

有機物分解モデルによる農業システムの物質循環管理の適正化を目指して

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	袴田, 共之
巻/号	14巻9号
掲載ページ	p. 27-29
発行年月	1991年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



有機物分解モデルによる農業システムの 物質循環管理の適正化を目指して

袴田 共之

農学研究の姿もこの約半世紀にずいぶん変容した。ハード面では、特に近年のコンピュータ応用技術の発展は目を見張るものがある。一方、ソフト面では、戦後間もなくの統計的実験計画法の導入が農業研究の技術の適正化や標準化に果たした役割は大きく、日本国憲法を思わせるといったら、少々大げさであろうか。それはさておき、最近、「モデル」というキーワードが頻繁に目につくようになった。これは、ハード面の発展と密接に結びついて出てきた傾向であることは疑いないが、簡単な1次式でもわざわざモデルと表現しないではいられない雰囲気である。この雰囲気の良い側面を大切にしたいと思う。

1. 物質循環モデル

モデルが農業や環境研究技術の適正化の手法として確立しつつある典型的過程は、わが国においては1970年代以降の草地の物質循環/エネルギーフローの分野にみられる。

実験計画法は、普通作物のように1作毎に独立した実験が組める場合には、実験誤差の管理と情報獲得の効率化というメリットを存分に発揮できたが、牧草のような永年作物の場合は、

何年にもわたる影響の変遷を見たいにもかかわらず、年次間のデータが独立でないなどの問題があつてメリットが生かされなかった。さらに、放牧草地のように、単に作物の生産のみでなく、多要因が複雑にからむ現象が主導的である場を対象とした研究においては、再現性のある実験をどう組むかが大問題であつた。そこに現れたのがいわゆるシステムモデル、とくに時間変化を重視したダイナミック・モデルの手法であつた(以上の流れについては、奥野, 1974; 塩見, 1983)。

そのような中で、筆者は放牧草地の窒素循環モデルにより草地生産を評価する手法の開発に着手(袴田ほか, 1974; 袴田・平島, 1978)し、その後、いくつかのシステムモデル(例えば、袴田, 1986; Hakamata, 1986)を作ってみた。しかし、それを研究手法として確立するための仕事は、塩見らによってエネルギーフローを中心とした研究を通じて軌道に乗せられることになる(その過程の前半については、塩見, 1983)。

2. Jenkinson 型モデル

ところで、諸外国での農業生態系の養分循環や土壌中での養分動態を扱ったモデルが膨大な数に上ることはいうまでもないが、その中から、多様な応用をされているのがJenkinson & Rayner (1977)のモデルである。

Tomoyuki HAKAMATA: An organic matter decomposition model for material cycle management in agro-ecosystem

Jenkinson 自身が、最近、彼らのモデルを進展させ、世界の炭素循環における土壌の役割を評価して、土壌からの炭素放出が地球温暖化によりフィードフォワード的に増加する可能性を指摘した (Jenkinson ら, 1991)。このことは、彼のモデルの適応性の大きさを示すものであるが、岩元・三輪 (1985) は Jenkinson & Rayner モデルを志賀ら (1985) の仕事に応用して有機物分解モデルを開発した。それを簡単に紹介すると次の通りである。

土壌に加えられた有機物中の窒素はその量 (x_1) に比例した速度で分解する。すなわち、

$$dx_1/dt = \lambda_1 x_1, \quad (1)$$

で、 λ_1 は分解定数で負の値をとる。

そこで分解した窒素の一部は、低分子タンパク質、微生物菌体などからなる過渡的な有機物相(A)に形を変える。A は元の有機物の特徴を強く反映したもので、ひきつづき比較的速やかな分解の対象になる。分解は、次式に従って進む：

$$dx_A/dt = a_1 x_1 + \lambda_2 x_A, \quad (2)$$

ここに、 a_1 は x_1 から x_A への転移率で、一般的には $a_1 < -\lambda_1$ 。わらのように窒素を取り込むものについては $a_1 > -\lambda_1$ であり、 λ_2 は負の定数。

(2)式により分解した窒素の一部は微生物菌体を主体とした一層安定した有機物相 (B) に形を変える。B は元の有機物の特徴が大部分失われたもので、ひきつづき次のような暖慢な分解の対象になる。

$$dx_B/dt = a_2 x_A + \lambda_3 x_B, \quad (3)$$

ここに、 a_2 は x_A から x_B への転移率で、一般的には $a_2 < -\lambda_2$ 。 λ_3 は負の定数。

λ , a などの定数を得て微分方程式を解くことにより有機物施用後の窒素残存量 ($x_1 + x_A + x_B$) を求めることができる。4種の有機物資源について実測に適合するような値を探すことはコンピュータを使用するのさほどむずかしいことではない。

このモデルを応用して、各種有機物を土壌に

還元した場合の評価が何例か行われている (岩元・三輪, 1985; 松本ら1990)。

なお、最近、鳥越ら (1991) はやはり Jenkinson & Rayner のモデル等を参考にして水田の窒素循環モデルを開発した。このモデルの枠組みは岩元・三輪モデルと同様であるが、モデル中のパラメータは、窒素と水田という条件が特定されたことに依存して一層複雑になっている。

これらのモデルを一括して Jenkinson 型モデルと称することにしよう。Jenkinson 型モデルは既に触れたようにいろいろな場面に応用が可能なモデルであり、物質循環を大切にしたい農業システムを新たに検討しようとする場合には有効かつ強力な手段となり得る。

3. 有機物フローの量的評価

ところで、松本ら (1990) は農村地域における有機物フローを、主として公的統計を駆使して推定し評価する手法を開発した。その全体についての紹介は紙面の都合で割愛させて頂くが、この手法により、その地域の有機物フローや窒素、リンなどの養分の循環の実態が量的に把握でき、問題点の抽出が可能となり、地域の物質循環の管理にきわめて有効な情報を提供することができるようになった。

そして、その手法における最終的 (つまり、耕地や環境へ物質がアウトプットされる) 評価の段階で、上記の有機物分解モデルが使われ、分解により放出される炭素と窒素の量が推定されている。つまり、この手法においては、地域の物質循環を好適に保つカギを握る土壌の部分で、Jenkinson 型モデルを活用して有機物フローを評価しているわけである。したがって、的確な評価が行われるためには、このモデルがしっかりしている必要がある。

そこで、つぎに、この手法を具体的に特定の地域に適用し、その地域における物質循環ないし有機物フローを評価するにあたって必要とな

る検討事項をごく簡単に指摘しておく。

4. 主要な問題点と解決の方向

最大の問題は、モデルの適応性である。それは、例えば、全国規模でものをいう場合はうまくいくが、市町村規模では再現性が劣る、という場合と、北海道でうまくものを言っても、関東ではダメだという場合とがある。前の例は一般性と具体性の不一致の問題、後者は地域適応性の問題といえることができる。すでに言及したように Jenkinson 型モデルは適応性がよい部類であるといえどもこの問題を避けて通ることは出来ない。しかし、闇雲に各地でモデルを作ってみても能率が悪い。

つぎに、この問題には、外挿は合わない、という場合も含まれる。これは、重回帰モデルで良く経験することであるが、開発に使ったデータを収集した年次の現象は良く再現しても、将来の予測はなかなかうまく行かない、というケースである。

これらの問題は、完全解決はむずかしいかも知れないが、システマティックに考えて対応するならばかなり克服ができるはずである。

まず、要因の整理であるが、有機物分解に関しては膨大な経験と情報の蓄積があるので、それに基づいてすでにかなりできあがっているといつて良い。土壌要因(とりわけ、窒素含有量)、有機物資材要因、温度要因は重要である。岩元・三輪モデルは前二者を考慮している。Jenkinson ら(1991)の温暖化評価モデルはこれら全ての要因を考慮している。したがって、当面、岩元・三輪モデルに温度要因を取り込む方向での検討が必要と考えられる。その際、金野らの

モデル(金野, 1983)とそれにかかわる多くの研究結果から得られた情報は重要である。

そのほかにも、考慮すべき問題点は多いが与えられた紙数も尽きたのでそれらの詳細は別の機会にゆずるが、わが国における研究を飛躍させる観点から、モデルのパラメーターの決定のための全国的連絡試験(良い実験計画がカギである)と、中間結果として得られたモデルを使った評価のためのケーススタディーは是非とも実現したいものである。

(農業環境技術研究所 資源・環境動態研究室長)

参 考 文 献

- 1) 奥野忠一(1974)「実験計画法—その発展と最近の話題」, 東京大学出版会: 65~108
- 2) 袴田共之・広崎昭太・平島利昭(1974) 第21回日本生態学会大会講演要旨集, 26
- 3) 袴田共之・平島利昭(1978)日草誌, 24: 48~56
- 4) Hakamata, T. *et al.*(1986) Ecological Modelling, 32: 71~84
- 5) 袴田共之(1986) 北海道立農試報告, 55: 1~88
- 6) 塩見正衛(1983)草地生態系の解明と制御, 草地試験場生態システム研究室: 25~37
- 7) Jenkinson, D. S.・J. H. Rayner(1977) Soil Sci. 123: 298~305
- 8) Jenkinson ら(1991) Nature, 351: 304~306
- 9) 岩元明久・三輪睿太郎(1985) 圃場と土壌, 17: 148~157
- 10) 志賀一一ら(1985)農耕地における有機物変動の予測と有機物施用基準の策定, 研究成果166, 農林水産技術会議事務局
- 11) 松本成夫ら(1990) システム農学 6, 11~23
- 12) 鳥越洋一ら(1991)平成3年度システム農学会講演要旨集: 88~89
- 13) 金野隆光ら(1983)農技研肥料化学科資料, 249: 79