



Title	特にディーゼル機関との関連性を考慮した燃料液滴の燃焼に関する研究
Author(s)	佐味, 弘之
Citation	大阪大学, 1966, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28947
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名・（本籍）	佐 味 弘 之 さ み ひろ ゆき
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 9 2 9 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 3 月 28 日
学位授与の要件	工学研究科機械工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当
学 位 論 文 題 目	特にディーゼル機関との関連性を考慮した燃料液滴 の燃焼に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小笠原光信
	(副査) 教 授 菊 川 真 教 授 浜 田 実 教 授 村 田 暹
	教 授 石 谷 清 幹 教 授 長 谷 川 嘉 雄 教 授 新 津 靖
	教 授 粟 谷 丈 夫 教 授 篠 田 軍 治

論 文 内 容 の 要 旨

小形高速ディーゼル機関を直接噴射化しようとする動向は最近ことに著しいすう勢である。それは熱および熱力学的な損失が副室式に比べて少なく、かつ燃焼室の設計も合理化される可能性が強いためである。この研究もこのような趣旨に基づいて、直接噴射式機関の燃焼室の設計ならびに噴射条件の設定に少しでも理論的な根拠を与えようとして行なったものである。もとより、完全な理論設計は容易ではない。そのためには噴射された燃料噴霧の挙動が完全に記述されなければならないからである。そこで従来から、一方では噴霧全体に着目した研究が行なわれると共に、他方では単一液滴の燃焼研究が活発に行なわれている。しかしながら、実際の燃焼室のごとき高温高圧空气中に噴射された液滴についての研究は全くないのが現状である。

著者はこのような観点から、噴霧を構成する液滴に注目し、燃焼室に噴射された液滴の運動と燃焼について研究した。一般にディーゼル機関で噴射される液滴は通常 100μ 以下の微小粒子であるから、噴射直後に著しく減速される。しかしながらふん囲気は高圧であるから、減速された着火時においてもなお Reynolds 数としてはかなり大きく、空気との相対速度の影響は無視できないはずである。それにもかかわらず、従来の研究ではこのような因子はほとんど考慮されてはいない。そこで、この研究では高温高圧空气中を相対速度を持って飛行する燃料液滴の燃焼を主題とし、次の 2 段階に分けて、ディーゼル機関の直接噴射化に寄与しうる資料を提供することを目的とする。

第一段階は高温高圧気流中における液滴燃焼に関する基礎研究である。気流中での液滴燃焼は各種燃焼装置に関連した重要な研究課題であるから、すでにいくつかの成果が報告されているが、いずれ

も大気状態でのものに限定されている。そのため、ここでは高温高圧下での実験を行ない、これに現象論的な考察を加え、理論的に根拠のある実験式を求めようとする。ここで特に重点をおくのは燃焼率、火炎遷移風速ならびに火炎形状である。ただし火炎遷移風速とは燃焼液滴に対する風速を高めてゆくとき、ある風速において envelope flame から突然 wake flame に遷移するときの風速をいう。このように火炎が遷移すると燃焼率は $1/3 \sim 1/4$ に激減する。したがってこの現象は工学的に重要であるにもかかわらず、まだ十分解明されていない。そこで著者は遷移風速そのものの数値の測定はもとより、この現象の機構を考究して、現象を支配する主因子間の関係を求め、これに基づいて実験結果を整理した。燃焼率と火炎形状についても同様であって、いずれも、気流中における液滴の定常燃焼を支配する各種の基礎式ならびに境界条件にさかのぼり、これらを基にした相似則によって所要の無次元因子を求め、このような理論的根拠のもとに実験結果を整理して実験式を作った。したがって得られた式は、基礎式と境界条件が変更されない限りにおいて微小液滴にも適用しうはずである。事実、特に燃焼率の実験式は、他の実測値に基づいて、少なくとも 100μ 程度の小滴にも使えることが確かめられた。また、火炎遷移現象に対する上記の考察の結果、特に粒径が小さくなると液滴としての拡散燃焼が起こり得ないという特異な性格が推論されたが、この特異性はすでに他の研究者が実験的に見いだしている事実である。

第二段階では、まず、さきに求めた燃焼率の実験式を用いて高温高圧空気中に噴射された燃料液滴の運動と燃焼過程を近次的に解析した。次に実機(日産ディーゼル会社, UD 機関, 気筒直径 110mm)を改造して試験用機関を試作し、その燃焼室に燃料をできるだけ微量に噴射し、特にその先端を飛行する粒子を高速度撮影してその挙動を調査した。このようにして液滴相互の干渉効果や噴霧に伴う随伴気流、また、燃焼生成ガスの影響の介入を極力排除して、ほぼ単独粒子と見なせる液滴の挙動が捉えられる。ただし液滴の着火はその機構すら全く不明な現象であるから、着火時期だけはこの観測結果から求めて、他は解析結果と比較して検討した。その結果、解析と実験とはよく一致した。たとえば 150 at, の噴射圧力で 35at, 500°C の空気中に噴射した $100\mu\phi$ の液滴が噴射後 5 ms で着火した場合には、火炎形状は長い尾を引いた envelope flame であって約 2 ms で燃え尽きる。これに対して、従来なされていたように空気との相対速度を考えないと、燃焼寿命はこの数倍に及ぶ。すなわち相対速度は燃焼寿命を著しく短縮することがわかった。また、液滴が燃え尽きるまでの飛行距離としてここで求めた計算式は気筒直径の決定や噴射条件の設定に利用しうることがこの試験機を用いて立証することができた。

以上を要するに、本研究では、従来全く資料のなかった高温高圧気流中での液滴燃焼に関する基礎資料を求め、これらについて理論的に根拠のある実験式にまとめ、従来とくなくおざりにされてきた液滴と空気との相対速度が無視できない重要因子であることを確認し、ディーゼル機関を直接噴射化しようとするさいの最小気筒直径の算定ならびに噴射条件の設定に寄与しう結果を求めることができた。なお、この研究では気筒内の空気を静止状態としたが、全体として旋回気流や随伴流があっても、それぞれの性格がわかっているならば、これを運動方程式に追加することによって、これらの影響を考慮することは容易である。

論文の審査結果の要旨

この論文はディーゼル機関の燃焼室へ噴射された燃料噴霧に対して、特にその中の液滴に注目してその運動と燃焼過程を追求した研究をまとめたもので、7章からなっている。

第1章は緒論で、ここにおいて著者はこの研究の意義と目的を明らかにしている。すなわち、ディーゼル機関内での燃焼に関する研究はすでに数多く行なわれているが、これらはいずれも噴霧全体を対象としたものに限られ、その中の液滴の挙動についてはほとんど解明されていない、また一方において、液滴燃焼の研究は盛んに行なわれているにもかかわらず、エンジンの燃焼室にそのまま使えるような高温高圧気流中での資料は皆無に近いのが現状である。そこで著者はまずこのような条件下における液滴燃焼の基礎研究から出発し、次にその結果を燃焼室内における現象に適用することによって、従来全く経験に頼ってきた燃焼室の設計ならびに燃焼性能の改善に、ひいては現在世界的な勢にある小形機の単室直接噴射化に寄与することを目ざしてこの研究を行なったことを述べている。

第2, 3, 4章では液滴燃焼に関する基礎研究を対象としている。

第2章は気流中における燃料液滴の定常燃焼に関する研究で、直径2.5ないし10 mmの多孔質球を気流中に置き、その表面から燃料をしみ出し燃焼させ、温度（常温から600°Cまで）、圧力（0.4から16 ataまで）ならびに流速を種々に変えて、主として燃焼率、火炎形状ならびに火炎遷移風速を測定している。第3章では燃焼率と火炎形状に関する測定値の整理方法について述べ、この現象を支配すると考えられる主要な基礎式にさかのぼって相似則を適用し、その結果得られる種々の無次元数の組み合わせによって実験式を作り、これによって実験結果がよく整理できることを述べている。さらに、この実験式は相似則に基づくゆえ、基礎式が変わらない限り、この結果が微小液滴にも適用しうることを述べ、事実、直径100 μ 程度の液滴についての実験結果もこの式でよく記述できることを確かめている。第4章では特に火炎遷移風速に関する実験結果の整理を目的としているが、現状では遷移現象そのものの機構が明らかでないため、まず遷移条件にさかのぼって考究し、発熱率と放熱率とのつり合いを基にした安定燃焼条件に立脚した実験式を作り、これによって実験結果がよく整理できることを示している。

第5, 6章においては、上記の基礎研究によって得られた液滴燃焼の実験式を用いて燃焼室内へ噴射された液滴の運動と燃焼過程を説明づけようとしている。

第5章ではその準備としての理論解析を行なっているが、ここでは噴射以後における液滴の運動を、蒸発や燃焼に伴う抵抗の減少を考慮した運動方程式によって解析するとともに、着火から燃え尽きるまでの燃焼寿命、ならびに噴射以後の全飛行距離を計算している。その結果、従来はなおざりにされていた空気との相対速度は決して無視できるものではなく、すでに著しく減速された着火以後においてすら、この影響は燃焼寿命を数分の1に縮めるだけの効果があることを明らかにした。第6章は前章の解析結果を実験と比較することを目的としている。そのためにシリンダ・ヘッドを石英板でおきかえたテスト・エンジンを試作し、その圧縮行程の終りに燃料を微量噴射して噴霧の最先端を飛

行する微小液滴の運動と燃焼の過程を高速度カメラでとらえた。そしてその結果を前章の解析結果と比較して両者がよく合うことを確かめている。

第7章は結論であって、以上の結果をまとめて述べている。

本論文ではディーゼル機関の燃焼室へ噴射された燃料液滴の運動と燃焼過程を実験と理論の両面から追求し、噴射に伴う複雑な随伴現象が介入しない最先端液滴に対してはその挙動が理論的に記述できることを示している。もとより、この論文で扱った理論と実験は多分に理想化された条件下のものであるが、従来、憶測の域を出なかった燃焼室内での液滴の挙動が種々の面において明らかにされ、しかも液滴の最大飛行距離の算出法に有力な示唆を与えたことは単室直接噴射機関の気筒直径決定法に大きなよりどころを与えるものと考えられる。また、従来全く資料のなかった高温高压気流中の液滴燃焼の実験を行なって理論的に根拠のある実験式を作った。そして高压下では、液滴と空気との相対速度がたとえわずかであっても、燃焼寿命は著しく短縮されるという事実を明らかにした。すなわちエンジンの高速化には強い気流を与える必要があり、その作用は単に既燃ガスの除去だけに止まらないことを示している。

以上の諸点から見て、この研究は燃焼工学ならびに内燃機関工学に寄与するところが大きい、よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。