



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of sustainable bioenergy system by integrating hydrothermal carbonization and anaerobic digestion processes [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Shaba, MOHAMMED Ibrahim
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14809号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85477
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Mohammed_Ibrahim_Shaba_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（農学） 氏 名 Mohammed, Ibrahim Shaba

審査担当者	主査	准教授	清水	直人
	副査	教 授	岩渕	和則
	副査	教 授	野口	伸

学位論文題名

Development of sustainable bioenergy system by integrating hydrothermal carbonization and anaerobic digestion processes
(水熱炭化と嫌気性消化プロセスの統合による持続可能なバイオエネルギーシステムの開発)

本論文は、英文 87 頁、図 21、表 6、5 章からなり、参考論文 1 編が付されている。温室効果ガスの排出量削減のため、難分解性のリグノセルロース系バイオマスの利用が望まれる。リグノセルロース系バイオマスの水熱炭化（HTC）は、高水分のバイオマスが無機物の少ない固体燃料へと変換させるとともに、難分解性成分を加水分解することによってリグノセルロース系バイオマスの生分解性向上による利活用の幅の拡大への貢献が期待される。この生分解性の向上した基質を用いることにより嫌気性消化プロセスでのバイオガス生産が促進される。しかしながら、嫌気性消化（AD）システムのエネルギーの需要と供給の調節への利用は、AD システムのバイオガス発生不安定性により、産業規模では限られている。本研究は、持続可能なバイオガスシステムの開発を目的とし、1) 水熱処理パラメータがトウモロコシの茎葉の水熱炭化生成物に及ぼす影響、2) リグノセルロース系バイオマスを基質とする嫌気性消化プロセスのモデル化の結果をまとめたものである。

1. 水熱処理パラメータがトウモロコシの茎葉の水熱炭化生成物に及ぼす影響

水熱処理パラメータが HTC 生成物である固体燃料（ハイドロチャ）、液体およびガス画分に及ぼす影響に焦点をあてた。HTC プロセスは、温度制御式バッチ式反応器にトウモロコシ茎葉とイオン交換水を投入し、反応容器ヘッドスペースの窒素ガス置換を行い、無酸素条件下で反応が行われた。HTC 生成物のハイドロチャ、液体およびガス画分の性質は、プロセス温度（250–350 °C）、滞留時間（30–60 分）、バイオマス／水比（0.09–0.14）の関数として評価され、反応表面法（RSM）の中央複合デザイン（CCD）モジュールを用いて水熱処理パラメータが最適化された。得られたハイドロチャの最大質量収率、エネルギー収率、高位発熱量（HHV）は、それぞれ

29.91%, 42.38%, 26.03 MJ/kg であること、ガス画分における水素、一酸化炭素、二酸化炭素、メタンガスの収率は、亜臨界領域の条件よりも超臨界領域の条件で高くなることを明らかにした。最適条件を用いて調製したハイドロチャの HHV 値は、モデルによって推定を行った HHV 値と同等の結果が得られ、RSM-CCD モジュールによるモデルの妥当性が示されている。これらの結果より、最適な HTC プロセスパラメータは、温度：305 °C、滞留時間：60min、バイオマス/水比：0.114 であり、HHV：25.42 MJ/kg のハイドロチャが得られた。以上のようにトウモロコシ茎葉の水熱炭化について、詳細な検討がなされ、バイオエネルギーの性質に関する重要な知見が明らかにされている。

2. リグノセルロース系バイオマスを基質とする嫌気性消化プロセスのモデル化

再生可能エネルギーの供給を安定化させるために、トウモロコシ茎葉のハイドロチャを基質の一部として供給する AD プロセスの適応同定システムの構築が試みられた。様々な運転条件の AD プロセスに対して、メタンガス発生予測モデルと、メタン生成菌増殖パラメータを推定するシステムを構築した。これらのモデル及びパラメータは、適合率 90%以上の高い精度を有することを示している。

3. 結論

本研究では、トウモロコシ茎葉を HTC による固体燃料への変換を試み、トウモロコシ茎葉のハイドロチャの HHV 値は、火力発電所で使用される微粉炭の HHV 相当の値であることが示され、最適水熱処理温度、滞留時間、バイオマス/水比から HHV 値を高い精度で推定するモデルが提示されている。また、トウモロコシ茎葉の水熱炭化物を一部の基質として加える嫌気性消化プロセスモデルの結果から、バイオガス発生の促進のため、メタン生成菌増殖の阻害防止の必要性が予測されている。

以上のように、本論文では、持続可能なバイオエネルギーシステムについて、水熱処理を用いたトウモロコシ茎葉からの水熱炭化生成物であるハイドロチャの燃料としての利用の提案、及び嫌気性消化プロセスのモデル化が試みられている。よって審査員一同は、Mohammed, Ibrahim Shaba が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有しているものと認めた。