

触媒を使わないバイオディーゼル燃料製造技術

ー世界初、「無触媒過熱メタノール蒸気法」による

バイオディーゼル燃料製造実証試験に成功ー

農研機構 食品総合研究所，東京大学，滋賀県立大学と鹿島建設(株)は，「無触媒過熱メタノール蒸気法」実証試験施設（計画日製造量0.4kL）によるパイロットスケールでのバイオディーゼル燃料製造に成功しました。

本技術は，これまでの一般的なバイオディーゼル燃料製造技術（アルカリ触媒法）とは異なり，高温に加熱した原料（油）と高温のメタノール蒸気をほぼ大気圧下で反応させることによってバイオディーゼル燃料の成分である脂肪酸メチルエステル（FAME）を製造するものです。この製造法は，アルカリなどの触媒や超臨界条件を必要としないため，シンプルな設備構成でFAMEの製造が可能であり，原理的に廃水・廃液の発生がほとんどなく，副産物として純度の高いグリセリンが回収できるという特長があります。また，原料として，幅広い品質の廃食油や栽培植物油を使用することができます。再生可能なバイオマスを原料とするバイオディーゼル燃料は，化石燃料の消費を削減すると同時に廃棄物である廃食油の有効再利用を可能とします。

今回の実証試験の成功により，従来法の問題を克服した「無触媒過熱メタノール蒸気法」によるバイオディーゼル燃料の実用化に向け大きく前進することができました。

本研究は、農林水産省委託プロジェクト「地域活性化のためのバイオマス利用技術の開発」予算で実施されました。

【研究実施機関】

農業・食品産業技術総合研究機構（茨城県つくば市） 理事長 堀江 武
国立大学法人 東京大学大学院農学生命科学研究科（東京都）教授 相良泰行
公立大学法人 滋賀県立大学大学院工学研究科（彦根市）教授 山根浩二
鹿島建設株式会社（東京都） 代表取締役社長 中村満義

研究推進責任者：食品総合研究所 所長 林 徹

研究担当者：食品総合研究所 反応分離工学ユニット長 鍋谷浩志

TEL 029-838-7323

広報担当者：食品総合研究所情報広報課長西田 信博

TEL 029-838-7992 FAX 029-838-7996

本資料は筑波研究学園都市記者会，農政クラブ，農林記者会に配布しています

【参 考】

《背景とねらい》

近年、地球温暖化や化石資源枯渇問題を背景に、バイオディーゼル燃料が代替燃料として注目されています。バイオディーゼル燃料とは、植物油脂や動物油脂などの再生可能な資源からつくられるディーゼル代替燃料で、カーボンニュートラル、再生可能なバイオマス燃料、排ガスが軽油に比べてクリーンであることなどが特徴です。

動植物油をディーゼル代替燃料として使用するため、現在、実用化されているのはアルカリ触媒を用いたメチルエステル化法のみです。この方法では、目的の反応産物であるバイオディーゼル燃料の成分「脂肪酸メチルエステル (FAME)」から、副産物のグリセリンやアルカリ触媒を除去するための複雑な精製工程が必要となります。洗浄廃水処理では、通常、製品の純度を高めるために洗浄工程を複数回実施するので、工程数及び廃水量が共に多いという問題もあり、バイオディーゼル燃料製造プロセスによる環境への負荷が避けられません。また、精製工程がシステムの構成を複雑なものとしており、コスト低減の障害となっています。

そこで、これらの問題を克服することが可能な油脂のディーゼル代替燃料化技術を開発し、廃食油等の天然油脂の効率的なエネルギー化を図りました。

《成果の内容・特徴》

1. 「無触媒過熱メタノール蒸気法」によって、油脂類から FAME を製造できることは、食品総合研究所や東大などのこれまでのプロジェクトの研究開発成果として、実験室スケールで明らかにされていました。
2. 実証試験

今回、「無触媒過熱メタノール蒸気法」によって1日あたり500Lの原料油から400L以上のバイオディーゼル燃料を連続製造する能力を有するパイロットプラントを設計・建設(図1, 図2)し、植物油(新油)や実際の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料の製造試験に成功しました。パーム油を主体とした廃油を用いた試験結果では、1日あたり425LのFAMEの製造能力を確認しています。

本成果は、「無触媒過熱メタノール蒸気法」によるパイロットスケールでのバイオディーゼル燃料連続製造の世界初の成功例です。

【本成果の意義】

原料油の品質に左右されにくく、脂肪酸メチルエステル（FAME）の大量・連続製造に適した無触媒過熱メタノール蒸気法は、設備や工程が比較的単純で、純度の高いグリセリンの回収が可能であり、廃液や廃水の発生量が極めて少ないことなどから、バイオディーゼル燃料の最終的な製造コストを大きく低減できる方法として期待されます。また、この方法は、アルカリ触媒を用いないので、原料中に酸が存在していても FAME 製造の妨げになりません。このため、廃食油に適した方法であると考えられ、幅広い油糧植物から得られる粗油（精製前の油）に対しても適用が期待されます。

現在、我が国における廃食油からのバイオディーゼル燃料生産量は、年間約 0.5 万 kL ですが、国内では年間発生量約 40 万トンに及ぶ廃食油の最大約 1/3 がバイオディーゼル燃料製造に使用できると推定されており、これをすべて燃料原料として利用すれば 10 万 kL 程度のバイオディーゼル燃料が製造できると試算されます。

雑多な性状を持つ国内外の栽培植物油などを原料とした低コスト・大規模製造にも対応できる可能性を持つ「無触媒過熱メタノール蒸気法」による FAME 製造試験の成功は、バイオ燃料の普及に向けた重要な前進であると言えます。

【今後の展開】

現在、試験設備で製造される FAME（未精製）の純度は概ね高い成果を得ていますが、品確法（「揮発油等の品質の確保等に関する法律」）で定められている一項目が基準値をやや越えているため、本プロジェクトでは、製造工程及び反応条件の最適化を通じて、シンプルな設備機構を損なうことなく産物の一層の高品質化を実現するための研究開発を継続実施しています。今後、本施設による物質収支やエネルギー収支などのエンジニアリングデータの収集を継続し、本技術の実用化を進めてまいります。

《バイオディーゼル燃料の製造法について》

バイオディーゼル燃料は、油脂の分子から脂肪酸を取り出し、メタノールと反応させて脂肪酸メチルエステル（FAME）に変換することで製造されます。脂肪酸とメタノールの反応（エステル交換反応）を促進する方法はいくつか知られていますが、現在、もっとも普及している方法はアルカリ触媒法です。

1) アルカリ触媒法（図3）

アルカリ触媒法では、エステル交換反応の触媒として水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）や水酸化カリウムを用います。反応産物の内、目的産物である FAME（バイオディーゼル燃料）は水に溶けませんが、副産物であるグリセリンやアルカリ触媒は水溶性なので、反応産物を水で洗浄することによって FAME を分離・精製します。洗浄廃水に含まれるグリセリンは、本来は工業原材料として有価物ですが、廃水にはアルカリなどの不純物も含まれているのでグリセリンの再利用が難しいという欠点があります。また、洗浄廃水は適切に処理する必要がありますが、通常、製品の純度を高めるために洗浄工程を複数回実施するので、工程数及び廃水量が共に多いという問題もあります。さらに、廃食油などの原料油に遊離脂肪酸が含まれている場合、アルカリ触媒との中和反応が起こるので前処理工程が必要となり、ますます廃液の種類や工程数が増加します。これらの理由から、バイオディーゼル燃料製造プロセスの全体的な環境負荷が増大し、バイオディーゼル燃料の最終的な製造コストが高くなりがちでした。

しかし、アルカリ触媒法の操作自体は高度な技術を必要とせず、小規模のバッチ（回分）操作にも適しているために、現在では広く普及しています。

2) 無触媒過熱メタノール蒸気法（図3, 図4）

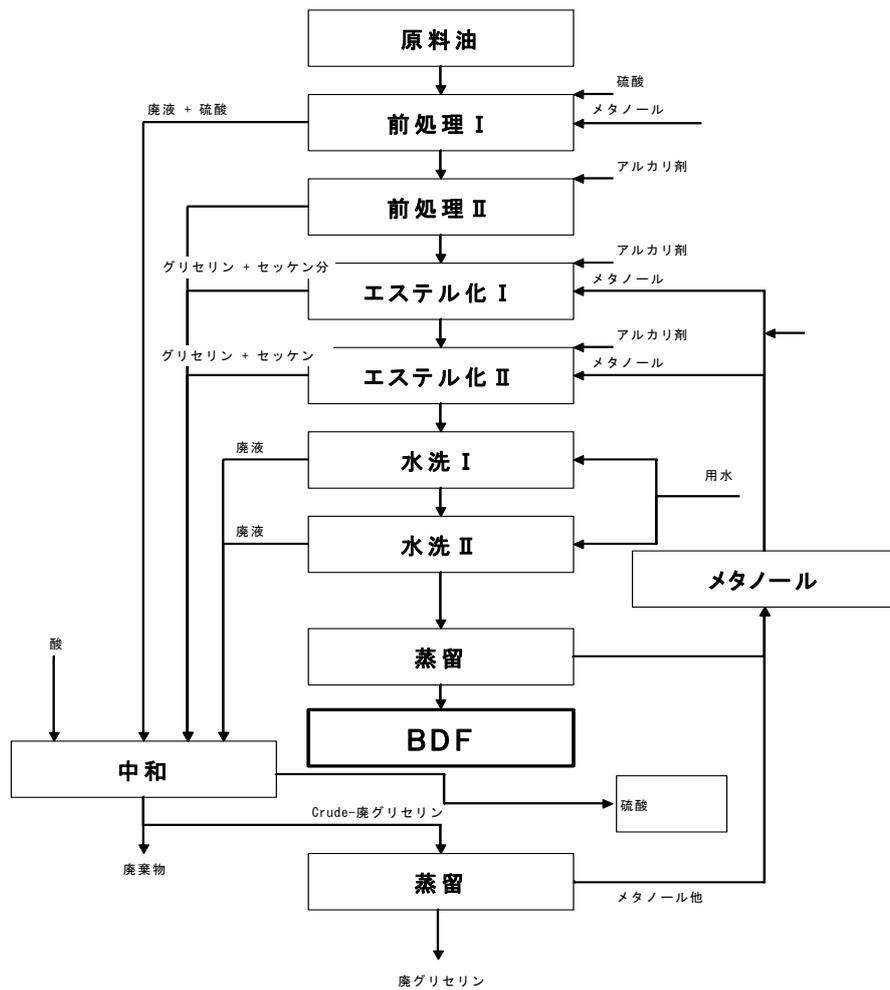
無触媒過熱メタノール蒸気法は、エステル交換反応にアルカリ触媒を必要としません。高温に加熱した原料（油）と高温のメタノール蒸気が、ほぼ大気圧下で反応することによって FAME とグリセリンが生成します。生成した FAME やグリセリンは原料油脂よりも沸点が低いために生成と同時に気化し、未反応のメタノールと共に気体（蒸気）として反応槽から排出されます。後段の気液分離装置（凝縮器）で混合ガスを冷却することによって FAME とグリセリンは凝縮・液化しますが、お互いに混じりあわないので静置すれば二層に分離し、FAME は上層成分として、ほぼ純粋なグリセリンは下層成分として回収することができます。また、未反応のメタノールは、蒸気の状態でも回収されて反応槽に送られ、再利用されます。このように無触媒過熱メタノール蒸気法は、シンプルな設備構成で FAME の生成と蒸留（精製）を同時に連続して実現できる技術です。



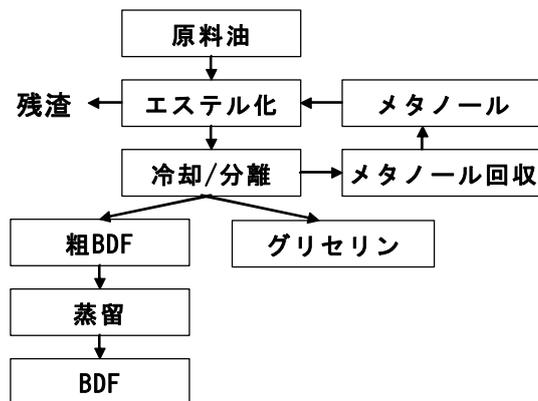
図1 バイオディーゼル燃料製造試験装置全景



図2 リアクター部



一般的なアルカリ触媒法のフロー



無触媒過熱メタノール蒸気法のフロー

図3 アルカリ触媒法と無触媒過熱メタノール蒸気法のフローの比較

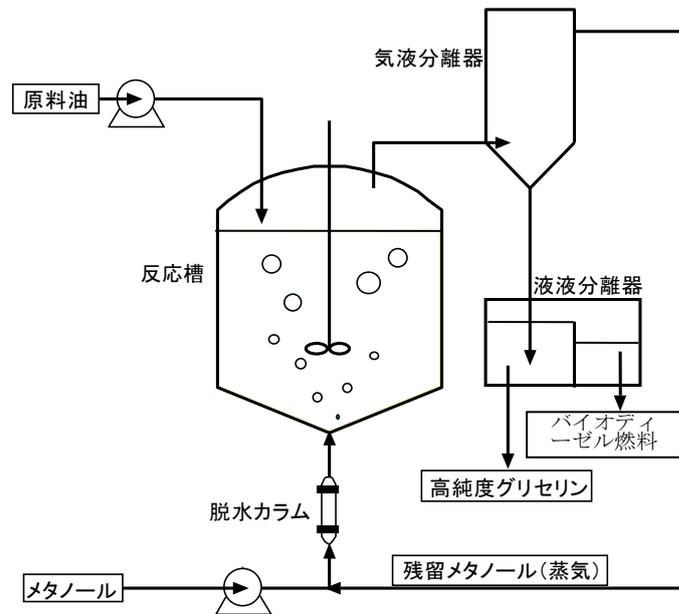


図4 バイオディーゼル燃料製造工程（無触媒過熱メタノール蒸気法）