省エネルギー，低コスト型粗悪バイオエタノール改質法の確立

所属：　北九州工業高等専門学校　生産デザイン工学科

助成対象者：山本洋司

概要

バイオエタノールの普及を図るため，低濃度の粗悪バイオエタノールに液化ジメチルエーテル（DME）を添加するだけの簡単な方法で改質できる省エネルギー／低コスト型改質法の技術を確立する.バイオエタノールにDME割合20wt%まで混合を試みたところ，容器を振るのみの簡単な方法で溶解し，長時間経ても分離しないことを確認した．アルコール濃度50wt%の低濃度バイオエタノールでは汎用エンジンを運転させることができなかったが,これにDMEを20wt%添加することで，エンジンの運転が可能となった．DMEは低濃度バイオエタノールに対する改質剤としての効果があることが実証できた.

abstract

For the spread of the use of bioethanol, we have developed an energy-saving and low-cost method reforming inferior bioethanol by simply blending liquefied dimethyl ether (DME). It was observed that liquefied DME can resolve easily up to 20wt% in bioethanol by simply shaking the mixing tank. Furthermore, the blended bioethanol/DME mixture did not separate for long time. Combustion operation with a multi-purpose engine was not feasible with low-concentration bioethanol with 50wt% alcohol, but became feasible by blending 20wt% of DME to it. This result demonstrates that DME is effective for reforming low-concentration bioethanol into augmented useful fuel.

研究内容

背景および目的

化石燃料の枯渇や，燃焼に起因する二酸化炭素（CO_2）排出による地球温暖化の問題等の解決のため，再生可能な資源で製造でき，カーボンニュートラルで燃焼時の CO_2 排出がゼロとされているバイオエタノールが代替燃料として注目されており，海外では実際に使用されている．日本でもバイオマス・ニッポン総合戦略に基づき，導入が推進されてはきた[1]．しかし，当初の予定通りの利用促進が達成されず，見直しが行われた[2]．バイオエタノールの利用妨げの理由として，燃料の規格[3]を満たすため高純度に精製する工程が必要で，この精製工程においてコストがかかっており，コスト的には従来の石油系燃料には及ばないことがある．また，精製工程に必要なエネルギー消費は大きく，Well to Tank（製造から燃料タンクまで）での製造エネルギーや CO_2 排出量が従来の化石燃料に比べ上回っている．十分に精製していない低濃度の粗製バイオエタノールを燃料として使用することができれば，精製工程を簡略化できるため，製造に必要なエネルギーやコストを大幅に低減できる．製造工程でのコストダウン，Well to Tank での省エネルギー化や CO_2 排出量の削減が実現できれば，バイオエタノールの利用は休閑地や廃棄物の有効活用ができ，Tank to Wheel（燃料タンクから使用まで）での CO_2 や有害排出物質の削減には効果的である．しかし，粗製バイオエタノールを燃焼機器に使用すると，性能低下や不具合を生じる．

そこで精製工程を経ていない低濃度の粗製バイオエタノールに改質剤として，バイオマスからの生産が可能で，着火性や燃焼特性が優れており，燃焼させてもすすの発生がほとんどないクリーンな燃料[4, 5, 6]である液化ジメチルエーテル（DME）を添加するだけの簡単な方法で改質できる，省エネルギー／低コスト型の燃料改質法を確立することを目的とする．

結果

液化 DME とバイオエタノールの溶解実験

DME 混合改質バイオエタノールを燃料として用いるためには，品質の安定化が重要で，品質を一定に保つためには，液化 DME を完全に溶解させ，長時間の保存にも分離や劣化させないこと等が必要である．そこで，溶解状態の観察と圧力測定が可能な密閉容器を製作し，混合特性を把握した．DME の蒸気圧は常温で約 0.6MPa なので[7]，DME を液体のまま維持するには容器を密閉型とする必要がある．アルコール濃度 88vol%（85wt%）のバ

イオエタノールに液化 DME を 20wt%添加したところ，液化 DME がバイオエタノールの上部に分離したままで（液化 DME 密度=0.67 kg/m^3，バイオエタノール密度=0.79 kg/m^3），容器内圧力も液化 DME の蒸気圧に近い 0.52 MPa であった．そのまま 1 日放置したが，分離したままで圧力は変化しなかった．しかし，容器を軽く振ることで液化 DME が溶解し，圧力が約 0.25MPa に低下した．その後，30 日間圧力測定を行ったのでその結果を図 1 に示す．図に示すように圧力は低下したまま維持しており，目視において分離が観察されなかったことから，長時間の保存でも分離しないと判断される．

図 2 には，液化 DME の混合割合を変化させた場合の溶解後の容器内圧力を示す．液化 DME の添加割合を増やすにつれ，容器内圧力も上昇する．

以上のように，特別な装置や製法を用いることなく液化 DME を簡単にバイオエタノールに溶解させることができ，長時間の保存も可能であることが分かった．

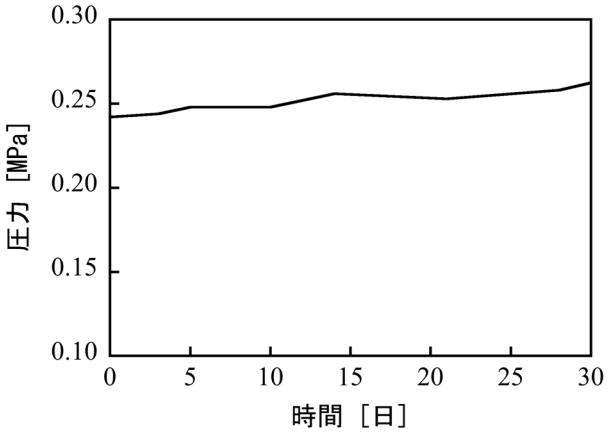


図 1　DME 改質バイオエタノールの圧力変化（DME 20wt%混合）

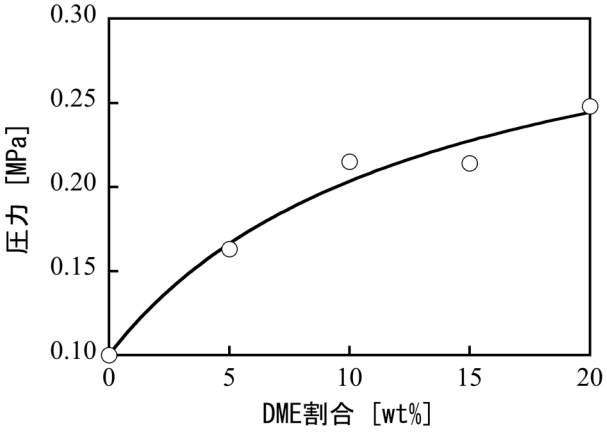
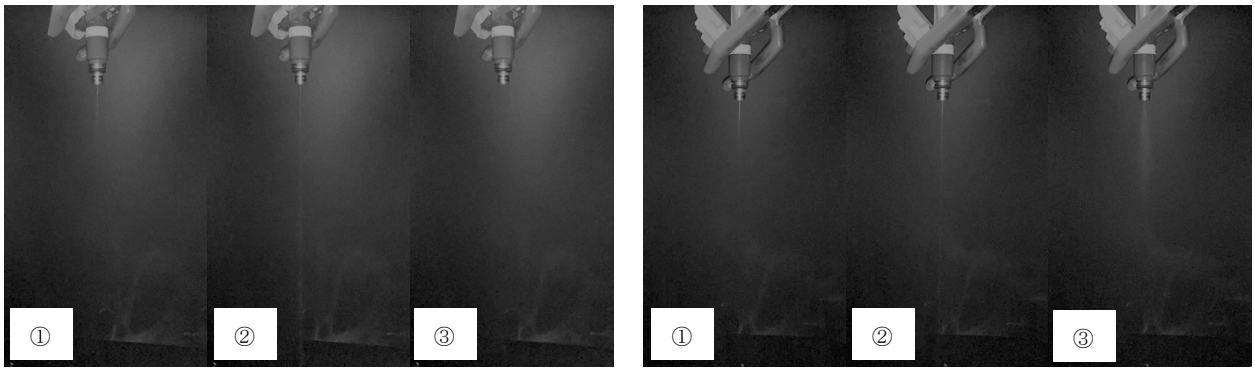


図 2　DME 混合割合と容器内圧力

噴霧特性

液化 DME を添加することによる噴霧形態変化を確認するため，インジェクタ（INJ002，FC デザイン）にて燃料を噴射し観察を行った．燃料タンクを 0.35MPa に加圧し，インジェクタに燃料を供給している．図 3 に噴霧の様子を示す．図 3(a)のアルコール濃度 88vol%のバイオエタノールは直線的に噴射し（a−②）終了しているが（a−③），図 3(b)の DME を 25wt%混合したものは，直線的に噴射後（b−②），噴霧が広がっている（b−③）．これは，混合燃料が噴射し大気に開放されることで，バイオエタノールに溶解していた液化 DME が一気に気体となることで，燃料粒子が弾け広がり，微細化を誘起しているものと思われる．



(a) バイオエタノールのみ　　(b) バイオエタノール+DME20wt%

図 3 噴霧形態

汎用エンジンへの適用

DME 改質バイオエタノールが熱機関に適用できることを実証するため，汎用エンジンを用いての動作確認を行った．実験には空冷 4 サイクル測弁式ガソリンエンジン（G100K2, HONDA，排気量 97 cm^3，圧縮比 5.6，定格出力 13 kW/3600 rpm）を用いた．本来このエンジンの燃料供給はキャブレター方式であるが，バイオエタノールに混合した液化 DME がシリンダ内に供給される前にキャブレター内で気化してしまうので，インジェクション方式（FI, FC デザイン）に変更して用いた．低濃度バイオエタノールはアルコール濃度 88vol%（85wt%）のバイオエタノールに水を添加することで模擬し用いた．

濃度 60wt%のバイオエタノールではエンジンの最高回転数は 3170 rpm で，定格回転数である 3600 rpm まで運転させることができなかったが，15wt%DME を添加することで，定格回転数まで運転することができた．濃度 50wt%のバイオエタノールではエンジンが始動しなかったが，20wt%DME を添加することでエンジンを運転させることができた（最高回転数 2000 rpm）．液化 DME を混合することで着火・燃焼性が向上することから，DME は改質剤としての効果があり，DME 改質バイオエタノールはエンジン燃料として適用できることが確認できた．

今後

本実験では低濃度の粗悪バイオエタノールに液化 DME を簡単に溶解させることができ，着火・燃焼性が改善されることを確認した．今後は DME 改質バイオエタノールの噴霧形態と噴霧燃焼特性の詳細を明らかにしていくことで，各種熱機関への適用の指標を提供する．また，汎用エンジンでの出力や排気ガス分析等の性能試験を行い，最適な DME 混合割合や運転条件を求め，ガソリンの代替燃料としての最適な利用提案を行う．

引用文献

[1] バイオマス・ニッポン総合戦略（平成 18 年 3 月）
https://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf

[2] バイオマス・ニッポン総合戦略の見直しに向けた論点整理
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_strategy/dai5/pdf/siryou02-2.pdf

[3] JIS K2190 燃料用アルコール（2011）

[4] Yamamoto Y., Tachibana T., Reducing diesel engines' emission using DME in two different approaches, The 5th international Symposium on Energetic Materials and their Applications, Fukuoka (2015).

[5] Yamamoto Y., Tachibana T., Distinguishing between active radicals' chemical effect and thermal effect for combustion promotion by means of experiments and using plasma jets, Science and Technology of Energetic Materials, vol. 75, pp. 120-125 (2015).

[6] Yamashita Y., Yamamoto Y., Hamaguchi K., Tachibana T., Spray combustion characteristics of DME blended light oil, The 6th international Symposium on Energetic Materials and their Applications, Sendai (2017).

[7] DME ハンドブック，日本 DME フォーラム編，オーム社（2006）.

本助成に関わる成果物

[論文発表]

なし

[口頭発表]

なし

[ポスター発表]

なし

[その他]

なし