ハイタン直接噴射 2 ストローク機関の検討 Investigation of Hythane Direct Injection Two-stroke Engine

○ 正 中野 正光 (芝工大) 学 三田 真之 (芝工大)
 学 壬生塚雄太 (芝工大) 正 佐藤 運男 (芝工大)

Masamitsu NAKANO, Shibaura Institute of Technology
 Fukasaku-307, Minuma-ku, Saitama-shi, Saitama
 Masayuki MITA, Graduate Course of Shibaura Institute of Technology
 Yuta MIBUTSUKA, Graduate Course of Shibaura Institute of Technology
 Kazuo SATO, Shibaura Institute of Technology

Key Words: Two-stroke engine, Hythane fuel, Direct injection engine, Effect of hydrogen

1. まえがき

地球温暖化抑制の動きと相応し、内燃機関の燃料にも世界的に天然ガスの導入を模索している。既に、4 ストローク機関では自動車用として実用化されているが、本研究は、天然ガスを 2 ストローク機関に使用することを検討したものである。天然ガスの主成分であるメタンを予混合で使った場合は比較的安定した燃焼を得られるが、燃料の素通りを考慮してシリンダ内直接噴射にした結果¹⁾²⁾³⁾、安定した着火・燃焼が得られない。これはメタンの可燃空燃比範囲が狭く、燃焼速度が遅いことに起因しているものと思われる。

そこで、本研究では、可燃空燃比範囲が格段に広く(特に希薄域で)、燃焼速度が非常に速い水素を天然ガスに 20% 程度混合したハイタン(商品名)に注目し、水素の特性が上述の欠点をどの程度補えるかを検討したものである。

2. 実験装置およびその方法

図 1 に実験装置の概要を示す。供試機関は行程容積 $V_h = 175 \text{ cm}^3$ 、掛けの圧縮比 $\varepsilon_0 = 6.4$ 、真の圧縮比 $\varepsilon = 4.94$ の空冷クランク室圧縮シニューレ型掃気汎用 2 ストローク機関で、シリンダヘッドは燃料噴射弁の噴射方向と点火プラグの位置関係を考慮し、別途に水冷シリンダヘッドを試作して実験に供した。潤滑油は混合ガソリンの場合に換算して 200:1 程度の量を吸気孔から供給した。

機関は交流式電気動力計に直結し、動力の吸収と回転数制御を行った。吸入空気量はサージタンクに取付けた層流型空気流量計で計測し、ハイタンの噴射量は事前に噴射時間と噴射量の関係を求めておいた。噴射弁はガソリン自動車用の直噴用噴射弁を使用し、噴射弁制御装置は噴射開始時期をクランク角で制御し、噴射期間をクランク角または時間で制御できる装置を試作して使用した。また、シリンダヘッドに取付けた歪ゲージ式エンジン指圧計からの信号をエンジン燃焼解析装置に入力し、シリンダ内の圧力信号からシリンダ内の燃焼状態を観察し、P- θ 線図、P-V 線図、燃焼圧力変動等の資料を得た。

燃料のハイタンはダルトンの法則にしたがい、メタ

ンガスのボンベに水素を注入する方法で製造したが、本実験では水素 20% と 30% について実施した。

図 2 に試作したシリンダヘッドの断面を示す。燃焼室はペントルーフに近い形状をしており、噴射弁は噴射ノズル先端が斜めにカットされており、それによって噴射方向が中心軸から 25° 斜めに噴射される。それを利用して噴射された燃料が点火プラグ方向に向かうように取り付けられている。

Fig. 1 Arrangement of experimental apparatus

Fig. 2 Trial cylinder head with pentroof combustion chamber

3. 実験結果および考察

図3は水素 30%ハイタンにおける連続する指圧線図を3次的に表示したものである。運転条件は回転数 2000rpm、燃料噴射圧7MPa、噴射開始角度 ATDC250°、噴射期間 55°、点火時期 BTDC20°、シリンダ内平均当量比は約 1.023 の理論混合比付近である。この場合の 100 サイクルの平均図示平均有効圧は 0.373MPa であり、2ストローク機関の指圧線図としてはかなり安定した燃焼をしているのが分る。

図4は図3における 100 サイクルの平均指圧線図による熱発生量の経緯を示したものである。点火後直に燃焼が始まり着火遅れはほとんど認められない。2ストローク機関のガソリン運転では 3° ~ 5° 程度の着火遅れが認められるが、水素の燃焼速度の速さが着火遅れを改善しているものと考えられる。上死点後 25° 付近で一旦燃焼が滞っているが、これは燃焼の進行に伴って未燃ガスが圧縮され、火炎面面積が減少するためと思われる。その後の燃焼は緩やかに推移し、上死点後 110° 付近まで続く。

図5は水素 20%、30%ハイタンにおける指圧線図を比較したもので、100 サイクルの平均である。運転条件は回転数 2000rpm、燃料噴射圧7MPa、噴射開始角度 ATDC250°、噴射期間 50°、点火時期 BTDC20°、シリンダ内平均当量比は水素 20%が約 0.835、30%が約 0.827 の希薄域である。水素 30%の場合はハイタン20%に比べて最大圧が高く、かつ、1.5° 程度上死点側に寄っている。これは水素の燃焼速度の速さが起因しているものと考えられる。しかし、図示平均有効圧は 0.2342MPa と 0.2344MPa でほとんど変わらない値となっている。

図6は図5におけるシリンダ内最大圧の変動を示したもので、その最大変動率は水素 30%ハイタンの場合で 25%、水素 25%ハイタンの場合は燃焼遅れサイクルが目立ち 30%となっている。このことは水素の添加量が燃焼の安定に寄与していることを示しているものと言える。

4. あとがき

メタンに水素を混合したハイタン(商品名)を、2ストローク機関にシリンダ内直接噴射で使用したところ、メタン単体で使用するのに比べて顕著に安定した着火・燃焼特性を得ることが出来た。

参考文献

- 1) 志村明久・佐藤運男・中野正光、頂部に掃排気弁を持つ2サイクルガス機関の研究、機構論(茨城講演会)、No.010-3(2001)、p.159.
- 2) 岡田健太郎・中野正光・佐藤運男・澤田東一、メタンガス筒内噴射2サイクル機関、機構論(茨城講演会)、No.020-3(2002)、p.63.
- 3) 石田健次郎・中野正光・臼井健介・佐藤運男、頂部に掃排気弁を持つ2サイクルガス機関の研究、機構論(茨城講演会)、No.030-3(2003)、p.259.

Fig. 3 3-D indicated diagram of continuous cylinder pressure on Hythane of H₂:30%

Fig. 4 History diagram of heat release quantity on Hythane of H₂:30%

Fig. 5 Comparison of cylinder pressures between Hythanes of H₂:20% and H₂:30% at lean mixture

Fig. 6 Comparison of maximum cylinder pressure fluctuations between Hythanes of H₂:20% and H₂:30% at lean mixture