バイオマス燃料のエンジン適用に関する技術の研究開発

エネルギア総合研究所　バイオマス利用技術推進担当　山﨑　寿樹
（H20/1までエネルギア総合研究所　発電・材料担当）
三隅発電所　発電課　人見　敏男
（H20/1までエネルギア総合研究所　発電・材料担当）

1 まえがき

本研究は，生ごみ・家畜糞尿をメタン発酵させたメタンガスと廃食油を乳化した乳化燃料をディーゼルエンジンで混焼発電するバイオマス複合発電システムを開発・実証するものである。

そこで，前年度（平成19年度）に当社が実施した3kW試験機での試験内容とその結果を紹介する。

2 概　要

（1）技術開発・実証事業について

本事業は，環境省「地球温暖化対策技術開発実証事業」を受託実施しており，平成20年度は，3ヵ年計画の最終年度であることから，当社を含む産学官6機関が連携して，技術開発目標の達成を目指して取り組んでいる。

事業計画概略図を図1に示す。

（2）運転試験で使用するバイオ燃料について

a．乳化燃料

広島大学が，廃食油と水および乳化剤を調製したものを使用した。調整・使用条件は，運転試験結果を基にしたものである。

乳化燃料のイメージを図2に示す。

b．バイオガス

試験機では，メタン発酵装置からのガスを供給できないため，模擬バイオガスを使用した。

（3）3kW試験装置について

試験装置を図3に示す。

a．液体燃料系統

液体燃料（軽油，乳化燃料）を2系統で供給できるように改造した。また，乳化燃料は軽油に比べて動粘度が高いため，加温して流動性を確保した。

b．バイオガス系統

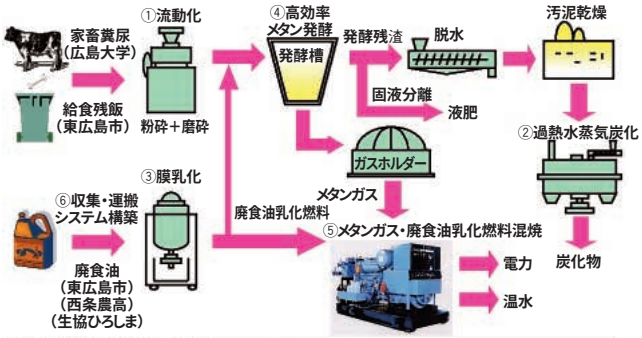
混焼率にあった模擬ガス量が供給できるようにした。

c．排ガス測定

多項目分析計，スモークメータ，ガスクロマトグラフによる測定を実施した。

d．発電機出力

負荷抵抗器で0～3kWを任意に切り替え可能とした。



共同研究者	広島大学【事業代表者】	①バイオマス流動化に関する技術開発
		②新規過熱水蒸気処理による発酵残渣の炭化に関する技術開発
		③新規膜乳化法による廃食油のエネルギー利用技術の開発
	豊国工業株式会社	④高効率メタン発酵に関する技術開発
	中国電力株式会社	⑤バイオマス燃料のエンジン適用に関する技術開発
	東広島市	⑥教育関連のバイオマス収集運搬
	西条農業高校	⑥廃食油の収集運搬および消化液・乳化燃料の利用
	生活協同組合ひろしま	⑥組合員宅からの廃食油収集運搬

図1　事業計画概略図

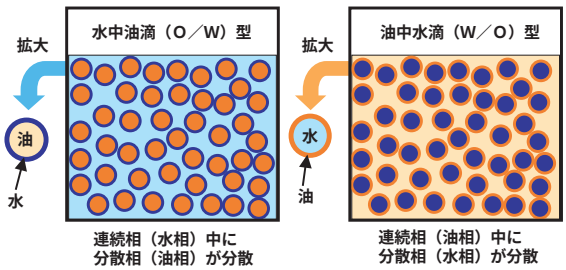


図2　乳化燃料のイメージ

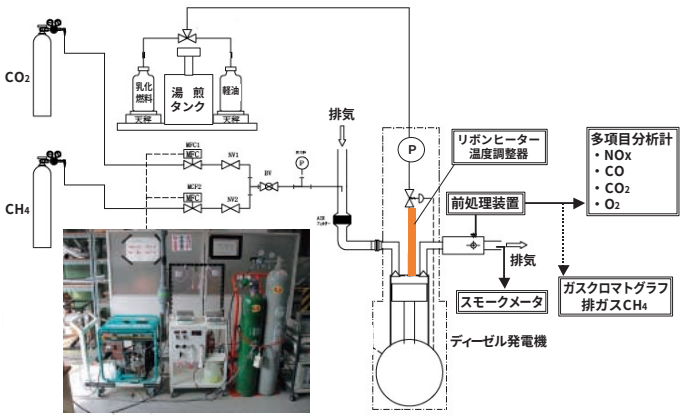


図3　試験装置

（4）平成19年度試験概要

a．燃焼性向上対策試験

燃料噴射圧力・燃料噴射タイミング調整を実施し，燃焼状態の変化を確認した。

b．運用性確認試験

100時間の運転を行い運用性の評価を実施した。

c．空気量変更試験

供給空気量の増減による燃焼状態の変化を確認した。

3 試験結果および考察

（1）燃焼性向上対策試験

a．燃料噴射圧力変更試験

乳化燃料は，軽油に比べ動粘度が高いことから，乳化燃料の着火性向上を目的に噴射圧力を上昇させ，比較試験を実施し，液体燃料専焼での燃焼状態の改善を確認することができた。なお，ガス混焼では顕著な改善は見られなかった。試験結果を図4に示す。

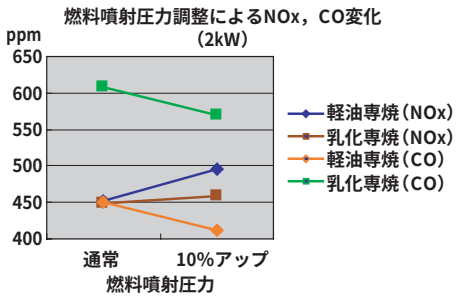


図４　噴射圧力調整による変化

b．燃料噴射タイミング変更試験

バイオガスは，着火温度が高く，液体燃料の燃焼火炎で着火している。平成18年度の試験結果からガス混焼割合を高くすると燃焼悪化傾向となり，これは着火遅れによる燃焼不良と判断されたことから，バイオガスの燃焼開始時期を早めるため，着火源となる液体燃料の噴射タイミングを早めた2種類の状態と初期状態とで比較試験を実施した。

液体燃料専焼，ガス混焼ともに，初期状態に比べて，燃焼状態の改善傾向を確認した。

試験結果を図5に示す。

c．噴射圧力および噴射タイミング組み合わせ試験

前記，a，bの試験結果から初期状態と比べて，噴射圧力の上昇・タイミングを早めることで，燃焼状態の改善を確認することができた。

そこで，圧力を10%上昇に決定して，早めたタイミングは，2種類のうち，どちらを組み合わせれば最適となるか確認試験を実施した。

試験結果を図6に示す。

試験結果から総合的に判断して，液体燃料＋ガス混焼において，燃焼状態の改善が確認できた燃料噴射タイミング進み6 °の組み合わせが最適であることが分かった。

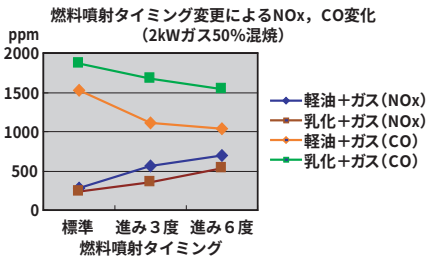


図５　燃料噴射タイミング変更試験結果

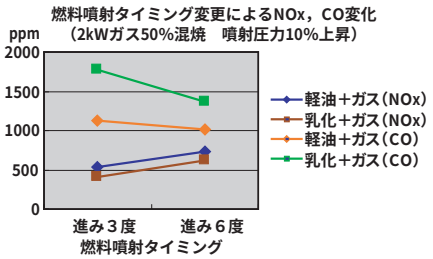


図６　燃料噴射圧力・タイミング組み合わせ試験結果

d．最適調整運転試験

前記，c．の試験結果を基にその調整状態を最適燃焼調整と定義し，各条件で運転試験を実施した。

噴射圧力を10%高く，噴射タイミングを進み6 °に調整し，液体燃料専焼および液体燃料＋ガス混焼で運転試験を実施した。

試験結果を図7に示す。

（a）NOx

液体燃料専焼およびガス混焼ともに上昇した。これは，液体燃料の着火性が向上，燃焼開始時期が早まり，燃焼温度が上昇し，空気中窒素分のNOx転換量が増えたものと考える。

（b）CO

液体燃料のCOは，専焼およびガス混焼ともに低下した。これは，燃焼状態が良くなり，不完全燃焼量が減少したものと考える。

一方，ガス混焼率を増加すると，NOxが低下し，COが増加するのは，着火源となる液体燃料の供給量

が不足することと，ガス供給量が増加し，燃焼用空気量が減少するため，燃焼状態が悪化したことによるものと考える。

（c）発電効率

本試験では，初期状態と比べて，顕著な変化は認められなかったが，ガス混焼率が増加すると，発電効率は低下傾向にある。これは，ガス供給量の増加により，燃焼用空気量が不足し，燃焼状態が悪化する。結果，メタンガス燃焼率が低下し，ガス燃焼量不足分を液体燃料量の増加で補うため，発電効率は低下傾向になると考える。

（d）メタンガス燃焼率

ガス混焼時のメタンガス燃焼率は，向上している。これは，液体燃料の着火性が向上し，液体燃料とバイオガスの燃焼時期も早まったことで，燃焼率向上になったものと考える。しかし，混焼率が上昇すると，燃焼率は低下傾向を示している。

これは，ガス供給量が増えると，液体燃料の供給量が減り，ガスを充分に燃焼させる液体燃料の燃焼量とガス供給量の増加による燃焼用空気量が不足することで，燃焼状態が悪化すると考えられる。

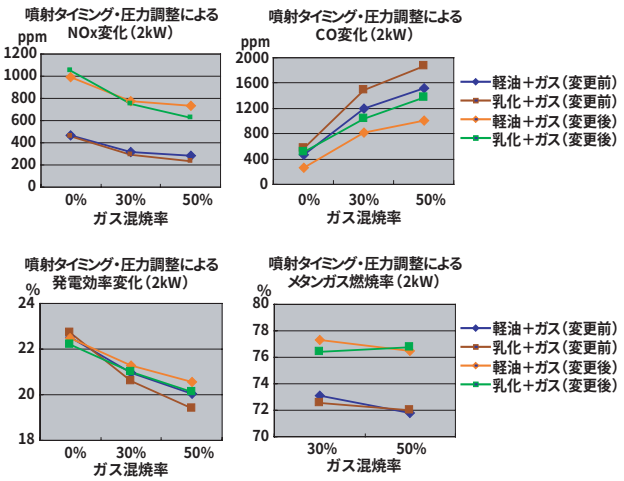


図７　最適調整運転試験結果

（2）運用性確認試験

最適調整状態による長時間運転（累積100時間）による経時変化や運転に支障となる事象発生がないか確認試験を実施した。

a．試験燃料条件

（a）軽油専焼試験

（b）乳化燃料＋ガス混焼試験

（c）乳化燃料＋軽油＋ガス混焼試験（参考試験）

b．試験方法

（a）運転時間

累積100時間（暖気，燃料置換等の時間を除く）

（b）評価項目と頻度

① 運転データ……25時間/回

② 燃料噴射ノズル点検…25時間/回

③ エンジン分解点検……100時間経過後

④ エンジンオイル分析…100時間経過後

c．試験結果

（a）運転データ

試験結果を図8に示す。データ採取日の諸条件で，若干の変動はあるが，運転データの大幅な変動や突変は，認められなかった。

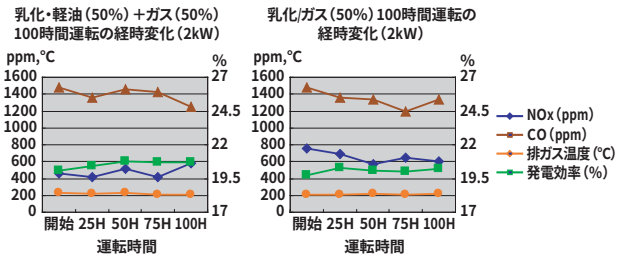


図８　長時間運転（100時間）の運転データ

（b）燃料噴射ノズル確認

写真1に100時間経過後の燃料噴射ノズルの状況を示す。軽油専焼と比べてもカーボンの異常な付着は見られなかった。

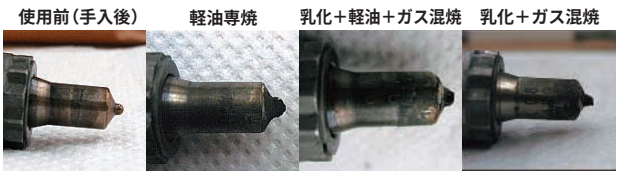


写真１　ノズル状況（使用前・100時間経過後）

（c）エンジン分解点検

運転試験実施後，エンジン分解点検を実施した。

結果は以下のとおりである。なお，分解点検は，乳化燃料を用いた2回の試験後にそれぞれ実施した。

点検時の写真は，写真2に示す。

① 燃料噴射圧力・状況

ノズルテスターを用いて確認をした。燃料噴射圧力や噴射状態に異常は認められなかった。

② 圧縮圧力

圧縮圧力計で，点検前後の圧縮圧力を測定した。圧力の低下は，燃焼状態悪化の要因となるが，初期圧力から変化がないことを確認した。

③ 吸排気弁

吸排気弁のシート面は，目視点検の結果，異常はなかったため，手入れして再使用した。圧縮圧力は，測定結果からも異常はないものと考える。

④ ピストンリング

固着や破損等の異常はなかった。また，ピストンのリング溝へのカーボンの堆積もなかった。

⑤ シリンダヘッドほか

シリンダヘッド内面，ピストン頂部にカーボン付着はあったが，通常使用の汚損と同等であった。また，シリンダ内面にも異常は認められず，その他の部品にも特に異常は認められなかった。

写真２　分解点検状況（乳化＋ガス混焼試験後）

（d）エンジンオイルの分析

運転試験終了後のエンジンオイルを分析し，経時変化を確認した。新油に比べて，引火点および動粘度の低下が確認された。

エンジンオイルの性状変化（性能劣化）は，直接エンジントラブルにつながる要因となるため，実証機運転試験では，潤滑油の管理にも配慮する必要がある。

（3）空気流量変更試験

空気過剰率を変更することで，燃焼がどのように変化するか確認試験を実施した。

a．試験方法および結果

（a）空気量減少試験

試験装置の概算空気過剰率は，約1.8であった。そこで，約1.5の場合での運転データ比較をした。結果，空気量（過剰率）が減ることで，燃焼状態の悪化傾向を確認したが，顕著な変化はなかった。

（b）空気量増加試験

仮設過給装置を製作し，軽油専焼での大気圧と過給状態での運転データの比較をした。結果，空気圧力を高め，空気量を増やすことで，燃焼状態の改善傾向を確認した。

4 あとがき

平成19年度の試験結果は，以下のとおりである。

（1）燃焼性向上対策試験

初期設定値より，噴射圧力を高く，噴射タイミングを早めに調整することで，燃焼状態が改善された。

（2）運用性確認試験

長時間運転（100時間）で，運転データに大きな変化は認められなかったが，潤滑油管理に配慮が必要であることが分かった。

（3）空気量変更試験

バイオガス供給により，燃焼空気量が不足するため，燃焼は悪化する傾向となる。試験結果からバイオガス混焼では，供給空気量の増加（空気過剰率の増加）が燃焼状態を改善するための手段として，可能性があることから，実証機では過給機付エンジンを考慮する。

5 平成20年度の予定

(1) 30kW実証機の設計・製作

(2) 実証試験

30kW実証機運転試験により，乳化燃料とバイオガスを混焼するデュアルフューエルエンジン実証モデルを確立する。

6 謝　辞

本研究は，環境省の「地球温暖化対策技術開発事業」に係わる共同研究成果であり，関係各位に感謝する。

本頁は，環境省の承認を受けて作成したものである。
承認　平成20年10月15日　環地温発第081015001号