1107 定容燃焼容器によるエンジン用熱流束計の実験的研究

Experimental Study of Style Heat Flux Sensor for Engine
with Constant Volume Combustion Bomb

正 長瀬 慶紀 (宮崎大) ○学 根井 郁拓 (宮崎大院) 正 田坂 英紀 (宮崎大)

Hidenori TASAKA, Miyazaki University, Gakuenkibanadai Nishi 1-1, Miyazaki

Ikuhiro NEI, Miyazaki University Graduate School

Yoshinori NAGASE, Miyazaki University

Key words; Quantitative Measurement, Heat Flux Probe, Gas Side Heat Flux, Wall Side Heat Flux

1. 結論

内燃機関は、環境問題が深刻化し、従来にも増して排出ガスの浄化と高効率化が要求されている。その方法の一つとして筒内ガス流動を利用し熱効率や燃焼性の向上が図られている。ガス流動の影響を受ける燃焼状態では、既燃ガスと燃焼室壁面との間の熱伝達も促進され、燃焼室壁面への熱流束、冷却損失が増大し出力低下などを引き起こすため、内燃機関の高効率化を図る上で最良の方法とは一概には言いがたい。

本研究では、着火運転時の機関壁面への熱流束を計測する熱流束計を、数種類製作し鉄製定容燃焼容器を用い、予混合気を燃焼させ定量的な熱流束検定を行うことで、熱流束計の信頼性向上と熱流束計測の精度向上を図り、エンジンの熱流束計測に用いる熱流束計の検討を行う。

2. 熱流束計の精度向上

2.1 熱流束計

図1に定容燃焼容器の熱流束計測に使用した熱流束計の構造を示す。

熱流束計の本体は $\phi 3.2\text{mm}$ のコンスタンタン製丸棒の両端を平行な平面に仕上げた長さ10mmの垂直円柱である。この本体の片側端面より中心軸に平行で深さの異なる2つの小孔a, bが設けられている。表面接点は小孔a (貫通穴)、アース用として小孔bにコンスタンタン素線を挿入し、銅素線と対をなしている。この熱電対から得られる熱起電力から表面接点温度が求められる。なお、表面接点は、厚さ $10\mu\text{m}$ の電解銅メッキを全体に施すことで形成した。

Fig.1 Structure of heat flux probe

Table 1 Types of heat flux probes

Type	Probe body	Wire	Negative leg
①Alu-Chr (Chr)	Chroml	Alumel	Alumel
②Fe-Chr (Chr)	Chroml	Iron	Iron

3. 熱流束計採用経緯

前回の絶対値検定実験報告結果¹⁾より、鉄母材の鉄コンスタンタン熱流束計、コンスタンタン母材のコンスタンタン-鉄熱流束計の結果において相違が見られた。鉄母材鉄-コンスタンタン熱流束計は、立ち上がりからピーク値までガス側熱流束に良い一致を示したが、減衰が進むにつれてガス側熱流束から離れていき、ガス側熱流束を下回るという結果を得た。一方、コンスタンタン母材のコンスタンタン-鉄熱流束計は、ガス側熱流束減衰開始時に比較的近い値を示しているが、減衰が進むにつれてガス側熱流束を上回り、差が大きくなっていくという結果を得た。この違いは、熱流束計が単純な熱電対であると考え、単に母材と素線を入れ換えただけであるため、このような差が出るのは考えにくい。そこで、本報告ではこの差が母材と素線の電気抵抗値の違いであることに着目し、母材と素線の電気抵抗値を近づけガス側熱流束波形との比較検討を行った。本報告では表1に示すような2種の熱流束計を製作した。

3.1 クロメル母材のアルメル-クロメル熱流束計

過去の実験において、アルメル母材のアルメル-クロメル熱流束計を負側の物性で計算したにもかかわらず、銅-コンスタンタン熱流束計に比べ壁側熱流束のピーク値が約1.4倍大きくなるという結果であった。コンスタンタン母材のコンスタンタン-鉄熱流束計と鉄母材の鉄-コンスタンタン熱流束計では、電気抵抗値の割合が離れていたため、電気抵抗値の割合に着目した。

そこで、過去の実験¹⁾において製作したアルメル母材のアルメル-クロメル熱流束計の母材と素線の電気抵抗をみなおしたところ、母材に使用しているアルメルの電気抵抗値が素線のクロメルの電気抵抗値に比べ小さかった。よって、本報告では、クロメル母材のアルメル-クロメル熱流束計を製作し、母材と素線を入れ換えることによる電気抵抗値の変化による壁側熱流束に与える影響を検討するために製作した。

3.2 クロメル母材の鉄-クロメル熱流束計

一般的には、熱流束計は測定対象物の材質を使用したほうが良いといわれている²⁾ため、エンジンと材質が同じである鉄を使用している熱流束計を製作することで電気抵抗値の割合の変化を見た。また、コンスタンタン母材銅-コンスタンタン熱流束計の壁側熱流束波形と同様な結果が得られたな

ら、熱流束計に用いる材質は、どの組み合わせでも良いといえる。そこで、素線の材質が同じで、母材の材質が違うコンスタンタン母材のコンスタンタン-鉄熱流束計、及び母材の材質が同じで、素線の材質が違うクロメル母材アル

Fig.2 Quantitative Measurement system

Fig.3 Calculation results of probe (Type ①)

Fig.4 Calculation results of two kinds of probe (Probe body same material)

Fig.5 Calculation results of two kinds of probe (Wire same material)

メルクロメル熱流束計との電気抵抗値の割合の比較を行うためこの熱流束計を製作した。

4 絶対値検定

図2に絶対値検定(定量的検定)システムを示す。この絶対値検定は、予め予混合気生成タンクにてプロパンと空気を当量比1にて混合、生成し、それを定容燃焼容器に充填圧0.1MPaで注入し、容器中心にて火花点火により燃焼をさせた。その際、同時に容器内圧力と、容器に32箇所取り付けられた熱流束計から表面温度をサンプリング間隔200 μ sで2048データを計測した。

計測された圧力波形から熱力学第一法則より算出される燃焼終了後における容器全体の熱流束(以後、ガス側熱流束)を基準値とし、熱流束計表面温度から各計測点の熱流束が算出され各計測点の熱流束計が出力する熱流束に代表面積を掛け合わせ、その総和を燃焼室壁面の総面積で除した熱流束(以後、壁側熱流束)を比較することで、熱流束計に評価を与えるものである。燃焼状態にあるピーク地点以前では熱発生と熱損失が同時に発生する為、評価区間はガス側熱流束波形より判断できる燃焼が終了し単純な熱損失の状態と考えられる減衰過程とした。

4. 絶対値検定結果

4.1 再現性 前回と今回の圧力波形・ガス側熱流束を比較した。ガス側熱流束の圧力波形および熱流束波形は一致していたため、再現性が確保できていた。

4.2 電気抵抗値の割合(壁側熱流束)

4.2.1 アルメルクロメル熱流束計 母材と素線を入れ換えて比較した熱流束波形を図3に示す。母材と素線の電気抵抗の割合が1に近い方のアルメルクロメル熱流束波形が、割合の低い方の熱流束波形より大きくなっていることがわかった。

4.2.2 クロメル母材のアルメルクロメル熱流束計・クロメル母材の鉄クロメル熱流束計 母材の材質が同じで、素線の材質が異なる熱流束計を比較した波形を図4に示す。母材と素線の電気抵抗の割合が1に近い方の熱流束波形が、割合の低い方の熱流束波形より大きくなっていることがわかった。

4.2.3 コンスタンタン母材のコンスタンタン-鉄熱流束計・クロメル母材の鉄クロメル熱流束計 母材の材質が異なり、素線の材質が同じ熱流束計を比較した波形を図5に示す。母材と素線の電気抵抗の割合が1に近い方の熱流束波形が、割合の低い方の熱流束波形より大きくなっていることがわかった。

5. 結論

エンジンの熱流束計測に用いる熱流束計の母材と素線の電気抵抗値の違いに着目し、定容燃焼容器内で静止予混合気を燃焼させ定量的な熱流束検定を行い燃焼ガスの圧力より算出したガス側熱流束との比較検討を行った。この結果、熱流束計の母材と素線の電気抵抗の割合については熱流束計測の結果との明らかな相関を求めることが出来なかった。

参考文献

- 1) 長瀬慶紀ほか、火花点火機関における熱流束計測の精度向上(日本機械学会講演論文集 No.028-1) P189, 2002
- 2) 榎本良輝ほか、内燃機関の燃焼室表面瞬間温度測定用熱電対に関する研究 機論B編, 50巻, 453号, P1353-1364, 1984