

消臭型家畜ふん堆肥化ハウスの開発

(1) 乳牛ふんの堆肥化試験

田邊眞・川村英輔・齋藤直美¹・青木稔²・藤井八月・倉田直亮
(¹神奈川県畜産課、²神奈川県東部家保)

Development of Composting House with Deodorization system
(1) Studies on Composting of Dairy Cow Dung

Makoto TANABE, Eisuke KAWAMURA, Naomi SAITO,
Minoru AOKI, Hazuki FUJII and Naosuke KURATA

園芸ハウス内に攪拌移送機を設置し、微生物脱臭と酸化チタン脱臭の2種類の異なる脱臭方法を用いた畜産臭気脱臭システムを組み込んだ消臭型家畜ふん堆肥化ハウスを開発した。この堆肥化ハウスにおいて、戻し堆肥だけを使用した乳牛ふんの堆肥化試験及び堆肥の品質調査を行った。投入ふん重量の2倍の戻し堆肥を使用すると、水分調整が適正となり良好な堆肥化発酵が進んだ。夏期(4~10月)は、生産堆肥の全量を直接戻し堆肥として使用できたが、冬期(11~3月)は、生産堆肥の水分が高くなるため、生産堆肥に乾燥した戻し堆肥を混合する必要があった。生産堆肥は、平均的な乳牛ふん堆肥よりも電気伝導度が2~3倍、肥料成分が2~4倍高く、塩類集積が進んでいた。

キーワード：乳牛ふん、堆肥化ハウス、脱臭システム、戻し堆肥、塩類集積

家畜ふんの堆肥化では、一般に水分調整のために副資材を使用する。おが屑は、優れた副資材であるが、最近では入手が困難であったり、費用がかさむなどの問題もある。当センターでは、戻し堆肥だけを使用して牛ふんの堆肥化処理技術の検討を行い、その実用性を実証した¹⁾。現在では、副資材に戻し堆肥を利用することは、一般の農家においても行われている。

家畜ふんを堆肥化する際にはアンモニアを多量に含む臭気が発生し、これが悪臭問題や環境汚染の原因となっている。都市と共存する畜産を実現するためには、消臭型の堆肥化施設を開発する必要がある。当センターでは、閉鎖型堆肥化施設での堆肥化技術²⁾、微生物脱臭技術³⁾及び畜産臭気対策への酸化チタンの応用⁴⁾など、臭気対策を考慮した家畜ふん尿処理技術の研究を進めてきた。これらの基礎的研究成果をもとに、畜産臭気脱臭システムを組み込んだ消臭型家畜ふん堆肥化ハウスを開発した。この堆肥化ハウスは、園芸ハウス内

に攪拌移送装置を設置した密閉型のハウスで、微生物脱臭と酸化チタン脱臭の2種類の方法を使った畜産臭気脱臭システムが組み込まれている。

本試験では、消臭型家畜ふん堆肥化ハウスにおいて戻し堆肥だけを使用した乳牛ふんの堆肥化試験及び堆肥の品質調査を行った。

材料及び方法

1. 消臭型家畜ふん堆肥化ハウス

(1) 堆肥化ハウス

2001年3月、当センターに開発した消臭型家畜ふん堆肥化ハウスを設置した。この堆肥化ハウスの特徴は、堆肥化時の臭気を拡散させないために施設を閉鎖型にするとともに、施設の排気を脱臭するため微生物脱臭と酸化チタン脱臭からなる畜産臭気脱臭システムを組み入れた点である(図1)。

堆肥化ハウスは、園芸ハウスを利用し、透明樹脂フィルム張り(天井;フッ素フィルム、壁面;ポリオレフィンフィルム)の軽量鉄骨造りで、間

口 8m、奥行き 35m、棟高さ 4.8m、発酵乾燥床室内容積は 806m³である。

畜産臭気脱臭システムのうち、微生物脱臭装置は、長さ 3.1m、幅 1.9m、高さ 2.7m で、脱臭液槽に 6m³の脱臭液を貯留し、気液接触槽で脱臭液散布を行っている。酸化チタン脱臭装置は、容積が 166m³で、堆肥化ハウスの屋根を 2 重構造にしてフィルムの内側面に酸化チタンを塗布してある。

(2) 換気装置

堆肥化ハウスでは、送風機（シロッコファン、風量 7,000m³/h、静圧 400Pa）により強制的に入排

気を行い、排気は畜産臭気脱臭システムにより脱臭処理した（図 2）。堆肥化ハウス内の温度を保持し堆肥化発酵を促進するため、顕熱交換器を設置した。

建設費を削減するため、当初、換気装置は中古の送風機やダクトを活用し自家施工により設置した。換気能力を向上させるため、2003 年 3 月に送風機、顕熱交換器（アルミプレート式、風量 7,000m³/h、静圧 14Pa）や排気ダクトを交換した。また、排気を除湿するため、2001 年 12 月にビニールダクトを利用した空中遊離型の簡易除湿装置

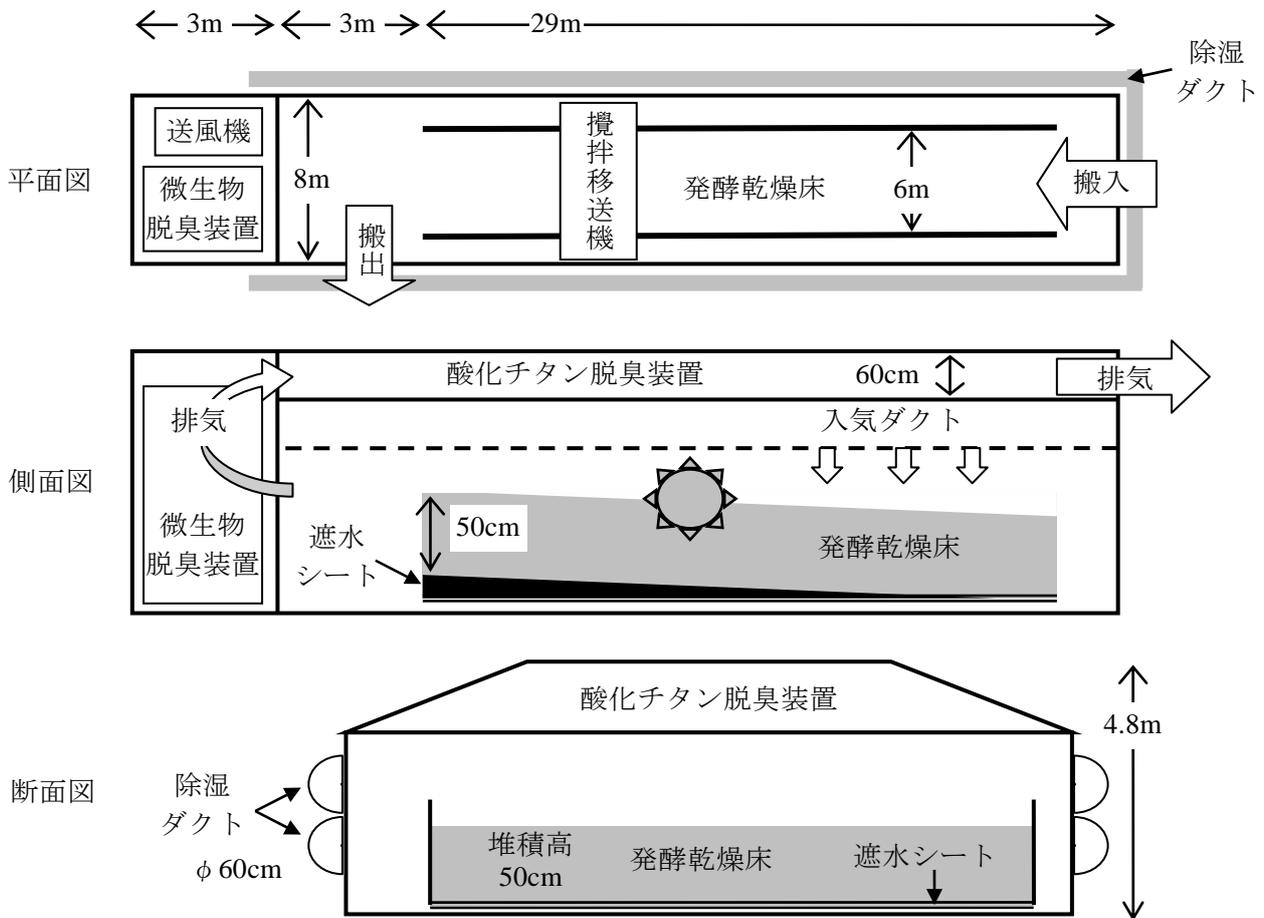


図 1 消臭型家畜ふん堆肥化ハウスの設計図

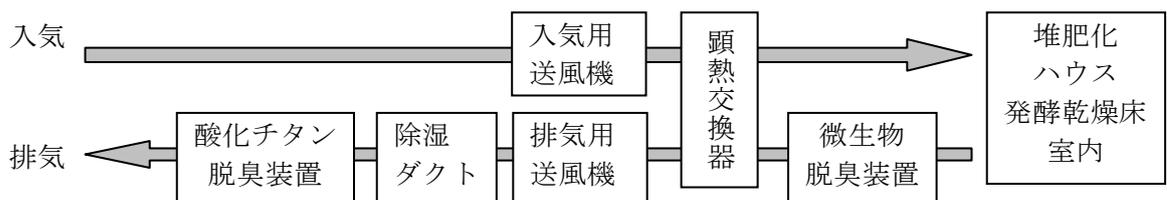


図 2 消臭型家畜ふん堆肥化ハウス入排気の流れと畜産臭気脱臭システム

を設置するとともに、2002年3月に堆肥化ハウス外壁面にビニールダクトをかまぼこ状に取り付けた除湿装置に改修した。

(3) 発酵乾燥床

発酵乾燥床は、幅6m、長さ29m、面積174m²で、土間部分に遮水シートを敷き、その上に土を20cmかぶせた。攪拌移送機の堆肥攪拌の深さは50cmで、発酵乾燥床を1日2~3回往復させた。攪拌移送機が運転を開始する際にかかる攪拌モーターの過負荷を防ぐため、2003年1月に発酵乾燥床の長さを搬出部側1m短縮する改修を行った。

2. 堆肥化ハウスの運転状況

堆肥化ハウスでは、当センターのフリーストール牛舎から排出される乳牛ふんを処理した。フリーストール牛舎では搾乳牛20~30頭を飼育し、雨天時を除き夏期は夜間、その他の期間は昼間、放牧を行った。

堆肥化ハウスの扉は、通常は閉鎖し、ふんや堆肥の運搬時のみ開閉した。水分調整のための副資材は、戻し堆肥のみを使用した。夏期の4~10月は、生産堆肥を直接戻し堆肥に使用し、冬期の11~3月は、戻し堆肥には生産堆肥のほか、適宜、貯蔵堆肥を使用した。余剰の生産堆肥はストックヤードに貯蔵した。

3. 調査・分析方法

(1) 堆肥化処理

乳牛ふん、戻し堆肥、生産堆肥の量は、施設管理野帳をもとに推計した。堆肥化時の温度、室温は毎週1回9時に測定し、搬入口から搬出口まで3m間隔で発酵乾燥床の表面下20cmの温度を測定した。堆肥化物は、毎週1回採材し、水分、灰分を堆肥等有機物分析法⁵⁾に従い測定した。ふん、戻し堆肥及び生産堆肥の水分及び灰分の値から、発酵乾燥床での水分蒸散量及び有機物分解率を算出した。堆肥の容積重は、50バケツで重量を量り求めた。排気風量は、排気ダクトの風速から推計し、換気量や換気回数等を求めた。

(2) 堆肥の評価

堆肥の肥料成分評価として、pH、電気伝導度(EC)、水分、有機炭素(TC)、全窒素(TN)、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウムを分析した。

品質評価では、生育阻害因子として熱水抽出液によるコマツナの発芽試験、有害微生物として大腸菌数の測定を、堆肥等有機物分析法⁵⁾に準じて行った。また、腐熟度として熟度判定器(コンポテスター、富士平工業社製)による酸素消費量の測定も行った¹⁰⁾。

結果及び考察

1. 戻し堆肥による堆肥化処理

(1) 堆肥化処理状況

表1に1日あたりの堆肥化処理状況を示した。4月~10月の夏期では、運転を開始した2001年度を除き、生産堆肥は全量戻し堆肥として使用できた。2004年度夏期の堆肥化処理状況は、平均で1日あたり乳牛ふん799kgと戻し堆肥として生産堆肥1,370kgの計2,169kgを堆肥化ハウスに搬入し、生産堆肥が1,500kg搬出された。生産堆肥は、戻し堆肥として1,370kgを使用し、残り130kgを貯蔵堆肥とした。

一方、11月~3月の冬期は、戻し堆肥に生産堆肥のほか貯蔵堆肥も使用した。2003年度冬期では、乳牛ふん763kgと、戻し堆肥として生産堆肥248kg、貯蔵堆肥1,349kgの計2,360kgを搬入し、生産堆肥が1,864kg搬出された。生産堆肥は、戻し堆肥に248kg使用し、残り1,616kgは乾燥後貯蔵堆肥とした。

(2) 戻し堆肥量と堆肥化発酵状況

2001年度は、乳牛ふんと戻し堆肥の混合割合を重量比1:1にして堆肥化処理した。その結果、2001年度冬期は、発酵乾燥床の搬入口から7.5mの温度は34.7℃と低く、生産堆肥の水分は56.3%と高くなり、良好な堆肥化発酵は得られなかった(表2)。

そこで、2002年度以降は、乳牛ふんと戻し堆肥の混合重量比を1:2にするとともに、貯蔵堆肥を混合して冬期には戻し堆肥の水分が45%程度、搬入部の容積重が0.6kg/l以下になるようにした。

その結果、2002年度冬期は、発酵乾燥床の温度は47.8℃、最高温度は58.0℃、生産堆肥の水分は51.5%となり堆肥化発酵状況が改善した。

一方、冬期に使用する貯蔵堆肥の置場面積を減らす目的で、2004年度冬期は戻し堆肥における貯蔵堆肥の割合を減らし、生産堆肥と貯蔵堆肥を重量比1:1にして処理した。その結果、搬入部容積重の上昇、堆肥化発酵温度の低下や生産堆肥の水分の上昇がみられ、堆肥化開始時の水分調整が不適正のため堆肥化発酵状況が悪化した。良好な堆肥化発酵を行うには、堆肥化開始時の水分調整を適正に行うことが重要である。

小菅らは戻し堆肥のみによる牛ふんの堆肥化処理技術の実用性を実証し¹⁾、川村らは閉鎖複列堆肥化発酵ハウスで戻し堆肥による牛ふんの堆肥化処理技術を検討した²⁾。消臭型家畜ふん堆肥化ハウスにおいても、戻し堆肥だけを使用して乳牛ふんを堆肥化することが可能であった。

表1 1日あたりの堆肥化処理状況

単位：kg

時期	乳牛ふん	戻し堆肥		堆肥化 開始時	生産堆肥	戻し堆肥へ 貯蔵堆肥へ	
		生産堆肥	貯蔵堆肥				
2001年度夏期	714	752	85	1,551	931	752	179
2001年度冬期	629	64	724	1,417	830	64	766
2002年度夏期	542	1,207	0	1,749	1,305	1,207	98
2002年度冬期	728	0	1,358	2,086	1,552	0	1,552
2003年度夏期	652	1,267	0	1,919	1,422	1,267	155
2003年度冬期	763	248	1,349	2,360	1,864	248	1,616
2004年度夏期	799	1,370	0	2,169	1,500	1,370	130
2004年度冬期	703	898	626	2,227	1,779	898	881
全体	691	726	518	1,935	1,398	726	672
平均							
夏期	677	1,149	21	1,847	1,290	1,149	141
冬期	706	303	1,014	2,023	1,506	303	1,203

注) 夏期は4月～10月、冬期は11月～3月、ただし2001年度夏期は7月～10月

表2 堆肥化発酵状況と生産堆肥の性状

時期	乾燥発酵床				ハウスの室温 ℃	生産堆肥		
	温度 ^{a)} ℃	最高温度 ℃	水分蒸散量 kg/m ²	搬入部 容積重 kg/ℓ		容積重 kg/ℓ	水分 %	有機物 分解率%
2001年度夏期	55.7	64.8	3.35	0.72	34.7	0.53	45.4	11.5
2001年度冬期	34.7	49.7	2.36	0.70	17.6	0.66	56.3	25.4
2002年度夏期	35.6	39.5	2.51	0.53	38.9	0.60	39.5	3.4
2002年度冬期	47.8	58.0	2.31	0.57	16.7	0.64	51.5	2.4
2003年度夏期	58.5	69.0	2.99	0.57	33.9	0.61	45.0	2.8
2003年度冬期	51.6	63.0	2.21	0.55	19.3	0.60	50.9	8.7
2004年度夏期	58.7	64.0	3.89	0.55	37.7	0.58	42.5	10.7
2004年度冬期	41.6	48.1	2.47	0.63	20.0	0.64	52.9	7.7
全体	48.0	58.3	2.76	0.60	27.4	0.61	48.0	9.1
平均								
夏期	52.1	59.3	3.19	0.59	36.3	0.58	43.1	7.1
冬期	43.9	56.9	2.34	0.61	18.4	0.64	52.9	11.1

注) 毎週1回9時に測定、最高温度を除き、データは測定期間内の平均値

a) 発酵乾燥床の搬入部から7.5m(約1/4)の場所の温度

表3 堆肥化ハウスの換気状況

測定時期	入気量 (m ³ /分)	ハウス内の通過時間 (分)	換気回数 (回/時)
2001年7月 施設建設時	35.2	22.9	2.6
2001年12月 除湿ダクト設置後	32.9	24.5	2.5
2003年3月 換気装置改修後	57.6	14.0	4.3

(3) 換気状況と堆肥化発酵状況

施設設計では、堆肥化ハウスの換気回数を1時間あたり5回と設定したが、中古の換気ファンや排気ダクトを自家施工で設置したため、実際の換気回数は2.6回と設計値の半分程度であった(表3)。さらに、2001年12月には排気ダクトに除湿装置を設置したため空気抵抗が増えて換気回数は2.5

回/時まで減少した。

この堆肥化ハウスの換気不足が、2001年度冬期に堆肥化発酵状況が悪かった原因と考えられたことから、2003年3月に換気装置を改修したところ、入気量は57.6m³/分に、換気回数は4.3回/時に増加した。その結果、2003年度は、堆肥化発酵状況が改善され、夏期、冬期ともに発酵乾燥床の温度は

上昇し、夏期の水分蒸散量は $2.99\text{kg}/\text{m}^2$ と 2003 年度夏期に比べ 1.2 倍に増加した。冬期でも、生産堆肥の水分は 50.9% に低下し、有機物の分解率も 8.7% に上昇した (表 2)。

密閉型堆肥化ハウスでは換気回数が堆肥化時の水分蒸散に大きく影響し、道宗は 8~15 回/時程度の換気回数を提示している⁶⁾。今回、我々は脱臭施設での滞留時間を考慮して換気回数 5 回/時を設定したが、戻し堆肥の水分を調整するなど堆肥化開始時の水分調整を適切に行えば、換気回数 5 回/時程度でも良好な堆肥化発酵処理を行うことができた。

(4) 冬期における戻し堆肥の確保

この堆肥化ハウスでは、戻し堆肥だけで堆肥化処理する場合、冬期には乾燥した貯蔵堆肥が必要となることから、2003 年度の堆肥化処理状況から必要な貯蔵面積を試算した。

冬期に使用する戻し堆肥を一度に貯蔵する場合は、貯蔵堆肥は $1,349\text{kg}/\text{日} \times 30 \text{日} \times 5 \text{ヶ月} = 202.4\text{t}$ 必要となる。夏期のデータから生産堆肥の容積重を $0.61\text{kg}/\text{l}$ とすると約 332m^3 、堆積高 2m で約 166m^2 の貯蔵場所が必要となる。

一方、生産堆肥を乾燥ハウスで乾燥させて使用する場合は、1 日あたり水分 50.9% の生産堆肥を戻し堆肥の目安である水分 45% に乾燥する必要がある。すなわち、生産堆肥 $1,616\text{kg}$ 、約 2.7m^3 から水分 174kg を蒸発させる必要がある。川村らの報告²⁾から、当センターの乾燥ハウスでの冬期の水分蒸散量を $3\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日}$ とすると、 $174\text{kg} \div 3\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{日} = 58\text{m}^2$ が乾燥に必要な面積で、堆積高 20cm の乾燥床とすると、滞留日数は約 4.3 日となる。

なお、全量戻し堆肥を使用することを想定して試算したが、冬期にはおが屑などの副資材を使用することで、より効率的な施設の運転が可能と思われる。

2. 堆肥の評価

(1) 肥料成分評価

2003 年 11 月に採取した生産堆肥と貯蔵堆肥の成分組成を表 4 に示した。生産堆肥と貯蔵堆肥の EC はそれぞれ $7.1\text{mS}/\text{cm}$ 、 $10.8\text{mS}/\text{cm}$ であった。山口らの報告⁷⁾と比較すると、EC は 2~3 倍高い値を示した。肥料成分も全体的に高く、生産堆肥、貯蔵堆肥それぞれリンは 3.1 倍、4.1 倍、カリウムは 2.9 倍、3.8 倍高い値であった。

畠中らは、戻し堆肥を利用したふん処理システムの問題点として堆肥中の塩類濃度の上昇を指摘した⁸⁾が、我々も同様の結果を得た。本堆肥化ハウスでは、副資材に戻し堆肥だけを使用している

ことから、生産堆肥中の塩類集積はかなり進んだものと考えられる。

(2) 品質評価

ア 発芽試験による評価

熱水抽出液によるコマツナの発芽試験結果を表 5 に示した。2004 年 8 月に採取した堆肥の熱抽出液の EC は、生産堆肥が $16.7\text{mS}/\text{cm}$ 、貯蔵堆肥が $18.8\text{mS}/\text{cm}$ と極めて高かった。熱抽出液を希釈せずに行った発芽試験では、根の発育に顕著な障害がみられ、根長は、対照区を 100 とした指数で生産堆肥が 36、貯蔵堆肥が 18 であった。一方、熱抽出液の EC を $1.1\text{mS}/\text{cm}$ まで希釈した試験では、根の発育障害はみられなかった。

畠中らは、堆肥中の塩類濃度は、副資材に戻し堆肥だけを使用するよりも、他の副資材を混合することでより適正なレベルに保てると指摘している⁸⁾。我々は、副資材の確保やコストの観点から、戻し堆肥だけで堆肥化処理を行った。堆肥の塩類濃度はかなり高くなるものの、肥料として使用する場合は、散布量を少なくするなど塩類濃度を考慮して適正な量で使用すれば、発芽障害の問題は生じないのではないかと考える。

イ 大腸菌数による評価

表 6 に堆肥中の大腸菌数を示した。検査材料は、2004 年 8 月と 2005 年 1 月に、生産堆肥、戻し堆肥及び発酵乾燥床の搬入部から採取した。

搬入部の材料は堆肥化 0 日目であることから大腸菌は多数検出された。一方、生産堆肥では、2005 年 1 月採材の材料から $2.0 \times 10^2 \text{CFU}/\text{生試料 g}$ の大腸菌が検出された。採材時における発酵乾燥床の最高温度は 43.3°C であった。

堆肥化発酵により 60°C 以上の温度が数日間続けば病原性微生物は死滅するといわれている⁹⁾。2005 年 1 月の材料採取時は、堆肥化最高温度が 43.3°C と低いため、大腸菌が死滅しなかったと考える。家畜ふん中の有害微生物をコントロールするためにも、良好な堆肥化発酵により堆肥温度を 60°C 以上に上昇させることが重要となる。

ウ 酸素消費量による評価

2004 年 5 月と 6 月に計 5 回、生産堆肥と戻し堆肥を採取し供試した。いずれの検体とも酸素消費量は $2 \mu\text{g}/\text{分}/\text{g}$ 以下と低い値を示した (表 7)。熟度判定では、すべての検体は安定期の堆肥であると判定され、残存する易分解性有機物は少ないと思われる。

コンポテスターは、酸素消費量から堆肥に含まれる易分解性有機物含量を推定し、堆肥の熟度を測定する装置で、マニュアルに従って実施すれば

表4 堆肥の成分組成

	水分 現物%	pH 乾物	EC mS/cm	T-C 乾物%	T-N 乾物%	C/N 比	P ₂ O ₅ 乾物%	K ₂ O 乾物%	CaO 乾物%	MgO 乾物%
生産堆肥 ^{a)}	40.8	9.7	7.1	30.3	2.6	12.1	3.7	5.2	4.9	1.9
貯蔵堆肥 ^{a)}	25.2	9.6	10.8	29.9	2.8	10.7	4.9	6.9	6.5	2.5
乳牛ふん堆肥 ^{b)}	49.1	8.9	3.5	—	1.3	14	1.2	1.8	2.4	0.8

a) 採材は2003年11月

b) 家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアルより 農林水産技術会議事務局編 2004年

表5 熱水抽出液によるコマツナの発芽試験成績

採材年月	材料	熱水抽出液			発芽率 %	生重量	軸長	根長	軸/根比
		抽出液	pH	EC mS/cm					
2004年8月	生産堆肥	原液	9.27	16.7	91.0	124	154	36	380
	生産堆肥	希釈	NT	1.1	88.0	129	147	105	125
	貯蔵堆肥	原液	9.18	18.7	65.0	84	75	18	344
	貯蔵堆肥	希釈	NT	1.1	96.0	144	141	98	161
2005年1月	生産堆肥	原液	9.21	7.0	93.0	136	189	47	375
	生産堆肥	希釈	9.34	1.0	94.0	110	129	96	125
	貯蔵堆肥	原液	9.32	7.8	92.0	60	69	48	125

注) NT: 検査せず

熱抽出液の成分及び発芽率以外は、対照区(水)を100とした指数で表示した。

表6 堆肥中の大腸菌数

採材年月	発酵乾燥床搬入部	生産堆肥	戻し堆肥	堆肥化最高温度
	CFU/生試料 g	CFU/生試料 g	CFU/生試料 g	℃
2004年8月	3.2×10 ⁶	ND	ND	61.5
2005年1月	2.0×10 ⁴	2.0×10 ²	ND	43.3

ND: 検出せず

表7 堆肥の酸素消費量

採材年月	酸素消費量 μg/min/g	
	戻し堆肥	生産堆肥
2004年5月	2	2
	2	1
	2	2
2004年6月	2	1
	2	2

誰でも容易に短時間で測定できる¹⁰⁾ことから、現場における堆肥の品質評価のひとつとして利用できると思われる。

3. 経済性

本堆肥化ハウスの運転経費は、電気代; 約5万円/月(堆肥攪拌移送機、送風機、ポンプ)、諸経費; 約5千円/月(ローダー燃料、消耗品)、合計約5.5万円/月で、乳牛1頭あたりでは約2.2万円/年(乳牛30頭)となった。電気代は高額となったが、その内訳は57%が微生物脱臭装置のポンプ、40%が換気装置の送風機で、堆肥攪拌移送機は3%

であった。作業時間は、堆肥の搬出や戻し堆肥の調整に1日40分程度必要であった。

堆肥化発酵状況や生産堆肥の乾燥程度を指標に、ハウスの換気量を調節すると、送風機の電気代など運転経費を節約することができる。

謝辞

本研究は、畜産環境整備機構の簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業の助成を得て実施したことを記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 小菅栄二・本多勝男. 家畜ふん堆肥化における各種前処理法に関する試験. 神奈川県畜産試験昭和62年度畜産環境試験成績書, 1~6. 1988.
- 2) 川村英輔・倉田直亮・田邊眞. 閉鎖複列発酵ハウスによる家畜ふん堆肥化処理試験. 神奈川県畜産研究所平成12年度試験研究成績書(畜産環境・経営流通・企画調整), 1~6. 2000.
- 3) 本多勝男・川村英輔・倉田直亮. バイオフィ

ルターによる高濃度アンモニア臭気の脱臭試験.
神奈川県畜産研究所研究報告, 第 87 号 : 23~27.
1998.

4) 梅本栄一・田邊眞・浅見貴恵. 酸化チタンフ
ィルム利用による畜産臭気の軽減. 神奈川県畜産
研究所研究報告, 第 89 号 : 50~56. 2002.

5) 堆肥等有機物分析法. (財) 日本土壌協会, 2000.

6) 道宗直昭. 畜産環境対策大辞典第 2 版. (社)
農山漁村文化協会編, 228~230. 2004.

7) 山口武則. 家畜ふん堆肥の品質評価・利用マ

ニュアル. 農林水産技術会議事務局編, 17~21.
2004.

8) 畠中哲哉・伊吹俊彦. 畜産環境対策大辞典第
2 版. (社) 農山漁村文化協会編, 150~155. 2004.

9) 羽賀清典. 家畜ふん堆肥の品質評価・利用マ
ニュアル. 農林水産技術会議事務局編, 17~21.
2004.

10) 古谷修. 堆肥の熟度とその判定. 畜産コン
サルタント, 第 464 号 : 2003.