

研究成果報告書

所属機関
名城大学 理工学部

職名
助教

氏名
村上 祐一

研究テーマ

高性能な植物系絶縁油作製のためのエステル交換反応プロセスの構築

研究報告

1. 研究の背景と目的

電気絶縁油には石油由来の鉱油が広く使われている。近年では鉱油よりも低環境負荷材料である植物油を絶縁油として利用することが検討されている。しかし、動粘度の高い植物油は鉱油よりも冷却機能が悪い。植物油の動粘度はエステル交換反応により低下させることができる。本研究では、絶縁油としての植物油の最適なエステル化プロセスを検討し、従来広く使用されている鉱油に匹敵する低環境負荷の植物油系絶縁製作油を目指した。

2. 研究成果および考察

2.1 試料油の作製

本研究では、大豆油(日清オイリオグループ(株), 大豆白絞油)および米油(築野食品工業: 米白絞油)を使用した。図1には植物油のエステル交換反応プロセスの様子を示す。本研究では、植物油1,000 mLに触媒 (NaCl, KCl, Mg(OH)₂)を溶かしたエタノール(300 mL)を加え、60 °Cで1時間加熱攪拌を行った。その後、24時間以上静置し、エステル油とグリセリンの二層に分離させ、そこからエステル油だけを抽出した。その後、エステル油中の不純物を十分除いたものを試料油とした。

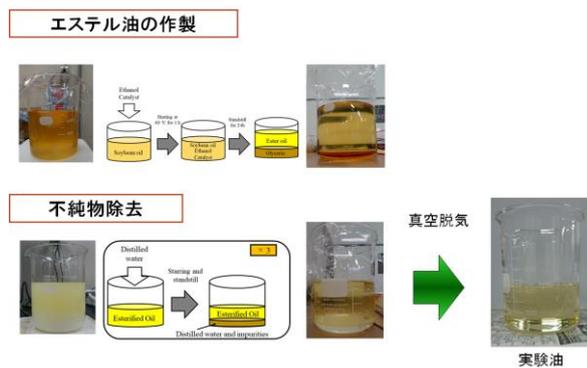


図 1

2.2 実験方法

作製した試料油の動粘度を以下の式(1)から算出した。

動粘度=粘度/密度・・・(1)

粘度測定には振動式粘度計(セコニック: VM-10A)を、密度測定にはポータブル密度比重計(京都電子工業: DA-130N)を用いて測定した。この粘度計は、本助成金にて購入させて頂いたものである。

図2に実験回路の概略図を示す。球-球電極のギャップ長は室温下で0.25 mmに設定した。室温下で試料油に交流ランプ電圧(1 kVrms/s, 60 Hz)を印加することで、絶縁破壊電圧を調査した。

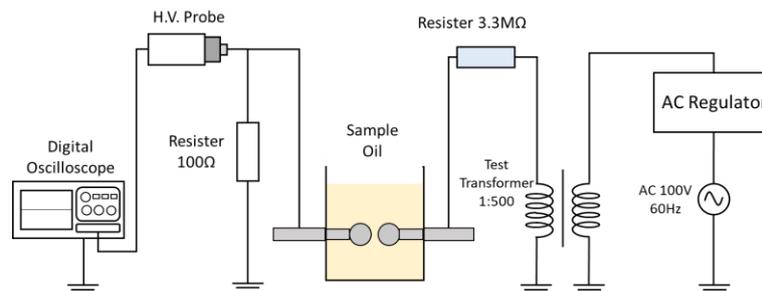


図 2

2.3 研究成果および実験結果

2.3.1 大豆エステル油の性能

図3に大豆エステル油の動粘度に及ぼす触媒の影響を示す。動粘度(縦軸)が高いと、絶縁油内の冷却性能が悪くなり事故につながる。図3中の動粘度は低い値が望ましい。大豆油の動粘度はNaOHおよびKOHを用いたエステル交換反応により低下することが示された。この低下した動粘度の値は、鉱油由来の絶縁油のものと同程度である。一方、 $Mg(OH)_2$ を用いたエステル交換反応により作製した大豆エステル油の動粘度は、大豆油(未エステル交換反応)のものと同程度であった。今回の触媒量の範囲では、動粘度は触媒量の増加に伴い減少しているように見える。

図4に大豆エステル油の交流絶縁破壊特性に及ぼす触媒の影響を示す。高電圧機器内で使用される絶縁油では、図4中の交流絶縁破壊特性(縦軸)は高い方が望ましい。この縦軸が低いと、低い電圧で絶縁破壊を起こし、事故につながる。大豆エステル油の交流絶縁破壊特性は、大豆油(未反応)のものと同程度以上である。特に、KOHを用いてエステル交換反応を実施した大豆エステル油の交流絶縁破壊特性は、大豆油のものに比べて向上したことがわかる。今回の触媒量の範囲では、交流絶縁破壊特性と触媒量に相関は見られなかった。

以上より、NaOHおよびKOHを用いてエステル交換反応した大豆エステル油は、鉱油の動粘度および交流絶縁破壊特性と同程度以上の値を持つことが示された。大豆エステル油は鉱油に替わる“低環境負荷の電気絶縁油”になる可能性を持つ。

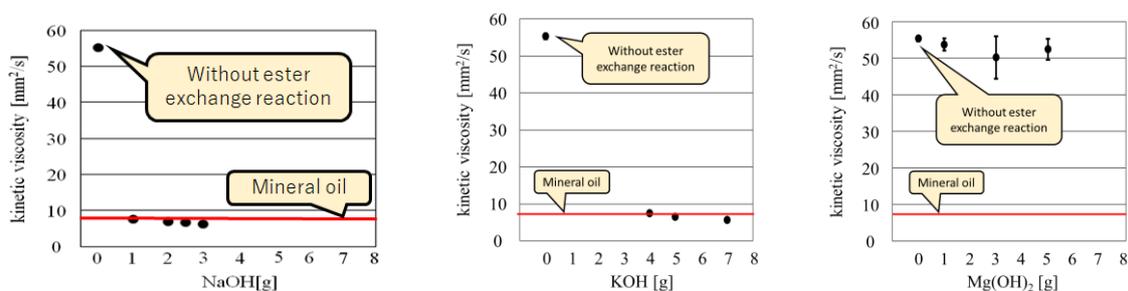


図 3

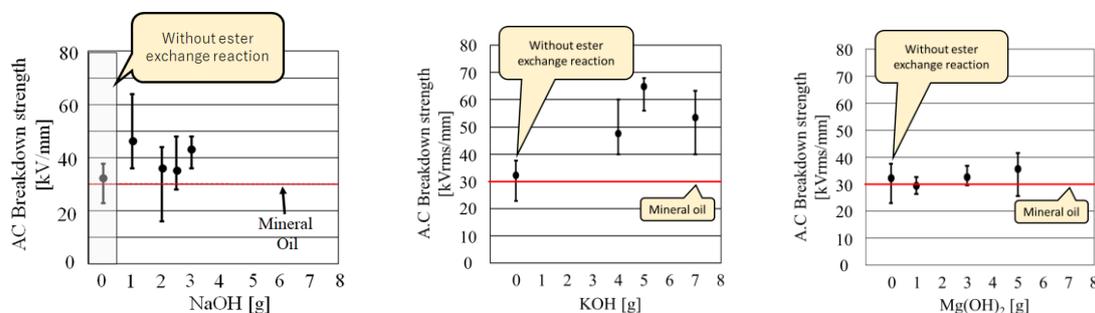


図 4

2.3.2 米エステル油の性能

図5に米エステル油の動粘度および絶縁破壊特性に及ぼす触媒種の影響を示す。大豆エステル油製作時と同様に、エステル交換反応により米油の動粘度が低下することが確認できた。特に、NaOHおよびKOHを用いたエステル交換反応により動粘度は低下し、鉱油のものと同程度である。一方、 $Mg(OH)_2$ を用いたエステル交換反応により作製した米エステル油の動粘度は、米油(未エステル交換反応)のものと同程度であった。

米油の交流絶縁破壊特性は、エステル交換反応により向上することがわかる。特に、KOHおよびNaOHを使用したエステル交換反応により生成した米エステル油の交流絶縁破壊特性は、鉱油のものと同程度以上であった。

以上をまとめると、NaOHおよびKOHを使用したエステル交換反応により大豆油および米油の動粘度は、鉱油のものと同程度まで低下する。これらの植物油の交流絶縁破壊特性も鉱油のものと同程度以上のものが得られた。電気絶縁油として、植物油は鉱油に替わる低環境負荷の絶縁油として期待ができる。

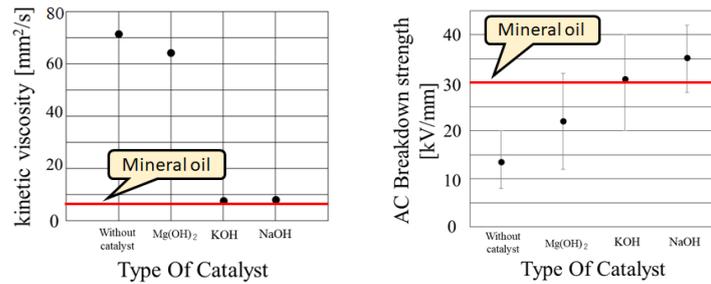


図 5

3. 将来展望

エステル交換反応には反応時間が必要である。今後の課題として、高い性能を持つ植物系エステル油作製のための詳細な試薬反応時間と絶縁油性能の検討が必要であると考えている。また、廃棄物を用いた絶縁油作製条件を検討することで、絶縁油材料の低環境負荷に貢献したい。

4. 研究発表

- *Yuichi Murakami, Yuji Muramoto: Effect Ester Exchange Reaction on the Breakdown Properties of Soybean Oil,” 2019 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP2019), pp. 34-37 (1-6) (2019)
- *長井宏樹, 山田卓哉, 石黒泰誠, 村上祐一, 村本裕二:「大豆油の交流絶縁破壊の強さに及ぼす触媒(水酸化マグネシウム)の影響」, 令和元年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 (Po2-16) (2019)
- *長井宏樹, 山田卓哉, 石黒泰誠, 村上祐一, 村本裕二:「エステル交換反応を用いた低動粘度植物系電気絶縁油の作製」, 静電気学会講演論文集 2019 pp. 113- 114(12pC-13) (2019)
- *長井宏樹, 山田卓哉, 石黒泰誠, 村上祐一, 村本裕二:「大豆エステル油の交流絶縁破壊電圧に及ぼす触媒の影響」, 第 50 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム pp. 211- 212(MVP4-2) (2019)
- *石黒泰誠, 長井宏樹, 村上祐一, 村本裕二:「米エステル油の絶縁破壊特性」, 電気学会研究会資料誘電・絶縁材料/電線・ケーブル合同研究会 pp. 1- 4 (DEI-19-91, EWC-19-20) (2019)

なお、現在本助成内容の学術論文を執筆中です。