

マイクロ波による木質バイオマスの熱分解及び水素生成

Microwave pyrolysis of woody biomass and hydrogen production

田宮裕之 1)、八木重郎 1)、向井啓祐 1)、高山定次 2)、小西哲之 1)

1)京大、2)核融合研

Hiroyuki Tamiya 1), Juro Yagi 1), Keisuke Mukai 1), Sadatsugu Takayama 2)

Satoshi Konishi 1) 1) Kyoto Univ., 2) NIFS

1. 背景と目的

核融合反応により得られる電気エネルギーを木質バイオマスからの水素生成に利用することで、電気エネルギーを水素として貯蔵可能である。また、木質バイオマスの熱分解において、マイクロ波加熱では従来の熱伝導加熱と比較して、可燃性ガスの生成量が多くなることが報告されている^[1]。本手法では、木質バイオマスに金属酸化物等のマイクロ波吸収材料を添加することが一般的である。しかし、マイクロ波の電場と磁場の各成分において、木質バイオマスのガス生成に与える影響が不明であり、木質バイオマスの分解機構を理解する上で重要である。

そこで、本研究では共振器でマイクロ波を定在波とし電場と磁場が最大となる位置でそれぞれ木質バイオマスを加熱し、発生ガスを分析することで、電場加熱または磁場加熱における、マイクロ波吸収材料が木質バイオマスのガス生成量に及ぼす影響の解明を目的とする。

2. 実験手法

本実験ではセルロース粒(粒径:2-3 mm、0.30 g) Fe_3O_4 粉末(粒径:1 μm 、純度99%、1.00 g)を用い、これらを混合して石英管(外径16mm、内径:14 mm)に投入した。マイクロ波(モード:TE103, 入力電力:150 W)加熱実験では、共振器で定在波を生成し、電場と磁場が最大となる位置にそれぞれ石英管を設置することでマイクロ波の電場加熱、磁場加熱とした。また、熱伝導による加熱と比較するために、同等の試料で400 °Cから900 °Cの電気炉加熱を行った。各加熱実験で発生するガスは四重極質量分析計で成分毎に定量した。また、試料温度はマイクロ波加熱では放射温度計を石英管越しに、電気炉加熱では熱電対による直接接触で測定した。

3. 結果・考察

電場加熱と磁場加熱における温度とガス発生速度の経時変化について、電場と磁場いずれにおいても、加熱直後の試料温度は検出可能範囲外(< 215 °C)であったが、459 s、259 sにおいて急激に上昇した。その急上昇は、マイクロ波の吸収特性が急激に変化したことことを示唆する。また磁場

加熱について、 Fe_3O_4 は約 580 °Cで強磁性体から常磁性体に転移するため、磁場加熱での最大温度はキュリー温度に制約されることが推察される。

ガス発生速度は、温度の急上昇に伴い上昇し、最大値に到達した後、減少した。また、いずれの加熱においても約 1200 s以降でセルロースからガスは発生しなかった。

図1に電気炉加熱(400 °C-900 °C)とマイクロ波加熱におけるガス生成量を示す。マイクロ波の電場加熱と磁場加熱における試料温度はそれぞれ約 567 °C、599 °Cであった。マイクロ波加熱と同程度の温度である 600 °Cの電気炉加熱と比較すると、水素生成量についてマイクロ波加熱は電気炉加熱の約3倍であった。また、水素と一酸化炭素の割合も電気炉と比べてマイクロ波の方が高くなることがわかった。

以上より、木質バイオマスを模擬したセルロース粒にマイクロ波吸収材料である Fe_3O_4 粉末を混合し、電場と磁場が最大となる位置で加熱した結果、いずれにおいても水素生成量は電気炉加熱と比べて増加した。したがって、核融合反応により得られる電気エネルギーをマイクロ波による木質バイオマスからの水素生成に有用であることが示唆された。

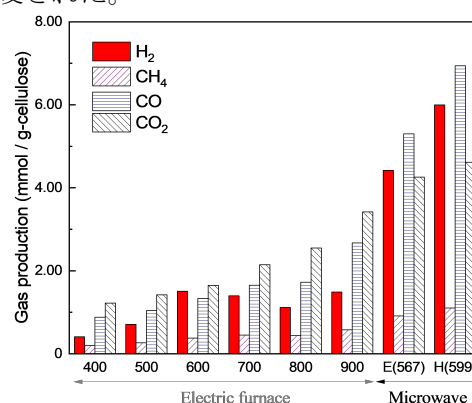


図1 電気炉(400°C-900°C)とマイクロ波におけるガス生成量の比較

参考文献

- [1] R.N. State et al., "A review of catalysts used in microwave assisted pyrolysis and gasification", Bioresource Technology 277 (2019) 179-194