

平成21年3月31日現在

研究種目： 基盤研究(C)

研究期間： 2006～2008

課題番号： 18560201

研究課題名(和文) 多成分燃料噴霧内気・液相濃度分布の新しいレーザ計測法の開発

研究課題名(英文) A novel laser diagnostic for measurement of fuel vapor concentration and droplet distributions in a multi-component fuel spray

研究代表者

張 玉銀 (ZHANG YUYIN)

東京電機大学・工学部・講師

研究者番号:20335706

研究成果の概要：

高温高压雰囲気中に噴射した多成分燃料噴霧内の蒸気・液滴濃度分布を分離・定量的に計測できる技術を確立した。また、その技術を多成分燃料噴霧に適用することにより、噴霧内沸点の異なる成分の蒸発特性および噴霧の混合気形成機構を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2006年度 | 1,400,000 | 0 | 1,400,000 |
| 2007年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2008年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,400,000 | 600,000 | 4,000,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：熱工学

キーワード：レーザ計測法，燃料噴霧，エンジン，熱機関

1. 研究開始当初の背景

これまでに多成分燃料噴霧内の気・液相濃度分布の同時計測には、レーザ誘起エキサイプレックス蛍光法が提案されている。この方法では液相と気相からの蛍光の“Cross talk”現象や空気雰囲気中の酸素による蛍光の“Quenching”現象が起きるため、液滴が混在する噴霧中の液滴と蒸気の濃度を正確に測定することが困難である。他にアメリカのChraplyvy及びDrallmeierらは赤外光と可視光を用いて透過光減衰率を測定することにより噴霧中の蒸気濃度の計測法を提案したが、それは画像計測ではなくレーザビームを移動させて多点計測を行うものであり、瞬時

の濃度分布は得られないほか、雰囲気中の水蒸気やヒータからの輻射がノイズになるなど問題点がある。

以上のような従来の光学的な計測法の問題点を避けるため、本研究代表者は過去数年にわたって単成分燃料噴霧中の液相・気相濃度分布の定量的測定に精度良好な紫外・可視レーザ吸収散乱(LAS)法を確立した。この方法では、Nd:YAGレーザの第二高調波(可視光・ $\lambda=532\text{nm}$)と第四高調波(紫外光・ $\lambda=266\text{nm}$)の平行光束を、ディーゼル燃料を模擬した単成分燃料噴霧に照射し、可視光の散乱、紫外光の吸収および散乱により減衰した透過光を高精度CCDカメラより撮影する。その画像を解析する(アーベル変換など)より、噴霧

中の液相および蒸気相濃度分布を定量的に求められる。しかし、この計測法をガソリンおよびディーゼルのような多成分燃料噴霧に適用し難しい。

2. 研究の目的

そこで、本研究では高温高圧雰囲気中に噴射した多成分燃料噴霧内の蒸気・液滴濃度分布を分離・定量的に計測できる技術を開発し、その技術をディーゼル、ガソリンのような多成分燃料噴霧に適用することにより、噴霧内沸点の異なる成分の蒸発特性および噴霧の混合気形成機構を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

具体的に、多成分燃料の中に沸点の異なる成分（ここで、高沸点成分を *n*-tridecane, 低沸点成分を *n*-octane にした）を代替する単成分試験燃料それぞれ α -methylnaphthalene と *p*-xylene を選定し、実際燃料の蒸留特性を模擬できるように、多数の単成分試験燃料を適切な割合で混合することにより、多成分模擬燃料を作った。その紫外光に吸収を示す成分を沸点の異なるもの一つずつ入れ替え、二波長レーザ吸収散乱画像解析法 (LAS 法) を適用することにより、噴霧内に各成分の蒸気・液滴濃度分布の測定を試みた。また、噴射開始後の時間を大きくとり噴霧内の液相燃料が完全に蒸発した状態で求めた噴霧内の全蒸気質量と噴射量を比較することにより、LAS 法の解析精度が十分であることを確認した。

4. 研究成果

- ① 多成分燃料蒸発噴霧中の各成分の蒸気相濃度分布の測定法を確立した。

図 1 に示した流れのように、二成分燃料の低沸点 (LBP) 成分を *p*-xylene で代替して、紫外線および可視光における透過光減衰率 (イメージ) を測定する。その二つの透過光減衰率に多成分の温度モデルを用いた玉ねぎの皮むきモデルを適用することにより、低沸点 (LBP) 成分の蒸気相濃度分布を求める。同様に、二成分燃料の高沸点 (HBP) 成分を α -methylnaphthalene で代替すれば、高沸点 (HBP) 成分の蒸気相濃度分布を求められる。

その蒸気相濃度の測定誤差は単成分燃料の場合より、やや大きくなり、おおむね 20% 程度であると見積もっている。

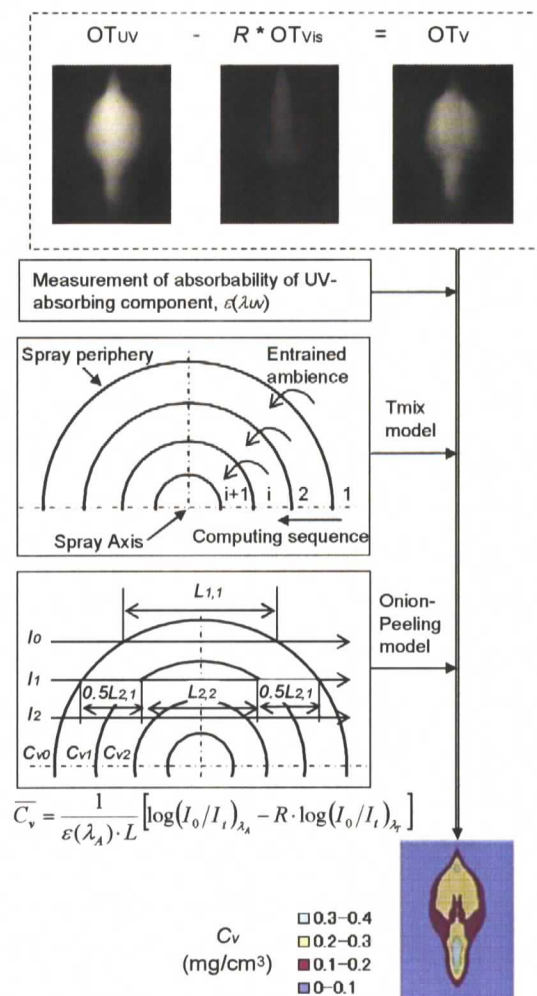


図 1 Flowchart of image processes for deconvolution of vapor concentration in a multicomponent fuel spray

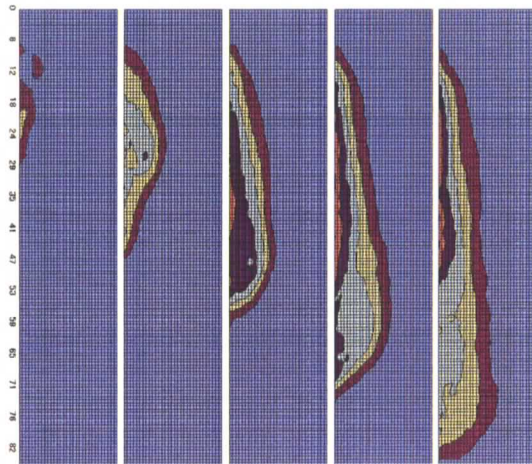
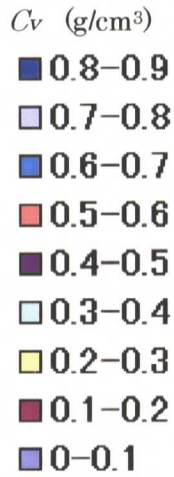
- ② α -methylnaphthalene と *p*-xylene を用い、二成分燃料噴霧中の低沸点と高沸点成分の蒸気相濃度分布および蒸発特性を明らかにした。

一例として二成分燃料噴霧内における低沸点成分の濃度分布を図 2 に示す。雰囲気温度が 573K の場合は、473K のときと比べると、噴霧全体的に領域が大きく、濃度も濃くなること、噴霧先端の近くに濃い混合気が多いことが特徴である。

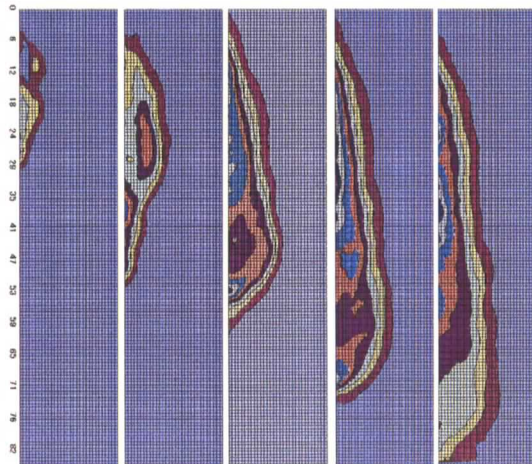
二成分燃料噴霧内に低沸点成分 (LBP) と高沸点成分 (HBP) の蒸気相質量が噴射開始後の時間との関係が図 3 に示す。雰囲気温度が 473K の時、高沸点成分より低沸点成分の蒸発が著しく速い。一方、573K の時、高・低沸点成分の蒸発にはほぼ差がない。

噴射開始後、噴霧内に低・高沸点成分の蒸気量の比が時間的に変化する。その特性が図4に示す。雰囲気温度が473Kの場合、噴霧中に蒸発した燃料の中に、低沸点成分の方が低い割合占める。しかし、雰囲気温度がわりと高い573Kの場合、低・高沸点成分の蒸気割合がほぼ同じである。

これで、雰囲気温度が十分高くなると、多成分燃料噴霧内の各成分がほぼ同じ蒸発速度で蒸発することが明らかになった。

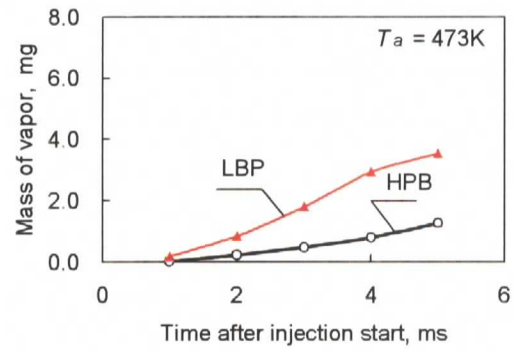


(a) $T_a=473K$

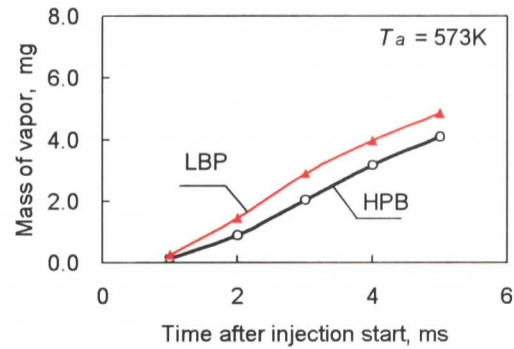


(b) $T_a=573K$

図2 Vapor concentration distributions of the LBP component in the spray at (a) $T_a=473K$ and (b) 573K

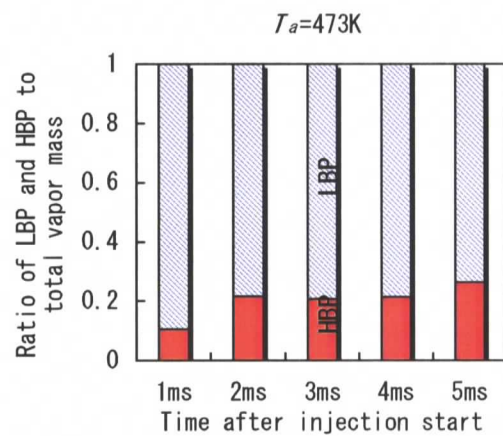


(a) $T_a = 473K$



(b) $T_a=573K$

図3 Evaporation characteristics of the LBP and HBP components in the spray at (a) $T_a=473K$ and (b) 573K



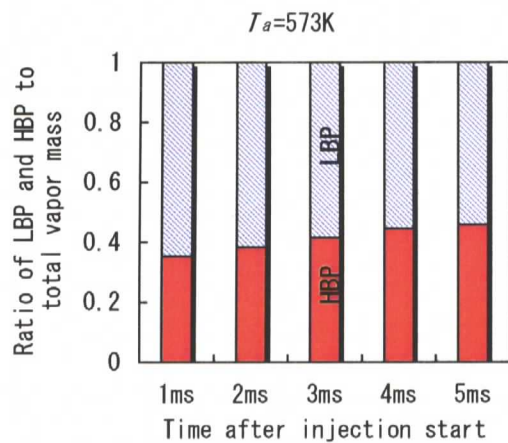


図 4 Vapor mass ratio of the LBP and HBP components to the total vapor mass in the spray at $T_a=473K$ and $573K$

- ③ 噴霧内蒸気相の濃度分布とその着火・火炎核の形成との相関を見つけた。
- ④ 新たに開発した群噴孔ノズルの噴霧特性と燃焼特性を明らかにした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① Gao, S. Moon, Y-Y. Zhang, K. Nishida and Y. Matsumoto, "Flame structure of wall-impinging diesel fuel sprays injected by group-hole nozzles", *Combustion and Flame*, Vol. 156, No. 6, pp. 1263-1277 (2009). Peer Reviewed
- ② S. Moon, J. Gao, Y-Y. Zhang, K. Nishida, Y. Matsumoto, "Ignition and Combustion Characteristics of Wall-Impinging Sprays Injected by Group-Hole Nozzles for Direct-Injection Diesel Engines", *SAE International Journal of Engines*, Vol. 117, No. 3, pp. 1205-1219 (2009). Peer Reviewed
- ③ K. Nishida, J. Gao, T. Manabe, Y-Y. Zhang, "Spray and mixture properties of evaporating fuel spray injected by hole-type direct injection diesel injector", *Int. J. Engine Research*, Vol.9, No. 4, pp. 347-360 (2008). Peer Reviewed
- ④ T. Li, K. Nishida, Y-Y. Zhang, H.

Hiroyasu, "Effect of split injection on stratified charge formation of direct injection spark ignition engines", *International Journal of Engine Research*, Vol.8, No. 2, pp.205-219 (2007). Peer Reviewed

- ⑤ Y-Y. Zhang and K. Nishida, "Vapor distribution measurement of higher and lower volatile components in an evaporating fuel spray via laser absorption scattering (LAS) technique", *Combustion Science and Technology*, Vol.179, No. 5, pp.863-881, (2007). Peer Reviewed

[学会発表] (計 1 件)

- ① Y-Y. Zhang, Y. Kotani, A. Yoshida K. Nishida, "A challenge to vapor distribution measurement of multi-component evaporating fuel spray via laser absorption-scattering (LAS) technique", *SAE Paper*, No.2007-01-1892, pp.1368-1378. Kyoto, Japan, July 23-26, 2007.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

張 玉銀 (ZHANG YUYIN)

東京電機大学・工学部・講師

研究者番号 : 2 0 3 3 5 7 0 6

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

西田 恵哉 (NISHIDA KEIYA)

広島大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号 : 9 0 1 5 6 0 7 6