

学位論文の要旨

氏名

テット ミヨ

学位論文題目

バイオディーゼルの脂肪酸組成の違いによるディーゼル燃焼特性

本論文は、バイオディーゼルの燃料性状およびディーゼル燃焼特性に及ぼす脂肪酸組成の影響を明らかにすることを目的とした。バイオディーゼルは再生可能でCO₂削減に寄与できるディーゼル代替燃料であるが、脂肪酸メチルの混合物であるので、原料である植物油の脂肪酸組成によって燃料性状、ディーゼル燃焼特性に違いが生じる。まず、脂肪酸組成の異なる植物油を選定し、これらから製造した植物油バイオディーゼルの直噴式ディーゼル機関に適用して実験を行い、燃料性状、燃焼・排ガス特性を検討した。次に、脂肪酸メチルの試薬を用いたエンジン実験を行い、飽和脂肪酸メチルの炭素数の違いによる影響を検討した。さらに、脂肪酸メチルの不飽和度の違いを検討するために、不飽和脂肪酸メチルを多く含む植物油バイオディーゼルの用いてエンジン実験を行った。以上の実験結果を総合的に検討して、バイオディーゼルの燃料性状およびディーゼル燃焼に及ぼす脂肪酸組成の影響、特に、炭素数および不飽和度の違いによる影響を明らかにした。

第1章では、本研究の研究背景、文献調査、研究目的について述べた。まず、今日のエネルギー・環境問題を論述し、再生可能エネルギーであるバイオディーゼルのディーゼル燃料としての利点について述べるとともに、原料である植物油、ディーゼル機関について説明した。文献調査では、エステル変換プロセス、植物油およびバイオディーゼルのディーゼル機関への適用、バイオディーゼル燃焼に及ぼす脂肪酸組成の影響に関して調査し、課題や検討項目を整理した。研究目的では、課題や検討項目の中からバイオディーゼルの燃焼特性に及ぼす脂肪酸組成の影響を中心に研究を行うことを述べた。

第2章では、実験装置、実験方法、データ解析および整理方法について述べた。

第3章では、脂肪酸組成の異なる植物油を選定し、これらから製造した5種類の植物油バイオディーゼルを直噴式ディーゼル機関に適用して実験を行い、燃料性状（密度、動粘度、揮発性、酸素濃度、発熱量等）、着火性、燃焼特性、排ガス特性を検討した。5種類のバイオディーゼルはココナッツ油メチルエステル（CME）、パーム油メチルエステル（PME）、パーム核油メチルエステル（PKME）、なたね油メチルエステル（RME）、大豆油メチルエステル（SME）であり、比較としてJIS 2号軽油も用いた。飽和脂肪酸メチルを多く含むCME、PME、PKMEが不飽和脂肪酸メチルを多く含むRME、SMEより燃焼が良好であり、排ガスが低濃度であることが分かった。

第4章では、脂肪酸メチルの試薬を用いたエンジン実験を行い、飽和脂肪酸メチルの炭素数の違いによる影響を検討した。脂肪酸メチルの試薬はラウリン酸メチル、ミリスチン酸メチル、パルミチン酸メチル、ステアリン酸メチル、オレイン酸メチルであり、単独でエンジンに適用するには固化するものもあるので、液状であるオレイン酸メチルをベース燃料とする6種類の混合燃料を用いてエンジン実験を行った。飽和脂肪酸メチルの炭素数が多いほど着火性は良くなり、また、炭素数が少ないほど酸素含有率が増加して、排ガス中のHC、CO、Smoke濃度が低減することが分かった。

さらに、脂肪酸メチルの不飽和度の違いを検討するために、不飽和脂肪酸を多く含む3種類の植物油バイオディーゼルを用いてエンジン実験を行った。3種類のバイオディーゼルはハイオレック紅花油メチルエステル（SFME_{HO}）、ハイリノレック紅花油メチルエステル（SFME_{HL}）、亜麻仁油メチルエステル（LME）であり、SFME_{HO}はオレイン酸メチル、SFME_{HL}はリノール酸メチル、LMEはリノレン酸メチルを多く含む。不飽和度が増えると着火性が悪くなり、燃焼が悪くなって、排ガス濃度が増加することが分かった。

第5章では、第4章の実験結果から得られた知見を用いて、第3章の実験結果を考察し、バイオディーゼルの燃料性状および燃焼・排ガス特性に及ぼす脂肪酸組成の影響を詳細に検討した。さらに、第3章と第4章の実験データから、7種類の脂肪酸メチル単一物質（ラウリン酸メチル、ミリスチン酸メチル、パルミチン酸メチル、ステアリン酸メチル、オレイン酸メチル、リノール酸メチル、リノレン酸メチル）の排ガスデータ（HC、CO、NO_x、Smoke濃度）を計算により導出した。第3章のバイオディーゼルおよび第4章の不飽和脂肪酸を多く含むバイオディーゼルに対し、脂肪酸メチル単一物質の排ガスデータから見積った排ガスの計算値と実験値は比較的良好な精度で一致した。

第6章では、以上の各章で得られた結論を総括した。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第273号	氏名	Thet Myo
審査委員	主査	木下 英二	
	副査	門 久義	福原 稔
		片野田 洋	
<p>学位論文題目 The Effect of Fatty Acid Composition on the Combustion Characteristics of Biodiesel (バイオディーゼルの脂肪酸組成の違いによるディーゼル燃焼特性)</p> <p>審査要旨</p> <p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は再生可能なディーゼル代替燃料であるバイオディーゼル燃料 (BDF) に対し、燃料性状およびディーゼル燃焼特性に及ぼす脂肪酸組成の影響について述べたもので、全文6章より構成されている。</p> <p>第1章は、エネルギー・環境問題、BDFの利点、原料である植物油、ディーゼル機関について説明し、BDF製造方法、植物油およびBDFのディーゼル燃焼・排ガス特性に関して文献を調査し、課題や検討項目を整理し、研究目的を述べている。</p> <p>第2章では、実験装置、実験方法、データ解析および整理方法について述べている。</p> <p>第3章では、脂肪酸組成の異なる5種類の植物油BDFを製造し、これらを直噴式ディーゼル機関に適用して実験を行い、燃料性状および燃焼・排ガス特性についてJIS 2号軽油を含めて比較検討している。飽和脂肪酸メチルを多く含むココナツ油BDF、パーム油BDFおよびパーム核油BDFが不飽和脂肪酸メチルを多く含むなたね油BDFや大豆油BDFより燃焼が良好であり、排ガスが低濃度であることを示している。</p> <p>第4章では、飽和脂肪酸メチルの炭素数の違いを検討するために、5種類の脂肪酸メチルの試薬を用いたエンジン実験を行い、飽和脂肪酸メチルの炭素数が多いほど着火性は良くなり、炭素数が少ないほど酸素含有率が増加して、排ガス中のHC、CO、Smoke濃度が低減することを示している。さらに、脂肪酸メチルの不飽和度の違いを検討するために、不飽和脂肪酸を多く含む3種類の植物油BDFを用いてエンジン実験を行い、不飽和度が増えると着火性、燃焼特性が悪くなり、排ガス濃度が増加することを示している。</p> <p>第5章では、第4章で得られた知見を用いて、第3章の植物油BDFの実験結果を詳細に検討し、植物油BDFの排ガス濃度の推算方法を提案している。第3章と第4章の実験値から、7種類の脂肪酸メチル単一物質 (ラウリン酸メチル、ミリスチン酸メチル、パルミチン酸メチル、ステアリン酸メチル、オレイン酸メチル、リノール酸メチル、リノレン酸メチル) の排ガスデータ (HC、CO、NOx、Smoke濃度) を計算により求め、これら単一物質の排ガスデータから見積った植物油BDFの排ガスの計算値が第3章および第4章の実験値と比較的良好な精度で一致することを示している。</p> <p>第6章は、以上の各章で得られた結論を総括した。</p> <p>以上、本論文は、バイオディーゼル燃料 (BDF) のディーゼル燃焼特性に及ぼす脂肪酸組成の影響について検討を行い、脂肪酸メチルの炭素数および不飽和度が着火性や排ガス特性に大きな影響を与えることを明らかにし、植物油BDFのディーゼル排ガス濃度の推算方法を提案したものである。これらの結果は、学術的にも工業的にも有用であり、今後のBDFの開発・利用に大きく寄与する。</p> <p>よって、審査委員会は博士 (工学) の学位論文として合格と判定する。</p>			

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第273号	氏名	Thet Myo
審査委員	主査	木下 英二	
	副査	門 久義	福原 稔
		片野田 洋	
<p>最終試験は、平成20年1月31日に行われた論文発表会において実施した。学位論文の内容が説明され、その後、質疑応答が行われた。以下に主な質疑応答を示す。</p> <p>質問1：バイオディーゼル燃料（BDF）の排ガス推算方法について、混合比による線形結合の式を使っているが、実験データには非線形性の強いものもあるようだ。線形結合の式で表すことは妥当か？</p> <p>回答1：非線形性の強い実験データはリノール酸メチルとリノレン酸メチルを多く含む植物油BDF（ハイリノレック紅花油BDF、亜麻仁油BDF）であり、これらのBDFは他に比べて不純物の含有率が高いので、実験データに精度が劣る部分もあり、定量評価においては実験データの精度向上が今後の課題であると考えている。しかし、これらのBDFは実際には利用されることはほとんど無い。本推算の目的は実際に利用されている、または、利用の可能性が高い植物油BDFの脂肪酸組成の範囲に限定し、これら植物油BDFの排ガス濃度を見積る方法を提案することである。本推算ではこれらのBDFに重みをつけた修正方法を用いているので、排ガス濃度を線形結合の式で表すことは十分妥当で、その推算精度は高い。</p> <p>質問2：BDFの排ガス推算方法について、実験データから脂肪酸メチル単一物質の排ガス濃度を計算しているが、収束計算にはどのような方法を用いているのか？</p> <p>回答2：7種類の植物油BDFの実験値と計算値が一致する（実験値と計算値の差の総和Sが十分小さくなる）ように、7種類の脂肪酸メチル単一物質の内、6種類の排ガス濃度を収束計算によって求めている。6種類の脂肪酸メチル単一物質の排ガス濃度に初期値を与え、非常に小さい刻み幅（相対誤差で0.1%）だけ＋方向と－方向にそれぞれ変化させ、その中でSが最も小さくなる場合の脂肪酸メチル単一物質の種類とその変化方向を選択し、選択された脂肪酸メチル単一物質の排ガス濃度を選択された方向に刻み幅だけ修正し、次のステップへ進める。これを繰り返して、徐々に6種類の脂肪酸メチル単一物質の排ガス濃度をSが最も小さくなる最適値に収束させる。</p> <p>質問3：MOS50等の試薬による実験データについて、推算値は実験値と一致しているか確認はされているのか？</p> <p>回答3：確認しており、推算値と実験値は十分な精度で一致している。</p> <p>質問4：実験条件を回転数2000rpm一定とした根拠は何か。また、他の回転数では実験データはどのように変化するのか？</p> <p>回答4：供試機関の定格回転数が2200rpmであるので、90%程度の回転数を選定しており、ディーゼル機関では高出力の場合（高回転数の場合に高出力を得られる）において排ガス濃度（NO_xとSmoke）が高くなるので重要となる。回転数が変わっても、クランク角度に対する燃焼速度はあまり変わらないので、基本的な燃焼特性は類似しており、高回転の場合で負荷の変化に対する特性を把握しておけば十分である。</p> <p>その他の質疑応答が行われ、いずれも明瞭かつ的確な回答がなされた。</p> <p>以上の結果から、4名の審査委員は、本人が大学院博士後期課程修了者としての学力ならびに見識を有するものと認め、博士（工学）の学位を与えるに足りる資格があるものと認定した。</p>			