

柑橘生産地域の堆肥流通における品質問題

誌名	農業経済論集
ISSN	03888363
著者名	森高,正博 豊,智行 福田,晋 甲斐,諭
発行元	九州農業経済学会
巻/号	55巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 51-61
発行年月	2005年1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



柑橘生産地域の堆肥流通における品質問題

Quality Problem in Manure Circulation in Ashikita, A Citrus Product Area

森高正博*・豊 智行**・福田 晋**・甲斐 諭**

Masahiro MORITAKA Tomoyuki YUTAKA Susumu FUKUDA Satoshi KAI

1. はじめに

1980年代から堆肥の国内生産量は増加傾向にあるが、環境三法等による有機性廃棄物のリサイクル促進によって、農業への堆肥供給に一層拍車がかかる状況になっている。しかし、必ずしも堆肥流通が十分に促進されていないケースが多く見受けられる。堆肥流通の促進を課題とした研究には佐藤〔1〕、樽本〔2〕、山本〔3〕〔4〕等があり、他にも福田〔5〕、山口ら〔6〕等において、耕種農家で堆肥利用が進まない理由として複数の問題点と対策が指摘されている。しかし、各問題点がどの程度堆肥需要と関連してくるのかについて定量的な評価は行われていない。堆肥は輸送性に問題があるため、リサイクルの流れは近隣地域内で完結することが多く、各問題点の重要性は農業構造の地域性に大きく影響されたものとなる。そこで、各地域において問題の重要性を相対的に評価した上で、具体的な対策の位置付けと優先順位を明らかにするというアプローチが必要となる。

このために、本稿では数理計画法を用いた相対的な評価を行う。数理計画法では第1に、代表的経営の堆肥利用を経営計画モデルの中で表すことで、規範的な堆肥需要を数量的に求めることができる。第2に、技術的構造と資源制約が明示的にモデル化されるため、堆肥利用の阻害要因とその程度をモデル内で直接操作できる。従って、問題の程度に応じた堆肥需要量の変化を試算することが可能となる¹⁾。

対象事例は、典型的な柑橘生産地域である熊本県水俣・芦北地域（水俣市、芦北町、田浦町、津奈木町）とする。以下、第2節では、当地域の堆肥流通を整理し、柑橘経営の堆肥利用を阻害している要因として、①柑橘価格の低迷、②散布労働、③品質問題や技術不足に起因する散布リスクの3点を指摘する。第3節では、堆肥散布行動に関する代表的柑橘経営の数理計画モデルを用いて、各阻害要因の影響の程度を比較する。①価格、②労働については、所得最大化を目的とする線形計画モデルを用い、③散布リスクについては、確実同値額の最大化を目的とした非線形計画モデルを用いる。前者のモデルは、後者のモデルにおいてリスクがない特殊ケースである。そして、散布リスクが堆肥利用を妨げる根本的な要因となっていることを指摘し、地域の堆肥流通促進のために優先すべき対策を検討する。

2. 柑橘経営における堆肥利用の阻害要因

(1) 水俣・芦北地域の農業及び堆肥流通・利用の状況

熊本県水俣・芦北地域で発生する家畜排泄物のほとんどは芦北町の牛糞尿であり、これが全て堆肥化

*九州大学大学院生物資源環境科学府 **九州大学大学院農学研究院

Key Words：堆肥流通，堆肥品質，柑橘経営，数理計画

表1 芦北地域の主要農産物の生産概況と堆肥投入可能量の試算

(1999年)

	面 積 (ha)					各品目の堆肥 投入可能量指 針(t/10a)	堆肥投入可能 量(t/年)	各品目の堆肥 施用時期
	水 俣 市	田 浦 町	芦 北 町	津奈木町	管内全体			
水稻	225	65	502	77	669		0	
甘夏	155	210	85	110	560	1	5,600	
清美	18	40	8	10	76	1	760	
デコボン	41	146	51	58	296	2	5,920	1月～2月(注)
たまねぎ(H12年)	57	2	10	10	79	4	3,160	10月～1月
茶(H12年)	72	2	10	3	87	3	2,610	9～10月
トマト(H12年)	4	1	4	2	11	3	330	7～8月
いちご(H12年)		1	0	1	2	3	60	8月
合計							18,440	
うち果樹園割合							66.6%	

資料：九州農政局農村計画部土地改良管理課「農村地域資源リサイクル環境整備検討調査 検討会（H14.11.15）資料」及び「栽培管理指針」より作成。ただし、水稻については栽培管理指針において堆肥投入がなされていない。

(注) 聴き取り調査による。

された場合、20,000t 弱の堆肥が生産されると予想される²⁾。耕種側について見ると、典型的な中晩柑類の産地であり、耕地面積の46%を果樹園が占めている³⁾。ところが、地域内での堆肥利用は「サラたまちゃん」としてブランド化し減農薬にも取り組んでいるたまねぎが中心であり、作付面積上位の水稻や柑橘での利用は促進されていない。ここで、地域の主要農産物の生産概況と栽培管理指針を基に、地域の堆肥投入可能量を試算したものが表1である。表1において、堆肥投入量の指針が示されていない水稻を除いたとしても、指針等に表示される堆肥投入が行われた場合、地域内だけで18,000t 強の堆肥投入が行われることになり、先に挙げた堆肥量とバランスすることができる。そのためには、柑橘園への投入を促進できるかが重要となる。

地域内にはJA堆肥センターが芦北町（JAあしきた湯浦堆肥センター）と田浦町に計2箇所あり、芦北

地域から排出される牛糞尿の堆肥化処理を行っている。これらは当初、甘夏柑における地力低下防止のため、柑橘農家への堆肥供給を目的として1980年代中頃から後半にかけて設立されており、芦北町の堆肥センターは田浦町JA堆肥センターへの主原料（＝牛糞尿）の中継施設であった。

しかし、80年代後半から始まる地域の甘夏栽培の減少によって、田浦町内の柑橘農家による堆肥需要量は予定を大幅に下回る結果となった。その

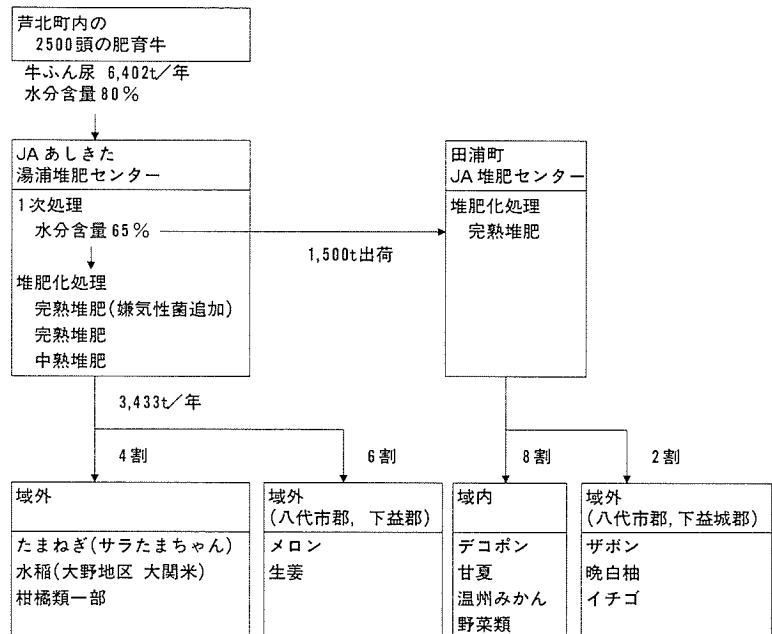


図1 芦北地域のJA堆肥センターにおける家畜糞尿搬入・処理・出荷のフロー（2000年）

資料：聴き取り及びJAあしきた湯浦堆肥センター資料より作成。

ため、JA あしきた湯浦堆肥センターにおいても堆肥生産・販売を行わねばならなくなった経緯があり、堆肥化を行うために1990年と1993年に相次いで堆肥舎の増設を行い、2001年には開放型攪拌施設が建設されている。

JA あしきた湯浦堆肥センターにおける2000年度の堆肥出荷状況を見ると、製品の約6割に当たる2,108tを地域外へ出荷しており、この割合は全国的に見ても大きいものである⁴⁾。

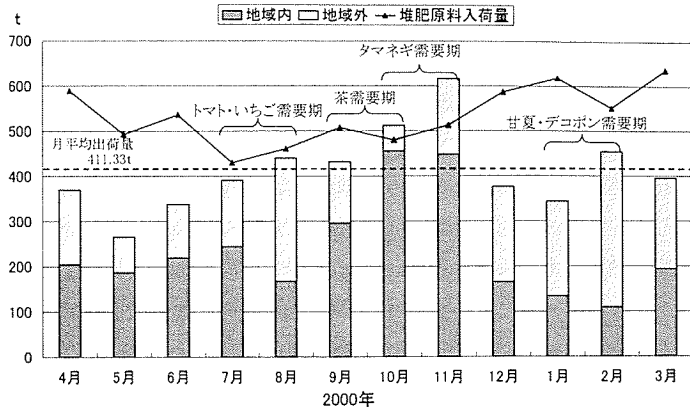


図2 JA あしきた湯浦堆肥センターの堆肥出荷量と地域内主要作物の堆肥需要期

資料：JA あしきた湯浦堆肥センター資料より作成。

出荷先は国道3号線に沿う形で南北に長くなっており、北は八代郡を超え下益城郡まで、南は鹿児島県まで堆肥の出荷が行われている。図2は出荷地域別に月別出荷量を表したものである。地域内への出荷が集中しているのは田浦への原料供給のピークとタマネギ農家への出荷が重なる10月前後の3ヶ月間のみとなっており、地域内仕向量の季節変動が激しい。特に冬季は、柑橘の主要な堆肥需要期であるにもかかわらず、東陽村のしょうが農家（12月、1月）と八代市のメロン農家（2月、3月）が主要な出荷先であり、他月と比べて地域内への出荷割合が極端に小さくなっている。JA あしきた湯浦堆肥センターから地域内の柑橘農家向けに出荷する場合、堆肥センターを持つ田浦町を除く3市町がその出荷先である。表1から、柑橘（甘夏、清美、デコポン）への堆肥投入可能量を、この3市町についてのみ合計すると6,860tとなる。ここで、需要期の12月から2月の3ヶ月間の地域内出荷が仮に全て柑橘向けであったとしても409tと、6,860tには遠く及ばない。

以上のように、地域内の柑橘農家への堆肥供給は田浦町が中心であるが、それも当初の予定を大幅に下回る水準である。また、芦北町の堆肥センターからの堆肥供給は、地域内のたまねぎ農家と地域外が中心であり、柑橘農家への堆肥供給は促進されていない。

（2）柑橘農家に対する堆肥流通・利用上の問題点

柑橘農家にとって堆肥利用を阻害する要因として、①柑橘価格の低迷、②堆肥の散布労働、③品質問題や柑橘農家側の技術不足に起因する散布リスクの3点を指摘できる。まず、価格の低迷であるが、近年、特に95年以降、中晩柑類の価格下落が激しい。熊本県の甘夏価格は、実質価格で2000年には95年の56%へ低下した。価格下落からくる柑橘生産の収益性悪化は、田浦町JA堆肥センターにおける原料利用の減少の主要な要因となっている。次に、堆肥の散布労働であるが、当地域の果樹園は急傾斜地（15°以上）35%、緩傾斜地（8°～15°）59%、平坦地（8°未満）6%と、隣接する八代地域の果樹園と比べても傾斜率が高く、平坦な園地の造成や園内作業道の整備が進んでいない園地が多い。そのような園地の多くはモノレールによる資材の搬入が行われており、施肥は袋を担いで人力で散布して回ることであり、施肥作業の労働強度が高くなっている。特に、堆肥施用を行う場合、化学肥料と比べて単位面積あたり施肥量が1桁多いため、その作業は重労働となる。傾斜のない園地で堆肥散布を行う場合でも、土作りを目的とした堆肥であれば、根圏の広がっている箇所に対して被覆する形で施用するため機械による施用は困難で、人力によって施肥していかなければならない。熟練した農業者であっても、

平坦地の施肥作業で10a当たり5時間はかかり、傾斜地であれば10aで6時間以上の作業となるが、高齢であれば当然それ以上に労働強度が増すことになる。高齢化の進展、重労働に耐える農業労働力を保有している農家の減少も堆肥投入促進を阻害する要因となる。

最後に、散布リスクについて述べる。①価格、②散布労働の2点は、他の耕種部門と比較して柑橘部門の不利な点である。ただし、柑橘経営における現在の収益の柱は、地域の中晩柑類栽培面積の約3割を占めるデコボン（1999年度で296ha）に移っている。デコボンに関しては価格も上昇傾向で推移しており、平坦な園地も多いため、堆肥利用のための条件は比較的良好である。しかし、柑橘農家の中でも需要能力が高いと考えられるデコボンへの堆肥流通も、必ずしもうまく機能していないという問題が存在する。芦北地域における聞き取り調査⁵¹からは、以下で示すように、柑橘農家の堆肥の質に対する意識と供給側における意識にギャップが確認できる。

JAあしきた湯浦堆肥センターで生産される堆肥が、地域内の柑橘農家で利用されない理由として、堆肥センターでは「柑橘農家は所得の低下で堆肥を購入する余裕がない」「農家が堆肥の利用方法・利点を認識していない」といった点を挙げている。1点目は、前述した近年の柑橘価格下落を反映したものである。2点目については、柑橘農家からも同様に「堆肥の効果が分かりにくい」「すぐに効果が現れない」「適切な使用方法がよく分からない」などの意見が挙げられた。一方で、聞き取りを行った柑橘農家はいずれも自家製堆肥又はより高価な競合品（ピートモス、ココナッツピート等）を利用している。これらの農家は、堆肥センターの生産する堆肥の品質等に関して「どのように作られているのか分からない」「含有物や成分含量がはっきりしない」「品質にバラツキがある」「十分に腐熟していない」などを問題点として挙げている。このように、堆肥の供給者と需要者の間では堆肥の質に関する意見のミスマッチが存在し、堆肥センター側の2点目及び柑橘農家側の意見からは、堆肥散布リスクがあることが分かる。この堆肥散布リスクも柑橘農家における堆肥利用・流通を阻害している要因の一つとなる。

3. 柑橘農家の堆肥需要要因の数量的評価

(1) 分析方法

本節では柑橘経営の数理計画モデルを設定し、前節で挙げられた3点の阻害要因についてそれぞれパラメトリックに変化させることで、各要因が堆肥散布行動に与える影響を数量的に評価する。経営モデルは、熊本県芦北改良普及センターが作成している栽培管理指針と柑橘農家への聞き取り結果を基礎資料とし、モデル経営は園内作業道の整備された甘夏園を100a、デコボン加温施設を15a所有する柑橘経営で、家族労働力は経営主1人、堆肥の散布作業は経営主が行い、収穫作業のみ雇用労働を入れるものとする。ここで、以下の分析において労働強度は農作業の種類に関係なく一定であることを仮定する。これは、経営モデルの有する家族労働力が堆肥散布作業に耐えうる労働力（40～50代の熟練農業労働者）であり、堆肥散布作業をいとわないケースを考えていることになる。更に、経営モデルにおいて園内作業道や加温施設など良好な施肥環境にあることを考え合わせると、分析するモデル経営は最も堆肥散布の条件が整ったケースと言える。

上記の経営モデルから、まず、ベンチマークとして堆肥散布に必要な費用対効果が試算される。その後、①価格、②労働、③リスクの各要因について（他の要因を一定として）パラメトリックに変化させることになるが、その幅の設定は以下の通り行った。生産物価格については、1995年から2000年にかけて甘夏実質価格が約46%下落（一方でデコボンは価格が20%上昇）していることから、最大の変更幅として40%程度を想定する。

散布労働については、前節の聞き取り結果から、傾斜地になると1.2倍強の時間がかかり、高齢の場合はさらに労働時間が増加していくと考える。つまり、高齢に伴う労働強度の増加をモデルにおいては労働時間の増加として捉えるということであるが、本来、この関係は未知のものであり、パラメトリックに変化させる上限は恣意性を避けられない。本稿では、解釈の恣意性を避けて他の要因との比較を行うために、非高齢の農業者を前提とした上で平坦地と傾斜地の比較を重視する。

リスクについては、堆肥の散布に起因する危害（障害が発生する確率と障害の程度の積）をパラメトリックに変更し、この時の堆肥散布に必要な費用対効果を試算する。ただし、農家は危害について確率的に予測することが難しく、変更させる範囲もあくまで柑橘農家の主観的なリスク評価の範囲であると考えなければならない。試算においては、リスク中立的なケースとリスク回避的なケースを想定する。

（2）堆肥散布効果と堆肥散布行動 ―ベンチマーク―

本節の目的は堆肥散布行動の変化を調べることにあるので、各品目の稼働水準（＝栽培面積）に係わらず固定費の支出は変わらないような短期の経営計画を考える。柑橘農家が最大化する目的関数は、

$$Z = v_{x0} x_0 + v_{y0} y_0 + v_{x1} x_1 + v_{y1} y_1 - \sum_{j=1,2,11,12} v_h h_j$$

ただし、 v_{x0} ：甘夏（堆肥散布）の収益係数、 x_0 ：甘夏（堆肥散布）の栽培面積、 v_{y0} ：デコボン（堆肥散布）の収益係数、 y_0 ：デコボン（堆肥散布）の栽培面積、 v_{x1} ：甘夏（堆肥未散布）の収益係

表2 モデル経営における線形計画問題（単体表）

	0 関係 制約	1 甘夏 (堆肥散布)	2 デコボン (堆肥散布)	3 甘夏 (堆肥未散布)	4 デコボン (堆肥未散布)	5 家族労働配分 (1月収穫)	6 家族労働配分 (1月他作業)	7 雇用労働 (1月収穫)	8 家族労働配分 (2月収穫)	9 家族労働配分 (2月他作業)	10 雇用労働 (2月収穫)	11 家族労働配分 (11月収穫)	12 家族労働配分 (11月他作業)	13 雇用労働 (11月収穫)	14 家族労働配分 (12月収穫)	15 家族労働配分 (12月他作業)	16 雇用労働 (12月収穫)
0 収益係数 (千円)		366.375	3,908.892	375.175	3,927.389			-0.65			-0.65			-0.65			-0.65
1 甘夏樹園地 (10a)	10	1		1													
2 不知火(デコボン)樹園地(10a)	15		1		1												
3 1月家族労働 (時間)	171.0 ≥					1.0	1.0										
4 1月収穫作業	0.0 ≥	22.0		22.0		-1.0	-1.0										
5 1月他作業	0.0 ≥	7.7		4.1			-1.0										
6 2月家族労働 (時間)	171.0 ≥		5.9		5.9				1.0	1.0							
7 2月収穫作業	0.0 ≥	7.7		7.7					-1.0	-1.0							
8 2月他作業	0.0 ≥	23.5		23.5						-1.0							
9 3月家族労働 (時間)	171.0 ≥	5.5	12.7	5.5	12.7												
10 4月家族労働 (時間)	171.0 ≥	4.7	6.5	4.7	6.5												
11 5月家族労働 (時間)	171.0 ≥	2.2	4.2	2.2	4.2												
12 5月家族労働 (時間)	171.0 ≥	2.2	4.2	2.2	4.2												
12 6月家族労働 (時間)	171.0 ≥	6.7	15.7	5.7	14.7												
13 7月家族労働 (時間)	171.0 ≥	14.8	21.5	14.8	21.5												
14 8月家族労働 (時間)	171.0 ≥	8.8	19.8	8.8	19.8												
15 9月家族労働 (時間)	171.0 ≥	11.9	14.6	11.9	14.6												
16 10月家族労働 (時間)	171.0 ≥	3.6	5.6	3.6	2.6												
17 11月家族労働 (時間)	171.0 ≥	2.4		1.5								1.0	1.0				
18 11月収穫作業	0.0 ≥		12.0		12.0							-1.0	-1.0				
19 11月他作業	0.0 ≥		18.5		15.5								-1.0				
20 12月家族労働 (時間)	171.0 ≥	8.0		8.0											1.0	1.0	
21 12月収穫作業	0.0 ≥		30.0		30.0										-1.0	-1.0	-1.0
22 12月他作業	0.0 ≥		16.3		16.3											-1.0	

注1) 網掛け部分は、 α の値に応じて変化する。表中の数字は $\alpha = 1$ の時のもの。

注2) 堆肥散布プロセスの収益係数、技術係数は栽培管理指針より得られたものである。

注3) 堆肥未散布プロセスの収益係数と技術係数は、以下の式で設定した（荷造運賃手数料は収量に比例）。

- ・堆肥未散布プロセスの収益係数＝堆肥散布プロセスの粗収入× α －堆肥散布プロセスの変動費用＋堆肥費用＋堆肥散布プロセスの荷造運賃手数料×（1－ α ）
- ・堆肥未散布プロセスの家族労働時間＝堆肥散布プロセスの家族労働時間－堆肥散布作業時間
- ・堆肥未散布プロセスの他作業時間＝堆肥散布プロセスの他作業時間－堆肥散布作業時間

注4) 雇用労賃は650円/時、家族労働の不定期な農外就業はしない仮定した。

数、 x_i ：甘夏（堆肥未散布）の栽培面積、 v_{y1} ：デコボン（堆肥未散布）の収益係数、 y_1 ：デコボン（堆肥未散布）の栽培面積、 v_h ：雇用労賃、 h_i ： i 月の雇用労働時間である。

線形計画問題の単体表は表2に示す。プロセス1、2は堆肥散布を行う生産プロセスであり、プロセス3、4は、堆肥散布を行わない生産プロセスである。ここで、堆肥散布プロセスにおける生産量を1としたときの、堆肥未散布プロセスにおける生産量比率を α ($0 \leq \alpha \leq 1$) とする。 α は堆肥を散布しないことによる生産量や商品化率の減少を表す乗数である。逆に、 $(1/\alpha) \times 100\%$ は、堆肥散布によって生産量は何%増加するかを表す。プロセス5～16は収穫作業にのみ雇用労働を入れることを表す。

以上のモデルに従って、堆肥散布による生産量増加効果 ($1/\alpha$) をパラメトリックに変化させていった場合の、堆肥散布行動の変化を求めた結果を表3に示す。堆肥散布によって生産量が0.39%以上増加すれば、まず収益性の高いデコボンにおいて堆肥散布が行われる。収益性の低い甘夏においても堆肥散布による生産量増加が2.20%以上になれば堆肥散布を行う結果となった。この結果は以降の分析のベンチマークであり、堆肥散布に悪条件がない場合は、わずかな散布効果でも堆肥散布が行われることを示している。また、堆肥散布が行われる分岐点について、デコボンと甘夏の間に表れた差は、モデルの基礎となった栽培管理指針において、デコボン単価が1,179円/kg、甘夏単価が229円/kgと大きな差があることに依存している。

(3) 生産物価格変化に対する堆肥散布行動の変化

生産物価格の変化に対する堆肥散布行動の変化を見るために、価格と堆肥散布の生産量増加効果を同時にパラメトリックに変化させていく。ただし、価格変化は1品目についてのみ起こり、他の品目は変化しないとする。甘夏、デコ

表3 堆肥散布効果と堆肥散布行動の変化

堆肥散布による生産量増加効果 ($1/\alpha$) $\times$ 100 %	稼働水準 (=栽培面積) 単位 10a			
	甘 夏		デコボン	
	堆肥散布	堆肥未散布	堆肥散布	堆肥未散布
0%～0.39%	0	6.9	0	1.5
0.39%～2.20%	0	6.9	1.5	0
2.20%～	6.9	0	1.5	0

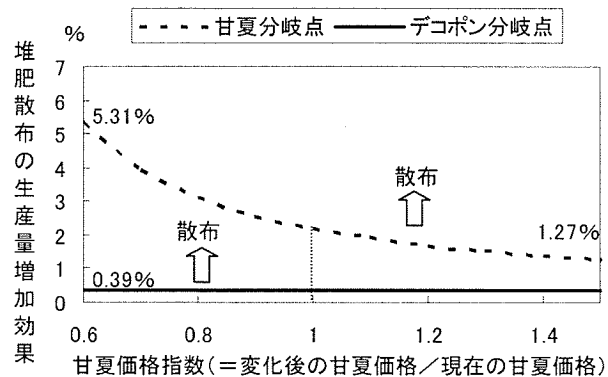


図3 甘夏価格変化に対する堆肥散布行動

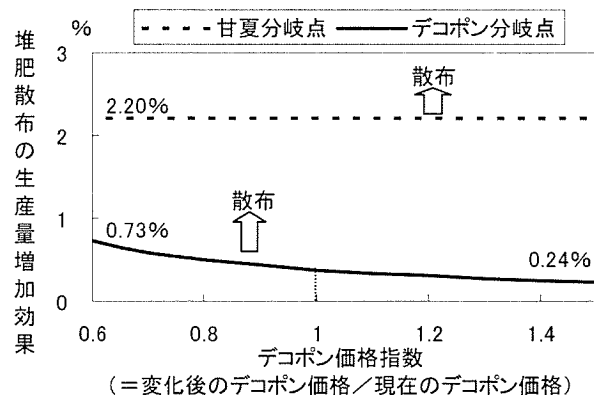


図4 デコボン価格変化に対する堆肥散布行動

ポンについてのそれぞれの結果を図3、図4に示す。両図を比較すると、デコポンは価格変化が堆肥散布行動に与える影響は緩やかであるのに対して、甘夏は価格変化が堆肥散布行動に与える影響が相対的に激しいことが分かる。

ここで、単純に価格が栽培指針の6割へ減少した場合の堆肥散布行動を見てみよう。価格下落以前は、堆肥散布行動を採るために必要だった生産量増加効果は2.20%以上であったが、価格下落後は5.31%以上の効果が必要となる。こうした価格下落が堆肥散布の阻害要因となっていることを示している。

（4）堆肥散布作業に要する時間と堆肥散布行動

モデル経営における堆肥散布環境は整備されたものである。作業道の未整備や傾斜地などのより条件の悪い散布環境にある場合、堆肥散布作業時間はより増加するであろう。表3の線形計画モデルにおいて、堆肥散布の作業時間と堆肥散布の生産量増加効果を同時にパラメトリックに変化させていった場合の計算結果を図5に示す。傾斜地での散布作業は平地の1.2倍程度の作業時間がかかるが、図より、3倍以内の作業時間増加であれば、デコポンへの堆肥散布行動は変化せず、甘夏では散布作業時間が長くなるに従って堆肥散布に必要な生産量増加効果の水準が徐々に高くなっていくことが分かる。それでも、作業時間の変化が堆肥散布行動に及ぼす影響は、近年の価格変化に比べるとやや小さいと言える。

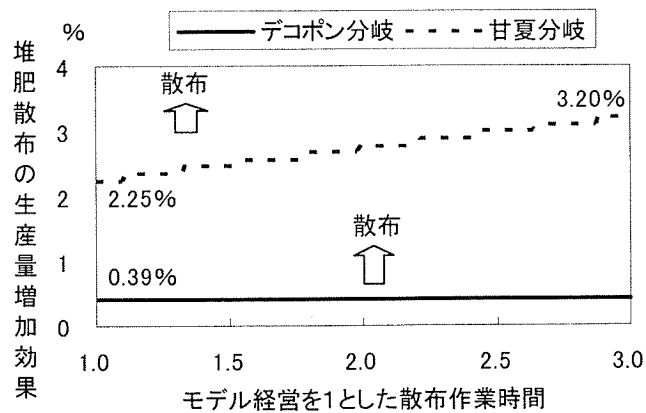


図5 堆肥散布の作業能率変化と堆肥散布行動

（5）堆肥散布リスクと堆肥散布行動

1) 堆肥散布に起因する生産量リスクを伴った経営計画問題

前節で挙げられた堆肥散布に起因する生産量リスク（散布リスク）は大きく、①堆肥の品質に関する情報が利用者側にとって不完全なこと、②堆肥の利用者が堆肥利用についての知識・技術が不十分なことに起因している。こうした散布リスクが存在する場合、堆肥散布には、かえって生産量、商品化率が低下する危険性も伴ってしまうことになる。この時、堆肥散布時に経営主が期待できる収益は低下し、堆肥散布の誘因は小さくなる。

堆肥散布に起因するリスクは次のようにモデル化する。堆肥散布プロセスにおける生産量を確率変数と考え、 p の確率で堆肥散布によって病虫害や障害が発生し、 $1-p$ の確率で問題は発生しないとす。障害等が発生した時の生産量は前者の生産量の β 倍 ($0 \leq \beta \leq 1$) とする。同じ堆肥を散布することを想定し、甘夏、デコポンとも病虫害が発生する確率は同じであり、発生する場合は共に発生とする。生産者は一般にリスク回避的な行動をとると考えられ、この時、同じ平均所得に対して所得のバラツキが大きいほど、その平均所得に対する農家の評価額（確実同値額）は小さくなる。従って、リスクがある中で農家行動を確実同値額最大化行動としてモデル化する⁶⁾。柑橘農家が最大化する目的関数は次式で表される。

$$Z' = E(v_{x0})x_0 + E(v_{y0})y_0 + E(v_{x1})x_1 + E(v_{y1})y_1 - \frac{r}{2} (\text{Var}(x)x_0^2 + \text{Var}(y)y_0^2 + 2\text{Cov}(x,y)x_0y_0)$$

ただし、 $E(\cdot)$ ：期待値、 r ：絶対的リスク回避度、 $\text{Var}(\cdot)$ ：堆肥散布プロセスの稼働水準が1の時の収益係数の分散、 $\text{Cov}(x,y)$ ：甘夏（堆肥散布）プロセス及びデコポン（堆肥散布）プロセスの稼働水準が共に1の時の収益係数の共分散である。

ここで、リスクを伴った堆肥散布プロセスの（期待）収益係数は、次式で与えられる⁷⁾。

$$E(v_{i0}) = \bar{v}_{i0}(1-p) + \underline{v}_{i0}p, \quad i=x,y$$

ただし、 $\bar{v}_{i0}$ ：平常時の収益係数、 $\underline{v}_{i0}$ ：障害が発生した場合の収益係数である。

2) 計算結果

試算では、堆肥散布によってかえって病虫害、障害等を起こした場合の生産量の減少比率 β を0.8に固定し、その発生確率 p と堆肥散布の生産量増加効果 α をパラメトリックに変えていった場合の堆肥散布行動の変化を非線形計画法で分析した。農家のリスク回避の程度を表す絶対的リスク回避度 r はリスク中立的な場合は $r=0$ 、リスク回避的な場合 $r=0.0025$ とする。後者は、実際に果樹共済事業における加入農家の絶対的リスク回避度は少なくとも $r=0.0028$ 以上という試算結果を参考としている⁸⁾。

計算結果は図6に示す。リスク中立的なケースでは、堆肥に起因する病虫害、障害の発生確率 p の上昇に対する堆肥散布行動の分岐点の上昇はなだらかである。これを前項までの堆肥需要要因（(3) 生産物価格の低下、(4) 傾斜地での散布に伴う散布作業時間の増加）と比べても、同程度の要因と判断できる。しかし、柑橘農家がリスク回避的になると、堆肥散布に必要な堆肥散布効果は急激に上昇してくることが分かる。例えば、絶対的リスク回避度 $r=0.0025$ の農家が、地域内で生産された堆肥を使用すると10回に1回障害が発生すると（主観的に）考えている場合の堆肥選択を図6より考えてみる（図6横軸の $p=0.1$ ）。この農家が堆肥散布に必要な生産量増加効果とリスク中立的な農家（ $r=0$ ）が堆肥散布に必要な生産量増加効果

との差を金額換算したものが、この農家のリスクプレミアムとなる。このようなリスクを持つ堆肥からリスクの無い堆肥に変えることのリスクプレミアムを10a当たりで金額換算すると、甘夏で79千円/10a、デコポンで399千円/10aとなる。つまり、リスクのある堆肥を使用する代わりに、リスクのない堆肥を入手できるのであれば、その金額

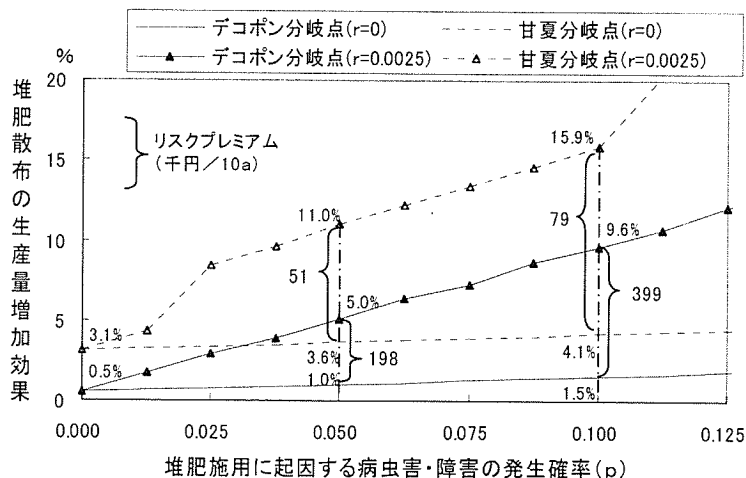


図6 堆肥散布行動に関する堆肥散布効果とリスクの関係

までは費用が追加されてもよいと考えていることになる。当地域において、地域外から供給される安定した堆肥の価格は、地域内の堆肥に比べ1.5～2倍程度しているが、地域内の堆肥との差額では20千円／10aを超えることはない。同じ土壌改良効果が得られるのならば、むしろ、地域外からピートモス、ココナツピートなどの安定した資材を入手しようとする選択は至極当然である。柑橘農家がリスク回避的である場合、堆肥散布にリスクが伴うことが堆肥散布を行われにくくする最も大きな要因であると考えられる。

4. 結論

数理計画分析からは、堆肥の品質等に起因するリスクが、最も堆肥施用を阻害する要因として重要であろうことが指摘できる。これは、聞き取りにおいて、堆肥等の利用に前向きな農家の多くが、堆肥ではなくより高価な代替資材であるピートモス等を利用したり、自ら堆肥化処理を行ったりしていることも整合的である。従って、同地域において柑橘農家の物理的な堆肥散布環境が改善されたとしても、堆肥散布リスクがある限り堆肥の需要行動には結びつかないことが予想される。つまり、当地域の柑橘部門に対する堆肥流通の根本的な問題は堆肥品質の問題にあると結論付けられる。地域の堆肥流通促進を図る対策としては、第1に、堆肥品質に関する情報の非対称性を解消することが基本的な対策となる。園内作業道の整備や園地の造成による平坦化、堆肥輸送・散布サービス等は、より需要を拡大するための2次的な対策に位置付けられることになる。

柑橘農家は堆肥センターの堆肥に対して良くないイメージを持っている一方、センター側では農家の技術不足を指摘するなど、堆肥品質に関する情報の非対称性があった。農家のこうした評価は（攪拌施設が建設される以前の）不十分な糞尿処理及び堆肥利用の時期に形成されたと考えられる。従って、非対称性解消のためには、センター側としては、堆肥の品質改善のみならず、これを潜在的な堆肥需要農家に明示し、農家の主観的なリスク評価の改善を図ることが重要であろう。

本稿の分析において、堆肥利用農家の労働選好を組み込めなかった。金〔12〕は高齢農業者の労働強度選好を農家の品目選択行動から間接的に計測した希少例だが、農作業に対する労働選好は評価されていない。農作業に対する労働選好を適切に評価し、これを経営計画モデルに導入することは、高齢化が進展している農業分野においては今後重要な課題である。他方、堆肥散布リスクについては、現状では試算の恣意性からは逃れ得ないと思われ、統計的に評価し得る施肥実験・経験の蓄積が必要である。

註

- 1) 堆肥需要を数量的に求める方法として、他に、回帰分析による需要関数の計測がある。ただし、堆肥が地域において寡占的に供給される中で、様々な品質、価格、農家特性の条件下での顕示的な需給データを得ることは困難である。表明選好データを用いる場合も、多くの耕種農家において堆肥の利用経験が少ない現状では、信頼できる回答及び回答数を確保することが難しく、必ずしも、どのような地域・品目でも適用可能なわけではない。一方、数理計画法によるアプローチの場合、地域の基本的な営農指針等が広範に整備されており、多様な地域・品目に適用可能で、調査コストも比較的安い。ただし、数理計画法はモデル化の良し悪しを客観的に評価しにくく、阻害要因の特定、技術構造、制約条件等に現実を適切に反映させるよう注意が必要である。尚、堆肥需要計測の先行研究では、坂本ら〔7〕が線形計画法を、合崎〔8〕が表明選好データでの回帰分析を行っている。

- 2) 九州農政局農村計画部土地改良管理課「農村地域資源リサイクル環境整備検討調査検討会（H14.11.15）資料」を参照。
- 3) 作付面積上位は、水稻（869ha）、甘夏（560ha）、デコボン（296ha）、みかん（126ha）茶（87ha）、たまねぎ（79ha）、清美（76ha）、だいこん（44ha）、かんしょ（25ha）、いよかん（22ha）である。
- 4) 農林水産省統計情報部〔9〕は1999年度に全国の堆肥化施設の運営組織3571を対象とした往復郵送調査結果を報告している。これによると、県外と地域外への出荷量割合は平均20.1%であった。
- 5) 聞き取り調査は、芦北地域の果樹農家3戸、堆肥センター2か所で行った。聞き取り対象の農家は、地域でも優良事例であり、経営主も比較的若い。従って、堆肥利用についても、最も前向きな立場からの意見と考えられる。
- 6) 平均所得と確実同値額の差がリスクプレミアムと呼ばれている。リスクプレミアムは、農家がバラツキのない所得を得るために支払ってもよいと考える金額であり、保険料の支払意志額とも言える。リスクプレミアム及び絶対的リスク回避度についての定式化はミルグロム、ロバーツ〔10〕を参照。
- 7) 具体的に目的関数に含まれる係数の算出は以下の通り行う。表2より、甘夏 $\bar{v}_{x0} = 366.375$ （千円）、デコボン $\bar{v}_{y0} = 3909.789$ 千円である。障害が発生した場合の収益係数は、次式で設定する。

$$v_{i0} = \text{平常時の粗収益} \times \beta - \text{平常時変動費用} + \text{平常時荷造運賃手数料} \times (1 - \beta), \quad i = x, y$$
 以上より、期待収益係数はそれぞれ次のように推定される。

$$v_{x0} = 366.375 \times (1 - p) + (517.257\beta - 150.882)p$$

$$v_{y0} = 3909.789 \times (1 - p) + (4673.715\beta - 763.926)p$$
 稼動水準が1単位（10a）の時の分散、共分散はそれぞれ、以下で推定される。

$$\text{Var}(x) = (517.257)^2 (1 - \beta)^2 p (1 - p), \quad \text{Var}(y) = (4673.715)^2 (1 - \beta)^2 p (1 - p)$$

$$\text{Cov}(x, y) = 217.257 \times 4673.715 \times (1 - \beta)^2 p (1 - p), \quad (\text{ただし確率変数 } V_x, V_y \text{ の相関係数は } 1)$$
- 8) この試算には、〔11〕より収穫共済の平成5年～平成13年の平均値を利用した。共済の限度を基準生産金額の7割であると仮定して、以下の共済加入に対する概要を得た。「果樹栽培では通常1,313.24千円／戸の生産額である。しかし、19.41%の農家で被害が発生し、その農家の生産額は651.91千円／戸となる。平成13年度の共済掛金の農家負担額は37.74千円／戸であり、被害が発生した場合、支払い共済金として267.36千円／戸を受け取っている。共済加入と未加入での平均所得の差20.76千円に対して、加入農家は37.74千円を支払っており、少なくともそれらの差額16.98千円以上のリスクプレミアムがあるということになる。」

引用文献

- 〔1〕 佐藤豊信「家畜糞尿堆肥化促進政策の経済分析」『農業経済研究』第74巻第3号，2002，pp.123 - 132。
- 〔2〕 樽本祐助「堆肥の流通実態と流通利用促進方策」『農業経済論集』第52巻第1号，2001，pp.21 - 32。
- 〔3〕 山本直之『畜産経営における技術評価と環境問題 一胚移植，放牧，ふん尿処理一』農林統計協会，pp.121 - 165。
- 〔4〕 山本直之・生雲晴久・山口武則「家畜排泄物の地域循環的な処理・利用 一効果の試算一」『農業技

術』56(9), 2001, pp.32-36。

- 〔5〕 福田晋「堆肥化施設のコスト分析と財政負担の政策理念 ―堆肥化施設の費用・操業度と運営を巡って―」『農業環境政策の形成原理と形成条件に関する総合的研究』平成9年度～平成10年度科学研究費補助金（基盤研究B（2））研究成果報告書, 1999。
- 〔6〕 山口武則・原田靖生・築城幹典「家畜ふん堆肥の製造・利用の現状とその成分的特徴 Basic Data of Animal Waste Composts」『農業研究センター研究資料』第41号, 2003, pp.1-19。
- 〔7〕 坂本定禧・佐藤豊信・横溝功・駄太井久「耕種農家による堆肥需要の計量的分析 ―牛糞堆肥のリサイクル利用を目的として―」『農業経営研究』第38巻第1号, 2000, pp.11-20。
- 〔8〕 合崎英男「堆肥化施設整備のための耕種農家の堆肥需要予測手法 ―仮想状況評価法による接近―」『農業土木学会論文集』第71巻第4号, 2003, pp.15-23。
- 〔9〕 農林水産省統計情報部「家畜排せつ物等のたい肥化施設の設置・運営状況」2000。
- 〔10〕 ポール・ミルグロム, ジョン・ロバーツ, 奥野正寛ら訳『組織の経済学』NTT出版, 1977, pp.230-232。
- 〔11〕 全国農業共済協会ホームページ内の果樹共済ページ(<http://www.nosai.or.jp/kyokai.htm>)。
- 〔12〕 金炯洙「高齢農業者の労働強度選好変化の定量分析」『農林業問題研究』第136号, 1999., pp.141-150。

Abstract

In a compost supply upward tendency in recent years, compost circulation promotion becomes an important subject. Since a compost is bulky, which often circulate in local area. Therefore a compost circulation problem is greatly dependent on the agricultural structure of an area. A number of problems and measures about a compost circulation were shown by precedence researches. Our subject is to rank those problems with importance for an area and to present critical measures by the area.

The research area of this paper is Minamata and Ashikita area in Kumamoto prefecture, which is a typical citrus producing district region. The main 3 factors prevent citrus farmer from using the compost produced in this area are 1) citrus price reduction in recent years, 2) hard work of compost spraying in a steep slope, and 3) the risk of a compost use resulting from the shortage of the quality information, the unstable quality, and shortage of the compost use skill of farmers.

Mathematical programming analysis for typical farmer's decision-making about compost use is applied in order to ranking 3 previous factors. The result, the problem which should be solved first is the risk of compost use, the 3rd problem. Thus, first measure is canceling the asymmetry of the compost information between producers and users. Constructing the work way inside the orchard or transportation and spraying service of compost are, then, positioned in the secondary measures.