

平成 22 年 6 月 9 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19780185
 研究課題名 (和文) 施肥窒素の溶脱抑制を目的としたバイオマス資材による土層改良手法に関する研究
 研究課題名 (英文) Study on soil amendment by biochar to reduce nitrate leaching
 研究代表者
 亀山 幸司 (KAMEYAMA KOJI)
 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農地・水資源部・農地工学研究室・主任研究員
 研究者番号：90414432

研究成果の概要 (和文)：

本研究課題は、保水能・保肥能が乏しい土壌を対象として、硝酸イオンの溶脱抑制効果の高い炭化物の施用条件を明らかにすることを目的に行った。その結果、高温で炭化された炭化物 (700～800℃) を島尻マージ土壌へ施用した場合、硝酸イオンの溶脱遅延効果が確認された。また、炭化物への硝酸イオンの吸着は一時的なものであり、作物に吸収可能な形態であると共に降雨やかんがいによって容易に脱着されることが推察された。

研究成果の概要 (英文)：

The objective of this study was to evaluate the effects of charcoals addition on NO_3^- transport in soils from batch experiments and soil column experiments. The results were as follows: (1) Application of bagasse-charcoal at higher pyrolysis temperature (700-800 °C) to the Shimajiri-Maji soil is a viable option for the reduction of NO_3^- leaching to groundwater. (2) NO_3^- was temporarily adsorbed by bagasse-charcoals and easily desorbed by infiltration process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,100,000	0	2,100,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	360,000	3,660,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土壌学・農村計画学

キーワード：バイオマス，炭化，硝酸溶脱，溶質移動，吸着特性，透水特性，モデル

1. 研究開始当初の背景

硝酸態窒素による地下水汚染は、言うまでもなく農村地域における主要な環境問題である。農林水産省が行った農業用地下水の調査結果（1991年1月）によると、全国182地点の井戸のうち硝酸態窒素が10 mg/Lを超えている地点は、28地点（15.4%）に達しており、農村地域では硝酸態窒素が環境基準値を超過している地下水が多く存在する。そして、そのうちの約9割が全国的に見ても局所的に分布する砂丘・砂堆、高位段丘、石灰岩台地、シラス台地であり、透水性が良好で保水性が乏しい土壌条件を有する畑地帯において特に超過割合が高い。

保水性が乏しい土壌において施肥窒素の溶脱の抑制を図るには、土層改良により土壌の保水性を改善し、作物の根群域における有効水分量を増大させることが有効な方策の一つであると考えられる。水分・窒素分の根群域における滞留時間を長くすることは、作物による窒素吸収量を増大させることに繋がり、窒素の下降移動を抑制することを可能にする。

ただし、土層改良を行うためには大量の資材が必要となり、土壌地帯レベルで対策を行うためには資材の入手やコストの面から困難を伴うことが予想される。一方、農村地域には未利用のまま放置・廃棄されているバイオマスが多量に存在し、それらを土層改良資材として有効利用することは、資材の持続的供給の面からだけでなく、我が国が進める「バイオマス・ニッポン総合戦略」等の施策とも合致する。

一方、バイオマス由来の炭化物は、土壌の保水性を向上させる効果を有することが報告されており、炭化は木材だけでなく畜ふんや汚泥、食品残渣、農作物の非食用部（稲わら、籾殻等）など多様なバイオマスを変換することが可能な処理方法として知られている。

また、炭化物は堆肥等と比較して、農地投入後すぐに改良効果を発現することが可能であり、炭化物中の窒素分は大部分が難分解性で無機化しにくいことから窒素溶脱の心配がない。また、炭化物が硝酸イオンを吸着することも報告されており、保水能の向上からだけでなく吸着機能の向上という側面からも窒素溶脱の抑制が可能である。

以上から、窒素溶脱を抑制するための対策としてバイオマス由来の炭化物により土層改良を行うことは、炭化可能な未利用バイオマスが存在し、かつ保水性が乏しい畑地帯を有する農村地域においては非常に合理的であると考えられる。

2. 研究の目的

(1) 炭化条件（炭化時間・炭化温度等）が炭化物の物理・化学的特性に与える影響を明らかにする。

(2) バイオマス炭化物の硝酸イオン吸着能を明らかにする。

(3) バイオマス炭化物の土壌への混入割合が土壌の保水能、硝酸イオン溶脱に与える影響を明らかにする。

(4) バイオマス炭化物の混入条件（混入割合、混入深）が硝酸態窒素の溶脱抑制効果に与える影響を水分・窒素挙動予測モデルの適用結果から明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 400~800°Cでバガスを炭化し、炭化物の物理・化学的特性、孔隙特性を測定する。

(2) 各温度で生成された炭化物の硝酸イオン吸着能をバッチ試験により測定する。

(3) 炭化物を異なる割合で混入した場合の保水性改善効果や硝酸イオンの溶脱遅延効果をカラム実験により測定する。

(4) 炭化物が混入された土壌中の硝酸イオン移動プロセスを水分・溶質移動モデル

(Hydrus-1D)によりシミュレーションを行い、測定値と計算値を比較する。

4. 研究成果

(1) 炭化物のpHは、400°Cで5.0から800°Cで9.8まで変動した。炭化物の炭素含量は、高温で炭化されたものほど高かった。陽イオン交換容量(CEC)は、500°Cで最大となり、それ以上の温度では低下した。0.01M NaOHで抽出された硝酸イオンは、検出限界以下であり、炭化物に硝酸イオンは含有されていなかった。BET比表面積や孔隙量は700°Cで最大となり、800°Cでは孔隙の収縮により減少した。物理吸着への寄与が大きいマイクロ孔隙容量は400°Cの炭化物を除いて、炭化温度で大きく変わらなかった。

(2) 硝酸イオンは、700~800°Cの炭化物により吸着され、600°C以下の炭化物では殆ど吸着されていなかった(図1)。この傾向は、BET 比表面積やマイクロ孔隙量の傾向と大きく異なるため、物理吸着による硝酸イオンの吸着の寄与は小さいと考えられた。

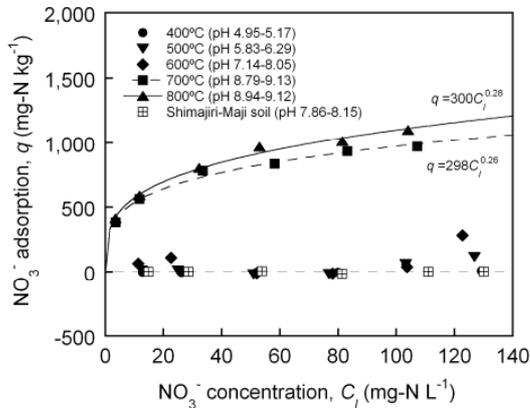


図1 炭化物の硝酸イオンの吸着曲線

(3) 硝酸イオン吸着能を有する800°Cの炭化物を島尻マーグ土壌へ混入した場合の硝酸イオンの溶脱遅延効果をカラム実験により測定した。硝酸イオン濃度の増加は、炭化物の混入割合が高いほど、より遅延され、溶脱液の最大濃度も低減された(図2)。これらの結果は、バガス炭化物の吸着影響により土壌中の硝酸イオンの遅延されることを示している。このため、島尻マーグへの高温(700~800°C)で炭化された炭化物の施用は、硝酸イオンの溶脱を低減させるための有望なオプションになると考えられる。

硝酸イオンの累積溶脱量は、炭化物の混入割合に応じて増加が遅延されるが、最終的には同様の溶脱量となった(図3)。この結果は、炭化物への硝酸イオンの吸着は一時的なものであり、作物に吸収可能な形態であると共に降雨やかんがいのによって容易に脱着されることが推察された。

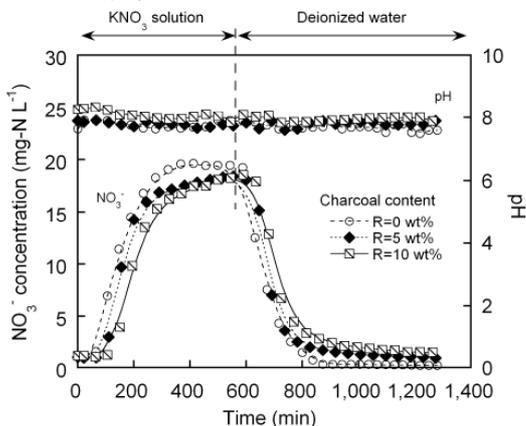


図2 炭化物を混入した土壌カラムからの溶脱液の硝酸イオン濃度

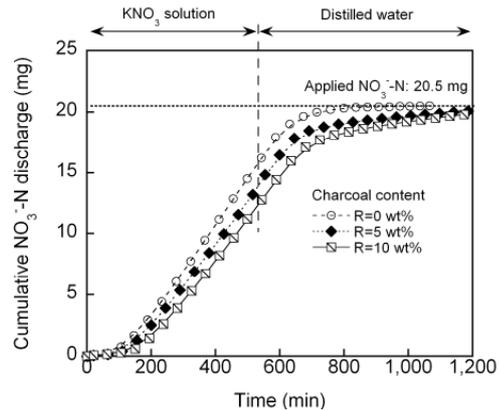


図3 炭化物を混入した土壌カラムからの硝酸イオン累積溶脱量

(4) シミュレーションモデルによる計算の結果、平衡吸着を仮定した場合、カラム溶脱液の測定値と計算値は大きく乖離した。このため、炭化物による硝酸イオン吸着量が過大評価されていることが考えられ、炭化物による硝酸イオンの吸着は、非平衡反応であることが推察された。非平衡吸着を仮定した場合、測定値と計算値は、良好に一致した(図4)。このため、炭化物の混入割合を考慮した非平衡吸着は、炭化物混入土壌中の硝酸イオンの移動を予測に有効であると考えられた。

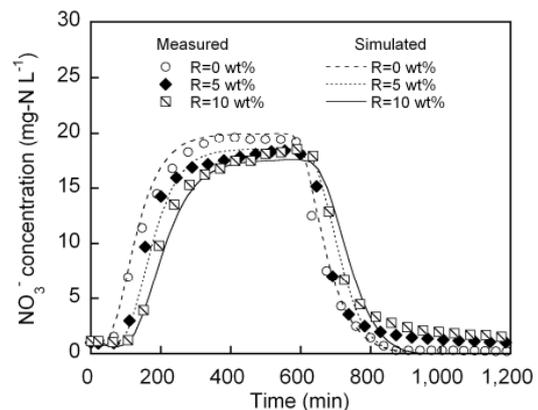


図4 シミュレーションモデルによるカラム溶脱液の計算結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計9件)

- ① Kameyama, K., Miyamoto, T., Shinogi, Y., Effects of bagasse-charcoal addition on nitrate leaching in calcareous soil, AGU fall meeting, 2009年12月16日, Moscone Convention Center (アメリカ).
- ② Kameyama, K., Miyamoto, T., Shinogi, Y., Soil improvement of agricultural land using

- biochar, 6th Biomass-Asia Forum, 2009年11月19日, ホテルグランヴィア広島(広島県).
- ③ 亀山幸司, 宮本輝仁, 凌祥之, 島尻マージ土壤へのバガス炭化物の混入が硝酸態窒素溶脱に及ぼす影響, 土壤物理学会, 2009年10月24日, 明治大学生田キャンパス(東京都).
 - ④ Kameyama, K., Fundamental study on soil amendment using biochar (bagasse-charcoal), Japan & Korea Collaborative Symposium, 2009年9月29日, Rural Research Institute, Korean Rural Community(韓国).
 - ⑤ 亀山幸司, 宮本輝仁, 凌祥之, バイオマス炭化物の土壤混入が硝酸態窒素吸着特性及び水分特性に与える影響, 農業農村工学会, 2009年8月6日, 筑波大学(茨城県).
 - ⑥ Kameyama, K., Shinogi, Y., Miyamoto, T., Study on soil amendment by bio-char to reduce nitrate leaching -Effects of addition of bagasse-char on nitrogen adsorption characteristics and hydraulic properties of calcaric dark red soil-, 5th Biomass-Asia Forum, 2008年12月4日, Baiyun International Convention Center(中国).
 - ⑦ Kameyama, K., Study on soil improvement method by bio-char to reduce nitrate leaching, Japan & Korea Collaborative Symposium "Research of optimal biomass use", 2008年10月28日, 農村工学研究所(茨城県).
 - ⑧ Kameyama, K., Shinogi, Y., Miyamoto, T., Effects of addition of bagasse-char on nitrogen adsorption characteristics and hydraulic properties of calcaric dark red soil, 2nd annual meeting of the International Biochar Initiative, 2008年9月8日, Newcastle Civic Centre(イギリス).
 - ⑨ Kameyama, K., Shinogi, Y., Life Cycle Inventory Analysis of Biomass Conversion Plant Installed in Miyako Island, Japan, R'07 World Congress, 2007年9月3日, Davos Congress Center(スイス).

6. 研究組織

(1)研究代表者

亀山 幸司 (KAMEYAMA KOJI)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・農村工学研究所・農地・水資源部・農地工学研究室・主任研究員
研究者番号：90414432

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者
該当なし