

調査と研究⑥

将来の自動車と代替燃料

Future Automobile and Alternative Fuel

比留間 豊*
伊達 英夫**

まえがき

日韓トンネルは単に韓国と日本をトンネルで結ぶのみでなく、アジア、ヨーロッパを含むユーラシア大陸と日本を陸上交通で連結しようという大プロジェクトである。

アフリカ大陸とヨーロッパを直結するジブラルタル海峡連絡はトンネル案、橋梁案が審議されている。

イギリスとヨーロッパ大陸を結ぶドーバー海峡トンネルも着工も近いと思われる。

アジアとアメリカ大陸は、朝鮮海峡より短いベーリング海峡で隔てられており、これが結ばれば、地球人口の大半は、文化、経済の交流を陸上交通で行えることとなる。

文化、経済交流の手段は、航空、陸運、海運、通信であり、各々その分担があるが、19世紀における航空、モータリゼーション交通、通信ニューメディアの進歩は著しい。

特に第二次世界大戦以降のモータリゼーションと高速道路の進展は著しく、先進工業国の主要幹線は完成に近づき、中進国から後進国に及びつつ

ある。

自動車のドア・ツウ・ドアの便利性は、次第に乗り換え、積み替えを要する鉄道を蚕食したが、一方鉄道も高速鉄道、リニアカー等で蘇生しつつある。

一方、自動車は、ガソリン、軽油を燃料とするため、一酸化炭素 (CO)、窒素酸化物 (NO_x)、スモークを発生し、大気汚染の原因となり、その発生を厳しく規制され、現在では、ディーゼル車のスモークを除き無規制時の10分の1となった。

日韓連絡トンネルは何を走らせるべきかは今後の研究に待たなければならないが、できることなら自動車とリニアカーのような超高速鉄道の併用されることが望ましい。

長大トンネルは、前述のCO、NO_xの減少とスモーク集塵技術の発達により理論的には可能となったが、更にこれら有害物質の減少が明り部も含めて望まれる。

一方、石油燃料はその埋蔵量から30数年、未発見量を入れても60-70年と言われており、代替燃料もアルコール、水素、などの研究のほか、公害物質を出さない完全燃焼のエンジンの改良、ガスタービン・エンジン、蒸気エンジン、電気自動車の研究も行われており、既にメタノール、エタノールが実用化されており、発生公害物質の減少も期待されている。

また、高速道路上の運転の自動化も色々の方式

* 東京道路エンジニア(株)取締役相談役
本会第3部会道路トンネル小委員会委員長

** (株)住友道路研究所常務取締役
本会第3部会道路トンネル小委員会委員

が研究されており、30年後には十分実用化するであろう。

本論は、日韓道路トンネルの計画のため、将来の自動車と代替燃料の大勢を文献調査したものである。

将来の自動車と代替燃料

1. 現在の自動車と使用燃料

1.1 現在の自動車

現在使用されている自動車は、その大半がガソリン機関による乗用車と小型トラックならびにディーゼル機関による大型トラックと大型バス等である。

国内及び世界の自動車保有台数と生産台数の推移¹⁾は図1.1、図1.2、図1.3に示すとおりである。

1960年以降世界の自動車は、年平均約1千5百万台、日本の自動車は年平均180万台づつ増えている。

しかし年平均の伸び率は図1.1に示すように漸減している。

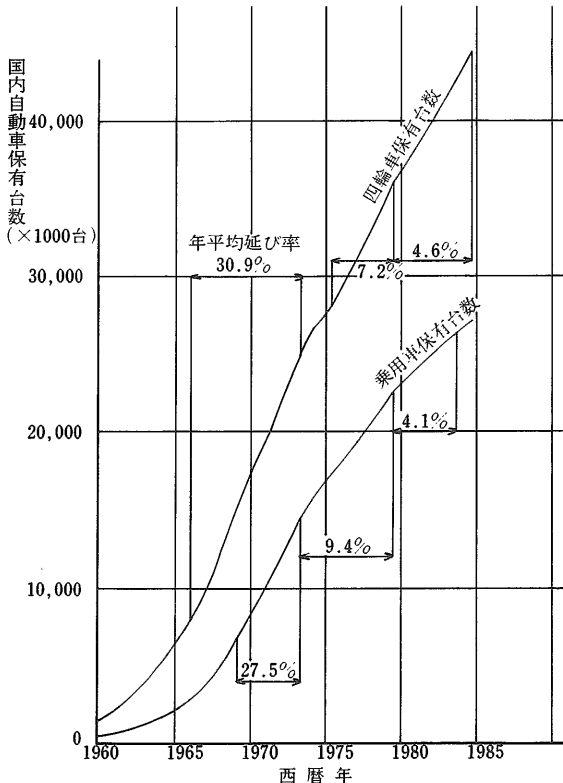


図1.1 日本国内自動車保有台数の推移 (1960~1985年)

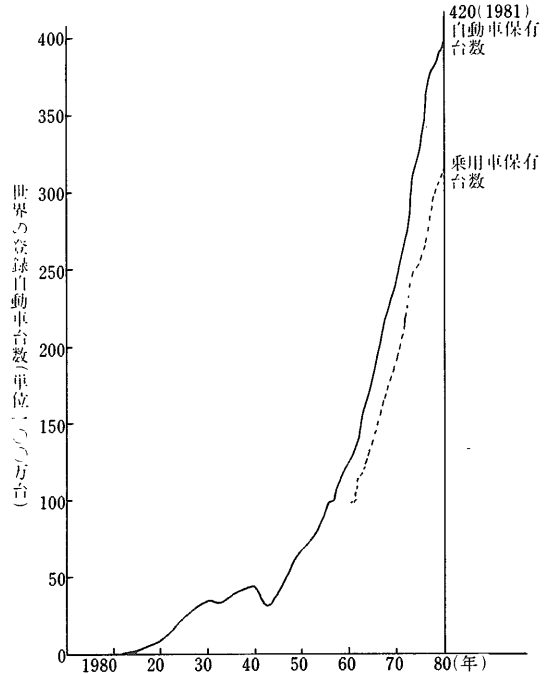


図1.2 世界の自動車保有台数 (1910~81年) および乗用車保有台数 (1960~80年) の推移

出典：World Motor Vehicle Data, 1982 edition, Detroit : Motor Vehicle Manufacturers Association, 1982

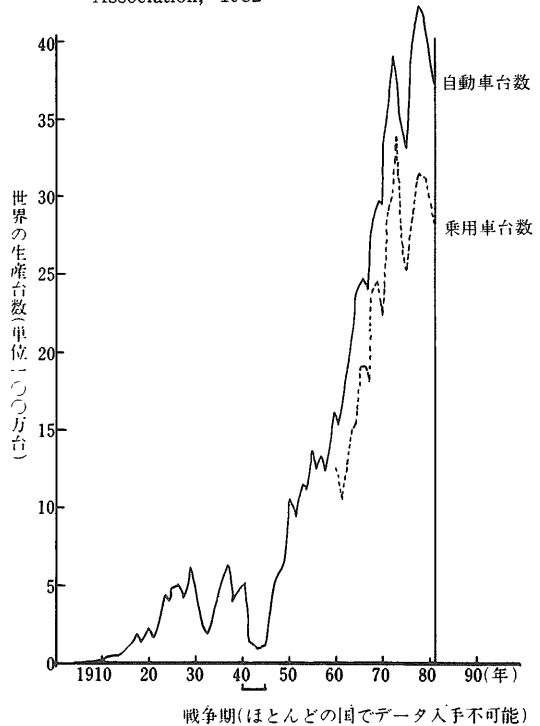


図1.3 世界の自動車 (1900~81年) および乗用車 (1960~81年) 生産台数の推移

表1.1 日本の車種別生産台数

暦年 (1~12月)	乗用車					計
	普通車	小型四輪車			軽四輪車	
	ガソリン	ガソリン	ディーゼル	小計	ガソリン	
49	146,303	3,537,232			248,307	3,931,842
50	209,032	4,198,550			160,272	4,567,854
51	310,810	4,549,253			167,729	5,027,792
52	439,604	4,811,439			180,002	5,431,045
53	472,333	5,262,241	65,011	5,327,252	176,383	5,975,968
54	412,556	5,512,601	75,514	5,588,115	175,100	6,175,771
55	403,338	6,263,946	174,901	6,438,847	195,923	7,038,108
56	488,664	6,100,679	199,478	6,300,157	185,310	6,974,131
57	529,357	5,916,090	248,479	6,164,569	187,660	6,881,586
58	494,670	6,148,306	305,325	6,453,631	203,587	7,151,888
59	480,618	6,397,853			194,702	7,073,173

暦年 (1~12月)	トラック							計
	普通車			小型四輪車			軽四輪車	
	ガソリン	ディーゼル	小計	ガソリン	ディーゼル	小計	ガソリン	
49	74,318	262,299	336,617	1,547,434	166,630	1,714,064	523,498	2,574,179
50	84,304	203,866	288,170	1,441,759	168,716	1,610,475	438,987	2,337,632
51	177,449	270,692	448,141	1,664,313	166,209	1,830,522	492,853	2,771,516
52	296,010	316,025	612,035	1,596,319	213,646	1,809,965	612,981	3,034,981
53	346,276	355,385	701,661	1,686,405	255,302	1,941,707	593,698	3,237,066
54	374,389	396,367	770,756	1,570,304	322,392	1,892,696	733,762	3,397,214
55	457,208	427,990	885,198	1,663,834	449,477	2,113,311	914,679	3,913,188
56	501,368	427,546	928,914	1,431,833	566,398	1,998,231	1,175,851	4,102,996
57	432,230	374,994	807,224	1,206,374	556,100	1,762,474	1,213,520	3,783,218
58	537,910	315,620	853,530	1,263,290	545,756	1,809,046	1,241,247	3,903,823
59	613,828	355,555	969,383	1,378,452	666,681	2,045,133	1,305,022	4,319,538

暦年 (1~12月)	バス					合計
	大型	小型			計	
	ディーゼル	ガソリン	ディーゼル	小計		
49	17,047	28,772			45,819	6,551,840
50	13,624	22,481			36,105	6,941,591
51	14,215	27,924			42,139	7,841,447
52	17,244	31,252			48,496	8,514,522
53	14,632	27,498	13,989	41,487	56,119	9,269,153
54	15,550	31,070	15,941	47,011	62,561	9,635,546
55	16,470	52,308	22,810	75,118	91,588	11,042,884
56	16,177	63,359	23,299	86,658	102,835	11,179,962
57	13,304	30,658	23,028	53,686	66,990	10,731,794
58	11,777	23,817	20,354	44,171	55,948	11,111,659
59	13,651	58,558			72,209	11,464,920

(注) 1：昭和52年までは、乗用車、バスはガソリンとディーゼルに分けて集計していない。

2：大型バスは定員30人以上、小型バスは定員29人以下。

資料：日本自動車工業会「自動車統計年報1985」

日本の車種別生産台数²⁾を表1.1に示す。

毎年の全生産台数はあまり増えてはいませんが、各車種の中で小型トラックのディーゼル車と小型乗用車のディーゼル車の伸びが著しい。

1.2 現在の使用燃料

現在国内で最も多く使用されているのはガソリン車用のガソリンとディーゼル車用の軽油である。

その他のタクシー用に一部プロパンガス (LPG) が使用されている。

これらの燃料の生産量と今後の見通しについて述べる。

(1) 原油の埋蔵量

世界の石油埋蔵量は図1.4³⁾によれば、1982年において現在の産油率が続き、新たな油田発見がないとしても34年分の埋蔵量がある。

また、燃料便覧⁴⁾によれば、1975年末までに世界の主要な産油国17カ国で発見された原油の量は1,632億tとされている。このうち484億tがすでに生産され、残量として1,148億tがあると推定される。

今後、新しく発見される可能性のある埋蔵量もかなり多く、世界の究極可採埋蔵量は約3,000億tで、そのうち未発見量は1,400億tと見積もられている。

(2) 石油の精製

原油は沸点の異なる数多くの成分からなり、まず蒸留により所定の沸点範囲をもつ、いくつかの留分に分けられる。

これらは不純物を含んでいるので、さらに薬品による洗浄、水素化精製などの処理を経て製品と

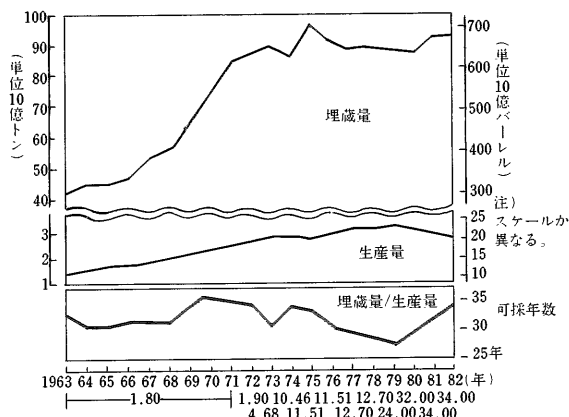


図1.4 世界の石油埋蔵量と生産量 (1963~82年)

出典：Statistical Review of the World Energy Industry, London
: Brotosh Petroleum 1982

なる。

常圧蒸溜装置ではガス、液化石油ガス (LPG)、ナフサ、灯油、軽油留分を留出し、塔底油として重油を分離する。

原油から得られる各精製品の生産量は次のとおりである。(表1.2参照)

(3) LPG (液化石油ガス)

石油精製または石油化学工業の過程で副生する炭化水素を分留して取り出し、常温常圧ではガス状のプロパン、ブタンなどの混合気体を加圧して液化したものである。

65年1,900万t、70年度2,100万tとなっている。

LPGの長所としては、

- ①オクタン価が高い。
- ②気化が良好で安全な混合気体が得られる。
- ③オイルの希釈がなく、したがって劣化がない。

表1.2 石油精製品

名称	留出温度(℃)	収量(%)	成分炭化水素分子中の炭素原子の数	引火点(℃)
ガソリン	40~150	5~20	5~9	10以下
灯油	150~300	30~50	9~18	30以上
軽油	200~350	20~40	10~23	50以上
重油	300以上	20~40	17以上	90以上
ピッチ	残留物	5~10		

④税価格の面で安いので経済的に有利である。等である。一方短所としては

①高压ガスのため、取扱い上に問題が多い。

②高压タンクが必要なため重くなる。等である。

LPG エンジンは、空燃比がガソリンより若干希薄側にとれるので、一般にCO 発生量はガソリン車より少ない。

HC も CO と同じくガソリンエンジンより少ないが、減速時にやや高くなる傾向がある。

現在、大半がタクシー用として使用されている。

(4) 消費量

国内で自動車用として使用されている1966年度の燃料消費量は次のとおりである。(表1.3参照)

表1.3 自動車用燃料消費量 (1966年)

自動車用L P G	720,867 t
" ガソリン	12,004,254 kℓ
" 軽油(自動車以外も含む)	6,686,284 kℓ
" C 重油	40,605,933 kℓ

2. 将来の自動車と代替燃料

2.1 将来の自動車

自動車は市場分析、商品企画から設計に入り、プロトタイプのを生産、各種試験を経て市場に販売されるまでに5年を要する。量産体制に入って市場に出てから約5年は生産されるという実績から約10年は使用されることになる。³⁾

すなわち、ニューモデルの車は約10年の周期でもって回転するので、社会情勢に無関係に突然変異的に出現するものは少ない。将来の車の改良の方向⁵⁾としては次のとおりであるが、主要なものはまず安全性の向上、公害の少ないこと、省エネルギー等である。

①重量の軽減とサイズダウン

車体重量が10%軽くなれば燃費率は約6～8%軽減する。

②空気抵抗の減少とタイヤの改良

走行抵抗の低下により走行馬力が減少し、これが燃費低減につながる。

③安全自動車の開発

事故を起こしにくいものにする。事故時に乗員や歩行者の傷害を少なくする。二重事故や火災など事故後の被害増大を避けることについて、安全装置を改良する。

④エンジンの改良による燃焼効率の向上

ガソリンエンジンをディーゼルエンジンに変えるだけで約25%の走行燃費率の向上がはかれる。

マイコン制御により常に最も走行燃費率の良くなるエンジン回転や減速比を選ぶ。

渋滞走行などでスタートやストップの繰返しの多いとき、エンジンに自動式のスタータとストップ機構を組み込み、アイドリング中の燃料消費を避ける。

⑤コミュニケーションビークルの開発

カーテレホンの使用、自動的に目的地までの各種運転情報の得られるナビゲーションシステムの実用化が期待される。

最終的には自動操縦システムが目標である。

2.2 エンジンの改良

ガソリンエンジンの燃費率の向上の具体的方式は表2.1⁵⁾に示すとおりである。

この中で、今後最も期待されるのは次の方式である。

現在のガソリンエンジンの、空気、ガソリン混合比は重量比で18程度が最適とされている。

これに対し20以上の希薄混合比にして燃費性能を上げようとする、ノッキングなどの異常燃焼が始まり、出力低下を来たすと同時にオーバーヒートもまねくことになる。そこで吸入ガスにスワール(旋回)やタービュレンス(渦流)を与え、なめらかな燃焼を保つために点火プラグを2個つけて、燃焼室内での火炎伝播距離を縮めたり吸入弁やピストン形状を改良する。

混合比を40～60と薄くすると、ミスファイアによる点火不能が発生し始めるので、吸入系統を標準混合比と希薄混合比の2つに分ける方式が考えられる。

まず、始めは標準混合比の吸入ガスに点火し、その火炎で希薄混合比のガスを燃焼させる層状給気で、2段式の燃焼方式の研究が行われている。

アメリカのフォードやわが国の東洋工業からの発表によれば、電子制御式の気筒内直接噴射の場

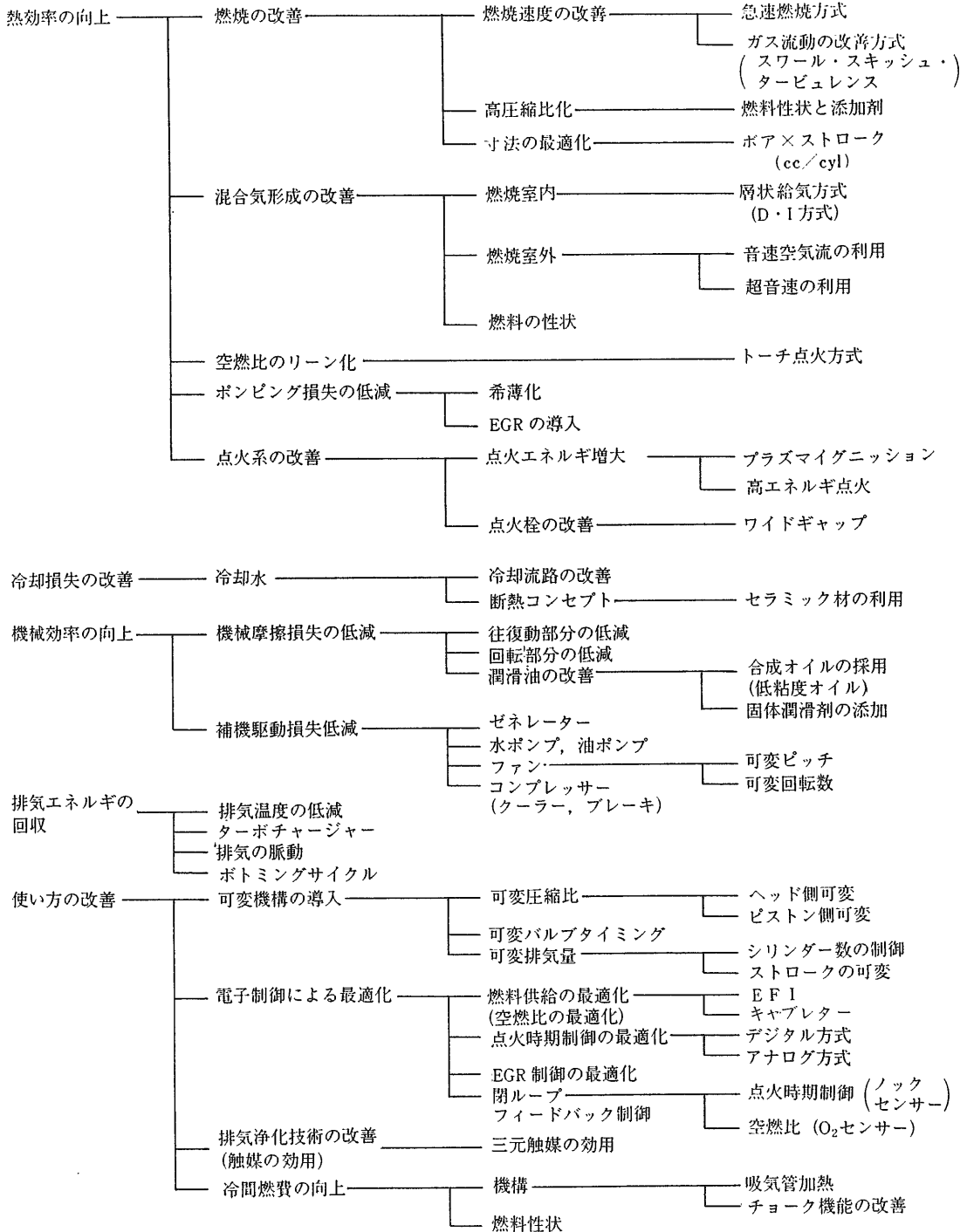


表2.1 燃費低減策の分類と具体的方式 (自動車技術より)

合、層状給気燃焼方式が実現の可能性が高いといわれる。

これに対し、ディーゼルエンジンのように副室を設け、まずここに吸入した標準混合比の吸入ガスに点火し、この火炎を噴孔から主燃焼室の希薄混合比の吸入ガスにあて、燃焼させるという火炎トーチ方式がVWやホンダで試みられ、ホンダの場合CVCC（複合給気渦流室燃焼）システムの名で実用化されている。

ただ、現状ではCVCCは燃費向上よりも排出ガス中のNOx、低減化が主な目標とされている。

層状空気燃焼方式の真のねらいとする混合比40~60という極めて薄い混合気を電気点火し、確実な着火を行うには点火栓のワイドギャップ化による高エネルギー火花発生も必要であり、圧縮比を11~15に高めるなどの工夫が考えられる。

これにより、超希薄混合気による燃料節約と、高圧縮比による熱効率向上との相乗効果が期待される。

2.3 新しいエンジンの開発⁶⁾⁷⁾

脱石油と公害防止のため将来実用化の可能性の高い次のような新しいエンジンの開発が進められている。

①アルコール使用エンジン

LNG、石炭等から精製されるメタノールと植物から作るバイオマス燃料のエタノールの2つがある。

②水素エンジン

③ガスタービン

④ランキンエンジン（蒸気自動車）

⑤スターリングエンジン

⑥セラミックエンジン

⑦電気自動車

(1) メタノールエンジン¹⁴⁾

(a) メタノール混合ガソリンの場合

オクタン価が高く、圧縮比が上げられるため、ガソリンエンジンより出力の点で有利であること、気化潜熱が大きいので、内部冷却の効果があること、燃焼の際にススがでない等の長所がある。

しかし、沸点が65°Cで冷間始動時の気化が悪く、始動が悪い。そのため始動時に少量のガソリンを過給する方法等をとる必要があること、鉄やアルミ、銅等金属を腐蝕する性質があるため材料

面で対策が必要となる欠点がある。

冬期などの低温時にはガソリンの組成によっては相分離を起こすので、日本のように湿度の高い風土の場合は、輸送貯蔵中に水分の混入による相分離は重要な検討問題となる。

市販車にそのまま使用することは相分離の腐蝕の問題が障害になるので、この面の対策を考えなければならない。

(b) ニートメタノールの場合

ニート（純粋）メタノール、すなわちメタノールだけを燃料とする場合、天然ガス、石炭などを原料とすれば発熱量当りのコストでもガソリンに対抗できる可能性があるため、利用技術さえ開発されれば、ニートで使用できると考えられる。

しかし、燃料系統を耐蝕性のある材料と交換する必要があるので、燃費 km/l 単位で約 1/2 になること、気温 15°C 程度以下でエンジン始動がそのままでは不可能であることが欠点である。

しかし、長所として、高圧縮比の採用が可能のため、出力の10%程度の増加が期待できること、混合気の燃焼速度が早く可燃混合比の上下限の範囲も広く、熱効率の向上と排気中の有害成分としてのCO、NOxの量も少なくなる。

また、HCの排出も殆どない。

ただし、そのかわりにメタノール蒸気とホルムアルデヒドが排出されるから、これとアルコール蒸気が問題となる。

(c) ディーゼルエンジンの場合

メタノールはオクタン価は高いが、セタン価が低いので、燃えにくいという欠点がある。そこで軽油を火種にしてメタノールを燃やす2燃料噴射方式とか、スパークプラグを用いるディーゼルエンジンというものが考えられる。

(d) メタノール改質ガスエンジン

液体アルコールを排気熱で水素ガス H₂ と酸素ガス O₂ とに分解し、これを吸入空気と混合して、在来のガソリンエンジンのLNG利用と同様な手法で希薄燃焼させる。分解に触媒を使い、排出ガスの余剰熱エネルギーを利用し、結果として、燃料の発熱量を増大し、熱効率を高めている。

(2) エタノールエンジン

(a) エタノール混合ガソリン

エタノールを自動車燃料に利用する場合は一般にガソリン量の10~20%混合する。

アメリカやブラジルではすでに実用化されているが、いままでのガソリンエンジンにそのまま混合燃料を用いる方法を採用する。

- ①混合率によるが、燃料の発熱量は数%低下する。
- ②キャブレタ調整をしないと混合比は薄い方に変化する。

その結果、出力の減少とドライバビリティの悪化、燃費の増加、排気の有害成分の増加等が生じる。多くの実用テストの結果、ガソリンに対して約10%の混入率であれば、それ程の悪影響はないということになった。

しかし、10%を超える混入率になると、キャブレタや点火進角などの調整が必要となる。

既にアメリカやブラジルでは、トウモロコシやサトウキビを酵母で発酵させてアルコールをつくる方法を工業化し、ガソリンにアルコールを混ぜたガソホルを燃料として実用化している。

しかし、この方法はコストも高くガソリンに対抗できない。

そこで、酵素でなく、固定化酵母を使ったバイオリアクタで連続発酵させる方法を開発中である。

これは、木材チップや稲や麦ワラなどを機械にかけて破碎し繊維についているリグニンをはがしセルローズだけをとり出す。

次にそのセルローズを糖化槽の中で、繊維分解酵素セルラーゼを入れて発酵させてブドウ糖を作る。

次いで、透過膜を用いてセルラーゼとブドウ糖と水を分離し、バイオリアクタと呼ぶ装置にブドウ糖と水を入れ、ブドウ糖を発酵させてエタノールを作る。

また、酵母のかわりにザイモナス菌などをバイオリアクタにしてセルローズから直接燃料用アルコールを生産する方法もある。

(3) 水素エンジン⁷¹⁵⁾

海水から無限にとれる水素を燃焼させて動く水素エンジンはガソリンエンジンにかわる有力な新型エンジンである。

また、水素は化学燃料のなかでも、単位重量あたりのエネルギーが最も大きく燃焼後の生成物は水となるので排気ガス公害がない。

ただ、水素を水から分離するために熱分解、電気分解等が必要となるためガソリンと比べてコスト高になるのが欠点である。

また、水素燃料はガソリンのように簡単に燃料タンクに入れて置けないのも欠点である。

水素を貯留または生成するのに次の方法がある。

(a) 高圧ガスタンク

水素を気体のまま使うとすれば高圧容器に入れておく必要がある。しかしこのような容器は重くなってしまい、運搬と格納が不便である。

(b) 液体水素タンク

水素を液体にしてポンペに詰めれば、高圧ガスタンクよりかなりコンパクトになるがそれでもガソリンに比べて3~5倍の大きさが必要となる。

水素を液体にすると-253°Cという極低温になるので、普通のタンクでは使えない。厚さ1.5mmのステンレスでタンクをつくりその周囲を断熱構造にしなければならない。

また、このままの温度ではオイルも凍るので、熱交換器を使って少なくとも-30~-50°Cに上げてから燃焼室に噴射する必要がある。

このようなタンクは重量も重く場所をとるので自動車に積込むのに不便である。

(c) 水素吸蔵合金

水素は、金属元素と比較的に化合し、金属水素化物となる。金属の表面に水素を接触させると水素分子は金属表面に吸着され、その分子のいくつかは水素原子Hに分解しながら金属結晶格子の内部に侵入して貯蔵されることになる。

一般にこの合金として鉄/チタニウムが用いられている。

ガソリンエンジンに使う場合、合金内から水素を取り出すには分解熱が必要となるので、エンジン冷却水を利用してこの温水が合金内をパイプによって通過するようになっている。

この熱はエンジンの必要とする水素燃料の量に応じてコントロールされながら供給される。

この場合、エンジンに1気圧以上の水素ガスを連続的に送るためには、合金全体を10°Cに保たなければならない。

合金内の水素が減ってくればタンク内圧力を

保ちながら補給する。この場合、水素化物形成によって発熱するので、冷媒でタンクを冷やす必要がある。

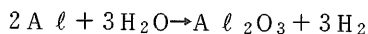
(d) 水とアルミを用いた水素ガス生成装置¹⁶⁾

欧州の国際エネルギー委員会 (IEC) で最近開発された水素ガス生成装置である。

水とアルミニウムの反応で走行中に自動的に水素ガスが生成できるため、高圧の水素ガスボンベを搭載する必要がない。

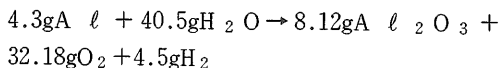
装置は水をためるタンク、アルミ線フィーダ、アークを発生させるためのドラムから成っている。

1 ~ 2 mm の間隔を持たせたアルミ線とドラムの間に電流を流してアークを発生させると



の形で水素が発生する。

この装置を搭載した車の実験で時速100km/hで走行した場合、次のような反応が行われた。



つまり、この装置で発生するガスは水素と酸素の混合ガスとなり重量比は約 1 : 7 となる。

しかし体積は逆に 3 : 2 となる。

実際にこのガスを用いて走行する場合には若干の空気を補給する必要がある。

またエンジンの回転数に合わせて水素ガスの生成量も調整する必要があるが、アルミ線の供給量とドラムの回転数を変えれば簡単に発生量を制御することができる。

アルミ線の直径 1 mm 長さ 500 m のリールを用いれば走行状態にもよるが、1 分当りおよそ 100 ~ 150 cm の消費量のため、5.5 ~ 8.3 時間走行することができる。

アークを発生させる電流はエンジンの回転で発電機を回して得られる。

自動車用として水素を用いる場合、空気中の酸素を利用するので当然窒素ガスも燃焼反応に加わり、NO_xが発生するが、これは水噴射や EGR (排出ガス再循環) などガソリンエンジンとほぼ同じ手法で軽減ができる。

また燃料の液化水素をガス化し空気と混合するには、LNG エンジンと同様な混合器よりも、シリンダ内に直接にガス状で噴射する燃料噴射弁方式の方が成功例が多い。

(4) ガスタービン

ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン等は爆発行程のみがエンジンに動力をあたえるが、ガスタービンは熱エネルギーによってガス自体に高速の流れをあたえ、これによりタービンの羽根車を回転させて動力を得る。

したがって動力が連続的であり、エンジンの作動が滑らかで、効率が高い。重量当りパワーは自動車エンジンとしては最大といえる。

しかし高速回転のため慣性が大きく、速度変換が容易でないのが欠点である。

ガスタービンは等圧燃焼で、その燃焼に必要な空気の燃料との混合性がよく、空気量も多いので、完全燃焼が容易である。

したがって CO や炭化水素の排出量は極めて少ない。

NO_xは通常のエンジンより少ないが、高負荷時に燃焼域が高温になるので多少高くなる。

(5) ランキンエンジン (蒸気自動車)

スチームエンジン車は、昔バス等に使われたことがあったが、20世紀に入ってガソリン車に変わり、姿を消した。

しかし最近になって排気ガス公害の少ないことから、再び見直されるようになった。

ポンプで圧縮された水は、予熱された後ボイラに入り、燃料の燃焼熱により過熱スチームとなって、流量調節弁を通してエンジンに入る。ここでは過熱スチームを膨脹させて、低温低圧のスチームにして動力を取り出す。

エンジンから出た低温低圧スチームは、水を予熱した後、冷却器で凝縮され、ポンプで水タンクに戻る。

ボイラは始動性や流量調節の面を考慮して貫通式が用いられ、燃料にはメタノールでも石炭でも利用できる。

スチームエンジンは外燃機関で等圧燃焼のため、燃焼室の形状、機構をかなり自由に製作できる。したがって原理的には燃料を完全燃焼できるので、CO や HC の発生量は少ない。

また、低速トルクが良く、種々の燃料が使用でき、騒音がなく、十分信頼できるエンジンといえる。

しかし一方では熱効率が低く、始動に時間がかかる欠点があり、実用には問題が多い。

(6) スターリングエンジン

スターリングエンジンは Robert Stirling が1816年に開発したもので歴史は古い。

最近ではオランダのフィリップス社が1958年以来ゼネラルモーターと共同研究を続けている。

スターリングエンジンは外燃エアエンジンであり、密封された作動流体に熱交換器を通してエネルギーが加えられたり、除かれたりして、2つのピストンを動かす。

流体には水素やヘリウム等不活性ガスを使うが、ガス洩れ対策と高性能熱交換器のない点に問題がある。

スターリングエンジンの長所は排気ガス中のCOおよびHCが少ないことと騒音がないことである。

将来の方向としては蓄電池の充電用として用いるハイブリッド方式か、断熱式レシプロエンジンの排出ガスの排熱を利用するボトムリングエンジンとして用いる方式かが実現の可能性が高い。

(7) セラミックスエンジン

シリンダやピストンに熱伝導率が小さく、高温強度の高い窒化ケイ素を主体としたセラミックスを使えば、いままで無駄に捨てていた熱エネルギーの1/3を有効に利用できる。

ラジエータは不要となるし、潤滑オイルも要らなくなる。

ディーゼルエンジンでは、寒冷時のエンジン始動を容易にするため、グロープラグという電気式予熱装置を設けているが、これは始動まで30秒程かかりディーゼルの欠点とされていた。このグロープラグにセラミック製のグロープラグを使えば、瞬時にエンジンが始動する。

次にセラミックスホットプラグが開発された。

また、ターボチャージャのタービンブレード、タペットカムシャフト、ロッカーアーム、オイルポンプギヤ等の耐摩耗性を目的とした部品や、ピストンピン等の軽量化をねらった部品等に用いられる。

またターボコンパウンドエンジンとして大型トラック、バスのディーゼルエンジンに採用されるであろう。

以上の各エンジンについて汚染物質排出量の比較をしたのが表2.2である。

2.4 代替燃料⁹⁾¹⁰⁾

(1) 石炭液化燃料

世界の石炭埋蔵量は6兆7,000億トンと推定されている。

このうち確定埋蔵量は、5,400億トンでエネルギー換算で石油の究極可採量の17倍ある。

全埋蔵量の半分が掘れるとして世界中がいまの消費水準で使った場合1500年位もつといわれている。

石炭の液化は戦前から世界各国で研究されて来たが、安い石油におされて中断を重ねている。

石炭の液化方法は色々あるが、石炭の70%程度を石油に変えることができるといわれている。

(2) LNG⁹⁾

世界の天然ガスの埋蔵量は約53兆 m³、石油換算で石油埋蔵量の約半分にあたる。生産量は約1兆3,000億 m³、現在の消費量では40年後には世界の埋蔵量が枯渇するといわれている。

(3) アルコール

(a) メタノール

石油の代替として最も有望な燃料である。

天然ガス、石炭等の豊富な資源からの生産が可能である。

特に天然ガスからの製造技術は、既に化学用メタノールにおいて実用化している。

常温で液体であり、燃料として取扱いが容易であり、エンジンに対し既存の内燃機関の改造により、比較的容易に対応できる。

ディーゼル車に用いた場合、NOx、黒煙の低減が期待されるが、セタン価が低く、圧縮着火性が悪いいため、既存のディーゼル機関に直接用いることはできない。

表2.2 各種エンジンの汚染物質排出量¹¹⁾

	排出量(グラム、マイル)		
	CO	HC	NO _x
ガソリンエンジン①	80	11	4
②	23	2.2	4
ディーゼルエンジン	5	3.5	4
ガスタービン	2.4	0.2	1.0
ランキンエンジン(蒸気自動車)	1.0	0.1	2.6
スターリングエンジン	2.8	0.6	1.0

世界のメタノール需給の現状と今後の見通しは次のとおりである。

1983年における世界のメタノール生産能力は約1,600万トン/年であり、設備稼働率は70%前後であったが、その後の中近東、カナダ等の新規設備の完成に伴って、現在のメタノール生産能力は依然数百万トン/年程度の過剰状態を続けている。

需要面では在来の化学用は1983年時点で1,100万トン/年であり、当面新規用途の拡大を期待することは難しい。

全世界で430～750万kl程度を自動車用燃料としてふりむけることが可能である。

(b) エタノール

現在世界におけるエタノールの生産能力は約1,800万kl、わが国へは約20万klが輸入されている。

燃料用に使用されている国は、ブラジル、アメリカ、及びフィリピンである。

ブラジルでは1979年339万kl生産され、そのうち燃料が約270万klである。

原料としては糖質（甘蔗、果汁廃みつ）、でんぷん質（馬鈴しょ、トウモロコシ、サトウキビ、キャッサバ、米）、繊維質（稲ワラ、もみがら、製材くず、古紙、繊維質ゴミ）等を発酵させて製造したものである。

しかし、エタノールは自動車用燃料として使うより、アルコール飲料として使う方が付加価値が高く、経済的に有利なため、燃料としてのび難しい。

転用をさけるために、ガソノールの名でガソリンと混合したり、分離不能の染料により着色されたりしている。

3. 電気自動車⁷⁾

電気自動車は戦前に既に国産化されており、戦後ガソリンの欠乏期に自動車保有台数の3%にも達する時期があった。

しかし、その後ガソリン車の生産におされて姿を消した。

昭和40年代になって、公害問題の発生によって再び騒音と排気ガスのない電気自動車が見直されるようになり、電力会社やメーカーが協力して開発試作を行った。

その後、通産省の大型プロジェクトとして軽乗

用から大型バスに至る5車種が開発され、経済的実用的な車の研究が続けられている。

現在、工場内で使用されるフォークリフトや新聞、牛乳配達などの車、ゴルフ場、工場内運搬車のような特殊用途に使われる車が多く、まだ一般車としては普及していない。

電気自動車は内燃機関自動車と比較して次のような長所をもっている。

(1) 排出ガス

汚染物質を全く排出しないので公害がない。

(2) 騒音振動

電動機を使用しているため原動機から発生する騒音、振動は圧倒的に少ない。

(3) 省エネルギー

ガソリンやディーゼルエンジンは、エンジンの熱効率が25～30%であるが、ガソリン精製の効率や、発進停止の多い低速時の効率などから、都市内走行では、総合エネルギー効率は、約10～12%位となる。

これに対し、電気自動車は電動機単体の熱効率は90～95%であり、発電所の熱効率35%、これに送電効率、充電効率をかけて全体としての総合エネルギー効率は約18%となり、内燃機関より約50%効率がよい。

なお発電には石油でなくても水力、原子力、太陽熱等多様な方法があり、火力発電所でもMHDや高効率ガスタービンにより、熱効率を上げれば、それだけ電気自動車の効率も高まることになる。

(4) 原動機

電動機を用いているため、内燃機関と比べて構造は簡単で小型である。

また暖機運転やアイドルリングが不要で、低温でも即時発進が可能であり、さらに逆転も容易である。

(5) ハイブリッドカー

ガソリンエンジンと蓄電池を併用することにより、発進にはモーターを使い、走っている時には、エンジンを主体として充電を行い、加速登坂の時にはパラレル動力を供給できるハイブリッド方式がある。

また道路に低い電圧の送電板を設置して、これに自動車からブラシを接触させてバッテリーを充電し、この充電道路からはずれた時には、パッ

表3.1 各種電池の特徴と将来性

種類	長所	短所	将来性
①鉛蓄電池	信頼性大、安価	エネルギー密度小 登坂力、加速力、長距離走行、充電に長時間を要する	開発はすでに限界に達し性能的に実用用途は限られている
②アルカリ蓄電池 (ニッケル、カドニウム電池)	過充電、過放電に耐える 耐用年数が長い 充電時間が短い	高価(鉛蓄電池の3倍) エネルギー密度が低い	今後の改良に限界があり用途は限られる
③銀・亜鉛蓄電池	エネルギー効率比較的大	銀の価格が高過ぎる	銀の入手源の点から実用化の可能性小
④亜鉛・空気蓄電池	エネルギー密度大 (鉛蓄電池の5~7倍)	短寿命 高価な補助装置が必要	今後の開発が期待される
⑤ナトリウム・硫黄蓄電池	エネルギー密度大 (鉛蓄電池の15倍) 安価	300℃の高温保持必要 安全上問題(ナトリウムは水にあうと爆発的に反応する) 材料が腐蝕しやすい	欠点が多く未知数
⑥リチウム・塩素蓄電池	エネルギー密度蓄電池中最大	700℃の高温保持必要 材質保安面で問題	未知数
⑦燃料電池 (ヒドラジン電池)	走行距離が長い 燃料補給時間が短い	加速登坂力がきわめて劣る 寿命、価格面が問題	未知数

テリだけで走るというロードウェイパワーシステムもある。

この車はマイコンを用いて電池の状況に応じて充電、放電ができ、経済運転が可能である。

また、蓄電池のみの場合に比べて重量は軽くなり、騒音も低く、低燃費となる。

(6) 新交通システムへの適用

一般道路と長大トンネルとの組み合わせがある場合、一般道路走行の場合はエンジンで運転し、トンネル内はトロリー方式で電動機により走行するというハイブリッド方式も考えられる。

将来トンネル内を自動操縦で走行しようとする場合の最適な方式と考えられる。

しかし、上記のような長所だけでなく次のような短所がある。

- (1) 1回の充電による走行距離が短い。
- (2) 充電のために長時間かかる。
- (3) 蓄電池の搭載のため、大きなスペースが必要で、重量も重くなる。
- (4) 冷暖房装置などの装備が電力消費の面から困難である。

このように電池のエネルギー密度と価格が高過ぎるのが短所で、電気自動車の構造としては懸架装置、操縦装置、制動装置等は内燃機関自動車とはほぼ同じ構造であるが、内燃機関の代わりに電動機と制御装置を有し、燃料の代わりに電池を使う点が異なっている。

電池には蓄電池と燃料電池があり、また、これらを組み合わせたハイブリッド方式がある。この他にガソリンエンジンと蓄電池を組み合わせたハイブリッド方式もある。

古くから主として用いられているのが鉛蓄電池である。

蓄電池の性能を示すものとしてエネルギー密度と出力密度とがある。この他にサイクル寿命、取扱いの容易さ、信頼性、安全性などがある。

エネルギー密度は、単位重量当りのキロワット時のエネルギー量を示し、出力密度は単位重量当りの出力を示す。

これまでに開発された在来及び新型の各種電池の特徴と将来性についてまとめると、表3.1のようになる。

道路における自動車の自動運転システム¹²⁾は現在までに各方面で研究開発が行われ、技術的には全自動管制も可能といえるようである。

すなわち、新交通システム、自動車総合管制システム、ニューウェイシステム、その他自動操縦技術(A. H. S)、知能自動車、HAIRシステム(ハイウェイラジオ)等多くの研究開発がある。

トンネルの場合は、ガイドウェイ方式が比較的容易にとり得るので、自動運転も容易である。

特に電気自動車の場合は簡単な着脱型車載機により自動操縦が可能と思われる。

エンジン車の場合も建設省土木研究所におけるトラックの自動操縦¹³⁾のように、既に開発されているので、将来トンネル内自動運転も可能であろう。

引用文献および参考図書

- 1) 運輸省 日本の自動車保有台数 1985年
- 2) 日本自動車工業会「自動車統計年報」車種別生産台数1985年
- 3) A・アルトシュラー、D・ルース著 中村英夫、大山呉人訳「自動車の将来」日本放送出版協会 昭和59年
- 4) 燃料協会編「燃料便覧」コロナ社 昭和59年
- 5) 樋口健治著「自動車の明日を探る」産業図書 KK. 昭和58年
- 6) 出射忠明著「メカニズム研究図鑑エンジン編」(株)グランプリ 1984年
- 7) 古浜庄一監修「自動車工学全書8 電気自動車・新形原動機」山海堂 昭和55年
- 8) 西独研究技術省 浦上次郎訳「自動車用新代替燃料」日本自動車研究所 昭和51年
- 9) AFT 国内委員会編 平尾収監修「代替エネルギーとしての燃料アルコールの問題」開発社 1980年～1984年
- 10) 朝日新聞科学部「あすのエネルギー」朝日新聞社 1974年
- 11) 嶋村晴夫、山口隆章、清水固共著「自動車排ガス公害」化学工業社 昭和46年
- 12) 日本道路公団審議室「高速道路と自動車の技術革新の動向に関する調査報告書」昭和58年3月
- 13) 舗装走行試験用荷重技術委員会道路部舗装研究室「舗装走行試験用大型自動車の自動操縦」土木技術資料 16-5 (1974)
- 14) 岩村敬著「メタノール自動車の導入の必要性と政府施策」高速道路と自動車 28-6 1985年6月
- 15) 古浜庄一著「水素自動車の進歩と将来」日本機械学会誌 88巻 800号 昭和60年7月
- 16) David Scott, Jack Yamaguchi 著「Hydrogen fuel break through with on-demand gas generator」Automotive Engineering, August, 1985

4. 自動運転システム