

# 日立 総研

創業100周年記念シリーズ

特集 低炭素化が描く自動車の未来

vol.5-2

2010年8月発行

表紙題字は当社創業社長(元株式会社日立製作所取締役会長)駒井健一郎氏 直筆による

# 日立 総研

vol.5-2  
2010年8月発行

- 2 巻頭言
- 4 対論 ～ Reciprocal ～  
創業100周年記念論文
- 10 自動車産業の100年に学ぶこれからの産業を見る視点  
坂本 尚史

特集

## 低炭素化が描く自動車の未来

- 16 寄稿  
自動車用エネルギーの長期展望  
蓮池 宏
- 24 日立総研レポート  
低炭素社会構築に向けた自動車関連政策の動向  
赤松 志津
- 28 寄稿  
中国自動車産業の現状と将来  
呉 保寧
- 34 寄稿  
まちづくりとモビリティ  
根本 泰弘
- 38 寄稿  
Autos of the Future  
David E. Cole and Jay S. Baron
- 44 研究紹介
- 46 先端文献ウォッチ

## 日本経済をけん引してきた基幹産業の展望

(株)日立総合計画研究所  
取締役社長

塚田 實

前回の日立総研5月号では、ポスト・ムーアの法則時代におけるエレクトロニクス産業を展望し、今回は、自動車産業の将来を展望した。

エレクトロニクス産業と自動車産業は、日本の貿易の中で大きな割合を占め、日本の産業の中でも特に国際競争力が高い分野である。この2つの産業は、双方合わせると、2008年製造品出荷額では全製造業の約29%、従業員数では約23%を占めており、ほかの周辺産業への波及効果も大きく、日本の基幹産業として、経済成長をけん引してきたとみることができる。

80年代、日本のエレクトロニクス産業は、高品質で信頼性の高い最先端製品を提供し、世界市場を席けんした。ところがその後、ダウンサイジングの進行やインターネットの出現、製品のコモディティ化などにより、競争条件は劇的に変化し、日本企業は存在感を失っていった。その一方で、欧米のベンチャー企業が大企業に変ぼうし、韓国や台湾など新興国の企業が台頭した。

日本の自動車産業もまた、燃費性能と環境性能での優位性を背景に、世界的に売上高を伸ばし、1980年には、米国を抜いて自動車生産世界一となった。日本の自動車メーカーは、その後も、製品競争力を強化し続け、2008年には、トヨタが新車販売台数で世界一となったのである。

日本のエレクトロニクス企業が、90年代以降低い収益率に悩まされ、事業の再編や統合が相次ぐ状況となっているのとは対照的である。

それでは、これからの日本の自動車産業はどのように展望できるだろうか。

大変難しい問題であるが、ここで注視しなければならないのは、電気自動車や新興国における超低価格車の出現など、これまでの業界トレンドとは異なる非連続的な動向であろう。なぜなら、これらの動きは、製品形態の変化を意味するだけでなく、業界プレーヤーの顔ぶれや競争条件の変化、産業構造の変化などにつながる可能性があるからである。これは、1908年のT型フォード発売以来の革新といっても過言ではないだろう。

---

---

自動車産業において、エレクトロニクス産業で起きたような地殻変動、具体的にいえば、オープンな水平分業が波及するかを判断するには、多くの議論を要するところであるが、既に変化の予兆が現れ始めているのも事実である。

私は、2005年2月から2008年3月まで日立グループの中国総代表を務めた。その間2回ほど、BYD(比亞迪)の王傳福創業者兼総裁とお会いする機会があった。

BYD(比亞迪)は、1995年設立後、わずか数年間で世界第2位の充電電池メーカーとなり、2003年には、国有自動車会社の買収により、自動車産業に参入を果たした企業である。2008年には、米国の著名投資家、ウォーレン・バフェット氏が出資したことで世界的に注目されたことは周知のことであろう。2009年のBYD(比亞迪)の売上高は395億元(約5,135億円)、純利益38億元(約494億円)、従業員数16万人。私が王傳福総裁とお会いした2005年当時の売上高は、約65億元であるから、4年間で約6倍の事業規模に成長したことになる。

従来型の競争ルールにおいては、日本の自動車メーカーの優位性は揺るぎないものであろう。

しかし、異分野から新規参入し、爆発的な成長力を有する新興国の成長企業の姿を目の当たりにすると、これまでの常識にとらわれない視点と分析力の必要性を痛感する。自動車産業は、近年日本の産業をリードしてきただけに、競合関係の劇的な変化に、英知を集めて、戦略を立案・展開しなければならない。

日立総研では、日本の基幹産業の将来を広い視野を持ち展望すると同時に、新興国の成長企業をEmerging Giantsとして注目し、定期的な動向把握・分析を行っていく所存である。



# 「新成長戦略」に应运、省エネルギー・ 新エネルギーを核に世界を舞台にグリーン・ イノベーションをめざす



前 資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部長  
齋藤圭介 氏

2010年6月に閣議決定された「新成長戦略～『元気な日本』復活のシナリオ～」では、日本の強みを生かす成長分野として「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」を挙げ、2020年までに世界で50兆円を超える新規市場の創出と、13億トンの温室効果ガス削減が目標に掲げられています。経済産業省の「エネルギー基本計画」と合わせて、目標達成に向けた官民のパートナーシップを中心に、前資源エネルギー庁の省エネルギー・新エネルギー部長の齋藤圭介氏にお話を伺いました。

(本対論は2010年6月22日に収録しました)

## 齋藤 圭介 *Keisuke Saitoh*

1983年東京大学工学部航空工学科卒業。  
通商産業省入省(1983年)  
通商産業省産業政策局総務課(1996年)  
通商産業省大臣官房総務課(1997年)  
通商産業省資源エネルギー庁原子力産業課(1998年)  
通商産業省大臣官房政策評価広報課(1999年)  
通商産業省資源エネルギー庁原子力安全保安院設立準備室(2000年)  
経済産業省資源エネルギー庁長官室(2001年)  
日中経済協会に外向(2002年)北京事務所長を3年間務める。  
2005年経済産業省に戻り、経済産業政策局産業再生課長、産業技術環境局産業技術政策課長および大臣官房会計課長を務めた後、  
2009年に資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部長、  
2010年7月退職。



「新成長戦略」に基づくインフラ整備には、  
各国政府や機関、自治体などと大きな  
フレームワークでの合意が欠かせません。

これを進めることが、  
官の役割の一つです。



省、農林水産省が一緒になって活動しています。

塚田 標準化こそ、新たなビジネスクリエーションであり、  
トップの経営判断に影響力を及ぼす重要施策として  
取り組むべきだと思っています。日立も組織が  
カンパニー制が基本なので、カンパニーをまたがる、  
統括本部をつかって推進しています。日立は、天津  
のエコシティ開発への協力やスマートコミュニティ  
アライアンスにおける取り組みであるニューメキシコ  
でのスマートグリッドの実証実験に参画しています。

齋藤 日立さんの参加を大変心強く思っています。中国  
をはじめ各国はそれぞれ事情があるので、最適な  
形を導くためにも、日本企業だけでなく各国の政  
府機関・企業との連携・協調のもとで進めていく  
べきだと思います。

世界各国も国旗を背負って取り組んできますから、  
日本のイニシアチブを確立するために競争する場  
面も出てくると思いますが、競争と協調のほどよい  
バランスで行うことが成熟した関係かなと思います。  
今後、さまざまな実証プロジェクトを立ち上げたい  
と思っていますので、ぜひ日立さんをはじめ企業の  
方々に積極的に参加いただきたいと願っています。

### 新エネ・省エネ関連ビジネスを世界へ

塚田 「新成長戦略」でも、インフラの輸出やアジアへ

の対応などで政官民が一緒になって推進する  
という強いメッセージが打ち出されています。日  
立も一生懸命努力していきませんが、今後、官に  
お願いすることも多々出てくると思います。日本の  
成長のためのリーダーシップに期待しています。

齋藤 「新成長戦略」にも位置付けられたインフラに取り  
組むには、各国政府や機関、自治体などと大きな  
フレームワークでの合意が必要です。これを進め  
ることが、官の役割の一つです。

意識していることは、早い段階からプロジェクトに  
コミットすることです。言い換えれば、マスタープラン  
から基本設計、調達までかかわっていきたく  
と思っています。その仕様書づくりでは、日本企業の  
メリットを示して助言することもできます。各国独自  
に仕様書が出てから手を挙げるのでは遅すぎる  
し、日本として適切な貢献も果たせません。

塚田 日立も、中国の環境への取り組みに対して仕様を  
まとめる段階から参画し、国家発展改革委員会  
と一緒に省エネなどの協力協定を結  
んで推進しています。この件では、北京駐在時代  
の齋藤さんに「日中省エネ・環境総合フォーラム」  
の推進でお骨折りがいただきましたが、国家プロ  
ジェクトに参画する企業としての心構えについて伺  
いたいと思います。

齋藤 中国では知財の問題などがありますが、これも避

日立も、中国の環境への取り組みに対して仕様をまとめる段階から参画し、国家発展改革委員会と一緒に、省エネルギーなどの協力協定を結んで推進しています。



けていては決して成熟した関係は築けません。日中省エネルギー・環境総合フォーラムも、単にシンポジウムというより、協力のための仕組みと理解しています。日立さんと国家発展改革委員会の合意のように、フォーラムを舞台に中国と日本企業との協働を進めることが官の役割だと思っています。国の役割を整理すると、企業が個々の製品を売る場合は特に関与はしません。緩い関与の例が、日中省エネルギー・環境総合フォーラムのケースです。両大臣出席で調印することで取り組みを公的なものとし、知財などでトラブルが発生したときも経済産業省と国家発展改革委員会が誠意を持って処理にあたることを約束することで、プロジェクトの推進を後押しするものです。国が主体的に関与するケースでは、NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)などが中国側とフィージビリティ・スタディーやモデル事業を行うこともあります。さらに、もっと大きな投資案件では、国がある程度のリスクをとって、貿易保険や資金的関与を行うケースも出てきます。そうしたそれぞれのケースに応じて、官として企業に対する役割を果たしていきたいと思っています。日中省エネルギー・環境総合フォーラムは、2007年の案件が10件、翌年20件、去年は40件でした。2010年の第4回フォーラムにも、ぜひ日立さんをは

じめ数多くの日本企業にご協力いただければと願っています。

### 日中産業協力の未来をめぐって

塚田 次回のフォーラムに向けて、われわれも努力している最中です。日立グループにとって、世界のマーケットの中で中国が一番大きな市場で、全体の売上の11%が中国です。中国のGDPは2010年にも日本を追い越すといわれますが、北京駐在のご経験から、日中の産業協力の今後のあり方についてお聞きします。

齋藤 中国とは非常に長いお付き合いになりますから、お互いがある程度の利益をとりながら発展していくことが基本形態だと思っています。中国は大きく成長していますが、今後、政策的には税の仕組みを見直し、所得の再分配を行うことになるでしょう。沿岸部から内陸部に向かって経済発展も進んでいくと思います。そうすると中間所得層の収入が増えて国内消費が立ち上がってくるので、一般消費財だけでなく、地方都市向け、公共インフラシステムも拡大していくと思います。その場合、短期的な利益だけを考えるのではなく、中国側の利益も考えながら長期的視点でお付き合いしていくことが大事じゃない

かと思っています。

塚田 一方がWinで他方がLoseでは長続きしません。Win-Winの関係を見つけていくことが重要ですね。現地で事業を行う日立グループとしても、中国の企業市民として社会的責任を果たすことが基本です。その上で日立の強みをさらに高めることで日中両国に貢献したいという思いで取り組みたいと思っています。

### 求められるグローバル人財

齋藤 中国の大学で優秀な卒業生を大量に輩出していますから、人財の多様性を推し進めることも一つの有効な方法ですね。

北京に駐在していた時に、日本と中国の大学生が10人ずつ連れ立って日中関係の話を聞きたいと事務所を訪ねて来ました。会議室で応対した際に、大学生は似たような服装ですから「日本人の方はどちら側ですか」と尋ねたら、学生たちは「どちら側というか、混ざって座っていますけど」と答えました。両者は分かれて座ると思い込む固定観念



が古いと思って、反省したことがあります。(笑)

韓国の人も含めて、そうした自由な意識を持った彼らがこれから社会の最前線に出てきます。国や国境という仕組みは大切に守るべきところは守らないといけないのですが、経営資源としての人材や資金は国境を越えて最適に配分し、東アジア全体、世界全体を一つの企業とする時代が来ていると思っています。

塚田 冒頭で、省エネルギー・新エネルギーの取り組みもグローバル志向が必要だとおっしゃいましたが、グローバル化は日立グループの成長のキーワードの一つです。グローバルに事業を進めないと生き残れないし、今後いっそうグローバルな人材活用が大切だと思います。

ところが、最近は若い日本人の閉じこもり現象がさまざまに指摘されています。中国や韓国のエネルギーギッシュな人々と仕事をしていくために、日本の若い人たちに対してご意見はありますか。

齋藤 役所も全然グローバルじゃないので偉そうなことはいえませんが、教育まで立ち戻って考える必要があると思うのです。高校生なら夏休みを利用するか、大学生になったら希望する人は海外で1年生活するといったことが幅広く行われれば、グローバル化の壁となっている言葉や文化の問題の解消にもつながると思います。その際、例えば各企業の海外拠点で、学生を引き受けて下さるといった一つの試みかもしれません。

企業も、採用時に学生の海外経験を重視するか、海外の社員を積極的に登用することが重要だと思います。中国人の学生たちの「日本企業に就職しても、通訳か中国市場開拓のような仕事ばかりの印象がある」という不満もよく聞きます。中国人社員を欧米市場の開拓に当てるとか、優秀な人材を経営部門にどんどん入れていくようになればいいですね。日立さんが率先して実行されれば、他の企業も追随するので、インパクトは大きいんじゃないかなと思います。

国としても、制度面から若い人の海外経験を支援する必要があると個人的に思っています。

塚田 私も若いころから海外に出たり入ったりしましたが、

フレキシビリティのある時だからこそ、多様な文化を学んで吸収できるのですね。会社の中の立場が変わると、付き合い相手も変化して世界が広がります。出たり入ったりを繰り返すことが非常に意義のあることだと思いますね。

**齋藤** 違う人と出会う喜びといえますか、同化する必要はないけれども、少なくとも違いを理解することが必要ですね。アメリカやヨーロッパ、アジア、アフリカに行って違いを肌で認識し、こうした人たちと一緒に生きていくという感覚を、柔軟な若い時代に身に付けてもらいたいと思います。

何事も好奇心が大事です。中国にいた時、1年目より2年目の方が分からないことが増え、3年目はさらに増えました。自分の活動領域が広がり接触面が増えた結果だと納得しましたが、役所の若い人たちにも、「自分の知っている世界以外のところに、実は、解とか真実があるのではないか」といっています。

**塚田** 私も中国にいた時は年々付き合い幅が広がりました。本で勉強した世界より、目の前にある世界の方がはるかにエキサイティングです。自分の普段付き合い合っている範囲だけでは発展はない。新しい世界にどんどん挑戦していくことが大事ですね。

## 国際社会の安定に貢献につなげるために

**塚田** エネルギーの安定供給という観点で省エネルギーと新エネルギーの境界がなくなっているというお話がありました。日立は2025年までの長期計画「環境ビジョン2025」で、日立が供給する製品を通じて年間1億トンのCO<sub>2</sub>の排出抑制に貢献するという目標を掲げ、日立のお客様に提供するあらゆる製品を環境適合製品にする環境戦略を進めています。環境対応を実践する企業に対して、何かメッセージがございましたら。

**齋藤** 社会的に大きな影響力のある日立さんが環境を前面に押し出して事業を進めることは、日立さん自身の成果にとどまらず、日本企業全体に与える影響を考慮すると本当に素晴らしいことだと思います。企業と社会の関係もWin-Winであるべき

で、周りの社会、環境の変化にうまく自分を変えていける企業が発展していくと思います。

それを日本のみならずアジア、世界に発展させることが、結局は平和で安定的な国際社会への貢献につながっていくのではないかと思います。官である私たちもそのために努力していきますし、日本のリーディングカンパニーである日立さんがその方向に踏み出し、かつ外向きにミッションを打ち出された影響は非常に大きいと思っています。

**塚田** ありがとうございます。日本経済はここ10年、20年停滞していたイメージがありますが、政府の「新成長戦略」ができ、その「新成長戦略」のもと経済産業省の「産業構造ビジョン」「エネルギー基本計画」により、具体的な方向付けもなされましたから、日立もそれに応えられるように最大限の努力をしていきたいと思っています。齋藤さんとも協議会やフォーラムを通じていっそうご協力をいただければと願っております。今後ともよろしく願います。

## 対論後記



私が、2005年2月に中国総代表として北京に赴任した時、齋藤さんは日中経済協会北京事務所長として経済産業省から出向しておられました。持ち前の明るさとバイタリティー溢れる行動力で日中関係の発展に尽力され、我々産業界からは非常に頼もしい存在でした。

日本に戻られてからは、経済産業省の重要なポジションを次々とこなしてこられ、資源エネルギー庁省エネルギー・新エネルギー部長として、「新成長戦略」の骨格の一つをリードしておられました。

お忙しいのに今でもわれわれの話は良く聞いていただけます。齋藤さんには、日本の将来のため、より一層発展されることを期待したいと思います。

私が、中国総代表として赴任後1週間経ったところで、旧正月(春節)になり、一緒に北京地壇廟会(春節恒例の縁日)や雍和宮にお参りしましたが、私の中国生活の中でも、とても良い思い出の一つです。

# 自動車産業の 100 年に学ぶこれからの産業を見る視点

研究第二部 部長 坂本 尚史

本年 6 月、経済産業省産業構造審議会が発表した報告書「産業構造ビジョン 2010」は、「今日の日本の産業の行き詰まりや深刻さ」を踏まえ、今後、「日本は、何で稼ぎ、雇用していくのか」についての戦略を提示している。そこでの基本認識は、現在、優れた国際競争力を維持している産業は自動車産業のみと断言している状況であり（「自動車一本足打法」）、稼げる産業の「厚み」を増していかなければならない、というものである。

日本の自動車産業が今日の地位を確立するまでには、紆余曲折があり、当の自動車業界だけでなく、政府側でも多大の努力がなされてきた。例えば、日本における自動車産業黎明期の 1950 年代には、今ではとても信じられないかもしれないが、「自動車工業無用論」が支配的な世論を形成していた。その後、通商産業省（当時）の「国民車育成要綱」に基づき、1960 年代の貿易自由化を見据えつつ、産業育成が行われた。また、100 年以上に渡る世界の自動車産業の歴史の中で、日本企業が世界市場におけるプレゼンスを確立したのは、直近の四半世紀のことである。産業の中心は、発祥地の欧州から、大量生産手法を確立した米国、そしてアジアへとダイナミックに移行してきた（図 1）。直近では、米国ビッグ 2 の経営破綻が、自動車産業の

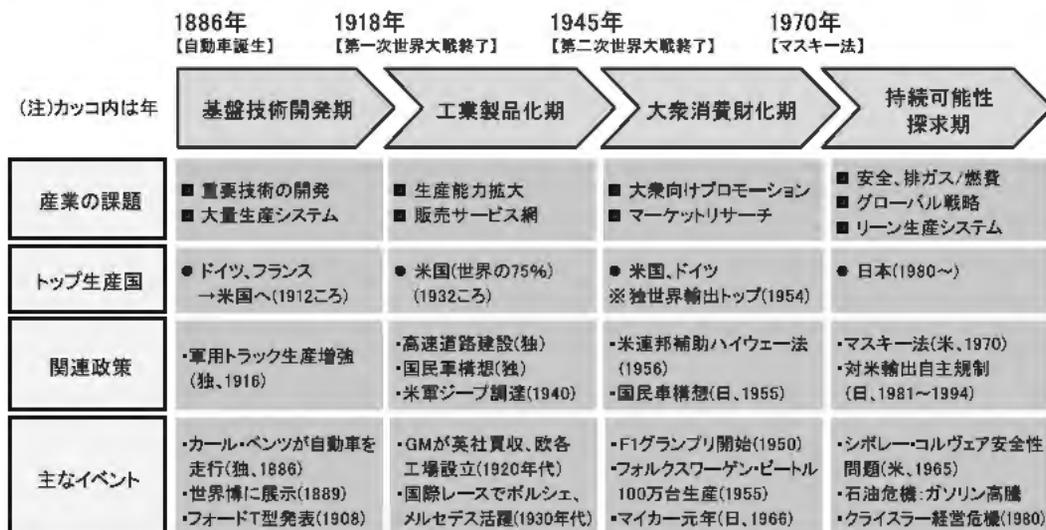
先行きに不安を投げかけている。

このように世界の自動車産業がたどってきた 100 年以上にわたる発展と構造変化の歴史を振り返りながら、今日的な課題を考えることにより、自動車産業だけでなく他産業においても、産業全体の長期見通しを考える上での視点を引き出せるのではないかと、というのが本稿の問題意識である。ここでは、3 点に絞って論じてみたい。

## 1. 事業環境認識と製品・技術戦略：米国ビッグ 2 型破綻を回避して成長できるか

1908 年に発表されたフォード T 型の大量生産によって世界トップの自動車生産国になって以来、米国メーカーは、長年にわたって産業全体をリードしてきたが、そのうちのビッグ 2（ゼネラル・モーターズ [GM] とクライスラー）が、2008 年 9 月のリーマンショック後、経営破綻するに事態となった。

さまざまな原因が指摘されているが、まず第一に、直接的には、金融危機による米国の新車販売台数の激減が大きな痛手となった。米国における 2000 年代の新車販売台数は、年間 1,800 万台という高水準が続き、それが長期間持続する異常な状況であった。当時も、



資料：エッカーマン(1996年)ほかを基に日立総研作成

図 1 世界の自動車産業の発展と構造変化

これが「自動車バブル」であると指摘した人は多かったが、後に振り返ると、こうした高水準の需要は、住宅バブルと連動した需要であった。住宅価格が上昇したため、低所得者層の間でも、ローンで購入した住宅を担保にさらに自動車ローンを組んで、高級車や大型のSUV（スポーツ・ユーティリティ・ビークル）が次々と購入された。さらに、GMについては、販売金融子会社GMACが、自動車ローン債権を金融商品として販売し、高収益を稼いでいたが、金融危機による信用収縮に伴い、100億ドルもの損出を計上することとなった。さらには、かねてから指摘されていた「レガシーコスト」の問題もある。年金と健康保険料の企業負担は年々増加する傾向にあり、高コスト体質ができあがってしまっていた。

このような要因に加え、多くの業界専門家は、本質的な原因は、市場ニーズの取り込み失敗と技術開発の停滞にあったのではないかと指摘している。特に、米国メーカーは、燃費性能と環境性能に関する対応が不十分であったとされている。これらは、随分前から懸念が示されてきた感もある。1970年代に、最初の警鐘が、エマ・ロスチャイルド著『デトロイトの曲り角—アメリカの自動車産業』（1976年）で鳴らされたといえる。ロスチャイルドは、ヘンリー・フォードが確立した大量生産システム（フォーディズム）に加えて、GM成長期の経営者であるアルフレッド・スローンが確立した製品規格化と買い替えを迫るマーケティング（バラエティ・マーケティング）手法が、業界を発展させてきたが、安全性への問題意識の高まりや、自動車の社会的費用増大といった社会環境の変化に、十分対応できていないなど、産業としての革新性が失われつつあることを鋭く指摘した。また、日本では、下川浩一著『米国自動車産業経営史研究』（1977年）が、マスキー法や燃費規制などの事業環境変化に対応して、技術革新を継続できなければ、ビッグ3といえども没落しかねないことを示唆していた。

米国メーカーは、結局、これらの指摘を生かすことはできなかった。しかし、「生かす」というのは、そうたやすいことではない。それを示すのが、「ライトトラック」という市場セグメントの伸長であった。米国では、自動車の車種区分が、乗用車とライトトラックに分かれており、ライトトラックには、SUV、バン、ピックアップトラックなどが含まれる。SUVは、未

舗装道路も走行可能なレジャー向き的高级車であり、バンは、多数の乗員が可能で子供のいる家族向きの車である。ライトトラック市場は、1980年代初頭は、全体の2割程度だったが、現在は、5割以上にまで拡大している。ライトトラックの事業戦略上の意味合いは、トラック同様のフレーム構造を使ったものが多いため、1台当たりの生産工数も少なく、モデルチェンジサイクルが長いことも加わり、1台当たりの収益性が高い車種であるということである。急速に伸びる市場セグメントであり、収益性も高いため、ビッグ3は、ライトトラック市場に経営資源を集中し、1990年代の好業績を実現した。2000年代初頭のライトトラック生産比率は、ダイムラークライスラーで70%、フォードで60%、GMで50%に達していた。10年～20年という単位で見れば、この戦略は、収益基盤を確立した点で成功であったが、30年という単位で見れば、重大な落とし穴が隠されていた。ビッグ3は、1970年代まで、「ガソリンがぶ飲み車」と呼ばれた大型車を中心に生産しており、2度の石油危機で、日本車と欧州車にシェアを奪われた経験がある。一方、1980年代後半以降のライトトラック市場の拡大は、米国の大型車の形を変えた復活ともみられていた。2008年12月、GMワゴナー会長（当時）が議会証言した通り、燃費規制が乗用車よりも緩いライトトラックに注力した結果、消費者の燃費への関心と環境技術を軽視することになってしまった。1980年代以降、石油価格が低迷したこともあり、米国消費者の関心が燃費性能、環境性能にシフトしたスピードが緩やかだったため、「自動車バブル」の中で高級大型車が売れてメーカーは収益を上げることができていた。実は、既に消費者ニーズが変化していたということ気付くことができなかった。

個別の産業を見ても、「次の100年」を見通すようなことは容易ではない。むしろ、「米国ビッグ2型経営破綻」の例からわかるように、長期的な視点で市場のトレンド変化を予見する目と、そのような長期トレンドに、現在起こりつつある小さな変化を関連付けて見る目の両方が必要のように感じる。企業経営者の観点からも、長期的に進展する市場環境の変化に適應して、「米国ビッグ2型経営破綻」をいかに回避するか、また、ビジネスチャンスを逃さずに事業を成長させるかということが課題になる。一つの方法として、シナ

リオプランニング手法の導入が考えられるだろう。シナリオプランニングは、将来起こりうる市場の状況を、漏れと重複がないように複数描いておき、もっとも起こる可能性が高いと考えるメインシナリオに基づいて事業戦略の策定・実行を進めつつ、このメインシナリオが本当に実現しつつあるかを定期的にチェックする手法である。事業戦略の策定は、どうしても手前味噌の市場見通しに基づいて行ってしまうがちであり、自分が作った市場見通しに外れることが起こっていても目をそむけがちである。シナリオプランニングの効果は、メインシナリオが本当に実現しつつあるのだろうか、他のシナリオが実現しているのではないだろうか、と常に疑う目を持つことだとも言える。また、例えば、冒頭触れた産業構造審議会の報告書は、中長期的に日本経済を支えることが期待されるため、政府が集中的な支援を行う5つの戦略分野として、インフラ関連／システム輸出、文化産業、環境・エネルギー課題解決産業、医療・介護・健康・子育てサービス、先端分野を挙げているが、これらの市場は成長が期待されるものの、どのようなタイミングでどの程度伸びるのかについては、長期見通しを一つに絞ることが難しいかもしれない。そのような場合にも、シナリオプランニングが有効といえるだろう。

## 2. グローバル戦略：グローバル効率化とローカル化を両立できるか

1990年代は、冷戦構造の消滅と情報革命の急進展により、世界的に産業のグローバル化が加速した時期であった。早くからビッグバンを経験した金融・証券業界や通信業界だけでなく、グローバル化の波は自動車産業にも及んだ。欧米自動車メーカーは、相次いでグローバル戦略を策定して、さらなる事業拡大を目指した。中でも、フォードの動きは早く、1994年に「フォード2000」計画を発表した。そのキャッチフレーズである“Think Globally, Act Locally, with Agility”は、計画の内容をよく表現していた。つまり、製品開発や部品調達におけるグローバルな連携と統合を図りつつ、ローカル市場のニーズに細かく対応する体制をスピーディーに構築する、というものである。このキャッチフレーズは、ほかのメーカーのグローバル戦略にも共通する重要なテーマであったと考えられるが、実際に実行できたかがポイントであろう。

しかし、その後、自動車業界で起こったことは、むしろグローバルレベルでの規模を追求するものであり、このキャッチフレーズが表していた実質的なグローバル化とローカル化は実現できたとはいえなかった。各社はグローバル戦略を実行するために、世界規模でのM&A・戦略提携を行った。例えば、フォードの場合、既に英国アストンマーチンとジャガーを傘下に収めていたが、これに加えて、マツダの株式保有率を増加させ（1996年）、ボルボ、ランドローバーを買収した（それぞれ1999年、2000年）。GMも、富士重工への出資（1999年）、スウェーデンメーカー・サーブの100%子会社化（2000年）、イタリアメーカー・フィアットとの提携（2000年）、韓国メーカー・大宇の100%子会社化（2002年）を行った。これらと前後して、1998年には、「世紀の合併」と呼ばれたダイムラー・ベンツとクライスラーとの合併が成立した。1999年のルノー・日産アライアンスも、この合併が引き金になったことを関係者は認めているという。これらのM&A・戦略提携は「グローバル自動車業界再編」と喧伝され、ダイムラー・クライスラーの合併を指揮したダイムラー・ベンツのユルゲン・シュレンプ社長（当時）は「世界の自動車産業で生き残るには年産400万台の規模が最低線」という「400万台クラブ」説を提唱しており、当時の業界では、グローバル戦略＝規模拡大のためのM&A・戦略提携という認識が広がっていたといえるだろう。

結局、これらのM&Aは、ほとんどが十分な成果を上げることができず、10年間を経た2007年頃から次々と解消されることになった。象徴的な出来事は、2007年のダイムラー・クライスラーによるクライスラー部門の分離・売却である。ダイムラー・クライスラーのディーター・ツェツェ社長は、クライスラー部門売却発表の記者会見で、「合併による相乗効果を過大評価していた。ダイムラー側から最先端のテクノロジーを移転できると思ったが、それほど進まなかった。ブランドの相乗効果もあまりなかった」と語った。

以上のことは、事業戦略実現の手段としてM&Aと戦略提携が有効でないことを示しているのではなく、事業規模を拡大しただけでは、必ずしもコストメリットの実現（収益の向上）は見込めないことの証左となっているといえるだろう。自動車業界においては、グローバル戦略のテーマは、グローバルプラッ

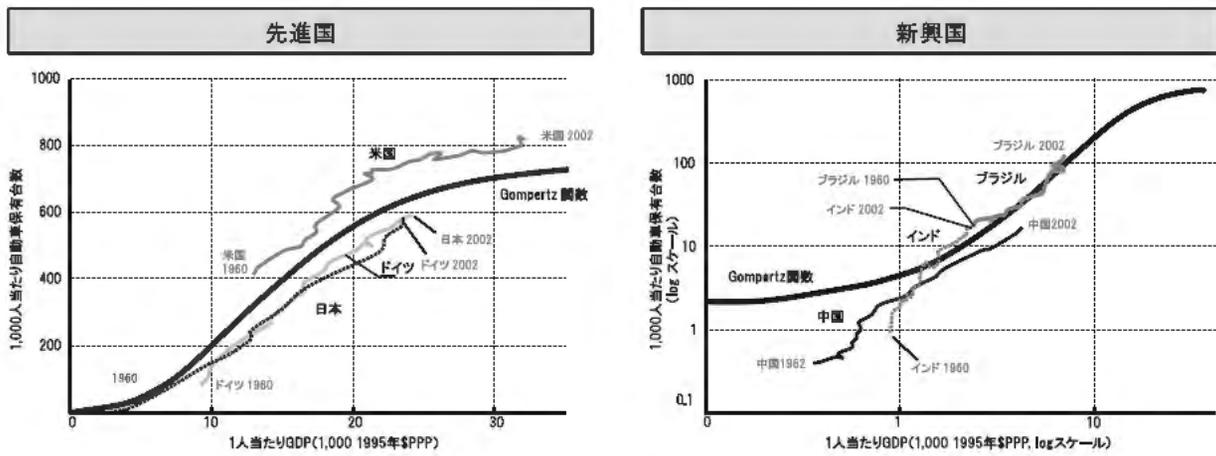
トフォーム（車台など）の統合と、部品のグローバルソーシングが基本であり、大規模なグローバルM&Aも、突き詰めれば、これらの実現いかんによってその成否が決まってくるといってもいいだろう。さらに、グローバルM&Aの場合は、仕事に関する思想や進め方そのものが異なっている組織体にまたがって、これらに取り組むことになるため、当然難易度が高くなる。

GM、フォード、ダイムラークライスラーなどの欧米メーカーは、1990年代のグローバル戦略の下で、グローバルプラットフォームの統合と部品のグローバルソーシングを強力に進めた。例えば、フォードは、1990年代初頭のプラットフォーム数24を16まで削減することを掲げ、また、10年以内に一次部品メーカーを2,040社から1,000社に大幅削減することを目指した。また、北米では、部品発注の3分の2を180社に集中させるとした。これらを後押ししたのが、IT技術の進展であり、デジタル設計と製造工程の自動化が前者に貢献し、部品調達データベース化とネット調達が後者を後押しした。

一方で、当時の日本メーカーは、グローバルプラットフォームの統合と部品のグローバルソーシングを、慎重に進めたといえるだろう。例えば、本田は、主力車種の世界同時立ち上げを進めたが、プラットフォームの共通化については、開発を現地化しつつ、地域のニーズに合わせて柔軟に進めたとされる。また、日本メーカーは、世界最適調達の名の下に、世界でもっとも低コストの地域から大量に部品を調達するという手法には、国内部品メーカーとの取引慣行、技術力を重視して慎重に対応したとされる。

グローバルレベルの効率（経済性）を追及した欧米メーカーと、これに加えてローカル（地域）レベルのニーズ、組織文化、慣行を重視した日本メーカーとの比較では、（もちろん品質や燃費性能など、ほかの要因も作用したわけだが）結果として、後者の方針が成果を上げたといえるだろう。将来も、両方の方針の両立、またはバランスが重要と言える。世界の自動車市場は地域差が際立ってきており、将来的に世界均一市場が形成されるとは到底想定できない。今後は、ますます「ローカル化」が重要になってくるのではないだろうか。図2は、1人当たりGDP（購買力平価ベース）と1,000人当たりの自動車保有台数との関係を説明する、世界各国に共通のS字型関数を推計したものであるが、特に新興国では、経済水準に格差がある上、今後、低所得者層の需要を満たしながら自動車普及S字カーブの急上昇局面を迎える段階にある。従って、例えば小型低価格車の浸透いかんによって、普及のスピードとレベルが大きく異なってくる可能性がある。国別に見れば、中型車中心で小型車の比率が高まりつつある中国、低価格の軽自動車中心のインド、小型ピックアップ中心のタイなど、現時点でもローカルニーズの差が明らかである。先進国の市場も、北米市場は、次第に燃費のよい中型・小型車に需要が移りつつあるが、欧州は、ディーゼルエンジン搭載車、中型・小型車、高級車などが一定のシェアを保ちつつ、SUVへの需要も拡大している。

自動車以外の産業においても、同じ産業の中で、ローカル（地域）ニーズの差が拡大していく面と、例えば、環境や健康のように、ある程度、世界共通で対応



資料：Dargay, et al.(2007)より日立総研作成

図2 主要国の自動車保有台数推移（1960～2002年）

が求められる分野が明らかになる面の両方がありえるだろう。個別の企業としては、グローバルレベルでコストアップを招かぬよう（グローバル効率を失わないよう）、世界各地のニーズに細かく対応していくという地道な取り組みがますます重要になっていくと思われる。そのような努力が、質的に異なるローカル市場の総和としての産業全体の成長ポテンシャルを最大限引き出すことにもつながるだろう。

### 3. ステークホルダー戦略：「国家資本主義」台頭の中でいかに競争・協調するか

冒頭触れた産業構造審議会の報告書は、国に求められる役割の変化を指摘している。1990年代に広がった「小さな政府」や「規制緩和」の流れの中で、政府は企業活動の自由を保証し、あとは何もしない方がいいという「新自由主義的」な政策思想が見直され、各国政府が新しい官民連携と政府の役割を模索し始めているという認識である。同報告書は、新興国を中心として、経済活動への国の直接的な関与が強まる「国家資本主義」の台頭も指摘している。直近では、イアン・ブレマー著『The End of the Free Market』（2010年）が、リーマンショック後、世界各国で「国家資本主義（State Capitalism）」に向かう傾向が強まっており、これは「100年続くとは言わないが、相当期間続くことになりそうだ」と指摘している。特に、新興国では、国内雇用を守ることが、政権を維持するための最重要課題になってきていることが、この傾向に拍車をかけるという。

日本においては、戦後から1980年代初頭まで、所管省庁の指導の下で、成長途上にあった幼稚産業が基幹産業に育成されてきた。自動車産業は、その代表例と言える。戦後の日本の自動車産業は、まさに「ゼロからの出発」であった。1945年9月、GHQはトラックのみ月産1,500台の生産を許可したが、乗用車の生産は禁止していた。その後、1947年に、年産300台という限定付きで小型乗用車の生産が許可された。戦後しばらくは、「自動車工業無用論」が支配的であり、例えば、1950年、日銀総裁であった一万田尚登は、「日本で自動車工業を育成しようと努力することは無意味だ。いまは国際分業の時代だ。アメリカで安い車ができるのだから、自動車はアメリカに依存すればいい」と発言していた。

こうした中で、1955年、通商産業省（当時）が策定した「国民車育成要綱」が明らかになったことも後押しして、新規参入が相次ぎ、1960年代には、完成車メーカー11社（うち乗用車9社）という体制が確立した。当時の官の役割は、開発目標を提示するといったものであり、むしろ民間企業の間で世界でも類を見ない激しい競争と合理化が行われていたとされている。

1960年代は、1960年に閣議決定された「国民所得倍增計画」に沿うかたちで高度成長が始まり、その後半から、乗用車需要が拡大したが、1960年代前半は、官民双方にとって、自動車産業をいかに貿易自由化に対応させるかが重要課題であった。1960年に閣議決定された「貿易為替自由化計画の大綱」商品別輸入自由化計画は、各商品を、①早期に自由化すべきもの（1年以内）、②近い将来自由化すべきもの（2～3年以内）、③時間をかけて自由化すべきもの（3年以内の自由化は困難）、④自由化は相当期間困難、に分類していた。この中で、乗用車は、③「時間をかけて自由化すべきもの」に分類され、完成車輸入が自由化された1965年まで、一定の保護が継続された。これと平行して、1961年、通商産業省は、自動車産業の国際競争力強化のため、「自動車工業3グループ化構想」を策定し、また、1963年に閣議決定された「特定産業振興臨時措置法案」に、自動車産業の再編構想を盛り込んだ。これら2つは結局、実現も成立もしなかったが、通商産業省は、貿易自由化の流れの中で、自動車産業を緻密な計画の下に育成していたと言えるだろう。

1970年代は、国内需要が急拡大する中で、大幅な生産性の向上も進展し、輸出も大幅に拡大した。1980年には、米国を抜いて自動車生産世界一となった。1970年に米国で成立したマスキー法を最初にクリアしたのが、ホンダであったことに象徴されるように、2度の石油危機の結果として、消費者が求めた「燃費のいいクルマ」を、日本メーカーが提供できたことも一因である。世界市場における日本メーカーの急速なプレゼンス拡大は、貿易摩擦を生み、1980年代を通じた官の役割は、1981年から1994年まで続いた対米輸出自主規制に関する米国政府との交渉・調整が大きかったといえよう。1980年代を通じて、各メーカーは、海外生産を急速に進展させるとともに、世界的に注目を浴びたリーン生産方式によって、さらに世界シェアを伸ばしていった。

以上見たように、日本の自動車産業育成にあたっては、特に、貿易自由化前後において、官のリードが重要な役割を果たしたのは事実であるが、常に通商産業省の構想に基づいて、民間企業が動いたわけではなく、時には官と対立することにも表されていた民間の企業のイニシアチブを踏まえた産業政策が行われた点に、高度成長の秘密の一端があるというのが、この分野の研究者の評価のようである。

現在、日本の自動車産業の成功を踏まえて、新興国も自国の自動車産業を戦略産業と位置付けて、育成に乗り出してきている。例えば、中国は、1986年に、自動車産業を国の「支柱産業（戦略産業）」と規定したが、本格的な産業育成策として、2001年からスタートした「第10次五ヵ年計画」にて、同年10月に予定されていたWTO加盟を視野に入れた競争促進と自由化の方針に基づいた政策を提示した。その内容は、外資導入の推進、業界再編による大企業集団への集約、小型低価格車の奨励、新技術の導入などであった。また、同年、自動車部品産業の育成方針も提示し、5～10社への部品メーカーグループへの再編、国際競争力確保のための国家レベルの開発センター設立、などに取り組むこととした。また、インドは、2006年に、「自動車ミッション2016」を発表し、小型自動車と自動車部品を戦略分野と位置付け、輸出競争力の強化を目指している。

このような流れの中で、日本の完成車メーカー、部品メーカーにとっては、新興国政府の支援を受けた現地メーカーとの間で、本国市場においては、合併会社の事業拡大や技術提携などを通じて、いかに協力しながら事業を拡大できるか、第三国市場においては、現地のニーズをとらえながらいかに競争していくか、ということが長期的な課題となるだろう。例えば、外資系の主要完成車メーカーは、既に中国現地企業と合併会社を設立済みであり、事業を軌道に乗せているが、外資系部品メーカーにとっては、そのような合併事業をいかに成功させるかが、今後の大きなテーマになるだろう。また、現在、中国メーカーは、ASEAN諸国への本格的な輸出は行っていないというものの、いずれは、家電、電子機器、二輪車に続き、輸出を考えてくるといわれており、日本企業にとってのライバルになってくる可能性がある。社会インフラ関連産業など、ほかの産業においても、同じことが今後の重要課題になりそうである。日本の各産業界が、自らの強み

を最大限生かして、競争と協調のモデルを組み立てる必要があるだろう。

## 4. 終わりに

本稿では、自動車産業の100年に学んでこれからの産業を見る視点として3点挙げた。第一に、例えば30年という、長期で進展する事業環境の変化に対応することの重要性和難しさを述べた。第二に、グローバル効率化とローカル化の両立の重要性を述べた。第三に、特に、新興国における産業育成政策には十分な理解が必要であり、国家というステークホルダーを意識した戦略の必要性を述べた。

世界の自動車産業の歴史を見ても、成功と失敗の中から学ぶ教訓が得られる。われわれは、これらの教訓に学んで、過去の失敗を繰り返さず、過去の成功を超える産業発展と産業創出を実現しなければならない。

### 【参考文献】

- [1] Ian Bremmer, *The End of Free Market*, Portfolio, 2010
- [2] International Energy Agency, *World Energy Outlook*, OECD/IEA, 2009
- [3] Joyce Dargay, Dermot Gately and Martin Sommer, "Vehicle Ownership and Income Growth, Worldwide: 1960-2030", 2007
- [4] エリック・エッカーマン『自動車の世界史』グランプリ出版、1996年
- [5] 小浜裕久『戦後日本の産業発展』日本評論社、2001年
- [6] 産業構造審議会 産業競争力部会『産業構造ビジョン2010』2010年
- [7] 志築学『日本の産業発展』創成社、2008年
- [8] 下川浩一『グローバル自動車産業経営史』有斐閣、2004年
- [9] 下川浩一『自動車産業 危機と再生の構造』中央公論新社、2009年
- [10] 土屋勉男、井上隆一郎、大鹿隆『世界自動車メーカーどこが生き残るのか』ダイヤモンド社、2010年
- [11] 本田宗一郎『本田宗一郎 夢を力に - 私の履歴書』日本経済新聞社、2001年
- [12] 西村行功『シナリオ・シンキング』ダイヤモンド社、2003年

## 自動車用エネルギーの長期展望

(財)エネルギー総合工学研究所  
プロジェクト試験研究部 部長 蓮池 宏

(はすいけ ひろし) 1959年静岡県生まれ。東京工業大学総合理工学研究科化学環境工学専攻修了。2006年、博士(工学)。1984年(財)エネルギー総合工学研究所入所。1999年、主管研究員を経て、2006年より現職。クリーンエネルギー自動車、蓄電池、コージェネレーション、集光太陽熱発電、分散電源の系統導入等に関する調査研究および研究開発プロジェクトに従事。担当プロジェクトの累計は60件超。2005年に超長期エネルギー技術ビジョンの運輸分野のロードマップをとりまとめ。2008～2009年、東京工業大学産学官連携研究員を兼務。

### CONTENTS

1. 自動車用エネルギーを取り巻く課題
2. 電気自動車の可能性と限界
3. 燃料電池自動車の可能性と限界
4. バイオ燃料の可能性と限界
5. 長期展望
6. まとめ

### 1. 自動車用エネルギーを取り巻く課題

自動車用に限らずエネルギーの将来像の検討では、CO<sub>2</sub>削減という「環境制約」と、石油をはじめとする化石燃料の枯渇という「資源制約」の2つの問題への対応が中心課題となる。この2つの問題に対し、自動車の分野では下記の対応策が進められている。

- ・ 従来車の燃費向上
- ・ ハイブリッド車
- ・ ディーゼル乗用車
- ・ GTL (Gas To Liquid: 天然ガスからの合成燃料油)
- ・ CTL (Coal To Liquid: 石炭からの合成燃料油)
- ・ バイオ燃料
- ・ 電気自動車およびプラグインハイブリッド車
- ・ 水素燃料電池自動車

これらの対応策の中で、環境制約と資源制約を克服できる、言い換えればCO<sub>2</sub>大幅削減と化石燃料大幅削減を同時に達成できる手段は、電気自動車、水素燃料電池自動車、バイオ燃料の3つに絞られ、長期的にはこれら3つの方向を目指すことになる。この点については、大方の同意が得られるであろう。次の論点は、これらが、いつごろどのような形でシェアを分担していくかである。

これら3つのオプションに対する社会の期待度には、浮き沈みがある。例えば5年前と比較すると、電気自動車への期待が大きく増大しているのに対し、バイオ燃料はやや低下、水素燃料電池自動車は大きく低下している。この間、それぞれの技術レベルが大きく

変化したわけではない。そして現在の期待度が、そのまま将来の姿になるとは限らない。

電気、水素、バイオ燃料の将来のシェアと役割分担を展望するためには、各々の本質的な特性を見極めることが重要である。ただし「見極める」ということは、一面では今後の技術進展の限界を断言することでもあり、それは慎重に行わなければならない。エネルギー総合工学研究所では「技術の見極め」を目指して調査分析を行っており、本稿は、そうした作業の途中経過を紹介するものである。

### 2. 電気自動車の可能性と限界

先にも述べたように、3つのオプションの中で、現在最も注目されているのが電気自動車である。しかし、期待の大きさと別に、その限界について冷静に考察しておく必要がある。

#### (1) 蓄電池の見通し

蓄電池は電気自動車の心臓であり、電気自動車の将来は蓄電池次第といっても過言ではない。

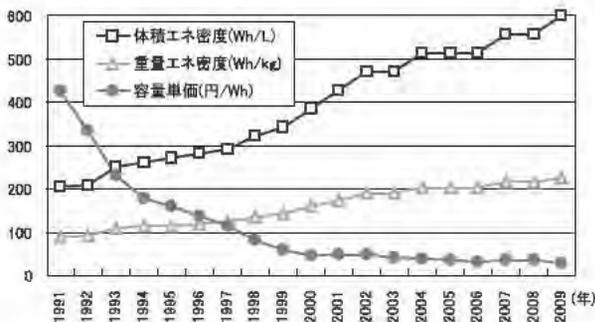
電気自動車用の蓄電池としては当面、リチウムイオン電池が本命である。これは、車載用電池として最も重要な性能である重量エネルギー密度や体積エネルギー密度が、ほかの蓄電池に比べて大きいことが最大の理由である。最近発売または発表された電気自動車にも、リチウムイオン電池が使われている。

現在のリチウムイオン電池の用途は、携帯電話やノートパソコンをはじめとするモバイル電子機器が大

半を占め、世界で年間 32 億個、容量で表すと 15GWh 程度が生産されている。これは三菱の電気自動車 i-MiEV の約 90 万台分に相当し、構成材料のレベルでは既にかなりの量産が行われているといえる。

民生用リチウムイオン電池は、図 1 に示すパソコン用円筒形電池の例のように、エネルギー密度の向上と容量単価の低減が続いている。2009 年の容量単価 29 円 /Wh (2.9 万円 /kWh) は、図 2 に示すロードマップの 2015 年の目標と同等である。ただしこれは、2 年 500 サイクル保てば十分という民生分野での要求の中で、寿命と安全性の余裕を削り、エネルギー密度と容量単価を最優先として開発してきた結果である。この性能とコストが、そのまま電気自動車用電池として実現できるわけではない。

電気自動車用リチウムイオン電池の価格は公表されていない。三菱 i-MiEV では車両価格 460 万円と電池容量 16kWh から、電池の容量単価は 20 万円 /kWh 程度と推定される。また、2010 年末に発売予定の日産リーフは、車両価格 376 万円と電池容量 24kWh から、容量単価は 10 万円 /kWh 程度と推定される。i-MiEV の初年度の販売が 1,400 台に対し、リーフは海外を含め年産 5 万台を計画しており、量産効果が働



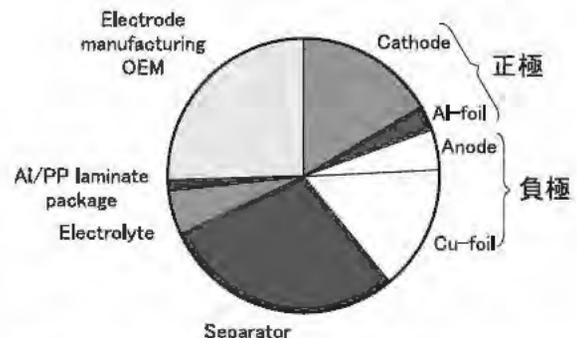
資料: 竹下秀夫「電気自動車/ハイブリッド車向けLiイオン2次電池の市場動向」、次世代電池2010、日経BP社(2009年11月)

図 1 民生用リチウムイオン電池(18650 型)の性能と価格の推移

いていると考えられる。ここまでは図 2 のロードマップに沿っている。

今後のコスト低減の可能性を考えるために、リチウムイオン電池のコスト構成例(図 3)を示す。リチウムイオン電池の構成材料の中で、しばしば正極材のコバルト酸リチウムが高価と言われ、より安価な材料としてマンガン系や鉄系の正極が有望とされている。しかし、コスト全体に占める正極材の割合はそれほど大きくなく、セパレータや銅箔(負極集電体)も同等かそれ以上の割合を占めている。これらの部材は民生用電池向けに既に大量生産されており、さらなる量産によるコスト低減の余地は大きくないと思われる。また、電気自動車用電池では、寿命と安全性を十分に確保する必要があるため、民生用に比べてエネルギー密度が低くなり、容量単価の点で不利になる。セパレータや集電体の容量当たりコストは、エネルギー密度に反比例して高くなるからである。

以上のような状況を考慮すると、今後のリチウムイオン電池のコスト低減は民生用の実績と同程度の 3 万円 /kWh が限界で、図 2 の 2020 年の目標 2 万円 /kWh は相当に厳しいと思われる。IEA が 2009 年に公表した報告書<sup>1)</sup>では、リチウムイオン電池の長期的



資料: 安藤晴彦「我が国の新エネルギー戦略と電池技術への期待」、アドバンスト・バッテリー技術研究会 第100回講演会資料(平成18年7月4日)

図 3 リチウムイオン電池のコスト構成

蓄電池の用途	現在 (2008年度末時点)	2010年頃	2015年頃	2020年頃	2030年以降
パワー密度重視型蓄電池	エネルギー密度: 70 Wh/kg 出力密度: 1800 W/kg コスト: 約20万円/kWh	70 Wh/kg 2000 W/kg 約10万円/kWh	100 Wh/kg 2000 W/kg 約3万円/kWh	200 Wh/kg 2500 W/kg 約2万円/kWh	
エネルギー密度重視型蓄電池	エネルギー密度: 100 Wh/kg 出力密度: 400 W/kg コスト: 約20万円/kWh	100 Wh/kg 1000 W/kg 約10万円/kWh	150 Wh/kg 1200 W/kg 約3万円/kWh	(500 Wh/kg) NEDO目標値	700 Wh/kg 1000 W/kg 約5000円/kWh

資料: NEDO: 次世代自動車用蓄電池技術開発ロードマップ2008概要版、2008

図 2 自動車用蓄電池のロードマップ

なコスト見通しを300～530ドル/kWhとしている。

2030年以降の目標0.5万円/kWhは、現在のリチウムイオン電池の延長線ではなく、新しい革新的な電池系を想定したもの、とされている。しかし、その実現の見通しは全く立っていない。

電気自動車が経済性を有するためには、高価な蓄電池のコストを安い走行費用で取り返すことが基本である。軽自動車クラスの場合、ガソリン車と電気自動車の走行費用の差は1km当たり5円程度なので、生涯走行距離8万kmとすると、走行費用で取り戻せるのは40万円である。したがって、電池のコストは40万円程度に抑えたい。単価10万円/kWhの電池の場合は4kWhしか搭載できず航続距離は40kmしか得られない。単価が3万円/kWhになれば13kWhの電池を搭載でき、航続距離は130kmとなる。このように、電池単価によって経済性の観点から搭載できる容量が決まり、200km以上の航続距離は経済性の点から困難なことがわかる。

## (2) 充電インフラの役割

電気自動車の航続距離が短いという欠点は、急速充電設備を配備することで解消されるという意見があるが、これは当たっていない。

「急速充電により15分で80%の容量の充電が可能」といわれているのは、搭載電池容量8kWhの軽乗用車を急速充電した場合であり、より大きな車になると車両重量と航続距離に比例して電池容量が増え、それに比例して充電時間も長くなる。

現在設置が進められている急速充電器の容量は多くが50kWであるが、その容量は、低圧受電(200V)が可能な範囲での最大容量という観点から決まったものである。充電時間の短縮には、充電器を大容量化すれば良いが、50kW以上の容量になると高圧受電(6,000V)となり、数百万円の受電設備費が必要になる。電池容量24kWhの電気自動車をガソリン車並みの3分程度で充電するには480kWの充電器(電圧400Vならば電流は1,200A)が必要になり、自動車の充電としては現実的でない。

このように、充電時間を抜本的に短縮することは困難である。現在行われている急速充電インフラの整備は、電池切れの不安軽減には有効と思われるが、航続距離の問題を解決することはできない。

## (3) 電池交換システムの可能性

電気自動車への電気エネルギーの補給方法として、電池交換も検討されている。この電池交換システムが成立するためにはいくつかの条件がある。

まず第一に、組電池の仕様統一という問題である。

仕様が統一されない場合、電気自動車のモデル毎に異なる形状の組電池が登場し、電池交換スタンドでは、数十種類の仕様の電池をストックしておくことが求められる。そして、次々と新しい仕様の組電池が登場するため、頻繁に電池の置き場所や交換装置を改造する必要が生じる。このように、組電池の仕様がバラバラでは、電池交換システムの構築は不可能と思われる。

しかし、組電池の仕様統一はいくつかの弊害を伴う。特に、形状・寸法の統一は自動車の設計(パッケージング)の自由度を著しく制約する。例えば、三菱i MiEVではモジュール単位の電池が分散されて配置され、居室スペースの確保に貢献しているが、電池交換システムを前提とすると、こうした配置は不可能になる。

経済産業省の「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会」が2010年1月に発表した報告書<sup>2)</sup>には、スマートグリッドや電気自動車の分野で国際標準化を目指すべき事項が列挙されている。電池に関しては、試験方法や充電プロトコルが挙げられているが、電池自体の標準化は含まれていない。研究会では、逆に標準化すべきでない(したくない)事項についても議論され、蓄電池の性能や形状もそこに挙げられた模様である。

2点目は、電池交換が充電電力の売買という商取引として成立するか、という問題である。

電池の単価を10万円/kWh、充電されている電気単価を10円/kWhとすると、両者の比は10,000:1である。このような物の取引を行う場合、売り手と買い手の関心は価値の高い方に行くのが自然であろう。しかも、電池は電気自動車にとって最重要部品であり、電池の性能によって自動車自体の性能が左右される。一方で、市場には多様なメーカー、製造年、使用履歴の電池が出回ることになり、形状は同じでも性能は相当に異なることが予想される。ユーザーにとっては、充電してあるか否かより、電池が上等かどうかの方がよほど重要になるであろう。このように、電池を個々のユーザー所有とすると、電池交換は電池の売買となり、電池に比べてわずかな価値しかない電気の

売買としては意味をなさなくなる。

これらの問題を回避できる可能性があるのは、タクシーや宅配車のようなフリート車両への適用である。フリート車は車種を限定することで電池仕様の種類も少数に限定することができる。また、運転者と電池のコスト負担者が別なので、運転者が電池交換の際に電池の品定めをすることもない。経済的な面からは、1カ所当たり5,000万円程度<sup>3)</sup>とされる交換ステーションへの先行投資が必要になること、交換用にストックしておく電池の費用が余分にかかること、などが電池交換システム導入のハードルとなる。一方で、電池が車に固定されると、必ず電池寿命の使い残しが出るが、電池交換システムでは電池を寿命いっぱいまで確実に使い切ることができる、という点は有利である。

#### (4) プラグインハイブリッド車の可能性

上記のように電気自動車は、リチウムイオン電池の価格見通しの下では、多種多様な自動車に広く普及するだけの性能は期待できない。急速充電にも限界があり、利便性の悪さを解消できない。この問題は大容量電池が必要な大型車ほど顕在化する。このため、電気自動車は短距離走行用の軽自動車と、電池交換を利用したタクシーや宅配車への導入にとどまるであろう。

これに対しプラグインハイブリッド車は、性能や利便性の面での制約はないことから、リチウムイオン電池が5万円/kWh、2,000サイクルを達成できれば、電気自動車より格段に多様な車種への導入が期待できる。ただし、プラグインハイブリッド車で経済性が得られるのは、使用頻度の多い車である。例えば、業務用や通勤用の車に適している。週に1~2回しか使わない車では、経済性は得られない。

### 3. 水素燃料電池自動車の可能性と限界

水素燃料電池自動車は、車両と燃料供給の両方に課題を抱えているのが弱点である。ただし、車両については技術開発が着実に進んでおり、課題解決の見通しがつきつつある。

#### (1) 燃料電池自動車

燃料電池自動車の実証試験が開始された2002年頃の段階では、①燃料電池の小型化、②低温始動性の向上、

③航続距離の伸長、④耐久性・信頼性の向上、⑤コスト低減、が主要課題として挙げられていた。しかしその後の研究開発により、①~③に関しては、ほぼ実用レベルまで向上が図られ、残された課題は、④耐久性・信頼性の向上と⑤コスト低減に絞られてきている。

例えば寒冷地での使用に関しては、メーカー各社は-25~-30℃での始動性を達成したと発表しており、実用的には問題ない水準に到達しつつある。

航続距離に関しては、燃料電池システムの効率向上、水素貯蔵圧力の高圧化、車両レイアウトの工夫による水素搭載量の増加などによって、従来車に匹敵する航続距離を有する燃料電池自動車が開発されてきている。

ホンダが2006年度に発表したFCXコンセプトでは、35MPaの高圧水素タンクを搭載し、LA4モードで570kmの航続距離を達成している<sup>4)</sup>。トヨタの改良型FCHVでは、70MPaの高圧水素タンクを搭載し、航続距離は10・15モードで830kmに達している<sup>5)</sup>。日産自動車は、35MPaでも従来車にはほぼ匹敵する性能の燃料電池自動車が2010年までに開発可能と述べている<sup>4)</sup>。このように、航続距離は実用化に向けての致命的な課題ではなくなってきた。

耐久性に関しては、トヨタでは、燃料電池スタックの耐久性として10年以上を確保し、15年20万キロを見通せる段階に来たとしている。また、実車での長期運転試験では燃料電池の出力低下(30%程度)はあったものの50万kmまでの運転を実証している<sup>5)</sup>。

トヨタ、日産、ホンダ、ダイムラー、GMなどの自動車メーカーは、各社数十台から100台を超える燃料電池自動車を用いて公道での走行実証試験を継続しており、信頼性確保のための運転実績データも蓄積されている。

わが国では、自動車メーカーと水素供給事業者との間で、一般ユーザーへの販売開始の目標を2015年とすることで合意がなされている(図4)。その目標実現は、車両性能に関しては十分射程内にあると思われる。

最後の問題はコスト低減である。乗用車タイプで500万円以下の見通しが得られているとの情報もあるが、その先は楽観視できない。ガソリン車と比べると、エンジンが燃料電池とインバータと電気モーターに、ガソリタンクが水素タンクに置き換わるわけで、これだけ考えればガソリン車に対するコストアップは避けられない。むしろ、車両価格をどこまで既存車に近

づけられるか、そのアップ分を燃料費（水素とガソリンの比較）で取り返してトータルとして経済性を確保できるか、という考え方をとるべきかも知れない。



資料:水素供給・利用技術研究組合「水素供給の見通し及びインフラ整備の取り組みについて」平成21年度環境対応車普及方策検討会(2010年2月14日)

図4 燃料電池自動車と水素ステーションの普及シナリオ

## (2) 水素供給

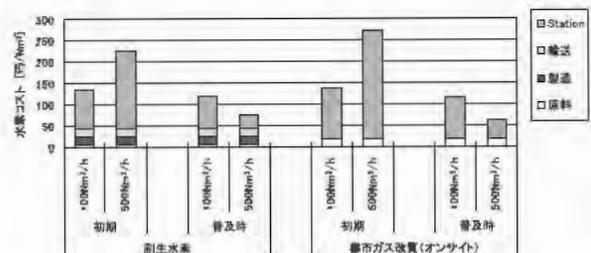
水素供給は技術的問題よりむしろ経済的な問題が大きい。自動車と水素インフラのどちらが先か、という「卵と鶏の問題」の答えは、図4のシナリオにもあるように、「インフラ整備が先」という結論が出ている。つまり、燃料電池自動車普及する前から、その普及を信じてインフラ整備のために先行投資することが求められるわけである。

水素充電ステーションの建設費は、現時点で一カ所5億円程度かかる。ステーション数は最低500カ所、できれば数千カ所が必要であるので、ステーション建設費の低下を見込んで、総額で数千億円から1兆円を超える投資が必要となる。数千億円の投資を20年程度で回収する事業スキームは珍しいものではないが、回収の確実性が問題である。燃料電池自動車の大量普及を前提とした水素の販売という事業は、道路、空港、発電所などに比べて、現状でははるかにリスクが高い。このリスクをいかに低減できるかが問われることになる。また、投資のタイミングも重要になってくる。

水素の原料（エネルギー源）については、都市ガス、副生水素のほか、各種の再生可能エネルギーや原子力まで、多種多様な選択肢があり量的なポテンシャルは十分にある。その中で安価な水素供給が可能なのは副生水素と都市ガス改質である。図5はその二つの方法による水素供給コストの試算例である。普及初期にお

いて大規模ステーションの方がコストが高いのは、燃料電池自動車の普及台数が少ないために稼働率が低くなることを考慮したことによる。燃料電池自動車が十分に普及した段階では、60～75円/Nm<sup>3</sup>（燃費を考慮したガソリン換算で55～65円/L）と試算されており、これは現在の税抜きガソリン価格と同レベルである。ただし先に述べたように、燃料電池自動車がガソリン車より本質的に高コストであることを考慮すると、もう一段のコスト低減が求められる。

なお、副生水素と都市ガス改質は、コスト的には有利であるが、いずれも水素製造時にCO<sub>2</sub>が発生する。ガソリン車と比較してのCO<sub>2</sub>排出削減は、前提条件にもよるが、20～40%程度である。CO<sub>2</sub>の大幅削減という大目標を実現するためには、再生可能エネルギーや原子力の利用、あるいは水素製造時にCO<sub>2</sub>回収を行うことが必要になる。それらの低炭素水素供給は一層コスト高であることは明らかである。こうした低炭素水素をどのように市場に取り込んでいくかという問題について検討は、今後の課題である。



資料:NEDO(委託先:エネルギー総合工学研究所)「水素安全利用等基盤技術開発 水素に関する共通基盤技術開発 水素シナリオの研究-1」(平成17年3月)

図5 水素供給コストの試算例

## 4. バイオ燃料の可能性と限界

バイオ燃料は、ガソリン代替としてのエタノール、軽油代替としてのバイオディーゼル燃料を始め、そのほかにも種々の選択肢がある。紙面の制約から、それらを個々に論ずることはできないので、ここでは代表としてエタノールを取り上げて議論を進める。ほかのバイオ燃料の評価も本質的には変わらないと考える。

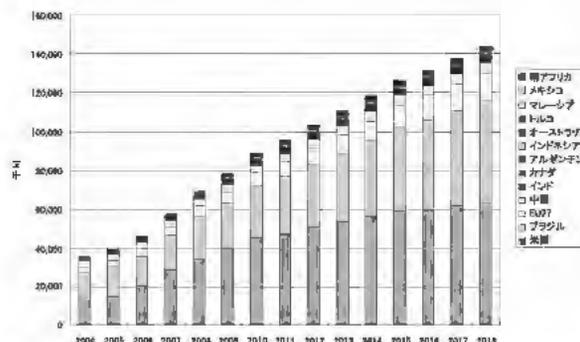
バイオ燃料の基本的な課題は、価格と供給可能量である。

(1) 価格

日本国内のバイオマス資源から製造するエタノールは、価格面でも資源量の面でも、大きな期待はできない。自動車用バイオ燃料に対する関心が高まった2006～2008年頃に、サトウキビ、非食用米、稲わら、廃木材などの国内資源からエタノールを製造する場合のコスト試算が多数行われた。その結果はおおむね100円/L（ガソリン換算で150円/L）前後であった。これはガソリンの税抜き価格の約2倍である。補助金の適用や課税免除などにより市場導入することはできるが、持続可能ではない。コスト低減には、原料コスト・製造コスト両方の低減が必要である。そのために、原料生産の大規模化、収集の効率化、製造プラントの大規模化などが求められるが、わが国の農林業や道路交通の実態から考えると、大きな改善は望み薄である。

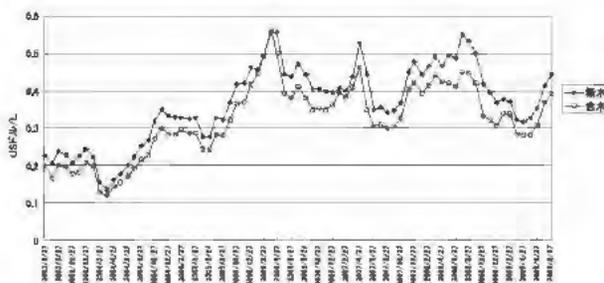
一方、ブラジルと米国では、サトウキビやコーンを原料としたエタノールの生産が行われており、今後も拡大することが予想されている（図6）。ブラジルでのエタノール価格は0.3～0.5ドル/L（ガソリン換算で0.45～0.75ドル/L）で推移しており（図7）、大規模生産が可能な国ではガソリンと同レベルの価格が実現できるといえる。ただし、これを日本へ輸入する場合には、出荷、海上輸送、受け入れなどのコストがかかる。日本におけるエタノールの輸入価格を図7と比較すると20円/L程度（ガソリン換算で30円/L）高くなっている。

現在のバイオ燃料は農作物を原料としているが、将来的には、食料と競合しないセルロース系原料（木質、草本、農業残さなど）への転換が必要で、その技術開発が進められている。日本では40円/L、米国では0.59ドル/ガロン（0.156ドル/L）を目標としているが、セルロース原料の場合は、糖やでんぷんを用いる場合に比べて前処理工程が追加されるため、原理的にコストは上昇する。高い目標を掲げる意義はあるが、現実的には図7に示した現状のエタノール市場価格が目標となる。



資料：バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会 中間とりまとめ（平成22年3月）

図6 世界のエタノール生産予測



資料：バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会 中間とりまとめ（平成22年3月）

図7 ブラジルにおけるエタノール価格の推移

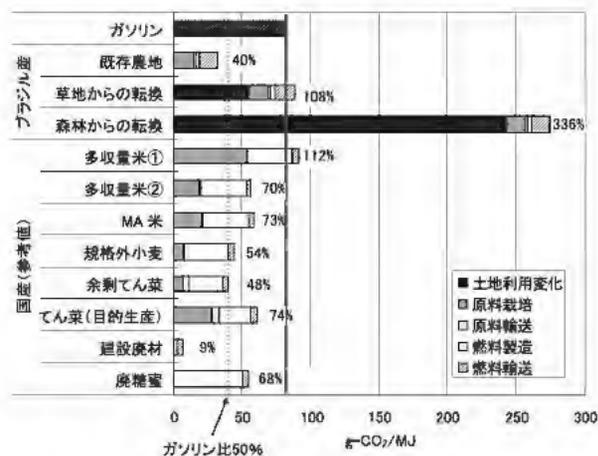
(2) 供給量

バイオ燃料の供給量を論ずるに当たり、最近の重要な動きについて触れておく必要がある。

バイオ燃料は、京都議定書ではCO<sub>2</sub>排出がゼロの「カーボンニュートラル」として扱われている。しかし、2008年に起こったバイオ燃料増産による食料価格高騰を契機として、欧米ではバイオ燃料について、LCA（開墾・原料栽培・生産・輸送含めたライフサイクルアセスメント）に基づくCO<sub>2</sub>削減効果の検証と、食料競合などについての影響評価を行い、一定の「持続可能性基準」を満たすバイオ燃料に導入対象を限定する動きが進展している。こうした動きを受けて、わが国でも2008年に経産省、環境省、農水省合同の「バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会」が設置され、2010年3月に報告書が取りまとめられた<sup>6)</sup>。その報告書では、「持続可能性基準」について、EUや英国がLCAによるCO<sub>2</sub>排出の50%減と設定していることなどを踏まえ、「わが国もガソリンのLCA CO<sub>2</sub>排出と比較して50%減とすることが一つの方向性」としている。

報告書では、さまざまなケースについてLCA CO<sub>2</sub>の試算値を示している。上記の基準を満たすバイオ燃料でわが国が調達可能なものは、現時点ではブラジルの既存農地のサトウキビと一部の国産（てん菜、建築廃材）を原料とするエタノールに限定される（図8）。

経済産業省と農林水産省は、「2020年のセルロース系バイオ燃料等の生産量試算検討会」を設置し、上記の基準も考慮の上、セルロース系バイオ燃料などの国内生産可能量を原油換算で約40万klと試算している<sup>7)</sup>。これは、日本のガソリン消費量（約6,000万kl）の1%にも満たない。



資料：バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会  
中間とりまとめ(平成22年3月)

図8 各種原料からのエタノール生産のLCA CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub>削減や石油消費削減にインパクトを与えるほどのバイオ燃料の導入は、海外資源に頼らざるを得ない。ただし、世界で唯一輸出余力があるブラジル産エタノールも、LCA CO<sub>2</sub>の50%減という基準を満たすのは既存農地分だけであり、その輸出可能量は原油換算20万kl程度と見られている。

中長期的観点に立てば、わが国においてバイオ燃料の大量利用を実現するためには、バイオマス生産から燃料製造まで手がける開発輸入の方向に向かわざるを得ない。その場合の導入可能量は、世界全体の供給可能量に影響される。

図6に示した2015年生産量1.5億kl（ガソリン換算1億kl）は、現在の世界のガソリン消費量20億klの5%に相当する。このことから、数十%のオーダーの潜在的供給可能量はあることが想像される。将来の世界全体におけるバイオ燃料の供給可能量について評

価した研究例は少なからず存在するが、さまざまな要因が影響するため、評価には大きな幅がある。また、当然ながらLCA CO<sub>2</sub>の基準を考慮した評価にはなっていない。持続可能性基準の国際的合意が固まれば、その基準を適用した場合の供給可能量の再評価が、世界各所で行われると予想される。その際、土地利用変化の影響を折り込むことで陸上バイオマスに対する評価が厳しくなる一方で、藻類などの海洋バイオマスがクローズアップされる可能性がある。

なお、世界のバイオマス資源がすべて自動車用燃料に転換される保証はなく、自動車燃料より経済性やCO<sub>2</sub>削減効果の面で優れる用途に振り向けられる可能性があることも考慮する必要がある。

## 5. 長期展望

以上述べてきた電気、水素、バイオ燃料の基本的な特性に関する現時点の見通しに基づいて、環境制約と資源制約の克服にどこまで近づけるかを予想してみる。想定年次は2050年あるいはそれ以降で、研究開発と普及のリードタイムを十分に経た後という想定である。日本国内を対象とするが、原則的な部分は世界全体にも拡大できるであろう。

まず、本稿では詳しく触れなかったが、プラグインハイブリッド車は利便性の面でも車両価格の面でもユーザーへの受容性が高いことから、広く普及することが期待できる。ただし経済的なメリットが得られるのは使用頻度が高い車であり、すべての自動車がプラグインハイブリッドに適しているわけではない。また、電気自動車は短距離限定の軽自動車と、電池交換を利用したタクシーや宅配車などへの導入にとどまるであろう。

このプラグインハイブリッド車と電気自動車の普及によって、自動車用エネルギーの電化が一定量進展する。普及対象が軽や小型車中心であることから、台数のシェアは30～50%を占めるものの、自動車のエネルギー消費全体に占める電力の割合は20～30%であろう。また言うまでもないが、電化比率とCO<sub>2</sub>削減率は同一ではなく、CO<sub>2</sub>削減率は発電の低炭素化の度合いに依存する。

残る70～80%には、電気自動車に適さない小型以上の乗用車、トラック、バスと、プラグインハイブリッ

ド車のエンジン走行部分が含まれる。この部分はハイブリッド車の普及で燃料消費削減が進むが、その程度は20～30%であろう。抜本的な低炭素化は、バイオ燃料と水素の役割になる。水素燃料電池自動車は、電気自動車との対比で議論されることが多いが、本当の競合相手はバイオ燃料であると考えられる。

バイオ燃料と水素を比較すると、現時点では、技術的・経済的にバイオ燃料の方が有利であり、事実、ガソリンへのエタノール混合や軽油へのBDF混合が一部の地域では進展している。日本は国内に安価なバイオマス資源が少ないため普及が遅れるが、長期的に見れば少なくとも10%の混入は進むであろう。10%を超えてどこまでバイオ燃料の比率が高まるかは、資源量に依存する。バイオ燃料に持続性基準の縛りが課せられることにより、草地や森林をエネルギー作物栽培に転換することが制約されると、バイオ燃料の供給ポテンシャルはかなり制限されることになる。自動車以外でのバイオマス利用のニーズも考え合わせると、バイオ燃料が中長距離用自動車のエネルギーを全部代替することは到底できず、導入は頭打ちとなると予想される。

そこで次に水素が、中長距離輸送の領域を中心に導入されていくことになる。水素の供給源は、副生水素や都市ガス改質などの化石燃料起源から始まり、CO<sub>2</sub>回収付き製造、再生可能エネルギー、原子力など、CO<sub>2</sub>を排出しない製造方法に移行していく。

なお、上記の電化に適さない70～80%の部分は、当面、化石燃料が使われる。石油価格がある程度上昇すると、非在来石油やGTLの供給が始まり、液体炭化水素燃料の価格はある水準（例えば100ドル/bbl程度）に維持され、そのままでは水素（特に低炭素水素）の普及が進まない恐れがある。

そのような状況が変わるためには、厳しさを増す地球温暖化問題を背景に、炭素税や排出権取引などのCO<sub>2</sub>排出に対する経済的ペナルティが課されて化石燃料の末端価格が上昇し、水素燃料電池自動車を経済的に成立するというシナリオが考えられ、実際にそのように社会が動いていく可能性は高いと思われる。

## 6. まとめ

本稿では、環境制約と資源制約の問題を抜本的に解決する手段としての電気、水素、バイオ燃料について、その可能性と限界を考察し、長期的な将来のシナリオを描いてみた。極力、客観的・本質的な考察を心がけたが、認識違いなどがあつたとすれば、それは筆者の力不足によるものである。

将来を見通すためには、技術の進展はもちろんであるが、社会制度も重要な要因として目を配る必要がある。本稿で触れた電池の標準化やバイオマスの持続可能性基準の問題は、その一例である。

情勢は日々変化しており、今後も継続して各種動向の把握と分析を行うことにより、長期展望の精度向上を目指していきたいと考えている。また、本稿のようなシナリオライティングの作業と並行して、エネルギー需給モデル、自動車ユーザーの車種選好モデル、車両やインフラ設備のコスト低減モデルなどを構築して、それら組み合わせることにより自動車用エネルギーの将来像を定量的に描くことにも取り組んでいく予定である。

### 参考文献

- 1) International Energy Agency, "Transport, Energy and CO<sub>2</sub>", 2009.
- 2) 次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会, 「次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて」(2010年1月).
- 3) ベタープレイス・ジャパン(株)のコメント
- 4) 日本自動車研究所, 「燃料電池自動車に関する調査研究報告書」(平成21年3月)
- 5) 大仲英巳, 「トヨタにおける燃料電池自動車の開発」, 燃料電池, Vol.9, No.3 (2010)
- 6) バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会 中間とりまとめ(平成22年3月)
- 7) 2020年のセルロース系バイオ燃料等の生産量試算検討会, 「我が国の技術力を活用したセルロース系バイオ燃料等の生産可能量(試算)」(平成21年5月)

# 低炭素社会構築に向けた自動車関連政策の動向

研究第二部 副主任研究員 赤松 志津

## 1. はじめに

昨年は、ドイツをはじめ世界各国に広まったスクラップインセンティブ（車齢が古い自動車を廃車し、新しい自動車に買い替えた場合の優遇策）の効果により、新車販売台数の改善が見られた。日本でも、昨年4月に導入された次世代自動車への減税に加えて、同年6月から車齢13年超の自動車からの買い替え補助も実施し、トヨタ・プリウスの新車販売台数が、昨年5月以来連続一位を記録している。このような次世代車、特に、最近注目を集めている電気系自動車（電気自動車 [EV]、プラグインハイブリッド車 [PHEV]、ハイブリッド車 [HEV]）への普及支援策が、運輸部門の低炭素化に与える影響は大きい。本稿では、国レベル政策の最新動向と、まちづくりという観点からの都市レベルの施策について解説する。

## 2. 長期シナリオにおける支援政策の想定

国際エネルギー機関（IEA）が検討した「2050年CO<sub>2</sub>半減シナリオ（BLUE Map）」（図1）では、世界の乗用車販売台数に占めるEV・PHEVの割合が、2050年に60%（販売台数1億台）まで大幅に拡大す

る必要があるとされている。これを達成するための条件として、以下のような政策の導入が挙げられている。

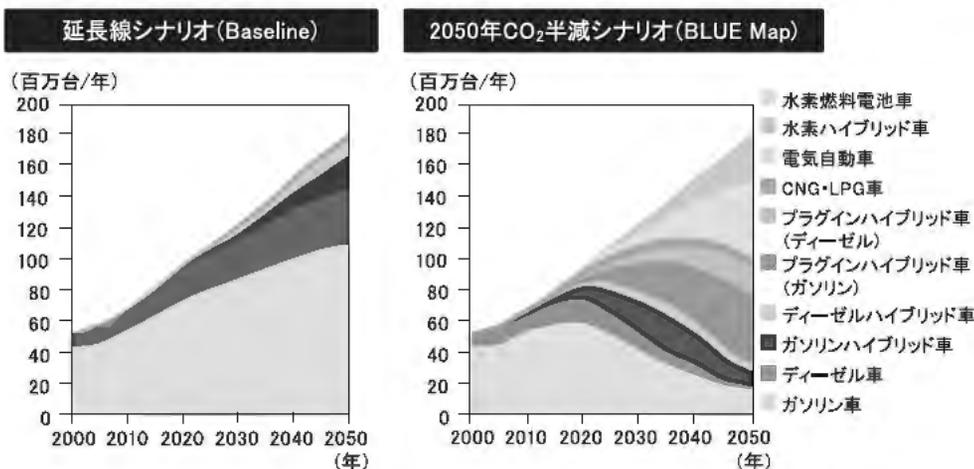
- ・EV/PHEV購入インセンティブ
- ・充電インフラ整備とインセンティブ
- ・電池の研究開発推進
- ・炭素価格：175米ドル/CO<sub>2</sub>トン（2050年）
- ・燃料税
- ・道路利用料金制

また、本年4月12日に発表された経済産業省「次世代自動車戦略2010」では、2020～2030年乗用車車種別普及見通しとして、「民間努力ケース」と「政府目標」の2通りを提示している（表1）。「民間努力ケース」は、メーカーが燃費改善、次世代自動車開発に最大限努力した場合であり、「政府目標」は、政府による積極的なインセンティブ（開発・購入補助・税制・

表1 乗用車普及目標（2020年、2030年）

	2020年		2030年	
	民間努力	政府目標	民間努力	政府目標
従来車	80%以上	50～80%	60～70%	30～50%
次世代自動車	20%未満	20～50%	30～40%	50～70%
HEV	10～15%	20～30%	20～30%	30～40%
EV、PHEV	5～10%	15～20%	10～20%	20～30%
燃料電池車	わずか	～1%	1%	～3%
クリーンディーゼル車	わずか	～5%	～5%	5～10%

資料：経済産業省「次世代自動車戦略2010」より日立総研作成



資料：IEA「Energy Technology Perspectives 2010」より日立総研作成

図1 世界乗用車販売台数シェア（Baseline、BLUE Map）

インフラ整備など)があった場合である。2030年の日本の新車販売台数に占める次世代自動車の割合は、「民間努力ケース」の場合30～40%、「政府目標」の場合50～70%と、政策支援により次世代自動車の割合が20～30%増えると予測している。

### 3. 主要国の電気系自動車普及政策

#### 3.1. 数値目標の設定と支援策

表2に、主要国の電気系自動車普及支援政策を示す。米国オバマ大統領は、「2015年までにプラグインハイブリッド車100万台普及」を目標に、EV、PHEVやその部品(電池、モーター、インバーターなど)の①開発支援、②製造支援、③普及支援(公共交通用)、④購入支援(税制優遇)、⑤燃費規制強化の前倒しなど、さまざまな支援策を展開している。他にも、ドイツは「2020年までに100万台、2030年までに500万台の電気自動車(EVおよびPHEV)普及」を目標に、EV・PHEVの技術開発、充電インフラの整備などに5億ユーロを投資する計画である。実は、中国も「2011年までにEV・PHEV・HEV約50万台、2020年までにEV・PHEV約450万台普及」というチャレンジング

な目標を設定し、エコカーと充電インフラの整備・運用に200億円の補助金支出を決めている。さらに、本年6月からは、EVなどの普及促進のための試行政策を発表し、消費者への購入補助金支給を試行するモデル都市として、上海市、長春市、杭州市など5都市を選定した。補助金額は、EVで最高6万円(約77万円)、家庭電源で充電できるPHEVで最高5万円(約65万円)となり、従来のHEVは対象に含まれていない。

一方、二国間協力の取り組みとして、昨年11月、米国オバマ大統領と中国胡錦濤国家主席が発表した「米中電気自動車イニシアチブ」の例がある。10都市以上での実証プロジェクト、技術ロードマップの策定、市民啓発プロジェクトなどを計画している。今後、このような国家間の連携・共同研究などが増えてくる可能性がある。

#### 3.2. CO<sub>2</sub>排出規制の強化

CO<sub>2</sub>排出(燃費)規制の強化も、電気系自動車開発を後押ししている。現在のところ、先進国を中心に規制強化が進んでいる。例えば、米国では、昨年5月、オバマ大統領が、燃費約15km/ℓ(35.5マイル/ガロ

表2 主要国の電気系自動車普及支援政策

国	目標	支援内容	支援額
日本	2030年までに電池容量を現状の7倍、コストを40分の1	高性能かつ低コストな二次電池およびその周辺機器(モータ、電池制御装置など)の開発	2007年度49億円、2008年度53億円、5年間
	2020年までに新車販売の50%を次世代自動車に(EV、HEV、PHEV、燃料電池車、クリーンディーゼル車、CNG自動車など)	次世代自動車の自動車取得税削減・軽減(2009年4月1日～2012年3月31日)、重量税・取得税削減・軽減(2009年4月1日～2012年4月30日)	取得税87,800円/台、重量税56,700円/台(プリウスの場合)
		車齢13年超車から2010年燃費基準達成車へ買い替え(2009年6月19日～2010年9月30日)	25万円/台(登録車) 10万円/台(軽自動車)
		車齢13年超車から2010年燃費基準+15%以上達成車新車購入(2009年6月19日～2010年9月30日)	10万円/台(登録車) 5万円/台(軽自動車)
米国	2015年までに100万台のPHEV普及	EV・PHEVや電池などの開発	24億米ドル投資
		低燃費車・EV・電池などの製造設備導入	約85億米ドル融資
		低燃費車の減税(2006年1月1日～2010年12月31日)	最大3,150米ドル/台(HEVの場合) 最大7,500米ドル/台(PHEVの場合)
		低燃費車へ新車買い替え(2010年7月24日～8月24日)	最大4,500米ドル/台
ドイツ	2020年までに100万台、2030年までに500万台の電気自動車(EVおよびPHEV)普及	EV・PHEVに関する技術開発(特に電池技術)、充電設備網の整備など	5億ユーロ投資(2009～2011年の3年間)
		車齢9年超車から新車買い替え(2009年2月～9月2日)	2,500ユーロ/台
フランス	2020年までに200万台、2025年までに450万台電気自動車(EV、PHEV)普及	EVや部品の研究開発、充電インフラの整備など	15億ユーロ
		EV購入補助金	5,000ユーロ/台
中国	2011年までにEV・PHEV・HEV約50万台、2020年までにEV・PHEV約450万台普及	エコカーと充電インフラの整備、運用に補助金	200億元
		HEV・EV購入補助(乗用車の場合)	最大5万円/台(PHEVの場合)、最大6万円/台(EVの場合)

注:日本の買い替え・新車購入補助の申請開始は、2009年6月19日だが、2009年4月10日にさかのぼって適用可能

資料:各種公表資料より日立総研作成

ン)の目標年を2016年から2012年に4年前倒しした上で、新燃費基準は2012年より適用し、2016年まで順次引き上げるという燃費規制強化を発表した。本年4月、米国運輸省と環境保護局は、この施策を2012年から段階的に適用することを正式に決定した。現在、EUが、CO<sub>2</sub>排出規制のレベルでリードしており、域内で発売される乗用車に対して、2015年CO<sub>2</sub>排出量130g/kmが課せられ、2012年から段階的に適用されることが決まっている。さらに、長期目標として2020年CO<sub>2</sub>排出量95g/kmが挙げられている。温暖化対策のため、今後、長期的にCO<sub>2</sub>排出規制が世界的に強化されていくことになる。

温暖化対策については、国連レベルでの検討状況が重要になる。昨年12月、190カ国以上が出席して、COP15(第15回気候変動枠組み条約締約国会議)が開催された。1997年に採択された京都議定書の約束期間(2008～2012年)の終了時期が近づき、京都議定書後(「ポスト京都」)の温暖化対策の国際的な枠組みを決めるための議論が行われたが、先進国と途上国の主張がぶつかり、交渉がもつれた結果、法的拘束力のない「コペンハーゲン合意」を採択するにとどまった(表3)。

本年11月末から12月初めにかけて、メキシコ・カンクンで開催されるCOP16に向けて、ポスト京都議定書策定に関する特別作業部会が継続的に開催され、コペンハーゲン合意を今後の交渉の土台とする方向で議論が進んでいる。しかしながら、COPは、参加国の全会一致が原則であるため、各国の排出削減目標など、温暖化対策のレベルを規定する項目について合意形成するためには、相当の困難が伴うとみられる。

表3 コペンハーゲン合意

合意の主要ポイント	内容
世界全体の長期目標	●産業革命前からの気温上昇を2度以内に抑制
先進国の中期削減目標	●2020年までの目標を提示(期限:2010年1月)
途上国の削減行動	●自主的な削減行動計画を作成(期限:2010年1月)
資金支援メカニズム(対途上国)	●2010～2012年に300億米ドルを拠出 ●2020年までに年間1,000億米ドルを拠出

資料:国連資料より日立総研作成

## 4. 世界の低炭素都市構想におけるモビリティの役割

日本だけでなく、世界各地において、都市レベルで低炭素化に取り組む動きが加速している。これらの先

進都市は、発電、産業、民生(住宅など)などに関して、総合的な対策を進めており、モビリティ(運輸部門)を低炭素化するためのさまざまな施策を打ち出している。

表4 低炭素都市構想におけるモビリティ対策

都市名	各都市の取り組み
北九州市	●高効率交通システム導入 ●次世代自動車用部品の生産拠点化など、環境配慮型高度部材産業の育成
横浜市	●PHEV、EVの導入 ●日産自動車などとの協力により、EV普及やITS活用による交通流対策、車の新たな利用形態、公共交通との連携などを実証試験、効果検証
天津エコシティ	●EVやトラムなどの軌道交通などを利用した環境負荷の小さい交通システムの導入
マスターシティ	●従来の自動車に代わり、「PRT(Personal Rapid Transit)」と呼ぶ自動運転の電気駆動タクシー導入

資料:各種公表資料より日立総研作成

### 4.1. 日本の低炭素都市構想

日本では、現在、12都市および1東京特別区を「環境モデル都市」に指定している(表5)。これまで、政

表5 日本の環境モデル都市

	2008年7月選定	2009年1月追加選定
大都市	●横浜市、●北九州市	京都市、堺市
地方中心都市	帯広市、富山市	飯田市、豊田市
小規模市町村	下川町、水俣市	橋原町、宮古島市
東京特別区	—	千代田区

資料:内閣官房 地域活性化統合事務局 低炭素都市推進協議会HPより日立総研作成

策分野別(交通対策、エネルギー対策、廃棄物対策、森林保全など)と、主体別(産業、民生など)の対策を平行して実施し、対策技術について一定の知見が集積され効果も挙げてきた。しかし、より大きな削減効果を実現するためには、分野ごとに得られた知見を、都市・地域というレベルで横断的に取り込んだ対策を行う必要があるという認識が高まってきたことが背景にある。これらの都市は、5つの選定基準(①大幅な削減目標、②先導性・モデル性、③地域適合性、④実現可能性、⑤持続可能性)に基づいて、提案内容が評価され選定されている。特に、北九州市、横浜市の取り組みが先進的との評価が高く、モビリティ分野での対策にも優れたアイデアが盛り込まれているといえる。

#### (1) 北九州市の取り組み

北九州市は、「アジアの環境フロンティア都市」を目指して、「北九州市環境モデル都市行動計画」を作成し、①歩いて暮らせるコンパクトなまちづくり、②高効率交通システムの検討・導入促進、③物流分野の低炭素化、④次世代環境モビリティを実現するカーエレクトロニクスの研究開発拠点づくりやハイブリッド車用部品の生産拠点化などを行っている。関連産業を立ち上げるころまで計画に含まれている点が特長である。

#### (2) 横浜市の取り組み

横浜市は、「横浜市脱温暖化行動方針 (CO-DO30)」で定める目標「2025年までに市民一人当たり排出量を30%以上削減(2004年度比)」の達成を目指す。7分野に分けた行動方針を示し、交通分野においては、「徒歩・自転車・公共交通によって移動できるまちづくりと自動車の脱温暖化の促進」を掲げ、日産自動車などとの協力により、EV普及やITS(Intelligent Transport System:人、道路、車両を情報でつなぐ高度道路交通システム)活用による交通流対策、カーシェアリングなどの車の新たな利用形態、公共交通との連携などに関する実証試験、効果検証を行っている。

### 4.2. 海外の低炭素都市構想

#### (1) 天津エコシティの取り組み

中国には、多数の低炭素都市構想があるが、中でも最大級の規模を有しているのが天津エコシティである。中国政府とシンガポール政府が共同でプロジェクトを立ち上げ、開発面積は34.2km<sup>2</sup>であり、人口35万人を視野に2020年の完成を目指している。この天津エコシティが、世界的に最先端の取り組みと評価されている理由の一つが、明確な環境目標数値の設定である。自然環境、生活環境、インフラ、資源効率など、20を超える項目について、日本のレベルから見ても、高い数値目標を設定している。運輸部門については、「2020年までに次世代交通での移動量を90%に」という目標を掲げ、EVやトラムなどの軌道交通、自転車レンタルなどを利用した環境負荷の小さい交通システムを計画している。

#### (2) マスダールシティの取り組み

アラブ首長国連邦(UAE)の首長国の一つであるアブダビのAbu Dhabi Future Energy Co.(ADFEC社)が2006年に発表したマスダールシティ計画は、

アブダビ空港に隣接する面積6.5km<sup>2</sup>の砂漠だった区域に、5万人が住み、4万人が外部から通勤する9万人規模の街を2013年までに建設しようというものである。CO<sub>2</sub>排出ゼロ、廃棄物ゼロの「ゼロエミッション都市」を目指し、従来の自動車に代わり、「LRT(Light Rail Transit:次世代型路面電車システム)」や「PRT(Personal Rapid Transit)」と呼ぶ一種の自動運転で電気駆動のタクシーが導入される予定である。

注:PRTとは、4人乗り程度の小型車両を簡易なレール、または専用道路に沿って無人で運転させる交通システム。モノレールとの最大の違いは、レールが多数分岐しており、行き先を乗客が選択できる点。運転は中央管理局によって集中管理され、乗客は乗用車に行き先を言葉で伝えるか、入力するだけでよい。

これらの低炭素都市構想には、①EV・PHEV、②電気駆動式の軌道交通(公共交通)、③ITSなどの渋滞改善技術、④カーシェアリングなどの導入が検討されている。こうした技術を都市の規模や用途に応じて、最適配置した都市計画が必要となるだろう。

## 5. むすび

以上述べた通り、現在、低炭素社会構築に向けた、国レベルの取り組みとして、先進国を中心に、電気系自動車普及の支援政策と規制が強化されている。また、先進的な都市レベルの取り組みにおいては、単に電気系自動車を普及させるのではなく、公共交通の利用やカーシェアリングの導入など、モビリティのあり方を根本的に変える社会システムの構築が目指されている点に注目したい。このようなアプローチが拡大することにより、部分最適ではなく、CO<sub>2</sub>排出削減における全体最適に道が開かれると考える。

#### 参考文献

- (1) International Energy Agency,「Energy Technology Perspectives 2010」
- (2) International Energy Agency,「World Energy Outlook 2009」
- (3) 日本総合研究所「中国環境都市 中国の環境産業戦略とエコシティビジネス」
- (4) 日経BP「スマートエネルギー」

## 中国自動車産業の現状と将来

(株)現代文化研究所  
主任研究員 呉 保寧

### CONTENTS

1. 2009年自動車市場特徴の回顧
2. 2010年自動車市場と将来展望
3. 中国民族系自動車メーカーの国際競争力
4. 中国の自動車産業政策と新エネ車の普及

中国の自動車産業はなぜ好調なのか。市場規模とそのポテンシャルは続くのか。各自動車メーカーが急速に中国市場へかじを切っているが、売れ筋モデルはどのようなものなのか。世界に注目されている吉利汽車、奇瑞汽車とBYDなどといった民族系自動車メーカーの国際競争力はどこにあるか。中国の自動車政策はどのように自動車産業を導くのか、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、ハイブリッド車(HEV)という「新エネルギー車」(以下、「新エネ車」)の本格普及で世界に先駆けるだろうか。

本稿では、中国自動車産業の成長を振り返りながら、その特徴と課題を考える。

### 1. 2009年自動車市場特徴の回顧

中国の新車販売台数は、2000年には約180万台で世界第7位であったが、2009年には1,300万台を超え、金融危機後の米国の景気落ち込みの影響もあり、米国を抜いて第1位となった。一方、日本は近年の平均であった550万台強には達せず、第3位の460万台強にとどまっている。このように急拡大する中国市場の背景要因として、まず中国のマクロ経済の安定と景気刺激策による自動車市場の後押しがあり、自動車業界にあっても産業再編や新製品の継続的な発表などの構造的変化があったこと。また、市場の拡大という側面では、東部沿海の大都市のみならず、地方都市や農村部などの2・3級市場が自動車消費をけん引する重要な役割を担ったことが挙げられる。

乗用車・商用車というセグメント別の製品販売構造

(ご ほうい) 1963年中国生まれ。武漢大学法学研究科国際経済法専攻修了。1991年来日、自動車メーカー勤務を経て現職。中国国家信息中心経済諮詢中心客員研究員を兼任。中国自動車産業政策と技術法規の動向、中国における主要自動車メーカーの動向に関する研究に従事。

著書

『グローバル競争時代の中国自動車産業』(共著、蒼蒼社)

『巨大化する中国自動車産業とグローバル競争—外資系と民族系の競合関係—』(共著、日刊自動車新聞社)

において、従来は計画経済などのために生産財としての商用車(トラック、バス)が圧倒的に多かったが、2003～2004年の間に乗用車(普通乗用車(セダン)、MPV(マルチ・パーパス・ビークル)、SUV(スポーツ・ユーティリティ・ビークル)、小型車(1.0L以下の小型車):中国汽车工业协会の分類)が商用車を上回っており、2009年には、新車販売1,364.5万台のうち、乗用車が1,033.1万台と、乗用車が76%を占めるようになった。他方、商用車も販売台数を伸ばしているが、その伸びは乗用車に及ばず、近年の成長は乗用車がその担い手となっている。

特に、熾烈な市場間競争が繰り広げられる普通乗用車(セダン)+MPV+SUVといった従来分類の乗用車市場では、メーカー別の販売台数トップ10推移をみると、ほとんどすべてのグローバルメーカーが出そろい、外資優勢の構図となっているが、2009年には中国民族系メーカーが3社(BYD、奇瑞汽車、吉利汽車)ランクインしている。また、外資のうち、先行メーカーであるVW(独フォルクスワーゲン)とGM(米ゼネラル・モーターズ)のシェアは依然として高いものの、主要日系合弁メーカー(東風日産、広汽ホンダ、一汽トヨタ販売)は着々と販売台数を伸ばしている(図1)。

また、2009年の乗用車販売台数モデル上位10車種をみると、中国政府が導入している小型車奨励政策(1.6L以下の乗用車は車両購入税を半減など)の効果もあり、比較的早い段階から中国で小型車を生産しているGM、VW、現代の各社が恩典を受けており、中国民族系メーカーであるBYDの主力モデルがトップになっていることも市場にインパクトを与えている(図2)。

2004年			2005年			2007年			2009年		
1位	上海VW	35	上海GM	30	一汽VW	46	上海VW	71			
2位	一汽VW	30	上海VW	25	上海VW	46	一汽VW	67			
3位	上海GM	22	一汽VW	24	上海GM	45	上海GM	69			
4位	広州ホンダ	20	北京現代	23	奇瑞汽車	38	北京現代	52			
5位	北京現代	14	広州ホンダ	23	広州ホンダ	30	東風日産	46			
6位	天津一汽夏利	13	天津一汽夏利	19	東風日産	27	BYD	45			
7位	長安スズキ	11	奇瑞汽車	19	一汽トヨタ販売	27	奇瑞汽車	41			
8位	神龍汽車	9	東風日産	16	北京現代	23	広汽ホンダ	38			
9位	奇瑞汽車	9	神龍汽車	14	長安フォード	22	一汽トヨタ販売	33			
10位	一汽トヨタ販売	8	一汽トヨタ販売	14	神龍汽車	21	吉利汽車	33			

資料:中国汽車工業協会(CAAM)データより筆者作成

図1 中国乗用車販売上位10社の推移

順位	モデル	ブランド	メーカー	排気量	台数(台)	価格	
						万元	万円
1	F3	BYD	BYD	1.4L,1.5L,1.6L,1.8L	291,010	5.98~9.98	89.7~149.7
2	Excele	Buick	上海GM	1.6L,1.8L	241,109	10.28~15.38	154.2~230.7
3	Yuedong	Hyundai	北京現代	1.6L,1.8L	239,449	9.98~12.98	149.7~194.7
4	Jetta	VW	一汽VW	1.6L	224,857	6.88~10.18	103.2~152.7
5	Accord	Honda	広汽ホンダ	2.0L,2.4L,3.5L	175,357	18.18~34.28	272.7~514.2
6	Elantra	Hyundai	北京現代	1.6L,1.8L	171,605	9.18~14.18	137.7~212.7
7	Corolla	Toyota	天津一汽トヨタ	1.6L,1.8L	157,457	9.98~19.28	149.7~289.2
8	Camry	Toyota	広汽トヨタ	2.0L,2.4L	156,270	18.99~28.38	284.9~425.7
9	Xiali	天津汽車	天津一汽	1.0L,1.3L	147,547	3.68~4.58	55.2~68.7
10	Lavida	VW	上海VW	1.6L,2.0L	146,455	11.28~14.98	169.2~224.7

資料:中国汽車工業協会(CAAM)データより筆者作成

図2 2009年乗用車販売モデルTOP10

## 2. 2010年自動車市場と将来展望

中国が世界の自動車先進諸国に追いつき始めたのは、とりわけ中国がWTO加盟した2001年末ころからで、それ以降市場の拡大が続き、年間100万台増のペースで成長を続けた。そのため、2010年の中国自動車市場規模については、市場予測を専門とする中国国家信息中心は1,550万台と見込んでおり、その要因として、中国のマクロ経済が安定成長にあること、自動車産業は国家の支柱産業（リーディング・インダストリー）としてこれまでの政策的サポートは基本的に変化せず、市民の自動車購入意欲が依然旺盛であることを挙げている。近年の中国自動車市場の成長率が年平均16.5%ということもあり、2010年は比較的好調な発展を遂げるだろうというものである。

将来の市場規模について、筆者は中国の自動車市場が2,000万の大台を突破するのは時間の問題とみる。主な理由として、現在では、オートローン利用率の世

界平均が約70%なのに対して、現在の中国ではわずか10%、1,000人当たりの自動車保有台数が世界平均130台に対してわずか37台、新車販売台数の3分の1しかない中古車市場（先進国では中古車取引が新車販売を上回る）、免許取得人口が全人口の約15%（日本は約60%）などいずれも低水準な実態が挙げられ、関連制度の整備が進められれば、市場ポテンシャルが高まるのは間違いない。また、中国では二輪車が約2,750万台、農業用車両が220万台（ともに2008年データ）も販売されており、これらの1割が車に買い替えられれば、市場の将来性は非常に大きなものになるといえよう。

さらに中国の一人当たり国内総生産（GDP）は3,313ドル（2008年）と、中国の経済レベルはマイカー普及が本格化する水準に達しており、今後も自動車の普及は続くと考えられる。

### 3. 中国民族系自動車メーカーの国際競争力

中国民族系自動車メーカーにおいて、乗用車メーカーの代表格として知られる吉利汽車、奇瑞汽車、BYDが「新生BIG3」として世界的に注目されている。これら3社の特徴を示すと、吉利汽車は民営企業でありながら上場を実現し、ボルボの買収まで図っており、奇瑞汽車は地方国有企業として政府から強力な支援を獲得、BYDは二次電池を得意とする上場の民営企業で、自動車生産への参入を果たし、見事に業績を伸ばしている。また、3社共通の特徴として、会社設立からわずか10年前後ながら急成長を実現できていることが挙げられる。

吉利汽車のトップである李書福氏（現董事長）は1986年に個人事業（冷蔵庫製造）を創業した後、1994年にオートバイ事業に参入。農村向けで好評を博し、1995年にオートバイを35万台販売した。1997年には「一般の低所得者でも買える良い車の製造」をスローガンに、わずか数億円の資本金で浙江吉利集団を設立して乗用車事業に参入、2001年に政府の認可を受けて乗用車の生産を本格的開始した。2002年に乗用車4.78万台を販売して黒字転換を実現、2005年に香港株式市場に上場。2006年には北米モーターショーに出展して話題を呼び、英MBH（ロンドンタクシー製造）へも出資。2007年にインドネシアなどでCKD海外生産を計画、2009年にはトランスミッション製造の豪DSI社を買収した。吉利汽車が世界に衝撃を与えたのは、フォード傘下で経営不振に陥ったボルボの買収である。買収の概要は、吉利汽車がボルボ株の100%、知的財産権（ブランド、車両・プラットフォーム技術）および販売網を18億米ドルで買収、ボルボの在欧の現工場（スウェーデン、ベルギー）を維持し、中国内にボルボ専用工場（30万台）を新設するというものである。ちなみに1999年にフォードがボルボを買収した際には約65億米ドルを投じたことから、吉利汽車にとって約7割減の「お買い得」であったことも注目される。今回の買収における吉利汽車の狙いとして、ブランドイメージの向上による吉利車の拡販（廉価車メーカーのイメージから脱皮する計画）、ボルボが得意とする環境・安全先進技術の獲得による製造技術向上と今後の欧米市場への展開（かつ

て北米への輸出を計画したが安全・排ガス基準を達成できないことでとん挫した）などが挙げられるが、両企業間の融合（文化、社風など）、ボルボの黒字転換のための措置（原価削減も含む）などの課題が残されている。

奇瑞汽車は1997年、安徽省の国有企業として17.52億円の資本金で設立され、吉利汽車などの民族系メーカーと同様に国内ローエンド市場（1台当たり約3～13万円）に照準を絞り、2009年は約41万台を売り上げて乗用車販売で国内7位にまで成長した。設立して10数年の奇瑞汽車は技術の蓄積がないため、グローバルメーカーのプラットフォームを模倣し、ボディ設計は海外や中国国内の設計会社に委託する手法を取り入れた。また、部品は早くから中国に進出しているVW系サプライヤーを活用するなど外資系部品メーカーからの寄せ集め、いわゆるゼネコン方式を採用することで、急速な成長が実現した。最近ではエンジンなどの基幹部品の内製化を進めるほか、中近東や南米などへ積極的に輸出しようとしている。

一方、BYDは元々携帯電話バッテリーでは世界シェアトップの企業で、バッテリーで得た収益を元手に自動車ビジネスに参入した。中国では自動車メーカーの設立には政府の許認可が必要なため、実績のないBYDは経営不振の弱小メーカーである秦川汽車（陝西省）の買収で参入を果たした。買収当初の2003年に2万台だった販売台数は、わずか5年後の2008年には17万台となり、翌2009年には49万台を超えた。主力車種のF3は、2008年に販売台数13万7,000台で第7位にランクインしたが、2009年には29万1,010台で首位を獲得した。そして2008年12月、世界で初めて量産型のプラグインハイブリッド車「F3DM」を販売し注目を浴びた。F3DMのバッテリーは、従来のリチウムイオン電池より製造コストが安いとされる自社製のリン酸鉄リチウムイオン電池を採用している。BYDが誇るバッテリー技術に注目し、著名な米国の投資家であるウォーレン・バフェット氏がBYDに投資したこと、VWやダイムラーが相次いでBYDと電池や「新エネ車」分野で合併企業を設立したことで話題となった。BYDを率いる創業者の王伝福総裁は、2015年に中国ナンバーワン企業に、2025年には世界トップ企業にすると公言している。

しかし、急拡大する中国民族系自動車メーカーには

さまざまな課題が残る。いかに技術を蓄積し、コピーメーカーから脱皮するかが急務だろう。また大半の車種がローエンド市場向けの安価なモデルであるため、利益の確保は望みにくい。低い生産効率に加え、人材面では、米国などでスカウトした中国系帰国組と経営方針や開発理念での衝突、製造現場における機能工の定着率の低さなども指摘される。さらに生産車種の耐久性、安全性、環境性なども長期的な課題に挙げられる。しかし、台数の拡大と時間の進展とともに民族系メーカーが生産する車種は徐々に品質が向上していることも事実であり、2010年4月に開催された北京モーターショーでは、民族系メーカーが展示したさまざまなグレードアップした新車種は、日系を含むグローバルメーカーを驚かせた。

民族系メーカーは、輸出時の付加価値税（17%）還付で利益を確保する目的で、自動車の輸出を積極的に拡大し、現状は台数がわずか数十万台の規模となっている。輸出が好調な地域は中近東（ウクライナ、シリア）、南米（チリ、ベネズエラ）であり、環境、安全、燃費などの規制の達成困難、販売網の構築能力不足などの理由から、先進国への大量輸出は時期尚早と考えるが、今後、中国民族系メーカーが中近東、中南米、アフリカなどの新興地域でグローバルメーカーと対抗する可能性がある。

中国国内では民族系メーカーの発展余地が大きい。中国経済は大都市の高所得者と、地方の低所得者との「二層構造」となっているため、国際規格で製造する合弁メーカーと、品質よりも低価格を売り物にする民族メーカーが「共存」しており、こうした構造はしばらく続くだろう。

#### 4. 中国の自動車産業政策と「新エネ車」の普及

中国の自動車産業では、「自動車産業発展政策」という基本政策が制定されており、特に外資による自動車現地生産に対しては、出資比率が50%までと制限されているため、グローバルメーカーの中国進出は、中国企業と折半出資で合弁企業を設立することになる。また、外資の無秩序な拡大を防ぐために、同一外資グループには、同一カテゴリ（乗用車類、商用車類、オートバイ類）の自動車合弁企業の設立は2社までに制限している。こうした外資規制はしばらく続くだろう。

一方、2009年に中国政府は柔軟な景気刺激策の一環として、2012年までの「3ヵ年政策」となる「自動車産業調整振興計画」を実施している。この政策は内需拡大と構造改革を目的とし、自動車市場の拡大のみならず、経済全体の好調にも寄与している（表1）。

表1 自動車産業調整振興計画（2009年3月20日公表、実施）

計 画 目 標	生産・販売台数	2009年1,000万台強
	年成長率	2011年までに10%
	乗用車販売台数に占める割合 トラック販売台数に占める割合	1.5L以下40%以上、1.0L以下15%以上 大型トラック25%以上
	自主品牌車の割合 自主品牌車の輸出	乗用車販売台数の40%超（うち、普通乗用車（セダン）30%超） 自動車生産販売台数の10%
	「新エネ車」の生産能力 「新エネ車」の割合	年間50万台 乗用車販売台数の5%
	年間生産販売台数達成の集団数 生産販売台数の90%以上を占める集団数	200万台以上2～3社、100万台以上4～5社 14社→10社
	全国的再編 地域的再編	第一汽車、東風汽車、上海汽車、長安汽車の支援 広州汽車、北京汽車、奇瑞汽車、重型汽車の支援
政 策 措 置	1.6L以下乗用車の奨励	購置税（取得税）10%→5%（2009年1月20日～12月31日）
	汽車下郷	農民の1.3L以下の小型車購入、三輪自動車・低速トラックから軽トラックへの買い替えに総計50億元の財政補助（2009年3月1日～12月31日）
	廃車促進	財政補助の総額6億元（2008年実績）→10億元 →50億元（2009年5月19日に追加決定）
	技術進歩・技術改造専用基金	100億元の財政拠出で設立

注：乗用車：普通乗用車（セダン）、MPV、SUV、小型車（1.0L以下の小型車）

「新エネ車」：EV、PHEV、HEV

自主品牌車：中国民族系自動車

資料：中国政府発表より筆者作成

「自動車産業調整振興計画」では、自動車産業にかかわる中国政府の数値目標と措置は多数発表されているが、そのうち、「新エネ車」の生産能力を年間50万台、乗用車販売台数に対する割合を5%という目標が目指されている。

中国政府は、環境保護・省エネルギー戦略の観点から、「新エネ車」関連技術の研究および実用化を後押しするスタンスにあり、現在さまざまな政策研究を実施、検討している。

特にハイテク技術の産業化を目指す科学技術部は、「内燃機関における先進国との差を縮めることは難しいが、新エネルギー分野であれば先進国と同じスタートラインに立てる」という考えの下、1990年代から「863クリーン・カープロジェクト」を進めている。近年では主に公共交通機関で、「新エネ車」のパイロット実験に尽力しており、その中核となっているのが主要都市で大規模な試験を行う「十城千輛プロジェクト」である。このプロジェクトでは、2012年までに毎年10都市以上で1,000台規模の「新エネ車」の普及を計画しており、「新エネ車」の購入に対する補助金は中央政府が拠出し、インフラ建設や「新エネ車」の維持・メンテナンス費用は地方政府が拠出することになっている。既に2008年11月には重慶市でテスト・ケースが始動し、2009年1月には武漢市でも開始され、現在、北京市、上海市、重慶市、長春市、大連市、済南市、杭州市、武漢市、長沙市、合肥市、南昌市、深セン市、昆明市、天津市、海口市、鄭州市、アモイ市、蘇州市、唐山市、広州市の20都市で展開されている。

直近の2010年6月1日からはさらに大きな進展があり、「新エネ車」や「省エネ車（排気量が1.6L以下、総合モードで燃料消費量が現行標準より20%引き下げられるガソリン乗用車とディーゼル乗用車）」を購入する個人ユーザーへの補助金支給制度も中国政府（財政部、国家発展改革委員会、工業信息化部）より実施された。具体的には、「新エネ車」については、上記「十城千輛」の実験都市から上海市、長春市、深セン市、杭州市、合肥市を選定し、PHEVとEVを購入する個人ユーザーに、それぞれ最大で5万円と6万円を支給する。また、全国を対象とし、「省エネ車」を購入する個人ユーザーに、一律3千円の補助金を支給する。

このような政策が追い風となり、中国での「新エネ車」と「省エネ車」の普及に拍車がかかると思われる

が、中国の「新エネ車」関連技術などは世界と比べるとまだ遅れており、さまざまな課題が残っている。特に「新エネ車」の製造に欠かせないモーターコントローラーと動力バッテリー用隔膜に関しては、国内での調達が不可能で全数を輸入に頼っている。「このような現状を考えれば、新車市場に占める「新エネ車」のシェアは、2020年までは10～15%程度にとどまるものと思われる」（自動車業界の管理を担当する工業信息化部 苗圩・副部長の発言）。

EV・PHEVを全面的に普及させるとなると、充電の問題を解決しなければならない。マンション住まいが主流の中国では、ガレージ付きの一戸建てが主流の米国とは異なり、家庭用電源での充電は非現実的である。「マンションの駐車場に充電スタンドを設ければよい」との意見もあるが、これは口で言うほど容易ではない。

また、EV・PHEV関連技術標準やインフラ整備のイニシアチブを巡る争いが早くも発生している。国有送電会社最大手の国家电网公司是「2010年に営業区域内にある27省・自治区・直轄市においてEV・PHEV用充電スタンドの建設を全面的に推進する」と発表した。また、中堅の南方電網公司是2009年12月に深セン市でEV・PHEV用充電スタンド2カ所と充電柱134本の運営を開始している。一方、石油卸・小売最大手の中国石油化工股フェン有限公司（シノペック）なども充電スタンドの建設に乗り出した。石油元売り会社の強みは、全国に広がるガソリンスタンドの店舗ネットワークにあるが、送電会社には高圧電力を変圧する技術を備えていることが強みとされている。しかし、送電会社は石油元売りと同じく各地に変電所を持っているが、その多くが郊外や地下にあり、EV・PHEV用充電スタンドとしての利用は現実的ではないといわれる。このため、送電会社は地方政府からの協力を取り付けながらEV・PHEV用充電スタンドの整備を進めている。EV・PHEVの充電スタンドを巡り、送電会社と石油会社の標準化に向けた独走を防ぐために、自動車の国家基準を担当する全国自動車標準化技術委員会がEV・PHEVの標準化に向けた取り組みを検討中と発表したものの、上記国有送電会社や石油元売り会社との調整が見られていない。このようなイニシアチブをめぐる関係機関の争いは、中国としての標準化の確立にまだ時間が掛かるであろうこと

を示している。

中国自動車産業は急成長と同時にさまざまな課題を抱えている。日系自動車メーカーはもちろんのこと、部品メーカーや家電メーカーなども日系企業が得意とするハイテクや環境・安全・エネルギー技術などを伴い中国に接近すれば、「win-win」の関係を構築できるだろう。

#### 参考文献

- 1) 丸川知雄(蒼蒼社)  
『グローバル競争時代の中国自動車産業』
- 2) 上山邦雄(日刊自動車新聞社)  
『巨大化する中国自動車産業とグローバル競争—外資系と民族系の競合関係—』
- 3) 中国汽⻋技術研究中心  
『中国汽⻋工業年鑑』
- 4) 中国物流和採購聯合会  
『中国汽⻋市場年鑑』
- 5) 国家信息中心  
『中国汽⻋市場展望』

## まちづくりとモビリティ

日立オートモティブシステムズ株式会社  
技術開発本部 本部長 根本 泰弘

### CONTENTS

1. 暮らしを構成するモビリティ
2. 欧州のまちづくりとモビリティ
3. グリーンモビリティプロジェクト
4. 今後のモビリティ技術の展望

(ねもと やすひろ) 1957年生まれ。東京大学工学系研究科機械工学専攻修了。1982年(株)日立製作所入社。機械研究所・日立研究所にて主に電力システム・メカトロニクス情報機器・組込みシステム・制御技術の開発・企画業務に従事。2005年よりオートモティブシステム Grにて自動車システム・車両制御技術の開発担当。2009年7月日立オートモティブシステムズ(株)発足、2010年より現職。  
日本機械学会評議員、IEEE 会員など。

### 1. 暮らしを構成するモビリティ

地球温暖化防止や市街地活性化などを目的に、排出されるCO<sub>2</sub>を抑制する生活を実現するコンパクトなまちづくりについて議論がなされている。まちづくりの要素はさまざまあるが、その中でも公共交通をはじめとした移動手段(モビリティ)は重要性が高く、例えば路面電車などの低炭素移動手段としての公共交通や電気自動車などの新たなモビリティを核としたまちづくりのプランが提案されている<sup>1)</sup>。日常の生活を構成するモビリティには、人の移動手段としての交通網、生活物資を運搬する物流手段、それらを支えるインフラストラクチャとしての電力や石油を中心としたエネルギー供給手段などの多様な手段が不可欠であり、化石燃料にできるかぎり頼らない、自然エネルギー利用による発電手段やその電力を用いた電動車両技術などが注目を集めている。この自然エネルギーや電動化の流れがいかに生活の中に溶け込んでいくかを考えるには、技術的な視点だけではなく、日々の暮らしを構成する生活文化的な見方が重要であると考えられる。その大きな流れは、これまでの人々の移動手段の変化と、それによって生じた都市の構造変化、特に欧州における都市形態の変遷に学ぶことができると考えられる。

大都市圏を除く現代の日本の地方都市においては、人々の移動も物流も多くの割合を自動車に依存しており、都市の中心部においては、駐車場を探すことが容易ではなく、従って郊外型の広い駐車場を持ったショッピングモールが自然に形成され、それによって旧来の都市部が郊外に広がり、低密度な生活圏が形成されるスプロールを起こしてきた歴史がある。ス

プロールによって形成された生活圏では公共交通が成立しにくくなり、なお一層自動車に頼る生活に拍車をかけることになる。しかしながら、低炭素な生活を目指す必要がある現代においては、自動車の利便性以上に、公共交通の利便性・優位性が必要であり、その生活圏に暮らす人々に、より低炭素な公共交通などのモビリティを使っていただく必要がある。そこで課題となるのは、暮らしのパターンであり、生活文化であると考えられる。個々の生活圏でモビリティを選ぶべき尺度は、単に個人の利便性だけではなく、都市生活の中の集団の利便性であり、未来の子供たちに引き継ぐべき環境を含む暮らしのイメージに基づいた行動指針であると考えられる。その具体的な例は多くの欧州の都市に見ることができる。特に2009年から2010年にかけては世界的に電気自動車元年として報道されているが、欧州では既に20年以上も前から電気自動車による暮らしを続けている都市があり、こうした例から学ぶべきことは多い。以下にその事例を述べる。

### 2. 欧州のまちづくりとモビリティ

#### (1) ツェルマツト(スイス): 電気自動車の街<sup>2)</sup>

スイス・マッターホルン山麓にある「ツェルマツト」では市内交通は電気自動車(EV)と馬車以外は許されていない。それはマッターホルンを含む素晴らしいリゾート地であり、その自然環境を守るために、そこに暮らす人々が決めたルールである。その自然環境が維持されていることで、夏は登山、冬はウィンタースポーツを楽しむ人々でにぎわう都市として認識されている。もともと雪深い土地のため、狭い溪谷に通る道

路では、通常の内燃機関エンジンを動力とする自動車から出る排気ガスの影響が大きく、大気汚染につながりやすい。そこで、自治体の交通政策として電気自動車しか走れない決まりをつくり、環境を守っている。ここ数年、電気自動車の実用化に対する世界的な関心が高まってきているが、ツェルマツトが電気自動車利用を始めたのは20年以上も前のことであり、現在電動バスを含め、交通機関はすべて電動化されている。通常のエンジン自動車は市内に乗り入れることはできず、市街地の周りの公共駐車場に停める必要がある。そこから目的地までは徒歩か電動バスを利用することになる。ただし、除雪車やブルドーザーなどの高負荷の作業用途では通常のエンジン車両が利用されているとのことである。

ツェルマツトは冬の寒さが厳しく雪も多いために、電池としては低温でも放電電流が比較的高い鉛蓄電池を使っている。冷地においては現在の電池の主流になりつつあるリチウム電池は、低温があまり得意ではないという特性があり、そのために従来から実績のある鉛蓄電池を使っているという。

しかし、そうした事情もより一層の技術的進展によって変化が起きる可能性もあると考えられる。より広い温度範囲で使うことができる電池の開発が進展すれば、従来のエンジンで動かしている高負荷な作業用車両も電気自動車に変えていく可能性があると考えられる。

ツェルマツトで電気自動車が使われているのは観光都市として環境を守るための特殊条件と考えることもできるが、例えば離島の観光地などでも同様の手法をとれる可能性もあるので、学ぶべき事例と思われる。

## (2) カールスルーエ（ドイツ）：トラムの走る街<sup>3)</sup>

旧来のたたずまいを残す建物の間をスマートなトラムが走る姿は大変印象的であり、訪れた人々の記憶に残る都市である。市街を通る道路は放射状であり、街中に向かって交通が集中するために、慢性的な交通渋滞、騒音、大気汚染などが社会問題となった。カールスルーエにトラムが導入されたのは1877年であり、130年以上の歴史の中でトラム・鉄道・バスなどの公共交通網が整備されてきた。その整然とした交通システムの背景には、地域交通の整備・運営を行うカールスルーエ交通連盟の存在がある。料金の設定やチケット販売も交通連盟が行うため、トラムも鉄道もバスも

同じチケットで乗車できるのは便利である。また、この公共交通の利用を促進する仕組みとして「パーク&ライド」がある。カールスルーエのトラムの停留所は良く整備されており、隣接する無料駐車場（パーク&ライド駐車場）に車を停めてトラムに乗り換えて職場へ通うという方法が一般的になっている。トラムの乗り心地は大変良く、パーク&ライド通勤が便利で経済的であり、快適な生活を支えていると言える。

カールスルーエでの公共交通と車の共存を考えるもう一つの例に「カーシェアリング」がある。カールスルーエをはじめ、ベルリン・ハノーバー・シュトゥットガルトなどドイツの各都市でカーシェアリングを運営する企業の一つにシュタット・モバイル<sup>4)</sup>がある。シュタット・モバイルは2009年時点で6,500人の会員を擁し、市内各所の駐車場に自動車を配置している。会員は電話やインターネットで車を予約し、指定された駐車場へ行って会員カードで鍵が収納されているボックスをあけ、鍵を借りて自動車を利用する。予約した自動車が置いてある駐車場が徒歩で行けない場合は、自転車、あるいは公共交通を利用することになる。シュタット・モバイルとカールスルーエ交通連盟は提携しており、カーシェアリング用にパーク&ライド駐車場の一部が確保されている。また、カーシェアリングの会員であれば公共交通の年間チケットを割引価格で購入できる特典もある。公共交通を充実させながら中心市街地の車の流入を制限することができ、車との棲み分け・共存の仕組みとして学ぶことができると考えられる。

## (3) その他の都市

渋滞が著しいロンドンでは、2003年より中心部に入る車両に課税する混雑税を導入したことで、課金時間内に当該区域に入る乗用車数は3割減少したとのことであり、さらに課金区域の拡大が検討されている。

また、同様に交通渋滞が激しいパリ市内では、最初の30分が無料の自転車貸し出しサービスが実施されており、市内への自動車流入制限・自転車専用レーンの整備とあいまって、自転車が大変良く利用されている。市内中心部にはおよそ300m間隔でスタンドが設置され、エッフェル塔などの観光スポット周辺にも多くの自転車が配置されている。

上記以外にも、たくさんの都市で自動車や公共交通

などのモビリティの活用方法についてさまざまな試みがなされており、歴史やそこに暮らす人々の文化的背景とともにモビリティのあり方についても学ぶべきと考えられる。そこで、現在欧州委員会のイニシアチブで進められているグリーンモビリティ関連プロジェクトについてレビューし、今後の方向性について考えることとする。

### 3. グリーンモビリティプロジェクト

欧州委員会の「グリーンモビリティ」に分類されているプロジェクトは2005年から2011年までの期間で34あり、2010年4月現在9プロジェクトが進行中である<sup>5)</sup>。プロジェクトの全体としては、モビリティの技術的側面と同時に生活文化的側面を強くとらえたプロジェクトが多く見られ、分野的に見ると、(1) パーク&ライド・カーシェアリングや公共交通の利用促進に関する計画・普及教育を主とした都市交通計画関係、(2) 燃料節約のための運転方法や旅行ルートの設定方法などのドライブ・トラベルマネジメント関係、(3) 自転車活用を主とした市街地交通関係、などがあつた。その最近の代表的プロジェクトの概要を示す。

(1) Project22: Information and awareness campaigns to enhance the effectiveness of investments and infrastructure measures for energy-efficient urban transport(2007年11月～2010年10月)

このプロジェクト(略称 Added Value)は、トラムや鉄道などの公共交通の利用促進、徒歩・自転車・パーク&ライドなどの活用促進のためのキャンペーン活動を、欧州の11都市で行うものであり、先行している都市の事例やマーケティングの知識を普及させることを目的としている。

(2) Project25: Today and Tomorrow 'Students Today Citizens Tomorrow'(2007年10月～2010年4月)

このプロジェクトは、大学にモビリティマネジメントを導入し、大学生の省エネ・温暖化防止の意識を高め、公共交通や自転車を活用してもらうことを目的としている。学生にエネルギー・環境・モビリティ教育を行うことをプロジェクトの目的としているものは別途「Intelligent Energy」というプロジェクト<sup>6)</sup>があり、2009年4月時点のレポートが発行されている。この中

の Intelligent Use of Energy at School (IUSES) というプロジェクトで、教育のための講師と学生に向けた教材を多言語で提供しており、教育に対する取り組みが幅広く行われていることに注目する必要がある。



図1 欧州グリーンモビリティプロジェクト

(3) Project26: Creating Optimal Mobility Measures to Enable Reduced Commuter Emissions (2007年10月～2010年10月)

このプロジェクトはロンドンやパリの自動車抑制政策の経験をブルガリア・リトアニア・ハンガリーなどの都市が活用できるように、交通計画のための欧州規格やベストプラクティス・トレーニング支援、自治体と住民の交通フォーラム形成支援などを行うものである。

(4) Project30: Attaining Energy Efficiency Mobility in an Ageing Society (2008年8月～2011年5月)

このプロジェクト(略称 Aeneas)では、高齢者のモビリティについて意識を高め、公共交通や自転車の活用促進のキャンペーン活動・トレーニング・ガイドを実施する。現時点では元気で自動車を運転している方も年齢を重ねると運転できなくなるときがやってくることは日欧を問わない。このプロジェクトではその境目の年齢として80歳を想定している。

ほかにもカーシェアリングやバイオディーゼルなどの代替燃料自動車の利用促進、郵便配達車のクリーンカー利用実証実験、など、技術面から温暖化防止・CO<sub>2</sub>削減に取り組んでいるプロジェクトもある。これらを概観して、特に教育・トレーニングにかかわるプロジェクトが幅広く実施されており、暮らしを構成するモビリティに対する意識や行動様式の変化・高揚に対する取り組みの方法についても学ぶべきことが多いと思われる。

### 4. 今後のモビリティ技術の展望

欧州の各都市の取り組みやグリーンモビリティプロ

ジェクトに見られるように、一般の人々に対して公共交通利用促進や自動車利用制限などのキャンペーン活動や教材・資料の充実など、生活文化的視点からのサポートも大事であり、ハイブリッド自動車・電気自動車などの技術面との相乗効果で、より使いやすい、暮らしに密着したモビリティ技術が生まれていくと考えられる。特に最近の自動車用電池の進化をキーとした電動駆動技術の進展<sup>7)</sup>は、都市にマッチした新しいモビリティを生み出す可能性がある。国内では既に電動アシスト自転車や電動バイクなどが進化・普及してきており、また、モビリティのバリエーションとして、車椅子や、自動車に取り付ける車椅子リフト、助手席などが車外にせり出し乗降が楽なリフトアップシートなども電動駆動タイプが普及してきている。今後さらに小型の電動3輪車などのバラエティに富んだパーソナルなモビリティが提案されており、排気ガスが出ない、手軽に充電できコンパクトな電動モビリティが利用されると考えられる。その電動モビリティのカバー範囲の概念図を図2に示す。

また、都市部での自動車の利用形態としてのカーシェアリングに関するニーズも高まってきており、自家用車を保有していない方が短時間利用する形態もあるが、自家用車を1台保有している方でも異なるタイプの自動車を短時間利用する（例えば大型のSUVを持っているが日常の買い物には使い難いので小型の乗用車を使いたい場合など）には便利であり、経済的でもある。

ここで、今後のさらなるモビリティ技術の有効利用のためには、欧州の都市交通計画に見られたように、モビリティの役割分担や使い分けが大事なポイントになると考えられる。これらのモビリティが混在したままだと、従来の自動車中心に整備されてきた道路では交通の妨げになったり、段差などで使い難い問題が生じるなど、必ずしもそれぞれの良さが発揮できない状況が生じてしまう。その例が駅前の放置自転車問題に現れていると考えられる。これは利用者側から見ると自転車を使ったパーク＆ライド利用であり、駅前駐輪場の不足が解消されれば、欧州で進められている温暖化防止のための自転車活用とまったく同じ環境行動と考えることができるはずである。オランダなど自転車の普及率の高い国では駐輪場や自転車専用レーンを整備して活用を促進しており、役割分担やすみ分け・使い分けの環境が整えられればその効力が発揮される



図2 電動モビリティの範囲の概念図

と考えられる。従って、トラムや鉄道が欧州の都市をかたちづくったように、これからの都市部における電気自動車や電動モビリティと、低床で乗降の楽な路面電車などの公共交通機関の役割分担、パーク＆ライドやカーシェアリングなどの自動車の利用形態の変化、都市物流や事業用自動車の電動化・クリーン化など、暮らしを構成する新しいモビリティが、技術と生活文化の両面から新しいまちづくりのコアとして活用されることになると考えられる。

#### 参考文献

- 1) EV・PHV タウン構想（経済産業省）  
(<http://www.meti.go.jp/>)
- 2) ツェルマット (Zermatt)  
(<http://www.zermatt.ch/en/>)
- 3) カールスルーエ (Karlsruhe)  
(<http://www.karlsruhe.de/>)
- 4) シュタットモバイル (stadtmobil) (<http://www.stadtmobil.de/karlsruhe/>)
- 5) 「Green mobility on the move」 Project Report, April, 2009 (<http://ec.europa.eu/intelligentenergy/>)
- 6) 「Intelligent Energy」 Project Report, April, 2009 (<http://ec.europa.eu/intelligentenergy/>)
- 7) 環境、安全、快適を実現するオートモティブ開発技術、日立評論、91、10 (2009.10)

## Autos of the Future

David E. Cole, Ph.D., Chairman  
Center for Automotive Research

Jay S. Baron, Ph.D., President & CEO  
Center for Automotive Research and Director,  
Manufacturing, Engineering and Technology

*The Center for Automotive Research, a nonprofit organization, is focused on a wide variety of important trends and changes related to the automobile industry and society at the international, federal, state and local levels.*

*CAR conducts industry research, develops new methodologies, forecasts industry trends, advises on public policy, and sponsors multi-stakeholder communication forums.*

During the past decade we have witnessed unprecedented growth in the global auto industry, particularly in the developing world. Sales and production of cars and trucks (e.g., in Brazil, India and China) have increased dramatically. The China market alone, with its exponential expansion, is larger than the U.S. market. As we look to the future, this growth is likely to continue, and other emerging economies will probably follow. Although sales in the developed economies may slow--and in some cases, perhaps decline--the net outcome will certainly be continuing significant growth.

Once individuals have cars, they are unwilling to regress to their past vehicles--whether a bicycle, motor scooter or three-wheeler. Automotive mobility quickly becomes viewed as a right and not a privilege. Countries that have entered the automotive revolution are unlikely to reverse direction.

In the world today, there is substantial over-capacity in the automotive industry (capacity of about 85 million units with sales of about 60 million). This over-capacity has resulted in a temporary worldwide glut of vehicles and a classic "buyers" market just about everywhere. This has created pressure on industry profits at the same time as innovation and new product development are required to meet the needs of the future market and satisfy government mandates. Additionally, new companies are being formed (e.g. Tesla and Fisker in the U.S.); others, particularly in the developing world, are intent on significant expansion well beyond their traditional borders.

This is leading to a period of unprecedented challenges for the industry, amplified by the economic challenges of the past several years. There are a myriad of other concerns as well, including environmental, energy and political issues that add substantial complexity to the challenges for the global auto industry.

Energy use has been increasing significantly around the globe with the growth in population and modernization

of economies. This has been occurring at a time when there is greater uncertainty about the supply of traditional energy forms. The oil leak in the Gulf of Mexico has resulted in serious concerns about drilling under the sea that could have worldwide ramifications. The inability to forecast future energy prices in this turbulent era, as well as the recognition that energy prices will continue to have a considerable impact on consumer demand for cars and trucks, add to the energy uncertainty. In the U.S. in 2008, gasoline prices exceeded \$4 per gallon in the summer and were less than \$1.50 a gallon before the first of the year. Consumers had an almost insatiable demand for small, fuel efficient cars during the summer; this demand changed abruptly with the decline in fuel prices in the winter.

Environmental concerns have been with us for many years, in both the production and use of motor vehicles. For decades, the industry worked hard and effectively to reduce the emissions of unburned hydrocarbons, carbon monoxide and nitrogen oxides. In fact, the modern catalytic exhaust reactor, coupled with electronic controls, has led to the elimination of over 98% of these pollutants. The catalytic exhaust system is the most important environmental technology ever developed. Today, climate change is an additional concern due to growing unease with the build-up of carbon dioxide in the atmosphere. Although this remains a very controversial issue, regulations are being implemented around the world to reduce carbon emissions from fossil fuels. In fact, the concern for global warming and the role that fossil fuels might play is the most significant driver of new vehicle design. Since the production of CO<sub>2</sub> is directly related to fuel consumption, this translates into a movement to significantly increase fuel economy and/or reduce fuel consumption. There are other concerns with the development and use of our fossil fuel energy resources that range from future supply to other forms of environmental impact.

Two key technologies that could dramatically alter the anxiety over “old” carbon emissions from fossil fuels make us optimistic about the future of automotive vehicles: the lithium-based battery and non-food or cellulosic bio-fuels. The lithium-based battery addresses the auto powertrain efficiency issue; the cellulosic bio-fuels are a substitution for traditional petroleum-based fuels. While neither of these technologies is developed to the point where they are economical for automotive use, the basic invention is in place. It is now up to the engineers, technologists and investors to bring them to a point where they are fully competitive. There is growing optimism that, in 10 years, they could be critical factors in redefining the role of the automobile in climate change. It seems likely that, absent an economic foundation, the use of traditional fossil fuels will continue regardless of what individual countries might do to regulate greenhouse gases.

A generation ago, energy prices (on an inflation-adjusted basis) were similar to those we see today. As petroleum prices abruptly fell to less than \$20 a barrel, most efforts to develop alternative technologies ceased because there was no longer an economic incentive. The only sound policy that supports less expensive energy alternatives, reduces emissions of potential climate-changing gases, and accelerates investment in both lithium-based batteries and cellulosic bio-fuels is a price floor on petroleum prices. Oil prices in the area of \$70-80 per barrel would sustain and increase investment in commercialization of these two technologies.

There are many factors driving the evolution of the automobile; specific regions around the globe have different priorities that will affect the design of vehicles in those regions. Pollution and national security are two key concerns. The lifecycle of pollution recognizes the mining and processing of fuel, the manufacturing process of the automobile, automobile emissions during its useful life, and end-of-life recycling. The national security issue pertains to the dependency that many countries have on importing fossil fuels. A host of technologies (that are ready today or will be in the near future) are helping to address regional market needs. Vehicles in the future will be more variable with respect to powertrains, architecture, components, system controls, and materials:

- Internal combustion engines with gasoline, diesel, and a range of bio-fuel capabilities
- Electrified powertrains with extensive battery energy storage
- Complex engineered structures with more varieties of materials (e.g., high strength steel, aluminum, magnesium, and reinforced plastics)
- Greater use of electric components (e.g., electric power steering, electric compressors)
- Dual clutch and transmissions with many gears (6-, 7- and 8- speed)
- Many niche architectures from tiny cars to larger service vehicles that better align design and performance with the intended vehicle use

General Motors’ announcement that they will produce the Chevrolet Volt—an extended range electric vehicle (EREV) using a lithium ion battery—is an important test case for these technologies. If the Volt were powered with a combination of grid-based electric power and a small spark-ignition engine-driven generator fueled by E-85 (a mixture of 15% gasoline and 85% ethanol), the effective fuel economy might be in the range of 400 miles per gallon of gasoline. The current proposed U.S. fuel economy improvement goal of 35% would be dwarfed in comparison to a plug-in hybrid, powered by a combination of the electric grid and a bio-fueled engine.

Worldwide, the challenge to reduce fuel consumption is perhaps the most pervasive factor influencing the future of the automobile today. Powertrain efficiency (tractive energy to move the vehicle divided by the total energy input) for an internal combustion engine typically ranges from about 15% (urban use) to about 25% (highway use)<sup>1</sup>. This inefficiency offers a significant opportunity for improvement. In a recently released study by the National Research Council of the National Academies, the research committee investigated the potential evolution for off-the-shelf and near-ready technologies that could improve fuel consumption:

- Refinements for conventional gasoline engines (e.g., cylinder deactivation, valve event manipulation, direct injection and turbo charging)

1 “Assessment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles,” National Research Council of the National Academies, [www.nap.edu](http://www.nap.edu), June 2010.

- Diesel engine technology
- Hybrid vehicle technologies ranging from simple stop-start hybrids up to full hybrids (with regenerative braking and sophisticated engine controls), and plug-in hybrids like the GM Volt
- Transmissions such as multi speed (6-, 7-, and 8-speed), continuous variable transmissions (CVTs) and dual clutch transmissions
- Non-powertrain transmissions such as increased electrification of vehicle components (to reduce demand on the engine), low rolling resistance tires, aerodynamics, and reduction of vehicle mass

Tomorrow's successful automotive companies will produce vehicles with significantly less fuel consumption than today's, without compromising vehicle utility (closely associated with vehicle size), safety and overall performance. It's unclear at this time how much more these vehicles will cost, but cost will be a major design determinant.

The National Academy study identified over forty technologies that may be technologically and economically viable by 2020. Many of these technologies do not compromise safety or vehicle utility while improving fuel economy. The gasoline engine has a host of technologies

that can be brought to bear with incremental improvements in fuel consumption and with incremental costs. Some technologies have synergistic effects, while others are mutually exclusive. Chart 1 below summarizes the most promising technologies from the study, in order of greatest impact for the cost. The technology's total cost (in brackets below each bar) is divided by the total percent improvement on fuel consumption expected (for a mid-size V6 engine). Initially, you can expect to see technologies implemented with lower cost. As the aggressiveness to improve fuel economy increases (a near certainty), technologies further to the right will become appealing. The study also concludes that the technologies below will not see wide use over the next 10 years (at least in the U.S.)--either because the technology is not ready yet or because of high cost:

- Plug-in hybrids – minimal (limited) use depending on battery development
- Diesel hybrids
- Battery electric vehicles
- Fuel cell vehicles

In North America, the internal combustion engine will likely remain the primary powertrain for the next fifteen years--capable of burning gasoline or alternative bio-fuels.

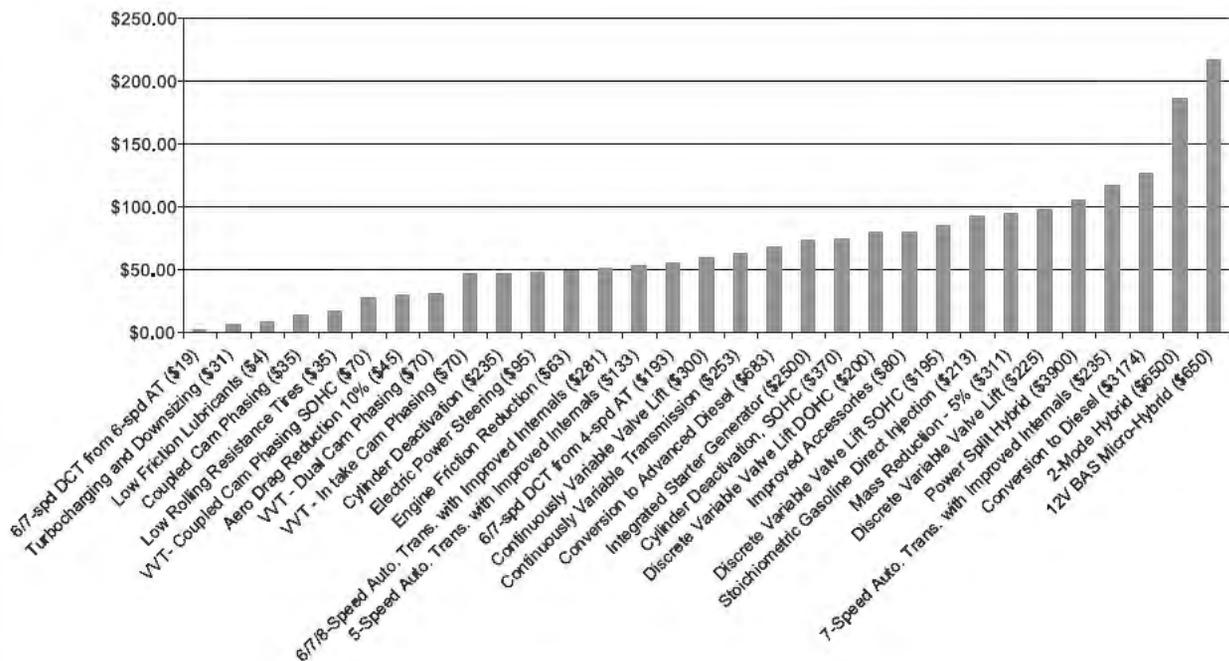


Chart 1: Average Cost for 1% Fuel Consumption Improvement

This powertrain will likely have one or more advanced technologies, such as cylinder deactivation, direct injection, turbo charging (with a down-sized engine displacement), and advanced transmission (dual clutch, many speeds, or a CVT). Diesel engines have been incentivized in Europe and have a significant market share there. This has led to the development of new technologies to reduce diesel emissions. The concern for nitrogen oxides and particulates is not a significant issue today; the technology ("clean diesels") is technically feasible in the U.S. and in other countries. However, clean diesels come with a significant upfront cost over advanced internal combustion engines with other fuel economy technologies (see Table 1 below).

Table 1

Pathway	Estimated Cost	Fuel Consumption Improvement
Spark Ignited	\$2,200	29%
Compression Ignited	\$5,900	38%
Hybrid	\$6,000	44%

This table also shows that a traditional gasoline engine with a portfolio of advanced technologies can reduce fuel consumption by 29% with an incremental cost of \$2,200. The clean diesel engine (Compression-Ignited) requires a higher cost penalty but provides greater improvement. A full hybrid vehicle (significant battery storage capacity, stop-start, regenerative braking, electrified accessories, etc.) offers the greatest benefit and the highest cost. So, while the gasoline (or bio-fuel) combustion engine can be designed with a portfolio of incremental technologies to reduce fuel consumption and incremental cost, the diesel and hybrid technologies offer single large reductions in fuel consumption and high incremental costs. In the short term (10 to 15 years), the combustion engine with advanced technologies will continue to be appealing to the market, until the pressure to make a large jump in reducing fuel economy favors one of the alternative technologies. A significant event of this nature could come from an oil shortage or legislation.

Worldwide, but especially in developed countries where drivers will be less prone to accept a compromise in vehicle performance, the vehicle architecture will continue to use a wider variety of mixed materials. The more optimally formed structure will apply strength (and mass) only where

it is needed. Cars will increase their use of aluminum, high strength steel, composite materials (reinforced plastics), magnesium, etc., and will more closely resemble the design of a high performance vehicle that we see today on the race course. This sophistication in the vehicle has been ongoing for over twenty years and will continue, regardless of the evolution in powertrain. The advancements in this technology appear to come with a small incremental cost penalty, mitigated by gaining experience and economies-of-scale.

There are several major uncertainties in the 2020 time frame, particularly related to the economics of batteries and cellulosic bio-fuels. If the lithium-based battery technology is able to achieve a cost of \$250 to \$300 per kwhr (\$4,000-\$5,000 per battery in a car like the Volt) and the production cost of bio-fuels is about \$1.50 per gallon on a gasoline equivalent basis, future products could be profoundly impacted. If not, due to economic constraints, there will continue to be a complex array of powertrain technologies with more emphasis on highly refined gasoline engines and less emphasis on hybrids of all types.

Lithium-based battery technology is moving very rapidly with a host of concerns, from safety and packaging to cost. Fundamentally, this battery technology offers some significant advantages over current battery technologies (about 4 times the energy density of Lead-Acid batteries and about 2 times that of Nichol-Metal Hydride batteries). The greater energy density means substantial benefits with packaging and weight but also amplifies a serious challenge with internal cooling. With conversion of electricity into chemical energy and vice versa, substantial heat is generated requiring liquid cooling and adding to the complexity of the total system. There are a number of different lithium-based battery chemistries being explored; development is proceeding rapidly, although it is impossible to pick a winner at this point. In fact, we are likely to see a number of different chemistries commercialized in autos. The emergence of an economic battery is a key factor in the growth of both pure electric and plug-in series hybrid vehicles. One issue of profound importance is the fact that the energy density (BTU per unit volume) is dramatically lower than for any liquid fuel. This is also one of the key limitations in the use of compressed gases (e.g., natural gas or hydrogen). The problem with deep discharge and battery life presents another tough issue. The early auto applications will necessarily limit the amount of discharge

before recharging. Therefore, the useful energy content of the battery will be less than its peak capacity. The speed of development of this battery technology is increasing, but the economic uncertainties will continue to be a concern.

As noted earlier, progress is being made on the development of non-food bio-fuels that might be produced from such things as garbage and wood chips or grasses and algae. In a July 2009 issue of *Scientific American*, Drs. George Huber and Bruce Dale<sup>2</sup> made three observations that are important to understanding the future of these fuels. First, with appropriate research and investment, the fuel production cost could be in the area of \$1.50 per gallon--on a gasoline equivalent basis. Liquid fuels generally have somewhat different energy densities per unit volume. Ethanol has about 70% of the energy density of gasoline and diesel fuel about 10% greater energy density than gasoline. The cost increase for a gasoline internal combustion engine to use an ethanol rich fuel such as E85 (15% gasoline and 85% ethanol) is nominal, generally less than \$100 when the car is manufactured. A second factor cited in the article is that it would be possible to replace about 50% of petroleum-based fuels in the U.S. without a major change in the agricultural footprint. Finally, the authors pointed out that this technology is truly global and could impact almost every country. At this point, it is expected that the fuels would be produced near the raw material source--reducing the need to pass through an oil refinery. There remain a number of tough issues due to changes required in the service stations to transport, but none would appear to be a major hindrance if the economics are competitive.

### **Cars and trucks of 2020**

It is clear that the basic architecture of cars and trucks of 2020 will be similar to that of today. The functional requirements to transport people and goods will remain. However, within the frame work of the basic vehicle we will see substantial change, although it might not be highly visible from external appearances. As noted earlier, in the National Academy study there are many technologies that can lead to enhanced fuel economy. However, it is important to reiterate that these technologies must be consistent with

<sup>2</sup> Huber, George W. and Bruce E. Dale. "The Fuel of the Future is Grassoline." *Scientific American* July, 2009.

economic considerations. Ultimately, consumers will make the final decision with their purchases.

The powertrain offers the most significant opportunity for reducing fuel consumption. At this point, it appears that the choices are likely to be somewhat greater in developed countries due to a better ability to afford more expensive alternatives and tougher policy mandates. It is expected that we will see a combination of advanced gasoline (or bio-fuel) engines, diesels and several different forms of hybrids--ranging from the Belt-Alternator-Starter (mild) and parallel to series/parallel or other plug-in hybrids. Furthermore, there will be a modest number of pure electric vehicles.

Other technologies that will have some impact range from lower rolling resistance tires and the use of lighter weight materials to better aerodynamics and lower energy-consuming accessories. In the more developed countries, we expect to see some convergence of basic technologies because most companies are thinking truly globally today and find it advantageous to use high-volume global scale to help reduce cost.

The basic message is quite straight forward--micro-revolution but macro-evolution.

### **Vehicle similarities and differences around the world**

The car of tomorrow in various markets of the world will be dependent on a number of variables discussed earlier, ranging from fuels and technology to economics and policy. It is clear that the cars in more advanced countries will be, on average, more expensive and sophisticated than mainstream vehicles in the developing world. (There are always exceptions, such as a wealthy person in a developing country that can afford a large, luxury car.) In developed regions such as the U.S., Western Europe, Japan and Korea, there will be some coming together of vehicles, although the U.S. is likely to, on average, have larger vehicles but with similar technologies. For example, a mid-sized U.S. passenger car is likely to resemble a full-sized car in Europe, Japan or Korea. We must recognize that there will always be local differences, depending on circumstances such as government policy or fuel. Brazil, with its significant production of ethanol, will dictate different powertrain technologies from other regions. This may change as non-food bio-fuels are developed in other regions--more likely

after the 2020 time frame. Furthermore, with modern and agile lean manufacturing as well as common global architectures, it will be possible to produce vehicles that fit requirements of any given region.

Undoubtedly, rapidly developing countries such as India, China, Russia and Brazil will see a general up-scaling of their vehicle fleets as the size of the middle class expands. This could occur quite rapidly based on the present trajectory and would suggest that more expensive alternative powertrains might accelerate in these regions. Of course, a segment of these countries will require more basic, functional and less expensive vehicles.

In less rapidly growing areas, the dominant vehicles are likely to be less exotic; the focus will clearly be on basic

functional transportation. Economics will be the key driver as defined by consumers everywhere. While low "old" carbon fuels and highly sophisticated new technologies may be pushed by policy, consumers will make the final decision with the products they purchase.

If a scenario of relatively low priced non-food bio-fuels emerges (around \$1.50 per gallon) and the lithium-based battery can be made at approximately \$250 per kwhr, the foundation for a much more dramatic change in auto technology is in store for nearly all regions. This could lead to a major electrification of automotive powertrains (pure electrics and plug-in electrics), and these technologies could attain high volume production across the globe.

# 発展途上国を舞台としたBOP事業

研究第四部 副主任研究員  
宮崎 真悟

貧困層についてはさまざまな定義があるが、世界銀行が2010年に発行した統計によると、全人口約60億人のうち、約25%が貧困層にあたるとしている<sup>(注1)</sup>。中でも、アフリカとアジアで多くの貧困国が存在し、アフリカではブルンジ、コンゴ(旧ザイール)、アジアではミャンマーやネパールなどが最貧国として位置付けられている。このほかにも、国連が最貧国として規定する国は2005年で49カ国存在し、現代においても世界の国家の3分の1がいまだに貧困に喘いでいる<sup>(注2)</sup>。

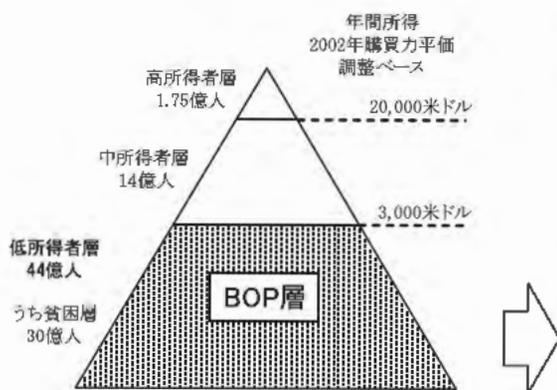
一方で、貧困層の所得は昨今の新興国を中心とする経済成長に支えられ、徐々にではあるが拡大の兆しが見え始めている。IMFによると、最貧国を含めた発展途上国の1人当たり名目GDPは過去5年間平均で7%成長しており、先進国の同2.4%と比べて3倍近いスピードで拡大している。日本を含めた先進国は人口減少や高齢化などの要因により相対的に大きな経済成長が難しくなっているが、その一方で発展途上国では人口の増加や高い経済成長が見込まれており、これらの国の中間所得者市場、いわゆる「ボリュームゾーン」は大きなポテンシャルを有する市場として世界的にも注目され始めている。

日立総研では、特にBOP層(Base of Pyramid)における事業戦略のあり方について、さまざまな国における事例を基に研究を行っている。

## 1. BOPとは

BOPという言葉は実際には古くから使われており、例えば1932年にルーズベルト大統領がラジオ演説で経済の底辺に位置する国民の重要性を表現するために用いている。多くの企業がBOPに関心を示すきっかけとなった研究は、ミシガン大学のC.K. プラハラード教授らが2002年に発表した「The Fortune at the bottom of the pyramid」であり、同教授によれば世界の低所得者層は援助の対象としてではなく、ビジネスの対象としてみることで、生活水準を向上させることができるとしている。なお、BOPは当初Bottom of Pyramidの略称であったが、Bottom(底)という表現が差別的であるという観点で、最近ではBase of Pyramidと表現されることが多い。

BOPの定義はいくつかの解釈があるが、世界銀行発行「The Next Billion」の定義によれば、BOPとは年間所得3,000米ドル未満の低所得者層を指す。BOP層は世界人口の約72%にあたる44億人を超え、特に中国とインドを中心としたアジア諸国で多く存在する。その市場規模は日本の実質GDPに匹敵する約5兆米ドルと推定され、極めて大きなポテンシャルを持つ市場とみなされている(図1)。



資料：The Next 4 Billion より日立総研作成

順位	国名	BOP人口 (百万人)	BOP層の 人口割合 (%)	BOP所得 (1人当たり 米ドル)
1	中国	1,046.2	80.8	154.0
2	インド	1,033.9	98.6	90.6
3	インドネシア	213.0	97.8	112.8
4	バングラデシュ	144.0	100.0	988.2
5	ナイジェリア	121.0	100.0	615.0
6	ブラジル	114.5	65.0	1,498.6
7	ロシア	86.4	60.0	190.1
8	ベトナム	76.2	95.0	1,110.0
9	エジプト	65.6	95.0	1,273.5
10	タイ	46.6	75.0	1,708.9

注：BOP所得は2002年購買力平価ベース、数値は国によって異なるが2000年～2003年

図1 世界の所得階層(左)と国別内訳(右)

## 2. BOP層に向けた各社の試み

これまで発展途上国における貧困対策は、各国政府の貧困撲滅対策や海外諸国のODA対象、あるいは各企業のCSRの対象としてみなされてきた。しかし、ボリューム（人口）とバリュー（所得）の拡大を背景に、各企業では本格的なビジネス対象としてBOP層を見直す試みが開始されつつあり、社会貢献とビジネスの拡大を両立したビジネスモデルを模索している。

欧米では政府支援も伴いながらさまざまな企業がBOPに向けたビジネスを試みている。著名なところでは英ユニリーバの子会社であるインドウスタン・ユニリーバがインドで超低価格シャンプーを1ルピー（25円）で販売し、大きな成功を納めている。同社はこのほかにせっけんや洗剤の一回分小袋での分割販売や、川で洗濯しやすいよう油分比率を下げた洗濯用洗剤など、現地の実情に合わせた低価格製品を販売し、順調に売上を伸ばしている。また同様事例として、米P&Gが一袋で水10リットルを浄化できる粉末を開発し、こちらも国際機関やNGOの後押しを受けながらアフリカやアジアで成功を納めている。どちらの事例も、対象国で入念なマーケティング調査を繰り返し、社会構造、消費者意識、課題などを精密に把握した成果である。ほかにも2006年にノーベル平和賞を受賞したバングラディッシュのグラミン銀行など、さまざまな社会貢献型のビジネスが世界各地で展開されている（表1）。

表1：各企業のBOPビジネスの例

企業名(順不同)	対象国・地域	内容
ユニリーバ(英)	インド	低価格シャンプー、洗剤の販売
P&G(米)	アフリカ、アジア、中東など各国	浄水用粉末の販売
ダノン(仏)	バングラディッシュ	安価な子供向けヨーグルトの提供
ヤマハ発動機(日)	インドネシアなど	小型浄水装置の導入
インド日清(日)	インド	インスタント食品の小分け販売
ウォルマート(米)	バングラディッシュ	縫製工場を設立し、農村に閉じ込められていた女性を雇用
グラミン銀行(バングラディッシュ)	バングラディッシュ	貧困層への融資を可能としたマイクロクレジット
ギャランツ(中)	中国	小型電子レンジの販売
キックスター(ケニア)	ケニア	低価格給水ポンプの販売
フィリップス(蘭)	インド	農村向け無煙ストーブの販売

資料：各企業HPなどを基に日立総研作成

## 3. 現地ニーズとリスクを踏まえたビジネスの必要性

BOPを対象としたビジネスは各国の社会制度、消費者嗜好などを踏まえることが最低限必要だが、このほかにも、①BOP層を効率的に取り組んだバリューチェーンの構築、②貧困削減への貢献、③収益性の確保、④持続可能性（サステナビリティ）の確保が求められる。それゆえに、現地のニーズをくみ取れない場合や、現地住民との対立などにより、失敗した事例も少なくない。BOP層を対象としたビジネスにはリスクがあり、短期的な利益確保も容易ではないが、BOPビジネスは将来的な経済成長が見込みにくい先進国企業にとって新たなフロンティアであることは間違いない。グローバル化が促進される現代において、BOPビジネスは発展途上国における課題解決と事業の海外展開という二つの可能性が込められており、これを確立するためのイノベーションが企業、政府、NGOなど各種団体に求められている。

(注1)

貧困層の定義は関連機関によって異なる。世界銀行による定義では、1人当たり年間所得370米ドル以下。国際連合開発計画（UNDP）では40歳未満死亡率、医療サービスや安全な水へのアクセス率、5歳未満の低体重児比率、成人非識字率などを組み合わせた指標で測定するとされている。

なお、本稿では定義が明確にできない国の場合は、発展途上国として表現している。

(注2)

国連の最貧国の定義は以下の通り（2003年の規定）。

- 1人当たりの国民総所得（GNI）が3年間平均で、年間750米ドル以下
- 人的資源指数が各基準値以下であること（死亡率、識字率、カロリー摂取量など）
- EVI（Economic Vulnerability Index）が基準値以下であること（農産物生産量の安定性、商品やサービス輸出の安定性、天災により影響を受ける人口の割合など）

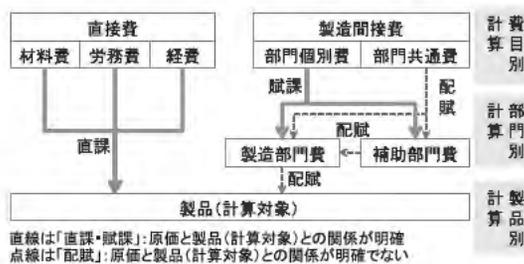
## Time-Driven Activity-Based Costing by Robert S. Kaplan, Steven R. Anderson

研究第四部 主任研究員 安西 嘉

原価計算の新技术 TDABC (Time-Driven Activity-Based Costing、時間駆動型活動基準原価計算) の紹介の書である。提唱者は BSC (Balanced score card) や ABC (Activity-Based Costing、活動基準原価計算) を考案したハーバード・ビジネス・スクール教授のロバート・S・キャプランと、その教え子スティーブン・R・アンダーソンである。以下、伝統的原価計算、ABC、TDABC、それぞれの特徴を、簡単に紹介する。

### 1. 伝統的原価計算の限界

標準原価計算は、1930年代以降、主に製造業における現場作業員の能率向上に寄与してきた。1970年以前は、直接労務費などが主なコストで、その管理が重視された。そのため、標準作業時間を設定し、それに製造間接費を賦課・配賦するなどして原価を構成し、原価低減を図った。しかし、1970年代以降、自動化の進展や、サポート・サービス活動の増加により、製造間接費の割合が増加していった。標準原価計算では、製造間接費と製品(計算対象)の関係が直接関係付けられないため、原価管理機能は低下した。



資料:各種資料より日立総研作成

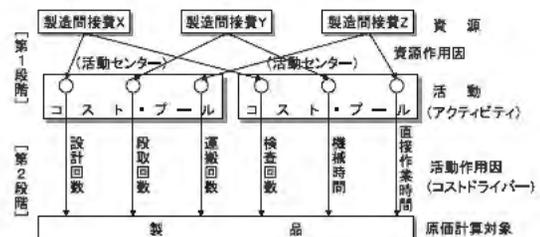
図1 標準原価計算フロー

### 2. キャプランによるABCと限界

1980年代、キャプランは、増大する製造間接費を管理する原価計算手法として、ABCを提唱した。

標準原価計算では、費目・部門・製品別という多段階の計算で製造間接費を原価部門毎に集計(図1)。一方、ABCでは、補助部門費の製造部門への配賦や、製造部門から原価計算対象への配賦を廃止。雑多な活

動が含まれる部門の代わりに、個々の「活動(アクティビティ)」を定義し、その「活動」ごとにコストと活動作用因(コスト・ドライバー)を特定し、各製品に対し、活動単位にそのコストを賦課し、精ちに製品別の原価を算出している。



資料:「管理会計 第四報」櫻井通晴

図2 ABCによる製造間接費割り当ての方法

1990年代以降、企業競争環境の熾烈化により、価格付けや生産効率の把握だけでなく、顧客や、支店・販売員別の収益性の把握のための原価計算手法が必要となった。しかし、それをABCにより実現することは困難となっている。なぜなら、各業務プロセスは受注内容などにより多様性があるため、コンピュータが発達したとはいえ、膨大な数の「活動」の定義と、コストドライバーなどの情報収集と計算の手間が必要であったからである。そのような煩雑性がABC普及の制約になった。

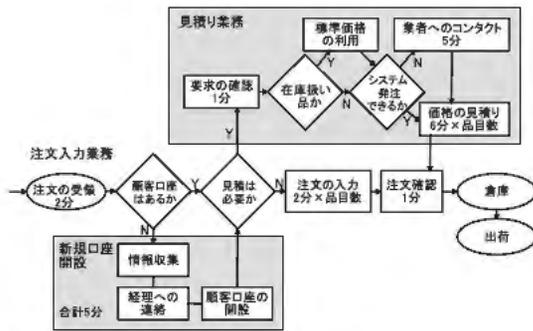
### 3. キャプランの教え子がTDABCを考案

共著者のアンダーソンは、1995年ハーバード・ビジネス・スクールに在籍中、キャプラン教授の講義を履修した。1997年に、TDABCを提唱した。

アンダーソンは、各「活動」に共通的に消費される経営資源として「時間」に着目。また、ERP(Enterprise Resource Planning) データを活用して、消費される時間を直接にかつ自然に測定できないか検討。異なるタイプの注文や取引が部門内でどれだけ時間を消費するかを記述するための、「時間方程式」概念を開発した。

キャプランとアンダーソンは、営業事務部門の例を使い、時間方程式の導出の説明を試みている。業務プ

プロセスの各ステップを実行するために必要な平均時間を推定。例えば、受注時間の変化は、既存の顧客か新規の顧客か、定価による注文か見積価格による注文かといった、注文の特性によって異なる。



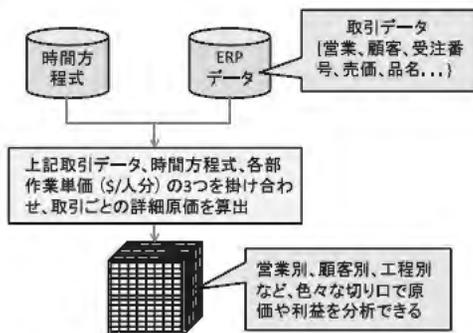
資料: Time-Driven Activity-Based Costing

図3 受注業務プロセスの各ステップに対する時間の適用例

この場合、営業事務部門に係る時間方程式は、以下のように決定することができる

$$\begin{aligned} \text{時間} = & 2分 + 2分 \times \text{品目数} \\ & + 5分 \mid \text{if 新規顧客} \mid \\ & + 1分 \mid \text{if 価格見積の必要性} \mid \\ & + 5分 \mid \text{if ベンダへの連絡の必要性} \mid \\ & + 6分 \mid \text{if 価格の見積を行った品目数} \mid \\ & + 1分 \end{aligned}$$

各「活動」の費消する時間に、それに伴う費用を含めた単価を掛けて、全体の原価を算出する。具体的には、上記時間方程式と ERP データを基にコンピュータで計算される。



資料: 日立総研作成

図4 ERP データと時間方程式を基に原価を計算

#### 4. TDABC の応用

この概念を基に、著者は、デュー・デリジェンスや、リーンマネジメントなどへの応用事例を紹介している。TDABC により、買収会社のどこに利益を得る機会が存在するか簡便に特定できるとしている。

例に挙げた A 社では、近年、過剰な M&A により、経営が非効率化していた。そこで、A 社の各部門の従業員へのヒアリングなどにより、時間方程式を策定し、ERP より総勘定元帳データ、顧客情報、および注文データをダウンロードし、TDABC システムで分析した。そして、このデュー・デリジェンスにより A 社の 7 つの経営部門、37 の支店、98 の販売代理店、4,500 の顧客、400 のサプライヤーを対象とした利益源を特定した。

表1 A社で判明した利益源

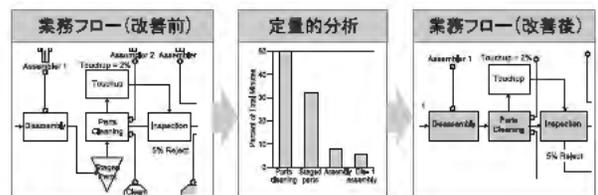
区分	主な発見事項	利益影響(年間)
支店	50%が収益性なし	260万米ドル増
販売員	70%が収益性なし	100万米ドル増
顧客	60%が収益性なし	100万米ドル増
重複する業務プロセス	営業事務、顧客サービス、在庫	100万米ドル増
取引方針	小口注文、至急の注文、在庫補充、内部移動	80万米ドル増
合計		640万米ドル増

資料: Time-Driven Activity-Based Costing

このアプローチでは、利益源を特定しただけでなく、損失をもたらす要因も特定できる。そのため、A 社は支店、販売代理店、部門を統合し、損失を回避する行動計画をたてた。

リーンマネジメントは 1980 年代にトヨタ自動車で開催されたリーン生産システムが起源である。過剰生産、待機および遊休時間、必要のない移動、棚卸資産、不具合など、各種の無駄を根本原因から排除することによって費用の削減、品質の改善を行うものである。

リーンマネジメントと TDABC を融合することにより、定量的な原因分析や、優先すべき改善施策が選択できる。



資料: Time-Driven Activity-Based Costing

図5 リーンマネジメントと TDABC の融合

TDABC は、既存のデータが活用できるなど、従来の ABC と比較して、データ収集コストが低いのが特長である。例えば、SOX 法対応で作成した業務フローなども有効利用できる可能性もある。今後の発展や普及の程度に注目していきたい原価計算手法である。

# 日立 総研

vol.5-2

2010年8月発行

発行人 塚田 實  
編集・発行 株式会社日立総合計画研究所  
印刷 日立インターメディックス株式会社  
定価 1,000 円（税、送料別）  
お問合せ先 株式会社日立総合計画研究所  
東京都千代田区外神田四丁目 14 番 1 号  
秋葉原 UDX 〒101-8010  
電話：03-4564-6700（代表）  
e-mail：hri.pub.kb@hitachi.com  
担当：副主任研究員 石川 淑子  
<http://www.hitachi-hri.com>

All Rights Reserved. Copyright© (株)日立総合計画研究所 2010（禁無断転載複写）  
落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

# 日立 総研

[www.hitachi-hri.com](http://www.hitachi-hri.com)

