

季報 エネルギー総合工学

Vol. 29 No. 4 2007. 1.

特集：第22回エネルギー総合工学シンポジウム

日本のエネルギーの未来を拓く

——次世代の自動車用エネルギーを探る——

財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

第22回エネルギー総合工学シンポジウム

日本のエネルギーの未来を拓く —一次世代の自動車用エネルギーを探る—



挨拶を述べる 塚本 修 経済産業省 技術総括審議官

日 時：平成18年9月8日（金） 10：00～17：00

場 所：経団連ホール（経団連会館14階）

総合司会：プロジェクト試験研究部部長 蓮池 宏

目 次

【開会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 理事長	秋 山 守	 1
【来賓挨拶】	経済産業省 技術総括審議官	塚 本 修	 3
【基調講演】	自動車と自動車用燃料・エネルギーの将来 早稲田大学理工学部 教授	大 聖 泰 弘	 5
【特別講演】	自動車の未来への技術の貢献 トヨタ自動車(株) 常務役員	上 田 建 仁	 18
【特別講演】	石油と新液体燃料の展望 新日本石油(株) 常務取締役執行役員	松 村 幾 敏	 30
【講演】	自動車用燃料アウトルック (財)エネルギー総合工学研究所 副主席研究員	蓮 池 宏	 42
【パネルディスカッション】			
テーマ：次世代の自動車用エネルギーを探る			
司 会	駒 橋 徐	日刊工業新聞社 編集委員	
パネリスト	池 田 元 一	東京ガス(株) エネルギー営業本部天然ガス自動車部長	
(五十音順)	斎 藤 健一郎	新日本石油(株) 研究開発本部開発部部長	
	立 花 慶 治	東京電力(株) フェロー (執行役員待遇)	
	大 聖 泰 弘	早稲田大学理工学部 教授	
	二 宮 利 宏	日産自動車(株) 総合研究所パワーソース研究所長	55
【閉会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	山 田 英 司	 80
【研究所の動き】	 81		
【編集後記】	 83		

開 会 挨拶

秋 山 守 (財)エネルギー総合工学研究所
理事長



皆様おはようございます。本日はご多用の中、私ども恒例の「エネルギー総合工学シンポジウム」に多数の方々のご出席を賜わりまして誠にありがとうございます。日頃から当研究所の事業につきまして格別の温かいご指導、ご支援を賜わっておりますこと、高い席からではございますが厚く御礼を申し上げます。

さて、本日のシンポジウムの開催にあたりまして一言ご挨拶をさせていただきます。私どもエネルギー総合工学研究所では、エネルギーの未来を拓くのは技術であるという認識のもとに、エネルギーと環境を言わば一体といたしまして、長期的かつグローバルな視点で調査研究活動を進めてまいっているところです。昨今のエネルギー情勢を振り返ってみますと、産油国における生産余力の減少、中国など新興の工業国における石油需要の急増など、石油市場は構造的な需給逼迫の状況を示しており、その結果として石油価格は高水準で推移し、ガソリン価格等も大幅に値上がりしています。

国際的に見ますと、欧州では今年の正月早々にロシアからのガス供給の一時停止事件があり、エネルギー安全保障の観点からの議論が高まっているところです。一方、米国では、包括エネルギー法案が成立いたしましたして、ブッシュ大統領の強力なリーダーシップにより、「グローバル核エネルギー協調」といったプログラムも提唱されています。このように、欧米におきましてエネルギー政策の重要性が一段と高まっています。

こうした中、わが国におきましても、2006年5月、経済産業省が『新・国家エネルギー戦略』を策定し、公表いたしました。これにより、国のエネルギー政策の軸足がエネルギー安全保障に移されたと私どもは認識しております。

さて、毎年開催しております本シンポジウムでは、その時々注目されるテーマを取り上げてまいりました。今回は「次世代の自動車用エネルギーを探る」というテーマで企画をいたしました。経済産業省の『新・国家エネルギー戦略』では、いくつかの数値目標が掲げられております。その中で運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とするという目標が掲げられておりますが、これは最も達成が難しいものの1つと考えられているところです。運輸部門での次世代の自動車用エネルギーといたしまして、バイオ燃料を初め、天然ガス、GTL、電気、水素等、多種多様なものが期待されていますが、本シンポジウムでは、これらにつき産業界並びに大学のトップクラスの専門家によるご講演、またあわせ

てパネルディスカッションを行うことによりまして、将来の自動車用エネルギーそれぞれの技術的なポテンシャルと展望を明らかにできるのではないかと考えております。

本日は公務ご多用の中ご臨席を賜りました経済産業省大臣官房技術総括審議官の塚本修様からご挨拶を賜ります。続きまして、早稲田大学理工学部教授大聖泰弘先生から、「自動車と自動車用燃料・エネルギーの将来」と題します基調講演をいただきます。次にトヨタ自動車株式会社常務役員でいらっしゃいます上田建仁様から「自動車の未来への技術の貢献」と題します特別講演を頂戴いたします。

午後になりますと、まず新日本石油株式会社常務取締役執行役員の松村幾敏様から、「石油と新液体燃料の展望」と題しまして、既存の石油燃料、非在来石油、GTL、そしてバイオマス燃料それぞれの供給可能性について特別講演をいただきます。続きまして、当研究所の蓮池宏副主席研究員から、「自動車用エネルギーアウトック」と題しまして将来の自動車用エネルギーのあり方に関する当研究所の調査研究の結果をご報告させていただきます。本件は2050年、あるいはさらに長期的な観点に立ちまして、資源制約ないしは環境制約の増大リスクも勘案しながら検討を進めてまいったものでございます。

その後、休憩を挟みまして、日刊工業新聞社編集委員の駒橋徐様の司会により、エネルギー業界、自動車業界、大学、それぞれの専門家であられます5名の方々、すなわち東京ガス株式会社エネルギー営業本部天然ガス自動車部長の池田元一様、新日本石油株式会社研究開発本部開発部部長の斎藤健一郎様、東京電力株式会社フェローの立花慶治様、基調講演をお願いしました大聖泰弘先生、そして日産自動車株式会社総合研究所パワーソース研究所長の二宮利宏様にご参加をいただきましてパネルディスカッションを予定しております。

以上ご紹介申し上げましたように、今回のシンポジウムは自動車用のエネルギーの将来像を考えてまいります際に大変重要な示唆を与えるものと期待される内容となっております。皆様の今後のビジネス、あるいは研究開発のお仕事にとり多くの有益な情報をもたらされるものと確信しております。

本日もご臨席を賜りました経済産業省の塚本技術総括審議官様を初め、貴重なご講演を賜わり、またパネルディスカッションにご参加を賜ります先生方、そしてまた多数ご参集くださいました皆様様に心から御礼を申し上げますとともに、本日のシンポジウムが皆様を初め、多くの方々にお役に立ちますことを重ねてお願いいたしまして、開会のご挨拶とさせていただきます。本日は誠にありがとうございます。(拍手)

来賓挨拶

塚本 修 (経済産業省大臣官房 技術総括審議官)



皆様おはようございます。経済産業省の技術総括審議官を務めております塚本でございます。よろしくお願いいたします。

今日は、秋山理事長から次世代の自動車用燃料についてのシンポジウムというお話がございました。私も大変期待をしてこのシンポジウムを待っておりました。22回目のシンポジウムと聞いておりますけれども、かくも盛大に開催されましたことに心よりお祝いを申し上げます。

本日のテーマは、燃料分野の石油の依存度を下げていくというエネルギー政策でも大変重要な課題に密接に関わっているものと認識しております。『新・国家エネルギー戦略』の背景は、規制緩和、市場の自由化を通じてエネルギー調達をしていくという基本的な考え方だけではエネルギー政策として足りないのではないかと。やはり安全保障に軸足を置く、舵を切るということが重要であろうということがございます。十数億の人口を擁する中国、インド等で本格的な経済成長が始まり、エネルギー、その他の資源の需要が急増しております。これらの需要に供給が追いつかないという状態がかなり長期化するのではないかと懸念されます。そういう中で、わが国としてどういうエネルギー政策を採るべきかということで、『新・国家エネルギー戦略』では、2030年を目途とします具体的な数値目標を掲げております。2030年までに更に省エネルギーを進め、エネルギー効率を今よりも約30%改善する。輸送部門の石油依存度を80%とする。現在は15~16%の自主開発原油の比率を40%まで引き上げる。それから原子力発電の全発電量に占める比率を30~40%で維持する。こういうふうな具体的な数値目標を掲げております。

その中で、運輸部門の石油依存度を下げていくということでは、燃料サイドでは、バイオマス燃料、ガス・ツー・リキッド (GTL)、コール・ツー・リキッド (CTL) 等々が、また、自動車サイドでは燃料電池自動車、電気自動車等々の技術が関係してまいります。その技術的なポテンシャル、導入目標、展望といったことについて、本日は各専門の先生方から高い見識のご披露があるのだと思います。そういう意味では私も大変期待しているところです。

一方、時を同じくして経済産業省は長期的視野に立った成長の基盤作りのシナリオを書くということで、『新経済成長戦略』というものを策定致しました。これは技術革新(イノベーション)、生産性の向上、アジア経済のダイナミズムとの共生によって、既に始

まっております人口減少下でも成長は可能である。「日本経済の陽はまた昇る」というキャッチフレーズのもとにそのシナリオをお示ししたものです。その中の1つの大きな考え方がイノベーションです。わが国経済を世界のイノベーションセンターにしていくことによって、日本経済、それから世界経済を引っ張っていかうということです。

そうは言いながらも、やはりその基盤はエネルギーですので、この「経済成長戦略」と「エネルギー戦略」とは軌を一にするものと考えております。今日は、自動車用の燃料源や技術のポテンシャルについて、ご議論があらうかと思ひます。その中におきまして、当然、技術によるブレークスルーが大変大事だと思ひますが、新しい社会システムを構築していくためには、やはり新しいイノベーションというのが必要で、技術の持っているポテンシャルのみならず、その技術を取り巻く社会のシステム、ビジネスモデル、そのためのインフラ整備など、真の意味でのイノベーションを実現していくことが大事であらうと思ひております。本日は、そういうご議論にも期待をしたいと思ひております。

加えて、経済産業省に身を置く者として、こういう政策課題について皆様方の色々なご議論に真摯に耳を傾ける、現場を忘れないということが大変大事だと思ひております。政策の原点回帰といいますか、現場第一主義で経済産業省の政策展開を今進めている最中でございますけれども、今日のご議論も真摯に受け止めさせていただきたいと思ひております。

本日のシンポジウムがわが国のエネルギー政策、ひいては、経済産業政策全体にとりまして、有意義なものになります事を祈念しますとともに、財団法人エネルギー総合工学研究所、並びに本日ご参集の皆様の益々のご活躍、ご発展を心より祈念申し上げます。私からのご挨拶にかえさせていただきます。ご静聴ありがとうございます。（拍手）

自動車と自動車用燃料・エネルギーの将来

大 聖 泰 弘（早稲田大学理工学部教授）



はじめに

燃料・エネルギーを考える前に、まず自動車による大気汚染の抑制が第一の環境行政上の重要課題だということを指摘させていただきます。今、環境省と国土交通省では、2010年に向けた二酸化窒素（NO₂）とSPM（浮遊粒子状物質）の環境基準の達成を掲げています。大都市においては、1台1台の車の排出ガス規制を強化するだけでは環境基準が達成できないことが予測されますので、首都圏で実施されているようなディーゼル車対策、あるいは国による自動車NO_x・PM法といった対策を講じることで、概ね達成できるのではないかと考えています。

図1にわが国の自動車関連の状況を示します。ここから、貨物や旅客輸送の自動車依存度が非常に高いこと、製品出荷の14%が自動車ということで自動車産業が日本の産業で大きな割

表1 わが国の自動車関連の状況

■ 四輪自動車保有台数: 7,421万台 (2003年末) ・ 乗用車: 74.4% ・ 商用車他: 25.6% ■ 貨物輸送のトラック輸送依存割合: 55% ■ 旅客輸送 (人km) の自動車依存割合: 67% ■ 自動車関連の製造品業出荷割合: 14.1% ■ 首都圏や関西地区では、NO₂、浮遊粒子状物質 (SPM)、光化学オキシダント (O_x) の環境基準の達成率が低い状態が長年続いている。交通量増大やディーゼル車割合の増加が主要因 ・ ディーゼル車が総排出量に占めるNO_x: 50% ・ " " 微粒子: 30~50% ■ このため、排出ガスの規制強化と大都市での自動車交通に関わる総合対策が進められている。
--

合を占めていること、ディーゼル車等による窒素酸化物（NO_x）、粒子状物質（PM）の影響がかなり大きいということが言えると思います。これに対して、最近のガソリン車では「4つ星マーク」が付いた新車がどんどん出てきています。NO_xと炭化水素の排出レベルは「新長期排出ガス規制」（2005年開始）の4分の1という水準です。これは冷始動・暖機時の対策も含めて強化してきたことによります。

ディーゼル車の排出ガス規制の動向

重量車のスーパークリーン化を目指す日米欧

ディーゼル車ですが、図2に示すように、特にトラックやバスのような車両総重量が3.5トンを超える重量車に対しては、日米欧ともに排出ガスの規制強化を予定しています。

アメリカの2010年の排出ガス規制はガソリ

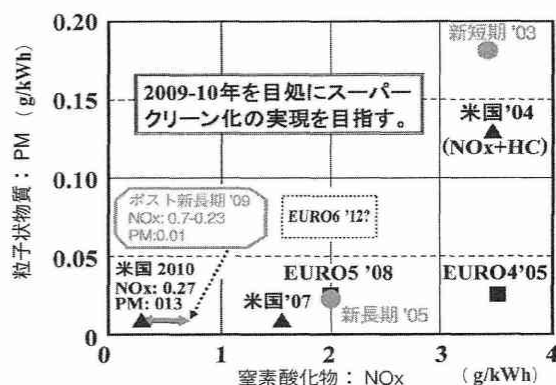


図1 日米欧のディーゼル重量車規制

ン車並で、これが1つのゴールではないかと思っています。わが国でもそれに対応するように、アメリカ並の低レベルに設定した「ポスト新長期規制」が2009年から始まります。ところが、アメリカの最近の動きを見ますと、どうも2010年規制は達成できそうもない、特にNOxの低減が難しいと言われています。日本の場合には0.7g/kWhが一応の目標値ですが、2008年ぐらいに「挑戦目標」として、その3分の1に当たる0.23g/kWhぐらいまでNOxを減らせる可能性を技術的に探るため規制値に幅を持たせています。いずれにしても、この数値をクリアするようなクリーンなディーゼル車「スーパークリーンディーゼル」がここ数年で登場してくると予想されます。

日欧のディーゼル乗用車規制

ヨーロッパと日本は図2のような規制を施行

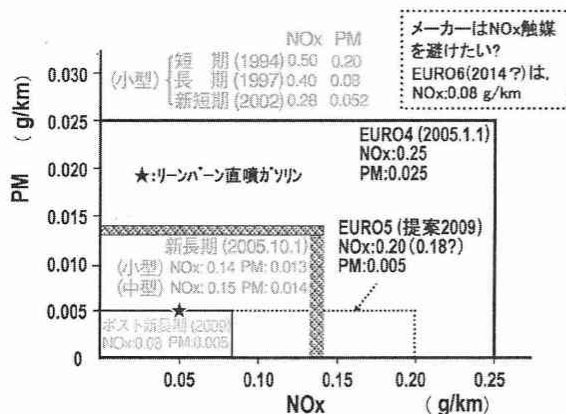


図2 日欧のディーゼル乗用車規制

しています。「ポスト新長期規制」(2009年開始と予想される)のクリアは非常に難しいターゲットだと思われます。その一方で、ディーゼル乗用車の普及が50%を超えているヨーロッパでは、「EURO5」が提案されていますが、NOxは日本のレベルよりもかなり緩いです。ところが、議論されつつある「EURO6」(2014年ぐらいから開始と思われる)では、日本の「ポスト新長期規制」のレベルになると推定されています。

ディーゼル車の排出ガス対策

—後処理、新しい燃焼方式、低硫黄分燃料—

近いうちに排気後処理装置が本格的に登場します。これには「ディーゼルパティキュレートフィルター (DPF)」,あるいはNOx還元触媒システム,それから,排気ガスを吸気と混ぜる「排ガス再循環 (EGR)」も必要になってきます。これらによって燃焼温度を下げ,NOxを減らそうというものです。

図3には触媒を使った色々な後処理システムの組み合わせ例を示します。エンジン排気が出てきた後に,NOx吸蔵型触媒 (NSR) や尿素水を使った選択還元型触媒 (SCR) も必要になってきています。今後,複数の後処理システムを直列につないだ複雑な形で使わざるを得なくなってくるだろうと思われます。これによって耐久性,信頼性,コストを保障していくことが非常に重要な課題になっています。

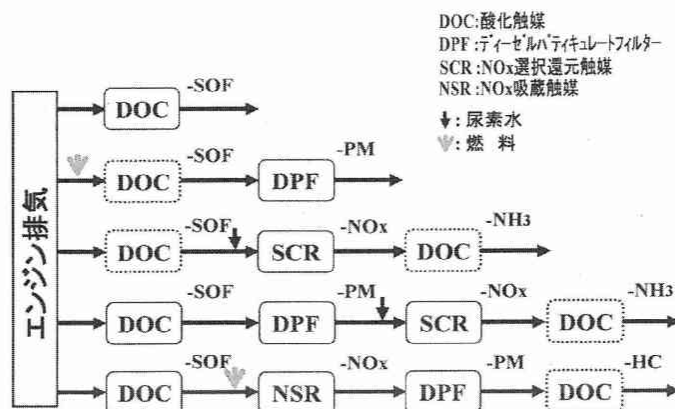


図3 後処理システムの組み合わせ

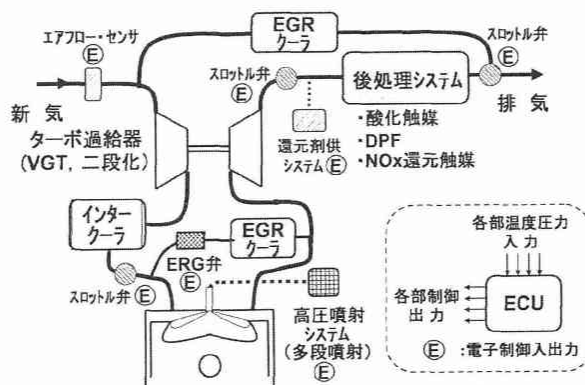


図4 ディーゼルエンジンの排出ガス対策例

新しい燃焼方式も後処理工程で触媒やフィルターの負担を減らす上で非常に大きな効果があると思われます。

図4のように、「コモンレール」などのシステムが主流を占める高圧噴射システムによって、非常に柔軟な燃料噴射が行われるようになってきています。そして、これらを統合的に制御する電子制御システムが不可欠になってきています。

高圧噴射では、メイン噴射の前後に複数の噴射を行い、排ガスをきれいにしながら燃費の確保を狙う技術です。非常に早い時期に燃料を噴射しますと、まだピストンが上がる途中なので温度が低くてすぐには着火しません。そうしますと空気とよく混ざりますのでリーン（希薄）な燃焼を行うことができ、NO_xとPMが同時に減ります。

このような方式は、HCCI（予混合圧縮着火）と呼ばれ、今最も盛んに研究されているテーマです。HCCIでは、噴射時期を早くしてリーンな圧縮着火を行わせますので、負荷が高くなる、つまり燃料の噴射量が増えますと、噴射した燃料が一気に燃えてエンジンが壊れてしまいますから、部分負荷しか適用できません。また、あまりにも薄いために、未燃焼の炭化水素や一酸化炭素も出てくるゾーンもあり、制御の難しい燃焼方式です。

後処理システム、あるいはエンジンの中の燃焼技術を向上させるには、どうしても軽油中の硫黄を減らす必要があります。特に後処理の重要性が増してくると硫黄分を大幅に減らさない

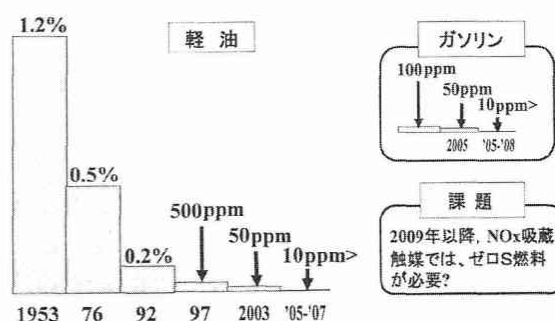


図5 わが国における燃料中の硫黄低減の推移

といけないので、ガソリンも軽油も2005年から図5のように硫黄分を10ppm（0.001%）まで下げてきています。昔は1.2%まで硫黄がありましたが、そんなレベルは今では通用しません。

低公害車開発

経済産業省、国土交通省、環境省が一緒になって、2001年7月に低公害車開発普及アクションプランを提示しました。その中で、実用段階にある低公害車（天然ガス車、電気自動車、ハイブリッド車、メタノール車および低燃費・低排出ガス認定車（3つ星、4つ星のガソリン車）の2010年での1,000万台普及を目指しました。実は、この目標は既に達成済みです。自動車のグリーン税制の効果もあって、そういった低排出ガス車の普及が予想よりも早く進んでいると言えます。

表2 革新的次世代低公害車総合開発

ディーゼルエンジンのポスト新長期排出ガス規制に適合する排気浄化と本来の高効率の維持を目的に、以下の燃焼、燃料、後処理に関わる9件のプロジェクトを産官学の協力体制で推進している。 (予定予算総額: 約50億円)
【1】新燃焼方式の研究開発 (予混合圧縮着火燃焼(HCCI)等の燃焼の最適化)
【2】天然ガス合成液体燃料(GTL)を用いたエンジン技術の開発
【3】各種の革新的後処理システムの研究開発 (プラズマ、固体電解質の利用、新型触媒の開発、NOx・PMの浄化シミュレーション)
【4】次世代自動車の総合評価技術開発 (PMの数計測・評価、未規制物質の健康影響、HCCIエミッション特性等)

また、DME車、次世代ハイブリッド車、スーパークリーンディーゼル車等の次世代低公害車の開発を行うこと、さらに、燃料電池車は2010年に5万台を普及させることを目指しています。

その開発に当たっては行政側で資金的な支援が進められています。例えば、表2は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の大型プロジェクトです。この中にはディーゼルエンジンの「ポスト新長期規制」に適合しつつ、本来の燃費を維持する新しい燃焼技術、あるいは燃料、後処理を含めた技術の研究を推進するということで4つのテーマを掲げています。2004年～2008年の5年間で50億円というかなり大型なプロジェクトで、産官学が一緒になって研究開発を進めています。後処理などでは、プラズマとか固体電解質を使うという非常にユニークなアイデアも含まれています。

燃費改善へ向けて

「新・国家エネルギー戦略」の数値目標

国民1人当りの年間石油消費量は、ドラム缶10本です。全体では2億5,000万klを使っていますが、そのうちの4割は自動車に使われています。こういった「石油漬け」から何とか脱却しなくてははいけません。それから、二酸化炭素(CO₂)排出も、表3に示すように、運輸部門の伸びが20%を超えています。国としては1990年比で6%削減することを掲げていますが、運輸部門では、+15%ぐらいにするのが関の山かなと思いますが、その目標の達成もなかなか大変だと思います。

『新・国家エネルギー戦略』(2006年5月)では、エネルギー効率の改善目標を掲げていますが、車では、現在を100として30%ぐらい燃費を良くする必要があることになると思います。それから日本の石油依存度を40%ぐらいまで下げる。運輸部門では今100%近い石油依存度を80%ぐらいまで下げていきたい。そのために、石油代替の燃料やエネルギーの導入が目標となっています。

表3 わが国のエネルギー起源CO₂の部門別排出量

(百万t-CO ₂)	1990年度	2003年度 (1990年度比)	2003年度からの 増減	2004年度速報値 [割合](1990年度比)
合 計	1,048	1,188 (+13.3%)	→ -0.6% →	1,181 (+12.6%)
工場等	476	478 (+0.3%)	→ -1.1% →	472 [40.0%] (-0.8%)
自動車・ 船舶等	217	260 (+19.8%)	→ +0.7% →	262 [22.2%] (+20.6%)
オフィス ビル等	144	196 (+36.1%)	→ -1.2% →	194 [16.4%] (+34.6%)
家 庭	129	170 (+31.4%)	→ -0.3% →	169 [14.3%] (+31.0%)
発電所等	82.2	85.8 (+4.3%)	→ -0.5% →	85.3 [7.2%] (+3.8%)

着実な進展が見られる燃費改善基準

CO₂排出削減、あるいは石油依存度の低減のために燃費基準が設けられています。日本では、2010年の目標が5年前倒しで達成されています。この10年で、平均して、ガソリン乗用車では22.8%燃費が改善されています。

一方、図6に示すように、ヨーロッパでは例の2008年には、「CO₂排出を140 g/km」という目標の達成が難しいということが分かってきて苦労しています。いわんや120 g/kmの達成はまだ先という状況です。アメリカも改定を検討中というのですが、まだ明確にはなっていません。日本は燃費の技術で頑張ることが非常に明確になってきており、ヨーロッパやアメリカの技術に対抗していく上で非常に有利な状況にあると思われます。

日本では燃費基準達成を後押しする「グリーン税制」が非常に大きな効果を上げていることを付け加えておきます。表4では、平成18年度における低排出ガス車と低燃費車の指

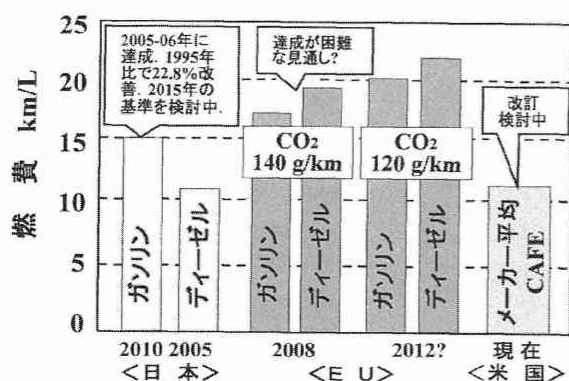


図6 各国における乗用車の燃費基準

表4 平成18年度のグリーン税制

2005年 新長期 燃費基準	新☆☆☆車	新☆☆☆☆車
基準+10% 達成車	(軽減なし)	(自動車税) 概ね25%低減 (自動車取得税) 15万円控除
基準+20% 達成車	(軽減なし)	(自動車税) 概ね50%低減 (自動車取得税) 30万円控除

定と「グリーン税制」を示しています。昨年度まであった規制値に対して50%低レベルな低排出ガス車の「3つ星」に対する税の軽減措置がなくなり、本年度から「4つ星」でかつ、2010年の燃費基準に対して+10%、あるいは+20%を超過達成するものに優遇措置が講じられることになりました。こういう税の優遇が行われると、燃費改善によるコストアップ分が消費者にとってもメーカーにとっても吸収できるわけです。

ガソリン車の場合、燃費規制を5年前倒しで達成してしまったということで、2015年に向けた基準改定の検討が経済産業省および国土交通省で進められています。私も参加させていただいていますが、検討内容は表5のとおりです。結論はまだですが、本年度中に出てくると理解しています。

表5 燃費規制改正の検討内容

【現状】2010年の乗用車等の燃費基準はすでに達成されて、2015年に向けた基準の改訂の検討が進められている。 【検討内容】 ■「トップランナー方式」を踏襲し、車両重量区分をさらに細分化。 ■エンジンと動力伝達に関わる技術の効果を積み上げることで、2010年基準値に対して平均で20数%の改善が可能な見通し。 ■これらによるコストアップを燃料コストの低減で取り戻せるか？ ■ガソリンのオクタン価向上による燃費向上分も織り込む。 ■モード燃費とともに、実走行燃費 (Real world fuel economy) が重要。

それを可能にするのは、エンジンとトランスミッション、足回りの技術の積み上げです。20数%、ひょっとすると30%近く燃費改善になるという見通しが得られています。この10年でまた大きな燃費改善があると期待しています。

重量車の燃費基準

2005年、重量車の燃費基準が制定されました。さらに低燃費技術を改善する、あるいは石油の依存を減らすといったような点から踏み込んだやり方をとりたということで、色々検討を進めてきました。表6のように、2002年から3年ぐらいのレベルから2015年で

表6 重量車の燃費基準

【現 状】自動車全体のCO₂排出量の約40%を占める貨物自動車のうち、重量車は保有台数で約40%、CO₂排出量で約60%を占めている。 【目 標】重量車燃費の改善とCO₂の排出削減を図るため、自動車メーカー等の判断基準となる事項： ■対象となる自動車の範囲 ■燃費区分 ■燃費基準値 ■目標年度 について具体的に検討。GVW3.5t以上の車両に対して2002年度比で2015年度までに平均で12%の改善を提示、パブリックコメントを経て、2005年11月に決定。 【手 法】車体の種類や形状が多いことを考慮し、定常運転でのエンジン燃費特性を元に数値シミュレーションによる評価を行う。

<トラック> (km/L)			
	基準年 2002年	2015年	改善率
トラクター以外	6.56	7.36	12.2%
トラクター	2.67	2.93	9.7%
全 体	6.32	7.09	12.2%

<バス> (km/L)			
	基準年 2002年	2015年	改善率
路線バス	4.51	5.01	11.1%
一般バス	6.19	6.98	12.8%
全 体	5.62	6.30	12.1%

12%ぐらいの改善を目指すことになりました。ディーゼル車で、「ポスト新長期規制」をクリアしようとする、燃費が悪化するという事情があります。それを克服する必要があるということで、表6のような車種別の改善率が設定されています。

燃費改善への技術面での取り組み

[各種エンジンの効率特性]

図7では効率特性を燃料電池、ディーゼルエンジン、ガソリンエンジンで比較してみました。ガソリン車もディーゼル車も実は、4分の3負荷ぐらいの高い負荷で使うのが一番燃費がいいわけです。部分負荷の場合には、ほとんどあらゆる動力機械で、内部損失、機械損失があるために、必ず燃費が悪くなってきます。ここで燃費をどうやって改善するかが実はガソリンエンジン、ディーゼルエンジン車の目標になっているわけです。ハイブリッドは、燃費のいいところだけエンジンを使

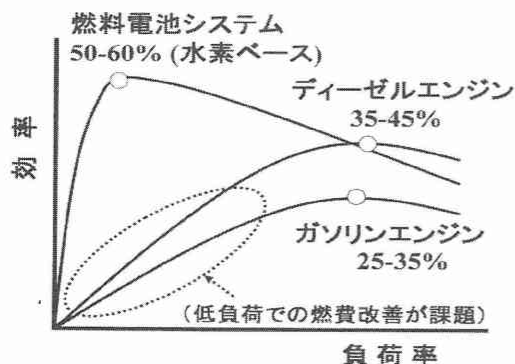


図7 各種エンジンの効率比較

って、燃費の悪いところはモーターで運転するというやり方になります。

燃料電池は部分負荷が低いところで燃費がいいという特性がある反面、アクセルを強く踏むと実はディーゼルより燃費が悪くなるポイントがあるかもしれません。そういう特性を持っていますので、動力システムの違い、効率の違いをうまく配慮したパワーシステムのまとめ方が必要になってくる訳です。

[自動車の低燃費技術]

自動車の低燃費技術を表7に示します。ガソリン直噴は非常に有力なシステムです。ハイブリッド化は低燃費技術の中では傑出した技術だと思いますが、それ以外にも細かいエンジンの制御、機構に関しては、可変弁機構や6気筒のうち3気筒止めてしまう可変気筒機構があります。

最近少しずつ始まっているのは、エンジンの小型化です。小型にすると同時に、過給、あるいは直噴化して、なるべくエンジン負荷

表7 自動車の低燃費技術

燃費改善率 ◎: 10%以上 ○: 5~10% □: 5%以下		
対 象	技 術 (G:ガソリン車, D:ディーゼル車)	
エンジン	新方式	◎直噴ガソリン(G) ◎ハイブリッド化 ◎ミラーサイクル ○リンパンプ(G)
	制 御	○アイドルストップ □減速時燃料カット □空燃比、点火時期制御の高精度化(G)
	機 構	□4弁化 ○可変ターボ過給(D) ○可変弁機構(VVT等による可変圧縮比) ◎可変気筒機構 ◎エンジンの小型化(G)
	摩擦低減	□潤滑特性の改善 □運動部の軽量化
駆動・伝達系	ATの改善 ○無段変速機(CVT) ○自動化MT □ATの電子制御化 □ATの多段化	
車 体	◎軽量化(樹脂、軽金属、超高強度鋼の利用) ◎空気抵抗低減(高速時) □低転がり抵抗タイヤ	
	□補機類の高効率化 □廃熱の利用	
その他		

の高いところで燃焼させて燃費向上を図ります。しかも小型化で軽くなりますので車両全体を軽くできると同時に、エンジンの負担も軽減できますので、一石二鳥です。それからエンジン内部の摩擦損失を減らす運動部品の軽量化もあるでしょう。トランスミッションの高効率化も挙げられます。車両全体では、軽量化、空気抵抗の低減、低転がり抵抗のタイヤの利用も有効です。

ディーゼル乗用車の場合、直噴ディーゼルはNOx低減がもう一息のところに来ています。CO2排出に関しては、ガソリン車よりも優位にあります。従って、今後、ディーゼル車では、PM排出低減とNOx還元触媒システムが必要になってきます。排出ではガソリン並を目指し、かつ燃費の良さでコストアップ分を稼ぐといったことが必要になってくると思います。

[燃料品質による燃費改善への取り組み]

燃費改善で重要な活動として“Japan Clean Air Program (JCAP) II”があります。自動車

表8 JCAPIIの活動

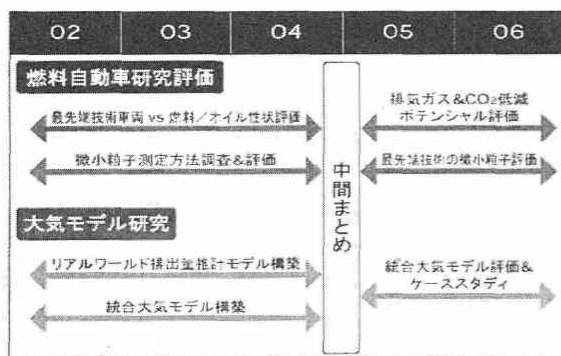


表9 JCAPIIの今後の課題

- 排出ガスと燃費・CO₂の一層の低減を目指した燃料性状改善と先進エンジン技術の組合せの検討
 - ・ガソリン...超低硫黄分、オクタン価、RVP、組成
 - ・軽油.....超低硫黄、低アロマ、セタン価、蒸留特性、GTL (モード評価に加え、リアルワールドでの特性にも注目)
- 再生可能燃料のWell-to-Wheelを含めた評価
 - ・バイオエタノール・ETBE・バイオディーゼル・BTL
- 未規制物質やディーゼルナノ粒子の排出特性と健康への影響の解明
- 大気環境の監視・モニタリングの実施、大気汚染の数値シミュレーションモデルの構築、検証と対策効果の将来予測
- 幹線道路における局地汚染のメカニズムの解明と対策
- この分野における途上国への支援とトランスboundary汚染の究明と対策

業界と石油業界が協力して、表8に示すように、2002年度から燃料品質が排出ガス、燃費、大気環境に及ぼす影響を探ってきています。2006年度で終了しますが、エンジンベース、あるいは車両ベース、排出ガスが都市環境に与える影響などについて、測定と数値シミュレーションを含む色々な手法で探っているわけです。今後のJCAPIIの課題としては、表9のようなものを挙げるができますので、今後の継続が期待されます。

車体軽量化による燃費改善

車体の軽量化が走行に必要なエネルギーの削減に大きく寄与することがわかっています。今後は車体の軽量化で燃費を良くし、排ガス対策の負担軽減を目指すべきではないかと思っています。軽量化材料としては、超高張力鋼、軽金属、プラスチックの3つが有望です。超高張力鋼という軽くて引っ張り強度のある鉄を使いますと、車両は2～3割軽量化でき、燃費が2割ぐらい向上します。今後10年ぐらいで、エンジンや動力伝達系で燃費が3割ぐらい良くなるわけですから、車両の軽量化と合わせると非常に大きな燃費向上が図られることになります。

鉄の引っ張り強度は、一昔前の2～3倍ぐらいまでになってきています。実験室レベルでは1500MPaぐらいの強度が出てきています。これには加工性が悪い、溶接がうまくいかない、コスト高、品質管理の問題などがあるようですが、是非頑張っていただきたいと思っています。表10は、国際鉄鋼協会 (IISI) の自動車委員会 (Automotive Committee) が推進して

表10 IISIのスチール製超軽量車開発

- ☆ IISI (国際鉄鋼協会、鉄鋼会社33社が参加し共同で推進。
- ☆ 高性能の高強度鋼材 (AHSS: Advanced High Strength Steel) を多用し、20～30%の車両軽量化を達成。(2002年)
- ☆ 欧州の2008年CO₂排出規制である140g/kmを大幅達成。
- ☆ 欧米での衝突安全テスト (NCAP: New Car Assessment Program) で「4つ星」から最高等級「5つ星」の評価を達成。
- ☆ 燃費向上と高いリサイクル性による環境負荷低減と高い衝突安全性を低価格が実現できることを公表。

いる「スチール製超軽量車開発プロジェクト」の状況です。国内外の33社が取り組んでいるプロジェクトですが、技術内容を見ますと、やはり日本が一番リードしています。

普及に大きな影響を与えるコスト要因

コストはやはり普及にとって非常に大きな制約要因になると思います。レギュラーガソリンでリッター140円として、燃費改善技術で燃費を10%、20%、30%、40%良くするためにお金をどれだけかけて、車両価格にどれだけ上乗せしたか。元を取るのに何キロ走ればよいかを表11に示します。やはり、3万～4万kmぐらいで元がとれないとユーザーは「割高だな」という印象を持つと思います。日本の平均的な都市生活をしているドライバーの年間走行距離は、3,000～5,000kmぐらいだと思います。5万kmが必要となると、元を取るのに最低でも10年かかることになります。もし3割ぐらいの燃費改善を目指すとなりますと、車両価格は10万円アップぐらいにとどめる必要があると思います。

燃費と環境特性のまとめ

エンジン技術、燃焼技術を中心に、燃料の性状を改善し、かつ後処理をきちんとやることで、ガソリン車もディーゼル車も今後燃費

と排出ガスの改善がなされていくと思います。そういう中で、触媒技術、制御技術、機構、材料の革新も重要な要素技術として加わってくることになります。

次世代自動車開発の動向

小型・超小型EVの復活

十数年前、カリフォルニア州で10台に1台を「ゼロエミッションビークル」、すなわち電気自動車（EV）にしないと1台につき罰金5,000ドルを命じるという州法が成立しました。そのため、中型EVの開発導入が図れましたが、結局、それは実効性を上げることができませんでした。ガソリン車並の航続距離を確保しようとして電池をたくさん積んだために、重たくなる、充電時間もかかるということで、ユーザーがそっぽを向いてしまったからです。

代わりに、超小型EV、ハイブリッド車が登場してきました。その次は燃料電池車（FCV）が出てくるとは思いますが、ここ十数年の試行錯誤の過程で電気技術が進展しました。車の軽量化技術も進みました。エンジン開発でも発電所並の高燃費エンジンが開発され「プリウス」などに搭載されています。さらに、副産物として電子制御技術も生まれました。

表11 燃費改善によるコストアップとコスト回収に要する走行距離

【仮定】ベースガソリン乗用車の車両価格:200万円 レギュラーガソリン価格:140円, 燃費:12km/L		
燃費改善 %	車両価格増加 万円 (%)	価格増の回収 走行距離 km
10	2 (1.0)	18,860
	5 (2.5)	47,140
	10 (5.0)	94,290
20	5 (2.5)	25,710
	10 (5.0)	51,430
	20 (10.0)	102,860
30	5 (2.5)	18,570
	10 (5.0)	37,140
	20 (10.0)	74,290

注)ドライバーの年間走行距離によって回収年数は異なる。



図8 富士重工の“R1EV”試作車（2005年）

今では50～60kmぐらいの日常生活の移動であれば、小型・超小型EVで用が足りるということです。家庭の夜間電力を使いますと、1km走るのに1円、2円で済んでしまいます。こんな安いランニングコストの車は他にありません。それから暖機も要りません。2人～4人乗りならEV、こういったモビリティ手段を是非構築していただければと思います。多様な電源を使えるというメリットもあります。図8は、富士重工㈱が開発した2人乗りで80kmぐらい走る非常にコンパクトなR1EVで、これから市場テストしようとしています。図9は三菱自動車のMIEVです。4人乗りで、インホイールモーター（ホイール内蔵型モーター）を使っています。

CO₂排出量削減に大きな期待

EVは、CO₂排出量削減に非常に大きな効果があります。総発電量に占める原子力の割合は30%、化石燃料が60%ぐらいです。このよ

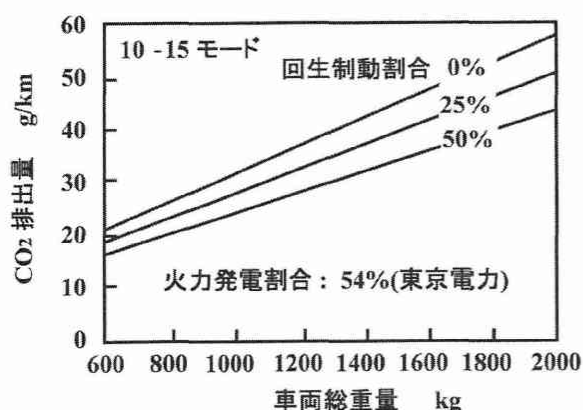


図10 EVのCO₂排出量（発電所ベース）

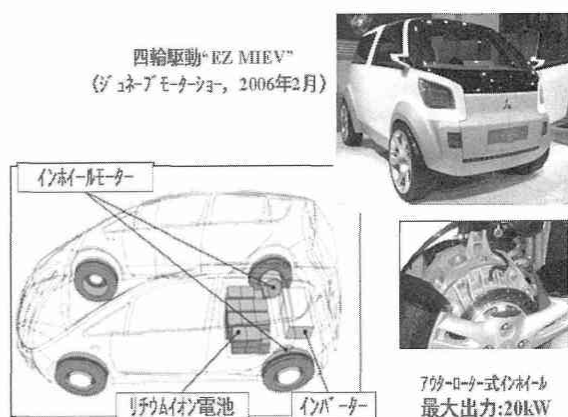


図9 三菱自動車の“MIEV”（2005年）

うに化石燃料だけではないエネルギー源で作られた電気を使いますと、CO₂の排出を抑制できます。更に回生制動でエネルギーを節約すれば、図10のようにCO₂排出を大幅に削減できます。回生制動は非常に重要な技術だと思っていますが、制御技術やハイブリッド化、燃料電池がそれを可能にします。

図11は市街地を走行する車におけるエネルギーの使われ方を見ますと、「10～15モード」の例です。空気抵抗で2割弱、転がり抵抗（タイヤを転がすときの抵抗）で3割、それ以外は加速抵抗です。加速抵抗というのは運動エネルギーそのものですから、電気自動車だと、モーターをジェネレーターとして切り替えて、運動エネルギーの減速分の電力を電池に蓄えることができます。市街地での加減速を含むモードですとエネルギーの回収、あるいは車体軽量化で、燃費改善が大きく進むことになります。

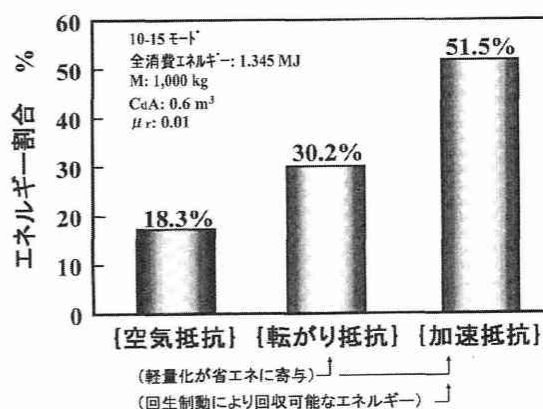


図11 走行における消費エネルギー

表12 EVのCO₂排出量（発電所ベース）

■ 特徴と利点	
・低燃費性	・低公害性(超低排出ガス認定)
・環境に対する好イメージ	
・デバイス、システム、制御技術の進展 — 欧米よりも5年以上リード、燃料電池車への援用可能	
■ 今後の課題	
・一層のシステム改善、低燃費・高性能化の追求	
・適用車種の選定	
・ニッケル水素電池からリチウムイオン電池への転換	
・コスト低減 — ガソリン価格の上昇と関連して低燃費でコスト高をカバーできるか？	
・リサイクルシステムの構築	
・ディーゼルハイブリッドの可能性	
— 排気浄化と高コストの克服	
— 燃費性能で燃料電池車に匹敵？	

ハイブリッド車

ハイブリッド車の特徴と利点、今後の課題を表12に示します。今後の課題としては、コスト低減とシステムの改善があります。回生のやり方、エンジンの一番燃費のいいところをうまく使いこなすやり方のところで、まだ改善の余地があると思っています。

今の主流はニッケル水素電池ですが、次世代電池であるリチウムイオン電池への転換をいつ行かなかなか悩ましいところだと思います。これまでニッケル水素電池を作ってきたインフラが既にありますから、これをすぐにリチウムイオンに転換することは投資上大きなマイナスになると思います。

将来燃料

石油代替燃料になるための条件

軽油やガソリンといった在来燃料に対して新燃料、新エネルギーが普及していく上でどのような条件が必要か表13に並べてみました。

1つは、石油に替わるものなら、5年や10年で消え去るものではなく、持続的かつ安定的に供給されるものでなければいけない。これは井戸元から車輪に至るまで(well-to-wheel)

表13 新燃料・エネルギーの普及条件

■ 石油代替としての持続可能性	石油消費の抑制・燃料の多様化・長期的な安定供給性・再生可能性
■ 低環境負荷特性	Well-to-Wheelの低公害性と低CO ₂
■ 安全性	低有害性 低引火・爆発性
■ 燃料供給の利便性／搭載性	供給所の適正配置・給油時間の短縮 低メンテナンス性／高エネルギー密度
■ 従来燃料とのコンパティビリティ	混合燃料としての利用(インフラの共用)
■ 経済性	ユーザーの負担 助成／減税／課税 燃料供給ビジネスの成立性

低公害でなければいけないということと、全体としてもCO₂の排出が少ないものでなければいけない。

それから、安全性、利便性、搭載性も非常に重要な条件だと思います。非常に不便なもの、あるいは別物でありますと、そこでまたインフラが必要になりますね。そうすると利用のやり方をうまく工夫しなければいけないということになります。それから従来燃料との互換性は重要で、バイオ燃料は混合燃料として使えます。例えばエタノールやバイオディーゼルは混合比率ゼロから100%まで、非常に幅広く調整できます。その時々エネルギー事情や国の施策によって比率を柔軟に変更できるという点でもメリットがある訳です。

新燃料というのはコスト高になりますので、それを減税やグリーン税制のようなもので調整していく必要があると思います。燃料供給ビジネスとして経済的に成り立たないと長続きません。

自動車用エコ燃料・エネルギー

自動車用エコ燃料・エネルギーとしては、表14に示しますように、バイオマス燃料、電気、天然ガスなど色々あります。

エタノールなどは、サトウキビやトウモロコシから作りますが、現在わが国では、エタノールをガソリンに直接3%まで混ぜる「E3」という規格があります。他方、エタノールから「ETBE（エチル・ターシャル・ブチル・エ

表14 自動車用エコ燃料・エネルギーの種類

■バイオマス系燃料(廃棄物系を含む): 資源量として制約があるが、任意の割合で混合可能で車両技術の対応が容易 - バイオエタノール: サトウキビ, トウモロコシ等から製造 セルロース(廃棄物)からも製造可能 (わが国では現状のE3からE10へ?) - ETBE: バイオエタノールとイソブチレンから製造, 高オクタン価でガソリンにブレンド(石油連盟は7%混合を推奨) - バイオディーゼル(BDF): 菜種油, パーム油, 廃食油をメチルエステル化(軽油に5%混合) - BTL: 各種原料をガス化して合成(今後の研究開発に期待) ■電 気: 自然エネルギー, バイオマス・ゴミ発電, (原子力) ■天然ガス: ガソリン車のエンジン技術を活用 - 圧縮天然ガス(スタンド311箇所, 28,000台), 液化天然ガス - GTL, DME, メタノール, 水素

ーテル)」を作り、それをガソリンに7%混合するやり方もありまして、石油連盟はこちらを推奨しています。

バイオディーゼルは菜種油などからメチルエステル化して作ろうというもので、軽油に5%混ぜても今走っている車にも大丈夫ということが決まりそうです。

BTL (Biomass To Liquid) は、各種のバイオ原料をガス化して合成した液体燃料です。これも軽油などに混ぜて使うことができます。BTLに関しては、表15に示すように、最近色々ところで、バイオマスをガス化して、H/C比を調整し清浄化して、Fischer-Tropsch法で軽油、ナフサ、灯油が作れることが実証されてきています。こうなりますと、従来のバイオディーゼルとかエタノールとはまた違った燃料のあり方が進展する可能性があります。結局、1回ガス化してこういう合成法の土俵に持ち込めば比較的柔軟に軽油を中心とした色々な燃料が作れるということになります。また非常にクリーンで

表15 BTLの試行例

■トータルBTLディーゼル製造技術の開発 (産総研バイオ研究センター, 2005~2011年度) ■植物油脂類(パーム油20%)の水素化分解による燃料油転換 (新日本石油㈱, トヨタ自動車㈱, 2005年~) ■Sunfuel (ドイツ, Choren社, すでに商業化, VW, DGが支持) ■NExBTL (フィンランド, Neste Oil社) ■バイオ化学変換と熱化学変換の統合バイオマス・リファイナリー (Biofuels in the European Union - A Vision for 2030 and beyond (BIOFRAC), 2006年) ■CHRISGAS: Clean Hydrogen-rich Synthesis Gas, (EUプロジェクト, 2004~2008年) ■バイオマス・リファイナリー (Industrial Bioproducts: Today and Tomorrow, 米国DOE, 2003年)
--

すので、大量確保は大変でしょうが、一部でBTLが活用できればと思います。

電気は、自然エネルギーやバイオを含めた再生可能エネルギー、あるいは原子力による電力を使えばクリーンなエネルギーと言えます。

天然ガスは、ガソリン車のエンジン技術を使うことで、CO₂排出を2~3割減らすことができます。ディーゼル車を天然ガス車で代替しますと、全体としての排気ガスがクリーンになるということです。

京都議定書の目標達成計画において、バイオマス由来燃料を輸送用燃料として使うのは、2010年度で50万kl(原油換算)です。その内訳は表16のとおりですが、残念ながら、非常に微々たるもので、これは輸送用燃料全体の0.6%にしかありません。今後20年、30年ぐらいでもう1桁多くする施策を採っていかないと考えています。

軽油の合成に関する課題

GTL (Gas To Liquid), CTL (Coal To Liquid), BTL, それぞれ特徴があります。GTLとCTLは、石油消費量を減らすことで、石油価格の安定させる効果はあると思いますが、CO₂排出削減策にはなりません。

いずれにしても、井戸元から車輪に至る総合効率(Well-to-wheel)を評価する必要がありますが、ある程度のロスは覚悟しなければいけません。

表16 バイオマス由来燃料の導入量と内訳

(単位: 原油換算万kl)

エコ燃料種類	2010年度導入量の目安	長期的な導入量の目安
国産バイオエタノール	2.6 ~ 3.1	63 ~ 123
国産BDF (または長期的にはBTL)	1.0 ~ 1.5	7.1 ~ 14.2
輸入エタノール・輸入BDF(または長期的にはBTL)(*2)	46.4 ~ 45.4	ブラジルからのエタノール輸入に加え、アジア地域等からのエタノール及びBDF・エコ軽油の輸入も想定
合 計	50	70 ~ 137

(環境省エコ燃料利用推進会議, 2006年)

それから成分調整のところで、これを異性化しますとガソリン的な燃料として使うこともできると言われています。いずれにしても、石油精製企業と自動車メーカーの協力を是非進めていただきたいと願っています。

結び

今後、20年、30年は、ガソリン車、ディーゼル車が主役の座を占めるであろうと思います。そういう中で、ガソリン車もディーゼル車も排出ガス規制のクリア、2015年の燃費基準の達成に頑張りたいと思います。乗用車の一部がディーゼル車にシフトしていくということは、ガソリン車のCO₂対策にもなっていると思います。向こう20年、30年で利用される可能性のある技術はもうほとんど出

そろっています。どうコストを下げて車に搭載するかが課題として残っているだけです。

それから、スーパークリーンディーゼル、ハイブリッド、直噴ガソリンといった技術だけではなく、交通対策、あるいは自動車の利用の面からもまだ講じるべき対策が色々あります。

10年、20年先、どういう車があるかということを考えてみますと、依然としてガソリン的な火花点火エンジン、ディーゼル的な圧縮着火エンジン、燃料電池、電気自動車といったものがあると予想されます。今後、この4つがどういうふうに棲み分けをしていくのかということが大きな課題だと思います。

化石燃料が主流であることには変わりがないでしょうが、ステップ・バイ・ステップで再生可能なエネルギーや燃料の方へ転換を進めるべきではないかと思います。将来の効率を私なりに予測してみたものが表17です。将来、ガソリン車も燃費が良くなりCO₂排出削減が図られる。ハイブリッド車、EVもかなりのCO₂排出削減効果があります。

こういったものをうまく総合していくということが必要だと思いますが、30年後には図12のような棲み分けになると思っています。石油代替エネルギーを何とか2割ぐらいにもっていく。車ではガソリン車に加え、電気自動車、ディーゼル車、ハイブリッド車でCO₂排出を3～4割ぐらい削減できるものと予想

表17 将来における各車種の効率比較

各車種	相対総合効率	相対CO ₂ 排出量
■現在のガソリン車	100(基準%)	100(基準%)
☆将来のガソリン車	120～135	83～74
■現在のディーゼル車	115～125	87～80
☆将来のディーゼル車	140～150	71～67
☆将来のガソリンHV	150～220	67～45
☆将来のディーゼルHV	160～240	63～42
☆将来のEV(軽サイズ)	200～250	25～20
●バイオマス燃料の利用	—	97～93
●車両の軽量化	115～125	87～80

【仮定】・総合効率=燃料効率×車両効率
 ・EV電源における化石燃料火力の熱量割合:50%
 ・バイオマスの熱量換算混合割合:5～10%
 ・車両の軽量化:20～30%

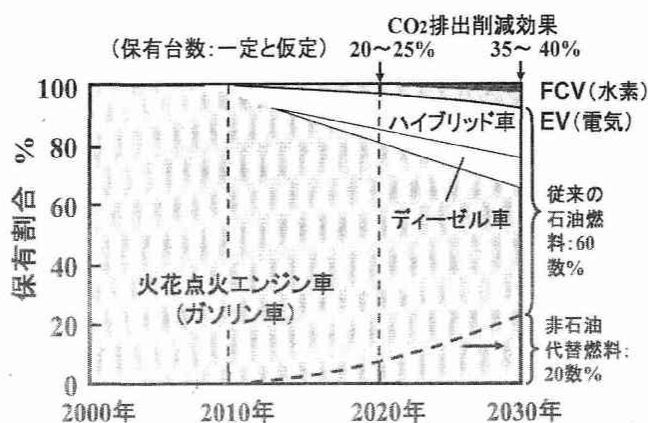


図12 将来の各種乗用車の保有割合と燃料・エネルギー

されます。石油生産のピーク、いわゆる「オイルピーク」が早ければ2020年ぐらいには来るかも知れません。それへの備えとしても、今申し上げたような対策が必要ではないかと思っていますところ です。

さいごに

排出ガス対策のピークは2010年で終わります。また、2010年頃には、日米欧の排出ガス規制が収斂してくると思います。あとは、従来車を規制をクリアする車に置き換えていく

努力で、大気の改善が図られるでしょう。その一方で、2010年というのは京都議定書の第一約束期間（2008年～2012年）の中心年です。私は京都議定書におけるわが国の約束はゴールではなくスタートだと思っています。これを土台にして温暖化対策をどんどん進めながら、石油依存度を下げていく必要があります。そういう中で燃費基準の強化や自動車利用のあり方などについて色々な政策を織り込んでいくべきではないかと考えております。

ご静聴ありがとうございました。（拍手）



[特別講演]

自動車の未来への技術の貢献

上 田 建 仁 (トヨタ自動車(株) 常務役員)



はじめに

トヨタ自動車の技術開発の視点

自動車は文字どおり“自ら動く車”です。そのためにはエネルギーが絶対必要となります。自動車とエネルギーは密接な関係にあります。今日は、初めにトヨタがこれからどういうこと



図1 トヨタ自動車の開発の視点

をやっているかをお話しし、その後、今後エネルギーの変化と自動車の関わりに触れさせていただきたいと思います。

図1は、私どもの技術開発の視点です。持続可能な社会の実現に向けて、人を中心として、環境、安全、快適の3つの軸で車の在り方を考えています。

将来のモビリティの姿

最近、動きが急なIT（情報技術）を使い、様々なインフラ、自動車、公共機関がリンクを取りつつ、より利便性が高く安全で快適な世界を目指そうと考えています。

その一端として、2005年の愛知万博「愛・地球博」でいくつかの車を出展し、来場者の方々に体感して頂きました。図2右上が燃料

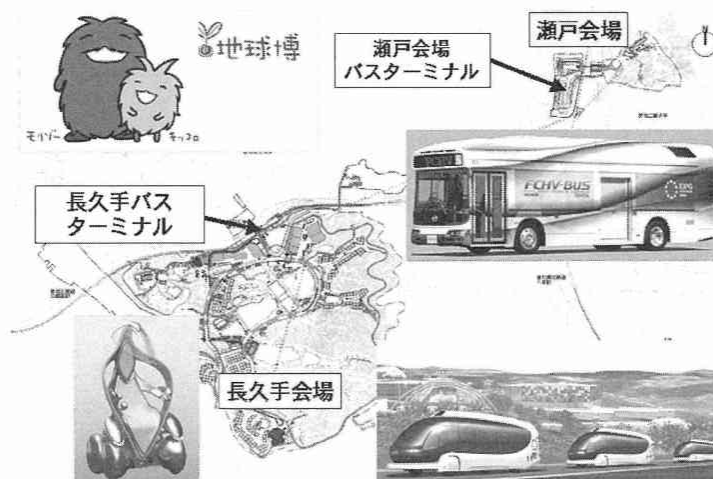


図2 愛知万博に出展した車

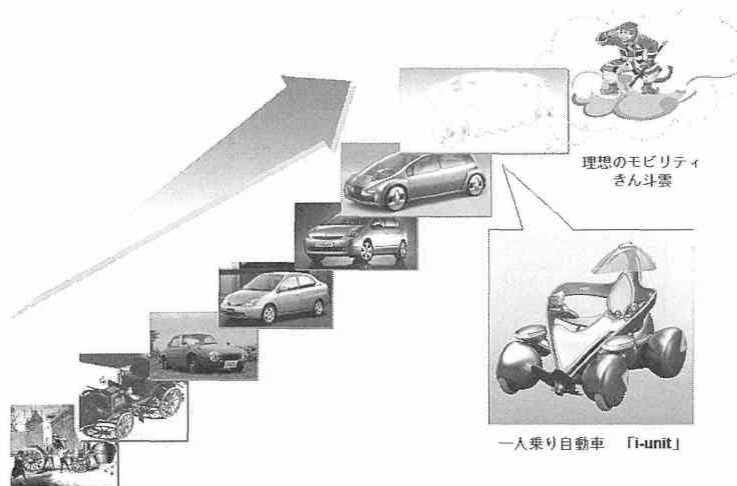


図3 将来の理想のモビリティ

電池のバス。右下が路面に埋め込まれた永久磁石に沿って、非連結ながらも隊列走行を組んで動くバス，即ちIMTS（Intelligent Multimode Transit System）です。ちなみに、エンジンは天然ガスを使ったエンジンです。左下は“i-unit”という，1人乗りの移動体（モビリティ）です。

図3は将来の理想のモビリティを目指した流れです。蒸気を使った車から発展していき、将来は人・環境に優しい理想のモビリティを描いています。

燃料電池車の将来のコンセプトでは、原動機が燃料電池で、四輪のインホイールモーターを使います。床部分に、燃料電池ユニット，タンクユニットを全部収めることにより，車の上側，人が使える部分が非常に自由に使えるという形になります。このコンセプトを将来の1つの姿として提案させていただいています。



図4 I-swing

図4は「i-unit」を少し発展させた「I-swing」です。二輪走行で人と同じように動ける車をイメージしています。

先端技術研究によるイノベーション

将来の姿を実現するには、壁を越える技術の発展が必要です。そこで、現在、図5で示すように、先端研究分野と密接に連携して、新しい知見をもって将来に向かいたいと考えています。

それによって、二酸化炭素（CO₂）固定化とか、貴金属を使わない排気処理、さらには、事故が全くないあるいは衝突しても全然被害を受けない車を目指していきたいと、これを実現するために、先端技術を取り込んで何とか壁を乗り越えていきたいと考えています。道は非常に険しいですが、日本が技術で世界を引っ張る部分はここではないかと感じていますので、こういう部分に注力していきます。

図6はそういったことを進めるに当たっての理念「豊田綱領」を示します。豊田自動車の創始者豊田喜一郎が創業期にまとめたものです。私ども研究開発を担当している立場の者は、「研究ト創造ニ心ヲ致シ，常ニ時流ニ先ズベシ」，この言葉を入社時点からずっと聞きながら開発に携わっております。

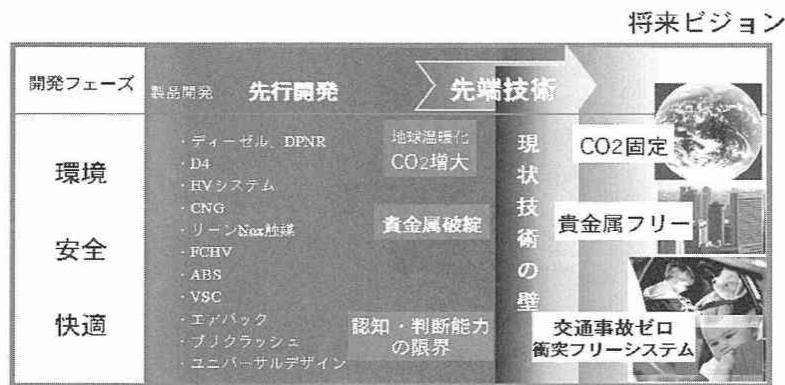


図5 技術の壁を乗り越える先端技術研究によるイノベーション

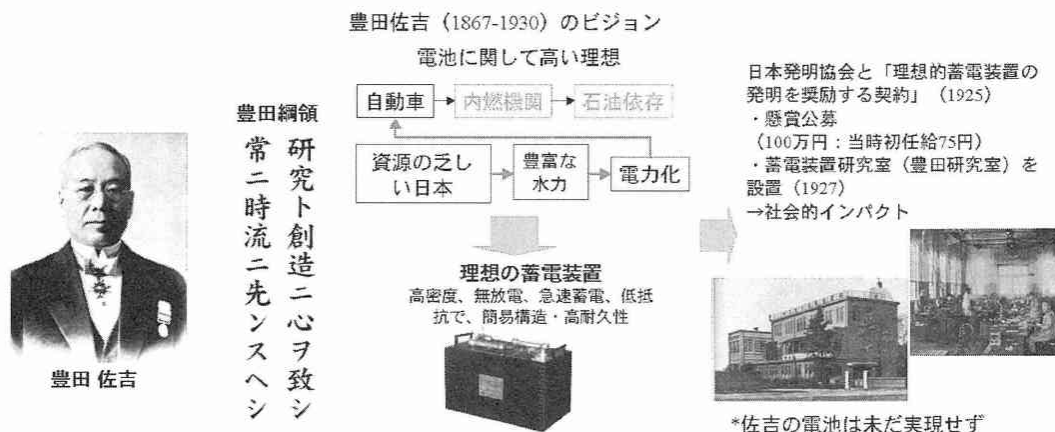


図6 豊田綱領

図7 佐吉の電池

図7は「佐吉の電池」です。当時、豊田佐吉は、水力発電で電気を作り自動車に使えば、石油依存を回避していけるのではないかというビジョンを描きました。そのために理想の電池が必要であろうという発想のもとに、懸賞募集を行ったということです。懸賞金100万円は現在の100億円に相当します。このお金は自動織機の発明でイギリスのブラッツ社に売った特許料から得たもののようです。この電池はまだ実現していません。

自動車技術の現状

バーチャルな自動車作り

自動車技術の現状について説明したいと思います。図8は“V-Comm (Visual & Virtual

Communication”と呼ばれているものです。図面から試作品を作って開発を進めていくわけですが、図面ではなかなか伝わらない部分があったり、イメージがつかみ難いなどの難点があります。物を作る段階では、コストが高い、数が足りない、人手が足りない、時間がかかるといった問題が出てきます。最近のコンピュータ技術を駆使して、設計、組み立てを三次元処理のもとでやっていこうというのが“V-Comm”です。大画面や個々の端末を使って、デジタルデータを集めて、検討を加えていき、あたかも実体を組み合わせるように組み立てていきます。

図8の一番右が最終的に出来上がったフルビークルデータ (車としてまとめた時の形) です。こう言いますと、すべてバーチャルだけで自動車が開発できるという印象を与えてしまいますが、実際は物にこだわったところが絶対必要です。端的に申しますと、シート



図8 V-Commによる自動車の設計・組立

をどう車に組み付けるか、エンジンをどうぶつからないで乗せるのか、このワイヤーをどう配線するのか等々は、まだコンピュータがやれるものではありません。そこは人と経験、勘、コツといったものをすべて含めて総合的にやっていかなければいけないというのが現状だと思っています。

エレクトロニクスの進化

自動車技術の中で特に進化が速いのは、エレクトロニクス分野です。エジソンの電球発明(1879年)、T型フォードの生産開始(1908年)

から、マイクロコンピュータの発明(1971年)がありました。図9に示すように、自動車は、こういった動きを逐次取り込む形で開発が進んできています。エンジン駆動系から、最近ではシャシー、衝突安全、当然ながら情報通信、セキュリティ、周辺監視が入っています。最近ですと、オーディオなどが入っているGブックをITによって発展させ、社会インフラとつなぐとかなり高度なことがやれます。交通量に応じた省エネルギーの可能性も秘めています。現在の自動車技術は、エレクトロニクスなしではほとんど進まない状況にあります。

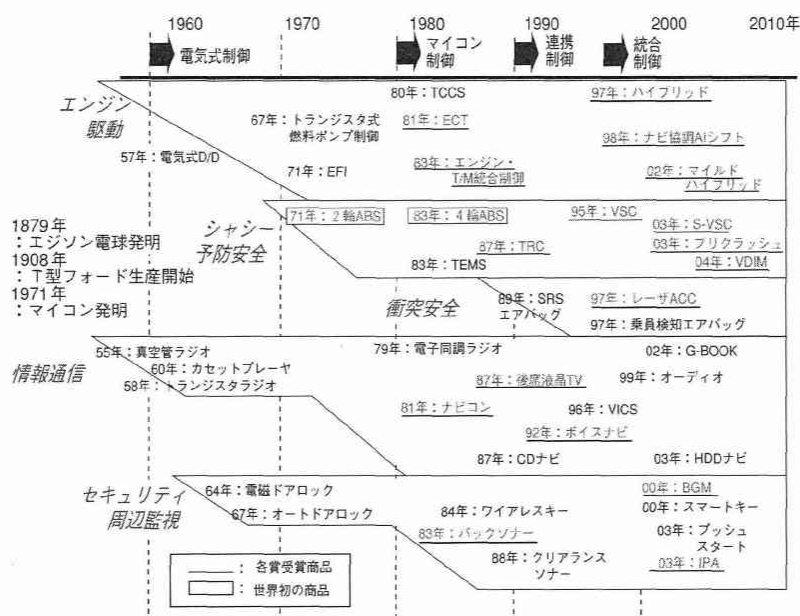


図9 カーエレクトロニクスの進化

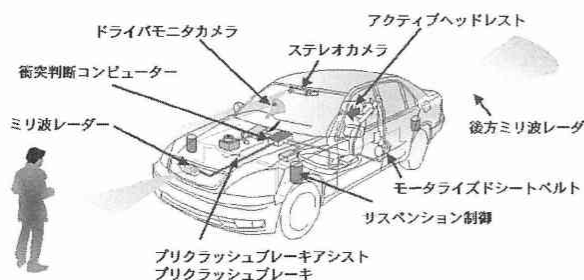


図10 最新プリクラッシュセーフティシステム

図10は、レーダーやカメラを利用して、人や障害物を検知して衝突を回避しようというプリクラッシュセーフティシステムです。図11のVSC (Vehicle Stability Control) は、車が滑り出したとか、異常な挙動を示したときにそれを回避する。例えば、エンジンの出力を下げて減速、安全側にもっていくといったことをやります。VDIM (Vehicle Dynamics Integrated Management) はそれをもう少し高度にしたもので、ブレーキシステムやエンジンシステム、あるいは操舵システムを統合して、より安定な方向に車を制御しようというものです。この絵は、コーナーを走っているところで、VSCでは道路からはみ出しを防いでいます。ただ、かなり端によっていて車としてはまだ安定していません。VDIMでは、イメージ通りの軌道を走ることができます。

衝突時にドライバーを守るエアバッグも従来は1個でしたが、2個にして顔面の両方を挟むSRSツインチャンバーエアバッグで顔面への衝撃を緩和するよう工夫しています。

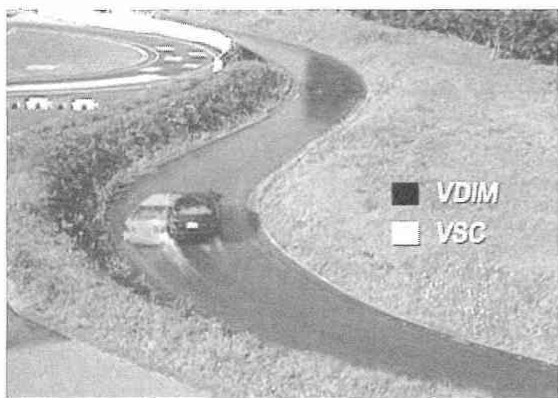


図11 VDIMとVSCによる車体の挙動制御

触媒技術への取り組み

図12は今、触媒技術開発の中心になっているNOx (窒素酸化物) 吸蔵還元型触媒です。これは触媒単体の中の小さい通路の拡大図ですが、通常、円筒形で排気管の途中にあります。その中の触媒を実際に担持している部分を下に示してあります。基材の上に触媒層があります。NOx吸蔵還元型触媒では、硝酸塩の反応を利用して、空燃比 (燃料と空気の比) を制御することでNOxを還元します。図12の例では、貴金属を沢山使いますが、ナノ技術を利用して、より少ない貴金属量で、あるいは貴金属なしでこういう作用を出す研究を進めているところです。

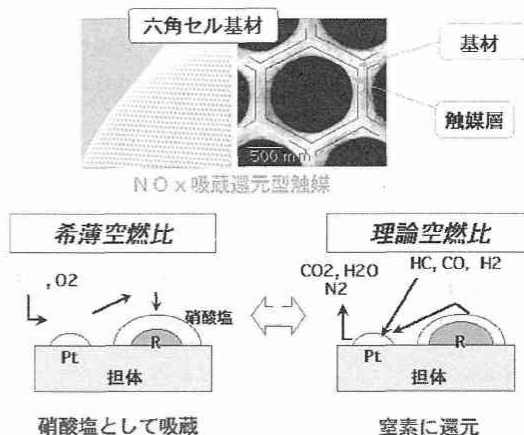


図12 NOx吸蔵還元型触媒

エネルギー多様化への対応

エネルギーの多様化とモビリティとの関係は図13のように整理できます。当面はやはり液体燃料主体で、徐々にそれ以外のものを取り込んでいくという姿です。

自動車のエネルギーを考えるとときの基準として、車の重量と航続距離があります。車は軽ければ軽いほど良く、航続距離は長ければ長いほど良いわけです。図14に示しますように、現在のガソリン車に対して、今の電気自動車 (EV)、あるいは燃料電池車 (FCV) は航続距離が半分以下というレベルです。燃料電池は有望技術ではありますが、まだタンク

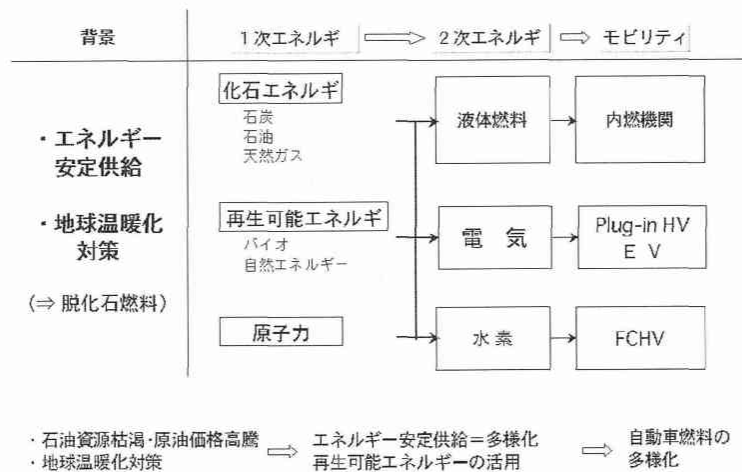


図13 エネルギーの多様化とモビリティ

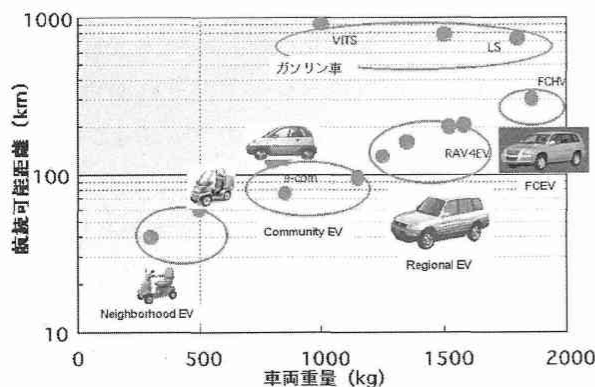


図14 車両重量と航続距離

重量とか、いろんなことで車としても重いので、更なる普及のためには、これらを解決して航続距離を延ばしていかないとはいけません。

将来ビジョンに向けた取り組み

環境、安全、快適という3つの軸を置き、図15のような将来ビジョンを描いています。現在、この将来ビジョンに向けて、以下のような取り組みが行われています。

多様化する自動車燃料への対応

自動車に使う一次エネルギーとして、ガソリンと軽油が主流だと考えています。しかし、在来石油は将来的には減っていくということです

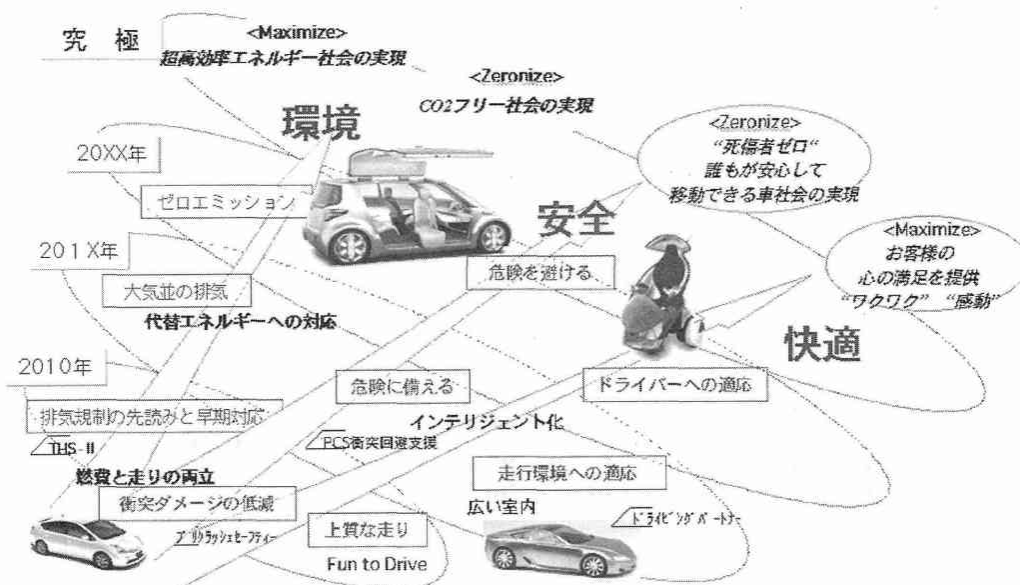


図15 トヨタの将来ビジョン



ので、代替エネルギーをうまく使っていかなければなりません。しかし、図16に示すように、代替燃料にはそれぞれ課題があり、それを突破しないと自動車用エネルギーとしての普及は難しいと考えています。従って、当面はガソリンと軽油を使いながら、代替エネルギー、燃料の課題を解決する必要があると思います。

技術的ブレークスルーで次のステップへ

従来の開発では、材料 → デバイス → 商品というステップを踏みますが、もっと高いところに行くには、従来技術の壁を越えないといけません。新しい基本原理や物質、機構の解明が科学的ブレークスルーによってなされ、材料 → デバイス → 商品という次の大きなステップが出てくると考えています。

その例が二次電池です。図17に示すように、逐次発展してきましたが、ニッカド電池、ニッケルメタルハイドレード、それからリチウムイオンがあり、今はリチウムイオンに注目が集まっています。もっと将来を言いますと、金属電池、あるいは金属ガス電池があります。

途中でブレイクスルー技術があり、その度に一段上に進んできている感じです。ただ、「佐吉の電池」のような究極の目標に向かうためにはもう一段のブレイクスルーが必要なのではないかと考えています。

水素搭載技術開発についても同じことが言えます。図18はそのロードマップですが、現在、高圧水素を搭載する研究開発を進めていますが、液体水素がもう1つの道として考えられています。更にその先の候補として、水素吸蔵合金、あるいは吸着系、熱分解型など、

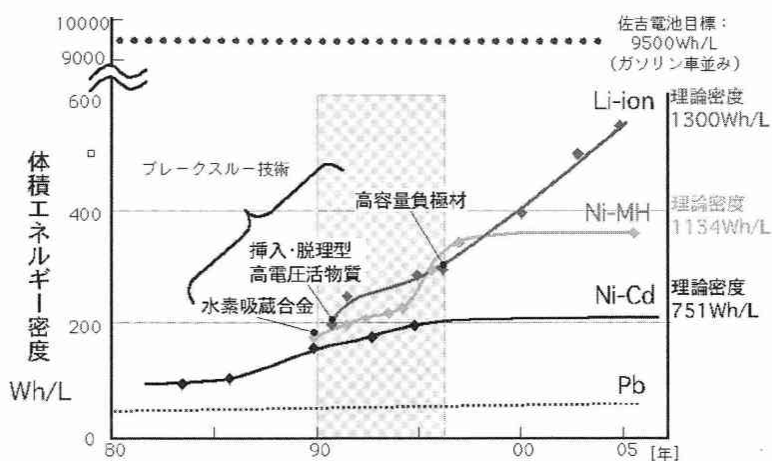


図17 ブレークスルーで向上してきた二次電池の性能

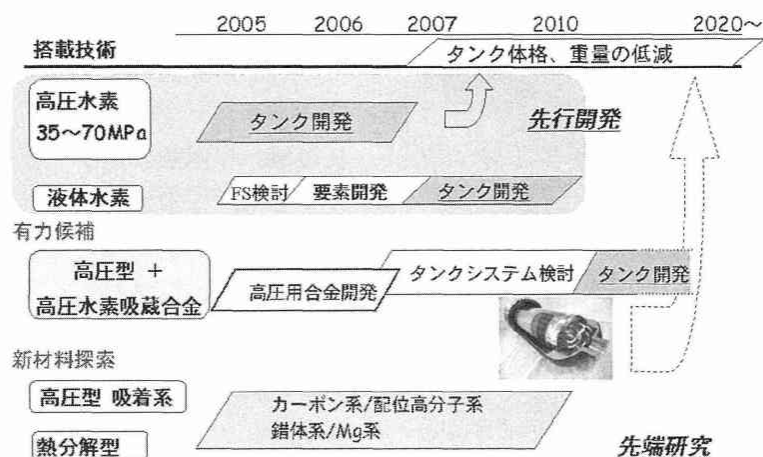


図18 水素搭載技術開発ロードマップ

色々なものが提案されています。ただ、本当に使えるようになるには、技術的なブレークスルーが必要です。

自動車エネルギーへの取り組み

当面はガソリン車・ディーゼル車技術の進化

自動車用燃料は当面、搭載性に優れているガソリン、軽油が中心にならざるを得ないと考えています。将来的には、多様なパスがありますので、様々な可能性を探るというフェーズにあると思います。

図19のように、当面は、ガソリン車、ディ

ーゼル車の技術を進化させることが軸になります。トランスミッションには、多段AT（Automatic Transmission）やCVT（Continuously Variable Transmission）という方向で進んでいくと思います。制御面では、車の統合制御が入ってきます。こういった技術進化のもとで省エネを進め、今の化石燃料をより有効に使っていくという考え方です。

石油代替エネルギー

〔種類とエネルギー密度〕

石油代替エネルギーには多くの種類がありますが、図16で示しましたように、沢山の課題があり、決定打がないと捉えています。

各種エネルギーを図20で比較してみました。

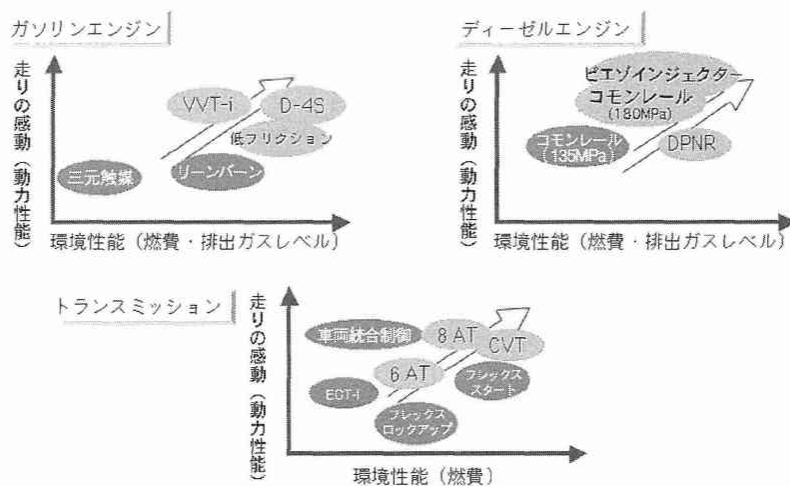


図19 ガソリン車・ディーゼル車技術の進化

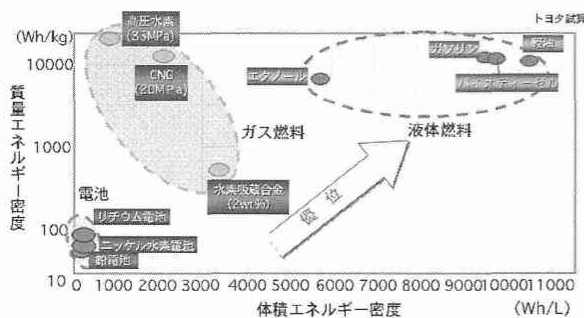


図20 エネルギー密度の比較

最近エタノールが非常に注目されていますが、ガソリン、軽油よりもエネルギー密度では劣ります。しかし、液体燃料の範疇で考えるとまだ許容範囲にあるのではないかと理解しています。電池は、自動車で日常的に使うにはまだポテンシャルが足りないかと捉えています。ガスは、いい面もありますが、特に体積密度が低いために、車のスペースを取るのを非常に扱いにくいです。

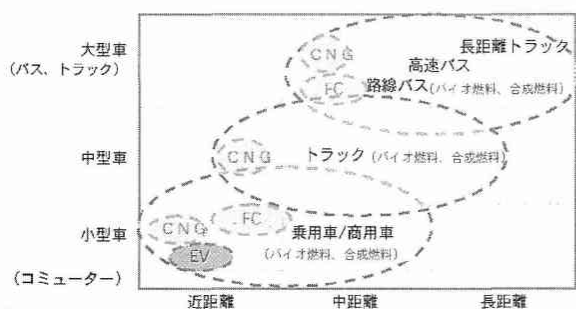


図21 代替燃料の自動車への活用イメージ

[自動車に使うイメージ]

では、代替燃料を自動車で使うとなるとどのようなイメージになるか、図21に示します。長距離、中距離はディーゼル系が主なマーケットです。日本では乗用車はガソリン車が主体で、ディーゼル車もありますから、代替燃料車は、走行距離がかなり制約された中で限定的に使わざるを得ません。これを打破しないと、代替燃料車の普及拡大はないと見ています。

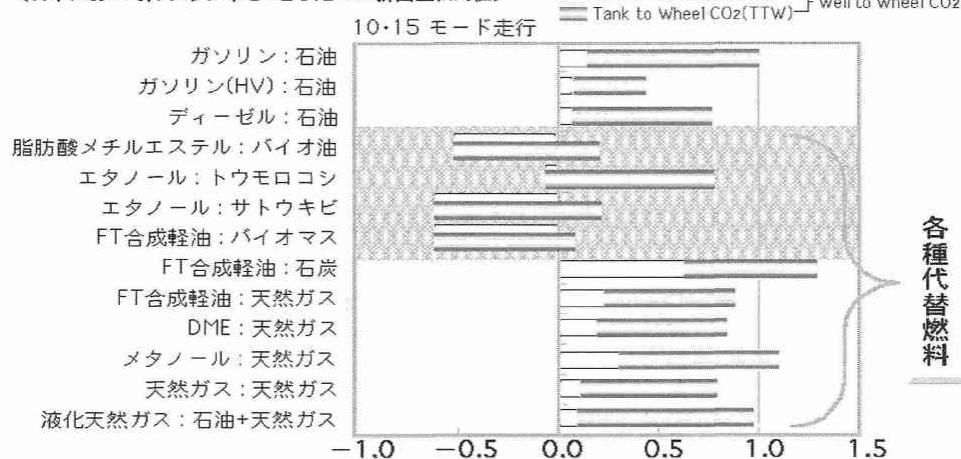
[各種燃料の効率]

図22は各種燃料のWell-to-Wheel CO₂ですが、バイオ系燃料車が優位です。ただ、バイオ系の中でも多少差があります。特に、トウモロコシはエタノールにするまでに色々エネルギーを消費しますので、少し不利になっています。従って、CO₂排出面で優れているバイオ燃料ですが、燃料の由来を見極めないと十分な効果が得られないと考えています。

[バイオ燃料]

図23は、世界のバイオ燃料の普及状況です。エタノールは北米、南米が主です。現在の量はガソリンの2%ぐらいで、2020年でも10%に届かないと予測されています。ということで、やはり制約は免れません。

<日本においてガソリン車を1としたCO₂排出量相対値>



(出所：みずほ情報総研報告書)

図22 エネルギー効率比較

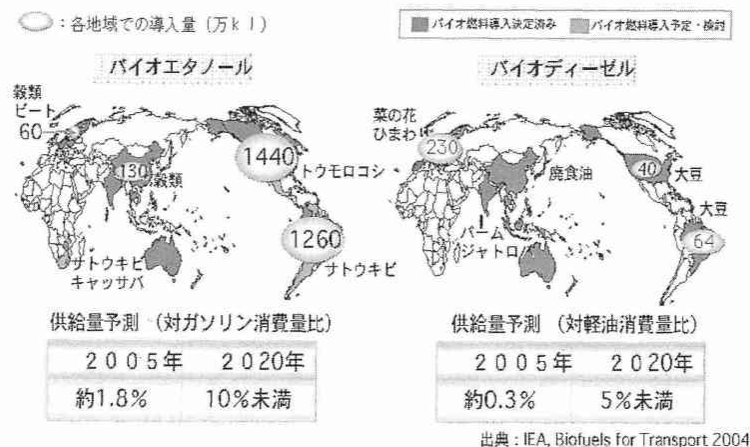


図23 世界のバイオ燃料普及状況

バイオディーゼルの生産地も世界中に分布しています。大豆油、菜種油等、色々ありますが、これも供給量で見ますと2005年で0.3%ぐらい。20年で見ても5%未満ということで、エタノールよりもさらに使えるものは少ないです。ということで、バイオ燃料の良さというのは評価できますが、量的な制約がありまして、ここを何とか突破できなければ本当の意味で環境改善につながらないと思っています。

図24はエタノールの普及形態です。サトウキビ、トウモロコシといった澱粉質、それからセルロース系、色々なものがあります。下に行くほど処理過程が増え、中間エネルギーが必要になります。目下、サトウキビ、トウモロコシからのエタノールが主流ですが、多くの量を見込めません。将来、資源量として多く見込めるセルロース系エタノールの処理

過程をいかに簡素化して大量供給を可能にするかが課題です。ここを突破できれば、エタノール燃料は、かなり展望が見えるのではないかと考えています。

導入に向けてですが、低濃度エタノール燃料は今の車で対応できます。給油所についてもそう大きな問題はないと思われます。ただ、高濃度ですと専用車や専用施設が必要になって、それが普及の障害になると感じています。一番右が普及のイメージですが、量を確保するには低濃度で薄く広く使うのがいいと思います。大量供給が実現できた段階で高濃度のエタノール混合燃料を考えるというイメージを持っています。

バイオディーゼルには、色々なものがあります。図25のように、現在は、エステル化して使われています。これも管理された使用状態のもの

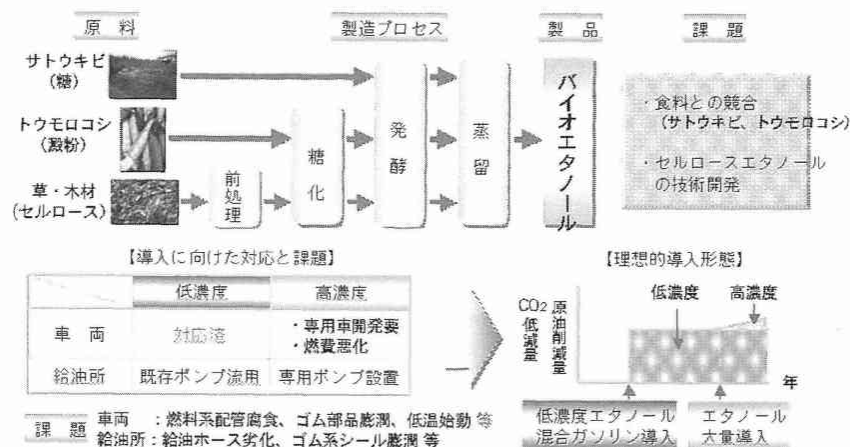


図24 エタノールの普及形態

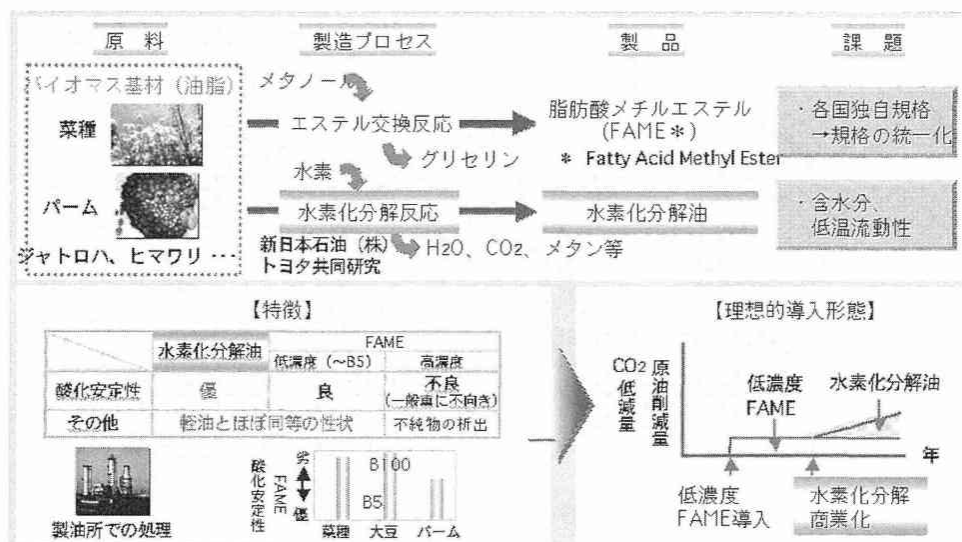


図25 バイオディーゼルの普及形態

とでは非常にうまくいくわけですが、酸化すると故障の原因となりますので、水素化分解して軽油に混合する技術に取り組んでいます。

水素化分解は、新日石と共同でやらせていただいている部分です。こういった技術が普及しますと従来の軽油と同じように使える可能性があります。こういったものが今の軽油を作ると同じように実現していきますと、大量導入の道が拓けるのではないかと考えています。

天然ガス、合成燃料

天然ガスは、圧縮天然ガス（CNG）、あるいは合成油として使う2つのケースが考えられます。図26に示しますように、CNGの場合はオクタン価が高いのですが、非常に大きなタンクが要するという制約を受けます。それと、ガス燃料が発電に使われるということがあって、使い分けの問題もあります。従って、限定的な使い

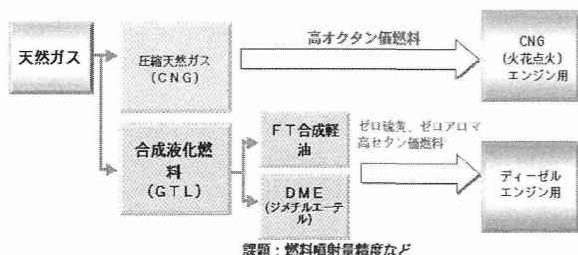


図26 天然ガス、合成燃料の自動車への展開

方にとどまるのではないかと見ています。

合成燃料は、非常に高い品質が確保できますので、特にクリーンなディーゼルについては非常にいい燃料になり得るということで、この辺の可能性は今後とも探りたいと思っています。

電気

図27はプラグインハイブリッドです。家庭用電源を使い、例えば、夜間駐車しておく間に充電するというものです。充電した電気を車のエネルギーに使うことでCO₂削減につながるという考え方です。図28はその効果です。左がCO₂の全体の排出量の比較、右がランニングコストです。フランスのCO₂排出量が非常に低いのは原子力を使っているためです。日本もかなりいいレベルにあります。右側のランニングコストですが、プラグインは日本の場合、特に深夜電

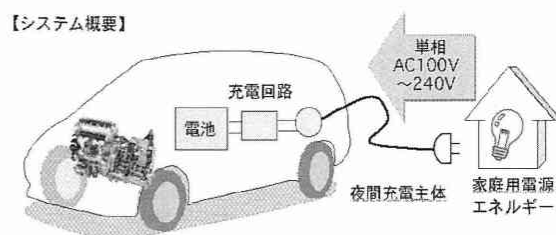


図27 プラグインハイブリッド車のシステム

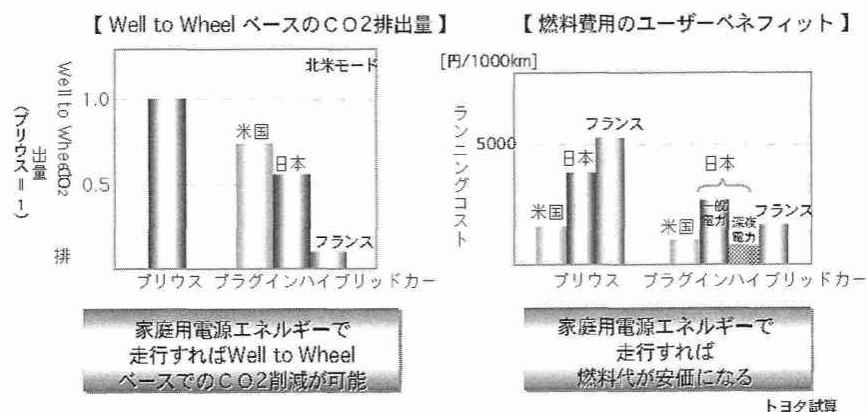


図28 プラグインハイブリッド車のメリット

力を使いますと非常に安い価格で充電できますので、ランニングコストとしてもかなりいいものになると思っています。

ただ、課題として、アベレージの走行距離が、例えば、25kmぐらいだとしますと、電池で走れる距離は50%です。要するにバッテリーのキャパシティを上げていけばどんどんいい方向にいくわけですが、現在のバッテリーはエネルギー密度が低いので、そこで制約を受けます。従って、バッテリー技術が進展すれば、こういうものの可能性が広がってくるということです。

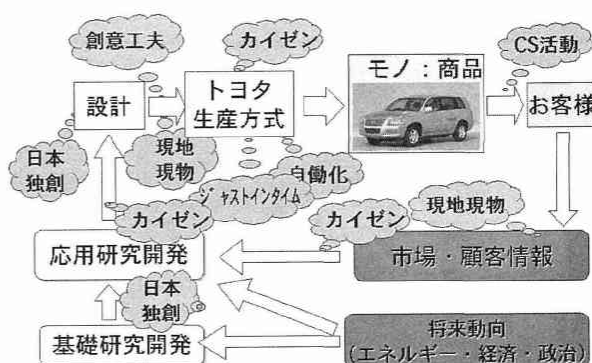


図29 トヨタの「モノづくり」

さいごに

モノづくりということでもとめさせていただきたいと思います。図29に示すように、基礎研究から応用、設計、生産、そして最終商品が完成します。こういった中で色々な考え方、「豊田綱領」にあるようなものに加えながら、色々な仕組みの改善、技術の開発、そういったものを加えて最終のお客様満足度を高める形で技術を進めています。こういった形でものづくりにこだわりつつ、自動車の更なる改良を進めていきたいというのが私どもの考え方です。

図30は、理想の乗物、孫悟空の「筋（きん）斗雲」を描いています。ボディが水蒸気で

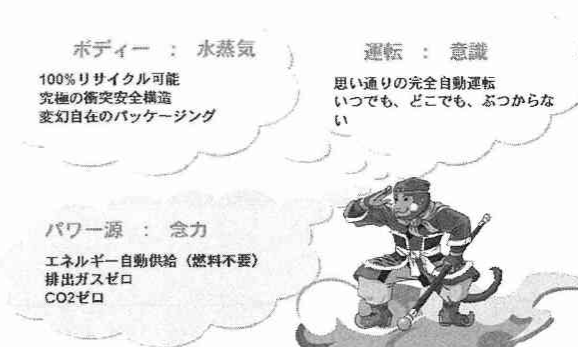


図30 理想の乗物— 筋（きん）斗雲

サイクル可能です。運転は孫悟空がイメージすればそのとおり行くということで究極のITです。それからエネルギー源は念力ですから、すべてクリーンであるということです。できるかどうかは別にして、こういった理想の乗り物を書いて自動車の将来を考えていきたいと思っています。

以上です。ご静聴ありがとうございました。（拍手）

[特別講演]

石油と新液体燃料の展望

松村 幾敏

(新日本石油(株)
常務取締役執行役員)



自動車用燃料を取り巻く環境

ガスから石油を作るGTL (Gas-to-Liquid), バイオ燃料等)の開発が必要となります。

急増するアジアの石油需要

「オイルピーク」論

米国エネルギー省(DOE)によりますと、図1のように世界の石油生産は2037年ぐらいにはピークになるのではないかと話です。これが「オイルピーク」論です。旧来の石油を補うために、新油田の開発や回収率向上、石油代替エネルギー(オイルシェール、タールサンド、

アジアの石油需要は、図2のように、特に、中国、インドで急増すると予想されています。中国、インドともに、ガソリンよりも軽油需要の方が圧倒的に多いのが特徴です。2002年から2015年までに両国の自動車用燃料需要は2倍ぐらいいと増えると予想されています。

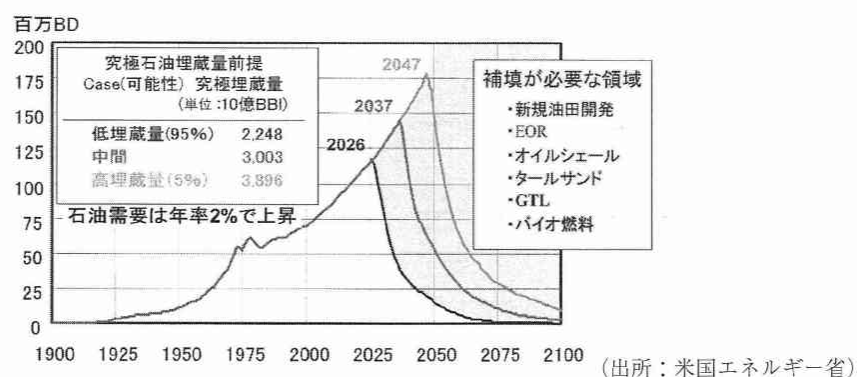


図1 2030年代にはピークを迎えそうな世界の石油生産

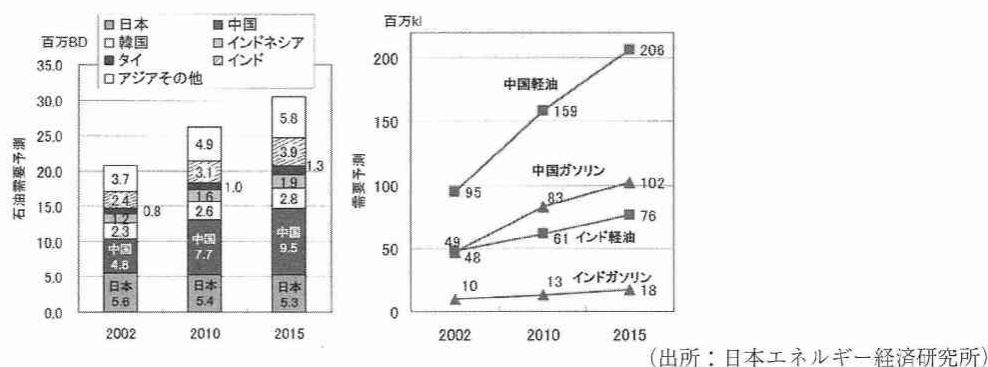


図2 アジアの石油需要

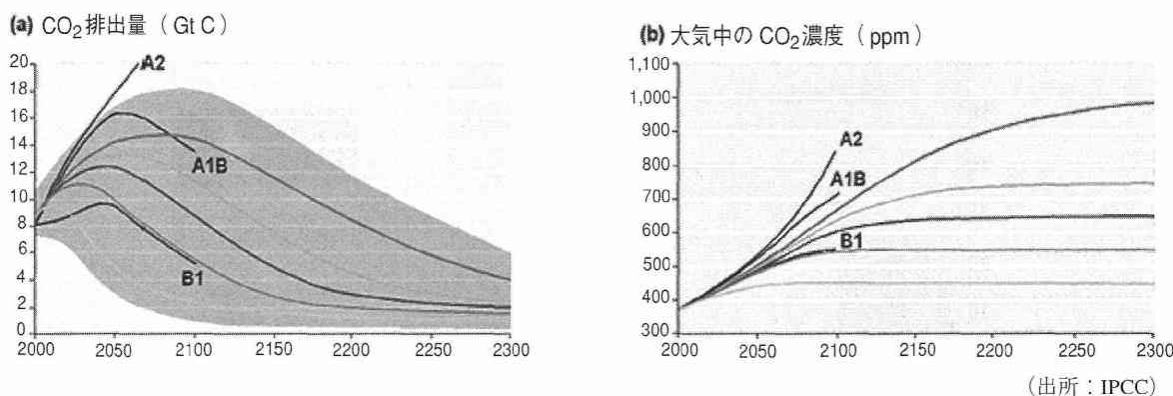


図3 超長期のCO₂排出と地球温暖化問題

地球温暖化防止という制約

石油需要の増加に対して、資源量よりも炭酸ガス制約で化石エネルギーを使いにくくなっていると思っています。「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」の温暖化シナリオによりますと、図3のB1ように、2100年以降大気中のCO₂濃度を550ppmで維持するには、2100年時点でのCO₂排出量を今より40%下げなければいけません。もしも450ppmに抑えようとすればCO₂排出量を80%削減しなければなりません。2割しか出せないということです。この制約がいつ現実化するかが化石エネルギーの利用に大きな影響を与えていると思います。

わが国は、2010年度で1990年度比-6%、運輸部門では+15.1%をCO₂排出量の目標としています。ところが、予測では運輸部門では+20.3%になります。そこで、「京都議定書目標達成計画」(2005年4月)では、追加対策として、サルファーフリー燃料とバイオマス利用の促進などで、目標達成を目指すことになっています。

自動車排出ガスのクリーン化

日本の自動車業界と石油業界の共同研究プログラム「JCAP」(Japan Clean Air Program)によりますと、図4に示すように、現状(2000年)では、自動車から出る窒素酸化物(NO_x)は約500トン/日、粒子状物質(PM)

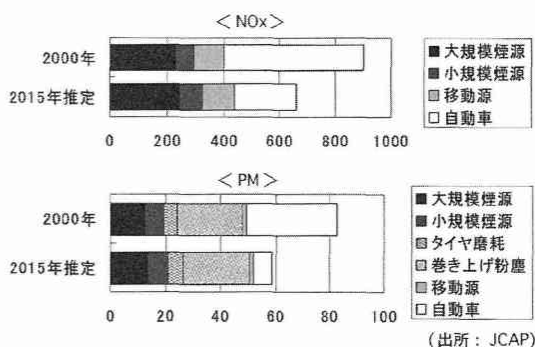


図4 NO_x, PM排出総量予測 (トン/日)

は約35トン/日ですが、2015年にはそれぞれ全体の3分の1以下、10分の1になってきます。ガソリンと軽油に含まれる硫黄分を10ppm以下にしましたので、石油業界としては、排出ガス規制への対応は終了しています。

エネルギー問題への対応

資源量

一方、石油の資源量はどれ位あるのでしょうか。今、原油の埋蔵量は約40年分ぐらいと言われています。ただし、確認埋蔵量の採掘率は26%くらいですから、74%が残っています。従って、エンハンスドオイルリカバリー(EOR)で採掘率を50%まで上げるとともに、未発見分を発見すれば、石油は後100年あるということになります。

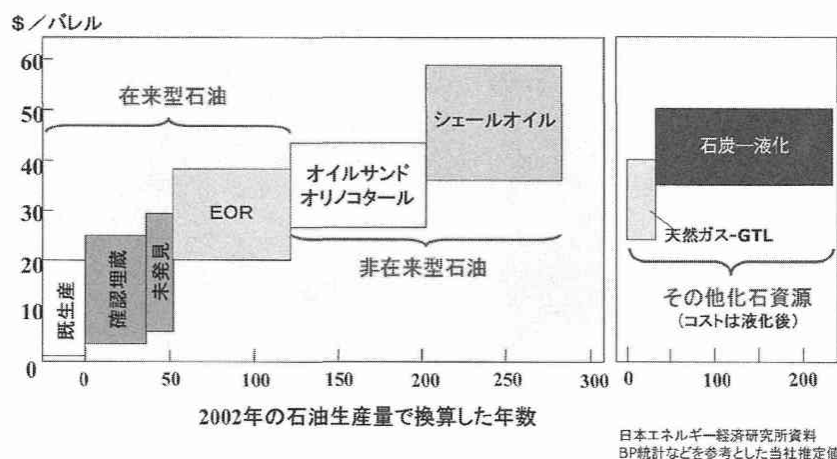


図5 化石資源量と生産コスト

さらに、オイルサンド、オリノコタル、それから岩の中に入っているシェールオイルを入れると資源量としては250年～300年ぐらいあります。ただ、石油価格が40～50ドル／バレルにならないと採算がとれません。今の価格が続けば、十分採算がとれるということです。

一方、ガスから石油を作る（GTL：Gas to Liquid）、あるいは石炭を液化（CTL；Coal to Liquid）すれば、資源量はさらに、200年分ぐらいあります。GTLは既にカタールでサソール社の大商業設備が稼動していますが、そのコストが1バレル22～23ドルです。GTLは石油価格が30ドル／バレル以上であれば、また、石炭液化は40～50ドル／バレルであれば採算がとれる状況です。合計すると500年ぐらいは大丈夫ということになります。

石油価格は、2003年から一本調子で上がってきて今70ドル／バレルを超えたところで、オイルシェール、石炭液化、オイルサンド、GTLなど全て経済性が出てきたということです。

各種燃料のエネルギー密度

エネルギー密度が非常に大きい石油は、現在、移動用燃料、加熱用燃料としての利用が半々になっています。今後、加熱用は他の燃料に代替していくでしょうが、自動車用燃料には今後ともガソリン、軽油を使わざるを得ないと思います。

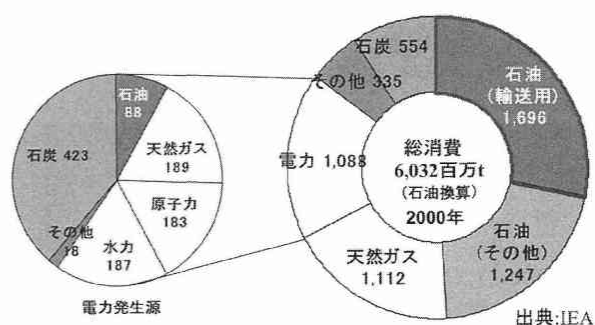


図6 世界のエネルギー消費（2000年）

図6は世界のエネルギー消費です。総消費量（石油換算）は60億トンになります。そのうち、石油が約半分で、輸送用が約17億トン、その他の用途に約12億トン使っています。

発電用には、石油は世界全体でも8％ぐらいしか使っていません。石炭、天然ガス、原子力、水力でほとんどが賄われているわけです。

また、「持続可能な発展のための世界経済人会議」（WBCSD）によれば、2000年から2050年までに、世界の輸送用燃料需要は21億トン増加し、38億トンと予測されています。この21億トンは、自動車の燃費改善（30％）による需要減（11億トン）、輸送用途以外の石油の振り向け（10億トン）で賄えると考えます。

輸送用燃料への転換技術

自動車燃料への転換技術として、重油、重質成分の分解などがありますし、他の化石資



図7 GTLプラントの導入計画(2006年9月時点)

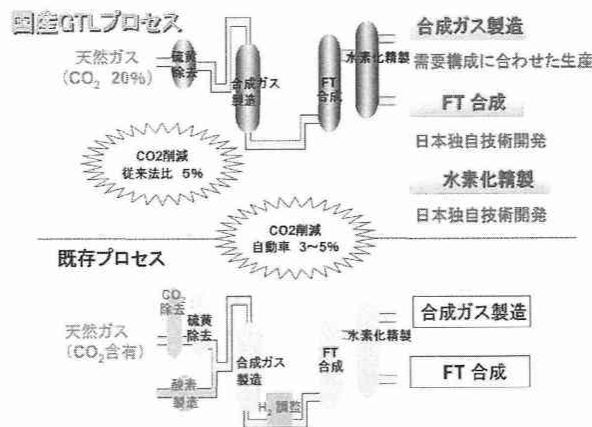


図8 国産GTL技術開発計画

源を液体燃料へ転換する技術もあります。

重質成分を輸送用燃料に転換する技術は、オイルショック直後から進んでいます。例えば、流動接触分解装置という重油からガソリンを作る装置は、今、100万バレル/日の製造能力があります。一方、需要は1980年から重油が減ってきた分、ガソリンが増えてきています。需要が減少した重油をガソリンに転換して、ガソリン需要の増加分を賄ってきたのが現状です。重油からガソリンを作るとしても、収率が6~7割ぐらいですから、この比率を更に高めるとい技術課題が残っています。

天然ガス、石炭、アスファルトは、合成ガス化し、フィッシャートロプッシュ(FT)合成によって、液体燃料にすることができます。セルロースもガス化できますから、それをFT合成によって液体燃料にすることもできます。

オイルメジャーやサソール社は、図7に示すように、既にGTLを商業化、あるいは商業化一歩手前まで進んでいます。日本では、彼らを上回るGTL技術を2010年に完成させようということで、図8のように天然ガス、CO₂を原料とする国家プロジェクトが2007年から開始されます。

地球温暖化問題への対応

燃費向上

[サルファーフリー化でCO₂排出量削減]

ガソリンについて2008年1月から、軽油については2007年1月から、硫黄分を10ppm以下にするサルファーフリー規制が始まります。

石油業界では、2005年に規制を先取りして、ガソリン、軽油についてサルファーフリー化を完了させています。

JCAPIIによりますと、ガソリンと軽油をサルファーフリー化するために、製油所で燃料を使い深度脱硫しますので、毎年約200万トンのCO₂が製油所から新たに排出されます。一方、燃料がサルファーフリー化されたことで、自動車の燃費が大幅に改善されます。これにより、自動車側での燃料消費量が減り、CO₂排出量は600万トン減ります。わが国全体では、差し引き400万トンぐらいの減少が見込めるといわけです。自動車側でCO₂排出が減る前提は、(1) ガソリン車ではリーン燃焼を30%導入し、燃費が10%改善すること、(2) ディーゼル車では、DPFや触媒再生の時に使うエネルギーがサルファーフリーになることで、燃費を3.9%改善することです。

[ディーゼル車へのシフトに期待]

サルファーフリー化で、ディーゼル車の排ガスは2009年以降にはほぼガソリン車に近いところまで改善されます。環境性能が同じ、燃費で約25%良いということで、ガソリン車からディーゼル車へのシフトが起これば、CO₂は相当減ってくると考えています。

製油所での燃料製造の段階でも軽油製造時のCO₂排出量はガソリン製造時よりずっと少ないので、仮にガソリンからディーゼル軽油に10%シフトすると、自動車側で、200万トン

(JARI試算)、製油所側で170万トン(石油連盟試算)、合計370万トンのCO₂の削減が期待できます。私どもとしては、是非このサルファーフリーを活用していただいてディーゼルシフトが進めばと思っています。

バイオマス燃料

[最適な導入施策が必要]

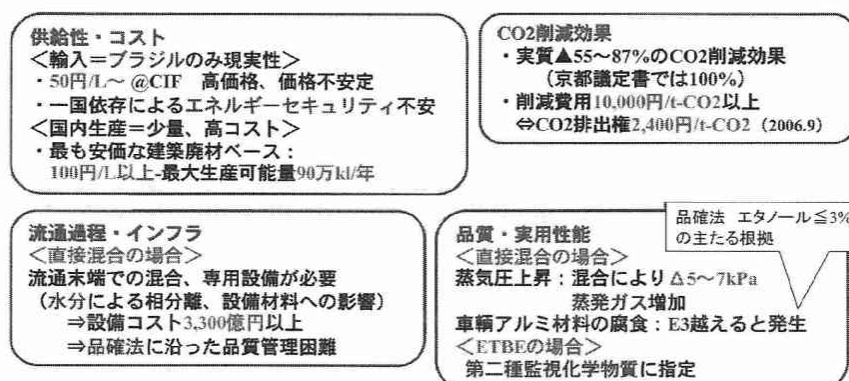
バイオマス燃料の導入意義は、海外と日本とで大きく異なります。日本では石油依存度の低下という面もあるし、CO₂排出量削減という面もあって、軸足が揃っていません。欧米、ブラジル等では、農業振興、経済活性化、国産エネルギーの調達という軸足がはっきりしていて、CO₂排出量削減という意義はあまり出てきません。

また、欧米、ブラジル、あるいは中国はどれもエネルギー自給率が8~9割あります。ブラジルは100%近い自給率です。日本は、原子力を除けば、わずか5%です。そこが根本的に違っているところです。日本は、3E(Economy, Energy, Environment)を検証した上で最適な導入施策を講じるべきだと思います。

[エタノールのコストと資源量]

エタノール利用の課題を表1にまとめてみました。まず、コストが高い。ブラジル産を50円として国内産が100円以上です。京都議定書では「カーボンフリー」と言われますが、

表1 エタノール利用の課題



試算では、55～87%の削減効果しかありません。エタノールの原料となる作物の運搬にエネルギーが要りますし、発酵させる時には熱エネルギーを投入しなければなりません。作物を作る段階では肥料も使います。

エタノールの生産量は、世界全体で4,100万ℓですが、輸出余力があるのは年産1,580万ℓのブラジルだけです。その余力もいつまで続くか分からない状況なのです。と言いますのは、ブラジルは、2004年に石油を日量24万バレル輸入しています。2020年には石油需要が50%割増える、中でも、輸送用燃料の需要は6,500万ℓから1億2,000万ℓに増えると予想されています。5,500万ℓの増加分は、恐らく国産アルコールで賄うことになり、輸出余力はなくなるのではないかと思います。既にアルコール100%でも使える車が2006年の新車登録で8割を占め、アルコールを使っていく体制は整っています。

[欧州]

欧州では、エタノールをガソリンに直接混合する使い方に加えて、エタノールから「ETBE」（エチル・ターシャル・ブチル・エーテル）にしてガソリンに混合して使っています。「ETBE」の方が品質が安定しているから

です。欧州では、直接混合と「ETBE」の導入割合は、半々ぐらいになっています。特にヨーロッパは、エネルギーは自活しようということで、エタノール（ETBEを含む）に対して、ドイツでは90円/ℓ、フランスで53円/ℓ、スペインで50円/ℓの税制優遇を実施し、需要を喚起しようとしているところです。

[米国]

アメリカではほとんど「地産地消」です。使用状況を図9に示します。中西部の穀倉地帯がエタノールのほとんどを生産し、しかも自分たちで使っています。図中のパーセンテージは「E10」（ガソリンにエタノールを10%混合）がガソリンに占める比率です。アメリカは、エタノールを直接ガソリンに混合して使っていますから、水が入ると相分離するという問題があります。パイプライン輸送ができないので、貨車やトラックで輸送することになるため、それぞれの地域でできる数量に見合ったエタノールを導入する「地産地消」となっているわけです。ですから、産地から遠い東海岸では「E10」はほとんど入ってきません。カリフォルニアは規制^{*}がありますから無理して導入しています。

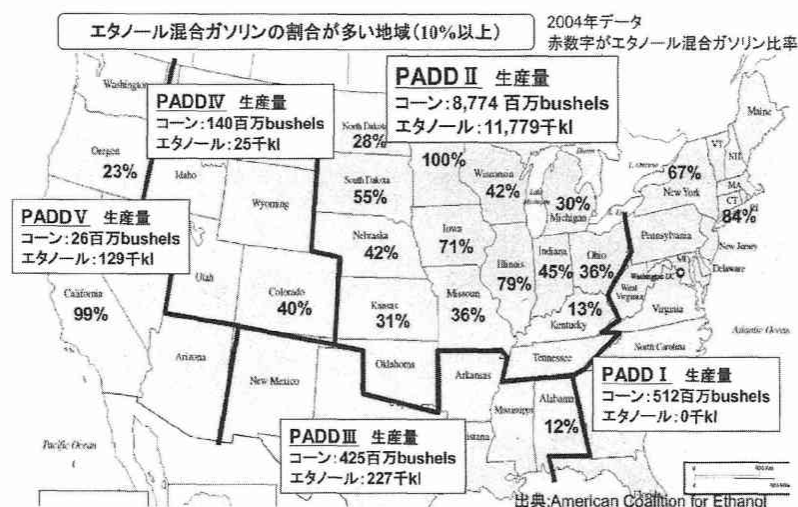


図9 米国でのエタノール使用状況（2004年）

^{*}「カリフォルニア州RFG（リフォーミュレーテッドガソリン）プログラム フェーズ3規制」で、「酸素分1.8-2.2%」と規制されている。エタノール容量換算だと5.1-6.3%になるが、一般には平均を取って「5.7%混合」と言われている。

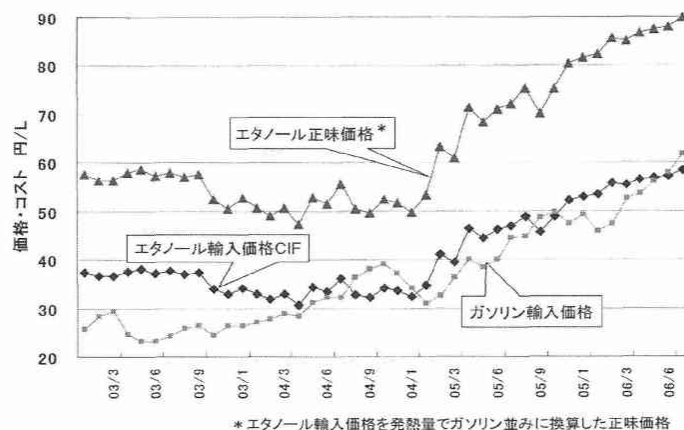


図10 輸入エタノールの実勢価格

[エタノールの価格動向]

エタノール価格は、図10のように変動してきました。リッター当たり35%エタノールの方がカロリーが低いので、それを加味したカロリーベースでの価格にしております。エタノール価格は、2005年の初めあたりから、原油価格の上昇に比例して高騰してきたので、原油との差が縮まりません。

[国産エタノールの供給性と経済性]

日本で供給安定性はどうか。図11に示すように、建築廃材が一番安いです。林地残材、間伐材、未利用樹をどうコストダウンしてい

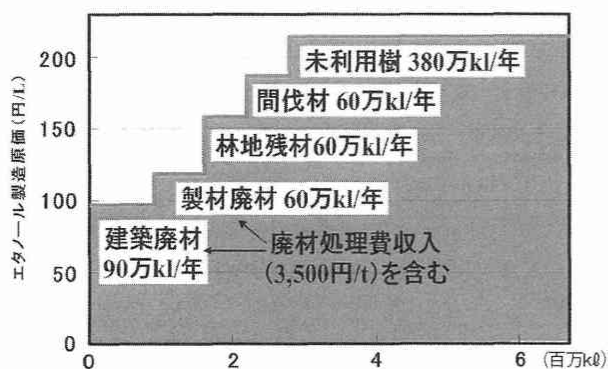


図11 国内木質系エタノールのポテンシャル

表2 その他のエタノール原料

原料		エタノール
廃糖蜜	4.5万t/年	1.2万kl/年
くず米	45万t/年	15万kl/年
古紙	350万t/年	180万kl/年

出典: 経済産業省、沖縄県、産総研

くかが課題の1つです。その他のエタノール原料とエタノール生産量を表2に示しますが、どれも微々たるものです。

[エタノール直接混合における問題]

① 相分離

「E3ガソリン」では水が0.1%混入すると、図12のように、ガソリン中のエタノールが相分離を起こします。それを解決するために、図13のように、ガソリンとエタノールを別々にして、出荷直前に混ぜて送らないといけません。だから、各油槽所にエタノールタンクを作らないといけなくなるわけです。最初から混ぜておこうにも、ガソリンタンクの屋根は、油面に応じて上下する浮き屋根ですから、どうしても壁面との隙間から水が入ります。エタノールを最初から入れることはできません。これはどこの国でも同じです。ですから、別々のタンクを分けな

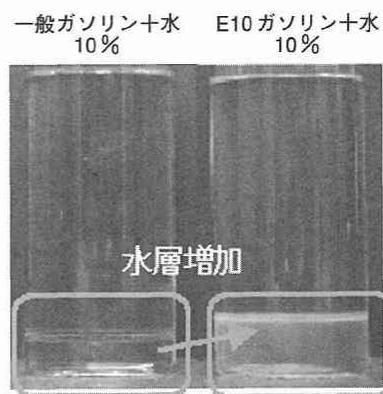


図12 水分混入による相分離

水分対策：①水分混入のリスク低減 ②給油所の徹底した水分管理

流通末端でのエタノール混合（海外での対策方法）

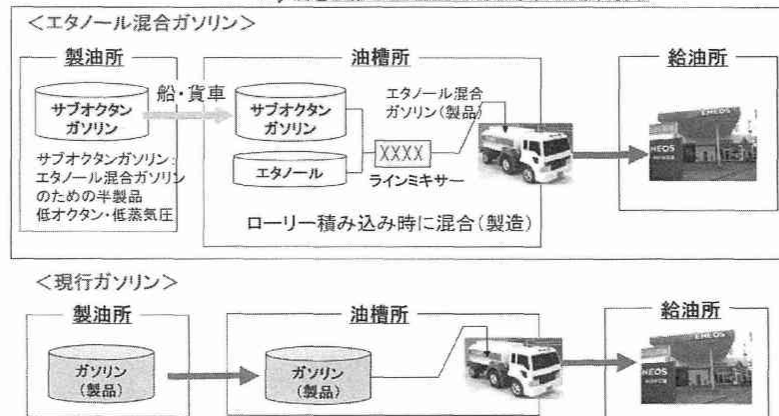


図13 水分混入の対策—エタノール直接混合—

ければなりません。その対策に3,500億円ぐら
いかかりますし、全国に200ぐらにある油槽所
の3割ぐらいは土地がないので、新たにタンク
を建設するのは困難なところもあります。

日本には「揮発油等の品質の確保等に関す
る法律」（品質確保法）というユーザーを保護
するための厳しい法律があります。エタノール
を混合したガソリンは、ローリーに積んだ
直後に品質を確認して出さなければいけません。
しかし、ローリーというのは4～5分置
きにどんどん出て行きますから、分析結果が
出るのを待っているのは仕事にならないという
問題もあります。

② 蒸発ガス

蒸発ガスが増加するという問題もあります。
エタノールを入れますと、ガソリンの蒸気圧
が6 kPa増えます。すると、蒸発ガスが増えて

光化学スモッグに影響が出てくるのではない
かと心配されます。

〔ETBE〕

エタノールの直接混合には、上述のようなマ
イナス要素があるということで、石油業界では
エタノールを「ETBE」にして使おうと考えて
います。こうすれば、上述の問題はまったくな
くなり、ガソリンと同じように使えるように
なります。もちろん、「ETBE」を作るコストが相
当かかりますが、特に品質確保法の面からこれ
でなければできないと思っています。

ただ、「ETBE」は第二種監視化学物質に指
定されていますので、厳格に漏洩管理をしな
ければいけません。そこで、「ETBE」の毒性
の安全性のレベルと実際にどの程度まで漏れ
ないようにすれば良いのかという調査を今年
から開始しました。再来年にはその結果が出

表3 エタノールに対する石油連盟の見解（2006年1月）

1. 石油連盟加盟各社は、輸送用燃料におけるバイオエタノール利用につ
いて積極的に取り組み、2010年度において、ガソリン需要量の20%相当分に対
して一定量のバイオエタノールをETBEとして導入することを目指す（約36万
KL/年＝原油換算約21万KL/年）。
2. 導入にあたっては、①大気環境に悪影響を及ぼさないこと、②車の安全性
や実用性能を損なわないことに鑑み、バイオエタノールをそのままガソリンに
混入するのではなく、バイオエタノールからETBE（エチルターシャリーブチル
エーテル）を製造し、これをガソリンに混合することを予定している。
3. 但し、導入に先立ち、ETBEは化審法における第2種監視化学物質と判定
されているため、ETBEをガソリンに混合するために必要なリスクアセスメント
と、これを踏まえた環境への暴露を防止する対策の検討・実施を関係省庁の
指導を得つつ取り組む。

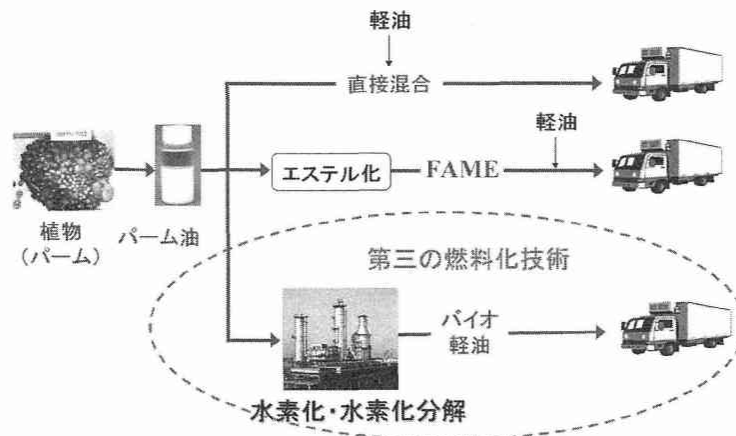


図14 植物油からのディーゼル燃料の製造

と思っています。エタノールに対する石油連盟の見解を表3に示します。

バイオディーゼル

[酸化劣化問題の解決策]

ひまわり油や大豆油、パーム油、魚油など全部軽油になりますが、精製が不十分だと酸

化劣化していきます。酸化劣化したものを自動車で使うと不具合が起きるという課題があります。

それを解決するために、安定的なFAME（脂肪酸メチルエステル）にする方法が考えられています。FAMEの導入基準が審議されていて、今年度中に「5%ぐらい入れてもいい」という基準が決まると思います。FAMEにしても、まだ品質の安定性に課題が残るので、第3の解決策として、水素化する研究も進めています。表4に示しますように、水素化すると色々な点で良質の燃料ができます。

表4 バイオディーゼル燃料製造方法の比較

	直接混合	FAME	水素化
揮発性	×	○	○
粘度	×	○	○
低温性能	×	△	△～○
酸化安定性	×	×～△	○
不純物	×	△	○
コスト	○	×	△～○

○：軽油と同等
△：軽油よりやや悪い
×：軽油より悪い

不純物：水分、金属、固形異物など

[バイオマスによるCO₂削減効果]

色々な文献が「バイオマスは必ずしもカーボンフリーではない」と指摘しています。図15に示しますように、エタノールもFAMEも

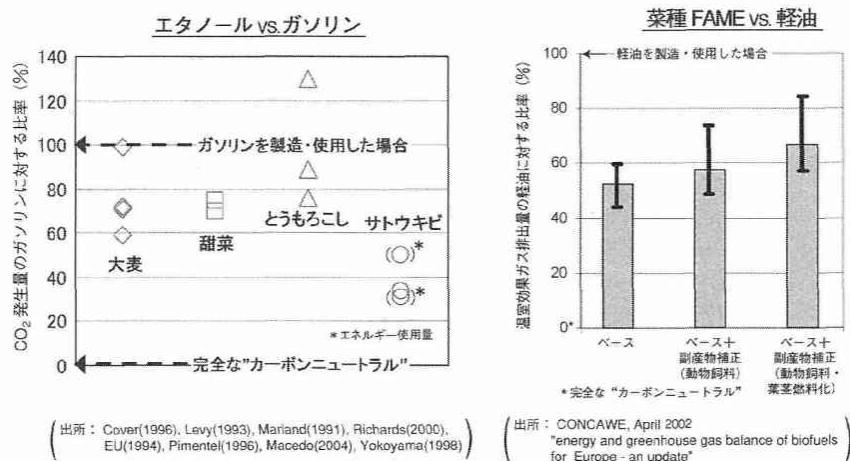


図15 バイオ燃料のCO₂削減効果

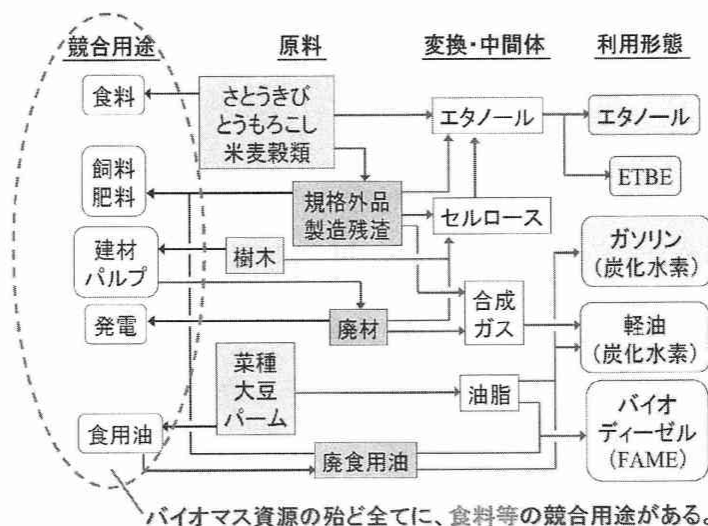


図16 自動車用バイオマス燃料のサプライチェーン

CO₂を排出します。バイオマス燃料のCO₂削減効果は、ガソリン、軽油に対して5～6割ということです。

始めていますし、当然、油も食用に使っています。バイオ燃料を考える場合には、必ず競合用途のことも考えておかないといけません。

[バイオマスの供給安定性]

バイオマス燃料は、図16に示すように、さとうきび、とうもろこし、樹木、菜種、大豆、パームなどから作ることができます。これらの原料は、既に競合用途が沢山あります。サトウキビ、トウモロコシ、米麦は食料、あるいは規格外品も全部飼料、肥料に使っており、樹木はパルプとか紙とか建材に使っています。廃材も今かなりの量を発電に使い

[原料の生産量]

バイオ燃料の原料となる砂糖、穀類の世界の生産量は年間20億トン、貿易量が3億トン弱あります。全貿易量をエタノールにすると、ガソリン換算（カロリーベース）で7,700万ℓになります。油脂類の生産量は13億トン、貿易量は4,800万トンです。全貿易量を軽油にすると4,000万ℓになります。

表5 世界におけるバイオ燃料の原料生産

砂糖・穀類需給 (2005/06予測)	生産量 百万t/年	貿易量		主な輸出国 (百万t/年)
		百万t/年	エタノール換算 百万kl/年	
砂糖	149	46	30	ブラジル20 オーストラリア4 タイ3
とうもろこし	684	75	29	米国48 アルゼンチン13 中国6
小麥	616	111	39	米国28 カナダ17 豪州17
米	407	26	12	タイ7 ベトナム5 米国4
大麥	135	17	6	-
ソルガム	58	6	2	-
合計			117	
			77	出典：農林水産省データより エタノール換算

油脂類需給 (2005/06予測)				百万kl/年
	生産量	貿易量	主な輸出国(数値は2003年)	
大豆油	31.3	9.0	アルゼンチン5 ブラジル3	
ひまわり油	9.5	3.3	-	
ナタネ油	15.9	1.6	-	
パーム油	31.6	25.0	マレーシア16 インドネシア8	
動物油脂	13.1	0.8	-	
その他	29.8	8.5	-	
合計	131.3	48.2	出典：オイルワールド・FAOSTAT	
(軽油換算)		43.8		

全ての貿易量を合計しても
燃料換算では120百万kl
⇒輸送用燃料需要
24億kl*の僅か5%

* 2003年、ガソリン換算

日本のガソリンの総消費量が年間6,000万ℓですから、砂糖、穀類の全貿易量をエタノール化した量にほぼ匹敵します。アメリカの自動車燃料の総使用量は、5億ℓですから、エタノールと軽油の合計1億2,000万ℓではその20%程度しか賄えない量です。

他方、世界の穀物の需給もどんどん逼迫気味になってきています。アメリカが2012年までに75億ガロンを導入することを定めた「再生可能燃料基準」を達成したら、食料価格は原油価格に連動するのではないかと私は思っています。

[わが国で使用するバイオ燃料]

食糧自給率40%のわが国では、国内の限られた土地は「エネルギーセキュリティ」よりも「フードセキュリティ」向上に用いるのが効果的ではないかと思えます。すると、わが国で使うバイオ燃料は、海外で植物を育て、セルロース系エタノールを製造し、それを輸入することになると思います。植物を育て、バイオ燃料を製造する地域と日本がお互いにハッピーになるという形でないと、ある程度の量の長期安定的な導入は図れません。

超長期の自動車燃料

電気自動車、燃料電池車の燃料

地球温暖化問題の解決のために、CO₂排出量を2000年比で4～8割削減するには、最終的には、自動車は電気自動車（EV）や燃料電池車（FCV）にする、化石燃料から出るCO₂は固定化するというでないと不可能だと考えています。その場合、図17に示すようなエネルギーの形態が考えられます。水素は電池よりはエネルギー密度が高いので輸送用エネルギーとして好ましいと言えます。これらを総動員して駆動システム（パワートレイン）に供給していく必要があると思います。

石油精製の水素だけでFCV300万台分

今、石油精製業ではFCV300万台分の水素の製造余力があります。図18にあるように、石油精製、石油化学、ソーダ、アンモニアまででFCV500万台分（2020年における政府のFCV導入目標）の水素製造余力があります。つまり、水素の供給ポテンシャルは十分あるということです。

表6のように、水素製造コストでは、石油

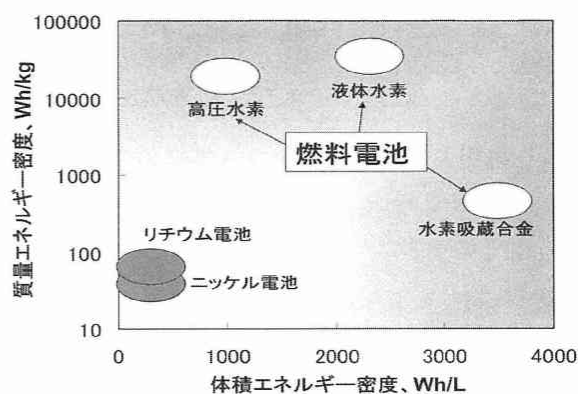


図17 電池および水素のエネルギー密度

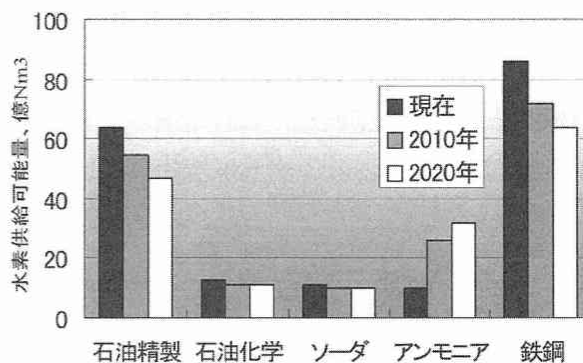


図18 各業界での水素製造余力

表6 各業界での水素製造コスト

	水素純度 (%)	精製コスト(除原料代) 円/Nm³			総製造コスト 円/Nm³
		固定費	変動費	合計	
石油精製	97%	0.7	1.1	1.7	11.1～12.0
石油化学	89%	3.1	3.6	6.7	
ソーダ	95%	1.6	3.0	4.6	
アンモニア	74%	1.1	1.4	2.5	
鉄鋼	57%	4.5	5.6	10.1	

出典:石油産業活性化センター

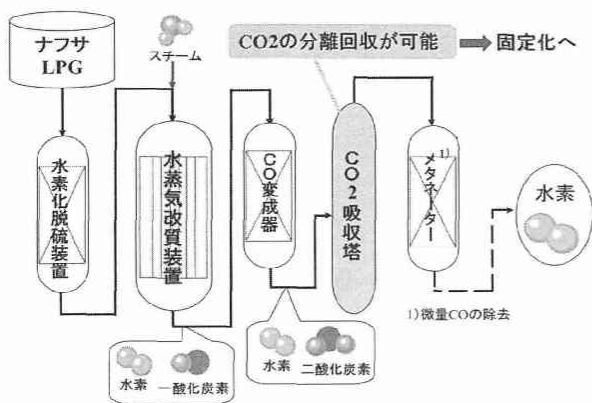


図19 水素製造におけるCO₂回収

精製でのコストが圧倒的に安い。理由として、既に設備があること、純度と圧力がもともと高いことがあります。水素の純度を99.99%、あるいは99.999%にして圧力を上げて供給するという加工工程を入れますと、一番安いものになるわけです。量的には鉄鋼が非常に多いですが、これは水素純度が低いし、圧力を上げないと供給できません。

水素を作る時にどうしても出てくるCO₂は固定化、または隔離をしないと、水素利用がCO₂対策になりません。図19は石油（ナフサ、LPG）から水素を製造する場合のCO₂分離回収を示したものです。出てきたCO₂は純度が高

くそのまま隔離できますから完全にCO₂が減ります。

さいごに

水素社会への過程と技術開発

地球温暖化防止のために、CO₂の排出量を4～8割削減することになりますと、熱利用エネルギーは、原子力や自然エネルギーなどに頼らなければなりません。一方、移動用のエネルギーは、燃料電池や電気とかになってくると思います。

図20には、最終的にCO₂ゼロ社会にもっていくことを念頭に、2050年までの自動車用燃料、電力、民生・産業用燃料の変遷を描きました。究極的には、こういったことを想定しながら、エネルギー供給を考えていかなければならないと考えています。

以上で、私の話を終了させていただきます。どうぞご静聴ありがとうございました。（拍手）

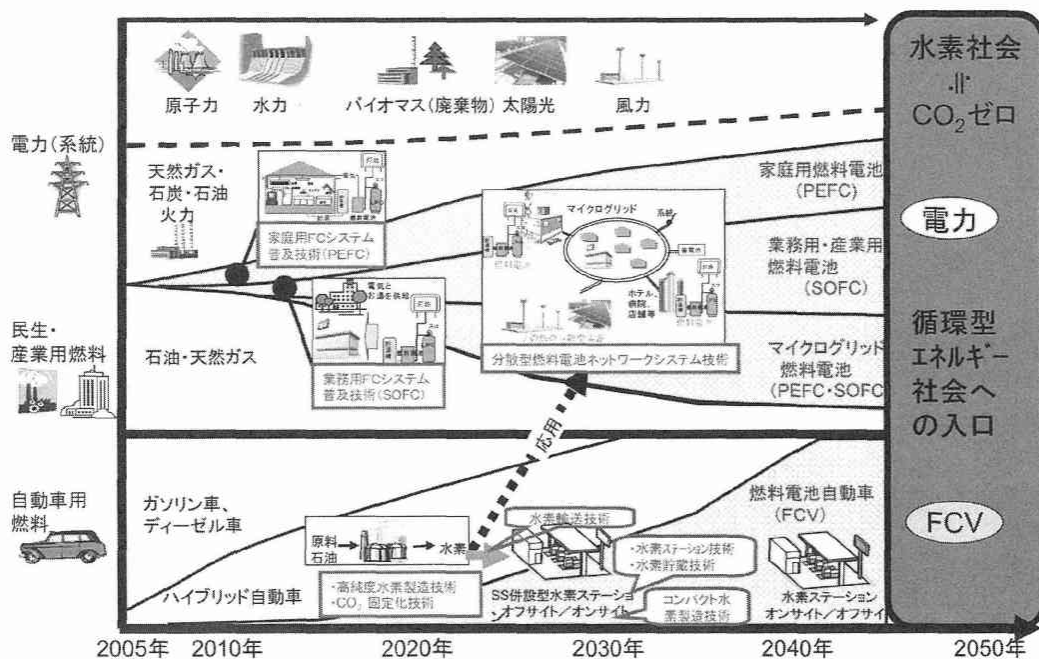


図20 水素社会への過程と技術開発

[講演]

自動車用エネルギーアウトック

蓮 池 宏 (財エネルギー総合工学研究所
副主席研究員)



はじめに

私の報告は3つの話題から構成されています。まず最初に、わが国の自動車用エネルギーの需要の見通しや目標を紹介します。2番目に、各種代替燃料、代替エネルギーの技術課題について触れたいと思います。そして3番目に、自動車部門の超長期エネルギー技術ロードマップについて紹介したいと思います。

わが国の自動車用エネルギー需要

増え続けてきた運輸エネルギー需要

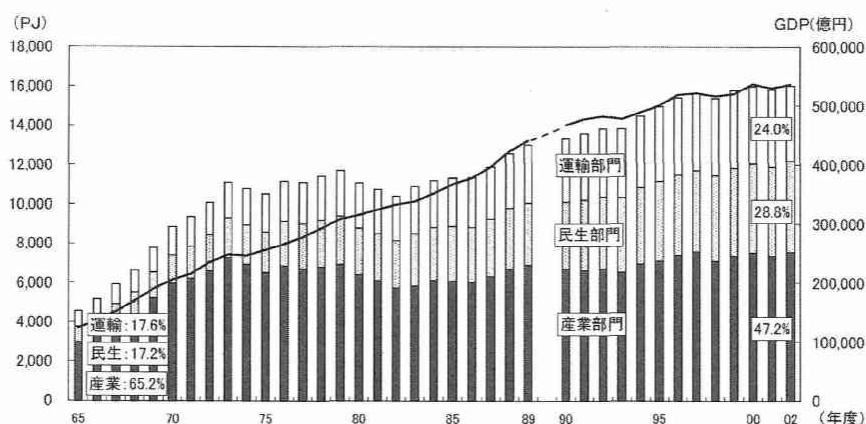
最初に、わが国の自動車用エネルギー需要

です。図1に、過去の最終エネルギー需要の推移を示します。1973年の第一次オイルショック以降、産業部門のエネルギー需要はほぼ横這いになっており、増加しているのは民生部門と運輸部門ということがわかります。2002年の運輸部門のエネルギー需要は1965年の5倍に増え、シェアは1965年の17.6%が2002年には24%になっています。

運輸エネルギーの見通し

今後の運輸エネルギーの見通しは図2のように示されています。旅客用は2030年まで微増、貨物用は少し増えた後で減っていくという傾向が示されています。点線で示した対策ケースは、省エネルギーのための施策を強化した場合の見込みですが、特に旅客用でかなりの低減が可能と予測されています。

運輸部門の対策の内容を、レファレンス



(出所: 総合エネルギー調査会需給部会「2030年のエネルギー需給展望」平成17年3月)

図1 わが国の最終エネルギー需要の推移

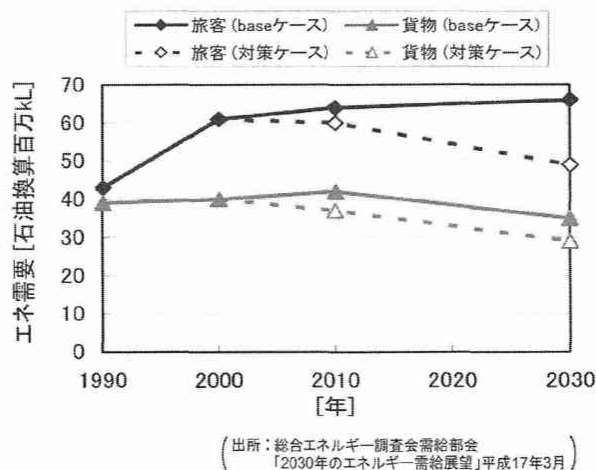


図2 運輸エネルギー需要の見通し

表1 2010年に向けた運輸部門の対策と省エネルギー効果

	レファレンスケース	追加対策ケース
トップランナー基準による燃費改善	800 万kl	800 万kl
トップランナー基準の対象拡大	—	10
クリーンエネルギー自動車の普及	20	90
サルファーフリー燃料の導入	—	40
アイドリングストップ車導入	—	20
交通システムに係る省エネルギー対策	400	1,100
計	1,220	2,060

(データ出所) 総合エネルギー調査会需給部会「2030年のエネルギー需給展望」平成17年3月

ースと追加対策ケースに分けて表1に示します。一番大きな効果が期待されているのがトップランナー基準による自動車燃費の改善です。2010年の乗用車の燃費目標は既に前倒しで達成されており、燃費の良い車がこれから増えていきますので、それによる効果が見込まれます。次に大きいのが交通システムに係る省エネルギー対策です。クリーンエネルギー自動車（ハイブリッド車、天然ガス自動車、ディーゼル代替のLPG車など）の導入では、レファレンスケースで原油換算20万kl、対策ケースではその5倍くらいの省エネルギー効果を期待しています。運輸部門の全エネルギー需要が約1億klですから、全対策の合計で10～20%、クリーンエネルギー自動車には0.2～1%の省エネルギー効果を見込んでいることになります。

クリーンエネルギー自動車の導入

導入の実績と目標

この中で、本日のシンポジウムに関係の深いクリーンエネルギー自動車について導入の実績と目標を図3、表2に示します。図3は1996年から2004年までの導入実績で、一番伸びているのがハイブリッド車です。その他の車としては、ディーゼル代替のLPG自動車、天然ガス自動車、それから電気自動車（EV）などが導入されており、全部合わせて2004年で25万台となっています。2010年と2030年の目標は、レファレンスケースではそれぞれ67万台、391万台であり、これはハイブリッド車の伸びをそのまま外挿した数字となっています。追加対策ケースではその数倍が期待され

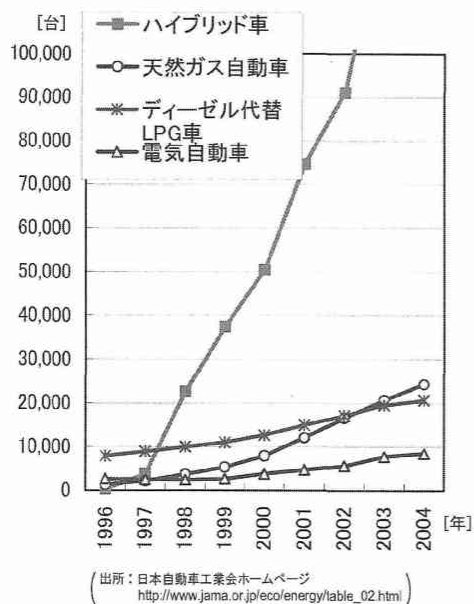


図3 クリーンエネルギー自動車の普及台数

ています。燃料電池自動車（FCV）は、このクリーンエネルギー自動車には含まれておらず、別途、2010年に5万台、2030年に1,500万台という目標が立てられています。バイオマス燃料も別立てで2010年に50万klという目標が出されています（表2）。

非常に厳しい石油依存度80%

2006年5月に「新・国家エネルギー戦略」が発表され、その中で運輸エネルギーについて「2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指して必要な環境整備を行う」という目標が出されました。具体

表2 クリーンエネルギー自動車の導入目標

	2004年	2010年	2030年	出典
クリーンエネルギー自動車	25万台	61万台（20万kl） ⁱ 233万台（90万台） ⁱⁱ	391万台 ⁱ 全体の5割 ⁱⁱⁱ	(1)
燃料電池自動車	≒0	5万台	1,500万台	(2)
バイオマス燃料	≒0	50万kl	—	(3)

注) i レファレンスケース

ii 追加対策ケース

iii 省エネルギーケース

(1) 総合エネルギー調査会需給部会「2030年のエネルギー需給展望」

(2) 燃料電池実用化戦略研究会

(3) 京都議定書目標達成計画

表3 「石油依存度80%」への取り組み

- ① 自動車燃費の着実な改善
 - i) 自動車の燃費改善を促す燃費基準の策定
 - ii) レギュラーガソリンのオクタン価向上
- ② 燃料多様化に向けた環境整備
 - i) バイオマス由来燃料供給インフラの整備
 - ii) ディーゼルシフトの推進
 - iii) バイオマス由来燃料及びGTLの一層の活用のためのインフラ整備
- ③ バイオマス由来燃料、GTLの供給確保
 - i) バイオマス由来燃料の供給促進・経済性向上
 - ii) 次世代燃料に関する技術開発促進
- ④ 電気・燃料電池自動車等の開発・普及促進
 - i) 電気・燃料電池自動車等の普及促進策
 - ii) 「新世代自動車」向け電池に関する集中的な技術開発の実施
 - iii) 燃料電池自動車に関する技術開発の推進

(出所) 経済産業省「新・国家エネルギー戦略」平成18年5月

的な取り組みが大項目で4個、小項目で10個ほど掲げられています（表3）。燃費改善、バイオマス燃料、ディーゼルシフト、GTL（Gas-to-Liquid）、そしてEV、FCVが技術オプションとして示されていますが、石油依存度80%という数値目標に対して各オプションにどの程度の寄与を期待しているかは不明です。

運輸部門の石油依存度を80%にするために

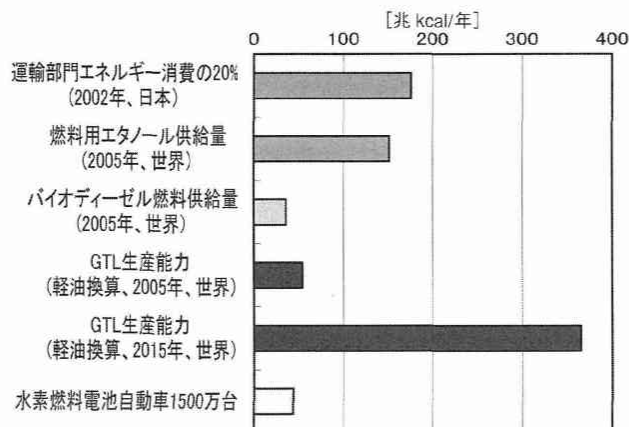


図4 日本の運輸部門エネルギー消費と世界の代替燃料供給能力の比較

は、20%を石油以外のエネルギーで賄うことが必要になります。2002年の実績値を用いると、運輸部門のエネルギー消費の20%は180兆kcal/年という量になります（図4）。これに対してブラジル、アメリカなどを含めた世界全体の燃料用エタノールの供給量がほぼこれに匹敵します。バイオディーゼルの供給量はエタノールの5分の1程度です。世界中のバイオマス燃料を全部日本に持ってくる訳にはいきませんので、既存の市場から調達できる量としては多くを期待できません。目標年限は2030年ですから、それに向けて供給量を増やしていく方策を考えないと、バイオマス燃料を大量に確保するのは難しいことがわかります。GTLに関しては、2005年時点の生産能力と2015年までに計画されている生産能力を示しました。2015年の生産能力は、日本の運輸用エネルギーの20%の2倍以上になりますが、これも世界全体での供給可能量です。計画されているプロジェクトが順調に建設、生産に至るかという不確定要素がありますが、こうしたものが拡大していけば一部を日本に輸入することが考えられます。別の比較として、水素燃料電池自動車は2030年までに1,500万台導入という目標がありますが、そこで使われる水素の量も並べて示しました。1,500万台というと非常に多い数字ですが、それでも運輸エネルギーの20%には到底足りません。このようなことから、石油依存度を80%に下げるとするのは非常に厳しい目標ということが言えると思います。

各種代替エネルギーの技術課題

技術・経済的課題の所在

2番目の話題として、各種代替エネルギーの技術課題について見ていきたいと思います。バイオマス系の燃料については、松村様のご

表4 代替燃料・自動車の課題

	燃料製造	燃料インフラ	自動車
ハイブリッド車			▲
ディーゼル乗用車			▲
CNG		▲	
エタノール	▲		
植物油	▲		
GTL	▲		
水素+FC	▲	▲	▲
電気			▲

講演で詳しい説明がありましたので、私は長期的なオプションである水素と電気に重点を置いて説明したいと思います。

表4は、様々な代替手段についてどこに技術・経済的な課題が存在するかを示したものです。水素FCVは、燃料製造、インフラ、自動車と、あらゆるところで課題があり技術開発が必要です。それに対して、EVは車両技術、特に蓄電池にネックがありますが、発電設備は十分ありますし、送電網も整っているというアドバンテージがあります。

自動車用エネルギーとしての水素と電気

[特性比較]

次に、水素と電気の自動車用エネルギーとしての特性を比較してみます。まず最初に「Well-to-Wheel効率」に着目しました。エネルギー資源を採取してから車輪の駆動力として使うまで様々なエネルギー変換過程を経ますが、その効率を全部総合したものが「Well-to-Wheel効率」です。一次エネルギー源として化石燃料

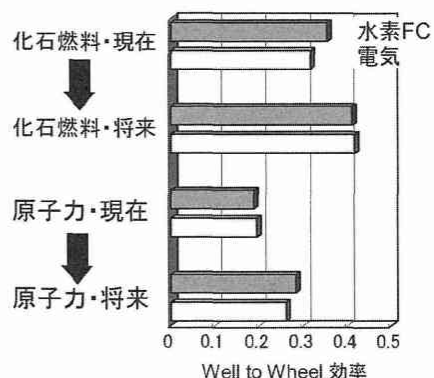


図5 水素FCVとEVの効率比較

と原子力を考え、現状技術と将来技術の合計4ケースを試算しています(図5)。各ケースで微妙な違いがありますが、総じてあまり大きな差はなく、「Well-to-Wheel効率」の観点から水素と電気のどちらか明らかに優れているということとは言えない、というのが私の結論です。

2つ目の視点が、水素タンクと蓄電池のエネルギー貯蔵密度の比較です。この比較には、重量当たりの密度と体積当たりの密度を縦横の軸にとったグラフがよく用いられますが、図6では、水素FCVやEVはガソリンエンジン車よりも効率が高いので、同じ量のエネルギーを積まなくても走行距離は確保できるという観点から、水素FCVとEVの効率をそれぞれガソリン車の3倍、5倍と仮定して、それを考慮した比

較を行っています。つまり蓄電池や水素貯蔵の位置が右上の方向に移動するわけです。水素の貯蔵密度は自動車の効率も考えればガソリンの2分の1程度はあり、この程度であれば、様々な工夫によって液体燃料を使うガソリン車やディーゼル車と同じような使い勝手を実現できるのではないかと希望が持てます。それに対して蓄電池は、EV用として最も有望と思われるリチウムイオン電池の値を使っていますが、EVの効率が高いことを加味してもエネルギー密度の点では力不足です。したがって、EVは短い距離しか走らない車としては可能性がありますが、大型トラックのような車に適用することは困難と思われます。

【FCVの課題】—高い水素価格、低い貯蔵密度

次に、水素と電気それぞれについて、どんな点が難しいのかを見ていきます。そこにチャレンジしていくことが技術開発に課せられた課題となります。

水素FCVの場合、まず水素の価格が問題です。水素を1カ所で集中して作ると、製造コストは安いですが配送コストが高く、スタンドで分散製造すると、小規模の生産になるため今度は製造コストが高くなってしまいます。水素貯蔵技術については、まず貯蔵密度の向上という課題があります。液体水素は液化の際のエネルギーロス

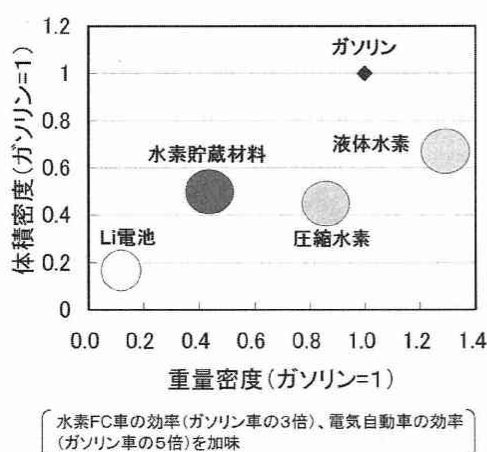


図6 水素タンクと蓄電池のエネルギー貯蔵密度

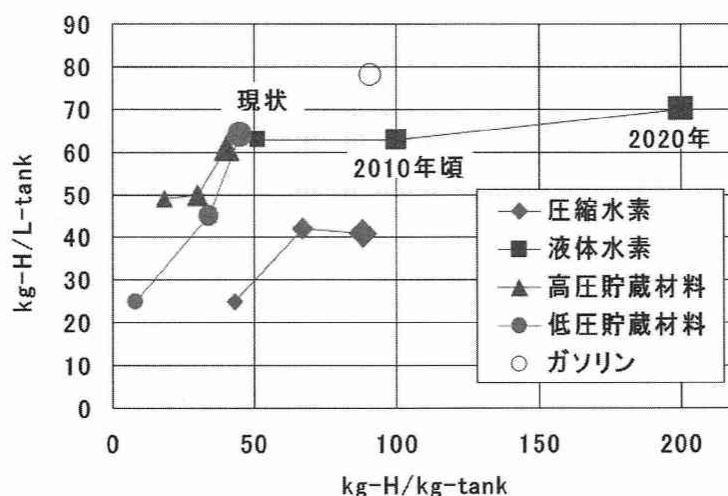


図7 水素貯蔵技術の開発目標

が大きいこと、貯蔵材料は充填時の発熱が大きくて急速充填が容易でないという問題もあります。また、燃料電池のコスト低減や長寿命化も課題となっています。

新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、水素貯蔵技術と燃料電池についてロードマップの形で今後の研究開発の目標を設定しています。図7は貯蔵技術です。このグラフも水素のFCVでの効率向上を織り込んだものです。圧縮水素は圧力を上げることによって、液体水素はタンクの軽量化によって密度が上がってきます。貯蔵材料については高压と低压の2種類が掲げられており、それぞれ2010年、2020年の目標が示されています。この中で、最も実現の可能性が高いと考えられているのが圧縮水素です。液体水素は、貯蔵密度の点では優れているのですが、液化に要するエネルギーの削減が課題です。貯蔵材料の場合には貯蔵密度の向上とともに充填時の発熱という問題も現れてきて、充填速度も含めて目標を達成できる技術の見通しは立っていません。

燃料電池の技術開発ロードマップ（表5）では、車両効率、耐久性、動作温度、製造価格という4項目について目安の数字が示されています。これを見ますと、耐久性を現在の1,000時間から3,000時間、5,000時間と伸ばしていく必要があります。ここが1つの大きなポイントになると思います。もう1つ大きな課題は製造コストで、現状でkW当たり数十万円す

るものを最終的には1万円を切るような値、つまり100分の1くらいのコストダウンが必要になります。100分の1というと単に量産するだけでは実現できないレベルであり、素材自体を安価なものにすることが不可欠です。その上で耐久性を向上させ、効率も維持するという技術開発が必要になってきます。

〔EVの課題〕—低い貯蔵密度、コスト、寿命

もう一方のEVの難しさ、つまり技術課題ですが、1つは言い古されています蓄電池の電力貯蔵密度の問題です。それと同時に、コストや寿命にも課題があります。

別の観点で問題提起させていただきたいのが、短時間の充電が困難という点です。ガソリン車への給油では、ガソリンというエネルギーがホースの中を流れていますので、それをkWという単位に換算することができます。計算してみると、ガソリン給油時のエネルギー流量は3万kWに相当するのです。EVの車両効率をガソリン車の10倍とし、充電時間は2倍かかっても良い、航続距離は2分の1で我慢するから充電量を少なくしても良い、といった点を考慮したとしても750kWでの充電が求められ、蓄電池の充電受け入れの能力だけでなく、充電設備の容量も問題となってきます。このようにガソリン並みのエネルギー補給速度というのは、電気にとっては非常に高いハードルです。

表5 自動車用PEFC（固体高分子型燃料電池）の開発目標

	現在	2007年頃	2010年頃	2015年頃	2020年～ 2030年頃
車両効率 (%、LHV)	50	50	50	60	60
耐久性 (時間)	1000	2000	3000	5000	5000
作動温度 (℃)	80	-20～ 80	-30～ 80	-30～ 90-100	-30～ 100-120
製造価格 (万円/kW)	数十		5～6	1	0.4

(データ出所) NEDO技術開発機構「2006燃料電池・水素技術開発ロードマップ」平成18年6月

短時間の急速充電が困難だったら蓄電池ごと交換してはどうか、ということもよく言われますが、これも難しいと思われます。蓄電池の値段は数十万円ですが、中に入っている電気は数千円程度で、蓄電池の僅か100分の1の価値しかありません。しかも蓄電池はEVの性能を左右する最も重要な部品です。こういったものを取り替えるのに、中身の電気だけ売り買いするという訳にはいきません。つまり、電池交換を行おうとすると、電気の売買ではなく蓄電池の売買になってしまい、エネルギーを補給する度に蓄電池を交換するのは非現実的ではないかと思えます。

[プラグインハイブリッド車の可能性]

このようなことを考慮した上での私の提案ですが、EVはエネルギー補給に時間がかかることを前提とした車種や使い方を考えていくことが重要であると思います。それから、大聖先生のお話にもありましたが、蓄電池をたくさん載せてもメリットは少ないので、少ない容量の蓄電池を上手く使うということがEVを実用化していくためのポイントになると思います。

具体的な形の1つがプラグインハイブリッド車です。プラグインハイブリッドは数年前からアメリカなどで提唱されているコンセプトで、ハイブリッド車の蓄電池を増強して、その蓄電池を商用電力のコンセントにつないで充電するので「プラグイン」という名前がついています。アメリカでは市販されているプリウスをプラグイン式に改造して走ってい

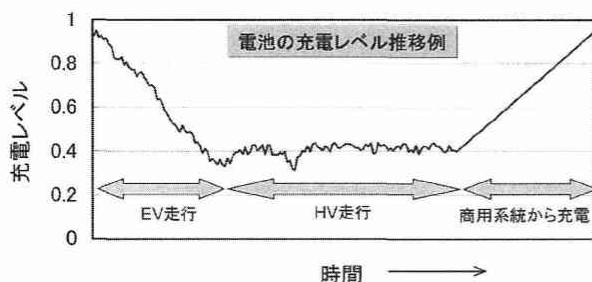
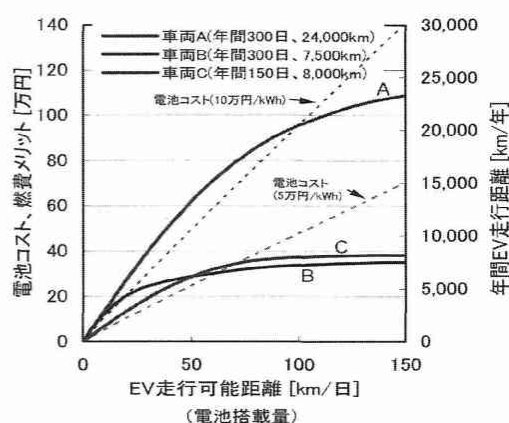


図8 プラグインハイブリッド車における蓄電池の充電レベル変化

る車もあります。図8は、プラグインハイブリッド車における蓄電池の充電レベル変化の概念図です。最初、コンセントで満充電近くまで充電します。ガソリンは使わずにEVとして走行すると充電レベルが下がってきます。あるところまで充電レベルが下がったらハイブリッド自動車として走行します。そうすると充電と放電が繰り返され、充電レベルはほぼ維持されます。車庫に着いたら、また商用電力で充電します。

上田様のご講演にもありましたように、電気での走行はガソリンによる走行と比較して二酸化炭素（CO₂）排出も少なく、コストも安くなります。したがって電気での走行距離に応じてCO₂排出量や走行経費の面でメリットが得られます。ただし蓄電池を増やすと、電気走行距離が伸びる一方で車の値段も上昇するので、どのくらいまで蓄電池を増設するのが良いかという点が問題になってきます。

その点について経済性の試算を行ってみました。蓄電池の搭載量と単価、車の走行条件をパラメータとして、蓄電池の増設によるコスト増と燃費のメリットを比較しており、図9がその結果です。横軸は電気走行可能距離で、これは蓄電池の搭載量を増やすことに相当します。蓄



前提条件	ガソリン価格	140円/L
	電力価格	7円/kWh
	HEV走行燃費	25km/L
	EV走行燃費	8.5km/kWh(AC)
	電池単価	10万円/kWh、5万円/kWh
	電池寿命	10年

図9 プラグインハイブリッド車の経済性試算例

電池コスト（点線）は蓄電池の量に比例します。2本の点線は蓄電池単価を変えたものです。車の走行条件は、年間300日で2万4,000km、同じ300日ですが走行距離は7,500km、それから年間150日で8,000kmという3種類を想定しました。燃費のメリットは、最初は蓄電池の搭載量にほぼ比例して増えるのですが、徐々に飽和します。比例部分の傾きは年間の使用日数によって決まり、燃費のメリットを示す太線が点線（蓄電池コスト）よりも上にあれば総合的にメリットがあることになります。車両Aのように長い距離を頻繁に走る車はEVに向いていませんが、プラグインハイブリッド車ではこうした車もメリットが出ます。走行日数が少ない車はメリットが出にくいのですが、それでも蓄電池単価がkWh当たり5万円になれば年間150日の利用でもメリットが出ます。年間の電気走行距離は右

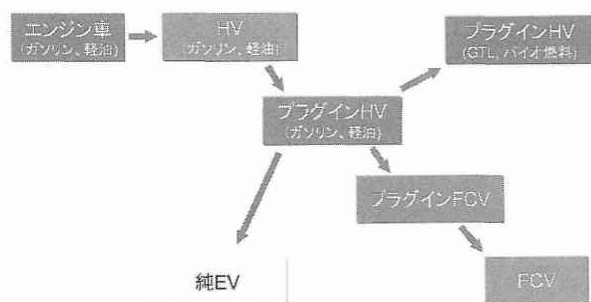


図10 プラグインハイブリッド車の位置づけ

側の軸で見ることができます。車両Bと車両Cでは電気走行可能距離が20～30kmという仕様で、車両Aでも電気走行50kmを確保すれば、年間走行距離の半分以上が電気走行になります。このように、少量の蓄電池を積んで、走り始めの数十kmはいつも電気で走れば、走行に使うエネルギーの何十%かが電気に置き換わることになります。

図10はプラグインハイブリッド車の位置づけです。従来のエンジン車とEVの中間の技術としてハイブリッド車があると言われてきました。プラグインハイブリッド車は、ハイブリッド車からEVへ移行する過程の一段階と位置づけられます。プラグインハイブリッド車の電気走行を伸ばしていけばオール電気のEVになる、ということです。ハイブリッド車のエンジンを燃料電池に替えればFCVになるので、FCVにとってもハイブリッド車はつなぎの車とされますが、この場合も、プラグイン方式のFCV、つまり水素と電気の両方を使う車を経由してFCVに移行するという考え方が出されています。また、プラグインハイブリッド車の燃料であるガソリンをGTLやバイオマス燃料に替えれば、液体燃料のCO₂排出量を減らしていくことができます。このように、プラグインハイブリッド車は様々な発展の可能性を持ったコンセプトとい

アクションプラン1：研究開発戦略				
	現状	改良型電池 (2010年)	先進型電池 (2015年)	革新的電池 (2030年)
	電力会社用小型EV	用途限定コンピューターEV 高性能HV	一般コンピューターEV 燃料電池自動車 Plug-in HV自動車	本格的EV
性能	1	1	1.5倍	7倍
コスト	1	1/2倍	1/7倍	1/40倍
開発体制	民主導	民主導	産官学連携	大学・研究機関

アクションプラン2：インフラ整備戦略	
ソフト	普及促進策、基準・規格の標準化、規制緩和
ハード	充電インフラ整備、電池の標準化、実証実験

（出所）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」平成18年8月

図11 次世代電池技術研究会の提言（抜粋）

うことができると思います。

EVの実用化を可能にする技術開発の展望として、先月、経済産業省から次世代電池技術に関する研究会の提言が発表されました。その中でアクションプランが2つ提示されています(図11)。1つが研究開発戦略です。これは高性能の蓄電池を開発していこうということであり、EV用として期待されているリチウムイオン電池の現状の性能とコストを基準として、まず2010年までにコストを半分にすることが期待されています。次の段階の2015年は、性能(エネルギー貯蔵密度)を1.5倍、コストは7分の1というかなり高い目標ですが、こうしたものができる了一般コンピューターEVやプラグインハイブリッド車などに使えるとしています。本格的EVを実現するためには、性能は現在の7倍、コストは40分の1が必要で、2030年までにこれを目指すとしています。アクションプランの2はインフラ整備戦略で、これはソフト面、ハード面で種々のインフラ整備を行っていくということが述べられています。

[水素FCV、EVの共通課題]

表6に水素FCV、EVに共通の課題をまとめました。両者ともエネルギー貯蔵密度に弱点がありますので、自動車として走行に必要なエネルギーを削減していくことがポイントです。最初の車体の軽量化は、従来から言われていることです。それから空調の省エネ化も重要です。現在のエンジン車でもエアコンつけて運転すると3割くらいの燃料が空調のた

めに消費されてしまいます。走行に使うエネルギーを削減していくと、空調のエネルギーの占める割合が大きくなってきますので、これを抑えないと実際の走行燃費が期待したほどは向上しないということになります。

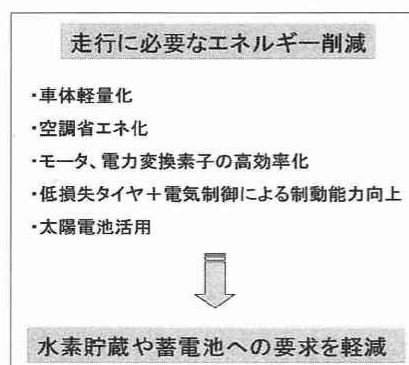
モータの高効率化という点では、永久磁石を利用した高効率モータの採用や、車輪の中にモータを組み込んで機械的な伝達ロスがなくすといった方式が一部で実用化されています。電力変換素子についても非常に低損失な素子の技術シーズがいろいろ出てきていますので、そうしたものの実用化が期待されます。

低損失タイヤという点では堅いタイヤにすれば損失を減らせますが、その場合に制動能力が問題になってきます。電気モータの制御はエンジンの制御よりも100倍高速にできますので、その利点を使って低損失のタイヤでも制動性能を維持することができると期待されます。これは東京大学の堀洋一先生が提唱しているコンセプトで、このような技術も非常に役立つと思います。

さらに将来的には、自動車の屋根や荷台のパネルの上などに太陽電池を載せて、その出力を走行エネルギーとして使うことが考えられます。太陽電池の出力は普通の自動車の走行に必要なパワーより一桁以上小さいので、太陽電池だけで走る車は非現実的ですが、補助的なパワーとしては期待できます。

こうした技術を総動員することによって水素貯蔵や蓄電池への要求を軽減していくことが必要です。

表6 水素FCVとEVに共通する課題



超長期エネルギー技術ロードマップ

2100年までの検討の前提

このような観点を織り込んで、自動車に係わるエネルギー技術が長期的にどのように展望されるか検討した例を紹介したいと思います。こ

表7 検討の前提とした資源制約と環境制約

	資源制約	環境制約
2050年	石油生産ピーク → 他のエネルギーと互換可能に	GDP 1.5倍 CO ₂ 0.5倍 → CO ₂ /GDP=1/3
2100年	天然ガス生産ピーク → 他のエネルギーと互換可能に	GDP 3.1倍 CO ₂ 0.3倍 → CO ₂ /GDP=1/10

これは昨年度、私どもの研究所で行った調査研究であり、2100年までの100年間を考慮して、資源面と環境面に関してかなり厳しい制約を課した場合に、どのようなエネルギー需給構造が求められ、それを成立させるのに必要な技術は何か、ということを検討したものです。

具体的な資源制約としては、表7に示すように、2050年までに石油生産がピークを迎えると想定して2050年までに石油を他のエネルギーで代替可能にする、天然ガスも2100年までには生産ピークを迎えると想定して2100年までには天然ガスからも脱却する、という制約を設けました。環境制約については、GDP（国内総生産）

が2050年には2000年の1.5倍、2100年には2.1倍に伸びると仮定し、その一方でCO₂の排出は大幅に減らすため、CO₂とGDPの比としては、2050年には3分の1、2100年には10分の1といった、CO₂の観点では非常に高効率な社会にしていけることを求めています。

設定された3つの極端ケース

これを達成するエネルギー需給構造として、非常に極端な3ケースを考えました。ケースAは、石炭の利用拡大と大規模な炭素回収隔離をセットで行うというもの、ケースBは原子力で一次エネルギーの大部分を賄い、自動車も原子力で製造した水素や電気で走るというものです。ケースCは再生可能エネルギーが中心です。再生可能エネルギーは資源量が限られているので、省エネルギーを徹底的に行うことがセットになります。

表8 運輸部門に求められる技術スペック

	2000年	2030年	2050年	2100年
効用(人・km、トン・km)	1倍		1.5倍	2.1倍
必要エネルギー量(運輸全体)		20%削減	50%削減	70%削減
自動車 必要エネルギー量		30%削減	60%削減	80%削減
電化・水素化率	0%	1%以上	40%	100%
CO ₂ 原単位	160 g-CO ₂ /km (1倍)	100 g-CO ₂ /km (2/3倍)	50 g-CO ₂ /km (1/3倍)	0 g-CO ₂ /km
航空機・船舶・鉄道 必要エネルギー量		10~20%削減	20~35%削減	30~50%削減

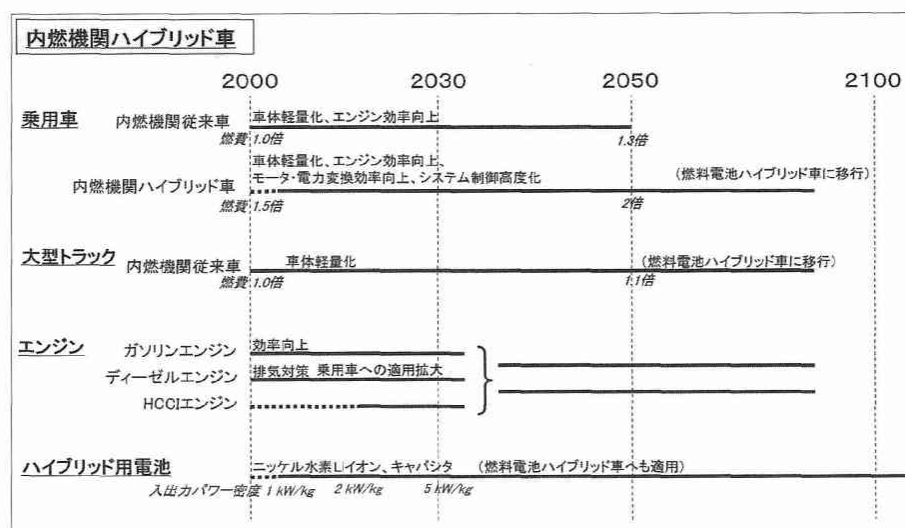


図12 内燃機関ハイブリッド車のロードマップ

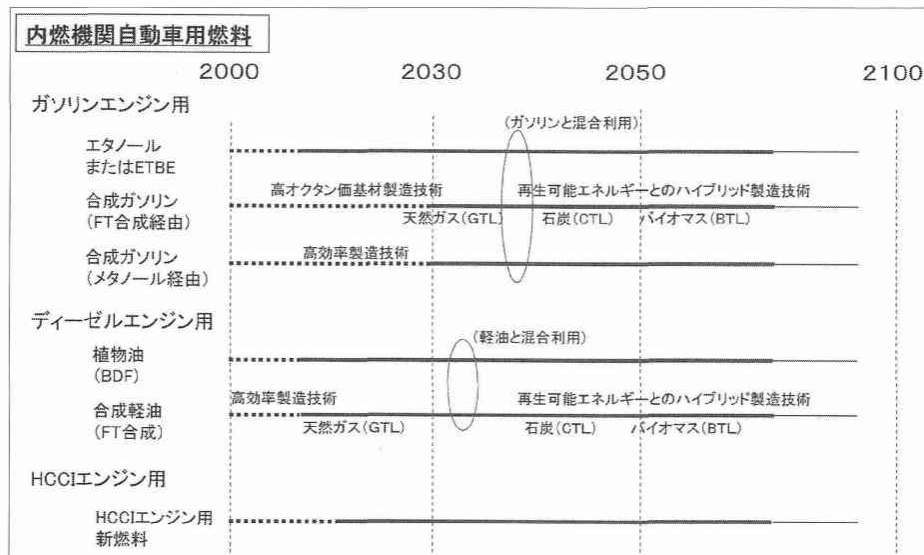


図13 内燃機関自動車用燃料のロードマップ

運輸部門の検討

運輸分野に関してはケースCが最も厳しい目標になるので、このケースについて目標値を輸送機関別に細分化しています（前掲表8）。自動車に使うエネルギーは2030年には30%削減、2100年には80%削減が求められます。これを実現するための方策は省エネルギーと燃料転換が2つの柱で、駆動システムの効率化や車体の軽量化、そして代替燃料への転換が必要です。

このような制約や目標を満たすために必要となる技術の展望をロードマップの形にまとめました。

内燃機関を使う自動車（前掲図12）については、乗用車系のものは従来型の車からハイブリッド車にシフトしていき、ハイブリッドでない車は2050年くらいで姿を消すと考えました。大型トラックについては、ハイブリッド化のメリットが少ないため従来型の内燃機関自動車が使われ続けますが、色々な燃費向上対策は行われ、最終的にはFCVに置き換わるとしました。エンジンについてはガソリンエンジン、ディーゼルエンジンの他に、新しいエンジンとしてHCCI（予混合圧縮着火）エンジンの登場を期待しています。

内燃機関自動車用の燃料は、エタノールまたは「ETBE」（エチル・ターシャル・ブチ

ル・エーテル）が比較的早く導入され、植物油を原料としたバイオディーゼルやFT合成の軽油なども導入されるでしょう（図13）。その後、FT合成によるガソリン代替燃料も導入されます。これらの燃料はガソリンや軽油と混合利用されることを想定しています。

FCVは、まず乗用車で導入され、大型トラックには乗用車よりも遅れて普及していきます（図14）。要素技術として、燃料電池の効率向上、高効率のモータや電力変換、軽量化、空調の省エネ、太陽電池ルーフなどがあり、これらが合わさってFCVの効率が上がっていくという姿を描いてあります。

FCVに使う水素の供給に関しては、集中して製造するオフサイト方式と、水素ステーションで製造するオンサイト方式があります（図15）。産業分野にはいろいろな副生水素が存在しますので、最初はそれをバッチ輸送することから始まります。それと並行して、水素スタンドで都市ガスなどを改質して水素を作ります。ある時期から電解による水素製造やパイプライン輸送なども広がっていくだろうと考えられます。

EVは、FCVよりもやや遅れて導入が始まるとしています（図16、図17）。このロードマップを作成した当時はプラグインハイブリッド車が主要な検討対象になっていませんでしたが、プラグインハイブリッド車が導入され

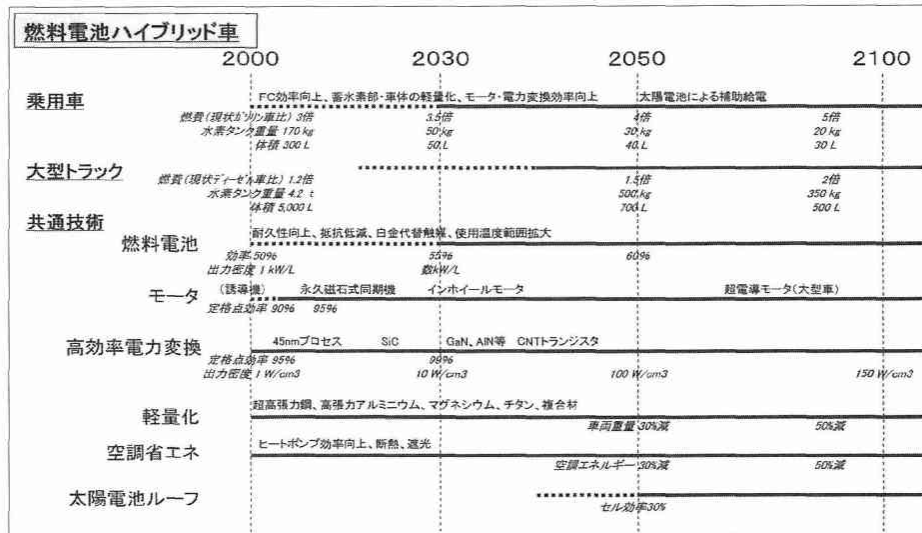


図14 燃料電池ハイブリッド車のロードマップ (1)

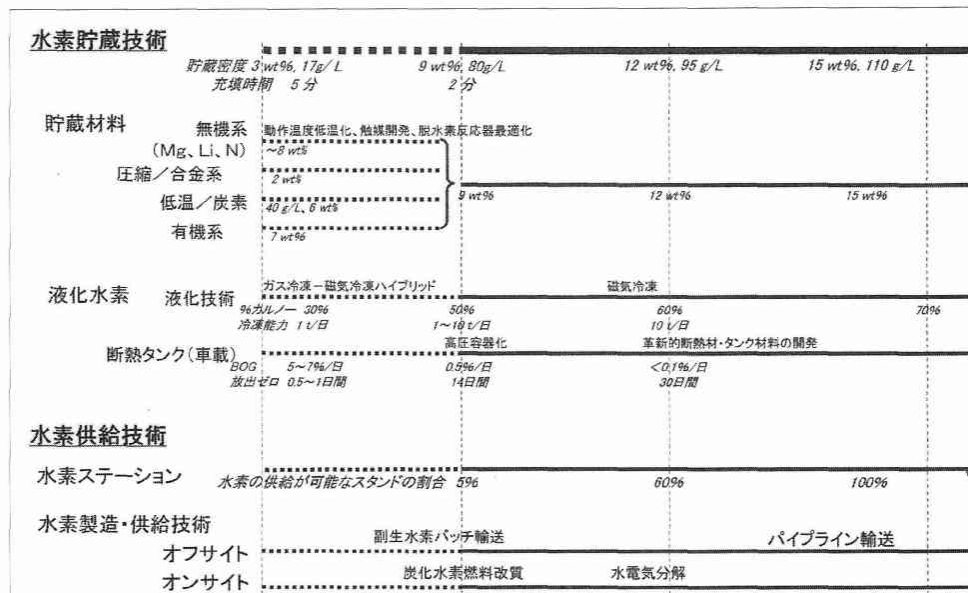


図15 燃料電池ハイブリッド車のロードマップ (2)

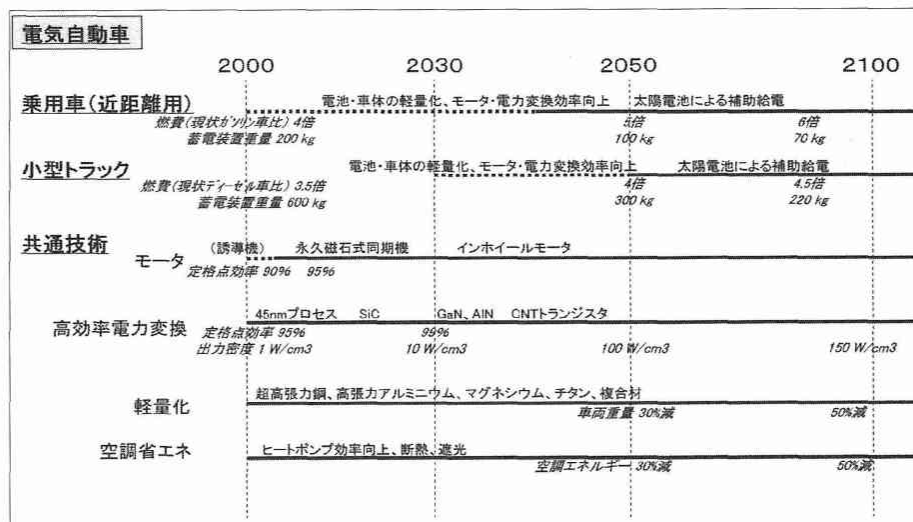


図16 EVのロードマップ (1)

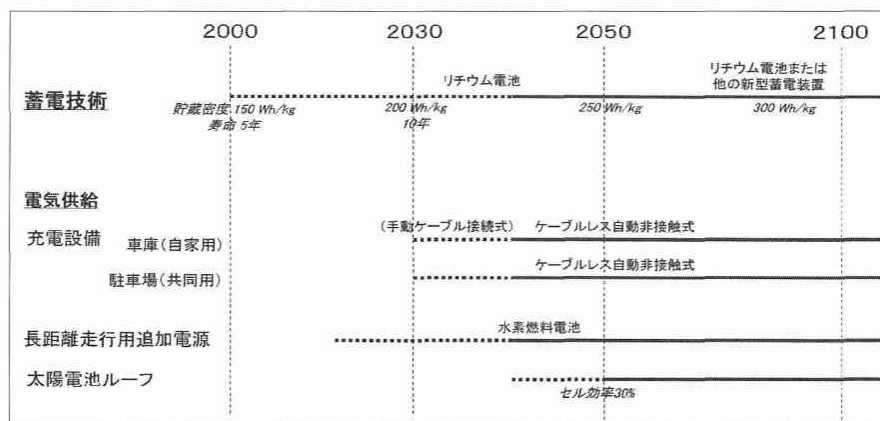


図17 EVのロードマップ (2)

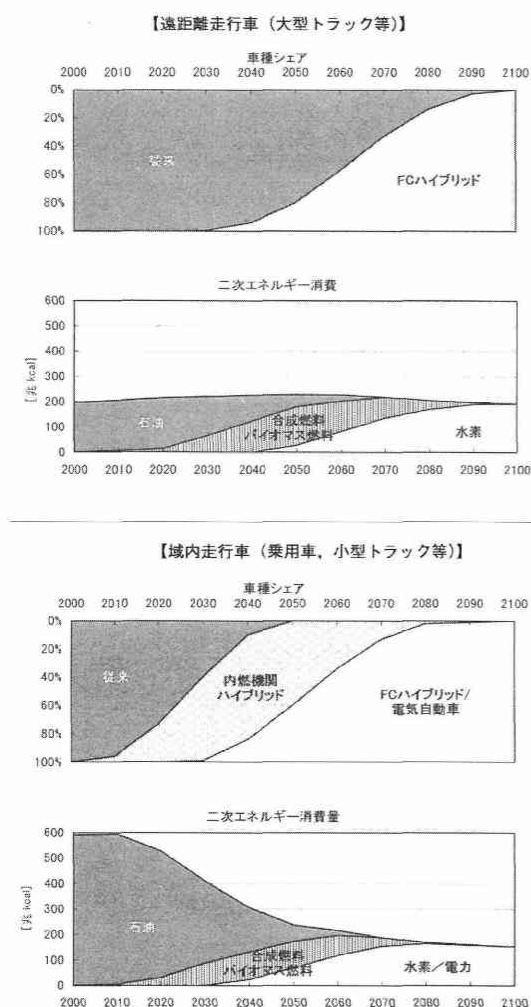


図18 自動車の車種別シェアと二次エネルギー消費構成の想定イメージ

るとすれば、かなり早い時期になる可能性があります。モータや電力変換、軽量化、空調の省エネなどは燃料電池の場合と同様であり、電気を使った駆動ということで共通技術の性能向上が期待されます。

図18は、車の構成と使われるエネルギーの構成の推移のイメージを描いたものです。長距離を走行する大型トラックは、今世紀半ばぐらいから燃料電池に替わっていきます。域内走行で発進停止が多い乗用車や小型トラックなどは、従来のタイプから内燃機関ハイブリッドを経て燃料電池かEVに替わっていきます。燃料は、石油中心から合成燃料やバイオマス燃料を経て水素、電気に替わっていきますが、域内走行車ではハイブリッド車が大量に導入されるためエネルギー使用量が大幅に減ることが特徴になっています。

まとめ

全体をまとめますと、まず、経済産業省から2030年に運輸部門の石油依存度80%という目標が示されましたが、これは非常にチャレンジングな目標であるということが言えると思います。2点目として、長期的なCO₂の大幅削減とエネルギー安定供給の実現のためには水素FCVとEVに期待がかかりますが、両者とも技術開発課題が多く、現時点では本命と目される技術は見えてきていないと思います。様々な可能性を考えた研究開発を継続していくことが必要と考えます。

以上で私からの報告を終わります。どうもありがとうございました。(拍手)

次世代の自動車用エネルギーを探る

司会 駒橋 徐 (日刊工業新聞社 編集委員)

パネリスト 池田 元一 (東京ガス(株) エネルギー営業本部 天然ガス自動車部長)
(五十音順)

斎藤健一郎 (新日本石油(株) 研究開発本部 開発部部長)

立花 慶治 (東京電力(株) フェロー (執行役員待遇))

大聖 泰弘 (早稲田大学理工学部 教授)

二宮 利宏 (日産自動車(株) 総合研究所 パワースource 研究所長)



司会 これまでエネルギーの安全保障とエネルギーの多様化, 中でも液体燃料を中心にエネルギーを大量に使う車の二酸化炭素 (CO₂) 排出削減, 排ガス規制に向けた技術開発について各方面からお話をいただきました。それを踏まえて, これから5人の方々とさらに具体的な話をしていきたいと思います。

先ほどお話を頂いた大聖先生と松村日石常務以外の方々にまずそれぞれの立場からお話を頂きたいと思います。池田さんからお願いいたします。



駒橋 徐氏

(日刊工業新聞社 編集委員)

[プレゼンテーション]

世界の天然ガス自動車の状況

池田 元一 (東京ガス㈱
エネルギー営業本部
天然ガス自動車部長)



池田 元一氏

(東京ガス㈱
エネルギー営業本部
天然ガス自動車部長)

日本の天然ガス自動車の普及状況

私ども都市ガス業界は、90年代から経済産業省、国土交通省、環境省の政策に協力しながら、石油業界と一緒に天然ガススタンドを作り、また同時に、車のメーカーと一緒に天然ガス自動車（NGV）の開発にも取り組んできました。天然ガス自動車の普及への取り組みは10年以上になります。図1は、NGVの普及状況です。右肩上がりで普及が進んでいます。

最近導入が進んでいるのは主にディーゼル車代替（トラック、塵芥車、あるいはバス）であり、窒素酸化物（NOx）、粒子状物質（PM）の排出との関係で、NGVは極めて排出ガスがクリーンということで採用されてきています。

スタンドの数の推移を図2に示しました。2005年度末時点で311カ所です。特に、東京ガス、大阪ガス、東邦ガスといった大手ガス会社

がある大都市を中心に整備されています。円グラフでは、建設者別に、ガス事業者、一般資本（ガソリンスタンド事業者など）、一般利用不可（バス基地、宅配業者等による自家用スタンド）、その他、の内訳を示しました。ガス事業者が作ったスタンドもかなりの部分がガソリンスタンドやオートスタンド（LPG）との併設ですから、スタンド建設には石油業界との協働が今後とも大変重要ということになります。

NGVの利点

[クリーンな排ガス]

NGVは非常にクリーンな自動車です。ライ

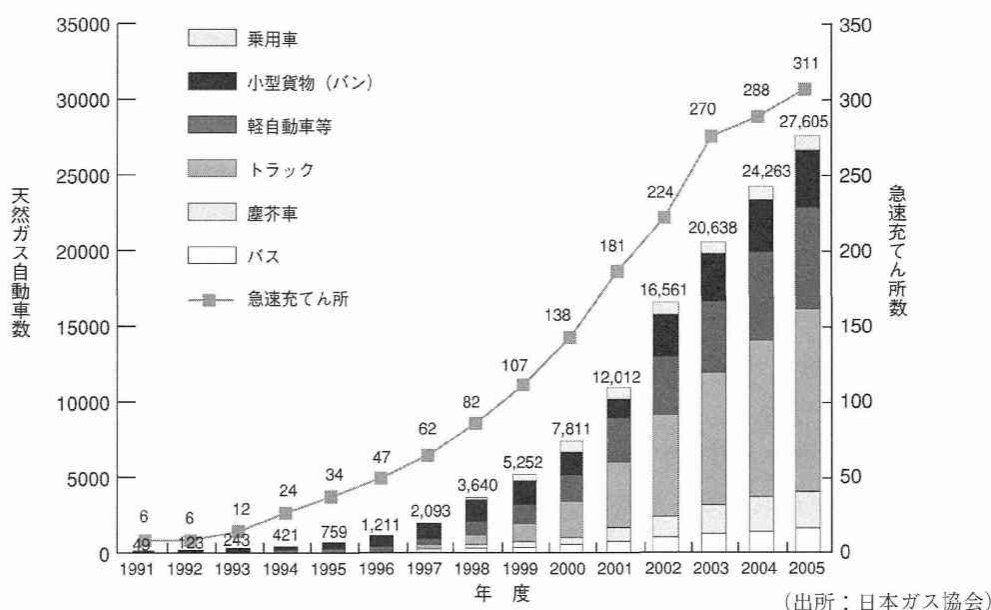


図1 国内における天然ガス自動車普及とスタンド数

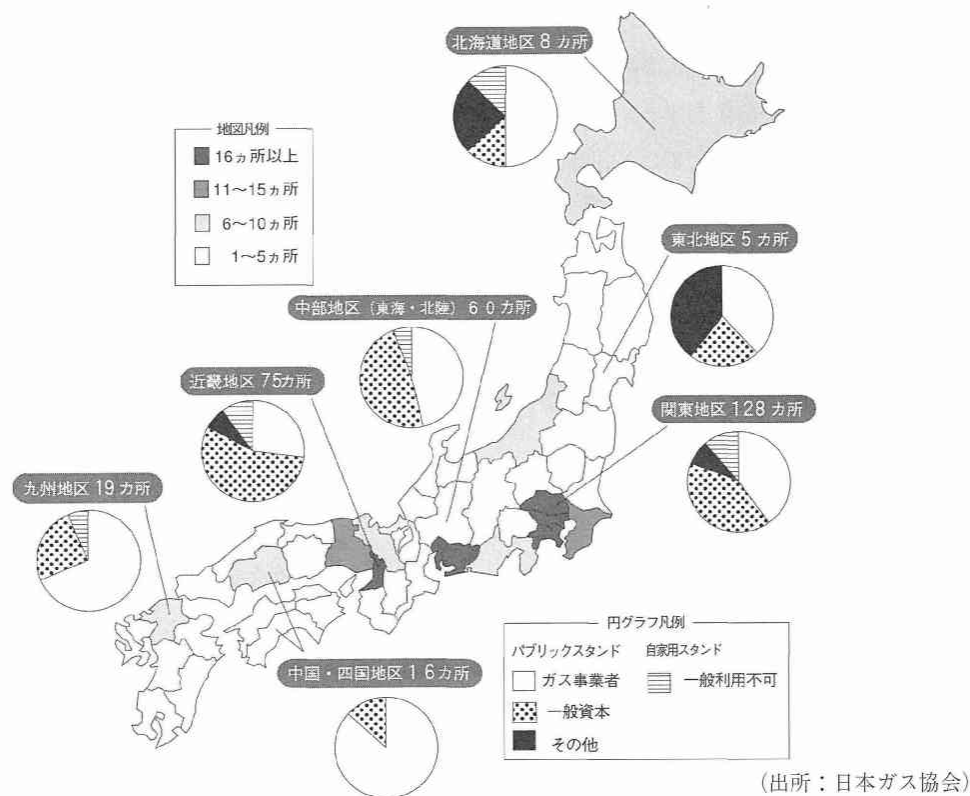


図2 スタンドの分布と建設者別の内訳

バルのディーゼル車も大分クリーンになってきたということですが、図3で、現在の「新長期排出ガス規制」の値は外側の枠、2010年から適用が予想されている「ポスト新長期排出ガス規制」の値は内側の枠です。天然ガス自動車のメイン市場の一つは、小型トラック（2t～4t）の領域ですが、この領域で競合するディーゼル車で「新長期排出ガス規制」をクリアする車は、つい最近一車種が発表されただけというのが現状です。これに対して、天然ガス自動車では、既にその先の「ポスト新長期排出ガス規制（NOx:0.4, PM:なし）」をもクリアするものが発売されています。

[高いCO₂排出削減効果]

これから重要になるのは、地球温暖化対策としてのCO₂の排出削減です。CO₂削減に関しては、NGVはガソリン車に比べ20%から25%ぐらい、燃費が良いディーゼル車との比較では、同程度から運行条件によっては20%近い削減能力があります。

図4は、いすゞ自動車が環境コンペティショ

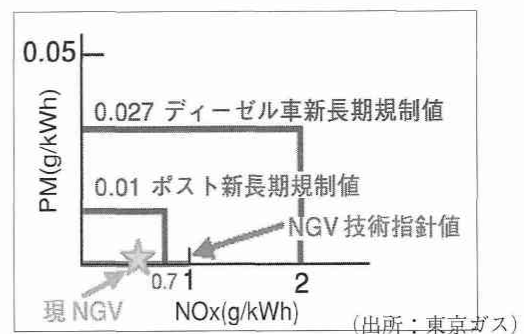


図3 ディーゼル車に対する国内規制



(出所：いすゞ自動車ホームページ)

図4 ディーゼルサイクルNGV

ン『ミシュラン・チャレンジ・ビバングム2003』（於カリフォルニア）で金賞を受賞したディー

ゼルサイクルに近いサイクルで走らせる直噴NGVの試作車です。現在商品化開発中とのことですが、これが出てきますと、今の天然ガス自動車よりさらに20%以上のCO2削減が期待できるということで、輸送用エネルギーのCO2削減の切り札になると期待しているところです。

[供給安定性の高い天然ガス]

次世代の自動車用エネルギーを考えると、排ガスのクリーン性、CO2削減に加えて大切なのはエネルギーセキュリティです。図5、図6に示しますように、天然ガスの生産は、太平洋圏が中心であること、加えて、日本に対する天然ガス（LNG）の供給元も、ア

ジア・太平洋地域が約75%を占め、中東依存度が低く、石油に比較し供給の安定性が極めて高くなっています。

運送事業者が特に困っているのは、価格の乱高下です。石油の場合は、価格の急激な高騰があり、一時的にでも資金繰りが苦しくなることが、運送事業者の経営に深刻な影響を及ぼしています。

一方、NGVの燃料である圧縮天然ガスの価格は、図7で示すように、振幅の激しい石油価格に比較して安定しています。運送事業者が使いやすいエネルギーとして選択されることも多くなってきています。

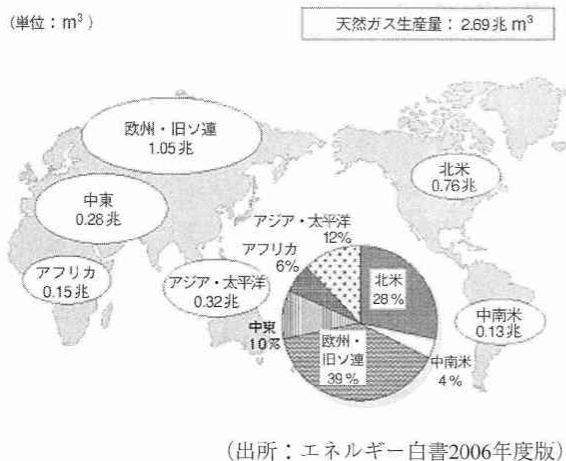


図5 世界の天然ガス生産量 (2004年)

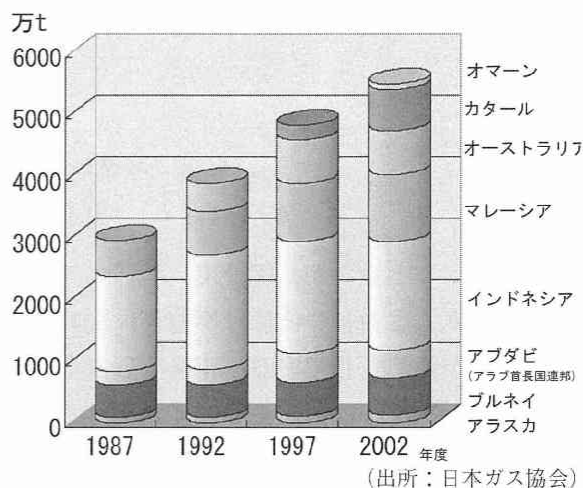


図6 わが国の天然ガス供給元



図7 天然ガスと石油価格の変動比較

世界のNGV普及状況

[全世界で約500万台]

図8は世界全体のNGV普及状況です。486万台のNGVが走っており、アルゼンチン、ブラジルが100万台を超えています。日本は現在2万5,000台で、世界第18位です。

導入が進んでいる背景として、アルゼンチン、ブラジルなど南米地域では、自国で産出されるエネルギーのうち、輸出しやすい石油は輸出して、輸出するにはLNGへの転換やパイプライン敷設が必要な天然ガスは自国で消

費しようという国家戦略があります。また、ヨーロッパ諸国では、日本に先んじて、2003年EU指令で2020年までに輸送用燃料で20%の脱石油を図ることを目指しており、その半分の10%を目処にNGV導入が進められています。さらに、デリー、ソウル、北京といったアジアの主要都市では、NOx、PMの排出を抑え都市の空気をきれいにするためにNGVの導入が図られてきています。以下に、特に最近の導入が進んでいるアジア地域についてもう少し詳しく紹介します。

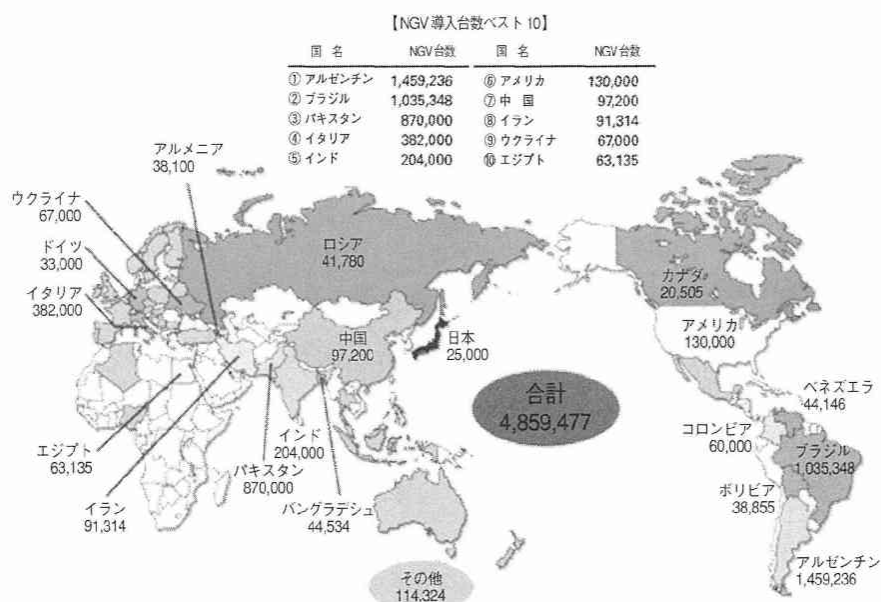


図8 世界のNGV普及状況

表1 アジアのNGV普及状況と導入目標

韓国	中国	マレーシア
2006年には9,000台の天然ガス自動車（NGV）、95カ所のスタンド整備	トランジットバス3万台を含む11万台のNGVが普及、400カ所のスタンド整備	2万台のNGVが普及、46カ所のスタンド整備
2010年までに2万3,000台のNGVの普及、440カ所のスタンド整備	2,700台のNGVバスを2008年北京オリンピックに向け導入	2010年までに160カ所のスタンド整備 NGVは税制優遇有り
圧縮天然ガス（CNG）価格はディーゼル油より20%安価		CNG価格はガソリンの35%、ディーゼル油の43%
バングラデシュ	インド	パキスタン
57万台のNGVの普及、129カ所のスタンド整備	23万5,000台のNGV三輪自動車（デリーでは1万1,000台のバスを含む33万5,000台のNGVが普及）、321カ所のスタンド整備	100万台のNGVが普及、930カ所のスタンド整備
2010年までに公用車を全てNGVに		
CNG価格はガソリンの20%	CNG価格はガソリンの4分の1、ディーゼル油の3分の1	

（出所：東京ガス）

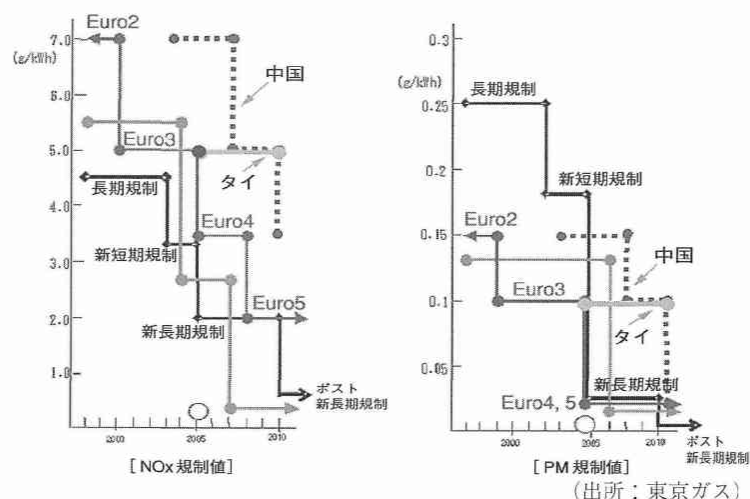


図9 各国の（ディーゼル車に対する）排出ガス規制

[アジア諸国での普及状況]

表1に示しますように、中国で11万台、韓国で9,000台、マレーシアで2万台、パキスタンで100万台、インドでも33万5,000台のNGV導入の計画があります。各国とも今後さらに導入数を増やしていこうとしています。

最近非常に動きがあるのはタイです。タイでは、2010年にNGVを50万台導入すると言われています。日本が今3万台ですからはるかに大きな数字です。スタンドを740カ所作するというので、国策で様々な優遇策、補助策をとっています。それを受けて、ベンツ、トヨタ自動車、いすゞ自動車、GMタイがNGVのタイでの現地生産を発表したり、韓国の大宇がNGVバスを導入すると発表したりしています。タイでのNGV導入に対する考え方も南米と同じで、海外の高い石油に金を払うより、国内のインフラを整備し自国の天然ガスを使っていく戦略だと聞いています。

[強化されるタイ、中国の排出ガス規制]

このように、積極的にNGVの導入を進めているアジアの国の中の、タイ、中国の排出ガス規制を図9に示しました。EU規制と比較してみると、まだEURO2、あるいはEURO3の段階にあります。これらのレベルでは、日本では少々前の新短期規制の対応の技術でクリアできます。日本の今の技術はそれをはるかに

凌ぐものです。規制は今後、厳しくなることが確実ですから、日本の技術がいずれ必要になる日が来ると思われます。

アジア諸国とのエネルギー協力へ

最後になりますが、本年5月にまとめられた「新・国家エネルギー戦略」の第3章では、「輸送用エネルギーを20%程度削減することを目指す」とされています。更に、6章、7章では、「資源国との協働」、あるいは「アジアの環境エネルギー政策への貢献」をうたっています。そのためにも、NGV導入を国策で進めている産資源国でも有るアジア諸国に対して、日本の進んだ技術を更に発展させて貢献していくということが非常に重要なのではないのでしょうか。

[プレゼンテーション]

自動車燃料としての電気

立花 慶治 (東京電力㈱
フェロー (執行役員待遇))

増加の一途を辿ってきた電力消費量

戦後まもない頃は、1カ月の電力消費量は

43kWhでした。1961年になりますと、電化製品が増えて1カ月75kWhに、さらに2001年には289kWhと随分増えました。それでも図10にありますように、一世帯当たりで自家用車が使うエネルギーは、1,139ℓ（原油換算）で、エアコン111ℓ、冷蔵庫75ℓ、テレビ44ℓと比べますと、かなりの量になります。つまり、新たに自動車用燃料として電気を使うことになると、これだけのポテンシャルがあるということです。それは電力会社にとって大きな商機であると同時に、社会的に非常に大きな責任、即ち、炭酸ガス排出の削減、あるいはエネルギーセキュリティ確保という社会的責任を背負いながら、これだけの物量を供給することを意味します。



立花 慶治氏

（東京電力(株) フェロー（執行役員待遇））

発電種別のCO₂排出

そこで、電気をどういう一次エネルギーで作るかが問題になります。図11は、発電種別に、

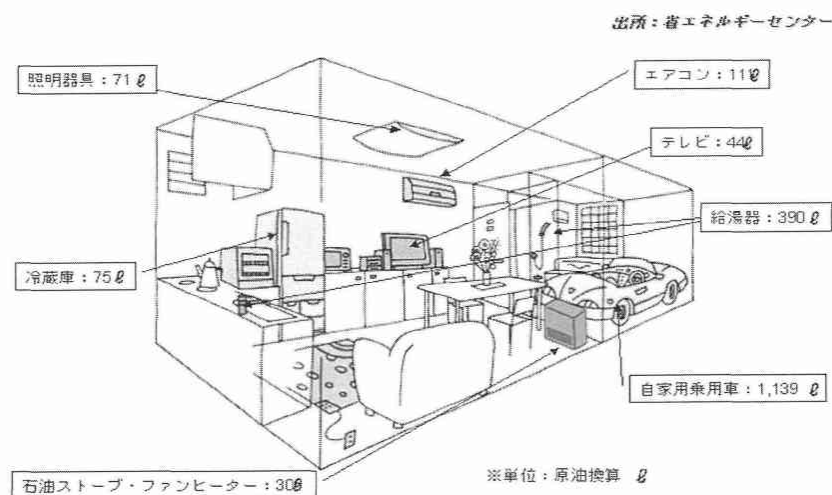
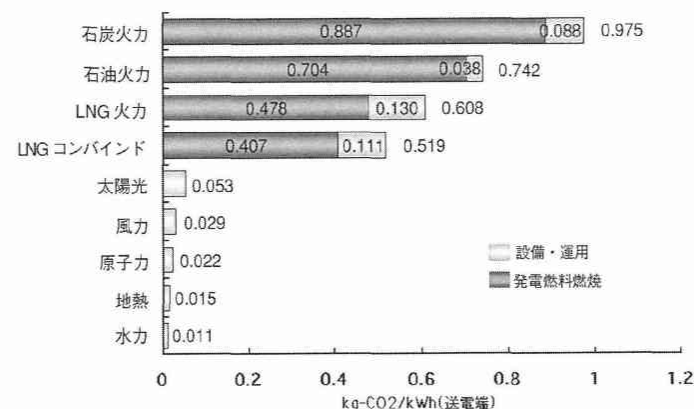


図10 1世帯当りの年間エネルギー消費量（2001年度）



（注）発電燃料の燃焼に加え、原料の採掘から諸設備の建設・燃料輸送・精製・運用・保守などのために消費される全てのエネルギーを対象としてCO₂排出を算定。原子力発電は、現在計画中の原子燃料のリサイクル（使用済燃料国内再処理・プルトニウム利用（1回リサイクルを前提）・高レベル放射性廃棄物処分などを含む）を想定。

（出所：電力中央研究所報告書）

図11 発電種別のCO₂排出原単位

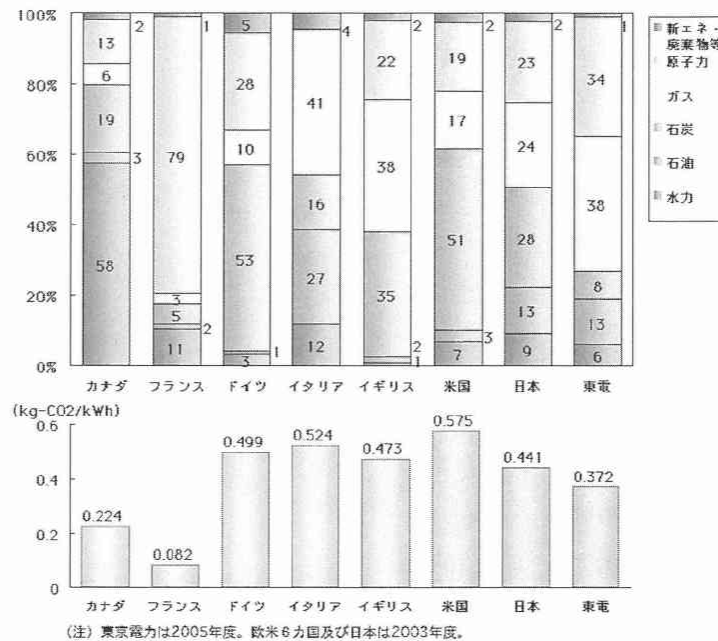


図12 各国における電源構成とCO₂排出原単位

発電所の建設から運転、最終的な廃棄までライフサイクルの炭酸ガス排出の原単位を整理したものです。このように、発電手段に応じて炭酸ガスの排出には大きな幅があります。

さらに、発電手段の組み合わせは国によって大きく違います。図12に各国別の電源構成とCO₂排出原単位を示します。排出が最も少ないのは0.082kg/kWhのフランスです。国別のCO₂排出原単位の大きさは、発電手段の比率に影響されます。フランスは原子力発電の比率が非常に高いのです。カナダも水力の比率

が高いために排出原単位が低くなっています。一方、米国は石炭が多いので国としてのCO₂排出原単位が0.575と非常に大きいです。日本、東京電力は比較的バランスのとれた電源の組み合わせ（エネルギーミックス）を行っているので、CO₂排出原単位は、フランス／カナダと米国の間ぐらいになっています。

図13は、東京電力の電源構成の比率です。他社から買った電気も含めて、京都議定書の基準年1990年から現在までの推移と今後の計画を示しました。図14は、それを色々な指標

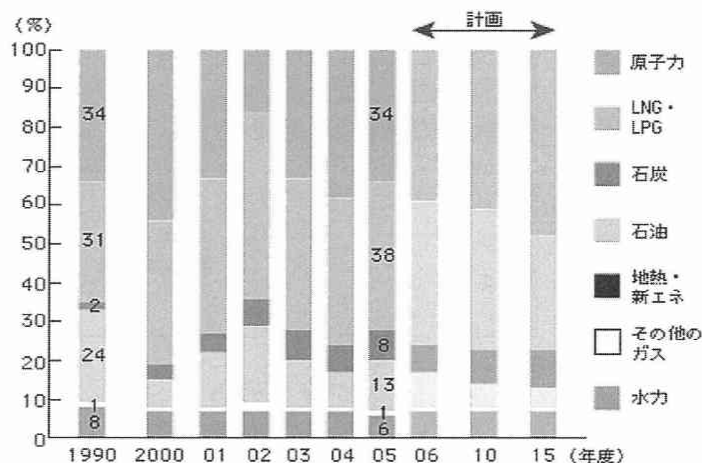


図13 東京電力における電源構成の推移と計画

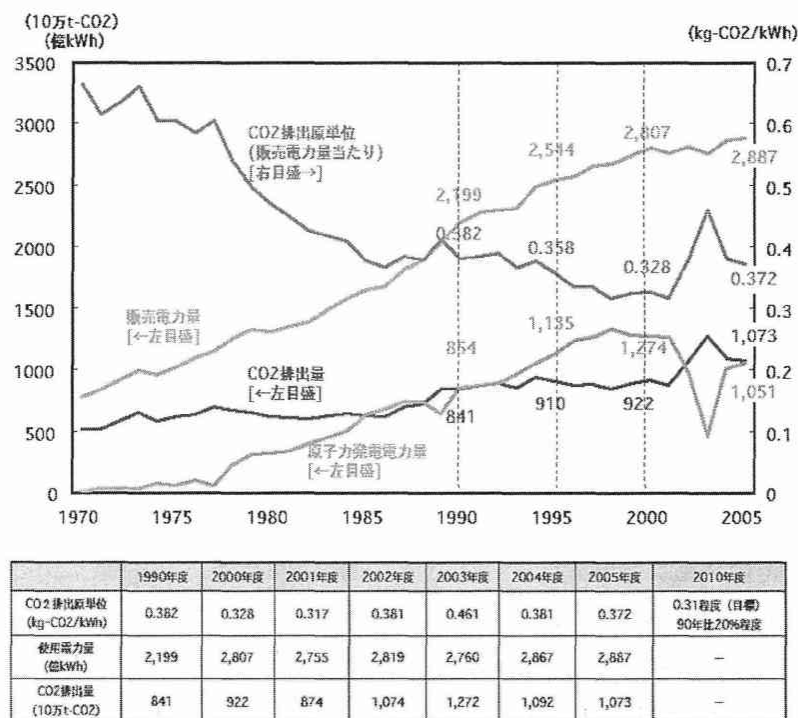
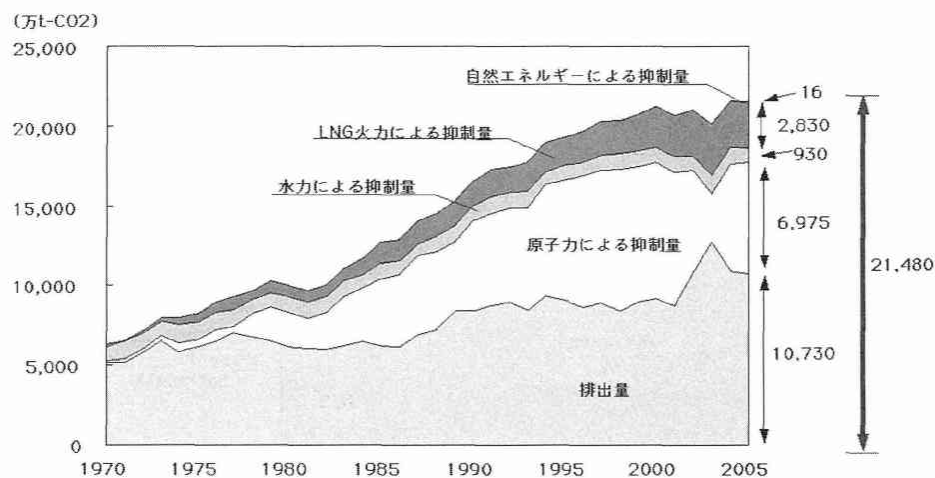


図14 東京電力における発電量およびCO₂排出原単位の推移

で見たものです。1990年には排出原単位が0.382でした。排出原単位は、石油ショック以降のエネルギーセキュリティの観点からエネルギーミックスの多様化を進めた結果、ずっと下がってきました。それが少し横ばい状態で推移した後、一時的に上がったのは、データ改ざん事件のために原子力発電所を多数停止した影響によるものです。その影響はまだ完全に克服されてはいません。

京都議定書で定められた国家としての目標6%減に対して、電気事業者は自主的な目標を定めました。東京電力も排出原単位を0.31程度（90年比で20%程度）下げるという目標を掲げました。現在、そこに向かって努力しているところです。

図15は、石油ショックがなくて、相変わらず石油に頼り続けてきたと仮定した場合の東京電力のCO₂排出量です。実際の排出量は、原子力



注) 原子力・水力(除く揚水)・LNG火力の代わりに、平均的石油火力モデル(排出原単位0.664kg-CO₂/kWh)で発電した場合のCO₂排出増加量

図15 発電種によるCO₂排出抑制効果（東京電力の場合）

などの導入により一番下の線です。2005年時点の排出量が2億トンになるところだったのを1億トンまで削減したことを示します。このカーブが示唆するのは、自動車用燃料として発電量を増やしていこうとすると、これと同じ努力が必要になるということです。

排出原単位を減らす手段

[火力—コンバインドサイクル発電]

LNG火力には発電効率59%（低位発熱量基準）の「コンバインドサイクル発電システム」という非常に高効率の発電手段があります。

図16は、火力発電効率向上の経緯を示したものです。川崎1号系列が、効率59%を達成しています。効率を更に上げる技術開発もしていま

す。例えば、固体酸化物型燃料電池（SOFC）を組み合わせると、65%～70%にできるという試算があり、大幅に原単位を減らす可能性があります。

[原子力—設備利用率の向上]

発電量に占める原子力発電の比率を高めていきたいという計画がありますが、時間がかかります。今すぐ出来ることは、設備利用率の向上です。日本の原子力の利用率を1%向上させただけで300万トンのCO₂排出削減効果があります。これは約200万人（家庭部門）の年間排出量に相当し、東京23区の約4倍の面積の森林が1年間に吸収する量でもあります。設備利用率の向上を実現するには設備が安全でなくてはなりません。そして、地域の皆さ

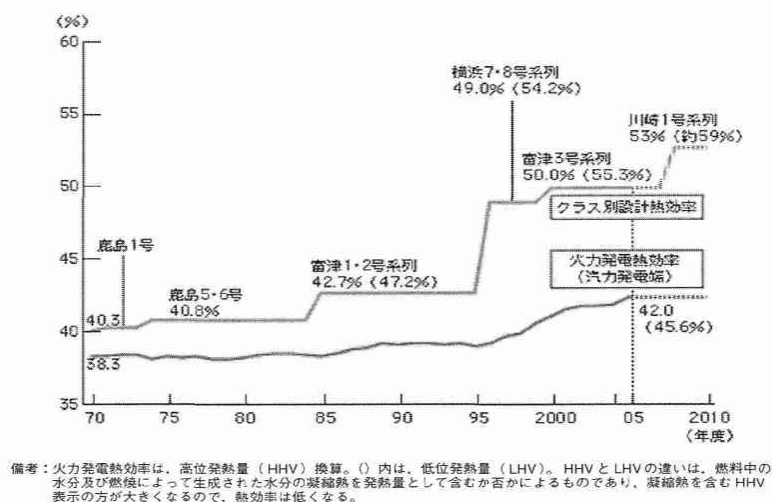


図16 火力発電の発電効率の推移

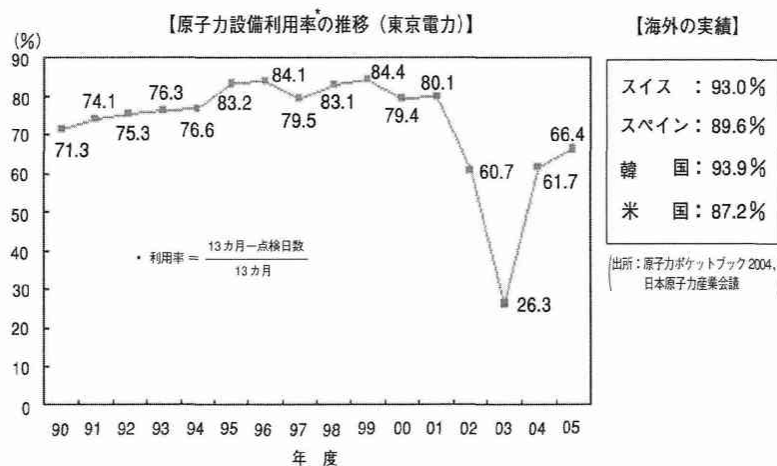


図17 原子力発電の設備利用率向上およびCO₂削減効果

んに安心して頂くことです。地道な努力を重ねつつ、利用率向上を実効的な温暖化対策にしていこうと努力しています。図17に設備利用率の推移を示します。海外の実績にできるだけ早く近づけて、地球温暖化対策に更なる貢献をしたいと考えているところです。

[自然エネルギー—買い上げ増加]

自然エネルギーは、量的に非常に少いですが、色々な努力をしています。東京電力が買い上げている自然エネルギーは、主に風力発電と太陽光ですが、図18に示しますように、最近急激に伸びています。

さいごに

これまでの話を全部集約しますと、図19のようになります。この後パネルで色々な議論が行われると思いますが、火力発電所から排出されるCO₂、硫化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)の量、各発電手段の割合など、参考になる色々な数字が書かれています。これが本日ご紹介した中で一番お役に立つ図ではないかと思います。

以上申し上げてきましたデータは、すべてホームページ(<http://www.tepco.co.jp/eco/index-j.html>)に公開されていますので、ご関心のある方はそこをご覧ください。

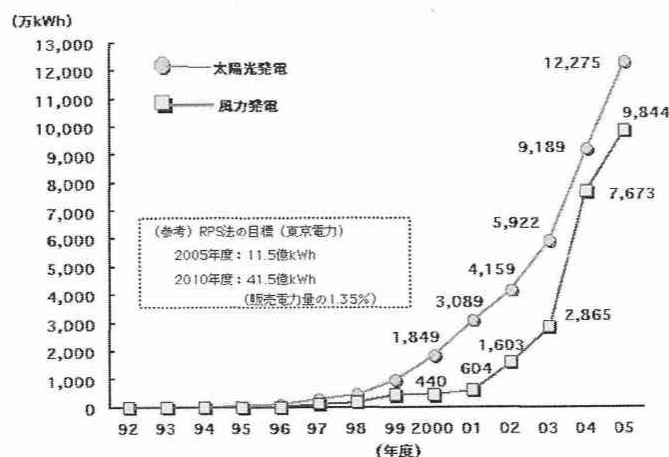
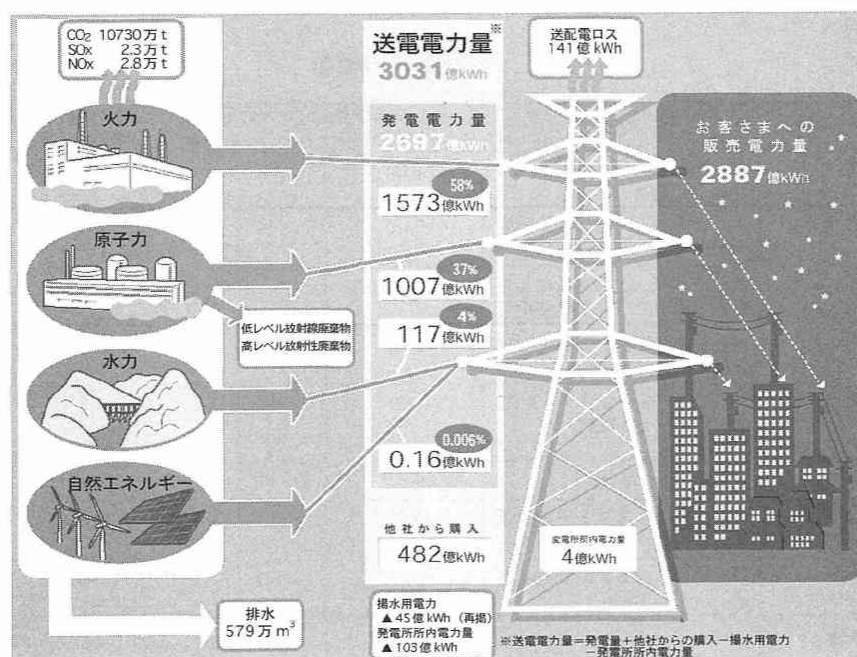


図18 東京電力による自然エネルギー購入量の推移



(出所:『東京電力 サステナビリティレポート2006』を元に編集部で作成)

図19 東京電力における発電・送電・配電

[プレゼンテーション]

自動車用燃料の将来像と取り組み状況

二宮 利宏 (日産自動車(株) 総合研究所
パワースソース研究所長)



二宮 利宏

(日産自動車(株) 総合研究所
パワースソース研究所長)

自動車メーカーから見た自動車用燃料の姿、それに対応する取り組み状況についてお話しさせていただきます。

図20は、米国エネルギー省 (DOE) が2006年に発表した長期的な原油価格の見通しです。2005年のリファレンスシナリオでは、2030年の石油価格が25ドルぐらいになっていました。そ

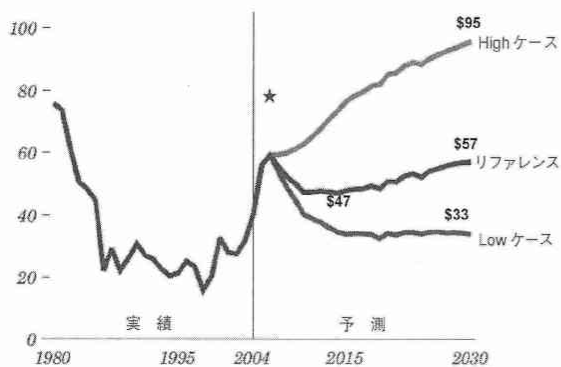


図20 米国DOEによる原油価格の長期見通し

れが今年は57ドルになっていますから、1年間でリファレンスシナリオが倍ぐらい上方シフトしています。さらに、星印が2006年の最高値(約80ドル)ですから、もう20ドルぐらいの90年代のレベルに戻ることはないのかなと思います。こういうことから、アメリカを筆頭に、エネルギーセキュリティへの関心が非常に高まって、環境問題ともあいまって、代替燃料が見直されているのだと理解しています。

代替燃料の種類

表2には、色々な代替燃料について、精製

表2 代替燃料の種類

代替燃料	一次エネルギー	特徴	エネルギー密度 (MJ/L)	コスト	供給量	CO ₂ (kg/Lge*)	パワースソースへの影響**
CNG	天然ガス	ガス燃料、排気清浄だが取り扱い性に難あり。	0.04	△	△	2.2	小
GTL	天然ガス	エネルギーセキュリティ対応。合成ディーゼル燃料。	31.0	△～○	△	3.6	～30%：小 31%～：中
エタノール	バイオマス	さとうきび、とうもろこしが原料。ガソリンに混合使用可。	23.0	△	△	0.6～2.0	～E85：小 E100：中
FAME	バイオマス	大豆などを原料。ディーゼル燃料に混合使用可。	31.0	△～×	△	0.6～2.0	～B5：小 B6～：中
GTL	石炭	エネルギーセキュリティ対応。合成ディーゼル燃料。	31.0	△～×	○	7.2	～30%：小 31%～：中
BTL	バイオマス	バイオ利用率高い。ディーゼル燃料に混合使用可。	31.0	△～×	△	0.6～2.0	～30%：小 31%～：中
水素	天然ガス、リ ニューアブル	ガス燃料。エネルギー密度低い。	0.01	×	○	0～3.1	大
電力	化石燃料。リ ニューアブル	バッテリーのエネルギー密度低い。	—	○～△	○	0～4.5	大
(参考) ガソリン	原油		34.8	—	—	2.8	—

* CO₂ kg/Lge：ガソリン1L等価エネルギー当りCO₂排出量

** パワースソースへの影響：既存技術で対応可能なものは小、技術開発が必要なものは中、技術的ハードルが高いものは大。

一次エネルギー源、特徴、エネルギー密度、コスト、供給量、CO₂排出量、駆動システム（パワーソース）への影響で評価した結果を示しました。

やはり、車という限られたスペースに搭載し、移動体として機能するにはエネルギー密度が一定以上ないといけません。そういう意味では液体燃料が一番ありがたいということになります。コストや取り扱い性を考えると、GTL、エタノールとかが使いやすいと思います。ちなみに、パワーソースへの影響では、エタノールの場合、E85（エタノール85%）ぐらいまでは、既存技術の組み合わせで対応できますが、E100（エタノール100%）になると、新規の技術開発が必要になります。それから、CO₂排出ゼロというポテンシャルがあるという意味では、水素と電力が候補として出てくると思います。ここについては、パワーソースへの影響が大（新規技術開発が必

要で、かつハードルが非常に高い）となります。今日は、エタノール、水素、電力について少し話をしたいと思います。

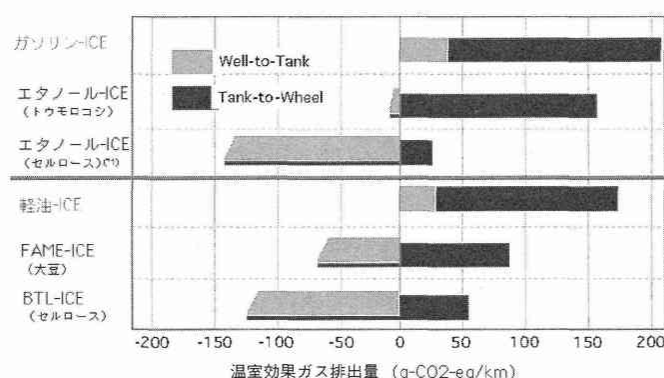
代替燃料としてのエタノール

[セルロース系がCO₂排出削減効果大]

図21には、バイオ燃料によるCO₂排出削減効果を示しています。上から2番目の米国産トウモロコシベースのエタノールの場合、well-to-tankでのCO₂排出削減効果はあまりありません。これはトウモロコシを栽培する時とエタノール精製の両方に問題があります。これに対し、ベストは次のセルロースベースのエタノールです。非常に大きなCO₂排出削減効果が期待されます。

[エタノールはガソリンとの競争力有り]

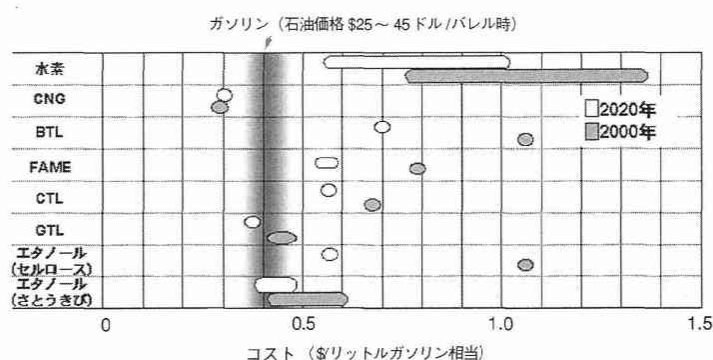
図22でガソリンに対する代替燃料の経済性



*現在使用されているエタノールのうち、この効果とはほぼ同等なのがブラジルで利用されているサトウキビベースのエタノール

(出所：米アルゴンヌ研究所)

図21 代替燃料のCO₂低減効果



(出所：WBCSD (持続可能な発展のための世界経済人会議))

図22 代替燃料の石油に対する経済性

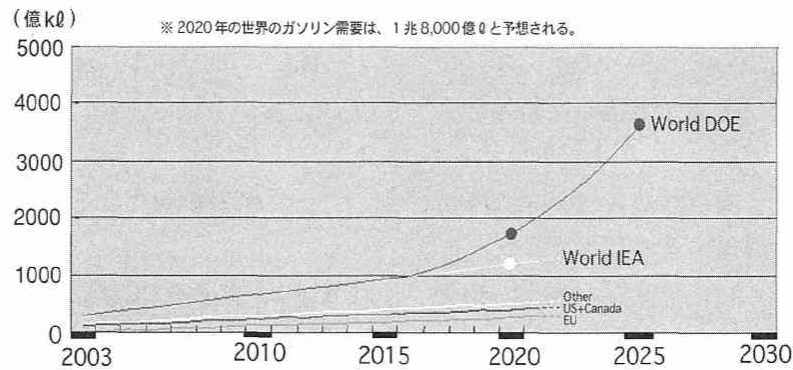


図23 エタノールの供給見通し

を示しました。石油価格が25～45ドル／バレルだと、サトウキビベースのエタノール、GTL、CNGは、ガソリンに対する競争力を持っています。さらに、技術革新で製造コストが下がってきますと、2020年には、FAME（脂肪酸メチルエステル）、CTL、セルロースベースのエタノールが競争力を持てきます。

CO₂排出削減効果で見ますと、2つのエタノール、BTL、水素が有力になると思います。

DOEが急増を予測するエタノール供給

図23はエタノールの供給見通しです。図中“World DOE”というのは、米国エネルギー省（DOE）が世界について推定したもので、“World IEA”とは国際エネルギー機関（IEA）によるものです。IEAは2020年で約1,200億ℓのエタノールを推定しています。2020年の世界全体のガソリン需要が1兆8,000億ℓと予想されますから、エタノールは発熱量換算でガソリン需要の7%程度になります。しかし、もっと多くないと意味のあるCO₂排出削減効果は期待できないと言われてしています。

これに対してDOEは、エタノール製造量が急増し、2020年のガソリン需要量の10%になると予測しています。その背景には、政策インセンティブによる大型投資とセルロース由来エタノール製造技術の確立があります。ブッシュ大統領は、2006年の年頭教書演説で、いわゆるエネルギーセキュリティをベースに、中東の石油からの依存を脱却するため、エタ

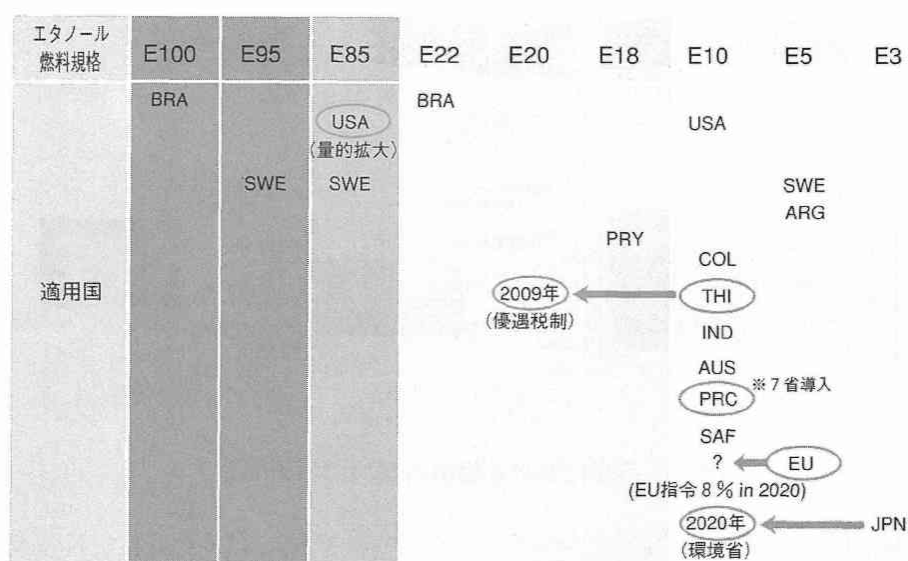
ノールに対して政策援助をと言っています。また、食料由来のエタノール製造量を10%以上に増やすことは食糧政策との関係で簡単ではないと思われますので、食料残渣、木とか幹などからセルロースベースのエタノールを作る技術が大幅に普及しないと駄目だと思います。ですから、そういう製造技術がいつ確立するのか、それを後押しする政策インセンティブがどう打たれるのか、ちゃんと見ておかないといけないと感じています。

各国で異なるエタノール濃度規格

世界各国で、エタノール濃度がどう設定されているか図24に示しました。ブラジルは「E100」（エタノール100%）、「E22」（エタノール22%）の規格があり、販売もしています。アメリカは現在、「E85」（エタノール85%）と「E10」（エタノール10%）の規格を持っています。石油の中東依存脱却を目指すということで、「E10」が出回った後には「E85」の量が拡大していくと推定しています。今、タイには「E10」がありますが、2009年から「E20」に対する優遇税制を実施するのではないかとされています。EUが同じく、「E5」から「E10」に向おうとしています。日本の環境省は、2020年に「E10」にしようとしています。

このように、世界には「E3」から「E100」まで色々なエタノール燃料があります。これは、各国が自国にとって一番いい燃料を販売しようとしているためです。グローバルにビジネスを

■高濃度エタノール（E85以上）の対応を採る国は今のところ米国、ブラジル、スウェーデン



BRA：ブラジル／USA：アメリカ／SWE：スウェーデン／ARG：アルゼンチン／PRY：パラグアイ／COL：コロンビア
THI：タイ／IND：インド／AUS：オーストラリア／PRC：中国／SAF：南アフリカ／EU：欧州連合／JPN：日本

図24 エタノール濃度規格予測（2015年）

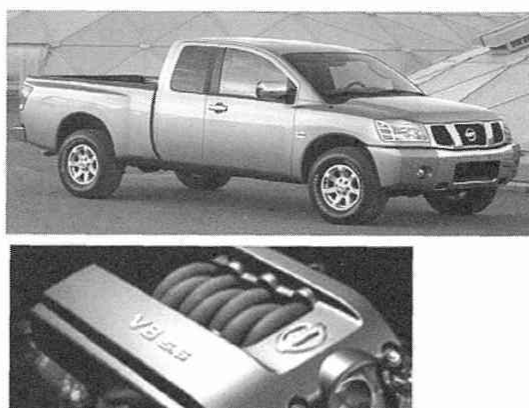


図25 エタノール燃料に対応した日産車「タイタンFFV」

展開する自動車メーカーにとっては、こういう色々な燃料に対応する必要があります。エタノールだけでなく、CNG、水素、あるいは電気にしても、地域毎に多様化したエネルギーへの対応が必要だと思っています。つまり、未来の代替燃料は1つに収斂せず、エンジニアはずっと忙しいのではないかと思います。

エタノール燃料への日産車の対応

[E10対応と米国におけるFFVの販売]

グローバルに販売する日産車への「E10」対応は、一部OEM販売（相手先商標製品として

販売）車を除いて、2004年度に完了しています。

例えば、アメリカの「E85」に対応する自動車「タイタンFFV」は、2004年12月から販売されています。図25に示すこの車はエタノール濃度0～85%までフレキシブルに対応するということで、FFV（Flexible Fuel Vehicle）と呼んでいます。

[水素、電気エネルギー対応技術開発]

電動車両には、ハイブリッド車、燃料電池車（FCV）、電気自動車（EV）があります。こういう電動車の共通部品として、モータ、

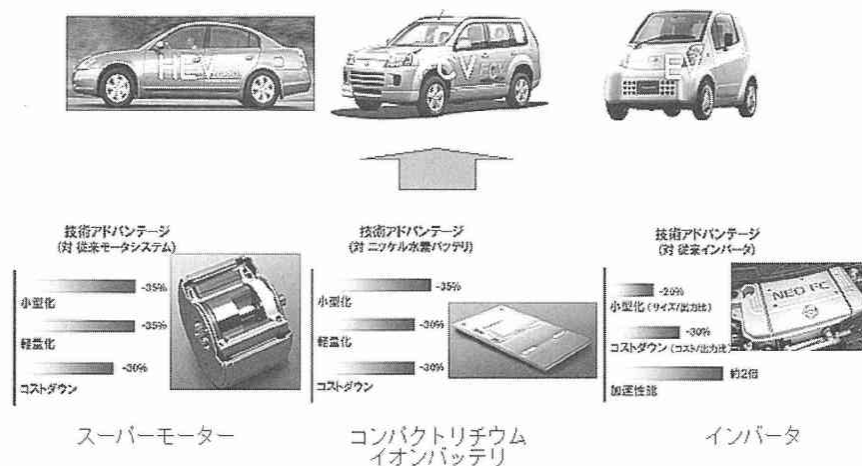


図26 日産における電動車両対応技術開発



図27 X-TRIAL FCV2005年モデル

バッテリー、インバータがありますが、日産では、こういう共通部品の小型化、軽量化、コスト低減に向け、図26のような技術開発に取り組んでいます。

開発の成果ですが、モーターですと、1個で両軸にフレキシブルに違う出力を取り出せるスーパーモーターという技術を持っています。従来のモーターシステムより約3分の1の小型軽量化、コストダウンが図れています。

リチウムイオンバッテリーでも、ラミネートタイプの非常にコンパクトなものを開発しました。従来のニッケル水素に対して同じく約3分の1の小型化軽量化、コストダウンです。

インバータは、主に要素の集約化に取り組んできました。私どものFCVに搭載している旧型と新型の間で2割程度の小型化とコストダウン、加速性能の向上を達成しています。

こういう技術を搭載したFCVの2005年モデルを現在リリースしています。2003年モデルと

の比較では、図27のように、航続距離が350km以上から500km以上に上がっています。停止から時速100kmへの加速タイムも18秒から14秒に短縮されました。実用域に近くような航続距離と加速性能になっています。

航続距離拡大を可能にした要因として、図28に示す高圧水素の貯蔵タンクの70MPa化があります。2003年モデルでは35MPaまで耐えられる容器でしたが、2005年モデルでは70MPaまで耐えられる容器に代え、貯蔵可能量を約30%増やすことに成功しました。

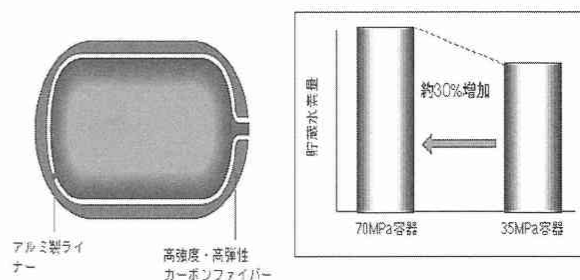
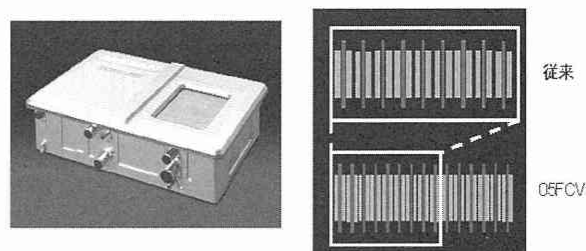


図28 高圧水素貯蔵システムの70MPa化



※セパレータ：水素、空気を分離してセルに供給しつつ、発生した電気を次のセルに伝える部品

図29 スタックの出力向上（63kW→90kW）

加速性能の向上については、図29に示すスタック出力の向上が貢献しています。スタックは、2003年モデルと2005年モデルで同じ大きさですが、2005年モデルでは薄型セパレータの採用により、セルピッチを狭くし、搭載セル数を約40%増やし、出力を63kWから90kWに向上させています。

実証実験としては、感知試験その他で累計の走行距離が20万kmを超え、安全基準もかなりクリアしています。

さいごに

自動車メーカーとしては、自動車用のエネルギー源は、濃度、種類、その他色々な面でますます多様化していくだろう、そして、それは多分、1つに収斂するものではないのではないかと考えています。そのために色々なエネルギー源や、それを利用したパワースourceを開発して、CO₂排出削減と各国のエネルギーセキュリティに対応していく必要があると思っています。

[パネル・ディスカッション]

次世代の自動車用エネルギーを探る

求める燃費向上とエネルギー多様化

司会 エネルギーセキュリティへの高まりが石油価格の高騰を背景に進行する中で、これからの自動車の技術開発においては、CO₂排出削減の燃費向上とエネルギー多様化が一番の焦点になってくるとしています。エネルギー多様化への対応では、グローバルな車産業を見据えた、地域内での技術開発の展開が重要になるとしています。

司会 この先もしばらくは石油の時代が続くと思いますが、過去100年以上にわたり内燃機関の中心はガソリンエンジンで、それは厳し

い排ガス基準をクリアし、よりクリーンで成熟した技術になってきています。では、今後、どういう技術に進展していくのか、パネリストの方々にお話を聞きたいと思います。

二宮 午前中、大聖先生が「ガソリンエンジンであと3割ぐらい燃費を上げる技術はある」とおっしゃいましたが、信頼性やコストとの話を別にして技術のポテンシャルで言えば、そのとおりかなと私も思います。2～3割燃費を上げるキーポイントは、軽負荷領域の燃費を高負荷領域並みまで上げていく方向だろうと思っています。

低負荷と高負荷で燃費が違う理由の1つは燃料を燃やして得られる熱がどれだけ仕事に変わるかという熱効率が、低負荷だと低いということです。熱効率を上げるための将来技術としては、もっと実際の圧縮比を上げて燃焼させるために、空気を多く入れリーン（希薄）燃焼にして、点火前のガス温度を上げる、機械的に圧縮比を上げる、あるいは、燃料が燃えている時に燃焼室を高負荷状態にするために4気筒のうち2気筒だけを働かせるとかという技術が考えられます。

空気を入れてやればやるほど、理論的に空気サイクルに近づいて熱効率が上がりますので、リーン燃焼というのは熱効率を上げるには非常に良い方法です。ただ、排気規制が非常に厳しくなった現在、NO_xの処理が難しいということで、リーン燃焼は非常に肩身が狭くなっています。しかし、将来的にはHCCI（Homogeneous-Charge Compression-Ignition：予混合圧縮着火）のようなリーン燃焼とクリーンな排気を両立できる燃焼が可能になれば、2～3割の燃費低減もガソリンエンジンにとって夢ではないと思います。また、それに向けて一生懸命技術開発をしているという段階です。

ディーゼルエンジンの燃費向上

司会 次に、燃費の優れたディーゼルエンジン

の今後についてお話を伺いたいと思います。今、ヨーロッパで走っている車の50%はディーゼル車です。2006年8月17日には、日本でのディーゼル乗用車としては、ダイムラークライスラー社が日本の自動車メーカーに先んじて「Eシリーズ」を導入しました。日本ではディーゼルエンジンの乗用車は現在、全体の0.1%に過ぎません。この先、国の方策で最も厳しい排出ガス規制の「ポスト新長期排出ガス規制」をクリアすることが大きな課題になってくるとは思います。日本でのディーゼルエンジンの今後の、特に乗用車市場における展望について、大聖先生はどう見ていらっしゃるのでしょうか。

大聖 ディーゼル車に対する「ポスト新長期排出ガス規制」はかなり厳しい規制です。排気の後処理も高圧噴射の精緻化もやらなければいけないとなりますと、燃費が良くてもランニングコストが高くついてしまいます。そうすると、消費者は経済的な車の方を選択することになると思います。

行政面で言いますと、例えばハイブリッド車や電気自動車のように税的なインセンティブをディーゼル車導入に付与するというのは難しい状況です。と言いますのは、一方でガソリン車が規制値の4分の1の低排出ガスを達成しているからです。確かに、長距離乗る方にとっては、ディーゼル車は非常に経済的なメリットがあると思いますけれども、そうでない場合には、ディーゼルのメリットは出てこない訳です。

今夏、ダイムラークライスラー社が日本市場に投入した「Eシリーズ」ですが、私はドイツでこのモデルを1,000kmぐらい乗るチャンスがありました。乗ってみると、トルクの厚みはガソリンの比ではないですし、燃費も結構良くて素晴らしかったです。ただ、アウトバーンを走るような運転ができる場所は、日本ではものすごく限られていますので、当面、一般ユーザーは手を出しづらいと思います。

ですから、2009年から始まるポスト新長期規制をどうやってローコストでクリアできる



大聖 泰弘

(早稲田大学理工学部 教授)

かという、その辺が大きなポイントではないかと思っています。

司会 ディーゼルの排出ガスが非常にクリーンになってきた背景には、低硫黄軽油の存在があると思います。現在、硫黄分が10ppm以下というサルファーフリー（超低硫黄）軽油が登場しています。世界で一番早く日本がこのレベルを達成していますが、この先、どこまで硫黄分を下げていくことが可能なのでしょうか。斎藤さん、お願いします。

斎藤 燃料側から言いますと、厳しくなる排出ガス規制への対応は完了しています。後は排出ガスがきれいなディーゼル車の登場を待つばかりとなっています。ガソリンについても同じです。

1990年代は乗用車のうち6%ぐらいがディーゼル車だったらしいのですが、その当時の軽油の硫黄分は2,000ppmありました。それが今10ppmになっています。皆さんには是非ディーゼル車に乗っていただいて、乗り心地だけでなく、軽油の匂いも嗅いでいただいて、どれだけ硫黄が低くなったかを感じていただきたいと思っています。

ディーゼル車は、CO₂排出削減効果が2割くらいあると聞いています。例えば、軽油とガソリンの比率が1割ぐらい変わると、CO₂が200万トンぐらい減るということです。サルファーフリー燃料を活用して、是非「ポスト新長

期排出ガス規制」のクリアにチャレンジしていただきたいと思います。そこからもっと先となりますと、自動車メーカーの方々からリクエストがある度に、燃料側として対応すべきところは対応するということで考えています。

エネルギー源の多様化

〔天然ガス自動車の開発課題〕

司会 天然ガス車は既に「ポスト新長期排出ガス規制」を達成しています。かつて東京都がディーゼル規制をする時に、「その代替は天然ガス車だ」と指摘しました。今、天然ガス車の導入台数は数千台の伸びにとどまっていますが、クリーンな排ガスという点では、天然ガス車にとって今が市場拡大のチャンスなんじゃないでしょうか。

池田 非常にチャンスだと思っていますし、追い風も吹いていると思っています。しかし、やはりイニシャルコストが高い、あるいはスタンドがないという欠点もありまして、年間4,000～5,000台ぐらいの導入台数になっています。

クリーンな排出ガスと燃費は、トレードオフの関係にあります。燃費を上げると排出ガス対策がかなり難しくなる。排出ガス対策をやっつけこうとすると燃費向上が難しくなります。NGVの燃料である天然ガスはもともと非常にクリーンですから、そのトレードオフがある程度解決されています。NGVの排出ガスをきれいにするには、ディーゼル車やガソリン車の成熟技術でも「新長期排出ガス規制」および「ポスト新長期排出ガス規制」をもクリアできます。燃費との関係で、ディーゼル車が排出ガス対策で苦しくなる一方で、NGVの方はディーゼルサイクルまで取り入れようという展望もあり、これからご期待いただいていいのではないかと思います。

石油代替燃料の将来見通し

司会 世界的にエネルギーの多様化が進む中で、『新・国家エネルギー戦略』では、2030年で運輸部門における石油依存度（燃料に占める石油の割合）を80%まで減らすことを目標にしています。日本が2030年時点で20%を石油代替燃料に替えていくとなると、どんな数字になるのか、大聖先生からお話し願えないでしょうか。

大聖 乗用車の場合、燃費が向上するおかげで、現在の石油消費量を100とすると、2030年では、頑張れば60ぐらいになる、つまり4割ぐらい減るのではないかと思います。石油消費量を減らすことで、石油以外の自動車用燃料の消費量が変わらない、あるいは増えれば、石油依存度は下げることができます。

燃費向上には、車の軽量化と利用のあり方、例えば、ITS（高度交通システム）やIT（情報技術）が貢献すると思います。

代替燃料としては、バイオマス、天然ガス、GTL、それから電気を挙げることができます。近距離ですと電気自動車で十分だということが計算をやって明らかになっています。天然ガスと電気のいいところは家庭までエネルギーが来ているという点です。ですから、ユーザーも結構安心して使える面があると思います。ただ、ガソリン車と比較すると不便だという話になってしまいましたが、リチウムイオン電池が安くなってくれば、電気のランニングコストが安いので、2割は石油消費量を減らすことができるのではないかと考えています。

競争があると思いますけれども、そこで大事なのはやっぱり経済性とか利便性、それから社会的な意味でのコストですね、社会経済性といえますか、そういったものもきっちり押さえた上で導入を図ることが必要だと思っています。

ハイブリッド車の見通し

司会 エネルギーが多様化する中での車の開発で、当面、日本ではトヨタ、ホンダを中心にハ

イブリッド車の導入が最も強く目を引いています。トヨタが2008年には新しいハイブリッド車を出してきますし、ホンダも2009年にはワールドワイドのハイブリッド車を出そうとしています。ハイブリッド車は1997年に導入してから10年になり、2010年には170万台という予想もなされています。この10年の間に、ハイブリッド車も大きく進化してきています。日産自動車はトヨタから購入したハイブリッド車をアメリカで販売開始します。この先のハイブリッド車のコスト面、効率面での課題を二宮さんから聞かせてもらえますか。

二宮 今のハイブリッドの一番の課題は原価です。それをいかに下げていくのか。中でも、インバータとバッテリーのコストダウンが課題です。インバータについては、小型化、集約化、そのためには、SiC（シリコンカーバイド）みたいな素子の革新が必要なのではないかと思います。バッテリーについては、リチウムイオン電池の方向だと思いますけれども、今のリチウムイオンをいかに下げていくかということで、各社が凌ぎを削っているところで、日産もかなり力を入れて開発をしています。

原価以外では、ハイブリッド車は燃費がいいというところですが、それを更に広げていくというのがもう1つの課題だと思います。トヨタのプリウスを初めハイブリッド車は、バッテリーの充電レベルを50%なら50%ぐらいのところに設定しておいて、減速エネルギーをうまく回収して加速の時に使う、そういうものをアシストすることで非常にいいエネルギー効率を生み出しています。さらに、CO₂排出削減効果を上げるためには、電気で走る領域を広げていくということが必要だと思います。そういう意味では、電池の搭載量を上げて外部電力から充電するという「プラグイン化」で更にCO₂を下げる、クリーンにすることが次の大きな技術課題だと思います。それをやるにはやはりバッテリーのところをどうするのかというのが一番大きいと思います。

期待がかかるリチウムイオン電池

司会 ハイブリッド車も電気自動車も結局のところ、バッテリー技術が一番のポイントだと思います。今、リチウムイオン電池のエネルギー密度はニッケル水素電池の倍以上あり、急速充電できますので、バッテリー技術開発の流れがリチウムイオン電池に向ってきていることは事実です。国も来年度から車向けに新しいリチウムイオン電池を中心とした技術開発を予算化しました。東京電力は富士重工から電気自動車（EV）を3,000台購入して導入しようとしています。これはリチウムイオン電池の開発の成果だと思います。

立花さんから、東京電力が導入していくリチウムイオン電池を中心にしたEVのお話を聞きたいと思います。

立花 かつて中小型のEVブームがありました。が失敗しました。東京電力も多くEVを導入したのですが、散々な評判で、私自身、誰も乗らないで倉庫で眠っているのを見かけたことがあります。その失敗の反省から、東京電力と富士重工業(株)とで業務用電気自動車の共同開発が2005年9月にスタートしました。

そもそも以前のブームの時になぜ失敗したかということ、「ガソリン車に対抗しよう」という大それたことを考えたからです。そこで、我々はEVが生きていける場所を探すことから

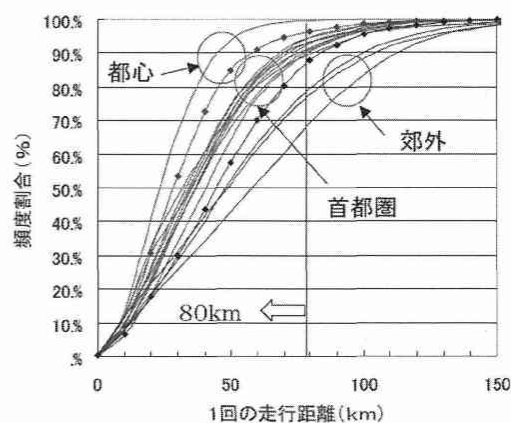


図30 東京電力社有車の走行距離

始めました。東京電力は業務車両を約8,300台保有しているのですが、1回の出動当りの走行距離について、図30のようにその頻度を見ましたところ、特に東京、神奈川、千葉、埼玉といった首都圏では、走行距離100km以下が圧倒的に多いことが分かりました。そうしますと、3,000台ぐらいはEVに置き換えられるだろうと考えたわけです。

我々が導入を進めているEV試作車には、リチウムイオン電池を車の底に積み込むことができます。最高速度100km、1充電走行距離80km、2人乗りという仕様ですが、80km未満の距離なら、人や物を乗せて走るための十分な車内スペースを確保できています。私も試乗してみました。バッテリーが重たいのですが、重たいのが下にあるので特にカーブを曲がるときの快適な感覚が新たな価値を生むのではないかと考えています。まずは、この試作車を2006年6月から10台配置し、実際の業務に用いて実証試験を行ってきました。本格導入に備えて、今年度中にさらに30台のEV試作車を導入する予定です。結果が良ければ、また値段についてメーカーと折り合えば、3,000台ぐらい買おうと考えています。現在、1台300万円なのですが、高くても買いたいという仲間がいれば、全体として値段も下がりますので、仲間を募っているところです。

司会 民間の「日本EVクラブ」が今年8月初め、筑波サーキットに隣接するコースでEVの24時間耐久レースを行いました。日本EVクラブは毎年、EVのレースを開催してきていますが、今年は東京電力が開発した15分で充電できる急速充電器を持ち込みました。館内端EVクラブ代表は、その急速充電設備に「去年は鉛バッテリーを何台も持ち込んで急速充電したのだけれど、鉛バッテリーが壊れていった。今年は東京電力の急速充電器で24時間耐久レースの全部を賄えました。まったくEVの考え方が変わりました」と高く評価していました。それはリチウムイオン電池の性能の高さによ

るものだと思います。この先、二次電池の開発は、リチウム電池が本命になってくるのでしょうか。コストダウンなどを含め、今後のリチウムイオン電池の開発動向をどなたかお話しできる方はいらっしゃるでしょうか。

立花 会場にバッテリーを開発されている方がおられれば、最も適切と思いますが、おられなければ、東京電力の姉川氏にお願いしたかどうかと思います。

姉川 東京電力の姉川と申します。電池業界では、特に移動用では、開発の皆さんは随分前からリチウムイオン電池を本命と思って開発されています。今現在、もう結構いいレベルに到達していて、当社がもう一度電気自動車に力を入れてみようと思った大きなきっかけは、我々がレビューした時に、寿命、急速充電、それから安全性でかなりのレベルに達していたことです。改良の余地もまだまだあるように見受けられましたので非常に期待が持てると思っています。どこまで性能が向上するのか私自身も分かりませんが、一定距離での使用といった限定された用途には十分対応できると期待しています。

司会 ハイブリッド車にしるEVにしる電池技術が1つの大きな鍵です。ハイブリッド車では高速充放電、EVは急速充電の技術が重要です。今後の技術開発の進み方は、ハイブリッド車における高速充放電のエネギーマネジメント技術の確立によって、EVがさらに発展していくという二重構造になってくるのではないかと見えています。

エタノール

司会 エネルギー多様化の中で、CO₂排出削減に貢献するバイオマスエタノールが話題になってきていますが、日本ではエタノールを3%をガソリンに混合した「E3」と、エタノールの

「ETBE」（エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル）をガソリンに添加して使う2つの方法での導入が検討されてきています。「E3」は光化学スモッグを起こしやすい、相分離を起こしやすいという欠点ですが、「ETBE」は第二種監視化学物質として規制を受ける有害物質であるという欠点があります。両方の欠点を踏まえたうえで、石油業界は「ETBE」の製造を決めました。その経緯について、もう一度お話し願えないでしょうか。

[エタノール直接利用かETBEか]

斎藤 エタノールの使い方として、直接混合と「ETBE」への加工という2つがあります。

直接混合の課題が3つあります。1番目に、水が混入して相分離が起こった場合、ガソリンスタンドのタンクの中でガソリンの品質が変化する。最悪の場合、ガソリンの代わりに水が給油されてしまう恐れがあります。2番目に、水の混入を防ぐにはローリーにガソリンを積み込むときにエタノールを混ぜながら入れて出荷することになりますが、出荷したものがどんなものか確認できないという問題があります。日本では「揮発油等の品質の確保等に関する法律」（品質確保法）がありますから、末端のガソリンスタンドで品質を保証しなければいけません。従って、エタノールの直接混合をやるとするならば、品質確保法の運用方法を変えていただかなければなりません。変えていただけたとしても、供給業者の責任として、品質が確認されていないものをお客様へ届けるというのはちょっと問題があると思います。そして3番目に、直接混合の場合は蒸発ガスが増えてしまいます。日本では光化学オキシダントの環境基準がほとんど達成されていないという状況にありますので、今以上に蒸発ガスを増やすというのは環境上問題だろうと考えています。

一方、エタノールを「ETBE」にすることで、直接混合における「水による相分離」、「品質保証」、「蒸発ガス」の3つの課題をすべて解決できます。「ETBE」のもう1つの利点は、日本で



斎藤健一郎氏

（新日本石油㈱
研究開発本部 開発部部长）

は恐らく供給量が非常に限定されたものになるだろうエタノールを日本に適した形で使っていることです。エタノールとCO₂の排出が少なく安定供給できるLPGを組み合わせ「ETBE」を作るほうが、限定されたエタノールの使い方として一番いいと思っています。

「ETBE」が「化学物質審査規制法」（化審法）で第二種監視化学物質に指定されたので、色々ご心配の方々もいらっしゃると思いますが、全ての化学物質は大なり小なり人体へ悪影響があります。「ETBE」も使い方を間違えれば変なことになってしまいますが、ガソリンとして正しい使い方を確認した上で使っていけば、問題はないと思っています。現実には、ヨーロッパではそのように活用されています。

一方、アメリカでは「ETBE」を使えない状況になっています。これは「ETBE」の類似物質である「MTBE」を混合したガソリンがガソリンスタンドのタンクから地下水に漏洩し、飲み水に匂いがついてしまったという事故が多発したためです。毒性が問題になるレベルまで深刻ではなかったのですが、事故が多発した当時、アメリカは日本の100倍ぐらい漏洩事故が起きていたと聞いています。ですから、アメリカでは「MTBE」の使い方を間違ったと私は思っています。

そういうことで、正しい使い方を確認して、その使い方をすれば、「ETBE」はガソリンとして問題なく使用できると考えています。

司会 自動車メーカーでは、日産、ホンダ、トヨタとも「E10」対応車が完了しています。日産は、FFV（Flexible Fuel Vehicle）でアメリカの「E80」への対応も確立しています。ブラジルでの「E100」へ対応のFFVも整います。FFVでの技術的課題はどういうところにあるのですか。

二宮 アメリカでは「E85」のスタンドの数はそう多くありません。たまに「E85」を入れ、それ以外の時にはガソリンを入れるというお客さんがほとんどです。ということは、ガソリンタンクに給油するたびにエタノール比率がかなり大幅に動くということです。ですから、燃焼時のエタノール比率を推定するというのが技術課題です。単位容積当たりの発熱量がガソリンに対してエタノールは6割強ですから、1馬力出すのにガソリンの1.5倍ぐらいの燃料を入れないときちんと燃えません。どのぐらいエタノールが入っているのかの推定は非常に大事ということになります。

初期には、アルコールセンサーを付けて、混入比率を測ったりしていたのですが、現在では通常の空燃比センサーを使っています。多少燃料の吹き方を変えることで、燃焼時のエタノール量を推定するアルゴリズムをコンピュータの中に組み込んでおまして、連続的にエタノール含有量が変わる燃料に対して燃焼を保証しています。

ただ、エタノールは揮発性が高いですから、蒸発するとか、冷機時の排出ガスがやや多いとかの問題があります。ですから、排出ガスについては通常のガソリン車よりも気をつける必要があるのです。多少原価をかけて触媒を多くしなければいけない場合もあります。

セルロースベースエタノールの必要性

司会 アメリカではトウモロコシベースのエタノールを年間1,400万トン程度製造していますが、新しい国家ビジョンでは2012年に年間

2,800万トンまで増やしていこうとしています。これは、アメリカがトウモロコシ栽培をこれまでの農業政策からエネルギー政策に転換している1つの証拠だと思います。遺伝子組み換え技術などで、2012年以降にはセルロース系エタノールをトウモロコシを上回る量で取り出そうとしています。日本国内では、間伐材とかからセルロース系エタノールを取り出す技術の開発、市場開拓を進めれば、エタノールを190万ℓぐらい確保することは可能だと思いますが、セルロースベースのエタノールの技術開発はどうでしょうか。

斎藤 なぜセルロースベースのエタノール技術開発を行うかを考えたいと思います。今作られているエタノールのほとんどは、従来食物として栽培してきたサトウキビなどから作られています。他方、世界の最近の食糧生産は頭打ち状態に陥ってきています。一説によりますと、現在は年間約20億トンの穀物生産がこれ以上増えないということです。その一方で、世界人口は毎年7,000万～8,000万人増え続けています。そういう中で、食物をエネルギー源にして良いのかという疑問があります。更に言えば、今、全世界で年間3,000万ℓの燃料用エタノールが作られていますが、いつまでも燃料を作ってる場合じゃないという気もしています。やはり、食物と競合しないセルロース、あるいはセルロースベースの廃棄物からエタノールを作っていけば、誰にも迷惑がかからないだろうということで、セルロースベースのエタノールに着目しているわけです。

サトウキビなどから作るエタノールを「在来エタノール」と呼べば、セルロースベースは「非在来エタノール」ということになります。こちらの方はまだ何万キロリットルもできるものではないので、早く技術開発を進め、セルロース系を一人前のエネルギーにしてやった上で、量を見ながら使い方を考えていくことになると思っています。

ただ、セルローススペースの廃棄物も動物の飼料になるという話も聞きます。1kgの肉を作るにはその7倍の穀物が必要ということなので、セルローススペースといえども場合によっては食糧問題に絡んでくるところがあります。そこら辺は、食物の方とエネルギーの方とが対話をして、両方で取り合いにならないようにはしなければいけないと考えています。

バイフューエル車の位置づけ

司会 エネルギーの安定供給と環境性という面では、エタノールと並んで天然ガスも非常に高い位置にあります。日本ではNGVの導入がそれほど伸びていません。それを打破していくために、ガス協会がバイフューエル車導入のPRを行っています。現在のNGVは1回の充填では300kmも走れませんが、バイフューエル車

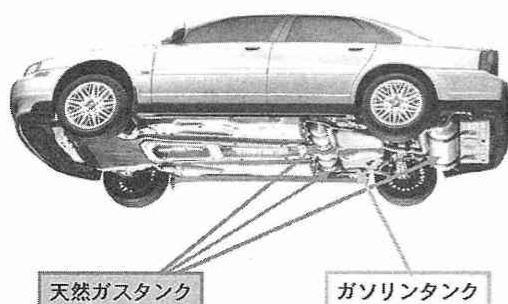


図31 ボルボ社製のバイフューエル車

で航続距離を500kmぐらいに伸ばすとか。これからのNGVの動向はどうでしょうか。

池田 NGVの欠点は、「航続距離が短い」、「スタンドがない」、「車両価格が高い」という3点です。図31がボルボ社製のバイフューエル車です。ヨーロッパでNGVと言え、ほとんどバイフューエル車のことを意味します。これは、床下にガソリントankと天然ガスタンクの両方を持てていて、天然ガスで走って、天然ガスがなくなったらガソリンで戻ってこれるというものです。NGVは200～300kmぐらい走れると言われますが、実際には100kmぐらい走るとガス欠が怖くなって戻ってきってしまうという話があります。これにすれば、300km走ってもガソリンで戻ってこれるということで、主に安くてクリーンな天然ガスで走っていただければ、天然ガスを目いっぱい使えるというものです。

表4は、ヨーロッパ各国におけるバイフューエル車の販売価格です。NGVよりも高いディーゼル車もあります。ガソリン車はやはり一番安いです。ヨーロッパでバイフューエル車が走っているのにもかかわらず、日本では普及してこなかったというのは、これまでガソリン車とNGVの両方揃って排ガス規制をクリアすることがなかったからです。しかし、「EURO4」という厳しい基準をクリアできるものが出てきているので日本でも導入してみ

表3 イタリアにおける各種車両の価格比較

メーカー	モデル	車 種		
		ガソリン車	NGV	ディーゼル車
フィアット	Punto	11,750	13,100	13,600
	Multipla	20,650	22,130	23,360
	Doblo	14,300	15,640	17,200
オベル	Zafira	18,425	20,957	20,255
メルセデス	E200	32,100	35,050	33,400
ボルボ	S60	25,250	28,480	29,230
	V70	27,830	31,060	31,820
シトロエン	Berlingo plus	16,240	19,200	16,870
	Berlingo wagon	12,574	15,358	13,096

(ユーロ)

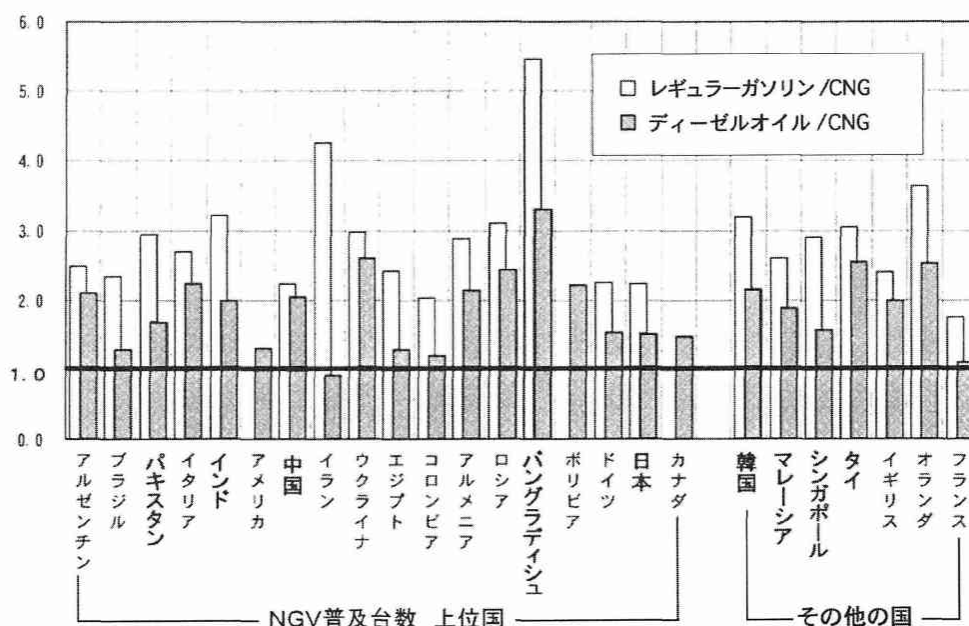


図32 世界の天然ガス（CNG価格）の対ガソリンおよびディーゼルオイル比

たい、あるいは開発してみたいと思っていますところ。

図32はアジアの国々が頑張っていることを示しています。白い部分は天然ガス（CNG）価格に対してガソリン価格が何倍になっているか。グレーの部分はCNG価格に対してディーゼルオイルの価格が何倍になっているかを示しています。イタリア、ドイツは、日本とほとんど変わりません。日本もそのぐらいの差額がついている状況ですので、航続距離が長いバイフューエル車が登場すれば、車両価格が少し高くても、日本で普及するんじゃないかと思っています。しかし、NGVの3つの欠点のうち、「スタンドがない」というのは今解決できていません。今は、スタンドがある周辺でNGVの導入を図っていますが、スタンドの数を増やしていくことが私どもガス業界の課題です。ガソリンスタンドも減っていく時代ではあるのですが、ガソリン業界、あるいはLPG業界と一緒に天然ガススタンドの数を増やしていきたいと思っていますところ。

結び—「究極のエコカー」に向けて

司会 広範囲にわたるお話をうかがいまして、今後20～30年、高効率を追求するエコカーは、燃料電池車でも、EVでもなく、恐らくエネルギー密度が一番高い石油中心の燃料を使う車ではないかと思っています。それに向けて多岐にわたるパワートレイン（駆動システム）の開発がまだまだ出てくるのではないかと見えています。「究極のエコカー」に辿り着くには、燃料電池車あるいはハイブリッド車という一本道ではないのではないのでしょうか。それはまさに多様なパワートレインがどう生き残っていくのか、そういう開発競争になっていくと見えています。トヨタの方は「適時、適地、適車」だと言っていましたけど、その通りだと思っています。開発が「適時、適地、適車」の3つのカテゴリーの中で技術の進化を図っていくことが今後の持続可能な車の発展につながっていくのではないかと思います。どうもありがとうございました。（拍手）

閉 会 挨拶

山 田 英 司 (財エネルギー総合工学研究所)
専務理事

本日は長時間にわたり、また熱心にご静聴賜わり誠にありがとうございました。本日は500名を超える方々の参加を得まして、4件のご講演とパネルディスカッションを行わせていただきました。いずれも大変興味深く、また示唆に富む有意義な内容だったと感じております。講師の方々には厚く御礼を申し上げる次第でございます。

午前中は、早稲田大学の太聖先生から、自動車エネルギーの将来像と課題について、続いてトヨタ自動車の上田様から、自動車社会の未来像と自動車用エネルギーのあり方についてお話をいただきました。午後には、新日本石油の松村様から、石油系燃料、あるいはGTL、CTLといった新たな液体燃料、そしてバイオマス燃料の供給ポテンシャルについてお話を伺い、続きまして当研究所の蓮池から、当研究所の研究成果のうち、「自動車用燃料アウトルック」と題して、21世紀に顕在化が懸念されます資源制約あるいは環境制約を克服するために、将来的には水素、あるいは電気を燃料とする自動車の開発が必要であるということを指摘させていただきました。そして最後のパネルディスカッションでは、日刊工業新聞の駒橋様の司会によりまして、東京ガスの池田様、新日本石油の斎藤様、東京電力の立花様、日産自動車の二宮様、そして早稲田大学の太聖先生等の方々のご参加を得まして、大変ご示唆に富む議論をいただきました。私なりに理解することは、これまで自動車エネルギーのほぼ100%が石油でございましたが、まさに多様化が進む時期に入った。当面は技術、あるいは供給インフラで優れる石油系の液体燃料が主流となるが、将来的にはバイオマス、あるいは天然ガス、水素、電気との利用が拡大するということです。ただ、それぞれ大きな課題があることも理解いたしました。

本日は自動車エネルギーに関し、非常に広範な話を伺うことができました。本日お集まりの方々の今後のビジネス展開、あるいは研究活動に少しでもお役に立てれば、本シンポジウムの主催者として誠に望外の喜びでございます。私どもも、本日の議論、またお話を踏まえまして、安定的、安価で、かつ環境に優しい将来の自動車エネルギーの開発に資する調査研究を進めてまいりたいと考えております。皆様のご支援をよろしくお願いいたします。

最後になりますが、本日ここにシンポジウムが予定どおり無事に終了できましたのも講師の方々、そして本日ご参集の皆様方のご協力の賜物でございます。厚く御礼申し上げます。講師の方々、そして本日ご参集の皆様方のご健勝とご発展を祈念いたしまして、甚だ粗辞ではございますが、私の挨拶とさせていただきます。これをもって、本シンポジウムは閉会とさせていただきます。誠にありがとうございました。(拍手)

研究所のうごき

(平成18年10月1日～平成19年1月1日)

◇第68回理事会(臨時)

日 時:12月21日(木) 10:30～11:30

場 所:経団連会館(9階)902号室

議 題:

第一号議案 今後の事業運営について

第二号議案 その他

◇第26回評議員会(臨時)

日 時:12月21日(木) 14:00～15:00

場 所:経団連会館(9階)901号室

議 題:

第一号議案 今後の事業運営について

第二号議案 その他

◇ 月例研究会

第250回月例研究会

日 時:10月27日(金) 14:00～16:00

場 所:航空会館5階501・502会議室

テーマ:

1. 最近の原子力政策—原子力部会報告を中心として
(経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 原子力政策企画官 野田 耕一 氏)
2. 原子力開発利用への期待と不確実性
(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 主席研究員 山田 英司)

第251回月例研究会

日 時:11月24日(金) 14:00～16:00

場 所:航空会館5階501・502会議室

テーマ:

1. 合成燃料ビジネス
(日本ガス合成㈱ 取締役 兼子 弘 氏)
2. 中国における石炭とコークス炉ガス利用動向
(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 主管研究員 橋本 孝雄)

第252回月例研究会

日 時:12月22日(金) 14:00～16:00

場 所:航空会館5階501・502会議室

テーマ:

1. 空気の熱を利用する地球温暖化対策について—ヒートポンプ技術の活用—
(財)ヒートポンプ・蓄熱センター 業務部課長

矢田部 隆志 氏)

2. バイオマスエネルギー活用の現状と今後の展開

(財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 専門役 浅見 直人)

◇ 主なできごと

- 10月2日(月) ・第2回水素FC技術検討WG, エネルギー需給・利用形態検討WG 合同WG
- 3日(火) ・第2回リスク情報検討委員会
- 4日(水) ・第1回消防機関と原子力事業者等の連携などに関する検討会
・第2回風力発電電力系統安定化等技術開発実行委員会
- 23日(月) ・第1回電力・ガス総合技術作業会
- 24日(火) ・第2回電力ネットワーク技術総合調査委員会
・第1回ラウンドテーブル研究会
- 26日(木) ・第1回電力・ガス総合技術作業会
・第2回低品位化石資源導入による原材料生産プロセス, エネルギー利用におけるリスク可能性発現に関する予測調査委員会
- 30日(月) ・第1回電力系統の構成及び運用に関する研究会
・第1回水素FC技術検討WG
- 31日(火) ・第1回水素の有効利用ガイドブック編集委員会
- 11月1日(水) ・第2回エネルギーモデル検討委員会
- 6日(月) ・第1回エネルギー技術戦略検討委員会
- 14日(火) ・第1回分散型電源と系統安定に関わる技術検討会
・原子力水素研究会
- 15日(水) ・第2回電力・ガス総合技術作業会
- 17日(金) ・高温ガス炉プラント研究会第4回講演会
- 27日(月) ・第1回電力・ガス総合技術検討会
- 29日(水) ・第51企画委員会
- 30日(木) ・第3回高温ガス炉プラント研究委員会
- 12月5日(火) ・第1回オフロードエンジンから排出される未規制物質に関する調査研究委員会
・第1回電力・ガス総合国内安定供給技術分科会

- 12月6日(水) ・第2回ラウンドテーブル研究会
- 7日(月) ・第2回エネルギー技術戦略検討委員会
- ・第1回電力・ガス総合資源・環境技術分科会
- 10日(日) ・第3回ラウンドテーブル研究会
- 12日(火) ・第3回リスク情報検討委員会
- ・第2回電力系統の構成及び運用に関する研究会
- 13日(火) ・第3回電力・ガス総合技術作業会
- 14日(水) ・第1回燃料関連技術分野の技術戦略マップ策定委員会
- ・第1回「次世代軽水炉FS」研究会
- 15日(金) ・第3回品質別電力供給システム総合調査委員会
- 18日(月) ・第3回水素FC技術検討WG, エネルギー需給・利用形態検討WG 合同WG
- ・第3回エネルギーモデル検討委員会
- 20日(水) ・第3回電力系統の構成及び運用に関する研究会
- 25日(火) ・第2回分散型電源と系統安定に関わる技術検討会
- ・第2回電力・ガス総合資源・環境技術分科会
- 26日(火) ・第2回電力・ガス総合国内安定供給技術分科会

◇ 人事異動

○10月1日付
(兼務)

寺本英司 プロジェクト試験研究部 研究員

○12月31日付
(出向解除)

塙 雅一 プロジェクト試験研究部 主管研究員

金児洋明 プロジェクト試験研究部 主管研究員

○1月1日付
(出向採用)

後藤秀夫 プロジェクト試験研究部 主管研究員

(嘱託採用)

塙 雅一 プロジェクト試験研究部 特別研究員

編集後記

いきなり私事で恐縮だが、筆者は昨年還暦を迎えた。昭和21年生まれである。この年と平成16年を比較すると、日本の人口は約1.7倍、一次エネルギー供給は約20倍、そして乗用車台数は何と2100倍強。昭和21年が敗戦直後の疲弊しきった時代であることを差し引いても、驚くべき数字と言えるだろう。そして今多くの指標が飽和し下降し始め、時代は量より質が尊ばれることとなった。

本号は、次世代の自動車用エネルギーをテーマにして昨年9月に開催した第22回エネルギー総合工学シンポジウムの特集号である。自動車に対する多様なニーズを、ますます厳しくなる環境制約の中で満たそうとすると、当然対策は燃料および原動機に及ぶ。燃料の選択範囲は、現行のガソリン、軽油、天然ガス、LPGから、水素、電気、バイオエタノール、バイオディーゼル燃料、GTL、DME、メタノール等々の新人候補に広がり、原動機は内燃機関、電気モーター、燃料電池、そしてハイブリッドとバラエティが増えた。燃料、原動機という従来の用語ではカバーしきれない事態となり、自動車用エネルギーとかパワートレインとか呼ぶこととなった。いずれ絞られていく

だろうが、いつごろ何になるのかを予測するのは難しい。

自動車は国際商品だから、燃料や原動機を決めていく条件は国内的なものだけではない。お隣の中国がわが国の過去60年の変化をより短時間で達成するかもしれない。中国の事情がどのようなタイプの自動車を要求するのか。インドではどのようなになるのか。欧米は？ GMやフォードが、米国内市場のみを見てきたためか、市場の変化にはほとんど対応できずに立ち往生しているのも不思議な光景である。わが国自動車メーカーの舵取りに期待が掛かる。

一方で、自動車には「運転する楽しみ」にかかわる部分がある。人間の手足の延長としての機械という性格は、今後も市場の一部からは要求されるだろうし、必ずしも省エネや環境保全と両立しない場面が出てくるだろう。ITの発達によって、社会における様々な「管理」が増えていく趨勢の中で、人間らしさを保つための道具としての将来をどのように形成していくのか、自動車メーカーのもう1つの課題であろう。

編集責任者 疋田知士

季報 エネルギー総合工学 第29巻第4号

平成19年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(8F)

電話 (03) 3508-8894

FAX (03) 3501-8021

http://www.iae.or.jp/

(印刷) 和光堂印刷株式会社

※ 無断転載を禁じます。