

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16118

研究課題名(和文) 土壌炭素の温暖化応答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) Relationship between temperature sensitivity and priming effect in soil

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) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：土壌炭素におけるプライミング効果(PE)と温度環境の関係を明らかにするとともに、土壌炭素分解の温度係数(Q10)に及ぼすPEの影響を明らかにすることを目的とした。アロフェン質黒ボク土を用いた結果、PEは明確な温度依存性を示さず、15℃で最も高いPE値を示し、25℃と35℃ではいずれも負のPE値を示した。コントロール区とセルロース添加区でQ10に有意差が認められないことから、少なくともアロフェン質黒ボク土ではPEがQ10にそれほど影響を及ぼさない可能性が高いことがわかった。さらに、各温度条件におけるPEは培養後土壌の微生物バイオマス量とは明確な関係を持たないことも明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The purpose was to clarify the relationship between the priming effect (PE) and the temperature sensitivity and clarify the influence of PE on the temperature coefficient (Q10) in soil. As a result, PE showed no clear temperature sensitivity and showed the highest PE value at 15℃, and both showed negative PE values at 25℃ and 35℃ with allophanic Andosols. Since there was no significant difference in Q10 between control and cellulose plot, we found that PE is not likely to affect Q10 at least in allophane Andosols. Furthermore, it was also revealed that PE under each temperature condition does not clearly correlate with microbial biomass of soil after incubation.

研究分野：土壌化学

キーワード：土壌炭素 地球温暖化 13C 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大気のおよそ 3.3 倍、地上部バイオマスのおよそ 4.4 倍にもなることから、土壌炭素分解量の変動がたとえごくわずかであっても大気中の CO₂ 濃度に多大な影響を及ぼすと考えられている。そのため、今後の地球温暖化の進行に伴う土壌炭素分解量の変動とそれらが大気 CO₂ 濃度にどのような影響を及ぼすか?には大きな関心が寄せられている。

温暖化に伴う土壌炭素の分解速度変化(温度依存性と呼ぶ)は一般的に温度係数(Q₁₀)を用いて示される。Q₁₀は温度が 10°C 上昇したときに分解速度が何倍になるかを示す係数であるが、この Q₁₀ を決定する土壌要因はいまのところよくわかっていない。これは土壌炭素の量や質が環境条件や種類によって多様であることなどが原因と考えられている(Davidson & Janssens 2006)。

一方で、温暖化は表層土壌そのものに温度上昇という直接的な影響を及ぼすと同時に地上部の植物残さや枯死根の供給量変動といった間接的な影響も生じることが十分に予想される。そのため、温暖化に伴う土壌炭素分解は直接的な温度の影響だけでなく地上部植生を介した間接的な影響も考慮することが欠かせない。このような植物残さや枯死根など土壌への新たな易分解性有機物の供給に伴う土壌炭素分解量変化を“プライミング効果”と呼ぶ。したがって、より実際に近い土壌炭素分解の温暖化応答予測にはプライミング効果を考慮することが重要と考えられる(図1)。しかしながら、プライミング効果をも考慮した温暖化に伴う土壌炭素分解速度変化に関する研究は今のところあまり行われていない。

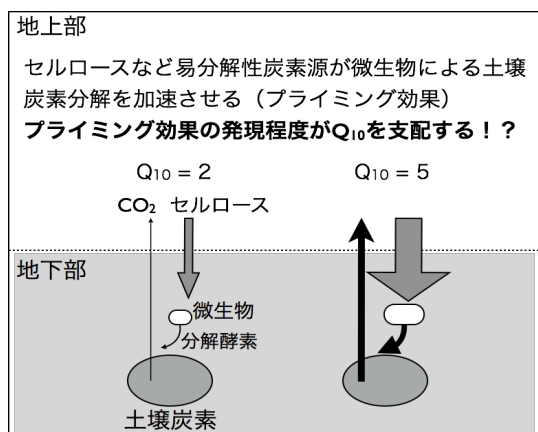


図1. プライミング効果と温度係数(Q₁₀)の関係仮説を示した概念図。

2. 研究の目的

本研究では、これまであまり知られていない土壌炭素の温度依存性(温暖化に伴い土壌炭素の分解速度がどのくらい速まるか)に対するプライミング効果の影響を室内モデル実験を通して定量的に評価することを目的

としている。具体的には ¹³C でラベリングしたセルロース(植物リターの主要な構成要素)を土壌に添加し、温度環境を制御した恒温チャンバーの中でプライミング効果の発現程度を定量的に評価する。これらの結果からプライミング効果と温度係数(Q₁₀)との関連性について明らかにする。同時に土壌特性や微生物バイオマス量についても明らかにし総合解析をすることで温度依存性の説明要因としてのプライミング効果を明確にする。

3. 研究の方法

(1) 異なる温度条件下における土壌炭素のプライミング効果(PE)の定量

冷温帯落葉広葉樹林下に分布するアロフェン質黒ボク土の表層(0-10cm)を採取し供試土壌とした。採取した土壌は現地で 2mm 篩に通し植物残さを取り除いた。その後、実験室に持ち帰り水分を調整した後(水分:-100kPa 乾土あたり 40g となるように 250mL 培養瓶に入れ、各温度条件下で水分を保ちながら 10 日間プレインキュベーションをした。なお、供試土壌の一部は風乾後、理化学性分析を行った。その後、コントロール区はそのまま、セルロース添加区には ¹³C 標識セルロース(δ¹³C = 約 100‰)を添加・混合した(1gC kg⁻¹ 乾土)。各培養瓶内の気層を CO₂ フリー空気ですばやく置換し密閉した後、15°C、25°C、35°C で約 2 ヶ月間培養した。培養中は経時的に CO₂ 発生速度を CO₂ アナライザーを用いて測定すると同時に NaOH を用いて固定・炭酸塩化した後、安定炭素同位体比質量分析装置で δ¹³C を測定した。培養瓶内の気層は CO₂ 濃度が 2~3% を超えないように必要に応じて CO₂ フリー空気ですばやく置換した。測定した δ¹³C 値から、同位体混合モデル(¹³C 標識セルロース: δ¹³C = 約 100‰、土壌炭素: δ¹³C = 約 -22~-24‰)を用いて発生した CO₂ の起源を推定し、コントロールの結果を合わせて PE を定量した(図2)。なお、実験はすべて 3 反復でおこなった。

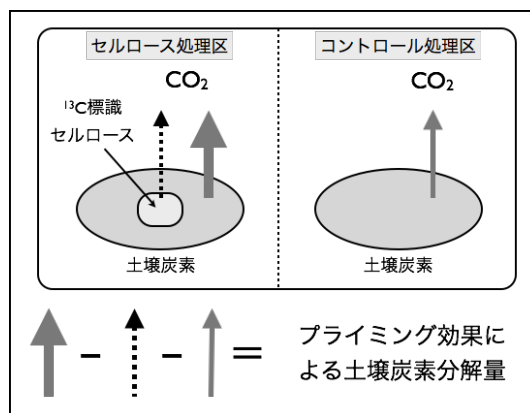


図2. プライミング効果による土壌炭素分解量の概念図。

(2) 土壌炭素の温度依存性評価
土壌炭素の温度依存性を評価するために、

(1) で得られた結果を用いて温度係数 (Q_{10}) を求めた。温度と CO_2 発生速度の関係を指数関数 $r_{min} = r_0 \exp(\beta T)$ で近似し、 $Q_{10} = \exp(10\beta)$ で求めた。 r_{min} は二酸化炭素発生速度 ($\mu g CO_2-C g^{-1} dry mass day^{-1}$)、 T は温度、 r_0 、 β はフィッティングパラメーターとした。

(3) 微生物バイオマス

各処理区における培養後の土壌を用いて微生物バイオマス量を測定した。微生物バイオマス量は ATP 法を用いた (青山ら 2005)。

4. 研究成果

(1) 土壌炭素のプライミング効果と温度環境との関連性

コントロール区およびセルロース添加区における土壌由来 CO_2 発生積算量の経時変化を図 3 に示した。いずれの温度環境でも培養 14 日目までは CO_2 発生積算量は比較的低い結果を示したが、培養 14~40 日目にかけて $25^\circ C$ および $35^\circ C$ では加速度的に CO_2 発生積算量は増大した。その後も培養 50~60 日あたりでは $25^\circ C$ および $35^\circ C$ での CO_2 発生積算量は増大し続けた。 $15^\circ C$ における CO_2 発生積算量は増大する傾向は認められたものの、 $25^\circ C$ や $35^\circ C$ に比べると低い値であった。

プライミング効果の経時変化を図 4 に示した。 $15^\circ C$ では培養 20 日目を過ぎたあたりから徐々に高くなり、培養期間全体を通して PE は正方向へ上昇した。一方、 $25^\circ C$ および $35^\circ C$ では、培養 14 日目まで PE はほぼゼロを示しており、その後は徐々に負の PE を示すようになった。 $25^\circ C$ および $35^\circ C$ では培養 2 ヶ月後には負の PE 値を示した。

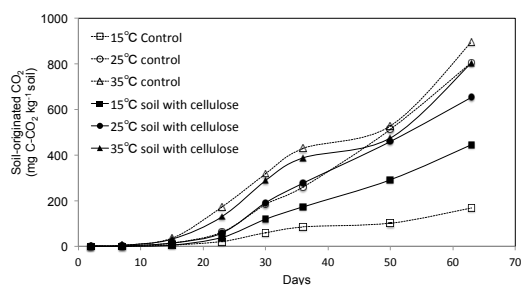


図 3. プライミング効果による土壌炭素分解量の概念図。

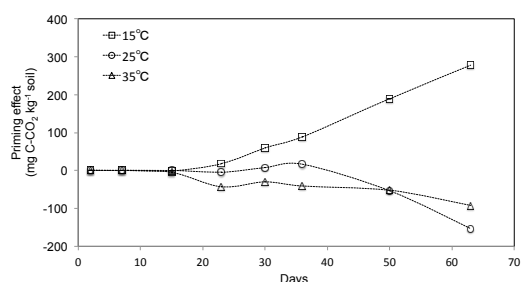


図 4. プライミング効果による土壌炭素分解量の概念図。

以上の結果より、少なくとも今回供試したアロフェン質黒ボク土ではセルロース添加に伴う PE と温度における明確な関係は持たないことが明らかとなった。

(2) 土壌炭素分解における温度係数 (Q_{10}) と PE の関連性

コントロール区およびセルロース区における温度係数 (Q_{10}) の経時変化と培養期間全体の平均値±標準偏差を表 1 に示した。 Q_{10} はセルロース添加の有無によって有意な差は認められなかった。ただし、セルロース添加区の Q_{10} はコントロール区に比べ平均値がより低い傾向が見られた。

表 1. セルロース添加の有無による温度係数 (Q_{10}) の経時変化。

	培養日数								
	2	7	15	23	30	36	50	63	Total
コントロール区	3.6	1.6	2.4	3.0	2.0	2.1	2.4	2.4	2.4 ± 0.6
セルロース区	3.4	1.6	2.2	1.8	1.3	1.3	N.D.	1.4	1.9 ± 0.8

(3) 微生物バイオマス量

コントロール区の微生物バイオマス量を 100% としたときのセルロース添加区における微生物バイオマス量の百分率 (%) を図 6 に示した。いずれの温度条件でもコントロール区に対しセルロース添加区では微生物バイオマス量は多い傾向を示した。しかし、PE は $15^\circ C$ では正を示したにも関わらず、 $25^\circ C$ や $35^\circ C$ では負を示した。この結果から PE 値は培養後の微生物バイオマス量を反映していない可能性が高いことがわかった。一方、 $15^\circ C$ に比べ $25^\circ C$ や $35^\circ C$ での微生物バイオマス量は低い傾向を示したが、有意差は認められなかった。

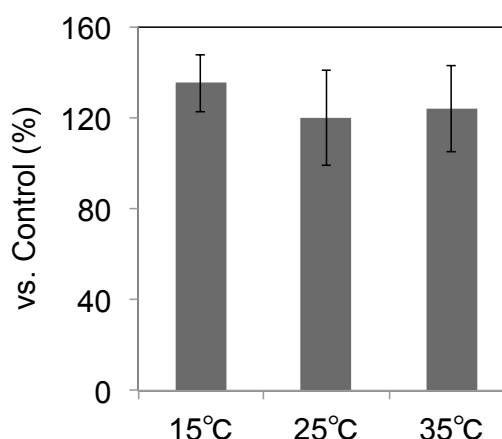


図 5. 培養後土壌の微生物バイオマス量。コントロール区を 100% としたときのセルロース添加区を % で示している。

(4) まとめ

本研究では土壤炭素におけるプライミング効果 (PE) と温度環境の関係を明らかにするとともに、土壤炭素分解の温度係数 (Q_{10}) に及ぼす PE の影響を明らかにすることを目的とした。供試土壤として日本でよく見られるアロフェン質黒ボク土を用いた結果、PE は明確な温度依存性を示さず、15°C で最も高い PE 値を示し、25°C と 35°C ではいずれも負の PE 値を示し、両温度間では大きな違いは認められなかった。PE と土壤炭素分解速度における温度係数 (Q_{10}) との関係を考えると、コントロール区とセルロース添加区で Q_{10} に有意差が認められないことから、少なくともアロフェン質黒ボク土では PE が Q_{10} にそれほど影響を及ぼさない可能性が高いことがわかった。さらに、各温度条件における PE は培養後土壤の微生物バイオマス量とは明確な関係を持たないことも明らかとなった。今後は他の土壤タイプを含めた PE と温度環境の関連性や PE の発現メカニズムの詳細を明らかにすることで、より深い理解へとつながると考えられる。

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 3 件)

Suchewaboripont V, Ando M, Yoshitake S, Iimura Y, Hirota M, Ohtsuka T (2017) Spatial upscaling of soil respiration under a complex canopy structure in an old-growth deciduous forest, central Japan. *Forests*, 8, 36; doi:10.3390/f8020036

Suchewaboripont V, Ando M, Iimura Y, Yoshitake S, Ohtsuka T (2015) The effect of canopy structure on soil respiration in an old-growth beech forest in central Japan. *Ecological Research*, 30, 867-877.

Suchewaboripont V, Iimura Y, Yoshitake S, Kato S, Komiyama A, Ohtsuka T (2015) Change in biomass of an old-growth beech-oak forest on the eastern slope of Mt. Hakusan over a 17-year period. *Journal of Forest Environment*, 57, 33-42.

[学会発表] (計 4 件)

Iimura Y (2015) Responses of organic carbon in

a variety of soils controlled by temperature and cellulose supply, Japan Geoscience Union Meeting 2015, Chiba, Japan, May 26-28, 2015.

飯村康夫, 北村今日子 (2015) 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, 日本土壤肥料学会 2015, 京都 (2015年9月9~9月10日).

飯村康夫 (2017) MAFES 「森林の炭素循環ミステリー: 土から考えてみた」, 第64回日本生態学会大会, 東京 (2016年3月18日).

飯村康夫, 高田原広 (2016) 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, 日本土壤肥料学会 2016, 佐賀 (2016年9月20~9月22日).

[図書] (計 1 件)

Ohtsuka T, Muraoka H, Saigusa N, Iimura Y, Koizumi H (2015) Biometric-Based Estimations of Net Primary Production (NPP) in Forest Ecosystems. In. *Canopy Photosynthesis: From Basics to Applications*, eds. K. Hikosaka, Ü. Niinemets and N.P.R. Anten, p.333-352. Springer, UK.

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