

■ シリーズ特集 ■ 各部門における省エネルギー対策(8)

自動車産業における省エネルギー

Energy Saving in the Automobile Industry

羽鳥鷹兵*

Takahei Hatori

1 はじめに

1970年代に起きた2度の石油ショックは、各国にエネルギー資源の確保と節約の重要性を認識させ、石油エネルギー節約が世界的レベル、国家レベルの課題となった。特にエネルギー自給率が低く、石油については99%以上を輸入に頼っているわが国の事態はより深刻であり、エネルギー資源の確保と節約は他国に比べて一層大きな課題となっている。

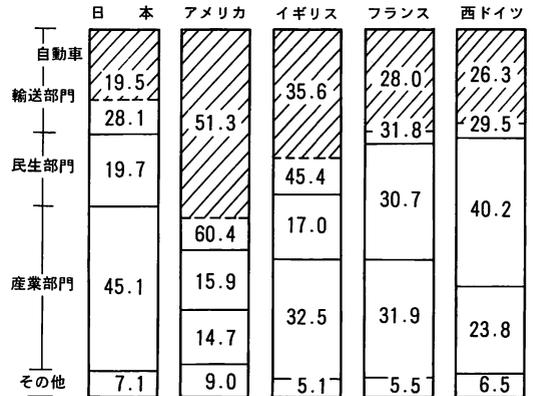
わが国のエネルギー消費構造における自動車の割合は、13%（1979年）と欧米主要諸国に比べて高くない。自動車用燃料として消費する石油の全石油消費量に占める割合は米国51%、欧州主要国26~36%であるのに対し、わが国は20%弱である（図-1）。こうしたわが国のエネルギー消費構造は、日本車を国際的にみただけの場合、比較的小型で小排気量であると同時に、メーカー各社が競争して年々燃費向上に努力してきた成果であることを示している。ちなみに自動車1台当りの年間燃料消費量では、日本は米国の2分の1、欧州の5分の4と低い。

わが国の自動車保有台数（1980年12月末）は3789万台、うち乗用車は2366万台で62%を占めている。これらはともに西ドイツのそれを上回り、米国に次いで第2位である。

普及率では、貨物車も含めれば1世帯に1.03台で、人口3.1人当たり1台とイギリスを上回り、イタリア並みの水準である。

しかし、乗用車だけの普及率を見れば年々高まっているものの未だ4.9人に1台と米国の水準の半分以下であり、世界28位にとどまっている。

以上の統計数字はともかくとして、自動車は通勤・通学・ショッピングに毎日のように使われるようになり、又、生鮮食料品の99%は自動車運ばれているな



資料：Energy Balances of OECD Countries

図-1 部門別石油消費割合—国際比較（1979年）—

ど、道路を経済社会において人体の血管に例えるならば、自動車はその血液に当たるといえる。とにかく自動車は日本人にとっても非常に身近なものとなり、日常生活になくはならないものとなってきた。

それと同時に、2度のオイルショック後の大幅な原油価格の上昇に伴うガソリン価格の上昇により消費者がガソリンスタンドで給油するたびに省エネルギーの必要性を実感できるので、消費者も燃費性能を自動車の重点性能として要望するようになり、メーカー各社も先を競って低燃費性に開発努力を傾けるようになった。

以下自動車産業における省エネルギーについて述べるわけであるが、専門的な省エネルギー自動車技術は他日に譲るとして、ここではその概要について記述するにとどめたい。

2 自動車の生涯エネルギー

自動車が生産され、使用され、廃車されるまでの一生のうちで消費するエネルギーを自動車の生涯エネルギーと呼ぶ。それを大別すると、材料エネルギー、製造エネルギー、走行エネルギーの3つの段階に分けることができる。日本の乗用車を10万 km 使用して廃車

*トヨタ自動車工業(株)技術開発企画室参与

〒471 豊田市トヨタ町1-1

する場合、材料に要するエネルギー15%、生産に要する製造エネルギー7%、商品となった自動車が走行するに要する走行エネルギーは78%である。なお米国車の生涯エネルギーの構成比も日本車とほぼ同様になるが消費量は約2倍になっている(図-2)。

以上の状況より、自動車業界の省エネルギー技術開発は、材料に要するエネルギーは別途とすると、製造段階での努力も重要な分野ではあるが、それにもまして、走行エネルギー段階での省エネルギーについての努力が重要である。

低燃費車の開発はもちろんのこと、車両整備や経済運転による省エネルギー啓蒙活動、更には有効な交通環境改善についての政策提言活動など、あらゆる面から走行エネルギー低減への努力が進められているが、中でも低燃費車の開発は、もてる技術を駆使して世界一厳しい排出ガス規制を満足しつつ燃費を向上している。

3 製造段階における省エネルギー

前述のように自動車の生涯エネルギー消費からみると製造段階のエネルギー消費は5%である。又、日本の製造業における自動車産業の消費割合(1979年)は1.3%であり、全体の比重はそれほど大きくない。

しかし、1973年の第1次石油ショックを契機にした燃料、電力、鋼材等の値上りによるコスト・プッシュ要因もあり、製造段階での省エネルギー活動は大きなドライブ・フォースを受け、グループ企業、関連企業を巻き込んで展開された。

非稼働時の設備停止、故障個所の修理、不要設備の

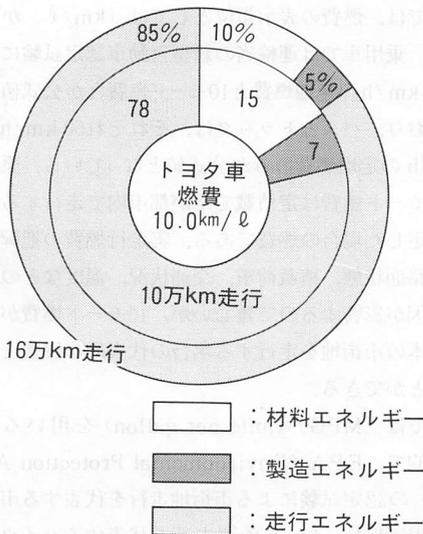


図-2 自動車の消費するトータルエネルギー

撤去、圧力・温度の低下、余剰エネルギーの回収、低コストエネルギーへの転換など地道な改善努力の積み上げにより、公害防止機器の導入、作業環境改善などのエネルギー多消費化要因がありながらも1974年以降毎年着実な省エネルギー成果を上げ、1980年の1台当りの生産エネルギー消費は1973年に比較して30%減少している(図-3)。

図-4は工程別のエネルギー使用状況を示したものであるが、鋳造、機械の両工程における電気使用量が圧倒的に大きい。

鋳造工程の溶解炉は電気使用量が非常に大きい単体設備であり、鋳造工程の年間エネルギー消費の約半分を占めている。又、この工程には大容量のモーターをもつ集塵機など環境対策設備も多い。したがって熱利用の合理化を中心に、操業方法の見直し改善が図られている。

機械工程は鋳造工程とは対称的な工程で、工程全体としてはエネルギー使用量は大きい、主軸用小型モーターや送り搬送用モーターが多数使用されている典型的群小機集合体工程であり、エネルギー管理面では把握しにくい。機械設備のエネルギー削減としては非稼働時の停止、もしくは生産の流れ確保に支障の出ない限りアイドリング時の入力エネルギーの削減対策など

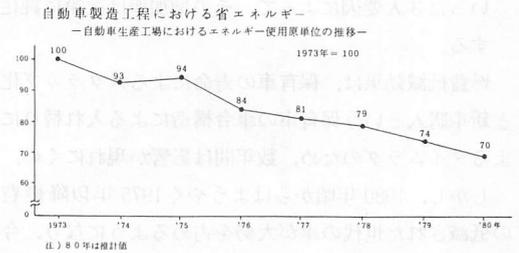


図-3 自動車製造工程における省エネルギー

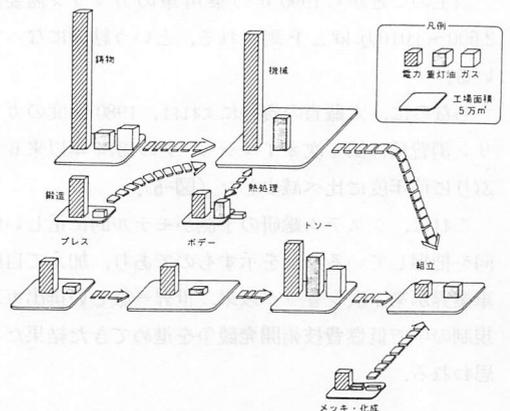


図-4 工程別エネルギー使用状況

がある。

その他の製造段階での省エネルギー対策例は表1の通りである。

4 車種別燃料消費量

1979年度の自動車用燃料消費量はガソリン車3,353万台で、ガソリン3,527万kl、ディーゼル車328万台で軽油1,633万kl、LPG車30万台でLPG 294万kl、合計5,453万klを消費した。

総消費量のうち、ガソリン乗用車が47%、LPG乗用車が5%で乗用車全体で52%消費した。

又、トラックは、ガソリン18%、ディーゼル30%、トラック全体で48%消費している。

将来の乗用車の燃料予測についてシステム総合研究所の「乗用自動車とその燃料需要動向に関する研究」によれば、

- (1) 乗用車（除く軽乗用車）の保有台数の成長率は鈍化し、1990年の保有台数は3,000～3,200万台となる。
- (2) 乗用車の年間平均走行距離は、微減の形で推移し、1990年頃で10,000～11,000 km程度となる。
- (3) 乗用車のガソリン消費は過去において年間10%前後の高い伸び率を示してきたが、今後は保有台数の伸び減少、年間走行距離の停滞及び燃費の低減といった3大要因によって、その増加率は次第に鈍化する。

燃費低減効果は、保有車の寿命によるスクラップ化と新車購入という保有車の車令構造による入れ替りによるタイムラグのため、数年間は影響が現れにくい。

しかし、1980年頃からはようやく1975年以降燃費の低減された世代の車が大勢を占めるようになり、今後も燃費が低減されるので、順次効果が現れてくる。

以上のことから1990年の乗用車のガソリン需要は2,600～3,010万klと予測される、という結論になっている。

ちなみに、大蔵省の資料によれば、1980年度のガソリン消費量は第1次オイルショックの1974年以来6年ぶりに前年度に比べ減少した（図-5）。

これは、システム総研の予測がモデル的に正しい傾向を把握していることを示すものであり、加えて自動車業界が第1次ショック以来、世界一厳しい排出ガス規制の中で低燃費技術開発競争を進めてきた結果だと思われる。

表1 自動車製造段階での省エネルギー対策例

<工程>	<対策例>
鑄造	熔解炉の断熱保温
鍛造	加熱効率向上
焼結、熱処理	炉設備の断熱保温
機械加工	機械能力の適正化
プレス、溶接	油圧ユニット間欠化
塗装	乾燥炉の排熱回収
プラスチック成形	加熱温度適正化
機械組付、組立	工具のエア漏れ対策

資料：日本自動車工業会

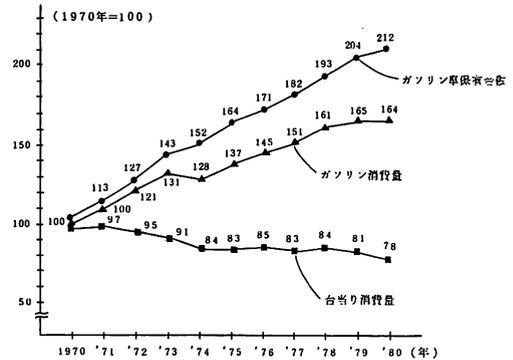


図-5 日本のガソリン車保有台数及びガソリン消費量の推移

5 燃費の測定法

自動車の燃費を支配する要因は、図-6に示す通り非常に多く、複雑に影響することから、各国でそれぞれの国に事情に合った測定法が設定されている。

日本では、燃費の表示単位としては〔km/l〕が一般的で、乗用車では運輸省の新型自動車認定試験における60 km/hの定地燃費と10モード燃費とが公式値となっており、バスとトラックは、それぞれ60 km/hと50 km/hの定地燃費のみが公式値となっている。乗用車の10モード燃費は定積載で車が都市内で走行する実態を想定した場合の燃費である。実走行燃費の把握は車速、路面状態、積載荷重、交通状況、温度などの多くの要因が影響するので難しいが、10モード燃費が一応、日本の市街地を走行する場合の代表的な燃費と考えることができる。

米国では〔MPG〕(mile per gallon)を用いるのが一般的で、EPA (Environmental Protection Agency) の認定試験による市街地走行を代表する市街地モード (LA-4) と高速走行を代表するハイウェイモード (HFET) におけるそれぞれの燃費値及びそ

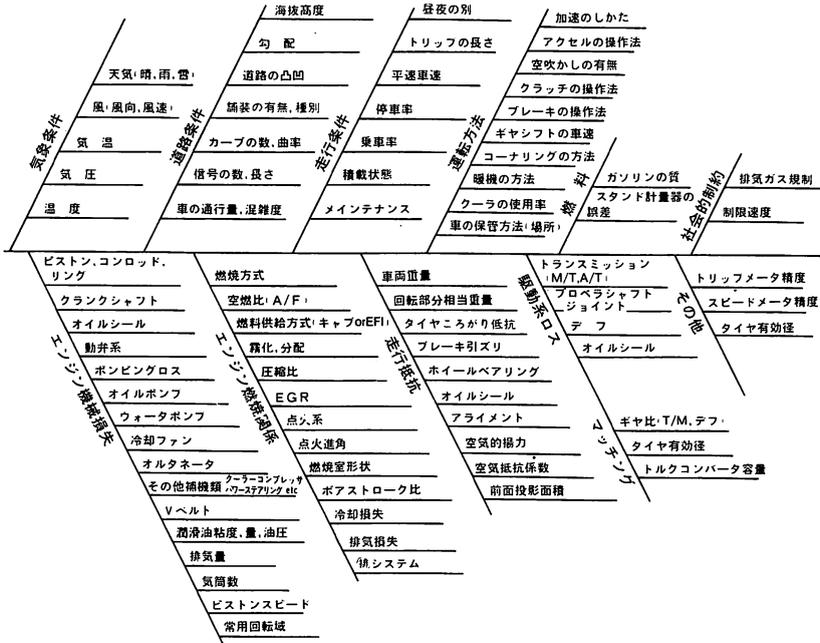


図-6 燃費の特性要因図

の複合燃費値が公式値となっている。

欧州では〔ℓ/100 km〕を用いることが一般的で、ECE市街地モード燃費、90 km/h定地燃費、120 km/h定地燃費を公式値としている国が多い。

6 各国の燃費規制

6.1 わが国の燃費ガイドライン

わが国は、1979年6月に「エネルギーの使用の合理化に関する法律」が公布され、それを受け、工場、建築物、特定機器に関する省エネルギー・ガイドラインが制定され、その特定機器の中で自動車のうち乗用車に関する省エネルギーのガイドラインが告示された。

それによれば、乗用車を5つの重量区分に分け、その区分毎の10モード測定法による走行燃費の出荷台数の加重平均値が表2の基準値を下回らないことを規定している。

1985年度の燃費目標は、プロダクトミックス（重量区分毎の構成比）が1978年度と同じと仮定すると総合平均で12.8 km/ℓと、1978年度比12.3%の向上となる。この目標は、排出ガス対策で最悪になった1975年度をベースにすると42%の向上に当たり、高い目標値であることがわかる。

自動車燃料消費の50%弱を占めるトラックは規制対象から除外された。しかし、燃料費が運行3費（燃料費、修理費、タイヤ、バッテリー費の運行維持費）

表2 日本の燃費目標値

目標値

区分	等価重量	目標値
A	625 kg 以下	19.8 km/ℓ
B	750 kg 以上 875 kg 以下	16.0 km/ℓ
C	1000 kg 以上 1250 kg 以下	12.5 km/ℓ
D	1500 kg 以上 2000 kg 以下	8.5 km/ℓ
総合平均		12.8 km/ℓ

注：1. 測定法は10モード
2. 国内向け乗用車の企業平均値
3. 目標年度は1985年度
但し、輸入車は1988年度

資料：日本自動車工業会

の60～70%を占めるので、その負担額が大きく運輸業界などのユーザーは規制の有無にかかわらず、低燃費化を強く要求する結果、自動車メーカーも燃費向上に最大限の努力を重ねてきた。そして、今後も最大限の努力を傾注すると考えられるので問題はない。

6.2 欧米の燃費規制

前述したように、米国はエネルギー消費における自動車の割合が高く、石油製品における約半分を自動車消費している。この自動車社会での石油供給逼迫は事態が深刻である。従って、米国は1979年12月、他国に先がけ Energy Policy and Conservation Act を制定し、自動車については図-7のような、1985年までの乗用車に対する企業平均燃費基準を設定した。その後更に、燃費の悪い大型乗用車に対する「ガソリ

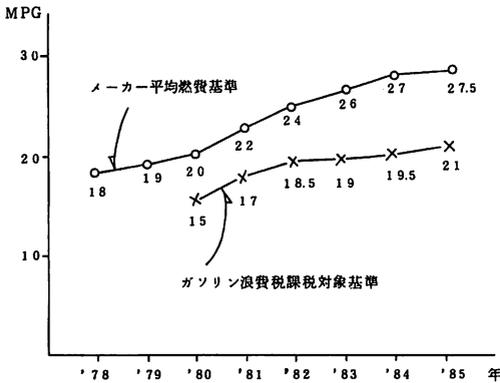
ン浪費税」の課税や小型トラックの企業平均燃費基準が設定された。(表3)

又、欧州各国も表4のようなそれぞれの国情に応じた燃費改良目標を設定している。

7 燃費レベルの現状

国際的な観点から自動車を眺めてみると、1970年前半までは、国土が狭隘でエネルギーの海外依存の高いわが国は小型で燃費の良い経済的な車を開発し、国土が広大でエネルギーが潤沢なアメリカは大型車を発達させ、欧州では伝統的にパーソナルな車を作っており、それぞれバランスのとれた国際分業をとってきた。

ところが、第1、第2次の両オイルショックを契機に世界の自動車の需要構造が変化し、均質化の方向に向かいつつあり、生き残りを賭けて低燃費を目標とし



注：1. 測定法は LA-4 モード
2. 対象は車両重量 6,000 ポンド以下の国産乗用車及び輸入乗用車（軽トラック、ワゴンを含む）

資料 日本自動車工業会

図-7 米国の燃費基準

表3 米国の乗用車、軽量トラックの燃費規制 (MPG)

	乗用車	軽量トラック	
		2 輪駆動	4 輪駆動
1978年	18	—	—
1979年	19	17.2	15.8
1980年	20	16.0	14.0
1981年	22	16.7	15.0
1982年	24	18.0	16.0
1983年	26	19.5	17.5
1984年	27	20.3	18.5
1985年	27.5	21.6	19.0

た世界小型車開発競争が展開されており、その一環として、国境を越えた企業再編の胎動等が顕著になってきた。

その中で、国際的に見てもわが国の低燃費技術の、水準は高く、品質の良さと並んで、わが国の自動車の国際競争力の1つとなっており、燃費について各国比較をすると図-8の通りで、日本車がやはり上位にあることがわかる。

わが国の国内向け乗用車の新車の総合平均燃費の実績推移は、図-9に示す通り、1975年までは一連の排出ガス規制が矢継ぎ早に実施・強化され、排出ガス規制への対応が最優先されたため、低燃費技術開発の必要性が強く意識されながらも開発が遅れ、燃費やドライバビリティ等の車両性能は低下した。その後、1976年度、1978年度排出ガス規制が強化されたが、第1次オイルショックの後の低燃費技術開発が漸く間に合い、燃費が改善されて行った。

そして、1980年度の国内向け乗用車新車の総合平均燃費率は12.0 km/lで、1975年より33%改善されたのである。

8 低燃費へのアプローチ

自動車は、低燃費のみならず、安全性、低公害性、走行性能、居住性、経済性などの諸要求を同時に満たさなければ商品として成立し得ない。しかしながら、低燃費技術と他の諸要求とは相矛盾するものも少なくない。そういう諸要求を満たしつつ、低燃費を実現するためには、燃費に影響を及ぼす要因を一つ一つ地道に検討し、対策してゆかねばならない。

表4 欧州各国の燃費改良目標

国名	内容
英国	1978年4月1日より燃費表示義務付け。 1985年までに10%の燃費改良（モデル別）をメーカ、政府間で自主協定。
フランス	1976年4月1日より燃費表示義務付け。 1985年までに10%の燃費改良（生産車加重平均）をメーカ、政府間で検討中。
ドイツ	1979年自動車ショーより燃費をメーカ側より自主公表、 1985年までに乗用車燃費10%、商用車5%の改良をメーカ側より提案、政府承認。
スウェーデン	政府が燃費向上ガイドライン検討中。 1985年 8.5 l/100 km 1990年 7.5 l/100 km

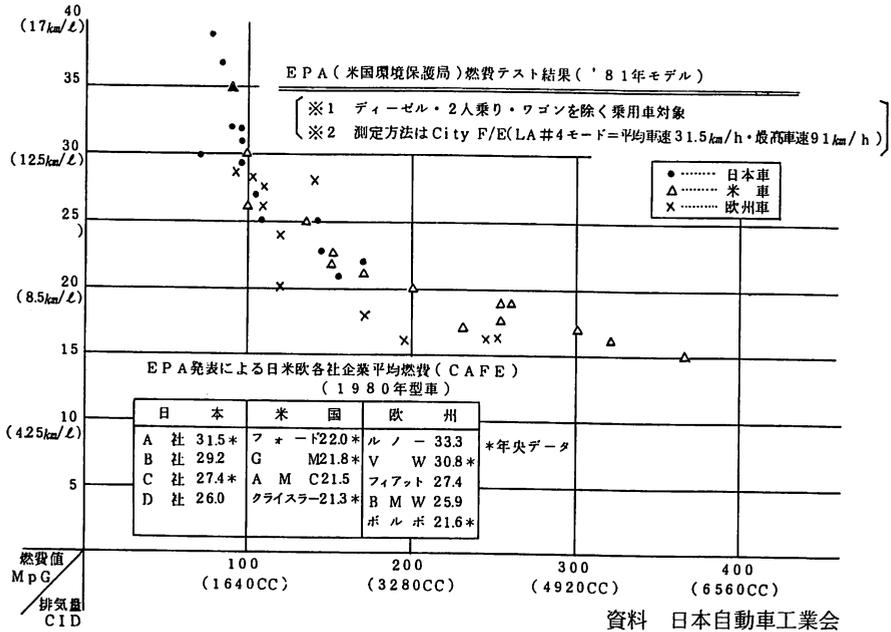


図-8 EPAによる自動車の燃費比較

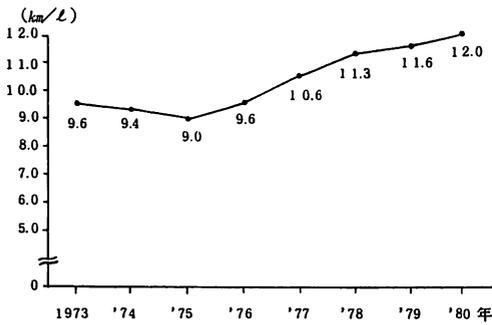


図-9 日本車の燃費推移

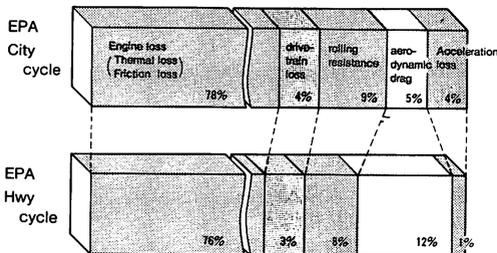


図-10 乗用車における燃費エネルギー消費割合

自動車が走行する時には、その自動車にころがり抵抗、空気抵抗、加速抵抗、及び勾配抵抗の4つの走行抵抗が働く。この走行抵抗に打ち勝つ力がエンジンで

出力され、駆動系からタイヤへ伝達される。この過程で大部分のエネルギーが消費されるが、その他にヒーターやクーラー等でもエネルギーが消費される。

図-10は、自動車が走行する時、燃料が持っているエネルギーをどこで消費されるかを示す例である。

図の上段のEPA市街地走行の場合、エンジンの熱損失及び摩擦損失で78%、トランスミッション・ディファレンシャル等の駆動系で4%消費し、残りの18%が実際に車を走らせる有効駆動力となっている。

その有効駆動力は、タイヤのころがり抵抗、空気抵抗、加速抵抗に消費されている。このエネルギーの消費構成は、ハイウェイ走行の場合には又異なるなど、各種の条件で変化する。

従って、低燃費にするためには、必要有効駆動力を低減すると同時に、有効駆動力以外のロス割合を小さくすることである。その対策として表5のものが挙げられる。

具体的な例としてわかり易いのは、米国メーカーその中でもGMのダウンサイジング計画で、居住性を確保しながら、ころがり抵抗、加速抵抗、勾配抵抗、等を低減するためダウンサイジングを行ない、車両重量を低減し、エンジン排気量を縮小する等で低燃費車を構成した。

これは、1970年代までの自動車国際分業体制が崩れ、

戦略的小型車戦争時代に突入し、国際市場の均質化が始まったことを意味している。

9 最近の低燃費対策例

(イ) 軽量化

2000 ccクラス乗用車を例にとれば、1976年のモデル・チェンジでは75 kgが軽量化され、1980年のモデル・チェンジでは更に加えて35 kgの軽量化が果たされた。

1980年における軽量材料の使用は、図-11の通りである。

又、図-12によって、日本車が居住空間を向上させながら車両重量の軽減をはかっていることがわかる。

(ロ) 空気抵抗低減

風洞実験等、各面の検討を行ない、ボデー形状の改良等により、空気抵抗係数の低減をはかっている。

(ハ) エレクトロニクス制御

高精度マイクロコンピュータの採用により、エンジン、駆動系、ブレーキ、などを総合的かつ高精度にコントロールできるシステムが実用化されている。エンジンについては、燃料噴射制御 (EFI)、電子

進角 (ESA)、アイドリング回転速度制御 (ISC)、等を集中的にコントロールし、燃費性能の向上、ドライバビリティの向上、アイドリング回転速度の最適化などを実現している。

(ニ) 駆動系

エンジンの燃料消費が一番小さい最適運転域に近づけるため、エンジン性能と駆動系のギヤ比の最適マッチングの努力等が行なわれている。又オートマチックトランスミッションに世界で初めての2ウェイオーバードライブ方式が一部のメーカーで商品化され、省燃費を果たしていることは注目値する。

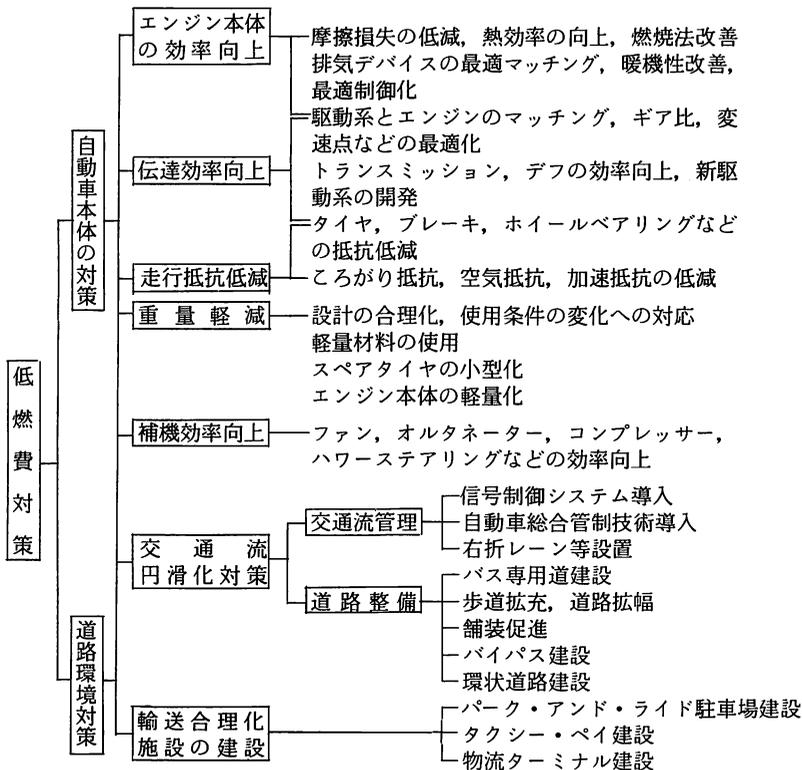
(ホ) エンジン

長年の技術を結集し、先進技術を積極的に採用し、高性能、低公害、低燃費を鼎立させた新時代のエンジンが出現してきており、それらはエンジン各部の新機構の採用によって騒音を抑えながら軽量化に成功し、燃費率の向上を実現している。

10 省エネルギー技術の展望

エネルギー問題への対応を中心研究課題として、コストの点も考慮された研究開発が今後早い速度で展開

表5 燃費向上対策



▼新材料使用例

	新型マークII (LEセダン)
樹脂	60kg
高張力鋼	57kg
アルミ	50kg

▼高張力鋼採用図

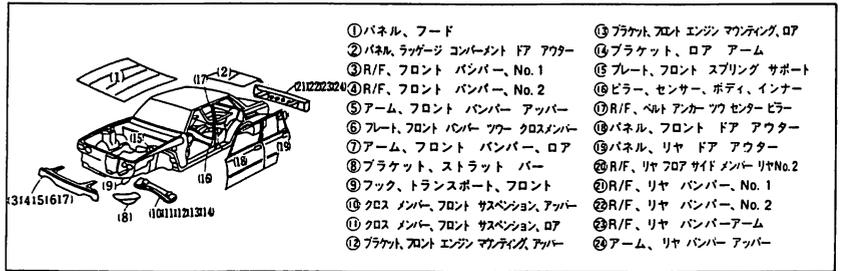


図-11 新材料使用例と高張力採用図

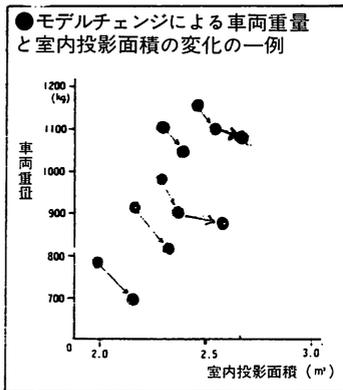


図-12 モデルチェンジによる車両重量と室内投影面積の変化の一例

特に、強度部材用等のエンジニアリングプラスチックは広範な製造条件や使用環境における特性の把握等が十分でないで、未だ利用範囲が限られているが、今後、本格的になると思われる。

その他、制振鋼板、防錆鋼板、断熱材なども開発され、広く利用されるだろう。

次にエレクトロニクスは、前述にも詳しいが、今後マイクロコンピュータの格段の飛躍により、多面的な制御の時代に入り、ソフトウェアと制御条件を検出するセンサー及び望ましい状態に装置を作動させるアクチュエータ等の開発が急速に進められ、燃料消費率の最適化とか、各種の情報伝達等、エレクトロニクスによって様がわりの質的変貌を遂げてゆくと思像される。

11 おわりに

自動車業界の製造段階での省エネルギー活動及び走行段階での省エネルギー技術開発について概要を述べた。

わが国の自動車メーカーはこのように多大な努力と膨大な資金を投入し、省エネルギーに努力した結果、今日、その成果が実りつつある。

又、今後も引き続き研究開発が推進され、一層の省エネルギー化が進むと思われる。

更に走行段階での一層の省エネルギーを果すためメーカーの低燃費車開発努力に加えて、混雑の解消、停止回数の減少、走行速度の上昇、円滑な交通流の確保等、交通流管理や道路建設等の環境面の対策・施策が積極的に行なわれることを終わりに強く希望しておきたい。

参考文献

- システム総研 乗用自動車とその燃料需要動向に関する研究 1981年3月
- 日本自動車工業会 自動車産業とエネルギー 1981年9月
- トヨタ技術会 技術の友「低燃費」 1976 VOL. 28No.1

されるところ。2, 3についてふれてみると、
まず、電気自動車は現在限られた分野で利用されているが、広く普及しようとした場合、最大の問題は電池で、現行の鉛電池は、エネルギー密度、出力密度、共に低く、一充電走行距離、加速性能、最高速度が鼎立しない。
一方、新型電池はまだ研究段階であり、加えて、制御系の開発も必要で、今後期待したい。
ガスタービンについては、いろいろ言われているがエネルギー効率を高めるための高温化と安い耐熱材料の開発や、部分負荷における効率の点、或は基本的な燃焼解析等の解決が必要で、まだ時間を要すると思われる。
次に材料面であるが、自動車用は強度・信頼性等に加え、安くいつでも入手できることが必要で、この意味から今後共鉄が主要なものに変わりはないとしても軽量化のため軽量材への転換が必要で、鉄系としては高張力鋼等、又、非鉄材料としては、プラスチック、Al, Mg, 等の採用が徐々に拡大される。