

熱電発電のためのマイクロフレーム用バーナーの開発

(有)工北サーモ 小畑龍夫[○]、(有)安久工機 福富善大、北海道大学大学院 中村祐二

要 旨

マイクロフレームは無重力環境下での燃焼に類似した球状の炎でゆらぎが少なく、熱電発電の微小熱源として優れた安定性を有している。エタノールを気化してマイクロフレームを形成させるバーナーを開発し、熱源と発電素子たるペルチェ素子との距離を精密に制御できる治具を取り付けた。本開発によりマイクロフレーム外縁とペルチェ素子間の距離の最適化が容易になり、マイクロフレーム熱電発電の限りない効率化への第一歩が踏み出された。

1. はじめに

マイクロフレームは無重力下での燃焼に類似した球状の炎である¹⁾。写真1はエタノールを燃料として形成させたマイクロフレームである。日常よく目にする炎は拡散炎と呼ばれ、供給される燃料の体積流量や自然対流によってゆらぎが見られる。マイクロフレームの場合、燃料の体積流量が微小であり発生する熱量は小さい(エタノールのマイクロフレームで約150kcal/h: (有)工北サーモ測定値)ため、バーナーの火口を覆うように球状の形を安定に保ったまま継続的に燃焼する。

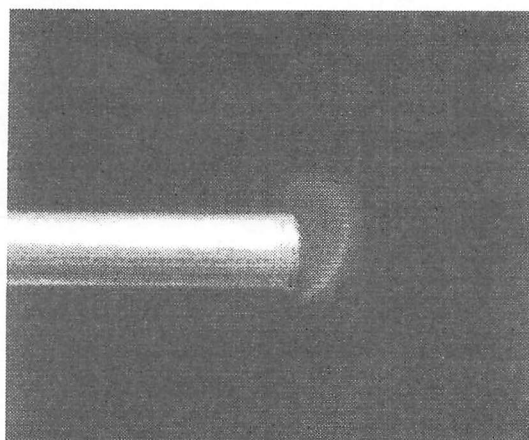


写真1 水平な銅管先端のマイクロフレーム
(銅管の外径は3mmである。)

安定なマイクロフレームは、熱電発電の微小熱源に適しており、これを組み込んだ小型のオンサイト型発電機が提案された²⁾。

マイクロフレームの放射熱輸送は極めて小さい

こと³⁾から放出する熱の大部分は対流で輸送されていると考えられる。加熱された燃焼ガスはまわりの空気を巻き込みながら上昇する。マイクロフレームの外縁に近いほど熱流速も大きくとれるが、熱電発電する場合ペルチェ素子が無制限に近づけることはできない。熱損失源の増加により消炎が加速される⁴⁾可能性が高まるためである。

上記を踏まえて、演者らは、ペルチェ素子を近づけてもマイクロフレームの消炎を起こさず、最も効率よく発電できる距離を見極めるため、高さを精密に制御できる治具と一体化した、マイクロフレーム用バーナーの開発を試みた。

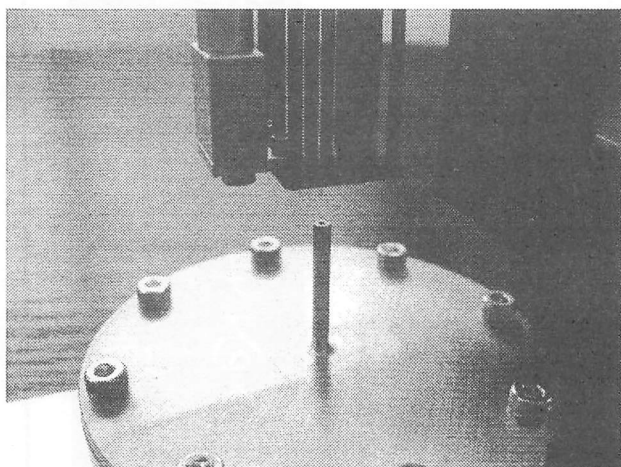
2. マイクロフレーム用バーナー

本開発では、燃料として取り扱いの容易なエタノールを用いるバーナーを製作した。エタノールは、自動車の燃料としてもいわゆるカーボンニュートラルとして世界的に普及が進みつつある。入手が容易で毒性も低く、高压容器も不要である。しかしながらマイクロフレームの燃料としての研究はメタンガスに比べるとはるかに遅れている。

エタノールは常温では液体であって、マイクロフレームの発生する熱を気化熱に一部提供しながら燃焼が維持されていくことはメタンガスと一線を画するところである。ガス導管の材質がマイクロフレームの形成状態にどの程度影響を与えるかは十分にわかっていないが、本開発では、従来から多用されている銅管を採用した。外径3mm、内径1mmである。銅管の内部には、太さ約1mmの木綿糸を入れて、エタノールを毛細管現象により誘導する。

ガス導管は、ステンレス製のエタノール液だめ

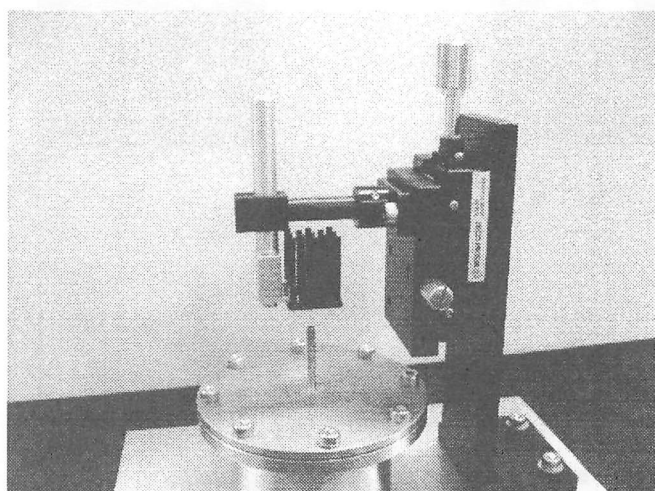
の蓋に銀ロー付けで垂直に保持した(写真2)。エタノールの液だめの基部は、後述の位置決め台に固定して、ペルチェ素子の中心と火口とが同一鉛直線上に乗るよう工夫した。



(写真2) バーナー火口先端とペルチェ素子治具
(ペルチェ素子は未装着である。)

3. 位置決め機構付発電素子

熱電発電用のペルチェ素子には、アイシン精機製ペルチェモジュール“TN-08G132-QD0”(大きさ約17×17×4mm)を使用した。冷却面にはアルファ社製ヒートシンク“N19-25B”を取り付けた。



(写真3) 位置決めステージとバーナー
(ペルチェ素子は未装着である。)

位置決めは鉛直方向に駆動する1軸のステージで行う。ヒートシンクをアームに固定してペル

チェ素子の面を傾斜させることも可能である。写真3はステージの仕上がりを示す。

なお、装置周囲の空気のゆらぎがマイクロフレームに及ぶことを遮断するため、装置全体はアクリル樹脂製の透明カバーで覆えるようにしてある。カバー基底部には空気穴を4箇所開けてある。カバーの上部は金網をかけて開放して高温の空気がたまらないよう配慮した。

4. おわりに

マイクロフレームは従来になく小さいスケールの燃焼現象であるため、温度や体積流量といった計測パラメーターのサイズ効果が大きく、それだけにマイクロフレーム周辺の空間において精密な位置制御を伴った計測が望まれていた。本開発はその先鞭をつけるものと考えている。

本開発になるマイクロフレーム用バーナーは、熱電発電の技術的観点だけでなく燃焼工学的観点からも、マイクロフレームと熱バランスという問題の解明に役立つものと期待される。

謝 辞

技術指導いただいた釧路高専の浦家教授、及び北海道立工業試験場の岡喜秋主任研究員に感謝いたします。

参考文献

- 1) 中村祐二,
“マイクロフレームの特徴とその安定性”,
日本燃焼学会誌, vol. 45-134(2003), pp. 212-220
- 2) 小畑龍夫, “微小熱源による熱電発電”, 2006年精密工学会北海道支部学術講演会 講演No. 213
- 3) Nakamura, Y., Kubota, A., Yamashita, H., and Saito, K., “Small Size Effects on Extinction of Microflames”, Proc. 4th International Symposium on Scale Modeling (ISSM-IV), Cleveland USA(2003. 9), pp. 35-44
- 4) Nakamura, Y., Yamashita, H., and Saito, K., “A Numerical Study on Extinction Behaviour of Laminar Micro-Diffusion Flames”, Combustion Theory and Modeling, Vol. 10, No. 6(2006), pp. 927-938