

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：21401

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17884

研究課題名（和文）ミミズの活動が森林土壌有機炭素の分解・貯蔵に与える影響の解明

研究課題名（英文）Effects of earthworm activities on the Mineralization and Sequestration of Forest Soil Organic Carbon

研究代表者

田中 草太（Tanaka, Sota）

秋田県立大学・生物資源科学部・助教

研究者番号：50847217

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ミミズの活動が土壌からのCO₂放出に与える影響を定量評価するための実験系を構築し、ミミズが土壌有機炭素の分解・貯蔵に与える短期及び長期的影響を評価した。その結果、ミミズは短期的には土壌からのCO₂放出を促進させるが、糞団粒の形成により土壌有機炭素の隔離が生じることで、長期的にはCO₂放出を抑制させることが示唆された。本研究によって、ミミズが土壌CO₂放出に与える影響は、時間経過とともに変化することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ミミズの活動が土壌CO₂放出を促進させるのか抑制させるのかについては、相反する結果が示されており、結論が得られていない。本研究の結果、ミミズ活動後の土壌では、培養初期にCO₂放出を促進するが、培養150日以降にCO₂放出が抑制されることが示された。この結果は、ミミズによる土壌有機炭素の分解・貯蔵機構を理解するためには、短期的な評価では不十分であり、長期的な評価が必要であることを示している。土壌有機炭素含有量が多い森林土壌は、気候変動に対する応答性が高いと考えられ、このような土壌を対象にミミズが土壌有機炭素に与える影響を評価することは、地球温暖化の予測や緩和策の検討において重要となる。

研究成果の概要（英文）：In this study, an experimental system was established to quantitatively evaluate the impact of earthworm activity on CO₂ emissions from the soil and to assess both the short-term and long-term effects of earthworms on the mineralization and sequestration of soil organic carbon. The results suggest that while earthworms promote CO₂ emissions from the soil in the short term, they inhibit CO₂ emissions in the long term due to the sequestration of soil organic carbon through the formation of cast aggregates. This study revealed that the impact of earthworms on soil CO₂ emissions changes over time.

研究分野：放射生態学、土壌環境学

キーワード：ミミズ 土壌有機炭素 糞団粒 CO₂

1. 研究開始当初の背景

土壌には、大気のご2倍、植生のご3倍の炭素が土壌有機炭素として貯蔵されている。陸域最大の炭素プールとしての役割を果たす土壌表層における有機炭素の分解・貯蔵機構を正確に評価することは、地球温暖化の予測と緩和策の検討において必須の課題である。

ミミズは、生態系改変者として土壌有機物の分解と土壌物理構造の改変を通して、土壌有機炭素の分解・貯蔵、ならびに土壌からのCO₂放出に影響を及ぼしている。ミミズは、有機物を摂食し、破碎・分解することでCO₂放出を増大させる効果がある一方で、排泄するフンの9割以上が耐水性団粒であり、団粒の物理構造が長期的に維持されるため、炭素貯蔵効果をもたらすと考えられている。このようにミミズは、有機物に対して、分解と貯蔵の相反する効果をもたらす (Fig. 1)。このため、「ミミズの活動が土壌からのCO₂放出を促進するのか抑制するのか」については、相反する結果が示されており、未だに結論が得られていない。この問題を解明するためには、ミミズのフン団粒形成や土壌攪乱による土壌有機炭素の分解特性とその時間変化を明らかにする必要がある。

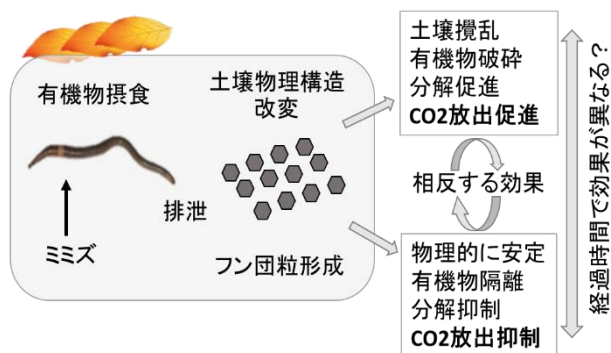


Fig. 1 ミミズが土壌炭素動態に与える影響

2. 研究の目的

本研究では、ミミズの活動が土壌からのCO₂放出に与える影響を定量評価するための実験系を構築し、ミミズが土壌有機炭素の分解・貯蔵に与える短期・長期的影響を解明することを目的とする。日本の森林土壌に優占するフトミミズ科のミミズを対象とした評価を実施する。

3. 研究の方法

(1) 短期・長期培養によるCO₂放出量の評価

ミミズによる土壌構造の改変は、ミミズの死後もその効果が継続する。実環境で想定されるミミズによる短期的および長期的な影響を評価するため、ミミズを投入して一定期間培養後にミミズを除去する実験系を構築した (Fig. 2)。フェーズ1 (~28日間) とフェーズ2 (28~181日間) 期間におけるCO₂放出量の経時変化を測定するとともに、各フェーズ終了時の耐水性団粒量および各団粒サイズの炭素・窒素安定同位体比を分析した。

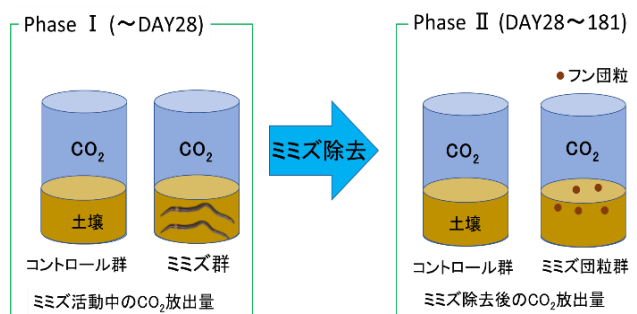


Fig. 2 短期・長期影響評価実験

(2) 糞団粒の存在割合変化に伴うCO₂放出量の変動評価

ミミズ糞団粒は、耐水性団粒であり、団粒の物理構造が長期的に維持されるため、土壌中の炭素を隔離する効果があると考えられる。そこで、ミミズの糞団粒の添加量を段階的に変えた土壌を長期培養 (210日間) し、糞団粒の土壌存在割合の変化が土壌CO₂放出にどのような影響を与えるのか評価した。

(3) 糞団粒分解実験

ミミズの糞団粒は土壌中で長期的に分解されにくい状態で維持されることを検証するため、糞団粒をメッシュバッグに封入し、長期培養 (~196日間) 可能な実験系を構築した (Fig. 3)。これにより経時時間ごとに団粒の分解特性や崩壊時間を評価した。

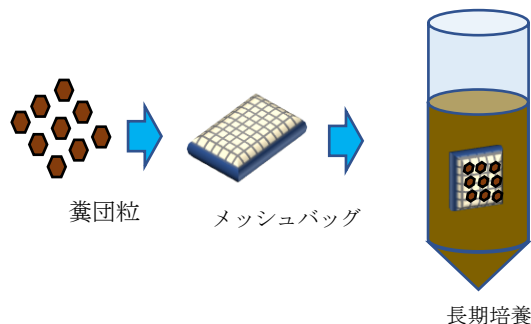


Fig. 3 糞団粒分解実験

4. 研究成果

(1) 短期・長期培養による CO₂ 放出量の評価

培養実験の結果、培養開始から 120 日目までは、ミミズ区で CO₂ 放出積算量が増大し、その後 150 日目以降は、ミミズ区の CO₂ 放出積算量が抑制された (Fig. 4)。また、ミミズ区では、2mm 以上の耐水性団粒が増加することが確認された (Fig. 5)。この団粒は対照区と比較して、全炭素量が有意に増加していた。この団粒は実験終了時の 181 日目まで維持されることが確認され、団粒内に長期的に炭素が隔離される可能性が示された。フェーズ 2 のミミズ区における 2mm 以上および 250 μm 以上の土壤団粒の δ¹⁵N 値が、コントロール区と比較して有意に低い値を示したことから、ミミズ区では易分解性の炭素が団粒内に隔離され、長期的に分解されにくい状態を維持した可能性が推察された。ミミズの存在によって、初期段階では土壤有機物の摂食・分解によって土壤からの CO₂ 放出が促進されるが、長期的には土壤有機炭素を貯蔵する効果をもたらし、CO₂ 放出が抑制される可能性が示唆された。本研究成果は、第 68 回日本生態学会大会において公表した。

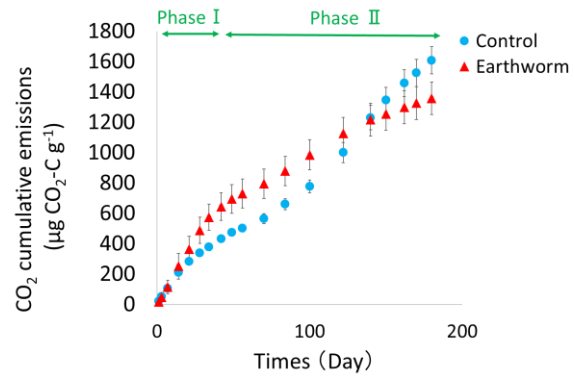


Fig. 4 積算 CO₂ 放出量

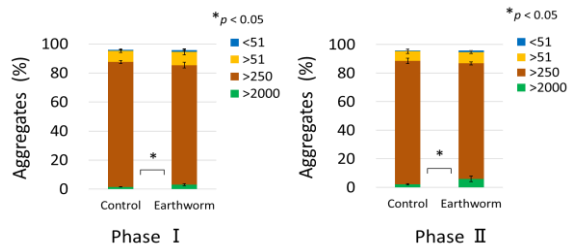


Fig. 5 各フェーズにおける耐水性団粒割合

(2) 土壤中の団粒存在割合の変化に伴う CO₂ 放出量の評価

糞団粒区 (100%) とコントロール団粒区 (100%) は、非添加区 (0%) と比較して、積算 CO₂ 放出量が減少した。糞団粒区は、コントロール団粒区と比較しても積算 CO₂ 放出量の減少が大きいことが明らかとなった (Fig. 6, 7)。このことから団粒自体からの CO₂ 放出は、長期的に抑制されることが示され、特にミミズ団粒においてその影響が顕著であることが明らかとなった。一方、フン団粒 12.5% 区およびコントロール団粒 3% 区では、非添加区と比較して、CO₂ 積算放出量が増加した。この要因として、団粒の存在により土壤間隙が増え、好氣的な条件になったことで、団粒以外の土除湯における微生物活性が高まった可能性が考えられた。本研究結果からミミズの糞団粒自体からの CO₂ 放出は、長期的に抑制されるが、土壤中の団粒存在割合によっては、CO₂ 放出が増大する可能性が示唆された。本研究成果は、第 44 回日本土壤動物学会大会において公表した。

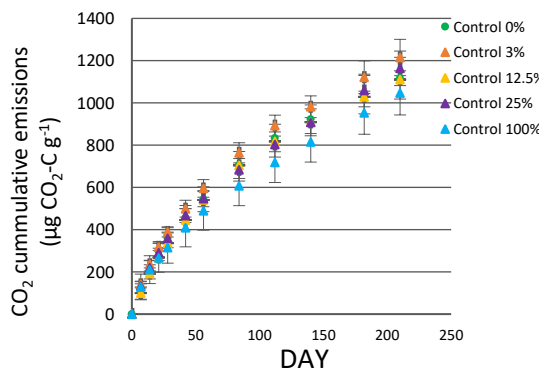


Fig. 6 コントロール団粒積算 CO₂ 放出量

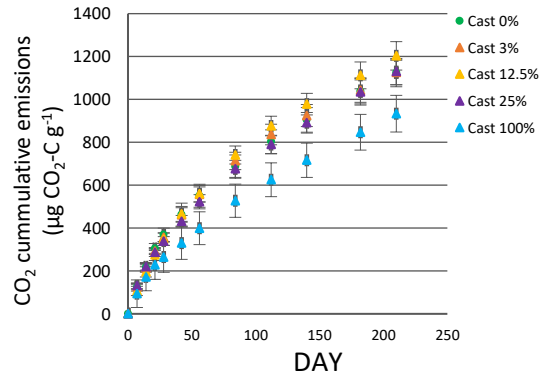


Fig. 7 糞団粒積算 CO₂ 放出量

(3) 糞団粒分解実験

培養開始から終了時 (196 日間) の間に、糞団粒重量の有意な減少は認められなかった。したがって、糞団粒は土壤中物理的に安定した状態で存在し、長期的に土壤中に存在することが認められた。さらに糞団粒の δ¹⁵N 値がコントロール団粒と比較して有意に低い値を示したことから糞団粒は、易分解性の炭素が団粒内に隔離され、長期的に分解されにくい状態を維持した可能性が示された。

研究成果まとめ

ミミズの活動によって、土壤有機物が分解されることによって、短期的には土壤からの CO₂ 放出が促進されるが、糞団粒の形成による土壤有機炭素の隔離が生じることで、長期的には CO₂ 放出を抑制されることが示された。本研究によって、ミミズが土壤 CO₂ 放出に与える影響は、時間経過とともに変化することが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 田中草太, 永野博彦, 安藤麻里子, 高階史章, 佐藤孝, 小嵐淳
2. 発表標題 ミミズのフン団粒が土壌CO2放出に与える影響 - 団粒存在割合による放出変化 -
3. 学会等名 第44回日本土壌動物学会大会
4. 発表年 2022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
---------	---------