

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月11日現在

機関番号：82107

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21310016

研究課題名（和文） 実測可能な滞留時間別コンパートメントからなる土壌炭素動態モデルの構築

研究課題名（英文） Constructing a soil carbon turnover model based on measurable carbon pools

研究代表者

白戸 康人（SHIRATO YASUHITO）

独立行政法人農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター・上席研究員

研究者番号：30354062

研究成果の概要（和文）：土壌中の炭素動態をシミュレートするローザムステッド・カーボン・モデルについて、モデルを構成する仮想的な炭素画分と実測可能な土壌画分の対応付けを目指した。ある有力な分画法による実測の土壌画分の放射性炭素年代を、モデルで定義されている画分の平均滞留時間と比較したところ、モデル中の不活性有機物画分（IOM）の年代が非常に古く実測との乖離が大きいことが明らかとなり、モデルと実測の対応付けは困難であることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：We tried to match compartments of the Rothamsted Carbon (RothC) model to measurable soil carbon pools. We compared model with observation, both for the amount of soil carbon and  $\Delta^{14}\text{C}$ , both of bulk soil and soil fractions of an existing fractionation method. The results suggested that it was difficult to match measurable soil carbon pools to the RothC compartments especially IOM (Inert organic matter) pool.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2010年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
2011年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境動態解析、物質循環

キーワード：土壌有機物、モデリング、放射性同位体元素、平均滞留時間、分画

## 1. 研究開始当初の背景

土壌炭素動態シミュレーションモデルは、気候変動や人間による管理の変化による土壌炭素量の変動を長期的に予測する際に必須のツールである。しかし、既存のモデルは複数の概念的なコンパートメントから構成されているため、仮想的な初期値の設定が必要であり、炭素の分解・蓄積プロセスを実測により検証できないなどの問題点が認識されていた。これを解決し、さらなるモデルの

信頼性向上を実現するためには、実測可能なコンパートメントからなるモデルの構築が必要であることが指摘されていた。しかし、土壌中に存在する分解速度の異なる炭素プールの分離方法、各プールの中・長期的分解速度の評価法は確立されていなかった。

## 2. 研究の目的

我が国でも数少ない長期データの蓄積のある連用圃場の土壌を利用し、物理的分画法

を主とした複数の分画法から得られる各土壌画分（炭素プール）の分解速度を、放射性炭素同位体トレーサーの分析を基に定量化し、代表的な土壌炭素動態モデルである RothC (図1) の各炭素コンパートメント（画分）の分解速度と比較することにより土壌炭素動態プロセスを解明し、実測可能なコンパ

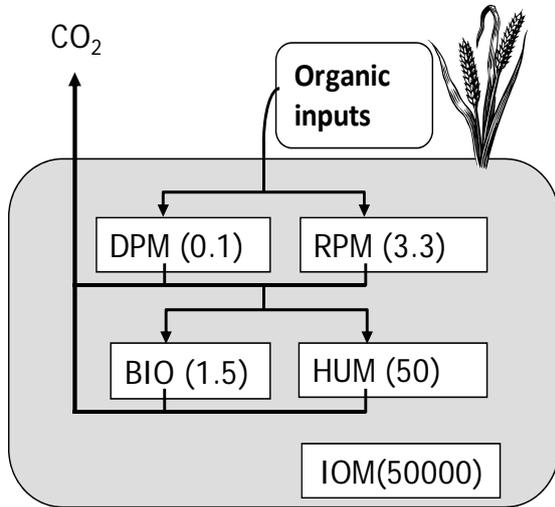
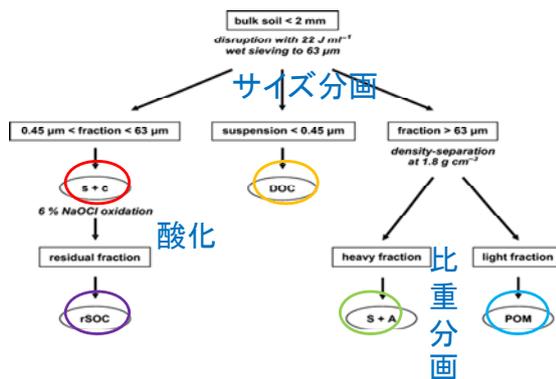


図1. RothC モデルの概要

DPM (Decomposable Plant Material) : 易分解性植物遺体、RPM (Resistant Plant Material) : 難分解性植物遺体、BIO (Microbial Biomass) : 微生物バイオマス、HUM (Humified organic matter) : 腐植、IOM (Inert Organic Matter) : 不活性有機物。カッコ内の数字は、平均滞留時間 (年)



•物理分画と化学分画の組合せ

図2. Zimmermann ら (2007) による土壌の分画法の概要

ートメントからなるモデルの構築を行うことを目的とした。

3. 研究の方法

日本の農耕地から、過去の農地管理の履歴や作物の収量、作物残渣や堆肥の投入量、土壌の粘土含量や炭素含量など、土壌炭素動態モデル RothC (Rothamsted Carbon Model) の入力データが揃っている長期連用圃場を非黒ボク土畑と黒ボク土畑から各2地点選定し、それぞれ化学肥料区と堆肥施用区など、土壌管理法が異なる2つ以上の処理区から、作土の土壌試料を採取した。

採取した土壌は、比重やサイズによる物理的分画の処理を行い、各画分の重量及び炭素含有率を定量化した。また、物理分画と化学分画を組み合わせた Zimmermann ら (2007) の方法 (図2) でも土壌の分画を行った。分画した土壌サンプルについて、加速器質量分析計を用いて <sup>14</sup>C を分析した。

対象: 埼玉県熊谷の長期連用試験圃場 (1975年開始: 褐色低地土畑) の作土 (0-15cm)

2008年に土壌採取し、Zimmermann 法で土壌を分画

→各画分の重量・炭素含有率を測定し、SOC量を算出

→ $\Delta^{14}C$ 値を測定 (加速器質量分析計 @ 国環研)

実測

	バ	D	R	B	H	I
	バルク	DPM	RPM	BIO	HUM	IOM
SOC						
$\Delta^{14}C$						

モデル

入力データ (同圃場の農地管理履歴や作物収量、作物残渣・堆肥の投入量、土壌の粘土含量・初期炭素含量) を収集

→RorhCに入力  
→土壌炭素量、 $\Delta^{14}C$ 値を算出

図3. モデルと実測の比較方法の概要

4. 研究成果

そのうち1点 (埼玉県、熊谷) について、Zimmermann ら (2007) の方法による実測土壌画分とモデルの比較を、全炭素量と <sup>14</sup>C 値について行った (図3) と同様、RothC モデルのコンパートメントのひとつである不活性

表. Zimmermann 法による画分と、対応する RothC モデル中の画分の  $^{14}\text{C}$  年代

モデル		モデル	
$\Delta 14\text{C}$	Age	$\Delta 14\text{C}$ 加重平均	
DPM	139.9 -1052	DPM+RPM	142.5
RPM	142.6 -1071		
BIO	139.2 -1047	BIO+HUM	119.6
HUM	119.0 -904		
IOM	-998.0 50000		
Total	-64.4 535		-64.4

実測		実測	
$\Delta 14\text{C}$	Age	$\Delta 14\text{C}$ 加重平均	
POM	3.2 33	DOC+POM	
DOC			
s+C	-54.8 510	s+C-rSOC+S+A	8.3
S+A	-132.3 1197		
rSOC	-283.3 2736		
TOC	-55.9 519		

有機物 (IOM) 画分の量を実測により求めた場合、バルク土壌の全炭素量と  $^{14}\text{C}$  値はともに、実測とモデルの一致精度が向上したことから、Zimmermann 法の有効性が示された。

しかし、分けられた各画分の  $^{14}\text{C}$  値は、RothC のモデルで定義されている平均滞留時間とは一致しなかった。RothC モデルの5つのコンパートメントのうち、IOM はひとつだけ突出して年代が古く、滞留時間が50000年と設定されているのに対し、実測の画分の年代は古くても3000年程度であった(表)。すなわち、実測に比べて、モデル中の画分は、年代の極端に若いものと極端に古いもので構成されており、各画分を平均したバルク土壌の結果が見かけ上一致しているだけであることが示された。IOM に相当する画分を実測で分画するのが困難であることが、モデルのコンパートメントと実測画分のマッチングを困難にしていることが明らかになった。

結論として、RothC モデルの概念的コンパートメントに合う土壌の分画法を開発するのは困難であるため、実測可能画分からモデルを構成させるアプローチの方が有望であるといえる。

#### 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0件)

[学会発表] (計11件)

- ①和穎朗太、森林における土壌有機物の分解と蓄積-時間スケールの違いからみえてくる土壌有機物の挙動、第123回日本森林学会大会、2012年3月28日、宇都宮
- ②Wagai, R, Kajiura, R, Shirato, Y, Uchida, M, Nature of organo-mineral particles across density fractions in a volcanic-ash soil:

air-drying and sonication effect, AGU Fall Meeting 2011, 2011年12月7日、アメリカ

- ③Y. Shirato, M. Jomura, R. Wagai, M. Uchida, M. Kondo, Can measurable soil carbon pools be matched with conceptual compartments in the Rothamsted carbon model?, The 10TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE EAST AND SOUTHEAST ASIA FEDERATION OF SOIL SCIENCE SOCIETIES (ESAFS SLI LANKA 2011), 2011年10月11日、スリランカ
- ④白戸康人, 上村真由子, 和穎朗太, 内田昌男, 近藤美由紀, RothC モデルの概念的コンパートメントと実測可能画分の対応可能性、日本土壌肥料学会、2011年8月8日、つくば
- ⑤和穎朗太, 白戸康人, 近藤美由紀, 内田昌男, Phillip Sollins, 土壌系における有機・無機相互作用: 陸上最大の炭素プールを支配するメカニズムに迫る、Japan Geoscience Union Meeting 2011, 2011年5月22日、千葉県幕張
- ⑥Miyuki Kondo, Masao Uchida, Ayaka Kishimoto, Seiichiro Yonemura, Rota Wagai, Mayuko Jomura, Yasuhito Shirato and Yasuyuki Shibata, Radiocarbon Based Organic Carbon Source Identification of Soil Respired  $\text{CO}_2$  under Soil Warming in a Cultivated Andisol, Accelerator Mass Spectrometry 2011, 2011年3月、ニュージーランド
- ⑦和穎朗太, 岸本(莫)文紅, 米村正一郎, 白戸康人, 平舘俊太郎, 土壌炭素プールの温暖化応答-微生物分解の温度依存性を規定する因子の解明、日本生態学会、2011年3月、札幌
- ⑧Wagai, R, Shirato, Y, Uchida, M., Hiradate, S., Two pools of old carbon in a volcanic-ash soil revealed by sequential density fractionation, American Geophysical Union 2010 Fall Meeting, 2010年12月、アメリカ
- ⑨和穎朗太, 無機成分との相互作用から見える土壌有機物の分解と蓄積過程、日本腐植物質学会、2010年11月、つくば
- ⑩Rota Wagai, Ayaka (Mo) Kishimoto, Seiichiro Yonemura, Yasuhito Shirato, Syuntaro Hiradate, Soil C dynamics and its temperature sensitivity along management-induced SOM gradient: Nature of Q10-substrate quality relationship, Organic matter stabilization and ecosystem functions, 2010年9月、フランス
- ⑪和穎朗太, 白戸康人, 近藤美由紀, 内田昌男, 平舘俊太郎, 土壌物理分画と同位体分析から見えてくる土壌有機物の分解と安定化プロセス、日本土壌肥料学会、2010年9月、札幌

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況（計0件）

〔その他〕

無し

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

白戸 康人 (SHIRATO YASUHIITO)

独立行政法人農業環境技術研究所・農業環境インベントリーセンター・上席研究員

研究者番号：30354062

### (2) 研究分担者

和穎 朗太 (WAGAI ROTA)

独立行政法人農業環境技術研究所・物質循環研究領域・任期付研究員

研究者番号：80456748

内田 昌男 (UCHIDA MASAO)

独立行政法人国立環境研究所・環境計測研究センター同位体・無機計測研究室・主任研究員

研究者番号：50344289

近藤 美由紀 (KONDO MIYUKI)

国立大学法人国立環境研究所・環境計測研究センター同位体・無機計測研究室・特任研究員

研究者番号：30467211

上村 真由子 (JOMURA MAYUKO)

日本大学・生物資源科学部・助手

研究者番号：60444569

### (3) 連携研究者

なし