

土木研究所資料

自動車の特性に関する文献調査

昭和57年7月

建設省土木研究所
道路部交通環境研究室

Copyright © 57年度 by P. W. R. I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

まえがき

我が国のモータリゼーションの進展は著しいものがあり、これに伴い発生する騒音、振動、大気汚染等は大きな社会問題となっている。

そのための対策として、遮音壁の設置や道路構造の改善などによる道路を建設する側の対策、自動車構造の改善などによる発生源側での対策、交通規制による対策等が考えられる。

ここでは自動車の騒音や大気汚染に関する特性をのべると共に上記の対策のうち自動車側での対策の現状に関する事項をとり上げ、これらを把握するための一環として既存文献を収集し、これをもとに整理を行い、内部資料としてとりまとめた。

文献の収集は（株）都市交通コンサルタントに依頼して行い、とりまとめられたものに手を入れて印刷している。

なお、この資料作成にあたっては参考文献に記載されている図表はそのまま引用させてもらっている。これらを引用させていただいた文献の著者の方々に深く感謝の意を表す次第である。

昭和57年 7月

交通環境研究室 足立 義雄
田原 嘉和
吉川 良行

目 次

1. 自動車から発生する物質	1
1.1 ブレーキの摩耗	1
1.2 タイヤの摩耗	5
1.3 未規制排出物	9
2. 自動車燃料等の実態	13
2.1 ガソリン	15
2.2 ディーゼル燃料	21
2.3 L P G	24
2.4 エンジンオイル	26
3. 自動車排ガス対策の技術	33
3.1 ガソリンエンジンの燃焼と排出ガス	33
3.2 ディーゼルエンジンの燃焼と排出ガス	39
3.3 自動車排ガス対策	44
4. 自動車騒音の特性	90
4.1 自動車騒音の内容	90
4.2 騒音低減値とエネルギー低減比および騒音測定法	95
5. 自動車騒音対策の技術	97
5.1 音源別の対策の原理	97
5.2 騒音低減技術	101
6. 自動車の排ガスと騒音対策の検査	145
6.1 自動車の検査（車検）	145
6.2 指定自動車整備事業場	148

1. 自動車から発生する物質

自動車が発生源となり、大気を汚染するものとしては大別すると、CO、NO_x、HC等の気体汚染物質と、それら以外の浮遊粒子状物質、タイヤやブレーキライニングなどの摩耗による微粒子、等に分けられるが、ここでは後者の汚染物質について述べることにする。

1.1 ブレーキの摩耗

大気を汚染するものとしてブレーキライニング等の摩耗による微粒子が注目されてきている。

ブレーキ材料としては昭和30年代から本格的に自動車が生産され、その性能も著しく向上されたため高性能摩擦材が要求され、それまで使われていたゴム系ライニングは結合材の性質から耐熱性に若干の欠点があり、これを改良したのが熱硬化性樹脂を結合剤に使用したレジンモールドッド・ライニングで、その後製法、性能の向上がなされ今日に至っている。

摩擦材の種類を材質上から分類し、主要原料と特長、用途を表1.1に示す。ブレーキライニング、パッド、クラッチフェーシング、セミメタリックの一般的組成を表1.2に示す。有機複合材の摩擦現象は複雑で、温度、圧力、速度、雰囲気の状態、相手材の影響などと材料の履歴などに影響される。

表 1.1 摩擦材の類別¹⁾

		基 材	結 合 剤	特 長	用 途
有機系	ウーグン	軟質ウーグン	熱硬化性樹脂または可塑性樹脂の併用	軟質でドラム径変化に対応できる	産業、工作機械など軽負荷用
		特殊加工ウーグン	熱硬化性樹脂	軟質ウーグンより耐熱性耐摩耗性大	クラッチフェーシング
	モールドッド	セミモールドッド	石綿繊維とゴム	μが高い	クラッチフェーシング
		ゴムモールドッド	天然または合成ゴム	安価、ナキにくい	中荷重用ブレーキライニング
		レジンモールドッド	熱硬化性樹脂	耐熱、耐摩耗性大	自動車用ブレーキライニングパッド
	セミメタリック	金属繊維か金属粉末	"	"	パッド
無機系	銅系焼結合金	銅粉末	焼結	高温でμ不変耐摩耗性大	高負荷ディスクブレーキ用
	鉄系焼結合金	鉄粉末	"	"	"
	セラミックス	無機質	"	"	航空機用

表 1.2 摩擦材の配合組成¹⁾

原材料	摩擦材	ライニング	パッド	クラッチフェーシング	セミメタリック
石 綿	給	40~60	20~40	40~60	--
結 合 剤		15~20	5~12	15~20	8~12
有機質充填剤 (ゴム、カルボナール)		10~30	3~5	5~8	10~20
無機質充填剤 (バライト、炭カル)		10~30	15~20	5~10	20~30
固形潤滑剤 (燐鉛、モリブデン)		--	2~15	2~10	2~15
金 属 粉 末 (銅、亜鉛、アルミ)		2~10	5~20	--	30~60
摩擦安定剤		1~5	1~5	--	10~15

重量パーセント

1.1.1 主要原材料の成分

(1) 石棉（アスベスト）

天然に産出する鉱物繊維の唯一のもので、摩擦材に使用されるクリソタイル石棉は12～15%の結晶水を含む含水硅酸苦土（ 3MgO ， 2SiO_2 ， $2\text{H}_2\text{O}$ ）である。石棉は摩擦材の耐熱補強材として有用で摩擦係数も高い。耐熱性は $650\sim 700^\circ\text{C}$ で脱水分解し、 820°C でオリビン（ $\text{Mg}\cdot\text{Fe}$ ） 2SiO_4 に結晶化する。石棉は繊維の長さによって、1～7クラスに分類され（普通 $50\sim 3\text{mm}$ ），モールドタイプのは4～7クラスの短繊維が使用される。

最近各国で衛生上の問題から取扱い規制が厳しくなり代替品も考慮されている。

(2) 結合剤

フェノール樹脂が最も多く使われている。フェノール樹脂はレゾール（一段法樹脂）とノボラック（二段法樹脂）に分けられ、レゾールは液状、ノボラックは粉末状で使用される。ウーヴンライニング、クラッチフェーシング、あるいはウェット製法によるモールドラライニングなどはレゾールが使用され、ドライ、セミウェット製法ではノボラックに硬化材であるヘキサミンを加えて使用する。結合剤の特性を改良する目的でストレート樹脂にメラミン、ナイロン、油、クレゾール、カシューなどを加えた変成樹脂が摩擦材に多用されている。ストレート樹脂の耐熱性は $300\sim 350^\circ\text{C}$ である。

(3) 充填剤¹⁾

有機質、無機質、金属質がある。有機質の代表的成分は天然、合成ゴム粒子、カシュー樹脂を硬化粉砕したカシュー粒子などがあげられる。これはブレーキノイズ防止、耐摩耗性向上に寄与する。

無機質充填剤の代表的なものは黒鉛、バライタ、二硫化モリブデン、炭酸カルシウムなどで高温摩耗に適する。

金属質は主に銅、黄銅、アルミ、亜鉛、鉄などの金属粉末又は酸化金属類が使用され、耐フェード性、高温摩耗、相手摩擦面の清浄に有効である。

1.1.2 摩擦材の摩耗¹⁾

摩擦材の寿命は単位面積あたりの負荷と、ブレーキ頻度によりほぼ決まる。乗用車のディスクパッドの市場での寿命を調査した結果を図1.1に示す。最低寿命は8千キロ、最高寿命は8万キロに及び寿命差が大きく、営業車は平均的に寿命が短い。

摩擦材の摩耗現象は、主として配合成分の熱分解による化学的原因と物理的な破壊に起因する。

温度と摩耗量の関係を図1.2に示す。摩擦の種類により摩耗差があり、高温で急増する変曲点がある。したがって実用車に設計する場合は、変曲点以下の温度で使われるようにブレーキの熱容量を決める必要がある。フロントディスク車の車両重量とパッド面積の関係を図1.3に示す。エネルギーローディング E を、 $E = \text{吸収エネルギー}(\text{kg}\cdot\text{m}) / \text{摩擦材面積}\cdot\text{時間}(\text{cm}^2\cdot\text{S})$ と定義すると、米国車の E は低い側にあり、日本車と欧州車にはきびしい負荷のものもある。

実用上上限は $E = 60$ で、ドラムブレーキの場合 $E < 18\text{ kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2\cdot\text{S}$ が目安となっている。

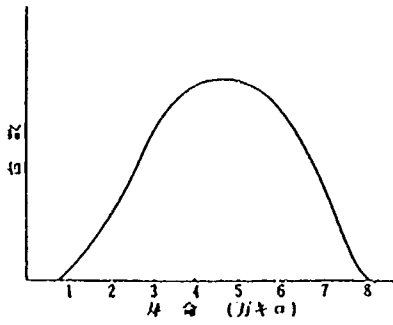


図 1.1 ディスクパッドの市場での寿命分布¹⁾

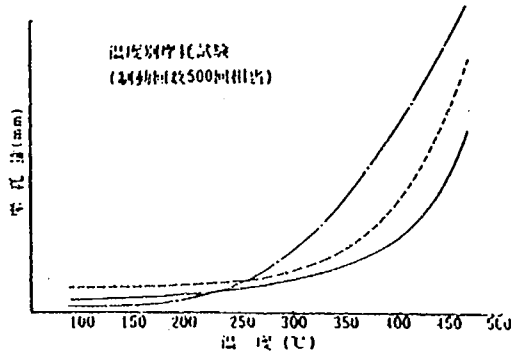


図 1.2 摩擦材の温度別摩耗¹⁾

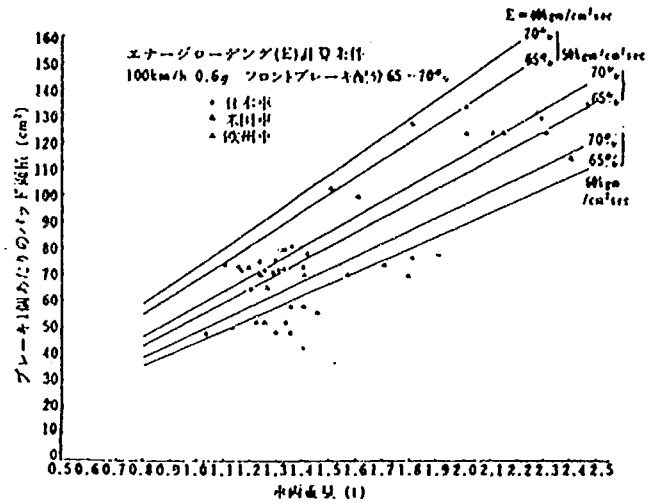
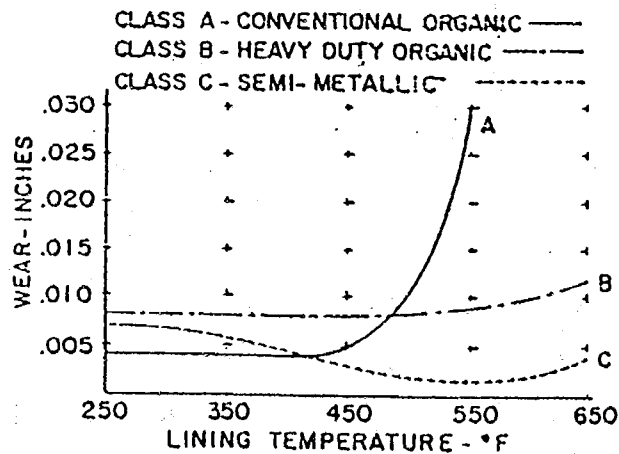


図 1.3 ディスク車の車両重量とパッド面積¹⁾

○ 摩擦材による摩耗量の差

前述のように充填剤としては有機質、無機質、金属質があるが、現在の乗用車に普通用いられている有機質のものは450℃以上で摩耗が急増する(図1.2, 1.4)。



-Average wear versus temperature characteristics, inertia dynamometer, 1740 lb wheel load, ventilated rotor 4)

図 1.4

重作業車用には無機質を多く加えて高温摩耗を改善し、更に頻繁に乱暴なブレーキをかけるタクシーなどにはセミメタリックのものが開発され、高温摩耗特性が一層改善された。(図 1.4)。

実際に使われているのは、Aタイプ(有機質)のものが最も多い。セミメタリックは従来のレジンモールド系の石綿を鋼繊維におきかえたものと言える(表 1.2)。

1.1.3 実車の状況

昭和54、55年の我が国のブレーキの傾向は次の通りである。

- ① 乗用車では、前輪ディスク、後輪ドラムブレーキの傾向が進み、その傾向はバン、トラックにも及び、乗用車の四輪ディスク化も増した。
- ② 耐摩耗性、熱安定性に優れるセミメタリックパッドの採用が活発になった。
- ③ ドラムブレーキにおいて一部ドラムサイズ、ライニング巾の変更がなされた。

表 1.3 ブレーキドラムとライニングの寸法(変更後) 例^{19) 37)}

		ドラム径 (mm)		ライニング巾 (mm)	車 名
		前 輪	後 輪		
昭和 55 年	1 トン ボンネットトラック	—	—	50	ファスタ, ロデオ
	1.5 トン トラック	280	228.6	75	タイタン
	2 トン 低床トラック	320	—	75	—
	2 トン (3 ℓ エンジン)	300	228.6	75	—
	乗 用 車	—	180	30	ファミリア, カベラ, サバンナ
	ジ ー プ	—	295	60	ランドクルーザ
	4 トン トラック	—	—	110 (前輪)	—
昭和 54 年	乗 用 車	260	260	50 (前輪)	セドリック, グロリア
	6.5 トン トラック	393	—	130 (前輪)	日産ディーゼル

ライニングの寸法は車の軽重、大小により異なるが、要はエネルギーローディグ E ($\text{kg} \cdot \text{m} / \text{cm}^2 \cdot \text{S}$) が適当な値(ディスクブレーキは 60, ドラムブレーキは 18)になるように、パッドやライニングの面積を決めている。既存の車種について(車重—パッド, ライニング面積)の関係を図 1.5 に示す。

実在車についてパッド, ライニングの摩耗量は、乗用車とトラックの違い、ブレーキの頻度・減速度の違いなどにより個々にすべて異なり一概には言えないが、マクロな平均値としてレジンモールドの場合、 $9 \text{ m/m} / 3 \sim 5 \text{ 万 km}$ が実状を示す値となっている³⁴⁾。

この値と、図 1.5 の面積から摩耗量 (cm^3 / km) の概略値が求まる。因みにブレーキパッド, ライニングは車検毎に新品と交換することになっている。

(乗用車)

(トラック)

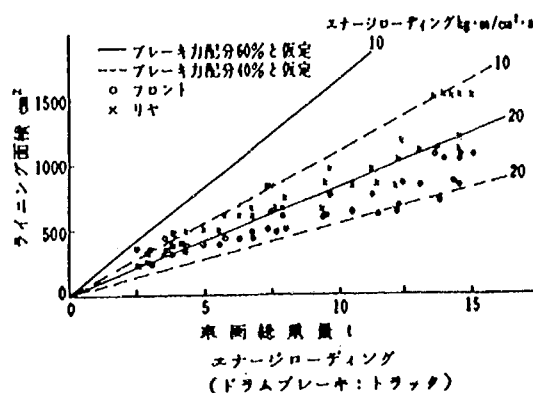
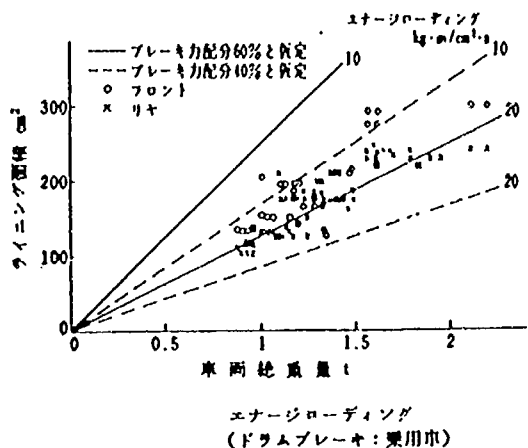
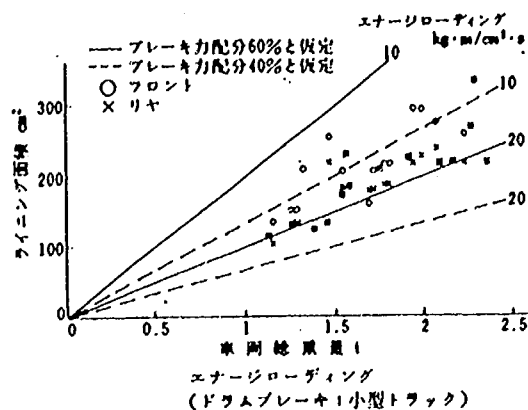
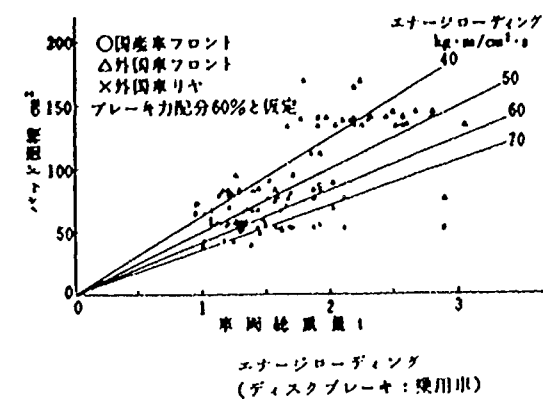


図 1.5 車重とパッド、ライニング面積の関係²⁾

ブレーキパッドやライニングの摩耗粉は有機摩擦材（レジンモールドなど）中にアスベストを含むため、アスベスト繊維の人体に及ぼす影響が問題視されるが、空中に飛散する繊維の量は極く微量で、大部分は分解した無害な形で排出されている²⁾。

しかし万一を考えてアスベストを使用しない摩擦材料の開発も進められている。

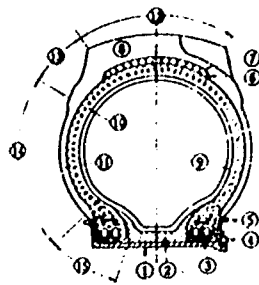
1.2 タイヤの摩耗

1.2.1 タイヤの構造

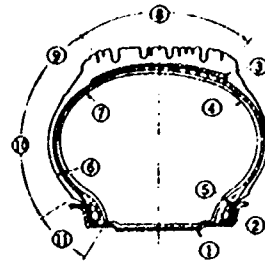
図 1.6 にトラック・バス用と乗用車用のタイヤ断面を示す。

カーカス……カーカスは高圧空気を保持するための重要な強度部材で、その内側に気密保持のためチューブを入れるか、チューブレスタイヤでは、カーカス内部に気密性の高いゴム層を用いる。カーカスを構成するのは布層（プライ）で布層はタイヤコード（レーヨン、ナイロン、ポリエステルなどの有機繊維）を、すだれ織りにしたものを接着加工した上、ゴム層を被覆したものから成り立っている。気密と、タイヤ周方向、断面方向の力への耐力のため、通常布層を斜め方向に何枚か張り合わせて構成される。

トレッド……カーカスだけでは路面からの外傷や摩擦に弱いので、これを保護するためゴムの被覆層をかぶせるが、その接地面に当る肉の厚いゴム層をトレッドという。トレッド面には各種の溝や切目が刻



14-4-1 トラック、バス用タイヤの断面図 (①リム、②ビードワイヤ、③プライヤ、④チューブ、⑤チューブ、⑥サイドウォール、⑦カーカス、⑧クッションゴム、⑨トレッド、⑩チューブ、⑪カーカス、⑫サイドウォール、⑬クラウン部、⑭ショルダー部、⑮サイド部、⑯ビード部)



14-4-2 乗用車用タイヤの断面図 (①リム、②ビードワイヤ、③プライヤ、④チューブ、⑤チューブ、⑥サイドウォール、⑦カーカス、⑧クッション部、⑨ショルダー部、⑩サイド部、⑪ビード部)

図 1.6 タイヤの断面²⁾

まれているが、これをトレッドパターンと呼ぶ。このパターンはタイヤのスキッド特性、騒音、トレッドの摩耗に密接な関係をもつ。トレッドゴムとしては耐摩耗性、耐カット性、耐スキッド性が要求される。

クッションゴム………トレッドはゴムのみから成り、カーカスはコードとゴムの複合材で両者間に大きな剛性差があり、またゴム質からみてもかなり異なっているため、トレッドとカーカスの境界は構造上の弱点となり易い。したがってトレッドとカーカスの間にクッションゴムという両者の中間の性質をもつゴム層を入れ、かつその中にブレーカと呼ぶ粗目のコード層をはさんで、トレッドの局部的変形や衝撃が分散するようにしている。

ビード………強力な炭素鋼線をそろえて巻き重ねたもので、カーカス布層のコード端を支持して空気圧を保持し、リムとのはめ合いを保つ。

1.2.2 ゴム材料

タイヤの材料としては第2次大戦までは天然ゴムだけであったが、大戦中にアメリカで合成ゴムSBR(スチレンブタジエンゴム)が天然ゴムの代りに大量に使用され、戦後広く用いられるようになった。

石油化学工業の発達により、SBRは安価に生産され品質的にも安定供給されコスト的にも魅力ある存在となった。この他にBR(ポリブタジエンゴム)、IR(ポリイソプレンゴム)も国内で企業化され天然ゴムと同様にトラックタイヤなどに用いられるようになった。IIR(ブチルゴム)は以前からチューブに使用されている。

実際のタイヤは、上述のような生ゴムにカーボンブラックなどの補強剤、軟化剤、いおう、加硫促進剤、老化防止材、加硫助材などが配合され必要特性を満たしている。トレッドゴムは耐摩耗性、耐スキッド性が要求されるため、通常カーボンブラックがゴム100に対し50配合される。

乗用車タイヤは殆どSBRを主体としており、条件が苛酷なトラック、バス用には天然ゴムを主にした配合となっている。

以上により、自動車タイヤの路上走行中の摩耗は主としてトレッド部の摩耗で、その材質も乗用車用のSBRとトラック・バス用天然ゴムが主体である。図1.7に我が国の各種ゴムの使用量の推移を示す。

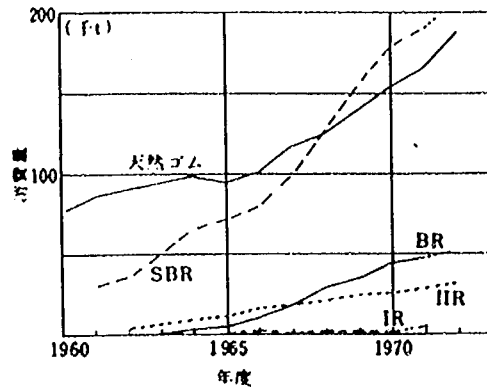


図 1.7 わが国の自動車タイヤチューブ用新ゴム消費量の推移 (通産省統計)²⁾

1.2.3 路上のタイヤ摩耗粉塵³⁾

(1) 在来の報告例

- a) トンネルの換気装置を利用してサンプルを採集し分析した結果摩耗ゴムは、自動車から排出されるオイル、排ガスからのゴミと混っており、その量は大量のものではなかった (Thompson)。
- b) 高速道路際の雪上に溜った粉塵を採集分析した結果、ゴム状高分子は量として少なかったが確認できた (Cardira)。
- c) 高速道路で大気浮遊塵の分析により、SBRが確認できたがその量は非常に少なかった (Pierson)。

(2) Mark, L. Dewis の実験

一般路上で前輪駆動車の前輪からの摩耗粉を捕集し分析した。

供試タイヤ：G 78-14，重量 11.8 kg

平均タイヤ寿命………約 40,000 km，平均摩耗量……… 90 mg/km

○結 果

- a) トレッドゴム摩耗粒子径は 0.1 m/m～数 μ で、その分布形状は一般の粉碎操作でよく見られる分布である。
- b) 粒子はソーセージ状で粒子径 3 μ 以下のものは 1% 以下しか存在しない。(Thompson：5 μ 径以上の粒子は鼻で止まり 3 μ 以下が肺に入り有害)。
- c) 高速走行の方が摩耗量大であるが、粒子径分布は変らない (平均粒子径は小)。
- d) 大粒子の体積/小粒子の体積 = 81/1
- e) 直接又は酸化による炭化水素揮発物はタイヤから検出できない。
- f) コンクリートとアスファルト道路では、粒子径分布が異なる。これは摩耗機構が異なるものと考えられ、アスファルトの場合大粒子径が非常に多い。
- g) 路上にまき散ったタイヤ摩耗粉は生化学酸化分解の過程をへていると考えられる。

(注) ゴムの生化学酸化

- (イ) 天然ゴム及びその加硫物は多くのバクテリアおよび菌に容易におかされる (W. M. Heap 等)。

(ロ) SBR及びその加硫物は天然ゴム程にバクテリア菌におかされないが、OESBR (oil extended SBR) 配合に生存する数種の菌を確認した (W. J. Nicherson)。

(ハ) OESBR/CB (カーボンブラック)トレッド加硫物の粉砕ゴムを窒素、磷酸塩を含むミネラル溶液に没して10日後に菌の生長を確認した (Dewis)。

(ニ) チャンバー内で粉砕ゴムに希釈ミネラル溶液をスプレーするとバクテリアが繁殖する。30～60日後に天然トレッド加硫物を赤外分光分析でチェックすると-C-O基が増加していた。またサンプルの分子量も低下していた。OESBR/CBトレッドについても同じ分析の結果、天然トレッドと同じ結果が得られた。

(3) タイヤ摩耗、生産量の実状

実車のタイヤ摩耗量は乗用車とトラックの違い、発進停止頻度の違い、走行速度の差、走行路面状態の違いなどにより著しく左右されるから一口に平均値を表示するのは困難であるが、極くマクロ的に中小型車の実例から、

ラジアルタイヤ：2mm/10,000km

バイアスタイヤ：2.5～3.0mm/10,000km

摩耗するといって差支えない³⁴⁾。

タイヤの摩耗限度³⁷⁾

運輸大臣通達により昭和54年、12月1日から施行された (表1.4)。上段は一般走行、下段は80km/h以上の高速走行する場合の規制値である。上段の数値は車検時の合否判定、および警察庁の取締りの対象となるが、下段は高速走行時の指導数値である。

ラジアルタイヤの生産実績と供用割合を表1.5、図1.8に示す。

表1.4 タイヤの摩耗限度

タイヤの種類	溝深さの限度
乗用車用タイヤ	1.6mm
軽トラック用タイヤ	
小型トラック用タイヤ	
トラック及びバス用タイヤ	0.8mm
二輪自動車用タイヤ	

高速走行におけるタイヤの 摩耗限度 (80km/h 以上)

タイヤの種類	溝深さの限度
乗用車用タイヤ	1.6mm
小型トラック用タイヤ	2.4mm
トラック及びバス用タイヤ	3.2mm

表1.5 ラジアルタイヤの生産実績

(単位：千本)		
年 別	乗 用 車 用	トラック・バス用
1975	17,273(38.7)((40.6))	902(15.2)
1976	20,814(44.2)((50.8))	1,345(21.8)
1977	25,122(50.5)((67.6))	1,866(28.2)
1978	30,307(54.9)((75.1))	2,589(34.6)
1979	36,015(60.3)((81.6))	2,990(33.8)

() 内は各タイヤの総生産実績本数に対する百分率

(())内はラジアルタイヤの生産実績に対するスチールラジアル百分率 (日本自動車タイヤ協会調べ)

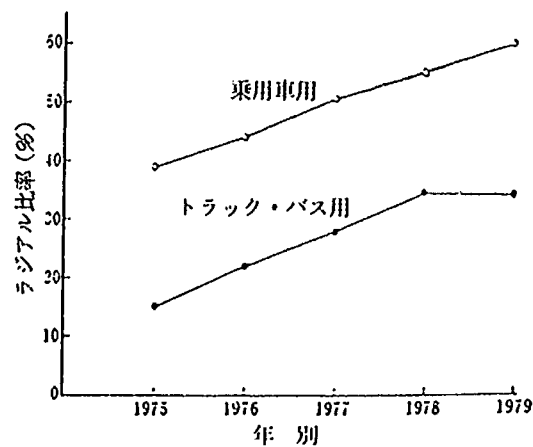


図 1.8 ラジアルタイヤの総生産量に占める割合 (本数)

1.3 未規制排出物 (HC、CO、NO_x 黒煙以外のもの)

1.3.1 微粒子 (Particulate)

微粒子とは水分、水蒸気を除く排気中の物質のうち空気中で平衡後フィルタで捕捉されるものをいう。自動車排気中には0.01～1.0 μm程度の微粒子が含まれ、空気中に舞い上ると落下しにくく、気管支や肺などの呼吸器系の疾患の原因になるともいわれている (図 1.9)。

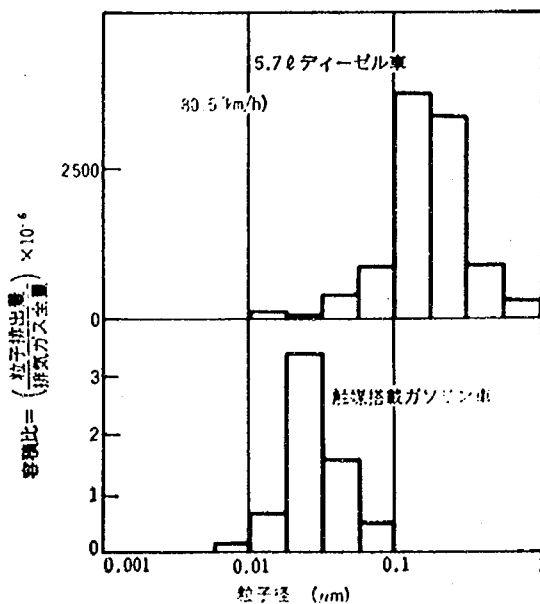


図 1.9 ディーゼル乗用車と触媒搭載ガソリン乗用車の排気中の微粒子の比較¹¹⁾

当初、微粒子は排出ガス中の鉛化合物を中心にアメリカで規制化の話があったが、ガソリンの無鉛化が進み、微粒子規制も一時中断していた。その後石油危機以後、ディーゼル車の増加のためEPA (米国環境保護庁) は微粒子増加を恐れ1982年モデルより微粒子規制を示した (表 1.6)。

表 1.6 アメリカのディーゼル微粒子排出規制 (g/mile)¹¹⁾

	1982	1985
乗 用 車	0.60	0.20
軽 量 ト ラ ッ ク	0.60	0.26

注：(1) 試験法は EPA ダイナモメータによる都市走行モードテストによる、車両総重量8500 lb を超える重量車については規制値、検討中である。

ガソリンエンジンからの微粒子は燃焼室に入ったオイルや過濃空燃比による黒煙およびHCに加え、燃料中の鉛が原因と考えられる。

ディーゼルエンジンでは燃焼室に入ったオイルや燃料の酸欠燃焼による黒煙、あるいは不完全燃焼によるHC、燃料中のイオウが原因と考えられる。

これらの対策のため、燃料の含鉛、含硫黄の低下、燃焼改善、過給による希薄燃焼などが考えられるが、NO_xと微粒子を同時に除去することは難しい。

このためフィルタやサイクロンなどにより機械的に捕集すること(図 1.10)が考えられているが、実用化に至っていない。

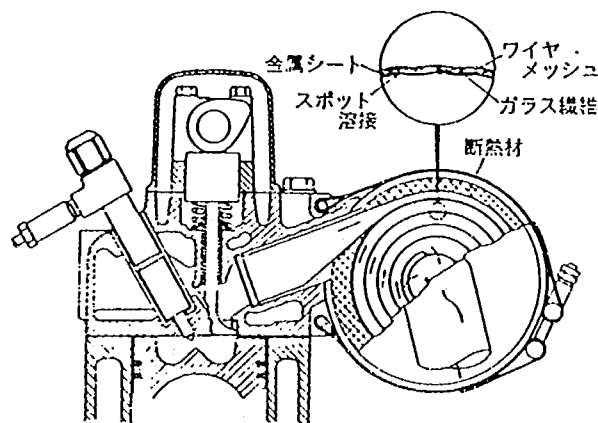


図 1.10 渦室形排気煙浄化装置 (RICARDO 社)¹¹⁾

1.3.2 ディーゼルエンジンの排気臭

ガソリン、LPG、エンジンの排気臭は問題にならなかった(LPGは無臭なので爆発予防上、洩れを検知できるよう臭気添加剤を入れている)。ディーゼルの排気は有害度が少ないが特有の臭気があるために広義の大気汚染対策の必要があるとして、測定法、評価法にても種々研究が進められてきたが未だ最終的方法が確立されていない。

1.3.3 その他の未規制排出物

アメリカでは微粒子の他にディーゼルエンジンに対し、アルデヒド、有機アミン、サルフェート、アンモニアなどの規制を将来考えている。更に、ガソリンエンジンについても排気対策装置が故障して誤作動

した場合の排出物を検討する実験もおこなわれており、以下に紹介する。

(1) 三元触媒が誤作動した場合

触媒なしのエンジンよりも、微粒子、サルフェート、アミン、金属その他未規制化合物の排出が著しく多い結果が得られたが（表 1.7）今後更に検討を要する。

表 1.7 Comparison with Non-Catalyst and Oxidation Catalyst Cars ⁷⁾

	Maximum Emission Rate, mg/km ^{a)}		
	Non-Cat.	Oxid. Cat.	3-Way Cat.
<u>Regulated Emissions</u>			
Hydrocarbons	10,800	2,200	2,150
Carbon Monoxide	24,700	5,290	5,750
Oxides of Nitrogen	2,250	4,200	2,500
<u>Particulates</u>			
Total Particulates	48	18	29
Sulfates	4	17	27 ^{b)}
<u>Compound Group Totals</u>			
Aldehydes & Ketones ^{c)}	228	13	6
Organic Sulfides	<1	2	6
Organic Amines	<1	<1	<1
<u>Other Compounds</u>			
Ammonia	3	57	318
Cyanide & Cyanogen	7	6	112
Hydrogen Sulfide	<1	4	7
Nickel Carbonyl	0	0	0
Nitrous Oxide	4	70	88

a) Data for one non-catalyst, four oxidation catalyst and four three-way catalyst cars

b) Value is for Car 51 in the unmodified configuration

c) Fifty percent or greater of the total was formaldehyde

(2) 未規制排出物の測定法

この測定法は各種低NO_x車両、新動力車および誤作動車などから排出される未規制排出物の測定に用いられている。測定対象物質は以下の通りである。

有機硫化物、Ni カーボニール、アルデヒド、アンモニア、SO₂、硫化水素、有機アミン、窒素酸化物、

遊離HC, シアン化合物, 硫化塩, フェノール, 微粒子, 其の他。

上記12成分は(除, 微粒子)現時点で重要視されているもので, 米国環境保護庁(EPA)がその測定法についてSouthwest Research Instituteに委託研究を行った。その結果の中間報告を1979年2月に公表したが未だ最終結論に至っていない。12成分の細分を表1.8に示す。

表 1.8 未規制成分名と特性³⁶⁾

成 分	分 子 式	分子量	可 燃 性	TLV(mg/m ³)
シアン化水素	HCN	27.03	有毒ガス	11
アンモニア	NH ₃	17.03	無 毒	18
有機アミン			アミンは腐蝕性	
メチルアミン	CH ₃ NH ₂	31.06		13
ジメチルアミン	(CH ₃) ₂ NH	45.09		18
トリメチルアミン	(CH ₃) ₃ N	59.11		
エチルアミン	C ₂ H ₅ NH ₂	45.09		18
ジエチルアミン	(C ₂ H ₅) ₂ NH	73.14		75
トリエチルアミン	(C ₂ H ₅) ₃ N	101.19		100
硫化水素	H ₂ S	34.08	有毒ガス	15
有機硫黄化合物			無 毒	
炭化カルボニル	COS	60.06		
ジメチルスルフィド	CH ₃ SCH ₃	62.13		
ジメチルスルフィド	CH ₃ SSCH ₃	94.20		
ジメチルスルフィド	C ₂ H ₅ SC ₂ H ₅	90.19		
アルデヒド・ケトン			無 毒	
ホルムアルデヒド	CH ₂ O	30.03		1
アセトアルデヒド	CH ₃ CHO	44.05		100
アクロレイン	CH ₂ CHCHO	54.07		0.25
プロピオンアルデヒド	CH ₃ CH ₂ CHO	58.08		
アセトン	CH ₃ COCH ₃	58.08		2100
イソブチルアルデヒド	CH ₃ CH(CH ₃)CHO	72.11		
メチルエチルケトン	CH ₃ COCH ₂ CH ₃	72.11		500
クロトンアルデヒド	CH ₃ CHCHCHO	70.09		6
ベンズアルデヒド	C ₆ H ₅ CHO	106.13		
ヘキサンアルデヒド	CH ₃ (CH ₂) ₄ CHO	100.13		
ニッケルカルボニル	Ni(CO) ₄	170.75	無 毒	0.007
ジメチルニトロソアミン	(CH ₃) ₂ NNO	74.06	アミンは腐蝕性	
亜酸化窒素	N ₂ O	44.01	無毒ガス	
炭化水素				
メタン	CH ₄	16.04		
エタン	C ₂ H ₆	30.07		
プロパン	C ₃ H ₈	44.10		
ブタン	C ₄ H ₁₀	58.12		
ペンタン	C ₅ H ₁₂	72.15		
ヘキサン	C ₆ H ₁₄	86.17		
ヘプタン	C ₇ H ₁₆	100.20		
オクタン	C ₈ H ₁₈	114.23		
ノナン	C ₉ H ₂₀	128.26		
デカン	C ₁₀ H ₂₂	142.29		
イレジン	C ₁₁ H ₂₄	156.32		
ドデカン	C ₁₂ H ₂₆	170.35		
トリエン	C ₃ H ₄	40.07		
アルフェーブ	H ₂ SO ₄	98	無 毒	1
二酸化イオウ	SO ₂	64.06	無 毒	18

(3) 燃焼ガス中のSO₂は酸化触媒によりSO₃に転化し更に水蒸気と結合して, 硫酸ミストとして排出されるという二次公害説もある。

2. 自動車燃料等の実態

我が国の原油輸入量を地域別に示すと図 2.1 のようになるが、中東地区からの輸入が最も多い(77.7%)。中東原油の硫黄含有率は高く(1~3 wt%)重油として使う場合でも、脱硫しないと SO_x による大気汚染が問題になる。

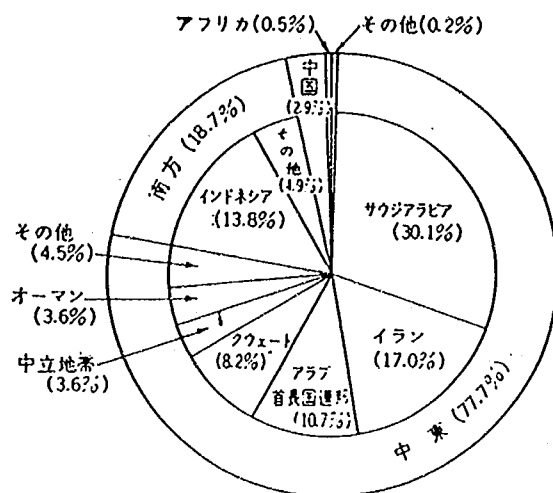


図 2.1 わが国の輸入原油の地域別割合 (昭和52年度) 石油資料 ¹¹⁾

原油輸入の絶対量と、ガソリン軽油の販売量を表 2.1 に示す。ガソリン、軽油の燃料全体に占める割合は増大しており、自動車の消費が増しつつあることを示している。

表 2.1 我が国の原油輸入量 ¹⁹⁾

単位: kt, () 内の数字は前年比			
	昭和53年	昭和54年	昭和55年
原油輸入量	270,121,071 (-2.8%)	280,486,073 (+3.8%)	256,832,779 (-8.4%)
うち精製用	244,922,163 (-2.4%)	256,752,237 (+4.8%)	239,078,868 (-6.9%)

我が国のガソリン軽油の販売量

単位: kt, () 内の数字は前年比

	昭和53年	昭和54年	昭和55年
ガソリン販売量	33,177,763 (+6.1%)	34,496,574 (+4.0%)	34,646,856 (+0.4%)
軽油販売量	19,575,161 (+9.4%)	21,345,997 (+9.0%)	21,491,260 (+0.7%)

石油系燃料の需要量の推移を図 2.2 に示すと、昭和 48 年（1973 年）の石油危機を境に石油の安定供給の確保が問題化し、昭和 54 年の国際的省石油規制（昭和 54.6.22 省エネルギー法）にともない、自動車排ガス対策のみならず省燃費の問題が優先してきた。

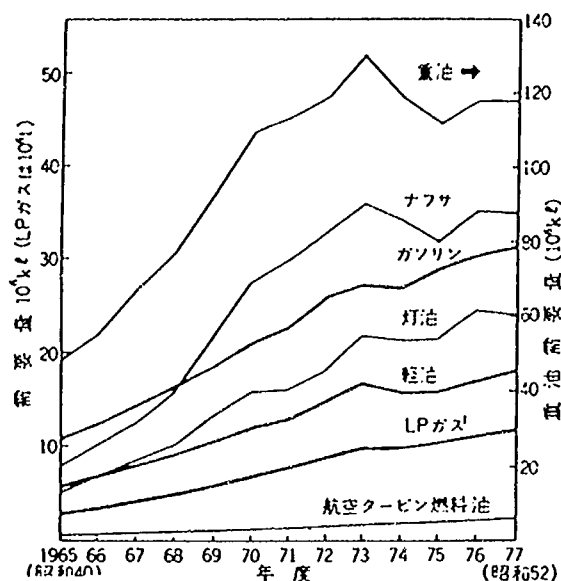


図 2.2 わが国における石油系燃料の需要量の推移（石油資料）¹¹⁾

図 2.3 のように、我が国の石油系燃料の需要構成はヨーロッパのそれと類似しており、自動車用ガソリンの全体に占める割合は 10.8% と比較的低い。しかしアメリカでは 41% にも達し、事情が全く異なっている。

輸送機関の中では我が国では、自動車用が最も多く 74.3% に達し、この点は諸外国と類似しており、自動車の省燃費対策が強く求められる理由である。

主要国の輸送手段別最終エネルギー需要(1978年)

石油換算 10 ⁴ トン (10 ⁴ kt)	(単位：%)			
	自動車	鉄道	航空	船舶
日 本 46.8 (54.3)	74.3	6.2	17.7	11.8
米 国 466.5 (541.1)	11.5			
フランス 31.6 (36.7)	76			13
西ドイツ 37.9 (44.0)	66			24
イギリス 32.8 (38.0)	116			37
OECD 764.5 (886.8)	154			19

資料：ENERGY BALANCES OF OECD COUNTRIES
注：石油 1 トン = 石油 L 16kg とし、換算

石油製品油種別消費割合(1977年)

	(単位：%)			
	重油	軽油・灯油	ガソリン	その他
日 本	41.8	24.1	23.3	10.8
アメリカ	19.1	22.3	41.0	17.2
フランス	29.0	38.3	15.3	17.4
西ドイツ	18.1	48.4	15.2	18.3
イギリス	34.4	27.5	16.2	21.9
イタリア	45.3	27.2	15.0	12.5

資料：石油連盟 全日石油産量

図 2.3 エネルギー需要¹⁸⁾

2.1 ガソリン

2.1.1 ガソリンの精製

原油から石油製品を得る工程を石油精製といい、その中からガソリン製造工程をとり上げたのが図2.4である。

ガソリンを精製工程から分類すると、①直留ガソリン ②改質ガソリン ③分解ガソリンの3基材に分けられる。ガソリンとして要求される蒸気圧，蒸留性状，オクタン価などを考慮してこれらの基材を組み合わせ，これに添加剤を加えたものが市販ガソリンである。

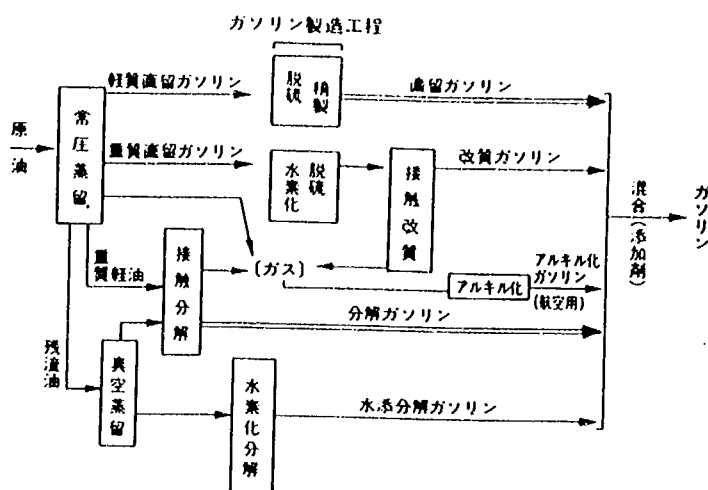


図2.4 ガソリン製造工程¹⁵⁾

一般にプレミアム・ガソリンはオクタン価の高い改質・分解ガソリンが主体となり，レギュラー・ガソリンにはオクタン価の低い直留分が比較的多く含まれている(表2.2)。

表2.2 ガソリン基材の組成とオクタン価¹⁵⁾

		直留ガソリン	改質ガソリン	分解ガソリン
組成	飽和分	92~97%	50~55%	35~45%
	オレフィン	0~1%	0~1%	35~65%
	芳香族	2~7%	45~50%	5~20%
	オクタン価	40~65%	92~95%	91~94%

ガソリンの組成は $C_4 \sim C_{12}$ までのパラフィン、オレフィン、芳香族系の約200種類の炭化水素の混合物で留分は $30^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ である。

パラフィン系…………… $C_n H_{2n+2}$

メタン (CH_4) の誘導体と考えられ、炭素原子が直鎖状または枝分れ状に結合している。

オレフィン系…………… $C_n H_{2n}$

エチレン ($CH_2 = CH_2$) の誘導体と考えられ、不飽和結合である。

芳香族……………6個の炭化水素原子が結合したものを基本とする炭化水素。

実際の市販ガソリンは各石油メーカーの精製設備能力によって、組成が異なる。また同一メーカーの同一銘柄でも販売地域によって内容が異なることがある。

わが国と米国では、我が国のガソリン組成は芳香族が多く、米国のはオレフィンが多い(図2.5)

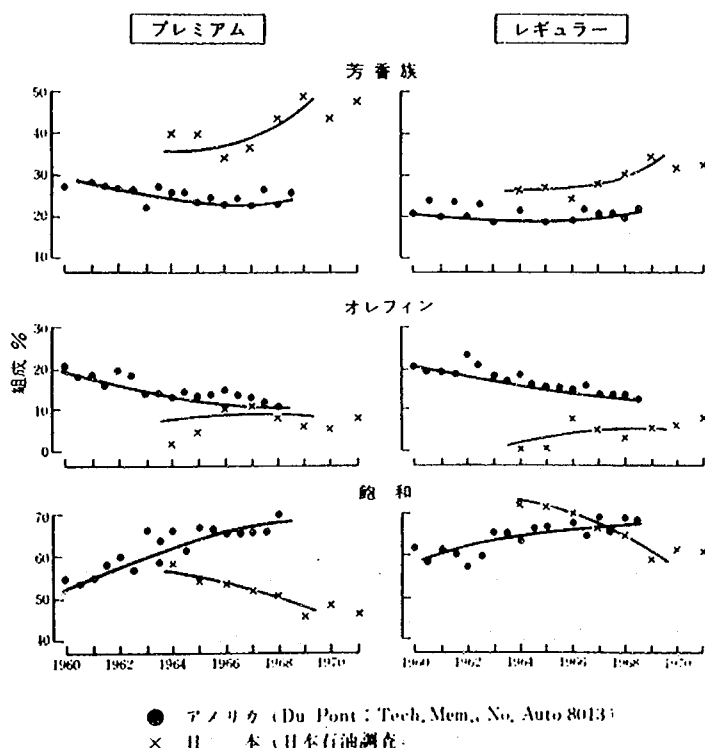


図2.5 市販ガソリンの炭化水素タイプ別組成の推移¹⁶⁾

2.1.2 ガソリンの組成と大気汚染の関係

光化学スモッグ生成に寄与する炭化水素は、一般にオレフィンが最も大きく、芳香族がこれに次ぎ、パラフィンはほとんど寄与しないといわれている。よって大気中の炭化水素のパラフィン割合を多くすればスモッグ防止に役立つという考えもあるが、実際はエンジン内の反応でオレフィンを生成してしまうからその効果はない。

ガソリン中の芳香族濃度が高いと排気中の芳香族濃度も高くなるが、スモッグへの寄与には関係しない

という説が多い。

また、芳香族が多いとPB₂Nという催涙性の物質や、ベンツピレンのような発ガン性物質が発生し易いともいわれているが、市販ガソリンの組成は前述の基材で決まり、芳香族の量も上限があるから大きな影響はないと考えられる。

2.1.3 ガソリン性状

(1) 火花点火エンジン（SIエンジン）としての要求性能

- ① 燃焼室内でノックなしにスムーズに燃焼すること（アンチノック性）。
- ② 寒冷時エンジンを始動するとき簡単に蒸発して混合気をつくり易いこと。
- ③ あまり蒸発し易いと夏期にベーパーロックをおこすため適度の揮発性が必要。
- ④ 揮発しにくい重質留分を含まないこと（不完全燃焼により堆積物、オイル希釈）
- ⑤ 貯蔵中変質してガム質を生じないこと（貯蔵安定性、耐腐蝕性）。
- ⑥ 吸気系統および排ガス対策用附属装置（PCV、EGRなど）に堆積物が生成するのを防止して機能を充分発揮させること（清浄性）。

以上の要求性能を満たすための添加剤の成分、添加量を表2.3に示す。（除、アンチノック剤）

表2.3 自動車ガソリン用添加剤（アンチノック剤を除く）²⁾

種 類	目 的	主 要 成 分	添 加 量	備 考
堆積物改良剤	表面引火防止、 点火プラグの汚 染防止（バルブ シートリセッ ション防止）	有機りん化合物 （例）トリクレシルホスフェート（TCP） クレシルジフェニルホスフェート（C DP） トリメチルホスフェート（TMP） 有機ほう素化合物 アルキルほう酸エステル	ガソリン中の鉛量 に対して0.1～0.4 当量（標準は0.2）	排気中にりんが出てこれが排 気浄化触媒になるので、し だいに使用されなくなってい る
酸化防止剤	ガム生成防止	フェニレンジアミン類 N,N'-ジ-sec-ブチル- <i>p</i> -フェニレンジア ミン <i>p</i> -アミノフェノール類 N- <i>o</i> -ブチル- <i>p</i> -アミノフェノール アルキルフェノール類 2,6-ジ- <i>tert</i> -ブチル-4-メチルフェノー ル	5-100 ppm（通常 は 10-30 ppm）	おもに分解ガソリンに使用
金属不活性化剤	燃料中の金属 （例：銅）の酸 化触媒作用防止	各種アミン類 N,N'-ジサリチリデン-1,2-プロピレン ジアミン	0.6～7 ppm（通常 4 ppm）	
腐食防止剤	燃料系統金属の 水分による腐食 防止	カルボン酸、アルコール、アミン、スルホ ネート、アミンのりん酸塩、ある種の界面 活性剤	10～50 ppm	
氷結防止剤	気化器の氷結防 止	界面活性剤 オレイン酸アミド誘導体の混合物 グリコール、ジメチルフォルムアミド （DMF）	10 ppm 0.02～0.1%	
清 浄 剤（Ⅰ）	気化器の堆積物 除去	界面活性剤 オレイン酸アミド誘導体の混合物 アミンのりん酸塩	25～50 ppm	腐食防止剤、氷結防止剤とし ての作用もあり、多機能添加 剤とも呼ばれる
清 浄 剤（Ⅱ）	気化器、吸気マ ニホルド、吸入 弁の堆積物除去	高分子量アミン化合物 こはく酸イミド、ポリブタエニルポリアミ ンポリオレフィン ポリブテン、ポリプロピレン	100～500 ppm	
染 料	加給の表示	各種アゾ染料（オレンジ系色）	数 ppm	

表 2.3 は主となる清浄剤、安定剤を示し石油メーカーにより添加処方異なる。

(2) アンチノック性と添加剤

オクタン価はガソリンのアンチノック性を示す尺度を意味し、オクタン価が高い程ノッキングを起しにくい、即ちアンチノック性が大きい。

エンジンの圧縮比を高めると性能は向上（出力、燃費）するが、或限度以上になるとノッキングと呼ばれる異状燃焼をおこし易く、ノッキングが激しいとかえって出力低下やエンジン損傷の原因になる。よって高圧縮比エンジンには高オクタン価のガソリンが必要になる。しかし原油から得た直留ガソリン、熱分解などで処理して得られたガソリンもそのままでは高オクタン価は得られないので、次のような方法によりアンチノック性を改良する必要がある。

(a) 4 エチル鉛を添加する。

(b) 燃料組成を変える— 接触分解、改質、アルキレーションガソリンなど高オクタン価成分の多い燃料とする。

エチル液は次の成分からなる。

① アルキル鉛（4 エチル鉛、4 メチル鉛、またはこれらの混合物によりガソリンの燃え方を変えてアンチノック性を向上する）。

② 掃鉛剤（二塩化エチレンと二臭化エチレンの混合物で鉛が燃焼室内に堆積しないように入れる分散剤）

③ 染料

これらの鉛は、エンジン内で燃焼して酸化鉛となり、直ちに掃鉛剤の塩素や臭素と結びつき、ハロゲン化鉛の粒子となって排出され一部はオイルや排気系にたまる。

1970 年頃の各国の市販ガソリンの性状表を 2.4 に示す。

表 2.4 主要各国の市販ガソリンのオクタン価と加鉛量 ¹⁵⁾

	レギュラー		プレミアム	
	オクタン価 RON	加鉛量 g/ガロン	オクタン価 RON	加鉛量 g/ガロン
日本	89 - 90.5	0.09 - 1.17	96 - 97	0.50 - 1.17
米国	94.1	2.43 - 2.45	100	2.78
西独	91.5 - 94.5	0.76 - 2.38	98.5 - 100.5	1.14 - 2.38
フランス	89.9 - 91.8	0.04 - 2.30	98.5 - 99	0.90 - 2.30
イタリア	86 - 88.5	0.36 - 2.38	97.5 - 100.5	1.71 - 2.38

資料：71年5月 OCTEL 社調査データ

注) RON リサーチ法オクタン価 (Research Octane Number) の略で R I 法ともいう。ガソリンのオクタン価の測定はリサーチ法とモータ法があり、米国 CFR 委員会制定の CFR エンジンで測定する。

1 オクタン向上することにより、燃費量が約 2.5 % 低減できるといわれ、高オクタン価基材の調合率の

高いものをプレミアムガソリンといいレギュラーガソリンと区別している。ベースガソリンのオクタン価（RON）はレギュラーが87～90、プレミアムが93～95でこれに少量のTEL（4エチル鉛＝Tetra Ethyl Lead）を添加することにより、更に3～4RON高められるから、TELはガソリン改質のための重要添加剤であった。

昭和45年5月、東京牛込柳町の住民調査の結果、自動車排ガス中の鉛が人体に悪影響を及ぼしているといわれ、同年7月から加鉛量がTEL換算で0.3ml/ℓ以下に規制された。その後ガソリン乗用車に対する昭和50年、51年度の排ガス規制が推進力となり、昭和50年2月にレギュラーガソリンの無鉛化が実施された。これは排ガス対策用触媒が排ガス中の鉛化合物による被毒劣化を防止するためでもあった。

ガソリンを無鉛化するとオクタン価は低下するが、昭和45年プレミアムガソリンのTEL濃度は0.6ml/ℓから0.2ml/ℓに減らされたので平均2.4RON低下した。レギュラーガソリンの方は低鉛化が少なく0.2～0.1ml/ℓで平均0.7RONの低下に止まった。昭和50年からレギュラーガソリンのみを無鉛化することが決まりそれにより0.9RON低下した。しかし石油危機以後、石油製品の需要が低減したため芳香族やオレフィンなどに余剰が生じ、これが高オクタン価基材として利用されたため、無鉛化以前のオクタン価（90～91RON）が維持された（図2.6）。

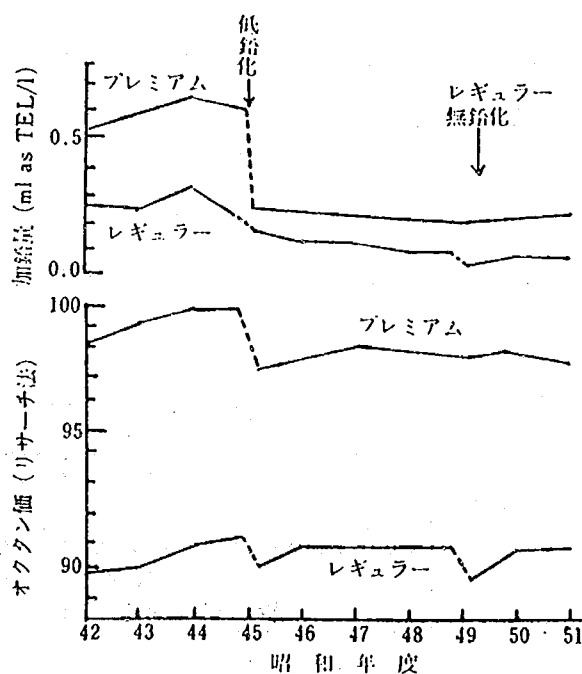


図2.6 我が国の自動車ガソリンの加鉛量とオクタン価の推移¹⁶⁾

第一次低鉛下以後プレミアムガソリンのTEL濃度は0.2ml/ℓに保たれており、97～98RONで安定している。しかし今後もしプレミアムガソリンの無鉛化が実施され、しかも芳香族とオレフィン類のような高オクタン価基材が制限される事態が到来すれば、プレミアムガソリンのオクタン価を現在のまま維持するために次のことが考えられる。まず、イソパラフィンの使用があげられその他に含酸素燃料、例えばメタノール（CH₃OH）とイソブチレンから合成されるメチル tert-ブチルエーテル（MTBE）が無公害の高オクタン価基材（117RON）となることが解り、無鉛ガソリン製造に重要な役割を果たすであろう。

う。石炭、天然ガス資源が豊富な欧米ではメタノール製造コストが低くMTBEの生産を開始した国もあるが、我が国の現状ではメタノールのコストが高く割高になる。

LPGは低公害、高オクタン価燃料であるためガソリンとの併用も考えられる。

一方、自動車技術の進歩により国産自動車のオクタン価要求値が下がる傾向にある（図2.7）が、それだけ出力、燃費、加速などの諸性能が犠牲になっている。

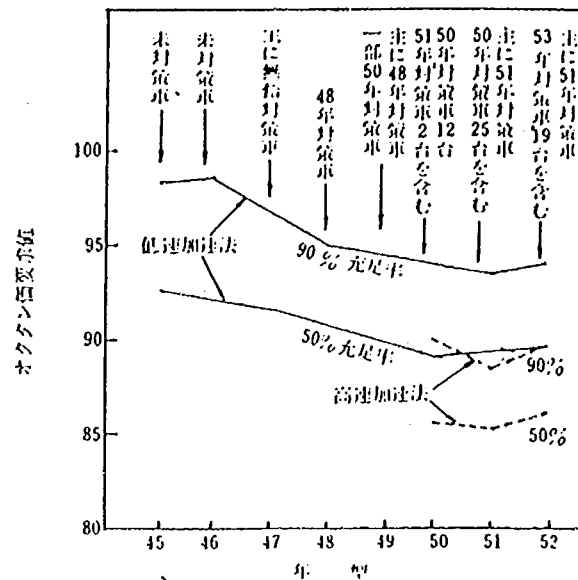


図2.7 国産乗用車のオクタン価要求値充足率分布の推移
(正標準燃料、絞り弁全開)¹⁶⁾

今後は省エネ、低公害、高性能を同時に実現することが目標となり、新型エンジンの開発とともに石油系燃料の改質、石油代替燃料の開発により高品質自動車燃料の製造技術が焦点となろう。

各種アルキル鉛の組成を表2.5に示す。

表2.5 各種アルキル鉛(自動車ガソリン用)の組成²⁾

	四エチル鉛 四メチル鉛		物理的混合物			化学的混合物		
	(TEL)	(TML)	(PM 25)	(PM 50)	(PM 75)	(CM 25)	(CM 50)	(CM 75)
Ethyl Corp.	TEL	TML	TELMEL 25	TELMEL 50	TELMEL 75	MLA 250	MLA 500	MLA 750
商品名 Du Pont	TEL	TML	PM 25	PM 50	PM 75	Tetramix 25	Tetramix 50	Tetramix 75
Associated Octel	TEL	TML	PM 25	PM 50	PM 75	CR 25	CR 50	CR 75
アルキル鉛の組成 (wt.%)								
四エチル鉛	100.00	—	78.40	54.75	28.74	33.07	6.84	0.45
三エチル一メチル鉛	—	—	—	—	—	42.19	26.16	5.15
二エチル二メチル鉛	—	—	—	—	—	20.14	37.50	22.15
一エチル三メチル鉛	—	—	—	—	—	4.26	23.80	42.19
四メチル鉛	—	100.00	21.60	45.25	71.26	0.34	5.66	30.06
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
"エチル液"の組成 (wt.%)								
全アルキル鉛	61.48	50.82	58.83	56.15	53.48	58.82	56.15	53.49
二臭化エチレン	17.86	17.86	17.86	17.86	17.86	17.86	17.86	17.86
二塩化エチレン	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81	18.81
薬料および溶剤	1.85	12.51	4.50	7.18	9.85	4.51	7.18	9.84
計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
鉛量 (wt.%)	39.39	39.39	39.39	39.39	39.39	39.39	39.39	39.39
比重 (20°C)	1.588	1.578	1.587	1.584	1.582	1.587	1.584	1.582

また、運輸省の新型自動車審査基準によって10モード試験をおこなう場合の指定ガソリンはJ I S K 2202相当で表 2.6 の性状を有するものと規定されている。

表 2.6 ガソリン自動車10モード及びアイドリング排出ガス試験方法¹⁷⁾

項 目	仕 様	備 考
分 留 性 状 °C		J I S K 2254
初留点	25～ 47	
10 %	40～ 65	
50 %	85～115	
90 %	140～175	
終 点	210以下	
イ オ ウ 重 量 %	0.03以下	J I S K 2262
鉛含有量(四エチル鉛換算) m l / l	0.005以下	(暫定値)
蒸 気 圧 kg/cm ²	0.45～0.85	J I S K 2258

アンチノック性向上のため鉛の他に有機マンガ化合物 (Methylcyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl, MMT) はアンチノック剤として一時期アメリカにおける無鉛ガソリンの多くに添加されたが、昭和53年10月以降は使用禁止になった。これはマンガ化合物排出による二次公害のためである。現在のところ前記MTBEが最も有望であるが新添加剤の開発は今後活発におこなわれよう。

2.2 ディーゼル燃料

ディーゼル燃料は原油の常圧蒸留で得られる留分のうち灯油と重油の間に出てくる軽油留分 (200～350 °C) からとり出したものである (図 2.8)。したがって改質・分解などの精製工程の入っているガソリンと異なり、原油そのものの性質がディーゼル燃料 (軽油) の性質を支配する。

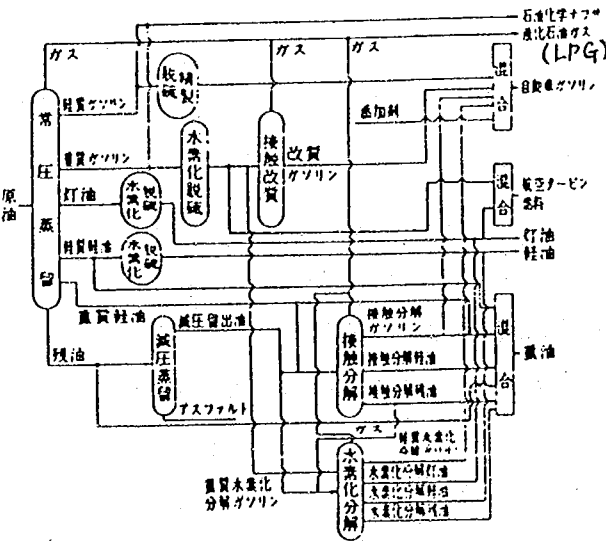


図 2.8 石油精製工程概略図²⁾

燃料性状の排気組成に及ぼす影響として、セタン価が小さく、沸点が低いとHCが増える他はNO_x、COにはほとんど影響がない。軽油精製工程には脱硫工程があるが、イオウ分が0.5%前後含まれているため（ガソリンの約10倍）、排気中のSO₂濃度は20～100 ppmであるが、工場、発電所、暖房などの固定排出量が全量の99%を占めているため移動排出量としては、著しい問題ではない。

ディーゼル軽油の大きな問題点はスモーク（黒煙）で、燃料性状との関係は、組成がパラフィンより芳香族系の多いものが発生し易く、またセタン価の高いものも黒煙が多い。消煙のために燃料中にBa（バリウム）系の添加剤を用いることがある。

2.2.1 ディーゼル軽油の性状

エンジン性能上の要求点は、着火性が重視され同時に揮発性、比重などの燃焼性に関連した性質、燃料の取扱性に関連した粘度、流動点、曇点など、また使用上の障害となる硫黄分、灰分、水分などの含有が少ないことも重要である。我が国及び欧米のディーゼル軽油規格を表2.7に示す。

表 2.7 ディーゼル軽油の規格²⁾

	日 本 JIS K 2204				ア メ リ カ ASTM D 975		イ ギ リ ス BS 2869		ド イ ツ DIN 51601
	1号	2号	3号	特3号	No. 1D	No. 2D	Class A-1	Class A-2	
反 応	中性	中性	中性	中性	—	—	—	—	—
引 火 点 °C	>50	>50	>50	>50	>37.8	>51.7	>55	>55	>55
90% 留 出 温 度 °C	<350	<350	<350	<350	<287.8	282.8～338	<357	<357	<360
流 動 点 °C	<-5	<-10	<-20	<-30	気温より 5.6°C 以下		—	—	—
曇 り 点 °C	—	—	—	—	—	—	夏用(3～9月) 0°C 以下 冬用(10～2月) -7°C 以下		夏 0°C 以下* 冬 -12°C 以下
残 留 炭 黄 分 (10% 残 油) wt%	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	—	—	—	—	<0.1
セタン価 (セタン指数)	>50	>45	>40	>42	>40	>40	>50	>45	>45
動 粘 度 (30°C) cSt	>2.7	>2.5	>2.0	>1.8	(37.8°C) 1.4～2.5	(37.8°C) 2.0～4.3	(37.8°C) 1.6～6.0	(37.8°C) 1.6～6.0	(20°C) 1.8～10
硫 黄 分 wt%	<1.2	<1.2	<1.1	<1.0	<0.5	<0.5	<0.5	<1.0	<0.7
水 分 vol%	含まないこと	同左	同左	同左	—	—	<0.05	<0.05	<0.1
水 泥 分 vol%	含まないこと	同左	同左	同左	痕跡	<0.1	—	—	—
沈 澱 物 wt%	—	—	—	—	—	—	<0.01	<0.01	—
灰 分 wt%	—	—	—	—	—	—	<0.01	<0.01	—
そ の ほ か	—	—	—	—	—	—	銅板腐食 I	同左	比重 15/4°C 0.815～0.855
備 考	一 般 用 車 地 用				速重・負荷 速重・負荷 変動の多い 変動の少ない 高速機関・低速機関 高速機関 用		自動車用 一般用		屋外自動車用

* Hageman u. Hammerich の試験法

JIS K 2204 は使用時の気候の寒冷程度により4種類を規定している。米、英では沸点、硫黄分などにより分類し、気候に対しては気温に応じた流動性を保障する方法を用いている。

前述の如く日本の軽油は水素化脱硫精製される直留油であるから、中東原油の特性に支配され、品質は高い。表2.8に各号市販軽油の性状を示し、この規格は長期間安定している。硫黄分だけは低硫黄原油処理比率の増加と水素化脱硫装置の増加により、近年急激に低下している。

セタン価は着火性を表わす指数で、CFR F-5 エンジンによって測定して得られる。

燃料中の硫黄分は燃焼室付着物、リング摩耗の増加をもたらす、排気中にSO₂を含むため少ない方が良く、運輸省の新型自動車審査基準に規定する6モード試験に使用するディーゼル軽油はJIS K 2204

相当でセタン価，イオウ分を指定している（表 2.9）。

表 2.8 わが国の市販軽油の概略性状（製油所出荷性状，石油連盟）

品名項目 JIS 別 期間	比 重	引 火 点 (℃)	90%溜出温度 (℃)	凝 結 点 (℃)	10%残付炭素分 (wt%)	セタン指数 (セタン価)	動 粘 度 (cSt) 30℃	い ろ う 分 (wt %)	
	平 均 (範囲)	平均 (範囲)	平 均 (範囲)	平 均 (範囲)	平 均 (範囲)	平 均 (範囲)	平 均 (範囲)	平 均 (範囲)	
昭和 53 年 度 上 期	1号(21)*	0.8308(0.8119~0.8458)	84 (76~92)	320 (289~339.8)	-12.4 (-22.5~-5.0)	(0.01~0.03)	57.4 (48~61)	3.61(2.83~4.20)	0.34(0.036~0.47)
	2号(33)	0.8313(0.8238~0.8445)	85(71.5~100)	316 (290~335)	-13.3 (-20 ~ -10)	(0.0~0.05)	57.5 (55~62)	3.52(2.90~3.92)	0.38(0.05~0.47)
	3号(3)	0.8197(0.8159~0.8250)	66 (59~76)	310 (302.5~314)	-21.7 (-22.5~-20)	(0.02~0.05以下)	57.0 (55~59)	2.74(2.33~3.45)	0.31(0.26~0.45)
	特3号(3)	0.8063(0.8020~0.8109)	62 (59~64)	289 (287~293)	-32.5 (-35 ~ -30)	(0.00~0.01)	52.5 (52~53)	1.94 (1.81~2.05)	0.13(0.10~0.16)
昭和 54 年 度 下 期	1号(16)	0.8304(0.8103~0.8428)	83 (73~94)	317 (293~337)	-13.7 (-25 ~ -2.5)	(0.0~0.05以下)	57.7 (54~60)	3.53(2.73~4.34)	0.31(0.04~0.67)
	2号(37)	0.8324(0.8246~0.8428)	85 (71~102)	319 (304~337)	-12.3 (-20 ~ -10)	(0.00~0.05以下)	58.0 (54~61)	3.70(2.90~4.73)	0.39(0.06~0.50)
	3号(15)	0.8220(0.8140~0.8348)	68 (54~82)	(288.5~315.5)	-21.2(-22.5~-17.5)	(0.00~0.05以下)	55.0(50~60.5)	2.62(2.27~3.28)	0.34(0.10~0.46)
	特3号(5)	0.8069(0.8050~0.8097)	58 (54~64)	289 (281~298)	-32.5 (-35 ~ -30)	(0.00~0.01)	52.4 (51~54)	1.92(1.85~1.97)	0.16(0.09~0.28)

*サンプル数

表 2.9 ディーゼル自動車排出ガス試験方法（6モード）¹⁷⁾

項 目	仕 様	備 考
セ タ ン 価	45以上	JIS K 2271
分溜性状90%溜出温度 (℃)	350以下	JIS K 2254
イ オ ウ 分 (%)	1.20以下	JIS K 2273
引 火 点 (℃)	50以上	JIS K 2265
動粘度 (30℃) センチストーク	2.5以上	JIS K 2283

2.2.2 燃料とスモーク（黒煙）

図 2.9 は直噴式エンジンの定負荷運転状態の排煙濃度におよぼす燃料セタン価，組成，沸点の影響を検討したもので，セタン価 30～50 の範囲では組成，沸点に関らず排煙は少なく，セタン価が高い程スモークも増す。これはセタン価が低い程着火遅れ期間が長く，燃焼開始前に燃料と空気の混合が進むためと考えられている。同じセタン価でも芳香族はパラフィン系よりスモークが多くかつ高沸点化にしたがい，その傾向が著しくなる。市販燃料では軽質燃料の方が排煙発生が少ない。

間接的には，灰分，燃料の熱安定性，スラッジ含有量などの燃料特性は長期間使用後の排煙増につながる。逆に噴射弁を保護する清浄分散添加剤，燃料油の水素化脱硫処理は排煙発生を少なくする。

排煙抑制剤として Ba の油溶性塩，もしくは炭酸塩のコロイド状分散体が市販されている。これらの効果

を図 2.10 に示す。添加量は $2\text{g}/\ell$ 程度がよく、どのような発煙原因にも有効である。その理由はサイクル後期の煤の再燃焼を促進するとされている。Ba はイオウ分に起因する硫酸とともに BaSO_4 として大部分排出されるが一部は水溶性の BaO , BaCO_3 となる。

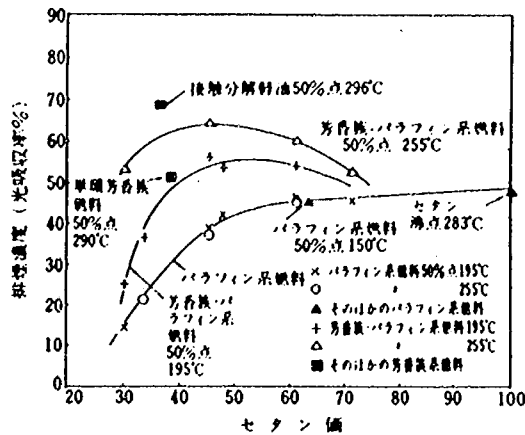


図 2.9 排煙濃度の燃料性状による影響²⁾

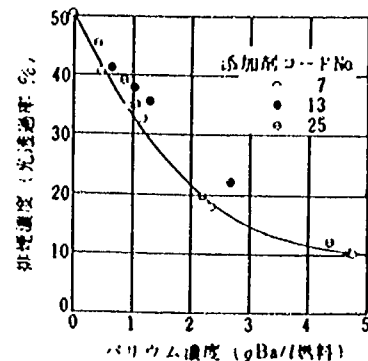


図 2.10 排煙濃度に対する
バリウム添加量の影響²⁾

2.3 LPG

我が国の自動車保有台数（昭和 53 年 8 月）は 3,318 万台、内訳は

	台 数	消費燃料量
ガソリン車	3,013 万台	3,124 ^k l (ガソリン)
ディーゼル車	277	1,663 (軽油)
LPG車	28	303 (LPG)

で合計 5,090 万^kl の燃料が消費されている。

LPG は液化石油ガス (Liquified Petroleum Gas) で軽質炭化水素の混合物を液化したもの (図 2.8) で物理性状とオクタン価を表 2.10 に、JIS 規格 (K 2240) を表 2.11 に示す。

LPG の特性：

- ① アンチノック性………オクタン価は非常に高く、組成中プロパン主体のものは RON 100 以上、ブタン主体のものは 97 前後 (プレミアムガソリン程度) である。わが国で通常用いられているブタン主体の LPG はプレミアムガソリンより多少低い。
- ② 加速性・燃費率………混合気濃度が影響するが、ガソリンに比しエンジン出力は 3～10% 低く、燃費は 5～10% 少ない。
- ③ 始動性………ブタン主体のものは気化しにくいので寒冷地などではプロパン主体のものがよい。
- ④ スラッジ堆積………LPG 内に微量存在する不純物のためベーパーライザにスラッジが堆積するこ

とがあり、始動、アイドリング、出力、燃費に影響する。しかし、ガソリンエンジンと比べると長時間運転後の燃焼室内のスラッジは極めて少なく、異状燃焼は起しにくい。

- ⑥ 排気ガス………空燃比はガソリンより小さく、また空気との混合はガソリンより均一であるからCO、HCは少ない。NO_xは大差ない(表2.12)。プロパン主体の方がHC、NO_xは少ない。

表2.10 液化石油ガス(軽質炭化水素)の物理性状²⁾

	石油ガス(参考)			L P				ガ ス			
	メタン	エタン	エチレン	プロパン	プロピレン	n-ブタン	i-ブタン	1-ブテン	cis-2-ブテン	trans-2-ブテン	1,3-ブジエン
分子式	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₈	C ₄ H ₆
分子量	16.043	30.070	28.054	44.097	42.081	58.124	58.124	56.109	56.109	56.109	56.109
ガス密度(0°C, 1atm) kg/cm ³	0.7168	1.3562	1.2603 ⁽¹⁾	2.0200	1.9149	2.5985		2.503			
ガス比重 (0°C, 1atm, 空気=1)	0.5544	1.0493	0.9719	1.562	1.481	2.0098	2.007	1.936			
液密度(飽和圧, 0°C) g/cm ³	—	—	—	0.5282	0.5161	0.6011	0.5812	0.6190			
(飽和圧, 20°C) g/cm ³	—	—	—	0.5005	0.5139	0.5788	0.5372	0.5951	0.6213	0.6042	0.5942
融点(1atm) °C	(176)	24	40	4.7	5.9	1.03	1.60				1.3
沸点(1atm) °C	(293)	37	(60)	8.0	9.8	2.00	2.95				2.5
蒸気圧(0°C) atm	0.531	0.422	0.374	0.404	0.368	0.407	0.404	0.371	0.343	0.381	0.386
(20°C) atm	0.401	0.356	0.307	0.359	0.321	0.373	0.370	0.336	0.307	0.345	0.350
潜熱(25°C, 1atm) Cp	121.9	117.0	115.4	101.8	104.6	92.09	87.56	93.36	99.46	96.94	94.22
高発熱量(ガス, 25°C, 1atm) kcal/kg	13,265	12,399	12,022	12,034	11,692	11,832	11,797	11,577	11,547	11,529	11,505
低発熱量(ガス, 25°C, 1atm) kcal/kg	11,954	11,350	11,272	11,079	10,942	10,926	10,892	10,826	10,797	10,779	10,755
燃焼範囲(空気中)上限 vol%	15.00	12.45	28.60	9.50	11.10	8.41	8.44	9.0 ⁽¹⁾			
下限 vol%	5.00	3.22	2.75	2.37	2.00	1.86	1.80	1.7 ⁽¹⁾			
完全燃焼の理論空気量m ³ /m ³	9.55	16.70	14.32	23.86	21.81	31.03	31.03	28.58	28.58	28.58	28.58
kg/kg	17.24	16.13	14.80	15.71	14.80	15.49	15.49	14.80	14.80	14.80	14.80
着火温度(空気中) °C	632	472	490	481	458	441	544	433 ⁽¹⁾			
オクタン価(リサーチ法)	(111.4)			112.0	102.8	96.1	102.3	(97.5)	(100)		
(モーター法)	(100.7)			96.0	85.0	89.6	97.3	(80.8)	(83.5)		

注 (1) 飽和圧における値。 (2) ブタレンの値。 (3) () 内に文献(80)の値。

表2.11 液化石油ガスの規格(JIS K 2240-1972)²⁾

項目 種類	蒸気圧 (40°C) (kg/cm ²)	硫黄分 (%)	組成(モル%)				おもな用途 ⁽¹⁾⁽²⁾
			エタン+ エチレン	プロパン+ プロピレン	ブタン+ ブチレン	ブタジエン	
1号	15.8以下	0.02以下	—	90以上	—	—	工業用、自動車用、 その他
2号	15.8以下	0.02以下	—	50以上90未満	—	—	
3号 ⁽³⁾	12.7以下	0.02以下	—	—	40以上90未満	—	工業用、自動車用、 業務用、その他
4号 ⁽³⁾	5.3以下	0.02以下	—	—	90以上	—	
R号	15.6以下	0.015以下	8以下	60以上80未満	—	2以下	家庭用(一般用)
C号 ⁽³⁾	15.6以下	0.015以下	8以下	80以上	—	2以下	家庭用 (冬期严寒地用)

注 (1) 液化石油ガスは、エンプラまたはガスライターガスの製造用その他工業用に使用されるものであることを確認した場合以外は、高圧ガス取締法、液化石油ガス保安規則に準拠して着目しなければならない。

(2) 3号および4号を業務用(家庭用を含む)として気化器を用いる強制気化などにより使用する場合には、エタンおよびエチレンの含有量の合計量は8%以下、ブタジエンの含有量は2%以下、いおう分は0.015%以下とする。

(3) 自動車用、工業用、その他に使用する場合には、ブタジエンの含有量は、使用目的に対して支障を与えるものであつてはならない。

(4) 容器から自然気化により家庭用に使用する場合には、冬期严寒地においては気化しやすいC号が望ましい。

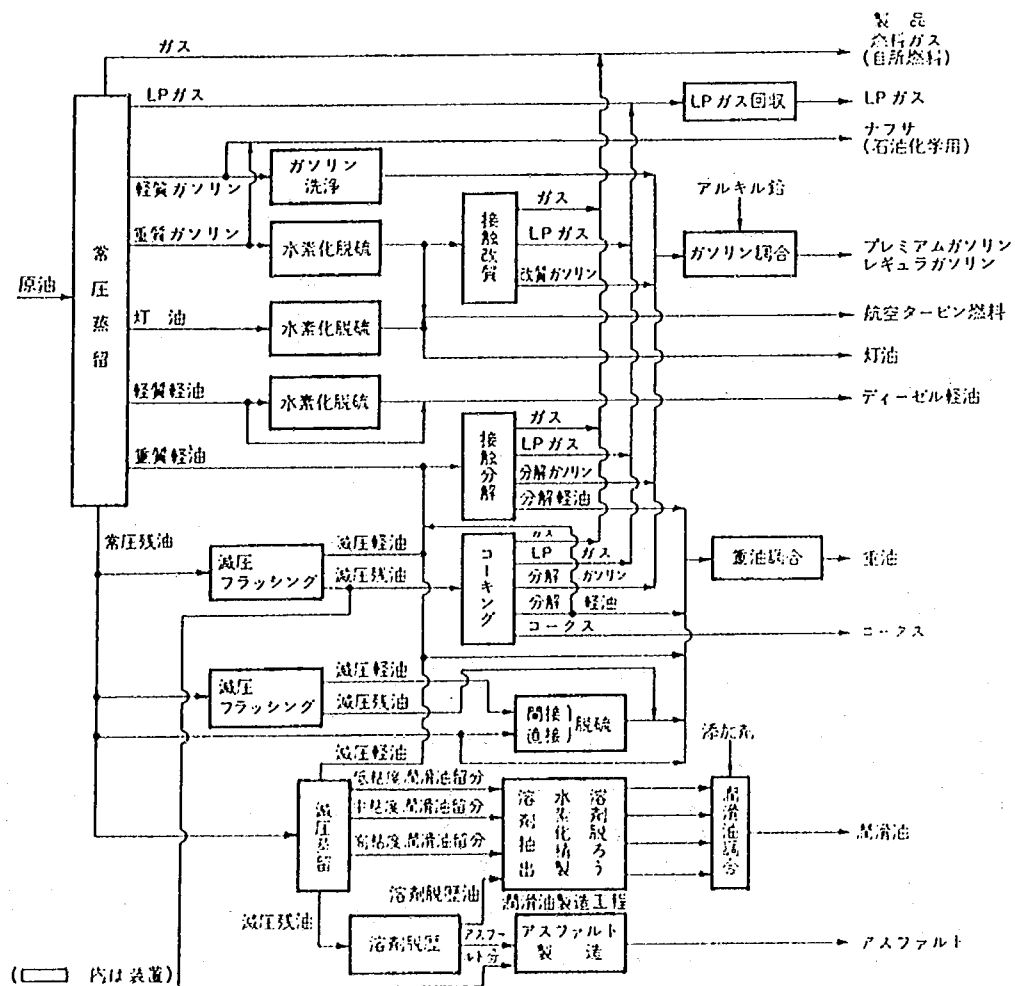
表 2.12 ガソリン車とLPG車の排気ガスと運転性²⁾

	排気ガス g/mile			運転性
	CO	HIC	NOx	
LPG車(生産車)	10.9	0.9	3.2 (NDIR/UV)	非常に良好
LPG車(改造車*)	2.9	0.26	0.38(CL)	生産車より不良
ガソリン車	31.4	1.9	3.91(CL)	良好
1977年規制値	4.7	0.46	0.4	—

* 触媒, EGR, 稀薄混合気, 冷始動を容易にする対策などを施した車。

2.4 エンジンオイル

我が国の潤滑油需要量は、年間約200万klで1973年のピーク値284万klまで回復していない。そのうちエンジンオイル、タービン油などの高級潤滑油が約70%でこの比率は1973年以降変わっていない。自動車用は全需要量の30%を占め、自動車生産台数の増加にも関わらず、オイル交換時期の延長化などの理由から需要は低下したままである。潤滑油の輸入は全需要量の5%で大部分は国産でまかなわれている。



2) 図 2.11 石油精製工程の一例¹⁴⁾

表 2.13 クランクケースオイルのSAE粘度分類²⁾
(SAE J 300 1967-4)

SAE 粘度番号	-17.78°C (0°F) cP	98.89°C (210°F) cSt ⁽¹⁾
5W	1,200 以下	—
10W	1,200~2,400 ⁽¹⁾	—
20W	2,400~9,000 ⁽¹⁾	—
20	—	5.7~9.6
30	—	9.6~12.9
40	—	12.9~16.8
50	—	16.8~22.7

- 注 (1) この分類によるすべての油で、粘度 @98.89°C は 3.9 cSt 以上でなければならない。
(2) 粘度 @98.89°C が 4.2 cSt 以上であれば、-17.78°C における粘度は 1,200 cP 以下でもよい。
(3) 粘度 @98.89°C が 5.7 cSt 以上であれば、-17.78°C における粘度は 2,400 cP 以下でもよい。

表 2.14 API, ASTM, SAEによるエンジンオイルの用途別性能分類²⁾

用途 記号	説 明 ⁽¹⁾	JIS K 2215
(ガソリン) サービスタシオンオイル ⁽¹⁾	SA 無添加純鉱油。添加油を必要としない軽度の運転条件のエンジン用。特別な性能は要求されない	1 種
	SB 添加油。添加剤の働きを若干必要とする軽度の運転条件用。スカッフ防止性、酸化安定性および軸受腐食防止性を備えることが必要	2 種
	SC 1964 年から 1967 年式までのアメリカ乗用車およびトラクタのガソリン車用。ガソリンエンジン用として、高温および低温デポジット防止性、摩耗防止性、さび止め性および腐食防止性が必要	3 種
	SD 1968 年式以降のアメリカ乗用車およびトラクタのガソリン車用。デポジット防止性から腐食防止性まで、SC クラス以上の性能が必要。SC クラスの用途にも使用可能	
	SE 1971 年製の一部および 1972 年製のアメリカ乗用車および一部のガソリントラクタ車。酸化、高温デポジット、さび、腐食などの防止に対し、SD、SC 油よりもさらに高い性能が必要	
(ディーゼル) フォーマシタルオイル ⁽¹⁾	CA 軽度から中重条件のディーゼルおよび軽度条件のガソリンエンジン用。ただし良質燃料使用を条件とし、この条件下での軸受腐食防止性および高温デポジット防止性が必要。摩耗防止性およびデポジット防止性は必要としない	3 種
	CB 軽度から中重条件のディーゼルエンジン用であるが、低質燃料使用時の摩耗およびデポジット防止性を必要とする。高いおろ分燃料使用時の軸受腐食防止性および高温デポジット防止性も必要	
	CC 軽度過給ディーゼルエンジンの中重から過酷運転条件用。高負重運転のガソリンエンジンにも使われる。軽度過給ディーゼルでの高温デポジット防止性、ガソリンエンジンでのさび止め性、腐食防止性および低温デポジット防止性が必要	
	CD 高速高出力運転で高度の摩耗およびデポジット防止性を要求する過給ディーゼルエンジン用。広範な品質の燃料を使用する過給ディーゼンを満足させる軸受腐食防止性および高温デポジット防止性が必要	

- 注 (1) 給油所あるいは自動車販売店などで使用されるオイル。
(2) フリート業、土木建設業、農業などに使用されるオイル。
(3) 説明中の用途は、いずれも代表用途。

注) API (アメリカ石油協会), ASTM (アメリカ材料試験協会)

潤滑油の製造は図 2. 11 のように、潤滑油基油を溶剤抽出、水素化精製、溶剤脱ろうなどの方法により精製し、これに添加剤を配合して作られ、配合技術により品質向上が図られている。

自動車エンジンの主な潤滑箇所は、①ピン、軸受、②シリンダとピストンリングのすべり面、③カム、カム軸、④ギヤ、チェーンなどで、これらの箇所は一種類のクランクケースオイルで潤滑される。エンジンオイルの役目は単に潤滑（減摩作用）だけでなく、冷却作用、密封作用、清浄作用、さび・防蝕作用が要求される。これらの要求項目は数十年来ほとんど変わっていない。

エンジンオイルの分類は粘度による（表 2. 13）ものと、用途別性能分類（表 2. 14）とがある。エンジンオイルに対する実用上の要求性能はエンジンの発達普及に応じて発生し変遷し、あるいは追加される歴史を辿っている。その対策として台上エンジン試験法が考案され、それを用いて有効な添加剤が開発されエンジンオイルの実用性が保証されてきた。年間の気温をカバーできる粘度を有するマルチグレードオイル（10W-30 など）も製品化されている（図 2. 12）。

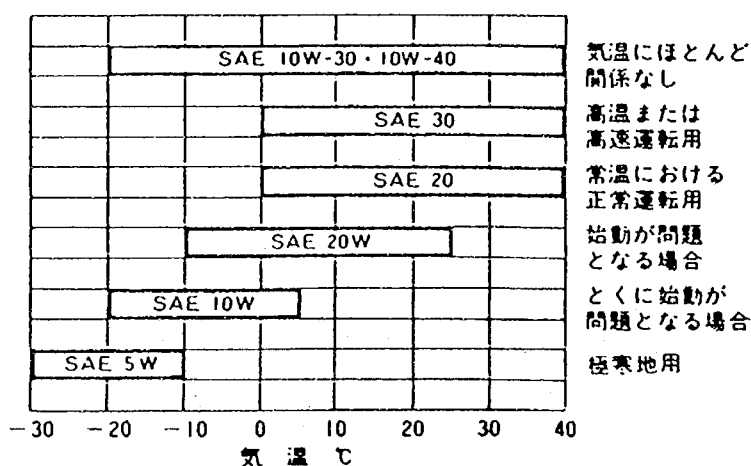


図 2.12 SAE 番号と使用区分例 ³⁴⁾

2. 4. 1 エンジンオイルの添加剤

添加剤の開発は 1930 年代後期において明確な研究課題となり、新しい企業として発展し現在に至った。添加剤の種類、作用機構および使用目的を表 2. 15 に示す。

これらの添加剤の種類および用量の決定は重要な研究課題で、添加剤メーカーでは各種の試験によりエンジンオイルの品質に応じたパッケージ型添加剤（数種の添加剤を組み合わせたもの）を市販している。単独成分の比率は不明な場合が多いが、エンジンオイルの品質と概略添加量を想定すると表 2. 16 となる。

市販の添加剤はエンジンオイル以外も含めると膨大な種類となり、日産純正品だけでも表 2. 17 の多数にのぼる。

添加剤の材質配分比は不明であるが、すべて表 2. 15 の化合物を含むものと見なされる。

エンジンオイル用に二硫化モリブデンを用いたものの例を図 2. 13 に示す。

メーカー純正品以外のものは純正品の 10 倍以上に達する。

表 2.15 エンジンオイル用添加剤の種類、作用機構および使用目的²⁾

添加剤	化合物の種類	作用機構、使用目的	添加量(%)
清浄分散剤	スルホン酸、硫酸、炭酸、アルキルホスホン酸などのバリウム、カルシウムまたはマグネシウムの塩類で、高分子量の有機金属化合物(それぞれスルホネート、フェネート、ホスホネートなどと略称)、こほく酸のアミン塩、ポリノタクレートと窒素を含むポリマーとの共重合体(無灰分散剤と略称)	一般に清浄剤はミセルの形成、物理吸着、立体障害による反発などの機能を持つており、炭化水素基は油性性、極性基は界面活性である。作用機構は分散作用、可溶化作用、酸中和作用に大別される。スルホネート、フェネートは、これらの作用を兼ね、高温清浄性にすぐれている。無灰清浄剤は、高温安定性が悪く、酸中和性を欠くが、分散・可溶化作用が大で、とくにガソリン自動車の発進停止運転にともなう低温スラッジの防止に効果がある。ホスホネートは、低温性能、高温性能ともに中間的である。燃焼生成物を微粒子のまま油中にコロイド状に分散させ沈殿することを防ぎ、スラッジになる成分の凝集を妨げ、酸性成分を中和する	1 ~ 10
酸化防止剤	(1) フェノール誘導体 (2) 有機アミン (3) 有機サルファイド (4) ジアルキルジチオオリエンの金属化合物(金属は亜鉛が一般的)	油が少しでも酸化すると過酸化物を生ずることから、酸化の第1段階は過酸化物の生成であると考えられている。酸化防止剤は、その機能によつてつぎの三つに分けられる。過酸化分解剤:(4)の化合物、酸化抑制剤:(1)(2)(3)の化合物、金属不活性化剤:(2)の化合物、石油製品の酸化防止に広く用いられる	0.2 ~ 4
腐食防止剤	有機サルファイド、有機りん酸塩、アルキルチオりん酸塩	軸受の鉛は、過酸化物と酸との共存で侵されやすい。過酸化物の生成を遅らせ、あるいは積極的に分解して、腐食を防ぐ	
さび止め剤	有機酸の金属塩(スルホン酸塩、りん酸塩)、高分子量の有機酸(油脂やロウの酸化による酸)、脂肪酸のハロゲン化誘導体、有機酸のアミン化合物	貯蔵、輸送、運転停止のさいに、酸性物質や水が存在して金属面が比較的低温で酸化される現象をさびと総称している。機関が高温で酸化する現象は通常は含めない。さび止め機構は、腐食性酸の中和作用と極性物質による作用(化学吸着またはミセル形成)に二大別される	0.1 ~ 10
油性剤 極圧剤 油膜強化剤 摩耗防止剤	高級脂肪酸、高級アルコール、エステル、ケトン類、アミン類、それぞれ塩素、いおう、りんを含む有機化合物、いおう塩素系、塩素-りん系、りん-いおう系の有機化合物、金属せっけん、アミン系有機化合物	摩擦を減少する、融着・焼付きを防ぐ、摩耗を少なくすることが目的であるが、金属間の可動条件に応じて適用が異なる。自動車、圧延機の歯車、切削などの摩擦面が高温になる極圧条件下に作用するのが極圧剤で、一般に高荷重よりも高温部分で金属と反応して融点が低く、もとの金属よりもせん断強さの小さい化合物をつくり効果を発揮する。油性剤は吸着膜(化学吸着、物理吸着)をつくり摩擦係数を下げるが、高温で比較的簡単に配列分子が乱れて脱着するため、高温条件下には効かない	0.5 ~ 5 (油性剤) 1 ~ 20 (極圧剤)
流動点降下剤	パラフィンロウ-ナフタレン縮合物、パラフィンロウ-フェノール縮合物、メタクリル重合体	規定の条件下で冷却された油が流動する最低温度が流動点。低温で、ロウ分が網目状に結晶固化し、固けきに油を含んで流動性を失う。ロウの結晶表面に保護膜をつくり、結晶の生長を妨げる	0.1 ~ 1.0
粘度指数向上剤	オレフィン、イソオレフィンあるいはブチレンの重合体、メタクリル重合体、アルキルステレン重合体	粘度指数とは、石油類とくに潤滑油の粘度温度関係を示す実験値をいう。粘度指数向上剤は、一般に潤滑油より高粘度、高分子量で、低温では油中にコロイド状に懸濁しており、高温になると分子が大となり、油の粘度低下をおさえる作用をする	0.5 ~ 15
あわ消し剤	シリコン油、エステル	油中にできたあわが壊れる速度を大にする、表面張力の作用	0.001 ~ 0.1
防水剤	有機シリコン化合物、高級脂肪酸アミン、ヒドロキシ脂肪酸	界面活性剤がグリースの増ちょう剤や潤滑油のほかの成分に保護膜をつくり、水に対する親和性を減ずる。非せっけん系グリースまたは潤滑油に耐水性を与える	
染料	着色力のある油性有機化合物	油の識別に、また外観を良くする目的に使用	

表 2.16 エンジンオイルの品質と添加剤の性能との関係²⁾

表 2.16 エンジンオイルの品質と添加剤の性能との関係 (1)						
エンジンオイル の種類	機 略 の 添 加 量 vol. %					機 型
	金 属 系 清 浄 剤 高塩基性塩	機 略 の 添 加 量 低塩基性塩	無 灰 分 散 剤	酸 化 防 止 剤	粘 度 指 数 向 上 剤 動 点 降 下 剤	
SA	○	○	○	○	○	添加剤を含まない潤滑油で、現在のエンジンには過ぎない
SB		0.3~0.5 ^(a)		0.2~0.5		(a) 酸化防止剤だけでは熱安定度が不十分になる場合に加える
SC	0.5~2.0	0.5~1.0 ^(b)	1.0~2.0 ^(c)	0.2~0.3	5.0~7.0 ^(d)	(b) Seq. II A に合格させるため必要に応じて加える (c) Seq. V に合格させるため必要である (d) マルチグレードオイルの製造に必要で、その場合の清浄分散剤の添加量は水準の多いほうを用いる
SD	1.0~3.0 ^(e)	0.5~1.5 ^(f)	1.0~3.5	0.5~1.0	5.0~7.0 ^(g)	(d) 上記と同じ (e) Seq. II B および Falcon Rust Test に合格させるため SC 処方より増加
SE	1.0~2.0 ^(h)	1.0~1.5	4.0~5.0 ⁽ⁱ⁾	1.0~1.5 ^(j,k)	9.0~11.0 ^(l)	(f) 異常燃焼にもとづく摩耗やオクタン価要求値の増加を防ぐため、硫酸灰 1.0% 以下の要求がある、しかし 0.9% 以下では性能不十分という声もあり、現在は硫酸灰 1.0% 前後が主流である。また硫酸灰を低くする目的で Ca 系に代わり Mg 系清浄剤が利用される (g) Seq. VC に合格させるため、多量に用いられる (h) Seq. III C に合格させるため、添加量は減らせない (i) 粘性形ポリマーを併用してもよい
CA, MIL-L-2104A	0.5~0.7 ^(m)		0.6~0.8 ⁽ⁿ⁾	0.3~0.5		(j) 1960 年以前は無灰分散剤がなく代わりに清浄剤の添加量が多かった。MIL-L-2104A は 1950 年に制定された (k) 上記と同じ
CB, Supplement 1	0.8~1.0 ^(o)		1.0~1.3 ^(p)	0.4~0.6		MIL-L-2104B は 1961 年に提案され 1964 年に制定された
MIL-L-2104B(1968 年以前のシングルグレード)	1.0~1.5		1.5~1.7	0.5~0.7		(l) Seq. II B 試験における性能基準が高くなったこと、Seq. II B に完全合格させるため、添加量が多くなった
CC, MIL-L-2104B (1968 年以降のシングルグレード)	1.0~1.5	0.5	2.0~2.6 ^(q)	0.5~0.7		(m) Seq. II B 試験点は 8 程度である (n) Seq. II B の試験点は 9 程度になる
CC, MIL-L-2104B (1968 年以降のマルチグレードオイル)	1.0 ^(r) ~2.5 ^(s)	0.5	4.5~7.0 ^(t)	0.5~0.7	5.0~8.0 ^(u)	(o) 10W-30 では低水準、10W-40 では高水準が必要であろう (p) MIL-L-2104B に代わり、1970 年にこの規格が制定された。11 係はキャタピラ 1-II プラス SE である (q) 省略は可能 (r) Seq. VC に合格させるため活性ポリメタクリレートが必要に応じて加える
MIL-L-46152 ^(v) , 10W および 30	2.5~3.0	0.5~1.0 ^(w)	4.5~5.0	0.7~1.0	0.5~1.0 ^(x)	(s) (p) (n) (q) 上記と同じ
MIL-L-46152 ^(y) , 10W-30, 20W-40	2.5~3.0	0.5~1.0 ^(z)	4.5~7.0 ^(aa)	0.7~1.0	5.0~7.5 ^(ab)	(t) 1956 年に制定された。その当時の添加剤の総量は 10~13% であつた。現在は、無灰分散剤の活用で低灰化に向い、硫酸灰 1.5% とする要求もある。また、高速道路用にこの油を推薦しないディーゼルメーカーもある
CD, シリーズ 3 ^(ac) , MIL-L-45199 B ^(ad)	2.0~2.5	1.0~2.5	2.0~3.5	0.5~0.7		(u) MIL-L-45199 B (シリーズ 3) に代わり、この規格が 1970 年に制定された。性能は CD プラス Seq. II B および Seq. VC である
MIL-L-2104 C ^(ae) , 10, 30, 40, 50, (10W-30)	2.0~2.5	1.0~2.5	3.0~4.0	0.7~0.8	(5.0~8.0)	
LP ガス用エンジン オイル	ガソリンを使った場合に比べて未燃焼の液体成分および鉛化合物がなく、カーボンが少ないからスラッジおよびさびの生成は少ない。このため油交換距離が一般に長い。その間に油溶性酸化生成物が増加し、使用油に価値増加がみられる。したがって、多少考慮すべき点はあるが、SB/SC, SC, SD, CA, CB が用いられる					

表 2. 17

ニッサンモーターオイル・ケミカル商品一覧表

銘	柄	API 分類	SAE 番号	用 途	荷 姿				
					0.5ℓ	1ℓ	4ℓ	20ℓ	200ℓ
ニッサンモーターオイル スーパー	★★★★★	SE	20W-50	ガソリンエンジン用					
ニッサンモーターオイル エクストラ	★★★★★	SE	10W-40	ガソリンエンジン用					
ニッサンモーターオイル スーパー	★★★	SD	10W-30	ガソリンエンジン用					
ニッサンモーターオイル スーパー	★★★★	SD	20W-30	ガソリンエンジン用					
ニッサンモーターオイル デラックス	★★	SD	20W-20	ガソリンエンジン用					
ニッサンモーターオイル ジャンボ		SC・CC	20W-20	ガソリン・LPG 兼用					
ニッサンモーターオイル エコノミー		SC	20W-30	ガソリン営業車用					
ニッサンディーゼルオイル MGT		CD	10W-30	ディーゼルエンジン用					
ニッサンディーゼルオイル スーパースペシャル		CC	30	重荷重ディーゼル車用					
ニッサンディーゼルオイル スペシャル		CD	20W-20	普通荷重ディーゼル車用					
ニッサンギヤオイル ハイボイド		GL-5	90	ディファレンシャルギヤ用					
ニッサンギヤオイル MP		GL-4	90	トランスミッション ステアリングギヤ用					
ニッサンマチックフルード A				ニッサンマチック3N71A専用					
ニッサンマチックフルード B				ニッサンマチック3N71B専用					
ニッサンパワーステアリングフルード				パワーステアリング専用					
ニッサンハイドロリックオイル				油圧作動油					

銘	柄	NLGI 分類	用 途	荷 姿			
				50gチューブ	100gチューブ	2.5kg	16kgベール
ニッサングリースMP		1	シャシー・ホイールベアリング用				
ニッサングリースシャシー		0	シャシー用、その他				
ニッサングリースフォークリフト			マスト用、その他				
ニッサングリースクラッチ			クラッチディスク スプライン部専用				
ニッサングリースクラッチスリーブ			クラッチスリーブ専用				
ニッサングリースディスクブレーキ			ディスクブレーキ鳴き止め専用				
ニッサングリースブレーキスペシャル			ドラムブレーキ、ディスクブレーキ用				
ニッサングリースラバー			カップラバー用				
ニッサングリースボディスプレータイプ			車体部品用	200g, 350g缶 (スプレータイプ)			

銘	柄	用 途	荷 姿
ニッサンエンジンコンディショナー		気化器、燃焼室清浄液	185g缶 (スプレータイプ)
ニッサンブレーキフルード No. 2500		ディスク・ドラムブレーキ用	0.5ℓ, 1ℓ, 18ℓ, 20ℓ缶
ニッサンブレーキクリーナー		ブレーキ装置清浄剤	480g缶 (スプレータイプ)
ニッサンロングライフ クーラント (N.L.L.C.)		ラジエーター防錆・不凍冷却液	2ℓ, 4ℓ, 18ℓ, 200ℓ缶
ニッサンロングライフ クーラント (N.L.L.C.) 補充液		ラジエーター防錆・不凍冷却液	0.5ℓ缶
ニッサンアンチフリーズPT-N		パーマネントタイプ不凍液	4ℓ缶
ニッサンクーリングシステム シーラー (N.C.S.S.)		ラジエーター防錆・防食液	110ccアルミパック入
ニッサンクーリングシステム シーラー (N.C.S.S.)		ラジエーター水もれ防止剤	28g (4錠)
ニッサンクーリングシステム クリーナー (N.C.S.C.)		ラジエーター洗浄液	200ccポリ容器入
ニッサンノコ		バッテリーターミナルの過放電防止・防錆剤	1箱25パック入 (25台分)
ニッサンバッテリーフルード		バッテリー補充液	300cc
ニッサンメタルキープコート		金属面の防錆保護剤	300ml缶 (スプレータイプ)
ニッサンメタルクリーナー		金属面の洗浄剤	420ml缶 (スプレータイプ)
ニッサンレザーワックス		レザー艶出し保護剤	420g缶 (スプレータイプ)
ニッサンガラスクリーナー		油污れなどの除去剤	420ml缶 (スプレータイプ)
ニッサンサーモガード		耐熱塗料	420ml缶 (スプレータイプ)
ニッサンカーワックス		車体艶出し保護剤	100～350g缶, 420ml (スプレータイプ)

* このカタログは昭和55年3月現在作成したもので仕様等を予告なく変更する場合がありますのでご了承ください

2.4.2 排気対策とエンジンオイル

ガソリンエンジンの排ガス対策として触媒の使用が不可欠となったため、最大の問題は触媒被毒である。加鉛ガソリンの時代はガソリン中の鉛が問題であったが、無鉛化以後はエンジンオイル中の添加剤が問題となった。エンジンオイル中に含まれる摩耗、酸化、腐蝕防止剤としてジチオ磷酸亜鉛が燐として0.05～0.15%含まれている。

その後の研究の結果、ジチオ磷酸亜鉛単独では被毒するがCuやBaの金属清浄剤が共存すれば被毒作用がほとんどなくなることが明らかになった。

市販エンジンオイルは必ず金属清浄剤および無灰分散剤が併用されているから、触媒の被毒はおこらないが、触媒の長寿命化を考慮すると市販オイルの燐含有量は0.05～0.08%のことが多い。

EGRについては潤滑油に関し重大な問題はないようである。

エンジンルーム、エンジンオイルの温度はEGR、触媒コンバータなどの影響で高まる傾向にあるが、現在のSE油は149℃に耐えられるから少々の温度上昇は問題ない。

2サイクルガソリンエンジン、ディーゼルエンジンの排気対策も進められているが、エンジンオイルに対する要求の主要点は無灰化が重視される。

34)

二酸化モリブデン系焼付防止・潤滑剤

モリシーラー



モリシーラーは二硫化モリブデン系の、焼付防止・潤滑剤です。従来の潤滑剤よりも一段と摩擦係数が低く、しかも化学的にも温度的にもきわめて安定性の高い、超微粒子の固体潤滑剤です。機械部品の各部に、滑らかで強じんな、耐熱性、耐圧性に優れた潤滑被膜をつくり、摩耗、焼付き、かじり付きから機械部品を保護し、広範囲にわたって効果を発揮します。

・容量— 480g

3. 自動車排ガス対策の技術

3.1. ガソリンエンジンの燃焼と排出ガス

3.1.1 空燃比とエンジン性能¹⁴⁾

昭和54年における我が国の自動車保有台数 3,600 万台のうち%の 2,270 万台は乗用車でその大部分は気化器による燃料と空気の混合気生成方式を採用している。最近は E G I (Electronic Gasoline Injection) の普及が増大しているが、年間生産台数 620 万台 (S・54) の 3～4割にすぎない。また年間生産 190 万台 (S・54) の小型トラックはすべて気化器を使用しているため我が国のガソリン自動車の気化器使用率は大きい。

気化器、E G I のいずれにしても燃料と空気をエンジンの燃料室に入る前で混合して均質な混合気を作る予混合方式である。

この方式の燃焼特性は空燃比 (混合気中の空気と燃料の重量比) により左右される (図 3.1)。正常燃焼は空燃比 10～17, 理論空燃比 (燃料が完全燃焼するため理論的に必要な O_2 量を含む混合気の空燃比) はガソリンの種類により異なるが 14～15 であり、火炎温度の最高は理論空燃比よりやや濃い空燃比 12～13 に存在する。

燃料消費率 ($g/PS \cdot h$) は理論空燃比よりやや希薄側に最低が存在する。

自動車の加速時や高負荷時には最大出力混合気を使用する構造になっているからその時の空燃比は 12～13 で理論空燃比より濃い領域にあるため、不完全燃焼による一酸化炭素 (CO) や炭化水素 (HC) が生成される。(図 3.2)。火炎温度が最高の空燃比 (13～14) より薄くても濃くても火炎温度は低下しエンジン出力もほぼこれに対応する。

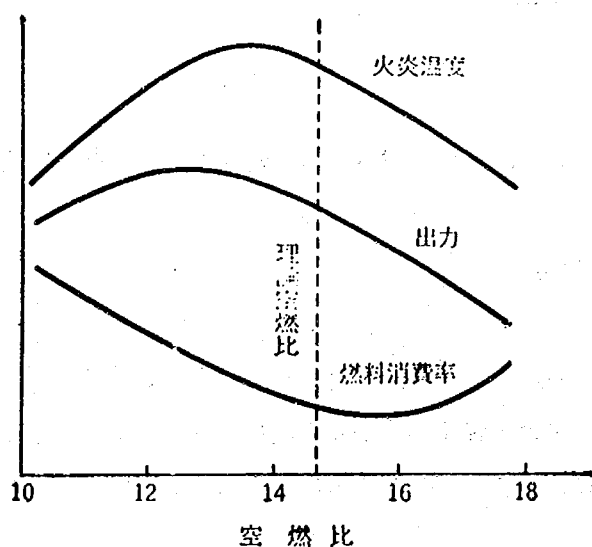


図 3.1 空燃比による火炎温度、出力および燃料消費率の変化¹¹⁾

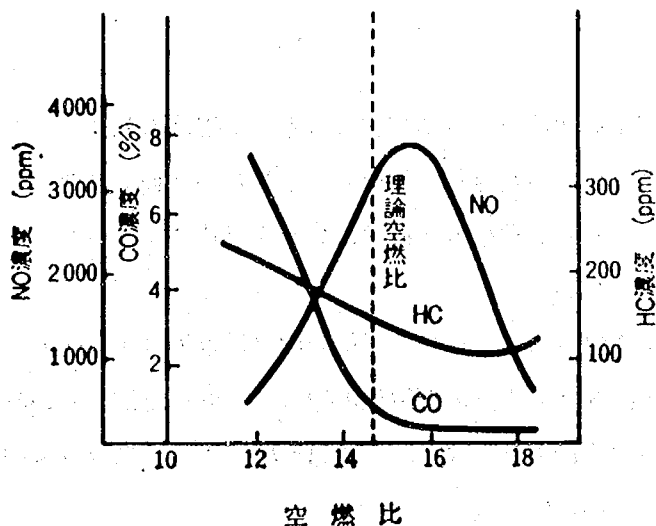


図 3.2 空燃比による排出ガス濃度の変化の一例¹¹⁾

3.1.2 排出ガスの生成¹⁴⁾

ガソリンは炭化水素 (HC) の混合物であり分子式は一般に $C_n H_m$ で表わされる。

n , m の値は、原油産地、ガソリン精製法により異なる。一般に、ガソリンは、

飽和炭化水素 45~60%

芳香族炭化水素 30~50%

オレフィン系炭化水素 5~10%

から成っている。

日本のガソリンの平均分子式は、

レギュラガソリン $C_{6.7} H_{13.4}$ 理論空燃比 14.8

プレミアムガソリン $C_7 H_{12.7}$ " 14.5

アメリカは、レギュラ、プレミアムの区別なく

$C_7 H_{13.8}$ " 14.7

である。ガソリンは前述のように気化器で霧化されて空気と混合し、混合気がエンジン燃焼室で点火され燃焼する。

燃焼の素反応は



余剰酸素により



また発生した $H_2 O$ と反応して



かつ高温下では空気中に 79% 存在する N_2 と反応して簡単には



以上の生成物のうち有害ガスとして規制されているのは、 CO , NO_x (NO , NO_2 など) および未燃焼あるいは重合されて排出される HC の 3 種である。

これら 3 種のガス濃度はまた空燃比により左右される (図 3.2)。

(1) CO の生成

燃焼ガス中の CO の平衡濃度 (燃焼ガスをおある温度、圧力に充分長時間保持した時のガス成分の濃度) は図 3.2 のように空燃比の増大とともに急減するのみならずガス温度が下がると同様に低下する。化学平衡が維持されるならば、排気温度における燃焼ガス中の CO 濃度が O_2 が十分にある希薄混合気の場合極めて小さい。

しかし、実際の排気管内のガス温度が低くても、排出される CO 濃度は排気管内の温度・圧力における平衡濃度よりも一般に高い (殊に希薄混合気の領域において)。

これはCOの酸化反応速度が遅いためエンジン内で燃焼後、膨張初期のかなり高い濃度のまま反応が凍結されるためである。空燃比16以下の濃空燃比（自動車の加速，高負荷時の最大出力空燃比）ではCOは急増する。

この他，混合気が不均質で局部的に極端なO₂不足になったり，冷却により消炎がおこる場合は平均空燃比に対するCO濃度（図3.2）より高くなる。

(2) 炭化水素（HC）の生成

自動車から排出されるHCの内訳は，未対策エンジンの場合，排気管より60%，クランク室からブローバイガスとして25%，残りは気化器やガソリントankなどからの蒸発ロスとして15%であり，現在はブローバイガスと蒸発はほぼ完全に対策されている。

(a) 排気中のHC

未燃HCはあくまで不完全燃焼が主原因である。その理由は以下の2つに大別される。

(i) O₂ 不足によるもの

過濃混合気，局部的不完全混合，サイクル毎又は気筒毎の空燃比変動による過濃混合気などの場合に発生

(ii) 低温によるもの

エンジンの燃焼室壁面に接した極めて薄い層内の混合気中では火炎伝播は起らず未燃焼又は不完全燃焼のまま残るが，この層をクエンチゾーン（消炎層）とよんでいる。消炎層の厚さは約0.8ミリで過濃混合気で最小となりそれより濃くても薄くても厚さは増す。また，筒内圧力に逆比例する。

S/V比（燃焼室表面積／燃焼室容積）が大きいほどクエンチゾーン容積も大きく，熱損失も増すので燃焼ガス平均温度は低下しHC排出量は増大する。

燃焼室面の小さな凹み，ピストントップランド（第一ピストンリングより上の円筒部）付近の消炎効果もHC増に寄与する。

HCの筒内生成過程は図3.3のように，

- ① 圧縮，着火，燃焼による火炎伝ばの後，燃焼室壁にクエンチゾーンができる。

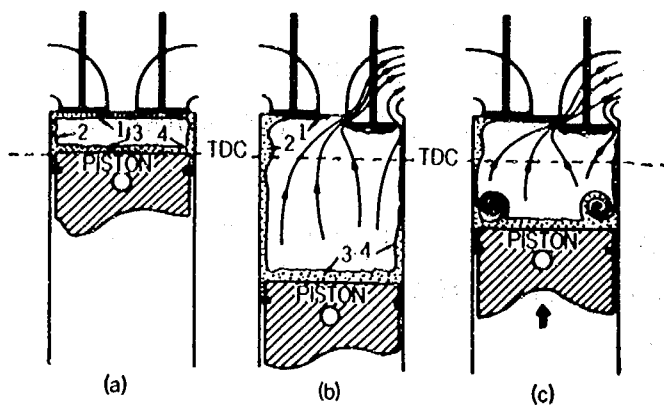


図3.3 HC排出のメカニズム¹¹⁾

- ② 排気行程の初期，排気弁が開いた直後は，シリンダヘッド近くのクエンチゾーンから大量のHCが燃焼ガスとともに流出する。
- ③ 排気行程の後期にはピストンがシリンダ壁のHCをかき上げて排気弁まで運ぶので高温度のHCが排出される。これらのおおよその割合は

排気行程初期	40%
“ 後期	50%
“ 中期	10%

となっている（図3.4）。即ち，排気行程の初期，後期はクエンチングゾーンからの大量のHCが排出され，中期はクエンチングゾーンの影響が少ない。故に吸排気弁の開閉タイミングによってもHC排出は影響される。又，極端な希薄混合気では不完全燃焼，失火などによりHCは増し，かつ又吸排気弁のオーバーラップ期間のナマガス吹き抜け（2サイクルエンジンで必至）によってもHC濃度は増す。

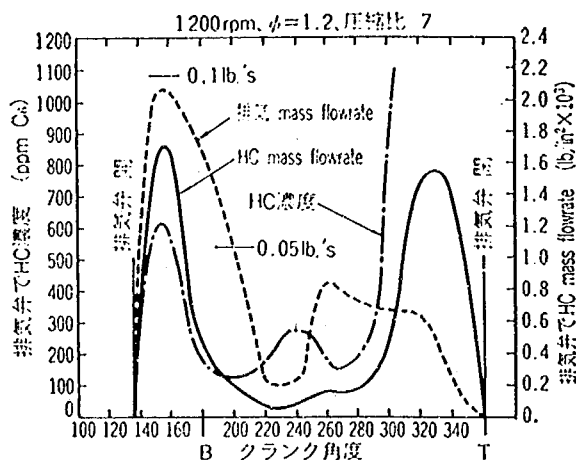


図3.4 HC mass flowの時間に対する経過¹¹⁾

(b) ブローバイ（および蒸発）ガス中のHC

- エンジンに吸入された混合気が爆発膨張行程中にピストンリングのすき間から燃焼ガスとともに未燃のままクランクケースへ流出したものでブローバイガスの70～80%は未燃HC，20～30%は燃焼ガスである。
- 燃料タンク，気化器からの蒸発ガスおよびオイル，グリース，車体塗料からも僅か蒸発する。しかし最近の車は，蒸発対策は殆ど完全に行なわれている。

(3) 窒素酸化物（NO_x）の生成

(a) NO_xの種類

窒素酸化物は結合状態が種々存在し表3.1の形のものが知られている。

自動車エンジン排出ガス中のNO_xは殆どNOとして排出されNOは大気中で酸化されてNO₂になる

表 3.1 NO_x の種類¹¹⁾

種 類	物 質 的, 化 学 的 性 質		分 解, 反 応
N ₂ O	nitrous oxide B. P. -83.6°C	常温で安定, 可視光線によっては分解しない, 麻酔用ガス(笑気ガス)	500°C 以上で熱分解 2 N ₂ O → 2 N ₂ + O ₂ 520°C 1.5 % 900 ≈ 100
NO	nitric oxide B. P. -152°C	N ₂ O よりさらに無色の気体, 大気中で酸化される, 反応性大 4 NO + O ₂ → 2 N ₂ O ₃ <200°C 2 N ₂ O ₃ + O ₂ → 4 NO ₂ 200~325°C	700°C 以上で熱分解(平衡時) 700°C 0.5 % 900 1 1200 60 1690 ≈ 100
N ₂ O ₃	nitrogen sesquioxide B. P. 3.5°C	赤褐色の気体, 液体・固体は青色, 安定性は, 大きくなく, 気体では NO としての反応性を持つ	気体, 液体では解離しやすく 25°C (1 atm) で 10.5 % が解離 O=N-N- 
NO ₂	nitrogen dioxide B. P. 21.3°C	常温の気体では N ₂ O ₄ とに存在しやすい, 固体では低温で無色, 温度とともに黄色になる, 液体は黄色, 気体は赤褐色	N ₂ O ₄ ⇌ 2 NO 27°C 20 % 60 50 100 90 150 ≈ 100 2 NO ₂ ⇌ NO + O ₂ 230°C 5.5 % (685 mmHg) 520 73.1
N ₂ O ₅	nitrogen pentoxide B. P. 45~50°C	透明, 光沢性のプリズム状固体 (吸湿性大) 常温でゆっくり分解	N ₂ O ₅ → 2 NO ₂ + $\frac{1}{2}$ O ₂
NO ₃	nitrogen peroxy radical	N ₂ または NO _x と O ₃ または O ₂ との反応によって生ずる気体	
N ₂ O ₆		NO と液体空気または窒素との反応によってできる不安定緑色固体	

ため, 通常 NO と NO₂ を NO_x という。

(b) NO_x 生成機構

高圧下の燃焼により 2000 ~ 3000 °K の高温が発生するため空気中の O₂ と N₂ が (3.5) 式又は (3.6) ~ (3.11) 式により NO を生成する。



(3.6) (3.7) 式は Zeldovich の連鎖反応で NO 生成に最も多く寄与している。排気中の NO 濃度は燃焼最高温度と空燃比に著しく影響される。

(i) 空燃比の影響

NO 濃度は火炎温度最高空燃比より薄い空燃比 16 あたりの混合気で最高となり, これよりも濃くても薄くても急減する。(図 3.2)。

実際の排気温度, 圧力に平衡を保つ NO 濃度より濃い値が排出ガスとして得られるが, これは CO の反応凍結現象と同様でむしろ CO よりも非平衡度合が著しい。これは NO の生成・分解反応速度が著しく遅いためである。ガソリンと空気の混合気の定容燃焼における NO 平衡濃度は空燃比 18 が最高である (図 3.

5)。

(ii) 燃焼ガス温度の影響

燃焼ガス温度の影響は著しく大で、NOの平衡濃度は、燃焼ガス温度の上昇とともに加速度的に増大する(図3.6)。

(iii) NO_x 濃度の時間的变化

理論計算によると、初期燃焼部分は長時間高温にさらされるから燃焼ガス中のNOの生成が進み、理論空燃比から過濃側では殆ど火炎温度に対応する平衡濃度に近づく。その後燃焼ガスの膨張とともに分解が進みNO濃度は低下するが分解速度が遅いため温度降下に対応する程の濃度低下はなく、高濃度のまま排出される。(図3.7(a))。希薄混合気では反応速度が遅く火炎温度に凍結されたまま排出される(図3.7(b))。

また後期燃焼部分ほど燃焼ガス温度は低くシリンダ内に滞留する時間も短かいのでNO濃度は火炎温度に対応する平衡濃度よりもはるかに低い濃度に凍結されたまま排出され、排気中のNO濃度に対する寄与は少ない。

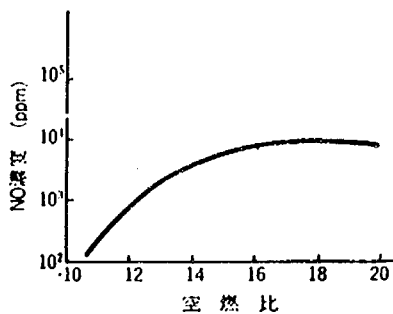


図 3.5 定容燃焼における空燃比とNOの平衡濃度の一例¹¹⁾

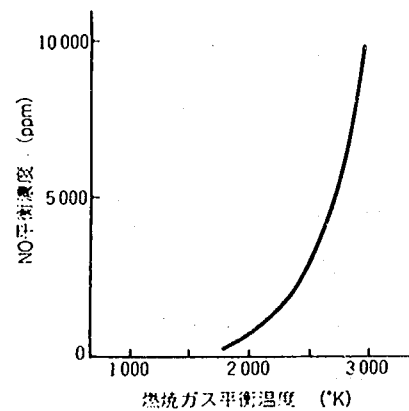
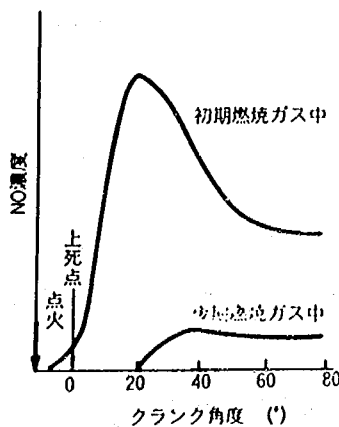
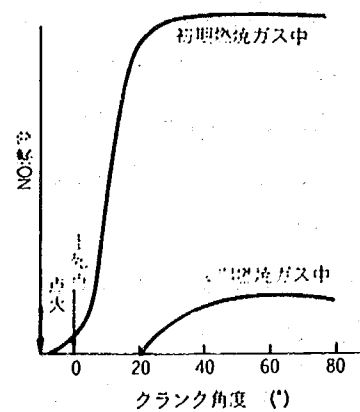


図 3.6 燃焼ガス温度とNOの平衡濃度の一例 (空燃比: 1.5, 平衡圧力: 50 atm)



(a) 過濃混合気 (空燃比12付近)



(b) 希薄混合気 (空燃比18付近)

図 3.7 シリンダ内で生成されるNO濃度の時間変化 (理論計算結果)¹¹⁾

H C, C Oは不完全燃焼に起因するが, N O_x はむしろ完全燃焼において生成されるため, N O_x 低下には燃焼温度の低下が有効であるが, これは一般に熱効率の低下を伴う。

3.2 ディーゼルエンジンの燃焼と排出ガス

3.2.1 ディーゼルエンジンの燃焼

ディーゼルエンジンは空気だけを吸入して高温高圧に圧縮し, その状態で噴射ノズルから燃料を高圧で噴射し, 微粒化して気化, 混合し自己着火により燃焼をおこなうためガソリンエンジンのように混合気を圧縮, 火花点火する方式とは基本的に異なる。

(1) ディーゼルエンジンの燃焼の特徴

(i) エンジン出力の大小は燃料量の増減によるが, 空気量は常に一定であるから空気過剰率(実際の空燃比/理論空燃比)は高負荷で小さく(最小約1.2), 低負荷で大きく(約10)広範囲に亘る。

(ii) ガソリンエンジンではほぼ均質な混合気をシリンダー内に吸入するのに対し, ディーゼルでは空気との均一混合が困難で, シリンダー内の空気を全部燃焼に利用することができない。そのため燃焼室内の空気過剰率は時間的にも空間的にも一様でなく一種の層状給気燃焼となる。

(iii) 燃焼室内の最も着火条件の良い所で自己着火するため全体の平均空燃比の値はいくらでも良く, 着火場所も一定でなく数箇所でも同時着火することが多い。

(iv) ガソリンエンジンでは常に着火は点火プラグから始まり, 点火プラグの近くの火炎核から燃焼が拡大するが, ディーゼルでは数個の火炎核が渦状に燃焼室全体に急速に拡大するため燃焼は比較的速く完了する。しかし混合気が不均一のため一部は空気不足となり不完全燃焼し, 黒煙, 未燃H Cを生成するが, 他の部分では燃料不足で空気が余る。

(v) 副室式ディーゼルエンジンでは燃焼は副室で始まり未燃混合気を含む火炎が主室に噴出する。圧縮行程では主室の方が高圧であるが燃焼の初期は副室の方が高圧である。

(vi) ガソリンエンジンの圧縮比はノッキング防止のため, 10~11が限度であるがディーゼルでは高圧縮比の方が着火, 燃焼が円滑であるため15~20と高くなる。

(vii) 空気過剰率が高いので燃焼最高温度が低い。燃焼ガスの比熱が低く熱解離や熱損失が少ないから熱効率は極めて高く, ガソリンエンジンの最高28%に対しディーゼルでは約37%にも達する。部分負荷の空気過剰率が大きいため稀薄混合気運転が可能で, 自動車の都市内走行のように部分負荷の割合が大きい走行では熱効率が良く適している。

(viii) 燃焼圧力と圧力上昇割合がガソリンエンジンに比べ高く, 低負荷においても高いので(図3.8), 一般に騒音が大きい。

(ix) 燃焼の機構から最大回転数は制限され, また吸入空気利用率も低いから同じエンジン容積で比較すると最大出力はガソリンエンジンの50~60%である。

(2) 燃焼過程

図3.9により燃焼の要因を説明する。

(a) 着火遅れ

燃料噴射の始めから②---③の間は空気温度 (t_c) が自発火温度 (t_s) より高くても直ちに着火せず、燃料液滴が蒸発を始め空気と混合して物理・化学的反応準備ができたとき始めて着火する。この期間 I を着火遅れとよび、I の長さはエンジン性能、騒音、振動および排出ガス特性に著しく影響し I が短い程爆発はゆるやかで振動、騒音は低く NO_x 生成も減る。

着火遅れに影響する要因は、燃料のセタン価、圧縮圧力、温度、燃料噴射時期、ガス流動速度などで、温度、圧力が高く噴射進角が小さい程、I は小さくなる。

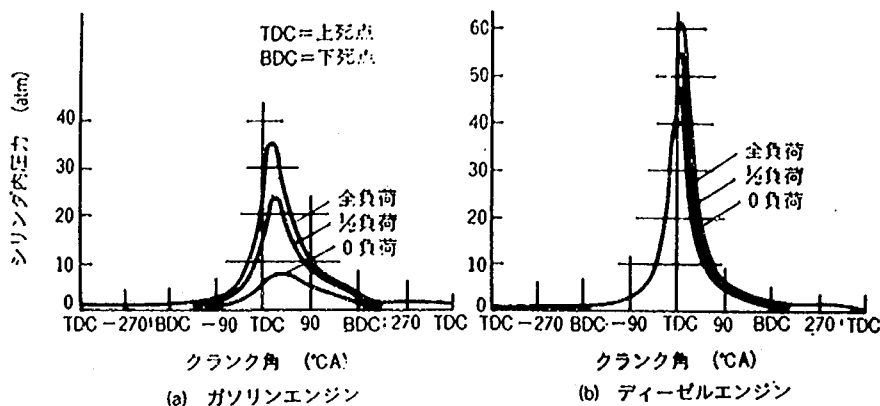


図 3.8 ガソリンエンジンとディーゼルエンジンのインジェクタ線図比較 ¹¹⁾

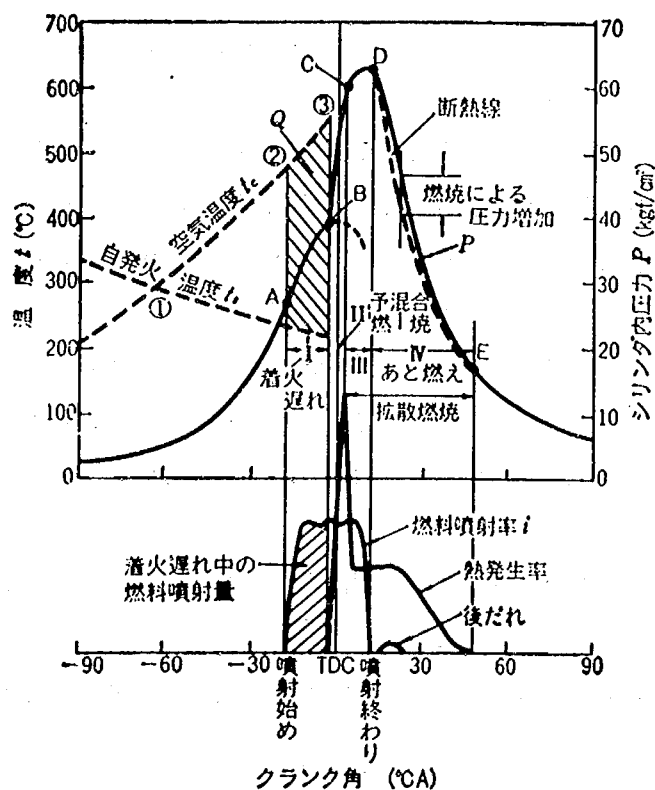


図 3.9 ディーゼルエンジンの燃焼経過 ¹¹⁾

図 3.10 に噴射時期の影響を示す。(1)は噴射過早で I が長かつ着火が早すぎるため、圧縮中の圧力上昇が過大で衝撃力が大きく出力、熱効率が低い。(2)は着火点 B と圧力上昇の終りの C 点の中心に上死点がある場合で出力、熱効率が最大になる。(3)は I が最小であるが、着火が遅すぎてピストンが下がり始めた後に爆発が起るから性能劣化する。(4)は上死点噴射で明らかに噴射が遅すぎる。

(b) 予混合燃焼

図 3.9 で B の着火から圧力急上昇完了 C までの期間 II を予混合燃焼と呼び、短期間に大量の熱が発生する。これは着火遅れ I の期間に蓄えられた予混合気が着火後、高い熱発生率により温度、圧力が急上昇するためである。酸素量も充分にあるから II の期間の NO_x 発生量も大きい。II における発熱量は I の長さ、I の期間に噴射された燃料量、霧化状態、分布状態に影響される。

(c) 拡散燃焼

C から燃焼の終る E 点までの期間 III・IV の燃焼を拡散燃焼と呼び、II で既に発生している高温火炎の中に燃料が直接噴射されるから燃料の着火遅れは極めて短かく、噴射と同時に燃焼する。燃焼に必要な O_2 の一部は既に II で消費されており O_2 濃度が低いから未燃部分は O_2 を求めて拡散しながら燃焼が進む。しかし O_2 不足で空気過剰率 $\lambda = 1.0$ の過濃部分や、燃料粒子が大きい場合は、燃焼準備期間が短かいため各粒子は蒸し焼き状態となり、燃料 (C_nH_m) 中の水素分が先に燃えカーボンが残りディーゼル特有の黒煙が発生し易い。

(d) あと燃え

図 4.9 の D で燃料噴射が終った後の IV の期間で、この期間も燃焼は続き、 O_2 濃度は一層低下するから残存燃料（低温壁に附着している燃料、および後だれ——閉鎖後の噴射弁が燃料パイプ内の圧力波の反射で再び開いた時に低压で流出する燃料——などの燃焼）は不完全燃焼になり易く、黒煙や HC の増加を起し易い。D—E すなわち IV のあと燃え期間に与えられた熱量は仕事に変換される度合いが低いから、あと燃えは短かい方が良い。

(3) 燃焼室形成

(a) 単室式（直接噴射式）

拡散燃焼（III、IV 期間）では燃料が残余の O_2 と速やかに出会うことが重要で、それには II の予混合燃焼までにできた混合気の良否はもちろんであるが、その他に燃焼室形成とガス流動の影響が大きい。

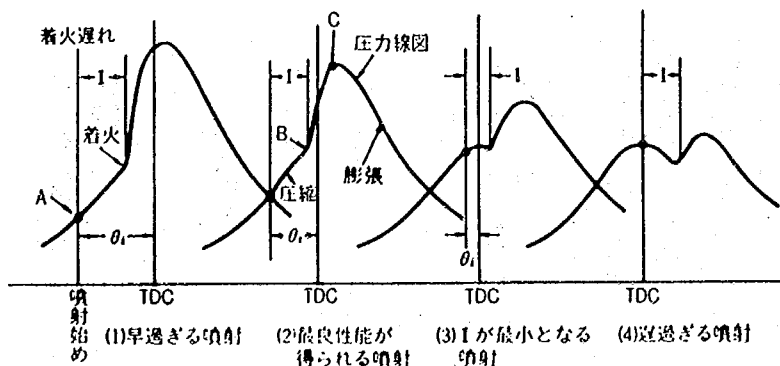


図 3.10 噴射時期による圧力経過の違い（噴射量一定）

単室式は図3.11が代表例で、燃焼室のほぼ中心から多孔ノズルで噴射をおこなう。浅皿形と深皿形に分けられ前者は燃焼室の深さ h が小さく口径比 $d/D > 0.75$ のものをいう。浅皿形はスワールを与える場合と与えない場合に分けられ、後者は噴霧束のみで燃料と空気の混合を図る。噴霧到達距離はほぼノズル径に比例し、過度の燃料が燃焼室壁に達すると不完全燃焼をおこすから、シリンダ径が小さい程噴霧は細かい必要がある。壁面形状によっても燃料の分布は助けられるので凹み形状、噴射方向がその後の炎の発達に影響する。

シリンダ軸を中心とする空気の旋回流をスワールと呼び吸入行程中に吸気のスワールを作って燃料の噴霧に与えると燃焼速度が増し空気利用度は向上する。しかしスワール過大になると、高密度の空気のみが低密度の燃焼ガスの外周を回転する「熱ピンチ」状態(図3.12(b))となり空気利用率劣化を招く。

シリンダ径 100 ~ 150 mm の小型エンジンでは $d/D = 0.5 \sim 0.6$ で、 h が大きい深皿形が多い。この場合ピストンが上死点に近づくとき大部分の空気は凹みに押し込まれスキッシュを生じ同時に旋回半径が減少するため空気のスワールは角速度が 2 ~ 3 倍に増し強い気流が発生する。

単室式では普通燃焼室のほぼ中央から噴射するが、ノズルを極端に壁に近づけ燃料を壁面に沿って噴射する方法もある。この方法では燃料はフィルム状に壁面に付着するが強いスワールのため密度の小さい燃焼ガスには求心力が働いて図3.12(a)のように中心部に巻き込まれる「熱混合」状態となり、未利用空気は外周に供給され空気は連続的に利用され利用度は高い。

(b) 副室式(間接噴射式)

副室と呼ばれる燃焼室を設けて主室(シリンダ)と連絡孔で結んだ形式(図3.11)で、予燃焼室式と渦流室式に再分される。燃料が別室に噴射されると一部が燃えて圧力差を生じ、未燃部分が勢よく主室へ運び出され空気と混合する。強い気流を使うため絞り損失を生じ、単室式より燃費率は悪い。

副室式では連絡孔面積比(連絡通路面積/ピストン表面積)、副室容積比(副室容積/全圧縮容積)が重要な要素で、後者は予燃焼室式で 25 ~ 45%、渦流室式で 50 ~ 70%、連絡孔面積比は予燃焼室式で 0.25 ~ 0.7%、渦室式で 0.9 ~ 2.0% 程度である。副室容積を増すと噴出エネルギーは強くなるがガス流動損失は増えるので組み合わせにより最適条件を見つける必要がある。

渦室式では連絡孔から副室内に流入する気流に適当な方向を与えてスワールを発生させる。このスワー

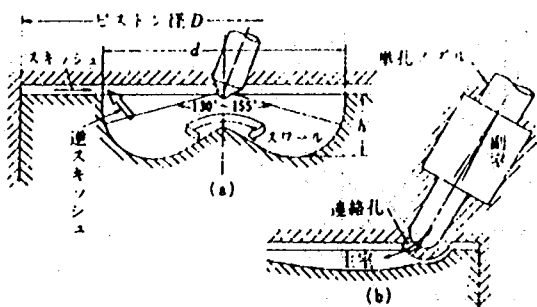


図3.11 燃焼室の形式と形状
[(a) 単室式, (b) 副室式]²⁾

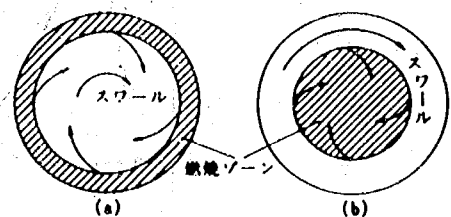


図3.12 熱混合(a)と熱ピンチ(b)²⁾

ルはエンジン回転速度の20～40倍に達し、単室式より遥かに強くこのため燃料噴射方向とスワールの関係が重要になる。図3.13に一例を示し、A～Cの如く渦室中心あるいはスワールに逆う方向に噴射すると、渦室中央に燃料が集まって主室への燃料流出が遅れ性能は劣る。Eのようにすると主室への流出が速められ燃焼が早期に完結し性能は良い。

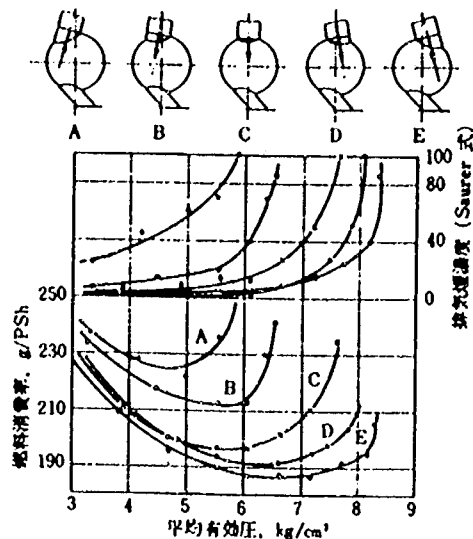


図 3.13 渦室式エンジンにおける噴射方向と性能の関係 ²⁾

3.2.2 排出ガスの生成

(1) 一酸化炭素 (CO)

ディーゼルエンジンは空気過剰率がガソリンエンジンに比し大きく ($\lambda = 1.2 \sim 10$) CO排出量は少ないが、燃料と空気の混合は不均一であるから部分的に O_2 不足が起りそのためCOが生成する。

(2) 炭化水素 (HC)

- (a) 低温の燃焼室壁面で燃焼反応が停止し未燃HCとなる。
- (b) 過薄混合気の部分では消炎し、未燃HCとなる。
- (c) 後だれなどあと燃え期間にHCが排出される。
- (d) ディーゼルエンジンの圧縮行程の初期にピストンリング部に押し込まれるのは空気のみであるからブローバイガス中のHCはガソリンエンジンより少ない。
- (e) 同じ理由で、ガソリンエンジンで認められるシリンダ壁やトップランドのすき間など低温部でのHC生成は少ない。
- (f) 軽負荷では燃焼雰囲気温度が充分高くない場合があり、そのようなとき不完全燃焼によりHCが排出される。

(3) 窒素酸化物 (NO_x)

無対策のディーゼルエンジンの排出 NO_x 濃度はガソリンエンジンより低い、正味出力当りの NO_x 発生量 (=比排出量) は少なくない。

- ① 当量比 : 噴射時期を固定して当量比を変えると、ある点で濃度は最大になる。当量比の小さいと

ころでは温度が低いので NO_x は少なく、当量比大になると局部的に O_2 不足になるからやはり NO_x が低下する。図3.14, 3.15はそれぞれ単室式と副室式の測定例である。

注(当量比 = $\frac{1}{\text{空気過剰率 } \lambda}$)

- ② 噴射時期・噴射期間 : 噴射時期を遅らすと温度レベルが低下するから NO_x は減少し、この傾向は単室式で顕著である。噴射期間を短かくすると NO は増加する。
- ③ 燃焼室形式 : 図3.15のごとく副室式では当量比の小さいところで NO 濃度の最大が現われる。これは副室内では過濃混合気ができていて、これが主室内にある充分の O_2 と結合するいわゆる二段燃焼の際の高温、高圧時に NO 増大となると考えられる。
- ④ 圧縮比 : 圧縮比を下げると温度は下がるが熱発生率の変化や最適噴射時期が変わってくるので NO 量はあまり変化しない。

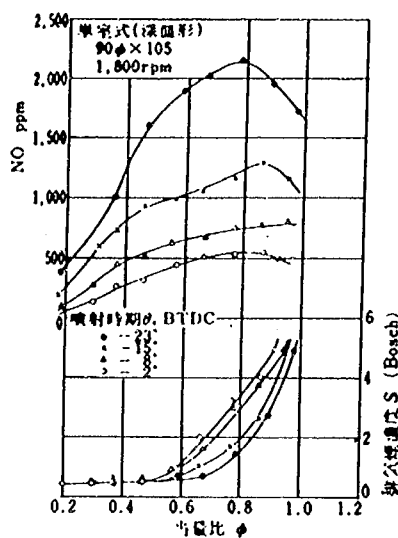


図3.14 単室式エンジンにおける窒素酸化物と排気煙の発生傾向²⁾

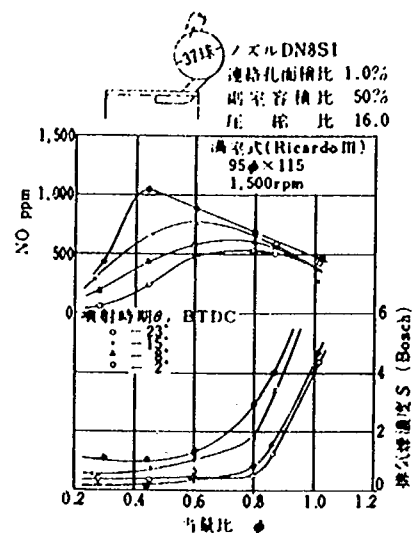


図3.15 副室式エンジンにおける窒素酸化物と排気煙の発生傾向²⁾

3.3 自動車排ガス対策

3.3.1 排ガス対策技術の現状

(1) ガソリンエンジンの基本対策

(a) クランクケースガス還元

3.1.2で述べたように HC 発生源としてクランクケース・ブローバイと燃料タンク、気化器等からの HC 蒸発に対してはほぼ完全に各車とも対策済みであるがブローバイ対策について略述する。

ブローバイガス中には酸性成分や水分が多く含まれこれによりオイル劣化や発錆の問題がある。ブローバイガスの70~80%は未燃焼 HC 、20~30%は燃焼生成物から成っているから、このガスを大気に放出す

ることとはできない。その対策の主流は、エアクリーナーとクランクケースをホースでつなぎほかは密閉してシールドシステムとし、これにPCV（Positive Crankcase Ventilation）バルブを用いて大半のプローパーバイガスは吸気系に戻される。現在では図3.15に示すクローズドシステムを殆んどの車両が採用している。

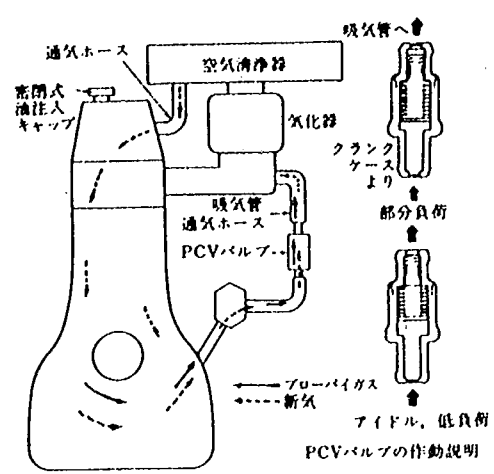


図3.15 クローズドタイプPCVシステム²⁾

(b) EGR (Exhanst Gas Recirculation)

NOの生成は燃焼ガス温度が最重要な因子で、これを制御する方法の一つとして、混合気の燃焼速度および最高温度を下げるために排気を吸気へ再循環する（EGR）方法がある。

これは排気の主成分が不活性で比熱が大きい N_2 、 CO_2 、 H_2O などであることによる。EGRによる NO_x 低減効果の解析例を図3.16に示す。

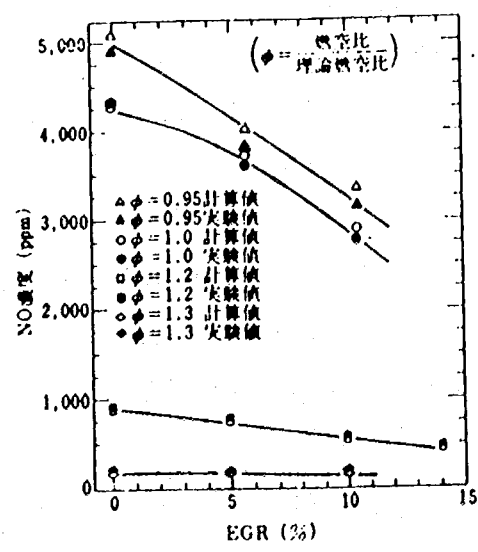


図3.16 EGRによる NO_x の低減効果の一例（計算と実験）²⁾

① EGR方式の分類

EGRシステムは図3.17(1)に示す構成要素から成るが主として注入位置によって分類されることが多い。

(イ) 気化器絞弁下方注入EGR：

図3.17(2)に示すような気化器絞弁下流位置に直接EGRガスを注入する。吸気管の強い負圧によって吸引されるので量の制御がむづかしく制御弁の構造と制御信号の選び方に細心の注意を要する。近年はEGRガス流量特性が吸気量に比例するようにしたものが多い。

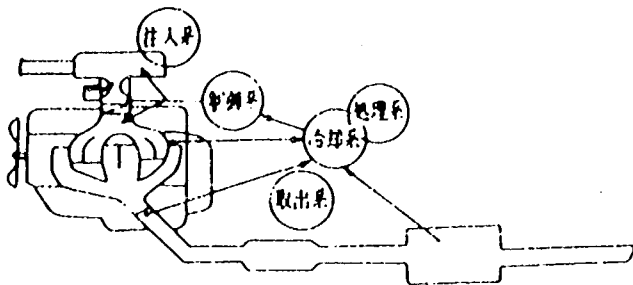


図3.17(1) EGRシステムの構成²⁾

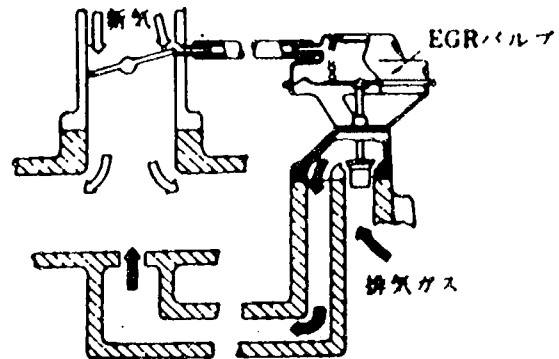


図3.17(2) 気化器絞弁下方注入EGRの一例²⁾

10モード運転中は吸気管負圧が高くEGRバルブの前後の圧力差が大きいため、バルブ全閉時の洩れは厳重に制御されねばならず、コントロールが厳密で機構が複雑化する難点がある(図3.18)が、気化器におけるデポジットもなく空燃比制御が永続する特長もあるから、この方式を採用している車は多い。

(ロ) 気化器絞弁上方注入EGR：

絞弁とベンチュリの間でEGRガスを注入し量の制御は絞弁開度によっておこなわれ、ほぼ空気量比例の特性を示す。この方式では、低温時にEGRガス温度が低いと燃焼ガス中の水分が絞弁に氷結する現象が起るから注意を要する。構造が比較的簡単(図3.19)で制御も比較的容易であるが、エンジン吸気の吹き返し時には還流中の排気のカーボン質が気化器各部を汚染し空燃比制御を乱す怖れがある。本方式はトヨタ車、16R、18Rエンジン、マツダSCS車のエンジンに採用されている。

② EGRシステムの問題点

排ガス中には煤、有機化学物などの微粒子が多く含まれ100℃以下の条件ではこれらは凝縮し易く、パイプのつまりとか機器の汚損の怖れあり、かつ凝縮水は腐蝕性があるからEGRガスの温度制御に配慮すべきである。注入口で100～300℃に制御するのが一般的である。

EGRによってNO_xは確実に低減するが還流量が過多になると出力、燃費、HCエミッションなどが劣化し、かつ失火域が広がりエンジン安定性が悪化するから、あらゆる運転因子を考慮して最適な組み合わせシステムを考える必要がある。

(c) エアインジェクション

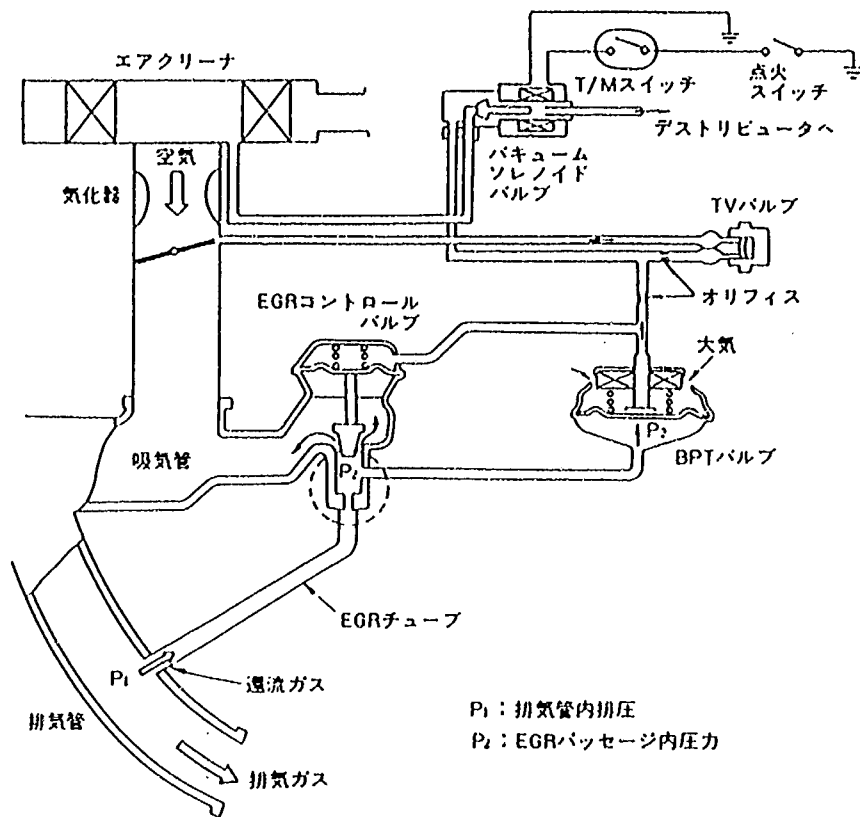


図 3.18 下流EGRシステム²³⁾

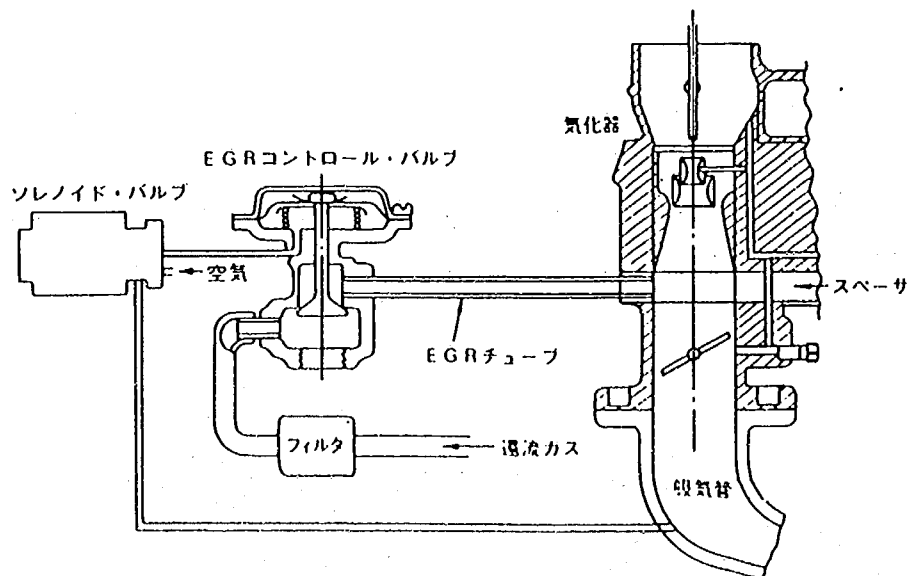


図 3.19 (上流EGRシステム)²³⁾

① 排気中に不足する空気を供給してH C, C Oをエンジン外で再燃焼除去する方法は米国で排気規制が実施されて以来広く採用されている。この空気を二次空気といい、触媒コンバータやサーマルリアクターなどを用いる場合にも、吸気が希薄空燃比域にない限り不可欠で、排気が冷えないうちに酸素と排気をよく混合させるため、普通はシリンダヘッドの排気ポートに設けられた孔から排気と直接衝突するように2次空気を噴射する。

2次空気の供給源は通常、エンジンクランク軸からVベルトで駆動されるサジノー (Saginaw) ポンプといわれるベーンポンプ (図3.20) が用いられる。

ハウジングと僅かな間隙で同心に回転するベーンが偏心したロータにより駆動される。カーボンシュューの一方は板ばねで押えられ、ベーン材質は軽く、強く、熱膨張が小さいグラスファイバーやベークライトが用いられる。リターフバルブの目的はポンプの過負荷を防ぐ以外に、エンジン出力損失を減らし、高速高負荷時の過大な反応による排気系の過熱防止もある。サジノーポンプの作動を図3.21に示す。

2次空気装置全体の一例を図3.22に示す。吸気管負圧が急上昇したときミスファイヤによるアフターバーニングを防ぐためエアバイパスバルブと排気逆流防止チェックバルブが用いられている。

再燃焼に適当な2次空気量は普通は合計空燃費16~18、触媒つきの場合はこれよりやや大きい目が良いといわれている。通常のエアポンプ吐出量はエンジン回転速度とは比例するが (図3.23), エンジン負荷には必ずしも比例せず、同じ回転数では高負荷になると背圧上昇のためむしろ吐出量は減少する。高度の排気後処理を目標とする場合にはこの点が問題になる。

② リードバルブ式 :

2次空気噴射ポンプを使わない方式で、排気管内圧力の脈動を利用したものである。したがって脈動現象の顕著な4 cyl.以下のエンジンの場合に有効で、かつ我が国の排気テストに用いられている10モード (最高40km/h), 11モード (最高60km/h) は低速期間が多く排気管脈動が発生し易い条件があるから、リードバルブ方式は主として国内向けの車両に適用されている。これに対し、米国のL A-4モード (最高80km/h) は高速域を使用するから、我が国の対米輸出車はすべて前項の噴射ポンプを採用している。

排気管内の圧力脈動は図3.24のように、周期的に負圧になるから、その負圧状態のときに2次空気吸入

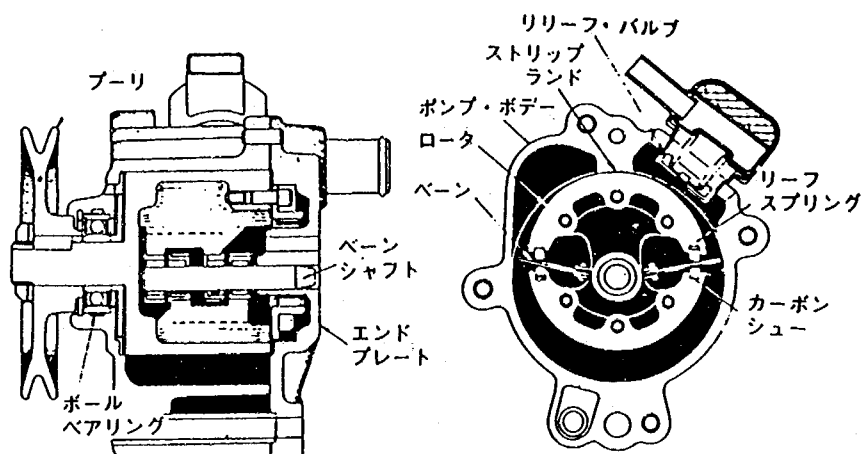


図3.20 いすゞ車のエア・ポンプ²³⁾

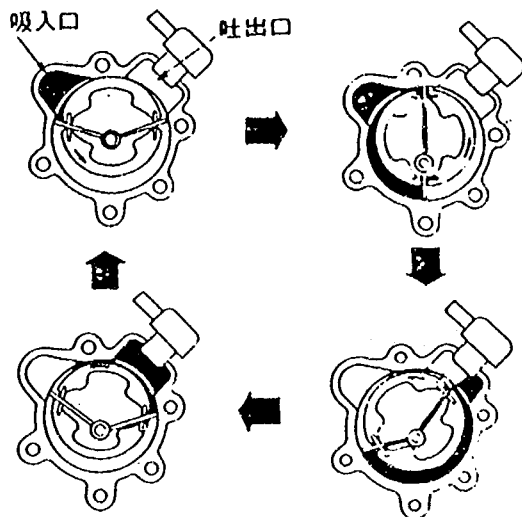
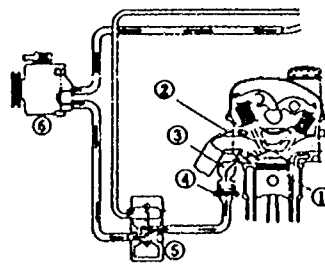


図 3.21 エア・ポンプの作動図



エアインジェクションシステム
カム・トロタ4Mエンジン (①エアホ
ール、②エキゾーストマニホールド、
③エアマニホールド、④チェックバル
ブ、⑤エアバイパスバルブ、⑥エアポ
ンプ)

図 3.22 エアインジェクションシステム²⁾

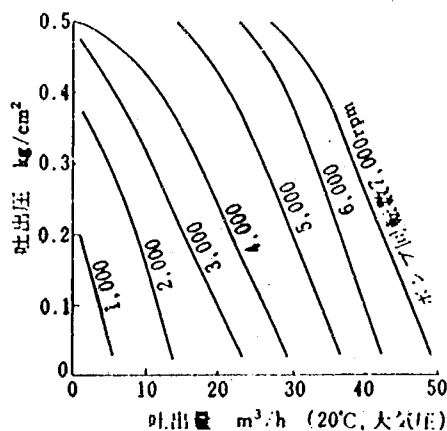


図 3.23 エアポンプ流量特性 (吐出量設計値 150
cc/rev, リリーフ開弁圧 0.275 kg/cm²)²⁾

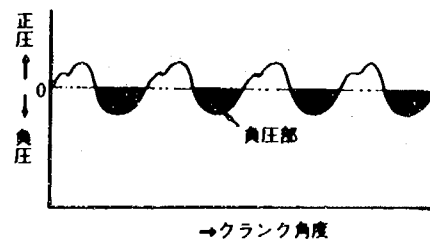


図 3.24 排気の脈動²³⁾

孔を大気に開放すれば負圧に見合った空気を外気から排気管内に導入することができる。図 3.25 にリードバルブ方式の一例を示す。

システムの部品点数は、噴射ポンプ方式より少なく、またエンジン速度 2500 rpm 以上では負圧の大きさは減少するから導入空気量も減少し高速域での 2 次空気遮断装置は不要である。図 3.26 にリードバルブの構造を示す。リードバルブは板厚の薄いばね鋼で排気管内圧力が負圧になると 2 次空気が排気ポートに吸い込まれ、正圧になるとリードバルブが閉じて排気の逆流を防ぐ。図 3.27 にリードバルブ方式の 2 次空気流量特性を示し、噴射ポンプ方式と対称的である。

サーモバルブ (図 3.25) はリードバルブが故障した場合、排気温度を検知し規定温度 140℃ 以上になると空気導入路を遮断して排ガスの逆流を防止する二重安全装置である。

(d) サーマルリアクタ

サーマルリアクタは排気の保温を向上し、反応を促進させる手段の一つで、排気が高温下に長く止まるよう保温された大きな容積部をもつ反応室で HC、CO を酸化除去するためのものであり、通常排気マニホールドに代って使われる。

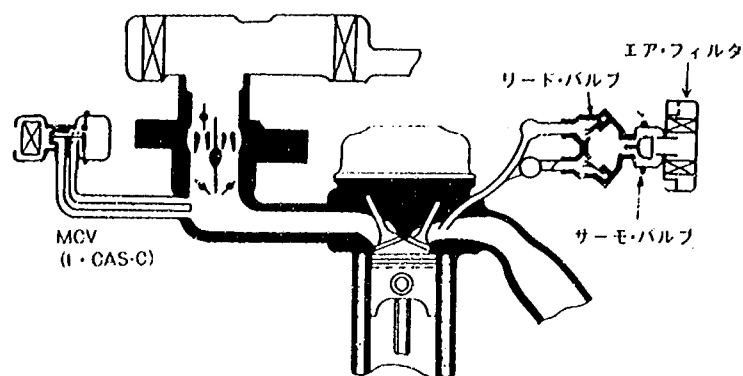


図 3.25 I・CASの二次空気導入装置 (P-AIR) ²³⁾

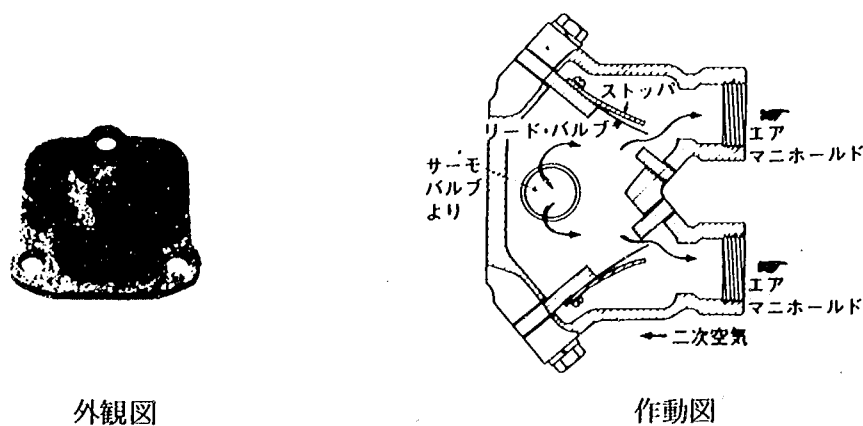


図 3.26 リード・バルブの作動図 ²³⁾

H CはCOより反応し易いので、CO浄化率が問題になる。CO浄化率は内部ガス温度、ガス滞留時間、エンジン空燃比に影響され、内部ガス温度との関係は図 3.28のようにS字形で、図中点線は浄化による発生熱で上昇する温度の関係を示したもので、点線とS字曲線の交点で平衡する。A点を基準とした場合保温性向上によりB点に、さらに濃混合比によりC点に平衡点が移動する。点火遅角により反応前温度を高めれば点線は右に平行移動する。温度が充分高い場合は2次空気と排気との混合性により浄化率が制限される。反応室を大きくしガス滞留時間を長くすることは有効であるが(図 3.29)、大きすぎたり混合促進のためあまり複雑化するとコールドスタート時不利になる。限られた大きさで高温高浄化率を得るためには非常な濃混合気が必要となり(図 3.30)、耐熱性と燃費悪化が問題となる。

濃空燃比と2次空気による場合をリッチリアクタ、2次空気不要の稀薄側を使う場合をリーンリアクタと呼ぶ。リーンの場合は発熱源が少ないから保温、エンジン排温上昇が必要になる。図 3.31にリーンリアクタの例を示す。内部コアにより反応室中心部を高温に保持すると共に混合促進の作用がある。

(e) アフタバーナ

リアクタと同様に熱反応によってH C、COを除去する装置で、一般に2次空気供給装置、点火プラグ、燃焼室、排気予熱用熱交換器などで構成され補助燃料を追加するものもある。

最近では、むしろ2サイクルエンジン用に開発されているが、暖機時間が長く、暖気中の排気処理が不

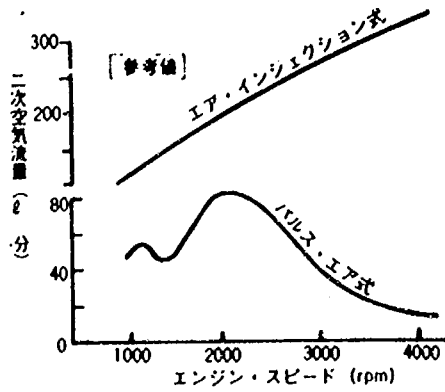


図 3.27 二次空気量の比較 (エア・インジェク²³⁾ ション式とパルス・エア式)

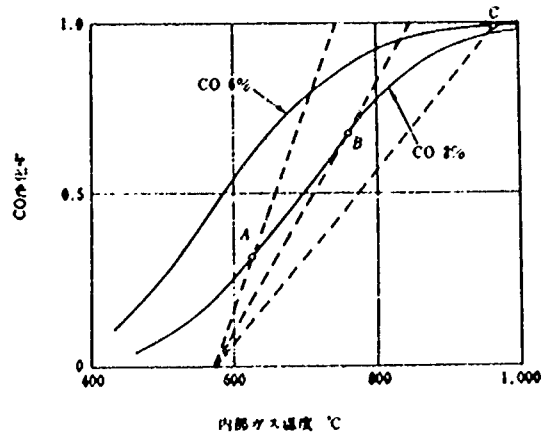


図 3.28 サーマルリアクタのCO浄化率特性²⁾

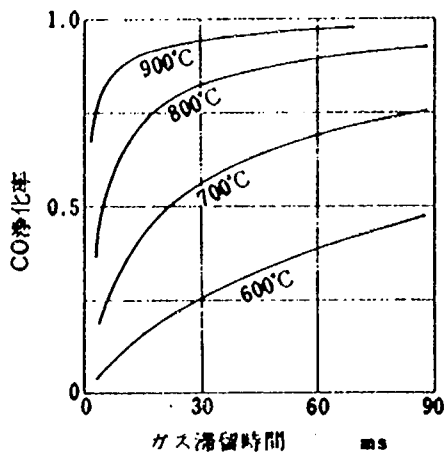


図 3.29 滞留時間とCO浄化率²⁾

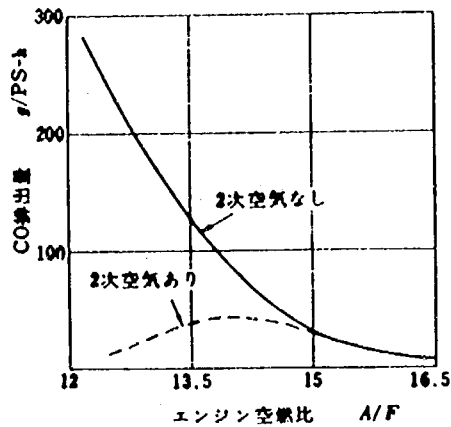


図 3.30 エンジン空燃比とCO排出量²⁾

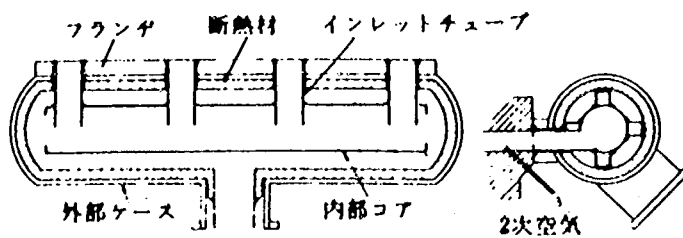


図 3.31 サーマルリアクタの構造例²⁾

充分、炎が不安定、部分的高温による熱変形、高温酸化腐蝕による耐久劣化など多くの問題があり、広く実用化されるに至っていない。

(f) 触媒コンバータ

触媒と排ガスの接触反応により、比較的低温で排気中のCO、HC、NOなどをCO₂、H₂O、N₂などの無害成分に変換することを促進する装置である。

触媒の定義：

- ① 反応の中間までは化学的に初期状態と異った形をとっても終りにはまた初期状態に戻る。
- ② 普通、少量で多くの反応を促進する。
- ③ 可逆反応の平衡の位置を変えない。
- ④ 反応を開始するものではなく、反応速度を増すだけである。

とされている。

触媒は普通、担体に触媒物質を含浸させてあるが、一緒に練り上げたものもあり、又金属そのものが触媒として働き（モネルメタル）とくに担体をもたないものもある。

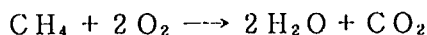
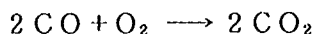
触媒物質としてはPt, Pdなどの貴金属とCu, Cr, Mn, Niなどの金属の酸化物とがある。

担体には、球または円柱状の2～5%の粒状のものと、ハチの巣状の一体型構造（モノリス）とがあり、いずれもアルミナを主成分としている。

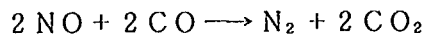
自動車用には主にCO, HC用の酸化触媒とNO用の還元触媒とがあり、酸化触媒では同時に2次空気を必要とする。触媒はコールドスタートから高負荷走行時まで広い温度範囲で使われるから、低温から高温まで高い活性が要求される。貴金属系触媒の方が金属酸化物系触媒より低温活性が高く、両者とも温度が活性に与える影響は大きい（図3.32）。

還元触媒は理論空燃比より濃い側でのみ活性を保つから気化器の制御が重要になる。還元と酸化を目的とする場合にはまず還元触媒でNOを反応させ次に2次空気を加えて酸化させる。

酸化触媒による反応（対HC, CO）：



還元触媒による反応（対, NO）：



◎ 3元触媒

触媒の酸化、還元作用は触媒自体の特性の差ではなく触媒が使用される雰囲気によって決定される。同一の触媒でも使用雰囲気（例えば空燃比）によって酸化、還元特性の割合が変化し、ある雰囲気においては酸化、還元の両特性を充分兼備することができる（図3.33）。即ち雰囲気を制御することによりHC, CO, NOを同時処理することが考えられ、これが3元触媒の原理となる。

53年度NO_x排気規制が厳しくなり（0.25 g/km）EGRだけでは対応しにくい状況になり、EGR + 還元触媒の要求が必然的となり、3元触媒が急に脚光を浴びるようになった。

一例としてNAPS 3元触媒コンバータ（図3.34）ではペレット型触媒を使用し、アルミナ担体に白金（Pt）と少量のロジウム（Rh）を混合したものが表面に焼成されている。Ptは主にHC, COの酸化作用にRhは主にNO_xの還元に寄与する。

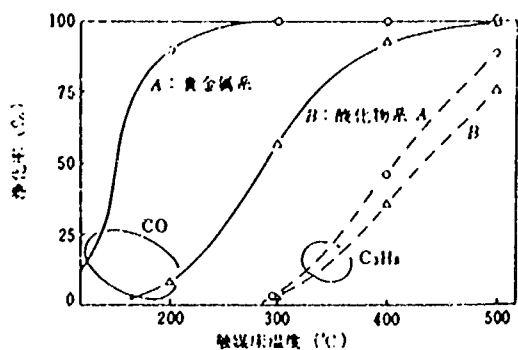


図 3.32 触媒活性の温度特性²⁾

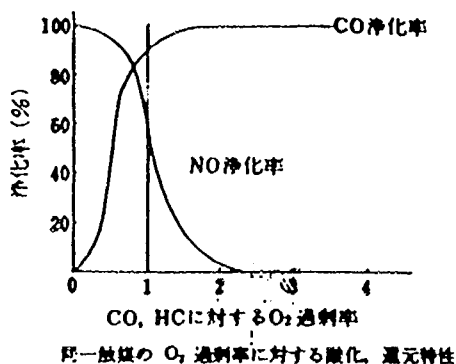


図 3.33 同一触媒の O_2 過剰率に対する⁹⁾酸化、還元特性

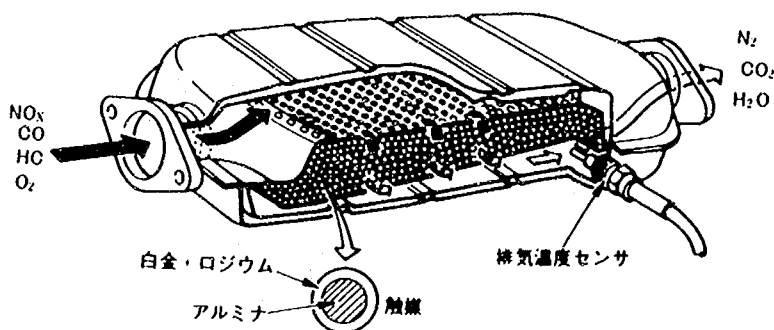
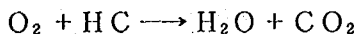
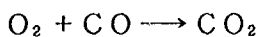
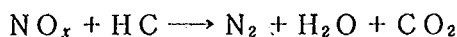


図 3.34 三元触媒コンバータ (日産車)²⁴⁾

3 元触媒の浄化特性は図 3.35のごとく、還元雰囲気（理論空燃比より濃い領域）では NO_x をほぼ 100 浄化し、酸化雰囲気（理論空燃比より薄い領域）では HC, CO をほぼ 100 % 浄化し、理論空燃比を中心とする極く狭い雰囲気（ウィンドウ）では HC, CO, NO_x を同時にほぼ 100 % 浄化する能力がある。この部分における反応は



が成立し、HC, CO, NO_x が同時に処理される。

3 元触媒コンバータの入口、出口の排ガス成分（HC, CO, NO_x ）の濃度変化は図 3.36で示され、狭いウィンドウ空燃比の範囲では、コンバータ出口の HC, CO, NO_x 濃度はゼロになる。

◎ O_2 センサ

上述のように 3 元触媒の有効性はエンジン空燃比のせまい範囲、即ち理論空燃比を中心とするウィンドウ内においてのみ存在するから、エンジンの負荷、回転数の変動に関らず常に空燃比をウィンドウに入るように制御しなければならない。そのために用いられるのが O_2 センサである。

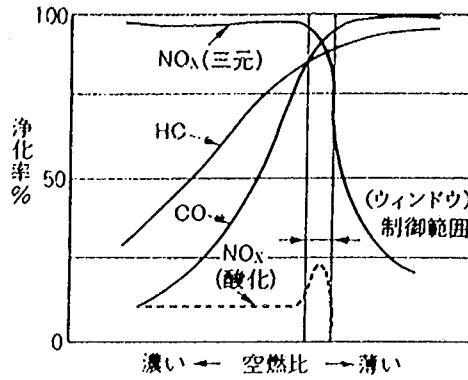


図 3.35 三元触媒のCO, HC, NO_x浄化特性 (トヨタ)²³⁾

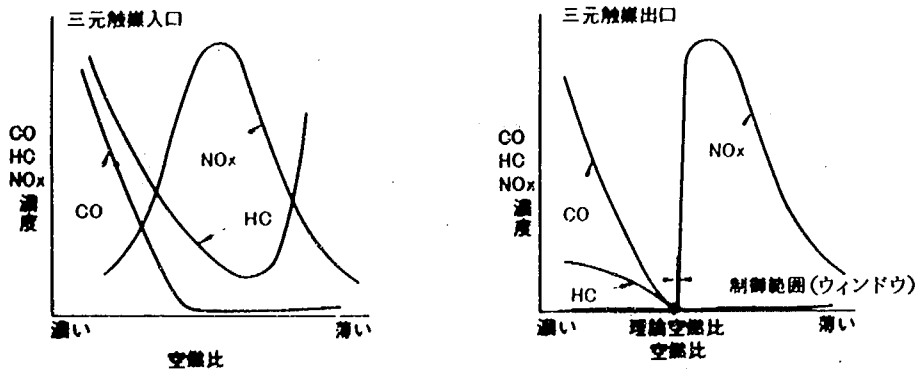


図 3.36 触媒入口, 出口の排出ガス濃度特性²³⁾

O₂ センサはウィンドウ内に空燃比をフィードバック制御するための電気信号を得るものでジルコニア (ZrO₂: 酸化ジルコニウム) に少量のイットリウム (Y₂O₃: 酸化イットリウム) を混合し、試験管状に焼成したジルコニア素子の表面に白金の薄層を附着したものである (図 3.37)。

ジルコニアは低温時に抵抗が大きく電流は流れないが、高温時は管の内外の O₂ 濃度差が大きいと O₂ イオンのみが通り抜け起電力を発生する。故に管の内側に O₂ 濃度の高い大気 (約21%) を、外側に排ガスを導入すると、内側の O₂ 濃度は一定であるのに対し外側の O₂ 濃度は理論空燃比を境にしてリッチ (濃)、リーン (薄) と変化する。リッチ側では O₂ が不足するから管内外の O₂ 濃度比が大で起電力を発生する。リーン側では O₂ 過剰であるから管内外の O₂ 濃度比が小で起電力は発生しない。即ち理論空燃比 (ウィンドウ) を境にリッチ側とリーン側でジルコニア素子の起電力は急変するからこの性質を利用してウィンドウを検知し燃料供給装置に電氣的にフィードバックして常時エンジン空燃比をウィンドウ内に保つことができる。

実際は厳密に言うと、リッチ側で僅かの O₂、リーン側で僅かの CO が存在するから、表面にコーティングした Pt の触媒作用により $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$ の反応を完結することにより、ウィンドウを境

にリッチ側で完全に O_2 ゼロ (CO 過剰) リーン側で完全に O_2 過剰 (CO ゼロ) となり起電力の変化をシャープにしフィードバックを正確迅速にすることができる (図 3.38)。これにより 1 V 弱の起電力を発生する。

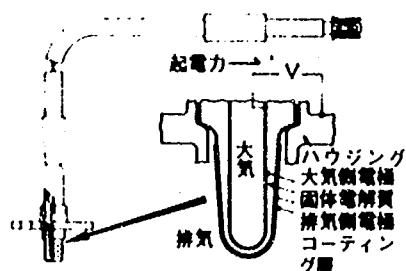


図 3.37 トヨタの O_2 センサの構造²³⁾
(電極は多孔質白金コーティング)

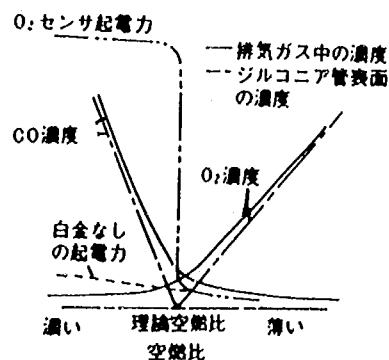


図 3.38 CO , O_2 および起電力特性²³⁾

O_2 センサの電圧フィードバック式空燃比制御は、燃料供給装置が電気式の場合が適しているから、最近乗用車の 3~4 割を占める EGI* (Electronic Gasoline Injection) 方式 (*EFI (Electronic Fuel Injection) とも称する) に広く用いられている (図 3.39)。

O_2 センサからのリッチ又はリーン信号をコンピュータ内にある比較電圧と比較し、それより高い場合は空燃比がリッチと判定し (図 3.40) 燃料噴射量を減少させ逆に低い場合は噴射量を増加させる。これを常時くり返しつつエンジン空燃比を狭いウィンドウ内に保持するよう制御する。

O_2 センサの使用対象は既述のように EGI が主体であったが、昭和 53 年、日産 L-20 エンジンでは電子制御化器 (ECC—Electronically Controlled Carburetor) を採用し、これに O_2 センサを適用した新方式を開発した。化器による空燃比を電氣的に制御する方法として、化器のスロー、メイン両燃料系に設けられたエアブリードの開孔面積を、 O_2 センサの電気信号で ON—OFF するソレノイド弁の開閉により可変にし常にスロー、メインの合計空燃比を最適に保つものである。その原理を図 3.41 に示す。

ECC は EGI より低コスト (量産の場合) で、従来の化器使用エンジン仕様を大巾に変更を要しないなどのメリットがあるから今後更に普及するであろう。1977 年フォード車、1978 年 GM 車でもカリフォルニア州排ガス規制に対応するため使用されている。

(g) エンジン改造法

① CO 対策

(i) 化器の改良

・燃料流量精度の向上 :

CO 減少のため空燃比を稀薄に保つことが一般に採用されているが、少しでも過薄側にそれるとエンジン不調現象が発生するから、化器のスロー、メイン流量精度を厳重に管理する。

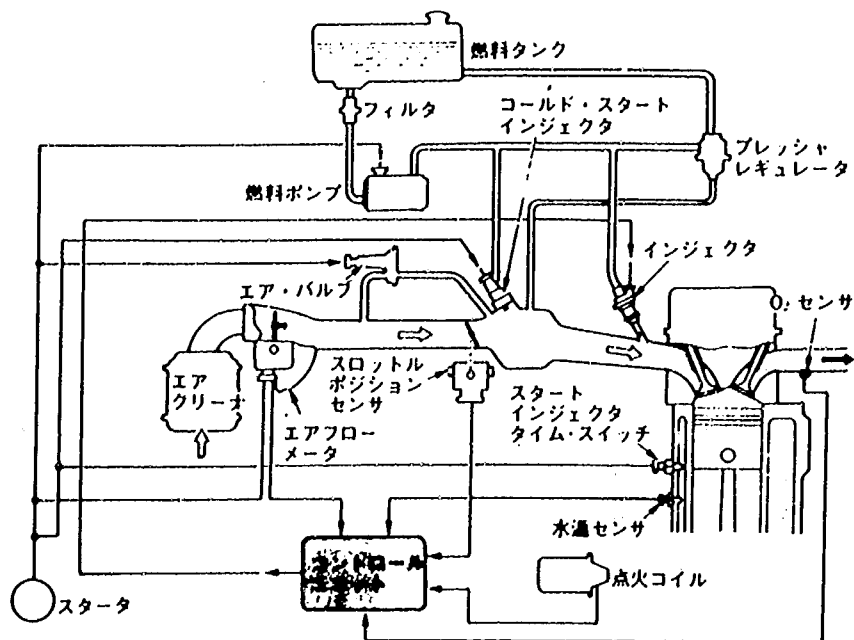


図 3.39 トヨタ M-EU の EFI システム ²³⁾

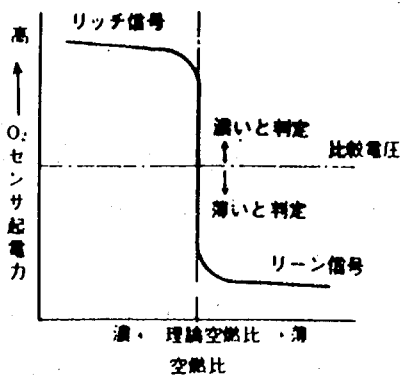


図 3.40 O₂ センサの信号 ²³⁾

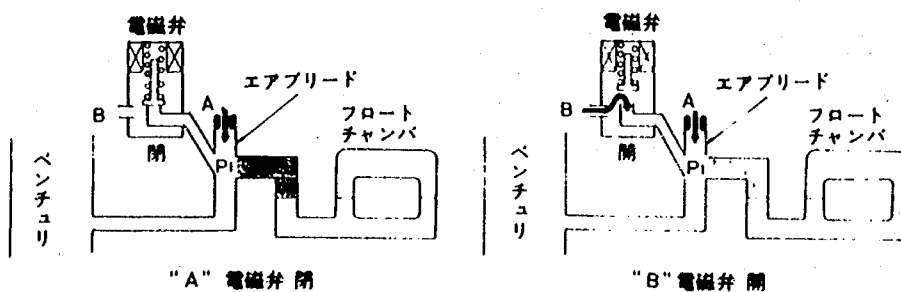


図 3.41 空燃比補正電磁弁の作用 ²³⁾

◦減速対策装置：

減速走行時は吸気負圧が著しく高まり（ $-500 \sim -700 \text{ mm/Hg}$ ）アイドル孔からの燃料流出と吸気管内付着燃料の急激な蒸発のため一時的に空燃比過濃になり、 CO 、 HC の排出が増す。これを防ぐためスロットルプレート・ポペット弁や、アイドル燃料カットオフ装置などが装着されている。

◦クイックリリース・チョーク：

チョーク作動時は過濃になるので早期にチョーク弁を開放した方が好ましく、このためバイメタルの特性変更、チョーク戻しソレノイド弁などにより早期にチョークを戻す。

(ii) 燃料気化と混合気分配の改良：

吸気速度が遅い領域では燃料粒の分配が不均一になり易いから、吸気系の形状の改良が図られ、かつ冷始動時を含む各条件下で微粒化の促進を図るため吸気管ライザ部などの加熱装置が考慮されている。

(iii) 吸入空気温度の自動調節：

エアクリーナーにセットされた温度センサおよびコントロール弁により排気マニホールド付近の加熱空気を導入し、新気とミックスして吸気温度をほぼ一定（ 40°C 前後）に保つことにより外気温に無関係に一定空燃比を保つことができる（図 3.42 ダイアフラム式の例）。

(iv) 燃料噴射装置：

燃料分配が均一化でき希薄化が可能となり、また気温、水温、大気圧への調整ならびに始動・加速時の増量も適切となり流量公差を狭い巾に抑えることができるなど排気対策上多くの利点がある。

(v) 着火、燃焼機能の強化：

CO だけに着目すれば高圧縮比の採用など、着火、燃焼機能の強化は CO 低減となるが実用上限度がある。中でも、点火プラグのギャップ、中心電極の太さ、突出量などの改良は着火直後の消炎作用を抑制して稀薄限界を拡張できるため有効である。

② HC 対策

HC 発生は複雑多岐にわたるが大別して定常運転時と非定常運転（加減速など）に分けられ、さらに HC 発生を減らす工夫と発生したものをあと処理（燃焼）させるための工夫にわけられる。

(i) 燃焼室形状の改良：

燃焼室壁付近の温度は燃焼室中心部（ 2000°K 以上）より低温で消炎作用により HC が未燃で排出されることは既述のとおりであるが、そのため壁面積（ S ）が燃焼室容積（ V ）に対する比 S/V が大きいほど HC が増す（図 3.43）。

(ii) 圧縮比、ストローク／ボア比、シリンダ容積：

圧縮比は低い方が HC は少ない、これは S/V が小さくなり排気温度が上昇することによる。（図 3.44）
ストローク／ボア比は大きい方が HC 少ない（図 3.45）。シリンダ容積は大きい方が HC は少ない（図 3.46）。

(iii) バルブタイミング：

吸排気弁のオーバーラップが大きい程、即ちエンジン性能が高速型である程混合気の吹き抜けによる HC 増が多い。

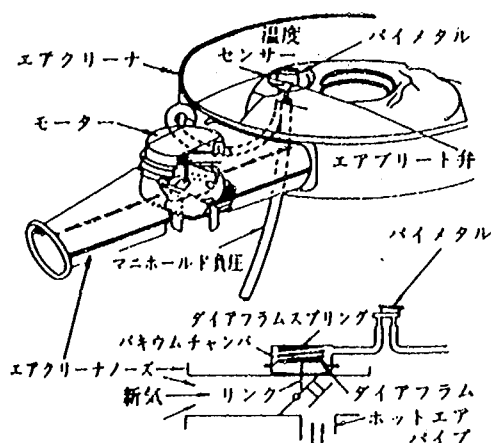


図 3.42 吸入空気温度自動調整装置⁹⁾

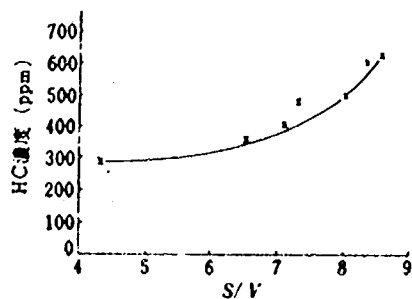


図 3.43 燃焼室 S/V と排出 HC 濃度⁹⁾

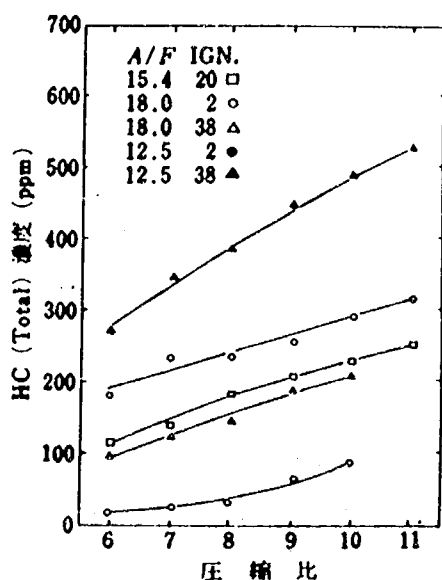


図 3.44 圧縮比と HC 濃度⁹⁾

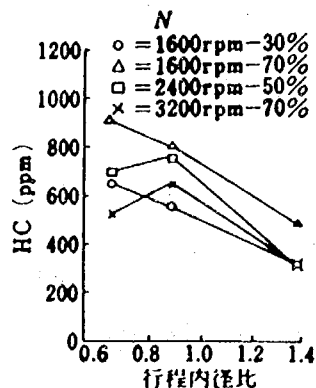


図 3.45 行程内径比と HC 濃度⁹⁾

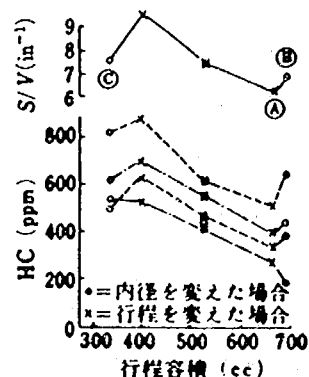


図 3.46 行程容積と HC 濃度⁹⁾

(iv) 点火時期 :

HC は 650℃ 以上の高温で排気中の O_2 とよく反応するから、点火時期を遅らせ排温を上げることは HC 減少に有効である。しかし点火時期をあまり遅らせると運転性、出力・燃費を損うから要注意である (図 3.47)。

(v) ポートライナー :

排気系で壁面への熱伝達を抑制しポート部分を保温し反応を促進するためにエキゾーストポートにライナーを挿入したもの。

(vi) アイドル回転数の上昇 :

これによりスロットルバルブの閉じ角を極小にせず、減速時の吸気管高負圧による一時的過濃空燃比を防止する。

(vii) ダッシュポット :

減速時にスロットルバルブがアイドル開度まで閉じる期間を伸ばして過濃空燃比を防止する (図 3.47)。

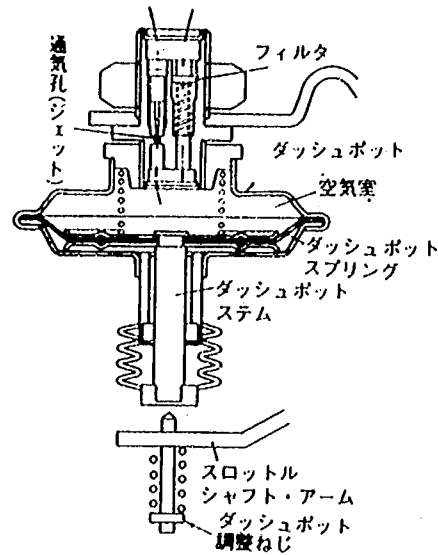
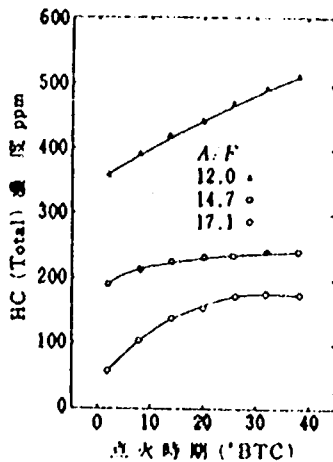


図 3.47 大型ダッシュポット (日産専用)²³⁾

(iix) スロットルポジショナ (スロットルオープナ) :

ダッシュポットは作動時間が短かいから長降坂や高速から低速までの減速時に効果が不充分である。この欠点を除くためスロットルポジショナーが考案され、エンジン運転条件に対応してスロットルバルブの閉じ角を適宜制御する。ある車速範囲ではスロットル開度を一定に保ち、範囲外ではこれを解除する。

(ix) 減速時燃料遮断 :

減速時アクセルペダルから足をはなした時にのみ燃料を遮断する方式で、スロットルバルブはアイドル開度であるからスロー燃料系をソレノイドバルブなどにより閉塞する。HCと同時にCO対策にもなる(図 3.48)。

③ NO_x 対策

ガソリンエンジンの NO_x 対策は燃焼温度を下げるか O₂ 濃度を下げるかの方法によるから出力、燃費

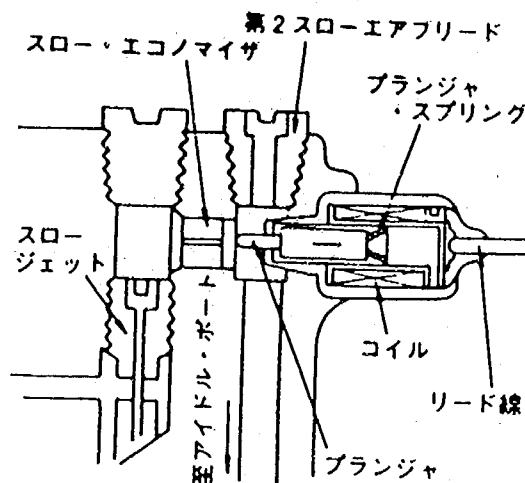


図 3.48 アイドル燃料カット方式²³⁾

の悪化につながる。よって実用上はHC、COエミッションと共に出力、燃費率、運転性との兼ね合いになる。

(i) 空燃比：

理論空燃比より若干希薄側で NO_x は最大となり、リッチ側、リーン側の使用が考えられるが、リッチ側ではHC、CO増大と燃費悪化、リーン側ではHC増、出力・運転性の劣化をとまなう。

(ii) 圧縮比：

一般に圧縮比を上げると燃焼最高温度、圧力が増し NO_x 増加の傾向になるが、既述のように出力あたり排出量は減少するから他要因とともに検討の余地がある。

(iii) バルブタイミング：

吸排気弁オーバーラップを増すと吸入行程の始めに排気ガスの一部がシリンダ内に逆流しEGR効果により NO_x は減少するが低速、低負荷での運転性・出力低下・HC増などを勘案する必要がある。

(iv) 点火時期：

点火時期を遅らすと、燃焼の最高温度を下げ NO 減となりその効果はリーン側で大きい(図3.49)。又、遅角はHC減にも有効であるが、出力低下、燃費増、運転性悪化にもつながり、検討を要する。

(v) トランスミッション・コントロールド・スパーク (T.S.C.)：

点火時期を運転全域で遅らせると、出力、燃費、運転性の悪化を招くから、トランスミッションのギヤ位置、車速、水温などの条件により部分的に点火時期の遅角をおこなう。例えばトップギヤ使用時、水温が低い場合又は異状に高い場合は正規進角とするが、3rdギヤ以上または水温が定常使用範囲では点火進角を止め NO_x を低減すると同時に、出力、燃費、運転性の劣化を防止する。

(vi) 燃焼室形状：

S/V を大きくして燃焼ガスの冷却効果を上げ、更に形状、点火プラグ位置などの変更により燃焼速度を下げ、 NO_x 低減を図ることが試みられているが、 NO_x 減以上に燃費率が悪化し両立するに至っていない。

(h) ガソリン蒸発対策

燃料タンク、気化器などの燃料系から蒸発するHCはブローバイ処理と同様、燃料系を密閉して大気への放出を防ぐ一方、発生HCをエンジン性能に影響しない様エンジンに吸入燃焼させる。殊にエンジン停止時に蒸発するHCを一時的に貯える機能が重要である。

① 活性炭方式：

図3.50のごとく燃料タンクは密閉型とし、傾斜や高温時の膨張に対する燃料流出洩れ対策が施されており、エンジン停止中はタンクからの蒸発ガスは活性炭に吸着され貯蔵されるが、運転状態では吸気を利用した洗滌機構により脱離され吸気管に吸入される。

② クランクケース貯蔵方式：

活性炭を用いず、燃料蒸気をクランクケースに貯蔵し、エンジン運転開始とともにクランクケース・ガスベンチレーション系を通じて吸気管に吸入する。

(i) 使用過程車の排ガス対策

昭和48年5月より中古車に対し点火時期制御方式によりHC 7%, NO_x 20%以上の低減, 触媒方式により1万km走行時HC, CO各30%以上の低減の規制が実施されている。

点火時期制御装置は気化器と進角用バキューム・コントローラを連結するパイプの中間に設け, 気化器負圧と大気圧を適宜混合することによりバキューム・コントローラのダイヤフラムにかかる負圧を減じバキューム進角を抑制する。これによりHC, COを低減する。図3.51で, Aオリフィスを通じ大気を導入しディストリビュータにかかるバキュームを減殺し進角を抑制する。オリフィスA, Bにより点火進角特性がきまる。図3.52は点火遅角により低温時の出力低下, 高温時のオーバーヒートを避ける機能を備えた遅角装置で, 低温時ワックスの膨張によりプッシュロッドがバルブAを開くまでは気化器負圧は直接バキューム・コントローラにかかり遅角しない。エンジンが暖機するとワックスは更に膨張しバルブAが開かれると大気圧が混入してディストリビュータを遅角させる。エンジンが更に高温になるとワックスの膨張によりバルブBがオリフィスを開じてバキューム・コントローラには直接気化器の負圧がかかり, 点火は通常の進角に戻り, 冷却水へ与えられる熱量は減少する。

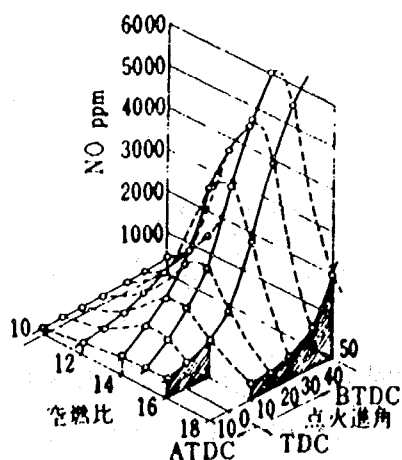
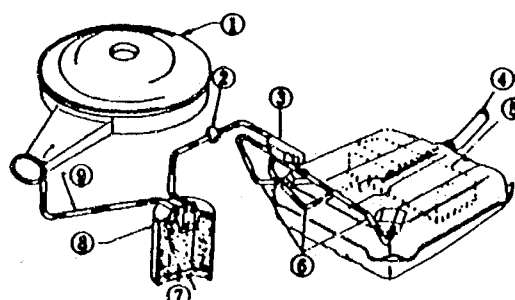


図 3.49 空燃比, 点火進角がNO_x発生におよぼす影響⁹⁾



燃料蒸発損失制御システムの一例・GM。(①エアクリーナ, ②チェックバルブ, ③気液分離器, ④シールドキャップ, ⑤密閉型タンク, ⑥燃料蒸気ライン, ⑦パージ空気, ⑧活性炭容器, ⑨パージホース)

図 3.50 燃料蒸発損失制御システムの一例²⁾

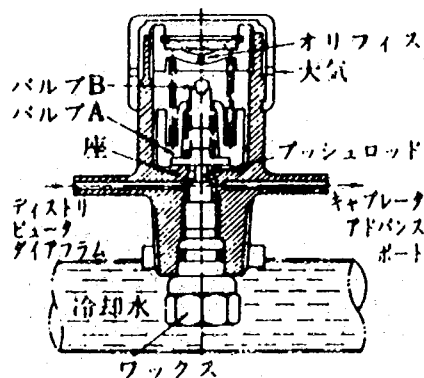


図 3.51 点火時期制御装置の取付け図⁹⁾および特性図

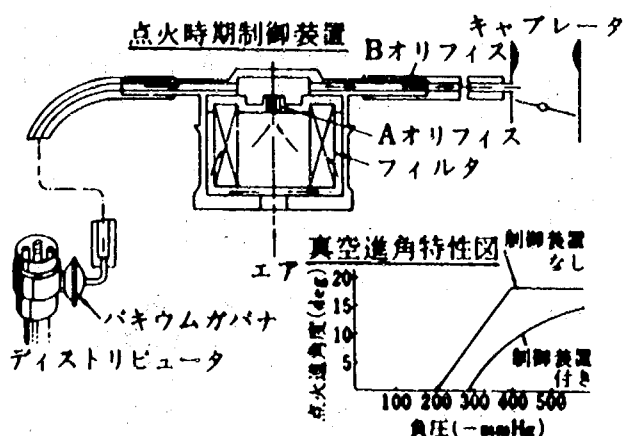


図 3.52 温度コントロール付点火時期制御装置⁹⁾

(2) ガソリンエンジン燃焼改善の方式

53年対策の第1目標は希薄混合比領域における安定燃焼で、仮に空燃比20附近のリーン状態で運転できれば、既述のようにHC、CO、 NO_x は同時に減少できる。しかし実際にはリーン領域で安定燃焼が得られたとしても、燃焼があまり緩慢であると熱効率が落ち燃費率が悪化するから、急速燃焼が必要になる。

第2の目標は、EGR使用の場合の安定燃焼で53年 NO_x 規制値を満足するためにはEGRは不可欠で、しかもその還流量も増大する傾向にあり、大量EGR下の安定燃焼も重要な技術となった。EGR量を増してゆくと図示平均有効圧 P_i のばらつきが多くなり(図3.53)、 $P_i = 0$ の失火状態も現われHC増、燃費悪化をきたす。

(a) トヨタTGP方式

燃焼室の一部に副燃焼室を設けその入口(噴孔)部に点火プラグを配置した(図3.54)もので乱流生成ポットTGP(=Turbulence Generating Pot)と呼称する。この方式は12TUエンジン(1588cc, 直4一OHV)に採用され、圧縮行程で混合気はTGPに流入し、その際点火プラグギャップを積極的に掃気するから安定な着火が得られるため希薄燃焼が可能になり、点火時期も遅角できるため NO_x は低減する(図3.55)。

(b) ダイハツTGP方式

TGPを点火プラグの上に設けているのが特長である(図3.56)。

(c) 日産 2点火プラグ急速燃焼方式

半球形燃焼室のシリンダ中心からそれぞれ等間隔にシリンダ内径の $\frac{1}{2}$ の距離だけ離して点火プラグを2個配置した方式で火炎伝ば距離が $\frac{1}{2}$ に短縮されるため燃焼時間が短くなり、急速燃焼により NO_x 減、燃費率向上、エンジン安定性を同時に得る(図3.57)。

EGRには、燃焼変動の増加と燃焼速度の低下というマイナス要因と、気化器による絞り損失低減と比熱比増加による熱効率向上(燃費向上)というプラス要因があるが、2点点火急速燃焼方式ではプラスの効果がマイナス要因を凌駕すると考えられる。2点点火方式のエンジン吸排気系を図3.58に示す。

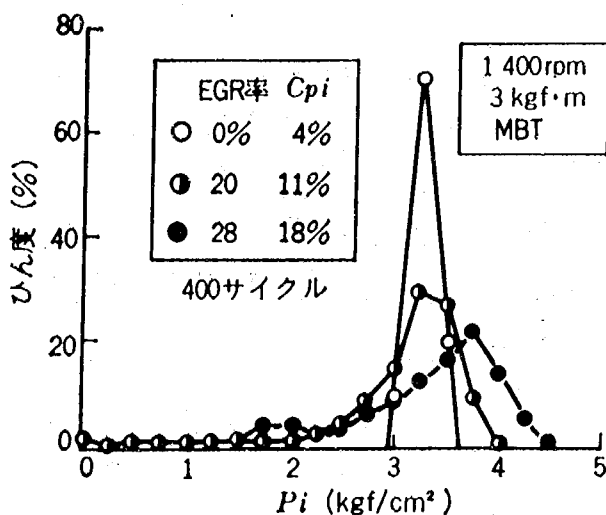


図3.53 EGR率と P_i ひん度分布の関係(日産)¹¹⁾

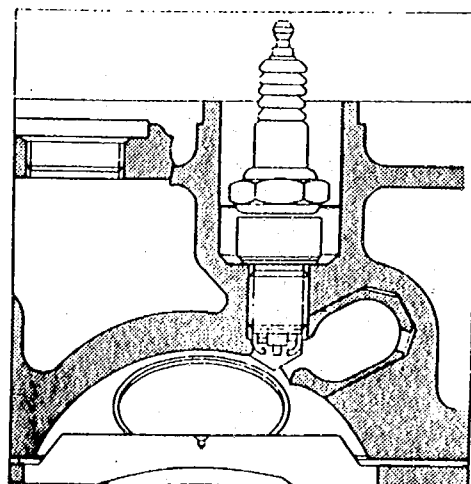


図3.54 トヨタ12T-Uエンジンの構造¹¹⁾

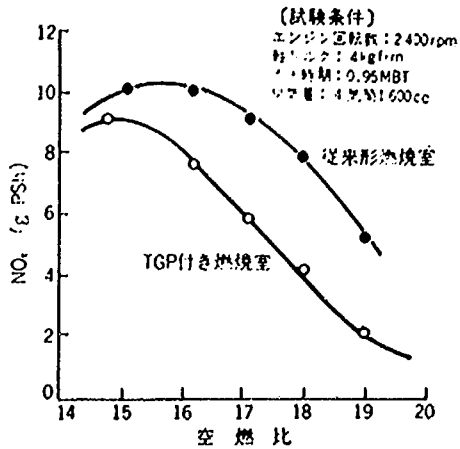


図 3.55 TGPによるNO_x低減効果(トヨタ)¹¹⁾

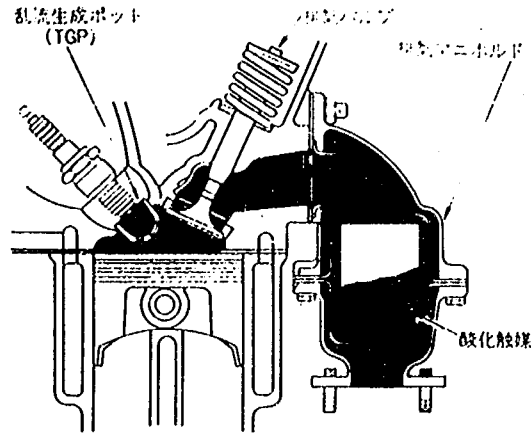


図 3.56 ダイハツの乱流生成ポット(TGP)¹¹⁾

(d) 三菱ジェットバルブ方式

噴流制御希薄燃焼方式(MCA-JET)は吸気弁のほかに追設した小形ジェットバルブで燃焼室内に空気または希薄混合気を吹込み強いスワールにより低速低負荷でのリーン空燃比やEGR混合気の燃焼を安定させる(図3.59)。

(e) ホンダ CVCC方式

図3.60のごとく従来の点火プラグ位置に副燃焼室を設け、その奥に点火プラグを移し副燃焼室専用の小形吸気弁を配置した。

副燃焼室にリッチ混合気、主燃焼室にリーン混合気を供給し、まず副燃焼室に発生する火炎が主燃焼室に噴出しリーン混合気が燃焼する。ピーク圧力、温度ともに低いためNO_xは少なく、また排気温度が高いためHC、COの浄化に有利で(図3.61)、かつ上死点附近での初期燃焼率が大きいこと、希薄燃焼によるポンピング損失低下などにより燃費を悪化させない。

当初は触媒、EGRを用いなかったが、54年のニューシビック搭載のEM型エンジンでは、EGRと酸化触媒が追加されトーチ孔径も変更した。

(f) 東洋工業 SCS

スワールを強化して希薄混合気又はEGR混合気の安定燃焼(Stabilized Combustion System=SCS)を得る(図3.62)。SCSは吸気ポートを巻き込んで吸気が燃焼室円周方向に流入しスワールを形成する(古くからディーゼルエンジンで用いられた方式)。シリンダヘッド下面にマスクシートと称する出っ張りを設けスワールを助長し、急速燃焼が得られ点火時期も遅角しつつ燃費劣化を伴わない。可燃限界がリーン側の18~20に及ぶのでNO_xも低い。

○ロータリエンジン

図3.63は排気特性を示しレシプロエンジンに比しNO_xが少なく、HCが多い。これは燃焼室S/Vが大きく、燃焼速度も遅いことによる。このためリアクタにより(図3.64)HC、COを浄化することにより1975年のマスキー値を達成したが、燃費率は良くない。最近、希薄燃焼方式のものも開発され燃費の面でも改善されつつある。このエンジンの最大の特徴は低NO_x性でEGR不要の場合もある。

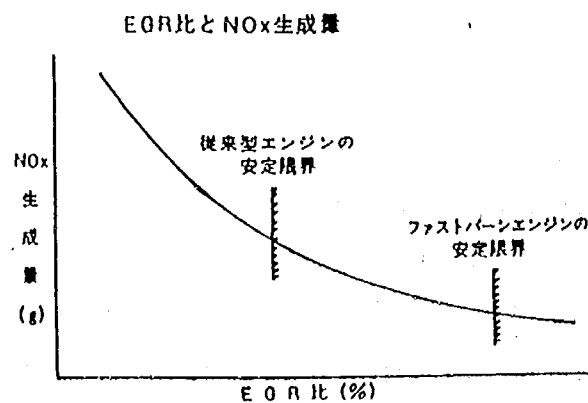
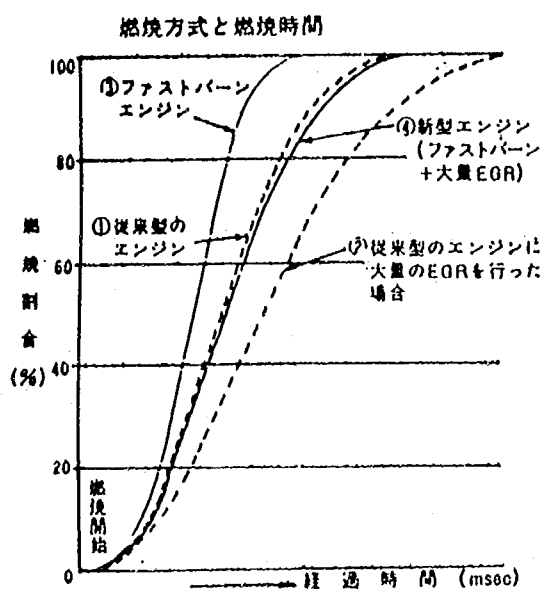
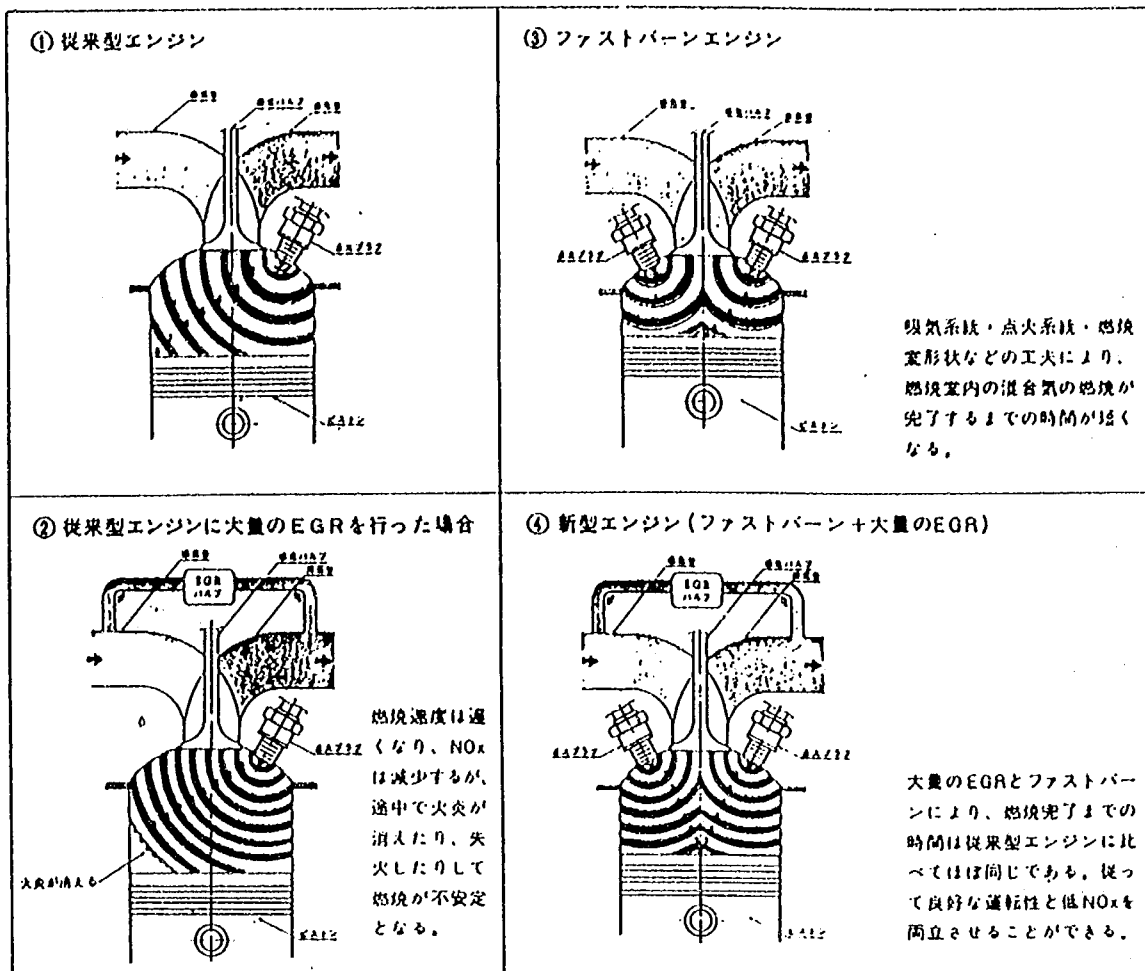


図3.57 新型エンジンと従来型エンジンの燃焼の比較²⁴⁾

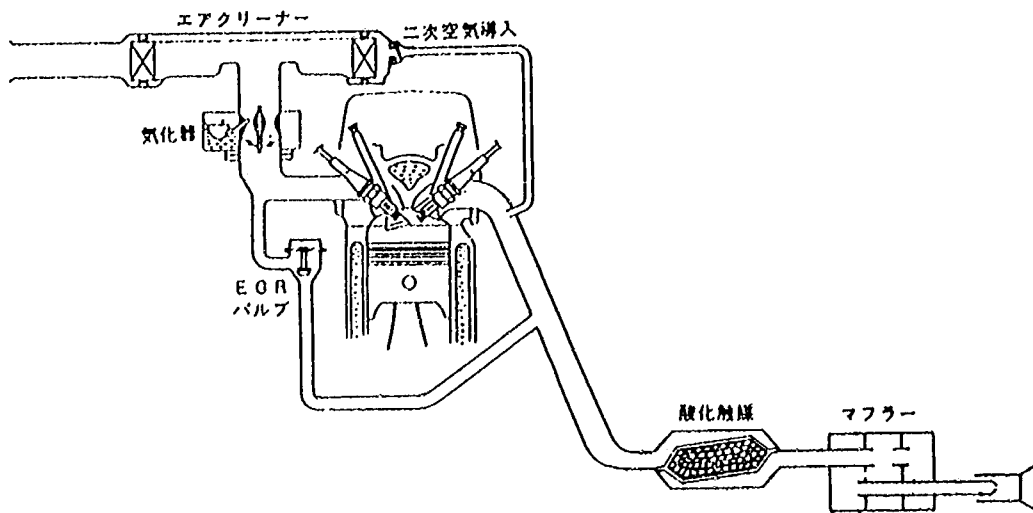


図 3.58 急速燃焼方式（酸化触媒を用いた場合）²⁴⁾

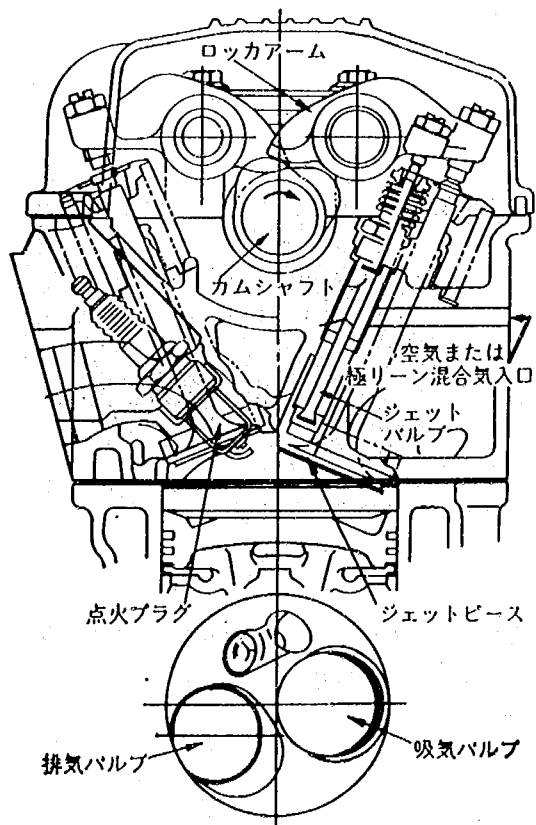
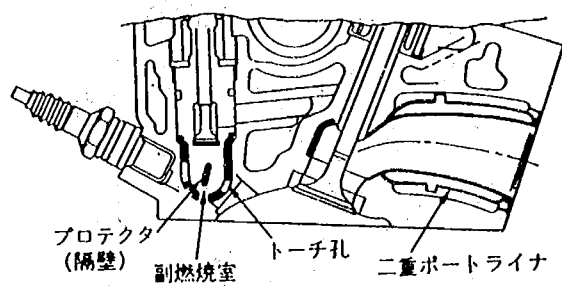


図 3.59 三菱の噴流制御希薄燃焼方式の構造¹¹⁾



ホンダ CVCC の 53 年規制対策仕様副燃焼室

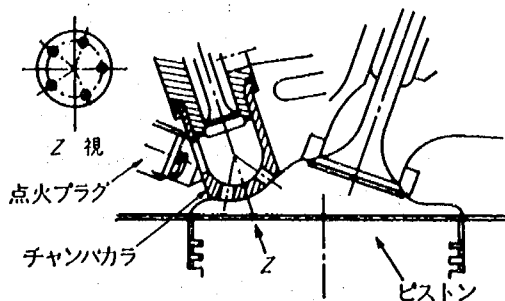


図 3.60 ホンダ CVCC (EM 型エンジン)¹¹⁾

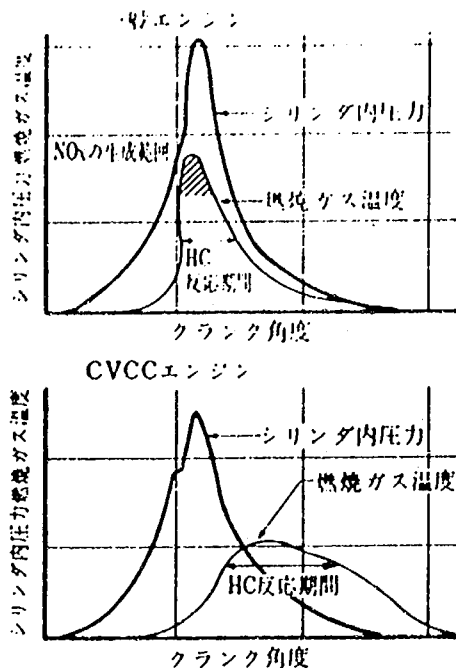


図 3.61 CVCCのクランク角度に対する⁹⁾ 圧力、温度経過

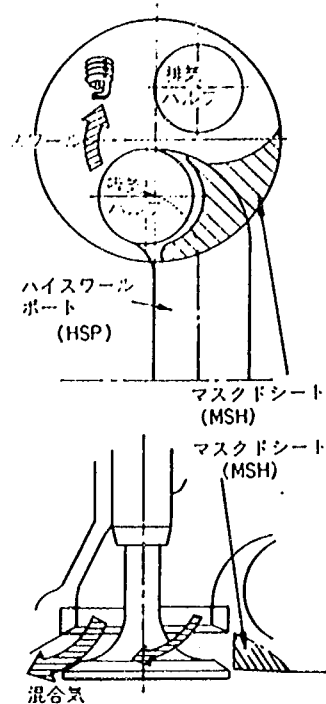


図 3.62 東洋工業SCSの燃焼室と¹¹⁾ 吸気ポート形状

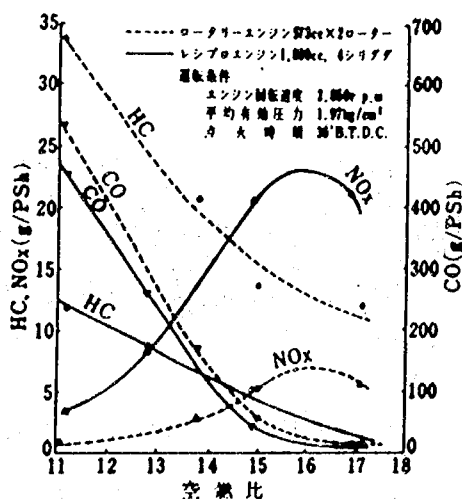


図 3.63 ロータリーエンジンとレシプロエンジンのエミッション特性 (平均有効圧力を同一にした場合)⁹⁾

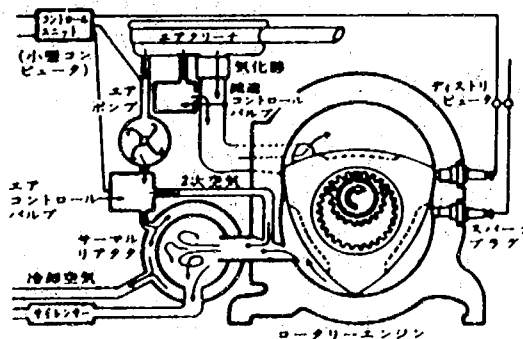


図 3.64 ロータリーエンジンにサーマルリアクタ装置時の構成図⁹⁾

(g) 2サイクルガソリンエンジン (鈴木自動車など)

吸排気行程が同時であるために、吸気の一部が排気へ出てHCが多くなる。又、燃焼時に大量の残留ガスが存在するため燃焼最高温度が抑えられてNOの生成が少なくなる。図 3.65のように、COの生成は4サイクルと同じ機構であるから傾向も同じであるが、HCは空燃比が薄くなるとともに低下する傾向にあるが、全体的に濃度が高い。NOは全体的に極めて低い。

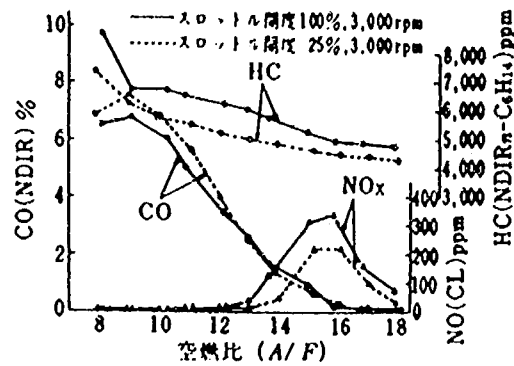


図 3.65 2 サイクルエンジンにおける空燃比とエミッション⁹⁾

2 サイクルでは未燃焼HCの排出が多いため、排気系でサーマルリアクタ、アフタバーナによりHC、COの後処理に適し、又酸化触媒も使用し得る。

(3) 国産ガソリンエンジンの排ガス対策一覧

日本車の53年排ガス対策は既述(1)(2) 項を取捨選択してメーカー別、エンジン別に最良と思われる組み合わせのものを生産している。これによると対策の主流は

- ① 急速燃焼（希薄混合気またはEGR混合気）
- ② EGR（NO_x対策）
- ③ 2次空気（HC，CO対策）
- ④ 触 媒（NO_x，HC，CO，……三元触媒。HC，CO……酸化触媒）

表 3.1 日本車の53年排出ガス対策（53年1月の段階）¹¹⁾

会社名	エンジン基本形式	E G R	2 次空気導入	排気後処理	備 考
トヨタ	① 燃料噴射電子制御	絞り弁式上方注入	無 し	三元触媒	M-EU エンジン（大型）
	② 乱流生成ポット TGP 付き	負圧背圧制御絞り弁下方注入式	リードバルブ式	酸化触媒	12 T-U エンジン（中型）
	③ 従来形	背圧制御絞り弁下方注入式	↑	↑	4 K-U （小型）
日産	① 燃料噴射電子制御	負圧制御絞り弁下方注入式	無 し	三元触媒	セドリック、プレジデント
	② 2 点火プラグ急速燃焼方式	↑	リードバルブ式	酸化触媒	ブルーバード、スカイライン
	③ 従来形	↑	↑	↑	1400 cc 以下（チェリー F-2、サニー、バイオレット）
三菱	渦流生成ジェット方式	絞り弁下方注入 2 段階減	無 し	酸化触媒（小型）	
東洋工業	① スワール強化 SCS（レンジプロ）	絞り弁上下流 2 段注入	リードバルブ式	三元触媒	触媒は高負荷時以外は酸化のみ
	② サーマルリアクタ方式（ロークリ）	負圧制御	エアポンプ	サーマルリアクタ	12 A エンジン
	③ 希薄燃焼方式（ロータリ）	無 し	↑	三元触媒	13 B エンジン
ホンダ	① プロテクタ付き副室予燃焼 CVCC	無 し	無 し	酸化触媒（小型）	排気系内 CO/HC 再燃焼促進
	② 副室予燃焼 CVCC	絞り弁上下流 2 段注入負荷制御	↑	酸化触媒	EM エンジン（ED の燃焼室改良形）
富士重工	従来形 SEEC-T	絞り弁下方注入負圧制御	リードバルブ式	無 し	↑
ダイハツ	渦流生成ポット TGP 付き	絞り弁下方注入 2 段階減	リードバルブ式	酸化触媒（小型）	触媒は主として保温用
いすゞ	従来形	負圧背圧制御絞り弁下方注入式	リードバルブ式	酸化触媒	
鈴木	2 サイクル	無 し	エアポンプ式	2 段式酸化触媒	

⑤ サーマルリアクタ (HC対策)

となっている。

(4) ディーゼルエンジンの排ガス対策

ディーゼルエンジンの排出物としてはガソリンエンジンの排出物HC、CO、NO_xの他に黒煙とアルデヒド類がある。ディーゼルエンジンの空気過剰率は非常に大きく O₂ 過剰であるからCO、HCの排出は低レベルであるが燃焼開始直前に燃料噴射されるので燃料の完全気化は困難で、部分的に O₂ 不足となる可能性があるから油滴はむし焼きになり、黒煙あるいは燃焼中間生成物としてアルデヒドの状態で排出されることが考えられる。

また、冷態時に発する白煙や中低負荷における青煙には未燃焼HCが含まれ、HCの一部は部分的に酸化されてアルデヒド、ケトン、酸になり、あるものは微量ながら臭気の原因ともなる。

一方ディーゼルエンジンは高圧縮比の上さらに熱効率をあげるためできるだけ圧力、温度の高い上死点附近で燃焼を完了させる必要があるため、排気温度は低い。そのため排気系内の再反応によるHC、COの減少は可能性がなく、排ガス規制の強化にともない、排気対策はガソリンに比し必ずしも有利な点ばかりではない。

(a) CO対策

いわゆるマスキレーベルにも合致するので最も問題が少ないが、容積効率改善による空気量増加、燃焼室および燃料噴射系の改善による空気利用率の向上が有効である。吸気ポートをスパイラルにしたり (図 3.66(a))、吸気弁にシュラウド (案内板) を付ける (図 3.66(b)) などにより燃焼室内にスワールを発生させ空気と燃料の混合を促進し、黒煙、HC、COを低減させる研究がされている。

(b) HC対策

HCの発生は主として壁面のクエンチング、不斉噴射、燃料のあとだれが原因である。直噴に比し、予燃焼室の場合は燃料噴射が予燃焼室内に止められ、予燃焼室内が高温に保たれるためHC排出が少ない。直噴の場合、噴射ノズルのサックポリウム減少が有効である。これは排気行程中に排気ガスの一部がノ

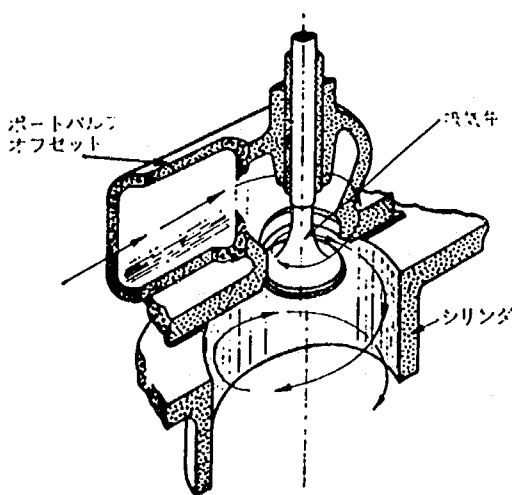


図 3.66(a) 吸気孔でのスワールの発生¹¹⁾

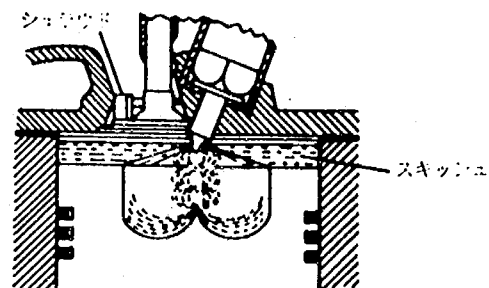


図 3.66(b) シュラウドとスキッシュによる旋回運動¹¹⁾

ズル噴孔を通じてノズル先端に溜っている燃料をもち去り、この燃料が不完全燃焼の状態で大気に排出されると考えられる。図 3.67 にサックボリウムと HC 排出値との関係の一例を示す。HC、CO 対策に酸化触媒を使うことは黒煙による触媒劣化のため不可能である。

(c) NO_x 対策

- ・ NO_x は燃焼室の形式により最も影響される排出物である (図 3.68)。

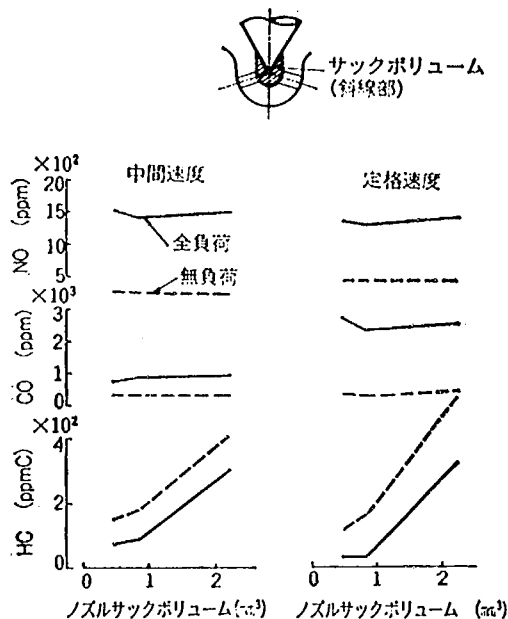


図 3.67 HC 排出濃度に対するノズルサックボリウム (mm³) の影響 (直接噴射式エンジン)¹¹⁾

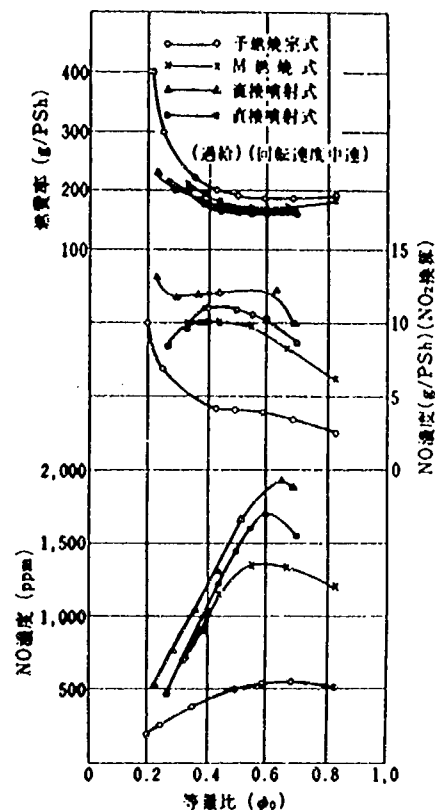


図 3.68 ディーゼルエンジン各種燃焼室⁹⁾の排出濃度、燃費率の特性

予燃焼室式は他の形式に比し NO 濃度 (ppm)、燃費率 (g/ps·h) とともに低い。これは燃焼開始時に予燃焼室内がリッチ空燃比で、さらに燃焼開始後直ちに主室に噴出しガスが冷却されるため NO が生成しにくい。

直接噴射式は NO 排出は最多であるが、噴射時期、噴射期間、噴射率などを最適化することにより低減の可能性はある。又、燃費率が良いという最大の利点をもっているから総体的に有利になる可能性をもっている。

・ 噴射時期の遅延 (タイミングリタード) :

タイミングリタードは上死点附近で燃焼する燃料量が減少し、最高燃焼ガス温度が低下するため NO_x 低減効果が大きく有効である。しかし出力、燃費率の悪化、拡散燃焼割合の増加による CO の増加、平均ガス温度低下による HC 増加、排気温度上昇、始動性悪化などの欠点がある。さらに直噴式では黒煙の悪化を伴う。

その対策としては、燃焼室形状、副室容積比、噴孔面積比による燃焼改善や燃料噴射系の改良、吸排気系の改善などが必要である。

◦燃料噴射率：

直噴エンジンでは燃料噴射率を高くすると上死点附近で燃焼する燃料量が多くなり出力増加が図れ、また同時に燃料と空気の混合状態が改善され空気利用率が向上するため黒煙が減少する。よってタイミングリタードによる NO_x 低下に伴う性能低下を、燃料噴射率増加によりある程度回復できる。

◦過給：

排出ガス対策の1つとして過給により十分な空気を供給し、黒煙、HC、COとともに NO_x も減少することが試みられているが、空気は過給機内で圧縮後は高温となりそのままでは NO_x 増大の傾向となる。このため中間冷却器により過給空気を冷却することも研究されている。

◦排気ガス再循環 (EGR)：

EGRにより燃焼最高温度を下げNOを低下する効果はある(図3.69)が、ディーゼルエンジンの燃焼は常に過剰空気下でおこなわれているため排ガス中にも O_2 が多く含まれガソリンエンジンにおけるNO対策のように燃焼抑制の効果がえがたい。またEGRガスを冷却しないまま還流すると黒煙、COの増加を来し、かつディーゼル排気にはカーボン、硫黄分が含まれるからエンジン各部に摩耗、腐蝕などの悪作用を与える。

◦水噴射：

吸気管、シリンダーなどへ水を噴射してシリンダー内ガスの熱容量を高め燃焼ガス温度を下げて NO_x を低下させる(図3.70)。

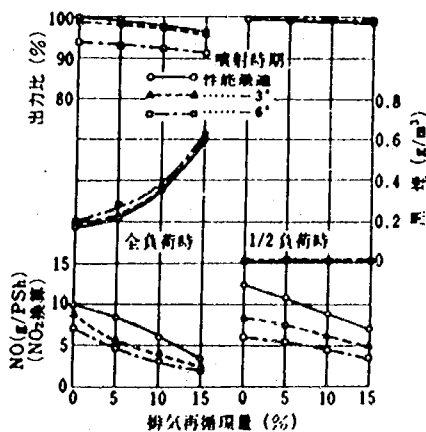


図3.69 ディーゼルエンジンにおける排気再循環の NO_x 排出量に対する影響⁹⁾

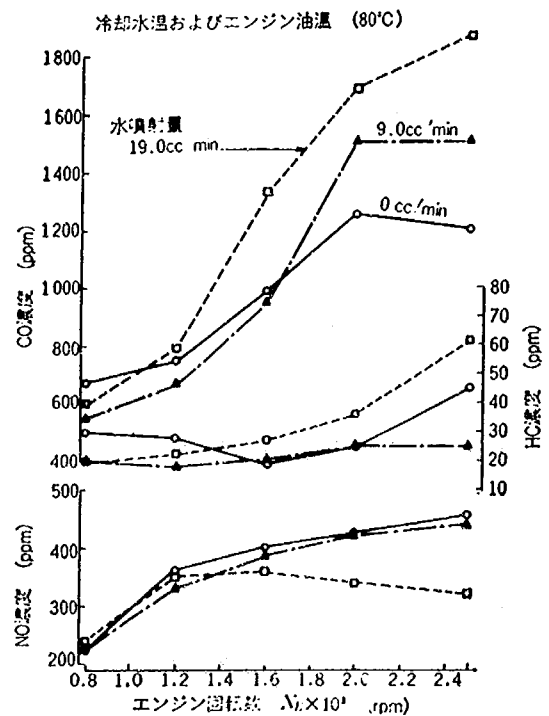


図3.70 水噴射の排出ガスに及ぼす影響¹¹⁾
(冷却水温およびエンジン油温80℃)

この場合火炎が冷却されるためHCの増加を来し、かつ水によるオイル劣化、シリンダライナ腐蝕、および冬期凍結の問題がある。

◦ 混合燃料：

軽油にガソリン、アルコールなどを混合して噴射すると、ガソリン、アルコールは沸点が低く、気化潜熱が大きいから噴射時に温度低下しかつ着火温度も高いから着火遅れが長くなり予混合燃焼が増大し、拡散燃焼が減少するためCO、黒煙は減少するがNO_xは増大する。水エマルジョン燃料はNO_x低減効果はある(図3.71)がHC、COは増大する。水中油滴型と油中水滴型の2種がある。

◦ 還元触媒：

ディーゼル排ガス中には多量のO₂が含まれ、かつ黒煙や硫黄分を含むから触媒の早期劣化を来し、実用は難しい。

(d) 黒煙対策

CO、HC、NO_x以外に排ガスではないがディーゼルでは黒煙が排出されてその対策もCO、HC対策に共通な点がある。ディーゼルエンジンの燃焼は既述のとおり不均一空燃比の状態でおこなわれるから、燃料が局部的にO₂不足のまま高温にさらされるため熱分解をおこし炭素の遊離は不可避である。

遊離炭素は膨張行程で再燃焼できれば煙は防止できるはずで、これを妨げる条件たとえば火炎冷却、低壁温は避ける必要がある。積極的な対策としては、M燃焼法や制煙添加剤(Ba化合物)があり添加剤の効果はある(図3.72)。

この他排気管で煤を分離し捕捉する案もある。

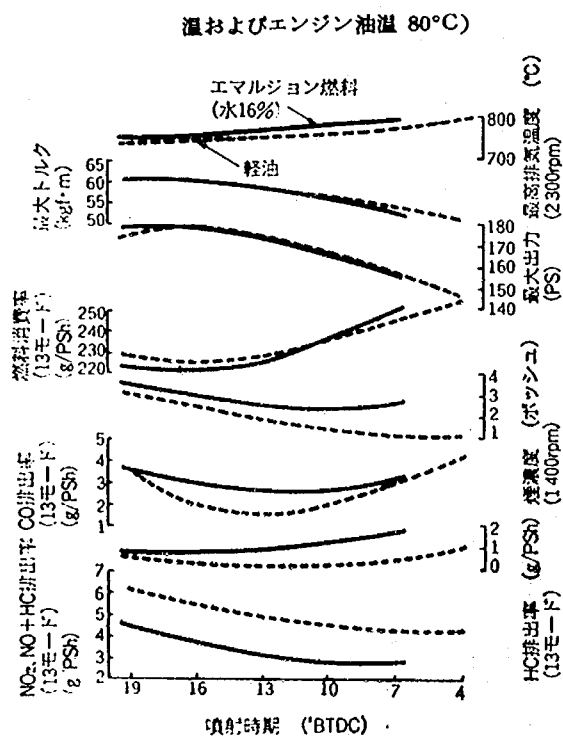


図 3.71 エマルジョン燃料の効果
(水中油滴型の試験結果、排出ガス、
燃費は13モードによる値)¹⁾

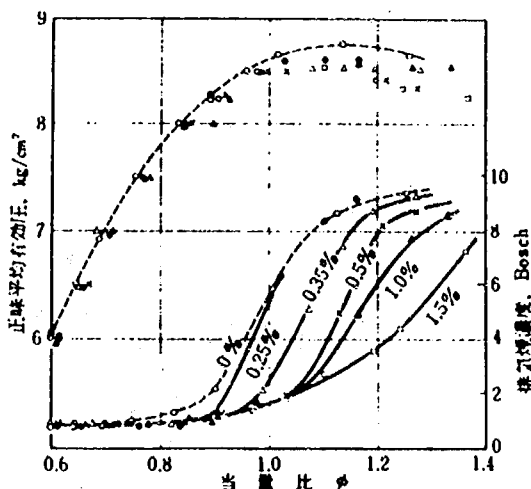


図 3.72 制煙添加剤の効果²⁾

3.3.2 自動車の排ガス対策の将来

(1) 排ガス規制の現状

排ガス対策技術は排ガス規制値に直接影響され、規制値の緩急により対策技術の限度も自から定まるため、日本の排ガス規制につき、まず言及する。

昭和48年規制からそれまでの濃度規制(%)から10モード試験(オットサイクル)(図3.73)による重量規制(g/km)となり対象ガスもCOのみならずHC, NO_xも追加された。

昭和50年規制からは11モード試験(コールドサイクル)が加えられ、排出量の多い暖機運転中のHC, CO, NO_xも加味されることになり(図3.74)乗用車に対し昭和48, 50, 51, 53年と規制値が厳しくなった(表3.2(a))。

3.1(b)表に乗用車(除、ディーゼル車)、3.2表に軽量車および中量車(トラック)の現行の規制値を示す。表3.2(b)のように乗用車ではNO_x規制値が逐年厳しくなり53年が最終目標(0.25 g/km, 10モード)で、軽量・中量車に対しては規制強化は乗用車より遅れている(表3.3)。ディーゼル乗用車、大型ディーゼルトラックについても現行規制値(表3.2(a))を見直す目標値は決まりつつある。

乗用車(表3.2)については50年までは規制値通り実施されたがメーカーの開発努力に関らずNO_x最終目標値(0.25 g/km)を51年度までに達成するに至らず環境庁はこれを53年度まで延期し、世界で最も厳しい値(図3.75)を達成した。

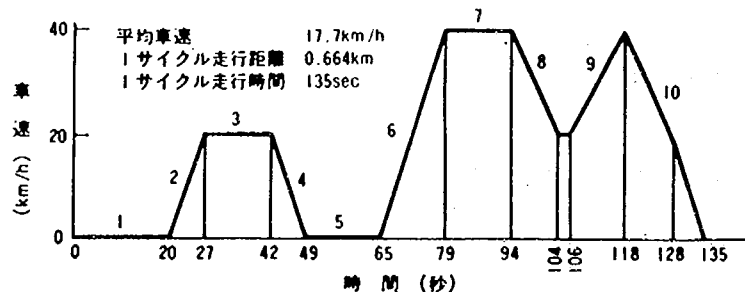


図 3.73 10モード試験法走行パターン²³⁾

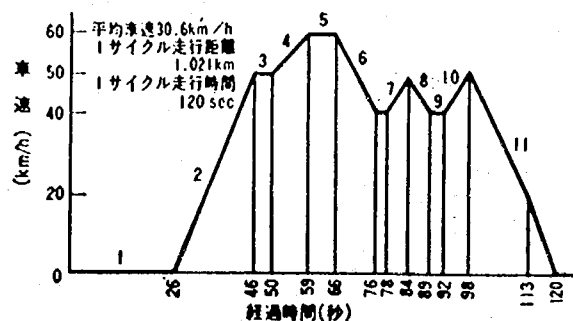


図 3.74 11モード(コールドサイクル)試験法走行パターン²³⁾

表 3.2 (a) わが国の自動車排出ガス規制（四輪車）（自工会調べ）¹¹⁾

Calendar Year		1975	1976	1977	1978	1979	1980	製 造 方 式			
① 乗用車 (1) ○定員10人以下 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1	新製51.4.1 新造52.3.1		新製53.4.1 新造54.3.1 輸入54.4.1			新製機：貯蓄式 ()内：平均値			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	0.84 (0.60) 0.00 (0.00)	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1	新製51.4.1 新造52.3.1								
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	1.00 (0.65) 0.00 (0.00)	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
② 乗用車 (2) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1	新製51.4.1 新造52.3.1			新製54.1.1 輸入54.4.1 新造54.12.1		③ 4年規制			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	1.00 (0.65) 0.00 (0.00)	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1		83.9.30							
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	0.30 (0.25) 0.5 (7.0)	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
③ 乗用車 (3) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1		83.9.30				さらに4年規制 新製54.1.1 輸入54.4.1 新造54.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	0.30 (0.25) 0.5 (7.0)	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
④ 乗用車 (4) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						4サイクルの排気管について 1979 1980 新製7.11.1 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
⑤ 乗用車 (5) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						7年規制 新製7.11.1, 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
⑥ 乗用車 (6) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						7年規制 新製7.11.1, 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
⑦ 乗用車 (7) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						7年規制 新製7.11.1, 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
⑧ 乗用車 (8) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						7年規制 新製7.11.1, 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
⑨ 乗用車 (9) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						7年規制 新製7.11.1, 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
⑩ 乗用車 (10) ○定員10人以上 ○年間販売数量 1,000台以上 (1,000台未満 C)	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1						7年規制 新製7.11.1, 新造7.12.1			
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									
	通 用 日	新製50.4.1 新造50.12.1									
	HC	10モード 11モード 0.30(0.25) 0.50(1.00)	--	--	--	--	--				
	CO	10モード 11モード 0.50(1.00) 0.80(1.60)	--	--	--	--	--				
	NO _x	10モード 11モード 1.00(1.50) 1.0 (9.00)	--	--	0.68 (0.25) 0.0 (4.0)	--	--				
	アイドリング スロースタ 制 定 法	4.5% 2 (g/100t) CVS+10/11モード									

使用過程車に対する排出ガス規制

			規制時期	規制内容
ガソリン車・LPG車	一酸化炭素 (CO)	アイドル規制	45. 8. 1 47.10. 1	最高濃度 5.6 % (常時) " 4.6 % (")
	炭化水素 (HC)	装置規制 アイドル規制	48. 5. 1以降順次 50. 1. 1	排出ガス減少装置義務付, 点火時期調整義務付 最高濃度 7800 ppm (常時), 2 サイクル特殊 3300 ppm, その他 1200 ppm
	窒素酸化物 (NO _x)	装置規制	48. 5. 1以降順次	排出ガス減少装置義務付, 点火時期調整義務付
ディーゼル車	粒子状物質	排気煙規制	50. 1. 1	汚染度 50 %

表 3.2 (b) 乗用車の排出ガス規制

区分	測定方法	48年度規制		50年度規制	51年度規制		53年度規制
		G	L	G・L	G・L		G・L
CO	10モード(g/km)	26.0	18.0	2.70	←		←
	11モード(g/test)			85.0	←		←
HC	10モード(g/km)	3.80(22.5)	3.20	0.39(5.60)	←		←
	11モード(g/test)			9.50(33.0)	←		←
NOx	10モード(g/km)	3.00(0.5)	3.00	1.6(0.5)	0.84	1.20	0.48
	11モード(g/test)			11.0(4.0)	8.00	9.00	6.00
新型車の適用時期		48.4.1		50.4.1	51.4.1		53.4.1
継続生産車の適用時期		48.12.1		50.12.1	52.3.1		54.3.1

(注) (1) Gはガソリン燃料車。LはLPガス燃料車。

(2) 1トン以下および1トンを超えるものは、等価慣性重量を示す。なお、4サイクル軽自動車は1トンを超えるものに含まれる。

(3) ()内の数値は、2サイクル軽乗用車の規制値を示し、50年度規制にあっては、51.4.1から適用された。なお、2サイクル軽自動車のHCの50年度規制については、()内の数値が新型車に50.12.8から52.9月末までの期間、継続生産車に51.4.1から52.9月末までの期間、暫定値として適用された。

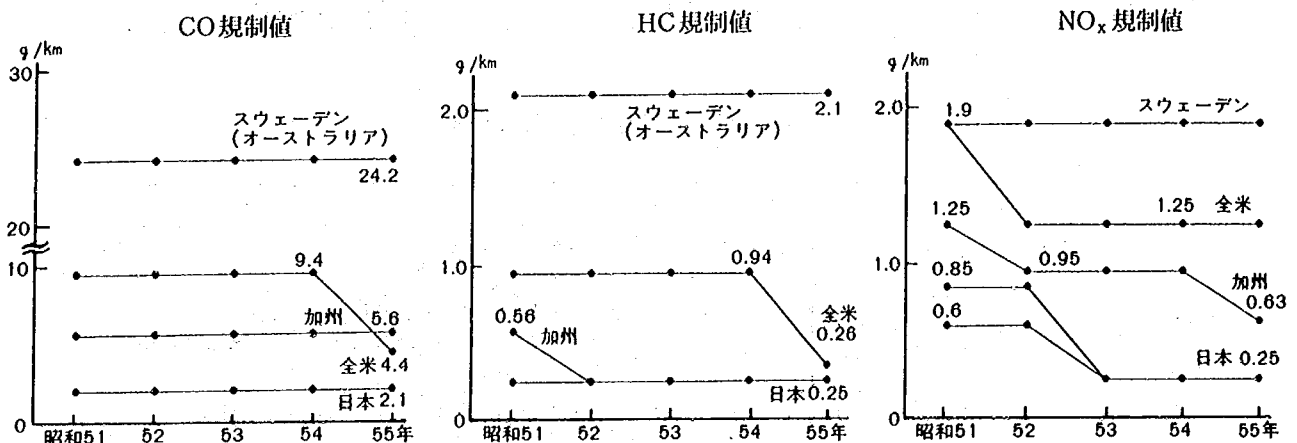
(4) 輸入自動車の適用時期は、50年度規制にあっては、51.4.1から、51年度規制は53.3.1から、また53年度規制は56.4.1から適用される。

表 3.3 軽量車および中量車の排出ガス規制²³⁾

区分	測定方法	48年度規制		50年度規制	54年規制	56年規制
		G	L	G・L	G・L	G・L
CO	10モード(g/km)	26.0	18.0	17.0	←	←
	11モード(g/テスト)			130.0	←	←
HC	10モード(g/km)	3.8	3.20	2.70	←	←
	11モード(g/テスト)			17.0	←	←
NOx	10モード(g/km)	3.00	3.00	2.30	1.4(1.6)	0.84(1.26)
	11モード(g/テスト)			20.0	10.0(11.0)	8.0(9.50)
新型車の適用時期		48.4.1		50.4.1	54.1.1	56.1.1 (56.12.1)
継続生産車の適用時期		48.12.1		50.12.1	54.12.1	56.12.1 (57.11.1)

(注) (1) Gはガソリン燃料車。LはLPガス燃料車。

(2) ()内は、中量車を示す。

図 3.75 乗用車の排出ガス規制値の国際比較²⁶⁾

一方、未強化のトラック(ガソリン)、バスについても規制強化の方向を辿りつつある。ディーゼル車の規制は昭和47年よりディーゼル黒煙の規制があったが49年からHC、CO、NO_xに対する規制が始まった。昭和52年12月の中公密答申「自動車排出ガス許容限度長期設定方策について」を受け、環境庁は53.1.30、第1段階の規制値を告示し、昭和54年4月から適用されている(表3.4)。

表3.4 自動車排出ガス許容限度長期設定目標(NO_x)¹⁾

自 動 車 の 種 別		許容限度目標値 (平均値)		対現行低減率 (%)		測 定 の 方 法	車 種
		第 1 段階	第 2 段階	第 1 段階	第 2 段階		
軽油を燃料とする普通自動車および小型自動車	直 接 噴 射 式	540 (ppm)	470 (ppm)	17	18	ディーゼル自動車用6モードによる測定	ディーゼル
	副 室 式	340 (ppm)	290 (ppm)	11	24		
ガソリンまたはLPGを燃料とする普通自動車および小型自動車（専ら乗用の用に供する乗車定員 10 人以下のものを除く）	車両総重量が 2 500 kg を超えるもの	1 100 (ppm)	750 (ppm)	29	52	6 モードによる測定	重量ガソリン
	車両総重量が 1 700 kg を超え 2 500 kg 以下のもの	1.2 (g/km)	0.9 (g/km)	33	50	10モードによる測定	中量ガソリン
	車両総重量が 1 700 kg 以下のもの	1.0 (g/km)	0.6 (g/km)	44	67		軽量ガソリン
	軽自動車（専ら乗用の用に供するものおよび 2 サイクルエンジンを有するものを除く）	1.2 (g/km)	0.9 (g/km)	33	50		軽自動車

注1. 第1段階の目標値は、昭和54年に達成すべきである。
 2. 第2段階の目標値による規制は、第1段階の規制実施の数年後、遅くとも昭和50年代中には実施される必要があると考える。
 3. 「自動車排出ガス許容限度長期設定方策について(答申)」昭和52年12月26日、中央公害対策審議会より

第2段階目標値に対し中公密は次のような注釈を付けている。

(注1) 軽量ガソリン車及び中量ガソリン車の第二段階目標値は、昭和56年規制として、軽量ガソリン車については昭和56年1月1日から新型車に、昭和56年12月1日から継続生産車に対して適用され、また、中量ガソリン車については、昭和56年12月1日から新型車に、昭和57年11月1日から継続生産車に対して適用される。

なお、輸入車については新型車、継続生産車とも軽量ガソリン車が昭和58年4月1日から、中量ガソリン車が59年4月1日から適用される。

(注2) 重量ガソリン車、軽自動車及び副室式ディーゼル車の第二段階目標値は、昭和57年規制として重量ガソリン車、軽自動車及び副室式ディーゼル車のうちの乗用車については昭和57年1月1日から新型車に、昭和57年12月1日から継続生産車に対して適用され、また乗用車以外の副室式ディーゼル車については昭和57年10月1日から新型車に、昭和58年9月1日から継続生産車に対して適用される。

なお、輸入者については重量ガソリン車、軽自動車及び副室式ディーゼル車について新型車、継続生産車とも昭和59年4月1日から適用される。

(注3) 二サイクル・エンジンの軽自動車 NO_x 規制平均値は、10モード測定法で0.3 g/kmである。

なおその後、直噴(D1)ディーゼル車についても第2段階適用期日が決められこれらをまとめると表3.4(a)となる。

表 3.4 (a) 第 2 段階適用期日

車 種			年 度	新 型 車	継 続 生 産 車
ディーゼル車	普通, 小型	D I	58	58, 8 月	59, 7 月
		I D I	57	乗用 57, 7 月	57, 12 月
				非乗用 57, 10 月	58, 9 月
重量ガソリン	普通, 小型 (除, 乗用)		57	51, 1 月	57, 12 月
中量ガソリン			56	56, 12 月	57, 11 月
軽量ガソリン			56	56, 1 月	56, 12 月
軽 自 動			57	57, 1 月	57, 12 月

・ディーゼル乗用車：

環境庁ではディーゼル乗用車の排出ガス規制強化の目標設定に努力しているが「ディーゼル乗用車については、その排出ガス低減技術の状況を考慮すれば、直ちにガソリン乗用車と同程度の規制を課することは困難であるが、今後の技術開発の状況、保有台数の動向等によっては試験方法も含め、トラックとは別に規制する必要がある」としている。

石油価格の上昇につれ、国内ディーゼル乗用車は急増し、昭和50年来の5千台から昭和55年8月末の25万8千台と保有台数は5年間で50倍に伸び、今後も増加し続けるであろう。

乗用車用ディーゼルエンジンはトラック、バスに比し低負荷での使用頻度が多く、黒煙低減が比較的容易であるからEGRの使用には有利で各メーカーとも重点的に開発している。

表 3.10 にディーゼル乗用車の排気規制強化目標を示す。

現在、ディーゼル乗用車に用いられている排気測定法（D6モード）は高負荷を対象としたトラック、バス用に設定されたもので、乗用車用モードとしては不適で、10モードを採用することにしている。

環境庁の調査によると、現在生産されているディーゼル乗用者は（国産、輸入とも）57年度規制（表 3.4, 第2段階, D6モード）への対応は可能であり、さらに上記目標値達成に向けて各メーカーとも開発努力中である（表 3.11）。

(2) 今後の排ガス対策

我が国の排ガス規制は世界で最も厳しく（図 3.75）、しかも各メーカーとも NO_x , 0.25 g/km (at 10モード) に対応済みである。しかしこれを達成し、かつ出力、燃費率、運転性を確保するために既述のような多くの附加装置がエンジン自体および吸排気系にとりつけられ、コストアップとともに構造的にかなり複雑化しており部品の耐久性、信頼性からもこれ以上の複雑化はハード的に実用化困難であるといわれている。また、ソフト的にも排気性能と燃費性能が実用的に両立し得る限界と思われる。

図 3.76 は急速燃焼（2点火プラグ方式）により、点火時期とEGR量の両方を調整した場合、どこまで NO_x を減らし、燃費率（BFS）改善が得られるかの限界を示したもので、 $\text{NO}_x = 6 \text{ g/h}$ の線は10モード NO_x 規制値 0.25 g/km を確保するために必要な NO_x 排出率である。急速燃焼により NO_x 最

表 3.5 昭和 56 年規制対策の概要（軽量ガソリン車）²²⁾

会社の別	研究開発目標値	研究開発 車種数	研究開発値	NOx の 低 減 対 策			NOx 低減に伴う諸性能の悪化の改善対策		コスト上昇率 (%)	今 後 の 方 針
	10モードNOx 値(g/km)		10モードNOx 値(g/km)	E G R		CO及びHCの低減対策	ドライバビリティ及び 燃料消費率の改善対策			
				制 御 方 式	(注) 率(%)					
A	0.48	4	0.45～0.55	排圧制御式	11～12	EGRの増量 EGR制御の改良	酸化触媒の採用 二次空気導入の採用	空燃比の部分的過濃化	2～4	触媒の耐久性確認
B	0.48	4	0.45～0.48	負荷比例式	12	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量	酸化触媒の採用 二次空気導入の採用	燃焼室形状及び吸気 ポート形状の変更 点火時期の進角	1.3～2.0	触媒の耐久性確認
C	0.51	4	0.48～0.50	負圧制御式 (シングルバルブ式) + サブEGR弁	17～20	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量	JET燃焼方式の採用	JET燃焼方式の採用 サブEGR弁の採用	2～3	二次空気導入の採用 減速時HC制御の改良
D	0.50	3	0.2～0.5	(EGRの廃止)	—	三元触媒の採用	三元触媒の採用	—	4～5	触媒の耐久性確認 CO低減のためのエンジ ンモディフィケーション
				負圧制御式	12	三元触媒の採用	三元触媒の採用 保温型マニホールドの採用	—		
E	0.52	1	0.52	負圧制御式	12	EGRの増量 点火時期制御の改良	気化器の改良 ダッシュボットの改良	気化器の改良 点火装置の改良	2	燃料消費率改善のための 圧縮比、減速比等の変更
F	0.54	1	0.51	—	—	CVCCエンジンの採用	CVCCエンジンの採用	CVCCエンジンの採用	4	
G	0.55	1	0.53	排圧制御式	14	EGRの増量	—	EGR制御の最適化 点火時期の進角	3	ドライバビリティの改善

(注) 最大混入率を示す。

表 3.6 昭和 56 年規制対策の概要 (中量ガソリン車)²²⁾

会社の別	研究開発目標値	研究開発車種数	研究開発値	NOx の低減対策			NOx 低減に伴う諸性能の悪化の改善対策		コスト上昇率 (%)	今後の方針
	10モードNOx 値(g/km)		10モードNOx 値(g/km)	EGR		CO及びHCの低減対策	ドライバビリティ及び 燃料消費率の改善対策			
				制御方式	率(%)					
A	0.72	2	0.62～0.64	排圧制御式	10～12	EGRの増量	酸化触媒の採用	空燃比の部分的過濃化	2～4	触媒の耐久性確認
B	0.72	4	0.64～0.71	負荷比例式 排圧制御式	10～18	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量 点火時期制御の改良	酸化触媒の採用 二次空気導入の採用	燃焼室形状及び吸気ポ ート形状の変更	1.2～2.0	触媒の耐久性確認
C	0.81	1	0.72	排圧制御式	20	EGRの増量	燃焼室形状、吸気ポ ート形状及び気化器の改良	燃焼室形状、吸気ポ ート形状及び気化器の改良	(注) —	熱負荷に対するエンジン 補機等の耐久性確認 11モードNOxの低減
D	0.76	2	0.69～0.70	負圧制御式 (シングルバルブ式) +サブEGR弁	17	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量	JET燃焼方式の採用	JET燃焼方式の採用 サブEGR弁の採用	2～3	二次空気導入の採用 減速時HC制御の改良
E	0.74	4	0.4～0.7	負圧制御式	7～8	三元触媒の採用 空燃比の過濃化	三元触媒の採用		4.2～4.6	触媒の耐久性確認 触媒温度の低下

(注) C社のコスト上昇率については、同型車の54年規制対策車を生産していないため不明。

表 3.7 昭和 57 年規制対策の概要 (重量ガソリン車)²²⁾

会社の別	研究開発目標値	研究開発 エンジンの 型式数	研究開発値	NOx の 低 減 対 策			NOx 低減に伴う諸性能の悪化の改善対策		コスト上昇率 (%)	今 後 の 方 針
	6モードNOx 値 (ppm)		6モードNOx 値 (ppm)	E G R		CO及びHCの低減対策	ドライバビリティ及び 燃料消費率の改善対策			
				制 御 方 式	率 (%)					
A	600	1	615	排圧制御式	7	EGRの採用 空燃比の濃厚化 点火時期制御の改良			1～2	簡素なシステムにより 対応
B	610	2	660 700	負荷比例式 排圧制御式	15 10	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量	減速時HC制御の変更 (減速時負圧制御装置)	燃焼室形状及び吸気ホー ト形状の変更	0.1～0.8	エンジン型式に合わせた 対策の選択、エンジンル ーム内の耐熱性の確保
C	675	1	725	負圧制御式	10	EGRの採用	二次空気噴射の採用 ダッシュボットの採用	空燃比の過濃化 燃焼室形状の変更	3.0	熱負荷に対するエンジン 補機類の耐久性確保
D	640	1	730	負圧制御式	15	EGRの採用	空燃比及び点火時期制 御の最適化		(注) —	二次空気導入の採用等を 含めたシステムの見直し

(注) D社のコスト上昇率については54年規制対策車を生産していないため不明。

表 3.8 昭和 57 年規制対策の概要 (軽自動車)²²⁾

会社の別	研究開発目標値	研究開発車種数	研究開発値	NOx の 低 減 対 策			NOx 低減に伴う諸性能の悪化の改善対策		コスト上昇率 (%)	今 後 の 方 針
	10モードNOx 値 (g/km)		10モードNOx 値 (g/km)	E G R		CO及びHCの低減対策	ドライバビリティ及び 燃料消費率の改善対策			
				制 御 方 式	率 (%)					
A	0.76	1	0.70	負圧制御式 (シングルバルブ式) + サブEGR弁	12	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量	JET燃焼方式の採用	JET燃焼方式の採用 サブEGR弁の採用	2~3	二次空気導入の採用 ドライバビリティの改善 のための空燃比、EGR 等の最適化
B	0.75~0.80	1	—	排圧制御式	(未定)	EGRの採用	気化器の改良 スロットルポジションナの改良	EGR制御の改良	2.5	システムの細部の決定
C	0.95	1	0.95	負圧制御式	8	EGRの採用 点火時期制御の改良	二次空気導入の採用 スロットルオープンナの改良		(注) —	熱害に対する排出ガス対 策部品等の耐久性確認 騒音の低減
D	0.81	2	0.80~0.81	負圧制御式	14	EGRの増量	二次空気導入の採用 スロットルオープンナの改良	燃焼室形状の改良 EGR制御の改良	2	熱害に対する排出ガス対 策部品等の耐久性確認
E	0.82	2	0.82~0.84	排圧制御式	15	EGR制御方式の変更 によるEGRの増量	減速時HC制御の変更 (スロットルポジションナ)	点火時期制御の改良	3~4	ドライバビリティ等の改 善のための排出ガス対策 の最適化

(注) C社のコスト上昇率については対策が未決定であるため不明。

表 3.9 第二段階規制対策技術の概要（直接噴射式）²²⁾

会社の別	研究開発目標値 D6モード NOx 値 (ppm)	各社における 研究開発の分類	研究開発値 D6モード NOx 値 (ppm)	NOx 低減技術	NOx 低減に伴う諸性能 の悪化の改善対策技術	低温時始動性の悪化、熱負 荷増大等の改善対策技術	長期的な研究開発項目
A	第1ステップ 450 第2ステップ 430	—	458～466	スワールの低減 中間冷却器の採用 (過給機付エンジン)	燃焼室系 リエントラント型燃焼室の採用 燃料噴射系 スワールの低減に伴う再適合	低温時始動性対策 圧縮比の増大、吸気加熱の増量 熱負荷対策(ピストン) 表面処理	
B	430	—	449～463	燃料噴射時期の遅延 中間冷却器の採用 (過給機付エンジン)	燃焼室系 リエントラント型燃焼室の採用 燃料噴射系 燃料噴射率の増大 吸排気系 容積効率の向上、乱れの利用	低温時始動性対策 吸気加熱の増量 熱負荷対策(ピストン) オイルジェット、冷却空胴付ピストンの採 用	
C	420	第一分類	424	燃料噴射時期の遅延	燃料噴射率の増大		
		第二分類	445～458	燃料噴射時期の遅延 品質管理の強化	燃料噴射率の増大、特殊な燃焼室の採用 吸気ポート形状の変更による吸入効率の向上	低温時始動性対策 吸気加熱の増量、始動用予熱栓の容量増大	
		第三分類	463	燃料噴射時期の遅延	燃料噴射率の増大、特殊な燃焼室の採用		
		第四分類	470	スワールの低減またはEGR の採用	燃焼室系 特殊な燃焼室の採用 燃料噴射系 スワールの低減に伴う再適合 吸排気系 容積効率の増大	低温時始動性対策 吸気加熱の増量	電子制御の利用
D	430	無 過 給	450～470	スワールの低減 品質管理の強化	燃焼室系 リエントラント型燃焼室又は特殊な燃焼室 の採用 燃料噴射系 スワールの低減に伴う再適合 吸排気系 容積効率の向上、乱れの利用	低温時始動性対策 吸気加熱の増量、エキゾーストシャット、 燃料噴射ポンププランジャのリード、オイル パンヒータ、クランクケースヒータの採用 熱負荷対策(ピストン) オイルジェット、冷却空胴付ピストンの採 用	
		高通給率	490 (中間冷却器無の値)	中間冷却器の採用、スワール の低減、品質管理の強化	同 上	同 上 熱負荷対策 圧縮比の低減	
		低通給率	490 (本格的な対策未実施)	燃焼室の冷却、弁開閉時期の 変更、吸排気系の改善、燃料噴 射時期の遅延、品質管理の強化	同 上	無過給の値と同じ	

表 3.9 - 1 57年規制対策技術の概要（予燃焼室式）²²⁾

会社 の別	研究開発目標値	研究開発値	NOx 低減技術	NOx 低減に伴う諸性能 の悪化の改善対策技術
	D6モードNOx 値 (ppm)	D6モードNOx 値 (ppm)		
A	265	234	品質管理の強化	
B	260	280～288	副室容積比の低減 燃料噴射時期の遅延及び その進角特性の変更	燃料噴射ノズルの形状変更 噴孔面積比の低減 熱負荷増大に伴う改善対策
C	260	275	燃料噴射時期の遅延 副室容積比の低減 噴孔面積比の増大	副室の形状の変更 燃料噴射率の増大 熱負荷増大に伴う改善対策
D	260	—	対策方針について検討中	

小レベルは従来型燃焼の 1/4，またMBTにおける燃費率は従来型より10%近く改善されている。この程度が燃焼の急速化，EGR量増大の実用的限界であろう。我が国の規制値としても $\text{NO}_x = 0.25 \text{ g/km}$ (10モード) より更に強化するならば燃費悪化の慮れがある。

ガソリン乗用車以外のディーゼルを含む各車種に対する規制強化目標も57年度規制としてかなり厳しい値となっているが，前述のように国内各メーカはこれに対応可能性を示しており，これら全車の規制が実現すれば世界で最も進んだ排ガス対策が確立することになる。

ディーゼル車に対しては，CO，HC， NO_x の他に微粒子 (Particulate)，アルデヒド，有機アミン，サルフェート，アンモニアなどの排出の問題が残されており，アメリカでは1982年モデルからディーゼル乗用車，トラックについて微粒子規制（表 3.12）が示されており，我が国でも同様の方向に向うであろう。

・石油枯渇の影響

1973年秋 OPEC の石油禁油から端を発し石油需給事情が見直され WAES（世界エネルギー戦略選択研究機構）の予測（図 3.77）では2000年を境に石油需給のアンバランスが生ずる。

現在まで自動車用エンジンの主流となっているレシプロエンジン（オットー，ディーゼル）の主燃料であるガソリン，軽油は原油から精製された一部分に過ぎない軽質油であるから，将来石油不足の場合には原油のうちの重質油（又はこれに近いもの）または石油以外の代替燃料を使用し得るレシプロエンジン以外のエンジンが登場せざるを得ない。図 3.78 は 1972 年，米国イートン社が作った将来エンジンの予想図で，1980年代は成層エンジン（急速燃焼，希薄空燃比）の時代で，1990年以降はランキンサイクル，スターリングサイクルなど外燃機関が主流になるとしている。この予想図は1973年の石油ショック以前に作られたものであるから，現在での予想としてはレシプロエンジンの排気対策に重点をおいた図 3.78の予想よりも外燃機関のシェア拡大が早まるものと予想される。

表 3.9 — 2 5 7 年規制対策技術の概要 (渦流室式)²²⁾

会社 の別	研究開発目標値	研究開発値	NOx 低減技術	NOx 低減に伴う諸性能の 悪化の改善対策技術
	D6モードNOx 値 (ppm)	D6モードNOx 値 (ppm)		
A	265	270	噴孔面積比の増大 品質管理の強化	バルブオーバーラップの縮小
B	260	256～267	燃料噴射時期の進角特性 の変更 噴孔面積比の増大	圧縮比の増大 バルブオーバーラップの縮小 吸排気系の改善 冷却系の容量増大
C	260	—	品質管理の強化 (対策方針を検討中の機 種もある。)	
D	230	240	副室容積比の低減 噴孔面積比の増大 燃料噴射時期の遅延及び その進角特性の変更 圧縮比の低減	燃焼室系、燃料噴射系及び 吸排気系の最適化
E	245～255	238～251	燃料噴射時期の遅延	燃料噴射率の増大 (燃料噴射ポンプ列型→分 配型) 燃焼室系の改善 燃料噴射系の見直し
F	250	242～249	燃料噴射時期の遅延 噴孔面積比の増大	吸排気弁径及び吸排気ポー ト径の増大 ダンピングバルブの採用 エンジンの摩擦抵抗低減 排気バルブインサートの採用
G	240～250	240	燃料噴射時期の部分負荷 域のみの遅延 (燃料噴射ポンプ列型→ 分配型)	冷却系の容量増大

表 3.10 ディーゼル乗用車の排出ガス規制強化に係る車種区分と許容限度設定目標値 (平均値)²²⁾

自 動 車 の 種 別		許容限度設定目標値（平均値）（g／km）			測 定 の 方 法	
		NOx		HC		CO
		第 1 段階(中期)	第 2 段階(長期)			
軽油を燃料とする専ら乗用の用に供する乗車定員	等価慣性重量が1,250kgを超えるもの	0.9	0.6	0.4	2.1	10モードによる測定
10人以下の普通自動車及び小型自動車	等価慣性重量が1,250kg以下のもの	0.7	0.5			

表 3.11 ディーゼル乗用車の研究開発状況の概要 (1/2)²²⁾

会 社 の 別	エンジン・モディフィケーション対策		E G R				そ の 他
	燃 料 噴 射 系	燃 焼 室 系	制 御 方 式	10モード代表 点での EGR 率 (%)	スロットル バルブ採用 の有無	問 題 点	
A	・燃料噴射時期の遅延 ・燃料噴射率の最適化 ・燃料2次噴射の抑制 ・電子制御式燃料噴射ポンプの開発 ・始動補助装置の採用	・圧縮比の変更 ・副室容積比の変更 ・噴孔面積比の変更 ・特殊な渦流室	・エンジン負荷及びエンジン回転数による制御	33	無	・EGRバルブ及び吸気マニホールドへのカーボンの付着 ・エンジンオイルの早期劣化 ・エンジン各部の摩耗が許容限界を超えている	・過給機付エンジンを研究開発中 ・予熱栓の急速加熱システムの採用
B	・燃料噴射時期の遅延 ・燃料噴射ノズルのスロットル隙間及び噴霧角の最適化 ・始動補助装置の採用	・燃焼室形状の最適化 ・噴孔形状の最適化 ・副室容積比の変更 ・噴孔面積比の変更	・エンジン負荷及びエンジン回転数による制御並びに EGRバルブ及びスロットルバルブのフィードバック制御	検討中	有	・現在、EGRシステム機能試験の段階であり、耐久試験段階まで進んでいない	・最終減速比の最適化 ・過給機を生産車に採用済 ・パティキュレート低減装置の開発
C	・燃料噴射時期の遅延 ・燃料噴射量の減少 ・燃料噴射ポンプの改善	・燃焼室形状の最適化 ・圧縮比の低減 ・特殊な渦流室	・エンジン負荷による制御	25	無	・エンジンオイルの早期劣化 ・弁機構各部の摩耗量の増大 ・ピストンリングの摩耗量の増大 ・シリンダライナの摩耗量増大 ・EGR通路の目詰り ・EGR制御弁の固着発生	・過給機付エンジンを研究開発中
D	・燃料噴射ノズル開弁圧の最適化 ・燃料噴射ノズルスプレイピン角度の最適化 ・燃料噴射率の最適化	・副室容積比の変更 ・噴孔面積比の変更 ・燃料噴射ノズル位置の最適化 ・断熱燃焼室の検討 ・圧縮比の変更	・エンジン負荷及びエンジン回転数による制御	17.5 又は 31.5	有	・エンジンオイルの劣化指数がまだ許容限界を超えている ・バルブクリアランスの増加量についてまだ改善の余地あり ・HC等の劣化が大きい	・弁開閉時期の変更、 ・変速比の最適化 ・過給機付きエンジンを研究開発中 ・パティキュレート低減装置の開発

会社 の別	エンジン・モディフィケーション対策		E G R				そ の 他
	燃 料 噴 射 系	燃 焼 室 系	制 御 方 式	10モード代表 点でのEGR率 (%)	スロットル バルブ採用 の有無	問 題 点	
E	・燃料噴射時期の遅延 ・ロードタイマの採用 ・電子制御式燃料噴射ポンプの開発	・渦流室形状の最適化 ・副室容積比の変更 ・噴孔面積比の変更 ・噴孔位置及び噴孔角度の変更 ・燃料噴射ノズル噴射角度の変更	・エンジン負荷による制御	16	有	・現在、EGRシステムの機能試験の段階であり、耐久試験段階まで進んでいない	・過給機付エンジンを研究開発中
F	・燃料噴射ポンプの最適化 ・燃料噴射ノズル及びノズルホルダーの最適化 ・進角装置の進角幅の増大	・燃焼室形状の最適化(PC) ・特殊な形状の副室の研究 ・SCエンジンの研究	・エンジン負荷による制御	最大EGR率 30	無	・生産車に採用	・吸排気弁リフト量の増加
			・エンジン負荷及びエンジン回転数による制御	最大EGR率 45	有	・（過給機付エンジン） ・スロットルバルブの軸受けの摩耗 ・ドライバビリティの悪化	・弁開閉時期の変更
			・エンジン負荷及びエンジン回転数による制御+EGRバルブ及びスロットルバルブのフィードバック制御+吸気情報（吸気量、燃料噴射量等）による制御	検討中	有	・（電子制御式EGR） ・現在、EGRシステムの機能試験の段階であり、耐久試験段階まで進んでいない ・（ポッシュ式EGR） ・燃料温度の上昇 ・全負荷時のEGRの作動停止が不完全	・過給機付エンジンを生産車に採用
G	・燃料噴射時期の遅延 ・燃料噴射時期の進角特性の変更 ・燃料噴射ノズルの作動誤差の改善	・渦流室形状寸法の変更	・エンジン負荷及びエンジン回転数による制御	最大EGR率 15	無 (無過給エンジン用)	・エンジンオイルの劣化が加速され、エンジン各部の摩耗も加速される ・トルクが低下し、ドライバビリティが悪化するとともに、燃料消費率も悪化する ・CO、HC及びバティキュレートが増加する	・過給機付エンジンを研究開発中 ・トラップオキシダイゼの開発 ・酸化触媒の開発
				最大EGR率 25	有 (無過給エンジン用)		
				最大EGR率 23	無 (過給機付エンジン用)		

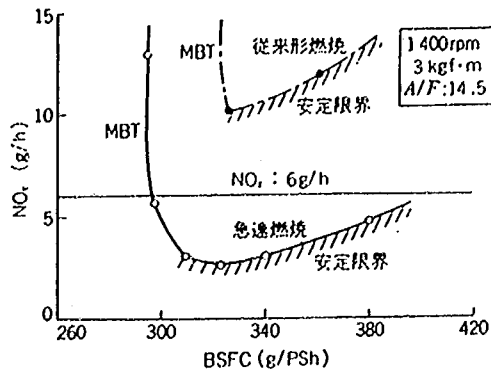


図 3.76 到達 NO_x レベルと燃費の関係¹¹⁾
(日産)

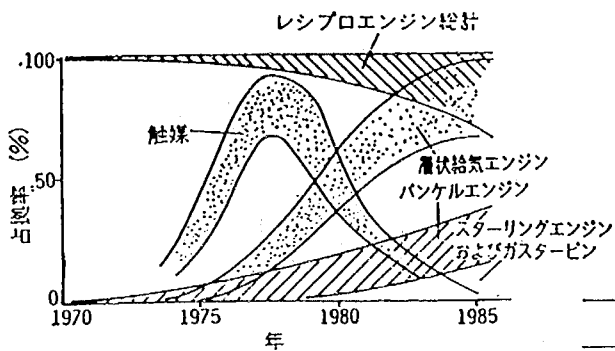
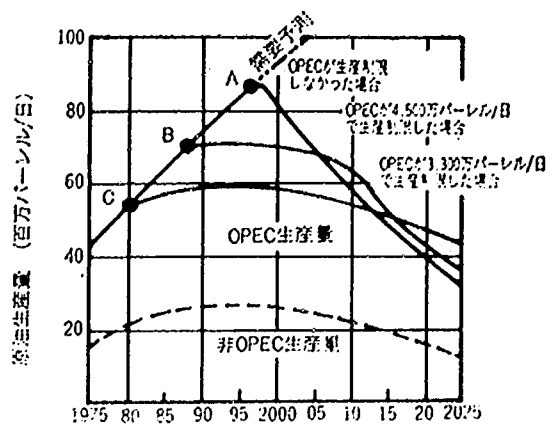


図 3.78 次の10年間の自動車動力¹¹⁾
(1972, 8 Eaton社)



前提

1. 需要の伸び
1975～1985年は3.4%、1985～2000年は2.6%
(参考) 石油ショック(1973年)以前の10年間の実績は6%
2. 新規発見量
1976～2000年は200億バレル/年、2000年以降漸減
(参考) 1935～1970年の平均発見量は、180億バレル/年

図 3.77 自由世界における石油需給の将来予測¹¹⁾

表 3.12 アメリカのディーゼル微粒子排出規制¹¹⁾
(g/mile)

	1982	1985
乗 用 車	0.60	0.20
軽 量 ト ラ ッ ク	0.60	0.26

注: (1) 試験法は EPA ダイナモメータによる都市走行モードテストによる。車両総重量8500 lb を超える重量車については規制値、検討中である。

アメリカの石油消費の50%は交通機関用で、中でも自動車の占める割合が最大であるため、1975年12月成立の Energy Policy & Conservation Act により自動車に厳しい燃費規制をして、そのため排ガス規制は後退しても燃費優先となった。つまり環境第一よりもエネルギー第一と変化した。上記法律により図 3.79の規制値が示され1985年に平均 27.5 MPG (11.7 km/ℓ) の達成を目標としている。

我が国でも昭和54年12月からエネルギー使用の合理化に関する法律(昭和54年法律第49号)における「エネルギー消費効率」として10モード燃費が用いられることが規定された。国内向け自動車の10モード燃費の平均値は一時排ガス規制強化のため劣化したがその後の技術進歩により向上を示している(図 3.80)。

しかし、更に燃費向上を図るため昭和60年までに表 3.13(1) に示す基準燃費を達成すべきことがガイドラインとして示された(54.12.27. 通産省、運輸省告示第1号「自動車の性能向上に関する製造事業者等の判断の基準等」)。

昭和60年度の目標 km/ℓ に対し53年の平均 km/ℓ からの向上比率が大きいのは B, C, D 区分の車種でそのうち特に C 区分(車重 827～1265 kg) の車は表 3.13(2) から生産量最大(73%)であるから目標達成の効果は著しく省エネに影響する。

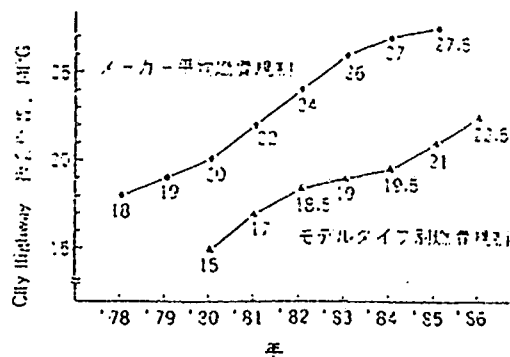


図 3.79 米国自動車燃費規制値²⁷⁾

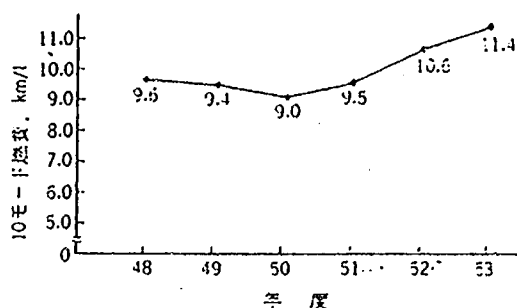


図 3.80 10モード燃費推移²⁷⁾
(国内向け生産の乗用車平均)

表 3.13 (1) 判断基準の目標値における燃費向上率²⁷⁾
(53年度比)

区分	A	B	C	D	総合平均
重量 (kg)	577.5未満	577.5以上 627.5未満	627.5以上 1265.5未満	1265.5以上 2015.5未満	
燃費 (km/l)	19.5	16.0	12.5	8.5	12.8
		13.3			
53年度平均燃費消費率 (km/l)	18.6	14.4	11.1	7.6	11.4
		11.5			
53年度燃費向上率 (A)×(B)×100(%)	+6.5	+11.1	+12.6	+11.5	+12.3
		+13.0			

(2) 昭和53年度の車量重量区別生産台数およびその構成比率

区分	A	B	C	D	計
生産台数 (千台)	176	359	2072	191	2598
構成比率 (%)	6.2	13.8	73.2	6.8	100

以上のような状況から、我が国のレシプロエンジンに対する排ガス規制はソフト、ハードの技術面と省エネの両面から鑑み、現状の程度が限界ではないかと考えられ、今後はレシプロ排ガス対策よりも低質燃料使用の外燃機関などの開発に重点が移行するであろう。

・自動車用新エンジンの開発

アメリカでは1970年大統領教書により自動車用新エンジン開発のためAAPS (Advanced Automotive Power System) 計画がEPAにより始められその後DOE (Department of Energy)にこの計画が移管され熱機関開発計画として推進されており、現状ではガスタービンとスターリングエンジンに絞られている。この結論の拠り所はカリフォルニア工科大学のJPL (Jet Propulsion Laboratory) の調査によるもので、それによると1980～85年の間は従来のレシプロエンジンと車両の改善により排ガス低減と省エネの両目標は充分達せられるが、それと平行して排ガス、燃費ともに優れた素質のあるガスタービンとスターリングエンジンを開発する必要があるとされている。

ガスタービンとスターリングエンジンの各一例を図3.81、3.82に示す。

また1979年米議会の技術アセスメント局からの報告によると、表3.14のように排ガスの点では燃料電池、スターリングエンジン、電気自動車、ガスタービンの順で優れているとしており、殊にこれらの新エンジ

ンは従来のレシプロエンジンに比べて、燃料の多様性が優れている点が重要である。

石油以外の代替燃料としては、既にアルコールは実用域にあり、石炭液化燃料、水素なども研究開発がすすみ、将来これらが混在する期間がある程度続くであろう。

我が国における自動車用新エンジン開発も現在進行中で日産、トヨタ、ホンダではガスタービンを早くから手がけ、日産では 200 PS 級のバス用ガスタービンを試作し、昭和52年に公開試乗会をおこないハード

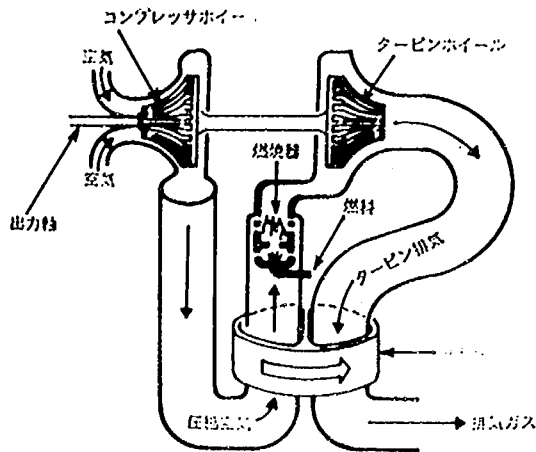


図 3.81 ガスタービン (一軸)¹¹⁾

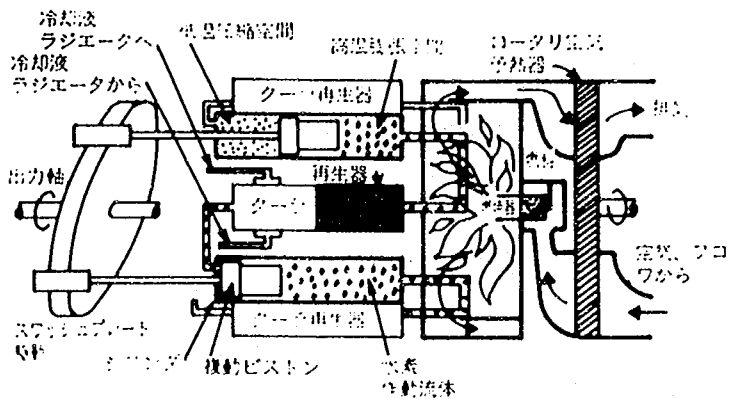


図 3.82 スターリングエンジン¹¹⁾

表 3.14 自動車用原動機の特性 (乗用車の例) (アメリカ O T A の報告)¹¹⁾

原 動 機	燃 費	排 気	コ ス ト	大 き さ お よ び 重 量	開 発 状 況	燃 料 多 様 性
燃 料 電 池						(1)
ス タ ー リ ン グ						
デ ィ ー ゼ ル						
解 状 粘 気						
オ ー ッ ト						
ガ ス タ ー ビ ン						
電 気			(2)			(3)
ハ イ ブ リ ッ ド						(4)
パ ン ケ ル						
ラ ン キ ン						

最良
 最悪

注：(1) ある燃料で試みられた燃料電池は、その燃料以外のものは使用できない
 (2) 発電所における排気ガスの問題があるため
 (3) どんな燃料でも発電可能なため
 (4) 代表的な例は、内燃機関とバッテリーまたはフライホイールの組合せ
 (5) どんな燃料でも発電可能なため。また、2次原動機でその電気を使えるため

化が最も早かった。スターリングエンジン開発研究も進行中で、電気自動車は通産省大型プロジェクト5
ヶ年計画を終り電動車両協会に移管されている。

表 3.15に、1970 年 N A S（全米科学アカデミー）による各種自動車用新エンジンの評価を示す。

自動車用ガスタービンのハードウェアの開発・試作段階は数年前既に完了しており日本の日産(バス)、
トヨタ（乗用車）及びアメリカのAAPS（乗用車）、GM（バス）があげられ、実用試験をしたものもある
がディーゼルエンジンよりも燃費が劣るため未採用である。しかし高温度（1000℃以上）に耐えられるセ
ラミックタービンが完成すればディーゼルと対抗可能で、各国ともその開発に重点をおいている。

表 3.15 各種代替エンジンの性能比較（1973 全米アカデミーの報告）¹¹⁾

	ディーゼル	改良ディーゼル	ガスタービン	改良・ガスタービン	蓄電池	改良蓄電池	ランキン	改良ランキン	スターリング	改良スターリング	その他の改良エンジン	改良燃料電池	ガ排気制御しないガスタービンエンジン
排気	1975	1976?	1975	1976?	CPP	CPP	1976	1976	1976	1976	1976	1976	良-優
燃料融通性	可	良	優	優	CPP	CPP	優	優	優	優	優	優	良-優
燃料消費	3/4	3/4	1-2	3/4	3/4	3/4	1 1/2-2	1 1/2	3/4	1/2-3/4	~3/4	1/2-3/4	1
騒音	可-良	良	優	優	優	優	優	優	優	優	優	優	良
安全性	優	優	優	優	可	良	良	良	優	優	優	良	優
コスト	2	1	2-3	1	>5	2 1/2-3	3	2 1/2-3	1 1/2-2	1	1 1/2-2	10	1
始動容易性	優'	優'	優'	優'	優	優	優'	優'	優'	優'	優'	優'	良
耐乱用性	優	優	良	優	可	優?	可-良	可-良	不可	優	優	優	優
運転性能	良	良	良-優	優	不可-可	優	良	良	良	優	良-優	優	優
整備性	優	優	優	優	良	良	不可-可	優	不可-可	優	優	良	優
出力設計柔軟性	可	優	可	可	可	優	可-良	良	優	優	優	優?	優
制御容易性	優	優	可	可	優''	優''	不可	不可	良	優	可-優	良?	優
生産性	良	良	可	良	良	良	不可	良	良	優	良-優	優	優
寸法	2 1/2	3/4	1	1	一	1 1/2	1 1/2	1	3/4-1	3/4	1	3+	1
重量	2-2 1/2	3/4	3/4-1	1/2-3/4	一	1 1/2	1 1/2-3	1 1/2-1 1/2	1-1 1/2	3/4	1-1 1/2	一	1
搭載性	可	優	優	優	不可	優	不可	不可	可	可	可	優	優
生産の現状	限定	-4年	コンセプト	-4年	限年	-4年	-2年	-4/-6年	-2/-3年	-5/-10年	-5/-10年	-15年	量産
限定生産に入りうる時期	今	1980	1978	1982	今	1980	1979	1981	1979	1981	1981	1992	今
大量生産に入りうる時期	1976	1983	1984	1984	1976	1984	1983	1985	1983	1984	1984	1996	今

注：優'；時間がかかるが CPP (Central Power Plants (発電所での問題))

優''；ただし高コスト

4. 自動車騒音の特性

4.1 自動車騒音の内容

個々の自動車が出す騒音はエンジンを運転するためにおこる燃焼騒音、機械騒音、冷却ファン騒音、吸排気騒音と、自動車が走行することにより発生するタイヤ騒音、風切音などに大別される。

これらの騒音は、車両、エンジンの形式により異なり、かつ車両の使用状態、即ち車速、エンジン回転速度、加減速状態、積載程度などにより大幅に変化する。さらに路面状態、道路勾配などにも影響される。

4.1.1 自動車自体の騒音

(1) 燃焼騒音と機械騒音——エンジン騒音

燃焼騒音は燃焼時のシリンダ内圧力の急上昇によるもので特にディーゼルエンジン騒音の主要因である。機械騒音は動弁機構の打音、ピストン・シリンダ壁間の打音により発生するものでガソリンエンジンでは特に3000rpm以上で著しくエンジン騒音の主体を占める。燃焼騒音、機械騒音ともにエンジン回転速度が支配要因で、これらの騒音はエンジン回転速度に対数比例するといわれている。Priede³⁸⁾によれば次の関係が示されている。

① 標準的ディーゼルエンジン

$$\text{騒音レベル dB(A)} = 30 \log_{10} N + K_1$$

② ターボ過給機付ディーゼルエンジン、および2サイクルエンジン

$$\text{騒音レベル dB(A)} = 40 \log_{10} N + K_2$$

③ ガソリンエンジンの場合

$$\text{騒音レベル dB(A)} = 50 \log_{10} N + K_3$$

K_1 , K_2 , K_3 は各エンジン個有の定数。 N : エンジン回転数。

エンジン負荷と騒音の関係は、ガソリンエンジンと噴射時期調整タイマのないディーゼルエンジンの場合が負荷の増加による騒音増加が大きい。Priedeによれば^{39) 40)}無負荷と全負荷の場合の騒音差はガソリンエンジンでは10dB(A)、ディーゼルエンジンでは3dB(A)である。

(2) 吸気騒音

吸入空気流による流体騒音と吸入圧力変動（脈流）により音響加振されて発音する騒音が主体で、両者ともエンジン回転速度、負荷により変動する。Priede³⁹⁾によれば吸気騒音とエンジン回転速度の間に次の関係がある。

$$\text{騒音レベル dB(A)} = 45 \log_{10} N + K_4$$

負荷変動に対し、ディーゼルエンジンの場合、無負荷と全負荷では10～15dB(A)、ガソリンエンジンの場合20～25dB(A)増す。

(3) 排気騒音

排気行程における高圧ガスの排出にともなう圧力変動および高圧気流によるものでエンジン回転速度、負荷による影響が大きい。排気騒音とエンジン回転速度の関係は吸気騒音と同じ式が示されている。負

荷に対しては、無負荷と全負荷では 15～20dB(A)の差がある。しかし排気消音器の性能により大幅に左右される。消音器の腐蝕などによる性能劣化は著しい影響を与える。

(4) ファン騒音

自動車用冷却ファンは軸流式でファン騒音はファンブレードが空気を打つことによる回転音（一種のパルセーション）およびブレード面に発生する渦流音から構成される。ファン騒音はファンの前後にある障害物により大きく影響される。

一般にファン騒音はチップ速度（Tip Speed）、ブレード幅、およびブレード枚数の関係で与えられ、実験的にファン音響パワレベルは次式で与えられる。

$$PWL \text{ (dB)} = 60 \log_{10} U_1 + 10 \log_{10} b + 10 \log_{10} M + K_5$$

U_1 : チップ速度 (m/s), b : ブレード幅 (m)

M : ブレード枚数, K_5 : ブレード形状, ファン前後障害物による定数

Sharland⁴⁴⁾ はファン騒音とファン回転速度の定性的な関係を次式で与えている。

$$\text{騒音レベル dB(A)} = 60 \log_{10} N + K_6$$

N : ファン回転速度 (rpm), K_6 : 定数

この2式から明らかにファン騒音はその回転速度に依存し、又一般的にファン回転速度 $\propto$ エンジン回転速度であるから、ファン騒音とエンジン回転速度の相関は強い。

(5) タイヤ騒音

路面とトレッドの接触により発生するもの（スケルチ）、路面とタイヤの間に挟まれた空気が放出される時に発生するもの（パターンノイズ）およびタイヤのスリップに発生するもの（スキール）が主なものである。

これらは積載荷重、タイヤ空気圧、路面状況などにより影響される。日本自動車研究所⁴²⁾によるとタイヤ騒音と車速の間に次の実験式が求められている。

$$\text{騒音レベル (A)} = 30 \log_{10} V + K_7$$

V : 車速 (km/h), K_7 : 定数

又、タイヤパターンの形状はタイヤ騒音に影響が大きい、車両の駆動力、接地性などにより定まる要素が大きく、騒音低下の面からだけで決められない。よって乗用車とトラックでは自動車騒音におけるタイヤ騒音の位置づけが異なる。

一般に縦溝パターン（リブタイヤ）の方が横溝パターン（ラグタイヤ）よりタイヤ騒音が低い、乗用車の大部分はリブタイヤでトラックの大部分はラグタイヤを用いているからタイヤ騒音については乗用車とトラックで異なる。

(6) その他

以上の他に、高速走行時の風切り音、変速歯車から発生する噛み合音、ブレーキスキール音、エアブレーキのリリース音、作業車の附加設備の作動音など特殊な使用状態で発生するものがあるがこれらは交通騒音の面で支配要因とされないと考えられる。

以上の自動車騒音は次の項目に依存する。

- ① 車速依存性 ② エンジン回転速度依存性 ③ エンジン負荷依存性
④ 積載荷重依存性 ⑤ 走行距離，使用期間依存性（経年変化）

これらの項目と個々の自動車騒音の関係を表 4.1 に示す。

表 4.1 交通騒音公害²⁾

自動車騒音の個々の音源とそれに対する影響要因との関係						
騒音源	影響要因	車速 (V)	エンジン回転速度 (N)	エンジン負荷	積載荷重	経年変化
燃焼および機械騒音	エンジン回転速度と車速の関係から決まる	ディーゼル $30 \log_{10} N + K_1$ 二サイクル $40 \log_{10} N + K_2$ ガソリン $50 \log_{10} N + K_3$	影響大	エンジン負荷との関係で決まる		少ない
吸気騒音		↑	$45 \log_{10} N + K_4$	↑	↑	少ない
排気騒音		↑	↑	↑	↑	廃食、改造により大幅に変化
ファン騒音		↑	$60 \log_{10} N + K_5$	なし	なし	なし
タイヤ騒音		$30 \log_{10} V + K_7$	なし	ほとんどない	影響あり	← 摩耗との関係

(注) 表中の式で与えられる値はすべて騒音レベル dB(A) である。

4.1.2 自動車騒音の発生源と寄与率

前項にあげた発生源のうち加速走行の場合，全体の車外騒音に最大の寄与をしているのはエンジンで，乗用車，トラック別に各発生源の寄与率の例を図 4.1，4.2 に示す。

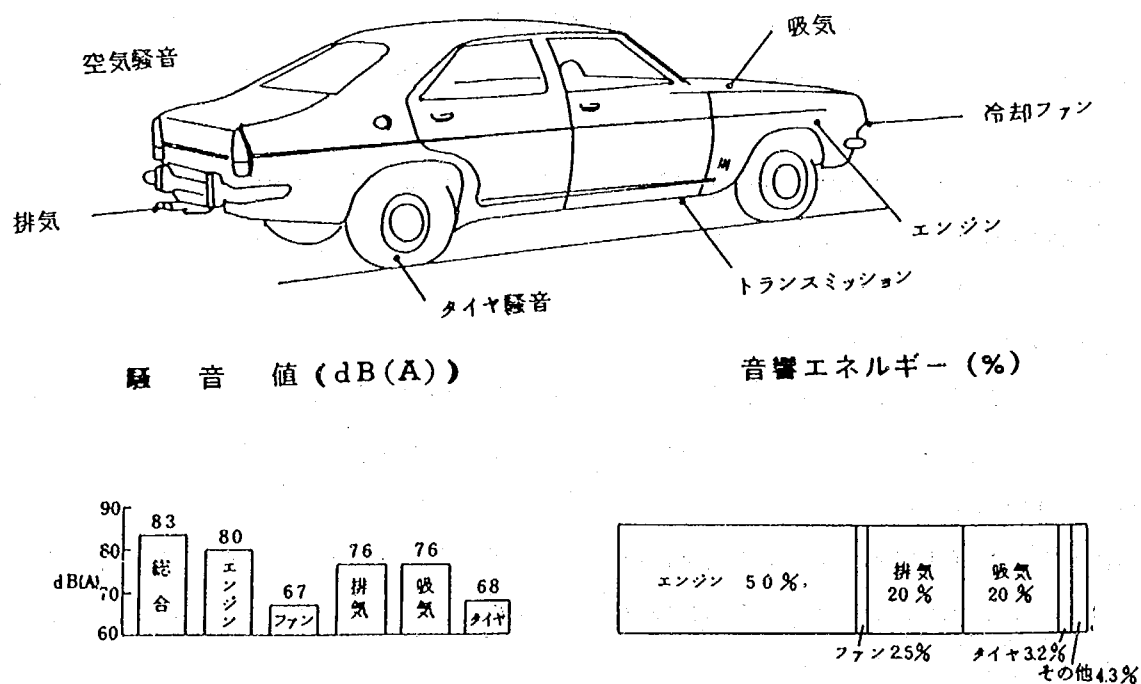


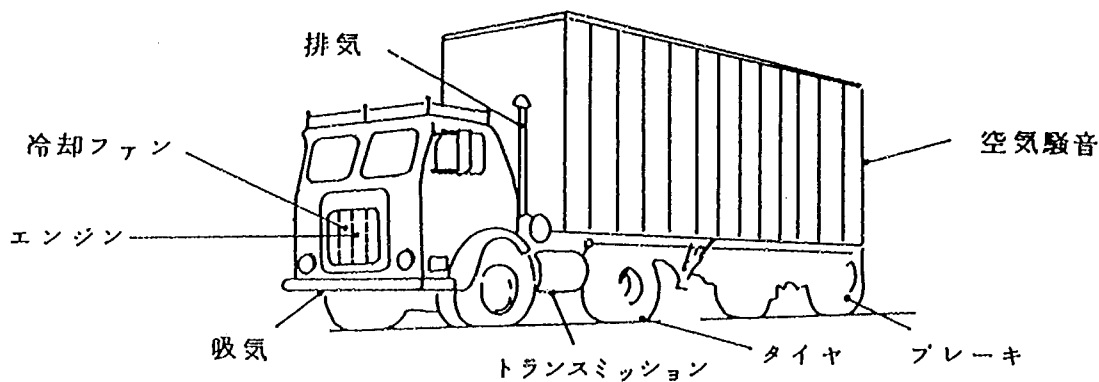
図 4.1 音源別寄与度（乗用車）¹⁰⁾

（加速走行騒音の場合）

注) 上記 dB 値はその音源を除外した時の騒音レベルから算出。

エネルギー%は騒音レベルから算出。

出所：自工会資料



騒音値 (dB(A))

音響エネルギー (%)

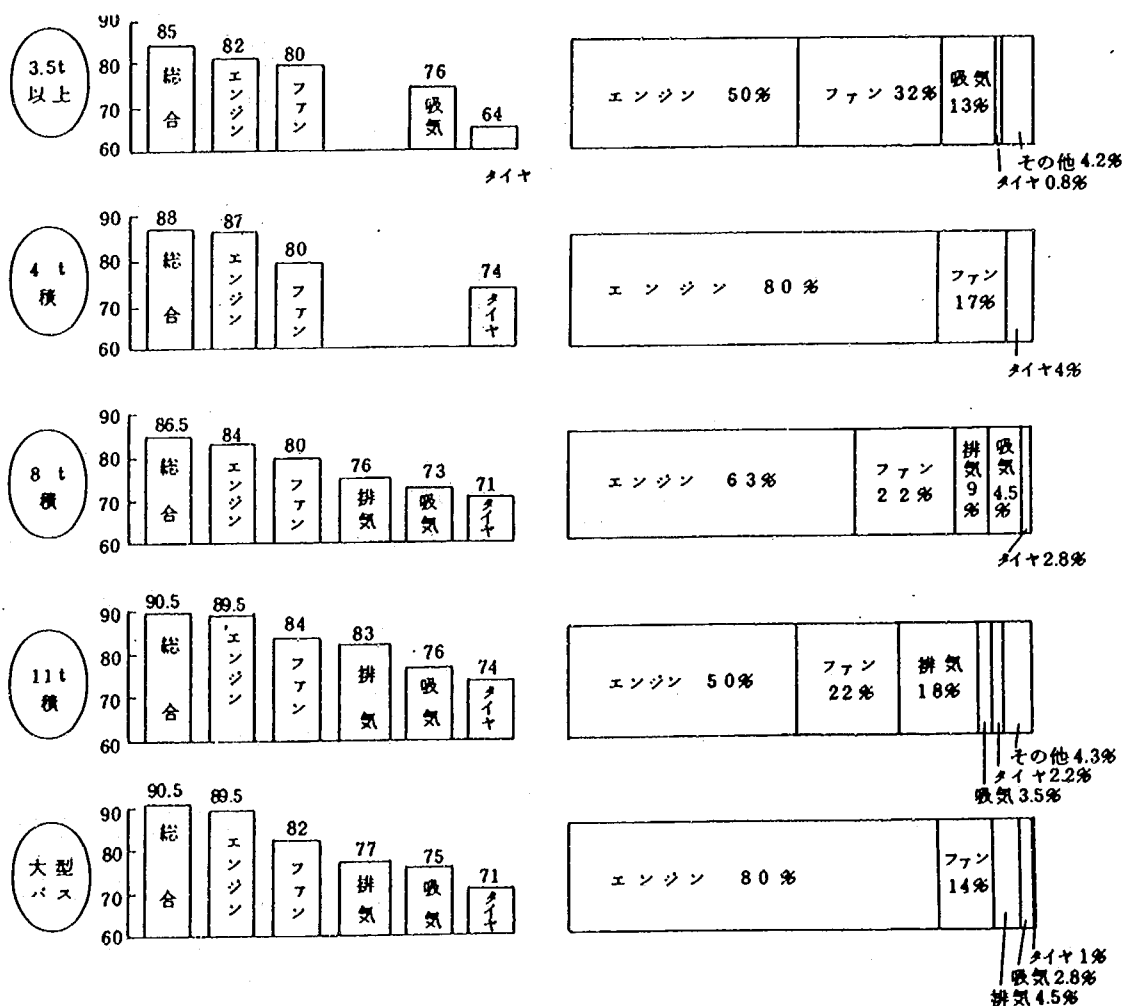


図 4.2 音源別寄与度 (トラック)¹⁰⁾
(加速走行騒音の場合)

4.1.3 タイヤ騒音

タイヤ種別，速度別の騒音比較を図4.3に示す。ラグ型パターンからリブ型パターンへ変更するにつれ騒音は低減できるが，タイヤは耐荷重，駆動，制動，方向転換，衝撃吸収，運搬の5基本性能に加えて長寿命などの要求があり，使用目的によって全車種をリブタイヤに移行することはできない。

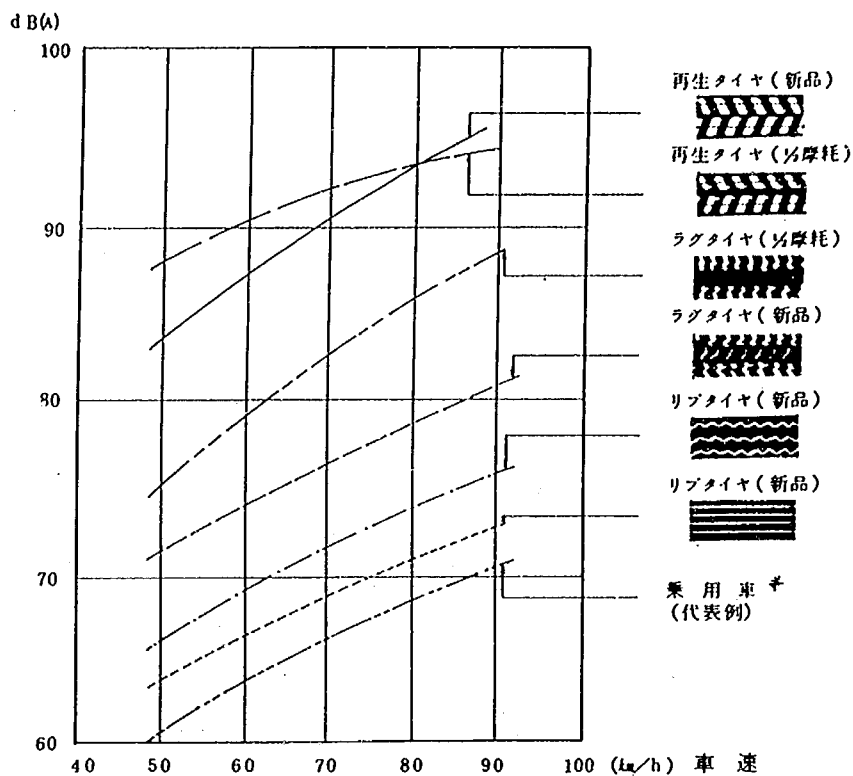


図4.3 タイヤ種別，速度別騒音値
(タイヤを車両に取付けて定常走行した)¹⁰⁾

4.2 騒音低減値とエネルギー低減比および騒音測定法

○騒音低減値とエネルギー低減比

騒音を 3dB 低減するということはエネルギーを 50% 減少することであり、10 dB 低減するということはエネルギーを 90% 低減することである。すなわち、それぞれエネルギーを $1/2$ 、 $1/10$ に低減することを意味している。

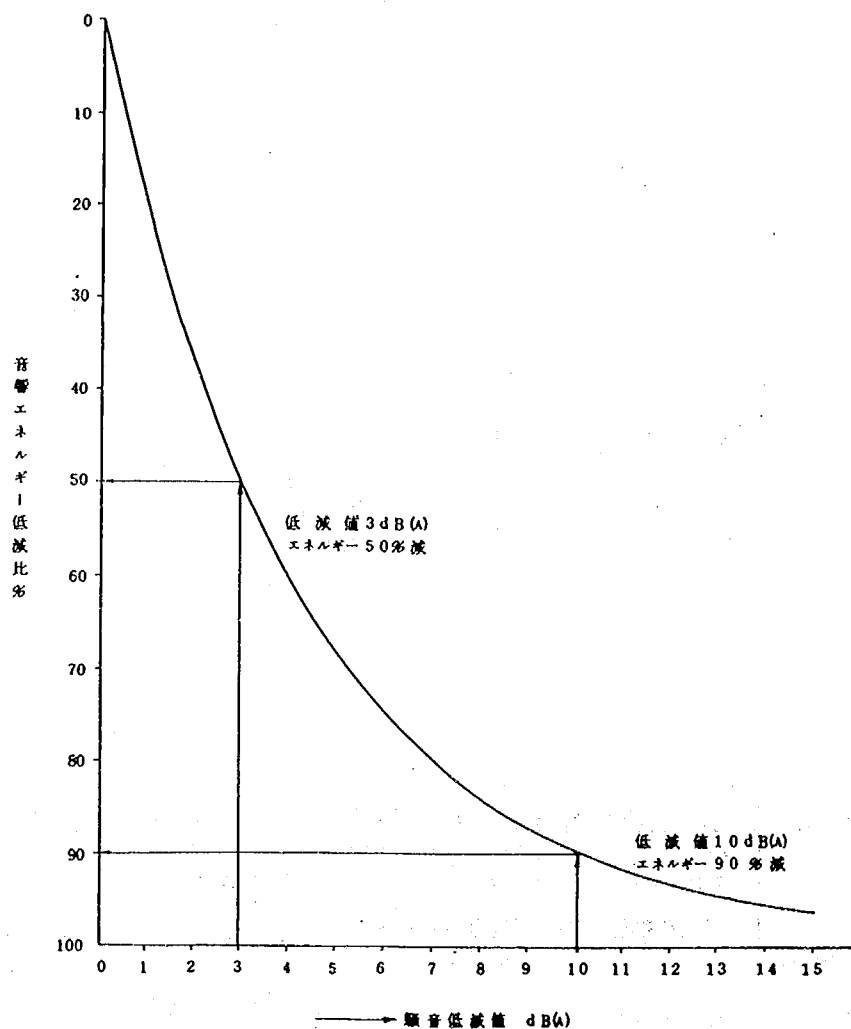
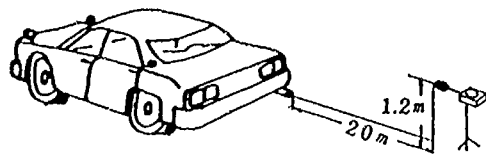


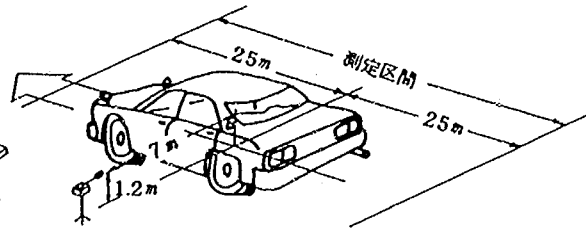
図 4.4 騒音低減値とエネルギー低減比

排気騒音



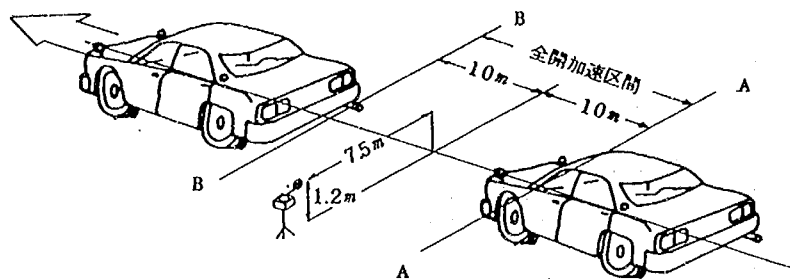
エンジンは最高出力時の60%
の回転数で無負荷運転

定常走行騒音



エンジンは最高出力時の60%の
回転数で運転、その速度が35km/h
をとえる場合は、35km/hで運転

加速走行騒音



試験車形式	A-A線へ進行する時の速度	変速機の使用段数	
手動変速機車 および 変速機のない車	つぎのうち低い速度 a) 原動機の最高出力時の回転数 で走行した場合の速度の¾ b) 50km/h 但し、第1種原付.....25km/h 第2種原付.....40km/h 軽2輪車	4 輪	2~4速車 2速 5~速車 3速
		2 輪	2~3速車 2速 4速車 3速 5~速車 4速
自動変速機車	つぎのうち低い速度 a) 50km/h (上記但しがき) b) 最高速度の¾	前進変速比を選択しうる場合には A-A線とB-B線の間では平均加速 度が最高になる方を使用する	

図4.5 騒音の測定方法¹⁰⁾

5. 自動車騒音対策の技術

5.1 音源別の対策の原理

5.1.1 エンジン

自動車騒音への寄与率はエンジンが最大で50～80%を占めているためエンジン騒音対策は有効である。図5.1はエンジン騒音発生機構における物理現象とそれに対応するエンジン構成要素、エンジン該当箇所を並記したものである。

騒音発生の根源は起振力でこれにより構造材を変形し部材に振動が発生する。その振動が外表面を形成している非強度部材に伝達され、最後に振動している表面から騒音が放射され空气中を音が伝わる。起振力が時間的に一定ならば振動を誘起しないが、時間的に著しく変化する衝撃的で幅広い周波数成分を有するため、構造強度部材、非強度部材に共振を起し振幅を拡大させる。

したがってエンジン騒音対策原理は次のようになる。

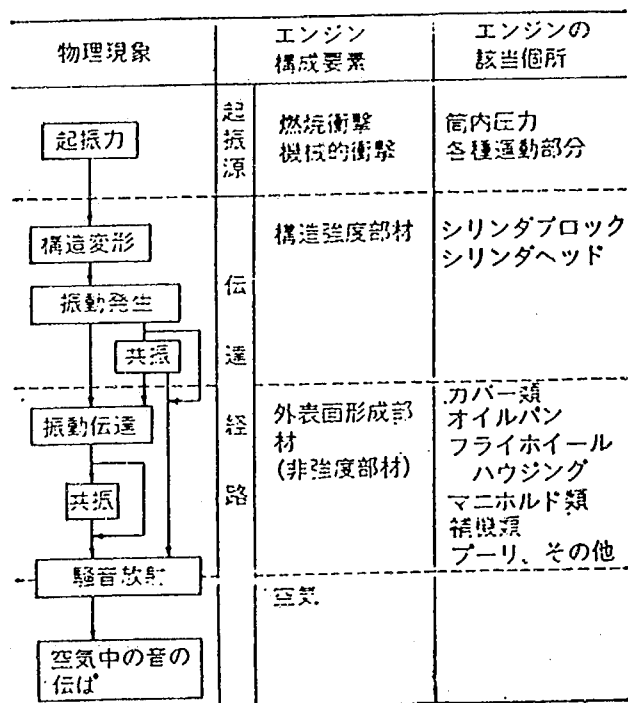


図5.1 騒音発生機構¹⁴⁾

(1) 起振力

これが騒音発生の源であるから小さくできれば有効である。異状燃焼が起らないように燃焼室形状、給気方式、噴射時期を改善する。

○ピストンスラップ、噴射ポンプ、動弁機構、タイミングチェーン等の改良。

(2) 構造変形

強度部材の変形を小さくできればそれに付随して発生する振動の振幅を減らすため、できるだけ剛性を

上げ変形しにくくすることが必要である。

○ シリンダブロックの剛性の増大（ただし、重量増加になる）など。

(3) 振動伝達

強度部材に発生した振動が非強度部材に伝わるのを防ぐ方法として振動遮断がある。これには振動伝達率が小さい、たわみ易い材料を間に挿入する方法がある。

(4) 共振

共振周波数を音の周波数から外すよう系の剛性を変えたり、共振振幅を減らすため系のダンピングを増したりする方法がある。

また、非強度部材の剛性を増すこともある。

○ カバー類、オイルパンなどの剛性増大（ただし、重量増加になる）。

(5) 騒音放射

放射効率が小さくなるように材料や板厚を選択する。

(6) 空気中の伝は

音となった後に減らす方法として音のエネルギーを熱に変換したり、伝ばをさえぎる遮音がある。遮音する場合に遮音材と発音源の間にすき間があると音が洩れ効力を減ずるのでシールが必要である。

エンジンルームを完全に密閉すると加速時に 3 ~ 12 dB(A)騒音が減り有効であるが次の問題があり実用化に至らない。

- (a) 冷却性能の劣化
- (b) 遮閉板の構造および材質の問題
- (c) 耐久性（遮音箱、エンジン各部品）
- (d) 整備性の悪化
- (e) エンジン性能の悪化

5.1.2 吸排気系

(1) 脈動流による音

消音器による対策が有効であるが、流通抵抗が大きいとエンジン出力低下につながるから消音効果大で抵抗の少ないものが必要である。

(2) 気流音

流れの乱れによるもので特に噴流をエッジ部に衝突させないようにすることが大切である。ただし消音器の場合低周波の脈動流を消音するためなどでエッジ部を使用する場合には消音器の前段に用い、後段で二次的に発生した気流音を消す工夫が必要である。

(3) 放射音

エンジン振動が伝わらないような振動遮断、振動しにくくする剛性向上および表面からの放射音が外に出ないようにする遮音、吸音などが考えられる。吸気系は低温であるから制振も容易であるが、排気系は高温のため制振は一般的に困難で、吸音材などの選択に注意を要する。

(4) 洩れ音

特に排気側に洩れがあると騒音が発生するので接続部に要注意で、エンジンからの振動遮断川の継手などの構造は注意を要する。

(5) ターボ過給の影響

図 5.2 のようにターボ過給すると吸気音はエンジン回転数の 5 乗に比例して大きくなり、無過給エンジンより 5 ～ 11 dB(A) レベルが上がる。逆に、排気音は図 5.3 のように定格回転数において 8 ～ 10 dB(A) と、過給をした場合の方が著しくレベルが下がる。

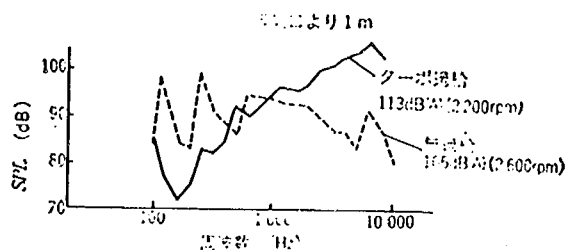


図 5.2 過給の有無による吸気音の差¹⁴⁾

(過給エンジン	8.2ℓ	230PS/2	200rpm)
(無過給エンジン	8.2ℓ	180PS/2	600rpm)

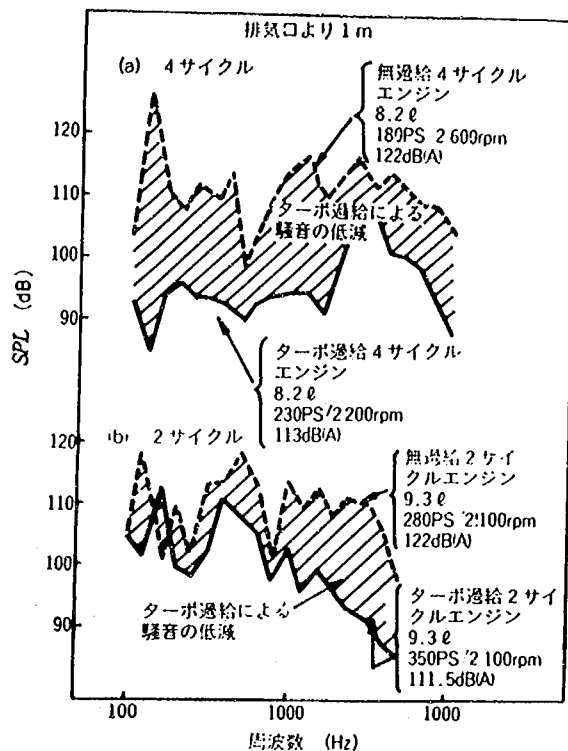


図 5.3 ターボ過給による排気音の低減効果¹⁴⁾

5.1.3 ファン騒音

車両搭載上許される限りの最適設計が必要である。

(1) 効率のよいラジエータの選定

ラジエータの放熱量をできるだけ大きくしてラジエーターの所要空気量を減らす。

(2) 効率よいファンの選定

風量が多く、所要動力の少ないファンにより回転数を下げまたはファン径を小さくし、かつ渦の発生しにくい構造のファンを開発する。

(3) 抵抗の少ない冷却系のレイアウト

ファン前後の障害物による流れのかたより（圧力変化）による音を少なくし、ファンの圧力損失をできるだけ減らしてファン効率を上げ、その分だけファン回転数を下げ径を小さくする。

5.1.4 タイヤ騒音

現状では騒音の大小はラグパターン＞リブパターン、バイアスタイヤ＞ラジアルタイヤ（図5.4）となっている。しかしラグパターンにもバイアスタイヤにもそれぞれ利点があり需要は根強い。

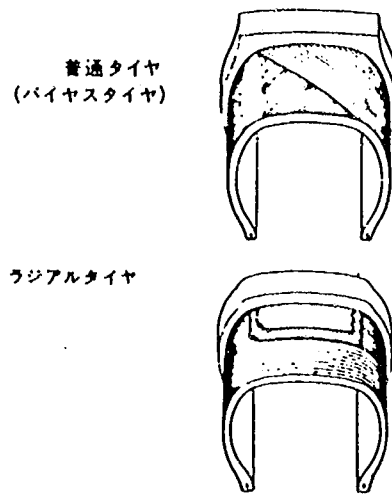


図5.4 タイヤの構造³⁵⁾

ラグタイヤ対策：

ピッチの変化、ピッチ数の減少、溝形状の改善などが考えられるが、これらの対策は駆動性能、制動性能、操縦安定性などと相反する面が多いし、かつ耐摩耗性や発熱なども解決しなければならない今後の課題である。

リブタイヤ対策：

パターンノイズ成分が少なく、対策としてはジグザグなリブ溝の振り幅を小さくすることやゴム質の改善などがあるが騒音レベルは既にスムースタイヤに近いので改善の余地はあまりない。

ラジアルタイヤは低騒音、ころがり抵抗小すなわち低燃費の利点がありますます普及するであろうが、コスト・重量の面で今後の向上が望まれる。

タイヤハウスをゴムや鋼板で包み遮音することも考えられるが、殆どタイヤ全体を包まないと効果がない。

5.1.5 駆動系騒音

寄与率は少ないが大型車では無視できない。トランスミッション騒音が大部分で、発生機構は外部要因（エンジン側と負荷側変動）と内部要因（歯のばね特性）により歯車振動が発生し、これが歯車箱に伝わり発音する経路と、エンジン振動が直接歯車箱に伝わり箱を加振して生ずる音が主なもので、密閉された歯車箱内部から放射音が直接外へ出るとは殆どない。

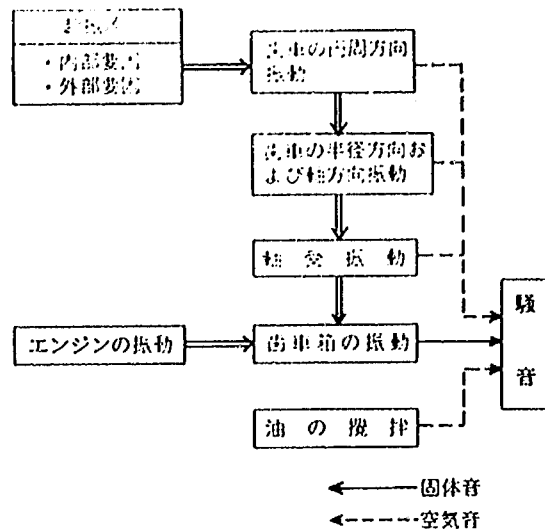


図 5.5 トランスミッション騒音の発生・伝達経路¹⁴⁾

5.2 騒音低減技術

5.2.1 騒音規制と車種別の現状

表 5.1 は環境庁により定められた規制値の現状で、目下メーカーごとに車種別に第二段階規制適合車の開発過程にある。

(1) 大型車

主として直噴ディーゼルエンジン搭載のトラック、トラクタ、バスであるが一部に副室ディーゼルのももある。又、直噴ディーゼルの一部には過給機つきもある。

トラックはキャブオーバ型とボンネット型があり、車両総重量は 20 t 程度以下、最大積載量は 7～12 t、エンジン出力は 215～360 PS である。キャブオーバ型の一部に全輪駆動車がある。トラクタはすべてキャブオーバ型で車両総重量は 14～27 t、エンジン出力は 275～415 PS である。

バスはすべてリヤエンジン型で車両総重量は 13～15 t、乗車定員は 40～100 名、エンジン出力は 205～350 PS である。

これらの車両で 54 年度規制に適合しているもので第二段階規制に対応し得るものは現状ではない。

(2) 中型車

トラックはキャブオーバ型と、ボンネット型で、車両総重量は 3.5 t～15 t、最大積載量は 2～8.5 t、エンジン出力は 74～195 PS で、車両総重量 5～9 t の全輪駆動車も含まれる。

トラクタはすべてキャブオーバ型で車両総重量は 8～9 t、エンジン出力は 150～175 PS である。

バスはリヤエンジン型とキャブオーバ型で、車両総重量は 4～14 t、乗車定員は 26～100 名、エンジン出力は 85～195 PS である。

これらの車両のうち 54 年度規制適合車で、トラックの一部とバス（乗車定員 26 名）の一部がすでに

表 5.1 自動車加速走行騒音規制に係る車種区分と規制値及び低減目標値¹²⁾

単位：dB(A)

車 種	内 容	加 速 走 行 騒 音 規 制			
		4 6 年 規 制 値	5 1・5 2 年 規 制 値	5 4 年 規 制 値	第 二 段 階 目 標 値
大 型 車	車両総重量が3.5 トンを超え、原動機の最高出力が200馬力を超えるものをいう。	9 2	8 9	8 6	(注4) 8 3
中 型 車	車両総重量が3.5 トンを超え、原動機の最高出力が200馬力以下のものをいう。	8 9	8 7	8 6	(注3) 8 3
小 型 車	車両総重量が3.5 トン以下のものをいう。	8 5	8 3	8 1	(注5) 7 8
乗 用 車	もっぱら乗用の用に供する乗車定員10人以下のものをいう。	8 4	8 2	8 1	(注2) 7 8
二輪自動車	二輪の小型自動車及び二輪の軽自動車をいう。	小型 8 6	8 3	7 8	7 5
		軽 8 4			
原動機付自転車	第一種原動機付自転車及び第二種原動機付自転車をいう。	第二種 8 2	7 9	7 5	(注6) 7 2
		第一種 8 0			

(注1) 51・52年規制値とは大型車、中型車、二輪自動車及び原動機付自転車については、昭和51年規制値であり、小型車及び乗用車については昭和52年規制値である。

(注2) 乗用車の第二段階目標値は、昭和57年規制として、昭和57年10月1日から新型車に、昭和58年9月1日から継続生産車に対して適用される。なお、輸入車については新型車、継続生産車とも昭和59年4月1日から適用される。

(注3) 中型車の第二段階目標値は昭和58年規制として昭和58年10月から新型車に、昭和59年9月から継続生産車に対して適用される。

(注4) 大型車のうちバスについては59年から規制が適用

(注5) 前輪駆動車を除く小型トラックについては59年から規制が適用

(注6) 第1種原動機付自転車については59年から規制が適用

57年度規制に対応している。

(3) 小型車

トラックはキャブオーバー型、ボンネット型およびバン型がある。車両総重量は1,000～3,400kg，最大積載量300～1,500kg，エンジン出力は24～98PSで一部に全輪駆動車がある。

バン型では車両総重量900～2,100kg，最大積載量は200～500kg，エンジン出力は28～115PSで一部に全輪駆動車がある。

バスはすべてキャブオーバー型で車両総重量は2,300～3,400kg，乗車定員は15～22名，エンジン出力は65～110PSである。

これらの車両の 54 年規制適合車のうちガソリンエンジンを搭載した乗用車派生バン型の一部が既に 57 年度規制に対応している。全車種適用は昭和 59 年となろう。

(4) 二輪自動車

小型二輪車のエンジン排気量は 400～750cc，出力は 27～70PS，軽二輪車のエンジン排気量は 200～250cc，出力は 20～30PS である。エンジンは 4 サイクルと 2 サイクルがあり，使用目的は実用車，スポーツ車がある。

これらの車両の 54 年適合車のうち軽二輪車の 1 型式はすでに第二段階に対応している。

(5) 原動機付自転車

第二種原付自転車のエンジン排気量は 70～125cc，出力は 4～16PS である。

第一種原付自転車のエンジン排気量は 50cc，出力は 2～7PS である。エンジンは四サイクルと二サイクルがあり，使用目的に応じて実用車，軽便な使用に即した車両，スポーツ車がある。

これらの車両の 54 年規制適合車のうちエンジン出力の小さい第一種原付自転車の中には第 2 段階目標値に対応しているものもある。

(6) 乗用車

車体形状はボンネット型及びキャブオーバー型で，変速機の種類は 3 段，4 段，5 段変速及び自動変速である。エンジンはガソリンエンジンとディーゼルエンジンがある。

これらの車両の 54 年度規制適合車のうち，4 段変速の一部と 5 段変速車及び自動変速車の多くはすでに 57 年規制に対応している。

以上が騒音低減開発の概況で，各車種とも 54 年規制と 57 年規制の差は 3 dB(A)でこの騒音レベルの低減は大型車程困難で，ガソリンエンジンを主体とする乗用車が最も達成率が大である。

57 年規制対応済みのものを，メーカー別，車種別に表 5.2（中型車），表 5.3（小型車），表 5.4（二輪自動車），表 5.5（原付自転車），表 5.6（乗用車）に示した。

表 5.2 第二段階対応昭和 54 年規制適合車 (中型車)¹²⁾

会社名	車 両					エ ン ジ ン 諸 元						ファン、 駆 動 方 式	変速機 の 種 類	消音器の 容 積 (cc)	燃 料 消 費 率 (km/l) 60 km/h 定速	タイヤの トレッド パターン	音 源 別 寄 与 率 (%)					加速走行 騒 音 値 dB (A)
	車名・型式	車体 形状	車両総重量 (kg)	最大積載量 (kg)	乗車定 員 (名)	型 式	総排気 量 (cc)	サイクル数、燃料 及びシリンダ配列	燃焼室 形 式	最 高 出 力 (PS/rpm)	過給 機						エン ジン	冷 却	吸 気	排 気	タイヤ その他	
いすゞ 自動車	いすゞ K-TL023	T	3,798	2,000	3	C 240	2,369	4 D 直	SC	74/3,800	無	ベ	M 5	10,400	13.5	R-L	-	-	-	-	-	81
トヨタ 自動車 [業	トヨタ J-RB12	B	4,083	-	大 3 小 39	20 R	2,189	4 G 直	-	110/5,200	#	流※	M 4	11,000	8.0	R	-	-	-	-	-	80
	"	"	3,701	-	21	"	"	"	-	"	#	"	M 5	"	9.0	"	-	-	-	-	-	"
	J-RK110	T	3,611	2,000	3	5 R	1,994	"	-	95/5,000	#	"	M 4	10,600	10.5	"	49	0	4	34	13	78
日 産 自動車	ニッサン J-DC341	D	4,283	"	"	H 20	1,982	"	-	92/4,800	#	ベ	M 5	7,800	9.7	"	-	-	-	-	-	81
	J-HC341	T	4,164	"	"	"	"	"	-	"	#	"	"	"	"	"	-	-	-	-	-	80
	J-GHC341	B	3,910	-	26	"	"	"	-	"	#	"	"	"	9.9	"	-	-	-	-	-	78
	"	"	3,952	-	"	"	"	"	-	"	#	"	M 4	"	9.0	"	-	-	-	-	-	79
	J-141	T	3,621	2,000	3	"	"	"	-	"	#	"	"	7,000	11.0	"	-	-	-	-	-	"

(注1) 表中の記号は次の意味を示す。

車体形状 T:トラック, B:バス, D:ダンプ
 燃料 G:ガソリン, D:軽油
 シリンダ配列 直:直列
 燃焼室形式 SC:渦流室式
 ファン駆動方式 ベ:ベルト駆動式, 流※:温度制御型液体継手駆動式
 変速機の種類 M:手動, 例・M5:手動5段変速
 タイヤのトレッドパターン R:リブタイヤ, L:ラグタイヤ

(注2) 燃焼室形式についてはディーゼルエンジンについてのみ記す。

表 5.3 第二段階対応昭和 54 年規制適合車 (小型車)¹²⁾

会社名	車 両					エ ン ジ ン 諸 元					ファン 駆動 方式	変速 機の 種類	消音器の 容 積 (cc)	燃費(100km/l) 60km/h 定 速	タイヤ のトレ ッドパ ターン	音 源 別 許 容 値 (dB)					加速走行 騒 音 値 dB(A)
	車名・型式	車体 形状	車両総 重量(kg)	最大積載量 (kg)	乗車 定員 (名)	型 式	総排気量 (cc)	サイクル数、 燃料及びシリ ンダ配列	燃焼室 形 式	最高出力 (PS/rpm)						エン ジン	冷知	排気	排気	タイヤ その他	
三 菱 自動車工業	三菱 J-A163V	V	1,655	400(250)	2(5)	4G63	1,997	4G直	—	115/5,800	流※	M5	11,000	16.0	R・L	52.5	6.3	8.0	8.0	25.2	73
	〃	〃	1,670	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	A3	〃	14.0	〃	58.4	5.0	8.9	7.9	19.8	74
ト ヨ タ 自動車工業	トヨタ J-TX47V	〃	1,653	〃	〃	13T	1,770	〃	—	95/5,400	〃	〃	13,800	〃	R	—	—	—	—	—	〃
	〃 J-TT138V	〃	1,670	500(300)	〃	12T	1,588	〃	—	86/5,600	〃	M5	13,100	18.0	〃	—	—	—	—	—	〃
	〃 J-TA49V	〃	1,607	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	〃	9,200	18.5	〃	—	—	—	—	—	〃
	〃	〃	1,624	〃	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	A3	〃	15.5	〃	—	—	—	—	—	75
	〃 J-TE73V	〃	1,445	400(250)	〃	〃	〃	〃	—	〃	〃	〃	9,000	16.5	〃	—	—	—	—	—	〃
日 産 自 動 車	ニッサン J-V430	〃	2,103	500(400)	3(6)	L20	1,998	〃	—	115/5,600	〃	M4	12,600	14.0	〃	—	—	—	—	—	76
	〃	〃	2,056	〃	2(5)	〃	〃	〃	—	〃	〃	M5	〃	13.5	〃	—	—	—	—	—	74
	〃 J-VTJ910	〃	1,671	500(300)	〃	L16	1,595	〃	—	100/6,000	流	A3	8,300	14.0	〃	—	—	—	—	—	76

(注1) 表中の記号は次の意味を示す。

車体形状 V:バン
 燃料 G:ガソリン
 シリンダ配列 直:直列
 ファン駆動方式 ベ:ベルト駆動式、流:流体駆動式
 流※:速度制御型流体駆動式
 変速機の種類 M:手動、A:自動、例 M5:手動5段変速
 タイヤのトレッドパターン R:リブタイヤ、L:ラグタイヤ

表 5.4 第二段階対応昭和 54 年規制適合車（二輪自動車）¹²⁾

会 社 名	車 両				エ ン ジ ン 諸 元				変速 段数	消音器の 容積(cc)	燃料消費率 (km/L) 50km/h定速	タイヤの トレッド パターン	音源別寄与率（％）						加速走行騒音値 dB(A)
	車名・型式	通 称 名	車両総重量 (kg)	乗車定員 (名)	型 式	総排気量 (cc)	サイクル数 及び燃料	最高出力 (PS/rpm)					エンジン	合計	吸気	排気	タイヤ その他		
本田技研工業	ホンダ CB250T	ホーク	305	2	CB250TE	249	4G	26/10,000	6	9,700	40	R・B	50	—	15	15	20	74	

（注1） 表中の記号は次の意味を示す。

燃料

G：ガソリン

タイヤのトレッドパターン R：リップタイヤ、B：ブロックタイヤ

表 5.5 第二段階対応昭和 54 年規制適合車（原動機付自転車）¹²⁾

会 社 名	車 両				エ ン ジ ン 諸 元				変速 段数	消音器の 容積(cc)	燃料消費率 (km/L) 30km/h定速	タイヤの トレッド パターン	音源別寄与率（％）						加速走行騒音値 dB(A)
	車名・型式	通 称 名	車両総重量 (kg)	乗車定員 (名)	型 式	総排気量 (cc)	サイクル数 及び燃料	最高出力 (PS/rpm)					エンジン	合計	吸気	排気	タイヤ その他		
本田技研工業	ホンダ C 50	スーパーカブ	129.7	1	C50E	49	4G	4.2/7,000	3	2,000	85	R・B	12	-	20	18	50	70	
	CF50	シャリー	131.6	"	CF50E	"	"	3.2/7,000	"	1,560	80	"	7	-	34	39	20	67	
	MD50	スーパーカブ	146.5	"	MD50E	"	"	3.8/7,000	"	2,000	"	"	12	-	20	18	50	70	
鈴木自動車 工 業	スズキ FA50	スージー	110	"	FA50	"	2G	2.4/5,500	-	1,120	"	R	-	-	-	-	-	69	
	FS50	スワニー	122.5	"	FS50	"	"	3.2/5,500	2	1,340	75	"	-	-	-	-	-	"	
	RG502	RG50	150.3	"	RG502	"	"	7.2/9,000	5	2,410	"	"	-	-	-	-	-	70	
	TS503	ハスラー	140.8	"	TS503	"	"	6.7/8,500	"	2,550	70	"	-	-	-	-	-	"	
ヤマハ発動機	ヤマハ 3L5	キャロット	100	"	3L5	"	"	2.3/5,500	-	1,400	75	"	54	-	26	20	-	"	
	3L6	マリック	112	"	"	"	"	2.8/6,000	A2	"	"	"	67	-	20	13	-	69	
	3L7	リリック	107	"	"	"	"	2.3/5,500	-	"	"	"	54	-	26	20	-	68	
	4J2	タウニー	108	"	"	"	"	2.8/6,000	A2	"	"	"	-	-	-	-	-	70	
	4N0	ポエント	129	"	4N0	"	"	3.6/5,500	3	2,200	"	"	-	-	-	-	-	69	
	439	チャビイ	131	"	439	"	"	3.5/5,000	A2	2,630	85	B	57	-	16	27	-	"	

（注1） 表中の記号は次の意味を示す。

燃料

G：ガソリン

タイヤのトレッドパターン R：リップタイヤ、B：ブロックタイヤ

（注2） 音源別寄与率の分析方法は各メーカーにより異なり統一されたものではない。

表 5.6 主な昭和 57 年規制対応昭和 54 年規制適合車 (乗用車)¹²⁾

会社名	車 両				エ ン ジ ン 諸 元				ファン駆 動方式	変速機 の種類	消音器の 容積(cc)	燃料消費率 (kg/L)		タイヤの トレッド パターン	音 源 別 寄 与 率 (%)					加速走行騒 音値 dB(A)
	車 名・型式	通 称 名	車両総重量 (kg)	乗車定 員(名)	型 式	総排気量 (cc)	サイクル数、燃料 及びシリンダ配列	最 高 出 力 (PS/rpm)				60km/h 定 速	10 モート		エンジン	冷却	排気	振動	タイヤ その他	
いすゞ自動車	E-PP50	ジェミニ	1,267	5	G161	1,584	4 G直	100/6,000	ベ 流*	M5	10,100	20.0	12.0	R	-	-	-	-	-	75
	"	"	1,268	"	"	"	"	94/5,400	流*	A3	"	17.0	10.5	"	-	-	-	-	-	76
	E-PA95	117クーペ	1,312	4	G180	1,817	"	110/5,600	ベ 流*	M5	8,850	17.5	"	R・B	-	-	-	-	-	"
	E-PA30	フローリアン	1,357	5	"	"	"	"	"	"	"	17.0	"	"	-	-	-	-	-	74
	K-PAD30	フローリアン ディーゼル	1,442	"	C190	1,951	4 D直	62/4,400	ベ	"	12,550	23.0	-	"	-	-	-	-	-	76
三菱自動車工業	三 菱 K-A167A	ギャラン ラムダ	1,545	"	4D55 (過給機付)	2,346	"	95/4,200	流*	"	11,800	"	-	R・L	51	8	6	10	25	73
	E-A166A	"	1,575	"	G54B	2,555	4 G直	135/5,500	"	A3	13,900	16.0	8.7	"	68	4	6	6	16	75
	E-A164A	"	1,520	"	G63B	1,997	"	120/6,000	"	M5	"	21.0	12.5	"	55	6	6	7	26	73
	"	ギャラン シグマ	1,515	"	"	"	"	110/5,500	"	"	11,000	18.5	10.5	"	52	"	8	8	"	"
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	A3	"	17.0	9.5	"	66	4	7	7	16	75
	E-A162A	ギャラン ラムダ	1,390	"	G62B	1,795	"	100/5,500	"	M5	"	20.0	11.5	"	42	8	10	9	31	72
	E-A144A	セレステ	1,215	"	G32B	1,597	"	86/5,000	ベ	"	6,350	22.0	13.0	"	62	4	"	4	20	74
	E-A175A	ランナーEX	1,310	"	G62B	1,795	"	100/5,500	流*	A3	9,600	18.0	11.0	"	63	5	6	6	"	"
	E-A172A	"	1,180	"	G12B	1,410	"	80/5,500	ベ	M5	6,500	24.0	14.0	"	"	11	8	3	15	75
	E-A156A	ミラージュ	1,125	"	"	"	"	82/5,500	電	A3	6,800	21.0	12.5	"	72	1	5	6	16	"
トヨタ自動車工業	トヨタ E-MS112	クラウン	1,751	"	5M	2,759	"	145/5,000	流*	M5	14,900	15.0	8.2	R	-	-	-	-	-	73
	E-MS110	"	1,746	6	M	1,988	"	125/6,000	"	A4	"	13.0	7.5	"	-	-	-	-	-	74
	E-MS110G	クセノンワゴン	1,845	8	"	"	"	110/5,600	"	M4	11,600	12.5	7.7	"	-	-	-	-	-	75
	E-GX51	クレスト	1,433	"	1G	"	"	125/5,400	"	A4	13,300	16.5	8.5	"	-	-	-	-	-	74
	E-RX41	コナークII	1,422	5	21R	1,972	"	105/5,200	"	A3	12,000	14.0	9.2	"	-	-	-	-	-	75
	E-TT131	コ ロ ナ	1,347	"	13T	1,770	"	95/5,400	"	M5	9,300	18.5	10.0	"	-	-	-	-	-	"
	E-MA45	セリカXX	1,427	"	M	1,988	"	125/6,000	"	"	10,700	17.0	9.3	"	-	-	-	-	-	72
	E-TA46	セリカカムリ	1,312	"	13T	1,770	"	95/5,400	"	A3	9,300	16.0	"	"	-	-	-	-	-	75

表 5.6 (続)

会社名	車 両				エ ン ジ ン 諸 元				ファン駆 動方式	変速機 の種類	消音器の 容積(cc)	燃料消費率 (km/L)		タイヤの トレッド パターン	音 源 別 寄 与 率 (%)					加速走行騒 音値dB(A)
	車名・型式	通 称 名	車両総重量 (kg)	乗車定 員(名)	型 式	総排気量 (cc)	サイクル数、燃料 及びシリンダ配列	最 高 出 力 (PS/rpm)				60 km/h 定 速	10 セ ー ト		エンジン	冷却	吸気	排気	タイヤ その他	
トヨタ 自動車 工業	E-TE70	カローラ	1,234	5	13T	1,770	4 G直	95/5,400	流*	M5	8,100	21.0	12.0	R	-	-	-	-	-	74
	E-KE70	スプリンター	1,137	"	4K	1,290	"	72/5,600	電	A2	6,400	20.0	11.5	"	-	-	-	-	-	76
日産 自動車	E-430	セドリック グロリア	1,684	"	L20	1,998	"	115/5,600	流*	M5	10,600	15.0	8.3	"	-	-	-	-	-	73
	K-H430	"	1,783	"	LD28	2,792	4 D直	91/4,600	"	A3	12,600	"	-	"	-	-	-	-	-	76
	E-NC231	ローレル	1,635	"	L28	2,753	4 G直	140/5,200	"	M5	9,800	15.5	8.2	"	-	-	-	-	-	72
	E-HQC211	スカイライン	1,529	"	L20 (過給機付)	1,998	"	145/5,600	"	"	"	18.0	9.8	B	-	-	-	-	-	"
	E-WPC211	"	1,394	"	Z18	1,770	"	105/6,000	流	A3	"	16.0	10.5	R	-	-	-	-	-	75
	E-P910	ブルーバード	1,381	"	"	"	"	115/6,000	流*	M5	10,000	20.0	12.0	"	-	-	-	-	-	74
	E-PS110	シルビア ガゼール	1,383	"	Z20	1,952	"	120/5,600	ベ	A3	6,300	16.5	9.5	"	-	-	-	-	-	76
	E-HB310	サニー	1,165	"	A14	1,397	"	92/6,400	流	M5	5,200	23.0	13.5	"	-	-	-	-	-	73
	E-HN10	パルサー	1,141	"	"	"	"	80/6,000	電	M3	6,300	19.5	11.0	"	-	-	-	-	-	76
	E-KPC120	サニー チェリー セロ ダットサン	1,524	9	"	"	"	75/5,400	流	A3	"	14.0	9.5	"	-	-	-	-	-	75
東洋 工業	E-BD1031	ファミリア	1,070	5	E3	1,296	"	74/5,500	電	M5	5,300	27.0	17.0	R・B	-	-	-	-	-	74
	E-BD1051	"	1,115	"	E5	1,490	"	85/5,500	"	A3	"	20.0	13.0	"	-	-	-	-	-	76
	E-CB2N8	カベラ	1,260	"	NA	1,586	"	90/5,700	流	M5	6,100	21.0	13.5	"	-	-	-	-	-	75
	E-CB2VS	"	1,320	"	VC	1,769	"	100/5,500	"	"	"	20.0	12.5	"	-	-	-	-	-	74
	"	"	1,285	"	"	"	"	"	"	A3	"	17.5	10.5	"	-	-	-	-	-	76
	E-LA4MS	ルーチェ	1,390	"	MA	1,970	"	110/5,300	"	M5	7,450	19.0	11.0	"	-	-	-	-	-	"
	"	"	1,445	"	"	"	"	120/5,500	流*	A3	10,350	16.0	9.6	"	-	-	-	-	-	77
	E-CD3MC	コスモ	1,385	"	"	"	"	110/5,300	流	M5	7,450	19.0	11.0	"	-	-	-	-	-	75
	E-SA22C	サバンナ RX7	1,185	4	12A	573×2	ロータリG直	130/7,000	流*	"	12,000	16.0	9.2	"	-	-	-	-	-	76
ダイハツ 工業	E-CD23C	コスモ	1,465	5	13B	654×2	"	140/6,500	"	A3	12,700	11.5	7.2	"	-	-	-	-	-	"
	E-G10	シャレード	940	"	CB	993	4 G直	55/5,500	電	M5	6,200	28.0	18.0	"	-	-	-	-	-	75
	E-A30	シャルマン 1300	1,095	"	4K	1,290	"	72/5,600	"	"	6,400	24.0	14.5	"	-	-	-	-	-	"
	E-A40	シャルマン 1600	1,175	"	12T	1,588	"	88/5,600	ベ	"	"	22.0	12.5	"	-	-	-	-	-	"

表 5.6 (続)

会社名	車 両				エ ン ジ ン 諸 元				ファン駆 動方式	変速機 の種類	消音器の 容積(cc)	燃料消費率(km/L)		タイヤの トレッド パターン	音源別寄与率 (%)					加速走行騒 音値dB(A)	
	車名・型式	通 称 名	車両総重量 (kg)	乗車定 員(名)	型 式	総排気量 (cc)	サイクル数、燃料 及びシリンダ配列	最 高 出 力 (PS/rpm)				60km/h 定速	10 モード		エンジン	冷却	排気	タイヤ その他			
ダイハツ 工 業	ダイハツ E-A40	シャルマン 1600	1,190	5	12T	1,588	4 G直	88/5,600	ベ	A 3	6,400	17.5	11.0	R・R	-	-	-	-	-	76	
富士重工業	スバル E-AB2	レオーネ 1600	1,155	"	EA71	1,595	4 G対	87/5,600	電	M 5	8,000	23.0	13.5	"	40	-	25	25	10	"	
	E-AB4	1800	1,200	"	EA81	1,781	"	100/5,600	"	"	"	22.0	12.5	"	"	-	"	"	"	74	
	E-AF2	1600	1,130	"	EA71	1,595	"	87/5,600	"	"	"	23.0	13.5	"	-	-	-	-	-	76	
本田技研工業	ホンダ E-SL	シビック	1,004	"	EJ	1,335	4 G直	68/5,500	"	A 2	6,800	19.0	10.0	R	-	-	-	-	-	74	
	E-SS	"	1,035	"	"	"	"	"	"	M 5	"	23.0	12.0	"	-	-	-	-	-	75	
	E-SR	"	1,063	"	EM	1,488	"	85/5,500	"	"	8,500	25.0	15.0	"	-	-	-	-	-	73	
	E-ST	"	1,099	"	"	"	"	80/5,500	"	"	"	"	14.0	"	45	1	17	17	20	"	
	"	"	1,048	"	"	"	"	"	"	A 2	"	22.0	13.0	"	-	-	-	-	-	74	
	E-WD	シビック カントリー	1,119	"	"	"	"	"	"	"	"	20.0	11.0	"	-	-	-	-	-	75	
	E-SU	クイント	1,148	"	EP	1,601	"	90/5,500	"	A 3	9,400	19.5	12.0	"	-	-	-	-	-	"	
	E-SM	アコード ハッチバック	1,186	"	EK	1,750	"	95/5,300	"	"	"	18.5	10.5	"	-	-	-	-	-	"	
	E-SN	プレリュード	1,107	4	"	"	"	"	"	"	M 5	"	22.0	12.5	"	-	-	-	-	-	74
	"	"	1,099	"	"	"	"	"	"	"	A 3	"	18.5	10.5	"	-	-	-	-	-	75

(注1) 表中の記号は次の意味を示す。

燃 料 G: ガソリン, D: 軽油
 シリンダ配列 直: 直列, 対: 水平対向型
 ファン駆動方式 ベ: ベルト駆動式, 流: 流体継手駆動式, 流*: 温度制御型流体継手駆動式
 電: 電動式
 変速機の種類 M: 手動, A: 自動, 例 M 5: 手動5段変速
 タイヤのトレッドパターン R: リブタイヤ, L: ラグタイヤ, B: ブロックタイヤ

(注2) 音源別寄与率の分析方法はメーカーにより異なり統一されたものではない。

5.2.2 第2段階騒音規制対応のための開発技術

(1) 大型車

エンジンルームエンクロージャの強化、排気系改善などにより加速騒音82.3～83.6dB(A)まで達しているが第2段階規制対策用開発目標値(81.5dB(A))には達していない。

○ サブシステムの開発

(a) エンジン

長行程化、運動部分の軽量化、歯車構造の変更、過給の採用、近接遮へいなど。

エンジンエンクロージャの遮へい構造、吸音材の検討。

(b) ファン

形状変更、回転数低下、ラジエータ冷却性能向上。

(c) 吸気騒音

吸気消音器の採用。

排気騒音

排気音、放射音低減のため消音器の容積増加、振動絶縁等を検討。

(d) 駆動系

変速機ケースの剛性向上、変速機の遮へいを検討。

エンジンエンクロージャの問題点は、エンジン水温・油温、変速機油温の上昇、重量増加、防災性及び整備性の悪化がある。

メーカー別の騒音低減対策例と音源別寄与率例などを図、表により以下に示す。

◎ 日 野

バスはラジエータルームとエンジンルームが分離しているレイアウトのためエンジンそのものの遮へい度合はトラックより少なくてすむが、音源が車両後部に集中していて、音源の分散対策はできないこと、ラジエータを通過した冷却風の通風経路の確保が難しいことなどトラックとは異なる問題をもつ(図5.6)。

全輪駆動車では駆動系騒音の寄与率が大きく、音源も一般トラックに比べ広範囲に分散しているから対策が極めて困難である(図5.7)。

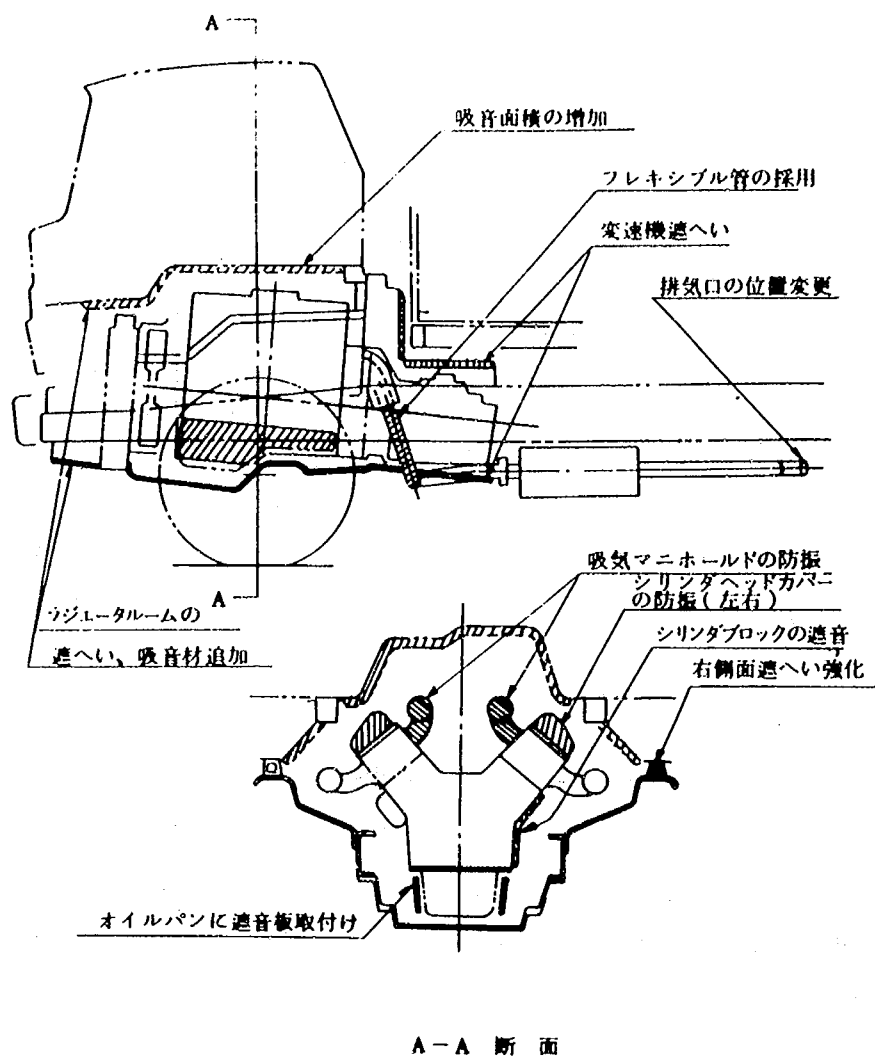


図 5.5 - (1) 開発車両の騒音対策概要 (日野自動車工業)¹²⁾

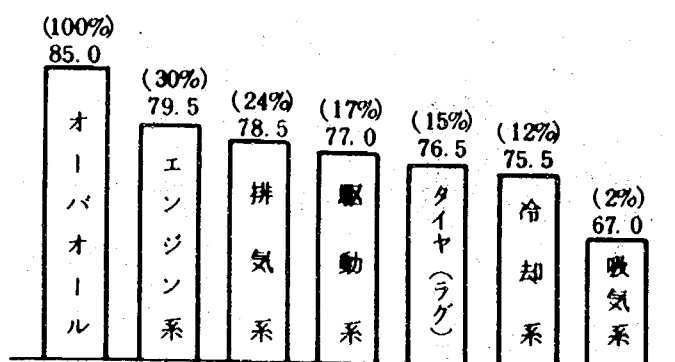


図 5.5 - (2) 54 規制適合車の音源別寄与率例 (日野自動車工業)¹²⁾

(RV型リヤエンジン型バス) 単位 dB(A)
()内はエネルギー%

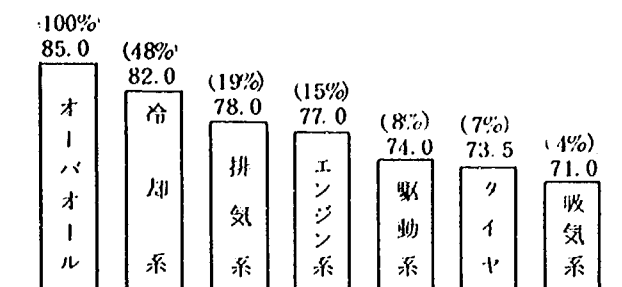


図 5.6 リヤエンジン型バスの音源別寄与率例
(日野自動車工業)¹²⁾

(ZC型6×6,トラック) 単位 dB(A)
()内はエネルギー%

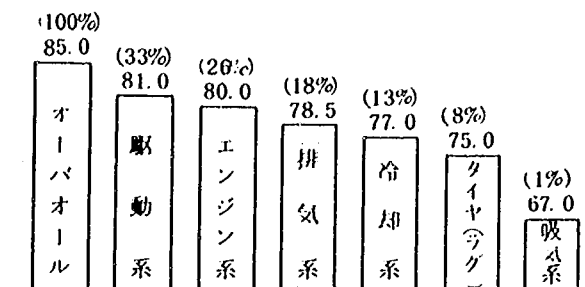


図 5.7 全輪駆動車の音源別寄与率例
(日野自動車工業)¹²⁾

◎ いすゞ：(5.8図～5.11図)

第2段階対策開発で83.1dB(A)を得ているが(54年規制適合車で84.9dB(A))，騒音レベル低減に大きく寄与しているのは，エンジン，冷却系，排気系の低減である(図5.10)。

全輪駆動車は前車輪の上下動が大きく，プロペラ軸によるスペースの制約などからエンジン，変速機へのアンダカバー装着が困難である。トラクタ，ダンパ等はホイールベースが短いため消音器2個装着が難しく開発は困難である(図5.11)。

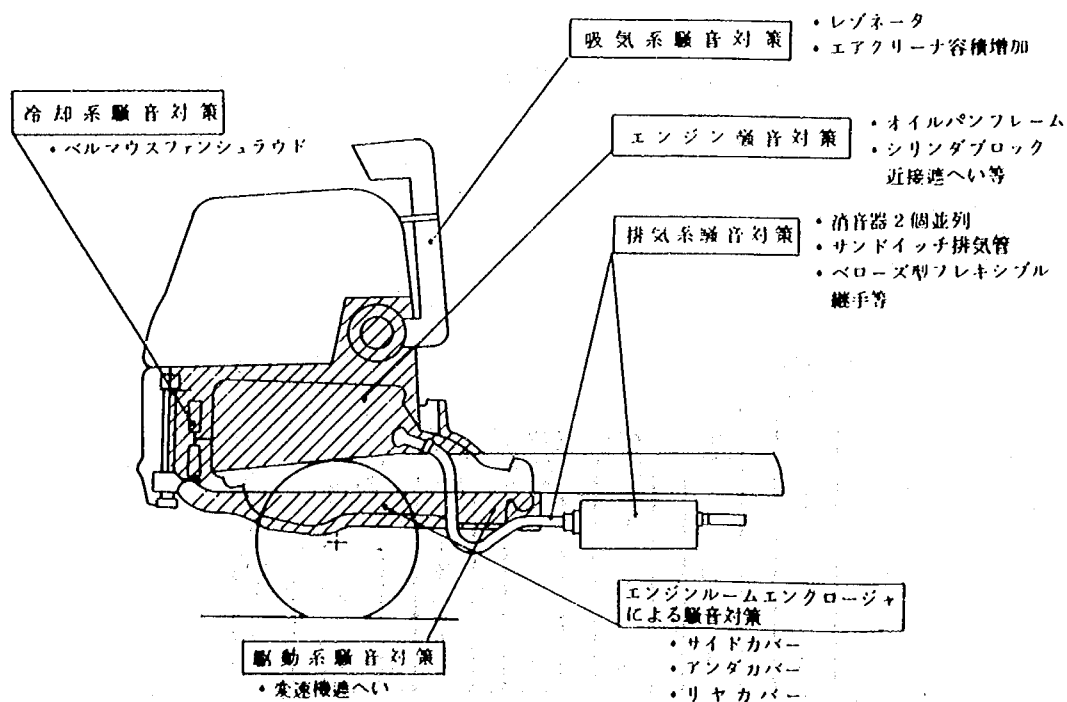


図 5.8 開発車両対策概要 (いすゞ自動車)¹²⁾

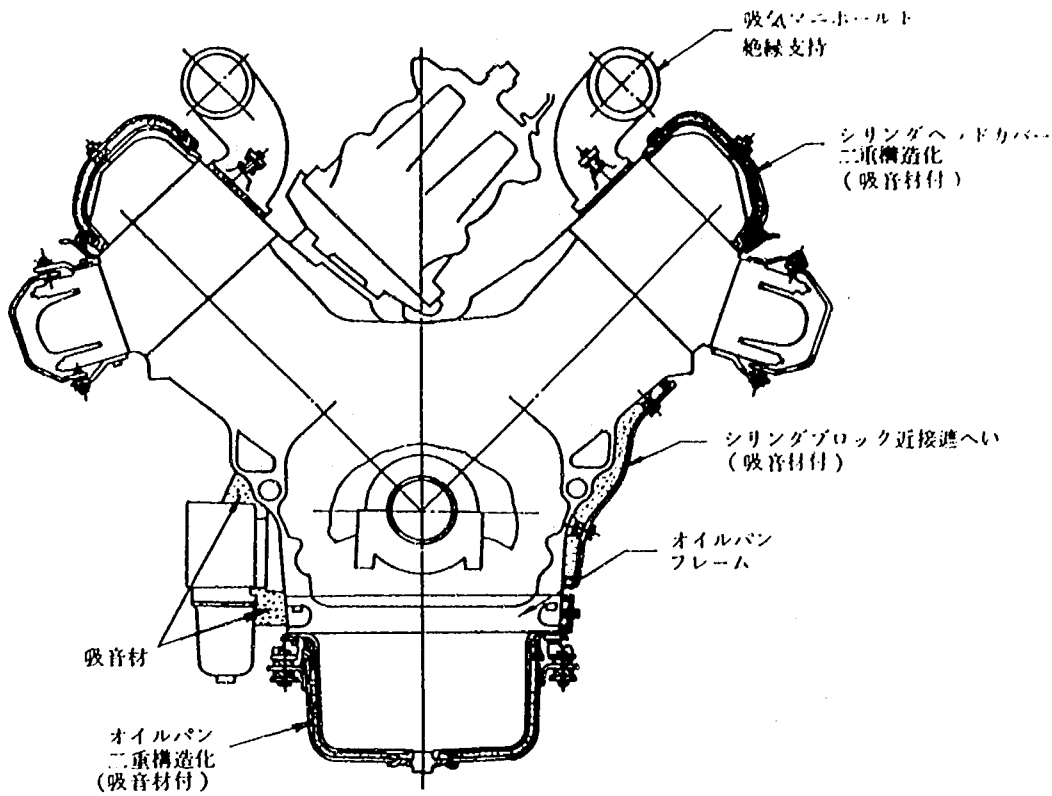


図 5.9 開発車両のエンジン騒音対策 (いすゞ自動車)¹²⁾

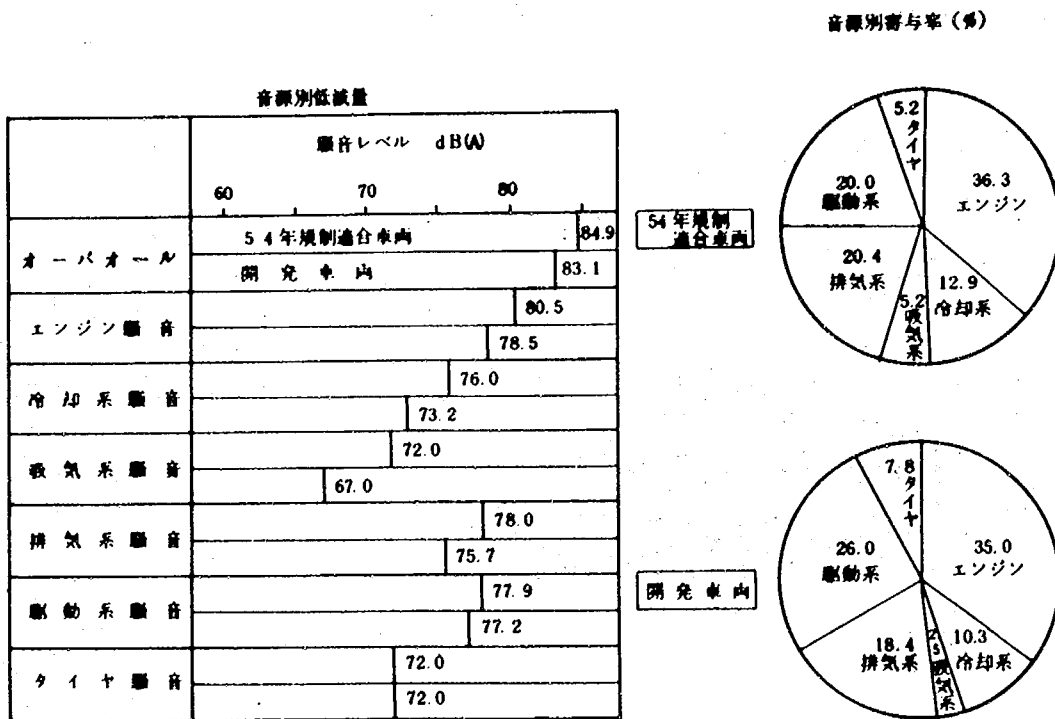


図 5.10 開発車両の騒音値 (いすゞ自動車)¹²⁾

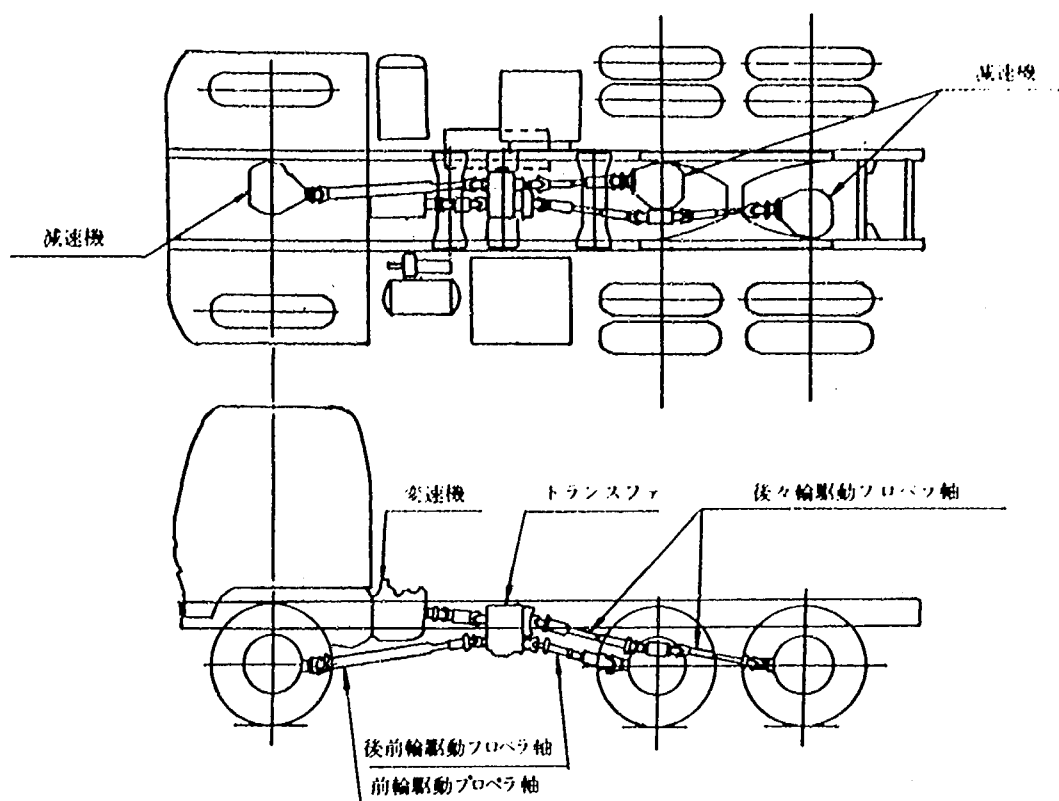


図 5.11 全輪駆動車駆動系レイアウト (いすゞ自動車)¹²⁾

◎ 三菱：(図 5.12～図 5.13)

開発目標値 (81.5 dB(A)) に達しておらず、サブシステム開発においてもエンジン、冷却系騒音に有効な対策が得られていないため、第 2 段階目標値達成の見通しが立っていない。

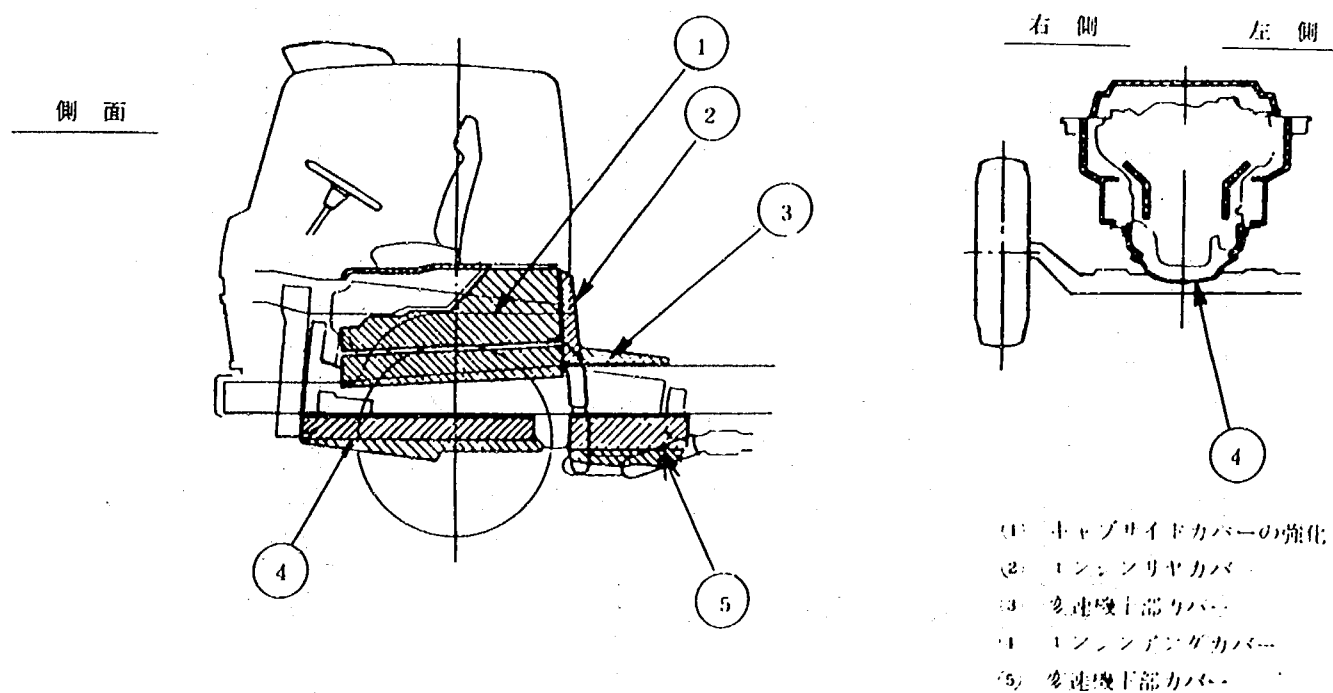
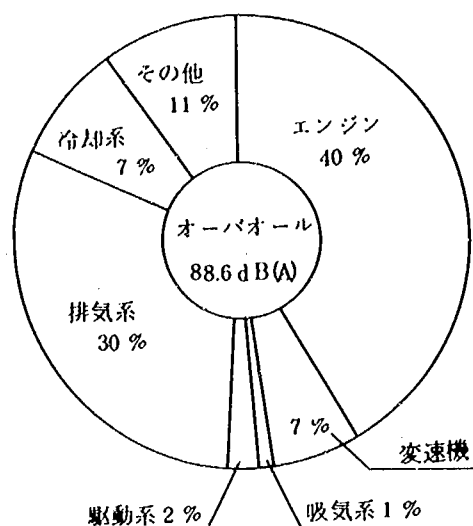


図 5.12 開発車両の対策内容 (三菱自動車工業)¹²⁾

1. ハーネス車両三菱K-FV315Jの加速騒音音源別寄与率
(遮へいカバーの無い状態)



2. 低減目標値(大型車)

音源	対策
冷却系	3 dB(A)
エンジン	2 "
変速機	2 "
排気系	6 "

88.6 dB(A) → 86.3 dB(A)

遮へい	対策
遮へいカバー	4.8 dB(A)

86.3 dB(A) → 81.5 dB(A)

図 5.13 音源別寄与率及び低減目標 (三菱自動車工業)¹²⁾

(2) 中型車

第2段階規制に対応するための開発目標値を81~81.5 dB(A)としている。シリンダブロックの剛性向上、エンジン本体への近接遮へい、エンジンルームエンクロージャの強化、温度制御型流体継手付ファン、吸気消音器、消音器容積増加、排気管へのフレキシブル継手、変速機の遮へい等をおこなっている。

この結果80.3~83.8 dB(A)を得ており、開発目標に達しているのは4両ある。

各音源別の対策は次のとおりである。

(a) エンジン

シリンダブロックの剛性向上、近接遮へい、シリンダヘッドカバーの絶縁支持。またエンジンルームエンクロージャの遮へい強化、吸音材の性能向上を検討中である。

(b) 冷却系

ファン形状変更、温度制御型流体継手ファンの採用、ファン回転数の低下およびこれに伴うラジエ

ターの性能向上を図る。

(c) 吸排気系

吸気ダクト延長，エアクリーナの改善。排気音，放射音低減のため，排気管の二重壁化，フレキシブル継手の採用，消音器の構造変更および容積増加を検討。

(d) 駆動系

変速機の遮へいなどをおこなう。

以下に，メーカー別，車種別の対策例，寄与率例などを図表に示す。

◎ 日産ディーゼル：（表 5.7，5.8，図 5.14）

開発目標値 81.5 dB(A)，過給機つきで 81.3 dB(A)，無過給で 81.7 dB(A)を得ている。

過給機付の開発車両諸元を表 5.7 に示す。カバー類の取付により，エンジン水温・油温上昇，整備性の悪化，重量増（36.6 kg）—表 5.8，図 5.14—などの問題がある。

表 5.7 開発車両の諸元表¹²⁾

車 両	ベース車名・型式	ニッサンディーゼル K-CM85	冷 却 系	フ ァ ン ク ラ ッ チ シ ュ ラ ウ ド 材 質 径 (cm) 最大回転数(rpm)	駆動方式	ベルト
	車体の形状	キャブオーバ			ファンクラッチ	無
	乗車定員(名)	3			シュラウド	有
	最大積載量(kg)	4,000			鋼	
	車両総重量(kg)	7,795			48.5	
	燃料消費率(km/ℓ) 定速(速度km/h)	6.7(60)			3,060	
	エンジン搭載位置	座席下			ラジエタ前面々積(m ²)	0.3
エ ン ジ ン 諸 元	型 式	FD6(過給機付)	吸 気 系	吸 気 口 位 置 レ ゾ ネ ー タ	エアクリーナ容積(ℓ)	19.9
	総排気量(ℓ)	5.65			フェンダ内	
	重 量(kg)	495			無	
	燃料の種類 及びサイクル数	軽油・4サイクル	排 気 系	消 音 器	容 積(ℓ)	35.5
	シリンダ数及び配置	直列6気筒			容積/総排気量	6.3
	カム軸駆動方式	歯車			外殻二重化	有
	燃焼室形式	直接噴射式			二重壁化	無
	圧 縮 比	16.0			フレキシブル継手	無
	最高出力(PS/rpm)	175/3,200	駆 動 系	変 速 機	変速機の種類	手動6段
	最大トルク(kg・m/rpm)	46.0/1,900			構造・トレッドパターン	バイアス・リブ
	過給機最大回転数 (rpm)	95,000			エンジンルーム 遮へい材の面積(m ²)・重量(kg)	3.3・33.1
	燃料消費率 (g/PS・h/rpm)	157/1,800			エンジンルーム 吸音材の面積(m ²)・重量(kg)	1.9・3.5

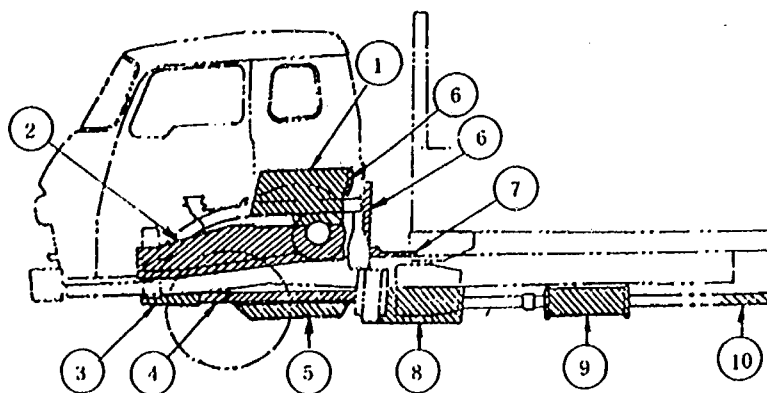


図 5.14 過給エンジン搭載トラックの開発車両の対策（日産ディーゼル工学）¹²⁾

表 5.8 過給エンジン搭載トラックの開発車両の対策（日産ディーゼル工業）¹²⁾

騒音低減対策	試験条件				問題点
	A	B	C	D	
カバー取り付け ①アッパカバー（吸音材） ②サイドカバー（吸音材） ③フロントエンジンカバー（吸音材） ④エンジンアングカバー ⑤オイルパンカバー（吸音材） ⑥リヤカバー（吸音材） ⑦変速機アッパカバー ⑧変速機アングカバー（吸音材）		○	○	○	油温上昇、冷却水温上昇、整備性の悪化 重量増加 3 6.6 kg
⑨消音器容積増加			○	○	搭載スペース不十分
⑩後部排気管車両後方へ延長				○	
加速走行騒音レベル dB(A)	83.5	82.4	82.9	81.3	

◎ 日野：（表 5.9，5.10，図 5.15～5.17）

開発目標値 81.5 dB(A)。キャブオーバ型トラックとキャブオーバ型バス（フロントエンジン）を選んで開発をすすめている。前者は生産台数が多く騒音低減が最も難しいと判断される形式のものであり、後者はリヤエンジンバスにない個有の対策を要する型式である。開発車両諸元を表 5.9，5.10 に開発対策を図 5.15，5.16 に示す。

トラックではエンジン騒音と排気騒音が寄与率で 70 % を占めるため、この両音源を中心に対策を進められている。（図 5.17）

表 5.9 開発車両の諸元表 (キャブオーバー型トラック)¹²⁾

車 両	ベース車名・型式	日 野 K-ED174 キャブオーバー	冷 却 系	駆 動 方 式	ベ ル ト
	車 体 の 形 状			ファンクラッチ	流体継手付
	乗 車 定 員 (名)	3		シ ュ ラ ウ ト	有
	最 大 積 載 量 (kg)	4,250		材 質	プラスチック
	車 両 総 重 量 (kg)	7,850		径 (cm)	48
	燃料消費率 (km/ℓ) 定速 (速度 km/h)	—		最大回転数 (rpm)	2,850
	エンジン搭載位置	座 席 下		ラジエタ前面積 (m ²)	0.38
エ ン ジ ン 諸 元	型 式	EH700	吸 気 系	エアクリーナ容積 (ℓ)	17
	総 排 気 量 (ℓ)	6.44		吸 気 口 位 置	キャブ前側
	重 量 (kg)	518		レゾネータ	無
	燃料の種類 及びサイクル数	軽油・4サイクル	排 気 系	容 積 (ℓ)	28
	シリンダ数及び配置	直列6気筒		容積/総排気量	4.34
	カム軸駆動方式	歯 車		外殻二重化	有
	燃 焼 室 形 式	直接噴射式	排 気 管	二重壁化	有
	圧 縮 比	17.9		フレキシブル継手	無
	最高出力 (PS/rpm)	170/3,200	駆 動 系	変 速 機 の 種 類	手動5段
	最大トルク (kg·m/rpm)	45/2,000		構造・トレッドパターン	バイアス・リブ
	過 給 機	無		エンジンルーム 遮へい材の面積 (m ²)・重量 (kg)	4.1・3.3
	燃料消費率 (g/PS·h /rpm)	163/1,300		エンジンルーム 吸音材の面積 (m ²)・重量 (kg)	2.7・3.3

表 5.10 開発車両の諸元表 (キャブオーバー型バス)¹²⁾

車 両	ベース車名・型式	日 野 K-AM101 キャブオーバー	冷 却 系	駆 動 方 式	ベ ル ト
	車 体 の 形 状			ファンクラッチ	流体継手付
	乗 車 定 員 (名)	29		シ ュ ラ ウ ト	有
	最 大 積 載 量 (kg)	—		材 質	プラスチック
	車 両 総 重 量 (kg)	5,530		径 (cm)	18
	燃料消費率 (km/ℓ) 定速 (速度 km/h)	—		最大回転数 (rpm)	3,000
	エンジン搭載位置	車体前部		ラジエタ前面積 (m ²)	0.326
エ ン ジ ン 諸 元	型 式	EH100	吸 気 系	エアクリーナ容積 (ℓ)	20
	総 排 気 量 (ℓ)	5.87		吸 気 口 位 置	車体前部注1)
	重 量 (kg)	499		レゾネータ	無
	燃料の種類 及びサイクル数	軽油・4サイクル	排 気 系	容 積 (ℓ)	20
	シリンダ数及び配置	直列6気筒		容積/総排気量	3.4
	カム軸駆動方式	歯 車		外殻二重化	有
	燃 焼 室 形 式	予燃焼室式	排 気 管	二重壁化	有
	圧 縮 比	19.5		フレキシブル継手	無
	最高出力 (PS/rpm)	145/3,200	駆 動 系	変 速 機 の 種 類	手動5段
	最大トルク (kg·m/rpm)	37/2,000		構造・トレッドパターン	バイアス・リブ
	過 給 機	無		エンジンルーム 遮へい材の面積 (m ²)・重量 (kg)	3.0・3.0
	燃料消費率 (g/PS·h /rpm)	184/1,400		エンジンルーム 吸音材の面積 (m ²)・重量 (kg)	3.0・3.0

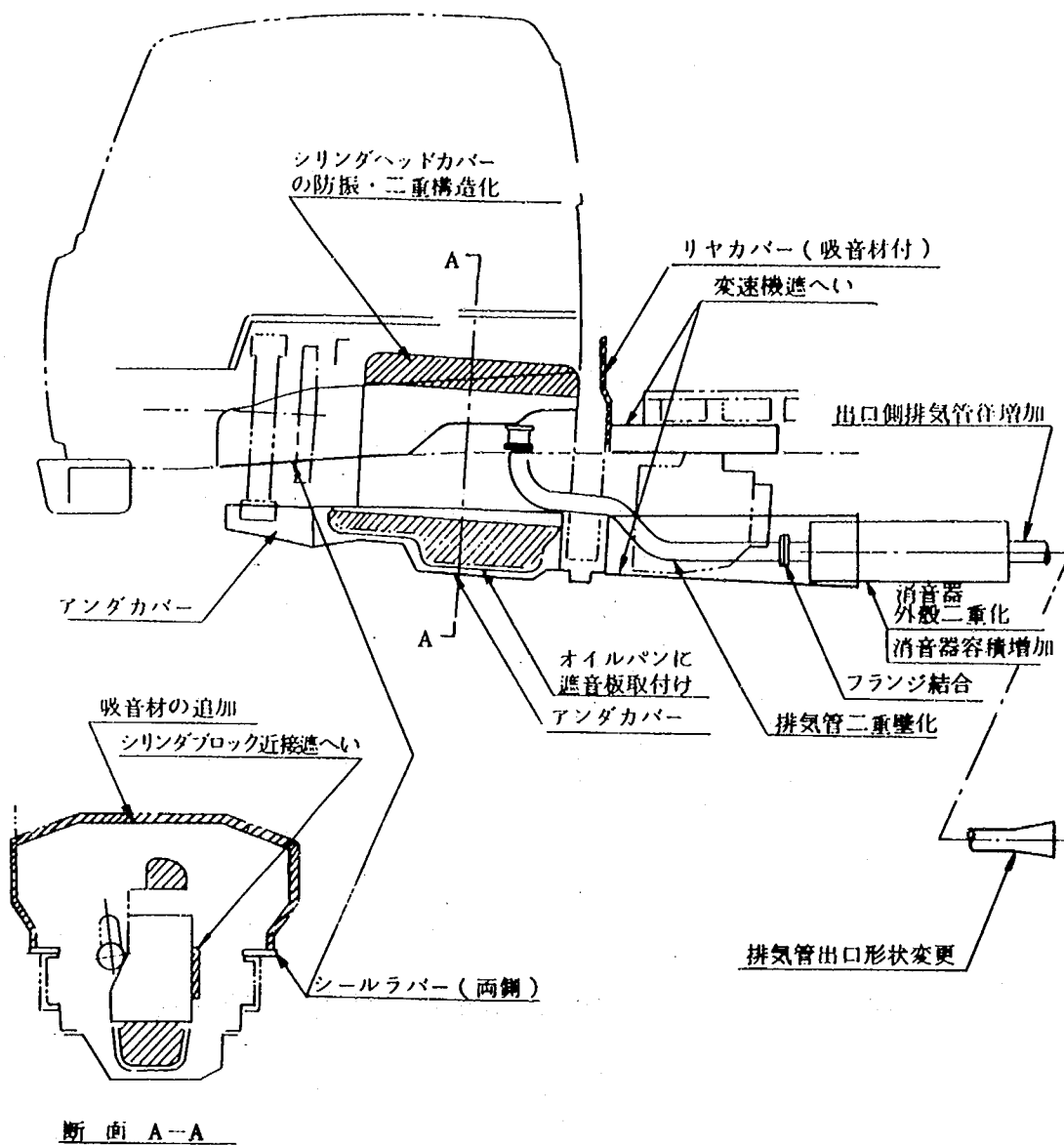


図 5.15 キャブオーバ型トラックの開発車両の対策 (日野自動車工業)¹²⁾

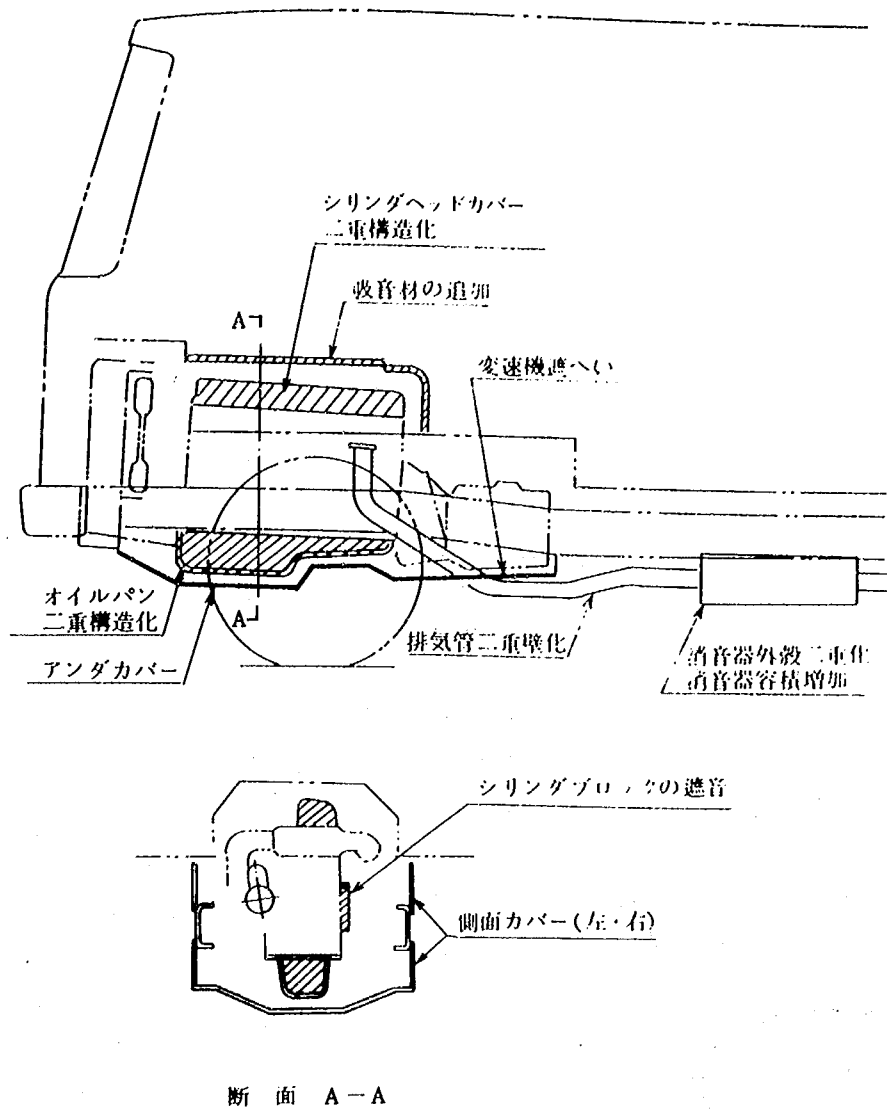


図 5.16 キャブオーバ型バスの開発車両の対策 (日野自動車工業)¹²⁾

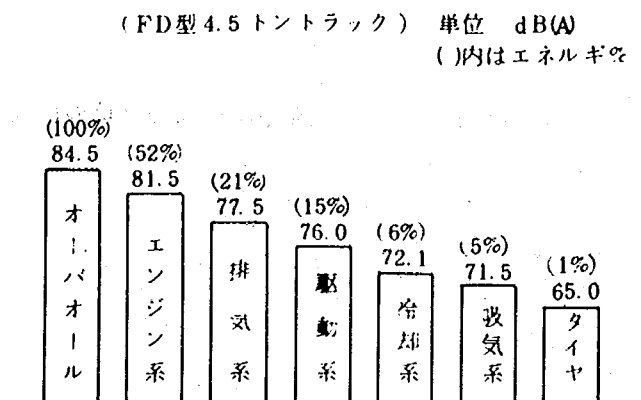


図 5.17 54 年規制適合車の音源別寄与率例 (日野自動車工業)¹²⁾

◎ いすゞ：(図5.18～5.22)

開発目標値 $\left\{ \begin{array}{l} 81.5 \text{ dB(A)} \text{--- 最大積載 4 t 以上} \\ 81 \text{ dB(A)} \text{--- " 4 t 以下} \end{array} \right.$

4 t 以上の開発車に過給を施した場合目標値に近い値を得ており、4 t 未満の開発車については2 t トラック及びバス(定員26名)の何型式かは目標値を達成しているため、第2段階目標値対応の可能性はある。

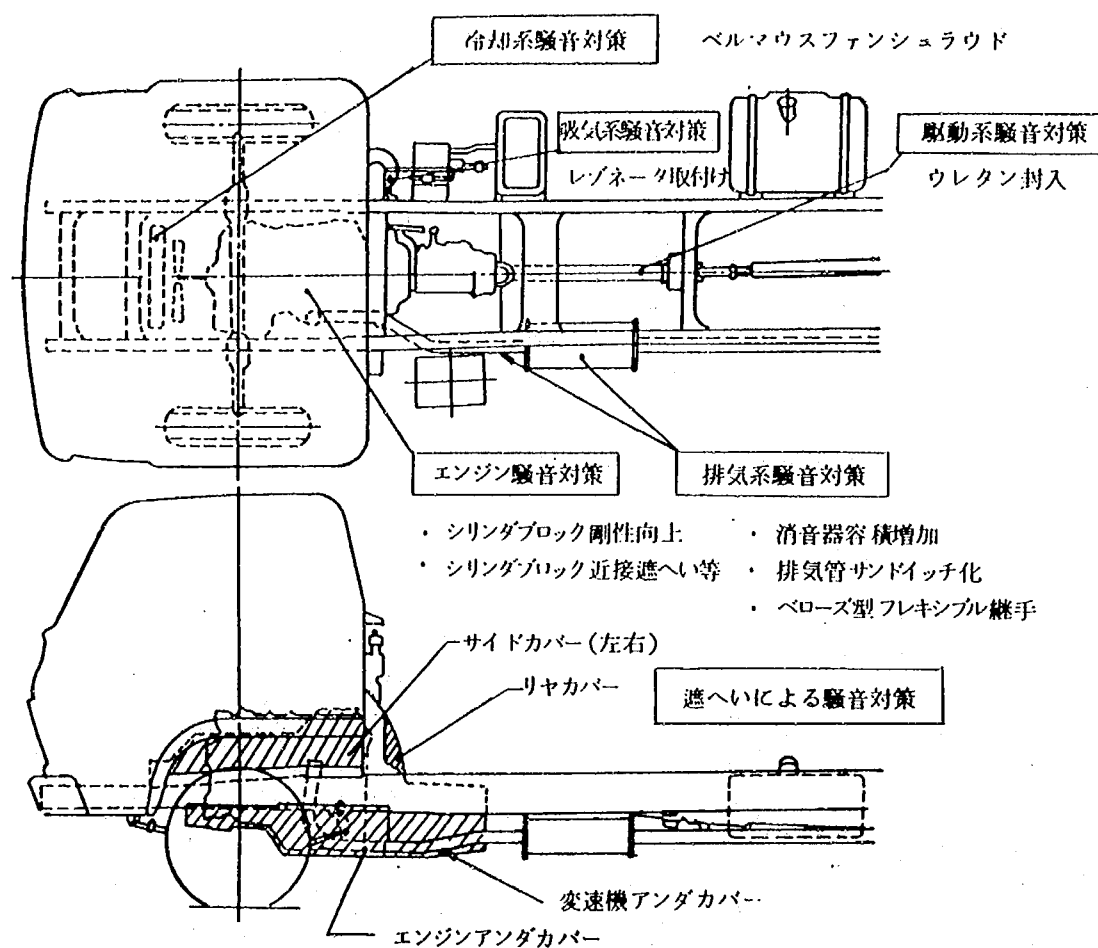


図5.18 最大積載量4 t 以上の開発車両の対策概要 (いすゞ自動車)¹²⁾

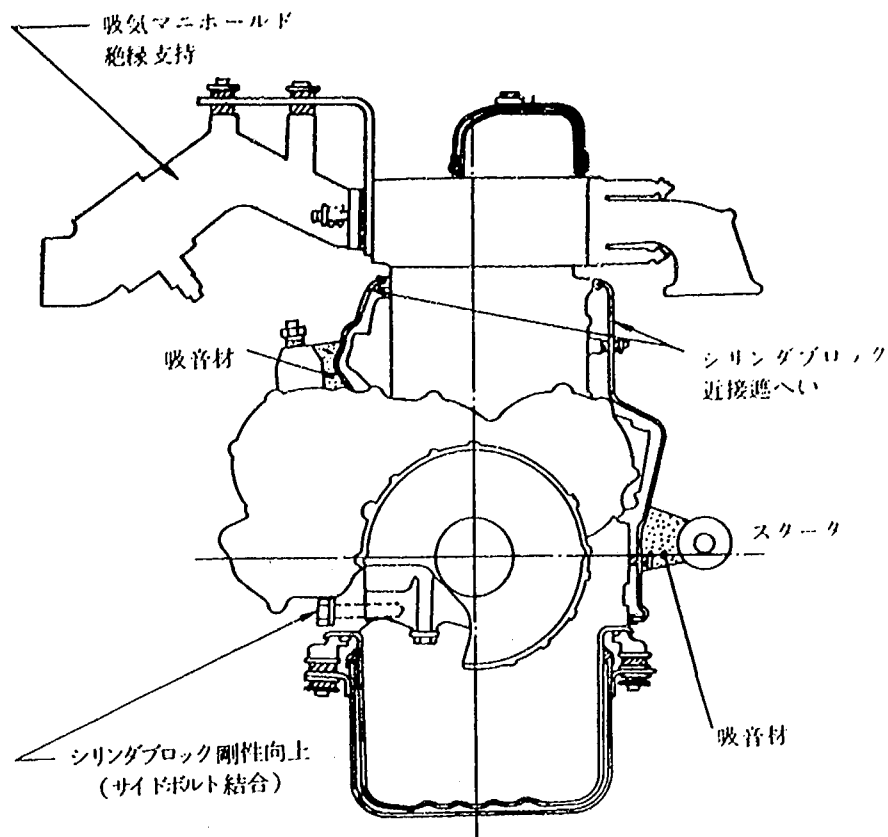


図 5.19 エンジン騒音対策 (いすゞ自動車)¹²⁾

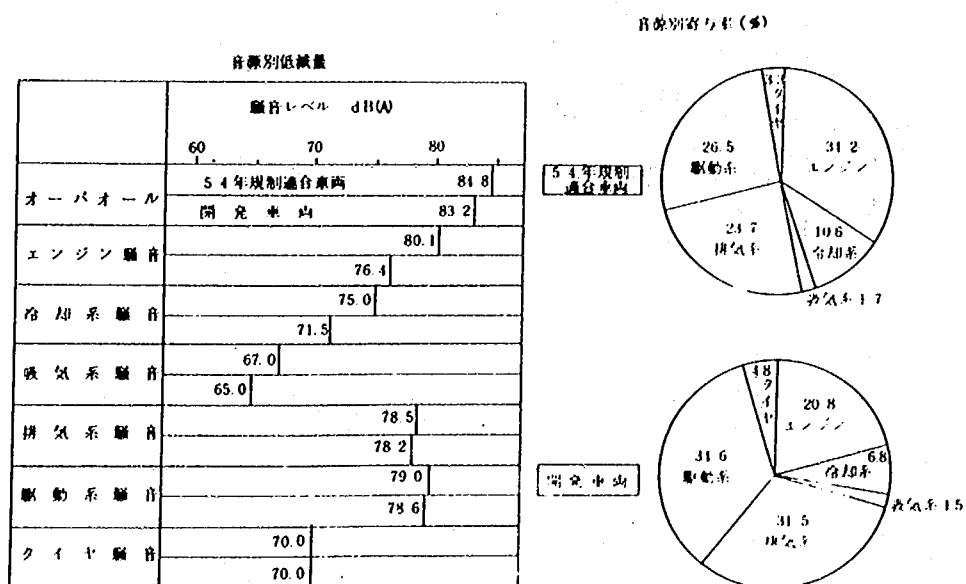


図 5.20 最大積載量 4 t 以上の開発車両の騒音値 (いすゞ自動車)¹²⁾

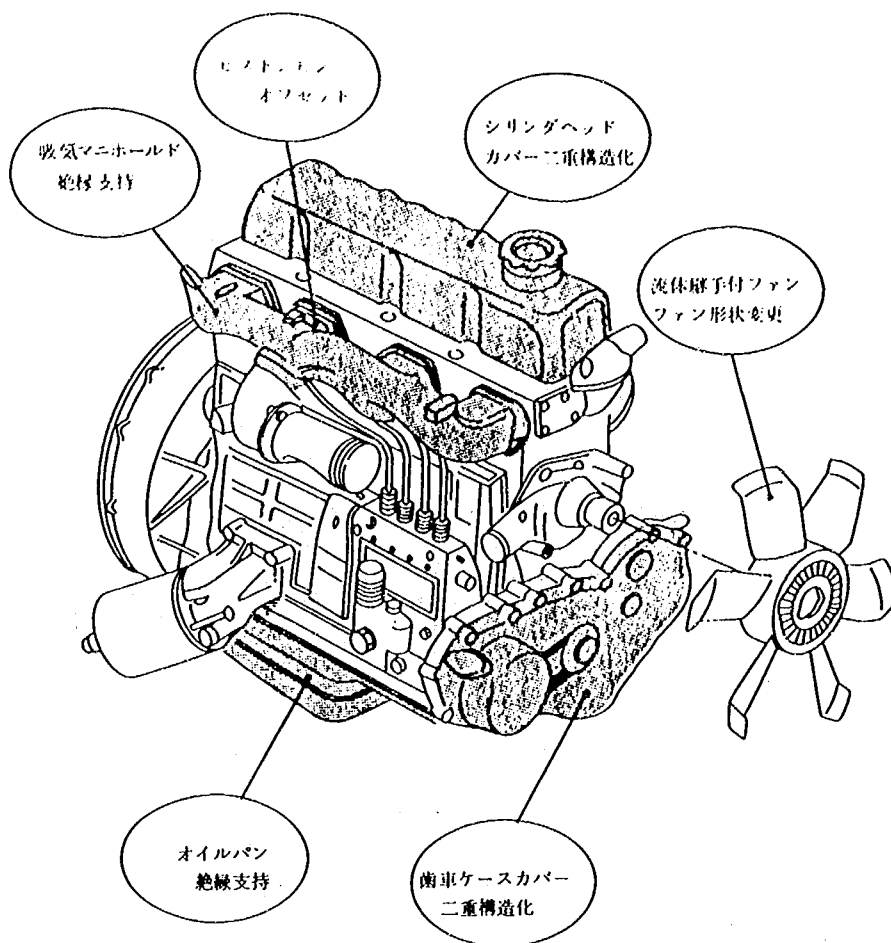


図 5.21 最大積載量 4 t 未満の開発車両のエンジン騒音対策 (いすゞ自動車)¹²⁾

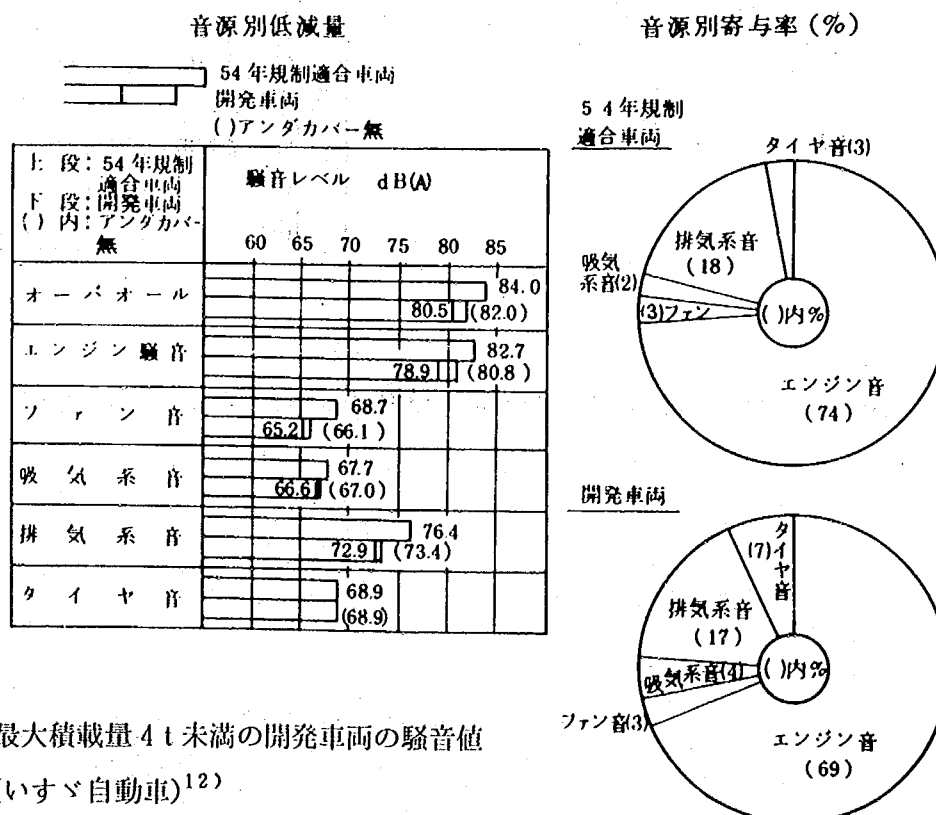


図 5.22 最大積載量 4 t 未満の開発車両の騒音値 (いすゞ自動車)¹²⁾

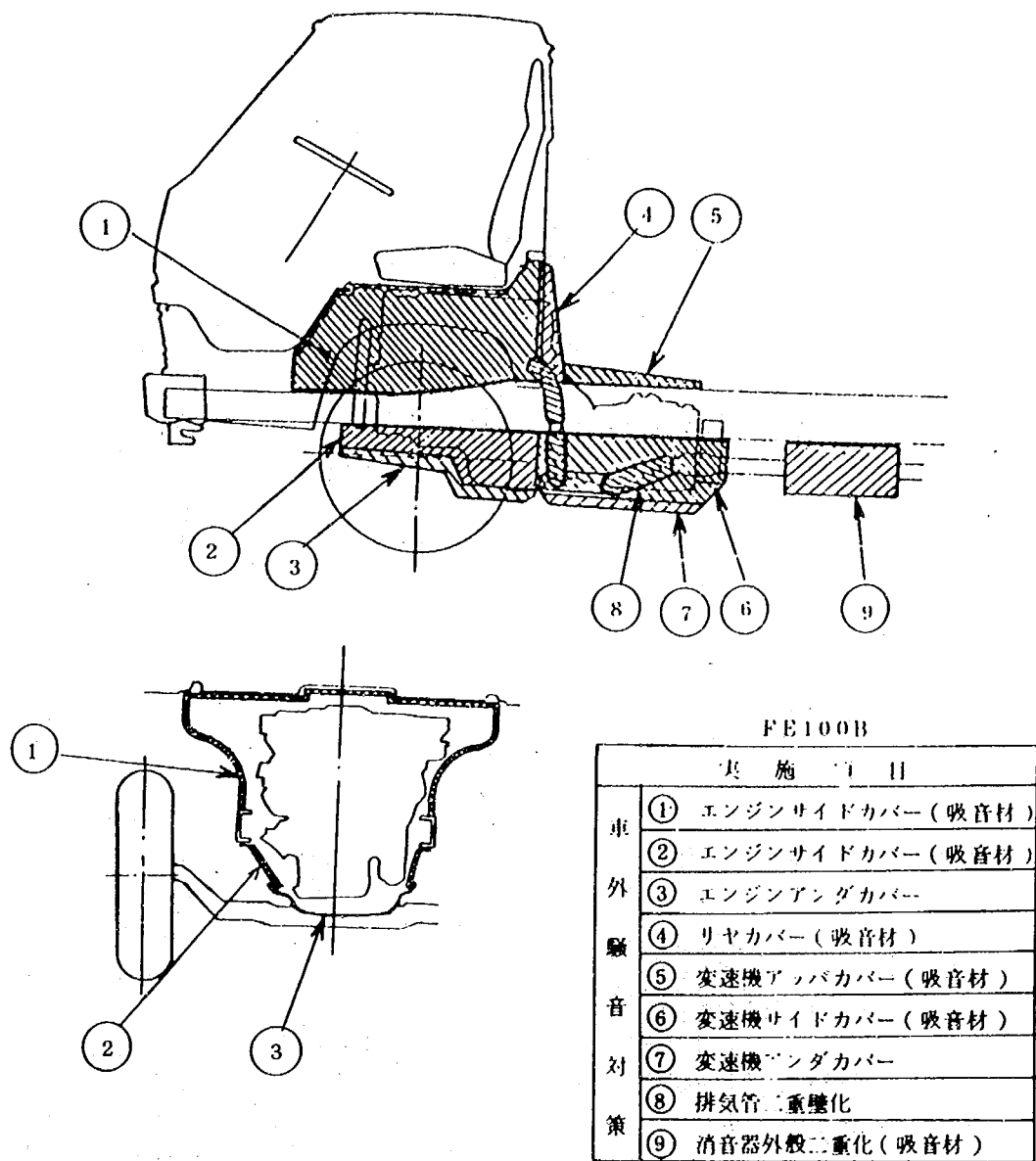


図5.23 最大積載量2tクラスの開発車両の対策内容（三菱自動車工業）¹²⁾

◎ トヨタ：（図 5.24， 5.25）

ガソリンエンジン搭載車は第 2 段階規制可能，ディーゼルエンジン搭載車も時間はかかるがほぼ可能と
している。（図 5.24， 5.25）

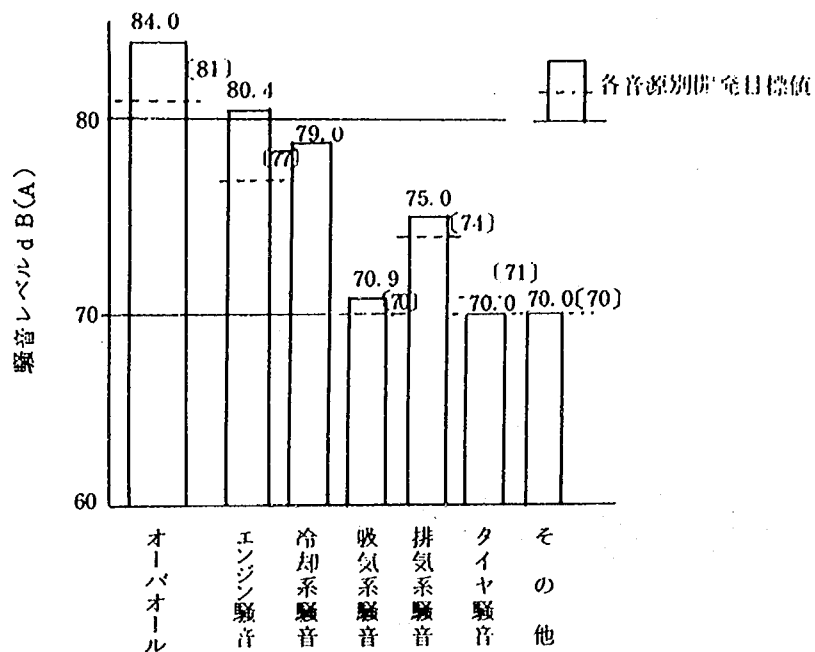


図 5.24 開発車両の音源別騒音値（トヨタ自動車工業）¹²⁾

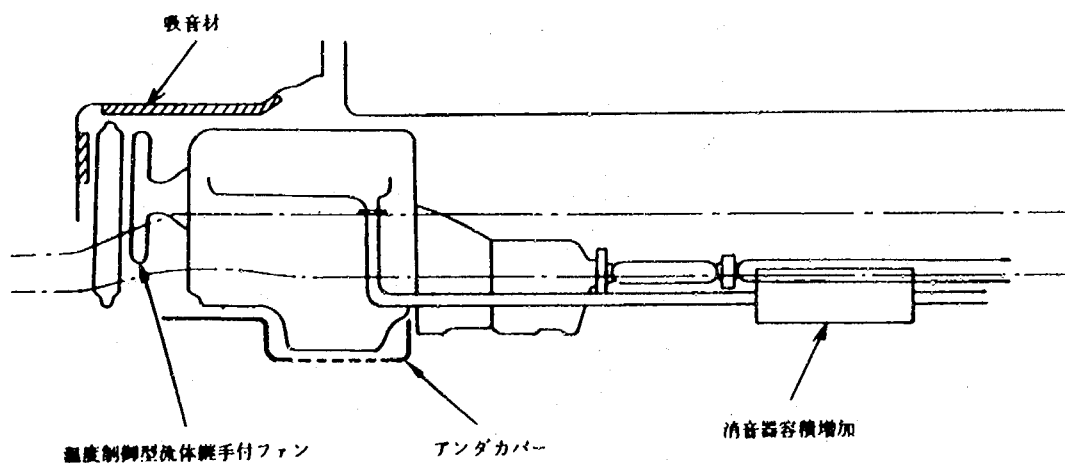
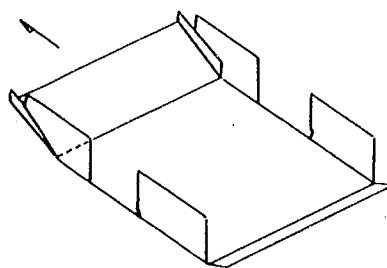
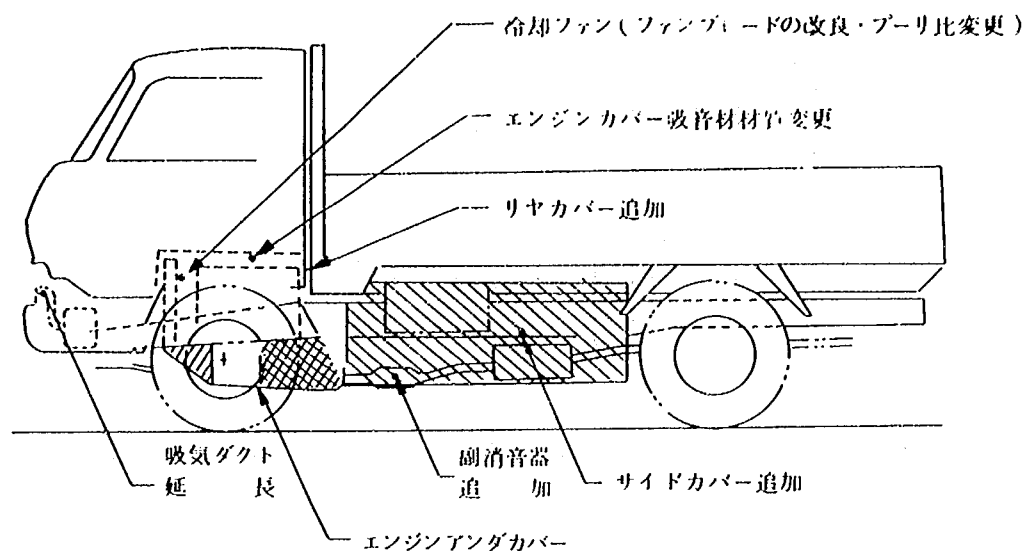


図 5.25 開発車両の対策部位（トヨタ自動車工業）¹²⁾

◎ 日産：（図5.26）

開発目標値は81dB(A)。A, B 2 ランクに分け、Aランクは重量増, コスト上昇を伴うが技術的に採用可能なものでこれにより 81.8 dB(A)を得ており、B ランクは諸性能への影響を改善すれば採用可のもので（アンダーカバー追加）81.3 dB(A)を得ており、第2段階規制対応はほぼ可能としている。



エンジンアンダカバー

図5.26 開発車両の対策（日産自動車）¹²⁾

この他に、東洋工業、ダイハツ工業があるがいずれもエンジンルームエンクロージャを中心とした対策を実施している。

(3) 小型車

開発目標値を76dB(A)として各社とも進めている。シリンダブロックの剛性向上, オイルパン絶縁支持,

アンダーカバー採用，消音器の容積増加，変速機の遮へいなどにより75.5dB(A)～78.3dB(A)を得ている。しかしエンジン水温上昇，防炎性および整備性の悪化が問題である。

○ サブシステムの開発

(a) エンジン

シリンダブロック剛性，ベアリングビーム採用，オイルパン絶縁支持，ピストンオフセットなどを検討している。

エンジンルームエンクロージャとしてアンダカバー，サイドカバーの採用，吸音材の貼付などを検討している。

(b) 冷却系

温度制御型流体継手付ファン，低回転大容量ファンの採用およびラジエータ冷却性能向上を図る。

(c) 吸排気系

吸気レゾネータ採用，吸気ダクトの延長を検討中で，排気管用フレキシブル継手の採用，排気管の二重壁化，消音器容積増加および内部構造変更などを検討。遮熱板の放射音対策も検討している。

(d) タイヤ

タイヤメーカーと実用的低騒音タイヤを共同検討する。

バンの5段変速車，自動変速車を除き，多くの車両は開発目標を達していない。各メーカーの主な対策例を以下に図示する。

◎ いすゞ：(図5.27～5.29)

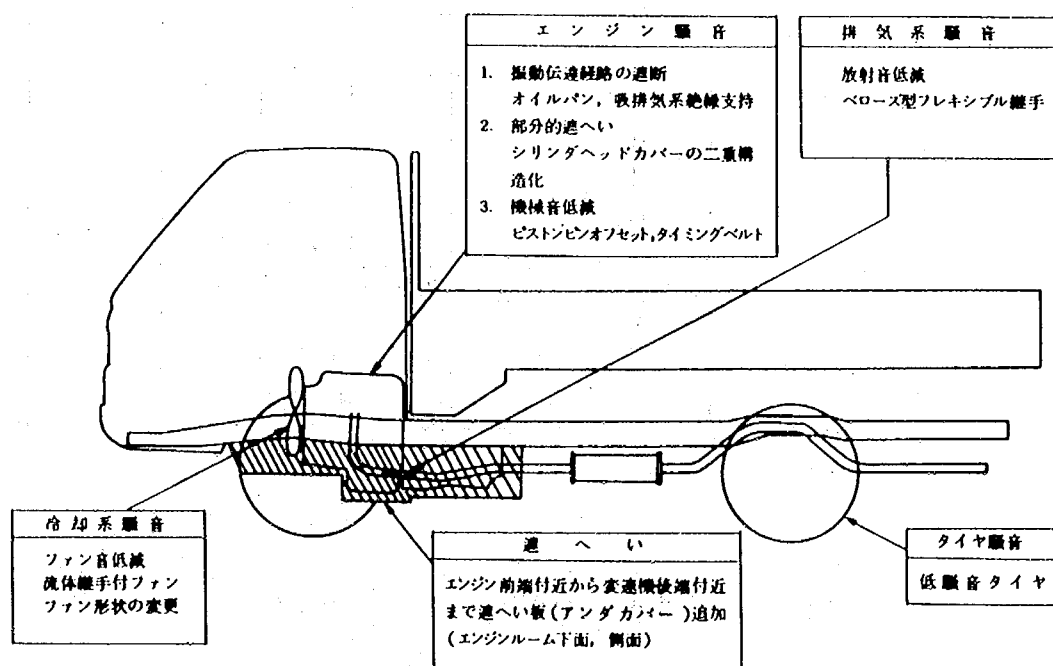
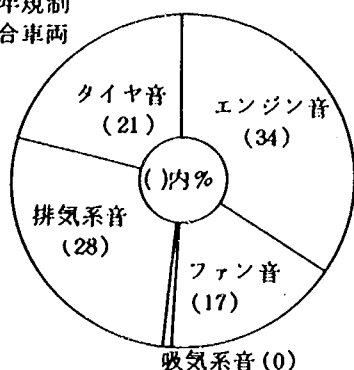
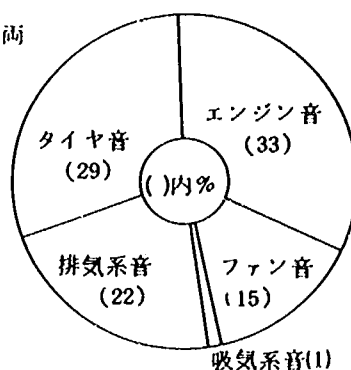


図5.27 開発車両の対策内容 (いすゞ自動車)¹²⁾

54年規制
適合車両



開発車両



54年規制適合車両
開発車両
()内アンダカバー無

上 段：54年規制適合車両 下 段：開発車両 () 内：アンダカバー無	騒 音 レ ベ ル d B(A)					
	5 5	6 0	6 5	7 0	7 5	8 0
オ ー バ オ ー ル					7 8.7	(7 7.3)
エ ン ジ ン 音				7 1.2	7 4.0	(7 2.3)
フ ァ ン 音			6 7.7	7 0.9	(6 8.7)	
吸 気 系 音	5 5.4					
	5 5.4					
排 気 系 音				6 9.4	7 3.1	(7 2.3)
タ イ ヤ 音				7 1.8	7 0.7	

(注) 駆動系音はエンジン音に含む

図 5.29 開発車両の騒音値 (いすゞ自動車)¹²⁾

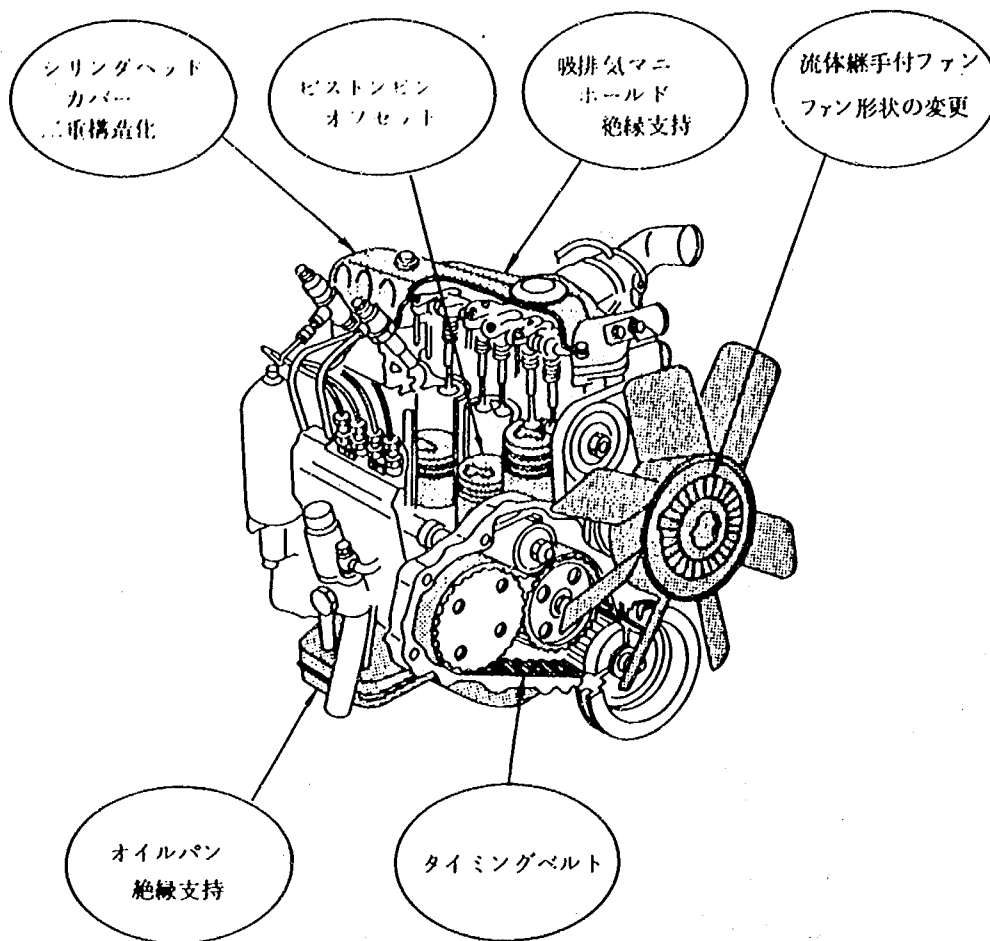


図 5.28 エンジン騒音対策 (いすゞ自動車)¹²⁾

◎ 三菱: (図 5.30)

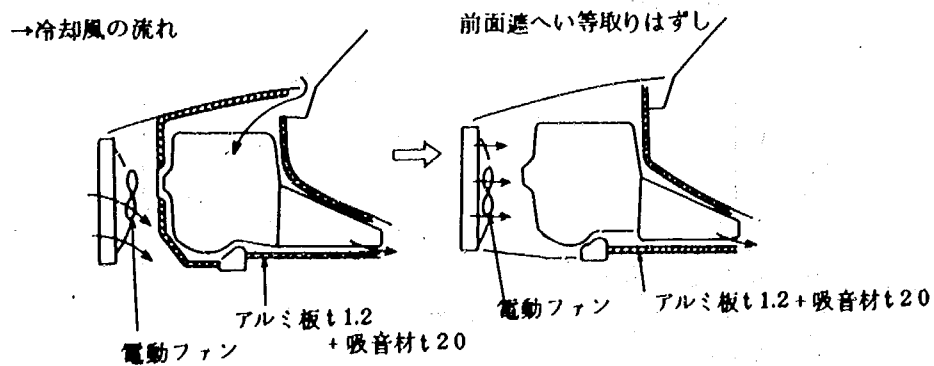


図 5.30 開発車両のエンジンルームエンクロージャ (三菱自動車工業)¹²⁾

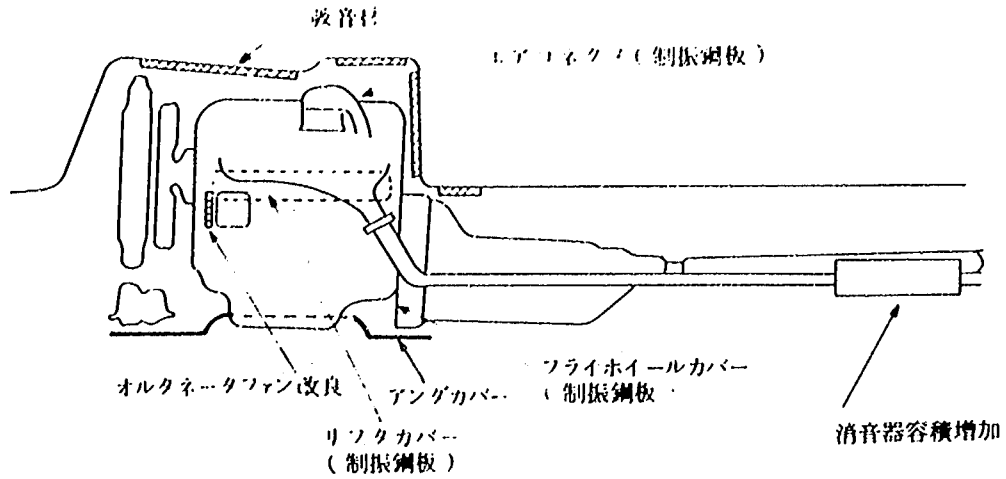
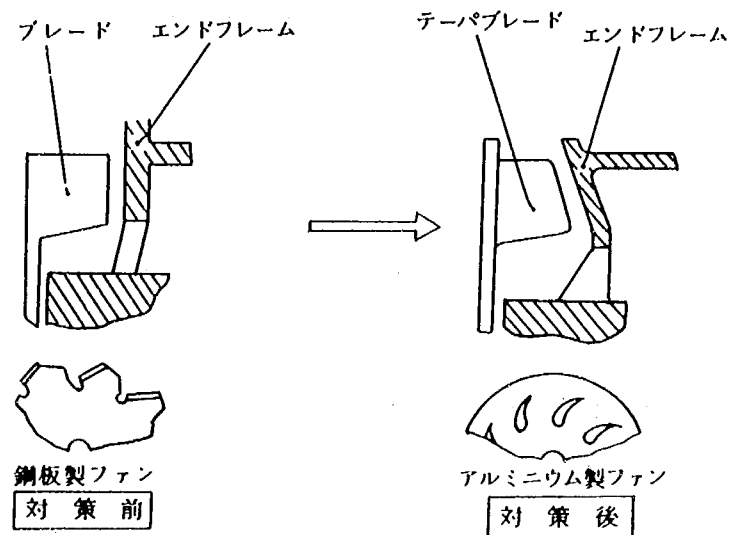


図 5.31 開発車の対策部位 (トヨタ自動車工業)¹²⁾



供試エンジン：直4，1,800cc，ガソリンエンジン
 運 転 条 件：全負荷
 測 定 地 点：エンジン前側1 m

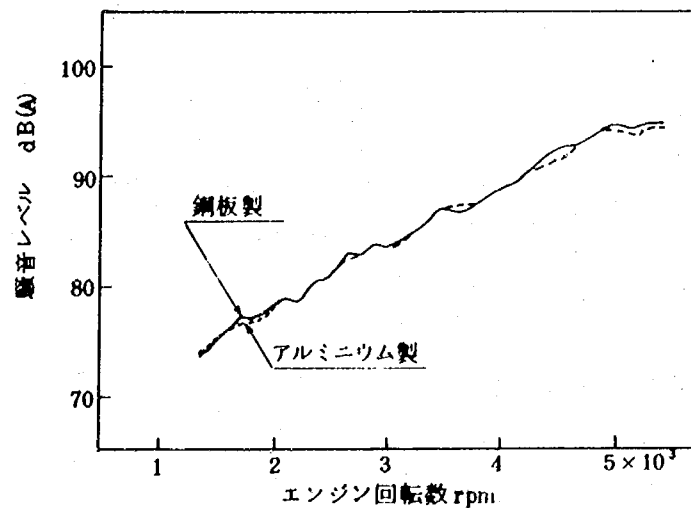


図 5.32 オルタネータファンの効果 (トヨタ自動車工業)¹²⁾

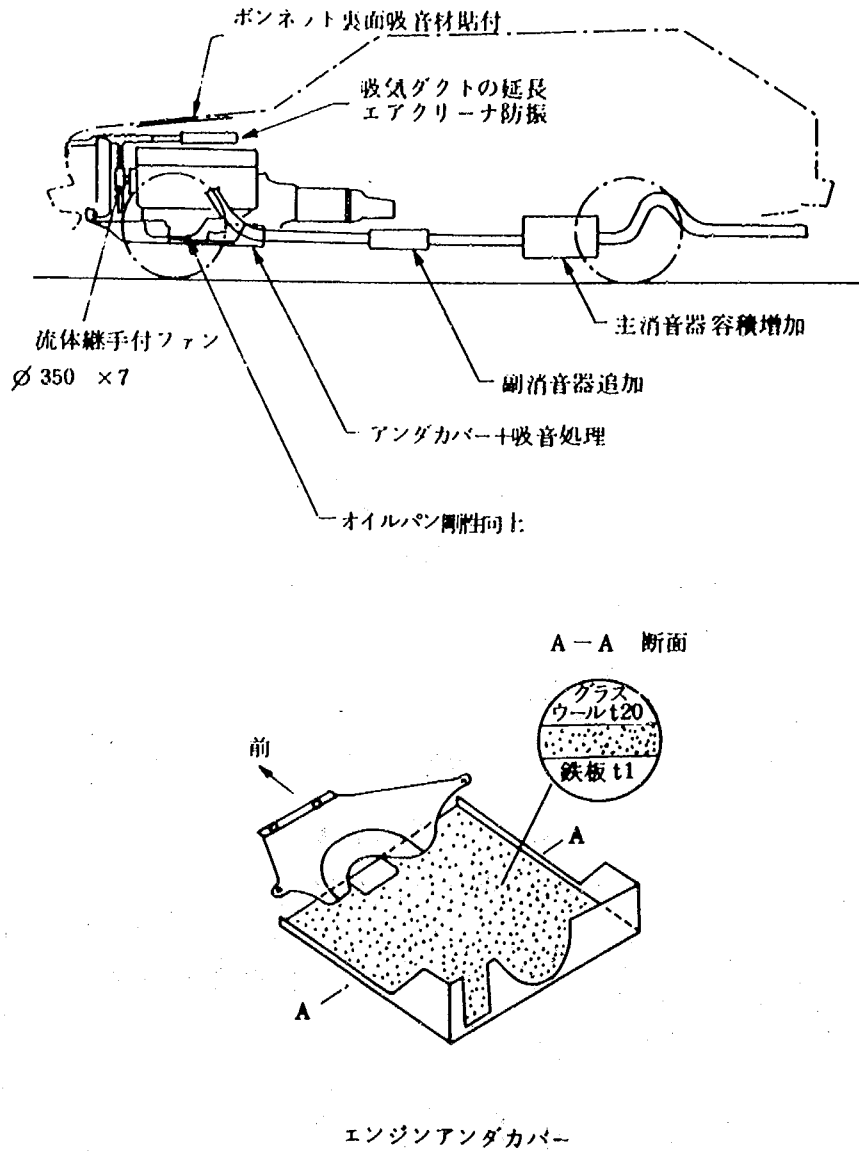


図 5.33 乗用車派生バン型開発車両の対策 (日産自動車)¹⁰⁾

◎ ダイハツ：（図 5.34～5.35）

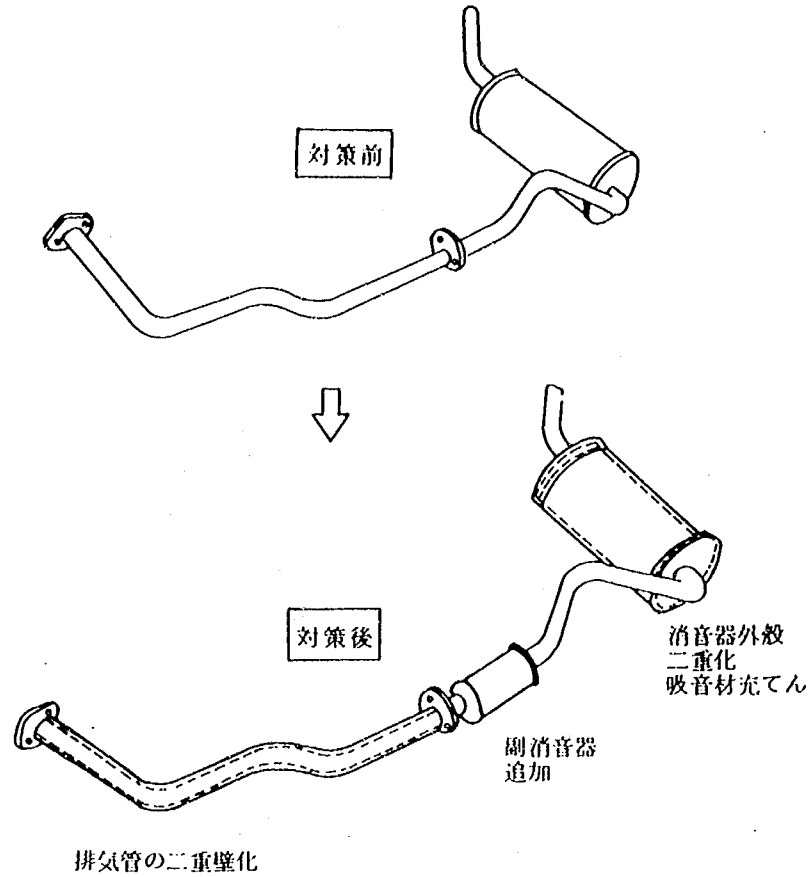


図 5.34 開発車両の排気系騒音対策（ダイハツ工業）¹²⁾

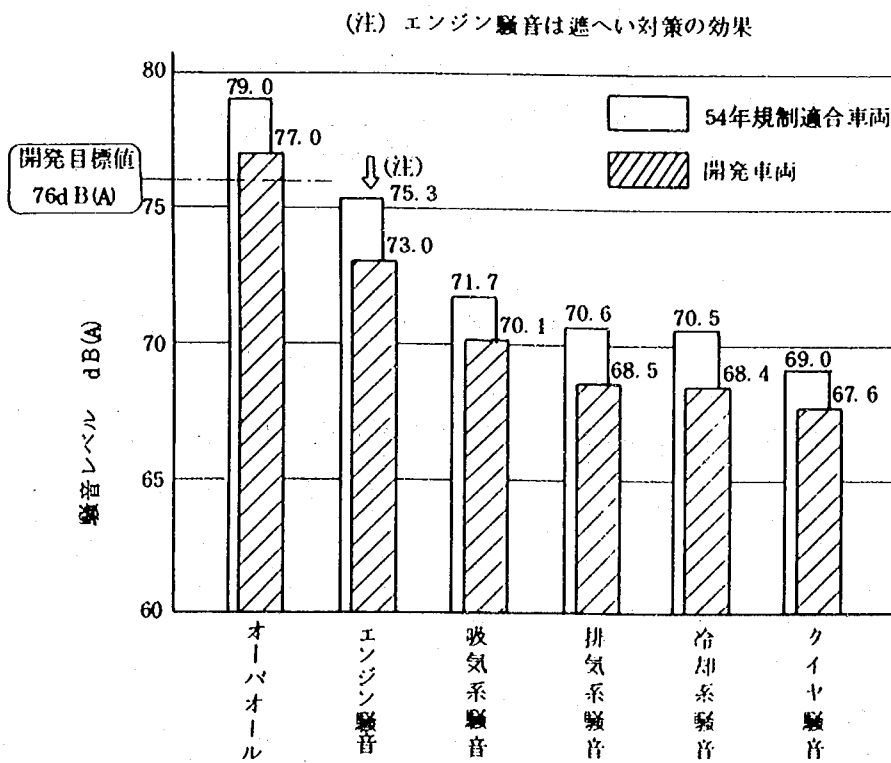


図 5.35 開発車両の音源別騒音低減量（ダイハツ工業）¹²⁾

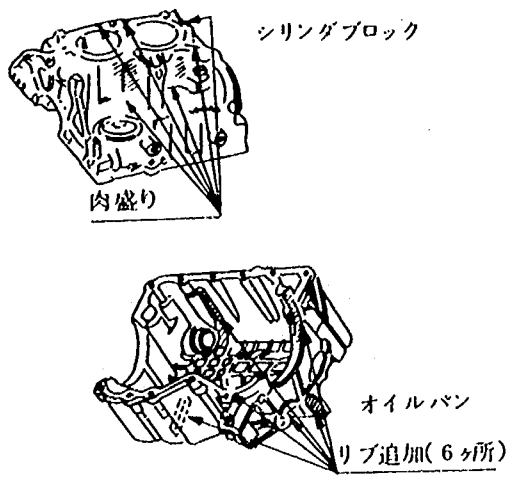


図 5.36 開発車両キャブオーバ型のシリンダブロック及び
オイルパンの剛性向上対策（本田技研工業）¹²⁾

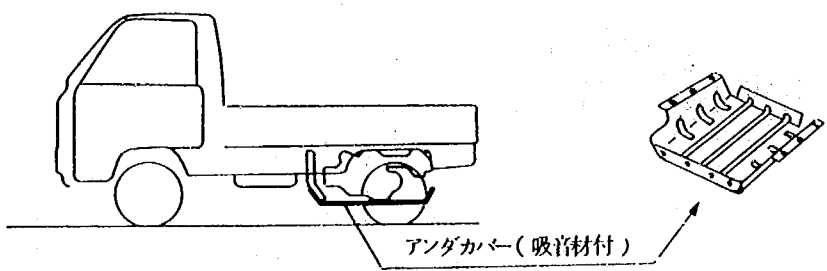


図 5.37 開発車両キャブオーバ型の遮へい対策（本田技研工業）¹²⁾

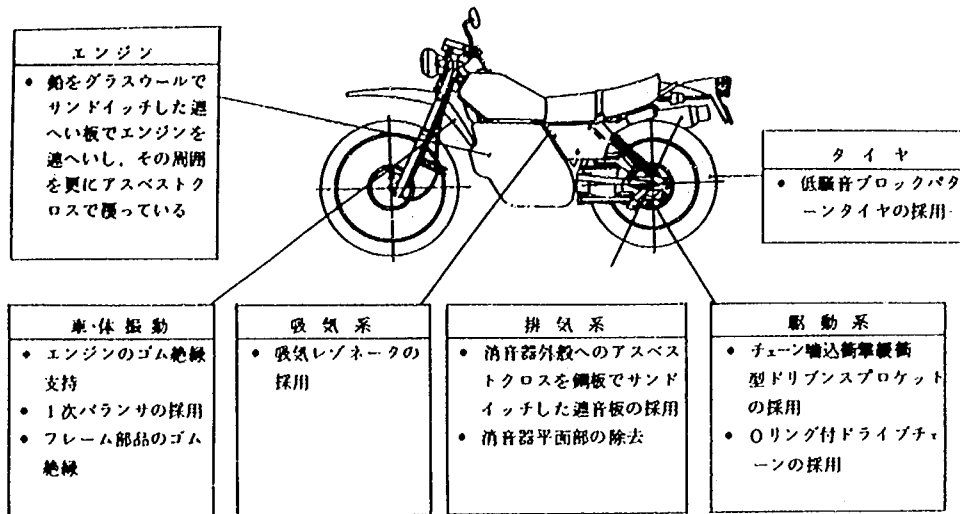
以上のメーカーの他に東洋工業，富士重工，鈴木自動車も開発している。

(4) 二輪自動車

◎ 本田：(図 5.38～5.39)

開発目標値を 73 dB(A)。実験研究車で 73.7 dB(A)，先行研究車で 71.5 dB(A)を得た。

実験研究車(総排気量 497cc)の対策内容



音源別寄与率と開発目標値
及び実験研究車(総排気量 497cc)の音源別寄与率

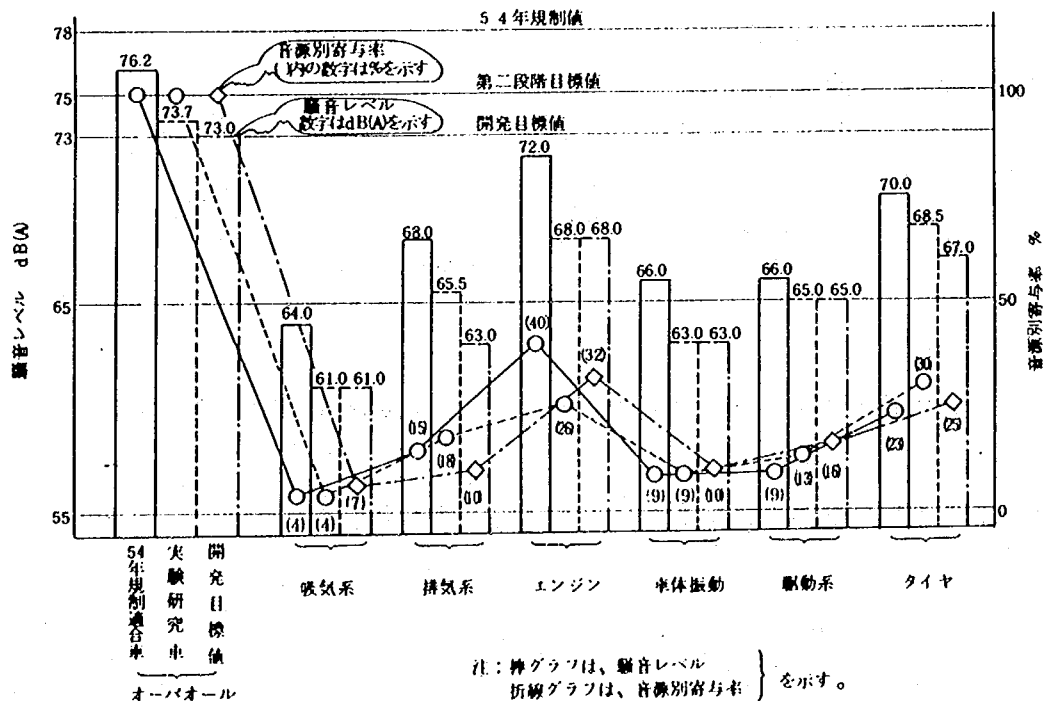
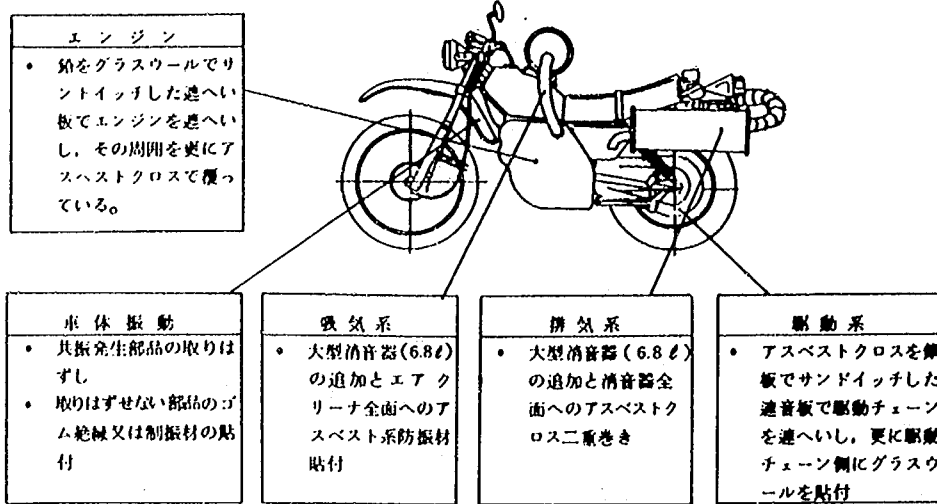


図 5.38 実験研究車(総排気量 497 cc) (本田技研工業)¹²⁾

先行研究車（総排気量 248cc）の対策内容



音源別寄与率と開発目標値及び先行研究車（総排気量248cc）の音源別寄与率

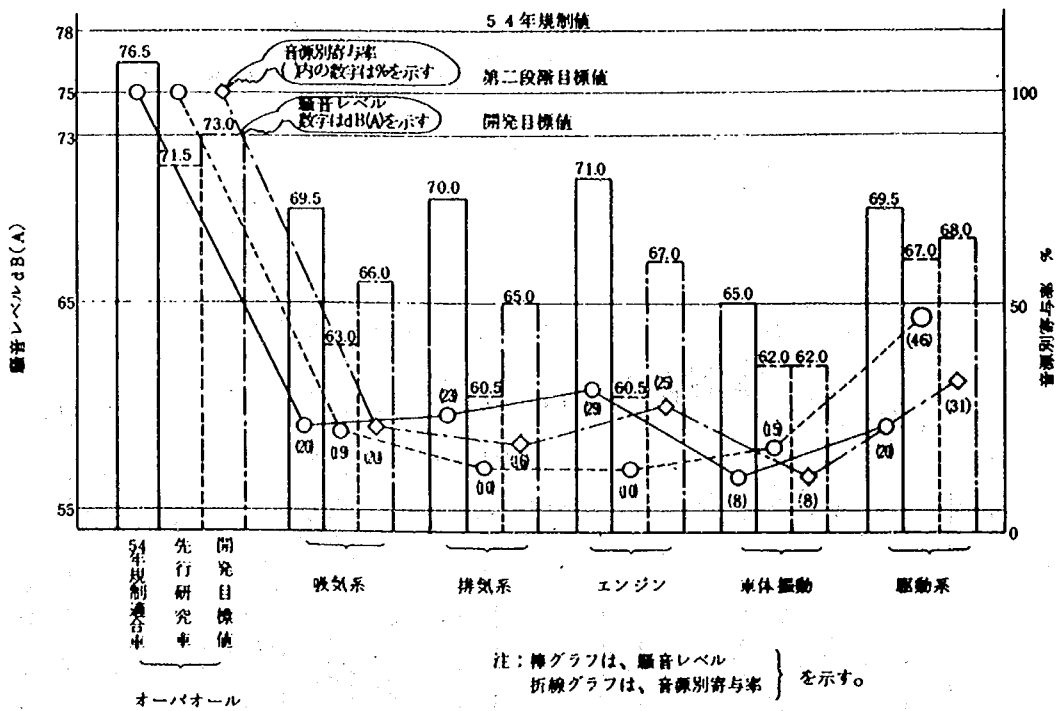


図 5.39 先行研究車（総排気量 248 cc）（本田技研工業）¹²⁾

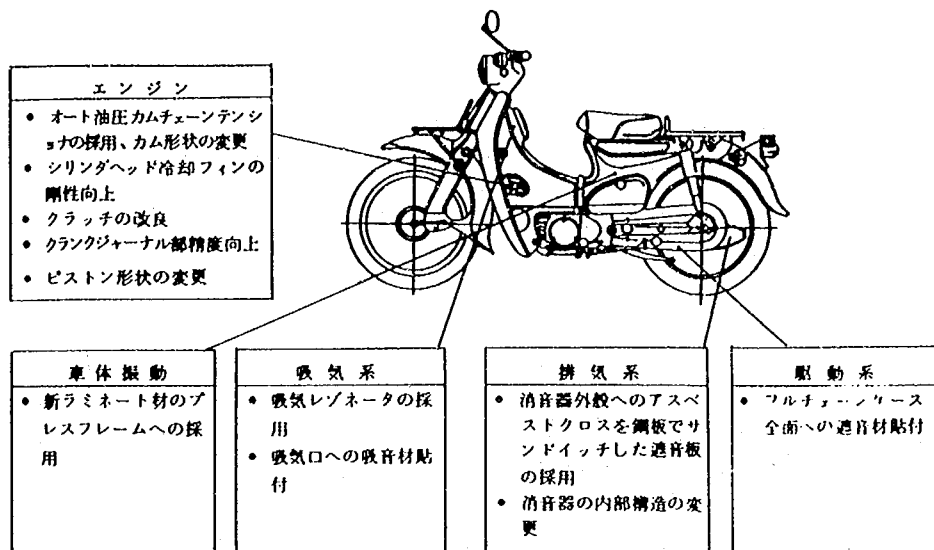
本田の他に鈴木、ヤマハ、川崎重工が開発に参加している。

(5) 原動機付自転車

◎ 本田：(図 5.40, 5.41)

開発目標値を70 dB(A)とする。実験研究車で73.5 dB(A)、先行研究車で67.5 dB(A)を得ている。
本田の他に、鈴木、ヤマハ、川崎重工も開発している。

実験研究車(総排気量85cc)の対策内容



音源別寄与率と開発目標値及び実験研究車(総排気量85cc)の音源別寄与率

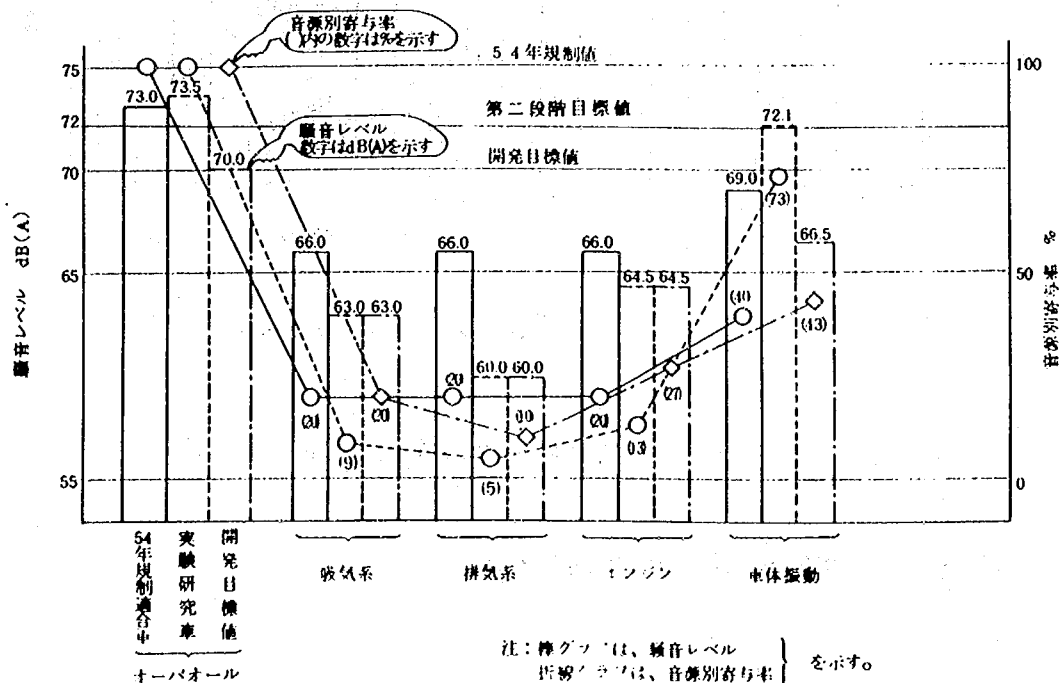
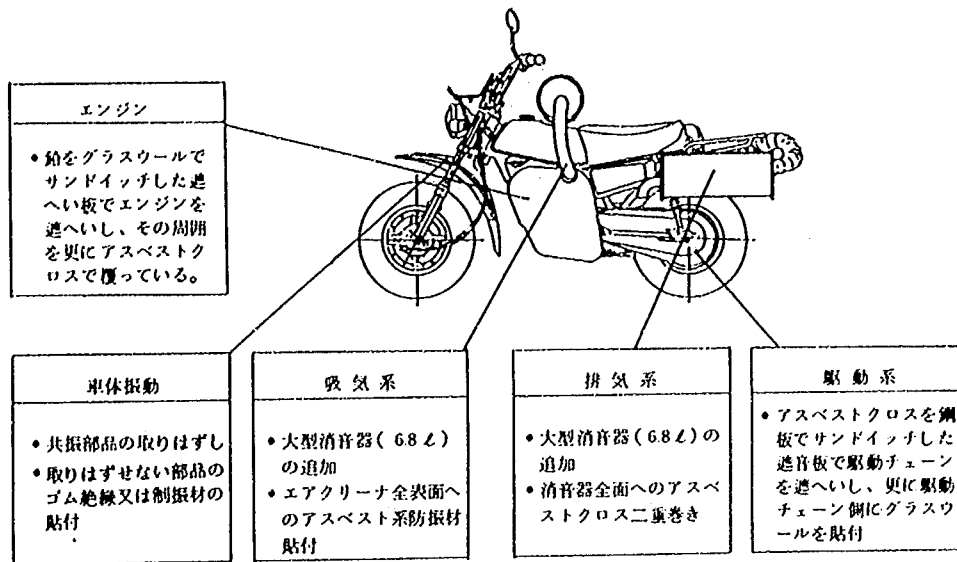


図 5.40 実験研究車(総排気量85cc)(本田技研工業)¹²⁾

先行研究車（総排気量 49 cc）の対策内容



音源別寄与率と開発目標値及び先行研究車（総排気量49cc）の音源別寄与率

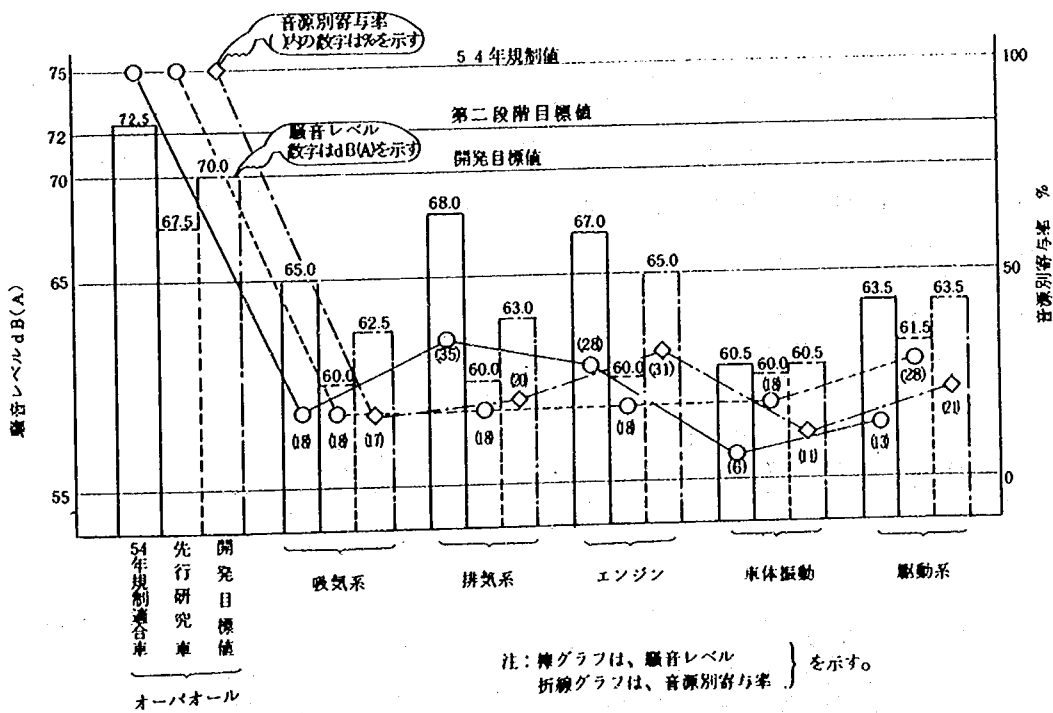


図 5.41 先行研究車（総排気量 49 cc）（本田技研工業）¹²⁾

本田の他に、鈴木、ヤマハ、川崎重工も開発している。

(6) 乗用車

各社とも開発目標値を 76 dB(A)としている。54年適合車の 4 段変速の一部、5 段変速車および自動変速車の多くは 57 年規制に対応している。

○ サブシステムの開発

(a) エンジン

シリンダヘッドカバーの二重構造化、オイルパンのゴム絶縁、ピストンクリアランスの縮少、クランク軸メタルクリアランスの縮少、クランク軸支持方法の変更、シリンダブロックの近接遮へい、燃料噴射時期の変更などを検討中。

エンジンルームエンクロージャについて、アンダーカバーの取付け、ボンネット裏面への吸音材の貼附などを行っている。

(b) 冷却系

電動ファンの採用、ファンブレード形状変更など低騒音ファンの開発をしている。

(c) 吸排気系

吸気レゾネータ、吸気ダクトの延長を検討、また排気系については消音器の容積増加、内部構造の変更、副消音器の追加、排気管の二重壁化、触媒容器の剛性向上、フレキシブル継手、排気管遮熱板および触媒容器の絶縁支持等を検討している。

(d) 駆動系

変速機ケースの剛性向上を検討。

(e) タイヤ

タイヤメーカーと自動車メーカーが共同開発中である。

以上の問題点として、アンダーカバーの取付によりエンジン水温、エンジンルーム内の温度上昇し冷却性向上の対策が必要で、重量増、整備性悪化等の問題がある。

各社の対策例を以下に図示する。

◎ いすゞ：(図 5.42～5.43)

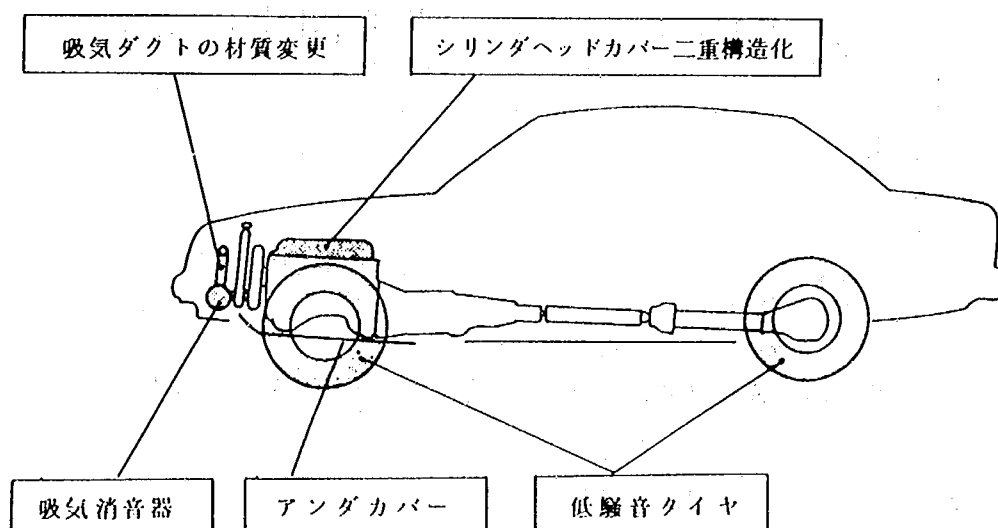
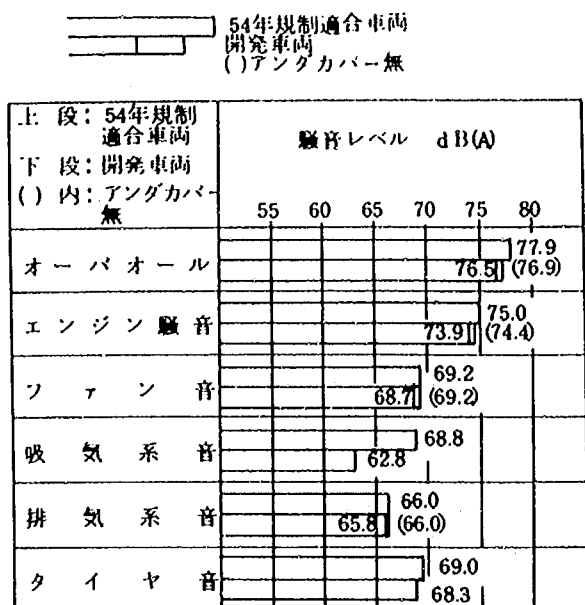
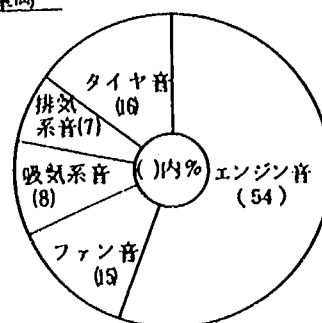


図 5.42 開発車両の対策内容 (いすゞ自動車)



54年規制適合車両



開発車両

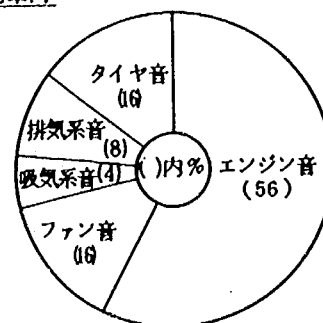


図 5.43 開発車両の音源別騒音値 (いすゞ自動車)¹²⁾

◎ トヨタ: (図 5.44 ~ 5.46)

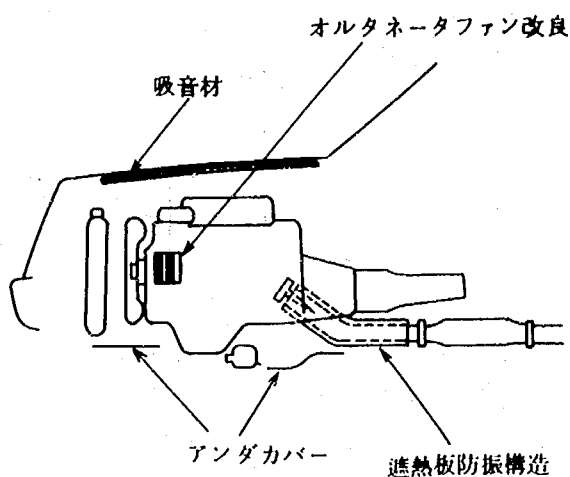


図 5.44 開発車両の対策内容 (トヨタ自動車工業)¹²⁾

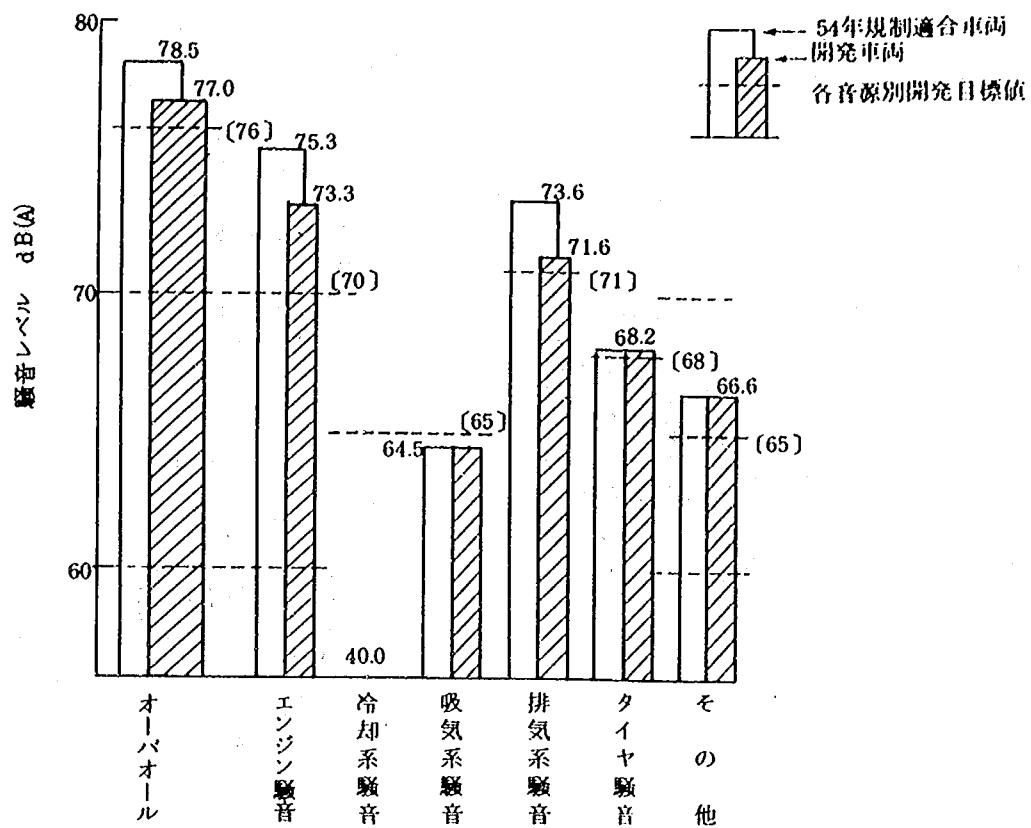


図 5.45 開発車両の音源別騒音値 (トヨタ自動車工業)¹²⁾

運転条件	アンダカバー条件	水温上昇分 (°C)				油温上昇分 (°C)			
		+2	+4	+6		+2	+4	+6	
高速 120 km/h	冷却穴無	4.5				6.0			
	〃 有	2.0				2.0			
登坂 勾配=12%	〃 無	3.0				5.0			
	〃 有	0.5				1.0			

図 5.46 アンダカバー取付けによるエンジン水温・油温の上昇 (トヨタ自動車工業)¹²⁾

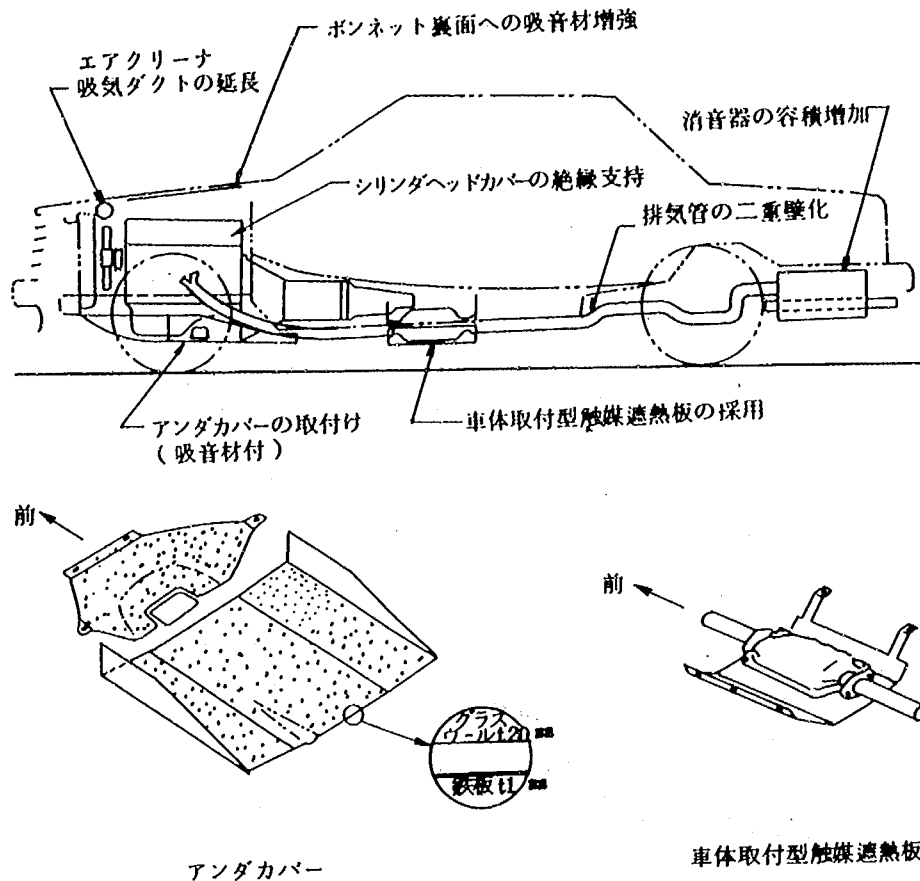


図5.47 開発車両の対策内容（日産自動車）¹²⁾

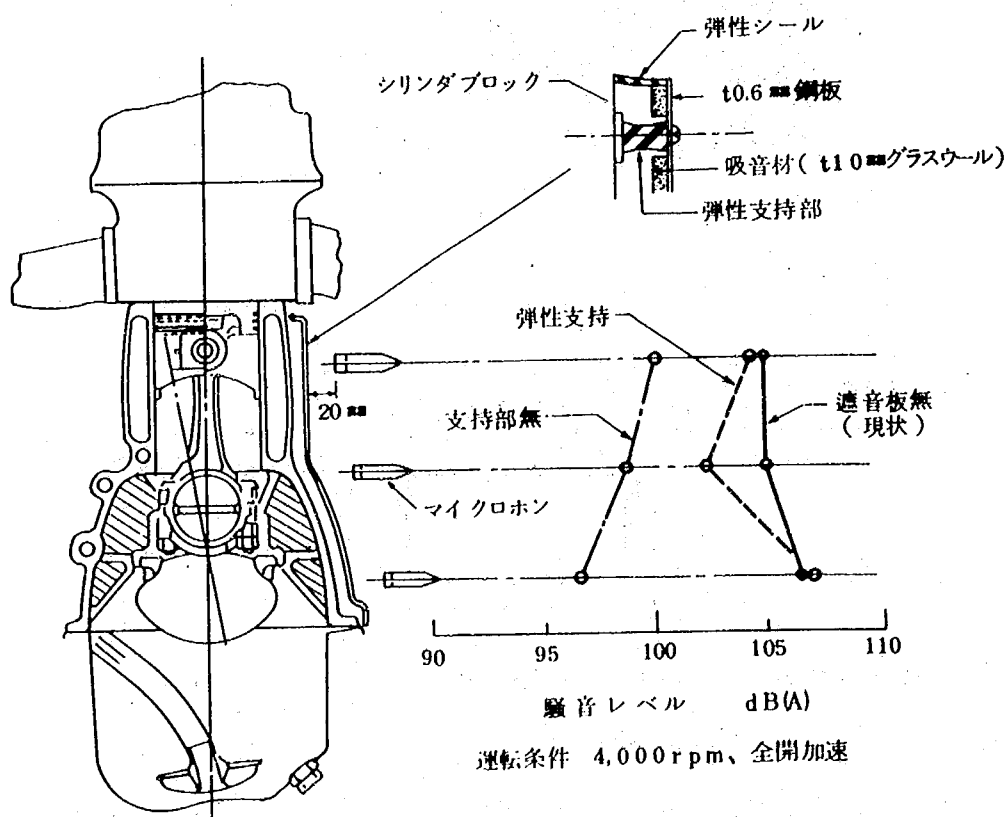


図5.48 シリンダブロックの近接遮へい（日産自動車）¹²⁾

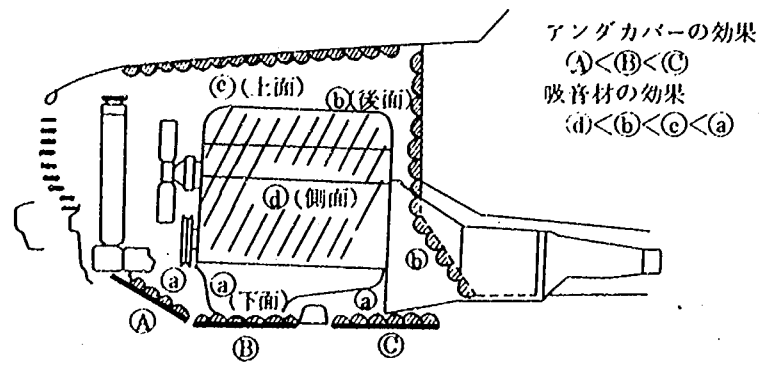


図 5.49 エンジンカバーと吸音材の効果 (日産自動車)¹²⁾

◎ 東洋工業：(図 5.50 ～ 5.51)

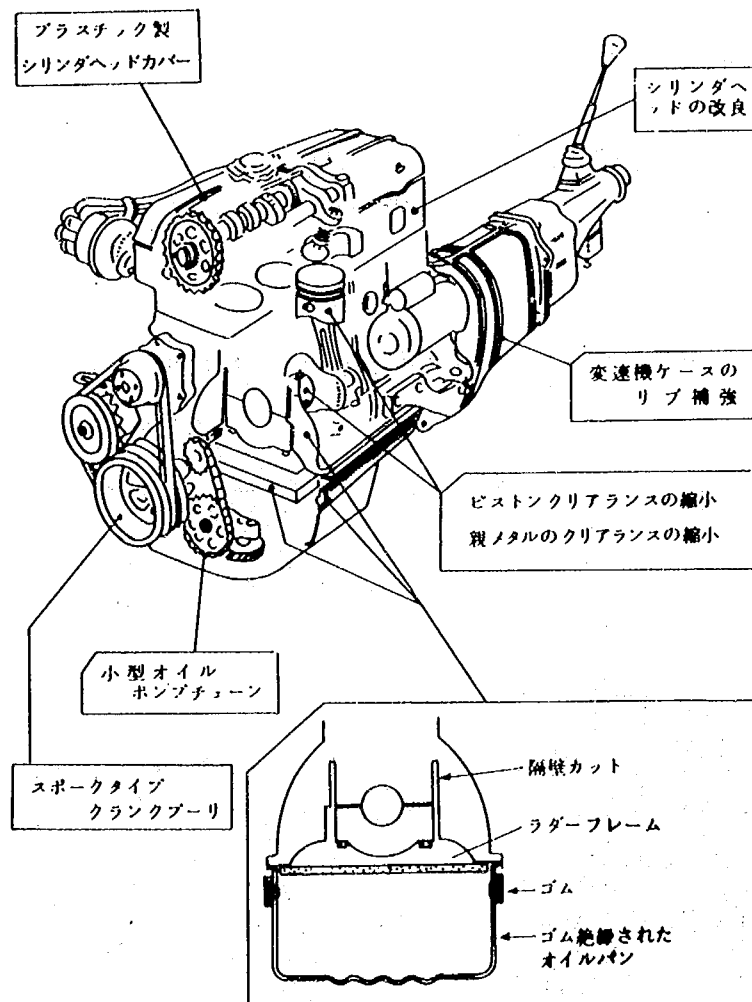


図 5.50 ガソリンエンジン (総排気量 1,970 cc) の対策内容 (東洋工業)¹²⁾

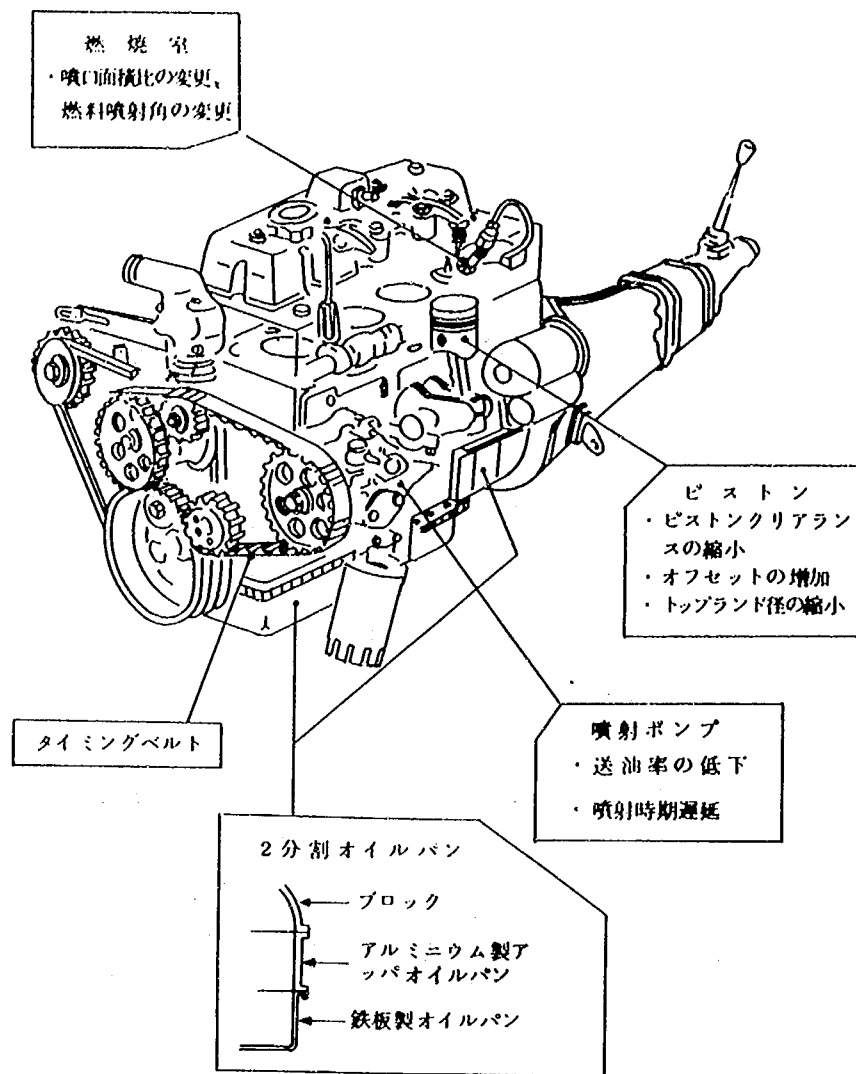


図 5.51 ディーゼルエンジン（総排気量 2,209cc）の対策内容（東洋工業）¹²⁾

以上のメーカー以外に、三菱、ダイハツ、富士重工、本田、鈴木自動車が開発している。

5.2.3 自動車騒音低減の将来

既述のように、現在のレシプロエンジンの騒音低下はエンジン（ルーム）エンクロージャを中心とする対策技術が最も有効であるが、エンジン水・油温およびエンジンルームの異状昇温の欠点が伴ないエンジンオーバーヒート、部品材質の劣化、燃料系のベーパーロックなど問題は未解決であり、かつ重量増加、近接性・整備性の悪化などを随伴する。

54年規制からさらに3 dB(A)を減らすことは音源の強さを $1/2$ に減らすことで、現在多用されている内燃機関騒音を大幅に減らすことを近い将来に期待するのは難しいといわれている。

レシプロエンジンの次は来るべき動力（図 5.5 1）の中でもガスタービン、ランキンサイクル、スターリングエンジン等の外燃関は低騒音の可能性があり、又電気自動車は更に低騒音とみなされるが、現在までの所レシプロエンジンの性能に匹敵するものは現われない。

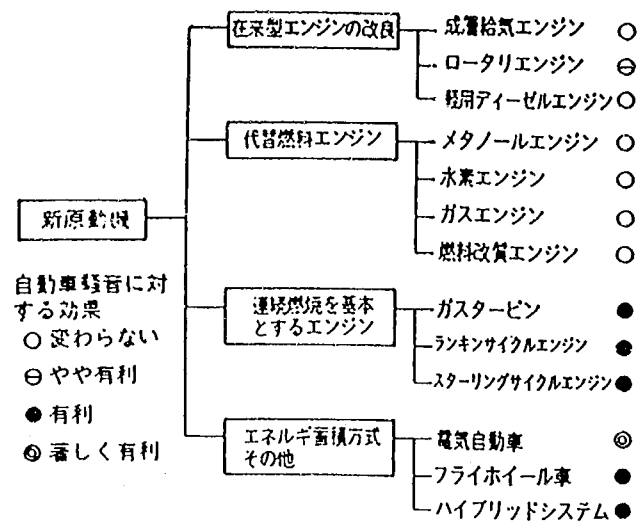


図 5.51 現在開発されている新原動機の種類¹¹⁾

6. 自動車の排ガスと騒音対策の検査

6.1 自動車の検査（車検）

自動車を道路で運行させる場合は道路運送車両法第4条により自動車登録ファイルに登録されるが、登録に当っては、自動車が構造、装置、乗車定員、最大積載量について道路運送車両の保安基準に適合している必要があり、適合しているかどうかの検査がいわゆる車検である。

新型の車ができると運輸省の「車両型式認証」試験を経て発売されるが、認証試験の内容項目が保持できているかどうかを検査するのが車検とも考えられ、その項目の中には当然排ガス、騒音性能も含まれている。型式認証の内容と車検年限の関係を外国の例も引用して表6.1に示す。

表 6.1 各国の自動車認証及び車検制度の概要³¹⁾

国	日本	アメリカ	イギリス	西ドイツ	フランス	スウェーデン	スイス	オーストラリア
車	1. 全自動車 2. 型式指定 ・運輸省に申請書 (含むテスト結果) ・車両審査(含む 排出ガス騒音) ・通産省の品質審査 ・運輸大臣認可 3. 構造変更 ・運輸省に申請書 (含むテスト結果) ・必要に応じて車両 審査 ・運輸大臣認可 4. 指定自動車の 品質管理状況 監査	1. 車両型式認証 なし ・自己認証方式 (FMVSSに合 致のラベル 表示すれば可) ・指定部品(灯火 類、ブレーキホ ース等)は指定 州ごとの認証が 必要 ・特定州で騒音、 パンパ、シート ベルトアンカレ ージについて申 請書提出 2. 排出ガス認証 4,000マイル、 50,000マイルの 走行、実車審査 受審後 EPA から 認可	1. 乗用車のみ 2. 運輸省 (DT P) に申請書提 出 (1) イギリス国産 車は別 (2) 輸入車 ・1次: 個々の車 両について申 請。テストを受 け大臣認可 ・継続: 1次大臣 認可車と同様 (型式) 車両に 適用、大臣認可 (3) 生産車の適合 検査 生産車は技取検 査(騒音、性能 テスト)し適合 を確認する	1. 全自動車 2. 一般型式認証 TÜV のテスト レポートや部品 認証書を KBA に提出、書類審 査を経て KBA から認可 3. 構造変更 変更部分の申請 のみ、必要に応 じてテスト	1. 全自動車 2. 型式認証 パリ 鉱山局に UTAC のテスト レポート、他 国当局の EEC/ ECE 認証書等 添付して申請。 車両審査実施の うえ鉱山局から 認可	1. 全自動車 2. 生産車 ・スウェーデン自 動車検査会社で 車両検査(排出 ガス、ブレーキ、 騒音等)のうえ 認証書発行 ・欧州ではスウェ ーデンのみアメ リカ式排出ガス 規制を導入して いる ・モデルイヤー認 証制度を取り入 れ、1度型式認 証を取得して も、毎年7月1 日以降再申請の 要あり	1. 全自動車 2. Police De- partmentに申 請 規制項目のテスト レポート又は 認証書添付 実車による審査 後認可	1. 全自動車 2. 型式認証(一 般) 部品及び車両を オーストラリア 自動車認証局が 認可した試験場 で実施したテスト レポート添付 のうえ運輸大臣 に申請認可 3. 排出ガス 走行テストを含 め審査される
車 検	自家用乗用車 2年 トラック、 タクシー、 バス、レン タカー等 1年	・2州を除いて車 検制度あり ・年1回 21州 半年ごと 6州	・乗用車 3年以 降毎年 ・トラック 1年ご と	自家用乗用 車、タクシー、 バス、トラック、 トレーラー 2年 バス、 トラック、 トレーラー 1年	6年以上 毎年 トラック	・自家用 車、トラ ック、ト レーラー ・公共用 乗車、貨 車、自動車 新規登録2年 目から 毎年 1年又 は半年	乗用車 3年ごと 商用目的車 毎年	各州で異なる ・1年ごと ・所有権移転時 ・車検なし(2州)

6.1.1 車検の種類と内容

検査としては次の6種類のうちいずれかが行なわれる。

- (1) 新規検査（新車登録のため）
- (2) 継続検査（使用過程車の再登録のため）
- (3) 臨時検査
- (4) 分解整備検査
- (5) 構造変更検査
- (6) 予備検査

上記項目の実施方法を表6.2に示す。

表 6.2 検査の種類（種別）および実施方法³⁰⁾

検査の種別	検査の実施方法	検査の種別	検査の実施方法																
新規検査及び予備検査	1. 構造に関する検査 次に掲げる事項について、巻尺、指示はかり、傾斜角度測定機等を用いて検査するものとする。この場合において、(1)、(3)（車両重量に限る）及び(4)に掲げる事項以外の事項については、道路運送車両の保安基準に適合するかどうかを視認等により、容易に判定することができることに限り、視認等により検査することができる。まっ前登録証明書の提示、又は自動車検査証返納証明書の提出がある自動車については、(1)、(3)（車両重量に限る）及び(4)に掲げる事項についても同様とする (1) 長さ、幅及び高さ (2) 最低地上高 (3) 車両重量及び車両総重量 (4) 車輪にかかる荷重 (5) 車輪にかかる荷重の車両重量及び車両総重量に対する割合 (6) 最大安定傾斜角度 (7) 最小回転半径 (8) 接地部及び接地圧	新規検査及び予備検査	4. 装置に関する検査（その3） 次に掲げる装置について、視認その他適切な方法により検査するものとする (1) 原動機 (2) 電気装置 (3) 乗車装置 (4) 前面ガラスその他の窓ガラス (5) 騒音防止装置 (6) ばい煙等の発散防止装置 (7) 灯火装置及び反射器 (8) 警報装置 (9) 指示装置 (10) 視野を確保する装置 (11) 走行距離計その他の計器 (12) 防火装置 (13) 進行記録計 (14) 速度表示装置																
	2. 装置に関する検査（その1） 次の表の左欄に掲げる事項について、同表の右欄に掲げる器具を用いて検査するものとする。この場合において、(1)、(2)、(7) 及び(8)に掲げる事項については、当該器具を用いて検査することが困難であるときに限り、走行その他の適切な方法により、(3)、(5) 及び(6)に掲げる事項については、道路運送車両の保安基準に適合するかどうかを、視認等により容易に判定することができることに限り、視認等によりそれぞれ検査することができる <table> <tr> <td>(1) かじ取車輪の整列状態</td><td>サイドスリップ・テスト</td></tr> <tr> <td>(2) 制動装置の性能及び制動能力</td><td>ブレーキ・テスト</td></tr> <tr> <td>(3) 自動車が発する騒音の大きさ</td><td>音量計</td></tr> <tr> <td>(4) 自動車から排出される一酸化炭素の濃度</td><td>一酸化炭素測定器</td></tr> <tr> <td>(5) 前照灯の明るさ及び主光軸の向き</td><td>前照灯試験機</td></tr> <tr> <td>(6) 警音器の音の大きさ</td><td>音量計</td></tr> <tr> <td>(7) 速度計の指度の誤差</td><td>速度計試験機</td></tr> <tr> <td>(8) 速度表示灯の表示の誤差</td><td>速度計試験機</td></tr> </table>		(1) かじ取車輪の整列状態	サイドスリップ・テスト	(2) 制動装置の性能及び制動能力	ブレーキ・テスト	(3) 自動車が発する騒音の大きさ	音量計	(4) 自動車から排出される一酸化炭素の濃度	一酸化炭素測定器	(5) 前照灯の明るさ及び主光軸の向き	前照灯試験機	(6) 警音器の音の大きさ	音量計	(7) 速度計の指度の誤差	速度計試験機	(8) 速度表示灯の表示の誤差	速度計試験機	5. 乗車定員又は最大積載量の算定 次に掲げる構造に関する事項及び装置についての検査の結果に基づき、乗車定員又は最大積載量を算定するものとする (1) 構造に関する事項 1. の(2) から(6) まで及び(8)に掲げる事項 (2) 装置 3. の(1) から(5) まで及び(7) から(9) までに掲げる装置ならびに 4. の(1) 及び(3) に掲げる装置
	(1) かじ取車輪の整列状態		サイドスリップ・テスト																
(2) 制動装置の性能及び制動能力	ブレーキ・テスト																		
(3) 自動車が発する騒音の大きさ	音量計																		
(4) 自動車から排出される一酸化炭素の濃度	一酸化炭素測定器																		
(5) 前照灯の明るさ及び主光軸の向き	前照灯試験機																		
(6) 警音器の音の大きさ	音量計																		
(7) 速度計の指度の誤差	速度計試験機																		
(8) 速度表示灯の表示の誤差	速度計試験機																		
3. 装置に関する検査（その2） 次に掲げる装置について、き裂、がた、取付けのゆるみの有無等を検査用ハンマ等を用いて検査するものとする。この場合において、道路運送車両の保安基準に適合するかどうかを視認等により容易に判定することができることに限り、視認等により検査することができる (1) 動力伝達装置 (2) 走行装置 (3) 操縦装置 (4) 制動装置 (5) 減速装置 (6) 燃料装置 (7) 車枠及び車体 (8) 連結装置 (9) 物品積載装置	6. 完成検査終了証の提出がある自動車の検査 完成検査終了証の提出がある自動車については、当該完成検査終了証を審査することにより検査するものとする																		
継続検査及び分解整備検査		継続検査及び分解整備検査	1. 構造に関する検査 次に掲げる事項が、当該自動車検査証の記載事項と同一であるかどうかを視認により検査するものとする (1) 長さ、幅及び高さ (2) 車両重量及び車両総重量																
			2. 装置に関する検査 新規検査及び予備検査に係る検査の実施の方法に準じて検査するものとする 3. 保安基準適合証の提出がある自動車の検査 保安基準適合証の提出がある自動車については、当該保安基準適合証を審査することにより検査するものとする																
臨時検査及び構造等変更検査		臨時検査及び構造等変更検査	1. 道路運送車両の保安基準に適合していないおそれがあると認められる部分について、新規検査及び予備検査に係る検査の実施の方法に準じて検査するものとする 2. 前号の検査のほか、継続検査及び分解整備検査に係る検査の実施の方法に準じて検査するものとする																

上表によれば、継続検査の「装置に関する検査」は新規検査に準ずるため、使用過程車の車検の場合も騒音（音時計）、排ガス（CO測定器（装置に関する検査（その1））——燃料装置（装置に関する検査（その2））——原動機（装置に関する検査（その3））の検査が含まれる。

6.1.2 車検整備の基準

日本では一定期間毎の定期点検が義務づけられており自家用乗用車は6、12、24ヶ月ごとに、自家用貨物車や車令10年をこえる自家用乗用車等は6、12ヶ月ごとに、更に事業用車は1、3、12ヶ月ごとにおこなう。したがって車検整備とは車検の時期におこなう定期点検整備を意味し、自家用乗用車では24ヶ月目の定期点検整備が車検整備に当る。

定期点検の細目を示す定期点検基準を表6.3に示す。これによると以下のような項目が含まれている。

(1) 排ガス関係

排気の状態 ①アイドリング、加速時の排気状態の点検

②ガソリン車、LPG車については排ガス清浄化に必要な点検及び整備を行なった後アイドリングのCOを測定する。

エアクリーナー、シリンダヘッド及マニホールド締付、圧縮圧力、弁すきまのチェック、ブローバイガス還元装置点検、気化器関係のチェック、噴射時期、噴射ノズル、噴射ポンプのチェック、燃料蒸発ガス対策装置点検等。

触媒装置 ①本体の取付けのゆるみ、損傷の点検

②導管の取付けのゆるみ、損傷の点検

LPG用ベーパーライザの点検

の各項目がおこなわれることになっている。

(2) 騒音関係

エンジン各部のゆるみ、ファン、排気管・マフラーなどの点検。

駆動系のゆるみ、ガタ、チェーンゆるみ、プロペラシャフト振れなどの点検。

タイヤ異常摩耗、ホイールベアリングなどの点検。

表6.3の項目のうち特に排ガス点検のために必要なものとして排出ガス点検要領が表6.3(a)のように通達により指示されている。（昭47—10—16自整第289号）

更に定期点検の点検整備項目を時期別に示す（表6.4）。

定期交換部品を表6.5に示す。これによると燃料ホースは定期的に交換される。

上述のような、車検整備の基準内容が完全に実行されていれば、使用過程車の排ガス、騒音は規制値（表6.6、表6.7）を維持できることになる。

6.1.3 整備回数

自動保有台数の増加の割に整備作業は増加せず両者間に大きな差がある。図6.1は昭和50年を100とした場合の推移を示したもので5年間に78まで減少している。これは、自動車の信頼性、耐久性の向上、道

路整備の改善，1台当りの走行距離の減少や使用状況の変化などによって入庫整備回数が減ったものと解釈できる。（図6.2）

また，整備内容を車検，6ヶ月あるいは12ヶ月のような定期点検整備などの予防整備と，不具合や故障，事故などのための一般整備に分け，年代別に整理すると図6.3のようになり一般整備が漸減し予防整備が漸増している。これは車両の品質の向上と予防整備の重要性の認識が深まったためである。

表6.8に乗用車残存率を示し，日本が最も短かく6年で半減，10年ではほぼゼロに近くなる。このことは，古い型式の使用過程車の残存期間は日本では短かい，即ち比較的新しい年式（6～7年まで）のものが大半の使用過程車となり，それだけ排気，騒音に対する装置，性能も維持される率が平均的に高いと考えられる。

6.1.4 整備（故障）部位

高速道路での故障内容を図6.4に示したが，これによるとエンジン関係の故障が多い。

日本自動車整備振興会連合会が調べた全整備工場の作業頻度の統計を図6.5に示す。一般整備とは，不具合，故障，事故などにより定期点検以外の時期におこなった整備である。

日本自動車連盟がS.55.2.8に実施した高速道路の故障調査から最も多いエンジン関係の故障を分類すると図6.6のようになり，エンジン不始動，過熱が大半を占めている。

以上の図6.4～6.6によると，直接排ガス劣化，騒音増大につながる項目はない。

6.2 指定自動車整備事業場

6.2.1 測定器の設置状況

(1) CO測定器

指定自動車整備事業場（民間車検場）には設置が義務づけられているため100%設置されている。認証工場では義務づけられていないがその必要性から90%以上が保有している。整備要領の向上などにより規制値を越える車は少なくなった。

(2) HC測定器

HC規制は3段階（表6.6）になっているため測定器も3種類ありそれぞれ自工場に適した測定器を設置している。指定自動車整備事業場には義務づけられているから100%設置されているが，認証工場では50～60%である。

(3) ディーゼル黒煙測定器

ディーゼル指定自動車整備事業場に義務づけられている。しかし，目視でも判断できるので認証工場の普及率は低い。

・HC，CO分析計

運輸省型式認定により，ガスの分析性，応答性のすぐれた非分散形赤外線方式（NDIR）で統一されている。

排ガスに含まれているHC又はCOガスは各特定波長の赤外線を吸収する。この吸収の割合はガスの濃度に関係する。しかもHC、COの吸収する赤外線の波長が定まっている（HC：3.4 μ ，CO：4.7 μ ）から、分析計の波長域を3.4 μ に合せばHC分析計であり、4.7 μ に合せばCO分析計となり、HC、CO濃度が一つのNDIRで測定できる。主構成を図6.7に示す。

6.2.2 車検の実態（排ガス、騒音対策について）

(1) 排ガス

HC、COについては車両保安基準に従い全車、点検整備する。点検法は表6.6にしたがいアイドリングで $HC < 1200 \text{ ppm}$ ， $CO < 4.5 \%$ に修正する。検査機器はNDIR（赤外線方式）による。

NO_xについては保安基準に検査条項がなく原則として無検査であるが、特にエンジン異状（から吹かしでエンスト、あるいはHC、COの異状値のもの）の場合には、3元触媒のものに対し「空燃比コントロール・チェッカー」を用いてO₂センサをチェックし、場合によりO₂センサを交換することも稀にある。

触媒の交換は、50年規制車の場合（酸化触媒）にのみ4年毎（2車検に1回）に行なっているが、53年規制車以降の車は触媒の交換はしない。

排ガスの取締りは年間数回、主要路上で陸運事務所（警察と共同）が路上検査をおこなっている。

(2) 騒音

騒音計を用いておこなう検査は、聴覚で異状な車についてのみ測定するが、その場合の測定条件はエンジン無負荷の状態で最高の回転数の60%の回転において85ホン以下とする。

保安基準では聴覚でよいとしてあり、騒音計を用いる場合は少ない。しかし異状騒音の車については定常走行（エンジン回転数を最高の60%とする）で85ホン以下（7 mの距離）とするという保安基準の規定はある。

車検整備では、各部のゆるみ、ガタ等は解消し、吸排気系、エンジン、タイヤ等のうち不良部品は交換されるから、結果的に騒音改善対策を実施したことになると考えられている。

表6.3 定期点検基準 (1)³⁰⁾

検査箇所	点検内容	点検時期		作業要領	検査箇所	点検内容	点検時期		作業要領
		事業用等	自家用				事業用等	自家用	
か じ 取 り 装 置	ハンドル	1	6	①ハンドルを左右に切り、ステアリングホイールの円周寸法または角度で遊びを点検する ②ハンドルを軸方向に動かし、ベアリングのがたを点検する ③ハンドルを直進方向に動かし、ステアリングメーンシャフト(ジョイントを含む)およびステアリングコラムのがたならびに取付けのゆるみを点検する	か じ 取 り 装 置	2. 左右の回転角度	12	12	①ターニングラジアスゲージなどにより回転角度を測定し、または最小回転半径の実測を行う
	2. 操作ぐあい	1	6	①ハンドルが異常に振れたり、取られたりまたは重かつたりしないかを点検する	か じ 取 り 装 置	1. 油もれ	1	6	①パワーステアリング、オイルポンプ、コントロールバルブ、ホースおよびパイプなどから油もれがないかを点検する
	ギヤボックス	1	6	①ステアリングギヤボックスから油もれがないかを点検する		2. オイルの量	1	6	①リザーバタンクの油量を点検する
	2. 取付けのゆるみ	3	12	①補助者にハンドルを回させ、ギヤボックスとフレームとの取付けにゆるみがないかを点検する	か じ 取 り 装 置	3. 取付けのゆるみ	3	12	①パワーステアリングおよびコントロールバルブの取付けおよび連結部のゆるみを点検する ②ホースおよびパイプの連結部のゆるみを点検する
	3. 軸受部のがた	12	12	①ステアリングメーンシャフトとベアリングとのかん合状態、ベアリングの摩耗状態およびメーンシャフトに損傷がないかを点検する		1. 損傷	1	6	①かじ取りホークに曲がりおよび亀裂がないかを点検する
	4. ギヤのバックラッシュ	12	12	①フロントホイールを直進状態にし、ピットマンアームを振り、補助者にピットマンアームが動かない程度にハンドルを回させ、バックラッシュを点検する	か じ 取 り 装 置	2. ホークスピンデルの取付状態	1	6	①ホークスピンデルの締付けナットにゆるみがないかを点検する
	5. セクタシャフトの亀裂	12	12	②ステアリングウォーム、ローラおよびセクタなどのかみ合い状態を点検する ①セクタシャフトの亀裂がないかを点検する。なお、ギヤボックスの分解については、自動車製作者が示す期間に点検することができる		3. ホークスピンデルの軸受部のがた	12	12	①フロントをジャッキアップし、手でホークの下部を前後に動かし、がたがないかを点検する ②ホークスピンデルを抜いて摩耗、亀裂、曲がりがないかを点検する
	ロードおよびアーム類	1	6	①補助者にハンドルを回させ、可動部のがた、取付けのゆるみ、連結部のがたおよびこれらのロードおよびアーム類に曲がりや損傷がないかを点検し、かつ、割りピンに欠損がないかも点検する	か じ 取 り 装 置	1. 遊びおよび踏み込んだときの床板とのすき間	1	6	①ペダルを軽く踏んで遊びを点検する ②ペダルを強く踏み込んで床板とのすき間を点検する。この場合、踏み込みぐあいが空気漏入などの異状がないかについても点検する
	2. 連結部の摩耗および取付状態	12	12	①ジョイントボール、ボールジョイント、スプリングおよびラバーブッシュなどに摩耗、へたり、折損などがないかを点検する ②連結部が正規の状態に組付けられているか、または調整されているかを点検する		2. ブレーキの効きぐあい	1	6	①テストを用い、またはある程度走行して効きぐあい、および片効きがないかを点検する
	3. ナックルアームの亀裂およびナックルとの取付状態	12	12	①ナックルアームに亀裂がないか、およびナックルとの取付状態について点検する	か じ 取 り 装 置	1. 引き代の余裕	1	6	①レバーを一抔引いた状態で完全にレバーがロックすること、およびこの状態で引き代の余裕があるかを点検する
か じ 取 り 装 置	ナックル	3	12	①フロントをジャッキアップし、タイヤの上下に手をかけキングピンまたはボールジョイントにがたがないかを点検する	か じ 取 り 装 置	2. ブレーキの効きぐあい	1	6	①テストを用い、またはこう配路面で停止状態が保持できるかを点検する。やむをえない場合は、低速走行して効きぐあいを点検する
	2. ナックルとフロントアックスとのすき間	12	12	①ショックスグージなどを用い、ナックルとフロントアックスまたはナックルサポートとのすき間を測定する		3. ラチェット部の摩耗および損傷	12	12	①ブレーキレバー、ラックまたはセクタ部の歯形の摩耗および損傷状態を点検し、ラチェットが完全に作動するかを点検する
	3. 亀裂	12	12	①ナックルに亀裂がないかを点検する	か じ 取 り 装 置	1. ゆるみ、がたおよび損傷	1	6	①ブレーキを作動させ、ロードおよびケーブルに損傷がないか、またターンバックルのアジャストナットなどの連結部にゆるみおよびがたがないかを点検する
	1. ホイルライメント	12	12	①トーイン、キャンバ、キャストまたはトレールおよびキングピン傾斜角度を測定する		1. もれ、損傷および取付状態	1	6	①ホース(口金部を含む)、パイプおよびパイプジョイントに損傷、もれおよびほかの部分との接触のおそれがないかを点検する ②連結部分およびクランプにゆるみなどが点検する
か じ 取 り 装 置	1. ホイルライメント	12	12	①トーイン、キャンバ、キャストまたはトレールおよびキングピン傾斜角度を測定する	か じ 取 り 装 置	2. マスタシリンダおよびホイールシリンダの機能、摩耗および損傷	12	12	①ブレーキを作動させ、マスタシリンダおよびホイールシリンダの作動ぐあいを点検する
	1. ホイルライメント	12	12	①トーイン、キャンバ、キャストまたはトレールおよびキングピン傾斜角度を測定する		1. 液量	1	6	①外部点検で油もれがないかを点検してから、リザーバタンク内の液量を点検する

点検箇所	点検内容	作業時間 標準用等	作業時間 自家用	作業要領	点検箇所	点検内容	作業時間 標準用等	作業時間 自家用	作業要領
制動	オイルブレイキ	12	12	② 外部点検（シリンダブロー内を含む）で、油もれおよび損傷がないかを点検する ③ シリンダ、ピストン、ピストンキャップ、チェックバルブなどに摩耗および損傷がないかを点検する	制動	ブレーキカム	12	12	① 各部の摩耗の状態を点検する
	エアブレイキ	1	1	① 原動機を停止し、圧力計などにより標準空気圧を保持できるかを点検する ① 標準空気圧でブレーキを作動させ、規定のストロークがあるかを点検する		ブレーキドラムおよびブレーキシュー	1	6	① ショックネサージによりすき間を測定する。なお、点検孔のないものについてはアジャスタによりすき間を点検する
	ブレーキバルブ、クランク、リレーバルブの機能	12	12	① ブレーキバルブについては、ブレーキバルブの吐出口に圧力計を取付け、エンジンを始動させ、タンク内圧力を標準空気圧に保ち、補助者にブレーキペダルを一杯踏み込ませ、その圧力計の指針がエアタンクの圧力を示すことを確認するなどにより、バルブの機能を点検する ② クランクリレーバルブ、リレーバルブについては、標準空気圧の状態において補助者にブレーキペダルを一杯踏み込ませ、クランクリレーバルブおよびリレーバルブの排出口よりエアもれがないかを確かめ、つぎにペダルを戻させエアの排出が良好であることを確認し、バルブの機能を点検する		ドラムとライニングとのすき間	3	12	① ライニングの摩耗およびシューの作動状態を点検する ② ライニングの破損、斜摩およびハット目頭の沈みぐあい等を点検する ③ ブレーキシューのしゅう動部分の摩耗および損傷を点検する ④ ノンカブンの錆付状態およびリターンスプリングの損傷状態を点検する
	ブレーキチャンパの機能	12	12	① 標準空気圧の状態において、補助者にブレーキペダルを一杯踏み込ませブレーキチャンパからエアもれがないかを点検する		ドラムの摩耗および損傷	12	12	① ドラムの摩耗、きず、亀裂および損傷などがないかを点検する
動力装置	エアクリナーの詰まり	1	6	① エレメントを取出すことなどにより、その汚れがないかを点検する	動力装置	バックプレート	12	12	① バックプレートの変形、亀裂および損傷がないかを点検する ② バックプレートの取付ボルトにゆるみがないかを点検する
	油密および気密	12	12	① パワピストンの気密について Ⅰ. エアタンクまたは、パキウムタンクが設けられていない場合は、ブレーキペダルを強く踏んだままエンジンを始動させ、エンジン始動後にペダルと床板とのすき間が減少するかを点検する Ⅱ. エアタンクまたはパキウムタンクが設けられている場合は、タンク内が標準圧力のときのブレーキペダルの踏み込み量が、タンク内圧力が 0 kg/cm^2 のときの踏み込み量より大きいかを点検する ② パワシリンダのプラグをを外し、ブレーキオイルが減少しないかを点検する ③ 真空計または圧力計を用いて気密の点検をする ④ 油圧計による油密の点検をする		ディスクとパッドとのすき間	1	6	① ジャッキアップして引きずりがないかを点検する
	機能	12	12	① 上記①のⅠ、またはⅡにより機能を点検する		パッドの摩耗	3	12	① パッドの摩耗および破損がないかを点検する
	チェックバルブおよびリレーバルブの機能	12	12	① 上記①のⅠ、またはⅡにより機能を点検する ① 気密、油密の点検により総合的にバルブの機能を点検する ② バルブを分解して、ゴムの老化、損傷およびあたりぐあいを点検する		ディスクの摩耗および損傷	12	12	① ディスクの摩耗、亀裂および損傷などがないか、ディスク面に振れがないかを点検する
走行装置					走行装置	センタブレイキドラム取付けのゆるみ	3	12	① センタブレイキドラム取付部にゆるみがないかを点検する
						ドラムとライニングとのすき間	3	12	① センタブレイキドラムとライニングとのすき間を点検する
						ライニングの摩耗	12	12	① ライニングの摩耗を点検する
						ドラムの摩耗および損傷	12	12	① ドラムの摩耗、亀裂および損傷などがないかを点検する
安全装置					安全装置	ブレーキ機構	12	12	① 自動漏出防止弁については、定置状態でエアブリーゼをゆるめるなどして機能を点検する ② 非常用制動装置については、作動を確認する
						フロントスウェル	12	12	① フロントアクスルに亀裂、損傷および変形などがないかを点検する ② フロントアクスルとキングピンの結合部を点検する
						リアアクスル	12	12	① リアアクスルハウジングに亀裂、損傷および変形などがないかを点検する
						ホイール	1	6	① タイヤゲージにより空気圧を点検する
タイヤ					タイヤ	タイヤの空気圧	1	6	① タイヤゲージにより空気圧を点検する
						タイヤの亀裂および損傷	1	6	① タイヤトレッドおよびサイドウォールに亀裂、欠損などがないかを点検する
						タイヤの溝の深さおよび異状な摩耗	1	6	① タイヤトレッドの摩耗状態を点検する

点検箇所	点検内容	点検時期 事業用等	自家用	作業要領	点検箇所	点検内容	点検時期 事業用等	自家用	作業要領
走行装置	ホイール				駆動装置	オイル			
	3. タイヤの溝の深さおよび異状な摩耗	1	6	②偏摩耗、段付き摩耗、そのほか異状な摩耗がないかを点検する		1. 油もれ	3	12	①油もれおよび軸部の損傷などがないかを点検する。この場合、オイルの点検孔から油量も点検する
	4. タイヤの金属片、石その他の異物	1	6	①タイヤに金属片、石その他の異物がかみ込んだり、ささつたりしてないかを点検する		1. 軸受部のがた	3	12	①ロッキングアームに亀裂および損傷がないか、ピンにがたがないか、締付ナットにゆるみがないかなどを点検する
	5. クリップボルトおよびハブボルトのゆるみ	1	6	①クリップボルトおよびハブボルト（締付ナット）にゆるみがないかを点検する		1. エアもれ	1		①ペローズ（ダイヤフラム）および配管にエアもれがないかを点検する
	6. リム、サイドリングおよびホイールディスクの損傷	1	6	①リム、サイドリングおよびホイールディスクに腐食、変形、亀裂などの損傷がないかを点検する		2. ペローズの損傷	1		①ペローズまたはダイヤフラムの損傷がないかを点検する
	7. フロントホイールベアリングのがた	3	6	①フロントをジャッキアップし、タイヤの上下に手をかけフロントホイールベアリングにがたがないかを点検する		3. 取付部および連結部のゆるみおよび損傷	1		①ラジスロッド、スタビライザ、リンカーなどの取付部ならびに連結部に、ゆるみおよび損傷がないかを点検する
	8. リヤホイールベアリングのがた	12	12	①リヤホイールベアリングの摩耗および損傷状態を点検する		4. ペローズの高さ	3		①フロント、リヤともにアッパシートからロアシート下面までの高さが規定値であるかを点検する
						5. レバリンツバルブの機能	12		①ペローズまたはダイヤフラムの復元力および高さのアンパランスにより機能を点検する
制動装置	ショックばね				動力伝達装置	クラッチの作用	1	6	①アイドリングでクラッチペダルを踏み込み、異音がないかを点検するとともに、第1速またはバックギヤなどがスムーズにかみ合うかどうかにより、クラッチの切れぐあいを点検する
	1. 損傷	1	6	①ばねに亀裂、折損、摩耗などがないかを点検する		2. クラッチの液量	1	6	②ペダルをじよじよに離して発進し、すべり、緩急ぐあいなどを点検する
	2. 左右のたわみの不同	12	12	①自動車をしてできるだけ水平な場所におき、前・後輪タイヤの空気圧を確認した後、自動車の姿勢からばねのたわみの不同を点検する		3. クラッチペダルの遊びおよび切れたときの床板とのすき間	1	6	③倍力装置付きのものにあつては機能を点検する
	取付部および連結部					4. トランスミッションの油もれ	1	6	①クラッチマスタのキャップまたはプラグを取外し、オイルの量を点検する
	1. 取付部（ブラケット部を除く）のゆるみおよび損傷	1	6	①リーフ、コイルおよびトーション各スプリングの取付部にピンで連結されている以外の部分（たとえばリーフスプリングにおけるリボルト、スプリングバンドなど）に、ゆるみおよび損傷がないかを点検する		5. トランスミッションの操作用機構のがた	12	12	①クラッチペダルを軽く踏込み、遊びが適当であることを点検し、つぎにペダルを強く踏込み、クラッチが完全に切れた状態で床板との間に適当なすき間があるかを点検する
	2. 連結部のがた	12	12	①上記の各種スプリングのピンで連結されている部分、たとえばスプリング、シャックルピンなどにがた（軸方向および直角方向）がないかを点検する					①ユニバーサルジョイントを結合するフランジのリテーナおよびソライホイールハウジングとエンジンとの連結部から油もれがないかを点検する。この場合、油量も点検する
	3. リーフのずれ	12	12	①横および前後方向にずれがないか、センタボルトにゆるみおよび損傷がないかを点検する					Dニュートラルの状態ですフトレバーにがたがないかを点検し、つぎに各変速段に入れ替え、かみ合い状態およびがたの程度を点検する。リモートコントロールの場合は、ソフトレバーおよびコントロールシャフトならびにロッドの曲がり、または損傷について点検する
	4. ブラケットの取付けのゆるみおよび損傷	12	12	①スプリングブラケットのリベットまたはボルトにゆるみがないかを点検ハンマで点検する。この場合、ブラケットについては亀裂および損傷がないかも点検する					
駆動装置	サビベナシヤンクサボルト				プロペラシャフト	1. 連結部のゆるみ	3	6	①ヨークフランジボルト、ジョイントヨーク、ベアリングカバーボルト、センタベアリングゲームの取付ボルトなどについて、ゆるみがないかを点検する
	1. 連結部のがた	12	12	①シャフト、ピン、ボールジョイント部などのがたを点検する		2. プロペラシャフトの振れ	3	12	①後輪をジャッキアップするか、またはランニングローラに乗せてから後輪を駆動し、プロペラシャフトに振れがないかを点検する
	2. 損傷	3	12	①軸部などに損傷がないかを点検する					

点検箇所	点検内容	点検時期		作業要領	点検箇所	点検内容	点検時期		作業要領
		事業用等	自家用				事業用等	自家用	
動力伝達装置	3. スプライン部のがた	12	12	①プロペラシャフトを手で回しスプライン部にかたがないかを点検する	電気装置	1. 充電作用	1	6	①電流計または警告灯により充電状態を点検する
	4. 軸受部のがた	12	12	①プロペラシャフトのヨークの部分を手で動かしスプラインとベアリングとにかたがないかを点検する		1. 液量 2. 液の比重	1 6 3 12	6	①電解液の量を点検する ①比重計を用いて電解液の比重を測定する
	5. センタベアリングのがた	12	12	①プロペラシャフトのセンタベアリング付近を手で動かし、ベアリングにかたがないかを点検する		1. 接続部のゆるみおよび損傷	1	6	①ワイヤハーネスの損傷およびクランプのゆるみについて点検する ②ターミナルブロック(ソケット)の接続部にゆるみがないかを点検する
	6. フレキシブルジョイントの損傷	12	12	①フレキシブルジョイントに損傷がないかを点検する		1. かかりぐあいおよび異音 2. 低速および加速の状態	1 6 1 6	6	①エンジンのかかりぐあいおよび異音の有無を点検する ①アイドリング時に円滑に回転するかを点検する ②アイドリング時からじよじよにアクセルペダルを踏み込んで加速したとき、アクセルペダルに引っかかりがなく、かつ、エンスト、ノッキングなどを起こすことがないかを点検する
電気装置	1. 油もれ	1	6	①ドライブピニオンおよびキャリアケースから油もれがないかを点検する。この場合、油量も点検する	本体	3. 排気の状態	1	6	①アイドリング時および加速時の排気の状態を点検する ②ガソリン車およびL.P.G.車については、排出ガスを清浄化するために必要な点検および整備を行なった後、アイドリング時の一酸化炭素排出濃度を測定する。この場合、普通自動車および小型自動車(2輪車を除く)にあつては測定値が4.5%以下であることを確認する。なお、4.5%を越えるときは、さらに適切な点検ならびに整備をくりかえして行う
	1. おじれおよび亀裂	12		①リヤアクスルシャフトなどの駆動軸を外し、おじれおよび亀裂がないかを点検する ②油もれについて点検する		4. エアクリーナエレメントの状態	1	6	①エレメントを取外し汚れおよび損傷がないかを点検する。ただし、エレメントを清掃することが望ましくない型式のものは、自動車製作者の指定する期間(または走行km)以内で交換する
	1. チェーンのゆるみ 2. スプロケットの取付状態および摩耗	6 12		①チェーンにゆるみがないかを点検する ①スプロケットの取付状態ならびに摩耗および損傷がないかを点検する		5. エアクリーナのオイルの汚れおよび量	1	6	①オイルの汚れおよび量について点検する
	1. ディストリビュータのキャップの状態	1	6	①高圧コードそう入孔と高圧コードとのかん合ぐあいについて点検する ②キャップに亀裂がないかを点検する ③側方端子(セグメント)の焼損状態について点検する ④中心端子(センタピース)の摩耗および損傷状態について点検する		6. シリンダヘッドおよびマニホールド各部の締付け	12		①シリンダヘッドおよびマニホールド各部の締付け部にゆるみがないかを点検する。締付トルクが規定されている部分はトルクレンチを用いて行う
電気装置	2. 断続器の状態	1	6	①ブレーカアームおよびコンタクトブレーカポイントの接触面の状態を点検する ②ショックネスゲージなどによりブレーカアームとコンタクトブレーカポイントとの接点のすき間を点検する ③ブレーカアームスプリングの機能を点検する	燃焼装置	7. 圧縮圧力	12	12	①圧縮圧力をコンプレッションゲージなどで点検する
	3. 点火プラグの状態	1	6	①電極の焼損、腐りの焼けぐあいおよび破損について点検する ②点火プラグを清掃し、ショックネスゲージなどにより電極のすき間を点検する		8. 弁すき間	12	12	①弁すき間をショックネスゲージなどで点検する。ただし、自動車製作者により当該自動車につき、上記の点検方法と同等の精度をもつ点検方法が示されている場合には、その方法によることができる
	4. 点火時期	1	6	①タイミングライトなどを用い、合マークにより点検する。ただし、ディストリビュータに所定の封印が取付けられている場合には、その封印が正規の状態に取付けられているかどうかを点検する		1. メーターランプの状態	12	12	①作動状態について点検する
	5. 進角装置(進角機構を含む)の機能	1	6	①タイミングライトなどを用い、エンジンの加速を回復しながら合マークにより点検する。また点火時期制御方式排出ガス減少装置が取付けられている自動車の場合には、当該装置の機能について点検する		2. 配管の詰まりおよび損傷	12	12	①詰まりおよび損傷がないかを点検する
始動装置	1. ピニオンのかみぐあい	3	12	①スタータスイッチを作動させ、スイッチの機能およびピニオンギヤのかみ合い状態を点検する	潤滑装置	1. 油もれ	1	6	①オイルパンなどから油もれがないかを点検する

点検箇所	点検内容	点検時期		作業要領	点検箇所	点検内容	点検時期		作業要領
		事業用等	自家用				事業用等	自家用	
原	潤滑装置	2. オイルの汚れおよび量	1 6	①オイルパンの油質およびオイルの汚れを点検する	動機	冷却装置	1. 水もれ	1 6	①ラジエータ、ウォーターポンプおよびゴムホースなどから水もれがないか、ゴムホースが劣化していないかなどを点検する
	3. オイルクリーナーの詰まり	3 12	①エレメントを取出すことなどにより詰まりおよび汚れがないかを点検する	2. 水量		1 6	①冷却水量が不足していないかを点検する		
	燃料装置	1. 燃料もれ	1 6	①燃料タンク、燃料ポンプ、キャブレータおよび配管などからもれがないかを点検する		3. ラジエータキャップの機能	1 6	①ラジエータキャップの作動状態および装着ぐあいを点検する	
		2. キャブレター各部の汚れ	1 6	①エアクリーナを取出した状態で汚れぐあいを点検する		4. ファンベルトのゆるみおよび損傷	1 6	①ポンププーリとジェネレータープーリの中間部を押下げるなどにより、ゆるみの程度を点検する。この場合、ファンベルトに損傷がないかも点検する	
		3. キャブレターのリンク機構の状態	1 6	①摩耗および損傷などがないかを点検する		灯火装置、警音器、方向指示器、窓拭器、洗浄液噴射装置および施設装置	1. 作用	1 6	①灯火装置、警音器、方向指示器、窓拭器および洗浄液噴射装置については、作用および取付け状態を点検する ②灯火装置および方向指示器のうち、点検して点滅する構造のものにあつては点検状態を点検する ③施設装置については、施設状態において確実にロックされているかを点検する
		4. キャブレターのスロットルバルブおよびチャークバルブの状態	1 6	①スロットルバルブシャフトの摩耗状態について点検する ②スロットルバルブおよびチャークバルブの開閉状態を点検する			1. 写影の状態	1 6	①汚れおよび損傷がないかを点検する ②運転者席から後写鏡にあつては、後方の交通状況、反射鏡にあつては、自動車の直前にある障害物をそれぞれ確認できるかを点検する
		5. キャブレターのフロートバルブの状態	1 6	①油面が規定レベルにあるかを点検する			1. 作用	1 6	①空気圧力計、油圧計、電圧計、水温計、燃料計、速度計などについて作用を点検する
		6. キャブレターの調整の状態	1 6	①アイドリング調整は、自動車製作者が示している当該自動車のキャブレターのアイドリング調整方法により調整した後、アイドリング時に支障のない程度（アイドリング回転速度の落ち始めから毎分の回転数で20回落ち程度）アイドリング調整スクリューをねじ込むことにより行う。ただし、当該自動車のキャブレターのアイドリング調整につき、上記の方法と同等または同等以上の効果があることが確認されている方法が自動車製作者により示されている場合には、その方法により調整を行うことができる			1. 本体の取付けのゆるみおよび損傷	1 6	①本体の取付けのゆるみおよび損傷がないかを点検する
	動機	7. 燃料フィルタの詰まり	3 12	①エレメントに詰まりおよび汚れがないかを点検する		計器	2. 導管の取付けのゆるみ、損傷および詰まり	1 6	①導管の取付けのゆるみ、損傷および詰まりがないかを点検する
		8. 噴射ノズルの噴射圧力および噴霧状態	3 12	①ノズルを取出し、ノズルテストにより点検する		エグゾーストパイプ	1. 取付けのゆるみおよび損傷	1 6	①エグゾーストパイプおよびマフラの取付部および接続部にゆるみ、損傷、排出ガスのもれがないかを点検する ②マフラの開口方向について点検する
		9. 噴射時期	3 12	①クランクシャフトを正回転方向に回転し、基準シリンダの圧縮行程上死点前の規定の刻み線（フライホイールまたはクランクプーリ）と噴射ポンプの刻み線とにより点検する			2. マフラの機能	3 12	①マフラの消音機能に異状がないかを点検する
		10. 噴射ポンプの噴射量	3 12	①噴射ポンプの噴射量について点検する。ただし、噴射ポンプに、所定の封印が取付けられている場合には、その封印が正規の状態に取付けられているかを点検する		エアコンプレッサ	1. エアタンクの放水	1	①ドレンコックを開放し放水を排出する
11. 供給ポンプの機能		12	①供給ポンプの作動状況を点検する	2. エアクリーナーの詰まり	1		①エレメントを取出して詰まりおよび汚れがないかを点検する		
機		燃料排出装置	1. 配管などの詰まりおよび損傷	12 12	①配管などの詰まりおよび損傷がないかを点検する		3. コンプレッサ、プレッシャーレギュレータおよびアンロードバルブの機能	12	①コンプレッサの機能の点検はエアを排出した後、エンジンを始動し、アイドリング状態で空気が規定圧力になるまでの所要時間を調べ機能を点検する ②プレッシャーレギュレータおよびアンロードバルブの点検は空気が下規定圧に低下したとき自動的にコンプレッサが働かず、上規定圧でコンプレッサの働きが自動的に停止するかにより作用を点検する
	2. チャコニタの詰まりおよび損傷		12 12	①チャコニタおよび配管の詰まり、汚れおよび損傷がないかを点検する。自動車製作者の指定する期間または走行 km 以内で交換する					
	3. チェックバルブの機能		12 12	①チェックバルブが確実に作動するかどうかを点検する					

点検箇所	点検内容	点検時期		作業要領	点検箇所	点検内容	点検時期		作業要領
		事業用等	自家用				事業用等	自家用	
高圧ガスを燃料とする燃料装置など	1. 導管および接手部のガスもれ	1	6	①導管および接手部について、ガス検知器または石けん水などによりガスしれがないかを点検する	車体および車体	2. 非常口の とびらの機能	1		①非常口のとびらの閉鎖機能と警報器および警報灯の作動を点検する
	2. ベーパライザのクール	1	6	①ドレンコックなどを開放してクールを排出する		3. ゆるみおよび損傷	3	12	①フレーム、クロスメンバーなどに亀裂、損傷がないか、リベットにゆるみがないかなどを点検する ②車体（後面および側面防護装置を含む）に損傷がないか、取付ボルトにゆるみがないかなどを点検する
	3. ベーパライザの調整の状態	1	6	①アイドリング調整を行う					
	4. 導管および接手部の損傷	3	12	①導管および接手部に損傷がないかを点検する	連結装置	1. カブラの機能および損傷	12		①カブラの機能を点検する ②取付部、ピン、軸受部などに損傷、かたなどが点検する
	5. ガス容器取付部のゆるみおよび損傷	3	12	①ガスボンベの取付部にゆるみおよび損傷並びにクランプのゆるみがないかを点検する		2. キングピンの亀裂および損傷	12		①キングピンに亀裂がないか、取付部に損傷、ゆるみがないかなどを点検する
	6. 座席または立席のある車室との間の気流	3	12	①気密の点検はあらかじめ車室のとびらを閉じておき、容器格納室のガス抜き穴1か所を封してふさぎ、このなかで発煙剤（バルサンの場合は1本）を発煙させ容器格納室のふたを閉め、残ったガス抜き穴から圧力 5 kg/cm ² 程度の空気を30秒間（圧力 2 kg/cm ² 程度の場合は13分間）送入し、そのままの状態を約3分間経過（2 kg/cm ² の場合には経過を要しない）させ、車室内に煙がもれないかを点検する		3. ピントルフックおよびリベットなどの損傷	12		①ピントルフックおよびリベットに摩耗、損傷などが点検する ②取付部に損傷、ゆるみなどが点検する
	7. ベーパライザの機能	3	12	①内部の汚れおよび弁などの作動状態を点検する	座席	1. 座席ベルトの取付状態 2. 頭部後傾抑制装置の状態	1	6	①座席ベルトの損傷、操作が正しい、取付状態などを点検する ②取付状態などに異常がないかを点検する
車体および車体	1. ドアロックの機能	1	6	①ドアロックの機能に異常がないかを点検する	開扉発車防止装置	1. 機能	1		①作動させて機能および警報灯などを点検する
					その他	1. シャン各部給油脂状態	1	6	①清掃後シャン各部の給油脂状態を点検し、必要な給油脂を行う

表 6.3 (a) 自動車排ガス点検要領³⁰⁾

点検箇所	点 検 項 目	点検時期(月)	
		自家 用	事業 用等
〔ガソリンまたは液化石油ガスを燃料とする自動車の場合〕			
点火装置	イストリビュータのキープの状態	6	1
	断電器の状態	6	1
	点火プラグの状態	6	1
	点 火 時 期	12	1
	進角装置の機能	12	1
原動機本 体	エアクリーナエレメントの状態	6	1
	エアクリーナのオイル汚れおよび量	6	1
	圧 縮 圧 力	12	12
	弁 す き 間	12	12
フローバ イガス還 元装置	ミクローリングバルブの状態	12	12
	配管の詰まりおよび損傷	12	12
燃料及発 ガス排出 抑止装置	配管などの詰まりおよび損傷	12	12
	チャコールキャニスタの詰まり	12	12
	チェックバルブの作動状態	12	12
燃料装置	キャブレタ各部の汚れ	6	1
	キャブレタのリンク機構の状態	6	1
	キャブレタのスロットルバルブお よびチョークバルブの状態	6	1
	キャブレタのフロートレベルの状 態	6	1
	キャブレタの調整の状態	6	1
原動機総 合	かかりぐあい、低速および加速の状態	6	1
	排 気 の 状 態	6	1
〔軽油を燃料とする自動車の場合〕			
原動機本 体	エアクリーナエレメントの状態	6	1
	エアクリーナのオイル汚れおよび量	6	1
	圧 縮 圧 力	12	12
	弁 す き 間	12	12
燃料装置	燃料フィルタの詰まり	12	3
	噴射ノズルの噴射圧力および噴霧状態	12	3
	噴 射 時 期	12	3
	噴射ポンプの噴射量	12	3
原 動 機 総 合	かかりぐあい、異音ならびに低速お よび加速の状態	6	1
	排 気 の 状 態	6	1

表 6.4 定期点検整備の内容³¹⁾

(法定項目)

[illegible]

表 6.5 定期交換部品 (4 輪車)³⁰⁾

部 品 名	交換部品 (単位, 年)				
	乗用車・軽自動車		小・中型トラック		大型トラック
	自家用	事業用	自家用	事業用	事業用
1 マスタシリンダ・オイルシリンダの カップ及びダストシール等	2	1	1	1	1
2 ブレーキ倍力装置のゴム部品等	4	2	2(M/V) 1(H/M)	1	1
3 ブレーキホース	4	2	4	2	1
4 パワーステアリングホース	4	2	4	2	2
5 ブレーキ用バキュームホース	4	2	2	2	2
6 リザーバタンクチューブ	4	4	4	4	4(内部) 2(外部)
7 ヒューエルホース	4	2	4	2	2
8 コンプレッサ用ゴムホース	—	—	—	—	2
9 エアブレーキ用ゴム部品 (バルブ, チャンパ等)	—	—	—	—	1
10 エアブレーキゲージ用ゴムホース	—	—	—	—	2
11 パワーステアリング内部のゴム部品	—	—	—	—	2
12 ブレーキ鼓	2(ドラム) 1(ブレーキ) 1(ディスク)	1	1	1	1

注 M/V……マスタバック H/M……ハイドロマスタ

備考 1. 大型車は事業用に統合した。

2. 小・中型トラックのなかで4t車 (GVW 約8tで派生車を含む) は大型車の交換時期を適用する。

表 6.6 使用過程車に対する排出ガス規制 自動車騒音の許容限度²⁵⁾

ガソリン車・LPG車 ディーゼル車	規 制 時 期		規 制 内 容	
	一酸化炭素 (CO)	アイドル規制	45. 8. 1 47.10. 1	最高濃度 5.5 % (常時) " 4.5 % (")
	炭化水素 (HC)	装置規制	48. 5. 1以降順次	排出ガス減少装置義務付, 点火時期調整義務付 最高濃度 7800 ppm (常時), 2 サイクル特殊 3300 ppm, その他 1200 ppm
		アイドル規制	50. 1. 1	
	窒素酸化物 (NO _x)	装置規制	48. 5. 1以降順次	排出ガス減少装置義務付, 点火時期調整義務付
ディーゼル車	粒 子 状 物 質	排気煙規制	50. 1. 1	汚染度 50 %

表 6.7 使用過程車に対する自動車騒音の許容限度²⁵⁾

自 動 車 の 種 別		定常走行騒音 定置排気騒音	加速走行騒音
普通自動車、小型 自動車および軽自 動車（もっぱら乗 用の用に供する乗 車定員 10 人以下 の自動車および二 輪自動車を除く）	車両総重量が 3.5t を超え、 原動機の最高出力が 200 馬 力を超えるもの	80	86
	車両総重量が 3.5t を超え、 原動機の最高出力が 200 馬 力以下のもの	78	
	車両総重量が 3.5t 以下の もの	74	81
もっぱら乗用の用に供する乗車定員 10 人以下の 普通自動車、小型自動車および軽自動車（二輪を 除く）		70	
二輪の小型自動車 （総排気量 250 cc を超えるもの）		74	78
二輪の軽自動車 （総排気量 125 cc を超え 250 cc 以下のもの）			
第 1 種原動機付き自転車 （総排気量 50 cc 以下のもの）		76	75
第 2 種原動機付き自転車 （総排気量 50 cc を超え 125 cc 以下のもの）			

表 6.8 主要国の乗用車残存率 (%)³²⁾

国名	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5
アメリカ	99	98	97	95	90	83	73	60	50	34	23	15	8	5	2
カナダ	100	98	97	93	88	82	70	60	50	35	23	14	8	5	1
オランダ	99	95	95	93	85	76	65	50	36	25	15	8	4	2	1
西ドイツ	99	98	95	92	85	73	60	50	30	18	8	5	2	1	0
イギリス	100	99	98	95	92	86	80	70	60	50	37	27	18	12	8
オーストラリア	100	100	99	98	95	93	88	83	74	63	50	40	30	20	12
南アフリカ	100	99	98	96	94	90	85	77	67	57	45	34	25	16	10
デンマーク	96	95	91	93	92	88	85	79	71	59	52	44	38		
フィンランド	98	97	95	93	89	74	75	61	49	35	20	10			
日本	93	84	70	52	33	17	7	2	0.5	0.1					

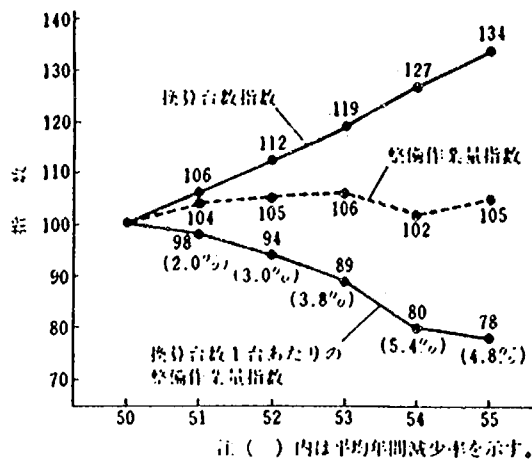


図 6.1 整備作業用の推移³¹⁾

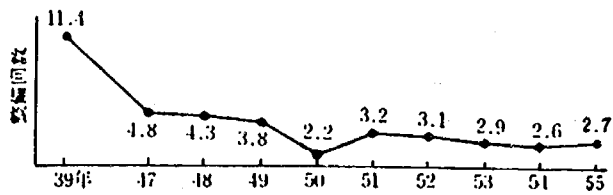


図 6.2 年間整備回数の推移³¹⁾

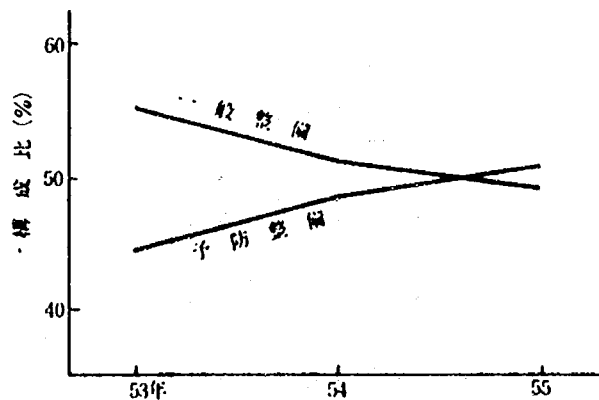


図 6.3 整備内容³¹⁾

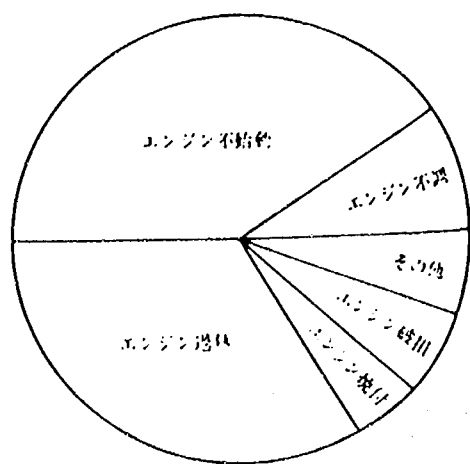


図 6.6 エンジンの故障状況³¹⁾

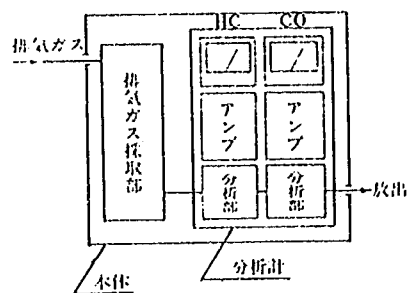


図 6.7 テスタの主要構成³²⁾

参 考 文 献

- 1) 自動車技術 1976, 11月 (福岡) 社) 自動車技術会
- 2) 自動車工学便覧(2) S. 49. 10月 同上
- 3) Tire Dust from Normal Wear of Tires (Mil.Dewis) Ecology Symposium May, 1974 Toronto
- 4) Friction Materials for Small Car Solid Rotor Application SAEペーパー 750874
- 5) Particle Size Variation in Diesel Car Exhaust SAEペーパー 790421
- 6) Regulated Unregulated Exhaust Emissions from Malfunctioning Automobiles SAEペーパー 790696
- 7) Exhaust Emissions from Malfunctioning Three-Way Catalyst-Equipped Automobiles SAEペーパー 800511
- 8) Unregulated Emissions Measurement Methodology SAEペーパー 790816
- 9) 自動車工学便覧(1) S. 49. 7月 社) 自動車技術会
- 10) 道路交通騒音 S. 50. 12月 日産自動車(株)
- 11) 自動車工学全書(17) S. 55. 10月 株) 山海堂
- 12) 自動車公害防止技術に関する第3次報告 環境庁, 自動車公害防止技術評価検討会
(騒音低減技術編) S. 56. 5月
- 13) 2) を参照 社) 自動車技術会
- 14) 自動車工学全書(7) S. 55. 6月 株) 山海堂
- 15) 大気汚染と自動車 S. 48. 2月 日産自動車(株)
- 16) 自動車技術 1980. 4月 (鍵谷, 西本) 社) 自動車技術会
- 17) 新型自動車審査関係基準集 S. 55. 12月 株) 交文社
- 18) 日本の自動車工業 S. 55年版 社) 自動車工業会
- 19) 自動車技術 1981. 6月 (年鑑) 社) 自動車技術会
- 20) 2) 9) を参照 社) 自動車技術会
- 21) 11) を参照 株) 山海堂
- 22) 自動車公害防止技術に関する第3次報告 環境庁
(排出ガス低減技術編) S. 56. 5月
- 23) 自動車工学(別冊) No. 6, Jan. 1981 株) 鉄道日本社
- 24) 排出ガス清浄化のために S. 52. 1月 日産自動車(株)
- 25) 17) を参照 交文社
- 26) 18) を参照 社) 自動車工学会
- 27) 内燃機関 1982, 3月 (有賀) 株) 山海堂

28) 11) を参照

29) 22) を参照

30) 自動車工学便覧(4) S. 50, 6月

31) 自動車技術 1981, 9月(片山)

32) 同上 1976, 4月(大脇, 小林, 佐藤)

33) 11) を参照

34) 情報 S. 57, 3月

35) 自動車ガイドブック 1981—82

36) 自動車技術 1980, 11月(陰山, 本城)

37) 同上 1980, 6月(年鑑)

社) 自動車技術会

同上

同上

日産自動車(株)

日本自動車振興会

社) 自動車技術会

同上

自動車の特性に関する文献調査

ISSN 0386-5878
土研資料第1853号
昭和57年7月(1982)

足立 義雄
田原 嘉和
吉川 良行

キーワード 大気拡散, 騒音

要 旨 自動車の大気汚染や騒音などに関する特性と、それらを低減するための発生源としての対策技術を把握するための一環として、これらに関する既存文献を収集し、これをもとに整理を行い、内部資料としてまとめたものである。

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

交通環境研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

○

土木研究所資料第1853号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

○