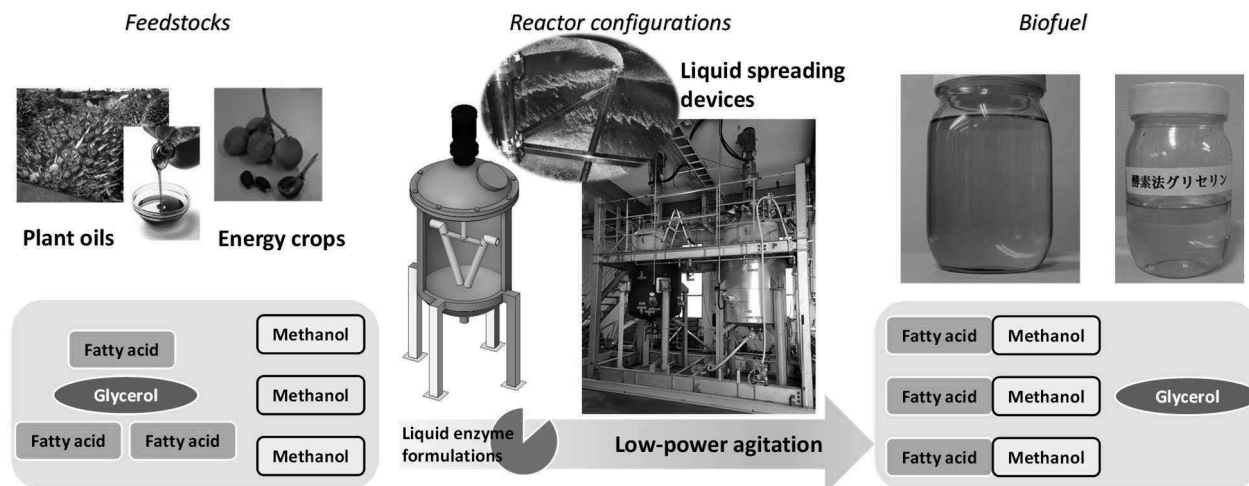


液体酵素を用いたバイオディーゼル燃料製造における 小動力散液デバイスの攪拌効果

濱 真司^{1*}・松浦 健介¹・荻野 千秋³・向田 忠弘²・野田 秀夫^{1,2}

¹Bio-energy 株式会社, ²関西化学機械製作株式会社, ³神戸大学大学院工学研究科
〒660-0053 尼崎市南七松町 2-9-7 Bio-energy 株式会社 R&D 研究所
Tel: 06-6418-0810 Fax: 06-6419-8915
E-mail: hama@bio-energy.jp



液体リパーゼ酵素を含む水相と油相の二液を混合する植物油のエステル交換反応では、攪拌中の動力負荷が大きいことが課題であった。本研究では、この二液相の攪拌に特殊な散液デバイス（WW ミキサー®）を適用した場合に、従来翼より小動力でバイオディーゼル燃料を製造できることが示された。今後の展望として、各種の混相流を取り扱う本デバイスの応用事例も紹介する。

1. 背景と目的

植物油脂から得られる長鎖脂肪酸メチルエステルがバイオディーゼル燃料 (BDF) として利用されるようになって久しく、本学会の英文誌で酵素法の論文^{1), 2)}が発表されて以来、含水系のメタノリシス反応に関する研究が世界中で活発に行われるようになった。その後、リパーゼの改変や使用方法を含む種々の研究が進み³⁾、液体リパーゼ製剤を直接かつ安価に利用することが可能となっている。

上記酵素を用いるプロセスでは、油相と水相の二液を攪拌した後、相分離によって長鎖脂肪酸エステル(油相)とグリセリン(水相)を得る。攪拌中は、比重の大きいグリセリンの副生など反応液の組成や性状が経時的に変化する中で、少量の水を細かく分散させて油水

界面での触媒作用を促進することが鍵となることから、攪拌に伴う大きな動力負荷 (1kW/m³ 以上) が課題であった。この課題は、BDF 製造工程の CO₂ 排出量の増加だけでなく、スケールアップに際して攪拌モーターなど機器の選定にも实际的に影響する。

そこで本研究では、液体リパーゼ製剤を用いる BDF 生産系 (W/O 型エマルジョン) の混合分散を、従来よりも小さい攪拌動力で実現し、そのシステムを実用規模までスケールアップすることを目的とした。

2. 材料と方法

図1のように、液中に浸漬した多段のブレードなどで流体をかき混ぜる従来の攪拌機構と異なり、V字型に配置したパイプを回転させる攪拌機構を採用した。後者 (WW ミキサー) は、攪拌翼の遠心力によって槽底

付近の液を液面より上方で吐出する散液デバイスであり、液体への剪断力によらず、異なる場所の液を合わせるように混合する特徴を有する。

攪拌混合システム	従来	WWミキサー®
概要図		
攪拌原理	液中をかき混ぜて流れを発生させ、均一に分散させる	回転するパイプの遠心力で液体を持ち上げ、上下流動させる
攪拌動力 (電力消費)	大 (1kW/m³程度が一般的)	小 (従来比50%以下)

図1. 攪拌混合システムの比較
(左：従来翼の例，右：散液デバイス)

本研究では、1~3L スケールのガラス製フラスコによる実験と CFD 解析で当該技術の原理を確認し、*Thermomyces* 属リパーゼを用いて種々の植物油脂から BDF を製造するための基本反応系を構築した。なお、メタノールを一括添加する方式にすることで、反応器の操作条件（例：攪拌翼の形状や回転数）ごとの反応速度評価を容易にした。

スケールアップでは、攪拌所要動力を指標にして、ベンチプラントを用いた 50L スケールの実証を行い、次いで 1,000L スケール（全容 1.5m³ の反応槽 2 基）の実証を行った。反応槽内の流動を考慮して、中心攪拌と偏心攪拌の両方の分析結果を導出した。

3. 結果と考察

本研究の反応液は、油脂中に水、酵素、グリセリンなどを含むエマルジョン（分散質の平均粒子径は 5~6μm）であった。グリセリンが副生するに従い、比重の大きな水相が槽底付近で滞留しやすくなるが、パイプに吸い上げられた該液体は液面上部の空間へ吐出され、槽壁へ衝突後に重力と旋回流に従って槽底付近に到達し、同パイプによって再び吸液された（図2）。このような上下流動を繰り返すことで、小動力でありながら混合分散が促進されていることが示唆された。

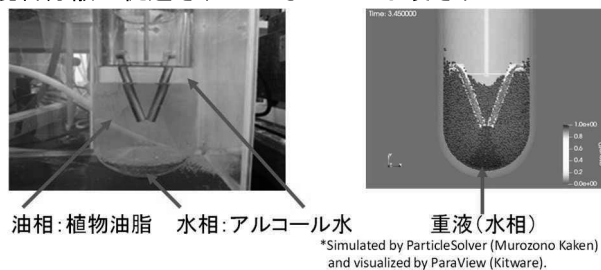


図2. 二液相の反応液と流体シミュレーション

モデル反応液として精製パーム油およびパーム酸油を使用したところ、単位体積あたりの攪拌所要動力 (Pv 値) が約 0.1kW/m³ で攪拌 24h 後の残留グリセリド濃度が規格を満たすことが分かった（図3）。動力基準のスケールアップ結果の詳細は本講演で発表する。

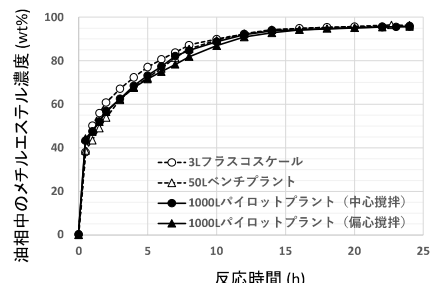


図3. パーム油のメタノリシス反応

4. 今後の展望

本稿では、二液相でエマルジョンを作製する事例を示したが、図4のように各種の混相流を取り扱う用途でも散液デバイスの特徴を活かせる可能性がある。本講演ではその可能性の一端を紹介したい。

混相流	液-液	固-液	気-液
概要図			
特徴	・小動力で液体を混合 ・比重差が大きくても可 ・剪断力が小さい ・槽壁などへの衝突で混合が促進	・剪断力が小さく、細胞や結晶などをつぶさない ・固体の上下循環が良好 ・吐出方向も変更可	・槽壁でガス吸収/放散 ・槽壁での熱移動が可能 ・上部空間にガス供給する場合、低い供給圧力でもよい
用途例	混相系反応(有機合成・分解)・乳化・液液抽出	固体触媒反応・培養・晶析・吸着	ガス吸収・蒸発・培養

図4. 想定される散液デバイスの用途と特徴

謝 辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業 (JPNP10020) の結果得られたものです。

文 献

- 1) Kaieda, M., *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, **88**, 627-631 (1999).
- 2) Fukuda, H., *et al.*: *J. Biosci. Bioeng.*, **92**, 405-416 (2001).
- 3) Hama, S., *et al.*: *Curr. Opin. Biotechnol.*, **50**, 57-64 (2018).