

短 報

モルタルミキサーを利用した牛ふん堆肥の
造粒技術の検討

長谷川輝明、杉本清美、細谷肇

千葉県畜産総合研究センター、千葉県八街市 289-1113

要 約 原料の2mm以下に篩分けした10kgの牛ふん堆肥とバインダー溶液(市販リグニン材と水の混合物)とをモルタルミキサーに投入して攪拌し、造粒状態を検討した。なお、比較基準は堆肥乾物重量に対する市販のリグニン材量(1.5~4.5%)、水使用量(25~50%)ならびに攪拌時間(60~180分)とした。その結果、水添加率が高いと造粒堆肥の粒度は大きくなる傾向にあった。また、造粒することで原料堆肥を40~50%にまで減容できた。風乾後の造粒堆肥の強度は0.40~0.65kg/cm²であり、ブロードキャスタを用いた機械散布では約80%が散布基点の両側2m以内に分布し、崩壊割合は約4%だった。

キーワード: モルタルミキサー, 造粒技術, 造粒堆肥, 牛ふん堆肥

受領: 17.01.2014. 受理: 07.02.2014.

日本畜産環境学会

緒 言

平成16年11月に「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が完全施行され、家畜ふん尿処理施設の整備が進んだことで、堆肥化処理も促進された。昨今の畜産経営の大規模化、地域的偏在により、生産された堆肥を地域内に還元する農地の確保は一層困難なものとなっている。

平成16年度に実施された家畜排せつ物たい肥の利用に関する意識・意向調査[3]では、耕種農家の9割が堆肥を利用したいと回答している。これには化学肥料の価格高騰や環境に優しい農業への関心が高まっていることにより、堆肥が期待されていることを示している。一方で、堆肥散布の労力負担、品質や肥効の不安定さが指摘され、利用増の支障となっている。この問題の1つの解決策として

運搬や散布がしやすい形態の堆肥作りが望まれ、その手法の1つに成型化、ペレット化を推奨する報告が多くみられる[2、6]。ペレット化に用いられる成型機のタイプには、低水分原料に適したディスクペレッター方式と高水分含量でも可能なエクストルーダー方式の2種類に大別される[2]。これらの成型機を用いた成型技術は確立されているものの設置費や維持管理費が高額である。また、ペレット化には堆肥の水分を25%以下に調整する必要があるため、作業の煩雑さからも畜産経営では十分に普及されていない。

一方、堆肥の簡易成型方法が検討されている。宮崎と大村は生豚ふんに生石灰を添加して飼料用攪拌機で攪拌することにより粒状にさせる技術を報告【5】している。伊藤と水川は鶏ふんと生ごみを混合させた堆肥を

原料に、脱臭廃液（硫酸アンモニウム）を添加して攪拌混合機で攪拌することで顆粒状の堆肥を製造している【4】。簡易な攪拌機を用いた成型方法は、コスト面や取り扱いやすさから畜産現場への導入が期待できる。

そこで、牛ふん堆肥を原料に、汎用品で取り扱いやすいバインダー（結着材）を選定し、農家でも容易に取り組むことが可能な攪拌機による造粒技術について検討した。

1 造粒技術の検討

供試堆肥は、千葉県内の酪農家より採取した牛ふん堆肥を用いた。この堆肥の水分は $31.8 \pm 1.3\%$ (平均 \pm SD) である。なお、造粒化の妨げとなる堆肥の塊や藁屑などの夾雑物は、2mm メッシュの篩で予め除去した。

造粒化には、既製の攪拌機（モルタルミキサーKMM3.5GT（写真1）、100L 容量、光洋機械産業株式会社）を用いた。原料堆肥 10kg を投入し、堆肥同士を結着させるバインダー溶液と混合させることで造粒化を図った。使用したバインダー溶液は、土壌や肥料などの結着およびコンクリートや塗料などの分散材の用途として市販されているリグニン材



写真1 試験に使用したモルタルミキサー

（リグノスーパーD、河野新素材開発株式会社）を水に溶解させたものである。このリグニン材は、パルプ工場から排出される廃液を

中和処理することで、副産物として回収される黄土色の粉末材である。主成分は植物の主要成分であるリグニンスルホン酸カルシウムで、土壌に還元されても環境汚染の心配はなく、安全である。堆肥成分消失後のリグニン成分は土壌の団粒化、保水力向上などに働き、土壌改良材としての付加価値も期待できる。さらに、リグニン材を材料に造粒した堆肥は、肥料取締法上、特殊肥料として扱うことができる。

試験として、投入した堆肥 10kg の乾物重量に対して、濃度の異なるバインダー溶液を作成した（表1）。試験①では水添加率を 35% に統一してリグニン添加率の 3 区分（1.5%、3.0%、4.5%）について造粒状態を調査した。試験②ではリグニン添加率を 3.0% に統一して水添加率の 3 区分（25%、35%、50%）について造粒状態を調査した。いずれの試験も攪拌時間は 60 分、120 分および 180 分の 3 処理で比較した。なお、リグニン添加率については、メーカーによるリグニンを用いた粒状肥料の作製方法（肥料に対して 1~5 重量% のリグニンに適量の水を加えて用いる）を参考に設定した。水添加率は予備試験において 50% 以上では塊化および一部スラリー化がみられたことから、50% を加水の上限とした。

表1 試験条件の設定

	リグニン添加率	水添加率	攪拌時間
試験①	1.5%、3.0%、4.5%	35%	60分、120分、180分
試験②	3.0%	25%、35%、50%	

製造した造粒堆肥は、105°C加熱乾燥法で水分を測定した後、JIS 標準篩（篩目は 1mm 未満、1-2mm、2-4mm、4-8mm、8-16mm および 16mm 以上の 6 段階）を用いて 10 分間篩い、その粒度分布を調査した。

2 堆肥成分の測定と方法

原料堆肥、リグニン材、造粒堆肥の pH、電気伝導率 (EC)、灰分、全窒素 (T-N)、無水リン酸 (P_2O_5)、酸化カリウム (K_2O)、酸化カルシウム (CaO)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ナトリウム (Na_2O) および塩素 (Cl) について測定した。pH は 1:10 水浸出液をガラス電極法 (HM-21P、東亜ディーケーケー株式会社)、EC は 1:10 水浸出液を電気伝導率計 (CM-14P、東亜電波工業株式会社)、Cl は 1:10 水浸出液を固定膜塩素イオン電極法 (CL-2Z、笠原理化工業株式会社) で測定した。灰分は強熱灰化法 (電気マッフル炉 KM-420、アドバンテック東洋株式会社)、T-N はケルダール法 (窒素分解装置 DS-20 およびケルダール蒸留装置ケルテック 1026、フォス・ジャパン株式会社)、 P_2O_5 はバナドモリブデン酸アンモニウム法 (分光光度計 CL-720、島津製作所) で測定した。 K_2O 、 CaO 、 MgO および Na_2O については原子吸光分光光度計 (AA-6600F、島津製作所) で測定した。

3 造粒堆肥の物理的特性の測定

(1) 減容率

原料堆肥および造粒堆肥の重量を 100mL 容量のビーカーを用いて実測し、それぞれのかさ比重から減容割合を算出した。測定には、リグニン添加率 3.0%、水添加率 35%、攪拌時間 120 分の条件で製造した造粒堆肥を使用した。

(2) 強度

プレッサー (圧力計 THP-1U (改良型)、株式会社三喜製作所) を使用して、造粒堆肥に圧力をかけた際の崩壊時の値を試験条件別に測定した。測定にあたり、リグニン添加率と強度の関係は、試験①の攪拌時間 120 分の条件で製造した造粒堆肥を使用した。同様に、水添加率と強度は試験②の攪拌時間 120 分、攪拌時間と強度に関しては、リグニン添加率

3.0%、水添加率 35%の条件で製造した造粒堆肥を使用した。

(3) 水中崩壊性

絶乾後の造粒堆肥を水中に沈め、2、5、8、24 および 32 時間後の乾物重量を測定し、その重量差から崩壊割合を算出した。測定には、リグニン添加率 3.0%、水添加率 35%、攪拌時間 120 分の条件で製造した粒度 4-8mm の造粒堆肥を使用した。

(4) 機械散布性

化学肥料用散布機 (ブロードキャスタ PS403 型 (写真 2)、VICON 社) を用いて、



写真 2 試験に使用したブロードキャスタ

粒度ごとに造粒堆肥の横方向散布特性について調査した。ブロードキャスタの設定は、回転数 1500rpm、開シャッター 31.5~42cm (10a あたりの散布量 30kg~60kg) とした。横方向散布特性は、ブロードキャスタの後方

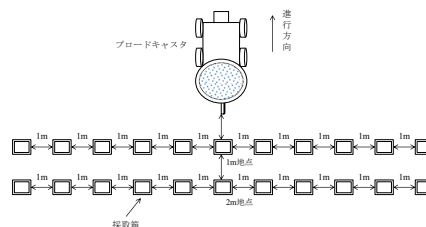


図 1 造粒堆肥の機械散布調査方法

距離 1m 地点と 2m 地点の横方向 (走行に対して直角方向) に、採取箱を 1m 間隔で 5m

簡易堆肥造粒技術

幅まで左右両側に並べ、各採取箱に落ちた造粒堆肥を回収して計量し、散布分布と崩壊割合を求めた(図1)。調査には、リグニン添加

率 3.0%、水添加率 35%、攪拌時間 120 分の条件で製造した粒度 1mm~16mm までの造粒堆肥を使用した。

表 2 造粒堆肥の肥料成分

供試材料	pH	(乾物当たり)								
		EC	粗灰分	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	Cl
		(mS/cm)	(%)							
原料堆肥	8.5	10.6	50.6	2.4	3.4	4.6	4.1	2.9	1.1	0.2
リグニン材	5.3	18.2	15.7	0.4	0.1	0.2	0.1	6.2	0.4	0.5
造粒堆肥 ^(注1)	8.7	10.7	48.5	2.6	3.5	4.1	4.7	3.1	1.2	0.4

注1)リグニン添加率3.0%、水添加率35%、攪拌時間180分の条件で製造

結果と考察

1 造粒技術

試験①のリグニン添加率3区分による造粒状態では、リグニン添加率が高くなると粒度 2-4mm の製造割合が増加する傾向にあった(攪拌時間 60 分、120 分) (図 2)。また、攪拌時間の経過に伴い、製造される造粒堆肥の粒度構成に変化が見られた。攪拌時間 60 分では粒度 1-2mm、120 分では 2-4mm、180 分では 2~8mm が多かったことから、攪拌時間が長いほど製造される粒度が大きくなる傾向にあった。なお、攪拌時間 180 分では

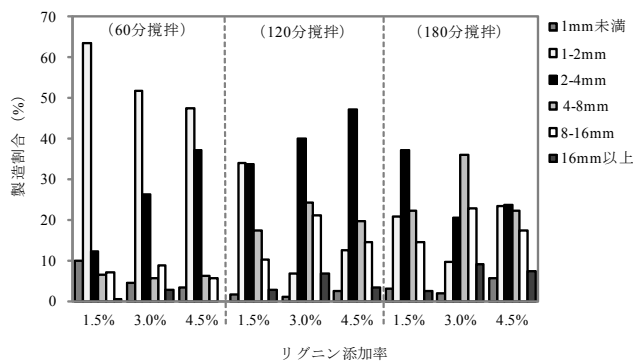


図 2 造粒堆肥の製造におけるリグニン添加率の影響

120 分と比べて、1mm 未満の微粉状の割合が 0.9~3.3%増加した。これは、攪拌によって乾燥が進み、粒形部分が削られたことが要因と考えられた。このことから、長時間の攪拌は、粒形状を崩壊させる恐れがあることが示唆された。

試験②の条件では、水添加率が高いと粒度は大きくなる傾向にあり、攪拌時間に関わらず各粒度の構成割合は類似していた(図 3)。そこで、各水添加率において製造割合が最も高かった粒度の範囲を算出(攪拌時間 60 分、120 分、180 分の平均値)したところ、水添加率 25%では 2mm 未満が 97.5±0.3%、水添加率 35%では 1mm~8mm が 73.7±9.0%、水添加率 50%では 8mm 以上が 89.4±6.7% だった。また、試験には同一の堆肥を使用した。試験期間中に乾燥が進み、原料堆肥の水分に若干差が生じた。水添加率 25% (添加量 1.69kg) の条件における原料堆肥の水分量は 3.23kg、水添加率 35% (添加量 2.40kg) では 3.15kg、水添加率 50% (添加量 3.46kg) では 3.08kg であった。仮に、原料堆肥の水分量を 3.23kg に統一して厳密に計算した場合、水添加率 35%では 33.9% 水添加率 50%では 47.8%に低下する。設定

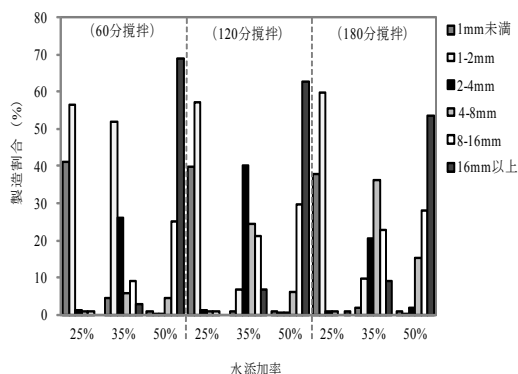


図3 造粒堆肥の製造における水添加率の影響

した水添加率をやや下回るが、水量が造粒化に及ぼす影響は確認できたと考えられる。

以上の結果から、造粒化の要因の一つとして、添加する水量の調整が重要であることが確認できた。また、今回の造粒手法では、製造される造粒堆肥の粒度径は幅広いことが示された。堆肥の施肥においては、均一な散布性も求められることから、なるべく粒度が揃う手法を確立させていく必要がある。

表3 造粒による堆肥の減容効果

供試材料	粒度	水分(%)	かさ比重		乾物1t当たりの製品容量	
			(g/100ml)	(m ³)	比率 ^(注1) (%)	
原料堆肥	—	30.8	45.9	3.15	100	
造粒堆肥	8-16mm	5.0	64.5	1.63	52	
	4-8mm	6.4	74.9	1.43	45	
	2-4mm	5.8	82.0	1.30	41	
	1-2mm	4.6	82.6	1.27	40	

注1)原料堆肥の容量を100とした場合の容積比

(2) 強度

造粒堆肥の強度を試験条件ごとに測定したところ、0.40~0.65kg/cm²の範囲であった(図4)。リグニンおよび水では添加率が高いほど、攪拌時間においては長いほど強度は強

2 造粒堆肥の肥料成分

原料堆肥の肥料成分濃度は、T-N : 2.4%、P₂O₅ : 3.4%、K₂O : 4.6%、CaO : 4.1%、MgO : 2.9%、Na₂O : 1.1%だった(表2)。それに対して、造粒堆肥ではT-N : 2.6%、P₂O₅ : 3.5%、K₂O : 4.1%、CaO : 4.7%、MgO : 3.1%、Na₂O : 1.2%であり、リグニン材を原料堆肥に数%程度添加しても、造粒堆肥の成分濃度にはあまり影響しないと考えられた。

3 造粒堆肥の物理的特性

(1) 減容率

堆肥を造粒することで、原料堆肥を40~52%にまで減容できた(表3)。とくに、粒度が小さいほど減容効果は大きく、4mm以下の粒度では約40%にまで減容が可能であった。これは、粒度が小さいほど1個当たりの容積も小さくなるため、空隙率の減少により効果が高まったと考えられた。造粒堆肥では、原料堆肥に比べて保管性や輸送面で有利なことが示された【1】。

くなることが示された。また、粒度が大きいほど強度は強くなる傾向にあった。成型堆肥は、広域流通や機械散布に耐えうる十分な強度が求められることから、これら取り扱いについても検討する必要がある。

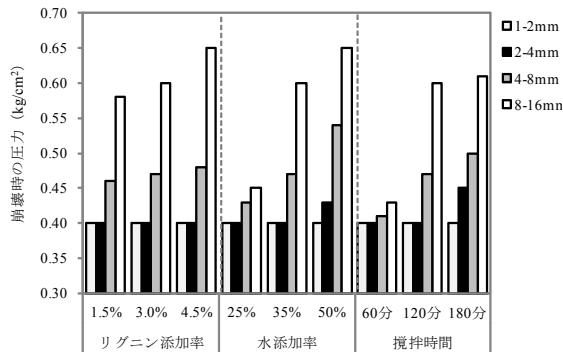


図4 造粒堆肥の強度

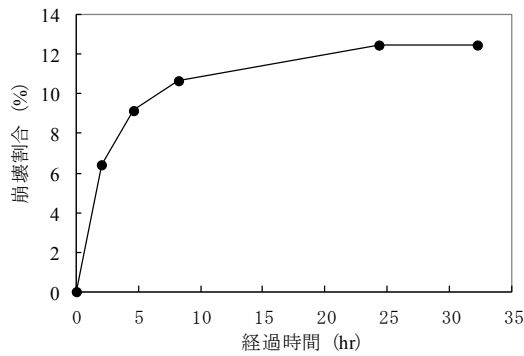


図5 造粒堆肥の水中崩壊性

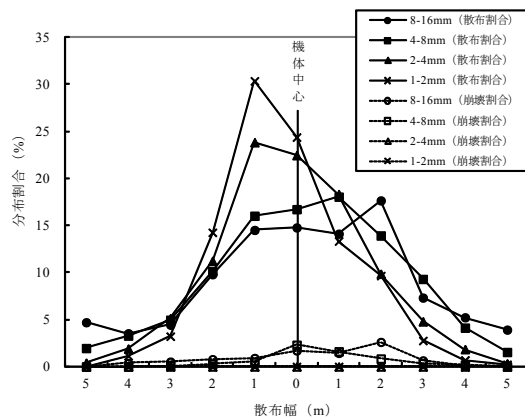


図6 ブロードキャスタによる造粒堆肥の横方向散布特性 (後方距離1m地点)

(3) 水中崩壊性

造粒堆肥を水に浸けた場合、徐々に崩壊し始め、開始8時間で崩壊割合は10.7%に達した(図5)。開始24時間後には12.5%にまで達したが、それ以降の崩壊割合にほとんど変化は見られなかった。

(4) 機械散布性

ブロードキャスタの後方距離1m地点の散布割合では、回収した造粒堆肥の80.8%が両側2m以内に分布した(図6)。各粒度とも機体中心から概ね左右対称に分布する傾向にあったが、同一粒度でも大きさにばらつきがあるため、散布に若干の偏りが生じたと考えられた。また、崩壊割合は粒度全体で3.9%であり、機械散布による影響は小さいことが示された。

ブロードキャスタの後方距離2m地点の散布割合では、1m地点の散布とは異なり、回収した造粒堆肥の85.2%が散布幅2~5mの範囲に分布した(図7)。

粒度2-4mmの造粒堆肥でやや左方向に偏りが見られたが、粒度の均一化と機械設定の調整により均一な散布に修正できると考えられた。崩壊割合は粒度全体で1.8%であり、機械散布は可能であることが示唆された。

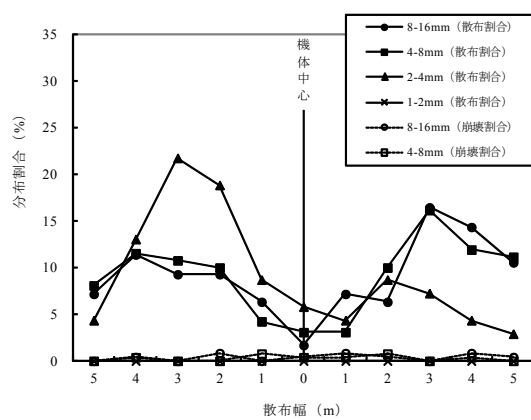


図7 ブロードキャスタによる造粒堆肥の横方向散布特性 (後方距離2m地点)

4 まとめ

今回検討した攪拌機を利用した牛ふん堆肥の造粒技術では、バインダー溶液を使用することで堆肥の造粒が可能となった。特に、造粒堆肥の粒の大きさは水添加量に影響されることを確認した。また、造粒堆肥はブロードキャストで散布可能であったことから、耕種農業でも利用の可能性を有する。さらには、原料堆肥の水分はペレット堆肥ほど調整する必要がないため、現場で容易に取り組むことが可能な技術と考えられた。ただし、この技術を実用化するためには、粒度の均一化や連続的に製造可能な手法を確立することが課題となる。また、バインダーになりうる低コストな資材を選定することも重要である。今後は、それら資材の検索と併せた造粒堆肥の連続的製造の技術検討が必要である。

文 献

- [1] 原正之(1999)成型家畜ふん堆肥 (ペレット堆肥):農業技術大系・畜産編:第8巻 追録 18号:14-19、農文協、東京.
- [2] 平成6~8年度地域重要新技術開発促進事業研究成果報告書(1998)家畜ふん尿堆肥の成型及びブレンドによる高付加価値化技術の確立:1-142.
- [3] 平成16年度農林水産情報交流ネットワーク事業(2004)家畜排せつ物たい肥の利用に関する意識・意向調査結果:農林水産省大臣官房情報課:1-8.
- [4] 伊藤元、水川誠(2002)堆肥化施設から発生する臭気の薬液脱臭とその廃液のリサイクル:関東東海北陸農業研究成果情報:1:4-5.
- [5] 宮崎成生、大村裕顕(1997)生石灰処理による豚ふんの粒状肥料化(第1報)製造方法及び製品の性質:栃木県農業試験場研究報告:46:19-28.
- [6] 武内徹郎、中西隆男(1999)ペレット化による堆肥の高付加価値化試験:徳島県畜産試験場研究報告:40:100-103.

Short communication

**Study on the granulation technique of cattle manure compost using
simple mortar mixer**

Teruaki HASEGAWA, Kiyomi SUGIMOTO and Hajime HOSOYA

Chiba Prefectural Livestock Research Center, Yachimata 289-1113, Japan

Ten kg of cattle manure compost which has passed through a 2mm mesh sieve as raw material and the binding agent (a mixture of commercially available lignin and water) were fed into the mortar mixer. The granulation condition of the compost was examined mixing those materials. The experimental conditions of the granulation technique against the dry weight of the compost were lignin volume (1.5~4.5%), water consumption (25~50%), and mixing time (60~180 minutes). The result was that the granularity of the compost tended to become bigger as the additional ratio of water became higher. The volume of compost which became granulated was compressed to 40~50%. The strength of the granulated compost determined by a hardness meter after air drying was 0.40~0.65kg/cm². Eighty % of the granulated compost which was dispersed by the fertilizer broadcaster was distributed to both sides within 2m of the dispersion spot. The collapse rate of granulated compost by dispersion was 4%.

Corresponding: Teruaki Hasegawa (e-mail : t.hsgw58@pref.chiba.lg.jp)