

平成 21 年 6 月 26 日現在

研究種目： 若手研究(スタートアップ)
 研究期間： 2007～2008
 課題番号： 19810030
 研究課題名(和文) 農耕地における土壌有機物の分解率推定手法の確立と動態モデルの開発

研究課題名(英文) Establishment of probabilistic inversion method for estimating parameters and development of soil organic matter model in Japanese arable land

研究代表者

上村 真由子(Jomura Mayuko)

独立行政法人農業環境技術研究所・大気環境研究領域・農環研特別研究員

研究者番号：60444569

研究成果の概要：

本研究では、土壌有機炭素動態の変動予測に不可欠な土壌有機炭素モデル開発のために必要となる、①マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC法)を用いたモデルパラメータ決定手法の確立、②パラメータ推定に必要なデータを得るための、モデル画分に沿った土壌有機炭素の実験的な分離手法の検討、③MCMC法と土壌炭素量の経時変化データを用いてのモデルパラメータの推定を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	360,000	2,760,000

研究分野：物質循環

科研費の分科・細目：農学 環境動態解析

キーワード：土壌圏現象 環境変動 Roth-Cモデル 土壌有機炭素 農耕地 マルコフ連鎖モンテカルロ法

1. 研究開始当初の背景

農耕地土壌の肥沃度や地球温暖化をもたらす二酸化炭素の放出・吸収過程を定量的に評価するためには、土壌有機炭素(SOC)の変動予測を行う必要がある。また、将来的な気候や土地利用変化が、SOCの蓄積・分解過程にどのように影響を及ぼすかを明らかにするためには、主要な因子で数式化されたモデルの活用が不可欠である。世界的には多数のSOCモデルが提供されているが、多くは欧

米の畑地を中心に発達したものである。日本は温帯モンスーン気候に属し、さらに火山灰土(黒ボク土)の分布や水稻栽培といった独特の土壌環境や人為的攪乱があるため、日本の土壌炭素収支を明らかにするためには、日本で採集されたデータを基にSOCモデルのパラメータを独自に得る必要がある。

しかしSOCモデルのように推定すべきパラメータが多数になる場合、従来の非線形回帰や最小二乗法といったパラメータ推定手法

では信頼できる結果を得ることは難しい。

ここで注目されるのが、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC 法) と呼ばれる、ベイズ統計に基づいて適切な事前分布からパラメータを推定する強力なツールである。近年では生態系炭素収支モデルのパラメータの推定にも多く用いられている。つまりこの方法を用いれば、モデルで設定された様々なパラメータを得ることができる。パラメータの中で現在注目されるのは SOC 分解の温度感受性パラメータである。これは温暖化による二酸化炭素放出を予測する上で重要なパラメータであり、値の設定によって将来の大気中温室効果ガス濃度の推定値が大きく変化することが予想されている。

2. 研究の目的

本研究では、SOC の蓄積過程に関わる SOC の分解率やその温度感受性を土壌中のコンパートメント構造に即して理解し、さらに土壌タイプや土地利用の違いが土壌の炭素収支に及ぼす影響を明らかにし、農耕地の SOC の環境応答や土地利用変化への感受性を定量的に評価できる独自の SOC モデルを開発するための基礎データの収集を目的としている。

具体的には、まず MCMC 法を用いて RothC モデルのパラメータ推定手法を確立する。次に、パラメータ推定に必要なデータ整備を行う。全国の公立試験研究機関で得られた長期 SOC 変化に関するデータから必要なデータの収集と整備を行う。これに加えて、モデルで設定されたコンパートメントに沿って土壌中の炭素を実験的に分離・定量化し、データを補填する。最後に、以上の手法とデータを用いて、SOC の蓄積過程に関わる SOC 分解の温度感受性パラメータを推定し、さらに土壌タイプや土地利用の違いが土壌の炭素収支に及ぼす影響を明らかにする。

3. 研究の方法

2007 年度ではまず、MCMC 法を用いて RothC モデルのパラメータ推定手法を確立する。

次に、日本の代表的な 6 つの土壌群において、農水省土壌炭素変化データを基に対象地点を選定し、土壌データ (土壌の理化学性、土壌炭素量)、管理内容 (作物、作付け時期、施肥の種類、施肥量)、気象データ (月平均気温、月降水量) を収集する。

さらに申請者自身がそれぞれの地点における現在の土壌を採集し、実験的手法を用いてモデルで設定されたコンパートメントに即した SOC データを収集する。

2008 年度には、これらのデータを用いて RothC モデルのパラメータ、特に、温度感受

性についてのパラメータを決定する。最終的には、得られた分解率と温度感受性のパラメータを土壌タイプ・土地利用・営農管理によって傾向分析し、モデル化する。得られたパラメータを組み込んだ独自の SOC モデルと、収集したデータを基にモデルの検証を行う。

4. 研究成果

研究期間内に主に 3 つの成果が得られた。

まず、日本の農耕地土壌での長期炭素変化データを用い、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC 法) を導入して、Roth-C モデルのパラメータを決定する手法を確立した。この手法は、多パラメータを一度に推定できることに加えて、推定されるパラメータは事後分布が得られるため、推定の達成度も評価することができる。

次に、既存の研究を基にモデルのコンパートメントに沿って土壌中の炭素を分離・定量化する手法の検証を行った。モデルパラメータ推定、特に、易分解性の SOC についてのパラメータの推定精度を上げるためには、モデル中のコンパートメント毎の SOC 量を定量化する必要がある。MCMC 法ではデータが多いほどパラメータの推定精度が増すため、上記の SOC の長期変動データに加えてモデルで設定されている SOC コンパートメントの土壌中の構成比を明らかにすれば、より精度高いパラメータ推定が期待できる。既存の研究事例をもとに、ヨーロッパで確立された分離手法を日本の農耕地土壌にも適用したところ、非黒ボク土では、実験値とモデル計算値はよく合っており、難分解性画分での補正を行えばよりよい一致が得られた。しかし黒ボク土では、モデル計算で設定されていない難分解性画分が実験では分離されてしまうことから、黒ボク土を対象とする場合には手法の改良等の必要性が明らかになった。

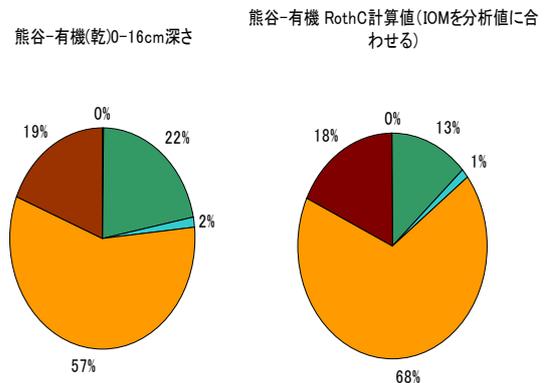


図 1. 熊谷長期連用試験地の土壌におけるコンパートメント分離の実験値とモデル値の比較

最後に、モデルに含まれる有機物画分の分解の温度依存性を示すパラメータを、土壤環境基礎調査における土壤炭素量の経時変化や環境要因データから MCMC 法を用いて推定を行った (図 2)。

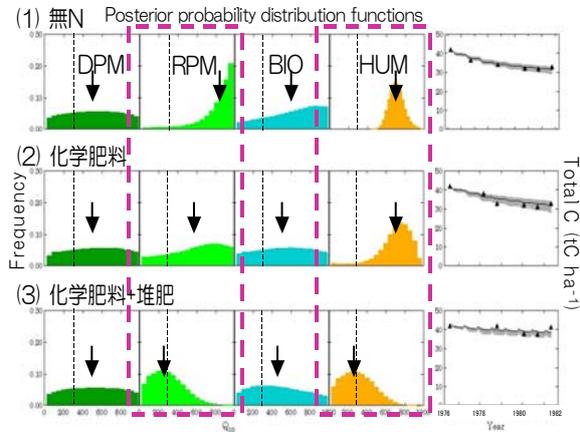


図 2. 熊谷長期連用試験地における温度依存性パラメータの推定結果

易分解、難分解性 SOC のコンパートメント毎に分解速度の温度依存性パラメータを決定したところ、難分解性の SOC では収束した事後分布が得られたが、土壤中で量の少ない易分解性 SOC については収束した分布が得ら

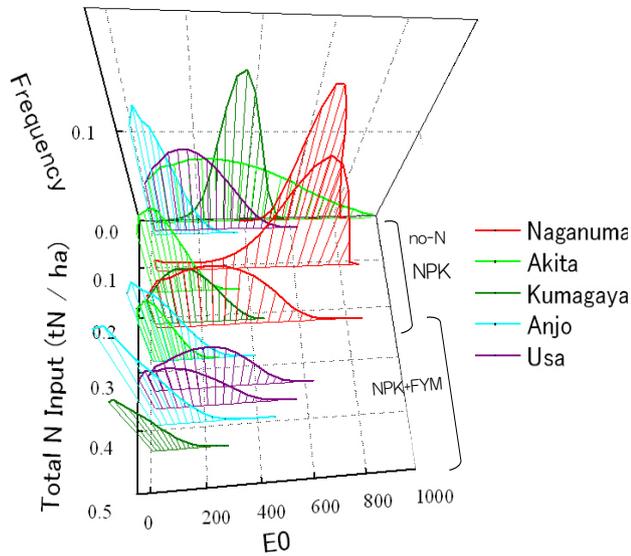


図 3. 日本の 5 つの試験地における難分解性画分の温度依存性パラメータ推定値と、窒素負荷量との関係

れなかった。各画分毎に温度依存性パラメータ推定を試みることで、土壤有機物の分解の難易が分解の温度依存性パラメータに及ぼ

す影響を調べた結果、分解の難易は温度依存性パラメータを大きく変化させなかった。

また、全国 5 地点の非黒ボク土壤のサイトを対象に、各サイトの無窒素、化学肥料施用、堆肥施用といった管理ごとに温度依存性パラメータを得た結果、植物残差や化学肥料、堆肥に含まれる窒素量の増加に伴い、温度依存性パラメータは小さくなる傾向が見られた (図 3)。

本研究での成果をまとめる。MCMC 法を用いた RothC モデルのパラメータ推定手法の確立が完了した。その一方で、パラメータ推定のために必要なデータの不足が明らかになった。特に、易分解性コンパートメントのパラメータ分布が収束しないのは、土壤に含まれる有機炭素の総量だけでは、易分解性コンパートメントの炭素収支を把握できないためである。データを増やすために採用したコンパートメントの実験的な分離は、日本の土壤へ適用するためにはさらなる改良が必要であることが明らかになった。今後は実験的な分離手法の改善を行い、各コンパートメントの炭素収支データを補填することで、さらなるパラメータ推定精度の向上を目指すことができるだろう。本研究では日本独自の SOC モデル開発へ繋がる基礎データを取得できたことで大変意義のある成果が得られた。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 5 件)

- ① Jomura, M., Yokozawa, M., Yonemura, S., Iizumi, T. Probabilistic inversion of temperature dependency on soil organic carbon turnover in Japanese arable land. 3rd International Conference on Mechanisms of Organic Matter Stabilization and Destabilization in Soils and Sediments 2007年9月26日 Stamford Grand Hotel, Glenelg, Adelaide, Australia
- ② Jomura, M., Yokozawa, M., Yonemura, S., and Iizumi, T. Estimating parameters in a soil organic matter model by Monte Carlo sampling: a case study of Japanese arable soil. International Workshop on Advanced Flux Network and Flux Evaluation 2007年10月20日 Aspire Park, Taoyuan, Taiwan
- ③ 上村真由子, 横沢正幸, 米村正一郎, 白戸康人, 飯泉直之丞 日本農耕地の土壤有機炭素分解における温度依存性の逆推定 日本地球惑星科学連合 2008 大会 2008 年 5 月 29 日 幕張メッセ国際会議場
- ④ M. Jomura, M. Yokozawa, S. Yonemura, H. Obara, Y. Shirato Large-scale validation of the Roth-C model for

Japanese paddy soils. Eurosoil2008
2008年8月27日 University of Natural
Resources and Applied Life Sciences

- ⑤ 上村真由子,横沢正幸,米村正一郎,白戸康
人,飯泉直之丞日本農耕地の土壤有機物
分解における温度依存性の逆推定日本生
態学会第56回大会 2009年3月19日 岩
手県立大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上村 真由子 (Jomura Mayuko)

独立行政法人農業環境技術研究所・大気環
境研究領域・農環研特別研究員

研究者番号：60444569