

肥料養分の動態を考慮した環境保全型畜産経営モデルの構築

岡山県笠岡湾干拓地を事例として

誌名	農林業問題研究
ISSN	03888525
著者名	竹内,重吉 駄田井,久 佐藤,豊信
発行元	富民協会
巻/号	44巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 359-363
発行年月	2008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



肥料養分の動態を考慮した環境保全型畜産経営モデルの構築

—岡山県笠岡湾干拓地を事例として—

竹内 重吉（岡山大学大学院）

駄田井 久（岡山大学農学部）

佐藤 豊信（岡山大学農学部）

1. はじめに

岡山県笠岡湾干拓地内では、施肥基準を大幅に超えるたい肥が、畜産農家の自作地、粗飼料基地に散布されている。その結果、たい肥に含まれる肥料養分（窒素・リン酸・カリ）が土壌へ過剰に蓄積している。土壌へ過剰に蓄積した肥料養分は、作物の生育障害を引き起こすだけでなく、降雨時に近隣河川、海等へ流出し、水質汚染の一因ともなっている。

この様な肥料養分による環境負荷を防止する為には、まず、たい肥の散布を止め、土壌へ過剰に蓄積している肥料養分を土壌中から持ち出す必要がある。更に、過剰肥料養分持ち出し後は、作付け作物が必要とする肥料養分のみを投入することが必要となる。

本研究では、笠岡湾干拓地内の畜産農家を対象として、この様な肥料養分による環境問題を解消する為、①土壌から持ち出す必要がある過剰肥料養分の計測、②環境保全型畜産経営モデルの構築、③過剰肥料養分持ち出し後における畜産経営モデルの構築、に関して分析を行い、環境及び経営的に持続可能な畜産経営のあり方を考察する。

2. 対象地域・対象農家の概要

笠岡湾干拓地の全農地面積は約 800 ha であり、その内訳は、畜産部門：約 170 ha¹⁾、耕種部門：約

120 ha、園芸部門：約 170 ha、粗飼料基地：約 310 ha となっている。現在、干拓地内では 5 戸の肥育農家により約 3,000 頭、12 戸の酪農家により約 2,300 頭の牛が飼育されている。本研究では、干拓地内の酪農家において、大規模経営と小規模経営である酪農家 2 戸を対象とし分析を行った。これらの代表的な酪農家における分析結果は、他の酪農家へ反映できると考えられる。対象農家の概要は表 1 に示す。

現在両農家は、たい肥の販売は行っておらず、農家 A は、自作地へ 4 年に 1 度 23 t/10 a²⁾、農家 B は毎年、自作地へ 24 t/10 a、借入している粗飼料基地へ 6 t/10 a のたい肥を散布している。この様に、両農家は施肥基準以上のたい肥を農地へ散布しており³⁾、その結果、土壌へ肥料養分が過剰に蓄積している。

3. 土壌から持ち出す必要がある過剰肥料養分の計測

環境問題の根本的な解決の為には、土壌へ過剰に蓄積している肥料養分を持ち出す必要がある。そこで、対象農家における土壌診断結果に基づき、土壌から持ち出す必要がある過剰肥料養分量を計測した。

その結果、農家 A の自作地における過剰肥料養分量は、カリ 970 kg/10 a、農家 B の自作地は、リン酸 2,660 kg/10 a、カリ 4,060 kg/10 a、粗飼料基地は、リン酸 150 kg/10 a、カリ 222 kg/10 a である⁴⁾。

表 1. 対象農家の概要

酪農	経産牛 (頭)	未経産牛 (頭)	育成牛 (頭)	計 (頭)	農地 (ha)		たい肥 利用手段
					自作地	粗飼料基地	
農家 A	46	5	19	70	10	0	農地へ散布
農家 B	200	30	120	350	10	25	農地へ散布 共同堆肥舎利用

注：各農家は自身の堆肥舎で家畜糞尿を堆肥化し、農地へ散布・共同堆肥舎へ搬出している

4. 環境保全型畜産経営モデルの構築

前述の 2 戸の酪農家を対象に、線形計画法を用い、環境保全型畜産経営モデルの構築を行った (以下、モデル I とする)。利益係数・技術係数等に関しては、ヒアリング調査結果を基に計測した。

まず、環境保全型経営が持続可能である為には、農家が経営的に成立する必要がある。その為、モデルの目的関数は、畜産農家における農業所得の最大

目的関数

$$\max J = [(R_k - C_k)Q_k + P_i T_h] - [C_i Q_i + C_t T + P_s Q_s + P_n Q_n + C_a A + \bar{C}] \quad \dots (\text{農業所得}) \dots (1)$$

制約式

$$\bar{A} = A \quad \dots (\text{農地制約}) \dots (2)$$

$$\bar{L} \geq L_s + L_t + L_a + L_h \quad \dots (\text{労働制約}) \dots (3)$$

$$\overline{TDN} = TDN_k + TDN_a \quad \dots (TDN \text{ 制約}) \dots (4)$$

$$T = T_h \quad \dots (\text{環境制約}) \dots (5)$$

$$T_h = \bar{T}_1 + T_2 \quad \dots (\text{たい肥販売制約}) \dots (6)$$

$$Q_i + Q_k \alpha \quad \dots (\text{育成牛飼養頭数}) \dots (7)$$

R_k = 経産牛の粗収入 / 頭, C_k = 経産牛の変動費 / 頭,

Q_k = 経産牛の飼養頭数, P_i = たい肥販売価格 / ㌧,

T_h = たい肥販売量, C_i = 育成牛の変動費 / 頭,

Q_i = 育成牛の飼養頭数, C_t = たい肥生産費 / ㌧,

T = たい肥生産量, P_s = 購入粗飼料価格 / ㌧,

Q_s = 粗飼料購入量, P_n = 購入濃厚飼料価格 / ㌧,

Q_n = 濃厚飼料購入量, C_a = 飼料生産費 / 10 a,

$\bar{C}$ = 固定費, $\bar{A}$ = 農地面積, A = 飼料作付け面積,

$\bar{L}$ = 自家労働時間, L_s = 飼養牛管理労働時間,

L_t = たい肥生産労働時間, L_a = 飼料生産労働時間,

L_h = たい肥販売労働時間, TDN_k = 購入飼料 TDN,

$\overline{TDN}$ = 必要 TDN 量 / 頭, TDN_a = 自給飼料 TDN,

$\bar{T}_1$ = 干拓地内たい肥販売量, α = 育成牛付随率,

T_2 = 干拓地外たい肥販売量

化とした [(1) 式]。制約には、農地制約、労働制約、TDN 制約、環境制約、たい肥販売制約を設定した [(2) ~ (6) 式]。プロセスには、経産牛・育成牛飼養、たい肥生産、飼料生産、飼料購入、たい肥販売を設定した。

現在、畜産農家は約 7,000 円 / ㌧のコストをかけて、家畜糞尿を堆肥化している。しかし、土壌中に過剰肥料養分が蓄積している農地へ、たい肥を散布することは不可能である。そこで、たい肥はすべて経営外〔干拓地内耕種・園芸農家、及び干拓地外耕種農家 (10 km 圏内)〕へ販売することによって⁵⁾、環境負荷を防止する環境制約 (5) 式を設定した。

そして、販売促進の為、販売時に畜産農家による輸送・散布サービスを行うものとした⁶⁾。干拓地内耕種・園芸農家へのたい肥販売に関しては、現在の作付け状況に基づき、販売可能量・時期を制約として設けた⁷⁾〔たい肥販売制約 (6) 式〕。

また、過剰肥料養分が蓄積している農地において、飼料生産を行うことにより、植物体の収穫部分に吸収された肥料養分相当を、土壌中から持ち出すことが可能となる。その為、農地をすべて飼料生産へ利用し、土壌を改善する農地制約 (2) 式を設定した⁸⁾。

過剰肥料養分を持ち出す作目として、現在作付けされている作目を選択し、農家 A は牧草生産を、農家 B は 2 期作のトウモロコシ生産を行う。

5. 分析結果

両農家共に、環境制約により、農地へのたい肥散布が不可能なため、生産するたい肥をすべて経営外へ販売する必要がある (表 2)。その為には、新たにたい肥の輸送・散布へ労働力が必要となり、現在の飼養頭数を減少させる必要がある (図 1)。

表 2. モデル I における作付面積・たい肥販売量・環境改善効果

	作付面積		たい肥販売量		環境改善効果	
	現状	モデル	干拓地内	干拓地外 (10 km 圏内)	経営外へ たい肥を販売	飼料生産による過剰 肥料養分の持ち出し
農家 A	10 ha	10 ha (化学肥料 : リン酸 1.4 t 使用)	78 t (1, 6 月 12 t, 3 月 14 t, 9 月 40 t)	537 t (1, 3 月 37 t, 5, 6 月 60 t その他の月 43 t)	たい肥の過剰 散布による環境 負荷を防止	カリ 30 kg/10 a
農家 B	35 ha	35 ha	480 t (1, 6 月 76 t, 3 月 88 t, 9 月 240 t)	2,334 t (1, 3, 6 月 177 t, 9 月 91 t その他の月 214 t)		リン酸 22 kg/10 a カリ 36 kg/10 a

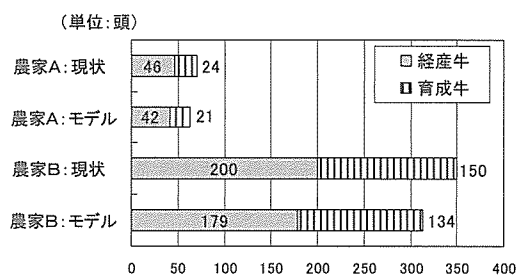


図 1. モデルⅠにおける飼養頭数の変化

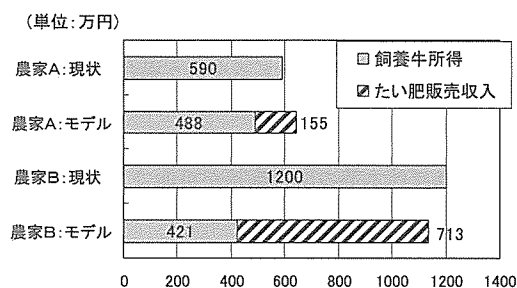


図 2. モデルⅠにおける農業所得の変化

しかし、飼養頭数の減少による所得減少分を、たい肥販売収入で補うことが可能である。その結果、現在とはほぼ同水準の所得維持が可能となる（図2）。農家Aは現状より所得が9%増加するが、農家Bでは現状より5.5%減少する⁹⁾。

この場合、経営外へのたい肥販売を促進する為に、農家Aでは約1,800円/tまでたい肥販売価格を低下させても、現在の所得水準を維持することが可能である。

6. たい肥販売において雇用労働力を利用した場合

前述の様に、環境保全型経営へ移行後は、経営外へのたい肥販売に新たな労働力が必要となる為に、飼養頭数が減少する。そこで、経営外へのたい肥販売において、雇用労働力（800円/h）が利用可能となったケース（以下、モデルⅡとする）の

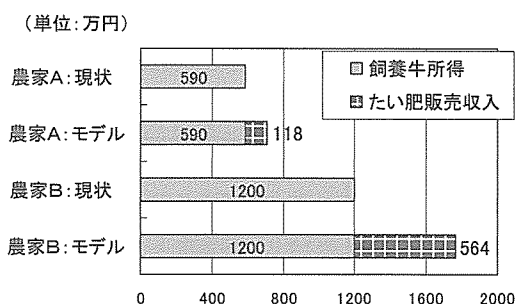


図 3. モデルⅡにおける農業所得の変化

分析を行った。

この場合、たい肥販売の輸送・散布労働へ雇用労働力を利用することによって、畜産農家は自家労働力を飼養牛の管理へ投入することが可能となる。

結果として、現在の飼養頭数を維持しつつ、経営外へのたい肥販売が可能とな為、現状と比較して農業所得が増加する（図3、表3）。

このケースでは、農家Aは約900円/t、農家Bは約1,000円/tまでたい肥販売価格を低下させても、現在の所得維持が可能である。また、両農家は雇用労賃として、2,700円/hまで最大限支払うことができる¹⁰⁾。

7. 過剰肥料養分持ち出し後における畜産経営モデルの分析

環境保全型経営への移行によって、農家Bが利用する粗飼料基地では、6年間で過剰肥料養分の持ち出しが終了し、7年目からはたい肥散布が可能となる。そこで、過剰肥料養分持ち出し後における経営モデル（以下、モデルⅢとする）の分析を行った。

飼料生産プロセスとして、たい肥を適正量利用するたい肥利用飼料生産と、作物が必要とする肥料養分を化学肥料で供給する化学肥料利用飼料生産を設定した。

表 3. モデルⅡにおけるたい肥販売量・月別雇用時間・雇用人数

	たい肥販売量		月別雇用時間	雇用人数 (人/年)
	干拓地内	干拓地外 (10 km 圏内)		
農家A	78 t	590 t	1, 6月 55 時間, 3月 56 時間, 9月 69 時間, その他の月 49 時間	0.3 人
農家B	480 t	2,769 t	1, 6月 261 時間, 3月 267 時間, 9月 344 時間, その他の月 223 時間	1.2 人

注：雇用1人につき、8時間/日、25日/月、12ヶ月/年、出勤するものとして、雇用時間を雇用人数に換算した。

表4. たい肥の連年施用による環境負荷を考慮した施肥量の推移

単位: kg/10a		7年目	8年目	9年目	10年目	11年目
投入量	たい肥	2,000	2,000	2,000	2,000	1,600
	窒素	30	25	22	20	20
	リン酸	8	2			
	カリ					6

出所: 筆者が作成 注: トウモロコシの場合

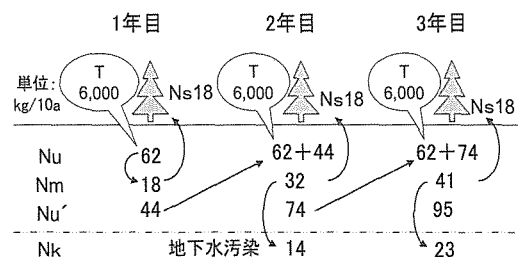


図4. たい肥の連年施用による環境負荷

注: 1) Nu: 有機態窒素量, T: たい肥投入量, β : 窒素含有率 1.04%, Nm: 無機態窒素量, γ : 窒素分解率 30%, Nk: 過剰無機態窒素量, Ns: 作物吸収窒素量

$$Nu = T \times \beta, Nm = Nu \times \gamma, Nk = Nm - Ns, Nu' = Nu - Nm$$

2) T, β に関しては現地の数値を, その他の数値に関しては文献 [2] から引用した。

出所: 文献 [3] より作成

結果として、過剰肥料養分持ち出し後は、すべて経営外へ販売していたたい肥の内、約 500t (約 18%) を飼料生産へ利用し、経営外へのたい肥販売量が減少する。そのことにより、たい肥の輸送・散布に投入していた労働力を、飼養牛の管理へ利用することが可能となる。その結果、飼養頭数が増加し (モデル I より約 2% 増加, 経産牛 182 頭飼養), 現在の所得水準を維持することが可能となる。

たい肥を利用した飼料生産を行う場合、連年施用による環境負荷を考慮する必要がある為 (図 4), 環境負荷を考慮した、たい肥、化学肥料の投入量は表 4 の様になる。

8. まとめ

本研究では、岡山県笠岡湾干拓地内の酪農家を対象とし、肥料養分による環境負荷を考慮した環境保

全型畜産経営の構築を行った。分析結果から以下の知見を得た。

環境問題を解決する為には、①過剰肥料養分が蓄積している農地へたい肥を散布することは不可能であり、たい肥はすべて経営外へ販売する必要がある。また、②土壌中の過剰肥料養分を利用した飼料生産を行い、土壌を改善する必要がある。その結果、①②より環境負荷を防止することができる。過剰肥料養分持ち出し後は、適正量のたい肥を飼料生産へ利用することが可能である。

経営外へのたい肥販売に関して、農家が労働力を負担し、輸送・散布サービスを行う場合、飼養頭数が現在より減少するが、飼養頭数の減少による所得減少分を、たい肥販売収入で補うことが可能となし、現在とほぼ同水準の所得維持が可能である。更に、たい肥販売へ雇用労働力を利用することにより、現在の飼養頭数を維持しつつ、たい肥の販売が可能となる為、農業所得が増加する。

また、たい肥販売価格を低下させたケースを分析し、販売促進の可能性を検討した。その結果、農家はたい肥を 2,000 円/t 以下で販売した場合も、現在の所得維持が可能であることを明らかにした。

今後は、肥育農家を含めた分析を行い、干拓地内の畜産農家全体を対象とした環境保全型経営モデルを検討する必要がある。

注 1) 牛舎等施設の面積を含む。

2) 牧草を 4 年に 1 度更新する為。

3) 岡山県飼料作物の施肥基準は、約 3 t/10a である。

4) 過剰無機態窒素は、すべて地下水へ溶脱する為、土壌から持ち出す対象はリン酸・カリである。

5) たい肥販売価格は、干拓地内畜産農家における庭先販売価格の平均値 2,700 円/t とした。

6) たい肥の輸送コストは、干拓地内へ販売する場合は、近距離のため考慮せず、干拓地外 (10 km 圏内) の場合は、往復 20 km に相当する輸送コストを設定した。たい肥の散布時間は、散布機・たい肥の搬入・搬出を含めて 1 時間/10a を要するものとした。

7) 対象農家における販売割当量は、干拓地全体のたい肥生産量に占める、対象農家のたい肥生産量の割合に応じて設定した。

8) 窒素肥料に関しては、土壌中の有機態窒素から分解された無機態窒素を利用する。また、農家 A はリン酸を化学肥料で補うものとした。

- 9) 農家 B では、搾乳作業における労働力削減の為に、大規模な固定資本投資を行い、ミルクングパーラーを導入している。その為、経営費に占める固定費の割合が大きく、飼養牛から得られる所得が大幅に減少する。
- 10) たい肥販売価格 2,700 円/t の場合。

参考文献

- [1] 西尾道徳『農業と環境汚染』, 農山漁村文化協会, 2005, pp. 87-105.
- [2] 農林水産技術会議事務局「家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル」, 農業・生物系特定産業技術研究機構, 2004, pp. 61-76.
- [3] 農業技術協会「たい肥施用コーディネーター養成研修 講義・実習テキスト」, 中央農業総合研究センター, 2005, pp. 1-61.
- [4] 竹内重吉・佐藤豊信・駄田井久「大規模干拓地における畜産経営の環境・経営的に持続可能な農業生産システムの構築」, 『農林業問題研究』, 第 166 号 (2007), pp. 31-35.