

1．高肥料成分ペレット堆肥とは

本事業では、家畜排せつ物を原料とする堆肥や資材等を用いて、通常の堆肥に比べてリン酸及びカリ含量が高く、化学肥料代替効果の高い高肥料成分ペレット堆肥の調製技術を開発するとともに、高肥料成分ペレット堆肥の貯蔵条件と成分変動の関係に基づいた品質保全のための貯蔵指針及び調製利用マニュアルを作成することにしました。

ここでは、目標とした「乾物当たりリン酸 10%以上、カリ 5%以上」を達成したペレット堆肥を「高肥料成分ペレット堆肥」と定義しました。実際には、リン酸およびカリ含量の高い堆肥等を収集して成分分析を行い、目標を達成できる材料の組み合わせによりペレットを調製しました。引き続き、ペレット堆肥の貯蔵中の成分変動について検討するとともに、高肥料成分ペレット堆肥の調製技術と品質保全の貯蔵法を開発しました。以下、本文中では「高肥料成分ペレット堆肥」を単に「ペレット堆肥」と略称することにします。

2．高肥料成分ペレット堆肥の特徴・メリット

本事業はペレット堆肥という新しいタイプの堆肥の調製技術を開発し、その適切な貯蔵方法を明示するという特徴があります。ペレット堆肥は現在まで存在していませんでした。本技術は家畜ふん堆肥の加工技術の一つとして、堆肥センター等の生産者側への貴重な技術情報となるとともに、耕種農家側では堆肥の品質が保証されるため施肥設計を行いやすく、資源循環型農業の推進につながります。

ペレット堆肥の特徴・メリットを整理すると以下の点が挙げられます。

直径 5 mm、長さ 5～10mm のペレット状になっており、堆肥に比べて取り扱いやすさが向上しています。

肥料成分含量が高いので、散布量が少なくてすみます。

堆肥等の原材料を変えることで、肥料成分含量のコントロールが可能です。

肥料成分の肥効も高く、化学肥料代替効果も高いです。肥料要求度の高い作

物への利用も可能です。

耕種農家での利用に際して、手持ちの機械による散布が可能です。

適正に管理することで貯蔵性も高いです。

3 . 高肥料成分ペレット堆肥の調製法

通常の堆肥に比べてリン酸及びカリ含量が高く、化学肥料代替効果の高いペレット堆肥の調製技術を開発しました。その内容は、リン酸およびカリ含量の高い堆肥等を収集して成分分析を行い、「乾物当たり全リン酸 10%以上、カリ 5%以上」を達成できる組み合わせを見出すとともに、組合せが可能な材料によるペレット堆肥を調製したことです。

ペレット堆肥の調製へ向けた作業工程は、1) 堆肥等の原材料の入手、2) 乾燥、3) 粉碎、4) 混合調製、5) 成型(ペレット化)の5工程です。以下、各工程について、その具体的な方法等を述べます。

1) ペレット堆肥調製用原材料の入手方法

原材料堆肥のリン酸およびカリ含量が高いほど目標値を達成しやすくなります。リン酸およびカリ含量の高い堆肥をさがすためには、国や都道府県および市、堆肥センター、農協、団体、会社および個人等が発信している堆肥生産と供給に関する情報、例えばガイドブック、パンフレット、ホームページ等を利用するよいでしょう。それらの情報の中には、畜種、副資材、堆肥化方法、堆積日数、堆肥生産量、肥料成分値、販売価格(価格は問い合わせとなる場合も多い)等が記載されているので、肥料成分含量の高い材料が入手しやすいです。

リン酸およびカリ含量が高いと予想される堆肥としては、乳用牛堆肥および肉用牛堆肥では戻し堆肥処理方式を採用している堆肥、豚ふんおよび鶏ふん堆肥では密閉コンポ処理方式を採用している堆肥、採卵鶏及びブロイラーでは鶏ふん燃焼灰が挙げられます。試験のためにわれわれが全国の堆肥生産組織の中から収集した原材料の例を表1に示しました。収集した堆肥等の原材料は研究所の堆肥分析システムにて分析しました。

なお、堆肥の販売価格は様々で大きな開きがありますが、生産コストを下げ
るためには上記の情報を活用して、できるだけ近場の生産者から入手するとよ
いでしょう。

参考例として以下に、私どもが見つけたインターネットのホームページや入
手した情報を2～3紹介します。

- 1) 農水省関東農政局、関東ブロックたい肥需給リスト（平成 18 年 3 月）
<http://www.maff.go.jp/kanto/seisan/chikusan/list/pdf/list.pdf>
- 2) 農水省東海農政局、東海地域家畜ふん堆肥供給者等リスト（平成 24 年 10
月）<http://www.maff.go.jp/tokai/seisan/kankyo/taihilist.html>
- 3) 兵庫県堆肥マップ 平成 19 年度版（兵庫県農林水産部農林水産局畜産課）

表 1 収集した原材料堆肥の肥料成分分析結果

堆肥種類	生産者	現物水分	pH	EC	C	N	C/N比	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	備考
		%	H ₂ O	mS/cm	乾物%	乾物%		乾物%	乾物%	乾物%	乾物%	
乳用牛堆肥	NM牧場	49	9.5	5.9	39.6	2.7	14.5	2.6	5.0	4.0	2.0	戻し堆肥
	KC牧場	50	10.0	6.9	36.4	2.4	15.2	3.0	6.7	5.1	1.9	戻し堆肥
	HT牧場	32	10.0	10.9	34.4	2.1	16.1	3.0	8.3	5.3	2.0	戻し堆肥
	KT牧場	37	9.6	7.0	36.0	2.3	15.8	2.6	4.7	6.2	1.7	戻し堆肥
	Kセンター	43	9.3	8.9	-	2.6	-	3.0	5.2	3.6	1.7	戻し堆肥
肉用牛堆肥	KN牧場	69	9.1	5.9	44.9	1.5	26.8	1.6	3.5	1.5	0.9	オガクズ
	TH畜産	65	9.2	2.6	28.1	1.6	17.3	2.4	2.8	2.7	1.3	-
	T県堆肥プラント	61	8.2	5.3	41.7	1.6	26.3	4.8	2.9	2.2	1.4	-
	JA堆肥センター	46	7.7	9.9	37.6	2.4	15.6	4.5	4.7	2.9	1.9	オガクズ
豚ふん堆肥	H社	26	7.7	5.2	43.0	4.5	9.1	4.9	3.0	3.8	1.5	密閉コンボ
	T牧場	20	8.1	9.3	-	4.5	-	10.0	8.9	7.3	2.5	副資材なし
採卵鶏堆肥	T社	41	7.4	7.3	36.4	4.1	8.6	5.9	4.9	8.8	1.8	-
採卵鶏炭	M社	15	11.4	13.5	36.3	2.4	14.3	13.2	11.2	18.8	3.7	採卵鶏
鶏ふん焼却灰	O牧場	0.4	11.1	15.6	4.6	0.4	9.2	24.8	24.9	29.3	8.2	ブロイラー
	I社	0.2	12.1	24.1	4.8	0.1	48.2	12.3	10.9	44.8	3.7	採卵鶏
	NK社	-	-	-	-	-	-	20.0	18.0	28.0	6.0	採卵鶏

2) ペレット堆肥調製の考え方

表 1 に示しました堆肥等の原材料を対象に、ペレット堆肥調製の目標値とし
て掲げた「乾物当たりリン酸 10%以上、カリ 5%以上」をクリアできる組合せ
について検討しました。収集した堆肥等の範囲内では、採卵鶏炭や鶏ふん燃焼
灰（採卵鶏およびブロイラー）をメインとする組合せのみが目標値をクリアで
きる結果となりました（表 2）。

表2 目標値（リン酸 10%以上、カリ 5%以上）をクリアできる堆肥の組合せ検討結果

		豚ふん堆肥		採卵鶏堆肥	採卵鶏炭	鶏ふん燃焼灰	
		H社	T牧場	T社	M社	O社	I社
乳用牛堆肥	NM牧場	×	×	×			
	KC牧場	×	×	×			
	HT牧場	×	×	×			
	KT牧場	×	×	×			
	TKC産業	×	×	×			
肉用牛堆肥	KN牧場	×	×	×			
	TH畜産	×	×	×			
	T県堆肥プラント	×	×	×			
豚ふん堆肥	H社	-	-	×			
	T牧場	-	-	×			

: 目標値をクリアできる組合せ、 × : クリアできない組合せ

続いて、目標をクリアできる組合せの考え方、求め方について、堆肥2種類を例として述べます。A、B2種類の堆肥を用い、混合する堆肥の乾物重、リン酸とカリ含量を以下のように想定し、調製する混合堆肥を10kgとします。

	乾物重(kg)	リン酸含量(乾物%)	カリ含量(乾物%)
A堆肥	A	Pa	Ka
B堆肥	B	Pb	Kb

リン酸含量10%を目標とする場合、

$$A + B = 10 \quad A \times Pa + B \times Pb = 10 \times 0.1$$

カリ含量5%を目標とする場合

$$A + B = 10 \quad A \times Ka + B \times Kb = 10 \times 0.05$$

リン酸、カリのそれぞれの連立式からAとBについて解きます。

具体的な数値で計算例を示します。

A堆肥のリン酸含量を4.8%、カリ含量を2.9%、混合する堆肥乾物重をAkg、B堆肥のリン酸含量を13.2%、カリ含量を11.2%、混合する堆肥乾物重をBkgとしますと、

リン酸含量を目標とした場合：

$$A + B = 10 \quad B = 10 - A$$

$$0.048 \times A + 0.132 \times (10 - A) = 10 \times 0.1$$

これを解くと $A = 3.81\text{kg}$ $B = 6.19\text{kg}$ となります。

この乾物重割合で混合した時のリン酸含量は 10.0%、カリ含量は 8.0%
〔 $100 \times (3.81 \times 0.029 + 6.19 \times 0.112) / 10$ 〕と算出されます。

カリ含量を目標値とした場合

$$A + B = 10 \quad B = 10 - A$$

$$0.029 \times A + 0.112 \times (10 - A) = 10 \times 0.05$$

これを解くと $A = 7.47\text{kg}$ $B = 2.53\text{kg}$ となります。

この乾物重割合で混合した時のリン酸含量は 6.9%〔 $100 \times (7.47 \times 0.048 + 2.53 \times 0.132) / 10$ 〕、カリ含量は 5.0%と算出されます。

以上の考え方は 3 種類の堆肥を混合・調製する場合にも適用できます。

3) ペレット堆肥調製のための前処理

ペレット堆肥を調製するに当たって必要な前処理は、乾燥作業、粉砕作業、混合調製作業です。以下、当研究所で行っている作業について説明します。

(1) 乾燥作業

ペレット堆肥を調製するに当たって最初に行うのが乾燥です。乾燥は 50 に設定した大型の乾燥機を使用しました。50 の乾燥機で 3 ~ 4 日乾燥すると堆肥の水分率は 10 数%まで低下しました。もちろん開始時の堆肥水分によって仕上がり水分は異なりますが、10%以下になると粉砕時の粉塵がひどくなりますので、できれば 15 ~ 20%程度に止めるとよいでしょう。

ペレット堆肥の生産量が 1 日当たり 10 t 規模の施設の事例では、ロータリー攪拌式のハウスで水分 30%以下を目標としています。

(2) 粉砕作業

次に、堆肥水分が 10 数%程度まで低下した原材料を粉砕しますが、当研究所ではハンマークラッシャータイプ(小型)の粉砕機を使用しています。このタイプの粉砕機は 1 種類の堆肥材料を大量に粉砕するのに適しており、1 時間に 5 ~ 10kg の粉砕が可能です。堆肥の粉砕には 2mm 目のメッシュスクリーンを使用しています。本機種には 6 種類のメッシュスクリーン(0.3 ~ 6.0mm)が装備されており、目的に応じて選択が可能です。外観を写真 1 に示しました。



写真1 堆肥原材料の粉碎機

(3) 混合調製作業

続いて堆肥材料の混合作業です。当研究所ではモルタルミキサーの混合機を使用しております。その外観を写真2に示しました。ドラムの直径は80cm、容量は97リットルです。ドラム内に回転羽根が装着されており、その回転数は33rpmです。堆肥材料を混合しながらドラムのアップダウンが可能で、車が着いているので、移動・収納が容易にできる特徴があります。



写真2 堆肥材料の混合機

4) ペレット堆肥の調製法

堆肥材料の混合作業が終了したらペレット堆肥の成型作業に移ります。堆肥の成型方式には、水分含量の高い(30~50%)高水分用のエクストルーダー方式と、30%以下の中水分用のローラー・ディスクダイ方式、ローラー・リングダイ方式などがあります。ペレット堆肥の水分率を15%程度まで仕上げ乾燥するためには、中水分で成型でき、ダイスの交換や目詰まりが発生した場合の掃除が容易なローラー・ディスクダイ方式が有効とされています。ちなみに当研究所ではローラー・ディスクダイ方式の成型機(F社製)を使用しております。その概要を写真3に示しました。



写真3 高肥料成分ペレット堆肥の調製に供した成型機



ローラーとダイス部分

本事業では、次の2種類のペレット堆肥を調製しました。

(1) 豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃焼灰を組合せたペレット堆肥

(2) 豚ふん堆肥と肉用牛堆肥を組合せたペレット堆肥

以下、具体的な調製方法について説明します。

(1) 豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃焼灰の組合せによるペレット堆肥

目標値をクリアしたT牧場の豚ふん堆肥とI社の採卵鶏ふん焼却灰の組合せ事例です。豚ふん堆肥は乾燥後、上記の粉碎器で粉碎(2mm目篩いで篩別)したものの、鶏ふん燃焼灰は1mm目の篩いを通過したものを用いました。粉碎した豚ふん堆肥の乾物重10.0kg(水分率9.7%で現物重として11.1kg)に鶏ふん燃焼灰の乾物重12.2kg(水分率0.03%で現物重として12.2kg)を混合しました。混合比としては乾物重で豚ふん堆肥1:鶏ふん燃焼灰1.22(現物重で1:1.1)です。この混合物に水分率が19%となるように蒸留水4.2リットルを加え、混合しました。この混合物を成型機にかけてペレット堆肥を調製しました。生成量は1時間当たり39.9kgでした。できたペレット堆肥の形状は、直径が5mm、長さが5~10mmで、水分率は発熱で1%程度低下して18%となりました。調製されたペレット堆肥の肥料成分分析結果を表3に、ペレット性状を写真4に示しましたが、リン酸含量は10.9%、カリ含量は9.1%となりました。

(2) 豚ふん堆肥と肉用牛堆肥の組合せによるペレット堆肥

目標値をクリアした組合せ事例ではありませんが、水分率の高いペレット堆肥を調製し後述の貯蔵試験(劣化試験)に供試するために、先のT牧場の豚ふん堆肥とJA堆肥センター産の肉用牛堆肥の組合せによるペレット堆肥を調製しました。豚ふん堆肥は(1)のペレット堆肥と同様に、乾燥後上記の粉碎器で粉碎(2mm目の篩いで篩別)したものの、肉用牛堆肥も乾燥後粉碎したものを用いました。粉碎した豚ふん堆肥の乾物重10.55kg(水分率9.3%で現物重として11.63kg)に肉用牛堆肥の乾物重3.03kg(水分率5.9%で現物重として3.22kg)を混合しました。混合比としては乾物重で豚ふん堆肥3.48:肉用牛堆肥1(現物重で3.61:1)です。この混合物に水分率が32.5%程度となるように蒸留水5.4リットルを加え、混合しました。この混合物を成型機にかけてペレ

ット堆肥を調製しましたが、生成量は1時間当たり 39.6kg でした。調製されたペレット堆肥の形状は(1)のペレット堆肥と同様で、水分率は32.0%となりました。肥料成分分析結果を表3に、ペレット性状を写真4に示しましたが、リン酸含量は8.4%、カリ含量は6.2%でした。

表3 ペレット堆肥の肥料成分分析結果

項目	単位	豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃烧灰	豚ふん堆肥と肉用牛堆肥
現物水分	%	18.9	32.0
pH	H ₂ O	10.1	8.4
EC	mS/cm	15.1	10.3
C	乾物%	16.3	31.3
N	乾物%	1.81	3.52
C/N		9.0	8.7
P ₂ O ₅	乾物%	10.9	8.4
K ₂ O	乾物%	9.1	6.2
CaO	乾物%	27.5	8.4
MgO	乾物%	3.5	3.0
Zn	乾物ppm	1188	955
Cu	乾物ppm	240	319

注) ペレット堆肥の形状は、直径5mm、長さ5～10mm



写真4 調製したペレット堆肥の性状(左:豚ふん堆肥と採卵鶏ふん燃烧灰の組合せ、右:豚ふん堆肥と肉用牛堆肥の組合せ)