

家畜ふん堆肥の成型が窒素無機化に及ぼす影響

荒木雅登*・山本富三・小山太¹⁾・満田幸恵

エクストルーダ方式で牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥を成型した場合の窒素無機化に及ぼす影響について検討した。原料の牛ふん堆肥の腐熟度にかかわらず、成型牛ふん堆肥の窒素無機化は進行せず有機化の方が盛んであった。また、径の大きさ別に5, 10, 20 mmで検討したが、いずれも見かけの窒素無機化は進行しなかった。このことから、牛ふん堆肥単品を成型化すると窒素肥効は期待できないことが明らかとなった。成型鶏ふん堆肥については、未成型のものと比較して、窒素無機化量は半減するものの化学肥料に代替する有機質肥料として期待できる。

[キーワード：成型，窒素無機化，牛ふん堆肥，鶏ふん堆肥]

Influence of Livestock Feces Compost Molding on Nitrogen Mineralization

ARAKI Masato, Tomizou YAMAMOTO, Futoshi KOYAMA and Yukie MIZDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 26: 31-34 (2007)

We studied the influence of using the extruder method to mold cattle and poultry manure into pellets on nitrogen (N) mineralization. The rate of N immobilization for the molded cattle manure was greater than that of N mineralization, irrespective of maturity. Additionally, we found that the diameter of the molded cattle manure had little effect on the progress of apparent N mineralization. This finding suggests that nitrogen fertilizer in the form of pellets, which are composed exclusively of molded cattle manure, cannot be expected to be effective. The molded poultry manure is considered usable as organic fertilizer; however, it is clear that molding reduces the amount of N mineralization by half.

[Keywords: cattle manure, molding into columned pellets, nitrogen mineralization, poultry manure]

緒 言

家畜ふん堆肥は、地力の維持増進効果とともに化学肥料の代替効果も期待でき、化学肥料のみに頼らない低投入持続型農業を推進する上で不可欠な資材である^{2, 13, 14, 16)}。しかし、堆肥を圃場に施用するに当たっては、容積が大きい、重いなどハンドリングの悪さの問題があり、農家が堆肥の投入を行う上での障害の一つとなっている。堆肥を使用する上で取扱い易くする手段の一つとして成型化が挙げられる。この成型に用いられる成型機のタイプとしては、低水分原料での成型に適したディスクペレッター方式と高水分原料でも成型可能なエクストルーダ方式の2種類に大別される。原ら⁶⁾、小山^{11, 12)}らは、原料となる堆肥の乾燥の負担の小さいエクストルーダ方式での成型化について検討しており、含水率30~50%のモミガラ入り牛ふん堆肥、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥であれば成型できると論じている。一方、ディスクペレッター方式については、豊島ら¹⁸⁾、薬師堂²⁰⁾が検討しており、含水率20~30%の家畜ふん堆肥であれば成型できると報告している。

堆肥を化学肥料の代替肥料として期待する場合、特に窒素成分については、有機態窒素が無機化するにしたがって肥効が発現するため、各堆肥固有の窒素無機化特性を明らかにすることが重要である。このことから、堆肥の窒素無機化に関する研究は、数多く行われている^{3, 8, 17)}。しかし、ハンドリング改善のための成型化が堆肥の窒素無機化に及ぼす影響について検討された事例は少ない。

山田ら²¹⁾はディスクペレッター方式であるツインダイス方式成型機で直径5 mmに成型した牛ふん堆肥、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥の窒素無機化について調査しており、原料の未成型堆肥と比較して、窒素無機化量が抑制されるとしている。しかし、窒素無機化についての調査方法が、培養した土壌と堆肥から随時、無機化した窒素を抽出し、その後も混合物の培養を継続する溶出法で行われているため、有機化を過小評価している可能性がある。また、松元¹⁵⁾は、同じディスクペレッター方式であるローラー・ディスクダイ方式について検討しており、牛ふん堆肥、鶏ふん堆肥いずれも直径3 mmおよび5 mmで成型すると窒素無機化が大きく抑制されることはなく、同様の窒素肥効を発現すると推察している。一方、エクストルーダ方式で成型された堆肥の窒素無機化特性については原ら^{5, 7)}が豚ふん堆肥を原料とした場合、成型時の水分条件を変えたときの違いについて、直径を5 mmとして検討している。しかし、その他の畜種については検討されておらず、また窒素無機化の調査が、降雨の影響により無機化した窒素が実験系から除外される圃場埋設試験および上記の溶出法といった有機化の影響を受けにくい方法で検討されている。

本報告では、検討事例の少ないエクストルーダ方式成型機での成型が堆肥の窒素無機化に及ぼす影響を、牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥を用いて、有機化の影響を評価できる静置培養法で検討した結果について取りまとめた。

試験方法

1 家畜ふん堆肥と堆肥の成型化

県内のT堆肥センターにおいて、副資材を粉碎モミガラとして堆肥化中の乳牛ふん堆肥を腐熟度別に採取した。

*連絡責任者（土壌・環境部）

1) 畜産環境部

センターに持ち込まれた直後の牛ふんを未熟、23日間の一次発酵終了後の中熟、一次発酵終了後さらに約5ヶ月間発酵槽で堆積されたものを完熟堆肥として用いた。

鶏ふん堆肥は、農業総合試験場内養鶏施設の鶏ふんをロータリー式攪拌施設で7~14日間処理したものを用いた。

堆肥の成型化は、1998~2000年に窒素無機化試験を実施する前に行った。堆肥の成型には、F社製一軸混練式エクストルーダを用い、小山ら^{11, 12)}の方法にしたがって成型、乾燥を行った。成型堆肥の直径は、牛ふん堆肥については、5mm, 10mmおよび20mmとした。また、鶏ふん堆肥については、5mm, 10mmとした。

未成型および成型堆肥について、含水率および窒素、リン酸、加里含量を測定した。窒素含量は、ケルダール分解後、セミマイクロ蒸留法にて定量した。リン酸含量については、乾式灰化後、希塩酸に溶解、ろ過後、バナドモリブデン酸アンモニウム法にて、加里含量は、炎光度法にて定量した。

2 窒素無機化試験

家畜ふん堆肥を200gの土壌(砂壤土)と混合して、ノイバウエルポットに入れ、畑状態で30°C、反復なしで静置培養した。土壌水分は最大容水量の60%とした。1ポット当たりの家畜ふん堆肥の量は、全窒素量で未成型堆肥を100mg、成型堆肥を140mgとした。一定期間培養した土壌と堆肥の混合物を経時的に取り出し、10%塩化カリウム水溶液で抽出を行い、ろ過後のろ液をブレンナー法¹⁾にて無機態窒素の定量を行った。窒素無機化率は、土壌と堆肥の混合物の窒素無機化量から土壌のみを培養した場合の窒素無機化量の差引量を堆肥の全窒素量で除し、100を乗ずることにより算出した。

結果

1 牛ふん堆肥の腐熟度と成型化

窒素無機化試験に用いた各腐熟度の未成型および成型牛ふん堆肥の3要素の成分含量について第1表に示した。また、牛ふん堆肥の未熟、中熟、完熟と腐熟度別に成型したものと未成型のもの窒素無機化率の推移を第1図に示した。

未成型堆肥の窒素無機化率は、腐熟度にかかわらず7~27日後において停滞したが、27日後以降は腐熟度によって異なった。すなわち未熟では、無機態窒素の有機化によって次第に窒素無機化率は低下した。中熟では、一旦、有機化が盛んになるものの、その後、見かけ上無

第1表 腐熟度別の成型¹⁾および未成型牛ふん堆肥の3要素含量²⁾

	含水率 (%)	窒素 (g kg ⁻¹)	リン酸 (g kg ⁻¹)	加里 (g kg ⁻¹)
未熟牛ふん 未成型	67.2	15.5	12.8	22.1
成型	11.3	14.8	12.5	22.9
中熟牛ふん 未成型	50.2	16.1	14.0	25.3
成型	14.5	15.9	14.2	26.3
完熟牛ふん 未成型	43.6	16.4	17.7	34.2
成型	17.8	16.2	18.1	34.5

1) 直径は10mm。

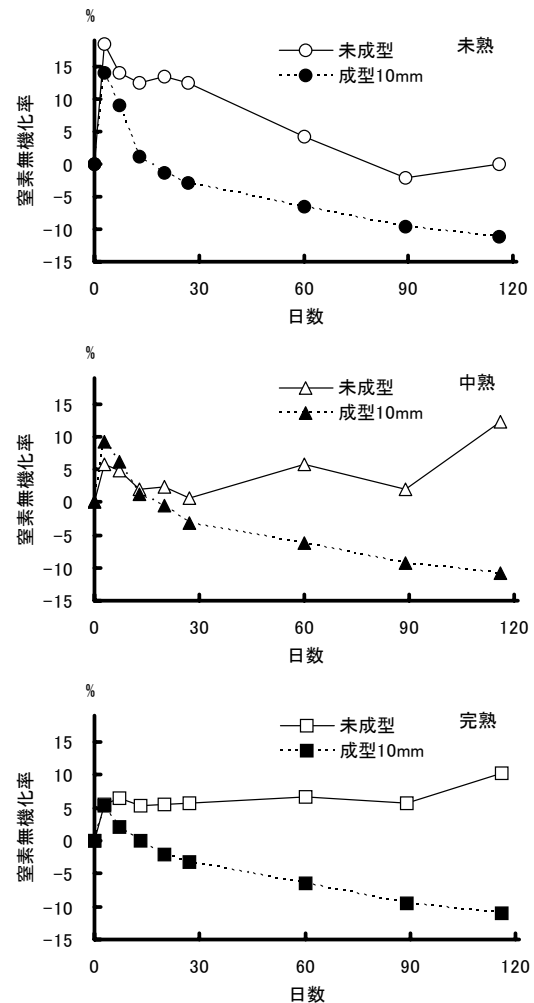
2) 乾物当たり。

機化に転じ、116日後における窒素無機化率は12%となった。完熟では、窒素無機化率は6%前後で停滞し、その後、89日後から116日後にかけて上昇した。

これに対して成型した堆肥では、原料の牛ふん堆肥の腐熟度によらず、窒素無機化率は同様の推移を示した。すなわち、培養開始3日後から27日後にかけて急激に低下し、さらにその後も漸減し、116日後には約-10%となった。

2 成型完熟牛ふん堆肥の径の大きさが窒素無機化に及ぼす影響

窒素無機化試験に用いた未成型および成型完熟牛ふん堆肥の3要素の成分含量について第2表に示した。また、成型の径の大きさ別に成型牛ふん堆肥の窒素無機化率の推移を第2図に示した。未成型の牛ふん堆肥の窒素無機化率は、培養期間を通じて上昇しており、培養181日後において6.9%となった。これに対して、成型堆肥では、径の大きさ5mm, 10mm, 20mmで比較すると窒素無機化のパターンに大差はなく、いずれも培養後から漸減し、培養期間を通じて窒素無機化率はマイナスの値を示した。培養181日後において、窒素無機化率は-4.6~-3.2%であった。

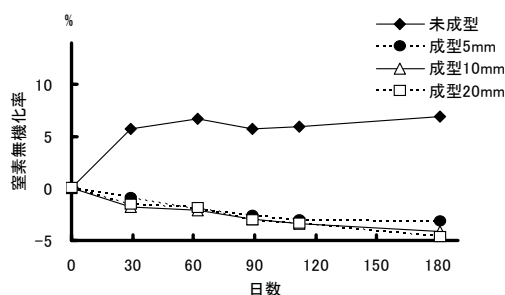


第1図 腐熟度別の成型および未成型牛ふん堆肥の窒素無機化率の推移

第2表 成型および未成型完熟牛ふん堆肥の3要素含量¹⁾

		含水率 (%)	窒素 (g kg ⁻¹)	リン酸 (g kg ⁻¹)	加里 (g kg ⁻¹)
牛ふん	未成型	43.9	16.8	18.9	32.8
	成型 5mm	17.7	16.3	18.6	29.3
	成型10mm	18.3	17.1	18.4	31.5
	成型20mm	20.0	17.0	18.5	31.1

1) 乾物当たり。



第2図 成型完熟牛ふん堆肥の径の大きさ別の窒素無機化率の推移

3 成型鶏ふん堆肥の径の大きさが窒素無機化に及ぼす影響

未成型および成型鶏ふん堆肥の3要素の成分含量について第3表に示した。また、成型の径の大きさ別に成型鶏ふん堆肥の窒素無機化率の推移を第3図に示した。未成型の鶏ふん堆肥の窒素無機化率は、培養開始30日以降徐々に上昇し、181日後に36%に達した。これに対して、成型した鶏ふん堆肥の窒素無機化率の上昇は、未成型堆肥に対してやや遅れたものの、緩やかに上昇した。径の大きさ5mmと10mmで比較すると著しい差は認められなかったものの、5mmの方が10mmに比べて、窒素無機化率はわずかに高く推移した。培養開始181日後において、窒素無機化率は5mmで17%、10mmで16%と未成型鶏ふん堆肥の半分に満たなかった。しかし、牛ふん堆肥とは異なり、窒素無機化率がマイナス値に転じることはなかった。

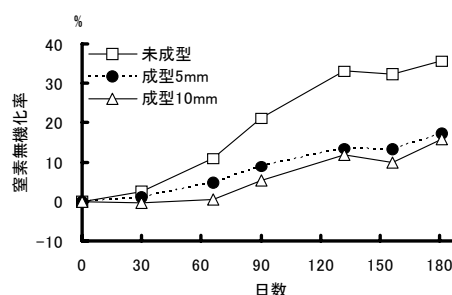
考 察

腐熟度の異なる牛ふん堆肥をエクストルーダ方式成型機で成型したところ、各腐熟度の成型堆肥とも、窒素無機化は進行せず、有機化が盛んになり徐々に窒素無機化率は低下し、約120日間の培養で窒素無機化率は約-10%となった。この現象は、山田ら²¹⁾が指摘しているように、成型堆肥の形状の崩壊が少なく、長期間維持されることから、成型堆肥内部が嫌気の状態となりやすいことと高アンモニア濃度となることによるpH上昇のために硝酸化成が抑制されること⁷⁾に起因するものと考えられる。完熟牛ふん堆肥を原料として、径の大きさを5mmから20mmの範囲で変えた成型堆肥の窒素無機化率も径の大きさにかかわらず、マイナスに転じた。このことから、この大きさの範囲で成型した牛ふん堆肥からの窒素肥効は期待できないことが明らかとなった。松元¹⁵⁾は成型牛ふん堆肥は未成型堆肥と比較して、窒素無機化の面で遜色な

第3表 成型および未成型鶏ふん堆肥の3要素含量¹⁾

		含水率 (%)	窒素 (g kg ⁻¹)	リン酸 (g kg ⁻¹)	加里 (g kg ⁻¹)
発酵鶏ふん	未成型	20.5	33.1	81.8	20.0
	成型 5mm	13.6	30.3	78.8	21.2
	成型10mm	16.1	31.2	79.5	21.0

1) 乾物当たり。



第3図 成型鶏ふん堆肥の径の大きさ別の窒素無機化率の推移

たと論じているが、これは検討した径の大きさが3mmまたは5mmと小さかったことから、原ら⁷⁾の指摘したような状態に比較的なりにくかったためと考えられた。一方で、径の大きさが同じ5mmでも、本試験の結果が松元の報告と異なっていたが、これはディスクペレッター方式の成型機を用いていることから、この成型機のタイプの違いによって、成型過程での熱の加わり方や、製品の乾燥処理の違いなどによって影響を受けていると考えられた。また、原ら⁵⁾は水分の異なる家畜ふん堆肥を原料として、エクストルーダ方式で成型された成型堆肥を8~12週間埋設したときの堆肥の窒素分解率は、原料堆肥の水分が低いほど高い、すなわち見かけ上窒素無機化が進行すると論じている。このことから、原料の適性水分がディスクペレッター方式とエクストルーダ方式で異なることも松元の報告と合致しない要因として考えられた。これらのことから、牛ふん堆肥のみを原料としてエクストルーダ方式成型機で成型した堆肥を化学肥料の代替肥料として用いることは、窒素無機化特性の面で実用性が低いと考えられた。一方、径の大きさが5~10mmの成型鶏ふん堆肥については、培養6ヶ月の間に、見かけ上無機化する窒素は未成型堆肥に比べて半減するものの、全体として有機化に転じることはなく、化学肥料に代替する肥効発現の緩やかな有機質肥料として期待できると考えられた。しかし、窒素無機化率が低いことから、作物を生産する上で投入する必要量が多くなり、リン酸、加里の過剰施用を招くという問題もある。

本試験においては、鶏ふん堆肥と窒素肥効発現が緩やかな牛ふん堆肥の各単品を原料として成型した堆肥を調査したが、原⁴⁾が指摘しているように成型にかかるコストが今後、成型技術の普及の妨げとなることが想定される。このことから、加納ら¹⁰⁾ら、原⁴⁾、井手ら⁹⁾、土屋ら¹⁹⁾、山田ら²¹⁾、王ら²²⁾が検討しているように堆肥に高付加価値を付与するために、異畜種ふん堆肥や菜種油

粕などの有機質肥料を混合して、肥料成分バランスや窒素無機化特性を調整することが必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 土壤養分測定法委員会編 (1970) 土壤養分分析法. 養賢堂. 東京. p197-200
- 2) 二見敬三・吉倉惇一郎・桑名建夫・青山喜典・入江和己・足立年一・相野公孝・宗林正・北川芳雄・堀本圭一・平田滋・吉本均・栗山雅夫 (1995) 有機質資材の多面的な特性と複合的施用技術. 土肥誌 **66**: 65-70.
- 3) 藤富慎一・末吉孝行・平野稔彦 (2005) 花岡岩質土壤における牛ふん堆肥連用が露地野菜畑の土壤の窒素無機化および窒素収支に及ぼす影響. 福岡農総試研報 **24**: 10-15.
- 4) 原正之 (2005) 豚ふんペレット堆肥の製造と肥効特性に関する研究. 三重農研特別報告 **8**: 1-71.
- 5) 原正之・古市幸生・小畑仁 (2004) 単軸エキストルーダーでの成型条件がペレット堆肥の肥効に与える影響. 土肥誌 **75**: 223-227.
- 6) 原正之・石川裕一・古市幸生 (2003) 単軸エキストルーダーを用いた豚ふんペレット堆肥の製造条件とハンドリング改善効果. 土肥誌 **74**: 1-7.
- 7) 原正之・石川裕一・小畑仁 (2003) 豚ふんペレット堆肥の畑土壤中における肥料成分の溶出特性. 土肥誌 **74**: 453-458.
- 8) 日置雅之・久野智香子・北村秀教・加藤保 (2001) 愛知県で生産される家畜ふん堆肥の窒素肥効特性. 愛知農総試研報 **33**: 245-250.
- 9) 井手治・山本富三・森山友幸・石坂晃 (2005) キャベツ栽培における成分調整成型堆肥の作型別施用方法. 福岡農総試研報 **24**: 53-58.
- 10) 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) 家畜ふん堆肥のブレンド及び成型技術. 愛知農総試研報 **29**: 299-304.
- 11) 小山太・福田憲和 (2004) 牛ふん堆肥の成分調整およびエキストルーダーによる成型化. 福岡農総試研報 **23**: 88-92.
- 12) 小山太・高椋久次郎 (2003) エクストルーダーによる家畜ふん堆肥の成型適性および成型能力. 福岡農総試研報 **22**: 103-106.
- 13) 黒柳直彦・藤田彰・小田原孝治・兼子明・渡邊敏朗 (1997) 畑地における有機物の長期連用効果 (第2報) 作物収量と土壤物理性. 福岡農総試研報 **16**: 63-66.
- 14) 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) 作物収量と土壤化学性. 福岡農総試研報 **15**: 64-68.
- 15) 松元順 (1999) 畜産集中地域における家畜ふん尿処理・利用の現状と展望. 土肥誌 **70**: 487-492.
- 16) 小田原孝治・藤田彰・黒柳直彦・酒井憲一・渡邊敏朗 (2002) 深耕と牛ふん堆肥施用がキャベツの収量及び養分吸収に及ぼす影響. 福岡農総試研報 **21**: 1-5.
- 17) 末吉孝行・藤富慎一・平野稔彦・荒木雅登 (2004) 福岡県内産豚ふん堆肥の成分特性およびリーフレタス栽培における施用方法. 福岡農総試研報 **23**: 42-47.
- 18) 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特性. 愛知農総試研報 **29**: 335-342.
- 19) 土屋一成・原嘉隆・草佳那子 (2003) パン用小麦「ニシノカオリ」に対する菜種油粕混合牛ふんペレット堆肥の施用効果. 九農研 **65**: 78.
- 20) 薬師堂謙一 (2000) 乳牛ふんの堆肥化方式と堆肥のペレット化. 九農研 **62**: 19-24.
- 21) 山田良三・日置雅之・関稔・早川岩夫 (2000) ブレンド堆肥および成型家畜ふん堆肥の露地野菜に対する肥料代替施用方法. 土肥誌 **71**: 710-713.
- 22) 王岩・山本克己・薬師堂謙一 (2001) ペレット堆肥からの窒素放出とハウレンソウ栽培への利用. 九農研 **63**: 69.