

成分調整成型堆肥の生産・利用技術



成分調整堆肥研究グループ
(代表：薬師堂謙一)

1 技術開発の背景と目的

「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」の施行以来、堆肥の生産量は大幅に増加しつつあるが、堆肥の利用量については、生産量の増加には追いついていない状況にある。

耕種農家が堆肥を利用しない主な理由としては、以下のものがあげられる。

良質の堆肥が手に入らない

化学肥料と比べて肥料の効き方が異なるため栽培管理が難しい

コストがかかる

労力がかかる、機械散布の手段がない

今後、堆肥の利用を大幅に拡大するためには、これまで堆肥を積極的に使ってこなかった耕種農家にも堆肥を利用してもらう必要がある。このためには、品質の良い堆肥を生産することは当然のこと、 に掲げた散布労力に関する課題は耕種農家の高齢化問題とも関連して深刻な課題である。

一方、 の肥効に関しては、堆肥の成分分析が義務付けられたように、単なる土壌改良材としてではなく、有効な肥料分量を明らかにし、耕種農家が施肥設計をできるようにすることが求められている。さらに近い将来、減化学肥料栽培や無化学肥料栽培が増加することを考えると、作物の養分需要にあわせた成分調整や機械散布に対応した成型化など、より耕種農家が使いやすく、流通に適した堆肥の加工技術の開発が重要である。

このため、九州沖縄農業研究センターをはじめ、畜産草地研究所、熊本、福岡、鹿児島各県の農業試験場、ならびに熊本県の改良普及センターや JA では共同して成分調整成型堆肥の生産・利用技術の開発に取り組んできた。

2 技術開発の概要

1) 成分調整成型堆肥の特徴および利点

処理のための労力とコストがかかるものの、以下の利点がある。

直径3～8mmのペレット状になっており(写真1) 耕種農家の手持ちのライムソワー(石灰散布機)やブロードキャスターで機械散布が可能である(写真2)。ハウス内での散布も可能であり、マニュアルスプレッターなどの整備を必要としない。

重量、容積とも通常の堆肥の半分程度になっているため、貯蔵容積、輸送経費が半減でき、散布労力も半分ですむ。

作物の肥料要求量にあわせて、畜種別の堆肥や油粕などの有機質資材を化学肥料換算で混合して成分調整を行っており、慣行栽培と同等以上の作物生産が減化学肥料栽培で可能である(麦、大豆、イチゴ、トマト、メロン、スイカ、キャベツ、カンショ等で確認済み)。



写真1 直径5mmの成型堆肥



写真2 石灰散布機による散布作業

2) 成分調整成型堆肥の生産方式

成分調整成型堆肥の生産加工工程を図1に、生産量が10t/日の場合の設計仕様を表1に示した。

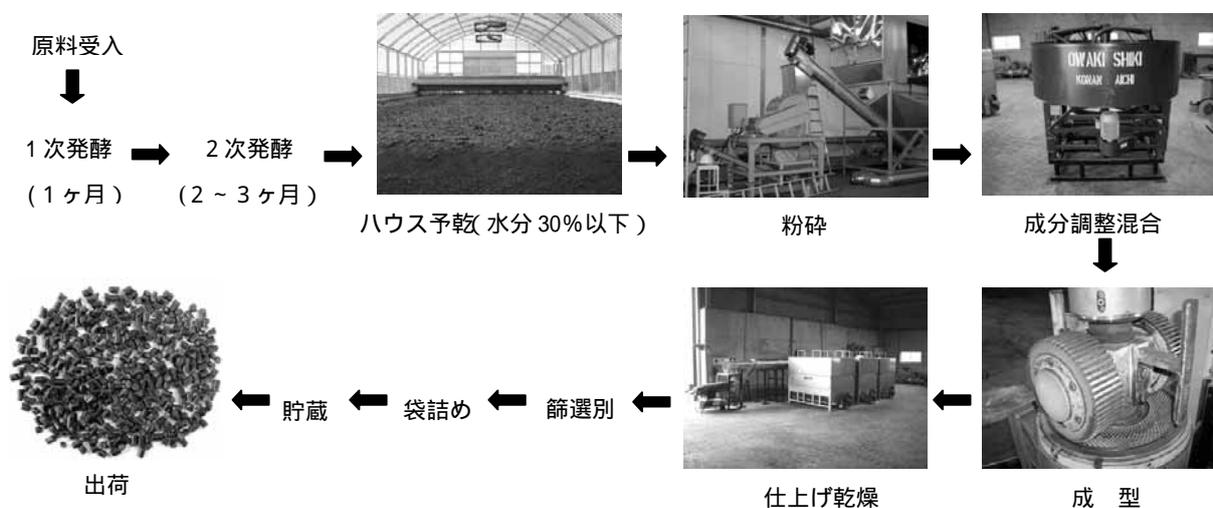


図1 成分調整生計堆肥の生産加工工程

表1 成分調整成型堆肥生産量10t/日の場合の設計仕様

項目	仕様		項目	仕様
生ふん搬入量	30t/日	施設構造	鉄筋コンクリート鉄骨造	設備機器関係
生ふん搬入総量	10,950t/年		スレート屋根	仕上げ乾燥設備
施設稼働日数	300日/年	施設建設単価	35,000円/㎡	袋詰め設備
発酵条件		ハウス建設単価	17,000円/㎡	箱形通風式、1式
1次発酵	4週間、強制通気	設備機器関係		袋詰め(フレコン、小袋)1式
2次発酵	2ヶ月間、強制通気	ショベルローダー	2t級、1台	雇用人員
貯蔵期間	5ヶ月間、袋入り	フォークリフト	2t級、2台	管理者兼オペレータ
製品出荷量	3,000t/年	バケット仕様フォークリフト	2t級、1台	パートオペレータ
製品含水率	15~23%	ハウス予乾施設	ステンレス製、フッソフィルム	事務パート
施設面積			攪拌機6m幅、4機	袋詰め作業パート
1次発酵槽	1,156㎡	粉碎設備	1.5~2t/h、1式	堆肥販売価格
2次発酵槽	1,413㎡	成分調整混合設備	混合容量2m ³ 、1式	バラ堆肥
予備乾燥ハウス	2,240㎡	成型設備	ローラー・ディスクタイプ	フレコン入り堆肥
成型堆肥製造施設	500㎡		45kW、1~1.5t/h、1式	小袋入り(20kg)
貯蔵施設	920㎡			同上1t換算

処理については図2のとおり、堆肥の1次発酵から、2次発酵(後熟発酵)、ハウス予乾、粉碎、成分調整混合、成型、貯蔵までを一つの処理センターで行う方式とした。その仕組みは以下のとおりである。

ベースとなる牛ふん堆肥を苗床にも使用できる品質まで加工し、豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥は出来上がったものを購入する。油粕などの有機質資材も同様に購入する。

牛ふん堆肥の発酵品質を上げるため、2次発酵槽にも通気管を設置して強制的に40℃以下に冷却し、堆肥中の微生物叢を土壌微生物叢に近づけるようにしている。ちなみに、図2では2次発酵槽の1ヵ月目の発酵槽のみ通気装置を付けているが、大型の堆肥センターの場合は3ヵ月目までの2次発酵槽全てに通気装置を付けている。

堆肥化工程で堆肥の水分は50～55%まで低下するので、ロータリ攪拌機付きのハウスで25～30%まで成型のため予備乾燥する。なお、台風の常襲地域では、耐候性ハウスとし表面はフッ素フィルム貼りとする。フッ素フィルムは汚れが付かないため張り替えなしで8～10年使用できる。

予乾した材料は、混合性や成型性を良くするため3mm以下の粒度にまでハンマー式粉砕機で粉砕する。なお、堆肥には石や砂、金属類が混入しており、成型機の異常摩耗を防止するため、金属探知器や揺動+風力式の土砂除去装置でこれらの異物はこの粉砕工程で分離除去する。

材料の破碎が終わった時点で作物の肥料成分要求量に合わせ飼料攪拌機で資材の混合調整を行う。スイカでの成分調整の例を第2表に示す。一般には、牛ふん堆肥をベースに、不足するリン酸と窒素を豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥、油粕等の資材で調整する

成型処理はローラーディスクダイ式成型機で直径3、5、8mmのいずれかのサイズに成型する。成型処理の適正水分範囲は22.5～27.5%で、家畜ふん堆肥の場合30kWの成型機で400～600kg/hの成型性能である。油粕を家畜ふん堆肥に対し同重量まで混合可能で油粕を3分の1以上混合すると成型性能が約30～120%向上する(図3)。

成型したペレットは、最後に通風乾燥し水分15%以下まで仕上げ乾燥して袋詰めする。なお、油粕が入っていても貯蔵中の成分変性やカビの発生がない。

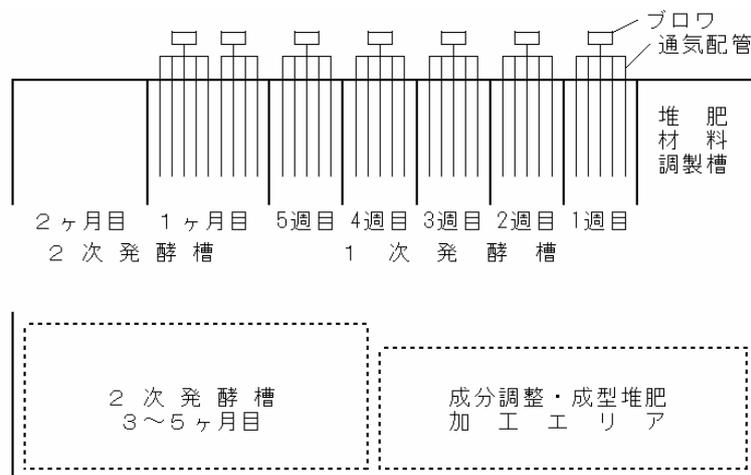


図2 九州沖縄農研センターの通気式堆肥舎の平面図

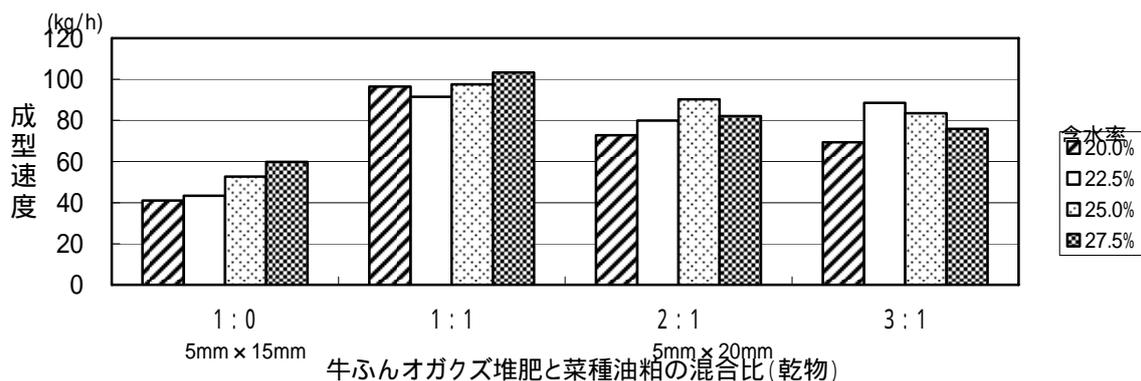


図3 牛ふんオガクズ堆肥と菜種油粕の混合物の成型性能

3) 成分調整成型堆肥の生産コスト

処理施設への生牛ふんの搬入量を1日当たり30tとし、全量を成分調整成型堆肥に加工する方式と従来の堆肥化方式について生産コストの試算を行った(表2)。

表1の設計仕様の場合の処理設備本体の総設備費は約24,700万円であり、同規模の従来型の堆肥舎より2,550万円程度の増額ですむ。一方、成分調整成型堆肥の生産施設は、従来型の堆肥化施設に比べて予乾ハウスの建設費や成型処理のための機械設備費がさらに必要となるが、堆肥貯蔵容積が半分以下ですむため施設費が減額となり、最終的な差は2,550万円程度になった。

表2 設備設置費用の試算結果

項目	仕様		項目	仕様		項目	仕様	
	従来堆肥	成分調整		従来堆肥	成分調整		従来堆肥	成分調整
	万円	万円		万円	万円		万円	万円
建築工事費			設備機器関係			切返し運搬用機器		
1次発酵槽	4046	4046	堆肥篩機	550		ショベルローダー	720	720
2次発酵槽	5933.6	4945.5	ハウス予乾施設		1080	フォークリフト	180	360
予備乾燥ハウス		3808	粉碎設備		925	バケット仕様フォークリフト		220
成型堆肥製造施設		1750	成分調整混合設備		360	小計	900	1280
貯蔵施設	9905	3220	成型設備		1470	総合計	22147	24685.8
小計	19884.6	17769.5	仕上げ乾燥設備		400	契約電力	20kW	100kW
電気工事費(1次)	290	700	袋詰め設備		250			
通気設備工事費	522.4	451.3	小計	550	4485			
以上合計	20697	18920.8	以上合計	21247	23405.8			

注:土地の取得費、事務所の設置経費、外周の工事費、水周りの工事費、照明工事費、トラックスケール、消毒設備棟等の設置経費は試算していない。

成分調整成型堆肥の生産コストを表3に示した。成分調整成型堆肥の生産コストは製品1t当たりで12,400(補助率2/3)~15,900円(補助無し)である。成分調整・成型堆肥1tは従来型の堆肥2tと同量であり、従来型堆肥の2tの生産コストが7,190~9,170円であるので、予乾以降の処理に要する加工費は5,200~6,700円/t(製品)となる。

熊本県北部での従来堆肥2t(成分調整成型堆肥1t換算)当たりの出荷価格は、バラ出荷で7,000円/2t、フレキシブルコンテナバッグ(以下、「フレコン」とい

う。) 入りで 14,000 円 / 2 t (1 m³フレコン 4 袋分)、20kg 小袋入りが 25,000 円 / 2 t (20kg 入り 100 袋分) である。成分調整成型堆肥 1 t の出荷価格はその生産コストから見て、従来堆肥のバラ堆肥の出荷価格を実現することは無理ではあるが、フレコンとはほぼ同価格、小袋入りは袋の数が半分になるので 22,500 円 / t での出荷が可能である。

表3 堆肥の製造コスト

費 目	従来堆肥 万円	成分調整 万円
支出固定費		
減価償却費(圧縮)	270.6	520.5
減価償却費(非圧縮)	811.9	1,564.4
固定資産税	206.7	230.6
保険料	33.2	37.1
修理費	110.7	123.5
支出変動費		
労務費	950.0	1,550.0
燃料費	121.5	172.7
電気料	121.0	366.5
法定点検整備料	25.0	35.0
消耗部品料	20.0	244.0
フレコン・袋代	109.5	262.5
堆肥等購入費	0.0	183.8
支出合計(圧縮)	1,968.3	3,726.2
支出合計(非圧縮)	2,509.6	4,770.1
生産コスト(圧縮) 円/t	3,595	12,421
生産コスト(非圧縮)円/t	4,584	15,900

注: 労務費は管理者兼オペレータが500万円、パートオペレータが300万円、パートが150万円として計算した。

実際の堆肥のコスト比較は、堆肥の出荷価格と輸送コスト、ならびに散布コストの合計で評価する必要があるので、熊本県農業研究センターの作業調査データなどを基に散布手段、輸送距離別にコスト比較を行った(表4)。

堆肥の広域流通では流通コストが最大の問題となる。トラックの片荷の場合の輸送費は、10 t 車で 100km 輸送する場合は 48,300 円 / 台、200km の場合は 64,600 円 / 台程度であり、堆肥自体の値段より輸送費の方が高くなる。熊本県では県北部から県南部へ堆肥流通を行っているが、約 50 ~ 60km の輸送距離で輸送費は 3,500 円 / t で、堆肥の出荷価格とほぼ同額の経費となっている。なお、表中の散布手段なしは出荷価格 + 輸送コストである。散布機械は従来堆肥がマニュアルスプレッダー(ハウス内散布はハウス専用のマニュアルスプレッダー)、成分調整成型堆肥が露地、ハウスともライムソワー(石灰散布機)とした。

散布作業も混みの場合、フレコン同士および小袋同士では成分調整成型堆肥の方が従来堆肥よりコスト的に有利であった。従来堆肥のバラ出荷との比較では、成分調整

成型堆肥がコスト的に有利になるのは、輸送距離 0 km と 60km ではハウスの機械散布のみの場合であったが、輸送距離が 100km を越えると成分調整成型堆肥の方がコスト的に有利になった。

表4 従来型堆肥と成分調整堆肥のコスト比較(成分調整堆肥1t換算)

	堆肥価格 出荷時	散布手段	堆肥価格 + 輸送コスト + 散布コスト			
			0 km	60 km	100 km	200 km
	千円		千円	千円	千円	千円
従来型堆肥 バラ出荷	7.0	なし	7.0	14.0	16.7	19.9
		手撒き	12.4	19.4	22.1	25.3
		露地機械	10.0-13.0	17.0-20.0	19.7-22.7	22.9-25.9
		ハウス機械	19.0	26.0	28.7	31.9
フレコン入り	14.0	なし	14.0	21.0	23.7	26.9
		手撒き	19.4	26.4	29.1	32.3
		露地機械	17.0-20.0	24.0-27.0	26.7-29.7	29.9-32.9
		ハウス機械	26.0	33.0	35.7	38.9
小袋	25.0	なし	25.0	32.0	34.7	37.9
		手撒き	30.4	37.4	40.1	43.3
		露地機械	28.0-31.0	35.0-39.0	37.7-40.7	40.9-43.9
		ハウス機械	37.0	44.0	46.7	49.9
成分調整堆肥 フレコン入り	14.0	なし	14.0	17.5	18.8	20.5
		手撒き	16.4	19.9	21.2	22.8
		ライムソー	18.0	21.5	22.9	24.5
小袋	22.5	なし	22.5	26.0	27.3	29.0
		手撒き	24.9	28.4	29.7	31.3
		ライムソー	26.5	30.0	31.4	33.0

注：輸送距離 0 km は堆肥価格 + 散布コストを示す。

4) 成分調整成型堆肥の利用技術

通常堆肥施用と同様に、成型堆肥の施用量も N、P、K 各成分の含有化学肥料換算量に基づき施用量が決定される。直径 5 mm の成型堆肥の畜種別の窒素放出パターンの一例を図 4 に示した。

九州沖縄農業研究センターでは、成分調整成型堆肥を用いた大豆とパン用小麦の減化学肥料栽培試験を実施したところ、収量は化学肥料と同等であり、化学肥料で栽培したものより高い機能性を有することが分かっている。

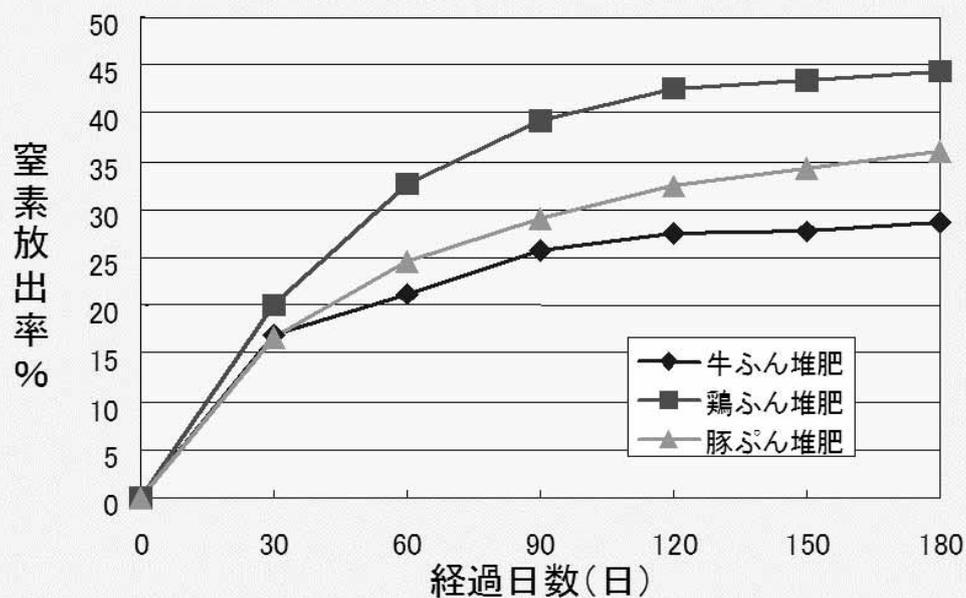


図4 成型堆肥の畜種別の窒素放出率
調査期間(12 / 1 ~ 5 / 30)

牛ふん、豚ふん、鶏ふん堆肥及び菜種油粕などの有機質資材を組み合わせた成分調整成型堆肥により、大豆、麦、水稻、メロン、トマト、スイカ、キャベツ、イチゴ、キャベツなどで栽培試験を実施し、各作物とも慣行栽培と比較して品質、収量ともに遜色ないことが確認されている。

代表例として水稻での試験結果を表5、6に、トマトでの試験結果を表7に示した。

表5 水稻(ヒノヒカリ)試験区の構成(鹿児島県農試) (kg/a)

区名	施肥			基肥			穂肥			合計			現物 施用量
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
対 照	0.40	0.40	0.40	0.30	-	0.30	0.70	0.40	0.70				
成分調整堆肥1	2.00	4.40	3.74	0.10	-	0.10	2.10	4.40	3.84				
鶏ふんペレット堆肥	1.33	3.06	2.27	-	-	-							45.4
牛ふんペレット堆肥	0.67	1.34	1.47										34.9
化学肥料	-	-	-	0.10	-	0.10							
成分調整堆肥2	2.00	4.40	3.74	0.18	0.09	0.06	2.10	4.45	3.78				
鶏ふんペレット堆肥	1.33	3.06	2.27	-	-	-							45.4
牛ふんペレット堆肥	0.67	1.34	1.47										34.9
ナタネ油粕ペレット	-	-	-	0.10	0.05	0.04							

鶏ふんペレット堆肥(NH₄-N=64.5mg/100g T-N = 2.93% 新鮮物当たり)

牛ふんペレット堆肥(NH₄-N=34.5mg/100g T-N = 1.92% 新鮮物当たり)

表6 水稻の収量調査結果

区名	項目	稲わら重	精もみ重	玄米重	一穂粒数	登熟歩合	千粒重	検査等級	外観品質	玄米中粗タンパク質含有率%
		kg/a	kg/a	kg/a		%	g			
対照		70.4	72.2	56.4	84	77.9	22.2	2下	5.5	6.45
成分調整堆肥1		70.7	68.3	53.0	71	84.9	22.0	2上	5.0	6.26
成分調整堆肥2		73.5	70.1	54.3	77	76.7	21.9	2上	5.0	6.52

外観品質: 上上(1)～下下(9)の9段階評価

玄米中粗タンパク質含有率: 15%水分換算値、玄米中全窒素含有率×タンパク質換算係数5.95

表7 トマトの生育と収量・品質 (熊本県農研センター)

土壌条件	項目	施用資材の種類			
		化学肥料	牛ふんP	牛菜種P	牛鶏P
黒ボク土	茎長(4週間後: cm)	101	102	102	100
	茎長(収穫時: cm)	156	165	165	156
	茎重(g/株)	343	346	396	370
	一果重(g/果)	170	132	168	174
	収量(kg/a)	617	623	671	697
	収量指数	100	101	109	113
	果実糖度(Brix)	5.6	5.5	5.9	5.8
	商品果率(%)	83	83	87	87
	障害果発生率(%)	19.8	17.4	16.9	18.1
	うち尻腐果割合(%)	28.5	4.1	23.4	34.7

注1) 数字は各試験場所毎の3作の平均値を示す

注2) Pはペレット堆肥を意味する

5) 成分調整の方法

表8にスイカ栽培で行った成分調整の計算例を示した。

成分調整は、まず、堆肥や有機質資材中の成分量に肥効率をかけて各々の資材中の肥料成分量を計算した。化学肥料換算の成分量から、牛ふん堆肥はカリの比率が高い、豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥はリン酸の比率が高い、ナタネ油粕は窒素の比率が高いという特徴があるので、カリは牛ふん堆肥を主体に、リン酸は豚ふん堆肥または鶏ふん堆肥を主体に、窒素はナタネ油粕を主体に供給できるように、作物の肥料成分要求量にあわせて混合した。

表 8 成分調整成型堆肥の成分調整例（スイカ用）

有機質資材	混合割合		乾物中 成分量	肥効率	化学肥料 換算成分量	肥料 成分量
	%		%	%	%	kg
牛ふん堆肥	46.4 (290kgDM)	窒素	2.41	30	0.72	2.10
		リン酸	2.72	70	1.90	5.52
		カリ	3.97	90	3.57	10.36
豚ふん堆肥	8.4 (52kgDM)	窒素	3.23	40	1.29	0.67
		リン酸	11.52	70	8.06	4.19
		カリ	3.72	90	3.35	1.74
鶏ふん堆肥	0.0 (0kgDM)	窒素	3.22	45	1.45	0.0
		リン酸	10.55	70	7.39	0.0
		カリ	6.88	90	6.19	0.0
ナタネ油粕	45.2 (282kgDM)	窒素	6.04	60	3.63	10.24
		リン酸	2.28	70	1.60	4.58
		カリ	1.14	90	1.03	2.90

注) 窒素 - リン酸 - カリの施用量は 13-14.2-15kg / 10 a
 初期成育用に窒素 2 kg 相当を化学肥料で別に施肥する。
 施用量は 734.6kg / 10 a (水分 15%)

3 技術開発の普及

成分調整成型堆肥の生産プラントは、現在、熊本県合志町に 2 カ所建設中であり、平成 18 年度と 19 年度にそれぞれ 1 カ所ずつ完成する予定である。また、福岡県で 1 カ所建設準備を開始している。

成分調整成型堆肥の利用試験は、生産プラントの完成時に完売態勢を取るため、平成 14 年度より、熊本県菊池郡で県農試や普及センター、JA が協力して展示圃事業として開始され、隣接する阿蘇郡や主な堆肥の流通先である八代地域などへ実証事業の範囲を拡大してきている。また、九州管内の果樹試験場や茶業試験場などをはじめ、東北、関東、四国、中国地域の国公立試験場でも栽培試験が行われているなど利用試験も拡大してきている。

4 開発技術の学術的評価

資源循環型農業のための家畜ふん堆肥の加工技術として評価されている。

成型処理技術は、従来、発酵鶏ふん堆肥が主体であり、牛ふん堆肥をベースとした試験は行われていなかった。

成分調整成型堆肥の利用試験については、家畜ふん堆肥の畜種別や成型サイズ別の肥効特性を明らかにした。また、各種作物での成分調整方法や利用試験結果を日本土壌肥料学会に多数報告し、環境保全型農業を推進するための有効資材として評価されている。

5 開発技術の産業への貢献

「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」の施行により、家畜排せつ物の適正処理が進められ堆肥の生産量の急激に増加しているが、堆肥の利用が追いついていない状況にある。家畜排せつ物処理が円滑に進まなければ畜産業の維持すら困難な状況になっている。特に、畜産集中地帯では堆肥利用の行き詰まりから炭化や燃焼などの処理も検討されているが、いずれも処理コストが高いことから経営を圧迫することになっている。このことから、畜産農家で余剰となっている家畜排せつ物は、堆肥化処理により耕種農家に流通させる方式が最も低コストの処理方式であるといえる。

今回開発した成分調整成型堆肥の生産利用技術は、畜産から耕種農家への堆肥流通を拡大させるための有効な手段であり、同時に耕種農家の減化学肥料栽培や無化学肥料栽培を拡大することもできるため、畜産農家と耕種農家を結んで環境保全型農業を推進することのできる実用技術であるといえる。

6 今後の展望

耕種サイドでも減化学肥料栽培の面積が拡大しつつあり、堆肥の成分調整に対する要望や機械散布対応の成型処理に対する要望も強く出されている。堆肥センター自体で耕種農家に堆肥散布できれば問題ないが、限られた期間に多量の堆肥を散布するための堆肥散布機の整備や散布人員の確保は堆肥センターにとっても大きな負担となる。成分調整成型堆肥は、耕種農家自身で機械散布することができるので堆肥センターの負担が軽くなり、また、ガーデニングなど農業以外へ堆肥販売を拡大する点でも成分調整成型堆肥は有利である。

成分調整成型堆肥の生産施設の整備に関しては、通常堆肥センターより高額の整備費を必要とするため現在のところ2ヵ所建設中の状況にあるが、ニーズは高いことから、今後、設置数が増加していくものと思われる。

7 活動に対する受益者等の声（評価）

氏名	所属・属性	声（評価）
岩根 勇二		・ 取り扱いやすくネギの追肥などにも使える。味が良く品質の良いものができる。
緒方 猛	第1種農事組合法人バイオX組合長	・ 新たに酪農家主体の堆肥センターを作るが、地元では肉牛の堆肥でも販売に苦勞しているため、販売競争に勝ち抜くために成分調整成型堆肥の製造設備を導入する。
上野 松年	J A 菊池前組合長	・ J A 菊池管内の堆肥の生産量は膨大な量になる。良質堆肥の生産だけでは流通に限界があるので、新たな販路拡大のために成分調整成型堆肥の生産設備を導入することにした。

成分調整成型堆肥研究グループ担当者一覧

総括代表：薬師堂謙一

1) 九州沖縄農研センター

薬師堂謙一、田中章浩、山本克巳、土屋一成、金森哲夫*、假屋堯由*

2) 現地実証農家

岩根勇二

3) 畜産草地研究所

畠中哲哉

4) 熊本県農業研究センター

郡司掛則昭

5) 福岡県農業総合試験場

山本富三、井手治、佐藤公洋

6) 鹿児島県農業試験場

上菌一郎、井上健一

* は元