バイオオイルの熱エネルギー利用に関する研究 Experimental Study on Thermal Energy Utilization of Bio-Oil

正 鳥居 修一 (熊本大大学院)

Shuichi Torii

Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto 860-8555

The aim of the present study is to produce the thermal energy of bio oil. Emphasis is placed on the component analysis and temperature measurement of combustion gas, the modification of commercial burner. Here the combustion gas components, i.e., H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , CO , CO_2 , NO_x , SO_x and N_2O are measured with the aid of the gas chromatograph. Consideration is given to the effect of bio oil on the concentration of N_2O , NO_x and SO_x . It is found that (i) the concentration of N_2O and its production are suppressed by using the bio oil in comparison with the heavy oil, and (ii) no production of NO_x and SO_x yields in the combustion gases of the bio oil fuel.

Key Words: Bio-Oil, Combustion, Renewable Energy, Modified Burner

1. はじめに

石油等の化石燃料は主にエネルギー資源として世界中でさまざまな用途で使用されている。これらのエネルギーは二酸化炭素をはじめとした環境汚染の原因物質を排出し、膨大な量が消費されており、いずれ枯渇すると危惧されている。したがって、石油系資源に代わる再生可能エネルギー開発・研究が急務となっている。

化石燃料を燃焼して発生する二酸化炭素による地球温暖化問題とエネルギー問題を解決する手段の一つとして、カーボンニュートラル物質をエネルギー資源として用いる方法がある。カーボンニュートラル性をもった燃料の一つに「バイオオイル」がある。バイオオイルは粘度の高い黒い液体で、トウモロコシの茎や樹皮片といった農業や林業の廃棄物をはじめ、ほぼすべての有機材を原料とすることができる再生可能エネルギーである。石油等に代わる代替エネルギーとして、今後実用化に向けた研究が期待されている。

一方、発熱量が原油の半分程度でありエネルギー密度が低いこと、常温で粘度が高く流動性が悪いこと、含水率が高い点等の性質により、これまで原油を燃料としている市販の装置にそのまま燃料として代替するには問題がある。また、バイオオイルを燃料として使用するためには、装置の改良や、重油等の通常使用する燃料に混ぜて使用などの工夫が必要になる。

本研究では、バイオオイルの物性値の測定を行い、そのデータから市販の燃焼装置でバイオオイルのみを燃料として連続燃焼できるよう燃焼装置を改良し、その燃焼特性についての研究を行った。また、燃焼温度の測定と、バイオオイルの燃焼によって生じる排気ガスの成分分析を行うことによって、市販の装置でのバイオオイルのエネルギー利用の可能性を検討し、バイオオイルの排ガスが環境に与える影響、エネルギーとして利用する際の最適な操作条件を明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 実験装置および方法

市販のバーナーを用いてバイオオイルを燃焼させ、その燃焼ガスの特性や温度を計測するために、図1に示す燃焼炉を用いた。炉は燃焼装置、温度計測用・ガス分析用ポート及びサイクロンセパレーターで構成されている。

Fig.1 Experimental Setup for Combustion.

バーナー（これを図中では、噴射装置と呼ぶ。以下に詳細を示す）で燃焼した燃焼ガスは、燃焼炉内で熱電対によってガス温度が計測された後、サイクロンセパレーターでガス中を浮遊する燃焼灰が回収された後、シリンジで回収されスクラバーで臭いを除去して大気に放出される。

加熱している各装置の温度、火炎温度、燃焼ガス温度を測定するために、シース被覆された K 型熱電対を用いた。火炎温度はノズル噴射軸方向に配置された燃焼炉内の均質に設置した熱電対によって測定された（図2）。

Fig.2 Location of combustion gas temperature measurement.

燃焼装置として、加藤鉄工バーナー製作所製のパイロットガンタイプバーナーを使用した。そこで、バイオオイルが使用できるように、バーナーを改良した。即ち、燃料タンクからギアポンプまで燃料の温度が低下するのを防ぐために、ホースパイプを保温するだけでなく、その周りをリボンヒーターで加熱した。また、バイオオイルが噴射するノズル及びギアポンプからノズルまでの配管をリボンヒーターで加熱した。特に、噴射ノズル付近はリボンヒーターで加熱しなければ、バイオオイルは噴射するものの、霧状にならず液滴で噴射されるだけで着火しない。

燃焼ガスの成分分析はガスクロマトグラフを採用し、測定装置 (GC-8AIT) を使用した。また、NO_x, SO_x 等のガス成分の有無およびその含有量を精度良く測定するため、ポータブルガス分析計を使用した。ガス分析を行う際、ガスを採取してガス成分を測定するが、これを3回行なった。

3. 実験結果と考察

バイオオイルが安定燃焼する際、炉内の各測定位置での燃焼ガス温度推移を図3に示す。また、参考までに、対応するA重油とバイオディーゼル燃料の結果も示す。

Fig. 3 Temperature distribution of combustion gas.

A重油はおよそ100秒から600秒にかけて、バイオディーゼル燃料はおよそ50秒から550秒にかけて、バイオオイルは50秒から300秒にかけて、それぞれ炉内全域において一定の温度を保持し、安定燃焼が確認された。ここで、バイオオイルの燃焼時間が他の燃料と比較して短かったのは、燃料タンクへの燃料投入量が少なかったためである。また、A重油、バイオディーゼル燃料の温度推移の定常性と、バイオオイルのそれとを比較しても、有意の差はなく、バイオオイルが通常使用する燃料と同じように使用できることが分かった。ただし、最高温度に関しては、A重油と比較すると300℃程度低く、全体的な火炎温度も低くなっている。これはバイオオイルの発熱量が、A重油のそれよりも半分程度であることによると考えられる。

バイオオイルの燃焼ガス成分の分析結果を表1に纏める。

Table 1 Combustion gas components of Bio-oil.

	components [%]						
	H ₂	O ₂	CH ₄	N ₂	CO ₂	N ₂ O	CO
1	0.0882	9.558	0.4870	71.17	12.95	0.1723	0.0000
2	1.4656	8.657	0.5988	71.14	11.17	0.1032	0.0000

	components [ppm]			
	NO ₂	SO ₂	NO	H ₂ S
1	0	0	1	0.2
2	0	0	1	0.1

一般的に、バイオ燃料を燃焼させた際、一酸化二窒素 (N₂O) の発生が指摘されている。一酸化二窒素は温室効果ガスとして知られているが、殆どその効果 (影響) を指摘されることはない。一酸化二窒素の温室効果は二酸化炭素より100倍以上高いのであるが、そのことが注目されることはない。それは絶対的な排出量が二酸化炭素に比較して極端に低いためである。バイオ燃料を使用すること (カーボンニュートラル) は、地球温暖化の抑制効果 (二酸化炭素排出抑制効果) になるのであるが、生物由来の媒体は多くの窒素を含んでいる関係で、媒体が燃焼する過程で酸化されることでN₂Oが発生する。バイオオイルはN₂Oの発生が低く抑えられていることが分かった。またNO_x, SO_xが発生していないこともバイオマス燃料特有の特徴と言える。硫黄分がバイオオイルにはA重油⁽¹⁾と比較して少なく、これはSO_xが発生しにくい要因と考えられる。

4. まとめ

市販のバーナーを改良し、バイオオイルを燃料とした燃焼させる実験を行い有用な結果が得られたので、以下にまとめる。

- (1) バイオオイルを燃料とした専用の燃焼装置を使用しなくても、既存のバーナーを部分的に多少改良することで、バイオオイルを燃料として使用できる。ただし、その使用に際しては、バイオオイルの特性から、メンテナンスに注意が必要である。
- (2) 着火させるために、ノズル付近を加熱して噴霧化を促進しなければならない。また、火炎温度は、通常の燃料を使用した時よりも最高温度は200~300℃ほど低く、平均火炎温度も低い。
- (3) バイオオイルはN₂Oの発生が低く抑えられ、NO_x, SO_xが発生しにくい。

参考文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α5 熱工学、日本機械学会