

日本の畑土壌はCO₂の吸収源になる可能性があるか？

地球環境部食料生産予測チーム 白戸 康人

炭素動態モデルを用いた吸収源評価

京都議定書において、森林などの二酸化炭素吸収量を評価し、排出削減目標から差し引くことが決められた。農耕地土壌についても人為的活動によって炭素収支がどう変化するか定量的な評価が求められている。土壌炭素量はゆっくり変化するため、長期にわたり炭素収支を追跡した圃場試験結果は非常に有効であるが、様々な気候、土壌、農法においてそれを行うのは困難である。そこで、これらの要因を含む炭素動態モデルを使った予測が、炭素収支の評価手法として不可欠となる。欧米では既に農耕地の土壌管理を変えた場合（不耕起栽培など）の土壌炭素変動を、モデルを使い広域で定量的に予測する研究が行われている。わが国では土壌炭素の分解、集積に関する多くの研究があり、その数式化も試みられてはいるが、気象や土壌要因を含まないため広域への適用や面的な評価には不十分で、温暖化など気候変動の影響も評価できない。そこで、既存の炭素動態モデルのひとつであるローザムステッド・カーボン・モデル (RothC) を用い、日本の畑土壌全体の炭素量が、人為的活動によりどう変化するか予測を試みた。

RothC モデルの概要

RothCは、英国のローザムステッド農業試験場における150年を超える長期連用試験のデータなどをもとに開発された炭素動態モデルで、耕地だけではなく林地や草地、またヨーロッパ以外でも冷温帯～熱帯の広い地域で検証されており信頼性は高い。月別の気温、降水量や土壌の粘土含量、投入される植物残渣や堆肥の炭素量、植被の有無などがわかれば土壌炭素量の変化を予測でき、他の同様なモデルに比べてシンプルでパラメータが少なく済むため、広域に適用するには有利である。しかし、日本での適用例はない。

モデルの検証

モデルを広域に適用する前に、まず代表的な地点において精度良く予測できるか検証する必要がある。黒ボク土畑4地点（北海道、青森、長野、鹿児島）、非黒ボク土畑6地点（北海道：灰色低地土、秋田・埼玉：褐色低地土、愛知・島根：黄色土、大分：褐色森林土）における有機物など連用試験結果をRothCに適用し、炭素量の実測値とモデルの予測値を比較することによりモデルの妥当性を検証した。その結果、非黒ボク畑では予測値と実測値がよく一致することがわかった（図1）。有機物投入量が少なく炭素蓄積量が減少している区や、逆に有機物を多量に投入して土壌炭素が増加している区いずれにおいても精度良く予測できたので、非黒ボク土畑ではRothCが問題なく使えると判断した。しかし、黒ボク土では、ほぼ全ての地点と処理区でモデルの予測値は実測値を大

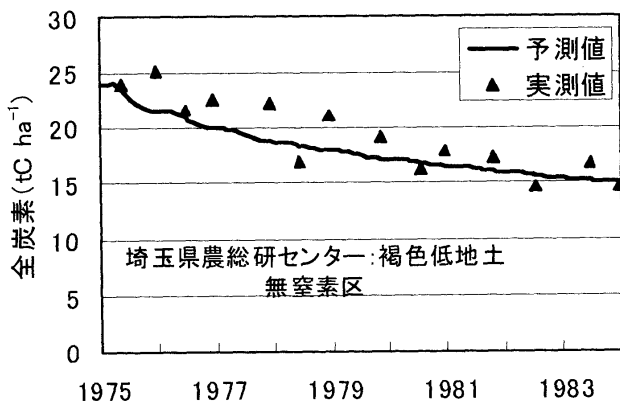


図1 非黒ボク土における RothC の検証例

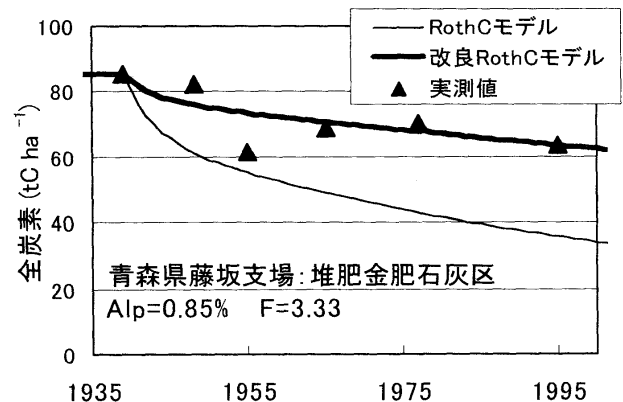


図2 黒ボク土における RothC と改良モデルの比較例

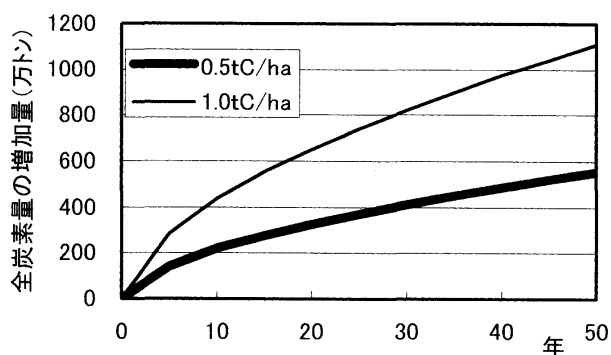


図3 全畑土壌の炭素増加量予測
(現在1億900万トンからの増加量)

きく下回った(図2, 細線).

黒ボク土向けの改良モデル

黒ボク土は日本の畑土壌の半分を占めるうえ、単位面積当たりの炭素量が多いためモデルの適合が悪いのは大きな問題である。黒ボク土では腐植が活性 Al や鉄と安定な複合体を形成しているために分解が遅いと考えられるので、活性 Al 量などの土壌特性値をパラメータとして腐植画分の分解率が変化するようにモデルを改良した。日本全国

の林地および草地 32 地点のデータを用い、モデルの予測値が実測値と一致するように腐植画分の分解率を変えるファクター F を求めた。そして各地点の F と化学特性値との回帰分析を行った結果、F は、ピロリン酸塩可溶 Al 含量 (Alp) と最も相関係数が高く、 $F = 2.50 \text{ Alp} (\%) + 1.20$ の式を得た。上記 4 カ所の黒ボク土畑において、この式を使って腐植の分解率を変えた改良モデルでは予測値の精度が大幅に向上した(図2, 太線)。

日本全国の畑での広域評価

代表的な土壌タイプで北から南まで様々な処理区において精度良く予測できたので、次に、モデルを日本全国に適用することを試みた。国土数値情報の地形総合データと土地利用データ、気象庁観測平年値のメッシュ統計値および地力保全基本調査代表断面のコンパクトデータベース(織田ら, 1987)の 1 km メッシュデータを用い、メッシュごとに非黒ボク土には RothC を、黒ボク土には改良モデルを適用した。

日本の農耕地における炭素量は、全体で見ると最近 20 年はそれほど変化していないことが土壌環境基礎調査からわかっている(中井ら, 2002)ので、現在の各メッシュにおける土壌の炭素量はそのメッシュの環境条件下で平衡状態にあると仮定し、各メッシュにおける現在の土壌への炭素投入量をモデルにより計算した。現在の投入量は、ほぼ 2~5 tC/ha/yr の範囲であった。

次に、全ての畑において、土壌への炭素投入量を現在よりも毎年 0.5~1.0 tC/ha 増やした場合の土壌炭素量の変化を予測した。表層土壌の炭素量は 10 年後までに全畑土壌で 220~440 万トン、50 年後には 560~1110 万トン増加した(図3)。現在の炭素量合計は 1 億 900 万トンで、その 2~10% が増加する結果になった。

京都議定書の第一約束期間である 10 年後までの日本の温室効果ガス削減目標は、1990 年の CO₂ 排出量約 12 億トンの 6% で、炭素量になおすと約 2000 万トンであり、このうち約 1300 万トンが、森林などの吸収源により差し引くことができる量の上限である。上記の予測で土壌に貯留される炭素量は、これに数 10% の規模で貢献するほど大きい。また、上記の堆肥投入量は、炭素含量 5% の堆肥を現物で 10 アール当たり 1~2 トン施用に相当し、現実には不可能な量ではないことから、農耕地土壌も管理によっては大きな吸収源になる可能性があると考えられる。

おわりに

ローザムステッド農業試験場の長期連用試験は、継続期間の長さだけでなく、開始当時から土壌や植物体試料が現在も保存されており、最新の方法で再分析が可能ないように備えられている点が貴重である。日本にも 50 年を超える長期連用試験がいくつかあるが、試料を保存しているところはない。また、その価値が十分認められていないためか最近中止されたところもあるのは残念である。わが国でも、このような長期の試験の価値が評価され、継続されることを願う。