

図21 液滴直径の変化

て減少するのに対して、図13に示す着火遅れは増大していることに対応する。

雰囲気温度973 K以上の場合、空気温度が高いため、着火遅れは蒸発時間が支配的となり、着火時の液量は初期のそれにほぼ等しい。従って、図13で示す973 Kと1073 Kの着火遅れの差は燃焼時間の差として現れていない。また、873 Kの燃焼時間に比べて大きい。

4.3.3 燃焼中の液滴直径の影響

図20の973 K以上でカッター材30%以下の燃焼時間に及ぼすカッター材混合割合の影響を見るために、雰囲気温度1073 Kで、カッター材0%、20%、50%の液滴直径の変化を図21に示す。混合燃料の液滴直径は着火後と燃焼末期で増加し、カッター材の割合が増すと、液滴直径の増加割合は着火後が大きく、末期で小さくなる。

燃焼中における液滴の単位表面積当りの蒸発量を一定とすれば、液滴からの蒸発量は液滴直径Dの二乗値と時間との積に比例する。D二乗値と測定時間間隔との積を求め、燃焼期間中におけるこの値の積算値 ($\Sigma D^2 \cdot \Delta t$) の時間的变化を図22に示す。燃焼終了時の値は着火以後の全蒸発量、つまり燃焼量に比例する。カッター材

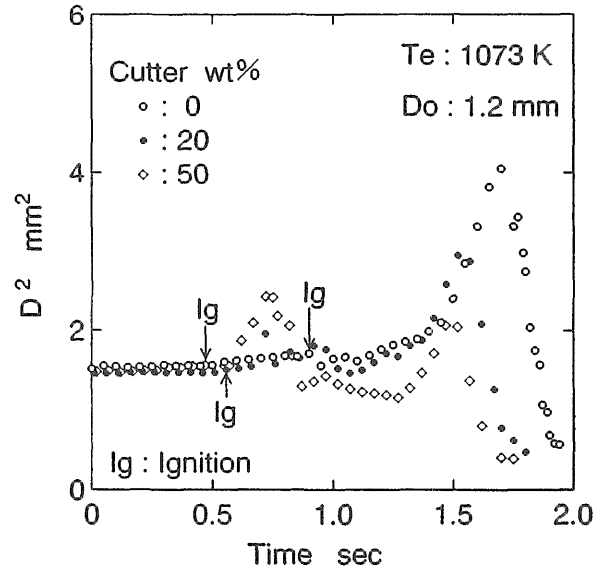


図22 着火後のD² · Δtの加算値

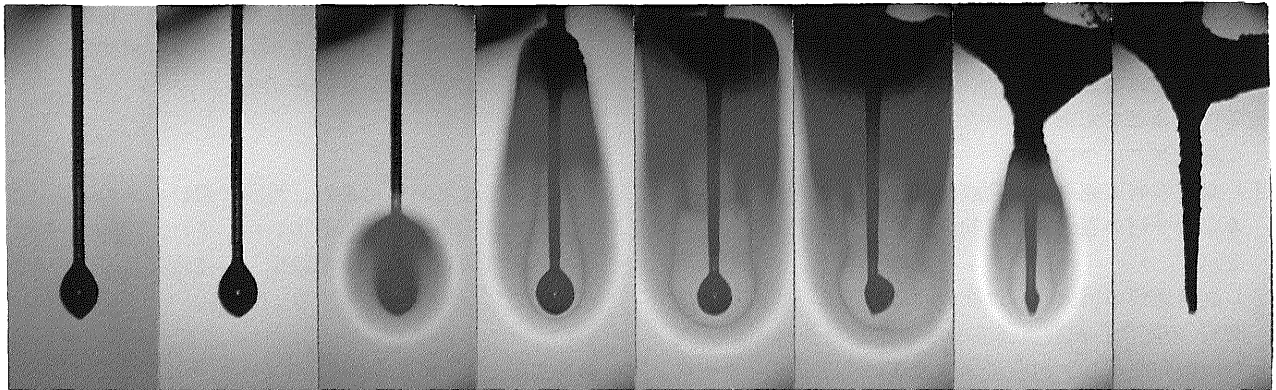
の混合割合が減少するにつれて燃焼終了時の積算値は増加し、燃焼時間は短くなっている。図20の雰囲気温度973 K以上カッター材30%以下の燃焼時間には、燃焼中の液滴直径の変化が影響していると考えられる。

4.3.4 燃焼過程の写真

写真1に雰囲気温度1073 Kの高温静止空気中におけるカッター材100%とカッター材20%の単一液滴の燃焼過程を示す。この写真は35mmカメラを用いて撮影したもので、フレームの間隔は0.3秒である。

両燃料において、0.6秒で火炎形状がほぼ球状を示しており、液滴はこの直前に着火したと考えられ、着火遅れはほぼ等しい(図13参照)。

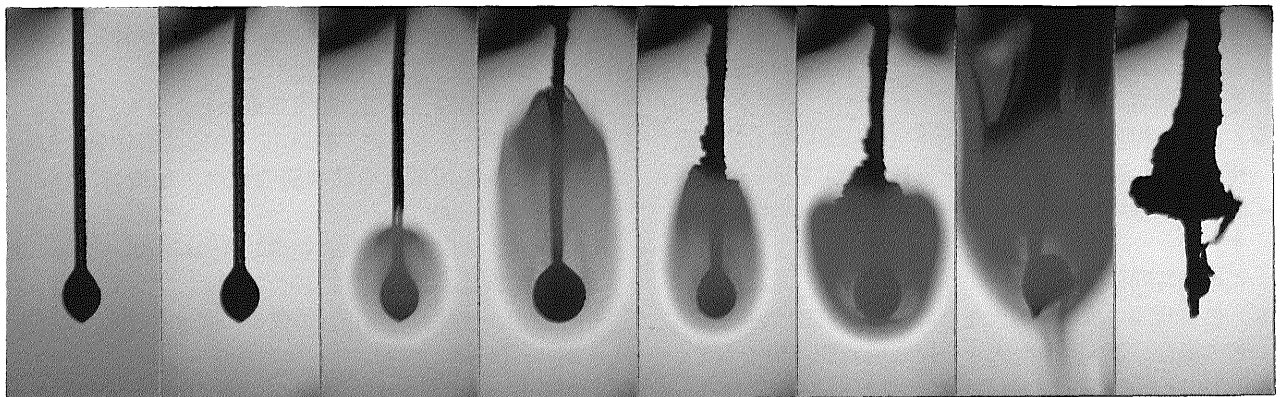
燃焼中の液滴直径は、カッター材100%の場合、時間とともに減少するが、1.5秒で低沸点成分の沸騰のために右側が膨張している。その後液滴直径は減少し燃焼が終了する。カッター材20%の場合、着火後の液滴直径は時間とともに減少しないで、0.9秒と1.5秒において増加している。燃焼末期の1.8秒において右下方に延びた火炎は微量液粒の飛散により生じたものである。両燃料において、液滴直径の変化は異なるが、燃焼時間はほぼ等しい。



0 0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 1.8 2.1

時間 (秒)

(1) カッター材 100%



0 0.3 0.6 0.9 1.2 1.5 1.8 2.1

時間 (秒)

(2) カッター材 20%

写真1 単一液滴の燃焼過程 $T_e : 1073K$

5. まとめ

基材とカッター材を混合した燃料の単一液滴を高温静止空気中において自己着火させる実験を行うことにより、液滴の初期直径、混合割合、雰囲気温度が着火遅れと燃焼時間に及ぼす影響を調べた。結果を以下にまとめる。

＜着火遅れについて＞

- 1) 基材の着火遅れは初期直径に比例して増加するが、カッター材の着火遅れは初期直径によらずほぼ一定値を示す。
- 2) 混合燃料の着火遅れは次の通りである。雰囲気温度873Kの場合、初期直径の小さい範囲で基材の着火遅れの傾向を示し、初期直径の大きい範囲でカッター材の着火遅れの傾向を示す。雰囲気温度973K以上では初期直径の影響は小さくカッター材の着火遅れに近い。
- 3) 混合割合の着火遅れに及ぼす影響は次の通りである。雰囲気温度873Kの場合、基材の燃料蒸気で着火する範囲では着火遅れはカッター材の混合割合の増加とともに増加し、カッター材の燃料蒸気で着火する範囲ではカッター材の混合割合が増加すると減少する。雰囲気温度973K以上においては、着火遅れはカッター材の混合割合が増加するにつれて減少する。
- 4) 基材とカッター材の着火遅れと雰囲気温度の関係はアレニウス型の関係式で表され、雰囲気温度が高いほど着火遅れは小さい。基材の着火遅れはカッター材より大きく、混合燃料の着火遅れはカッター材で着火する場合両者の範囲内にある。
- 5) 混合燃料の液滴は高温流動空気中においても初期直径の小さい範囲で基材の着火遅れの傾向を示し、初期直径の大きい範囲でカッター材の着火遅れの傾向を示す。

＜燃焼時間について＞

- 6) 燃焼時間に及ぼす着火遅れの影響は雰囲気温度873Kの場合、着火遅れが大きい程燃焼時間が短くなり、973K以上では着火遅れの影響はほとんど無い。
- 7) 混合燃料の燃焼時間は全ての混合割合において初期直径の二乗値に比例して増加する。ただし、雰囲気温度873Kにおいては、初期直径の大きい範囲でステップ状に増加する。
- 8) 混合割合の燃焼時間に及ぼす影響は次の通りである。雰囲気温度873Kの場合、燃焼時間は液滴が基材で着火する範囲においてカッター材の混合割合が増加する

と減少するが、カッター材で着火する範囲においてほぼ一定値を示す。雰囲気温度973Kと1073Kにおいて、燃焼時間は両温度でほぼ等しく、カッター材の混合割合の増加とともに増加するが、カッター材30%以上の範囲においてほぼ一定値を示す。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、当所において燃焼研究に携わる方々から多くの助言を頂いた。また、実験の一部は、平成8年度東京電機大学卒論生、富樫政文君の助力を得た。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- (1) Kobayasi K. : An Experimental Study on The Combustion of A Fuel Droplet, Proceedings 5 th Symposium. (International) on Combustion, (1955), 141-148.
- (2) Madison E.G. and Thring M.W. : Combustion of Single Droplets Liquid Fuel, Journal of Institute of Fuel, 35, (1962), 251.
- (3) 末次、立石、高石、粗悪燃料油滴の燃焼に関する研究、内燃機関合同シンポジウム (昭56-1)、121.
- (4) 末次、立石、高石、粗悪燃料油の蒸発特性、船機第29回講演会、(昭56-6)、33.
- (5) 末次、立石、高石、粗悪燃料油の燃焼特性、船機第31回講演会、(昭57-6)、35.
- (6) 伊藤、河野、飯沼、船用C重油およびA/Cブレンド油の単一液滴燃焼、船機誌、17-7、(昭57-7)、534.
- (7) 岡田、船用低質重油液滴の燃焼、船機誌、18-4、(昭58-4)、348.
- (8) 玉木、久保田、堀井、船用低質燃料油単一液滴の燃焼、船機誌、22-6 (昭62-6)、363.
- (9) 嶺山、淡井、船用重油の燃焼に関する研究、船機誌、24-1、(昭64-1)、44.
- (10) 武井、中西、新潟、高温空気内混合燃料液滴の着火時間特性、燃焼の科学と技術、Vol. 1, (1992)、11.
- (11) 武井、塚本、新潟、高温雰囲気における二成分燃料液滴の着火実験、機論 (B編) 58巻546号 (1992-2)、576.
- (12) Takei M., Tsukamoto T. and Nioka T. : Ignition of Blended-Fuel Droplet in High-Temperature Atmosphere, Combustion and Flames (1993), 149.