HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Production of sustainable solid biofuel from waste and lignocellulosic biomass by hydrothermal carbonization [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	ALIYU, MOHAMMED
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第14804号
Issue Date	2022-03-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/85372
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Aliyu_Mohammed_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　Aliyu Mohammed

審査担当者　主査　教　授　岩渕和則
副査　教　授　小関成樹
副査　准教授　清水直人

学位論文題名

Production of sustainable solid biofuel from waste and lignocellulosic biomass by hydrothermal carbonization

（水熱炭化による廃棄物とリグノセルロース系バイオマスからの持続可能な固体バイオ燃料の生産）

本論文は英文 90 頁、図 19、表 8、5 章からなり、参考論文 1 編が付されている。

エネルギー源としてのバイオマスは、再生可能かつカーボンニュートラルであることから化石代替燃料として有用である。しかしながら、一般的にバイオマスは、エネルギー密度が低い材料であり、親水性が高いことから保存性が悪く、腐敗や劣化を招き易い。特に廃棄物系バイオマスは臭気を放つものがあるなどの利活用を妨げる多くの問題があることから、その利用には適切な前処理が必要となる。

この論文は、バイオマスの前処理に効果的な手法の一つである水熱炭化（以下 HTC）について検討したものである。HTC プロセスは加圧熱水を用いたバイオマスからの固体炭化燃料生産プロセスであり、HTC による炭化物はハイドロチャーと呼ばれる。一般的な HTC プロセスでは、ハイドロチャーを生産するためバイオマスを水中に沈める必要があり、処理後の廃水が大量に発生することが大きな課題となっている。

この論文は、乳牛ふんをバイオマス原料として、バイオマスと水との質量混合比率（B/W 比）を増やすこと、すなわち水の量を減らして、HTC プロセス後の廃水処理を不要にする革新的な方法について検討した。また乳牛ふんのみからのハイドロチャーの燃料特性をさらに改善するため、乳牛ふんと木粉（カラマツ）の共水熱炭化（以下 co-HTC）について検討した。

１．高 B/W 比による乳牛ふんバイオマスの燃料特性改善

バイオマス（biomass）と水（water）の質量比である B/W 比を高くすることは、水分を低下させ、HTC の適正水分状態から大きく逸脱することになるため、これまで B/W 比が 0.43 を超える研究は皆無である。この研究では、高 B/W 比の場合は、液状水分の HTC（以下 L-HTC）よりも、水蒸気が支配する HTC（以下 V-HTC）による炭化が進行する可能性もあることから、B/W 比を変数とし、廃液が少なくなる、もしくはほとんど発生しない新しい HTC について検討した。

乳牛ふん（DM）は、200、230、255、および 270℃の温度で 20 分間水熱処理さ

れ、B/W 比は 0.1、0.18、0.25、0.43、0.67、および 1.0 とした。

B/W 比の増加とともに高位発熱量（HHV）が高くなる結果が見出せており、液相よりも水蒸気が支配的な環境が炭化をより進行させるのではないかと考察している。そして B/W 比 1.0 と極めて低い水分条件でも、生成したハイドロチャーの HHV が 25.1 MJ/kg（270℃）となり、原料 HHV よりも約 46%増加した。元素分析より、高 B/W 比になるにともない、炭素減少率が抑制され、酸素減少率がやや増える傾向が見出されており、また同時に液相 pH も低下していることから反応過酷度（reaction severity）が上昇し炭素率上昇に結びついたと考えられた。

２．乳牛ふんと木粉の共水熱炭化によるハイドロチャーの燃料特性改善

乳牛ふん由来のハイドロチャーの燃料特性をさらに高めるために、カラマツ（*Larix kaempferi*）の木粉（JL）と乳牛ふん（DM）との co-HTC を行った。JL は、25、50、75 wt%の比率で DM と混合され、co-HTC は 260℃で 20 分間実施した。その結果、木粉の混合比率が増加するにつれて、ハイドロチャーの固体バイオ燃料特性が改善されることを示した。生成されたハイドロチャーの原子組成は、JL が 25%および 50%混合でも、Lignite（褐炭）と同じであるが、極めて石炭の性質に近いものであった。たとえば HHV は約 22.9 MJ/kg（JL25%）、約 25.1MJ/kg（JL50%）であり、輸入石炭の HHV が約 26~28 MJ/kg であることから、これに非常に近い発熱量の燃料が製造可能であることを示した。またハイドロチャーの熱力学的特性、すなわち、頻度因子、活性化エネルギーなどを算出し、燃焼特性についても多くの有益な情報をもたらした。一方、この co-HTC によるハイドロチャーの灰分は約 13.0%（JL50%）と依然として高く、この点に関してはより高水分状態の水熱炭化による灰分の減少効果の方が優れている可能性もあり、課題として残されている。

本研究は、HHV の高い高品質のハイドロチャーを製造でき、かつ廃水処理を必要としない革新的な V-HTC 技術を提示した。さらに、乳牛ふんと木粉の混合物が牛ふん単独から製造されるハイドロチャーの燃料特性をさらに改善するのに役立つことを示した。これらの知見は、環境負荷の少ない高品質のバイオマス固形燃料の製造技術の進歩に大きく貢献する。

よって審査員一同は、Aliyu Mohammed が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた.