運転条件による燃料のノック性の変動に関する研究 (2)

出力と燃料のノック性に及ぼす点火時期の影響*

山崎 毅六** 森 利淳*** 前田 耕**** 高取 武夫***

The Effects of Operating Conditions of the Engine on Antiknock Properties of Gasolines (2) The Effects of Spark Advance on Power and Antiknock Properties of Fuels*

by Kiroku Yamazaki**, Toshiatsu Mori***, Tsutomu Maeda**** and Takeo Takatori***

Summary : (1) The relationships between spark advance and power of the CFR engine under various conditions were studied. The maximum power spark advances at engine speed of 600 rpm and 900 rpm were compared with those specified for octane rating by Research and Motor method.

(2) The comparison is made between the knock limited compression ratios by incipient knock and standard knock intensity of Research and Motor method. The possibility of estimating the Research octane number from the incipient knock limited compression ratio is deduced.

(3) It is shown that spark advance and mixture ratio have more effects on antiknock properties as higher octane number fuels are used.

1 はしがき

一般に点火時期は燃料のノック性および出力に大きな影響を及ぼすために、ノック性と点火時期との関係を論議する場合には必ず出力についても考慮されなければならない。走行オクタン価の測定において点火時期が重要な役割を演じ、あるいは同一エンジンの要求オクタン価が点火時期により著しく変ることその1つの現われである。

そこで CFR エンジンの運転諸条件について最高出力を示す点火時期を求め、実験室ノック性測定に現在広く用いられている標準運転条件によるものと比較し、さらにノック限界圧縮比とオクタン価の関係を検討した。

実験したエンジンの運転条件は回転数 600, 900 および 1,200 rpm, 圧縮比 4~8, 混合比 12~17, 点火時期 10~35°BTDC, 混合気温度 50 および 150°C, 冷却液温度 100°C, 潤滑油温度 57±5°C である。吸入空気温度および湿度は調節しなかった。実験時における湿度は空気 1 g あたり水 14~19 mg であった。出力は直流電気動力計で測定し、軸馬力と摩擦馬力の和を指示馬力として計算によって指示平均有効圧を求めた。

2 CFR エンジンの最高出力点火時期

2.1 混合比と最高出力点火時期

エンジンは最大出力混合比で運転されることが望ましいのであるが、ここではまず混合比と最高出力点火時期との関係を求めた。イソオクタンを燃料とし、回転数 900 rpm, 混合気温度

50°C において各圧縮比について 点火時期と出力の関係を調べた結果が図 1 である。この結果から各混合比における最高出力点火時期を求め混合比と点火時期の関係を示したのが図 2 である。一般に混合比が最大出力混合比よりも希薄になるにつれて

図 1 点火時期と指示平均有効圧

* 昭和 38 年 4 月 10 日受理

** 東京大学航空研究所, Aeronautical Research Institute, The University of Tokyo

*** ゼネラル石油株式会社, General Sekiyu K.K.

**** 日本鉱業株式会社中央試験所, Central Research Laboratory, Nippon Mining Co., Ltd.

エンジン回転数 900 rpm
混合気温度 50°C
燃料 イソオクタン

最高出力点火時期は進み, 低圧縮比のときほど混合比の影響を受けやすい。一定混合比についての圧縮比と最高出力点火時期の関係は図3に示したとおりであり, 圧縮比の高いほど最高出力点火時期は遅れてくることが認められる。最高出力点火時期が希薄混合比のときには進み, 圧縮比が高いときには遅れてくることは火炎速度がこれをきめる有力な因子の1つであることを示している。

2.2 回転数と最高出力点火時期

図4は最大出力混合比, 混合気温度 50°C の条件の下で, 回転数 600, 900 および 1,200 rpm について実験した結果である。回転数の高い場合ほど最高出力点火時期が進み, 圧縮比の影響が大きくなることとが示されている。

2.3 混合気温度と最高出力点火時期

混合気温度の最高出力点火時期への影響を求めるために混合気温度を 150°C とし, 回転数 900 rpm, 最大出力混合比で実験した。この結果, 混合気温度が高いために充てん率が低下し出力は小さくなっているが, 圧縮比と最高出力点火時期の関係は混合気温度 50°C の結果とほとんど同じ傾向にあることが認められた。また, 改質ナフサを燃料としたときの回転数 900 rpm, 混合気温度 50°C における圧縮比と最高出力点火時期の関係もイソオクタンを用いたときの結果に一致した。実際には混合気温度あるいは燃料によって火炎速度が異なり, これは最高出力点火時期にも影響すると思われるが, 最高出力点火時期付近ではわずかの点火時期のちがいは出力にあまり影響しないために測定誤差範囲内で一致するのであろう。

3 リサーチ法およびモータ法の点火時期

リサーチ法における点火時期は 13°BTDC 一定であり, モータ法では自動進角装置により圧縮比が高くなるにつれて遅れる¹⁾。これらの点火時期が実験で求めた最高出力点火時期とどのような関係にあるか比較してみる。

3.1 リサーチ法の点火時期と最高出力点火時期

リサーチ法運転条件とこの実験条件では吸入空気温度, 湿度および混合比などにちがいがあ

エンジン回転数 900 rpm
混合気温度 50°C
図2 混合比と点火時期

エンジン回転数 900 rpm
混合気温度 50°C
図3 圧縮比と点火時期

混合気温度 50°C
最大出力混合比
図4 圧縮比と点火時期

rpm の結果からみると点火時期 13°BTDC は圧縮比 5.5 における最高出力点火時期である。点火時期を $13 \pm 0.5^{\circ}\text{BTDC}$ とすれば圧縮比 5.30~5.80 の範囲では最高出力点火時期にあることになり, この間で測定されるオクタン価は 50~70 であって, リサーチ法の制定された時代には大部分のガソリンのオクタン価がこの範囲にあったと思われる。

3.2 モータ法の点火時期と最高出力点火時期

モータ法の圧縮比と点火時期の関係は図5の曲線(1)であり, 回転数 900 rpm, 混合気温度 150°C における圧縮比と最高出力点火時期の関係は同図の曲線(2)である。

モータ法運転条件とこの場合の運転条件との間にも吸入空気温度, 湿度および混合比などにちがいがあ

図5 モータ法の点火時期と最高出力点火時期

4 ノック限界圧縮比とオクタン価

リサーチおよびモータオクタン価は試料が標準ノック強さを示す圧縮比において, これをはさむ2つの正標準燃料のノック強さを測定し, 内ソウ法によって求められる。したがって圧縮比とノック強さに基づくことになるが, 本質的には標準ノックを基準とするノック限界圧縮比による比較である。本研究の前期²⁾で報告したように, この実験は初期ノックを基準とするノック限界圧縮比で燃料のノック性を求めているので, 初期ノックと標準ノックによる差異について検討して見る必要がある。

4.1 リサーチ法との比較

60~100 オクタン価の正標準燃料を用い, 回転数 600 rpm, 点火時期 13°BTDC , 混合気温度 50°C , 混合比 13.5~14.0 でノック限界圧縮比を求め, これをオクタン価と圧縮比の関係で示すと図6の曲線(1)となる。

標準ノック強さで測定するリサーチオクタン価と圧縮比の関係は同図の曲線(2)となる。リサーチ法運転条件と実験条件とでは前述のようなちがいがあ

図6 リサーチオクタン価と圧縮比

時期で測定されることになる。

図6の結果からみて初期ノック限界圧縮比によってリサーチオクタン価を推定できることが予想される。前述の実験条件で改質ナフサに対する四エチル鉛の効果を求めると図7となるが、この各試料のノック限界圧縮比がエンジン回転数 900 rpm, 混合気温度 50°C 図6の曲線(1)を用い点火時期 13°BTDC, 混合比 14 図7 四エチル鉛の効果でリサーチオクタン価を推定すると表1となり、かなり近い値が得られる。初期ノックによる場合にはそのつど曲線(1)の関係を確かめる必要があるが、一般のオクタン価計測よりは簡単に推定できる。

表1 ノック限界圧縮比によるリサーチオクタン価の推定

試料	ノック限界圧縮比	推定オクタン価	リサーチオクタン価*
改質ナフサ	5.50	91.0	91.5
改質ナフサ+TEL 1.0 ml/gal	6.09	96.0	95.5
“ +TEL 2.0 ml/gal	6.33	98.0	97.7
“ +TEL 3.0 ml/gal	6.54	99.0	99.2

* G社試験室測定値

4.2 モータ法との比較

回転数 900 rpm, 混合気温度 150°C, 混合比 14, 自動進角点火時期において、70~100 オクタン価の正標準燃料のノック限界圧縮比を求めた結果が図8の曲線(1)である。モータオクタン

図8 モータオクタン価と圧縮比

価と圧縮比の関係は同図の曲線(2)である。この曲線(1)と(2)の関係は4.1の結果とはかなり異なる。すなわち、85 オクタン価以上になると圧縮比の差がしだいに大きくなり初期ノックは標準ノックの場合と様相の異なることが示されている。これは点火時期が自動進角装置によって定まるために初期ノックにおける点火時期が標準ノックの場合よりも進んでおり、その影響が現われるからである。図9の実験結果にみられるように 60 オクタン価では点火時期 25~30°BTDCの間ではノック限界圧

できない。

5 数種の正標準燃料のノック性

運転条件の燃料のノック性への影響は前報³⁾に述べたが、ここではオクタン価の異なる3種の正標準燃料について点火時期と混合比のノック性に及ぼす影響を求めた。運転条件は回転数 900 rpm, 混合気温度 50°C, 点火時期 10~35°BTDC, 混合比 11~16, 燃料のオクタン価は 60, 90 および 100 である。実験結果を図10~12に示す。この結果、オクタン価が高くなると、点火時期と混合比の影響が大きく現われることが示された。特に図12の100オクタン価については希薄混合比で点火時期の進んでいるときにはノック性が著しく大きくなることが認められた。図中の○印は圧縮比、点火時期および混合比が最高出力位置となる点で、60 オクタン価ではこの位置が運転条件の中で最もノックを生じやすい最低ノック限界圧縮比の近くにあるが、高オクタン価となるにつれて比較的ノック性の小さい運転条件へ移る。

図13~15はそれぞれのノック限界圧縮比における軸出力とその圧縮比において最大出力混合比、最高出力点火時期で得られる最高軸出力との割合を出力比として示したものである。低オクタン価燃料では出力比への運転条件の影響は小さいが、高オクタン価燃料では出力比もノック限界圧縮比と同じようにその影響が大きくなることがわかる。また、この結果から1つの燃料がある圧縮比と最高出力点火時期においてノックを起す場合でも、圧縮比を高め点火時期を遅らせると出力を低下させることなく、しかもノックなしに運転できる場合のあることが確かめられた⁴⁾。

6 まとめ

CFR エンジンの最高出力点火時期をいろいろの圧縮比、回転数および混合比について求め、リサーチ法およびモータ法の点火時期と比較した。これによりリサーチ法の点火時期はある範囲の圧縮比では最高出力点火時期と考えてよいが、モータ法の点火時期は特に最高出力点火時期と関係のないことが明らかになった。

60 O.N. 正標準燃料
図 10 点火時期と混合比の影響 (1)

60 O.N. 正標準燃料
図 13 点火時期と混合比の出力比への影響 (1)

90 O.N. 正標準燃料
図 11 点火時期と混合比の影響 (2)

90 O.N. 正標準燃料
図 14 点火時期と混合比の出力比への影響 (2)

100 O.N. 正標準燃料
図 12 点火時期と混合比の影響 (3)

100 O.N. 正標準燃料
図 15 点火時期と混合比の出力比への影響 (3)

正標準燃料により初期ノックと標準ノックを比較した結果、ノック限界圧縮比からリサーチオクタン価を推定できることが示された。またオクタン価の異なる数種の正標準燃料について

点火時期と混合比のノック性へ及ぼす影響を求めた結果、オクタン価の高くなるほどその影響が大きく現われることが示された。

参考文献

- 1) "ASTM Manual for Rating Motor Fuels by Motor and Research Method", (1960).
- 2) Becker, A.E., SAE J. (Trans.), 42, 63 (1938).
- 3) 山崎, 森, 前田, 高取, 石油誌, 8, (8), 595 (1963).
- 4) Davis, J.D., P.I.M.E. (Auto. Division), 100 (1951-1952),