

平成21年度 成果報告書

09002700-0

イノベーション推進事業

エコイノベーション推進事業

持続可能社会シミュレータ実現に向けての

CEV普及社会像の研究 報告書

平成22年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

(委託先) 財団法人 製造科学技術センター

本報告書の著作権は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構にあります。本報告書の一部又は全部を引用する場合は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究開発推進部 エコイノベーション担当の許可を受けて下さい。

TEL 044-520-5173

FAX 044-520-5177

目 次

要約書	1
はじめに	3
第1章 研究概要	
1. 研究の目的	10
2. 研究の概要	10
3. 研究体制	11
第2章 本論（研究結果）	
1. 非持続的な車社会	13
2. CEV（Clean Energy Vehicle）	14
3. CEVの普及	15
3. 1 学習曲線	15
3. 2 ハイブリッド車のコストと普及台数の関係	16
3. 3 プラグインハイブリッド車のコストと普及台数の関係	18
3. 4 CEV普及のストーリー	19
4. 社会が変わる	20
4. 1 消費者動向	20
4. 2 若者の車離れ	21
4. 3 EV100%社会を想定	23
5. EV100%社会の描写	25
5. 1 現状自動車社会の継承（社会）A	27
5. 2 “グリーンコンパクトシティ”シナリオ B	30
5. 3 多機能自動車社会C	34
5. 4 近距離公共交通駆逐社会（自動車バリアフリー社会）D	39
5. 5 提言	42
6. 資源・エネルギーからみたEV100%社会	43
6. 1 化石燃料自動車を電気自動車に置き換えた 場合の国内資源・エネルギー消費量評価	43
6. 2 CEVとグローバル資源エネルギーバランステーブル	48
7. 持続可能社会シミュレータへ向けて	52
7. 1 持続可能社会シミュレータの枠組み	52

7. 2	シナリオビューワによるシナリオの「見える化」と シミュレータの連携	57
8.	総括	60
参考資料		参一 1
1.	みずほシナリオ作成の資料	参一 2
2.	シナリオBチーム	参一 14
3.	資源エネルギーバランステーブル	参一 19
4.	ヒアリングの総括	参一 94

【要約書】

複数の社会的な課題を同時に抱えており、さらに複数の社会的課題を“同時に”解決しなければならない状況に直面しているわが国の状況を打破するためには、より多くの知識（顕在知も暗黙知も含めて）・“複雑系”をなす“社会”をモデル化し、新技術導入や政策を実施した際の“社会”の“応答（変化）”を何らかの形でシミュレートする“持続可能社会シミュレータ”が必要である。持続可能社会シミュレータを実現できれば、新技術の開発と普及、市民の意識変化、政策、およびグローバル化進展等によって、社会生活、資源・エネルギー消費形態、および環境負荷が時間とともにどのように変化していくかを、より合理的にかつその社会像を具体的に表現できる。本研究は、“持続可能社会シミュレータ”の概念設計を目的としたもので、温暖化対策として期待されている電気自動車など CEV（Clean Energy Vehicle）を対象として、普及における人の意識・社会システム・制度の影響、さらに普及により生じる社会変化を定性および定量の両面より把握し、社会のモデル化に必要な項目とその関連を明らかにすることを目的として調査研究を実施した。

“社会の複雑性”のモデル化の第一ステップとして、2つの側面から検討を行った。第一は、起こり得る“将来社会像”の定性的な叙述である。ここでは、クリーンエネルギー自動車（CEV）の“社会普及”をテーマに、企業経営の戦略立案で活用されるシナリオ・プランニング手法を活用して、普及に大きな影響を与えかつ将来の不確実性の高い要因と（社会変化のドライバ）その要因の社会・経済・技術等との関連を抽出し、さらに社会変化ドライバの不確実性により起こりうる複数の将来社会像を描写した。第二は、描写した社会像の定量化である。CEV 普及によりわが国の資源・エネルギー・消費量および廃棄物量等はどのように変化するか等を定量的に把握した。また、グローバルでの資源・エネルギー消費の観点からも描写した社会像の妥当性を検証するため、“グローバル・エネルギー資源バランス表”のプロトタイプを試作した。

最終的には、以上の成果を活用し、“持続可能社会シミュレータ”の完成イメージ（枠組み、実装方法例）を具体化した。

本研究は、“EV100%社会”を推薦するものではないし、EV が他の代替技術、たとえば燃料電池車に比較して優れているということを明らかにするものでもない。あえて EV 普及促進について提言するなら、

- ・現在の石油燃料車によって生じている、人にとって好ましくない社会コスト（排ガス汚染の対策費、疾病による医療費、交通事故対策費など）を定量化する
- ・超高齢化社会に突入するわが国において、重量物が縦横無尽に高速移動するクルマ社会を中心とした交通システムが非持続可能であることを明示化する

ことが、電池等の技術革新についてアピールするより効果的であろう。

本研究の最も重要な結論は、「これまでとは異なる視点から問題を考えることで、まったく異なる社会の姿を描くことが可能である」ことと、描いた社会像がいかに荒唐無稽であ

ろうと、「そのプロセスはわれわれが無意識にもっている固定概念を壊すために有用である」ということを確認した点にある。これは EV の適切な普及を考える上で重要であろうし、「持続可能社会シミュレータ」の基本概念となる。

This study is aimed for the conceptual design of "the sustainable society simulator". The influence of consciousness of people / social system / institution in the spread of CEV (Clean Energy Vehicle) expected as an anti-warming measure and the social change caused as the result of popularization of CEV was analyzed qualitatively and also quantitatively, so as to clarifying the items necessary for social modeling and their relationship. As the first step of the modeling of "the social complexity", it was examined from two sides. One is a qualitative description of "the future social image" that can happen. The second is quantification of the described society, and the change of the amount of resources / energy / consumption / waste by the CEV spread was figured out quantitatively. Finally completion image (a frame, an implementation method example) of "the sustainable society simulator" was brought into shape based on the above-mentioned result.

はじめに

本調査研究では、わが国での電気自動車（EV）100%社会像を叙述的に描くとともに、資源・エネルギーの観点からその実現可能性を検討した。結論は、以下のとおりである。

- ・ 現状の技術開発を促進しただけでは、わが国での EV 普及は難しい。
- ・ グローバルで EV を普及させたとしても世界全体の CO₂ 削減に直ちにはつながらない可能性もある。

内閣府の平成 21 年版「高齢社会白書」では、平成 20 年における高齢者比率は（65 歳以上）は、22.1%であった。高齢化比率は、2020 年に 29.2%、2030 年には 31.8%に達すると予想されている。高齢者人口の増加により高齢のドライバーも増えるが、それにより顕在化している問題が、高齢者が引き起こす事故である。運転免許保有者 1 万人当たりの死亡事故件数（原付以上の車両を運転中）を第一当事者の年齢層別にみると、高齢運転者が第一当事者となった死亡事故は他の年齢層に比べて多い。世界の中で、今までに誰も経験したことのない高齢化社会に突入するわが国において、“重量物が高速で移動する”現在のクルマ社会を将来にわたって描き続けることは果たして合理的であるのか。

“若者のクルマ離れ”、最近よくメディアに登場、耳にする言葉である。その理由として、まず考えられるのは、“非正規雇用者の増加”、“所得格差”および“経済危機”などの経済的要因である。しかし最近のマーケット調査の結果は、若者のクルマに対する“憧れ”の低下を示している。人の感じる“効用”から“負担”を引いた差分が、クルマへの欲求の強さと考えた場合、“クルマで自由に移動する”、“走りを楽しむ”、“クルマを所有することで自らのステータスを高める”等の効用は低下し、“事故に対する恐れ”や、“維持費の高負担感”は高まっている。インターネット、携帯電話、ゲーム機器などデジタルツールが若者に広く浸透している中で、さらに地球温暖化問題や石油の枯渇の“元凶”として取り上げられるクルマに対して、“憧れ”をもつことは難しいことかもしれない。

自動車燃料の需要は、軽油ではここ 10 年、ガソリンでも 2005 年をピークに急激に下がっている。この傾向は今後も続くと考えられており、その低下は当初予想していたよりも大きいと言う。この傾向が示唆するのは、クルマに対する温暖化対策を施さなくても、わが国のクルマ由来の CO₂ は減少するということである。本調査研究でも、すべての自家用車を EV に代替することで年間一億トンを超える CO₂ 削減が可能（使用段階のみの試算）との結論を得ているが、これは現状の消費量に対する削減量であり、今後の消費量低下を基準に考えた場合、EV 普及での削減量は小さなものとなる。温暖化対策費用の投資額と削減量の関係では、投資対効果が大きく見えたとしても、真水分（自然減少分を考慮した場合）は小さくなると予想される。これは、石油の自然減少を肯定しているわけではない（活力のない社会に危険性がある）、現在の温暖化対策費用がムダだと否定しているのではない。近視眼的な議論ではなく、俯瞰的に“クルマ社会”を考えることが、今まさに必要

である。“人が高速に移動する重量物を操作する”というクルマ社会が、わが国において果たして持続可能であるのか？EVの性能や価格を従来のクルマに近づけようとする、すなわち従来のクルマと同じ外観をもち、同じように走り、同じような価格で入手できるEVの開発を目指すことが妥当なのか？この点を議論することが、本調査研究の目的の一つであった。

本研究では、“電力密度が低い”ので航続距離が短い、“電池価格が高い”などの、EVの欠点を補うための技術開発トレンドに捕らわれずに、自由で新しいEV社会を議論するために、“現状”で“EV100%”という2つの極端な条件を設定し、社会像を議論した。これにより、「技術が△△の特性に達しなければ社会に普及しない、△△年にはこのような技術ができていないはずである」などの技術論的な議論に流れることなく、「現状の技術はこの点が優れているので、△△のような工夫をすれば社会で活用できる」という社会的な視点からの議論が可能になった。

例えば、EVの“排気ガスを出さない”や“騒音を出さない”という特長は、社会に大きな便益をもたらすにもかかわらず、“現状のガソリン車並の航続距離を実現できない、価格が高い”という欠点に覆い隠されている。しかしそれらの特長は、今われわれが被っている大気汚染による健康被害や騒音によるストレスを解決してくれる。さらに、排ガスによる大気汚染対策の費用が必要なくなる。現在、我々がこれら問題に支払っている費用はどれ程であろうか。またEVが、高速で長距離の移動可能なガソリン車と“同じ特性”を実現できないのなら、“低速で短距離”のコミュニティカーに特化するという方向もあり得る。低速なら、人やものを傷つけないクルマや、自動走行も容易となり、高齢者や子供の移動手段となりえる。排ガスがないのなら、どこにでも入っていける（バリアフリー）。店にも、家庭にも、鉄道にも。それにはガンダムのように、場所に合わせて“変身”する必要があるなど、発想は広がる。このような議論により最後に到達したのが、“だれでも”、“どこでも”、“いつでも”使えるユビキタス車社会の概念である。ユビキタス車社会になれば、これから超高齢化社会に突入するわが国において、豊かで活気にあふれる社会を構築できると考える。

ユビキタス車社会では、産業構造は現在と大きく異なる。現在の産業の基幹である、自動車産業や情報産業に加えて機械産業（ロボット）が拡大し、融合するであろう。これらは、わが国の得意な分野であり、“すりあわせ”の技術が必要となるため、国際競争力を維持できる。資源・エネルギーの観点では、モータや充電器に大量に使われる銅資源が不足する可能性が高い。電力量は約500億kWh増加する（自家用車のみ算出）。この程度の電力量の増加は、現状の発電設備でも十分吸収可能であるが、充電が一定時間に集中した場合、ピーク電力が発電容量を超える可能性があるため、充電時間の最適制御や太陽光発電など分散電源の導入が不可欠となる。

温暖化対策の面からみれば、わが国では1億トン程度CO₂削減が可能であろう（車の生産段階での排出量は同じであった場合）。しかし、夜間の需要が増し火力が大量に使われる

ようになると排出原単位は増加し、削減効果はより小さなものとなる。グローバルに見ると、今後クルマの普及台数が急増する中国やインドでは、2030年になっても、電力の排出原単位が大きく、ハイブリッド車に比較してEVのCO₂削減効果は小さなものであることが明らかとなった。

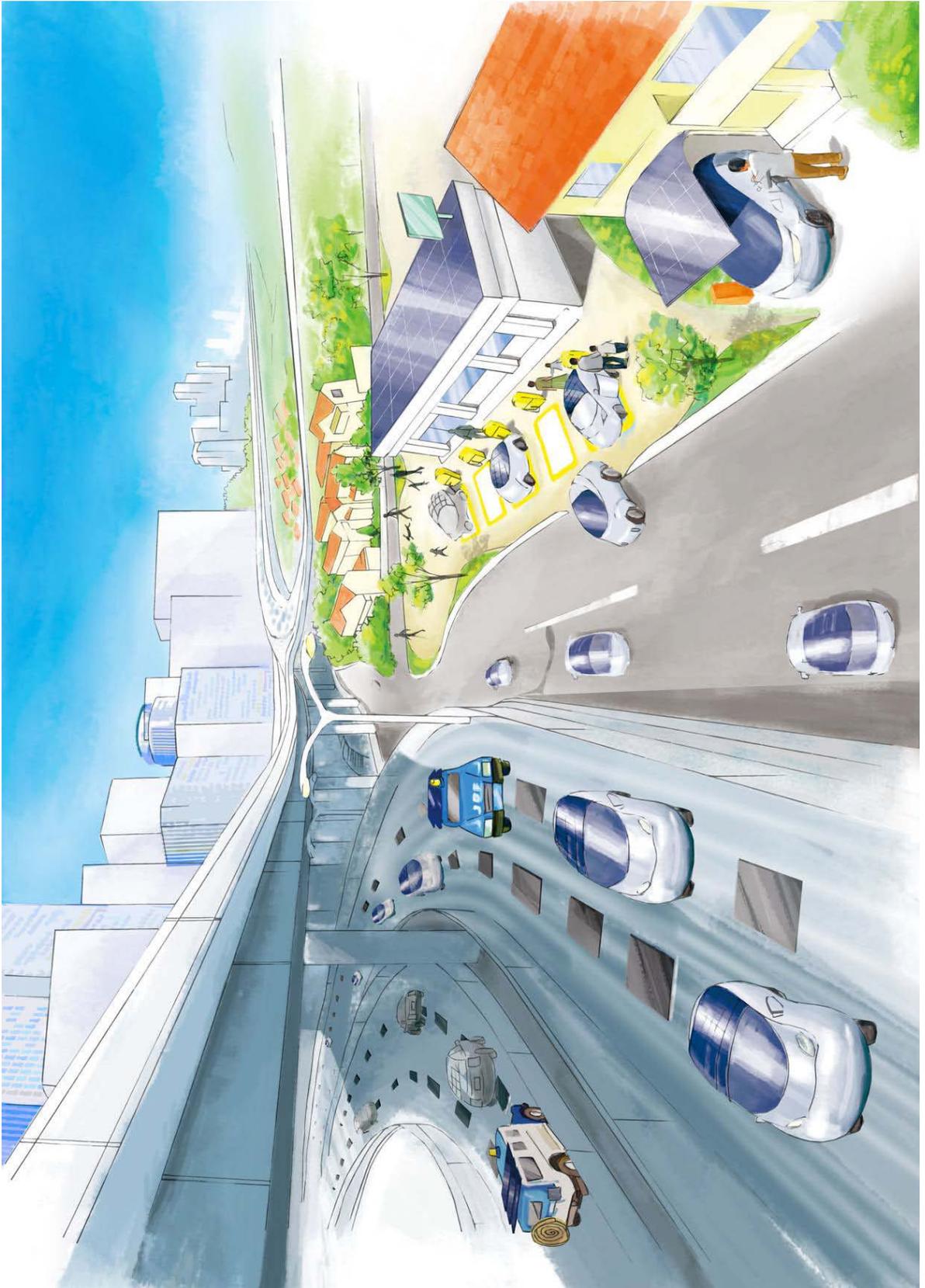
本研究は、“EV100%社会”を推薦するものではないし、EVが他の代替技術、たとえば燃料電池車に比較して優れているということを明らかにするものでもない。今回、多くの分野の専門家にご協力いただいたが、それでも我々は、それを判断するだけの膨大な知識を有していない。あえてEV普及促進について提言するなら、

- ・ 現在の石油燃料車によって生じている、人にとって好ましくない社会コスト（排ガス汚染の対策費、疾病による医療費、交通事故対策費など）を定量化する
- ・ 超高齢化社会に投入するわが国において、重量物が縦横無尽に高速移動するクルマ社会を中心とした交通システムが非持続可能であることを明示化する

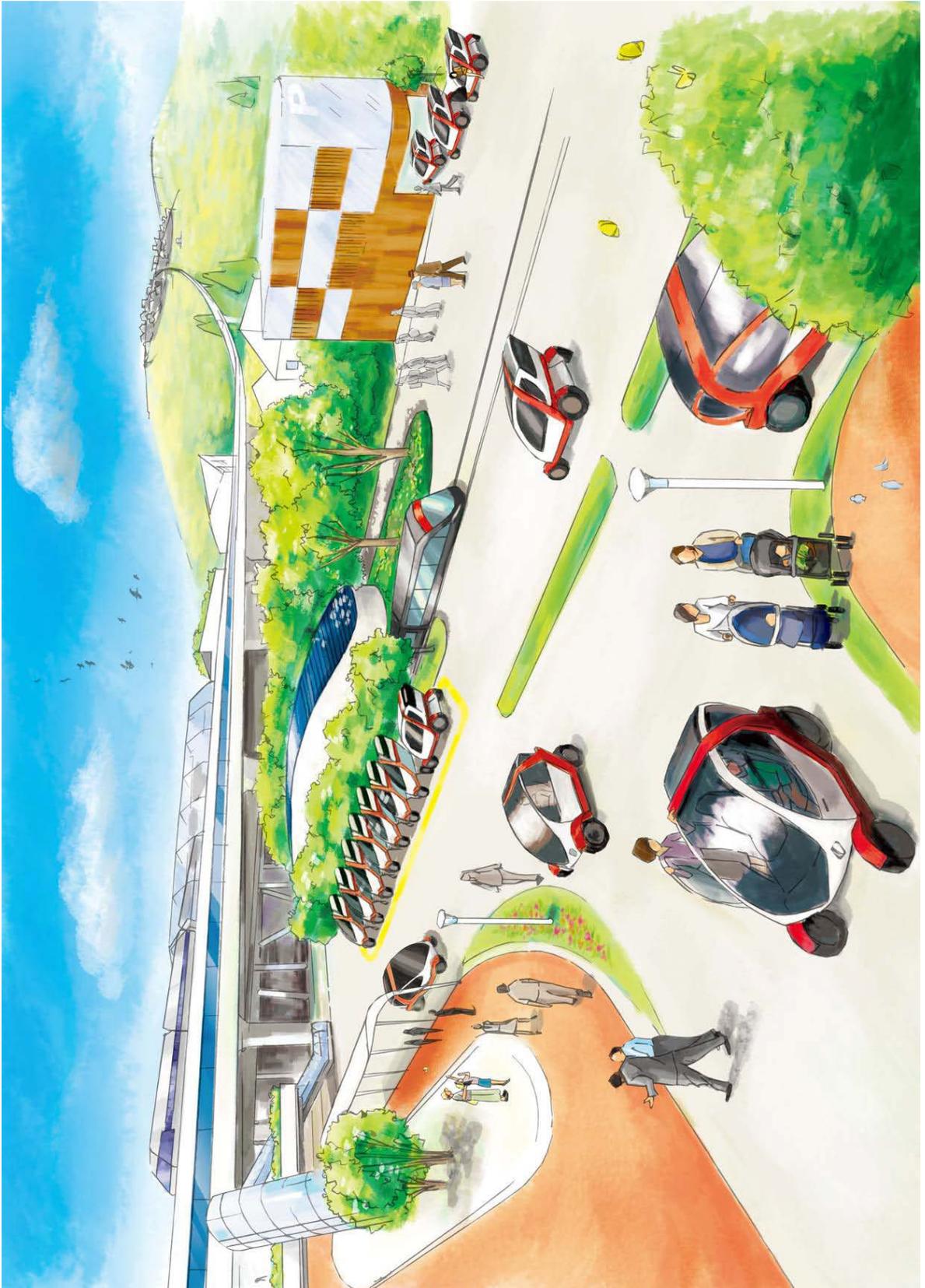
ことが、電池等の技術革新についてアピールするより効果的であろう。

本研究の最も重要な結論は、「これまでとは異なる視点から問題を考えることで、まったく異なる社会の姿を描くことが可能である」ことと、描いた社会像がいかにか荒唐無稽であろうと、「そのプロセスはわれわれが無意識にもっている固定概念を壊すために有用である」ということを確認した点にある。これはEVの適切な普及を考える上で重要であろうし、われわれが提案する“持続可能社会シミュレータ”の基本概念となる。

本研究では“EV100%社会”としてA～Dの4つの社会像を描き、以下のとおりイラスト化した。（個々の説明は本文を参照）



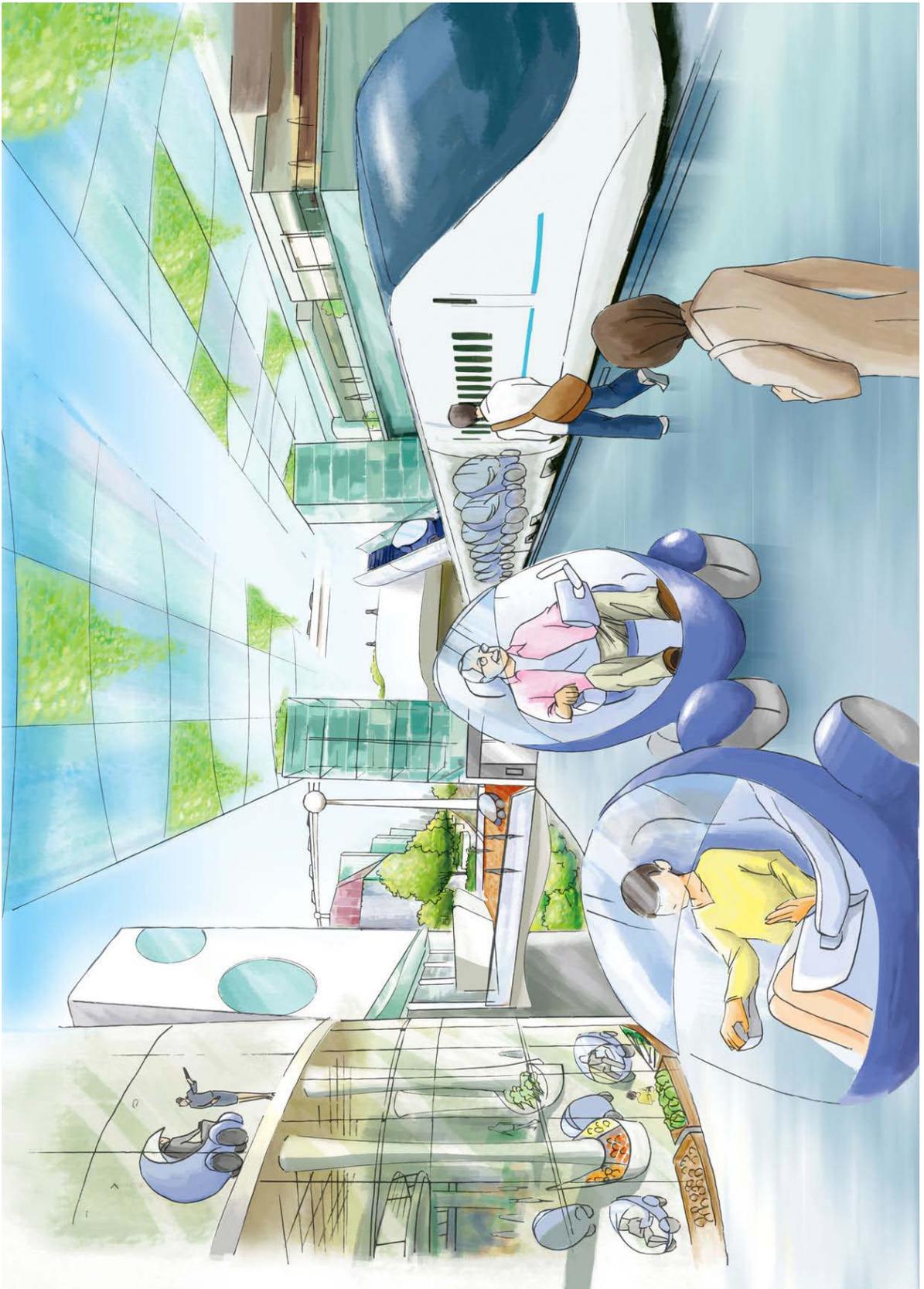
社会像 A



社会像 B



社会像 C



社会像 D

第1章 研究概要

1. 研究の目的

微視的な、“市民行動”や“技術開発の影響”をモデル化し、これら微視的な挙動と、巨視的・グローバルな社会的目標との関係を科学的に明らかにすることは、中長期的に温室効果ガスの大幅な削減への貢献が求められるわが国にとって、また循環型社会のような持続可能社会を実現する上で、挑戦すべき喫急な課題である。この課題を解決するためには、環境技術の開発と普及、市民の意識、政策、およびグローバル化によって、社会生活や環境負荷が時間とともにどのように変化していくかを、的確に、かつその社会像を具体的に表現する「持続可能社会シミュレータ」の開発が不可欠である。本探索研究は、“持続可能社会シミュレータ”の概念設計を目的としたもので、温暖化対策として期待されている電気自動車など CEV (Clean Energy Vehicle) を対象として、普及における人の意識・社会システム・制度の影響、さらに普及により生じる社会変化を定性および定量の両面より把握し、“社会のモデル化”に必要な項目とその関連を明らかにすべく実施した。

2. 研究の概要

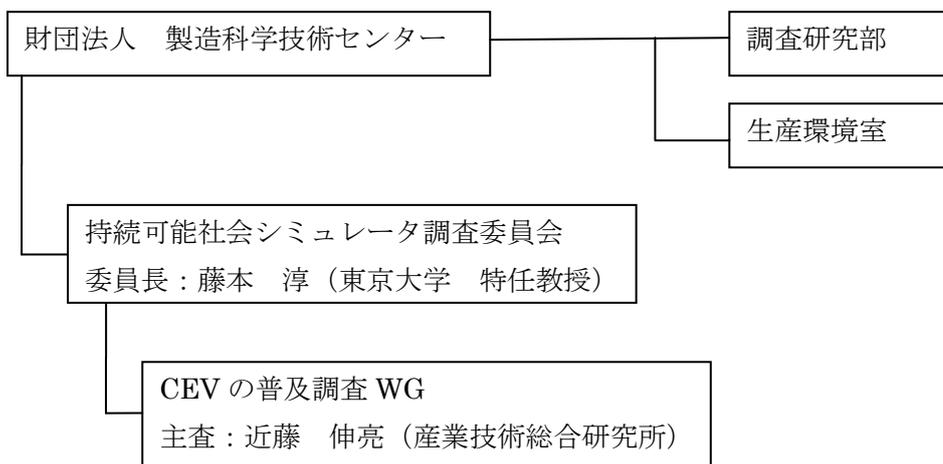
“社会の複雑性”のモデル化の第一ステップとして、2つの側面から検討を行った。第一は、起こり得る“将来社会像”の定性的な叙述である。ここでは、クリーンエネルギー自動車 (CEV) の“社会普及”をテーマに、企業経営の戦略立案で活用されるシナリオ・プランニング手法を活用して、普及に大きな影響を与えかつ将来の不確実性の高い要因と (社会変化のドライバ) その要因の社会・経済・技術等との関連を抽出し、さらに社会変化ドライバの不確実性により起こりうる複数の将来社会像を描写した。第二は、描写した社会像の定量化である。CEV 普及によりわが国の資源・エネルギー・消費量および廃棄物量等はどうに変化するかなどを定量的に把握した。また、グローバルでの資源・エネルギー消費の観点からも描写した社会像の妥当性を検証するため、“グローバル・エネルギー資源バランス表”のプロトタイプを試作した。

最終的には、以上の成果を活用し、“持続可能社会シミュレータ”の完成イメージを具体化した。

3. 研究の体制

(財) 製造科学技術センター内に、学識経験者、研究所等からなる「持続可能社会シミュレータ調査委員会」、「CEVの普及調査WG」を設け、討議、指導を得て具体的作業を進めることにより、成果をまとめて報告書を作成した。

【委託先】



持続可能社会シミュレータ調査委員会 委員名簿

委員長

藤本 淳 東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授

委員

梅田 靖 大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 教授

中野 冠 慶応義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授

岡村 宏 芝浦工業大学 教育支援センター 教授

木村 文彦 法政大学 理工学部 機械工学科 教授

増井 慶次郎 独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
エコ設計生産研究グループ 主任研究員

近藤 伸亮 独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
エコ設計生産研究グループ 研究員

松本 光崇 独立行政法人 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター
サービス工学企画室 研究員

オブザーバ

槌屋 治紀 (株)システム技術研究所 所長

瀬戸口泰史 みずほ情報総研(株) 環境・資源エネルギー部 次長

是永 基樹 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐
木下 裕絵 経済産業省 製造産業局 産業機械課 技術係長

CEVの普及調査WG

主 査

近藤 伸亮 独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
エコ設計生産研究グループ 研究員

委 員

中野 冠 慶応義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科 教授
岡村 宏 芝浦工業大学 教育支援センター 教授
藤本 淳 東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授

オブザーバ

槌屋 治紀 (株)システム技術研究所 所長
瀬戸口泰史 みずほ情報総研(株) 環境・資源エネルギー部 次長

事務局

笹尾 照夫 (財)製造科学技術センター 調査研究部 部長
原島 忠雄 (財)製造科学技術センター 生産環境室 室長
高橋 慎治 (財)製造科学技術センター 生産環境室 主席研究員
間野 隆久 (財)製造科学技術センター 調査研究部 部長代理

第2章 本論（研究結果）

1. 非持続的な車社会

財団法人 自動車検査登録情報協会の統計によれば、わが国の自動車保有台数は、昭和41年で約230万台から増加を続け、平成21年(2009年)には、58,078,864台に到達している（このうち軽四輪車は、17,320,470台）¹。一方、二酸化炭素の排出量は、平成20年度速報値では、運輸部門からの排出は236百万トン-CO₂で(平成19年度は246百万トン-CO₂)となっており、わが国の総排出量1,216百万トン-CO₂の約2割を占めている。運輸部門の排出量のうち約半分が自家用車由来であるので、自家用自動車のCO₂排出量はわが国総排出量の約10%となる。一方、世界で見ると四輪車の保有台数（商用車・貨物を含む）は、9億4,864万台（2007年）であり、アメリカ・欧州などの先進国では、四輪車一台あたりの人口は、1~2人である²。このうち経済発展の著しいBRICsの人口は2000年で約26億1千万人（2000年）であり、2020年には約31億人（このうち、中国とインドで約27億人）になると予想される。2007年時点での中国やインドの四輪車保有台数は、それぞれ4,250万台と1,820万台であるので、この2ヶ国での四輪車あたりの人口が、現在の先進国並（2人以下）になると仮定すると、保有台数は約13億台となり、（2020年での人口予測より試算。2007年では2ヶ国で6,070万台）となり、世界の四輪車保有台数は2007年の2倍以上へ増加することになる。世界のCO₂排出量は271億トン（2005年）であるので³、仮に運輸からの排出量が、米国や日本のように全体の20%~25%と仮定すると、自動車の保有台数の増加により60億トン程度のCO₂排出量の増加が生じることになる。

地球温暖化防止とともに、ガソリン代替が強く求められる要因として、“ピークオイル論”がある⁴。時間軸に対し石油産出量が鐘状の曲線状に変化し、その曲線における頂点、すなわちピークを経た後、生産量は緩やかだが確実に減退することになる。世界の石油需要はBRICsなどの急激な経済発展により今後も増加することが確実であり、ピークオイルが到来した後は、需要と供給のギャップは拡大していく。IEA報告WEO2004では、現存油田の生産は2005年ころから急減する。その減退を補うのが、生産向上であり、高度の回収率技術となる。しかしこのような対策を実施したとしても、その量は2010年ごろにピークを迎える。このピークを新規油田開発で補填できれば、ピークを伸ばすことができる。

IEA、EIAをはじめ多くの公的機関が採用している見解であり、各国政府の政策立案のベースとなっているのが、米国地質調査所より発表された石油資源量を3兆バレルとして予測した生産曲線である。この曲線によると2030年頃には生産量のピークを迎え、その後生産量は減少する。

¹ http://www.airia.or.jp/number/pdf/03_1.pdf

² http://www.jama.or.jp/world/world/world_2.html

³ http://www.env.go.jp/earth/cop/co2_emission.pdf

⁴ <http://www.iae.or.jp/publish/kihou/28-2/09.html>

温室効果ガス排出防止、石油の枯渇（ピークオイル）というわれわれが直面する 2 つの課題から考えると、現在のような石油／内燃機関を用いた車が、今世紀の間、主流となり使われ続けられている姿を想像できない。社会に深く浸透して、経済活動に重要な役割を果たしている車を、いかにスムーズに非石油化あるいは非内燃機関化するかが喫緊の課題となっている。

2. CEV (Clean Energy Vehicle)

クリーンエネルギー自動車（CEV）は、基本的に“低公害性能”（排ガスに有害成分が少ない）を示す言葉ではあるが、わが国ではこれに“石油代替性”や“低カーボン性”が要求される。最近では、低公害性よりも後者に焦点が当てられている。CEVには多種類の車が存在するが、動力源に着目し、大きく 1)内燃機関を用いるもの、2)電気モータを用いる方式、および 3)内燃機関と電気モータや様々な補助動力を併用する方式に分けられる。

このうち内燃機関を用いるものでは、水素や天然ガスなど“石油代替エネルギーを用いるもの”、“従来のガソリンや軽油を用いながら低公害・高燃費を実現する”もの、および“代替エネルギーと併用するもの”がある。これらには燃料供給インフラ整備などの課題はあるものの、基本的には車の構造やその走行性能に関して、従来のガソリン（又は軽油）車と比べ大きな差異はない。モータを用いる方式は、ガソリン車が実用化された時代より、クリーンな技術として何度か市場に投入されたが、価格・走行距離などの面でガソリン車に劣り、市場で普及することはなかった。この方式には、外部の電気を電池に貯蔵し（二次電池）利用する電気自動車、水素と酸化剤となる酸素等を高温環境で継続的に供給し反応させることにより電力を取り出し（燃料電池）モータを駆動させる燃料電池車がある。内燃機関と電気モータや様々な補助動力を併用する方式としては、ハイブリッド車やプラグイン・ハイブリッド車がある。これはガソリン車と電気自動車の欠点を補完する技術と言える。この内、ハイブリッド車は、CEVの中で、現状、最も普及が進んでいる。

3. CEV の普及

CEV の普及を阻害する要因の一つとして、ガソリン車に比較して価格が高いことがあげられる。価格は生産量が増えれば低下する傾向にあるが、その試算例を以下に示す。

平成 18 年度温暖化対策の技術選択モデルに関する調査報告書（平成 18 年度地球温暖化問題対策調査委託費）では、学習曲線によりハイブリッド車とプラグインハイブリッド車の生産量とコスト低下の関係を試算している⁵。

3.1 学習曲線

一度大量生産が始まるとそのコストが大幅に低下する可能性がある。この様子を表現するのが学習曲線である。学習曲線とは、経験曲線とも呼ばれ、累積した知識や経験についての人間の活動をマクロに記述するもので、工業製品のコスト低下の分析に利用されている。過去の多くの工業製品に関する実測結果から、以下のような学習曲線の原理が導き出されている。

「累積生産量が 2 倍になるとき、生産コストや生産に要する時間が一定割合だけ低下する」

学習曲線を定式化すると以下のようなになる。

$$Y_n = A X^{-\beta} \quad (1)$$

ここで Y_n : n 番ユニットの単位あたりのコスト
 X : 1 から n 番ユニットまでの累積生産量
 A : 第一番ユニットの生産コスト
 β : 累積生産に伴うコストの減少割合

さらに X_a と X_b という二つの時期の累積生産量がちょうど 2 倍になる場合に進歩指数 (Progress Rate) F を以下のように定義する。

$$X_b = 2 X_a \quad (2)$$

$$F = Y_b / Y_a = (X_b / X_a)^{-\beta} = 2^{-\beta} \quad (3)$$

F と β は以下のような関係がある。

$$\beta = -\log F / \log 2 \quad (4)$$

β は直感的にはわかりにくいので、進歩指数という概念が用いられている。進歩指数 F は、

⁵ 東京大学、平成 18 年度温暖化対策の技術選択モデルに関する調査報告書、平成 19 年 3 月

「累積生産量が 2 倍になるときのコスト低下の割合」を示している。累積生産量は、累積した知識や経験の大きさを表すものとして利用されている。例えば、2 万個の累積生産量のとときに 1 万個の累積生産量のとときに比べてコストが 80%に下がっていれば、進歩指数は、0.8 あるいは 80%であるという。この値が小さければそれだけコスト低下の度合いが大きい。進歩指数が小さいと累積生産量が増大するに従って、極めて大きなコスト低下が実現されることになる。

3.2 ハイブリッド車のコストと普及台数の関係

以下に、仮定した前提条件と、2030 年までの計算結果を示す(表 3.2.1、表 3.2.2)。

表 3.2.1 条件

現状 年間生産量	50 万台 (2005 年度末、全世界) トヨタは、プリウス、エスティマ、クラウンなどのハイブリッド車を 2010 年代には年産 100 万台規模を目指している
コスト	216 万円 (プリウス)
年間生産金額	プリウスの場合、 216 万円×3 万台=648 億円 (推定、2003 年度) トヨタのハイブリッドカーの他の車種や、ホンダのインサイト、シビックは、これに比べ生産台数は少ないようである。
輸出割合	50% (仮定値)
これまでの累積生産量	50 万台 (2005 年度末)
学習曲線における進歩指数	普通自動車との差額 60 万円 (28%) について <u>進歩指数 90% を適用</u>
年間省エネルギー量	プリウスの場合、10・15 モード燃費は 35.5km/L であるが、実際の走行では 20km/L である。年間 1 万 km 走行する日本の平均的な乗用車 (10km/L) と比較すると、 年間省エネルギー=ガソリン 500L=17.3GJ
年間 CO ₂ 削減量	ガソリンの CO ₂ 排出量 2.31kg/L より 1 台あたりの年間 CO ₂ 削減量 =2.31kg/L×500L= <u>1155kg CO₂</u>

表 3.2.2 2030 年までの計算結果 (ハイブリッドカー)

ハイブリッドカー

2030年の生産量を変えた場合に生じる年間生産量と1台あたりコスト

2030年 の生産 量(万 台)	50		150		300		450		600		700		800	
	生産台 数(万 台)	コスト (万円/ 台)	生産台 数(万 台)	コスト (万円/ 台)	生産 台数 (万台)	コスト (万円/ 台)	生産 台数 (万台)	コスト (万円/ 台)	生産 台数 (万台)	コスト (万円/ 台)	生産台 数(万 台)	コスト (万円/ 台)	生産台 数(万 台)	コスト (万円/ 台)
2003	3.0	216.0	3.0	216.0	3.0	216.0	3.0	216.0	3.0	216.0	3.0	216.0	3.0	216.0
2004	4.7	212.3	8.4	211.0	14.0	209.4	19.6	208.1	25.1	207.0	28.8	206.4	32.5	205.8
2005	6.5	210.2	13.9	207.6	25.0	204.9	36.1	203.0	47.2	201.6	54.6	200.8	62.0	200.0
2006	8.2	208.1	19.3	204.6	36.0	201.4	52.7	199.3	69.3	197.7	80.4	196.9	91.6	196.2
2007	10.0	206.3	24.8	202.0	47.0	198.6	69.2	196.5	91.4	194.9	106.3	194.1	121.1	193.4
2008	11.7	204.6	30.2	199.9	58.0	196.4	85.8	194.3	113.6	192.8	132.1	192.0	150.6	191.3
2009	13.4	203.1	35.7	198.1	69.0	194.6	102.3	192.5	135.7	191.0	157.9	190.2	180.1	189.6
2010	15.2	201.8	41.1	196.6	80.0	193.0	118.9	191.0	157.8	189.6	183.7	188.8	209.6	188.2
2011	16.9	200.5	46.6	195.3	91.0	191.7	135.4	189.7	179.9	188.3	209.5	187.6	239.1	187.0
2012	18.7	199.4	52.0	194.1	102.0	190.6	152.0	188.6	202.0	187.3	235.3	186.6	268.7	186.0
2013	20.4	198.4	57.4	193.0	113.0	189.6	168.6	187.7	224.1	186.3	261.1	185.7	298.2	185.1
2014	22.1	197.5	62.9	192.1	124.0	188.7	185.1	186.8	246.2	185.5	287.0	184.8	327.7	184.3
2015	23.9	196.6	68.3	191.2	135.0	187.9	201.7	186.1	268.3	184.8	312.8	184.1	357.2	183.6
2016	25.6	195.9	73.8	190.5	146.0	187.2	218.2	185.4	290.4	184.1	338.6	183.5	386.7	182.9
2017	27.4	195.1	79.2	189.8	157.0	186.5	234.8	184.7	312.6	183.5	364.4	182.9	416.3	182.3
2018	29.1	194.5	84.7	189.1	168.0	185.9	251.3	184.2	334.7	183.0	390.2	182.3	445.8	181.8
2019	30.9	193.8	90.1	188.5	179.0	185.4	267.9	183.6	356.8	182.5	416.0	181.8	475.3	181.3
2020	32.6	193.2	95.6	188.0	190.0	184.9	284.4	183.1	378.9	182.0	441.9	181.4	504.8	180.9
2021	34.3	192.7	101.0	187.4	201.0	184.4	301.0	182.7	401.0	181.5	467.7	180.9	534.3	180.4
2022	36.1	192.2	106.4	187.0	212.0	183.9	317.6	182.3	423.1	181.1	493.5	180.5	563.9	180.0
2023	37.8	191.7	111.9	186.5	223.0	183.5	334.1	181.9	445.2	180.8	519.3	180.2	593.4	179.7
2024	39.6	191.2	117.3	186.1	234.0	183.1	350.7	181.5	467.3	180.4	545.1	179.8	622.9	179.3
2025	41.3	190.8	122.8	185.7	245.0	182.7	367.2	181.1	489.4	180.1	570.9	179.5	652.4	179.0
2026	43.0	190.3	128.2	185.3	256.0	182.4	383.8	180.8	511.6	179.7	596.7	179.2	681.9	178.7
2027	44.8	189.9	133.7	184.9	267.0	182.1	400.3	180.5	533.7	179.4	622.6	178.9	711.4	178.4
2028	46.5	189.6	139.1	184.6	278.0	181.7	416.9	180.2	555.8	179.1	648.4	178.6	741.0	178.1
2029	48.3	189.2	144.6	184.3	289.0	181.4	433.4	179.9	577.9	178.9	674.2	178.3	770.5	177.9
2030	50.0	188.8	150.0	183.9	300.0	181.2	450.0	179.6	600.0	178.6	700.0	178.1	800.0	177.6

2003年の累積生産量=15万台

2015年の生産量を想定して各年にふりわけた

生産量のうち国内むけ50%、輸出は50%とする

普通自動車とのコスト差部分(28%)に進歩指数=0.9、b=-0.152を適用した

2030年での計算結果をみると、学習曲線によるコスト低下は自動車コスト全体のうちの60万円部分についてしか適用できないので、それほどコスト低下が生じない。自動車の基本部分(車体と駆動部分)が不変のためである。ちなみに2009年のわが国の乗用車の生産台数は、6,862,161台であり⁶、この数値と比較すると表中の生産台数450万台~800万台は、市場の車のほとんどすべてが、ハイブリッド車になっていることに相当する。

ちなみに、2008年度のハイブリッド車の出荷台数は121,101台であり、表中2030年生産台数50万台のペースで現在増加している⁷。

⁶ 財) 日本自動車工業界 <http://www.jama.or.jp/stats/product/20100129.html>

⁷ 財) 日本自動車工業界 <http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200911/08.html>

3.3 プラグインハイブリッド車のコストと普及台数の関係

プラグインハイブリッドは、ハイブリッドカーに少しだけ大きめのバッテリーを搭載して、家庭用電力から充電して、航続距離を伸ばす方式である。搭載するバッテリーは、電気自動車に搭載する規模より小さく、3kWh から 9kWh 程度であろう。家庭用電力からの安全な充電装置が普及の鍵を握っている。電力からモータへの効率が、内燃機関と比較して高いので、電気代が増えるが、ガソリンよりも経済性は高いと期待される。

ここでは、バッテリーのコストと寿命が課題となろう。ハイブリッドカーに使用されるバッテリーは、充放電深さが浅いが、プラグインハイブリッドでは、放電が深くなるためバッテリー寿命が懸念される。バッテリーコストは、1台あたり+35万円と仮定したが、これも比較的大きな負担になる。

ここでは、プラグインハイブリッドは、ハイブリッドカーの計算を準用して、2008年から生産し、ハイブリッドカーの1%で立ち上がり、2030年には、ハイブリッドカーの15%まで普及するものとして計算を行った(表 3.3.1)。

表 3.3.1 2030年までの計算結果 (プラグインハイブリッドカー)

プラグインハイブリッドカー

2030年の生産量を変えた場合に生じる年間生産量と1台あたりコスト

2030年の生産量(万)	7.5		22.5		45		67.5		90		105		120	
	生産台数	コスト(万円)	生産台数(万)	コスト(万円)										
2008	0.038	239.6	0.066	234.9	0.108	231.4	0.149	229.3	0.167	227.8	0.197	227.0	0.222	226.3
2009	0.377	227.4	1.086	220.8	2.149	216.6	3.210	214.2	4.250	212.3	4.961	211.5	5.666	210.8
2010	0.716	222.6	2.105	215.9	4.189	211.8	6.272	209.6	8.334	207.7	9.725	206.9	11.111	206.3
2011	1.056	219.4	3.125	212.7	6.230	208.7	9.333	206.5	12.417	204.7	14.488	204.0	16.555	203.3
2012	1.395	217.0	4.145	210.3	8.270	206.3	12.395	204.1	16.500	202.4	19.252	201.7	22.000	201.1
2013	1.734	214.9	5.165	208.3	10.311	204.4	15.456	202.3	20.584	200.6	24.016	199.9	27.444	199.3
2014	2.073	213.2	6.184	206.6	12.351	202.8	18.517	200.7	24.667	199.0	28.780	198.4	32.889	197.8
2015	2.412	211.7	7.204	205.1	14.392	201.4	21.579	199.3	28.750	197.7	33.543	197.1	38.333	196.5
2016	2.751	210.4	8.224	203.8	16.432	200.2	24.640	198.2	32.834	196.6	38.307	196.0	43.778	195.4
2017	3.091	209.1	9.244	202.7	18.473	199.1	27.702	197.1	36.917	195.6	43.071	195.0	49.222	194.4
2018	3.430	208.1	10.263	201.7	20.513	198.1	30.763	196.2	41.000	194.7	47.835	194.1	54.667	193.5
2019	3.769	207.1	11.283	200.7	22.554	197.2	33.825	195.3	45.084	193.8	52.599	193.2	60.111	192.7
2020	4.108	206.1	12.303	199.9	24.595	196.4	36.886	194.5	49.167	193.1	57.362	192.5	65.555	191.9
2021	4.447	205.3	13.322	199.1	26.635	195.6	39.947	193.8	53.250	192.4	62.126	191.8	71.000	191.3
2022	4.787	204.5	14.342	198.3	28.676	194.9	43.009	193.1	57.333	191.7	66.890	191.2	76.444	190.6
2023	5.126	203.8	15.362	197.6	30.716	194.3	46.070	192.5	61.417	191.1	71.654	190.6	81.889	190.1
2024	5.465	203.1	16.382	197.0	32.757	193.7	49.132	192.0	65.500	190.6	76.417	190.0	87.333	189.5
2025	5.804	202.4	17.401	196.4	34.797	193.2	52.193	191.4	69.583	190.1	81.181	189.5	92.778	189.0
2026	6.143	201.8	18.421	195.8	36.838	192.6	55.254	190.9	73.667	189.6	85.945	189.0	98.222	188.5
2027	6.482	201.2	19.441	195.3	38.878	192.1	58.316	190.4	77.750	189.1	90.709	188.6	103.667	188.1
2028	6.822	200.7	20.461	194.8	40.919	191.7	61.377	190.0	81.833	188.7	95.472	188.2	109.111	187.7
2029	7.161	200.1	21.480	194.3	42.959	191.2	64.439	189.6	85.917	188.3	100.236	187.8	114.556	187.3
2030	7.500	199.6	22.500	193.9	45.000	190.8	67.500	189.2	90.000	187.9	105.000	187.4	120.000	186.9

2008年にハイブリッドカーの1%で立ち上がるものとした

2030年にはハイブリッドカーの15%に達すると想定して各年にふりわけた

ハイブリッド車とのコスト差部分(35万円)に進歩指数=0.9、b=-0.152を適用した

プラグインハイブリッド車の価格も、2030年に100万台前後の生産台数になれば、ガソリン車(156万円)との価格差も30万円程度と小さくなっていく。この程度になると、ランニングコストがガソリン車に比較して安価であるため、ガソリン車との価格差異はほとんどないと考えられる。

3.4 CEV 普及のストーリー

これらの知見をもとに、EVの普及に関して考えられる一つの“ストーリー”を以下に示す。

- 1) ハイブリッド車の車種が増え、その普及が拡大する。2030年には、市場の多くを占める。
- 2) ハイブリッド車の電池容量が拡大し、モーターのみで走行可能なプラグインハイブリッド車の普及が始まる。
- 3) プラグインハイブリッド車の普及に伴い、電池コストの低下、電池性能の向上、モーター走行の快適性への認知が進む。
- 4) プラグインハイブリッド車の普及に伴い、電池価格が低下し、安全性・充電インフラ等のEV移行への障壁が小さくなり、その普及が拡大する。

現状のガソリン車の性能・価格をベースとして、それと“同等”の性能・価格のEV車を実現するには、電池等で技術的なブレークスルーがあったとしても、その本格的な普及は、先の話となる(例えば2030年頃)。それは、ハイブリッド車が市場に投入されて生産台数が12万台に達するのに約10年の歳月を要したことからも明らかであろう。

4. 社会が変わる

これまでEVの普及を、従来のガソリン車並の“性能・価格”を念頭において、そのレベルに新技術が到達して初めて社会に受け入れられると考え議論した。これは、車に対する消費者のニーズは今後も変わらない、車での移動の必要性、ドライブを楽しむ嗜好、所有する優越感、所有することへの憧れ等は今後も変わらないことを前提としている。すなわち、ユーザの一日あたりの走行距離のほとんどが80km以内で、また一回あたりの走行距離は20km以内が平日で70%程度であるにもかかわらず“航続距離500km以上”の車を欲する、平均乗車人数は1.3人であるにもかかわらず“4~5人搭乗可能な”車を欲しがると、国内で高速運転する機会は少ないものの“高速で走れる車”を欲しがるとの購買欲求は今後も“不変”だとしている。もし、このような購買欲求が、高度経済成長や経済バブルを体験した“世代”特有のものであり、今後車に対する欲求が大きく変わるとすると、EVを普及させるための施策には別の視点が必要となろう。

4.1 消費者動向

最近の国内販売台数をみると、軽四輪の台数はそれほど減少していないが、全体としては大きな減少傾向にある（図4.1.1）。

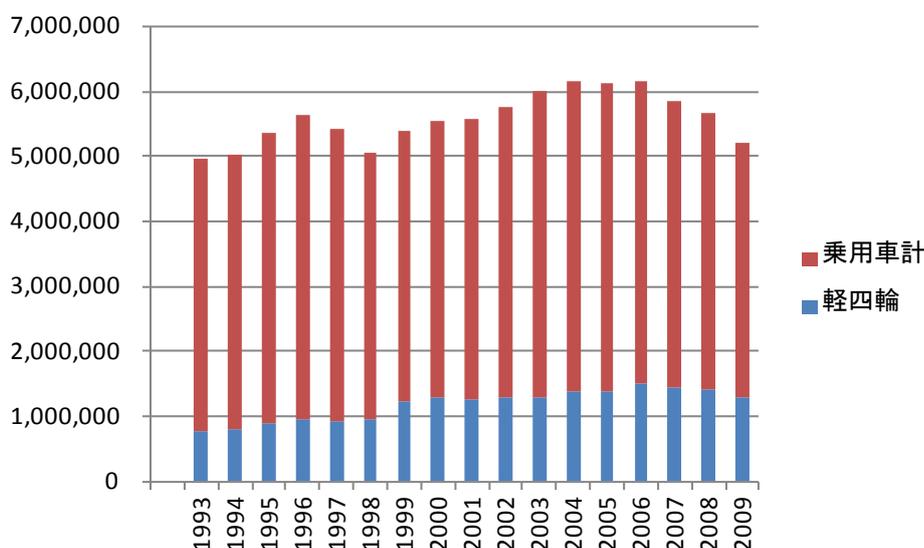


図 4.1.1 国内の自家用自動車販売台数推移

その理由として、景気の悪化、個人所得の伸び悩みなどの理由が第一に考えられるが、世代別のマーケット調査からは別の要因が浮かびあがる。若い世代の“車離れ”である。図4.1.2に各代表世代の自動車保有率を示している⁸。ここから明らかに読み取れるのは、若い男性の車の保有率が著しく低下していることである。これは、かつて“デートカー”

⁸ <http://www.nikkeibp.co.jp/news/manu07q4/548386/>

と言われた2ドア車／スポーツタイプの販売台数が、1990年をピークに急激に減少していることから明らかである⁹。

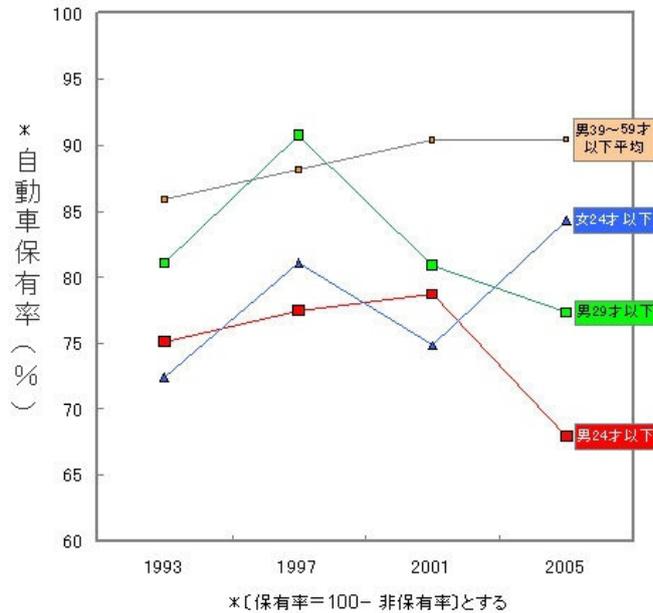


図 4.1.2 各世代の自動車保有率

4.2 若者の車離れ

“2008年度乗用車市場動向調査”では¹⁰、18歳～24歳の若者と車とのかかわり方の変化とその要因を分析している。結果、特に関心度が低いのは、大都市に住む男性であった。他方、女性や地方居住者の関心度や購入意欲は高く、以前の世代に比べて同程度の水準であった。以前の若者に比較して、関心が高くても強い購入意欲は低下しており、購入予定時期の先延ばしの傾向が見られた。また、若者が車に感じる“効用”や“負担”には変化が見られ、この変化の背景には、以前とは異なる社会・経済環境下で育ち、独自の価値観、生活特性を持ち、幼い頃から様々な製品・サービスに触れてきた世代特性の影響を指摘している。そして、再び若者の車に対する関心を高め、彼らの購入台数を増加させるためには、以下の取組みが必要だと結んでいる。

1) クルマに求められる新たな効用

エントリー世代（18歳～24歳）はクルマの利便性については強く感じており、これが効用の中心となっている。一方で、エントリー世代のクルマに対するニーズを見ると、彼らの価値観・行動に合わせた新たな潜在的効用が求められており、この実現によりクルマの魅力を再び上げることが可能と思われる。具体的には「情報化」「自動化」「環境」の方

⁹ 三浦展、シンプル族の反乱、KKベストセラーズ、2009年1月

¹⁰ 社団法人 日本自動車工業会

向での高度化などであり、過剰な走行性能や高級化へのニーズは減退していくと考えられる。

2) クルマを取り巻く環境改善

クルマを所有するためには、経済的、労力的に多大な負担を背負わなければならないが、この負担を軽減するためには自動車関連諸税の軽減、免許取得の簡素化、交通インフラの高度化などが効果的であると思われる。

車を始めとする“モノを欲しがらない若者”に関する書籍も増えている。三浦氏は著書で、2ドアのスポーティーカーが、1990年の販売台数30万台弱から2007年の数万台まで減少した点に注目している。このタイプは“デートカー”と呼ばれて、若い男女が遊びに行くときに必須の車と言われたものである。実際にアンケートをとると、デートに車が必要であったという男性は30~44歳では50%以上いるが、18~19歳の独身男性でデートに車が必要であると回答するものは15%まで減っている¹¹。

山岡氏は著書で、若者の消費行動を「車に乗らない、ブランド服も欲しくない、スポーツはしない、酒は飲まない、旅行はしない、恋愛には淡泊、貯金だけが増えていく」と表現している¹²。そして、最近のメーカの宣伝での、走る商品ではなく、「仲間とまったりくつろぐ空間」としての訴求は、外観や「走り」に興味をもたない若者への対応であると述べている。松田氏は著書¹³で、世代別のマーケット調査より、商品のプロダクトライフサイクルを（導入期、成長期、成熟期、衰退期）売り手視点の市場の成長性ではなく、消費者の関心と購入経験から見ている。断層世代（1951年~1960年生まれ）と、バブル後世代（1979年~1983年生まれ）とでの比較では、潜在需要（高関心、低購入）に断層世代の男性では、“AV機器”や“自動車”などが入るのに対して、バブル後世代では潜在需要の領域には何の品目も入っていない。バブル後世代の男性では、車は停滞需要（低関心、低購入）の領域に位置している。全体的に見ればバブル後世代の、3K（車、家電、海外旅行）嫌いは明らかであると述べている。その要因として、バブル後世代が育った社会・経済環境がある。例えば、彼らは給与や土地の価格が毎年上がるという右肩あがりの経済を幼少期に経験し、モノに囲まれて育った。学生時代にはバブルの崩壊を経験し、経済の縮小の印象を強く持っている。右肩下がりの経済なら、すぐ購入せず、“待つ”ことが得となるであろう。また、インターネット、PC、および携帯電話の普及に大きく貢献し世代でもある。

前述の調査は、今後、車に対するニーズがこれまでとは大きく変化する可能性を示唆している。これまでの車は、白物家電のように“ただ走ればよい”存在となり、新たな効用を付加しないと“車の購入”や“使用”に対する欲求は低下する一方となる可能性である。

¹¹ 同9

¹² 山岡拓、欲しがらない若者たち、日経プレミアシリーズ、2009年12月

¹³ 松田久一、「嫌消費」世代の研究、東洋経済新報社、2009年11月

これは、環境面からは好ましいが、産業面からは好ましいと言えない。これを解決する手段の一つが、EV 社会と考えた。

4.3 EV100%社会を想定

今回の調査研究の対象としたのは、CEV の中で“電気自動車 (EV)”である。これは：
1) “従来のガソリン車 (内燃機関)”とは大きく異なる方式であり、その普及は単なる“ガソリン車の代替”に留まらず、分散エネルギーの拡大 (大型電池の家庭普及による) と密接な関連をもつ等、われわれの生活スタイルや行動を大きく変えるポテンシャルをもっている、

2) パソコンなど IT 機器の利用拡大によりリチウムイオン電池の性能や価格の改善が著しく、現時点では、燃料電池に比べ早期の普及が期待される、

3) 若者の価値観・行動に合わせた新たな潜在的効用を満たす商品を実現できる“柔軟性”のあるシステムである、

等の理由による。この場合 EV 車は、従来のガソリン車と“同等の性能・価格である”必要性”はない。

図 4.3.1 は、本調査研究の基本概念である。図中、社会 A は、従来ガソリン車の“高速で長距離移動できる、自分のスペースを持ち自分で操れる”という価値が今後も高まり、それを EV が代替するという社会である。従来の社会トレンドに技術が適合する“社会に技術を合わせる”との発想である。これまでの多くの技術開発の基本となる考えである。一方、社会 B は、従来のガソリン車とは異なる特性で EV が選択され、それにより社会が変わるという、“技術に社会が適合する”という考え方である。後者は、“技術の進歩”が必要ないことを示唆しているのではなく、社会に適合するために従来とは異なった視点からの技術開発が必要であることを意図している。

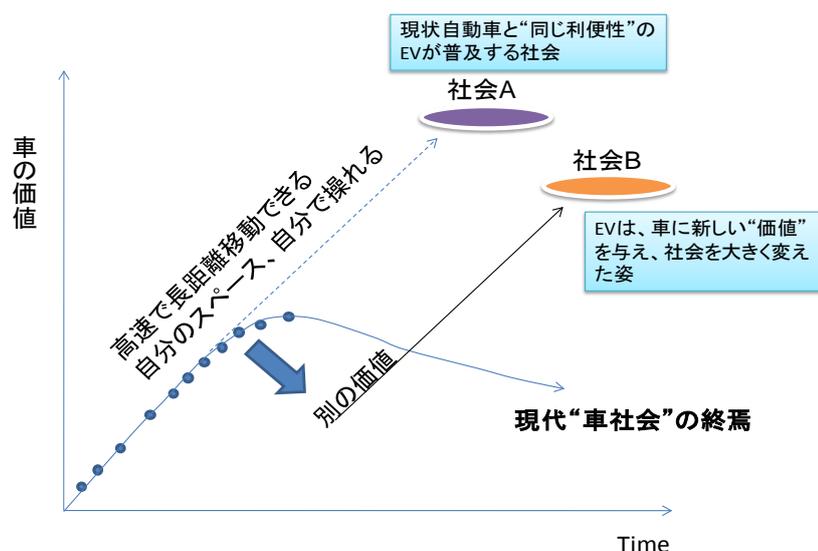


図 4.3.1 クルマに対する価値のパラダイムシフト

本調査研究では、後者の考え方に沿って、EV 社会を描写した。社会描写では、“現在の社会が EV100%社会なら”との前提を置いた。想定時期を未来ではなく、“現在”と置いたのは、技術進歩の時間的な曖昧さに引きずられることを排除するためである。“現在”を考えても、現在プロトタイプとして既に出現している技術は、その社会イメージの中に入ってくる。技術が社会に普及するには10~20年の年数を要するので、“現在の100%社会”を考えることは、結果として10~20年後の社会を描いていることに相当する。ただ、基本技術において（本研究の場合、電池技術などであるが）革新的な進展が見られない場合の未来社会ではあるが。“現在”が“EV100%社会”という2つの極端条件を想定することで、これまで長く続いた車社会に捕らわれない“自由な発想”が可能となると考えた。

5. EV100%社会の描写

社会描写においては、シナリオ・プランニングおよびブレインストーミング手法を活用した。シナリオ・プランニング手法とは、未来の不確定要素から注目すべきものをいくつか選択し、そのインパクトの大きさと組み合わせ方でできる複数のシナリオを描く分析手法である。世の中の変化動向には、社会、経済、政治、技術、環境など多様な要素がある。これらの要素は、未来に起こることがほぼ確実な要素（現在見えているトレンド）と、どちらの方向に進行するかが不確定な要素（予測不能、選択の余地がある）に分けられる。このうち不確定要素に着目し、その中から大きな影響を与えそうな注目すべき重要な要素を、二つまたは三つ抽出し、それらをドライビング・フォース（推進力）とする。ドライビング・フォースは、シナリオの筋書きを動かし、物語の結末を決定する要因となり、これがシナリオの軸となる。ドライビング・フォースがプラスまたはマイナスにどのくらい変化するかによって、社会の姿が大きく異なる。シナリオ軸が 2 軸の場合は、四つの社会像が描けることになる。

今回選択した“不確実な要素”の一つは、“車による移動”に関連した軸である。車を使った移動距離は現状と同程度なのかそれとも減少するのかを想定した。自動車用石油の需要は、2005 年より明らかな減少傾向にある。これは、国内の自動車保有数はこの間増加しているもので、単純に考えれば、一台あたりの走行距離は減少していることになる。若者の車離れ、高齢者人口の増加など様々な要因が考えられる。この傾向が今後とも続くのか、それとも回復するのか。もう一つの要素は、“車”のもつ価値である。EV は排ガスを出さないためクリーンであるが、これはすべての象限に共通である（EV100%社会を前提としている）。居住性・走行性に関連した“従来の車の価値”はそのままなのか、それとも EV のシステムの柔軟性により車に新たな価値が加わり、現状の車とはまったく異なる姿になっているのかを考えた（図 5.1）。

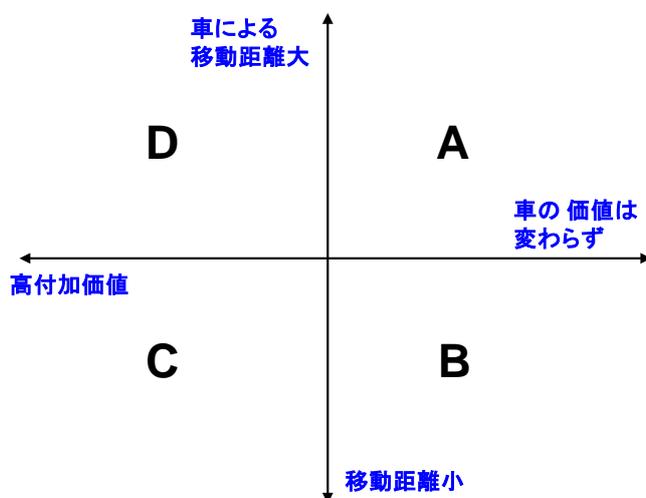


図 5.1 シナリオプランニングにおける 4 つの社会像

シナリオ作成は、2日間合宿形式で行い、図 5.2 のように、2つのチームでそれぞれ4つの社会を描写したそれぞれの象限の社会を特徴づける名前を各社会像につけた（詳細は、参考のページを参考）。

	A	B	C	D
チーム 1	現状自動車社会の継承	グリーンコンパクトシティ	多機能自動車社会	近距離公共交通駆逐社会
チーム 2	技術シフト社会	メリハリ移動社会	生活融合型車社会	高度モビリティ社会

図 5.2 各検討チームにおける4つの社会像

2つのチームで、社会像に大きな差異はなかった。その本質は共通であり、EV の特性（クリーンである、IT との親和性が強まる、移動の柔軟性（自由度）が高まる）を最大限活用して、“移動”という手段をより“多くの人に開放”しつつ地球環境への影響を最小化することを目指したものであった。都市という環境をより快適に、暮らしやすく、そして魅力ある場所へと変えること、人々の Quality of Life (QOL)を向上させる社会であった。

以下では、チーム 1 の4つの社会像を中心に紹介する（チーム 2 の社会像は、後述）。ここで、基本となる EV の諸元を定める（表 5.1）。

表 5.1 EV の基本的特性

電力 1kWh あたりの走行距離	10km・ton/kWh
バッテリー1kWh あたりの重量	12.5Kg/kWh
バッテリー1kWh あたりの価格	20 万円/kWh

これらのパラメータは、現状の EV の特性から求めたものである。価格以外は、これらの特性を念頭に置き、社会を描写した。価格については、自動車が 100%EV に置き換わっているという前提を考慮し、生産台数が多くかつ学習曲線に従い価格は低下するとの仮説を用いた。

5.1 現状自動車社会の継承社会 A

これは、電気自動車で現状の車社会と同様な利便性を実現した社会である。現状のEV車の欠点である、“航続距離が短い”、“価格が高い”を社会インフラやビジネス形態で補完する。現状では、航続距離は最大200km（10・15 電費：20kWh）で、価格は約200万円と高い（小型 or 普通車）。ただし、EV100%であるということは、生産量は年間約500万台に到達しているの、価格については学習曲線を用いて低下させ、現状ガソリン車に比べて40～80万円高いと考えた（初期生産台数2万台、進歩指数0.8～0.9で試算）。すなわち、現状の自動車より、航続距離は200kmと短く、価格は40～80万円高い車を消費者が選択している社会となる。ランニングコストは、EV車ではガソリン代に比較して大きく低下するので、この購入時の価格差は非常に小さいものとなる。

10・15 燃費で航続距離が200kmであることは、実走行では100km程度と考えられる。走行距離20km以内が平日で70%程度であるので、大半の車が家庭で充電することになる。高速道路では、SA/PAでの充電が主体となる。国内全長距離7,000kmで現在758カ所が営業している。この数値を上り下りで二分し、平均すると約20kmに一カ所のSA/PAがあることになる。数値的に考えるとここでの充電で十分ではあるが、安心のため、所々に非接触充電レーンが設けられている。走行中の車への充電は、1980年代に米国のPATH (Partners for Advanced Transit and Highways) プロジェクトで道路に埋め込んだケーブルからの高周波の電磁誘導で走行中の車両に充電するシステムがある。実験は成功したものの漏れ磁束が大きく実用には至らなかった¹⁴。新しい方式としては、磁場結合共鳴方式がある。2007年MITのMarin Soljacic 教授の研究チームが2m離れた距離で60Wの電力を送ることに成功している¹⁵。この方式の発展により、走行充電が可能となることが期待される。非接触充電した代金はETC高速料金に課金される。また、軍事関連で、航空機や船舶を対象に実際に行われている走行中の燃料補給もEVで実現している。電池残量が少なくなり、近場にSA/PAや充電レーンが無い場合、電気供給車と呼ぶ。電気供給からアームが伸び、EVの充電プラグに接続される。充電中、EV車と電気供給車は通信によって走行を同期させる。SS（サービスステーション）は、2006年45,992カ所全国に存在する。一カ所当たりの可住地面積は、2.6平方キロメートルである¹⁶。SSはすべて充電スタンドに変わる。フル充電（20kWh）の電気代は、現在の電気料金では200円～400円程度であるので、“高速充電”の付加価値をつけても、充電だけでのビジネスは難しいであろう。現在のガソリン・軽油供給設備を充電スタンドに置き換えたことで生まれたスペースで、カフェ・レストラン・書店など新しいビジネスが行われている。これらをチェーン店とした場合、日本最大のチェーンとなる。コンビニエンスストアは全国で各社会わせて3万店程度であるので、“4万6千店”の規模の大きさがわかる。EVや充電機器（非接触充電を含む）の普及には、国費

¹⁴環境・電池の技術ロードマップと利用シーンの将来像、日経BP社、2009年

¹⁵ <http://web.mit.edu/newsoffice/2007/wireless-0607.html>

¹⁶ ヒアリング資料参照

があてがわれることになるが、EV社会になることにより負担が減る項目を明確に意識する必要がある。車による大気汚染が無くなる、これによる疾病（喘息）が無くなることによる負担の軽減はどの程度であろうか。最近のデータはないが、1973年に日本の経済審議会NNW開発委員会が発表した昭和45年度の環境汚染に関連した費用約6兆円、都市化に伴う損失約1.2兆円から類推すると、10兆円は下らないのではないか。今後EV社会実現による社会コストの削減費用に関して詳細な調査が必要である。

この社会でEV車を製造しているのは、自動車メーカーであろう。それは、高速走行での安全性に関するノウハウを有しているからである。しかし構成材料は、鋼板からCFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）に変わるかもしれない。車体の軽量化により、航続距離の伸びが期待されるからである。また、車がオール電化されることで、情報通信（IT）との親和性はより高まるであろう。ITを活用した故障診断サービスや制御ソフトウェアのアップグレードサービスが提供されるかもしれない。また、車検が定期ではなくIT診断結果を反映した不定期なものとなる。さらに、SSのスペースを使った、全国規模の小売り・飲食ビジネスが期待される。

懸念材料は、大容量バッテリーに関連した“安全性”である。バッテリーの衝撃による爆発、大電流による感電などの事故を防ぐ技術開発が重要となる。もう一つは電力需要である。この社会では、車による走行距離はガソリン車と変わらない。このため、電力需要は年間約500億kWh増加する。この増加は、現在の総発電量の5%程度であり、現有の発電能力で十分まかなえる。しかし、ピーク供給の問題がある。

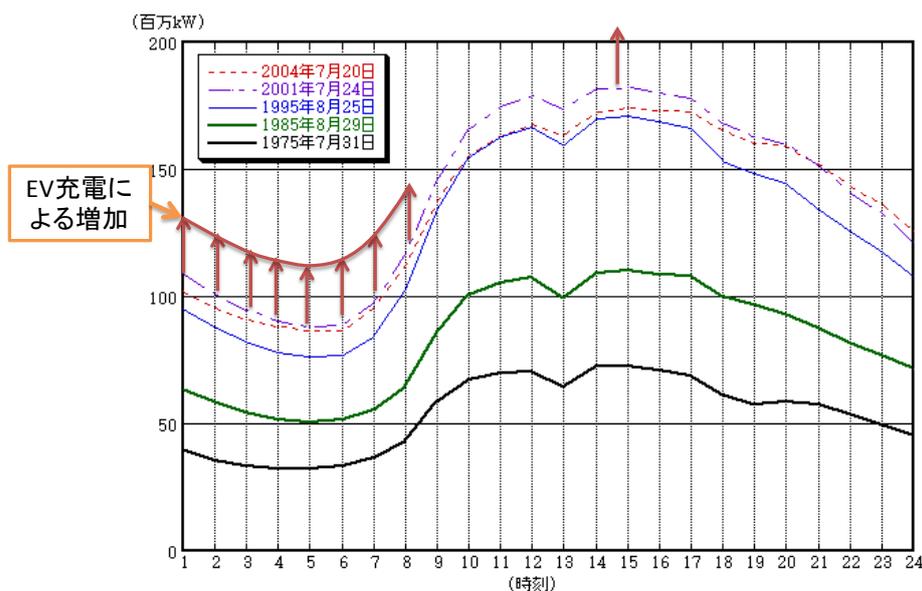


図 5.1.1 夏期の電力需要とEV普及による影響

図 5.1.1 は、夏期の一日の需要量の変化である¹⁷。年間 500 億kWhは、一日当たり約 1.4 億kWhとなる。この電力量を 8 時間で充電すると仮定すると電力は 1,800Wとなる。図 5.1.1 のように夜間の一定時間に充電されれば、需要の平準化につながる。ただしこの夜間電力量は、原子力だけでは不足するので火力が使われることになり、CO₂ 排出原単位 (CO₂/kWh) は悪くなる。仮に 14~15 時の需要のピーク時に急速充電されると、供給能力が不足する可能性もある。いずれにしても充電電力は決して小さなものでないので、非接触充電、急速充電および家庭での充電を、電力需要量と適応するためには、“電力ポケット”のような概念、すなわちEVとコンセントが接続された状態で、ある単位電力量毎に分散して電力を供給する仕組みが実現しているかもしれない。

この社会では、太陽光発電システムの普及が加速する。それは、家庭の電力消費量が増加し、システムの購入費用を回収できる年数が短くなるからである。



図 5.1.2 社会像 A のイメージ

¹⁷経済産業省、エネルギー白書 2007 年版 (2007)

5.2 “グリーンコンパクトシティ”社会 B

これはAの“現代車社会の継承社会”とは、全く異なる社会である。コンパクトにまとまった街に、近距離移動用の小型で低速なEVが走行している。パーク&ライドが一般的であり、人は駅まで低速なEVで移動し、駅前でその車を乗り捨てる。その車は、無人で駅付近の駐車場に移動し止まる。車は、駐車場でコンパクトな形に変形するため、従来に比べて高密度で駐車できる。また、低速で走るため高齢者や若年層でも運転できる。街中は騒音もなく空気がきれいで、現代の都市とはまったく異なる様相をもつ。街中の移動体が低速であるため、人々はゆったりした感覚を持って暮らしている。EVは従来のガソリン車とまったく異なる形態である。人と衝突しても人を殺傷しない速度およびショック緩衝機構をもっているため安全である。また、車体も軽量化でき、移動距離も短いためバッテリー容量を小さくできる。安全基準が大幅に緩和されるため、自動車会社に限らず車を製造できるようになる。このため、日本の産業構造は大きく変わった。電子・電機メーカ、およびロボットを開発している機械メーカの参入が増えた。この社会では、長距離移動は公共交通、中距離の移動には中距離移動のEVタクシーが活用されるようになっている。田舎では、EVコミュニティーバスが運用されている。京都や奈良などの観光地では、静かでクリーンな街となるため観光の魅力が増し、これによる収入が増加した。また、東京のようなメガシティでも、EV車と人が現在車に占有されている道路を共有できるため、街中の至る所にコミュニティができていく。このシナリオでは交通事故がほとんどなくなるため、約5兆円の社会的損失を防ぐことができる¹⁸。

自動車保有台数は、ドライバーの年齢層も拡大し、また現在の若者が“車を所有したくない”理由の一つに挙げられる車に対する負のイメージ（地球環境に悪い、維持にお金がかかる、事故などのリスクが高い）を払拭できるため、さらに安価でファッション性の高い車の出現により年間購入台数は増加する¹⁹。これにより、自動車保有台数は6,000万台に増加する。

この社会実現の施策としては、無人駐車システム技術、衝突しても安全なショック緩和技術、また低速の車が多くの人に活用できるようにするための規制の緩和、およびコンパクトシティ設計技術であろう。

¹⁸ <http://www8.cao.go.jp/koutu/chou-ken/sonshitsu.pdf>

¹⁹ 2008年度乗用車市場動向調査、日本自動車工業界、2009年

コンパクトシティと電気自動車

慶應義塾大学 中野 冠

電気自動車は、その環境性能と短距離性を考えれば、コンパクトシティと相性が良いと考えられる。コンパクトシティには多様な定義がありうるが、ここでは主として徒歩および人間と共存できる安全な乗り物を用いて日常生活で基本的に必要な移動ができる街、とする。コンパクトシティの例として、ヨーロッパにおける **Light Rail Transit (LRT)** を活用した都市構造が参照されることが多い。特に、フランスは、リヨン、ナント、オルレアン、サンテチェンス、モンベリエ、グルノーブル、ストラスブルグ、ボルドー、カーンなどの都市がデザインの異なる **LRT** を使用するなどコンパクトな街づくりを競っていることで知られている。これらの都市の中で、赤ワインで日本人にもなじみの深いボルドー（ボルドー市人口約 23 万人、ボルドー都市圏は約 80 万人）を取り上げて、コンパクトシティに適する自動車として電気自動車の可能性を述べる。

ボルドーは世界遺産に指定されており、市の半分にあたる 1,810 ヘクタールが対象になっている。歴史地区である旧市街では一般の車両は通行が制限されている。ボルドー空港からのシャトルバスは歴史地区の外に泊まるので、歴史地区内のホテルにはバス停から歩くことになる。我が国でも、駅前商店街や観光地で私有自動車が制限されている場所がある。ボルドーの歴史地区もそれとよく似た雰囲気がある。



写真 1. ボルドー旧市街

ボルドー歴史地区はほぼ円形をしており、直径分が歩いて約 20 分あり、我が国の一般の市街観光地より私有車禁止区域が大きいと思われる。歴史地区で数日過ごした後に、空港に行くために車両禁止区域外に出たとたん、その喧噪と排ガスに圧倒されることになる。その時、多くの人には、排ガスや排気音を出さない電気自動車だけの街がどれだけ魅力あるものであるか実感できるだろう。

ボルドーでは、電車である LRT が運航され、市民や観光者の足となっている（写真 2）。歴史地区では、景観を保つため架線はなく路面から充電しており、郊外に出ると架線が出てくる。路面からの充電方法は、地上集電式架線レスである^[1]。架線がない部分は極めて低速で、LRT の前を横切っても危険を全く感じない。クルマと共存する郊外に出ると、スピードが上がる。LRT の料金は安く、2009 年 9 月現在、5 日間で 4.8 ユーロだった。他に移動手段がないこともあって、LRT は終日混んでおり、座れない場合も多い。驚いたことは、歴史地区や LRT 内で、妊婦、乳母車、杖をついた老人をたびたび見たことである。クルマがなく、低速 LRT の街がどんなに人にやさしいかを体験できる。



写真 2. ボルドーを走る LRT

景観のために架線をなくすことは、歴史的価値のある建物が多いヨーロッパの国だから良いのであって、新旧の建物が乱立する日本ではその価値が低いと考える向きもあろう。また、比較的小規模な集落が飛び飛びに存在するヨーロッパと異なり、日本は平面的に街が広がるため、LRT だけで済ますことが難しいという指摘もあろう。しかし、騒音と臭気のない街、安全な街がどんなに住みやすいか、我が国でもその利点は十分想像することができよう。技術的な解決策として、LRT の代わりに道の中央を一方向に縦列自動走行する軽量電気自動車を考えれば、LRT よりも柔軟

かつ平面的な交通網を構築できる可能性がある。

ボルドー歴史地区では、観光客が非常に多いにもかかわらずそれほどの混雑を感じない。もし中央を自動車が走る道路があったならばとても狭く感じるだろう。日曜日の東京・銀座を想起すればわかる。もちろん、静かな町には人とクルマがぶつかりあわないように、クルマの数を制限することが必要である。例えば、コンパクトシティでのクルマは、小型軽量低速の電気自動車に限定され、妊婦、老人、子供、障害者などいわゆる交通弱者と荷物を持つなどして臨時に必要な乗客を乗せるレンタカーやタクシーが主流になる場面を予想することができる。

[1] 国土交通省都市・地域整備局,まちづくりと一体となった LRT 導入計画ガイダンス, <http://www.mlit.go.jp/crd/tosiko/guidance/pdf/01top.pdf>, 平成 17 年 10 月,



図 5.2.1 社会像 B のイメージ

5.3 多機能自動車社会 C

移動に関しては、必ずしも“低速”は要求されないものの、B“グリーンコンパクトシティ”社会と似ている。しかしEVの生活での活用は、前社会ではあくまで移動手段であったものに対して、大きく拡大する。排気ガスを出さない、電源を有しているというEVの特性が最大限に活用され、家と一体化して用いられるようになった。家の中に入り、自分の部屋として活用する人、アパートのように点在する共同の風呂・キッチン・トイレ・コインランドリーを備えたステーションに、EVをドッキングして暮らす人が出現した。後者は、移動する家である。EVの中には、テレビ・パソコンなどが搭載され、インターネットももちろん利用できる。好きな場所で暮らすことがブームとなっている。このため、住所という概念はなくなり、GPSで経緯度で住所を登録している。住所・氏名・年齢などで個人を特定し管理できなくなったため、国民各人にIDが振り分けられた。また、自治体の概念は残るが、公共サービスの多くは国から直接受ける形態となった。当然のことながら、住民税と自動車税は一体となっている。

自動走行モードがあり、低速ではあるが自動で走行可能となっている。このため、移動が不自由になった高齢者の移動手段や子供の安全確保のシェルターとしても活用されている。また、飲酒後も自動走行モードで帰宅できる。

自動車産業に、電気・電子、機械だけではなく住宅メーカーや家具メーカーなども参入してきた。さらに、不動産業や住宅メーカーは競ってEVステーションを建築している。病院や介護ホームは健康チェック機能を備えた低速・自動走行のEVを所有し、急増した高齢者で不足していたベッド数や居住者数を補完している。また、従来外出が不自由であった高齢者の移動が自由になったため、高齢者にとっても生き甲斐がある社会となった。高齢者向けEVには健康チェック機能が搭載されており、緊急時には病院と通報され病院に自動誘導される。また、仕事では移動SOHOとしても活用できるため大都市では通勤に要していたムダな時間がなくなり、人々はゆったりとした生活を送れるようになった。もちろん、次の日朝早くから仕事がある場合、職場のEVステーションに泊まることも可能である。

この社会を実現する上で鍵となる技術は、インホイール・モータと自動走行技術であった。インホイール・モータは、居住空間の自由度を増す（ドライブシャフトが存在しないため）、およびEVステーションへのドッキングや家の中の移動が容易にするために不可欠であった。また自動走行は、車に搭載されたカメラの画像処理、GPSによる位置情報、および車間通信技術の3つを用いて、低速ではあるが実現された。

飲酒運転が可能となったので、銀座等の夜の街に活気もどった。しかしタクシー産業では近距離利用は無くなり、中距離・長距離利用が中心となった。

この社会で削減できるのは、高齢者医療・介護に要する社会コストである。車の保有台数は、大衆化が進みエアコンやテレビの普及台数に近づく。テレビおよびエアコンの普及は世帯あたり2.43と2.56であったので²⁰、世帯当たり2台とした。世帯数は約4,900万世帯であるので²¹、約10,000万台と現状の2倍弱に増える。

若者（エントリー世代：18歳～24歳）が車に求めるニーズの上位に位置していたのが、“追突防止など、安全な走行をサポートしてくれる”、“他の車とぶつからないように自動感知してくれる”、“運転手のアルコール摂取量に反応して運転が制御される”であった²²。図らずもこの社会は、車離れが著しい現代の若者が車に求める“新たなニーズ”を満たした社会であった。

²⁰ 21年3月消費動向調査

²¹ 平成17年国勢調査より

²² 13と同じ

自動車産業はコンピュータ産業化するか

芝浦工業大学 岡村 宏

コンピュータシステムと自動車の最も大きな違いは、マンマシンインターフェイスの構築のコンセプトが違う点である。コンピュータのインターフェイスの場合は、国際標準規格に準拠するマウスやキーボードのハードベースがあるものの、その大部分は画面とのやりとりで決まる。闊達なカスタマイズは、どのような情報を画面に提示するかで決まり、後付のソフト類でその特徴が支配されている。それに比べ、自動車のマンマシンインターフェイスは、ハードの持つ機能との対応が求められ、コンピュータのように、まず構成構造を固定してからインターフェイスを考えるのではなく、その改善には常にハード面の変更・改善が伴うのが常である。自動車への電子情報やその制御システムが数多く導入され、ソフト面でのコントロールが可能な範囲は少しずつ拡大しているが、軽量化、コストダウン等を行うには、まずハード面の基盤構造の最適化を行い、更に電子制御面での最適化、チューニングが適用される。従って、そのマンマシンインターフェイスをいかに組み上げるか、車としての操作感やフィードバックをどのように設定するかは、従来からの自動車のメーカーにとって差別化の戦略として最も重要な項目である。近年、階層化された部品メーカーは一つ上の製品のレベルで開発提案をしないと生き残れないといわれている。総合電機メーカーにとって、最終製品である自動車の開発におけるマンマシンインターフェイスをどのようにすれば採用してもらえるかは大変興味深いことであるが、なかなか教えてもらえないし、理解するのは難しい。すなわち、これらは、自動車メーカーのアイデンティティーにとって生命線である。同様に、階層化された部品メーカーにとっても、同様なことはいえる。一方、コンピュータ産業では個別のコンポーネントをつなぐインターフェイスは標準化され、そのルールに従えばどのコンピュータメーカーの要求にも一致することができる。後は、各部品メーカーとしてのコスト、性能、信頼性、小型・軽量化、リサイクル性等をがんばればよい。コンピュータのハードの構成は、ほぼ標準化されており、更に各構成部品の性能のバリエーションをどのように組みあわせるかは、ユーザのオーダーエントリーで自由に選ぶこともできるようになっている場合が多い。コンピュータメーカーにとっての最終的なマンマシンインターフェイスは、ソフト面でいかようにも調整が効き、ハード面で縛られることは少ない。従って、ファブレスなメーカーが数多く出現している。更に、OS等のソフト面でも標準化が進み、製品としてのノウハウが蓄積されていなくとも容易にメーカーになることが可能となっている。すなわち、「個」(部品)の最適化は、「集」(最終製品)の最適化と重なりつつある。その結果、

「個」の最適化がどんどん加速し、急激な価格競争に巻き込まれる結果となり、国籍やメーカ系列を乗り越え、グローバル化が浸透している。

自動車産業に取って、現在の状況は、「個」の最適化は「集」の最適化とは一致せず、常に自動車メーカの全体での「集」の最適化に部品メーカの「個」の最適化は支配されてきた。しかし電子制御システムの各部品への浸透は強力に進行しており、部品や自動車全体でのソフト面での割合が徐々に向上しているのが現状である。

電気自動車は、自動車の心臓部である動力源が内燃機関から電動モータに切り替わることで、構成の部品点数や構造の複雑化が大幅に緩和され、後は磁力密度を上げる材料に支配され、誰にでも作れる様相を呈している。トルクと回転数のコントロールは電子制御で行うことができ、その自由度は拡大している。すなわち、ソフト面でのコントロールの比率が大幅に向上した。しかし、静かになった原動機の影響もあり、電動モータの騒音低減はハード面が支配しており、工場等うるさい環境で育った大トルクの電動モータではそのまま置き換えることは難しい。しかし、電気自動車の静けさは、歩行者への車の接近が関知しにくくなり、騒音規制とは逆に人工音を発生させることが必要となっている。現在の自動車に取って静粛性は商品力に直結しており、自動車のハード面での対応が求められるが、人工音によるマスキング効果を導入されるようになると、これらの面でもソフト面での最適化への処置が大きく進むことになる。また、トラクションコントロール等の自動車の挙動のコントロールは、ドライブ感覚での操作性のフィーリングとして自動車のアイデンティティーに深く関わっており、ハード、ソフト面での融合が重要であったが、これも4輪インホイール・モータの出現で自由自在のコントロールがソフト面で可能となる。更に、動力エネルギーとしての二次電池は、ハード面でも構造の複雑さではなく、電子の挙動のコントロールであり、化学的挙動や材料面が強く、標準化と高度化が繰り返す一種の装置産業化し、従来の自動車産業とは独自の動きをするため、ピラミッド形の自動車産業の解体が進むことになる。すなわち、磁気材料とともに、自動車産業にとって材料面での支配力が大きくなり、巨大化した自動車産業の形態が変化するものと考ええる。

ハイブリッドカーに日本の自動車産業は傾倒しているが、この動きは、かなりソフト面へのシフトが進むが、その構成からは、ハード、ソフト面の融合が主力であり、それがより高度に発達したものと見える。従って、外部から参入をするには総合的技術の壁が高すぎ同時に自動車産業の今までの形態をそのまま保持することができ、メーカ、部品メーカ、ガソリンスタンド、ディーラーはそのまま温存できる。電気自動車では、将来電化製品と一緒に売り場に並ぶ可能性もある。

2008年に発売された米国のシリコンバレーのベンチャー企業であるテスラ車は、ロードスターのアッセンブリーを買ってきて、電気自動車として発売をし、好評を博している。米国には十数社の電気自動車のベンチャーが出現しており、GMの凋落に符合

している。このことは、自動車産業がハード面からソフト面へ大きくシフトし始めた兆候と見ることができ、自動車産業のコンピュータ産業化が進み始めたとの見解も出始めている。新しい米国の戦略として、高速充電システムと充電ステーション網の整備が有り、二次電池の一回の充電に対する走行距離をミニマムにする考えもある。ここでも、すべてガソリン車並ではなく、ハイブリッドカーを飛び越えたシフトの可能性は否定できない。搭載する二次電池が少なければ、コスト面、質量面で有利となる。これらの展開では、国際的な充電に対する国際標準規格の競争が重要な意味を持つてくるものとする。

また、最近の中国の上海等でのフル電気自転車（電動アシスト自転車ではない）の普及は自転車の半分まで進んでいるという。ここで用いられているバッテリーは安価な鉛蓄電池が大部分であり、最近のリチウムイオン電池も用いられるようになっている。都市内での内燃機関によるオートバイの乗り入れ禁止の影響といわれているが、すこしお金を出せば手が届く安価な仕様が用意されている。更に、このフル電気自転車は日本と違って、法律上の規制がなく自由である点が普及を後押ししている。最近、中国のベンチャー企業が米国のモーターショーに **Detroit Fish** なるモデル車を出品している。このシリーズの価格設定は、4~6000 ドルであり、原則鉛蓄電池であり、充電時間が4時間で、一回の充電で約150km走り、最高速度は約50km/hである。この仕様は、中国としては上位に位置する電気自動車であり、もっと安価の走るだけの電気自動車にも需要が大きいとのことである。安全性も、数人が乗るバイク等の移動手段からすると、より安全側となる。

以上の米国と中国の動きに対し、日本での電気自動車への動きは、ガソリン車へのそのままの性能維持によりシフトである。安全性を強調することは必要であるが、電気自動車と地域の走る環境の整備や充電網の整備、他の交通機関とのハイブリッド等の多様な展開が求められている。日本の自動車産業もこれらの新しい産業の大きなシフトに対応しないと、衰退され、グローバルな動きに巻き込まれる可能性が高い。日本の生命線は、自動車産業に代表される「ものづくり」であり、このような世界の大きな流れについて行けないと、日本のものづくりの崩壊を意味し、燃料や食料の外部依存性に大きなダメージが来ることが考えられる。

ここでの電気自動車へのアプローチは、ハイブリッドカーの進展とともに、地球温暖化への日本の産業の積極的戦略とする必要がある。



図 5.3.1 社会像 C のイメージ

5.4 近距離公共交通駆逐社会（自動車バリアフリー社会）D

車での移動はガソリン車社会とあまり変わらない。それは、“短距離走行の回数”が増えるからである。この点が、Aの“現状自動車社会の継承”とは異なる。この社会大きな特徴は、自動車のバリアフリー化である。“いつでも”、“どこでも”、“だれでも”移動可能な、“ユビキタス車社会”が実現した。1人～2人乗りのEVが主流となっている。横幅が狭く、階段昇降や自動コンパクト化機能の実現により、新幹線や電車に車を乗せることが可能となった。従来の高速道路を使った長距離移動から、最寄りの駅までEVで行き、目的地まで新幹線等でEVを運び、目的地で再びEVを活用するというスタイルが可能となった。ショッピングセンターなどにも乗り入れ可能であり、EVに乗ったままいつでも買い物ができる。このため、家に冷蔵庫で食料を保存するという習慣がなくなりつつある。

EVは小型・軽量であるが、高速な走行も可能である。これは、自動運転（低速）、高速運転アシスト機能（衝突防止機能）の搭載により、交通事故を未然に防げるためである。構造体で衝撃を吸収し人を保護することから、ITやセンサを使った制御による事故防止に車の設計思想が大きく変化した。また運転も、視線移動、ジェスチャーなど様々なUI（ユーザーインターフェース）が選択でき、使用者の状態に合った使い方が可能になった。運転免許は、高速・運転アシスト機能付きのEV車に乗る場合に必要となる。自動車の鍵には、

生体認証を使うため、“無免許運転”は過去の言葉となった。過疎地の住民には、ユビキタス EV が公共交通（バス）の代わりに配備されている。これにより今まで住民のサービスのために赤字で運用していた路線バスは無くなった。

電気自動車になり、製造は従来の“すりあわせ”から“モジュール”タイプに変貌を遂げた。これにより、デジタル機器と同じように、低価格競争で負け日本の産業は競争力を失いかけたが、自動車のバリアフリー化の技術により再び、競争優位性をもつようになった。バリアフリー化の技術は、ロボット・車・IT の融合技術であり、さらに“機械”の信頼性・安全性という“すりあわせ”技術なくしては実現できないからである。車から“ガンダム”への変化がこの社会では起こっている。

D シナリオ 公共交通駆逐型バリアフリーEV

の普及（付加価値＋走行距離大）

(株)システム技術研究所 梶屋 治紀

現状のガソリン自動車の特性のひとつとして、平均乗車人数が 1.3 人と少ないことが知られている。5 人家族で遠くまで行きたいという欲求を満たすために、4～5 人乗りのセダンが多く普及している。超小型車として知られる「IQ」、「SMART」も 4 人の座席を要しているし、軽自動車でも同様である。

しかし、4～5 人が乗車することはまれであり、1 人の運転者が大きな車体をエネルギーを消費して走行させているのが現状といえる。このため人キロあたりのエネルギー消費は、鉄道など公共交通機関の 12 倍になっている。

ところで EV の特性は、バッテリーが重いこと、1 充電走行距離が短いことにある。そのため EV は大型車には適していない。小型車であればこの問題は緩和される。

この特性に着目して、今後普及する EV が現状のガソリン自動車の欠点を補うようにするには、

- 1) 乗車人員が 1～2 人の超小型 EV を普及させる
- 2) 走行速度は低速で、衝突安全に配慮した設計で、広い年齢層の人々に運転できるようにする

これにより、人キロ当たりのエネルギー消費は非常に小さくできる。小型化により 3 分の 1 に、またガソリン車から電気モータへの転換により 3 分の 1 に、総合するとエネルギー消費をおよそ 9 分の 1 にできる可能性がある。

こうすると、超小型 EV は、近距離用の公共交通機関に対抗できる可能性が生まれてくる。

地方都市などにおいては、近距離用の交通機関として、新交通システム（AGT やモノレール）、バスなどがあるが、交通需要が計画を下回ると赤字路線になることが多い。とくに朝夕の通勤時は乗車人員が多いが、昼間はまばらであることが多く、採算が取れないケースが多い。このようなどころへ、超小型 EV を普及させれば、近距離用の公共交通に代替する可能性がある。

さらにこのような超小型 EV は、低速で衝突しても事故になりにくい設計で、若年層から老人まで広い層の人々に利用され、広範囲にバリアフリーで走行できる。また駐車時には、垂直に立てることにより必要な駐車面積を小さくできる。デパートや大型オフィスビルなどの建物のなかにまで、低速で入り込むことができる。また新幹線などの長距離列車に搭載することができる。このような超小型 EV が普及すれば、さらに新しい利用方法を生み出すと期待される。

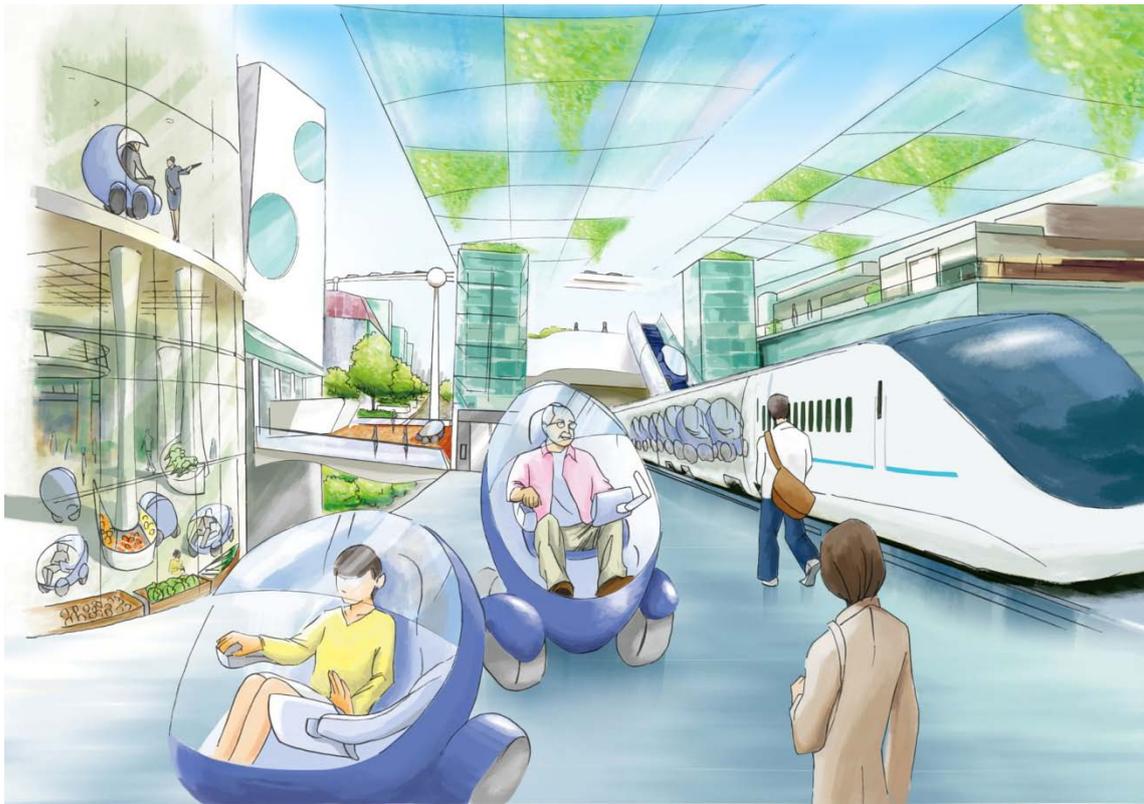


図 5.4.1 社会像 D のイメージ

5.5 提言（目指すべき社会）

目指すべき社会は、環境負荷を低減し、QOL（Quality of Life）を向上させながらも、経済的な破綻の無い社会である。人々の移動の“最適化”に伴う人的・物的資源の節約は経済の活力を奪うものではない。生み出された余剰人的資源は人々の生活をさらに向上させるための“高い付加価値”を生み出すための産業へと振り向けられ、高付加価値化した電気自動車 日本の新しい基盤産業、輸出産業の一翼を担う社会である。

前節で 4 つの EV 社会像を提案した。そのどの社会が良いかを議論すべきではない。各社会像が適切に融合した社会が目指すべき EV 社会である。その中であえて重心を置くとすると B の“グリーンコンパクトシティ”社会である。このような社会が実現できれば、わが国の QOL は確実に向上するであろう。

6. 資源・エネルギーからみた EV100%社会

6.1 化石燃料自動車を電気自動車に置き換えた場合の国内資源・エネルギー消費量評価

日本国内におけるガソリン自動車が電気自動車に置換された場合、日本国内においてはどのような影響が生じるであろうか？本節では、国内における自家用乗用車を対象に、これらがすべて電気自動車に置換された場合の所要電力量ならびにガソリン消費量減少に伴うCO₂排出量の変化について試算する。

(1) 使用時エネルギー消費量の評価

自動車輸送統計年報平成19年度版によると、国内には乗用車4,180万台、軽乗用車1,572万台の登録自家用車が存在し、それぞれの自家用乗用車の平成19年度における総走行距離は、普通乗用車383,724,767 [千 km]、軽自動車116,441,649 [千 km]である。

ここで、電費10km/kWh (10・15モード)と想定すると²³、普通乗用車、軽乗用車あわせて500億kWhの電力が一年あたり必要という計算になる。さらに送電・充電 (Liイオン電池) 効率をそれぞれ95%、85%とすると²⁴、図6.1.1に示すように必要な発電量は年間613億kWhと計算できる。これは日本の総発電量のおおよそ6%程度に相当する。

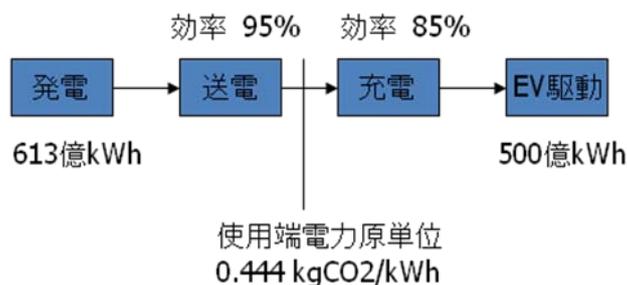


図 6.1.1 電気自動車 (EV) 駆動のために必要な電力量

²³ NEDO 次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ2008より

²⁴ 清水浩著「温暖化防止のために - 科学者からアルゴア氏への提言」

表 6.1.1 電気、ガソリン、軽油の製造・使用 CO₂原単位

エネルギー	出典	
2008年度の使用端 CO ₂ 排出原単位 [kgCO ₂ /kWh]	電気事業における環境行動計画 2009年版	0.444
ガソリン燃焼 [kgCO ₂ /l]	環境省地球環境局地球温暖化対策 課 温室効果ガス排出量算定方法検 討会 2002.8	2.38048
ガソリン採掘-製品 [kgCO ₂ /l]	石油産業活性化センター「石油製品 油種別LCI作成と石油製品環境影響 評価調査報告書」2000.3	0.374733333
軽油燃焼 [kgCO ₂ /l]	環境省地球環境局地球温暖化対策 課 温室効果ガス排出量算定方法検 討会 2002.8	2.64344
軽油採掘-製品 [kgCO ₂ /l]	石油産業活性化センター「石油製品 油種別LCI作成と石油製品環境影響 評価調査報告書」2000.3	0.184433333

それでは一年あたりのCO₂排出量はどのように変化するであろうか？まず、電気自動車を駆動するための所要発電量の増加分と、ガソリン使用料削減の影響を考える。使用端における日本の電力原単位は 0.444kg CO₂/kWh²⁵であるので 2613 万tCO₂/年のCO₂が電気自動車駆動のために発生する。一方、自動車輸送統計年報平成 19 年度版によると平成 19 年度の自家用自動車による石油燃料使用量はガソリン 5,021[万kl]、軽油 233[万kl]である。従って電気自動車への置換により、1.449 億t CO₂/年のCO₂削減が可能になる。以上を単純に足し算すると、自家用乗用車を電気自動車に置換することで 1.19 億トン/年のCO₂排出量が削減できることになる。

(2) 製造時エネルギー消費量の評価

ところで、電気自動車とガソリン自動車では、その素材構成が異なり、それぞれを一台製造するときの物質・エネルギー使用量が異なっている。以下では、電気自動車とガソリン自動車の素材構成の違いに焦点をあて、乗用車の使用段階での CO₂排出量のみではなく、それぞれの製造段階を考慮して、どの程度 CO₂排出量が変化するかを試算する。

自動車輸送統計年報平成 19 年度版によると、普通車 (2000cc 以上)、小型 4 輪車 (2000cc 未満)、軽自動車の新車登録台数は 2007 年度でそれぞれ 30.4%, 37.1%, 32.5%となっている。そこで簡略化して、1500cc の小型車をボリュームゾーンと考え、この 1500cc のガソリン自動車 5700 万台が電気自動車に置換されると考えて製造時の CO₂排出量の差を評価する。

²⁵ 電気事業における環境行動計画 2009 年版, 電気事業連合会

文献²⁶⁾によると、1500ccのガソリン自動車の製造時CO₂排出量は、4239kg CO₂、これにほぼ相当する電気自動車として、現状技術水準で実現したモデル（本格現状型 航続距離 400km、電池重量密度 100Wh/kg、電池容量 50Wh、電池重量 500kg、電費 10km/kWh）を考えると、製造時CO₂排出量は 6160kg CO₂となる。

従って、電気自動車への置換により、一台あたり約 1.9t CO₂の CO₂排出量が増加することになり、5700万台を置換すると、1.083 億 t CO₂の CO₂排出量が増加することになる。

このように電気自動車の製造時環境負荷が大きい理由は、Li イオン電池の環境負荷が大きいためである。

（3）使用時、製造時の両方を考慮した CO₂排出量評価

電気自動車を10年間使うとすると1年あたりの生産によるCO₂発生量は0.1083 億 t CO₂となる。一年あたりで評価すると、（1）で評価した使用時のCO₂排出量削減効果は1.19 億 t CO₂であり、製造時のCO₂排出量増加分の一桁上の値であることから、電気自動車への置換による国内のCO₂排出量を大きく削減できることがわかる（上記仮定のもと計算すると1.09 億 t CO₂/年の削減が可能となる）。

（4）ガソリン自動車を電気自動車で置換した場合の製造時資源消費量評価

文献²⁷⁾から、1500cc相当のガソリン自動車と、これにほぼ相当する電気自動車について、電池重量500kg、電池重量密度 100Wh/kgとして資源使用量を計算したものを表 6.1.2 に示す。

²⁶⁾平成19年度 NEDO 委託業務成果報告書 定置用燃料電池システムおよび燃料電池自動車のライフサイクル評価に関する調査

²⁷⁾同 2 6

表 6.1.2 電気自動車とガソリン自動車の素材構成比較

	素材	①1500cc GV	②1500ccクラスのEV	②-①
		投入量[kg]	投入量[kg]	投入量[kg]
ガソリン自動車使用素材	鋳鉄・鋁鉄	56.32	48.9	-7.42
	棒鋼	9.55	8.08	-1.47
	圧延薄板	11.63	9.78	-1.85
	圧延中板	2.65	2.23	-0.42
	熱延鋼板	112.32	94.49	-17.83
	熱延薄板	141.27	124.23	-17.04
	熱延中板	3.84	3.38	-0.46
	冷延鋼板	29.06	24.44	-4.62
	冷延薄板	67.35	59.23	-8.12
	高張力鋼板	16.82	14.4	-2.42
	亜鉛めっき鋼板	255.54	224.65	-30.89
	表面処理鋼板	1.31	1.1	-0.21
	炭素鋼	24.45	20.56	-3.89
	その他の普通鋼	15.77	13.32	-2.45
	ステンレス、耐熱鋼	43.65	30.28	-13.37
	バネ鋼	12.73	10.71	-2.02
	軸受鋼	4	3.36	-0.64
	合金鋼	16.54	13.92	-2.62
	構造用特殊鋼	76.45	67.23	-9.22
	その他特殊鋼	9.67	8.13	-1.54
	スチールコード	3.15	2.65	-0.5
	アルミ板材	1.97	0	-1.97
	アルミ鑄造材(再生塊)	16.22	6.15	-10.07
	アルミ展伸材(新塊)	3.9	1.86	-2.04
	アルミ地金	48.83	23.71	-25.12
	銅	15.45	14.72	-0.73
	鉛	8.46	0	-8.46
	MgおよびMg合金	1.26	1.26	0
	低密度ポリエチレン	1.56	1.29	-0.27
	ポリプロピレン	51.72	46.78	-4.94
	ポリ塩化ビニル	7.8	7.12	-0.68
	ABS樹脂	4.54	4.16	-0.38
	熱可塑性ポリエステル(PET)	2.25	2.05	-0.2
	PA(ポリアミド)	4.5	3.6	-0.9
	ポリウレタン	16.34	14.91	-1.43
	その他熱可塑性樹脂	7.59	6.92	-0.67
	塗料	12.81	12.81	0
	ガラス	47.54	46.41	-1.13
	天然ゴム	10.28	9.23	-1.05
	合成ゴム	15.41	13.84	-1.57
	EPDM	1.15	1.01	-0.14
	木材	4.13	4.13	0
	繊維	3.97	3.97	0
	ポリエステル長繊維	3.59	3.59	0
	カーボンブラック	12.94	12.94	0
ビードワイヤ	1.69	1.69	0	
油性液類	2.28	2.28	0	
オイル	36.89	36.89	0	
合計	1259.14	1068.39	-190.75	
モータ(電磁鋼板)	0	40	40	
コントロールユニット(素材不明)	0	32	32	
リイオン電池	LiNiO2	0	74.01666667	74.01666667
	ポリフッ化ビニリデン	0	1.683333333	1.683333333
	NMP	0	10.15	10.15
	ケッチェンブラック	0	1.666666667	1.666666667
	アルミ	0	128.25	128.25
	ポリプロピレン	0	43.91666667	43.91666667
	難黒鉛化性炭素	0	38.4	38.4
	ポリフッ化ビニリデン	0	0.816666667	0.816666667
	銅	0	74.15	74.15
	ニッケル板	0	2.066666667	2.066666667
	LiPF6	0	4.1	4.1
	PC	0	16.66666667	16.66666667
	EMC	0	16.66666667	16.66666667
	HDPE	0	48.41666667	48.41666667
	PE	0	5.483333333	5.483333333
	鉄	0	15.03333333	15.03333333
	PBT	0	1	1
シリコンフェノール樹脂	0	17.5	17.5	
電気自動車固有部品合計	0	571.9833333	571.9833333	
電気自動車をガソリン自動車に置換した場合の物質増加分			381.2333333	

表 6.1.2 中から、ガソリン自動車を電気自動車に置換することで、非常に多くの材料が必要になることがわかる。なお、表 6.1.2 では、電気自動車用モータに用いるネオジムなどのレアアースの所要量は計算していない。仮に 5,700 万台のガソリン自動車（1500cc と想定）をすべて電気自動車に置換すると、一台あたり 0.38t の余分な素材投入が必要なので 2,166 万 t の材料投入が必要になる。このうち、たとえば銅について評価すると、一台あたり 0.074t 増加するので、5,700 万台で 422 万トンの材料投入が必要になるが、これは日本における銅地金（電気銅）の年間生産量 138 万トン（2004 年時点）と比較するとかなり大きな値であることがわかる。日本の産業構造は、電気自動車への置換のためには大きく変革されなければならないことがうかがえる。なお、資源使用量の増減が、二次的に他の産業セクターにどのように影響を与えるかについては、参考で添付した資源バランステーブルを用いて解析することができる。

最後に、表 6.1.2 中には記載されていないが、枯渇が心配されるネオジムについての所要量を試算する。ハイブリッド自動車プリウス一台あたりに使用されているネオジム磁石は 1kg であり、その 30%がネオジムであるので、5,700 万台の電気自動車製造のためには、1.7 万 t のネオジムが必要と見積もられる。国内でのネオジムの生産量は年間 1 万トン程度（ヒアリング調査より）であり、現在自動車用に用いられているのは 2,500 トンである。自動車寿命を 10 年として、仮に一年に 570 万台ずつ電気自動車へと置換していくとしても、一年あたり 1,700 トンのネオジム生産が必要となり、生産能力の拡大は欠かせないことになる。ネオジムなどの希土類は 95%が中国からの輸入であるが、鉱床自体はアメリカやカナダなどでも存在している。総資源量そのものよりも、現状では精錬工程がほとんど中国にしかないことが供給に不安感を与えている要因だと考えられる（ネオジム磁石のリサイクルも最終的には中国の精錬工程で行わざるを得ないのが現状である）。

6.2 CEV とグローバル資源エネルギーバランステーブル

グローバル資源エネルギーバランステーブルの研究から、CEV の可能性を検討すると以下ようになる。

(1) 自動車の CO₂ 排出係数

既存自動車、HV、EV の CO₂ 排出係数を検討すると表 6.2.1 のようになる。

EV については、発電構成によって電力の CO₂ 排出係数が大きければ、1km 走行について排出する CO₂ は HV より大きくなる。その境界点は、電力の CO₂ 排出係数が 0.58 のところにある。

表 6.2.1 自動車の CO₂ の排出係数

自動車	燃費	電力の CO ₂ 排出係数(CO ₂ kg/kWh)	1km あたり CO ₂ 排出量 (g/km)
既存ガソリン車	10km/L		232
HV	20km/L		116
EV	5km/ kWh	0.36	72
		0.50	100
		0.58	116
		0.60	120
		0.70	140
		0.80	160
		0.90	180

(2) 世界各地域の電力の CO₂ 排出係数

グローバル資源エネルギーバランステーブルの研究から、IEA の標準シナリオの場合に、世界の各地域について、電力の CO₂ 排出係数の将来を調べることができる。

表 6.2.2~6.2.7 に、日本、アメリカ、西欧、中国、インド、世界全体について、1990、2007、2020、2030 年における、発電構成、発電量、CO₂ 排出量、電力の CO₂ 排出係数を求めた。

表 6.2.2 日本

日本	単位	1990	2007	2020	2030
発電用石炭消費量	MTOE	25	64	62	57
発電用石油消費量	MTOE	51	31	9	10
発電用ガス消費量	MTOE	33	54	54	58
発電CO2排出量					
CO2(石炭から)	MT	95	243	235	216
CO2(石油から)	MT	146	89	26	29
CO2(ガスから)	MT	68	111	111	119
CO2排出合計	MT	309	442	372	364
電力需要					
電力(転換)	MTOE	7	10	10	11
電力(最終用途)	MTOE	64	87	94	101
発電量合計	MTOE	71	97	104	112
発電量		826	1,128	1,210	1,303
CO2排出原単位	kgCO2/kWh	0.374	0.392	0.308	0.280

表 6.2.3 アメリカ

米国	単位	1990	2007	2020	2030
発電用石炭消費量	MTOE	396	502	509	525
発電用石油消費量	MTOE	27	18	7	6
発電用ガス消費量	MTOE	90	173	167	175
発電CO2排出量					
CO2(石炭から)	MT	1,501	1,903	1,929	1,990
CO2(石油から)	MT	77	51	20	17
CO2(ガスから)	MT	185	356	344	361
CO2排出合計	MT	1,763	2,310	2,293	2,367
電力需要					
電力(転換)	MTOE	49	46	52	54
電力(最終用途)	MTOE	226	329	359	402
発電量合計	MTOE	275	375	411	456
発電量		3,198	4,361	4,780	5,304
CO2排出原単位	kgCO2/kWh	0.551	0.530	0.480	0.446

表 6.2.4 西欧

西ヨーロッパ	単位	1990	2007	2020	2030
発電用石炭消費量	MTOE	270	246	211	202
発電用石油消費量	MTOE	47	26	12	10
発電用ガス消費量	MTOE	40	148	173	204
発電CO2排出量					
CO2(石炭から)	MT	1,023	932	800	766
CO2(石油から)	MT	134	74	34	29
CO2(ガスから)	MT	82	305	356	420
CO2排出合計	MT	1,240	1,312	1,190	1,214
電力需要					
電力(転換)	MTOE	38	44	44	47
電力(最終用途)	MTOE	190	263	293	331
発電量合計	MTOE	228	307	337	378
発電量		2,652	3,571	3,920	4,396
CO2排出原単位	kgCO2/kWh	0.468	0.367	0.304	0.276

表 6.2.5 中国

中国	単位	1990	2007	2020	2030
発電用石炭消費量	MTOE	153	755	1,283	1,571
発電用石油消費量	MTOE	16	11	12	10
発電用ガス消費量	MTOE	1	10	32	46
発電CO2排出量					
CO2(石炭から)	MT	580	2,861	4,863	5,954
CO2(石油から)	MT	46	31	34	29
CO2(ガスから)	MT	2	21	66	95
CO2排出合計	MT	628	2,914	4,963	6,077
電力需要					
電力(転換)	MTOE	12	51	91	115
電力(最終用途)	MTOE	43	234	485	646
発電量合計	MTOE	55	285	576	761
発電量		640	3,315	6,699	8,851
CO2排出原単位	kgCO2/kWh	0.981	0.879	0.741	0.687

表 6.2.6 インド

インド	単位	1990	2007	2020	2030
発電用石炭消費量	MTOE	58	177	269	419
発電用石油消費量	MTOE	4	9	9	8
発電用ガス消費量	MTOE	3	13	35	55
発電CO2排出量					
CO2(石炭から)	MT	220	671	1,020	1,588
CO2(石油から)	MT	11	26	26	23
CO2(ガスから)	MT	6	27	72	113
CO2排出合計	MT	237	723	1,117	1,724
電力需要					
電力(転換)	MTOE	7	22	42	67
電力(最終用途)	MTOE	18	47	100	169
発電量合計	MTOE	25	69	142	236
発電量	TWH	291	803	1,652	2,745
CO2排出原単位	kgCO2/kWh	0.817	0.901	0.677	0.628

表 6.2.7 世界全体

世界	単位	1990	2007	2020	2030
発電用石炭消費量	MTOE	1,228	2,167	2,871	3,481
発電用石油消費量	MTOE	376	284	199	167
発電用ガス消費量	MTOE	576	988	1,202	1,464
発電CO2排出量					
CO2(石炭から)	MT	4,654	8,213	10,881	13,193
CO2(石油から)	MT	1,075	812	569	478
CO2(ガスから)	MT	1,187	2,035	2,476	3,016
CO2排出合計	MT	6,916	11,060	13,926	16,686
電力需要					
電力(転換)	MTOE	183	287	379	461
電力(最終用途)	MTOE	833	1,413	1,963	2,488
発電量合計	MTOE	1,016	1,700	2,342	2,949
発電量		11,817	19,772	27,239	34,299
CO2排出原単位	kgCO2/kWh	0.585	0.559	0.511	0.487

結果をみると、世界全体では電力のCO₂排出係数は次第に改善されてゆくことがわかる。世界全体で、2030年に0.487kg CO₂/kWhであり、EVのCO₂排出係数の限界点である0.587kg CO₂/kWhよりも小さくなっている。しかし、中国とインドでは、2030年においてもこの限界点より排出係数が大きいことがわかる。この2つの大国の自動車普及台数によっては、CO₂排出量が増大する恐れもある。

以上の計算は、EVの燃費を200Wh/kmと楽観的にみていることも考慮すると、電気自動車の大量普及には、発電構成の改善が非常に重要な要素であることが理解できる。

7. 持続可能社会シミュレータへ向けて

わが国は、現状、地球環境問題、少子高齢化、安全・安心、IT化進展による情報爆発、および市場の多様化や新興国の経済拡大下での産業競争力維持など、複数の社会的な課題を同時に抱えている。これら課題の一つを解決するにも、人の意識・行動、文化、技術普及、政策、および社会システム（法律・教育・労働・文化・交通など）などの要因が複雑に絡み、かつ大域的であるため、従来の科学・技術を中心とした対策のみでは、「合理的」な解を得ることは難しい。これは、地球温暖化の対策の現状を見れば明らかであろう。さらに、一つではなく複数の社会的課題を“同時に”解決しなければならない状況に直面している。このような状況を打破するためには、より多くの知識（顕在知も暗黙知も含めて）・“複雑系”をなす“社会”をモデル化し、新技術導入や政策を実施した際の“社会”の“応答（変化）”を何らかの形でシミュレートすることが必要であろう。このようなシミュレータをわれわれは、“持続可能社会シミュレータ”と呼ぶ。持続可能社会シミュレータを実現できれば、新技術の開発と普及、市民の意識変化、政策、およびグローバル化進展等によって、社会生活、資源・エネルギー消費形態、および環境負荷が時間とともにどのように変化していくかを、より合理的にかつその社会像を具体的に表現できる（図 7.1）。

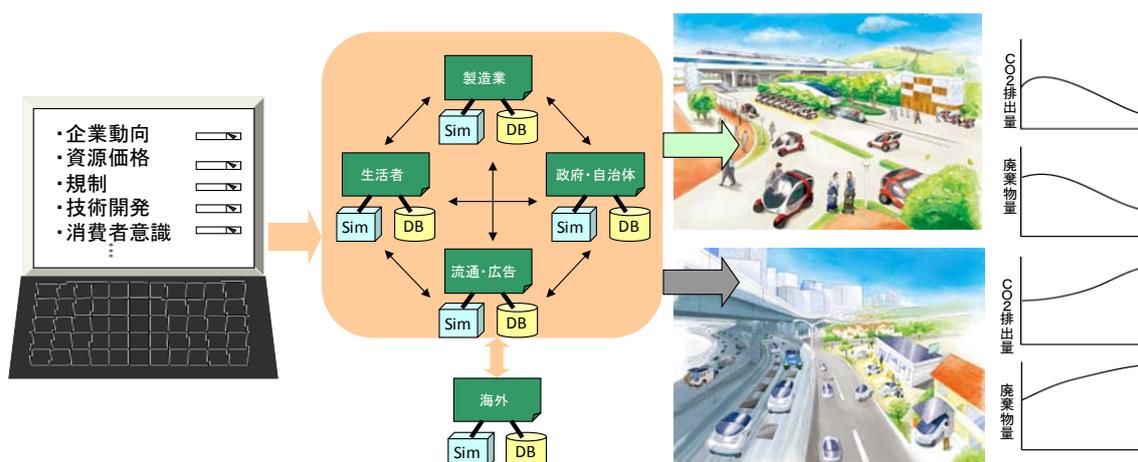


図 7.1 持続可能社会シミュレータのイメージ

7.1 持続可能社会シミュレータの枠組み

本研究は、“持続可能社会シミュレータ”の概念設計を目的としたもので、温暖化対策として期待されている電気自動車などの CEV を対象として、普及における人の意識・社会システム・制度の影響、さらに普及により生じる社会変化を定性および定量の両面より把握し、社会のモデル化に必要な項目とその関連を明らかにする。

まず、今回の CEV 普及に関連して石油燃料自動車社会の終焉のシナリオを考えてみる。自動車社会の終焉は、自動車による利便性・有用性<負担となれば起こると考えた。利便性や有用性を低下させる社会要因として移動の必要性の低下がある。クルマによる移動の必要性が低い都市部に人口が集中し、反対に必要性の高い地方では高齢化が進みクルマで

の移動が困難なものになれば社会のクルマによる移動の必要性は低くなる。もう一つは、クルマに対する“憧れ”の低下である。石油の枯渇、温暖化問題などが世の中で騒がれており、クルマに対する“負”のイメージが、クルマ所有を“ステータス”から“カッコワルイ”ものに変える、クルマが日用品化し白物家電に対するように所有に対する強い“感情”が消失する等の要因が考えられる。

一方、“負担感”を増加させる要因として、排気ガスによる空気汚染、温暖化対策や交通事故に関連した社会コストの顕在化や増加がある。また、経済的なマイナス要因、所得の低下、所得格差の拡大、および企業業績の悪化は、クルマを所有して活用する際の金銭的な負担感に直接影響を与える。また、情報通信やゲームなどクルマより魅力的なモノが存在し、それらにお金を使えば、収入が一定でも相対的にクルマ所有の“負担感”は増加する。このように考え作成した、“クルマ社会の終焉”のロジックツリーを図 7.1.1 に示す。

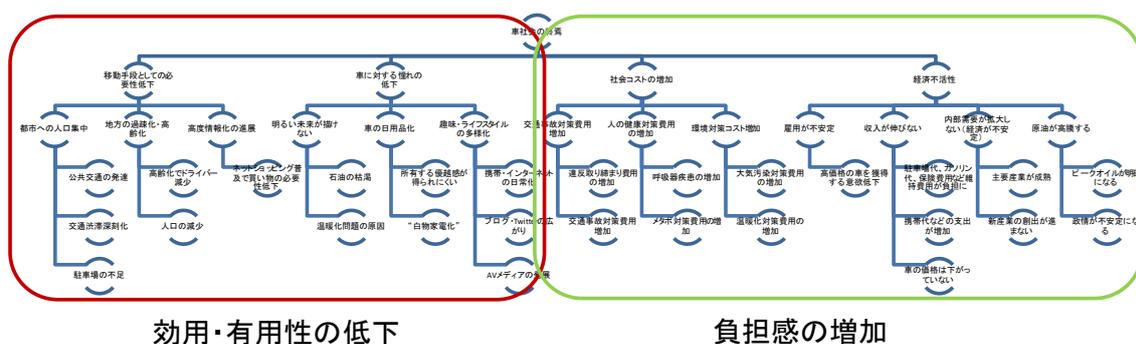


図 7.1.1 クルマ社会の終焉のロジックツリー

以下に、図 7.1.1 に記述されているキーワードを示す。

車社会の終焉

車に対する憧れの低下

- 明るい未来が描けない
 - 石油の枯渇
 - 温暖化問題の原因
- 車の日用品化
 - 所有する優越感が得られにくい
 - “白物家電化”
- 趣味・ライフスタイルの多様化
 - 携帯・インターネットの日常化
 - ブログ・Twitter の広がり

- AVメディアの発展

移動手段としての必要性低下

- 都市への人口集中
 - 公共交通の発達
 - 交通渋滞深刻化
 - 駐車場の不足
- 地方の過疎化・高齢化
 - 高齢化でドライバー減少
 - 人口の減少
- 高度情報化の進展
 - ネットショッピング普及で買い物の必要性低下

社会コストの増加

- 交通事故対策費用増加
 - 違反取り締まり費用の増加
 - 交通事故対策費用増加
- 人の健康対策費用の増加
 - 呼吸器疾患の増加
 - メタボ対策費用の増加
- 環境対策コスト増加
 - 大気汚染対策費用の増加
 - 温暖化対策費用の増加

経済不活性

- 雇用が不安定
 - 高価格の車を獲得する意欲低下
- 収入が伸びない
 - 駐車場代、ガソリン代、保険費用など維持費用が負担に
 - 携帯代などの支出が増加
 - 車の収入に対する割合が増える
- 内部需要が拡大しない（経済が不安定）
 - 主要産業が成熟
 - 新産業の創出が進まない
- 原油が高騰する
 - ピークオイルが明確になる
 - 中東等の政情が不安定になる

この例では“車社会の終焉”を、人の要因（車に対する憧れの低下）、社会システム要因

(移動手段としての必要性低下、社会コストの増加)、および経済要因(経済不活性)で考えた。単純にこの4つの細目の表現を肯定的に変え、その項目を“yes” or “no”の二元論で判断しても、 $2^4=16$ 通りの社会像が描ける。図7.1.2は、その内の8つの組み合わせを示す。

	1	2	3	4	5	6	7	8
憧れ強い	○	○	X	X	X	○	○	X
移動の必要性大	○	X	X	X	X	○	○	○
社会損失を最小化	○	○	○	○	X	X	X	X
経済活動活発	○	○	○	X	X	○	X	X

図7.1.2 8つの社会像の例(16の社会像)

このようにして決められた各社会像(1~8)の特徴は、以下のようになる。

1. 持続可能クルマ社会:人々はクルマに憧れをもち、クルマを使って活発に移動している。排気ガス公害、温暖化問題および交通事故など負の問題が解決され、経済も活発なので、高価な高級車も売れている。
2. 飾り物社会:肯定的項目が多いが、移動の必要性は少ない。クルマは所有されるが、あまり活用されない。飾りものとなっている。
3. サンドル化社会:クルマに関する憧れは強くなく、移動の必要性も小さい。安価なクルマが多数普及し、短距離の移動に使われている社会
4. サンドル/シェア社会:経済が低迷し、サンダルを共有化している状態。
ここまでの社会は、“社会損失”が少ない。すなわち、排ガス、温暖化、交通事故等の課題が解決できている。これはCEVが中心で、かつ運転アシストシステム等により、交通事故が少なくなっている状態を想像できる。
5. クルマ終焉社会:CEVの普及に失敗して、ガソリン車が少数使われている社会である。
6. かつての自動車社会:2ドアスポーツタイプのクルマが人気を博した1990年ごろの社会である。社会損失に目が行くよりも、“あこがれ”の方が強く、クルマの所有がステータスとなっている。
7. 中古車人気社会:自由に移動できることへの憧れが強く、また移動の必要性は高い。しかしクルマを購入する経済力はなく、社会損失に目をむけることもない。途上国の状態のイメージである。わが国で考えると、新車の購入が減り、中古車への関心が高い社会となる。
8. 乗り合い社会:移動の必要性だけが強い社会である。クルマの所有ということさえ思い浮かばない。トラックの荷台に多くの人乗り、移動している社会である。わが国で考えると、公共交通機関に依存する社会である。近距離~遠距離移動にバスが多く使われる。

ここで、「5. EV100%社会の描写」で述べた“EV100%の社会像”との関連について

触れる。前記の例で言えば、人の要因（車に対する憧れの低下：クルマのもつ価値）および社会システム要因（移動手段としての必要性低下：クルマによる移動距離）に焦点を当て、描写したものとなる。もっと具体的に言えば、“車の日用品化”を認めたのが“A 現状自動車社会の継承”、“B グリーンコンパクトシティ”の社会像であり、この中で徹底的に日用品化を進めて自転車や原付並にしたのが“B グリーンコンパクトシティ”である。一方、“C 多機能自動車社会”では移動可能な居住空間、“D 近距離公共交通駆逐社会”ではユビキタス性という新たな付加価値をクルマに付与し、車の日用品化から脱却を図った。車での移動距離は、AとD社会は現状と変わらないとした。しかし、Aは“都市への人口集中”や“地方の過疎化・高齢化”は、現状から進まないという意図を含んだものであるのに対して、Dはクルマのユビキタス化により都市の中でも高齢者でも自由に移動でき、移動距離が変わらない社会である。現状のようなクルマによる移動は減るが、新たな移動が増えてトータルでは変わらないのが社会Dである。一方、BとCは、交通機関を最大限利用することで長移動距離が減る社会である。クルマは、家庭と公共交通機関の駅との間のインターフェース（短距離移動の中心）となっている。尚、今回のEV100%社会描写では、“経済要因”と社会要因の内の“社会コスト”に関しては変化パラメータとはせずに各社会像で触れた。

ここまで、“クルマ社会”という命題に対して“持続可能社会シミュレータ”の枠組みを考えたが、これを一般化してみる。大きく“経済要因”、“社会要因”および“人の要因”の3つのカテゴリーで考える。それぞれの要因については、前述の“クルマ社会の終焉”のように、与えられた命題に応じて細目を設ければ良い（クルマ社会の場合、社会的要因を2つに分けた）。そして、各要因の状態を大きく異なる2つの状態（YesまたはNo）で考えると、最もシンプルな場合で8つの社会像が描ける。図7.1.3に、その概念を示す。

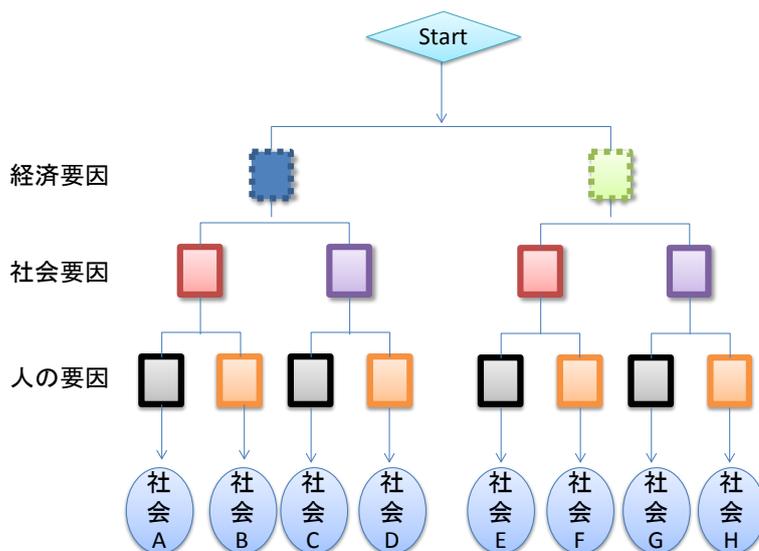


図 7.1.3 持続可能社会シミュレータの基本イメージ

次節では、持続可能社会シミュレータの具体的な実装方法について紹介する。

7.2 シナリオビューワによるシナリオの「見える化」とシミュレータとの連携

本節では、「5. EV100%社会の描写」で作成した電気自動車 100%社会シナリオをわかりやすく「見える化」し、シナリオの筋書きにそって、持続可能社会シナリオシミュレーションシステムにアドオンされている様々なシミュレータを活用するためのシナリオビューワについて説明する。

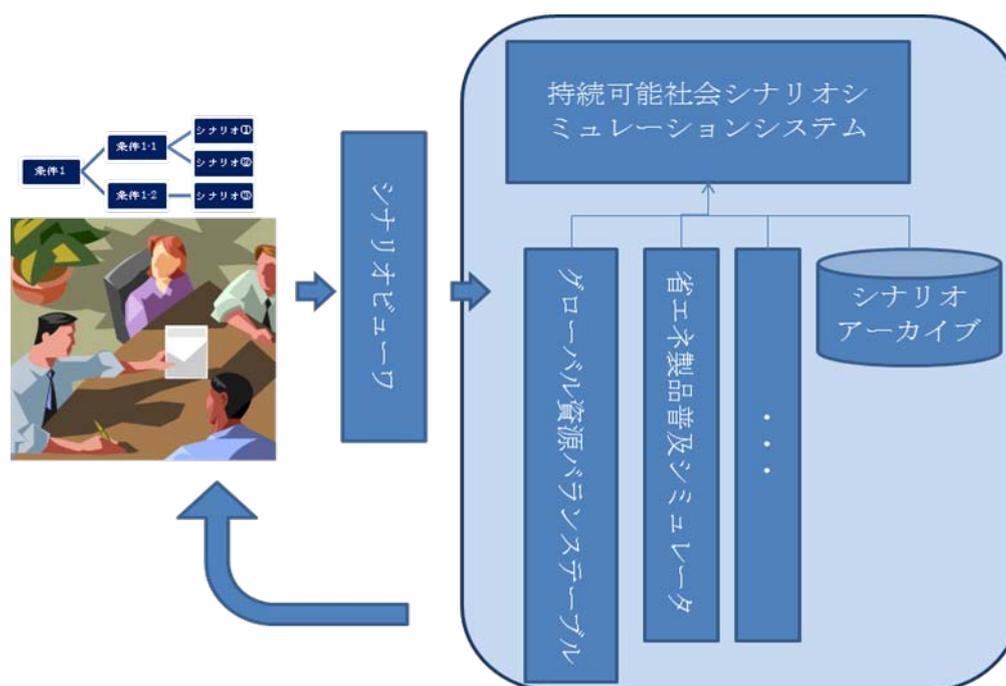


図 7.2.1 シナリオビューワの使用イメージ

図 7.2.1 にシナリオビューワの使用イメージを示す。「5. EV100%社会の描写」で見たとように、シナリオそのものの作成は、既存のシナリオ作成手法と同様に、様々な役割のエキスパートによるグループディスカッションを通して行う。参加者は不確実性が高く、かつ影響の大きい条件に着目して、樹形図の形でシナリオ（たとえば電気自動車 100%社会を対象としたとき、それらがどのような社会となりうるかを特徴づける重要な諸条件のうち、現時点では値が確定していないものについて複数の値を考慮して予測しうる将来社会像を樹形図の形に表現したもの）を整理する。シナリオビューワは樹形図として記述されたシナリオ分岐を紙芝居的に表現するビューワであり、グループディスカッションで得られたシナリオ分岐パターンのそれぞれについて、決定された様々なパラメータ値を持続可能社会シナリオシミュレーションシステムに渡すことで、シナリオ中では十分詳細に分析されていない項目等についての what-if 分析や影響分析などを支援するためのフロントエンドとなるツールである。

シナリオビューワでは、シナリオ分岐を直接表現する重要な条件についての質問と、その質問に対する答の組をひとつのノードとして管理しているが、一般にシナリオの分岐を決定づける重要な条件の成否を決定すると、それに対応するように社会の状態を記述する他の様々なパラメータ値も決定することができる。たとえば、電気自動車による移動距離が現行のガソリン自動車と同等以上になるためには、電気自動車の航続距離が現行のガソリン自動車と同等になるような技術開発、インフラ整備が必要である。従って、5章で作成したシナリオ分岐について、たとえば「電気自動車による移動距離は現行ガソリン自動車と同程度である」を選択した場合、これに応じて、たとえば「電池のエネルギー密度が 200Wh/kg に向上する」、「国内全体で充電ステーションの数が 4 万か所」などというように、シナリオの内容に応じて付随的に様々なパラメータの値を決定することができる。これらのパラメータ値のなかには、持続可能社会シナリオシミュレーションシステムにアドオンされているシミュレータへの入力値として用いることで、シナリオに明示的に記載されている内容以外の様々な事象を記述することが可能となるものが含まれている。たとえば資源（石油、鉄など）の最終消費の変化量などを考えよう。これらの値を参考資料で説明したグローバル資源バランステーブルへの入力として用いることで、あるシナリオにおいて、ある資源の使用量が減少するとどのようにその影響が派生して他の資源の産出量を変化させるかを計算することができるのである。

そこでシナリオビューワでは、シナリオの実現条件に付随するパラメータ名とその値の組を条件の成否についてのシナリオ作成者の判断と一緒に管理し、必要に応じてこれらをテキストファイル形式で出力し、これらの値を各種アドオンシミュレータで読み込むことにより、シナリオのイメージを様々なシミュレータを用いてより定量的に具体化することができるように作成している。このようにしてシナリオビューワは、様々な個別シミュレータを用いた詳細・具体的な解析のためのフロントエンドツールとして使用することができるのである。

図 7.2.2、図 7.2.3 に作成したシナリオビューワの実行画面を示す。図 7.2.2 はシナリオビューワのシナリオ内容編集画面である。図 7.2.2 左側に樹形図の形で、電気自動車 100% 社会シナリオの例が表示されている。この例では、2 つの条件（質問）にたいして、2 通りの値（Yes/No）がありうるものとして、4 種類の社会像が表現されている。ユーザは樹形図で表示されている任意の質問-回答ノードに対して、その質問で値が決定されるパラメータを記述することができる。図 7.2.3 は、シナリオビューワのシナリオ表示画面（紙芝居画面）である。最初の行に表示されている質問に対する答えを、その下のリストの中から選択することで、最終的なシナリオを選択・表示することができる。

現状では、ユーザが選択したシナリオにおいて、ユーザの判断によって決定されたパラメータ値をテキストファイルとして出力可能などところまでの実装が終了している。今後の発展としては、シミュレータとの接続をよりシームレスにし、自動化可能などを自動化した統合シナリオイメージ生成支援システムとして実装を進めることを考えている。



図 7.2.2 シナリオ編集画面

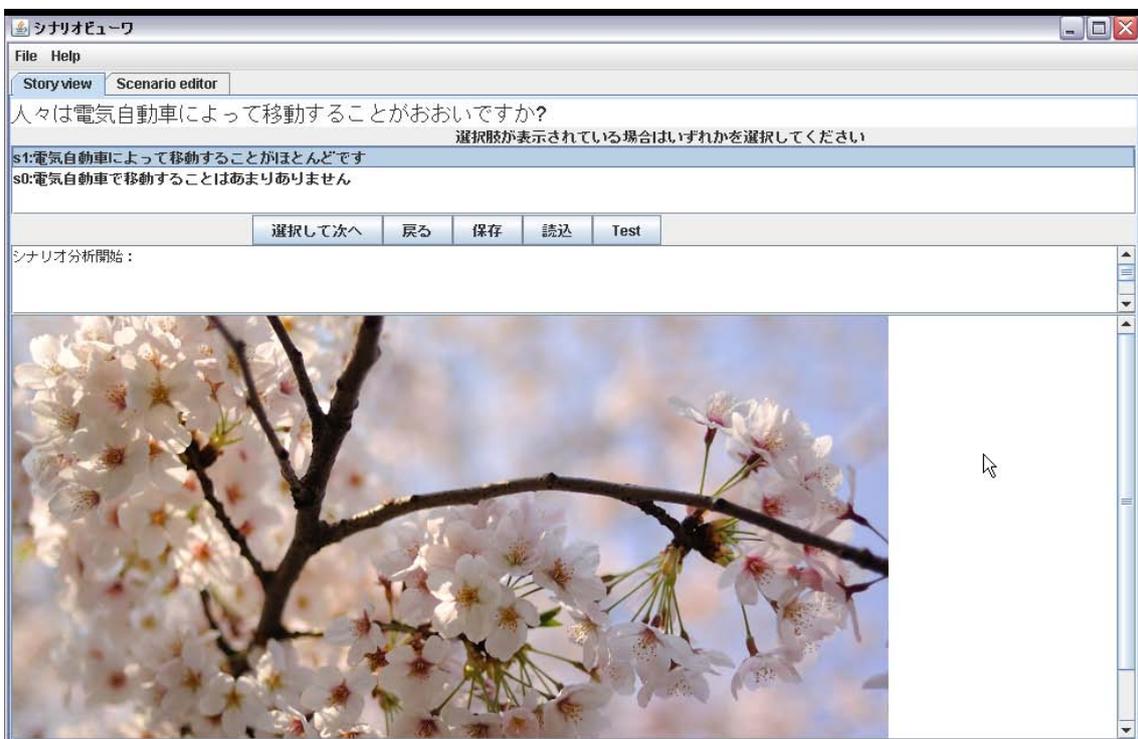


図 7.2.3 シナリオビュー画面

8. 総括

本調査研究で得られた結論を以下にまとめる。

①中興国の経済発展で、世界的に見て指数関数的な増加を示すと予想される石油燃料を用いた自動車は、温暖化防止および石油枯渇（ピークオイル）の点より持続可能ではない。自動車による移動を現代生活から無くすわけにはいかないの、その代替となる手段を早急に見いださなければならない。世界の自動車産業の中心であるわが国は、新たな“自動車”を率先して世界に示すべきであり、またそれが、わが国の産業競争力につながる。

②持続可能な自動車の候補は多くのものが提案されているが、ピークオイルが到来するとされている 2030 年頃までに新たな自動車社会への道筋をつけるとすれば、電気自動車（EV）しか解はない。特に、国土が狭く鉄道網が充実しているわが国や欧州においては。

③現在の技術政策だけではEVの早期普及は困難である。それは現在の技術政策が、“従来のガソリン車の性能（走行距離、価格等）をEV車で満足させる”視点で立案されているからである。従来のガソリン車の性能が本当に必要なのか、社会としてどれだけ有用なのかを考慮すべきであろう。ガソリン車による大気汚染の防止、それによる疾病および交通事故にどれだけ社会的なコストが費やされているか、詳細に検討すべきであろう。これらはGDPの成長に寄与するが、われわれの生活を豊かにするものではない²⁸。EV普及により大気汚染やこれに伴う疾病に関連した社会費用は削減できるので、この費用をEV普及に投資すべきであると思われる。

④仮に技術開発により、早い時期に現在のガソリン車と同等な性能をもつEVが実現できたとしても、それが普及するとは限らない。それは、現状見られる若者の自動車離れにある。昔にくらべ、携帯電話、ゲーム、インターネットなど、若者の興味を引くものが数多く存在するなかで、従来のガソリン車を模したEVが積極的に購入されるのか、今一度考える必要がある。走行する楽しみを“ゲーム”で味わせる現代において、自動車の保有や走行は、“危険”、“面倒”、および“維持費が高い”という負のイメージが強い。自動車の概念を大きく変え、新しい付加価値をつける時期にきていると思われる。

⑤EV100%社会を描写することにより浮かびあがってきたキーワードは、“クリーン”と“ユビキタス”である。“クリーン”は、EVの駆動音が静かで、排ガス“ゼロ”の特性によりもたらされるもので、現在のわれわれには想像すらできない“静か”で“澄んだ空気”の環境の中での生活を可能にする。“ユビキタス”は、低速での自動運転、自動駐車、および車のバリアフリー化などを、EVの“クリーン”で、“ITやロボット技術との融合が容易”な特性を生かして初めて実現できるもので、“いつでも”、“どこでも”、“だれでも”利用で

²⁸ 大橋照枝、「満足社会」をデザインする第3のモノサシ、ダイヤモンド社、2005年

きる車社会を現実のものとする。高齢者が今後急増するわが国で望まれる社会であろう。

⑥ガソリン車から EV 車への転換で、車の製造は“すりあわせ”から“モジュール”生産に変化し、電子機器のようにその覇権をアジアに奪われる可能性は高い。しかし、バリアフリー化や自動運転には、高度な機械技術（ロボット）と IT 技術が必要となる。車を単なる“高速な移動手段”から、“ガンダム化”することで、わが国の産業競争力を保持できるようなると思われる。

⑦100%EV 社会となったとき、起こりえるのは、ピーク電力の問題（発電容量の不足）と銅資源の枯渇である。ピーク電力問題は、需要量を予測した充電時間の最適制御法の開発や太陽光など分散電源の普及により解決できる。これはグリーングリッドと EV 社会への移行は同期して起こることを示唆している。銅資源の枯渇は、モータや非接触充電装置に大量に用いられるようになるために生じる。銅資源のリサイクル技術の確立は急務である。枯渇の問題ではないが、モータに使われるネオジム、電池に使われるリチウムは、資源がある特定な国に偏在しているので、これら資源の安定した供給戦略を構築しておく必要がある。

⑧温暖化対策の面からみれば、わが国では 1 億トン程度 CO₂ 削減が可能であろう（車の生産段階での排出量は同じであった場合）。しかし、夜間の需要が増し火力が大量に使われるようになると排出原単位は増加し、削減効果はより小さなものとなる。グローバルに見ると、今後クルマの普及台数が急増する中国やインドでは、2030 年になっても電力の排出原単位が大きくハイブリッド車に比較して EV の CO₂ 削減効果は小さなものであることが明らかとなった。

⑨今回の社会描写のプロセスで感じたことは、“われわれは不自由である”ということである²⁹。社会は、複雑な制度や細分化され高度になった技術に支えられている。このような複雑な社会の中で生きていくためには、“専門家”や様々な“メディア”が伝えることを、何を信じるかは個人によって異なるにしても、“正しい”と判断して行動する方が合理的であろう。しかし、このような対応には“考えることを放棄してしまう”、“恣意的に歪められたことを真実だと誤って理解する”等の副作用がある。このような状態にあるとき、ある問題の解決を要求されても差し障りのない“誰かが言っている”ことをコピーし少し修正した程度の答えしか出せない。目に見えない支配から離れて自由に発想してみることが重要ではないか。なぜ車は車であり続けなければならないのか、なぜ消費者はこれからも同じ消費行動をとると言えるのか、等の問いを真剣に考え得る状態にするには、極端な条件を強制的に設定し、議論を始めることが必要である。本調査研究での極端な条件は、“現

²⁹ エーリッヒ・フロム、よりよく生きるということ、第三文明社、2000 年

在、「EV100%」であった。そこでの議論は、SF的な空虚なものに感じられるかもしれない。しかしそのプロセスは目に見えない枠を取去ることができるので有用である。

⑩持続可能社会シミュレータは、こうであろうと思われている“常識”のアンチテーゼを条件として設定し、その条件下での社会は成立しないか否かを考えるプロセスにおいて活用されるツールであり、その社会像をビジュアルな形態で人々に示すことで“人の目に見えない既存の枠組みや常識”を破壊する役割を果たす。

極端シナリオの効用：確実なことと確実でないこと

法政大学 木村文彦

我々は一般論として問題を理解はしていても、現実にはわが身に不利益が迫ってこないとなかなか対策に乗り出さない。地球環境問題はその典型的な例であろう。問題が顕在化する時期が遠い将来であり、その程度も不確実である。問題が顕在化してから対策をとればよいと考える。地球温暖化はとりわけ複雑な問題であり、日常の課題を差し置いて温暖化の問題に向き合うことがなかなかできない。

しかしこれらの不確実な問題でも、かなり確実に推定できる境界条件がある。例えば、エネルギー資源や金属資源などは、不確実さはあるもののその利用可能な限界量について様々な推計がなされている。人口増加については、数世代に限ればさらに明示的な推計が可能である。逆に、我が国においては人口減少の推計がなされており、15歳から64歳の生産年齢人口の実数が2005年に比べて2055年には半分程度に減少すると推計されている。このことは深刻な社会状況の変化をもたらすと思われるが、われわれはそれほどの危機感を持ってこの推計を考えることはしない。

また、われわれは、現状を固定的に考える傾向が強く、現状を変革することの困難さを過剰に感じているように見える。しかし、われわれの日常生活は数十年の単位で驚くほど変化してきたことがわかる。現状でこれは日本人の特性だから変え難いというように議論されることでも、実は歴史的にはそれほど古いものではないこともある。短期的な生活の変化ということで考えれば、情報機器や自動車の普及がよい例である。20年前には現在のような持ち運びできるような情報機器は存在していなかった。1954年における我が国の乗用車の生産台数は7千台程度であった。数10年後には、現状のような情報機器や自動車ではなく、全く異なった機器や技術が社会を変革しているという可能性はないのだろうか。

地球環境問題について、問題の先送りと現状維持の考え方を脱却させるためには、様々な確実なあるいは不確実な境界条件の元で、社会構造や技術の普及について極端なシナリオを想定し、問題を具体的に可視化させることは有効であろう。このことにより、あるシナリオで起こりうる危機的状況を理解し、それを回避する極端シナリオが、実はそれほど極端ではなく現実的であると理解されるかもしれない。

社会生活において、如何に情報伝達手段が発展しようとも、移動手段は社会構造の根幹として重要である。地球持続可能性の限界の中で、どのような移動手段により社会構造が維持されていくのか、興味ある課題である。われわれは、現状の自動車を中心とする都市交通に馴らされているが、これが電気を動力とする新しい交通手段に置き

換わったとすると、全く新しい環境が見えてくるようである。このことは持続可能社会に貢献するとともに、大気汚染も騒音もない全く新しい付加価値を持った社会構築を可能とするという点で、極端シナリオが現実味を帯びてくるように思われる。また、極端シナリオにより、解決すべき技術が明確になることにより、健全な技術開発が促進されることも期待される。

参考資料

1. ブレインストーミングとキーワードの検討
2. 電気自動車 100%社会 チーム 2 のシナリオ
3. グローバル・資源エネルギーバランステーブルのプロトタイプ
4. ヒアリングの総括（ヒアリング記録）

参考資料1.ブレインストーミングとキーワードの検討

1.1 ブレインストーミングとシナリオプランニング

果実の収穫までに長い時間を要する研究開発においては、将来を何らかの方法で予測し、技術の果たす役割についてニーズ・シーズの変化を考慮しながら中長期計画を起案することが求められる。しかし、多様な事象が混在し、しかもその各々について不確実性の大きい将来の姿に関して実現性の高い将来像を演繹的に導出することは不可能である。数理モデルによる将来予測も、極めて限定的な影響因子のみを特定するか、あるいは逆に極めて巨視的な観念で事象を扱うかのいずれかであり、社会像というような抽象的な事象について適用することには限界がある。

このような課題に対し、経営資本配分、リスクマネジメントの分野で採られる方法のひとつに「シナリオプランニング」と呼ばれる手法がある。一般には、例えば「起こりうる未来像を（複数）想定し、その中でのCEVの普及像を描き出す」ことがアウトプットであり、それに対応するアクションプランを用意することで将来に対峙するために用いられる手法である。

【シナリオプランニング手法】

- ▶ 将来の事業環境に関する複数のシナリオを想定し、その上での戦略を策定すること。
- ▶ 第2次世界大戦後の米空軍の戦略策定から始まったとされ、その後、民間での研究が進展。
- ▶ ロイヤル・ダッチ・シェルはシナリオプランニング手法によって73年の石油危機を事前にシナリオの一つとして描きだしており、その危機の対処により石油メジャーの下位企業からナンバー2の企業へと大躍進を遂げた。
- ▶ 近年では経済産業省が2005年3月に発表した「2030年のエネルギー需給展望」の検討作業にもシナリオプランニングが使われた。

「シナリオプランニング」における「シナリオ」とは、事業環境（シナリオ検討対象）を動かす重要な要因（ドライビングフォース）の挙動に応じた、

- 同様に確からしいが
- 構造的に異なる将来像

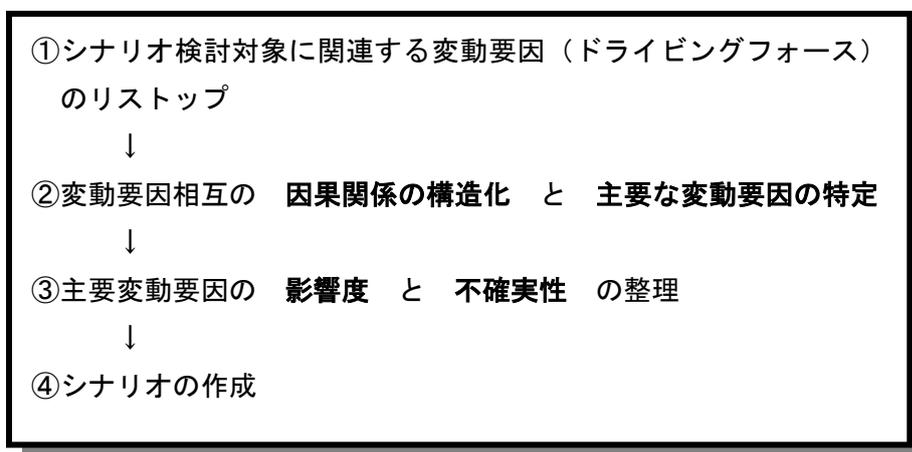
を表現するものである。（表1.1.1）

表 1.1.1 シナリオと対応する戦略の概念

	シナリオ	戦 略
考 え 方	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 将来はこうなる ➤ 将来はこうなるかもしれない 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ こうなって欲しい ➤ 我々はこうしたい ➤ 将来はこうあるべきだ
イ メ ー ジ	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 起こりうる未来環境の複数ストーリー ➤ 未来予測ではない(ぴたりとあてることが不可能) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ シナリオを踏まえた対策

シナリオプランニングは以下のような手順でおこなわれる。

表 1.1.2 シナリオプランニングの手順



①変動要因（ドライビングフォース）のリストアップ

ブレインストーミング風に行われることが多い。

事象の軽重は別に、数多く列挙し、類似性・関連性でグルーピング、カテゴライズを進める

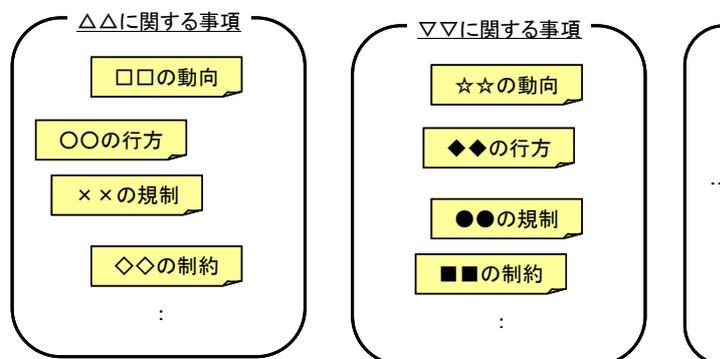


図 1.1.1 ドライビングフォースのグルーピング

②変動要因（ドライビングフォース）の構造化

抽出（カテゴライズした）した変動要因について因果関係を議論し、構造化する。

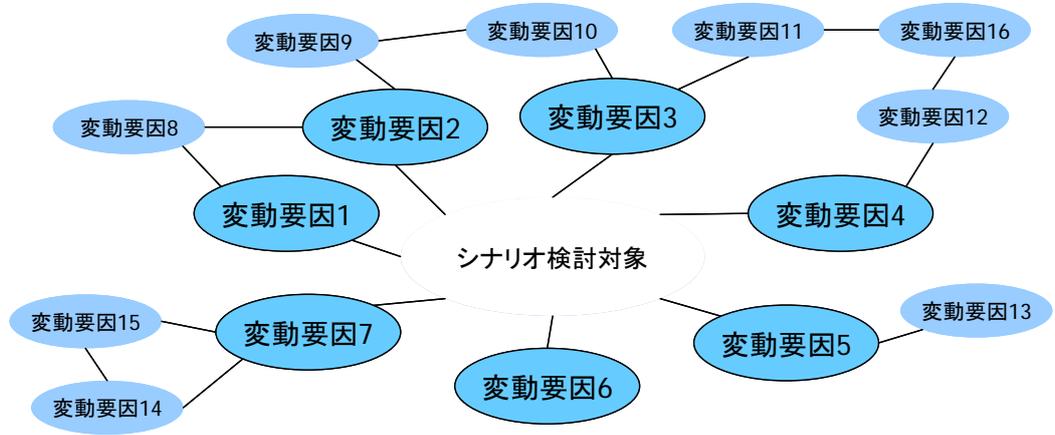


図 1.1.2 変動要因(ドライビングフォース)相互の因果関係と構造化のイメージ

③主要変動要因の抽出

構造化を基に、主要な変動要因について抽出する。「主要」の判定方法は様々。

④影響度と不確実性の整理

抽出された**主要な変動要因**について、その要因がシナリオ検討対象に与える影響度、不確実性について整理。

影響度の評価に際してはモデル・シミュレーターを活用して感度解析を実施することが理想だが、パネルメンバー間で定性的な判断に基づく加点方式などで行われることが多い（成果を共有するメリット）。

図のように、影響度と不確実性の2軸にマッピングすることで議論すべき変動要因を確認することができる。

- 相対的に影響度、不確実性の大きい因子（右上）
→ 要因がシナリオを特徴付けるキードライバー
- 影響度が大きく不確実性が少ない因子（左上）は、シナリオの文章として採用
- 不確実性が大きくとも影響度の低い因子（右下）はシナリオ上での重要度は低い。

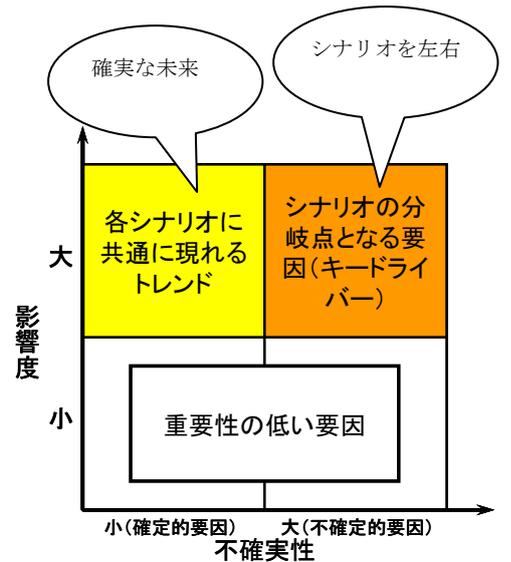


図1.1.3 影響因子と不確実性

⑤キードライバーの振る舞いに基づくシナリオの作成

図の右上に位置する変動要因のブレ（の組み合わせ）に応じたシナリオが導出される。

表 1.1.3 変動要因とシナリオのバリエーション

		シナリオ 1 キードライバーⅠ→○ キードライバーⅡ→○	シナリオ 2 キードライバーⅠ→○ キードライバーⅡ→×	シナリオ 3 キードライバーⅠ→× キードライバーⅡ→○
変動要因 A	A の結末→○ A の結末→×	要因 A の結末→○	要因 A の結末→×	要因 A の結末→○
変動要因 B	B の結末→○ B の結末→×	要因 B の結末→×	要因 B の結末→○	要因 B の結末→×
変動要因 C	C の結末→○ C の結末→×	要因 C の結末→○	要因 C の結末→○	要因 C の結末→×
変動要因 D	D の結末→○ D の結末→×	要因 D の結末→×	要因 D の結末→×	要因 D の結末→○
:				

1.2 適用するシナリオプランニング手法

前述したシナリオプランニング手法に対し、ここでは議論の範囲をあえて「自動車利用形態」に狭めることとし、2軸4象限に条件設定を区分することで議論の簡略化を図った。具体的な影響要素の抽出は、委員、WGメンバーなどからなる十数名の有識者でいわゆるブレインストーミング方式による集合議論を行うことでシナリオの演繹を進めることとした。

(1)二軸の条件設定

脱化石燃料化が想定される将来について、例えば2軸の候補としては

- 電池・燃料電池といった脱化石燃料デバイスの価格の高低
- 温暖化リスクの高低

を想定することができる（図 1.2.1）。

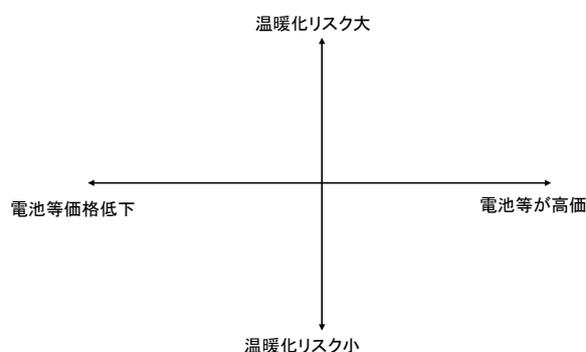


図 1.2.1 二軸の例

仮にこのような2軸を設定した場合、4つの象限で予想される自動車像をごく大雑把に導くと図1.2.2のような姿となろう。

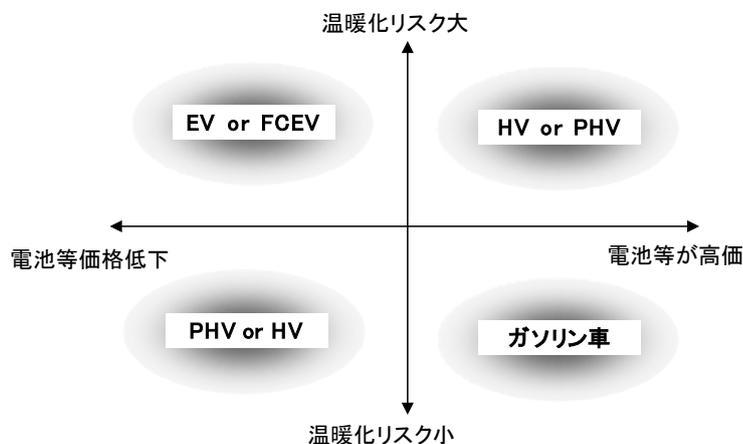


図 1.2.2 4象限のソリューションイメージ

このように、具体的に二軸に何を定めるかが最初の準備作業となる。前述の二つ

- 電池・燃料電池といった脱化石燃料デバイスの価格の高低
- 温暖化リスクの高低

に加え、いくつかの軸候補について予備議論を行った。その結果、座標軸候補として以下のようなものが挙げられた。

- 価格差を埋める術の多寡（補助金額など）
- 自動車依存度の高低（公共交通の整備・シフト度）
- 運転人口の増減
- 車自体の持つ付加価値の大小
- 航続距離の長短

これらから、ブレインストーミングの出発点として以下の二軸を仮定してディスカッションを行った。

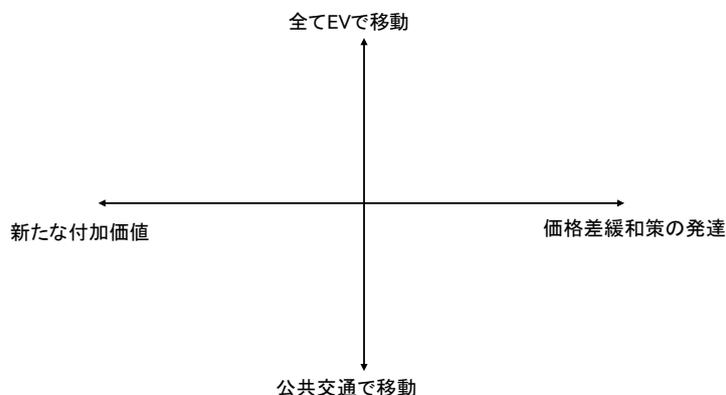


図 1.2.3 議論の出発点としての二軸

すなわち、

横軸例：「EV は高価である。これが普及するには、補助金や金融スキームなど、価格差を補う策が発達するか、車が他の価値発生を行うか」

縦軸例：「EV が普及しつくしているか、社会が乗用車利用から離れ公共交通機関で維持されているか」

という整理である。新たな負荷価値としては、例えばスマートグリッドで想定されているように、バッテリーを活かした生活の電源拠点化（売電価値）などがあげられる。

この二軸平面に基づいて、典型的なシナリオが描き得るか否かを議論することでブレインストーミング参加者の意識共有を図りつつ、具体的な議論における軸構成の検討を行った。

議論において、例えば

- ・ 「確かに EV は現状の内燃機関に比べれば 200 万程度高いものである。がそれを固定して助成策を変数とするのはいかにも不自然」
- ・ 「EV の価格低下は必ず起こる」
- ・ 「技術の時間変化をどう扱うか、無視してよいのか」
- ・ 「そもそもの出発点が EV100%社会だから時間変化は考える必要はないはず」

などの意見交換が交わされた。これらを基軸に議論した結果以下に述べるような二軸平面と時間効果の考え方に整理され、ブレインストーミングを実施した。

(1)選定された二軸

議論を経て、最終的に二軸平面を規定する軸としては以下の二種が導かれた。

横軸：価値軸。純粋に移動体としての価値 対 移動以外の新たな付加価値発生

縦軸：移動量軸。車による移動量大 対 移動量小。公共交通機関等へシフト

この二軸で構成される、四つの象限【A】～【D】に対応した4つのシナリオを描くことがブレインストーミングのタスクである。

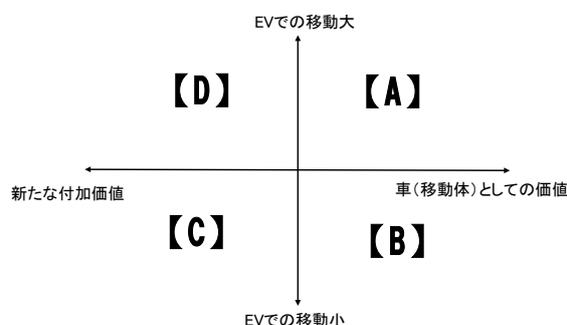


図 1.2.4 ブレインストーミング課題とした二軸平面

(2)時間効果の考え方

あくまで「100%EV 社会の実現」という極端な事象設定で議論を行うため、段階的な技術進歩や価格低下プロセスを議論に交えることを行うことは適切ではない。それらは例えば「技術ロードマップ」といった形で別途具体的な検討が行われているテーマである。

ブレインストーミングにおいては、次の二つのアプローチを取ることを確認した。

- ① 時間効果は捨象する。
- ② 性能向上のための技術課題には触れない。

この整理により、将来の変化とはすなわち時間効果を考えない社会システムの変化で議論することが可能となる (図 1.2.5)。

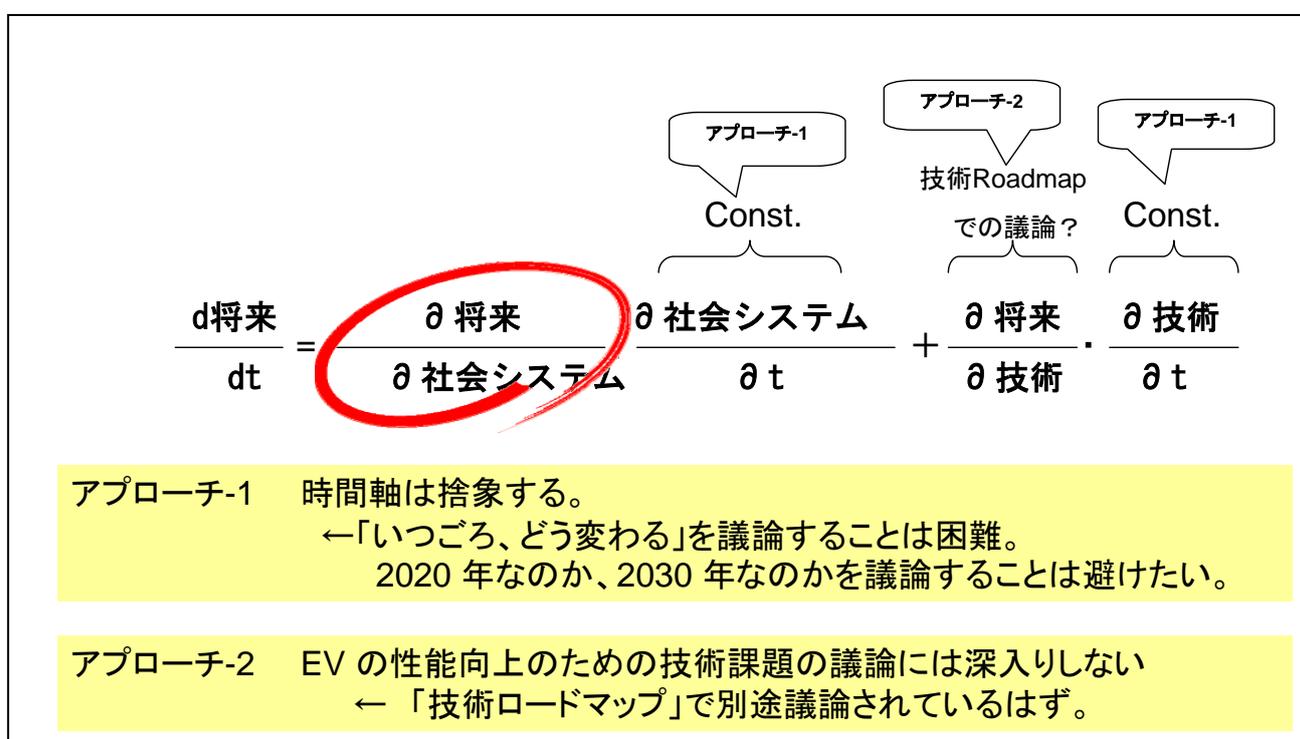


図 1.2.5 時間効果を捨象する考え方

1.3 ブレインストーミングで得られたキーワード

要素の多様性を求めるため、参加者を二分し、二つのグループで並行して同じ議論を行った後にそれぞれの経過を披露しあい総合的な検討を行う手順によった。当然重複要素も多いので以下では両グループから得られた社会像の検討要素を列挙する。



図 1.3.1 ブレインストーミングでの意見整理例(1)

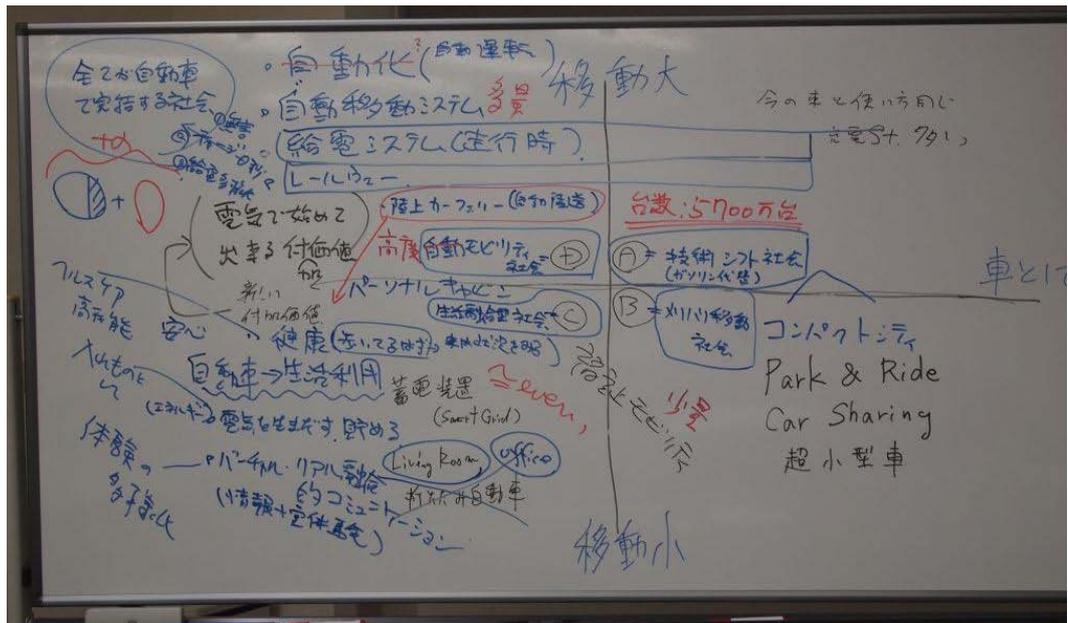


図 1.3.2 ブレインストーミングでの意見整理例(2)

(1) A 象限

車としての価値が重視され、かつ実際の車での移動も現在のガソリン車と同様という社会である。

ガソリン車並みの性能が要求されるので、EV の最大の弱点である航続距離を補うことが必須であり、充電インフラの構築が前提となる。

- ▶ 基本的にどこでも充電可能。
- ▶ 高速道路では 100km 程度の感覚で整備される PA,SA で平易に充電可能。
- ▶ 閉鎖的な高速道路では非接触充電設備が整備され、走行中に充電可能。
- ▶ このような設備が全路線に整備されることはさすがにない。電源を背負った充電サービスカーが高速道路上を遊弋。
- ▶ 充電インフラ予算の財源は国庫で良いのか。
- ▶ 自動車向けの売電価格が安い必要はない。ドライバーはガソリンと同じ程度のコスト負担を負うことで良い。
- ▶ インフラ設備負担が転嫁されて良い。
- ▶ 非常用（次の充電拠点までの 10km 程度？走行可能）なバッテリーパックが随所で入手可能。
- ▶ 非常用パックはリース、レンタルサービスも普及。
- ▶ ガレージその他、駐車場、常置場には太陽光発電などの充電設備がごく普通に普及。
- ▶ 車の屋根・ボディにも PV 装備。
- ▶ 町中の充電ポストには多様なインテリジェント機能が装備される。
- ▶ 料金は電力代というより設備利用料という構図が色濃く出る。

このような社会を特徴づける表現として

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">▶ （ガソリン代替）技術シフト社会▶ 現状自動車社会の継承シナリオ |
|--|

が提起された。

(2) B 象限

車としての価値は活用されつつも、EV に後続距離などの性能制約があるのであれば、あえて大規模な社会投資を行わず、自動車については性能に適した利用体系となっている社会。公共交通機関との相補が発達。

- ▶ EV の基本は 1~2 人乗りの小型車。
- ▶ 大きな車が必要な場合はいつでも借りることができる。
- ▶ 小型 EV を購入する際には、あらかじめ中・大型車のレンタル優待権が織り込まれている。

- ▶カーシェアリングは一般的な姿。
- ▶公共交通との並行発達。
- ▶Park & Ride での時間ロスが自動駐車で解決されている（駅前で乗り捨て、車が駐車場まで無人自走。超高密度駐車）。
- ▶インホイールモーターにより完全横移動、超信地回転が実現。高密度駐車が実現。
- ▶コンパクトシティ化。
- ▶街と街を結ぶ道路は空く。→新たな面積・空間の創生。
- ▶街の中を走る車は低速。したがって安全。事故からの解放。
- ▶同時に街は極めて静か。
- ▶現状では気にされていない各種のノイズも自ずと制約を受けるためさらに静かな街。
- ▶空気もきれい。都会人が忘れていた環境が実現。
- ▶とても魅力的なコンパクトシティ。
- ▶遠距離の移動は鉄道等。目的地でも当然小型 EV を容易にレンタルできる。
- ▶地域によらない互助保有機能が発達。

このような社会を特徴づける表現として

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ メリハリ移動社会 ▶ クリーン・コンパクトシティシナリオ |
|---|

が提起された。

(3) C象限

移動体としての車としての活用はB象限に近く、小型車による近隣移動が中心となる。加えて、移動以外の価値が新たにEVによりもたらされる社会。最も典型的な新たな価値はEVの持つ蓄電機能がもたらすもの。

- ▶スマートグリッド社会において蓄電拠点として活躍。
- ▶小型軽量化がより進み、バイク、折りたたみ自転車的な軽便性を持ち利用先が広がる。
- ▶居住空間としての価値。リビングルームの一角的な快適性から住宅内の一空間として活用される。
- ▶リビングとまでは行かなくても、ビルトインガレージとして成立。情報家電を代表として車載機器が住居でそのまま活用される。
- ▶キッチン、浴室、トイレなどの共用スペースのみを持つ新しい形のアパート・下宿が出現。EVがドッキングして生活。
- ▶パーソナルキャビン。
- ▶生活パッケージの総合工学技術が発達。

- ▶使い方が徹底的に属人化する一報で、共有ニーズが高く、諸設定（あるいは外観までも）がワンタッチで入れ替わる。
- ▶EV が窓で覆われることで、安全（事故ではなく、対犯罪）性能が高まる。
- ▶自動運転を前提に若年層での運転が認められるようになり、保護者の送迎によらず子供の安全が担保される。
- ▶事故に関しても自転車・バイクよりはるかに安全。
- ▶その他、電気があることではじめて可能となる付加価値一般。
- ▶高度なコミュニケーション機能が車に装着される。居住以外の、スモールオフィスとしての機能も兼ねる。
- ▶座席とインテリジェンスを活用したヘルスケア

このような社会を特徴づける表現として

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ 生活融合型車社会 ▶ 多機能自動車社会 |
|--|

が提起された。

(4) D象限

移動体としての車としての活用が積極的に行われるが、その姿は現状とは全く異なり新たな生活機器としての使われ方が出現。結果として遠距離移動ニーズも車から離れていき、膨大な充電インフラ整備は限定的になる可能性も。

- ▶運転は基本的に自動化。マニアだけがマニュアルで。
- ▶小型・計量なビークルとして全ての移動生活の道具となる。結果として公共交通機関は衰退する。
- ▶公共施設の建物内にも EV で入っていける。ハンディキャッパーの活躍増。
- ▶遠距離移動に際しては、EV を列車にそのまま搭載。現状のピギーバックとは異なり、多数の搭載が可能（例えば新幹線一編成中数両に数十～百台以上搭載）。
- ▶陸上カーフェリー。無人での自動託送も普通に。
- ▶飛行機前提となる遠距離は並行して発達するレンタル制度が活躍。
- ▶高齢者も活用。
- ▶その他、スマートグリッド社会での付加価値は C と同様。
- ▶

このような社会を特徴づける表現として

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▶ 高度モビリティ社会 ▶ 近距離公共交通衰退シナリオ |
|--|

が提起された。

4.4 シナリオ化議論に向けて

二つのグループで描かれた社会像の要素を示したが、それらにシナリオ化のための考え方を整理する。シナリオ化にあたっては基本的事項として

- ①CO₂の増減
- ②現状と対比した台数の変化
- ③社会コスト（温暖化だけでなく医療、騒音、資源制約も含め）

などを各社会像で確認することが必要である。

表 1.4.1 に二つのグループで得られたキーワードの整理対比と、共通あるいは相反する概念をとりまとめた。ブレインストーミングを通じてこれらの相反事象について一元化を行うには至らなかったのがシナリオ作成の際に特定することとした。

表 1.4.1 シナリオ化に向けた両グループでのキーワードの対比整理

	車の価値	EVでの移動	Team-1	対比	Team-2
A	車としての(=移動の運)価値大	大	技術シフト社会(ガソリン代替) (EVはガソリン車と同じ能力をほぼ具現した) ・台数は変わらない ・個人所有 ・補助金等で購入価格は下がる ・インフラ整備は完了 ・給電インフラは次第に普及(Dとは異なる)	台数不変 インフラそこそこ整備⇔徹底整備 車の購入補助有⇔特になし	現状自動車社会の継承シナリオ ・台数は変わらない ・個人所有 ・インフラ整備も実施(700兆円?) ・車用の電気は安くはない。インフラ財源に適用 ・大型車利用券などで積極展開 ・インフラ整備は完了 ・非接触給電・給電JAF ・コストは上がった分だけ補助することに費用がかさむうえに、給電設備投資はダブルパンチ? ・設備整備費用、ガソリン差額徴収、他の公共投資(道路、ダムなど)と相対比較
B	車としての価値大	小	メリハリ移動社会 ・台数は減る(30M台) ・車は小型 ・公共交通機関と併用 ・さまざまなタイプ(大きさ)のEV ・主流は超小型 ・共同所有 ・車の価値が変わる ・ゆとり社会 ・自動車産業が基盤産業でなくなる ・他産業にシフト ・保険制度が変わる(個人保有でないから) ・個人所有には高い課税 ・共同所有でも個人のカスタマイズが可能 ・CO ₂ は減る	台数減⇔台数増 共同所有⇔個人所有 大型もあり⇔小型ばかり	クリーン・コンパクトシティシナリオ ・台数は増える(78M台) ・老人・子供も運転。ユーザー増 ・ただし小型低速 ・個人所有が基本 ・Park & Ride ・静かできれいな街 ・中型レンタカー、タクシーがバックアップ ・自動駐車技術 ・社会コストは減る(クリーンで健康) ・CO ₂ は減る
C	付加価値大	小	生活融合型車社会 ・台数は不変 ・走行以外の付加価値大 ・SOHOオフィス、リビング ・エネルギー貯蔵 ・コミュニケーションツール ・健康モニタ ・自動車中心社会だが移動量は少ない ・公共交通機関と連携 陸上フェリー ・物流システム整備 ・自動車は基幹産業かつ総合産業 ・総合工学(生活パッケージング技術) ・CO ₂ は減る(あまり移動しないから)	多様なファンクション	多機能自動車社会 ・台数増(8700万台) ・利用年齢の拡大 ・長距離移動は公共交通 ・完全自動運転。シェルター機能で対犯罪安全確保 ・飲酒居眠り運転もOK ・走行以外の付加価値大 ・エネルギー貯蔵・電力投資 ・健康モニタ ・EVアパート ・CO ₂ は減る(住宅由来の排出減)
D	付加価値大	大	高度モビリティ社会 ・自動車台数は増える(7000万台) ・小型車とは限らない ・公共交通機関は廃れる ・走行機能拡大・高度化(電気ならでは)高い制御性 ・インフラ徹底整備(財政負担を社会が肯定) ・高速道路で給電 ・バッテリー交換ステーション ・道路機能も進展(技術革新) ・過度にすすむとガラパゴス化 ・台数増によりCO ₂ は増加	公共交通機関衰退 高速道路で遠距離も⇔新幹線に頼む	近距離公共交通運送シナリオ ・自動車台数は微増(6000万台) ・近距離移動はEVが有利 ・小型1~2人乗り ・新幹線に頼む、空港にはレンタルネットワーク ・建物に入っている。 ・CO ₂ は減少(小型軽量化のため) ・3人で移動したいのに免許証は1枚しかない時は?

参考資料 2 電気自動車 100%社会 チーム 2 のシナリオ

2.1 はじめに

二つの分類軸（電気自動車による移動距離と電気自動車に対する価値意識）によって、図 2.1.1 に示す 4 通りの社会像を描くことを試みた。ここで、価値は電気自動車であるが故に実現できる価値にフォーカスした。高度モビリティ社会においては、電気自動車ならではの高度な移動機能の実現（たとえば全車輪の独立制御による狭い場所での移動容易化、高低差のある環境での移動が可能なることなど）を、活融合型車社会では、電気を用いることで移動機能以外の機能が充実すると想定してシナリオを作成した。以下では、4 つの個別シナリオについて説明する。

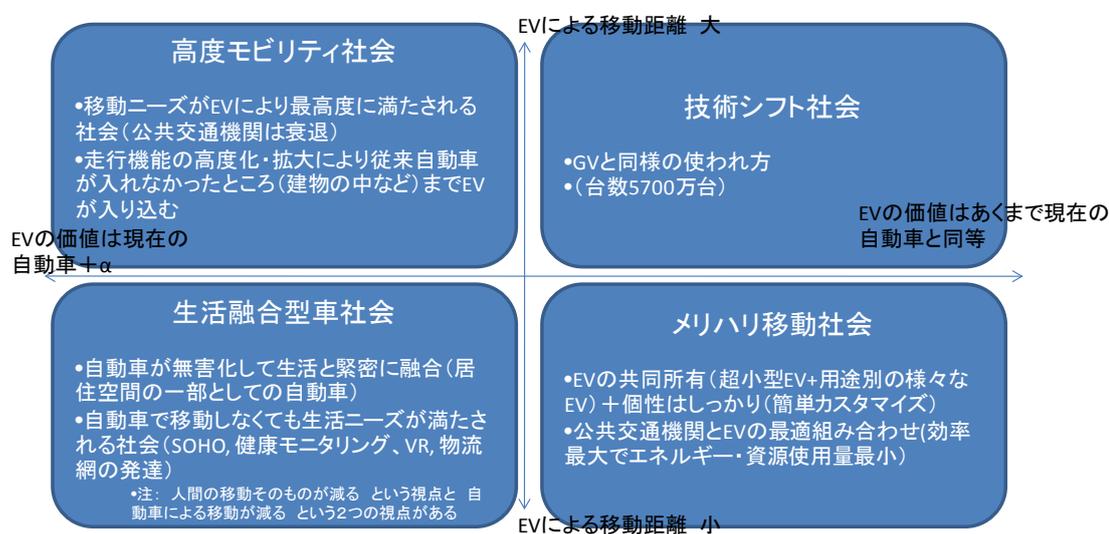


図 2.1.1 電気自動車 100%社会

2.2 電気自動車 100%社会の 4 つのシナリオ

2.2.1 技術シフト社会

図 2.1.1 の第一象限、すなわち電気自動車による移動距離は現行のガソリン自動車による移動距離と同等であり、電気自動車の使われ方は現在社会のガソリン自動車とほぼ同等（国内の電気自動車台数は 5700 万台と現在のガソリン自動車と同等）であるような社会を考える。このような社会は、現在社会のガソリン自動車そのまま EV に置き換わった社会と考えることができるので、ガソリンエンジンから電池、モータへと技術がそのままシフトした社会、すなわち技術シフト社会と命名した。技術シフト社会は、電気自動車の製造コスト削減（優遇税制等も含む）や、航続距離の増大（政策税制等の導入により技術革新が促進される）などの技術シフトにより達成されうる。

移動に関する社会の構造は現在のガソリン自動車社会とほとんど変化しない。しかし、

技術が石油燃料ベースから、電気駆動ベースに変化するので、ガソリンスタンド、駐車場などに関する規制や税制（ガソリン税・電気税）が大きく変わり、国内の石油中心の産業構造が大きく変わるとともに、戦略物資が石油以外（たとえば、希土類、リチウムなど）に変化する。また、移動に関するエネルギー利用が電気で賄われるため、電気という形での自然エネルギーの利用が進む可能性がある。ガソリン自動車が電気自動車に置き換わることで自動車の単位走行距離あたりのCO₂排出量が減少することも考慮すると、日本の総CO₂排出量も大きく減少すると期待できる。さらに、内燃機関技術から電気技術へのシフトにより、技術者の国内構成、教育体制も変化するだろう。

2.2.2 メリハリ移動社会

図 2.1.1 の第四象限、すなわち電気自動車の価値は、現在のガソリン自動車と同等であるが、一方で、電気自動車を用いた移動距離は現在のガソリン自動車による移動に比べて小さい社会をメリハリ移動社会と命名した。

メリハリ移動社会は、公共交通機関と電気自動車を上手に使い分けて移動する社会である。もっとも効率的に人々の移動を実現するので、移動に関する資源・エネルギー消費は4つのシナリオのなかで最も小さくなる。このような効率的な電気自動車利用は、個人が電気自動車を保有するのではなく、社会でシェアすることで実現される。これにより電気自動車の国内台数が減少する（3000万台程度と推定）のにくわえ、電気自動車自体も用途に応じて最適に使い分けられる。たとえば一人乗り用の超小型電気自動車（公共交通機関に持ち込み可能）から用途別の様々なサイズの電気自動車が利用されている。このような超小型自動車実現のために、バッテリーの小型化が進んでいるだろう。公共交通機関もこれらと協調できるように高度に整備され、くまなく都市内や都市間を覆うようになる。

メリハリ移動社会では電気自動車をシェアリングするのでワンタッチでの「着せ替え」など、共有される電気自動車を手軽・迅速にカスタマイズする技術が発展する。また、電気自動車による移動と公共交通機関による移動を最適に組み合わせるため、さまざまな自動運転技術が電気自動車に導入されるだろう（子供から老人まで電気自動車に乗る）。

この結果、都市空間は自動車ではなく人のために解放され、人間中心のコンパクトシティ化が進み、都市としての楽しさが増進する。観光業も発達する。一方で、移動の最適化により解放された人的・物的資源により、「ゆとり」ある社会が達成できる（GDPは減少）。自動車産業はもはや日本の基盤産業ではなくなっているが、超小型電気自動車は発展途上国に大量に輸出されているだろう。

所有権概念の変化は、社会の様々な側面にも影響をおよぼす。自動車に関係する面では、保険制度が大きく変化するだろう。また、自動車の共同所有化に伴い、一部の個人所有車、とくに高級車に対する税率も高くなっているだろう。

2.2.3 生活融合型車社会

図 2.1.1 の第 3 象限、すなわち電気自動車による移動距離は現在のガソリン自動車による移動距離よりも短く、かつ、電気自動車には現行ガソリン自動車以上の価値が認められている社会を生活融合型車社会と命名した。

生活融合型車社会では、自動車が無害化する（廃棄ガスを出さない）ことで生活と緊密に融合（居住空間の一部としての自動車）し、物流・情報・通信・疑似体験の高度化（SOHO、健康モニタリング、ヴァーチャルリアリティなど）によって人々の移動そのものが減少することから、電気自動車での移動距離は小さくなっている。いわば、生活融合型車社会は、個人重視で生活をエンジョイする社会であり、場所が特別な意味（どこでもいつもと同じことが、他の場所と同じことができる）を失う（没場所性）社会である。必然的に観光業は衰退し、没場所性を担保するため、情報家電が発達し、生活を身の回りの小部分（小空間）にまとめる生活パッケージング技術が高度に発達し、これが電気自動車という形で社会に受容されている。自動車は SOHO のオフィスやリビングとして利用され、リアルとヴァーチャルを融合する複合コミュニケーションツールとして、健康モニタリング、福祉機器として、あるいは、家庭用エネルギー貯蔵装置として利用されるようになり、自動車が家具化する。電気自動車の国内台数は現在のガソリン自動車と同等（5700 万台）と推定した。

このような社会では、自動車が生活に密着するため、車の安全に対する基準が厳しくなる。また、電気自動車は生活空間であることから、自動車産業は総合産業化（電気・住宅・機械・医療・情報・サービスなど）し、関連産業の規模が大きくなる。自動車産業は依然として基幹産業であり、輸出産業となっている。電気自動車に関する税制は大きく変化し、自動車税の使用先は多様化しているだろう。自動車は生活空間化するので、嗜好性の強い商品であり続ける。電気自動車を蓄電に利用するならば、自然エネルギーの有効利用が促進される可能性もある。

2.2.4 高度モビリティ社会

図 2.1.1 の第二象限、すなわち、電気自動車による移動距離は現在のガソリン自動車と同等以上であり、価値が大きく現在のガソリン自動車に比べて向上している社会を高度モビリティ社会と命名した。

高度モビリティ社会では、電気自動車の走行機能の高度化（電気制御による全輪の最適制御などにより狭いところ、段差の多い所などでも移動可能になる）、電気自動車自体がガソリン自動車よりも無害であること（有害なガスなどを出さない）から、都市空間・居住空間が電気自動車に対してバリアフリー化する。この結果、建物内を含め（病院、店舗などの都市施設のドライブスルー化）、あらゆる移動に電気自動車が用いられ、移動の利便性が大きく向上し、公共交通機関が衰退する。自動車台数は増大する（7000 万台程度と推定）。移動に関するニーズが 4 つのシナリオ中もっとも満たされる社会であり、人々は好きなど

ころに住むことができる（分散居住も可能）。このような社会は、電気自動車自体の性能向上に加え、道路機能の向上（給電システム、レールウェイ、情報・制御インフラ、それらのバックアップシステム）によって実現される。電気自動車の安全性能の向上と、自動運転・ナビゲーションシステム（高速道路はレールウェー化して、寝ながらでも移動できる）により、電気自動車による移動は快適で楽しいものであり、自動車で移動するという文化が最も高度化する。観光業も発達するだろう。道路インフラの整備のためには、財源が必要であり、都市をドライブスルー化するためには、電気自動車に対する安全基準も厳しくなるだろう。自動車産業は依然基幹産業であり続けるが、過度に高度な機能を追求することで、日本の自動車産業は携帯電話と同様にガラパゴス化してしまうリスクも存在する。

2.2.5 まとめ

以上の4シナリオの特徴をまとめると以下の表のように整理できる。

表 2.2.1 4シナリオの比較

	技術シフト社会	メリハリ移動社会	生活融合型車社会	高度モビリティ社会
自動車産業の規模	同等	減少	拡大	拡大
GDP	同等	減少	拡大	拡大
環境負荷	減少	大きく減少	同等	同等
QOL	同等	増大	増大	増大

2.3 シナリオ実現に向けての提言

人間らしい生活を向上させながら地球環境への影響を最小化するためには、2節でのべたメリハリ移動社会と高度モビリティ社会、生活融合型車社会を融合した社会が最も有効であると考えられる。それは、電気自動車と様々なモビリティシステムを組み合わせることで社会全体として移動を実現する手段を最適化した社会である。それは自動車ではなく、人間を中心とした都市空間をめざす社会であり、人間にやさしい都市内での移動を実現することで、都市という環境をより快適に、暮らしやすく、そして魅力ある場所へと変える社会、人々の Quality of Life (QOL) を向上させる社会である。

それは、社会の環境負荷、QOL を向上させながらも、活力を維持する社会である。人々の移動の最適化に伴う人的・物的資源の節約は経済の活力を奪うものではない。生み出された余剰人的資源は、人々の生活をさらに向上させるための高付加価値を生み出すための産業へと振り向けられ、高付加価値化した電気自動車が日本の新しい基盤産業、輸出産業の一翼を担う社会である。

このような社会を実現するためには、様々な移動用途、つまり何人で移動するのか？、荷物は沢山あるのか？、どのような距離、経路をどのような頻度で移動するのか？に応じて、公共交通機関と電気自動車を適切に組み合わせるようなシステムを構築することが必要である。このためには、用途に応じた様々な電気自動車の開発、特に公共交

通機関に持ち込みが可能な超小型電気自動車の開発や、様々な種類の電気自動車を社会で共有するための仕組みづくりや人々の意識変化が必要となる。また、電気自動車の高付加価値化には、生活空間をコンパクトにパッケージング化して、自動車内で提供する技術（生活パッケージング技術）、自動運転、給電など電気自動車による移動を様々な面から快適にするための道路機能の充実が必要となるだろう。

参考資料 3 グローバル・資源エネルギーバランステーブルのプロトタイプ

3.1 はじめに

この調査は、CEV(Clean Energy Vehicle)が普及した場合の資源・エネルギー面での影響を世界の視点より評価するために、「グローバル・資源エネルギーバランステーブル」を作成することを目的にしている。

「グローバル・資源エネルギーバランステーブル」は、エネルギー統計分野で利用されているエネルギーバランス表を拡張したものであり、地球上のエネルギー・材料資源・大気資源の生産消費を一覧するバランス表である。参考文献 1)2)

その内容は、主要エネルギー（石油・石炭・ガスなど）と、主要資源（鉄・セメント・木材・食料など）の生産と消費、そのとき生じる地球環境の変化（大気中の酸素と CO₂、排熱）を記述することを中心に考えている。

ここでの調査研究は以下のように計画している。

- 1) 生活様式などの文化や産業構造が類似の地域を単位とした資源、エネルギー消費の現状のデータ収集
- 2) (産業、運輸、家庭など) セグメント別の消費量とその動向の調査
- 3) 地域ごとの資源エネルギーバランステーブルの作成
- 4) 地域ごとのテーブルを統合して地球全体の表にする

3.2 概要

本調査は、CEV(Clean Energy Vehicle)が普及した場合の資源・エネルギー面での影響を世界の視点より評価するために、「グローバル・資源エネルギーバランステーブル」を作成することを目的にしている。

「グローバル・資源エネルギーバランステーブル」は、エネルギー統計分野で利用されているエネルギーバランス表を拡張したものであり、地球上のエネルギー・材料資源・大気資源の生産消費を一覧するバランス表である。参考文献 1)

その内容は、主要エネルギー（石油・石炭・ガスなど）と、主要資源（鉄・セメント・木材・食料など）の生産と消費、そのとき生じる地球環境の変化（大気中の酸素と CO₂、排熱）を記述することを中心に考えている。

ここでの調査研究は以下のように計画した。

- 1) 生活様式などの文化や産業構造が類似の地域を単位とした資源、エネルギー消費の現状のデータ収集
- 2) (産業、運輸、家庭など) セグメント別の消費量とその動向の調査
- 3) 地域ごとの資源エネルギーバランステーブルの作成
- 4) 地域ごとのテーブルを統合して地球全体の表にする

国際的なエネルギーに関する統計は、IEA (International Energy Agency、パリ) によってとりまとめられており、OECD 諸国と非 OECD 諸国のエネルギーバランス表がまとめられている。これらを入手した。

- ・ OECD 諸国 : Energy Balance of OECD Countries (後半に一部を示した)
- ・ 非 OECD 諸国 : Energy Balances of Non-OECD Countries

さらに、エネルギー需給の動向と将来については、

World Energy Outlook 2009 (2009 年 11 月 10 日発行) を入手した。

これらのほかに、以下のような各種統計資料を参照した。

- ・ エネルギー経済統計要覧 (日本エネルギー経済研究所、省エネルギーセンター発行)
- ・ 世界国勢図会 2009/2010 財) 矢野恒太記念会 編集・発行
- ・ 世界の統計 2009 総務省統計局

グローバル・資源エネルギーバランステーブルは、人類が自然界から取り出し、加工し、消費して、結局のところ廃棄している資源について、次のような一枚の表を作ることを目標としている。

この表の特徴は以下のとおりである。

- ・ 各セルにおいて生産 (排出) されるものをプラス、消費 (投入) されるものをマイナスの数値で、相互関係に注目して表示する。
- ・ 地球上で生産・消費される各種資源について、そのエネルギー消費、CO₂ 排出量との関係を全体的に捉える。
- ・ 人口の増大、経済活動の増大 (GDP の成長) などによりエネルギー消費と各種資源消費がどのように変化するかを検討する。
- ・ CEV (電気自動車) が大幅に普及すると、輸送用エネルギー源が石油から電力に移行して、発電用資源構成によって CEV からの CO₂ の排出量が異なってくる。

表 3.2 グローバルエネルギー資源バランス表

	大気	エネルギー	材料資源	食料
	酸素、 二酸化炭素	石油・石炭・ガス・原子力・ 電力・再生可能E・排熱	鉄鋼・セメン ト・紙・木材	家畜・ 穀物
ストック				
一次資源採取				
エネルギー転換				
生物的最終消費 農業 人類 家畜				
工業的最終消費 産業 鉄鋼 セメント 紙 運輸 民生				
排出処分				

以下には、グローバル・資源エネルギーバランステーブル（GRBT）作成のために、各種資料を収集し、データを取りまとめる作業を行ったので報告する。

参考文献

- 1) 榎屋、「グローバル資源バランス・テーブル」、エネルギー・資源、VOL. 11, NO. 1, 1990年1月、エネルギー・資源学会
- 2) 赤木、榎屋、「世界資源収支表」、放送大学講座「技術の分析と創造」の第14章、2002年、財団法人放送大学教育振興会

3.3 資源、エネルギー消費の現状のデータ収集、

生活様式などの文化や産業構造が類似の地域を単位とした資源、エネルギー消費の現状のデータ収集を行う。

1) 地域区分と国別構成

IEA のエネルギー統計では、以下のような地域区分が行われている。

Africa(アフリカ)

アルジェリア、アンゴラ、ベナン、ボツワナ、ブルキナファソ、ブルンジ、カメルーン、カーボヴェルデ、中央アフリカ共和国、チャド、コモロ連合、コンゴ、コンゴ民主共和国、コートジボワール、ジブチ共和国、エジプト、ギニア、エリトリア、エチオピア、ガボン、ガンビア、ガーナ、ギニア、ギニア・ビザウ、ケニア、レント、リベリア、リビア、マダガスカル、マラウイ、マリ、モーリタニア、モーリシャス、モロッコ、モザンビーク、ナミビア、ニジェール、ナイジェリア、レユニオン、ルワンダ、サントメ・プリンシペ民主共和国、セネガル、セーシェル、シエラレオネ、ソマリア、南アフリカ共和国、スーダン、スワジランド、タンザニア、トーゴ、チュニジア、ウガンダ、ザンビア、ジンバブエ

ASEAN(アセアン)

ブルネイ、カンボジア、インドネシア、ラオス、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ、ベトナム

China(中国)

中華人民共和国（香港含む）

Eastern Europe/Eurasia（東欧・ユーラシア）

アルバニア、アルメニア、アゼルバイジャン、ベラルーシ、ボスニア・ヘルツェゴビナ、ブルガリア、クロアチア、エストニア、グルジア、カザフスタン、キルギスタン、ラトビア、リトアニア、マケドニア旧ユーゴスラビア共和国、モルドワ共和国、ルーマニア、ロシア、セルビア、スロベニア、タジキスタン、トルクメニスタン、ウクライナ、ウズベキスタン

統計的な理由のために、この地域はキプロス、ジブラルタルおよびマルタを含んでいる。

European Union(EU)

オーストリア、ベルギー、ブルガリア、キプロス、チェコ、デンマーク、エストニア、

フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイルランド、イタリア、ラトビア、リトアニア、ルクセンブルグ、マルタ、オランダ、ポーランド、ポルトガル、ルーマニア、スロバキア共和国、スロベニア、スペイン、スウェーデン、イギリス
(このうち、マルタ、ルーマニア、リトアニア、スロベニアは **Eastern Europe** にも入っている)

OECD Europe (OECD ヨーロッパ)

オーストリア、ベルギー、チェコ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、ハンガリー、アイスランド、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スロバキア共和国、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコ、イギリス

(西ヨーロッパの概念に近いのは、この **OECD Europe** であると考えられるので、本報告では、これを西ヨーロッパとした)

Latin America(中南米)

アンティグア・バーブーダ、アルバ、アルゼンチン、バハマ、バルバドス、ベリーズ、バミューダ、ボリビア、ブラジル、英領ヴァージン諸島、ケイマン諸島、チリ、コロンビア、コスタリカ、キューバ、ドミニカ、ドミニカ共和国、エクアドル、エルサルバドル、フォークランド諸島、フランス領ギアナ、グレナダ、グアドループ、グアテマラ、ガイアナ、ハイチ、ホンジュラス、ジャマイカ、マルティニーク、モントセラト、オランダ領アンティル、ニカラグア、パナマ、パラグアイ、ペルー、セントキッツ・ネービス、セントルシア、サンピエール島、セントヴィンセントグレナディーン、スリナム、トリニダード・トバゴ、タークス・カイコス諸島、ウルグアイ、ベネズエラ

Middle East(中東)

バーレーン、イラン、イラク、イスラエル、ヨルダン、クウェート、レバノン、オマーン、クウェート、サウジアラビア、シリア・アラブ共和国、アラブ首長国連邦、イエメン
サウジアラビアとイラクの間のニュートラルゾーンを含む

Non-OECD Asia (非 OECD アジア)

アフガニスタン、バングラディッシュ、ブータン、ブルネイ、カンボジア、中国、チャイニーズタイペイ、クック諸島、東ティモール、フィジー、仏領ポリネシア、インド、インドネシア、キリバス、北朝鮮、ラオス、マカオ、マレーシア、モルディブ、モンゴル、ミャンマー、ネパール、ニューカレドニア、パキスタン、パプアニューギニア、フィリピン、サモア、シンガポール、ソロモン諸島、スリランカ、タイ、トンガ、ベトナム、バヌアツ

OECD Asia (OECD アジア)

日本、韓国

OECD North America (OECD 北米)

カナダ、メキシコ、アメリカ合衆国

OECD Oceania (OECD オセアニア)

オーストラリア、ニュージーランド

OECD Pacific (OECD パシフィック)

日本、韓国、オーストラリア、ニュージーランド

2) 人口

データは「世界国勢図会第 20 版」(財) 矢野恒太記念会発行のデータを使用した。

上記データはアジア、アフリカ、ヨーロッパ、北中アメリカ、南アメリカ、オセアニアの 6 地域で集計されていたが、IEA エネルギー統計の国別分類に統一するため、再集計を行った。

人口データの収集

- ・ 「世界国勢図会第 20 版」でアジアに含まれていた中東、東欧及び西欧 (単位 1000 人)

アジアに含まれていた中東	2010年	2030年	2050年	アジアに含まれていた東欧	2010年	2030年	2050年
アラブ首長国連邦	4,707	6,555	8,253	アゼルバイジャン	8,934	10,323	10,579
イスラエル	7,285	9,219	10,649	ウズベキスタン	27,794	33,933	36,439
イラク	31,467	48,909	63,995	カザフスタン	15,753	17,244	17,848
イラン	75,078	89,936	96,975	タジキスタン	7,075	9,618	11,111
オマーン	2,905	4,048	4,878	合計	59,556	71,118	75,977
カタール	1,508	1,951	2,316	アジアに含まれていた西ヨーロッパ	2010年	2030年	2050年
クウェート	3,051	4,273	5,240	トルコ	75,705	90,375	97,389
サウジアラビア	26,246	36,545	43,658	合計	75,705	90,375	97,389
シリア	22,505	30,560	36,911				
ヨルダン	6,472	8,616	10,241				
合計	181,224	240,612	283,116				

- ・ アジア計

国勢図会アジア計から中東、東欧及び西欧の値を引いて算出した。

- ・ 中南米計
- ・ 国勢図会 北中アメリカ計からアメリカ・カナダ・メキシコの値を引き、南アメリカの値を加算した。（単位 1000 人）

国勢図会のアジア計	4,166,741	4,916,701	5,231,485
アジアに含まれていた中東	181,224	240,612	283,116
アジアに含まれていた東欧	59,556	71,118	75,977
アジアに含まれていた西ヨーロッパ	75,705	90,375	97,389
中東・東欧を除いたアジア計	3,850,256	4,514,596	4,775,003

国勢図会の北中アメリカ計	547,086	642,011	694,799
アメリカ・カナダ・メキシコ計	462,176	536,534	577,310
国勢図会の南アメリカ計	393,221	458,052	482,850
中南米計	478,131	563,529	600,339

- ・ 西ヨーロッパ
- 国勢図会ヨーロッパ計からヨーロッパに含まれていた東欧及びアジアに含まれていた西欧の値を引いて算出

- ・ OECD ヨーロッパ
- ・ 西ヨーロッパ計から非 OECD であるブルガリアの値を引いて算出（単位 1000 人）

国勢図会のヨーロッパ計	732,759	723,373	691,048
ヨーロッパに含まれていた東欧	211,400	192,721	172,227
アジアに含まれていた西ヨーロッパ	75,705	90,375	97,389
西ヨーロッパ計	597,064	621,027	616,210

西ヨーロッパ計	597,064	621,027	616,210
ブルガリア	7,497	6,469	5,392
OECDヨーロッパ計	589,567	614,558	610,818

- ・ 東欧（単位 1000 人）

アジアに含まれていた東欧	2010年	2030年	2050年
アゼルバイジャン	8,934	10,323	10,579
ウズベキスタン	27,794	33,933	36,439
カザフスタン	15,753	17,244	17,848
タジキスタン	7,075	9,618	11,111
計	59,556	71,118	75,977
ヨーロッパに含まれていた東欧	2010年	2030年	2050年
ウクライナ	45,433	40,188	35,026
クロアチア	4,410	4,180	3,825
ロシア	140,367	128,864	116,097
ルーマニア	21,190	19,489	17,279
計	211,400	192,721	172,227
東欧合計	270,956	263,839	248,204

・ IEA エネルギー統計の国別分類に従って振り分けた結果

地域・国別	人口(1000人)		
	2010	2030	2050
アジア計	3,850,256	4,514,596	4,775,003
日本	127,176	115,224	95,152
中国	1,354,146	1,462,468	1,417,045
インド	1,214,464	1,484,598	1,613,800
北米計	462,176	536,534	577,310
アメリカ	317,641	369,981	403,932
カナダ	33,890	40,096	44,414
メキシコ	110,645	126,457	128,964
中南米計	478,131	563,529	600,339
西ヨーロッパ計	597,064	621,027	616,210
(OECDヨーロッパ)	589,567	614,558	610,818
ドイツ	82,057	77,854	70,504
フランス	62,637	66,474	67,668
イギリス	61,899	67,956	72,365
東ヨーロッパ計	270,956	263,839	248,204
ロシア	140,367	128,864	116,097
アフリカ	1,033,043	1,524,187	1,998,466
中東	181,224	240,612	283,116
オセアニア	35,838	44,572	51,338
上記合計	6,908,688	8,308,896	9,149,986
世界合計	6,908,688	8,308,895	9,149,984

以下のデータ収集において、全体を9地域にわけて整理することが考えられる。

9地域は、上の人口の表にあるように、日本、アジア（日本を除く）、北米、中南米、西ヨーロッパ、東ヨーロッパ、アフリカ、中東、オセアニアである。

3) 粗鋼生産

・ 国勢図会のデータ (単位 1000 トン)

アジア計	1990年	2000年	2007年
中国	66,349	127,236	489,899
日本	110,339	106,444	120,203
インド	12,963	26,924	53,080
韓国	23,125	43,107	51,517
台湾	9,748	16,896	20,903
マレーシア	1,100	3,650	6,895
タイ	685	2,100	5,565
インドネシア	2,892	2,848	4,016
合計	227,201	329,205	752,078

北米計	1990年	2000年	2007年
アメリカ	89,726	101,803	98,102
メキシコ	8,734	15,631	17,573
カナダ	12,281	16,595	15,572
合計	110,741	134,029	131,247

中南米計	1990年	2000年	2007年
ブラジル	20,567	27,865	33,782
アルゼンチン	3,636	4,474	5,387
ベネズエラ	3,233	3,835	5,005
合計	27,436	36,174	44,174

西ヨーロッパ計	1990年	2000年	2007年
ドイツ	38,434	46,376	48,550
イタリア	25,467	26,759	31,553
トルコ	9,443	14,325	25,754
スペイン	12,936	15,874	18,999
フランス	19,016	20,954	19,250
イギリス	17,841	15,155	14,317
ベルギー	11,453	11,636	10,692
ポーランド	13,633	10,498	10,632
オーストリア	4,291	5,707	7,578
オランダ	5,412	5,666	7,368
チェコ	7,286	6,216	7,059
スウェーデン	4,455	5,227	5,673
ルクセンブルグ	3,560	2,571	2,858
スロバキア	3,798	3,733	5,089
フィンランド	2,860	4,096	4,431
合計	179,885	194,793	219,803

東ヨーロッパ計	1990年	2000年	2007年
ロシア	67,029	59,136	72,387
ウクライナ	41,759	31,767	42,830
ルーマニア	9,761	4,672	6,261
カザフスタン	5,675	4,769	4,782
合計	124,224	100,344	126,260

OECDヨーロッパ計	1990年	2000年	2007年
ドイツ	38,434	46,376	48,550
イタリア	25,467	26,759	31,553
トルコ	9,443	14,325	25,754
スペイン	12,936	15,874	18,999
フランス	19,016	20,954	19,250
イギリス	17,841	15,155	14,317
ベルギー	11,453	11,636	10,692
ポーランド	13,633	10,498	10,632
オーストリア	4,291	5,707	7,578
オランダ	5,412	5,666	7,368
チェコ	7,286	6,216	7,059
スウェーデン	4,455	5,227	5,673
ルクセンブルグ	3,560	2,571	2,858
スロバキア	3,798	3,733	5,089
フィンランド	2,860	4,096	4,431
合計	179,885	194,793	219,803

アフリカ計	1990年	2000年	2007年
南アフリカ共和国	8,619	8,481	9,098
エジプト	2,247	2,838	6,224
合計	10,866	11,319	15,322

中東計	1990年	2000年	2007年
イラン	1,425	6,600	10,051
サウジアラビア	1,790	2,981	4,644
合計	3,215	9,581	14,695

オセアニア計	1990年	2000年	2007年
オーストラリア	6,676	7,129	7,939
合計	6,676	7,129	7,939

非OECD	1990年	2000年	2007年
ロシア	67,029	59,136	72,387
ウクライナ	41,759	31,767	42,830
ルーマニア	9,761	4,672	6,261
カザフスタン	5,675	4,769	4,782

・ IEA エネルギー統計の国別分類に従って振り分けた結果

地域・国別	粗鋼生産(1000トン)		
	1990	2000	2007
アジア計	227,201	329,205	752,078
日本	110,339	106,444	120,203
中国	66,349	127,236	489,899
インド	12,963	26,924	53,080
北米計	110,741	134,029	131,247
アメリカ	89,726	101,803	98,102
カナダ	12,281	16,595	15,572
メキシコ	8,734	15,631	17,573
中南米計	27,436	36,174	44,174
西ヨーロッパ計	179,885	194,793	219,803
(OECDヨーロッパ)	179,885	194,793	219,803
ドイツ	38,434	46,376	48,550
フランス	19,016	20,954	19,250
イギリス	17,841	15,155	14,317
東ヨーロッパ計	124,224	100,344	126,260
ロシア	67,029	59,136	72,387
アフリカ	10,866	11,319	15,322
中東	3,215	9,581	14,695
オセアニア	6,676	7,129	7,939
上記合計	690,244	822,574	1,311,518
世界合計	770,458	847,670	1,351,289

4) セメント生産

・ 国勢図会のデータ (万トン)

アジア計

	1990年	2000年	2006年
中国	21,000	59,700	120,411
日本	8,440	8,110	6,994
インド	4,900	9,500	16,000
韓国	3,360	5,126	5,497
台湾	1,850	1,757	1,929
マレーシア	588	1,145	1,800
フィリピン	636	1,196	1,203
ベトナム	250	1,330	3,269
パキスタン	749	990	2,000
タイ	1,810	2,550	3,941
インドネシア	1,380	2,779	3,500
合計	44,963	94,183	166,544

北米計

	1990年	2000年	2006年
アメリカ	7,140	8,951	9,971
カナダ	1,170	1,261	1,436
メキシコ	2,380	3,323	4,062
合計	10,690	13,535	15,469

中南米計

	1990年	2000年	2006年
コロンビア	625	975	1,004
アルゼンチン	361	612	893
ベネズエラ	523	860	1,100
合計	1,509	2,447	2,997

西ヨーロッパ計

	1990年	2000年	2006年
ドイツ	3,770	3,541	3,352
フランス	2,640	2,014	2,227
イギリス	1,470	1,270	1,212
スペイン	2,810	3,815	5,403
イタリア	4,000	3,893	4,781
トルコ	2,450	3,583	4,750
ギリシャ	1,360	1,546	1,567
ポーランド	1,250	1,505	1,469
ポルトガル	728	1,034	834
ベルギー	693	715	819
合計	21,171	22,916	26,414

東ヨーロッパ計

	1990年	2000年	2006年
ロシア	-	3,240	5,470
ウクライナ	-	531	1,373
合計	-	3,771	6,843

非OECD

OECDヨーロッパ計

	1990年	2000年	2006年
ドイツ	3,770	3,541	3,352
フランス	2,640	2,014	2,227
イギリス	1,470	1,270	1,212
スペイン	2,810	3,815	5,403
イタリア	4,000	3,893	4,781
トルコ	2,450	3,583	4,750
ギリシャ	1,360	1,546	1,567
ポーランド	1,250	1,505	1,469
ポルトガル	728	1,034	834
ベルギー	693	715	819
合計	21,171	22,916	26,414

アフリカ計

	1990年	2000年	2006年
南アフリカ共和国	781	797	1,300
アルジェリア	634	830	1,500
モロッコ	420	810	1,100
エジプト	1,410	2,414	2,900
合計	3,245	4,851	6,800

中東計

	1990年	2000年	2006年
イラン	1,300	2,388	3,300
アラブ首長国連邦	326	610	980
サウジアラビア	1,200	1,811	2,705
合計	2,826	4,809	6,985

オセアニア計

	1990年	2000年	2006年
オーストラリア	707	750	900
合計	707	750	900

・ IEA エネルギー統計の国別分類に従って振り分けた結果

地域・国別	セメント生産(1万トン)		
	1990	2000	2006
アジア計	1,380	2,779	3,500
日本	21,000	59,700	120,411
中国	1,990	2,000	2,006
インド	8,440	8,110	6,994
北米計	2,380	3,323	4,062
アメリカ	1,990	2,000	2,006
カナダ	7,140	8,951	9,971
メキシコ	1,170	1,261	1,436
中南米計	523	860	1,100
西ヨーロッパ計	693	715	819
(OECDヨーロッパ)	693	715	819
ドイツ	1,990	2,000	2,006
フランス	3,770	3,541	3,352
イギリス	2,640	2,014	2,227
東ヨーロッパ計	-	531	1,373
ロシア	1,990	2,000	2,006
アフリカ	1,410	2,414	2,900
中東	1,200	1,811	2,705
オセアニア	707	750	900
上記合計	8,293	13,183	17,359
世界合計	116,000	166,000	256,000

5) 紙・板紙生産

・国勢図会のデータ (1000 トン)

アジア計

	2007年
日本	31,266
中国	73,500
インド	7,879
韓国	10,932
インドネシア	9,462
台湾	4,707
タイ	4,516
マレーシア	1,465
ベトナム	1,130
フィリピン	1,082
合計	145,939

北米計

	2007年
アメリカ	83,559
カナダ	17,371
メキシコ	4,681
合計	105,611

中南米計

	2007年
ブラジル	9,008
アルゼンチン	1,749
チリ	1,318
コロンビア	1,012
合計	13,087

西ヨーロッパ計

	2007年
ドイツ	23,180
フランス	9,870
イギリス	5,228
フィンランド	14,335
スウェーデン	11,860
イタリア	10,111
スペイン	6,713
オーストリア	5,199
オランダ	3,219
ポーランド	2,983
トルコ	2,229
ノルウェー	2,010
ベルギー	1,987
スイス	1,705
ポルトガル	1,641
チェコ	1,023
スロバキア	915
合計	104,208

OECDヨーロッパ計

	2007年
ドイツ	23,180
フランス	9,870
イギリス	5,228
フィンランド	14,335
スウェーデン	11,860
イタリア	10,111
スペイン	6,713
オーストリア	5,199
オランダ	3,219
ポーランド	2,983
トルコ	2,229
ノルウェー	2,010
ベルギー	1,987
スイス	1,705
ポルトガル	1,641
チェコ	1,023
スロバキア	915
合計	104,208

東ヨーロッパ計

	2007年
ロシア	7,590
ウクライナ	914
合計	8,504

 非OECD

アフリカ計

	2007年
南アフリカ共和国	2,726
エジプト	937
合計	3,663

中東計

	2007年
イラン	784
サウジアラビア	648
合計	1,432

オセアニア計

	2007年
ニュージーランド	842
合計	842

・ IEA エネルギー統計の国別分類に従って振り分けた結果

	紙・板紙生産 (1000トン)
地域・国別	2007
アジア計	145,939
日本	31,266
中国	73,500
インド	7,879
北米計	105,611
アメリカ	83,559
カナダ	17,371
メキシコ	4,681
中南米計	13,087
西ヨーロッパ計	104,208
(OECDヨーロッパ)	104,208
ドイツ	23,180
フランス	9,870
イギリス	5,228
東ヨーロッパ計	8,504
ロシア	7,590
アフリカ	3,663
中東	1,432
オセアニア	842
上記合計	383,286
世界合計	394,260

6) 自動車保有台数

自動車保有台数のデータは、2007年の数値がすべては得られず、一部は2006年の値である。

地域・国別	無印は2007年の数値	
	自動車保有台数(1000台)	
アジア計	187,301	2006年
日本	75,715	
中国	43,584	
インド	18,155	
北米計	292,575	2006年
アメリカ	251,210	
カナダ	20,071	
メキシコ	24,387	
中南米計	54,258	2006年
(メキシコを除く)		
西ヨーロッパ計	297,423	2006年
(OECDヨーロッパ)		
ドイツ	49,742	
フランス	37,033	
イギリス	35,561	
東ヨーロッパ計	68,222	2006年
ロシア	34,105	
アフリカ	21,445	2006年
中東	23,193	2006年
オセアニア	17,037	
オーストラリア	14,219	
上記合計	961,454	(各地域合計)
世界合計	954,361	2007年
世界合計	935,499	2006年

自動車には、乗用車、トラック、バスを含む。(世界の統計、エネルギー経済統計要覧)
全世界で9億5000万台の自動車が走行していることがわかる。

7) 木材

・国勢図会のデータ（単位 1000m³）は以下のとおり。

アジア計

	用材	薪炭材
日本	17,650	101
中国	94,665	199,737
インド	23,192	307,018
他	104,492	279,792
トルコ	13,019	4,645
国勢図会のアジア合計	239,999	786,648
アジア合計	226,980	782,003

北米計

	用材	薪炭材
アメリカ	393,313	50,690
カナダ	192,995	2,912
メキシコ	6,306	38,600
合計	592,614	92,202

西ヨーロッパ計

	用材	薪炭材
ドイツ	68,029	8,699
フランス	29,330	33,429
イギリス	8,559	459
国勢図会のヨーロッパ計	576,281	152,604
ヨーロッパに含まれていた東欧	221,235	70,195
アジアに含まれていた西ヨーロッパ	13,019	4,645
西ヨーロッパ計	368,065	87,054

OECDヨーロッパ計

	用材	薪炭材
西ヨーロッパ計	368,065	87,054
非OECDヨーロッパ計	0	0
OECDヨーロッパ計	368,065	87,054

アフリカ計

	用材	薪炭材
国勢図会のアフリカ計	68,974	603,089
アフリカ計	68,974	603,089

中東計

	用材	薪炭材
該当無し	-	-
中東計	-	-

アジアに含まれていた西ヨーロッパ	用材	薪炭材
トルコ	13,019	4,645
合計	13,019	4,645

中南米計

	用材	薪炭材
国勢図会の北中アメリカ計	597,463	138,444
アメリカ	393,313	50,690
カナダ	192,995	2,912
メキシコ	6,306	38,600
国勢図会の南アメリカ計	171,759	194,356
中南米計	176,608	240,598

東欧計

	用材	薪炭材
アジアに含まれていた東欧		
-		
計	0	0
ヨーロッパに含まれていた東欧		
ロシア	162,000	45,000
ウクライナ	7,364	9,520
エストニア	4,650	1,250
クロアチア	3,449	761
スロベニア	2,093	788
セルビア	1,427	1,554
ブルガリア	3,170	2,526
ベラルーシ	7,411	1,345
ボスニアヘルツェゴビナ	2,414	1,339
ラトビア	11,145	1,028
リトアニア	4,540	1,315
ルーマニア	11,572	3,769
計	221,235	70,195
東欧合計	221,235	70,195

オセアニア計

	用材	薪炭材
国勢図会のオセアニア計	50,752	11,041
オセアニア計	50,752	11,041

・ IEA エネルギー統計の国別分類に従って振り分けた結果

地域・国別	木材伐採(1000m3) 2007年	
	用材	薪炭材
アジア計	226,980	782,003
日本	17,650	101
中国	94,665	199,737
インド	23,192	307,018
北米計	592,614	92,202
アメリカ	393,313	50,690
カナダ	192,995	2,912
メキシコ	6,306	38,600
中南米計	176,608	240,598
西ヨーロッパ計	368,065	87,054
(OECDヨーロッパ)	368,065	87,054
ドイツ	68,029	8,699
フランス	29,330	33,429
イギリス	8,559	459
東ヨーロッパ計	221,234	70,195
ロシア	162,000	45,000
アフリカ	68,974	603,089
中東	-	-
オセアニア	50,752	11,041
上記合計	1,705,227	1,886,182
世界合計	1,705,227	1,886,182

8) 家畜

・国勢図会のデータ (牛、豚、羊は1000頭、鶏は百万羽) は以下のとおり

アジア計	牛	豚	羊	鶏
日本	4,398	9,759	10	289
中国	82,067	425,673	146,018	4,512
インド	176,594	14,000	64,269	560
アフガニスタン	4,357	-	8,105	9
インドネシア	11,515	6,711	9,860	1,275
韓国	2,654	9,602	2	119
カンボジア	3,400	2,790	-	15
北朝鮮	576	2,440	168	17
シンガポール	0	260	-	2
スリランカ	1,206	94	16	14
タイ	6,481	8,381	52	209
ネパール	7,044	989	814	24
パキスタン	30,673	-	26,794	263
バングラデシュ	25,300	-	1,560	207
フィリピン	2,566	13,459	30	136
ブータン	385	35	18	0
ベトナム	6,725	26,561	-	158
マレーシア	785	2,000	120	190
ミャンマー	12,634	7,007	497	108
モンゴル	2,168	7	14,815	0
ラオス	1,337	2,260	-	22
合計	378,467	522,269	273,138	7,840
西ヨーロッパ計	牛	豚	羊	鶏
ドイツ	12,687	27,125	2,538	115
フランス	19,359	14,736	8,499	175
イギリス	10,304	4,834	33,946	158
アイスランド	71	41	455	0
アイルランド	6,704	1,588	5,522	13
イタリア	6,117	9,281	8,227	100
オーストリア	2,003	3,139	312	14
オランダ	3,730	11,600	1,388	93
ギリシャ	629	902	8,830	31
スイス	1,567	1,573	444	5
スウェーデン	1,560	1,676	509	7
スペイン	6,585	26,061	22,194	137
スロバキア	508	1,105	333	13
チェコ	1,391	2,830	169	24
デンマーク	1,566	13,723	157	16
ノルウェー	906	838	2,267	4
ハンガリー	702	3,987	1,298	30
フィンランド	927	1,448	119	5
ブルガリア	628	1,013	1,635	18
ベルギー	2,649	6,255	151	33
ポーランド	5,696	18,129	332	133
ポルトガル	1,407	2,295	3,549	参
合計	87,696	154,179	102,874	1,161

北米計	牛	豚	羊	鶏
アメリカ	97,003	61,860	6,165	2,050
カナダ	14,155	14,907	879	165
メキシコ	31,950	15,500	7,500	497
合計	143,108	92,267	14,544	2,712
中南米計	牛	豚	羊	鶏
エルサルバドル	1,370	441	5	15
キューバ	3,787	1,869	2,653	29
グアテマラ	3,261	212	265	31
コスタリカ	1,200	676	3	20
ジャマイカ	430	186	1	13
ドミニカ共和国	2,210	580	123	101
ニカラグア	3,600	123	5	18
ハイチ	1,450	1,000	153	6
パナマ	1,526	325	-	15
プエルトリコ	380	50	6	13
ベリーズ	73	22	6	2
ホンジュラス	2,600	490	15	21
アルゼンチン	50,750	2,270	12,450	96
ウルグアイ	12,368	245	10,323	14
エクアドル	4,727	1,323	846	110
ガイアナ	110	14	130	22
コロンビア	26,703	1,914	3,400	150
チリ	3,789	2,957	3,938	98
パラグアイ	10,000	1,600	500	17
ブラジル	199,752	35,945	16,239	1,128
ベネズエラ	16,778	2,971	564	120
ペルー	5,421	3,116	14,580	120
ボリビア	7,735	3,637	9,149	73
合計	360,020	61,966	75,354	2,232
東ヨーロッパ計	牛	豚	羊	鶏
ロシア	21,515	15,919	17,508	358
アルバニア	577	147	1,853	5
ウクライナ	6,175	8,055	925	146
エストニア	245	346	63	2
クロアチア	483	1,488	680	7
スロベニア	451	575	132	3
セルビア	1,087	3,832	1,606	16
ベラルーシ	3,989	3,642	52	27
ボスニアヘルツェゴビナ	468	535	1,033	14
マルタ	19	74	12	1
モルドバ	299	532	835	22
ラトビア	377	417	41	4
リトアニア	839	1,127	37	9
ルーマニア	2,934	6,815	7,678	85
合計	39,458	43,504	32,455	699

OECDヨーロッパ計	牛	豚	羊	鶏
ドイツ	12,687	27,125	2,538	115
フランス	19,359	14,736	8,499	175
イギリス	10,304	4,834	33,946	158
アイスランド	71	41	455	0
アイルランド	6,704	1,588	5,522	13
イタリア	6,117	9,281	8,227	100
オーストリア	2,003	3,139	312	14
オランダ	3,730	11,600	1,388	93
ギリシャ	629	902	8,830	31
スイス	1,567	1,573	444	5
スウェーデン	1,560	1,676	509	7
スペイン	6,585	26,061	22,194	137
スロバキア	508	1,105	333	13
チェコ	1,391	2,830	169	24
デンマーク	1,566	13,723	157	16
ノルウェー	906	838	2,267	4
ハンガリー	702	3,987	1,298	30
フィンランド	927	1,448	119	5
ブルガリア	628	1,013	1,635	18
ベルギー	2,649	6,255	151	33
ポーランド	5,696	18,129	332	133
ポルトガル	1,407	2,295	3,549	37
合計	87,696	154,179	102,874	1,161

中東計	牛	豚	羊	鶏
アラブ首長国連邦	125	-	615	16
イエメン	1,480	-	8,420	51
イスラエル	394	206	433	37
イラク	1,500	-	6,200	33
イラン	7,609	-	53,800	420
オマーン	314	-	366	4
カタール	8	-	120	5
クウェート	28	-	900	33
サウジアラビア	372	-	7,000	145
シリア	1,168	-	22,865	25
ヨルダン	69	-	2,496	25
レバノン	77	15	340	35
合計	13,144	221	103,555	829

オセアニア計	牛	豚	羊	鶏
オーストラリア	28,037	2,605	85,711	97
ソロモン諸島	14	54	-	0
ニュージーランド	9,654	367	38,460	20
バヌアツ	156	63	-	0
パプアニューギニア	94	1,800	7	4
フィジー	315	145	6	4
合計	38,270	5,034	124,184	126

アフリカ計	牛	豚	羊	鶏
アルジェリア	1,658	6	19,851	125
アンゴラ	4,160	782	340	7
ウガンダ	7,182	2,122	1,697	27
エジプト	4,550	30	-	96
エチオピア	43,000	29	26,117	36
エリトリア	1,960	-	2,120	1
ガーナ	1,427	239	3,420	31
ガボン	36	213	196	3
カメルーン	6,000	1,350	3,800	31
ガンビア	334	22	150	1
ギニア	4,180	82	1,330	18
ギニアビサウ	574	391	358	2
ケニア	12,900	304	9,429	27
コートジボワール	1,337	324	1,162	32
コンゴ共和国	115	47	99	2
コンゴ民主共和国	754	963	901	20
ザンビア	2,850	340	152	30
シエラレオネ	350	52	470	8
ジブチ	297	-	466	-
ジンバブエ	5,400	630	610	23
スーダン	41,404	-	50,944	35
スワジランド	585	30	28	3
赤道ギニア	5	6	38	0
セネガル	3,181	319	5,131	35
ソマリア	5,350	4	13,100	3
タンザニア	18,000	455	3,550	30
チャド	6,820	27	2,982	5
中央アフリカ共和国	3,378	800	260	5
チェニジア	710	6	7,618	64
トーゴ	355	554	1,950	16
ナイジェリア	16,153	6,642	33,080	166
ナミビア	2,500	25	2,700	5
ニジェール	8,243	40	9,847	11
ブルキナファソ	8,764	2,763	7,321	27
ブルンジ	479	190	293	5
ベナン	1,857	327	776	14
ボツワナ	2,400	6	300	4
マダガスカル	9,600	1,350	715	25
マラウイ	871	929	186	15
マリ	7,843	71	8,871	33
南アフリカ共和国	13,911	1,651	25,082	126
モーリタニア	1,692	-	8,850	4
モザンビーク	1,426	182	219	29
モロッコ	2,781	8	16,894	140
リビア	130	-	4,500	25
リベリア	38	173	230	6
ルワンダ	950	270	470	2
レソト	695	120	1,025	2
	259,185	24,874	279,628	1,355

・ IEA エネルギー統計の国別分類に従って振り分けた結果

地域・国別	家畜			
	牛(千頭)	羊(千頭)	豚(千頭)	鶏(百万羽)
アジア計	378,467	522,269	273,138	7,840
日本	4,398	9,759	10	289
中国	82,067	425,673	146,018	4,512
インド	176,594	14,000	64,269	560
北米計	143,108	92,267	14,544	2,712
アメリカ	97,003	61,860	6,165	2,050
カナダ	14,155	14,907	879	165
メキシコ	31,950	15,500	7,500	497
中南米計	360,020	61,966	75,354	2,232
西ヨーロッパ計	87,696	154,179	102,874	1,161
(OECDヨーロッパ)	87,696	154,179	102,874	1,161
ドイツ	12,687	27,125	2,538	115
フランス	19,359	14,736	8,499	175
イギリス	10,304	4,834	33,946	158
東ヨーロッパ計	39,458	43,504	32,455	699
ロシア	21,515	15,919	17,508	358
アフリカ	259,185	24,874	279,628	1,355
中東	13,144	221	103,555	829
オセアニア	38,270	5,034	124,184	126
上記合計	1,319,348	904,314	1,005,732	16,955
世界合計	1,357,184	918,278	1,086,882	17,863

以下の各地域または国のエネルギーバランス表から、鉄鋼生産、セメント生産のエネルギー消費（石炭・石油・ガス他の合計）を取り出して、エネルギー原単位（1トンの生産に必要なエネルギー消費）を試算した。

またエネルギーバランス表の自動車用エネルギー消費（石油・ガス他）と上記の自動車保有台数から、自動車の原単位（1年間の1台あたりのエネルギー消費）を試算した。

9) エネルギーバランス

以下は IEA の Energy Balance Table から抜粋した。単位は MTOE (百万トン石油換算)
2007 年のデータである。

(1) 北米

OECD NorthAmerica 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	607.68	660.69	-	639.21	245.11	55.50	20.00	101.24	-	-	2,329.43
2 輸入	38.30	641.71	147.29	126.30	-	-	-	1.10	6.11	-	960.81
3 輸出	-52.19	-197.67	-93.10	-110.10	-	-	-	-0.01	-5.70	-	-458.77
4 在庫変動	-0.47	0.05	2.46	12.58	-	-	-	-0.14	-	-	14.47
5 国内供給計	593.32	1,104.78	4.29	667.98	245.11	55.50	20.00	102.18	0.41	-	2,793.57
6 変換	-	-63.17	69.18	-	-	-	-	-	-	-	6.01
7 統計誤差	-10.65	-11.10	-9.83	6.60	-	-	-	0.00	0.00	0.00	-24.99
8 電気事業者・自家発電	-522.30	-	-30.64	-165.58	-245.11	-55.50	-17.53	-14.68	419.52	-	-631.80
9 コージェネレーション	-14.26	-	-3.76	-44.04	-	-	-	-7.58	29.41	13.99	-26.24
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-0.05	-	0.03	-0.03
11 ガス業	-1.84	-	-	1.12	-	-	-	-	-	-	-0.72
12 石油精製	-	-1,031.08	1,037.31	-0.57	-	-	-	-	-	-	5.66
13 石炭変換	-6.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-6.01
14 液化	-	0.57	-	-1.15	-	-	-	-	-	-	-0.58
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-2.50	-	-66.69	-72.32	-	-	-	0.00	-28.57	-4.39	-174.49
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-31.23	-1.58	-32.81
18 最終エネルギー消費計	35.75	-	999.86	392.04	-	-	2.47	79.87	389.54	8.05	1,907.58
19 産業部門	33.58	-	42.64	144.53	-	-	0.12	43.90	107.20	6.40	378.37
20 鉄鋼業	5.79	-	1.85	14.14	-	-	-	0.00	8.56	0.21	30.55
21 化学工業	5.09	-	8.10	46.95	-	-	-	0.91	24.04	3.71	88.80
22 非鉄金属	0.26	-	0.54	6.27	-	-	-	-	12.42	0.11	19.61
23 窯業土石	8.38	-	5.43	10.29	-	-	-	0.55	4.45	0.00	29.11
24 輸送用機械	0.11	-	0.70	4.57	-	-	-	0.00	4.22	0.14	9.74
25 金属機械	0.15	-	1.54	9.17	-	-	-	-	10.02	0.10	20.97
26 鉱業	0.40	-	2.68	8.96	-	-	-	-	6.22	-	18.26
27 食料品・たばこ	3.97	-	3.84	14.14	-	-	-	2.08	7.52	0.63	32.18
28 紙・パルプ	4.52	-	5.36	13.96	-	-	-	31.75	15.53	0.88	72.00
29 木製品	0.03	-	2.31	1.85	-	-	-	5.99	2.54	0.29	13.01
30 建設業	-	-	2.52	0.41	-	-	-	-	0.04	-	2.97
31 繊維工業	0.24	-	0.68	2.75	-	-	-	-	2.49	0.17	6.32
32 その他製造業	4.66	-	7.09	11.07	-	-	0.12	2.62	9.14	0.16	34.86
33 運輸部門	-	-	707.27	20.43	-	-	-	15.45	1.15	-	744.31
34 国内航空	-	-	69.94	-	-	-	-	-	-	-	69.94
35 自動車	-	-	613.95	0.64	-	-	-	15.45	-	-	630.04
36 鉄道	-	-	15.58	-	-	-	-	-	0.81	-	16.39
37 パイプライン輸送	-	-	0.02	19.79	-	-	-	-	0.29	-	20.09
38 国内水運	-	-	6.57	-	-	-	-	-	-	-	6.57
39 その他	-	-	1.23	-	-	-	-	-	0.06	-	1.28
40 他の部門	1.77	-	80.58	206.35	-	-	2.35	20.51	281.18	1.65	594.39
41 民生・家庭用	0.04	-	35.04	125.63	-	-	1.88	18.04	137.33	0.00	317.95
42 民生・業務用	1.69	-	24.39	80.25	-	-	0.47	2.11	128.64	1.60	239.13
43 農林業	0.05	-	21.15	0.48	-	-	-	0.37	1.51	0.00	23.56
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	13.71	0.04	13.75
46 非エネルギー	0.40	169.37	20.73	-	-	-	-	-	-	-	190.50

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
北米計	131,247	30.55	232.8	15,469	29.11	188.2	292,575	630.04	2,153.4

(2) OECD パシフィック (OECD 太平洋諸国)

OECD Pacific 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	222.55	28.76	-	46.07	106.01	9.94	6.36	16.45	-	0.03	436.16
2 輸入	170.31	356.02	82.80	114.58	-	-	-	0.03	-	-	723.73
3 輸出	-160.68	-16.80	-55.48	-17.77	-	-	-	-	-	-	-250.73
4 在庫変動	-5.01	2.08	-0.01	0.33	-	-	-	0.00	-	-	-2.61
5 国内供給計	227.16	370.06	-2.68	143.20	106.01	9.94	6.36	16.48	-	0.03	876.56
6 変換	-	0.68	3.45	-	-	-	-	-	-	-	4.14
7 統計誤差	1.34	0.58	0.41	7.80	-	-	-	-0.01	0.26	0.00	10.38
8 電気事業者・自家発電	-148.53	-9.80	-25.97	-73.74	-106.01	-9.94	-5.02	-4.86	154.36	-0.03	-229.53
9 コージェネレーション	-6.06	-	-2.37	-5.32	-	-	-0.04	-1.30	4.56	4.39	-6.13
10 熱供給事業者	-0.01	-	-0.54	-0.43	-	-	-	-0.32	-0.10	0.93	-0.47
11 ガス業	-	-	-1.78	1.48	-	-	-	-	-	-	-0.29
12 石油精製	-	-373.90	368.81	-	-	-	-	-	-	-	-5.09
13 石炭変換	-25.73	-	-0.35	-0.08	-	-	-	-	-	-	-26.16
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	12.84	-12.81	-	-	-	-	-0.02	-	-	0.01
16 自家消費	-4.83	-0.08	-16.87	-7.49	-	-	-	-	-9.44	-0.02	-38.73
17 送配電ロス	-	-	-	-0.02	-	-	-0.14	-	-7.52	-0.14	-7.82
18 最終エネルギー消費計	43.35	0.37	309.31	65.41	-	-	1.17	9.97	142.12	5.17	576.86
19 産業部門	40.67	0.03	41.12	22.06	-	-	0.14	7.68	55.74	3.00	170.45
20 鉄鋼業	16.55	-	2.27	3.90	-	-	-	0.00	11.08	-	33.80
21 化学工業	3.40	0.03	11.45	3.12	-	-	-	0.26	8.70	2.04	28.99
22 非鉄金属	1.58	-	1.29	3.30	-	-	-	0.08	6.44	0.03	12.72
23 窯業土石	7.87	-	3.03	2.13	-	-	-	0.53	3.35	-	16.91
24 輸送用機械	-	-	0.17	0.58	-	-	-	-	1.47	-	2.22
25 金属機械	0.25	-	1.18	2.04	-	-	-	0.01	11.61	0.06	15.16
26 鋳業	0.15	-	2.32	0.75	-	-	-	-	1.18	-	4.40
27 食料品・たばこ	0.23	-	2.76	1.55	-	-	-	2.03	2.93	-	9.49
28 紙・パルプ	1.66	-	2.08	1.03	-	-	0.14	3.12	4.39	0.17	12.58
29 木製品	-	-	0.05	0.04	-	-	-	0.96	0.43	-	1.47
30 建設業	0.00	-	4.70	0.65	-	-	-	-	0.11	-	5.47
31 繊維工業	0.19	-	0.68	0.42	-	-	-	0.02	1.20	0.70	3.19
32 その他製造業	8.80	-	9.14	2.58	-	-	0.00	0.68	2.85	-	24.05
33 運輸部門	0.09	-	141.37	0.99	-	-	-	0.18	2.09	-	144.72
34 国内航空	-	-	6.95	-	-	-	-	-	-	-	6.95
35 自動車	-	-	127.75	0.62	-	-	-	0.18	-	-	128.56
36 鉄道	-	-	1.06	-	-	-	-	-	2.04	-	3.09
37 バイブライン輸送	-	-	0.00	0.35	-	-	-	-	0.00	-	0.35
38 国内水運	0.09	-	5.23	-	-	-	-	-	-	-	5.32
39 その他	-	-	0.38	0.02	-	-	-	-	0.06	-	0.45
40 他の部門	1.81	-	47.76	40.84	-	-	1.03	2.10	84.29	2.17	180.00
41 民生・家庭用	1.02	-	17.77	20.54	-	-	0.61	1.74	36.30	1.42	79.40
42 民生・業務用	0.76	-	20.42	20.23	-	-	0.33	0.36	46.91	0.75	89.76
43 農林業	0.03	-	6.11	0.07	-	-	0.09	-	0.89	-	7.19
44 漁業	-	-	2.52	-	-	-	-	-	0.16	-	2.69
45 その他	-	-	0.94	-	-	-	-	-	0.03	-	0.97
46 非エネルギー	0.78	0.34	79.05	1.52	-	-	-	-	-	-	81.69

(3) OECD 欧州

OECD Europe 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	188.71	236.95	-	236.63	241.26	42.79	20.92	99.58	-	0.45	1,067.29
2 輸入	174.45	657.10	299.21	347.42	-	-	-	4.21	29.03	0.00	1,511.43
3 輸出	-32.74	-173.64	-287.97	-140.82	-	-	-	-1.31	-28.69	-0.01	-665.18
4 在庫変動	6.78	0.01	2.76	4.50	-	-	-	-0.08	-	-	13.97
5 国内供給計	337.20	720.42	-86.52	447.73	241.26	42.79	20.92	102.41	0.34	0.44	1,827.00
6 変換	-	17.67	-15.39	-	-	-	-	-	-	-	2.29
7 統計誤差	-2.99	1.67	1.79	1.16	-	-	-	-0.08	0.11	0.44	2.12
8 電気事業者・自家発電	-177.01	-	-15.48	-83.86	-237.92	-42.79	-16.16	-17.85	251.41	-0.45	-340.13
9 コージェネレーション	-64.42	-	-9.70	-59.57	-3.34	-	-0.97	-17.49	56.21	47.52	-51.76
10 熱供給事業者	-4.33	-	-0.68	-4.49	-	-	-0.13	-3.10	-0.25	13.40	0.42
11 ガス業	-0.46	-	-0.18	0.46	-	-	-	-	-	-	-0.18
12 石油精製	-	-748.50	741.71	-	-	-	-	-	-	-	-6.79
13 石炭変換	-24.44	0.02	-1.96	-0.09	-	-	-	-	-	-	-26.47
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	0.01	11.18	-11.41	-0.17	-	-	-	-0.11	-	-	-0.50
16 自家消費	-6.85	-	-39.78	-17.74	-	-	0.00	-0.08	-24.82	-2.33	-91.60
17 送配電ロス	-1.03	-	-0.02	-2.69	-	-	-0.13	-0.02	-19.70	-3.77	-27.35
18 最終エネルギー消費計	55.67	2.47	562.38	280.74	-	-	3.53	63.69	263.30	55.26	1,287.05
19 産業部門	40.93	0.01	45.03	92.26	-	-	0.16	19.84	107.49	17.23	322.95
20 鉄鋼業	16.86	-	1.21	9.83	-	-	-	0.04	12.93	0.34	41.20
21 化学工業	2.28	0.01	8.85	20.61	-	-	-	0.49	17.81	3.46	53.52
22 非鉄金属	0.65	-	1.08	3.31	-	-	0.00	0.03	9.56	0.23	14.87
23 窯業土石	6.68	-	11.03	16.26	-	-	0.00	1.51	7.76	0.12	43.34
24 輸送用機械	0.13	-	0.66	3.07	-	-	0.00	0.00	4.20	0.21	8.27
25 金属機械	0.23	-	2.39	7.99	-	-	0.00	0.03	9.55	0.36	20.56
26 鋳業	0.16	-	0.81	0.55	-	-	-	0.00	1.43	0.28	3.24
27 食料品・たばこ	2.26	-	3.90	12.46	-	-	0.00	0.90	10.10	0.62	30.24
28 紙・パルプ	1.27	-	2.04	9.00	-	-	0.00	11.30	12.98	1.63	38.23
29 木製品	0.14	-	0.31	0.40	-	-	-	3.15	2.37	0.33	6.71
30 建設業	2.16	-	3.39	0.81	-	-	0.00	0.12	1.57	0.06	8.11
31 繊維工業	0.33	-	0.87	3.15	-	-	0.00	0.07	3.64	0.10	8.15
32 その他製造業	7.77	-	8.49	4.81	-	-	0.16	2.20	13.59	9.50	46.50
33 運輸部門	0.00	-	331.97	1.89	-	-	-	7.85	6.54	-	348.25
34 国内航空	-	-	10.96	-	-	-	-	-	-	-	10.96
35 自動車	-	-	311.23	0.63	-	-	-	7.85	-	-	319.71
36 鉄道	0.00	-	2.95	-	-	-	-	0.00	5.18	-	8.13
37 ハイブライン輸送	-	-	0.00	1.14	-	-	-	-	0.11	-	1.25
38 国内水運	-	-	6.68	-	-	-	-	-	-	-	6.68
39 その他	-	-	0.15	0.12	-	-	-	-	1.26	-	1.53
40 他の部門	13.45	-	83.69	173.68	-	-	3.37	36.01	149.26	38.03	497.49
41 民生・家庭用	11.03	-	45.84	118.42	-	-	2.74	32.29	73.97	13.00	297.30
42 民生・業務用	1.25	-	17.16	41.33	-	-	0.26	2.15	69.84	5.32	137.31
43 農林業	1.08	-	18.04	4.53	-	-	0.07	1.55	4.96	0.34	30.56
44 漁業	-	-	1.68	0.00	-	-	0.04	-	0.05	0.00	1.77
45 その他	0.09	-	0.97	9.39	-	-	0.26	0.02	0.45	19.38	30.56
46 非エネルギー	1.28	2.46	101.70	12.92	-	-	-	-	-	-	118.36

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
OECDヨーロッパ	219,803	41.20	187.4	26,414	43.34	164.1	297,423	319.71	1,074.9

(4) オーストラリア

Australia 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	218.41	25.30	-	38.52	-	1.24	0.37	5.37	-	-	289.21
2 輸入	0.03	20.74	10.99	4.60	-	-	-	-	-	-	36.35
3 輸出	-158.31	-15.10	-1.45	-17.77	-	-	-	-	-	-	-192.64
4 在庫変動	-5.37	0.27	0.16	-	-	-	-	-	-	-	-4.93
5 国内供給計	54.75	31.21	5.78	25.35	-	1.24	0.37	5.37	-	-	124.07
6 変換	-	2.50	1.57	-	-	-	-	-	-	-	4.07
7 統計誤差	1.26	-0.23	-0.40	2.61	-	-	-	-	0.31	-	3.56
8 電気事業者・自家発電	-49.54	-	-0.53	-7.70	-	-1.24	-0.23	-0.29	20.67	-	-38.85
9 コージェネレーション	-1.60	-	-	-1.67	-	-	-	-0.85	1.23	-	-2.88
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 ガス業	-	-	-0.03	-0.16	-	-	-	-	-	-	-0.19
12 石油精製	-	-33.44	32.36	-	-	-	-	-	-	-	-1.08
13 石炭変換	-1.14	-	-0.02	-0.08	-	-	-	-	-	-	-1.25
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-0.29	-0.04	-2.42	-4.92	-	-	-	-	-2.30	-	-9.98
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.54	-	-1.54
18 最終エネルギー消費計	3.44	-	36.31	13.44	-	-	0.14	4.23	18.36	-	75.93
19 産業部門	3.27	-	3.83	8.55	-	-	-	2.63	8.21	-	26.49
20 鉄鋼業	0.61	-	0.05	0.56	-	-	-	-	0.65	-	1.88
21 化学工業	0.11	-	0.18	1.39	-	-	-	0.12	0.39	-	2.19
22 非鉄金属	1.32	-	0.81	3.11	-	-	-	0.06	4.43	-	9.73
23 窯業土石	0.67	-	0.16	1.37	-	-	-	-	0.34	-	2.54
24 輸送用機械	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 金属機械	-	-	0.04	0.10	-	-	-	-	0.22	-	0.36
26 鋳業	0.13	-	1.94	0.67	-	-	-	-	0.95	-	3.69
27 食料品・たばこ	0.21	-	0.07	0.69	-	-	-	2.01	0.62	-	3.61
28 紙・パルプ	0.20	-	0.04	0.45	-	-	-	0.22	0.39	-	1.30
29 木製品	-	-	0.01	-	-	-	-	0.23	0.11	-	0.35
30 建設業	-	-	0.51	0.07	-	-	-	-	0.01	-	0.59
31 繊維工業	0.02	-	0.01	0.14	-	-	-	-	0.07	-	0.24
32 その他製造業	-	-	-	0.01	-	-	-	-	0.02	-	0.03
33 運輸部門	0.09	-	26.31	0.40	-	-	-	0.10	0.23	-	27.13
34 国内航空	-	-	1.91	-	-	-	-	-	-	-	1.91
35 自動車	-	-	23.04	0.03	-	-	-	0.10	-	-	23.18
36 鉄道	-	-	0.63	-	-	-	-	-	0.19	-	0.82
37 ハイブライン輸送	-	-	-	0.35	-	-	-	-	0.00	-	0.35
38 国内水運	0.09	-	0.59	-	-	-	-	-	-	-	0.67
39 その他	-	-	0.15	0.02	-	-	-	-	0.03	-	0.20
40 他の部門	0.09	-	2.78	3.86	-	-	0.14	1.50	9.92	-	18.28
41 民生・家庭用	0.00	-	0.27	2.91	-	-	0.05	1.49	5.51	-	10.22
42 民生・業務用	0.08	-	0.59	0.95	-	-	0.09	0.01	4.26	-	5.98
43 農林業	-	-	1.92	0.00	-	-	-	-	0.16	-	2.08
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46 非エネルギー	-	-	3.40	0.63	-	-	-	-	-	-	4.02

(5) カナダ

Canada 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	33.89	160.95	-	150.59	24.36	31.68	0.26	11.46	-	-	413.19
2 輸入	13.55	43.24	13.48	10.20	-	-	-	0.26	1.67	-	82.40
3 輸出	-17.98	-98.61	-21.73	-90.01	-	-	-	-0.01	-3.84	-	-232.18
4 在庫変動	0.62	-1.10	-0.62	8.22	-	-	-	-	-	-	7.12
5 国内供給計	30.07	104.48	-10.02	79.00	24.36	31.68	0.26	11.71	-2.18	-	269.37
6 変換	-	-2.51	6.27	-	-	-	-	-	-	-	3.76
7 統計誤差	1.76	-0.13	1.28	1.64	-	-	-	0.00	-	0.00	4.56
8 電気事業者・自家発電	-26.67	-	-2.46	-5.38	-24.36	-31.68	-0.26	-1.90	54.17	-	-38.55
9 コージェネレーション	-	-	-0.11	-2.72	-	-	-	-0.04	0.85	0.82	-1.20
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-0.05	-	0.03	-0.03
11 ガス業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 石油精製	-	-102.41	105.93	-0.57	-	-	-	-	-	-	2.95
13 石炭変換	-1.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.26
14 液化	-	0.57	-	-1.15	-	-	-	-	-	-	-0.58
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-0.36	-	-9.53	-15.02	-	-	-	0.00	-4.47	-	-29.39
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-4.65	-	-4.65
18 最終エネルギー消費計	3.55	-	91.36	55.80	-	-	-	9.71	43.72	0.85	204.98
19 産業部門	3.12	-	6.22	22.72	-	-	-	7.19	17.45	0.71	57.40
20 鉄鋼業	1.61	-	-	1.57	-	-	-	0.00	0.86	-	4.05
21 化学工業	-	-	0.16	2.58	-	-	-	-	1.58	0.22	4.54
22 非鉄金属	0.26	-	0.01	0.55	-	-	-	-	5.25	-	6.05
23 窯業土石	0.82	-	0.03	0.05	-	-	-	0.09	0.18	-	1.17
24 輸送用機械	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 金属機械	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26 鋳業	0.23	-	2.35	8.18	-	-	-	-	3.45	-	14.21
27 食料品・たばこ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28 紙・パルプ	0.03	-	0.77	1.33	-	-	-	7.10	4.66	0.35	14.23
29 木製品	-	-	0.44	-	-	-	-	-	-	-	0.44
30 建設業	-	-	0.98	0.41	-	-	-	-	-	-	1.39
31 繊維工業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32 その他製造業	0.17	-	1.48	8.05	-	-	-	-	1.47	0.14	11.31
33 運輸部門	-	-	52.69	4.15	-	-	-	0.66	0.35	-	57.85
34 国内航空	-	-	5.41	-	-	-	-	-	-	-	5.41
35 自動車	-	-	43.53	0.04	-	-	-	0.66	-	-	44.24
36 鉄道	-	-	1.96	-	-	-	-	-	-	-	1.96
37 ハイブライン輸送	-	-	0.02	4.11	-	-	-	-	0.29	-	4.41
38 国内水運	-	-	1.78	-	-	-	-	-	-	-	1.78
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	0.06	-	0.06
40 他の部門	0.04	-	13.05	25.59	-	-	-	1.86	25.92	0.14	66.59
41 民生・家庭用	0.04	-	2.32	14.69	-	-	-	1.85	13.31	0.00	32.20
42 民生・業務用	-	-	8.20	10.42	-	-	-	0.00	11.82	0.09	30.54
43 農林業	-	-	2.53	0.48	-	-	-	0.00	0.78	0.00	3.79
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.04	0.06
46 非エネルギー	0.40	19.40	3.34	-	-	-	-	-	-	-	23.14

(6) フランス

France 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	0.24	1.07	-	0.92	114.60	5.00	0.56	13.06	-	-	135.45
2 輸入	13.01	81.34	35.94	37.90	-	-	-	0.32	0.93	-	169.43
3 輸出	-0.67	-0.01	-26.29	-0.78	-	-	-	-0.01	-5.81	-	-33.57
4 在庫変動	0.77	0.21	-0.22	0.44	-	-	-	-	-	-	1.20
5 国内供給計	13.34	82.62	0.63	38.47	114.60	5.00	0.56	13.38	-4.89	-	263.72
6 変換	-	2.50	-2.28	-	-	-	-	-	-	-	0.22
7 統計誤差	0.18	0.00	-0.25	-0.01	-	-	-	0.01	0.00	-	-0.07
8 電気事業者・自家発電	-6.20	-	-1.43	-0.45	-114.60	-5.00	-0.39	-1.07	46.48	-	-82.66
9 コージェネレーション	-0.54	-	-0.96	-5.18	-	-	-	-0.98	2.06	3.73	-1.88
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-0.21	-	0.11	-0.09
11 ガス業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 石油精製	-	-86.63	87.60	-	-	-	-	-	-	-	0.96
13 石炭変換	-2.69	-	-0.03	-	-	-	-	-	-	-	-2.72
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	1.51	-1.57	-	-	-	-	-	-	-	-0.06
16 自家消費	-0.47	-	-4.11	-0.26	-	-	-	-	-4.30	-	-9.15
17 送配電ロス	-	-	-	-0.59	-	-	-	-	-2.72	-	-3.31
18 最終エネルギー消費計	3.61	-	77.60	31.99	-	-	0.17	11.13	36.63	3.84	164.97
19 産業部門	3.21	-	6.04	8.94	-	-	-	1.72	11.40	-	31.31
20 鉄鋼業	1.95	-	0.05	0.80	-	-	-	-	1.36	-	4.16
21 化学工業	0.38	-	2.57	1.58	-	-	-	-	2.14	-	6.67
22 非鉄金属	0.00	-	0.06	0.25	-	-	-	-	0.80	-	1.11
23 窯業土石	0.32	-	1.22	1.57	-	-	-	-	0.77	-	3.88
24 輸送用機械	0.01	-	0.04	0.58	-	-	-	-	0.68	-	1.30
25 金属機械	0.01	-	0.16	0.85	-	-	-	-	1.17	-	2.20
26 鋁業	-	-	0.11	0.03	-	-	-	-	0.14	-	0.28
27 食料品・たばこ	0.47	-	0.49	1.77	-	-	-	0.12	1.75	-	4.59
28 紙・パルプ	0.06	-	0.12	0.82	-	-	-	0.57	1.10	-	2.67
29 木製品	-	-	0.04	-	-	-	-	1.02	0.20	-	1.26
30 建設業	-	-	0.71	0.12	-	-	-	-	0.17	-	1.00
31 繊維工業	-	-	0.04	0.23	-	-	-	-	0.20	-	0.47
32 その他製造業	0.02	-	0.43	0.33	-	-	-	-	0.94	-	1.72
33 運輸部門	-	-	42.99	0.06	-	-	-	1.46	1.07	-	45.59
34 国内航空	-	-	1.37	-	-	-	-	-	-	-	1.37
35 自動車	-	-	41.12	0.06	-	-	-	1.46	-	-	42.65
36 鉄道	-	-	0.19	-	-	-	-	-	0.76	-	0.96
37 ハイブライント送	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	-	0.00
38 国内水運	-	-	0.31	-	-	-	-	-	-	-	0.31
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	0.31	-	0.31
40 他の部門	0.40	-	15.04	21.18	-	-	0.17	7.95	24.15	3.84	72.72
41 民生・家庭用	0.35	-	8.28	12.94	-	-	0.12	7.25	12.53	-	41.47
42 民生・業務用	-	-	4.04	5.17	-	-	0.03	0.66	11.22	-	21.12
43 農林業	-	-	2.08	0.24	-	-	0.01	0.04	0.26	-	2.63
44 漁業	-	-	0.33	-	-	-	-	-	0.01	-	0.34
45 その他	0.05	-	0.32	2.82	-	-	-	-	0.12	3.84	7.16
46 非エネルギー	-	-	13.53	1.82	-	-	-	-	-	-	15.35

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
フランス	19,250	4.16	216.1	2,227	3.88	174.2	37,033	41.18	1,112.0

(7) ドイツ

Germany 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	54.59	4.54	-	12.87	36.62	1.80	4.21	22.41	-	-	137.03
2 輸入	32.84	109.08	29.11	71.43	-	-	-	0.00	3.95	-	246.41
3 輸出	-0.80	-0.70	-28.24	-9.69	-	-	-	-0.02	-5.38	0.00	-44.83
4 在庫変動	0.01	-0.08	0.97	2.02	-	-	-	-	-	-	2.92
5 国内供給計	86.64	112.83	-8.43	76.62	36.62	1.80	4.21	22.40	-1.42	0.00	331.26
6 変換	-	3.92	-3.30	-	-	-	-	-	-	-	0.62
7 統計誤差	-0.36	-0.02	0.15	0.87	-	-	-	0.00	-	-	0.64
8 電気事業者・自家発電	-65.52	-	-1.58	-4.66	-36.62	-1.80	-3.68	-8.39	47.46	-	-74.79
9 コージェネレーション	-6.05	-	-1.55	-13.07	-	-	-	-3.27	6.68	15.17	-2.09
10 熱供給事業者	-0.42	-	-0.02	-0.41	-	-	-0.03	-0.26	-	3.56	2.42
11 ガス業	-	-	-0.01	0.01	-	-	-	-	-	-	0.00
12 石油精製	-	-122.75	120.90	-	-	-	-	-	-	-	-1.85
13 石炭変換	-5.05	0.02	-1.16	-0.04	-	-	-	-	-	-	-6.23
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	5.99	-6.13	-	-	-	-	-	-	-	-0.14
16 自家消費	-1.00	-	-6.04	-0.45	-	-	-	-0.07	-4.83	-	-12.39
17 送配電ロス	-0.28	-	-	-0.02	-	-	-	-	-2.54	-1.46	-4.29
18 最終エネルギー消費計	7.94	-	92.82	58.87	-	-	0.50	10.40	45.35	17.27	233.15
19 産業部門	6.75	-	3.48	18.27	-	-	-	1.44	20.88	7.50	58.32
20 鉄鋼業	4.41	-	0.04	2.39	-	-	-	-	2.35	-	9.19
21 化学工業	0.16	-	0.00	3.81	-	-	-	-	4.31	-	8.29
22 非鉄金属	0.03	-	0.10	0.79	-	-	-	-	1.53	-	2.46
23 窯業土石	1.35	-	0.75	2.70	-	-	-	-	1.09	-	5.88
24 輸送用機械	0.04	-	0.16	0.92	-	-	-	-	1.66	-	2.79
25 金属機械	0.03	-	0.67	1.96	-	-	-	-	0.86	-	3.52
26 鋳業	0.05	-	0.07	0.13	-	-	-	-	0.17	-	0.42
27 食料品・たばこ	0.27	-	0.60	2.10	-	-	-	-	1.44	-	4.41
28 紙・パルプ	0.35	-	0.15	2.35	-	-	-	-	1.82	-	4.67
29 木製品	0.00	-	0.05	0.16	-	-	-	-	0.36	-	0.58
30 建設業	-	-	0.42	-	-	-	-	-	0.07	-	0.49
31 繊維工業	0.02	-	0.10	0.30	-	-	-	-	0.27	-	0.69
32 その他製造業	0.05	-	0.35	0.66	-	-	-	1.44	4.93	7.50	14.93
33 運輸部門	-	-	49.75	-	-	-	-	3.99	1.40	-	55.15
34 国内航空	-	-	1.82	-	-	-	-	-	-	-	1.82
35 自動車	-	-	47.28	-	-	-	-	3.99	-	-	51.28
36 鉄道	-	-	0.41	-	-	-	-	-	1.40	-	1.81
37 ハイブライント送	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	0.17
39 その他	-	-	0.07	-	-	-	-	-	-	-	0.07
40 他の部門	0.82	-	17.30	38.52	-	-	0.50	4.97	23.07	9.76	94.94
41 民生・家庭用	0.55	-	11.09	28.16	-	-	0.49	4.97	12.05	-	57.29
42 民生・業務用	0.25	-	4.55	6.66	-	-	0.01	-	10.30	-	21.78
43 農林業	0.02	-	1.63	0.26	-	-	-	-	0.72	-	2.63
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	0.00	-	0.03	3.44	-	-	-	-	-	9.76	13.23
46 非エネルギー	0.37	-	22.28	2.08	-	-	-	-	-	-	24.74

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
ドイツ	48,550	9.19	189.3	3,352	5.88	175.4	49,742	51.28	1,030.9

(8) イタリア

Italy 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	0.10	6.31	-	7.95	-	2.82	5.40	3.80	-	-	26.38
2 輸入	16.80	95.88	11.87	60.55	-	-	-	0.84	4.21	-	190.14
3 輸出	-0.15	-2.02	-29.71	-0.06	-	-	-	0.00	-0.23	-	-32.16
4 在庫変動	0.03	0.02	-0.58	1.07	-	-	-	-	-	-	0.54
5 国内供給計	16.78	100.19	-25.16	69.51	-	2.82	5.40	4.64	3.98	-	178.16
6 変換	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	0.12
7 統計誤差	-0.40	-0.01	-0.19	-	-	-	-	-	0.00	-	-0.60
8 電気事業者・自家発電	-10.58	-	-3.87	-15.35	-	-2.82	-5.14	-1.40	17.25	-	-21.90
9 コージェネレーション	-1.10	-	-2.98	-12.73	-	-	-	-1.23	9.26	4.88	-3.91
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 ガス業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 石油精製	-	-101.81	102.24	-	-	-	-	-	-	-	0.43
13 石炭変換	-2.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2.28
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	1.62	-1.70	-	-	-	-	-0.10	-	-	-0.17
16 自家消費	-0.06	-	-5.33	-0.71	-	-	-	-	-2.08	-	-8.17
17 送配電ロス	-0.05	-	-	-0.56	-	-	-	-	-1.80	-	-2.41
18 最終エネルギー消費計	2.31	-	63.13	40.17	-	-	0.27	1.91	26.60	4.88	139.27
19 産業部門	2.14	-	7.20	15.69	-	-	-	0.24	12.57	-	37.84
20 鉄鋼業	1.52	-	0.10	1.84	-	-	-	-	1.86	-	5.33
21 化学工業	0.01	-	1.78	2.75	-	-	-	-	1.56	-	6.10
22 非鉄金属	0.01	-	0.07	0.39	-	-	-	-	0.48	-	0.95
23 窯業土石	0.58	-	2.97	3.25	-	-	-	0.17	1.27	-	8.25
24 輸送用機械	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	-	0.39
25 金属機械	-	-	0.68	2.27	-	-	-	-	2.05	-	5.00
26 鋳業	-	-	0.04	0.03	-	-	-	-	0.09	-	0.16
27 食料品・たばこ	-	-	0.67	1.47	-	-	-	0.01	1.11	-	3.26
28 紙・パルプ	-	-	0.21	1.95	-	-	-	-	0.92	-	3.08
29 木製品	-	-	-	-	-	-	-	-	0.38	-	0.38
30 建設業	-	-	0.05	-	-	-	-	-	0.15	-	0.20
31 繊維工業	-	-	0.26	0.91	-	-	-	-	0.72	-	1.88
32 その他製造業	0.01	-	0.37	0.83	-	-	-	0.06	1.59	-	2.85
33 運輸部門	-	-	39.84	0.48	-	-	-	0.14	0.89	-	41.36
34 国内航空	-	-	0.98	-	-	-	-	-	-	-	0.98
35 自動車	-	-	38.52	0.48	-	-	-	0.14	-	-	39.14
36 鉄道	-	-	0.11	-	-	-	-	-	0.38	-	0.49
37 ハイブライン輸送	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	-	0.04
38 国内水運	-	-	0.23	-	-	-	-	-	-	-	0.23
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	0.47	-	0.47
40 他の部門	0.01	-	7.55	23.23	-	-	0.27	1.52	13.14	4.88	50.59
41 民生・家庭用	0.01	-	4.54	15.97	-	-	0.05	1.36	5.78	-	27.71
42 民生・業務用	-	-	0.44	7.10	-	-	-	-	6.87	-	14.41
43 農林業	-	-	2.22	0.16	-	-	-	0.17	0.48	-	3.02
44 漁業	-	-	0.23	-	-	-	-	-	0.01	-	0.24
45 その他	-	-	0.12	-	-	-	0.21	-	-	4.88	5.21
46 非エネルギー	0.17	8.54	0.77	-	-	-	-	-	-	-	9.48

(9) 日本

Japan 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	-	0.81	-	3.58	68.76	6.36	3.59	7.38	-	-	90.47
2 輸入	115.42	209.73	44.96	80.07	-	-	-	-	-	-	450.19
3 輸出	-0.92	-	-14.58	-	-	-	-	-	-	-	-15.51
4 在庫変動	0.08	1.24	-0.31	-0.60	-	-	-	-	-	-	0.41
5 国内供給計	114.57	211.78	18.04	83.05	68.76	6.36	3.59	7.38	-	-	513.52
6 変換	-	-	-0.02	-	-	-	-	-	-	-	-0.02
7 統計誤差	-0.35	1.08	0.82	4.85	-	-	-	-0.01	-0.01	-	6.39
8 電気事業者・自家発電	-64.19	-9.80	-21.30	-53.28	-68.76	-6.36	-2.84	-4.45	96.62	-	-134.37
9 コージェネレーション	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 熱供給事業者	-0.01	-	-0.02	-0.37	-	-	-	-0.14	-0.10	0.60	-0.04
11 ガス業	-	-	-1.67	1.59	-	-	-	-	-	-	-0.07
12 石油精製	-	-207.85	205.02	-	-	-	-	-	-	-	-2.83
13 石炭変換	-16.56	-	-0.33	-	-	-	-	-	-	-	-16.89
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	5.16	-5.38	-	-	-	-	-0.02	-	-	-0.24
16 自家消費	-2.70	0.00	-9.02	-2.28	-	-	-	-	-5.35	-0.02	-19.37
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-4.38	-	-4.38
18 最終エネルギー消費計	30.77	0.37	186.14	33.55	-	-	0.74	2.76	86.78	0.58	341.70
19 産業部門	29.78	0.03	29.57	7.96	-	-	-	2.73	29.03	-	99.11
20 鉄鋼業	12.97	-	1.74	2.05	-	-	-	-	6.18	-	22.94
21 化学工業	3.21	0.03	9.72	1.04	-	-	-	0.00	4.78	-	18.78
22 非鉄金属	0.26	-	0.36	0.05	-	-	-	-	1.53	-	2.20
23 窯業土石	4.23	-	1.90	0.31	-	-	-	0.11	2.02	-	8.57
24 輸送用機械	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 金属機械	0.25	-	0.77	1.51	-	-	-	-	7.38	-	9.90
26 鋳業	0.02	-	0.24	0.08	-	-	-	-	0.08	-	0.41
27 食料品・たばこ	-	-	2.20	0.50	-	-	-	-	1.44	-	4.14
28 紙・パルプ	1.43	-	1.31	0.47	-	-	-	2.62	2.98	-	8.80
29 木製品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 建設業	0.00	-	3.37	0.58	-	-	-	-	0.08	-	4.04
31 繊維工業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32 その他製造業	7.40	-	7.97	1.37	-	-	-	-	2.58	-	19.32
33 運輸部門	-	-	80.78	-	-	-	-	-	1.62	-	82.41
34 国内航空	-	-	3.67	-	-	-	-	-	-	-	3.67
35 自動車	-	-	73.10	-	-	-	-	-	-	-	73.10
36 鉄道	-	-	0.21	-	-	-	-	-	1.62	-	1.83
37 ハイブライン輸送	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	3.80	-	-	-	-	-	-	-	3.80
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 他の部門	0.59	-	34.64	25.21	-	-	0.74	0.03	56.13	0.58	117.91
41 民生・家庭用	-	-	14.33	9.32	-	-	0.52	0.03	25.03	0.03	49.25
42 民生・業務用	0.59	-	16.09	15.89	-	-	0.13	-	31.03	0.55	64.28
43 農林業	-	-	2.77	-	-	-	0.09	-	0.08	-	2.93
44 漁業	-	-	1.45	-	-	-	-	-	-	-	1.45
45 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46 非エネルギー	0.40	0.34	41.15	0.38	-	-	-	-	-	-	42.27

日本のエネルギー統計と IEA エネルギー統計では、一次エネルギーの計算法に違いがあり、上記の一次エネルギーは日本国内で使用されている値と異なっている。IEA では、水力と原子力の熱換算をせず、物理量（1kWh=3.6MJ）で計算している。日本では発電効率を含めて 1kWh は約 3 倍の熱換算値で 1 次エネルギーに計上されている。

(10) 韓国

Korea 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	1.33	0.58	-	0.32	37.25	0.31	0.08	2.60	-	0.02	42.48
2 輸入	54.47	120.85	24.36	29.91	-	-	-	0.03	-	-	229.62
3 輸出	-	-0.03	-39.32	-	-	-	-	-	-	-	-39.34
4 在庫変動	0.50	0.67	0.18	0.93	-	-	-	0.00	-	-	2.28
5 国内供給計	56.31	122.07	-27.62	31.15	37.25	0.31	0.08	2.63	-	0.02	222.20
6 変換	-	-1.71	1.79	-	-	-	-	-	-	-	0.08
7 統計誤差	0.38	-0.34	-0.08	0.34	-	-	-	0.00	-0.05	0.00	0.25
8 電気事業者・自家発電	-34.17	-	-4.14	-10.83	-37.25	-0.31	-0.04	-0.09	33.48	-0.02	-53.37
9 コージェネレーション	-3.99	-	-2.37	-3.50	-	-	-	-0.23	3.15	4.39	-2.54
10 熱供給事業者	-	-	-0.52	-0.06	-	-	-	-0.18	-	0.33	-0.43
11 ガス業	-	-	-0.08	0.05	-	-	-	-	-	-	-0.03
12 石油精製	-	-127.67	126.35	-	-	-	-	-	-	-	-1.32
13 石炭変換	-8.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-8.09
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	7.68	-7.43	-	-	-	-	-	-	-	0.25
16 自家消費	-1.84	-0.03	-5.08	-0.16	-	-	-	-	-1.62	-	-8.73
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-1.32	-0.14	-1.46
18 最終エネルギー消費計	8.60	-	80.81	16.99	-	-	0.04	2.13	33.64	4.59	146.80
19 産業部門	7.22	-	7.30	4.89	-	-	0.00	1.66	17.25	3.00	41.31
20 鉄鋼業	2.97	-	0.48	1.28	-	-	-	0.00	4.13	-	8.86
21 化学工業	0.08	-	1.54	0.68	-	-	-	0.13	3.53	2.04	8.01
22 非鉄金属	-	-	0.12	0.13	-	-	-	0.02	0.04	0.03	0.34
23 窯業土石	2.97	-	0.98	0.46	-	-	-	0.42	0.97	-	5.79
24 輸送用機械	-	-	0.17	0.58	-	-	-	-	1.47	-	2.22
25 金属機械	-	-	0.38	0.43	-	-	-	0.01	3.98	0.06	4.86
26 鋳業	-	-	0.06	-	-	-	-	-	0.13	-	0.18
27 食料品・たばこ	0.02	-	0.48	0.36	-	-	-	0.02	0.68	-	1.56
28 紙・パルプ	0.02	-	0.74	0.12	-	-	-	0.29	0.88	0.17	2.21
29 木製品	-	-	0.03	0.04	-	-	-	0.08	0.14	-	0.28
30 建設業	-	-	0.77	0.00	-	-	-	-	-	-	0.77
31 繊維工業	0.16	-	0.67	0.28	-	-	-	0.02	1.11	0.70	2.94
32 その他製造業	1.00	-	0.88	0.54	-	-	0.00	0.68	0.20	-	3.29
33 運輸部門	-	-	29.35	0.58	-	-	-	0.08	0.21	-	30.22
34 国内航空	-	-	1.04	-	-	-	-	-	-	-	1.04
35 自動車	-	-	27.13	0.58	-	-	-	0.08	-	-	27.79
36 鉄道	-	-	0.22	-	-	-	-	-	0.21	-	0.43
37 ハイブライン輸送	-	-	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	0.84	-	-	-	-	-	-	-	0.84
39 その他	-	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	0.12
40 他の部門	1.00	-	9.95	11.52	-	-	0.04	0.39	16.19	1.59	40.67
41 民生・家庭用	1.00	-	3.10	8.20	-	-	0.02	0.04	4.66	1.39	18.43
42 民生・業務用	-	-	3.64	3.29	-	-	0.02	0.35	10.85	0.20	18.35
43 農林業	-	-	1.27	0.03	-	-	-	-	0.52	-	1.82
44 漁業	-	-	0.98	-	-	-	-	-	0.15	-	1.14
45 その他	-	-	0.94	-	-	-	-	-	-	-	0.94
46 非エネルギー	0.38	-	34.22	-	-	-	-	-	-	-	34.60

(11) メキシコ

Mexico 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	6.00	182.29	-	42.96	2.72	2.35	6.50	8.24	-	-	251.05
2 輸入	2.85	0.56	25.75	8.90	-	-	-	-	0.02	-	38.08
3 輸出	-0.01	-93.23	-5.65	-1.23	-	-	-	-	-0.12	-	-100.24
4 在庫変動	0.25	-0.23	-0.52	-0.10	-	-	-	-	-	-	-6.00
5 国内供給計	9.10	89.39	15.54	50.54	2.72	2.35	6.50	8.24	-0.10	-	184.26
6 変換	-	-14.03	15.38	-	-	-	-	-	-	-	1.35
7 統計誤差	0.71	-0.65	-8.23	7.00	-	-	-	-	-	-	-1.17
8 電気事業者・自家発電	-7.61	-	-13.61	-28.40	-2.72	-2.35	-6.39	-1.17	22.14	-	-40.10
9 コージェネレーション	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 ガス業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 石油精製	-	-74.71	70.89	-	-	-	-	-	-	-	-3.82
13 石炭変換	-0.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.19
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-0.03	-	-6.65	-13.75	-	-	-	-	-1.54	-	-21.96
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-3.61	-	-3.61
18 最終エネルギー消費計	1.98	-	73.33	15.39	-	-	0.11	7.07	16.89	-	114.76
19 産業部門	1.98	-	5.30	10.67	-	-	-	1.18	9.88	-	29.01
20 鉄鋼業	1.67	-	0.30	3.21	-	-	-	-	0.72	-	5.90
21 化学工業	-	-	0.44	2.80	-	-	-	-	0.51	-	3.76
22 非鉄金属	-	-	0.00	0.03	-	-	-	-	0.08	-	0.11
23 窯業土石	0.14	-	0.76	0.82	-	-	-	-	0.59	-	2.31
24 輸送用機械	-	-	-	0.05	-	-	-	-	0.18	-	0.23
25 金属機械	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	0.01
26 鋳業	0.17	-	0.33	0.78	-	-	-	-	0.54	-	1.81
27 食料品・たばこ	-	-	0.54	0.26	-	-	-	1.18	0.18	-	2.15
28 紙・パルプ	-	-	0.25	0.39	-	-	-	-	0.26	-	0.90
29 木製品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 建設業	-	-	0.19	-	-	-	-	-	0.04	-	0.24
31 繊維工業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32 その他製造業	-	-	2.46	2.32	-	-	-	-	6.79	-	11.57
33 運輸部門	-	-	49.58	1.17	-	-	-	-	0.10	-	50.86
34 国内航空	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.02
35 自動車	-	-	47.93	0.02	-	-	-	-	-	-	47.95
36 鉄道	-	-	0.68	-	-	-	-	-	0.10	-	0.78
37 ハイブライン輸送	-	-	-	1.15	-	-	-	-	-	-	1.15
38 国内水運	-	-	0.95	-	-	-	-	-	-	-	0.95
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 他の部門	-	-	11.93	1.10	-	-	0.11	5.89	6.91	-	25.94
41 民生・家庭用	-	-	7.58	0.88	-	-	-	5.89	4.29	-	18.63
42 民生・業務用	-	-	1.65	0.22	-	-	0.11	-	1.89	-	3.87
43 農林業	-	-	2.70	-	-	-	-	-	0.73	-	3.43
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46 非エネルギー	-	-	6.52	2.45	-	-	-	-	-	-	8.97

(12) スペイン

Spain 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	5.46	0.14	-	0.08	14.36	2.39	2.51	5.39	-	-	30.33
2 輸入	14.65	60.12	29.99	31.50	-	-	-	0.13	0.75	-	137.14
3 輸出	-1.33	-	-10.67	-	-	-	-	-0.13	-1.25	-	-13.37
4 在庫変動	1.23	-0.04	0.17	0.27	-	-	-	-	-	-	1.63
5 国内供給計	20.01	60.23	7.71	31.85	14.36	2.39	2.51	5.39	-0.49	-	143.95
6 変換	-	1.22	-1.27	-	-	-	-	-	-	-	-0.05
7 統計誤差	0.46	-	0.03	0.23	-	-	-	0.00	0.13	-	0.84
8 電気事業者・自家発電	-17.51	-	-3.58	-10.73	-14.36	-2.39	-2.41	-0.78	23.12	-	-28.64
9 コージェネレーション	-0.07	-	-0.58	-3.14	-	-	-	-0.47	2.70	-	-1.57
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 ガス業	-	-	-0.06	0.04	-	-	-	-	-	-	-0.02
12 石油精製	-	-61.52	60.44	-	-	-	-	-	-	-	-1.09
13 石炭変換	-0.88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.88
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	0.09	-0.09	-	-	-	-	-	-	-	0.00
16 自家消費	-0.46	-	-4.46	-1.79	-	-	0.00	-	-1.84	-	-8.55
17 送配電ロス	-0.02	-	-	-0.12	-	-	-	-	-1.29	-	-1.43
18 最終エネルギー消費計	1.51	0.01	58.14	16.33	-	-	0.10	4.14	22.32	-	102.56
19 産業部門	1.29	0.01	5.55	9.16	-	-	0.00	1.59	8.50	-	26.10
20 鉄鋼業	0.75	0.38	0.67	-	-	-	-	0.00	1.46	-	3.26
21 化学工業	0.13	0.01	0.59	2.74	-	-	-	0.01	1.16	-	4.65
22 非鉄金属	0.08	-	0.14	0.15	-	-	0.00	-	0.92	-	1.28
23 窯業土石	0.26	-	2.68	2.93	-	-	0.00	0.14	1.05	-	7.06
24 輸送用機械	-	-	0.15	0.22	-	-	0.00	-	0.34	-	0.71
25 金属機械	-	-	0.22	0.44	-	-	0.00	0.00	0.58	-	1.24
26 鋳業	-	-	0.12	0.02	-	-	-	0.00	0.13	-	0.26
27 食料品・たばこ	0.03	-	0.47	0.62	-	-	0.00	0.30	0.92	-	2.34
28 紙・パルプ	-	-	0.26	0.68	-	-	0.00	0.65	0.66	-	2.25
29 木製品	-	-	0.05	0.04	-	-	-	0.38	0.21	-	0.67
30 建設業	-	-	0.12	0.12	-	-	0.00	0.01	0.24	-	0.48
31 繊維工業	-	-	0.13	0.25	-	-	0.00	0.01	0.27	-	0.66
32 その他製造業	0.04	-	0.25	0.29	-	-	0.00	0.09	0.58	-	1.25
33 運輸部門	-	-	37.90	0.06	-	-	-	0.39	0.34	-	38.70
34 国内航空	-	-	2.47	-	-	-	-	-	-	-	2.47
35 自動車	-	-	33.23	-	-	-	-	0.39	-	-	33.61
36 鉄道	-	-	0.75	-	-	-	-	-	0.22	-	0.97
37 ハイブライン輸送	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	1.46	-	-	-	-	-	-	-	1.46
39 その他	-	-	-	0.06	-	-	-	-	0.12	-	0.19
40 他の部門	0.22	-	7.26	6.63	-	-	0.10	2.17	13.48	-	29.86
41 民生・家庭用	0.18	-	3.67	3.82	-	-	0.07	2.04	6.16	-	15.93
42 民生・業務用	-	-	1.52	0.91	-	-	0.02	0.11	6.63	-	9.20
43 農林業	-	-	2.07	0.36	-	-	0.01	0.02	0.53	-	2.98
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	0.03	-	-	1.55	-	-	0.00	0.01	0.16	-	1.75
46 非エネルギー	-	-	7.43	0.48	-	-	-	-	-	-	7.90

(13) スウェーデン

Sweden 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	0.16	-	-	-	17.45	5.69	0.13	9.87	-	0.28	33.58
2 輸入	2.50	18.57	7.52	0.91	-	-	-	-	1.38	-	30.87
3 輸出	-0.02	-0.66	-9.92	-	-	-	-	-	-1.27	-	-11.87
4 在庫変動	0.01	0.01	0.52	-	-	-	-	-	-	-	0.54
5 国内供給計	2.64	17.92	-4.59	0.91	17.45	5.69	0.13	9.87	0.11	0.28	50.42
6 変換	-	1.13	-1.02	-	-	-	-	-	-	-	0.11
7 統計誤差	0.16	-0.11	0.83	-0.08	-	-	-	-	-	-	0.80
8 電気事業者・自家発電	-	-	-0.03	-	-17.45	-5.69	-0.12	-	11.58	-	-11.72
9 コージェネレーション	-0.64	-	-0.19	-0.28	-	-	-	-3.35	1.22	2.52	-0.72
10 熱供給事業者	-0.12	-	-0.10	-0.01	-	-	-	-1.20	-0.16	1.44	-0.16
11 ガス業	-	-	-0.02	0.02	-	-	-	-	-	-	0.00
12 石油精製	-	-18.94	18.02	-	-	-	-	-	-	-	-0.92
13 石炭変換	-1.00	-	-0.04	-	-	-	-	-	-	-	-1.04
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-0.10	-	-0.66	0.00	-	-	-	-	-0.55	-	-1.31
17 送配電ロス	-0.05	-	-	0.00	-	-	-	-	-0.93	-0.15	-1.12
18 最終エネルギー消費計	0.90	-	12.19	0.56	-	-	0.01	5.32	11.27	4.09	34.35
19 産業部門	0.88	-	1.52	0.36	-	-	-	4.08	4.99	0.38	12.21
20 鉄鋼業	0.52	-	0.34	0.03	-	-	-	-	0.45	-	1.35
21 化学工業	0.01	-	0.12	0.15	-	-	-	0.01	0.53	-	0.81
22 非鉄金属	0.03	-	0.02	0.01	-	-	-	-	0.28	-	0.34
23 窯業土石	0.18	-	0.15	0.03	-	-	-	0.00	0.10	-	0.46
24 輸送用機械	0.01	-	0.05	0.01	-	-	-	-	0.22	-	0.29
25 金属機械	-	-	0.11	0.01	-	-	-	-	0.15	-	0.27
26 鋳業	0.09	-	0.07	-	-	-	-	-	0.22	-	0.38
27 食料品・たばこ	0.00	-	0.10	0.08	-	-	-	0.01	0.21	-	0.40
28 紙・パルプ	0.02	-	0.40	0.02	-	-	-	3.61	2.13	-	6.19
29 木製品	0.00	-	0.03	0.00	-	-	-	0.42	0.19	-	0.64
30 建設業	-	-	-	0.00	-	-	-	-	0.08	-	0.08
31 繊維工業	-	-	0.01	0.00	-	-	-	-	0.02	-	0.04
32 その他製造業	0.01	-	0.12	0.02	-	-	-	0.03	0.42	0.38	0.97
33 運輸部門	-	-	7.48	0.02	-	-	-	0.28	0.25	-	8.04
34 国内航空	-	-	0.29	-	-	-	-	-	-	-	0.29
35 自動車	-	-	7.08	0.02	-	-	-	0.28	-	-	7.38
36 鉄道	-	-	0.00	-	-	-	-	-	0.25	-	0.26
37 ハイブライン輸送	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	0.01	-	-	-	-	-	-	-	0.01
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 他の部門	-	-	0.79	0.18	-	-	0.01	0.96	6.03	3.71	11.68
41 民生・家庭用	-	-	0.15	0.05	-	-	0.01	0.60	3.41	2.51	6.73
42 民生・業務用	-	-	0.39	0.10	-	-	-	0.04	2.45	1.20	4.18
43 農林業	-	-	0.20	0.02	-	-	-	0.31	0.18	0.01	0.72
44 漁業	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-	-	0.04
45 その他	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	0.02
46 非エネルギー	0.02	-	2.40	-	-	-	-	-	-	-	2.43

(14) イギリス

United Kingdom 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	10.03	80.16	-	64.89	16.43	0.44	0.50	3.78	-	-	176.23
2 輸入	27.55	59.00	24.29	26.15	-	-	-	0.39	0.74	-	138.11
3 輸出	-0.57	-52.99	-29.74	-9.53	-	-	-	-0.11	-0.29	-	-93.23
4 在庫変動	1.65	0.81	1.01	0.42	-	-	-	-	-	-	3.89
5 国内供給計	38.65	86.98	-18.14	81.94	16.43	0.44	0.50	4.06	0.45	-	211.31
6 変換	-	-3.07	3.28	-	-	-	-	-	-	-	0.21
7 統計誤差	-0.05	-0.11	0.01	-0.11	-	-	-	0.00	0.00	-	-0.26
8 電気事業者・自家発電	-31.89	-	-0.43	-23.68	-16.43	-0.44	-0.45	-2.73	31.40	-	-44.65
9 コージェネレーション	-0.23	-	-0.42	-3.67	-	-	-	-0.35	2.33	-	-2.34
10 熱供給事業者	-0.32	-	-0.05	-1.58	-	-	-	-	-	1.19	-0.77
11 ガス業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12 石油精製	-	-83.99	82.71	-	-	-	-	-	-	-	-1.28
13 石炭変換	-2.29	-	-0.17	-	-	-	-	-	-	-	-2.46
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	0.01	0.19	-0.21	-0.01	-	-	-	-	-	-	-0.02
16 自家消費	-0.84	-	-4.36	-5.76	-	-	-	-	-2.37	-0.06	-13.39
17 送配電ロス	-0.21	-	-	-0.93	-	-	-	-	-2.41	-	-3.55
18 最終エネルギー消費計	2.83	-	62.23	46.19	-	-	0.05	0.97	29.41	1.13	142.81
19 産業部門	2.25	-	6.52	10.58	-	-	-	0.17	10.13	0.69	30.34
20 鉄鋼業	1.09	-	0.04	0.57	-	-	-	-	0.42	-	2.12
21 化学工業	0.09	-	0.37	2.88	-	-	-	-	1.83	0.28	5.45
22 非鉄金属	0.02	-	0.04	0.26	-	-	-	-	0.67	-	1.00
23 窯業土石	0.65	-	0.18	0.87	-	-	-	-	0.71	-	2.40
24 輸送用機械	0.03	-	0.14	0.68	-	-	-	-	-	-	0.85
25 金属機械	0.01	-	0.11	0.91	-	-	-	-	1.89	0.00	2.92
26 鉱業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27 食料品・たばこ	0.03	-	0.25	2.06	-	-	-	-	1.06	0.00	3.39
28 紙・パルプ	0.09	-	0.06	0.85	-	-	-	-	1.18	0.00	2.18
29 木製品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 建設業	-	-	0.16	0.21	-	-	-	-	0.14	-	0.50
31 繊維工業	0.05	-	0.11	0.49	-	-	-	-	0.29	-	0.94
32 その他製造業	0.21	-	5.05	0.80	-	-	-	0.17	1.95	0.41	8.58
33 運輸部門	-	-	43.78	-	-	-	-	0.35	0.71	-	44.84
34 国内航空	-	-	1.60	-	-	-	-	-	-	-	1.60
35 自動車	-	-	40.03	-	-	-	-	0.35	-	-	40.37
36 鉄道	-	-	0.66	-	-	-	-	-	0.71	-	1.37
37 ハイブライントランスポート	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	1.50
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 他の部門	0.57	-	4.08	34.80	-	-	0.05	0.46	18.57	0.44	58.97
41 民生・家庭用	0.56	-	2.68	27.07	-	-	-	0.32	9.89	0.05	40.58
42 民生・業務用	0.01	-	0.84	6.23	-	-	-	0.08	8.35	0.39	15.89
43 農林業	0.00	-	0.28	0.15	-	-	-	0.06	0.33	-	0.82
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	0.00	-	0.29	1.34	-	-	0.05	0.01	-	-	1.68
46 非エネルギー	-	-	7.84	0.81	-	-	-	-	-	-	8.65

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
イギリス	14,317	2.12	148.1	1,212	2.40	198.0	35,561	40.37	1,135.2

(15) アメリカ

United States 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	567.79	317.45	-	445.66	218.03	21.47	13.24	81.54	-	-	1,665.18
2 輸入	21.89	597.91	108.06	107.20	-	-	-	0.84	4.42	-	840.33
3 輸出	-34.20	-5.83	-65.72	-18.87	-	-	-	-	-1.73	-	-126.35
4 在庫変動	-1.34	1.38	3.60	4.45	-	-	-	-0.14	-	-	7.94
5 国内供給計	554.15	910.92	-1.23	538.44	218.03	21.47	13.24	82.24	2.69	-	2,339.94
6 変換	-	-46.63	47.53	-	-	-	-	-	-	-	0.90
7 統計誤差	-13.12	-10.32	-2.88	-2.04	-	-	-	-	0.00	-	-28.37
8 電気事業者・自家発電	-488.02	-	-14.57	-131.79	-218.03	-21.47	-10.88	-11.61	343.22	-	-553.15
9 コージェネレーション	-14.26	-	-3.65	-41.32	-	-	-	-7.54	28.56	13.17	-25.04
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 ガス業	-1.84	-	-	1.12	-	-	-	-	-	-	-0.72
12 石油精製	-	-853.97	860.49	-	-	-	-	-	-	-	6.53
13 石炭変換	-4.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-4.56
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-2.12	-	-50.51	-43.55	-	-	-	-	-22.56	-4.39	-123.14
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-22.97	-1.58	-24.55
18 最終エネルギー消費計	30.22	-	835.18	320.86	-	-	2.36	63.09	328.93	7.20	1,587.83
19 産業部門	28.48	-	31.13	111.14	-	-	0.12	35.54	79.88	5.69	291.97
20 鉄鋼業	2.50	-	1.55	9.36	-	-	-	-	6.98	0.21	20.59
21 化学工業	5.09	-	7.50	41.57	-	-	-	0.91	21.95	3.49	80.50
22 非鉄金属	-	-	0.54	5.70	-	-	-	-	7.10	0.11	13.44
23 窯業土石	7.42	-	4.63	9.42	-	-	-	0.46	3.69	0.00	25.63
24 輸送用機械	0.11	-	0.70	4.51	-	-	-	0.00	4.05	0.14	9.51
25 金属機械	0.15	-	1.53	9.17	-	-	-	-	10.02	0.10	20.96
26 鋳業	-	-	-	-	-	-	-	-	2.23	-	2.23
27 食料品・たばこ	3.97	-	3.30	13.88	-	-	-	0.90	7.35	0.63	30.03
28 紙・パルプ	4.49	-	4.34	12.24	-	-	-	24.65	10.62	0.53	56.87
29 木製品	0.03	-	1.87	1.85	-	-	-	5.99	2.54	0.29	12.57
30 建設業	-	-	1.34	-	-	-	-	-	-	-	1.34
31 繊維工業	0.24	-	0.68	2.75	-	-	-	-	2.49	0.17	6.32
32 その他製造業	4.49	-	3.16	0.69	-	-	0.12	2.62	0.88	0.02	11.98
33 運輸部門	-	-	604.99	15.12	-	-	-	14.79	0.70	-	635.60
34 国内航空	-	-	64.51	-	-	-	-	-	-	-	64.51
35 自動車	-	-	522.48	0.58	-	-	-	14.79	-	-	537.85
36 鉄道	-	-	12.94	-	-	-	-	-	0.70	-	13.65
37 ハイブライントランスポート	-	-	-	14.53	-	-	-	-	-	-	14.53
38 国内水運	-	-	3.83	-	-	-	-	-	-	-	3.83
39 その他	-	-	1.23	-	-	-	-	-	-	-	1.23
40 他の部門	1.73	-	55.60	179.66	-	-	2.24	12.76	248.35	1.51	501.86
41 民生・家庭用	-	-	25.14	110.06	-	-	1.88	10.29	119.73	-	267.11
42 民生・業務用	1.69	-	14.53	69.60	-	-	0.36	2.10	114.92	1.51	204.72
43 農林業	0.05	-	15.92	-	-	-	-	0.37	-	-	16.34
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	13.70	-	13.70
46 非エネルギー	-	-	143.45	14.94	-	-	-	-	-	-	158.40

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
アメリカ	98,102	20.59	209.9	9,971	25.63	257.0	251,210	537.85	2,141.0

(16) 中国

China 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	1312.15	186.42	-	57.93	16.19	41.73	5.06	194.54	-	-	1814.03
2 輸入	35.34	163.16	60.18	5.61	-	-	-	-	1.31	-	265.59
3 輸出	-45.17	-3.88	-19.26	-2.18	-	-	-	-	-1.60	-	-72.09
4 在庫変動	-9.69	-5.24	1.20	-	-	-	-	-	-	-	-13.73
5 国内供給計	1292.62	340.45	17.84	61.36	16.19	41.73	5.06	194.55	-0.29	-	1969.51
6 変換	-	-0.10	0.12	-	-	-	-	-	-	-	0.02
7 統計誤差	30.74	-1.82	0.17	-0.81	-	-	-	-	-	-	28.28
8 電気事業者・自家発電	-675.39	-0.16	-8.32	-8.75	-16.19	-41.73	-0.77	-0.79	285.36	-	-466.74
9 コージェネレーション	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 熱供給事業者	-79.51	-0.01	-2.76	-1.66	-	-	-	-0.46	-	61.75	-22.64
11 ガス業	-7.43	-	-0.48	5.07	-	-	-	-	-	-	-2.84
12 石油精製	-	-328.33	321.76	-	-	-	-	-	-	-	-6.57
13 石炭変換	-97.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-97.72
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-50.97	-5.69	-17.18	-8.74	-	-	-	-	-34.11	-9.35	-126.05
17 送配電ロス	-	-	-0.02	-0.93	-	-	-	-	-17.31	-0.76	-19.02
18 最終エネルギー消費計	412.34	4.35	311.13	45.53	-	-	4.29	193.29	233.65	51.65	1256.23
19 産業部門	319.47	2.84	37.93	18.90	-	-	-	-	160.93	35.21	575.28
20 鉄鋼業	130.24	-	2.70	1.19	-	-	-	-	31.97	4.38	170.48
21 化学工業	33.50	-	5.55	10.22	-	-	-	-	28.18	14.99	92.43
22 非鉄金属	9.12	-	1.58	0.96	-	-	-	-	20.94	2.12	34.73
23 窯業土石	86.40	-	9.56	3.14	-	-	-	-	16.21	0.23	115.54
24 輸送用機械	3.44	-	0.94	0.60	-	-	-	-	3.65	0.65	9.28
25 金属機械	10.96	-	3.56	1.85	-	-	-	-	18.99	1.13	36.49
26 鋳業	4.08	-	1.06	0.19	-	-	-	-	5.93	0.40	11.65
27 食料品・たばこ	12.53	-	1.42	0.25	-	-	-	-	5.45	2.61	22.27
28 紙・パルプ	8.58	-	0.72	0.09	-	-	-	-	4.45	2.83	16.67
29 木製品	1.88	-	0.25	0.02	-	-	-	-	1.56	0.18	3.88
30 建設業	3.01	-	4.67	0.17	-	-	-	-	2.66	0.14	10.65
31 繊維工業	9.93	-	1.50	0.08	-	-	-	-	11.55	5.04	28.09
32 その他製造業	5.81	2.84	4.42	0.14	-	-	-	-	9.40	0.50	23.12
33 運輸部門	3.32	-	133.62	0.07	-	-	-	1.11	2.37	-	140.49
34 国内航空	-	-	9.57	-	-	-	-	-	-	-	9.57
35 自動車	-	-	94.92	0.06	-	-	-	1.11	-	-	96.08
36 鉄道	3.32	-	10.92	-	-	-	-	-	2.37	-	16.61
37 ハイブライントランスポート	-	-	6.32	0.01	-	-	-	-	-	-	6.33
38 国内水運	-	-	11.90	-	-	-	-	-	-	-	11.90
39 その他	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40 他の部門	64.37	0.20	66.75	18.19	-	-	4.29	192.18	70.35	16.44	432.77
41 民生・家庭用	42.74	-	21.61	14.15	-	-	-	192.18	32.03	13.78	316.48
42 民生・業務用	5.14	-	23.38	4.04	-	-	-	-	14.46	1.14	48.15
43 農林業	12.39	-	21.76	-	-	-	-	-	8.42	0.03	42.60
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	4.10	0.20	-	-	-	-	4.29	-	15.45	1.50	25.55
46 非エネルギー	25.17	1.31	72.83	8.37	-	-	-	-	-	-	107.69

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
中国	489,899	170.48	348.0	120,411	115.54	96.0	43,584	96.08	2,204.5

(17) インド (単位は1000トン石油換算)

India 2007

(1000 TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	210,195	39,104	-	23,732	4,372	10,648	1,143	161,730	-	-	450,923
2 輸入	34,224	124,346	23,032	9,638	-	-	-	-	427	-	191,667
3 輸出	-791	-	-40,826	-	-	-	-	-	-19	-	-41,636
4 在庫変動	-1,139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-1,139
5 国内供給計	242,488	163,450	-22,696	33,370	4,372	10,648	1,143	161,730	408	-	594,913
6 変換	-	-2,116	2,327	-	-	-	-	-	-	-	212
7 統計誤差	-4,140	323	-996	-	-	-	-	-	923	-	-3,890
8 電気事業者・自家発電	-177,436	-	-8,596	-13,192	-4,372	-10,648	-1,004	-1,119	69,093	-	-147,273
9 コージェネレーション	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 熱供給事業者	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11 ガス業	-32	-	-	15	-	-	-	-	-	-	-18
12 石油精製	-	-161,658	160,533	-	-	-	-	-	-	-	-1,125
13 石炭変換	-12,935	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-12,935
14 液化	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 その他転換	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 自家消費	-1,252	-	-11,726	-2,325	-	-	-	-	-4,612	-	-19,915
17 送配電ロス	-	-	-	-	-	-	-	-	-17,064	-	-17,064
18 最終エネルギー消費計	46,693	-	118,846	17,867	-	-	139	160,612	48,749	-	392,905
19 産業部門	36,410	-	20,700	7,027	-	-	-	27,907	22,076	-	114,120
20 鉄鋼業	18,175	-	848	15	-	-	-	-	-	-	19,037
21 化学工業	1,772	-	3,426	-	-	-	-	-	-	-	5,198
22 非鉄金属	294	-	142	-	-	-	-	-	-	-	435
23 窯業土石	10,033	-	713	-	-	-	-	-	-	-	10,746
24 輸送用機械	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 金属機械	-	-	663	-	-	-	-	-	-	-	663
26 鉱業	-	-	1,060	-	-	-	-	-	-	-	1,060
27 食料品・たばこ	-	-	9,603	-	-	-	-	-	-	-	9,603
28 紙・パルプ	1,387	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,387
29 木製品	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 建設業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31 繊維工業	338	-	1,008	-	-	-	-	-	-	-	1,346
32 その他製造業	4,411	-	3,236	7,012	-	-	-	27,907	22,076	-	64,643
33 運輸部門	-	-	38,409	1,249	-	-	-	134	1,015	-	40,806
34 国内航空	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35 自動車	-	-	35,621	1,249	-	-	-	134	-	-	37,004
36 鉄道	-	-	2,088	-	-	-	-	-	1,015	-	3,103
37 バイブライン輸送	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38 国内水運	-	-	689	-	-	-	-	-	-	-	689
39 その他	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10
40 他の部門	10,284	-	29,534	845	-	-	139	132,571	25,658	-	199,029
41 民生・家庭用	2,818	-	22,406	712	-	-	-	126,435	10,408	-	162,779
42 民生・業務用	3,236	-	-	-	-	-	-	6,135	3,778	-	13,149
43 農林業	-	-	6,876	132	-	-	-	-	9,290	-	16,298
44 漁業	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45 その他	4,230	-	252	-	-	-	139	-	2,182	-	6,803
46 非エネルギー	-	-	30,203	8,747	-	-	-	-	-	-	38,950

地域・国別	鉄鋼業			セメント(窯業土石)			自動車		
	鉄鋼生産 (1000トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	セメント (1万トン)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/ton	自動車保有台数 (1000台)	エネルギー (MTOE)	原単位 kgOE/台
インド	53,080	19.03	358.5	16,000	10.746	67.2	18,155	37.00	2,038.2

(18) アフリカ

Africa 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	143.37	504.90	-	172.58	2.95	8.23	1.00	295.70	-	0.01	1,128.73
2 輸入	7.47	39.85	51.42	4.37	-	-	-	-	2.91	-	106.01
3 輸出	-44.86	-411.23	-40.79	-94.67	-	-	-	-0.28	-2.64	-	-594.48
4 在庫変動	0.05	0.37	0.03	-	-	-	-	-	-	-	0.44
5 国内供給計	106.02	133.88	-1.01	82.28	2.95	8.23	1.00	295.42	0.27	0.01	629.04
6 電気事業者・自家発電・コージェネレーション	-61.66	-0.83	-17.35	-38.10	-2.95	-8.23	-0.98	-0.62	52.90	-0.01	-77.83
7 石油精製	-	-125.93	121.22	-	-	-	-	-	-	-	-4.71
8 その他	-27.78	-7.12	9.61	-15.89	-	-	-	-33.31	-9.79	-	-84.30
9 最終エネルギー消費計	16.58	-	112.46	28.28	-	-	0.02	261.50	43.38	-	462.21
10 産業部門	9.49	-	14.41	15.34	-	-	-	25.65	19.64	-	84.54
11 鉄鋼業	4.51	-	0.15	0.87	-	-	-	-	0.53	-	6.06
12 化学工業	-	-	0.03	2.08	-	-	-	-	1.10	-	3.21
13 窯業土石	0.73	-	0.78	0.21	-	-	-	-	0.61	-	2.34
14 その他製造業	4.25	-	13.45	12.18	-	-	-	25.65	17.40	-	72.93
15 運輸部門	0.01	-	66.23	1.46	-	-	-	-	0.39	-	68.09
16 国内航空	-	-	2.83	-	-	-	-	-	-	-	2.83
17 自動車	-	-	62.35	0.30	-	-	-	-	-	-	62.65
18 その他	0.01	-	1.05	1.16	-	-	-	-	0.39	-	2.61
19 他の部門	5.81	-	25.27	5.62	-	-	0.02	235.84	23.34	-	295.89
20 民生・家庭用	3.71	-	16.88	5.40	-	-	-	211.48	13.15	-	250.62
21 民生・業務用	1.88	-	1.59	0.09	-	-	-	2.69	6.25	-	12.51
22 農林業	0.17	-	5.67	-	-	-	-	1.31	1.56	-	8.71
23 その他	0.05	-	1.13	0.13	-	-	0.02	20.36	2.38	-	24.06
24 非エネルギー	1.27	-	6.55	5.86	-	-	-	-	-	-	13.68

(19) 中南米

LatinAmerica 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	53.62	354.59	-	121.63	5.10	57.54	2.69	109.69	-	0.37	705.22
2 輸入	18.38	76.75	63.74	13.49	-	-	-	0.01	4.86	-	177.23
3 輸出	-47.46	-144.49	-86.78	-27.58	-	-	-	-2.12	-4.52	-	-312.93
4 在庫変動	-1.94	-0.56	-2.66	-0.07	-	-	-	0.48	-	-	-4.75
5 国内供給計	22.60	286.29	-40.08	107.47	5.10	57.54	2.69	108.06	0.34	0.37	550.38
6 電気事業者・自家発電・コージェネレーション	-7.98	-2.97	-27.34	-28.40	-5.10	-57.54	-2.55	-6.46	86.57	-0.37	-52.14
7 石油精製	-	-274.06	268.46	-	-	-	-	-	-	-	-5.60
8 その他	-4.07	-9.15	-3.16	-17.99	-	-	-	-16.99	-17.64	-	-69.00
9 最終エネルギー消費計	10.56	0.11	197.89	61.08	-	-	0.14	84.59	69.27	-	423.65
10 産業部門	10.31	0.11	32.34	30.68	-	-	-	43.32	32.38	-	149.14
11 鉄鋼業	6.57	0.01	1.23	7.40	-	-	-	6.24	4.02	-	25.47
12 化学工業	0.16	-	4.38	6.33	-	-	-	0.20	2.66	-	13.73
13 窯業土石	0.93	0.01	3.20	3.70	-	-	-	2.43	0.87	-	11.14
14 その他製造業	2.65	0.09	23.53	13.25	-	-	-	34.45	24.83	-	98.80
15 運輸部門	0.01	-	113.75	5.68	-	-	-	9.13	0.26	-	128.83
16 国内航空	-	-	4.19	-	-	-	-	-	-	-	4.19
17 自動車	-	-	103.31	5.08	-	-	-	9.13	-	-	117.51
18 その他	0.01	-	6.25	0.60	-	-	-	-	0.26	-	7.13
19 他の部門	0.08	-	29.17	12.76	-	-	0.14	32.14	36.63	-	110.92
20 民生・家庭用	0.06	-	14.73	10.16	-	-	0.01	28.13	18.89	-	71.98
21 民生・業務用	-	-	2.71	1.96	-	-	-	0.57	15.17	-	20.42
22 農林業	-	-	10.47	0.01	-	-	-	3.18	1.97	-	15.64
23 その他	0.01	-	1.26	0.62	-	-	0.14	0.26	0.59	-	2.88
24 非エネルギー	0.16	-	22.63	11.97	-	-	-	-	-	-	34.76

(20) アジア (中国を除く)

Asia(excluding China) 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	426.38	173.06	-	233.40	15.74	22.02	16.10	337.76	-	-	1,224.45
2 輸入	103.58	317.92	176.20	39.48	-	-	-	0.03	0.99	-	638.20
3 輸出	-147.41	-62.72	-157.23	-72.56	-	-	-	-0.17	-0.79	-	-440.88
4 在庫変動	2.14	2.58	6.92	-0.11	-	-	-	-0.02	-	-	11.50
5 国内供給計	384.68	430.84	-30.76	200.22	15.74	22.02	16.10	337.61	0.20	-	1,376.64
6 電気事業者・自家発、コージェネレーション	-251.16	-	-37.79	-89.00	-15.74	-22.02	-15.87	-3.54	153.72	0.77	-280.64
7 石油精製	-	-415.11	403.91	-	-	-	-	-	-	-	-11.20
8 その他	-23.10	-12.47	-14.12	-38.11	-	-	-	-12.04	-32.38	-0.05	-132.27
9 最終エネルギー消費計	110.42	3.26	321.24	73.11	-	-	0.23	322.03	121.55	0.72	952.56
10 産業部門	94.94	-	47.86	38.13	-	-	-	46.60	54.88	0.21	282.61
11 鉄鋼業	19.84	-	2.54	0.41	-	-	-	-	2.07	-	24.87
12 化学工業	5.16	-	7.13	0.88	-	-	-	0.30	4.35	-	17.82
13 窯業土石	29.39	-	2.94	0.57	-	-	-	0.52	1.27	-	34.69
14 その他製造業	40.55	-	35.25	36.27	-	-	-	45.78	47.19	0.21	205.23
15 運輸部門	0.04	-	142.93	3.20	-	-	-	0.30	1.19	-	147.67
16 国内航空	-	-	1.21	-	-	-	-	-	-	-	1.21
17 自動車	-	-	134.98	3.05	-	-	-	0.30	-	-	138.33
18 その他	0.04	-	6.74	0.15	-	-	-	-	1.19	-	8.13
19 他の部門	14.94	-	59.98	10.29	-	-	0.23	275.12	65.47	0.51	426.54
20 民生・家庭用	3.97	-	38.54	7.78	-	-	0.09	265.33	30.87	0.34	346.93
21 民生・業務用	3.59	-	4.87	1.22	-	-	-	6.83	19.34	0.14	35.98
22 農林業	0.02	-	14.76	0.23	-	-	-	0.05	10.34	-	25.40
23 その他	7.36	-	1.82	1.05	-	-	0.14	2.91	4.91	0.03	18.22
24 非エネルギー	0.51	3.26	70.46	21.50	-	-	-	0.01	-	-	95.74

(21) 中東

MiddleEast 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	1.11	1,226.38	-	295.90	-	1.95	0.88	1.19	-	-	1,527.40
2 輸入	8.83	27.39	56.77	12.73	-	-	-	0.03	0.38	-	106.12
3 輸出	-0.01	-847.23	-145.01	-58.71	-	-	-	-	-0.41	-	-1,051.38
4 在庫変動	-0.12	-0.43	-0.06	-	-	-	-	-	-	-	-0.62
5 国内供給計	9.80	406.11	-118.20	249.91	-	1.95	0.88	1.22	-0.04	-	551.63
6 電気事業者・自家発、コージェネレーション	-8.60	-13.30	-51.34	-105.81	-	-1.95	-0.01	-	61.37	-	-119.64
7 石油精製	-	-330.28	320.23	-	-	-	-	-	-	-	-10.05
8 その他	-0.48	-60.89	49.38	-32.95	-	-	-	-0.15	-12.07	-	-57.15
9 最終エネルギー消費計	0.71	1.64	200.08	111.15	-	-	0.87	1.06	49.27	-	364.78
10 産業部門	0.70	1.64	35.80	44.03	-	-	-	0.22	9.50	-	91.89
11 鉄鋼業	0.22	-	-	0.27	-	-	-	-	0.82	-	1.31
12 化学工業	-	-	2.53	27.09	-	-	-	-	0.77	-	30.39
13 窯業土石	0.13	-	-	0.16	-	-	-	-	0.15	-	0.45
14 その他製造業	0.35	1.64	33.27	16.51	-	-	-	0.22	7.76	-	59.74
15 運輸部門	-	-	102.87	0.88	-	-	-	-	0.01	-	103.76
16 国内航空	-	-	0.76	-	-	-	-	-	-	-	0.76
17 自動車	-	-	102.10	0.88	-	-	-	-	-	-	102.98
18 その他	-	-	0.01	-	-	-	-	-	0.01	-	0.02
19 他の部門	0.01	-	30.92	39.29	-	-	0.87	0.84	39.76	-	111.68
20 民生・家庭用	0.01	-	18.90	34.21	-	-	0.86	0.01	20.88	-	74.87
21 民生・業務用	-	-	4.14	4.58	-	-	0.01	-	11.70	-	20.43
22 農林業	-	-	4.76	0.15	-	-	-	-	2.10	-	7.00
23 その他	-	-	3.13	0.34	-	-	-	0.83	5.08	-	9.38
24 非エネルギー	-	-	30.49	26.95	-	-	-	-	-	-	57.45

(22) 世界全体

World 2007

(M TOE)

		石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1	国内生産	3,208.54	4,000.95	-	2,498.03	709.14	264.74	73.64	1,175.12	-	9.37	11,939.53
2	輸入	589.63	2,350.05	972.51	757.55	-	-	-	5.58	53.26	-	4,728.59
3	輸出	-602.67	-2,217.49	-1,024.66	-742.66	-	-	-	-4.65	-53.34	-0.01	-4,645.48
4	在庫変動	-9.18	-1.54	10.07	6.94	-	-	-	0.34	-	-	6.64
5	国内供給計	3,186.32	4,131.97	-42.08	2,519.87	709.14	264.74	73.64	1,176.39	-0.08	9.37	12,029.27
6	変換	-	-146.65	166.61	-	-	-	-	-	-	-	19.96
7	統計誤差	12.77	-7.61	-12.31	13.83	-	-	-	-0.25	0.12	0.45	7.00
8	電気事業者・自家発電	-1,883.67	-27.11	-216.90	-609.03	-702.82	-264.74	-59.34	-48.34	1,530.65	-0.92	-2,282.22
9	コージェネレーション	-183.29	-0.05	-25.86	-295.88	-6.32	-	-1.01	-28.29	169.67	154.04	-216.99
10	熱供給事業者	-99.95	-0.71	-12.28	-87.43	-	-	-0.18	-7.34	-0.35	168.45	-39.78
11	ガス業	-14.39	-	-3.07	10.87	-	-	-	-	-	-	-6.59
12	石油精製	-	-3,959.95	3,913.99	-0.57	-	-	-	-	-	-	-46.53
13	石炭変換	-195.02	0.02	-3.07	-0.17	-	-	-	-	-	-	-198.24
14	液化	-18.23	8.26	-	-5.74	-	-	-	-	-	-	-15.71
15	その他転換	0.01	29.15	-30.10	-1.93	-	-	-	-52.09	-	-	-54.96
16	自家消費	-73.18	-9.38	-216.91	-220.56	-	-	-	-10.85	-142.31	-35.36	-708.54
17	送配電ロス	-2.66	-3.91	-0.32	-27.06	-	-	-0.27	-0.24	-143.36	-22.80	-200.82
18	最終エネルギー消費計	728.71	14.05	3,517.69	1,296.19	-	-	12.84	1,029.00	1,414.33	273.24	8,286.07
19	産業部門	583.23	4.68	319.36	461.34	-	-	0.42	188.78	596.81	120.09	2,274.72
20	鉄鋼業	223.28	0.01	13.64	57.57	-	-	-	6.40	82.36	13.12	396.38
21	化学工業	50.34	0.09	57.31	121.78	-	-	-	2.37	93.57	39.04	364.49
22	非鉄金属	12.39	-	7.01	17.26	-	-	-	0.12	67.58	2.63	106.99
23	窯業土石	142.65	0.01	37.17	49.98	-	-	-	5.63	37.57	2.65	275.66
24	輸送用機械	3.72	-	2.67	9.61	-	-	-	-	15.52	3.21	34.72
25	金属機械	11.70	0.01	10.20	22.72	-	-	-	0.06	58.88	4.92	108.50
26	鉱業	7.40	-	15.96	12.43	-	-	-	0.01	23.93	2.18	61.90
27	食品・たばこ	19.84	0.04	25.62	31.71	-	-	-	31.81	32.99	9.70	151.72
28	紙・パルプ	19.45	-	11.68	25.75	-	-	0.14	53.51	42.17	9.90	162.60
29	木製品	2.06	-	3.19	2.67	-	-	-	10.72	7.81	2.10	28.55
30	建設業	5.25	0.02	19.22	4.91	-	-	-	0.16	6.30	1.25	37.10
31	繊維工業	11.25	0.02	7.11	7.24	-	-	-	0.21	22.01	6.83	54.67
32	その他製造業	73.92	4.48	108.57	97.71	-	-	0.28	77.76	106.13	22.58	491.44
33	運輸部門	3.53	0.01	2,160.94	74.77	-	-	-	34.15	23.24	0.10	2,296.73
34	国内航空	-	-	138.90	-	-	-	-	-	-	-	138.90
35	自動車	-	-	112.75	-	-	-	-	-	-	-	112.75
36	鉄道	3.43	-	38.11	-	-	-	-	-	17.22	-	58.77
37	パイプライン輸送	-	0.01	6.45	62.22	-	-	-	-	2.97	-	71.64
38	国際マリンバンカー	-	-	191.64	-	-	-	-	-	-	-	191.64
39	国内水運	0.09	-	39.91	-	-	-	-	-	-	-	39.99
40	その他	0.01	-	4.37	0.47	-	-	-	-	3.05	0.10	8.01
41	他の部門	110.21	0.22	453.44	614.99	-	-	12.43	806.06	794.28	153.05	2,944.68
42	民生・家庭用	67.54	-	220.62	409.73	-	-	6.24	758.48	384.67	94.16	1,941.45
43	民生・業務用	16.56	-	101.71	164.26	-	-	1.14	15.79	329.58	29.11	658.14
44	農林業	13.88	0.02	111.95	7.17	-	-	0.16	6.96	36.28	3.53	179.96
45	漁業	0.01	-	5.52	0.03	-	-	0.04	0.02	0.35	0.04	6.01
46	その他	12.21	0.20	13.63	33.81	-	-	4.85	24.81	43.40	26.21	159.11
47	非エネルギー	31.75	9.15	583.95	145.09	-	-	-	0.01	-	-	769.94

(23) 非OECD全体

Non-OECD Total 2007

(M TOE)

	石炭	原油	石油製品	天然ガス	原子力	水力	地熱・太陽光他	可燃性再生可能エネルギー及び廃棄物	電力	熱	総エネルギー
1 国内生産	2,189.60	3,074.55	-	1,576.13	116.76	156.52	26.36	957.84	-	8.90	8,106.66
2 輸入	206.57	695.23	443.21	169.26	-	-	-	0.23	18.12	-	1,532.62
3 輸出	-357.05	-1,829.38	-588.11	-473.96	-	-	-	-3.34	-18.96	-	-3,270.80
4 在庫変動	-10.48	-3.67	4.87	-10.46	-	-	-	0.56	-	-	-19.19
5 国内供給計	2,028.64	1,936.72	-287.72	1,260.96	116.76	156.52	26.36	955.31	-0.83	8.90	6,201.61
6 変換	-	-101.84	109.36	-	-	-	-	-	-	-	7.52
7 統計誤差	25.06	1.24	-4.67	-1.73	-	-	-	-0.16	-0.25	-	19.49
8 電気事業者・自家発電	-1,035.83	-17.31	-144.81	-285.86	-113.78	-156.52	-20.63	-10.94	705.36	-0.44	-1,080.76
9 コージェネレーション	-98.55	-0.05	-10.03	-186.96	-2.98	-	-	-1.92	79.49	88.13	-132.85
10 熱供給事業者	-95.61	-0.71	-11.06	-82.51	-	-	-0.05	-3.86	-	154.10	-39.70
11 ガス業	-12.08	-	-1.12	7.81	-	-	-	-	-	-	-5.40
12 石油精製	-	-1,806.46	1,766.16	-	-	-	-	-	-	-	-40.30
13 石炭変換	-138.84	-	-0.76	-	-	-	-	-	-	-	-139.60
14 液化	-18.23	7.69	-	-4.59	-	-	-	-	-	-	-15.12
15 その他転換	-	5.12	-5.88	-1.76	-	-	-	-51.96	-	-	-54.47
16 自家消費	-59.00	-9.30	-93.57	-123.00	-	-	-	-10.76	-79.47	-28.61	-403.72
17 送配電ロス	-1.62	-3.91	-0.30	-24.36	-	-	-	-0.22	-84.92	-17.31	-132.65
18 最終エネルギー消費計	593.94	11.21	1,315.60	558.00	-	-	5.68	875.48	819.38	204.76	4,184.05
19 産業部門	468.04	4.64	190.56	202.49	-	-	-	117.37	326.38	93.47	1,402.95
20 鉄鋼業	184.09	0.01	8.31	29.70	-	-	-	6.36	49.79	12.57	290.84
21 化学工業	39.57	0.05	28.91	51.10	-	-	-	0.71	43.01	29.84	193.18
22 非鉄金属	9.90	-	4.09	4.38	-	-	-	0.01	39.15	2.26	59.80
23 窯業土石	119.72	0.01	17.68	21.30	-	-	-	3.05	22.00	2.52	186.30
24 輸送用機械	3.48	-	1.13	1.39	-	-	-	-	5.63	2.86	14.49
25 金属機械	11.07	0.01	5.09	3.52	-	-	-	0.02	27.71	4.39	51.81
26 鋳業	6.68	-	10.14	2.17	-	-	-	0.01	15.10	1.90	36.00
27 食料品・たばこ	13.38	0.04	15.12	3.56	-	-	-	26.81	12.44	8.45	79.80
28 紙・パルプ	12.00	-	2.20	1.77	-	-	-	7.34	9.27	7.22	39.79
29 木製品	1.89	-	0.52	0.38	-	-	-	0.62	2.48	1.48	7.36
30 建設業	3.08	0.02	8.61	3.04	-	-	-	0.03	4.58	1.19	20.55
31 繊維工業	10.50	0.02	4.90	0.92	-	-	-	0.13	14.68	5.86	37.00
32 その他製造業	52.69	4.48	83.85	79.26	-	-	-	72.28	80.55	12.92	386.02
33 運輸部門	3.44	0.01	649.79	51.46	-	-	-	10.67	13.45	0.10	728.91
34 国内航空	-	-	24.91	-	-	-	-	-	-	-	24.91
35 自動車	-	-	575.87	10.19	-	-	-	10.67	-	-	596.73
36 鉄道	3.43	-	18.53	-	-	-	-	-	9.20	-	31.16
37 ハイブライン輸送	-	0.01	6.43	40.94	-	-	-	-	2.57	-	49.95
38 国内水運	-	-	21.43	-	-	-	-	-	-	-	21.43
39 その他	0.01	-	2.62	0.33	-	-	-	-	1.68	0.10	4.74
40 他の部門	93.17	0.22	241.42	194.12	-	-	5.68	747.43	279.55	111.20	1,672.79
41 民生・家庭用	55.45	-	121.98	145.13	-	-	1.02	706.41	137.08	79.74	1,246.81
42 民生・業務用	12.86	-	39.74	22.45	-	-	0.07	11.18	84.20	21.44	191.94
43 農林業	12.72	0.02	66.65	2.10	-	-	0.01	5.04	28.92	3.19	118.64
44 漁業	0.01	-	1.32	0.03	-	-	-	0.02	0.14	0.04	1.56
45 その他	12.12	0.20	11.72	24.41	-	-	4.59	24.79	29.21	6.79	113.84
46 非エネルギー	29.28	6.34	233.84	109.92	-	-	-	0.01	-	-	379.39

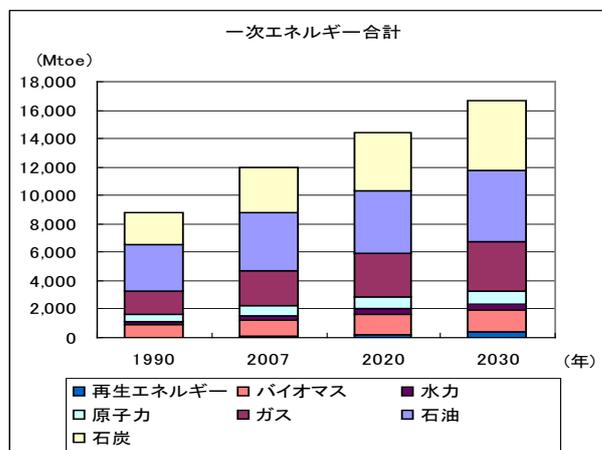
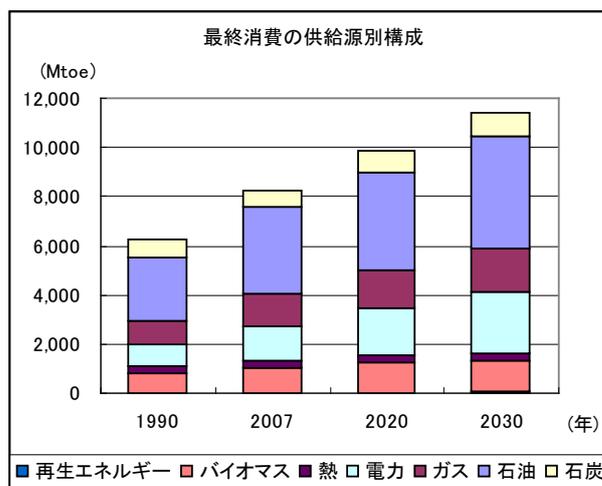
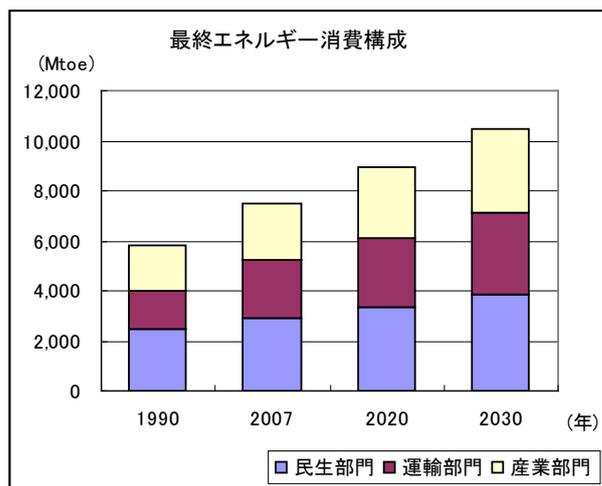
3.4 セグメント別の消費量とその動向の調査

産業、運輸、民生などセグメント別のエネルギー消費量とその動向を調査する。IEA 標準シナリオのデータが 2030 年まで示されているのでこれを取りまとめた。

(1) 世界全体 (ここで 1990-2030 年のデータのグラフ化を行った)

Reference Scenario:World

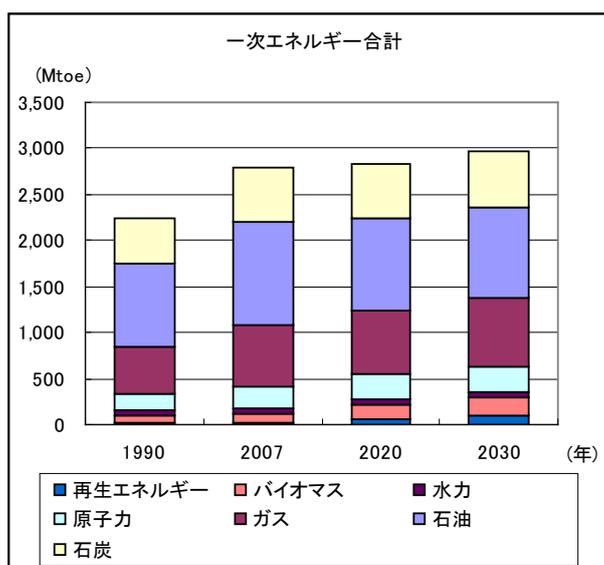
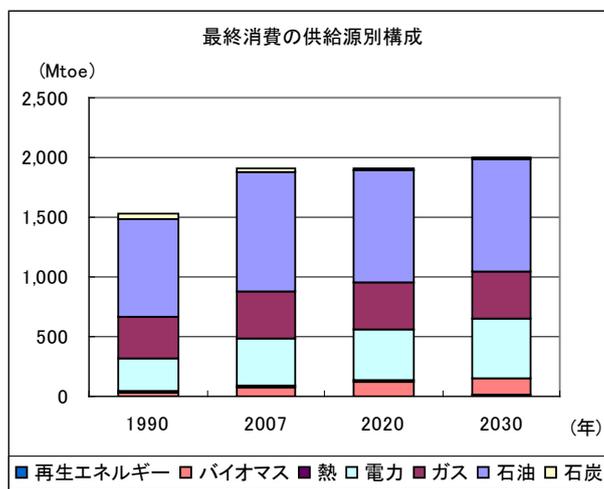
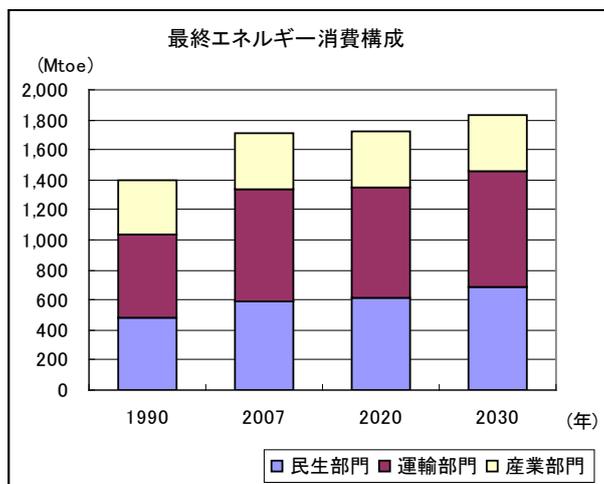
	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	8,761	12,013	14,450	16,790
石炭	2,221	3,184	4,125	4,887
石油	3,219	4,093	4,440	5,009
ガス	1,671	2,512	3,035	3,561
原子力	526	709	851	856
水力	184	265	346	402
バイオマス	904	1,176	1,428	1,604
再生エネルギー	36	74	224	370
発電	2,981	4,557	5,823	7,042
石炭	1,228	2,167	2,871	3,481
石油	376	284	199	167
ガス	576	988	1,202	11,464
原子力	526	709	851	956
水力	184	265	346	402
バイオマス	59	84	160	257
再生エネルギー	32	60	194	314
最終消費合計	6,293	8,273	9,838	11,405
石炭	761	727	878	961
石油	2,607	3,527	3,961	4,581
ガス	957	1,292	1,510	1,728
電力	833	1,413	1,963	2,488
熱	333	273	301	322
バイオマス	797	1,029	1,194	1,270
再生エネルギー	4	13	30	55
産業部門	1,800	2,266	2,836	3,302
石炭	470	581	706	789
石油	327	320	336	355
ガス	355	460	544	622
電力	379	596	881	1,103
熱	150	120	131	139
バイオマス	117	189	238	292
再生エネルギー	0	0	1	2
運輸部門	1,578	2,297	2,753	3,331
石油	1,485	2,161	2,524	3,052
バイオ燃料	6	34	104	133
他燃料	87	101	125	146
民生部門	2,441	2,941	3,377	3,830
石炭	254	110	116	108
石油	437	453	472	505
ガス	456	613	689	796
電力	433	794	1,046	1,338
熱	183	153	171	183
バイオマス	674	806	853	845
再生エネルギー	4	12	30	53
非エネルギー用途	475	770	873	942



(2) 北米

Reference Scenario:OECD North America

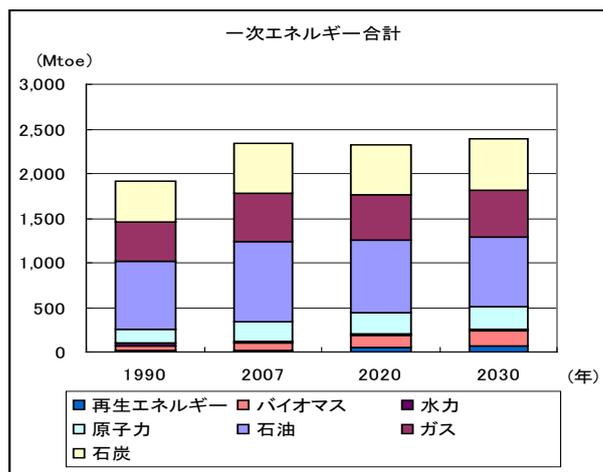
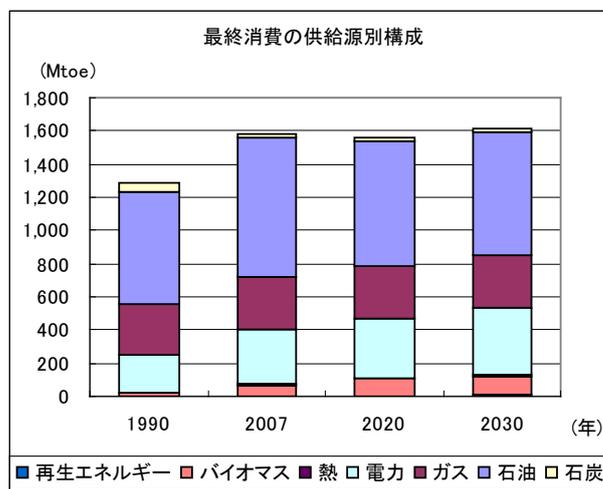
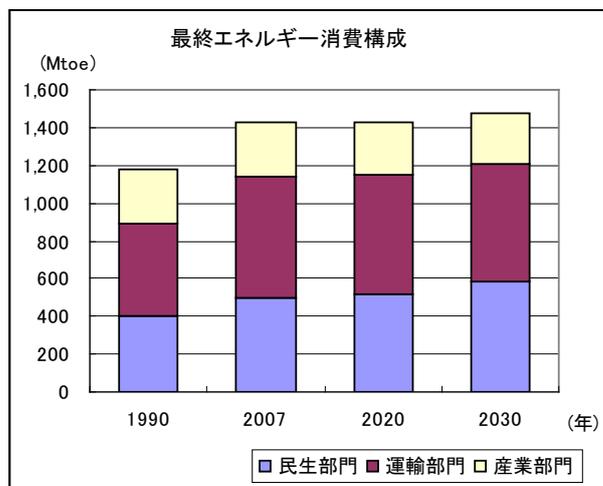
	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	2,243	2,793	2,834	2,974
石炭	486	593	587	621
石油	914	1,109	1,009	985
ガス	516	668	691	733
原子力	180	245	263	285
水力	51	55	59	61
バイオマス	78	102	164	200
再生エネルギー	19	20	61	89
発電	851	1,121	1,198	1,298
石炭	419	537	543	560
石油	47	34	15	11
ガス	95	210	221	244
原子力	180	245	263	285
水力	51	55	59	61
バイオマス	41	22	42	60
再生エネルギー	18	18	55	78
最終消費合計	1,538	1,908	1,916	2,004
石炭	59	36	29	25
石油	807	1,000	931	936
ガス	360	392	388	397
電力	271	390	432	488
熱	3	8	8	7
バイオマス	37	80	122	139
再生エネルギー	0	2	6	11
産業部門	357	378	375	377
石炭	49	34	27	24
石油	60	43	34	32
ガス	138	145	139	137
電力	94	107	111	113
熱	1	6	7	7
バイオマス	16	44	57	64
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	560	744	732	767
石油	541	707	687	697
バイオ燃料	0	15	42	47
他燃料	19	22	23	24
民生部門	477	594	619	692
石炭	10	2	1	0
石油	82	81	62	60
ガス	185	206	207	219
電力	177	281	320	373
熱	2	2	1	1
バイオマス	21	21	23	28
再生エネルギー	0	2	6	11
非エネルギー用途	143	191	170	168



(3) アメリカ合衆国

Reference Scenario:United States

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	1,913	2,337	2,316	2,396
石炭	458	554	548	581
石油	757	910	806	772
ガス	438	538	522	533
原子力	159	218	231	248
水力	23	21	24	24
バイオマス	62	82	138	167
再生エネルギー	14	13	47	70
発電	750	963	1,016	1,091
石炭	396	502	509	525
石油	27	18	7	6
ガス	90	173	167	175
原子力	159	218	231	248
水力	23	21	24	24
バイオマス	40	19	37	53
再生エネルギー	14	11	42	60
最終消費合計	1,292	1,588	1,563	1,614
石炭	54	30	24	21
石油	683	835	754	743
ガス	303	321	313	318
電力	226	329	359	402
熱	2	7	7	6
バイオマス	23	63	101	114
再生エネルギー	0	2	5	10
産業部門	283	292	280	271
石炭	45	28	23	21
石油	44	31	22	20
ガス	110	111	103	98
電力	75	80	78	74
熱	0	6	6	6
バイオマス	9	36	47	52
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	488	636	628	629
石油	472	605	572	568
バイオ燃料	0	15	39	44
他燃料	16	16	17	17
民生部門	403	502	518	580
石炭	10	2	1	0
石油	62	56	38	35
ガス	164	180	179	189
電力	152	248	280	326
熱	2	2	1	1
バイオマス	14	13	15	18
再生エネルギー	0	2	5	10
非エネルギー用途	119	158	136	133

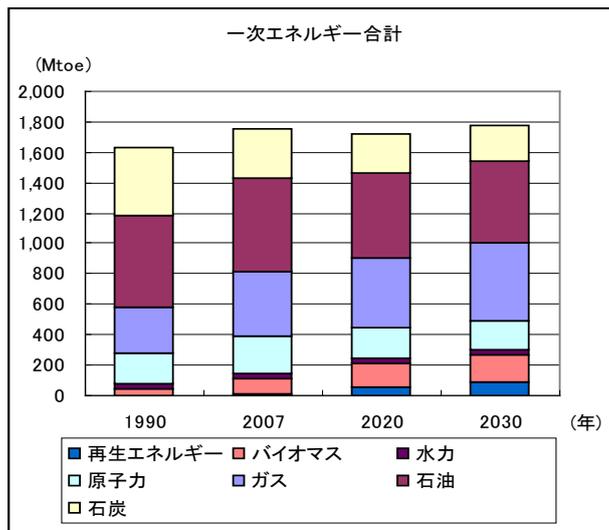
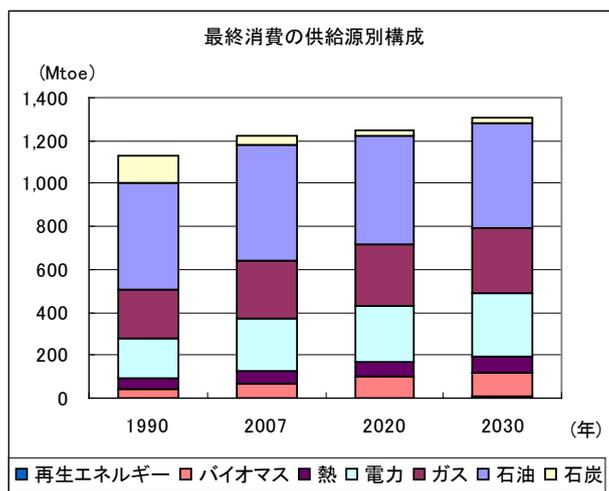
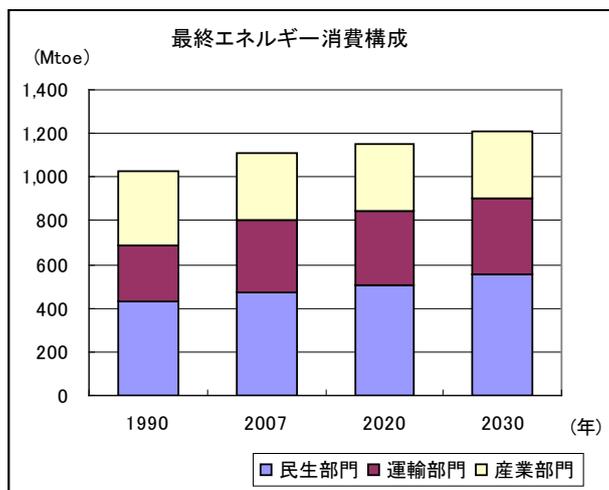


米国の一次エネルギー消費は、すでに増加傾向はなくなり、2030年には現状と同等レベルになると考えられている

(4) 欧州連合(EU)

Reference Scenario:European Union

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	1,633	1,757	1,723	1,781
石炭	455	330	260	233
石油	603	607	557	545
ガス	295	432	463	508
原子力	207	244	202	192
水力	25	27	33	35
バイオマス	46	101	154	183
再生エネルギー	3	16	54	84
発電	644	740	717	760
石炭	286	250	201	185
石油	61	27	12	10
ガス	54	140	161	191
原子力	207	244	202	192
水力	25	27	33	35
バイオマス	8	38	58	70
再生エネルギー	3	14	50	76
最終消費合計	1,126	1,224	1,251	1,307
石炭	119	43	31	25
石油	501	538	501	488
ガス	228	276	286	303
電力	185	244	268	300
熱	54	58	65	71
バイオマス	38	63	96	113
再生エネルギー	1	2	4	8
産業部門	341	304	301	308
石炭	68	31	22	18
石油	57	45	38	34
ガス	98	93	94	96
電力	85	99	104	110
熱	19	17	17	17
バイオマス	14	20	26	33
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	259	335	346	350
石油	253	318	311	312
バイオ燃料	0	8	25	26
他燃料	6	8	11	12
民生部門	428	470	503	553
石炭	50	11	8	6
石油	110	76	66	62
ガス	115	166	175	190
電力	95	139	157	181
熱	35	41	48	53
バイオマス	24	35	45	54
再生エネルギー	1	2	4	7
非エネルギー用途	97	115	101	96

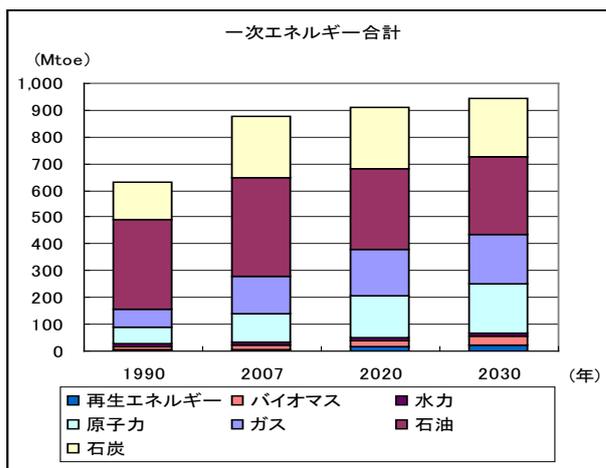
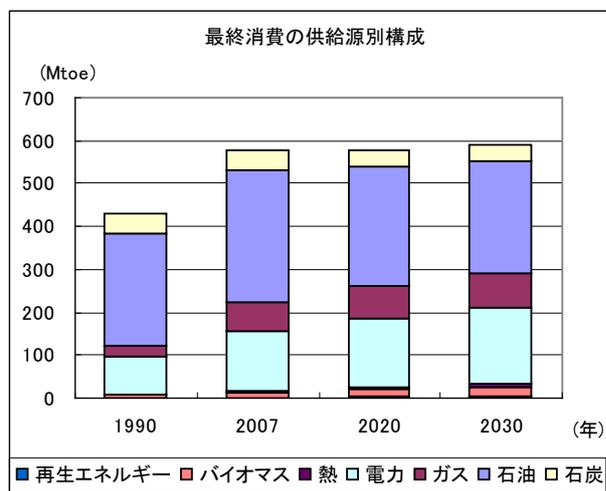
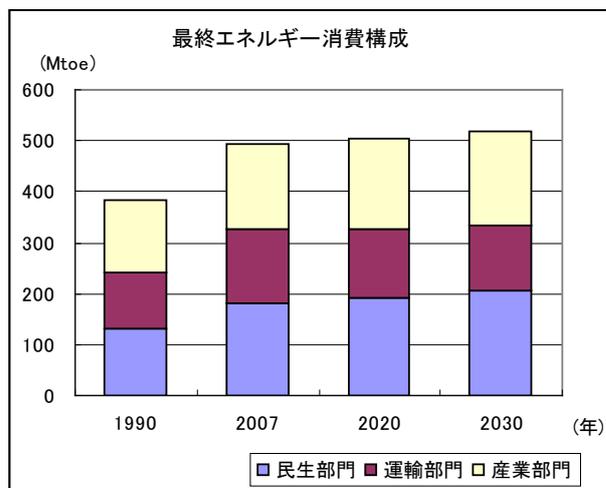


EU のエネルギー消費は、今後は、それほど増加しないと考えられている。

(5) OECD パシフィック(OECD 太平洋諸国)

Reference Scenario:OECD Pacific

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	631	877	908	943
石炭	137	227	225	217
石油	335	367	303	288
ガス	66	143	173	185
原子力	66	106	155	184
水力	11	10	12	12
バイオマス	10	16	26	34
再生エネルギー	5	6	14	23
発電	241	400	447	485
石炭	60	155	160	156
石油	56	39	13	12
ガス	40	79	86	89
原子力	66	106	155	184
水力	11	10	12	12
バイオマス	3	6	10	13
再生エネルギー	3	5	11	18
最終消費合計	431	589	590	590
石炭	49	43	38	37
石油	261	310	278	263
ガス	26	65	74	80
電力	86	142	162	177
熱	0	5	6	7
バイオマス	7	10	16	21
再生エネルギー	2	1	3	5
産業部門	144	170	177	183
石炭	39	41	36	35
石油	51	41	35	32
ガス	10	22	26	27
電力	40	56	64	68
熱	0	3	3	4
バイオマス	5	8	12	17
再生エネルギー	0	0	0	1
運輸部門	110	145	136	127
石油	109	141	130	120
バイオ燃料	0	0	1	1
他燃料	2	3	5	6
民生部門	130	180	191	207
石炭	10	2	2	1
石油	57	48	43	41
ガス	15	41	45	49
電力	44	84	95	106
熱	0	2	3	3
バイオマス	2	2	2	3
再生エネルギー	1	1	3	4
非エネルギー用途	46	82	73	72

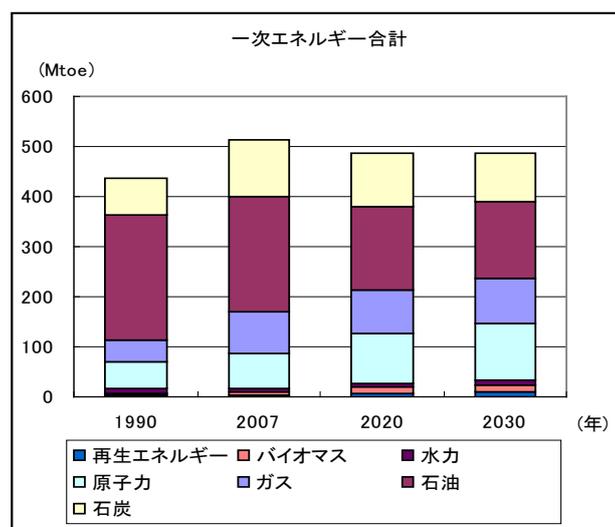
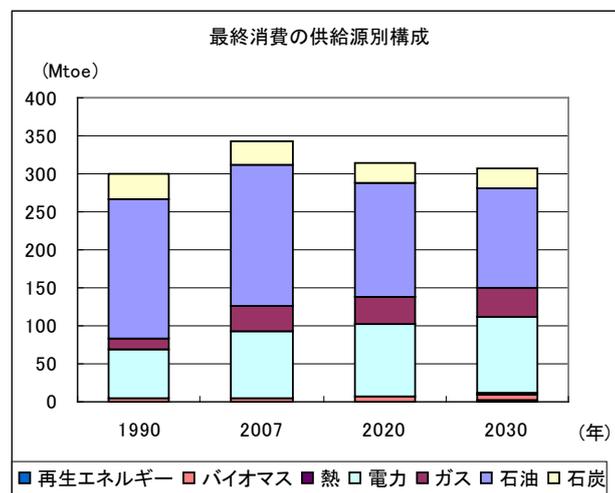
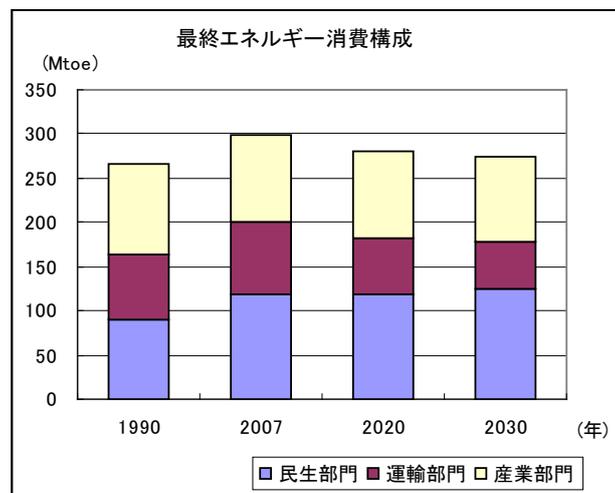


OECD パシフィックは、日本、韓国、オーストラリア、ニュージーランドであり、そのエネルギー消費は、現状に比較してそれほど大きく増加するとは考えられていない。

(6) 日本

Reference Scenario: Japan

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	438	514	485	488
石炭	75	115	105	98
石油	250	230	169	152
ガス	44	83	86	92
原子力	53	69	99	113
水力	8	6	8	8
バイオマス	5	7	11	14
再生エネルギー	3	4	8	11
発電	174	232	244	262
石炭	25	64	62	57
石油	51	31	9	10
ガス	33	54	54	58
原子力	53	69	99	113
水力	8	6	8	8
バイオマス	2	5	6	7
再生エネルギー	1	3	6	9
最終消費合計	300	342	314	307
石炭	33	31	27	26
石油	184	187	150	133
ガス	15	34	35	37
電力	64	87	94	101
熱	0	1	1	1
バイオマス	3	3	6	8
再生エネルギー	1	1	1	2
産業部門	103	99	97	97
石炭	31	30	26	25
石油	37	30	24	21
ガス	4	8	10	11
電力	29	29	32	32
熱	0	0	0	0
バイオマス	3	3	5	7
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	72	82	65	53
石油	70	81	62	50
バイオ燃料	0	0	0	0
他燃料	1	2	2	2
民生部門	91	118	118	125
石炭	1	1	1	1
石油	43	35	30	30
ガス	11	25	24	25
電力	34	56	60	66
熱	0	1	1	1
バイオマス	0	0	0	0
再生エネルギー	1	1	1	2
非エネルギー用途	35	42	34	33

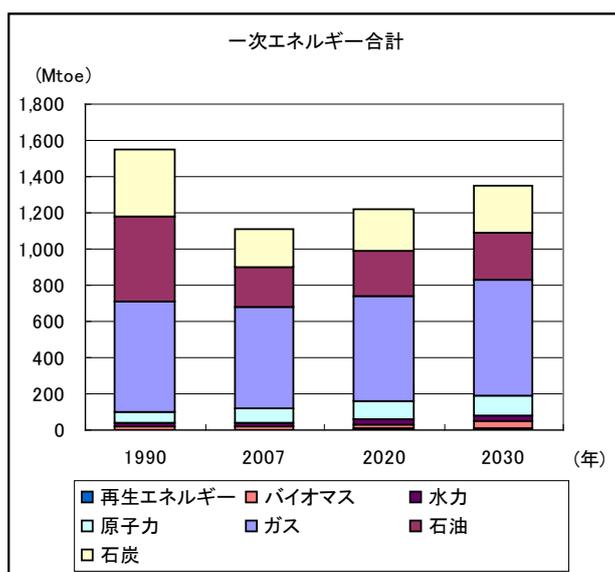
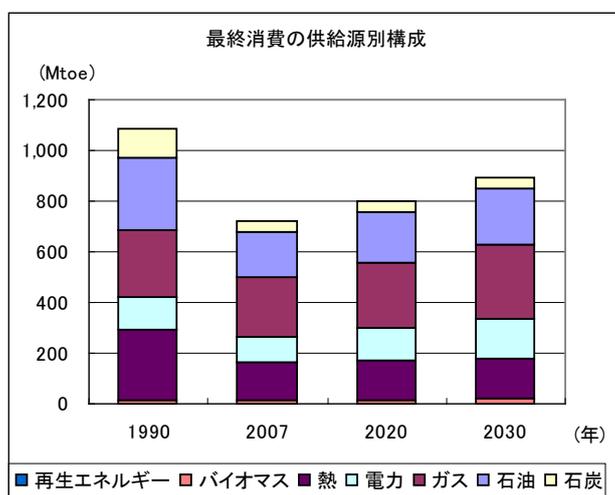
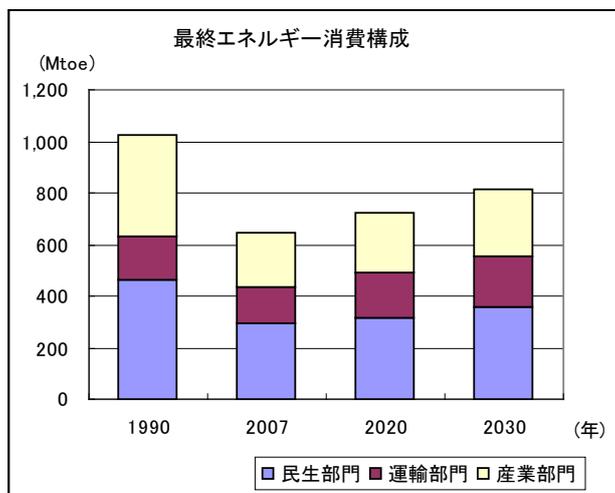


日本のエネルギー消費は、2020—2030年にわたって減少すると予測されている。

(7) 東ヨーロッパ

Reference Scenario:EasternEurope/Eurasia

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	1,546	1,114	1,217	1,354
石炭	365	210	223	261
石油	475	228	249	260
ガス	604	555	579	642
原子力	61	77	101	108
水力	23	25	30	34
バイオマス	18	18	27	35
再生エネルギー	0	1	7	14
発電	747	558	602	669
石炭	203	146	158	191
石油	127	22	18	13
ガス	329	283	277	294
原子力	61	77	101	108
水力	23	25	30	34
バイオマス	4	5	10	15
再生エネルギー	0	0	7	13
最終消費合計	1,086	719	798	895
石炭	115	41	41	43
石油	283	175	198	220
ガス	267	236	262	297
電力	128	102	128	155
熱	279	152	153	160
バイオマス	13	13	16	19
再生エネルギー	0	0	0	1
産業部門	392	217	235	263
石炭	58	31	30	32
石油	53	22	24	27
ガス	80	55	63	72
電力	76	49	61	73
熱	126	58	55	56
バイオマス	0	2	2	3
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	169	140	172	197
石油	123	90	114	134
バイオ燃料	0	0	2	2
他燃料	46	49	56	61
民生部門	461	292	318	356
石炭	57	8	8	9
石油	69	29	25	23
ガス	129	105	119	138
電力	40	44	54	68
熱	153	94	98	104
バイオマス	13	11	12	14
再生エネルギー	0	0	0	1
非エネルギー用途	63	70	74	79

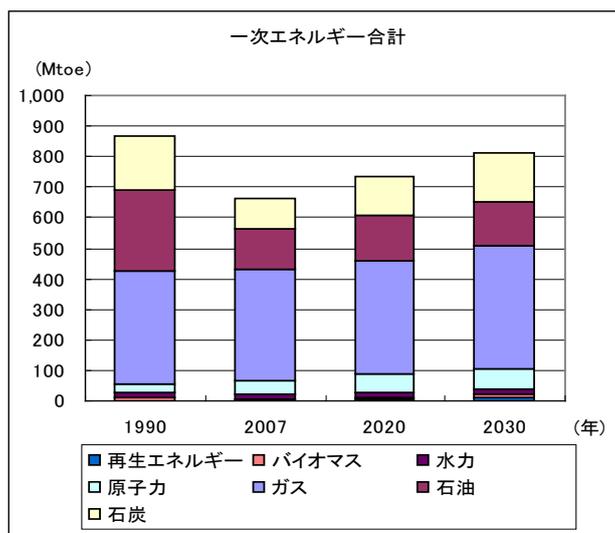
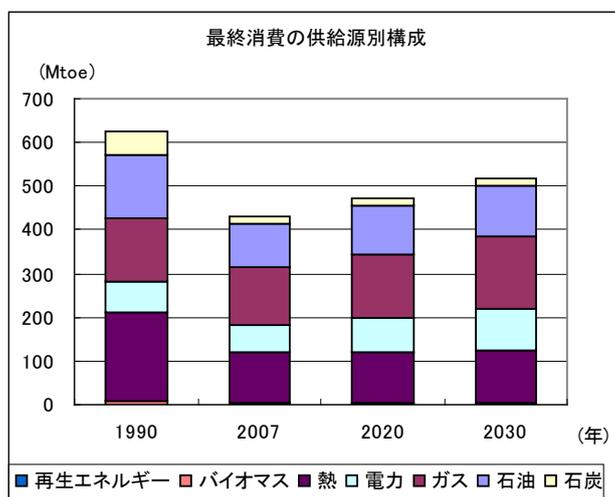
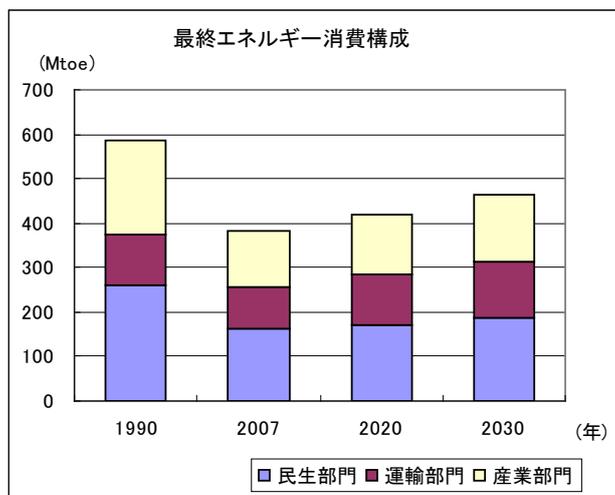


東ヨーロッパのエネルギー消費は冷戦の終焉により減少したが、少しずつ増加し始めている

(8) ロシア

Reference Scenario:Russia

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	871	665	735	812
石炭	182	102	128	159
石油	264	132	146	146
ガス	367	366	371	403
原子力	31	42	59	65
水力	14	15	17	17
バイオマス	12	7	8	12
再生エネルギー	0	0	5	9
発電	444	365	403	446
石炭	105	76	102	132
石油	62	14	14	11
ガス	228	214	202	204
原子力	31	42	59	65
水力	14	15	17	17
バイオマス	4	4	5	7
再生エネルギー	0	0	5	9
最終消費合計	625	430	472	519
石炭	55	18	17	17
石油	145	100	111	118
ガス	143	131	146	166
電力	71	60	76	92
熱	203	119	118	122
バイオマス	8	3	3	4
再生エネルギー	0	0	0	0
産業部門	210	128	137	151
石炭	16	13	12	12
石油	25	13	13	13
ガス	30	27	31	37
電力	41	30	39	45
熱	98	45	42	42
バイオマス	0	0	0	1
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	116	93	111	124
石油	73	50	63	72
バイオ燃料	0	0	0	1
他燃料	43	42	48	52
民生部門	259	162	172	188
石炭	39	4	4	4
石油	28	14	11	8
ガス	57	45	50	59
電力	21	22	28	34
熱	105	74	76	80
バイオマス	8	2	3	3
再生エネルギー	0	0	0	0
非エネルギー用途	40	47	52	55

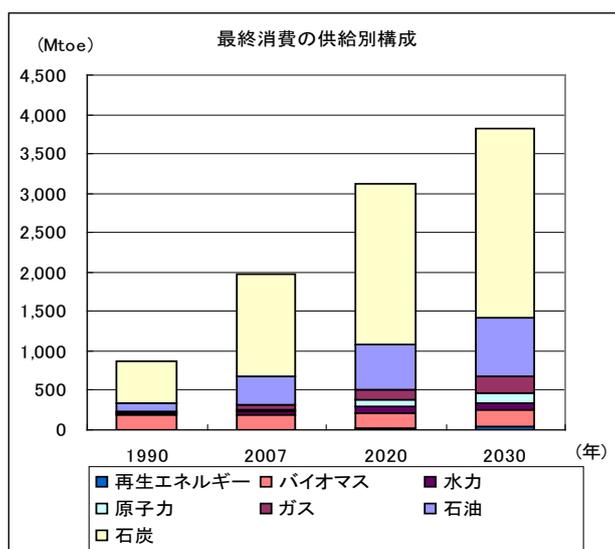
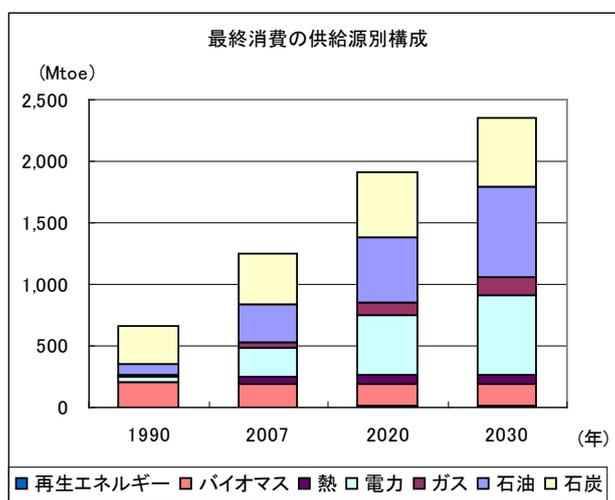
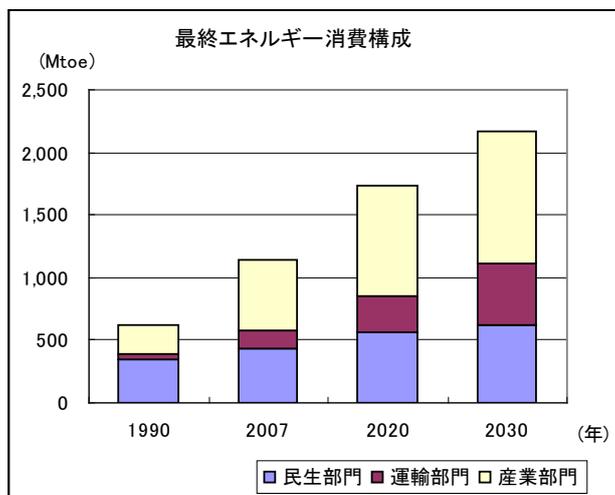


1990年からのロシアのエネルギー消費の急速な変化は、ソ連の崩壊によるもので、その後は増加している

(9) 中国

Reference Scenario:China

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	872	1,970	3,116	3,827
石炭	534	1,293	2,040	2,397
石油	114	358	557	758
ガス	13	61	147	202
原子力	0	16	84	127
水力	11	42	73	90
バイオマス	200	195	187	205
再生エネルギー	0	5	28	47
発電	181	836	1,509	1,908
石炭	153	755	1,283	1,571
石油	16	11	12	10
ガス	1	10	32	46
原子力	0	16	84	127
水力	11	42	73	90
バイオマス	0	1	6	35
再生エネルギー	0	1	18	29
最終消費合計	668	1,256	1,910	2,353
石炭	315	412	533	557
石油	86	315	524	736
ガス	10	46	106	147
電力	43	234	485	646
熱	13	52	72	79
バイオマス	200	193	181	170
再生エネルギー	0	4	10	18
産業部門	242	575	885	1,053
石炭	177	319	412	436
石油	21	41	48	51
ガス	3	19	37	50
電力	30	161	336	440
熱	11	35	48	54
バイオマス	0	0	4	22
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	38	140	295	487
石油	28	134	277	458
バイオ燃料	0	1	7	13
他燃料	10	6	11	16
民生部門	345	433	560	622
石炭	109	64	71	64
石油	18	67	102	121
ガス	2	18	42	65
電力	13	70	141	194
熱	2	16	24	25
バイオマス	200	192	169	134
再生エネルギー	0	4	10	18
非エネルギー用途	43	108	170	192

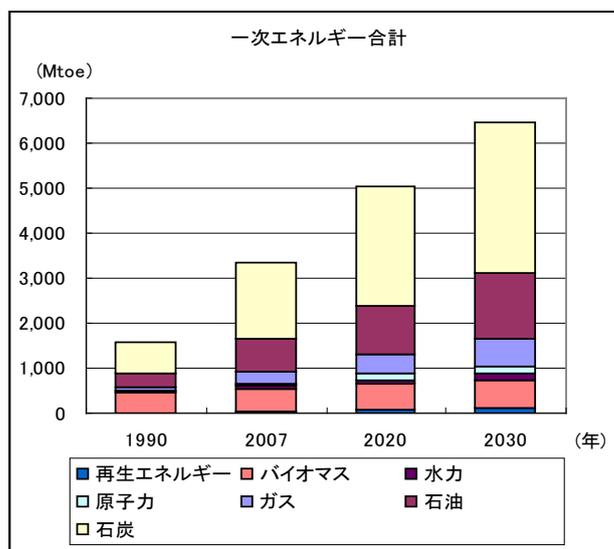
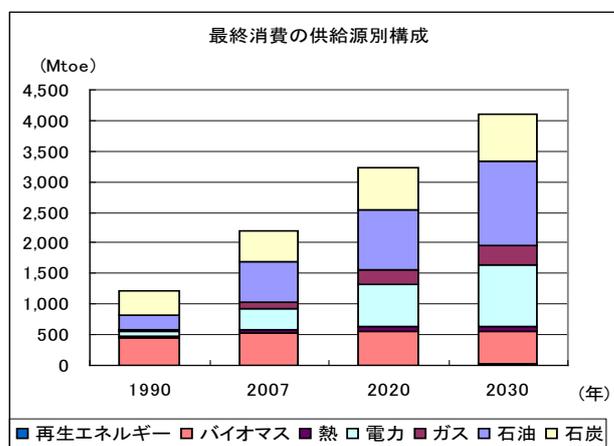
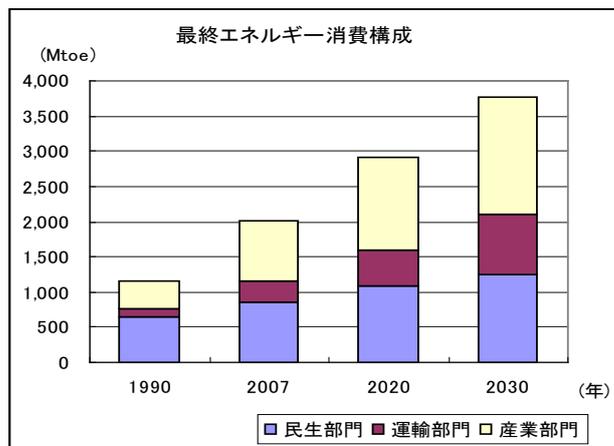


中国の一次エネルギー消費は、2030年には2007年の2倍になりさらに増加しそうである。

(10) 非 OECD アジア

Reference Scenario: Non-OECD Asia

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	1,591	3,346	5,048	6,456
石炭	697	1,677	2,646	3,324
石油	311	758	1,082	1,476
ガス	71	261	451	616
原子力	10	32	120	173
水力	24	64	108	135
バイオマス	472	532	576	625
再生エネルギー	6	21	65	107
発電	330	1,272	2,206	2,974
石炭	229	1,006	1,694	2,231
石油	45	50	38	32
ガス	16	99	170	250
原子力	10	32	120	173
水力	24	64	108	135
バイオマス	0	5	22	69
再生エネルギー	6	17	53	85
最終消費合計	1,220	2,207	3,226	4,111
石炭	390	523	697	786
石油	239	640	966	1,362
ガス	33	119	231	312
電力	85	353	707	1,006
熱	14	52	73	81
バイオマス	459	515	541	542
再生エネルギー	0	5	12	22
産業部門	393	857	1,319	1,651
石炭	234	414	558	643
石油	52	89	106	116
ガス	10	57	102	137
電力	51	215	444	612
熱	11	35	48	54
バイオマス	36	47	61	89
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	113	288	525	870
石油	100	277	492	816
バイオ燃料	0	1	15	28
他燃料	13	10	18	27
民生部門	639	859	1,076	1,238
石炭	124	79	89	85
石油	50	127	173	207
ガス	5	29	59	93
電力	34	135	253	379
熱	3	17	25	26
バイオマス	423	467	464	426
再生エネルギー	0	5	11	22
非エネルギー用途	75	203	306	353

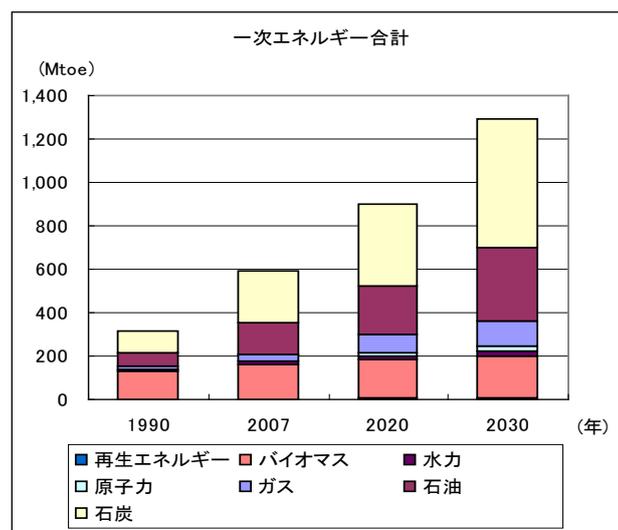
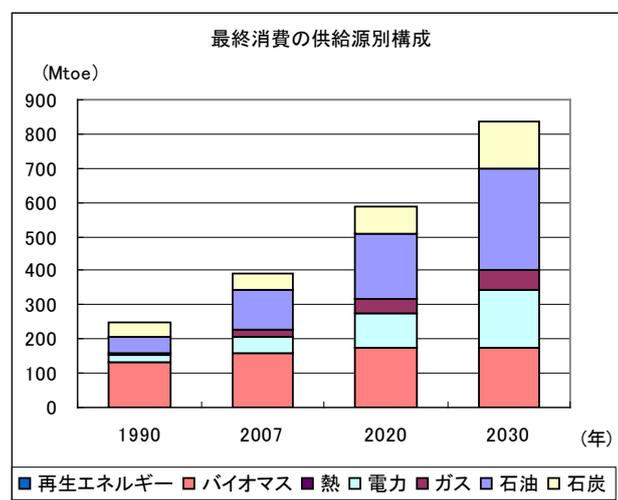
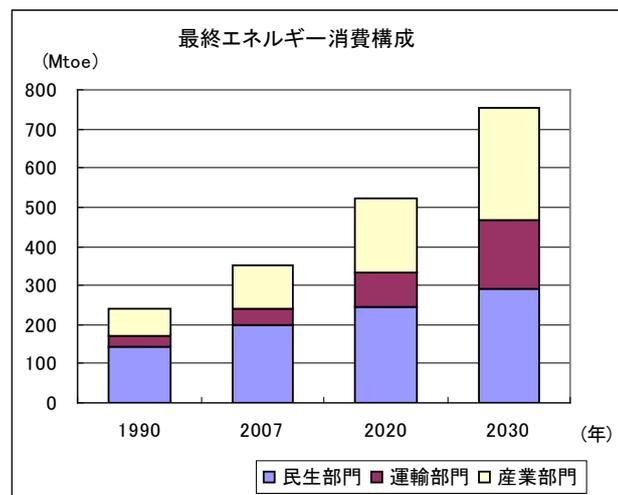


中国とインドを含むアジアのエネルギー消費は増大し、2030年には60億TOEになり、それ以降も続きそうである。

(11) インド

Reference Scenario:India

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	318	595	901	1,287
石炭	106	242	378	586
石油	61	141	223	341
ガス	10	33	80	113
原子力	2	4	19	28
水力	6	11	16	22
バイオマス	133	162	178	189
再生エネルギー	0	1	6	10
発電	73	217	358	554
石炭	58	177	269	419
石油	4	9	9	8
ガス	3	13	35	55
原子力	2	4	19	28
水力	6	11	16	22
バイオマス	0	1	5	15
再生エネルギー	0	1	5	8
最終消費合計	251	391	589	833
石炭	42	47	83	134
石油	52	119	190	300
ガス	6	18	42	54
電力	18	47	100	169
熱	0	0	0	0
バイオマス	133	161	173	175
再生エネルギー	0	0	1	2
産業部門	70	113	192	287
石炭	29	36	72	121
石油	10	21	28	32
ガス	0	7	15	20
電力	9	21	49	83
熱	0	0	0	0
バイオマス	23	28	28	30
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	27	41	85	175
石油	24	38	78	161
バイオ燃料	0	0	4	8
他燃料	3	2	4	7
民生部門	143	198	246	290
石炭	11	10	12	13
石油	12	30	39	49
ガス	0	1	3	6
電力	9	25	50	83
熱	0	0	0	0
バイオマス	111	133	141	137
再生エネルギー	0	0	1	2
非エネルギー用途	12	39	67	82

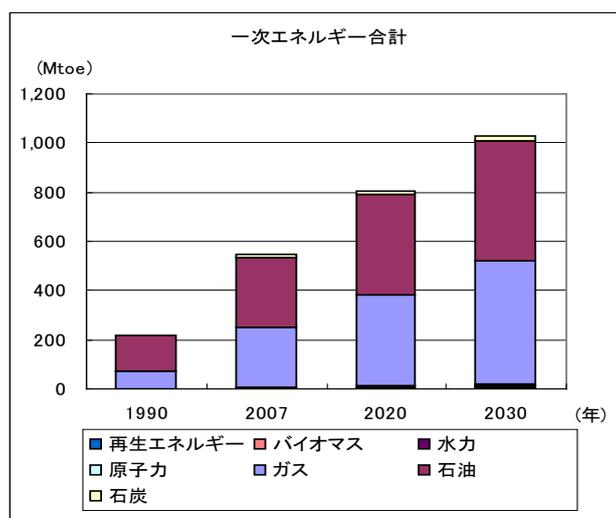
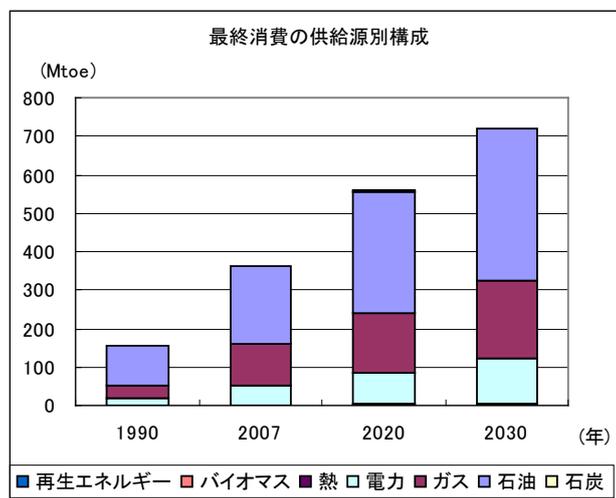
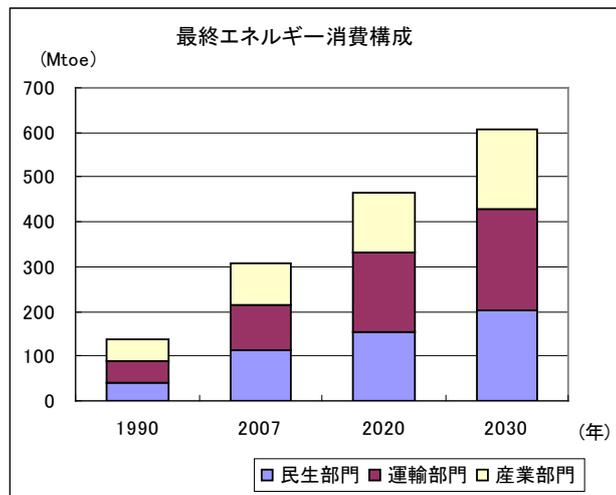


インドも中国と同様に増加しているが、バイオマスの割合が一定程度あることがわかる。

(12) 中東

Reference Scenario: Middle East

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	220	546	804	1,030
石炭	3	10	14	23
石油	141	288	408	486
ガス	73	244	371	500
原子力	0	0	2	3
水力	1	2	3	4
バイオマス	1	1	3	5
再生エネルギー	0	1	3	9
発電	63	178	241	332
石炭	2	9	12	21
石油	29	65	67	65
ガス	32	102	154	231
原子力	0	0	2	3
水力	1	2	3	4
バイオマス	0	0	2	3
再生エネルギー	0	0	1	6
最終消費合計	157	363	557	720
石炭	0	1	1	2
石油	107	201	318	393
ガス	32	109	154	202
電力	17	49	81	119
熱	0	0	0	0
バイオマス	1	1	2	2
再生エネルギー	0	1	2	3
産業部門	45	90	133	177
石炭	0	1	1	2
石油	22	37	50	60
ガス	20	42	66	90
電力	3	9	16	25
熱	0	0	0	0
バイオマス	0	0	0	0
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	50	104	179	228
石油	50	103	177	225
バイオ燃料	0	0	0	1
他燃料	0	1	1	2
民生部門	41	112	153	202
石炭	0	0	0	0
石油	23	31	35	40
ガス	3	39	50	65
電力	14	40	65	94
熱	0	0	0	0
バイオマス	1	1	1	1
再生エネルギー	0	1	2	3
非エネルギー用途	21	57	93	113

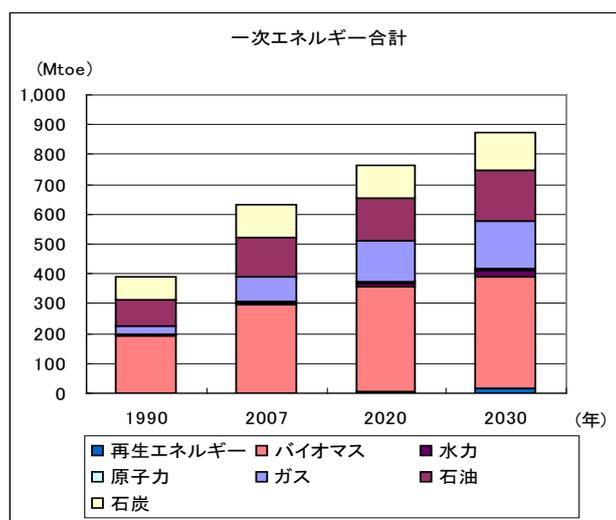
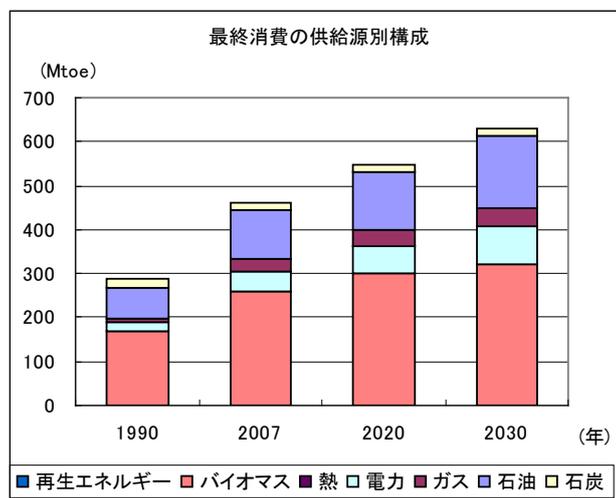
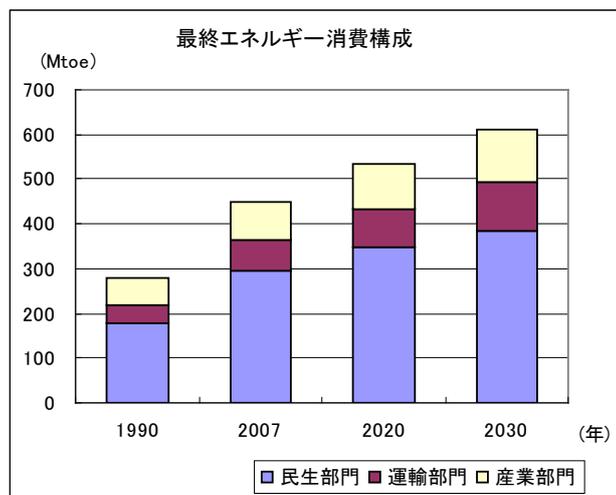


中東地域の一次エネルギー消費は 2030 年には現状の 2 倍以上になり、石油とガスが同等の割合でこれを供給する

(13) アフリカ

Reference Scenario: Africa

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	388	630	763	873
石炭	74	106	110	127
石油	87	132	142	171
ガス	30	85	137	156
原子力	2	3	5	7
水力	5	8	14	21
バイオマス	190	295	349	376
再生エネルギー	0	1	6	16
発電	69	131	183	230
石炭	39	62	69	87
石油	11	18	13	8
ガス	11	38	69	77
原子力	2	3	5	7
水力	5	8	14	21
バイオマス	0	1	9	15
再生エネルギー	0	1	5	15
最終消費合計	289	463	547	628
石炭	19	17	16	16
石油	70	112	130	163
ガス	9	29	36	43
電力	21	43	64	87
熱	0	0	0	0
バイオマス	169	261	300	319
再生エネルギー	0	0	0	1
産業部門	61	85	101	118
石炭	13	9	9	10
石油	14	14	17	19
ガス	5	15	20	23
電力	12	20	26	34
熱	0	0	0	0
バイオマス	16	26	29	33
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	37	68	83	111
石油	36	66	79	106
バイオ燃料	0	0	1	1
他燃料	1	2	3	3
民生部門	180	296	349	384
石炭	3	6	6	5
石油	15	25	27	31
ガス	1	6	7	9
電力	9	23	37	53
熱	0	0	0	0
バイオマス	152	236	271	285
再生エネルギー	0	0	0	1
非エネルギー用途	11	14	15	16

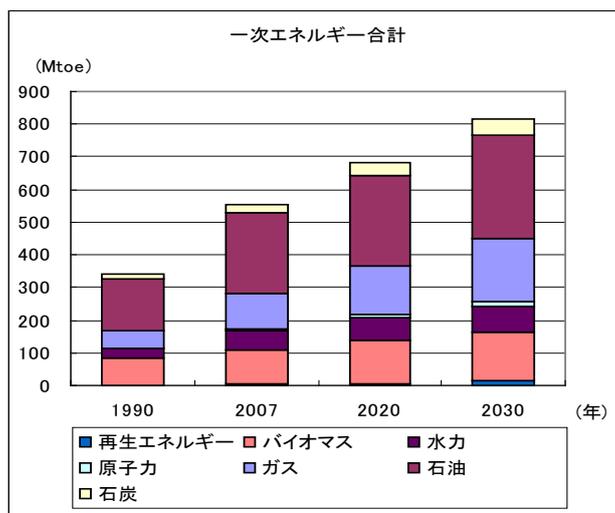
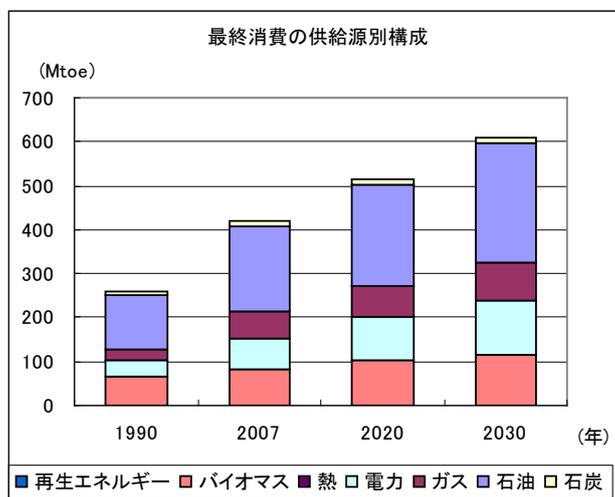
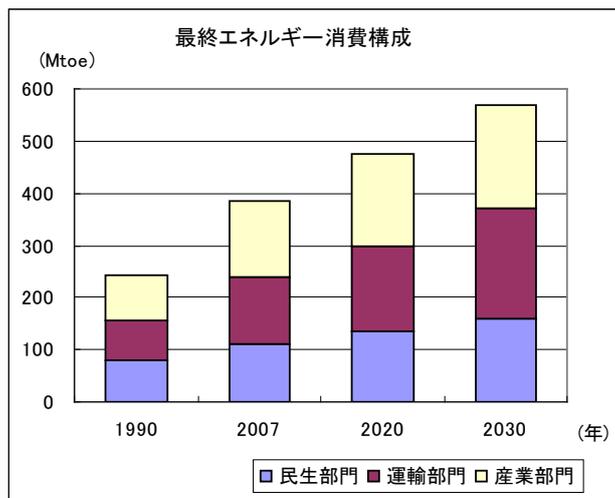


アフリカのエネルギー消費も増加するが、2030年でも約半分がバイオマスの割合である

(14) 中南米

Reference Scenario: Latin America

	1990	2007	2020	2030
一次エネルギー合計	342	552	683	816
石炭	17	23	38	49
石油	156	247	279	316
ガス	53	108	147	194
原子力	2	5	11	13
水力	31	58	70	81
バイオマス	82	108	131	147
再生エネルギー	1	3	7	16
発電	69	138	194	246
石炭	5	8	23	33
石油	14	30	23	16
ガス	14	28	51	75
原子力	2	5	11	13
水力	31	58	70	81
バイオマス	2	7	10	13
再生エネルギー	1	3	6	14
最終消費合計	259	420	513	610
石炭	7	11	11	12
石油	126	195	229	274
ガス	25	61	73	85
電力	35	69	97	124
熱	0	0	0	0
バイオマス	67	84	102	113
再生エネルギー	0	0	1	2
産業部門	88	145	175	200
石炭	7	10	11	12
石油	20	29	33	36
ガス	15	31	36	41
電力	17	32	45	58
熱	0	0	0	0
バイオマス	29	43	50	54
再生エネルギー	0	0	0	0
運輸部門	74	130	164	212
石油	68	115	138	176
バイオ燃料	6	9	18	26
他燃料	0	6	8	11
民生部門	81	111	136	158
石炭	0	0	0	0
石油	25	29	33	35
ガス	6	13	17	21
電力	17	37	52	66
熱	0	0	0	0
バイオマス	32	32	34	34
再生エネルギー	0	0	1	2
非エネルギー用途	17	35	38	39



中南米の一次エネルギー消費は2030年には現状の60%増加になり、石油の割合が半分を占めるがバイオマスも一定の割合を供給する。

3.5 地域ごとの資源エネルギーバランステーブルの作成

資源エネルギーバランステーブルの作成方法を述べ、地域別の表を作成する。

1) 地域は以下のように9つに分ける。

日本、アジア(日本を除く)、北米、中南米、西ヨーロッパ、東ヨーロッパ、
アフリカ、中東、オセアニア

2) 資源エネルギーバランステーブルの作成

資源エネルギーバランステーブルはエネルギー消費と各種資源の消費関係を示すものである。ここでは以下の資源消費量を取り上げて検討した。

(1) 人口、粗鋼生産、セメント生産

人口については、2010-2030年の予測数値が発表されている。

地域・国別	エネバ ラ (IEA)	人口(1000人)			粗鋼生産(1000ト ン)			セメント生産(1万トン)		
		2010	2030	2050	1990	2000	2007	1990	2000	2006
アジア計		3,850,256	4,514,596	4,775,003	227,201	329,205	752,078	44,963	94,183	166,544
日本	有	127,176	115,224	95,152	110,339	106,444	120,203	8,440	8,110	6,994
中国	有	1,354,146	1,462,468	1,417,045	66,349	127,236	489,899	21,000	59,700	120,411
インド	有	1,214,464	1,484,598	1,613,800	12,963	26,924	53,080	4,900	9,500	16,000
北米計	有	462,176	536,534	577,310	110,741	134,029	131,247	10,690	13,535	15,469
アメリカ	有	317,641	369,981	403,932	89,726	101,803	98,102	7,140	8,951	9,971
カナダ	有	33,890	40,096	44,414	12,281	16,595	15,572	1,170	1,261	1,436
メキシコ	有	110,645	126,457	128,964	8,734	15,631	17,573	2,380	3,323	4,062
中南米計	有	478,131	563,529	600,339	27,436	36,174	44,174	1,509	2,447	2,997
西ヨーロッパ計		597,064	621,027	616,210	179,885	194,793	219,803	21,171	22,916	26,414
(OECDヨーロッパ)	有	589,567	614,558	610,818	179,885	194,793	219,803	21,171	22,916	26,414
ドイツ	有	82,057	77,854	70,504	38,434	46,376	48,550	3,770	3,541	3,352
フランス	有	62,637	66,474	67,668	19,016	20,954	19,250	2,640	2,014	2,227
イギリス	有	61,899	67,956	72,365	17,841	15,155	14,317	1,470	1,270	1,212
東ヨーロッパ計	有	270,956	263,839	248,204	124,224	100,344	126,260	-	3,771	6,843
ロシア	有	140,367	128,864	116,097	67,029	59,136	72,387	-	3,240	5,470
アフリカ	有	1,033,043	1,524,187	1,998,466	10,866	11,319	15,322	3,245	4,851	6,800
中東	有	181,224	240,612	283,116	3,215	9,581	14,695	2,826	4,809	6,985
オセアニア	有	35,838	44,572	51,338	6,676	7,129	7,939	707	750	900
上記合計		6,908,688	8,308,896	9,149,986	690,244	822,574	1,311,518	85,111	147,262	232,952
世界合計	有	6,908,688	8,308,895	9,149,984	770,458	847,670	1,351,289	116,000	166,000	256,000

これらを、IEA のエネルギーバランス表と対照して、それぞれの資源の生産に関与するエネルギーのセルを計算してまとめると以下ようになる。

(2) 自動車保有台数、鉄鋼生産、セメント生産、紙生産と原単位

2007各種資源	自動車(1000台)	粗鋼生産(1000t)	セメント生産(1万t)	紙(1000t)
地域	2007	2007	2006	2007
日本	75,715	120,203	6,994	31,266
アジア	116,223	752,078	166,544	145,939
北米	295,668	131,247	15,469	105,611
中南米	52,535	44,174	2,997	13,087
西ヨーロッパ	240,449	219,803	26,414	104,208
東ヨーロッパ	88,073	126,260	6,843	8,504
アフリカ	18,761	15,322	6,800	3,663
中東	32,485	14,695	6,985	1,432
オセアニア	17,037	7,939	900	842
世界合計	936,946	1,351,289	256,000	394,260

資源生産の原単位(OECDの生産量とOECDのエネバラから作成)

2007年	1000トン	単位:石油換算100万トン					データ:OECD合計
OECDエネバラ	生産量	石炭	石油	ガス	再生可能	電力	エネルギー合計
鉄鋼	479,192	95.37	5.33	27.87	0	32.57	161.14
紙	241,927	7.45	9.48	23.98	46.18	32.9	119.99
セメント	497,770	22.93	19.49	28.68	2.58	15.56	89.24

原単位	100万トンあたり	石炭	石油	ガス	再生可能	電力	エネルギー合計
鉄鋼	1,000	0.19902	0.011	0.05816	0	0.067969	0.33627
紙	1,000	0.03079	0.039	0.09912	0.190884	0.135991	0.49598
セメント	1,000	0.04607	0.039	0.05762	0.005183	0.031259	0.17928

資源の消費量は、人口あるいはGDPの大きさによって変化する。このとき資源量が要求するエネルギー消費量を計算するのに、上記の原単位を用いることができる。

(2) 木材、穀類

2007各種資源	木材用材(1000m3)	薪炭材(1000m3)	穀類(1000t)
地域	2007	2007	2007
日本	17,650	101	12,029
アジア	226,980	782,003	1,129,015
北米	592,614	92,202	501,645
中南米	176,608	240,598	134,658
西ヨーロッパ	368,065	87,054	201,587
東ヨーロッパ	221,234	70,195	193,886
アフリカ	68,974	603,089	146,475
中東	1,760	1,531	63,643
オセアニア	50,752	11,041	23,132
世界合計	1,705,227	1,886,182	2,408,077

(3) 人間と動物の CO₂ 排出

人工衛星などの閉鎖空間における計測データによると、体重 70kg の人間が 1 日に酸素 0.862 kg を吸入し、炭酸ガス 1.056kg を放出する。なお、さらに飲料水 2.51kg、食物中から水分 1.01kg とり入れ、尿 1.61kg、呼吸と汗中の水分 2.13kg、糞（乾量）0.09kg を放出する。（栗原康、「有限の生態学」岩波新書、1975）

人間は平均して一人一日に 1.056kg の CO₂ を排出しているとして計算する。

2007年 地域・国別	家畜			
	牛(千頭)	羊(千頭)	豚(千頭)	鶏(百万羽)
アジア計	378,467	522,269	273,138	7,840
日本	4,398	9,759	10	289
中国	82,067	425,673	146,018	4,512
インド	176,594	14,000	64,269	560
北米計	143,108	92,267	14,544	2,712
アメリカ	97,003	61,860	6,165	2,050
カナダ	14,155	14,907	879	165
メキシコ	31,950	15,500	7,500	497
中南米計	360,020	61,966	75,354	2,232
西ヨーロッパ計	87,696	154,179	102,874	1,161
(OECDヨーロッパ)	87,696	154,179	102,874	1,161
ドイツ	12,687	27,125	2,538	115
フランス	19,359	14,736	8,499	175
イギリス	10,304	4,834	33,946	158
東ヨーロッパ計	39,458	43,504	32,455	699
ロシア	21,515	15,919	17,508	358
アフリカ	259,185	24,874	279,628	1,355
中東	13,144	221	103,555	829
オセアニア	38,270	5,034	124,184	126
世界合計	1,357,184	918,278	1,086,882	17,863

家畜のCO₂排出原単位 1995年のデータ

種類	頭数(億頭)	CO ₂ (億)	CO ₂ (トン/頭)
牛	13.2	18.6	1.4091
豚	9.5	3.27	0.3442
鶏	134	4.15	0.0310
羊	10.6	2.75	0.2594

家畜の CO₂ 排出については、1995 年のデータでは、地球上には、牛 13.2 億頭、豚 9.5 億頭、鶏 134 億羽、羊 10.6 億頭がいる。各々の平均体重を 450、60、2、40kg と仮定し、基礎代謝量が体重の 0.7 乗に比例するとして炭酸ガス放出量を計算すると、牛から 18.6 億トン、豚から 3.27 億トン、鶏から 4.15 億トン、羊から 2.75 億トンとなり、それぞれ 1 頭 (羽) あたりの単位は、牛 1.4091kgCO₂、豚 0.3442kgCO₂、鶏 0.031kgCO₂、羊 0.2594kgCO₂ となる。この数値を利用して、家畜の排出する CO₂ を計算する。

3) グローバル資源エネルギーテーブルの作成方法

以下の T、E、R は、縦×横のマトリックスであり、E、R よりグローバル資源エネルギーテーブル (T) の一行ずつの各セルを計算する。

T(項目、資源)=グローバル資源エネルギーテーブル を示す

E(地域、資源)=各地域ごとのエネルギー消費テーブル を示す

R(地域、資源)=各地域ごとの各種資源の消費量 を示す

CO₂ 排出係数は以下のとおり

石炭=CO₂_Coal = 3.79 ton/ton 石油換算

石油=CO₂_Oil = 2.86 ton/ton 石油換算

天然ガス=CO₂_NGas = 2.06 ton/ton 石油換算

'LINE=1 一次利用 採取・輸入

T(一次利用・採取, 石油) = E(地域, 石油) '石油

T(一次利用・採取, 石炭) = E(地域, 石炭) '石炭

T(一次利用・採取, ガス) = E(地域, ガス) 'ガス

T(一次利用・採取, 電力) = E(地域, 水力) + E(地域, 原子力) + E(地域, 再生可能) + E(地域, 他)
'水力+原子力ほか

T(一次利用・採取, 森林) = (R(地域, 紙) + R(地域, 用材) + R(地域, 薪炭)) * 0.5 / 1000
'森林資源=紙+用材+薪炭

T(一次利用・採取, 穀物) = R(地域, 7) / 1000 '穀物

'LINE=2 一次利用 リサイクル

T(一次利用・リサイクル, 鉄鋼生産量) = R(地域, 鉄鋼生産) * 0.3 / 1000
'鉄鋼 30%がリサイクル、1000ton =>100 万トン

T(一次利用・リサイクル, 紙) = R(地域, 紙) * 0.6 / 1000
'紙のリサイクル 日本の場合 60%, 1000ton =>100 万トン

T(一次利用・リサイクル, 紙) = R(地域, 紙,) * 0.4 / 1000

'紙のリサイクル 日本以外の場合 40%、1000ton =>100 万トン

'Line=3 発電

T(発電, 石油) = -E(地域, 発電用石油) '石油

T(発電, 石炭) = -E(地域, 発電用石炭) '石炭

T(発電, ガス) = -E(地域, 発電用ガス) 'ガス

T(発電, 電力) = E(地域, 発電) + E(地域, 他発電) '発生した電力

T(発電, 発熱) = Abs(T(発電, 石油) + T(発電, 石炭) + T(発電, ガス))

'石油+石炭+ガスの発熱合計

T(発電, CO₂) = Abs(T(発電, 石炭) * CO₂_Coal '発電用石炭からの CO₂(100 万トン)

T(発電, CO₂) = T(発電, CO₂) + Abs(T(発電, 石油)) * CO₂_Oil

'発電用石油からの CO₂(100 万トン)

T(発電, CO₂) = T(発電, CO₂) + Abs(T(発電, ガス)) * CO₂_NGas

'発電用ガスからの CO₂(100 万トン)

T(発電, 酸素) = -T(発電, CO₂) * 32 / 44 '発電用 CO₂のための酸素(100 万トン)

T(発電, その他) = -E(地域, 水力,) - E(地域, 原子力) - E(地域, 再生可能) - E(地域, 他)

'水力+原子力+再生可能ほか

'LINE=4 精製

T(精製, 薪炭) = E(地域, 薪炭) 'まき利用 薪炭

T(精製, 薪炭) = -E(地域, 薪炭) / 0.5 * (89 / 40) 'まき利用

薪炭(m³)(石油換算トンから換算, 比重 0.5、熱量 4000kcal/8900kcal)

'LINE=5 鉄鋼生産

T(鉄鋼生産, 鉄鋼生産量) = R(地域, 鉄鋼生産) '鉄鋼生産 1000ton =>100 万トン

T(鉄鋼生産, 石油) = -T(鉄鋼生産, 鉄鋼生産量) * 0.011

'鉄鋼用石油量 0.0111 トン石炭(石油換算) /鉄鋼 1 トン

T(鉄鋼生産, ガス) = -T(鉄鋼生産, 鉄鋼生産量) * 0.0582

'鉄鋼用ガス量 0.0582 トン石炭(石油換算) /鉄鋼 1 トン

T(鉄鋼生産, 石炭) = -T(鉄鋼生産, 鉄鋼生産量) * 0.199

'鉄鋼用石炭量 0.1999 トン石炭(石油換算) /鉄鋼 1 トン

T(鉄鋼生産, 発熱) = -T(鉄鋼生産, 石油) - T(鉄鋼生産, 石炭) - T(鉄鋼生産, ガス)

'発熱合計

T(鉄鋼生産, CO₂) = -T(鉄鋼生産, 石油) * CO₂_Oil - T(鉄鋼生産, 石炭) * CO₂_Coal - T(鉄鋼生産, ガス) * CO₂_Gas '鉄鋼用石炭からの CO₂(100 万トン)

T(鉄鋼生産, 酸素) = -Abs(T(鉄鋼生産, CO₂)) * 32 / 44 "鉄鋼用のための酸素消費 O₂(100 万トン)

'Line=6 紙生産

$T(\text{紙生産, 紙}) = R(\text{地域, 紙生産}) / 1000$ '紙生産
 $T(\text{紙生産, 石油}) = -T(\text{紙生産, 石油}) * 0.0392$
 '紙生産用石油量 0.0392 トン石油(石油換算) /紙 1 トン
 $T(\text{紙生産, ガス}) = -T(\text{紙生産, }) * 0.0991$
 '紙生産用ガス量 0.0991 トンガス(石油換算) /紙 1 トン
 $T(\text{紙生産, 石炭}) = -T(\text{紙生産, 紙}) * 0.031$
 '紙生産用石炭の熱量 0.031 トン石炭(石油換算) /紙 1 トン
 $T(\text{紙生産, 発熱}) = -T(\text{紙生産, 石油}) - T(\text{紙生産, 石炭}) - T(\text{紙生産, ガス})$ '発熱合計
 $T(\text{紙生産, CO}_2) = -T(\text{紙生産, 石油}) * \text{CO}_2\text{Oil} - T(\text{紙生産, 石炭}) * \text{CO}_2\text{Coal} - T(\text{紙生産, ガス}) * \text{CO}_2\text{Gas}$ '製紙用石炭からの CO₂(100 万トン)
 $T(\text{紙生産, 酸素}) = -\text{Abs}(T(\text{紙生産, CO}_2)) * 32 / 44$ '製紙のための酸素消費 O₂(100 万トン)

'Line=7 セメント

$T(\text{セメント生産, セメント生産量}) = R(\text{地域, セメント生産}) / 100$ 'セメント生産
 $T(\text{セメント生産, 石油}) = -T(\text{セメント生産, セメント生産量}) * 0.0391$
 'セメント生産用石油量 0.0391 トン石油(石油換算) /セメント 1 トン
 $T(\text{セメント生産, ガス}) = -T(\text{セメント生産, セメント生産量}) * 0.0576$
 'セメント生産用ガス量 0.0576 トンガス(石油換算) /セメント 1 トン
 $T(\text{セメント生産, 石炭}) = -T(\text{セメント生産, セメント生産量}) * 0.461$
 'セメント生産用石炭量 0.0461 トン石炭(石油換算) /セメント 1 トン
 $T(\text{セメント生産, 発熱}) = -T(\text{セメント生産, 石油}) - T(\text{セメント生産, 石炭}) - T(\text{セメント生産, ガス})$ '発熱合計
 $T(\text{セメント生産, CO}_2) = -T(\text{セメント生産, 石油}) * \text{CO}_2\text{Oil} - T(\text{セメント生産, 石炭}) * \text{CO}_2\text{Coal} - T(\text{セメント生産, ガス}) * \text{CO}_2\text{Gas}$
 'セメント生産からの CO₂(100 万トン)
 $T(\text{セメント生産, 酸素}) = -\text{Abs}(T(\text{セメント生産, CO}_2)) * 32 / 44$
 'セメントのための酸素消費 O₂(100 万トン)

'Line=8 農業(穀物)

$T(\text{農業, メタン}) = R(\text{地域, 穀物}) * 0.8 / 1000$
 '農業(穀物)からのメタン発生量=穀類の 8%、

'Line=9 人間 人口データから

$T(\text{人間, 穀物}) = R(\text{地域, 穀物}) * 0.6 / 1000$
 '穀物の 60%が人間の食用、1000ton =>100 万トン
 $T(\text{人間, CO}_2) = \text{POP}(\text{地域, 人口}) * 1.056 * 365 / 1000 / 1000$
 '人間からの CO₂=人口(1000 人)*365kg/1000、=>100 万トン
 $T(\text{人間, 酸素}) = -T(\text{人間, CO}_2) * 32 / 44$ '人間の酸素消費 O₂(100 万トン)

'Line=10 家畜

$$T(\text{家畜, 穀物}) = R(\text{地域, 穀物}) * 0.4 / 1000$$

'穀物の40%が家畜の食用、1000ton =>100万トン

$$T(\text{家畜, CO}_2) = 479.5 * \text{POP}(\text{地域,}) / 1000 / 1000$$

'家畜からのCO₂=人口(1000人)*0.4795トン/1000、=>100万トン

$$T(\text{家畜, 酸素}) = -T(\text{一次利用・採取 0, CO}_2 * 32 / 44 \quad \text{'家畜の酸素消費 O}_2(100 \text{万トン})$$

'Line=11 産業

$$T(\text{産業, 石油}) = -E(\text{地域, 産業用石油}) + T(\text{鉄鋼生産, 石油}) + T(\text{紙生産, 石油}) + T(\text{セメント生産, 石油})$$

'石油=産業用石油-鉄鋼用-製紙用-セメント

$$T(\text{産業, 石炭}) = -E(\text{地域, 産業用石炭}) + T(\text{鉄鋼生産, 石炭}) + T(\text{紙生産, 石炭}) + T(\text{セメント生産, 石炭})$$

'石炭=産業用石炭-鉄鋼用-製紙用-セメント用

$$T(\text{産業, ガス}) = -E(\text{地域, 産業用ガス}) + T(\text{鉄鋼生産, ガス}) + T(\text{紙生産, ガス}) + T(\text{セメント生産, ガス})$$

'ガス=産業用ガス-鉄鋼用-製紙用-セメント用 'ガス

$$T(\text{産業, 電力}) = -E(\text{地域, 電力}) \quad \text{'電力}$$

$$T(\text{産業, 発熱}) = \text{Abs}(T(\text{産業, 石油}) + T(\text{産業, 石炭}) + T(\text{産業, ガス}) + T(\text{産業, 9}))$$

'石油+石炭+ガス+電力の発熱合計

$$T(\text{産業, CO}_2) = \text{Abs}(T(\text{産業, 石炭}) * \text{CO}_2_Coal \quad \text{'産業用石炭からの CO}_2(100 \text{万トン})$$

$$T(\text{産業, CO}_2) = T(\text{産業, CO}_2) + \text{Abs}(T(\text{産業, 石油})) * \text{CO}_2_Oil$$

'産業用石油からのCO₂(100万トン)

$$T(\text{産業, CO}_2) = T(\text{産業, CO}_2) + \text{Abs}(T(\text{産業, ガス})) * \text{CO}_2_NGas$$

'産業用ガスからのCO₂(100万トン)

$$T(\text{産業, 酸素}) = -T(\text{産業, CO}_2) * 32 / 44$$

'産業用CO₂のための酸素(100万トン)

'Line=12 民生

$$T(\text{民生, 石油}) = -E(\text{地域, 民生用石油}) \quad \text{'石油}$$

$$T(\text{民生, 石炭}) = -E(\text{地域, 民生用石炭}) \quad \text{'石炭}$$

$$T(\text{民生, ガス}) = -E(\text{地域, 民生用ガス}) \quad \text{'ガス}$$

$$T(\text{民生, 9}) = -E(\text{地域, 民生用電力}) \quad \text{'電力}$$

$$T(\text{民生, 発熱}) = \text{Abs}(T(\text{民生, 石油}) + T(\text{民生, 石炭}) + T(\text{民生, ガス}) + T(\text{民生, 9}))$$

'石油+石炭+ガス+電力の発熱合計

$$T(\text{民生, 薪炭}) = -E(\text{地域, 薪炭}) \quad \text{'まき利用 薪炭}$$

$$T(\text{民生, CO}_2) = \text{Abs}(T(\text{民生, 石炭})) * \text{CO}_2_Coal$$

'民生用石炭からのCO₂(100万トン)

$$T(\text{民生, CO}_2) = T(\text{民生, CO}_2) + \text{Abs}(T(\text{民生, 石油})) * \text{CO}_2_Oil$$

'民生用石油からの CO₂(100 万トン)
 $T(\text{民生}, \text{CO}_2) = T(\text{民生}, \text{CO}_2) + \text{Abs}(T(\text{民生}, \text{ガス}) * \text{CO}_2\text{Ngas}$
 '民生用ガスからの CO₂(100 万トン)
 $T(\text{民生}, \text{酸素}) = -T(\text{民生}, \text{CO}_2) * 32 / 44$
 '民生用 CO₂ のための酸素(100 万トン)

'Line=13 交通
 $T(\text{交通}, \text{石油}) = -E(\text{地域}, \text{交通用石油})$ '石油
 $T(\text{交通}, \text{発熱}) = \text{Abs}(T(\text{交通}, \text{石油}))$ '石油の消費による発熱
 $T(\text{交通}, \text{7}) = -E(\text{地域}, \text{交通用バイオ燃料})$ 'バイオ燃料
 $T(\text{交通}, \text{その他燃料}) = -\text{Abs}(T(\text{交通}, \text{その他燃料})) - E(\text{地域}, \text{その他燃料})$ 'ほか燃料
 $T(\text{交通}, \text{CO}_2) = \text{Abs}(T(\text{交通}, \text{石油})) * \text{CO}_2\text{Oil}$
 '交通用石油からの CO₂(100 万トン)
 $T(\text{交通}, \text{酸素}) = -T(\text{交通}, \text{CO}_2) * 32 / 44$ '交通用 CO₂ のための酸素(100 万トン)

'Line=14 ストックへ、あるいはストックの減少
 $T(\text{ストック}, \text{石油}) = -E(\text{地域}, \text{石油},)$ '石油の減少、一次採取量に等しい
 $T(\text{ストック}, \text{石炭}) = -E(\text{地域}, \text{石炭},)$ '石炭の減少、一次採取量に等しい
 $T(\text{ストック}, \text{ガス}) = -E(\text{地域}, \text{ガス},)$ 'ガスの減少、一次採取量に等しい
 $T(\text{ストック}, \text{森林資源}) = -T(\text{ストック}, \text{森林資源})$ '森林資源の減少

'LINE=16 リサイクル
 $T(\text{リサイクル}, \text{鉄鋼生産量}) = T(\text{リサイクル}, \text{鉄鋼生産量})$ '鉄鋼リサイクル
 $T(\text{リサイクル}, \text{紙}) = T(\text{リサイクル}, \text{紙})$ '紙のリサイクル
 $T(\text{リサイクル}, \text{酸素}) = \text{Abs}(T(\text{人間}, \text{酸素}) + T(\text{家畜}, \text{酸素}))$ '酸素リサイクル
 $T(\text{リサイクル}, \text{CO}_2) = -\text{Abs}(T(\text{人間}, \text{CO}_2) + T(\text{家畜}, \text{CO}_2))$ 'CO₂ のリサイクル

4) 9 地域の資源エネルギーバランステーブル

以下には、9 地域の資源エネルギーバランステーブルを、2007、2020、2030 年について作成した。エネルギーの単位は、石油換算 100 万トン、他の資源は 100 万トン質量で表示している。

(1) 日本 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		穀物(Mt)
日本	用途																
一次利用	採取/輸入	0	0	0	250	75	44	69	0	0	0	0	0	0	25	12	
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	19	0	0	
転換	発電	-224	309	0	-51	-25	-33	-64	0	63	109	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	-22	0	
素材生産	鉄鋼	-69	94	0	-1	-24	-7	0	0	0	32	120	0	0	0	0	
	紙	-5	7	0	-1	-1	-3	0	0	0	5	0	0	31	0	0	
	セメント	-95	130	0	-3	-32	-4	0	0	0	39	0	70	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	人間	-34	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
	家畜	-45	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	産業	-66	91	0	-32	0	0	0	0	-29	61	0	0	0	0	0	
	民生	-69	95	0	-43	-1	-11	0	0	-34	89	0	0	0	0	0	
	交通	-146	200	0	-70	0	0	-1	0	0	70	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-752	1,034	0	-250	-75	-44	0	0	0	0	0	0	0	-25	0	
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	405	0	0	0	0	0	
	リサイクル	79	-108	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	19	0	0	

(2) 日本 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		穀物(Mt)
日本	用途																
一次利用	採取/輸入	0	0	0	230	115	83	86	0	0	0	0	0	0	25	12	
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	19	0	0	
転換	発電	-322	442	0	-31	-64	-54	-83	0	85	149	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	-31	0	
素材生産	鉄鋼	-70	97	0	-1	-25	-7	0	0	0	33	123	0	0	0	0	
	紙	-5	7	0	-1	-1	-3	0	0	0	5	0	0	32	0	0	
	セメント	-97	133	0	-3	-33	-4	0	0	0	40	0	72	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	人間	-34	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
	家畜	-42	58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	産業	-51	70	0	-25	0	0	0	0	-29	54	0	0	0	0	0	
	民生	-54	74	0	-35	-1	-25	0	-7	-56	117	0	0	0	0	0	
	交通	-168	232	0	-81	0	0	-2	0	0	81	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-844	1,161	0	-230	-115	-83	0	0	0	0	0	0	0	-25	0	
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	479	0	0	0	0	0	
	リサイクル	76	-105	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	19	0	0	

(3) 日本 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		穀物(Mt)
日本	用途																
一次利用	採取/輸入	0	0	0	169	105	86	126	0	0	0	0	0	0	25	11	
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	19	0	0	
転換	発電	-271	372	0	-9	-62	-54	-119	0	92	125	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	-49	0	
素材生産	鉄鋼	-71	98	0	-1	-25	-7	0	0	0	33	124	0	0	0	0	
	紙	-5	7	0	-1	-1	-3	0	0	0	5	0	0	32	0	0	
	セメント	-98	134	0	-3	-33	-4	0	0	0	40	0	72	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	人間	-32	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
	家畜	-40	55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
	産業	-39	53	0	-19	0	0	0	0	-32	51	0	0	0	0	0	
	民生	-41	57	0	-30	-1	-24	0	-11	-60	115	0	0	0	0	0	
	交通	-129	177	0	-62	0	0	-2	0	0	62	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-726	998	0	-169	-105	-86	0	0	0	0	0	0	0	-25	0	
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	432	0	0	0	0	0	
	リサイクル	72	-100	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	19	0	0	

(4) アジア 2007年

2007年 アジア	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		
一次利用	採取/輸入	0	0	0	311	697	71	512	0	0	0	0	0	0	0	577	1,129
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226	0	58	0	0	0
転換	発電	-749	1,030	0	-45	-229	-16	-40	0	85	290	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	472	0	0	0	0	0	-2,100	0	0
素材生産	鉄鋼	-430	591	0	-8	-150	-44	0	0	0	202	752	0	0	0	0	0
	紙	-24	34	0	-6	-5	-14	0	0	0	25	0	0	146	0	0	0
	セメント	-2,252	3,096	0	-65	-768	-96	0	0	0	929	0	1,665	0	0	0	0
	農業	0	0	903	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最終利用	人間	-974	1,340	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	677
	家畜	-1,212	1,667	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	452
	産業	0	0	0	0	0	0	0	0	-51	51	0	0	0	0	0	0
	民生	-342	470	0	-50	-124	-5	0	-472	-34	213	0	0	0	0	0	0
	交通	-208	286	0	-100	0	0	-13	0	0	100	0	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-6,191	8,513	0	-311	-697	-71	0	0	0	0	0	0	0	0	-577	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,809	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	2,187	-3,007	0	0	0	0	0	0	0	0	226	0	58	0	0	0

(5) アジア 2020年

2020年 アジア	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		
一次利用	採取/輸入	0	0	0	758	1,677	261	649	0	0	0	0	0	0	0	659	1,208
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	368	0	95	0	0	0
転換	発電	-3,025	4,160	0	-50	-1,006	-99	-118	0	350	1,155	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	532	0	0	0	0	0	-2,367	0	0
素材生産	鉄鋼	-701	964	0	-13	-244	-71	0	0	329	1,226	0	0	0	0	0	0
	紙	-40	55	0	-9	-7	-24	0	0	0	40	0	0	238	0	0	0
	セメント	-3,672	5,049	0	-106	-1,252	-156	0	0	1,515	0	2,716	0	0	0	0	0
最終利用	農業	0	0	966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-1,138	1,565	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	725
	家畜	-1,416	1,947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	483
	産業	0	0	0	0	0	0	0	0	-215	215	0	0	0	0	0	0
	民生	-218	299	0	-127	-79	-29	0	-532	-135	370	0	0	0	0	0	0
	交通	-576	792	0	-277	0	0	-11	0	277	0	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-10,786	14,831	0	-758	-1,677	-261	0	0	0	0	0	0	0	0	-659	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,901	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	2,555	-3,513	0	0	0	0	0	0	0	0	368	0	95	0	0	0

(6) アジア 2030年

2030年 アジア	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		
一次利用	採取/輸入	0	0	0	1,082	2,646	451	869	0	0	0	0	0	0	0	701	1,251
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	439	0	114	0	0	0
転換	発電	-5,003	6,879	0	-38	-1,694	-170	-303	0	697	1,902	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	576	0	0	0	0	0	-2,563	0	0
素材生産	鉄鋼	-836	1,149	0	-16	-291	-85	0	0	0	392	1,462	0	0	0	0	0
	紙	-47	65	0	-11	-9	-28	0	0	0	48	0	0	284	0	0	0
	セメント	-4,379	6,021	0	-127	-1,493	-187	0	0	1,806	0	3,239	0	0	0	0	0
最終利用	農業	0	0	1,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-1,233	1,696	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	750
	家畜	-1,534	2,109	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
	産業	0	0	0	0	0	0	0	0	-444	444	0	0	0	0	0	0
	民生	-245	337	0	-173	-89	-59	0	-576	-253	574	0	0	0	0	0	0
	交通	-1,023	1,407	0	-492	0	0	-33	0	492	0	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-14,301	19,664	0	-1,082	-2,646	-451	0	0	0	0	0	0	0	0	-701	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,658	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	2,767	-3,805	0	0	0	0	0	0	0	0	439	0	114	0	0	0

(7) 北米 2007年

2007年 北米	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		
一次利用	採取/輸入	0	0	0	914	486	516	328	0	0	0	0	0	0	395	502	
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	42	0	0	
転換	発電	-1,395	1,918	0	-47	-419	-95	-290	0	271	561	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	78	0	0	0	0	0	-347	0	
素材生産	鉄鋼	-75	103	0	-1	-26	-8	0	0	0	35	131	0	0	0	0	
	紙	-18	24	0	-4	-3	-10	0	0	0	18	0	0	106	0	0	
	セメント	-209	288	0	-6	-71	-9	0	0	0	86	0	155	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-122	168	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301	
	家畜	-152	209	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201	
	産業	-267	367	0	-48	0	-111	0	0	-94	253	0	0	0	0	0	
	民生	-294	405	0	-82	-10	-185	0	-78	-177	454	0	0	0	0	0	
処分	交通	-1,125	1,547	0	-541	0	0	-19	0	0	541	0	0	0	0	0	
	ストックへ	-3,657	5,029	0	-914	-486	-516	0	0	0	0	0	0	0	-395	0	
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,949	0	0	0	0	0	
	リサイクル	274	-377	0	0	0	0	0	0	0	0	39	0	42	0	0	

(8) 北米 2020年

2020年 北米	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	1,109	593	668	422	0	0	0	0	0	0	420	532
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	45	0	0
転換	発電	-1,866	2,565	0	-34	-537	-210	-340	0	388	781	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0	0	-454	0
素材生産	鉄鋼	-80	110	0	-2	-28	-8	0	0	0	38	140	0	0	0	0
	紙	-19	26	0	-4	-3	-11	0	0	0	19	0	0	113	0	0
	セメント	-223	307	0	-6	-76	-10	0	0	0	92	0	165	0	0	0
最終利用	農業	0	0	426	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-140	192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	319
	家畜	-174	239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	213
	産業	-238	327	0	-31	0	-116	0	0	-107	254	0	0	0	0	0
	民生	-243	334	0	-81	-2	-206	0	-102	-281	570	0	0	0	0	0
処分	交通	-1,471	2,022	0	-707	0	0	-37	0	0	707	0	0	0	0	0
	ストックへ	-4,453	6,123	0	-1,109	-593	-668	0	0	0	0	0	0	0	-420	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,461	0	0	0	0	0
	リサイクル	314	-432	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	45	0	0

(9) 北米 2030年

2030年 北米	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	1,009	587	691	547	0	0	0	0	0	0	432	549
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	46	0	0
転換	発電	-1,859	2,556	0	-15	-543	-221	-419	0	431	779	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	164	0	0	0	0	0	-730	0
素材生産	鉄鋼	-82	112	0	-2	-28	-8	0	0	0	38	143	0	0	0	0
	紙	-19	26	0	-5	-4	-11	0	0	0	19	0	0	115	0	0
	セメント	-228	313	0	-7	-78	-10	0	0	0	94	0	169	0	0	0
最終利用	農業	0	0	439	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-150	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330
	家畜	-187	257	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220
	産業	-208	287	0	-21	0	-110	0	0	-111	242	0	0	0	0	0
	民生	-211	290	0	-62	-1	-207	0	-164	-320	590	0	0	0	0	0
処分	交通	-1,429	1,965	0	-687	0	0	-65	0	0	687	0	0	0	0	0
	ストックへ	-4,374	6,014	0	-1,009	-587	-691	0	0	0	0	0	0	0	-432	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,450	0	0	0	0	0
	リサイクル	338	-464	0	0	0	0	0	0	0	0	43	0	46	0	0

(10) 西欧 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
西欧	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	603	455	295	281	0	0	0	0	0	0	280	202
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	42	0	0
転換	発電	-996	1,370	0	-61	-286	-54	-243	0	180	401	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0	-205	0
素材生産	鉄鋼	-126	173	0	-2	-44	-13	0	0	0	59	220	0	0	0	0
	紙	-17	24	0	-4	-3	-10	0	0	0	18	0	0	104	0	0
	セメント	-357	491	0	-10	-122	-15	0	0	0	147	0	264	0	0	0
最終利用	農業	0	0	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-151	207	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121
	家畜	-188	258	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
	産業	-173	238	0	-40	0	-60	0	0	-85	185	0	0	0	0	0
	民生	-311	427	0	-110	-50	-115	0	-46	-95	370	0	0	0	0	0
	交通	-526	724	0	-253	0	0	-6	0	0	253	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-2,845	3,911	0	-603	-455	-295	0	0	0	0	0	0	0	-280	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,433	0	0	0	0	0
	リサイクル	338	-465	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	42	0	0

(11) 西欧 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
西欧	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	607	330	432	388	0	0	0	0	0	0	297	213
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	45	0	0
転換	発電	-955	1,313	0	-27	-250	-140	-323	0	238	417	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	101	0	0	0	0	0	-449	0
素材生産	鉄鋼	-137	188	0	-3	-48	-14	0	0	0	64	239	0	0	0	0
	紙	-19	26	0	-4	-4	-11	0	0	0	19	0	0	113	0	0
	セメント	-389	535	0	-11	-133	-17	0	0	0	160	0	288	0	0	0
最終利用	農業	0	0	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-171	235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	128
	家畜	-212	292	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
	産業	-132	182	0	-27	0	-51	0	0	-99	177	0	0	0	0	0
	民生	-163	224	0	-76	-11	-166	0	-101	-139	392	0	0	0	0	0
	交通	-661	909	0	-318	0	0	-16	0	0	318	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-2,839	3,904	0	-607	-330	-432	0	0	0	0	0	0	0	-297	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,548	0	0	0	0	0
	リサイクル	383	-527	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	45	0	0

(12) 西欧 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
西欧	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	557	260	463	443	0	0	0	0	0	0	301	215
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	47	0	0
転換	発電	-820	1,128	0	-12	-201	-161	-343	0	261	374	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	-685	0
素材生産	鉄鋼	-142	195	0	-3	-49	-14	0	0	0	66	248	0	0	0	0
	紙	-20	27	0	-5	-4	-12	0	0	0	20	0	0	117	0	0
	セメント	-403	554	0	-12	-137	-17	0	0	0	166	0	298	0	0	0
最終利用	農業	0	0	172	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-174	239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129
	家畜	-217	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
	産業	-116	159	0	-19	0	-51	0	0	-104	174	0	0	0	0	0
	民生	-138	189	0	-66	-8	-175	0	-154	-157	406	0	0	0	0	0
	交通	-647	889	0	-311	0	0	-36	0	0	311	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-2,675	3,678	0	-557	-260	-463	0	0	0	0	0	0	0	-301	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,517	0	0	0	0	0
	リサイクル	391	-537	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	47	0	0

(13) 東欧 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
東欧	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	475	365	604	102	0	0	0	0	0	0	150	194
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	3	0	0
転換	発電	-1317	1810	0	-127	-203	-329	-88	0	116	659	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	-80	0
素材生産	鉄鋼	-72	99	0	-1	-25	-7	0	0	0	34	126	0	0	0	0
	紙	-1	2	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	9	0	0
	セメント	-93	127	0	-3	-32	-4	0	0	0	38	0	68	0	0	0
最終利用	農業	0	0	155	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-96	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116
	家畜	-119	164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78
	産業	-206	283	0	-49	-1	-68	0	0	-76	194	0	0	0	0	0
	民生	-360	495	0	-69	-57	-129	0	-18	-40	295	0	0	0	0	0
交通	-256	352	0	-123	0	0	-46	0	0	123	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-2519	3,463	0	-475	-365	-604	0	0	0	0	0	0	0	-150	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1344	0	0	0	0	0
	リサイクル	215	-295	0	0	0	0	0	0	0	0	38	0	3	0	0

(14) 東欧 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
東欧	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	228	210	555	121	0	0	0	0	0	0	137	174
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	4	0	0
転換	発電	-872	1199	0	-22	-146	-283	-107	0	93	451	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	-80	0
素材生産	鉄鋼	-93	128	0	-2	-32	-9	0	0	0	44	163	0	0	0	0
	紙	-2	3	0	0	0	-1	0	0	0	2	0	0	11	0	0
	セメント	-119	164	0	-3	-41	-5	0	0	0	49	0	88	0	0	0
最終利用	農業	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-75	103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105
	家畜	-93	128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
	産業	-93	128	0	-16	0	-39	0	0	-49	105	0	0	0	0	0
	民生	-115	158	0	-29	-8	-105	0	-18	-44	186	0	0	0	0	0
交通	-187	257	0	-90	0	0	-49	0	0	90	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-1650	2,268	0	-228	-210	-555	0	0	0	0	0	0	0	-137	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	926	0	0	0	0	0
	リサイクル	168	-231	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	4	0	0

(15) 東欧 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
東欧	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	249	223	579	165	0	0	0	0	0	0	137	173
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	5	0	0
転換	発電	-888	1221	0	-18	-158	-277	-148	0	115	453	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	-120	0
素材生産	鉄鋼	-110	151	0	-2	-38	-11	0	0	0	52	192	0	0	0	0
	紙	-2	3	0	-1	0	-1	0	0	0	2	0	0	13	0	0
	セメント	-141	194	0	-4	-48	-6	0	0	0	58	0	104	0	0	0
最終利用	農業	0	0	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-74	102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
	家畜	-92	127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
	産業	-103	141	0	-17	0	-45	0	0	-61	123	0	0	0	0	0
	民生	-125	172	0	-25	-8	-119	0	-27	-54	206	0	0	0	0	0
交通	-237	326	0	-114	0	0	-58	0	0	114	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-1771	2,436	0	-249	-223	-579	0	0	0	0	0	0	0	-137	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1008	0	0	0	0	0
	リサイクル	166	-228	0	0	0	0	0	0	0	0	58	0	5	0	0

(16) アフリカ 2007年

2007年 アフリカ	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)	
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		
一次利用	採取/輸入	0	0	0	87	74	30	197	0	0	0	0	0	0	0	338	146
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0
転換	発電	-147	202	0	-11	-39	-11	-7	0	21	61	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	190	0	0	0	0	0	0	-846	0
素材生産	鉄鋼	-9	12	0	0	-3	-1	0	0	0	4	15	0	0	0	0	0
	紙	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0
	セメント	-92	126	0	-3	-31	-4	0	0	0	38	0	68	0	0	0	0
最終利用	農業	0	0	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-263	361	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
	家畜	-327	449	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
	産業	-23	32	0	-11	0	0	0	0	-12	23	0	0	0	0	0	0
	民生	-31	43	0	-15	-3	-1	0	-190	-9	28	0	0	0	0	0	0
	交通	-75	103	0	-36	0	0	-1	0	0	36	0	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-967	1,329	0	-87	-74	-30	0	0	0	0	0	0	0	-338	0	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	589	-810	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0

(17) アフリカ 2020年

2020年 アフリカ	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	132	106	85	307	0	0	0	0	0	0	387	168
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0
転換	発電	-265	365	0	-18	-62	-38	-13	0	43	118	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	295	0	0	0	0	0	-1313	0
素材生産	鉄鋼	-11	16	0	0	-4	-1	0	0	0	5	20	0	0	0	0
	紙	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0
	セメント	-118	163	0	-3	-40	-5	0	0	0	49	0	88	0	0	0
最終利用	農業	0	0	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-358	493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
	家畜	-446	613	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67
	産業	-34	46	0	-10	0	-8	0	0	-20	39	0	0	0	0	0
	民生	-50	69	0	-25	-6	-6	0	-295	-23	60	0	0	0	0	0
	交通	-137	189	0	-66	0	0	-2	0	0	66	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-1421	1,954	0	-132	-106	-85	0	0	0	0	0	0	0	-387	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337	0	0	0	0	0
	リサイクル	804	-1106	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	2	0	0

(18) アフリカ 2030年

2030年 アフリカ	資源 用途	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧 穀物(Mt)
		O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	142	110	137	374	0	0	0	0	0	0	418	181
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0
転換	発電	-321	441	0	-13	-69	-69	-33	0	63	151	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	349	0	0	0	0	0	-1553	0
素材生産	鉄鋼	-13	18	0	0	-5	-1	0	0	0	6	23	0	0	0	0
	紙	-1	1	0	0	0	-1	0	0	0	1	0	0	5	0	0
	セメント	-136	188	0	-4	-47	-6	0	0	0	56	0	101	0	0	0
最終利用	農業	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-427	587	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
	家畜	-532	731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72
	産業	-45	61	0	-13	0	-12	0	0	-26	51	0	0	0	0	0
	民生	-61	84	0	-27	-6	-7	0	-349	-37	77	0	0	0	0	0
	交通	-164	226	0	-79	0	0	-4	0	0	79	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-1700	2,337	0	-142	-110	-137	0	0	0	0	0	0	0	-418	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	421	0	0	0	0	0
	リサイクル	959	-1318	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	2	0	0

(19) 中東 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
中東	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	141	3	73	2	0	0	0	0	0	0	0	2	64
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	
転換	発電	-114	156	0	-29	-2	-32	-1	0	17	63	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-4	
素材生産	鉄鋼	-8	12	0	0	-3	-1	0	0	0	4	15	0	0	0	0	
	紙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
	セメント	-94	130	0	-3	-32	-4	0	0	0	39	0	70	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-54	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
	家畜	-67	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	産業	-62	85	0	-19	0	-15	0	0	-3	37	0	0	0	0	0	0
	民生	-62	85	0	-23	0	-3	0	-1	-14	40	0	0	0	0	0	0
	交通	-104	143	0	-50	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-565	777	0	-141	-3	-73	0	0	0	0	0	0	0	0	-2	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	120	-165	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0

(20) 中東 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
中東	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	288	10	244	4	0	0	0	0	0	0	0	3	66
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	
転換	発電	-313	430	0	-65	-9	-102	-2	0	49	176	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-4	
素材生産	鉄鋼	-10	14	0	0	-4	-1	0	0	0	5	18	0	0	0	0	
	紙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
	セメント	-118	162	0	-3	-40	-5	0	0	0	49	0	87	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-59	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
	家畜	-74	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
	産業	-123	169	0	-33	0	-36	0	0	-9	78	0	0	0	0	0	0
	民生	-123	169	0	-31	0	-39	0	-1	-40	110	0	0	0	0	0	0
	交通	-214	295	0	-103	0	0	-1	0	0	103	0	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-1034	1,422	0	-288	-10	-244	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	521	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	133	-182	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0

(21) 中東 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
中東	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)	
一次利用	採取/輸入	0	0	0	408	14	371	11	0	0	0	0	0	0	0	3	70
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	
転換	発電	-403	554	0	-67	-12	-154	-8	0	81	233	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	-13	
素材生産	鉄鋼	-12	16	0	0	-4	-1	0	0	0	5	20	0	0	0	0	
	紙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	
	セメント	-130	179	0	-4	-44	-6	0	0	0	54	0	96	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-67	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
	家畜	-84	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	産業	-184	253	0	-46	0	-59	0	0	-16	121	0	0	0	0	0	0
	民生	-184	253	0	-35	0	-50	0	-3	-65	150	0	0	0	0	0	0
	交通	-368	506	0	-177	0	0	-1	0	177	0	177	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-1,433	1,970	0	-408	-14	-371	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	740	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	151	-208	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	0	0

(22) 南米 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
南米	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	156	17	53	116	0	0	0	0	0	0	215	135
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	5	0	0
転換	発電	-64	88	0	-14	-5	-14	-36	0	34	33	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	82	0	0	0	0	0	-365	0
素材生産	鉄鋼	-25	35	0	0	-9	-3	0	0	0	12	44	0	0	0	0
	紙	-2	3	0	-1	0	-1	0	0	0	2	0	0	13	0	0
	セメント	-41	56	0	-1	-14	-2	0	0	0	17	0	30	0	0	0
最終利用	農業	0	0	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-128	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81
	家畜	-159	218	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
	産業	-51	70	0	-18	0	-9	0	0	-17	44	0	0	0	0	0
	民生	-51	70	0	-25	0	-6	0	-82	-17	48	0	0	0	0	0
処分	交通	-141	194	0	-68	0	0	-6	0	0	68	0	0	0	0	0
	ストックへ	-662	910	0	-156	-17	-53	0	0	0	0	0	0	0	-215	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224	0	0	0	0	0
	リサイクル	286	-394	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	5	0	0

(23) 南米 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
南米	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	247	23	108	174	0	0	0	0	0	0	229	143
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	6	0	0
転換	発電	-126	174	0	-30	-8	-28	-73	0	69	66	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	108	0	0	0	0	0	-481	0
素材生産	鉄鋼	-30	41	0	-1	-10	-3	0	0	0	14	52	0	0	0	0
	紙	-3	4	0	-1	0	-2	0	0	0	3	0	0	16	0	0
	セメント	-48	66	0	-1	-16	-2	0	0	0	20	0	36	0	0	0
最終利用	農業	0	0	114	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-146	201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
	家畜	-182	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
	産業	-91	126	0	-26	0	-24	0	0	-32	83	0	0	0	0	0
	民生	-91	126	0	-29	0	-13	0	-108	-37	79	0	0	0	0	0
処分	交通	-239	329	0	-115	0	0	-15	0	0	115	0	0	0	0	0
	ストックへ	-957	1,316	0	-247	-23	-108	0	0	0	0	0	0	0	-229	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	379	0	0	0	0	0
	リサイクル	328	-450	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	6	0	0

(24) 南米 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
南米	用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林	穀物(Mt)
一次利用	採取/輸入	0	0	0	279	38	147	219	0	0	0	0	0	0	237	148
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	7	0	0
転換	発電	-188	258	0	-23	-23	-51	-97	0	97	97	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	131	0	0	0	0	0	-583	0
素材生産	鉄鋼	-33	45	0	-1	-12	-3	0	0	0	16	58	0	0	0	0
	紙	-3	4	0	-1	-1	-2	0	0	0	3	0	0	17	0	0
	セメント	-53	73	0	-2	-18	-2	0	0	0	22	0	39	0	0	0
最終利用	農業	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-158	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89
	家畜	-197	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
	産業	-106	145	0	-30	0	-29	0	0	-45	104	0	0	0	0	0
	民生	-106	145	0	-33	0	-17	0	-131	-52	102	0	0	0	0	0
処分	交通	-287	395	0	-138	0	0	-26	0	0	138	0	0	0	0	0
	ストックへ	-1,130	1,553	0	-279	-38	-147	0	0	0	0	0	0	0	-237	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	481	0	0	0	0	0
	リサイクル	354	-487	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	7	0	0

(25) オセアニア 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙		森林
一次利用	採取/輸入	0	0	0	85	62	22	10	0	0	0	0	0	0	0	31	23
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
転換	発電	-117	161	0	-5	-35	-7	-19	0	21	47	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	-22	0	0
素材生産	鉄鋼	-5	6	0	0	-2	0	0	0	0	2	8	0	0	0	0	0
	紙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	セメント	-12	17	0	0	-4	-1	0	0	0	5	0	9	0	0	0	0
最終利用	農業	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-9	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
	家畜	-12	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	産業	-42	57	0	-14	-2	-5	0	0	-11	32	0	0	0	0	0	0
	民生	-60	83	0	-14	-9	-4	0	-5	-10	37	0	0	0	0	0	0
	交通	-81	112	0	-39	0	0	-1	0	0	39	0	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-338	465	0	-85	-62	-22	0	0	0	0	0	0	0	-31	0	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	162	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	21	-29	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0

(26) オセアニア 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙		森林
一次利用	採取/輸入	0	0	0	137	112	60	15	0	0	0	0	0	0	0	34	25
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
転換	発電	-305	419	0	-8	-91	-25	-44	0	55	124	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	-40	0	0
素材生産	鉄鋼	-5	7	0	0	-2	-1	0	0	0	2	9	0	0	0	0	0
	紙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	セメント	-14	19	0	0	-5	-1	0	0	0	6	0	10	0	0	0	0
最終利用	農業	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-11	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	家畜	-14	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	産業	-53	73	0	-10	-4	-13	0	0	-27	55	0	0	0	0	0	0
	民生	-44	60	0	-13	-1	-16	0	-9	-28	58	0	0	0	0	0	0
	交通	-125	172	0	-60	0	0	-1	0	0	60	0	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-571	785	0	-137	-112	-60	0	0	0	0	0	0	0	-34	0	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	305	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	25	-35	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

(27) オセアニア 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		用途	O2	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙		森林
一次利用	採取/輸入	0	0	0	134	120	87	25	0	0	0	0	0	0	0	36	26
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
転換	発電	-326	449	0	-4	-98	-32	-69	0	67	134	0	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	-67	0	0
素材生産	鉄鋼	-5	7	0	0	-2	-1	0	0	0	3	9	0	0	0	0	0
	紙	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	セメント	-14	20	0	0	-5	-1	0	0	0	6	0	11	0	0	0	0
最終利用	農業	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-12	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	家畜	-16	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	産業	-53	72	0	-10	-3	-15	0	0	-32	60	0	0	0	0	0	0
	民生	-47	64	0	-13	-1	-21	0	-15	-35	70	0	0	0	0	0	0
	交通	-141	194	0	-68	0	0	-4	0	0	68	0	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-615	846	0	-134	-120	-87	0	0	0	0	0	0	0	-36	0	0
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	341	0	0	0	0	0	0
	リサイクル	28	-39	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

以上の資源エネルギーバランステーブルは、エネルギー消費に関しては IEA の標準シナリオをベースにしている。

石油、石炭、ガスの CO₂ 排出原単位は、それぞれのエネルギー源を石油換算トンで表したとき、2.86 トン CO₂ (石油)、3.79 トン CO₂ (石炭)、2.06 トン CO₂ (ガス) を使用している。

3.6 グローバル・資源エネルギーバランステーブルの作成

地域ごとの資源エネルギーバランステーブルを統合してグローバルな地球全体の表にする。
そこで、地球規模のCO₂排出量について検討する。

1) グローバル・資源エネルギーバランステーブル 2007年

2007年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		用途	O ₂	CO ₂	CH ₄	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙		森林
世界	採取/輸入	0	0	0	3,022	2,234	1,708	1,617	0	0	0	0	0	0	0	2,014	2,406
一次利用	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430	0	166	0	0	
転換	発電	-5,123	7,044	0	-390	-1,243	-591	-788	0	808	2,224	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	897	0	0	0	0	0	-3,992	0	
素材生産	鉄鋼	-818	1,125	0	-16	-285	-83	0	0	0	384	1,432	0	0	0	0	
	紙	-69	95	0	-16	-13	-41	0	0	0	70	0	0	415	0	0	
	セメント	-3,244	4,461	0	-94	-1,106	-138	0	0	0	1,338	0	2,399	0	0	0	
最終利用	農業	0	0	1,925	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	人間	-1,832	2,519	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,444	
	家畜	-2,279	3,133	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	962	
	産業	-592	815	0	-203	0	-113	0	0	-378	695	0	0	0	0	0	
	民生	-1,293	1,777	0	-431	-254	-459	0	-897	-430	1,574	0	0	0	0	0	
	交通	-2,662	3,661	0	-1,280	0	0	-93	0	0	1,280	0	0	0	0	0	
処分	ストックへ	-17,912	24,629	0	-3,022	-2,234	-1,708	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,014	
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,565	0	0	0	0	0	
	リサイクル	4,111	-5,652	0	0	0	0	0	0	0	0	430	0	166	0	0	

2) グローバル・資源エネルギーバランステーブル 2020年

2020年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧
		用途	O ₂	CO ₂	CH ₄	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	
世界	採取/輸入	0	0	0	3,736	3,176	2,496	2,166	0	0	0	0	0	0	2,189	2,541
一次利用	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	597	0	212	0	0
転換	発電	-8,049	11,068	0	-285	-2,173	-979	-1,103	0	1,370	3,437	0	0	0	0	0
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	1,173	0	0	0	0	0	-5,220	0
素材生産	鉄鋼	-1,138	1,565	0	-22	-396	-116	0	0	0	534	1,991	0	0	0	0
	紙	-89	122	0	-21	-16	-53	0	0	0	90	0	0	530	0	0
	セメント	-4,798	6,598	0	-139	-1,636	-204	0	0	0	1,979	0	3,549	0	0	0
最終利用	農業	0	0	2,033	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	人間	-2,133	2,933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,525
	家畜	-2,653	3,648	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,017
	産業	-419	576	0	-139	0	-87	0	0	-587	813	0	0	0	0	0
	民生	-716	985	0	-446	-108	-605	0	-1,173	-783	1,942	0	0	0	0	0
	交通	-3,779	5,197	0	-1,817	0	0	-134	0	0	1,817	0	0	0	0	0
処分	ストックへ	-23,775	32,690	0	-3,736	-3,176	-2,496	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,189
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,612	0	0	0	0	0
	リサイクル	4,786	-6,581	0	0	0	0	0	0	0	0	597	0	212	0	0

3) グローバル・資源エネルギーバランステーブル 2030年

2030年	資源	大気(Mt)			エネルギー(Mt石油換算)							材料資源(Mt)				生物・食糧	
		用途	CO2	CH4	石油	石炭	ガス	水力他	マキ	電力	発熱	鉄鋼	セメント	紙	森林		穀物(Mt)
世界	採取/輸入	0	0	0	4,029	4,103	3,012	2,779	0	0	0	0	0	0	0	2,289	2,625
	リサイクル	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	684	0	235	0	0	
一次利用	発電	-10,078	13,858	0	-199	-2,860	-1,189	-1,539	0	1,904	4,248	0	0	0	0	0	
	精製他	0	0	0	0	0	0	0	1,430	0	0	0	0	0	-6,364	0	
転換	鉄鋼	-1,303	1,791	0	-25	-454	-133	0	0	0	611	2,280	0	0	0	0	
	紙	-98	135	0	-23	-18	-58	0	0	0	99	0	0	587	0	0	
	セメント	-5,582	7,675	0	-161	-1,903	-238	0	0	0	2,302	0	4,128	0	0	0	
素材生産	農業	0	0	2,100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	人間	-2,329	3,203	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,575	
	家畜	-2,898	3,984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,050	
	産業	-441	606	0	-127	0	-117	0	0	-871	1,116	0	0	0	0	0	
	民生	-755	1,038	0	-464	-114	-679	0	-1,430	-1,033	2,290	0	0	0	0	0	
	交通	-4,426	6,086	0	-2,128	0	0	-229	0	0	2,128	0	0	0	0	0	
最終利用	ストックへ	-27,910	38,376	0	-4,029	-4,103	-3,012	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,289	
	廃棄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,795	0	0	0	0	0	
	リサイクル	5,227	-7,187	0	0	0	0	0	0	0	0	684	0	235	0	0	

4) CO₂排出量について

以上の結果のうち CO₂ 排出量をまとめると以下の表のようになる。

CO ₂ (100万トン)	2007	2010	2020	2030
化石燃料起源	18,977	23,802	26,109	31,189
植物起源	5,652	5,976	6,581	7,187
合計	24,629	29,778	32,690	38,376

グローバル・資源エネルギーバランステーブルは、できるかぎり多くの資源について扱いたいが、今回はプロトタイプで作成であり、主要な資源しか対象にしていない。しかし、この CO₂ 排出量をみるとかなりの範囲がカバーできていることが理解できる。

参考資料4. ヒアリングの総括（ヒアリング記録）

4.1 自動車用リチウムイオン電池の開発動向と今後の展開

実施日： 2009年7月27日（月）

場 所： （財）製造科学技術センター 第1会議室

講演・ヒアリング内容

講師：オートモーティブエネルギーサプライ(株) 内海和明氏

自動車用 Li 電池の開発現状について講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

- CO₂ 排出削減が急務であるが、運輸部門では増加傾向にある。運輸部門の燃料消費量を見ると、その大半が自動車であり、更にその半分以上を乗用車が占めている。従って、HEV, EV, FCV が重要であると言える。
- グローバル乗用車需要見通しにおいて、2025 年は 8500 万台と 2005 年比+2100 万台(+33%)の値が出ており、特にアジアと東欧での増加が見込まれている。
- CO₂ 削減率は電気の生成方法等によって異なるが、HEV で 30-50%、PHEV, EV, FCV で 70-75%の削減が見込まれる。
- 性能はすでに実用レベルにあり、後はコストの低下（経済性に乗るか）が課題である。
- Li-ion では 250Wh/kg が限界。ナショナルプロジェクトでは、2030 年に新タイプで 1/40 のコストを実現するロードマップとなっている。

Q：1/40 には廃棄・リサイクルコストは含んでいるのか
A：含んでいない。単純な製造コスト目標。
- Li-ion はセル電圧が高くエネルギー密度が高い（3 倍）ことが特徴。これは電解液が有機溶剤であることによる（Ni-MH などでは水）。
- HEV には 09 年から Li-ion が投入され、2013 年には Ni-MH を上回ると考えられている。
- Li-ion のバリエーションとしては、LiCoO₂ がモバイル用に普及しているが、自動車用には安全性を考慮して Mn スピネル（LiMn₂O₄）などを正極に用いる。同様にモバイル用のグラファイトから合金系が用いられるなど、決定版が無いことがコストの低下に結びついていない一因。
- LiCoO₂ は容量が稼げる長所を持つが、過充電で熱暴走する欠点。小型化、低廉化などをねらってマージンを削り過ぎると危険。スピネルは過充電には強いが、保存性、サイクル容量低下などが弱点（かなり改善）。
- 形状は円筒→角形→ラミネートへの進化。内部抵抗、放熱面で有利（＝急速充電に向く）。
- すでに 41,000km、240,000km などの走行実績を達成。想定寿命面をクリア。洞爺

湖からの 860km 走行の電気代が 2000 円以下など、エネルギーコストも充分。

- ・EV 普及のためには電池コストの大幅な低減が不可欠。電池のコストはほとんどが材料コスト。市場が確定しないとメーカーが設備投資を行えない。多様な素材が乱立していることが普及阻害要因の一つ。

質疑とディスカッション

Q：PC などでは電池の寿命が一年程度のようなのだが

A：一般向けは初期容量を最重要と位置づけ、寿命に重きを置いていないことは事実。逆に車用は寿命に重点。Li-ion はショートして死ぬことはない。使いこなし・リユースの世界もある。10 年、15 万 mile (24 万 km) という自動車要求スペックに合うものができており、その後は定置用に用いるなどが十分可能。

Q：経年変化は？

A：負極表面の皮膜形成による内部抵抗の上昇や容量低下などがあるが、たいしたことはない。

Q：日本の技術優位は？

A：人への投資などを考えると優位維持は容易ではないのではないかと。中国・韓国メーカーの急進を危惧せざるを得ない。

Q：オバマ大統領になって新型電池への R&D 予算が目立つが、それは次世代電池対象と考えて良いのか

A：そう。当面のコンペティタは中韓となる。

Q：資源制約は？

A：Mn や鉄が主体で、資源問題が起きないように材料を選定している。Li も先手を打って手配すれば良い。すごい量が出回ってもとりあえずは平気。Ni-MH はやや危ないか。ただ、自動車会社と電池メーカーの合従連衡が盛んで合理的なアライアンスを確立することは容易ではない。

Q：Li は塩湖から抽出するのだが、うちで行っているサーベイでは、当面は資源量よりも精錬系列の寡占状態のほうがリスクになるのではないかと読んでいる。

A：EU は自動車メーカーの要求を標準化する動きにある。そうなると中韓メーカーに一気にさらわれることもあり得る。日本は性能を高めようという思想。コストも重要である。

Q：リサイクルはどう考えられるか？

A：現状ではコバルトを有価物としてリサイクルしている。Li パックを考えると、他の有価物は Cu と Al くらい。リユースをできるだけ長くした方が良い。

Q：Wh/kg 性能は平気なのか？ 100Wh/kg では心もとなく、200 はないとまずいのではないか。

A：限界は 250 となるのだが、現実問題として難しい課題だと思う（安全性、寿命との

兼ね合い。

A：実は急速充電はあまり使われない、ということがわかった。導入例を見ると、皆、それに頼らない範囲で帰庫してくる。

4.2 クルマの電動化と急速充電器

実施日： 2009年9月15日（火）

場 所：（財）製造科学技術センター 第1会議室

講演・ヒアリング内容

講師：（株）高砂製作所 社長 高橋 啓一 氏

自動車用急速充電器について、その概要を講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

- ・ 高砂製作所は NEC が 98.4%出資。電源装置製造が事業の全体の 3/4 を占める。
- ・ スイッチング電源の世界の市場は 3 兆 2 千億円規模
 - 国内は 4,200 億円
 - そのうち、ユニット電源が 3,200 億円
 - オンボード型が 600 億円
 - 据え置き型が 400 億円 この中に車用のシステム電源が含まれる
- ・ 電池パックが自動車原価の 60%を占める。
- ・ 充電プロトコルは東電が開発した「CAN」を採用。
 - Q：プロトコルは標準化されているのか？
 - A：現在国内では CAN が主流だが、統一規格化はまだ。元に九電のシステムで別の手法を採用している。また現時点では国際標準というものもまだ無い。いずれ標準化されるはず。
- ・ 急速充電器は一般ユーザが自分でガチャッと接続する仕組みで、特殊な部品は特に使っていない。
- ・ 車両に搭載されている ECU により充電モードは全自動でコントロールされる。主に温度をモニターする。充電時、ECU の電源は外部から供給、CAN 通信によりネゴシエーションする。
 - Q：満充電の判断はどうやって行うのか？
 - A：ECU が判断する。走行時の消費量をモニターしている。電池の劣化判断も将来は ECU で行うこととなろう。
- ・ 劣化判断に限らず、充電器も高付加価値化を目指す。例えば盗難車であれば、バッテリーの ID 情報を確認し充電をロックするなどが考えられる。
- ・ 急速充電は、20 分で 80%をチャージ可能。
- ・ 据え置き型 50kW の充電器で現在 350 万円/台。

- ・ 九電は電柱の上に直流電源部を設置するシステムで実証。そこからシンプルな急速充電スタンドが繋がる（スタンド・電源分離型）。
- ・ 卸売市場のターレー（場内運搬車）などへの適用を企図。
- ・ ACによる倍速充電器は45万円～80万円程度。

Q：今後どんどん下がっていくのか

A：メーカーとしては下がって欲しくない。また、普通のユニットの集合体だから画期的に下がることはないのではないか

- ・ いずれも特殊な部品は一切無く、オーバーオール効率は91%と高い。
- ・ 法制度の整備がまだ追いついていない。消防法や大口電力など。
- ・ 一般事業者が電気を売ることは容易ではないので、電気代を徴収するのではなく、「設備利用料」という考え方で事業化することになる。

Q：償却年数は？

A：不明

- ・ 満充電しても電気代は300～400円程度。急速充電でも20分かかるので回転率も決して高いものではなく、新たなビジネスモデルを編み出さないと「電気供給」ではペイしない。

Q：車の重量が半分になれば、電池の容量あるいは充電時間は半分になると考えて良いのか

A：航続距離を倍にしようというのでなければそうなる。

4.3 プラグインハイブリッド車導入が日本の電力需要へ及ぼす影響

実施日： 2009年9月15日（火）

場 所： （財）製造科学技術センター 第1会議室

講演・ヒアリング内容

講師：（財）電力中央研究所 主任研究員 日渡 良爾 氏

大量のプラグインハイブリッド車導入が進んだ場合の電力供給へのインパクトについて講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

- ・ H18年（2006年）の研究結果を元に紹介する。
- ・ アメリカでのPHV普及は、CO₂というよりもエネルギーセキュリティとNO_x,SO_xの抑制が主目的であったことが特徴。
- ・ プリウスプラグインハイブリッド（PHV）の搭載電池容量は4～5kWh、GMのVoltは16kWhでEVに近い。（前半の高橋氏の講演によればステラは9.2kWh）。
- ・ 実際の自動車走行を押さえるデータがないのでODデータ（origin-destination 国交省・起終点データ）のトリップ数時間分布に基づき走行パターンをA～Iの9パターンに分類。走行パターンはそのまま充電パターンに置き換え、793億kWh/年という総充

電量を得た。現在の国内電力消費の 10%弱 (PHV60 : 60mile 電気走行可能)。

- ・ 電力のロードカーブと照らしてみると、夕方帰宅して即充電行動に一斉に移ると新たなピークが現れるが、1日の最大ピーク値は超えない。運転開始直前に充電終了するようにタイマー制御を行えば電力需要が平準化される。
- ・ 自動車登録台数が全て PHV60 になった場合、1億トンの CO₂を削減できるポテンシャルがある。この値は輸送部門の CO₂排出量の 40%にあたる (2003 年比)。
- ・ 充電電力発電時の CO₂を加味しても 6000 万トンの排出削減となる。

Q : 発電電力の排出係数は何を用いたのか？

A : 日本の平均電源排出係数。中国でやってもあまり効果が出ない

Q : 1人 (1台) が実際には何キロ走るのか？

A : 直接把握できるデータがない。OD 調査や交通センサスを使うしかない。

- ・ HV と EV、ガソリン走行と電気走行の比率が不明だが、多くが短距離走行であることを考えると大勢は変わらないものと考えられる。インフラ的に大きく様相が変わることはない。ただし急速充電があちこちで機能すると話は別。

Q : インフラ新設のリードタイムは？

A : 今後国内の電力需要が大きく伸びるわけではないのであまり発電所新設を考えなくても良いのではないかと。

Q : アメリカのハイブリッドは回生エネルギーを取り込んでいるのか？

A : 確認したわけではないが、燃費データを見る限り入っていると思う。ちなみに GM の Volt はシリーズのハイブリッドで EV に近い。

Q : 電費はいかほど？

A : 軽自動車サイズ (ステラなど) で 10km/kWh。普通の EV で 7km/kWh という感じ。

4.4 太陽光発電の大規模普及が系統に与える影響

実施日 : 2009 年 10 月 21 日 (水)

場 所 : (財)製造科学技術センター 第1会議室

講演・ヒアリング内容

講師 : 大阪ガス (株) 情報通信部 情報ソリューションチーム 課長 河本薫氏
「太陽光発電の大規模普及が系統に与える影響」について講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

<講演のテーマ>

- ・ 系統側への蓄電池設置による余剰電力対策
- ・ 需要側への蓄電池設置による余剰電力対策
- ・ PV(太陽光発電)が大規模普及した場合の系統電源への影響

1. 余剰電力対策についての METI での議論
 - ・ PV 普及に対して、重負荷時は火力発電で調整するが、軽負荷時は調整しきれず発電量が需要を超える。
 - ・ 対策案として系統側に NAS 電池を 2~3 億 kWh 設置、電池コストは約 2.5 万円/kWh。余剰電力対策コストは 3.59 兆円。
2. PV が大規模 (53,000 万 kWh) に普及した場合の電力需給バランス
 - ・ 2008 年 4 月 15 日のロードカーブと PV の発電量実績から 2030 年度を推定。
 - ・ 4 月晴天日は平日でも余り、休日はさらに余る量が多い。
 - ・ 年平均余剰率=8%
3. 系統側への蓄電池設置による余剰電力対策の経済性評価
 - ・ 日次余剰電力量の Duration curve による評価を実施。
 - ・ 5 月 17 日、18 日の土日の 2 日間余剰量は 2.34 億 kWh で、METI 推計値と一致する。
 - ・ 蓄電池の稼働率は 設置容量が 0.2 億 kWh/日で 30%、0.4 億 kWh/日で 12%、1.0 億 kWh/日で 3%、1.4 億 kWh/日で 0.5% …と急速に減少する。
4. 住宅に PV を設置した場合の電力需給バランス
 - ・ 標準的なガス併用住宅に PV を 3.5kW/軒設置した場合の自家消費率は 40%、オール電化住宅では 48%。
5. 住宅に PV と二次電池を設置した場合の電力需給バランス
 - ・ 平均的 PV 設置住宅に二次電池を設置すると自家消費率は増加するが、電池容量が 1kWh を超えると稼働率が下がる。
 - ・ 買取価格が 48 円で電灯料金の 23 円を上回っていると二次電池をつけても経済的メリットが無い。風力発電の買取価格のように 10.3 円/kWh まで低下すると経済的効果が出てくる。
 - ・ 二次電池コストが 2 万円/kWh まで下がり、買取価格が 10.3 円/kWh と仮定して経済性を評価すると、10 年間の買電量低減が、5kWh で 5 万円の黒字程度となり、殆どメリットが出ない。EV の蓄電池を只で使えれば効果は大きい。
6. 次世代家庭用エネルギー供給システム (スマートハウス)
 - ・ システム構成は電池 3 兄弟 (太陽電池、燃料電池、蓄電池)
 - ・ HEMS (Home Energy Management System) の効果は、コジェネの稼働率アップ、停電時の電力供給継続等
7. PV が大規模普及した場合の系統電源への影響
 - ・ 全国発電所起動停止モデルを利用。
 - ・ 発電所は、総発電費用を最小化するように起動停止する。
 - ・ 電力の需給データは半分位は非公表であり、開示データから推定している。
 - ・ 供給力変化分は殆ど LNG 火力で調整する。

- ・石炭火力はコストが低いので減らさない。
- ・平均燃料単価は 7.1 円/kWh

以下質疑とディスカッション(敬称略)

- Q： 電力に経済モデルを当てはめるのは妥当なのか？電力会社は民間の会社のように電力で売上げを立てて利益を出す仕組みなのか？
- 河本： 自由化の時点で仕組みが大幅に変わった。あの時点から電気料金が下がり、値下げする時だけ認可制から届出制へと変わった。利益が出る構造にはなっていない。リスクが大きく、薄利多売なビジネスである点が問題。100 万 kW 級の原子力発電所が 1 日停止すると、代替する LNG の燃料代で約 1.5 億円/日かかる。
- Q： 欧米では完全にビジネス。日本は安定はしているが、色々な発電システムができてくると全て公共でコントロールできるか仮題がある。
- 河本： 一軒一軒の余剰電力を小さな IPP(Independent Power Producer)とみて、系統に供給する電力とするか、発電した家のなかで消費させるかという余剰の PV 電力の使い方が大きな分岐点となる。それぞれでステークホルダーの利害が異なる。
- Q： EV が出てくれば、蓄電池を沢山積んでいるから、それで吸収できる。それとは別に分散電源で災害用途などとして棲み分けていけば、莫大な費用がかかると大騒ぎするほどのことでもないだろう。
- Q： PV 大規模普及に対しては METI が言うより安い方策があるのではないか。家庭用だけではなく、工場などのコジェネの電力を落とす等、需要家側の demand-side management が重要。
- Q： 日本ではビジネス的なことを電力会社が考えておかないと後々やっていけなくなる。国全体として考えていくべきではないか。
- Q： 需要があれば必ず供給するという前提になっているが、需要家側で抑えるというマネージメントもあるのではないか。一見安く見えるが、社会全体としてはコストが高いということもある。
- 河本： 電力会社の使命の一つは安定供給＝需要を満たすこと。需要家側で消費を抑えるインセンティブが働くかどうかポイント。コストのインセンティブだけで効用を犠牲にするだろうか。米国では安定供給自体が難しく、状況が違う。米国のスマートグリッドに関しても日本とは社会的ニーズが異なる。家電の制御が訴求対象になるかは疑問。
- Q： 安定は世界一を保つとしても需給バランスをとる柔軟性も大切である。安定が錦の御旗と言っていると、日本は遅れてしまう。
- 河本： マイクログリッドを八戸や京都で実験しているが、系統電源が整っているところで実験をすると二重投資になってしまい、改めてコストがかけにくい。EV は

移動のための投資であり、その蓄電池を借用するのは通りが良い。

Q： PVの余剰電力を売ろうと思っても、法律上、電力が5%変動すると、電力会社は（ある量以上は）購入しなくてもよいとのことである。系統電力は安定していなければいけないが、太陽光の電力は変動するので、これを入れると安定しなくなる。という理由によるらしい。なので、太陽電池を導入しても、本当は10年～20年ではペイしないと電力会社の人間から聞いたことがある。

河本： それは配電についてのことではないか。電圧は発電所から遠ざかるとどんどん落ちる。末端のある家庭で大量に発電すると、電圧が規程幅に収まらなくなるため、その場合は、系統に電力を出さないような装置になっている。需要家側に蓄電池を設置するのも一つの方策である。

Q： 固定買取制になったので全量買取が義務。電力会社は常に「できない」と延々とやっているが信用されない。昨年スペインでは、11月のある短時間に風力発電が全電力需要の43%を供給した。なぜ日本では太陽光発電を10%以上入れたら困ると言うのか。

C： 電力会社の話では5%→7%に変える事はできらしいが、これでは焼け石に水。

C： 送配電網は、余剰があるブロックから需要がある隣のブロックに電力を回せないような構造になっている。

C： “Automotive Technology”誌に、JOGMECの研究者が投稿。それによると、今後太陽光発電が普及するとしたら、石油価格が大幅に下がるとのことである。

河本： 原油価格を見通すのはとても難しい。ロイヤルダッチシェルではシナリオでオイルショックを当てたとやっているが、裏を返すと沢山シナリオを作成して、たまたま1個当たったというだけ。原油価格は複雑な要因が絡み合っているので、まず当たらない。

太陽光発電はエネルギー密度が低い。日本の自動車を全てEVとした場合、その電力をPVでどれだけ賄えるか。

C： 3億kWhあれば日本全体の自家用車がEVになっても賄えると算出した。

河本： 原油価格は不確実性が高いため、日本が原油価格に翻弄されない体質にするというのも、EVとPV導入の意義の1つではないか。

Q： PVがそのように導入されたとしても、日本のCO₂排出量があまり減らないのではないだろうか？

河本： PVが導入されることでCO₂は大幅に減る。原子力を含めて全ての電源を平均的に代替すると、0.3kg-CO₂/kWh。火力だけなら0.5kg-CO₂/kWh。想定のみかたでPVによるCO₂削減効果は倍近く異なる。

Q： スマートハウスは美しいが誰がお金を出して導入するのか

C： 今まで日本人は、全く儲からないのにPVを設置してきた。固定買取制度と補助金により初期投資もある程度リターンされる。設置したら儲かるようにするの

が基本である。

河本： 今の機器コストでは、補助金なしでは本格普及は非常に難しい。補助金でつないでコストダウンを待つのが良いのでは。産業振興のためにもなるので、ここに資金を投入するのは賛成である。

4.5 コ・モビリティ社会の創成

実施日： 2009年10月21日（水）

場 所： (財)製造科学技術センター 第1会議室

講演・ヒアリング内容

講師：慶應義塾大学 大学院理工学研究科 開放環境科学専攻 教授 川嶋弘尚氏
「コ・モビリティ社会の創成」について講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

<ソーシャル・キャピタル（社会関係資本）の豊かなコミュニティの形成>

- ・ コ・モビリティ社会の分析
 - ◆ 総輸送量は GDP の増加とともにリニアに上がっている
 - ◆ 移動に費やす時間は GDP に係わらず一定であり、平均 1 hr 位と少ない
 - ◆ 1人1日あたりの移動距離は伸びている
 - ◆ 交通事故は死者も加害者も高齢者の比率が高い
 - ◆ 平均輸送人数（人/トリップ）は 1.43('89)、1.33('99)で、3分の2は空気を運んでいる
- ・ コ・モビリティ社会の1つのイメージ
 - ◆ コ・モビリティ=コミュニティ+モビリティ+ヒューマンインタラクション（情報空間と現実空間の結びつき）
 - ◆ 自動運転または遠隔操縦、動かなくて済むことは通信で賄う
- ・ 協働期間（2007～2009）： NEC、KDDI、大日本印刷、沖電気工業、FM 東京
- ・ 社会実証実験の場：青森市、栗原市、三鷹市、奥多摩町（医療施設へのアクセス困難）
- ・ 自動運転8輪車作成（ハンドルはない、値段はまだかなり高い）
- ・ コ・モビリティ社会が考えるエネルギー対策
 - ◆ EV、マイクログリッド、スマートメーター

<五島の未来へ 長崎 EV&ITS（エビッツ）>

- ・ 背景：ガソリン代高い（152円/L、本土では121円/L）
- ・ 電力は九州電力からケーブルを引いている。もう1本引くのは大変な費用がかかるので、ここならEVもpayするのではと期待されている

- ・ 2009 年度に 280 台のレンタカーに対し、EV を 100 台導入
- ・ 島一周が百数十キロであり、急速充電器も配備する。港湾施設に太陽光発電設備を整備し、EV 充電等に活用する
- ・ 地域起点の世界標準化を目指す

以下質疑とディスカッション(敬称略)

Q： トータルは素晴らしいが、EV 車を導入して、都市でどう活用するか。街づくりや道路の具合などと一緒に活動しているのか？

川嶋： それについては 10 年計画で青森市が高齢者向けにコンパクトシティに取り組んでいる。高齢者を集めたら移動手段が無くなってしまった。法的規制があるが、過疎地の場合は特例措置があるので専門家と検討している。

Q： 私は、車に老人を乗せないようなシステムを考えている（歩いた方が健康によいという考え）。三鷹市は小さなバスが路地まで入れるようにしている

川嶋： 健康問題と両方考えないといけない。バスも作るが、最終的には種々の大きさの乗り物や移動手段を考える。都市の構成、規制問題、車が入るための建物のデザインの変更も必要であり、問題意識を持って整理している。地域住民の意見を聞きながら実証していく。

C： 五島の観光に使用するのはとてもよいと思う。パーソナル型は昔からあるが、誰が使うのか、使い物になるのか疑問だった。

Q： 少子高齢化社会では高齢者の移動が問題になるが、根本の原因は若者の都会への流出。コンパクトシティであるフランスのボルドーには世界遺産があり、旧市街は車の乗り入れが禁止されている。老人が住みやすく、若者にも魅力があり職があるので若者が戻ってくる。日本で実験するにはどこがいいか？自動車メーカーにアピールするなら、メガシティでないと駄目だが、住みやすい町は小京都など。

川嶋： 鎌倉なら、やりやすいだろう。この議論は分かるが、日本の場合は永遠に誰もやらない。

フランスの町は元々隣の町と分離している。島も分離されていて分かり易い。三鷹などでは、どこまでが町だか分からない。

C： 街を作るとき、街と車（交通）を総合的に考えてゆく必要がある。

C： ITS サービスで収益できる会社がディベロッパーに入ればよいのではないか。

Q： ITS はどういったサービスを提供できるのか？

川嶋： 駐車場などの料金決済、インターネットアクセスなどが可能、地図を持たせれば「この先スピードを落とせ」などのナビも可能である。

Q： 自動運転は？

川嶋： 長崎ではまだ考えていない。やるとしたらもっと狭い地域で。

Q： 自動運転のスピードは？

川嶋： 法律上の問題があって 10km/h 以下、5～6km/h で走らせている。理論上は 20km/h まで出せる仕様になっている。シニアカーの範囲でないと街中は走れない。確か 6km/h 以下。

4.6 次世代自動車普及に向けた石油業界の取組みと課題

実施日： 2009年11月13日（金）

場 所： （財）製造科学技術センター 第1会議室

講演・ヒアリング内容

講師：新日本石油 部長 斉藤健一郎氏

「次世代自動車普及に向けた石油業界の取組みと課題」について講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

以下質疑とディスカッション(敬称略)

Q：(図中) 構成比は重量比？

A：リッターです。

Q：ガソリンと軽油の需要が減ってきた理由は？

A：軽油は乗り心地が悪いとか、排ガスが汚い等で印象が悪くなり、ディーゼル車が敬遠された影響がある。また輸送の効率化が進み、トラック用需要も減っている。ガソリンの需要低下は、2005年頃は不況の影響と見ている。台数はさほど減っていないが、1台当たりの走行距離が減少し、車が小型化して燃費が向上したのが理由。

Q：次世代車が普及しなくても、ガソリンの需要はどんどん減り続けると？

A：EV や FCV が出てこなくても、ガソリンも含めた自動車用燃料の需要は減り続けると見ている。ガソリンの需要に関しては、2005年頃は2008年がピークだろうと考えていたが、実際は2005年がピークだった。これからも国内で需要が増えることはないと思う。

Q：ガソリンや軽油の需要が減少していく場合、他の石油製品への影響は？

A：他の燃料製品の需要も減っている。(図中) 過去にこれだけ構成比が変化したが、手製造側で手間をかけてバランスはなんとか調整してきた。METI の見通しでも重油の需要が激減すると見ている。オール電化で灯油需要も今後含めて減少傾向は続くだろう。一方、ナフサとジェットは、両者とも世界全体の需給バランスによるため、あまり減らないだろう。ナフサの国内需要は相当部分を輸入で賄って

いる。

Q：重油が減っているが、この用途はボイラー？

A：そうです。(発電用)

Q：電気自動車が普及してガソリンの需要が減るが、石油製品を作らなければいけないのでプラスチックが高騰するというシナリオは考えられないか？

A：それは別の話。ガソリンと軽油は国内市場だが、プラスチックは世界市場なので、日本だけの動きでどうにかなると言うものでもない。

Q：この需要の変化は日本に特徴的な変化なのか？それとも先進国は似たようなものか？

A：先進国の傾向といえる。米は昔からガソリン・軽油中心で、両方合わせて石油利用の半分以上を占めている。EVやFCVの普及が進むとしても、2020年の段階では、ガソリン需要へのインパクトはあまりない。むしろ、(図中)赤線の方が大きい。次世代自動車の普及が無くても、需要は減ると見ている。従って、2020年時点でのガソリン・軽油ビジネスに対するEV、FCVの影響は、それほど大きくない。但し、2050などの長期は別。

Q：ガソリンが減っていくと、石油精製所からの副生水素が減ると言う心配は無用か？

A：副生水素について誤解があるようだ。製油所の副生水素はガソリンや軽油の脱硫に全部使っており、それだけでは足りないので、水素製造装置をわざわざ設置して水素を補っている。この水素製造装置には余裕がある。従って、出荷するのは副生水素ではなく、目的生産物。エネルギー安定供給の観点からは、目的生産の水素が主体であるべき。

Q：燃料電池自動車に供給するだけでなく、地域に水素を供給する場合、サービスステーション(SS)以外にインフラを作らないと水素ビジネスが成立しないとすると、厳しいのでは？

A：確かに、ビジネスとして一番成立しやすいのはFCVへの燃料供給。ここが成立しないと先(家庭向け)には進めないが、家庭向けまで見据えることも必要。

Q：軽油の今後は？ 大型自動車は対応が進んでいないようだが。

A：METIの見通しでも軽油はあまり減らないとしている。徐々に減っては行くが、ガソリンほどには減らないだろうとみている。(軽油は運送業務用途が主であるため)

Q：ガソリン需要が減り、軽油が余り減らないために全体のバランスがおかしくなる事を心配していないのか？

A：軽油に関しては心配していない。バランスが崩れることで一番の課題は重油。重油の需要が減ってきているので、これを如何に軽油にしていくか。軽油なら余っても輸出できる。精製油の構成もある程度は調整可能である。

Q：欧州への輸出？

A：アジアへの輸出。

C：米国も硫黄が少なくなって軽油を結構使い始めている。

Q：水素は SS での商売となりやすいが、電気は販売するとしても単価が非常に低く、充電に時間が掛かり、急速充電器が高額等の問題があり、ショッピングセンターとペアにでもしないと商売にならないのでは。

A：ビジネスにならないということは、EV が普及しない、ということでもある。EV 普及のためにも、多角化の取組みの中でビジネスにするための課題を分析していく。

Q：石油製品の需要見通しで、2008年3月に出した2030年度予測と、2009年3月に出した2013年度予測は前提が違うのか？2030年度予測ではあまり重油需要が減っていないようだが？

A：2013年は直近の動向をふまえた2009年での予測。2030年は2008年に実施された長期見通しに基づいている。

Q：1年間でかなり動向が変わったということか？

A：そういうことだと思う。恐らく、発電部門などは相当見直したのではないかと。また、2030年度の数字は何種類かのケーススタディの中の一つを示した。

Q：SSについて。2024年までは水素普及型で、それ以降は低炭素型に移行とある。当面はとにかく供給するために水素トレーラーで、あとはパイプラインでSSへガスを輸送。電気分解で作るにはバッファをとということか。

A：下の図は色々なケースを描いてある。全てやらなければいけないというものではない。パイプライン、現地で改質、電気分解、どれを使っても低炭素型になる。

Q：コストが安いというわけではない？

A：パイプラインはできてしまえば安い。

Q：とりあえずやるなら、SSに製造装置を持ち込んだ方が早い。将来はどこかでまとめて製造して送り込んだ方が早いと？

A：そういうことである。なお、製油所で水素を作る石油業界のビジネスモデルでは、

最初から集中製造である。

Q：パイプラインは日本中、裏日本まで展開するのか？

A：それはない。全国津々浦々を結ぶパイプラインは現実的ではない。今のガスと同様、地域ごとに拠点を設けて供給する。拠点に近い都市部はパイプラインで供給するのが合理的。一方、拠点から遠い地域では、ローリー輸送や現地小規模製造も考えられる。

Q：電気会社がEV、石油会社とガス会社がFCVという図式に見えるが。

A：SSは水素に親和性が高いのは確かだが、そんなことはない。

Q：EVへはスタンドだけが関係し、スマートグリッドなどには関係できそうにもないと？

A：太陽光発電も含め、石油、電気、水素、熱といったあらゆるエネルギーの供給拠点を目指している。

Q：ガス・電気・石油を分けることがおかしいので、エネルギー供給会社が1つあった方が効率的なような気がするが？

A：電力やガスと一緒にになったら、という話は冗談として出ることにはある。ただ、石油、ガス、電力ともに、国の関与度合いも含めて、業態は異なっている。

Q：家庭用燃料電池は何で動くと読むのか？

A：市販しているのはLPGと都市ガス。近い将来では灯油。もっと先では水素もある。

Q：水素のパイプラインは難しい？

A：そんなに難しくないとと思う。海外では実績もある。また、今年度は北九州で実証も予定している。

Q：長期見通しでも化石燃料から水素を作るという発想なのか？

A：まずは、FCVを普及させるために、安定的に供給ができて、すでに製造インフラのある化石から始める。将来的には、低炭素を目指してCCSを組み合わせる。太陽光発電の電気分解もビジネスとして成立し、他の低炭素型の水素製造方法と競争力がもてればやる。なにがなんでも化石燃料という意図ではない。ただ、エネルギーの安定供給という観点からは、当面は主体を化石資源に頼らざるを得ないと思う。

Q：ガソリンを供給するよりもCO₂は減る？

A：FCVと水素の組み合わせたライフサイクルで、ガソリン車ーガソリンの組み合わせ

せに比較して、CCS をやらなくても CO₂ が 5 割減る。CCS を入れると 8 割くらい減る。

Q : 32 ページ。導入により車起源の CO₂ が半減とあるが、どういうシナリオで半減するのか？

A : 車両一台当たりで半減するという意味。P37 の図に示した試算では 2050 年で全てが EV と FCV としている。逆に、ここまでやらないと CO₂ の 80%削減は達成されない。

Q : 石油が枯渇するとしたら 2050 年とみているか？

A : 色々な説があるが、答えられるほどの知見は持っていない。新エネルギーへの取り組みは、石油の枯渇を懸念してやっているのではなく、CO₂削減とエネルギー需要の世界的な増加に対応したもの。あるからと言って石油を使い続ける、というものでも無いと思う。

4.7 電気自動車に向けた超軽量CFRPの開発動向

実施日： 2009年12月16日(水)

場 所： (財)製造科学技術センター 第2会議室

講演・ヒアリング内容

講師：東京大学教授 高橋 淳氏

「電気自動車に向けた超軽量 CFRP の開発動向」について講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

- ・EV、PHEV ではより車体の軽量化が求められる（二次電池節約、航続距離延長）。
- ・量産車に必要な超高速成形性とホリゾンタルリサイクル性をプロジェクトで開発中。
- ・残された課題は炭素繊維自身の量産性と低コスト化で、別プロジェクトを企画中。

以下質疑とディスカッション

Q : CFRP の耐熱性は？

A : 量産車用には成形速度とリサイクル性から耐熱性が低めの熱可塑性樹脂による CFRP になると思われる。具体的には、エンジン回りではナイロンを使用し、他はオレフィンを使用。EV になったらエンジンが無くなるので、全てオレフィンになる。

Q : 板金的修理は可能か？

A : 熱硬化性樹脂の場合はできないので、削って再度繊維を入れて硬化させて修理する。熱可塑性樹脂の場合は熱を加えれば戻る。

- Q : 走行による空気との摩擦で静電気が発生するという問題は解決したのか？地下鉄のように軽量化（300kg）のために風で吹き上がる心配はないか？
- Q : 静電気の問題はプラスチックだけで解決できる？金属粉末を入れる等するのか？
- A : 炭素繊維は導電性が高いので静電気は問題にならないと思うが、燃料タンクなどへの応用の場合は慎重な検討が必要。
- Q : 風の問題はあまり研究していないか。F1 自動車の重さ自体はもっと軽い。車をもっと立体的な形になったときに、高速道路で大丈夫か。
- A : 風の問題は今後クローズアップされるかもしれないが、まずは量産化できるようにすることと安全性の確保が重要と考えている。中国で手作りで設計している車はまず量産できない点で環境問題に寄与できないと思う。また、本当にぶつかって安全か、落雷しても大丈夫かも一つ一つ潰さなければならない。
- Q : 将来的にはボディ全体をプラスチック樹脂にする方向か？スチールの骨格にプラスチックを使うとなると、熱膨張率の違いから設計が難しくなると思うが。
- A : 炭素繊維は金属との電蝕があるので、接触箇所にシール材を入れる必要がありコストが掛かると言われてきたが、それは炭素繊維の値段が高かった時代の話。スチール部品の性能と値段と成形スピードが同じになるよう検討が進められており、そうなれば敢えてスチールを残す意味はない。熱膨張率の問題もあるから、できるだけ同じ材料で作りたい。
- Q : 法律上、航空機とは異なり自動車は壊れてはいけませんが、プラスチックを使用して自動車の耐久性は大丈夫なのかが心配。
- A : 熱硬化性は層間剥離が起りやすいが、熱可塑性のものは起きない。強度的にスチールよりはダメージは受けにくい材料ではある。クリープするのではという問題はあるが、時間をかけないと検証できないので、どう加速試験をするか検討中。
- Q : 最近言われているのは、溶接だけでなく、航空機のように接着剤を使えば良いという意見がある。一体化するしかないのか。
- A : 必ず接ぐところはでてくる。炭素繊維とポリプロピレン（PP）は接着しないとされてきたが、技術が進展して接着強度は高くなってきた。そして、そのCF/PP 同士は溶着させると、繊維同士が絡み合い、接着剤で接合するよりも部材強度が強くなる。熱硬化性の場合には溶着できないのでボルト接合か接着剤で

の接合となり、前者の場合は応力集中部や構造的な不連続部を作ってしまう、後者の場合は接着剤の強度で接合強度がきまってしまう。熱可塑性の場合、うまく溶着すれば接着面が分からなくなるくらい綺麗につながる。

Q： 昔はスチールにアルミを入れるのは難しくて、こんなもの使えるかと言う反応だったが、10年くらい研究すると当たり前の技術になった。このような研究を自動車会社がやるのか、研究者がやるのか、この辺をクリアーにしないと。

A： NEDO のプロジェクトでは、繊維と樹脂の界面接着性の研究、超高速成形方法の研究、部材接合方法の研究、リペア・リサイクル方法の研究が自動車で使うための共通基盤技術と考えてやっている。

Q： 「リペア」は全部取り替えることか？

A： リペアは修理であり、いくつかの段階を考えている。「インハウスのリペア」は歩留まり材に熱をかけて矯正し使えるものに復活させるもの。「ショップリペア」は熱をかけて戻し、繊維が切れたものに対してはドライヤーで剥がしてバージンのパッチを当てるもの。なお、「プレートリサイクル」は、成形時の切れ端をプレスにかけ、プレート状の基材に戻すもの。

Q： 繊維は短繊維？

A： 連続繊維と不連続繊維があり、これを使い分ける。強度部材は連続繊維を使う。賦形性の高いところは不連続繊維を使う。

Q： 連続繊維とは？

A： 連続繊維は航空機と同じパターンもあるし、テープを作って織物にして使う場合もある。ピラーは織物。ボンネットなど、板モノはだいたい不連続繊維で作る。繊維長がある程度あれば、強度も衝撃吸収能力も連続繊維と変わらない。フィット性は不連続繊維の方が高い。不連続繊維でここまでの性能を出せたのはすごい発明だった。

Q： EV や PHEV が普及すると軽量化のニーズが高まるために、CFRP が普及するというシナリオ？

A： そうである。今までの軽量化の目的はアメニティだったが、燃費向上を目的にするには CFRP は高価と言われてきた。しかし、より高価で資源量の問題のある二次電池やモーターを大幅に減らす効果から、CFRP はガソリン車よりは EV の方が入りやすいと考えている。

- Q : LCA 的に考えると、製造時の CO₂ はどの程度か？
- A : 入れる炭素繊維の量によっても変わるが、概ね部材重量あたりでスチールの 3 倍の CO₂ 排出で部材重量が 1/3 となるので、部材製造までの CO₂ 排出量はスチール車と同程度になる。LCA 的には軽量化により走行時に削減される分だけ CO₂ 削減となり、アルミニウムのように製造時のリバウンドが無いのがポイント。
- Q : 普通のガソリン車では 8 割が走行時。ハイブリッドになると 6 割で、製造・素材で 4 割。EV では製造（バッテリー）のところが増え、素材を CFRP にするとさらに増えるのでは。
- A : 先ほど述べたとおり増えない。さらに言えば、炭素繊維の原単位は別途行われるプロジェクトで劇的に下がる予定。LCA 的に見て問題は CO₂ ではなくむしろコスト。
- Q : ガソリン車の場合は、軽量化すると走行部分（の CO₂ 排出量）がかなり減るので、効果が高い。
- A : そのとおりである。ただし、これは一台の効果なので、量産車に普及するかどうか CO₂ 問題としては重要。
- Q : 面白い資料を沢山使っているが、全部先生が作ったのか？ 参考文献を知るにはどうすればよいか？
- A : 学生が作った資料もある。聞いていただければ出所を答える。
- Q : 炭素繊維のプロセスは、基本的に射出成形なのか？ 好きな形状に加工できるのか？ 曲げはできるか？
- A : このプロジェクトでは射出成形は使っていない。ピラーは内圧成形（ペットボトルと同じ）、板材やモジュールを作るところはプレス成形を行う。プレス積層はロボットアームで行う。熱可塑性なので、もちろん後から曲げることもできる。
- Q : ペットボトルではペレット化し、流れをよくして形にするが。
- A : ヒーターで暖めて柔らかくしてからプレス機に持っていく方法と、金型内で加熱する方法の 2 つがある。
- Q : 中の繊維は動く？
- A : 直径 7 ミクロンの炭素繊維が熱可塑性樹脂中に密に配列された基材に熱をかけて成形するものであり、繊維の網の目の中を樹脂が流れて浸透していくわけで

はないので、繊維はあまり動かないと考えている。また、仮に動いていたとしても、得られた板からどの角度で試験片を切り出して材料試験しても性能はほとんど同じになることから部材特性に影響はない範囲である。

Q： プレスでやるとして時間はどの位かかる？

A： 1 分間。高価な機械を占有する目標時間を 1 分としている。

Q： 繰り返し応力や疲労は？

A： 金属で言う転位のような疲労が蓄積するメカニズムが炭素繊維にはないため、CFRP では疲労という現象が起こり難い。

Q： 粉砕するとアスベストのようになる？

A： 出ないようにする。電気集塵機を使用する。

Q： リサイクルは難しそうだが

A： むしろリサイクルしやすい。熱可塑のときは回収・破砕・再成形だけのエネルギーで、樹脂は追加しないで炭素繊維だけを使いまわす。破砕に掛かるエネルギーは 0.4MJ/kg (参考までにスチールを作るときは 30MJ/kg)。再成形の温度は非常に低く PP だと 220~230℃位。熱硬化の場合は、破砕の後、熱をかけて樹脂をとばすプロセス (窒素雰囲気 700℃で 2 時間、約 8MJ/kg) が加わり、再成形時に樹脂の追加が必要となるという違いがある。

Q： 炭素繊維は高価だから？

A： 高価というのもあるし、車の場合 CFRP の使用量が増えてくるとリサイクル法にひっかかる。また、価格面からは、インプラントで出たゴミはできるだけ業種内で利用しないとイケない。航空機ならコンテナや座席、車ならシートなどに。つまりリサイクル方法として、熱硬化と熱可塑で分けるだけでなく、インプラントと市場ゴミに分けなければいけない。市場ゴミの場合はいろいろな樹脂が混ざると考えられるので、集めて熱で樹脂を飛ばして、炭素繊維をグレード分けするほうが合理的かもしれない。

Q： グレードの分離は可能？

A： 比重差と電気的方法で分離する。

Q： ボディをプラスチックリサイクルするとすればどうやる？

A： 板材はできると思う。バージン材でスチールのボンネットの重さが 1/3 になると

言っているが、リサイクル材でも同じ性能達成が可能。

Q： 表面の塗装はきれいに塗れる？

A： バンパーに使われている PP は最終形にしたあとにプラズマで表面を活性化して塗装している。開発している CFRP の表面は全て PP なので同じ方法が使える。ちなみに炭素繊維に色を付ける技術もある。ただ、ラップトップパソコンで見られるようになってきたとおり CFRP 自身に意匠性もあり、これまでのように、ぴかぴかに塗る必要が本当にあるのかは疑問。

Q： 炭素繊維の供給上の問題は？現在生産量があまり無いのは、単に生産設備が無いだけ？

A： リチウムのように資源は偏在していないが、作り方が難しく、現在は世界生産量の7割が日系企業によるもの。バブルの頃に沢山製造しすぎて値崩れしたが、今は需要量よりも生産量が少ないため国内メーカーで増産が計画されている。また外国でも国策下での新規参入計画があり、例えば今年是中国で 1,000 トン生産されると報じられており、将来的には 10 万トンを生産する計画と聞いている。

Q： 2003 年～2004 年に需要が増えているが、防衛機器に使っている？

A： それだけではないと思う。例えば、阪神大震災の後に補修に使われ始めたが、重機が入れないところへ人が担いで行ける手軽さから、老朽化したインフラや耐震補強にニーズがある。風力発電は最近多い。飛行機ではないことは確か。自動車でも増えている。

Q： 自動車はバンパー？

A： プロペラシャフトや後部外板など。スチールのシャフトは 2 本繋いでいるので、高価で複雑になる。CFRP ではシャフトが 1 本で済む効果大きい。

4.8 希土類磁石と世界の希土類資源

実施日： 2010 年 1 月 7 日 (木)

場 所： (財)製造科学技術センター 第 1 会議室

講演・ヒアリング内容

講師：信越化学工業株式会社磁性材料研究所 所長 美濃輪 武久氏

「希土類磁石」について講演いただき、質疑応答・ディスカッションを行った。

- ・ ネオジウム(Nd)磁石は特性が良いので積極的に使うべき。1986 年から量産され、1990

年には 8 割から 9 割がネオジム磁石になった。

- ネオジム磁石は日、中、独で生産しており、独は少量である。中国の生産量は中国の統計によると非常に多いが信用できない。中国の生産量は多くて日本の生産量の 1.5~2 倍である。
- 磁石はすべてオーダーメイドであり、顧客が図面を書いて金型を起こす。
- 2008 年度の国内生産量は 10,400 トンであり、用途の最大は HDD で 31%。次いでモーターが 26%、自動車は 24%となっている。
- HDD の 8 割以上に日本で製造したネオジム磁石が使われており、信越化学はその 3 割のシェアを持っている。
- 自動車の高級車には 1 台あたり約 100 個のモーターが使われている。殆どはフェライトであるが、パワステ用モーターなど一部にはネオジムが使われている。
- 風力発電の発電機にもネオジム磁石を使おうという世界的な動きがある。
- ジスプロシウム(Dy)やテルビウム(Tb)を添加すると、耐熱性が上がるが磁力は下がる。Dy や Tb は Nd より効果であり、最低限必要な耐熱性をクリアするように設計する。
- Nd や Dy は価格変動が大きいですが、使用量が少ないので製品価格への影響は大きくはない。
- 地殻中の元素の埋蔵量は Nd は Cu の半分程度であるが、使用量も少ない。
- 希土類元素はまとめて鉱床として存在し、単独では存在しない。Nd はどこの鉱床にも多く含まれるが、Dy や Tb などの中重希土類元素は含有量が少ない。
- レアアースの生産量は、以前は米・オーストラリアが多かったが、最近は 90%が中国である。
- Nd の用途は殆どが磁石。Tb は色々なものに使われ、磁石と蛍光体で取り合いをしている。
- 米国のマウンテンパス鉱山はレアアースを生産休止しているがリスタートプランがある。
- レアアースは資源埋蔵量が生産量に比して多く、ポテンシャルとしてはそれほどレアではなく、資源的な問題は致命的ではない。

以下質疑とディスカッション

Q： 自動車 1 台に使われるネオジ磁石の重量は。

A： おおむね 1kg。大きさにもよる。ハイブリッド車は発電機と駆動用モーターの両方で使用し、EV は駆動用モーターしかないが多めに使用するので、磁石重量は両者とも同程度。ネオジム磁石の重量の約 3 割がネオジム。

Q： 自動車のモーターでは、どれくらいの温度への耐熱性が要求されるのか。

- A : 約 160℃～180℃くらい。
- Q : Dy (ジスプロシウム) を添加しないと耐熱性はクリアできないか。
- A : 必須。
- Q : 熱が上がる原因は何か。
- A : エンジン周りでの温度上昇。EV はモーターでうず電流が発生し発熱する。ニッサンのリーフでは磁石を細かく区切って積み重ねることで、電気抵抗を上げてうず電流を抑制する工夫を採用している。
- Q : 機械的特性はどうか。
- A : 機械的特性は変えられないので、出た特性で使ってもらおう。ニッケルメッキをすれば強度が上がるが、コストも上がる。サマリウム磁石は脆く、チッピングを起こす問題があった。チッピングを起こすとハードディスクのデータが消えてしまう。コンピュータの発展はネオジ磁石の発明があったからこそ。
- Q : レアアースの供給源は中国がほとんどで、プロセスを作って生産に至るまでに 20 年近くかかるということか。
- A : 新たに行えば 20 年近くかかる。
- Q : ということは、2030 年までは中国主体の供給体制が続くということか。
- A : 米マウンテンパスや豪マウントウェルドなどが動き出すので、中国一極体制は崩れる方向に向かっている。重希土類に関しては、日本の商社もカザフスタン、ブラジル、ベトナムで取り組んでいる。レアアースの場合、自動車が急激に伸びるなどの影響で時間軸が合わなくなれば問題になるが、きちんと調整されていけば、基本的には問題ない。
- Q : では資源問題がネックと言われた理由は何か。
- A : 磁石の生産量が急激に伸びたからだろう。このままのカーブで伸びれば、確かに大変なことになると思うのは普通。今はあらゆる希土類元素を中国が押さえている。色々なものがこれに依存して成り立っているので、非常に危険な状態に見える。
- Q : 鉱山を開発するには 10 年かかるのか。
- A : 状況により異なる。カザフスタンは既に稼動している鉱山のウラン残渣から取るので、すぐに取りれる。ブラジルの鉱山も同様。ベトナムではこれから始めるので 10 年以上かかる。
- Q : カザフスタンの埋蔵量は明らかなのか。
- A : 明らかにされていない。担当商社は知っているだろうが、公表していないだけだろう。良い情報は出てこないもので、公表されていないということは問題がないと考えられる。

- Q : 釹石の中国支配は崩れつつあるとの話だが、精製工場が中国にしかないことに関してはどう思うか。
- A : それが次の問題。ライナス社は今、マレーシアに工場を作っている。それで足りるかどうかは不明。溶媒抽出までは一般的な技術だが、問題は熔融電解で、現状ではこれをほとんど中国で行っている。一部ベトナムでやろうとしているようだが。ここをどう的確に手を打つかが、希土類産業において重要だろうと言われている。また熔融電解の技術が未だ洗練されておらず、大きな工場はあるものの、アルミの熔融電解のように完璧に工業化はされていない。技術的な問題があると思われる。
- Q : 着磁のときは成型後に着磁するというので良いと思うが、ネオジ磁石をリサイクルするときいきなり外すと危険ではないか。
- A : キュリー温度 (310°C) まで加熱すれば熱的に消磁できる。表面だけキュリー温度に達するだけでも、ある程度磁力は消えるが、中まで加熱するために余裕をみて 350°C まで加熱すれば十分。接着剤で固定してあり、接着剤も一緒に焼ける。エアコンのコンプレッサ用 IPM モーターでは接着剤を使用しないため、エアコンの磁石はかなり綺麗。
- Q : 消磁だけして帰ってきて、着磁して使い回しする方法は可能か。
- A : 製品が同じだったらありえるが、実際問題としてはそのケースは少ないだろう。

次頁以降に各ヒアリングにおける講演資料を添付する。

(財)製造科学技術センター
平成21年度 第2回 CEVの普及調査WG

自動車用リチウムイオン電池 の開発動向と今後の展開

2009年7月27日(月)
(財)製造科学技術センター 第2会議室

オートモーティブエナジーサプライ株式会社
内海 和明

URL <http://www.eco-aesc.com/>



内容

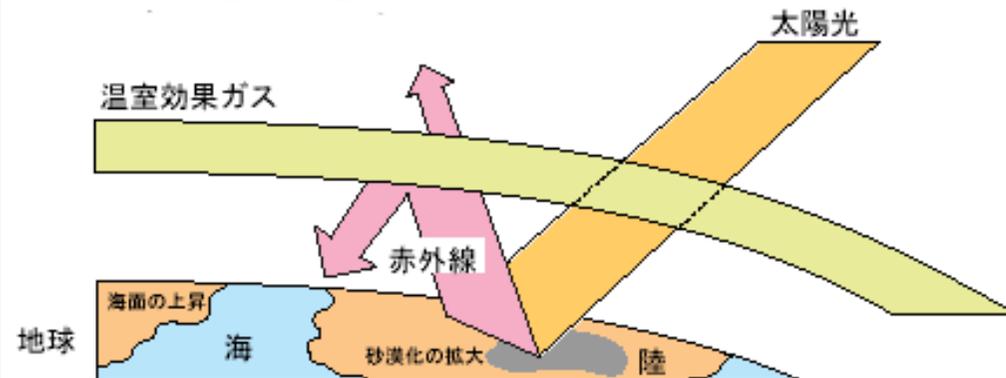
- 1.はじめに
- 2.自動車用二次電池の必要性和リチウムイオン電池の位置づけ
- 3.リチウムイオン電池の研究開発状況
- 4.マンガン系リチウムイオン電池の特徴と課題
- 5.ラミネート型リチウムイオン電池の特徴
- 6.ラミネート型マンガン系リチウムイオン電池の応用
- 7.まとめ

地球環境問題

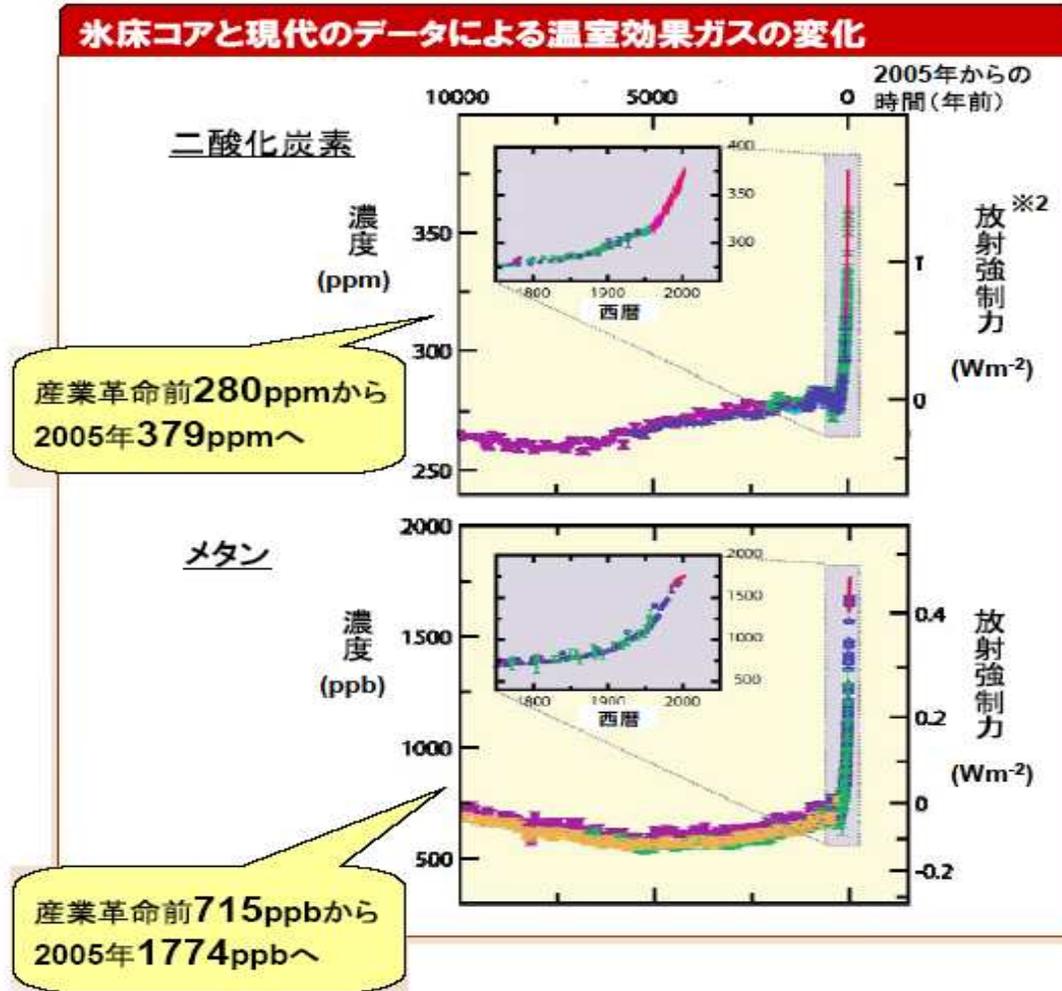
CO₂などの温室効果ガスの排出により地球温暖化が加速



温室効果ガスのメカニズム

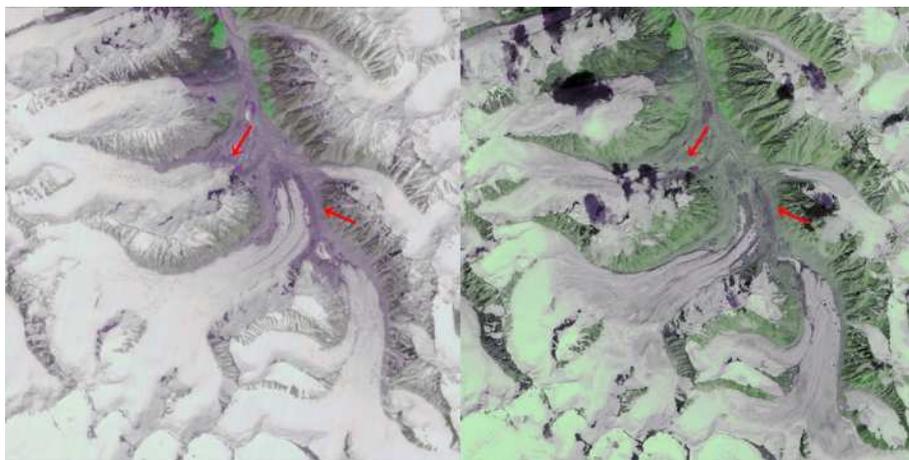


温室効果ガス濃度の推移



環境省 IPCC第4次評価報告書
第1作業部会報告書概要(公式版)
2007年5月22日Ver. より

地球温暖化の影響による氷河の後退

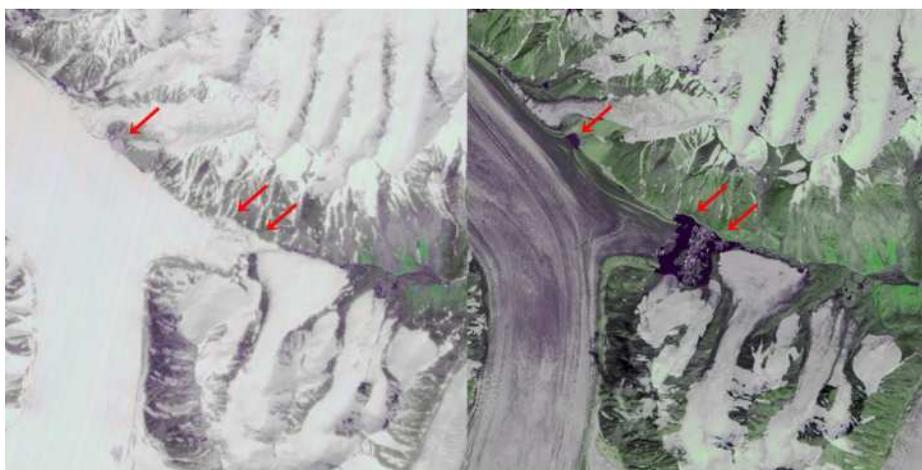


1993. 8. 20

2006. 8. 26



ナリブキナ氷河の北の領域



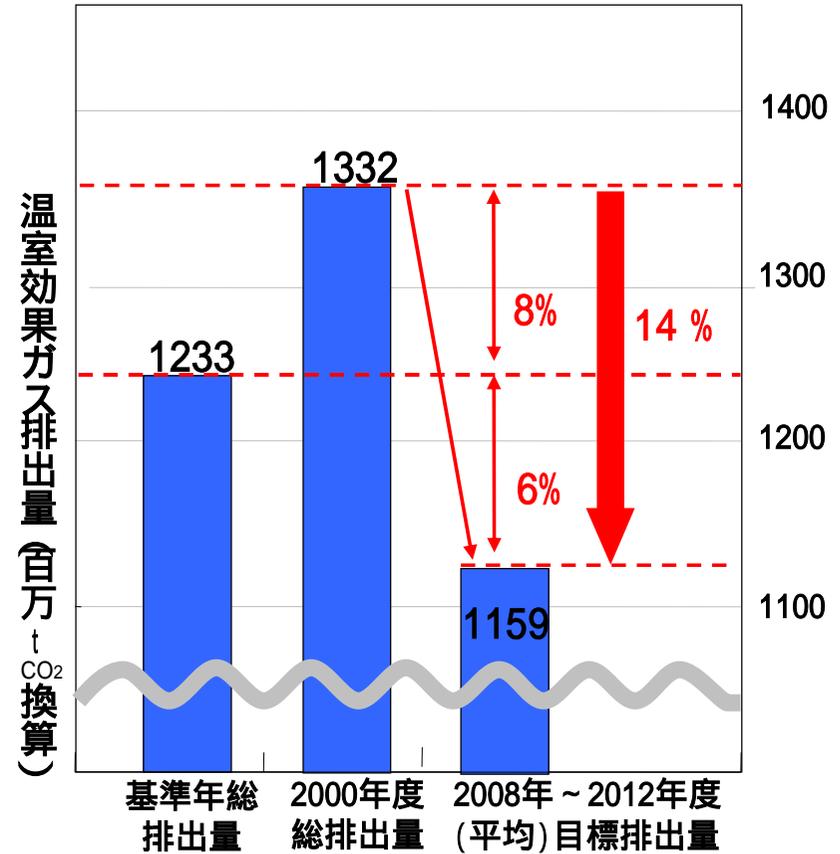
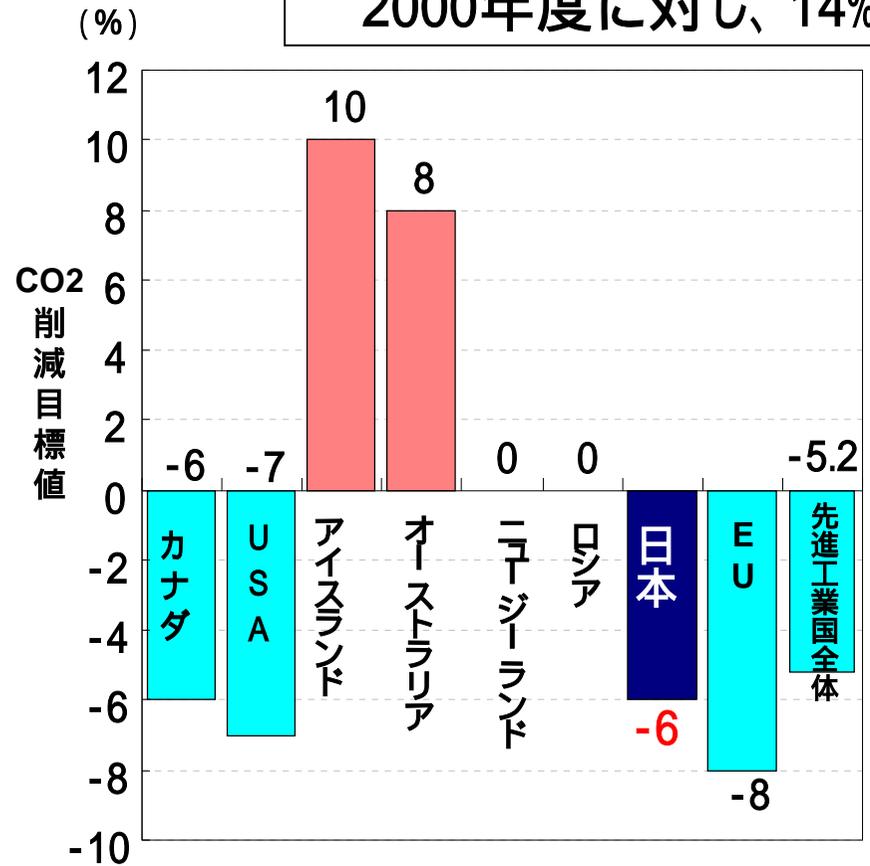
1993. 8. 20

2006. 8. 26

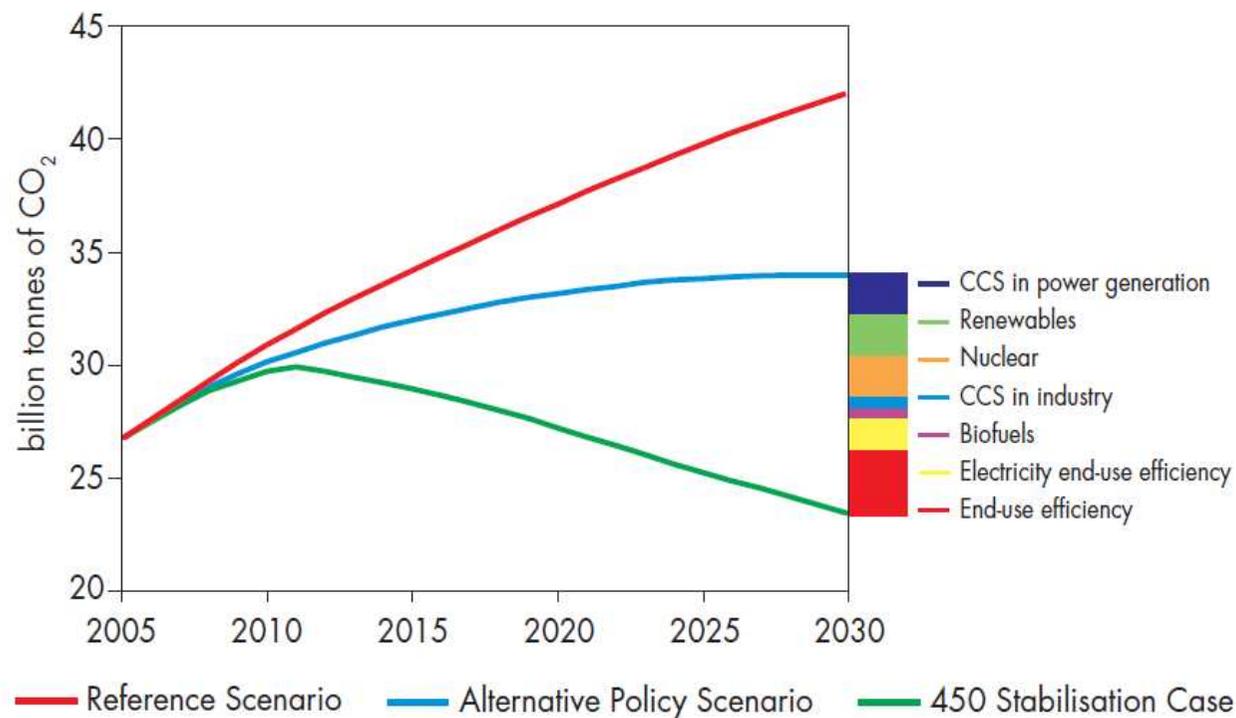
フェドチェンコ氷河中流部

京都議定書によるCO2削減目標

CO2削減目標は国によって異なり、日本は2000年度に対し、14%の削減が必要である。



2030年までにCO2濃度を450ppmに安定化させるシナリオ



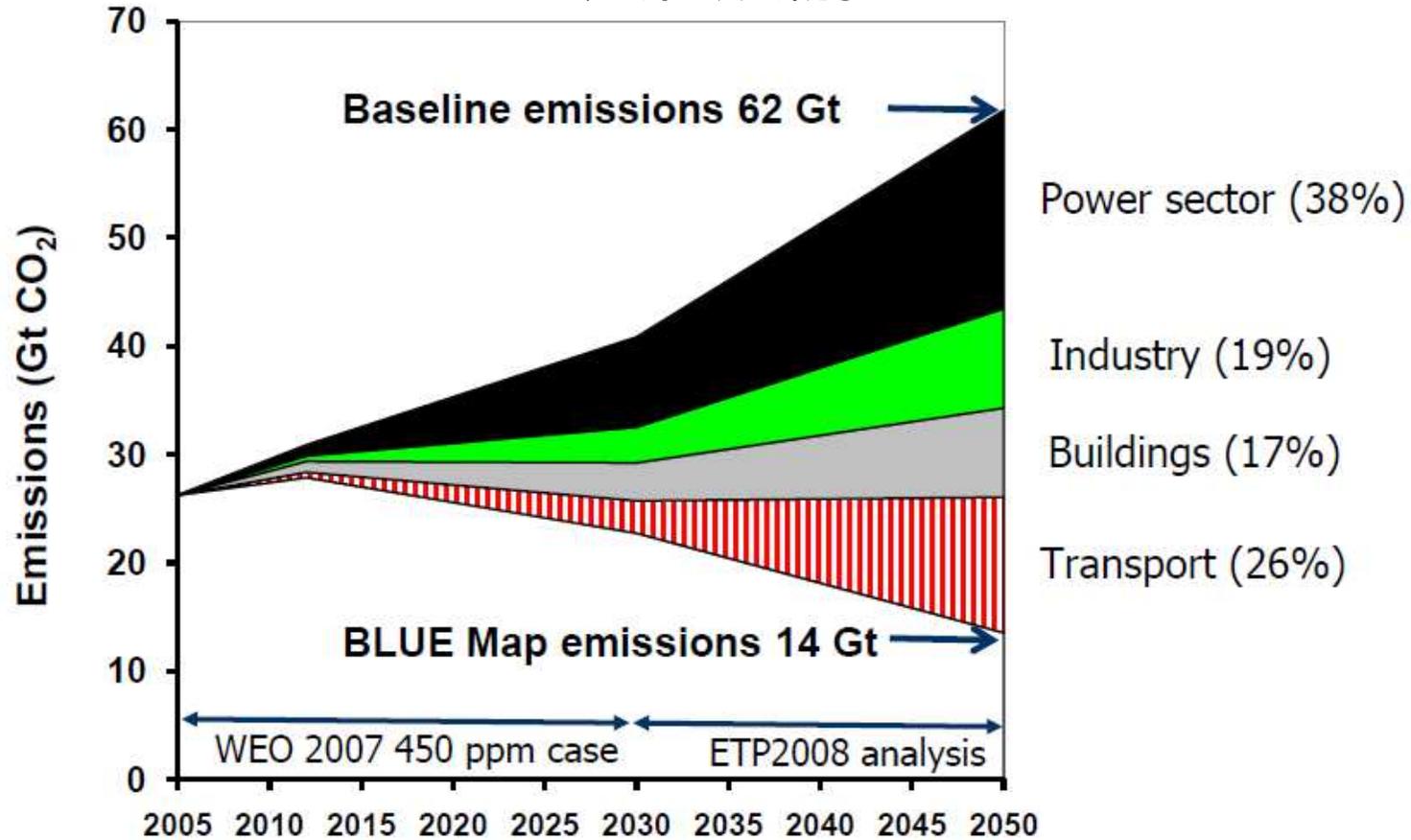
CCS: Carbon Dioxide Capture and Storage

WORLD ENERGY OUTLOOK 2007 (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY)
Part A: Global Energy Prospects: Impact of Developments in India and China



2050年までにCO2半減を実現するオプション(2)

- 産業領域別 -



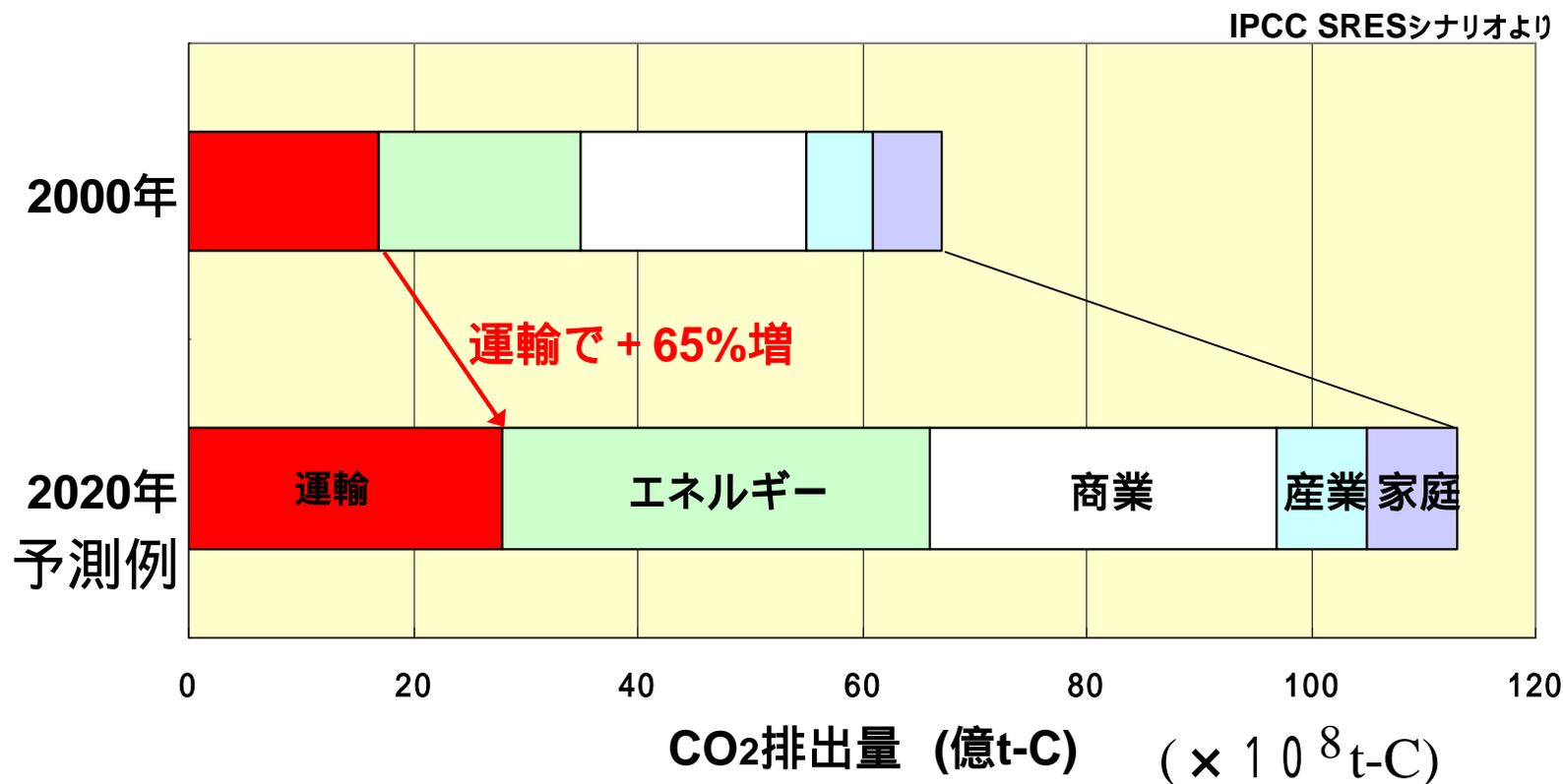
ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES 2008
Scenarios & Strategies to 2050 INTERNATIONAL ENERGY AGENCY



内容

- 1.はじめに
- 2.自動車用二次電池の必要性和リチウムイオン電池の位置づけ
- 3.リチウムイオン電池の研究開発状況
- 4.マンガン系リチウムイオン電池の特徴と課題
- 5.ラミネート型リチウムイオン電池の特徴
- 6.ラミネート型マンガン系リチウムイオン電池の応用
- 7.まとめ

世界のCO2排出量



第一回グリーン購入世界会議 in 仙台 分科会6 未来を拓く環境技術 / 製品
「急速充放電可能電池がもたらす省エネ社会」2004.10.07

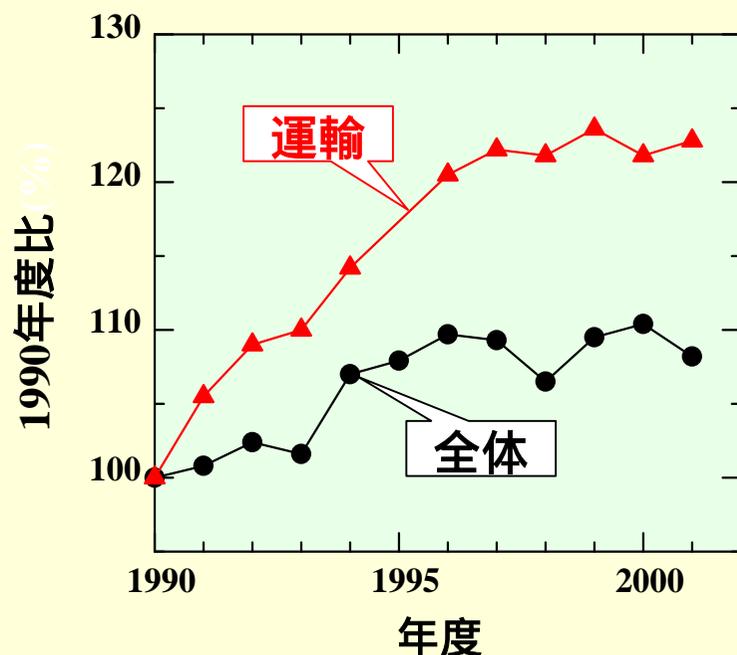


運輸部門の排出、ウェイトが急増 (国内でも同様)

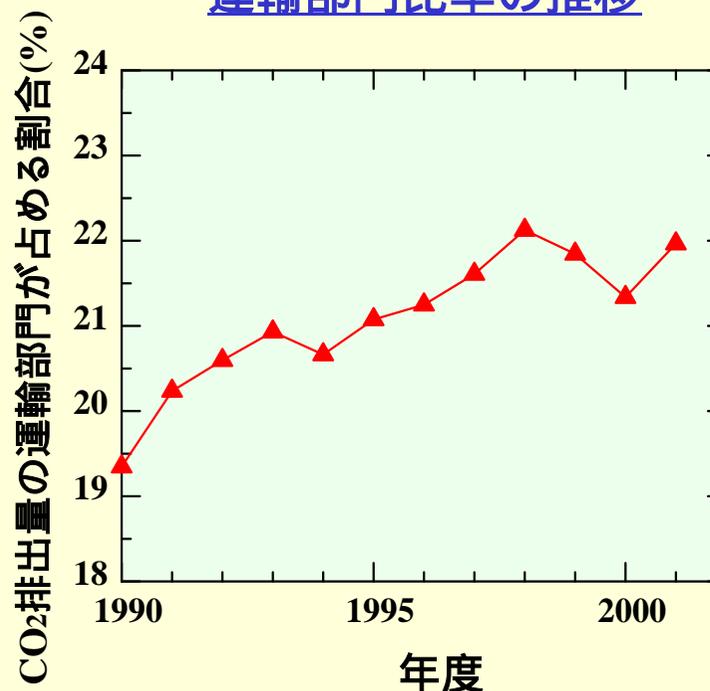


CO2排出量の推移と運輸部門の比率(国内)

CO2排出量の推移



運輸部門比率の推移



環境省平成16年度環境統計集

運輸部門からのCO2排出量は増加幅が大きく、全体の1/5~1/4を占める。

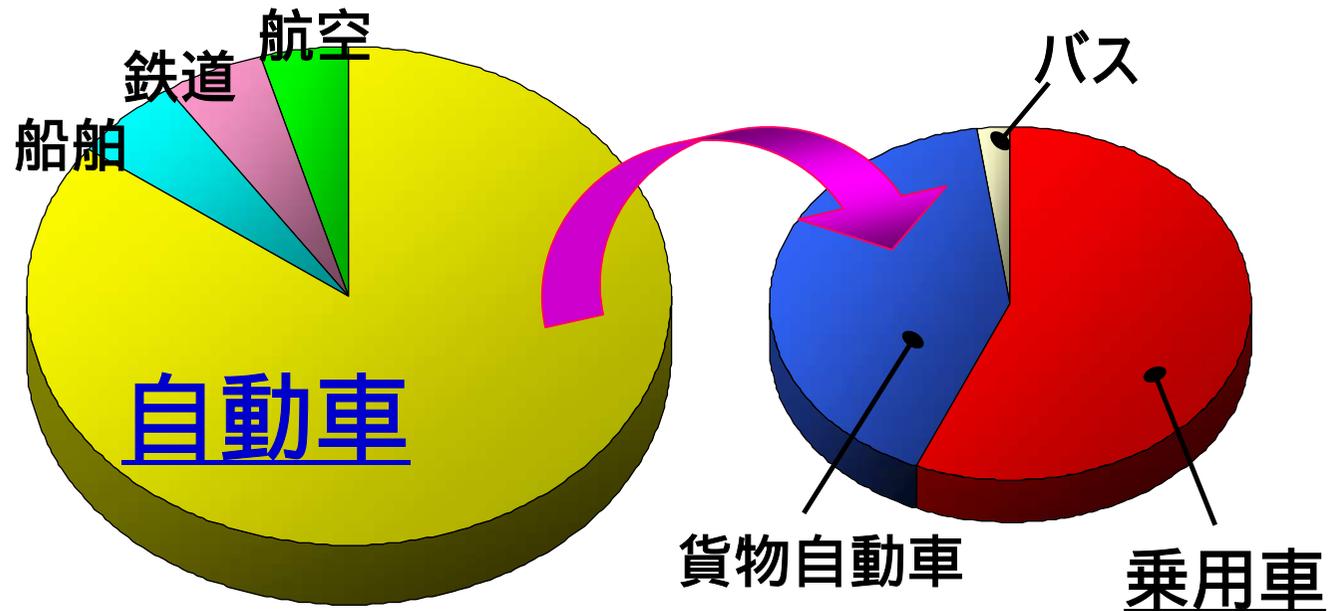


Automotive
Energy Supply
Corporation

エコデザイン2004ジャパンシンポジウム：沼田ほか、「蓄電技術高度化によるCO2排出削減(1)高出力Liイオン二次電池による省エネ化」2004.12.07

日本の運輸部門における燃料消費量内訳

第一回グリーン購入世界会議 in 仙台 分科会6 未来を拓く環境技術 / 製品
「急速充放電可能電池がもたらす省エネ社会」2004.10.07



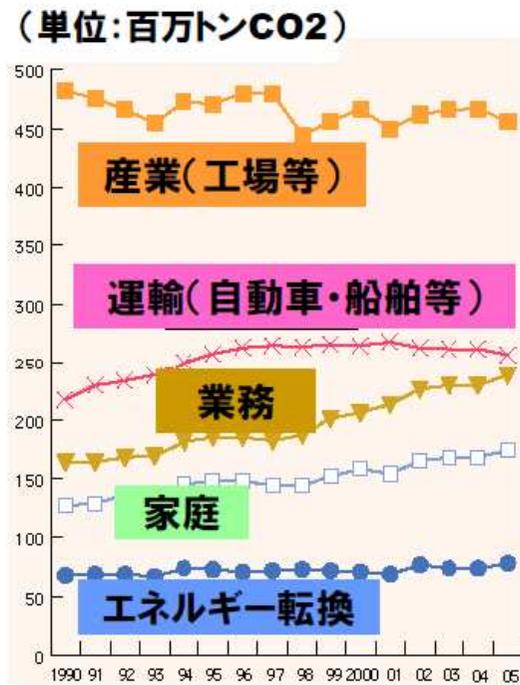
自動車の燃料消費が圧倒的

ガソリンに代わる自動車の普及がCO2削減に向けて必須

その答えの一つがHEV/EV/FCVなどの電気自動車

日本の領域別CO2排出量推移

最も排出量が大きい産業領域は、排出量削減努力の効果がみえる
現在は、業務・家庭領域の増加が著しい

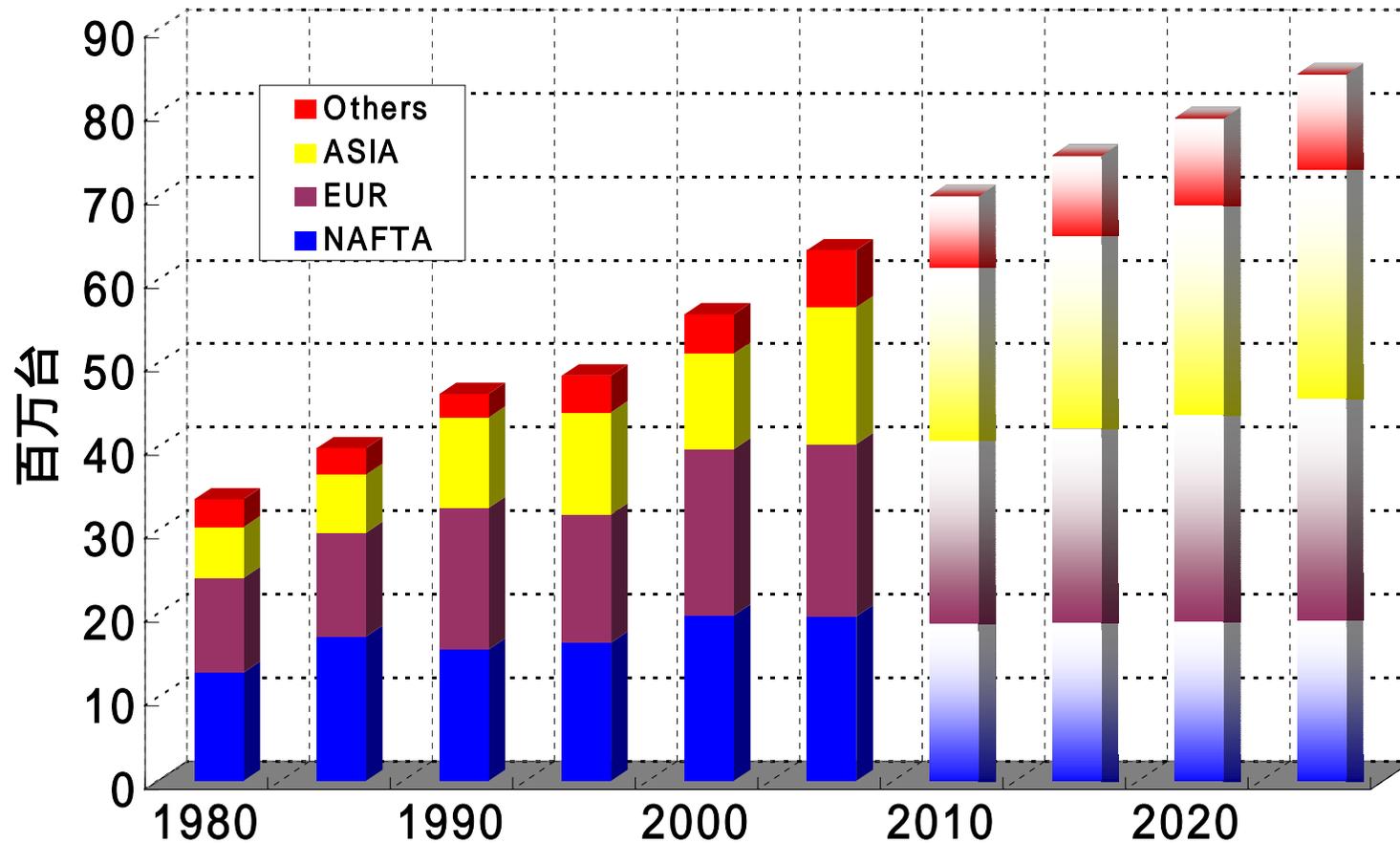


	1990年度 (構成比)	90年度比 増減	2006年度
産業部門	482 (42.1%)	➡ -4.6%	460
運輸部門	217 (19.0%)	➡ +16.7%	254
業務その他部門 (DC、オフィス等)	164 (14.4%)	➡ +39.5%	229
家庭部門	127 (11.1%)	➡ +30.0%	166
エネルギー転換部門	67.9 (5.9%)	➡ +13.9%	77.3
合計	1,059 (92.6%)	➡ +12.0%	1,186

出展:環境省 2006年度(平成18年度)の温室効果ガス排出量(確定値) [平成20年5月16日]



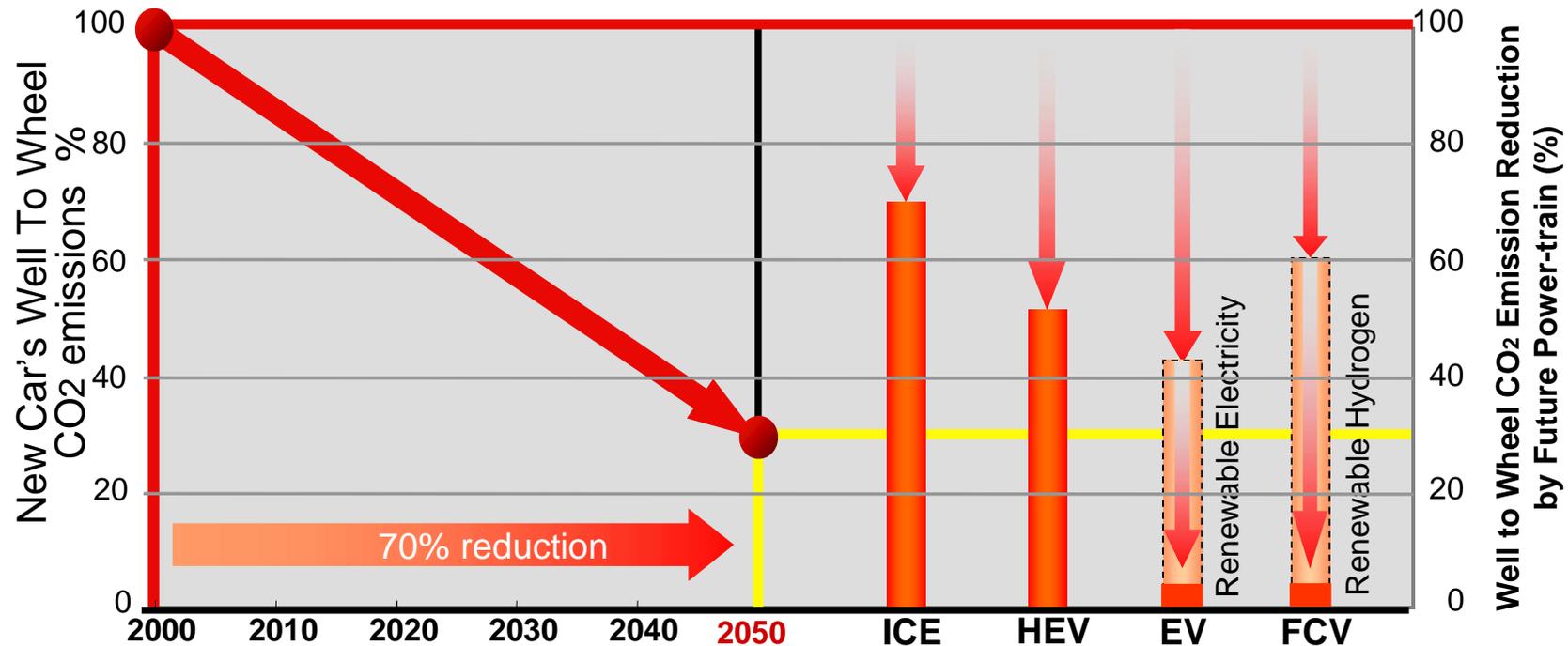
グローバル乗用車需要見通し



2025年時点の乗用車全需は8,500万台で、2005年実績対比 2,100万台増 (+33%)が見込まれる。
 アジア・東欧:増加 北米・西欧:フラット 日本:減少

自動車によるCO2削減

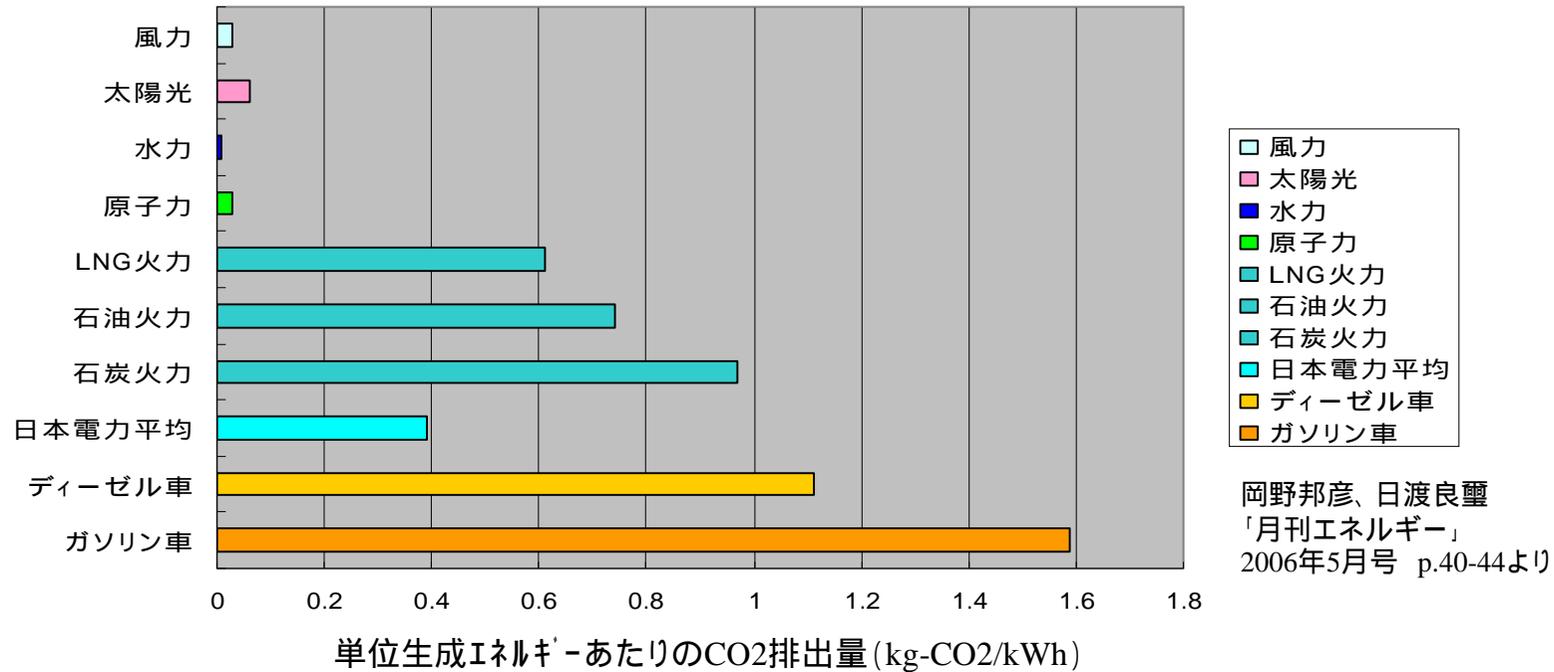
自動車による排出CO2削減に向けては、
短期的; ガソリン車の効率向上、HEV化
長期的; EVなどのZEVが必須



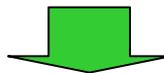
日産グリーンプログラムより

自動車と発電電源のCO2排出量

-単位生成エネルギーあたり(排出原単位: kg-Co2/kWh)-



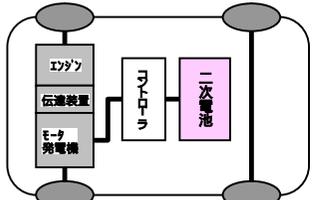
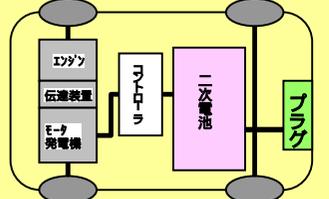
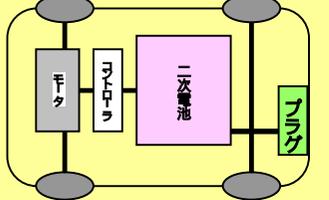
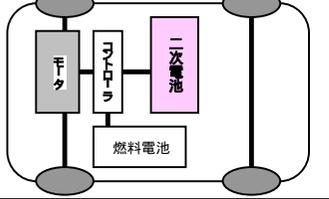
自動車のエネルギーとして電力を導入することにより、大幅なCO2排出量削減可能



ハイブリット車(HEV)導入で30%~50%、プラグインハイブリット車(PHEV)、電気自動車(EV)、燃料電池車の導入で、70%~75%のCO2排出量を削減

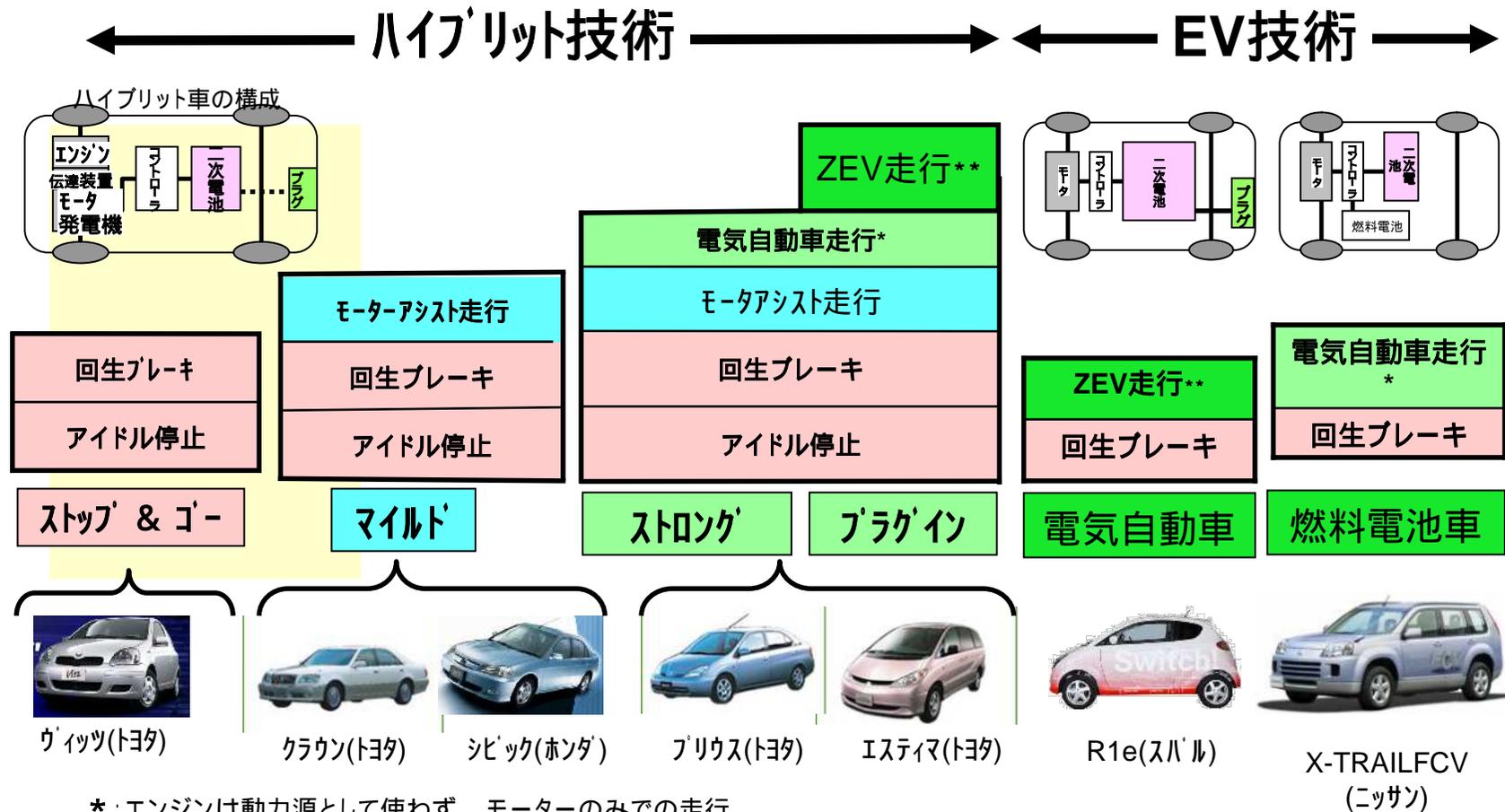


環境対応電気自動車における二次電池の役割

電気自動車の種類と特徴	動力	外部から供給するエネルギー	二次電池の必要性
ハイブリッド車 HEV (Hybrid Electric Vehicle)		エンジンとモータ	ガソリン 必須
プラグインハイブリッド車 PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)		エンジンとモータ	ガソリンと電気 必須
電気自動車 EV (Electric Vehicle)		モータ	電気 必須
燃料電池車 FC-EV (Fuel-Cell Electric Vehicle)		モータ	水素/メタノール その他燃料 必須

どの方式でも加速性能確保/エネルギー回生のため**二次電池が必須**である。

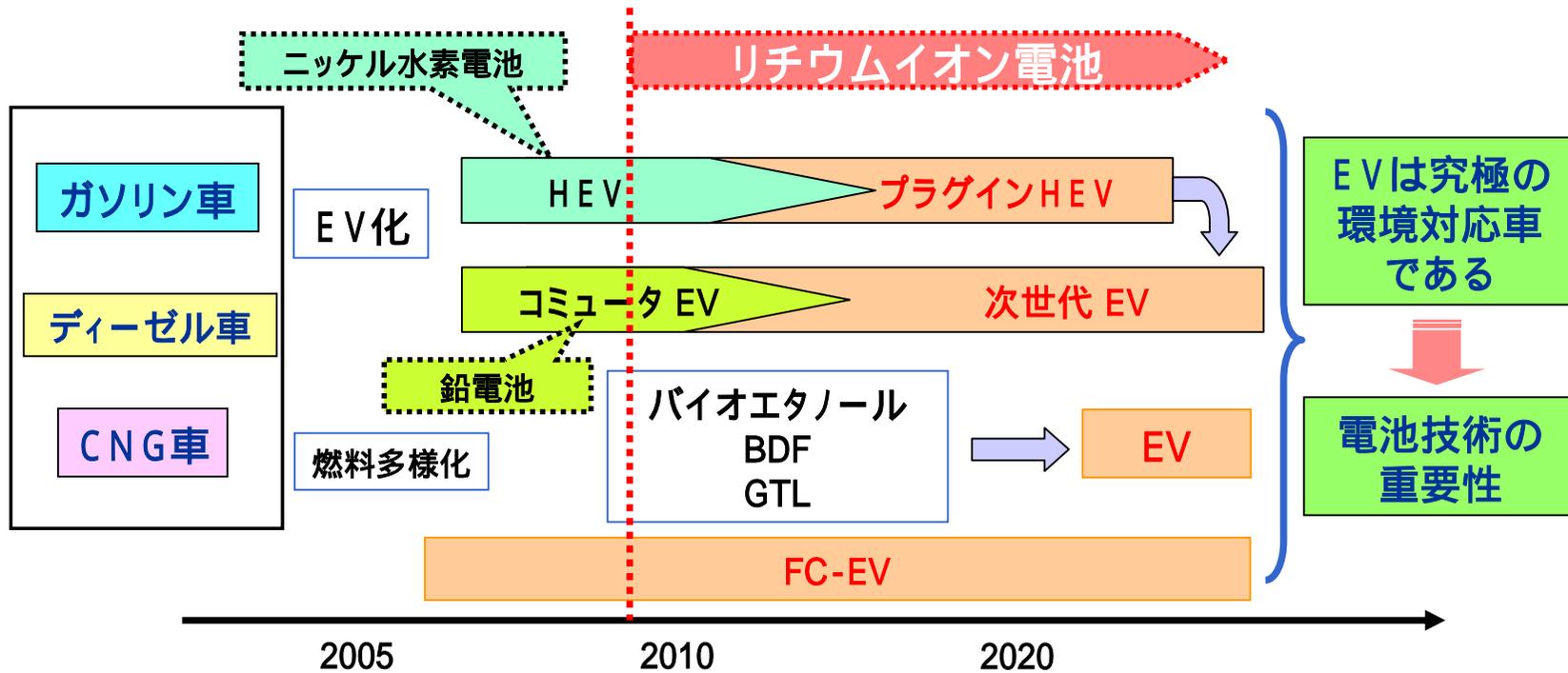
環境対応車技術



* : エンジンは動力源として使わず、モーターのみでの走行
 ** : 外部電源から充電した電力を用いモーターのみでの走行



環境対応車輛の進化の方向性

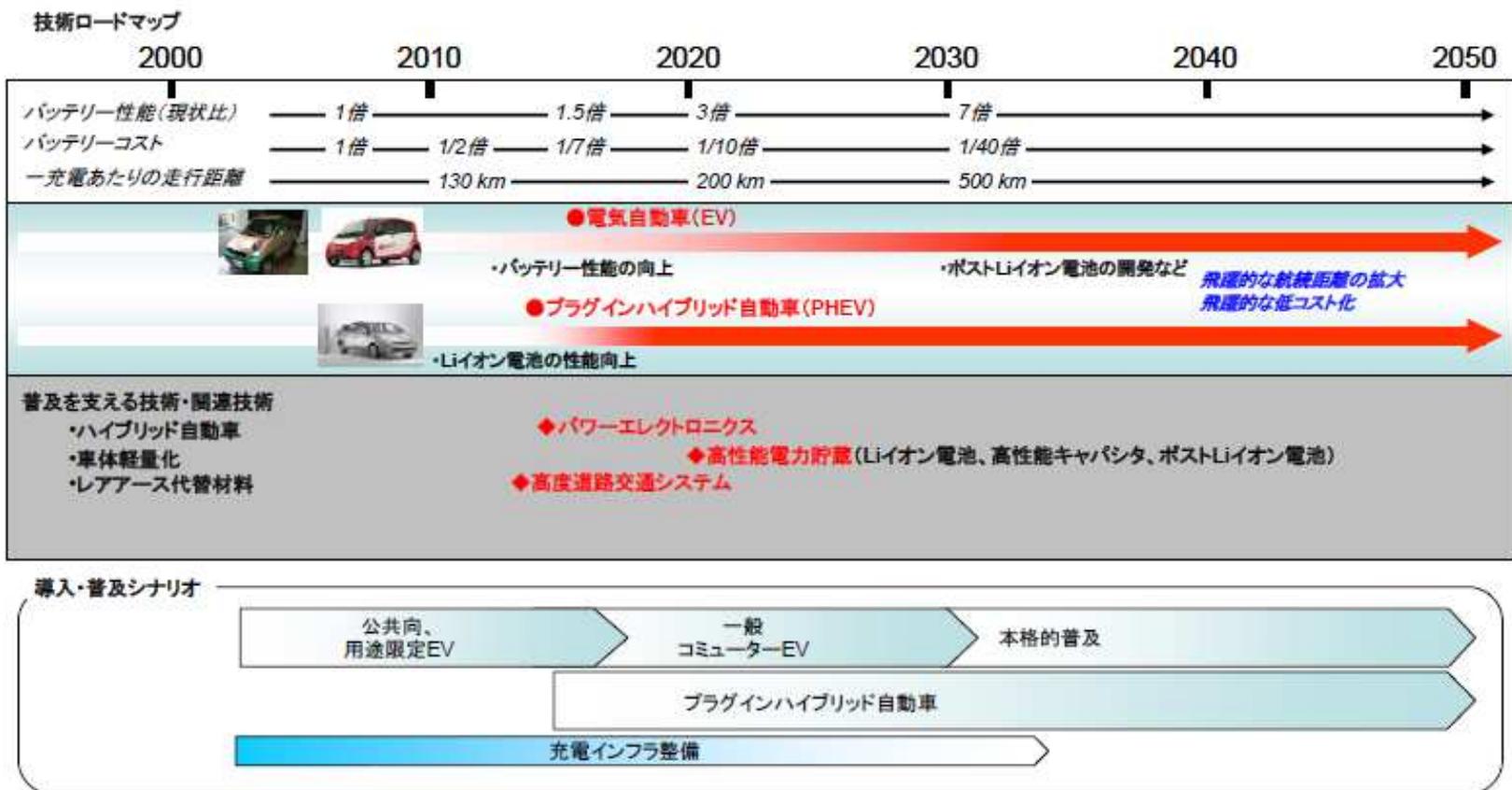


- ✓環境対応車は最終的にはEV車両になると思われる
- ✓大幅なCO₂削減を実現するために、新規に次世代大容量二次電池技術を開発し、次世代EV車を普及させることが不可欠である

内容

- 1.はじめに
- 2.自動車用二次電池の必要性和リチウムイオン電池の位置づけ
- 3.リチウムイオン電池の研究開発状況**
- 4.マンガ系リチウムイオン電池の特徴と課題
- 5.ラミネート型リチウムイオン電池の特徴
- 6.ラミネート型マンガ系リチウムイオン電池の応用
- 7.まとめ

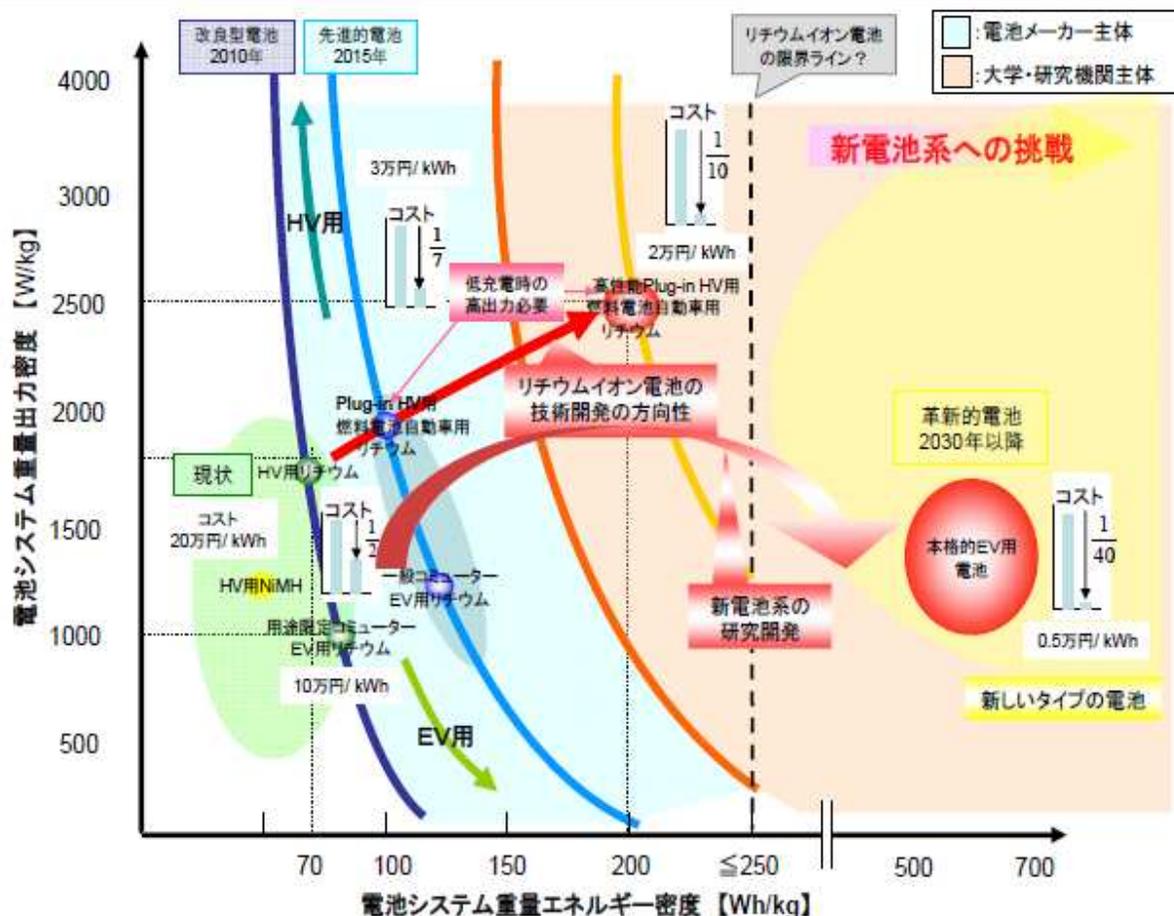
⑨ フラグインハイブリッド自動車 (PHEV) ・電気自動車 (EV)



経済産業省「Cool Earth-エネルギー-革新技術計画」
技術開発ロードマップ(平成20年3月5)より日

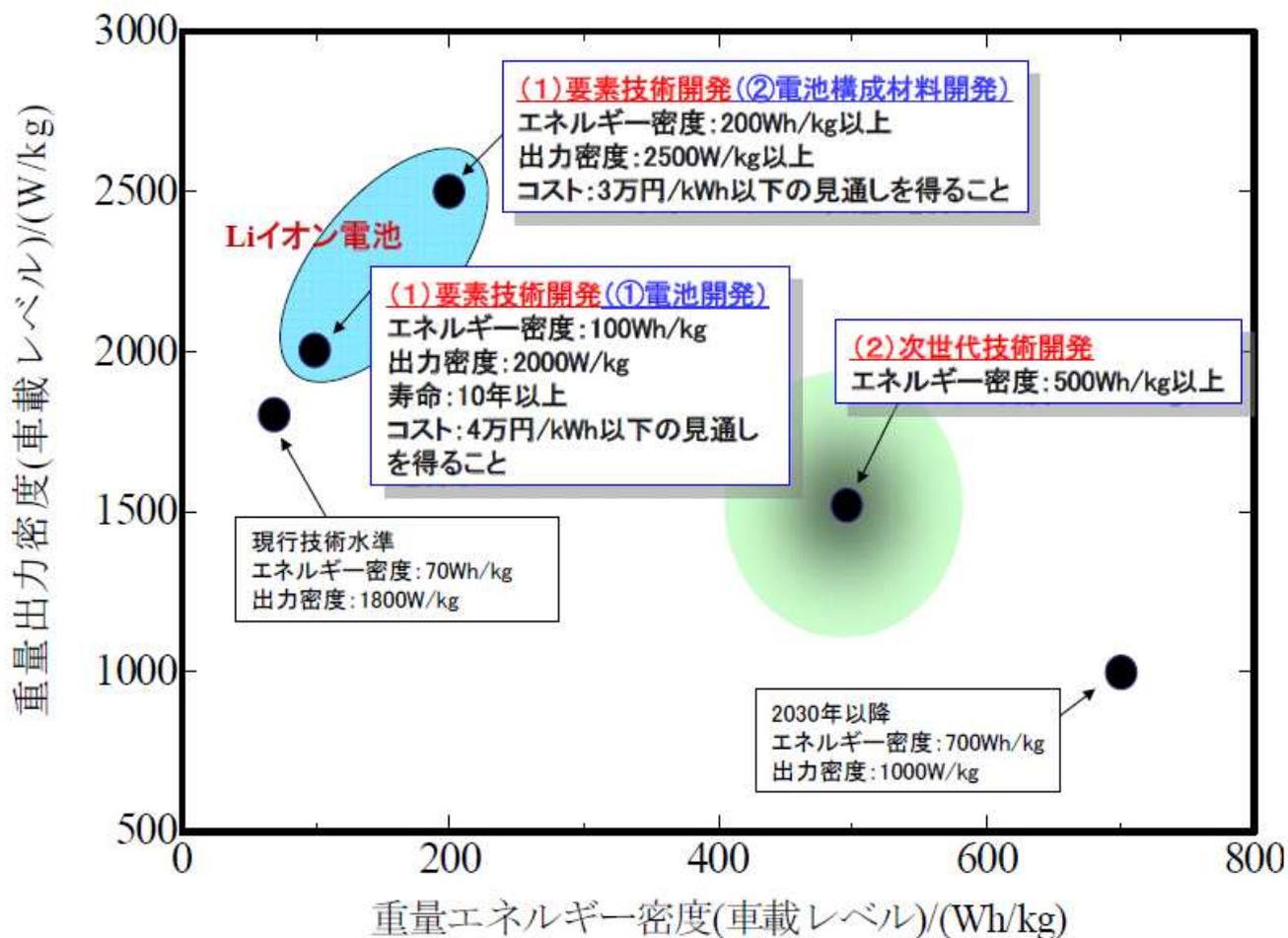
自動車用電池の開発の方向性

○ 改良、先進、革新の3フェーズで定められた開発戦略における開発目標



新世代自動車の基礎となる次世代電池技術に関する研究会
「次世代自動車用電池の将来に向けた提言」(2006年8月)より

「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発」研究目標



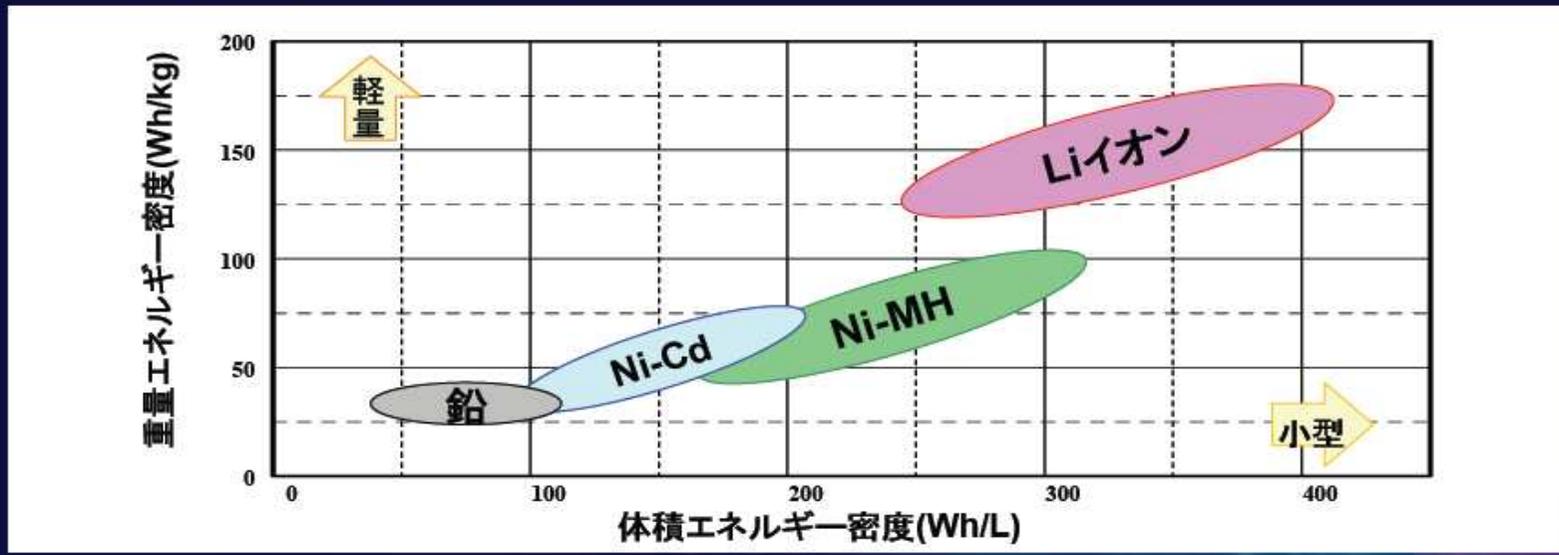
リチウムイオン電池の特徴

電圧が高い

Ni-Cd、Ni水素の3直列



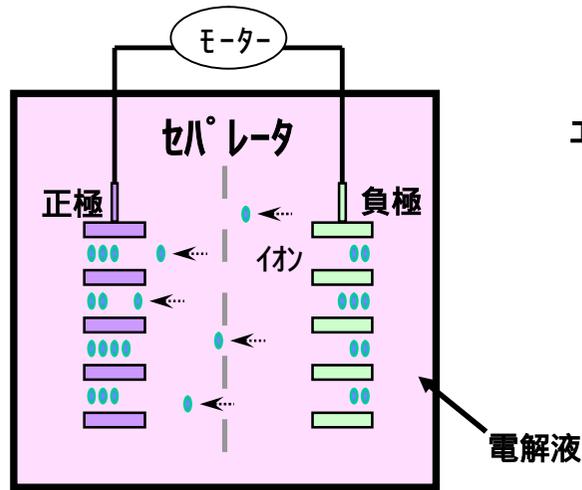
エネルギー密度が高い



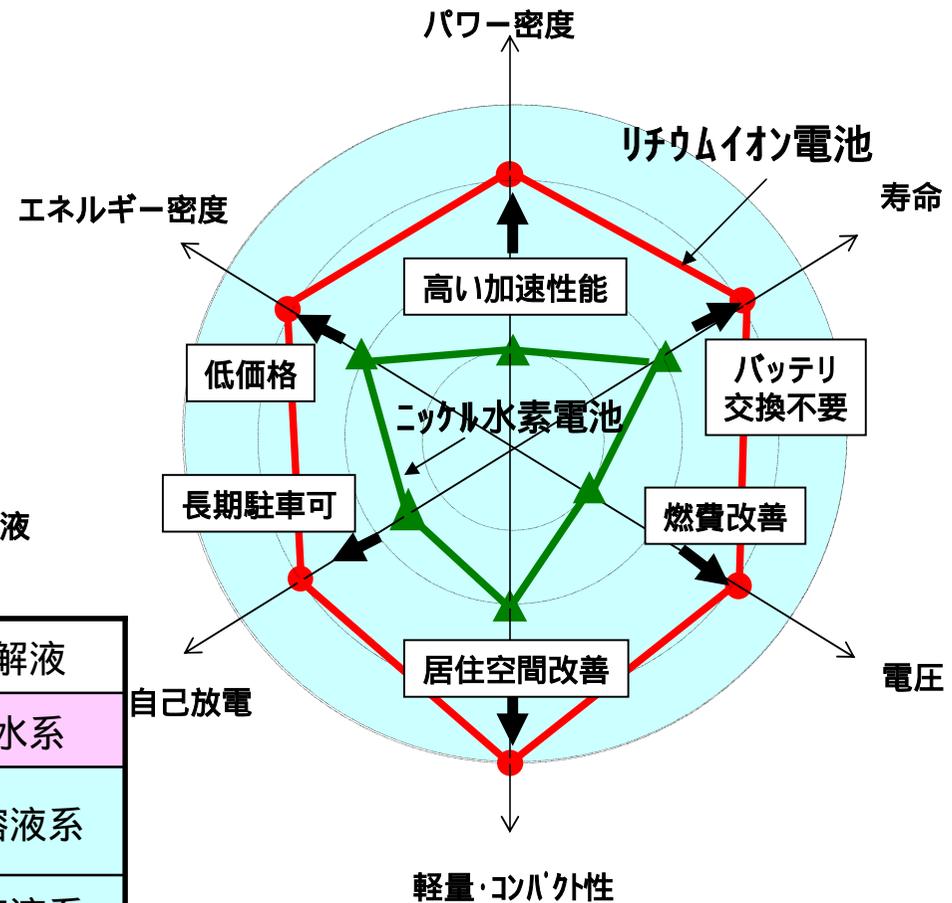
第一回グリーン購入世界会議 in 仙台 分科会6 未来を拓く環境技術 / 製品
「急速充放電可能電池がもたらす省エネ社会」2004.10.07

リチウム電池とニッケル水素電池 (NiMH) の比較

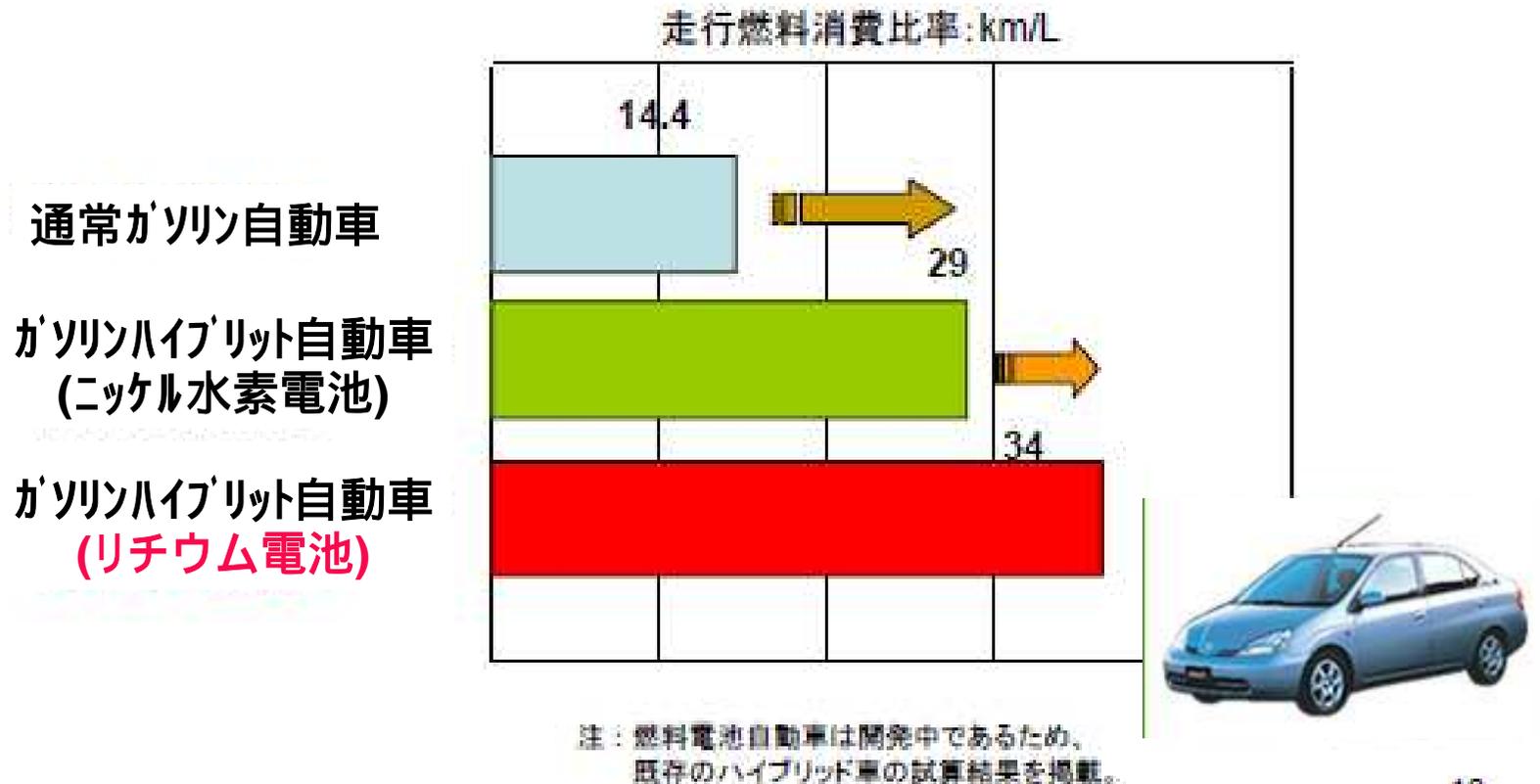
リチウムイオン電池の原理



電池名	正極	負極	電解液
Li-ion	Mnスピネル	カーボン	非水系
NiMH	NiOOH	水素吸蔵合金	水溶液系
Pb	PbO ₂	Pb	水溶液系



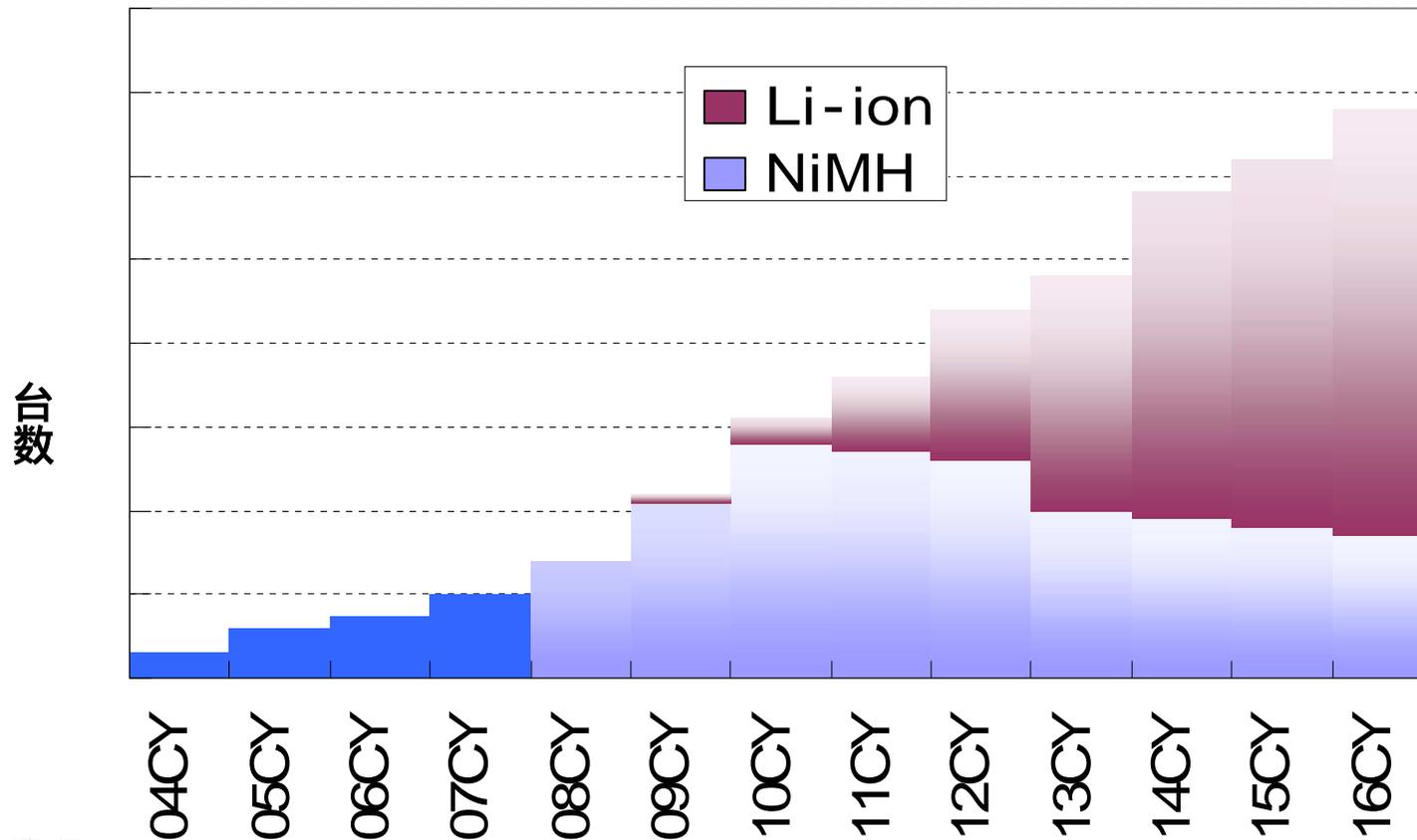
走行燃料比較



「燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発」中間報告
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(平成16年7月)

HEV市場におけるリチウムイオン電池の見通し

2009年よりLi-ionが搭載されたHEVが市場に投入され、2013年にはNiMHのHEV台数を逆転すると予測する。



リチウム二次電池の正極材料/負極材料と容量密度の関係

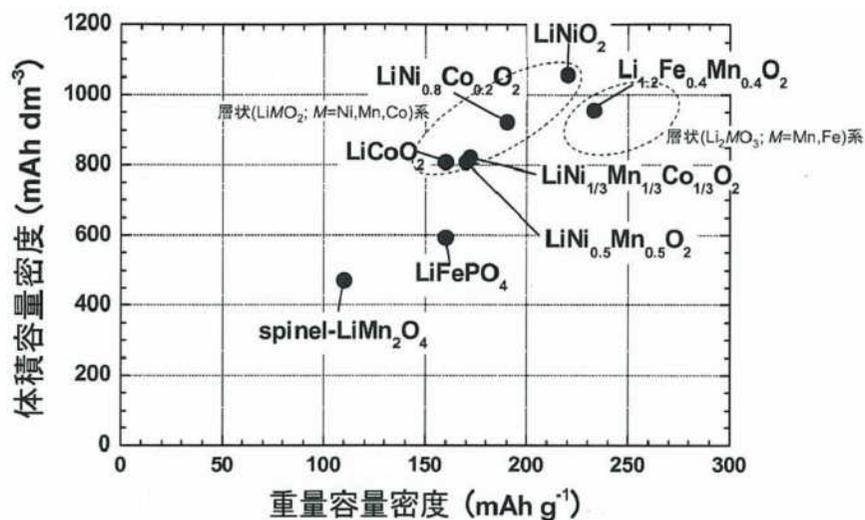


図3. リチウム二次電池用各種正極材料の容量および重量エネルギー密度

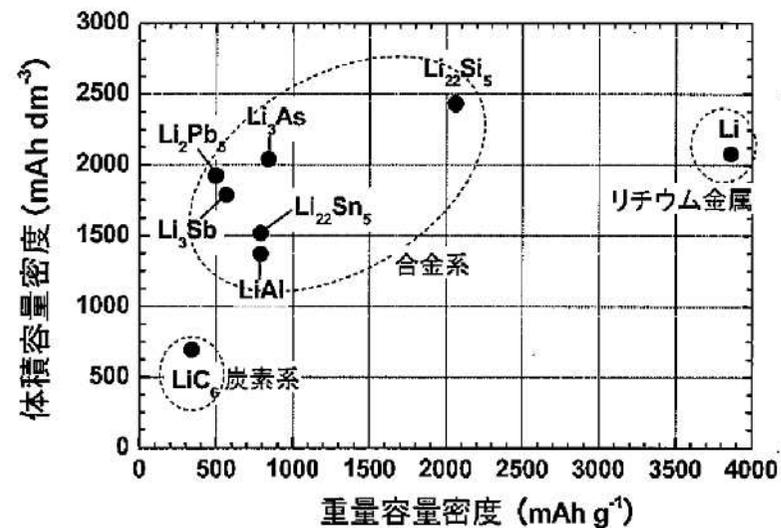


図2. リチウム二次電池用各種負極の比容量

リチウム二次電池構成材料開発の現状と課題（定置用および車載用二次電池の実用化に向けて）（2007年3月独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構燃料電池・水素技術開発部）より

内容

- 1.はじめに
- 2.自動車用二次電池の必要性和
リチウムイオン電池の位置づけ
- 3.リチウムイオン電池の研究開発状況
- 4.マンガ系リチウムイオン電池の特徴と課題**
- 5.ラミネート型リチウムイオン電池の特徴
- 6.ラミネート型マンガ系リチウムイオン電池の応用
- 7.まとめ

リチウムイオン二次電池の正極材料比較

構造式	LiMn_2O_4	LiCoO_2	LiNiO_2	LiFePO_4
結晶構造	スピネル構造	層状構造	層状構造	オリビン構造
セル電圧 (V)	3.8	3.7	3.5	3.2
セル容量 (Ah/kg) [理論値/実行値]	148/110	274/153	274/(195)	170/160
熱分解温度 ()	355	225	180	> 400
主要構成材料コスト (\$/kg)	2	80	30	
可採埋蔵量 (M ton)	430	7	62	
過充電に対する安定性	安定	不安定	不安定	安定

マンガンスピネル(LiMn_2O_4)正極材料は埋蔵量、材料コスト、熱分解温度、過充電特性などでコバルト酸リチウム(LiCoO_2)、ニッケル酸リチウム(LiNiO_2)正極材料に比べ優れている。

マンガンスピネル正極材料の特徴

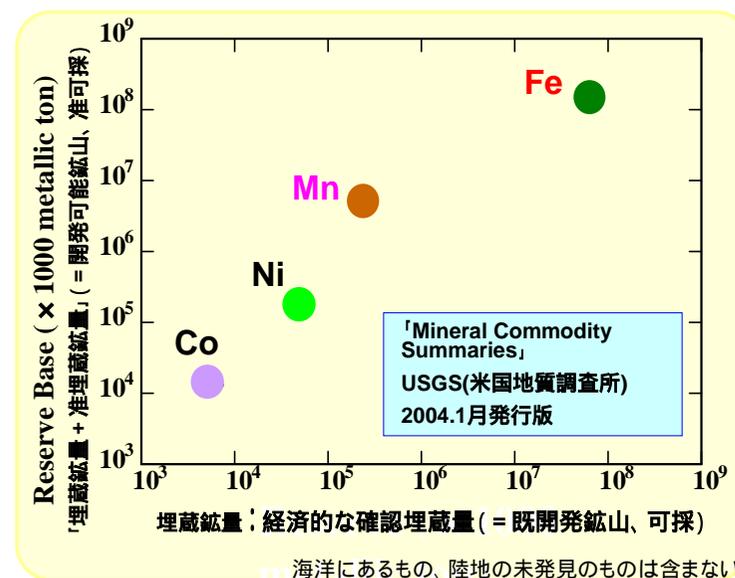
メリット

- 豊富な資源：
Mn の埋蔵量はNiの7倍、Coの60倍の可採埋蔵量がある
- 高い安全性：
過充電に強い、高い温度安定性がある
- 高出力密度：
パワーが出る
- 環境にやさしい：
環境への影響は NiやCoに比べ少ない

デメリット

- 保存寿命が短い：
Mn 系リチウム二次電池は高温での保存特性やサイクル特性が悪い

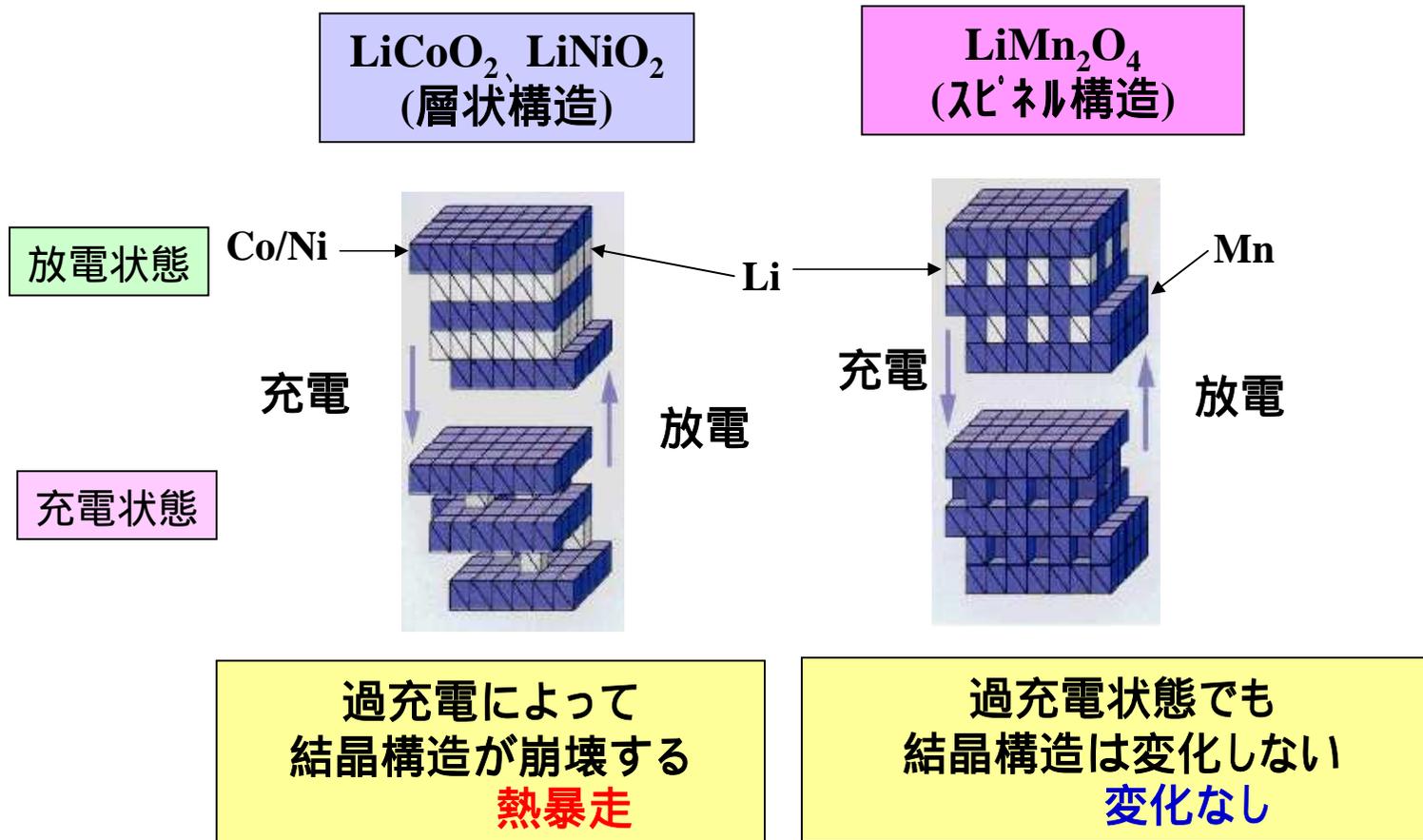
資源埋蔵量



米澤ほか：新電池構想部会第59回講演会「HEV用リチウムイオン二次電池の開発状況」
2006年7月14日

マンガンスピネル材料の特徴 (1)

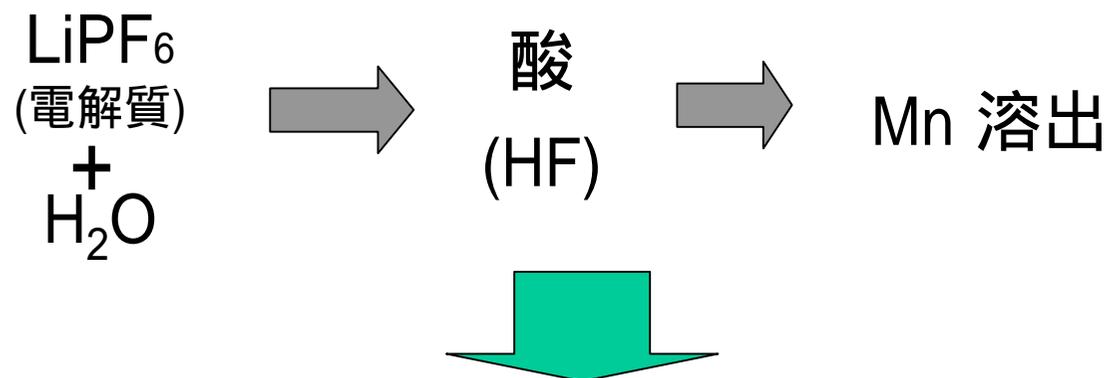
- 過充電安定性 -



マンガンスピネル正極材料の技術課題〔保存寿命〕

Mn系リチウムイオン電池セルは高温での保存、サイクルにより容量が低下する現象があった。

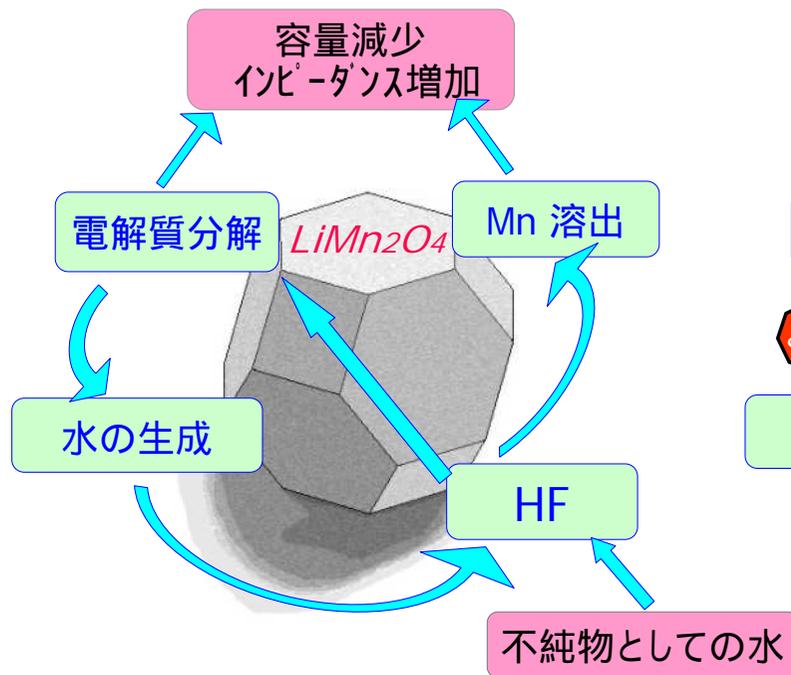
原因の一つは正極材料からのMnの電解液への溶出



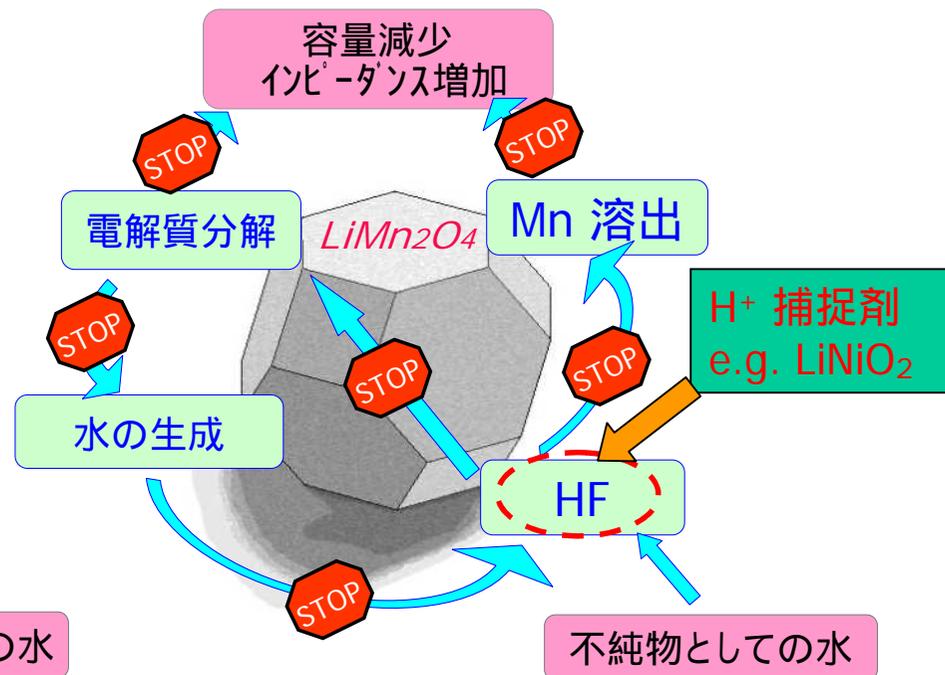
H⁺ 捕捉剤としてLiNiO₂を混合することで解決

マンガンスピネル正極材料保存寿命

保存寿命劣化メカニズム

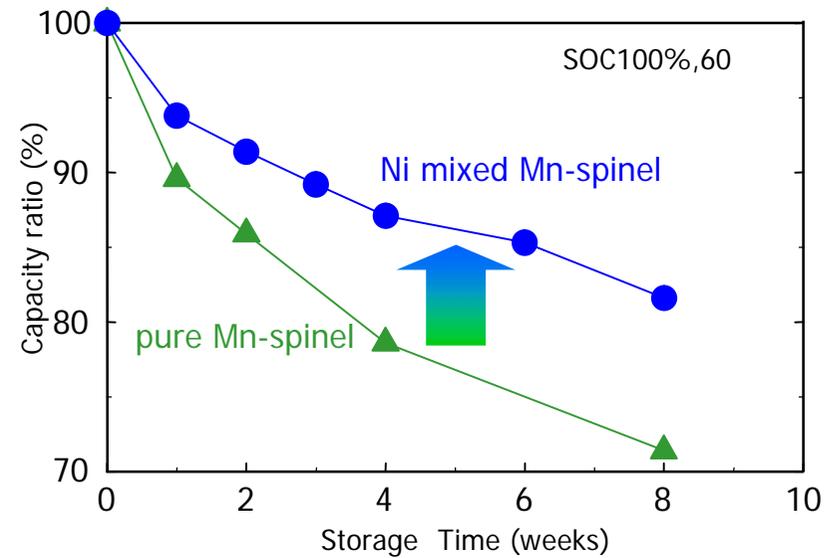
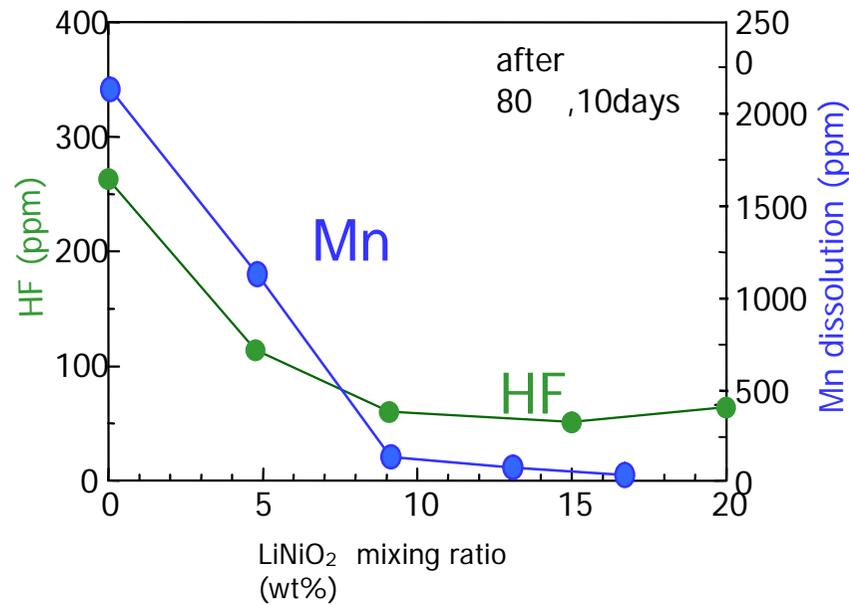


保存寿命劣化防止メカニズム



THE 24th INTERNATIONAL BATTERY SEMINAR & EXHIBIT
Kurihara "Laminated Lithium Ion Batteries for Automotive
Applications" March 22, 2007

H⁺ 捕捉剂 : LiNiO₂ 混合効果



THE 24th INTERNATIONAL BATTERY SEMINAR & EXHIBIT
 Kurihara "Laminated Lithium Ion Batteries for Automotive
 Applications" March 22, 2007

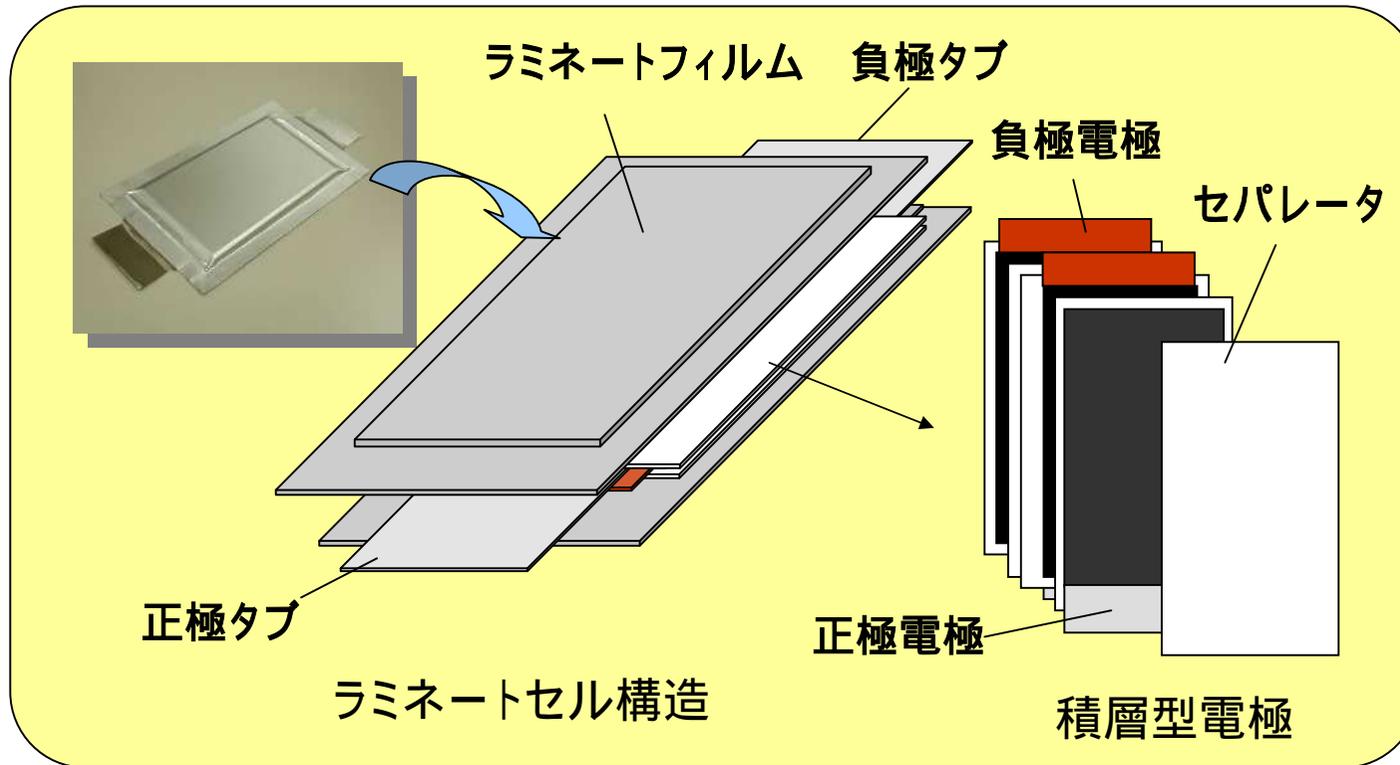
内容

- 1.はじめに
- 2.自動車用二次電池の必要性和リチウムイオン電池の位置づけ
- 3.リチウムイオン電池の研究開発状況
- 4.マンガ系リチウムイオン電池の特徴と課題
- 5.ラミネート型リチウムイオン電池の特徴**
- 6.ラミネート型マンガ系リチウムイオン電池の応用
- 7.まとめ

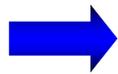
リチウムイオン二次電池の構造

電極構造		巻回型		積層型
外形		円筒型	角型	シート型
外装方法	缶			—
	ラミネート	—		

ラミネート型リチウムイオンセル構造



- ・軽量、薄型化が可能
- ・放熱性に優れる
- ・集電構造 / タブの変更により大電流充放電に対応可能
- ・サイズ変更が比較的容易



ラミネート構造セルの信頼性

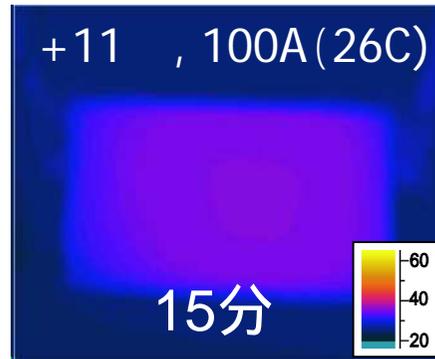
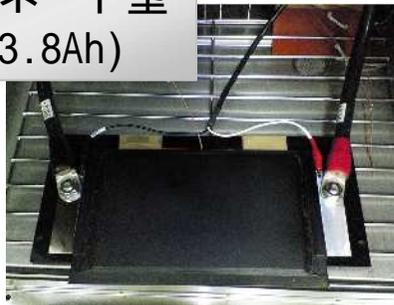
試験項目	試験条件	結果
高高度保持試験	20℃、11.6kPa 以下、 6時間保持	変化なし
高温保持試験	65℃ 1.5年保持	変化なし
熱ショックサイクル試験	-40℃、6h / 75℃ 6h、10サイクル	変化なし
振動試験	7-200Hz 1G-6G, 3時間 各方向 (x, y, z)	変化なし
衝撃試験	150G - 6ms, 6回 各方向 (x, y, z)	変化なし

ラミネート構造のセルは国連輸送試験*をクリアしている。

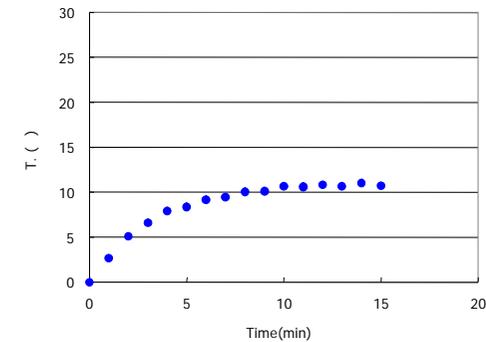
* Recommendations on the transport of dangerous goods Manual of tests and criteria
38.3 Lithium batteries United Nations

連続充放電によるセル温度上昇比較 (ラミネート型 vs 円筒型)

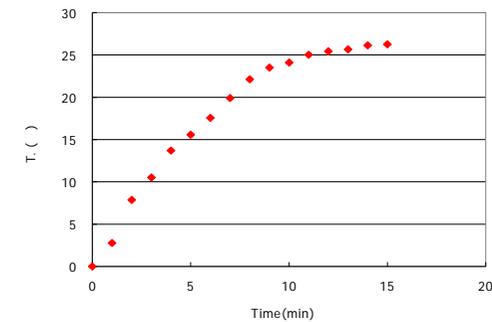
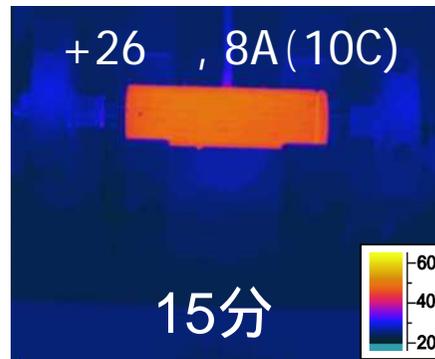
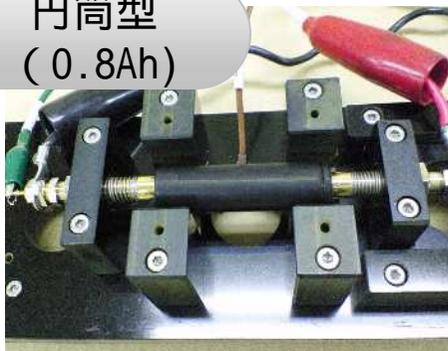
ラミネート型
(3.8Ah)



充放電時間とセル温度上昇



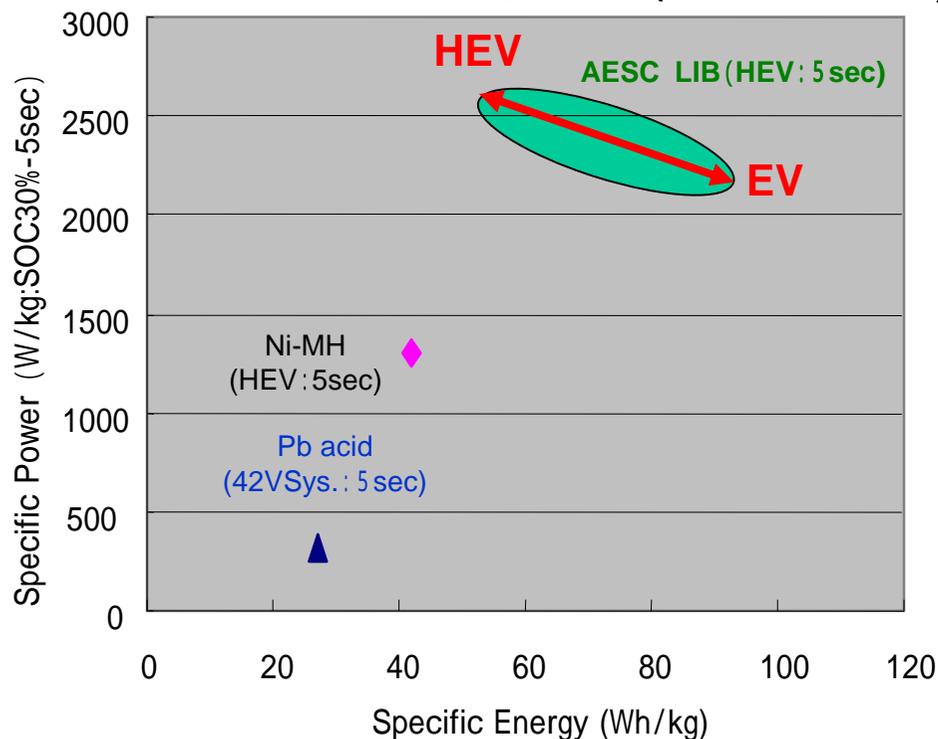
円筒型
(0.8Ah)



従来の缶型セルに比べ、急速充放電による温度上昇を大幅低減

AESCリチウムイオン電池の性能

エネルギー密度とパワー密度比較 (25℃ -DOD30%)



AESCの電池は、マンガンスピネル系正極材料を用いることで、セル設計により高出力型(HEV) / 高容量型(EV)の両方に対応が可能である。

ラミネートセルの仕様 (L3-10型、L3-3型)

タイプ		L3-10	L3-3
寸法 (L*W*H)	mm	251*144.2 *9.2	251*144.2 *3.4
重量	g	527	210
体積	mL	277	94
容量(1C-rate)	Ah	13	3.7
平均電圧	V	3.6	3.6
エネルギー密度	Wh/ kg	89	63
	Wh/ L	171	142
出力密度 (2.5V) (25degreeC 10sec @SOC50%)	W/kg	2060	2250
出力密度(1.8V) (-30degreeC 2sec @SOC50%)	W/kg	220	670
特徴		高エネルギー	高出力
用途		EV	HEV

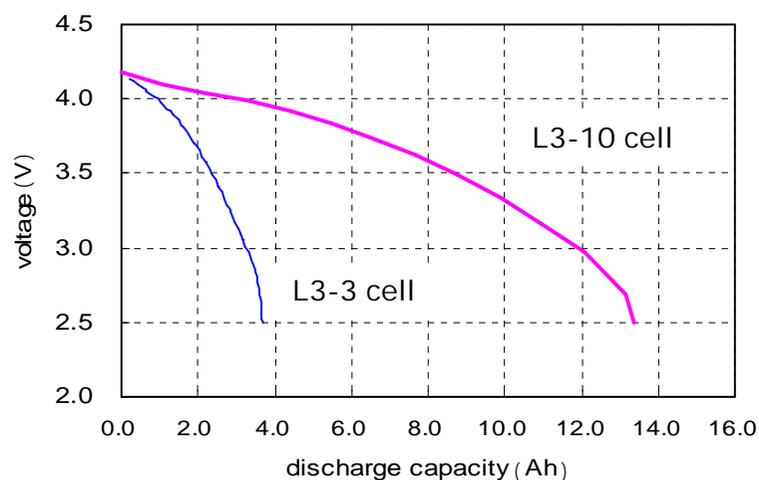


L3-10 セル (EV用)

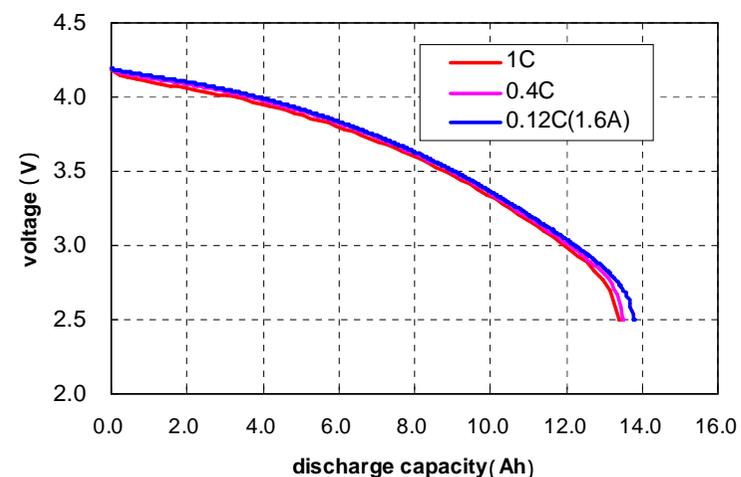


L3-3 セル (HEV用)

ラミネート型セルの容量/レート特性



容量特性 (L3-10、 L3-3)



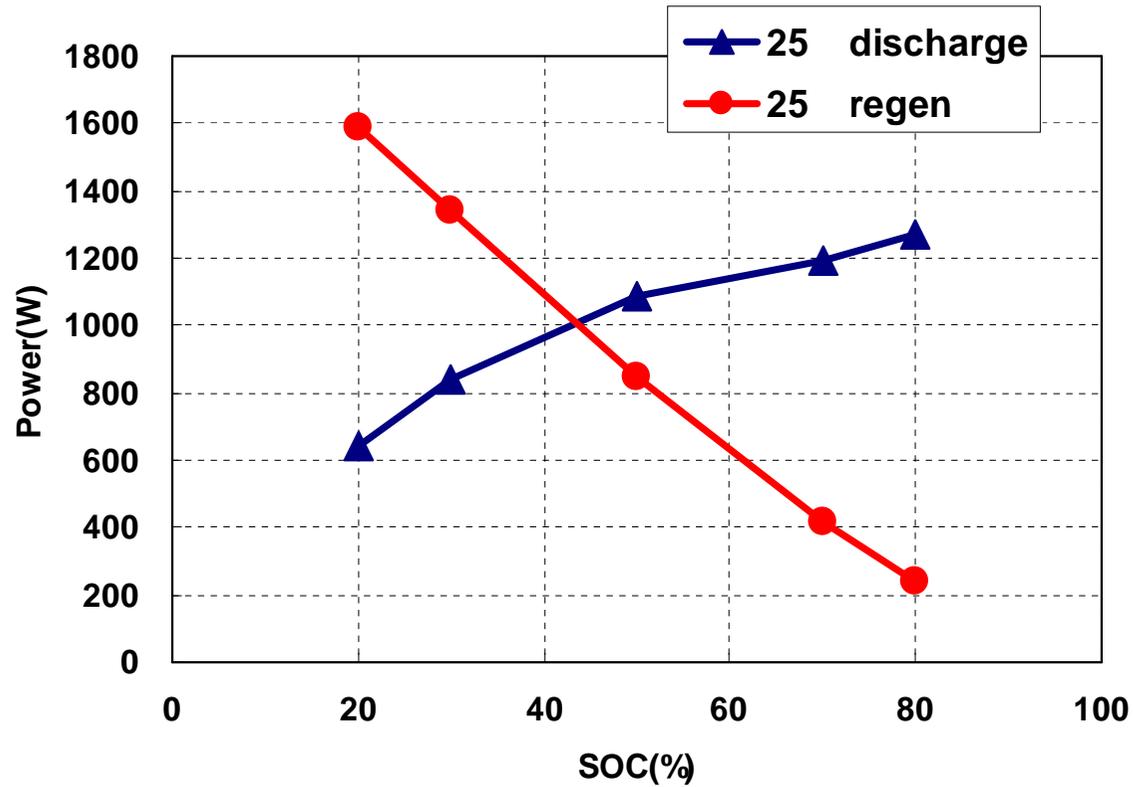
レート特性 (L3-10)

・L3-10 セルは電極厚さとセル設計の最適化によりHEV用セル (L3-3) に比べ約4倍の容量を実現した。

・ラミネート型セル構造の特徴である低抵抗性能により良好なレート特性を実現した。

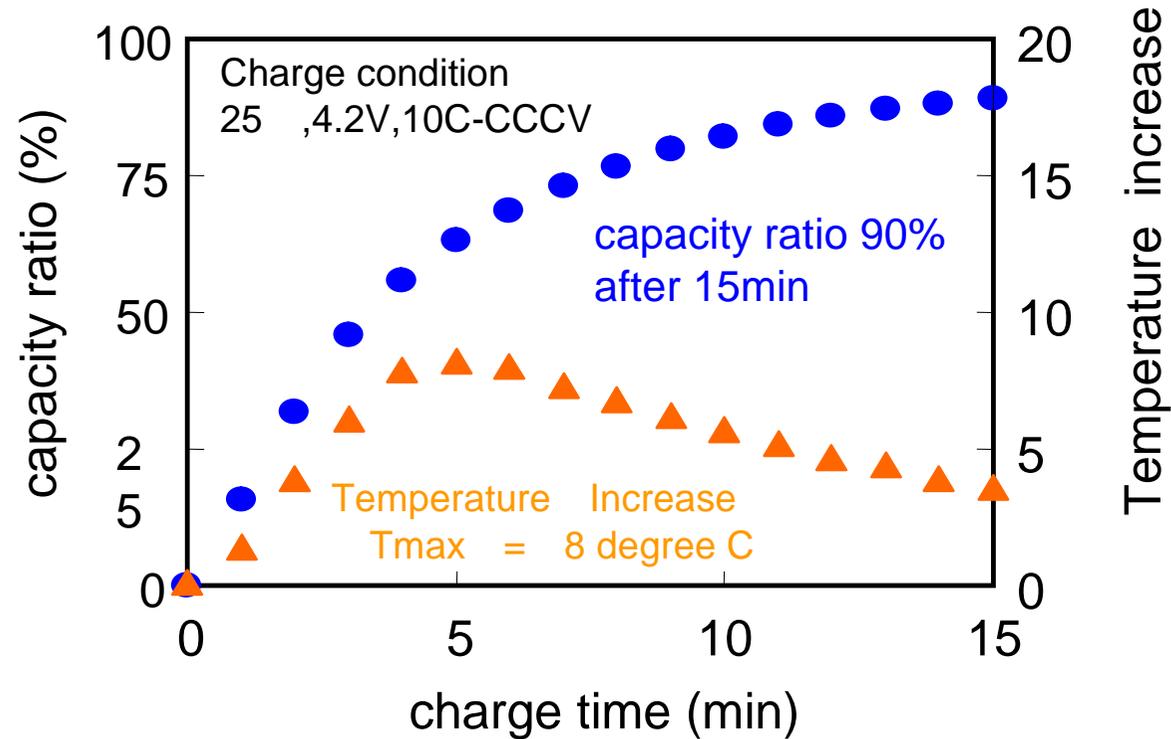
L3-10の入出力特性 (@ 25)

10sec Power



・L3-10はSOC 50%における出力:1084W、入力:847Wの高い値を実現した。

L3-10セルの急速充電特性



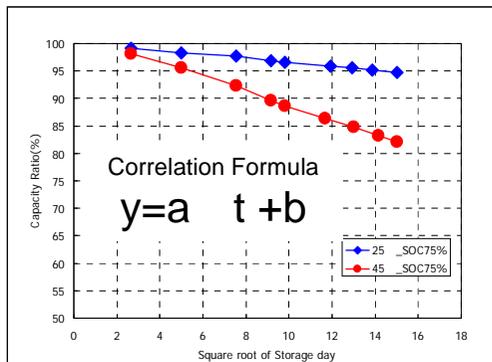
L3-10 はラミネート構造による低内部抵抗と高放熱性により優れた急速充電性能を示す。

寿命推定(1)

寿命推定のステップ

Step1: 各温度での試験

Step2: 関係式を算出

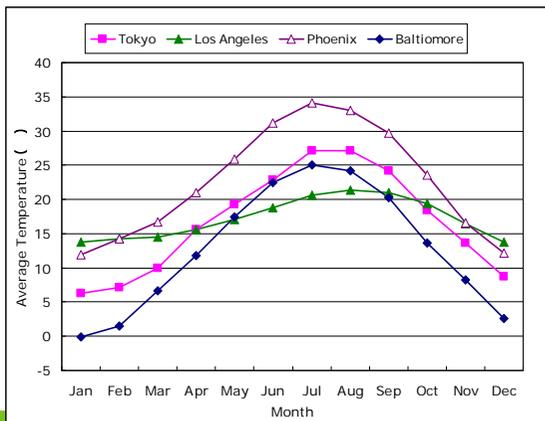


Step3:

温度加速係数を算出

$$\alpha = (T_2 - T_1) \times \frac{\text{Log} 2}{2 \times \text{Log} \frac{a_{T_2}}{a_{T_1}}}$$

Step4: Assumption of operating temp.



Step5: Time conversion into 45

Temp.	days	equivalent times into 45 (days)
20	aaa	AAA
30	bbb	BBB
40	ccc	CCC
50	ddd	DDD
...
45	storage	XXX
45	cycle	YYY

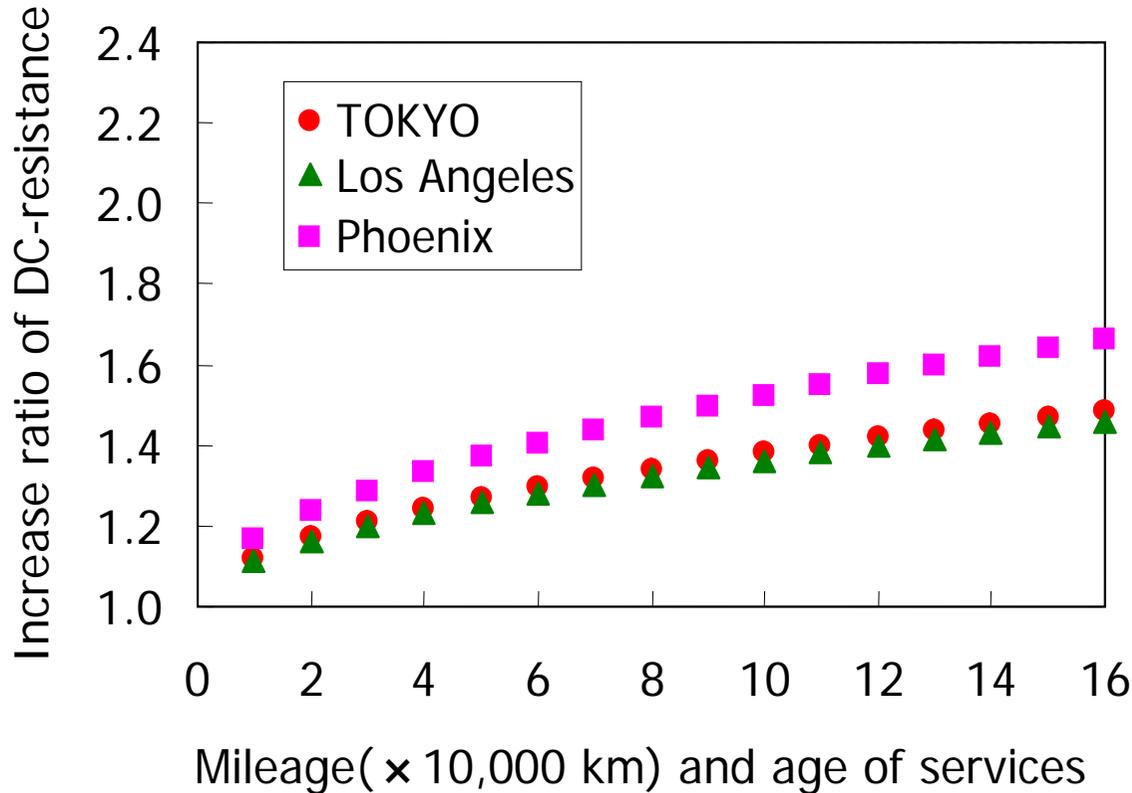
Step6:

保存性能とサイクル性能を積算

Step7:

最終寿命を推定

HEV用セルの寿命推定結果



設定条件

1) 保存温度
= 外気温度+5

2) サイクル時温度
= 外気温度+10

走行スピード: 30km/hr

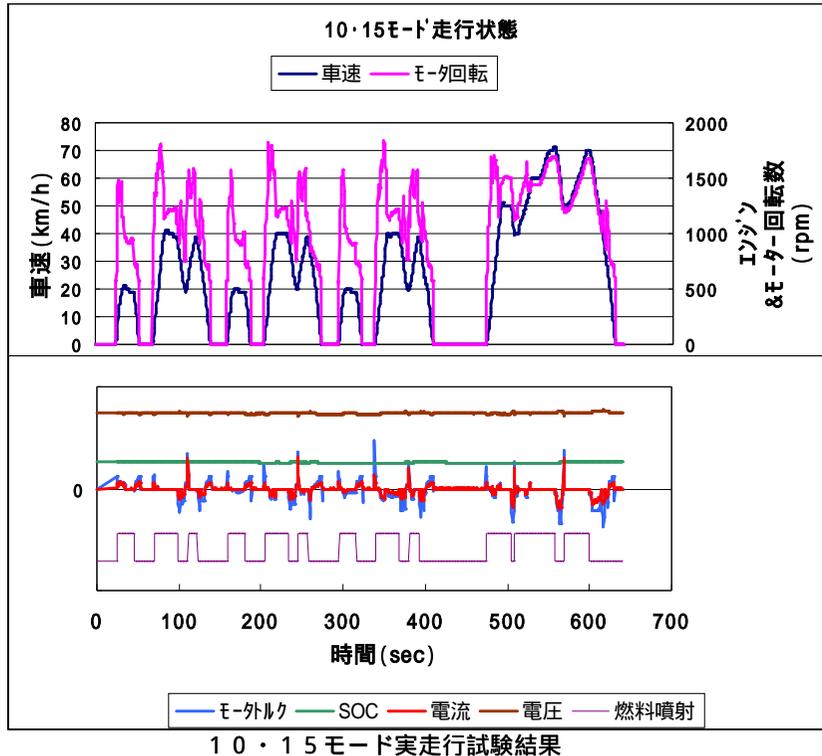
東京での走行を仮定した時の10年走行後の内部抵抗上昇は1.4倍である

内容

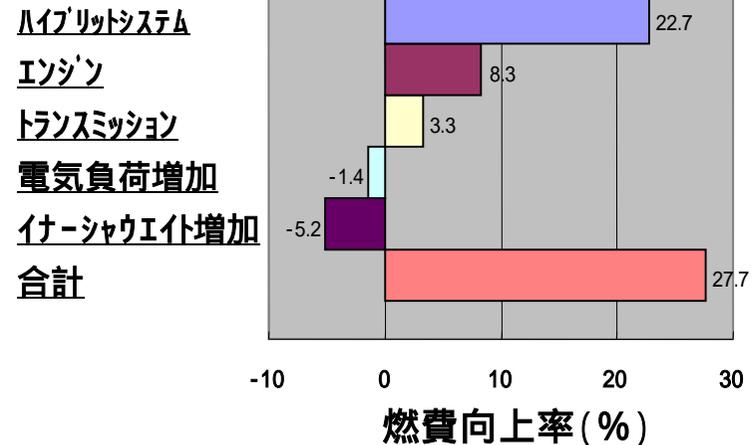
- 1.はじめに
- 2.自動車用二次電池の必要性和
リチウムイオン電池の位置づけ
- 3.リチウムイオン電池の研究開発状況
- 4.マンガ系リチウムイオン電池の特徴と課題
- 5.ラミネート型リチウムイオン電池の特徴
- 6.ラミネート型マンガ系リチウムイオン電池の応用**
- 7.まとめ

ミネート型セルの応用・実施例 (HEV)

10・15モード走行での燃費向上効果



各アイテムの燃費向上効果



41,000km以上走行

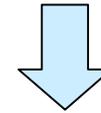
10・15モード燃費は、同クラス既販車に対し**27.7%**の燃費向上

HEVフリート試験について(ティーノHEV)



Tino-HEV battery (Can type) Laminate type battery for Tino-HEV

日産ティーノHEVにラミネート電池パックを搭載

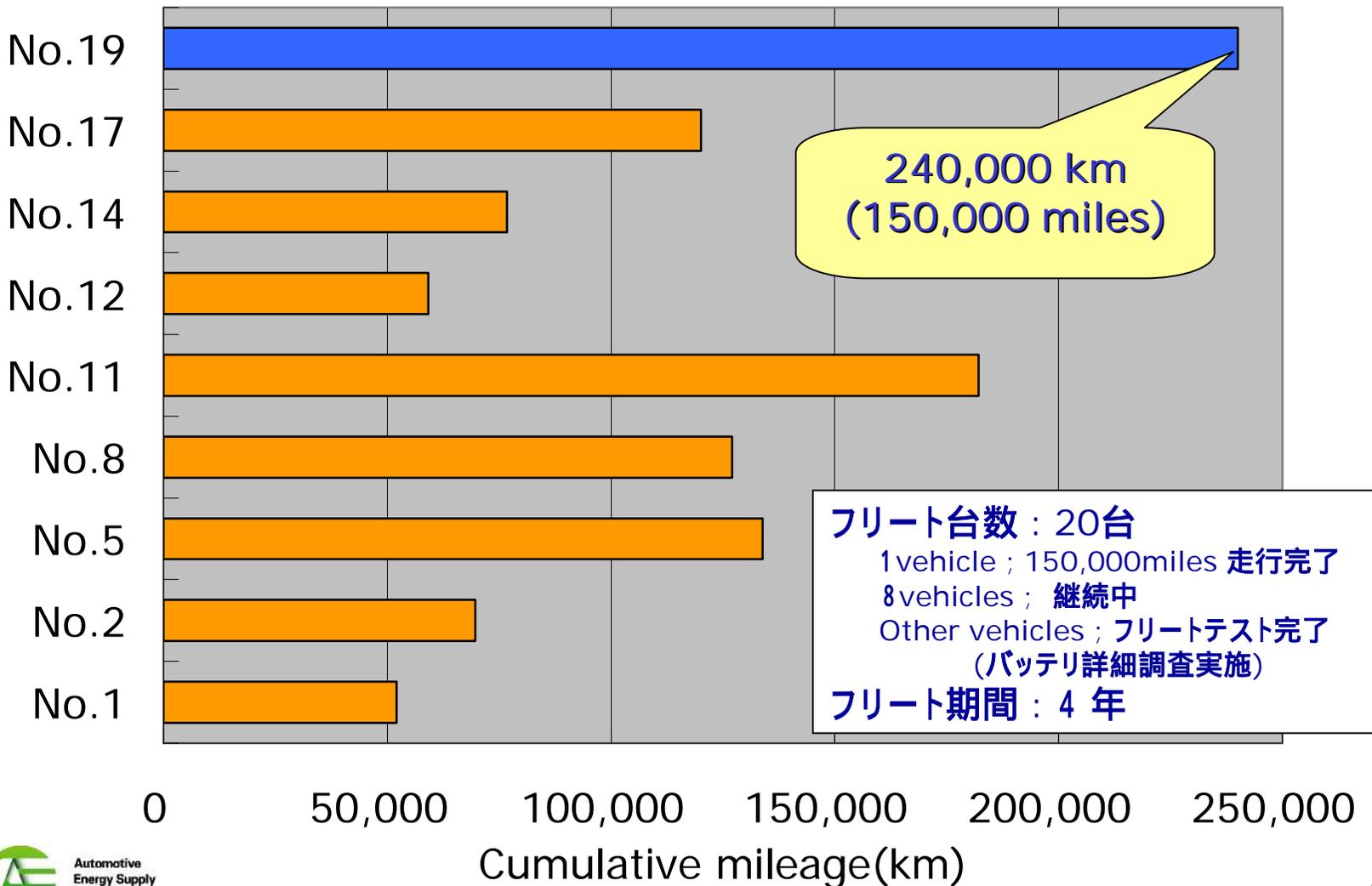


現在北米市場でフリートテストを実施中



フリートテストでの走行実績(ティーノHEV)

Vehicle No.



NLEセルの応用・実施例(FCV)



ラミネート型リチウムイオン電池搭載燃料電池車
(日産 X-Trail FCV 2005 Model)



EVS22(横浜)でのFCV車走行



世界初のFCVハイヤー

HEV電池 (高出力タイプ)

<Cell>

Size: 251*144*3.4mm

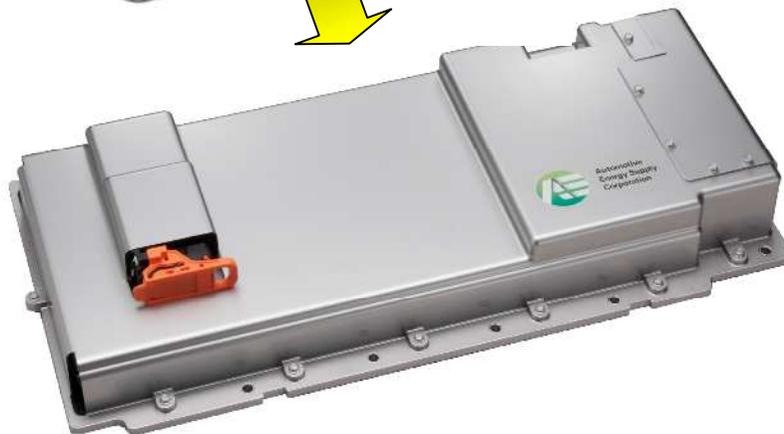
Weight: 210g

Capacity: 3.7Ah



8セル / モジュール

モジュールの組み合わせにより、様々なL/Oに対応出来る電池パックが構成できる。



Spec.1 10 モジュール仕様



Spec.2 12 モジュール仕様

ラミネート型セルのEVへの応用・実施例

東京電力業務用電気自動車プロジェクト

スケジュール

2006年度	走行試験 (R1e : 10台)
2007年度	走行試験 (R1e : 30台)
2008年度以降	東京電力業務用車両3000台の置き換えを計画

出展: 東京電力プレスリリース

ラミネート型リチウムイオン電池を搭載したEV車両 (R1e) の仕様



Automotive
Energy Supply
Corporation

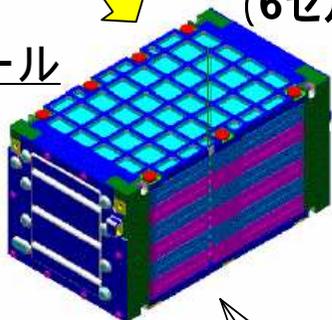
バッテリー容量	9.2kWh
バッテリーパック電圧	346V
最高スピード	100km/h
モーター性能	40kW/6000rpm
1回充電での走行距離	80km (市街地走行)
急速充電(3 200V)	5分で容量の50%(40km分)
	15分で容量の80%(60km分)
標準充電 (100V)	8時間で満充電 (100%)

EV車両 (R1e) への実装



12セルで1モジュールを構成
(6セル直列×2並列)

モジュール

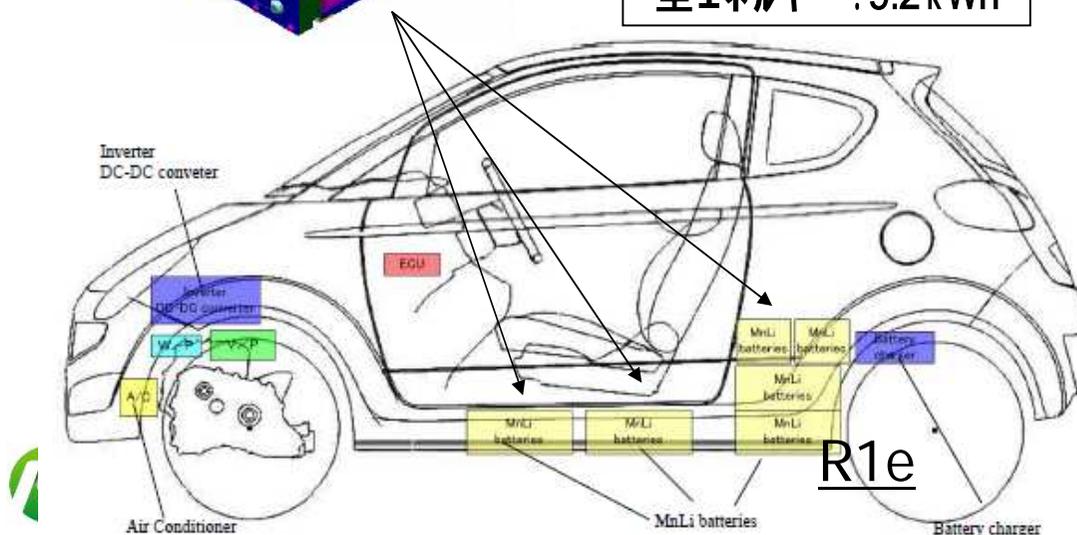


1車両に16モジュール搭載

電圧: 346V
容量: 26Ah
全エネルギー: 9.2kWh



急速充電器



仕様

- ・スイッチング方式定電流電源
- ・入力: 3相200V
- ・最大出力: 50kW
- ・最大直流電圧: 500V
- ・最大直流電流: 125A
- ・効率: 87%

ラミネート型セル搭載EV車 (R1e) の普及状況

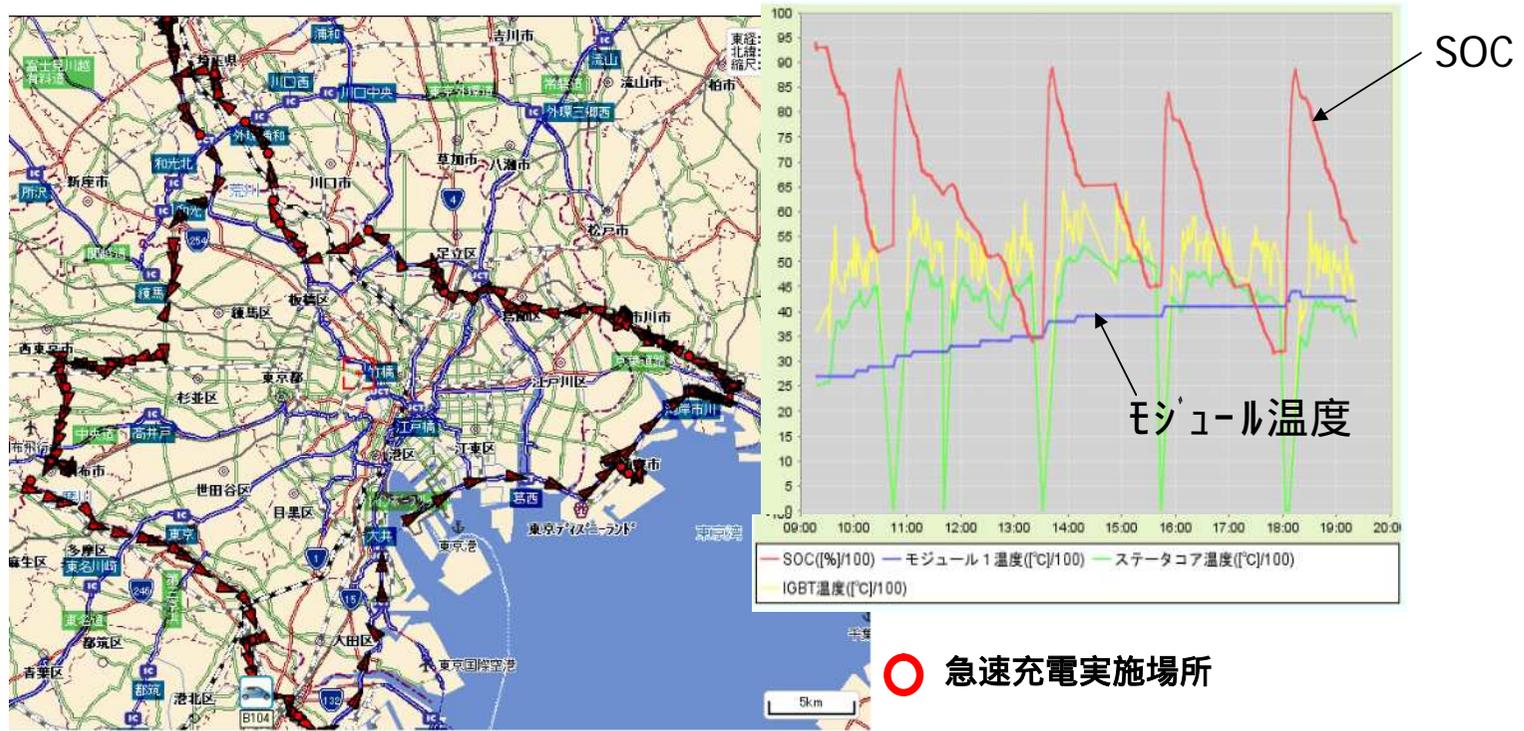
神奈川県は2007年9月 R1eを2台導入し、走行試験を開始した。
神奈川県は5年以内に3000台EV車両導入を計画している。

神奈川県はEV普及に向け「かながわ電気自動車普及推進方策」を策定し、「EVイニシャティブかながわ」を発表、次のような政策を打ち出している

- ・EV自動車購入補助
- ・充電設備の設置
- ・パーキングや高速道路の料金補助
- ・県内電池生産に対し、神奈川県産業集積促進方策(インベスト神奈川)の適用発表



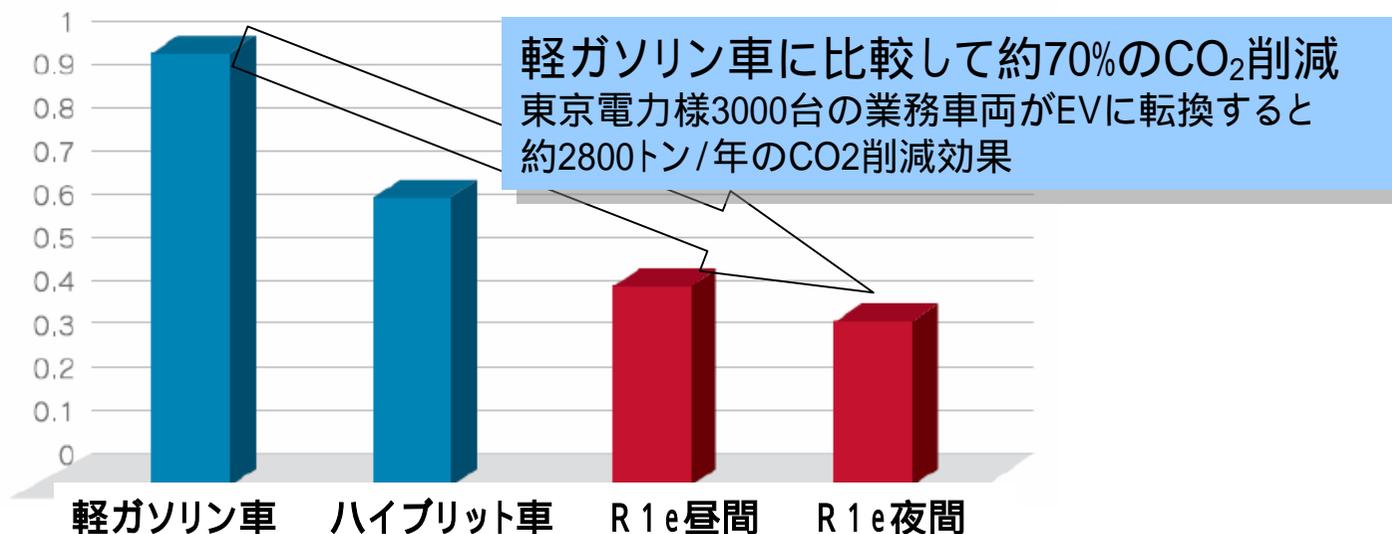
R1e首都圏周回走行結果



試験実施日: 2007年8月13日 (9:00am-7:00pm)
 外部気温: 27.6 ~ 29.0 , Max.32.6
 エアコン: 常時稼動

EV車両導入によるCO₂削減効果

本プロジェクト単独のCO₂削減量



DEVELOPMENT OF SMALL ELECTRIC VEHICLE OF NEW CONCEPT WITH MnLi-ION BATTERY
by TAKAFUMI ANEGAWA EVS-22

本プロジェクトのCO₂削減量_将来効果

平成17年輕自動車保有数:2400万台 EV化率15%

$2400\text{万台} \times 0.15 \times 0.954 = 343\text{万トン}$ のCO₂削減

運輸部門からの2010年目標CO₂削減量(1070~1970万トン)の1/3~1/6に相当する削減が期待できる



Aomori
Energy Supply
Corporation

日本EVクラブ、東京から洞爺湖まで858.7km走行したEVの電気代は1713円



日本EVクラブは2008年6月20～25日までの6日間、東京から洞爺湖まで電気自動車(EV)で走行する「CO2削減EV洞爺湖キャラバン」を実施し、その走行距離や電気代を発表した。

参加したのは富士重工業の「R1e」と三菱自動車の「i MiEV」の2台で、走行距離は858.7km。

R1eの結果では、消費電力は85.65kWh、電気代は1713円となった。これをガソリンエンジンの軽自動車で走ったと仮定した場合、ガソリン代は燃費11.4km/L(神奈川県における軽自動車の平均燃費)で1万2956円(1Lを172円で計算)かかるという、電気自動車はその1/7.5という安さになった。なお、EVは急速充電を12回、100Vでの充電を5回を行って洞爺湖まで走行した。

二酸化炭素の排出量は、EVが35.12kg。一方、ガソリンエンジンは174.6kgで、EVは排出量を約1/5に削減できる。

日経Tech-On Webサイトより

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20080620/153583/>

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20080714/154778/>



林 達彦 = 日経Automotive Technology

富士重工業「スバルプラグインステラプロトタイプ」を開発

神奈川県に4台、愛知県に3台、大阪府に3台、兵庫県に3台、横浜市に1台、郵便事業株式会社に1台、それぞれ2009年6月まで貸与。

2009年7月から量産車の市場導入を開始する予定で、2009年度は170台程度の供給を計画。

【主要諸元】

全長×全幅×全高	3,395mm×1,475mm×1,660mm
車両重量	1010kg
乗車定員	4名
最高速度	100km/h
一充電航続距離	80km
モーター種類	永久磁石式同期型
最高出力	47kW
最大トルク	170N・m
駆動方式	前輪駆動
電池種類	リチウムイオンバッテリー
総電圧	346V
総電力量	9kWh



PRESS INFORMATION

富士重工業ホームページ：
プレスリリース資料(2009年 4月14日)より

東京電力(株) 業務用車両への電気自動車本格導入

～平成21年度に当社オリジナルデザインを施した電気自動車を310台程度導入～

東京電力(株)は、平成21年7月頃から、オリジナルデザインを施した電気自動車310台程度を首都圏の当社事業所を中心に順次本格導入するとともに、急速充電器43台程度を順次設置する予定。



三菱自動車工業『i MiEV』



富士重工業株式会社『スバル プラグイン ステラ』



東京電力(株)ホームページ：
プレスリリース資料(2009年 5月26日)より

日産自動車、「かながわ電気自動車(EV)フェスタ2009」に参加

- 電気自動車(実験車両)を同乗体験コーナーに出展 -

日産はゼロ・エミッション車でのリーダーを目指し、2010年度に北米及び日本に電気自動車を投入し、2012年にはグローバルに量産する予定である。

前輪駆動(FF)の本車両は、フード内に80kWの新開発モーターとインバーターシステムを搭載し、高いレスポンスと力強い加速を実現している。また居住空間を犠牲にすることなく、高性能のラミネート型リチウムイオンバッテリーを床下に配置している。なお、2010年度に発売する電気自動車は、既存の車体を流用するのではなく専用にデザイン、設計された新型車となる。



電気自動車実験車両

日産自動車ホームページ：
プレスリリース資料(2009年3月12日)より

EV電池 (高容量タイプ)



<Cell>
Size: 261*216*7.5mm
Weight: 790 g
Capacity; > 30Ah



4セル/モジュール

< module >

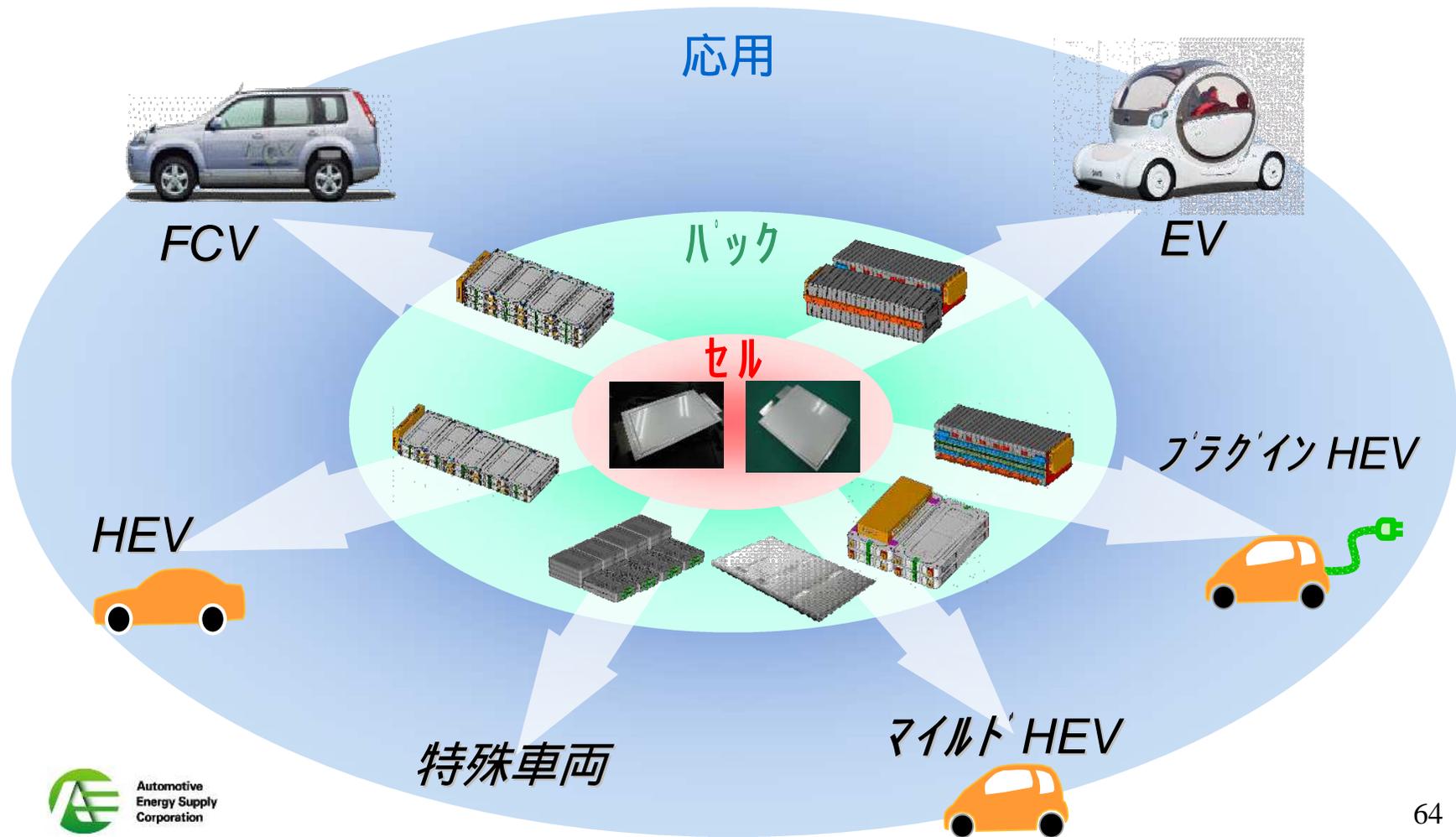


24モジュール/パック

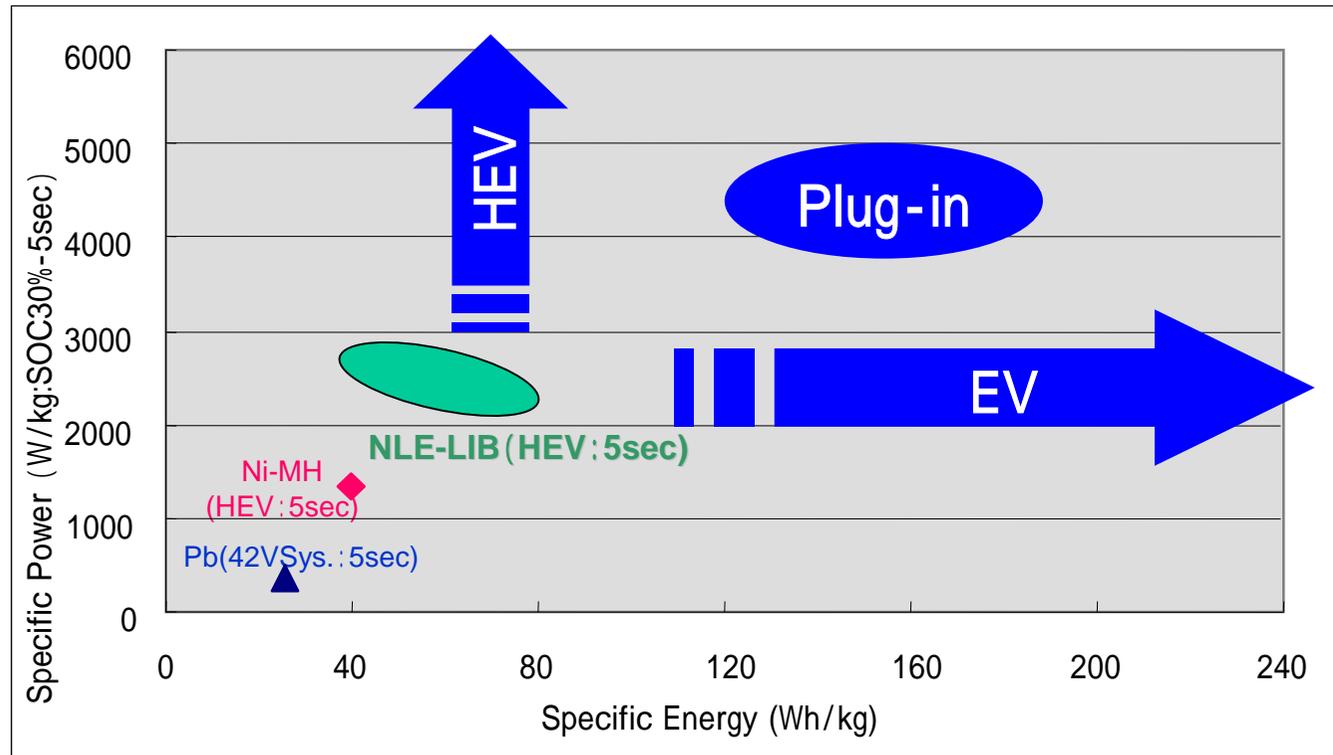


< pack >

ラミネート型マンガン系リチウムイオンセルの応用



自動車用電池開発の方向性



7.まとめ

1. 地球環境問題解決のためには環境対応自動車の導入が不可欠であり、できるだけ早い時期に導入することが望まれる。
2. マンガン系ラミネート型リチウムイオン電池は重要な技術課題であった寿命問題が解決され、EV/HEV/プラグインHEV/FCV用電池として広い領域で実用可能なことが確認された。
3. 今後実用的なコスト実現のために、具体的な市場の確定と市場の拡大が必要である。
4. 電気自動車の普及拡大には電池コストの大幅な低減が不可欠であり、新しい材料や新メカニズムに基づく高性能二次電池の研究開発が必要である。

謝辞

本発表に当たり、東京電力株式会社様、富士重工業株式会社様、マツダ株式会社様、日産自動車株式会社様、NECラミオンエナジー株式会社様より、貴重な写真、図面、データなどのご提供をいただきました。

この場をお借りして心より感謝申し上げます。

END

クルマの電動化と急速充電器

- I. 会社概要
- II. 環境・エネルギー市場対応
- III. 電気自動車用急速充電器

2009年9月15日
株式会社高砂製作所

I . 会社概要



会社概要

商号 株式会社高砂製作所

設立 昭和25年7月25日 (1950年)

資本金 1億2000万円

事業内容 電源機器, 情報通信機器, 制御システム機器, スタジオ機器などの研究開発・製造・販売

従業員数 160名

売上高 50億円 (平成19年度連結)

役員

社長 高橋 啓一
(代表取締役)

取締役 坂本 康彦 (非常勤)

取締役 立花 充

取締役 松岡 直樹

監査役 桜井 誠也 (非常勤)

株主構成

NEC (98.4%)

その他 (1.6%)

主要取引銀行

横浜銀行 (溝口支店)

三井住友銀行 (東京営業部)

所在地

〒213-8558
神奈川県川崎市高津区
溝口 1-24-16
TEL044-833-2431

子会社 (生産分担)

株式会社高砂電子機器製作所
〒997-0011
山形県鶴岡市宝田3-14-24
TEL0235-23-1151
146名

事業領域

《ソリューション(通信)》



IP-Sound

《スタジオ機器》



IP-コンバーター

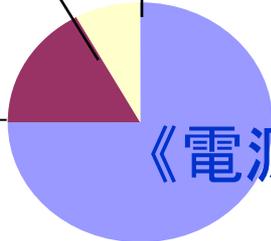


消防指令端末



システム電源

《電源》



FKシリーズ電子負荷



ポータブル電源
現場工事用、非常用電源



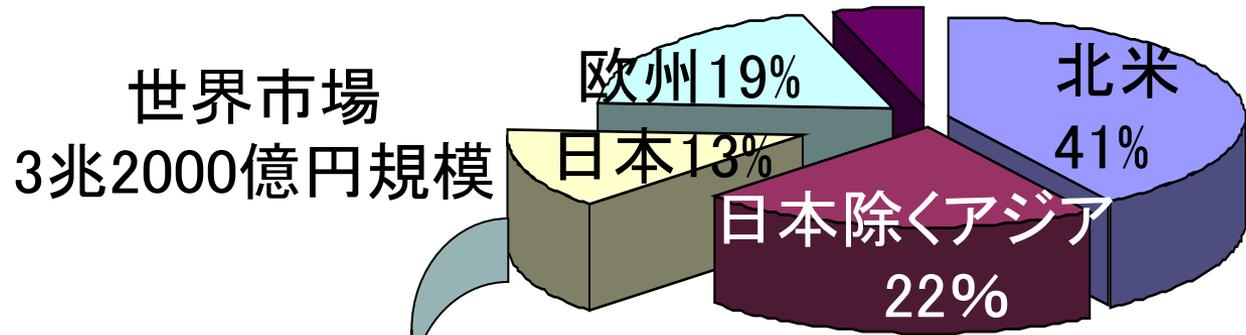
HX-IIシリーズ直流電源

- ・データセンター用
- ・-48V電源
- ・電力設備用
- ・バックアップ電源



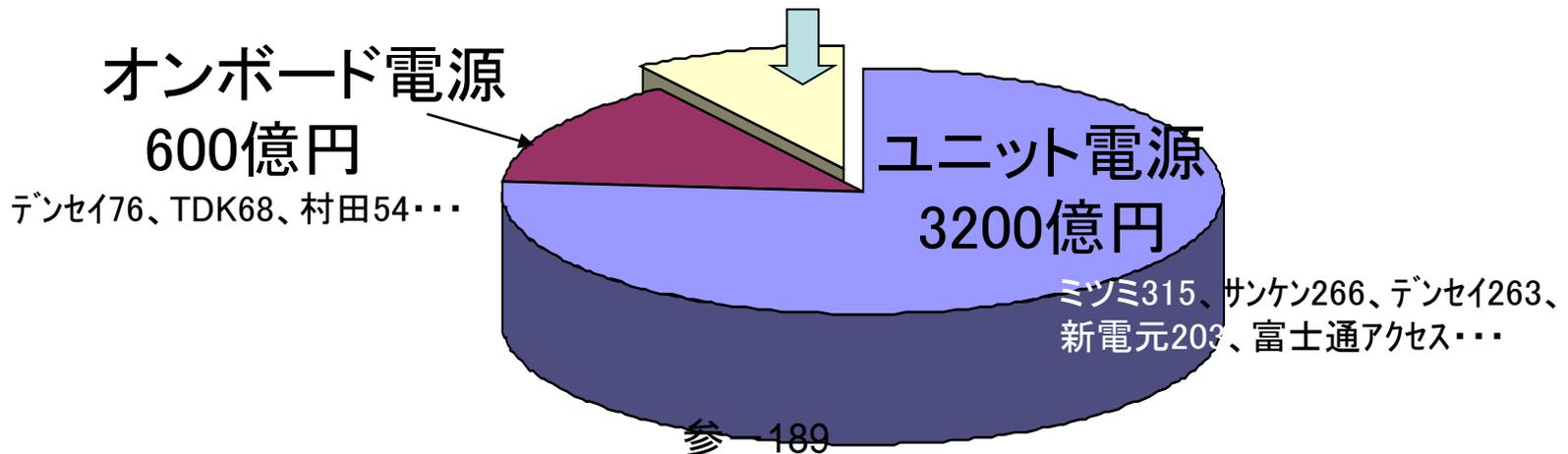
ZXシリーズ電源

スイッチング電源市場規模



国内市場
4200億円規模

据置型可変出力電源400億円



Ⅱ．環境・エネルギー市場対応

—それはLiイオン電池評価用 SYS電源から始まった—

電力回生型 電池充放電試験装置



《単セル用多CH型》

・5V 300A 10CH

納入先:三洋、日立、他



《モジュール電池用》

・50V 350A 17.5KW
・電流リップル・シミュレーション機能

納入先:トヨタ、ホンダ、日産、他



《パック電池用》

・500V 450A 150KW
・リアルタイムシミュレーション機能
・車両シミュレータ I/F機能

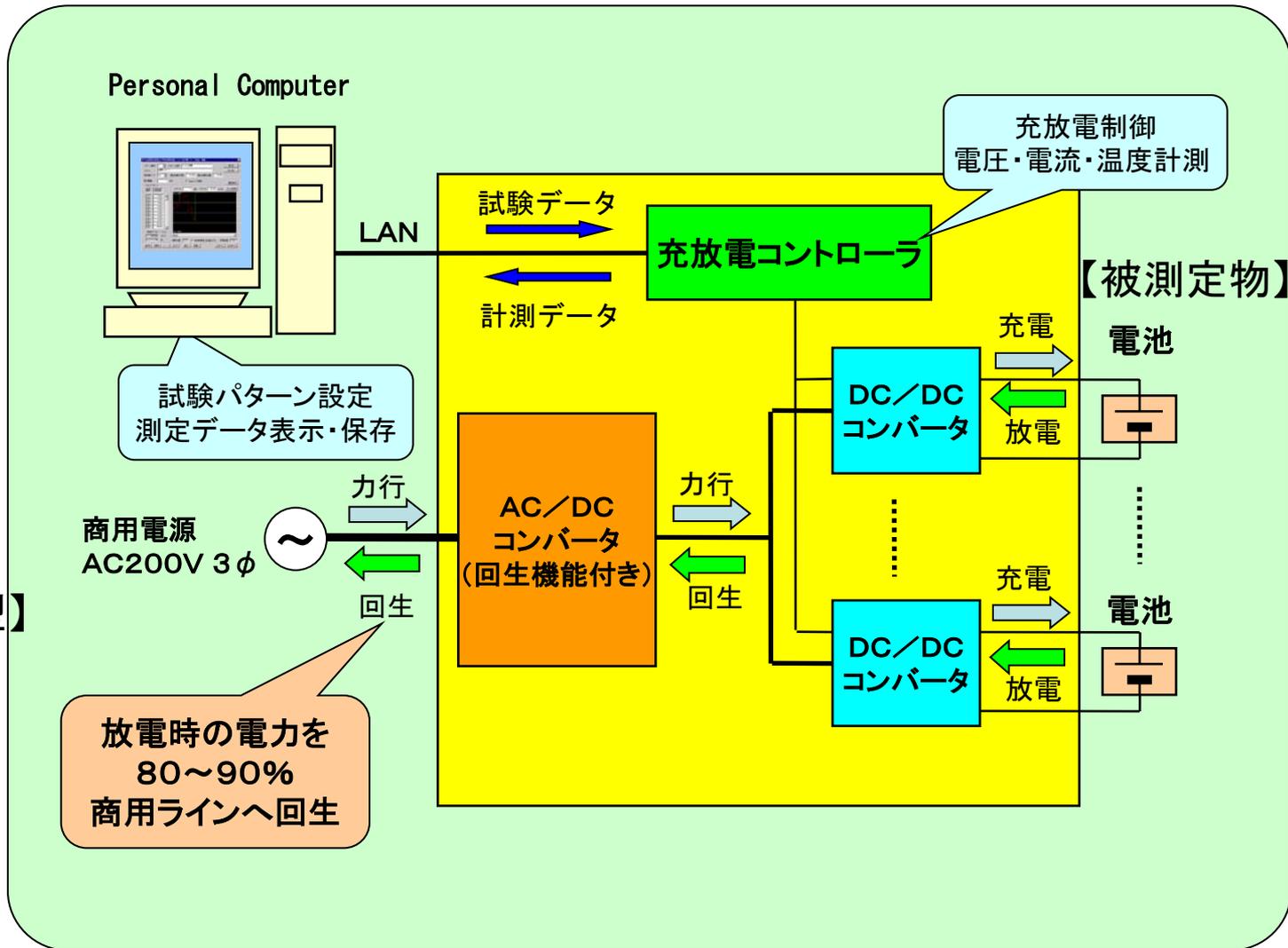
納入先:トヨタ、ホンダ、日産



電力回生型電池充放電試験装置



【単セル多チャンネル型】



EV Power Emulator

電気自動車、ハイブリッドカー用キーコンポーネントの
開発・評価電源システム



Inverter Emulator



Motor Emulator



Inverter

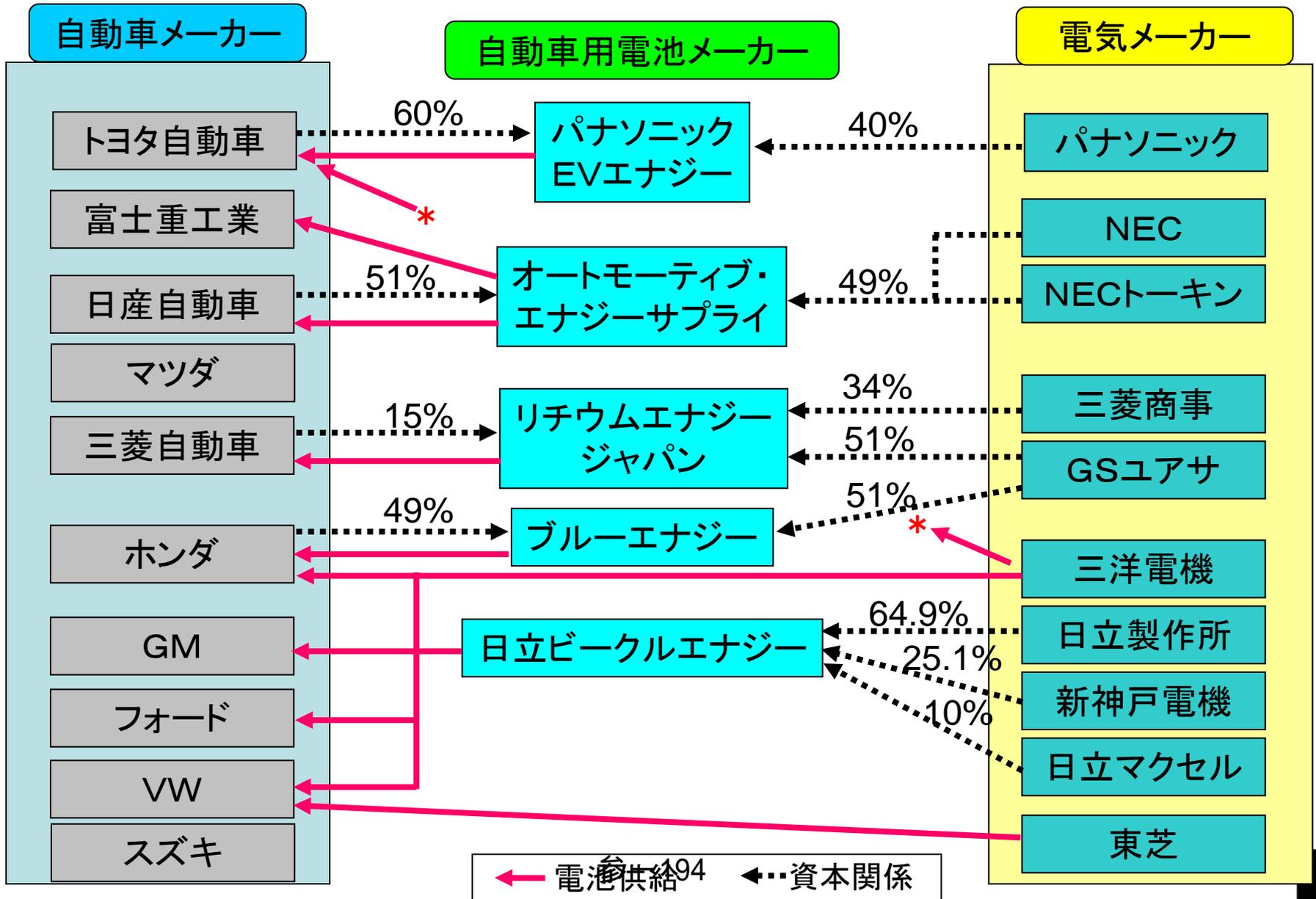
Motor

Battery

Battery Emulator

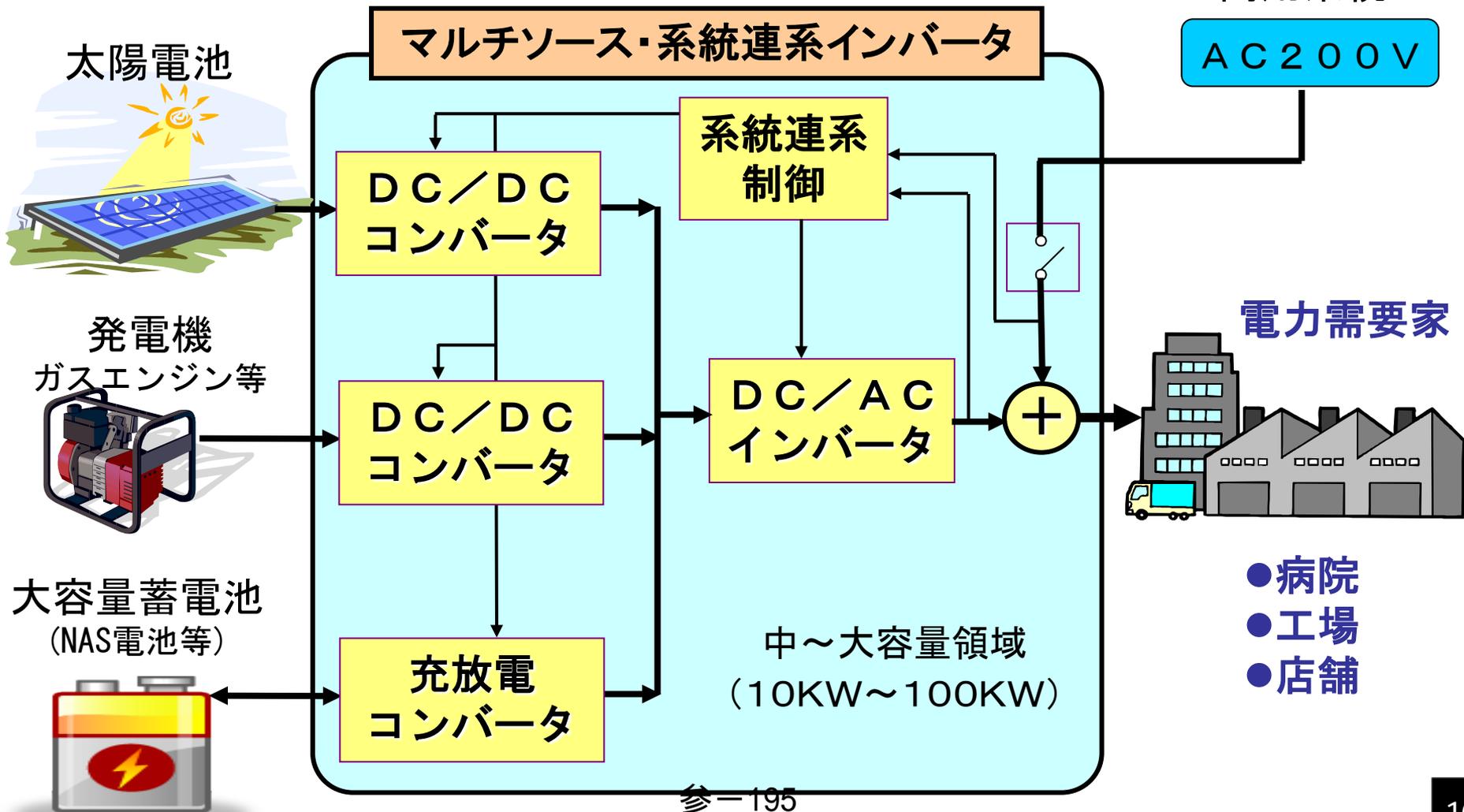


自動車メーカーと電池供給元の相関



マルチ入力系統連系インバーター

★複数の発電ソースと大容量蓄電池を組み合わせた分散発電(マイクログリッド)
(自然エネルギー利用、ピークカット、停電バックアップ...) 商用系統



電気自動車商用化の動き

メーカー	車名	発売時期	備考
三菱自動車	i-MiEV	2009年7月	2000台/'09年～ @460万円
富士重工	プラグインステラ	2009年7月	200台/'09年～
日産自動車	リーフ	2010年秋	50,000台/'10秋～
トヨタ	未発表	～2012年	量産／～2012年



i-MiEV

プラグインステラ



日産リーフ



電気自動車用リチウムイオン電池 (AES例)

車両1台に、96個直列接続された電池が搭載されます

セル



サイズ : 261×216×7.5mm
重量 : 790g
容量 : **30Ah**
電圧 : 3.6V

モジュール



サイズ : 315×225×36mm
セル数 : **4セル/モジュール**
重量 : 3.5kg
電圧 : 14.4V

パック



モジュール数 : **24モジュール/パック**
電圧 : 346V
容量 : 9.2KWh
電池制御ECU付き(通信プロトコル:CAN)
***自動車原価の60%を占める**

(注) 夔バ197 プラグインステラ仕様

急速充電器の概要

三相200Vラインから受電し、500Vdc (MAX) に変換し、車両に供給
充電は、車両ECUからのCAN通信を受け定電流制御します

(1) 入力

- ・AC200V(三相)

(2) 電源出力

- ・出力電圧: 20 ~ 500V
- ・出力電流: 0 ~ 125A
- ・出力電力: 50kW

(3) 計測、制御仕様

- ・電源制御モード : 定電流/定電圧制御方式

(4) 電源制御部(外部制御)

- ・CAN通信ライン: 1ch (ECUからの制御)

(5) 操作部

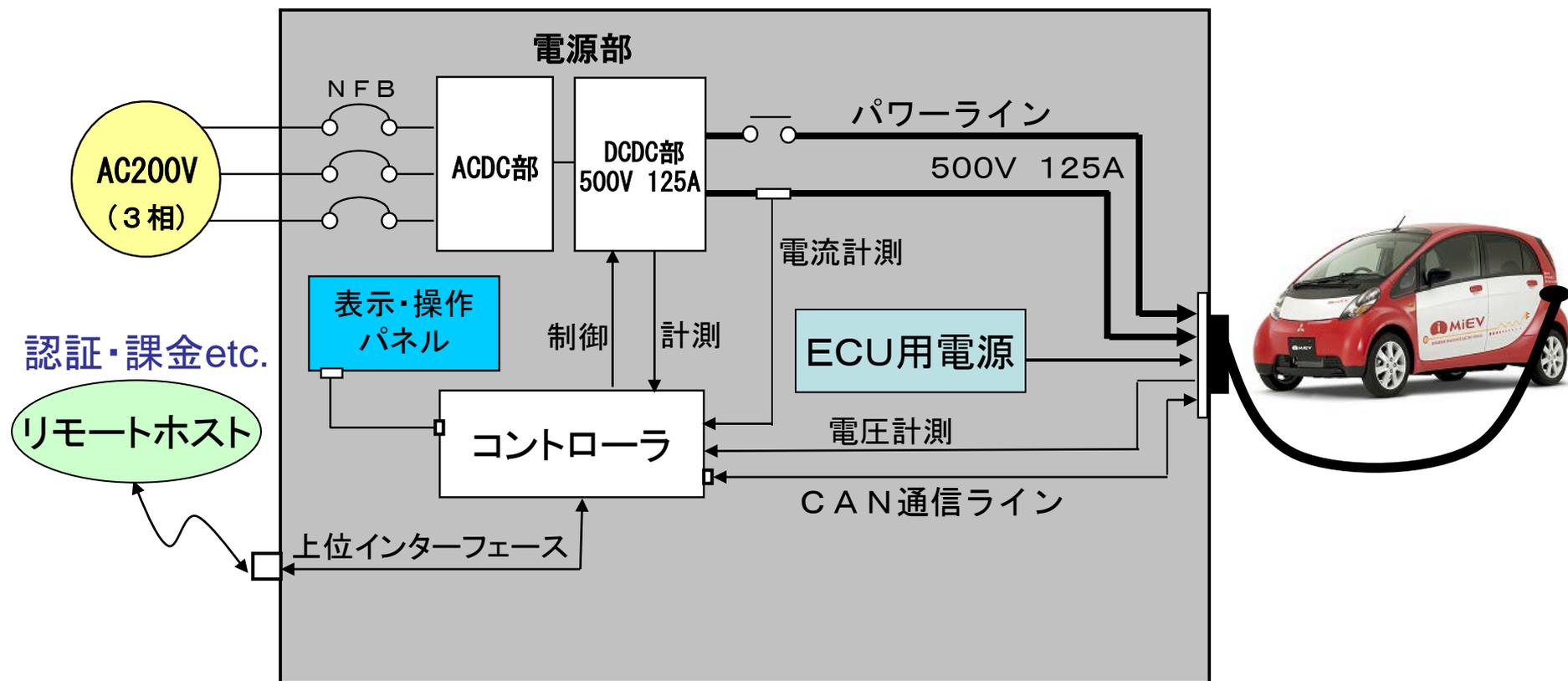
- ・充電の開始/停止
- ・充電状態のモニター表示(電池の充電状態)
- ・異常状態の監視(パワー系異常監視、EVからの異常通知等)



Ⅲ. 電気自動車用急速充電器

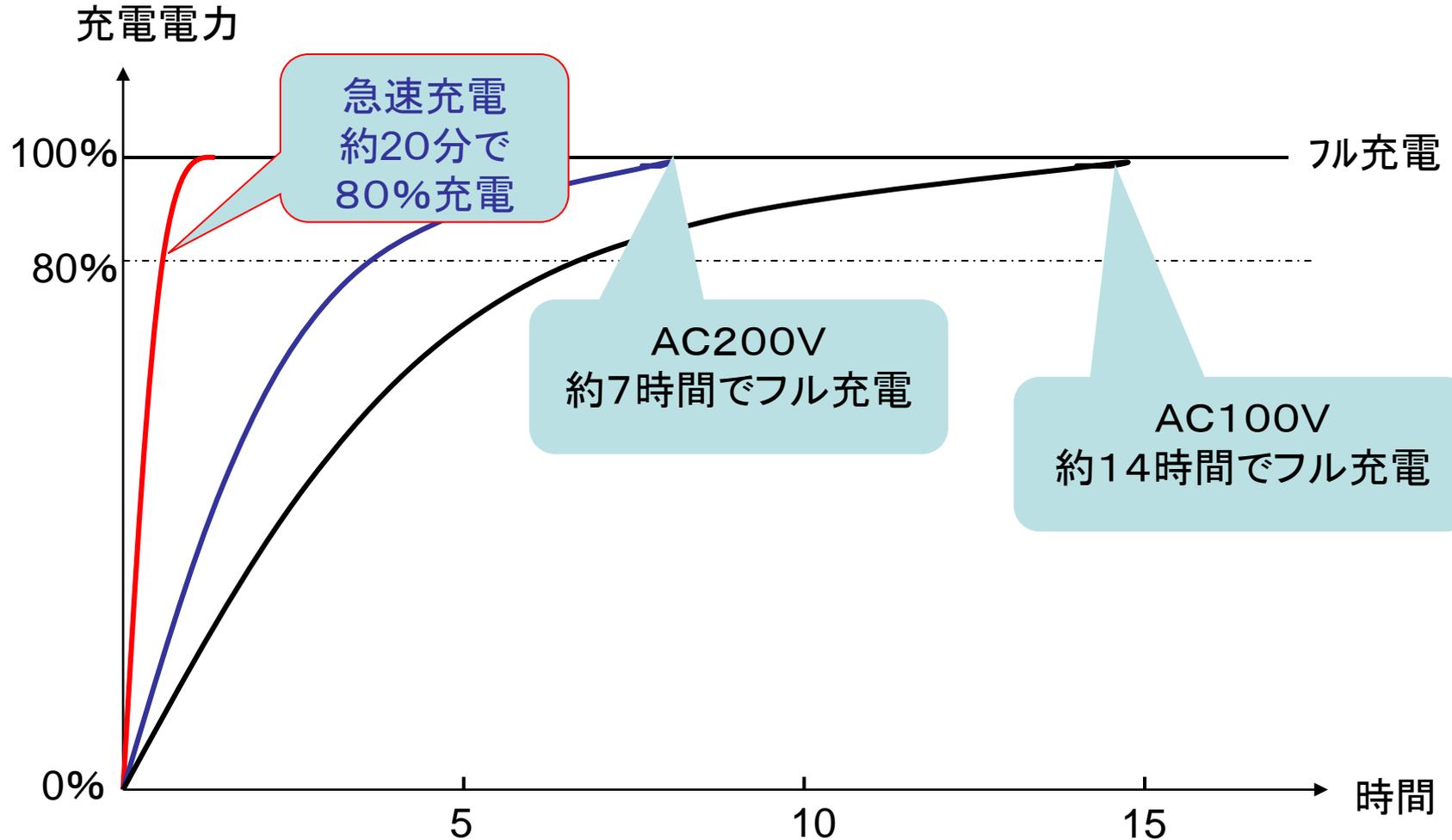
急速充電器の機能

- ・充電開始前に車両に500Vを印加して、絶縁状態を確認
- ・CAN通信により車両ECUとネゴシエーションしながら、最大電流125Aで充電
- ・電池の充電状態に応じて、充電電流を制御
- ・リモートホストコンピュータによる遠隔監視、ユーザー認証、課金等が可能



急速充電器の充電特性

i-MiEVの場合



急速充電の様子



プラグインステラとの接続試験

iMiEVの接続試験



急速充電器の製品一覧

《東京電力殿の指導で製品化》

・50KW ・DC500V ・DC125A ・本体価格:350万円 ・補助金:50%

高砂製作所



高岳製作所



ハセテック

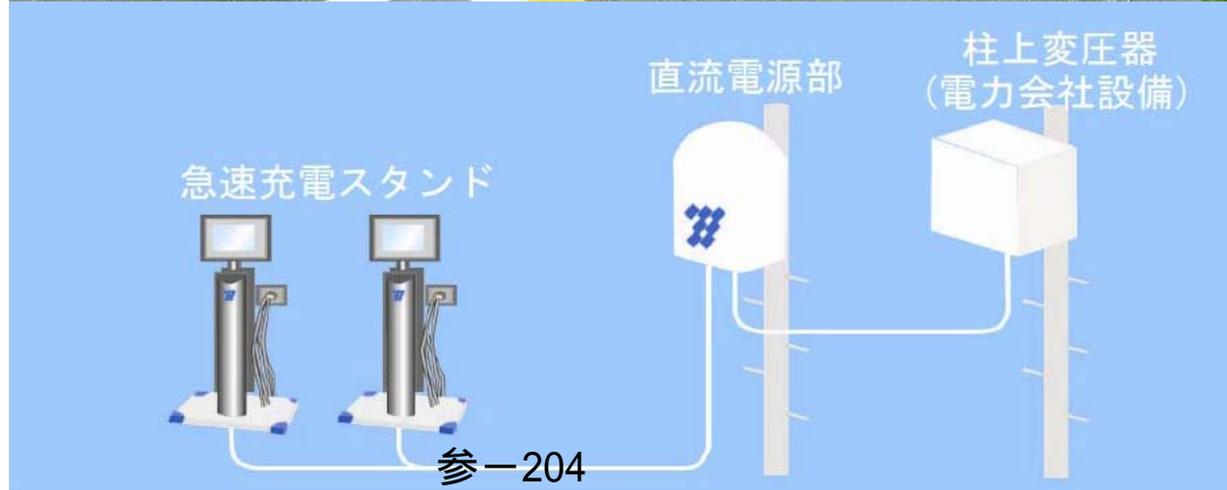


九州電力 充電スタンドの例

九州電力、総合研究所前に設置

急速充電器

- ・60KW
- ・DC400V
- ・DC150A
- ・本体価格
350万円？
- ・補助金
50%
- ・スタンド、電源
分離型



AC充電スタンドの例(倍速充電)

豊田自動織機 (日東工業)

- ・AC100/200V
- ・30～270分充電
- ・45万円
- ・充電タイマー
- ・ダイヤル錠



UNISYS

- ・AC100/200V
- ・60～80万円
- ・認証、利用情報等
通信ネットワーク対応
- ・ICカード対応



期待される市場

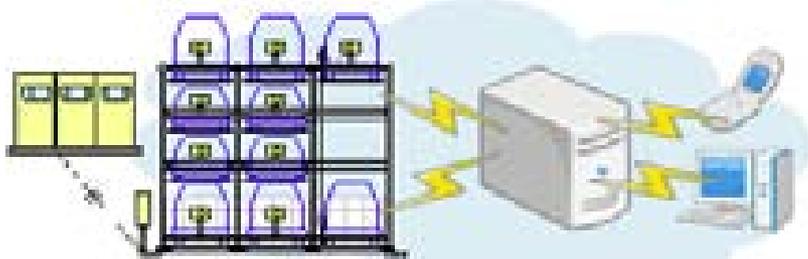
優先度	ターゲット	導入目的	関係省庁
1	■自治体（警察、消防を含む） 東京, 神奈川, 青森県, 新潟県, 愛知県, 京都府...	補助金による率先した低炭素社会の普及	総務省、経産省
2	■電力 東京、北陸、中部、関西	エネルギーシフトによる電力需要と普及促進	資源エネルギー庁
3	■自動車ディーラ 日産自動車、三菱自動車、富士重工業	EV車販売拡大・PR	国土交通省
4	■自動車修理店 イエローハット、オートバックス	利用集客及びPR	経産省 国土交通省
5	■高速道路 NEXCO中日本、首都高速道路	航続距離拡大による利用普及	国土交通省
6	■流通 佐川急便、イオン	利用集客及びPR	国土交通省
7	■日本郵便	利用集客及びPR	国土交通省
8	■コンビニ ローソン、サークルK	利用集客及びPR	経産省
9	■民間駐車場 タイムズ、オリックス自動車、東京都保安全公社	利用集客及びPR	国土交通省
10	■石油スタンド ENEOS、昭和シェル石油、コスモ石油	エネルギーシフトによる新ビジネスの開拓・ 参集客 206	資源エネルギー庁

経済危機対策の政府投資

【スマートEVチャージプロジェクト】

【EV-pHVタウン構想】

＜大規模駐車場における最適充電システム＞



＜ガソリンスタンド等における充電サービス＞



※緑枠:EV・pHVタウン／青枠:調査地域

新潟県(2千台)

- ・離島モデル、積雪寒冷地仕様、EVタクシーなどの実証
- ・地域連携による充電インフラ整備、産業振興の実施

福井県(6百台)

- ・原子力発電を電源としたEVの利用
- ・EVを活用したゼロカーボンエコソリューションズ、ゼロカーボンライフ

京都府(2.5千台)

- ・EV等普及促進条例の制定(率先導入、インセンティブ、充電インフラ整備等)
- ・カーシェアリング、レンタカー、タクシーでのEV・pHVの活用

岡山県(7百台)

- ・レンタカー、公用車でのEVの活用
- ・地域連携による充電インフラ整備

長崎県(5百台)

- ・風力発電、太陽光発電を電源としたEVの利用
- ・次世代エネルギーパーク、世界遺産候補地、公用車でのEVの活用

青森県(1千台)

- ・原子力発電、風力発電を電源としたEV・pHVの利用
- ・次世代エネルギーパークや自然観光地でのEVの活用

自治体名(2013年までのEV・pHVの普及目標)
・主な施策

東京都(1.5万台)

- ・企業、自治体によるEV・pHVの大量率先導入/インセンティブの付与
- ・地域、企業連携による充電インフラ整備
- ・オリンピックと連携した取組

神奈川県(3千台)

- ・企業、自治体によるEVの大量率先導入/インセンティブの付与
- ・地域、企業連携による充電インフラ整備
- ・カーシェアリング、観光レンタカーなどの実証

愛知県(1~2千台)

- ・企業、自治体によるEV・pHVの率先導入
- ・地域、企業連携による充電インフラ整備

高知県(1千台)

- ・風力発電、太陽光発電を電源としたEVの利用
- ・カーシェアリングによるEV・pHVの普及啓発

沖縄県(5百台)

- ・大規模離島モデルの実証
- ・観光レンタカーによるEV・pHVの普及啓発

給電インフラから見た道程は？

給電ネットワークの将来像

高付加価値化

IT・NW端末として新たなサービスが

ITSとの連携
防犯、防災や交通制御

顧客ビジネスの
ユビキタス化

お客様の生活を
支える社会インフラ化

課金システムによる普及加速

デジタルサイ
ネージによる
広告機能、
音楽・地図の
ダウンロード

IT・NW端末化

EVと急速充電器
の導入期

課金システム
安全・安心
電池診断

ネットワーク
集中監視機能
の追加

単純な
充電

EV・リユージョン進化・多様化

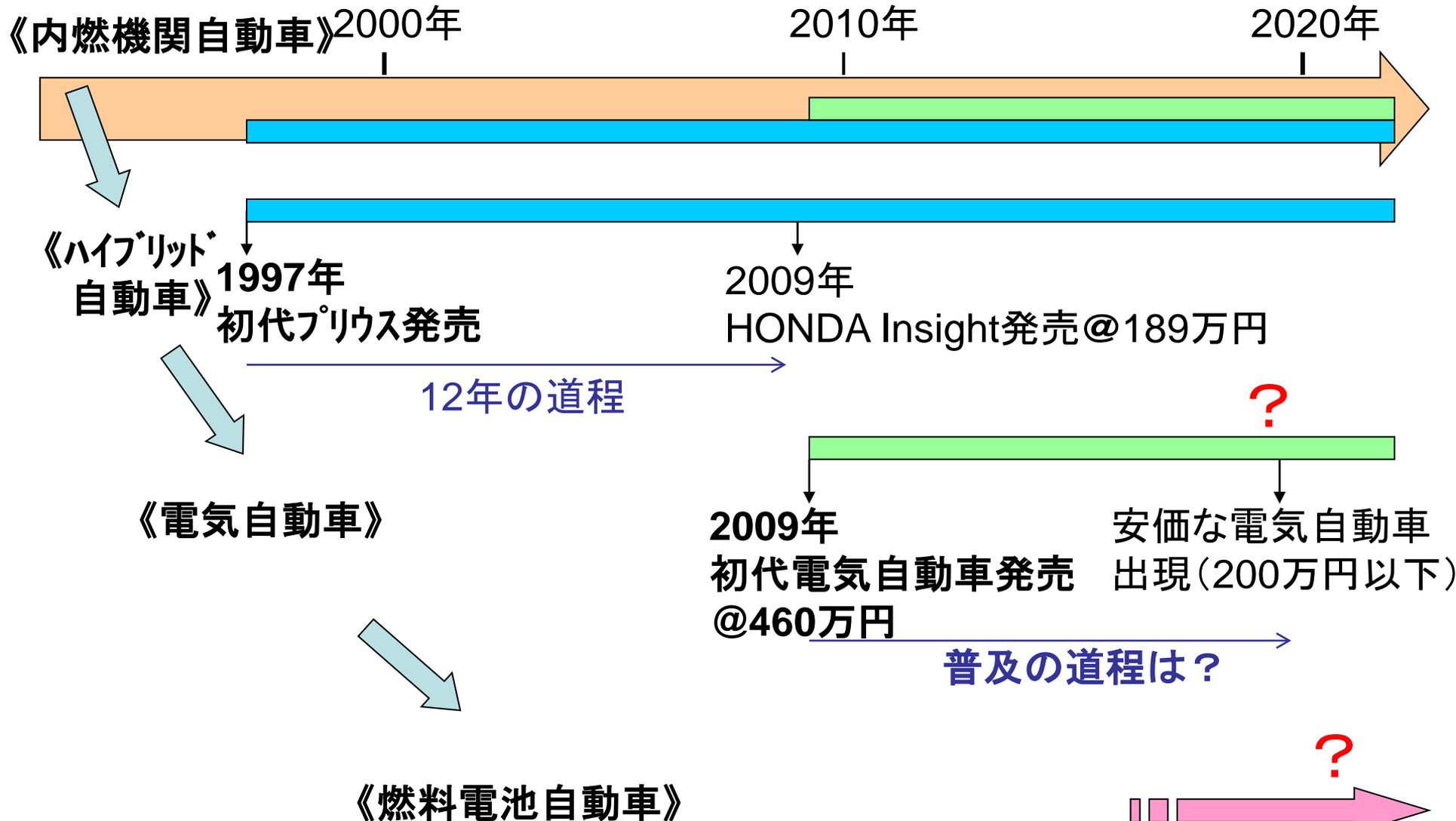
スタンド内のユビキタス化へ

スタンドアロン

ネットワーク化

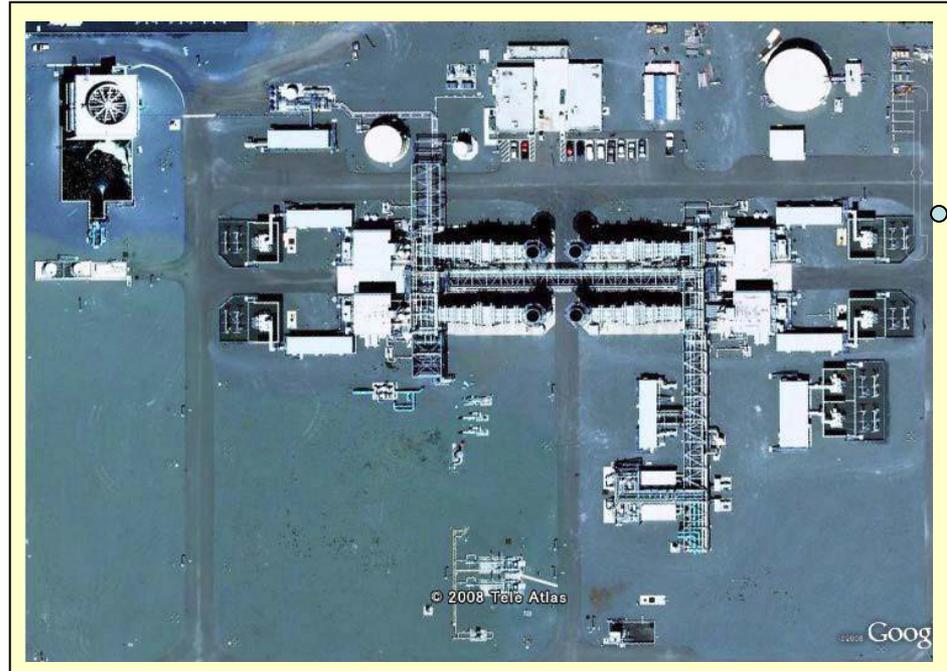
ITSとの連携

EV、HEVの導入の道程



捨てられる余剰電力

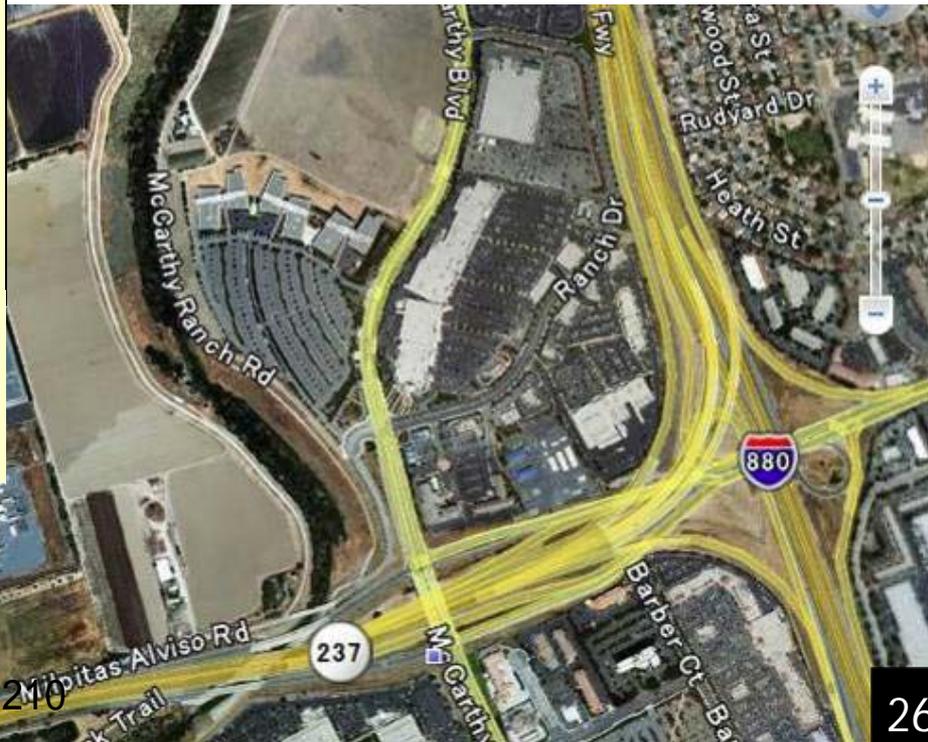
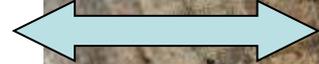
《シリコンバレーの電力負荷制御設備》



負荷としての
モーターを回す
だけの設備

全米でこうした設備の費用と維持費は
年間1.2兆円にも上る

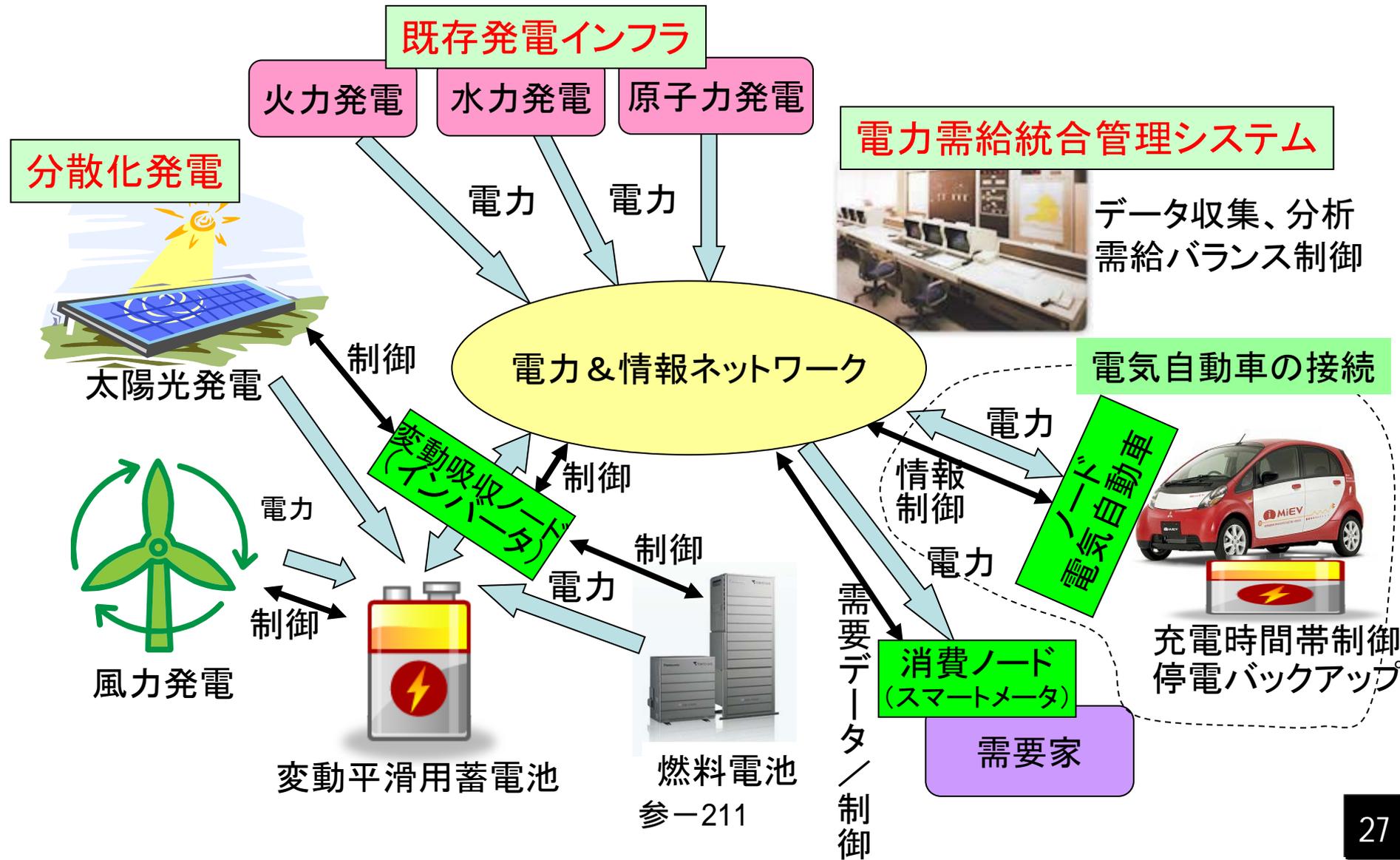
東京ドーム



参-240

スマートグリッドの概念図

— 電力需給のインテリジェント化 —





高砂は電力回生などを
はじめとする最新の技術で
産業発展に貢献しています。

プラグインハイブリッド車導入が 日本の電力需要へ及ぼす影響

(財)電力中央研究所

日渡 良爾

発表内容

1. この研究の背景
2. プラグインハイブリッド車（PHEV）とは
3. 米国EPR Iにおける研究状況
4. 日本のPHEV導入による電力需要への影響
5. CO2排出削減効果
6. まとめ

1. 研究の背景

研究の背景～エコカーの開発状況～

ハイブリッド技術

2020～2030年頃まではガソリン・ディーゼル車が主流。その基盤技術としてハイブリッドシステムが重要と考えられている。



プラグインハイブリッド自動車

米国ではEPRIが主導的な役割
ダイムラーから試走用車両
トヨタ・GM等が開発・販売予定



輸送部門の一部電力化によるガソリン消費削減、環境負荷低減効果

合成燃料(DME、GTL等)

DME自動車

LPGに類似。6気圧で液化、輸送や貯蔵が容易。クリーンなディーゼル燃料。燃料電池用水素キャリアー



DME実証プラント(北海道、100ton/日)

自動車用燃料、民生用コンロ。中国等海外での需要も視野に



電気自動車

三菱自動車等が販売開始あるいは販売を予定。航続距離～160km走行



リチウムイオン電池の開発。携帯電話等のモバイル用小型から自動車用大型電池の開発

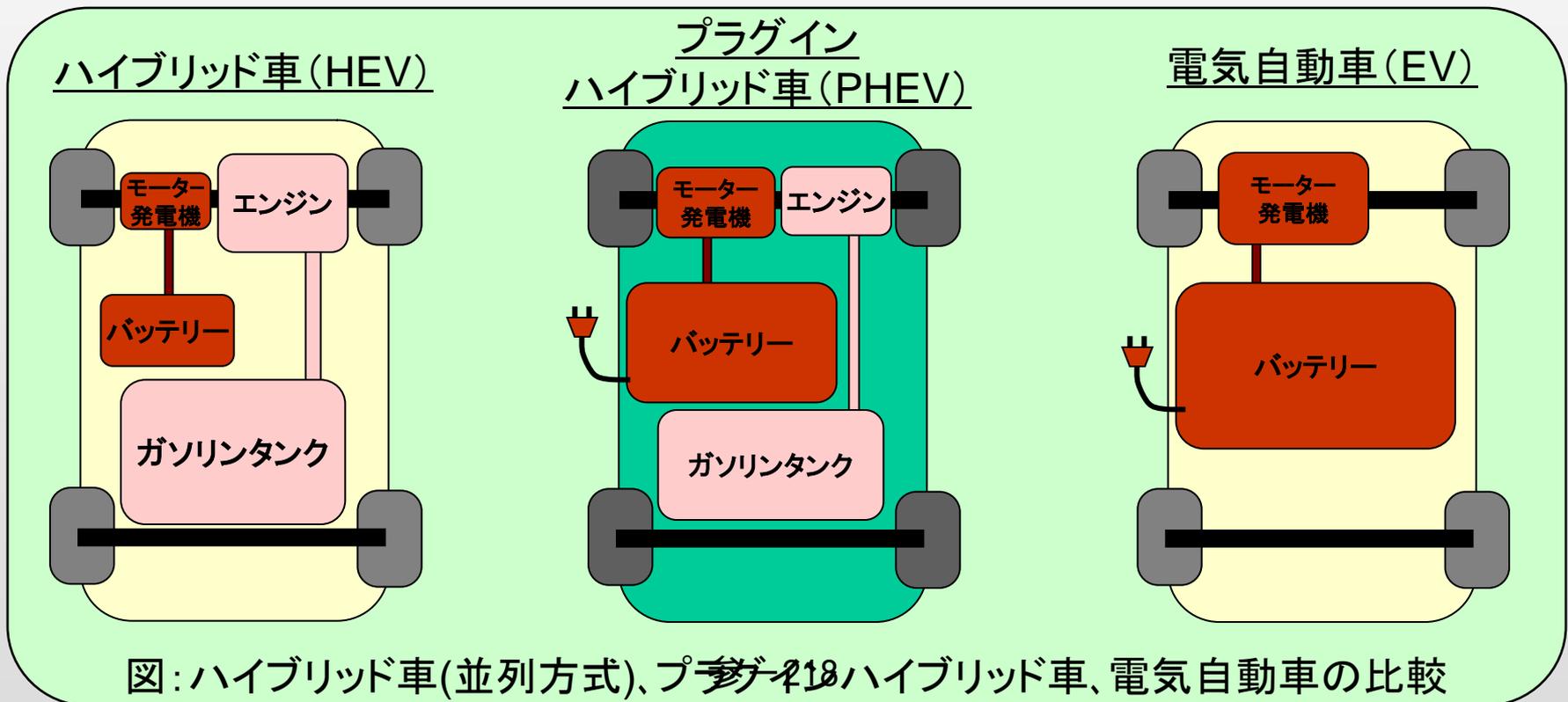


急速充電可能な新型電池(試作品)

2. プラグインハイブリッド車とは？

プラグインハイブリッド車 (PHEV) とは

- ◆ハイブリッド車 (Hybrid Electric Vehicle) のバッテリー・モータを大型化
- ◆外部電源からバッテリーへの充電可能
- ◆日常の短い運転距離距離(数十km/日)は電気自動車として走行
- ◆長距離運転の場合、ハイブリッド車として走行



PHEVの開発状況(1)

1. EPRIによるPHEVの評価研究 (2001年)
2. ダイムラークライスラー、EPRI共同による試走車 (2005年)
 - ・ 30kmまで電気自動車として走行可能(Sprinter)
3. PriusのPHEVへの改造キット発売へ
 - ・ CalCars団体: 16kmまで電気自動車として走行 (Lead acid)
 - ・ EDrive Systems社: 50mileまでの電気走行を実証 (Li-Ion)
2006年商用化 (改造費用\$12,000以下を目標)



プラグ



図: Prius改造キット(CalCars版)



図: Prius改造キット(EDrive社版)

図: DaimlerChrysler Sprinter

PHEVの開発状況(2)

1. トヨタ プリウス プラグインハイブリッド (PHV) (シリーズパラレルハイブリッド方式)
2. 日本に約200台、米国に約150台、フランス、英国、ドイツを含む欧州に約200台をリースする予定(2010年より順次)
3. 一充電約20km走行

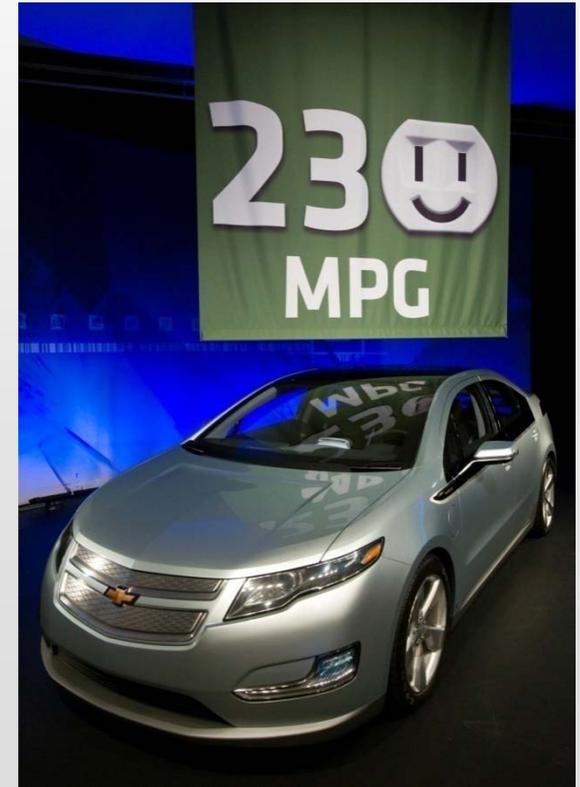


		諸元値
全長		4460mm
全幅		1745mm
全高		1490mm
エンジン	排気量	1797cc
	最高出力	73kW(99PS)/5200rpm
	最大トルク	142N・m(14.5kgf・m)/4000rpm
モーター	種類	交流同期電動機
	最高出力	60kW (82PS)
	最大トルク	207N・m (21.1kgf・m)
2次電池	種類	リチウムイオン電池
CO ₂ 排出量 (ECモード)		60g/km未満 (目標値) *
EV距離 (ECモード)		約20km (目標値)
充電時間	100V	約180分 (目標値)
	200V	約100分 (目標値)

参一220

PHEVの開発状況(3)

- GM VOLT 2010年発売予定(シリーズハイブリッド方式)
- 1充電64km走行(16kWhリチウムイオン電池搭載)
- 燃費42km/L以上可能
- 都市走行では230mpg(100km/L?)



参-221

3. 米国EPR I (Electric Power Research Institute) における研究

EPRIによるプラグインハイブリッド車研究

○Hybrid Electric Vehicle Working Group の設置(1999年)

環境負荷、経済性、エネルギー効率の観点からのハイブリッド自動車の最適化研究

○Working Group メンバー

国・規制当局:

DOE、National Renewable Energy Laboratory、

Argonne National Laboratory、South Coast Air Quality Management District

自動車会社:

General Motors Corporation、Ford Motor Company

大学:

University of California Davis Hybrid Vehicle Center

電気事業:

Southern California Edison、New York Power Authority、Southern Company、

EPRI

○報告書作成(2001年)

“Comparing the Benefits and Impacts of Hybrid Electric Vehicle Options”,
EPRI Report 1000349 (2001)

○報告書内容

・プラグインハイブリッド車の性能評価

・プラグインハイブリッド車のコスト解析

・プラグインハイブリッド車の市場調査

燃料効率と環境影響

- CV(従来車), HEV0(プリウス等), HEV20(20mileまで電気走行可能), HEV60.
- 充電電池寿命は100,000milesまたは10年. NiMH (or Lead Acid), HEV20の場合約2000サイクル(5.9kWh battery)
- 充電用電力は天然ガスコンバインドサイクル火力(効率39%~53%)と仮定
- 燃料効率の評価(mile/gallon), それぞれ30mile/gallon, 41mile/g, **41~120mile/g, 41~120mile/g. (120mile/g~42.5km/l~5.8km/kWh)**
- ライフサイクルを考えたNOx, HC, CO₂排出量の評価. 例えばCO₂排出はそれぞれ, 400g/mile, 300g/mile, 230g/mile, 180g/mile.

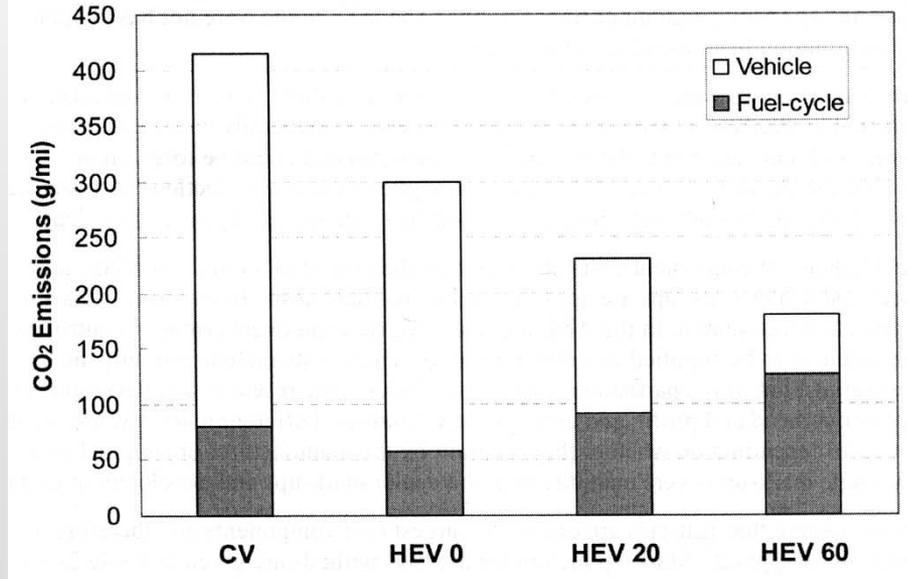
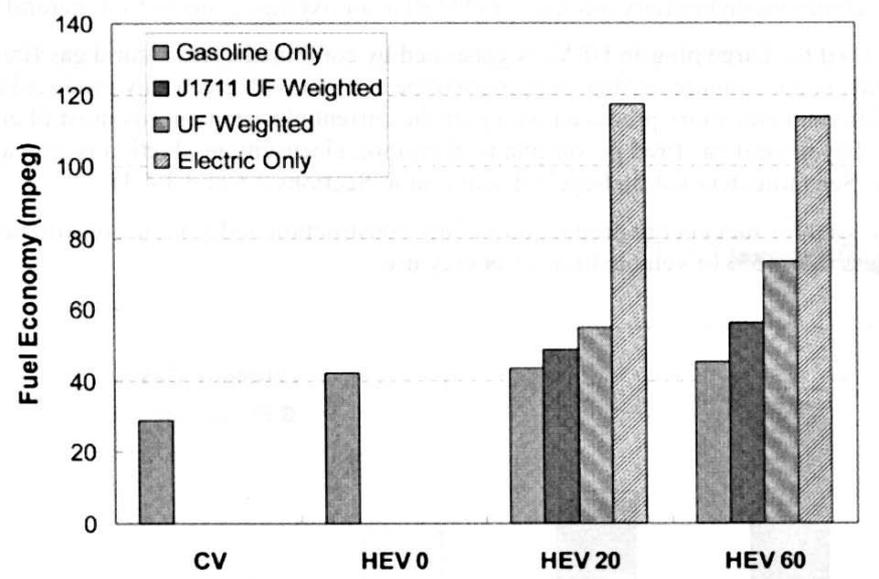


図: 従来車(CV)、ハイブリッド(HEV0)、プラグインハイブリッド車(HEV20, HEV60)の燃料効率(miles/gallon)の比較

図: 従来車(CV)、ハイブリッド(HEV0)、プラグインハイブリッド車(HEV20, HEV60)のCO2排出

PHEVコスト評価

- 2010年までの技術進展ならびに大量生産効果を考慮
- Mid-size Carを検討対象
- 価格予測としては、順に\$18000, \$22500, \$24000, \$27500. 充電池, 充電装置のコストが差となる
- 運転(燃料)コストとしては, \$6000, \$4700, \$3700, \$2600. 電気代はoff-peak price(Boston, Atlanta, Phenix, Los Angeles, San Francisco)

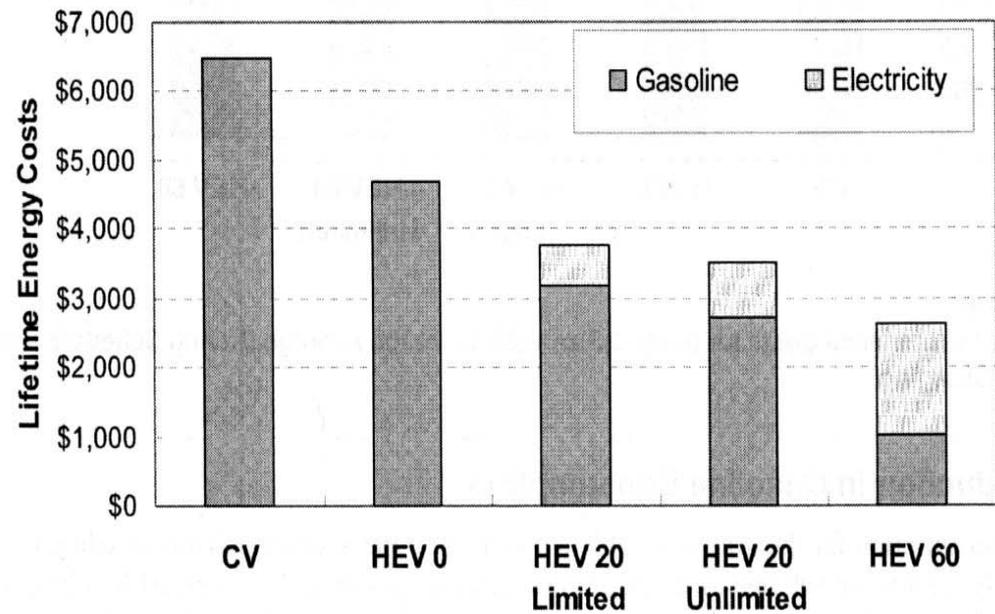
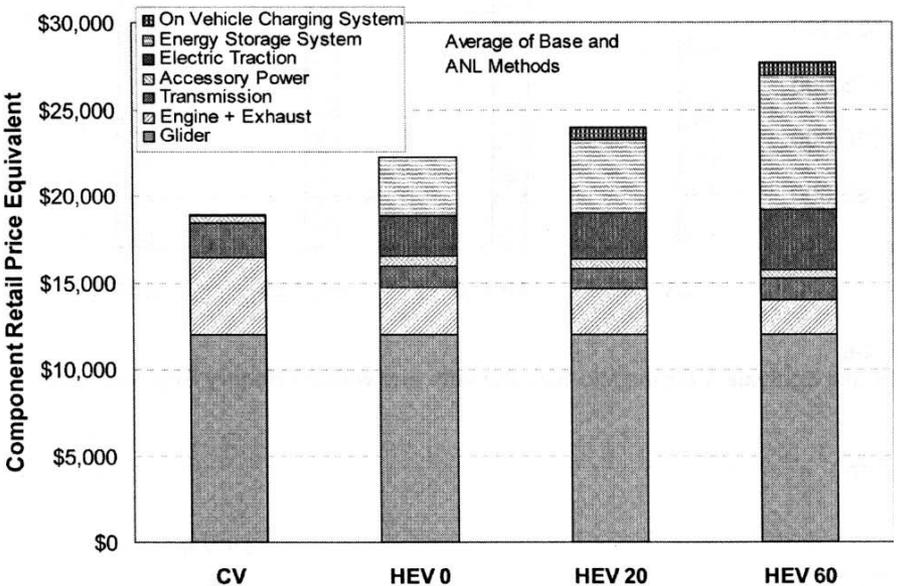
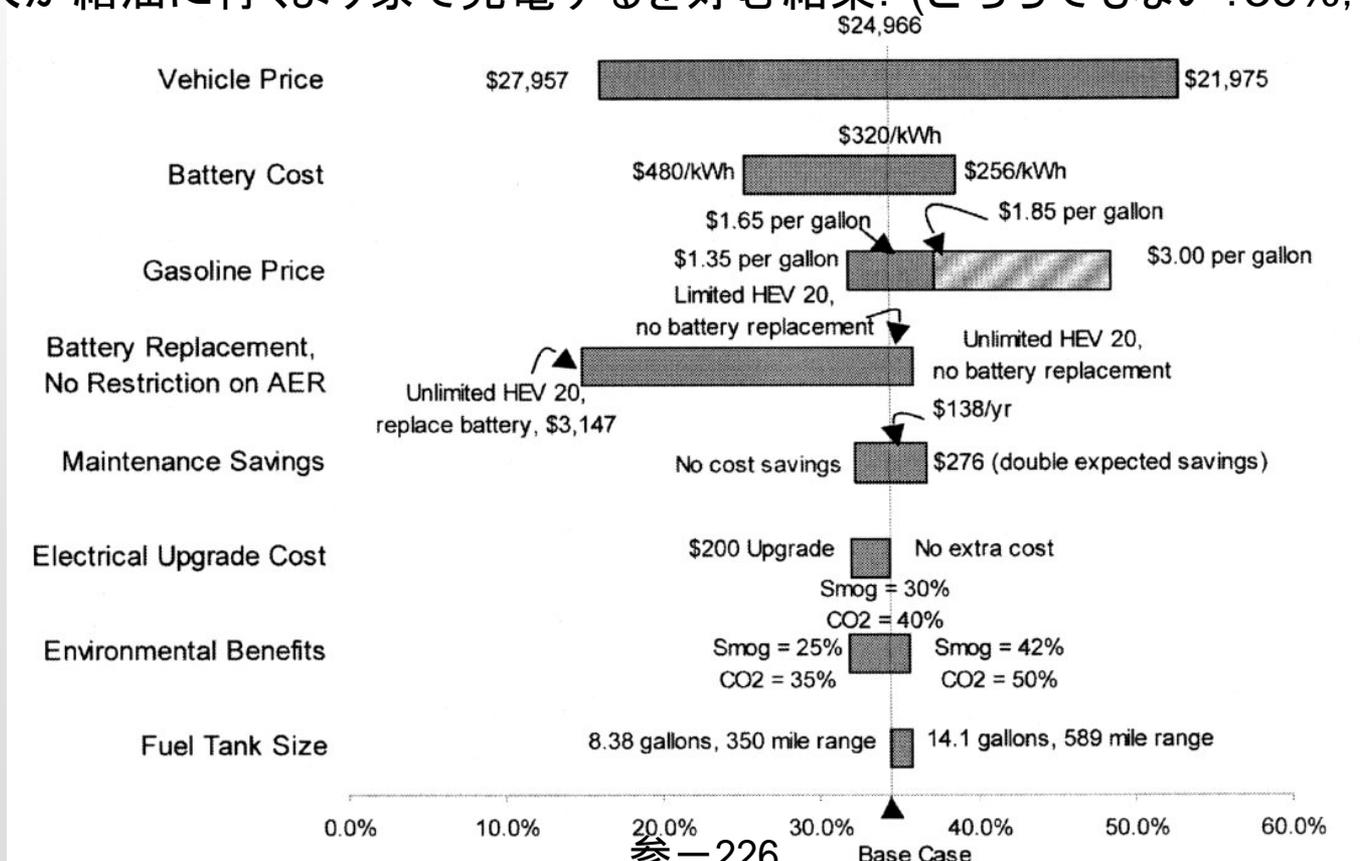


図: 従来車(CV)、ハイブリッド(HEV0)、プラグインハイブリッド車(HEV20, HEV60)の製造コストの比較

図: 従来車(CV)、ハイブリッド(HEV0)、プラグインハイブリッド車(HEV20, HEV60)の燃料コストの比較(100000mile走行を仮定)

消費者動向調査

- インタビュー調査とアンケート調査(400名)
- CVよりHEVの購入を好む割合, 35%(HEV0), 35%(HEV20), 17%(HEV60)
- 価格に非常に敏感, CVに対するHEVの価格増加分が半分(\$5982→\$2991)になった場合は, 48%, 53%, 51%
- 主な要因, 価格, 燃料コスト節約, メンテナンス(コスト・時間)
- 63%の人が給油に行くより家で充電するを好む結果. (どちらでもない:36%, 給油派:1%)



参-226

図: HEV20に対する消費者が好む割合の感度解析結果

4. 日本のPHEV導入による電力需要への影響

PHEVの性能評価

“Comparing the Benefits and Impacts of Hybrid Electric Vehicle Options”, EPRI Report 1000349 (2001)より

- PHEVの最適化作業はADVISORコード(National Renewable Energy Laboratory)を適用
- PHEVの場合、**充電率20%以下になった場合に通常のハイブリッドモードへ**

表：電気走行可能距離とバッテリー性能の比較

	HEVO	PHEV20	PHEV60
電気走行可能距離	0km	32km	96km
Battery Power (kW)	49	54	99
Battery Energy (kWh)	2.9	5.9	17.9
バッテリーの種類	NiMH		

留意事項

- 道路状況の違いから日本とアメリカの走行サイクルは異なる→最適化に大きな影響

日本の自動車走行データの作成

- 1999年国土交通省起終点 (Origin and Destination) 調査結果を適用
- 47都道府県別の自動車走行数(トリップ数)のアンケート調査結果
- 車種別(自家用車、貨物車)
- 平日、休日別
- 各電力会社毎の電力需要評価へ適用可能

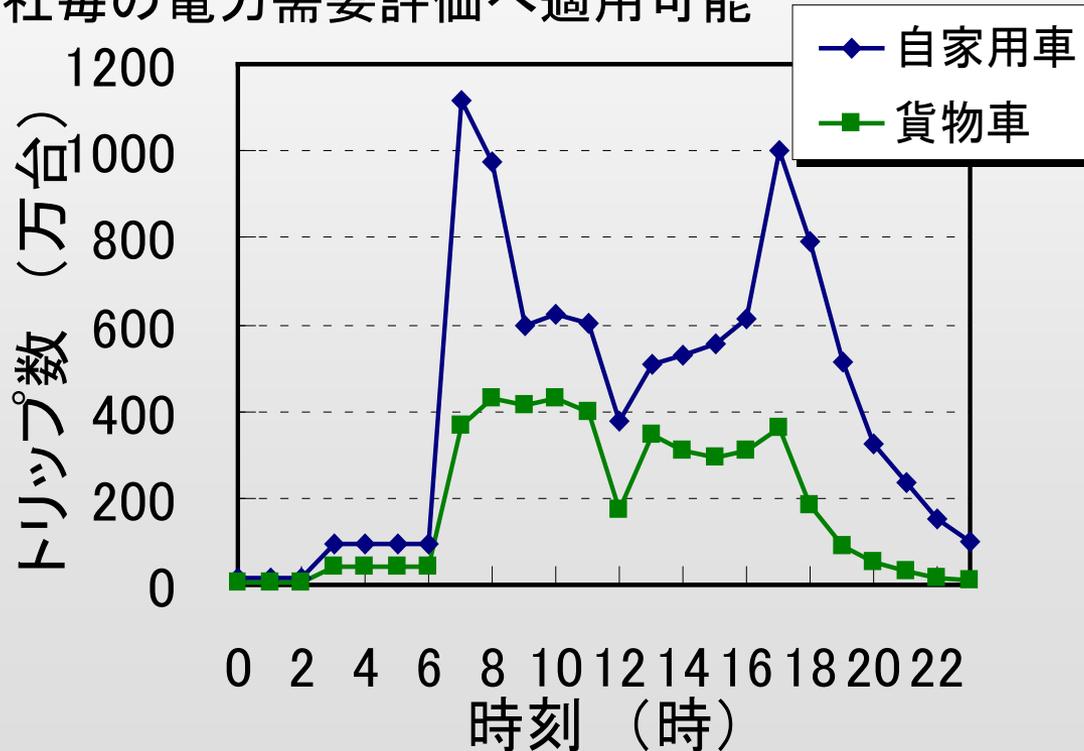


図7: 全国自動車走行数(トリップ数)時間分布(平日)

日本の自動車走行パターンのモデル化

走行パターングループ(自家用車)

グループ A、B、C、D:
出勤と帰宅 朝と夕方のみ運転

グループ E、F:
家事・買い物 日中から夕食前まで

グループ G、H:
社交・娯楽 一日中運転(昼食時・夕食時を除く)

グループ I:
社交・娯楽 早朝、深夜のみ運転

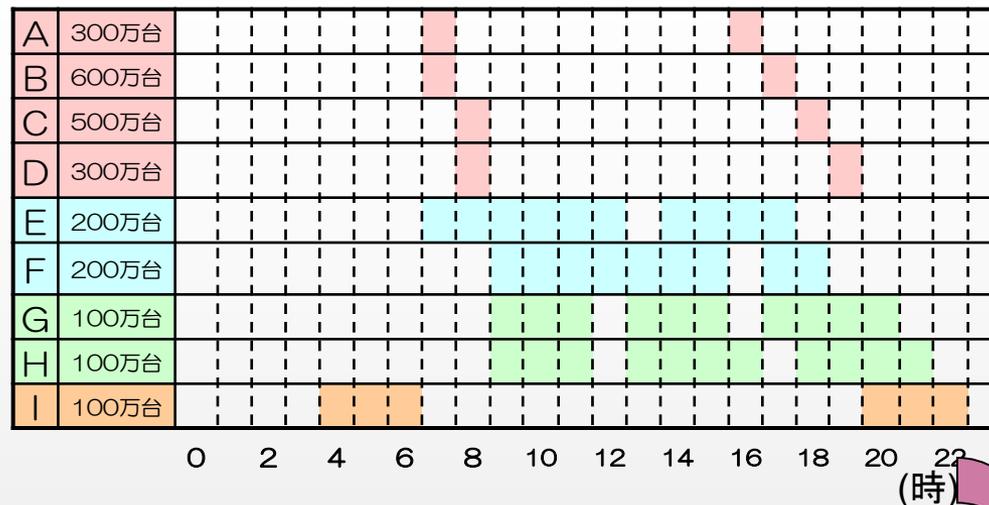


図8: 走行パターンモデル(平日・自家用車)

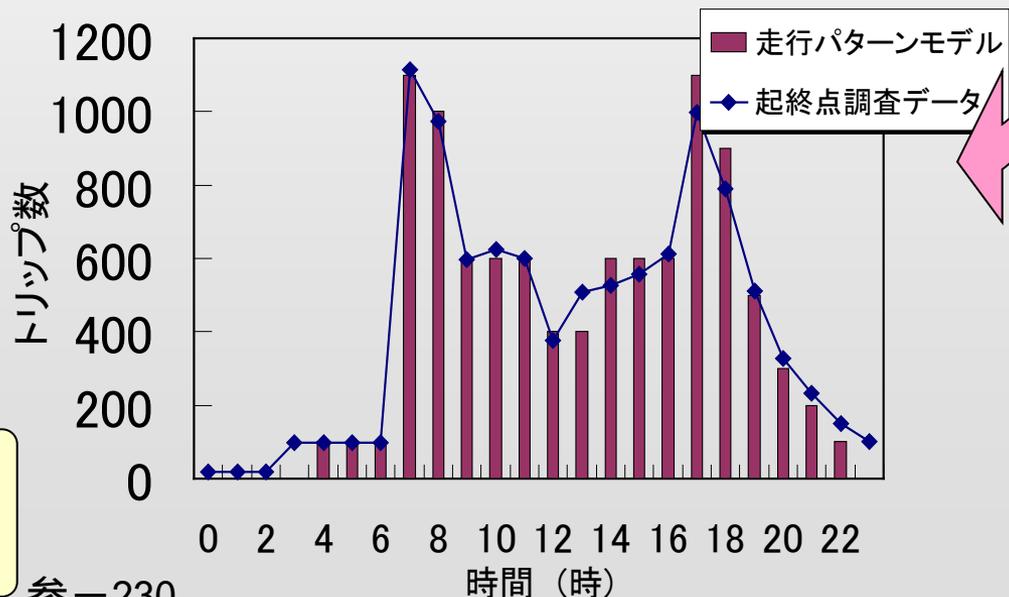


図9: 総トリップ数(平日・自家用車)

全国起終点調査データ(国土交通省1999年)のトリップ数時間分布を再現

PHEVの充電パターン

- バッテリー容量の8割を充電
(SOC=20%以下は通常ハイブリッドモードを考慮)
- 1日の走行距離から必要な充電量を算出(1日の走行距離は2000年の全国平均年走行距離515億台km/年となるように算出)
- 充電時間が7~8時間となるように受電条件を設定(グループIのみ5時間)



充電パターン1:
運転終了後から充電開始

充電パターン2:
運転開始直前に充電終了
•タイマー制御等が必要

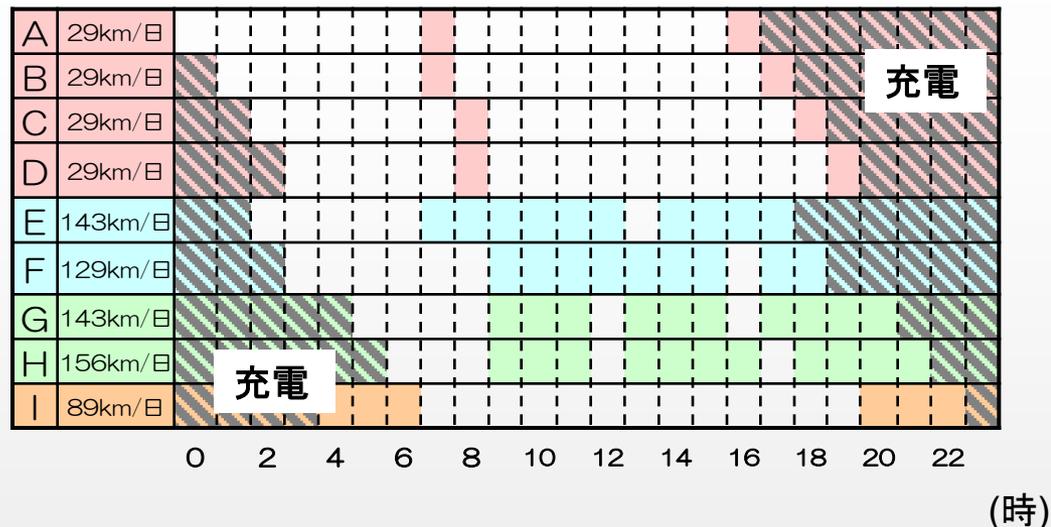
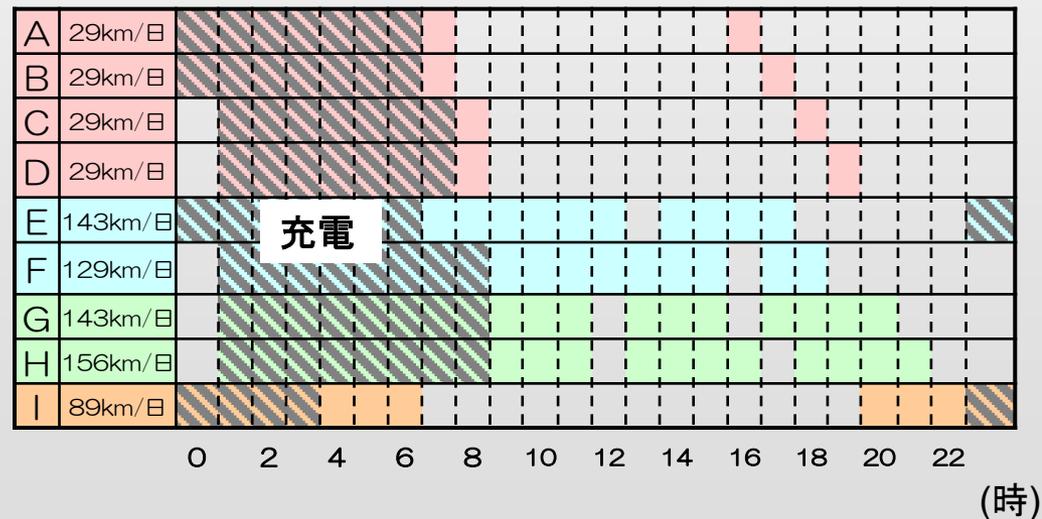


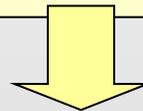
図10: 充電パターン1(運転停止直後から)



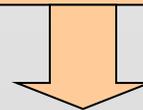
参-23 図11: 充電パターン(運転開始直前まで)

PHEVによる電力需要

- 日本の全車両がPHEVとなったと仮定.
- 貨物車についてもどのような運転・充電パターンを作成し、必要となる電力需要を算出.
- 平日・休日の違いを考慮し2パターンの運転・充電パターンを作成.
- 充電時間は平均8時間と仮定.
- PHEV60(96km電気走行可能)、PHEV20(36km電気走行可能)の2ケースについて行う.
- PHEV60の場合、必要な電力は約3000万kW、年間793億kWh
- PHEV20の場合、必要な電力は約1600万kW、年間412億kWh



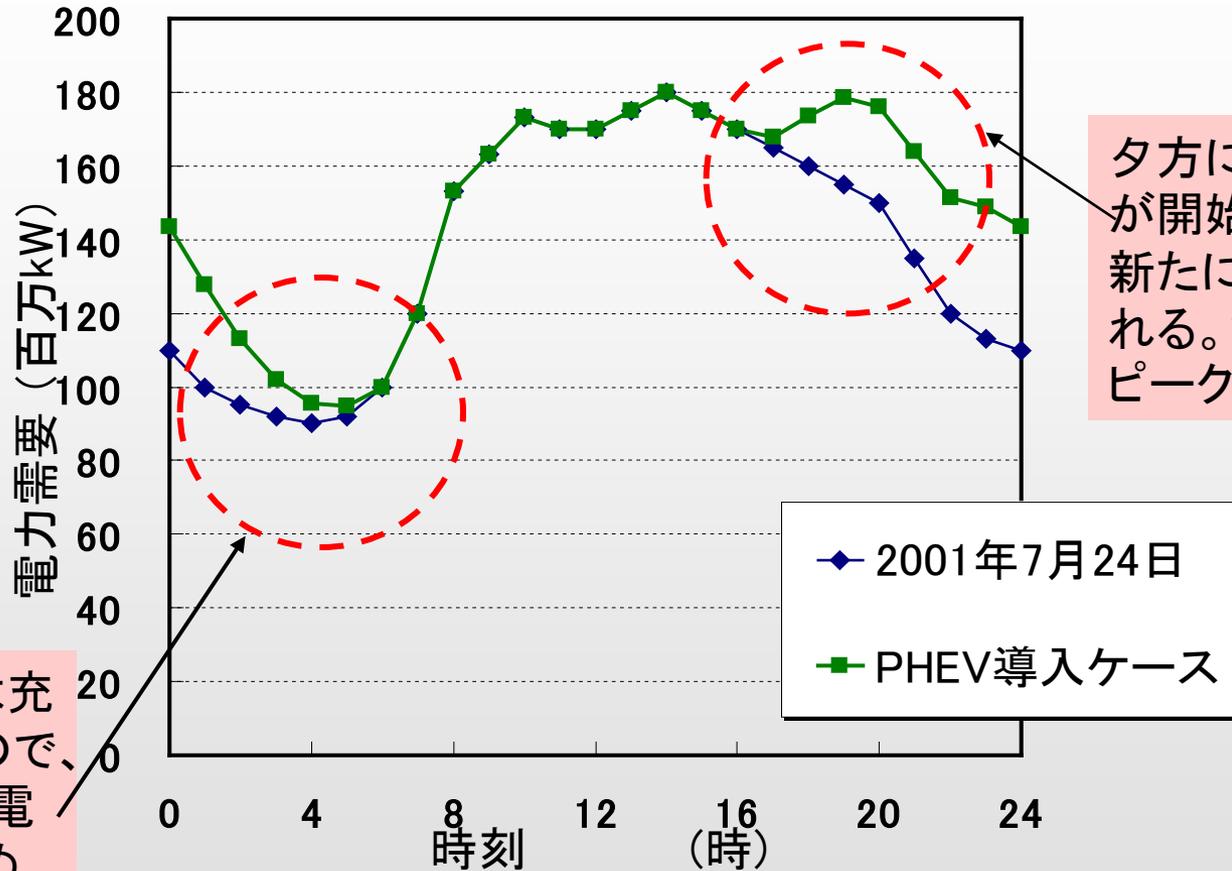
電気走行距離が36kmのPHEV20であっても比較的大きな電力が必要となってくる



現在アメリカで実用化に向けたテストが行われているPHEVの目標技術レベルで大きな電力需要の増加の可能性があると見える。

負荷曲線への影響(充電パターン1)

運転終了直後(20時以降)に充電開始するケース(PHEV60の場合)



夕方の一斉に充電が開始されるため、新たにピークが現れる。ただし、最大ピーク値は越えない

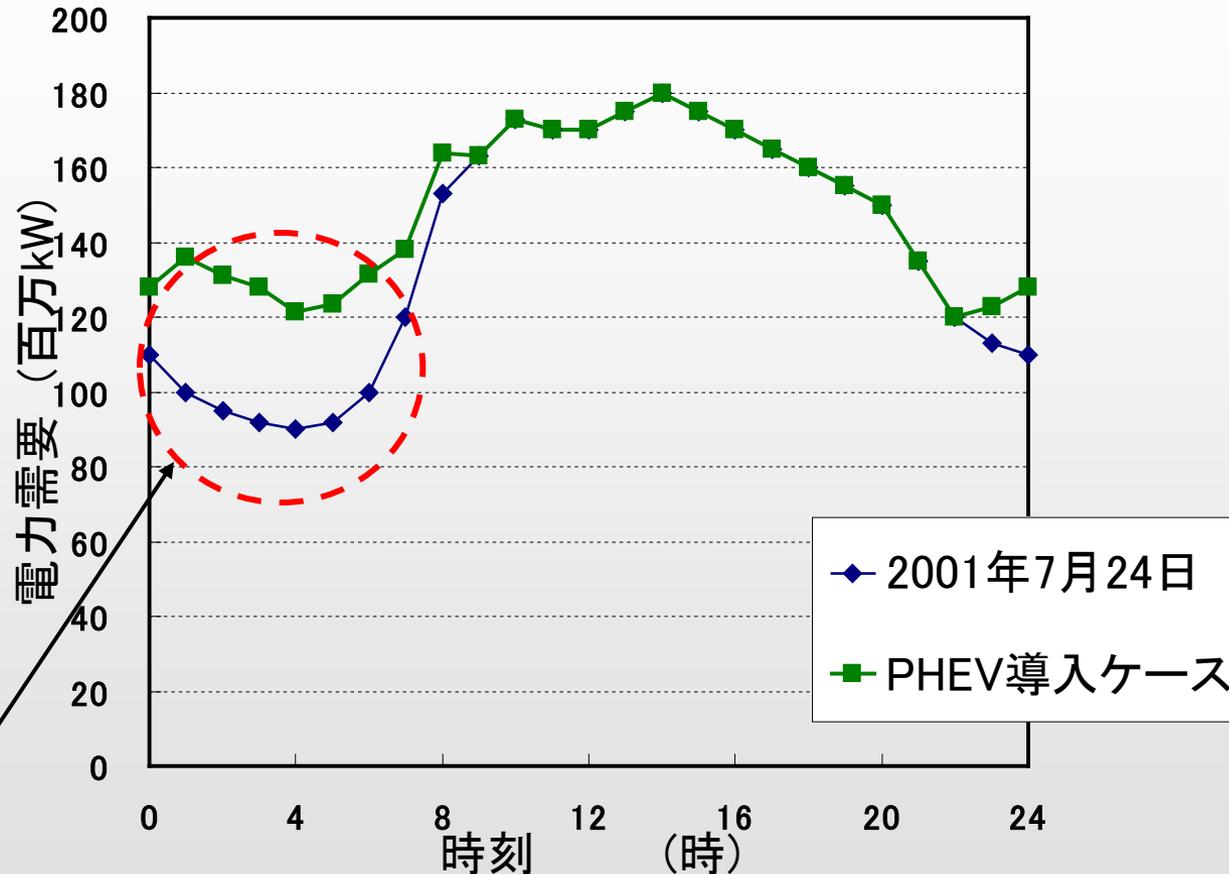
明け方までには充電は終了するので、ピークオフでの電力需要は見込めない。

図12: 充電パターン1の負荷曲線への影響

平滑化のためには充電時間の最適化が必要

負荷曲線への影響(充電パターン2)

運転開始直前に充電終了(0時以降に開始)するケース(PHEV60の場合)



ピークオフの明け方に充電が集中するため、電力需要が平滑化される

図13: 充電パターン2の負荷曲線への影響

充電時間の制御が可能ならば、平滑化によりベース電源の割合を増やせる可能性につながる(約3000万kW)

5. CO2排出削減効果

PHEVの導入予測

耐久消費財のための新製品の導入モデル(Bass model)

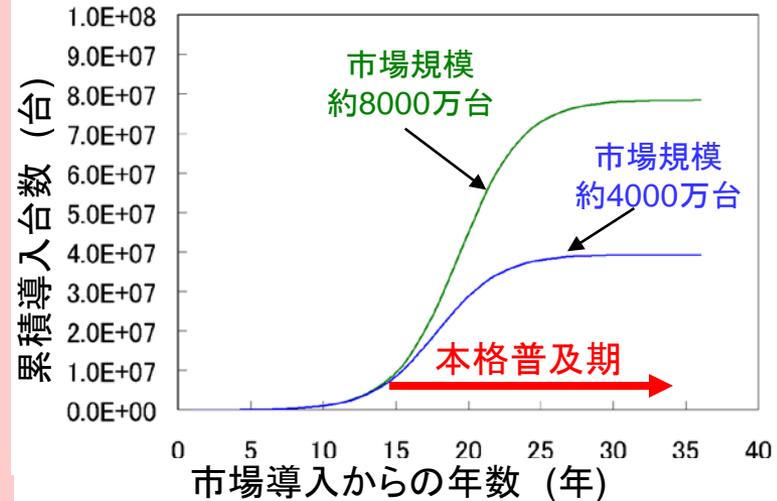
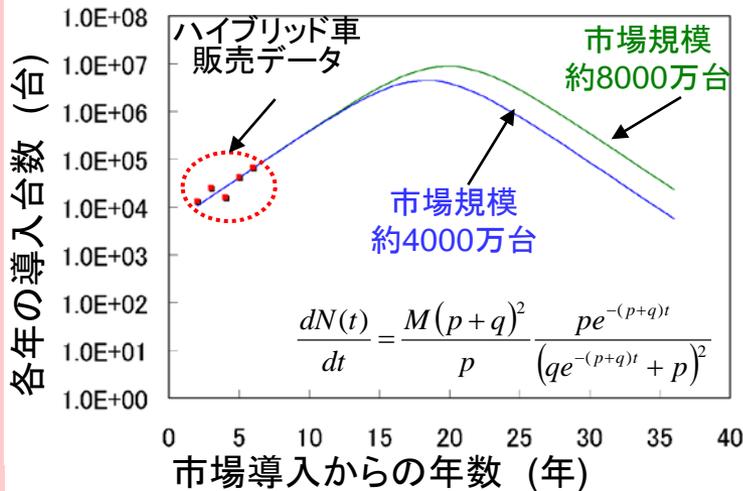
t年における新規導入(販売)数 累積導入(販売)数 市場規模

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left[p + q \frac{N(t)}{M} \right] (M - N(t))$$

p: マスメディア等の外面的な要因により導入初年度に購入する確率 (Innovation coefficient)

q: クチコミまたは体験することによって購入する確率 (Imitation coefficient)

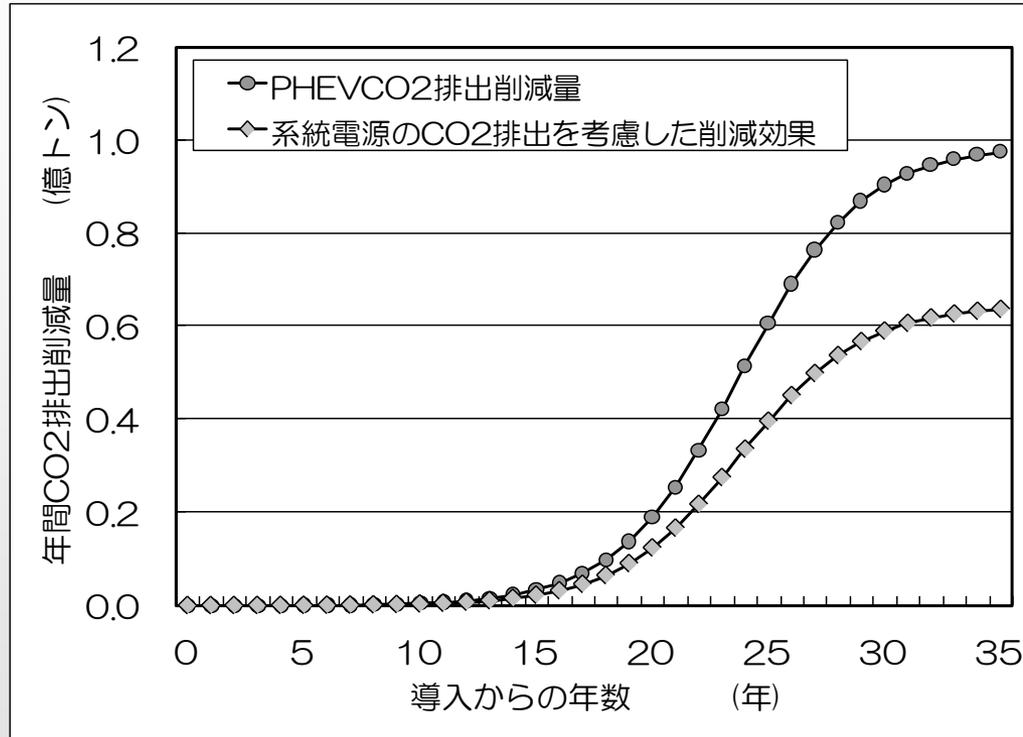
- PHEVの導入スピードは従来型ハイブリッド自動車の導入スピードと同様と仮定し
- 市場規模を自動車登録台数(2005年)同等の約8000万台、半数の約4000万台と2ケースを仮定



PHEVの導入開始後約15年以降に本格普及期に入る

CO₂排出削減効果ポテンシャル

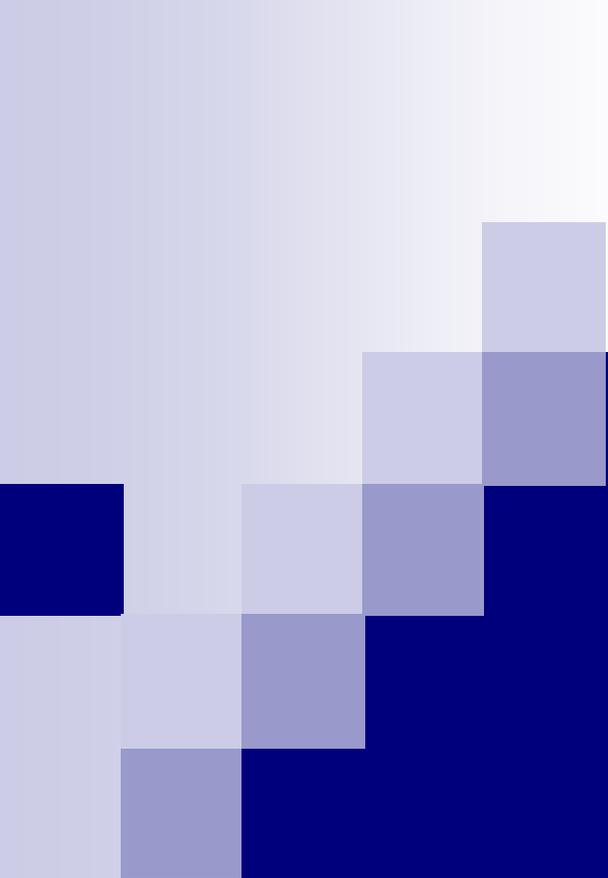
自動車登録台数すべてがPHEV(約96km電気走行可能)になった場合



- ・HV車同等の導入速度の場合、CO₂排出削減効果は導入開始15年以降急激に増加
- ・PHEVは日本全体で約1億トンCO₂排出量を削減できるポテンシャルを持つ。この値は輸送部門のCO₂排出量の約40% (2003年比)
- ・PHEV充電用電力のCO₂排出を考慮しても (CO₂排出原単位0.43kg/kWhを仮定) 日本全体で0.6億トンのCO₂排出削減できるポテンシャルを持つ。

まとめ

- プラグインハイブリッド車開発に関する背景(EPRI等の米国での検討、最近のトヨタ・GMの開発動向)
- プラグインハイブリッド車が日本に導入された際への電力需要へ及ぼす影響ならびにCO₂排出削減について、日本の全登録車輻にプラグインハイブリッド車が導入されたと仮定し、導入効果のポテンシャルを評価した。
- プラグインハイブリッド車による充電電力量としては、約100km電気走行可能なPHEVの場合年間793億kWh、32km電気走行可能なPHEVの場合412億kWhの需要ポテンシャルがある。
- 輸送部門からのCO₂排出削減ポテンシャルとしては100km電気走行可能なPHEVの場合年間約1億トン、32km電気走行可能なPHEVの場合約0.5億トンの削減ポテンシャルがある。

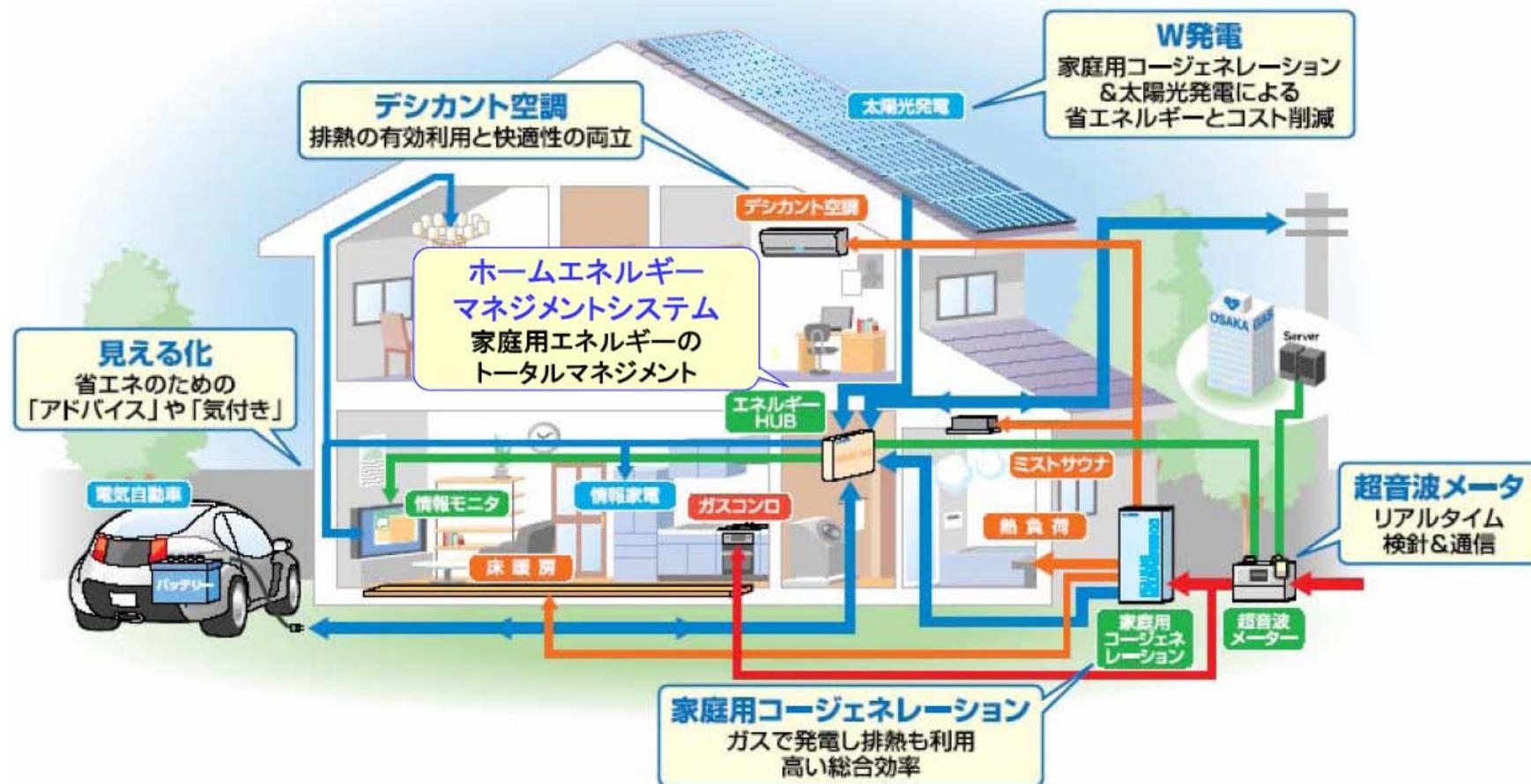


製造科学技術センター 講演資料(公表可能分)

2009年10月21日

大阪ガス(株) 河本 薫

4. 次世代家庭用エネルギー供給システム

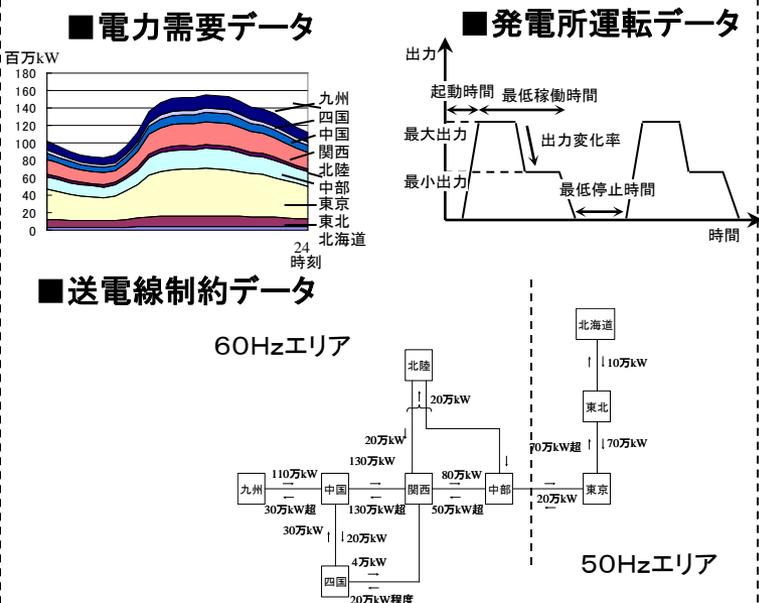


- ・「コージェネレーション+太陽光発電+蓄電池」による電気・熱の効率的供給
- ・ホームエネルギーマネジメントシステムにより、最適なエネルギーの組み合わせを実現し、省エネ・省CO₂・省コストを実現
- ・超音波メーターの通信機能を活用し、自動検針サービスを提供

7. (全国) 発電所起動停止モデルの概要

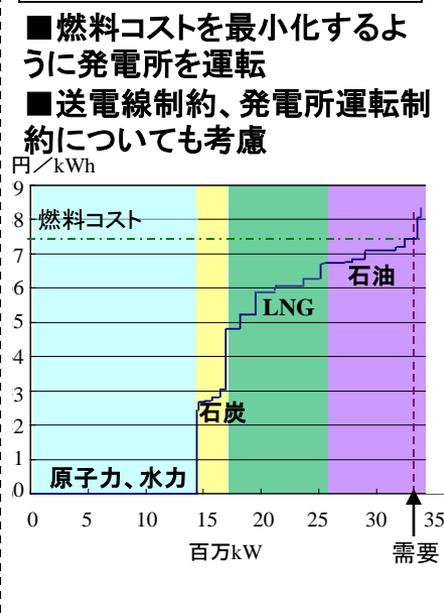
- 発電所は、総発電費用を最小化するように起動停止。
- 各エリアにおける限界発電ユニットの可変費を「**限界発電コスト**」として算定。

① 電力市場データベース



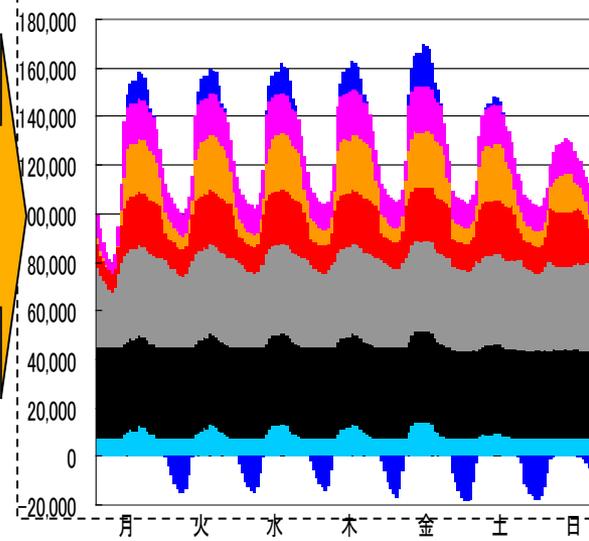
独自開発

② 計算エンジン



米国Ventyx社製

③ 発電所運用パターン

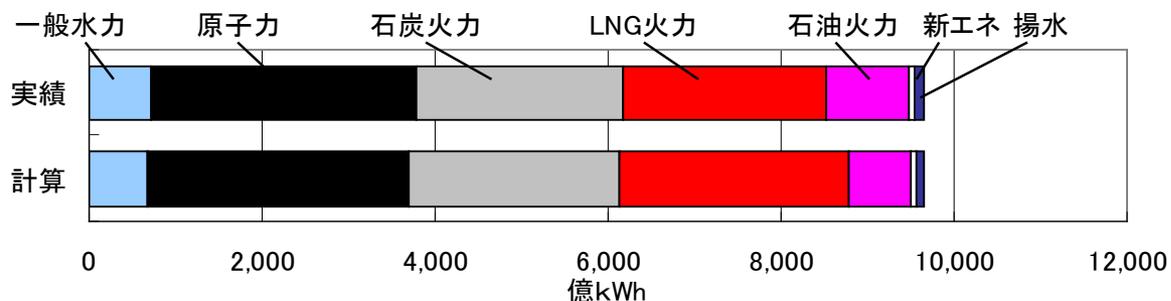


7.2 本モデルの特徴

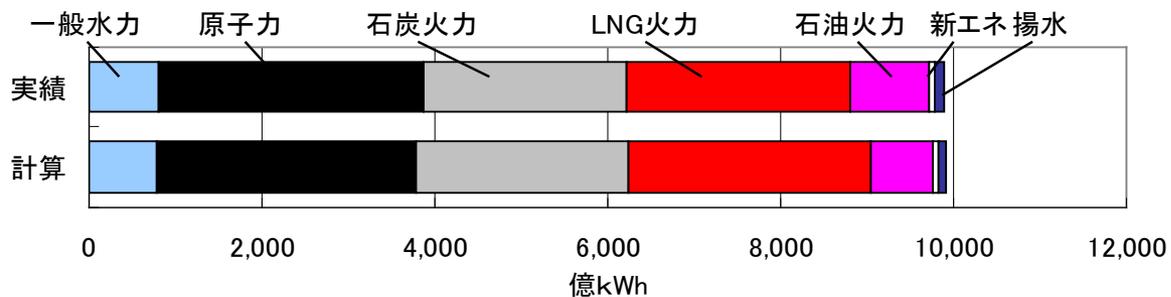
		本モデル	電気事業分科会モデル
分解能	時間	365日×24時間	12ヶ月×平休日×24時間
	エリア	9電力エリア別	東日本、西日本別
入力データ	需要	9電力エリア×365日×24時間	東西エリア×12ヶ月×平休日 ×24時間
	発電所	<ul style="list-style-type: none"> ・出力、燃料種、定格発電効率 ・変動O&M費、部分負荷効率 ・最小停止時間、最小運転時間 ・出力変化速度、起動コスト ・メンテナンススケジュール 	<ul style="list-style-type: none"> ・出力、燃料種、発電効率 ・変動O&M費
	送電容量	・9電力エリア間の連系線容量	
	その他	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料価格 ・電力会社間融通量 ・他社購入電力量 ・運転予備力 	・燃料価格

7.6 モデル計算結果と実績値の比較

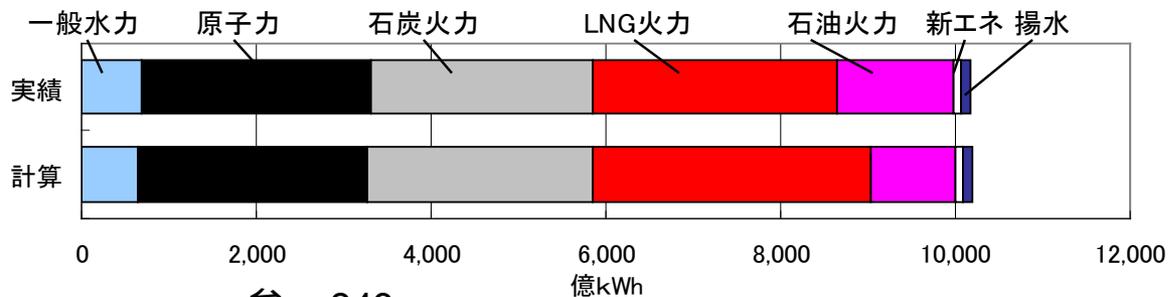
燃料種別発電量(2005年度)



燃料種別発電量(2006年度)

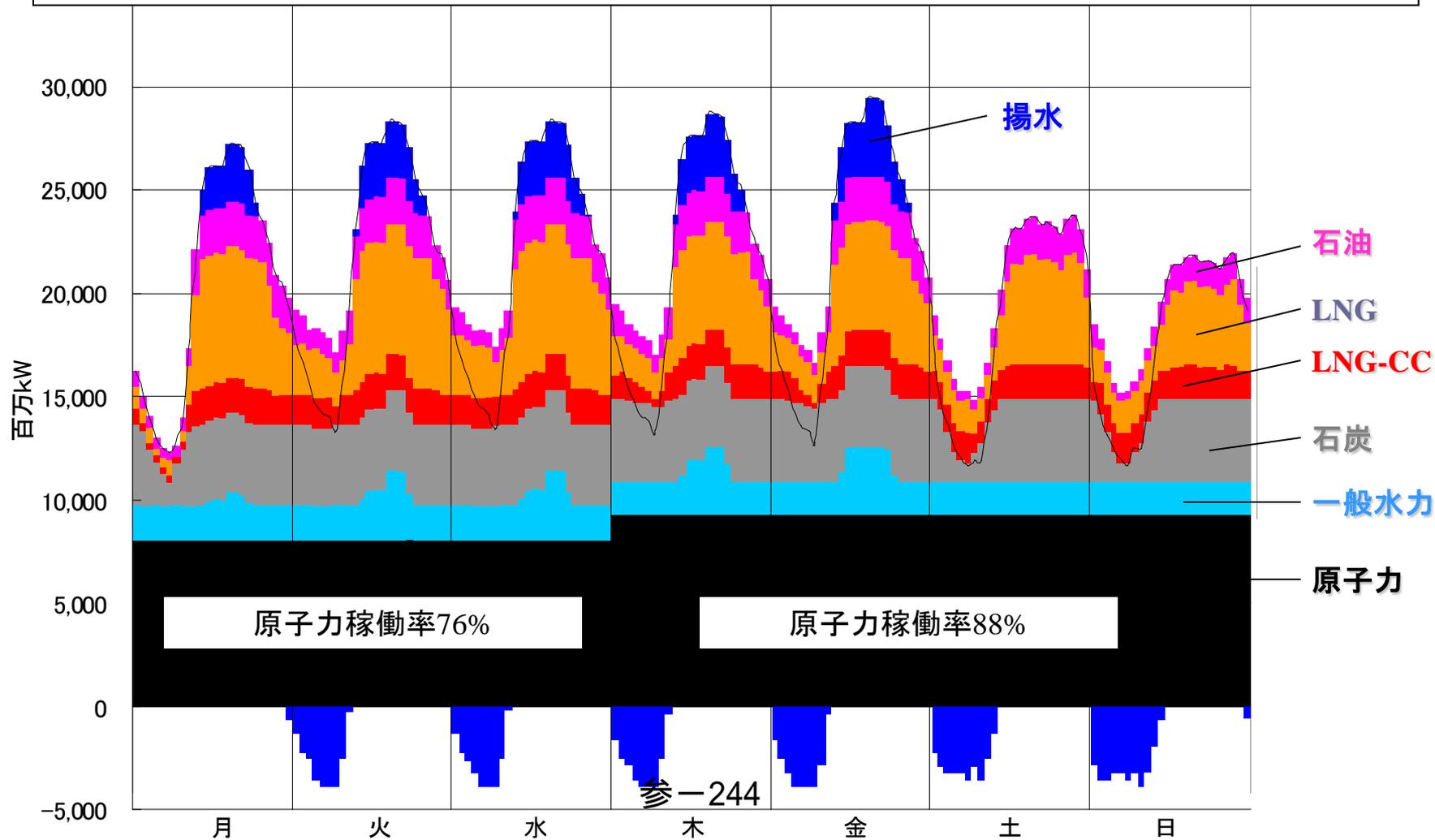


燃料種別発電量(2007年度)



7.7 計算結果例(最重負荷期:平成17年8/1~8/7)

- 何れの時間帯においても、需要はマスト電源(原子力+水力)供給力を上回る。
- 揚水発電は、夜間にポンプアップして、平日の日中に発電。
- 石油火力は、夜間においても出力を絞りながら発電。



平成21年10月21日

文部科学省科学技術振興調整費
先端融合領域イノベーション創出拠点の形成
コ・モビリティ社会の創成



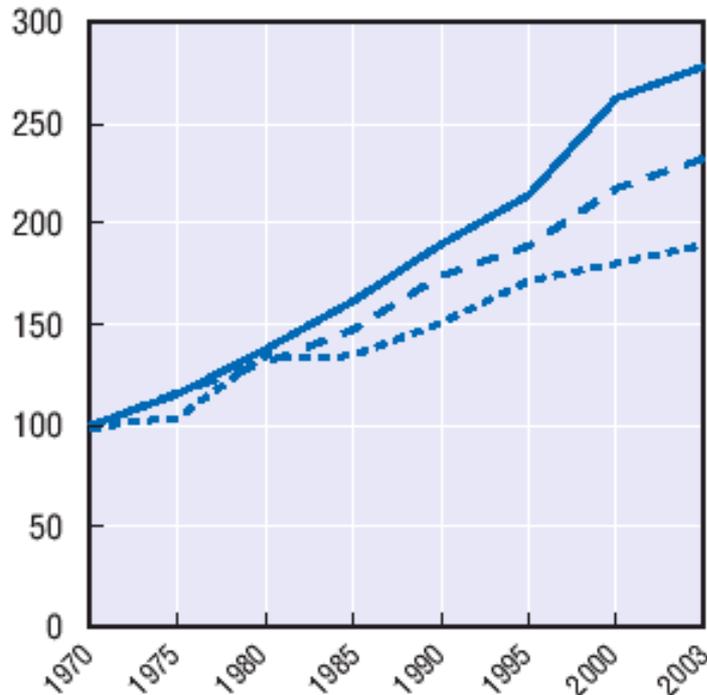
慶應義塾大学

コ・モビリティ社会研究プロジェクトの概要

モビリティのマクロ分析(1)

--- 総旅客輸送 -.-.- 総貨物輸送 — GDP

米国の統計



欧州連合の統計

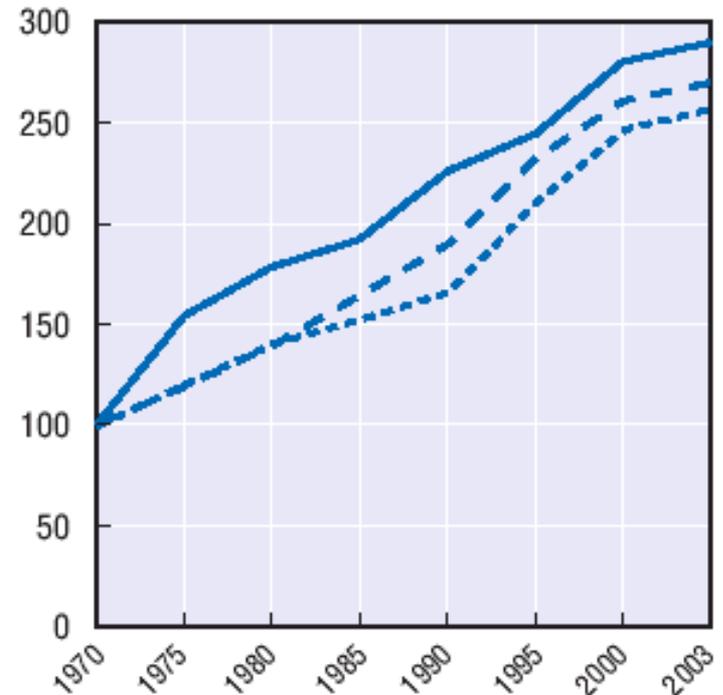


図1 GDPと総輸送量の比較 1970=100

モビリティのマクロ分析(2)

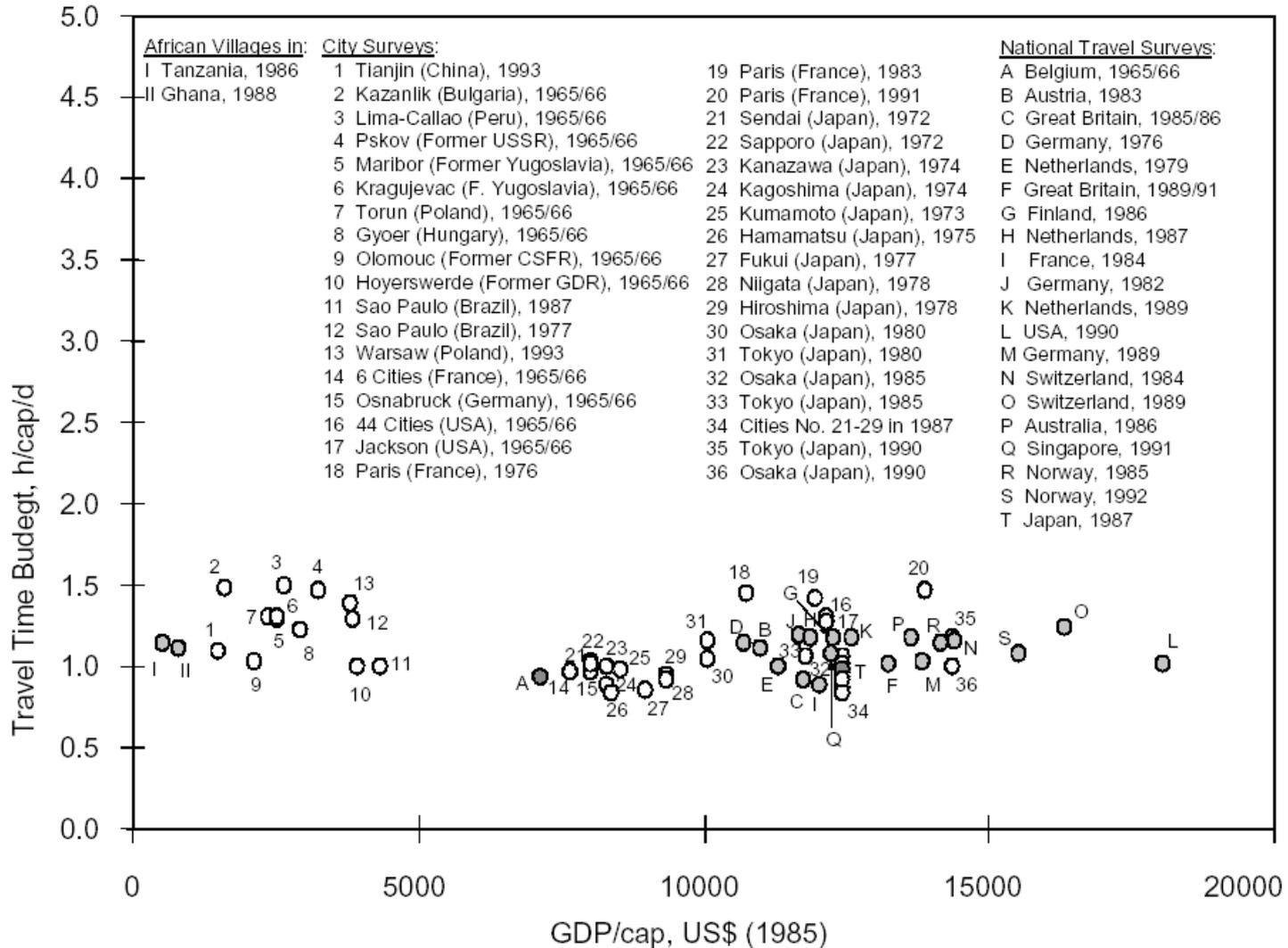


図2 移動に使われる時間の一定性

出典: ECMT(2003)

モビリティのマクロ分析(3)

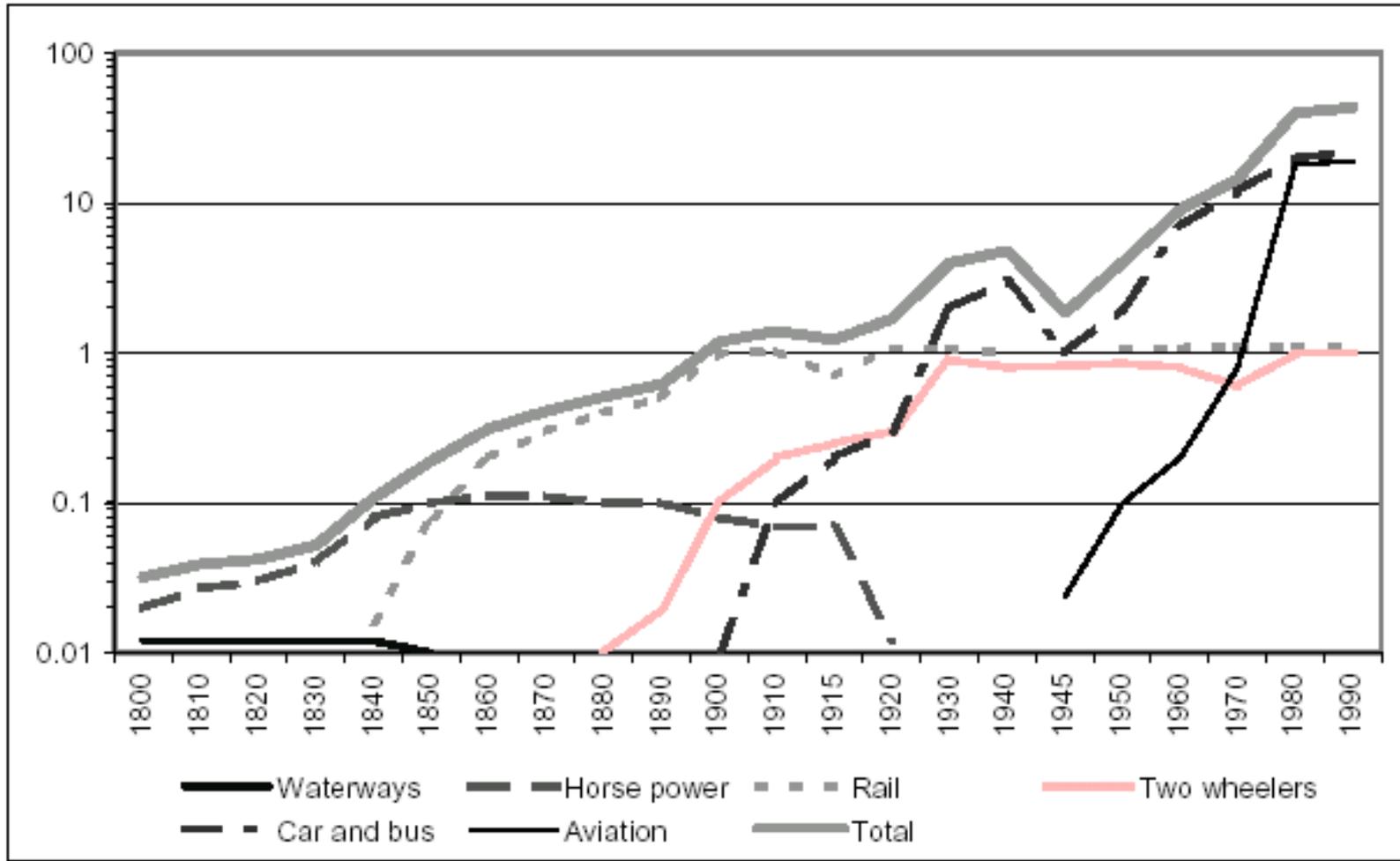


図3 歩行を除いた1日当たり, 1人当たりの移動距離 (フランスの例 1800-2000)

モビリティのマクロ分析(4)

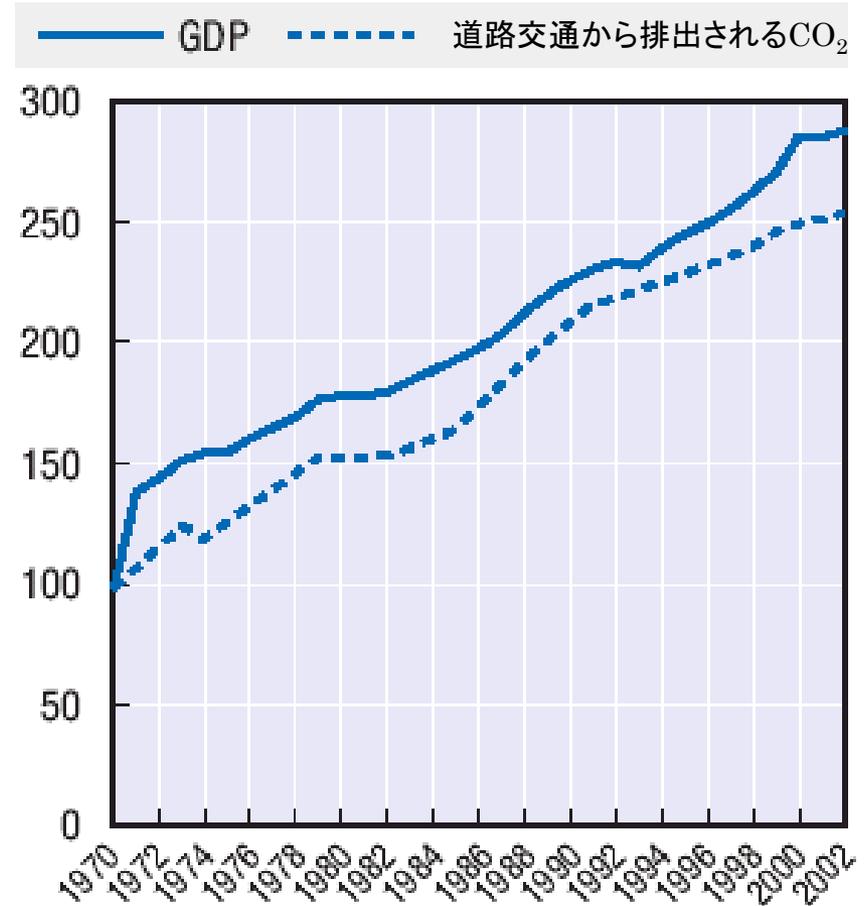
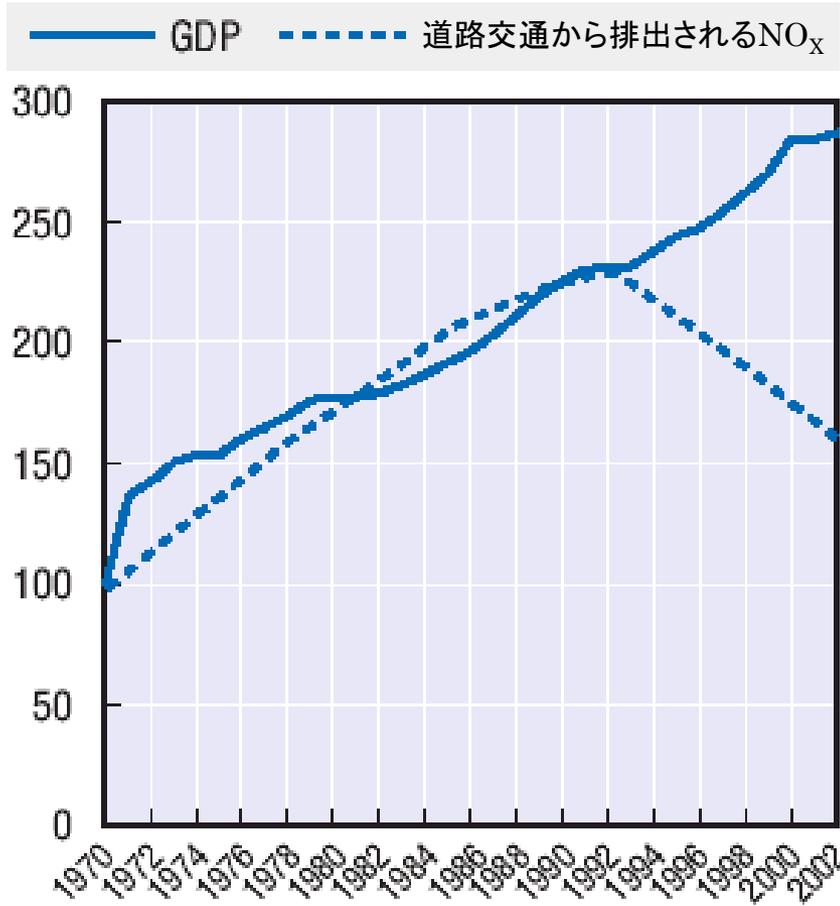
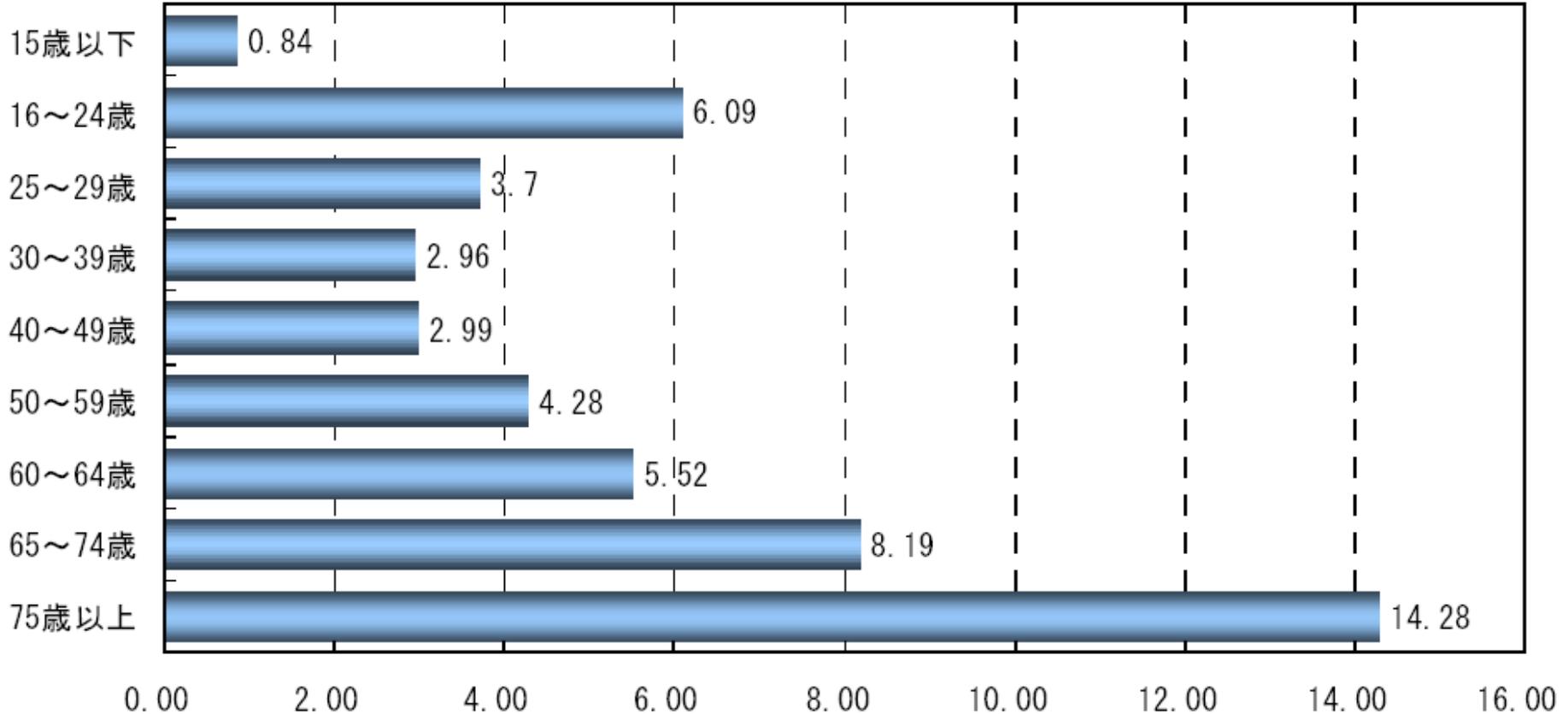


図4 欧州連合におけるGDPとNO_x, CO₂の関係

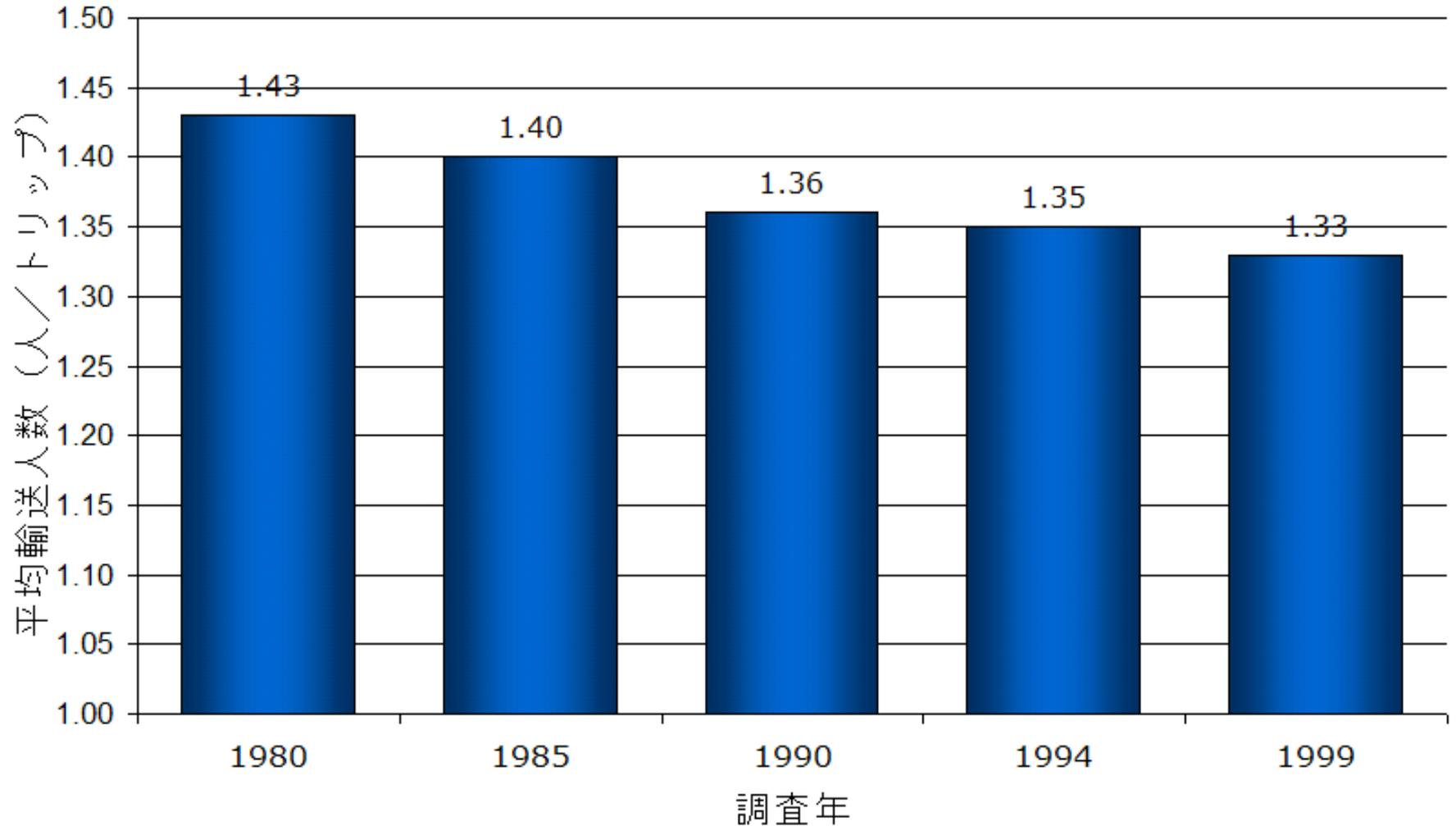
モビリティの現況(4)

人口10万人当たり交通事故死者数

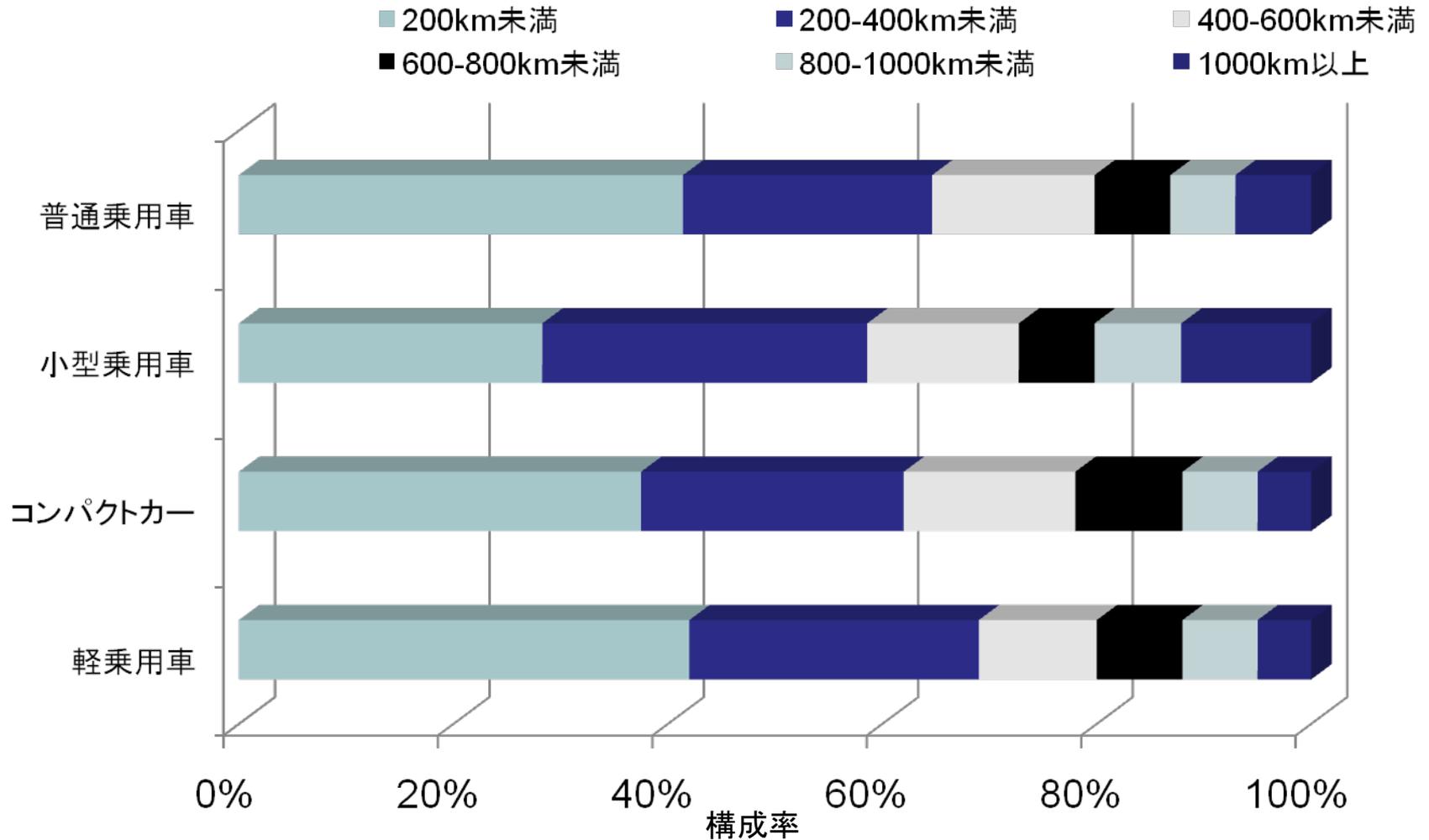


出典：交通事故統計（2006年）

モビリティの現況(5) 平均輸送人数の推移(乗用車)

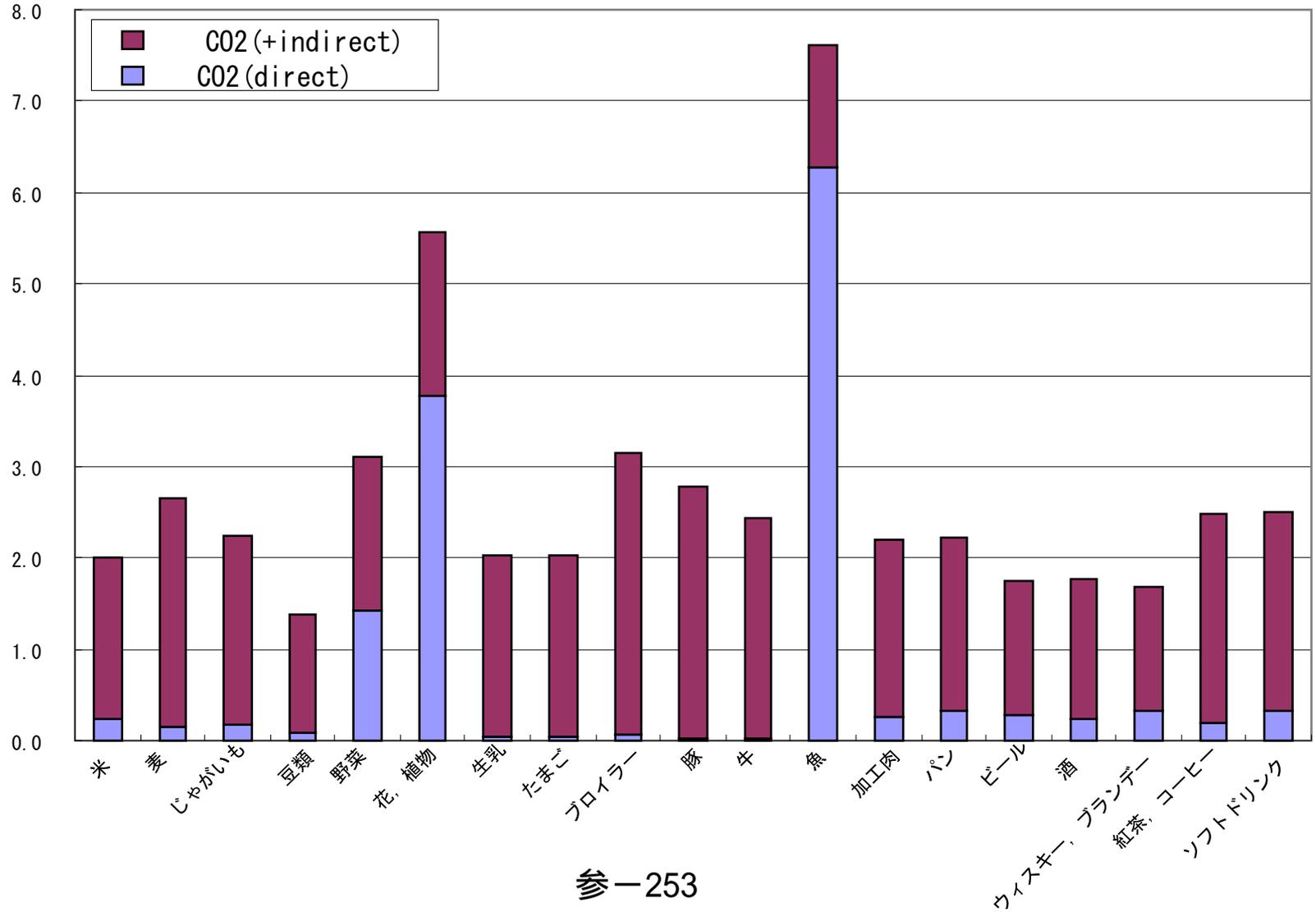


モビリティの現況(6) 月刊走行距離の構成率

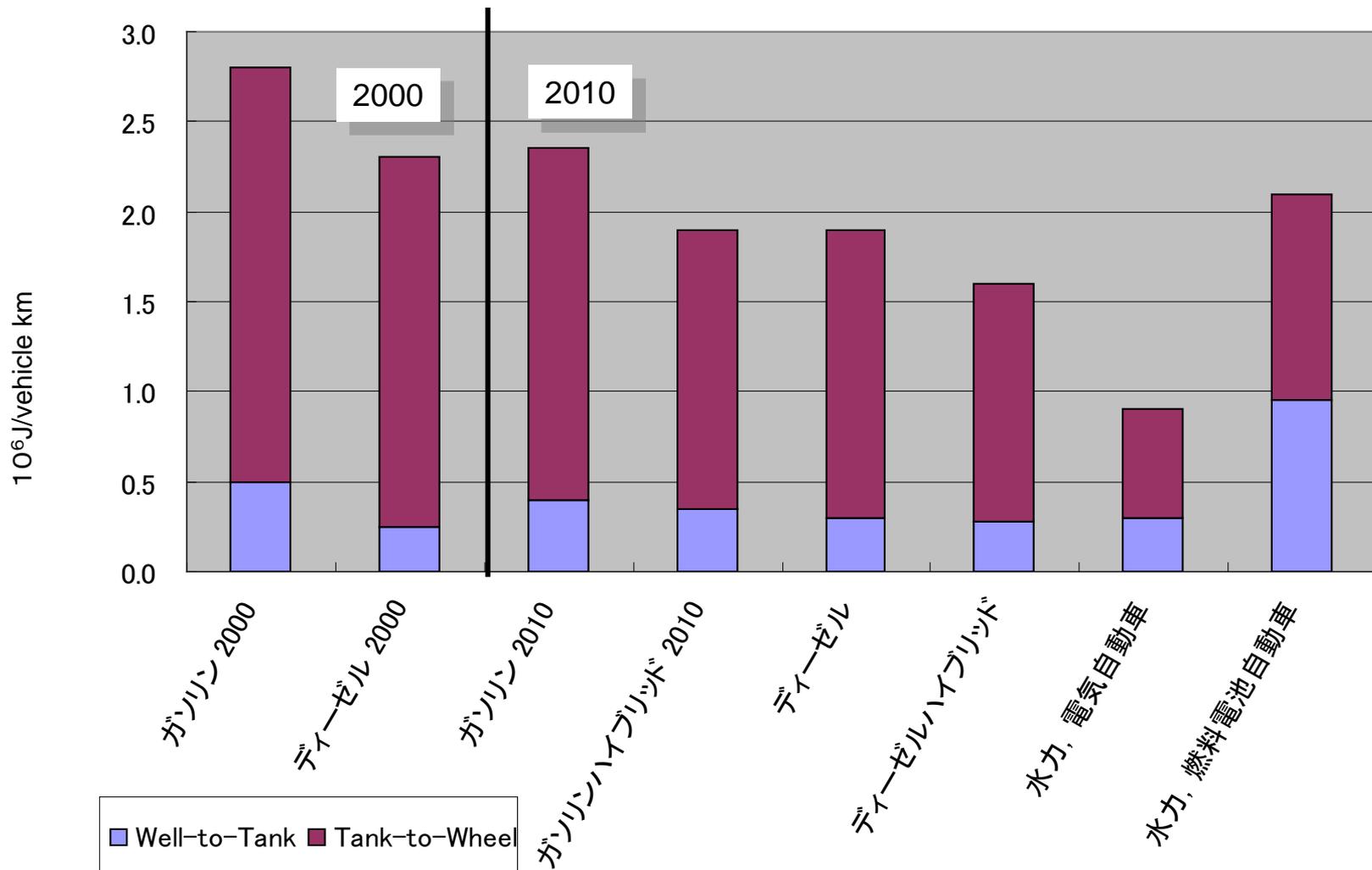


産業連関によるCO₂排出量の比較

kg-CO₂/¥1000

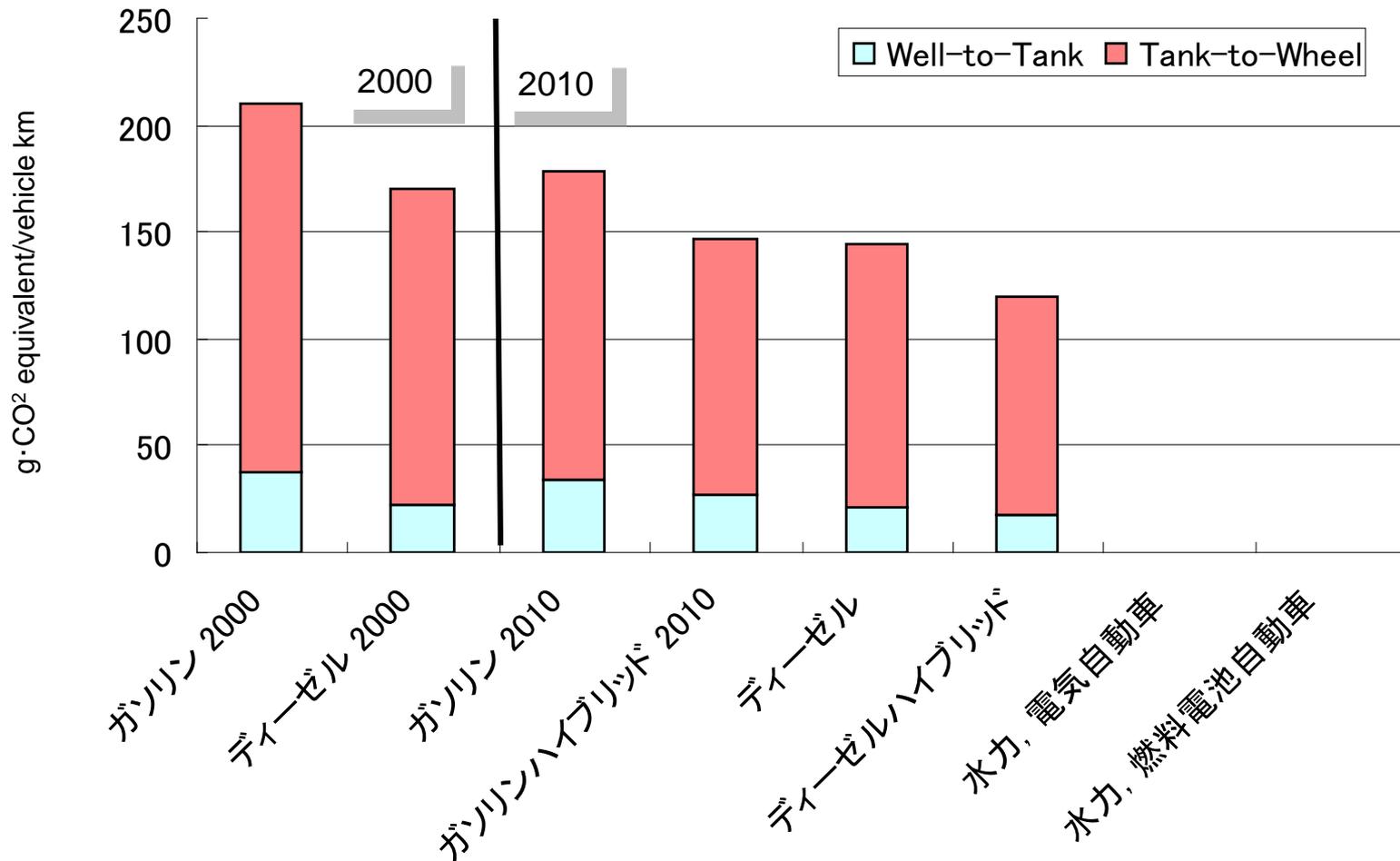


自動車用動力とエネルギー消費量



乗用車に関する従来技術と2010年頃の代替技術のエネルギー・チェーン比較: エネルギー換算
 (都市内・郊外を含む標準走行パターンを想定, エネルギー・チェーンはWell-to-wheelを想定)

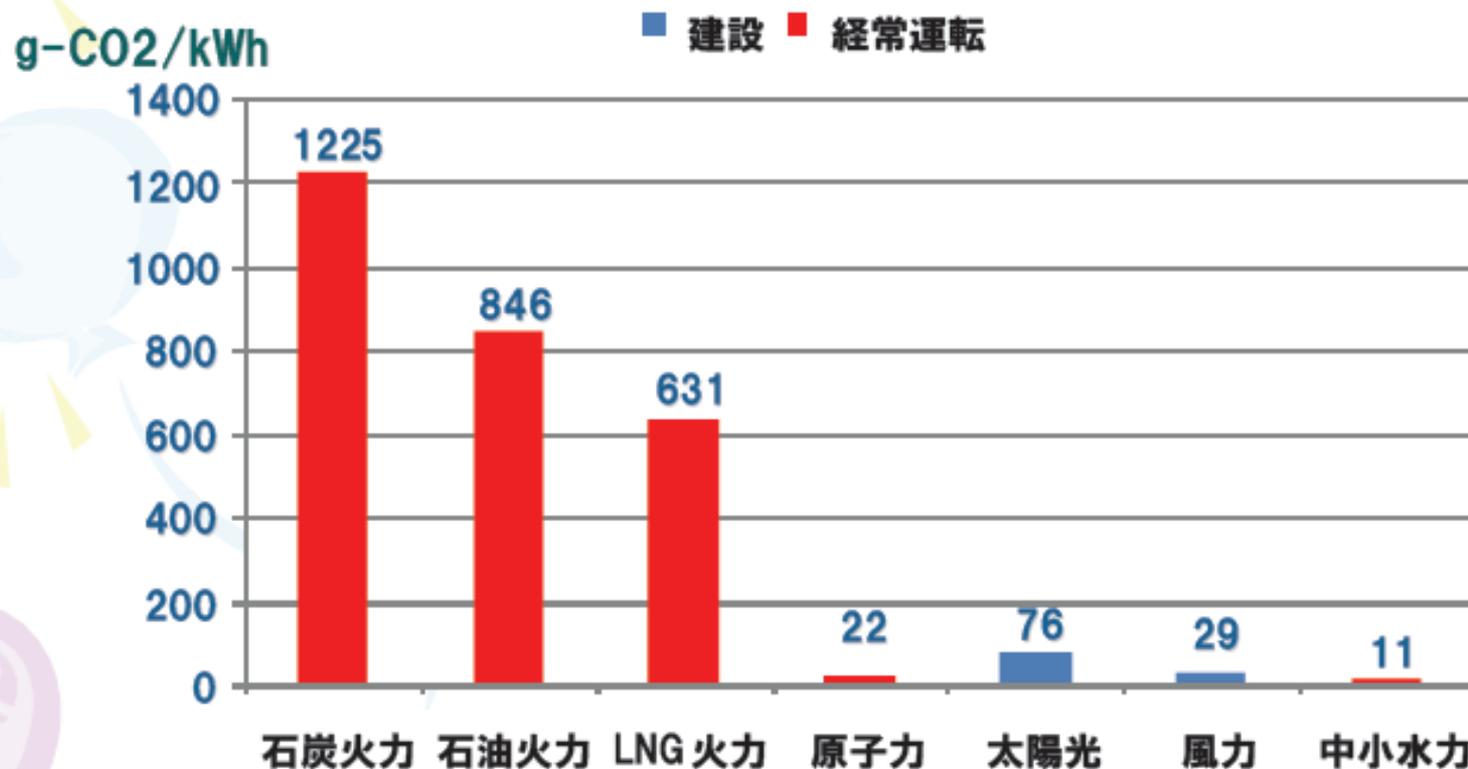
自動車用動力とCO₂排出量



乗用車に関する従来技術と2010年頃の代替技術のエネルギー・チェーン比較: CO₂等価換算
 (都市内・郊外を含む標準走行パターンを想定, エネルギー・チェーンはWell-to-wheelを想定)

電源別CO₂排出量

- 火力発電に比べて、再生可能エネルギーの負荷は低い



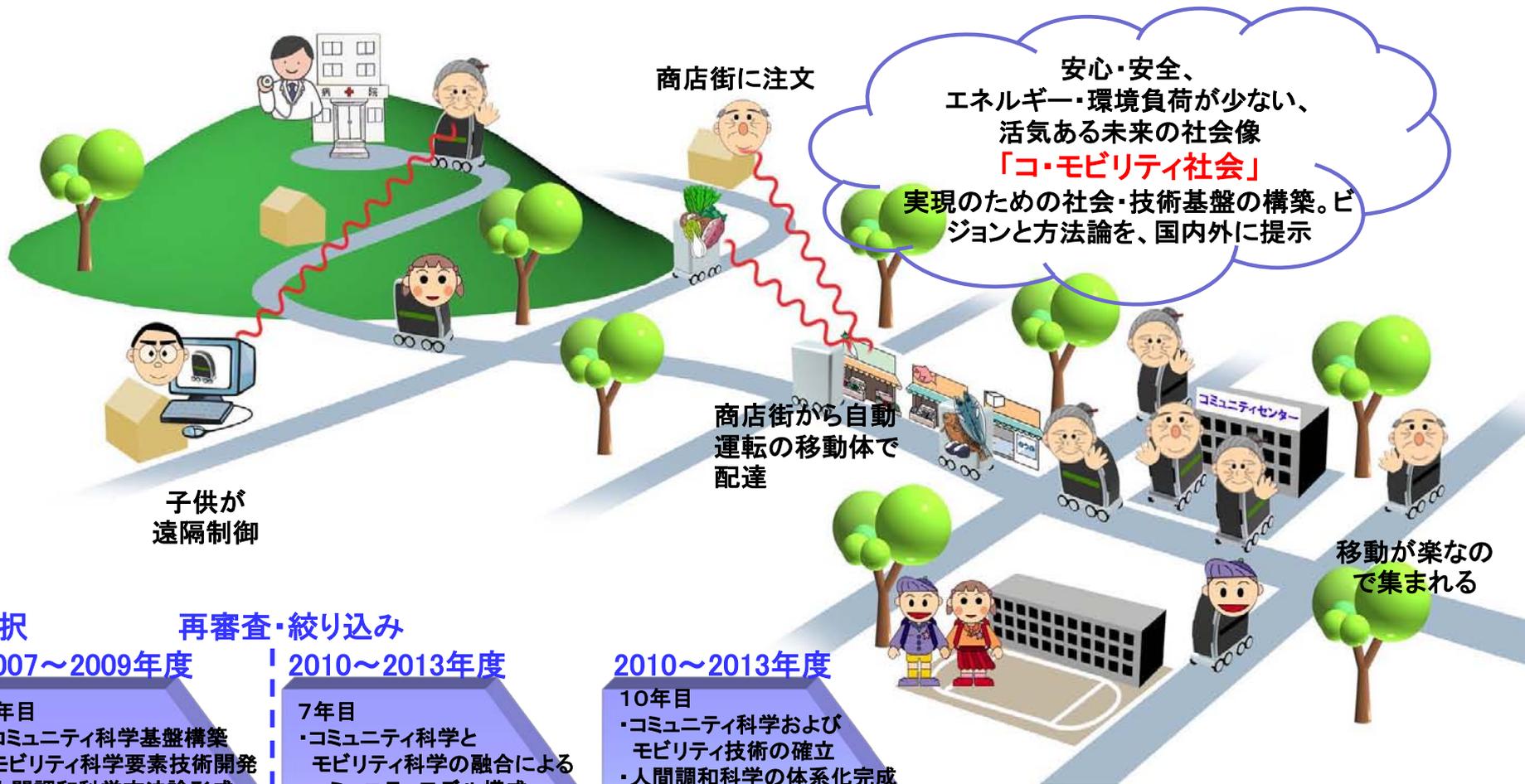
出典)慶應義塾大学産業研究所(1996)、本藤(2000)、中野(2007)

日本の課題:

ソーシャル・キャピタル(社会関係資本)の豊かなコミュニティの形成

- 高齢化社会
 - 地域間格差の拡大
 - 犯罪の多発
 - 天候・気象・災害等の予測困難
 - 少子化社会
 - 子どもの遊び場不在
 - 隣近所の交流不在
 - 生活環境の豊かさの偏在
 - 経済活動の豊かさの偏在
 - 教育機関の偏在
 - 医療機関の偏在
 - 情報の偏在
 - その他
- 中高年者の安全で安心して健康な**コミュニティ**
 - 生活支援、経済、教育、医療、**移動**等の格差の改善
 - 安心できる**コミュニティ**のためのセキュリティと個人情報保護
 - 位置**情報**、地理情報への簡便なアクセス
 - 学校統廃合による広域通学、通学時の安全な**移動**、**コミュニティ**の協力
 - 子どもと大人**コミュニティ**形成、安全な**移動**手段の確保
 - 信頼できる**コミュニティ**の形成と広域交流のための**移動**手段の確保
 - **移動**と**情報**による豊かさの向上
 - 活気あるネットワークマーケットの形成、**情報**タグの普及による物流の活性化
 - 高度**情報**技術を用いた遠隔対面学習、ネットを介した自由な教材作成
 - 通院のための**移動**手段の確保
 - アクセス・ディバイドの解消、**情報**流通の活性化

コ・モビリティ社会の一つのイメージ



採択

再審査・絞り込み

2007～2009年度

- 3年目
- ・コミュニティ科学基盤構築
 - ・モビリティ科学要素技術開発
 - ・人間調和科学方法論形成
 - ・理論構築・実証実験によりコ・モビリティ社会の実現のための社会・技術基盤構築のための基本構想策定

2010～2013年度

- 7年目
- ・コミュニティ科学とモビリティ科学の融合によるコミュニティモデル構成
 - ・人間調和科学による包括的評価システムをコミュニティモデルに適用
 - ・コ・モビリティ社会の実現に向けた社会基盤と技術基盤融合の道筋を提示

2010～2013年度

- 10年目
- ・コミュニティ科学およびモビリティ技術の確立
 - ・人間調和科学の体系化完成
 - ・汎用コミュニティモデル構築
 - ・コミュニティ科学およびモビリティ科学の成果を人間調和科学の方法により統合
 - ・コ・モビリティ社会の実現に向けた社会・技術基盤構築のビジョンと方法論を提示

コ・モビリティ社会創成への道

伝統的コミュニティ

情報コミュニティ

コミュニティ
 +
 モビリティ
 +
 ヒューマンインタラクション

情報空間

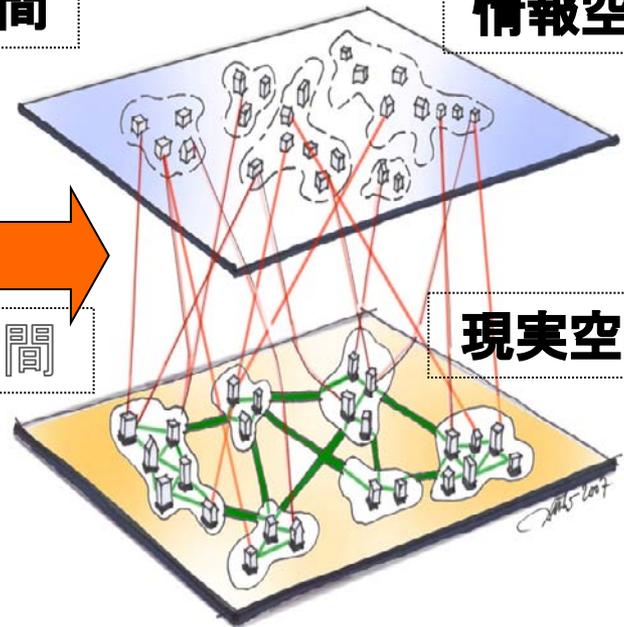
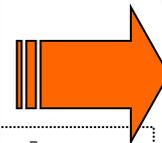
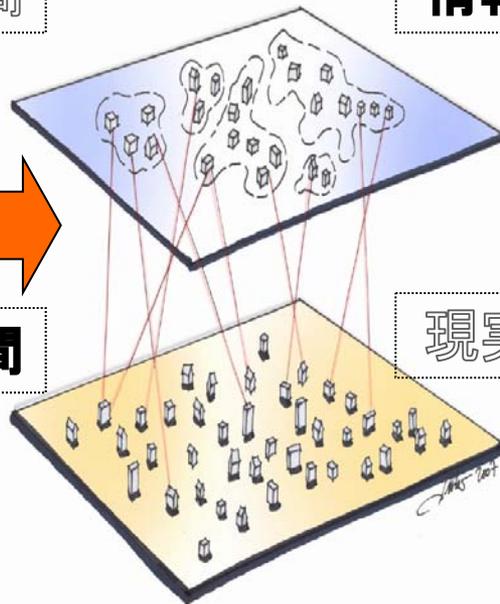
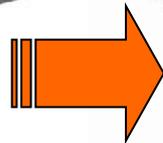
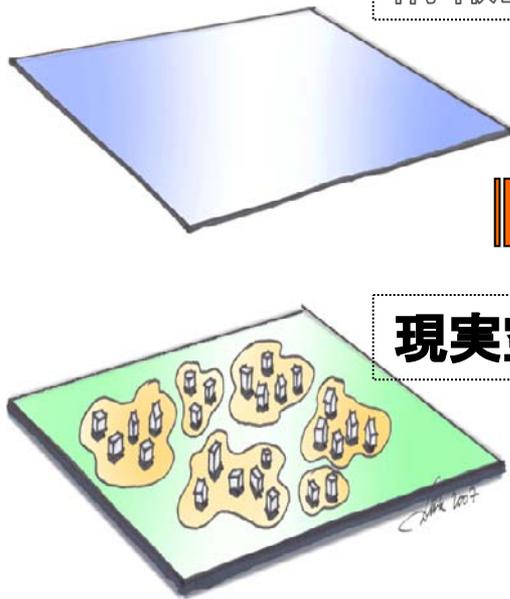
情報空間

情報空間

現実空間

現実空間

現実空間



家族・地域社会

ネットワーク社会

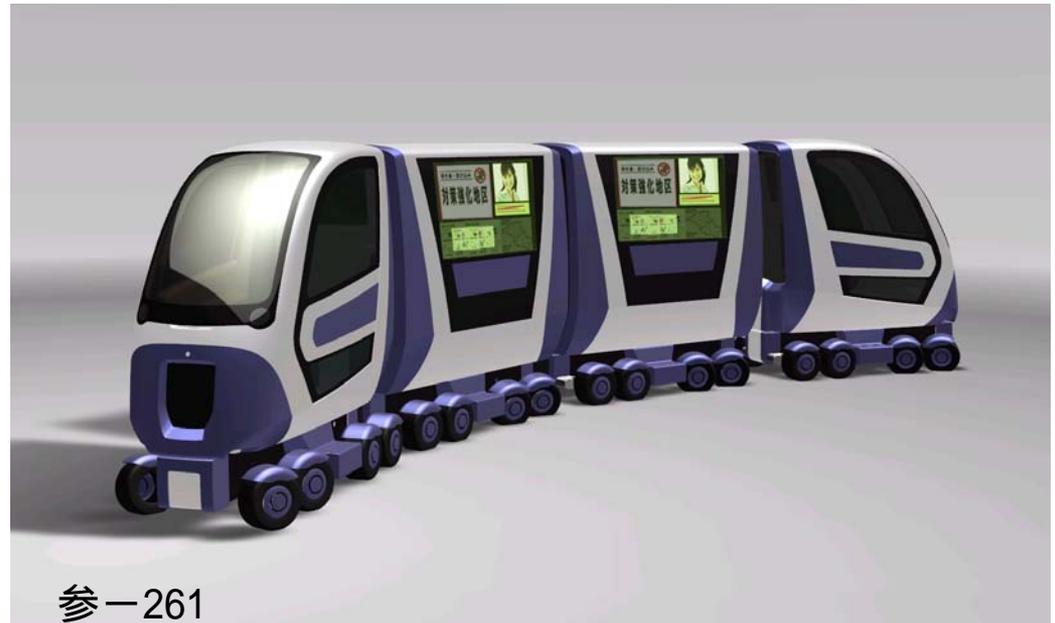
コ・モビリティ社会



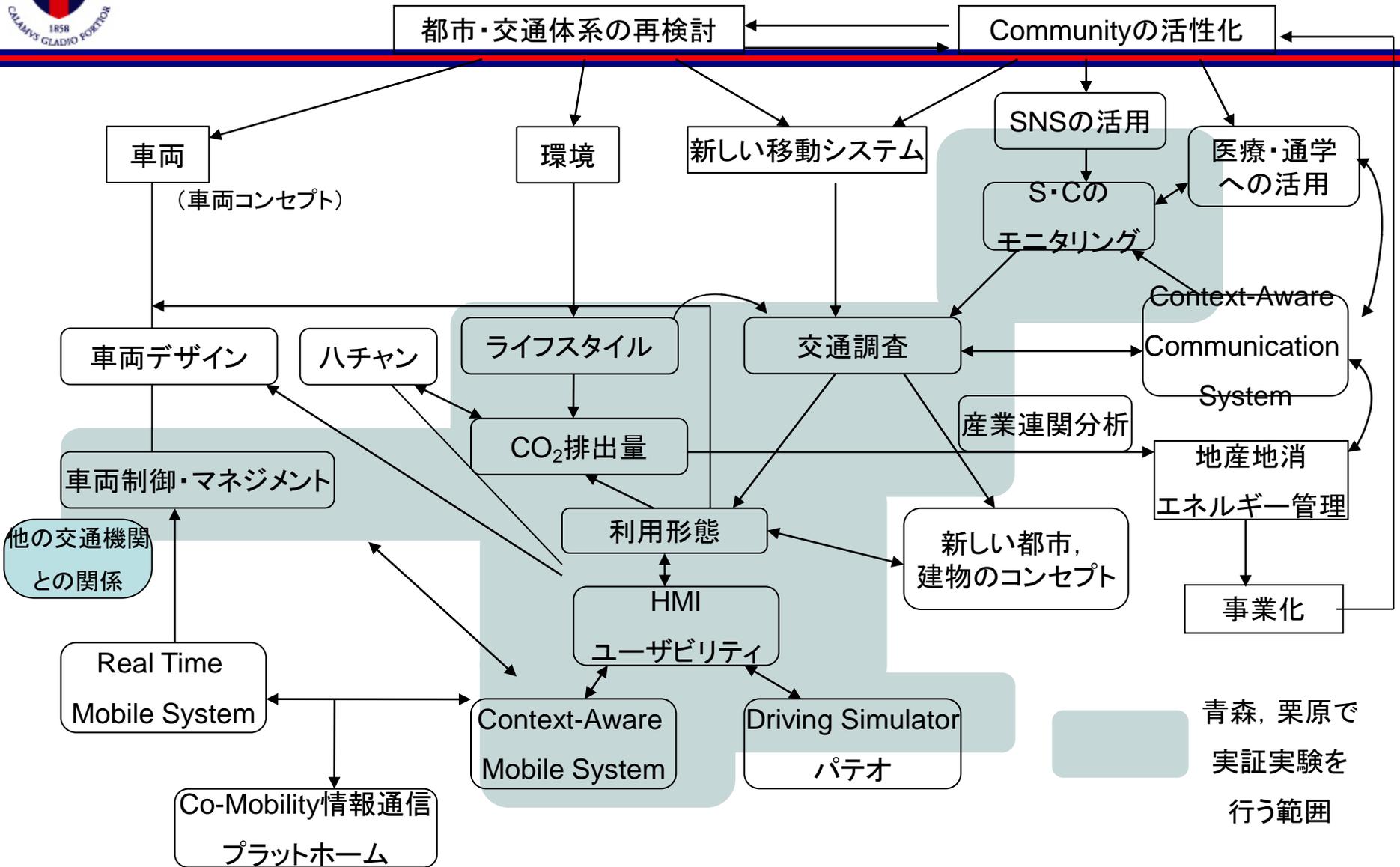
完成車両



貨物用キャビンのイメージ



コ・モビリティ実証実験LOGIC MAP



次世代自動車普及に向けた 石油業界の取組みと課題

2009年11月13日



NIPPON OIL
Your Choice of Energy

内容

1. 背景

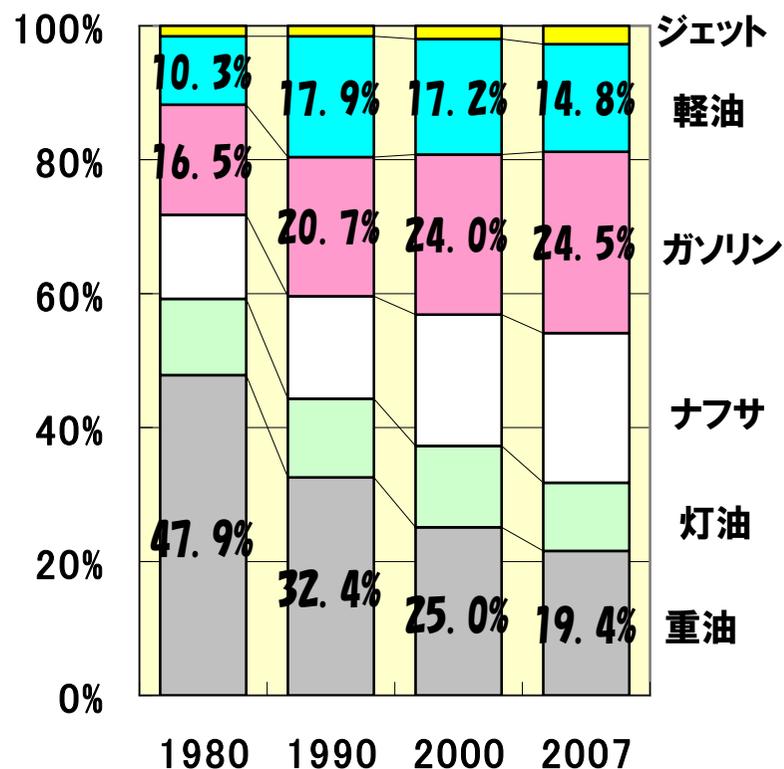
- ・日本の石油需要の見通し
- ・次世代自動車の普及と燃料インフラ

2. 電気自動車・充電インフラ

3. 燃料電池自動車・水素インフラ

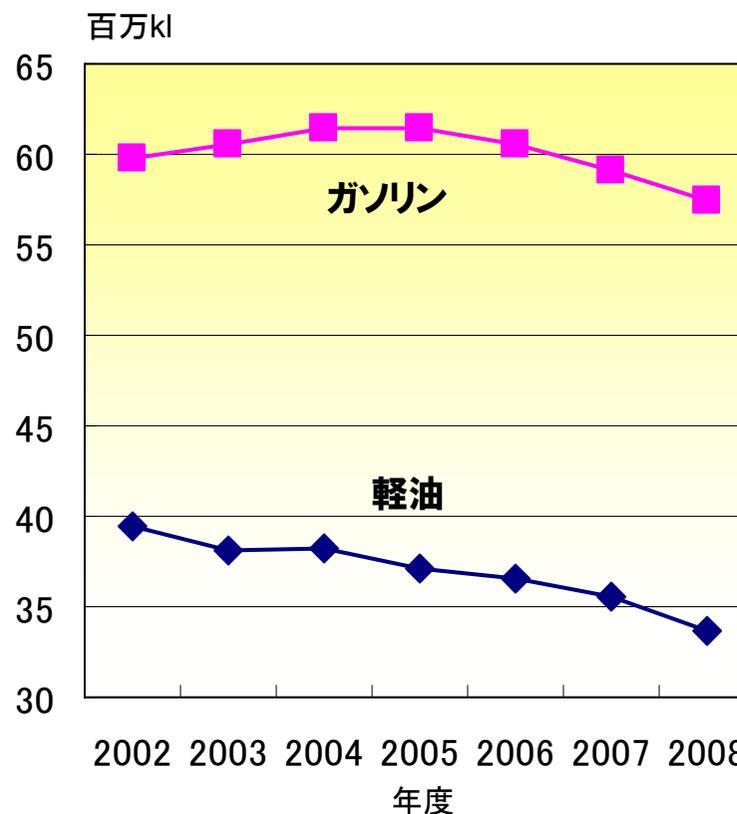
石油製品の需要動向 <実績>

<需要構成の変化>



白油化の進行

<最近の自動車燃料需要>



需要の頭打ち、減少

石油製品の需要見通し

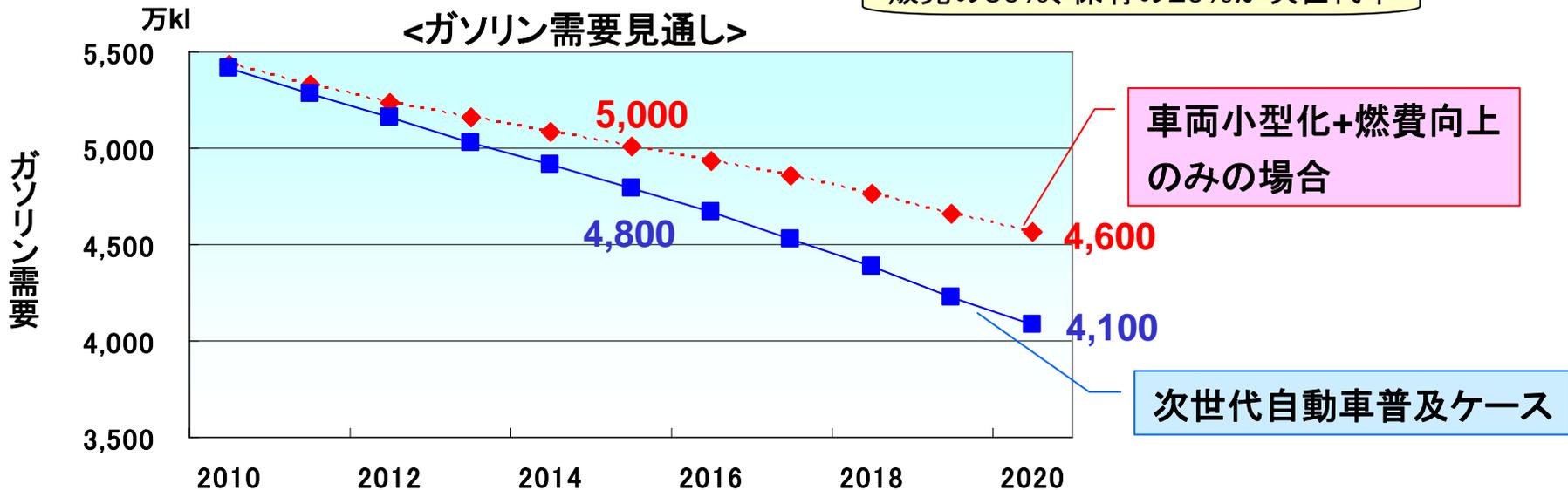
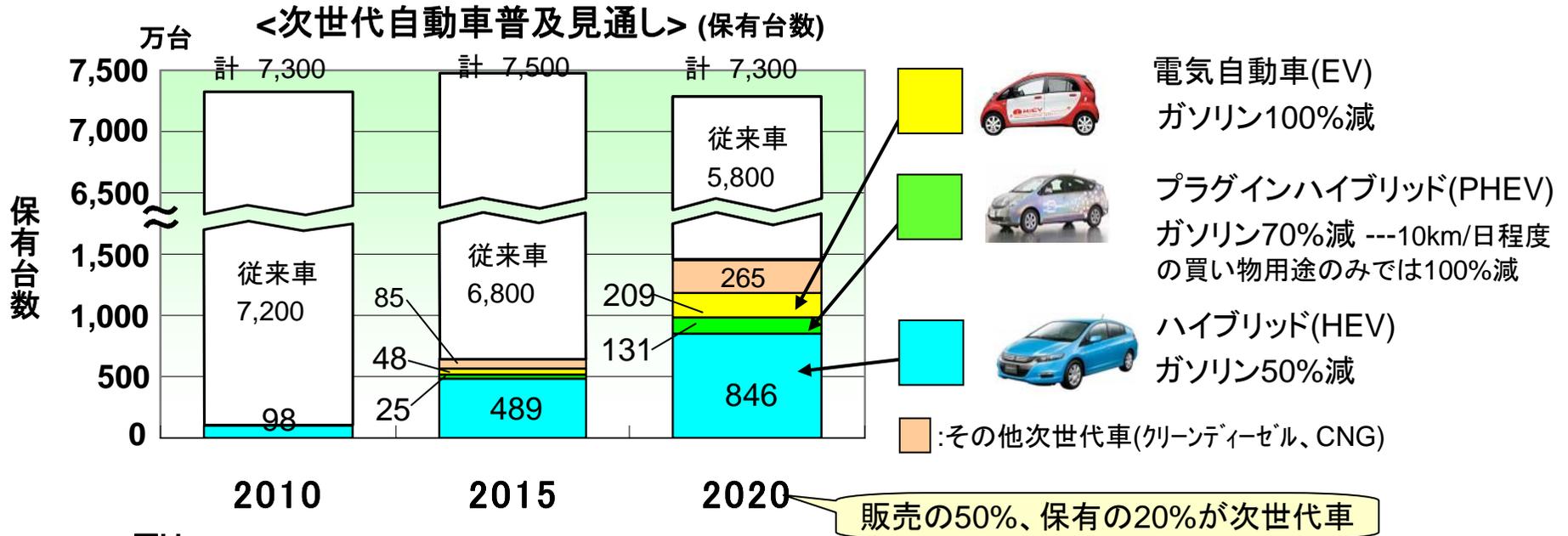
<経済産業省による需要見通し>

	2008年度	2013年度	2030年度
	実績速報値	2009.3 METI 需給部会見通し	2008.3 METI 長期需給見通し
ガソリン	58	49	36
ナフサ	43	44	45
ジェット	6	6	7
灯油	20	16	19
軽油	34	30	30
A重油	18	13	22
B・C重油	23	11	17
燃料油計	201	168	176

見通しは年々下方修正

次世代自動車見通しと燃料需要影響

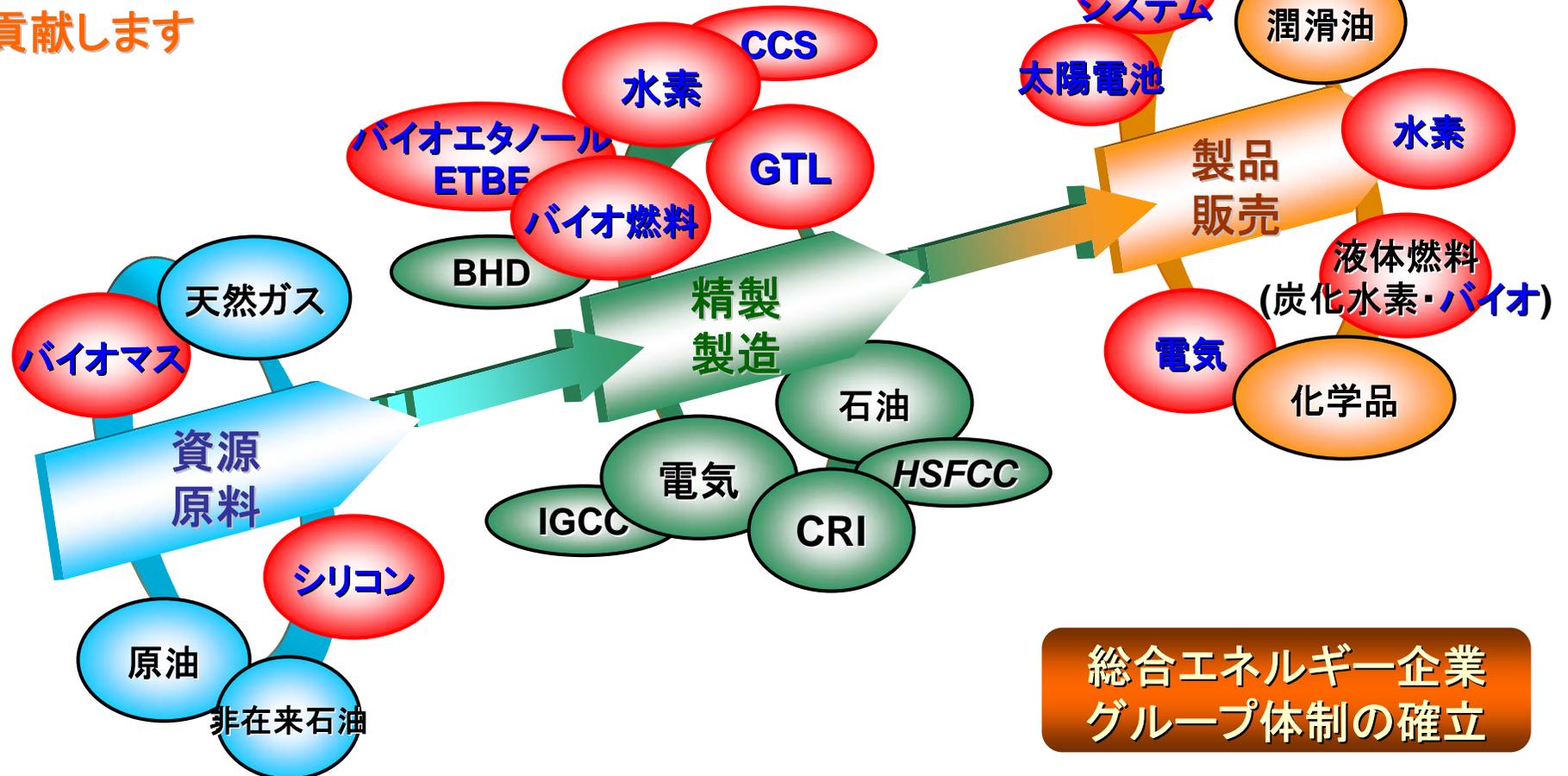
出典:全石連 次世代自動車
対応SS研究会資料



新日本石油グループ理念

Your Choice of Energy

エネルギーの未来を創造し
人と自然が調和した豊かな社会の実現に
貢献します

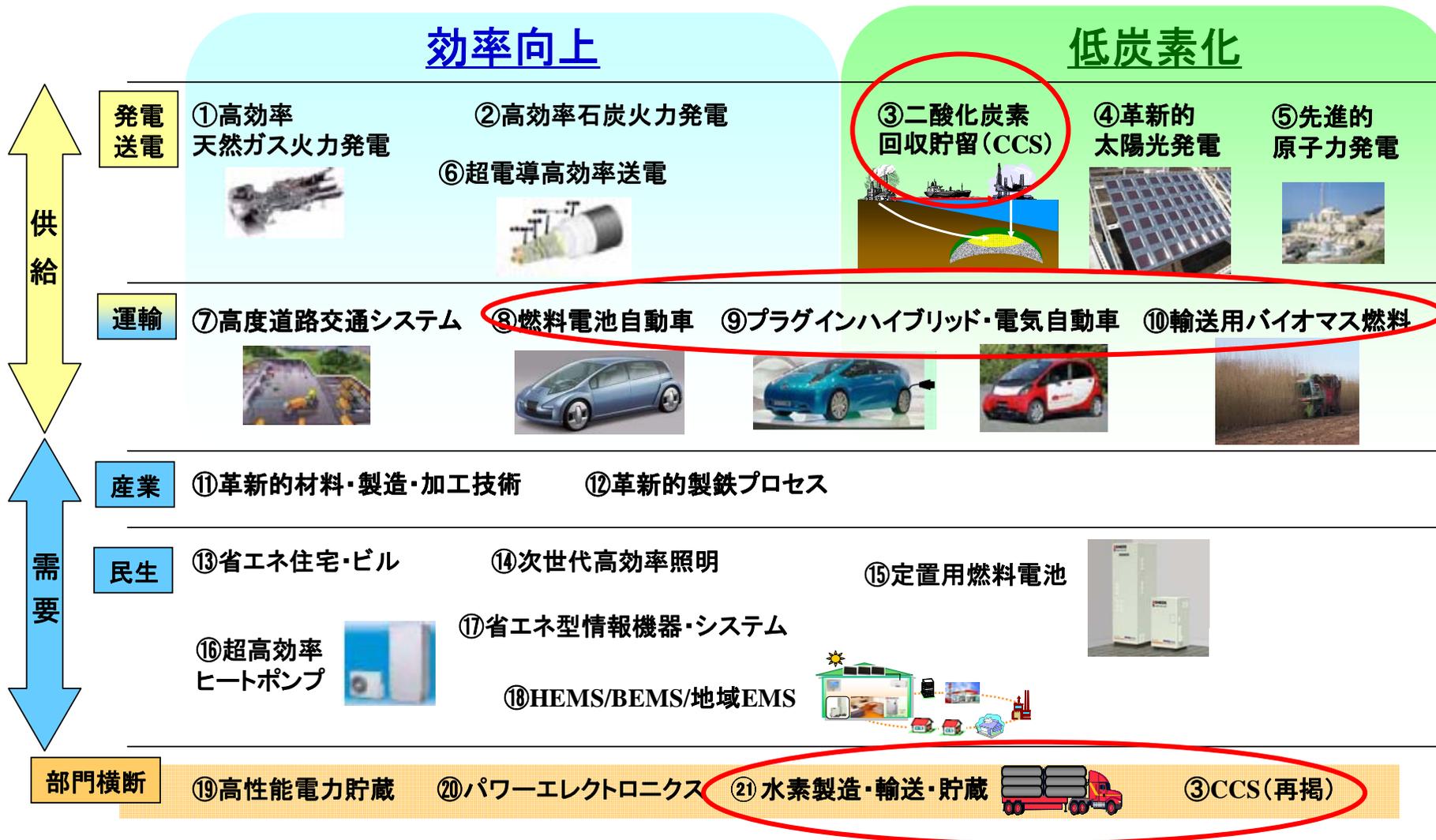


一貫操業体制の確立

総合エネルギー企業
グループ体制の確立

Cool Earth-エネルギー技術革新計画 <21の重点技術>

2008.3.5 経済産業省公表



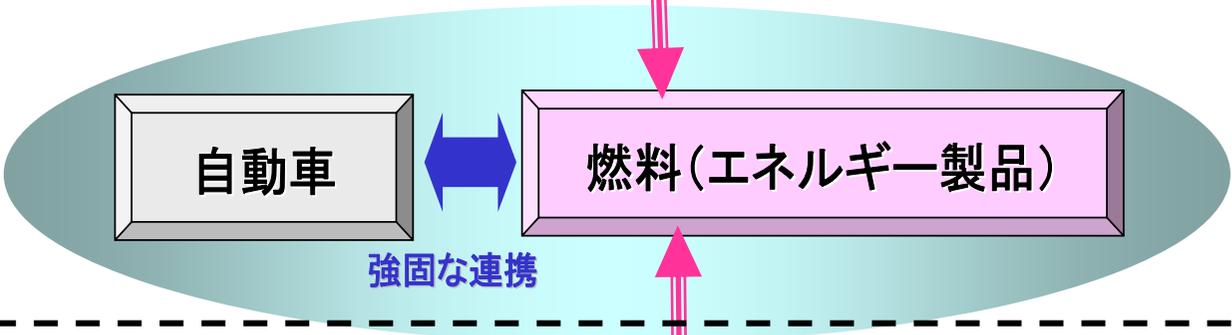
自動車用エネルギーの必要条件

Environment Protection

<環境適合性>
ミニマムCO2
ゼロエミッション

Energy Security

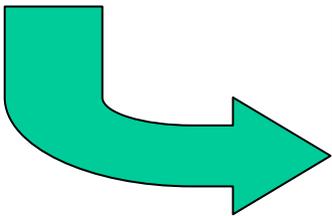
<供給安定性>
一次エネルギー資源量
エネルギー変換技術



Economic Efficiency

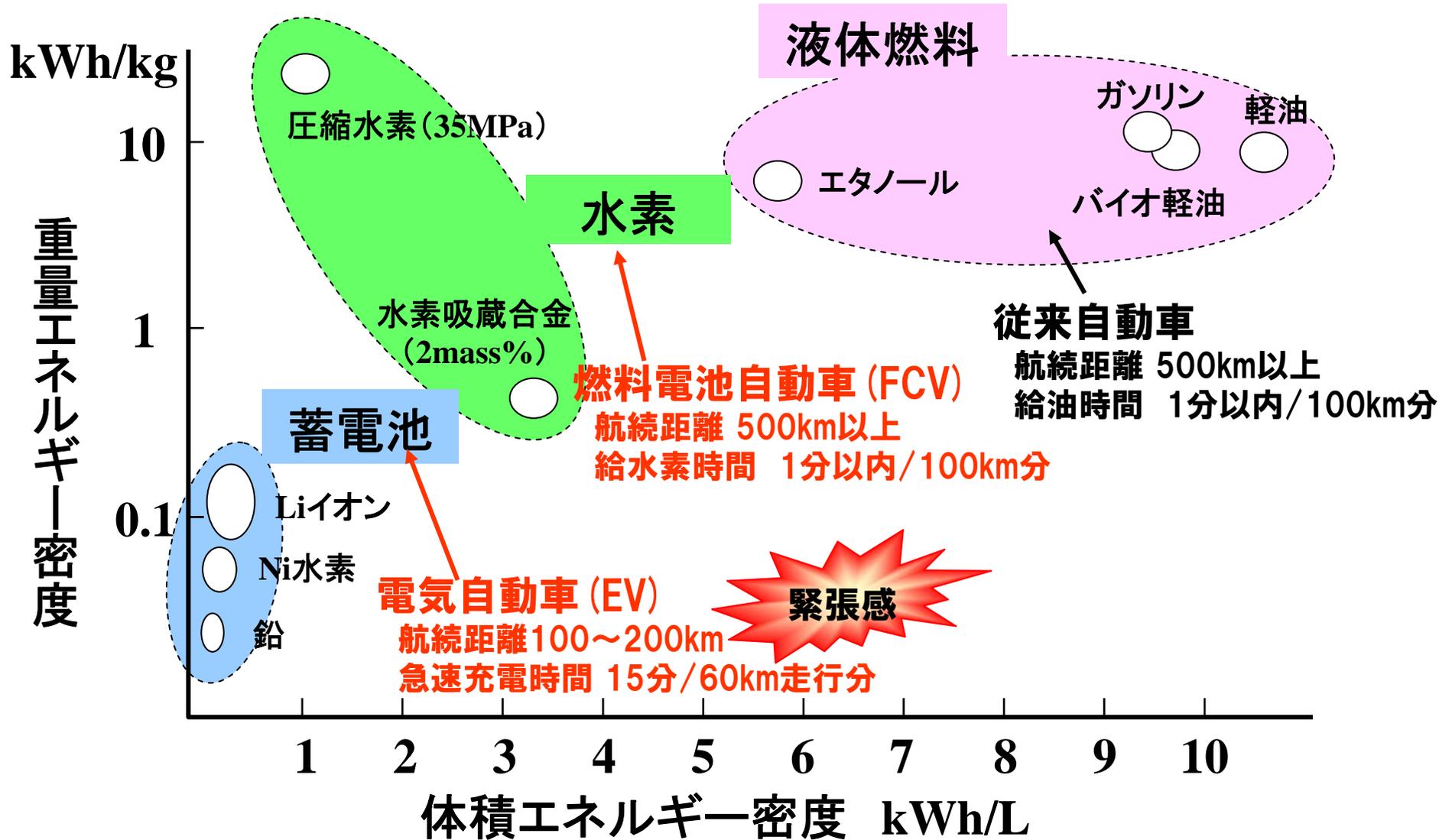
<経済性> (お客様満足、「効用」) コスト 利便性

自動車は、エネルギーを持ち運びながら使う道具

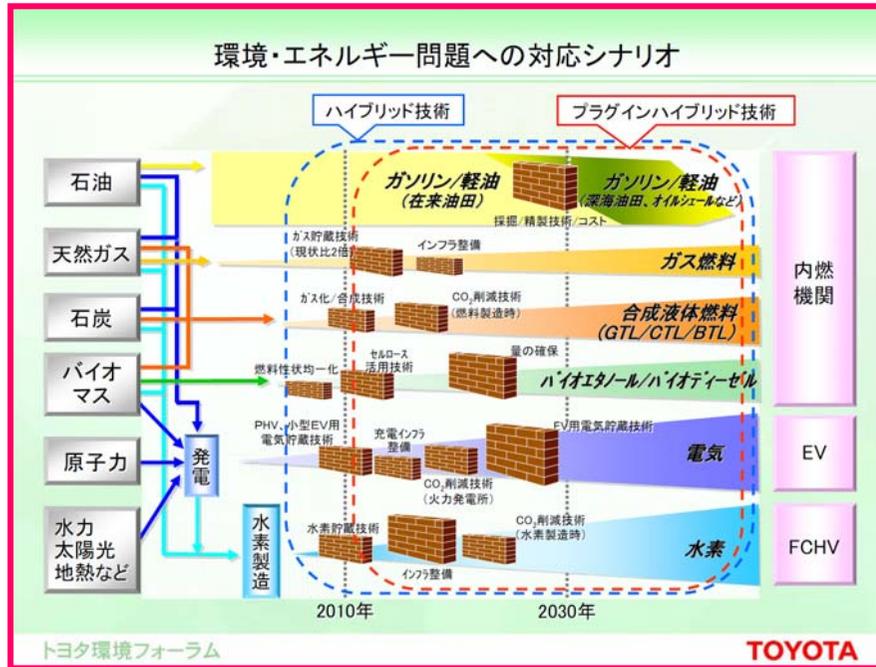


- ① 持ち運びやすいエネルギーであること
- ② 出掛けた先でエネルギーが補給できること

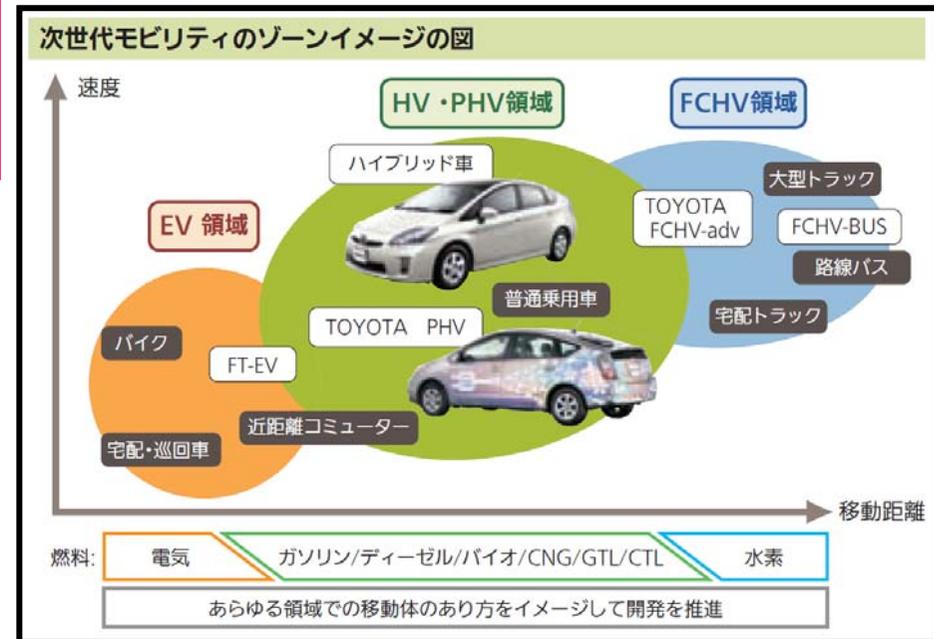
持ち運びやすいエネルギーであること
「エネルギー密度」の比較



次世代自動車のエネルギー



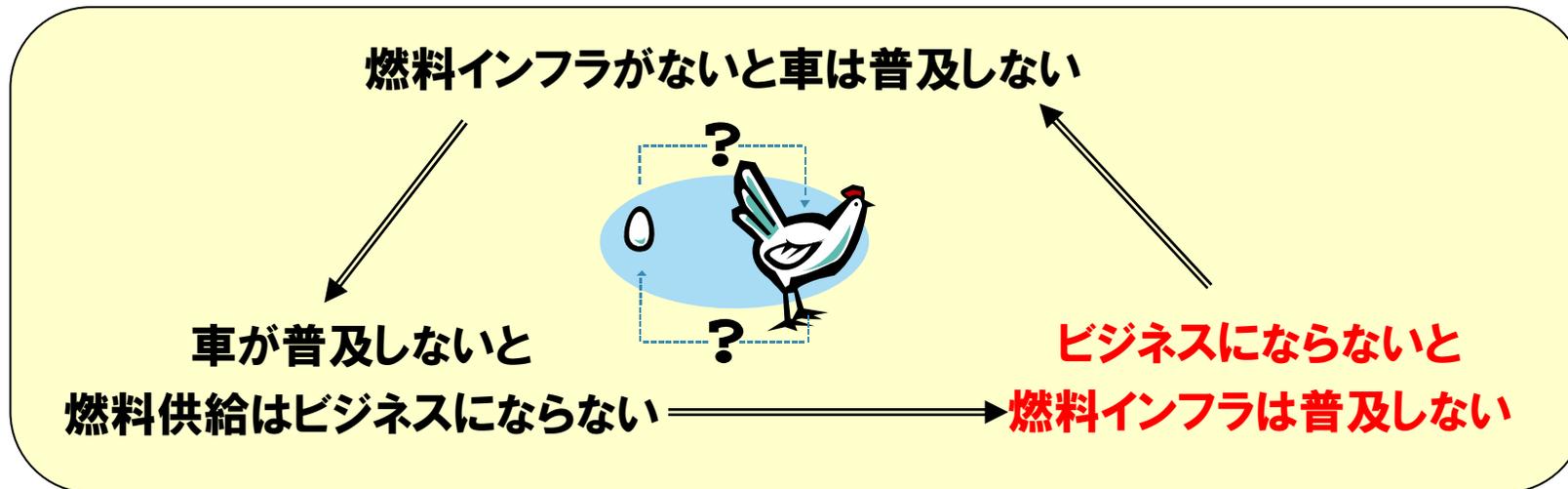
出典:トヨタ環境フォーラム資料



出典:トヨタ Sustainability Report

出掛けた先でエネルギーが補給できること
車と燃料インフラ 「鶏と卵」

EV・FCVの普及 (CO2削減) は自動車燃料ビジネスの成立可否が握る



自動車燃料ビジネス成立のために

- 燃料:** 成立のための技術開発と
ビジネスモデル創出・検証
- 車:** 成立可能な市場投入量・時期の
(前広な)コミットと履行
- 官:** 成立を促進させる仕組み作り
法律・規制の見直し

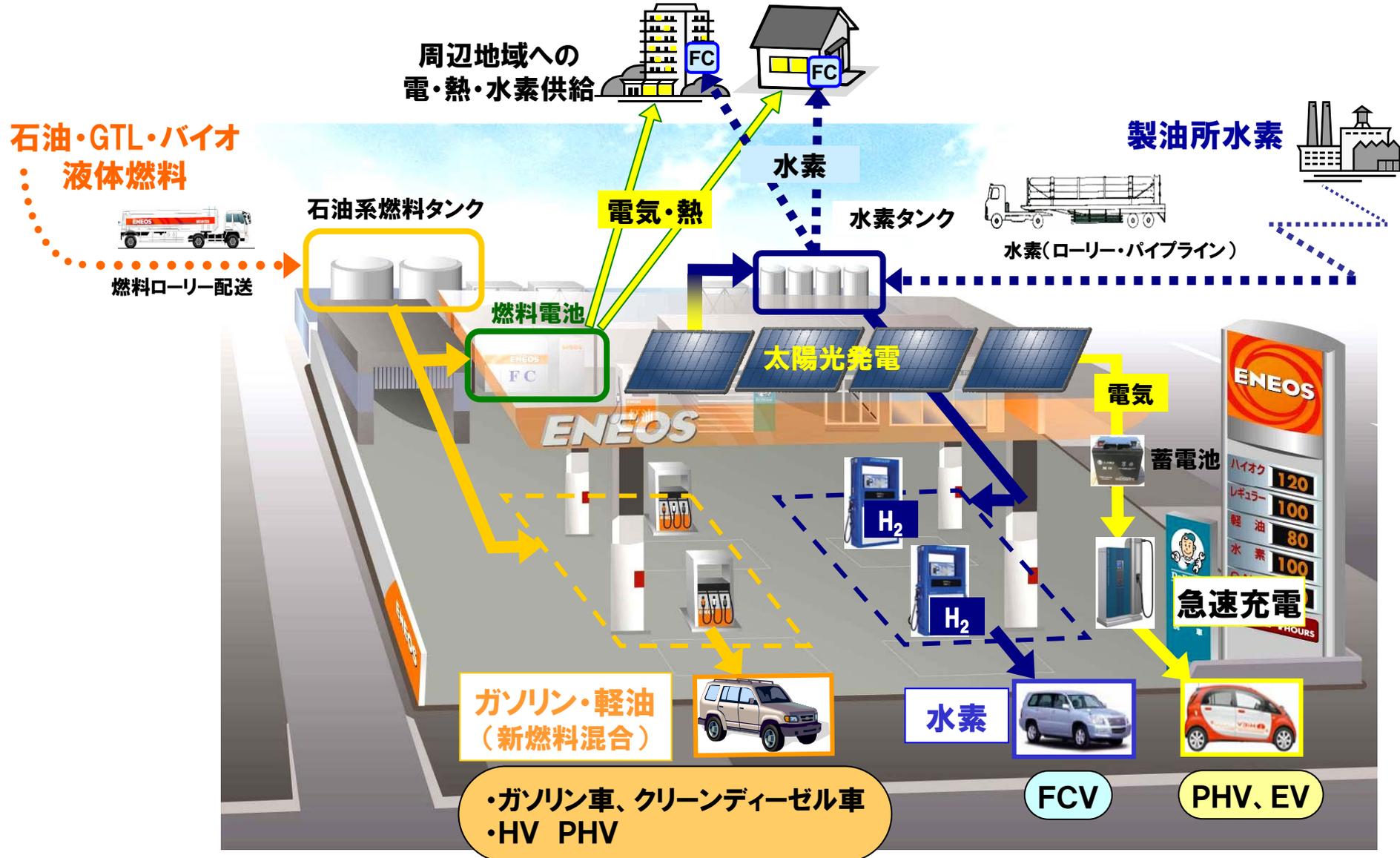
自動車燃料ビジネスの必要条件

- ① エネルギーを**安定的**に責任持って供給
- ② お客様の「**安心・安全**」なドライブをサポート
(拠点数・営業時間・カーメンテ提供)

⇒「**サービスステーション**」から
全ての自動車燃料を供給

将来の総合エネルギー供給SS

～ 低炭素社会エネルギーネットワークのエネルギー供給拠点 ～



内容

1.背景

2.電気自動車・充電インフラ

3.燃料電池自動車

ガソリンスタンド等における充電サービス実証事業

経済産業省 2009年8月12日 公募結果発表

平成21年度電気自動車普及環境整備実証事業(ガソリンスタンド等における充電サービス実証事業)の公募については、平成21年6月18日(木)から7月21日(火)までの期間をもって公募を行ったところ、13件の応募がありました。応募のありました提案について、外部有識者のみで構成された審査委員会において厳選な審査を行った結果、下記の応募者を委託先と決定いたしましたので、お知らせいたします。

(委託事業者)

- ・出光興産株式会社
- ・新日本石油株式会社、日本電気株式会社、日本ユニシス株式会社(3者による共同提案)
- ・株式会社ジャパンエナジー
- ・株式会社サイカワ、有限会社品田商会(2者による共同提案)
- ・全国石油商業組合連合会、株式会社タツノ・メカトロニクス、株式会社三菱総合研究所(3者による共同提案)
- ・コスモ石油株式会社
- ・ベタープレイス・ジャパン株式会社、株式会社東京アールアンドデー、株式会社アーク・アイ・コーポレーション(3者による共同提案)
- ・昭和シェル石油株式会社、日産自動車株式会社(2者による共同提案)
- ・株式会社NTTデータ
- ・財団法人エネルギー総合工学研究所

EVチャージステーション・プロジェクト概要

1.期間 2009年10月～2011年3月

2. 展開エリア・SS数 合計22SS

東京都(9SS)、神奈川県(10SS)、青森県(1SS)、岡山県(1SS)、福岡県(1SS)

3. 実施内容

実証事業テーマ	主担当企業	展開SS数
A. 急速充電サービスの提供	NEC	22
B. 急速充電サービスにおける太陽光発電による電力の供給	新日石	1
C. カーナビなどを活用した充電器設置情報・空き情報の提供	日本ユニシス	1
D. SSを拠点としたEVによるカーシェアリングサービスの提供	新日石	3
E. 急速充電中の付加サービスの提供	新日石	17



Hello, new energy!

ENEOS EV CHARGE STATION PROJECT



実施SS 一覧

運営会社	SS(所在地)	充電器 設置 予定日	提供サービス			設備		
			チャージ&X (個人 モニター)	チャージ&X (その他EV ユーザー)	カーシェア リング	急速 充電器	太陽光 発電 パネル	太陽光 エネルギー のEVへの 直接充電
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Drive白金店 (東京都港区)	10月7日(水)			●	●		
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ烏山店 (東京都世田谷区)	10月7日(水)			●	●	●	
日新商事㈱	Dr.Drive小杉店 (神奈川県川崎市中原区)	10月7日(水)			●	●	●	
九石商事㈱	エネルギーモール八幡東田 (福岡県北九州市八幡東区)	10月30日(金)	●	●		●	●	●
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ多摩境店 (東京都町田市)	10月30日(金)	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ保木間店 (東京都足立区)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ町田木曾店 (東京都町田市)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ府中栄町店 (東京都府中市)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱豊商会	Dr.Driveサンリッチ藤沢店 (神奈川県藤沢市)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱オートサービス湘南	セルフDr. Drive平成町SS (神奈川県横須賀市)	11月25日(水)	●	●		●		
㈱アセント	Dr.Drive川崎店 (神奈川県川崎市川崎区)	11月25日(水)	●	●		●	●	
双葉石油㈱	Dr. Driveトライアングル上郷セルフSS (神奈川県横浜市栄区)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ寒川店 (神奈川県高座郡寒川町)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Drive厚木店 (神奈川県厚木市)	11月25日(水)	●	●		●		
日新商事㈱	Dr.Drive山手台店 (神奈川県横浜市泉区)	11月25日(水)	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr. Drive青森荒川通り店 (青森県青森市)	11月25日(水)		●		●		
カメイ㈱	Dr.Driveセルフ西東京店 (東京都西東京市)	1月中	●	●		●	●	
垣見油化㈱	オートジョイセルフ河辺店 (東京都青梅市)	1月中	●	●		●	●	
㈱ENEOSフロンティア	Dr.Driveセルフ環七豊玉店 (東京都板橋区)	1月中	●	●		●	●	
㈱アセント	Dr.Drive相模が丘店 (神奈川県座間市)	1月中	●	●		●	●	
赤澤屋㈱	Dr.Drive 水島店 (岡山県倉敷市)	1月中		●		●	●	
㈱セルフ24	Dr.Driveセルフゆめが丘店 (神奈川県横浜市泉区)	2月OPEN時	●	●		●	●	
計			17	19	3	22	18	1

EV

急速充電サービス

全22SSに急速充電器を設置し、急速充電サービスを提供

⇒急速充電における最適な認証・課金形態の構築(2010年4月より課金開始)

①東京・神奈川地区において、10km圏内に1ヶ所の割合で設置(計19SS)

※EVの航続距離に対するユーザーの不安を解消した状態にするために、一定の間隔で配置

②その他、青森県・岡山県・福岡県においても各1ヶ所に設置(計3SS)

③EV導入20台のうち17台を
SSの近隣在住のモニターに貸与し、
ユーザーニーズを調査



カーシェアリング・付加サービス

充電中の待ち時間(約30分間)を利用した付加サービスの提供およびSSを拠点としたEVによるカーシェアリングサービスの提供
⇒SSでのEV向けビジネスモデルの開発・検証

①付加サービスは、東京都(7SS)・神奈川県(9SS)・福岡県(1SS)で展開(計17SS)

②充電時間内に実施可能な洗車、室内清掃、点検等を提供し、17台のモニターによりユーザーニーズを調査

③カーシェアリングサービスは、EV導入20台のうち3台を利用して、東京都(2SS)・神奈川県(1SS)で展開(計3SS)



EV

無料モニター募集中です。来年3月まで、先着90名様限り。

カーシェアリングは車の維持費(保険、税金、車検等)を節約できるのが最大の魅力です。さらに「みんなのEV」では、来年の3月まではモニター期間として、利用登録手数料・月額基本料・利用料金が全て無料です。(90名様限定募集)
週末しか運転しない個人のお客さまや、営業車の経費を抑えたいとお考えの法人のお客さまは、今すぐお申し込みをご検討ください。

■「みんなのEV」貸出ステーションは3カ所です

1. ENEOS 白金 港区白金台5-16-1(外苑西通り沿い)・10月22日スタート
2. ENEOS 烏山 世田谷区北烏山6-1-1(甲州街道沿い)・10月28日スタート
3. ENEOS 武蔵小杉 川崎市中原区小杉町2-271-1(タワープレイス斜め向い)・10月15日スタート

三菱の4人乗りEV「アイミーブ」に無料で乗れます。

■無料モニターは、下記地区にご在住・ご在勤の方に限定となります。
東京都港区(白金4, 6丁目)・(白金台1, 3~5丁目)・品川区(上大崎1丁目)
東京都世田谷区(北烏山1, 3, 6, 9丁目)・(南烏山3, 4, 6丁目)
川崎市中原区(小杉町1~3丁目)・(小杉御殿町2丁目)・(新丸子町)・(新丸子東2~3丁目)・(今井仲町)・(今井南町)



〈モニターになるには〉最初に、「みんなのEV」入会登録(無料)が必要です。

- 2010年3月までは、利用登録手数料・月額基本料・利用料金が全て無料です。
- 無料モニター期間中は、利用時間等の制限(1日あたり最長4時間)がございます。
- EV普及に関するアンケートにご回答いただきます。
- 指定の会場での入会説明会・体験説明会に参加していただきます。 **事前予約制**

- ・開催日時: ①10月9日(金) 19:30~20:30
②10月12日(祝) 13:30~14:30
③10月12日(祝) 15:30~16:30

・会場: ENEOS白金研修センター 東京都港区白金台5-16-1
東京地下鉄南北線・都営三田線白金台駅 1番出口徒歩3分

・予約お申込先: **オリックス自動車株式会社** カーシェアリング部



■ TEL: ☎0120-041-493 受付時間: 年中無休(年末年始除く)9:00~18:00

■ E-mail: contact_0120-041-493@orix-carsharing.com

※お電話の際、「ENEOS「みんなのEV」モニター入会説明会参加希望です」とスタッフに必ずお申し付けください。

〈その他 詳しい内容はこちら〉 URL <http://www.eneos.co.jp>

太陽光発電

太陽光発電による急速充電器への電力供給

⇒技術的課題の抽出と経済性の検証

- ①福岡県(1SS)で実施、太陽電池および蓄電池を設置して急速充電器へ
連系
- ②他18SSにも、太陽電池を設置(充電器とは非連動)し、SSの節電効果
を検証



内容

1.背景

2.電気自動車

3.燃料電池自動車・水素インフラ

FCV・水素インフラ 我が国のこれまでの取り組み

民間の推進団体

FCCJ Fuel cell commercialization council of Japan
燃料電池実用化推進協議会

燃料電池技術の研究開発と普及促進活動を行う民間**団体**
2001年3月設立 128社・団体が参加

実証プロジェクト

JHFC Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project
水素・燃料電池実証プロジェクト

NEDOが「燃料電池システム等実証研究」として実施する助成**事業**。
2008年度までは経済産業省の事業として実施。
第一期 2002年度～2005年度 第二期 2006年度～2010年度
自動車会社9社、インフラ・エネルギー企業17社が参加

JHFC 燃料電池車・水素供給 技術実証プロジェクト

JHFC参加車両・水素ステーション

JHFC参加車両 合計60台(2007年度)

 トヨタ自動車(株)FCHV	 日産自動車(株)X-TRAIL FCV	 本田技研工業(株)FCX	 マツダ(株)RX-8 HydrogenRE	 トヨタ自動車(株)、日野自動車(株) FCHV-BUS
 GMHydroGen3	 メルセデス・ベンツA-Class F-Cell	 スズキ(株)MRwagon FCV	 BMWHydrogen 7	
FCV 43台			水素エンジン自動車 12台	
				FCバス 5台

JHFC水素ステーション 合計12ヶ所(2007年度)



関西地区 2ヶ所: 大阪, 関西空港

中部地区 1ヶ所: セントレア (中部国際空港)

首都圏 9ヶ所 (1ヶ所の協賛ステーション含む): 相模原, 横浜・旭, 横浜・大黒, 川崎, 市原(協賛), 君津(液体水素製造設備), 有明, 船橋, 千住, 霞ヶ関

出典:JHFCパンフレット

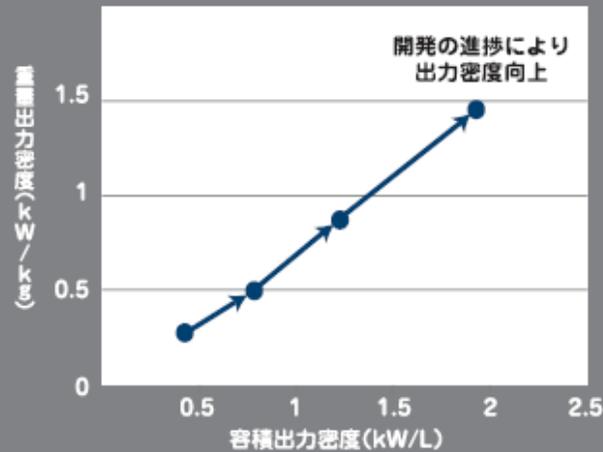
燃料電池自動車 開発の現状

性能目標値

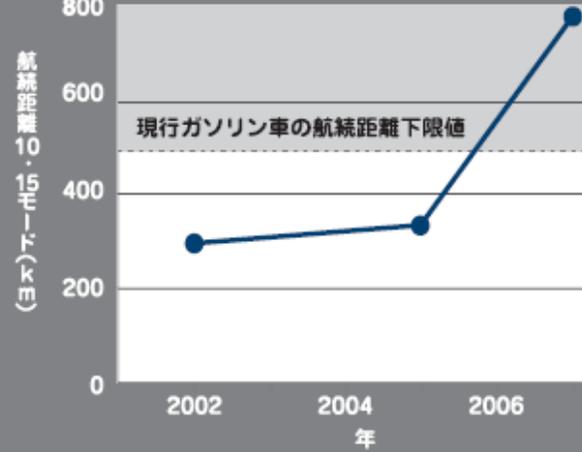
課題	現状	2015年頃	2020~30年頃
車両効率(LHV)	約50%	60%	60%以上
耐久性	約1000時間	5000時間	5000時間以上
作動温度(T)	約80℃	-30<T<約90~100℃	-40<T<約100~120℃
スタック製造原価	数十万円/kW	約1万円/kW	約4000円/kW未満

開発の現状

燃料電池スタック小型化
(ホンダ発表資料より)



FCV航続距離
(トヨタ公開資料より)

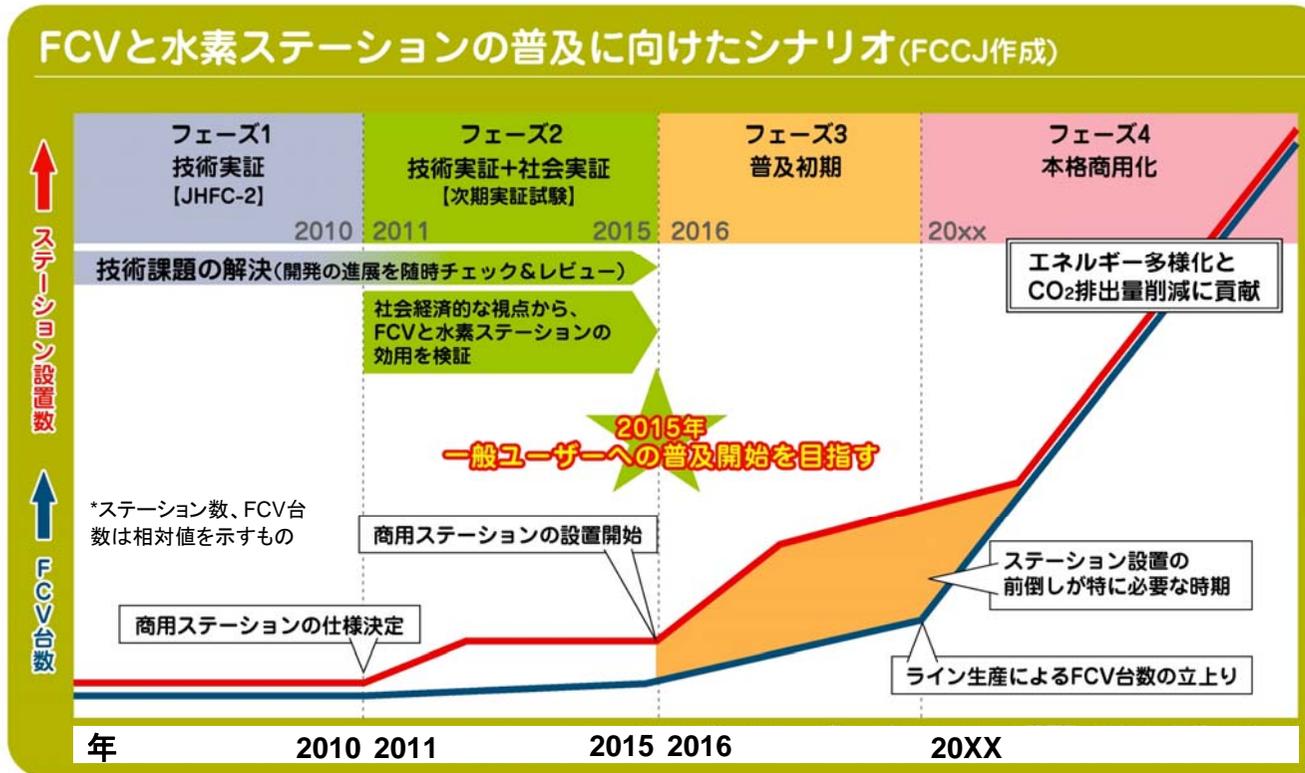


東京～北九州1,100km
長距離走行出発式

出典:JHFC

燃料電池自動車の普及開始目標

- ① 2008年7月 燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) *が普及シナリオ
「2015年普及開始」 発表



*民間企業(自動車・エネルギー等128社)により燃料電池の技術開発、普及促進活動、政策提言を実施

- ② 2009年9月 全世界の自動車8グループ(トヨタ、本田、日産/ルノー、GM/オペル、ダイムラー、フォード、現代、起亜)が**2015年市場化**を共同宣言

燃料電池自動車・水素供給インフラ 整備普及プロジェクト

～低炭素社会を目指して～
2015年 燃料電池自動車普及開始
2020年 水素ハイウェイ構築

〈メンバー(COCNプロジェクト)〉

リーダー:新日本石油株式会社

メンバー:トヨタ自動車株式会社、東京ガス株式会社

新日鉄エンジニアリング株式会社、鹿島建設株式会社

～低炭素社会を目指して～

2015年 燃料電池自動車普及開始

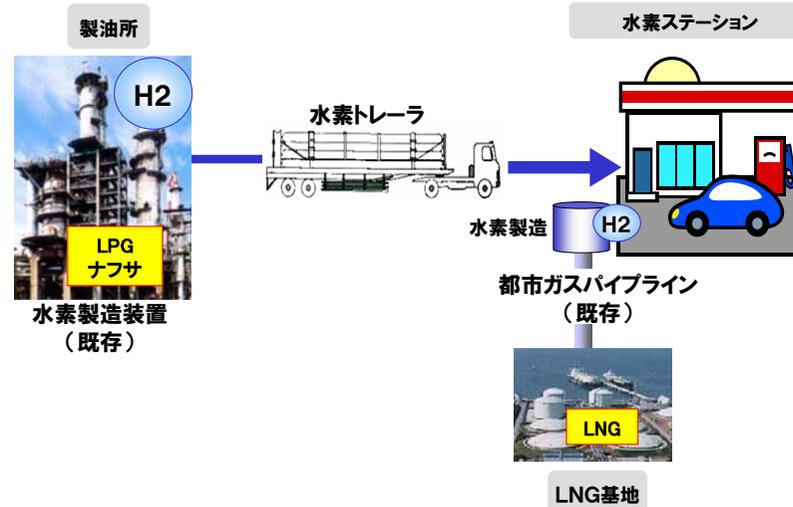
2020年 水素ハイウェイ構築

- ・我々は地球規模での**エネルギー確保**と**地球温暖化**の問題に直面している。
- ・解決のためには「**低炭素社会**」という、これまでの社会や従来技術の単なる延長では達成し得ない**社会システムの変革**と**技術革新**を、**国全体での意志統一**を持って推し進める必要がある。
- ・2050年の低炭素社会実現に貢献すべく、**燃料電池自動車・水素供給インフラ**の2015年**事業化**と速やかな**普及**を目指す。
- ・この取り組みは、新たな**産業・雇用創出**と**内需拡大**、**地方の活性化**並びに、世界に先駆けることでの**国際競争力強化**にも寄与する。
- ・実現のため、単なるデモンストレーションを越えた取組みと、現実的な普及施策・制度に関する国レベルでの検討を提言する。

水素普及・低炭素化のための水素供給方法

<2015年～2025年 「水素普及」>

- ①製油所の既存設備を利用したの水素製造→水素輸送
- ②既存ガス供給インフラを利用したの天然ガス輸送→ステーションで水素製造により水素を供給する。
⇒安定供給とコスト削減

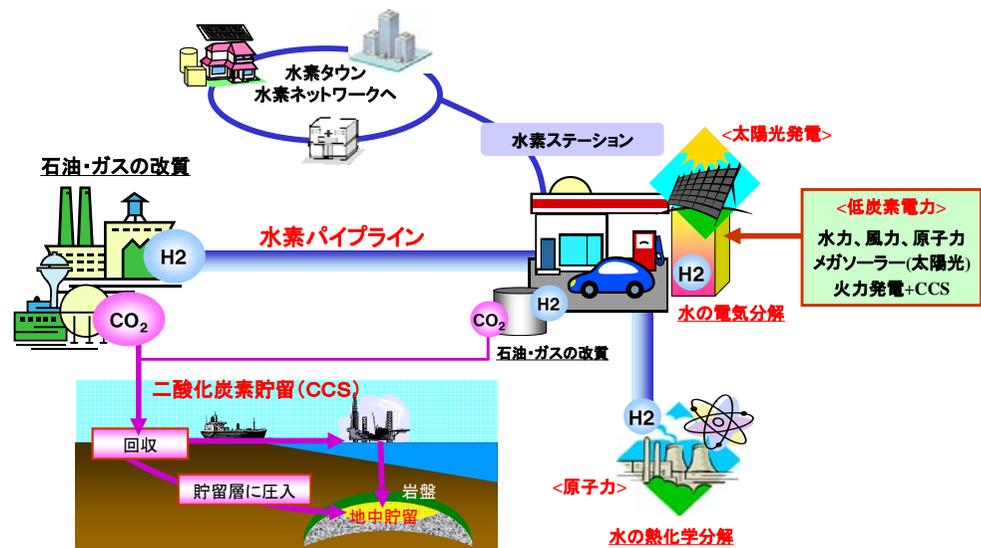


<2025年～ 「低炭素型移行」>

- ・集中製造へ順次集約、水素パイプラインも導入し、水素ネットワークに展開。
- ・「低炭素型水素供給」に移行

<例>

- ①石油・ガス改質による水素製造とCCSの組合せ
- ②太陽光発電を利用した水の電気分解
- ③原子炉熱による水の熱化学分解、等

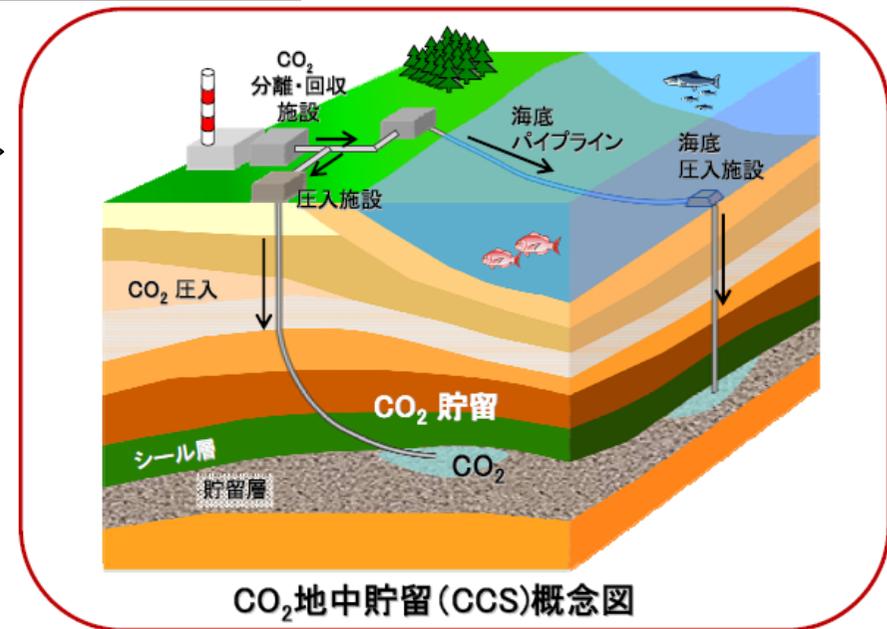
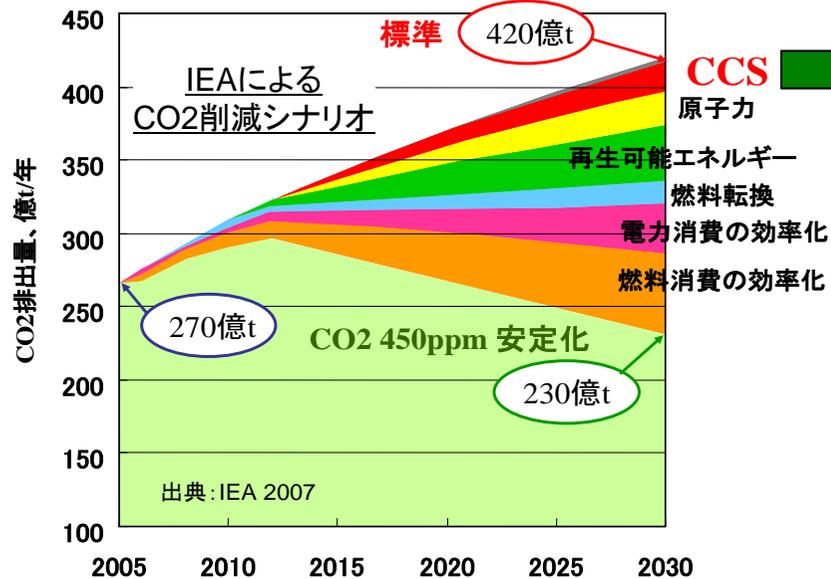


「日本CCS調査株式会社」への参画

＜会社概要＞

- (1) 設立年月日: 2008年5月26日 (2) 資本金: 3,600万円
- (3) 出資会社 石油資源開発、帝国石油、東北電力、東京電力他電力11社、新日石、出光他の石油6社
新日鉄エンジ他エンジ5社
三菱瓦斯化学、住友金属他の鉄鋼・化学5社
合計29社(昨年度末時点 下線は取締役派遣)
- (4) 代表取締役社長: 石井正一(石油資源開発)
- (5) 事業内容: 日本国内におけるCCS大規模実証試験に向けての調査

CCSはCO2削減の重要技術

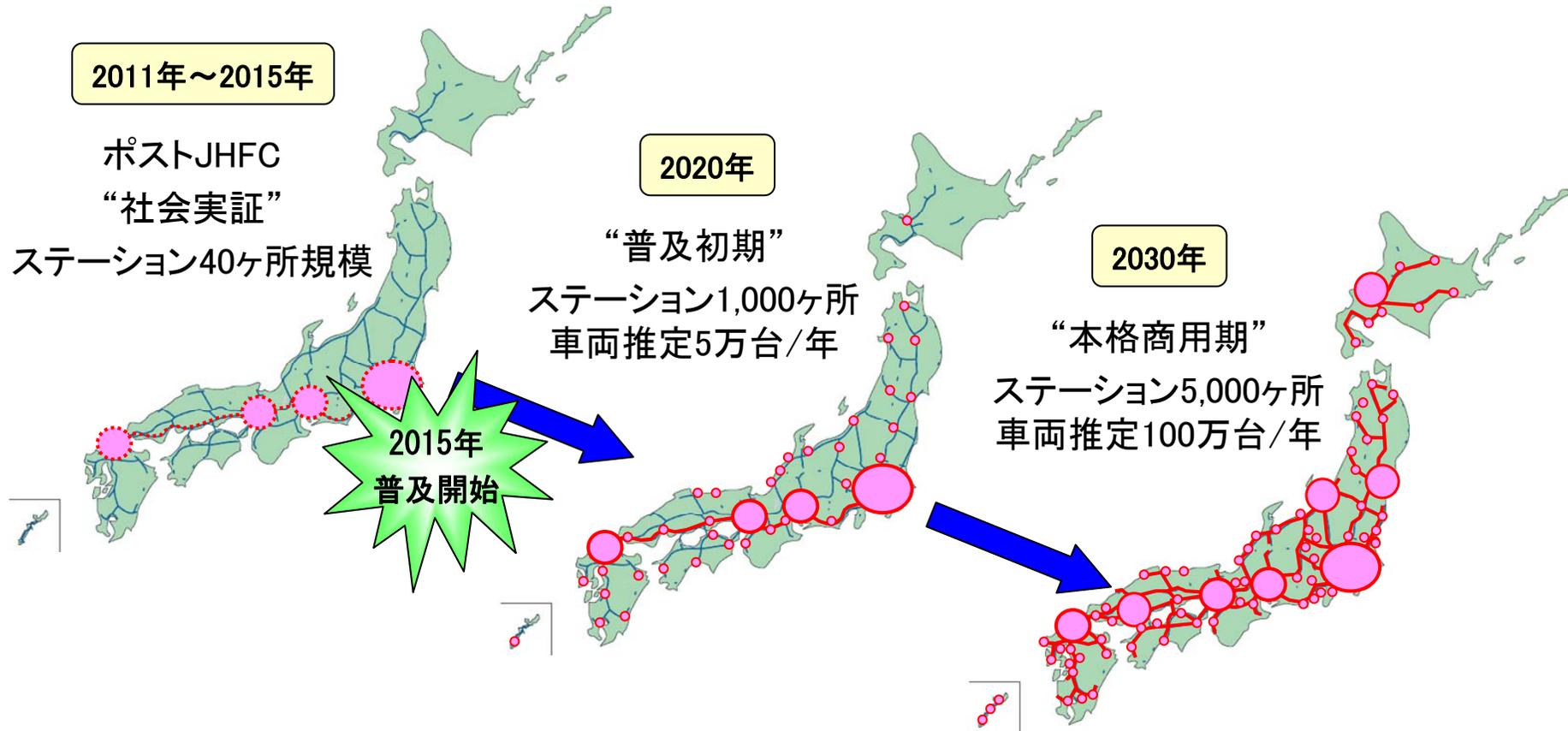


FCV・水素ステーションの展開方法

- ①長距離走行にも適したFCV普及のために“水素ハイウェイ”を構築。
- ②「環境モデル都市」等の低炭素社会作りに意欲ある地方との連携により“水素タウン”を展開。

— “水素ハイウェイ”
高速SAにステーション設置

○ “水素タウン”
都市にステーション集中配備

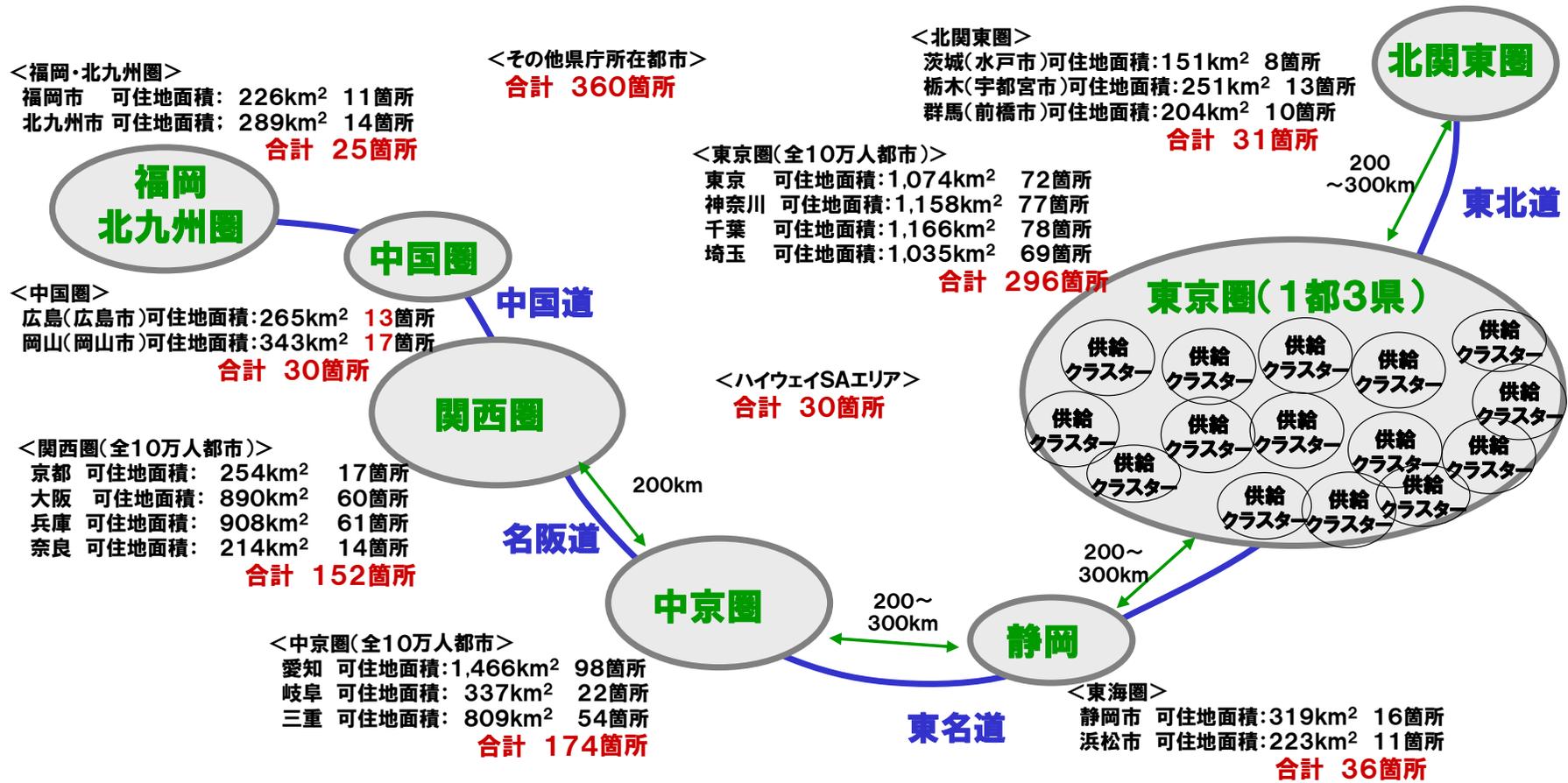


車両とステーション数の関係

	ステーション数	保有台数※	車両 カバー率	可住地面積 カバー率
	箇所	千台	台/箇所	km ² /箇所
SS(1954年) ガソリン販売自由化	1,442	139	96.4	84.1
SS(1960年) モータリゼーション開始	8,251	510	61.8	14.7
SS(1965年) マイカー元年	21,871	2,290	104.7	5.5
SS(1994年) ステーション数ピーク	60,421	42,957	687.4	2.0
SS(2006年)	45,792	57,510	1255.9	2.6
LPGスタンド(2006年)	1,968	294	149.4	61.7
CNGスタンド(2006年)	324	31.5	97.1	374.5

※LPG, CNGは乗用車以外も含む

普及初期の水素ステーション配置イメージ



2020年頃 合計1,134箇所

普及の意義

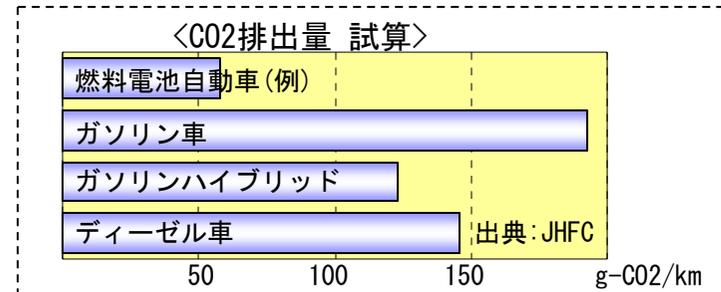
①CO2削減

導入により車両起因のCO2発生は半分以下、CCSとの組合せにより約80%減¹⁾

削減量試算: 2050年までの累計約9億t

経済価値: 2050年までの累計約9兆円

(10,000円/t-CO₂²⁾で評価)



②エネルギー輸入の削減

導入により車両の必要エネルギーは半分以下¹⁾ (ガソリン+ディーゼル車比較)

最大で自動車燃料の半分強である5,000万kl/年の省エネルギー、輸入削減。

削減された最大3兆円/年を内需拡大へ。(原油価格100\$/バレル³⁾で評価)

③国際競争力の強化

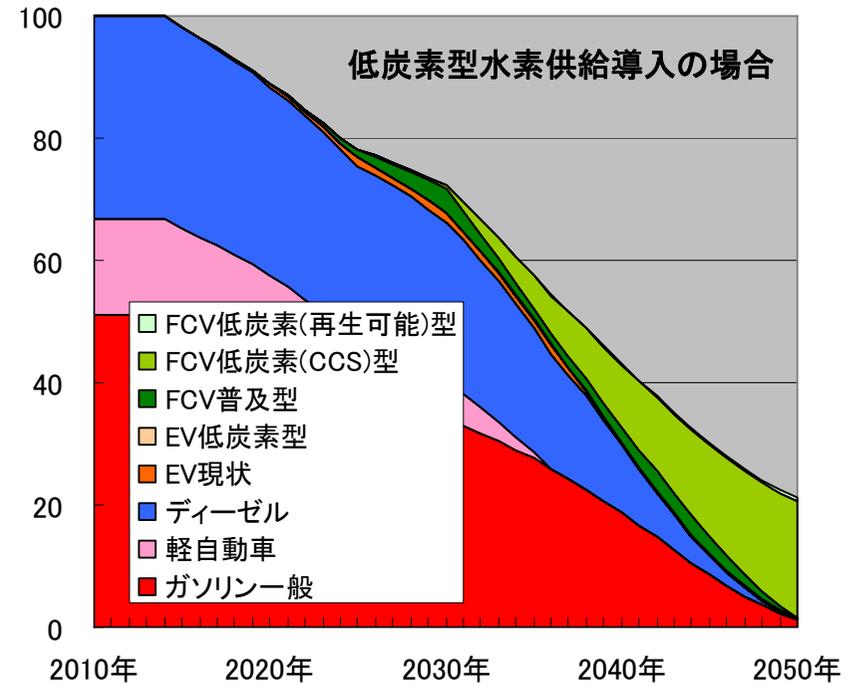
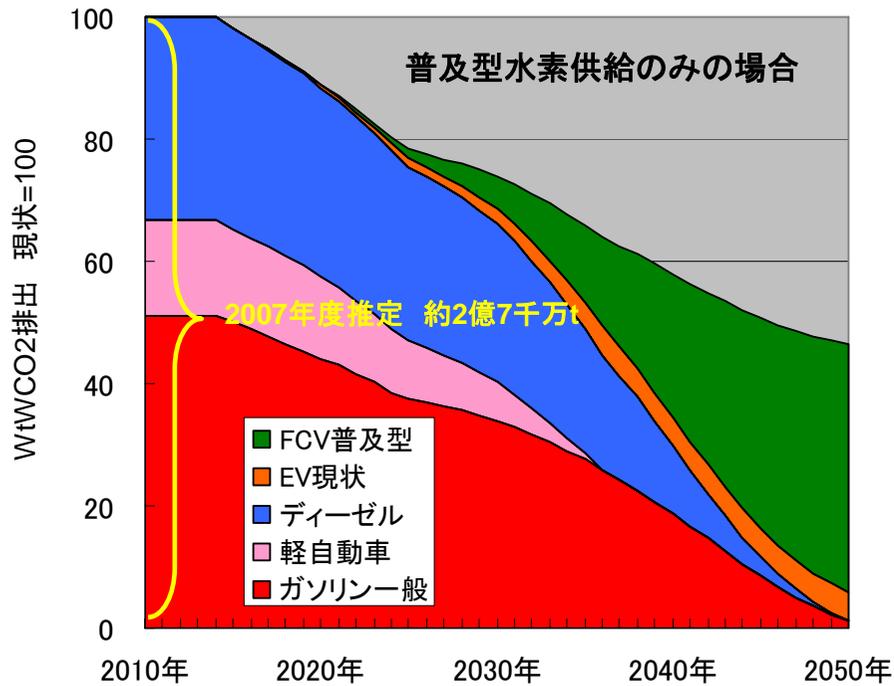
米国等、世界に先駆けてFCV・水素インフラ普及を進めることで、すでに世界のトップランナーである我が国の自動車関連産業の国際競争力を更に強化。

④地方の活性化、新たな産業・雇用の創出

FCV・水素供給関連の新たな産業・雇用創出や、「水素タウン」プロジェクトへの主体的取組みを通じた地方の活性化。

- 1) ガソリン車との比較、JHFC検討結果より試算
- 2) IEA、ドイツ等の評価を参考にした長期的な見込み
- 3) 総合資源エネルギー調査会による2030年想定

FCV/EV 水素インフラ普及によるCO2削減効果試算



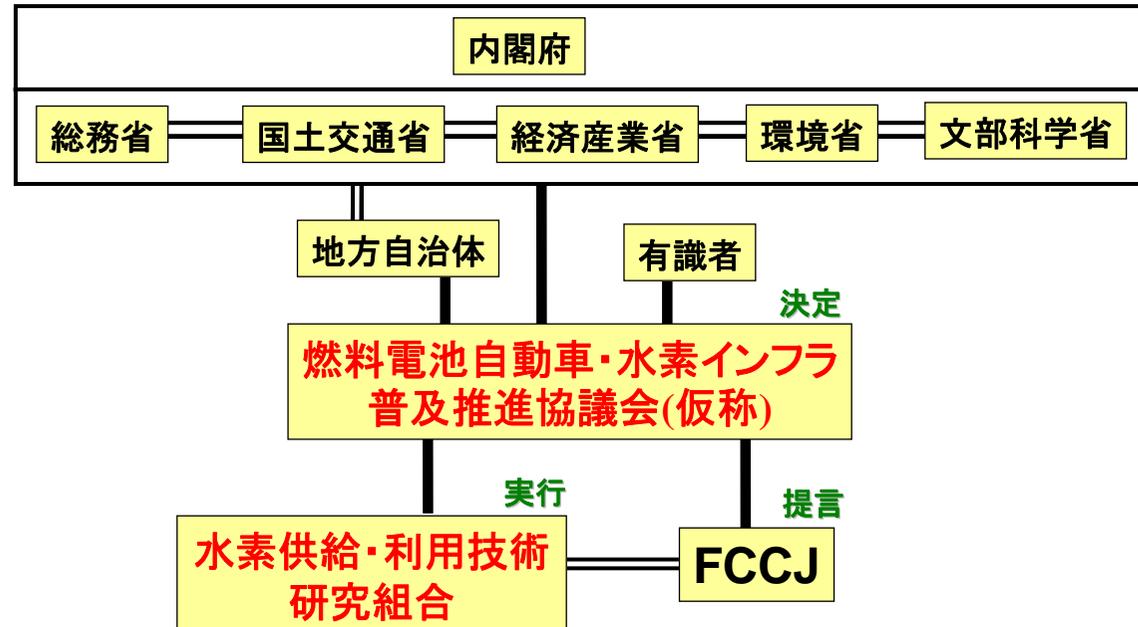
推進のための施策提言・要望 ①

①推進体制確立 「燃料電池自動車・水素インフラ普及推進協議会(仮)」設立

2011年からの社会実証計画、並びに2015年以降の普及戦略*を策定し、実行をステアリングする省庁/業種横断、かつ地方自治体も含む産官学による協議会。2009年度設立を提案。

また、水素供給普及推進の民間側原動力となる「水素供給・利用技術研究組合」を水素事業に参入意欲ある民間各社により早急に設立。

<体制イメージ>



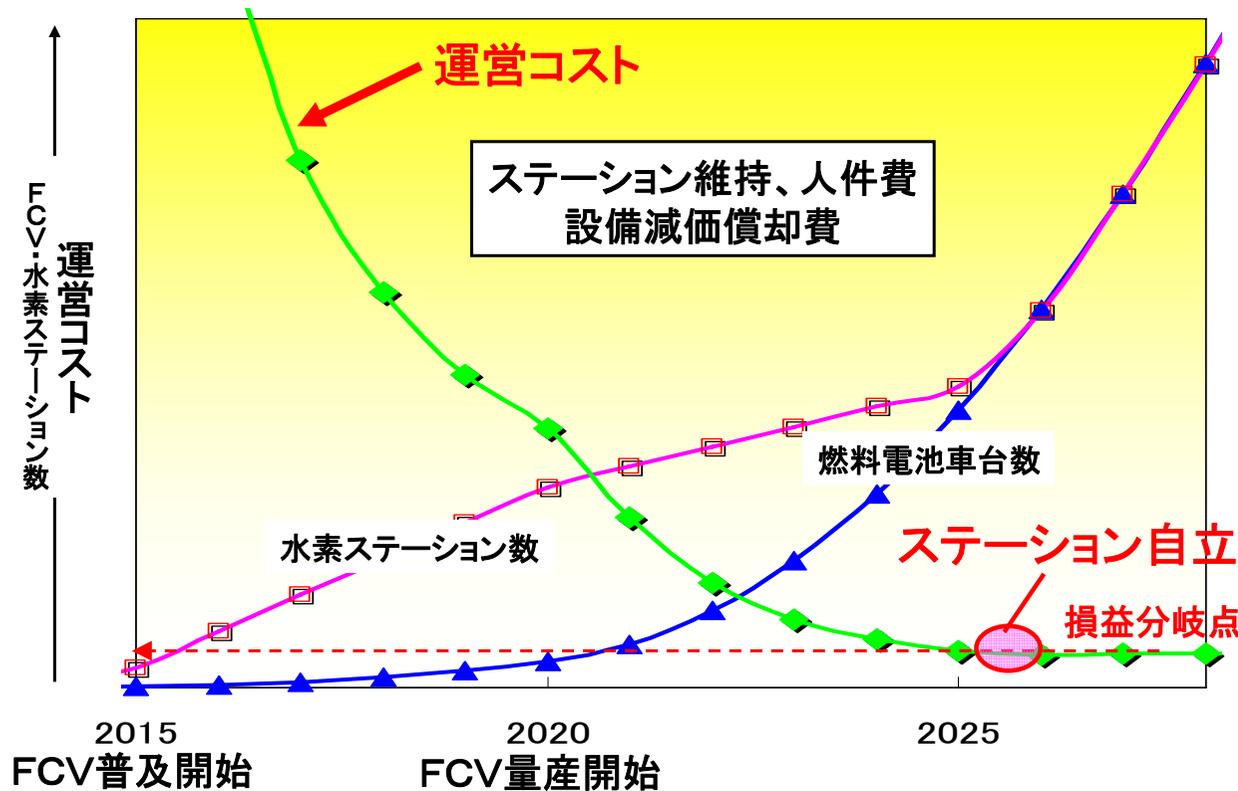
(参考) * 普及戦略で検討する施策例

- ・ 水素供給インフラの円滑な導入を目的とした規制見直し
- ・ 水素供給のコストダウン、「低炭素水素供給」移行のための技術開発戦略
- ・ 水素・燃料電池車利用促進のためのインセンティブ、ペナルティ
- ・ 導入初期の事業支援 (車・水素ともに量産・量販効果が無く事業者負担大 例:初期10年間のステーション設備投資 約4,500億円)

導入・普及初期(2015年～2025年頃)の課題

普及初期はFCV台数が少ないため、**ステーション**運営や**車両**製造は一時的に**コスト増**。これを低炭素社会への**国全体の投資**と捉え、産官民で応分の負担をする制度設計が必要(設備投資/車両購入補助、水素購入インセンティブ等)。

〈普及初期のコスト増 ステーションの例〉



普及初期は設備投資(2025年までに約4,500億円)負担が大きくステーション自立は困難。

推進のための施策提言・要望 ②

②社会実証事業の実施

FCV・水素供給の事業性を検証

官民連携

・実施項目例 (FCCJにて詳細案を検討中)

- ①ユーザーのFCV運転・水素充填行動把握
- ②普及を想定した水素供給の実証
- ③水素ステーションの効率的配置検討
- ④FCV・水素に関するユーザー啓発

・実施イメージ

地方自治体とも連携し、「水素タウン」
+「水素ハイウェイ」モデルで実証

・スケジュール案

2009年度 詳細計画策定(協議会)、
準備開始
2010年度 実施体制確定、実証準備完了
2011年度～2015年度 実証

＜社会実証のイメージ＞



推進のための施策提言・要望 ③ ④

③規制緩和・関連法整備 ⇒制度面からのコストダウン

水素供給の本格事業化に向け、技術の進展・利用方法の多様化などを踏まえた規制見直し。

- 〈例〉
- ・水素輸送・貯蔵・供給に関わる高圧ガス保安法、消防法、建築基準法、道路運送車両法、道路法、ガス事業法等の見直し・規制緩和
 - ・水素事業普及促進を目的とした「水素エネルギー普及促進法(仮)」の制定検討
 - ・社会実証実施のための「水素特区」設置

④技術開発支援の継続・強化

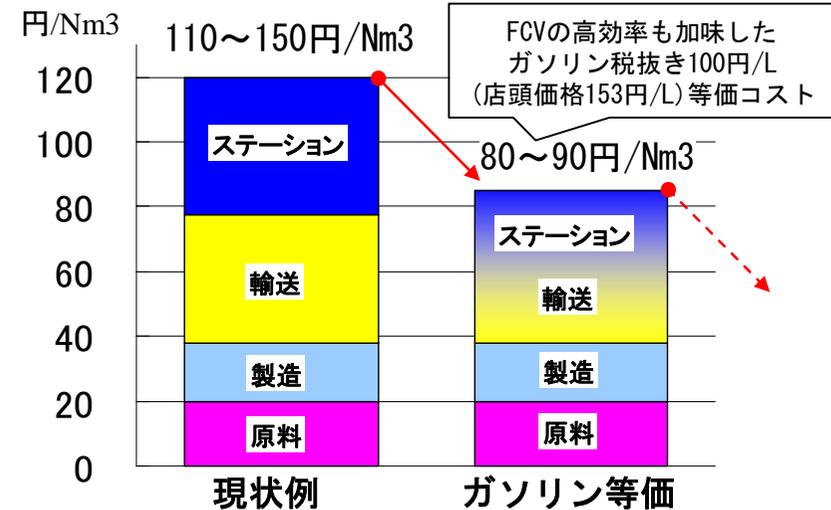
⇒技術面からのコストダウンと低炭素化

車両、水素関連技術の産官学連携による技術開発*の継続、強化。

- 〈例〉
- ・導入初期の事業を想定した水素貯蔵輸送技術(例えば軽量ハイブリッド高圧容器)
 - ・水素吸蔵合金、有機ハイドライト等、次世代水素貯蔵輸送技術
 - ・CCS・太陽光発電・原子力などを利用した「低炭素型水素供給」のシステム技術

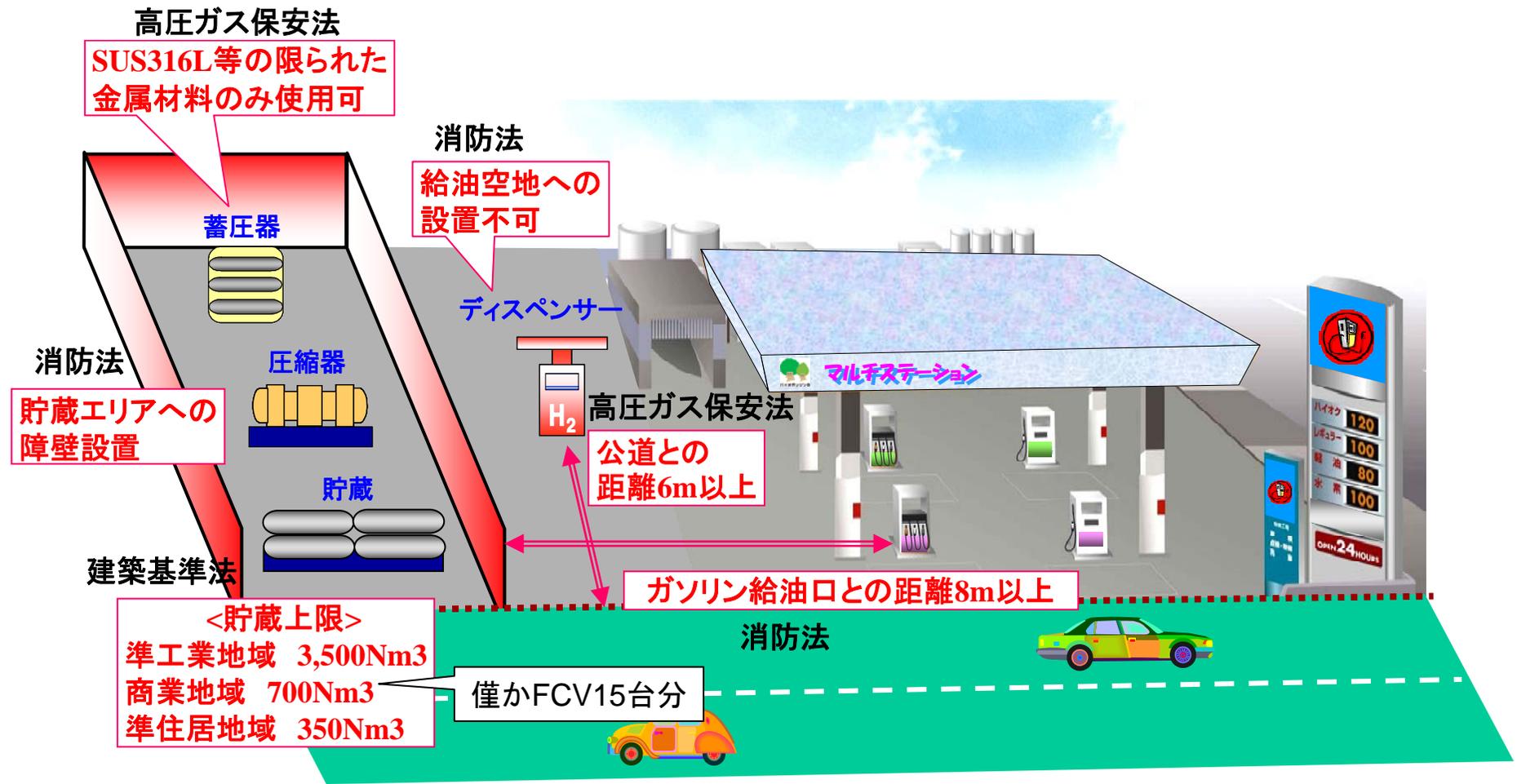
* 現在、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)等において実施中

〈水素供給コスト〉



現行ガソリン並みに水素を量販した場合
原油100\$/バレル前提の試算

併設型水素ステーションの現状規制



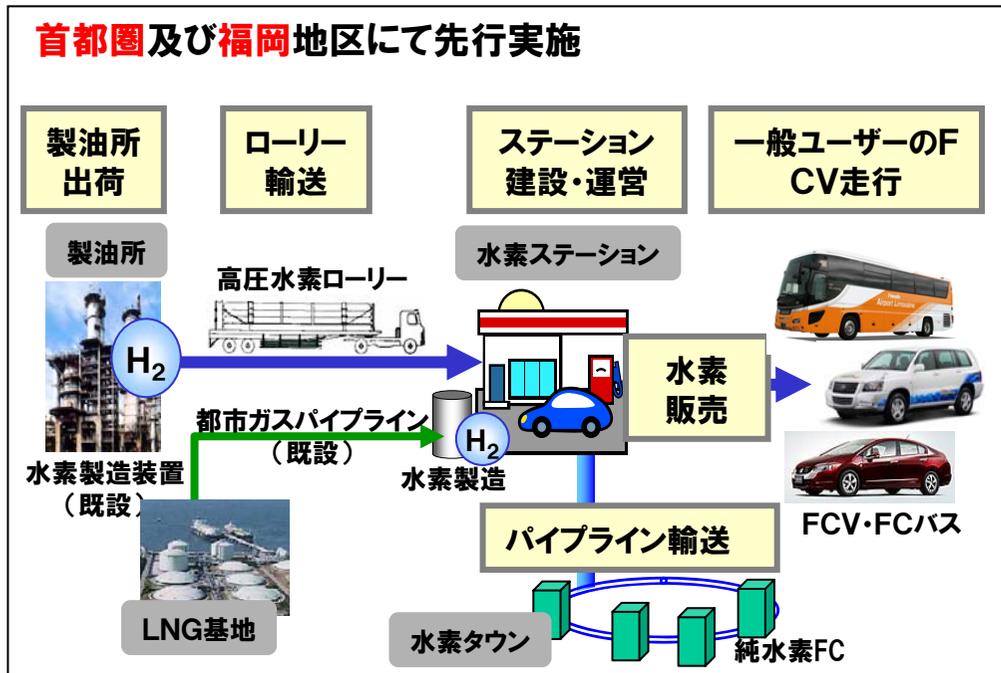
水素供給・利用技術研究組合 HySUT

“The Research Association of Hydrogen Supply/Utilization Technology”

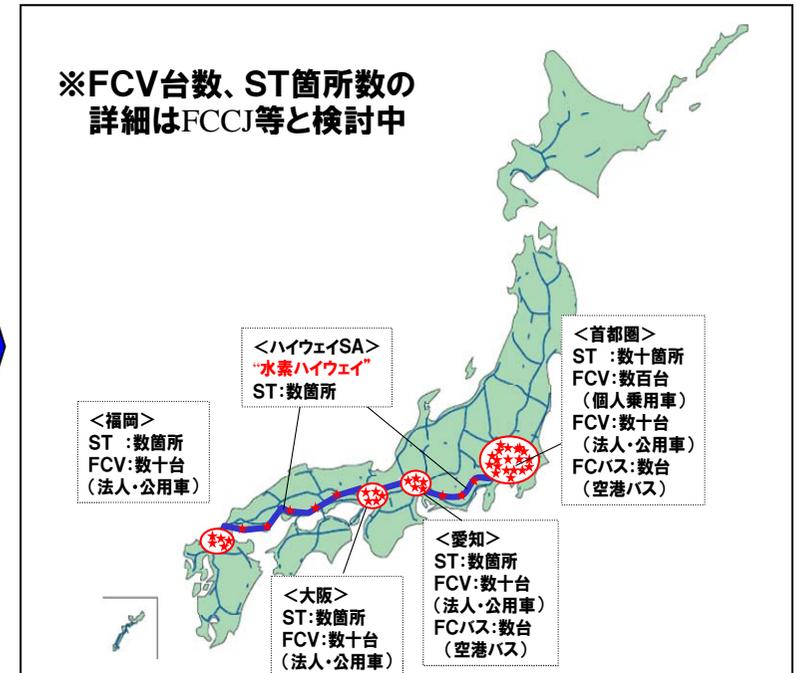
目的: 社会実証試験を通じた水素供給ビジネスの検証

- (1) メンバー:
新日本石油、出光興産等、石油5社
東京ガス、大阪ガス等、都市ガス4社
産業ガス・エンジニアリング関連等4社
- (2) 設立: 2009年7月31日
- (3) 事業内容: 水素供給インフラの設置運営
燃料電池車等への水素供給
- (4) 期間: 2009年～2015年度

<2009年度～>



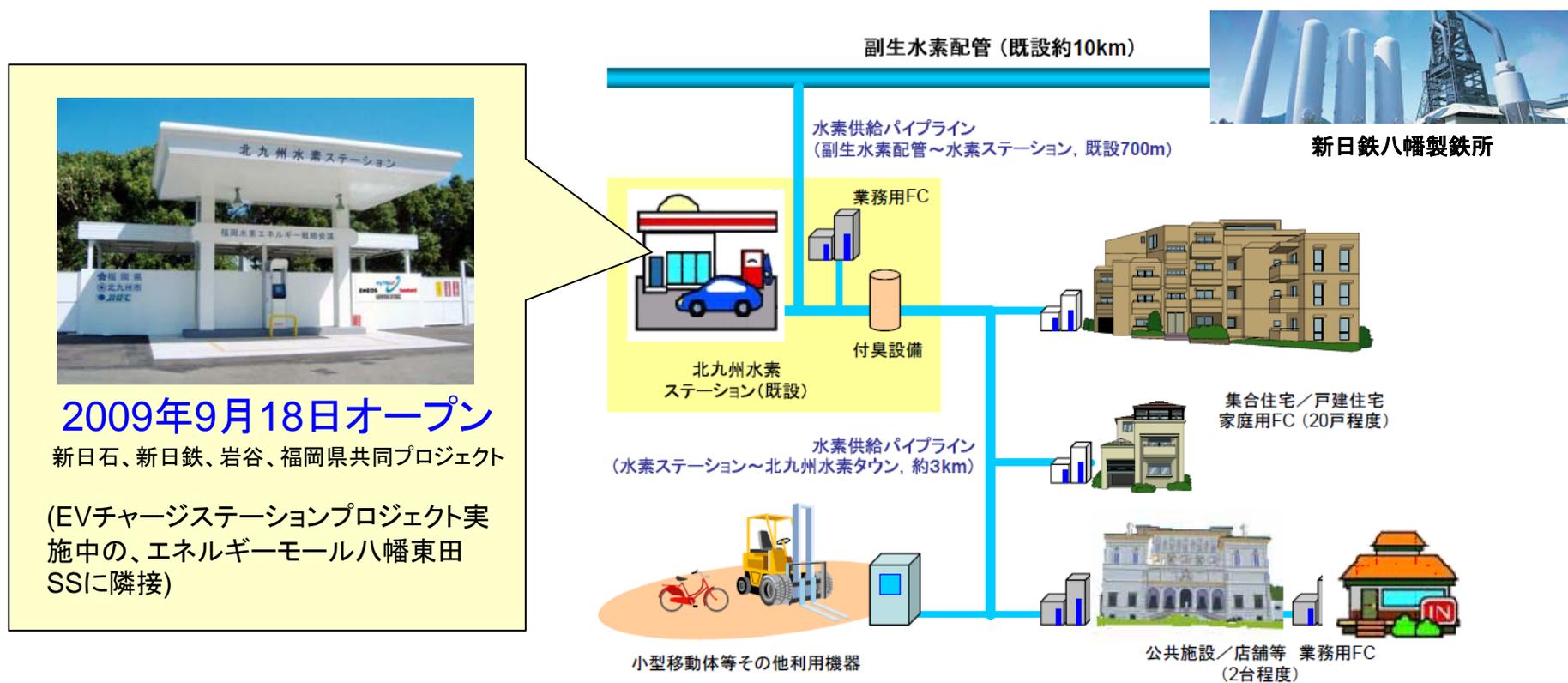
<2011～15年度>



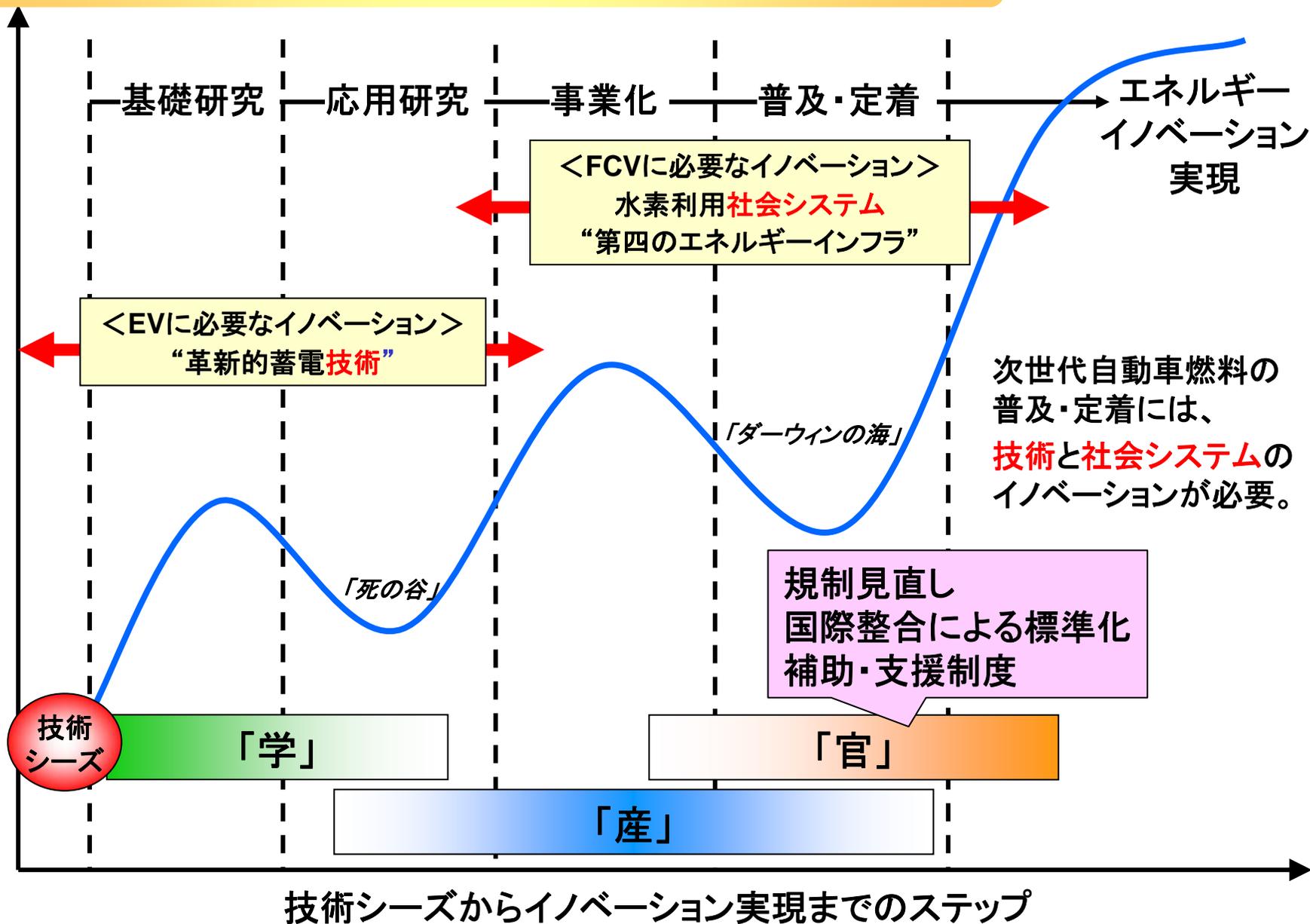
2009年度HySUT事業

経済産業省「水素利用社会システム構築実証事業」に採択

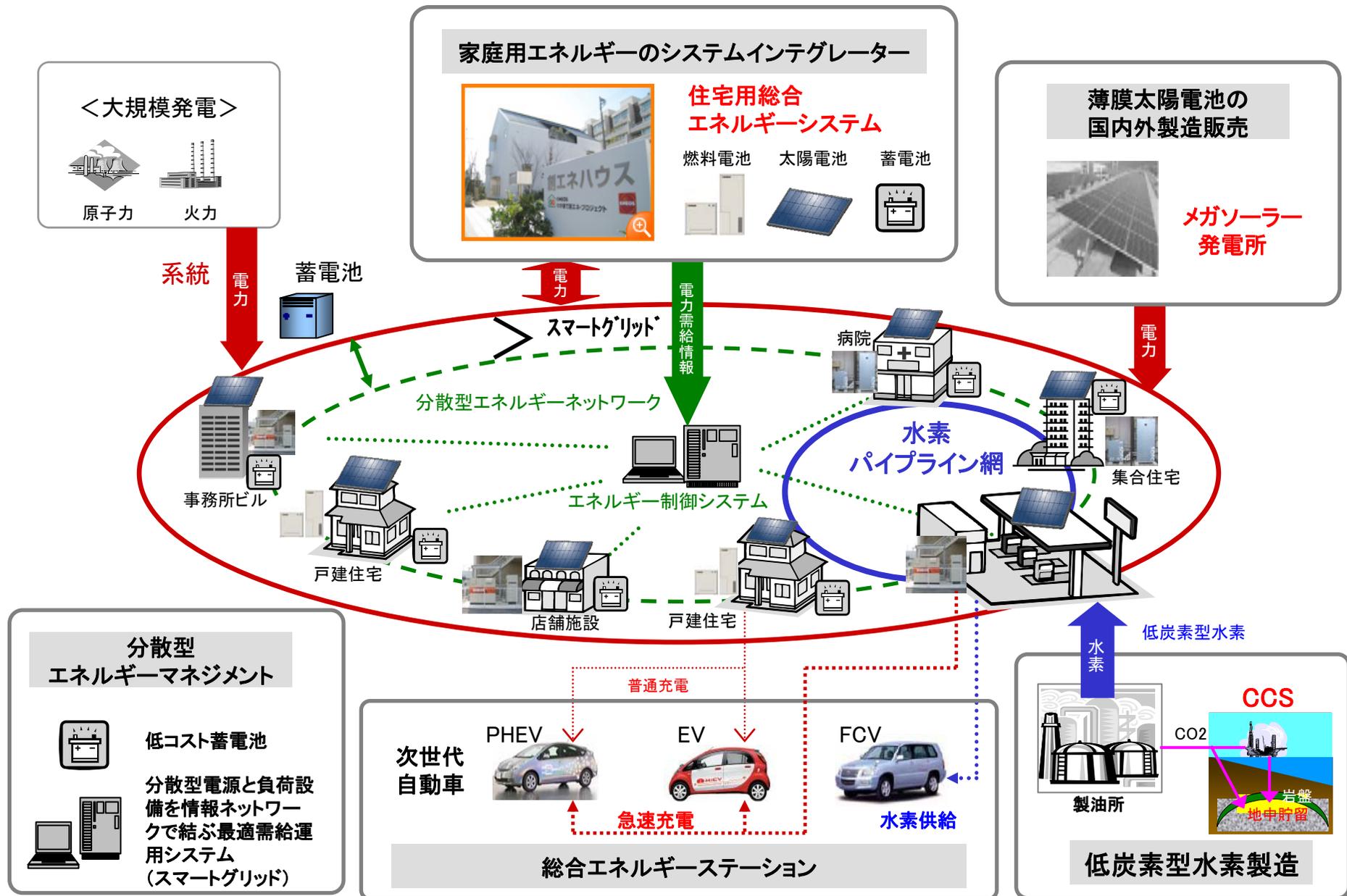
1. **水素ハイウェイ**: 東京都心と羽田空港/成田空港を結ぶ
燃料電池自動車・燃料電池バスの長距離定期走行
2. **北九州水素タウン**: 水素パイプラインから一般家庭等への水素供給
(新日石、新日鉄、岩谷、福岡県による既設の水素ステーションと連携し、供給拠点として利用)



イノベーションの実現とEV、FCV



低炭素社会のエネルギーネットワーク



ご清聴ありがとうございました。

エネルギーを、ステキに。



エネゴリくん

持続可能社会シミュレータ調査委員会
平成21年度 第4回 CEVの普及調査ワーキンググループ
2009/12/16

電気自動車に向けた超軽量CFRPの開発動向

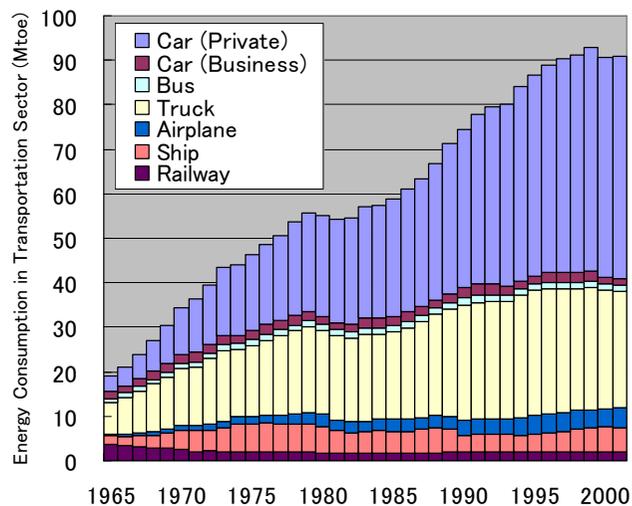
東京大学 大学院工学系研究科 システム創成学専攻
教授 高橋 淳
jun@sys.t.u-tokyo.ac.jp
http://sunshine.naoe.t.u-tokyo.ac.jp/jun/



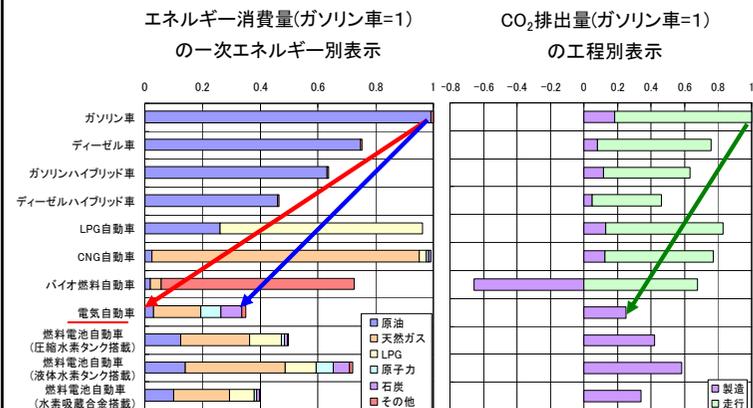
EVとPHEVの軽量化効果

- 車体軽量化は重くて高価な二次電池の減量に効果的
- 車体軽量化がEVやPHEVの低価格化、すなわち省エネ車の早期普及に寄与する

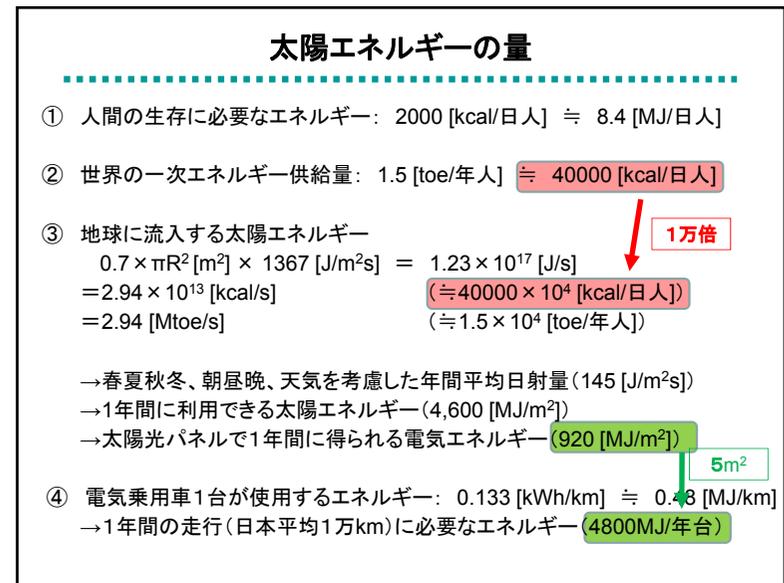
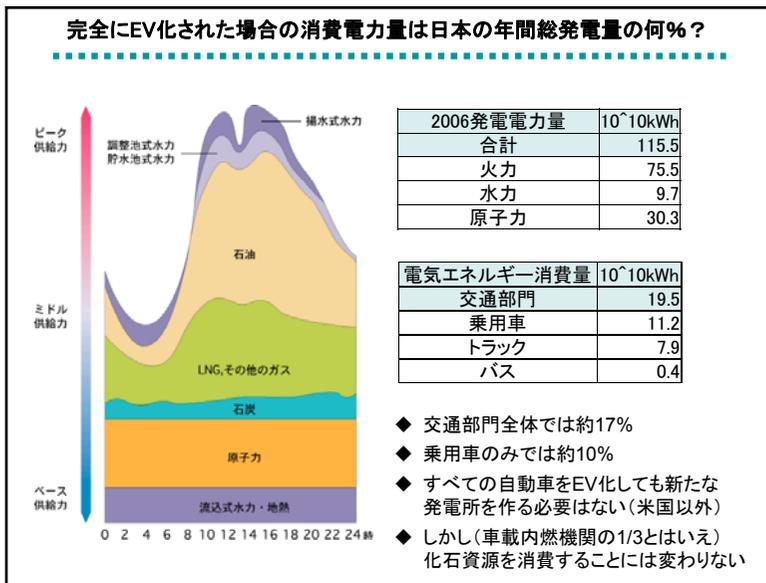
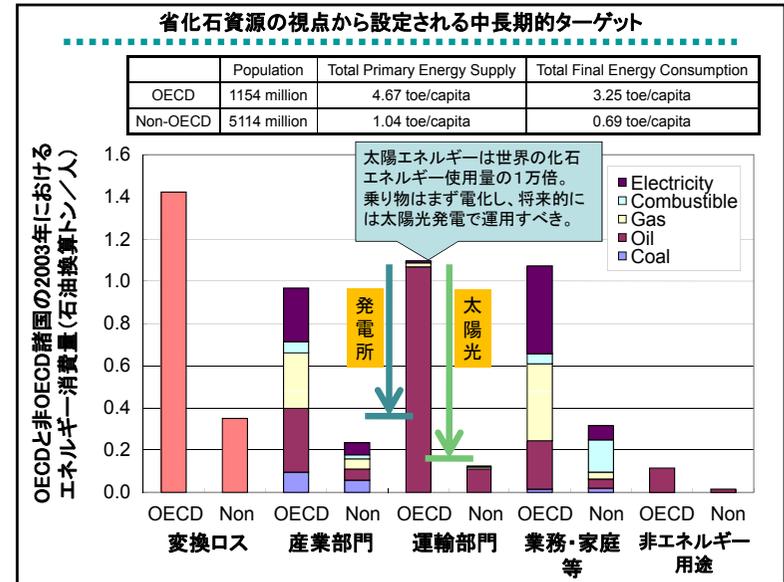
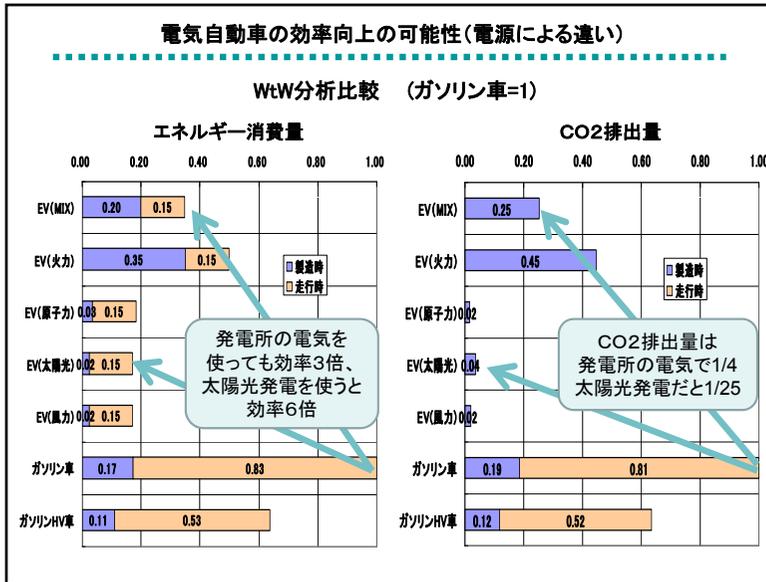
日本の運輸部門におけるエネルギー消費の推移

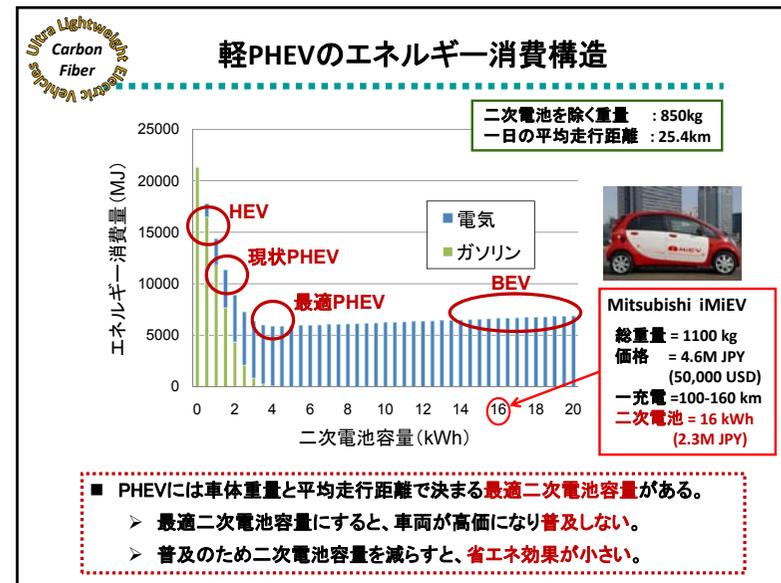
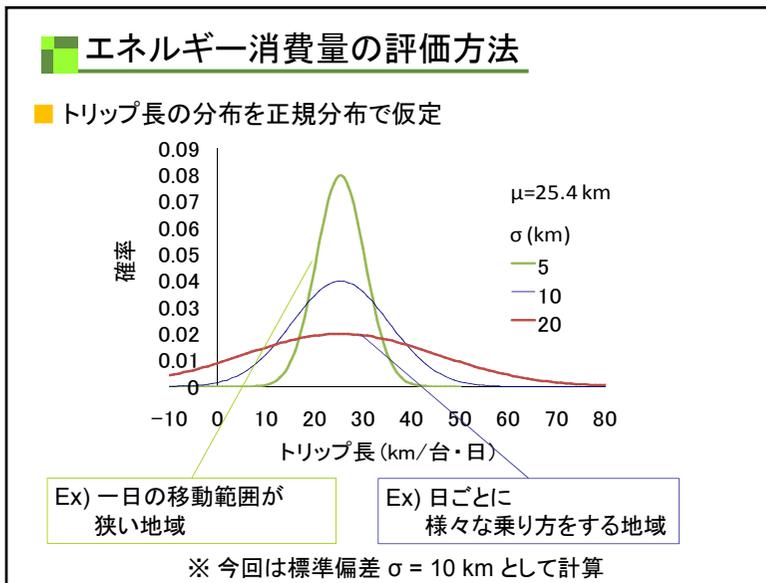
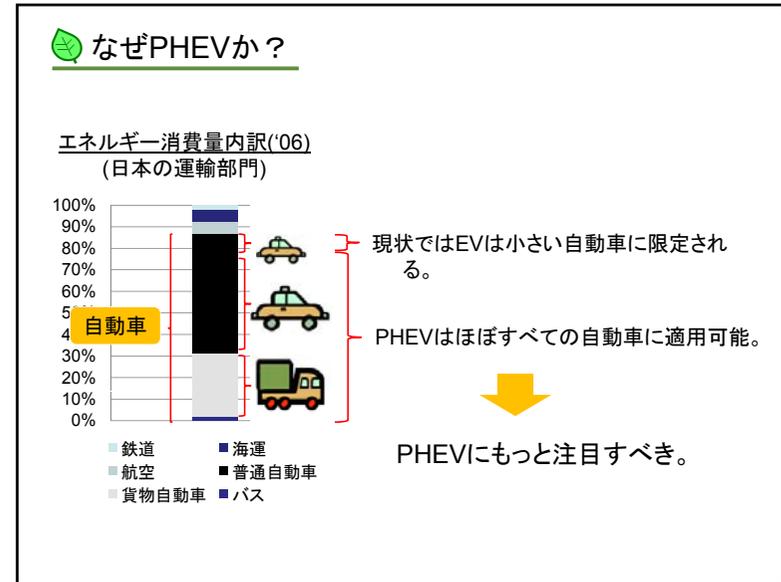
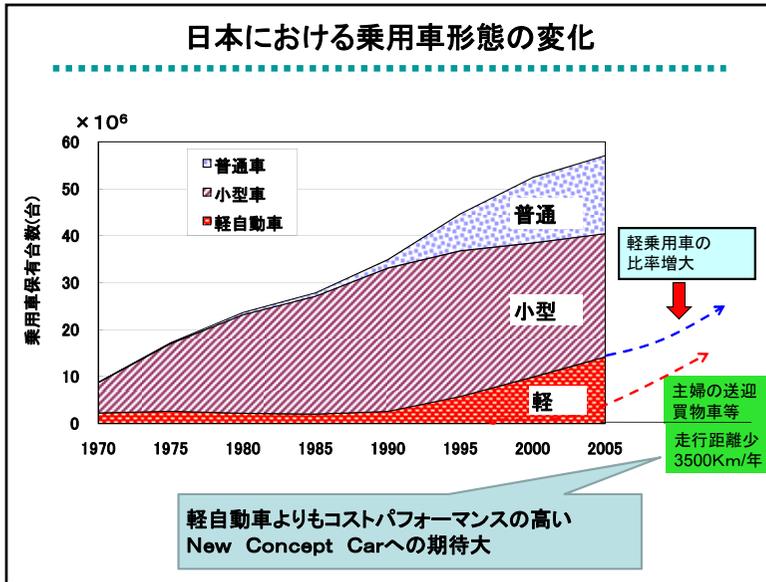


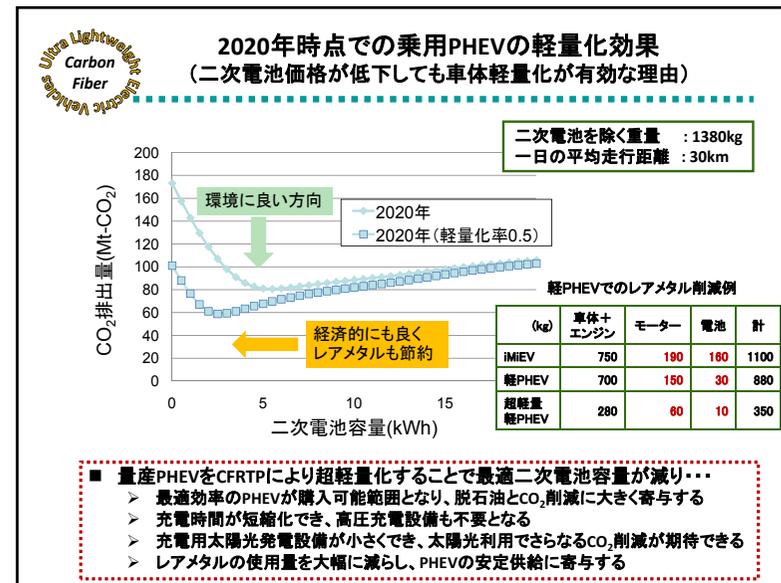
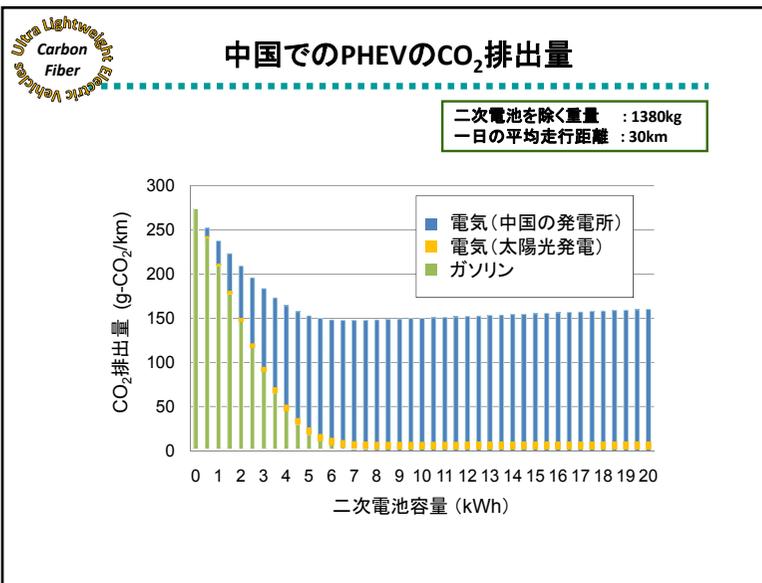
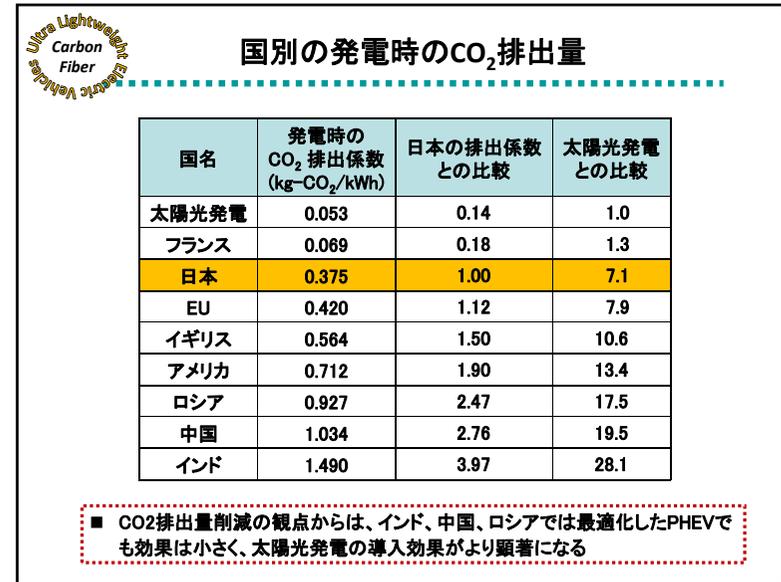
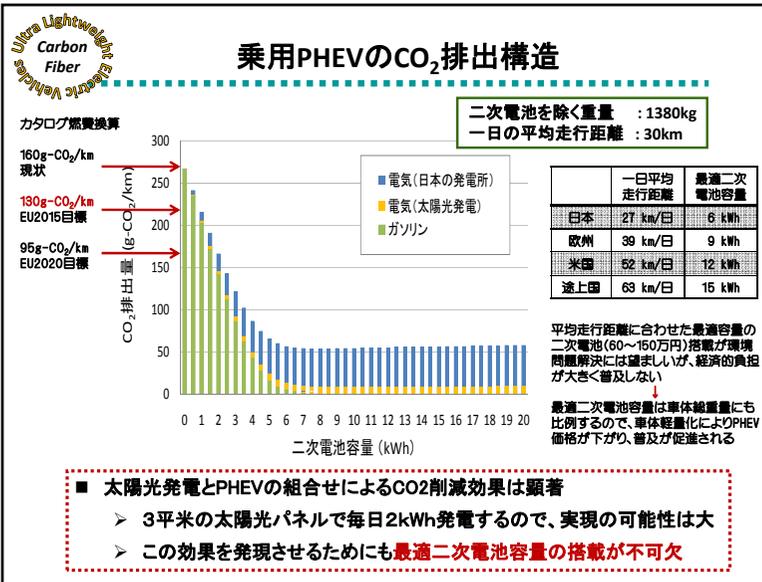
自動車の効率向上の可能性(一次エネルギー別表示)

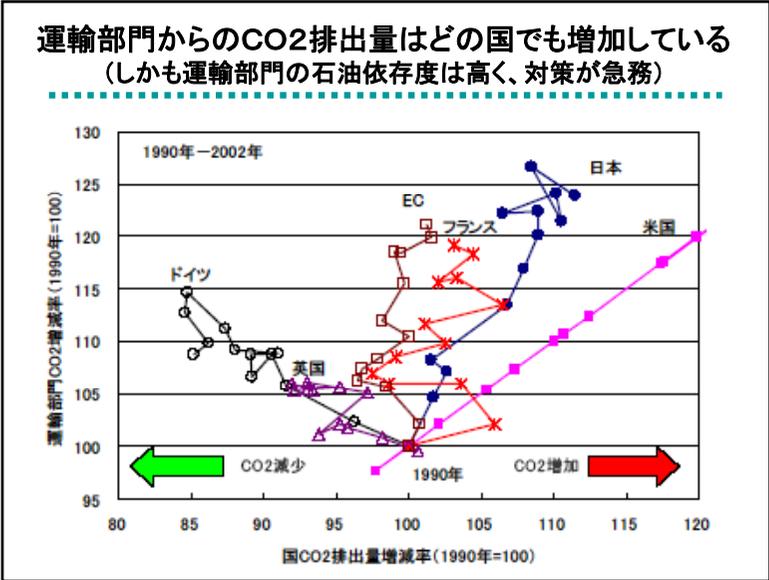
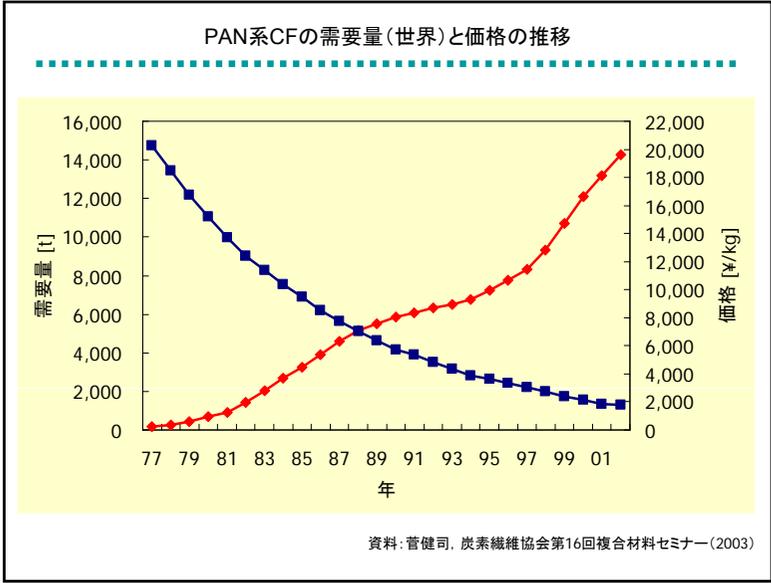
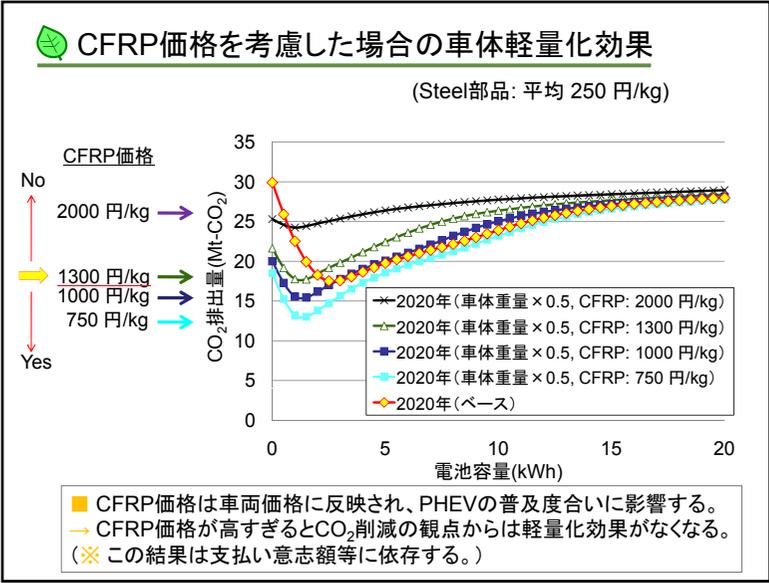


省エネルギー・脱石油・環境負荷低減効果が大いなのは電気自動車

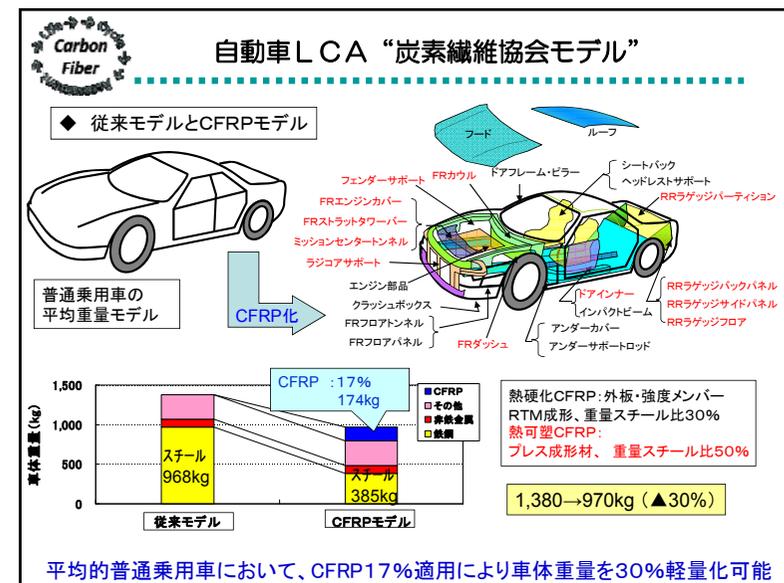
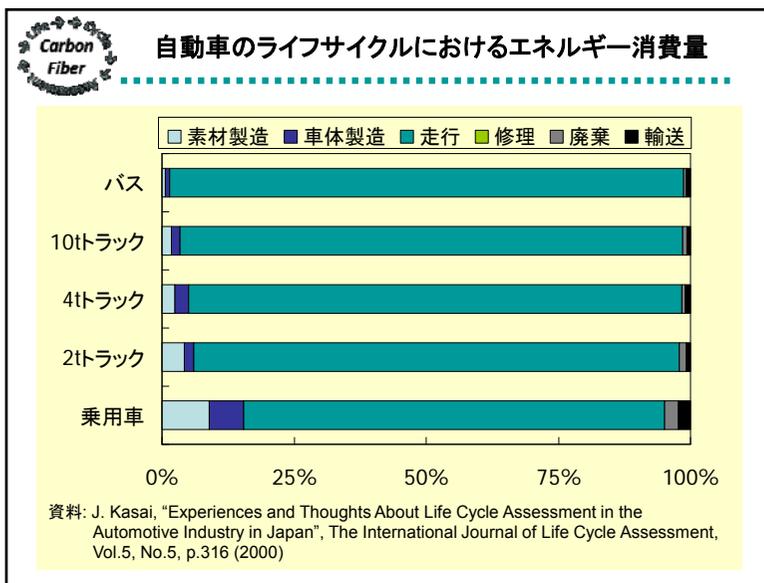
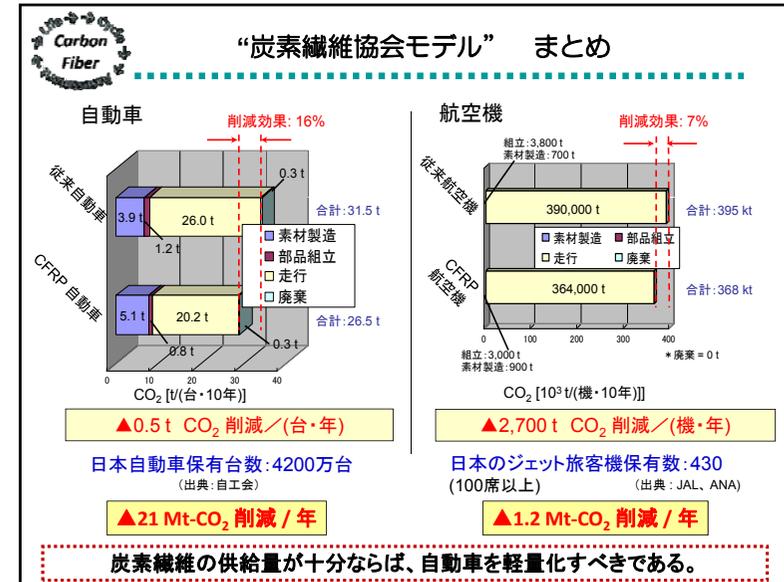
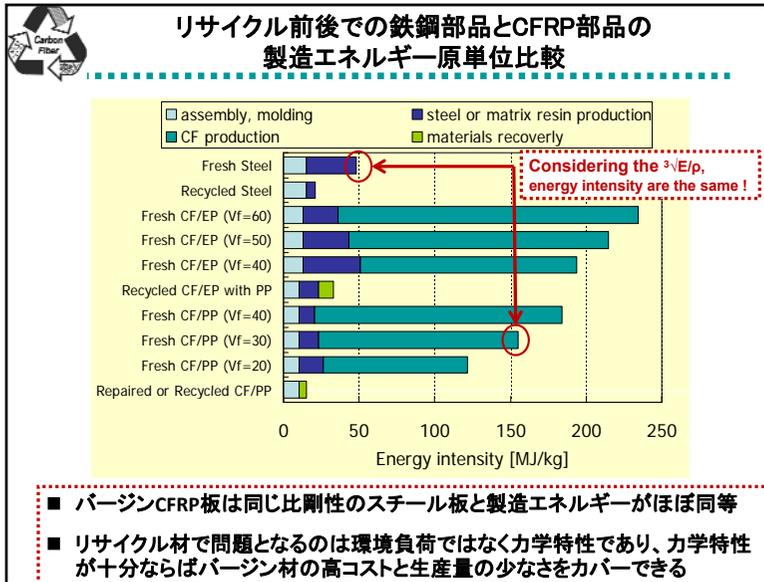






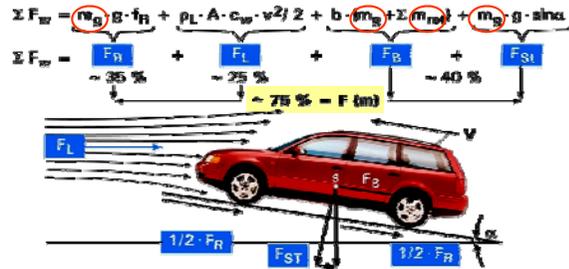


CFRPの軽量化ポテンシャルと要開発技術



自動車の走行抵抗

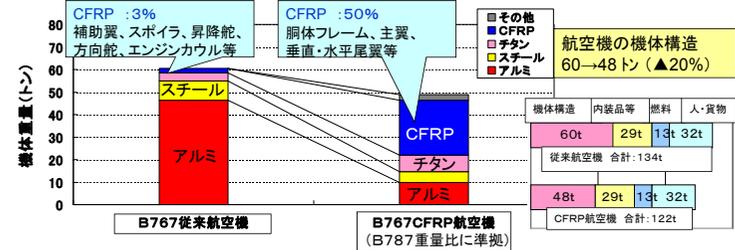
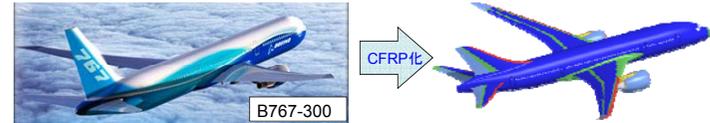
走行抵抗 = ころがり抵抗 + 空気抵抗 + 加速抵抗 + 勾配抵抗



- 走行抵抗の約75%が車両重量に比例する(図中 m_g は車両総重量、 m_{rot} は回転部分相当重量)ので、40%軽量化により30%の燃費向上が期待できる。
- さらに、車両総重量に占めるバッテリーの重量の大きい電気自動車では、軽量化率に比例してバッテリーを軽くできるので軽量化率以上の燃費向上となる。

航空機LCA “炭素繊維協会モデル”

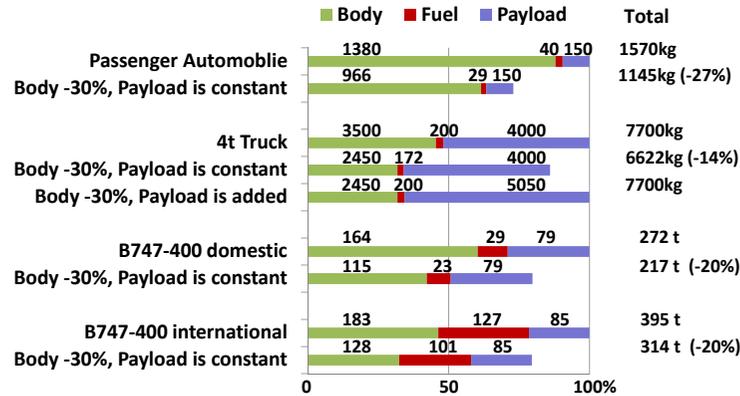
◆ 従来モデルとCFRPモデル



主流となる中型機において、CFRP50%適用により機体構造重量を20%軽量化可能(総重量としては、9%の軽量化に相当)



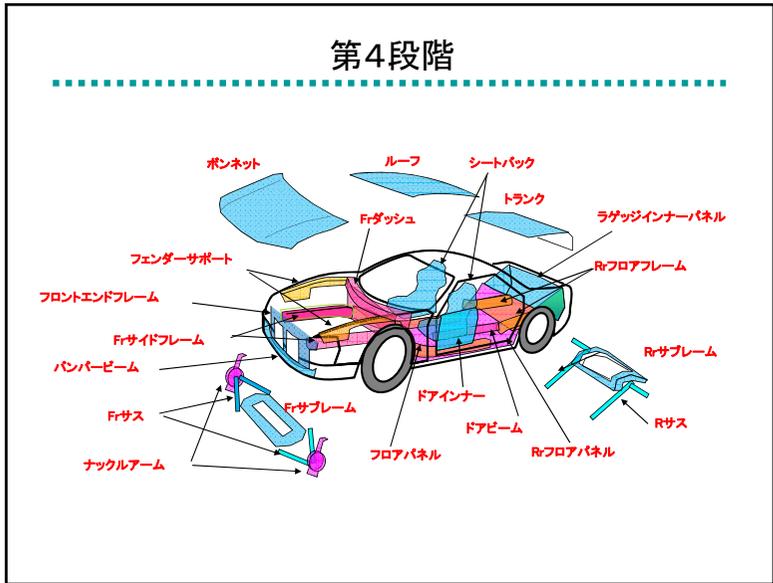
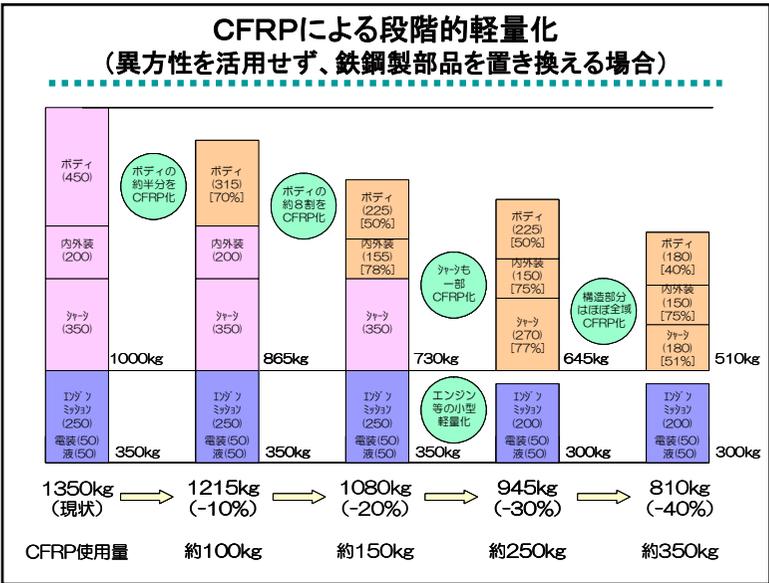
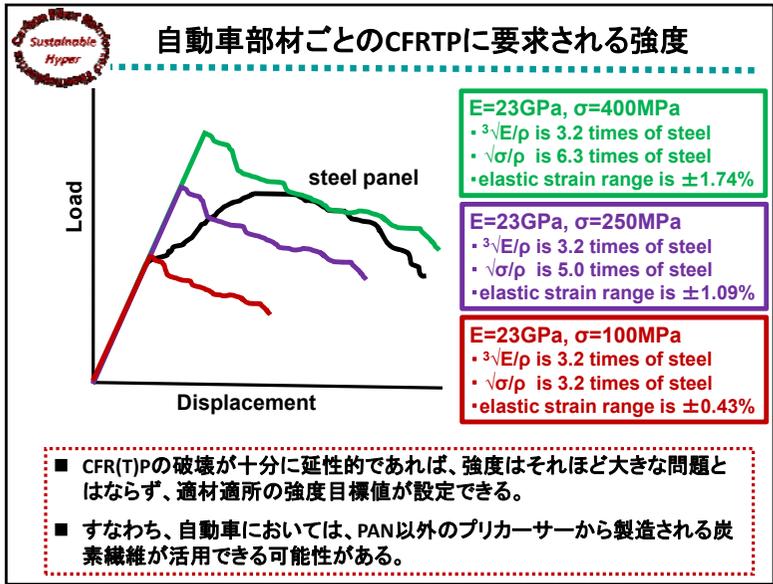
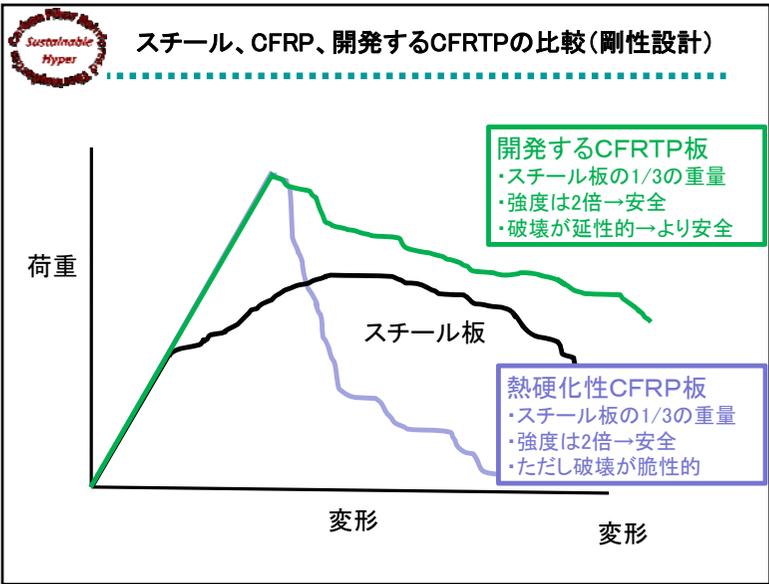
実際の軽量化率 = ボディの軽量化率 × B/(B+P)



Where, $\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta B + \Delta F + \Delta P}{B + F + P} = \frac{\Delta B + \Delta P}{B + P}$ then, if $\Delta P=0$ $\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta B}{B + P}$

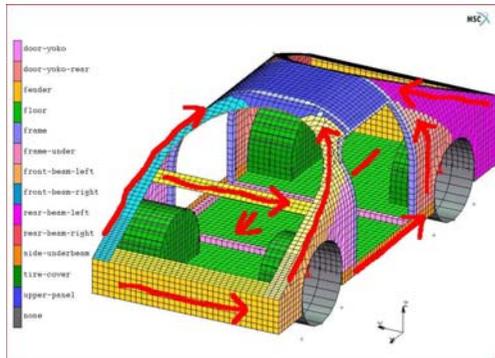
熱可塑性複合材料への期待(航空機用と自動車用の相違点)

	航空機	自動車
将来の年間生産台数	1000機以上/年	1億台以上/年
<将来の保有台数>	<商用機2万台以上>	<乗用車13億台(現在7億台)トラック5億台(現在2.5億台)>
炭素繊維の最大需要量	5万トン以下(歩留まり含む) (歩留まりの有効利用が課題)	1000万トン以上 (市場ゴミの再製品化が課題)
<1台あたりの使用量>	<平均50トン以下/機>	<平均0.1トン以上/台>
ニーズ	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 軽量性 ◇ 低コスト ◇ 小部品の高速成形 ◇ 主構造の耐衝撃安全性 ◇ 耐雷性等電気的性質 ◇ 易修理性→高稼働性 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 軽量性 ◇ 低コスト(スチール同等) ◇ 超高速成形性(~1分) ◇ 耐衝撃安全性 ◇ 耐雷性等電気的性質 ◇ 3R性(廃棄物処分問題)
ソリューション	CF/TP (PEEK, PEKK, PPS#, etc.)	CF/TP (PP, PA, etc.)
課題	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 耐熱性vs.成形性 ◇ 樹脂価格+成形コスト 	<ul style="list-style-type: none"> ◇ 超高速成形+加工法の開発(CFとTPの界面接着性向上) ◇ CF価格低下+生産量増加



異方性とプラスチック特有の一体成形を考慮した場合
(構造部分がさらに30%軽量化可能となる)

	Flexural stiffness	Torsional stiffness	Weight
Isotropic	152	210	151kg
Anisotropic	200	286	151kg



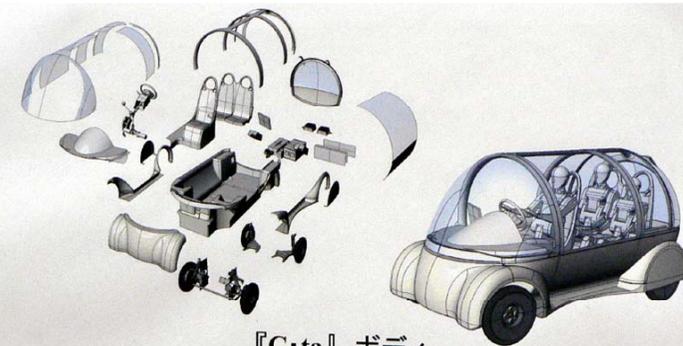
TOYOTA Concept Car "1/X"
(from 1260kg to 420kg by CFRP)



日本自動車研究所の軽量(EV)「C・ta(シータ)」



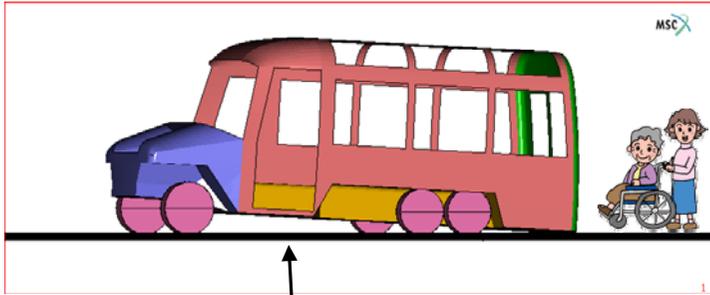
- ◆ 車両総重量(電池を含む)300kg
- ◆ 4輪に定格出力2kWのインホイールモータ
- ◆ 5kWh(33kg)のLiイオン2次電池(航続距離は125km)
 - ◆ 参考:i-MiEVは電池容量16kWhで航続距離160km



『C・ta』ボディ
All Composite 構造超軽量EV

超低燃費コミュニーターバス (FRP用構造設計型)

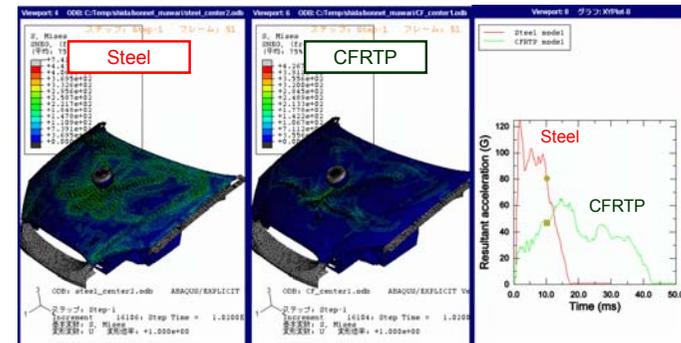
座席下にタイヤを収めることで、超低床、ノンステップ、フルフラットを実現
超軽量・短距離運転であることから、ホイールインモーターの適用も可能



通常時 (サイドニーリング) 車椅子乗降時 (バックニーリング)
床面高さ160mm (世界最高水準) 完全に接地



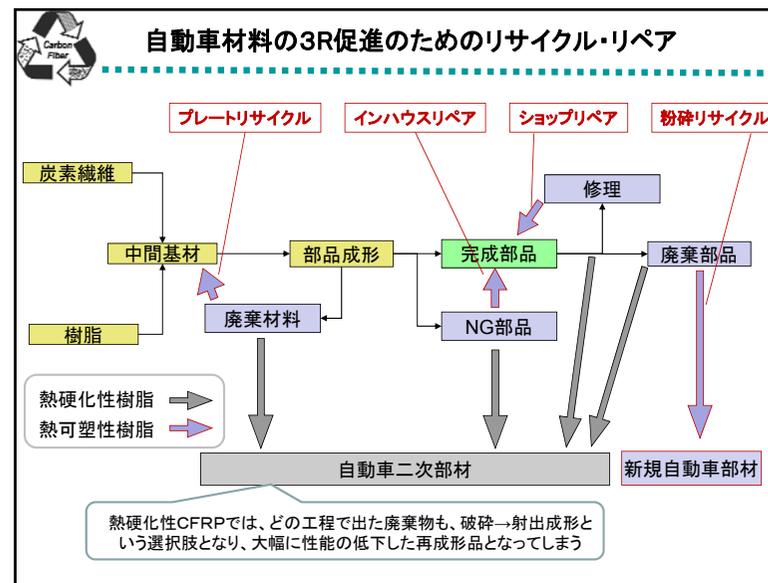
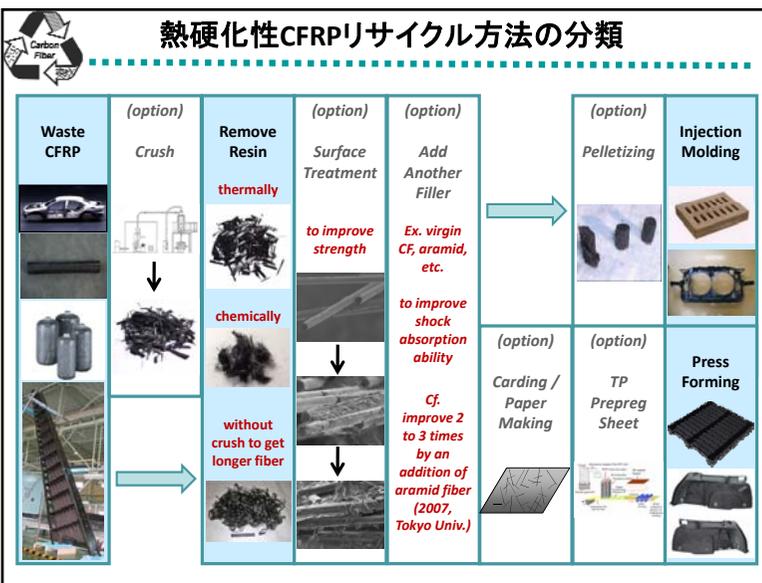
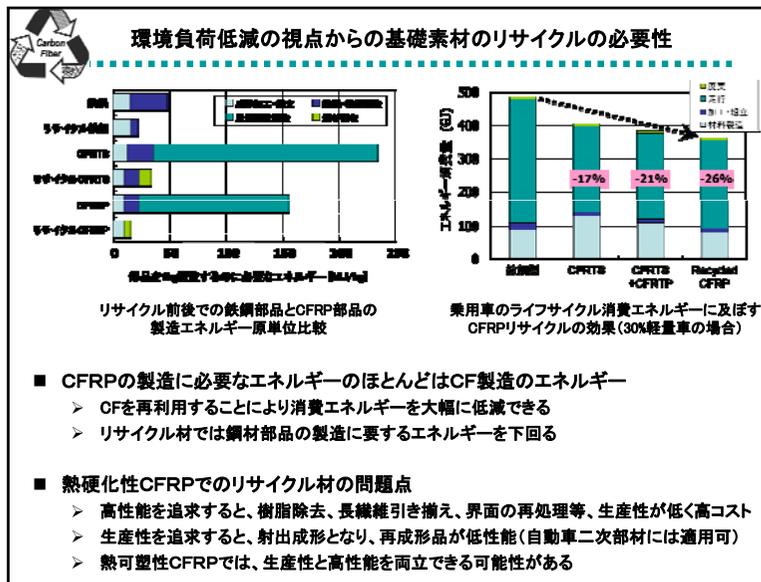
CFRPIによる歩行者保護ボンネットの検討



	HIC	最大合成加速度 (G)
CFRTP model	276	65
Steel model	892	126

既存Steel製ボンネットの
約1/3のHIC
約1/2の最大合成加速度
約1/4の重量
を達成

CFRPの3R



Nd Magnet and Their Applications

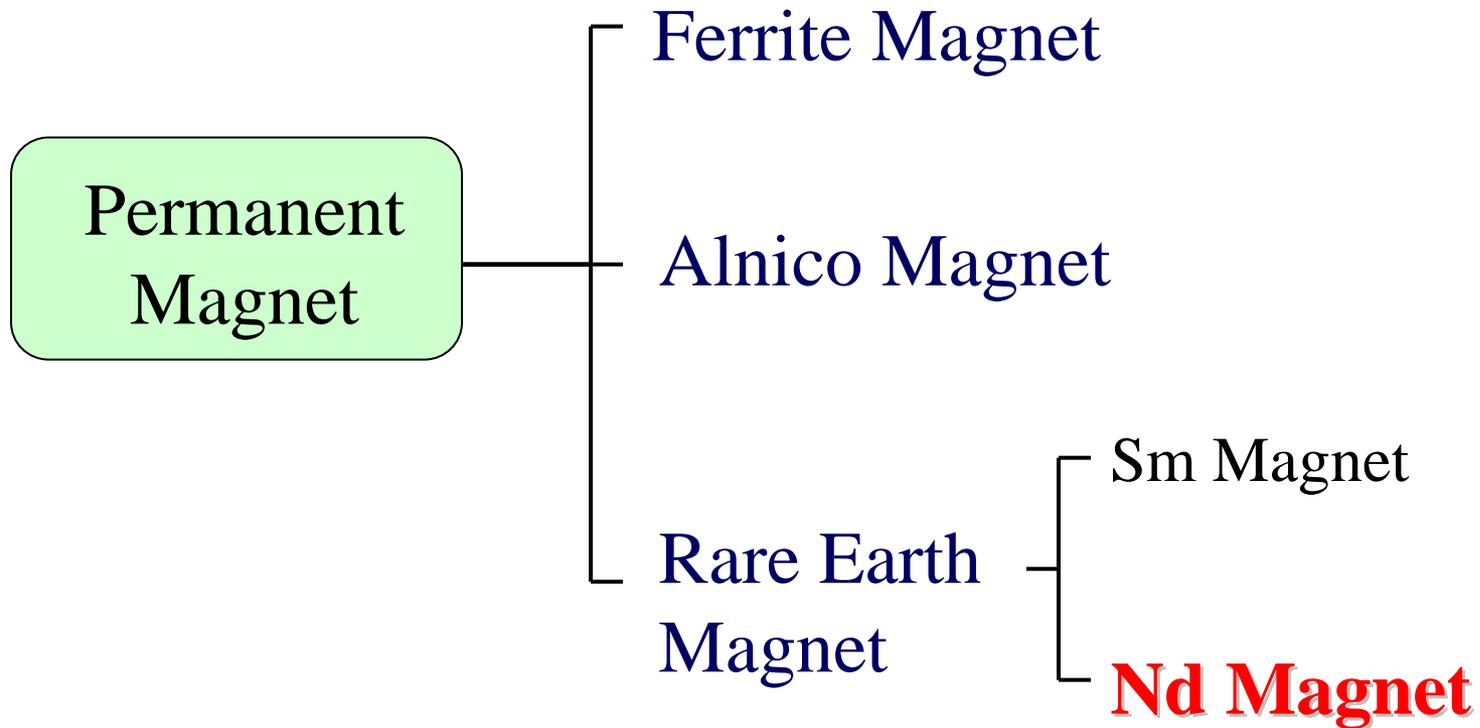
Takehisa Minowa

General Manager

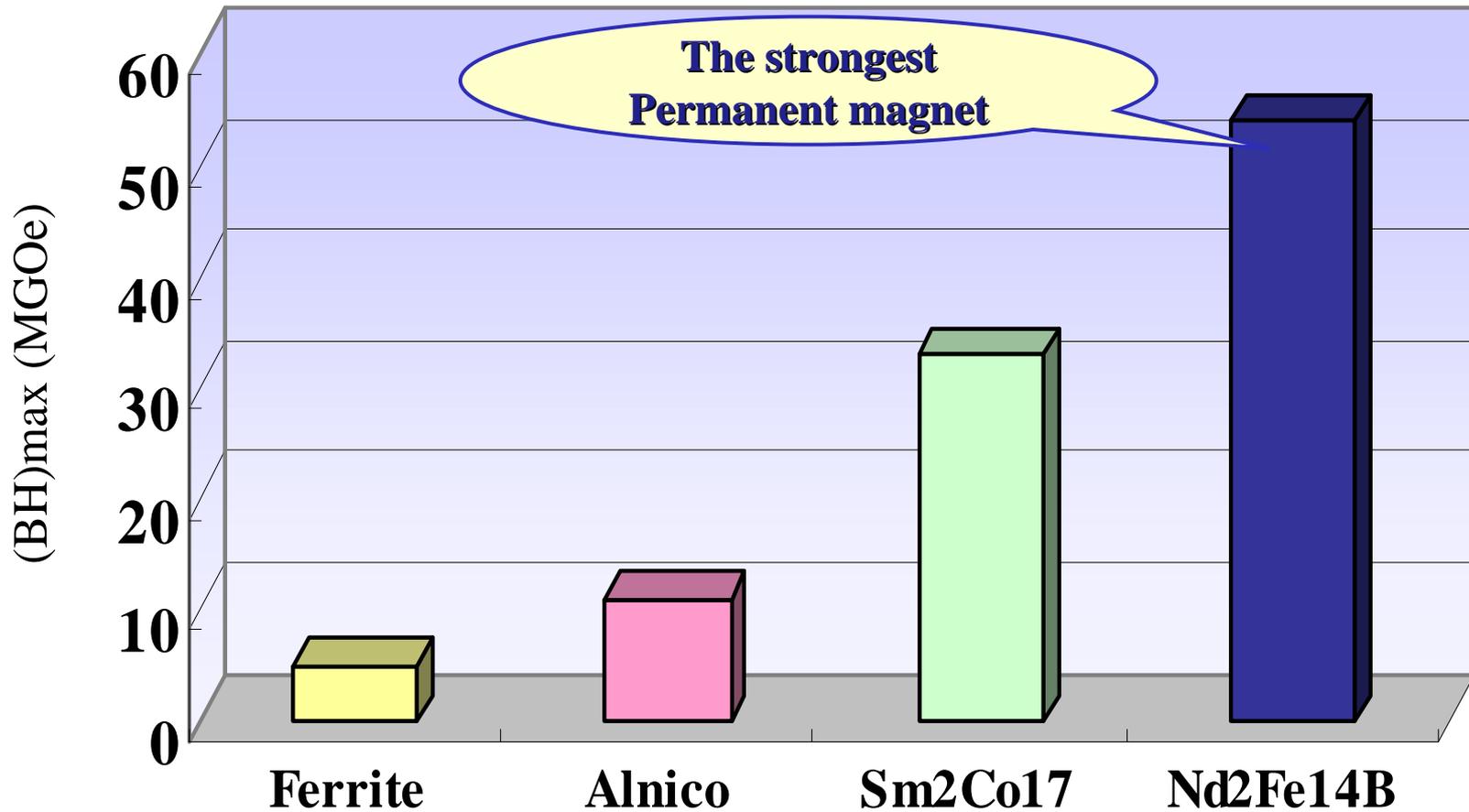
Magnetic Materials R&D Center

Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.

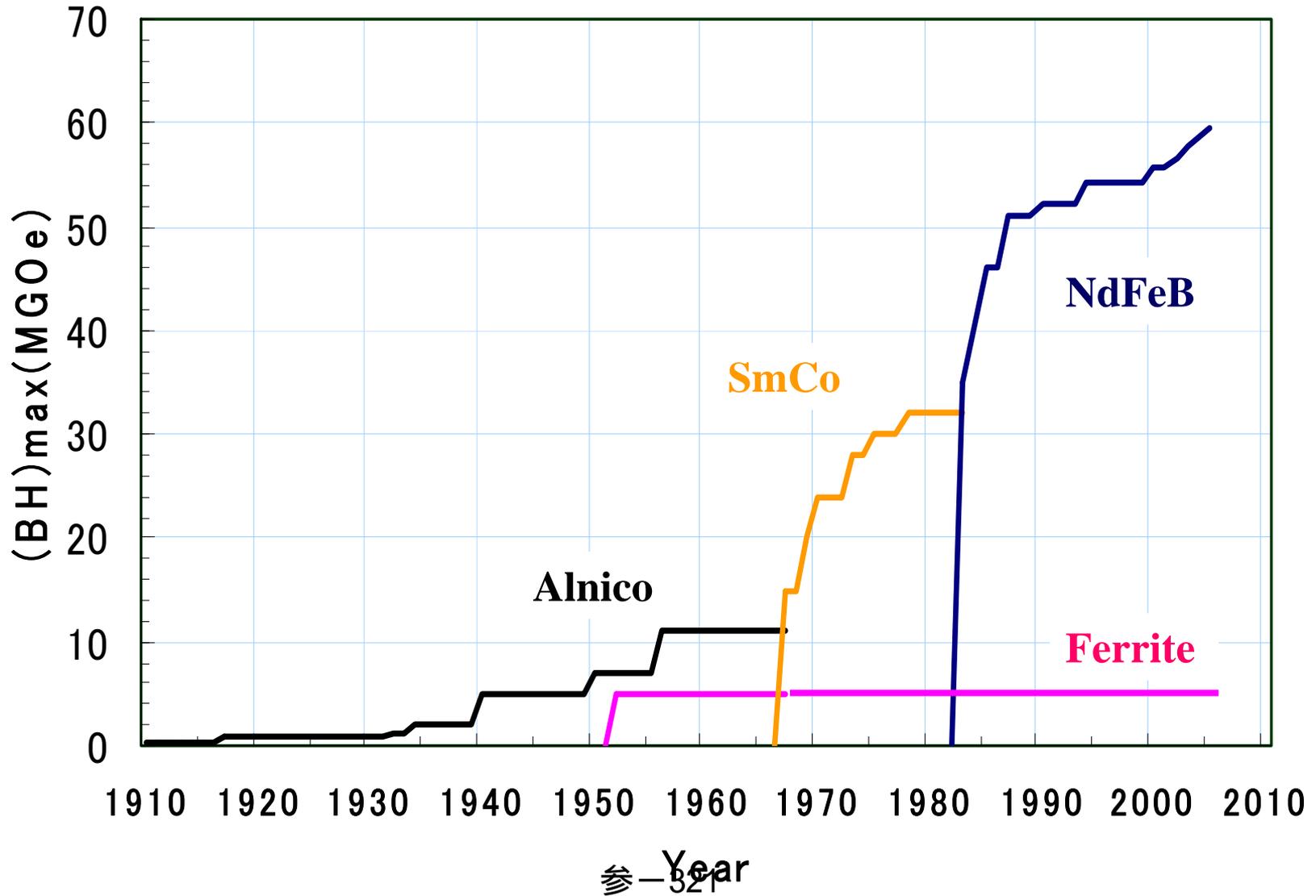
The Classification of Permanent Magnets



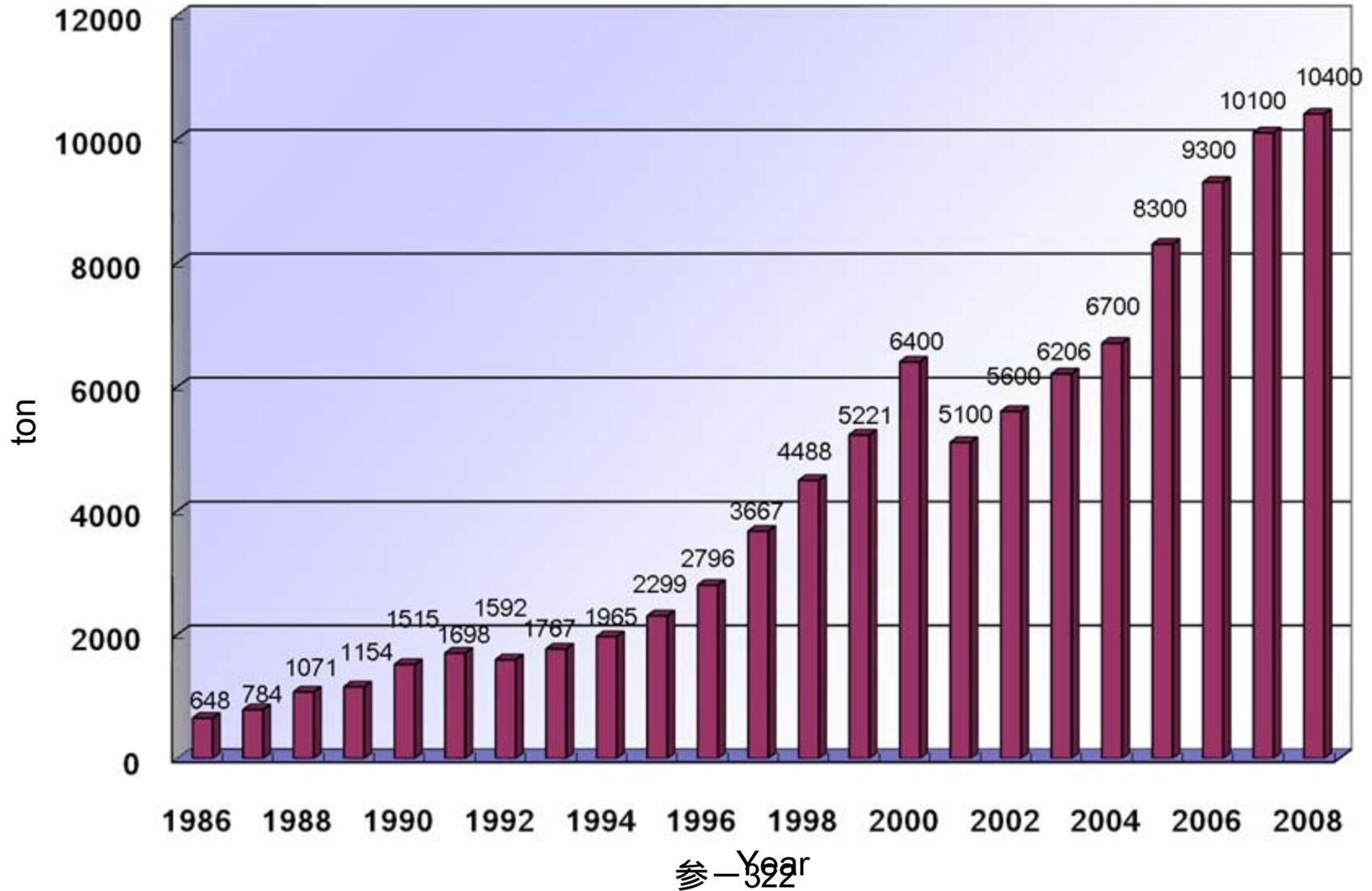
The Property Comparison of Permanent Magnets



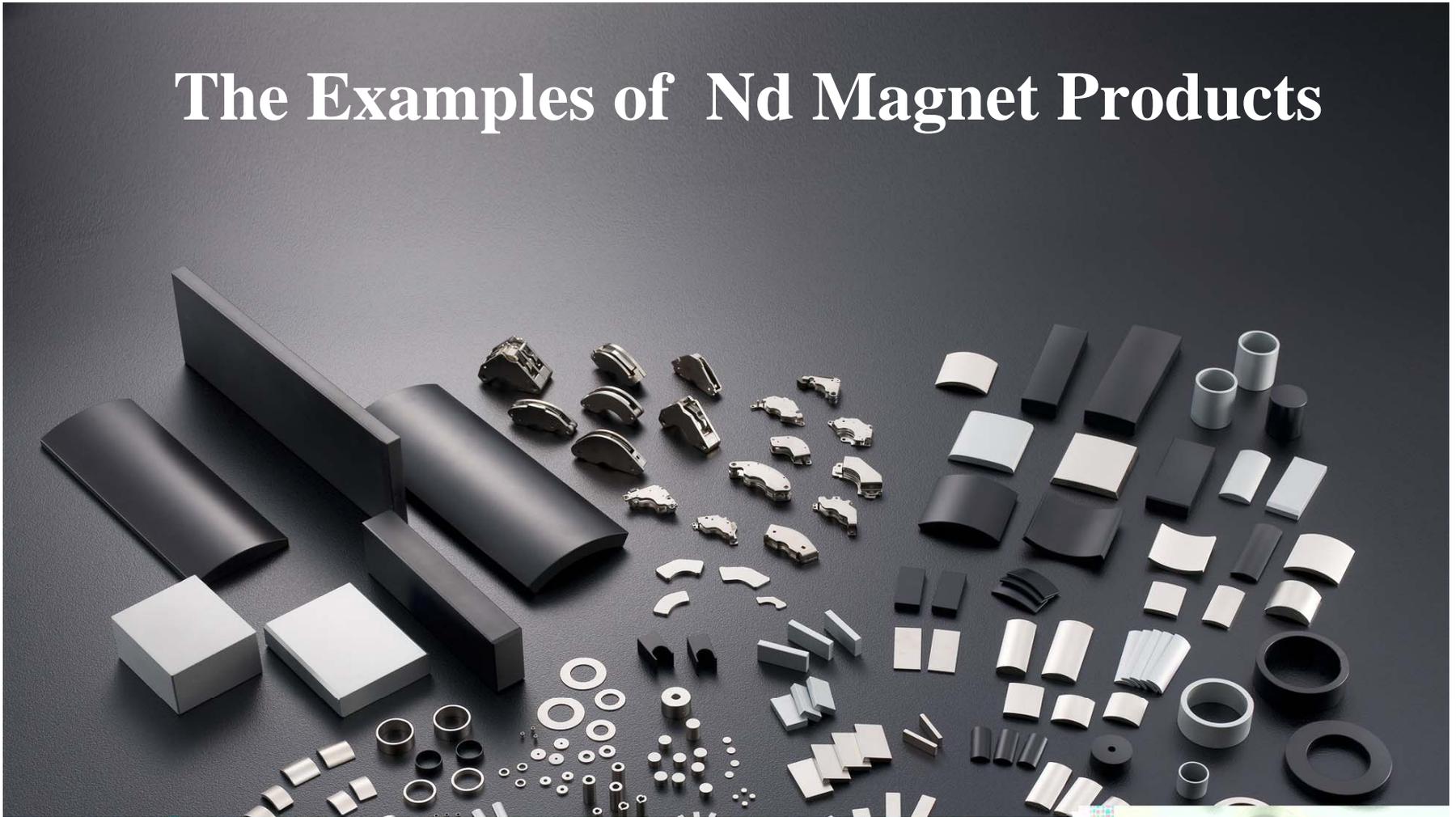
History of the Permanent Magnets



The Production Weight of Rear Earth Magnet in Japan



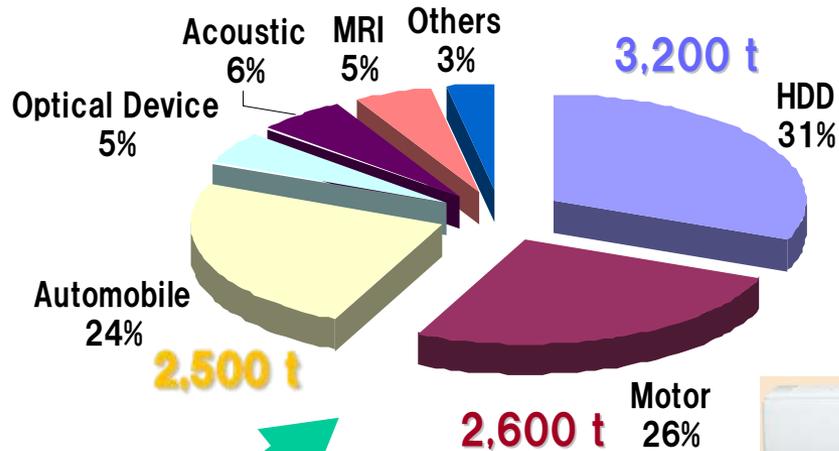
The Examples of Nd Magnet Products



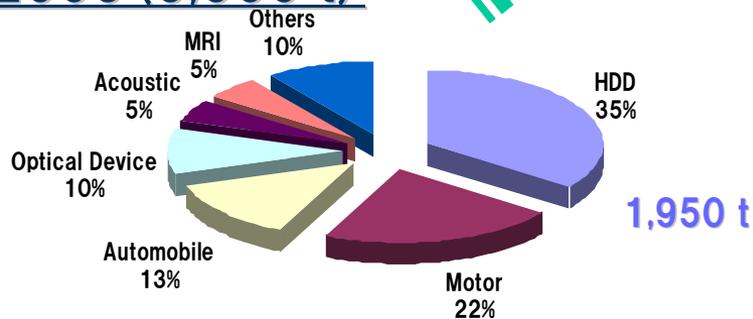
The Applications of Nd Magnet



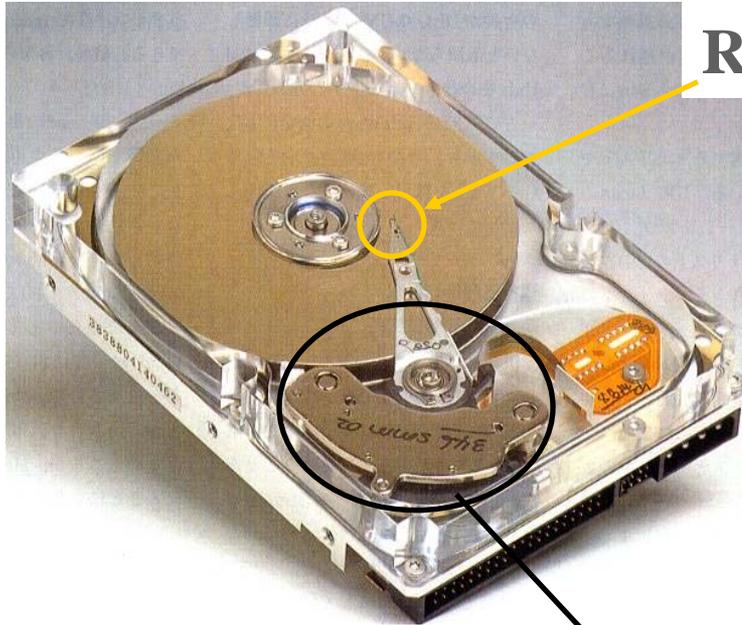
2008 (10,400 t)



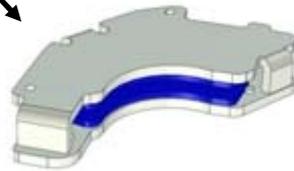
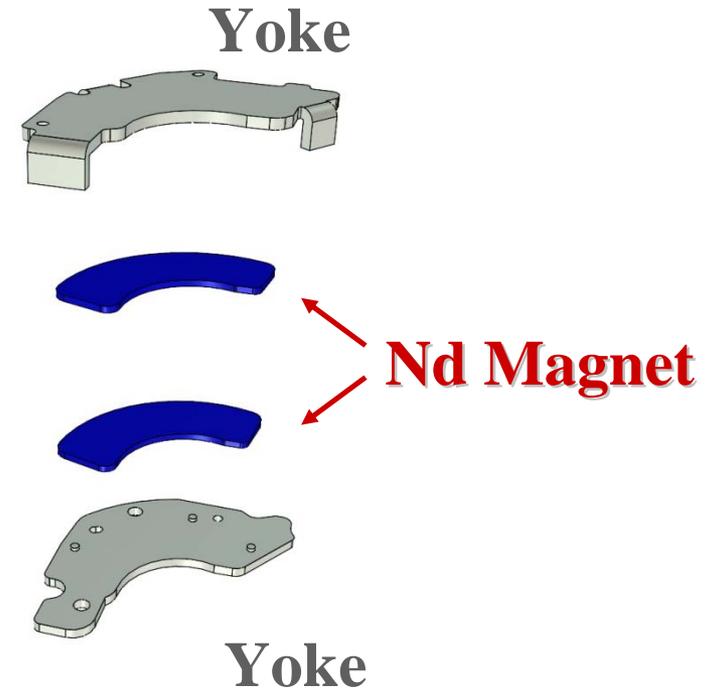
2003 (5,500 t)



VCM Application in Hard Disc Drive

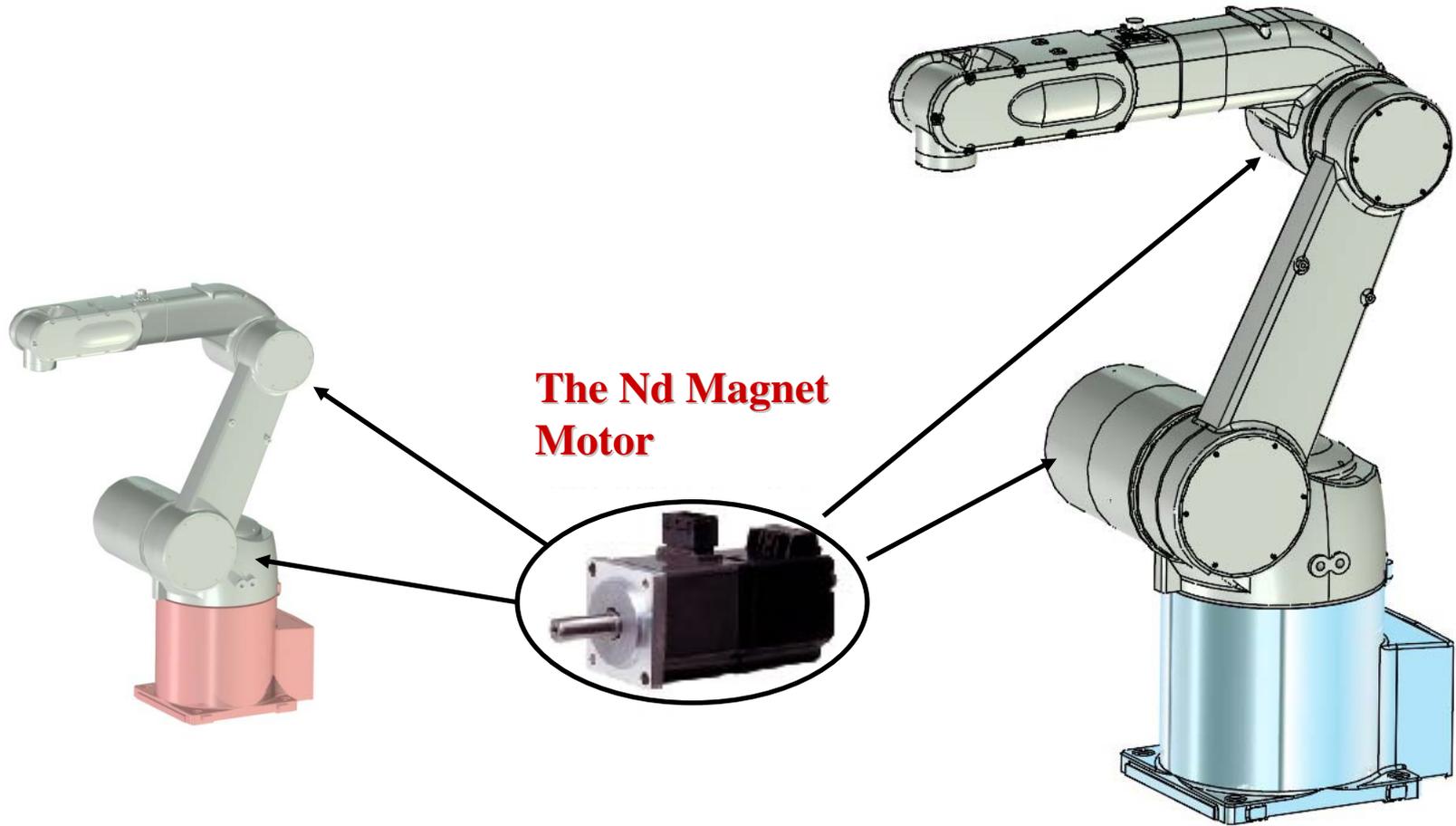


Recording head

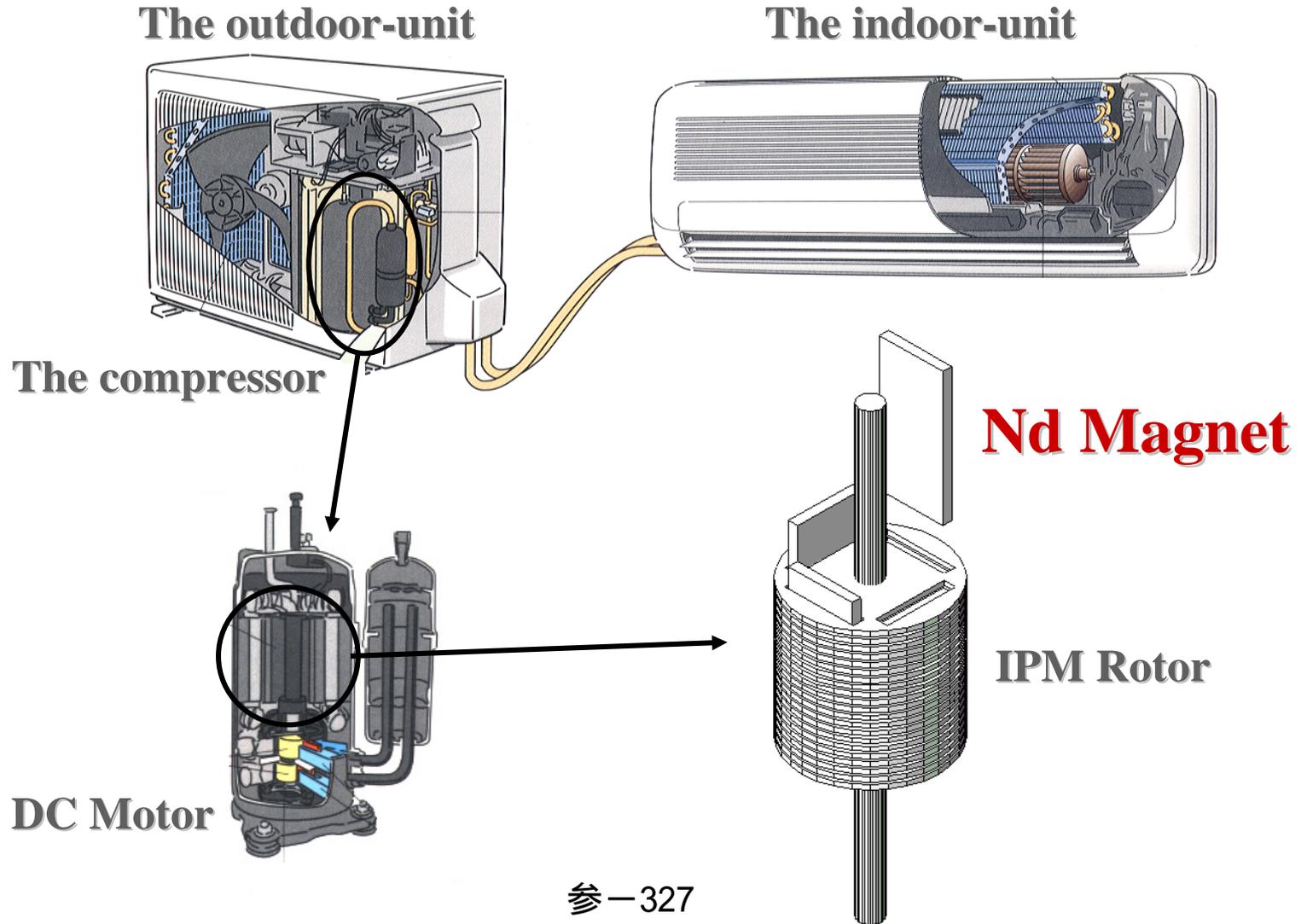


VCM

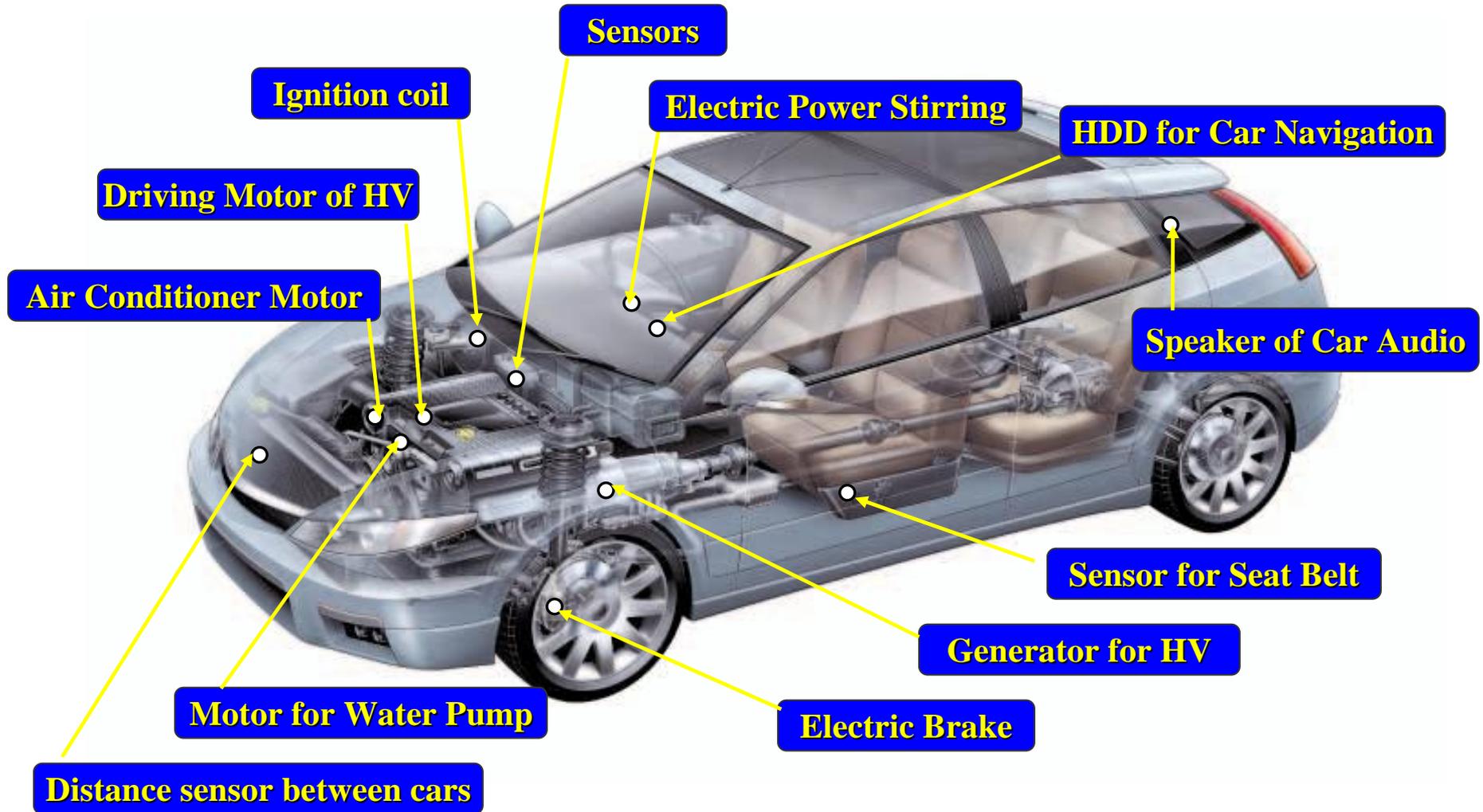
AC Servo Motor with Nd Magnet for Robot



Nd Magnet Motor Application for Air Conditioner



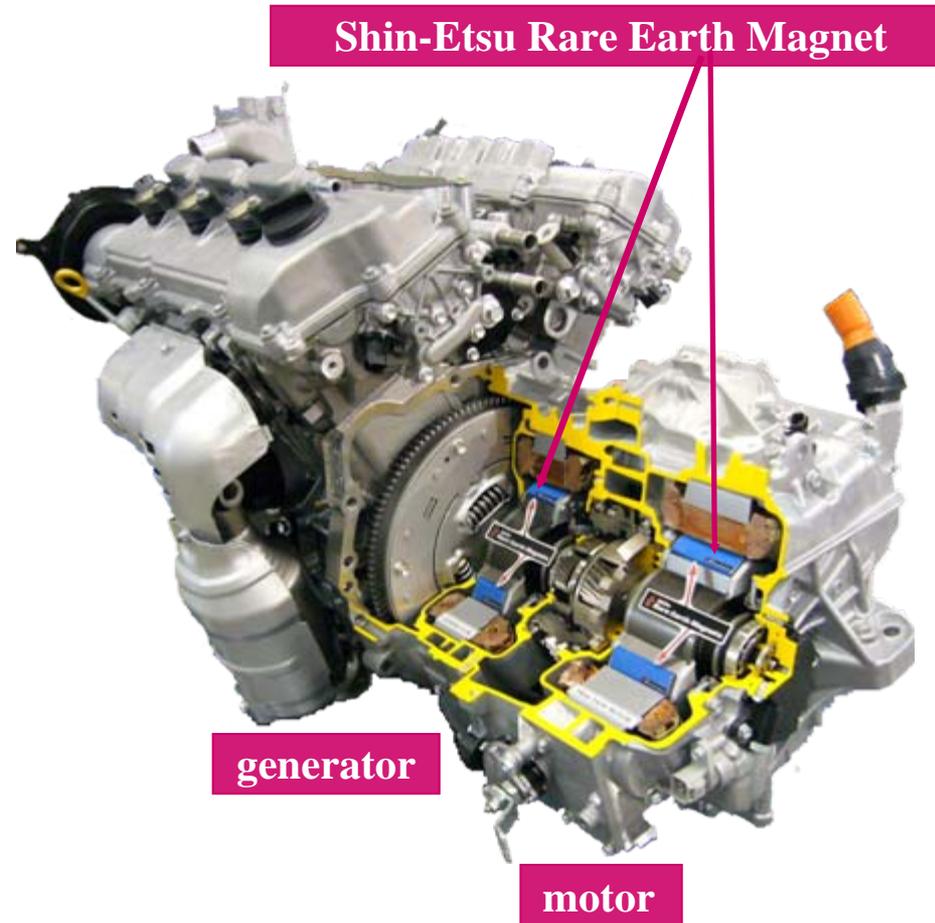
Nd Magnet Applications in an Automobile



Rare Earth Magnet for Hybrid Cars



LEXUS RX400h



Rare Earth Magnets for Plug-in Hybrid and EV



TOYOTA Plug-in Prius



NISSAN EV Leaf



Mitsubishi EV iMIEVE 参-330



MEIDENSHA Magnet Motor for iMIEVE

Wind Turbine Generator



Technical Data

2.5xl

Operating data

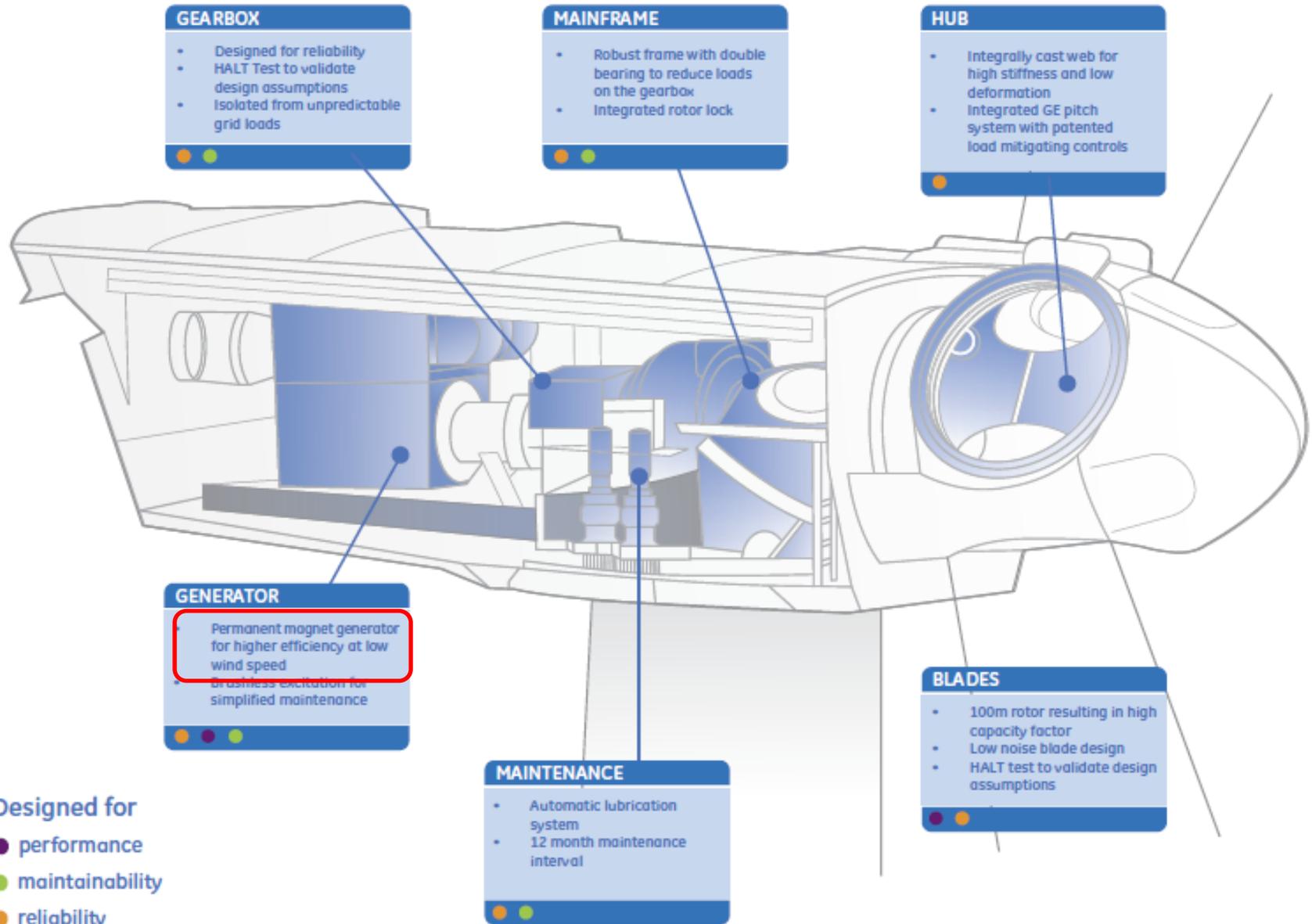
• Rated capacity:	2.500 kW
• Cut-in wind speed:	3,0 m/s
• Cut-out wind speed:	25 m/s
• Rated wind speed:	12,5 m/s
• Wind Class - IEC:	IIIa, IIb

Rotor

• Number of rotor blades:	3
• Rotor diameter:	100 m
• Swept area:	7854 m ²

Tower

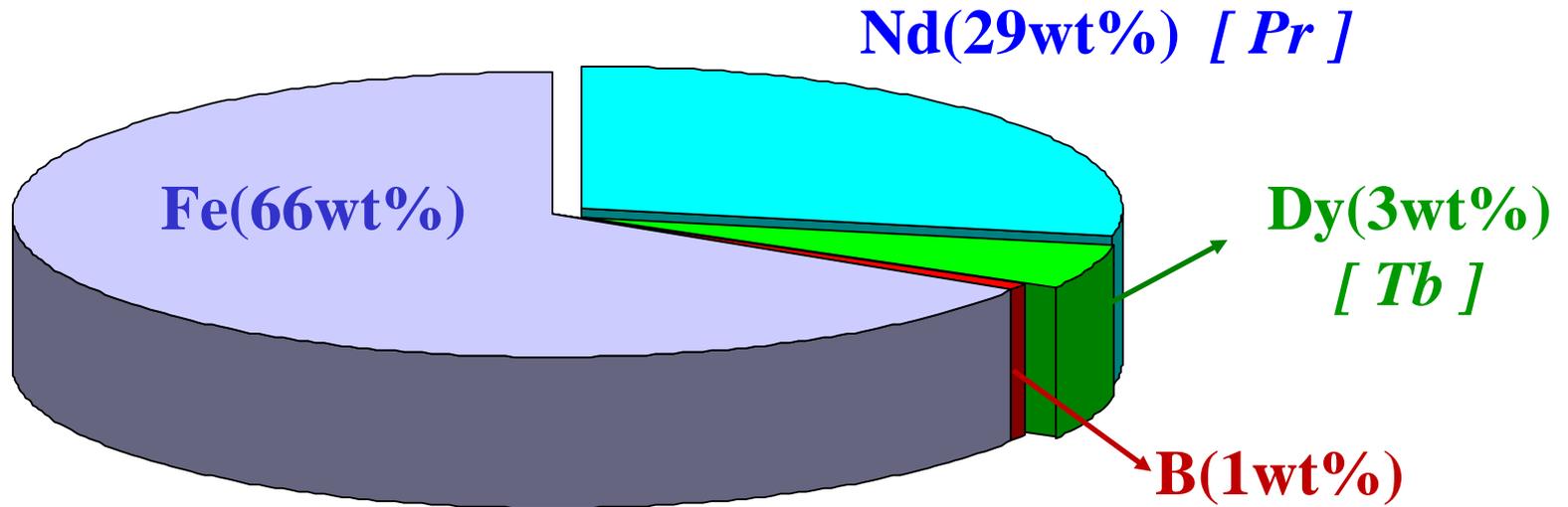
• Hub heights:	75 m, 85 m, 100 m
----------------	-------------------



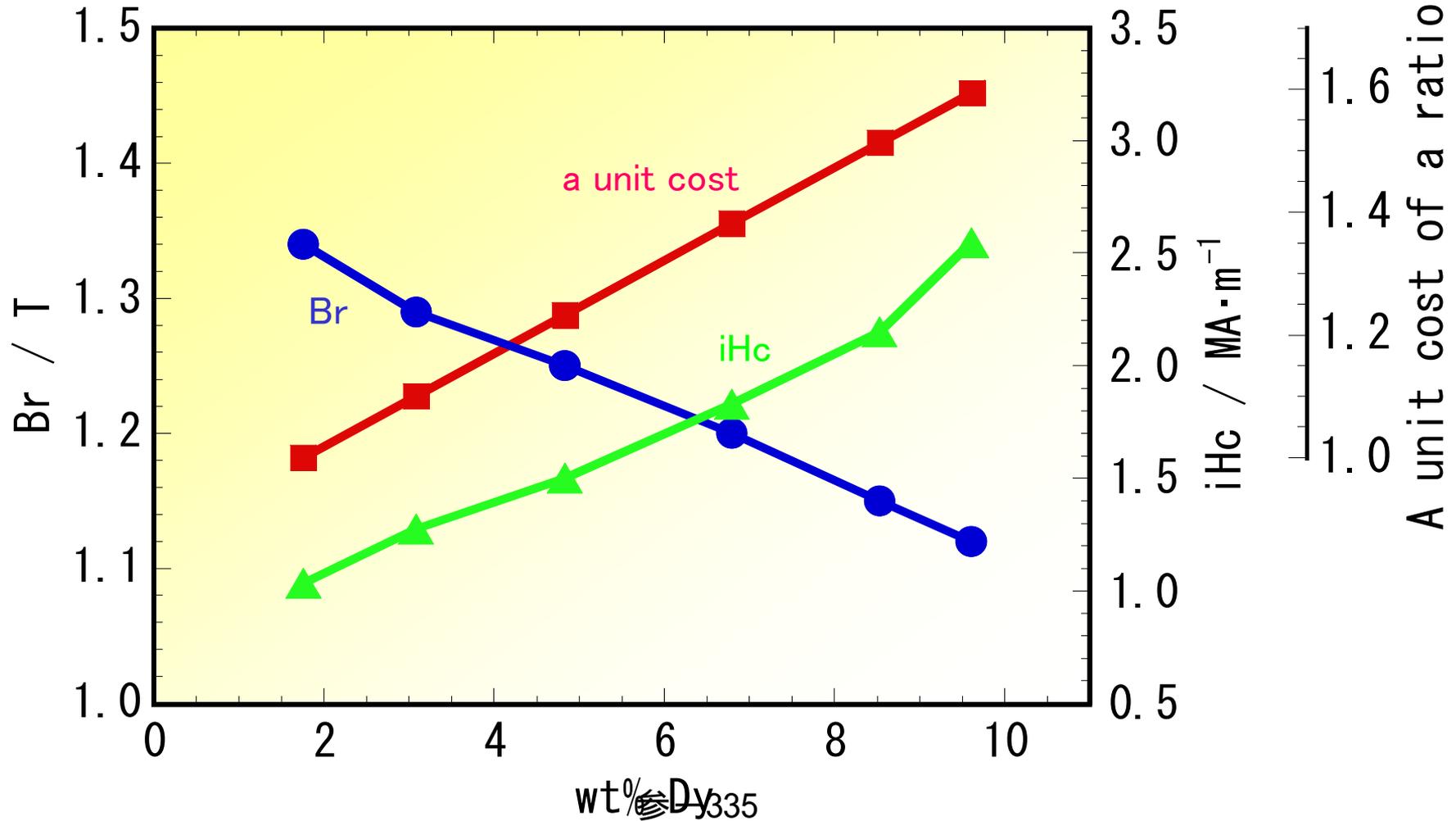
The Applications of Nd Magnet

Field	Classification of the products
Computer	VCM for HDD
Domestic electric appliance	Air conditioner, refrigerator, washing machine, cleaner, digital camera, electric shaver
AV instrument	Mobile phone, speaker, DVD, CD, mobile music player
Industrial motor	Elevator, industrial robot, injection molding machine, NC processing machine, linear motor
Automobile	Driving motor for HV/fuel cell/electric vehicle, car generator, car air conditioner, electric power steering system, car sensor
Others	MRI, motor for train, wind power generator, electric bicycle

A Typical Composition of Nd Magnet



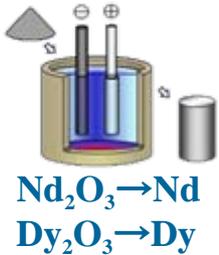
Magnetic Properties and Cost to Dy Concentration



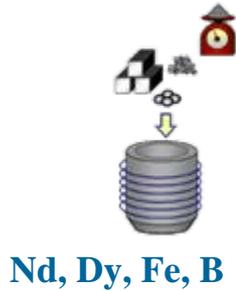
The Manufacturing Process of Nd Magnet

Separation and Refinement of rare earth compounds

Reduction of rare earth oxides to metals



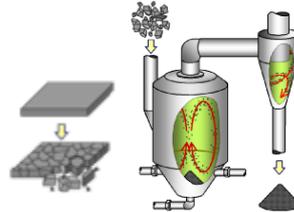
Raw material



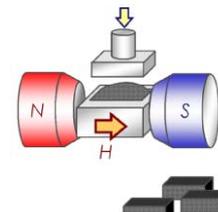
Melting



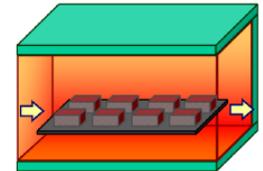
Pulverization



Pressing in a magnetic field



Sintering



Aging



Raw Material Process

Full Automatic Control

Shipping

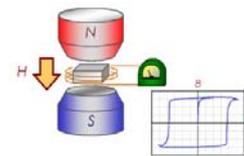
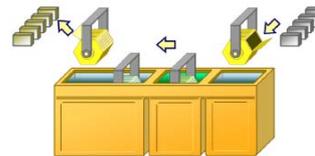
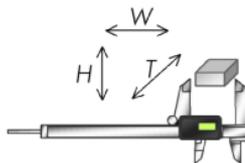
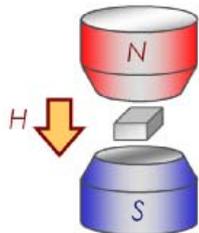
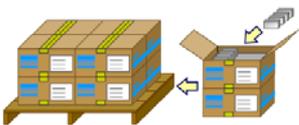
(Magnetization)

Inspection

Surface treatment

Machining

Magnetic property inspection



Machining and Surface Treatment Process (for overseas)

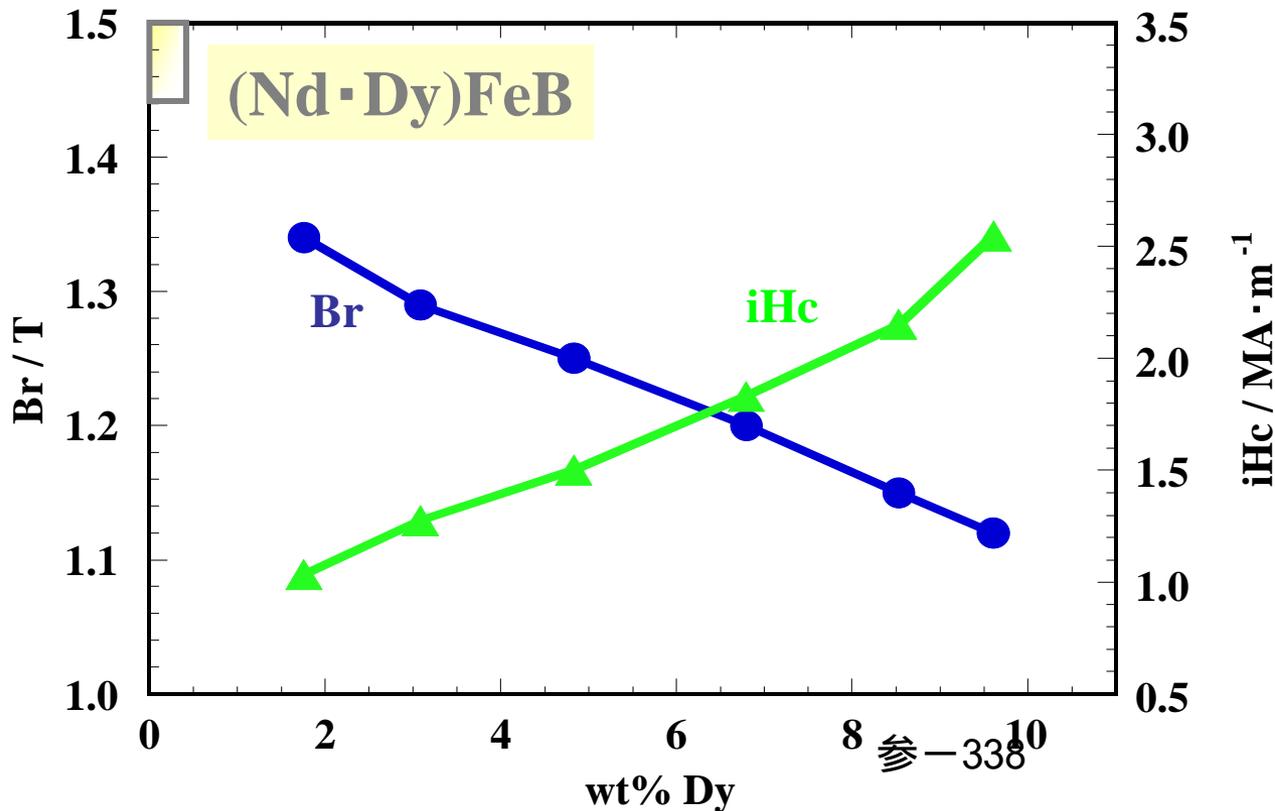
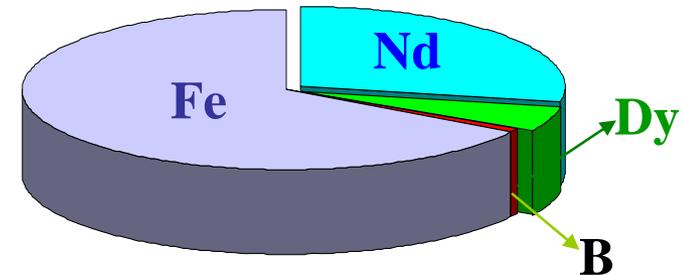
世界の希土類資源

信越化学工業(株)

磁性材料研究所

美濃輪武久

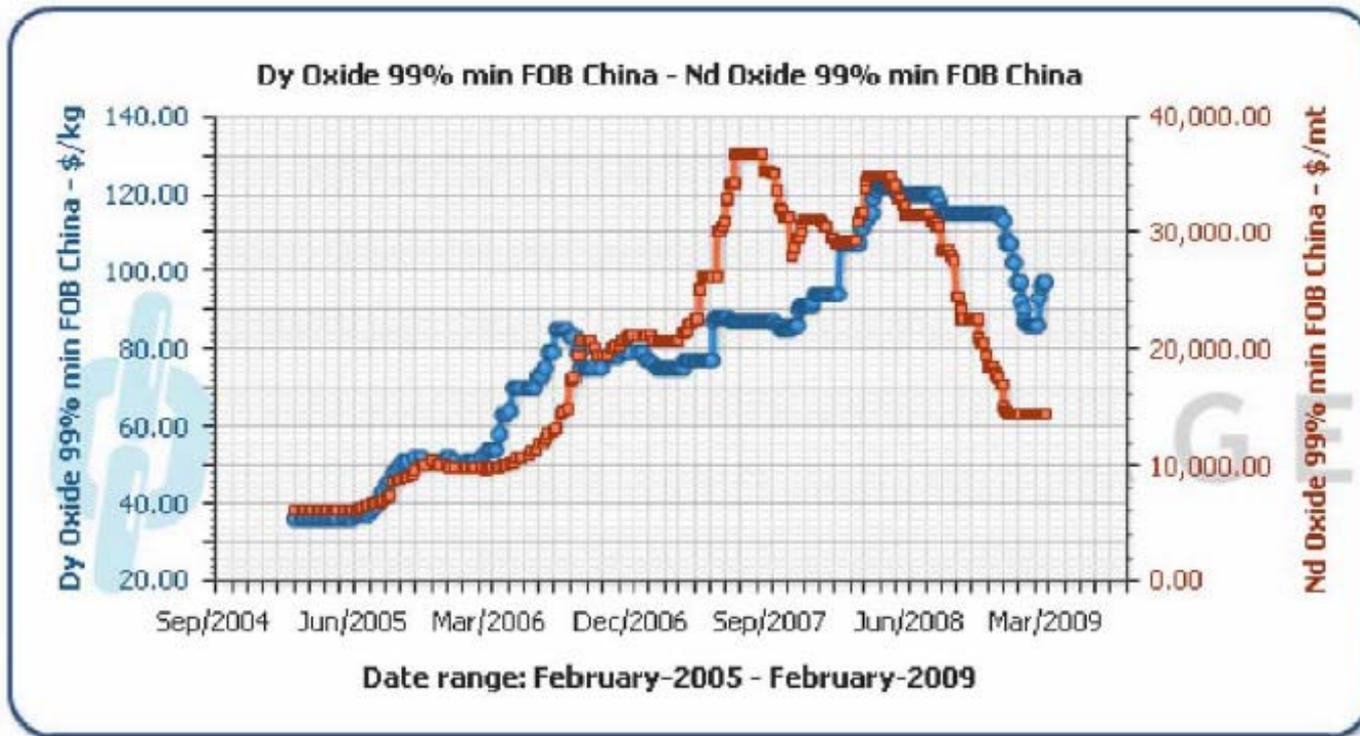
The Typical Composition of Nd Magnet and the Effect of Dy Addition





Dy, Nd Oxide Price Trends

Source: Metal-Pages.com basis FOB China



Periodic Table

1 H																	18 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*1	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	*2	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

*1 ランタノイド:

57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

*2 アクチノイド:

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

各種元素の地殻中の存在量

元素	存在質量比 (ppm)	元素	存在質量比 (ppm)	元素	存在質量比 (ppm)
Ti	4400	Y	33	Sm	6
Mn	950	La	30	Gd	5.4
Ba	425	<u>Nd</u>	25	<u>Dy</u>	4.8
C	200	Co	25	Sn	2
Zr	165	Nb	20	Mo	1.5
V	135	Li	20	W	1.5
Cr	100	Ga	15	Eu	1.2
Ni	75	Pb	13	<u>Tb</u>	0.8
Zn	70	B	10	In	0.1
Ce	60	<u>Pr</u>	8.2	Pt	0.01
Cu	55	Th	7.2	Au	0.004

資源となる金属鉱床の種類

(1) 火成鉱床

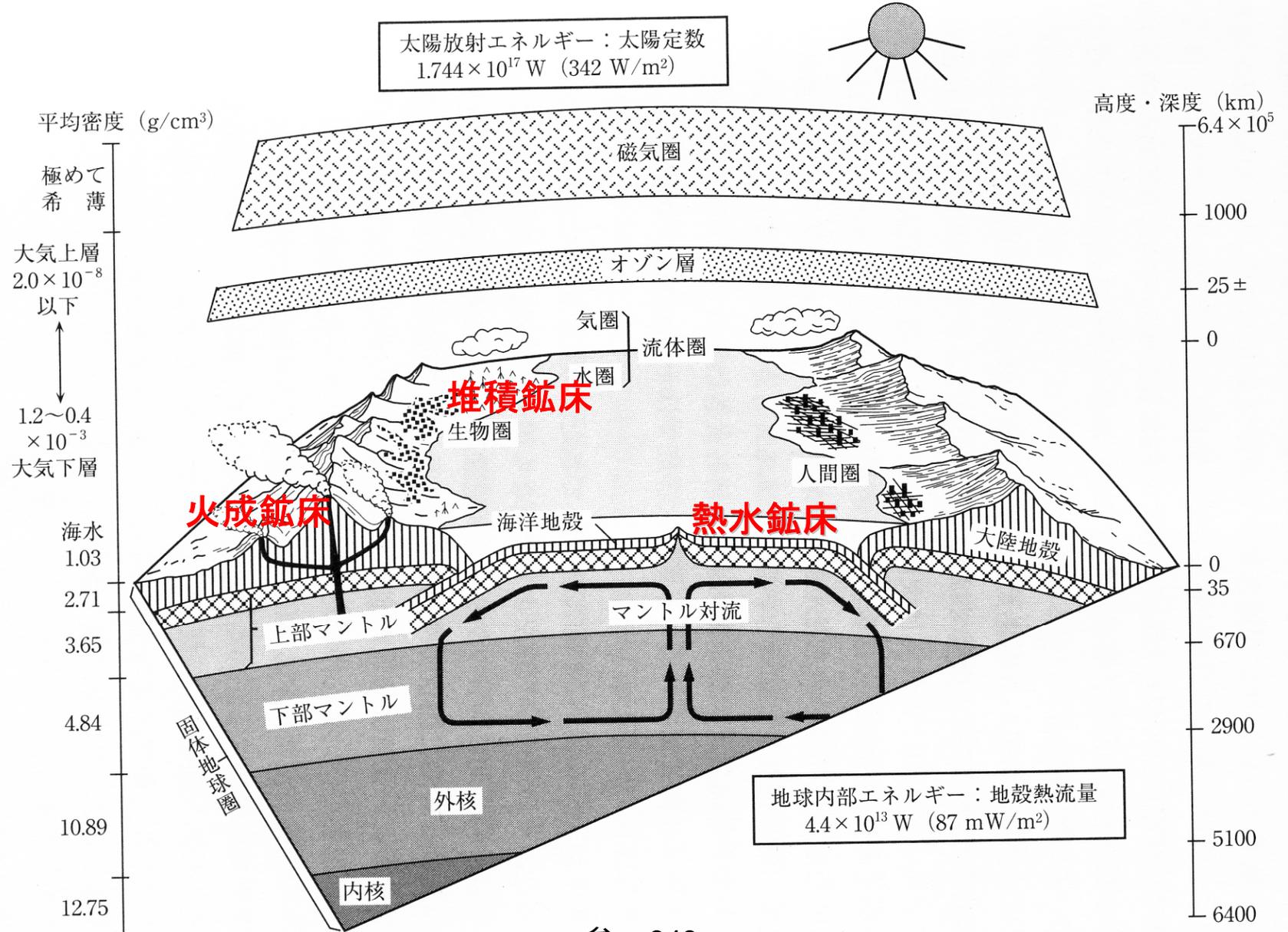
マグマの冷却に起因する鉱床

(2) 堆積鉱床

岩石の風化と風化物の移動に起因する鉱床

(3) 熱水鉱床

マグマによる熱水または鉱液に起因する鉱床



希土類鉱床の特徴

- 希土類元素は広く薄く分布し、鉱床の偏析度が小さい。
- 多くの鉱床において軽希土類元素が優勢であって、重希土類元素が少ない。
- 希土類元素はまとまって鉱床として存在し、単独では採取されない。
- その需給は、各個元素のみならず希土類元素全体からも考察されなければならない。
- U,Thなどの放射性元素を含む

資源となる金属鉱床の種類

(1) 火成鉱床

アルカリカーボナタイト: Mountain Pass (USA)

鉄希土類鉱床: Bayan Obo (China)

アルカリ岩: Thor Lake (Canada)

(2) 堆積鉱床

漂砂鉱床: 世界各地の海岸

イオン吸着鉱: 中国華南

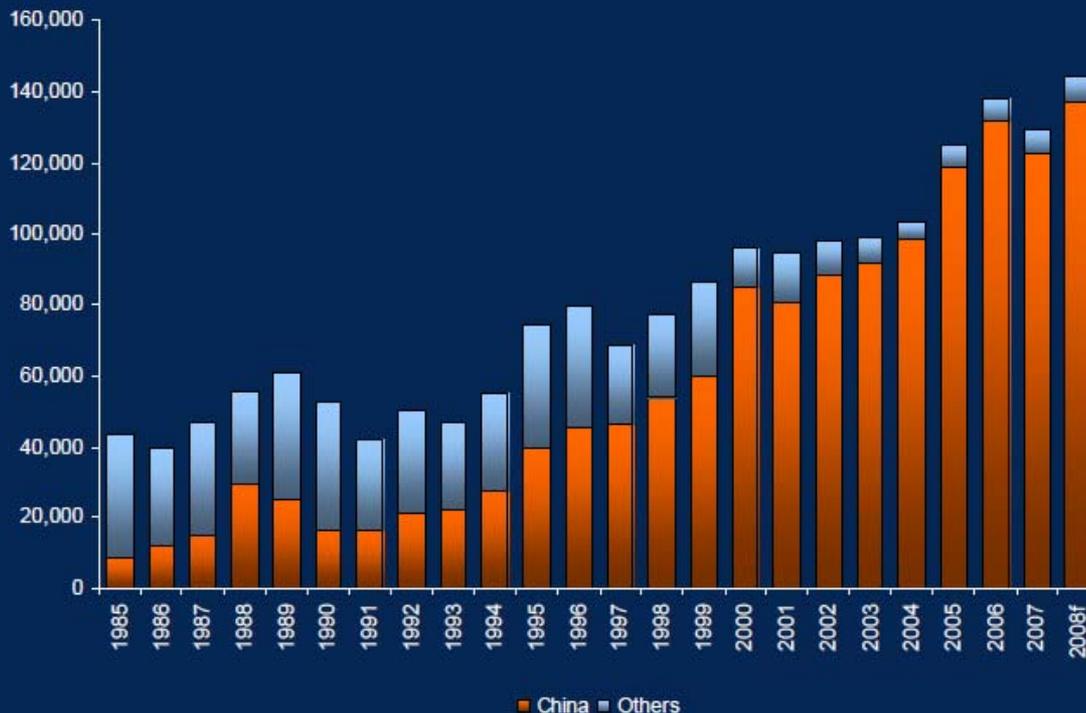
(3) 熱水鉱床

層状鉄マンガン鉱床: 南アフリカ

主要希土類原鉱石組成

鉱石名	軽希土類鉱石					中重希土類鉱石			
	バストネサイト /モナサイト	バストネサイト		モナサイト		ゼノタイム	イオン吸着鉱		
産地	中国・包頭	アメリカ	中国・四川	インド	オーストラリア	マレーシア	中国・信豊	中国・尋烏	中国・龍南
La ₂ O ₃ /TREO	23.00	32.00	31.63	22.45	23.80	1.24	23.50	36.50	1.50
CeO ₂	50.00	49.10	52.24	48.08	46.10	3.13	0.75	5.00	0.20
Pr ₆ O ₁₁	6.20	4.40	4.24	5.48	5.10	0.50	8.30	8.00	1.00
Nd ₂ O ₃	18.50	13.50	10.06	19.23	17.40	1.60	25.00	29.00	5.50
Sm ₂ O ₃	0.80	0.50	1.01	2.69	2.50	1.10	6.00	4.50	2.50
Eu ₂ O ₃	0.20	0.10	0.03	0.04	0.10	0.00	0.90	0.50	0.20
Gd ₂ O ₃	0.70	0.30	0.05	1.20	1.50	3.50	5.00	3.50	5.00
Tb ₄ O ₇	0.10	0.01	0.10	0.07	0.04	0.90	0.70	0.40	1.50
Dy ₂ O ₃	0.10	0.03	0.12	0.20	0.70	8.30	4.50	1.50	8.30
Ho ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	2.00	0.20	0.20	1.50
Er ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.02	0.20	6.40	1.50	0.60	5.20
Tm ₂ O ₃	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	1.10	0.20	0.20	0.65
Yb ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.01	0.10	6.80	1.25	0.45	4.35
Lu ₂ O ₃	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	1.00	0.20	0.15	0.60
Y ₂ O ₃	0.01	0.01	0.47	0.00	2.40	61.00	22.00	9.50	62.00

Production of rare earths, 1985-2008 (t REO)



- 95% of production nominally from China (small quantities of monazite may be sourced from other Asian countries)
- US production (4% of total production in 2007) is estimated drawdown from stockpiles (Mountain Pass separation plant re-started in 2007)
- Production of rare earths in India from stockpiles
- Russian production from loparite (<3% in 2007)

Source: CREIC, NDRC, IMCOA, Roskill estimates

“There is oil in the Middle East. There are rare earths in China. We must take full advantage of this resource.”

Deng Xiaoping, 1992



希土類元素の用途

	光機能					磁性				機能性セラミクス						エネルギー			ガラス		医療			触媒		冶金											
	CRT	高演色蛍光ランプ	冷陰極管	PDP	X線増感剤	レーザ発信素子	光ファイバ	白色LED	永久磁石	超磁歪材	磁気記録	磁気冷凍、蓄冷	YIG	ジルコニア	窒化アルミ	窒化珪素	コンデンサ	サミスタ	バリスタ	顔料	酸素センサ	原子力	水素吸蔵合金	燃料電池	高温超伝導	光学レンズ	研磨剤		着色、消色材	X線シンチレータ	γ線シンチレータ	造影剤	石油クラッキング触媒	3元排ガス触媒	有機合成触媒	鉄鋼添加	AL添加
Y	●	●	●	●		●						●	●	●	●	●	●			●		●	●	●	●			●	●						●	Y	
La		●	●														●					●	●		●	●				●	●			●		La	
Ce		●	●			●	●																●			●	●			●	●			●		Ce	
Pr					●	●											●		●	●							●									Pr	
Nd						●		●									●							●												Nd	
Sm	●					●		●									●						●											●		Sm	
Eu	●	●	●				●																					●								Eu	
Gd		●		●	●		●		●	●	●						●				●		●		●		●	●	●							Gd	
Tb	●	●	●	●	●		●	●	●	●							●																				Tb
Dy							●	●	●								●	●																			Dy
Ho						●					●						●							●													Ho
Er						●	●			●				●	●	●	●		●								●										Er
Tm					●	●																															Tm
Yb						●	●							●	●	●									●									●			Yb
Lu															●	●												●									Lu
Sc							●						●										●											●		●	Sc
混合物														●			●					●				●						●		●		混合物	

解説

特集 磁気関連デバイスの業界動向

永久磁石の発展とその市場動向

Overview of Permanent Magnets and Their Markets

石垣尚幸・山本日登志 日立金属(株)NEOMAX カンパニー

磁石合金(60%)	46,300
Nd (30%)	14,000
Dy (3%)	1,400

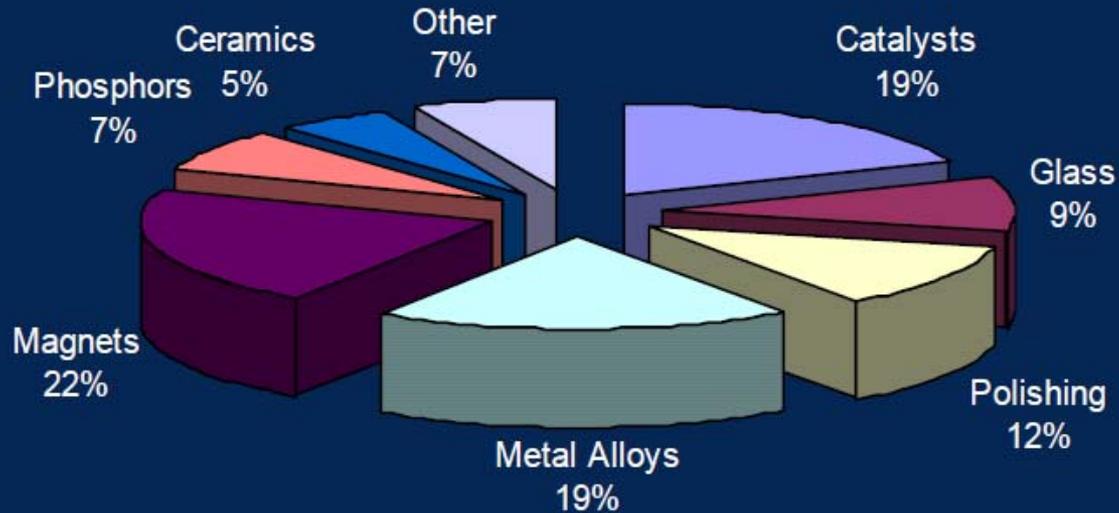
Table 5 Worldwide sintered Nd-Fe-B magnet production (tons/year).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Japan	6,400	5,100	5,600	6,200	6,700	8,300	9,300	10,100
USA	800	600	300	100	100	-	-	-
Europe	800	600	700	700	600	600	700	800
China *	5,600	6,500	8,800	15,600	22,900	30,200	38,000	45,000
China ★	2,100	2,400	3,300	5,850	8,590	11,330	14,300	16,900
Total	10,100	8,700	9,900	12,850	15,990	20,230	24,300	27,800

China * : Referes to abstract by Yang Luo & Dan Luo on 2007 BM Symposium

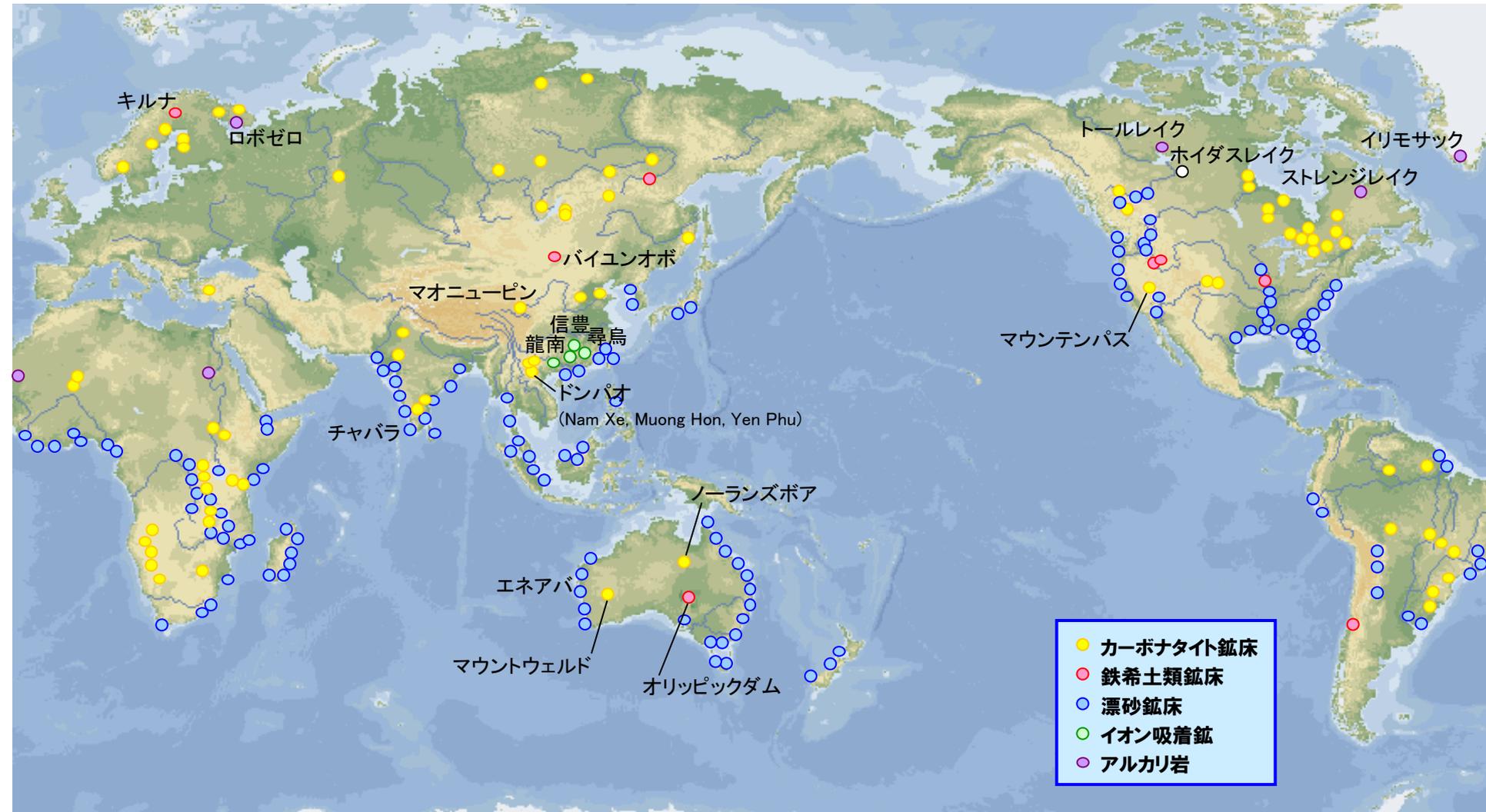
China ★ : Our estimates of Chinese Nd-Fe-B magnet products

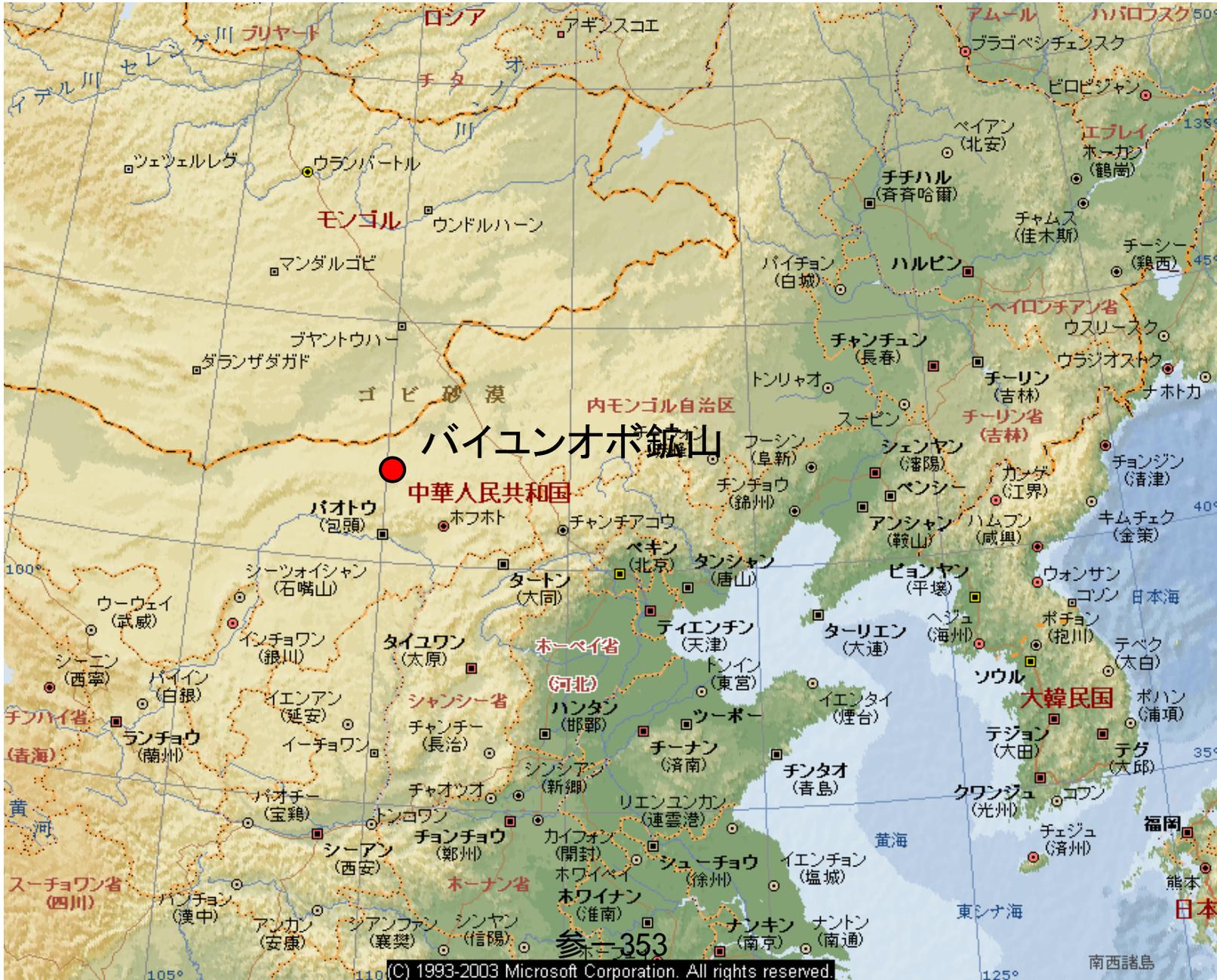
Global rare earth demand by volume, 2008f (%)



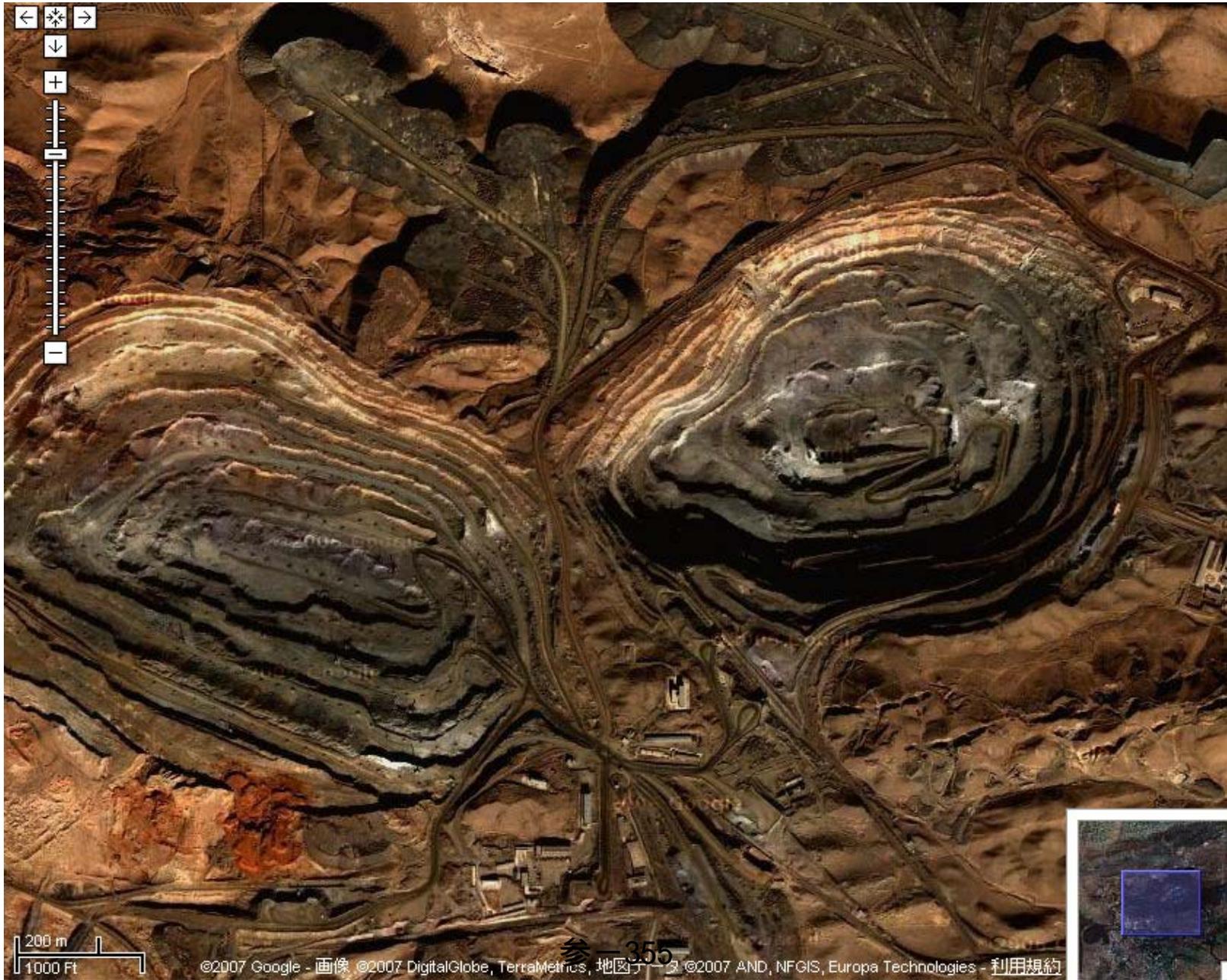
Source: IMCOA

世界のレアアース鉱床



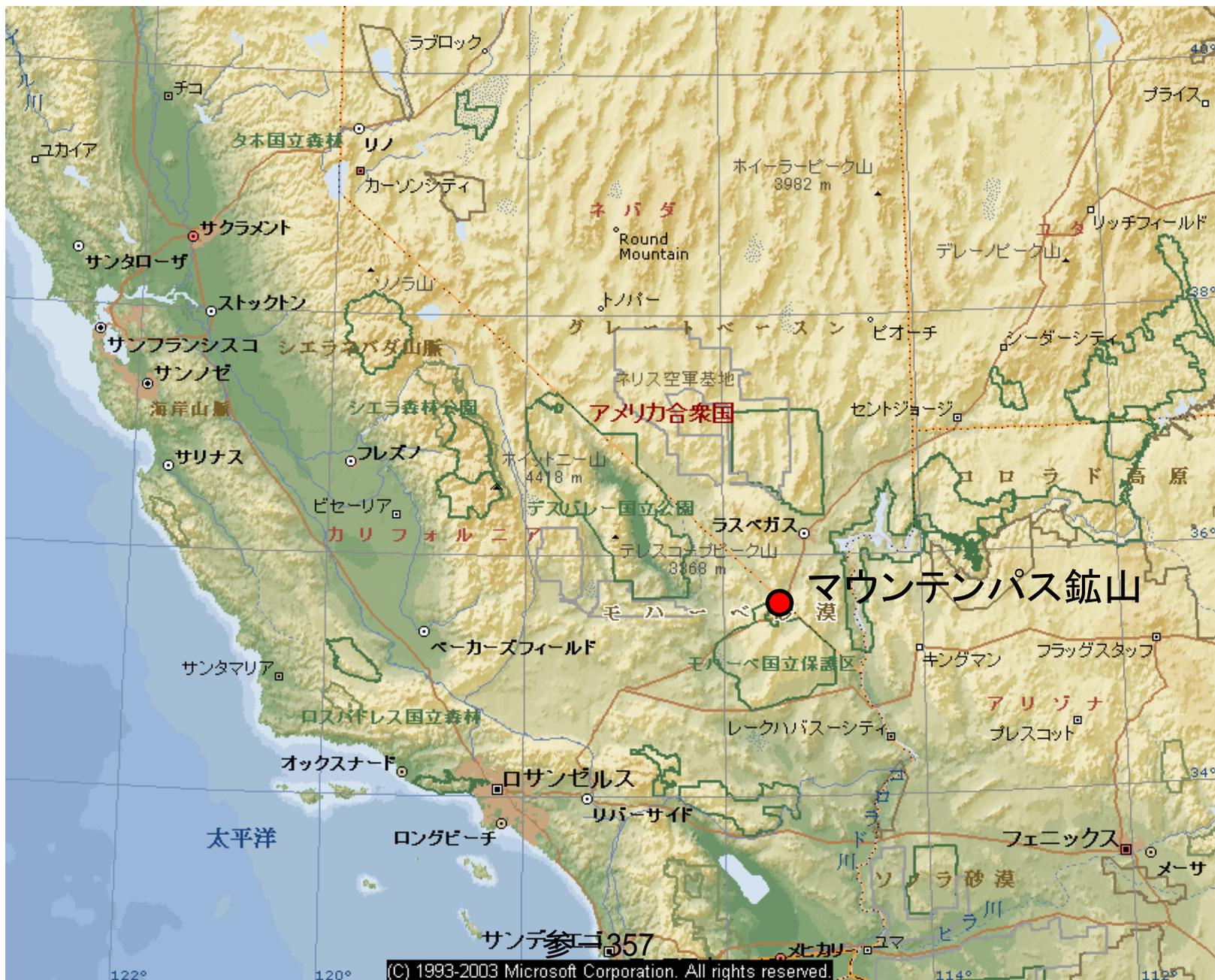








by the courtesy of Dr. Watanabe at AIST

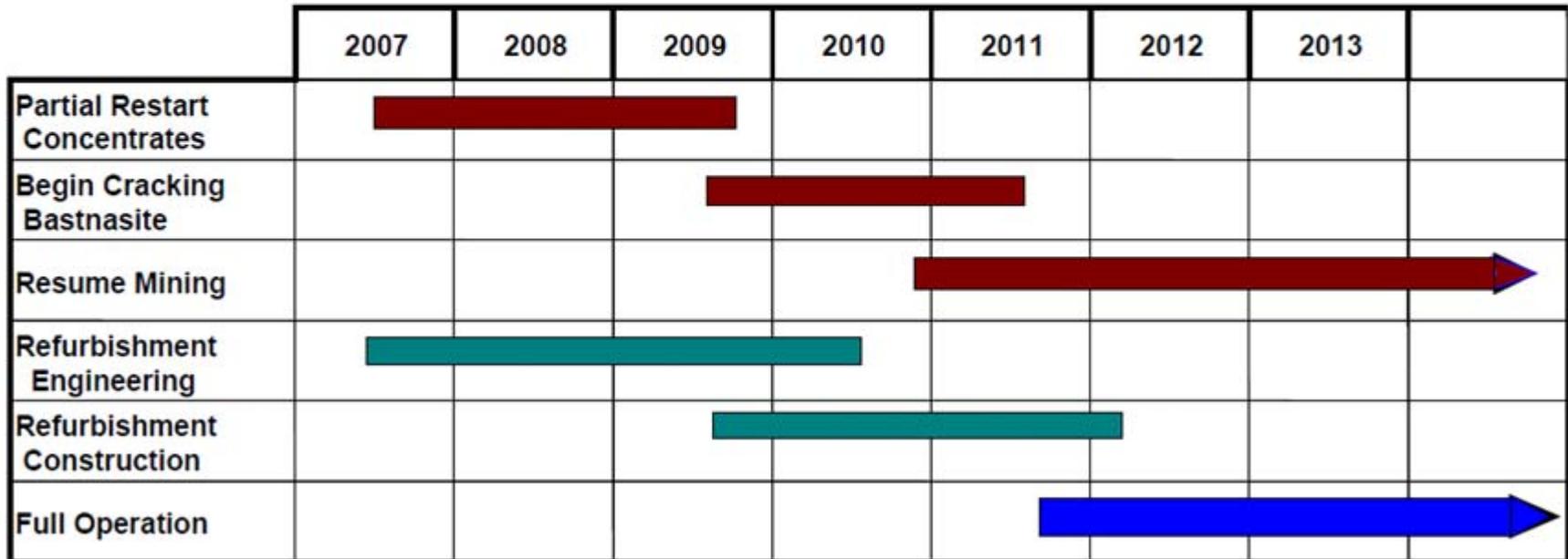




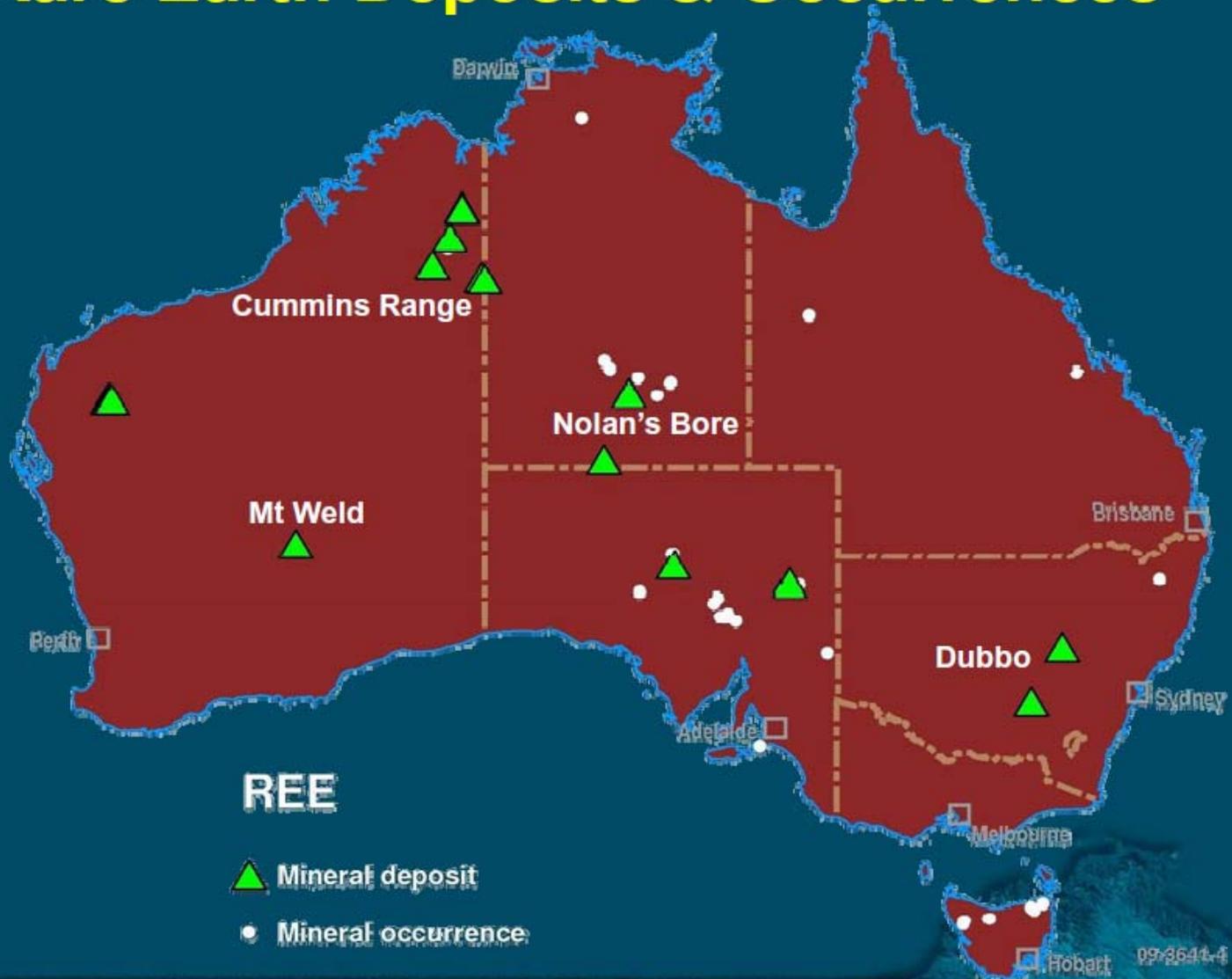
- 1 Open Pit
- 2 Mill
- 3 Processing Facility
- 4 Overburden
- 5 Tailings Impoundment
- 6 Evaporation Ponds
- 7 Old Tailings Pond
- 8 Interstate 15



Mountain Pass Restart Plan



Rare Earth Deposits & Occurrences





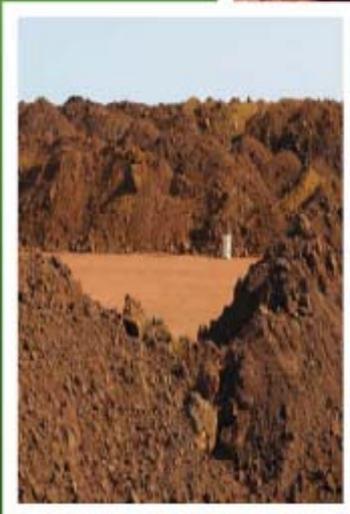
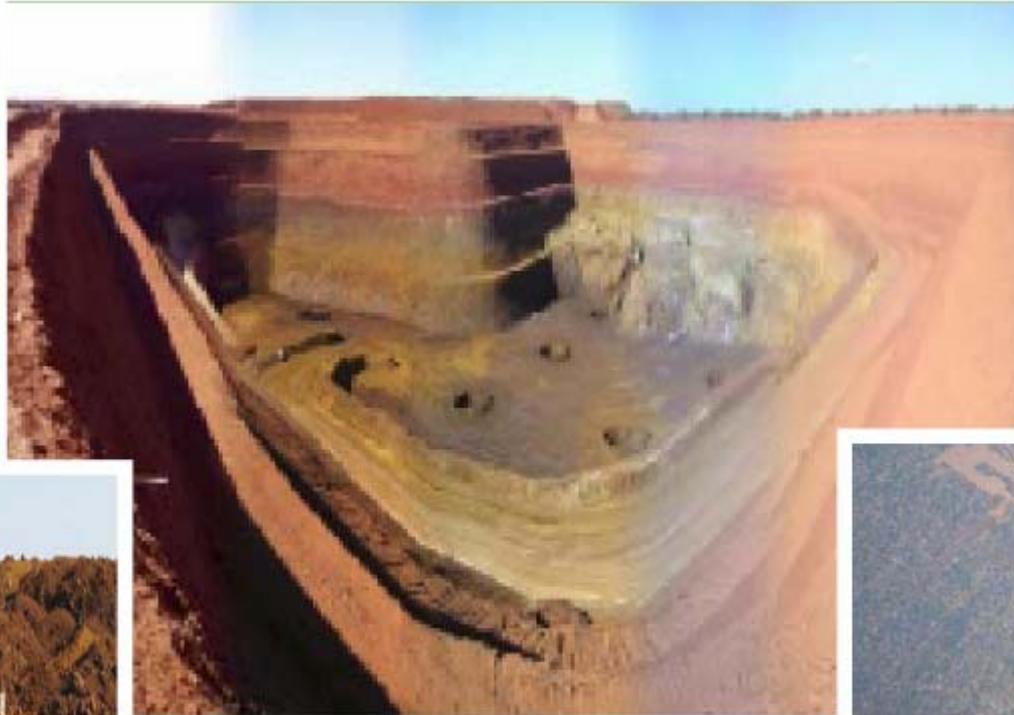
Lynas Corporation (Australia)...¹

Mount Weld – March 2009

- Status: Planned start-up in late 2009 but operations suspended recently due to lack of financing; Project approvals are in place, with construction at 60% complete
- Resources: 7.7 Mt @12% REO; 0.92 Mt REO contained (proven reserve)
- Potential Production: 10,500 tpa REO - increasing to 21,000 tpa in 2010/2012 (under review)
- Critical Issues: Starting-up in a depressed market; Separation of mining and processing; Project funding



Lynas Corporation (Site Photos)...2





Arafura (Australia) ...1

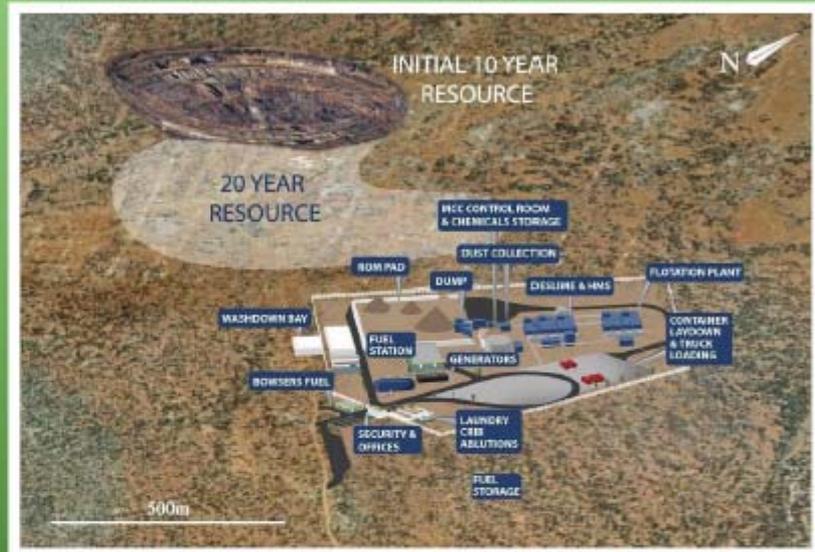
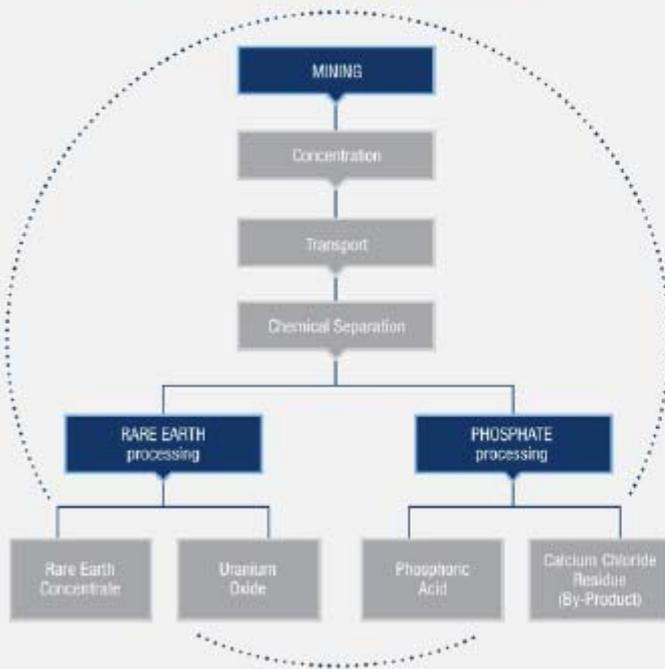
Nolans Bor -- March 2009

- Status: Pre-feasibility study complete; Pilot plant work started; Approval process commenced However, just sold significant piece to Chinese Company
- Resources: 30.3 Mt @3.1% REO; 5.1 Mt contained (measured)
- Potential production: Target 10 – 20,000 tpa REO in 2011; Phosphates, calcium chloride and uranium co-products
- Critical Issues: Define ore reserve; Confirm process; Complete DFS; Approvals (started); Customer support
- Financing: Needed additional funding which was secured recently from private placement with Chinese company



Arafura (Site Photos) ...3

Nolans Project Flowsheet





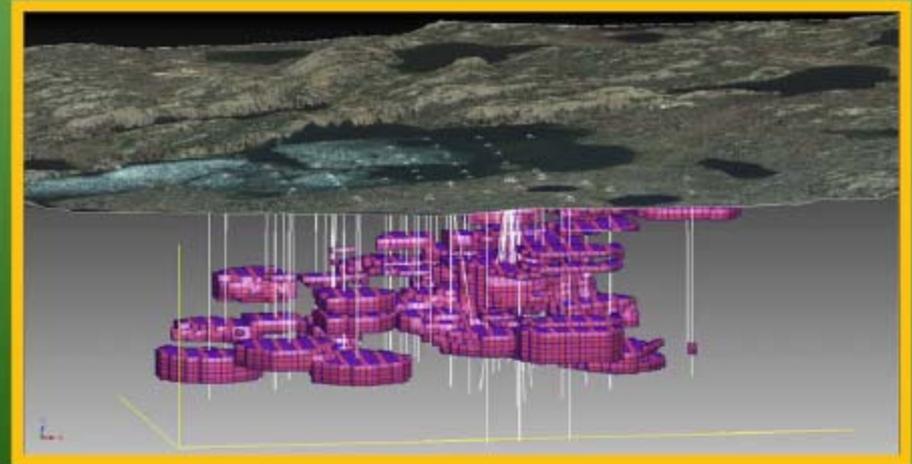
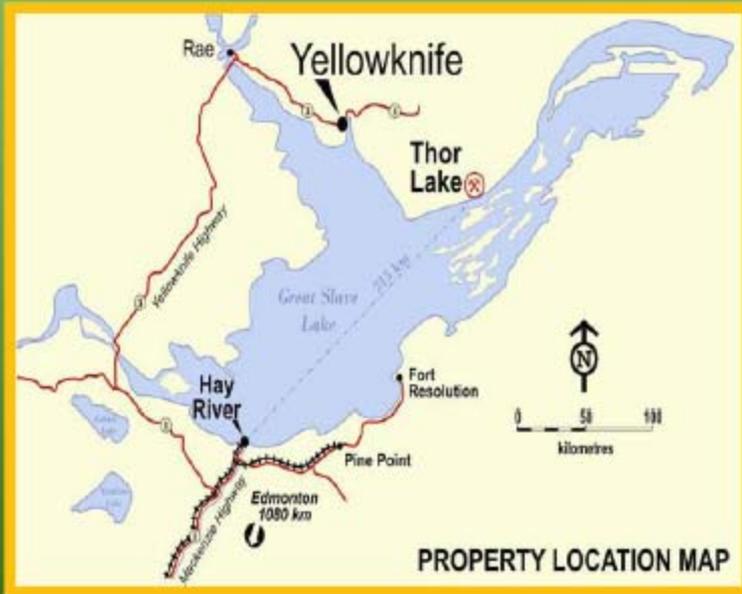
Avalon Rare Metals (Canada) ... 1

Thor Lake – March 2009

- Status: Advanced exploration work; Pre-feasibility study to be complete in 2009; Metallurgical test work in progress; Drilling to better define resources continues; Environmental studies and community engagement ongoing
- Resources (Basal Zone HREE deposit): 28.4 Mt @ 2.0% REO containing 22% HREE (inferred)
- Potential production: 5000tpa REO by 2013
- Critical Issues: Define ore reserve and process flow-sheet; Complete DFS; Approvals; Customer support; Financing



Avalon Thor Lake (Site Photos)... 2

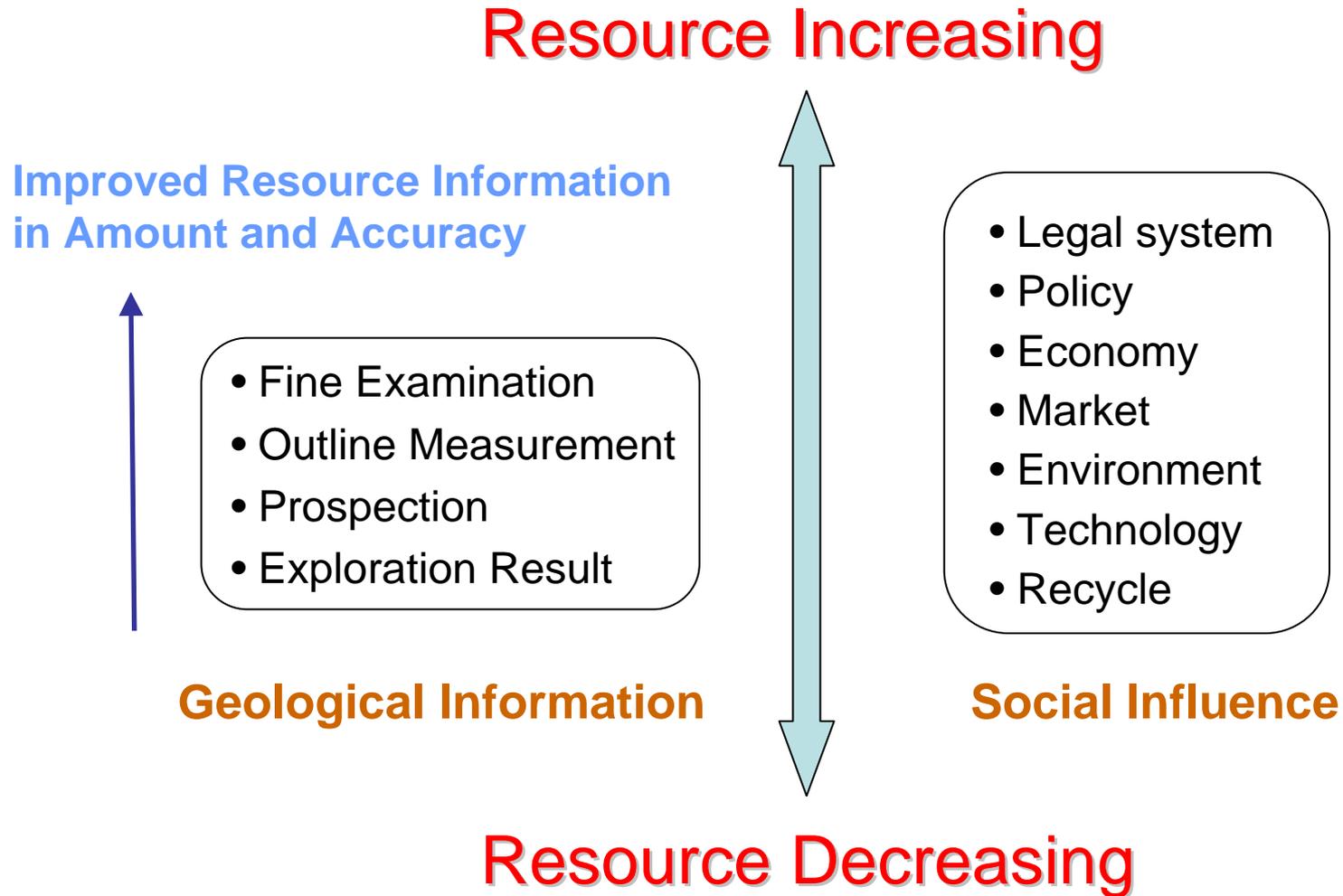


3D View of Lake Zone REE Resource

The Flow of Resource Business



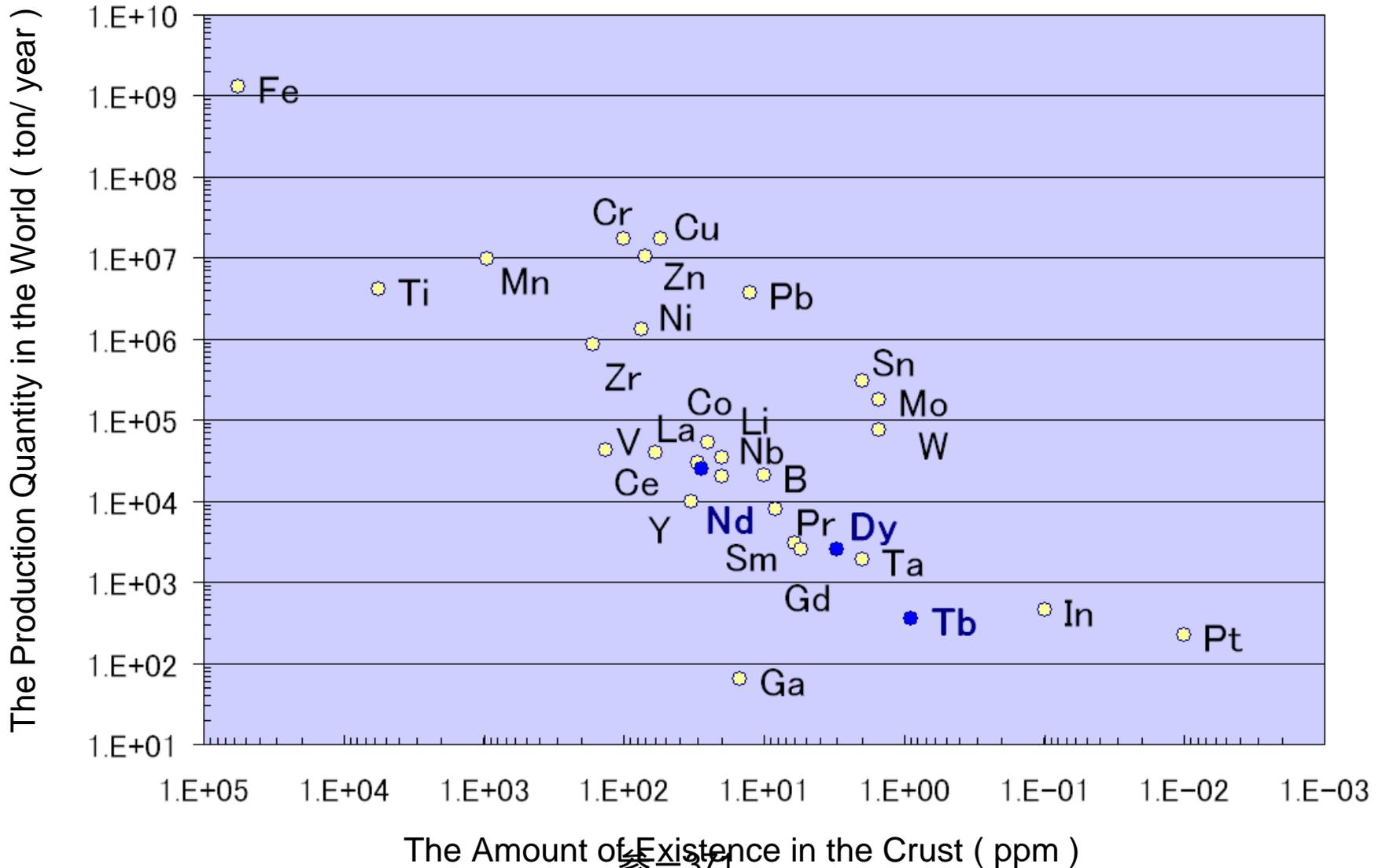
The Variation of Movable Resource Reserve



The rare earth resource deposits and the production scales in the world

	REO (k ton)	
	Deposit	Production
Bayan Obo (China)	3500	75
South China (China)	1000 (?)	35
Sichuan (China)	---	21
Mountain Pass (USA)	4300	10 (in 2011)
Mt Weld (Australia)	1200	10 (in 2009)
Nolans (Australia)	600	5 (in 2011)
Tore Lake (Canada)	200	5 (in 2012)
Total	10200	161

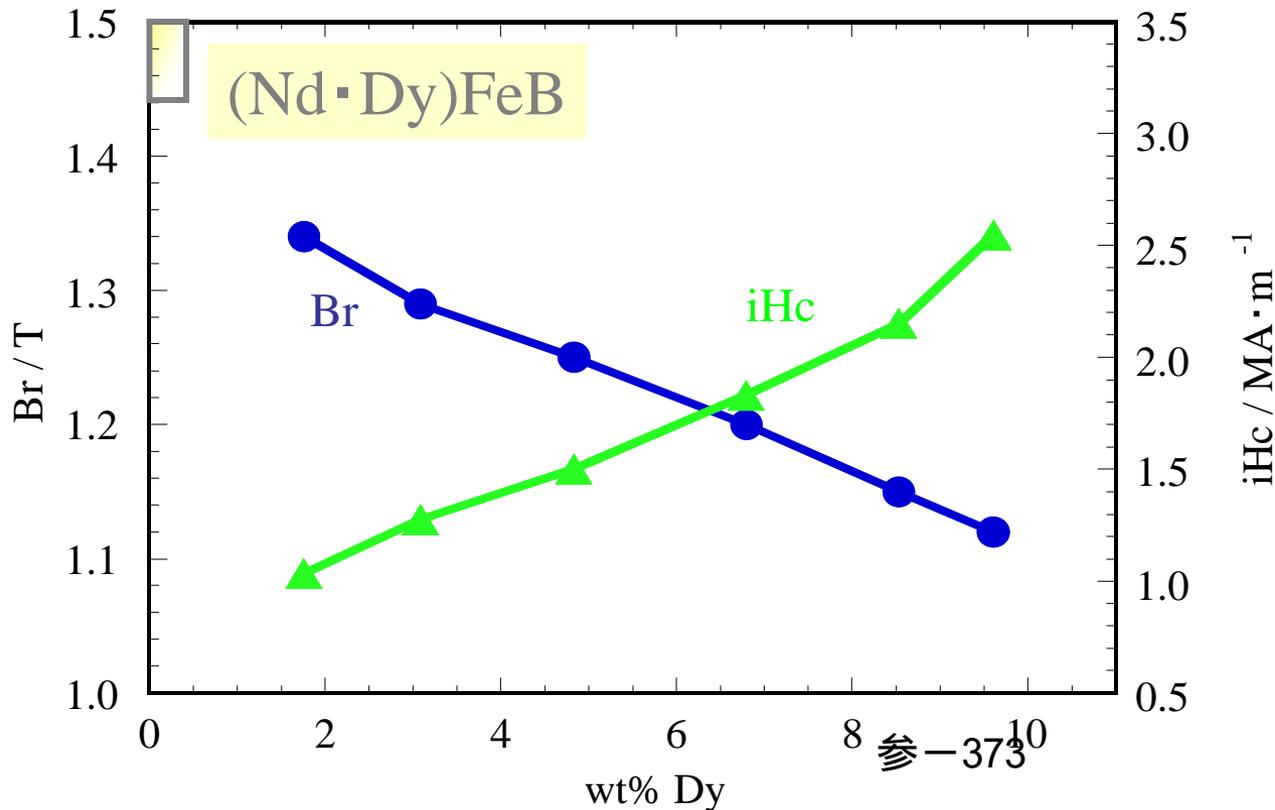
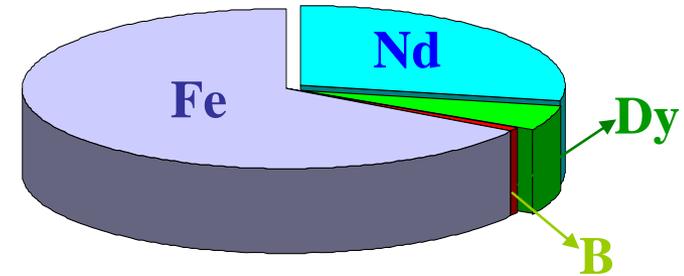
Production Quantity and Existence Ratio of Elements



Nd元素の資源について

- Ndはそれほどレアではない。
- Coと同程度、PbやSnよりは多量に地殻中に存在。
- アルカリカーボナタイトという優れた鉱床が存在し、十分な埋蔵量が確認されている。
 バイヤンオボ、マウンテンパス
- Ndの産出は中国バイヤンオボ鉱床に過度に依存している。
- 選鉱精錬工程が中国以外にない。

The Typical Composition of Nd Magnet and the Effect of Dy Addition

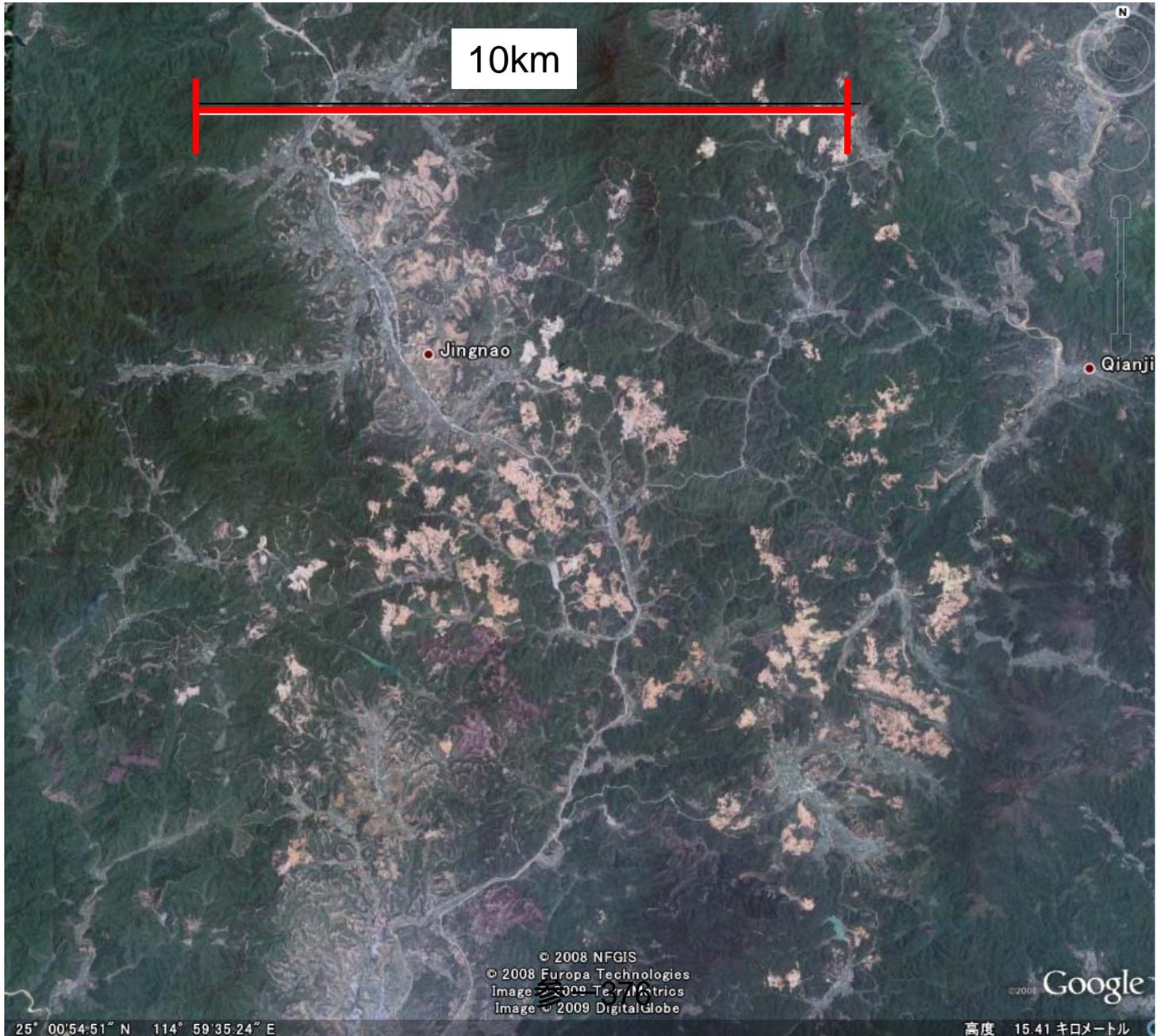


主要希土類原鉱石組成

鉱石名	軽希土類鉱石					中重希土類鉱石			
	バストネサイト /モナサイト	バストネサイト		モナサイト		ゼノタイム	イオン吸着鉱		
産地	中国・包頭	アメリカ	中国・四川	インド	オーストラリア	マレーシア	中国・信豊	中国・尋烏	中国・龍南
La ₂ O ₃ /TREO	23.00	32.00	31.63	22.45	23.80	1.24	23.50	36.50	1.50
CeO ₂	50.00	49.10	52.24	48.08	46.10	3.13	0.75	5.00	0.20
Pr ₆ O ₁₁	6.20	4.40	4.24	5.48	5.10	0.50	8.30	8.00	1.00
Nd ₂ O ₃	18.50	13.50	10.06	19.23	17.40	1.60	25.00	29.00	5.50
Sm ₂ O ₃	0.80	0.50	1.01	2.69	2.50	1.10	6.00	4.50	2.50
Eu ₂ O ₃	0.20	0.10	0.03	0.04	0.10	0.00	0.90	0.50	0.20
Gd ₂ O ₃	0.70	0.30	0.05	1.20	1.50	3.50	5.00	3.50	5.00
Tb ₄ O ₇	0.10	0.01	0.10	0.07	0.04	0.90	0.70	0.40	1.50
Dy ₂ O ₃	0.10	0.03	0.12	0.20	0.70	8.30	4.50	1.50	8.30
Ho ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	2.00	0.20	0.20	1.50
Er ₂ O ₃	0.01	0.01	0.01	0.02	0.20	6.40	1.50	0.60	5.20
Tm ₂ O ₃	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	1.10	0.20	0.20	0.65
Yb ₂ O ₃	0.01	0.01	0.02	0.01	0.10	6.80	1.25	0.45	4.35
Lu ₂ O ₃	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	1.00	0.20	0.15	0.60
Y ₂ O ₃	0.01	0.01	0.47	0.00	2.40	61.00	22.00	9.50	62.00



イオン吸着鉱床地帯



10km

Jingnao

Qianji

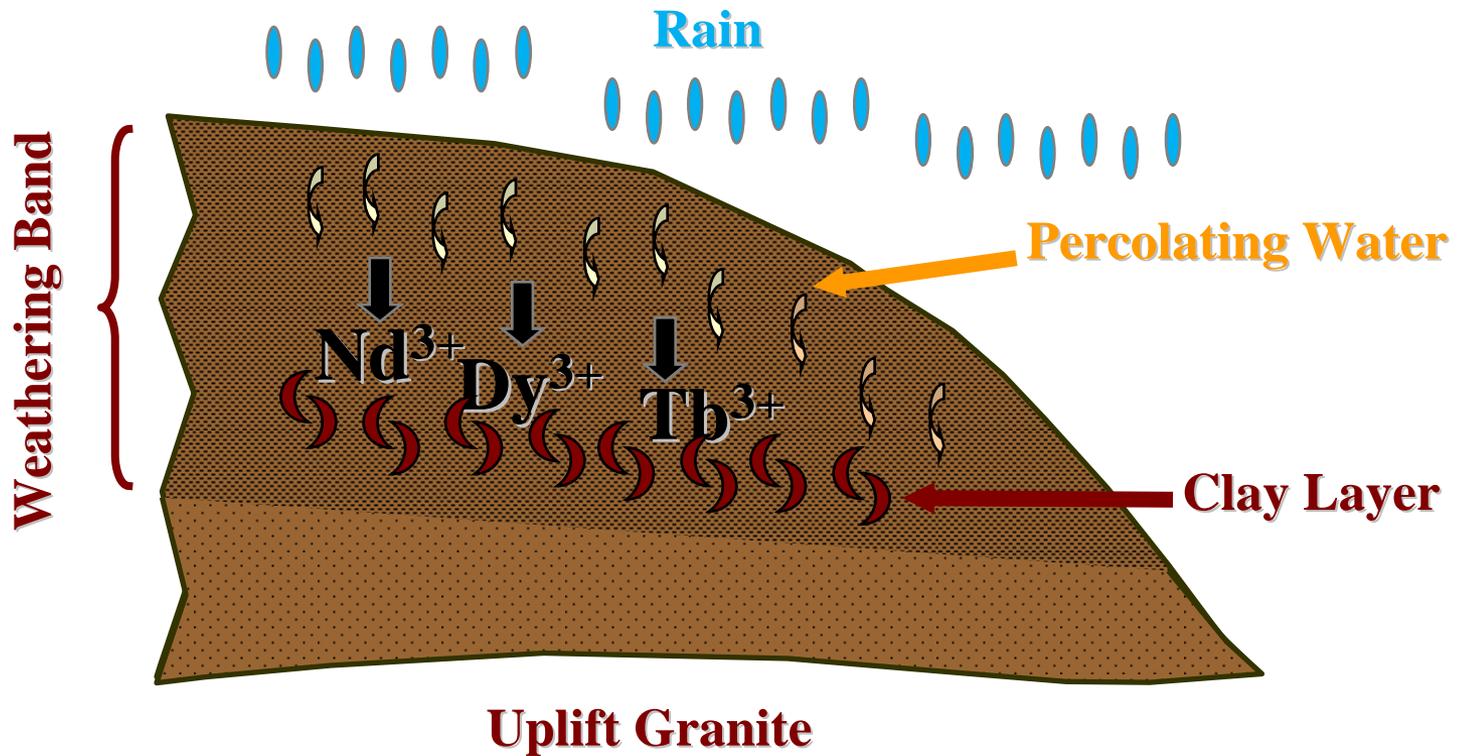
© 2008 NFGIS
© 2008 Europa Technologies
Image © 2009 TerraMetrics
Image © 2009 DigitalGlobe

Google

25° 00'54.51" N 114° 59'35.24" E

高度 15.41 キロメートル

The Generation Mechanism of Ion Absorption Ore







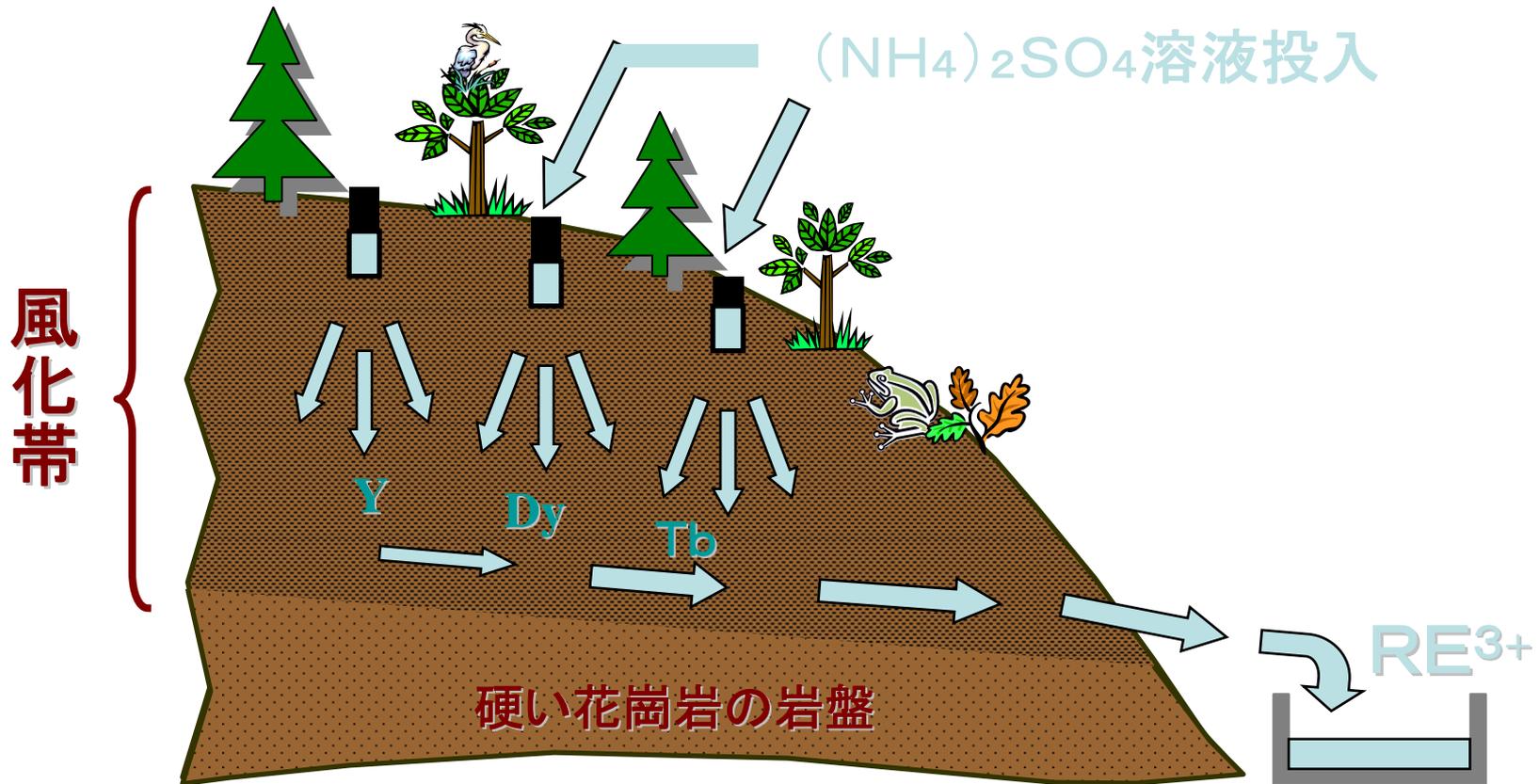




参-381



イオン吸着型鉱床のリーチング方法

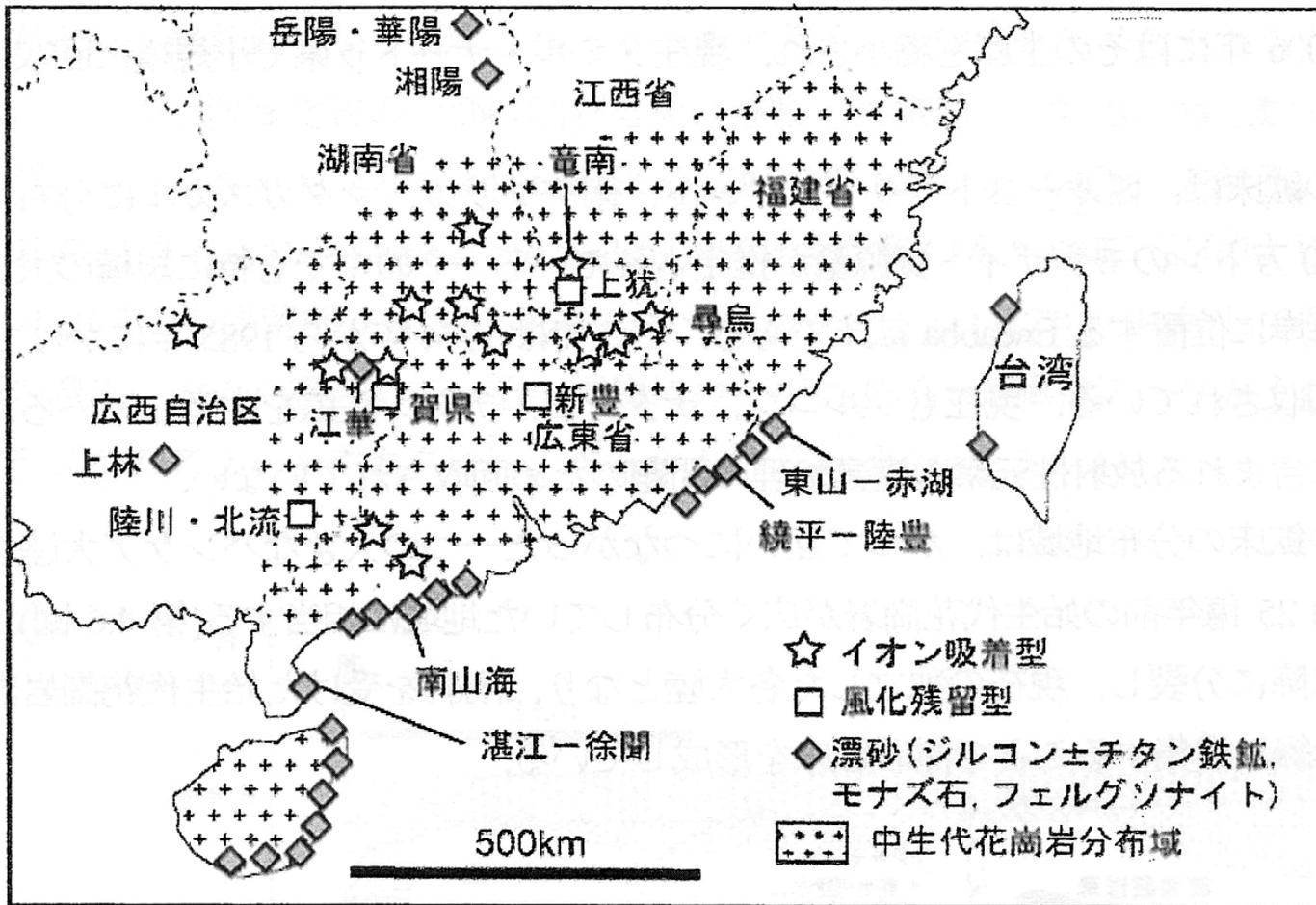




参-384

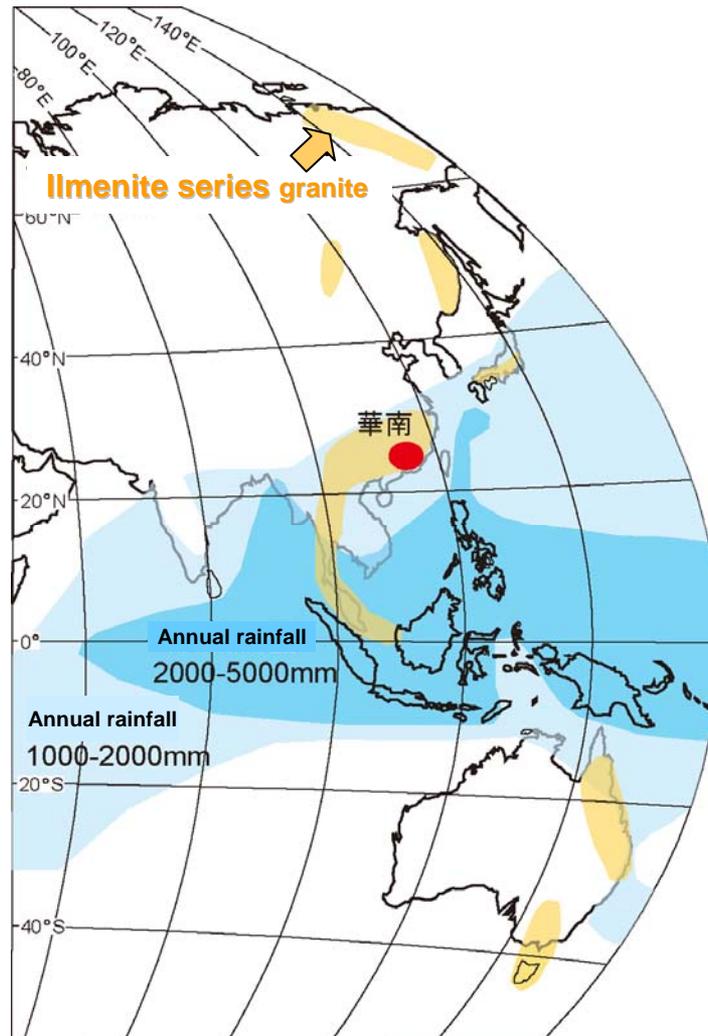


参-385



中国華南希土類鉱床の分布

The Possible Region of Ion Absorption Deposit

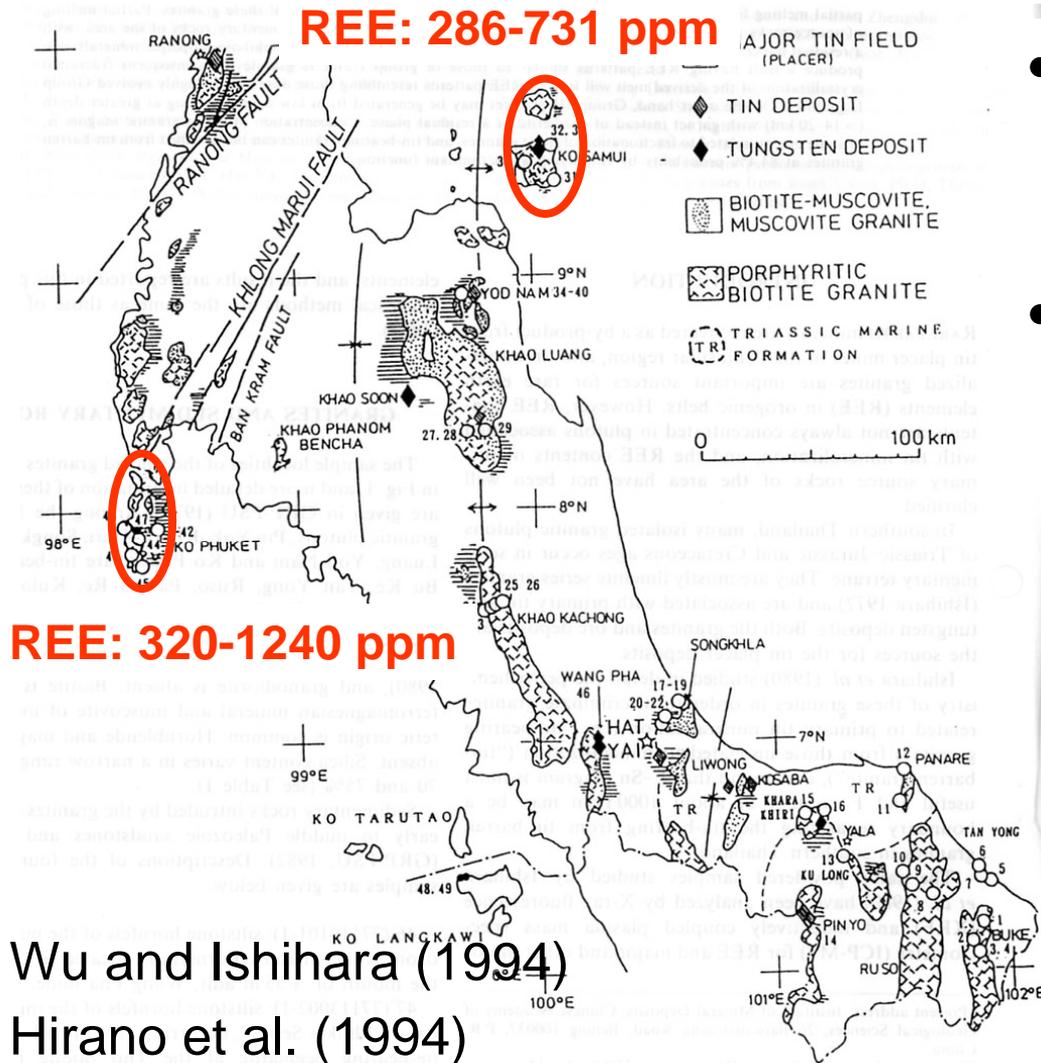


- Existence of ilmenite series granite which are rich in the heavy rare earth elements.
- High amount of annual rainfall
- Area resulting thick weathering crust

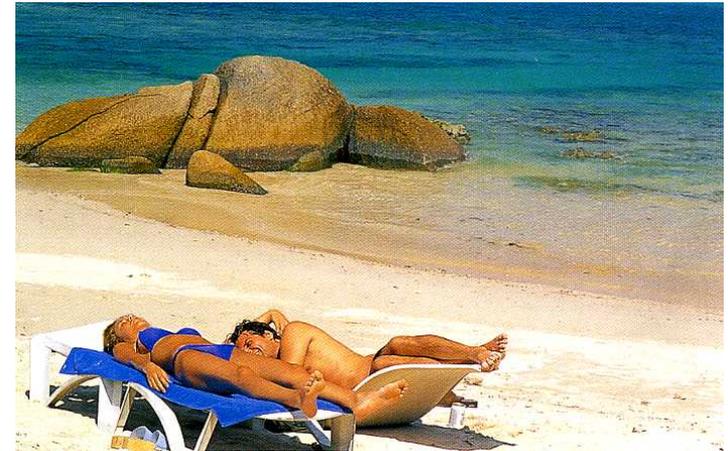
**Northern Vietnam, Laos,
Malaysia, Indonesia.**

by the courtesy of Dr. Watanabe at AIST

タイのイオン吸着型鉱徴地



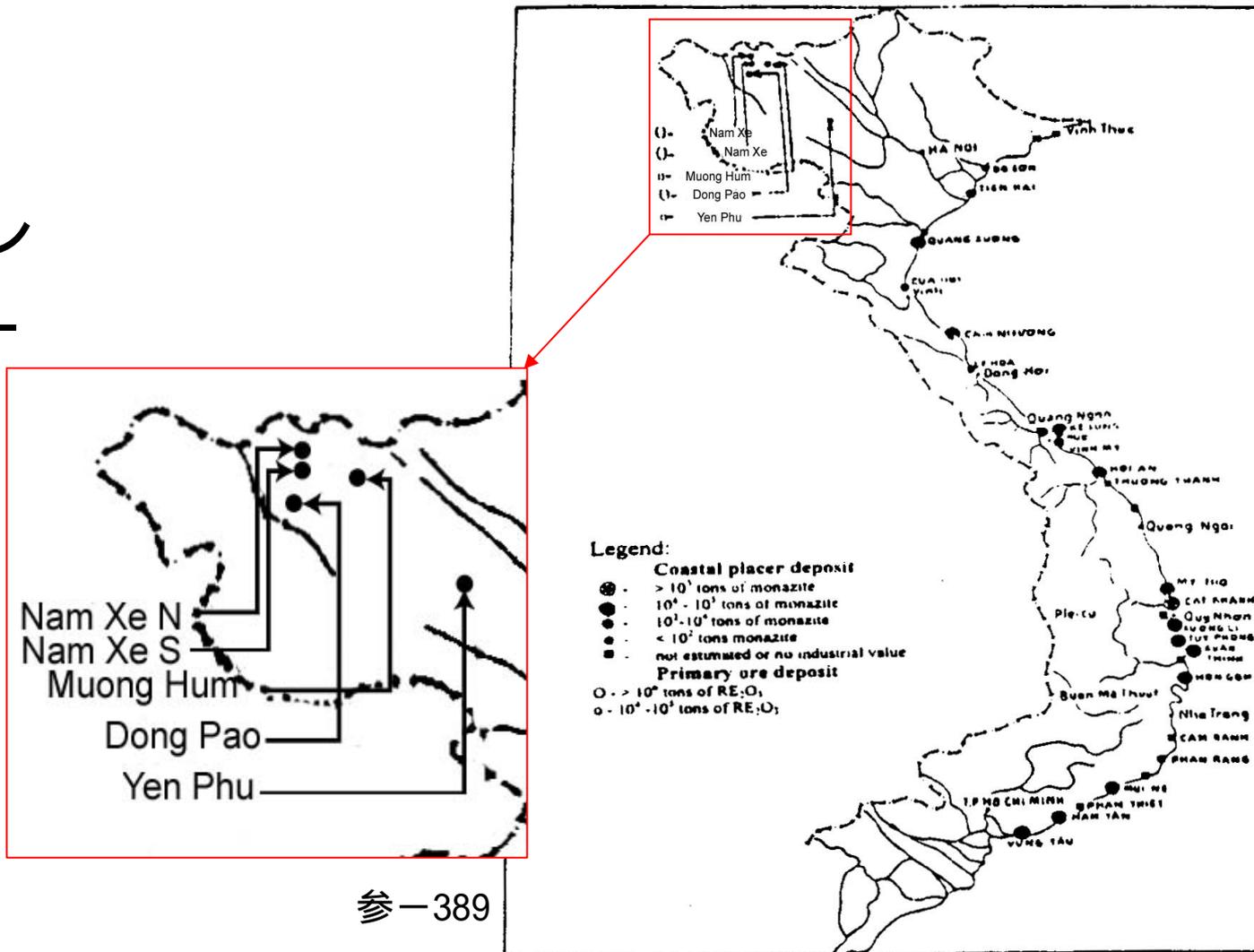
- タイ南部の2箇所(コサムイ, プーケット)に希土類元素に富む花崗岩が分布
- 上部の風化殻には希土類元素が濃集



ベトナム:レアアース鉱徴地

- ドンパオ
- ナムゼー
- ムオンホン
- イエンフー

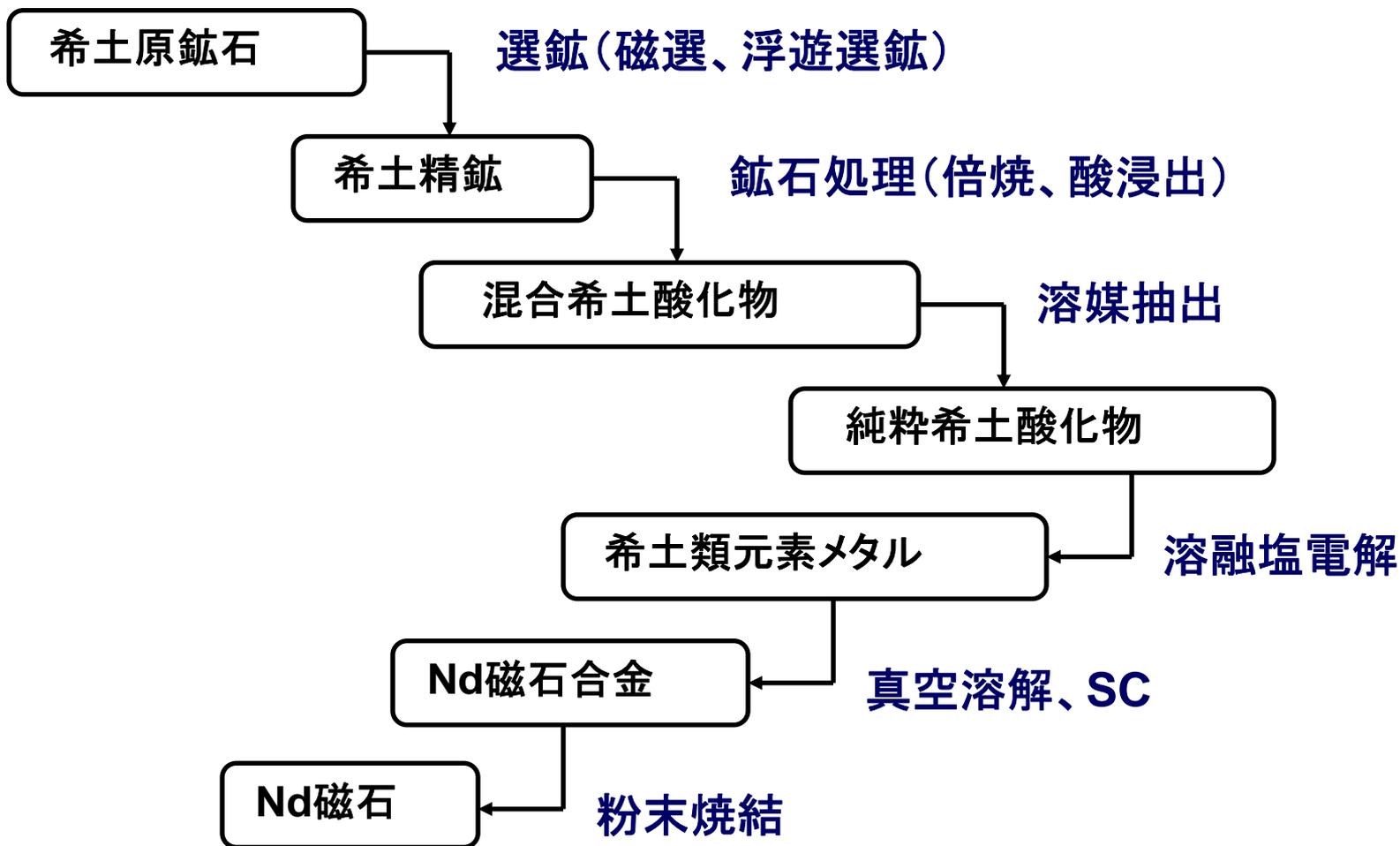
Location of rare earth deposits in Vietnam



Dy(Tb)元素資源について

- Dyの地殻中存在量はNdの約5分の1。
- Tbの地殻中存在量はDyの約5分の1。
- Dy、Tb等を含む重希土類鉱床に、経済性に優れたものが少ない。
- 中国華南のイオン吸着鉱のみが、重希土元素の主要なソースになっている。

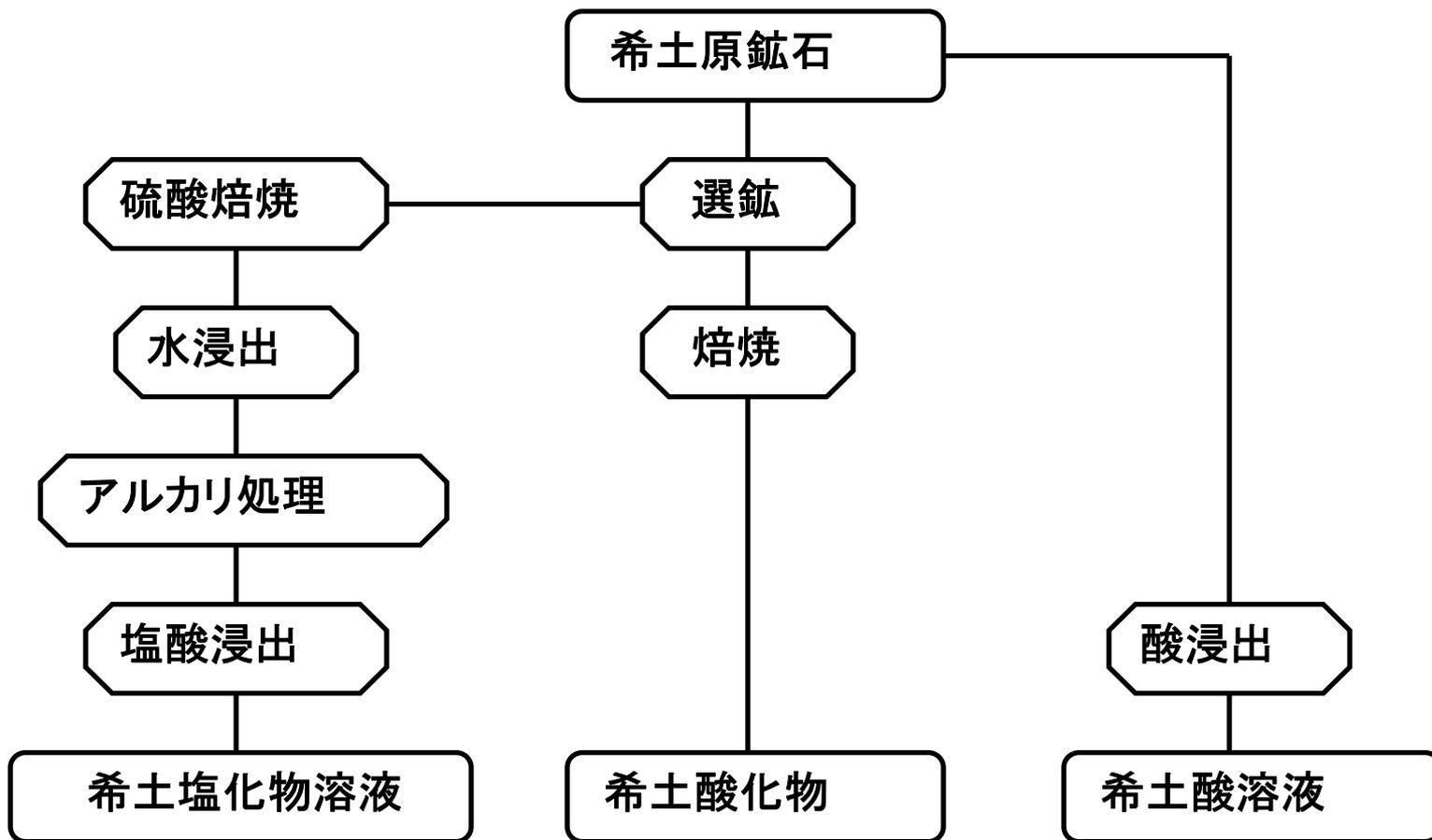
希土類鉱石から希土類磁石までの工程



鉍石の選鉍方法

- 磁力選鉍
磁力で分離する。
- 静電選鉍
帯電によって分離する。
- 重力選鉍
鉍石鉍物と脈石鉍物の比重差を利用する。
鉍石粉を水流中で流出させ、流れ方の差で分離する。
- 浮遊選鉍
浮選液に対する濡れ性の差を利用する。
濡れにくい鉍物は、泡の表面に付着して浮上し、
濡れる鉍物は沈降することで、分離される。

各種希土類鉱石の前処理法



バイユンオボ
(モナザイト、バストネサイト)

マウンテンパス
(バストネサイト)
参-393

中国華南地帯
(イオン吸着鉱)

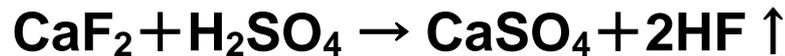
バイユンオボ鉱石の硫酸焙焼反応



モナザイト



ロパライト



螢石



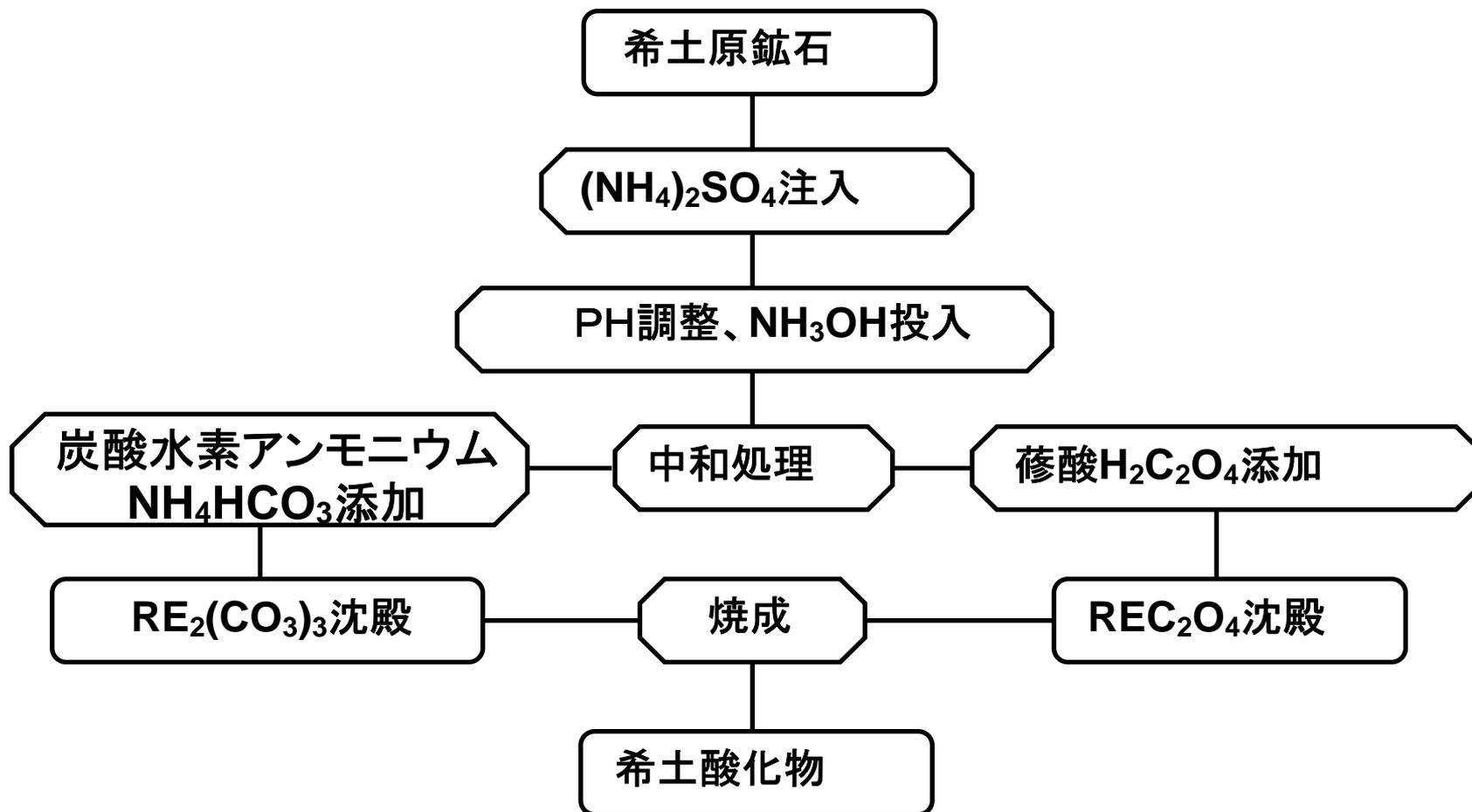
↑

180～200°C、2～4時間



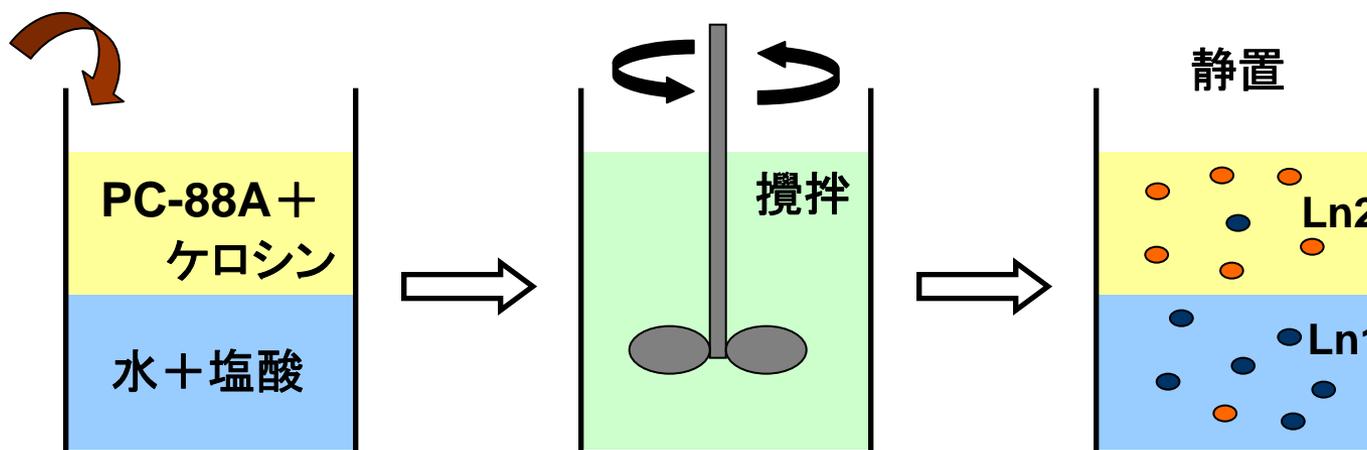


イオン吸着鉱の酸浸出と酸化物製造工程

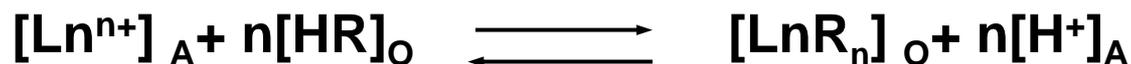


溶媒抽出法による分離精製の原理

混合希土原料



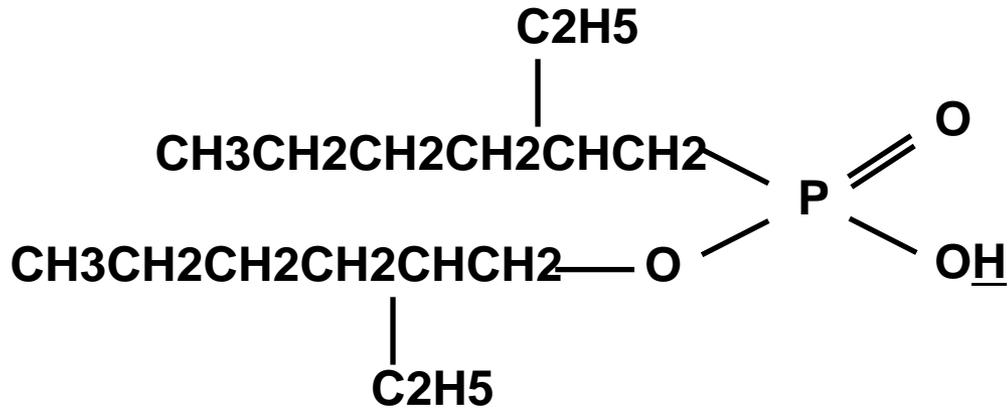
カチオン交換反応



分配比: $D_{\text{Ln}} = [\text{Ln}]_O / [\text{Ln}]_A$

希土類元素の溶媒抽出剤

有機リン酸のカチオン交換反応

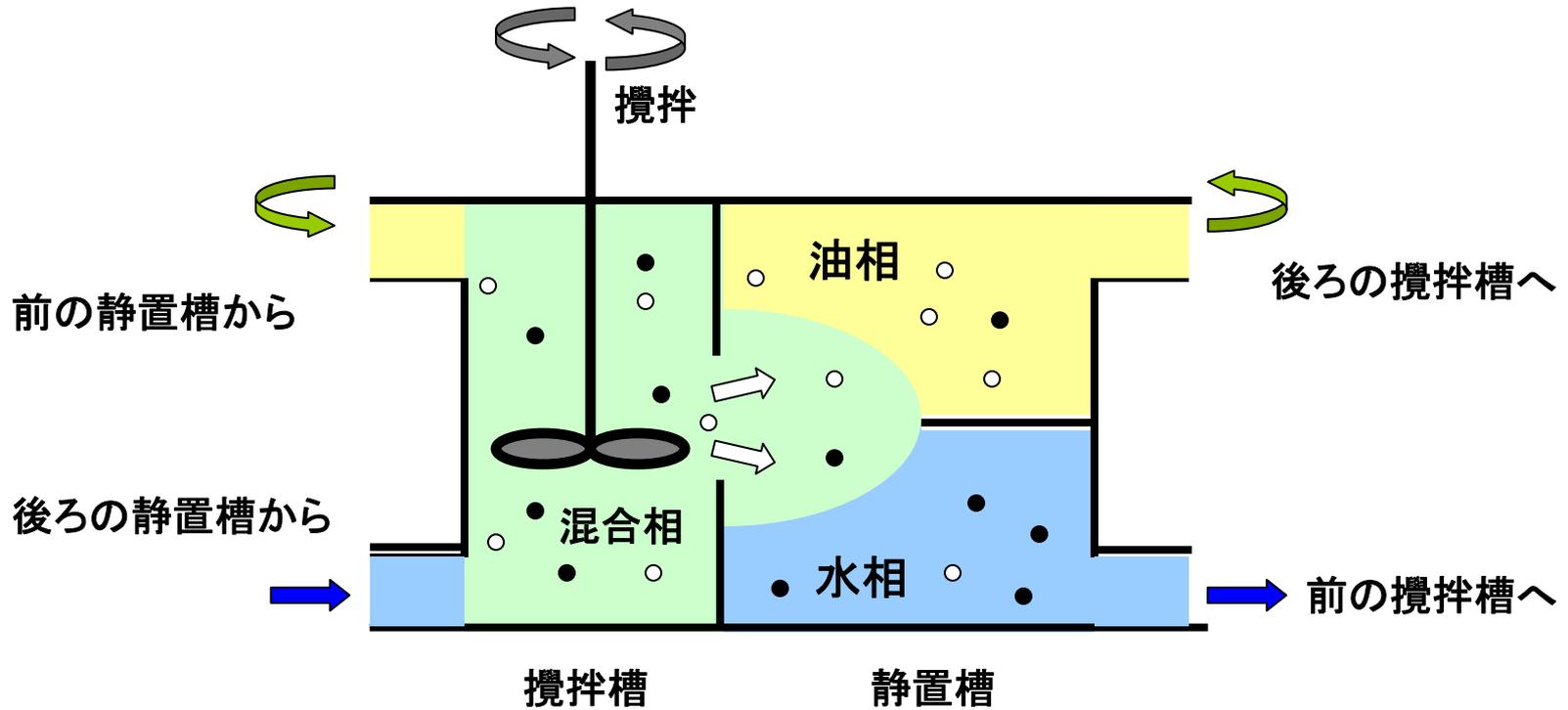


2-ethylhexyl phosphonic acid 2'-ethylhexyl ester

PC-88A(大八化学)

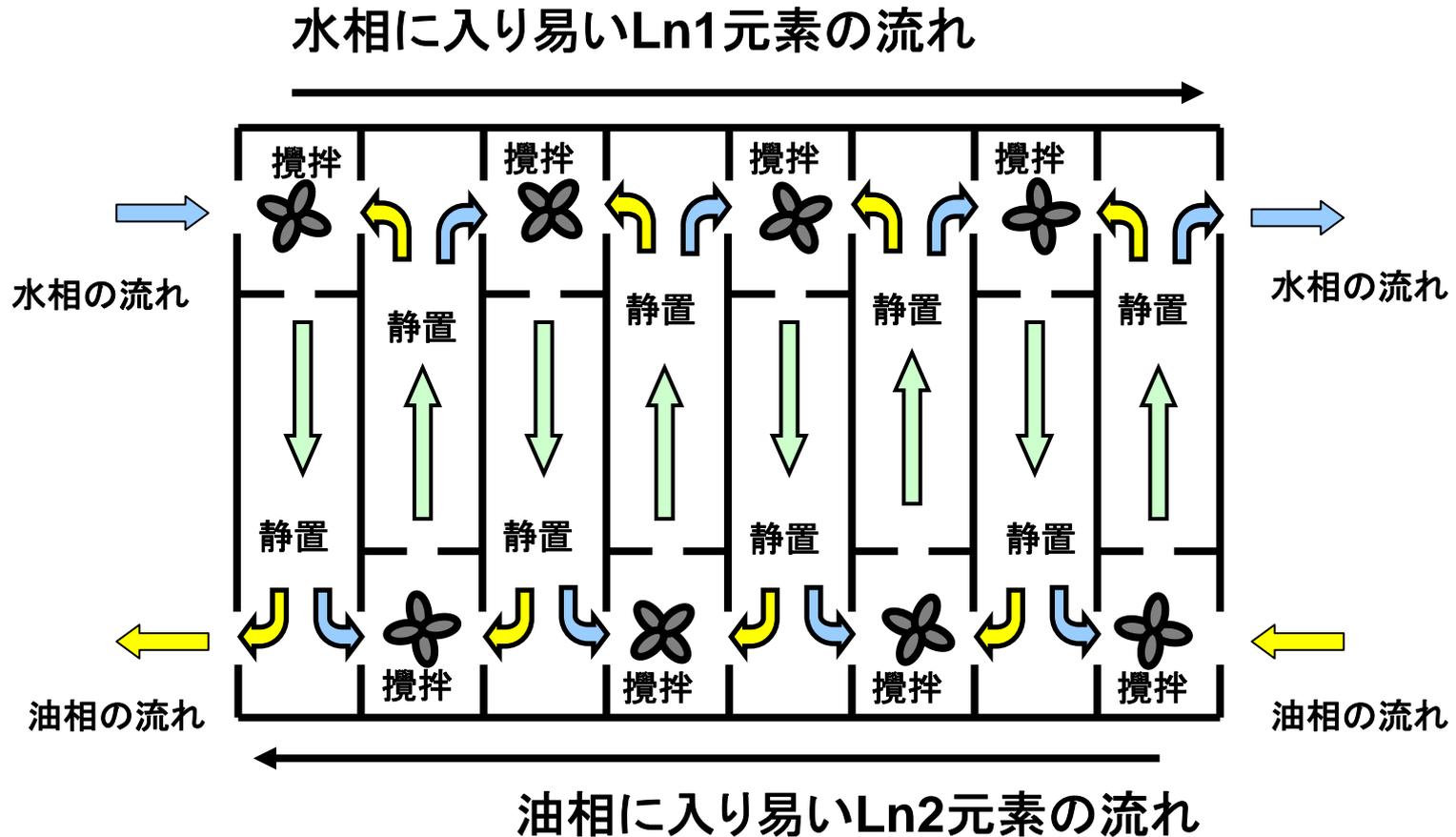
ミキサーセトラーによる溶媒抽出法

油相 水相 混合相 溶質元素



ミキサーセトラー装置
参-400

ミキサーセトラーの油相と水相の流れ



抽出剤の分離係数と抽出段数の関係

- 分離係数 β と分配比D

$$\beta = D_{Ln1}/D_{Ln2}, \quad D_{Ln} = [Ln]_o/[Ln]_A$$

$$\beta = 4 : 5から10段$$

$$\beta = 3 : 20から25段$$

$$\beta = 2 : 40から50段$$

- 周期律表で離れた元素間の分離係数は大きい

$$\text{Nd/Dy} : \beta \doteq 150 \quad 1\sim 2段$$

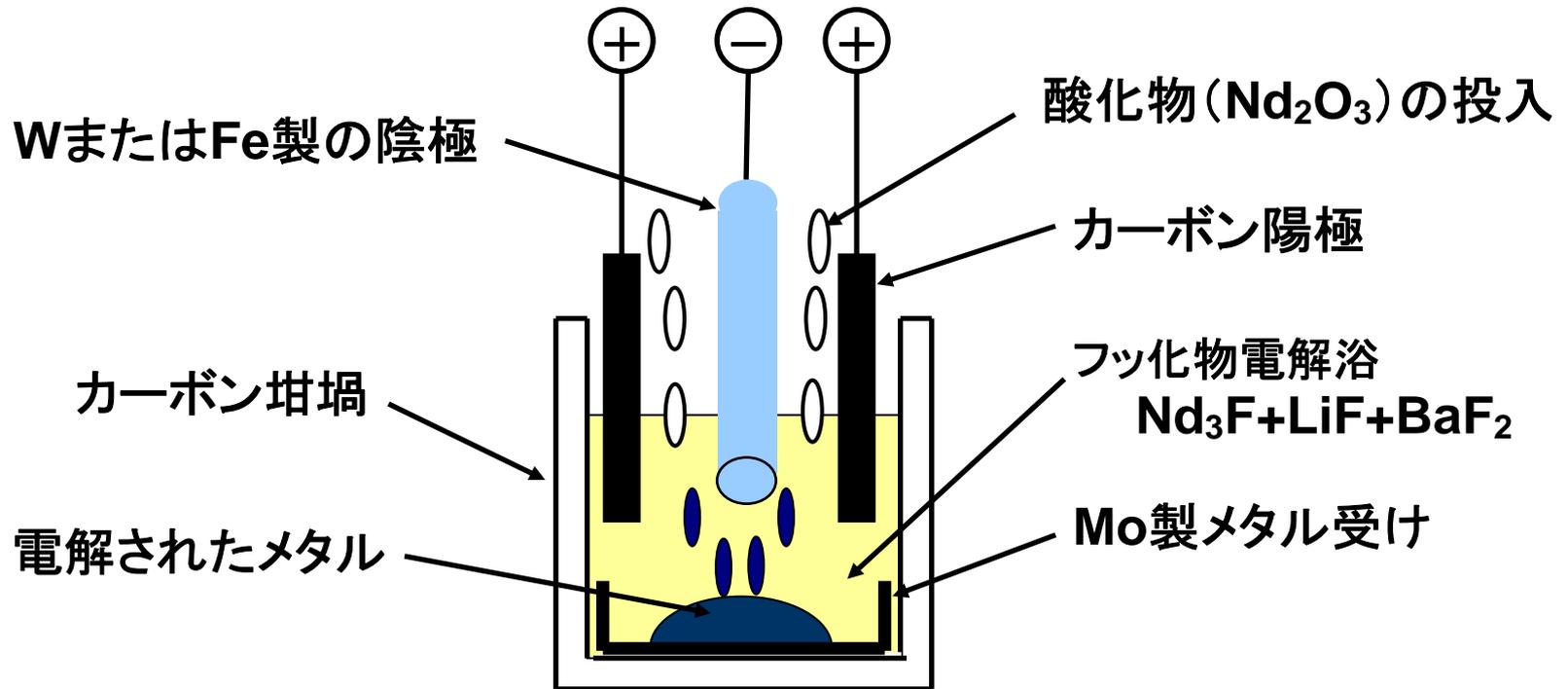
- 周期律表で隣接した元素間の分離係数は小さい

$$\text{Tb/Dy} : \beta \doteq 3 \quad 25段$$

$$\text{Nd/Pr} : \beta \doteq 1.4 \quad 60段以上$$



Ndの溶融塩電解



電解条件： 約10V、数千A、950~1000°C

Ndの熔融塩電解反応

フッ化物浴に熔融させた酸化物のカーボンによる還元反応

① W陰極

陽極反応



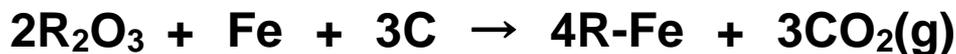
陰極反応



$3 \times (1) + 2 \times (2)$



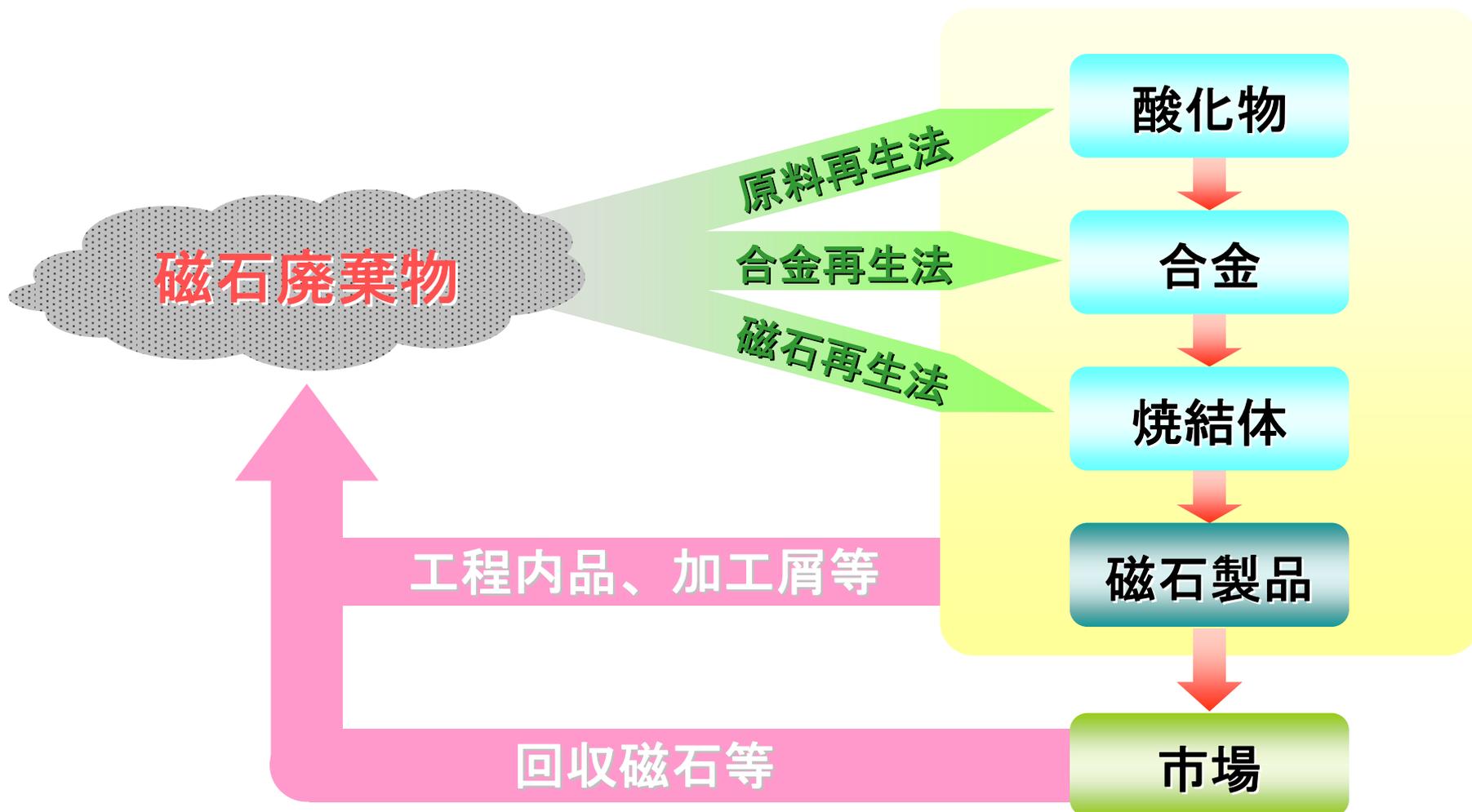
② Fe消耗陰極





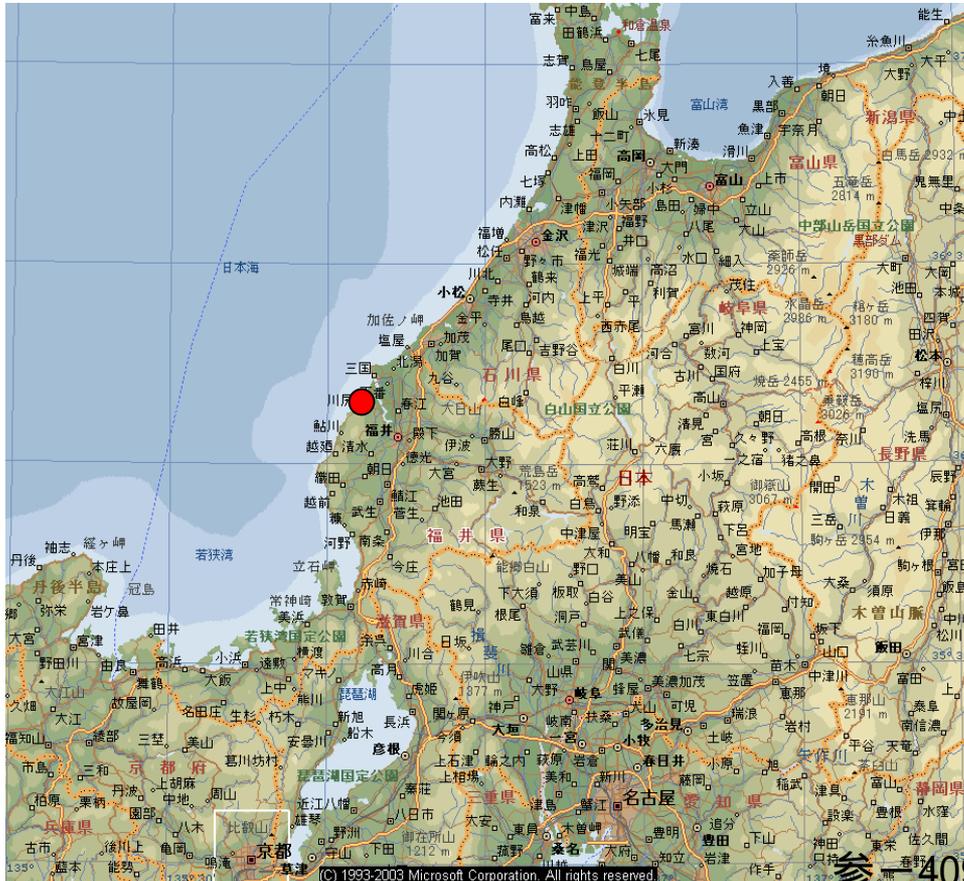


希土類磁石のリサイクル



信越化学レア・アース分離精製工場の新設

- ・レア・アースマグネットの原料となる、レア・アースの分離精製設備
- ・生産能力:レア・アース酸化物 1,000トン/年



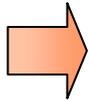
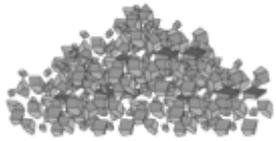
- ・用地 6万平米
- ・建屋 15万平米
- ・投資金額 20億円
- ・完成 2008年春
- ・人員 40人程度



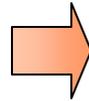
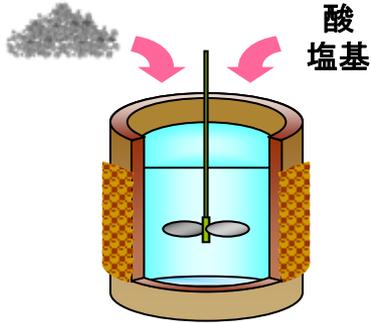
工業団地テクノポート福井

希土磁石リサイクル工程

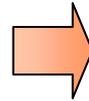
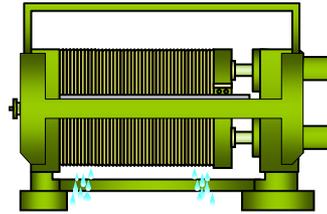
加工
スラッジ



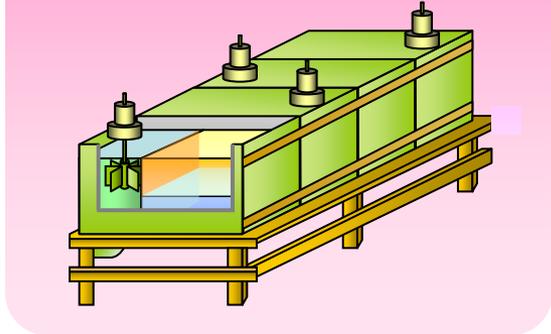
酸溶解



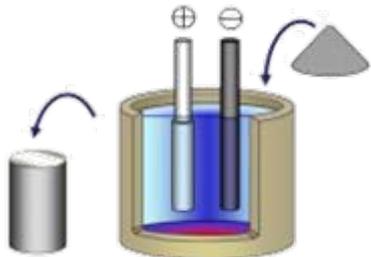
ろ過



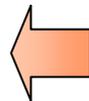
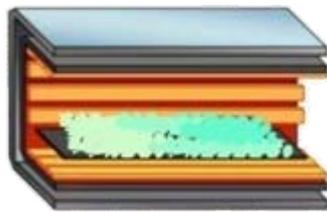
分離 (溶媒抽出)
(Pr) / Nd / Tb / Dy



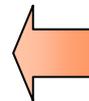
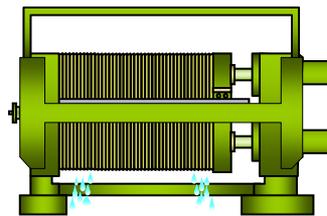
電解



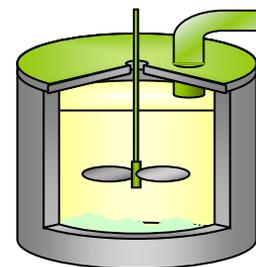
焼成



ろ過



晶出





信越化学福井工場