

エクストルーダによる家畜ふん堆肥の成型適性および成型能力

小山 太・高椋久次郎
(畜産研究所)

家畜ふん堆肥, 特に水分の高い牛ふん堆肥を成型する目的で, F社製一軸混練式エクストルーダ(22kW)を用いた成型を試み, 成型適性, 成型能力を調査した。その結果,

1. 水分47~51%のモミガラ入り乳牛ふん堆肥, モミガラ入り肉牛ふん堆肥, 副資材を含まない水分35%の豚ふん堆肥および水分42~43%の鶏ふん堆肥は成型できた。これにより, ハンドリングが向上し, 流通促進が期待できる。
2. 水分20~60%のオガクズ入り乳牛ふん堆肥は, 押し出し直後に膨らんで成型できなかった。
3. エクストルーダは, モミガラ入り乳牛ふん堆肥を最大546kg/hr, 副資材を含まない豚ふん堆肥を最大785kg/hr成型できた。400~500kg/hrの成型を1日4時間, 年間250日行えば, 年間400~500tの成型堆肥が生産できる。
4. 成型による容積の圧縮は, 副資材を含まない豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥ではほとんど認められないが, モミガラ入り乳牛ふん堆肥では成型前の80%まで圧縮した。これにより, 製品の保管施設面積が削減でき, 余剰施設に長期保管すれば季節による需要の変動にも対処できる。

[キーワード: 堆肥, 成型, エクストルーダ, 副資材, オガクズ, モミガラ]

The Applicability and Capability of the Extruder in Molding the Compost of Livestock Feces. KOYAMA Futoshi and Kyujirou TAKAMUKU (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull.Fukuoka Agric.Res.Cent.*22 :103-106 (2003)

The followings are the results of the trials to mold the compost of livestock feces into columned pellets using the 22 kW Extruder (made by F company:single screw type). Dairy cattle feces, especially the ones holding a high percentage of water, were examined for the applicability and the capability of the Extruder .

- 1) Not only the compost of pig feces holding 35% water without any bulking agents and of poultry feces holding 42-43% water, but also the compost of dairy cattle and beef cattle feces holding 47-51% water and containing rice hull were successfully molded. Therefore, by using the Extruder the handling of livestock feces would become much easier, which would enable swifter distribution and transportation of the feces.
- 2) The compost of dairy cattle feces holding 20-60% water and containing sawdust swelled up right after the extrusion, and these were not molded.
- 3) The Extruder's maximum molding amount was as follows.
 - In dairy cattle feces containing rice hull, 546 kg per hour.
 - In pig feces with no bulking agents, 785 kg per hour.
 If we assume that 400-500 kg of compost is molded in an hour, it would be possible to mold 400-500 tons of compost per year with 4 hours molding process per day for 250 days.
- 4) Almost no decrease in volume was observed in the compost of pig feces with no bulking agents and in the compost of poultry feces. However, the volume of the com-post of dairy feces containing rice hull decreased to 80% of its original volume by the molding process. Therefore, the storage space for the compost could be reduced, and a long time preservation in the surplus spaces would meet seasonally variable demands.

[Key words:compost, molding into columned pellets, Extruder, bulking agents sawdust, rice hull]

結 言

家畜ふん堆肥は, 耕種農家にとって地力の維持増進のため有効な資材である¹⁾⁰が, 重く, 容積が大きいなどハンドリングの悪さが問題である⁴⁾。その中で, ローラー方式による家畜ふん堆肥の成型化試験が全国の試験研究機関で試みられている^{6, 7, 3, 4)}。ローラー方式は堆肥をローラーや円盤状のプレートに押し当てて成型する。しかし, この方式で成型できる堆肥の水分は20~25%であり¹⁴⁾, これ以上高い水分の堆肥は成型できない。現在, 福岡県内の堆肥流通量で最も多いのは牛ふん堆肥で³⁾, 水分は50~70%の範囲である⁹⁾ことから, 水分の高い牛ふん堆肥をローラー方式で成型するためには25%程

度まで乾燥しなければならない。近年, 材料をスクリーで押し出して成型するエクストルーダ方式による豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の成型技術が報告されている^{11, 12)}。この方式では堆肥の水分が30~50%でも成型できることから, 牛ふん堆肥の成型も可能と考えられる。そこで, 本試験ではエクストルーダを用いて牛ふん堆肥, 豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の成型を試みた。

試験方法

1 エクストルーダの概要

本試験に使用したエクストルーダはF社製一軸混練式

(写真1)で定格能力22kW、押し出し部の回転速度は90rpmである。装置上部にホッパーと一軸混練スクリーナーがあり、押し出し部への堆肥供給量は、このスクリーナーの回転速度を、電流の周波数を変化させることにより調節できる(第1図)。試験に用いた押し出し部のプレートは、直径が211mm、厚さが25mm、押し出し部の穴の内径は10mmである(第2図)。

2 各種堆肥の成型適性調査

福岡県内の堆肥化施設で生産された家畜ふん堆肥を約20kgずつ採取した。オガクズを副資材とする乳牛ふん堆肥(オガクズ入り乳牛ふん堆肥)を3施設から、モミガラを副資材とする乳牛ふん堆肥(モミガラ入り乳牛ふん

堆肥)を3施設から、オガクズを副資材とする肉牛ふん堆肥(オガクズ入り肉牛ふん堆肥)を6施設から、モミガラを副資材とする肉牛ふん堆肥(モミガラ入り肉牛ふん堆肥)を1施設からそれぞれ1検体ずつ採材した。また、豚ふんのみ堆肥(豚ふん堆肥)を2施設から、オガクズを副資材とする豚ふん堆肥(オガクズ入り豚ふん堆肥)を1施設から、さらに、鶏ふんのみ堆肥(鶏ふん堆肥)を1施設から、木材チップを副資材とする鶏ふん堆肥(チップ入り鶏ふん堆肥)を1施設から、それぞれ1検体ずつ採材した。これらをエクストルーダに投入して、成型の可否を調査した。成型の可否は、押し出しが可能であるか、押し出し後に円柱形が維持できるかで判定した。各堆肥の水分は105°Cで48時間通風乾燥させ、減少した重量より求めた。

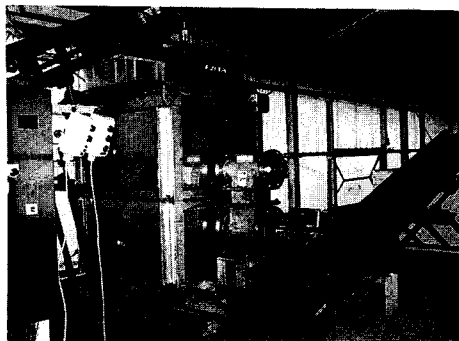
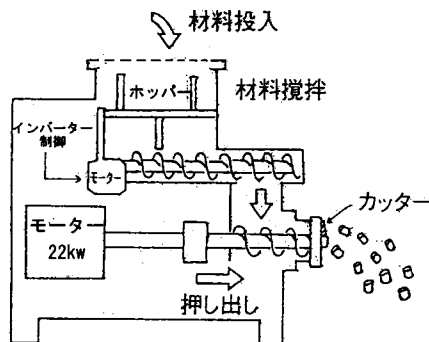
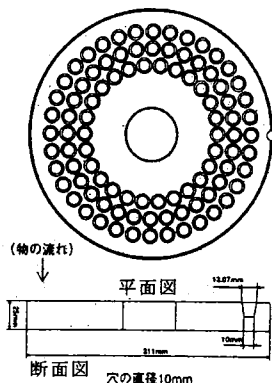


写真1 一軸混練式エクストルーダ (F社製 22kw)



第1図 エクストルーダの構造



第2図 押し出し部プレートの構造

3 副資材別、水分別牛ふん堆肥の成型適性調査

牛ふん堆肥の副資材別、水分別の成型適性を明らかにするため、オガクズ入り乳牛ふん堆肥とモミガラ入り乳牛ふん堆肥の2種類について水分20, 30, 40, 50, 60%を設定した。それらをエクストルーダに投入し、成型の可否を調査した。オガクズ入り乳牛ふん堆肥は、福岡県農業総合試験場内乳牛堆肥化施設で生産された堆肥を用い、モミガラ入り乳牛ふん堆肥は県内の堆肥化施設で生産された堆肥を用いた。

4 エクストルーダの成型能力調査

エクストルーダの成型能力を明らかにするために、県内の堆肥化施設で生産されたモミガラ入り乳牛ふん堆肥、場内の堆肥化施設で生産された豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の成型を行った。この際、電流周波数を変化させることで押し出し部へ送る堆肥の量を調節し、周波数別に1分間成型できる堆肥の重量を測定して、時間あたりの成型能力を比較検討した。

5 成型堆肥の容積調査

成型による堆肥の圧縮効果を明らかにするために、成型能力調査の材料を用いて一定容積当たりの重量を測定し、成型前後の重量あたりの容積を比較検討した。

結 果

1 各種堆肥の成型適性

乳牛ふん堆肥6検体のうち、オガクズ入りの3検体(水分66~72%)は、いずれも押し出し直後に堆肥が膨らみ、円柱形を維持できず、成型できなかった(第1表)。一方、モミガラ入りの3検体(水分47~51%)は、すべて成型することができた(写真2)。肉牛ふん堆肥7検体のうちオガクズ入りの6検体(水分52~72%)は、押し出し直後に膨らんで円柱形が維持できなかったが、モミガラ入りの1検体(水分51%)は成型できた。

副資材を含まない豚ふん堆肥2検体のうち、水分26%のものはプレート手前で目詰まりし、堆肥を押し出せなかったが、水分35%のものは成型できた。一方、オガクズ入り豚ふん堆肥1検体(水分66%)は、オガクズ入り

乳牛ふん堆肥および肉牛ふん堆肥と同様に押し出し直後に堆肥が膨らんで円柱形が維持できず、成型できなかった。

鶏ふん堆肥は副資材を含まない堆肥（水分43%）、チップを副資材として含む堆肥（水分42%）のいずれも成型することができた。

第1表 畜種別、副資材別家畜ふん堆肥のエクストルーダによる成型適性

畜種	副資材	検体数	水分 %	成型の可否
乳牛	オガクズ	3	65.8~71.5	×
乳牛	モミガラ	3	47.4~50.6	○
肉牛	オガクズ	6	52.2~71.5	×
肉牛	モミガラ	1	50.6	○
豚	なし	1	25.8	-
豚	なし	1	34.7	○
豚	オガクズ	1	65.9	×
鶏	なし	1	42.8	○
鶏	チップ	1	42.2	○

注) 1. ○：円柱形の形状維持ができる
 ×：円柱形の形状維持ができない
 -：押し出し不可
 2. インバータ周波数は20Hzに設定

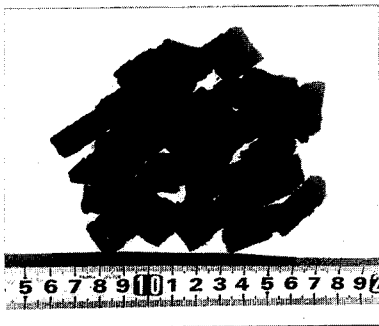


写真2 成型したモミガラ入り牛ふん堆肥

2 副資材別、水分別乳牛ふん堆肥の成型適性

場内の堆肥化施設で生産されたオガクズ入り乳牛ふん堆肥は設定した20~60%の全ての水分値において成型できなかった（第2表）。これは、県内の堆肥化施設で生産されたオガクズ入り乳牛ふん堆肥および肉牛ふん堆肥の結果と同様であり、押し出し直後に堆肥が膨らんで円柱形が全く維持できなかった。一方、モミガラ入り乳牛ふん堆肥は水分20%ではプレート手前で目詰まりし、押し出すことができなかったが、水分が30~50%の範囲では成型することができた。水分が60%の堆肥では成型後に崩壊し、円柱形を維持できなかった。

第2表 乳牛ふん堆肥の水分別成型適性

副資材	水分20%	30%	40%	50%	60%
オガクズ	×	×	×	×	×
粉碎モミガラ	-	○	○	○	×

注) 1. ○：円柱形の形状維持ができる
 ×：円柱形の形状維持ができない
 -：押し出し不可
 2. インバータ周波数は20Hzに設定

第3表 各畜種別堆肥を材料としたエクストルーダの成型能力

成型原料	原料水分 (%)	電流の周波数 (Hz)					
		10	15	20	25	30	35
モミガラ入り乳牛ふん堆肥	44.2	196	314	403	495	546	-
豚ふん堆肥	34.4	281	430	554	679	785	-
鶏ふん堆肥	34.9	216	340	424	-	-	-

注) 1. 数値は時間あたり成型重量 (kg/hr)
 2. 豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥は副資材を含まず
 3. -：押し出し不可

3 エクストルーダの成型能力

エクストルーダの材料供給スクリーウの電流周波数を変化させて堆肥を成型した結果、モミガラ入り乳牛ふん堆肥は周波数が30Hzの時に546kg/hrの成型能力を示した（第3表）。しかし、35Hzでは押し出し部への供給が過剰となって目詰まりし、押し出しができなかった。豚ふん堆肥は、乳牛ふん堆肥と同様に30Hzまで成型可能で、785kg/hrの成型能力を示した。一方、鶏ふん堆肥は、25Hzで目詰まりを生じ、20Hzで成型した時の成型能力は424kg/hrであった。

4 成型堆肥の容積

成型前後の1kgあたりの容積は、モミガラ入り乳牛ふん堆肥では2.15Lから1.67Lに減少し、約22%圧縮できたのに対し、豚ふん堆肥では容積の減少は認められなかった（第4表）。鶏ふん堆肥の容積はモミガラ入り乳牛ふん堆肥や豚ふん堆肥よりやや小さく成型後の容積の減少は僅かであった。

第4表 各畜種別堆肥の成型前後の容積

堆肥の種類	水分%	重量当たり容積 (L/kg)	
		成型前	成型後
モミガラ入り乳牛ふん	50.0	2.15	1.67
豚ふん	34.1	2.10	2.07
鶏ふん	27.2	1.90	1.81

注) 1. 豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥は副資材なし
 2. インバータ周波数は20Hz

考 察

エクストルーダを用いて各種堆肥の成型を試みた結果、モミガラ入り乳牛ふん堆肥とモミガラ入り肉牛ふん堆肥、副資材を含まない豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の成型が可能である。これまで、エクストルーダは豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の成型が可能で、その適性水分は38~40%であるが、牛ふん堆肥の成型はできないと報告¹⁾されている。今回の試験でモミガラ入り牛ふん堆肥が水分30~50%の範囲で成型可能であることが明らかになった。このことから、エクストルーダの導入により、高品質で需要の多いモミガラ入り乳牛ふん堆肥および肉牛ふん堆肥においても、付加価値を高め、より高価に流通させることが期待できる。ただし、低水分のモミガラ入り乳牛ふん堆肥および豚ふん堆肥はプレートの押し出し穴の目詰まりが原因で成型できなかったことから、成型を前提とする堆肥生産においては水分が30%以上になるように

調製する必要がある。一方、副資材にオガクズを用いた乳牛ふん堆肥、肉牛ふん堆肥および豚ふん堆肥は成型できなかつた。そこで、乳牛ふん堆肥を副資材別、水分別に供試して成型を試みたが、オガクズを副資材に用いた乳牛ふん堆肥は、いずれの水分でも押し出し直後に膨らんで円柱形を維持できなかつた。これは分解されていないオガクズが堆肥中に残り、押し出し後に膨らんで崩壊したことが理由として考えられる。オガクズは分解しにくく、内部に空気を保ち、押し出し時に圧縮された空気が押し出し後に拡がって形状も崩壊する。原ら¹¹⁾は、オガクズの混合割合が乾物重量比で0.4を越えると成型が困難になると報告している。今回の試験に用いたオガクズ入り乳牛ふん堆肥のオガクズ混入量は、聞き取り調査では現物重量比で10%以上であった。乳牛ふんの水分を85%、オガクズの水分を30%とすると乾物の重量比で0.47となり、このことが成型困難となった要因と考えられる。オガクズを副資材とする堆肥をエクストルーダで成型するためには、オガクズの混合割合を下げるとともに、オガクズが分解するまで熟度を高めるか、接着用成型助剤を添加する必要がある。伊藤ら⁵⁾は粘土、接着剤によるオガクズ入り豚ふん堆肥の成型化を行っている。本試験では、オガクズより分解しにくいチップを副資材とする鶏ふん堆肥が成型できたことから、鶏ふんはオガクズ入り牛ふん堆肥の成型助剤としての利用が期待できる。

堆肥の押し出し部への供給量を変化させてエクストルーダの成型能力を調査したところ、モミガラ入り乳牛ふん堆肥で最大546kg/hr、豚ふん堆肥で最大785kg/hrを示した。いずれも電流周波数は30Hzで、これ以上の周波数ではプレート手前のスクリュウ部に材料が滞留し、押し出しができなくなる。従って、堆肥の成型にエクストルーダを用いる場合は、畜種や製品水分の変動などに対応できるように押し出しスクリュウの回転を制御できるような機能を持たせる必要がある。そして、水分の変動や夾雑物の混入による突発的な目詰まりなどを考慮し、通常は20Hz程度で400~500kg/hrの成型能力で運転するのが適当と考える。モミガラ入り乳牛ふん堆肥を20Hzで1日に4時間ずつ年間250日成型すれば、年間400~500tの成型堆肥が生産できることから、今後、同規模のエクストルーダであれば年間500t以上の堆肥を生産している施設での導入が期待できる。

成型した堆肥の圧縮効果は、副資材を含まない豚ふん堆肥や鶏ふん堆肥では認められないが、モミガラ入り乳牛ふん堆肥においては成型前の約80%に減少する。ローラー方式では容積が成型前の40%以下に減少した報告¹²⁾があるが、エクストルーダではこのような大幅な容積の減少は期待できない。しかし、容積が80%に減少できれば製品堆肥の保管施設に余裕ができる。家畜ふん堆肥は季節による需要変動がある²⁾ため、保管施設に余裕があれば需要のない時期の保管が可能となる。ただし、成型堆肥の長期保管に当たってはカビの発生⁴⁾や肥料成分の

減少^{4, 7)}が危惧されることから、保管上の対策や形状維持に関する検討が必要である。

成型によって家畜ふん堆肥のハンドリングは向上し、肥料散布機による堆肥投入が可能となる^{1, 2)}が、牛ふん堆肥は加里含量が高く⁸⁾、鶏ふん堆肥は石灰含量が高い⁹⁾など肥料成分の偏りも問題点として残る。今後、堆肥の流通先として有望な施設園芸農家等での利用促進のためには、異畜種の混合などによって肥料成分を調整し、土壌改良効果と施肥効果がともに得られるような資材の開発を検討する必要がある。

引用文献

- 1) 中央畜産会編 (2000) : 堆肥化施設設計マニュアル. 東京. 43-45
- 2) 福岡県南筑後地域農業改良普及センター・八女地域農業改良普及センター編 (2000) : 筑後地域堆肥共励会. 福岡. 3-7
- 3) 福岡県農政部畜産課編 (2001) : 畜産環境保全の現状と対策31. 福岡. 65p
- 4) 岐阜県畜産試験場編 (1997) 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. 26-66
- 5) 井上雅美・照山芳樹 (1999) 高品質堆肥生産に関する研究 (第1報). 茨城畜試研報28 : 51-57
- 6) 伊藤 元・森 千江子・河瀬信雄・小原春彦 (1999) 堆肥のタイル状への成型について (成型助剤の効果). 岐阜畜試研報25 : 18-21
- 7) 加納正敏・豊島浩一・大橋秀一・増田達明・田中明・福留 豊・藤本栄一 (1997) 家畜ふんのブレンド及び成型技術. 愛知農総試研報29 : 299-304
- 8) 小山 太・高椋久次郎 (1999) 家畜ふん堆肥の成分的特徴 (第1報) 副資材と堆積場所の差違が乳牛および肉牛ふん堆肥の化学成分に及ぼす影響. 福岡農総試研報19 : 110-114
- 9) 小山 太・高椋久次郎 (2000) 家畜ふん堆肥の成分的特徴 (第2報) 鶏ふん堆肥, 豚ふん堆肥および牛ふん混合堆肥の化学成分. 福岡農総試研報20 : 97-100
- 10) 黒柳直彦・兼子 明・渡邊敏朗・藤田 彰・小田原孝治 (1996) 畑地における有機物の長期連用効果 (第1報) 作物収量と土壌化学性. 福岡農総試研報15 : 64-68
- 11) 農林水産省草地試験場編 (1995) 平成7年度家畜ふん尿処理利用研究会資料. 27-35
- 12) 農林水産省草地試験場編 (1997) 平成9年度家畜ふん尿処理利用研究会資料. 46-55
- 13) 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試験. 徳島畜試研報40 : 100-103
- 14) 豊島浩一・番場久雄・神谷昌宏・福留 豊・藤本栄一 (1997) ツインダイス式成型機における鶏ふん堆肥の成型適性. 愛知農総試研報29 : 335-342