

環境保全型畜産経営確立方策と堆肥販売戦略

閉鎖系干拓地の環境特性を考慮して

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	45巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 42-47
発行年月	2009年6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



環境保全型畜産経営確立方策と堆肥販売戦略

—閉鎖系干拓地の環境特性を考慮して—

竹内 重吉 (岡山大学大学院環境学研究科)

駄田井 久 (岡山大学大学院環境学研究科)

佐藤 豊信 (岡山大学)

Establishment of Environmentally Friendly Livestock Farming and Sales Strategy for Compost

Shigeyoshi Takeuchi (Graduate School of Environmental Science, Okayama University)

Hisashi Datai (Graduate School of Environmental Science, Okayama University)

Toyonobu Sato (Okayama University)

In the reclaimed land of Kasaoka bay, Okayama, livestock framings are applying more compost on their farmland than the standard application.

As a result, the nutrients in the compost are left behind in the soil and cause environmental problems such as water pollution.

In order to solve these problems, it is necessary to extract and sell the compost from the reclaimed land.

First, I analyzed the compost demand of arable

framings in the reclaimed land and the land around it.

On the basis of the results, I clarified the desired additional services (such as low sale price, bag filling, transportation, and application) to promote compost sales.

Second, I evaluated the cost and labor input to offer those additional services and the sales strategy for compost.

1. はじめに

我が国の畜産経営においては、家畜排せつ物に由来する畜産環境問題の解決が課題とされている。本研究の対象地域である、岡山県笠岡湾干拓地の畜産部門では、施肥基準を大幅に超える堆肥が、畜産農家の農地へ散布されている。その結果、堆肥に含まれる肥料養分が土壌へ過剰に残留し、水質汚染等の環境問題が発生している。このような環境問題の改善には、家畜排せつ物の堆肥化処理を行い、堆肥販売戦略を構築し、畜産農家経営外へ堆肥販売を行うことが必要となる。

堆肥販売戦略に関する既存研究は、堆肥需要側である耕種農家を対象として分析を行い、耕種農家の堆肥ニーズを明らかにしたものが中心である¹⁾。これらの研究では、耕種農家のニーズに対応した、畜産農家の販売戦略に関して分析が不十分である。堆肥供給側の視点から分析した研究として、井上他[5]

が存在する。堆肥供給組織による運搬散布サービスの提供条件に関して分析を行っているが、販売モデルへ耕種農家の堆肥需要が反映されていない。以上の様に、従来の研究は、堆肥需要側か供給側かいずれかの方向からのみ分析が行われている。

本研究では、岡山県笠岡湾干拓地を対象として、第1に干拓地内・干拓地周辺地域の耕種農家における堆肥需要の分析を行う。その結果に基づき、現在干拓地内で生産されている堆肥に関して、販売促進の為に必要となる付加サービスの条件(低価格販売、袋詰め・輸送・散布サービス)を明らかにする。第2に数理計画法を適用する事により、それらの付加サービスの提供に必要なコストや労働時間の計測を行う。その結果に基づき、堆肥販売戦略を分析し、環境保全型畜産経営の確立に向けた方策を検討する。

2. 対象地域の概要

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 ha、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 3,500 頭、12 戸の酪農家により約 2,500 頭の牛が飼育されており、畜産部門全体で生産される堆肥は約 23,800 t/年である。

その利用状況は図 1 の通りである。主な利用手段として、畜産農家の自作地（以下、畜産自作地とする）、及び自治体が管理する粗飼料基地へ散布、戻し堆肥として利用等、全体の約 80% の堆肥が畜産経営内で利用されている。干拓地内の耕種・園芸農家への販売量は全体の 2% であり、干拓地外への販売量も 11% と少ない。環境負荷を考慮した畜産自作地への適正施肥量は約 2,800 t/年であり、約 5,200 t/年が過剰散布となっている²⁾。また粗飼料基地の、酪農家への貸出農地においても約 1,600 t/年が過剰散布となっている。

環境改善の為に、肥料養分が過剰に蓄積して

いる畜産自作地への堆肥散布（約 8,000 t/年）を止め、酪農家貸出農地への過剰散布（約 1,600 t/年）を防止する必要がある。その為、これらに現在の畜産経営外への堆肥販売量（約 3,000 t/年）を加えた、約 12,600 t/年の堆肥を畜産経営外へ持ち出す必要がある。

堆肥の持ち出しにおいては、干拓地内と干拓地周辺の耕種農家へ販売することが考えられる。そこで本研究では、干拓地内と干拓地周辺（10 km 圏内）の耕種農家への堆肥販売を検討した。

なお、現在干拓地内で生産されている牛糞堆肥は（以下、干拓地堆肥とする）、副資材におがくずを使用し、窒素含有率：約 1%、リン酸含有率：約 1%、カリ含有率：約 1.8%、水分量：約 60% の、良質な完熟堆肥であり、約 2,700 円/t で販売されている³⁾。本研究では、現状の副資材・品質を前提に販売戦略を検討した⁴⁾。

3. 耕種農家における堆肥需要の分析

(1) アンケート調査の概要

干拓地内と干拓地周辺の耕種農家（具体的には、米、麦、野菜、果樹生産農家）を対象として、アンケート調査を実施した。2008 年 9 月に直接聞き取り方式で実施し、サンプル数は 41（内訳、米：27、麦：2、野菜：17、果樹：8）である⁵⁾。

具体的な品目は、野菜がナス、ブロッコリー、レタス、イチゴ、キュウリ、トマト、ハウレンソウ、ニンジンであり、果樹がブドウ、モモ、イチジク、カキ、ミカン、クリである。

アンケート調査は、図 2 に示す質問表を用いて、以下の 4 項目を明らかにした。上記に示した副資材・品質の干拓地堆肥に関して、①利用意向の有無、②希望する荷姿（バラ、袋詰め）、③各販売ケース（サービスがない場合、輸送サービスがある場合、輸送＋散布サービスがある場合）における利用意向の有無、④最高支払い意思額（以下、WTP: Willingness to Pay とする）、である。

(2) アンケート結果

調査結果は表 1 の通りである。まず、果樹以外の農家では 70% 以上が干拓地堆肥の利用意向を示した。しかし、果樹生産農家は 38% と低い水準であった。その理由として、堆肥は化学肥料と比較して肥料養分の含有量が不安定な為、という意見が多かった。

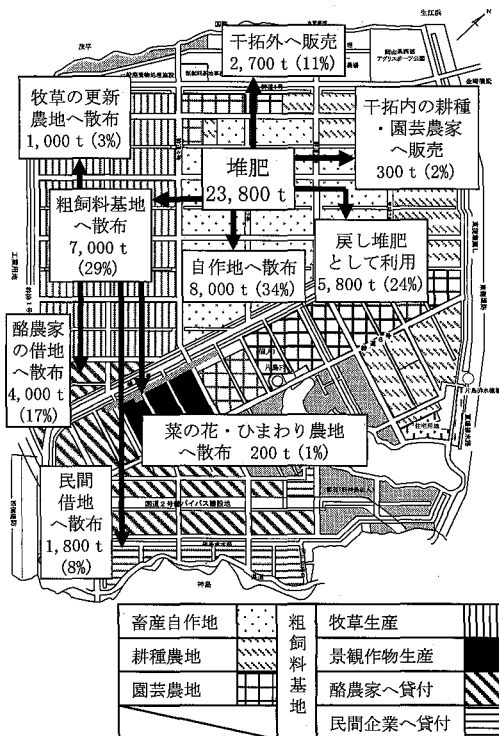


図 1. 堆肥の利用状況

問 1. 以下に示した品質の堆肥について、価格や輸送・散布サービスの条件によっては利用しますか? 1. と 2. のどちらかに○をつけて下さい。
※輸送サービスとは、圃場や堆肥保管場所まで堆肥を配達してくれるサービスです。
※散布サービスとは、自分の希望する時期に、堆肥を圃場に散布してくれるサービスです。

牛糞堆肥、副資材: オガクズ、肥料養分含有率、N: 約1%、P: 約1%、K: 約1.8%、水分: 約60%、熟成具合: 完熟、生産・販売地: 岡山県笠岡市笠岡湾干拓地
→この堆肥は、一般に定められている品質基準をクリアした、良質な堆肥です。

1. 価格や輸送・散布サービスの条件によっては利用する。
2. たとえ販売価格、輸送・散布サービスが無料であっても、干拓地堆肥は利用しない。
※2. を選択された方は、これで質問を終わります。

問 2 問 1 でお聞きした堆肥について、希望する荷姿を教えてください。

1. バラ 2. 袋詰め

問 3 問 1 でお聞きした堆肥を利用する為の、販売価格や輸送・散布サービスの条件を教えてください。
※無料の場合しか利用しない方は、0円とお書き下さい。

①堆肥の販売価格がいくらまでなら利用しますか?
(この場合、輸送・散布サービスはありませんので、笠岡湾干拓地まで堆肥を取りに行くことになります。)

1. () 円/t (又は、円/袋 (20kg)) までなら利用する。
2. 輸送サービスや、輸送+散布サービスがないと利用しない。

②もし販売時に、圃場や堆肥保管場所まで堆肥を配達してくれる、輸送サービスがあるとしたら、販売価格がいくらまでなら利用しますか?
(この場合、散布サービスはありません。)

1. () 円/t (又は、円/袋 (20kg)) までなら利用する。
※輸送サービスの料金は、販売価格に含まれます。
2. 輸送サービスは、利用しない。

③もし、自分の希望する時期に、堆肥を配達し、圃場に散布してくれる、輸送+散布サービスがあるとしたら、販売価格がいくらまでなら利用しますか?

1. () 円/t までなら利用する。
※輸送+散布サービスの料金は、販売価格に含まれます。
2. 輸送+散布サービスは、利用しない。

図 2. アンケートに用いた質問表

次に、販売時に希望するサービスに関して、米生産農家は輸送+散布サービス、野菜生産農家は輸送サービス、果樹生産農家は袋詰め販売のニーズが高く、麦生産農家はいずれのケースもニーズが高い。また農家の WTP は、バラでは米生産農家が平均的に高く、袋では麦生産農家が高い。

堆肥の輸送、散布を希望する時期として、バラの場合、米・果樹生産農家が 11～1 月、麦生産農家が 7～9 月、野菜生産農家が 4・5・8 月である。袋の場合は年間を通じて配達可能である。

4. 耕種農家における潜在的堆肥需要量の計測

次に、表 1 の分析結果と市町村別農産物作付面積の統計データを使用し、干拓地内・干拓地周辺農家における潜在的堆肥需要量を計測した。干拓地周辺の対象地域は干拓地から 10 km 圏内とし、笠岡市の他に、笠岡市と隣接する里庄町、井原市と福山市の一部を対象範囲とした。計測方法を(1)式に示す。

$$Q_{ijk}^0 = A_i \cdot X_{ijk} \cdot T_i \quad (1)$$

$$X_{ijk} = \alpha_i \beta_{ijk} (P_{ijk}^0) \quad (2)$$

表 1. 耕種農家における干拓地堆肥の利用意向

農家 類別	堆肥の利用意向 を示した農家率 (α)	各販売ケースの 利用意向を示した 農家率 (β) と WTP	サービスなし				輸送サービス												輸送+散布サービス					
			バラ		袋		バラ				袋													
米 生産 農家	74%	WTP 単位 (バラ:円/t 袋:円/袋)	3,000		0	63	250	300	3,000	3,500	4,000	0	20	65	100	150	260	400	2,500	3,500	4,000	5,000	8,000	
		利用意向を 示した農家率 単位(%)	5		5	10	5	5	12.5	6.3	6.3	5	5	15	5	10	5	5	4.8	4.8	4.8	76	4.8	
麦 生産 農家	100%	WTP 単位 (バラ:円/t 袋:円/袋)	0		300			0				400								0		5,000		
		利用意向を 示した農家率 単位(%)	50		50			50				50								50		50		
野菜 生産 農家	75%	WTP 単位 (バラ:円/t 袋:円/袋)	0	1,000	2,000	3,000	0	300	0	1,500	2,500	3,000	4,000	0		450			0	1,500	2,500	4,500	5,000	
		利用意向を 示した農家率 単位(%)	8.4	16.8	8.4	8.4	8.5	8.5	7.5	7.5	15	7.5	37.5	8.5		8.5			8.4	8.4	8.4	8.4	33.5	
果樹 生産 農家	38%	WTP 単位 (バラ:円/t 袋:円/袋)	1,000			65	200	×				65		200			5,000		9,900					
		利用意向を 示した農家率 単位(%)	33			33.5	33.5	×				33.5		33.5			33.5		33.5					

出所: アンケート結果より筆者が作成

注: 1) 袋詰めの場合、1 袋当たり 40 l (約 20 kg) とする。

2) 「堆肥の利用意向を示した農家率 (α)」とは、アンケート (図 2) の問 1 で「干拓地堆肥を利用してもよい」と回答した農家の割合である。これらの農家において、問 2・3 で販売ケース別の利用意向を調査し、その割合を、各 WTP の水準別に示したものが「各販売ケースの利用意向を示した農家率 (β)」である。

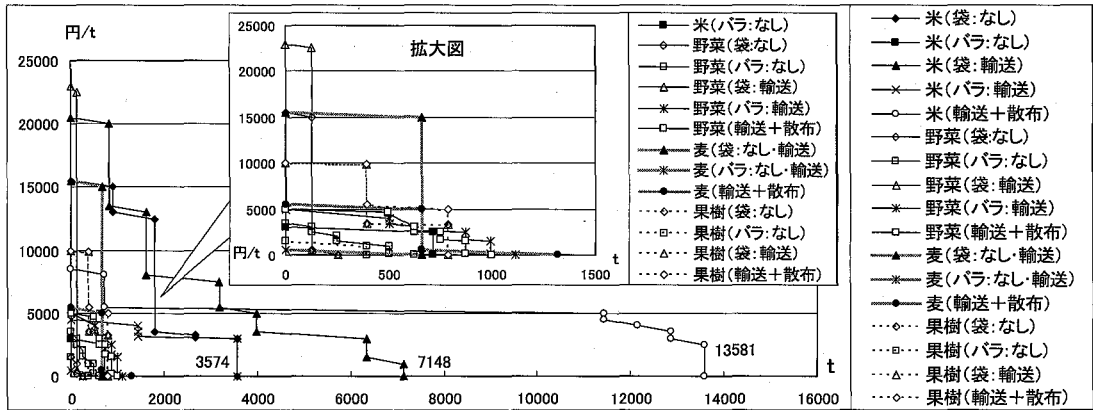


図3. 各作物・販売ケースにおける堆肥需要量

Q^0 は堆肥需要量, i は各作物, j は各販売ケース, k は荷姿, A は作付面積, X は各販売ケースにおいて堆肥の利用意向を示した農家率, T は堆肥利用量/10aである⁹⁾. X は表1より, α : 堆肥の利用意向を示した農家率と, P^0 : 耕種農家のWTP, の関数である β : 各販売ケースの利用意向を示した農家率, から構成される [(2) 式].

その結果, 各作物・販売ケースにおける, 価格水準毎の堆肥需要量を計測した (図3): 需要量が最も多いのは米生産農家であり, 特に輸送+散布サービスの需要量が多い. 次に果樹, 麦, 野菜生産農家の順に多い. 以上の結果から, 販売時に新たにサービスを付加することによって, 必要販売量 (12,600 t/年) 以上の需要が存在することが明らかとなった.

5. 数理計画法を用いた堆肥販売モデルの構築

畜産農家は図3に示した複数の需要曲線に直面している, と仮定した場合, 販売収入が最大となる様に, 販売先と販売ケースを選択し, 各々の販売量と販売価格を決定することができる. そこで, 数理計画法を用いて堆肥販売モデルを構築し, 畜産農家の堆肥販売戦略を検討した.

(1) モデルの概要

目的関数

$$\text{Max. } I = \sum [P^1_{ijk} Q^1_{ijk} - (C_y + C_s + C_f) Q^1_{ijk}] \quad (3)$$

制約式

$$P^0 = P^1 \quad (4)$$

$$\sum Q^1_{ijk} = 12,600 \text{ t} \quad (5)$$

$$Q^0_{ijk} \geq Q^1_{ijk} \quad (6)$$

I は堆肥販売収入, P^1 は販売価格, Q^1 は販売量, C_y は輸送コスト, C_s は散布コスト, C_f は袋詰めコストである⁷⁾.

目的関数は, 畜産農家の堆肥販売収入の最大化である [(3) 式]. 本研究では, 耕種農家のWTPで販売可能であるとし, これを畜産農家の販売価格とした⁸⁾ [(4) 式]. また, 販売対象地域を干拓地から10キロ圏内とした為, 各販売ケースの価格水準は, 同エリア内で統一する必要がある. そこで, 表1・図3に示した異なる販売価格の中から, モデルの目的達成が可能となる, 販売価格 (円/t・円/袋), 輸送料金 (円/t・円/袋), 散布料金 (円/t) を算出した⁹⁾. 稼働プロセスは, 図3に示した販売価格・需要量の異なる, すべての販売先・販売ケースを設定した. 制約に関して, 環境保全の為に畜産経営外へ持ち出す必要がある堆肥販売量は12,600 t/年である [(5) 式]. また販売制約として, 各作物・販売ケースの販売量が, 前節で計測した耕種農家の堆肥需要量を越えないものとした [(6) 式].

(2) 分析結果

1) モデルⅠ: 堆肥販売収入の最大化

上記のモデルの分析結果として, 販売価格をバラ: 3,000 円/t, 袋: 250 円/袋, 輸送料金をバラ: 1,000/t, 袋: 10 円/袋, 散布料金を1,000 円/tに設定することによって, 販売収入が約7,710 万円/年となる (表2). この場合, 必要販売量の約46%を輸送+散布で販

表 2. 堆肥販売モデルの分析結果

単位： /年	販売価格と販売量の内訳				堆肥販売 収入	販売に必要な労働時間							
	サービスなし		輸送	輸送＋ 散布		総時間	労働時間 の内訳	労働 時間 /t	労働時間／頭		労働時間／畜産農家1戸		
									乳牛 堆肥： 10 t/年	肉牛 堆肥： 5 t/年	小規模 酪農家 (100 頭)	大規模 酪農家 (300 頭)	肥育 農家 (400 頭)
モデルⅠ 販売収入 の最大化	販売 価格	3,000 円/t 250 円/袋	4,000 円/t 260 円/袋	5,000 円/t	約 7,710 万円	9,535 h	米：7,199 h 野菜：117 h 果樹：36 h 袋の輸送 ：2,183 h	0.76 h/t	7.6 h	3.8 h	2 h/日	6 h/日	4 h/日
	内訳	約 27%	約 26%	約 46%									
モデルⅡ 労働 投入時期 の平準化	販売 価格	2,000 円/t 250 円/袋	3,000 円/t 260 円/袋	4,500 円/t	約 5,780 万円	5,376 h	米：1,965 h 野菜：1,200 h 果樹：36 h 袋の輸送 ：2,176 h	0.43 h/t	4.3 h	2.15 h	1.2 h/日	3.6 h/日	2.4 h/日
	内訳	約 45%	約 47%	約 8%									
モデルⅢ 労働 投入量 の最小化	販売 価格	0 円/t 60 円/袋	2,500 円/t 240 円/袋	×	約 1,040 万円	3,923 h	米：1,523 h 野菜：323 h 袋の輸送 ：2,018 h	0.31 h/t	3.1 h	1.55 h	0.85 h/日	2.55 h/日	1.7 h/日
	内訳	約 60%	約 40%	約 0%									

売し、11 月から 1 月にかけて米生産農家へ販売が集中する。

2) モデルⅡ：労働投入時期の平準化

モデルⅠの結果より、米生産農家へ販売が集中した場合、特定時期における労働力の確保が困難な可能性がある。そこで次に、年間を通じた労働投入時期の平準化を目的としたモデルⅡの分析を行った。目標計画法を適用し、第 1 目標を「労働投入時期の平準化」、第 2 目標を「堆肥販売収入の最大化」とした。

その結果、販売価格をバラ：2,000 円/t、袋：250 円/袋、輸送料金をバラ：1,000/t、袋：10 円/袋、散布料金を 1,500 円/t に設定することによって、販売収入が約 5,780 万円/年となる（表 2）。この場合モデルⅠと比較して、米生産農家への輸送＋散布販売を減少させ、野菜生産農家への輸送販売や、畜産農家の庭先販売、へ移行することによって、労働力の分散が可能となる。

3) モデルⅢ：労働投入量の最小化

最後に、堆肥販売に必要な労働力を最小化するモデルⅢの分析を行った。モデルⅡと同様に目標計画法を適用し、第 1 目標を「必要労働力の最小化」、第 2 目標を「堆肥販売収入の最大化」とした。

その結果、販売価格をバラ：0 円/t、袋：60 円/袋にすることによって、販売収入は約 1,040 万円/年と

大幅に減少する（表 2）。しかし、必要販売量の約 60%を畜産農家の庭先で販売することが可能となり、残りの約 40%を輸送で販売することによって、販売に必要な労働力を大幅に削減することが可能となる。

6. おわりに

本研究では、畜産環境問題の解決に向けて、堆肥の販売促進に必要な付加サービスの条件を明らかにし、それらの付加サービスに対する、畜産農家の堆肥販売戦略を検討した。

数理計画法を適用し、3つの堆肥販売モデルを分析した結果、次の知見を得た。販売収入が最大となるのは、販売収入の最大化を目的としたモデルⅠであるが、最も多くの労働力を必要とし、特に冬季（11 月から 1 月）に販売が集中する。次に労働力の平準化を目的としたモデルⅡは、モデルⅠの次に販売収入が多く、年間を通じた販売を可能とする。更に労働力の最小化を目的としたモデルⅢより、無償販売（袋は 60 円/袋）によって、大幅な販売労働の削減が可能となる。いずれのケースも、家畜排せつ物による環境負荷を防止し、新たに販売収入を得ることが可能となる。

しかし、いずれのケースにおいても堆肥販売に新たな労働力が必要となる。その場合、畜産農家 1 戸

当たりにより必要となる労働時間は、小規模酪農家で最大 2 h/日、最小 0.85 h/日、大規模酪農家で最大 6 h/日、最小 2.55 h/日、肥育農家で最大 4 h/日、最小 1.7 h/日である¹⁰⁾ (表 2)。

その対策として、次の 3 つが考えられる。まず、①畜産農家の自家労働力を利用する場合、搾乳や飼料給与等の基幹的作業が行われる朝、夜以外の時間帯に堆肥販売作業を導入することが考えられる。次に、②新たに雇用労働力を利用する場合、各モデルの最高支払い労賃は、モデルⅠ：約 8,000/h、モデルⅡ：約 11,000/h、モデルⅢ：約 2,700/h であり、雇用労賃としてこれらの金額を支払っても現在の所得水準を維持することが可能となる。最後に、③干拓地内耕種・園芸農家の農閑期の労働力を利用することが考えられる。

今後はこれらの対策も含めて、各モデルのトレードオフを検討し、どのモデルを選択することが畜産農家にとって望ましいか、分析する必要がある。

そして、現実的に販売を行うためには、畜産農家と販売先の耕種農家との円滑な取引を可能とする販売システムの検討が必要となる。

注 1) 例えば文献 [1], [2], [3], [4] がある。

2) 文献 [6], [7] を参照。

3) 配達料金は 1 回の購入当たり 700 円であり、散布サービスは行われていない。

4) 堆肥の販売促進には、副資材の変更、品質の改善も考えられる。駄田井 [3] は、耕種農家の堆肥需要行動は「副資材の種類」が大きな要因であると、特にパークのニーズが高いことを指摘している。しかし、現在パークは入手困難であり、副資材の変更は経営的負担となる。また対象地域では、定期的に堆肥の品質検査を実施し、高品質な堆肥生産を行っている。以上のことから、現在の副資材・品質を前提に販売戦略を検討した。

5) 各作物におけるサンプル数は、多品目生産農家による延べ数である。

6) 各作物：i は米・麦・野菜・果樹の 4 種類、各販売ケース：j は、サービスなし販売・輸送販売・輸送＋散布販売の 3 種類、荷姿：k はバラ・袋詰め of 2 種類である。なお、輸送＋散布販売の場合、荷姿

はバラのみである。

- 7) 輸送コスト C_j 、散布コスト C_s に関しては文献 [5] を参照した。袋詰めコスト C_f に関しては、現在堆肥の袋詰め販売を行っている岡山県内の畜産農家へヒアリング調査を行い、技術係数を計測した。また堆肥の生産コスト：約 7,000 円/t に関しては、所与のものとし数式には含めない。なお、堆肥生産費は全体で約 1 億 6,660 万円 (23,800 t)、販売量分で約 8,800 万円 (12,600 t) である。
- 8) 図 2 に示した通り、耕種農家の WTP には、堆肥の販売サービス料金も加味されている。
- 9) この場合、作物別に異なる需要曲線を、販売ケース毎に統合し、その結果、畜産農家が直面する需要曲線は 5 パターンとなる。
- 10) 干拓地の畜産農家を主な 3 タイプに類別し、1 戸当たりの労働時間を算出した。

参考文献

- [1] 山本直之・生雲晴久・山口武則「野菜生産農家における堆肥利用の実態と問題点」、『農業経営研究』第 104 号 (2000), pp. 121-124
- [2] 栗原大二「耕種農家の土壌管理における有機物選択」、『農業経営研究』第 124 号 (2005), pp. 178-181
- [3] 駄田井久・佐藤豊信・田中伸一郎「耕種農家における堆肥需要要因の分析」、『農業経営研究』第 125 号 (2005), pp. 65-68
- [4] 糸原義人・大庭友朗「堆肥販売の差別化要因分析と販売戦略」、『農業経営研究』第 116 号 (2003), pp. 49-54
- [5] 井上憲一・藤栄剛「堆肥供給組織による運搬散布サービスの提供条件に関する考察」、『農業経営研究』第 133 号 (2007), pp. 12-24
- [6] 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
- [7] 竹内重吉・佐藤豊信・駄田井久「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」、『農林業問題研究』第 171 号 (2008), pp. 45-49