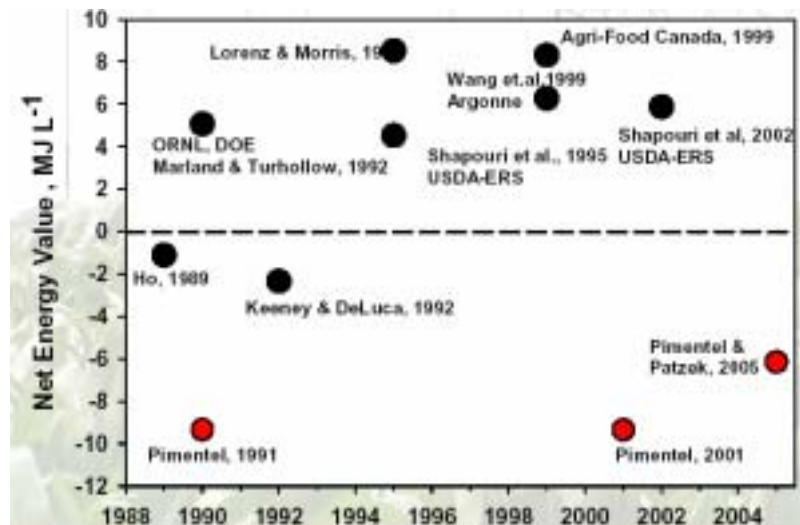
図 ブラジルにおける自動車用燃料の価格 (2005年平均)

## 技術的な解決策とその課題 (1) バイオ燃料

### ■ バイオ燃料の課題

- 供給量
- コスト
- 原料、製造方法に大きく依存する、環境性、省エネルギー性

(例) トウモロコシからのバイオエタノール製造時のエネルギーの投入量については見解が分かれる。



出所)

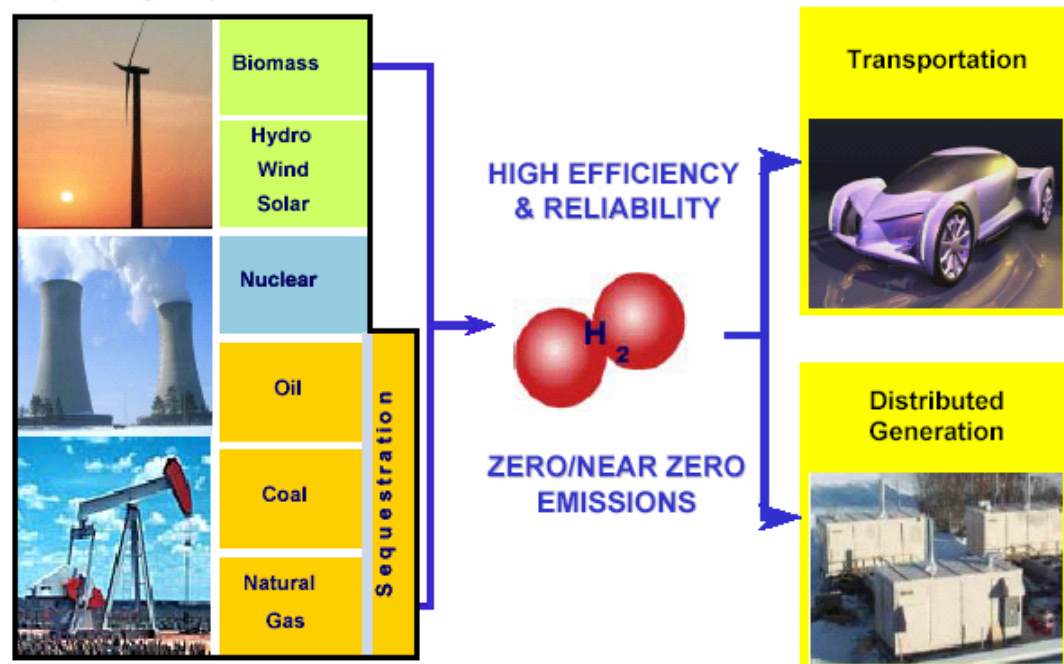
Daniel Walters, "Efficiency and Energy Yield Efficiency and Energy Yield of Nebraska Corn Ethanol of Nebraska Corn Ethanol"(2005)

<http://webvideo.unl.edu/downloads/WALTERSPRESENTATION.pdf>

図 トウモロコシからのエタノールを製造した場合のエネルギー収支（各種論文の比較）

## 技術的な解決策とその課題 (2)水素

- 多様なエネルギー源から製造が可能 (2次エネルギーであるがゆえの特長)
- 高効率 (燃料電池を用いることで効率よく発電が可能)
- 製造方法によってはクリーン (電力と同様、ただし製造方法によってはCO2を発生する場合もある。)



出所) US DOE EERE

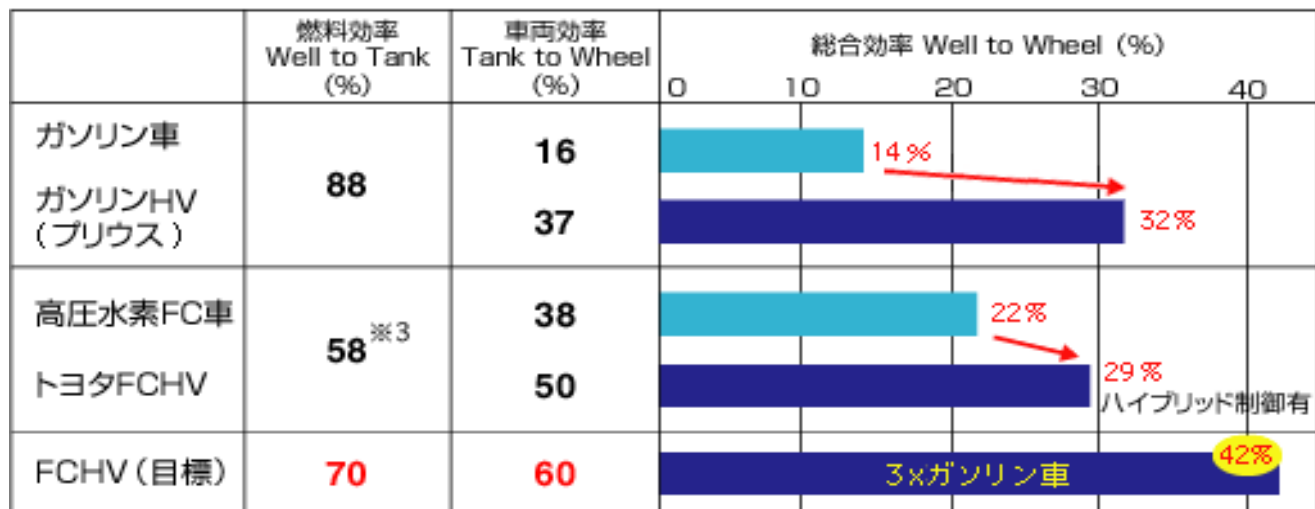
## 技術的な解決策とその課題 (2)水素

### ～燃料電池自動車の課題～

- 効率の向上
- 耐久性の向上 (スタックの劣化解明)
- 一充填走行距離の拡大 (水素貯蔵技術)
- コスト低減 (現状の1/100にする必要)

## 技術的な解決策とその課題 (2)水素

### ■ 燃料電池自動車の課題 (効率の向上)



■ 10-15 モードトヨタ試算値

総合効率 (%)

=

燃料効率 (%)<sup>※1</sup>

×

車両効率 (%)<sup>※2</sup>

1 燃料効率: Well(油井) to Tank(クルマの燃料タンク)・・・燃料を採掘・製造して給油するまでの効率

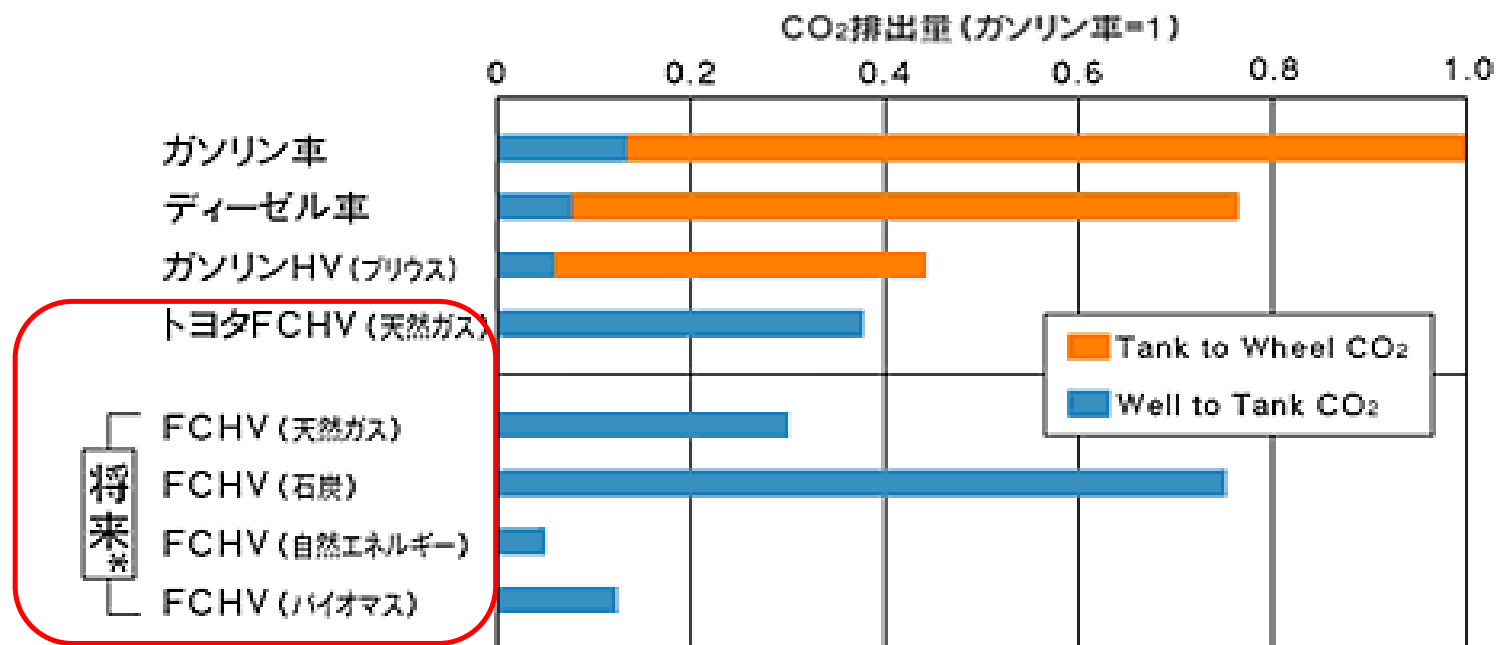
2 車両効率: Tank to Wheel(車輪)・・・タンク内の燃料を消費して、クルマが車輪で走行する効率

出所) トヨタ自動車資料



## 技術的な解決策とその課題 (2)水素

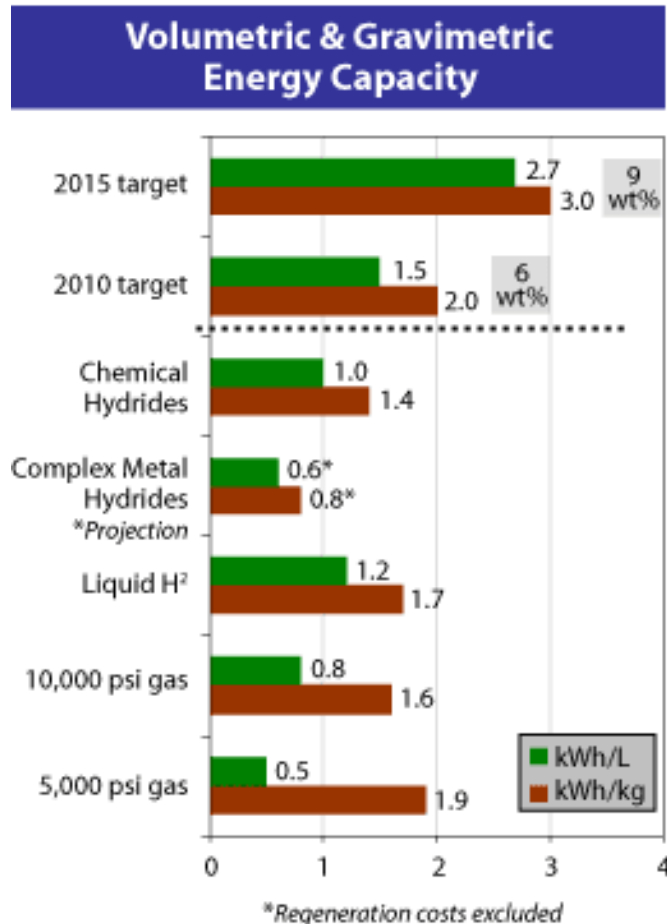
### ■ 燃料電池自動車の課題 (効率の向上) ~ CO2排出量の比較 ~



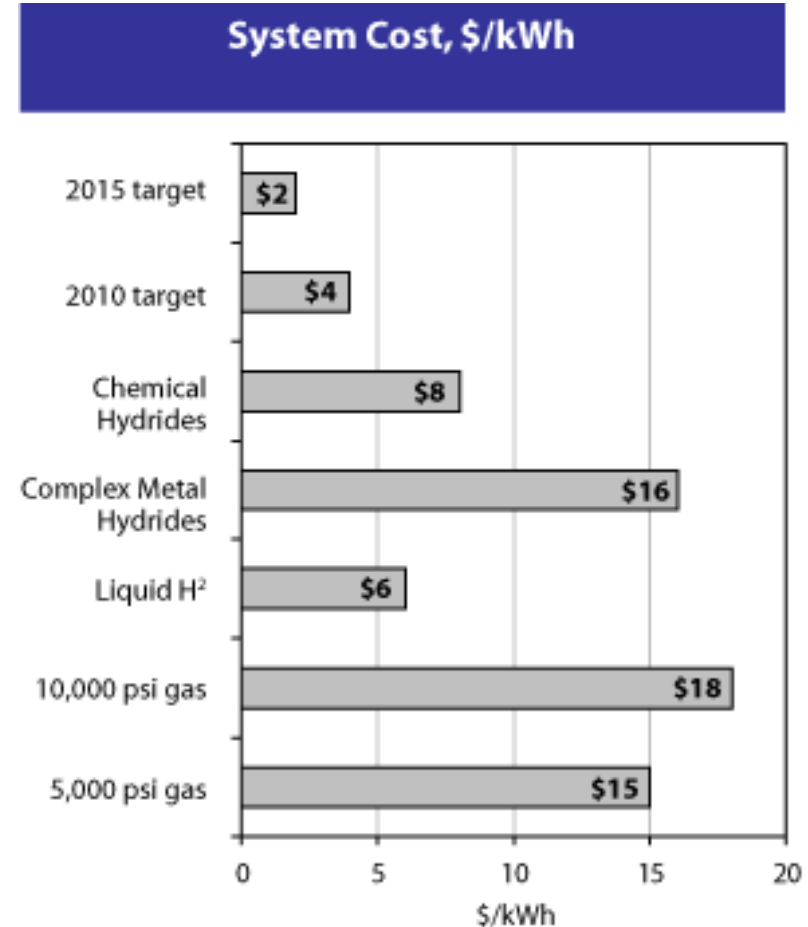
出所) トヨタ自動車資料

## 技術的な解決策とその課題 (2)水素

### ■ 燃料電池自動車の課題 (一) 充填走行距離の拡大 : 水素貯蔵技術)



出所) US DOE EERE

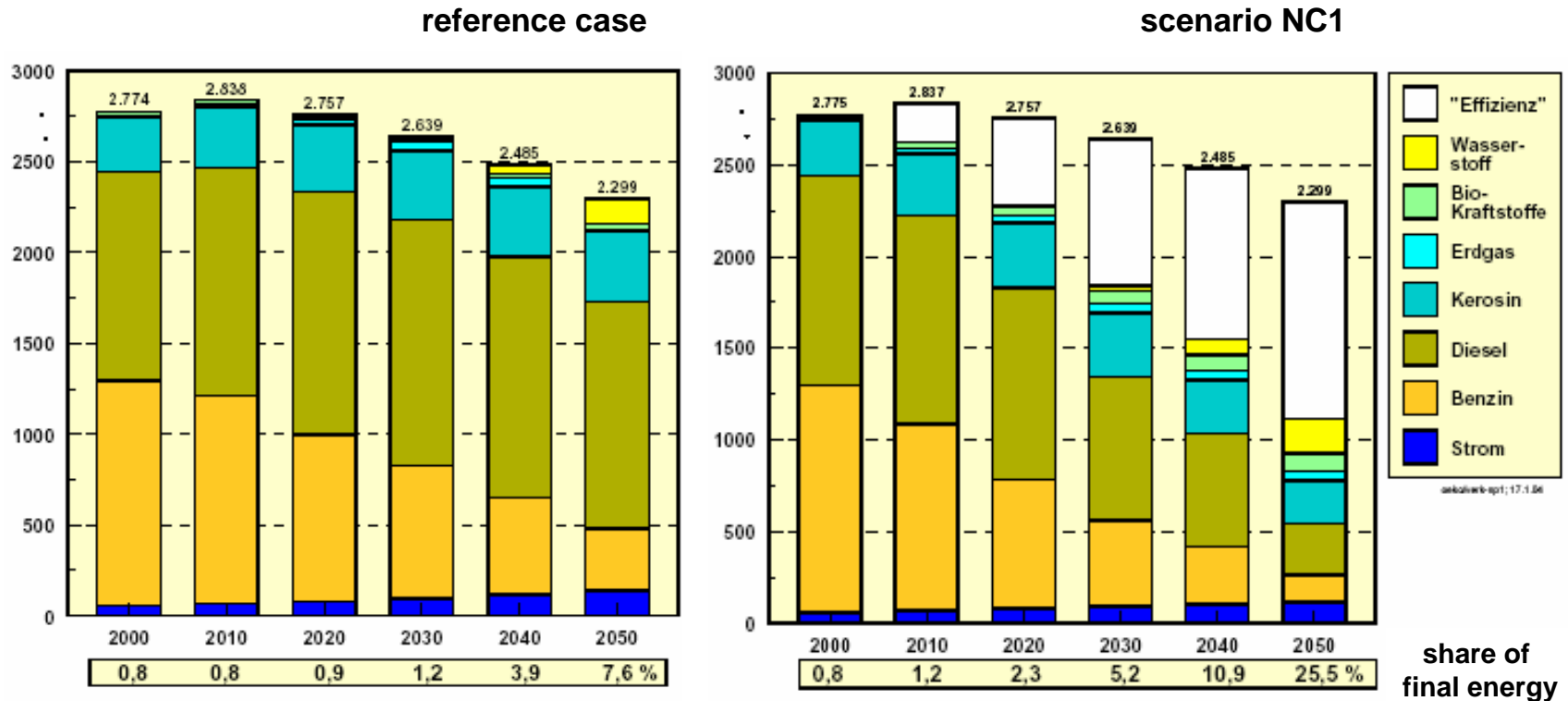


## 本日の発表内容

1. エネルギー利用にともなう解決すべき課題
2. 運輸分野の改善の必要性
3. 自動車用の代替燃料のこれまでの普及状況
4. 技術的な解決策とその課題
5. 今後に向けて

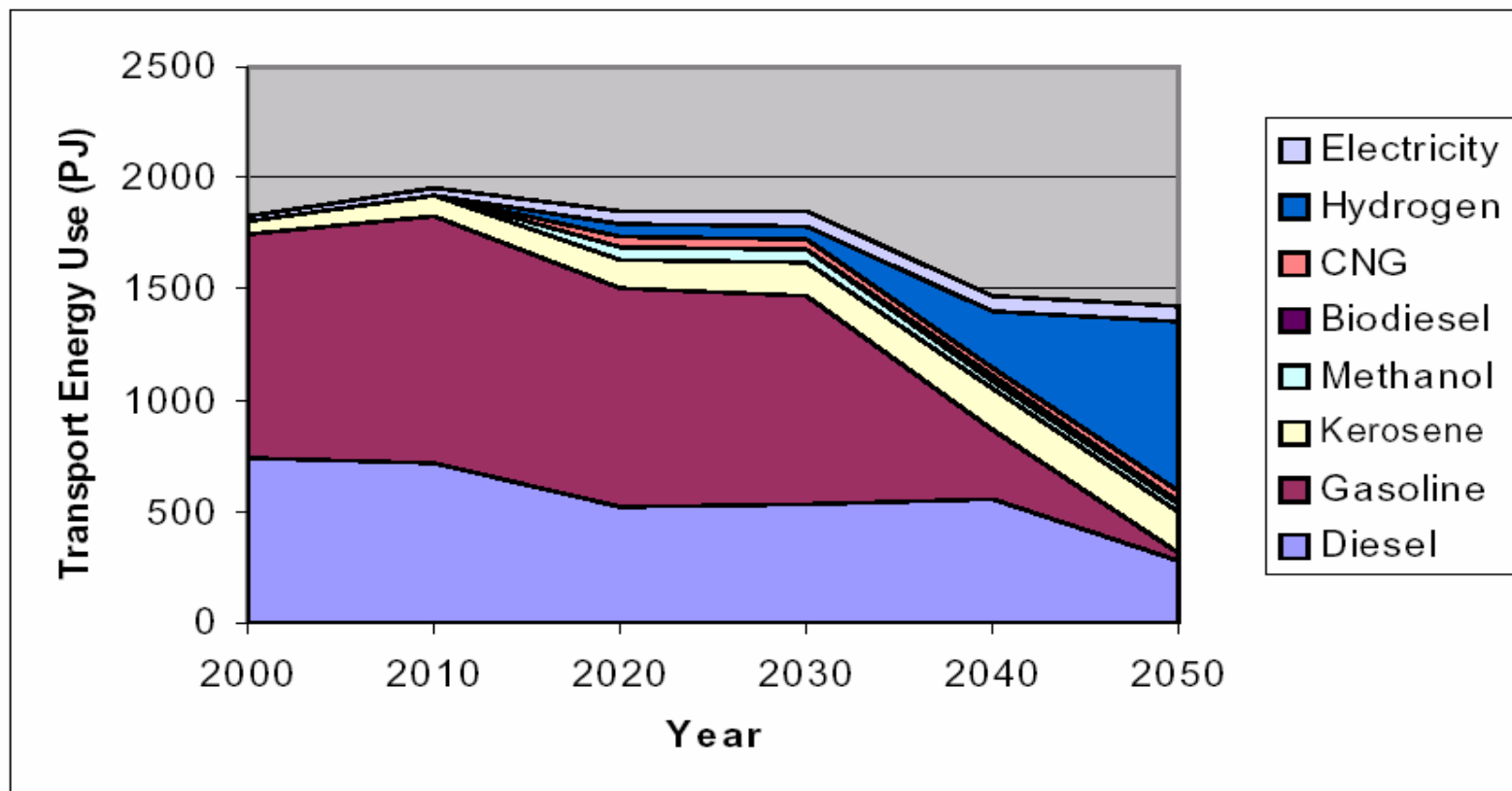
## 5. 今後に向けて

### ■ ドイツにおける運輸部門のエネルギー消費のシナリオ分析結果



## 5. 今後に向けて

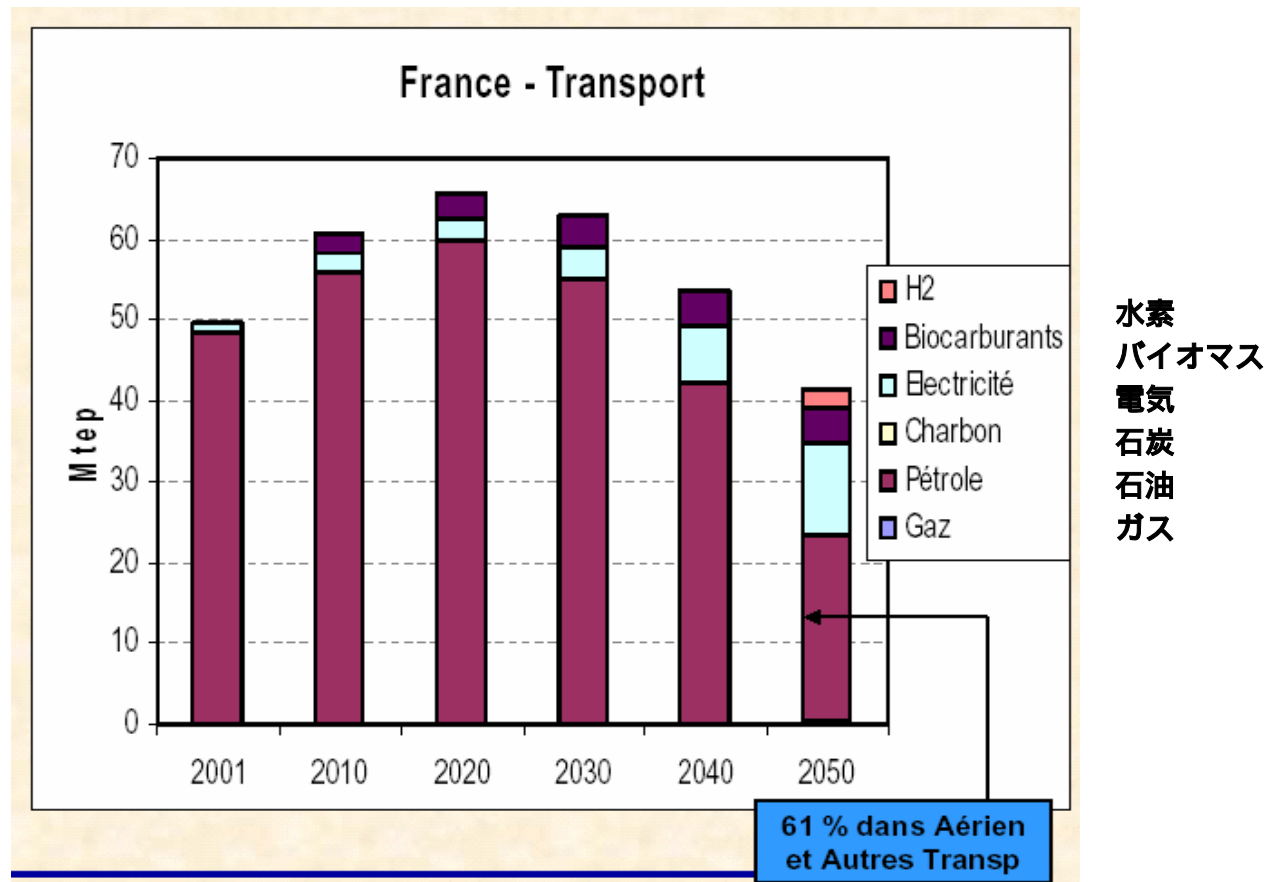
### ■ 英国における運輸部門のエネルギー消費のシナリオ分析結果



出所) Stephen Green, "UK 2050 carbon scenarios –modelling, technology and policy" UK Department of Trade and Industry (2005)

## 5. 今後に向けて

### ■ フランスにおける運輸部門のエネルギー消費のシナリオ分析結果

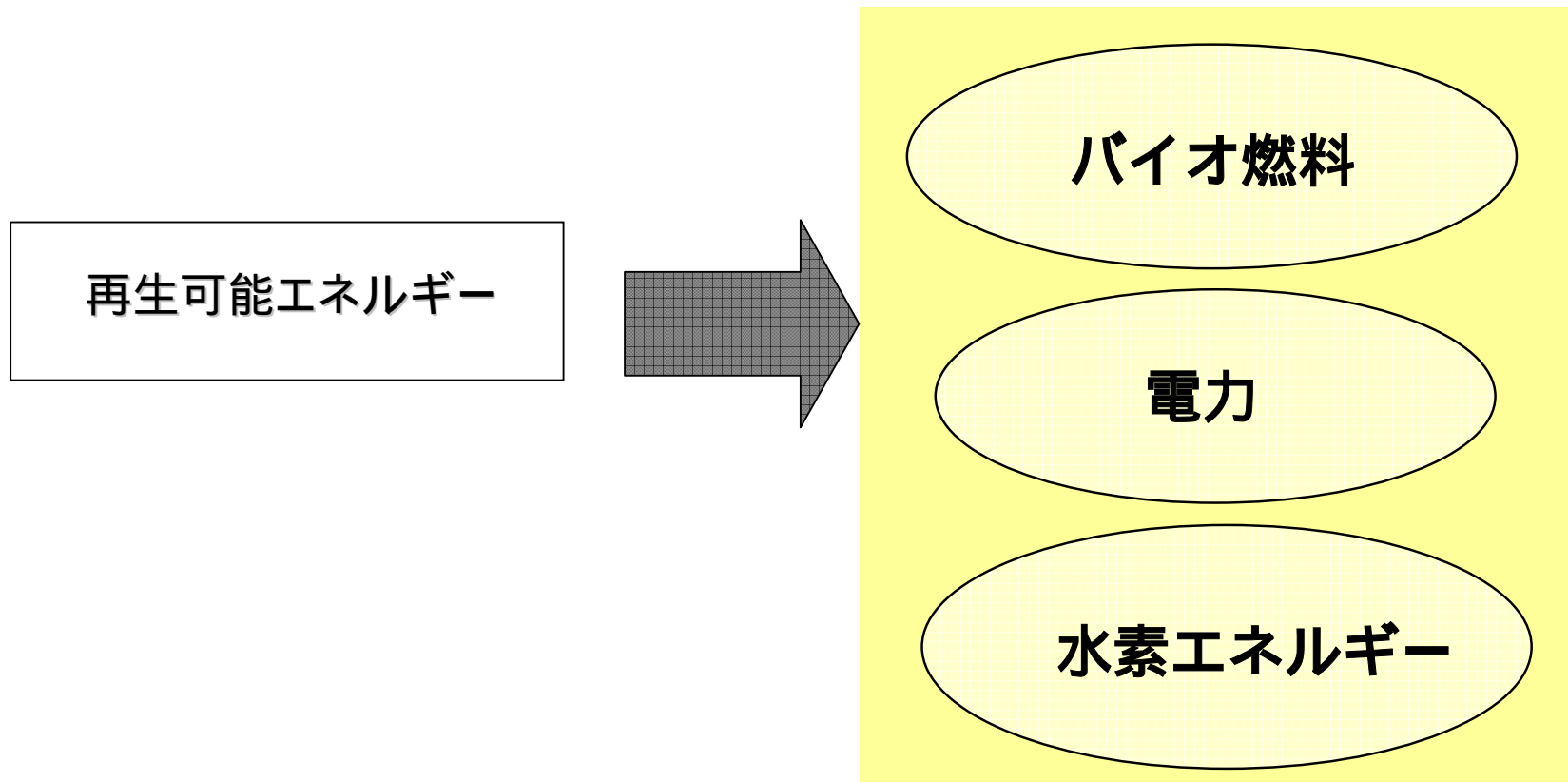


出所) Michel Colombier "2050 ENERGY SCENARIOS FOR FRANCE", IDDRI Paris(2005)

## 5. 今後に向けて

### ■ 再生可能エネルギーの利用拡大と駆動源の電化

- 地球温暖化対策、資源制約に備えて、再生可能エネルギーと駆動源の電化を進める必要



## 5. 今後に向けて

- 個人用乗用車市場で石油系燃料が主流になった後に、新燃料の車両が普及した事例はない。
- その後に大量に普及した代替燃料車は、ガソリンと混合、もしくは切り替えて走行できる車両
  - － アルゼンチン、イタリアのCNG車 (バイフュエル: ガソリンでもCNGでも走行可能)
  - － ブラジル、米国のエタノール車 (ガソリン燃料と混和)
  - － ハイブリッド電気自動車 (既存の石油系燃料供給設備の活用が可能)
- 燃料電池自動車、電気自動車の普及にはあらたなエネルギー供給設備の整備が不可欠



## 5. 今後に向けて

### ■ 新たな燃料供給設備の整備の難しさ

日本における天然ガス自動車の普及（10年で2万台）

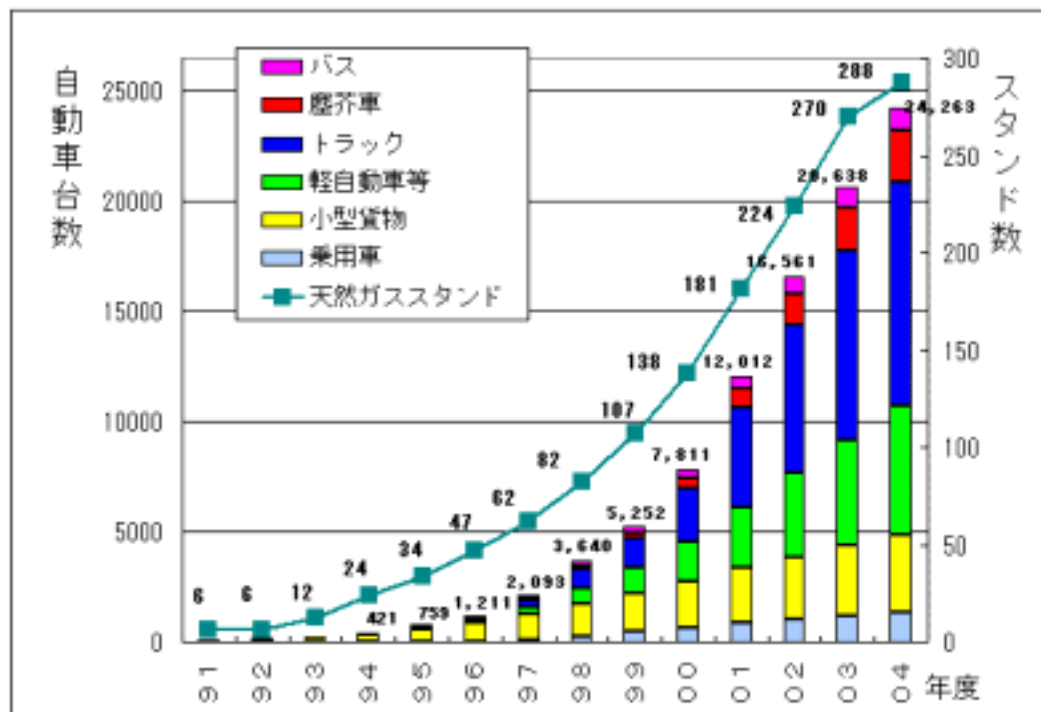


図 CNG車の普及の推移

出所) 日本ガス協会

## 5. 今後に向けて

### ■ 新しい燃料供給の整備 ~ アルゼンチンの成功事例に学ぶ ~

- いかにして民間参入を促すか
- ニュージーランドの失敗は繰り返さない(政府の無理な支援は、普及に逆効果)

Country	NGVs*	Fuel Stations*	% Price Nat.Gas of Petrol
<u>Argentina</u>	1.3 mil	1.270	25.9%
Brazil	803.600	910	39.4%
Pakistan	475.000	500	51.0%
Italy	381.250	490	41.5%
India	222.300	190	33.3%
USA	130,000	1.300	72.7%
China	82.200	310	42.9%
Egypt	55.800	90	31.6%
Ukraine	55.000	140	26.7%
Colombia	47.900	90	41.5%

\* Rounded up figures

Source: The GVR, January 2005

**CNG vehicles and fueling stations**

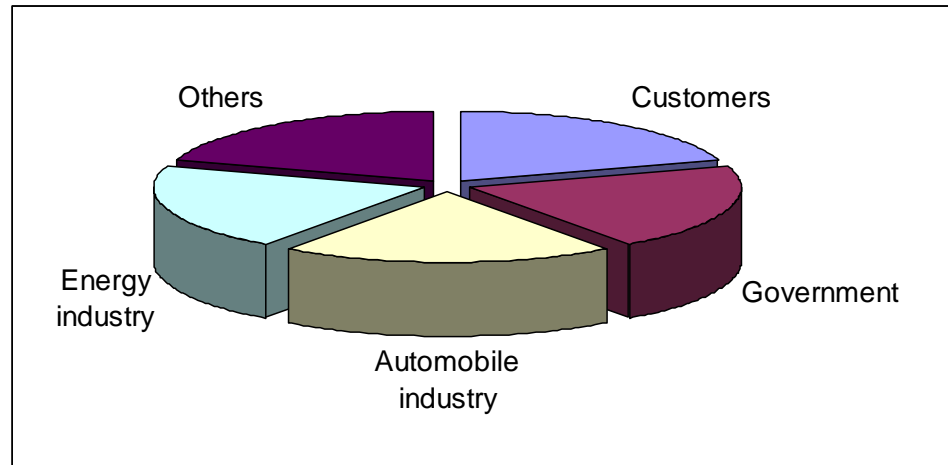


**CNG fueling stations in Argentina**

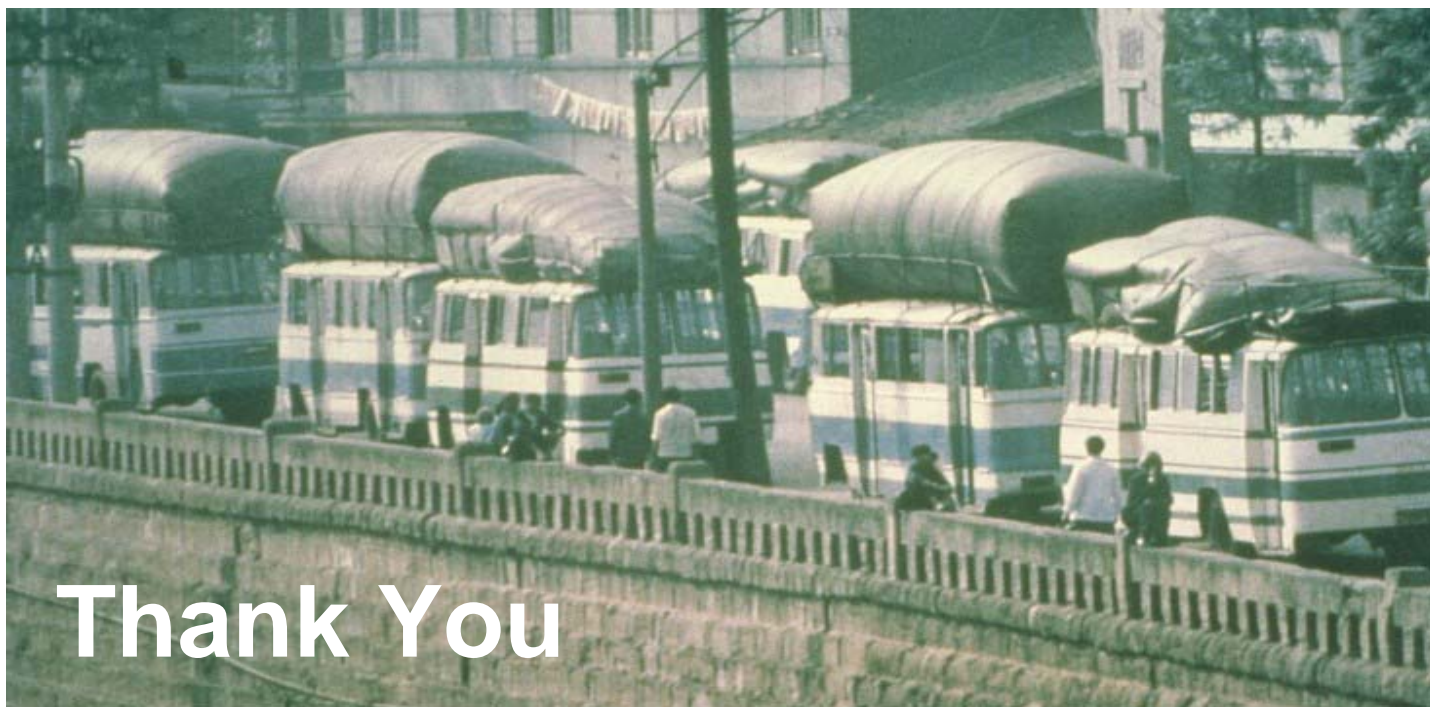
## 5. 今後に向けて

### ■ Public Private Partnership

- Customers
- Government
- Automobile industry
- Energy industry
- Others



- **Attract industrial commitment**
- **Accelerate best practice**
- **Generate a critical mass of researchers and entrepreneurs**
- **Give confidence to the financial community**



ENGVA (European Natural Gas Vehicle Association)  
<http://engva.org/Content.aspx?PageID=142>