

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 阿部 雅弘
 学位 博士 (工学)
 学位記番号 新大院博 (工) 第 473 号
 学位授与の日付 平成 30 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
 博士論文名 添加物ウィンタリゼーションによるバイオディーゼル燃料低温流動性の改善方法の開発

論文審査委員 主査 教授・山際 和明
 副査 教授・清水 忠明
 副査 教授・木村 勇雄
 副査 教授・金 熙濬
 副査 教授・藤澤 延行
 副査 准教授・多島 秀男

博士論文の要旨

バイオディーゼル燃料 (BDF) は、植物油をメチルエステル化して得られる軽油代替燃料である。BDF は植物由来の再生可能資源であり、廃食油を原料として利用することもできるので、エネルギー資源枯渇問題を解決する選択肢の一つとなる。加えて、BDF はカーボンニュートラルであり、硫黄分を含まないことから、温室効果ガス排出抑制や大気汚染防止への一助になる。しかし、BDF に含まれる高融点飽和脂肪酸メチルが低温で固化するために BDF の利用が限られるのが現状である。BDF を普及させるためにはその低温流動性を改善することが課題である。改善方法としては、低温流動性を悪化させる原因物質である高融点飽和脂肪酸メチルを分離する方法が最も効果的である。その中でも、低温で固化する固体粒子と液体を分離するウィンタリゼーションはその汎用性や将来性が高い。しかし、固体粒子間隙中に液体が取り込まれるため分離性能が低く、操作も経験的である。ウィンタリゼーションを効果的に行うためには高融点成分の結晶形成や固液分離操作に関して化学的・工学的に検討する必要がある。

本研究では、BDF の低温流動性を向上させる新たな成分分離方法を提案することを目指した。特に非イオン性界面活性剤であるソルビタン脂肪酸エステル (Span) を利用した新しいウィンタリゼーション法を開発し、分離操作としての有効性と実用性を化学的、機械的操作の観点から検証した。このための方法として本研究では植物油由来 BDF の主要成分である飽和脂肪酸メチルと不飽和脂肪酸メチルを混合した疑似 BDF を用いた。はじめに熱力学的観点から、低温下で疑似 BDF の結晶化開始温度 (曇り点) と形成する固体粒子凝集性を改善する添加物の影響を実験的・理論的に検証した。各種アルコールや界面活性剤の影響を検討し、特に Span が脂肪酸メチルとの相互作用によって固相の様相を改善する効果が高いことを示した。次に、この結果に基づき、低温分離方法として、Span を添加した添加物ウィンタリゼーションを提案した。BDF 中の飽和脂肪酸メチルと構造類似性を有する Span40 と Span60 を 0.5wt% 程度添加する条件が、固形分のろ過を必要とせずに液体回収率を高くできるとともに低温流動性を改善する効果が最も高いこと示した。最後に実用化を目指して攪拌操作の効果を検討し、Span を利用した W/O エマルション化ウィンタリゼーションが飽和脂肪酸メチル 90wt% 以上の粗大な粒子を回収できる方法として提案した。

本論文は、以下の5章から構成される。

第1章では、本論文の背景を概観し、バイオディーゼル燃料の低温流動性改善法に関する既往法や既往の研究を述べた。これらをふまえて本研究の意義と目的、社会的重要性について述べた。

第2章では、バイオディーゼル燃料の低温流動性・結晶化および固体粒子凝集性に対する添加物の影響を添加物改質法の手法に基づいて理論的、実験的に検討し、非イオン性界面活性剤のSpanが添加物質として非常に有効であることを明らかにした。

第3章では、脂肪酸メチルエステルとSpan類の低温下での相互作用についてSpan類を添加物としたウインタリゼーションにより検討し、Spanの官能基が結晶化挙動と分離性及びその影響を明らかにした。また、Spanを用いた添加物ウインタリゼーションが攪拌操作やろ過を必要としない新たなバイオディーゼル燃料分離精製法となることを示した。

第4章では、実用化を目指して従来法の機械的操作によるウインタリゼーションへの添加物の影響を検討し、Spanの添加がその相互作用により生成粒子形状を制御できることを示した。特に粗大粒状粒子の形成はW/Oエマルジョンによる種晶効果に起因することを明らかにし、実用化可能な方法としてエマルジョン化ウインタリゼーションを提案した。

第5章では、この論文で得られた知見の概略と結論、さらに本研究の今後の応用展開について述べた。

審査結果の要旨

審査は、提出された論文草稿に対する書面審査、および平成30年2月19日(月)午前10時00分から約2時間(発表1時間、質疑・討論1時間)にわたって行われた公開論文発表会での口頭審査の両面から行われた。審査委員会は上記の学位申請論文(以下、論文)について以下の項目を中心にして審査を実施した。

- ・学位申請希望者による論文説明として、研究の意義、背景、目的、実験方法、研究の新規性、結果の解析法、結論と今後への展望
- ・論文内容に対する質疑・応答
- ・専門知識や関連分野の知識

本論文は、非イオン性界面活性剤を添加物としたバイオディーゼル燃料の新しい分離・精製法の提唱を行っており、エネルギー・環境問題に関わる混合物の分離性やその分離手法の実用化に向けてのアプローチがなされている。このように本論文では、エネルギー・環境問題に関わる分離手法の実用化に対する今後の応用が期待される内容が含まれているため、工学的に充分意義のある論文となっている。

審査の結果、論旨、実験方法、実験結果の解析法、学術上の知識ともに学位論文として充分であり、また学位申請希望者の学力や語学力も博士の学位にふさわしいと評価した。さらに本内容は、いずれも筆頭著者でレフリースシステムの確立された学術雑誌に3件掲載されており、学術価値が高いとの認識が得られた。

よって、本論文は博士(工学)の博士論文として十分であると認定した。