

成分調整した牛ふん成型堆肥の肥効と施用効果

Application Effects of Compost Pellets Blended with Various Livestock Wastes and Organic fertilizer

松森 信・郡司掛則昭・中河原一布・堀 孝弘\*・井上宏美

Makoto Matsumori, Noriaki Gungikake, Kazuyoshi Nakagawara, Takahiro Horii and Hiromi Inoue

要 約

県内で多く発生する牛ふん堆肥の有効活用を促進するために、菜種油粕あるいは発酵鶏ふんで成分調整した牛ふん成型堆肥の製造を行い、室内インキュベート試験により窒素供給特性を評価し、想定された窒素の化学肥料代替率に従う施用が各作物の生育、収量、品質および土壌の化学性に及ぼす影響について検討を行った。アールスメロン春夏作および秋冬作では牛ふんを菜種油粕あるいは発酵鶏ふんで成分調整し成型した堆肥を施用することで慣行の化学肥料施用区と同等以上の一果重が確保され、糖度が増加した。夏秋トマト雨よけ栽培においても成分調整成型堆肥の施用により収量、糖度および商品化率が向上した。秋ダイズ栽培では牛ふん堆肥の成型品により化学肥料施用区と同等の生育および収量が確保され、豆腐加工適性には差が認められなかった。栽培跡地土壌の交換性カリウムは、牛ふん単独の成型堆肥の施用で過剰な集積が見られたが、成分調整を行った堆肥を用いることで集積は軽減された。

キーワード：牛ふん堆肥、発酵鶏ふん、菜種油粕、成分調整、成型堆肥、交換性カリウム

I 緒 言

熊本県では、牛ふんを中心に年間250万tにおよぶ家畜排泄物が発生している。これは重要な有機物資源であるが、耕種農家における活用が進んでいない。この理由は、ハンドリングが悪く散布性および輸送性に乏しい、成分が不明確である、養分バランスが悪い、堆肥の生産に地域的に偏在している等、多くの解決すべき点を含んでいるためである。特に牛ふんに含まれる養分は窒素分解が遅く肥効が低い、カリウムの蓄積を招きやすいという問題を抱えている。一方では、持続性の高い農業生産方式の導入に関する法律を始めとする環境三法やJAS法の改正が行われる中、有機質資源を一段と積極的に活用する自然循環型農業の技術確立が急がれている。

家畜ふん堆肥を有効活用するには栽培する作物に応じた肥効を付与すること、ハンドリングを改善することが重要である。前者を改善するためには異畜種間および有機物との混合による成分調整が考えられ、後者を改善するためには堆肥の成型化（ペレット化）が有効である。原<sup>1)</sup>は堆肥成型化のメリットとして容量の圧縮、高成分量化による散布作業負担の軽減、機械散布の容易性、成分調整による一層の高付加価値化をあげており、慣行堆肥の問題点の多くを改善できると述べている。さらに成型化による堆肥の重量と容積の圧縮は、現在熊本県内で

行われている堆肥の広域流通の効率化にもつながるであろう。しかしながら、成分調整を行った成型堆肥の施用が作物に及ぼす影響は解明されていない。堆肥の成分調整成型化技術の普及のためには、その肥効を評価し、作物ごとの施用技術を確立することが不可欠であると考えられる。そこで、牛ふん堆肥を主原料とし、異なる有機質資材を成分調整のための副資材として用いて成分調整成型堆肥を製造し、室内試験において窒素供給特性の評価を行った。さらに、熊本県の代表的施設果菜類であるアールスメロンおよびトマト、また水田の重要な転作作物であるダイズを対照に成分調整成型堆肥の施用による栽培を行い、各作物の生育、収量、品質および土壌環境に与える影響について検討を行った。

なお、本報告は地域基幹農業技術体系化促進研究「暖地における耕畜連携による新規形質作物等の生産システム」（平成10年～14年）として取り組んだものである。

本研究を遂行するにあたり、貴重な御助言、御指導、成型堆肥の加工ならびに豆腐加工適性評価に快い協力をいただいた九州沖縄農業研究センターに御礼申し上げます。

II 成分調整成型堆肥の製造と養分供給能の評価

1 材料及び方法

\*熊本県上益城地域振興局農林部農業振興課

成分調整成型堆肥の製造は九州農業試験場（現在の九州沖縄農業研究センター）において行った。主原料は2次発酵させた粗がら牛ふん堆肥を用い、成分調整用の副資材に菜種油粕または発酵鶏ふんを用いた。これら原料を混合後水分20%に乾燥した後2 mmで篩別した。これを製造能力50kg/hrのディスクペレッターで5 mm径に成型し、仕上げ乾燥を行った。成型堆肥は成分調整の違いにより、牛ふん堆肥と菜種油粕を重量比2：1でブレンドしたもの、牛ふん堆肥と発酵鶏ふんを1：1でブレンドしたもの、牛ふん堆肥単独のもの3種類（以下、それぞれ牛菜種ペレット、牛鶏ペレット、牛ふんペレットと記す）を製造した。

製造した成分調整成型堆肥の窒素無機化特性を評価するために室内インキュベート試験を行った。100ml容UMサンプルビンに2 mmで篩別した15.0 gの黒ボク土壌(生土)を採取し、最大含水量の60%に水分調整した。これに窒素成分として150mg相当量の各ペレット堆肥を添加し、ポリエチレンフィルムで覆い、20、25、30℃の3段階の温度でそれぞれ定温培養した。2週間毎に水分調整しながら、定期的に10% KCl水溶液を用いて抽出し、無機態窒素を測定した。各成分調整成型堆肥の窒素無機化特性は杉原らの反応速度論的解析法<sup>2)</sup>による無機化モデル式へのあてはめによって無機化特性値を求めた。

2 結果

水分調整を行った粗がら牛ふん堆肥は、ディスクペレッター方式により菜種油粕と重量比2：1以上、および発酵鶏ふんと任意の混合割合で成型化が可能であった。

第1表 成分調整成型堆肥の成分組成

	水分	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
牛ふんペレット	14.3	2.4	3.0	3.6
牛菜種ペレット	9.3	3.5	3.2	3.1
牛鶏ペレット	14.1	3.4	3.8	3.2

注) 2000～2001年の平均値

第2表 各成型堆肥の無機化特性の速度論的解析値

種類	モデルの型	N <sub>01</sub>	N <sub>02</sub>	C	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	E <sub>a1</sub>	E <sub>a2</sub>	AIC
牛ふんペレット	並行型	7.8	0.5	13.0	0.014	0.421	22640	37230	40
	単純型	7.4	—	14.5	0.013	—	25270	—	29
牛菜種ペレット	並行型	16.5	52.4	-2.8	0.008	0.359	39780	12580	19
	単純型	44.4	—	2.5	0.161	—	15190	—	91
牛鶏ペレット	並行型	36.9	19.2	7.0	0.001	0.157	20250	16800	13
	単純型	21.6	—	11.0	0.060	—	17670	—	61

N<sub>01</sub>、N<sub>02</sub> : 易分解性窒素量 (mg/150mg堆肥中N)

C : 定数 (mg/150mg堆肥中N)

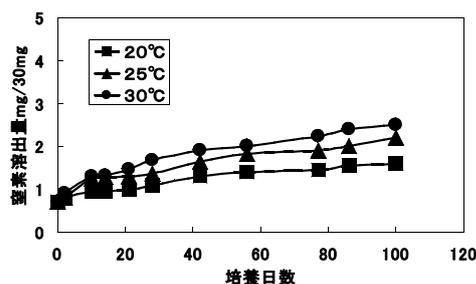
k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub> : 反応速度定数 (1/日)

E<sub>a1</sub>、E<sub>a2</sub> : 反応の活性化エネルギー (mole/cal)

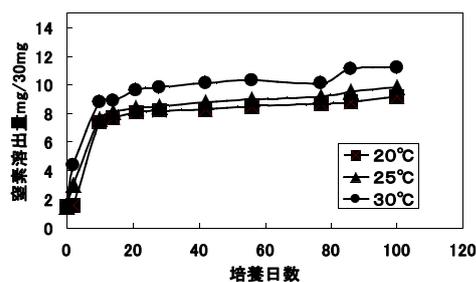
AIC: Akaikeの指標値 (値が小さいほど、モデルの適合性が高いことを示す)

副資材の混合によりその成分含有率は第1表のように調整され、窒素含有率の上昇とカリウム含有率の低下が確認された。

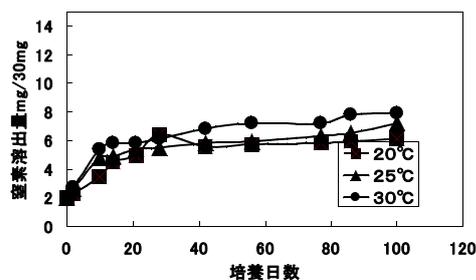
室内インキュベート法による各成分調整成型堆肥の窒素無機化量は培養温度が高くなるにつれて、また培養日数が長くなるにつれて増加した(第1～3図)。30℃における培養100日後の窒素無機化率は、培養日数100日では牛ふんペレットで13%、牛菜種ペレットで37%、牛鶏ペレットでは26%と、成分調整によって大きく変化することが認められた。



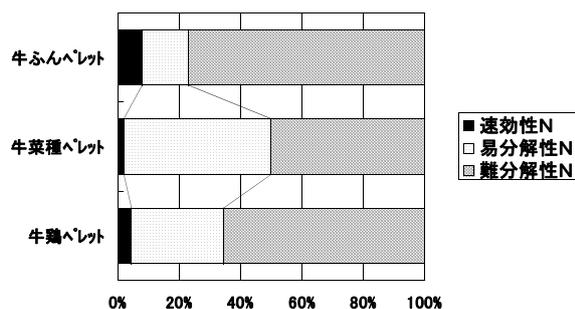
第1図 牛ふんペレットの窒素無機化曲線



第2図 牛菜種ペレットの窒素無機化曲線



第3図 牛鶏ペレットの窒素無機化曲線



第4図 各種ペレットの想定化学肥料代替率

速度論的解析法の窒素無機化モデル式への適合性では、単純型モデル式よりも単純並行型モデル式の方が高かった（第2表）。各成分調整成型堆肥の窒素無機化を特徴づける特性値のうち、分解速度の遅い易分解性窒素量 $N_{01}$ の値は牛糞ペレットが最も高く、牛糞ペレット、牛ふんペレットの順に減少するが、分解速度が早い易分解性窒素量 $N_{02}$ の値は牛糞ペレット>牛糞ペレット>牛ふんペレットの順となり、菜種油粕や発酵鶏ふんとのブレンドによって牛ふん堆肥を窒素供給力の高いペレット堆肥へと加工することが可能であった。

さらに、各成分調整成型堆肥に対する異分解性窒素量 $N_{01}$ と $N_{02}$ の値ならびに速効性窒素成分として含まれている窒素成分量に対応するCの値を用いて、成分調整成型堆肥中窒素の化学肥料代替率を試算した。温度条件が25℃における牛ふんペレット堆肥の化学肥料代替率は20%、牛糞ペレットは60%、牛糞ペレット堆肥は50%であると推定された（第4図）。なお、同時に含まれるカリウムの肥効は水浸出によってほとんど全ての成分が溶出されることからみて、ほぼ100%に近いと推定された。

### III 成分調整成型堆肥の各作物への施用試験

#### 1 材料と方法

インキュベート試験によって推定された窒素の化学肥料代替率を用いて成分調整成型堆肥を化学肥料の代替と

して基肥施用し、アールスメロン、夏秋トマト、ダイズを栽培した。栽培は農業研究センター農産園芸研究所（厚層多腐植質黒ボク土、標高82m）および高原農業研究所（淡色黒ボク土、標高543m）において行った。

いずれも化学肥料施用区を対照とし、牛ふんペレットの化学肥料代替率を10~20%、牛糞ペレットを40~60%、牛糞ペレットを30~50%と想定した。基肥の施用はいずれも全面全層とした。

また、栽培試験と同時に、栽培ほ場における各成型堆肥の無機化率を調査する目的で以下のとおり埋設試験を行った。使用する成分調整成型堆肥5gを栽培ほ場の土壌30gとよく混和し、不織布パックに充填し、同時に土壌のみを充填したものを対照として作成した。これらを共にアールスメロン、トマトならびにダイズ栽培ほ場の地表下5cmに埋設後、定期的に回収してNCアナライザーにより残存窒素を分析し、差し引き法にてペレット堆肥の無機化率の推移を算出した。

#### 1) アールスメロンへの施用試験

アールスメロンへに対する試験は1998年から2002年の期間に8作、熊本県農業研究センター農産園芸研究所のビニルハウスにて行った。作型は春夏作および秋冬作であり、試験区の構成および施肥量は第3表に従った。品種および耕種概要は第4表のとおりである。被覆資材として白黒Wポリマルチを用い、畦間は1.2m、株間は50cmとした。

#### 2) 夏秋トマト雨よけ栽培における施用試験

夏秋トマトに対する試験を熊本県農業研究センター農産園芸研究所および高原農業研究所のビニルハウスにて行った。品種は”桃太郎8”を用い、試験区の構成は第5表、耕種概要は第6表のとおりである。栽植密度は農産園芸研究所では畦間1.2m×株間0.5m、高原農業研究所では畦間2.0m×株間0.5m（2条植）で行った。被覆資材として白黒Wポリマルチを用いた。

第3表 アールスメロン栽培における試験区の構成

作型	試験区	想定化学肥料窒素代替率 %	成型堆肥 施用量 kg/a	施肥窒素量 kgN/a
春夏作	化学肥料	—	—	1.5
	牛ふんペレット	10~20	312.5~537.5	7.5~15.0
	牛糞ペレット	40~60	68.6~101.0	2.5~3.8
	牛糞ペレット	30~40	107.7~168.4	3.0~5.0
秋冬作	化学肥料	—	—	1.5
	牛ふんペレット	20	312.5~340.9	7.5
	牛糞ペレット	40~60	83.3~110.3	2.4~3.0
	牛糞ペレット	40~50	80.8~130.4	2.4~3.8

注1) 炭酸苦土石灰20kg/aを共通施用した。

注2) 化学肥料施用区はCDUS555号を用い、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ の施肥量はいずれも1.5kg/aである。

注3) ペレット堆肥区はいずれもペレット堆肥由来以外のN、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$ の施用を行わない。

注4) 牛ふんペレット区は1998、1999年のみ。

第4表 アールスメロン栽培における供試品種と耕種概要

年次	春夏作			秋冬作				
	品種名	播種日	定植日	収穫日	品種名	播種日	定植日	収穫日
1998		—			クレタ秋冬系	8月25日	9月10日	12月7日
1999	クレタ春系	3月22日	4月21日	7月8日	ベネチア秋冬Ⅱ	9月28日	10月24日	1月25日
2000		—			雅春秋系	8月4日	8月16日	11月2日
					雅春秋系・セイブ秋系*)	8月10日	8月21日	11月10日
2001	ベネチア夏Ⅰ	4月9日	5月5日	7月26日	雅秋冬系	8月8日	8月24日	11月12日
					セイブ秋冬系	8月22日	9月12日	12月3日
2002	セイブ夏Ⅱ	4月3日	5月2日	7月19日	雅春秋系	7月24日	8月9日	10月24日

注1) \*印の作はセル育苗(55穴)を行った。それ以外の作はポット(7号鉢φ10.5cm)に鉢上げし育苗した。  
 注2) 原則無加温栽培とし、1999年秋作のみ暖房機による最低気温15℃の加温を行った。

第5表 夏秋トマト雨よけ栽培における試験区の構成

試験場所	試験区	想定化学肥料 窒素代替率 %	成型堆肥 施用量 kg/a	施肥 窒素量 kg/a
農産園芸	化学肥料	100	—	2.7
	牛ふんペレット	20	475.0~520.8	12.5
	牛菜種ペレット	40~60	122.5~183.8	4.1~6.3
	牛鶏ペレット	30~40	180.0~237.1	6.3~8.3
高原農研	化学肥料	100	—	3.0
	牛ふんペレット	20	576.9~625.0	15.0
	牛菜種ペレット	50~60	147.1~176.4	5.0~6.0
	牛鶏ペレット	40~50	171.4~214.3	6.0~7.5

注1) 炭酸苦土石灰20kg/aを共通施用した。  
 注2) 農産園芸研究所における化学肥料施用区ではCDU化成S555および被覆燐硝安加里を用い、N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=2.7:2.5:2.7kg/aである。  
 注3) 高原農業研究所における化学肥料施用区では被覆尿素のリニア型40および120日溶出とシグモイド型100日タイプを含む全量基肥であり、N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=3.0:3.0:3.0kg/aである。  
 注4) ペレット堆肥区はいずれもペレット堆肥由来以外のN、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>Oの施用を行わない。

第6表 夏秋トマト雨よけ栽培の耕種概要

農産園芸研究所				高原農業研究所			
年次	播種日	定植日	収穫期間	年次	播種日	定植日	収穫期間
1998	5月6日	6月9日	7月17日~8月17日	2000	3月24日	5月24日	7月中旬~11月中旬
1999	3月30日	5月6日	6月下旬~8月中旬	2001	3月31日	5月31日	7月中旬~11月中旬
2000	3月28日	5月2日	6月下旬~8月上旬	2002	3月20日	6月5日	7月中旬~11月中旬

第7表 秋ダイズ栽培における試験区の構成

試験区	想定化学肥料 代替率 %	成型堆肥 施用量 kg/a	施肥 窒素量 kgN/a
化学肥料	100	—	0.3
牛ふんペレット	20	57.7~62.5	1.5
牛ふんペレット	10	115.4~125.0	3.0

注1) 化学肥料施用区は豆化成300号を用い、N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=0.3:1.0:1.0kg/aである。  
 注2) ペレット堆肥施用区ではペレット堆肥由来以外ではPおよびKは施用しない。

第8表 秋ダイズの播種日

年次	播種日
1998	7月8日
1999	7月6日
2000	7月5日
2001	7月5日
2002	7月4日

3) 秋ダイズへの施用試験

農業研究センター農産園芸研究所転換畑にて行い、品種は”キヨミドリ”および”フクユタカ”を用いた。栽植密度は畦間75cm、株間20cmの2本立てとした。試験区の構成は第7表、播種日は第8表のとおりである。中間管理として開花期までに中耕・培土を1～2回行った。収穫した2001年産の子実については九州沖縄農業研究センター大豆育種研究室において公定法による成分および加工特性の分析を行い、豆乳および豆腐の加工適性について検討した。

2 結果

1) アールスメロンへの施用試験

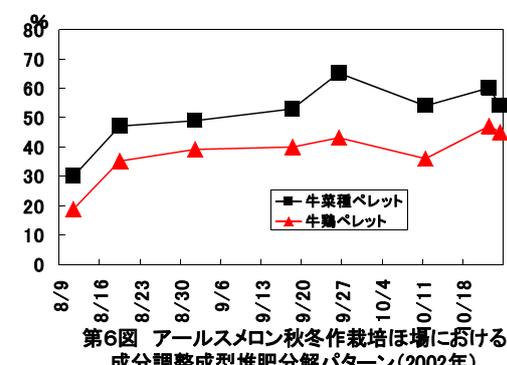
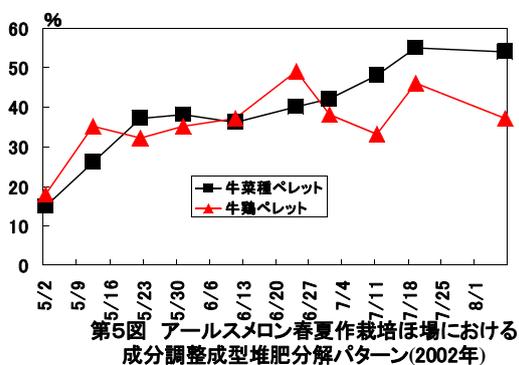
アールスメロン春夏作における各成型堆肥の埋設試験では、窒素分解率は牛菜種ペレットは50%程度、牛鶏ふんペレットで40%前後であった(第5図)。秋冬作ではいずれの成型堆肥も春夏作の分解率をやや上回っており(第6図)、これは地温が施用直後から高く推移するためと考えられる。化学肥料代替率は地温25℃を想定しており、地温の著しく異なる期間における代替率決定には注意を要すると思われる。これらの窒素分解率は、先に速度論的方法から求めた化学肥料代替率とほぼ一致すると考えられた。よって、堆肥を化学肥料として施用する場合の窒素代替率は室内インキュベート試験による無機

化特性値から推定することが可能であると言える。

アールスメロン春夏作の定植後4週間の生育は、草丈および葉数ともにいずれの成型堆肥でも慣行の化学肥料栽培と同等以上であり、十分な生育量を確保することができた。果実重は化学肥料栽培に比較して、牛ふんペレットは2%程度小さいが、牛菜種ペレットで8%、牛鶏ペレットで12%程度増大した。果実品質では、牛菜種ペレットではBrixで平均0.7、牛鶏ペレットでは0.3上昇した。ネット形成でも成型堆肥を施用した区が優る傾向が見られ、特に粗密の評価が高まった(第9表)。

アールスメロン秋冬作においても同様に定植後4週間の成型堆肥施用区の生育量は化学肥料栽培並みで、一果重は牛ふんペレットを除いて同等であった。果実糖度は牛ふんペレットで化学肥料よりも下がったものの、牛菜種ペレットではBrixで0.7、牛鶏ペレットで0.5上昇した(第9表)。また、2001年に育苗方式を通常のポット育苗とセル苗方式とで比較したところ、初期生育は同等に確保され、果実の収量や品質には差が生じなかった(第10表)。

本来メロンは栄養生長・生殖生長完全転換型の作物であり、施肥は基肥中心で収穫期には窒素を必要としない。試験を行った各作型の定植時期は春夏作で5月、秋冬作で8月であり、マルチ被覆下における地温は十分に高く、



第9表 アールスメロンの生育、収量および品質 (各年の平均)

作型	試験区	定植4週目		一果重 g	果実 糖度 Brix	果径			ネット形成	
		茎長 cm	葉数 /株			たて cm	よこ cm	比	粗密	盛上
春夏作	化学肥料	110	21.8	1688	13.3	16.7	14.9	1.12	3.3	3.2
	牛ふんペレット	(106)	(103)	(112)	13.3	16.8	14.5	1.16	3.5	3.0
	牛菜種ペレット	(103)	(102)	(109)	14.0	16.4	14.6	1.12	3.7	3.3
	牛鶏ペレット	(106)	(101)	(113)	13.6	16.5	14.8	1.11	3.5	3.4
秋冬作	化学肥料	105	20.0	1705	14.3	15.6	14.8	1.05	3.4	3.4
	牛ふんペレット	(97)	(95)	(90)	13.3	14.0	12.8	1.09	4.0	4.0
	牛菜種ペレット	(104)	(105)	(103)	15.0	15.9	15.0	1.06	3.5	3.7
	牛鶏ペレット	(99)	(103)	(102)	14.8	15.8	14.7	1.07	3.5	3.5

注1) 年次により実施していない試験区があるため、一部()内で指数として表した。  
 注2) 2000年は”雅春秋系”、2001年は”雅秋冬系”のポット育苗の値を用いた。  
 注3) ネット形成は粗密：粗1～密5、盛上：弱1～強5に指数化した。

第10表 アールスメロン秋冬作における育苗法の違いによる生育、収量および品質（2000年）

育苗法	試験区	定植4週目		一果重 g	果径		果実 糖度 Brix	ネット形成	
		茎長 cm	葉数 /株		たて cm	よこ cm		粗密	盛上
ポット育苗	化学肥料	83	18.6	1967	15.1	15.8	14.7	3.5	3.0
	牛菜種ペレット	87	20.1	2024	15.6	15.8	15.5	3.5	3.5
	牛鶏ペレット	93	20.2	1968	15.3	15.8	15.7	3.5	3.0
セル育苗	化学肥料	112	21.0	1973	14.9	15.2	14.8	4.0	4.0
	牛菜種ペレット	114	20.2	1817	15.5	15.0	15.4	4.0	4.0
	牛鶏ペレット	112	22.0	2040	16.5	15.4	15.7	4.5	3.5

注1) 品種は”雅春秋系”。  
注2) ネット形成は粗密：粗1～密5、盛上：弱1～強5に指数化した。

第11表 アールスメロンにおける窒素収支（1999年）

作型	試験区	堆肥	施用	易分解性	供給	吸収	N収支	土壌残存
		施用量 kg/a	N量 kg/a	N割合 %	N量 kg/a	N量 kg/a	kg/a	無機態N量 mg/100g
春夏作	化学肥料	—	1.50	—	1.50	1.88	-0.38	8.2
	牛ふんペレット	313	7.50	9.9	0.74	1.62	-0.88	19.0
	牛菜種ペレット	101	3.83	37.4	1.43	1.69	-0.26	4.9
	牛鶏ペレット	125	3.88	35.4	1.37	1.86	-0.49	9.4
秋冬作	化学肥料	—	1.50	—	1.50	2.06	-0.56	5.4
	牛ふんペレット	341	8.87	13.2	1.17	2.10	-0.93	7.7
	牛菜種ペレット	110	4.18	44.0	1.84	2.21	-0.37	4.5
	牛鶏ペレット	130	3.90	42.6	1.66	2.33	-0.67	6.3

注1) 無機化率：栽培期間中の速度論的に計算した窒素無機化率  
注2) 供給N量：施用N量×易分解性N割合

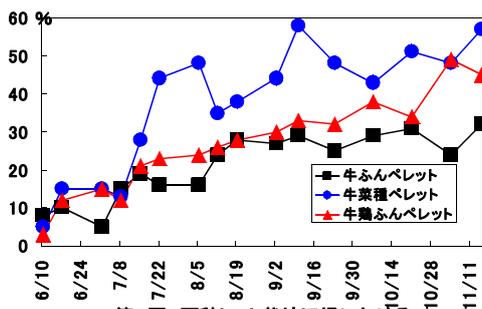
第12表 アールスメロン栽培跡地土壌の交換性カリウム含量（各年平均）

作型	試験区	交換性 K <sub>2</sub> O mg/100g
春夏作	化学肥料	83.7
	牛ふんペレット	458.0
	牛菜種ペレット	57.3
	牛鶏ペレット	102.7
秋冬作	化学肥料	103.0
	牛ふんペレット	267.0
	牛菜種ペレット	79.5
	牛鶏ペレット	95.5

菜種油粕や発酵鶏ふんで成分調整を行った成型堆肥の施用は生育初期からの十分な肥効が期待できる。これはアールスメロン栽培における窒素収支を算出したところ、成分調整を行った成型堆肥では各化学肥料区と比較しても遜色なく十分な窒素供給が行われることを示した結果によって支持される（第11表）。さらに、栽培跡地の土壌残存の窒素は少ない（第11表）ことから、成分調整したペレット堆肥の窒素供給パターンがメロンの養分要求のパターンよく合致したものと推測される。逆に成分調整を行わない牛ふん単独を原料としたペレットでは十分な生育量と一果重が得られなかったが、これは生育全体

の窒素収支が約-0.9kg/aで供給不足であること、残存の土壌窒素がやや多い（第11表）ことから、メロンの求める養分吸収パターンが得られないことが原因である。

栽培跡地の土壌養分を比較すると、牛ふんペレットでは交換性カリウムの含量が高まったが、牛菜種ペレットや牛鶏ペレットでは牛ふんペレットよりも低い傾向であり、特に牛菜種ペレットは化学肥料区よりも低かった（第12表）。牛ふん堆肥の利用が促進しない理由の1つに、成分として窒素に比べてカリウムが高すぎるということがあげられる。これは、施用量は窒素の化学肥料代替率を窒素を基に計算するため、窒素発現量の小さい牛ふん



第7図 夏秋トマト栽培ほ場における成分調整成型堆肥分解パターン(2002年)

第13表 農産園芸研究所における夏秋トマトの生育、収量および品質 (各年の平均)

試験区	4週目	収穫終了時		収量 kg/a	同左 指数	一果重 g	商品 果率 %	果実 糖度 Brix	尻腐果 発生率 %
	茎長 cm	茎長 cm	茎重 g/株						
化学肥料	101	156	343	617	(100)	170	83	5.6	28.5
牛ふんペレット	102	165	346	623	(101)	132	83	5.5	4.1
牛菜種ペレット	102	165	396	671	(109)	168	87	5.9	23.4
牛鶏ペレット	100	156	370	697	(113)	174	87	5.8	34.7

第14表 高原農業研究所における夏秋トマトの生育、収量および品質 (各年平均)

試験区	2週目	2週目	収量 kg/a	同左 指数	一果重 g	商品 果率 %
	茎長 cm	茎長 cm				
化学肥料	66	208	938	(100)	192	85
牛ふんペレット	66	224	914	(97)	191	82
牛菜種ペレット	69	217	978	(104)	194	88
牛鶏ペレット	70	219	962	(103)	186	85

第15表 トマト栽培における窒素収支 (1999年、農産園芸研究所)

試験区	堆肥 施用量 kg/a	施用 N量 kg/a	易分解性 N割合 %	供給 N量 kg/a	吸収 N量 kg/a	N収支 kg/a	土壌残存 無機態N量 mg/100g
標準施肥	—	2.50	—	2.50	2.65	-0.15	9.8
牛ふんペレット	521	12.48	14.2	1.53	2.10	-0.57	8.4
牛菜種ペレット	184	8.89	37.4	3.12	2.61	0.51	14.2
牛鶏ペレット	237	8.55	35.4	2.49	2.83	-0.34	7.5

注1) 無機化率：栽培期間中の速度論的に計算した窒素無機化率

注2) 供給N量：施用N量×易分解性N割合

注3) N収支：供給N量－吸収N量

第16表 トマト栽培跡地土壌の交換性カリウム含量 (各年平均)

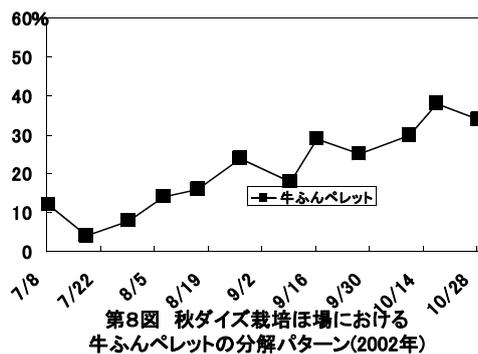
場所	試験区	交換性 K <sub>2</sub> O mg/100g
農産園芸研究所	化学肥料	122.3
	牛ふんペレット	450.7
	牛菜種ペレット	92.3
	牛鶏ペレット	102.7
高原農業研究所	化学肥料	54.0
	牛ふんペレット	197.0
	牛菜種ペレット	80.0
	牛鶏ペレット	120.3

は代替率を低く想定する必要があり、施用量を多くしなければならぬことに起因する。しかしながら、菜種油粕や発酵鶏ふんで成分調整した成型堆肥は窒素発現量が高まり、施用量は牛ふん単独のものよりも少なく済むことから過剰養分の蓄積は軽減できると考えられる。

2) 夏秋トマト雨よけ栽培における施用試験

(1) 農産園芸研究所

夏秋雨よけトマト栽培では、牛菜種ペレットでは窒素分解率の推移にバラツキが見られたが50%前後の窒素分解率、牛鶏ふんペレットでは40~50%、牛ふんペレットは30%程度と推察され (第7図)、速度論的方法から求



第17表 ダイズの生育ならびに収量構成 (各年の平均)

品種名	試験区	化学肥料代替率	開花期	成熟期	主茎長 cm	主茎節数	稔実 莢数 /m <sup>2</sup>	子実 重 kg/a	百粒 重 g	倒伏 程度 (0~5)
フクユタカ	化学肥料	—	8/17-18	10/24-11/8	71.3	15.8	704	29.6	28.3	2.1
	牛ふん	20	8/17-18	10/24-11/8	73.0	15.5	700	30.0	28.4	1.9
	牛ふん	10	8/17-18	10/24-11/8	75.4	16.0	624	28.7	27.3	1.3
キヨミドリ	化学肥料	—	8/10-16	10/18-11/4	58.0	13.9	543	27.5	30.2	0.6
	牛ふん	20	8/10-16	10/18-11/4	59.0	13.9	652	27.9	30.3	0.8
	牛ふん	10	8/10-16	10/18-11/4	60.3	14.1	607	24.7	27.0	0.8

第18表 ダイズ子実の内容成分と豆腐加工適性

品 種	処 理	粗蛋白質 %	粗脂 肪 %	吸水率 %	固形分 溶出率 %	豆乳 pH	豆乳 固形分 %	豆乳 収率 %	豆乳 比重	豆乳固形 分収率 %
キヨミドリ	標 準	39.5	20.8	144.9	0.450	6.49	9.7	80.7	1.021	47.2
	ペレット	39.3	20.8	143.9	0.459	6.49	9.7	80.6	1.021	47.1
フクユタカ	標 準	42.2	21.8	134.0	0.326	6.49	10.1	80.5	1.027	48.8
	ペレット	42.1	22.0	135.0	0.322	6.49	10.3	81.9	1.025	50.4

第19表 豆腐の品質

品 種	処 理	凝固剤	色 調			破断強度 g/cm <sup>2</sup>
			L	a	b	
キヨミドリ	標 準	GDL	88.0	-4.50	17.6	62.3
		CaSO <sub>4</sub>	88.1	-6.35	18.4	47.0
	ペレット	GDL	88.1	-4.51	17.6	62.8
		CaSO <sub>4</sub>	87.7	-6.41	18.3	46.0
フクユタカ	標 準	GDL	91.7	-2.40	12.0	103.5
		CaSO <sub>4</sub>	92.3	-2.61	12.3	72.8
	ペレット	GDL	91.8	-2.37	12.2	98.4
		CaSO <sub>4</sub>	91.8	-2.65	12.5	76.7

注) GDL : グルコノデルタラクトン

めた化学肥料代替率とほぼ一致すると考えられた。

成分調整堆肥を施した定植4週間後のトマトの茎長は化学肥料施用区と比較して同等で、収穫終了時の茎重は化学肥料施用区を上回った。化学肥料施用区と比較した果実収量は牛ふんペレットでは化学肥料と同等であるが、牛菜種ペレットでは平均9%、牛鶏ペレットでは13%増収した。一果重はどちらも170g程度と同様であり、果実数が収量の増加に寄与していた。果実品質では、商品果率が向上し、牛菜種ペレットを施用した区では尻腐

れ果の発生も寄与した。果実糖度は Brix で0.2~0.3増加した(第13表)。

トマトは栄養成長生殖成長並行型の作物であり、生育全般にわたる肥効が要求される。窒素収支の算出では、成分調整を行った成型堆肥では化学肥料並の窒素吸収量が得られ、窒素収支は高かったが、牛ふん単独の成型堆肥では窒素吸収量が少なかった(第15表)。このことから牛ふん堆肥に菜種油粕や発酵鶏ふんで成分調整を行うとトマトに十分な窒素供給を行うことができると考えら

第20表 ダイズ栽培における窒素収支 (1999年)

作 型	試験区	想定化学 肥料代替 率	堆 肥 施用量 kg/a	施 用 N 量 kg/a	易分解性 N割合 %	供給 N量 kg/a	吸収 N量 kg/a	N収支 kg/a	土壌残存 無機態N量 mg/100g
フクユタカ	化学肥料	—	—	0.30	—	0.30	3.57	-3.27	0.7
	牛ふんペレット	20	63	1.64	16.5	0.27	4.01	-3.74	0.9
	牛ふんペレット	10	125	3.28	16.5	0.54	4.13	-3.59	1.1
キヨミドリ	化学肥料	—	—	0.30	—	0.30	2.50	-2.20	0.9
	牛ふんペレット	20	63	1.64	16.5	0.27	2.95	-2.68	1.2
	牛ふんペレット	10	125	3.28	16.5	0.54	3.22	-2.68	1.1

注1) 無機化率：栽培期間中の速度論的に計算した窒素無機化率

注2) 供給N量：施用N量×易分解性N割合

注3) N収支：供給N量-吸収N量

第21表 ダイズ栽培跡地土壌の交換性  
カリウム含量 (各年平均)

場 所	試験区	化学肥 量代替 率 %	交換性 K <sub>2</sub> O mg/100g
フクユ タカ	化学肥料	—	53.4
	牛ふんペレット	20	71.2
	牛ふんペレット	10	69.3
キヨミ ドリ	化学肥料	—	57.4
	牛ふんペレット	20	63.4
	牛ふんペレット	10	72.3

れる。

跡地土壌では牛ふんペレットで化学肥料の4倍近い交換性カリウムの集積が見られたが、牛菜種ペレットおよび牛鶏ふんペレットでは化学肥料を下回った(第16表)。これはアールスメロンの場合と同様に牛ふん堆肥を成分調整することにより窒素肥効が高まり、成型堆肥の施用量が少なく済んだためである。

### (2) 高原農業研究所

成分調整堆肥を用いた区の定植後約4週間の草丈および収穫終了時の茎重は化学肥料と同等であった。果実収量は、化学肥料体系と比較して牛菜種ペレット区では4%、牛鶏ペレットでは3%の増収となった。これらの区の一果重や商品果率は化学肥料区よりも同等以上であった。牛ふん堆肥を施用した区は小玉果が多く、3%の低収となった(第13表)。

栽培跡地土壌では、成型堆肥を施用した区において交換性カリウムが増加する傾向が見られた。しかしながら、牛ふんペレットに比較して菜種油粕や発酵鶏ふんにより成分調整したペレット堆肥では、農産園芸研究所における試験結果と同様にその増加程度は低かった(第16表)。

なお、今回2ヶ所の研究所における栽培の作型は夏秋栽培であり、冬春栽培などの作型では地温が低いことによる肥効の不足が懸念されるため、今後の検討が必要である。

### 3) ダイズにおける施用試験

秋ダイズ栽培では、生育期間の牛ふんペレットの窒素はゆっくりと無機化するパターンで推移し、最終の窒素分解率はおおよそ30%程度であった(第8図)。

”フクユタカ”、”キヨミドリ”ともに、主茎長や主茎節数は化学肥料施用区と大きな差がなく、開花期や成熟期、倒伏程度も同様であった。収量は気象条件による年次変動は見られたが、化学肥料施用区、牛ふんペレット施用区の間で明瞭な差は見られなかった(第17表)。

収穫した子実の豆腐加工適性について検討したところ、”フクユタカ”と”キヨミドリ”の品種間の差はあるものの、牛ふんペレットで栽培した子実の粗タンパクや粗脂肪の含量は化学肥料栽培と同等で、豆乳固形分や豆乳収率にも差は認められなかった(第18表)。さらに出来上がった豆腐製品の色調や強度を調査したところ、凝固剤の種類を問わず化学肥料栽培と牛ふんペレット栽培と同様であった(第19表)。

窒素収支は化学肥料区と成型堆肥区で大差なく(第20表)、これはダイズがその窒素吸収の多くを根粒菌による窒素固定に依存しており、ダイズに対する成型堆肥の肥効は化学肥料に劣らないものと考えられる。

栽培跡地土壌の残存養分は、牛ふんペレットを施用した区において化学肥料よりも交換性カリウムがやや高まった(第21表)。

## IV まとめ

本試験により、牛ふんを主原料とした成型堆肥および成分調整成型堆肥についての窒素供給特性と、算出された窒素代替率に基づいて施用したアールスメロン、夏秋トマトおよびダイズに対する施肥技術と施用効果が明らかとなった。成分調整のなされていない牛ふん堆肥は窒素の肥効(特に生育初期)が悪く、さらにカリウムの蓄積を招きやすいという大きな欠点を抱えるが、成分調整が行われた牛ふん堆肥はいずれも窒素肥効を高め作物に合った供給により収量や品質を向上させ、なおかつ成分バランスの適正化を図ることでカリウム集積に対する改

善がなされている。このことは牛ふんを主原料とした成分調整成型堆肥の利活用に向けて非常に重要である。

地域基幹農業技術体系化促進研究の一環における福岡県や鹿児島県の試験では、成分調整成型堆肥のイチゴ、キャベツ、カンショ、カボチャに対する施用効果も明らかにされており<sup>3)</sup>、また熊本県内においても普及センター等による各種作物における施用試験も広がりを見せている。技術の普及のためには、ペレット製造マシンの導入と、生産、流通、散布作業の一連のシステム化や、成分調整の品質管理と施肥技術指導の体制を整える必要があるが、本報告がその中に有用な知見となり、家畜ふん堆肥の利活用が促進することを期待するものである。

## V 摘要

牛ふん堆肥を有効に利用する技術を確立するため、牛ふん堆肥を主原料に成分調整成型堆肥を製造し、窒素の化学肥料代替率に基づく施用が作物の生育、収量、品質および土壌環境に及ぼす影響について検討した。

1) 牛ふん堆肥に菜種油粕や発酵鶏ふんを用いて成分調整を行うことで、窒素無機化率の異なる成型堆肥を製造することが可能であり、これを作物に施用する場合の窒素の化学肥料代替率は室内インキュベート試験による速度論的解析により推定可能であった。

2) アールスメロン春夏作および秋冬作に牛ふん堆肥を菜種油粕あるいは発酵鶏ふんで成分調整した成型堆肥を

窒素の化学肥料代替率に基づいて全量基肥施用することにより、化学肥料栽培と比較して一果重は同等以上で、糖度は Brix0.5~0.7程度増加した。

3) 夏秋トマト雨よけ栽培において、牛ふん堆肥を菜種油粕あるいは発酵鶏ふんで成分調整した成型堆肥を窒素の化学肥料代替率に基づいて全量基肥施用することで、化学肥料栽培よりも増収し、商品果率および果実糖度はやや向上した。

4) 秋ダイズ栽培において牛ふん成型堆肥を窒素の化学肥料代替率に基づいて全量基肥施用すると、化学肥料栽培と同等の子実収量が得られ、豆腐加工適性も同等であった。

5) アールスメロンやトマト栽培において牛ふん単独の成型堆肥の施用で見られる交換性カリウムの過剰な集積は、牛ふんと菜種油粕や発酵鶏ふんの成分調整堆肥を用いることで、集積は軽減される。

## VI 引用文献

1) 原 正之：家畜ふん堆肥の成型技術と施肥技術の動向，農業技術 53(10), 36-40, 1998

2) 杉原 進・金野隆光：土壌中における有機態窒素無機化の反応速度論的解析法，農環研報 1, 127-166, 1986

3) 九州地域基幹研究成果 No. 7 暖地における耕畜連携による新規形質作物等の生産システム, 2003

## Application Effects of Compost Pellets Blended with Various Livestock Wastes and Organic fertilizer

Makoto Matsumori, Noriaki Gungikake, Kazuyoshi Nakagawara, Takahiro Hori and Hiromi Inoue

### Summary

Compost Pellets were manufactured by granulation and adjustment to nutrient by blended with rapeseed meal or fermented poultry manure in order to urge to recycle cattle feces compost produced much in Kumamoto prefecture. Blended compost Pellets estimated characteristic of fertilizer response by incubating examination and using kinetics mineralization analysis method, And influence to growth, yield, quality of fruit and crop, and chemical of soil by application compost pellets according to obtained nitrogen alterernative rate was examined.

In Earl's type melon cultivated in spring-summer or autumn-winter, applicated compost pellets blended with rapeseed meal or fermented poultry could increase one of fruit's weight and the degree of sugar in the fruit much more than application chemical fertilizer. In tomato rain-cover cultivated in summer-autumn, application same ingredient compost pellets increase the yield, the degree of sugar, and the rate of commercialization. In cultivation of soybean applicated compost pellets guranulation from only cattle feces, the grows, the yield, and the aptitude of tofu processing equivalent to chemical fertilizer were secured .

Superfluous accumulation of exchangeable potassium by application only cattle feces compost pellets was mitigated by application blended pellets.