

主要成果

温度上昇が土壤炭素の分解をどのくらい加速させるかを決める要因の解明—土壤炭素動態モデルの精緻化に有効—

[要約]

土壤炭素の分解される速度が温度上昇によってどの程度増加するかは、微生物の分解作用を受けやすい部位にある土壤炭素の分子構造によって決まることを世界で初めて示しました。この知見は、土壤からの CO₂ 放出速度の温暖化による影響を予測するモデルの改良に役立ちます。

[背景と目的]

地球全体の土壤炭素の総量は、大気中 CO₂ または植物バイオマス炭素の約 2~3 倍以上と推定され、その多くは土壤有機物中に含まれます。土壤有機物の分解は、微生物の代謝によって起こり CO₂ を放出させます。そのため、地球温暖化により土壤有機物の分解が早まることで、温暖化が加速することが懸念されています（図 1）。微生物による有機物の分解速度は温度上昇により増加しますが、その増加の程度（温度依存性（Q₁₀））は、調べる土壤によって大きく変動することから（図 2）、分解の Q₁₀ が何によって決まるのかを解明することが、温暖化影響予測のための重要課題となっています。

[成果の内容]

農地管理によって土壤炭素の量や有機物の新鮮さが大きく異なる 5 つの黒ボク土壌試料を対象に、培養実験から分解速度の Q₁₀ を調べたところ、2.1~3.1 の差異がありました（図 3a）。こうした Q₁₀ の変動は、「土壤炭素の質」、すなわち、土壤炭素の分子構造の違いに起因するとの仮説がありますが、既往研究で使われてきた「土壤炭素の質」の間接的指標（図 3b）と実測した Q₁₀ の間に強い対応関係はありませんでした。これは、各土壌中の土壤炭素の状態を一樣と仮定しているためであると考えられました。そこで、各土壌から微生物の分解作用を受けやすい低比重画分を分離し、そこに含まれる炭素の分子構造を、固体 ¹³C 核磁気共鳴法によって調べました。その結果をもとに、分解の速い O-アルキル炭素に対する、分解の遅い芳香族と脂肪族の炭素の割合を「土壤炭素の質」の指標とすると、実測した Q₁₀ との間に強い対応関係が得られました（図 3c）。これは、「土壤炭素の質」が分解の温度依存性を決めるという仮説を支持する初めての検証結果です。

本研究は、JSPS 科研費若手研究（B）「微細鉱物による土壤有機物の蓄積と分解の制御-土壤炭素の温暖化応答」、および最先端・次世代研究開発支援プログラム（課題番号：GR091）による成果です。

リサーチプロジェクト名：温暖化緩和策リサーチプロジェクト

研究担当者：物質循環研究領域 和穎朗太、岸本文紅、大気環境研究領域 米村正一郎、農業環境インベントリーセンター、白戸康人、矢ヶ崎泰海、生物多様性領域 平舘俊太郎

発表論文等：1) Wagai *et al.*, Global Change Biology, DOI: 10.1111/gcb.12112 (2012)

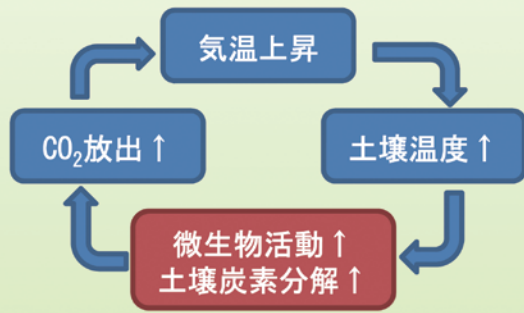


図1. 温度上昇と土壌炭素の関係
温暖化は土壌中の微生物活動を活発にするため、微生物代謝によって生じるCO₂の放出速度も増加します。その結果、大気中CO₂濃度が上昇し、温暖化が加速する可能性が、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）などで指摘されています。

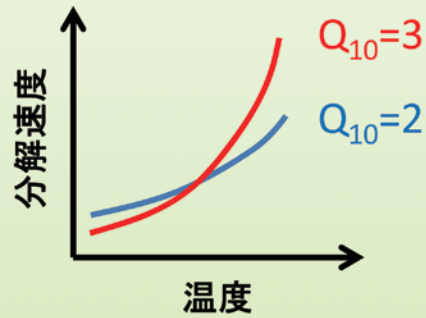


図2. 分解速度と温度の関係
土壌炭素の分解は、微生物によるため、その速度は温度上昇に伴い増加します。10°Cの温度上昇に対する分解速度の増加率（温度依存性）は、 Q_{10} で表されます。つまり、10°C上昇に対して分解速度が2倍になる場合、 $Q_{10}=2$ となります。これまでの研究から、土壌炭素分解速度の Q_{10} は1.5～5程度と変動が大きく、原因の解明が求められています。

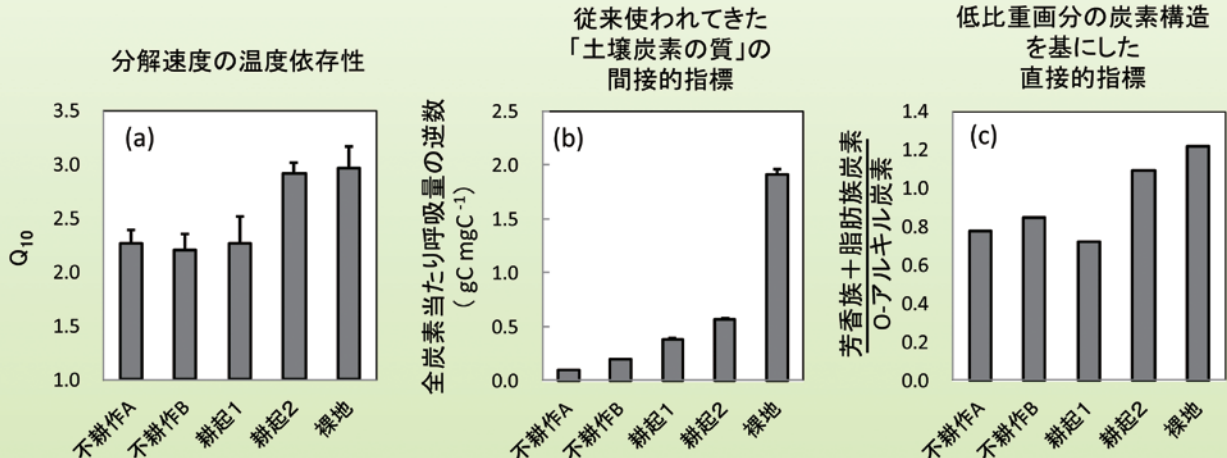


図3. 管理形態の異なる5つの土壌試料（黒ボク土）における分解速度の温度依存性 Q_{10} (a)、微生物呼吸量を基にした「土壌炭素の質」の指標 (b)、および比重分画と核磁気共鳴法 (¹³C-NMR) を基にした土壌炭素の分子構造の指標 (c)
土壌全炭素濃度は不耕作Aから裸地にかけて減少するのに対し、 Q_{10} は耕起2と裸地のみで高い値を示しました(a)。土壌炭素の「分解しにくさ」の間接的指標 (b) は連続的に増加し Q_{10} と異なる傾向を示したのに対し、低比重分画の炭素構造を基にした「分解しにくさ」の直接的指標 (c) は Q_{10} と同じ傾向を示しました。その結果、 Q_{10} と直接的指標の間には、有意な相関 ($r^2=0.95$, $p<0.005$) が得られました。