

牛ふん堆肥の成分調整およびエクストルーダによる成型化

小山 太*・福田憲和

牛ふん堆肥は肥料成分のバランスやハンドリングが悪いことから、不足する窒素を菜種油粕または尿素を混合することで補うとともに、エクストルーダを用いて成型化を試みた。

1. 水分45%, 全窒素1.8%, 加里4.8%の牛ふん堆肥に菜種油粕または尿素を混合した場合、これらの混合率を変えることにより窒素含量を2.5~6.0%に調整できる。
2. 菜種油粕を10~50%, また尿素を1~5%を混合した成分調整堆肥はエクストルーダによる成型が可能で、ハンドリングが向上する。また、成型時の圧縮により、その容積が25%以上減少し、保管施設の効率的利用が期待できる。
3. 成分調整堆肥を成型し、乾燥処理したものは水分20%前後で、尿素を5%混合した成分調整成型堆肥は成型、乾燥過程で窒素が22%消失したが、菜種油粕混合では窒素の消失はなく、30%混合した成分調整成型堆肥は窒素と加里含量がともに3%の有機質資材となる。
4. 成分調整成型堆肥の資材費は、10kg当たり257~305円、窒素含量から換算した窒素1kg当たり費用は791~1,805円であり、成分調整成型堆肥は10kg当たり500円程度で流通する資材となる。

[キーワード: 牛ふん堆肥, 尿素, 菜種油粕, 成分調整, エクストルーダ, 成型]

Cattle Manure Composts: Nitrogen Addition and Pelletizing by the Extruder. KOYAMA Futoshi and Norikazu FUKUDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 23:88-92 (2004)

Characteristics of cattle manure composts are imbalanced components cattle manure components and wrong handling. We tried to add meat from the canola seed oilresidue or urea into the manure composts to compensate for the lack of nitrogen. We also tried to pelletize it by the extruder.

1. Nitrogen content was adjusted to the range between 2.5 to 6.0% when various amount of canola residue or urea was added into the compost which contained water (45%), total nitrogen (1.8%) and potassium (4.8%).
2. The compost mixed with canola seed residue (10-50%) and urea (1-5%) could be pelletized by the extruder, and its handling was improved. Furthermore, the pelletization step reduced the volume of the compost by 25% or more, and was efficient for the storage.
3. Water content of pelletized and dried compost is about 20%. The nitrogen content of compost added with urea up to 5% reduced by 22% after pelletized and dried. When the compost was added with canola residue up to 30%, nitrogen content was not reduced, and the pelletized compost became a good organic material containing nitrogen (3%) and potassium (3%).
4. Material cost of the nitrogen additional-pelletized compost is 257-305 yen / 10 kg of pellet, and 791-1805 yen / kg of nitrogen. The market price of the nitrogen additional-pelletized compost will be about 500 yen / 10 kg.

[Keywords: cattle manure, urea, canola seed residue, nitrogen addition, extruder, pelletizing]

結 言

有機認証制度や減農薬, 減化学肥料栽培技術を使った農産物認証制度などの発足により、今後、有機質肥料の需要は高まると考えられる。この有機質肥料のひとつとして利用が期待される牛ふん堆肥は、ハンドリングが悪いことから、筆者ら⁷⁾はエクストルーダを用いて牛ふん堆肥の成型化を試み、水分30~50%のモミガラ入り牛ふん堆肥であれば成型できることを明らかにした。しかし、牛ふん堆肥を成型するだけでは成型に要する費用がかかり、高価となることから耕種農家には経済的に合わない資材となる。ハンドリングの向上だけでなく、別の付加価値を持つ資材に改良する必要がある。

牛ふん堆肥は加里含量が高く、農地への投入によって加里過剰障害などが懸念されるだけでなく、作物の栄養成長に欠かせない窒素含量が低い⁸⁾ことから、多くの耕種農家において肥料としてではなく土壌改良資材として利用されるにとどまっている。牛ふん堆肥中の窒素を加里成分と同等に調整することにより、肥料に近い資材と

なり、土壌の改良と同時に施肥も可能となる。武内ら⁸⁾は、牛ふん堆肥にプロイラーふんを混合することで成分を調整し、窒素含量を高めることを試みており、また、牛ふん堆肥に鶏ふん堆肥や豚ふん堆肥を混合して成分調整する方法⁵⁾もある。しかし、これらは混合により窒素だけでなく加里含量も高くなるうえ、混合する資材の窒素含量が5%以下と低いことから窒素を加里と同じ含量まで引き上げることができない。牛ふん堆肥の窒素を加里と同じ含量にするためには、窒素のみを高く含有している資材を混合する必要がある。現在、窒素資材として尿素と菜種油粕が普通肥料として一般に流通している。そこで本試験では、牛ふん堆肥の窒素含量のみを高めるためにこれらを混合し、成分調整を試みた。また、成分を調整した牛ふん堆肥のエクストルーダによる成型化は行われていないことから、これらのハンドリングを向上させるためエクストルーダによる成型化を試み、成分調整成型堆肥の製造を目指した。

試験方法

成型堆肥の原料となる牛ふん堆肥は、市販品(T町堆肥センター製品)を用いた。この堆肥は、乳牛ふん尿に

水分調整材の粉碎モミガラを容積比で1:1に混合後、攪拌式発酵槽で3週間堆肥化し、堆積槽に8カ月間堆積したものである。8カ月の堆積期間中は2回/月の切り返しを行っている。

供試堆肥10kgに対し、菜種油粕を1, 3, 5kgを混合する3水準、尿素を100, 300, 500gを混合する3水準を設定した。これらをプラスチックコンテナに入れて約10分間手で混合後、エクストルーダ型成型機（F社22kW）を用い成型した。押し出し部のプレートの直径は211mm、厚さ25mm、押し出し部の穴の内径10mm、スクリュウの回転速度は90rpmとした。成型後、ビニールシート上に成型品が重ならないように広げ、室内で3日間乾燥させ、3日目の日中のみ天日で乾燥させた。

菜種油粕を混合した成分調整堆肥、尿素を混合した成分調整堆肥およびそれらを成型、乾燥した成分調整成型堆肥を500gずつ採材し、水分、水素イオン濃度（以下pH）、電気伝導度（以下EC）、窒素含量、アンモニア態窒素含量、硝酸態窒素含量を調査した。原料である牛ふん堆肥と菜種油粕は、リン酸含量、加里含量、石灰含量、苦土含量、炭素含量を併せて測定した。水分は、105℃の乾燥器内で48時間通風乾燥後、減少した重量から求めた。pHおよびECは、現物10gにイオン交換水50mLを加えて、30分振とうし、pHメーター、ECメーターでそれぞれ測定した。窒素含量は現物試料2gをケルダール法で分解し、セミ・マイクロ蒸留法によって測定した。アンモニア態窒素および硝酸態窒素含量は現物5gに45mLの10%塩化カリウム水溶液を加えて30分振とうし、3000rpmで遠心分離した上澄液を供試し、ブレンナー法

によって測定した。牛ふん堆肥と菜種油粕を105℃で48時間通風乾燥後、0.5mm大に粉碎し、これを0.5g採取して過塩素酸と硝酸によって湿式灰化した。この灰化液を希釈し、リン酸含量をバナドモリブデン酸アンモニウム法によって、加里含量、石灰含量、苦土含量を原子吸光法によってそれぞれ測定した。炭素含量は、粉碎乾燥試料0.1gを供試して小坂・本田法¹⁾によって定量した。また、成型前後および乾燥後の各堆肥の重量当たり容積は3Lのポリビーカーに入れて重量を測定し求めた。

結 果

試験に用いた牛ふん堆肥、菜種油粕、尿素の各成分は第1表のとおりである。牛ふん堆肥は、水分45%、乾物当たり窒素含量1.80%、リン酸含量2.08%、加里含量4.82%であった。アンモニア態窒素および硝酸態窒素がほとんど検出されなかったことから、窒素成分はほぼ有機態窒素の形態で存在していると考えられた。加里含量が高く、pHとECが高い点は県内の牛ふん堆肥の特徴⁶⁾と一致した。炭素含量は27.3%で、C/N比は15.2であった。一方、菜種油粕は、水分が10.7%と低く、窒素含量、リン酸含量がそれぞれ6.93、2.88%と牛ふん堆肥より高く、加里含量、石灰含量、苦土含量は牛ふん堆肥より低かった。

これらの牛ふん堆肥と菜種油粕または尿素を混合した成分調整堆肥の成分を第2表に示した。菜種油粕の混合割合が高くなるに従って成分調整堆肥の水分、pH、ECは低くなり、窒素含量、炭素含量は高くなった。菜種油粕を10, 30, 50%混合した成分調整堆肥の乾物当たり

第1表 成分調整堆肥用資材の理化学性

資 材 名	水 分 %	p H	E C mS/cm	T-N %	NH ₄ -N %	NO ₃ -N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	T-C %	C/N比
牛ふん堆肥	45.1	9.22	7.19	1.80	0.004	0.012	2.08	4.82	3.30	1.16	27.3	15.2
菜 種 油 粕	10.7	5.93	3.68	6.93	0.014	0.002	2.88	1.69	0.83	1.05	44.0	6.3
尿 素	—	—	—	46.7	—	—	—	—	—	—	20.0	0.4

注) 1. 水分は現物当たり重量%, その他は乾物当たり重量%

2. pH: 水素イオン濃度, EC: 電気伝導度, T-N: 窒素, NH₄-N: アンモニア態窒素, NO₃-N: 硝酸態窒素
P₂O₅: リン酸, K₂O: 加里, CaO: 石灰, MgO: 苦土, T-C: 炭素

第2表 成分調整堆肥の理化学性

混合割合	水 分 %	p H	E C mS/cm	T-N %	推定T-N %	NH ₄ -N %	NO ₃ -N %	T-C %	C/N比
菜種油粕									
10%	41.4	8.73	7.33	2.53	2.49	0.005	0.002	29.1	11.5
30%	36.9	8.17	7.01	3.52	3.46	0.035	0.002	32.5	9.2
50%	33.0	7.80	6.61	4.13	4.03	0.030	0.001	34.2	8.3
尿 素									
1%	44.1	9.36	6.86	2.64	2.58	0.025	0.003	26.9	10.2
3%	43.7	9.42	6.63	4.10	4.12	0.035	0.004	26.9	6.6
5%	43.5	9.42	6.71	6.02	5.60	0.048	0.002	26.9	4.5

注) 1. 水分は現物当たり重量%, その他は乾物当たり重量%

2. 推定T-Nは各資材のT-N(%)と混合割合より算出した試算値

3. 尿素のT-Nは混合割合より算出した推定値

第3表 成分調整堆肥の成型の可否と成型前後の容積

堆肥の種類	成型可否	重量当たり容積 (L/kg)	
		成型前	成型後
牛ふん堆肥	可	2.37	1.58 (33.3)
油粕10%混合	可	2.19	1.58 (27.9)
油粕30%混合	可	2.17	1.58 (27.2)
油粕50%混合	可	2.19	1.61 (26.5)
尿素1%混合	可	2.34	1.54 (34.2)
尿素3%混合	可	2.24	1.55 (30.8)
尿素5%混合	可	2.26	1.55 (31.4)

注) 1. 油粕: 菜種油 (重量当たり容積 1.61L/kg)

2. () 内は容積の減少率 (%)

窒素含量は、それぞれ2.53, 3.52, 4.13%であった。混合後に実測した窒素含量は、混合前の成分値から試算した窒素含量とほぼ一致した。また、尿素を1, 3, 5%混合した成分調整堆肥の窒素含量は、それぞれ2.64, 4.10, 6.02%であったが、水分, pH, EC, 炭素含量は牛ふん堆肥と同等であった。尿素を5%混合した成分調整堆肥の窒素含量は試算値よりやや高くなったが、1%および3%混合した堆肥の窒素含量の実測値は試算値とほぼ一致した。尿素的の混合により、炭素含量が変わらず、窒素含量が高くなったことからC/N比は低くなった。

各成分調整成型堆肥の成型の可否と容積の変化を第3表に示した。菜種油粕または尿素を混合した成分調整堆肥をエクストルーダに投入し、成型化を試みたところ、いずれも円柱形に成型できた。牛ふん堆肥の成型前の1kg当たり容積は2.37Lであったが、成型後1.58Lとなり、容積が33%減少した。1kg当たり容積1.61Lの菜種油粕を混合した成分調整成型堆肥の1kg当たり容積は、2.17~2.19Lで牛ふん堆肥に比べやや小さくなるが、成型後は牛ふん堆肥の成型物と同程度の容積となり、各成分調整堆肥の容積減少は26.5~34.2%であった。

菜種油粕, 尿素で成分を調整し、エクストルーダによって成型後、乾燥させた成分調整成型堆肥の成分を第4表に示した。水分は17.5~23.5%, 1kg当たり容積は1.63~1.79Lであった。pHは菜種油粕を混合することにより低くなり、尿素を混合することにより高くなった。菜種油粕または尿素混合割合が増加するに従って

ずれも窒素含量は高くなった。リン酸, 加里などの無機塩類含量は、材料の牛ふん堆肥と菜種油粕の成分含量およびそれらの混合割合から算出したが、菜種油粕を混合するとリン酸含量は高くなり、加里含量, 石灰含量, 苦土含量は低くなった。特に加里含量は30%混合で窒素含量とほぼ同じ3.78%, 50%混合で窒素含量より低い3.38%となった。尿素は混合割合が低いことから、混合後の無機塩類含量の変化は認められなかった。また、尿素を5%混合した成分調整堆肥の窒素含量は4.7%で、成型直後の窒素含量から22%減少した。一方、菜種油粕を混合した成分調整成型堆肥は、成分調整後に対する窒素成分の変化は認められなかった。

成分調整するための資材費および成型に要した費用を試算し、第5表に示した。10kg当たり200円の牛ふん堆肥に菜種油粕または尿素を混合することで10kg当たりの資材費は203~251円に上昇した。各成分調整堆肥に含まれる窒素1kg当たりに換算すると、牛ふん堆肥の2,020円に対し成分調整堆肥は窒素含量が高いことから632~1,441円に下がった。これらをエクストルーダで成型する費用(減価償却費, 電気代, 労賃)は10kg当たり54円であることから、成分調整成型堆肥を製造するための費用は257~305円となった。また、窒素1kg当たりの費用は、菜種油粕または尿素を混合するに従い低下し、菜種油粕混合堆肥は1,103~1,805円, 尿素混合堆肥は791~1,742円となった。

考 察

牛ふん堆肥の窒素成分を高めるために、菜種油粕10~50%混合すると窒素2.5~4.1%に、尿素1~5%混合すると窒素2.6~6.0%にそれぞれ成分調整できることが明らかになった。山田ら⁹⁾は、牛ふん堆肥に鶏ふん, 豚ふん堆肥を混合して成分調整堆肥とし、露地野菜への施用試験を行っているが、加里含量に比べ窒素含量が低いことから不足する窒素を化成肥料を施用することで補っている。現在、多くの作物の施肥基準では施用すべき窒素と加里の量が同じ^{3), 4)}であることから、窒素と加里が同じ含量の堆肥が望ましく、肥料として利用しやすくなる。今回の試験では、窒素含量の高い菜種油粕を30%混合すれば窒素含量と加里含量をほぼ同じ値にすることができた。また、尿素を3%混合すれば窒素含量は加里含量の

第4表 乾燥処理後の成分調整成型堆肥の理化学性

堆肥の種類	水分 %	容積 L/kg	pH	EC mS/cm	T-N %	NH ₄ -N %	NO ₃ -N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	T-C %
牛ふん堆肥	23.1	1.67	8.93	8.07	1.95	0.019	0.002	2.08	4.82	3.30	1.16	27.3
油粕10%混合	23.2	1.65	8.76	8.61	2.70	0.023	0.001	2.17	4.34	2.98	1.13	29.3
油粕30%混合	20.2	1.63	8.32	7.19	3.71	0.019	0.001	2.33	3.78	2.48	1.12	32.6
油粕50%混合	17.5	1.66	7.99	5.72	4.13	0.013	0.000	2.42	3.38	2.17	1.10	34.5
尿素1%混合	21.3	1.79	9.16	6.57	2.54	0.088	0.003	2.08	4.82	3.30	1.16	26.9
尿素3%混合	22.3	1.74	9.21	6.86	4.10	0.165	0.003	2.08	4.82	3.30	1.16	26.9
尿素5%混合	23.5	1.74	9.23	6.74	4.69	0.299	0.000	2.08	4.82	3.30	1.16	26.9

注) 1. 水分のみ現物当たり%, 他は乾物当たり%

2. 油粕: 菜種油粕

3. P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, T-Cは、資材の成分値より算出した試算値

第5表 成分調整堆肥の資材費および成分調整成型堆肥の製造費用

堆肥の種類	成分調整時		成分調整成型後	
	10kg当たり	窒素1kg当たり	10kg当たり	窒素1kg当たり
牛ふん堆肥	200	2,020	254	2,570
油粕10%混合	214	1,441	268	1,805
油粕30%混合	235	1,060	289	1,303
油粕50%混合	251	908	305	1,103
尿素1%混合	203	1,377	257	1,742
尿素3%混合	209	906	263	1,140
尿素5%混合	215	632	269	791

注) 1. 単位: 円

2. 油粕: 菜種油粕

3. 牛ふん堆300/15kg, 菜種油粕708円/20kg, 尿素1,034円/20kg

4. 少数以下は四捨五入

5. 10kg当たりの成型費用は54円。年間500t生産規模での算出。

減価償却費 1,802,250円, 労賃700円/人/hr, 電気代22.9円/kwh

4.8%をわずかに下回る4.1%になった。以上のことから牛ふん堆肥を目的の窒素含量に調整する手法として菜種油粕または尿素的の混合は有効であり、これらの成分調整堆肥は窒素と加里を等量供給できる有機質肥料になるといえる。

成分調整後の堆肥はハンドリングを向上させるためにエクストルーダによって成型したが、菜種油粕または尿素的を混合した堆肥はいずれも成型でき、成分調整成型堆肥となった。ただし、エクストルーダによる牛ふん堆肥成型時の適水分は30～50%の範囲である⁷⁾ことから、菜種油粕の混合割合は50%が上限であり、これ以上混合する場合には混合後に加水する必要がある。これまで堆肥の散布にはマニュアルスプレッダなどの専用機が必要であったが、成型することにより耕種農家が他の粒状肥料と同様にブロードキャストを用いて機械散布することが可能となる。また、牛ふん堆肥の重量当たりの容積は成型時の圧縮で22%減少すると報告されている⁷⁾が、今回の試験でも27.9～34.2%の減少が認められたことから、成型した堆肥の保管施設は従来の70%程度の規模であれば十分といえる。

菜種油粕を30%混合した成分調整堆肥を成型、乾燥処理しても乾物当たりの変化はなく現物当たりの窒素および加里含量がいずれも3.0%の有機質肥料となりうる。一方、尿素的を3%混合した成分調整堆肥の乾物当たり窒素含量は、混合後および成型、乾燥後がいずれも加里含量よりやや低い4.1%であった。尿素的を5%混合した成分調整堆肥では、成分調整後の乾物当たり窒素含量6.0%が成型、乾燥後に4.7%に低下し、現物当たり窒素含量3.6%、加里含量3.7%で両成分が同程度となった。窒素と加里含量を同量にするためには、成型、乾燥処理する場合5%まで混合割合を引き上げる必要がある。尿素的を5%混合した成分調整堆肥の窒素が成型、乾燥過程で減少した理由として、尿素的の混合割合が高くなるに従ってpHが上昇し、アンモニア態窒素含量が高くなっていることから、混合した尿素的がアルカリ条件下で速やかにアンモニアに分解し、揮発したことが考えられる。今後、

成分調整成型堆肥が肥料として利用されるためには、長期保存条件下でどの程度消失するのかを明らかにしておく必要がある。また、尿素的や菜種油粕によって成分を調整し、エクストルーダによって成型した成分調整成型堆肥を肥料として利用するためには、施用後に土壤中で窒素がどのように溶出するのかを明らかにするとともに、作物を用いた試験によって実証する必要がある。

牛ふん堆肥は1袋当たり200～400円、1tで5,000～10,000円で流通している²⁾。これを年間500t以上の生産能力を持つ堆肥センターで成分調整や成型するための費用は最大で10kg当たり100円程度であることから、成分調整成型堆肥を10kg当たり500円の金額で販売すれば利益が得られる。また、耕種農家にとっては菜種油粕より高価な肥料となるが、成分調整成型堆肥を用いれば堆肥散布と施肥作業を兼ねることができ、肥料購入費の節減や施肥労力の軽減化が期待できる。特に、今後、有機認証制度を活用して付加価値の高い農産物を生産しようとする農家にとっては、化学肥料に代る重要な資材となる。堆肥の流通促進と地力の維持増進を図るとともに、安全で安心できる農産物の生産を推進する上で、牛ふん堆肥を原料とする成分調整成型堆肥は大きく寄与すると考える。

引用文献

- 1) 土壤養分測定法委員会編 (1975) 土壤養分分析法。養賢堂。東京。127～135p.
- 2) 福岡県農政畜産課編 (2002) : 福岡県におけるたい肥の供給・需要情報。福岡。4～27p.
- 3) 福岡県農政畜産課編 (2001) : 福岡県野菜施肥基準。福岡。10～125p.
- 4) 福岡県農政畜産課編 (2003) : 福岡県水稲・麦施肥基準。福岡。11～16p.
- 5) 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.
- 6) 小山 太・高橋久次郎 (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.
- 7) 小山 太・高棕久次郎(2002)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. 福岡農総試研報22: 97-100.
- 8) 武内徹郎・中西隆男(1997)成分調整を行った高付加価値堆肥生産試験. 徳島畜試研報38: 126-129.
- 9) 山田良三・日置雅之・関 稔・早川岩夫(1998)ブレンド及び成型した家畜ふん堆肥の露地野菜に対する肥料代替施用法. 愛知農総試研報30: 173-181.