



クランク室圧縮型2サイクル・ディーゼル機関の排気ガス特性

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2014-06-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 澤, 則弘, 林, 重信 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/3432

クランク室圧縮型2サイクル・ディーゼル 機関の排気ガス特性

澤 則弘*・林 重信

Exhaust-Gas Characteristic of Crankcase-Compressed Two-Stroke Cycle Diesel Engine

Norihiro Sawa and Shigenobu Hayashi

Abstract

To examine in detail the effect of the operating condition on the smoke density, CO gas and Hydro-Carbon in the exhaust gas of crankcase-compressed two-stroke cycle diesel engine, the authors have experimentally measured the amount of smoke density, CO gas and Hydrocarbon changing the delivery ratio, fuel consumption, output, engine speed and cylinder wall temperature.

Consequently, it is ascertained that the amount of smoke density, CO gas and Hydrocarbon depend mainly on the air-fuel ratio.

I. 緒 言

内燃機関の排出ガスによる大気汚染の問題に対しては、排気ガスの成分および有害成分の排出量を明らかにする必要がある。従来、普通の運転状態におけるディーゼル機関においては、一酸化炭素や炭化水素などの有害成分は認められず、他型式機関よりも公害に対しては安全であると云われ、高出力時における発煙現象のみが問題とされ、それに関する測定法^{1),2),3),4)}や発煙現象におよぼす諸因子の影響を調べた研究^{5),6),7)}が多い。しかし排気煙の生成機構はいまだ明らかではないが、定性的には燃焼温度、空燃比、燃焼圧力、燃料の粘性などに左右されるものと考えられている。したがって、燃焼室の形式、燃料の噴射条件および運転条件などの巨視的条件に影響されるのみならず燃焼室内における混合比の微視的分布条件にも支配されるであろう。この様な研究も活発に続けられてはいるが、いずれも4サイクル機関に関するものばかりで、空冷クランク室圧縮2サイクル機関に関する資料は見当たらないようである。

一般に本型式機関は、その機構上、排気ガス問題に関しては4サイクル機関よりも不利な条件にある。本型式機関の発展を期待するためには、排気ガス対策が必要不可欠となるであろう。排気ガス成分の実体およびそれにおよぼす運転条件の影響を明らかにすることは有意義と思われる。

* 茨城大学工学部 教授

かかる観点から、空燃比（空気量および燃料噴射量）、機関回転数、渦流室壁温度などを変え、主として煙濃度におよぼすそれら諸因子の影響について詳細に調べるとともに、各クランク角における渦流室内ガスの成分分析を実施し、その燃焼状態などをも考察したのでここに報告する。

II. 実験装置および方法

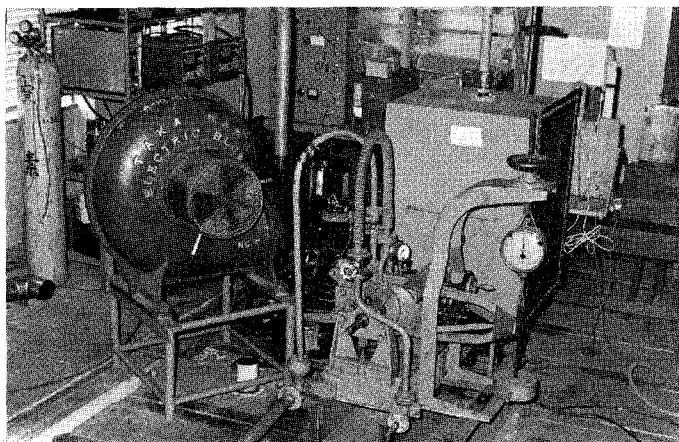
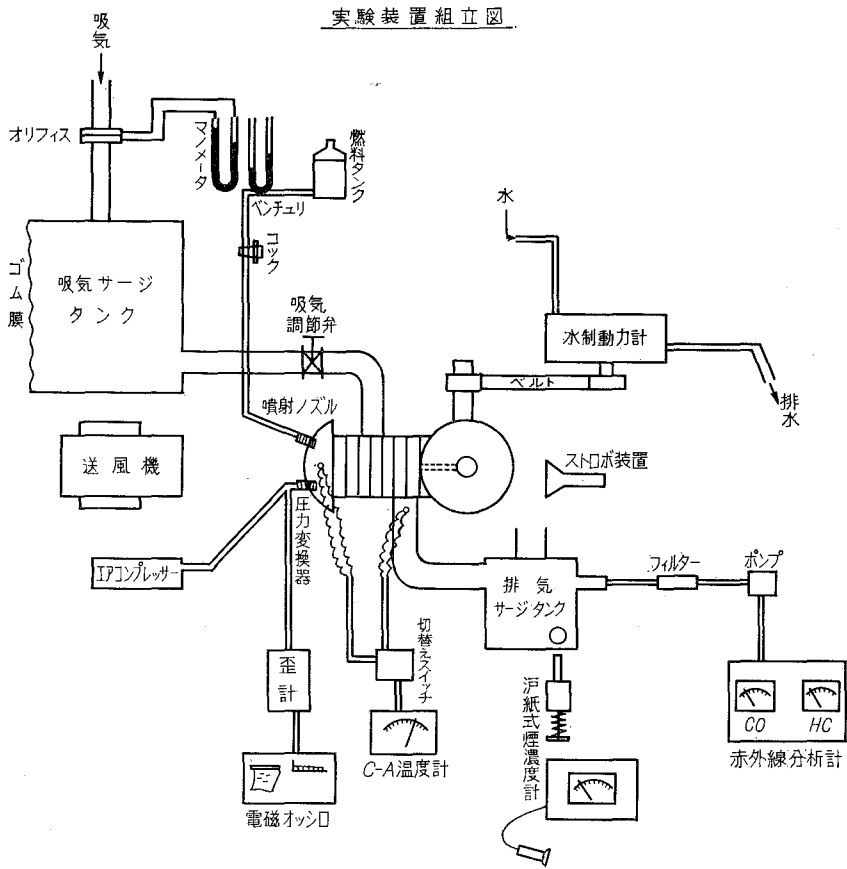
実験装置の系統図を図-1に示す。供試機関は汎用の空冷クランク室圧縮型2サイクル・ディーゼル機関 $V_h=567$ cc（富士重工 K.K. 製）で、その諸元は表-1のとおりである。機関の発生出力はフルード式水動力計（最大 50 Ps, 6000 r.p.m.）で吸収させ、吸込空気量はサージタンクと給気孔の間に設けたスルース弁で調整し、燃料噴射量は噴射ポンプから調速機を取除き手動で任意に変え得るようにした。それらの流量はサージタンクに取り付けた丸型ノズルおよび燃料系統に設置した容積型流量計、ベンチュリ型流量計の前後の圧力差から求めた。なお吹き抜け空気量を正確に見積れなかったため、空気過剰率の計算には、これらの測定値をそのまま使用した。したがってシリンダ内における有効空気過剰率よりも大きな値を示している。次に、渦流室の内壁温度はアルメル・クロメル熱電対によって監視しながら、冷却用送風機（最大風量 108 m³/min, 最大風圧 128 mmAq）の風量を変えて制御した。なお、実験は機関の運転状態を任意の条件に設定し（出力 0~6 Ps まで 1 Ps おき、機関回転数 $N=600\sim 1800$ r.p.m. まで 200 r.p.m. おき）、出力、壁面温度および機関回転数（ストロボ回転計で測定）が安定するのを待って、気筒内圧力、燃料流量、吸入空気量、排気温度および排気煙濃度を測定した。なお、排気煙濃度の測定にはサイクル毎の変動を除ぐため排気溜（ $V=21.78$ lt）を設けて平均化し、ボンシュ型濾紙式煙濃度計および透過式煙濃度計の両者を使用した。実験結果の整理には主として前者を用いた。

表 - 1

型 式	DC 32 A
燃 焼 室 型 式	渦 流 室 型
筒 数	単 気 筒 直 列
径 × 行 程 (mm)	85×100
行 程 体 積 (cc)	567
圧 縮 比	23
最 高 出 力/回 転 数 (Ps/r.p.m.)	10/2000
常 用 出 力/回 転 数 (Ps/r.p.m.)	8/2000
最 大 ト ル ク/回 転 数 (kg-m/r.p.m.)	37/1700
掃 気 方 式	ク ラ ン ク 室 圧 縮 反 転 掃 気
噴 射 ポ ン プ ・ ノ ズ ル	ボ ン シ ュ 型
使 用 燃 料	軽 油

また使用した。したがってシリンダ内における有効空気過剰率よりも大きな値を示している。次に、渦流室の内壁温度はアルメル・クロメル熱電対によって監視しながら、冷却用送風機（最大風量 108 m³/min, 最大風圧 128 mmAq）の風量を変えて制御した。なお、実験は機関の運転状態を任意の条件に設定し（出力 0~6 Ps まで 1 Ps おき、機関回転数 $N=600\sim 1800$ r.p.m. まで 200 r.p.m. おき）、出力、壁面温度および機関回転数（ストロボ回転計で測定）が安定するのを待って、気筒内圧力、燃料流量、吸入空気量、排気温度および排気煙濃度を測定した。なお、排気煙濃度の測定にはサイクル毎の変動を除ぐため排気溜（ $V=21.78$ lt）を設けて平均化し、ボンシュ型濾紙式煙濃度計および透過式煙濃度計の両者を使用した。実験結果の整理には主として前者を用いた。

さらに、シリンダ内の燃焼状態を調べる目的で、シリンダ内燃焼圧力を歪型指圧計（共和電業 K.K.）でピックアップし、電磁オシロに記録した。また、渦流室内の燃焼ガスを高速電磁サンプリング弁（司測研製）で抽出し、赤外線分析計（日立-堀場製）をとおして、一酸化炭素および炭化水素の分析を行なった。なお、使用した燃料は出光興産の軽油 1 号（比重 0.815, セ



組立装置外観

図-1 実験装置

タン価 55, 引火点 56°C) である。

III. 実験結果および考察

排気煙の測定法については濾紙式, 透過式および溶媒法などが提案され, それぞれ長短兼ね備えており, そのいずれをとるかについては規定されていない。

本実験では濾紙式 (ボッシュ型ディーゼル機器製) と透過式 (日産自動車販売) の二種類の煙濃度計を使用して煙濃度の測定を行なった。この両測定機の関係は橋爪氏⁸⁾等の実験によると次式によって示される。

$$S_N = 100 \left[1 - \left(\frac{106 - S_b}{100} \right)^{\frac{\pi D^2 L}{4V}} \cdot e^{\mu} \right] \quad (1)$$

ここに S_N : 透過式測定機の指度 (%), S_b : 濾紙式測定機の指度 (%), D : 濾過部分の径, V : 抽出部分の容積, L : 濾紙式の吸引筒の長さ, μ : カーボン粒子以外の吸収係数

しかし, 本実験の結果は図-2に示すごとく, 機関回転数, 渦流室壁温度および出力をそれぞれパラメーターとして比較した場合, これら諸因子の変化に応じて両者の関係は一定でなく大きなバラッキを示している。これは機関の運転条件によって, 2サイクル機関特有の吹き抜けや潤滑油の影響および燃焼過程における中間生成物の組成が異なり, カーボン粒子以外の吸収係数 (μ) が大きく異なるために起因するものと考えられ, 透過式煙濃度計の欠点とも云えよう。したがって, 今後の考察にあたっては濾紙式による結果を

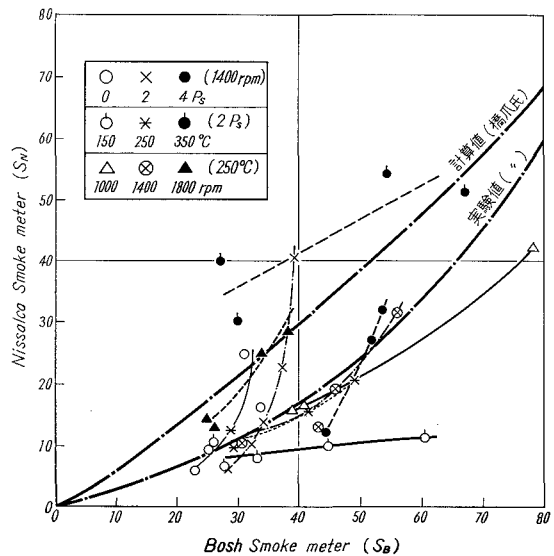


図-2 煙濃度計の比較

採用した。ディーゼル機関のシリンダ内における発生出力 (N_e^*) は

$$\begin{aligned} N_e^* &\propto \eta_i \cdot K \cdot (\eta_b / \lambda) \cdot (H_u / L_{\min}) \cdot N \cdot V_h \\ &\propto \eta_i \cdot K \cdot (\eta_b / \lambda) \cdot N \\ &\propto \eta_i \cdot \eta_b \cdot G_f \cdot N \end{aligned} \quad (2)$$

の関係をもつもので, 燃料の組成が決まると発熱量 (H_u) および理論空気量 (L_{\min}) は一定値を示す。したがって, 発生出力 (N_e) は図示熱効率 (η_i), 燃料噴射量 (G_f), 給気比 (K), 燃焼効率 (η_b) および機関回転数 (N) に比例し, 空気過剰率 (λ) に逆比例する。そこでそれら諸因子

の煙濃度におよぼす影響について考察を進める。

III.1 空気過剰率 (λ) の影響

ディーゼル機関の排気ガス成分や、煙濃度に影響する因子は数多いが、4サイクル機関の実験結果によると、とくに空気過剰率 (λ) の影響が大きい。しかし、空気過剰率 (λ) を規定する吸込み空気量と燃料噴射量の影響について分割して述べたものは比較的少ないようである。そこで燃料噴射量をほぼ一定とし、主として吸込み空気量を変えた場合と、逆に吸込み空気量を一定とし、燃料噴射量を変えた場合の実験結果について検討したので次に述べる。

a) 吸込み空気量を変えた場合 燃料噴射ポンプのラック位置を固定し、機関回転数 (N) および発生出力 (N_ePs) が一定になるように吸込み空気量を調整した場合には(2)式からわかるように主として図示熱効率 (η_i) および燃焼効率 (η_b) を変えたと同意義と考えられる。したがって、排気ガスにおよぼす影響は頭者にあらわれるものと予想される。かかる観点から実施した実験結果を空気過剰率 (λ) で整理したのが図-3、図-4および図-5である。図-3において、燃料噴射量 (G_f) は軽負荷の場合や、高負荷でも $\lambda \geq 2$ の範囲ではほぼ一定値を示しているが、さらに吸込み空気量を絞り、空気過剰率を小さくしていくと、機関回転数 (N) や出力 (N_e) を一定に保つことが困難となり、燃料噴射量をふやさざるをえない。したがって、かかる場合には一段階低い機関回転数または出力(負荷)の実験値に注目する必要がある。かかる点に留意し、図-3~図-5の実験結果をみると、一酸化炭素(CO)と煙濃度(S_b)はともに空気過剰率(λ)が小さくなると双曲線的に増加し、両者の間に相関関係のあることが知れる。とくに一酸化炭素(CO)は、 $\lambda > 2.0$ の範囲では0.2%程度の値であり、従来いわれていたように無視できる程度であるが、 $\lambda \approx 1.5$ 付近になると急激に増大し2%を超えるようになる。この値は1970年度カルフォルニア基準の1%よりもはるかに高い値であり、ガソリン機関の場合と同様に浄化対策を講ぜね

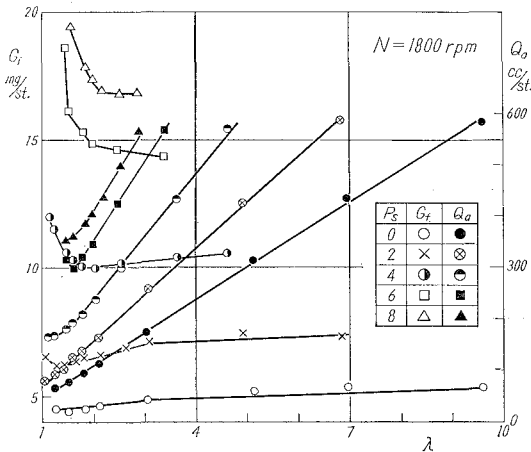


図-3(a) 給気比, 燃料噴射量と λ の関係

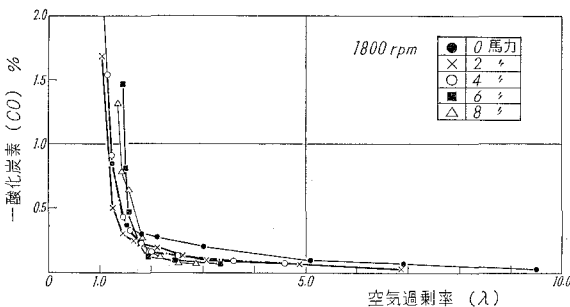


図-3(b) CO と λ の関係

はるかに高い値であり、ガソリン機関の場合と同様に浄化対策を講ぜね

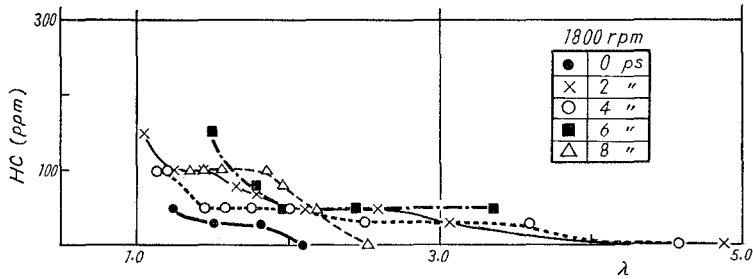


図-3(c) HCとλの関係

ばならないことがわかる。なお、一酸化炭素 (CO) の急激な増加を開始するところの空気過剰率(λ)は軽負荷ほど小さくなっている。

このため、空気過剰率がλ=1.5~1.75より小さい範囲では、高負荷ほどCOの値が大きく、λ>1.75の範囲では逆に小さくなっている。この関係は

(CO~N_o)線図で表わすとより明確にわかる(図-6参照)。これは、高負荷になると、一般に渦流室およびシリンダ内ガス温度が上昇し、したがって燃料噴霧の気化が促進され、火炎が均一

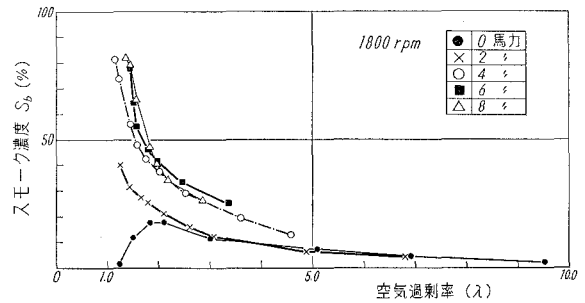


図-3(d) S_bとλの関係

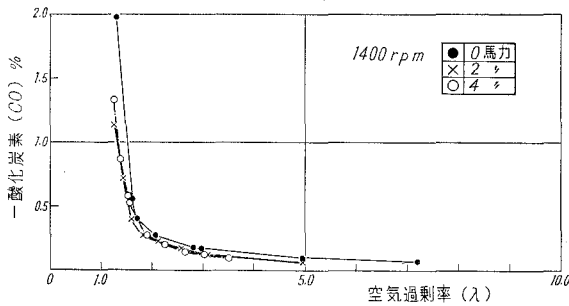


図-4(a) COとλの関係

混合気内を伝播するので燃焼状態は良好となり、COは減るものと考えられる。とくに空気過剰率(λ)が小さく、むしろ過濃状態にあるときは燃料の気化の増進は、渦流室内の混合気を過濃の状態におとし入れる。このため、不完全燃焼となり、主燃焼室内でも十分に反応しきれず排気中のCOは増加す

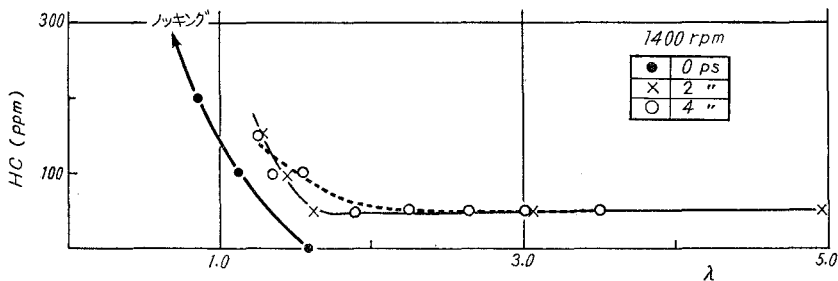


図-4(b) HCとλの関係 見掛の空気過剰率とHC(ppm)

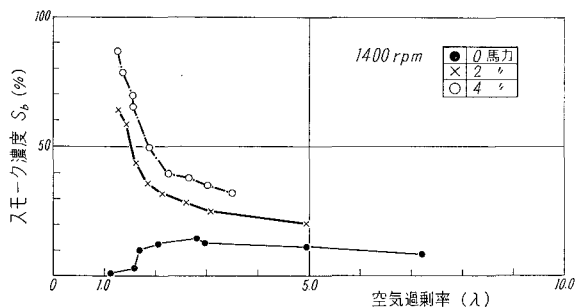


図-4(c) S_b と λ の関係

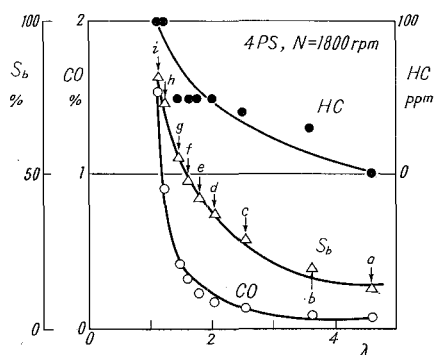


図-5(a) 煙濃度と λ の関係

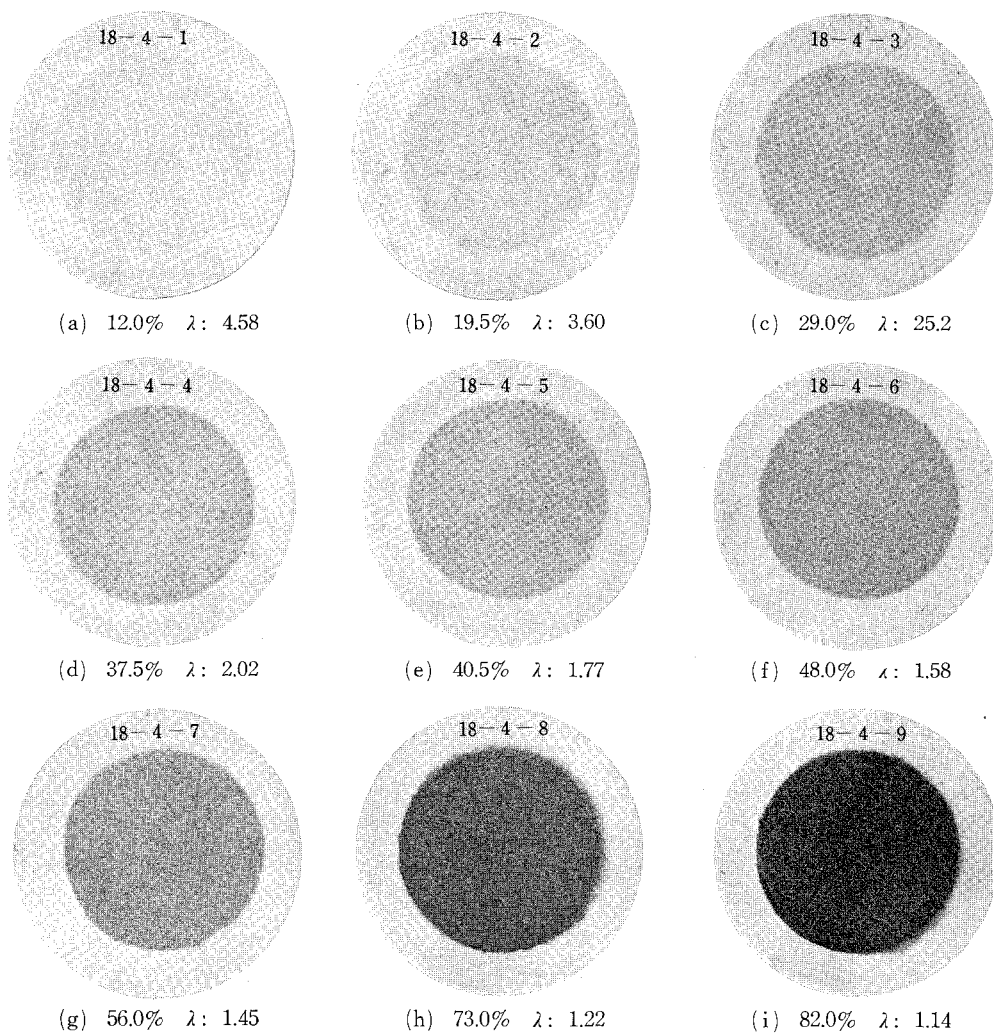


図-5(b) 煙濃度と λ の関係

るものと思われる。これに対し、煙濃度 (S_b) は高負荷ほど高く、しかも $\lambda=5.0$ 付近から順次増加し、実用範囲, $\lambda=1.5\sim 3.0$ では $S_b=80\sim 30\%$ にも達している。

なお、すすの発生に関する見解として、Meurer は「排気ガス中のすすは初期酸化過程の結果であり、反応領域内での分解速度と酸素供給速度とが一致しないときすすは発生する。したがって、反応速度と温度が上昇すれば反応区域の酸素が減少し、燃料の分解とそれに基づく自由炭素の分離を生ずる」と、これを否定し「乱流火炎の前面が不均一混合気内を前進するが、このとき $\lambda=1.3\sim 1.5$ の場合でも酸素の不足領域が生じ、火炎通過領域内で自由炭素が分離しうる」とする György Sitkei⁹⁾ の見解などがある。

しかし、初期酸化過程と火炎伝播過程の両者と負荷の増加にともなって燃料噴射量が多く (冷却作用)、噴射期間の延長によるための発煙の助長との三者の兼ね合いによって煙濃度は左右されるものと考えてのが妥当ではなかろうか。なお、無負荷運転の場合に限って、空気過剰率 $\lambda=2$ 付近から煙濃度 (S_b) は低下しているが、これは燃料噴射量の増大による冷却作用に基因するものとする。いずれにせよ、高負荷になると図-5 (b) に示すように煙濃度 (S_b) がいちじるしく増加するので、高負荷運転を必要とせぬように余裕をもった機関を、空気過剰率 (λ) の大きい範囲で使用するよう配慮すべ

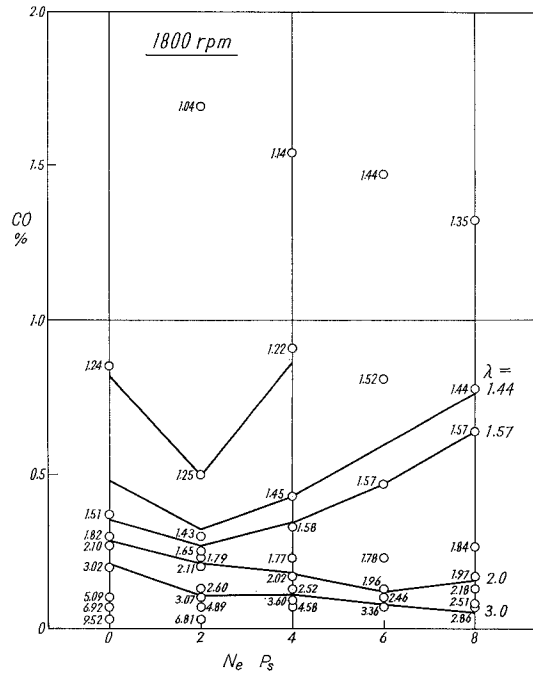


図-6 (a) CO と N_e の関係

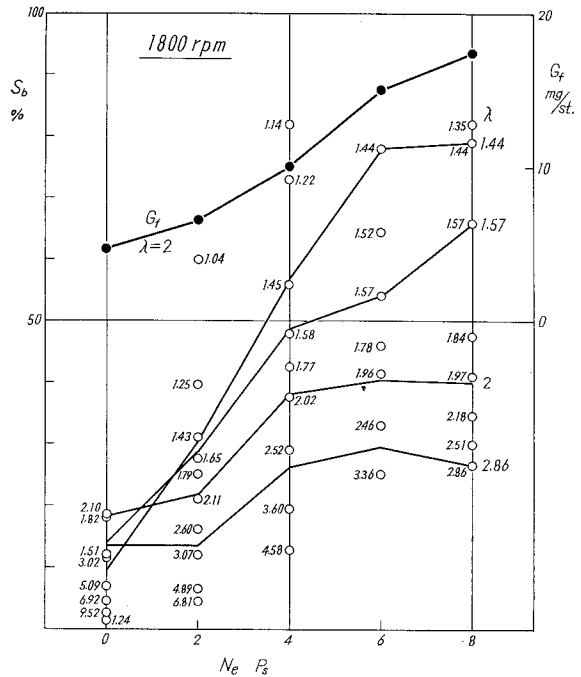


図-6 (b) S_b と N_e の関係

きではなかろうか。このほか、空気清浄器の目づまりによる吸気負圧の増加によって吸込空気量が減少すると黒煙発生の大きな原因となるので留意すべきである。

これに対し、炭化水素 (HC) はバラツキが大きく一貫した傾向は認めにくい、空気過剰率 (λ) が小さくなると順次増加し、その値は $\lambda=2$ のとき 100 p.p.m. 程度となっており、これは4サイクルガソリン機関の約 400 p.p.m. よりもかなり小さい値ではあるが、1970年カリフォルニア基準の 180 p.p.m. (FIA 測定) の約 1/2 にあたり、しかも赤外線分析計で測定した事を考慮した場合、この値は必ずしも小さいとはいきれないようである。そのうえ、空気過剰率 (λ) が小さくなり、アイドルング・ノックが発生すると炭化水素 (HC) は急激に増大し、300 p.p.m. 以上となり、本分析計の使用範囲を越える。これは、アイドル・ノックの防止対策が完全に成功していない現状では注意すべき事実と云えよう。

b) 燃料噴射量を変えた場合 (燃料噴射量, 出力の影響) 定速ディーゼル機関の出力調整は吸込空気量を絞ることなく燃料噴射量の増減のみによって行なわれている。すなわち、給気比 (K) および機関回転数 (N) を一定とし、燃料噴射量 (G_f) を増すと空気サイクルから遠ざかり図示効率 (η_e) は低下するであろう。しかし、空気過剰率 (λ) が $\lambda \geq 1$ の範囲ではその低下はあまり大きくないので発生出力 (N_e^*) は燃料噴射量 (G_f) に比例するであろう。したがって、空気過剰率 (λ) は出力 (N_e) が増加するにつれてほぼ直線的に減少する (図-7 (a), (b) および 図-8

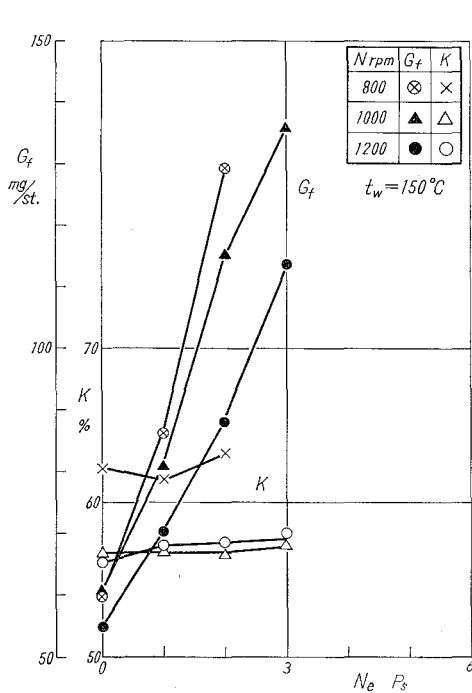


図-7(a) K , G_f と N_e の関係

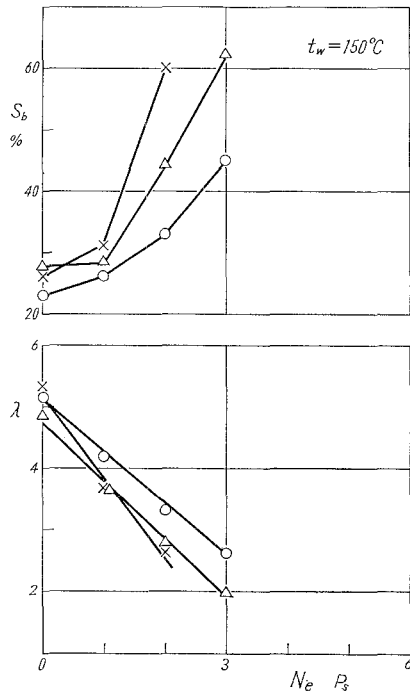


図-7(b) S_b , λ と N_e の関係

(a), (b) 参照)。このため、 $\lambda \geq 1$ の範囲では煙濃度 (S_b) は出力 (N_e) に直線的に比例して増加するが、この傾向は、機関回転数 (N) が低いほど、渦流室温度 (t_w) が低い程顕著である。

一般に、発生出力の増加はシリンダ温度をたかめ、着火おくれを短縮して急激な燃焼を防ぐが、本実験では渦流室の壁温度を一定に保つように外部冷却を調整したので煙濃度 (S_b) に及ぼす影響は主として燃料噴射量に支配されるのが妥当であろう。すなわち、図-7 および 図-8

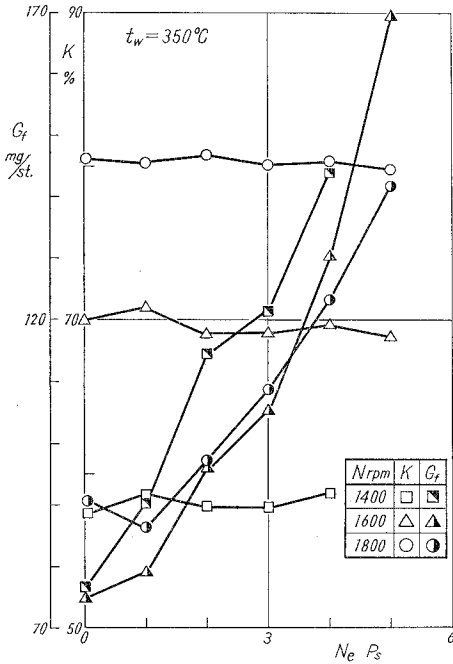


図-8 (a) K, G_f と N_e の関係

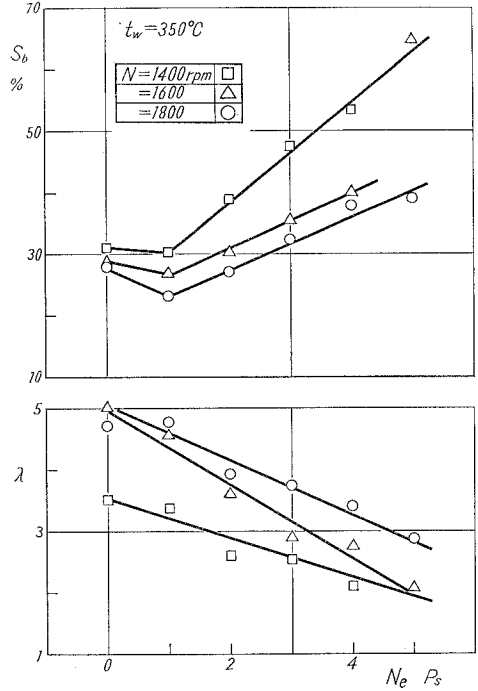


図-8 (b) S_b , λ と N_e の関係

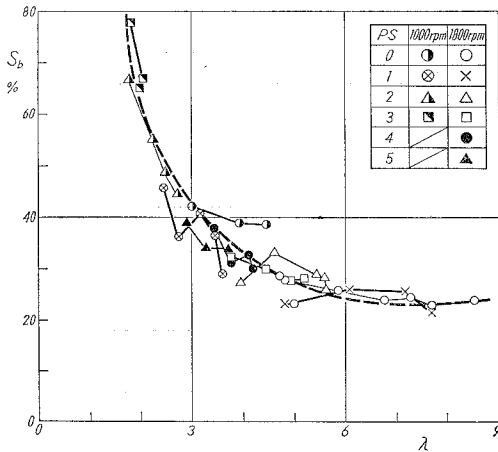


図-9 S_b と λ の関係

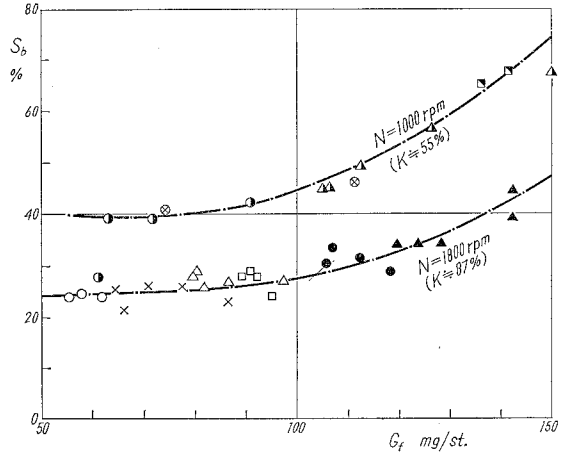


図-10 S_b と G_f の関係

の実験結果を空気過剰率 (λ) でプロットすると 図-9 のようにならばらついてはいるが、曲線上に揃っている。これを燃料噴射量 (G_f) について整理してみると、図-10 に示すようにならきれいに曲線上に揃っている。したがって、煙濃度 (S_b) に及ぼす出力 (N_e) の影響については、そのときの給気比 (K) と燃料噴射量 (G_f) の大小を吟味すればよく、給気比 (K) がたかく、燃料噴射量 (G_f) が少ないほど煙濃度 (S_b) は減少することが確認された。

III・2 機関回転数の影響

排煙の発生防止は混合気の生成を完全かつ速に行ない、燃焼時間を充分にとることが必要である。この観点からすると、機関回転数の増加は空気の乱れを助長し、均一混合気の生成上からは望ましいが、逆に燃焼時間の短縮を意味する。しかし、供試機関の回転範囲では機関回転数に比例して吸込空気量が増大し、シリンダ内ガス温度が上昇するので、これらの影響も加味されるであろう。また、機関回転数 (N) が増加しても一方では、機関の発生出力 (N_e) を一定に保つためには燃料噴射量 (G_f) を減らす必要がある (図-11 参照)。したがって、煙濃度 (S_b) は減少する。このように、機関は高速回転で空気過剰率 (λ) を大きくして運転するのが煙対策の上から望ましいことがわかる。この場合、機関回転数 (N) によって給気比 (K) が大幅に変わるので、煙濃度 (S_b) を燃料噴射量 (G_f) でプロットしても一曲線上には揃わない (図-12) が、しかし、これを空気過剰率 (λ) で整理すると 図-13 に示すように、一曲線上に比較的良好に揃い、しかもその曲線は機関回転数 (N) を一定とし、出力を変えた場合の実験結果とよく一致している。したがって、渦流室壁温度を一定に保った場合に、煙濃度 (S_b) におよぼす機関回転数 (N) の影響は、機関回転数の増加にともなう

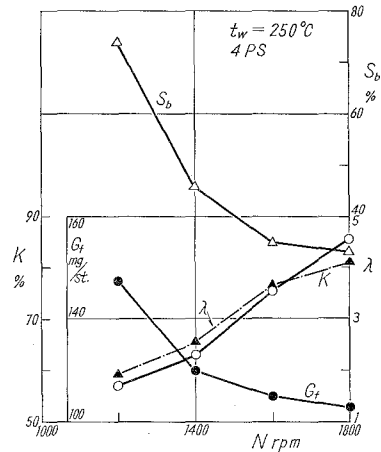


図-11 S_b と N の関係

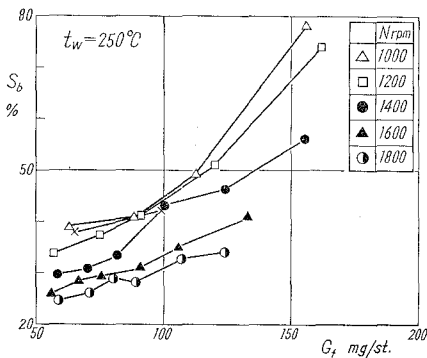


図-12 S_b と G_f の関係

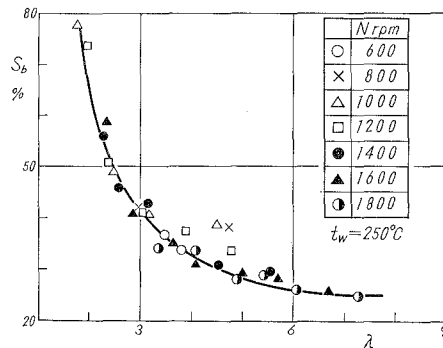


図-13 S_b と λ の関係

給気比の増大， 空気過剰率の上昇に基因するものであって， 機関回転数 (N) それ自体の影響はほとんど認められないと結論できよう。

III・3 渦流室壁温の影響

Pischinger の研究によると燃焼過程の進行は， 副室と壁面に噴射された燃料の量により決

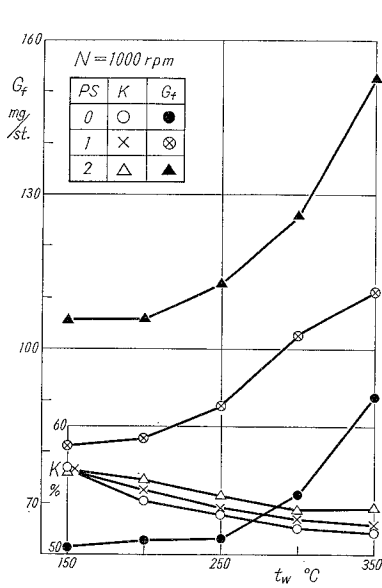


図-14 (a) G_f, K と t_w の関係

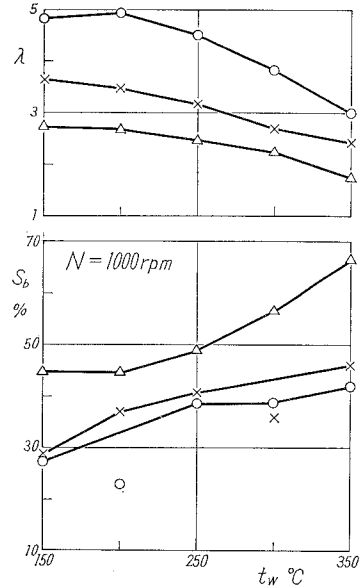


図-14 (b) λ, S_b と t_w の関係

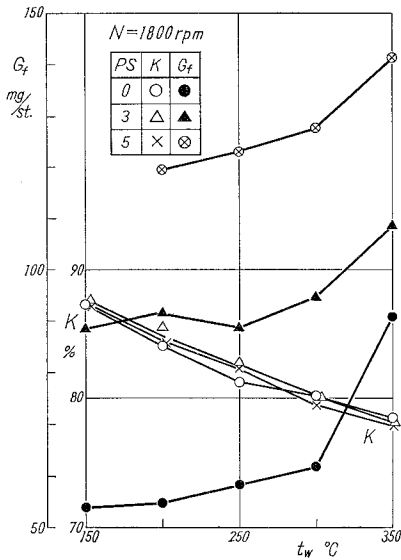


図-15 (a) G_f, K と t_w の関係

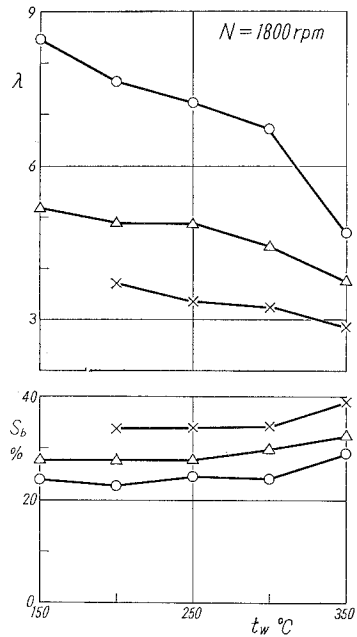


図-15 (b) λ, S_b と t_w の関係

定されることが明らかにされている。本型式機関においても、渦流室壁面温度が上昇すると燃料噴霧の気化が促進されるので、空気過剰率 (λ) の大きい場合には燃焼状態が良くなるが、過濃な状態において、気化の増進は空気不足を招来するので煙濃度 (S_b) は増加するであろう。かかる予想のもとに渦流室壁温度を $t_w = 150^\circ\text{C} \sim 350^\circ\text{C}$ の範囲に変えて実験した。その結果を図-14 および図-15 に示す。図によると、壁温を 150°C から 350°C に上げる

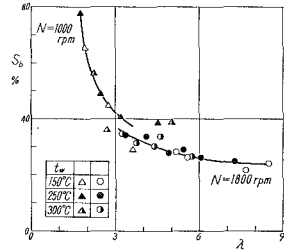


図-16 S_b と λ の関係

と給気比 (K) は $N=1000$ r.p.m. の場合約 30%, $N=1800$ r.p.m. の場合には約 10% も低下している。したがって、同一発生出力を保持するためには、燃料噴射量 (G_f) をふやさざるを得ない。このため、空気過剰率 (λ) は小さくなり、煙濃度 (S_b) は渦流室温度に比例して増加している。いま、壁温 150°C と 350°C の場合を比較すると低速回転 ($N=1000$ r.p.m.) では煙

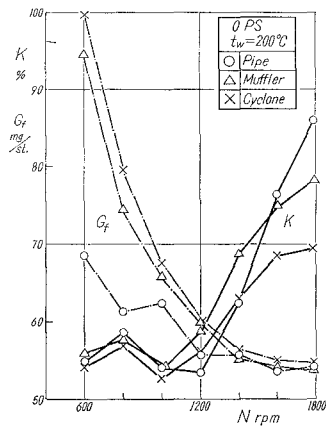


図-17 (a) K, G_f と N の関係

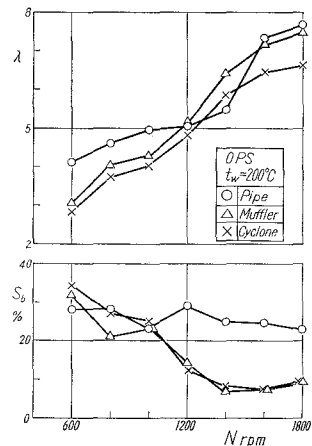


図-17 (b) λ, S_b と N の関係

濃度 (S_b) が約 15% も増加しているが、高速回転 ($N=1800$ r.p.m.) では、空気過剰率 (λ) の低下の割には煙濃度 (S_b) が増加していない (約 5% 程度)。これは、 $N=1800$ r.p.m. の場合の空気過剰率 (λ) が $\lambda=3 \sim 8$ の範囲にあるのに対し $N=1000$ r.p.m. の場合には $\lambda=2 \sim 5$ と前者よりも小さい範囲にあたるためと思われる。なお、上述の推論と本実験の結果とを考えた場合、壁温の上昇は発煙を促進しているかのようにも思われるが、これらの実験結果を空気過剰率 (λ) でプロットしてみると図-16 となり、さきに示した実験結果 (N の変化, P_s の変化) とかなり近似している。

したがって、本実験範囲における壁面温度 (t_w) 自体の影響はほとんどないようである。

III.4 消音器の影響

排気ガス成分および煙濃度におよぼす諸因子の影響を調べるため消音器を取り除き、実験を進めてきた。その結果、給気比、燃料噴射量、出力、渦流室壁温度および機関回転数などの影響は、いずれも空気過剰率の変化について吟味すればよいことが確認された。しかし、実用機関には消音器の取り付けが不可欠であり、その影響を知る必要がある。

なお、消音器は排気管系の一部として機関性能に関与するので、この点についても明らかにする必要がある。

そこで、供試機関の消音器 (図-18 (a) の A, Muffler) とサ

イクロン型消音器(図-18(a)のB, Cyclone)および消音器なしの場合を比較したのが図-17, 図-18, 図-19である。図によると, 消音器を取り付けるとアイドリング運転の場合(図-17(a))には, 中速回転では給気比(K)が高くなるが, 低回転および高回転では低下している。また, 機関出力 $N_e=3$ Psの場合には消音器(A)では低速によく, 高速に悪い, 消音器(B)の場合には全回転範囲にわたって給気比(K)は低い。このため燃料噴射量は増加している。したがって, 空気過剰率(λ)は pipe>Muffler>cyclone の順になっているが, 煙濃度(S_b)は逆の順序となっている。この関係をより明確にする目的で空気過剰率(λ)についてプロットしたのが図-19であるが, 消音器(A)および(B)の煙濃度(S_b)は全く同じ値を示している。しかし, 排気管だけの場合よりも, とくに空気過剰率(λ)が大きい範囲において小さな値を示しており, 発煙の軽減用として有用なことがわかる。

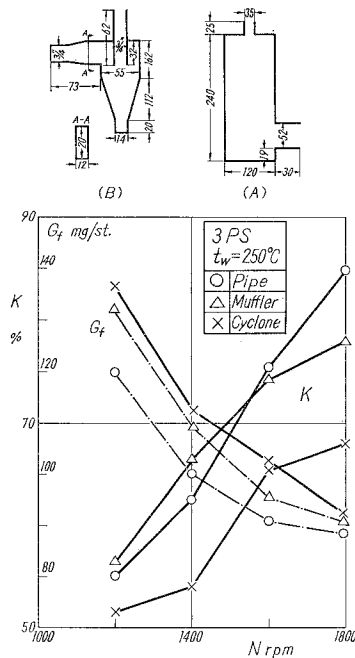


図-18(a) K , G_f と N の関係

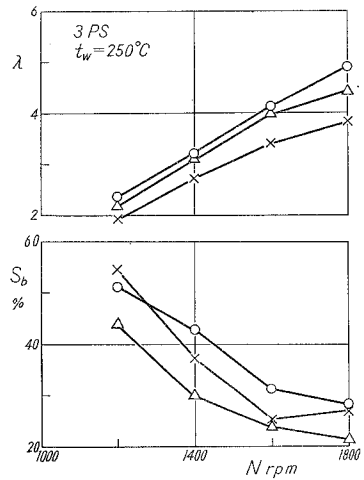


図-18(b) λ , S_b と N の関係

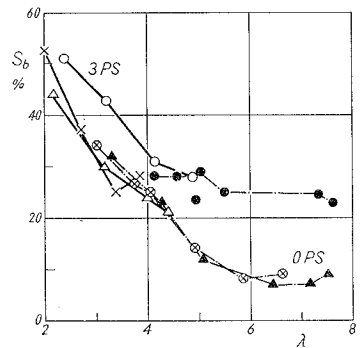


図-19 S_b と λ の関係

しかし, 消音器を取り付けると機関性能が低下する傾向があるので, この点を考慮し, 消音効果のみならず, 煙濃度(S_b)の軽減対策に立脚した積極的な消音器設計を進めるべきであろう。

III・5 排気ガス成分の変化

排気ガスの有害成分の生成状況を知るために, 渦流室における燃焼過程での排気成分の変化を測定することは, 意義のあるものと考えられる。そこで, 電磁サンプリング弁を渦流室に取り付け, 各クランク角における燃焼ガスを抽出し, 赤外線分光分析計で CO および HC を分析した。その結果の代表例を図-20に示す。図によると, CO および HC の値はばらつきが大きくははっきりとした傾向を掴みにくいが, 上死点後 $15^\circ \sim 35^\circ$ 付近の定圧燃焼期間で最大と

なり、排気孔開口時期に進むにつれて減少している。また、両者の間には相関関係があり、無負荷運転時よりも低負荷運転の方がCOおよびHCの含有率は低くなっている。

György Sitkei は直接噴射式ディーゼル機関の実験から、クランク角 15° 付近でCO含有率が最大となりその値は燃焼ガスの抽出場

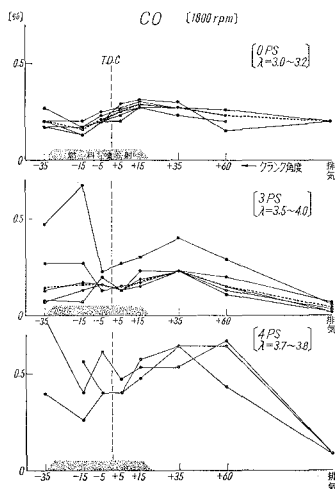


図-20(a) CO の変化

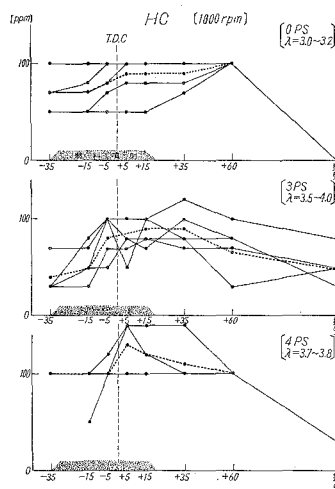


図-20(b) HC の変化

所で非常に異なることを明らかにするとともにCO含有率の経過をクランク角(φ)の関数として

$$CO = a \cdot b / \varphi_i \cdot \varphi^2 e^{-\frac{\varphi}{a\varphi_i}} \tag{3}$$

で与えている。ここに φ_i 着火おくれ角, a, b: 定数であり空気過剰率(λ)に関する。

供試機関は、Sitkei の用いた機関と相似ではないが参考のために φ_i=20°, λ=3.0 のとき Sitkei の与えている a=0.15, b=9.90 を用い φ=15° のときの CO % を概算すると 0.2% となる。これに対し、実験値(λ=3.0, 無負荷)は 0.29% で、かなり近似している。したがって、燃焼現象に関する Sitkei の考察が本型式機関にも適用できるようである。

IV. 結 言

以上、排気ガスの成分および排煙におよぼす給気比、燃料噴射量、出力、機関回転数、渦流室壁面温度および消音器の影響について述べたが要約すると次のとおりである。

1) 本型式機関においては濾紙煙濃度計による指度と透過式煙濃度計による指度との間には相関関係はなりたない。

2) 吸込み空気を絞っていくと、一酸化炭素および煙濃度は双曲線的に増加し、空気過剰率(λ)が λ ≤ 2 入になると急激に増大する。この傾向は高負荷ほど顕著であり、ノッキング状態で最高値(CO 値 3% 以上)を示す。また、発生炭化水素も同様の傾向を示す。

3) 吸込み空気量を一定として燃料噴射量を増加させた場合、機関出力は増加するが、この場合燃料噴射量に比例して煙濃度も増加する。

4) 機関回転数がたかくなると煙濃度は減少する。これは、高速化にともなう給気比の増大、すなわち、空気過剰率の上昇に基因するものであって機関回転数自体(空気渦流速度の増

加にもとづく均一混合気形成)の影響は認められない。

5) 渦流室壁温度をたかめると煙濃度は増加する。これは、給気比の低下を招き、空気過剰率が低下するため、壁温自体の影響は認められない。

6) 消音器を採用すると、とくに高空気過剰率領域の煙濃度は減少する。したがって、機関出力、消音効果、煙濃度軽減効果を考慮した積極的設計をすべきである。

7) クランク角度に対する一酸化炭素および炭化水素の含有率は上死点後 $15^{\circ}\sim 35^{\circ}$ の定圧燃焼時期に最大となり、反応が進行して順次低下し排出される。この傾向は Sitkei の与えた直接噴射式ディーゼル機関における式と定性的一致をみる。

終りにのぞみ、日頃御指導頂いている、東京大学宇宙航空研究所浅沼強教授、玉川大学赤木盈教授、北海道工業大学黒岩保教授、北海道大学深沢正一教授、村山正助教授、実験装置の製作を担当した本学福島和俊教官、早川友吉技官、加藤春吉技術員および本実験を担当した本学卒業生鈴木弘(シマー電気 K.K.)、西 哲司(北英熱器 K.K.)、榎 武夫(日産自動車 K.K.)、上田健司(日本ケミカルコンデンサ)、小深田 孝(ダイハツ自動車 K.K.)の諸君に深堪なる謝意を表す。なお、本実験の一部は昭和 41 年度文部省科学研究助成金で行なわれたことを附記して謝意を表す。

(昭和 43 年 4 月 30 日受理)

文 献

- 1) 斉藤：三菱技報, 3, (5).
- 2) 川田：機械学会誌, 昭 32-1.
- 3) 三原：内燃機関, 4, (33), 1965.
- 4) 吉田：機械の研究, 11, (10), 1959.
- 5) 斉藤：自動車技術, 17, (12), 1963.
- 6) 小早川：自動車技術, 18, (11), 1964.
- 7) 東：内燃機関, 2, (1).
- 8) 橋爪：いすゞ技報, 45 号.
- 9) György sitkei, K. V. D. 1964.