

コーヒー粕混合堆肥の敷料利用による脱臭効果

加藤 淳¹⁾・市川あゆみ¹⁾・榊原幹男²⁾

摘要：畜産経営において悪臭対策は、重要な課題であるが、開放型畜舎では、有効な悪臭対策技術が確立されていない。一部畜産農家では、コーヒー粕とオガクズを混合した堆肥化物（以下、コーヒー粕混合堆肥）が戻し堆肥として敷料に利用されており、脱臭効果があるといわれていることから、その脱臭効果について検討を行った。

コーヒー粕混合堆肥を敷料に用いた場合、オガクズより高い脱臭効果が確認された。また、コーヒー粕混合堆肥は、酸・アルカリの添加によるpHの変動が少なく、20 mL当たり9.9 mg相当のアンモニアを吸着し、オガクズに比べ約5倍の能力があることが明らかとなった。

これらの結果より、コーヒー粕混合堆肥は、敷料として有効であり、オガクズより優れた脱臭効果が得られることがわかった。

キーワード：畜舎、脱臭、敷料、コーヒー粕、アンモニア

Reducing Odious Smells by Using Sawn Wood, Cattle Manure, or Mixed Compost Made from Coffee Residues as Bedding Materials

KATO Atsushi, ICHIKAWA Ayumi and SAKAKIBARA Mikio

Abstract: Odious smells are an important problem of livestock farming. However, effective solutions have not been established for open livestock barns. We investigated the deodorizing effect of using compost made from coffee residue as a bedding material, as compared to sawn wood or cattle manure.

Higher amounts of odoriferous materials were eliminated by the compost as bedding than by the sawn wood. In addition, the compost had a pH-buffering effect and could adsorb about 9.9 mg/20 mL of ammonia. The adsorption ability of the compost was almost 5 times that of sawn wood.

On the basis of these results, we confirmed that the compost would be a good bedding material because it could reduce odious smells better than that by sawn wood.

Key Words: Livestock barn, Deodorizing, Bedding materials, Coffee residue, ammonia

緒言

近年、畜産経営に起因する苦情発生件数は減少傾向にあるが、悪臭関連の問題については依然高い割合で推移している。本県においても、苦情発生件数のうち悪臭関連が過半数（平成24年度発表値）を占め¹⁾、効果的な悪臭対策技術の確立が望まれている。

畜産における臭気的主要な発生源は、畜舎とふん尿処理施設で、家畜から排泄されるふん尿の腐敗や発酵に由来している²⁾。施設の密閉が比較的容易な堆肥舎等のふん尿処理施設については、土壌脱臭³⁾、ロックウール脱臭³⁾、酸化チタンフィルムの利用⁴⁾などの悪臭対策が講じられているが、畜舎では、開放型が多く臭気の捕集が困難なため、有効な悪臭対策技術が開発されていない。

一方、飲料メーカー等から廃棄されているコーヒー粕は、多孔質構造により臭気を吸着する作用⁵⁾、pHの上昇を抑制しアンモニアの揮散を抑制する作用⁶⁾、悪臭に対するマスキングの作用⁷⁾などによる脱臭効果が報告されており、これらの特性を利用した悪臭対策が検討されている⁶⁻⁹⁾。しかしながら、分解不十分なコーヒー粕の土壌還元は、作物の生育阻害を招くことから^{5, 6, 9)}、本県の一部畜産農家でコーヒー粕とオガクズを混合した堆肥化物（以下、コーヒー粕混合堆肥）を戻し堆肥として敷料に利用されているに留まっている。このため、脱臭効果があると言われているものの、これまでに、コーヒー粕混合堆肥の脱臭効果及び敷料用資材の能力について調査した報告はない。

そこで、今回、コーヒー粕混合堆肥を敷料として利用した場合の脱臭効果及び敷料資材としての特性を調査した。

材料及び方法

試験1 コーヒー粕混合堆肥を敷料利用した場合の脱臭効果

1 材料

コーヒー粕、オガクズ及び乳牛ふん尿を用いてコーヒー粕混合堆肥を調整した（図1）。コーヒー粕混合堆肥は、コーヒー粕とオガクズそれぞれ10 Lを混合した資材20 Lに、乳牛ふん尿を1週間に1回5 kgずつ4週間で計20 kgを加え、40 L容量の堆肥化装置で8週間かけて堆肥化した。また、オガクズは、県内業者より購入したものをを用いた。乳牛ふん尿は、当場の乳牛舎より搬出された新鮮乳牛ふん尿を採取後冷凍保存し、解凍して使用した。

2 期間及び方法

2012年7月17日～8月21日の5週間、畜舎モデルによる試験を実施した。畜舎モデルとは、54 L容量（内寸長辺514×短辺364×高さ297 mm）と72 L容量（同571×381×342 mm）のプラスチックコンテナに、敷料資材を20 L

敷き詰め、乳牛ふん尿を週に1回それぞれ5 kg（5週間で計25 kg）を添加し、土日を除く毎日、全体をスコップで軽く攪拌したものである。

3 試験区分

コーヒー粕混合堆肥区（以下、堆肥区）及びオガクズのみを使用したオガクズ区を設定し、54 Lと72 Lのコンテナを一つずつ設置した（表1）。

4 分析方法

乳牛ふん尿添加混合時に採材し、試料10 gに対し100 mLの蒸留水で抽出したpH及び105°C24時間の絶乾水分を測定した¹⁰⁾。また、臭気物質濃度を攪拌直後にヘッドスペース法（敷料表面18 cm）でガス検知管により測定した。臭気測定は、乳牛ふん尿添加から毎日攪拌後、アンモニア（NH₃）、硫化水素（H₂S）、メルカプタン類（R・SH）濃度が検出限界となるまで継続し、各区4か所（2コンテナ×2か所）測定、平均値を検出値とした。

試験2 敷料の特性調査

敷料資材として、乾燥発酵済みのコーヒー粕、コーヒー粕混合堆肥（試験1と同じもの）、オガクズ（試験1と異なるもの）、オガクズ堆肥（乳牛ふん尿100 kgに対してオガクズを30 kg添加し、10週間かけて堆肥化したもの）を用いた。これら敷料資材の理化学性は表2のとおりである。

1 NH₃吸着能

NH₃吸着量は、山本ら^{11, 12)}が開発したNH₃発生装置（図2）を用い、培養容器に入れた資材に一定量のアンモニア水を添加、18時間に揮散したNH₃量より算出した。資材量20 mL分（容積重（表2）より算出し重量で計測）に対してアンモニア水添加量を5 mLとした。アンモニア水の濃度を変化させ、NH₃量が（0、1、6、10、20、40、60、80、100、200 mg）となるように添加し、最小二乗法による近似式から最大吸着量を算出した。

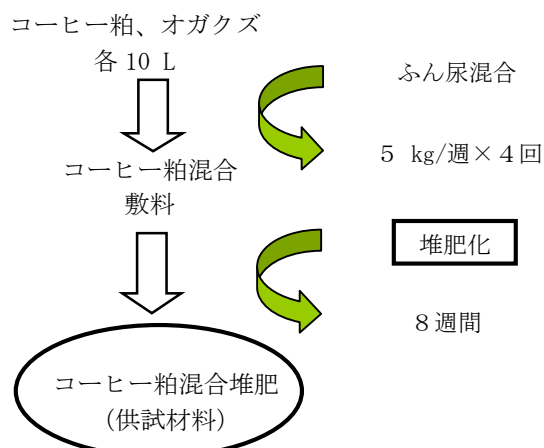


図1 コーヒー粕混合堆肥（供試材料）の調整法

表1 試験区の設定 (試験1)

	敷料資材		乳牛ふん尿 ¹⁾
	コーヒー粕混合堆肥	オガクズ	
堆肥区	20 L		25 kg
オガクズ区		20 L	25 kg
水分 (%)	56.9	25.8	86.2

1) 5 kg/週×5回で添加混合した。

表2 敷料資材の理化学性 (試験2)

	水分 (%)	pH	容積重 (g/L)	原料
コーヒー粕 ¹⁾	8.6	5.9	420	コーヒー粕
コーヒー粕混合堆肥	56.9	7.3	325	コーヒー粕、オガクズ、乳牛ふん尿
オガクズ ²⁾	12.6	4.6	77	オガクズ
オガクズ堆肥	66.2	9.2	282	オガクズ、乳牛ふん尿

1) 発酵乾燥済みのもの。

2) 試験1とは異なるもの。

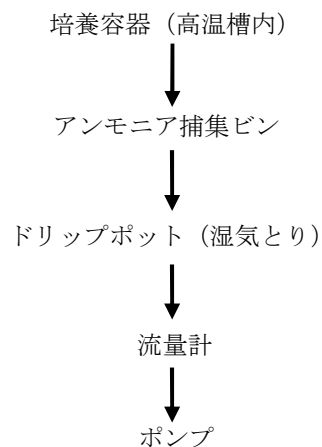


図2 アンモニア発生装置 (試験2)

2 pH緩衝能

風乾後粉碎した資材2gに対し、水素イオン (H^+) または、水酸化物イオン (OH^-) 濃度が0.002、0.005、0.01、0.02、0.05、0.1、0.2 mol/Lとなるように調整した塩酸または水酸化ナトリウム水溶液20 mLを加えた。30分間振とう後、上澄み溶液をガーゼでろ過し、pHを測定した。pH緩衝曲線から近似式を求め、pH4及びpH9に到達するまでに必要な H^+ 、 OH^- 添加量を算出した。

3 保水能力

資材を24時間蒸留水に浸漬吸水させ、吸水前後の重量を測定し、吸水率を算出した。その後、24時間静置し、吸水前との重量差から保水率を算出した。

試験結果

試験1

敷料からの臭気物質は、 NH_3 はふん尿添加日から3日間、 H_2S 、 $R\cdot SH$ はふん尿添加日のみ検出され、以降は限界値 (NH_3 0.025 ppm、 H_2S 0.05 ppm、 $R\cdot SH$ 0.2 ppm) 以下となった。 NH_3 は3日間ごとの値を図3、 H_2S 、 $R\cdot SH$ は初日の値を図4、5に示した。

週1回のふん尿添加ごとの NH_3 濃度は、堆肥区がオガクズ区に比べ有意に低く ($P < 0.05$)、ふん尿添加初日及び翌日でオガクズ区より低い傾向にあった。堆肥区の硫黄化合物濃度 (H_2S 及び $R\cdot SH$) は、 $R\cdot SH$ の3週目を除き、オガクズ区より低かった。さらに、堆肥区のpHは、オガクズ区より低く維持されていた (図6)。

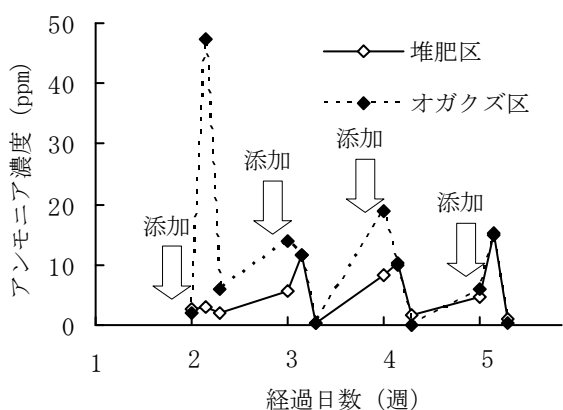


図3 アンモニア濃度の推移 (試験1)
試験区間に有意差あり ($P < 0.05$ 一元配置分散分析)
矢印はふん尿添加を示す

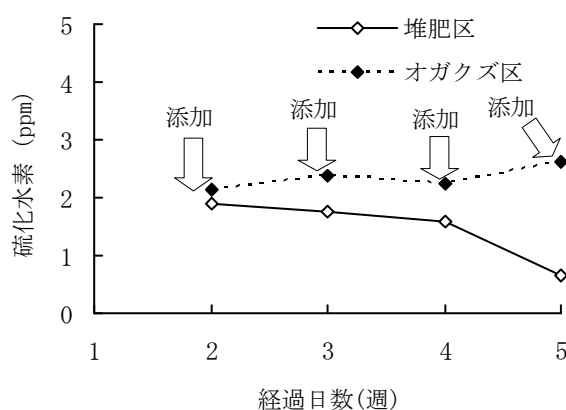


図4 硫化水素度の推移 (試験1)
矢印はふん尿添加を示す

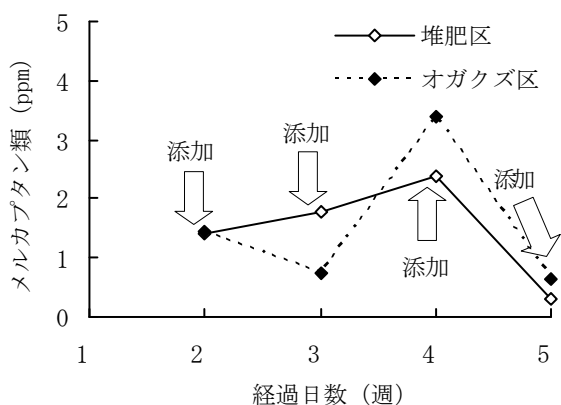


図5 メルカプタン類濃度の推移 (試験1)
矢印はふん尿添加を示す

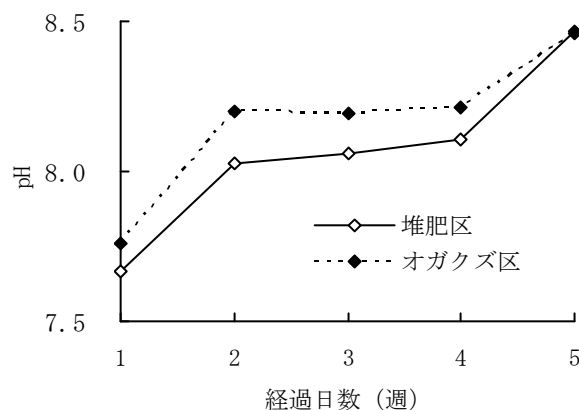


図6 pHの推移 (試験1)

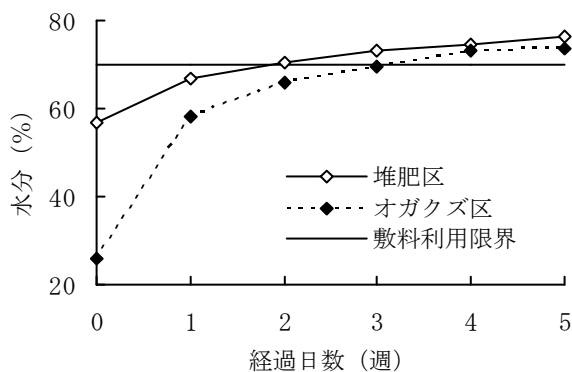


図7 水分の推移 (試験1)
0週はふん尿混合前の値を示す

敷料の水分の推移を図7に示した。水分は、開始時の値がオガクズ区25.8%に対し堆肥区が56.9%と高く(表1)、以降も全期間を通してオガクズ区に比べ堆肥区で高く推移した。敷料の利用限界を超えるとされる水分70%^{1,3)}に達した時期は、堆肥区で2週目、オガクズ区で3週目であった。

試験2

1 NH₃吸着能

各資材のNH₃吸着量を図8に示した。いずれの資材もNH₃添加量が増えるにつれて吸着量は頭打ちとなった。

最大吸着量は、コーヒー粕64.7 mg/20 mL、コーヒー粕混合堆肥9.9 mg/20 mL、オガクズ2.2 mg/20 mL、オガクズ堆肥2.2 mg/20 mLであった。コーヒー粕混合堆肥は、コーヒー粕より低い、オガクズ、オガクズ堆肥に比べ高いNH₃吸着能があった。

2 pH緩衝能

pH緩衝曲線を図9に示した。コーヒー粕混合堆肥は、オガクズ及びオガクズ堆肥と比べ、pHの変動幅が小さく、

コーヒー粕と同様の傾向を示した。

pH 4 及び pH 9 に到達するまでに必要な H^+ 、 OH^- 添加量を表 3 に示した。酸性緩衝能は、コーヒー粕混合堆肥及びオガクズ堆肥で高く、アルカリ性緩衝能は、コーヒー粕、次いでコーヒー粕混合堆肥で高かった。コーヒー粕混合堆肥は酸性緩衝能、アルカリ性緩衝能ともに高かった。

3 保水能力

各資材の保水能力を表 4 に示した。乾物当たりの吸水率はオガクズが最も高かったが、24時間静置時の排水量が多く、保水率は、オガクズ堆肥567.6%、コーヒー粕混合堆肥483.4%、オガクズ435.9%、コーヒー粕339.2%となった。コーヒー粕混合堆肥は、現物当たりの保水率はオガクズの半分以下であったが、乾物当たりの保水率はオガクズを上回った。

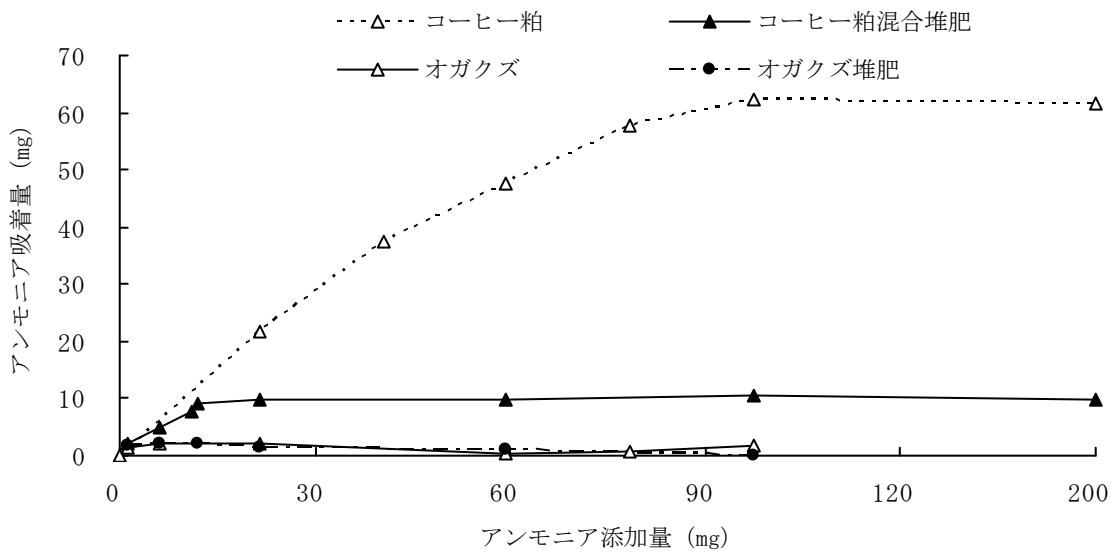


図8 資材 20 mLのアンモニア吸着量 (試験2)

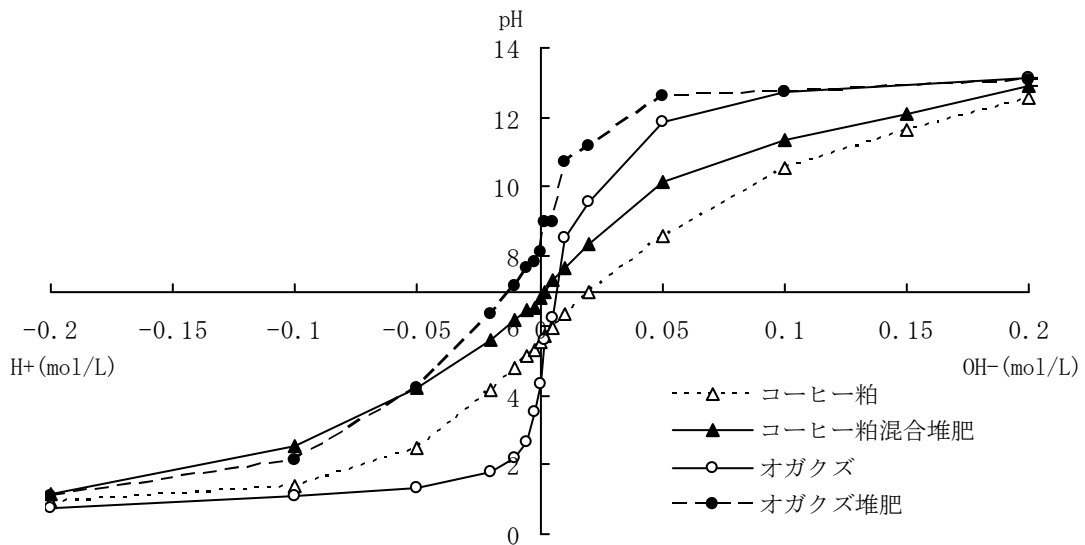


図9 資材のpH緩衝曲線 (試験2)

表3 資材のpH緩衝能(試験2)

	コーヒー粕	コーヒー粕混合堆肥	オガクズ	オガクズ堆肥
pH4必要量 (H ⁺ mol/kg)	0.22	0.55	0.01	0.54
pH9必要量 (OH ⁻ mol/kg)	0.58	0.32	0.12	0.03

表4 資材の保水能力(試験2)

	水分 (%)	吸水率(%) 乾物当たり	保水率(%)	
			乾物当たり	現物当たり
コーヒー粕	8.6	344.1	339.2	301.4
コーヒー粕混合堆肥	56.9	495.8	483.4	151.4
オガクズ	12.6	631.8	435.9	368.3
オガクズ堆肥	66.2	589.0	567.6	126.0

考 察

コーヒー粕とオガクズを堆肥化したコーヒー粕混合堆肥を敷料利用した結果、NH₃揮散濃度がオガクズ敷料より低かった(図3)。ふん尿添加2週2日目のオガクズ敷料において顕著にNH₃濃度が高かったことは、測定日の気温が高かったことが影響しているかもしれない。コーヒー粕混合堆肥1 m³当たりのNH₃吸着量は、オガクズの107 g/m³、オガクズ堆肥の108 g/m³に対し、約5倍の495 g/m³であり、ふん尿由来のNH₃の揮散を抑制することが示された(図8)。

佐藤と芹沢⁶⁾は、コーヒー粕のNH₃抑制効果は、吸着効果だけでなく、アルカリ性緩衝能によりpHの変動が抑制されたためであると考察している。今回、コーヒー粕混合堆肥についてpH緩衝能を調査した結果、酸性とアルカリ性の両方で高い緩衝能が確認された(表3)。敷料試験で堆肥区のpHがオガクズ区に比べ低く推移したことから(図6)、コーヒー粕混合堆肥もpHの上昇を抑制したことでNH₃の揮散が抑制されたと考えられる。また、硫黄化合物濃度については、両区とも臭いを感じる閾値を大幅に上回っているため²⁾、脱臭効果は十分ではなかったが堆肥区で低くなる傾向が見られた(図4、5)。

敷料による脱臭は、ふん尿の水分を敷料に吸着させ、嫌気状態になることを防ぐとともに一部の臭気成分を吸着させ、臭気の発生を抑制する方法である²⁾。敷料試験では、嫌気状態により発生する硫黄化合物がふん尿添加日のみ検出された。これは、ふん尿の採取までの過程で発生したものがふん尿添加日に検出され、2日目以降、敷料との混合により嫌気分解が抑制されていたと考えられる。

コーヒー粕混合堆肥の保水率は、現物当たりオガクズの半分以下であったが(表4)、乾物当たりではオガクズより優れた保水率であった。これは、コーヒー粕混合堆肥がオガクズと比べ高水分であるためであり、保水率を確保するためには利用開始時のコーヒー粕混合堆肥の水

分を下げる必要がある。したがって、コーヒー粕混合堆肥を敷料に用いる場合、オガクズを混合することが考えられる。水分58%のコーヒー粕混合堆肥を水分13%のオガクズと同容量で混合した場合、計算上、混合物の水分は、50%以下となり、保水力を確保¹⁴⁾しつつ、NH₃の吸着を行うことが可能となる。

井上ら¹⁵⁾は、オガクズ堆肥を乾燥させ敷料に利用した場合、オガクズを購入するよりコストの削減が可能であると試算している。コーヒー粕混合堆肥は、オガクズと等量混合して利用した場合、オガクズ使用量の約1/4を安価なコーヒー粕で代替でき、さらなるコスト削減も可能である。

以上より、コーヒー粕混合堆肥は、敷料として従来のオガクズ及びオガクズ堆肥より優れた特性があり、臭気物質特にNH₃の吸着量がオガクズを利用した場合の約5倍であることがわかった。ただし、コーヒー粕混合堆肥は、保水力を確保するため、低水分のものを製造するか、オガクズと混合する等、水分を下げる必要がある。コーヒー粕混合堆肥を等容量のオガクズで水分調整した場合、入手が困難となりつつあるオガクズの使用量を1/4程度削減することが可能である。今後は、敷料に適した堆肥の条件解明及び低水分堆肥製造方法の確立が期待される。

引用文献

1. 愛知県畜産課. あいちの畜産[統計資料編]. <http://www.pref.aichi.jp/0000056354.html> (2013. 6. 15参照)
2. 畜産環境整備機構. 家畜ふん尿処理・利用の手引き. 畜産環境整備機構. 東京. p. 75-81, 104 (1998)
3. 古山隆司. 畜産環境大辞典. 農文協. 東京. p. 377-389 (1995)
4. 梅本栄一, 渡邊眞, 折原惟子, 松井正敏, 和泉屋公一. 酸化チタンフィルム利用による畜舎臭気の軽減(2). 神奈川県畜産研究所研究報告. 90, 50-60 (2005)
5. 藤原俊六郎. 有機廃棄物資源化大辞典. 有機質資源

- 化推進会議. 東京. p. 216-222 (1997)
6. 佐藤克昭, 芹沢駿治. 堆肥原料としての有機性廃棄物のpH緩衝能. 静岡県畜産試験場試験研究報告. 30, 7-11 (2004)
 7. 完田昌美, 加藤清三郎, 八木広幸, 入江誠一. 堆肥発酵時の悪臭防止試験 (I). 鳥取県中小家畜試験場研究報告. 52, 37-42 (1999)
 8. 増谷寿彦, 山上善久. コーヒー粕及びウーロン豆粕の鶏舎内散布による脱臭効果. 埼玉県畜産センター研究報告書. 1, 47-52 (1997)
 9. 竹本稔, 藤原俊六郎. 未利用資源の農業利用に関する研究 (第2報) 縦型発酵槽を用いたコーヒー粕単独堆肥の製造. 神奈川県農業総合研究所研究報告. 137, 35-42 (1996)
 10. 日本土壌協会. 堆肥等有機物分析法. 日本土壌協会. 東京. p. 29-30 (2010)
 11. 山本朱美, 伊藤稔, 古谷修. 豚糞尿混合物からのアンモニア帰参量 *in vitro* 測定法. 日本畜産学会報. 73(4), 503-508 (2002)
 12. 山本朱美. 農業・生物系特性生業技術研究機構. 畜産で利用される臭気対策資材の効果判定法. 農業・生物系特定産業技術研究機構. つくば. p. 6-19 (2004)
 13. 岩手県畜産研究所. 肉用牛肥育における戻し堆肥の敷料利用性と堆肥化特性. 平成16年度試験研究成果. (2004) http://www.pref.iwate.jp/~hp2088/seika/h16/H16seika_B45.pdf (2013. 6. 15参照)
 14. 仮屋喜弘. 養牛の友. 日本畜産振興会. 東京. p. 30-33 (2002)
 15. 井上雅美, 羽成勤, 吉尾卓宏, 相沢博美. フリーストール牛舎における戻し堆肥の利用. 茨城県畜産センター研究報告. 35, 1-6 (2003)