

論文審査の結果の要旨

氏名 今村 幸

本論文は7章からなり、第1章は本研究の背景および目的、第2章は実験施設および実験装置、第3章は一様電界中での単一液滴の燃焼実験、第4章はすすに及ぼす電界の影響、第5章は液滴周りの流れ場に関する検討、第6章は火炎形状と燃焼速度定数の相関に関する検討、第7章は結論について述べられている。

多くの実用燃焼器では液体燃料が用いられ、噴霧燃焼が採用されている。噴霧燃焼は、燃料の微粒化・蒸発・混合・燃焼といった現象が関係した複雑な現象であり、その機構解明は未だ十分とは言えない。噴霧燃焼の簡略モデルの中で、単一液滴の燃焼は噴霧構成微粒子が単独で燃焼するとする極限モデルであり、液体燃料の基本的な燃焼特性を明らかにすることを目的として、多くの研究が行われてきた。一方、電界が火炎に及ぼす影響については様々なものが知られており、火炎中のイオンの移動によって誘起されるイオン風の影響、電界がすすの生成過程に及ぼす影響等が調べられている。これらの研究により、電界は外力として燃焼現象を変化させることが明らかにされているが、液滴の燃焼特性に及ぼす電界の影響に関する知見はほとんど得られていない。

以上のような背景から、本論文では、直流電界中における液滴燃焼現象に関する基礎的な知見を得ることを目的としている。微小重力環境を用いることで、自然対流による影響を除去し、火炎形状、燃焼速度定数などの液滴燃焼特性に及ぼす電界の影響を明らかにするとともに、それらの影響について液滴周囲の流れ場の挙動を基に考察を加えている。

第1章では、微小重力環境下における液滴燃焼および電界が火炎に及ぼす影響について、現在までに行われてきた研究を概観するとともに、本研究の意義と目的を明確にしている。

第2章では、本研究で用いられた実験施設および実験装置について述べられており、微小重力実験の手法や手順、実験条件について説明されている。

第3章では、一様直流電界中における単一液滴燃焼実験に関し、電界印可による火炎の変形および燃焼速度定数の増加について記述されている。火炎形状の変形から、燃焼速度定数の増加は主として電界によって誘起される流れに起因することが明らかにされている。また、すすの生成特性により燃焼速度定数に及ぼす電界の影響が異なることに言及している。

第4章では、トルエン液滴を対象として、電界が火炎中に含まれるすすに及ぼす影響について調べられている。電界印加による火炎内のすす量の減少および火炎輝度の増大が明らかにされ、これらの実験結果から、すす粒子温度の増加や電界により誘起される流れの影響などが検討されている。また第3章で得られた結果との比較から、燃焼速度定数の増加とすす量の低減との関係について考察が加えられている。

第5章では、電界により誘起される液滴周りの流れ場について検討するための、二種類の実験について述べられている。第一の実験は、通常重力下において浮力と電気力を釣り合わせる試みであり、

これから電気力によって生じる流れの挙動を評価している。第二の実験は、微小重力環境下における PTV を用いた液滴周りの流れの計測である。すす粒子の移動から液滴周りの電界の変化を検討するとともに、この結果を基に液滴周りの流れ場に関して考察を加えている。

第6章では、火炎変形と燃焼速度定数の増加の相関を検討するため、正オクタンを燃料として二つの実験が行われている。第一は直流電界中での二液滴の燃焼実験であり、火炎形状および燃焼速度定数の変化が陽極側、陰極側の火炎で異なることが明らかにされている。第二は、針電極と平板電極を用いた不平等電界中での単一液滴の燃焼実験であり、二液滴の実験結果とあわせて陽極側輝炎の形状と燃焼速度定数の増加の間に相関を見出している。また、陽極側の輝炎形状から、第5章で得られた実験結果から見積もられた液滴周りの対流の効果に比べて、第3章にて得られた燃焼速度定数の増分が小さい理由は、陽極側の液滴周りに存在する陽極に向かう局所的な流れにより液滴への熱伝達が抑制されるためであると結論づけている。

第7章では、本論文で得られた結果を要約して結論を述べている。

以上要するに、本論文は液滴燃焼に及ぼす直流電界の影響を実験的に明らかにするとともに、すす生成や液滴周りの流れ場などの検討を通して、電界中における液滴燃焼機構の基礎的解明を行ったものであり、先端エネルギー工学、特に燃焼工学に貢献するところが大きい。

なお、本論文第3章は、植田毅氏、久保康之氏、岡井敬一氏、佐藤順一氏、津江光洋氏、河野通方氏との共同研究であり、また第4章および第5章は久保康之氏、大坂淳氏、佐藤順一氏、津江光洋氏、河野通方氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。