

対向流拡散火炎の燃焼特性に及ぼすマイクロ波印加の影響

日大生産工 ○今村 幸 山崎 博司

1 まえがき

自動車などの内燃機関は発電機を備えているのが通常であるから、電気エネルギーを用いて内燃機関の燃焼の制御を行うことは環境適合技術となりえる可能性がある。特にプラズマを用いると、排ガスにプラズマを照射することにより排ガスをクリーンにすることが期待される。またプラズマによる燃焼強化により希薄条件でも安定した燃焼が達成できれば、熱効率の向上につながることも予想される。このように観点に基づき、本研究ではマイクロ波と火炎との干渉効果に関する基礎的な知見を得ることを目的とし、対向流拡散火炎にマイクロ波を印加して実験を行ったものである。上述の工学的な観点に加えて、マイクロ波によって生じるプラズマは非平衡プラズマがあると考えられるから、非平衡プラズマの挙動解明という理化学的観点も本研究は持ち合わせている。

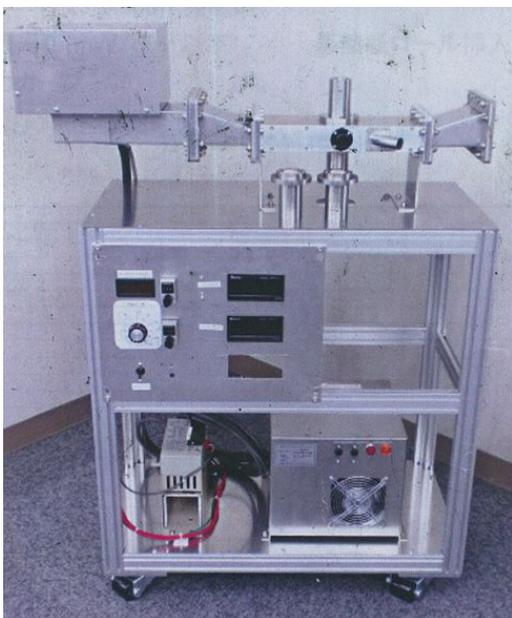


図1 実験装置外観図

2 実験方法および測定方法

実験装置の概要を図1に示す。図中上部において水平方向に配置されているのがマイクロ波の導波管であり、この管内にマイクロ波を印加することができる。導波管の断面は27mm×96mmである。この導波管の中程に鉛直方向にバーナーが挿入されており、対向流拡散火炎を導波管内に生成することが可能となっている。酸化剤、燃料バーナー管の距離は27mm、各バーナー出口は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、当量比が0.5～1.4の間にて変化するように空気の流量を調整した。

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150Wとなっている。図1において、左部がマイクロ波発振部であり、導波管の端点にて反射されることで定在波を生じ、バーナー付近にてマイクロ波強度が強められるような構造となっている。この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られる際には導波管内にアルミニウム薄膜を挿入してマイクロ波放電を発生させた。なおアルミニウム薄膜を除去した後でも、マイクロ波放電が継続する場合もあった。

計測には通常のカメラ撮影の他、分光器(Steller net 社製, EPP2000-UVN-SR-25)を用いて分光計測を行った。当該分光器については、3種類のレーザー(波長415nm, 532nm, 635nm)を用いて波長較正を行ってから用いた。

Effect of Applied Microwave on the Combustion Characteristics of Counter Flow Diffusion Flame

Osamu IMAMURA and Hiroshi YAMASAKI

3 実験結果および検討

燃焼実験に先立ち、バーナー部分にマイクロ波が印加されているかについて検証するために、バーナー部分に感熱紙を円筒状にして挿入して予備実験を行った。その結果、バーナー中心部が強く感熱するパターンが得られ、バーナー部分にてマイクロ波が安定して照射されている事が確認できた。

図2には典型的な火炎写真を示す。この図に示されるように本報に示される範囲内の条件においては輝炎が観察された。次にマイクロ波を印加していない場合の火炎からのスペクトルを図3に示す。図3(a)においては、空気量が増大していくと、すなわち当量比が小さくなっていくと、スペクトル強度が弱くなっていくという事がわかる。これは当量比が下がることによって輝炎からの発光が弱くなったことに起因するものであると思われる。図3(b)には近紫外の領域のスペクトルについて示してある。やや波長の精度が悪いものの、480nmおよび520nm付近にC2からの発光と思われるスペクトルが観察できる。また430nm付近にCHと思われるスペクトルが観察できる。このようにおよそ燃焼反応に起因するスペクトルが観察できた。

次にマイクロ波を印加した場合に計測されたスペクトルについて図4に示す。当量比は0.92であり、印加したマイクロ波の出力は100W、またアルミニウム薄膜を挿入し、マイクロ波放電を誘起している。図には比較のためマイクロ波を印加していない場合のスペクトルも合わせて示してある。この図に示されるようにマイクロ波の印加によってスペクトル強度が上昇することが確認された。またマイクロ波の印加によって582nm付近と777nm付近に特徴的なピークが観察された。マイクロ波放電が生じていないときには観察されていないことから、これはおそらくO原子に由来するスペクトルである。

557.7nmはO原子の1D→1S と777.4nmはO原子の5S→5Pだと推測される。557.7nmについては燐光のスペクトルであることからであることから、このように結論づけに当たっては、より洗練されたデータが求められる。

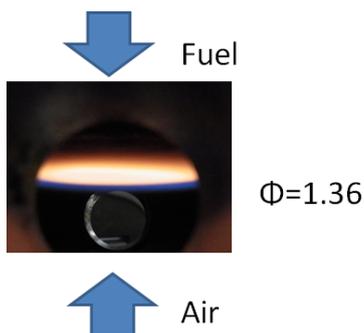


図2 典型的な火炎写真

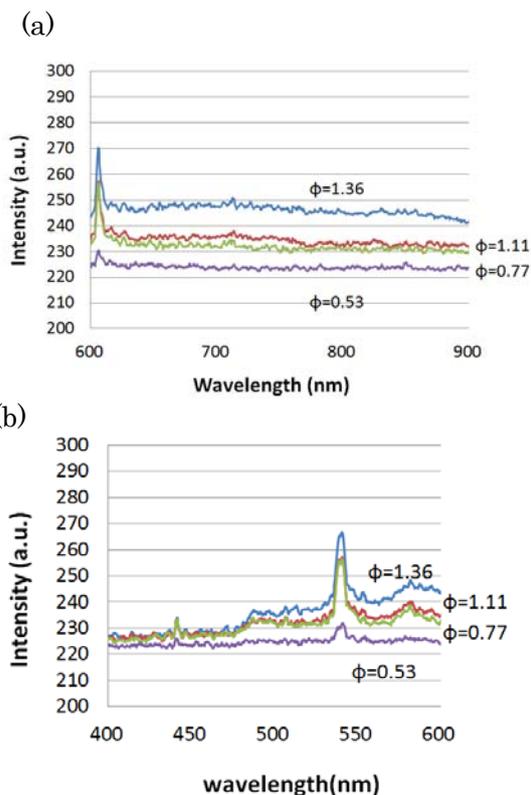


図3 火炎からのスペクトルの当量比依存性
(a)750nm付近 (b)500nm付近

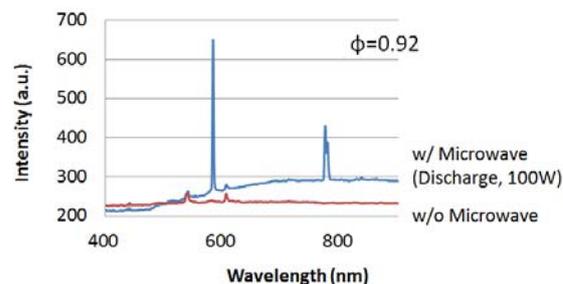


図4 マイクロ波無印加時および印加時の火炎からのスペクトルの比較

4 まとめ

マイクロ波と火炎の干渉に関する基礎的な知識を得る事を目的とし、メタン-空気の対向流拡散火炎にマイクロ波を照射し、分光計測を行った。実験の結果、以下のことが観察、考察された。

- ・拡散火炎の当量比が減少するとスペクトルの強度は弱くなる。これは本報での取得した火炎スペクトルは主に輝炎からの発光に依存しているからであると思われる。

- ・火炎からの発光としてC2, CHに起因すると思われるスペクトルを取得できた。

- ・マイクロ波放電が生じている場合には、O原子に由来すると思われるスペクトルを観察することができた。