

混合気流動を利用した火花点火式天然ガス希薄燃焼機関の燃焼改善に関する基礎的研究

Fundamental Study on Combustion Improvement by Mixture-Flow in Natural Gas-Fueled Lean-Burn SI Engines

燃焼 太郎^{1*}・反応 花子¹・計測 一雄²・実験 健一²・CARNOT, Christian³・
計算 治美³・OTTO, Christine³

NENSHO, Taro^{1*}, HANNO, Hanako¹, KEISOKU, Kazuo², JIKKEN, Kenichi², CARNOT, Christian³
KEISAN, Harumi³ and OTTO, Christine³

¹ 大阪府立大学大学院工学研究科 〒599-8531 堺市学園町1-1
Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

² 関西理科大学工学部 〒599-8531 堺市学園町1-1
Kansai University of Science, 1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

³ 関西ガス開発研究部 〒599-8531 堺市学園町1-1
Kansai Gas Co., Ltd., 1-1 Gakuen-cho, Sakai, Osaka 599-8531, Japan

****年**月**日受付; ****年**月**日受理/Received ** ****, ****; Accepted ** ****, **** (記入不要)

Abstract : The effects of the fluid flow inside a combustion chamber on the combustion process of a homogeneous lean methane/air mixture were examined using a rapid compression combustor. The rapid compression combustor was designed to simulate the combustion process in a spark-ignition engine involving the rapid compression of a mixture and the heat release during the flame propagation. The time history of pressure in the combustion chamber was measured with a pressure transducer. The fluid flow in the combustion chamber was varied as follows; the mixture was injected into the combustion cylinder before the compression stroke, and the direction of the injection and the time interval between the end of mixture charge and the start of compression stroke were varied. The position of spark ignition was also varied. And the flame propagation was photographically observed. Moreover, the two-dimensional velocity distribution of the swirl flow was measured with particle image velocimetry. As expected, the combustion duration decreased with increases in the mean velocity and the turbulence intensity of the fluid flow. When the intense swirl flow existed in the combustion chamber, the combustion duration was minimized with spark ignition at the eccentric location.

Key words : SI engine, Natural gas, Combustion

1. 緒言

天然ガスは、長期に安定した供給が期待される[1]とともに、単位発熱量あたりの二酸化炭素生成量が炭化水素燃料の中で最も少ない[2]ことから、代替燃料の有力候補の一つと考えられている[1-3]. 火花点火機関については、天然ガスの利用が定置型のものを中心に進められている。一方、火花点火機関の熱効率向上および有害排出物低減は、希薄燃焼法の適用により可能となる。以上のことから、社会的な要請である環境保全とエネルギー資源の有

効利用とを同時に達成することを目標に、希薄燃焼法を適用した火花点火天然ガス機関の開発が行われてきている。その中で重要な問題となっていることの一つは、従来の燃料と比較して天然ガスの燃焼速度が低く、希薄燃焼法を適用すると燃焼期間が非常に長くなってしまふことである。このため、天然ガス/空気希薄混合気の燃焼促進法として成層燃焼法やプラズマジェットの利用などが提案され、それに関する研究開発も数多く行われている。しかしながら、その実用化は現時点では容易でないと思われる。短期的には、スワールやタンブルといった燃焼室内の混合気流動を制御する、従来より火花点火機関や圧縮点火機関で利用されている方法が、有望である

* Corresponding author. E-mail: nensho@energy.osakafu-u.ac.jp

と考えられる。

2. 実験装置および実験方法

本研究で利用した実験装置の構成を、図1に示す。急速圧縮燃焼装置[4]は、燃焼シリンダおよび燃焼ピストンと、燃焼ピストンを急速に移動させた後に停止・保持させるための油圧駆動装置で構成されている。燃焼シリンダの内径は80 mmであり、その端面には有効直径60 mmの観察窓が取り付けられている。燃焼シリンダは、端面を除き電気ヒータおよび断熱材で覆われており、燃焼シリンダおよび燃焼ピストンを加熱することができる。これは、実用機関の暖機状態を模擬するためのものである。燃焼ピストンの行程は120 mmで、その頂部は平面となっている。燃焼ピストンが移動してできる燃焼シリンダとの間の薄い円筒形の空間が、燃焼室となる。本研究では、圧縮比 ϵ を8.5とした。燃焼ピストンの位置は、油圧アクチュエータ側のピストンロッドに取付けたスリット板とフォトインタラプタで構成されるピストン位置検出器により、確認できるようになっている。

3. 実験結果および考察

3.1. 流速分布

粒子軌跡法において撮影された画像から、空気をシリンダ円周方向へ噴出させた後に急速圧縮したときには、流線はほぼ同心円状となり、燃焼室内にいわゆるスワールが形成されていることが確認された。図2に、粒子軌跡法により得られた燃焼室内空気周速 v_t の半径方向分布を示す。横軸 r はシリンダ中心からの距離、パラメータ t_w は圧縮待ち時間である。

3.2. 燃焼期間

本研究では、火花放電の開始から燃焼室内圧力が最大となるまでの時間（最高圧力到達時間）の平均値を燃焼期間の尺度として用い、それに及ぼす圧縮待ち時間、混合気噴出方向、および放電間隙の位置（着火位置）の影響について検討した。

マイクロ爆発の発生率 $J(t)$ は、残存したサンプルにおける事象の発生割合として、次式で定義される[5]。

$$J(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad (1)$$

ここで、 $f(t)$ は確率密度関数であり、マイクロ爆発までの待ち時間の分布関数 $F(t)$ を時間微分したものである。

4. 結言

火花点火式希薄燃焼天然ガス機関の燃焼改善に関する知見を得ることを目的として、急速圧縮燃焼装置を利用し、混合気流動が燃焼挙動へ及ぼす影響について調べた。

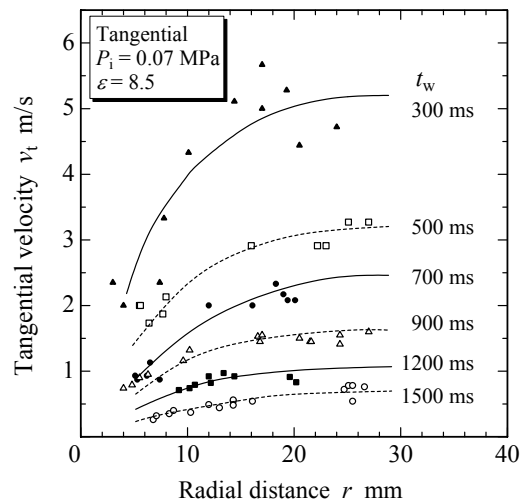


Fig.1 Radial distribution of tangential flow velocity for different waiting times.

天然ガスの主成分であるメタンと空気との希薄混合気を圧縮前にシリンダ内へ噴出させることで、希薄混合気の流動を形成し、圧縮後にその混合気を火花放電で着火した。

混合気流動が強くなるとともに、燃焼期間は単調に減少する。その影響は、混合気の噴出がシリンダ半径方向の場合より、シリンダ軸方向およびシリンダ円周方向の場合の方が大きい。混合気の噴出がシリンダ軸方向の場合、着火位置をシリンダ中心からオフセットさせると、燃焼期間は長くなる。

謝辞

本研究を実施するにあたって、実験装置の製作に燃焼研究センターの御助力を頂いた。ここに記して謝意を表す。

References

1. Nainen, T., *Nainenkikan* (in Japanese) 32: 9-25 (1992).
2. Amann, C. A., *SAE Trans.* 99: 1646-1655 (1990).
3. Bianco, Y., Cheng, W. K., and Heywood, J. B., *Combust Flame* 110: 1646-1652 (1990).
4. Nensho, H., *JSME Trans. B.* (in Japanese) 51: 1646-1651 (1985).
5. Williams, N., *Proc. Combust. Inst.* 20: 1235-1240 (1984).