

RothC モデルを利用した農地の土壌炭素量変化の全国推定 Simulating Changes in Soil Carbon in Arable Land by using the RothC Model

白戸康人*・矢ヶ崎泰海
Yasuhito Shirato, Yasumi Yagasaki

1. はじめに

農地土壌の肥沃度維持や地球温暖化をもたらす CO₂ の排出・吸収量の定量的把握のため、土壌有機炭素 (SOC) 量の変化予測が必要とされている。気候や農地管理が変化した場合の将来における SOC 量の変化を予測するには、土壌有機物の集積・分解過程に関わる主要な因子を取り入れたモデルの活用が必須である。世界では多数のモデルが提案されている (例えば, McGill, 1996) が、欧米で開発されたものがほとんどで、適用例は欧米における温帯の畑土壌に偏っており、日本で重要な水田や黒ボク土では精度が検証されていなかった。

そこで、既存の主要なモデルのひとつであるローザムステッド・カーボン (RothC) モデル (Coleman and Jenkinson, 1996) について、日本の農地土壌のデータで検証を行い、必要に応じてモデルの改良を行った。さらに、土壌情報などの空間データを活用することにより、検証・改良してきた RothC モデルを全国に適用して日本の農地における土壌炭素量の変化を全国推定した。ここでは、これらの研究の概要を紹介する。

2. RothC モデルの検証と改良

日本各地の長期連用試験データ (非黒ボク土畑 6 地点、黒ボク土畑 4 地点、水田 5 地点) から入力データ (図 1) を収集し、土壌炭素量の経年変化の実測値と、RothC モデルによる予測値を比較することによりモデルの適合性を検証した。

非黒ボク土畑では、さまざまな気象・土壌・営農管理条件を含むにもかかわらずモデ

ル計算値は実測値と精度良く一致した (Shirato and Taniyama, 2003)。

しかし、黒ボク土畑では計算値が実測値を大きく下回った。そこで安定な腐植を持つ黒ボク土の特性を考慮して「腐植」

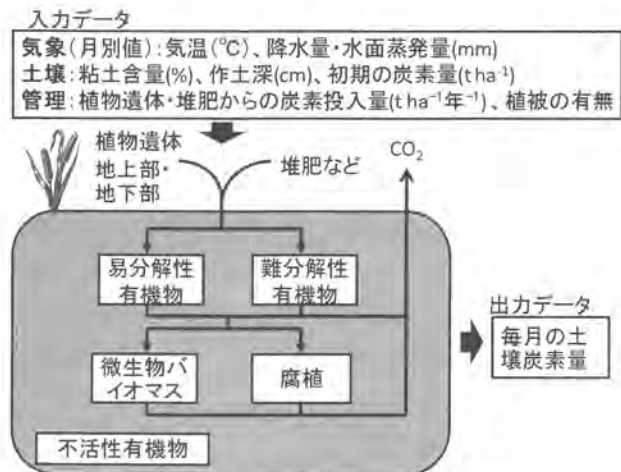


図 1. RothC モデルの構造と入出力データの概要
土壌炭素の増減に影響を及ぼす主要な因子を入力し、土壌中の炭素を、分解率の異なる 5 つのコンパートメント (図中の白色の箱) に分けて土壌炭素量の変化を月ごとに計算する。

*農業環境インベントリーセンター

Natural Resources Inventory Center

インベントリー, 第 9 号, p38-40 (2011)

コンパートメント（図1）だけの分解率を、腐植と安定な複合体を形成しているアルミニウム (Al) 量（ピロリン酸塩可溶 Al 含量：Alp）が増加するほど小さくし、さらに「不活性有機物」コンパートメント（図1）の量をゼロにするようにモデルを改変したところ、予測精度が大きく向上した（図2）（Shirato et al., 2004）。

水田でも計算値は実測値を下回り、水田と畑の炭素分解過程の違いを考慮する必要が示された。水田では湛水期間中に土壌が嫌氣的になるために有機物の分解が遅くなる他、畑との土壌微生物相の違いのため湛水期間以外でも有機物分解が遅れることも考慮し、それぞれのコンパートメント（図1）の分解率を、湛水状態になる水稲作付け期間には現行モデルの 0.2 倍、畑状態になる水稲非作付け期間には 0.6 倍にするよう変更したところ、精度が大きく向上した（図3）（Shirato and Yokozawa, 2005）。

3. 全国計算のための空間情報の整備

圃場スケールでは、上述のモデルの検証および改良によって、精度良く SOC 量の変化を予測できるようになったので、次は、国レベルの広域評価をめざし、RothC モデルでわが国の農地の SOC 量変化を全国推定するための計算システムを構築した。

1km メッシュ内を土壌タイプと地目（水田、畑、樹園地、牧草地）で分けたものを計算単位とし、気象、土壌、土地利用変化データをそろえた。1970 年の SOC 初期値は、地力保全基本調査から、県別、地目別の土壌統群ごとの中央値を用いた。

次に、土地利用別、都道府県別の現実的な 2 種類の有機物投入シナリオ（BAU (Business as Usual：直近 10 年間の増減傾向を維持、C 蓄積：堆肥や緑肥の投入量増加) 別の C 投入量データを整備し、1970 年を初期値として、気候変化シナリオを用いて 2020 年までの SOC 量変化の全国計算を行った。SOC 量の経年変化から 1 年あたりの C 吸収/排出量を毎年計算し、1990 年を基準年、2020 年を仮の約束期間として京都議定書と同じネット・ネット方式で比較した。

4. 全国計算の結果

2020 年は BAU、C 蓄積シナリオ両方の場合ともに、1990 年の排出よりも小さな排出となり、

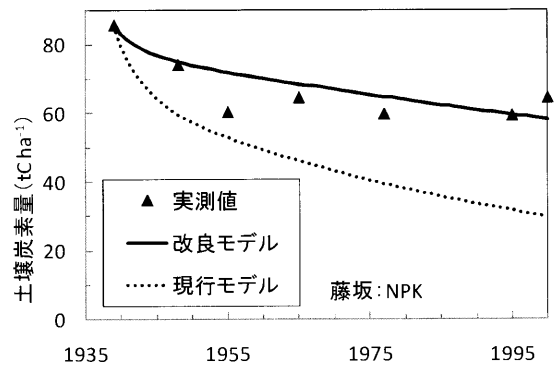


図2 黒ボク土畑における土壌炭素量の実測値と、現行モデル・改良モデルとの比較。

「腐植」コンパートメントの分解率を、Alpの量に応じて変化する係数 F ($F=2.50Alp$ (%)+1.20) で割ることで小さくし、「不活性有機物」をゼロにする黒ボク土用改良モデルでは、精度が大きく向上した。

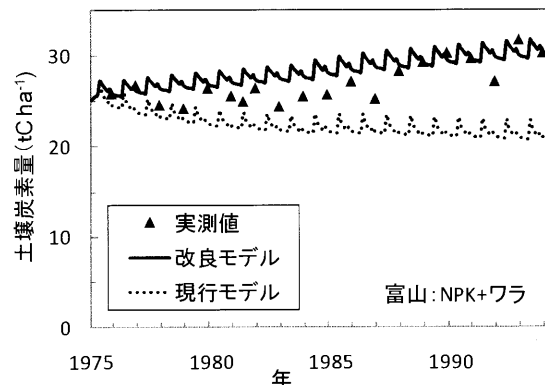


図3. 水田における土壌炭素量の実測値と、現行モデル・改良モデルとの比較。

全てのコンパートメントの分解を稲作期間は 0.2 倍に、それ以外の月は 0.6 倍に遅くする水田用改良モデルでは、精度が大きく向上した。

ネット・ネットではいずれのシナリオでも吸収となった。シナリオ間の比較では、C蓄積シナリオの方が大きな吸収となった。1990年には水田や畑が大きな排出源であったものが、2020年には2つのシナリオでともに排出が減り、特にC蓄積シナリオでは畑の排出量の減少と牧草地の吸収量の増加が大きいことが主な要因と考えられた。

ただし、単年の吸収/排出量は気象や有機物投入量の影響で変動が大きいため結果の取り扱いには注意が必要であり、例えば基準年や約束期間を単年ではなく複数年とただけでも、ネット・ネットの吸収量は大きく変化した。

5. おわりに

今後、精緻化と不確実性の評価が課題となる。モデル出力値の不確実性には、モデル自体の不確実性と入力データの不確実性が含まれるため、精緻化には、モデル自体の改良と、入力データの改善がともに必要となる。後者については、土壌へのC投入量の推定、土地利用変化データの推定とともに、SOC初期値の設定法など土壌に関する入力データの精緻化が、全体のモデル出力結果の精緻化のためのカギとなる。

引用文献

- 1) Coleman K. and Jenkinson D.S. (1996): RothC-26.3-A model for the turnover of carbon in soil. In: Evaluation of Soil Organic Matter Models, Ed. DS Powlson, P Smith and JU Smith., pp. 237-246, Springer-Verlag, Berlin.
- 2) McGill W.B. (1996): Review and classification of ten soil organic matter (SOM) models. In: Evaluation of Soil Organic Matter Models, Ed. DS Powlson, P Smith and JU Smith., pp. 111-132, Springer-Verlag Berlin.
- 3) Shirato Y. et al. (2004): Modified Rothamsted carbon model for Andosols and its validation: Changing humus decomposition rate constant with pyrophosphate-extractable Al. Soil Sci. Plant Nutr., 50: 149-158.
- 4) Shirato Y. and Taniyama I. (2003): Testing the suitability of the Rothamsted carbon model for long-term experiments on Japanese non-volcanic upland soils. Soil Sci. Plant Nutr., 49: 921-925.
- 5) Shirato Y. and Yokozawa M. (2005): Applying the Rothamsted Carbon Model for long-term experiments on Japanese paddy soils and modifying it by simple tuning of the decomposition rate. Soil Sci. Plant Nutr., 51: 405-415

問い合わせ先

農業環境インベントリーセンター 白戸康人

電話 : 029-838-8235 e-mail : yshirato@affrc.go.jp