

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25740003

研究課題名(和文)多様な土壤炭素の分解反応に及ぼすプライミング効果の定量的評価

研究課題名(英文)Responses of organic carbon in a variety of soils controlled by cellulose supply

研究代表者

飯村 康夫(IIMURA, YASUO)

滋賀県立大学・環境科学部・助教

研究者番号：80599093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：土壤炭素分解メカニズムの解明に向けて、多様な土壤炭素の分解反応に及ぼすプライミング効果(グルコースやセルロースなどの易分解性有機物の混入による土壤炭素分解促進効果)を定量的に評価した。プライミング効果による土壤炭素分解量は土壤タイプや層位によって多様であることや、特に土壤中の軽比重画分炭素量(比較的新鮮な植物リターが多く占める)や中比重画分炭素量(鉱物や団粒化によってより高比重化したリターが主体)と関係が深いことが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：I investigated the decomposition rate of soil organic carbon (SOC) controlled by cellulose supply (priming effect) among three different soil types to clarify the soil carbon dynamics with some impact to soil. Then, I revealed two important points on decomposition rate of SOC controlled by cellulose supply among three soil types. First, the decomposition rates of SOC with priming effect among three different soil types and/or their depths are diverse. Second, Amount of carbon of light-density fraction and middle-density fraction are more important factor controlling decomposition rates of SOC with priming effect among three soil types.

研究分野：土壤学

キーワード：地球温暖化 土壤炭素分解 プライミング効果

### 1. 研究開始当初の背景

土壌は陸域最大の炭素プールでありその量は地上部バイオマスの3~4倍にもなる。そのため、地球温暖化に伴い土壌炭素分解量はより増大し、結果として温暖化が加速することが懸念されている。しかしながら、土壌炭素は化学的な質(化学構造特性)や物理的な存在形態(無機物とのコンプレックス)が極めて複雑なため、これらの分解メカニズム自体、不明な点が多く、土壌炭素応答を正確に予測することが困難となっている。この課題を解決するためには、土壌炭素の直接的な温度依存性の解明もさることながら、土壌炭素分解メカニズムそのものをよく理解する必要がある。

現在は現存している土壌炭素の質や存在形態によって分解反応は規定されるという考えがコンセンサスを得ているが、近年、グルコースやセルロースといった植物リター由来の易分解性有機物が土壌の深い場所で鉱物と強固に結合している極めて古い炭素、あるいは化学構造的に安定な炭の分解を促進する起爆剤となる(プライミング効果:図1)可能性がNature誌などの著名な論文に立て続けに発表された。これらの報告はこれまで仮説として考えられてきた土壌炭素の分解規定因子(土壌炭素の質や存在形態)の考えを覆す新規の規定因子として注目に値する。

実際に研究代表者らがこれまでに起こってきた研究もプライミング効果を支持する。我々は世界的に見ても極めて多量の古いグラファイト様炭素が蓄積している土壌において、ススキ草原 針葉樹林 落葉広葉樹林と植生が変化した場合の土壌炭素の分解特性について詳細に解析をおこなった。その結果、草原下よりも針葉樹林や落葉広葉樹林下でグラファイト様炭素は明らかに分解されやすく、特に落葉広葉樹林下では分解速度が加速されることを化学構造特性変化や同位体比変動( $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、 $\Delta^{14}\text{C}$ )から明らかにした。また、非グラファイト様炭素(脂質に卓越した土壌炭素や比較的新しい土壌炭素)も同様に分解され、これらの土壌炭素の分解を加速させる因子としてフレッシュリター由来の炭水化物の可能性が示唆された。

これらの結果は、土壌炭素の安定性が質的

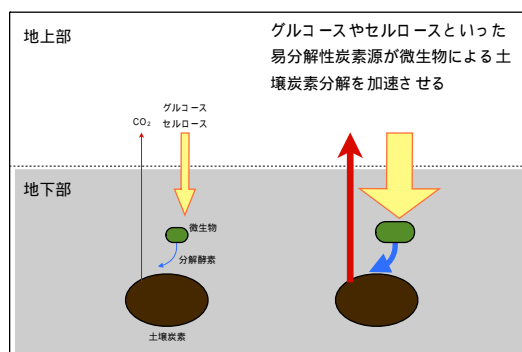


図1. 易分解性炭素による土壌炭素分解のプライミング効果の概念図。

特性よりも、プライミング効果によって左右される可能性を示唆する。しかし、質や存在形態が大きく異なる多様な土壌炭素がプライミング効果によって普遍的に分解されるのかについて定量的なデータは存在しない。もしプライミング効果に伴う土壌炭素分解反応がその質や存在形態に依存せず普遍的に生じるのならば、分解メカニズムそのものの再考が必要になってくる。

### 2. 研究の目的

プライミング効果による土壌炭素分解が多様な質や存在形態に依存せず普遍的に生じるかは現在のところ不明である。本研究は土壌炭素の質や存在形態が大きく異なる複数の土壌試料に対し、プライミング効果による分解反応の有無を定量的に評価することで土壌炭素の分解規定因子としてのプライミング効果の重要性を検証することを目的としている。また、プライミング効果による土壌炭素分解と土壌炭素の化学的な質および物理的な存在形態との関係を明らかにすることも目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 各種土壌炭素の安定性評価

本研究では土壌炭素の質や存在形態が大きく異なる土壌炭素を複数用いることがポイントの一つである。そこで、まず供試土壌の質および存在形態を評価した。土壌は黒色土(落葉広葉樹林下)、褐色土(落葉広葉樹林下)、赤黄色土(常緑広葉樹林下)の表層土(0-10cm)および下層土(60-70cm)を用いた。質としては土壌炭素の主要画分の一つである腐植酸の光学的特性(黒色度)を調べた。土壌腐植酸の黒色度は土壌炭素の特に芳香族性(全炭素量に占める芳香族炭素量の割合)と深い関係を示すことがわかっている。一般的にこの黒色度が高い土壌炭素ほど生分解を受け難いと考えられている。また、存在形態評価として各土壌炭素の比重別画分量(Cベース)を評価した。土壌炭素の比重別画には重液のポリタングステン酸ナトリウムを使用した。比重の違いから土壌炭素を比較的新鮮な植物リターが多く占める軽画分( $< 1.6 \text{ g cm}^{-3}$ )、鉱物や団粒化によってより高比重化したリターが主体の中画分( $1.6-2.6 \text{ g cm}^{-3}$ )、さらに高比重化が進行し主に鉱物と強く結合した有機物が主体の重画分( $> 2.6 \text{ g cm}^{-3}$ )の3つに分画した。比重が重く、鉱物と強く結合した形態の土壌炭素ほど生分解を受け難いことが近年明らかにされつつある。

#### (2) 各種土壌炭素の培養実験

各種土壌炭素分解におけるプライミング効果の有無および程度を定量的に評価するため、図2のような設定で培養実験を行った。培養条件は土壌:20g(乾土)、水分20%で行い、期間は約1ヶ月とした。一方にのみ $^{13}\text{C}$ 標識セルロースを加えた(セルロース:土壌

= 1 : 100, C ベース)。コントロールとして土壌のみを同条件下で培養し、その結果得られた土壌炭素由来のCO<sub>2</sub>発生量をセルロース処理区で得られた結果から差し引くことで、プライミング効果による土壌炭素分解量を推定した。培養期間に発生したCO<sub>2</sub>はCO<sub>2</sub>アナライザーで定期的に計測した。各培養実験は3反復で行った。

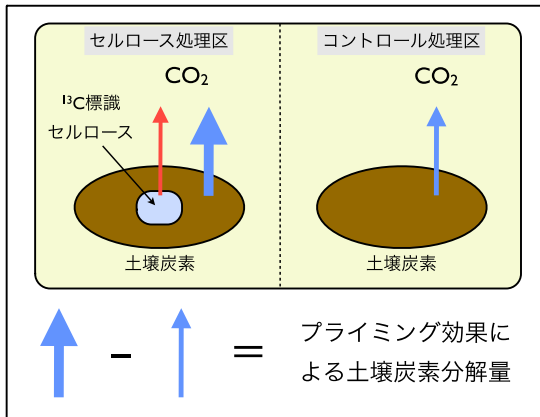


図2. プライミング効果による土壌炭素分解量算出のイメージ。

(3) 各種土壌炭素のプライミング効果と他の土壌因子との関係解析

(1) および(2) で得られた結果から土壌炭素の質や存在形態とプライミング効果による土壌炭素分解の有無および程度との関係を統計解析した。

#### 4. 研究成果

(1) 黒色土、褐色土、赤黄色土の土壌炭素分解に及ぼすプライミング効果を推定した結果、表層(0-10cm)では全ての土壌でプライミング効果が認められ、黒色土 > 褐色土 > 赤黄色土の順にその程度は高かった(図3上)。下層土(60-70cm)では黒色土および赤黄色土ではプライミング効果が認められ、赤黄色土 > 黒色土の順にその程度は高かった。一方、褐色土の下層土では負のプライミング効果が認められた(図3下)。表層土と下層土を比較した場合、黒色土と褐色土では表層土でのプライミング効果による土壌炭素分解量がそれぞれ100倍程度高いことも認められた。一方、赤黄色土では下層土でのプライミング効果による土壌炭素分解量が20倍程度高いことも示された。これらの結果から、土壌炭素分解に及ぼすプライミング効果は土壌タイプや層位によって極めて多様であることが明らかとなった。

(2) 各種土壌炭素分解におけるプライミング効果と土壌炭素の質および存在形態との関係を表1に示した。それぞれPEはプライミング効果、A<sub>600</sub>/Cは土壌腐植酸の黒色度、LF-Cは軽比重画分炭素量(< 1.6 g cm<sup>-3</sup>)、MF-Cは中比重画分炭素量(1.6-2.6 g cm<sup>-3</sup>)、HF-Cは重比重画分炭素量(> 2.6 g cm<sup>-3</sup>)を示

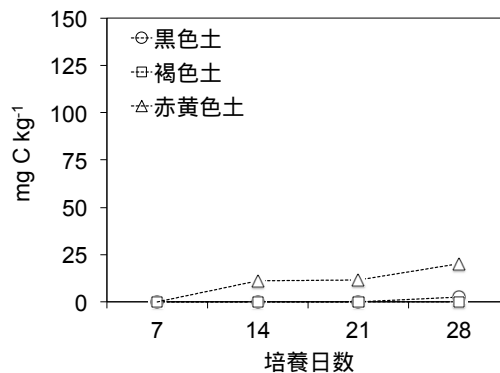
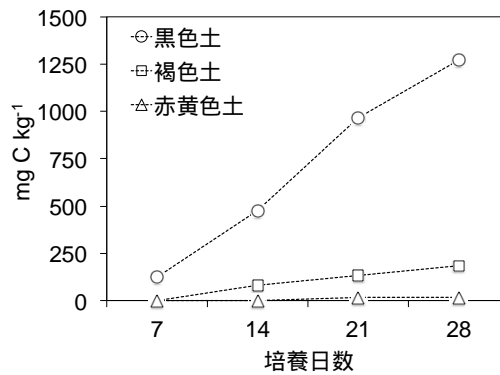


図3. 表層土(0-10cm)(上図)および下層土(60-70cm)(下図)におけるプライミング効果による土壌炭素分解量の推移(積算値)。

している。表1より、プライミング効果による土壌炭素分解量は軽比重画分量とは有意な負の相関関係が、また、中比重画分量とは正の相関関係が認められた。つまり、プライミング効果は土壌中に比較的新鮮な植物リターが少ないほど、また、高比重化したリターが多いほど生じやすいことが示された。一方、土壌腐植酸の化学的な質(化学構造特性)や鉱物と強く結合した形態の土壌炭素量とは深い関係はないことが示唆された。

表1. 各土壌におけるプライミング効果と化学的特性(黒色度)および物理的特性(比重別画分)との関係(n=9)

	A <sub>600</sub> /C	LF-C	MF-C	HF-C
PE	0.559	-0.854**	0.851**	-0.381

\*\*はP<0.01水準で有意。

#### 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)

[雑誌論文](計4件)

Kawahigashi M, Ono K, Iimura Y, Fujitake N

(2013) Investigations of environmental changes based on chemical analyses of humic substances. Humic Substances Research, 10, 1-9. (査読有)

川東正幸・高橋正・藤井一至・高橋正通・三浦覚・石塚成宏・金子進司・白戸康人・矢ヶ崎奏海・高田祐介・和穎郎太・岸本文紅・米村正一郎・平館俊太郎・渡邊真紀子・泉岳樹・藤嶽暢英・飯村康夫(2013)日本の土壤炭素賦存量を量・質の両面から考える, 日本土壤肥料学会誌, 84, p224-229. (査読有)

Imura Y, Hirota M, Ida H, Ohtsuka T (2013) Comparison of quantity and quality of soil organic carbon between matured and gap areas in an old-growth beech forest. Journal of Geography, 122, 723-732. (査読有)

飯村康夫・大塚俊之・村岡裕由(2013)野外研究サイトから(23)高山(たかやま)サイト, 日本生態学会誌, 63, p145-150. (査読有)

〔学会発表〕(計5件)

飯村康夫, 内田昌男, 近藤美由紀(2014)林地化に伴う黒色土壌有機物動態, 第5回極域科学シンポジウム, 日本地球惑星科学連合2014年大会, 千葉(2014年5月1日).

飯村康夫, 森田悠介, 吉竹晋平, 大塚俊之(2014)白山山麓・大白川ブナ原生林における土壌窒素無機化速度の空間的不均一性, 日本生態学会, 広島市(2014年3月14~3月18日).

飯村康夫, 村山昌平, 大塚俊之(2013)冷温帯落葉広葉樹二次林(高山サイト)における土壌腐植酸と土壌CO<sub>2</sub>の質的關係, 日本腐植物質学会, 佐賀市(2013年11月21~11月22日).

飯村康夫, 米林甲陽, 藤嶽暢英(2013)化学構造特性・黒色度・炭素・窒素安定同位体比から黒色腐植酸の生成過程を考える~腐植酸の細分画法から見えること~, 日本土壤肥料学会, 名古屋市(2013年9月11日~9月13日).

飯村康夫, 廣田充, 井田秀行, 大塚俊之(2013)ブナ成熟林における成熟林エリアとギャップエリアの土壌炭素量および質の比較, 日本地球惑星連合大会, 千葉市(2013年5月19日~5月24日).

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

飯村 康夫 (IIMURA YASUO)

滋賀県立大学・環境科学部・生物資源管理  
学科・助教

研究者番号: 80599093