



Title	低温酸化プロセスを用いた高水分廃棄物系バイオマスの固形燃料化技術の開発 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	伊藤, 貴則
Citation	北海道大学. 博士(農学) 甲第13327号
Issue Date	2018-09-25
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Takanori_Itoh_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称： 博士（農学）

氏名 伊藤 貴則

学位論文題名

低温酸化プロセスを用いた高水分廃棄物系バイオマスの固形燃料化技術の開発

本研究は廃棄物系バイオマスを持続的かつ省エネルギーな方法でバイオ固形燃料へと変換し、廃棄物系バイオマスの資源化、エネルギー化に資することを目的として行われた。

バイオマスは重要な資源という共通認識はあるものの、含水率や酸素含有率が高いといった欠点を有し、そのままの状態では資源化、エネルギー化することが困難である。そうしたバイオマスの欠点を克服する手段の一つとして、半炭化と呼ばれる技術に注目が集められている。

半炭化とはバイオマスを無酸素環境のもと 200–300 °C の温度域で適度に熱分解し、炭素含有率の高い固形物、いわゆるバイオ炭を製造する熱化学的変換プロセスである。得られたバイオ炭は熱分解やガス化を経てバイオ燃料やバイオ合成ガスへと変換されるだけでなく、その性質が石炭と似ているため、石炭の代替燃料としても利用される。

このように半炭化はバイオマスの品質を向上させ、その利用用途を広げる確かな技術ではあるが、バイオマスの乾燥や分解には外部からの熱源を必要とする。一方で、家畜ふんや食品廃棄物などの廃棄物系バイオマスは日常的に発生するものの、貯蔵性や輸送性が悪く、その取り扱いが難しい。そして何より高水分状態であることが多く、その乾燥に要するエネルギー量が莫大になるため、半炭化のような熱化学的変換プロセスの原料には不向きとされてきた。そこで本研究は、廃棄物系バイオマスにも適用可能な省エネルギーな半炭化技術の開発を行うことで、これまで以上に廃棄物系バイオマスの利活用を容易にすることを目指した。

はじめにバイオマスの分解温度を従来の半炭化温度よりもはるかに低い、100 °C 以下まで下げ、バイオマスの分解と乾燥を同時に進めるプロセスの構築に着手した。熱分解の起きない温度域でのバイオマス分解を進めるため、ここでは低温酸化反応に着目した。低温酸化反応は水分を含んだバイオマスが酸素と接触した時に進むことが知られている。そのプロセスではバイオマスにもともと含まれる酸素が CO₂ や揮発性脂肪酸などの形でバイオマスから除去されるため、これにより炭素含有率の高い固形物を作り出すことができると予想した。

このような考えのもと、乳牛ふん (63% wet basis (wb)) に一定流量の空気を供給しながら 90 °C 一定温度で加熱した。その結果、7週間程度かけて、乳牛ふんの乾燥と分解が同時に進むことを確認した。バイオマス分解は低温酸化プロセスによって達成され、CO₂ や H₂O、酢酸などが主な分解生成物として検出された。これらの成分は従来の半炭化においても放出されることが知られており、100 °C 以下で行われるプロセスを用いた場合でも、200 °C 以上で行われる半炭化と同様

のバイオマス分解が生じると示唆された。プロセス終了後に回収された残存固形物の元素組成比を調べた結果、乳牛ふんは泥炭に似た物質へとその組成が変化していた。しかし、酸素元素の減少率はわずかであり、かつ炭素含有率や高位発熱量 (higher heating value, HHV) に顕著な変化は認められなかった。この要因として酸化分解による炭素の損失割合に対して、酸素の除去が十分に進まなかったことが挙げられた。このように、100 °C 以下での酸化的プロセスではバイオマスの顕著な質向上は見込み難いものの、バイオマスの乾燥と適度な分解によって、泥炭と似た固形物へと改質し安定化させることが可能であることを示した。

バイオ炭製造を 100 °C 以下で進める方法論では、得られる固形物の品質が十分でないこと、さらには長期の反応期間が要求されるなどの課題が残された。この課題の解決を目指し、バイオマスの自己昇温反応を用いたバイオ炭製造技術 (以下、自己発熱型半炭化法) の開発に着手した。開発を目指す自己発熱型半炭化法は低温酸化プロセスによりバイオマスを酸化分解し、そこで発生する酸化熱を利用することで、半炭化温度域まで試料温度を昇温させつつ、バイオマスの乾燥と分解を進める。つまり、バイオマスの乾燥と炭化に必要な熱源を原料内部から生み出しているため、高水分材料にも適用しやすいシステムと言える。

バイオマスの低温酸化反応を促すため、本研究では加圧環境にバイオマスをおき、そこに空気を連続供給するシステムを構築した。外部から 80–100 °C の熱を加え、バイオマスの自己昇温が開始される温度域について調査した。その後、自己昇温反応を 200, 250, 300 °C で終了させ、それぞれの温度で作成されたバイオ炭の性質を調べた。

雰囲気圧力 1.0 MPa におかれた乳牛ふん (63%wb) を 85 °C 以上で加熱すると、低温酸化反応、さらには 300 °C まで到達する自己昇温反応が誘発されることを見出した。乳牛ふんの自己昇温反応において、自己昇温反応を誘発する予熱温度はプロセス全体の期間に影響を及ぼすこと、さらに加圧環境は低温度域での水分蒸発による熱損失を抑えつつ、安定して試料に酸素供給する役割を担っていることを確認した。

乳牛ふんは 160–170 °C の温度域で乾燥過程を経るため、乾いた状態のバイオ炭が得られた。各温度 (200, 250, 300 °C) で作成されたバイオ炭の元素組成比を調べた結果、酸素と水素の除去が進み、泥炭 (200 °C) や褐炭 (250, 300 °C) と同じような元素組成比を示した。ただし、バイオ炭の灰分率が高かったため、乾物基準の HHV は減少する結果となった。したがって、バイオマスの分解を抑えつつ、より燃料としてふさわしいバイオ炭を作成できる条件を見つけ出すことが課題として残された。

本研究は高水分廃棄物系バイオマスのバイオ固形燃料化を進めるため、従来の半炭化技術では考慮されてこなかった低温酸化プロセスの利用について検討した。低温酸化プロセスを用いることで、バイオマスの改質ならびに安定化が 100 °C 以下で達成されることや、300 °C に達する自己昇温反応が誘発されることを明らかにした。これらの知見は半炭化技術における低温酸化プロセスの有用性を示すとともに、廃棄物系バイオマスの資源化、エネルギー化を省エネルギーで実現できる可能性を広げたと言える。