

中国の自動車分野における石油代替の可能性

その現状、政策、及び長期展望について

計量分析ユニット需給分析・予測グループ 主任研究員

しん ちゅうげん
沈 中元 Shen Zhongyuan

1. はじめに

国際原油価格が 70 ドル/バレルを超えている現在の高油価時代、世界的に自動車分野における石油代替の取り組みが繰り広げられている。伝統的な電気自動車、LPG と CNG 自動車のほか、最近ではバイオマス起源の代替燃料も脚光を浴びている。そして、ハイブリッド自動車と燃料電池自動車の開発も進められている。自動車用の石油消費をいかに低減させるかは、世界の最重要課題の 1 つとなっているといえよう。

中国は 96 年に原油の純輸入国に転落してから、石油代替燃料への取り組みに乗り出している。旧国家計画委員会が指導した複数国と石炭液化技術の商談や、国家の高レベル・新技術「863 プロジェクト」の 1 つである電気自動車プロジェクトや、ガス自動車の普及を中心にした「清潔自動車行動」(=クリーンエネルギー自動車行動)、風力発電の普及を狙った「乗風計画」など大型の国家プロジェクトは、いずれもこの時期に実施されたものである。しかし、90 年代は石油価格が 10 ドル/バレル台の時代でもあって、石油代替燃料の普及は思うように進まなかった。

石油代替燃料の機運が急速に向上したのは 03 年のことであった。03 年、中国では「経済は一部が過熱し」、エネルギーの需給が全般的に逼迫した。発電量は前年比で 15% 増加したにもかかわらず、電力不足は全国 22 省市に広がった。石炭生産量は 21% 増加で 16.7 億トンに達したが、なお供給不足に陥った。原油の輸入量は 30% 増加し、輸入依存度は 36% に上昇した。モータリゼーションも急激に加速し、乗用車の生産台数は 86% 増で 200 万台を突破した。同じ年、イラク戦争が勃発し、国際原油価格が高騰した。さらに、ロシア石油パイプラインのプロジェクトも急変した。このように、03 年は中国のエネルギー需給環境を取り巻く内外の情勢が大きく変化した 1 年であった。エネルギーの安全供給、とりわけ石油の安全供給はこうした危機的な状況になったことを背景に、石油代替燃料は中国のエネルギー政策にとって重要な内容となったのである。

04 年は、政府の各種の対応措置が始動した。まず、2 月には、「エタノール混合ガソリン拡大実験」の実施に踏み切り、東北三省、河南省、安徽省の全地域に E10 の混合ガソリンを普及させた。6 月には、新しい「自動車産業政策」を公表するとともに、初めての燃費基準「乗用車燃費消耗量限值」を公表した。11 月には、初めての省エネルギー計画「中長期省エネルギー特別計画」を公表した。これらの新しい動向はいずれも自動車、そして石油代替と深く関わり、自動車分野における石油代替燃料の普及を促進する狙いがある。モータリゼーションが急速に進んでいる中国において、こうした石油代替燃料の動向は中国のみならず、世界の石油消費市場に大きく影響を及ぼすものと考えられる。

本研究は、各種の自動車代替燃料 (LPG、CNG、LNG、エタノール、メタノール、DME、バイオディーゼル、石炭液化 (CTL)、電気自動車、燃料電池自動車) を中心に、まずこれらの代替燃料に関する各種法令・政策の動向を紹介し、中国政府の各種代替燃料に対する方

針を明らかにする。続いて各種代替燃料の普及現状を紹介する。最後に、各種代替燃料を総合的評価して普及可能性を展望する。

2. 自動車代替燃料の政策

他の国でも見られるように、自動車石油代替燃料の進展は政府の政策に大きくかかっている。表1に示すように、中国が自動車分野における石油代替燃料を進め始めたのは90年代後半であった。石炭液化プロジェクトの始動は原油が純輸入国になったことが最大の原因であるのに対して、ガス自動車普及プロジェクトの始動はモータリゼーションの進展で都市部で大気汚染が深刻になったことが直接な原因であった。特に最近では石油価格が高騰したことで、各種の石油代替燃料の経済性が向上したため、政府は一連の石油代替の政策を打ち出している。

表1 自動車代替燃料の政策

代替燃料/技術	政策				
	態度	時間	主な内容	主な理由	
LPG		99年	清潔自動車行動	大気汚染防止	
CNG		99年	清潔自動車行動	大気汚染防止	
LNG		99年	清潔自動車行動	大気汚染防止	
エタノール	食糧系	/	法律 実験 普及	増収、環境、石油	
	非食糧系		06年	生産基地を計画	食糧問題
メタノール	石炭系		02年	「山西省暫定条例」	石炭利用
	天然ガス系				石油代替
DME		97年	上交大国家プロジェクト	大気汚染防止	
	石炭系				
	天然ガス系				
バイオディーゼル	バイオ系		06年	三段階の普及計画（注1）	石油代替
	廃食油				
CTL		97年	国際商談開始		
	石炭直接液化		04年	着工1（神華集団）	石油代替
	石炭間接液化		08年	着工2、予定1（寧夏）	石油代替
電気					石油代替
ハイブリッド		96年	863ハイブリッド計画	省エネ	
燃料電池		95年	GEF、863計画	エネルギー	
GTL					

注1)「十一・五」計画期間中、技術を産業化する。「十二・五」計画期間中、生産規模を拡大する。15年以後、大きく発展する。20年にバイオ燃料が交通燃料の15%を代替する。(発展改革委員会、06年)

表 2 自動車代替燃料の関係法令

	自動車産業政策 (94年版)	自動車産業政策 (04年版)	省エネルギー 中長期特別計画	再生可能エネルギー法	省エネ・環境保護型 小型車を奨励する意見	産業構造調整 指導目録、 (05年版)	「科学技術 発展計画 (01-05年)	中長期科学と 技術発展 計画概要 (06-20年)	第10次五 ヵ年計画 (01-05年)	第11次五 ヵ年計画 (06-10年)	外商投資 産業指導 目録 (05年版)
制定	94年	04年	04年	05年	05年	05年	01年	06年	01年	06年	04年
LPG											
CNG											
LNG											
エタノール	食糧系										
	非食糧系										
メタノール	石炭系										
	ガス系										
DME	石炭系										
	NG系										
バイオディーゼル	植物系										
	廃食用油										
CTL	直接										
	間接										
電気											
ハイブリッド											
燃料電池											
GTL											

出所) 各種政策資料に基づいて筆者整理。

自動車代替燃料に関する政府の各種政策・法令は表 2 に示す通りである。主な内容は次の通りである。

自動車産業政策 (94 年版)

自動車産業政策 (94 年版) は「国は新型燃料と新動力の自動車の研究・開発を支持する」としたがその内容は明確ではなかった。

自動車産業政策 (04 年版)

自動車産業政策 (04 年版) は、「積極的に電気自動車、自動車動力用電池などの新しい動力の研究と産業化を展開する。ハイブリッド自動車の技術とディーゼ乗用車のエンジン技術を重点的に発展させる。国家は科学技術の研究、技術の改造、新技術の産業化、政策などの面でハイブリッド自動車の生産と使用を促進する措置を取る」と内容を明確にした。さらに、「国家はアルコール燃料、天然ガス、混合燃料、水素燃料などの新しい自動車用燃

料の研究を支持する。自動車企業が新しい燃料自動車を生産することを激励する」と各種の代替燃料を明確にした。

「省エネルギー中長期特別計画」(04年)

「省エネルギー中長期特別計画」(04年)は「ディーゼル自動車の発展を加速する」と明記した。また、「ハイブリッド自動車を発展させる。都市部のバス、タクシーを対象にガス自動車を普及させる。アルコール燃料の普及と石炭液化の実施を加速する。代替燃料を促進する」とした。さらに、「ハイブリッド自動車と電気自動車の生産と消費を促進する政策を研究する」と明記した。

「再生可能エネルギー法」(05年)

「再生可能エネルギー法」(05年)は「国家はクリーンで高効率にバイオマス燃料の開発を奨励する。エネルギー農作物の発展を奨励する」、「国家はバイオ液体燃料の生産と利用を奨励する。石油販売会社は国務院エネルギーの主管部門あるいは省政府の規定に従って、国家基準に満たしているバイオ液体燃料を販売すべきである」と定めた。

「省エネ・環境保護型小型車を奨励する意見」(05年12月)

「省エネ・環境保護型小型車を奨励する意見」(05年12月)は国務院の通達として「ディーゼル乗用車と小型車、およびアルコール・エーテル燃料、天然ガス、混合燃料、水素燃料など新しい燃料の自動車の研究・開発を奨励する」と指示した。

「産業構造調整指導目録」(05年)

「産業構造調整指導目録」(05年)は「奨励類産業」として、1)「石炭の気化、液化技術の開発と応用」、2)「CNG、水素燃料、合成燃料、LPG、アルコール・エーテル燃料、ハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車など新しいエネルギー自動車と重要部品の開発と製造」、3)「先進型ディーゼル自動車エンジンの開発・製造」などの産業を決めた。

「科学技術発展計画(01-05年)」(01年)

「科学技術発展計画(01-05年)」(01年)では、「交通運輸業ではクリーンと清潔エネルギー行動を引き続き実施する」といった環境保護の内容に簡単に触れただけであった。

「中長期科学と技術発展計画綱要(06-20年)」(06年)

「中長期科学と技術発展計画綱要(06-20年)」(06年)では、「石炭液化、石炭ガス化、石炭化学工業などのエネルギー転換技術」、「ハイブリッド自動車、代替燃料自動車、燃料電池自動車の車全体の設計・集成・製造の技術」、「新エネルギー自動車の実験・測定と基礎設備の技術」、「燃料電池発電と自動車用動力システムの集成技術」を重点的に発展する技術とした。

「第10次五ヵ年計画(01-05年)」(01年)

「第10次五ヵ年計画(01-05年)」(01年)では「高効率・省エネルギー・低排出の自動車エンジンとハイブリッドシステムを積極的に発展させる」と簡単に示しただけであった。

「第11次五ヵ年計画(06-10年)」(06年)

「第11次五ヵ年計画(06-10年)」(06年)では、「省エネルギー・環境保護と新しい燃料

の自動車の開発と使用を奨励する」、「大規模の石炭化学生産プラント、石炭液化、石炭気化、石炭アルケン化などの製造設備を重点的に開発」、「石炭化学産業を発展し、石炭液化を開発し、石炭液化デモプロジェクトを推進し、石炭の高度加工を促進する」、「バイオ固体燃料、アルコール燃料、バイオディーゼルの生産能力を拡大する」、「石油の節約と代替を行う。電力と交通運輸などの産業で石油節約する措置を実施する。石炭液化、アルコール・エーテル燃料などの石油代替燃料を発展する」など、詳細な内容を明記した。

「外商投資産業指導目録（05年版）」（05年）

「外商投資産業指導目録（05年版）」（05年）は、これまでの97年版、02年版のものと異なり、初めて「クリーンコールテクノロジー（石炭ガス化、石炭液化など）」の開発・利用を奨励する」という石油代替燃料の内容を追加した。

これらの政策の内容をみると、中国政府は自動車代替燃料を強く支持していることが分かる。また、90年代後半から始まった自動車代替燃料の支持政策は最近になって一段と強くなっていることも分かる

また、最近では中国財政部は「再生可能エネルギー法」に基づいて、「再生可能エネルギー発展特別資金管理暫定方法」を制定し、国家特別予算（特別会計）として新エネルギーの発展を促進する基金を創設した。石油代替燃料としてエタノールとバイオディーゼルは重点支援対象と定められた。

3．自動車代替燃料の普及現状

現在、自動車代替燃料として比較的多く普及しているのはガス自動車（LPG/CNG）とエタノール自動車（E10）である。前者は16都市で22万台が普及し、年150万トンのガソリンを代替している（04年実績）。後者は5省で450万台が普及し、年100万トンのガソリンを代替している（05年実績）。その他の代替燃料は計画・実験段階にあるため、数量的にはまだすくない。各種の代替燃料の普及現状を表3にまとめるが、燃料別の詳細は次の通りである。

CNG、LPG、LNG

中国でCNG、LPG、LNGを自動車代替燃料として普及し始めたきっかけは99年に開始した「清潔自動車行動」であった。「清潔自動車行動」の主な目的は大気汚染を防止することとした。当初、全国12都市が試験都市として選ばれたが、現在では16都市を中心に自動車生産、技術開発、インフラ整備などが進められている。

04年末現在では、全国でCNG自動車は10.1万台、LPG自動車は11.4万台が普及している。CNG車の普及を都市別に見ると、四川省（5.2万台）、重慶（1.9万台）、西安（1.0万台）など天然ガス資源が比較的豊富な地域ではCNG自動車を中心に普及した。LPG自動車が大きく普及している都市は上海（3.9万台）、北京（3.2万台）、長春（1.0万台）、広州（0.7万台）である。

LPG自動車は排ガスがクリーンとされていたが、自動車の電子制御点火技術が進展したことでこのメリットが薄まっている。そのため、LPG自動車は03年から横ばいで推移している。これに対してCNG自動車はガス資源にアクセスしやすくなったため、年率約30%で増加している。現在、中国のCNG自動車の保有台数はアメリカ、イランに次ぐ世界第8位である。

LNG 自動車については LNG バスのデモ用車は北京で 11 台、ウルムチで 20 台、長沙 2 台が運行されている。

表 3 ガス自動車の普及状況

年	99	00	01	02	03	04
LPG 車(万台)	3.9	6.1	8.5	9.6	11.4	11.4
CNG 車(万台)	0.4	1.5	2.5	5.7	7.9	10.1
合計(万台)	4.3	7.6	11.0	15.3	19.3	21.5
CNG 車比率	9.3	19.7	22.7	37.3	40.9	47.0

表 4 自動車代替燃料の普及状況

代替燃料/技術		代替状況	段階
LPG		「清潔自動車行動」をもとに16都市で11.4万台	普及
CNG		「同行動」をもとに16都市で10.1万台	普及
LNG		「同行動」をもとに北京11台、ウルムチ20台、長沙2台(バス)	実験
エタノール	食糧系 非食糧系	5省全地域と4省一部地域で450万台が普及(普及率は20%) 山東、黒竜江等、内モンゴル、新疆などの4生産基地を計画中	普及 計画
メタノール	石炭系 ガス系	生産能力は約470万t(04年)。山西省4市全域でメタノール車 生産能力は約130万t(04年)	実験
DME	石炭系 天然ガス系	山東省久泰化工15万t(注1) 上海交通大学がDMEバスを開発 瀘天化集団6万トン(注2)	実験
バイオディーゼル	バイオ系 廃食用油	生産量3万トン(注3) 生産量3万トン(注4)	小規模 小規模
	CTL 直接液化 間接液化	着工1(神華集団)(注5) 着工2(潞安、伊泰)、批准2(寧夏煤業)(注6)	建設 建設
電気 ハイブリッド 燃料電池		5都市で100台程度のデモ 一汽、東風はバスを生産。一汽トヨタはプリウス生産 清華大学、同済大学などを中心に開発。10数台のデモ車	実験 導入 実験
GTL			

注1) 05年の生産能力見込み。

注2) 06年の生産量見込み。

注3) 重慶華正能源の2万トンと四川古杉油脂の化学有限会社の1.2万トンの合計。

注4) 海南正和生物能源公司1万トンと福建竜岩卓越新新能源公司2万トンの合計。

注5) 20年に2000万トンに達する計画。その他計画が複数で、合計で約3000万トン。

注6) 内モンゴル伊泰集団は1期16万トン(未許可)、山西省長治潞安は15年に520万トン、寧夏煤業は20年800万トンを計画。その他計画が複数で、合計で約2000万トン。

エタノール

中国でエタノール代替燃料が普及し始めたのは01年であった。中央政府の強力な後押しで05年にE10のエタノール混合ガソリンは20%に普及した。政府が支持した理由は、1) 農民収入の増加、2) 石油需要の低減、3) 環境汚染の防止などが挙げられる。アメリカや

ブラジルにおける普及実績があったことも原因の1つであった。

ただし、01年に政府がエタノール代替燃料普及を踏み切った引き金は「陳化糧」(在庫5年以上の食糧)問題があったからと考えられる。96~99年まで食糧生産は4年連続で大豊作で、4年間の平均生産高は5億トンを上回っていたため、食糧供給は過剰となった。政府は農民の生産意欲を落とさないため、約束の価格で食糧を買いあげた。その結果、「陳化糧」問題は徐々に形成された。01年に政府が実施した調査で4000万トンの「陳化糧」があることが分かった。政府は「陳化糧」問題の解決策として、自動車の燃料として「陳化糧」からエタノールを生産することを決めたのである。

現在、エタノール混合ガソリンは東北三省、河南省、安徽省と5省全域で450万台普及したほか、湖北省、河北省、山東省、江蘇省と4省の一部地域(27市)で普及している。「十一・五」計画期間中では、上記の4省において全域で実施する予定である。同期間中、実験都市の追加も計画されている。

05年にエタノールの生産量は100万トン、混合ガソリンの普及率が20%であった。06年にエタノールの需要量は130万トンと見込まれている。発展改革委員会は混合ガソリンの普及が持続可能な経済成長に貢献できるとし、引き続き促進していくとしながらも、食糧を原料にしている現在のエタノールの普及方式には限界が現れているため、これ以上食糧からエタノールの生産を拡大しないことと決めた。同時に政府は山東省、黒竜江省、内モンゴル自治区、新疆自治区などで高粱、キャッサバ、サトウキビなどの生産基地を建設する計画を打ち出した。

メタノール

04年に中国のメタノールの生産能力は600万トン、そのうち75%が石炭系であり、25%がガス系である。04年の生産量は441万トン、輸入量は136万トンであった。石炭系のメタノールの生産コストは1000元/トン程度であるが、05年の市場価格は1900元に上昇した。収益性が高いため、メタノール生産への投資は活発になっている。現在建設中のメタノールプロジェクトは500万トンあるといわれている。

メタノール代替燃料の研究開発は70年代から始められた。主な研究開発内容は、1)低比率混合ガソリン車の開発、2)高比率混合ガソリン車の開発、3)メタノールとディーゼルの混合燃料の応用、4)メタノールとディーゼルのバイフェーエル燃料車の応用、などであった。メタノール車の普及活動はエタノール車とほぼ同時期であったが、大手自動車メーカーと石油企業が積極的に参加していなかったことと、中央政府が明確な支持を示していないことなどで、大きな進展が見られなかった。

現在、メタノール車の普及活動は主に山西省を中心に進められている。山西省は「山西省燃料メタノールとメタノール自動車指導グループ」を設立し、「山西省省燃料メタノールとクリーン産業化実験管理暫定条例」を制定した上、02年11月から太原市、陽泉市、臨汾市、晋城市と4市で実験を始めた。現在、この4市の全域でM15のメタノール車が普及されているほか、M100のタクシーの実験も行われている。

山西省の他、陝西省の4市でメタノールバスの実験が行われている。新疆も同様な活動を試みている。これらの普及活動は主に石炭豊富な地域で展開されているのが特徴である。地方政府は資源の優位性を利用して地域経済の活性化を図るのが主な目的であると考えられる。

DME

DMEの生産規模はまだ大きくないが、各地で複数の生産プロジェクトが操業中である。山

東省臨沂市久泰化工の生産能力は04年に5万トン、05年に15万トンになった。また、同社は年産100万トンの「久泰能源内モンゴル有限公司」と20万トンの「久泰能源広州有限公司」のプロジェクトを建設しており、08年にDME生産能力が100万トンに達する予定である（「中国能源統計年鑑2005年」に掲載される同社の公報による）。そのほか、寧夏煤業集団は銀川で83万トンの石炭系DMEのプロジェクトを計画している。また、内モンゴルで複数の100万トン級のDMEプロジェクトも計画・建設中と報道されている。

ガス系のDMEプロジェクトは比較的少ない。瀘天化集団は日本の東洋エンジニアリング株式会社が参画したプロジェクトである。設計能力は11万トンである。同社の生産量は06年に6万トンになる見込みである。

発展改革委員会が主催した「DME産業発展討論会」の「議事録」（06年7月4日）によれば、「中国は豊富な石炭資源に立脚し、石炭を原料とするDMEの発展を促進すべき」としている。また、発展改革委員会（同委員会HP、07年7月17日）は100万トン以下のDMEプロジェクトを原則として批准すべきではないと表明している。

一方、DME自動車の研究開発は95年から進められていた。97年に上海交通大学は国家自然科学基金プロジェクトの1つとして研究を始め、「十・五」計画期間中では引き続き科学技術部が主導した「清潔自動車行動」の1つのプロジェクトとして研究開発を続けていた。03年、上海交通大学と上海汽車工業（集団）公司是上海申沃客車有限公司、上海ディーゼルエンジン有限公司、上海友誼集団公司、上海コークス化学有限公司と共同で国内初のDMEバス車が誕生した。プロジェクトの責任者黄教授によると、既存のディーゼルエンジンを改造する場合、費用は1万元程度であり、大規模に製造する場合、ディーゼルエンジンと同じコストであるという。今後の予定として、06年にDMEの生産基地である山東省臨沂市で30台のDMEバス自動車を運行する計画である。また、08年に北京オリンピックと10年に上海万博に向けてクリーンバスとしてDMEバスの普及を拡大する計画がある。

吉林大学でも、05年に山東久泰化学工業有限公司、上海交通大学、西安交通大学と共同でディーゼル乗用車をベースにDME乗用車を開発した。

バイオディーゼル

中国初のバイオディーゼルの研究は、85年に中国農業工程研究設計院が行ったものである。遼寧省能源研究所、中国科技大学、河南科学陸軍化学所なども実験を行った。バイオディーゼルの全面的に研究し始めたのは中国科学院の「八・五」の重点研究プロジェクトの1つである「燃料油植物の研究と応用技術」であった。このプロジェクトは金沙江流域で燃料油植物の資源量の調査と30ヘクタールのタイワンアブラギリの栽培を行った。湖南省林業科学院は90年代研究し始め、「八・五」と「九・五」期間中国国家の関係プロジェクトを担当した。99-02年では、南アフリカ、アメリカ、ブラジルから「緑玉樹」（中国名、Euphorbia tim-calli）を輸入し、バイオディーゼルの関係技術を進めていた。

現在、中国のバイオディーゼルの生産能力は6万トン程度である。バイオ系と廃食油はそれぞれ半分を占めている。その内訳として、1）バイオ系ディーゼルは重慶華正能源が2万トンと四川古杉油脂の化学有限会社が1.2万トン、2）海南正和生物能源公司1万トンと福建竜岩卓越新能源公司2万トンとなっている。この4社はともに民営の企業である。

「十・五」計画期間中は、中国科学技術部はバイオディーゼルがディーゼルエンジンとディーゼル車に応用する研究・開発を行った。現在、発展改革委員会は「中国汽車技術研究中心」に一部の実験・研究を委託している。

「北京週報」（06年1月11日）の報道によると、中国政府は「エネルギー農作物育成計

画」を立ち上げた。計画によると、4種類の農作物がバイオ燃料として栽培される予定である。1) アルコール生産用の1年生あるいは多年生の農作物、たとえばトウモロコシ、サトウキビ、コウリヤン、サツマイモ、キャッサバなど。2) バイオディーゼル生産用の植物、例えばあぶらな、「緑玉樹」(中国名)、オウレンボクなど。3) 直接燃焼の植物。4) 嫌気性発酵できる藻類あるいはその他の植物、という4種類である。

CTL (石炭液化)

中国が石炭液化を考え始めたのは90年代の後半のことであった。中国は93年に石油純輸入国に転じた後、96年に原油とエネルギーの純輸入国に転じた。当時の国家計画委員会は石油需要増の実態を深刻に受け止め、97年に全国的に国際商談を同時に開始させた。資料によると、当時は、雲南省はドイツと、黒龍江省は日本と、神華集団はアメリカと、それぞれ石炭液化技術の商談を始めた。翌年、神華集団は全国に先行して石炭液化プロジェクトを起動した。03年に「神華煤製油会社」が設立された。

現在建設中の神華集団の石炭直接液化プロジェクトは国内最大の石炭液化プロジェクトである。予定として、07年に第1期の100万トン、20年に2000万トンの生産規模に達する。このプロジェクトは複数の国(米、独、日、ノルウェー、オランダ、英、インド)の技術を組み合わせるとともに、重要な液化装置はSINOPEC、水素生成装置は五環科技有限会社が担当していると報道されている。同社が同プロジェクトのために、04年に上海で建設した実験設備は同年末稼動し、現在では中間テスト中である。神華集団は豊富な高品質の石炭資源を持っているほか、国際的にも先進の生産技術、輸送鉄道、化学産業関連の技術も持っているため、神華集団の石炭液化プロジェクトの動向は特に注目を集めている。

中国の石炭科学総院は新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の技術を日産0.1トンの石炭液化実験装置で実験するプロジェクトがあった。最近の報道によると、中国大唐国際発電株式会社と山東新汶鋳業集団はNEDOと共同で液化プロジェクトを開始した。日本には液化技術を供与する対価として技術のライセンス料が支払われる。日本の企業は関係設備の建設にも参画する。同プロジェクトは10年に日産3000トン(年産110万トン)に達する計画である。

石炭間接液化技術は2件が着工している。内モンゴル伊泰集団は1期16万トン、山西省長治潞安は15年に520万トンをそれぞれ予定している。ただし、前者は発展改革委員会の未許可のプロジェクトと報道されている。一方、寧夏煤業は20年800万トンの液化プロジェクトを計画している。

現在、石炭直接液化と石炭間接液化プロジェクトは全国で数多く計画されている。20年に両者はそれぞれ3000万トンと2000万トンの規模に上っている。ただし、石炭の液化プロジェクトは石炭資源のある神華集団、山東兗州煤業、寧夏煤業集団など石炭企業が圧倒的な主導権を持って進められている。20年までの石炭直接液化の3000万トンの計画中、2000万トンは神華集団のものである。

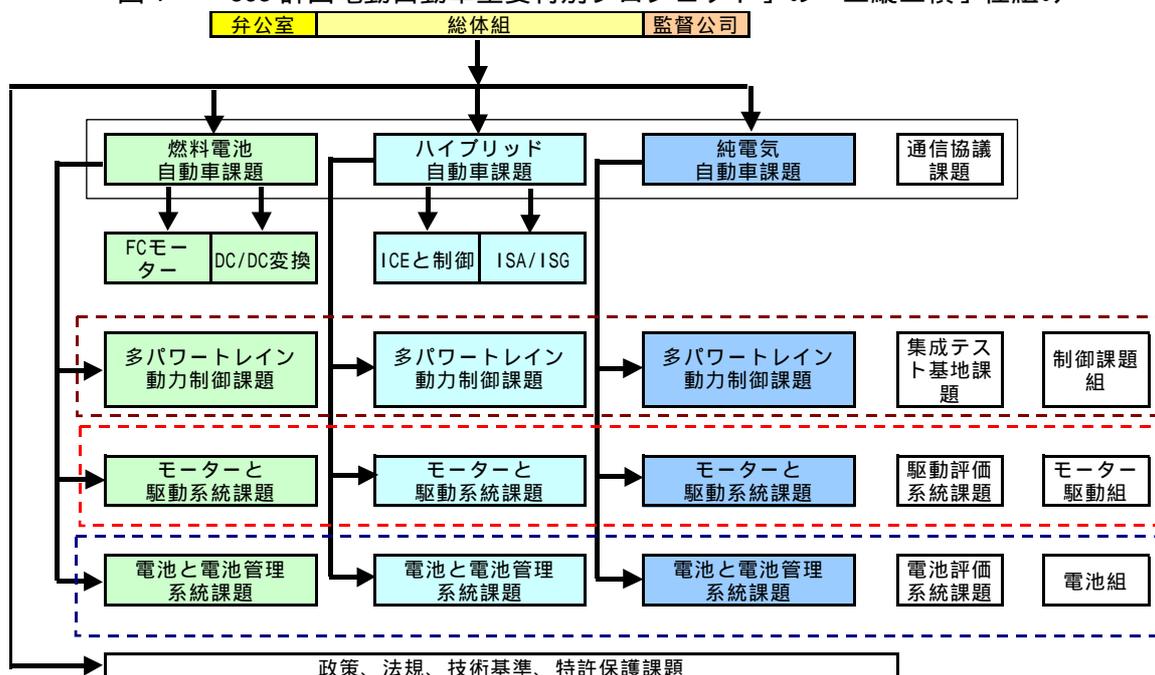
06年6月2日に、温家宝首相は神華の石炭液化プロジェクトを視察する際、「神華の石炭液化プロジェクトは国家のエネルギー安全保障戦略にとって重要な一部である」とした上で、「科学と経済のメカニズムに則り、まずは(技術や経済性などを)テストする。一斉に(液化プロジェクトを)立ち上げてはいけない」と、現在多くの液化プロジェクト計画を牽制した。また、発展改革委員会(同委員会HP、07年7月17日)は300万トン以下の石炭液化プロジェクトを原則として批准すべきではないと表明している。

一方、CTL自動車及びエンジンの開発については、中国科学院山西煤化所と西安交通大学が石炭系燃料のエンジンの実験を行った。

電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車

中国は90年代後半から、電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車の技術開発を始めた。「十・五」計画期間中では、「863計画電動自動車重要・特別プロジェクト」という国家プロジェクトの元に、電動自動車の開発が促進された。この「863プロジェクト」は「三縦三横」という仕組みで、すなわち電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車という三種類の電動自動車を対象に、多パワートレイン動力制御課題、モーターと駆動系統課題、電池と電池管理系統課題という三大技術課題において総合的に技術開発を行う仕組みで取り組んでいる。

図1 「863計画電動自動車重要特別プロジェクト」の「三縦三横」仕組み



電気自動車については、「十・五」計画期間中、電気自動車の開発に比較的大きな役割を果たしていたのは「北京理工科凌公司」と「天津清源電動車輛公司」であった（「中国汽車技術研究中心」の趙春明氏により）。現在、電気自動車をデモ運行している都市はいくつかがあるが、規模はまだ小さい。「中国電動汽車網」（05年）によれば、06年1月に湖南省株州市は小範囲で50台のミニバスを正式に運行した。同市では数台の電気バスも運行されている。また、06年4月に浙江省杭州市は電動自動車デモ運行を立ち上げ、6台の乗用車と5台のバスの市内運行を始めた。また、同サイトは、05年1月に天津市が22台の乗用車と1台のバスのデモ運行実験は国の審査を通過したと報じている。さらに、05年12月に武漢市が行った95台の純電動ミニバス（その他20台のハイブリッドバスと3台ハイブリッド乗用車）の3年間のデモ運行は国の審査を通過した。このように、電気自動車は航続距離の制限を受けてミニバスを中心に展開されている。

一方、ハイブリッドについては、現在開発中の企業は主に、第一汽車、上海大衆（VW）、東風汽車、長安汽車、奇瑞汽車、吉利汽車、比亞迪汽車、上海華普、上海通用（GM）などの自動車メーカーである（表5）。

第一汽車は99年からハイブリッド自動車を開発し始め、02年から863計画国家プロジェクトの支援を受け、05年12月にハイブリッドバスを生産し始めた。このバスは2軸パラレル駆動方式を採用した。また、自社のディーゼルエンジンと国内メーカーのモーターとニッケル水素バッテリーを採用している。製造コストは通常より30%高いという。

東風汽車が自主開発したハイブリッドバス「EQ6110HEV」は06年5月に国家「自動車生産目録」に国内初の登録を実現した。また、同社生産した20台のハイブリッドバスは武漢市でデモ運行されている。

上海では、途安乗用車、海尚305乗用車、申新1号バスなどのハイブリッド自動車を開発した。

一方、05年12月、一汽トヨタはプリウスを生産し始めた。定価は28.22万元（=395万円）と設定されている。5月末までの販売台数は現地法人広報部によれば600台となっているが、中国汽車工業協会の速報によれば1178台とされている。両者の差は注文台数を含むか否かにあるとされている。06年生産計画は3000台という。4月末までは300台が販売されたと報道されている。同じ時期、広州本田と東風本田はそれぞれアコードとシビックのハイブリッド自動車の早期導入を発表した。さらに、05月に、北京現代は08年までに中国でハイブリッドを生産すると発表した。

以上のようにハイブリッド自動車の開発・生産計画は非常に活発化している。

表5 ハイブリッド自動車の開発・生産状況

メーカー	動向	注
第一汽車	バス。05年12月生産開始。	863計画
東風汽車	バス。06年4月「自動車生産目録」に登録	863計画
長安汽車	CV9。08年量産計画。13-15万元	863計画
上海大衆（VW）	「途安」。08年500台予定。10年に量産	ドイツと共同
奇瑞汽車	サンプル車公表。07年から生産開始予定	民族系
吉利汽車	研究開発中。08年にサンプル車を生産	民族系
比亞迪汽車	Hybrid-Sを開発	電池生産大手
上海華普	海尚305。08年に少量生産	同済大、交通大
上海通用（GM）	リーカル、エクセレをベースに開発計画	米国と共同
山東中通客車	バス。06年10月にデモ運行を予定	山東省11.5計画
一汽トヨタ	プリウス生産、95年12月生産開始。	トヨタ
北京現代	08年までに現地生産を開始する計画	起亜と95から開発
広州本田	アコードをベースに早期導入（報道による）	東風本田はシビックを

出所）各種資料による筆者整理。

一方、燃料電池自動車は清華大学、上海同済大学などを中心に開発が進められていた。98年に清華大学は中国初のゴルフ場カート（5kW）を開発した。その後清華大学は「北京緑能公司」、サムソン、トヨタなどと共同で燃料電池車の開発を進めていた。

上海では、同済大学は「上海神力科技公司」と共同で「超越1号」を開発した。現在、「超越3号」までに改良されている。05年、2台の「超越3号MPV」と2台の「超越3号サンタナ3000」は生産された。06年に10台の「超越3号」燃料電池車が上海でデモ運行される予定である。同済大学汽車学院院長余卓平教授は今後の展望について08年に100台、

10年に1000台を生産できると見ているが、上海政府の「百・千・万」計画によれば、08年百台、09年に1千台、12年までは1万台を普及させることとなっている。

4. 代替燃料の総合評価

中国が積極的に推進する代替燃料の将来性について分析したい。

自動車の代替燃料としての将来性はいくつかの重要な要素を考えるべきである。星博彦(04年)は5つの要素、1)自動車の性能、2)経済性、3)大気環境性能(排出ガス)、4)総合効率とCO₂、5)エネルギー安定供給性を挙げた。これらの要素のうちどれが最も重要なのかは一概にはいえない。たとえば、地球温暖化防止の角度から見れば、4番の総合効率とCO₂が重要であろう。都市大気汚染防止の角度からみれば、3番の大気環境汚染(排ガス)が重要であろう。自動車メーカーの角度から見れば、自動車の性能が重視されるであろう。消費者の角度から見れば経済性が重要であろう。

表6 自動車用将来燃料の評価基準

1) 自動車の性能 (1回充填での走行距離、出力他)
2) 経済性 (自動車価格、燃料価格、燃料供給インフラ)
3) 大気環境性能 (排出ガス)
4) 総合効率、CO ₂ (WTW 効率、CO ₂)
5) エネルギー安定供給(資源量、多様性) その他燃料自体の安全性(毒性、火災危険性など)

出所) 星博彦(04年)

エネルギー安定供給性

いまなぜ中国は強力に石油の代替燃料を推進し始めたかという原点に立ってみると、エネルギーの安定供給という課題が最重要となったからである。その意味では、大量に安定供給できる代替燃料は中国にとって最も重要な要素であると考えられる。石炭資源と土地資源を考えると、中国にとって有望な石油代替は CTL と非食糧系のバイオ燃料(バイオエタノール、バイオディーゼル、バイオ DME) に絞ることができる。

中国の石炭確認可採埋蔵量は1145億トン(中国能源発展報告、06年)であるが、中国の第三次石炭資源調査(94年)によれば、石炭資源量は2000メートル以内で55698億トンであり、そのうち確認埋蔵量は10176億トン、推定埋蔵量は45521億トンである。概念が異なり、両者の数字を比較できないが、石炭資源の長期利用に問題がないようである。

一方、発展改革委員会の調査によれば、バイオマスの資源量(表7)が大きいいため、長期利用の可能性があると考えられる。

表7 中国のバイオ燃料の潜在量

燃料	数量	原料
エタノール	3000 万トン	コウリヤン、キャッサバ、サトウキビなど
バイオディーゼル	>1000 万トン	オウレン木、台湾アブラギリなど
	500 万トン	廃食油
バイオ燃料	1 億トン	農林廃棄植物

出所) 発展改革委員会の HP 資料による

経済性

長期的かつ大量の普及を実現するには、代替燃料の経済性が問われる。

まず、現在食糧からエタノールを生産する際には、国は 17%の増値税の還付、5%の消費税の免除、陳化糧補助金の付与、赤字が生じた場合財政補助などさまざまな支援策を用意している。すなわち、食糧を原料とするエタノールの生産は、食糧問題が発生することだけではなく、経済性にも問題がある。ただし、現在のガソリン価格の水準では、エタノールの生産はほぼ自立できると考えられる。今後、バイオエタノールを食糧から非食糧に転換すれば、経済性の問題が幾分解決できると考えられる。また、燃料税が導入されれば、経済性がさらに改善されるであろう。

一方、CTL に関しては、神華の石炭直接液化プロジェクトは原油価格が 20 ドル/バレル以上であれば採算が取れると神華集団が見ていたが、最近では原油と資材価格の上昇で 30 ドル以上になっている。将来、原油価格はどのように推移するかは不確定であるが、神華集団は独自の安価な石炭資源をもとに、液化プロジェクトの経済性を確保する可能性が比較的に高いと考えられる。

石炭系の各種合成燃料について、中国の「石炭科学研究総院」は表 7 に示すように総合的な比較を行った。直接液化は、経済性ではメタノールより劣っているが、他の合成燃料よりは優れている。各合成燃料を生産するのに必要な石炭の性質はそれぞれ異なり、また、水資源、生態環境、消費地までの距離などさまざまな点でも異なっているため、石炭系の合成燃料は多様性を保ちながら発展することが望ましい。

表8 石炭系の各種合成燃料の比較

指標	単位	直接液化	間接液化 高温合成	間接液化 低温合成	メタノール	DME
エネ効率	%	59.75	41.56	41.26	45.64	41.21
水消費	トン/トン	7.00	11.21	11.96	7.05	10.73
コスト	元/トン	1771	2756	2131	1064	1811
CO2	kg-C/GJ	20.09	34.72	35.61	29.22	35.23
SO2	kg/GJ	0.01	0.004	0.004	0.003	0.004
Nox	kg/GJ	0.09	0.133	0.186	0.17	0.17
粉塵	kg/GJ	0.01	0.01	0.013	0.02	0.02

出所) 俞珠峰、陳貴峰、楊麗 (06 年)

注) 論文に掲載されていないが、著者に直接に確認するところ、原料となる石炭の価格は 200 元/トン以下、コストに占める石炭のシェアは 40%以下という。

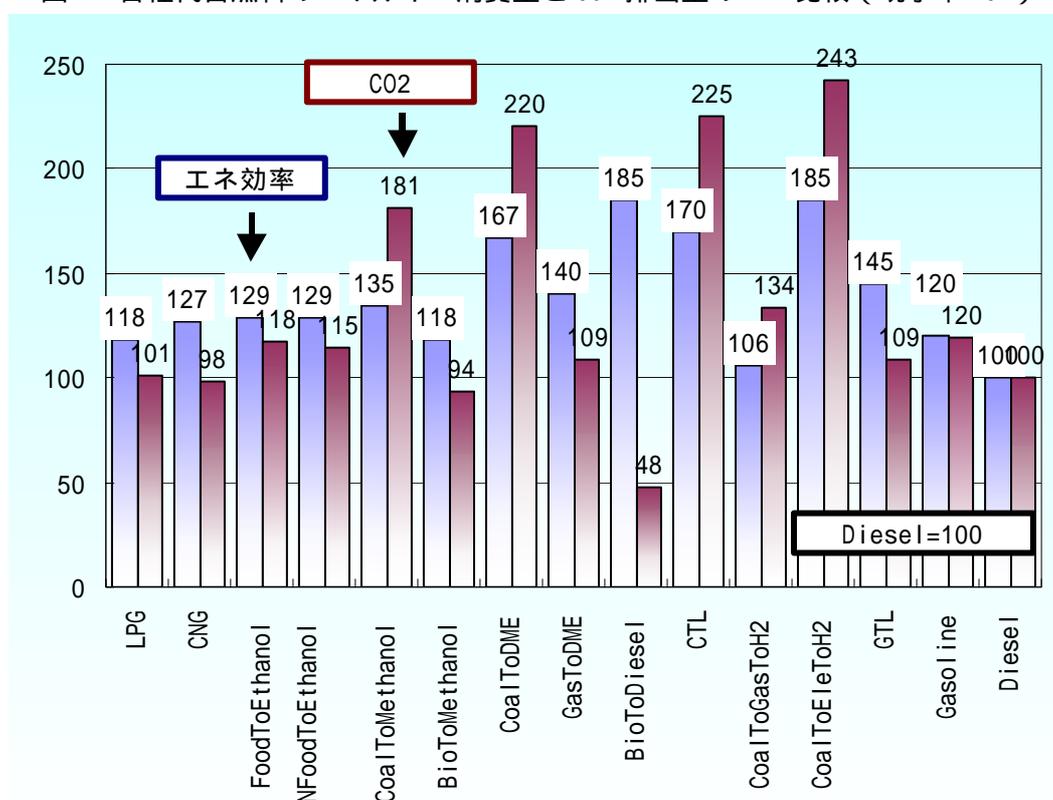
大気環境性能

大気環境性能は DME と天然ガスが高いと考えられる。ただし、表 7 に示す通り、石炭系 DME は生産段階で NOx や粉塵を大量に排出しているため、WTW (Well To Wheel) という「石油の井戸から自動車の車輪まで」ベースで考えれば、石炭系 DME も疑問視される。メタノールは毒性があるため、大量に自動車代替燃料として使うになお課題が残っている。

総合効率 (エネルギー効率、CO2)

自動車の代替燃料の効率は WTW で評価するのが望ましい。CO2 の排出量も同様である。EU は(06 年 5 月)の研究結果 (図 2 を参照) によれば、石炭系 DME と石炭液化 (間接) は WTW のエネルギー消費量と CO2 排出量において似ている。ただし、石炭系のメタノールは CO2 排出量が多いものの、効率が高いことが認められる。

図 2 各種代替燃料のエネルギー消費量と CO2 排出量の WTW 比較 (現水準 ICE)



出所) European Commission (06 年 5 月)

注) 表中の英語名称は付表の日本語名称と同じ。

自動車性能

自動車性能も重要な指標である。ガソリンやディーゼルなど伝統の燃料に比べれば、各種代替燃料は少なからず弱点を持っている。自動車メーカーの立場からみれば、ガスより液体、バイオディーゼルより通常のディーゼルのほうが望ましい。ただし、長期的に各種の代替燃料を評価するのにあたって、基本的には技術が必要とともに進化し、需要を満たせると期待したい。

5. 30年までの代替比率

各種自動車代替燃料の評価を表8にまとめる。上記の分析に基づいて、自動車代替燃料として最も普及できるのは、石炭液化（直接・間接）とバイオ燃料である。

表9 各種代替燃料の総合評価

		エネルギー 安定供給性	経済性	大気環境 性能	総合効率	自動車性能
		資源量 多様性 安全性	自動車価 格、燃料価 格、燃料供 給インフラ	排出ガス	WTWの効率 WTWのCO2	続行距離 出力、他
LPG						
CNG (LNG)						
エタノール	食糧系					
	非食糧系					
メタノール	石炭系					
	ガス系					
DME	石炭系					
	天然ガス系					
バイオディーゼル	バイオ系 廃食用油					
CTL	直接液化 間接液化					
電気						/
ハイブリッド						
燃料電池						/
GTL						

注) > > 。上記の評価は特定な条件を前提にした1つの評価結果に過ぎない。前提条件が変化すると、評価結果が大きく変化する場合がある。

神華集団副総経理（＝副社長）張玉卓氏は、「発展改革委員会は20年までに6000万トンの石炭液化を計画しており、神華はそのうちの3000万トンを生産する」としている（05年11月）。神華の第1期の直接液化は320万トンで、そのうち約80%がガソリンとディーゼルである。同比率で6000万トンの生産計画を換算すると、20年に4800万トンのガソリンとディーゼルが生産される。この量は約20%の自動車燃料を代替できる。ただし、石炭液化プロジェクトは、水資源と環境問題が懸念されるとともに、現段階では中国は生産技術をまず克服しなければならない。

一方、最近の情報（06年4月）によると、発展改革委員会は「十一・五」計画期間中ではバイオ技術を産業化し、「十二・五」計画期間中では生産規模を拡大し、15年以後ではバイオ生産を大きく発展させることを計画している。この計画では20年にバイオ燃料（バイオディーゼルを含む）が交通燃料の15%を代替するという。ただし、バイオ燃料の生産技術がなお問題点が残っているほか、資源量に関しても中国政府は05月に「国家代替エネルギー

ギー研究作指導グループ」を発足して再調査に乗り出した。

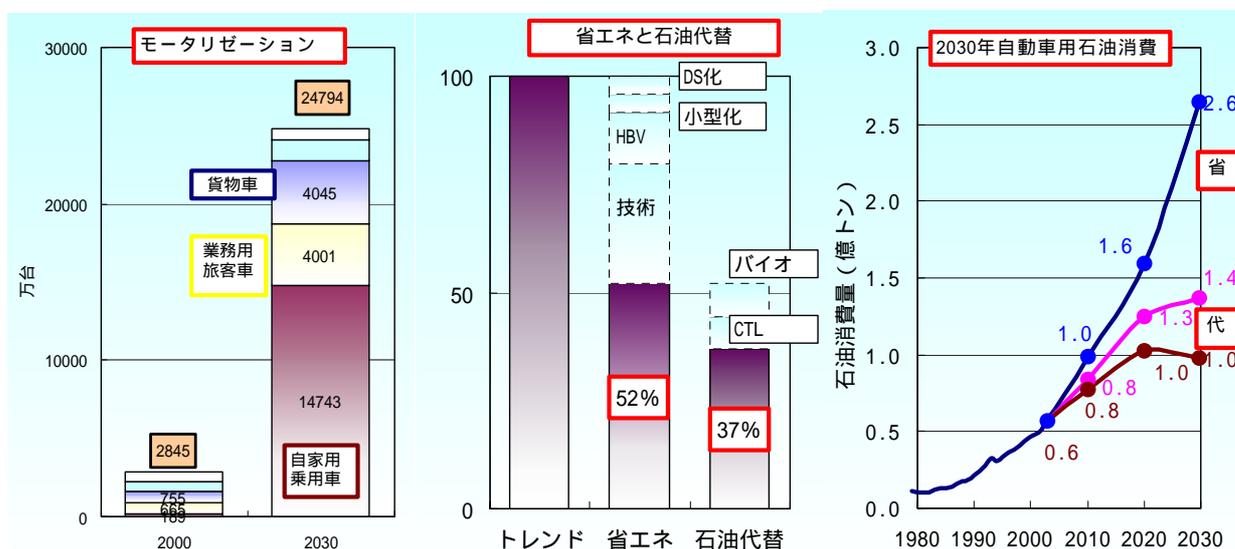
いずれにしても、石炭液化とバイオ燃料の石油代替は中国において進む可能性が最も高い2種類である。上記分析した政府の支持政策、資源量と経済性などの点で見ると、30年に石油代替燃料の導入量は石炭液化2000万トン、バイオ燃料2000万トン（内バイオエタノール1500万トンとバイオディーゼル500万トン）とみる。政府の計画より少ないものの、実現可能性が比較的高いと考えられる。

一方、エネルギー源の多様性を保つために、他の代替燃料も積極的に導入する必要がある。LPGとCNGは引き続き資源のアクセスしやすい地域で促進すべきであろう。DME代替燃料は大都市において大気汚染防止に有効な手段として促進すべきであろう。電気自動車は長距離輸送と必要としない分野で活躍できるであろう。燃料電池自動車は引き続き長期的な視野で開発を進めるべきであろう。

6. まとめ

筆者は「所得分布曲線を利用した中国のモータリゼーションの予測」(06年)において、中国の自動車普及台数を30年まで予測した。30年に人口が15億人、都市化率が62%、GDP成長率が6.5%（10～30年）、所得格差は都市部0.32、農村部0.35（2000年水準）との前提条件で、自家用乗用車の普及台数は1.474億台になると予測している。また、業務用乗用車4001万台、貨物車4045万台、そして二輪車1.338億台と農業用車2000万台になると予測している。これらを自動車換算（1自動車=3台農用車=10台二輪車）にすると、30年の自動車普及台数は2.479億台、100人当たりの普及台数が16.5台になる見通しである。

図3 自動車用石油消費の長期展望



また、筆者は「中国の自動車分野における省エネルギーの可能性」(06年7月)において、中国現状の自動車燃費水準は日本と比較すると、少なくとも33%の改善余地があることを検証した。既存の燃費改善技術と革新のハイブリッド技術の導入とともに、軽油乗用車の適宜促進と小型車の普及など省エネルギー取り組みを行うと、30年に自動車のエネルギー消費効率は現在より48%改善できることも検証した。同論文の試算では現状の消費効率で

30年に原油換算2.6億トン(多くの研究機関の予測では2.5~3.0億トン)が自動車用に消費される見通しであるが、省エネルギーが進むと、1.4億トンまでに減少できる。

さらに、本研究では各種の石油代替エネルギー・技術に関する進捗現状、政府の態度、そして自動車の燃料とした時の資源量、経済性、環境性などを分析した結果、石炭液化とバイオ燃料の石油代替が進む可能性が最も高いことがわかった。また、政府の計画より少ないものの、本研究では30年に自動車用の石油代替燃料の導入量は石炭液化2000万トン、バイオ燃料2000万トンと見ている。この場合、自動車用の石油消費量は1.4億トンからさらに1.0億トンまでに減少できる。

7. 政策提言

中国では高度経済成長に伴って人々の所得は顕著に増加したため、モータリゼーションは急速に進展している。中国は現在すでに世界第2位の自動車消費市場となっているが、30年に普及台数がさらに7倍以上に拡大すると予測されている。これは、自動車産業にとってはいうまでもないが、直接または間接に関連する他の産業にとっては大きいビジネスチャンスと考えられる。短・中期的にみれば、目下、中国が国を挙げて推進している自動車小型化と石油代替燃料への取り組みの動向に注意すべきであろう。特に後者の場合、政策の流動性が高いため、深く見守る必要がある。

中国のエネルギー消費の増加は中国自身にさまざまな問題をもたらすだけでなく、国際エネルギーの需給や、国境を越えた環境汚染や地球温暖化問題にも影響があるため、中国のエネルギー問題は世界のエネルギー問題とも考えられる。日本の協力可能な分野として、自動車燃費の改善技術や、燃料品質の向上技術、代替燃料の生産技術など技術の協力が考えられる一方、日本の省エネルギー制度や経験を紹介するのも重要な内容と考えられる。

中国としては、外国で成功した省エネルギー例を国情に適應した形で応用するのは1つの近道と考えられるが、根本的には自らの力で努力すべきであろう。自動車産業に限って言えば、自主開発能力の向上がなければ、真の省エネルギーが期待できない。また、最近では多くの石油代替のシナリオが浮上しているが、水資源や環境問題が潜伏している一方、まずは生産技術の克服が最重要であろう。

また、今後のエネルギー消費増の最大要因は自動用燃料の増加であるため、自動車産業の発展とエネルギー消費の長期展望を総合的に分析し、そして長期目標を示す事が望ましい。

さらに、国民の省エネルギー意識の教育・浸透・向上も重要な省エネルギーの取り組みであり、中国には「資源節約・環境保全」という新しい基本国策を持続して取り組むことが期待される。

付表 各種代替燃料の環境性の比較

単位 : GHG g CO2eq/km

エネルギー		実験記号	通常			ハイブリッド		
			TTW	WTT	WTW	TTW	WTT	WTW
LPG		LRLP1 LPG: imports from remote gas field +PISI 2002	148	18	166			
CNG		GPCG1b CNG:Pipeline 4000 km +PISI dedicated 2002	130	31	161	81	20	100
エタノール	食糧系	WTET1a EtOH:Wheat, conv NG boiler, AF + PISI 2002 95/05	168	25	193	120	18	139
	非食糧系	SCET1 EtOH: Sugar cane (Brazil) + PISI 2002 95/5	168	20	188	120	14	135
メタノール	石炭系	KOME MeOH:Coal EU-mix, Cen, Rail/Road Reformer + FC	109	188	297			
	ガス系	GPME1b MeOH: NG 4000 km, Syn, Rail/Road, Reformer +FC	109	44	154			
DME	石炭系	KODE1 DME: Coal EU-mix, Cen, Raild/Road DICI 2002	127	235	361	97	181	278
	天然ガス系	GPDE1b DME: NG 4000 km, syn, Rail/Road DICI 2002	127	51	178	97	40	136
バイオディーゼル	バイオ系	ROFA1 RME: Gly as chemical + DICI 2002	143	-65	78	109	-50	59
	廃食用油							
CTL		KOSD1 Syn-diesel: CTL, Diesel mix DICI 2002	133	236	369	102	182	284
燃料電池	石炭ガス化圧縮水素	KOCH1 C-H2: Coal EU-mix, cen Ref, Pipe FC	0	219	219	0	195	195
	石炭火力電解圧縮水素	KOEL 1/CH2: Elec coal EU-mix, cen ely, Piple + FC	0	398	398	0	354	354
GTL		GRSD2 Syn-diesel: Rem GTL, Sea, Rail/Road + DICI 2002	133	46	179	105	36	141
ガソリン		COG1 Conventional gasoline + PISI 2002	168	28	196	120	20	140
ディーゼル		COD1 Conventional Diesel + DICI 2002	138	26	164	105	20	125

出所) European Commission (06年5月)

注1) DICI: An ICE using the direct Injection Compression Ignition technology

注2) PICI: An ICE using the port Injection Spark Ignition technology

注3) DPF: Diesel Particulate Filter

注4) TTW: Tank-To-Wheels、WTT: Well-To-Tank、WTW: Well-To-Wheels

参考文献

- 【1】 European Commission (06 年 5 月), Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context, A joint study by EUCAR / JRC / CONCAWE. <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>
- 【2】 李鋼 (06 年 5 月) 「中国自動車産業の第 11 次 5 カ年計画綱要」、中国国家發展改革委員会工業司 (日中省エネルギー・環境総合フォーラム資料)
- 【3】 国家發展改革委員会 (06 年) 中国国家發展改革委員会 HP、<http://www.sdpc.gov.cn/> (中国語文献)
- 【4】 「中国電動汽車網」 (06 年 5 月) <http://www.chinaev.org> (中国語文献)
- 【5】 俞珠峰, 陳貴峰、楊麗 (06 年) 「煤基液体燃料生産技術の評価」、中国能源、06 年 2 月号 (中国語文献)
- 【6】 蔣劍春ら (06 年) 「生物軽油研究進展」、中国能源、06 年 2 月号 (中国語文献)
- 【7】 中国清潔汽車行動消息網 (06 年) <http://www.cleanauto.com.cn> (中国語文献)
- 【8】 「中国能源統計年鑑」 (05 年) 中国統計局 (中国語文献)
- 【9】 星博彦 (04 年)、将来自動車用燃料とパワートレイン技術の動向、エネルギー総合工学 Vol27、No1

お問合せ : report@tky.iej.or.jp