液肥販売がバイオマス利活用施設運営に与える影響の分析

—日田市バイオマス資源化センターを事例として—

Analysis of the impacts of selling liquid fertilizer on the operation of biomass recycling facilities:

The case of the Hita City Biomass Recycling Center

浜坂 岳暢* 高橋 義文** 矢部 光保**

Takanobu HAMASAKA*, Yoshifumi TAKAHASHI **, Mitsuyasu YABE**

(*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)

(* Agricultural & Resource Economics, KYUSHU University, ** Faculty of Agriculture, KYUSHU University)

I 研究の背景と課題

農林水産省は、農村の地域マイバスの資源の利用促進を図ることを目的にバイオマス利活用施設の設立支援を行ってきた¹⁾。地域バイオマス資源のうち、特に畜産から排出されるふん尿などの高水分バイオマス資源の利活用施設としては、メタン発酵施設などがあり、2011年時点において全国で30ヵ所以上が稼働している²⁾。メタン発酵施設には、湿式と乾式があり、それぞれメリットがあるものの現在主流となっているのは湿式の方である³⁾。湿式ではメタンガスとメタン発酵消化液（以下、消化液）が発生し、カーボンニュートラルなメタンガスは発電・熱利用され、消化液は液肥として農地に還元される循環型システム（または浄化処理されるシステム）となっている³⁾。このように湿式では、カーボンニュートラルのエネルギー源を自家消費し、消化液を液肥として耕種農家へ無償提供することで施設の運営経費を削減すること⁴⁾ができる。加えて、余剰エネルギーから作られる電力を売電し、消化液を有償で提供できれば、経費削減だけではなく新たな収益を生み出すことも可能となる。

耕種農家の消化液の利用状況を見てみると、中村ら⁵⁾は、上述したように消化液の販売が重要な収入源となり得る可能性を示唆し、利用者が消化液の価値を深く理解することと、適正な価格システム体系を構築する必要があることを指摘している。また、地域内の豚ふん尿の担い手別の経済性を評価した清水ら⁶⁾は、農家の消化液利用を経済面から推奨し、消化液の利用のためのコストは生産者よりも利用者（農家）負担の方が地域内の経済収支の改善が図り易いとの試算結果を出している。上述の両者の研究からは、メタン発酵施設の安定した運営を行うためには、農家に消化液の効果を良く理解して貰ったうえで、適正な価格で販売（消

費）されることが重要なポイントになる⁷⁾。消化液の需要に関する研究については、遠藤・中村¹¹⁾や佐野ら¹²⁾などで行われているが、いずれも物量ベースで論じられており、消化液利用の適正価格について言及はしていない。また、消化液は液体であることから農場までへの運搬が難しく、散布に労働力がかかることから、消化液の認識や利用方法が十分に理解されず、堆肥に比べ利用率が低い現状にある。

そこで本研究では、農地面積単位あたりの畜産頭数が多い九州地方の日田市バイオマス資源化センター（以下、センター）を事例に、農家の消化液利用がセンター運営に与える影響を考察する。具体的には、センターで生産された消化液利用サービス（輸送・散布作業）に対する支払意思額（willingness to pay, 以下WTP）を農家に尋ね、推計されたWTPを用いてセンターの経営収支および還元可能な農地面積を試算する。

II 調査対象地の概要

1 日田市の概要

日田市は、大分県の西部、九州の中央に位置した中山間地帯に位置しており、古くから豊かな水源地を持つことから農林業が盛んな地域である。現在の日田市は、旧日田市と前津江村、中津江村、上津江村、大山町、天瀬町の1市2町3村が2005年に広域合併し、人口65,000人の市になっている。

センターのある市中央部から北側のエリア一帯は、旧日田市と呼ばれている。センターは市街地から離れたエリアに位置しており、センター周辺の半径3km以内には畑地と水田、樹園地が広がっている。耕作地へのアクセスには農道や林道を経由する場合も多く、地盤の緩い農道・圃場もある。そのため大型車両などの進入が困難なエリアも多い。

次に、農林水産省の統計データ¹³⁾から日田市の農家経営状況を見ると、日田市全体で2,316戸の農家経営体があり、うち旧日田市には1,272戸が存在する。経営耕地総面積は日田市全域で2,031haであり、旧日田市は1,252haとなっている。内訳は水田面積が657ha、畑地が337ha、樹園地が258haとなっている。経営耕地面積の経営規模を見ると、もっとも多い層が0.3～1.0hであり、日田市の73.2%、旧日田市の71.5%の農家がこの層に属している。ただし10ha以上の農地を所有する農家も旧日田市には5戸存在している。

2 日田市バイオマス資源化センターの概要

センターは、畜産廃棄物の処理のため2006年4月に本稼働を始め、その管理・運営は市が担っている。2013年度のセンターの稼働実績は表1のようになっている。

センターの所有するメタン発酵方式は湿式が採用されており、2013年度では豚ふん尿7,782t、生ごみ5,802t、焼酎カス5,517tなど合計20,644t/年が原材料として施設に投入されている。また、メタン発酵を促すために上水7,028tが加えられることで、最終的に27,672t/年の消化液が生産される。そのうち消化液のほとんどが浄化処理されており、液肥として農地に散布されたのは339tと全体の1.2%程度である。センターでは、2006年の本稼働開始から現在まで、消化液の散布を希望する農家には消化液を無償（ただし運搬費用は自己負担）で提供してきた。しかしながら、液肥として消化液が利用されることほとんどなく、ほぼ全量が浄化処理されているのが現状である。

液肥の安全性と肥効の調査のため、2011年度から3カ年かけて農地への散布実験¹⁴⁾として、小松菜とヒノヒカリを対象とした消化液の肥料効果の確認と栽培土壌の汚染の確認が行われた。その結果、経年使用による弊害がないこと、規定以上の液肥投入が生育阻害を与える傾向があるが基準施肥量の4倍までは生育阻害がないことが報告された。液肥は農林水産省管轄の安全基準を満たしており肥料登録も行われていることから安全性の問題はないといえる。液肥の肥効はセンターのバイオマス消化液成分のデータ結果から^{注3)}、液肥1tで水田5aと畑地2aに散布する化成肥料に相当することが分かっているが、利用率は依然として低いままである。なお、調査対象地域で実際に利用される化成肥料は1000円/10kg程度であり、10aあたり15kgが散布されている。

次に、消化液の浄化処理にかかる経費を見ると、給与が21,542千円、浄化処理施設の減価償却費が13,500千円、薬品代が9,790千円などで合計53,544千円/年

（トンあたりの浄化処理コストは1,959.0円）となっている。センターの管理・運営は市が担っているため、これら費用は税金から支出されている。なお、設備減価償却費は公害防止用減価償却資産に則り、家畜し尿処理施設に該当するため、汚水処理用減価償却資産の範囲に準じ、施設の設立費用9億円を、残存価額10%、耐用年数30年とした。上記条件の下、定額法で計算した減価償却費をバイオマス受入設備と浄化処理施設とで50:50で按分した。また、センター職員に対するヒアリング調査から、バイオマス受入と浄化処理にかかる作業時間は同程度という回答が得られたため、給与も同様に50:50で按分を行った。

センターの給与は浄化処理業務を行わない場合も同額かかる。給与の場合は、センター職員の作業においてバイオマス回収業務に並行して浄化処理業務を行っているため浄化処理を行わない場合でもバイオマス回収業務内の待機時間が増えるだけであり、給与は定額発生する。センターの第一の目的はふん尿の処理であるため消化液の利用が行われないことを想定して浄化処理施設を併設した。しかし、液肥の需要が十分に見込まれ浄化処理設備が小規模でよい場合や必要がない場合など施設減価償却費が減り、液肥の処理費用に大きな影響を与える。そこで初期投資に影響されない浄化処理費用として、設備償却費や給与を除いた費用を試算するとトンあたり約677.0円となる。

表1 2013年センターの稼働実績と処理費用

Table 1 Input-output data and treatment costs of the center in 2013

搬入物量（単位:t）		搬出量（単位:t）	
豚糞尿	7,782	液肥	339
農集排汚泥	1,543	下水道処理	27,333
家庭系生ごみ	3,035		
事業系生ごみ	2,767		
その他産廃	5,517		
合計	20,644	合計	27,672

浄化処理に伴う費用（単位:千円）	
下水処理料	8,181
薬品代	9,790
電気代	2,531
人件費	21,542
設備減価償却費	13,500
合計	53,544

注1：現地調査とセンター提供資料より著者作成。

注2：搬入物量には、メタン発酵を促すため7,028tの上水が投入されている。

III データと分析方法

1 分析方法

本研究では、液肥としての消化液利用に対する農家の WTP を調べるため、仮想評価法 (Contingent Valuation Method, 以下 CVM) を用いて計測を行う。WTP に関する質問形式は、サンプル回収数の問題と回答者負担の軽減のため支払いカード方式を採用した。後述する通り、調査エリアでは対象となる耕種農家戸数の母集団自体が少ないことから、多くのサンプル数を回収することが期待できず、少数サンプルでも比較的分析可能な方法を採用する必要があった。また、配布には日田市役所と JA おおいたからの協力を頂き、回答者の負担を考えてアンケート票の枚数は極力抑える必要があったため、選択実験等のようにアンケート票の枚数が増える手法を採用することはできなかった。

次に推計方法であるが、支払いカード方式で得られたデータは、回答者の WTP がある区間内に存在することまではわかるが、回答者の WTP の大きさまでは決定できないとされている。そのため、Cameron and Huppert¹⁴⁾、寺脇¹⁵⁾、矢部¹⁶⁾と同様のグループド・データ回帰モデルで WTP の推計および WTP に影響を与える属性を検討する。

まずグループド・データ回帰モデルでは、第 i 番目の回答者の WTP を WTP_i で表し、次の関係式を仮定する。

$$\log WTP_i = x_i' \beta + \varepsilon_i \quad (1)$$

ただし、 x_i は回答者の属性列ベクトル、 β は定数項を含む x_i の係数列ベクトル、 ε_i は平均 0、分散 σ^2 の正規分布を取る $i.i.d$ の誤差項とする。また、 WTP_i は常に正を取ると仮定しているので自然対数をとる。

ここで、支払カードの選択肢から選ばれた金額を t_{li} とし、その次に大きな金額を t_{ui} で表せば、 WTP_i が t_{li} 以上、 t_{ui} 未満という区間に存在する確率は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \Pr(t_{li} \leq WTP_i < t_{ui}) &= \Pr(\log t_{li} \leq \log WTP_i < \log t_{ui}) \\ &= \Pr(\log t_{li} - x_i' \beta \leq \varepsilon_i < \log t_{ui} - x_i' \beta) \\ &= \Pr\left(\frac{\log t_{li} - x_i' \beta}{\sigma} \leq z_i < \frac{\log t_{ui} - x_i' \beta}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、 z_i は標準正規分布をとる確率変数である。標準正規分布関数を $\Phi(\cdot)$ で表せば、本モデルの対数尤度関数 $\log L$ は、以下の (3) 式のようになり、最尤法でパラメータを推定することが可能となる。

$$\log L = \sum_{i=1}^n \log \{\Phi(z_{ui}) - \Phi(z_{li})\} \quad (3)$$

これより、全体の平均値は $\exp(\bar{x}_i' \hat{\beta} + \hat{\sigma}^2/2)$ となり、中央値は $\exp(\bar{x}_i' \hat{\beta})$ となる。なお、 $\hat{\beta}$ 、 $\hat{\sigma}$ 、 $\bar{x}$ はそれぞれ、推計されたパラメータと説明変数の平均値を表す。

2 分析データ

本分析で用いたデータは、日田市の北部エリア旧日田市の農家を対象にしたアンケート調査から得られている。アンケート票は、センターで生産された消化液 (液肥) の利用についての支払意志額をたずねる項目、消化液の利用の有無や知識の有無、農業経営、個人属性などの質問から構成されている。CVM の仮想状況については、日田市が実際に行った実証実験と同じ条件を回答者に提示し、図 1 に示すような支払いカード方式で金額を回答して貰った。

日田市で製造される液肥 1t は、ヒノヒカリ 0.5 反 (5a) の栽培に必要な化学肥料の代わりに使えます。この液肥 1t について、農地までの搬送・散布料込みの場合、いくらまでなら支払ってもよいとお考えですか。当てはまる価格 1 つを選んでチェック ☒ して下さい。なお、この支払いによって、購入できる別の商品やサービスが減ることを念頭にお答えください。

☐ 250 円 ☐ 500 円 ☐ 750 円 ☐ 1,000 円
☐ 1,250 円 ☐ 1,500 円 ☐ 1,750 円 ☐ 2,000 円
☐ 2,500 円 ☐ 3,000 円 ☐ 4,000 円 ☐ その他 _____ 円

図 1 支払意志額に関する質問項目

Fig 1 CVM scenario in the questionnaire

また、アンケートの配布方法および配布回収数は、2015 年 6 月に日田市役所と JA おおいたの協力のもと、センター周辺の比較的近い農家へ 600 部配布して頂き、同封した受取人払いの返信用封筒で回収した。アンケート票は、同年 8 月 10 日前までに 109 部回収した。うち、分析に有効なサンプルは 97 部であった。有効サンプル内での無回答は約 0.4% あり、ここでは平均を当て

表 2 説明変数の定義と基本統計量 (n=97)

Table 2 Description and statistics of variables

変数名	定義	Mean	S. D.
経営状況	経営に余裕がない=1, それ以外=0	0.697	0.443
米生産	米を生産している=1, していない=0	0.773	0.421
JA出荷	出荷先にJAがある=1, ない=0	0.402	0.493
自家用	自家用生産あり=1, なし=0	0.371	0.486
味重視	味を重視している=1, それ以外=0	0.474	0.502
土壌重視	土壌造りを重視している=1, それ以外=0	0.237	0.428
労力削減期待	消化液利用に労力削減を期待する=1, しない=0	0.351	0.480

はめて計測した。サンプルの属性は、男性 88.0%，年齢が 49 歳以下で 8.0%，50～59 歳で 21.0%，60～69 歳で 48.0%，70 歳以上で 20.0%となっていた。経営形態は、専業が 16.0%，第一種兼業が 6.0%，第二種兼業が 67.0%であった。

IV 分析結果と考察

1 WTP の計測

本分析で用いた質問内容と回答者の各属性ベクトルの平均値および標準偏差をまとめたのが表 2 である。表 2 を見ると、サンプルの農家は経営状況が厳しい農家が多く、米を生産している農家が多かった。また、農協に出荷している農家、農作物の味を重視した農業を行っている農家がそれぞれ 40.0%を超えていた。さらに土壌づくりを重視した農業を行っている農家が約 24.0%いることがわかった。消化液の利用については、労働力削減の効果に期待している農家が 35.1%いた。

次に、表 2 の変数を説明変数にしてグループド・データ回帰モデルを用いて推計した結果が表 3 である。経営状況のパラメータがマイナス、米生産、JA 出荷、自家用、味重視、土壌重視そして労力削減期待のパラメータがプラスでそれぞれ有意となっていた。経営状況がマイナスであることから、経営が厳しい農家ほど消化液利用に対する WTP が低いことが明らかとなった。次に、米を生産する農家ほど、JA に出荷している農家ほど、自家用消費している農家ほど WTP が高いことが明らかとなった。また、農業を行ううえで、味を重視した農業を行っている農家ほど、土壌づくりを重視している農家ほど WTP が高いことが明らかとなった。最

後に、消化液（液肥）の利用に対して労働力削減効果を期待する農家ほど WTP が高いことが明らかとなった。

2 WTP の推計結果を用いた各農家の消化液需要量

図 2 は縦第一軸に農家の WTP 推定額、縦第二軸に農地面積、横軸に消化液の散布可能な量を表したものである^{注4)}。WTP 推計額は、前節の表 3 で推計された係数および農家ごと個別データを用いて WTP 予測値を計算した。WTP の高い農家ごとに整理（降順）し、各農家の所有する農地面積を棒グラフとして表した。また、地目面積ごとに散布可能な消化液の量を積算した値を折れ線グラフにしている。

本研究目的は、センターの周辺農家が消化液を利用することで、センターの経営収支にどのような影響を与えるのかを考察することである。そこで図 2 より、センターが①消化液を農家に高額少量で販売するケース（消化液の最高購入価格である 3,433 円とその販売量 289t を販売）、②平均 WTP に近い金額で販売するケース（1,111 円の価格で消化液 935t を販売）、③消化液の販売量が多くなる金額で販売するケース（859 円の価格で消化液 1,984t を販売）、④消化液を処理することを目的に薄利多売するケース（95 円の価格で消化液 2,436t を販売）の 4 パターンを想定した。

各設定での消化液の販売金額は、II-2 の日田市の概要部分で述べたように、農家は農地 5a あたりに 750 円の化成肥料を利用しているため、輸送・散布費用込みの金額であるとは言え設定①は割高な設定となっている。設定②と③は、輸送・散布費用を考えれば、同等ないしは割安な設定と言える。設定④は格段に安い設定となっている。

3 消化液販売によるセンターの経営収支の変化

各設定に合わせた試算結果は表 4 の通りである。

表 3 液肥利用に対する推定結果

Table 3 Estimation results for the usage of liquid fertilizer

変数名	係数	標準誤差
定数項	5.402 ***	0.347
経営状況	-0.589 ***	0.225
米生産	0.584 **	0.252
JA出荷	1.073 ***	0.230
自家用	0.639 ***	0.214
味重視	0.383 *	0.200
土壌重視	0.445 *	0.249
労力削減期待	0.359 *	0.206
サンプル数	97	
平均WTP (円)	1,032	
対数尤度	-217.585	

注：***, **, *はそれぞれ有意水準 1%，5%，10%である。

図 2 消化液利用に対する農家の WTP と散布量

Fig 2 The demand of biomass liquid fertilizer

「収支 A」は浄化処理費用に設備減価償却費と給与を含めた時の収支であり、「収支 B」は含めない場合の収支である。「現状」は、消化液を販売していない状況を表している。条件の項目にある、「a:販売価格」は液肥 1t あたりの散布・運搬サービス込みの販売価格を示す。「b:散布面積」は販売された液肥の量で散布できる面積を示しており、「c:散布量」は a の販売価格で販売される液肥の量を示す。また、「d:散布時間」は、販売された液肥の量を散布・運搬するのにかかる時間を示している。経費の項目における「e:労務費」は液肥の散布・運搬にかかる労務費を示しており、「f:燃料費」はそこでかかる車両の燃料費を示している。「g: 車両減価償却費」は散布・運搬サービスのために新たに購入する車両の減価償却費を示している。「h: 浄化処理費用」は消化液の浄化処理にかかる費用であり、「i: ランニングコスト」は浄化処理費用のうち施設減価償却費と給与を引いたものである。

この現状をベースに設定①～④を見ると、消化液販売により収支 A はいずれの状況下でも経費削減効果が

表 4 収支試算表

Table 4 Trial balance sheet

項目	現状	設定①	設定②	設定③	設定④
a:販売価格(円/t)	0	3,433	1,111	859	95
b:散布面積(a)	0	1,070	3,073	6,587	8,200
c:散布量(t)	0	289	935	1,984	2,436
d:散布時間(h)	0	145	468	992	1,218
e:労務費(千円)	0	116	374	794	974
f:燃料費(千円)	0	53	172	365	448
g:車両減価償却費(千円)	0	1,125	1,125	1,125	2,250
h:浄化処理費用(千円)	53,544	52,979	51,714	49,659	48,773
j:ランニングコスト(千円)	18,502	18,309	17,871	17,161	16,855
収 入					
i:収入(千円)	0	992	1,039	1,704	231
収支A(i-e-f-g-h)	-53,544	-53,281	-52,346	-50,238	-52,214
収支B(i-e-f-g-j)	-18,502	-18,611	-18,503	-17,741	-20,296

注 1: 設定の条件は、実証実験¹⁴⁾で実際にかかった費用をもとにヒアリングによる確認を行い、以下のように設定した。

注 2: 液肥 2t の運搬・散布にかかる設定時間の内訳は、センターからバキューム車への移し替 10 分、圃場への移動 10 分、バキューム車から散布車への移し替え 10 分、散布時間 20 分、センターへの帰還 10 分とした。

注 3: 労務費は時給 800 円で計算を行った。

注 4: 燃料費は、輸送車両の燃費を 10km/ℓとし、軽油単価を 105 円/ℓとした。また、アンケートを配布した農家はセンター周辺の比較的近場の農家であることから、消化液 2t を輸送距離を延べ 35km と仮定した。よって、設定①の輸送距離は、145 回 (289t ÷ 2t) × 35km で 5,075km、それに燃費と軽油単価を乗じることで燃料費が算出した。

注 5: 散布車の減価償却費は、購入価格 500 万円、償却期間 4 年、残存価額 10%とした。また、効率的な液肥の散布のためには

見られた一方、収支 B では設定③の時のみ経費削減効果が見られた。これは液肥散布 2,000t 毎に追加で車両を購入するという車両の購入条件に近い値を設定③がとっているからであり、バイオマス利活用施設の規模によらず車両を十分に使える条件の下では液肥散布が経済的であることを示している。一台の車両で 2,000t を散布するのにかかる時間は、センターの場合は運搬時間を考慮に入れても 1,000 時間程である。これは一年間で考えると一日 2.7 時間程であるため地理的条件次第で車両購入の目安となる液肥量は 3,000t 毎や 4,000t 毎など、より大きな範囲で設定することによって液肥散布の経済性はさらに高まると言える。とはいえ、施肥の時期というのは年間で決められた期間で巻き終わる必要があるため安易に日割りベースで考えるのではなく、地域で栽培されている作物にあった散布条件など適切な条件を考える必要がある。

消化液を高く評価する農家にのみ販売する設定①では、販売収入 (i) が 99.2 万円、販売することで発生する輸送・散布費用 (e+f+g) が 129.4 万円、消化液を販売した後の浄化処理費用 (h) が 5,297.9 万円となり、現状よりも 26.5 万円ほど経費が削減される結果となった。また、平均 WTP に近い金額で販売する設定②では、販売収入 (i) が 103.9 万円、販売することで発生する輸送・散布費用 (e+f+g) が 167.1 万円、消化液を販売した後の浄化処理費用 (h) が 5,171.4 万円となり、現状よりも 120 万円ほど経費が削減される結果となった。さらに、消化液の販売量が増加する設定③では、販売収入 (i) が 170.4 万円、販売することで発生する輸送・散布費用 (e+f+g) が 228.3 万円、消化液を販売した後の浄化処理費用 (h) が 4,965.9 万円となり、現状よりも 330.8 万円ほど経費が削減される結果となった。最後に、消化液の処理を目的とした薄利多売の設定④では、販売収入 (i) が 23.1 万円、販売することで発生する輸送・散布費用 (e+f+g) が 367.2 万円、消化液を販売した後の浄化処理費用 (h) が 4,877.3 万円となり、現状よりも 133.2 万円ほど経費が削減される結果となった。

収支 A ではすべてのケースで費用が削減されるが、収支 B では 3,433 円および 95 円で販売すると費用の削減効果が見られなかった。また、仮に化成肥料の価格が下落したとしても、センターの現状において設定④のように 95 円の価格設定でも経費は削減されるため、消化液を販売する取り組みは有効であると言える。

V まとめ

本研究では、メタン発酵消化液利用が進まない主な原因として、センターと農家の間で消化液の適正価格が設定されないことから消化液の販売・利用が進まないこと、農家にとって液体の輸送・散布の経済的労働的負担が大きいことなどが挙げられている。

そこでセンター周辺の近隣農家に CVM のアンケート調査を実施し、センターで生産される消化液（運搬・散布作業込）の支払意思額の推計を行った。また、計測された係数を用いて、各農家の WTP、農地面積、散布可能な消化液の量を計算した。さらに、その結果から 4 パターンの消化液の販売価格と販売量の組み合わせを作り、設定ごとに得られる販売収入、輸送・散布にかかる追加費用、浄化処理費用の削減額などからセンター運営の収支計算を行った。

その結果、消化液処理量に応じて、処理設備の一部売却や人件費の部分的削減ができると仮定した場合は、すべてのケースでわずかながら費用の削減効果が見られた。一方、設備の一部売却や人件費の部分的削減ができないと仮定した場合は、3,433 円での販売および 95 円での販売では費用の削減効果が見られなかった。また、調査対象地域内の農家が普段利用している化成肥料の価格帯より、消化液の販売価格が多少高くとも、輸送・散布込みであれば十分に利用されることが明らかとなった。また、散布車両価格と液肥散布量の条件次第では施設の規模によらず液肥散布の方が経済的である可能性があることがわかった。

今後は、センター周辺の近隣農家に輸送・散布込みでの消化液販売サービスを周知することが、施設の維持管理を行ううえで有効であると言える。

注

注1) 乾式は原料の水分含有率が 60%程度でも処理できるため、廃液が湿式に比べて少ないが、メタン菌が均一に広がりにくく発酵制御が難しいという難点もある。

注2) 堆肥利用に関する研究は、駄田井ら⁷⁾、合崎⁸⁾、井上・藤栄⁹⁾、井上・藤栄¹⁰⁾ など数多くがあるが、液肥としての消化液利用については、遠藤・中村¹¹⁾ や佐野ら¹²⁾ があるものの研究例は少ない。

注3) 2011 年 11 月～2012 年 1 月の平均値は、NH₄ 濃度が 2,680.6mg/L、NO_x 濃度が 36.4mg/L、全窒素が 3528.4mg/L、全リンが 1398.6mg/L であった¹⁴⁾

注 4) 本来はモデル式に農地面積の変数を入れてパラメータを推計し、そのパラメータを利用すべきであるが、本分析では有意にならなかった。そのため、各農家の WTP 予測値を求めた上で、各農家が所有の農地面積を対応させ、その農地面積に散布可能な消化液の量を計算した。

引用文献

- 1) 農林水産省：バイオマス・ニッポン，＜<http://www.maff.go.jp/j/biomass/>>，2017 年 3 月 30 日参照。
- 2) 農林水産省：バイオマスをめぐる現状と課題，＜http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kenntou/01/pdf/1_1.pdf#search=%E3%83%90%E3%82%A4%E3%82%AA%E3%83%9E%E3%82%B9%E3%82%81%E3%81%90%E3%82%8B%E7%8F%BE%E7%8A%B6%E3%81%A8%E8%AA%B2%E9%A1%8C>，14，2017 年 4 月 13 日参照。
- 3) 農林水産省：畜産環境をめぐる情勢，＜http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/201701_meguji.pdf>，2017 年 3 月 30 日参照。
- 4) 遠藤はる奈・中村修（2012）：メタン発酵消化液の農地還元に関する経済性評価，農村計画学会誌，63（1），93-103。
- 5) 中村稔・市川治・肉絲垣木買賢提（2010）：酪農共同利用型バイオガスシステムにおける消化液利用の課題，農業経営研究，48（2），60-63。
- 6) 清水夏樹・柚山義人・中村真人・山岡賢（2012）：バイオマス活用における担い手別の経済性と地産地消効果，農村計画学会誌，31，207-212。
- 7) 駄田井久・佐藤豊信・田中伸一郎（2005）：耕種農家における堆肥需要要因の分析，農業経営研究，43（2），65-68。
- 8) 合崎英男（2003）：堆肥化施設整備のための耕種農家の堆肥需要予測手法－仮想評価法による接近－，農業土木学会論文集，71（4），15-23。
- 9) 井上憲一・藤栄剛（2002）：個別酪農家における堆肥供給行動の規定要因，農業経営研究，40（1），53-56。
- 10) 井上憲一・藤栄剛（2007）：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，45（2），12-22。
- 11) 遠藤はる菜・中村修（2008）：有機性廃棄物の循環利用に向けた堆肥および有機液肥による需給バランスモデルの構築，長崎大学総合環境研究，11（1），59-17。
- 12) 佐野彰・稲葉陸太・田崎智宏（2015）：メタン発酵残渣の液肥利用における需給比改善に向けた隣接市町村の連携の検討，廃棄物資源循環学会論文誌，26，89-103。
- 13) 農林水産省：2010 年世界農林業センサス日田市地区別統計表。
- 14) 大分県日田地区集排汚泥利活用検討委員会（社）地域環境資源センター：「平成 23 年度集落排水資源利活用実証事業（集排汚泥利活用実証事業）」『大分県日田地区集排汚泥（メタン発酵消化液肥）利活用検討委員会報告書』，2012 年 3 月，27-50。
- 15) Cameron, T. A and D. D. Huppert (1989) : OLS versus ML Estimation of Non-market Resource Values with

Payment Card Interval Data, Journal of Environmental Economics and Management 17, 230-246.

神戸大学農業経済, 32, 35-76.

16) 寺脇拓 (1999) : 追跡二肢選択 CVM における中央値の選択
— 提示額設計についてのモンテカルロ実験による接近,

17) 矢部光保 (2009) : 国際バイオエタノールの供給と公的助
成の相対価値, 地域学研究, 39, 567-583.

Summary : The purpose of our paper are as follows: 1) to estimate the willingness to pay (WTP) for using liquid fertilizer using the contingent valuation method (CVM), and 2) to simulate the management balance of methane fermentation facilities with producers selling liquid fertilizer to consumers at an appropriate price. Our results indicated that the mean WTP for using liquid fertilizer is 1,032 yen per ton and the median WTP is 681 yen per ton. After adopting the mean WTP as the appropriate price for liquid fertilizer, we simulated three scenarios of the management balance of a methane fermentation facility. We found that selling liquid fertilizer at an appropriate price supported the calculations in our study will improve the management balance by a maximum of 17 %, as compared with the current situation of methane fermentation facilities. Based on our results, we conclude that using liquid fertilizer may help the management balance of the facilities under the appropriate conditions. To do so, communicating accurate information regarding liquid fertilizer to consumers is an important factor in order to improve the management balance.

キーワード(Keywords) : バイオマス資源の再利用 (recycling biomass), CVM (contingent valuation method), 液肥 (liquid fertilizer from methane-fermented livestock manure), グループド・データ回帰モデル (grouped data regression model)

(2017 年 6 月 10 日 原稿受理)

(2017 年 10 月 18 日 採用決定)