

ディーゼル機関に於ける燃焼による衝撃に就て

所 員 竹 村 勘 悉
 中 野 學
 久 保 田 鐵 也

摘 要

高速ディーゼル機関に於ける燃焼状況を研究する一助として、機関に於ける燃焼による衝撃を測定するのは有利であることを実験に基いて述べたものである。

目 次

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 緒 言 2. 研究 方法 3. 実験に使用せる機関, 検振器並にインデケータ <ol style="list-style-type: none"> A) 機 関 B) 検 振 器 <ol style="list-style-type: none"> i) 構造並に作用 ii) 検振器の特性試験 C) ピエゾインデケータ 4. 実 験 結 果 | <ol style="list-style-type: none"> i) 電動機運轉 ii) 無負荷運轉 iii) $\frac{1}{3}$ 負荷運轉 iv) $\frac{2}{3}$ 負荷運轉 v) 全負荷運轉 vi) 燃焼による壓力の昇りと検振器の最大振れとの關係 vii) 燃焼による壓力の昇りと“衝撃値”との關係 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

1. 緒 言

内燃機関の受ける衝撃負荷は燃焼による壓力上昇に關係し、⁽¹⁾ノッキングなる現象は此値が非常に大なる時の一徴候に外ならない。機関の運轉に携るものが機関の發する音を聞いて内部の燃焼状況を推察し得るのは是又燃焼による衝撃の爲である。此音が明瞭に聞き取られる場合はそれによつて燃焼状況を推判することが出来るが、之は相當熟練を要することで、多筒機関に於ては特にさうである。尙斯る場合は排氣の音其他に妨げられてノッキングの起りはじめを明にすることは困難である。而してインデケータを取つて見ても燃焼状況の質的な研究には不十分な場合が少くない。

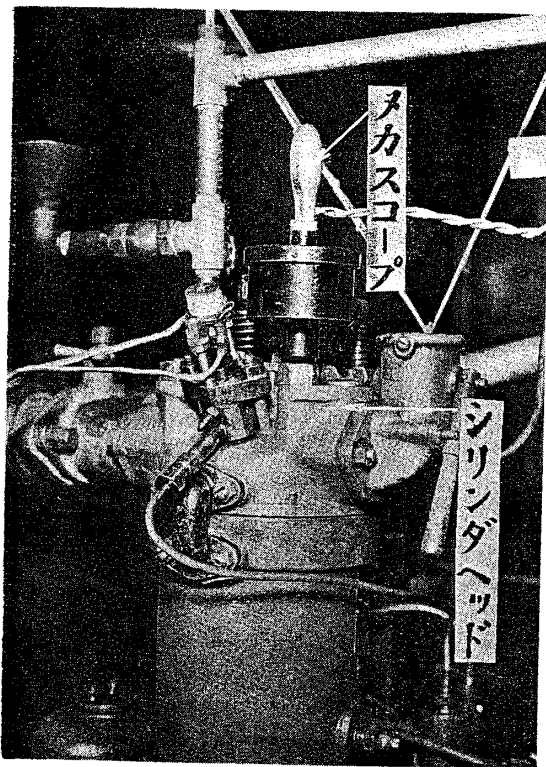
依て著者は機関外部から、燃焼による衝撃を測つて燃焼を研究することを試み、先づ其可能有效なることを確めやうとして此実験研究を行つた。

2. 研究 方法

機関の表した衝撃量と氣筒内の壓力とを同時に記録して此間の關係を調べれば本研究の目的が達せられる。衝撃量を示す計器として、著者等はメガスコープと稱する電氣的な検振器

(1) R. N. Janeway, Auto. Indy, 1929-3-9.

を選び、之を第1圖に示す如くシリンダヘッドのボルトに取付け、この發生する振動電壓を



第 1 圖

壓縮比 14.2

B) 檢 振 器

i) 構造竝に作用

第2圖は此構造を示すもので、此内部には永久磁石 M があり、之は金屬板 P_1, P_2 によつて支持されて居る。尙永久磁石にはコイル C が固く巻き附けられて居り、此等を一體として柔軟なるゴムに依つて丈夫な鑄鐵製の箱 B の内に支持されて居る。而して磁石の極に對して軟鐵片 A を向き合はせ兩者の間隙を變へて感度を調整する仕組になつて居る。

而して永久磁石を含むブロックの慣性と柔軟なるゴムの緩衝作用とによつて磁石は常に靜止の傾向を取るので箱が振動すると磁石と軟鐵片との間の間隙が變化しコイルに起電力を誘發する。

檢振器が衝撃を受ける場合を考えると、衝撃波の一部は檢振器に傳はり其音聲振動を表はす譯であるが之は檢振器の感度を鈍くすると殆ど表はれなくなる。而して衝撃によつて誘發される檢振器の固有振動が主として表れ

増幅してオツシログラフに導いた。又氣筒内の壓力はピエゾインデケータに依つて之に比例する電流を同じくオツシログラフに導き記録した。

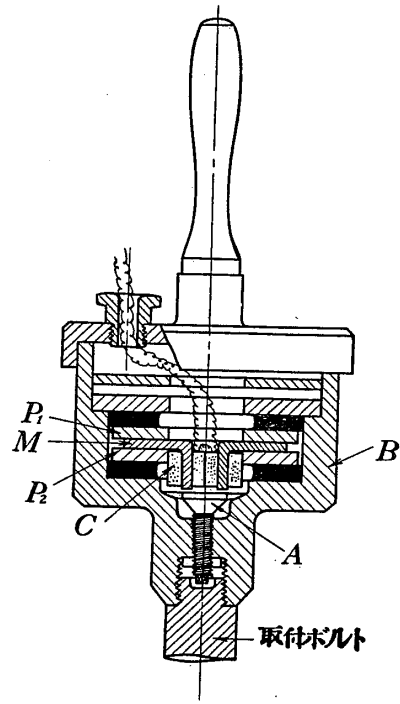
斯くして機關の回轉數を一定 (850 r.p.m.) にして噴油時期竝に負荷を種々に變へ此装置を用て實驗した。噴油開始の位置は研究の都合上通常の運轉に於けるよりも早くして、ノッキングを起しやすい状態とし、其位置を基準として前後に之を變へたのである。

3. 實驗に使用せる機關、檢振器竝にインデケータ

A) 機 關

此實驗に使用した機關はアクロ式ディーゼル機關で、850 rev/mn の時 6 HP を發生するものである。其主要寸法は次の通りである。

- シリンダの内徑 105 mm
- ピストンの行程 138 mm



第 2 圖

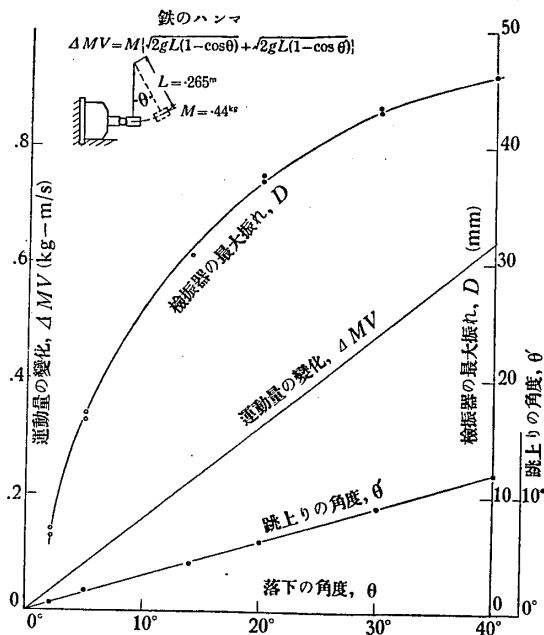
るに至る。今は此状態で使用するのである。固有振動は計器の種々の方向に夫々異なつた値を持つ筈であるが、検振器の構造上左右のものは殆ど表れず結局上下の固有振動が主として表れるものらしい。

ii) 検振器の特性試験

特性を知る爲に検振器に既知の衝撃を與へて、其際オッシログラムに表れる検振器の最大振れを読み取つた。

a) 鐵槌によつて直接検振器を打つ場合

第3圖左上部に圖示する如き装置によつて鐵槌で衝撃を加へ、此際の鐵槌の運動量の變化とオッシログラムの最大振れとの關係を調べた。



第 3 圖

器の最大振れとの關係を圖示すると第4圖 ($\Delta MV-D$) 曲線 a の如くなる。之は一の衝撃に對する検振器の特性と考へられる。此圖に於ては ΔMV を對數目盛で取つてあるが、かうすると此等の關係は圖に見る如く直線となる。

b) 木槌によつて直接検振器を打つ場合

之は前述と全く同じ實驗を鐵槌の代りに木槌を用いて行つたもので、前と同様にして第5圖の如き結果が得られた。之は前述の第3圖に相當するものである。此結果より木槌の運動量の變化と検振器の振れとの關係を出すと第4圖 ($\Delta MV-D$) 曲線 b

の如くなる。而して之は圖から分る如く前述の鐵槌の場合と大體平行した直線となつて居る。

第3圖 θ' 曲線は此際の鐵槌の落下角度 θ と跳上角度 θ' との關係を示す。而して此場合の運動量の變化 ΔMV は

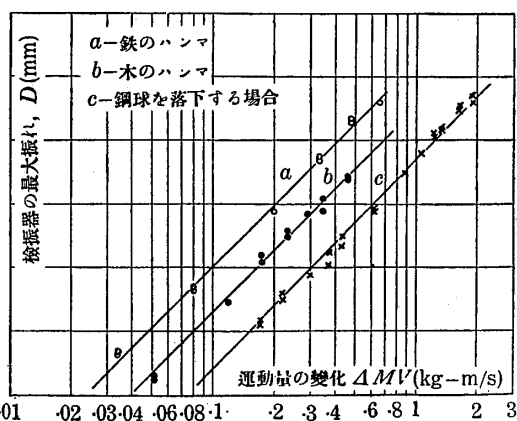
$$\Delta MV = MV + MV'$$

$$= m\sqrt{2gL}(\sqrt{1-\cos\theta} + \sqrt{1-\cos\theta'})$$

(第3圖参照)

で與へられるから、此式に上述の落下角度 θ 、跳上り角度 θ' 並に鐵槌の重量 ($M = 44 \text{ kg}$) 鐵槌の腕の長さ ($L = 265 \text{ m}$) の値を入れると、鐵槌の運動量の變化は第3圖 ΔMV 曲線に示す如くなる。而して此時のオッシログラムに表れた検振器の最大振れ D は同圖 D 曲線に示す如くである。

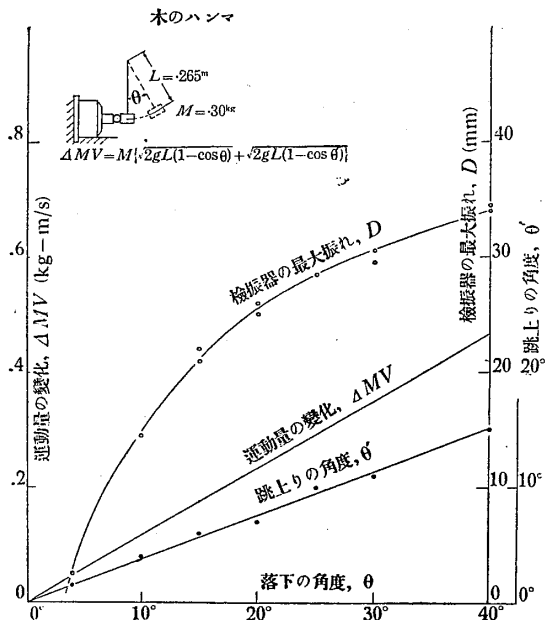
そこで之から運動量の變化即衝撃量と検振



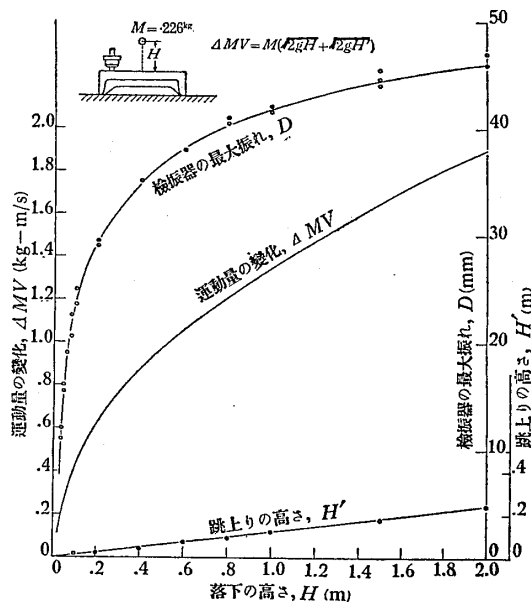
第 4 圖

c) 検振器を取付けてある臺に衝撃を加へる場合.

次に第6圖の左上部に圖示する如く、検振器を機關に取付けると同様に鑄鐵製の實驗臺上



第 5 圖



第 6 圖

に取付け、此臺に衝撃を加へる場合の試験を行つて見た。此場合は、検振器は臺を傳つて來る衝撃波によつて刺戟される譯である。

而して衝撃を加へる位置は、臺上にて検振器より 20 cm 程度離れた所で、加へる方法は直径 38 mm 重さ 226 gr の鋼球を種々の高さより落下することとした。

第5圖 H' 曲線は、此際の落下高さに對する跳上りの高さを示すものである。而して此時臺に加へられる衝撃は鋼球の運動量の變化

$$\begin{aligned} \Delta MV &= MV + MV' \\ &= M\sqrt{2g}(\sqrt{H} + \sqrt{H'}) \end{aligned}$$

によつて與へられる。そこで此値を計算すると第6圖 ΔMV 曲線の如くなる。尙此實驗で得たる種々の落下高さに於ける検振器の最大振れは同圖 D 曲線に示す通りである。そこで前と同様に $\log \Delta MV$ と D との關係を圖示すると第4圖の c 曲線の如くなる。之は前の結果と同様直線となり而も前の二の結果と大體平行して居ると見られる。

d) 衝撃と検振器の振れとの關係

上の三つの實驗結果より大體次の如き特性を見出すことが出来る。即ち検振器の最大振れ D と、検振器又は検振器を取付けてある臺に加へる運動量の變化 ΔMV とは次に示す式で表はされる。

$$D = a \log \Delta MV + b$$

但 a は衝撃を起す物體の組合せ又は衝撃を加へる方法には無關係な定數であり、 b は此二項に關係する定數である。

尙上式を書變へると次の如くなる。これが求むる検振器の特性式である。

$$\Delta MV \propto e^{-\frac{D}{a}}$$

即ち検振器の振れ D を測定すれば、機壁に加へられた運動量の絶対値は分らないがそれに比例した量が分る譯である。

C) ピエゾインデケータ

之は曩に昭和10年4月の機械學會總會直後の講演會で其詳細を發表したもので高速機關のインデケータとして優秀なものと考へる。尙之は實驗毎に補正を行つてゐる。

4. 實驗結果

i) 電動機運轉

噴油を行つた場合に對する比較の爲、先づ機關を電動機を以て、他の場合と同じ回轉數 850 r.p.m. で、空轉した場合の結果を示す。第7圖オツシログラム No. 1 がそれである。此オツシログラムに於て P は氣筒内の壓力を示す曲線、 M は検振器の振れを示す曲線、 C はクランクの位置、吸込弁、排氣弁の開閉時期並に噴油弁の動きを示す曲線である。尙此中、 M 曲線が所々大きく振れて居るのは機關の運動部分に起つた衝撃を表はして居るのである。而して之によれば、壓縮行程の終り附近並に膨脹行程の始め附近に於ては何等衝撃の存在を示さないのが分る。

ii) 無負荷運轉

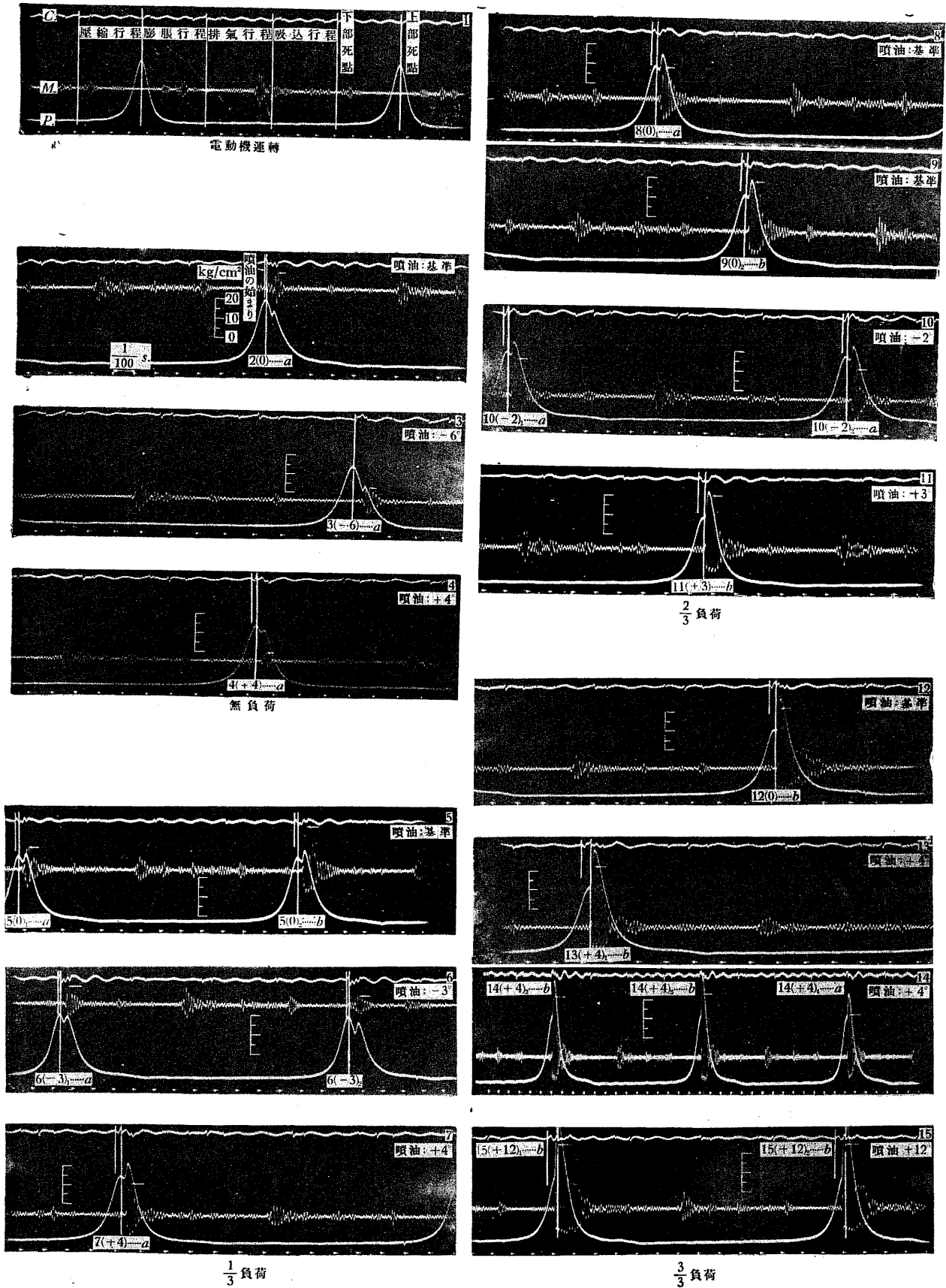
第7圖オツシログラム No. 2, 3, 4 が此實驗で得た結果である。此處に No. 2 は基準の噴油位置に於けるもので No. 3 は之より 6° (オツシログラムより算出す) 遅く、No. 4 は基準のものより 4° 早い噴油に於けるものである。而も此等何れに於ても燃焼によつて壓力上昇があると 800 サイクル程度の振れが検振器に生ずるのを認める。而して此周波數は検振器の固有振動に相當する。

iii) $\frac{1}{2}$ 負荷運轉

此負荷となると、オツシログラム No. 5, 6, 7 に見る如く燃焼による壓力の昇りは前項の場合よりも大きくなり従つて検振器の振れも大となつて居る。No. 5 は基準の噴油位置に於ける運轉結果である。而して此運轉に於ては時折ノツキングらしきものを聞き取つた。オツシログラフの回轉鏡を觀察して此音は燃焼による壓力上昇が大となつた時にあらはれることを知つた。オツシログラム No. 5 は二つの燃焼行程が撮されて居るが右方の $5(0)_2$ の方が他よりも壓力上昇が高くノツキングらしきものを起して居る時の状態ではないかと考へられる。而も此場合、検振器の振れが他に比して著しく大なのは意味ある事と考へる。No. 6 は噴油の位置が之より 3° 程後れた場合でありノツキングらしきものは聞かれなかつた。又 No. 7 は No. 5 より噴油の位置を 3° 程進めたもので、時々ノツキングらしいものを聞き取つた。然しオツシログラフには一つの燃焼行程しか撮れてないので何れの場合かこの儘では判定出來ない。

iv) $\frac{3}{4}$ 負荷運轉

オツシログラム No. 8, 9, 10, 11 が此負荷で得たものである。基準の噴油位置では、初めはノツキングらしいものは聞かれなかつたが運轉後10分位から稍明瞭なノツキングを聞く様になつた。前の時期に得たのが No. 8 であり後の時期に得たのが No. 9 である。この兩者



第 7 圖

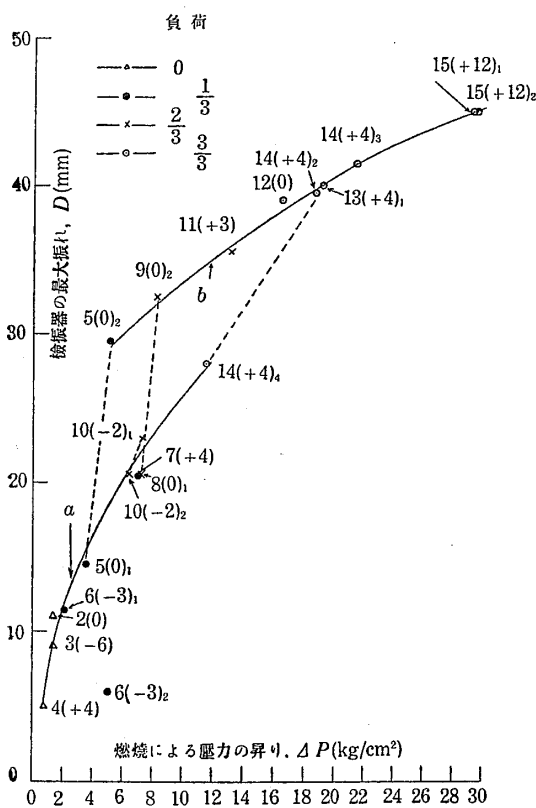
を比較してノッキングが発生する時は燃焼による圧力の昇りが大となり、これに従つて検振器の振れも大となることを知る。No. 10 は噴油の位置を 3° 程後らしたものであり、此場合はノッキングらしいものは聞かれなかつた。而して No. 8 又は No. 9 より噴油の位置を 3° 程進めると稍明瞭なノッキングを発生した。No. 11 がこの時のオッシログラムであるが圧力の昇りは之迄のものよりも目立つて高くなり 13.1 気壓に及んで居る。

v) 全負荷運轉

オッシログラム No. 12 が基準の噴油位置に於けるもので明瞭なノッキングを聞いた。全負荷となると圧力の昇りも相當大となり之につれて検振器の振れも大となつて居る。No. 13 は前者より更に噴油の位置を 4° 程進めたもので、此場合は一層明瞭なノッキングを聞いた。尙間歇的にノッキングの休止を認めたとので、フィルムを速度を遅くして得たのが No. 14 である。この中で 14(+4)₁ なる燃焼行程は圧力も低く検振器の最大振れも小さいので、之がノッキングの発生しない時ではないかと考へられる。更に甚しいノッキングを起さしむる爲に噴油の位置を No. 13 より 12° 程進めたのが次の No. 15 である。此場合は連続的に著しいノッキングを生じた。而して之は圧力の昇りが 30 の気壓にも達して居ることと検振器の振れが 45 mm にも達して居ることとよりその劇しさを推定出来る。

vi) 燃焼による圧力の昇りと検振器の最大振れとの關係

上に得たオッシログラムより燃焼による圧力の昇り竝に、検振器の最大振れを計測すると第 1 表に示す通りである。今之を圖示すると第 8 圖の如くなる。即ち得た總ての點は一つの



第 8 圖

例外 6(-3)₂ を除いて他は皆二つの異なつた曲線 a 又は b に配屬する。此處に點線は同一フィルム又は同一實驗に於て得たる點を結び合せたものである。而して之は燃焼狀況が a より b に、又は b より a に不連続的に乗り移ることを示して居る。

尙 a 曲線に屬する點は無負荷のもの竝にノッキング又は、ノッキングらしいものを間歇的に起す場合の中でノッキングを起さないと考へられる(圧力の昇り竝に検振器の振れが他のものに比して小さい)ものである。而して又 b 曲線に屬する點は明にノックして居るものと上述の場合の中ノックして居ると考へられるものである。従つて a 曲線はノッキングを起さない場合を示し b 曲線はノッキングを起す場合を示すと考へて差支へない様に考へられる。即ち之に依てノックを起す場合と起さない場合とを明に識別することが出来て検振器の振れを測れば燃焼狀況が何れにあるかを知ることが出来る様に考へられる。

第 1 表

実験 番 号	負 荷	噴油位置	オツシロ プログラムの 番 号	燃焼行程のオツシロ プログラムの記 号 (オツシロプログラムの番 号 一噴油遅速のクラン ク角度)	噴油の位置 (上部死点 前のクラン ク角度)	燃焼による 圧力の昇り (kg/cm ²)	検振器の 最大振れ D(mm)	衝 撃 値 $\frac{e}{a}$ ($e=2.7183$ $a=0.0144$)	
I	電 動	機運轉	1						
II	0	基 準	2	2(0)	6°	1.6	11.0	2.14	
		遅らす	3	3(- 6)	0°	1.6	9.0	1.86	
		早める	4	4(+ 4)	10°	0.8	5.0	1.41	
III	$\frac{1}{3}$	基 準	5	5(0) ₁ 5(0) ₂	9° 9°	3.5 5.1	14.5 29.5	2.72 7.67	
		遅らす	6	6(- 3) ₁ 6(- 3) ₂	6° 6°	2.3 5.0	11.5 6.0	2.21 1.51	
		早める	7	7(+ 4)	13°	7.0	20.5	4.12	
IV	$\frac{2}{3}$	基 準	8	8(0) ₁	11°	7.2	20.5	4.12	
			9	9(0) ₂	11°	8.2	32.5	9.44	
		遅らす	10	10(- 2) ₁ 10(- 2) ₂	9° 9°	7.2 6.4	23.0 20.5	4.90 4.12	
			早める	11	11(+ 3)	14°	13.1	35.5	11.62
V	$\frac{3}{3}$	基 準	12	12(0)	13°	13.5	39.0	14.79	
			13	13(+ 4) ₁	17°	19.2	40.0	15.85	
		早める	14	14(+ 4) ₂ 14(+ 4) ₃ 14(+ 4) ₄	17° 17° 17°	18.7 21.4 11.5 ⁽²⁾	39.5 41.5 28.0	15.31 17.58 6.92	
			一 層 早める	15	15(+12) ₁ 15(+12) ₂	25° 25°	29.5 ⁽³⁾ 29.5	45.0 45.0	22.39 22.39

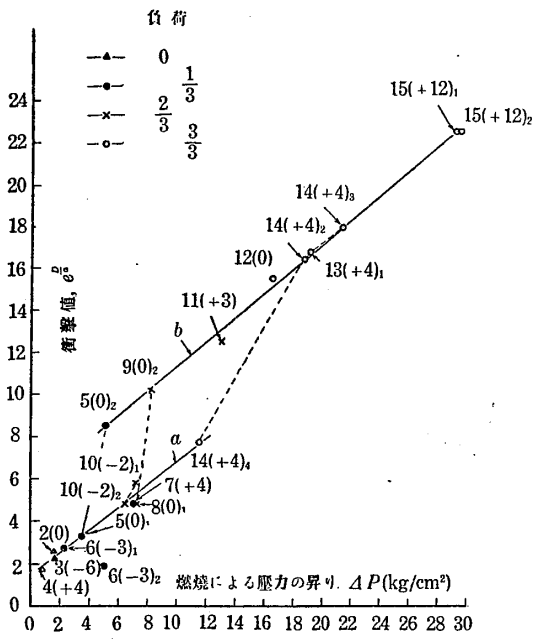
vii) 燃焼による圧力の昇りと“衝撃値”との関係

前に検振器の特性として衝撃量 ΔMV は $e \frac{D}{a}$ に比例することを述べた。そこで実験で得た検振器の最大振れ D を使用して $e \frac{D}{a}$ を算出すると第1表に示す如くなる。而して此計算値を便宜上“衝撃値”と名付け之を燃焼による圧力の昇りとの関係を圖示すると第9圖の如くなる。

圖に於て a はノッキングを起さない場合、 b はノッキングを起す場合を示して居る。斯くの如く燃焼状況の相違は圖から明瞭に判定且區別出来る。音を聞いただけではノッキングであるかどうか不明であつたものも圖に於ては明瞭に區分せられた。

更に又第9圖によれば、 a, b 何れに於ても燃焼による“衝撃値”は、燃焼による圧力の上昇

(2) (3) 27.5 氣壓位でスケールアウトして居るのであるが曲線の形狀からこの程度と推定する



第 9 圖

ことは燃焼状況判定の一便法と思はれる。

而して今日の實驗に於ても、フッキングの起りはじめを、又フッキングを起す場合と起さない場合との質的な差を明にし得たのは全く檢振器の助によるものであり、指壓線圖のみでは不可能なことであつた。

と直線的な關係にある。之は同一燃焼狀況に於ては衝撃値は大體機關の負荷と直線的に變化することを示して居ると考へてよい。然るに著者の研究⁽⁴⁾によれば、ディーゼル機關に於ては、燃焼の良不良は燃焼の燃える割合の大小に他ならない。即ち燃焼の悪い時(煙が多く、出力少い)の指壓線圖は良く燃える場合の部分負荷と相似であり、之は排氣分析結果によるも明である。従つて“衝撃値”の測定によつて量的な燃焼狀況の推測も可能かと考へる。

5. 結 論

燃焼によつて機關の受ける衝撃は、氣筒内の燃焼狀況を割合に簡單且明瞭に指示するもので、機關外部から此衝撃を測定する

(4) 著者等の講演 空氣室を有するディーゼル機關に關する研究 第1報「空氣室の效果に就て」昭10-4 機械學會總會講演會に於て 第2報「空氣室の絞り加減による燃焼狀況出力の變化に就て」昭10-11機械學會應用力學講演會に於て