

豚糞の堆肥化に伴う発生臭気に対する返送堆肥添加の影響

新田孝子 毛利重徳^a 兼松あかね^b 小島知子^c
黒田和孝^d 長田 隆^d 代永道裕^e

I 要 約

堆肥化試験装置を用いて、豚糞の堆肥化の際に返送堆肥を生糞量の10%（重量比）添加し、発生臭気に対してどのような影響を与えるかを検討したところ、結果は以下のとおりであった。

1. 堆肥化に伴う臭気成分は、開始直後に低級脂肪酸類が発生し、1日目以降に硫黄化合物類とアンモニアが発生する傾向が見られた。
2. 返送堆肥添加により低級脂肪酸類の発生濃度が低下したことから、低級脂肪酸類の軽減には返送堆肥の添加が有効である。一方、硫黄化合物類及びアンモニアは、返送堆肥添加による軽減効果は認められなかった。

II 緒 言

家畜糞尿は農地還元を目的に堆肥化処理が行われているが、その処理過程では極めて高濃度の悪臭が発生するため、取り扱い作業が困難である。また、未熟な堆肥は汚物感・悪臭を伴い、作物に様々な生育障害を引き起こす原因となるが、完熟堆肥は肥料成分に富み、悪臭もなく有機質肥料としての価値が高いものである。家畜糞尿の有効利用を図るため、堆肥化処理過程で発生する悪臭の解決が迫られている。

堆肥化処理施設の悪臭対策としては、土壌脱臭装置及びロックウール脱臭装置を用いた生物学的脱臭法、おが屑や活性炭を吸着材として用いた吸着法等が効果を上げている¹⁾が、いずれも設備費・ランニングコストが高いことが欠点である。従って、装置を必要とせず、より効果的で経済的な方法が望まれている。完熟堆肥を返送堆肥としてリサイクルする方法は、水分調整と腐熟促進を目的に連続堆肥化法²⁾として実用化されている。また、完熟堆肥は臭気成分のうち低級脂肪酸類を抑制することが報告されており³⁾、脱臭資材としての効果も期待されている。

本報では、実験室規模の堆肥化試験装置を用いて、豚糞の堆肥化過程における返送堆肥の添加が、発生臭気に対してどのような影響を与えるかを検討した。

なお、本試験は平成5年度沖縄県農林水産関係研究員特別研修として、農林水産省畜産試験場において実施した。

III 材料及び方法

1. 試験実施場所

農林水産省畜産試験場

2. 試験期間

1993年9月から10月

3. 堆肥化試験装置の概要

堆肥化試験装置の概要を図-1に示した。発酵槽は内径30cm、高さ72cm、有効容積52ℓである。発酵槽の外部は厚さ3cmの断熱材で覆い、発酵熱の放散を防いだ。また、排気孔及び送気孔以外は密閉し、蓋部には凝縮水受けを設けた。

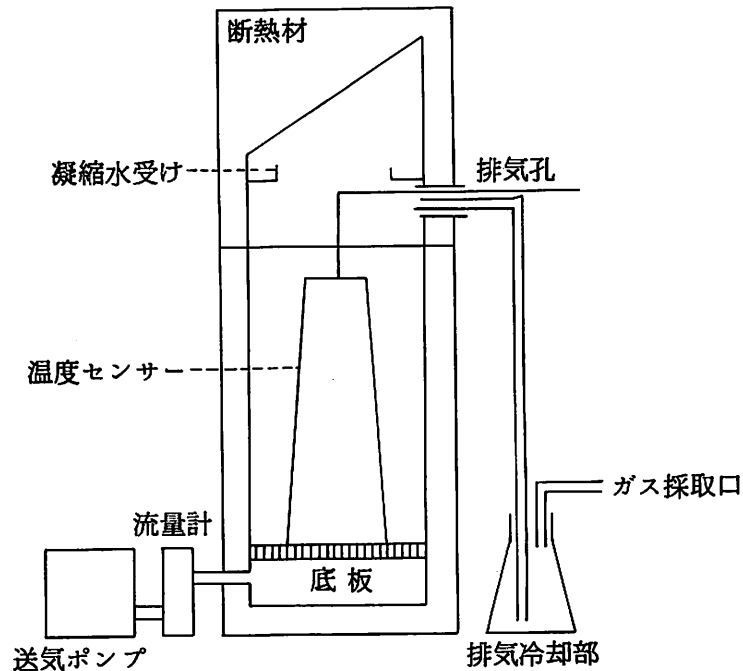


図-1 堆肥化試験装置の概要

4. 供試材料

豚糞：肥育豚舎より採取した新鮮豚糞

返送堆肥：完熟豚糞堆肥

水分調整材：2cm角以下のダンボール裁断片

5. 試験設定条件

試験区の概要を表-1に示した。試験期間中の堆肥化試験装置内の通気量は $2.5 \text{ ℓ} / \text{min}$ ($50 \text{ ℓ} / \text{m}^3 / \text{min}$)に固定し、週1回の切り返しを行った。

表-1 試験区の概要

試験区名	混合物量 (kg)			混合物の含水率 (%)
	豚糞	返送堆肥	ダンボール	
返送堆肥区	19.0	1.9	1.0	66.5
対照区	19.0	--	2.3	65.5

6. 調査項目及び方法

1) 品温

堆肥化試験装置の底板中央部から30cmの箇所を、自記温度計を用いて経時的に測定した。

2) 臭気ガス

臭気ガスは、試験開始後2日間は6時間毎、以後1日1回定時刻（9時30分）に排気孔より採取し、分析に供した。臭気成分のうち低級脂肪酸類（プロピオン酸、n-酪酸、n-吉草酸、i-吉草酸）は、アルカリビーズ法により試験開始後2日間測定した。硫黄化合物類（硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル）はガスクロマトグラフ法、アンモニアは検知管法により、4週目まで経時的に測定した。また、開始後2日間と切り返しの翌日には、三点比較式臭袋法⁷⁾により官能試験を実施し、得られた臭気濃度から臭気指数を算出した。

3) 固形分

切り返しの際に固形分を採取し、含水率、pH、T-N、NH₄-N、C/N比、BODについて測定した。

4) 堆肥の空隙度

切り返し前後における装置内の混合物の重量及び体積を測定し、空隙度を算出した。

IV 結果

1. 品温変化

堆肥化に伴う品温変化を図-2に示した。堆積初期に急激な品温上昇があり、返送堆肥区で1日目、対照区でやや遅れて2日目に70℃に達し、その後徐々に低下した。両区とも切り返し後に再び上昇低下する傾向が見られたが、3週目の切り返し後、返送堆肥区では品温の上昇が認められなかった。一方、対照区では50℃までの上昇が見られた。

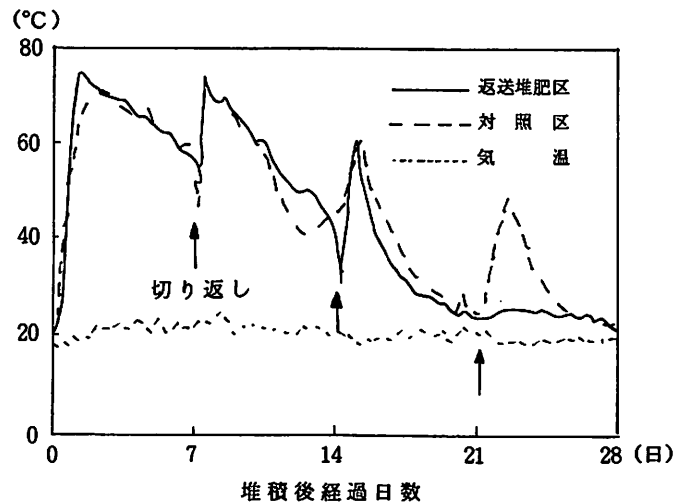


図-2 堆肥化に伴う品温変化

2. 臭気の発生状況

1) 低級脂肪酸類

堆肥化に伴う排気中の低級脂肪酸類濃度の推移を図-3に示した。低級脂肪酸類は、4物質とも試験開始直後の濃度が高く、以後6時間目までに急激に低下し、48時間目にはほぼ消失した。試験開始直後の返送堆肥区の濃度は、プロピオン酸及びn-酪酸で対照区の2/5、n-吉草酸で1/2、i-吉草酸で1/5と低く、返送堆肥添加による低級脂肪酸類の軽減効果が認められた。

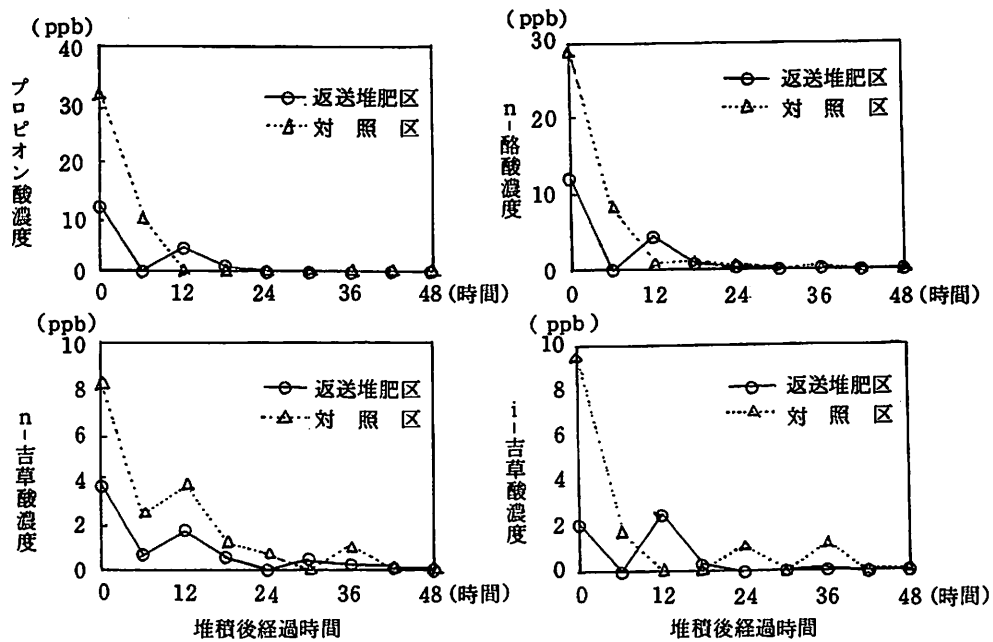


図-3 堆肥化に伴う低級脂肪酸類の濃度変化

2) 硫黄化合物類

堆肥化に伴う排気中の硫黄化合物類濃度の推移を図-4に示した。硫黄化合物類は4物質とも1日目に急激な発生が認められ、2日目まで高濃度で推移し以後低下した。返送堆肥区が対照区より高濃度で推移した。また、両区とも切り返しの翌日に再び濃度が上昇する傾向を示したが、3週目の切り返し後はほとんど認められなかった。

堆積期間中の排気量と硫黄化合物類の発生濃度より、硫黄化合物類中の硫黄元素(S)の総揮散量を算出し図-5に示した。返送堆肥区のSの総揮散量は、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチルで対照区の1.5倍、メチルメルカプタンで2倍の値を示した。以上のことから、返送堆肥添加による硫黄化合物類の軽減効果は得られなかった。

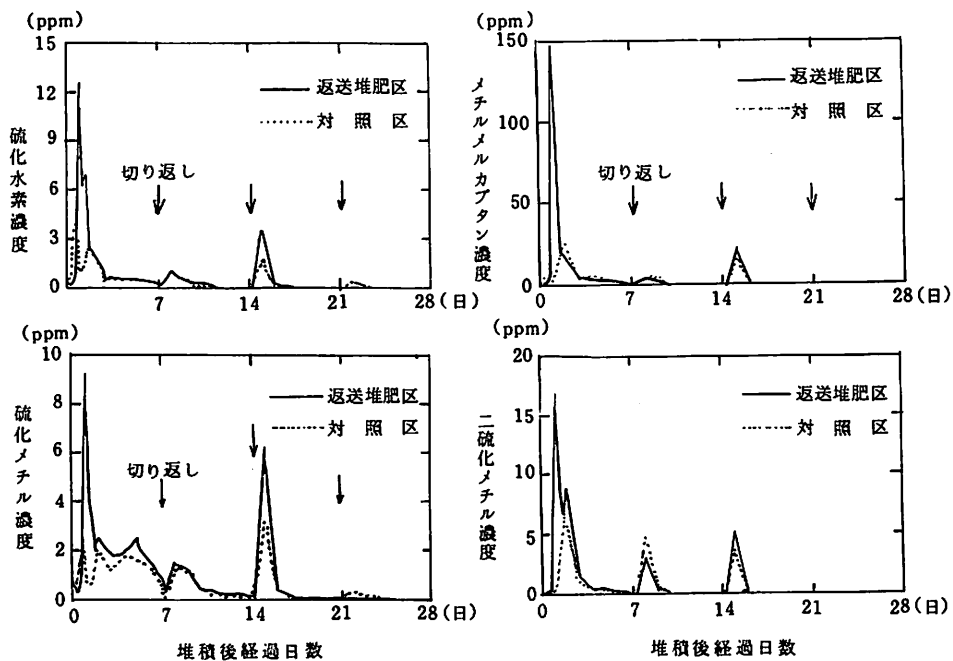


図-4 堆肥化に伴う硫黄化合物類の濃度変化

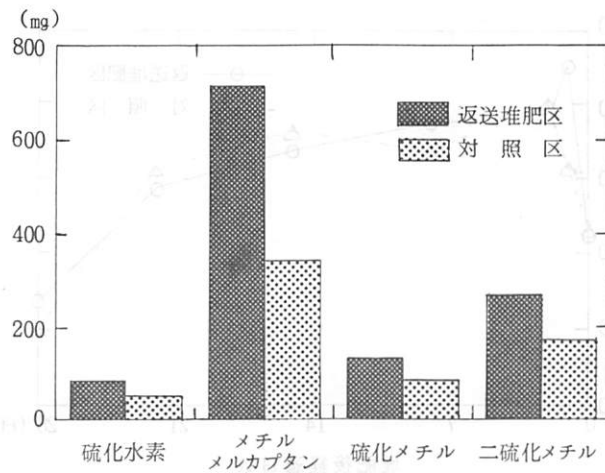


図-5 堆積期間中における硫黄化合物類中のSの総揮散量

3) アンモニア

堆肥化に伴う排気中のアンモニア濃度の推移を図-6に示した。アンモニア濃度は1日目より徐々に上昇し、切り返し前まで高濃度で推移し、以後切り返しの翌日に再び上昇低下する傾向が見られた。返送堆肥区が対照区に比べて高濃度で推移した。1週目の切り返し後は返送堆肥区で4000ppm、対照区で3000ppmの最高濃度を示したが、3週目の切り返し後はほとんど検出されなくなった。

堆積期間中の排気量とアンモニアの発生濃度より、アンモニア中のNの総揮散量を算出し図-7に示した。Nの総揮散量は返送堆肥区で37g、対照区で29gであり、返送堆肥区が対照区の1.3倍であった。以上のことから、返送堆肥添加によるアンモニアの軽減効果は得られなかった。

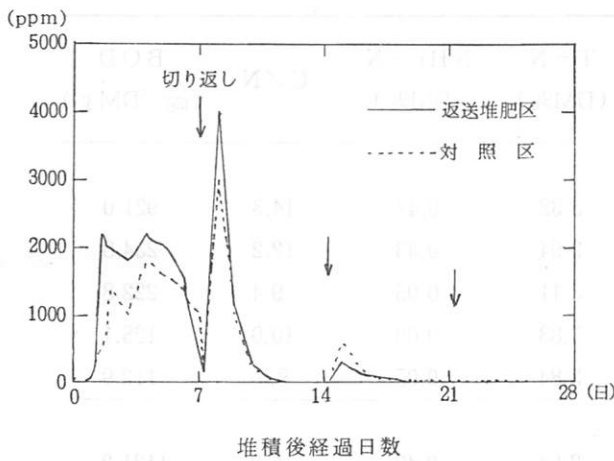


図-6 堆肥化に伴う排気中のアンモニア濃度の推移

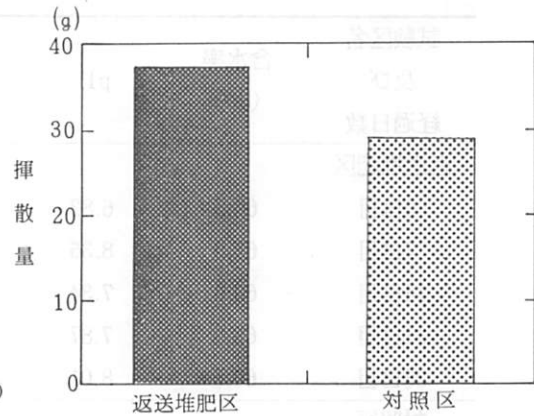


図-7 堆積期間中におけるアンモニア中のNの総揮散量

4) 臭気官能試験

人の嗅覚を通して臭気を全体的に評価するため、官能試験を実施した。堆肥化に伴う臭気指数の変化を図-8に示した。試験開始直後には両区に差は見られなかったが、1日目の臭気指数は、返送堆肥区64.9が対照区51.1に比べて高くなった。その後、切り返しの翌日の臭気指数については、両区間でほとんど差がなく徐々に低下し、4週目には30前後まで低下した。

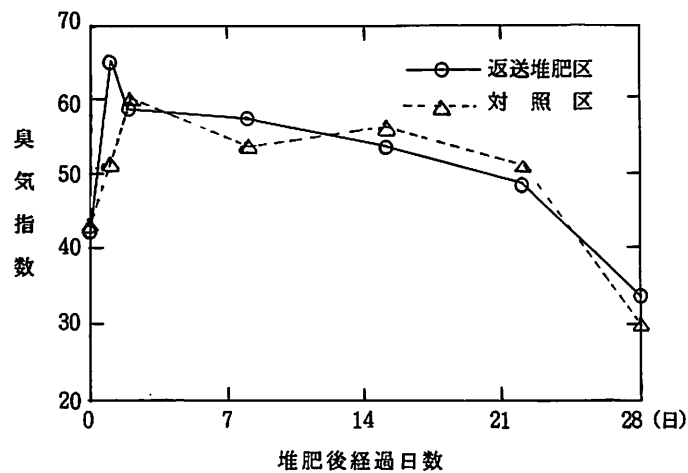


図-8 堆肥化に伴う臭気指数変化

3. 固形分の変化

堆肥化に伴う固形分の変化を表-2に示した。含水率の変化には両区で差はみられず、試験開始時に調整した65%前後から徐々に低下し、試験終了時には60%になった。BODの低下は、返送堆肥区が対照区に比較して急激であった。返送堆肥区では、試験開始時921mg/DM gより7日目までに235mg/DM gに急激に低下したのに対して、対照区では試験開始時1131mg/DM gより14日目までに255mg/DM gに低下した。C/N比は、対照区が若干高く推移した。両区とも開始直後より徐々に低下し、4週目には返送堆肥区で8.5、対照区で10.3を示した。

表-2 堆肥化に伴う固形分の変化

試験区名 及び 経過日数	含水率 (%)	pH	T-N (DM%)	NH ₄ -N (DM%)	C/N	BOD (mg/DM g)
返送堆肥区						
0日目	66.5	6.82	3.32	0.47	14.3	921.0
7日目	63.8	8.36	2.94	0.43	12.2	234.8
14日目	60.9	7.34	3.11	0.05	9.4	222.8
21日目	63.0	7.87	3.83	0.09	10.0	125.1
28日目	60.5	8.01	3.84	0.05	8.5	112.9
対照区						
0日目	65.5	6.79	2.64	0.48	16.9	1131.2
7日目	63.1	8.29	2.44	0.33	16.1	558.8
14日目	60.1	7.06	2.61	0.04	13.9	254.8
21日目	62.1	7.42	3.02	0.05	10.9	194.2
28日目	60.8	7.55	3.85	0.04	10.3	180.3

4. 堆肥の空隙度

切り返しに伴う堆肥化試験装置内の混合物の空隙度の変化を図-9に示した。空隙度は、混合物内部のすきまの割合を単位重当たりの体積で表した。試験期間中、返送堆肥区は対照区に比べて空隙度が低かった。

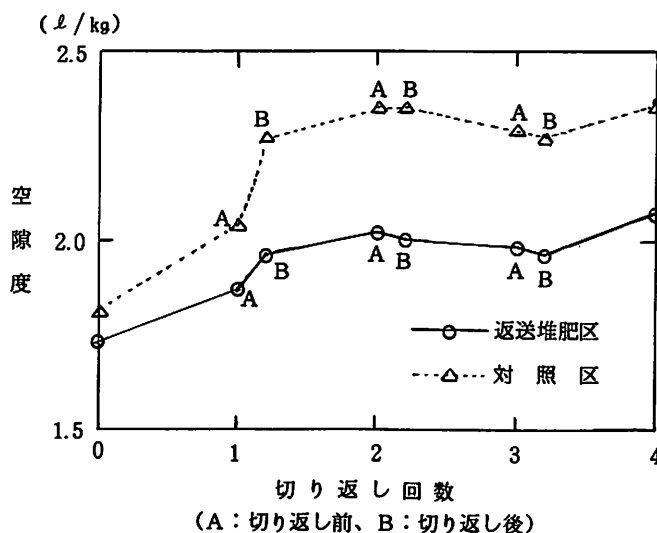


図-9 堆肥の切り返しに伴う空隙度の変化

V 考 察

豚糞の堆肥化に伴う初期の臭気成分の変化については、まず低級脂肪酸類が試験開始時に発生し、続いて硫黄化合物類が1日目から2日目まで高濃度で発生した。アンモニアは1日目から徐々に発生し、以後高濃度で推移した。これは田中ら⁵⁾の報告とほぼ同様であった。試験開始時の堆肥中にはアンモニア態窒素が多量に含まれていたことから、品温の上昇とともにこれらがアンモニアとして発生したと考えられる。

低級脂肪酸類は閾値が低いため微量でも臭気が強く、特に豚糞からの発生が多い臭気成分である⁶⁾が、返送堆肥の添加により抑制効果が顕著に認められた。低級脂肪酸類は比較的吸着され易い物質であることから、添加された返送堆肥が吸着材となったと考えられる。

硫黄化合物類及びアンモニアについては、返送堆肥添加による軽減効果が認められず、むしろ高濃度の発生がみられた。また、悪臭は多数の臭気成分が複合した状態であることから、臭気全体を評価するため官能試験を実施したが、返送堆肥添加による臭気指数の減少は認められず、1日目に返送堆肥区で最高値を示した。これは硫黄化合物類中最も閾値の低いメチルメルカプタンが、1日目で特に高濃度で発生し、臭気全体へ与えた影響が大きいと考えられた。

このように本試験では、返送堆肥添加による低級脂肪酸類以外の臭気の軽減効果は得られなかった。糞を嫌気条件下に置いた場合は臭気成分が質的・量的に増加する傾向にある⁷⁾ことから、臭気軽減の一つの条件として、堆肥化の際に材料の通気性を改善し好気状態を保つ必要がある。返送堆肥区では、含水率を調整するために混合したダンボール裁断片が対照区の約半量となったため圧密化し、試験期間中の空隙度が低くなった。従って、両区の通気量を 2.5 l/min に統一したものの、返送堆肥区では嫌气的部分が生じ易くなったことが、臭気が高濃度で発生した原因であると考えられる。

一方、堆肥の腐熟度について品温、BOD、C/N比の変化から検討した。堆肥化過程における品温の上昇・低下は、堆肥中の易分解性有機物が残存する限り、切り返しに伴い繰り返される⁷⁾。本試験では、返送堆肥区において切り返し後の品温の上昇が早期に認められなくなった。また、返送堆肥区ではBOD、C/N比の低下も急激であり、対照区に比較して早めに完熟したものと考えられた。

連続堆肥化法では、生糞量とほぼ同量の返送堆肥を添加するとしているが、本試験では生糞量の10% (重量比) の添加量で、腐熟促進や臭気成分中の低級脂肪酸類の軽減には効果が認められた。しかし、他の臭気成分の軽減効果は得られなかったため、今後空隙度とともに添加量についても検討する必要がある。

VI 引用文献

- 1) 中央畜産会、1990、家畜ふん尿処理利用手引製作事業報告書 畜産における臭気とその防止対策、109～130
- 2) 松崎敏英、1992、土と堆肥と有機物、76～93、家の光協会
- 3) 黒田和孝 外4名、1993、畜舎における臭気の発生状況及び脱臭資材としての堆肥の効果、畜産研究成果情報、7、11～12
- 4) 岩崎好陽、1993、臭気官能試験法 一改訂版一 三点比較式臭袋法測定マニュアル、臭気対策研究協会
- 5) 田中博 外3名、1979、豚ふんの通風堆肥化時に発生する臭気成分とその脱臭法、別枠研究「農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究」試験成績(第6集)、603～606、農林水産技術会議事務局
- 6) 田中博、1990、臭気処理対策の基本、畜産の研究、44(1)、116～120
- 7) 代永道裕 外2名、1979、嫌気及び好気条件下における豚・鶏ふんからの臭気成分の分析、別枠研究「農林漁業における環境保全的技術に関する総合研究」試験成績(第6集)、559～567、農林水産技術会議事務局
- 8) 原田靖生、1983、家畜ふん堆肥の腐熟度についての考え方、畜産の研究、37(9)、1079～1086