

マイクロ波が印加された対向流拡散火炎の分光計測

日大生産工 ○今村 幸 日大生産工(院) 福見 侑也
日大生産工 秋濱 一弘 日大生産工 山崎 博司

1 まえがき

昨今の環境問題に対する諸策とし、エネルギー変換の過程の改善、特に燃焼反応を含むシステムにおける効率の向上や環境適合性への対応が必須となっている。著者らは、要素技術の一つとしてマイクロ波を用いることを検討している。燃焼反応にはイオン反応が含まれており、火炎にイオンや電子が含まれていることは、そしてすす粒子も一般には帯電していることなどから、電磁波を燃焼反応に適用させることで、いわゆる燃焼の改善が期待できる可能性がある。また多くの場合、熱機関は発電機を備えているので、発電機によって生じた電気エネルギーを燃焼の制御に用いることによって、全体としての効率改善や環境適合性の向上に繋がる可能性がある。と想像される。

マイクロ波をこのような燃焼技術への適用に関しては、古くはマイクロ波による加熱が考えられてきた。また近年ではマイクロ波放電を行うことによって化学活性種もしくは熱エネルギーを燃焼場に供給し、可燃限界の拡張などに関する研究が行われてきている[1]。以上から本報においては、マイクロ波が火炎に及ぼす影響について、対向流拡散火炎を用いて基礎的な事象の確認に立ち戻って実験的検討を行うものである。

2 実験方法および測定方法

本報における実験装置の概要を図1に示す。本報においては27mm×96mmの断面を有する導波管を用いて、その内部にマイクロ波を定在波として発生させる。この定在波の腹の部分に、図1に示すように燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給して対向流拡散火炎を生じさせることができるようになっている。これによって、青炎および輝炎におよぼすマイクロ波の影響について、検討できるようになっている。この構造から酸化剤側、燃料側のバーナー端の距離は27mmであり、各ガス出口はφ30mmとなっ

ている。燃料および酸化剤流量についてはマスフローコントローラーにて制御可能である。本実験においては燃料としてメタン、酸化剤として空気を用いている。本報ではメタン流量は0.50SLMで一定とし、空気の流量を調整している。マイクロ波の印加装置であるが、マイクロ波の周波数は2.45GHzであり、出力は最大で200Wとなっている。なお、この出力条件下ではマイクロ波放電が生じなかったため、マイクロ波放電を生じさせる際には導波管内に活性コックスを挿入しマイクロ波放電を発生させた。計測にはカラー CCD カメラ (SK-N63SCJ-c、シグマ光機) による撮影の他、分光器 (Stellar net 社製、EPP2000-UVN-SR-25) による分光計測を行った。

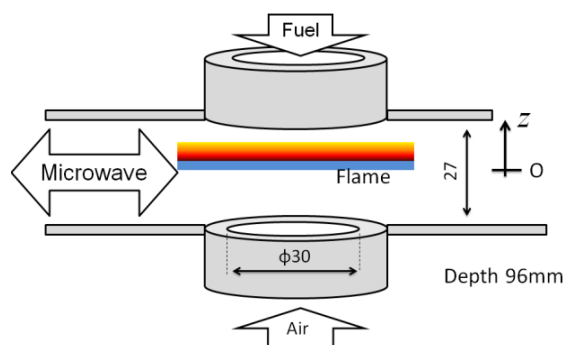


図1 実験装置概略図

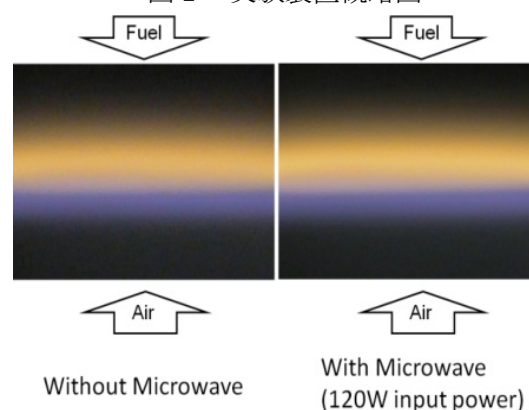


図2 典型的な火炎写真

Spectroscopic Measurement of Counter Flow Diffusion Flame in Microwave

Osamu IMAMURA, Yuya Fukumi, Kazuhiro AKIHAMA, Hiroshi YAMASAKI

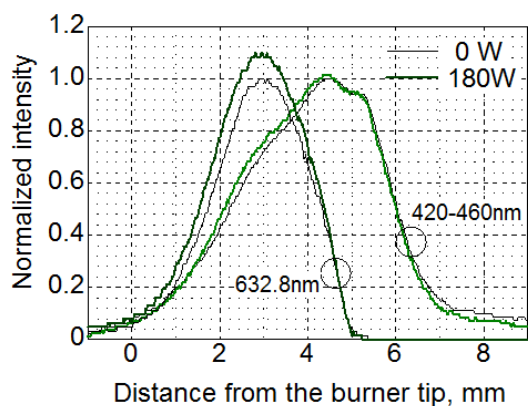


図3 干渉フィルターを介した
火炎の発光強度

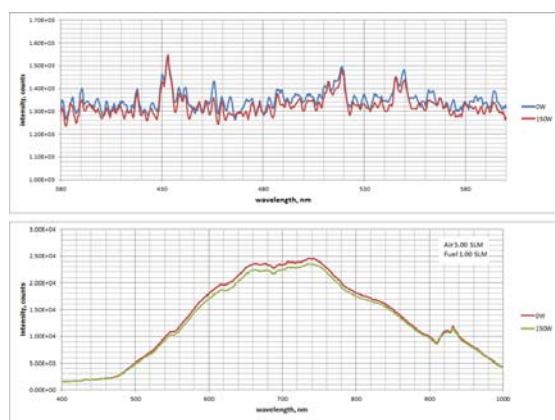


図4 火炎の発光スペクトル
(上：青炎、下輝炎)

3 実験結果および検討

図2に典型的な火炎写真を示す。酸化剤流量は5.0SLMであり、カラーCCDカメラにより直接火炎像を観察したものである。マイクロ波出力は120Wでこの条件では放電していない。この図に示すようにマイクロ波の印加による差異は明瞭には観察されなかった。

マイクロ波の印加の影響について調べるため、中心波長が632.8nmおよび420-460nmを透過波長とする干渉フィルターを用いて観察を行った。火炎はバーナーの中心軸に対しておよそ軸対称であるため、中心軸付近のおよそ2mm程度の範囲において輝度を平均化した。このようにして得られて輝度を、上方のバーナー端からの距離の関数として示したものが図3である。なお火炎輝度はマイクロ波を無印加時の最大輝度で無次元化している。この図からマイクロ波の印加によって、632.8nmの干渉フィルターを用いた場合には火炎輝度の上昇が見受けられること、火炎位置は大きく変化して

いないことがわかる。なお図には示していないが、出力による大きな差異は見受けられなかった。透過波長が420nmから460nmのバンドパスフィルターを用いた場合は、火炎位置およびその輝度ともほとんど影響を受けていないことが図3よりわかる。当該の干渉フィルターで確認している火炎は、およそ図2の青炎部分に相当するため、青炎はマイクロ波の影響をほとんど受けていないことが想像される。他方で、632.8nmの干渉フィルターを用いた場合に観察している火炎は、およそ図2の輝炎部分に相当するため、輝炎がマイクロ波の影響を受けて輝度上昇していると考えられる。

この事項について詳細に検討するため、分光計を用いてのスペクトルの観察を行った。図4にその一例を示す。発光スペクトル自体は青炎ではマイクロ波印加の影響は明瞭ではないが、輝炎については、幅広いスペクトルについて放射強度が上昇していることがわかる。これらの結果から、図3等で観察されたすすの輝度上昇はマイクロ波によって、すす粒子が選択的に加熱されたために生じた現象であると理解できる。図3から火炎輝度の上昇は、本報にて示したマイクロ波強度においては、最大で10%程度である。すす粒子の濃度が変化していないと仮定すれば、2.5%程度のすす温度が上昇していると想定することができる。

4 まとめ

マイクロ波が火炎に及ぼす影響について基礎的な観点から調べるために、メタン-空気の対向流拡散火炎にマイクロ波を照射し、干渉フィルターを介して火炎輝度の観察を行った。その結果、青炎が見られる部分においては、マイクロ波の印加による火炎輝度の変化はほとんど見受けられないが、輝炎が観察されている領域では、マイクロ波の印加による火炎輝度の上昇が認められた。この火炎輝度の上昇はマイクロ波の印加によりすす温度が選択的に上昇しているためであると推測された。

謝辞

本研究は、学術研究助成基金助成金(課題番号:25820069)による支援を受けて行われた。ここに記して謝意を表する。

「参考文献」

- 2) B. James et al, Combust. Flame, Vol. 160 (2013), 796-807