

平成 22 年 6 月 2 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20710016
 研究課題名 (和文) 放射性炭素を用いた土壌有機物の分解に対する不均質性の定量的評価と炭素放出量の推定
 研究課題名 (英文) Quantifying heterogeneity of soil organic matter dynamics using radiocarbon
 研究代表者
 小嵐 淳 (KOARASHI JUN)
 日本原子力研究開発機構・原子力基礎工学研究部門・研究員
 研究者番号：30421697

研究成果の概要 (和文)：地球温暖化に伴う気温上昇によって、微生物による土壌有機物の分解が促進される可能性があり、これを正確に予測するためには、土壌有機物の微生物分解特性の多様性を定量的に解明する必要がある。本研究では、化学的に分画した土壌有機物の放射性炭素同位体比を測定し、得られた同位体比に基づいて土壌有機物の平均滞留時間を推定する手法を開発した。本手法により、土壌有機物の分解特性の多様性を、滞留時間別炭素貯留量として定量的に表現することが可能となり、数十年から 200 年程度土壌に留まる有機物が、温暖化に伴う炭素放出量増大に大きく寄与する可能性を示した。

研究成果の概要 (英文)：Global warming can lead to accelerated microbial decomposition of soil organic matter (SOM) and enhance the release of CO₂ from the soil to the atmosphere; however, the magnitude and timing of this effect remain highly uncertain due to a lack of quantitative data concerning the heterogeneity of SOM biodegradability. We developed a method to quantitatively understand the SOM heterogeneity, which involved chemically-separating soil samples into SOM fractions, estimating their mean residence times (MRTs) based on radiocarbon isotope measurements, and using the data to construct a model representing the soil as a complex of SOM pools with different MRT ranges. Our prediction based on the quantitative understanding of the SOM heterogeneity demonstrated that warming can continue to accelerate soil carbon loss from slow-cycling carbon pools with MRTs of 20-200 years over the next century.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：土壌有機物 (炭素) 動態

1. 研究開始当初の背景

現在、地球全体で約 15000 億トンの炭素が土壤に有機物として蓄積されており、これは大気中に CO_2 として存在する炭素量の約 2 倍に相当する。地球温暖化に伴う気温の上昇は、微生物による土壤有機物の分解を促進し、土壤からの CO_2 放出量の増大によって、さらに温暖化を加速させる可能性が危惧されており、土壤に蓄積している炭素の環境変化に対する応答の解明が求められている。しかし、土壤有機物の微生物分解特性の多様性が、この応答の定量的な解明を困難なものにしている。

また、地表面から放出される CO_2 (土壤呼吸) は、土壤有機物分解を起源とする CO_2 と、植物の根呼吸を起源とする CO_2 の和である。したがって、土壤呼吸の起源を分離評価することが、大気-陸域生態系間の炭素交換メカニズムを解明する上で重要である。

2. 研究の目的

土壤有機物の中には、宇宙線と起源とする放射性炭素と、近年の核実験を期限とする放射性炭素が存在し、土壤有機物の放射性炭素同位体比は、炭素が土壤に蓄積されてからの経過時間を反映する。本研究では、宇宙線起源の放射性炭素を数百年から数千年の、核実験起源の放射性炭素を数年から百年程度の土壤有機物の滞留時間の推定に利用することで、土壤有機物の分解特性の多様性を定量的に表現する手法を確立することを目的とした。

3. 研究の方法

アジアフラックスネットワークの観測地のひとつである岩手県安比森林気象試験地の冷温帯ブナ林で土壤 (リター層と、表層土壤 20cm) を採取し、深さ 2cm ごとに切り分け、各深さの土壤に対して、酸・アルカリによる化学的処理を行った。このようにして分けられた化学的安定性の異なる有機物画分に含まれる炭素の放射性炭素同位体比を、日本原子力研究開発機構 青森研究開発センター むつ事務所の加速器質量分析装置を用いて測定した。

各画分に対して得られた放射性炭素同位体比 (図 1) に基づいて、次の方法で炭素の滞留時間を推定した。(1) 放射性炭素の放射壊変が有意に認められる画分：滞留時間の長い炭素プールであると考えられる。年代測定法を利用した。(2) 核実験起源の放射性炭素の混入が認められる画分：滞留時間が短い炭素プールであると考えられる。核実験以降に

リターフォールによって土壤に加えられた放射性炭素が土壤採取時においてどれだけ残存しているかを、分解速度 (滞留時間の逆数) をパラメータとしてあらわしたモデルによって得ることができる放射性炭素同位体比と平均滞留時間の関係を利用した。(3) 核実験起源の放射性炭素のピークよりも深い土壤で、有意な放射性壊変が認められない画分：中間的な滞留時間の炭素プールであると考えられ、上記 2 つの方法による滞留時間の推定範囲を考慮して決定した。

推定した平均滞留時間を指標として、土壤炭素を 6 つの炭素プール (平均滞留時間が ~10 年、10~20 年、20~100 年、100~200 年、200~1000 年、1000 年~) に分け、それぞれの炭素プールの炭素貯留量を定量した。また、各画分に対して、その炭素貯留量を、推定した平均滞留時間で除することによって、有機物分解による炭素放出量を推定した。

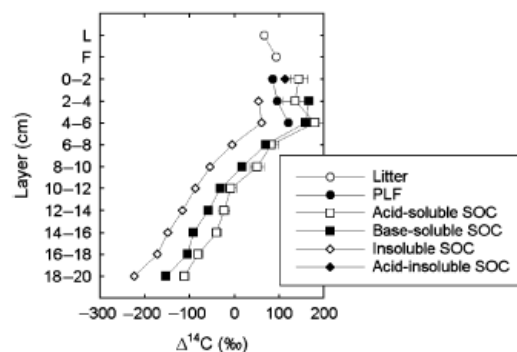


図 1. 深さごと、化学的安定性ごとに分画された土壤有機物の放射性炭素同位体比

4. 研究成果

(1) 有機物分解特性の多様性の定量的解明

調査対象土壤の有機物分解特性の多様性を、数年から千年以上にわたり異なる滞留時間の違いとして定量的に表現することに成功し (図 2)、この土壤が蓄積する炭素の約 3 分の 2 が、100 年以上の時間をかけて形成・分解されていることを明らかにした。また、全土壤炭素のうちわずか 10% 程度を占めるに過ぎない、滞留時間が 10 年未満の有機物が、微生物分解による CO_2 放出の 70% 以上を担っており、この有機物は地表面や土壤中に存在する鉱物と未結合の植物残渣であることを明らかにした。一方、数十年から 200 年程度の比較的長い滞留時間をもつ有機物からの CO_2 放出は、全体の 12% にとどまることを明らかにした。

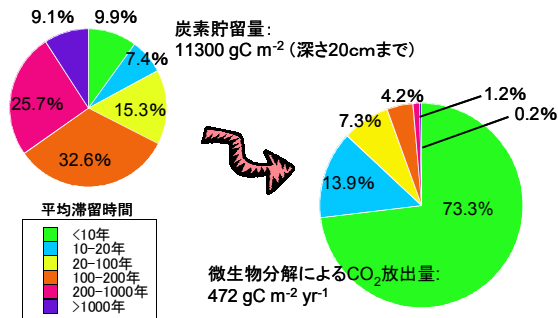


図 2. 安比ブナ林土壌の微生物分解特性の多様性を、滞留時間別炭素貯留量として定量的に表現

(2) 温暖化に対する土壌有機物の分解応答

本手法によって分けることができた、滞留時間の異なる土壌炭素プールに対して、1年当たり0.05°Cの気温上昇を仮定して、分解挙動の予測計算を行った。その結果(図3)、21世紀末までに、約12%の土壌炭素が大気中に放出される可能性があり、その約半分が、滞留時間が数十年~200年程度と比較的長い有機物の分解によるものであることを示した。さらに、この滞留時間が比較的長い有機物の分解はその後にも促進され、土壌から大気への炭素放出量の増大に長期的に寄与する可能性があることを示した。

本研究の結果は、土壌中での滞留時間が数十年から200年程度の有機炭素の蓄積量を地球規模で算定することで、将来の地球温暖化に対する土壌の応答の規模と時期をより正確に予測できることを示唆するものであり、今後、本手法の様々な気候帯・生態系土壌への適用が期待される。

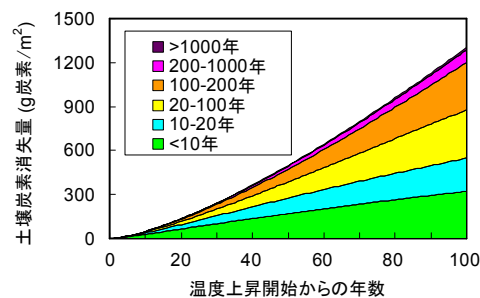


図 3. 温暖化に対する土壌炭素プールごとの長期的応答の予測

(3) 土壌呼吸 CO₂ の起源分離

本手法によって、土壌有機物分解に起因する CO₂ 放出量は、年間 472 gC m⁻² yr⁻¹ と推定された(図2)。この有機物分解起源 CO₂ 放出

量と、同サイトにおいてチャンバー法で測定された年間土壌呼吸量(783 gC m⁻² yr⁻¹: 有機物分解起源 CO₂ 放出量+植物の根呼吸起源 CO₂ 放出量)を比較することで、CO₂ の起源を分離することに成功し、有機物分解起源が60%、根呼吸起源が40%であると見積もった。さらに、有機物分解起源 CO₂ のうち、その約51%(全土壌呼吸量の31%)がリター層におけるリター分解に、残りの49%(全土壌呼吸量の29%)が鉱物土壌層における有機物分解に起因することを明らかにした。

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1件)

- ① Koarashi, J., 他 5 名, Quantitative aspects of heterogeneity in soil organic matter dynamics in a cool-temperate Japanese beech forest: a radiocarbon-based approach, *Global Change Biology*, 15, 2009, 631-642, 査読有

[学会発表] (計5件)

- ① 安藤 麻里子、小嵐 淳、石塚 成宏、平井 敬三、炭素同位体をトレーサーとして利用した森林中炭素挙動の研究、第2回 JAEA タンデトロン AMS 利用報告会、2009年11月12-13日、むつ市
- ② 守屋 耕一、森泉 純、山澤 弘実、小嵐 淳、安藤 麻里子、土壌有機物分解 CO₂ 炭素同位体比の経時変化、京都大学原子炉実験所 専門研究会「炭素 14 の環境中移行挙動評価」、2009年11月5-6日、熊取市
- ③ 安藤 麻里子、小嵐 淳、石塚 成宏、平井 敬三、¹⁴C を利用したブナ林土壌における炭素挙動研究、京都大学原子炉実験所 専門研究会「炭素 14 の環境中移行挙動評価」、2009年11月5-6日、熊取市
- ④ 安藤 麻里子、小嵐 淳、¹⁴C を利用した森林炭素挙動研究、炭素 ¹⁴ の環境循環に関する研究会、2008年12月15日、放射線医学総合研究所
- ⑤ 守屋 耕一、森泉 純、山澤 弘実、飯田 孝夫、小嵐 淳、安藤 麻里子、土壌有機物とその分解により生成する CO₂ の安定炭素同位体比、第40回原子力学会中部支部研究発表会、2008年12月9-10日、名古屋大学

[その他]

ホームページ等

<http://www.jaea.go.jp/02/press2008/p08102101/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小嵐 淳 (KOARASHI JUN)

日本原子力研究開発機構・原子力基礎工学

研究部門・研究員

研究者番号：30421697

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし