附録 記 号

p_s, ρ_s, u_s, a_s : シリンダ内のガスの状態 (圧力・密度・流速・音速)

p, ρ, u, a : 排気管内のガスの状態 (同上)

p_s, ρ_s, a_s : 掃除空気室の空気の状態 (圧力・密度・音速)

$p_{zs}, \rho_{zs}, u_{zs}, a_{zs}$: シリンダに流入した空気の状態 (圧力・密度・流速・音速)

p_0 : 大気圧

$\bar{a}_0$: シリンダ内ガスと等しいエントロピを有する大気圧状態における音速

a_0 : 排気管内ガスと等しいエントロピを有する大気圧状態における音速

a_{0s} : シリンダに流入した空気と等しいエントロピを有する大気圧状態における音速

f_a : 排気弁を通る流れの のど部 の断面積

f_0 : 噴口を通る流れの のど部 の断面積

f_s : 掃気孔を通る流れの のど部 の断面積

f_z : シリンダ断面積

f_R : 排気管断面積

G : 毎秒当り流量

S : シリンダ両端間距離 (=行程)

ΔT : シリンダ内の波の往復時間 $\left(= \frac{2S}{a_z} \right)$

面積・流速・圧力の無次元表示として

$\varphi_a = f_a/f_R, \quad \varphi_0 = f_0/f_R, \quad \varphi_z = f_z/f_R$

$U = u/a_0, \quad U_z = u_z/\bar{a}_0, \quad U_{zs} = u_{zs}/a_{0s}$

$y = \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{2\gamma}}, \quad y_z = \left(\frac{p_z}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{2\gamma}}, \quad y_s = \left(\frac{p_s}{p_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{2\gamma}}$

文 献

- (1) de Haller, P: The Application of a Graphic Method to some Dynamic Problems in Gas; *Sulzer Technical Review*, No. 1, 1945.
- (2) Jenny, E: Unidimensional Transient Flow with Consideration of Friction, Heat Transfer, and change of Section; *The Brown Boveri Review*, Nov. 1950.
- (3) 内田茂男: 2 サイクル機関の過給機系統に於ける脈動流の解析; 機械学会第 54 回講演会教材, 4 月, 1954.
- (4) 小泉磐夫: 排気ターボ過給に関する諸問題; 機械学会第 76 回講習会教材, 11月, 1955.
- (5) 小泉磐夫: 主として 4 サイクル機関に於けるターボチャージの 2, 3 の実験; 昭和 29 年 6 月機械学会内燃機部門委員会特別講演会にて講演, 三井造船技報第 8 号.

621.43.019.265

ノルマルパラフィンの発火性について*

柘 植 盛 男** 岡 本 勇 象***

On the Ignition Quality of Normal Paraffins

by Morio TSUGE and Yūzo OKAMOTO

A hydrocarbon fuel has its inherent ignition quality based on the chemical structure, and, for the family of normal paraffins, the characteristic value may be supposed to be in proportion to the carbon number.

The project of the present study was to verify the relationship in such a way that the variations of ignition lag in CFR Diesel engine were measured when several kinds of high-carbon normal paraffins were added to or solved in a base fuel by varied amount and the rates of change in ignition lag were used for evaluation.

Kogazin I (nearly Octane) was adopted as base fuel, and two liquid higher paraffins (C_{16} , C_{17}) and three solids (C_{19} , C_{21-5} , C_{31}) were examined.

It was found that the inherent ignition quality increases with the carbon number irrespective of whether liquid or solid paraffins. The characteristic values obtained for the above paraffins except Cetane are 104, 115, 136 and 202 in the order in terms of cetane value.

1. ま え が き

炭火水素燃料の発火遅れを支配するものは、その主

発火反応の中心となる活性基の生成速度であると考えられる。著者らは発火の連鎖反応の創発は、燃料分子の熱分解またはそれに類似の反応によると考えているが、この場合、活性基の生成速度は炭化水素の炭素数 (1 分子中の炭素の数) およびそれらの分子的配列に対して一定の関係をもっていると考えられる。これは

* 昭和 27 年 4 月 3 日 第 29 期定時総会講演会において講演, 原稿受付 昭和 32 年 7 月 11 日.

, * 正員, 九州大学工学部 (福岡県市箱崎町).

燃料に固有の発火特性すなわち自己着火性を示すもので、炭素数、分岐の数およびその様式、直鎖部分の長さなどとの関係は液体の炭化水素についてはある程度わかっている⁽¹⁾。直鎖構造のノルマルパラフィンにおいては明らかに炭素数の増加とともに自己着火温度は低下しセタンが最高の着火性を示している⁽²⁾。しかし一方、炭素数の増加とともに、融点が上昇し、常温で完全な液状を呈しうるのはセタン (C₁₆) までであるから、結局液体燃料としてはセタンの発火性が最高と考えられるわけである。

セタンよりも炭素数の多いパラフィンは半固体状または固体状であるから、液体燃料としての意義を失ってしまい、もちろん燃料としての発火性は問題にならない。しかしセタン以下のパラフィン系において存在する燃料固有の発火特性に関する一般的傾向がセタン以上のパラフィン系に対しても存在する可能性が考えられる。本研究はこの点を確認めるために行ったもので一定の基本燃料に数種の半固体および固体パラフィンを溶解し、それによる発火性の変化を測定し、その効果を比較することによって、炭素数の多い固体のパラフィンの固有の発火特性の比較値を求め、さらにその関係から相当セタン価を求めたものである。

2. 実験方法および装置

予備実験として、固形のパラフィンを燃料に溶解することによって発火性が向上するかどうかを見るために 2 種の軽油、コガジン II およびセタンに溶解したもののについて実験を行った。第 1 図はその結果をまとめたものである。いずれの場合もわずかの固形パラフィンの溶解によってかなり発火遅れが減少する。しかし固形パラフィンの溶解度は予想に反して比較的低く、

第 1 図

その限度をこすと白濁して不透明になるので、実験はその限度内に止めた。また、この結果からわかるように、溶解量の増加とともにパラフィンの効果は減少し、溶解度の限度に近付くと曲線は水平になる傾向を示す。これはもちろん溶解の限度を越える場合の不均一液体では、パラフィンの効果が増加しないと同時に噴霧、蒸発などの混合気の形成に関する物理的性質がはなはだしく変化するためであろうと考えられる。さらに溶解の限度を越すと、運転状態が不安定になり発火遅れがかえって増加する傾向が見られた。各種燃料に対する固形パラフィンの溶解量と比重および粘度の変化の関係を第 2 図に示す。

第 2 図

さて、ノルマルパラフィンにおいては C—C 結合のエネルギーは C—H 結合のエネルギーより小さく (73 kcal および 92 kcal), 両端附近の炭素間のエネルギーは、両端の水素との結合の影響を受けてかなり大きい、その他の炭素間の結合エネルギーはほぼ均一に分布されていると考えられている。それゆえ、発火反応の連鎖の創発が炭化水素分子の熱分解によると考えると、その反応の賦活エネルギーは、ある炭素数以上では、ほとんど炭素数に関係なく一定とみなしうる。

発火遅れは発火の連鎖反応の速度に逆比例し、この速度は

$$m \cdot e^{-E/RT}$$

に比例する。m は 1 分子または 1 モルから熱分解およびそれに続く反応によって生成する活性基 (連鎖連絡員) の数に比例するもので、いわゆる燃料固有の発火特性値である。A, B 2 種の燃料の混合の場合には、

$$m \cdot e^{-E/RT} = m_a p_a e^{-E_a/RT} + m_b p_b e^{-E_b/RT} \quad \dots (1)$$

ここで、 E_a , E_b は熱分解の賦活エネルギー、 p_a , p_b は

A, B のモル混合割合で

$$p_a + p_b = 1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

である. A, B がともにパラフィン燃料の場合には $E_a \cong E_b$ であるから

$$m = m_a p_a + m_b p_b \quad \dots\dots\dots (3)$$

したがって, この混合物の発火遅れ (z) は次式の関係で表わされる.

$$z = \frac{c_1}{m_a p_a + m_b p_b} e^{c_2/T} + z_0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

z_0 は混合気形成までの物理的発火遅れである. 一定の温度, 圧力条件に対しては, (4) 式は結局, 次の形に要約される.

$$z = \frac{1}{\alpha \cdot p_a + \beta \cdot p_b} + z_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$p_a + p_b = 1$$

物理的性質が著しく異なるパラフィン燃料を混合する場合には, その混合割合によって z_0 が変化するので簡単に α, β の関係を調べることができない. しかし混合量の小さいところでは物理的性質の影響は無視することができ, z_0 を定数として取り扱うことができるから, 混合量に対する発火遅れの曲線の始端における切線の傾きの大きさによって燃料の発火特性値を比較することができる. すなわち B を基本燃料とすれば

$$(dz/dp_a)_{p_a=0} = -\frac{\alpha - \beta}{\beta^2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

の関係があり, β が一定であるから, α の大きさを比較することができる.

本実験では基本燃料として, オクタンに近いフィッシャー合成油 (KI) を用い, これに6種のノルマルパラフィンを混合または溶解して実験した.

装置⁽³⁾はCFR機関のディーゼルユニットを利用し, 燃焼室の部分を改造して使用した. 発火遅れをかなり正確に測定する必要があるので, 正規の圧縮筒の代り

に石英ガラスの窓を設けた圧縮筒を取付け, この窓に向って光電管を装置した. 光電流は増幅してブラウン管オシログラフの垂直軸に入れ, 発火点は光点の立上りの点として観測される. クランク軸に取り付けた鉄片の電磁作用により上死点を中心にクランク角 10° の期間だけオシログラフの光点が水平に振れるようにしてある. したがって運転中にオシログラフを見ながら, 噴射始めの時期を調節して発火点がちょうど上死点に合致するように合わせることができる. そのとき, フライホイールに装置されたネオンフラッシュにより噴射始めの時期を読めば, 発火が上死点で起る場合の発火遅れがクランク角で測定されるわけである. フライホイールの外周に沿うてクランク角で目盛りした指尺を取付けてあり, ネオンフラッシュの始点をこれで読むのであるが, ブラウン管オシログラフと組合せた総合精度は 0.2°CA である.

圧縮比を変えるには, 圧縮筒とそれのフランジの間に適當の厚さのリングをはさんでねじ込むことにより筒の長さを変える. 本実験では, $9.7, 11.8, 13.9$ の3段階の圧縮比を使用した. 融点の高い燃料が使用されることになるから, 燃料系統をある温度に保温する必要がある, 噴射ポンプは反射型ヒータで, 噴射ノズルまでのパイプはニクロム線を巻きつけて加熱し, スライダックで 40°C または 50°C に調節した.

3. 使用したパラフィン系燃料および試料

使用した燃料などの一般的性状は第1表に示す. 基本燃料として用いたコガジン I (KI) は, 三池合成KKにおいて, フッシャー法によって合成された低沸点留分のパラフィン族炭化水素で, オクタンに近い平均組成を有している. コガジン II (KII) は同様に合成されたものであるが, $200-300^\circ \text{C}$ の留分である. FC および FD は三池合成会社に特に依頼して精留しても

第1表 使用燃料および試料

記 号	種 類	性 状	比 重 ($^\circ \text{C}$)	粘 度 レッドウッド 秒・ 30°C	融 点 $^\circ \text{C}$	セタン価
PA	市 販 軸 油		0.854 0 (25.3)	33.8		39
PC	市 販 軸 油		0.868 0 (26.0)	35.7		32
CT	セ タ ン	液 無 体 色	0.776 1 (20) 0.768 0 (31)	35.0	11.0— 16.0	100
KI	コ ガ ジ ン I	液 淡 黄 体 色	0.714 (6.5) 0.694 (30.1)			63
KII	コ ガ ジ ン II	淡 黄 色	0.770 2 (26.6)	33.8	5.9—3.4	76
FC	フ ィ ッ シ ャ ー 合 成 油	淡 黄 色	0.782 (21.5) 0.776 (31.5)	33.4	19.5— 21.5	
FD	フ ィ ッ シ ャ ー 合 成 油	半 固 ・ 黄	0.781 (31.0)	35.4	28.5—31.0	
FDII	フ ィ ッ シ ャ ー 合 成 油	固 ・ 黄	0.767 5 (60)		~36	
P _r II	フ ィ ッ シ ャ ー 合 成 油	固 ・ 黄	0.772 5 (80.8)		~64	

らったもので、それぞれ 290—310°C および 310—340°C の沸点範囲のノルマルパラフィンである。FD は常温においては半分凝固しているの、27.5°C において凝固している部分を分離したものが FD II である。Pr II も三池合成において合成のときに得られた固形パラフィンで、大部分炭素数の大きいノルマルパラフィンと考えられる。FC、FD は 50°C に保温すれば単体燃料として使用することもでき、基本燃料 K I には任意の割合で混合する。基本燃料に対して FD II はかなり多量に溶解するが、Pr II は常温において 1~2%、50°C においても 13% 程度にすぎないので、燃料系統の保温が必要であった。

第 3 図

FC、FD の炭素数は第 3 図の分留曲線から計算によって求めた。すなわち各成分の割合は、

	FC	FD
C ₁₅	1% (Vol)	3.5%
C ₁₆	4	1.5
C ₁₇	76	3.0
C ₁₈	19	7.0
C ₁₉	—	50.0
C ₂₀	—	35.0

となっており、これから計算した比重の値および実測値は第 2 表のとおりで、融点、沸点なども考慮に入れて、FC、FD の平均組成は C₁₇、C₁₉ と決定した。

FD II および Pr II の炭素数は加熱して液状を呈しているときの比重を測定するのが最も確実と考えてこの方法によった。第 3 表はその結果で、FD II は C₂₁、Pr II は C₃₁ の平均組成を有するものと考えられる。

第 2 表

	比 重 d_4 (°C)	融 点 °C	沸 点 °C
FC	計算 0.778 7(20), 0.771 9(30)	21.5 19.5	290 310
	0.772 (37), 0.780(26.5)		
	実測 0.776(31.5), 0.782(21.5) 0.777(30.1), 0.777(18.5)		
C ₁₇	0.776 7 (22)	22	303
FD	計算 0.785 3(20), 0.778 6(30)	31.0— 28.5	310— 340
	実験 0.781(31.0)		
C ₁₉	0.777 8 (32)	32	330

第 3 表

温 度 °C	比 重 d_4 (°C)			
	FD II	C ₂₂	C ₂₁	
44.4	0.776 5	0.777 8		
60.0	0.767 5	0.766 5		
79.6	0.755 0	0.754 9		
49.5	0.774 0		0.772 9	
40.4	0.778 5		0.778 2	
70.0	0.761 2		0.758 5	
80.9	0.754 3		0.752 2	
	Pr II	C ₂₉	C ₃₀	C ₃₁
65.9	0.782 5	0.779 7	0.779 7	
63.8	0.784 0			
68.1	0.780 5			0.780 8
80.8	0.772 5			0.773 0
98.8	0.760 0			0.761 9

K I のセタン価は普通の方法で測定し、FC および FD はそれぞれ 40°C および 50°C に保温して、単体燃料としてのセタン価を測定した。その結果それぞれのセタン価は

K I 63 (基本燃料) C₈

FC 104 C₁₇

FD 115 C₁₉

であった。炭化水素の比重などの値はすべて Egloff の表によった⁽⁴⁾。

4. 測定結果および考察

測定はコガジン I (K I) を基本燃料として、これにセタン (CT)、FC、FD、FD II、Pr II などそれぞれ 0, 2, 5, 10% (重量) 混合したものについて行った。燃料系統は実験中 50°C に保った。発火遅れの絶対値は運転状態の影響を受けやすく、試験期日の異なる測定結果を比較するときに困るので、この点には

細心の注意を払った。すなわち軽油PAを一種の標準燃料として、毎回これによる測定を間に入れて状態の均一性の確認を行い、あるいは多少の変化はこれによって補正した。各点の読みは独立に行った3回以上の値を平均し、異なる測定者が異なる時期に行った測定も含めて、5回ないし7回の試験による測定値の平均

を取った。第4図はその結果をまとめたもので、横軸にモル%をとって表わしてある。

この図から混合量がゼロの点の切線の傾き（発火遅減少率）を求めるのであるが、実際問題としては、切線を引くことは困難でもあり、また必ずしも妥当であると考えられないので、最初の直線部の傾きを採用した。

第 4 図

第 5 図

第 6 図

第 7 図

第5図の曲線④は上のようにして求めた発火遅減少率と炭素数の関係を示したもので、直線的関係に近い関係を示している。

第6図は発火遅減少率とセタン価の関係であるが、KI, CT, FC, FDについてプロットした点がほとんど直線的関係を示しているの、これらを通る直線を引いて延長し、その上でFDII, PrIIのセタン価を求めたものである。その結果、これらのセタン価は136および202であった。この図においてセタン(CT)に対する点が多少離れているが、これはセタンがほとんど純粋に近いもので、他の試料はそれぞれかなりの幅の混合物であるという相違によるのではないと思われる。

第5図曲線④は、これらのセタン価を入れて、セタン価と炭素数の関係を表わしたもので、これもだいたい直線に近い関係になっていることがわかる。

さて(7)式の α , β は1分子から生ずる活性基の確率数に比例するものであるが、ノルマルパラフィンにおいては結局炭素数(C)に比例すると考えると、発火遅減少率(θ)は

$$\theta \propto (C_a - C_b) \dots \dots \dots (8)$$

の関係が存在するはずである。

第7図は実測値について $\theta - (C_a - C_b)$ の関係を示したもので、原点を通らないけれども、かなりよい直線性を示している。しかし原点を通らないということは

1 分子から生ずる活性基の確率数 m が炭素数に比例するという仮定が正しくないためであるか、あるいはその他の関係によるものかはいまのところ不明である。

5. 結 論

以上のように、溶解または混合によって、基本燃料の発火遅れが減少する割合を比較することによりセタン以上のパラフィンの発火性を測定することができ、その結果、ノルマルパラフィンの系列においては、セタン以上に対してもほぼ炭素数に比例した燃料固有

の発火特性値を有することがわかり、これを相当セタン価で表わせば、 C_{17} は 104, C_{19} は 115, $C_{21.5}$ は 136, C_{33} は 202 である。

文 献

- (1) 山海堂、熱機関大系、3 巻、p. 104.
- (2) 同上、p. 106-107、表 2・1 参照。着火性としては最低自己着火温度と遅れの両者を考慮しなければならぬ。
- (3) 拓植盛男、九州大学工学集報、Vol. 22, No. 1(昭24), p.22.
- (4) Egloff, Physical Constants of Hydrocarbons, Vol. 1, Reinhold(1941).

寄 書

新 型 空 気 粉 碎 機 の 性 能 試 験*

郡 利 矩** 増 尾 竜 ***

Performance Test of the New type Air Mill

by Toshinori Kori and Ryuichi Masuo

1. 緒言 工業的に微粉を生産するための手段として空気粉碎機がすぐれた特長を持っていることは既に発表した実験結果により明らかでその性能も一部は明らかにされているが⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾、粉碎性能を左右する因子がきわめて多様であることを考えると更にいろいろな角度からの実験が必要である。このため著者らは新型の空気粉碎機を用いて粉碎能および分離能を種々の角度から検討した。

2. 実験装置と実験方法 実験に用いた空気粉碎

第 1 図

機の略略を第 1 図に示す。新しい型のものでは図に示すように③の内筒を設けてある。粉碎機内においては渦流による遠心力のために質量の大なる粗粒は本体外周部へ向かうから、この内筒には比較的粒度の細かい粉末のみが集まりこれを取り出すことによって第 1 段の分離を行うことができる。第 2 図は連続粉碎の場合の捕集装置の配置を示したもので④のホッパより投入された原料は⑤で粉碎された後⑥によって吸上げられ⑦で粗粒を分離して⑧で採集される。

被粉碎物として用いたものは下記の 2 種類でいずれも 3 メッシュ程度の粗粒を用いて実験した。

(i) 陶磁器原料 花崗岩半風化物 (通称三河砂婆)

(ii) 半精製ニッケル (通称ニッケル濃鉍)

実験は下記の第 1 表、第 2 表に示す条件をもってい 1 回の投入量を 5 kg 粉碎時間を投入開始後 10 分間連続運転とし、これらの実験を終った後 10 分運転に対して最も良い条件をえらんで、運転時間、投入量、投入時間をそれぞれ 2 倍にして実験を行い比較、検討した。なお本粉碎機の構造上取出口断面積は 75 cm²、ダンパ部断面積は 80 cm² で全開となる。またプロペラ回転数は動力、強度などを考慮して 3 380 rpm 以下について実験を行った。

3. 実験結果に対する考察 一般に空気粉碎機に

* 昭和 31 年 3 月 20 日 関西支部第 31 期定時総会講演会において講演、原稿受付 昭和 31 年 10 月 11 日。

、* 正員、大阪工業大学(大阪市旭区大宮北野町)。