アルコール水溶液/重油エマルジョン燃料の燃焼特性に及ぼすアルコール種類および濃度の影響 Effect of alcohol on the combustion characteristics of alcohol aqueous solutions/heavy oil emulsified fuel

○学 貞本 翔平 (高知工大) 村井 勇介 (高知工大) 正 両角 仁夫 (高知工大)

Syohei Sadamoto, Yusuke Murai and Yoshio Morozumi

Kochi University of Technology, Tosayamadacho, Kami-city, Kochi 782-8502

The present study performed spray combustion experiments of alcohol aqueous solution/heavy oil emulsified fuel to investigate the effects of alcohol concentration on the flame temperature and exhaust gas concentration. In the experiment, the emulsified fuel is produced by mixing heavy oil A and an ethanol aqueous solution by varying the ethanol concentration of the solution. The emulsified fuel flame shows the maximum temperature closer to the burner than the heavy oil flame, indicating that the combustion characteristics are improved in the emulsified fuel owing to the micro-explosion. In addition, a decrease in NO_x concentration is observed in the emulsified fuel with increasing the ethanol concentration in the solution.

Key Words: Emulsified fuel, Alcohol aqueous solutions, Combustion characteristics

1. 緒言

エマルジョン燃料とは燃料油に水を乳化したものであり、燃焼するとマイクロ爆発と呼ばれる現象によって燃料油滴中の水分が急激に蒸発し、二次微粒化が起こる。それにより燃焼性が向上するが、問題点として、エマルジョン燃料に含まれる水の蒸発潜熱による火炎温度の低下が挙げられる。火炎温度の低下を抑制する方法として、エマルジョン燃料を生成する際に用いられる水の代わりにアルコール水溶液を用いる方法を検討している。この場合、水溶液に含まれるアルコールの燃焼熱を得る事が期待される。しかしながら、アルコール水溶液を用いたエマルジョン燃料の燃焼特性は検討されていない。

そこで本研究では、A 重油にアルコール水溶液を乳化したエマルジョン燃料の燃焼特性を明らかにすることを目的として噴霧燃焼実験を行い、アルコール種類、濃度およびアルコール水溶液の質量分率を変化させて、噴霧燃焼した時の火炎温度および排ガス濃度を比較・検討した。

2. 実験方法

本研究ではホモジナイザー (回転数 5000rpm, 攪拌時間 5min) を用いてエマルジョン燃料を生成した。燃料油には A 重油、乳化剤には非界面活性剤 (ソルゲン 40, 第一工業製薬) を用い、水または濃度 10wt%, 20wt% のエタノール水溶液を乳化混合した。乳化剤の質量分率は 1wt%, 水またはエタノール水溶液の質量分率は 20wt% とした。本乳化条件では、生成したエマルジョン燃料は油中水滴型 (W/O) であった。

Fig. 1 および Fig. 2 に噴霧燃焼実験に用いたバーナ断面図および実験装置図を示す。本バーナは外部混合式二流体ノズル (SETO Jet SERIES 0405) とその周囲に設置した保炎用パイロットバーナから構成されている。噴霧ノズルへの燃料供給にはマイクロシリンジポンプを用い、微粒化用空気の供給にはコンプレッサーを用いた。保炎用パイロットバーナは円周状に等角で 16 個の噴孔 (直径 $\phi 1.0\text{mm}$) から成り、プロパンガスを 1.0ml/min 供給することにより保炎用火炎を形成した。エマルジョン燃料中のエタノール水溶液質量分率の違いによりエマルジョン燃料の発熱量が異なるため、本研究では A 重油のみ燃焼したときの燃料供給量を基準とし、熱負荷が一定となるようにエマルジョン燃料の

供給量を設定した。また、燃料供給量の変更に伴い、A 重油のみの場合の燃料供給量/空気流量比と等しくなるように微粒化用空気供給量も変更した。Table 1 に A 重油およびエマルジョン燃料に対する燃料供給量および微粒化用空気流量を示す。

火炎温度は R 熱電対 (素線径 100 μm) により、バーナ中心の先端部から鉛直方向に 2cm 毎に測定した。排ガス濃度に関しては、石英製プローブ (内径 2mm) を用いて、燃焼ガスを吸引し、排ガス分析装置 (PG-240, HORIBA) により NO_x, CO, CO₂, O₂ の各化学種濃度をバーナ中心の先端から鉛直方向に高さ 6cm の位置から 2cm 毎に測定した。

Fig. 1 Cross sectional view of the burner

Fig. 2 Schematic diagram of the experiment apparatus

Table 1 Fuel and air flow rate for each alcohol concentration

	Fuel flow rate [ml/min]	Air flow rate [l/min]
Heavy oil	6.00	6.5
0wt%	7.54	8.2
10wt%	7.45	8.1
20wt%	7.36	8.0

3. 実験結果および考察

Fig. 3 に各燃料を燃焼した時の火炎温度の分布を示す。各燃料の火炎最高温度は約 1600℃となり燃料種の違いは見られなかった。これは燃料の熱負荷を一定にしたためである。A 重油の場合、火炎最高温度の高さが 14cm であるのに対し、水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料の場合は最高温度の高さが 10cm となった。これは噴霧滴のマイクロ爆発の発生により燃焼性が向上しているためであると考えられる。水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョンを比較すると、高さ 4cm の位置において水エマルジョンの温度が高く、エタノール水溶液濃度の増加に伴い温度が低下した。これは、エタノール水溶液濃度の増加によりマイクロ爆発の発生が起りにくく、燃料の着火が遅れていることを示唆している。

Fig. 4 および Fig. 5 に各燃料を燃焼した時の NO_x 濃度および O₂ 濃度の分布を示す。O₂ 濃度は A 重油の場合には 14cm 以上で、エマルジョン燃料の場合では 10cm 以上で上昇している。NO_x 濃度は A 重油の場合では 16cm において、水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料では 10cm から 12cm でピークを示した後、低下している。NO_x および O₂ 濃度の違いは水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料の火炎帯がノズル近傍に移動したためである。NO_x の排出量は A 重油よりも水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料の方が低い。火炎温度の結果において、A 重油とエマルジョン燃料では最高温度に違いが見られなかったことから、エマルジョン燃料を用いた場合における NO_x 濃度の低下は燃料供給量および微粒化用空気供給量の増加による高温域での燃焼ガス滞在時間の減少によるものと推察される。さらに高さ 6cm から 8cm ではエマルジョン燃料の NO_x 濃度に違いは見られないが、10cm から 20cm ではエタノール水溶液濃度の増加に伴い NO_x 濃度は減少している。これはマイクロ爆発の発生の違いによるものか、エタノールの NO_x 生成反応に及ぼす影響が考えられるが、詳しいメカニズムは不明であり、今後解明していくことが望まれる。

4. 結言

A 重油にエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料の噴霧燃焼実験を行い、火炎温度および排ガス濃度に及ぼすエタノール水溶液濃度の影響を検討した。水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料は A 重油に比べて火炎最高温度の位置が低くなった。NO_x 濃度に関しては、A 重油に比べて水またはエタノール水溶液を乳化したエマルジョン燃料の方が低い値を示した。これは燃料および微粒化用空気供給量の増加により、高温域での滞在時間の減少により NO_x 生成が減少したと考えられる。また、エタノール水溶液の増加に伴い NO_x 濃度が低下した。この点に関しては、エタノール水溶液濃度の違いによるマイクロ爆発発生発生の物理的効果あるいは NO_x 生成反応に及ぼすエタノールの寄与といった化学的効果の両面について検討する必要があると考えられる。

Fig. 3 Flame temperature distribution

Fig. 4 NO_x concentration distribution

Fig. 5 O₂ concentration distribution