

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：82111

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14910

研究課題名(和文) ミミズの炭素貯留機能の謎を解く：長期培養・最新安定同位体解析手法からのアプローチ

研究課題名(英文) Solving a puzzle about earthworm function in soil carbon storage: Approach from long term incubation experiment and newest stable isotope technique

研究代表者

金田 哲 (Kaneda, Satoshi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター・生物多様性研究領域・上級研究員

研究者番号：00537920

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)：二酸化炭素上昇による地球温暖化や土壌炭素減少による土壌劣化の観点から、土壌炭素動態の解明は極めて重要である。ミミズは有機物を摂食することで土壌炭素無機化を促進し、ミミズが形成する団粒中の有機物の分解を遅らせることで炭素無機化を遅延させると考えられているが、十分には明らかにされていない。土壌有機物分解は緩やかなため、ミミズが土壌炭素動態に及ぼす影響を評価するには、長期培養と安定同位体解析手法を用いることが有効である。本研究では、長期培養試験からミミズが活動した土壌において有機物分解が遅れることを示し、メカニズム解明に向けて研究を進めることが出来た。今後メカニズム解明を進めて行く。

研究成果の概要(英文)：From a point of view of global warming prevention by increasing carbon dioxide from soil and prevention of soil degradation by decreasing soil carbon content, elucidating soil carbon dynamics is highly important. It is thought that earthworm enhance soil carbon mineralization by ingesting organic matter, and delay the mineralization by forming soil aggregate. However, still now the earthworm effects are not clear. As soil organic matter decomposition is too slow, long term incubation experiment and using newest stable isotope technique are effective for elucidating the earthworm effects. In this study, we showed soil carbon mineralization decreased in earthworm effected soil, and could advance the elucidating mechanism of earthworm effects on soil carbon dynamics.

研究分野：土壌生態学

キーワード：ミミズ 土壌炭素動態 安定同位体 長期培養

1. 研究開始当初の背景

大気中の CO₂ 濃度の上昇による地球温暖化が危惧される中、土壌には大気の3倍近い炭素が蓄積しており、そこでの炭素収支の変化は大気 CO₂ 濃度に強い影響をもたらす可能性がある。一方で、土壌有機物は土壌の緩衝機能を持つことから、土の肥沃度の指標となる。よって土壌炭素動態の解明は、生態系の諸機能を理解し、それらを上手く活用・保全するうえで、きわめて重要な基礎情報となる。

土壌有機物は土壌生物により分解されるが、炭素動態のメカニズムは未だ謎に満ちている。ミミズは炭素動態に強い影響を及ぼす土壌動物で、有機物を摂食することで有機物分解を促進するが、団粒を形成することで団粒内の有機物の分解を遅延させることが実験的に示されている(Martin 1991)。近年、ミミズが炭素動態に及ぼす影響を評価した過去の研究結果をメタ解析した結果が公表された(Lubbersら 2013)。その研究では、ミミズは二酸化炭素の放出を促進したが、土壌炭素濃度を変化させないといった矛盾する結果となり、結局のところ未だトータルでミミズが炭素循環を促進させるか遅延させるか明らかになっていないことを示す結果になった。その要因の一つとして、土壌炭素濃度の変化は数年と時間がかかるものの過去の実験では数十日や数ヶ月程度で実験を終了している研究が多く、ミミズが炭素動態に及ぼす影響を評価できる精度で実験を行っていなかったためと考えられる。さらにミミズが炭素動態に及ぼす影響のメカニズムを追及する研究がほとんど無かった。

2. 研究の目的

そこで、本提案課題では、長期間培養試験および研究分担者の持つ最先端の研究手法から土壌炭素動態へのミミズの影響を解明するため、以下の4つのテーマを進めることとした。(1)ミミズが有機物分解速度に及ぼす影響を長期培養から評価するとともに、(2)土中の各炭素画分の炭素動態の解明、(3)団粒中糖類組成の変化、(4)粘土鉱物による有機物安定化機構に関する研究を進めた。

3. 研究の方法

(1)ミミズが有機物分解速度に及ぼす影響 (長期培養)

長期培養実験は、7ヶ月培養する試験、1年培養と3年培養する試験の3つを行った。処理区はミミズ処理区と対照区の2つを設けた。ミミズ処理区では全ての試験においてミミズを1週間や20日間のみ土に入れ、その後はミミズを取り出し、ミミズが形成した団粒を土に残し培養した。ミミズを除去することで、ミミズが炭素無機化を促進する効果と団粒を形成し遅延させる効果を検出できるようにした。土壌呼吸を定期的に測定するとともに土壌炭素濃度を測定することで、ミミズが炭素動態に及ぼす影響を評価した。

(2)土中の各炭素画分の炭素動態の解明

ミミズは団粒を形成することで炭素無機化を遅らせると言われている。そこでミミズが形成した団粒を再度破壊することで、団粒の効果を検証することとした。野外の土壌を用いる場合、すでに団粒が形成されている。このためまず初めに実験土壌を10μm程度にまで粉碎した。10μm程度に土を粉碎すると土の構造が大きく変化し、そのまま水分を含ませた場合土が大きな塊となり塊内部が嫌気的条件になる可能性がある。そこで、石英砂や細砂を混ぜ合わせることで、最適な実験土壌になる割合を検討した。

(3)団粒中糖類組成の変化

文献調査を行い、ミミズがどの糖類を粘液として分泌しているかを調べ、その後粘液中の濃度を測定することとした。

文献調査の結果ムコ多糖をミミズは出しており、団粒形成に影響を及ぼしていると考えた。ミミズから粘液を採取し、分析を行ったが検出限界以下となった。このため、抽出方法を変えて、ミミズが形成した団粒から抽出することとした。ムコ多糖だけではなく、単糖も測定した。

(4)粘土鉱物による有機物安定化機構

粘土鉱物、砂、有機物を混ぜ合わせた人工土壌でミミズを培養し団粒を形成させ、その団粒中の有機物の存在形態や培養実験により有機物安定化機構を評価することとした。しかし、人工土壌においてミミズが上手く培養させることが出来ず、団粒が採取出来なかった。残念ながら本研究においては今後の課題となった。

4. 研究成果

(1)ミミズが有機物分解速度に及ぼす影響 (長期培養)

実験は3つ行い、どの実験においてもミミズを投入することで土壌呼吸速度が増加した。図1に3年培養の結果を示す。ミミズ処理区において、ミミズが土にいる時はミミズ処理区の方で土壌呼吸速度が高く、ミミズを除去することで土壌呼吸速度がミミズ処理

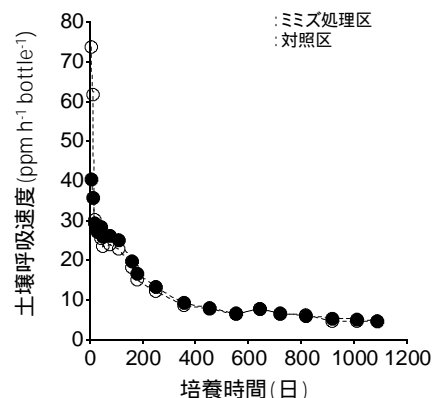


図1 ミミズおよびミミズの活動が土壌呼吸に及ぼす影響

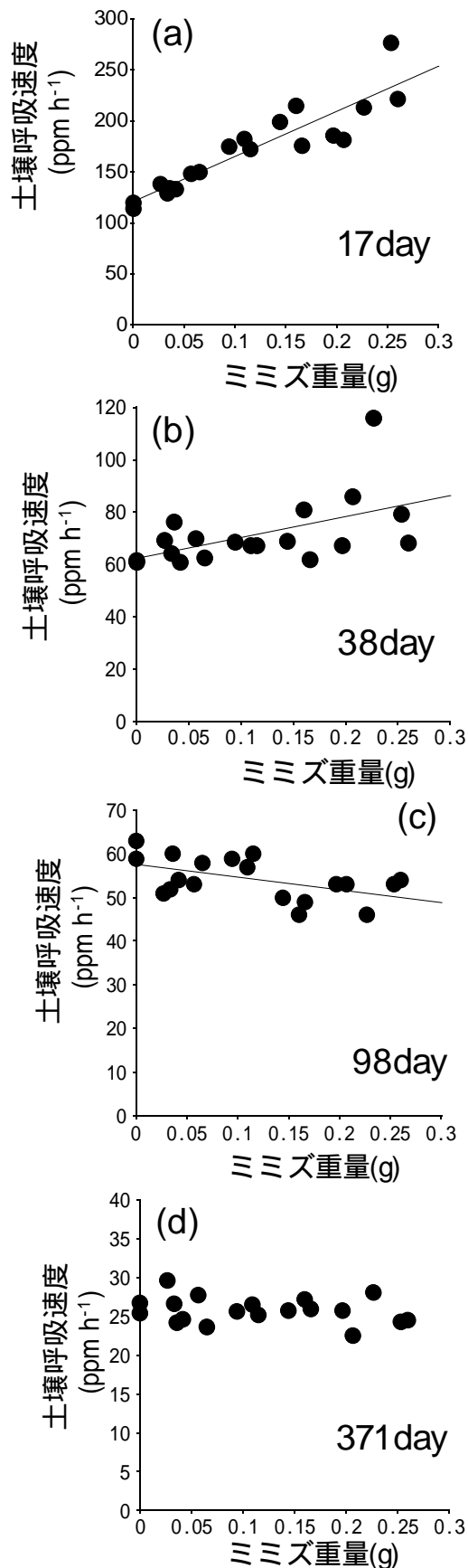


図2 ミミズ重量と土壌呼吸の関係の時間変化

区において低下した。実験後期では土壌呼吸

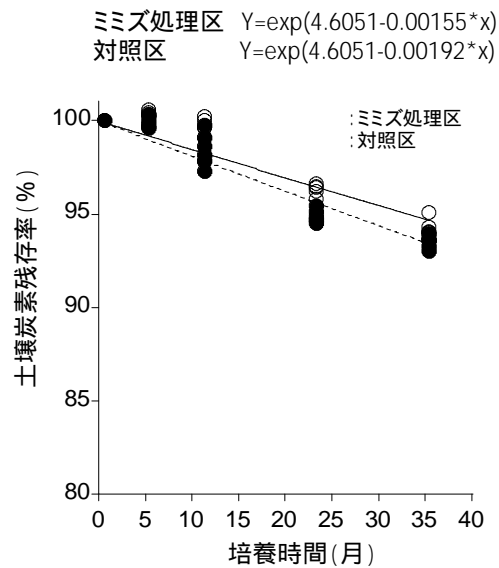


図3 ミミズおよびミミズの活動が土壌炭素動態に及ぼす影響

の低下により両者の差が無くなった。この傾向は他2つの培養実験でも同様の傾向であった。

ミミズは団粒を形成することで炭素無機化を抑制すると考えられている。ミミズは重量が大きくなると団粒形成量が増加することが Kaneda ら(2016)により示されている。そこで、実験土に投入するミミズ重量と土壌呼吸速度の変化を1年培養試験で調べた結果、ミミズ投入時はミミズ重量が増加するほど土壌呼吸速度が速くなる結果となった(図2(a))。20日のミミズ培養後、ミミズを除去しても投入したミミズ重量が大きいほど早い傾向が続き(図2(b))、100後から逆転しミミズ重量が大きい方で土壌呼吸速度が低下した(図2(c))。この傾向は実験終了時まで継続した(図2(d))。

3年培養試験では、土壌炭素濃度を合計6回測定した。20日の培養でミミズは土壌炭素無機化を促進する。このため、20日後の炭素濃度を100%としたときそれぞれの土壌有機物分解速度を測定した。この結果、ミミズ処理区の方が対照区よりも有機物分解速度が遅くなる結果が得られた(図3)。つまりミミズが活動した土では有機物分解が遅れるということになる。

(2) 土中の各炭素画分の炭素動態の解明

粒径の異なる細砂(0.425-0.18 mm)と石英砂(0.106-0.075 mm)と10 μ m程度に粉砕した沖積土を混ぜ合わせ、団粒粒径を比較することで実験に用いる混合比を検討した。その結果、石英砂と沖積土を混ぜ合わせることで、砂と沖積土が良く混ぜ合わさる可能性が示唆された。今後は、土壌呼吸速度を測定することで、実験に用いる混合条件を検討し、決定する。

(3) 団粒中糖類組成の変化

クロボク土を用いて、ミミズに団粒を形成させ、団粒と非団粒中の単糖組成の違いを調べた。その結果団粒中ではマンノースが非団粒より高い値となったものの、グルコース、アラビースでは両者に違いは認められなかった(図4)。

沖積土を用い、ミミズ形成団粒と非団粒で

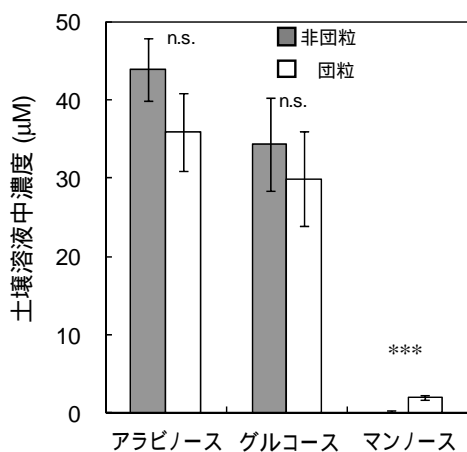


図4 土壤非団粒とミミズ団粒中の単糖類濃度
*** 危険率0.1%で有意差有 n.s. 有意差無し
(n = 3).

ミミズ由来と考えられるムコ多糖を測定するために土壤溶液を抽出し分析した。その結果、ヘパリン基準のムコ多糖がミミズ形成団粒において有意に高いことが明らかとなった(図5)。これはミミズの粘液が土壤に浸出した結果と考えられる。ミミズ形成団粒を採取するには時間を要し、研究期間中にムコ多糖の分解速度までは測定できなかった。今後培養実験を行うことでミミズ形成団粒中のムコ多糖の分解速度を明らかにしていきたい。

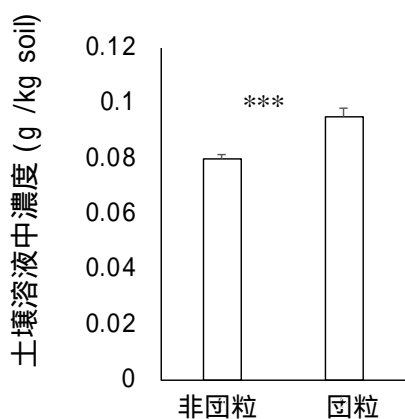


図5 土壤非団粒とミミズ団粒中の土壤水中ムコ多糖濃度(ヘパリン基準)
*** 危険率0.1%で有意差有
(n = 3).

メカニズム解明に関する研究が遅れ気味となったが、ミミズが土壤炭素無機化を遅延

させる結果を示すことが出来た。これまでにミミズが土壤炭素無機化を遅延させると考えられてきたが、実際に示した例は少ない。本研究では、ミミズを実験期間中に除去することで、ミミズ処理による無機化促進と遅延の両効果を示すことが出来た。

<引用文献>

Martin (1991) Short- and long-term effects of the endogeic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecida, Oligocheta) of tropical savannas, on soil organic matter. *Biol. Fertil. Soils* 11, 234-238.

Lubbers et al. (2013) Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. *Nat. Clim. Chan.* 3, 187-194.

Kaneda et al. (2016) Soil temperature and moisture-based estimation of rates of soil aggregate formation by the endogeic earthworm *Eisenia japonica* (Michaelsen, 1892). *Biol. Fertil. Soils* 52, 789-797.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

長谷川元洋, 藤井佐織, 金田哲, 池田紘士, 菱拓雄, 兵藤不二夫, 小林真. 土壤動物をめぐる生態学的研究の最近の進歩. *日本生態学会誌*. (印刷中)(査読有)

〔学会発表〕(計3件)

米村正一郎, 金田哲. ミミズ呼吸量の動的測定. *日本生態学会*. 2017.3.16 早稲田大学(東京都・新宿区)

Yonemura S., Kaneda S., Kodama N.. Dynamic observation of earthworm respiration. 2016.8.25 奈良春日野国際フォーラム(奈良県・奈良市).

金田哲. 生態系改変者ミミズが土壤炭素動態に及ぼす影響. *日本生態学会* 2016.3.22 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金田 哲 (KANEDA, Satoshi)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター 生物多様性研究領域・上級研究員
研究者番号: 00537920

(2) 研究分担者

米村 正一郎 (YONEMURA, Seiichiro)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・農業環境変動研究センター 気

候変動対応研究領域・主席研究員
研究者番号：20354128

藤井 一至 (FUJII, Kazumichi)
国立研究開発法人森林総合研究所 立地
環境研究領域・主任研究員
研究者番号：60594265

櫻井 玄 (SAKURAI, Gen)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・農業環境変動研究センター 環
境情報基盤研究領域・研究員
研究者番号：70452737

和穎 朗太 (WAGAI, Rota)
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合
研究機構・農業環境変動研究センター 気
候変動対応研究領域・上級研究員
研究者番号：80456748