

# 簡易なセタン価測定法

笠松 儀三郎 山岡 義人

## 1. 緒言

現在用いられている熱機関のうち熱効率の最も高いディーゼル機関の唯一の欠点として挙げられる点はディーゼルノッキングに起因する振動ひいては単位馬力あたりの重量増加である。

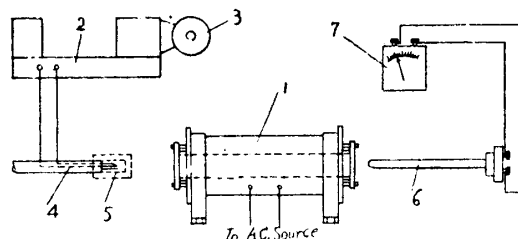
このノッキングの高低は主として用いられる燃料の着火遅れの大小によって支配される。

この燃料の着火遅れを比較探究していわゆるセタン価を決定しその燃料のディーゼル用としての良否を評価するためには現在極めて高価な千数百万円のアメリカ製、C.F.R.ディーゼル機関（Co-operative Fuel Research Committee製）を用いている。

われわれは各事業所の実験室、学校等に常時使用されている、ありふれた測定器と簡易な装置を用いることによって、C.F.R.法と同等の目的を達し得る方法を提案し、その実測結果の一例を示した。

## 2. 実験装置ならびに測定方法

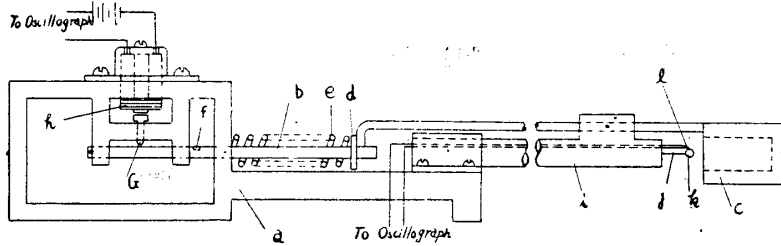
第1図はこの実験に用いた装置全体の配置図を示す。1は千野製作所製の最高温度 1000°C までの電気爐で、2は横河電機製作所製の三素子型電磁オシログラフ、3はその写真撮影用のドラム、4は第2図において説明するところの燃料粒子保持具と着火遅れの測定装置で、5はそれを電気爐内に挿入する際に実験開始前に燃料粒子に熱が伝わるのを防ぐための陶器製のカバーである。また6は爐内温度を測定するための白金-白金ロゼウム熱電対で、7はその指示計である。その測温範囲は 0~1600°C で北辰電機製作所製のものである。



第1図 装置全体の配置図

われわれの実験は、大気圧のもとで炉内温度が 600°C と 650°C との二つの場合についてのみおこなったものであるが、その実験結果から、この装置による着火遅れの測定方法は成功であることがわかった。測定順序は、炉の温度を所定の温度に保ちながら、カバー5を被せたまま測定端4を炉内に挿入し、オシログラフのドラムを回転しながら、リモート・コントロールのボタンを押すと、その瞬間、カバー5がはげれて燃料粒子ならびに熱電対の測温端が炉内温度にさらされることになる。すなわち、カバーのはげれた瞬間から熱電対の起電力が急に上昇をはじめ、次に燃料粒子に着火すると、再び急激に燃料粒子附近の温度が上昇するので、二度目の起電力増加がみられる。着火遅れ時間はこの二回の起電力の増加の時間的間隔で正確に測定することができるのである。

次に測定端の構造を説明する。第2図がその詳細図である。aはそのフレームで、鋼鉄製の棒bがそれを突きぬけており、その鋼鉄棒の右端には陶器製の熱絶縁管cが固定されている。またこの鋼鉄棒には、カラーdがはめてあり、それとフレーム間にスプリングeが取りつけて



第2図 測定端の詳細図

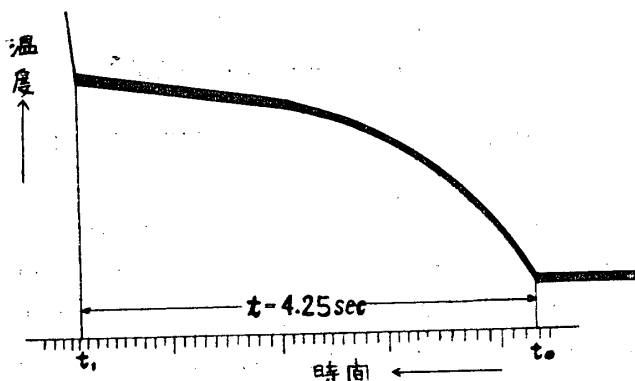
右端のカバーcをかぶせると、この切りかきfがちょうど軟鉄製のピンGの真下にもたらされ、ピンGが切りかきfにはまるようになっている。その位置で鋼鉄棒bは保持されることになる。hは電磁石で、電池を通じて電磁オシログラフのリモート・コントロール機構に連結されているから、リモート・コントロールのボタンを押すと、hはピンGを引き上げ、鋼鉄棒bはスプリングeの作用で、速やかに右端(第2図の位置)に移動し、同時にカバーcが開くのである。フレームaの右端にはまた中空管iが固定されており、その右端には燃料粒子kを保持するための細いタングステン線jならびに銅—コンスタンタン熱電対lの測定端が固定されている。熱電対lの先端は、燃料粒子kに直接接触しない程度に接近させておく。この熱電対lの左端は中空管iの中を通り、電磁オシログラフの振動子に、適当な電気抵抗を経て、連結されている。この際オシログラフの振動子はD型の振動子を使用しなければならない。

燃料粒子をタングステン線jの先端に附着せしめるには注射器を用いた。そして燃料粒子をタングステン線jに附着せしめた後、カセットメータを用いてその直径を実測した。

われわれが、この測定装置の試験をするために使用した燃料は、軽油であった。

### 3. 實測結果

第3図は実測結果の一例である。これはオシログラムをトレースした図である。 $t_0$ の瞬間



第3図 実験結果の一例  $t_0$ は油滴が露出された時刻、 $t_1$ は油滴の着火時刻、 $t$ が着火遅れ時間を示す。(オシログラムをトレースしたもの)

にカバーが開いて燃料粒子が炉内に露出され、熱電対の起電力が急に上昇し始めた状態がわかる。次に $t_1$ の時刻に燃料粒子に着火したために再び熱電対の起電力が急上昇を始めている。この場合、従って着火遅れ時間は、 $t=t_1-t_0$ で表されることになる。この例では炉内温度は $600^{\circ}\text{C}$ 、燃料粒子の直径は $1.5\text{mm}$ で、着火遅れ時間は図より $4.25\text{sec}$ となる。このようにして炉内温度 $600^{\circ}\text{C}$ と $650^{\circ}\text{C}$ との二つの場合について実測した着火遅れ時間を、燃料粒子の直径に対してグラフにえがいてみると、第4図のようになった。このように測定結果が規則正しい関係として表されたことは、この方法が燃料粒子の着火遅れ時間の測定に有効に役立つことを裏書きしている。

また、第4図の関係は理論的にも正しいことを次に示す。いま、燃料粒子の表面に伝達される熱量を $Q_1$ とし、表面伝達率を $\alpha$ 、粒子および炉内の温度をそれぞれ $\theta_1$ および $\theta_2$ 、粒子の直

あるから、このスプリングeの作用によって陶器製のカバーcが取り除かれるのである。また鋼鉄棒bの左方に切りかきfがつくっており、スプリングeを押しちぢめて、

にカバーが開いて燃料粒子が炉内に露出され、熱電対の起電力が急に上昇し始めた状態がわかる。次に $t_1$ の時刻に燃料粒子に着火したために再び熱電対の起電力が急上昇を始めている。この場合、従って着火遅れ時間は、 $t=t_1-t_0$ で表されることになる。この例では炉内温度は $600^{\circ}\text{C}$ 、燃料粒子の直径は $1.5\text{mm}$ で、着火遅れ時間は図より $4.25\text{sec}$ となる。このようにして炉内温度 $600^{\circ}\text{C}$ と $650^{\circ}\text{C}$ との二つの場合について実測した着火遅れ時間を、燃料

径を  $d$  とすると,  $dt$  時間中に粒子は伝導により伝達される熱量  $dQ_1$  は

$$dQ_1 = \alpha(\theta_2 - \theta_1)\pi d^2 \cdot dt \dots\dots\dots (1)$$

となる。また, 炉内およびその中の物体の輻射を黒体輻射と考えて, 輻射によって粒子へ伝達される熱量を  $Q_2$ , Stefan Boltzmann の常数を  $\sigma$ , 単位換算のための常数を  $k$  とすれば,  $dt$  時間中に輻射により粒子に伝達される熱量  $dQ_2$  は

$$dQ_2 = k\sigma(\theta_2^4 - \theta_1^4)\pi d^2 \cdot dt \dots\dots\dots (2)$$

となる。さらに, 蒸発によって失われる熱量を  $Q_3$  とし, 蒸発率を  $\beta$ , 気化熱を  $L$ , 粒子表面および外気の蒸気濃度を  $\zeta_1$  および  $\zeta_2$  とすると,  $dt$  時間中に蒸発によって失われる熱量  $dQ_3$  は

$$dQ_3 = L\beta(\zeta_1 - \zeta_2)\pi d^2 \cdot dt \dots\dots\dots (3)$$

となる。従って,  $dt$  時間中に粒子に与えられる熱量  $dQ_4$  は, (1), (2), (3) 式より

$$dQ_4 = d(Q_1 + Q_2 - Q_3) = \{\alpha(\theta_2 - \theta_1) + k\sigma(\theta_2^4 - \theta_1^4) - L\beta(\zeta_1 - \zeta_2)\}\pi d^2 \cdot dt$$

となる。この熱量による粒子の温度上昇を  $d\theta$  とし, 燃料の比熱を  $r$  とすると, 粒子の温度を 1 度上昇せしめるに要する熱量  $Q_5$  は

$$Q_5 = \frac{1}{6} r \pi d^3 \dots\dots\dots (4)$$

で表されるから, (4) 式で  $dQ_4$  をわると

$$d\theta = \frac{6}{r} \left\{ \alpha(\theta_2 - \theta_1) + k\sigma(\theta_2^4 - \theta_1^4) - L\beta(\zeta_1 - \zeta_2) \right\} \cdot \frac{1}{d} dt$$

そこで, 着火遅れ時間  $t$  の間の粒子の温度上昇を  $\theta_0$  とし, 着火遅れ時間  $t$  と粒子の直径  $d$  との関係を求めると

$$t = d \cdot \frac{r}{6} \int_0^{\theta_0} \left\{ \alpha(\theta_2 - \theta_1) + k\sigma(\theta_2^4 - \theta_1^4) - L\beta(\zeta_1 - \zeta_2) \right\}^{-1} d\theta \dots\dots\dots (5)$$

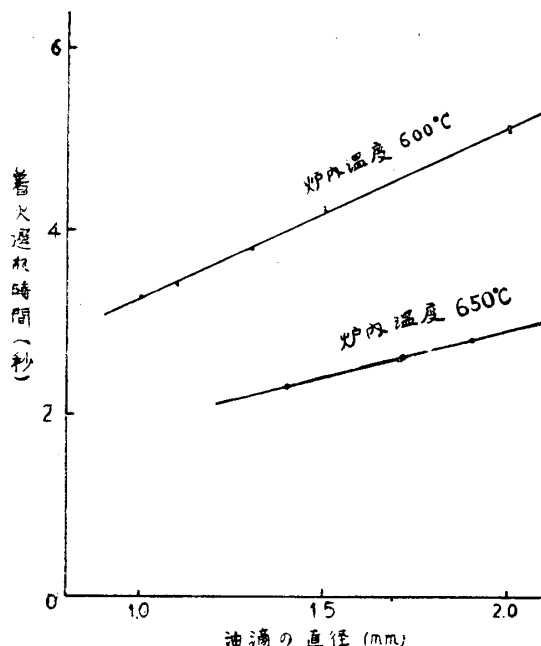
(5) 式において, もしも粒子の温度上昇  $\theta_0$  が一定であるとするならば,  $K$  を一つの常数として (5) 式は次のように表される。

$$t = K \cdot d \dots\dots\dots (6)$$

ここで

$$K = \frac{r}{6} \int_0^{\theta_0} \left\{ \alpha(\theta_2 - \theta_1) + k\sigma(\theta_2^4 - \theta_1^4) - L\beta(\zeta_1 - \zeta_2) \right\}^{-1} d\theta$$

すなわち, 着火遅れ時間は, 炉内温度が一定の場合には, 燃料粒子の直径  $d$  に比例し, 炉内温度が上昇すると,  $K$  の値が減少し, 同一直径の燃料粒子に対する着火遅れ時間は短くなり, 同時に  $dt/d\theta$  も小さくなるから, 直線の傾斜も緩慢になることが結論される。このように第 4



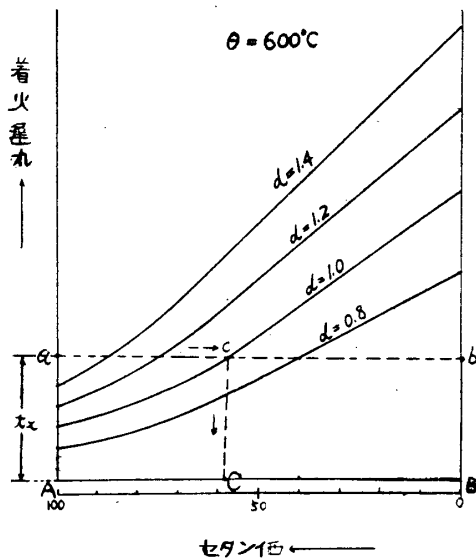
第 4 図 油滴の直径と, その着火遅れ時間との関係

図の関係は、燃料粒子が着火する瞬間には粒子の温度がある一定値に達して始めて着火するものと考えることによって、理論的計算とよく一致することがわかる。

このように理論的計算の結果と、第4図の関係とがよく一致することにより、この方法による着火遅れ時間の測定値が信頼のおけるものであることがわかったと同時に、次にのべるセタン価の測定に有効に役立つことがわかる。

#### 4. セタン価の決定法

以上の実験装置と測定法により明確に着火遅れを測定することが出来るが、用いられる装置のなかで電気炉のサイズによる渦流の発生程度、輻射の程度、タングステン線の直径およびその長さなどの影響等で実測結果が幾らか左右されることは当然である。従って装置がセットされた場合それぞれ自身の補正曲線を求める必要がある。



第5図 セタン価決定法の説明図

$$\text{Cetane Value} = \frac{BC}{AB} \times 100$$

でセタン価が求められる。

同方法で数箇の異なる直径の粒子について実験すればそれぞれの場合のセタン価が求められる。その結果の平均値を以て試料のセタン価とする。

#### 5. 結 言

以上の装置と方法を用いることにより比較的安価な国産測定器を使って簡単にセタン価を求めることが出来る。

近時ディーゼル自動車の発展が著しく又精油所の新設増設が盛んに行われている、これらの使用燃料または新製品の検定に高価な輸入C.F.Rディーゼル機関を用いることなしにこの方法を採用すれば比較的精密でしかも簡易に求められ、ひいては外貨の節減に大いに役立つ。

唯この方法によってのセタン価は必ずしもC.F.R方式とは一致しないがその差異は僅少である。しかしあくまでもこの方式によるセタン価を表すことになる。

① Cetane ( $C_{16}H_{34}$ ) と  $\alpha$  Methyl naphthalene ( $C_{10}H_7CH_3$ ) なる標準燃料を容積比で数種の混合液を作る。副標準燃料 (Semi-standard fuel) を数種用いてもよい)

② 数種の混合液粒について随意的液粒直径のもので上記の方法で着火遅れを測定する。

③ 測定結果をプロットすれば第5図の如き曲線群が得られる。

④ 次に与えられた試料のセタン価を決定するには液粒の直径 ( $d_x$ ) と着火遅れ ( $t_x$ ) を測定する。

⑤ この  $t_x$  により第5図上に  $a$  点がきまる  $a \rightarrow b$  と水平直線を引く。  $d_x$  が例えば  $1.0\text{mm}$  の時は  $d=1.0$  曲線との交点  $c$  を得る。  $cC$  を引く。