HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Synthesis of biochar-based slow-release fertilizer from nutrient-rich organic waste [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Islam, Md. Mahmudul
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第15143号
Issue Date	2022-09-26
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/87146
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Md Mahmudul_Islam_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　Md. Mahmudul ISLAM

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

Synthesis of biochar-based slow-release fertilizer from nutrient-rich organic waste

（栄養豊富な有機性廃棄物を原料とした緩効性バイオ炭肥料の合成）

本論文は英文 134 頁、図 26、表 4、5 章からなり、参考論文２編が付されている。

世界的な食料需要増加に対応するため、高収量指向型の現代農業は化学肥料に大きく依存している状況にある。しかし、化学肥料の使用は肥料製造時の環境影響が無視できないことに加え、その早い溶解性による肥効率の低下などの課題を抱えている。

この論文は、栄養分に富んだ有機性廃棄物を原料とした緩効性バイオ炭肥料の合成に取り組んだものである。バイオ炭の土壌改良効果による作物収量増加に関する研究は多く進められてきた一方で、報告のほとんどは栄養分に乏しい木質系バイオ炭である。そのため、バイオ炭そのものからの栄養供給、すなわち肥料効果についてはあまり注目されてきておらず、上述のような栄養豊富な原料から作成されたバイオ炭の肥料供給効果についての知見は限られており、それどころか肥料の三要素である窒素、リン、カリウムの供給を同時に注目する研究は他に例を見ない。本論文では栄養分に富んだ鶏ふん、乳牛ふん、そして栄養分に乏しいカラマツからそれぞれバイオ炭を作成し、各バイオ炭からの肥料成分供給効果について調べ、さらには肥効率向上を目指し、緩効性バイオ炭肥料の合成を検討している。

１．家畜ふんおよび木質由来バイオ炭からの栄養分供給特性

鶏ふん、乳牛ふん、カラマツから 300 ℃と 500 ℃の炭化温度でバイオ炭を作成し、各バイオ炭からの窒素、リン、カリウムの溶出特性について調査している。その結果、鶏ふんバイオ炭はスイートコーン成長に必要量の窒素、リン、カリウムを、乳牛ふんバイオ炭はリンとカリウムを供給できることを示し、その主なメカニズムはアミド（$-CONH_2$）、リン酸塩、およびシルバイト（KCl）の溶解であると説明している。バイオ炭作成温度に関して、炭化温度が高いと家畜排せつ物由来バイオ炭の窒素含有量と放出量が減少し、リン含有量と放出量が増加するとしている。

２．Ca-ベントナイトと鶏ふんの共熱分解による栄養分放出抑制

鶏ふんバイオ炭（300 ℃）は、120 日後でも窒素とリンの約 50%を保持しているものの、施肥初期段階における肥料成分の急速な放出は、肥効率の低下に繋がる。

そこで、簡易かつ環境に優しい緩効性バイオ炭肥料の合成法として、Ca-ベントナイトと鶏ふんの共熱分解を提案している。バイオ炭の表面分析から易溶解性であるリン酸が共熱分解によって難溶性のリン酸カルシウムやリン酸マグネシウムアンモニウムとして存在することを確認し、これがリンの放出抑制に関与していると考察している。さらに、結晶性であるベントナイトへのカリウム吸着により、Ca-ベントナイトを含む鶏ふんバイオ炭では、無処理の鶏ふんバイオ炭よりもカリウムの放出が抑制されること、ベントナイトとの共熱分解は窒素の溶出速度には影響しないことについても確認している。また、土壌の違いによる肥料成分の溶出特性の違いについても調査し、石英砂ではリンとカリウムの放出が、埴壌土ではより多くの窒素が放出されることも見出している。

３．被膜形成やグラフト形成効果による緩効性バイオ炭肥料の合成

前述までの研究結果を受け、緩やかな窒素放出を実現するようなバイオ炭作成方法にも取り組んでいる。ここでは窒素放出の要因であるアミドの溶解を遅らせることに焦点を当て、生体高分子であるキトサンによる被膜形成効果（pH 調整あり/なし）、さらにはマイクロ波照射によるグラフト形成効果について検証している。キトサンによるコーティングはバイオ炭の造粒形成を促進したほか、溶解性の高い一次アミドは、マイクロ波照射によって誘発されるグラフト形成によって、より溶解性の低い二次アミドに変換されることを確認している。水中での肥料成分溶出試験は、キトサンのコーティング（pH 調整なし）とマイクロ波照射が鶏ふんバイオ炭からの窒素とカリウムの放出を徐々に遅らせる一方で、Ca-ベントナイトを含む鶏ふんバイオ炭からの窒素とリンの放出を加速させることことを確認している。このことから、キトサン被膜にマイクロ波照射処理は鶏ふんバイオ炭においては有効であったが、Ca-ベントナイト含有鶏ふんバイオ炭には効果的でないと結論づけている。

本研究は、栄養分に富んだ乳牛ふんおよび鶏ふん由来バイオ炭の肥料供給能は化学肥料と同等もしくはそれを上回るものであることを明らかにした。さらに、緩効性バイオ炭肥料の合成手段として、鶏ふんとベントナイトとの共熱分解やキトサンによる被膜形成、グラフト形成を提案し、それらの一部は養分放出速度の抑制に有効であることを見出した。これらの知見は、環境負荷が少なく、より高い肥効率を備えた有機肥料合成技術の進歩に大きく貢献すると期待される。

よって審査員一同は、Md. Mahmudul ISLAM 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.