

## ■学会活動ノート／SOCIETY ACTIVITY NOTE■

## 研究討論会概要：混相燃焼場におけるすす生成特性に関する研究

## Outline of Discussion: Study on Soot Formation Characteristics in Multi-Phase Combustion Field

林 潤\*

HAYASHI, Jun\*

京都大学大学院エネルギー科学研究科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町  
Kyoto University, Yoshida Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

## 1. 緒言

液体燃料、固体燃料は現在でも世界の一次エネルギー供給の主力である。また、燃焼機器の運用に伴う燃焼排出物が環境に与える影響への関心の高まりから、今後も液体燃料、固体燃料の燃焼現象の解明とその制御に対する重要性が増すことが考えられる。また、すす生成は混相燃焼場においても空間的な温度分布に影響をおよぼすことから、燃焼器の熱管理の観点から知見の獲得が望まれている。本講演では、このような背景を受け、液体燃料・固体燃料の代表的な燃焼手法である噴霧燃焼・微粉炭燃焼を対象として、すす生成特性を明らかにすることを目的として行った研究について紹介した。

## 2. 燃料噴霧特性が噴霧火炎構造およびすす生成特性に与える影響

噴霧燃焼では、燃料の微粒化過程に起因する噴霧の平均粒径や粒径分布の幅などの噴霧特性が噴霧火炎特性に影響を与える。これまで、よどみ点近傍に噴霧火炎を定在させることが可能な対向流場を用いた研究が数多く行われてきた。しかし、噴霧特性のうち、粒径分布は燃料噴射量等の他の条件から独立して操作することが困難であるため、噴霧火炎構造やすす生成過程に与える影響については完全に明らかにされていないのが現状である。そこで本研究では、噴霧特性が噴霧火炎中のすすの生成特性に与える影響を明らかにすることを目的として、層流対向流場に形成される噴霧火炎に対してレーザー誘起赤熱法 (Laser Induced Incandescence; LII) [1]および Time Resolved LII (TiRe-LII) [2]を適用して、噴霧火炎中におけるすす生成特性を評価した。

結果として、単分散の燃料噴霧が形成する噴霧火炎の場合、平均粒径の増大に伴い、すす生成領域が拡大する傾向が示された。また、噴霧火炎特有のすす生成領域として群火炎に起因する局所的なすす生成の抑制と環状のすす生成領域が現れることを示した。また同一の平均粒径 (Sauter

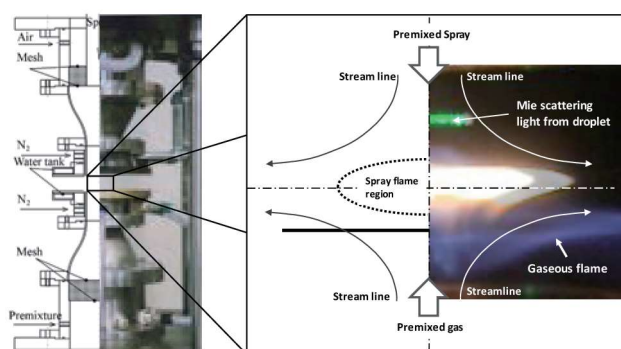


Fig. 1 Schematics/photograph of the laminar counterflow burner, flow field and spray flame.

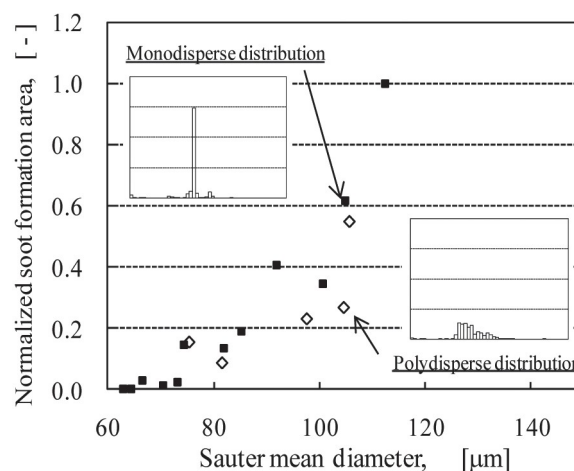


Fig. 2 The variation of soot formation area as a function of SMD in the cases Mono-dispersed spray and Poly-dispersed spray [1].

\* Corresponding author. E-mail: hayashi@energy.kyoto-u.ac.jp  
日本燃焼学会平成 29 年度研究討論会 (平成 29 年 6 月 24 日東京大学山上会館) にて講演

Mean Diameter; SMD) を持つ場合には、粒径分布が幅を持つ多分散噴霧において、すす生成領域が減少することが明らかとなった。ここで、同一の SMD を持つ場合には、多分散噴霧において最頻出粒径が小粒径側に移動すること起因する。また、粒径分布に幅を持つ場合には、蒸発に要する時間が分散するために火炎構造が拡散的な火炎構造から予混合的な火炎構造へと変化した結果として、すす生成量が減少することを示した。

### 3. 微粉炭火炎に対する二次元レーザー誘起赤熱法の適用

微粉炭燃焼では、接触法による計測によって正確な実験データを得ることが困難である。このため、数値解析の検証に資するデータや微粉炭火炎中のすす生成過程に関する知見が限定的である。本研究では、微粉炭火炎の一次燃焼領域に対して、非接触計測法である LII 法を適用することで、微粉炭火炎中のすす生成過程の解明に資する知見を得ることを目的としている。簡素な流れ場を対象とすることで、燃焼機器に依存しない結果を議論すること、および数値解析の検証用データとして有用な結果を得ることを目標としたため、本研究で対象とする燃焼場を同軸噴流とした。

微粉炭火炎へ LII 法を適用するためには、微粉炭火炎中のすす粒子を過不足なく赤熱させると同時に燃料である微粉炭粒子からの赤熱光信号の重畳を避ける必要があり、入射させるレーザーエネルギーの設定に注意を払う必要がある。図3は、入射させるレーザーエネルギーと得られる LII 信号強度の関係を示しており、レーザーエネルギーが  $0.2 \text{ J/cm}^2$  以上の領域において微粉炭粒子からの LII 信号が重畳することによって、微粉炭火炎中のすす生成を過大に評価することが明らかとなった。

入射するレーザーエネルギーを適切に設定した場合に

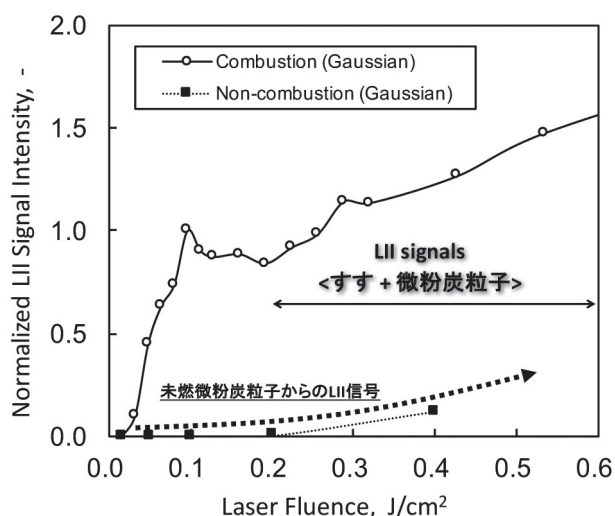


Fig. 3 Relation between laser fluence and normalized signal of laser induced incandescence in pulverized coal flame.

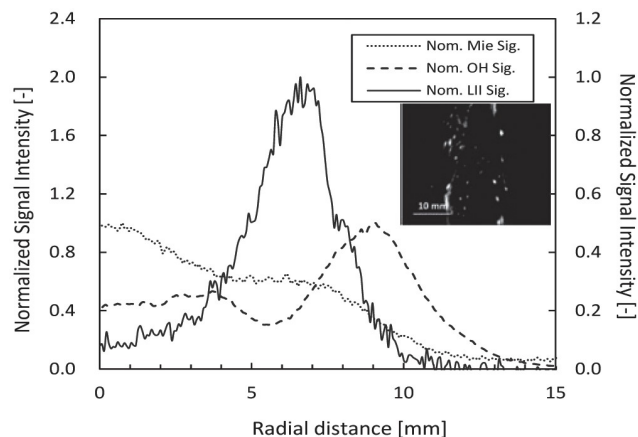


Fig. 4 Radial distribution of signals of Mie scattering, OH-PLIF [3] and LII at height above the burner = 120 mm.

は、微粉炭火炎中におけるすす生成領域を二次元で取得することが可能となる。その結果、図4中に示すような、離散的なすす生成領域が形成されていることが明らかとなった。また、微粉炭粒子とすす生成領域の同時計測を行った結果、微粉炭粒子と周囲気体との混合が進む下流域では、微粉炭粒子とすす生成が共存する領域が存在し、気相温度が高くかつ酸素濃度が不足した結果として、燃焼反応が弱くかつすす生成が活発な領域が現れることが示された。

### 4. 結言

本研究では、混相燃焼場におけるすす生成過程を明らかにすることを目的として、層流対向流場に形成される噴霧火炎、および微粉炭同軸噴流火炎に対して二次元レーザー誘起赤熱法を適用した。結果として、噴霧火炎では、群火炎構造に起因する局所的なすす生成の抑制を伴った環状のすす生成領域を形成し、すす生成領域の外側においてすす粒子の一次粒径が増大することを明らかにした。また、微粉炭火炎においては、すす生成領域の計測のために、入射するレーザーエネルギーを適切に設定する必要があることを示し、離散的なすす生成領域が現れることを明らかにした。

これらの計測結果は、混相燃焼場におけるすす生成特性の基礎的な知見であるだけでなく、簡素な流れ場において得られた結果であることから、数値解析における検証用のデータとしても利用が期待される。

### References

1. Melton, L. A., *Applied Optics*, 23: 2201-2208 (1984).
2. Oh, K. C. and Shin, H. D., *Fuel* 85: 615-624 (2006).
3. Hwang, S-M., Kurose, R., Akamatsu, F., Tsuji, H., Makino, H., Katsuki, M., *Energy and Fuels* 19: 382-392 (2005).