

交通手段をどのように選択するのか

東京理科大学工学部経営工学科

森 俊介

2010/10/19 東京大学平成22年度冬学期 全学自由研究ゼミナール

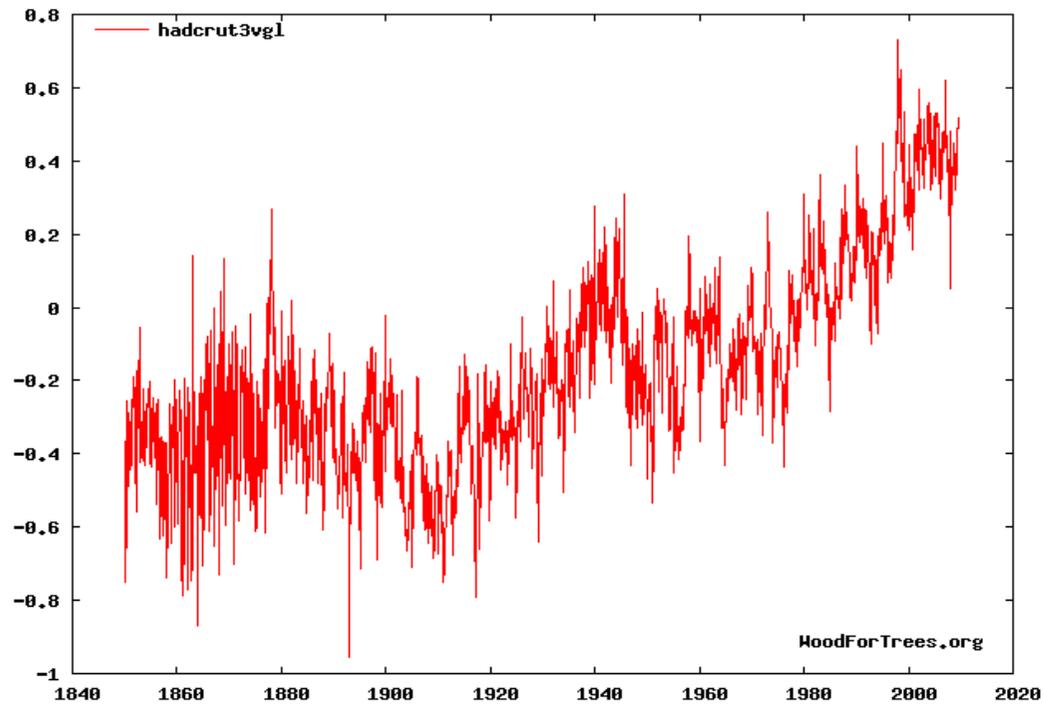
講演の概要

1. 地球温暖化問題を巡る動向
 - ・ 世界の動き
 - ・ 我が国の中期温暖化対策評価について
2. 自動車用エネルギー需給の諸問題
 - ・ 世界の動向
 - ・ 次世代自動車技術
3. 我が国の免許保有者と利用状況のパターン
 - ・ パーソントリップ調査と高齢化
4. Web調査による首都圏の利用状況の実態
 - ・ 調査の概要と結果
5. PIHVの導入評価
 - ・ PIHVの導入評価

表2 国際社会および地球環境問題をめぐる主な動き(2008年5月～2009年10月)

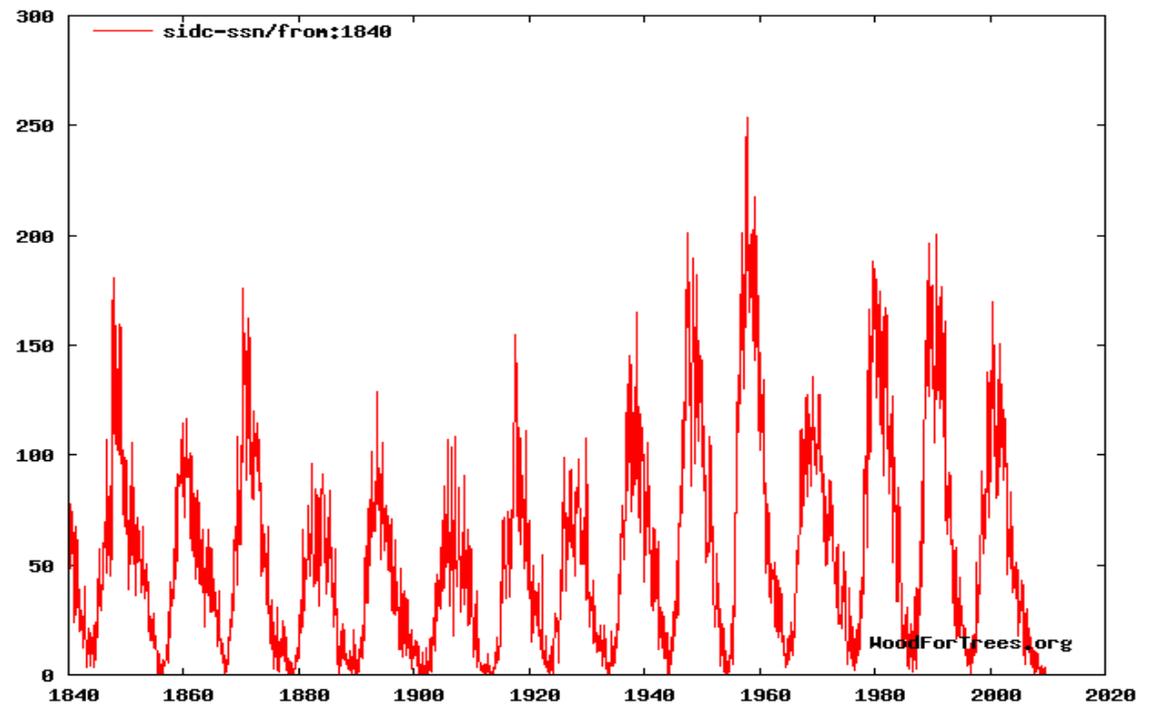
年 月	国際社会の動き	地球環境問題の動き
2008年5月		生物多様性条約第9回締約国会議
6月	世界食糧サミット開催	バーゼル条約第9回締約国会議開催
7月	WTI先物価格史上最高値を記録 英国の新経済財団A Green New Deal 発表	
9月	リーマン・ショック	
10月	UNEPがGreen Economy Initiative開始を発表	
11月		ウィーン条約/モントリオール議定書締約国会議開催
12月	WTI先物価格30米ドル前半に急落	気候変動枠組み条約/京都議定書締約国会議開催
2009年1月	米国オバマ大統領就任 国際再生可能エネルギー機関設立	
2月		UNEP管理理事会/グローバル閣僚級環境フォーラム
3月	ADBが2009年アジア開発展望公表	第5回世界水フォーラム開催 ESD世界会議開催
4月	MGDに関する世界モニタリング報告書2009公表 新型インフルエンザの流行確認	国連森林フォーラム第8回開催
5月		CSD第17回会合開催 POPs条約第4回締約国会議
6月	OECD閣僚理事会開催 WHOが新型インフルエンザのパンデミック宣言	気候変動に関する特別作業部会等開催
7月	主要国首脳会議(ラクイラサミット)開催	
8月		気候変動に関する特別作業部会非公式会合開催
9月	鳩山内閣発足 ADBが2009年アジア開発展望Update公表	国連気候変動首脳会議開催 砂漠化対処条約第9回締約国会議開催
10月	EUリスボン条約をアイルランド批准 オバマ大統領がノーベル平和賞を受賞	国連気候変動枠組み条約交渉バンコク会合開催

松村、「地球環境問題-この1年を概観する」,資源環境対策、2009年12月

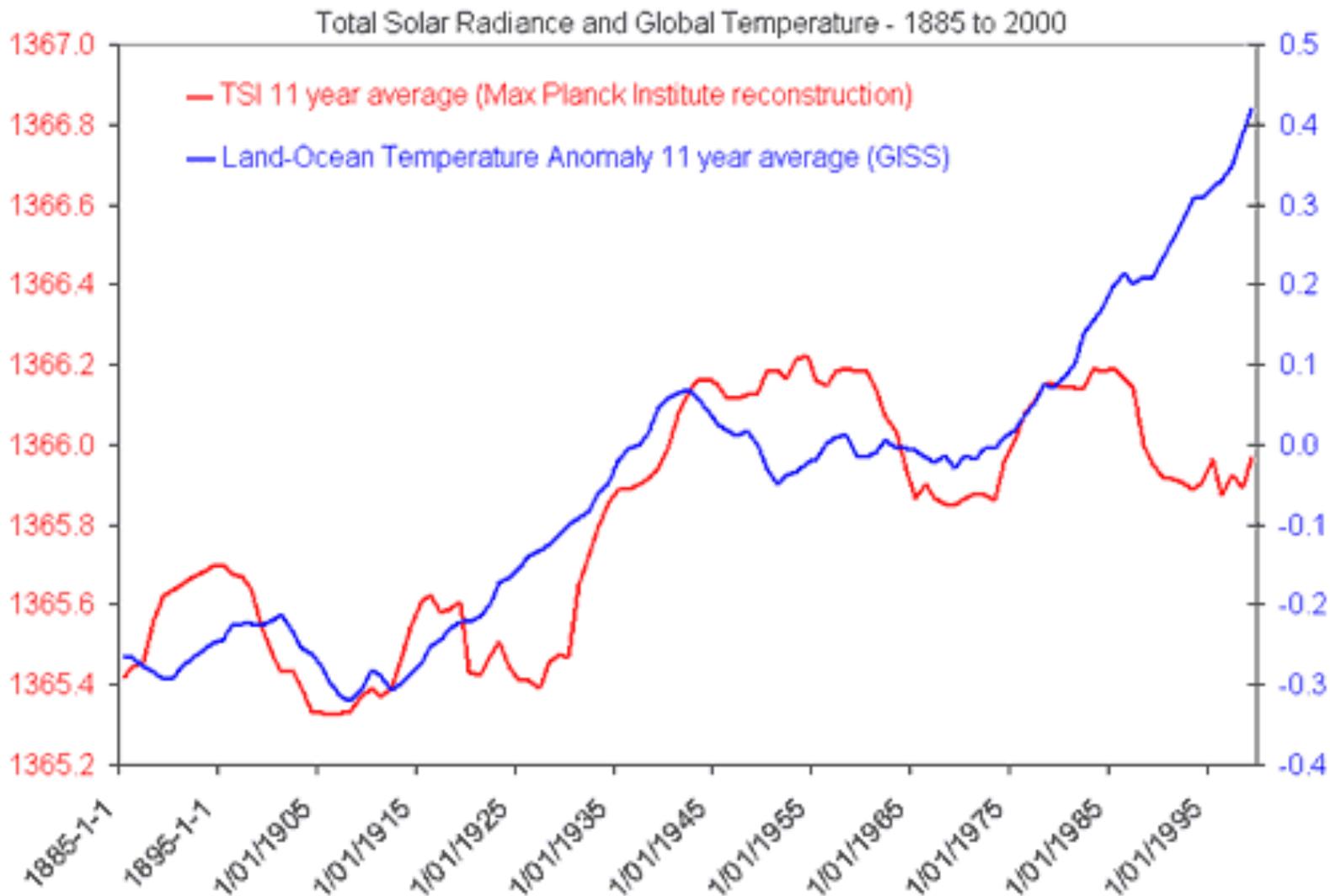


ハドレー気候センターによる平均気温の長期的変化

SIDC による太陽黒点数(月平均)の長期的変化



太陽の活動と平均気温の推移



- 過去、気温の推移と太陽活動の相関は高い
- しかし、1975年以降両者の動きに差が生じる

CO₂排出の部門別動向

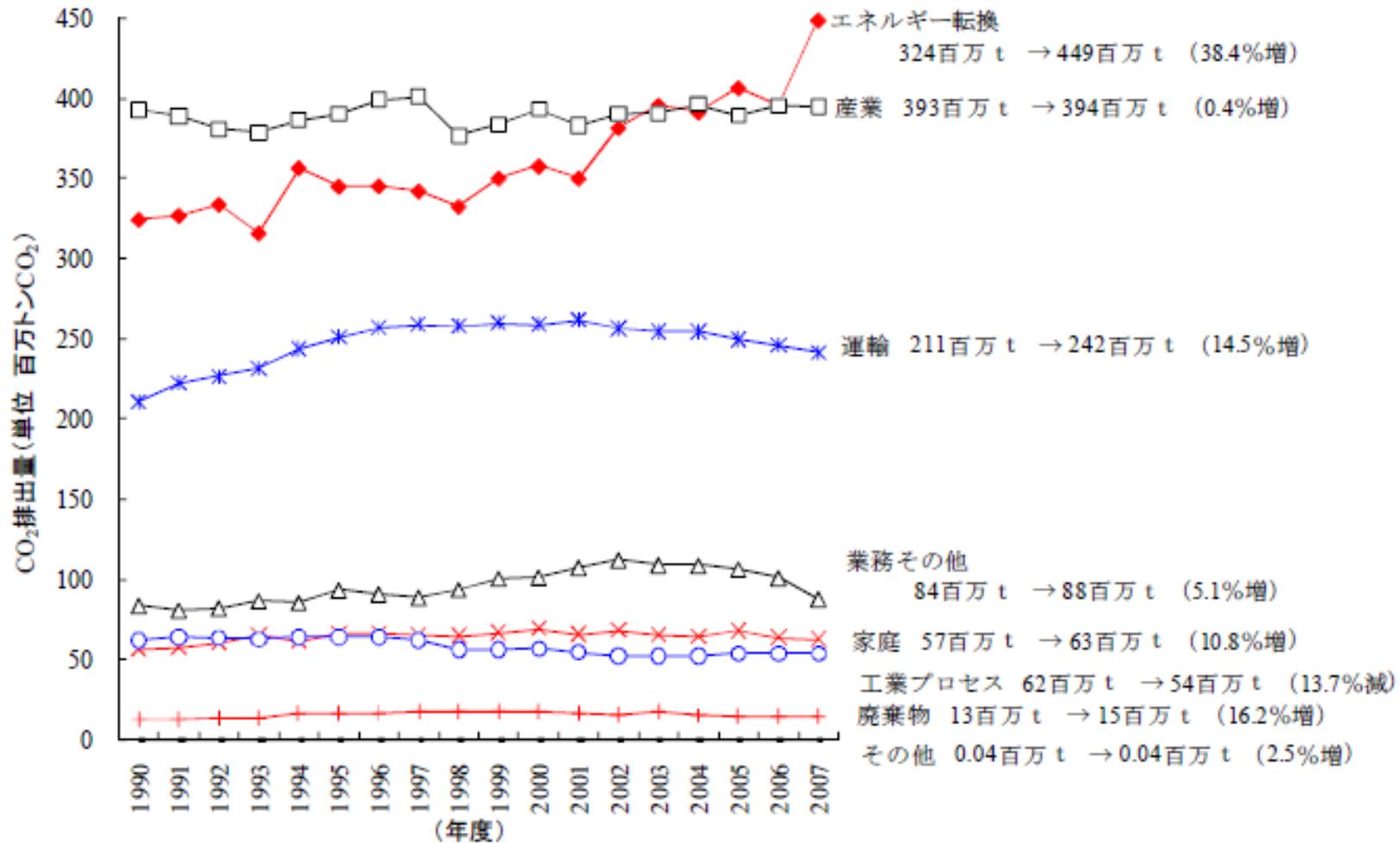


図 2-5 各部門のCO₂排出量の推移
(カッコ内の数値は1990年度比)

我が国の中期温暖化対策評価 (内閣府：政府懇談会 2009年4月)

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/dai07kankyo/index.pdf>

- 日本の6研究機関による4種類の異なるタイプのエネルギー経済モデルによる評価
 - 積み上げ型世界モデル(RITE、国立環境研究所)
 - 積み上げ型日本モデル(日本エネルギー経済研究所、国立環境研究所)
 - 基本構造は経済、エネルギー需要所与のもとで削減技術導入のための費用を算出
 - トップダウン型世界経済モデル(日経研究センター、慶応大学、国立環境研究所)
 - トップダウン型日本経済マクロモデル(日経研究センター)
 - CO2排出削減のための技術導入と産業への影響評価。扱える技術選択肢には限度がある。

評価の前提条件

マクロフレーム	統一した結果（数字は日本について）
実質 GDP 成長率	2006～2020 年の平均で年約 1.3%程度
人口	世界モデル：国連 2006 年中位推計（2020 年 12,449 百万人） 日本モデル：国立人口問題研究所中位推計（12,281 百万人）
原油価格（名目）	56 \$ /バレル（2005 年）→121 \$ /バレル（2020 年）
粗鋼生産量	113 百万トン（2005 年）→120 百万トン（2020 年）
輸送量	日本モデル：旅客 2005 年度と同じ（2020 年） 貨物 2005 年比約 10%増（2020 年）
原子力発電	発電量 4374 億 kWh（発電所：9 基新設、稼働率：80%）

- ・ 2020 までの基準ケースでは、GDP は約 20% 成長するという仮定。数値の評価はここを基準としての「押し下げ」であることに注意。
- ・ 2020 年での GDP 6% 押し下げは、年平均成長率を約 0.9% に押し下げることを意味する。ただし対策の間接影響評価には限界がある。

主要な対策技術の削減効果と政策強度

		対策0 (+3%)	対策I (▲7%)	対策II (▲15%)	対策III (▲25%)
太陽光 発電 ^(注)	累積 導入量 (削減量)	600万kW (-)	1,400万kW (▲500万t)	3,700万kW (▲2,000万t)	7,900万kW (▲4,500万t)
	主要な 政策メニュー	余剰電力買取メニュー	固定価格買取制度(補助金 を含め投資回収年数15年)	固定価格買取制度導入 (投資回収年数10年、2011年時点での買取価格を55円/kWh程度として全量買取)	
		導入補助金制度		新築住宅及び一定規模以上の既築住宅 への導入義務化	
次世代 自動車	累積 導入量 (削減量)	60万台 (▲0万t)	1,210万台 (▲600万t)	1,360万台 (▲1,140万t)	2,170万台 (▲2,130万t)
	主要な 政策メニュー	低公害車・低燃費車への税制優遇		税制優遇、補助金の強化、CO2排出に応じた重課・軽課など (投資回収年数3年)	
		トップランナー基準	トップランナー基準の強化		
				販売される新車の加重平均燃費を次 世代自動車と同等とする規制の導入	
省エネ 住宅	累積 導入率 (削減量)	新築70% (▲100万t)	新築80% (▲110万t)	新築100% +既築改修を年間50万戸 (▲250万t)	新築100% +既築改修を年間250万戸 (▲880万t)
	主要な 政策メニュー	税制優遇制度		税制優遇・補助金制度の強化(投資回収年数10年)	
		次世代省エネ基準(H11年基準)		次世代省エネ基準の強化(新次世代基準)	
				新築販売における次世代省エネ基準(H11年基準)の義務化	
				省エネ性能に応じた既築住宅への重課・軽課	既築住宅における2020年までの改修義務化
高効率 給湯器	累積 導入量 (削減量)	900万台 (▲180万t)	2,800万台 (▲670万t)	3,900万台 (▲1,200万t)	4,400万台 (▲1,300万t)
	主要な 政策メニュー	補助金制度		税制優遇・補助金制度の強化(投資回収年数3年)	
		トップランナー基準		トップランナー基準の強化(効率の悪い電気給湯器等の原則廃止)	
				既築住宅における2020年までの高効率 給湯器導入義務化	

対策技術の一覧

部門		省エネ技術・新エネ技術
産業部門	鉄鋼	石炭調湿装置 次世代コークス炉 乾式コークス消火設備 焼結主排風顕熱回収 焼結クーラー廃熱回収 乾式高炉炉頂圧発電 転炉ガス潜熱・顕熱回収 スクラップ予熱 直流式電気炉 連続鑄造 蓄熱式バーナー加熱炉 自家用火力発電の高効率化 廃プラスチック利用拡大
	セメント	原料堅型ミル 原料石炭ミル エアビーム式クーラー導入 ローラーミル予備粉砕器 高効率セパレータ スラッグ粉砕用堅型ミル 廃熱発電 エネルギー代替廃棄物の利用拡大
	石油化学	エチレンプラントガスタービン併設 低温排熱回収システム 内部熱交換型蒸留塔 ナフサ接触分解 熱併給発電の効率化 高効率熱併給発電技術 バイオマスプロピレン 膜蒸留プロセス
	紙パルプ	高効率古紙パルプ製造技術 高温無臭型回収ボイラ 廃材パーク利用拡大
	その他製造業	高性能工業炉 ボイラ効率改善 産業用ヒートポンプ 高効率空調
	農林水産業	高効率乾燥機器 高効率農機具 省エネ型温室 高性能林業機械 高効率漁船
家庭部門		高効率エアコン 高効率電気ヒートポンプ給湯器 潜熱回収式給湯器（石油・ガス） 住宅用太陽熱温水器 高効率電球型蛍光灯 高効率蛍光灯 高効率家電製品 太陽光発電 高断熱住宅（H4/H11基準）
業務部門		高効率電気ヒートポンプ 高効率電気ヒートポンプ給湯器 潜熱回収式給湯器（石油・ガス） 非住宅用太陽熱温水器 高効率照明機器 高効率動力等機器 高断熱建築物（H5/H11基準）ビルエネルギー管理システム（BEMS）非住宅用太陽光発電
運輸部門		高効率ガソリン・ディーゼル乗用車（軽・小型・普通、軽はガソリンのみ以下同様） ハイブリッド（HV）ガソリン・ディーゼル乗用車（軽・小型・普通） 電気乗用車（軽・小型・普通） 高効率ガソリン貨物車（軽・小型） 高効率ディーゼル貨物車（小型・自家用・営業用普通） HVガソリン・ディーゼル貨物車（軽・小型・自家用・営業用普通） 電気貨物車（軽・小型） 高効率船舶・鉄道・航空（旅客・貨物） 高度道路交通システム
発電部門		高効率石炭火力発電（先進USC・IGCC） 高効率ガス火力発電（ACC・MACC） 原子力発電 一般水力発電 地熱発電 風力発電 大型太陽光発電 廃棄物・バイオマス発電 小水力発電
非エネルギー部門		家畜排せつ物処理方法転換 施肥量削減 循環計画推進等による活動量削減・循環利用促進 燃焼の高度化 バイオマスプラスチック導入推進 Fガス製造ラインにおける除去装置の設置 マグネシウム製造時における代替ガス導入 冷媒ガスの使用時漏洩量の改善 冷媒ガスの回収量増加 半導体・液晶製造ラインにおける除外装置の設置

基本は直接的な省エネルギー技術の導入オプション

中期温暖化対策評価の意義と残された課題点

- 我が国を代表するエネルギー・経済の研究機関によるモデル評価の比較。技術選択モデル、経済モデルはいずれもタイプは異なるにもかかわらず比較的整合的な数値を導いている。画期的な評価といえる。
 - ただし、技術積み上げモデルでは産業構造の転換や需要の構造的な変化に乏しく、経済モデルも技術導入のオプションは限られている点に留意して結果を解釈すべき
 - 対策技術は、直接的な省エネルギー技術・温暖化対策技術に限定されている。技術積み上げモデルでは、必要な投資の拡大は示されるが、その経済への間接波及効果までは含まれない。(例えば、ICTの普及拡大による社会と産業へのインパクト)
 - 高齢化、少子化という社会の構造的変化、マーケットの嗜好変化などは明示的に扱われていない。
 - また、温暖化の被害そのものも評価には含まれていない(不確実性と金銭評価の困難さのため)
- 以上は今回のモデル評価の批判ではなく、今後検討すべき課題の出发点の揭示

自動車を巡る問題

- 世界的に見ると、中国・インドをはじめ、自動車輸送需要は過去のトレンドから見てもなお増えよう。
- 郊外・農村部では大量公共交通導入には限度があり、自動車の役割は大きい。
- しかし、石油資源の今後には、悲観説(オイルピーク説)を取らないとしても、次第に生産条件が悪くなりコストが上昇することは避けられない。
- 潜在的な需要の将来の増加には対応しきれない。

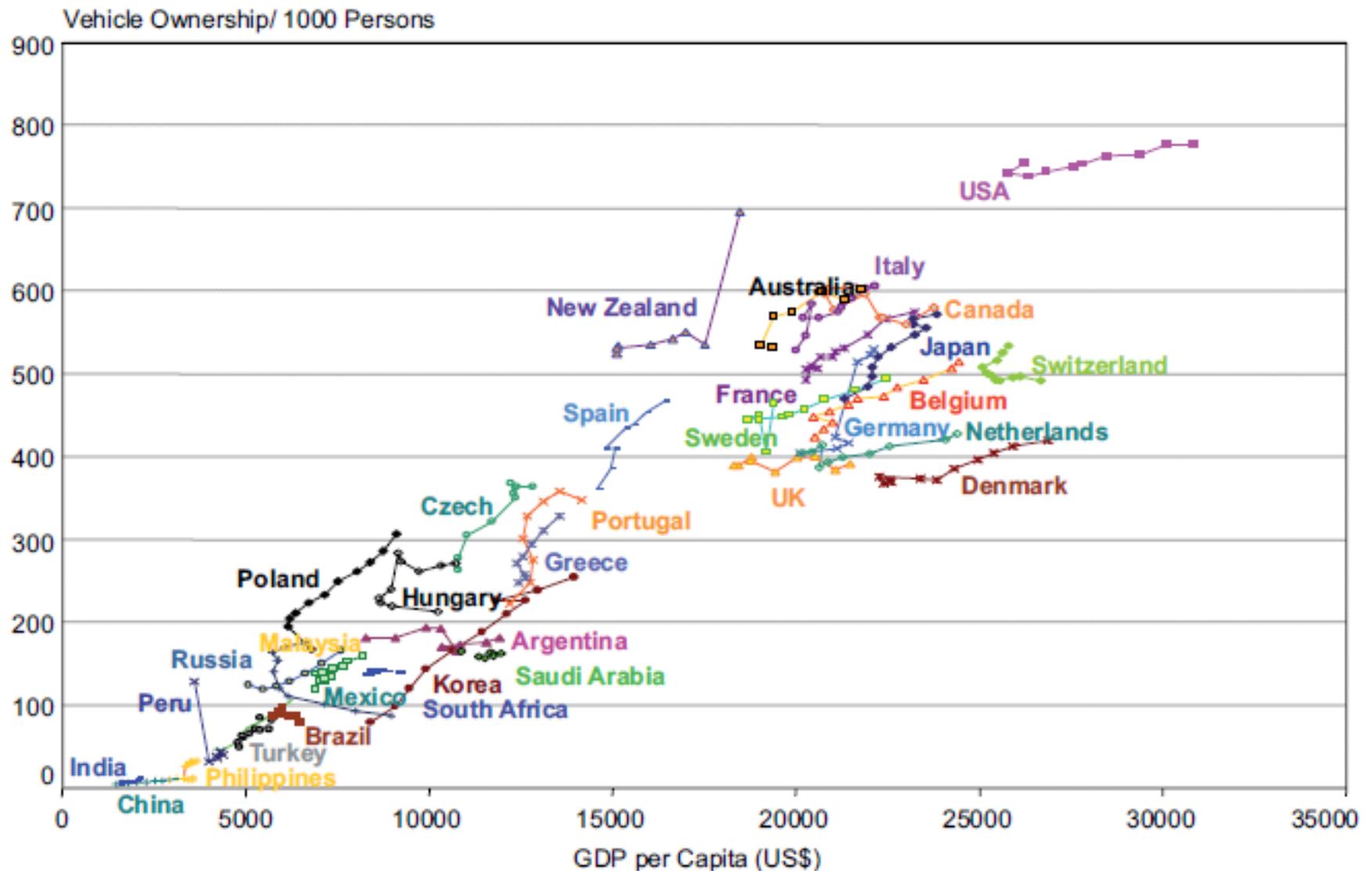
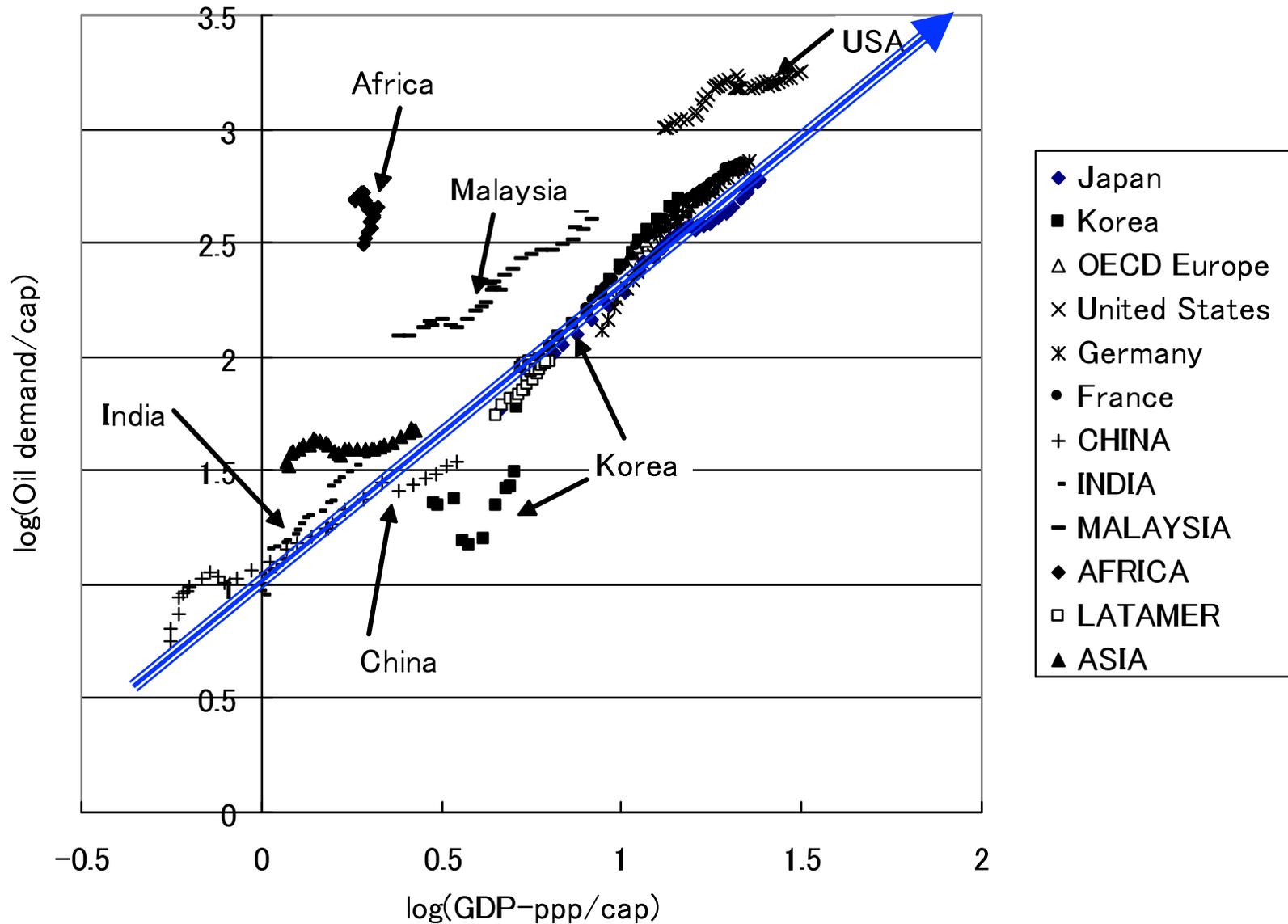


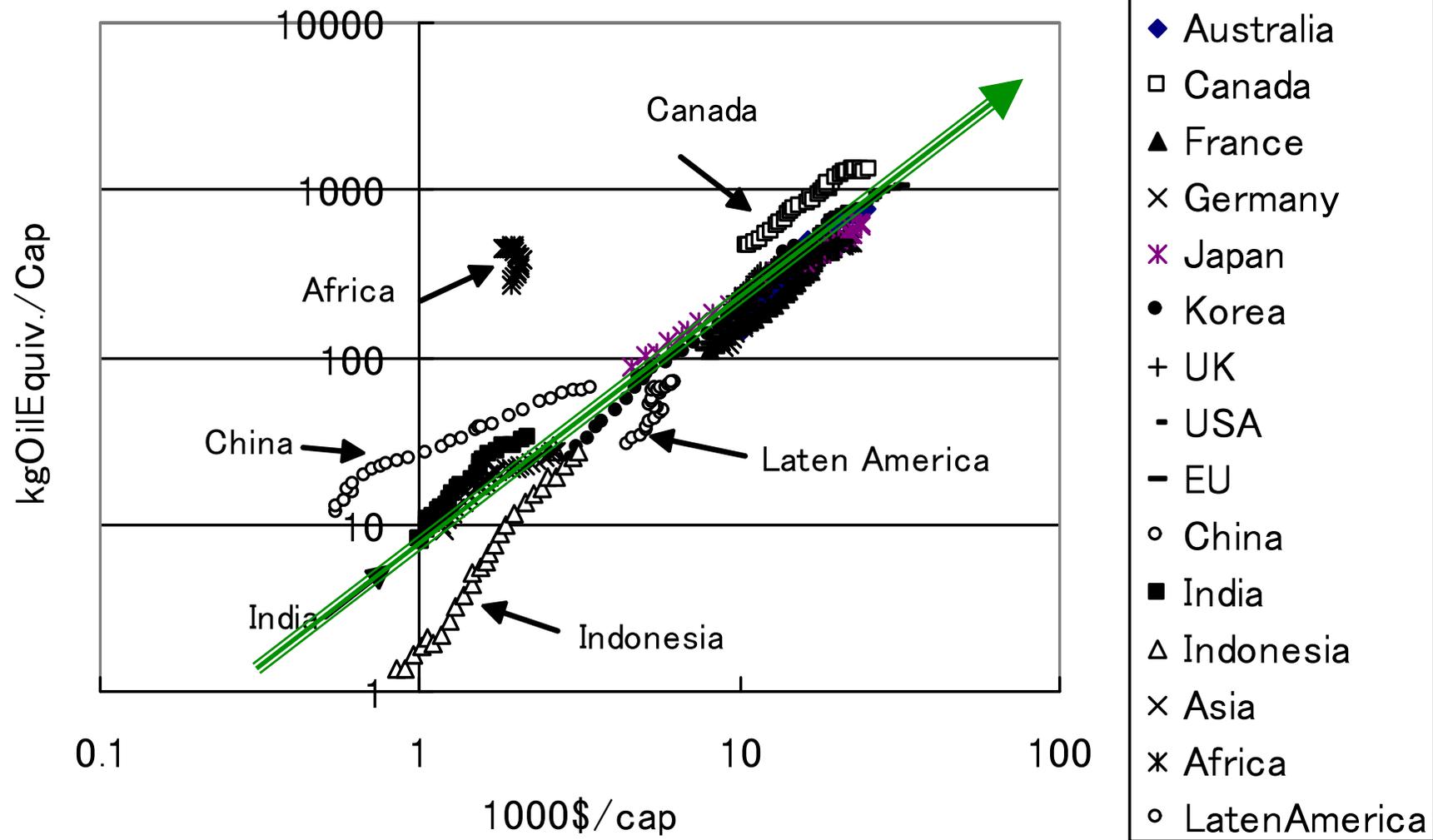
Figure 5.2: Vehicle ownership as a function of per capita income
 Note: plotted years vary by country depending on data availability.
 Data source: World Bank, 2004.

世界の自動車保有率(1000人当たり台)の推移 IPCC-AR4-WG3-Chap.5



世界主要地域の一人あたりGDP-PPP値と一人あたり輸送用石油製品需要の関係
 Per capita GDP-PPP in major regions vs. per capita transportation fuel consumption

GDP(ppp)/Cap vs. Elec./Cap

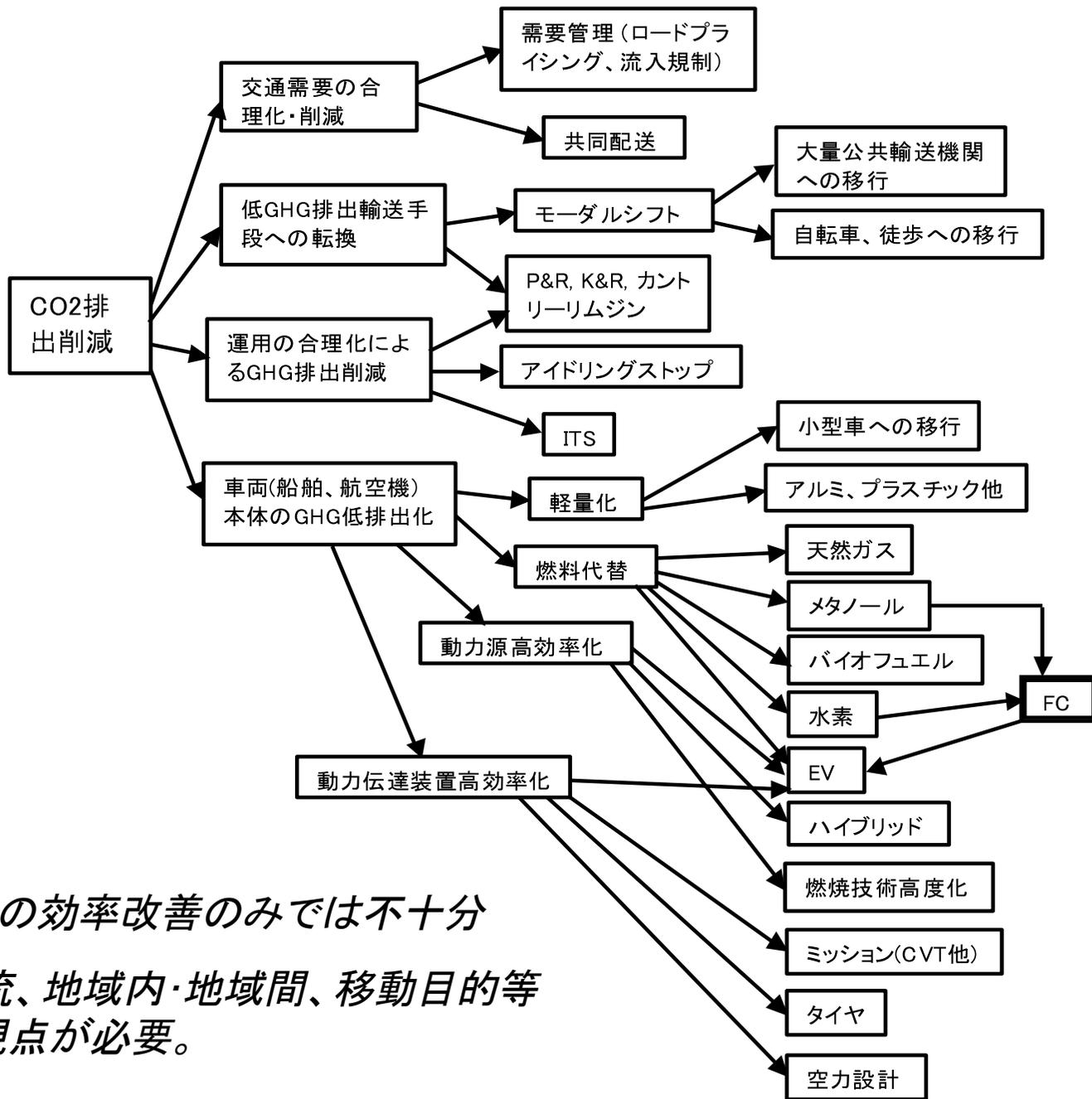


世界主要地域の一人あたりGDP-PPP値と一人あたり電力需要の関係

Per capita GDP-PPP in major regions vs. per capita electric power consumption

将来自動車技術の可能性

- 燃費の向上 → 現行エンジンの改良
→ ハイブリッド自動車
- 燃料の代替 → 石油起源燃料から合成燃料、
水素への移行
- 異なるエネルギー源への移行
→ 電気自動車
- 運用の効率化 → 共同配送、ITSなど
→ これらの手段は必ずしも競合しない。



- 車両本体の効率改善のみでは不十分
- 人流・物流、地域内・地域間、移動目的等多面的な視点が必要。

輸送部門(自動車を中心)のCO2排出削減対策の階層図

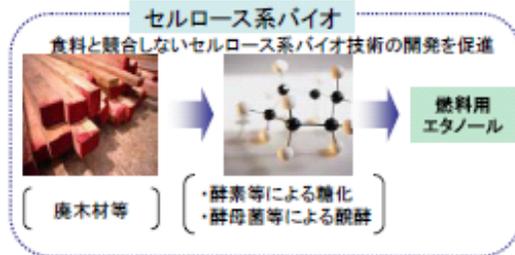
次世代自動車燃料イニシアティブについて ～エネルギー・安価・環境保全・競争力強化の同時達成～

1. バイオ燃料

1. バイオ燃料

バイオ燃料 → ガソリンと混合するバイオエタノール、軽油と混合するバイオディーゼルの2種類

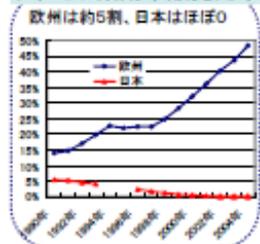
- <バイオエタノール>
- サトウキビ、トウモロコシなどの糖分を発酵させて作られるエタノール燃料
 - 食料と競合することから、コスト、安定供給に課題
 - 中長期的には廃木材や稲わらなどを原料とするセルロース系バイオの技術開発が重要
- <バイオディーゼル>
- 菜種油、パーム油などの植物油を合成して作られる燃料
 - 酸化(腐敗)することから、将来的には水素化技術の実用化が重要



2. クリーンディーゼル

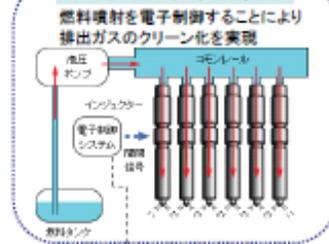
- クリーンディーゼル乗用車はガソリン車と比べ燃費が約2割良く、世界で最もクリーンな我が国の軽油の利点が活きる
- GTLなど多様な燃料の受け皿としても重要

ディーゼル乗用車販売比率



※GTL:天然ガスからの合成で製造される燃料

コモンレールシステム



2. クリーンディーゼル

3. バッテリー次世代化

3. バッテリー次世代化

- バッテリーの次世代化により自動車の可能性は広がる
次世代自動車用電池開発プロジェクト
H19年度要求 50億円

	改良型電池 (2010年)	先進型電池 (2015年)	革新的電池 (2030年)
電池の性能目標	1	1.5倍	7倍
電池のコスト目標	1/2倍	1/7倍	1/40倍

電池の性能目標
電池のコスト目標

改良型電池 (2010年): 営業用小型電気自動車
先進型電池 (2015年): 家庭用小型電気自動車, プラグインハイブリッド自動車
革新的電池 (2030年): 本格的電気自動車

～プラグイン・ハイブリッド自動車とは～
通勤・通学は電気中心で走行
・普段は主に電気を利用することにより石油消費を大幅に削減。
週末は遠出も可能
・ガソリンでも走行が可能であるため、遠出も可能。

バッテリーの次世代化(電池の性能向上)

4. 燃料電池・水素社会

- 「炭素のサイクル」から「水のサイクル」へ移行する「水素社会」の鍵となる燃料電池開発を強力に推進



水素供給



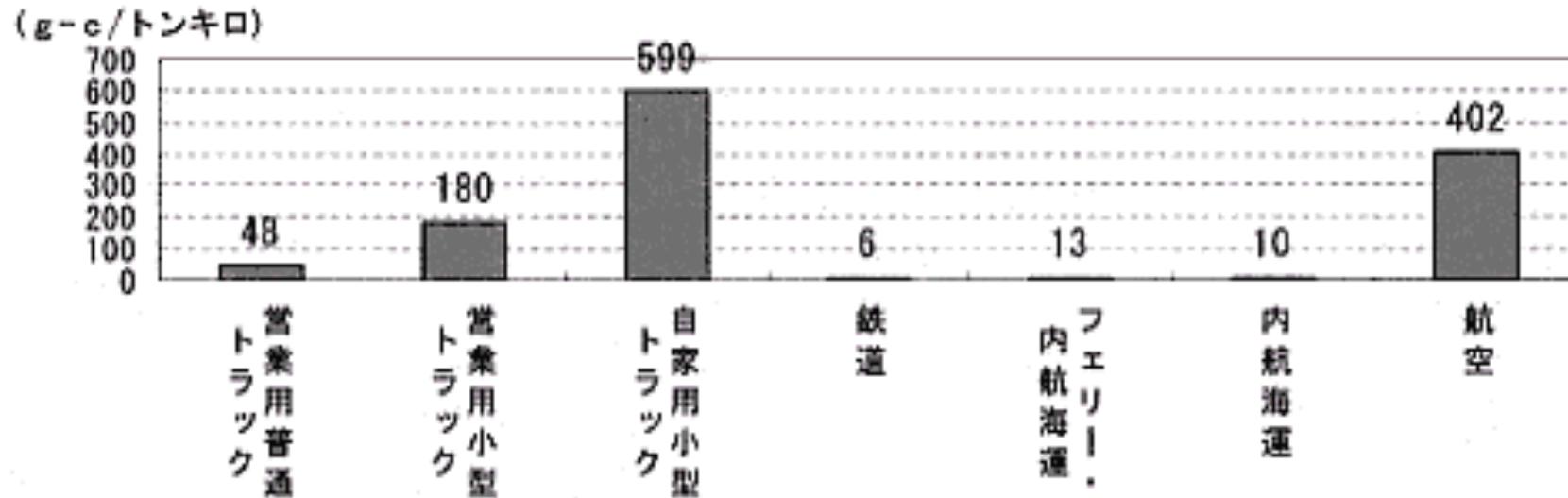
水素自動車は燃料電池・水素社会へのつなぎ手として重要。

水素自動車

- ガソリンなどの化石燃料の代わりに水素を燃焼させて動力とするもの。
- ほぼ水しか排出しないため、排出ガスは非常にクリーン。



貨物輸送における手段別炭素排出量比較



- ・運輸部門の削減は、いずれの国でも困難。
- ・人流、物流とも自動車からのマス輸送には、簡単には変更が難しい。
- ・輸送機器、道路の拡幅等はリバウンドを呼び起こしやすい。
- ・ヨーロッパの一部都市のような統合化がどこまで可能か？

将来エネルギー源の可能性

- 非在来型石油・石炭液化など合成燃料
→ 資源量は莫大。技術は確立されている
温暖化抑制には寄与しない。
- バイオマス燃料
→ 潜在的資源量は大きい。
それ自体は温暖化を引き起こさない。
- 水素
→ 水素製造の原料は多種多様。燃料電池電気自動車の高いエネルギー効率。実用・普及にはもう少し時間が必要

バイオマス燃料

- 穀物、キャッサバ、パームオイル、サトウキビなどデンプンや糖分を起源とする燃料合成
→ エタノール
- 木・草・穀物の葉や茎からの燃料合成
→ 糖化してエタノール合成や熱分解・ガス化
- 野菜くず、食品ごみ、畜糞、下水汚泥など
→ メタン発酵

木質系・廃棄物系バイオマス利用

- 木質系：量は大きいが密度は低い
→ 人手による収集コストがかかる
→ 残渣利用に課題

人手＝エネルギー・環境負荷ではない。新しい社会システムのもとでは可能性大

- 廃棄物系：密度はさらに低い。
化石燃料大体資源と言うより、地域不要物の効率的処理あるいは有効利用方策

穀物起源バイオマス燃料

- (+) 技術的には確立されている
- (+) 農業振興策の一手段
- (+) 穀物生産のノウハウには長い蓄積がある

- (-) 「食糧を自動車に食わせる」
- (-) 世界にある飢餓人口と分配の不公平
- (-) 先進国の「事業化」が途上国に「穀物は燃料生産でビジネスになる」というメッセージを送ることによる市場のかく乱
- (-) 長期的な人口増加に食糧生産が追いつくか

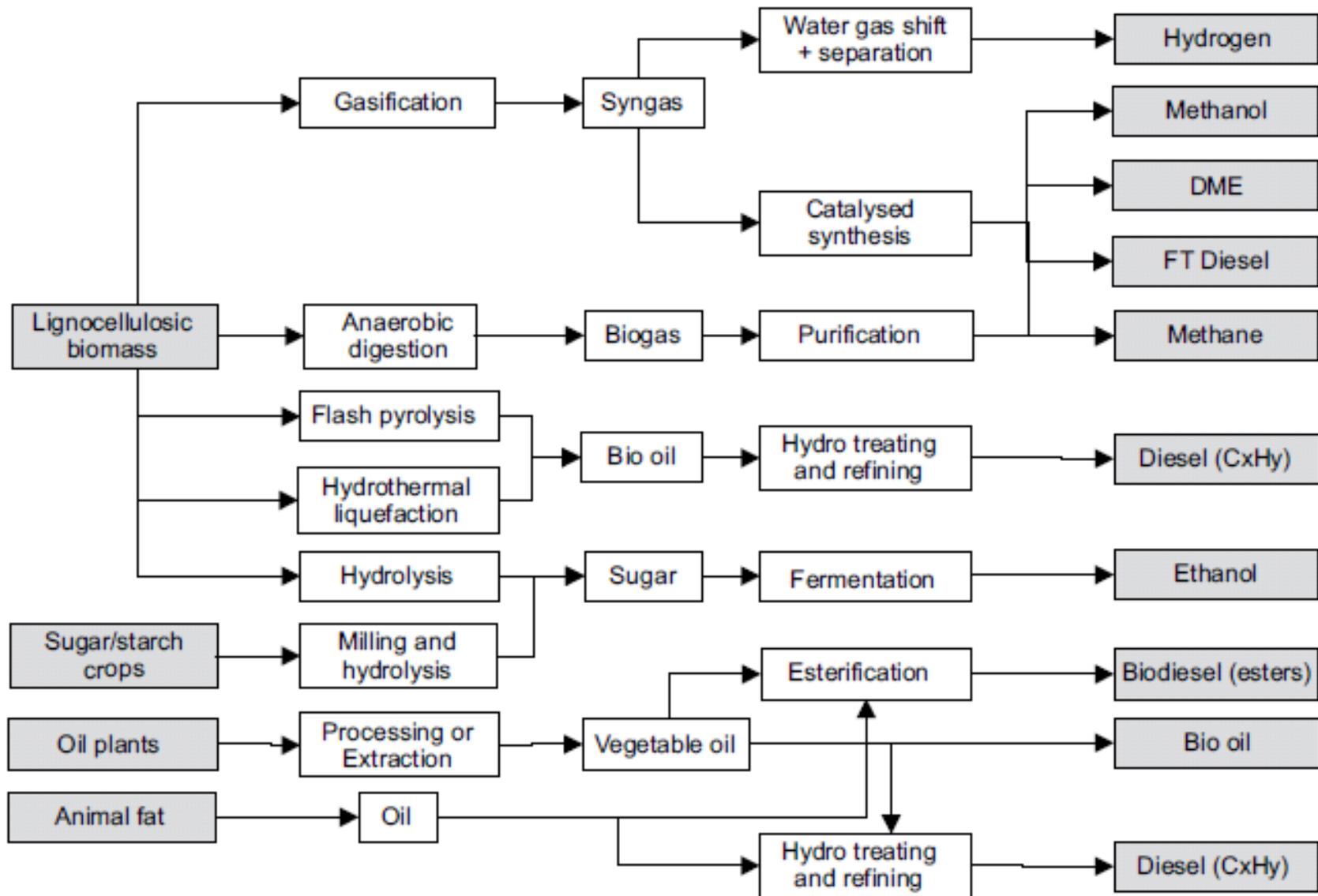
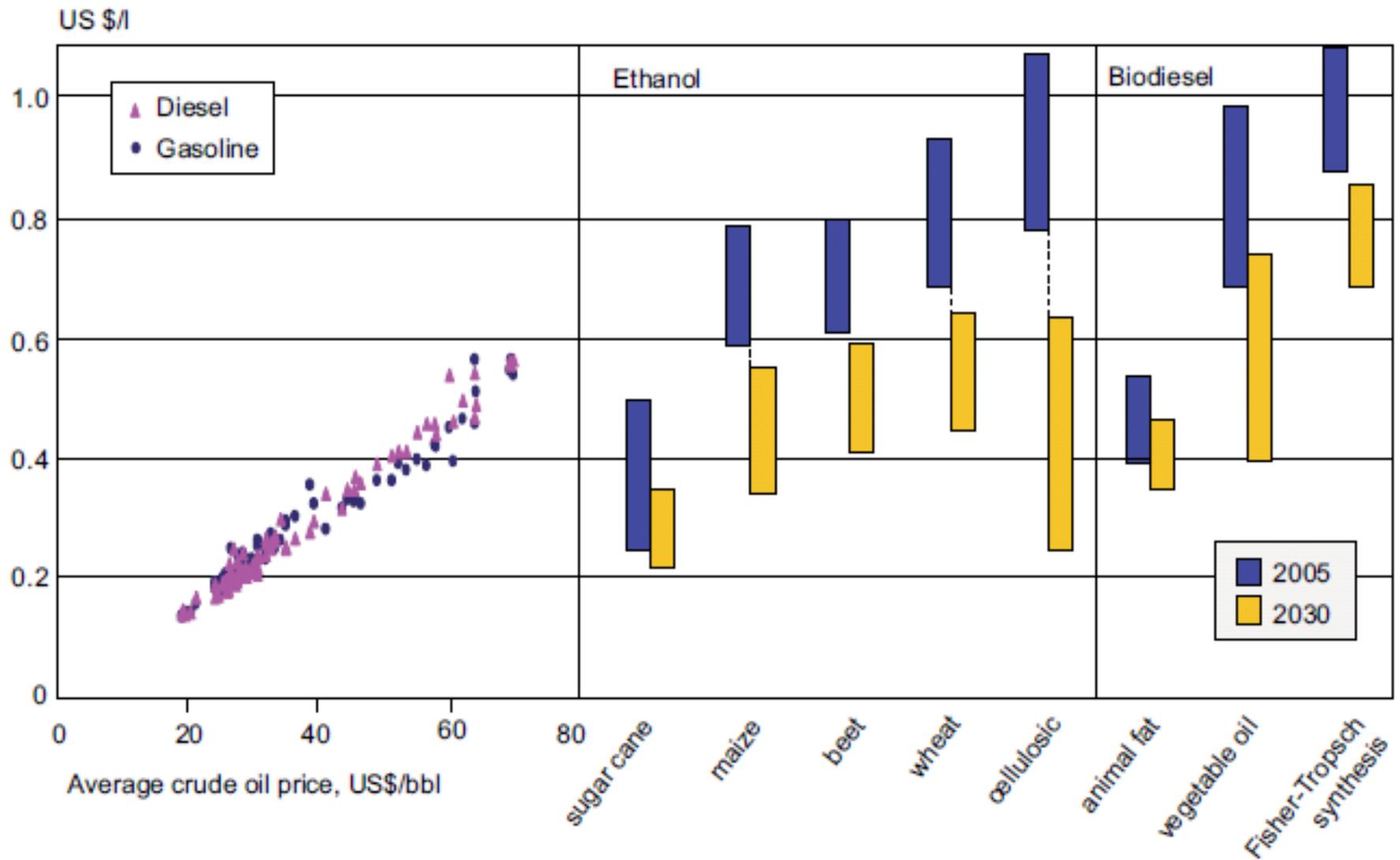


Figure 5.8: Overview of conversion routes from crops to biofuels

Source: Adapted from Hamelinck and Faaij, 2006.

バイオ燃料の合成フロー, Hamelinck and Faaij, 2006 IPCC-AR4-Chap.5



バイオ系燃料のコスト比較と石油価格の分布

ディーゼルエンジンの可能性

- 中距離・長距離輸送には内燃機関の技術とインフラがなお現実的。
- ディーゼルエンジンには軽油のほか、DMEやGTLなどBDF以外にも燃料の多様性がある。
- 環境と効率の両立のための技術開発には、エンジン、燃料双方からまだ余地があるのではないか。
- 改良の余地が残る間、EVの出番は遅れるかもしれない。

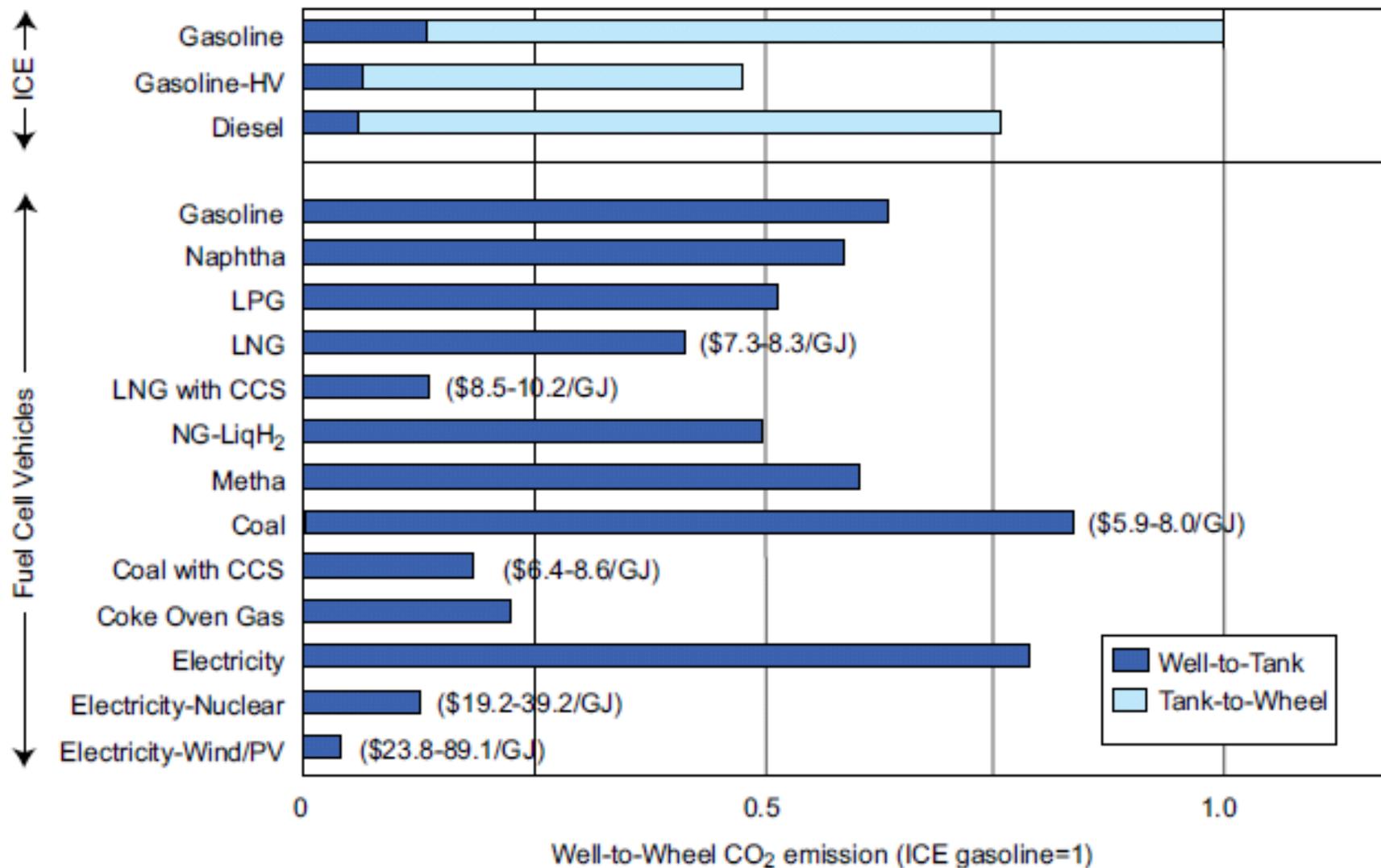


Figure 5.11: Well-to-wheel CO₂ emission for major pathways of hydrogen with some estimates of hydrogen production cost (numbers in parentheses)

Source: Toyota/Mizuho, 2004; NRC/NAE, 2004.

Well-to-Wheel CO₂排出の比較(ガソリンエンジン=1)とコスト IPCC-AR4-

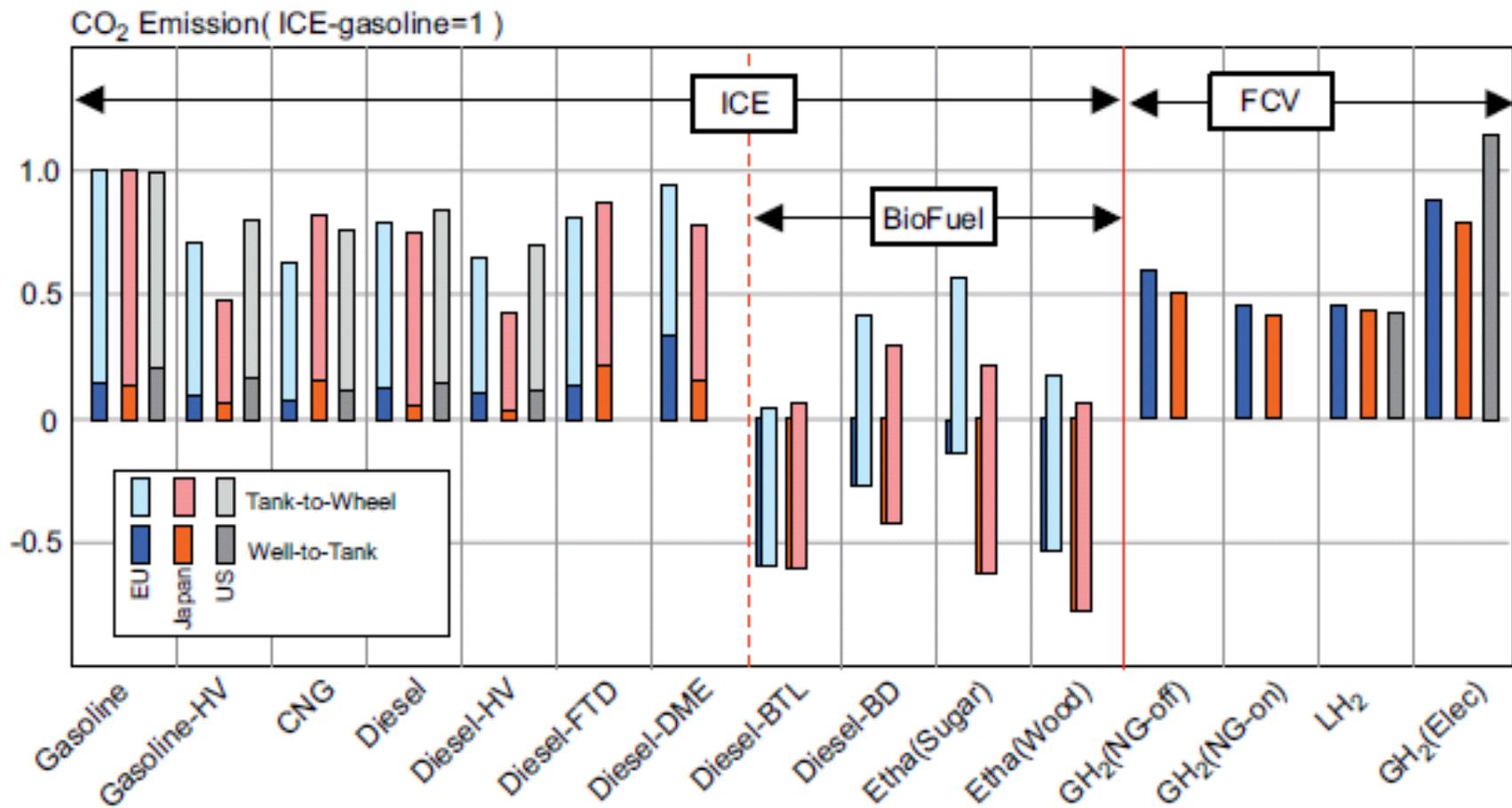


Figure 5.12: Comparison of three studies on Well-to-wheels CO₂ emission analyses

Note: See text for an explanation of the legend. All the results are normalized by the value of ICE-G (gasoline).

Source: EUCAR/CONCAWE/JRC, 2006; GM/ANL, 2005; Toyota/Mizuho, 2004.

Well-to-Whell CO₂ ライフサイクル排出比較 IPCC-AR4-Chap5

各種燃料種別のWell-to-Whell CO2削減率と課題

Table 5.3: Reduction of Well-to-wheels GHG emissions for various drive train/fuel combinations

		Drive train/Fuel	GHG reduction (%)	Barriers	
ICE	Fossil fuel	Gasoline (2010)	12-16		
		Diesel	16-24	Emissions (NO _x , PM)	
		CNG	15-25	Infrastructure, storage	
		G-HEV	20-52	Cost, battery	
		D-HEV	29-57	Cost	
	Biofuel	Ethanol-Cereal	30-65	Cost, availability (biomass, land), competition with food	
		Ethanol-Sugar	79-87		
		Biodiesel	47-78		
		Advanced biofuel (cellulosic ethanol)	70-95	Technology, cost, environmental impact, competition with usage of other sectors	
	H ₂	H ₂ -ICE	6-16	H2 storage, cost	
				Cost, infrastructure, deregulation	
	FCV		FCEV	43-59	Technology (stack, storage), cost, durability
			FCEV+H ₂ ccs	78-86	
FCEV+RE-H ₂			89-99		

Source: EUCAR/CONCAWE/JRC, 2006, GM/ANL, 2005 and Toyota/Mizuho (2004).

EVとICVの要素比較

	ICV	EV
動力	エンジン(部品数、重量とも大)	モータ(シンプル。永久磁石型では材料の問題)
動力伝達装置	必須	不要。ただし現在は装備
動力制御	メカ+電子制御	インバータ+電子制御
排気ガス対策	複雑	不要
エネルギー貯蔵	燃料タンク	電池(材料の問題)

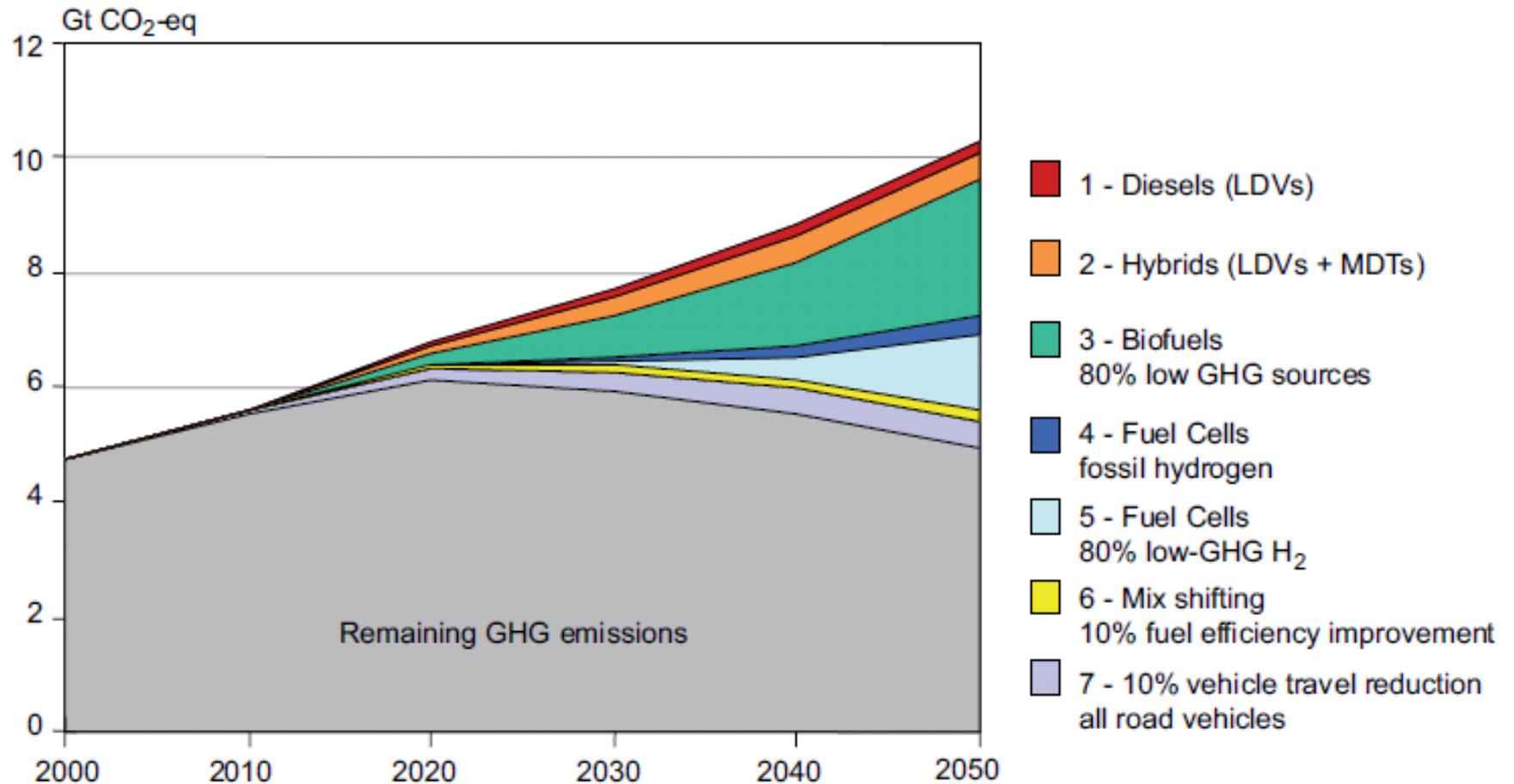


Figure 5.15: The effect of a scenario postulating the market penetration of all technologies

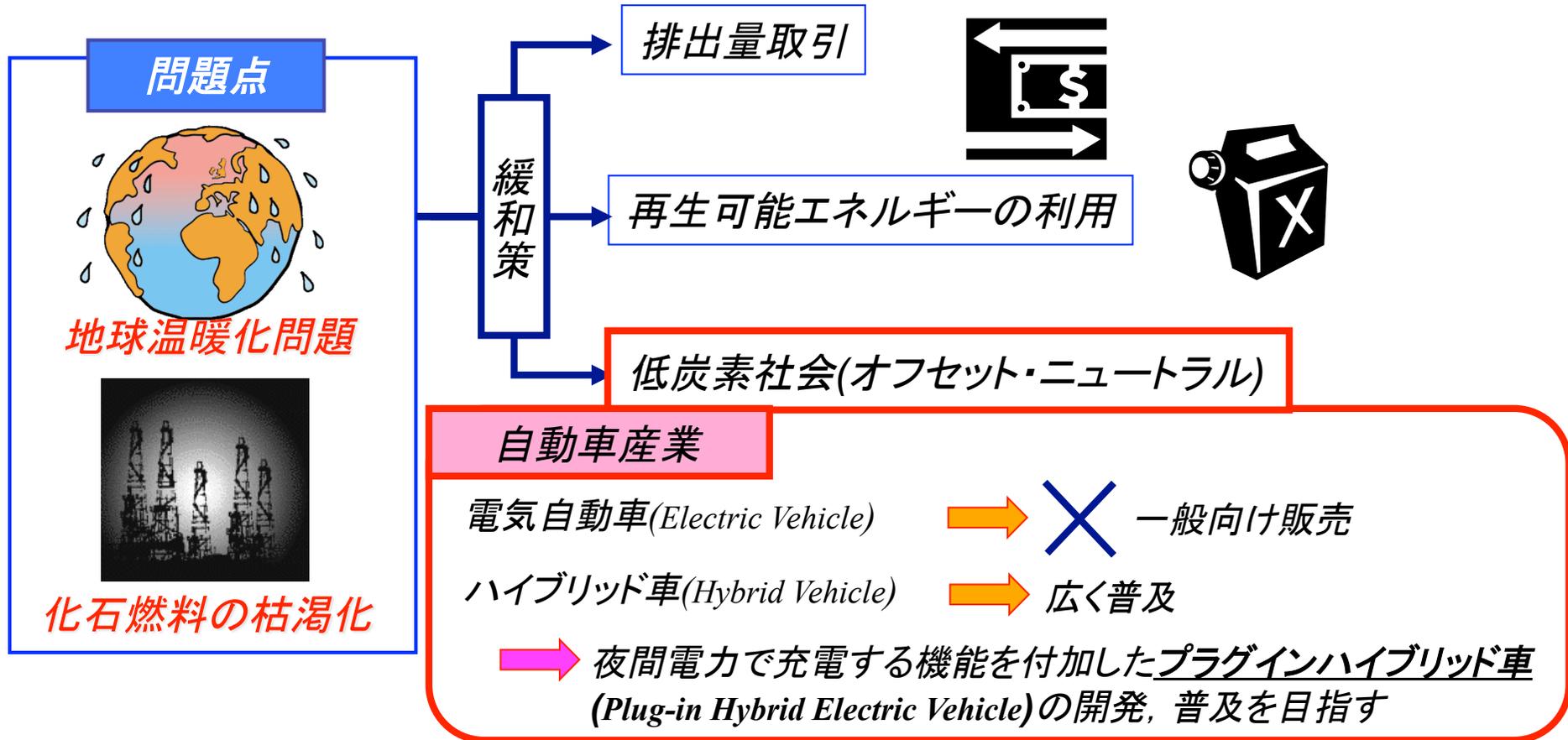
Source: WBCSD, 2004a.

世界CO₂排出と削減シナリオ (IPCC-AR4-Chap5)

道路の省エネ

- 自動車の将来ではなく、交通システムの将来と考える。人流と物流、都市間と都市内、鉄道や船舶、航空との協調など効率化の手段はいろいろあるのではないか。
- 物流の共同配送、ICT活用による運用の効率化の事例が報告されている。
- 混雑税、ロードプライシングは道路増強→混雑増加の循環への対策となりうる。しかし代替手段のない地域では単なるサービス低下にしかない。
- 地域に必要な交通と交通システムの中に自動車技術を位置づけると、5人乗り自家用車を中心とする既存システム以外のシステムのあり方をさぐるべき。

わが国のEV, PHEVの導入効果

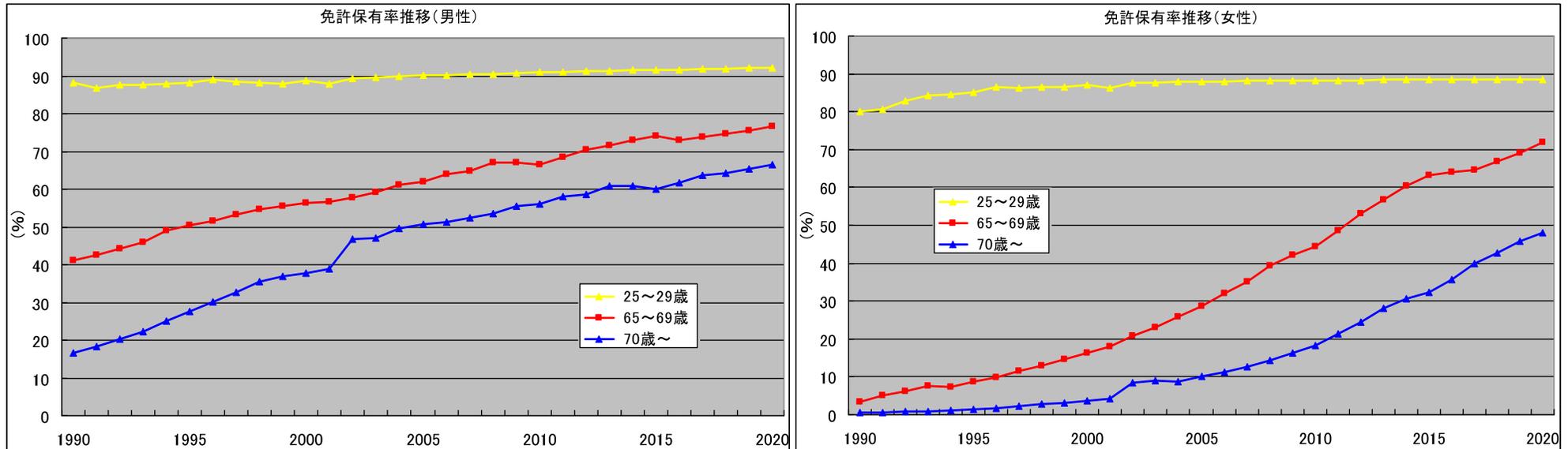


電動走行距離と電動車両普及予測を併せてCO₂削減効果を評価

東京電力との2007年度共同研究

「関東エリアにおける自動車電化ポテンシャルの将来予測と評価」

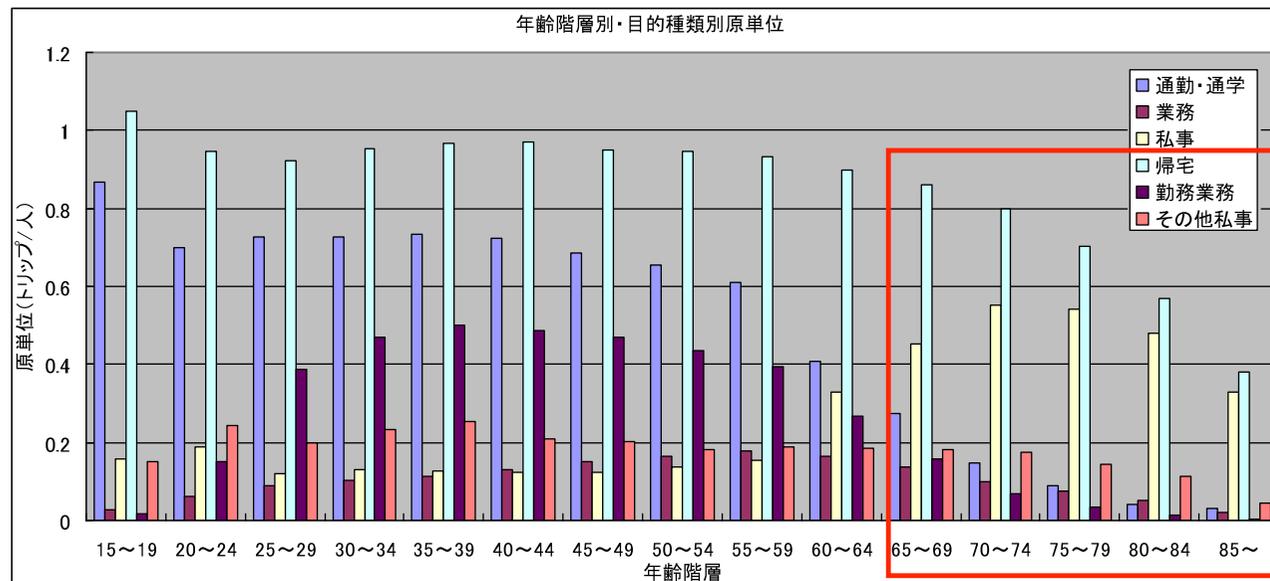
免許保有率将来予測



若い年齢層はほぼ安定的であるが、高齢者の伸び率は大きい

高齢者の免許保有率の急激な増加

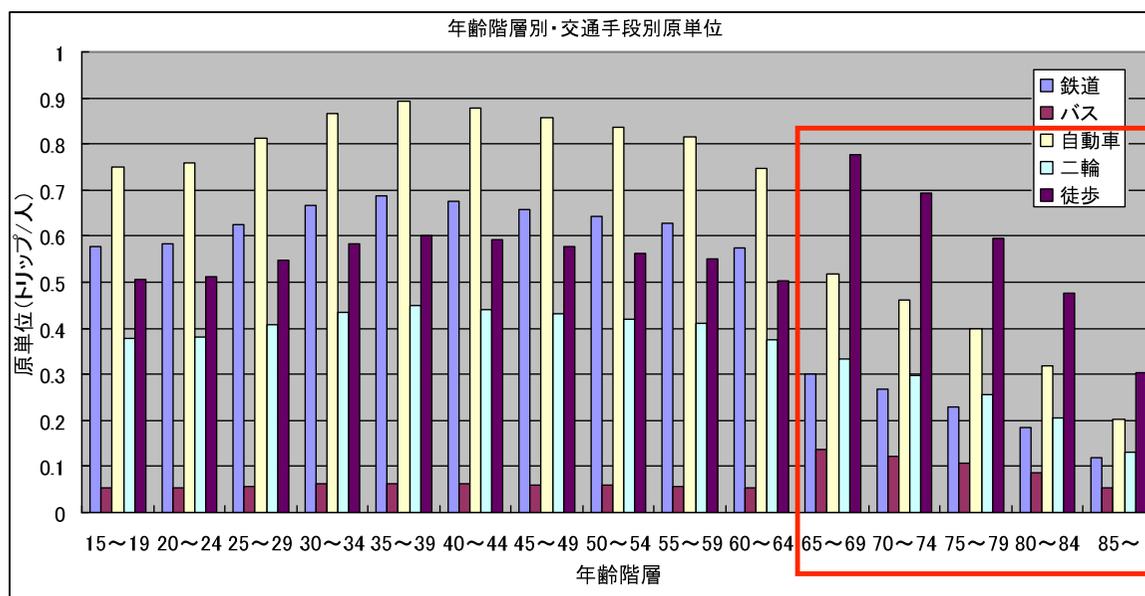
高齢者による自動車利用の現状



私事でのトリップが多い



高齢者も活発に移動



徒歩の割合が多い

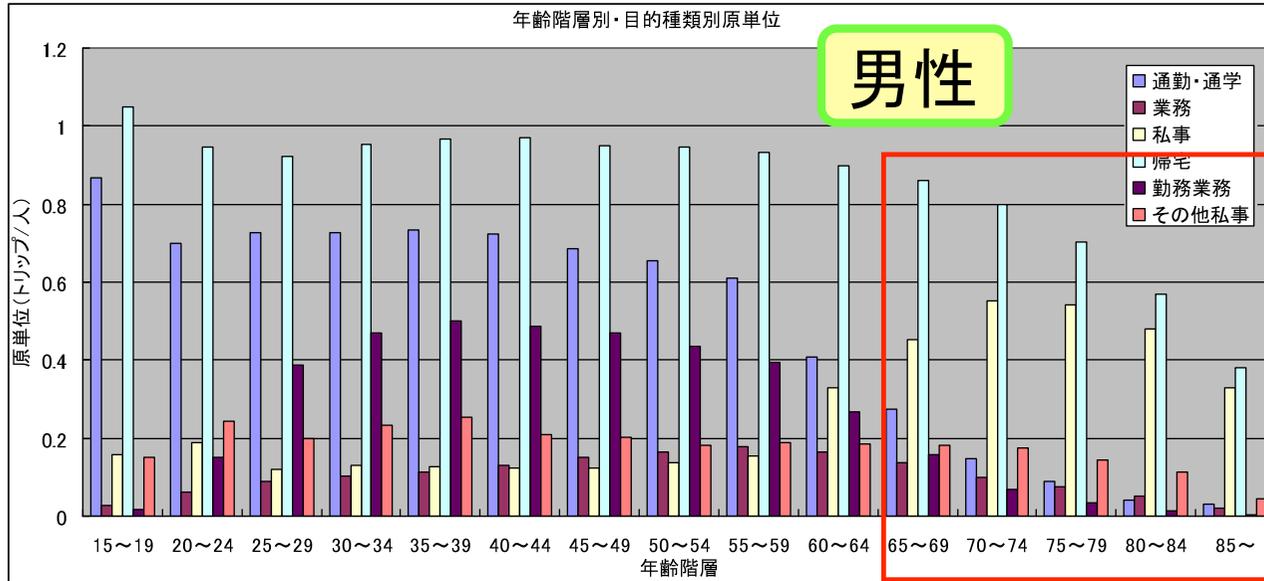
しかし

自動車利用も多い

出典：東京都市圏PT調査

移動目的の現状

年齢階層別・目的種類別の移動目的



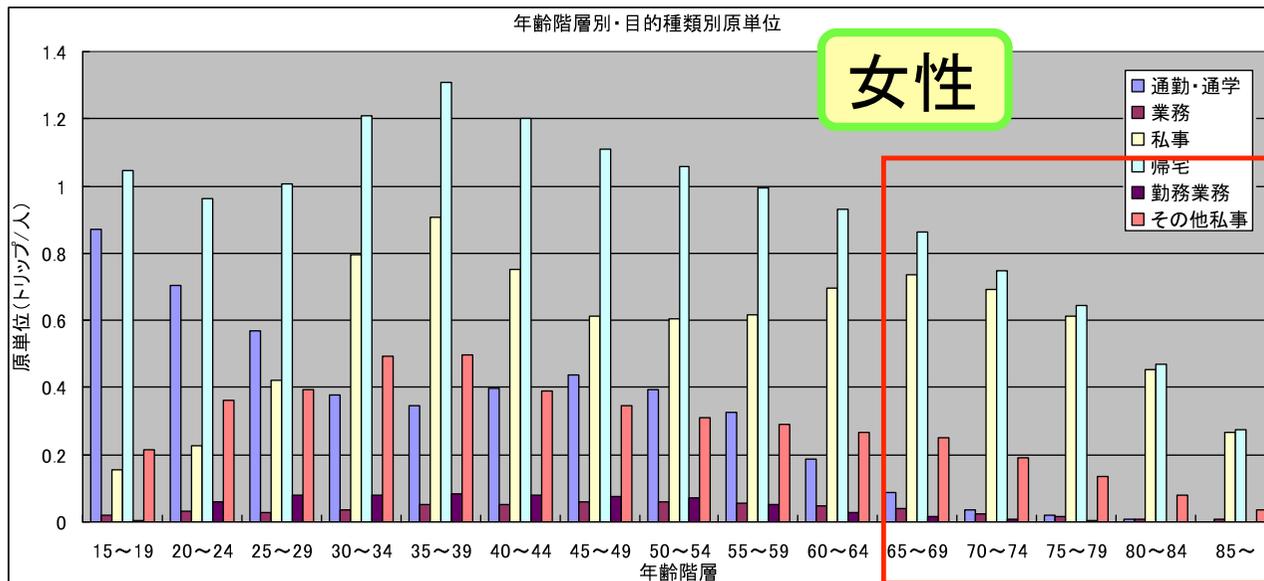
私事でのトリップが多い



高齢者も活発に移動



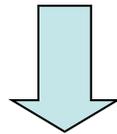
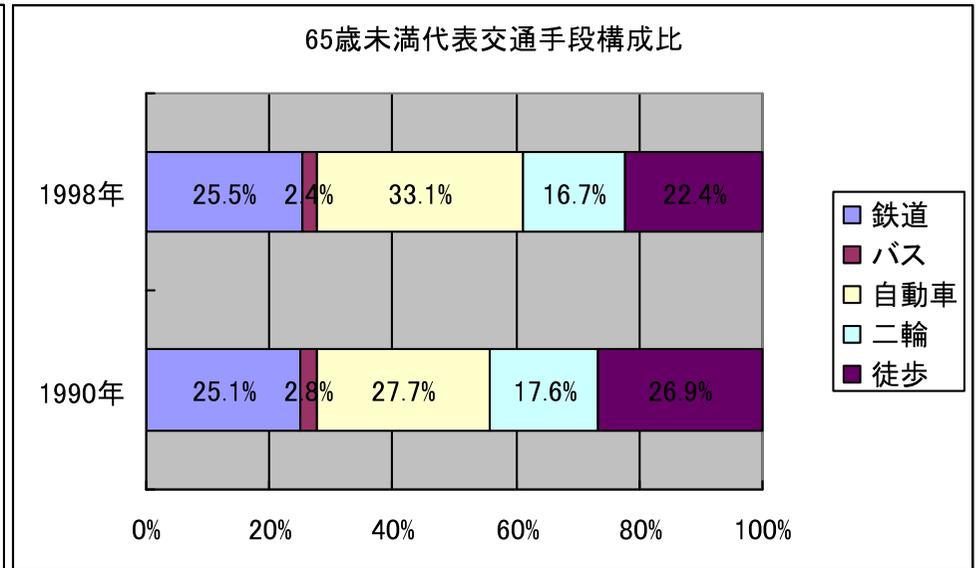
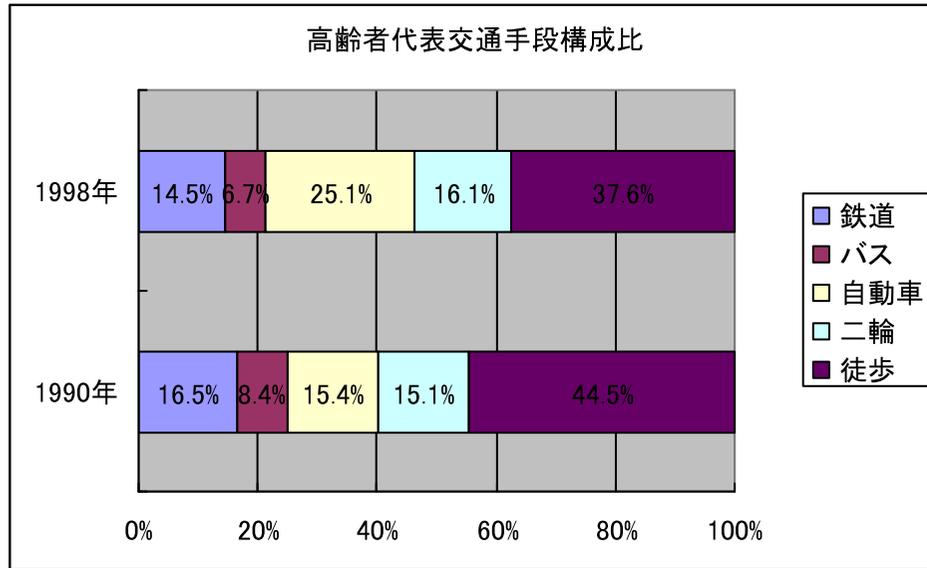
自動車利用機会の拡大



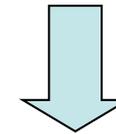
出典：東京都市圏PT調査

代表交通手段構成比

優先順位：鉄道→バス→自動車→二輪車→徒歩



徒歩、鉄道の割合が減少し、
自動車の割合が大幅に増加



徒歩の割合が減少し、自動車の割合が増加

免許保有率の増加が原因

東京電力によるWebアンケートを元に、PIHVの導入ポテンシャルとCO₂削減ポテンシャルを持つかを評価

CO₂削減量評価

Webアンケート結果を元に、平均走行距離を推計し、ガソリン走行の場合と電力走行の場合のCO₂排出量を比較

導入ポテンシャル評価

Webアンケート結果を元に、価格差ごとの導入ポテンシャルを求めるモデル式を定式化

CO₂削減ポテンシャルを評価

- ・評価対象エリアを住宅種別、家族類型別、など細分化
- ・既存の電源容量が、PHEVが普及した場合に必要な電力量を満たすか

対象エリアとWeb調査データの概要

調査目的

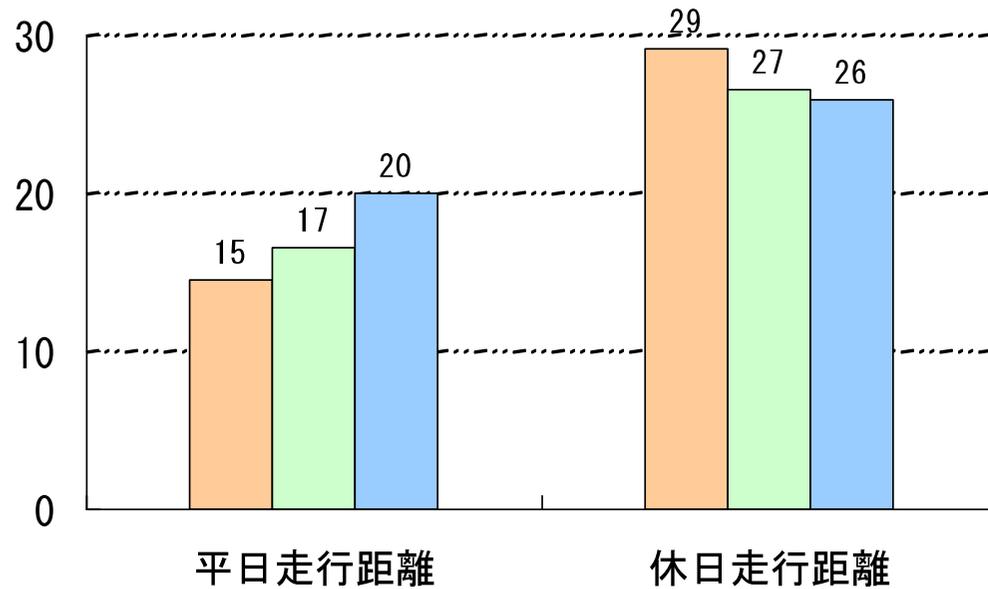
- ・これまで地域、世帯構成、住居種別による自家用車の走行実態に関する公開データがなく、電化ポテンシャル評価が困難。
- ・そこで関東エリアを主体としたアンケートを行い、運用走行実態、運転者の環境、コスト意識など、幅広い調査を実施。
- ・調査結果を反映し、PHEV普及量の推計と環境効果について試算。

集計結果

居住エリア	住居種別	1人世帯	2人以上の世帯				合計	(%)
		単身	夫婦のみ	夫婦と子	1人親と子	その他		
東京・神奈川	戸建	37	132	111	128	14	422	13.6
	集合	222	130	122	129	6	609	19.7
千葉・埼玉	戸建	90	129	112	129	17	477	15.4
	集合	168	132	124	129	1	554	17.9
茨城ほか	戸建	95	129	100	171	26	521	16.8
	集合	162	133	123	88	4	510	16.5
合計		774	785	692	774	68		
		(%)	25.0	25.4	22.4	25.0	2.2	

対象エリア別走行パターン

km/日



平日走行距離

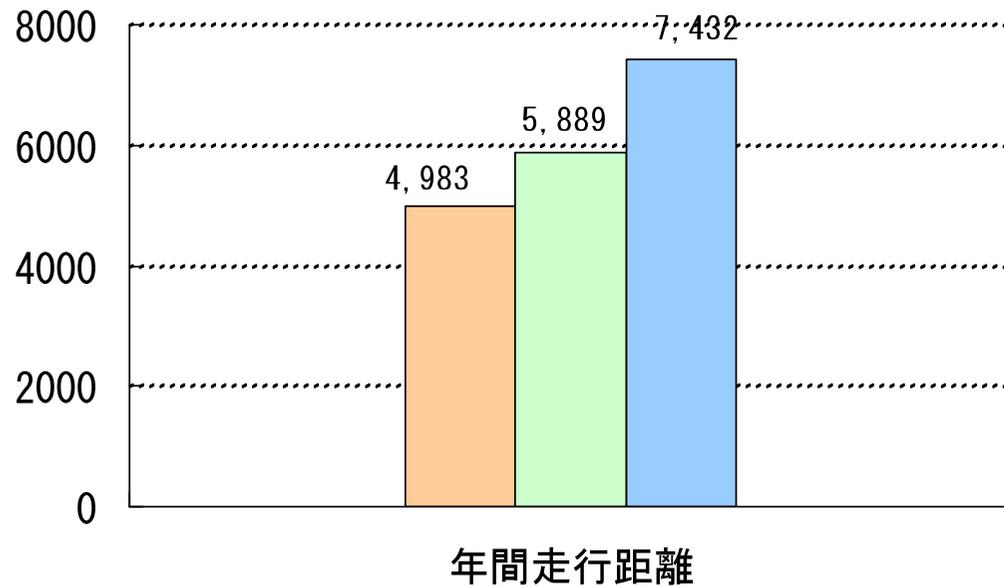
・・・地方ほど長くなる

休日走行距離

・・・都心ほど長くなる

- 東京・神奈川エリア
- 千葉・埼玉エリア
- 茨城ほかエリア

km/年



年間走行距離

・・・地方ほど長くなる

世帯構成・住居別走行パターン

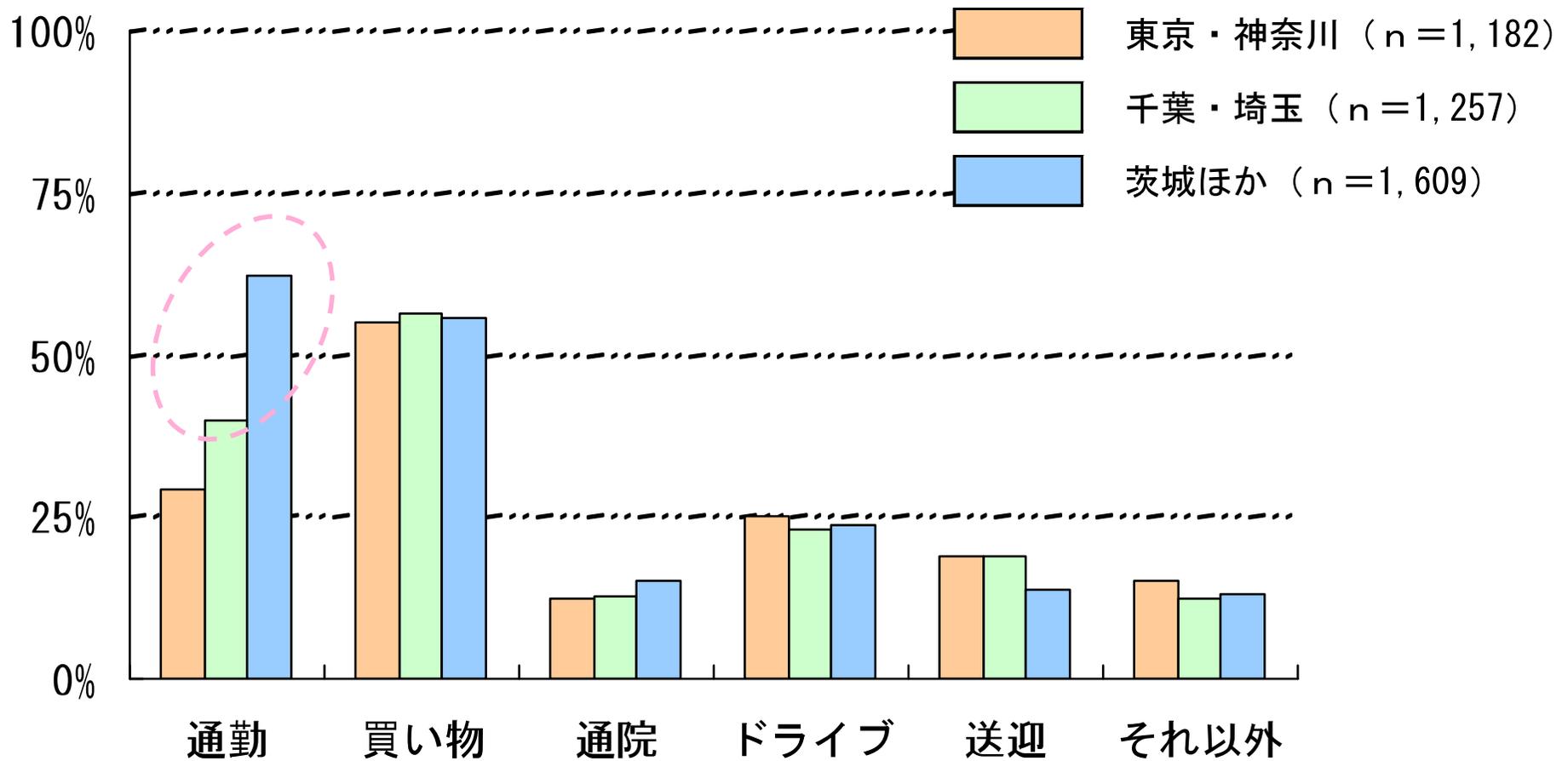
		平均走行距離 (km)		
		平日	休日	年間
世帯構成	単身	17.3	35.6	7,045
	夫婦のみ	17.7	29.5	6,471
	夫婦と子	16.4	24.1	5,878
	一人親と子	17.6	22.2	5,284
住居	戸建住宅	18.0	25.0	5,957
	集合住宅	16.6	29.3	6,760

「地方エリア」
 「単身世帯」
 「若年層, 45~54歳」
 「集合住宅」

← 年間走行距離 →
 長 短

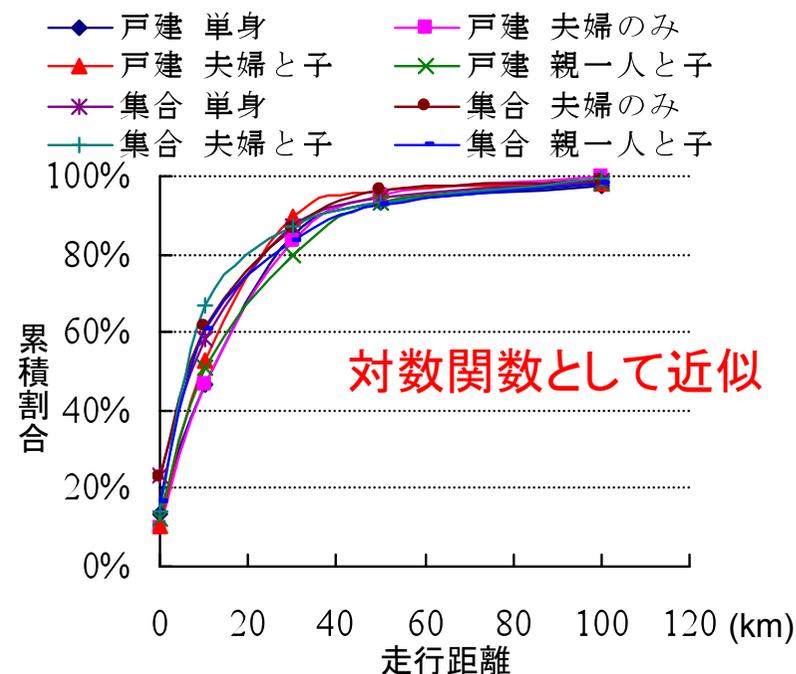
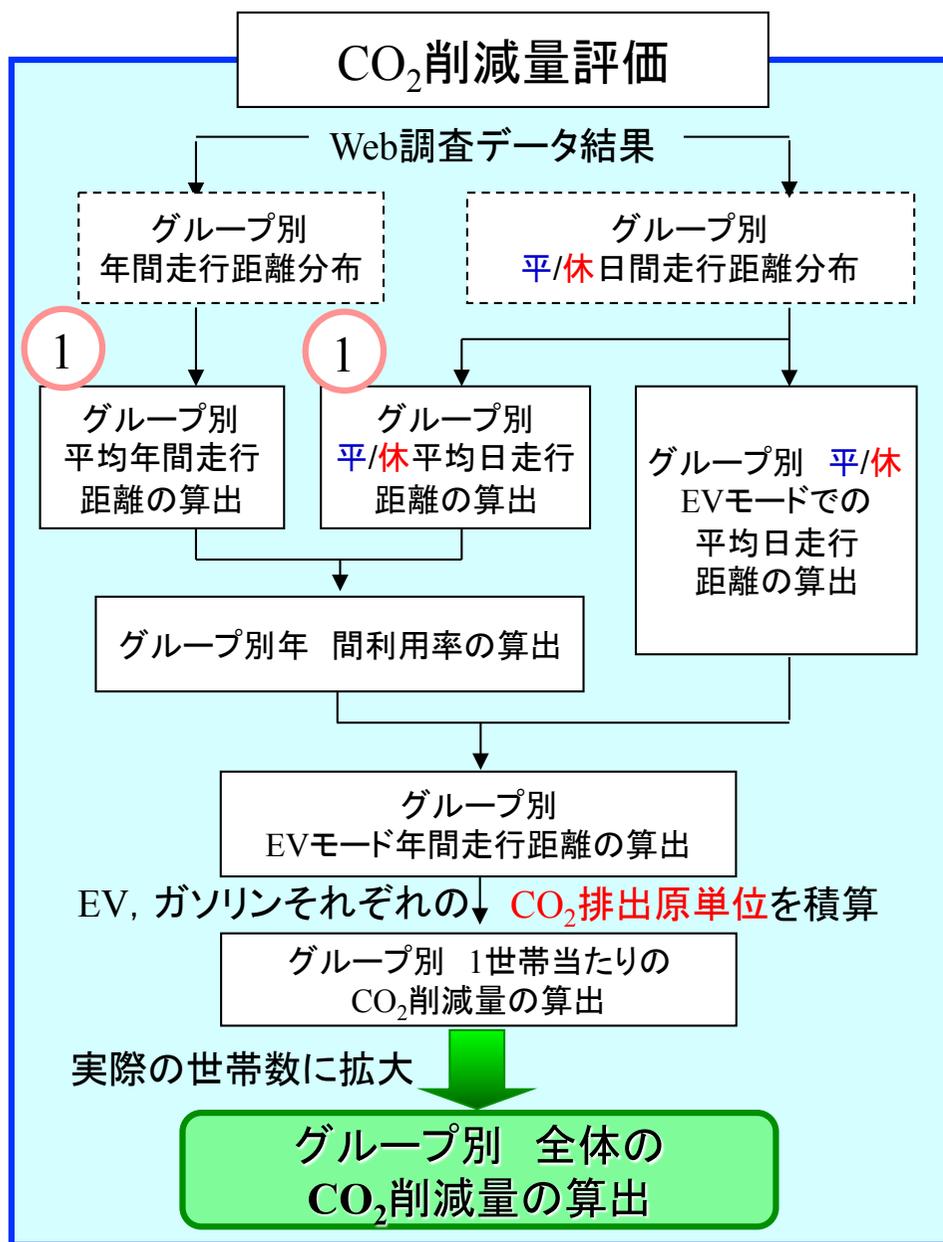
「都心エリア」
 「複数世帯」
 「55歳以上」
 「戸建住宅」

自動車の用途(平日)



地方ほど、通勤に自家用車を利用する割合が高い。

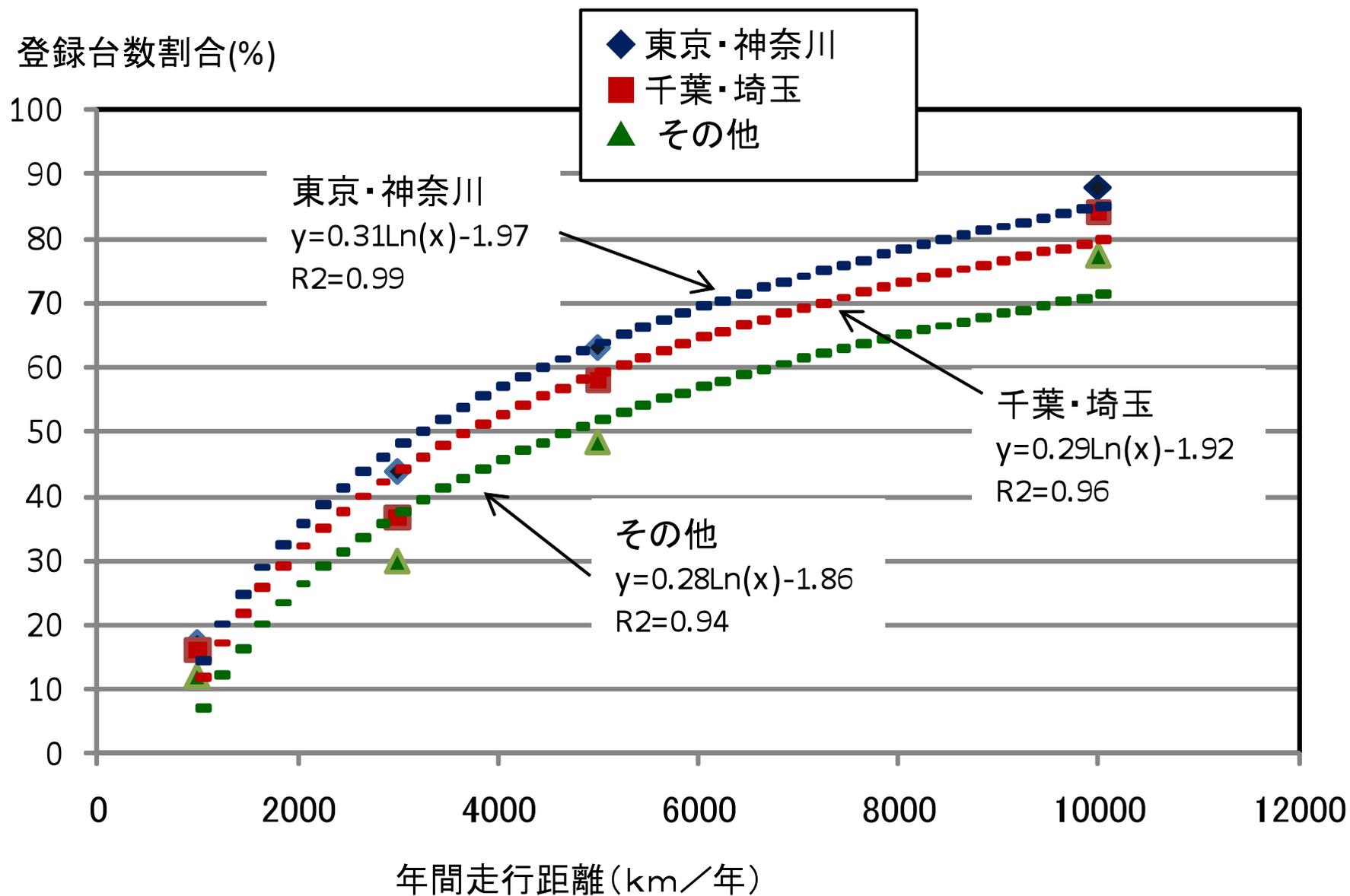
評価方法の説明



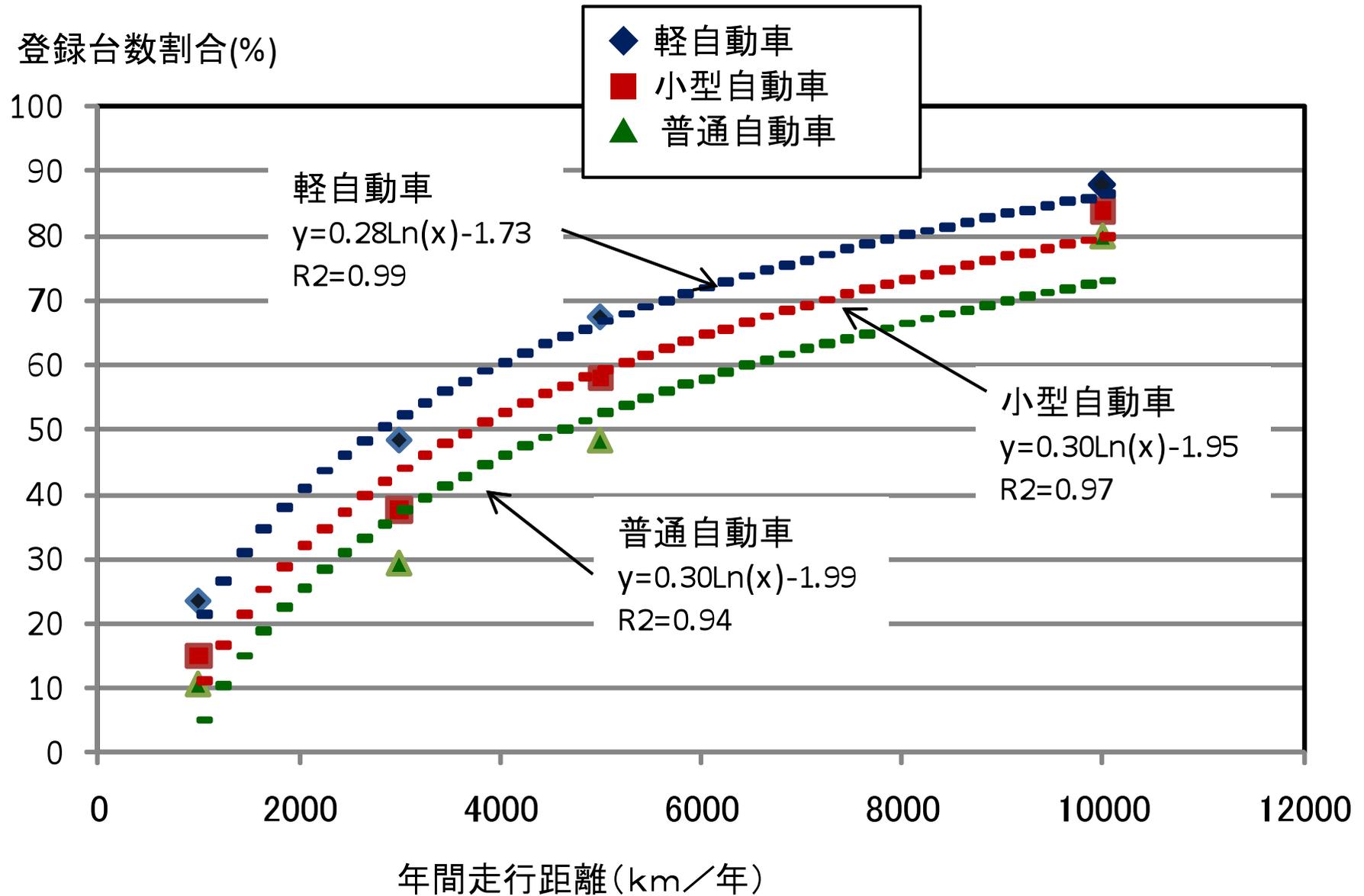
① 図2 千葉埼玉の走行距離分布例

$F(X) = a + b \ln(X)$ を当てはめて推計

エリア別平均年間総距離(結果例-1)

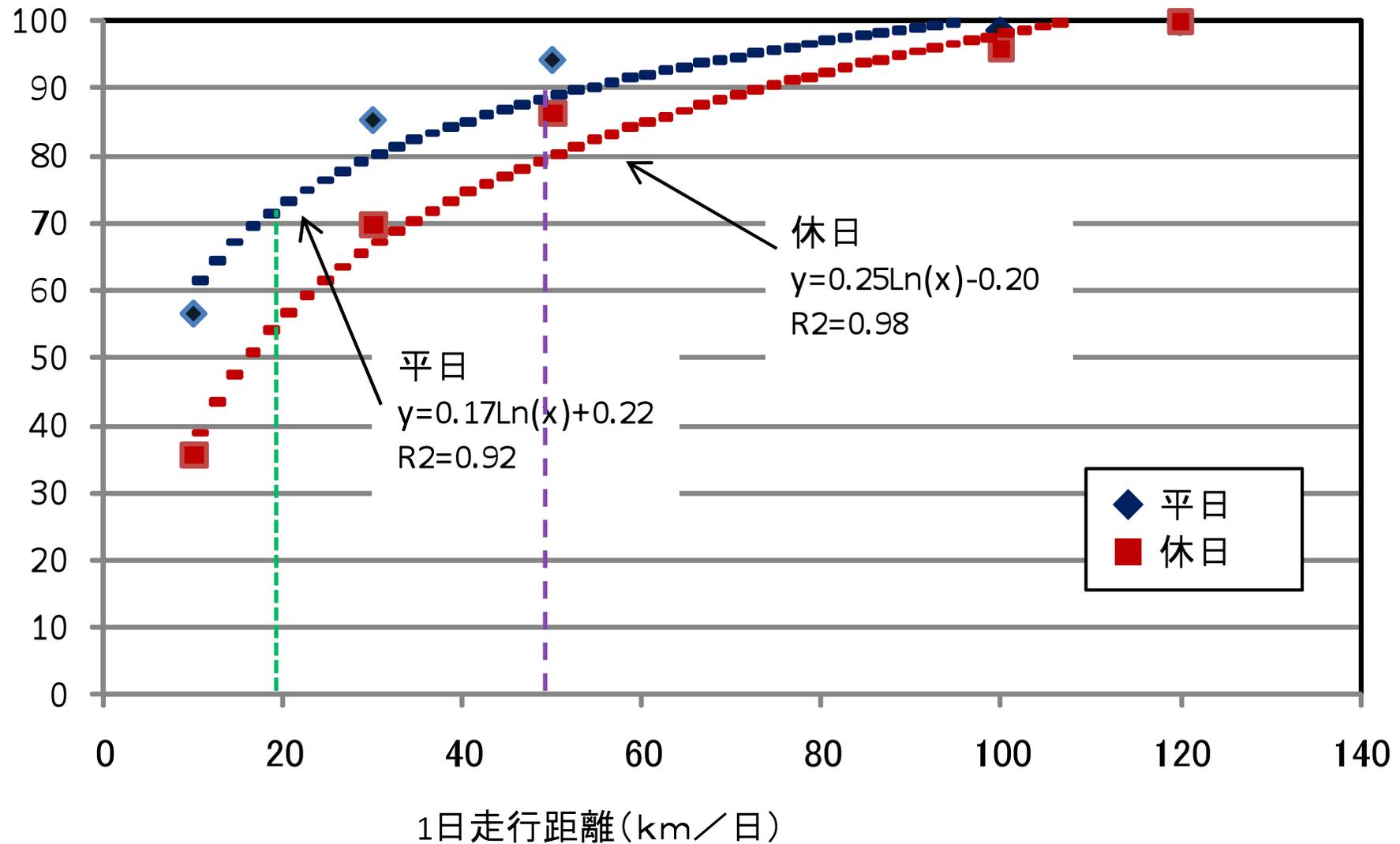


車両タイプ別平均年間走行距離の分布(結果例-2)



平日休日別平均日間走行距離の分布(結果例-3)

登録台数割合(%)



分析と評価の方法 (定式化)

① 1日あたりの平均走行距離が x km以下である割合(累積頻度分布)が、 $F(x)=a+b\ln(x)$ で与えるとする、 x の値域から最大・最小走行距離 X_{min} と X_{max} を得る。

② 平均走行距離は、
$$X_{Ave} = \int_{X_{min}}^{X_{max}} x \frac{dF}{dx} dx = b(X_{max} - X_{min})$$
 となる。

③ EV・PIHVの電池による走行距離最大値を A (km)とする。このときEVモードの平均走行距離は、次の式で表わせる。

$$\begin{aligned} E_{Ave} &= \int_{X_{min}}^A x \frac{dF}{dx} dx + (1 - F(A))A \\ &= b(A - X_{min}) + (1 - F(A))A \end{aligned}$$

④ 平日と休日の平均走行距離と年間走行距離を整合させるため、前者から求めた「年間平均走行距離」と後者の比を「自動車の稼働率」とする

⑤ EV・PIHVのEVモード年間走行距離の電力消費と車種別ガソリン消費を比較し、省エネルギー率、CO2排出削減率を推計

ガソリン車, ハイブリッド車, PHEV車の仕様

* 車種別の概略仕様 (PHEVについては電動走行20kmを想定)

	軽自動車	小型自動車	普通自動車	
ガソリン車	14.5 km/リットル	11.1 km/リットル	8.0 km/リットル	
ハイブリッド車	25.7 km/リットル	18.7 km/リットル	11.8 km/リットル	
PHEV	25.2 km/リットル	18.4 km/リットル	11.5 km/リットル	
	7.1 km/kWh	5.9 km/kWh	4.0 km/kWh	
	搭載容量	2.8 kWh/車両	3.4 kWh/車両	5.0 kWh/車両
	電池重量	28 kg	34 kg	50 kg

- 注) ・ 軽自動車 : 660cc以下の車両
- ・ 小型自動車 : 660ccを超え2000cc以下の車両 (1500cc相当車)
 - ・ 普通自動車 : 2001cc以上の車両 (2300cc相当車)
 - ・ 東京農工大学とのPHEV共同研究資料より抜粋

評価例 東京地区と茨城・栃木他地区 平日・休日・年間の走行分布,
ICEとEVモードの消費エネルギーとCO2排出量(電池容量20km)

東京・神奈川地区

茨城・栃木他地区

20km	Class Share	660CC 14.7%	1500CC 51.5%	2300CC 33.8%	平均
Weekday	A	0.574	0.521	0.455	
	b	0.098	0.109	0.123	
	(t-value)	5.37	6.00	7.23	
	R2	0.91	0.923	0.946	
	Ave LE 20km	1.95	2.17	2.45	2.23
	Max trip	78.72	82.36	84.65	82.60
	Min trip	0.003	0.008	0.025	0.01
Holiday	Ave	7.68	8.94	10.39	9.25
	A	0.313	0.040	-0.111	
	b	0.156	0.211	0.236	
	(t-value)	5.91	10.85	30.59	
	R2	0.92	0.975	0.997	
	Ave LE 20km	3.10	4.05	4.34	4.01
	Max trip	81.71	93.96	111.68	98.14
Annual	Min trip	0.134	0.826	1.604	0.99
	Ave	12.72	19.67	25.94	20.77
	A	-1.725	-1.987	-2.054	
	b	0.291	0.309	0.309	
	(t-value)	19.45	13.50	6.64	
	R2	0.99	0.989	0.957	
	Max trip	11670.63	15738.56	19545.55	16425.3
PIHV	Min trip	375.277	619.540	769.214	634.1
	Ave	3286.24	4673.73	5803.88	4851.1
	Util. rate	94.4%	99.2%	98.5%	98.2%
	kwh	275.61	443.01	753.24	523.12
ICE	t-CO2	0.093	0.150	0.255	0.18
	∠CO2	0.220	0.396	0.618	0.445

20km	Class Share	660CC 19.6%	1500CC 55.0%	2300CC 25.5%	平均
Weekday	A	0.317	0.235	0.191	
	b	0.155	0.175	0.180	
	(t-value)	5.48	5.61	9.65	
	R2	0.91	0.913	0.969	
	Ave LE 20km	3.08	3.45	3.54	3.40
	Max trip	82.15	79.16	89.59	82.40
	Min trip	0.130	0.261	0.346	0.26
Holiday	Ave	12.72	13.80	16.06	14.17
	A	0.293	0.045	-0.081	
	b	0.160	0.211	0.231	
	(t-value)	6.87	10.15	29.31	
	R2	0.94	0.972	0.997	
	Ave LE 20km	3.17	4.06	4.28	3.94
	Max trip	83.81	91.56	108.53	94.36
Annual	Min trip	0.159	0.807	1.419	0.84
	Ave	13.35	19.18	24.70	19.45
	A	-1.851	-1.926	-1.717	
	b	0.290	0.287	0.253	
	(t-value)	8.25	5.36	4.45	
	R2	0.97	0.935	0.908	
	Max trip	18443.90	26363.79	46391.51	29914.0
PIHV	Min trip	587.944	813.081	888.677	788.3
	Ave	5181.86	7344.44	11504.74	7980.8
	Util. rate	109.6%	127.4%	163.7%	133.2%
	kwh	426.30	716.38	1508.55	861.33
ICE	t-CO2	0.145	0.243	0.511	0.29
	∠CO2	0.340	0.641	1.239	0.798

価格差と購入意思のモデル化

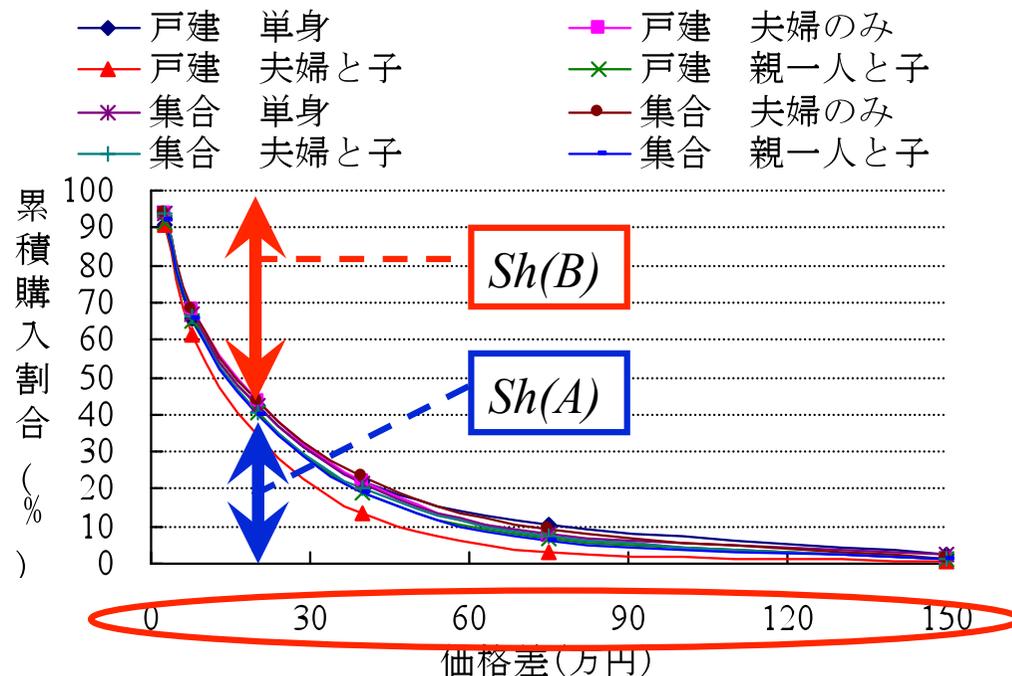
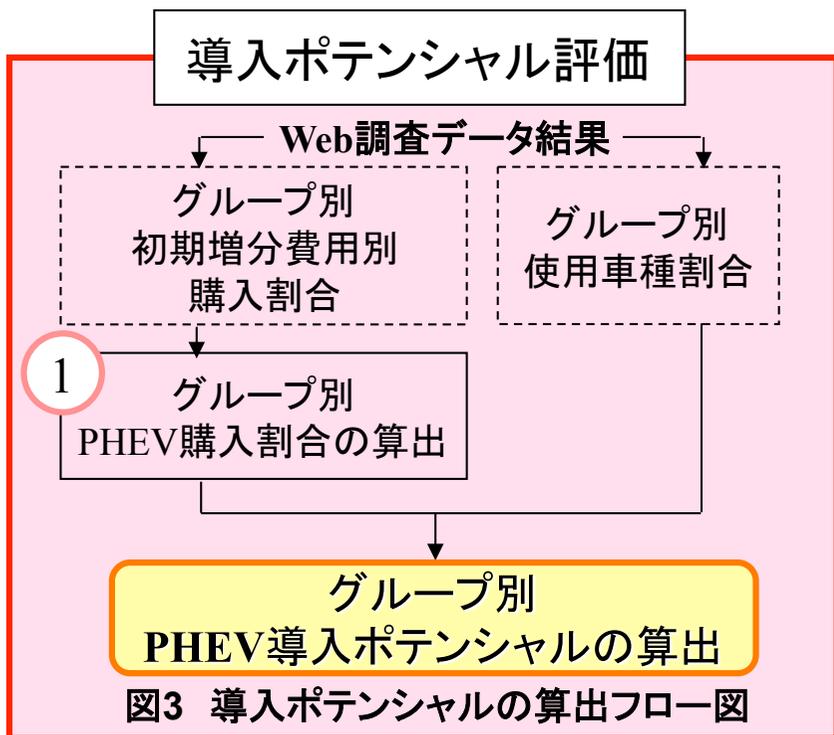


図4 導入費用別PHEV購入割合(千葉埼玉)

1 ロジットモデルを使用

製品A, B 価格 P_A, P_B

$$Sh(A) = \frac{1}{1 + X e^{\alpha(P_A - P_B)}} \quad Sh(B) = 1 - Sh(A)$$

$$= \frac{X e^{\alpha(P_A - P_B)}}{1 + X e^{\alpha(P_A - P_B)}}$$

$$\ln\left(\frac{Sh(B)}{Sh(A)}\right) = \ln X + \alpha(P_A - P_B)$$

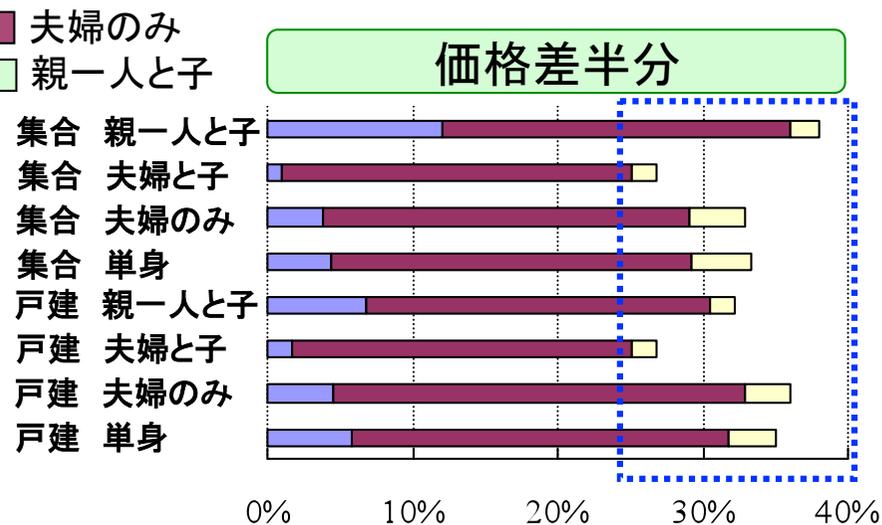
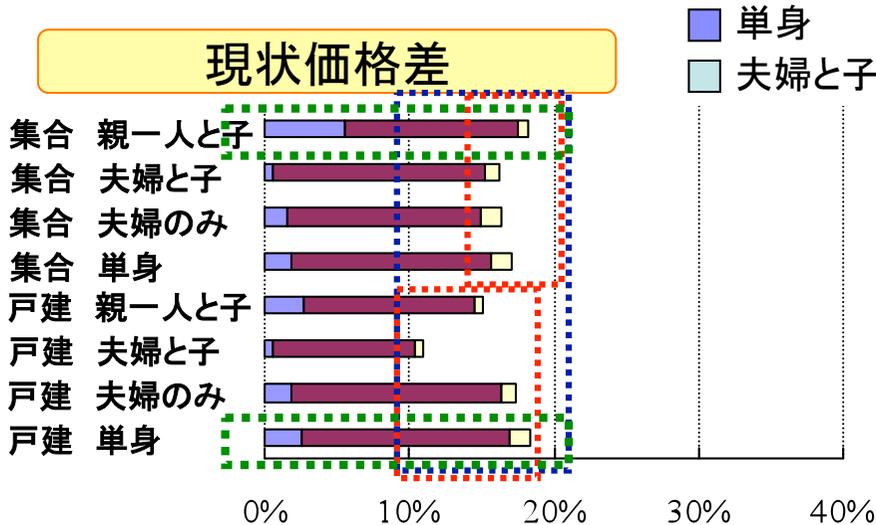
表1 設定価格差

車種	差額(万円)	
	シナリオA	シナリオB
軽自動車	55	28
小型車	26.79	13.39
普通車	108	54

軽にスズキツイン, 小型にトヨタ/カローラプリウス, 普通にトヨタ/クラウンを使用

導入ポテンシャル評価結果

千葉埼玉



茨城栃木群馬

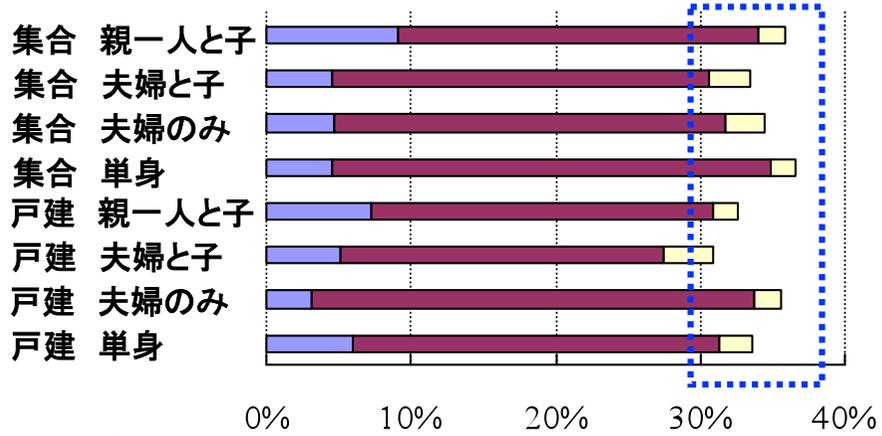
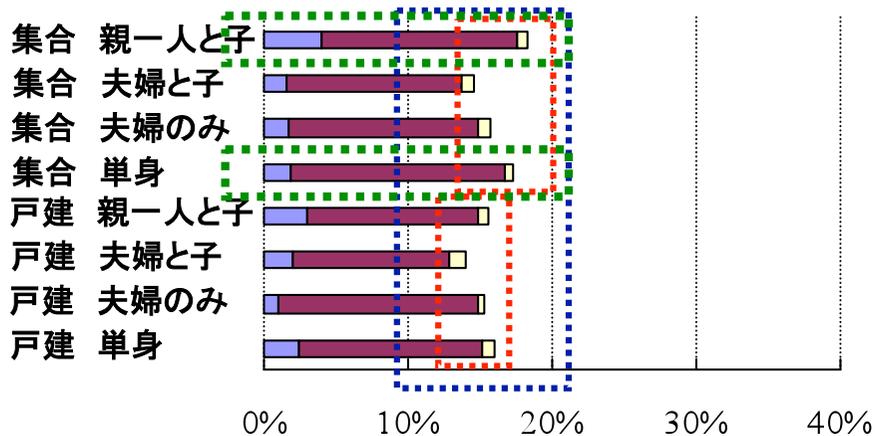


図5 導入ポテンシャル評価結果

割合

現状価格差 11~18%
価格差半分 27~38%

住宅種別

戸建 < 集合

車種別

小型車が80%
占める

価格差別

軽自動車 1.8~3.0倍
小型車 1.6~2.4倍
普通車 1.8~3.3倍

価格差と普及台数の差を考慮したCO₂削減ポテンシャル 評価結果

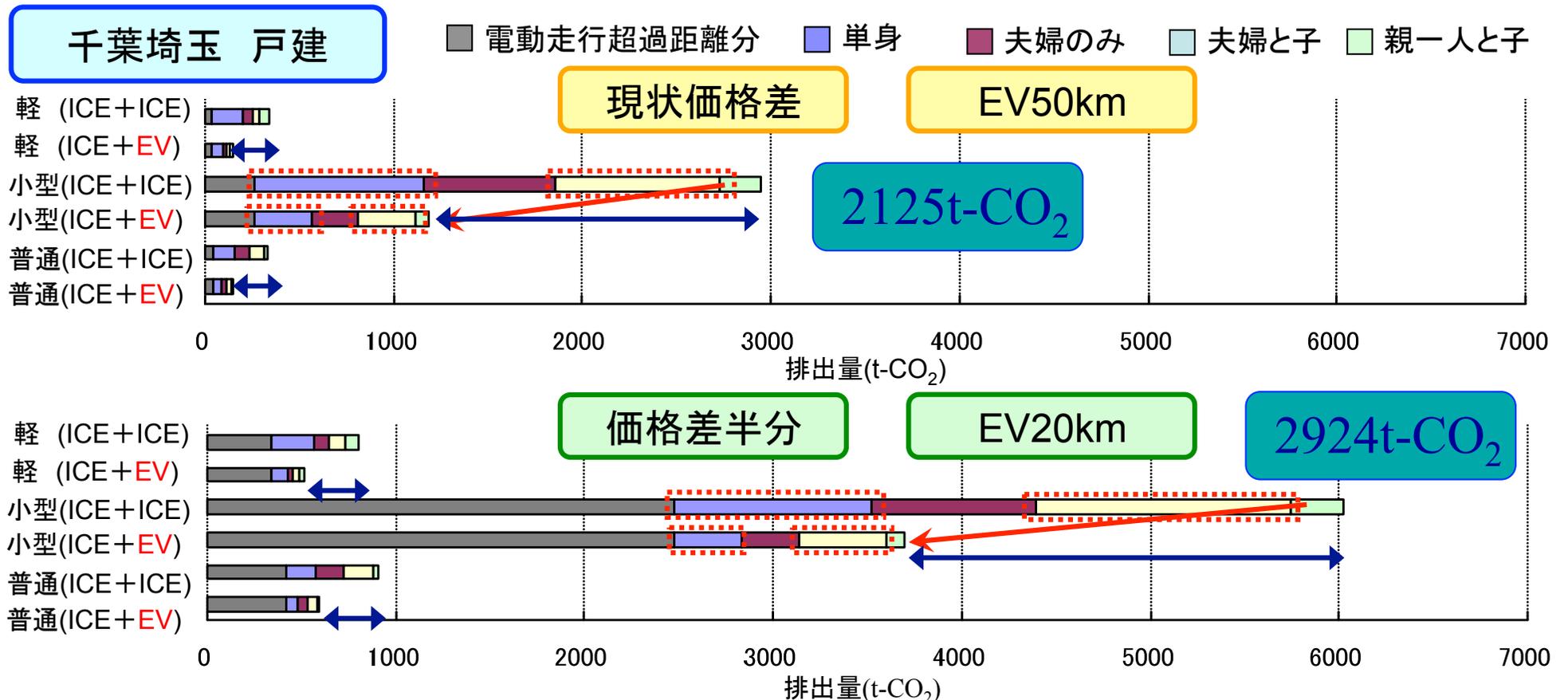


図6 千葉埼玉エリア戸建住宅のCO₂削減ポテンシャル

家族類型

どちらも「単身」「夫婦と子」の削減効果が高い

- ・現状価格差 EV50km
 - 単身 → 758t-CO₂
 - 夫婦と子 → 642t-CO₂
- ・価格差半分 EV20km
 - 単身 → 926t-CO₂
 - 夫婦と子 → 1034t-CO₂

削減効果

現状価格差 EV50km : 価格差半分 EV20km

||
3:4

価格差が小さくなる → 普及が広がる

電力需要量

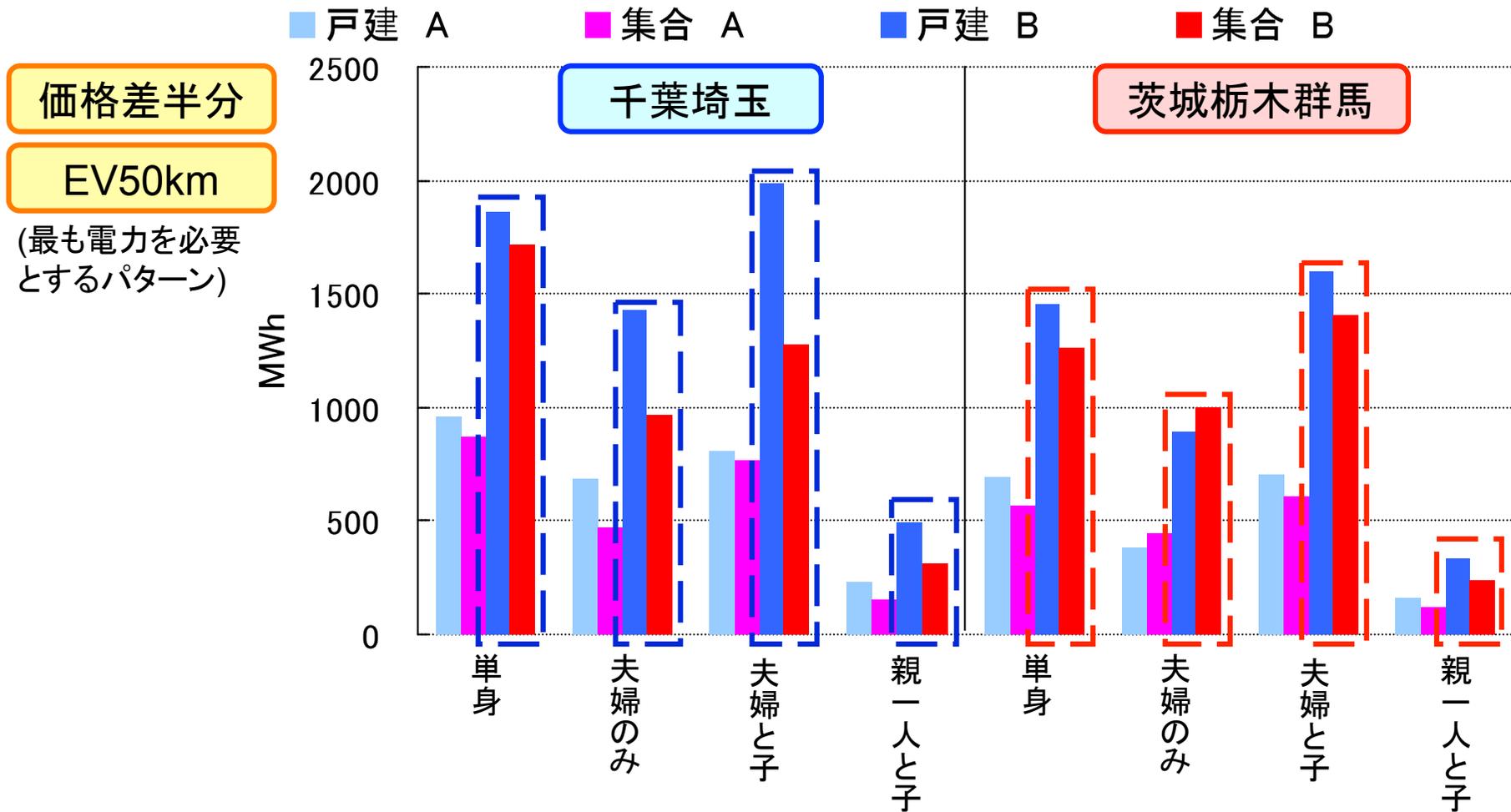
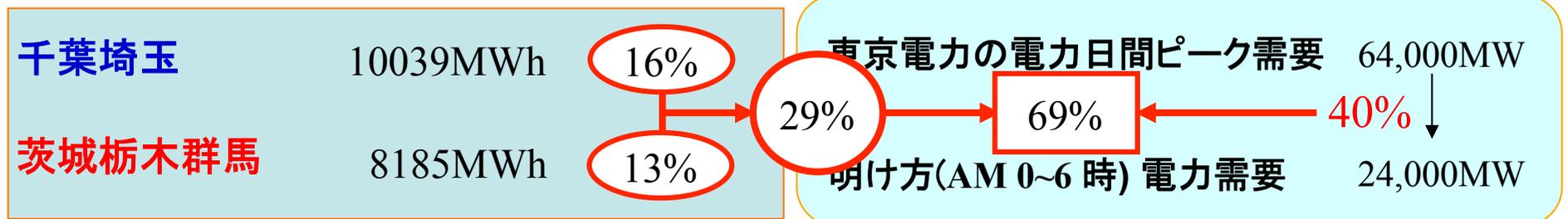


図7 電力需要量



結論

千葉埼玉エリア、茨城栃木群馬エリアを住宅種別、家族類型別などに詳細に分類しWeb調査データを元にPHEVの導入ポテンシャル及びCO₂削減ポテンシャルを評価

CO₂削減量評価

全世帯がPHEVへ代替したとすると
千葉埼玉エリア全体では79,740t-CO₂
茨城栃木群馬エリア全体では72,027t-CO₂
の削減効果

導入ポテンシャル評価

現状価格差では11~18%普及
現状価格差の半分では27~38%普及
価格差が半分になるとおよそ2~3倍導入割合が増える

- ・エリア別住宅種別では千葉埼玉は戸建が、茨城栃木群馬は集合が
家族類型別では「単身」「夫婦と子」世帯において削減ポテンシャルは高い
- ・現状価格差での電池容量50kmでは両エリア合計で7251t-CO₂,
価格差半分での電池容量20kmでは両エリア合計で9300t-CO₂削減できる
- ・東京電力の供給量を超えず、深夜電力の有効活用にも期待できる

- ・1日 20km EVモードで走行できるだけでも、環境・省エネルギー効果は大きい
- ・新しい自動車保有の在り方を考えるチャンスかもしれない

水素の可能性

- 長期的には水素にまとまる. FCEVは理論的には効率が高い. また様々なソースから合成可能
- 原子力による水素合成(改質, 熱化学法)プロセスも提案されている.
- しかし, バイオマス, GTL, DMEなどの内燃機関など既存インフラに近い自動車はなお競争力を持つ. バイオマスベースなら, これらは温暖化対策にもなる. EVも同様
- 水素主流の時代は, インフラを含めると21世紀後半になるのではないか

新しい自動車社会とEV, プラグインHVの可能性

- 電池の容量の進歩には物理的限界がある. むしろエンジン自動車とは違う土俵で戦うべき.
- GO-STOPの多い短距離・中距離はEV・プラグインハイブリッドが効率的。
- EVは短距離に自家用車よりも地域共有システムに適しているのではないか.
→ ICTと組み合わせた制御・監視など
- 地域コミュニータなら, 1充電で50km走行できれば用途は広い.
- プラグインハイブリッドは中間的. できるだけEV優先. ただしコストと重量はかさむ.
- 水素・FCは長期的本命だが21世紀後半か。

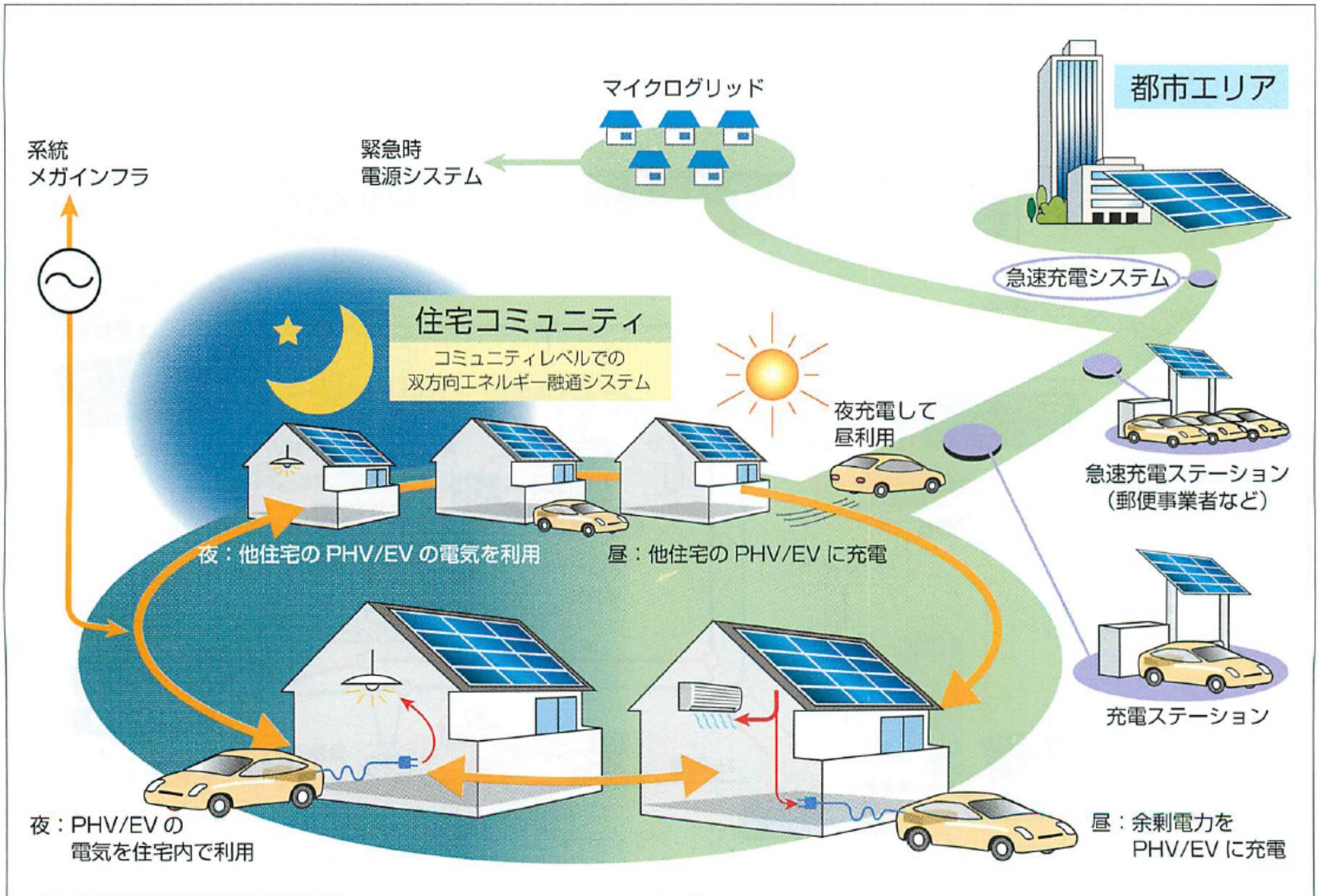


図2 住宅コミュニティにおける革新的エネルギーシステム

柏木、「スマートエネルギーネットワーク」、OhmBulletin、2009年11月

電力・給湯・冷暖房需要の推計

表1 家族構成

生活スケジュール自動作成プログラム「SCHEDULE ver.2.0」

家族構成名	行為者の組み合わせ			
家族構成①	勤め人・男	家庭婦人	高校生	中学生
家族構成②	勤め人・男	勤め人・女	高校生	中学生
家族構成③	勤め人・男	家庭婦人	高校生	高齢者・女
家族構成④	勤め人・男	家庭婦人	小学生	
家族構成⑤	勤め人・男	家庭婦人	高齢者・女	
家族構成⑥	勤め人・男	勤め人・女		
家族構成⑦	高齢者・男	高齢者・女		

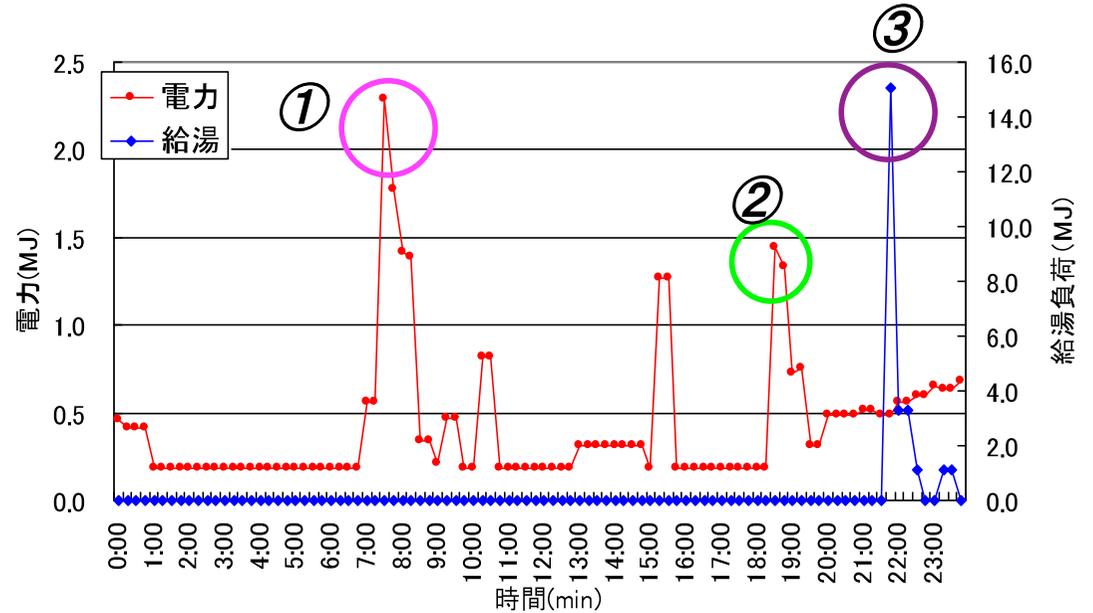


図2 家族構成①(夏季平日)の電力・給湯需要



- ①ドライヤーの使用による電力需要のピーク
- ②電子レンジの使用による電力需要のピーク
- ③お湯張りによる給湯需要のピーク

熱負荷計算ソフトSMASH

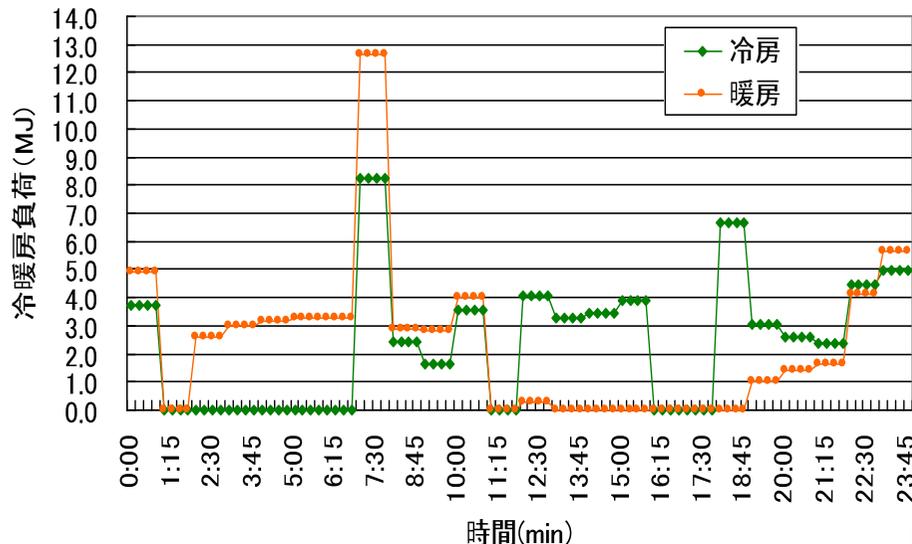
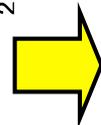


図3 家族構成①(8/5, 1/19)の冷暖房負荷



行為者が存在する部屋のみを使用される

解析結果①

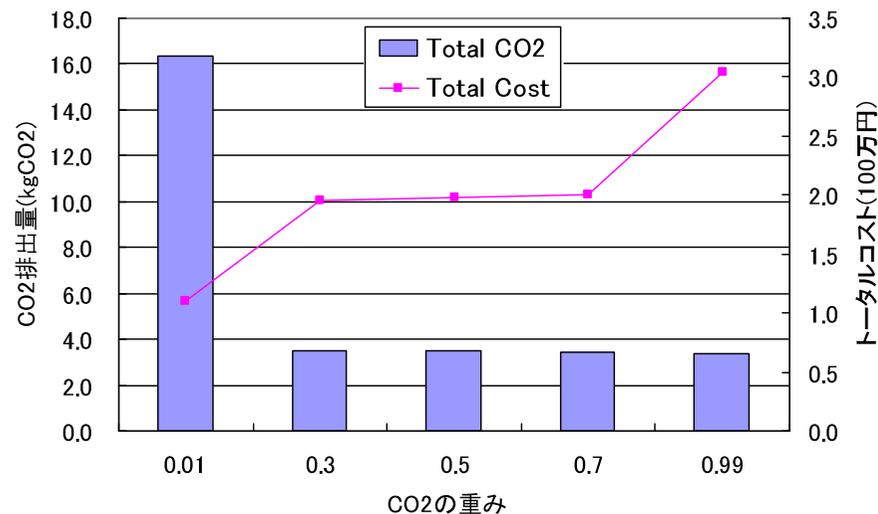


図4 ケース2のCO2重みに対する環境性、経済性推移

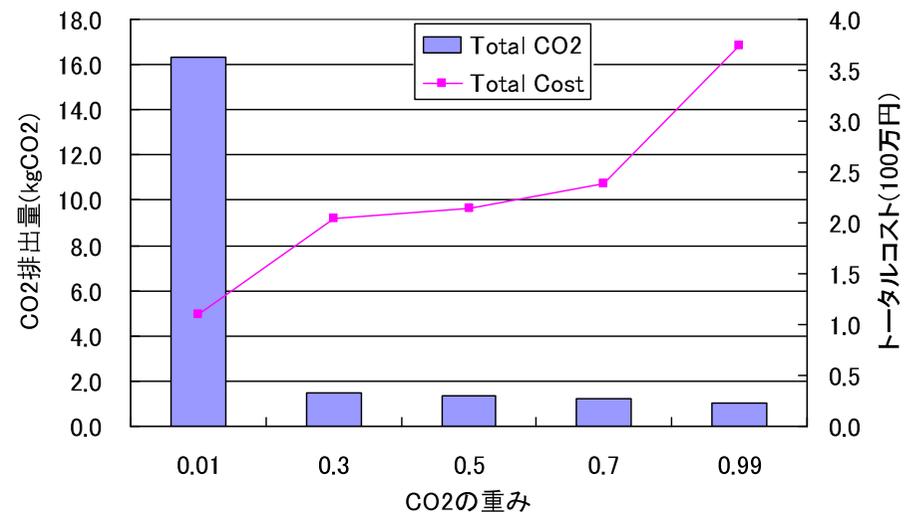


図5 ケース3のCO2重みに対する環境性、経済性推移

表4 ケース2のCO2の重みに対する集光集熱、蓄電容量

	0.01	0.3	0.5	0.7	0.99
集光面積	0	25.83	25.86	25.86	25.86
集熱面積	0	0.03	0	0	0
蓄電容量	0	24.55	25.4	24.87	29.32

表5 ケース3のCO2の重みに対する集光集熱、蓄電容量

	0.01	0.3	0.5	0.7	0.99
集光面積	0	13.18	15.53	25.44	25.86
集熱面積	0	1.06	1.06	0.42	0
蓄電容量	0	15.24	14.51	19.27	35.45

CO2の重み 0.01→0.99

ケース2

CO2排出量: **79%削減**

コスト: **約2.8倍増加**

ケース3

CO2排出量: **94%削減**

コスト: **約3.4倍増加**

集光集熱面積・蓄電容量(家族構成①の場合)

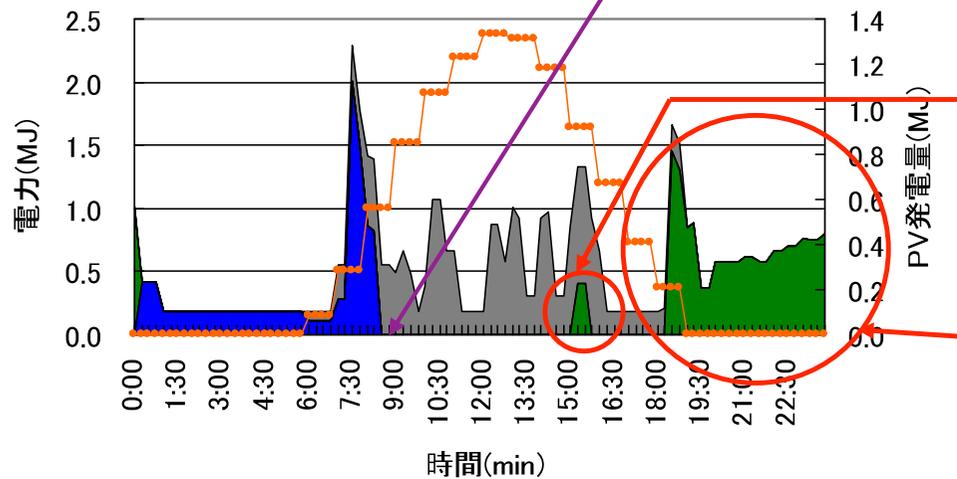
集光面積・蓄電容量: 両ケースとも増加

集熱面積: 両ケースとも減少

→蓄電池とPVの利用は

コストが増加するがCO2排出量削減に有効

解析結果②



ケース2

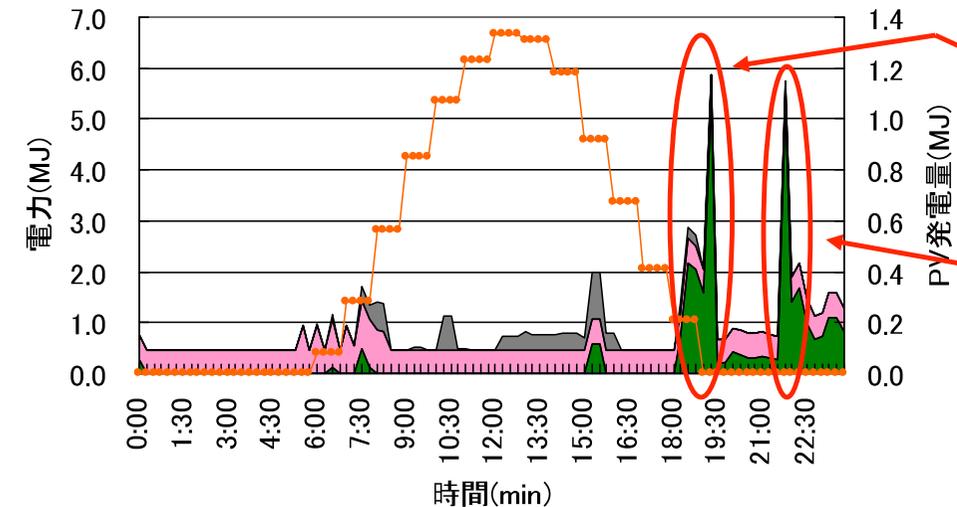
・8:15まで購入電力を使用

・アイロン使用による電力需要へ供給

・電力需要が集中する夜間に使用

■ 購入電力 ■ 蓄電池放電量 ■ PV直接利用量 — PV発電量

図8 ケース2の供給電力詳細図(家族構成①・夏季平日)



ケース3

・炊事による電力需要+冷房需要へ供給

・入浴による給湯需要へ供給

■ 購入電力 ■ 蓄電池放電量 ■ CGS ■ PV直接利用量 — PV発電量

図9 ケース3の供給電力詳細図(家族構成①・夏季平日)

ケースによって蓄電池からの放出される電力の使用の仕方が変わる

道路の省エネ

- 自動車の将来ではなく、交通システムの将来と考える。人流と物流、都市間と都市内、鉄道や船舶、航空との協調など効率化の手段はいろいろあるのではないか。
- 物流の共同配送、ICT活用による運用の効率化の事例が報告されている。
- 混雑税、ロードプライシングは道路増強→混雑増加の循環への対策となりうる。しかし代替手段のない地域では単なるサービス低下にしかならない。
- 地域に必要な交通と交通システムの中に自動車技術を位置づけると、5人乗り自家用車を中心とする既存システム以外のシステムのあり方をさぐるべき。

次世代クルマ社会

- 自動車は、世界的な社会インフラである。ことに、自動車以外の交通手段のない地域では、多くの人々の生活を支えている。
- 自動車による社会への参加は、時には情報とは異なる生身のコミュニケーションを担っている。
- 自動車の将来技術は、都市と郊外の街づくり政策と結びついてカーシェアリング、カーレンタルに地域の生産・物流システム、リサイクルシステムと一体化したものであるべき。

議論の総括

- 日本の、高齢化社会、少子化社会、ICTインフラ、環境対策などは、世界の今後の先駆けといえる。
- ここで適切な自動車社会を提案すれば、世界に対する良い手本となり、またビジネスチャンスを提供できる。
- 新燃料技術、ハイブリッド自動車、プラグインハイブリッド自動車は、石油資源のタイト化を考えるとアジア、世界の自動車社会への影響が大きい。
- 水素社会に至る前に、既存の自動車技術、交通システムにはできることがなお多い。
- 2030年頃までには、都市、郊外の住まい方の多様化とともにエネルギー源、交通システムとも多様化し、移動距離と移動時間に応じた様々なシステムが登場するのではないか。

理念と行動のレベル

- 政策(Policy) — 理念、究極目標
 - 持続可能性、飢餓・貧困・格差のない社会
 - 安全と安心の社会
- 戦略(Stratgy) — Policy実現のロードマップ、行動の指針
 - 長期的視点に立つ国益の実現
 - グローバリゼーション、資源ナショナリズム
 - 規制、市場メカニズムの活用、技術開発目標
 - どのような対策を不確実下で推進するか
- 戦術(Tactics) — 具体的行動計画、施策、制度
 - 排出権取引、炭素税、自主行動計画策定
- 戦闘(Battle) — 実施、実現、遵守、罰則
 - 具体的行動、排出削減、適応策実施

おわりにー将来にビジョンを持つこと

二十世紀の豫言 (報知新聞1901年1月2-3日) 「This is 読売」誌1998年1月号

- ▲無線電信及電話 マルコニー氏発明の無線電信は一層進歩して只だに電信のみならず無線電話は世界諸国に連絡して東京に在るものが倫敦紐育(ロンドン・ニューヨーク)にある友人と自由に対話することを得べし
- ▲遠距離の写真 数十年の後歐洲の天に戦雲暗澹たることあらん時東京の新聞記者は編輯局にゐながら電気力によりて其状況を早取写真となすことを得べく而して其写真は天然色を現象すべし
- ▲植物と電気 電気力を以て野菜を成長することを得べく而してそらまめ碗豆は橙大となり菊牡丹薔薇は緑黒等の花を開くものあるべく北寒帯のグリーンランドに熱帯の植物生長するに至らん
- ▲買物便法 写真電話によりて遠距離にある品物を鑑定し且つ売買の契約を整へ其品物は地中鉄管の装置によりて瞬時に落手することを得ん
- ▲鉄道の速力 十九世紀末に発明せられし葉巻煙草形の機関車は大成せられ列車は小家屋大にてあらゆる便利を備へ乗客をして旅中にあるの感無からしむべくただに冬期室内を暖むるのみならず暑中には之に冷気を催すの装置あるべく而して速力は通常一分時に二哩(マイル)急行ならば一時間百五十哩以上を進行し東京神戸間は二時間半を要しまた今日四日半を要する紐育桑港(ニューヨーク・サンフランシスコ)間は一昼夜にて通ずべしまた動力は勿論石炭を使用せざるを以て煤煙の汚水無くまた給水の為に停車すること無かるべし