

OS0104 拡散火炎の PM 生成に及ぼす電界印加の影響

Effect of Electric Field on PM Formation in a Diffusion Flame

○ 大嶋 辰郎 (群馬大・院)
 正 齊藤 正浩 (群馬大・工)
 正 新井 雅隆 (群馬大・工)

川田 智也 (群馬大・院)
 正 古畑 朋彦 (群馬大・工)

Tatsuro OSHIMA,
 Masahiro SAITO,
 Masataka ARAI
 Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma

Tomoya KAWATA,
 Tomohiko FURUHATA,

Key Words : Diffusion Flame, Combustion, Electric Field, Soot, PM,

1. 結論

燃焼により排出される浮遊粒子状物質(PM)が大気汚染の原因の一つとして人体へ悪影響を及ぼすことから、PM 排出量の抑制が課題となっている。PM 生成の抑制方法の一つとして、燃焼火炎に電界を印加して PM 生成を抑制する研究を行ってきた。¹⁾

そこで本研究では、電界印加火炎の基礎実験として PM 排出量の多いアセチレンガスの拡散火炎に直接電界を印加し、PM の排出量、構成成分、粒径分布に及ぼす電界印加の影響を実験的に調べた。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略を図 1 に示す。燃料としてアセチレン(C_2H_2) ガスを用い、ニードルバルブと流量計より燃料流量を調整し、電極を兼ねたノズル (SUS304, 外径 2.2mm, 内径 1.6mm) から層流拡散火炎を形成した。アセチレン流量は 30mL/min で一定とし、このときの火炎高さは約 32mm であった。アース電極として真鍮製リング(外径 76mm, 内径 52mm)を用い、直流高電圧供給装置(SPELLMAN, SL150)を用いて電圧 $E = 0 \sim \pm 15kV$ をノズル電極に印加し、ノズル・リング間に不平等電界を形成した。また、電極間高さを $h = 0, 25, 50, 100mm$ と変化させ実験を行った。電界強度は $F = E/S[kV/m]$ として計算した。ここで、 E は印加電圧、 S はノズル電極とアース電極の直線距離である。

火炎より生成した PM 排出量は、フィルターを取り付けた PM 捕集器を用いて捕集し、精度 0.1mg の電子天秤を用いて定量した。PM の成分分析は、超微粒 PM 分析装置 (HORIBA 製 MEXA-1370PM)を用いた。火炎より排出された燃焼ガス中の PM の粒径分布は、走査式ナノ粒子粒径分布計測器(TSI 社製 SMPS 3034)を用い測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 電界の PM 排出量への影響

電極間高さ $h = 0, 25, 50, 100mm$ と変化させ、印加電圧 $E = 0 \sim +15kV$ を印加した際の結果を図 2 示す。横軸は電界強度 F 、縦軸は PM 排出量 M_s を電界無印加時の PM 排出量 M_{s0} で無次元化した値を示す。電界強度で表示することで、 M_s/M_{s0} は電極間高さに関係なく一つの曲線で相関され、印加電圧の増加とともに、PM 排出量は減少していき、 $F = 150kV/m$ 以上では電界無印加時

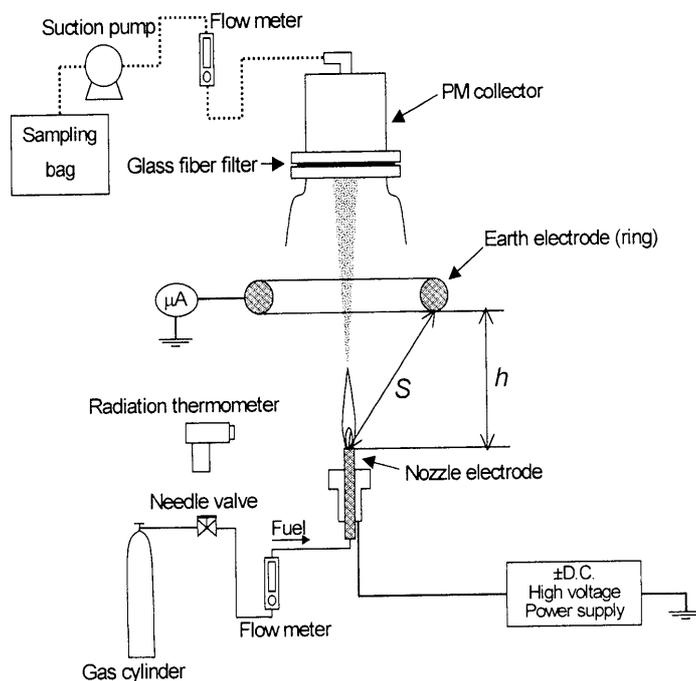


Fig.1 Experimental apparatus

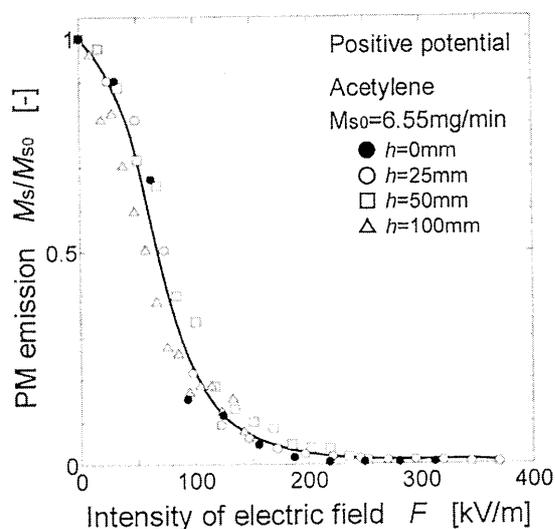


Fig.2 Relation between intensity of electric field and PM emission

に比べ PM 排出量が 90%減少することが分かった。これは、ノズルリング間に不平等電界が形成されるため、印加電圧の増加にともなって、ノズルからアース電極へイオン風が発生し、火炎への空気導入量が増加して、燃焼が促進されたため、PM 排出量が減少したと考えられる。

3.2 電界の PM 構成成分への影響

電界印加時の PM 構成成分の結果を図 3 に示す。横軸は電界強度 F 、縦軸は SOF, Dry soot, Total PM の排出量をそれぞれ示す。図より、印加電圧を増加するにつれて、Dry soot, SOF 共に減少していることが分かる。また、電界強度 $F = 50\text{kV/m}$ で Dry soot の減少の傾きが大きくなるが、SOF は電界強度 $F = 100\text{kV/m}$ 付近から減少の傾きが大きくなっている。さらに、電界強度 $F = 150\text{kV/m}$ では、イオン風の影響が大きく、Dry soot, SOF 共に電界無印加時に比べ 90%以上減少した。

これは、Dry soot が帯電しやすく、火炎先端がアース側に引き寄せられ、Dry soot の燃焼が促進されたため、SOF に比べて Dry soot の方が減少の傾きが大きくなったと考えられる。また、イオン風が強くなることで、燃料と空気の混合が促進し、火炎が短くなった。そのため、PM の前駆物質や未燃成分が凝集する前に火炎外に排出されたと考えられる。

次に、 $h = 25\text{mm}$ のときの PM の各構成成分の割合と印加電圧 E の関係を図 4 に示す。印加電圧を増加すると、Dry soot の割合が SOF に比べ減少していくことが分かる。印加電圧 $E = 7\text{kV}$ 以上では、Dry soot は電界無印加に比べ約 60%以上減少していることから Dry soot が電界の影響を受けやすいと考えられる。

3.3 電界の PM 粒径分布への影響

$h = 50\text{mm}$ の条件において、電界印加した場合の PM 粒径分布を図 5 に示す。縦軸は燃料の単位質量あたりの粒子個数濃度を示す。印加電圧を増加すると、電界無印加時に比べ、粒径 $30 \sim 500\text{nm}$ の粒子数が減少し、粒径 $10 \sim 20\text{nm}$ の粒子数が増加した。これは、印加電圧を増加させるとイオン風により燃焼が促進され、火炎温度が上昇し、PM の前駆物質が凝集せずに火炎外に排出されたことから、粒径 $10 \sim 20\text{nm}$ の粒子が増加したと考えられる。

4. 結論

1. 電界強度 $F = 150\text{kV/m}$ 以上になると電界無印加時に比べ、PM 排出量は約 90%減少した。
2. 印加電圧を増加させると、Dry soot の減少量が SOF に比べ大きいことから、Dry soot の方が電界の影響を受けやすいと考えられる。
3. 印加電圧を増加させると、粒径 $30 \sim 500\text{nm}$ の粒子数が減少し、粒径 $10 \sim 20\text{nm}$ の粒子数が増加していくことが分かった。

参考文献

- 1) 川田, 他, 日本燃焼学会第 46 回燃焼シンポジウム

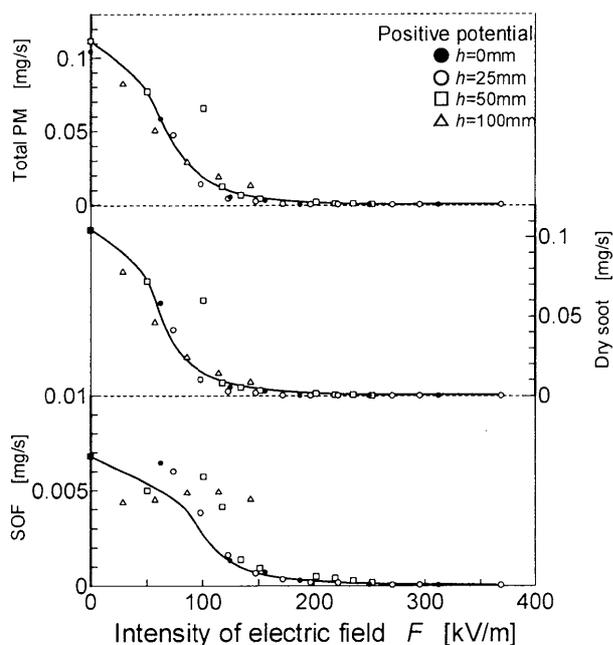


Fig.3 Fraction of PM component

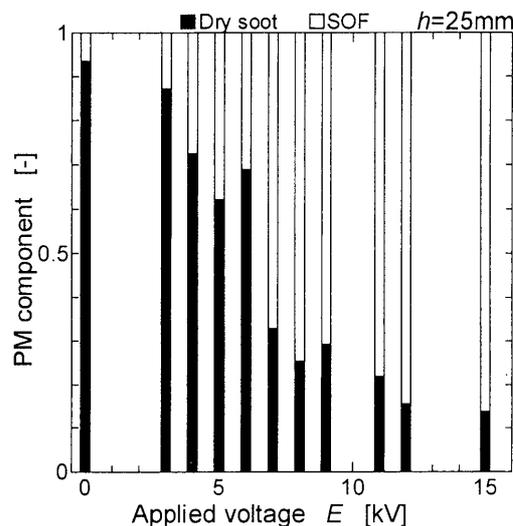


Fig.4 Relation between PM components and applied voltage

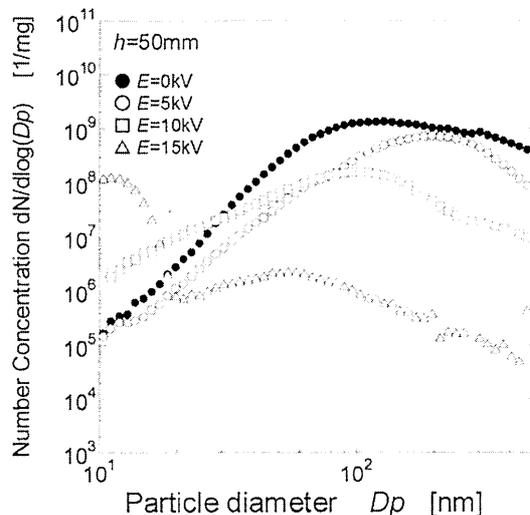


Fig.5 Effect of applied voltage on particle size distribution