

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：11301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2021

課題番号：20K22597

研究課題名(和文) サブサハラアフリカ農地の炭化物と有機物の併用による炭素蓄積効果とその安定性の解明

研究課題名(英文) Effects of biochar and organic amendment on soil C dynamics in sub-Saharan Africa

研究代表者

濱本 亨 (Hamamoto, Toru)

東北大学・農学研究科・助教

研究者番号：80877100

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：炭素量が0-2%の極めて低い土壌において、炭素源投入による炭素・窒素動態の影響やそれらを駆動している土壌微生物群集の動態を調べた。まず、炭素量が低い土壌であっても炭素源投入による微生物動態やそれに伴うCO₂放出量は、もともとの炭素量の違いに大きく影響されることを明らかにした。また、炭化物のような比較的分解されにくい炭素源の投入は、土壌からの実質的な炭素放出量を抑制し、結果として炭素蓄積に貢献する可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は、作物残さなどの有機物の投入は、炭素貯留などの影響に対して、もともとの土壌炭素量によって大きく変化することを示した。また、この結果を炭素量が0-2%の極めて低い土壌で明らかにしたことは、貧栄養土壌に対する炭素貯留の可能性や土壌肥沃度改善に対処するための基礎的な理解につながる。

研究成果の概要(英文)：The effects of organic amendment on carbon (C) and nitrogen dynamics, and the dynamics of the soil microbial communities, which drive them, were investigated in deficient C content soils (0-2%). First, we found that even in soils with low C content, microbial dynamics due to C inputs and the associated CO₂ emissions were strongly influenced by differences in the original soil C content. We also found that biochar, which is a relatively less degradable C source, potentially suppresses the net C emissions and thus contributes to C sequestration.

研究分野：土壌生態学

キーワード：土壌炭素 土壌微生物 ザンビア

1. 研究開始当初の背景

農業生産の維持・向上に重要な土壌炭素の損失がサブサハラアフリカなどの地域で発生しており、その解決が求められている。作物残さや炭化物などの炭素源を土壌に投入し、できるだけ多く土壌に留めることが必要である。有機物由来炭素を利用することは、現地小規模農家でも実行可能な農法である。一方、土壌炭素蓄積の程度は、地域性(気候など)やそれに伴う土壌生物活動の高さによって、大きく左右される。そのため、炭素動態を現場レベルで明らかにしていくことが必要である。たとえば、サブサハラアフリカ地域では、土壌炭素が 1.1%を下回ると農業生産が極めて悪くなると言われている(Aune and Lal., 1997)。すなわち、炭素量がこの閾値前後の土壌では、微生物群集や炭素動態、炭素源の投入に対する応答などが大きく異なっている可能性がある。

炭化物は難分解性であるため、炭化物そのものが炭素として蓄積されるが、さらに、炭化物特有の多孔質構造が土壌微生物の住処となり、微生物機能の安定化に貢献する。一方、炭素量が低い土壌において、炭化物の投入は無機化を加速させ、結果として温室効果ガス放出が増加するという報告(Liu et al., 2018)もあり、その効果は未だ判然としていない。炭素が極めて少ない貧栄養な土壌において、炭化物などの炭素投入と、無機化などの物質循環との関連性を明らかにしていく必要がある。

2. 研究の目的

もともとの土壌炭素量の違いが、物質循環を駆動する微生物群集がどれほど異なり、またその違いがどの程度有機物分解や無機化のプロセスにどのような影響があるのか未だ明らかになっていない。特にサブサハラアフリカ土壌のような炭素が極めて少ない土壌の微生物動態はほとんどわかっていない。本研究では、炭素量の異なる土壌に棲む微生物群集の違いや炭素源投入による炭素・窒素動態の影響に着目した。特に、(1)土壌水分の時間的変化や有機物投入に伴う微生物群集動態、および(2)多孔質資材である炭化物の投入と物質動態を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

南部アフリカに位置するザンビア共和国の 0-2%程度の炭素量が異なる複数地域において、異なる炭素源を投入し、それが微生物群集構造に与える影響を経時的に明らかにした。同時に、微生物活動の原因と結果になり得る二酸化炭素(CO₂)放出量や土壌水分量を測定した。また、炭素量が 1%以下の土壌を用いて、ポット栽培試験を実施した。特に、炭素源の投入が温室効果ガスの放出などの物質循環に及ぼす影響を調べた。この栽培試験で用いた炭化物は、農業生産に広く利用されているもみ殻くん炭を使用した(図 1)。また、炭化物の投入量は 0~4% (w/w) の範囲で条件を振った。

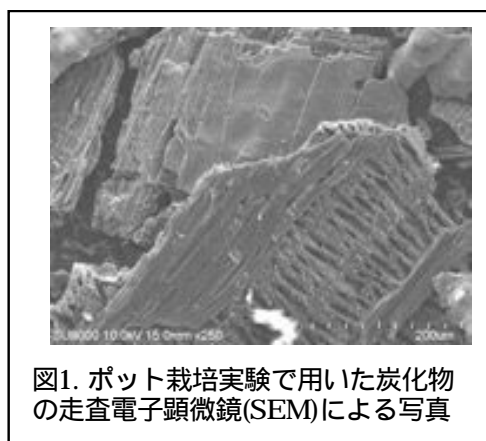
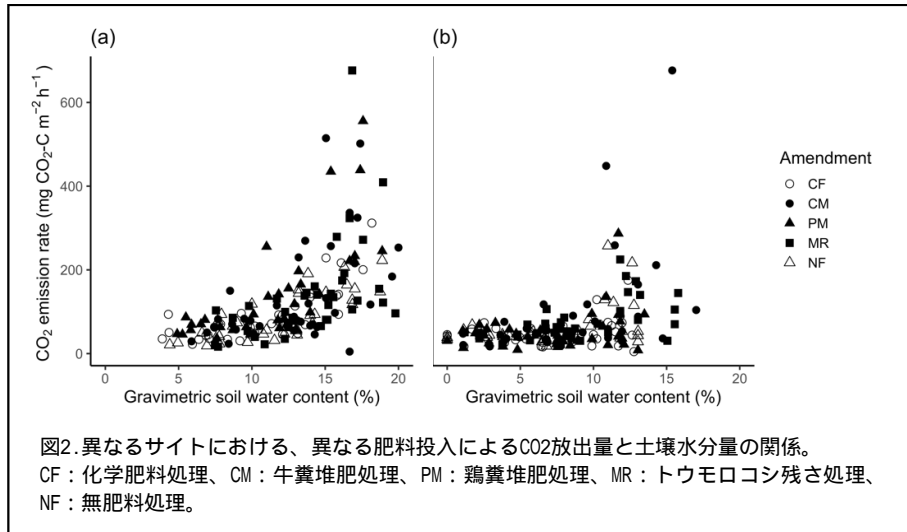


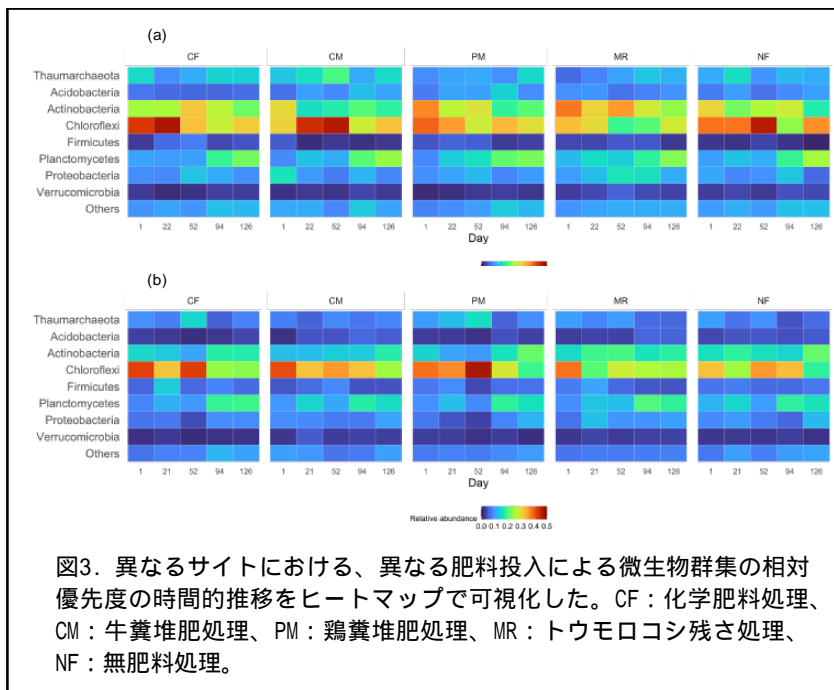
図1. ポット栽培実験で用いた炭化物の走査電子顕微鏡(SEM)による写真

4. 研究成果

(1) 炭素量の異なる土壌における、有機物投入が CO₂ 放出量や微生物群集に与える影響の解明
土壌炭素量が 1%以上とそれ以下の土壌に有機物を投入し、微生物群の影響を経時的に調べた。約 120 日間の圃場試験の結果、微生物の多様性やそれらが持つ機能において、もともとの炭素量の違いは規定要因の一部であることがわかった。具体的には、土壌炭素量が 1%以上の土壌では、微生物群の安定性が高く、土壌水分がある程度維持されれば、CO₂ は、炭素源の投入をしていなくても、一定量が放出されることがわかった(図 2)。一方、土壌炭素量が 1%以下の土壌では、微生物群の時間的変動が大きかった。また、炭素源投入に伴う微生物量の増加、および CO₂ 放出量の増加がより大きいことがわかった。



それぞれの微生物群の有機物に対する応答も土壌によって大きく異なった（図 3）。例えば、炭素量が 1% 以上の土壌（図 3a）では、Actinobacteria 門は有機質投入後の最初の 50 日まで、植物残さ投入で他の門よりも相対的な優占度が上昇した。一方、土壌炭素が 1% 以下の土壌（図 3b）では、Acidobacteria や Planctomycetes、Proteobacteria 門の相対現存量は、有機物投入区で実験終了時に向かって増加した。ただし、これらの変動は有機物投入よりも、時間的変動の方が高いことがわかった。すなわち、炭素投入が微生物群集に与える影響としては、それぞれの土壌が持つ時間的変動性（安定性）に大きく依存しており、これが CO₂ 放出量と関係していることが示唆された。また、微生物量の増加は、結果として炭素蓄積に貢献する可能性があるため、サブサハラアフリカのような乾燥地の土壌炭素の問題に対処するためには、もともとの土壌炭素量を考慮した戦略が必要であると考えられた。



(2) 炭素量が極めて低い土壌における、炭化物の投入が CO₂ 放出量や作物生産に与える影響の解明

炭素量が 1% 未満の土壌を用いたポット栽培試験（トマト）を行い、炭化物投入の有無による土壌中の養分動態や CO₂ 放出を調べた。約 45 日間の栽培試験の結果、炭化物投入直後において、CO₂ 放出量は炭化物を 4%（w/w）投入した区で最も高い値を示した。一方、炭化物を投入してから 13 日目以降、炭化物 0% 投入区（投入無区）が最も高い値を示した。試験期間全体では、炭化物投入によって CO₂ 放出は有意に減少していた。しかし、温室効果ガスである亜酸化窒素放出量においては、炭化物投入によって増大している傾向があった。今後このトレードオフの関係性について詳細を明らかにする予定である。作物バイオマス量においては、炭化物投入による有意

な変化は見られなかった。以上の結果から、炭化物投入は土壌からの実質的な炭素放出量を抑制し、結果として炭素蓄積に貢献する可能性が示唆された。今回用いた土壌は、炭素量・微生物バイオマス量が極めて低かった。今後は、炭化物投入によってそれらがどの程度増加したのか今後明らかにしていく必要がある。また、窒素循環に関わる遺伝子など、さらなる詳細を追う必要性が考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Toru Hamamoto, Nhamo Nhamo, David Chikoye, Ikabongo Mukumbuta, Yoshitaka Uchida	4. 巻 -
2. 論文標題 Responses of CO2 Emissions and Soil Microbial Community Structures to Organic Amendment in Two Contrasting Soils in Zambia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Research Square	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21203/rs.3.rs-1121060/v1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 濱本亨・須藤重人・西原英治・坪充
2. 発表標題 Biochar effects on greenhouse gas emissions in tomato planted soils under future climate
3. 学会等名 日本土壌肥料学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ザンビア	ザンビア大学		