



日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

ISSN 1344-1744

畜産環境技術研究所年報

第6号
(平成14年度)



財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

ま え が き

今日、畜産物は国民生活に欠くことのできない存在となり、その生産を担うわが国の畜産業が将来に亘って持続的に発展することが求められております。そのためには、生産性の向上や高品質畜産物の生産と併せて、家畜ふん尿の適切な処理・利用を図ることにより、畜産に起因する悪臭、水質汚染等の防止に的確に対応することがきわめて重要な課題となっております。

このような情勢を踏まえ、畜産環境整備機構は、財団法人全国競馬・畜産振興会の助成を受けて、平成7年度から「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」を実施することとし、平成8年7月には本事業の一環として畜産環境保全問題に的確に対処するため、福島県西郷村の農林水産省家畜改良センター（現：独立行政法人家畜改良センター）の用地を借用し、同敷地内に畜産環境技術研究所を設立して、研究開発活動を開始致しました。

また、平成12年度から5年間の予定で、新たに「簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業」が開始され、この事業の中で、家畜排せつ物を効率的に処理している全国の事例を調査してとりまとめるとともに、わが国の堆肥成分について調査を行っております。なお、これまでに105件の処理事例を研究所のホームページで紹介しております。

研究所では、毎年度その研究成果と進捗状況についてとりまとめ、畜産環境技術研究所年報を発刊致して、広く関係者の皆様のご意見をいただくこととしております。本年報は平成14年度の活動状況を取りまとめたものでありますが、本年度は「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」の最終年度にあたりますので、これまでの研究成果の主なものについても研究成果情報集として別途とりまとめております。

畜産環境問題を巡る情勢につきましては、ご案内のとおり平成11年7月に「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」等、いわゆる環境三法が成立し、平成16年10月までに家畜排せつ物の素掘り、野積の解消等を実施することとなっております。これら諸問題解決のため、低コストな家畜排せつ物の処理技術開発等、畜産環境問題に関する試験研究はますます重要になるものと考えられます。

当機構並びに研究所と致しましてもこれらの負託に応えるべく、より一層の努力を重ねて皆様のご期待に応える所存でありますので、関係各位の更なるご指導、ご鞭撻をよろしくお願い致しますとともに、本年報が環境と調和した畜産推進の一助となれば幸甚に存じます。

平成15年3月

財団法人 畜産環境整備機構
理事長 中 須 勇 雄

目 次

I. 総務関係

1. 研究所設立の経緯と沿革 1
2. 組織図 3
3. 施設および主要機械器具 5
 - 1) 建物 5
 - 2) 主要機械器具 6

II. 事業の概要

1. 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業の計画 11
2. 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計画 15
3. 平成 14 年度事業の概要 19
4. 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業における主な研究成果
 - 1) 豚における低タンパク質飼料へのビートパルプおよびミカンジュース粕の添加が尿中窒素排せつ量および発育に及ぼす影響 27
 - 2) メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発 39
 - 3) メタン発酵消化液のユーグレナを用いた処理技術の開発(予備試験) 45
 - 4) 微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発 52
 - 5) 微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作 57
 - 6) 堆肥熟度判定器「コンポテスター」を活用する堆肥製造のプロセス管理 65
 - 7) 戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化 74
5. 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業における研究成果情報集 81
6. 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実施状況
 - 1) 簡易低コスト処理施設の開発実証 107
 - 2) 効率的処理技術等情報システム整備事業 130
 - 3) 堆きゅう肥の品質実態調査事業 140
7. 国からの委託試験 159
8. 委員会・会議等の開催 165
9. 職員の普及活動等 175
10. 資料
 - 研究所内写真 179
 - 研究所案内

I 總務關係

1. 研究所設立の経緯と沿革

畜産分野における国際化の進展および環境規制の強化が予想される中で、我が国の畜産は、生産性の向上や高品質な畜産物の生産と併せて、深刻化する畜産環境問題への対応が極めて重要な課題となっている。

こうしたことから畜産環境問題の発生要因研究から、その問題解決を図るための技術開発・普及までを包含する総合的な環境保全技術体系および地域社会とのかかわりの中で、畜産環境問題の発生の効率的な防止を図る等地域社会との調和を重視した畜産経営技術の確立が求められている。

このため、農林水産省のご指導のもとに日本中央競馬会および財団法人全国競馬・畜産振興会からの助成を受け、平成7年度から平成14年度にかけて「畜産環境保全経営技術開発普及事業」を当機構が担当することとなり、平成8年7月1日から福島県西白河郡西郷村の農林水産省家畜改良センター（現：独立行政法人家畜改良センター、以下同じ）内の国有地を借地して「畜産環境技術研究所」を開設することとなった。

研究の拠点となる研究所本体の建物は、鉄筋コンクリート平屋建て延べ面積795㎡で、

平成7年11月設計、平成8年1月工事着工し、平成8年7月竣工した。

また、実験棟（家畜排泄物高度処理・加工実験施設）鉄骨平屋建て延べ面積700㎡の建物が平成10年2月設計、平成10年3月着工、平成10年7月竣工した。

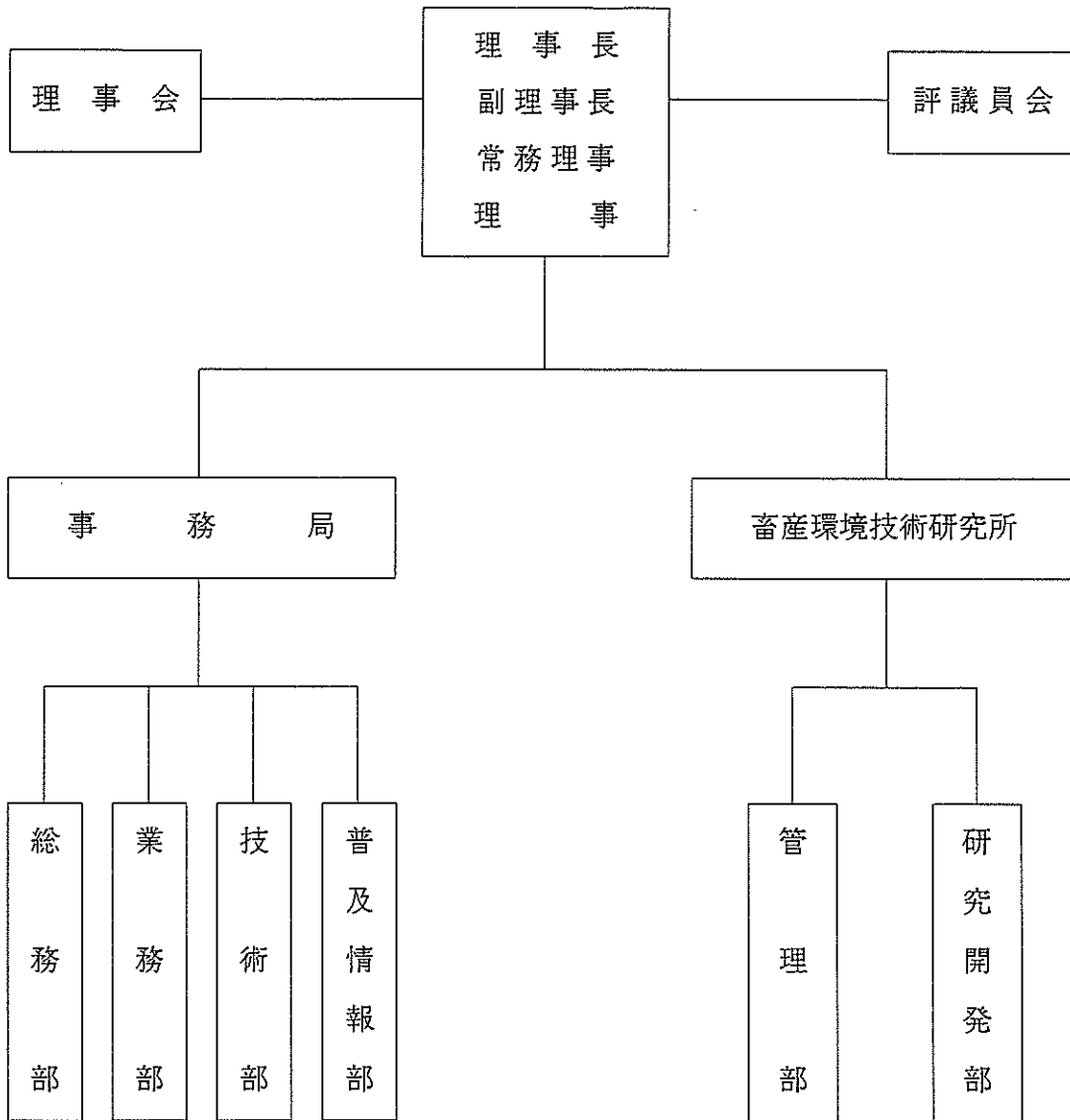
本研究事業においては、個々の畜産経営における低コストかつ安定的な家畜ふん尿処理・利用技術および環境保全のための総合的な飼養管理体系の開発に視点を置いて「畜産環境保全経営技術開発検討委員会、専門部会委員会、小委員会」での研究開発課題について検討のうえ、各年度の研究開発課題の推進に努めている。

さらに、平成12年度から5年間の予定で、新たに「簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業」が開始された。これは、簡易低コスト処理施設開発実証事業、効率的処理技術等情報システム整備事業および堆きゅう肥の品質実態調査事業からなっており、当該事業の「中央・地方検討委員会」で検討のうえ、事業の推進に努めている。

2. 組織図および職員

組 織 図

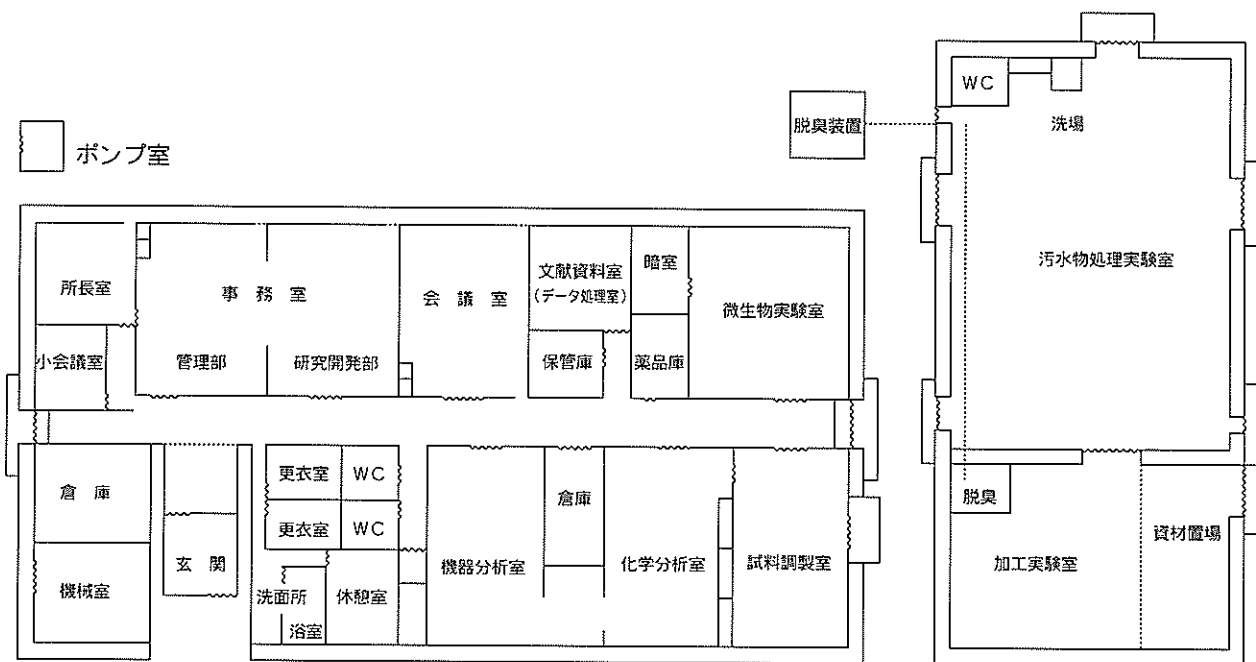
(平成15年3月31日現在)



3. 施設および主要機械器具

1) 建 物（畜産環境保全経営技術開発部促進事業関係）

区 分	名 称	構 造
事務所建	研究所本体	鉄筋コンクリート 平屋建 794.65m ²
倉庫建	ポンプ室	鉄筋コンクリート 平屋建 10.89m ²
倉庫建	実験棟	鉄骨平屋建 700.00m ²



研究所建物平面図

2) 主要機械器具 (畜産環境保全経営技術開発普及促進事業関係)

配置場所	名 称	型式・メーカー	備 考
試料調製室	デジタル熱風乾燥機	池本理化RKI-18-503	
	熱 風 乾 燥 機	RKI-10-0614	
	粉 碎 器	池本理化ウイレー式 RKI-20-1133	
	粉 碎 器	◦ ミル式 RKI-20-1131	
化学分析室	高速振動試料粉碎器	シー・エム・テイTI-100	
	純水製造装置	REG-40-TOC	
	高速冷却遠心機	CR-21E	
	卓上遠心機	GT5PL	
	電子化学天秤	MC-210S	
	ケルダールスタンダードセット	三田村理研 FA-20PN	
	ロータリーエバポレーター	柴田科学 R-124-AW-2	
イオウ化合物・低級脂肪酸捕集セット	GLサイエンス SP-203		

配置場所	名 称	型式・メーカー	備 考
機器分析室	ガスクロマトグラフ N C ア ナ ラ イ ザ ー I C P 発 光 分 析 装 置 分 光 光 度 計 イオンクロマトグラフ 全有機炭素自動分析装置 ガスクロマトグラフ G C デ ー タ 処 理 装 置 低級脂肪酸加熱導入セット	日立G5000A バリオEL 日立P-4000 日立U-2001 日本ダイオネクスDX-120 TORAY Model TOC-650 日立G-3900DSL-FN 日立773-0760 G L サ イ エ ン ス 2702-17162	
微生物 実 験 室	高性能光学顕微鏡 低 温 恒 温 機 〃 オ ー ト ク レ ー プ ク リ ー ン ベ ン チ B O D メ ー タ ー 振とう培養装置 超低温フリーザー 真空凍結乾燥機 乾熱滅菌乾燥機 倒立型システム顕微鏡 低 温 恒 温 機 嫌気性培養装置 炎 光 光 度 計 デ ジ タ ル 温 度 計 コンプリートシステム 繊維抽出装置	AX-80-63 SL-P4 SL-4 IMC-3032L CCV-1300E B2001 AT-12S ULT-1786 FZ-6SF IDK-100 オリンパスIX50-11PH LTI-1000ED 平山製作FA-6 東京光電 ANA135 ANA-148C型 日本バイオレット ANKOM,SA-120	

配置場所	名 称	型式・メーカー	備 考
実 験 棟	バイオトロン人工気象機	いすゞ製作所 SU-12	
	ペーパーレスレコーダー	大倉電器 VM5100A	
	〃	〃	
	クリーンコンプレッサー	井内盛栄堂 175L/min	
	堆肥保温発酵装置	早坂理工HA-30110B	
	〃	〃	
	制 御 装 置	〃	
	データ処理装置	〃	
	空気供給装置	〃	
	多板式固液分離機	日鉄鉱業 RF-230S	
	フォークリフト	コマツFB10RS-10	
	豚代謝ケージ	イワタ式2型	
	〃	〃	
	〃	〃	
	〃	〃	
	豚代謝ケージ	イワタ式3型	
	〃	〃	
	万能混合攪拌機	(株)東北ダルトン25AM-or型	
小型自動床面洗浄機	アマノSE-430N		
デジタル顕微鏡	キーエンスVH-6300		
連続式汚水処理実験装置	宮本製作所ASS-10PS		
実 験 施 設	脱窒リアクター	共和化工 KBM-5	

3) 主要機械器具 (簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及事業関係)

配置場所	名 称	型式・メーカー	備 考
機器分析室	高速液体クロマトグラフ	島津LC-VPシリーズ	
	データ処理装置	島津C-R8A	
	全有機体炭素計	島津製作所TOC-GCPN	
試料調製室	冷 蔵 庫	バイオ冷蔵庫ALS682F	
	〃	〃	
	フ リ ー ザ ー	超低温フリーザー REVCO ULT-350 87	
微生物実験室	〃	〃	
	恒 温 器	PVH-221	
化学分析室	安全キャビネット	ダルトンNSC-ⅡA-1200	
	電位差自動滴定装置	DMSティトリーノ 716/1-20	
実 験 棟	自動湿式灰化装置	アステック(株)	
	堆肥保温発酵装置	早坂理工 HA-30IIA	
	制 御 装 置	〃	
	データ処理装置	〃	
	空気供給装置	〃	

Ⅱ 事業の概要

1. 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業の計画

平成8年3月12日に開催された第2回推進委員会において、次の内容の畜産環境技術研究所の研究開発課題とその内容が承認された。

平成14年度においてもこの実施計画に基づいて研究に取り組んだ。

1) 技術開発の考え方

わが国の畜産は、国際化の一層の進展および環境規制の強化が予想される中で、生産性の向上や高品質農畜産物の生産と併せて、地球環境に調和した安定的な畜産経営を育成することが喫緊の課題となっている。

このため、家畜の生産から出荷に至る生産過程で発生する環境問題を精査・解明し、適切な環境保全管理を行う必要がある。

本研究事業においては、個々の畜産経営における低コストかつ安定的な家畜ふん尿処理・利用技術および環境保全のための総合的な飼養管理体系の開発に視点を置くこととする。なお、研究開発の効率的推進の観点から、脱臭資材等を活用した悪臭防止技術、リン、窒素等環境負荷物質の回収技術および堆きゅう肥の利用促進を図るための品質判定技術、高付加価値化技術の開発については重点的に取り組むこととする。

2) 研究内容

I 悪臭防止技術の開発

1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定

手法の開発

①臭気発生機構の解明

②悪臭軽減効果判定手法の開発

2. 悪臭防除資材の探索・評価・改良

①悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発

②脱臭微生物の分離・改良

II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1. 微生物および膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発（共同研究）

2. 人工湿地法による畜舎汚水の低コスト処理システムの開発

3. 栄養塩類等回収物質の有効利用技術の開発

4. 動物生産汚水の処理に関する微生物学的研究（委託）

III 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

1. 堆きゅう肥の品質評価基準の策定

2. 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発

3. 馬房敷料を活用した土壌改良資材の実用化（委託）

4. 抗生物質等投与家畜生産堆きゅう肥中の抗生物質等の消長ならびに植物への影響（委託）

IV 環境保全技術体系の開発

1. 施設・機器の経営・技術的評価

①家畜ふん尿処理機械の基本性能等調査（委託）

2. 家畜ふん尿の低コスト処理・利用技術の体系化

①畜産ふん尿の吸着率を高める木質系敷

料の改良と木酢液による脱臭技術の開発（委託）

- ②家畜ふん尿の処理利用技術の実態解析
- ③家畜ふん尿等の低コスト処理技術体系化

3. 総合的畜産環境保全技術体系の開発

- ①畜産農業が有する外部経済効果の評価（委託）
- ②「HACCP」の概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発

3) 研究実施期間 平成7～平成14年度

4) 期待される成果

- ①悪臭成分の分解・脱臭を促進するための基幹的要因が解明され、脱臭資材による効率的な悪臭除去技術が確立される。
- ②家畜排泄物に起因する窒素、リンなどの過度な環境負荷物質が除去され、また、回収物は肥料資源として有効に利用される。
- ③堆きゅう肥の品質向上と安定化により

流通が促進され、地力の維持・改善が図られ、農産物の持続安定生産が可能となる。

- ④家畜排泄物などの処理・利用技術の体系化が進められ、良質畜産物の基盤となる総合的な畜産環境保全指針が策定される。

5) 平成14年度の研究計画

前年度からの継続課題を実施するとともに、下記の課題について重点的に取り組んだ。

- ①豚における低タンパク質飼料への繊維質飼料の添加による尿中窒素排泄量、アンモニア発生量の低減技術の開発
- ②メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発
- ③微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易判断システムのインターネット上で公開
- ④微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および測定装置（市販機）の開発

「畜産環境保全のための総合的技術体系の策定」の実施計画

(平成7～14年度)

畜産環境技術研究所

研究内容	研究年次								担当機関	備考
	7	8	9	10	11	12	13	14		
I 悪臭防止技術の開発										
1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発										
1) 臭気発生機構の解明										
・豚における低タンパク質飼料への繊維質飼料の添加が尿中窒素排せつ量、アンモニア発生量および発育に及ぼす影響										
2) 悪臭軽減効果判定手法の開発										
2. 悪臭防除資材の探索・評価										
1) 悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発										
2) 脱臭微生物の分離・改良										
II 高濃度畜舎污水の低コスト処理・利用技術の開発										
1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発										
1) 豚舎排水高度浄化処理技術の開発										
2) 汚水処理過程における汚泥等微生物相の消長と機能										
3) 好気性処理時における処理水の色度について										
・豚舎汚水処理施設から排出される処理水の色度に影響を及ぼす細菌の検索										
・膜処理水の次亜塩素酸剤による色度除去について										
4) 高濃度污水の好気性消化処理										
・メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発										
5) 微生物相による畜舎污水浄化機能の簡易評価法の開発										
2. 人工湿地法による畜舎污水の低コスト処理システムの開発										
3. 栄養塩類等の回収物質の有効利用技術の開発										
									共和化工	交流共同研究

研究内容	研究年次								担当機関	備考
	7	8	9	10	11	12	13	14		
4. 動物生産汚水の処理に関する微生物学的研究			—	—	—				東北大学	委託
Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発										
1. 堆きゅう肥の品質評価基準の策定										
1) 堆きゅう肥成分の変動の解明ならびに品質評価法の開発			—	—						
2) 寒冷時における良質堆肥生産条件の解析			—	—						
2. 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発										
1) スラリーの脱臭・堆肥化技術の開発				—	—					
2) 微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作						—	—			
3. 馬房敷量を活用した土壌改良資材の実用化	—	—	—	—					大津機工畜産生物科学安全研究所	委託
4. 抗生物質等投与家畜生産堆きゅう肥中の抗生物質等の消長ならびに植物への影響		—	—	—						委託
Ⅳ 環境保全技術体系の開発										
1. 施設・機器の経営・技術的評価										
①家畜ふん尿処理機械の基本性能等調査		—	—						生研機構	委託
2. 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化										
1) 家畜ふん尿の処理利用技術の実態解析			—	—						
2) 畜産ふん尿の吸着率を高める木質系敷料の改良と木酢液による除臭効果			—	—					九州産業	委託
3) 家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化										
・戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化						—	—			
4) 鶏ふん焼却灰の飼料利用の実証試験						—	—			
3. 総合的畜産環境保全技術体系の開発										
1) 畜産農業が有する外部経済効果の評価	—	—	—	—					農政調査委員会	委託
2) 「HACCP」の概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発			—	—						
・各種堆肥化施設におけるプロセス管理基準の確立						—	—			

2. 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及事業の計画

1) 技術開発の考え方

平成11年7月22日に、畜産環境問題の解決を図り、今後のわが国畜産の健全な発展に資することを目的として、「家畜排せつ物の管理の適正化および利用の促進に関する法律」が成立し、また、肥料取締法の一部改正により、堆肥の品質表示制度が導入された。

これに伴い、今後5年間実施される野積み、素掘り等の家畜排せつ物の不適切な管理の解消と有効利用の促進に対応するため、家畜排せつ物処理施設の計画的かつ着実な整備とともに、その適切な堆肥化処理・利用等に係る畜産環境保全技術の普及定着が強く求められている。

しかし、家畜排せつ物処理は生産性の向上等に直接結びつくものではないことから、畜産農家においては、より低コストな処理施設の整備や効率的な処理・利用技術に対する要望が極めて強い。これらのことから畜産現場の実態や農家の経営状況を踏まえた簡易で低コストの処理施設の開発・普及や技術指導、さらには堆肥の品質確保が急務となっている。

このため、本事業では、都道府県の協力を得ながら、簡易で低コストな家畜排せつ物処理施設や家畜排せつ物処理・利用方法について情報を収集・活用しつつ、その開発・実証・研究課題化を行う。また都道府県から推薦のあった効率的処理技術等の事

例をデータベース化し、情報の提供システムを構築する。あわせて、全国の堆肥の品質を調査・分析する。

2) 事業内容

①簡易低コスト処理施設開発・実証

- ・農家のニーズに対応しつつ、地域の特性を踏まえた簡易で低コストな処理施設の開発、実証を行う

②効率的処理技術等情報システムの整備

- ・家畜排せつ物処理、利用の優良事例等の情報収集、分析提供
- ・情報提供システムの整備

③堆肥の品質実態調査

- ・堆肥の抗生物質、病原性微生物等含有について全国的な実態調査、分析

3) 実施期間 平成12～16年度

4) 期待される成果

- ①農家のニーズに対応し、地域の特性を踏まえた簡易・低コスト処理施設が開発、実証される。

- ②全国の家畜排せつ物処理、利用の優良事例等がデータベース化され、提供される。

- ③堆肥の品質表示に関係する成分、抗生物質、病原性微生物等含有について全国的な実態が明らかになる。

5) 平成14年度の事業計画

(1)簡易低コスト処理施設開発・実証

本事業において開発実証を目的に委託し

た簡易低コスト処理施設について、その性能を相互に比較するため、共通の測定項目、測定方法および測定上の問題点を整理する。

また、これらの施設を用いて調査を行う際に特に重点的に検討してほしい研究課題について下記のとおり4本の大課題にまとめて提示し、研究課題化と研究の実施を依頼しているため、その進行管理を行う。

- ①活性汚泥微生物による窒素低減化技術
- ②「戻し堆肥」の水分調整材としての有効利用技術
- ③寒冷期における堆肥の発酵促進技術
- ④ふん尿処理施設からの臭気低減技術

(2)効率的処理技術等情報システムの整備
都道府県および畜産環境アドバイザーか

ら推薦のあった効率的処理技術等の事例を収集し、データベースに追加する。また、検索システムについてはメニュー方式に加えてキーワード検索システムを開発する。

(3)堆肥の品質実態調査

都道府県からの紹介等により延べ412箇所の堆肥センターについて堆肥サンプルの提供を依頼し、あわせて原料、副資材等の堆肥の品質・性状に関連すると考えられる項目をアンケート調査する。

堆肥の分析項目は全窒素、全炭素、pH、電気伝導度、銅、亜鉛等の化学成分、スルファジメトキシム、ペニシリンプロカイン、ストレプトマイシン等の抗生物質、O157、サルモネラ等の病原性微生物とする。

「簡易低コスト家畜排泄物処理施設等開発・普及促進事業」の実施計画

(平成12～16年度)

畜産環境技術研究所

事業内容	事業年次					備考
	12	13	14	15	16	
I 簡易低コスト処理施設開発・普及						
1. 現地選択・実証施設設置						
2. 現地調査						
3. 調査報告の取りまとめ						
II 効率的処理技術等情報システムの整備						
1. データ収集、入力						
2. データベース構築						
3. インターネットによる情報提供の試行						
4. インターネットによる情報提供						
III 堆肥の品質実態調査						
1. サンプル収集、分析						
2. データベース構築						
3. 堆肥成分表策定・改定						
4. 調査報告の取りまとめ						

3. 平成14年度事業の概要

1) 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業

課題名	主担当者	研究のねらい	14年度の成果と進捗状況
<p>I 悪臭防止技術の開発</p> <p>1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発</p> <p>1) 臭気発生機構の解明 (平10-14)</p>	<p>山本朱美</p>	<p>畜舎からの臭気発生は多様な要因によって支配されているが、大きく、①ふん尿そのものに起因する要因、②排せつ後の処理方法に起因する要因に分けられる。これらの要因を解析、解明して臭気制御法を開発するのがねらいである。</p> <p>14年度も引き続き上記の①の要因の一つとして、豚における低タンパク質飼料給与に繊維質飼料の添加を組み合わせた場合の窒素排せつ量およびアンモニア発生量の低減について検討した。</p>	<p>①低粗タンパク質（CP）飼料にミカンジュース粕を30%外付けした飼料を給与すると、尿中への窒素排せつ量およびふん尿混合物からのアンモニア揮散量は、低CP飼料の場合に比較して、それぞれ、34%および59%低減された（福島畜試との共同研究）。</p> <p>②低CP飼料に馬鈴薯澱粉粕（ポテトパルプ）30%外付けした飼料を給与した場合の窒素排せつ量およびアンモニア揮散量に及ぼす影響について実施した。その結果、ポテトパルプの添加によって尿中窒素排せつ量は低CP飼料の場合の51%に低減した。</p> <p>③群飼、不断給飼の実際的飼養条件下で、肥育豚に標準CP飼料、低CP飼料、低CP+10%ミカンジュース粕および低CP+20%ミカンジュース粕飼料を給与する実験を福岡県畜研との共同研究として実施した。その結果、ミカンジュース粕10%添加では、標準CP飼料と比較して発育、背防厚には差がなく、尿中窒素排せ</p>

課 題 名	主 担 当 者	研 究 の ね ら い	14年度の成果と進捗状況
<p>Ⅱ 高濃度畜舎 汚水の低コス ト処理・利用 技術の開発</p> <p>1. 微生物及び 膜の組み合わ せ利用による 高濃度成分の 除去技術の開 発</p> <p>4) 高濃度汚水 の好気性消化 処理 (平12-14) 「メタン発酵 消化液の低コス ト処理技術の開 発」 (平13-14)</p> <p>「メタン発酵 消化液のユーグ レナを用いた処 理技術の開発 (予備試験)」 (平14)</p>	<p>亀岡俊則</p> <p>長峰孝文</p>	<p>メタン発酵処理の消化液が 液肥として利用できない場合 には、その浄化処理にコスト が掛かることが問題になって いる。</p> <p>そこで、メタン発酵処理の 効率化とともに、消化液のカ ラム浄化法を応用した簡易低 コスト処理技術を開発する。</p> <p>メタン発酵の消化液はアン モニアを高濃度に含んでお り、その処理が問題になって いる。</p> <p>そこで、アンモニアを窒素 源として使い、光合成でエネ ルギーを得ることができるユ ーグレナ（ミドリムシ）をメ タン消化液で培養することに より、資源として回収利用す る可能性を探る。</p>	<p>14年度の成果と進捗状況</p> <p>つ量は48%、また、総窒素排せ つ量でも64%にまで低減した。</p> <p>①メタン発酵処理の効率化技術 として、豚ふん調整汚水にコバ ルトおよびニッケルを添加する と、メタンガス発生量は、それ ぞれ、22および50%高まった。</p> <p>②消化液のカラム浄化で、糖蜜 および焼酎廃液を全窒素に対し て3～4倍添加すると、脱窒作 用が80%以上高まり、硝酸性窒 素は約40mg/L以下になった。</p> <p>①消化液を水で5倍希釈し、pH を6.0に調整しただけでユーグ レナが培養できた。</p> <p>②消化液のアンモニア濃度はユ ーグレナの増殖にともなって低 下したが、より効率的な増殖に は連続培養法の開発が必要であ る。</p> <p>③消化液のリン酸濃度はユーグ レナの増殖にともなって大きく 低減し、消化液からのリンの回</p>

課題名	主担当者	研究のねらい	14年度の成果と進捗状況
5) 微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発 (平12-14)	長峰孝文	畜舎汚水の浄化は主に微生物の機能を利用して行われている。そこで、微生物相を調べることにより浄化施設運転状況の適否を判定する手法を開発する。とくに、畜舎汚水の原生動物は、携帯可能な器具によって種類の識別、計数が可能なことから、これと水質との関連を調べ、汚水浄化の簡易評価法を開発する。	収は容易であると考えられた。 ①これまでに蓄積されているデータを整理し、運転状況の把握、処理水質が悪化した場合の対処法を判断するための「判断システム」の素案を作成し、試作版を20名に試用してもらった。 ②この試用結果にもとづき修正して、「判断システム」(一般公開版)を作成、インターネット上に公開する。 ③ふん尿処理サポートシステムの一つのツールとなり得る。
Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発 2. 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発 (平10-14) 2) 微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作 (平12-14)	古川智子	現場で簡易に堆肥の腐熟度を判定する手法として、これまでに、堆肥の酸素消費量を測定して微生物の呼吸活動を指標とする方法の有効性が認められている。 平成14年度は、酸素消費量に及ぼす変動要因および測定条件等をさらに詰めるとともに、携帯可能な簡易測定装置を試作する。さらに、現場での有効な使用方法について検討する。	①民間との共同研究として、携帯可能で簡単な堆肥 熟度判定器「コンポテスター」を開発した。堆肥が50gあれば、他に試薬等は一切必要なく1時間で堆肥の腐熟度が判定できる。 ②堆肥の試料によって測定のための適切な水分含量は異なることを明らかにした。また、試料の前処理に必要な水分調整に、堆肥を手で握って判断する簡易な方法を取り入れた。 ③「コンポテスター」による酸素消費量の測定により、堆肥の初期発酵の良否が判定可能と考えられた。 ④各種作物に実際に施用している堆肥サンプルを採取し、その酸素消費量を測定したが、大部

課題名	主担当者	研究のねらい	14年度の成果と進捗状況
<p>IV 環境保全技術体系の開発</p> <p>2. 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系</p> <p>(平10-14)</p> <p>「戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化」</p> <p>(平12-14)</p> <p>3. 総合的畜産環境保全技術体系の開発</p> <p>2) 「HACCP」の概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発</p> <p>(平9-14)</p>	<p>亀岡俊則</p> <p>古川智子</p>	<p>畜産現場では、製造した堆肥を敷き料や水分調整材として使用するいわゆる戻し堆肥の事例が多くなっており、戻し堆肥連用による無機成分の蓄積や、堆肥の微粉化など形状への影響の解明が求められている。</p> <p>そこで、戻し堆肥の連用をくり返し、堆肥の成分、形状の変化等について明らかにする。</p>	<p>14年度の成果と進捗状況</p> <p>分が$5\mu\text{g/g}$ 堆肥/min 以下であった。</p> <p>①水分調整資材として豚ふん堆肥を100%戻した場合には、戻し回数が7回目になると水分吸着能が低下し、戻し堆肥の限界と考えられた。豚ふん堆肥65%、おが屑35%では7回の循環利用でも問題なかった。</p> <p>②牛ふん堆肥で、水分調整材として牛ふん戻し堆肥50%とおが屑50%を混合した場合には、循環回数を重ねても水分吸着能等の物性には大きな変化はみられなかった。</p>
<p>「各種堆肥化施設におけるプロセス管理基準の確立」</p> <p>(平12-14)</p>	<p>伊藤 稔</p>	<p>既往の文献および実態の調査を主体に、畜産の生産現場における構成要素や重点管理のポイントの整理、公害発生や環境保全関連技術、市販資材の情報等の収集および解析を行い、家畜、飼料、飼養管理、畜産物生産、ふん尿処理・利用等の各段階の重要管理</p>	<p>①堆肥センター等における堆肥化過程での管理（堆肥原料、堆肥化初期の水分（容積率）、副資材の種類と使用量、切り返し回数、通気量等）と出来上がった堆肥の品質について、平成13年度に引き続いて調査した。</p> <p>②堆肥の酸素消費量を測定することにより、堆肥化プロセスに</p>

改題名	主担当者	研究のねらい	14年度の成果と進捗状況
<p>他機関との連携協力課題</p> <p>①微生物資材評価試験法の標準化と効果の判定 (平12-16、委託元、畜草研)</p>	<p>山本朱美</p>	<p>事項を明確にし、環境保全型飼養管理技術の体系化を図る。</p> <p>当面は、各種堆肥化施設におけるプロセス管理基準を確立する。</p> <p>微生物資材の評価試験法を標準化して、客観的な評価が行えるようにする。また、いくつかの微生物資材について実際に効果判定を行い、標準化された試験法の有効性を実証する。</p> <p>また、脱臭資材で効果が認められたものについては堆肥化に及ぼす影響の評価が必要である。</p>	<p>における重要管理点である初期発酵および高温期から安定期への移行時の管理が可能であることを明らかにした。</p> <p>③上記①および②のデータに基づき、酸素消費量を堆肥化の重要管理点でのモニタリングに用いることにより、各種堆肥化原料や各種堆肥化施設に応じた堆肥化管理基準が設定できるものと考えられる。</p> <p>①昨年度開発したアンモニア揮散量の<i>in vitro</i>測定法を用いて、市販の鉍物系脱臭資材の散布効果を調べたが、アンモニア揮散量は50%以下となり、その効果はpH低下に基づくものと考えられた。</p> <p>②上記の資材を堆積直後の堆肥に2%添加して経時的に「コンポテスター」で酸素消費量を調べたが、明らかに初期発酵の阻害が認められた。</p> <p>③このことから、市販資材の評価では、脱臭効果とともに堆肥化(微生物活動)に及ぼす影響も調べる必要があると考えられた。</p> <p>④低級脂肪酸の揮散量の測定はアンモニアの場合とほぼ同様の装置構成で可能であることが示された。</p>

2) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業

(1) 簡易低コスト処理施設開発実証事業

本事業において開発実証を目的に委託した簡易低コスト処理施設について、その性能を相互に比較するため、共通の測定項目および測定方法を取りまとめ、各委託機関に送付した。

また、これらの施設を用いて調査を行う際に特に重点的に検討してほしい研究課題について4本の大課題にまとめて提示し、研究課題化と研究の実施を依頼した。

(2) 効率的処理技術等情報システムの整備

① 都道府県から事例の収集

平成14年度は、都道府県から推薦のあった4箇所（事例）について情報ニーズを参考に調査票を作成しアンケート調査を行った。この結果、2箇所の事例を得た。畜産環境アドバイザーから推薦があった11箇所（事例）についてアンケート調査を行った結果、8箇所の事例を得た。これらはデータベースに入力した。総事例数は105箇所（事例）となった。

② 入力支援システムの開発

アンケート調査の内容は、文章だけではなく、フローチャート、写真、地図などが含まれている。このため、これらのデータの入力、修正等を容易にするための支援システムを開発した。なお、アンケートにはアンケート様式をあらかじめ入力したフロッピーディスクを添付し、極力フロッピーでの提出を依頼した。

③ 検索システムの開発

データ入力と並行して検索システムの開発を行った。検索システムはキーワード検索、メニュー検索および概念検索方式の3方式をサポートする予定であるが、13年度はメニュー方式による検索システムを作成した。

(3) 堆肥の品質実態調査

平成14年度においては、都道府県からの紹介等により延べ323箇所の堆肥センターに堆肥サンプルの提供を依頼した。地域別調査堆肥センター数は下記のとおりである。

地 域	箇所数
北海道開発局管内	9
東北農政局管内	54
関東農政局管内	60
北陸農政局管内	18
東海農政局管内	29
近畿農政局管内	20
中国四国農政局管内	69
九州農政局管内	60
沖縄総合事務局管内	4
合 計	323箇所

これらについて下記の項目の調査を行った。

① 堆肥センター等の調査項目

堆肥センターの施設の概要に加えて、送付されたサンプルについて堆肥の品質・性状に関連すると考えられる項目、すなわち原料、副資材、水分、堆肥化施設の種類、堆積中の最高温度（その持続時間）、堆積期

間、切り返しの回数、強制通気の有無、堆肥の用途（販路または配布先）等について調査した。

②堆肥の分析項目

- ・一般成分：堆肥の品質表示項目に係わる全窒素、全炭素、pH、電気伝導度、硝酸態窒素、銅、亜鉛、リン酸、カリ、マグネシウム等
- ・抗生物質：スルファジメトキシム、ペ

ニシリンプロカイン、ストレプトマイシン、カナマイシンおよびオキシテトラサイクリンで、分析にあたっては、スルファジメトキシムは研究所で、他は専門の分析機関に委託した。

- ・病原性微生物：調査する病原性微生物の種類はO157、サルモネラおよびクリプトスポリジウムとし、このうちクリプトスポリジウムは他機関に委託した。

4. 畜産環境保全経営技術開発普及 促進事業における主な研究成果

課題名 I 悪臭防止技術の開発

1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発

1) 臭気発生機構の解明

豚における低タンパク質飼料へのビートパルプおよびミカンジュース粕の添加が尿中窒素排せつ量および発育に及ぼす影響

担当者：山本朱美、古川智子、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修

共同研究機関：福島県畜産試験場、福島県農業短期大学校、福岡県農業総合試験場畜産研究所

研究期間：平成10～14年度

緒 言

近年、栄養的制御によって窒素やリンの排せつ量を低減させる技術が進展している¹⁾。豚における窒素排せつ量の低減は、アミノ酸添加の低タンパク質飼料の給与によって可能であり、この技術はすでに普及に移されている¹⁾。一方では、豚に繊維質飼料原料を多く含む飼料を給与すると尿中への窒素排せつ量が減ることが知られている²⁾。山本らは、これまでに、標準的なCP飼料にリンゴジュース粕を約23%添加して肥育豚に給与することにより、尿中への窒素排せつ量が36%減ること³⁾、また、低CP飼料にリンゴジュース粕を添加給与することにより、尿中窒素排せつ量およびふん尿混合物（スラリー）からのアンモニア揮散量は、低CP飼料に比較して、それぞれ、48%および80%低減すること⁴⁾を明らかにした。ビートパルプとミカンジュース粕は、リンゴジュース粕と同様、繊維含量が多く、繊維の大腸での消化性は高い⁵⁾ため、尿中窒素排せつ量の低減効果が期待できるが、低CP飼料へのビートパルプあるいはミカンジュース粕の添加効果を調べた報告は見当た

らない。

そこで、アミノ酸添加の低CP飼料へのビートパルプあるいはミカンジュース粕の添加が肥育豚のふんおよび尿への窒素排せつ量、およびスラリーからのアンモニア揮散量に及ぼす影響について検討し、いずれもリンゴジュース粕と同様の尿中窒素排せつ量およびアンモニア揮散量の低減効果のあることを明らかにした。

また、肥育後期豚を用い、不断給餌、群飼の実際的条件下で長期にわたる飼養試験を実施し、低CP飼料へのミカンジュース粕の添加が発育と窒素排せつ量に及ぼす影響を調べるとともに、枝肉の背脂肪厚についても調査した。

材料および方法

1. 窒素出納試験

1) 供試飼料

供試飼料はトウモロコシを主体とした低CP飼料およびこれに乾燥ビートパルプあるいはミカンジュース粕を配合した、それぞれ、低CPビートパルプ飼料および低CPミカンジュース粕飼料の3種類で、配合割合を

表1 供試飼料の配合割合および成分組成

	低CP飼料	低CPビートパルプ飼料	低CPミカン飼料
配合割合 (%)			
トウモロコシ	74.00	56.91	56.91
ビートパルプ ¹⁾	—	23.08	—
ミカンジュース粕 ²⁾	—	—	23.08
フスマ	11.66	8.97	8.97
大麦	8.40	6.46	6.46
魚粉	3.30	2.54	2.54
炭酸カルシウム	1.05	0.81	0.81
第二リン酸カルシウム	0.23	0.18	0.18
塩化ナトリウム	0.30	0.23	0.23
ビタミン・ミネラル混合物 ³⁾	0.35	0.27	0.27
塩酸-L-リジン	0.44	0.34	0.34
DL-メチオニン	0.09	0.07	0.07
L-トレオニン	0.15	0.12	0.12
L-トリプトファン	0.03	0.02	0.02
化学組成 ⁴⁾			
CP (%)	11.33	10.58	10.42
可消化エネルギー (Mcal/kg)	3.30	3.16	3.19
有効リジン (%)	0.77	0.68	0.65
有効メチオニン+シスチン (%)	0.47	0.36	0.40
有効トレオニン (%)	0.49	0.42	0.40
トリプトファン (%)	0.17	0.15	0.18

¹⁾ CP7.78% (分析値)、可消化エネルギー2.69Mcal/kg (独立行政法人農業技術研究機構編¹⁾ に基づく計算値)

²⁾ CP7.08% (分析値)、可消化エネルギー2.81Mcal/kg (独立行政法人農業技術研究機構編¹⁾ に基づく計算値)

³⁾ 山本ら (2002) ¹⁵⁾ 参照

⁴⁾ CPは実測値、それ以外は独立行政法人農業技術研究機構編¹⁾ に基づく計算値

表1に示した。低CPビートパルプ飼料および低CPミカンジュース粕飼料は、低CP飼料にそれぞれビートパルプおよびミカンジュース粕を外付けで30%添加したものである。

飼料には、リジン、メチオニン、トレオニンおよびトリプトファンをアミノ酸要求量⁴⁾を満足するように添加した。また、消化試験の指標物質としてセライトを2%それ

ぞれの飼料に添加した。

2) 供試豚および飼育条件

ビートパルプおよびミカンジュース粕の試験は、それぞれ2回実施した。ビートパルプの1回目の試験では、体重が約40kgの去勢雄豚(LWD)4頭を個別に代謝ケージに収容し、2頭ずつ各飼料に割り当てた。飼料は、低CP飼料区では試験開始時の体重の3.0%相当量、また、低CPビートパルプ飼料区では体重の3.0%に相当する低CP飼料に加えて、ビートパルプを体重の0.9%になるように朝1回給与した。飲水は自由とした。代謝ケージへの馴致期間として7日間を設け、この間は体重の3%量に相当する標準的CP飼料を給与した。引き続いて、試験期間を7日間設け、4日間の予備試験の後、窒素出納試験を3日間行った。その後、供試豚への給与飼料を逆にして、同様に7日間の試験を実施した。2回目の試験は、時期を変えて別の4頭の豚を供試して反復実施した。したがって、1飼料区で8頭の豚の成績が得られることになるが、1回目の試験および2回目の試験で、各1頭ずつ、脱肛等の理由による事故豚が発生したため、低CPビートパルプ区で6頭の成績となった。

ミカンジュース粕の試験もビートパルプの場合と同様に実施した。1回目の試験では、体重が約40kgの去勢雄豚4頭を用い、また、2回目の試験では、別の去勢豚3頭と雌豚1頭を用いて実施した。したがって、1飼料区で8頭の豚の成績が得られることになるが、1回目の試験で、雌豚1頭において、カテーテルによる採尿が上手くいか

なかったため、低CPミカン区で7頭の成績となった。なお、雌豚からの採尿は留置導尿管用バルーンカテーテルを用いた方法⁷⁾により行った。

3) ふんおよび尿の処理とCP消化率の算出

窒素出納試験の期間中に排せつされたふんおよび尿は毎日全量を集めて重量を測定し、そのうちの1/10量を分析用試料として4℃で保存した。3日間のふんおよび尿はそれぞれ混合して分析試料としたが、ふんの場合は通風乾燥機により60℃で乾燥後、風乾状態に戻してから、ウィレー粉砕機により粉砕して分析に供した。ふん中への窒素の排せつ量は、古谷ら⁸⁾によって報告されたセライト添加AIA指標物質法により見かけのCP消化率を求め、これにもとづいて算出した。

4) インビトロ法によるアンモニア揮散量の測定

DerikxとAarninkのインビトロ法⁹⁾を改変した山本らの方法¹⁰⁾でアンモニア揮散量の測定を行った。豚1頭、1日当たりのアンモニア揮散量は、インビトロ法によるアンモニア揮散量と1日当たりの尿量から求めた。また、インビトロ法におけるスラリーのpHを、培養開始時および24時間後の終了時にガラス電極法により測定した。

2. ミカンジュース粕添加飼料による飼養試験

1) 供試飼料および試験豚の飼育条件

供試飼料はトウモロコシとダイズ粕を主

表2 供試飼料の配合割合および成分組成

	標準CP飼料	低CP飼料	ミカン10%飼料	ミカン20%飼料
配合割合 (%)				
トウモロコシ	66.4	73.0	63.0	53.0
ダイズ粕	16.8	6.50	6.50	6.50
フスマ	15.47	18.84	18.84	18.84
ミカン粕	—	—	10.0	20.0
炭酸カルシウム	0.61	0.54	0.54	0.54
第二リン酸カルシウム	0.07	0.21	0.21	0.21
塩化ナトリウム	0.30	0.30	0.30	0.30
ビタミン・ミネラル混合物 ¹⁾	0.35	0.35	0.35	0.35
塩酸L-リジン	—	0.24	0.24	0.23
L-トレオニン	—	0.03	0.03	0.03
成分組成 ²⁾				
CP (%)	15.6	11.9	11.7	11.5
DE (kcal/g)	3.3	3.3	3.2	3.2
TDN (%)	75	75	73	72
カルシウム	0.60	0.60	0.73	0.86
非フィチンリン	0.24	0.24	0.24	0.23
有効リジン	0.62	0.58	0.58	0.58
有効メチオニン+シスチン	0.46	0.37	0.35	0.33
有効トレオニン	0.47	0.37	0.36	0.34
トリプトファン	0.19	0.14	0.15	0.17

¹⁾ 飼料1kg中の含量；硝酸チアミン1.5mg、リボフラビン10.5mg、塩酸ピリドキシン0.75mg、ニコチン酸アミド9mg、D-パントテン酸カルシウム16.4mg、塩化コリン86.4mg、ビタミンA10,000IU、ビタミンD32,000IU、酢酸dl- α -トコフェロール10mg、Mn50mg、Fe50mg、Cu10mg、Zn50mg、I1mg

²⁾ CPは実測値、それ以外は日本標準飼料成分表(2001)にもとづく計算値

体とした標準的CP含量の飼料(標準CP飼料、CP15.6%)、アミノ酸を添加した低CP飼料(低CP飼料、CP11.9%)および低CP飼料に乾燥ミカンジュース粕を10および20%配合

した飼料(低CP10%ミカン粕飼料、CP11.7%および低CP20%ミカン粕飼料、CP11.5%)の4種類で、それらの配合割合を表2に示した。ミカンジュース粕添加飼料では、低

CP飼料のトウモロコシの配合量を減らしてミカンジュース粕を添加したため、飼料中のエネルギー含量であるDEおよびTDNは低CP飼料の場合よりもわずかに低くなった。各試験飼料の必須アミノ酸含量は、日本標準飼料成分表(2001)¹¹⁾の成分値にもとづき、日本飼養標準・豚(1998年版)⁶⁾の要求量を満足するように調整した。

体重約80kgの豚32頭を供試し、16頭ずつ2期に分け試験を行った。各期で、4頭(去勢2頭、雌2頭)ずつ4処理区に割り当てた。豚は群飼として、出荷まで不断給餌、自由飲水とした。

2) 窒素の消化試験および枝肉検査

1期目および2期目の試験で、試験開始後、それぞれ、10および12日目からセライトを2%添加した飼料を1週間にわたり給与し、セライト添加酸不溶性灰分(AIA)法⁸⁾により消化試験を実施して糞中への窒素排せつ量を求めた。すなわち、セライト添加飼料給与後、5から7日目までのいずれか1日に排せつされた糞を個体別に約100g採取した。糞の乾燥、粉碎等の処理は常法¹²⁾によった。また、尿中への窒素排せつ量は、日本飼養標準・豚⁶⁾の方式により体内への窒素蓄積量を推定し、これにもとづく方法¹³⁾で算出した。

背脂肪の厚さは湯剥によって測定した。

3. 化学分析および統計処理

飼料および糞の窒素濃度およびAIAの分析は、それぞれ、常法¹²⁾および古谷らの方法⁸⁾によった。また、飼料区間の有意性の

検定は多重範囲検定法のTurkey法¹⁴⁾で行った。

結果および考察

1. ふんおよび尿への窒素排せつ量(窒素出納試験)

1日当たりの飼料摂取量、窒素摂取量および窒素排せつ量の結果を表3および表4に示した。飼料は、低CP飼料および低CPビートパルプ飼料あるいは低CPミカンジュース粕飼料で、それぞれ、体重の3%および3.9%に制限給飼したが、ほとんど残飼は認められなかった。ビートパルプの試験で、低CP飼料と低CPビートパルプ飼料を給与した場合の1日当たりの窒素摂取量はそれぞれ23.6および25.4gであった。低CPビートパルプ飼料区のふん中窒素排せつ量は1日当たり9.7gで、低CP飼料区の4.7gに比較して多くなった($P<0.001$)が、尿中への窒素排せつ量は1日当たり5.6gとなり、低CP飼料を給与した場合の10.3gに比べ有意に低かった($P<0.001$)。また、ミカンジュース粕の試験では、低CPミカンジュース粕飼料区のふん中窒素排せつ量は1日当たり9.5gで、低CP飼料区の4.4gに比較して多くなった($P<0.001$)が、尿中への窒素排せつ量は1日当たり5.2gとなり、低CP飼料を給与した場合の7.9gに比べ有意に低かった($P<0.05$)。

Canhら²⁾は、ビートパルプを30%配合した飼料を肥育豚に給与し、尿中窒素排せつ量が標準的なCP飼料に比較して44%減ることを報告しているが、本試験では、低CP飼料にビートパルプを約23%配合することに

表3 低タンパク質飼料へのビートパルプの添加が窒素排せつ量に及ぼす影響

	低CP飼料 ¹⁾	低CPビートパルプ飼料 ²⁾	SE
飼料摂取量 (kg/d)	1.34	1.54 *	0.30
窒素摂取量 (g/d)	23.6	25.4*	0.07
総窒素排せつ量 (g/d)	15.0	15.3	0.61
ふん中窒素排せつ量 (g/d)	4.7	9.7****	0.27
尿中窒素排せつ量 (g/d)	10.3	5.6****	0.57
蓄積窒素量 (g/d)	8.6	10.1	0.89

¹⁾ 8頭の平均値、²⁾ 6頭の平均値

*P<0.05、****P<0.001

表4 低タンパク質飼料へのミカンジュース粕の添加が窒素排せつ量に及ぼす影響

	低CP飼料 ¹⁾	低CPミカン粕飼料 ²⁾	SE
飼料摂取量 (kg/d)	1.23	1.60****	0.05
窒素摂取量 (g/d)	22.8	26.3*	1.23
総窒素排せつ量 (g/d)	12.3	14.8	1.04
ふん中窒素排せつ量 (g/d)	4.4	9.5****	0.44
尿中窒素排せつ量 (g/d)	7.9	5.2*	0.84
蓄積窒素量 (g/d)	10.5	11.6	0.65

¹⁾ 8頭の平均値、²⁾ 7頭の平均値

*P<0.05、****P<0.001

よって、尿中への窒素排せつ量は46%低減された。山本らは、低CP飼料へのリンゴジュース粕約23%の添加で尿中への窒素排せつ量が48%低減することを報告しており⁴⁾、ビートパルプにおいてもこれとほぼ同様の結果が得られた。また、ミカンジュース粕の添加の場合は34%の低減となった。今回の実験では、標準的CP飼料区は設けていないが、標準的CP飼料区に比較して低CP飼料では、尿中窒素排せつ量が50%低減されることが報告されている¹⁵⁾。これと今回得られた結果を合わせると、低CP飼料へのビー

トパルプあるいはミカンジュース粕の添加によって、尿中窒素排せつ量は、標準的CP飼料の場合に比較して、70%程度にまで低減されると考えることができる。

ビートパルプあるいはミカンジュース粕の添加によって尿中窒素排せつ量は減ったが、逆にふん中への窒素排せつ量は増えた。これは、リンゴジュース粕の場合も同様であった^{3,4)}。ビートパルプ、ミカンジュース粕およびリンゴジュース粕のCP含量は、それぞれ、10.9、6.1および8.5%と比較的少ない(独立行政法人農業技術研究機構、2001)¹¹⁾

ため、これらの飼料原料を外付で添加しても窒素摂取量にはあまり変化はなく、また、窒素蓄積量も変わらないため、ふん尿全体の総窒素排せつ量には差がない。このように、繊維質飼料原料を飼料に添加給与しても、環境への窒素の負荷軽減には直接つながらないが、ふん尿処理では、一般に固分の堆肥化よりも液分の浄化処理に手間がかかり、また、尿汚水中の窒素が少ない方が脱窒が円滑に行われるという点で、尿中窒素低減の意味がある。また、メタン発酵においてもアンモニア過剰による発酵阻害が起きにくい。尿中窒素低減によりどの程度、ふん尿処理コストが軽減されるかは今のと

ころ明確でなく、今後の課題として残されている。

2. スラリーからのアンモニア揮散量およびスラリーのpH

スラリーからのアンモニア揮散量について表5および表6に示した。低CP飼料へのビートパルプの添加により、スラリーからの豚1頭、1日当たりのアンモニア発生量は359mgと低CP飼料の場合の722mgに比較して50%減少した(P<0.01)。この減少割合は、尿中の窒素排せつ量の場合と同様である。また、ミカンジュース粕の場合も、スラリーからの豚1頭、1日当たりのアンモ

表5 低タンパク質飼料へのビートパルプの添加がアンモニア揮散量および培養前後のスラリーpHに及ぼす影響

	低CP飼料 ¹⁾	低CPビートパルプ飼料 ²⁾	SE
アンモニア揮散量 (mg/d)	722	359*	73.7
スラリーpH			
培養前	8.06	6.40***	0.20
培養後	8.15	7.24*	0.32

¹⁾ 4頭の平均値、²⁾ 3頭の平均値

*P<0.05、***P<0.001

表6 低タンパク質飼料へのミカンジュース粕の添加がアンモニア揮散量および培養前後のスラリーpHに及ぼす影響

	低CP飼料 ¹⁾	低CPミカン粕飼料 ²⁾	SE
アンモニア揮散量 (mg/d)	907	376*	146
スラリーpH			
培養前	6.61	7.02	0.11
培養後	7.91	7.84	0.30

¹⁾ 4頭の平均値、²⁾ 3頭の平均値

*P<0.05

ニア発生量は376mgと低CP飼料の場合の907mgに比較して約58%減少した(P<0.05)。

山本ら⁴⁾は繊維質飼料原料としてリンゴジュース粕を用いた同様の試験で、尿中窒素排泄量は低CP飼料の場合に比較して48%低減されるという結果を得ており、これは今回のビートパルプの場合の46%と同様である。しかしながら、アンモニア揮散量では、リンゴジュース粕の場合は低CP飼料に比較して20%にまで著しく低下しており⁴⁾、これは今回のビートパルプの場合における低減割合である50%と明らかに異なっていた。この違いは、インビトロ法に用いたスラリー（培養液）のpH差と考えられる。著者らはインビトロ法における培養前後のpHがアンモニア揮散量に影響し、pHが低い方がアンモニアの揮散が少ないことを明らかにしている¹⁶⁾。表5および表6には、インビトロ法の培養前後のpHを示しているが、低CPビートパルプ飼料区における培養前および培養後のpHは、それぞれ、6.40および7.24であった。これに対して、リンゴジュース粕の場合は⁴⁾、それぞれ、5.91および6.12と、明らかにビートパルプの場合よりもpHが低くなっていた。著者らは、培養開始時のpHが4から7に高まるにつれてアンモニア揮散量は直線的に高まる¹⁶⁾ことを観察しており、培養開始時のpHがリンゴジュース粕でのアンモニア揮散を著しく低減させた理由と考えられる。しかしながら、低CPミカンジュース区の培養開始時のpHは7.02と、低CPビートパルプの場合の6.40よりも高かったにもかかわらず、低CP飼料に

対するアンモニア揮散の低減割合は大きく、アンモニアの揮散が必ずしもpHのみで影響されないことを示している。

本研究の結果、アミノ酸を添加した低CP飼料へのビートパルプあるいはミカンジュース粕の添加は尿中窒素排泄量およびスラリーからのアンモニア揮散量の低減に有効であり、リンゴジュース粕と同様の繊維質飼料原料として利用できることが明らかになった。

3. ミカンジュース粕添加飼料による飼養試験

1) 豚の発育と背脂肪の厚さ

標準CP飼料、低CP飼料、低CP10%ミカン粕飼料および低CP20%ミカン粕飼料を肥育豚に給与した場合の発育成績と背脂肪厚を表7に示した。これらは2回の試験期の値をプールした1処理区8頭の平均値であるが、1回目の試験で、標準CP飼料区および低CP飼料区で、各1頭を発育不良のため除外したので、これらの区では7頭の成績である。低CP20%ミカン粕飼料では、1日増体量は明らかに劣り、飼料要求率も劣る傾向が認められた。これは主として1日当たりの飼料摂取量が低かったことによると思われるが、その理由は明らかでない。

枝肉の背脂肪の厚さは、低CP20%ミカン粕飼料でもっとも薄い傾向が認められた。低CP飼料の給与で厚脂肪になる傾向がみられることはすでに報告されている^{1,13)}。しかしながら、本試験の結果では、低CP飼料の背脂肪厚は、標準CP飼料あるいは低CP10%

ミカン粕飼料の場合と有意差は認められなかった。

2) 糞および尿への窒素排せつ量および見かけのCP消化率

表8に窒素出納の成績および見かけのCP消化率を示した。1日当りの窒素摂取量は標準CP飼料区が多く、低CP飼料区、低CP10%ミカン粕飼料および低CP20%ミカン粕飼料区では、それぞれ、その83、73および60%と少ない傾向が認められた。糞中窒素排せつ量は、標準CP飼料区と低CP飼料区では

ほとんど変わらなかったが、低CP10%ミカン粕飼料および低CP20%ミカン粕飼料では、標準CP飼料よりも22%多い傾向が認められた。一方、尿中への窒素排せつ量は、標準CP飼料区を100%として、低CP飼料区、低CP10%ミカン粕飼料および低CP20%ミカン粕飼料区で、それぞれ、70、48および39%にまで明らかに低減された。

見かけのCP消化率では、標準CP飼料と低CP飼料の間には有意差は認められなかったが、低CP10%ミカン粕飼料および低CP20%

表7 低タンパク質飼料へのミカンジュース粕の10%配合が発育に及ぼす影響

	標準CP飼料	低CP飼料	ミカン10%飼料	ミカン20%飼料
一日当たり増体量 (g/d)	923 ^a	959 ^a	960 ^a	674 ^b
飼料摂取量 (g/d)	3387 ^{ab}	3641 ^a	3416 ^b	2955 ^b
飼料要求量	3.67	3.82	3.72	4.55
背脂肪厚 (cm)	3.30	3.23	3.24	2.81

標準CP飼料、低CP飼料で7頭、ミカン10%飼料、ミカン20%飼料で8頭の平均値異符号間には5%水準で有意差あり

表8 低タンパク質飼料へのミカンジュース粕の配合が窒素排せつ量に及ぼす影響

	標準CP飼料	低CP飼料	ミカン10%飼料	ミカン20%飼料
飼料摂取量 (g/d)	3387 ^{ab}	3641 ^a	2955 ^b	2955 ^b
窒素摂取量 (g/d)	90.2 ^a	75.2 ^b (83)	65.7 ^b (73)	54.2 ^c (60)
糞中窒素排せつ量 (g/d)	14.8	15.5 (105)	18.1 (122)	18.0 (122)
尿中窒素排せつ量 (g/d)	54.8 ^a	38.2 ^b (70)	26.3 ^{bc} (48)	21.1 ^c (39)
総窒素排せつ量 (g/d)	69.6	53.7 (77)	44.3 (64)	39.2 (56)
窒素蓄積量 (g/d)	20.6	21.5 (104)	21.4 (104)	15.0 (73)
見かけのCP消化率 (%)	83.6 ^a	79.4 ^a (95)	72.5 ^b (87)	66.7 ^c (80)

標準CP飼料、低CP飼料で7頭、ミカン10%飼料、ミカン20%飼料で8頭の平均値異符号間には5%水準で有意差あり

() は標準CP飼料に対する相対値

ミカン粕飼料の場合は明らかに低くなった。これは、ミカンジュース粕の添加により代謝性ふん中窒素が増加したことによる。

本研究の結果、肥育後期豚への低CP飼料にミカンジュース粕の10%配合給与によって、豚の発育成績および背脂肪厚に悪影響を与えることなく、標準CP飼料の場合に比較して、尿中窒素排せつ量は48%、また、総窒素排せつ量でも64%にまで低減可能なことが示された。低CP20%ミカン粕飼料は発育が劣ったため、ミカンジュース粕の配合は20%では多過ぎると考えられる。

糞尿処理の現場では、とくに尿汚水中の窒素の処理（脱窒）が重要な課題であり、この点から、本来尿中に排せつされるべき窒素を糞に移行させる本技術は大きな意味を持つものと考えられる。ミカンジュース粕は乾燥させて給与する必要があるが、乾燥にコストが掛かるため、これが今後の課題である。

要 約

アミノ酸添加の低タンパク質飼料へのビートパルプあるいはミカンジュース粕の30%外付け添加による尿中への窒素排せつ量およびふん尿混合物（スラリー）からのアンモニア揮散量低減効果について調べるとともに、低CP飼料にミカンジュース粕10%あるいは20%配合した飼料を用いて、肥育後期の飼養試験を実施した。得られた結果は以下の通りであった。

1) ビートパルプの試験では、1日当たりの窒素摂取量は低CP区と低CPビートパル

プ区で、それぞれ23.6および25.4gとほとんど変わらなかった。ふん中窒素排せつ量はそれぞれ4.7および9.7gで、低CPビートパルプ区で有意に ($P<0.001$) 多かったが、尿への窒素排せつ量はそれぞれ10.3および5.6gと低CPビートパルプ区で有意に ($P<0.001$) 低くなった。1日当たりのアンモニア揮散量はそれぞれ722および359mgと低CPビートパルプ区で有意に低くなった ($P<0.01$)。

2) ミカンジュース粕の試験では、1日当たりの窒素摂取量は低CP区と低CPミカンジュース粕区で、それぞれ22.8および26.3gとなり、ミカンジュース粕の方が多かった ($P<0.05$)。ふん中窒素排せつ量はそれぞれ4.47および9.5gで、低CPミカンジュース粕区で有意に ($P<0.001$) 多かったが、尿への窒素排せつ量はそれぞれ7.9および5.2gと低CPミカンジュース粕区で有意に ($P<0.05$) 低くなった。1日当たりのアンモニア揮散量はそれぞれ907および376mgと低CPビートパルプ区で有意に低くなった ($P<0.05$)。

3) 肥育後期豚への低CP飼料にミカンジュース粕の10%配合給与によって、豚の発育成績および背脂肪厚に悪影響を与えることなく、標準CP飼料の場合に比較して、尿中窒素排せつ量は48%、また、総窒素排せつ量でも64%にまで低減可能なことが示された。

謝 辞

実験に際しては、福島県立農業短期大学の山田未知氏には多大の援助をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 斎藤 守：ニワトリおよびブタからの環境負荷物質の低減化に関する栄養飼料学的研究の動向、日本畜産学会報、72、J177-J199, 2001.
- 2) Canh, T.T., M.W.A.Verstegen, A.J.A.Aarnink and J.W.Schrama：Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs, *J. Anim. Sci.*, 75, 700-706, 1997.
- 3) 山本朱美・青木幸尚・伊藤 稔・石川雄治・山内克彦・山田未知・古谷 修：養豚飼料へのリンゴジュース粕添加による尿中窒素排せつ量低減、日本養豚学会誌、39, 8-13, 2002.
- 4) Yamamoto, A., M.Itoh, Y.Kadoya, H.Kanno, M.Yamada and S.Furuya. Reduction of urinary nitrogen excretion and ammonia emission from slurry by feeding a lowering protein diet supplemented with apple pomace in the growing pigs, *Animal Science Journal.*, 73, 301-304, 2002.
- 5) 杉本亘之：ビートパルプ、ポテトパルプおよびアルファルファの繊維成分の豚における消化率、日豚研誌、21, 4-9, 1984.
- 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準・豚(1998年版). 中央畜産会、東京、1998.
- 7) 梶 雄次・勝俣昌也・常石栄作：留置導尿管用バルーンカテーテルを用いた雌豚の全尿採取法、九州農業研究、58, 116. 1996.
- 8) 古谷 修・山本朱美・伊藤 稔・青木幸尚：豚の消化試験における指標物質としてのセライト添加酸不溶性灰分の利用、日本養豚学会誌、38, 171-176, 2001.
- 9) Derikx, P.J.L. and A.J.A.Aarnink：Reduction of ammonia emission from slurry by application of liquid top layers. In: Verstegen M.W.A., Den Hartog L.A., van Kempen G.J.M., Metz J.H.M. (eds.) *Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*, EAAP publ. No. 69. pp. 344-349. Pudoc, Wageningen, 1993.
- 10) 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚糞尿混合物からのアンモニア揮散量の *in vitro*測定法、日畜会報、73, 503-508. 2002.
- 11) 独立行政法人農業技術研究機構編：日本標準飼料成分表(2001年版). 中央畜産会、東京、2001.
- 12) 石橋 晃(監修)：新編動物栄養試験法、養賢堂、東京、2001.
- 13) 古谷 修・渡部正樹・阿部博行・清水俊郎・大門博之・佐藤圭子・今田哲雄・佐藤金一：アミノ酸添加低蛋白質飼料の給与による肉豚における窒素排泄量の低減、日豚会誌、34, 15-21, 1997.
- 14) 吉田実：畜産を中心とする実験計画誌、養賢堂、東京、1975.
- 15) 山本朱美、高橋栄二、古川智子、伊藤稔、石川雄二、山内克彦、山田未知、古谷 修：肉豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料の給与による尿量、窒素排泄量およびアンモニア発生量低減効果、日本養豚学会誌、39, 1-7. 2002.

- 16) 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚ふん尿混合物のpHおよび尿中窒素含量が*in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響、日本養豚学会誌、39, 306-307, 2002.

課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1. 微生物及び膜の組み合わせによる高濃度成分の除去技術の開発

4) 高濃度汚水の好気性消化処理

メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発

担当者：亀岡俊則、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修

研究期間：（平成13～14年度）

緒 言

家畜ふん尿の資源化処理に向けて、近年急速にメタン発酵処理が注目されるようになった。このメタン発酵法は、古くから中国やインドで普及され、最近ではヨーロッパの国々でも多くの実施例が見られる¹⁾。わが国では、家畜ふん尿を主体とした実用規模で稼動しているメタン発酵施設は僅か20数件程度であるが、ごく最近、ふん尿処理の一選択肢としてメタン発酵処理の採択に向けた検討が進められるケースが増えている²⁾。

こうした状況のもと、家畜ふん尿におけるメタン発酵処理の低コスト化技術の確立が急がれている。本研究は昨年引き続き、メタン発酵処理のコスト低減化を図るため、近年産業廃水等のメタン発酵で注目されているコバルトとニッケルを添加した有機物分解の効率化について検討するとともに、前年度には消化液の脱窒処理ではメタノールに代えて廃食油や酒粕が有効であることを明らかにしたが、さらに地域の低利用資源の活用の観点から廃糖蜜や焼酎廃液の有効性を確認する。

材料および方法

1. 実験装置とメタン発酵法

1) メタン発酵装置および処理方法

メタン発酵の供試装置は、発酵槽の有効容量3ℓとし、投入液および消化液の入出管と、消化ガスの排出管を設け、密閉ガラス瓶を用いた。発酵槽は実験区分で2槽を設け、それぞれ約36℃の恒温水槽内に設置した。メタン発酵期間は、約20日間の消化日数とした。

実験方法は、1日1回一定量の消化液を注射器により引き抜き、その直後に注射器を用いて予め調整した豚ふんおよび牛ふん汚水の一定量を投入した。発酵槽の攪拌は、汚水の投入時点で強く攪拌し、その後約3時間後の1日2回の攪拌とした。ガス発生量の測定は、発酵槽から排出した消化ガスを酸化鉄製剤で脱硫し、次いで水を入れた20ℓ容のポリ製ガス貯留槽に導き、発生したガス圧により水が押し出される構造にして、押し出された水量をもってガス量とした。

メタン菌の馴養は、昨年から継続実施しているメタン発酵実験装置の消化液を用い、本試験用の調整汚水により培養を開始した。このメタン発酵性能が定常状態になった後

から、コバルトとニッケルの添加量を変えながらデータ採取を行った。供試汚水は、豚ふんと牛ふんの調整汚水を用いた。

2) 消化液のカラム浄化法による脱窒処理方法

消化液のカラム浄化処理は、有効3ℓ容量の3槽のカラム槽を用いて行った。カラム槽1は硝化槽とし、3ℓの中に1ℓ容量の碎石(約5cm大)を入れ、汚水ポンプによりカラム槽下部から汚水を引き抜き上部から滝の状態曝気しながら流入する循環系により処理を行った。カラム槽2は脱窒槽とし、3ℓの中に1ℓ容量のコークスを入れ同様に汚水ポンプで循環するが、嫌気状態にするため曝気はしなかった。カラム槽3はカラム槽2の対照区として用い、3ℓの中に1ℓ容量のカキ殻を入れ同様に汚水ポンプにより曝気循環する方法で行った。

カラム浄化法は、カラム槽1を一次処理とし、カラム槽2は嫌気性の脱窒処理、カラム槽3はその対照として好気性処理を行った。

カラム槽1へは、メタン発酵消化液をカラム槽2の処理水を用いて約3倍に希釈して、1日1回1ℓを投入した。カラム槽2およびカラム槽3には、カラム槽1の処理

水を2分し、それぞれ水で2倍希釈して投入した。

カラム槽2の脱窒試験には、炭素源として糖蜜および焼酎廃液を用いて乾物当たり窒素量の約2~4倍量を添加した。

3) 実験に用いた処理システム

実験の処理システムを図1に示した。

4) 供試汚水の調整方法と実験区分

メタン発酵の供試汚水は、配合飼料給与の豚ふんを約3倍の水で溶かし0.5mm目幅の篩で粗大固形物を除去して用いた。また、牛ふん汚水は、乳用牛のふんを約3倍の水で溶かし0.5mm目幅の篩で粗大固形物を除去して用いた。この調整汚水は一括処理を行って、ポリ製容器に分注して冷凍保存し、試験に用いる都度解凍し冷蔵庫で保管して用いた。

有機物分解の促進剤として使用した金属イオンは酸化コバルト(Co_3O_4)と酸化ニッケル(NiO)で、この触媒の添加方法はメタン発酵投入汚水量に対し両試薬とも0.2~1.0ppmの各段階で汚水中に添加し、添加量の異なる条件でのガス発生量を求めた。

消化液の脱窒処理試験は、触媒添加区と無添加区のメタン発酵消化液の混合液を用いた。この消化液は沈澱分離後のものでSS

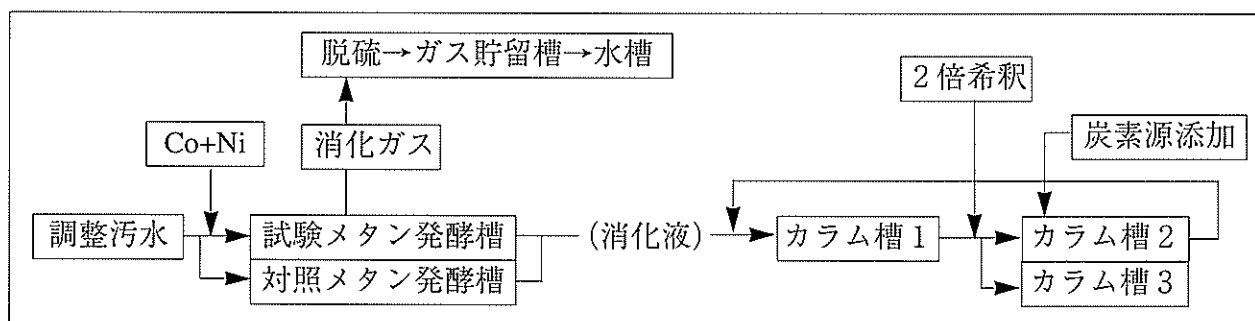


図1 実験に用いたメタン発酵処理システム

濃度約は2,000ppmであった。脱窒処理の炭素源としては市販の糖蜜を10倍希釈して用いた。また、焼酎廃液は、麦焼酎製造廃液で、0.5mm目幅の篩で粗大物を分離し、固形物濃度が約3.9%のものを用いた。調整汚水は前述と同様に一括処理を行って供試した。

4. 水質の分析

汚水の水質分析は下水試験方法に準じ、試験条件などは常法通りに行った。亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) はイオンクロマトグラフにより測定した。

結果および考察

1. コバルトおよびニッケル添加によるメタン発酵の効率化

メタン発酵において、メタン生成細菌の基質である有機酸の酢酸および二酸化炭素からのメタン生成経路においてニッケルおよびコバルトの金属イオンが関与している。また、低級脂肪酸の中でプロピオン酸の濃度が高くなるとメタン生成細菌を阻害することも分かっている。近年、下水汚泥や産業廃水のメタン発酵の促進にこのニッケルおよびコバルトの金属イオンを添加し、酢酸やプロピオン酸などの分解の反応速度を高める研究が進められている³⁾。

家畜ふん尿汚水のメタン発酵では、有機物分解率が牛ふんで約25%、豚ふんでも約50%程度と低い^{1) 4~6)}、エネルギー回収効果の低いことが難点であるとされている。そこで、コバルトおよびニッケルの金属イオンを添加することでガス発生量を高

め、エネルギー生産増によるコスト低減化を図るためメタン発酵効率化の試験を行った。

コバルトおよびニッケルの添加量を変えた場合のガス発生量を表1に示す。豚ふん調整汚水では、0.12および0.5ppm添加ではそれぞれ122%および150%の成績であり、0.5ppmの添加量で対照区に対し50%の効率化が認められた。また、牛ふんでは、0.25および1.0ppmでは、それぞれ110%および119%の向上が認められたが、豚ふんに対しては大きな効率化はみられなかった。

木田の報告では³⁾、焼酎廃液のメタン発酵では投入液に対しコバルトおよびニッケルを各0.2ppmおよび0.5ppmの添加量で無添加区に対して分解速度が4~5倍に向上したと報告している。この場合の微生物菌体内に取り込まれた金属イオン濃度は0.031ppmおよび0.026ppmであり、この値が最小必要量としている。

コバルトおよびニッケルは飼料中に微量元素として含有されており、必須元素として生体中には0.02~0.1ppmの濃度で含まれている。家畜ふんの場合は、飼料由来により含有されているのが普通であり、その濃度を高めても著しい効果が得られなかったものと考えられる。本成績のガス発生量から見ると豚ふんで最高50%の向上であるが、金属イオンを添加することでコストはほぼ豚1頭1日当たり0.3円程度(出荷豚1頭約50円)を要することになり、この普及に当たっては現場の状況を踏まえる必要がある。

2. カラム浄化法による消化液の脱窒処理

表1 コバルトおよびニッケル添加量の異なった場合のガス発生量

(豚ふん調整污水)		(ガス発生量ml)		
CoおよびNi \ 実験区	添加区	無添加区	効率%	
各添加量 0.12ppm	977	800	122	
0.5 ppm	1,320	880	150	
(牛ふん調整污水)		(ガス発生量ml)		
CoおよびNi \ 実験区	添加区	無添加区	効率%	
各添加量 0.25ppm	715	650	110	
1.0 ppm	578	486	119	

メタン発酵消化液のBOD/N比は、1～2程度の低い性状であり、窒素の大部分がNH₄-Nとして残留している⁶⁾。そのため、嫌気性条件下で脱窒菌の増殖を促すためには窒素の約2.8倍の炭素源の補給が必要である。一般にはメタノールを添加して脱窒処理されるが、畜産の現場ではそのコストとともに、メタノールの保管上の点から利用が非常に困難である。そこで、平成13年度にはメタノールに代えて廃食油および酒粕を添加することによりメタノールと同等の脱窒効果のあることを明らかにした。

本年度は、さらに低コストの炭素源を地域低利用資源の中から探索するため、廃糖蜜および焼酎廃液を用いた脱窒効果について試験した。

実験は、市販の糖蜜を10倍希釈し炭素源添加材料とした。脱窒効果の成績を表2に示したが、全窒素量に対し約2.0倍の糖蜜添加量では、脱窒槽のカラム2の除去率は55.0%であった。約4.0倍の添加量では84.0%で、約6.0倍では100%の脱窒効果が認められた。

焼酎廃液を炭素源として利用した効果は、

焼酎廃液を固形物で全窒素の約1.6倍を添加した場合は59.3%の脱窒成績であり、これが3.2倍では87.7%の効果が認められ、亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の合計は30.1mg/ℓに低減できることが明らかになった。

糖蜜および焼酎廃液ともに全窒素量に対しほぼ3～4倍程度の添加量で80%以上の脱窒効果が認められ、その処理水の亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の合計はほぼ40mg/ℓ以下になることが分かった。

以上により、メタン発酵消化液のようなBOD/N比が非常に低く、窒素除去が難しい水質性状においては、このような低利用炭素源を用いることで低コストで良好な脱窒効果が期待できることが明らかになった。

要 約

資源循環型処理の命題のもとメタン発酵処理が注目されているが、家畜ふん尿におけるメタン発酵処理の低コスト化技術の確立が急がれている。本研究は昨年を引き続き、メタン発酵処理のコスト低減化を図るため、近年、産業廃水のメタン発酵で注目されているコバルトとニッケルを添加する

表2 カラム浄化法による消化液の脱窒処理成績

1. 糖蜜添加		(mg/ℓ)			
TNに対する添加割合\濃度		NO ₂ -N(1)	NO ₃ -N(2)	(1) + (2)	除去率%
2.0倍	カラム1	209	100	309	
	カラム2	33.3	106	139	55.0
	カラム3	ND	202	202	34.6
4.0倍	カラム1	168	86.6	255	
	カラム2	22.8	18.1	40.9	84.0
	カラム3	2.1	334	336	-24.1
6.0倍	カラム1	144	11.1	155	
	カラム2	ND	ND	ND	100
	カラム3	2.4	15.5	17.9	88.5
2. 焼酎廃液添加 (TS:3.9%)					
TNに対する添加割合\濃度		NO ₂ -N(1)	NO ₃ -N(2)	(1) + (2)	除去率%
1.6倍	カラム1	351	168	519	
	カラム2	31.8	179	211	59.3
	カラム3	1.2	337	338	34.9
3.2倍	カラム1	129	115	244	
	カラム2	ND	30.1	30.1	87.7
	カラム3	ND	154	154	36.9

有機物分解の効率化について検討するとともに、前年度には、消化液の脱窒処理ではメタノールに代えて廃食油や酒粕が有効であることを明らかにしたが、さらに地域の低利用資源を活用する観点から廃糖蜜や焼酎廃液の有効性を確認した。

コバルトおよびニッケルの添加量を変えた場合のガス発生量は、豚ふん調整汚水の場合0.12ppmおよび0.5ppm添加ではそれぞれ対照区に対し122%および150%の効率化が認められた。また牛ふんでは、0.25ppmおよび1.0ppm添加では、それぞれ110%および119%であり、豚ふんのような大きな

効率化は認められなかった。本成績は、ガス発生量から見ると豚ふんで最高50%の向上であるが、金属イオンを添加することで出荷豚1頭当たり約50円程度の経費が掛かることもあり、現場に対応した利用方法の検討が必要である。

低利用炭素源を添加した消化液の脱窒試験では、全窒素量に対し約2.0倍の糖蜜添加量で55.0%の脱窒効果があり、約4.0倍の添加量では84.0%、約6.0倍では100%の脱窒効果が認められた。焼酎廃液を炭素源とした成績は、固形物当たり全窒素量の約1.6倍を添加した場合は59.3%で、3.2倍では87.7

%の効果が認められた。糖蜜および焼酎廃液ともに全窒素量に対し3~4倍程度の添加量で80%以上の脱窒効果が認められ、その処理水の亜硝酸性窒素と硝酸性窒素の合計はほぼ40mg/l以下になることが分かった。

以上により、メタン発酵消化液のようなBOD/N比が非常に低く、窒素除去が難しい水質性状においては、このような低利用炭素源を用いることで低コストで良好な脱窒効果が期待できることが明らかになった。

謝 辞

本研究で用いた豚ふんおよび牛ふんの試験材料は独立行政法人家畜改良センター、福島県立農業短期大学から提供頂いたものであり、ここにご協力に対し深謝する。

引用文献

1) 財団法人畜産環境整備機構編：家畜排

せつ物を中心としたメタン発酵処理施設に関する手引き（平成13年8月）. p 9-19. (財) 畜産環境整備機構. 2001.

2) 北海道バイオガス研究会編：バイオガスシステムによる家畜ふん尿の有効活用、酪農学園大学エクステンションセンター、酪農ジャーナル臨時増刊号、p 62-103. 2002.

3) 木田建次. 1999. メタン発酵の代謝経路とその変換、環境管理、35：27-34.

4) 亀岡俊則、崎元道男、因野要一. 1986. 家畜ふんに食品廃棄物を混合したメタン発酵について、日畜会報、57：216-222.

5) 亀岡俊則、因野要一、崎元道男. 1988. メタン発酵システムによる豚舎汚水の処理、日畜会報、59：675-681.

6) 亀岡俊則、因野要一、崎元道男. 1986. 豚舎排水のメタン発酵消化液の浄化処理、水処理技術、27：501-509.

課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

4) 高濃度汚水の好気性消化処理

メタン発酵消化液のユーグレナを用いた処理技術の開発（予備試験）

担当者：長峰孝文、亀岡俊則、古川智子、山本朱美、伊藤稔、古谷修

研究期間：平成14年度

緒言

メタン発酵処理は、家畜ふん尿から、メタンという有価物を取り出すことができる優れた技術である。しかし、メタン発酵処理の後に残る消化液（以下、消化液）は、アンモニアや揮発性脂肪酸（VFA）等を高濃度で含んでおり、この処理が問題となっている。

消化液は、液肥として利用するのが最も低コストな処理法であるが、施用すべき耕地が十分でない、液体であるために肥料のように運搬が容易でない、臭気が激しいために民家が近いところでは散布できない、消化液は日々出てくるのに対して肥料が必要な時期が限られている等の理由から、すべてをこの方法で処理するわけにはいかないのが実情である。そこで、一般に活性汚泥法による浄化処理がなされているが、消化液に含まれる高濃度のアンモニアを処理するだけのBODが消化液に含まれていないため、BOD源としてメタノール等の添加が必要である。これがメタン発酵処理全体のコストを高めており、普及の障害となっている。

ユーグレナ（ミドリムシ）は、光合成によってエネルギーを得ることができるため、

BOD源がなくても増殖でき、またアンモニアを吸収してタンパク質の合成ができる。メタン発酵によって得られた余剰電力を利用してユーグレナを培養すれば、メタン消化液のアンモニア濃度を低減でき、なおかつユーグレナ体タンパク質として有価物を回収できる。さらに、メタン発酵処理によって得られるバイオガスには、メタンだけでなく二酸化炭素も30%前後含まれており、これを光合成による炭酸同化作用によりユーグレナ体として回収できるので、地球温暖化ガスの低減も見込むことができる。

消化液によるユーグレナの培養についての報告は、これまでになされていないことから、消化液にユーグレナが要求する栄養素が十分に含まれているか、並びに増殖疎外因子が含まれていないかを試験する必要がある。本研究は、これらの点を明らかにすることで、ユーグレナの培養による消化液の処理の可能性について検討を行った。

材料および方法

1. ユーグレナおよび合成培地

ユーグレナは純粋培養株である *Euglenida gracilis* Klebs Z株（大阪府立大学中野長久教授から分譲）を用いた。ユーグレナは、

Cramer-Myers光独立栄養培養培地(CM培地)にて培養したものをそのままか、もしくはKoren-Hutner 従属栄養培養培地 (KH培地)にて培養し、遠心分離(500×g、1分、4℃)にて回収して純水で3回洗浄したものを試験に用いた。

2. 消化液および試験培地の調整

豚ふんを35℃の中温メタン発酵した後の消化液を用いた。この消化液の性状は、pH7.2、SS 1,750ppm、COD 2,120ppm、BOD 3,360ppm、NH₄-N 606ppm、T-N 895ppmであった。これを純水もしくはCM培地で5倍に希釈し、希硫酸にてpHを6.0もしくは3.5に調整したものを試験培地とした。

3. 培養条件

100mlの三角フラスコに試験培地50ml入れ、任意の個体数のユーグレナを接種した。培養は、23℃、照度2,000 lux (24時間照射)、振とう(100rpm)の条件にて行った。1日に1回、希硫酸もしくは水酸化ナトリウム溶液にてpHを6.0もしくは3.5に調整し、また、培養庫内の二酸化炭素濃度が約1%になる量の二酸化炭素を溶け込ました炭酸水を前日のものと交換した。培養液の一部をサンプリングし、ユーグレナ数、並びに上澄みのアンモニア、硝酸、亜硝酸、リン酸の濃度を測定した。消化液は非滅菌にて試験に用いたが、各器具や合成培地等は滅菌し、作業は無菌操作にて行った。また、試験1は各区1本ずつの培養であるが、これ以外は各区それぞれ3本ずつ培養した。

4. ユーグレナ数および各成分の測定

ユーグレナ数は、培養液をCM培地にて

適切な濃度に希釈し、顕微鏡にて個体数を計測した。1サンプルにつき、5回カウントした平均の値を用いた。アンモニア、硝酸、亜硝酸、リン酸の濃度は、純水にて適切な濃度に希釈した後、Reflectoquant plus (メルク株式会社)を用いて測定した。1サンプルにつき、3回測定した平均の値を用いた。

結 果

1. pHおよび合成培地混合がユーグレナの増殖に及ぼす影響(試験1)

消化液に栄養素が不足していないかを確認するため、消化液の希釈を純水もしくはCM培地で希釈した場合を比較した。また、ユーグレナの光独立栄養による増殖にはpH6.0-7.0およびpH3.0-3.5が最適である¹⁾ことから、pH6.0と3.5も同時に比較した。この結果、図1aに示すように、消化液の希釈については、純水とCM培地の間に差が見られなかった。このことから、消化液にはユーグレナが増殖するのに必要な栄養素がそろっていると考えられた。また、pHについては、図1bに示されているように、pH6.0とpH3.5の間で固体数に大きな差はみられなかった。しかし、培養3日目の時点において、pH6.0の固体数の方がpH3.5よりも高い傾向が見られたことから、この後の試験はpH6.0にて行うことにした。また、この試験ではユーグレナ個体数10³から培養開始したが、この試験期間内に増殖限界に達しなかったことから、初期の個体数を多くする必要があると考えられた。

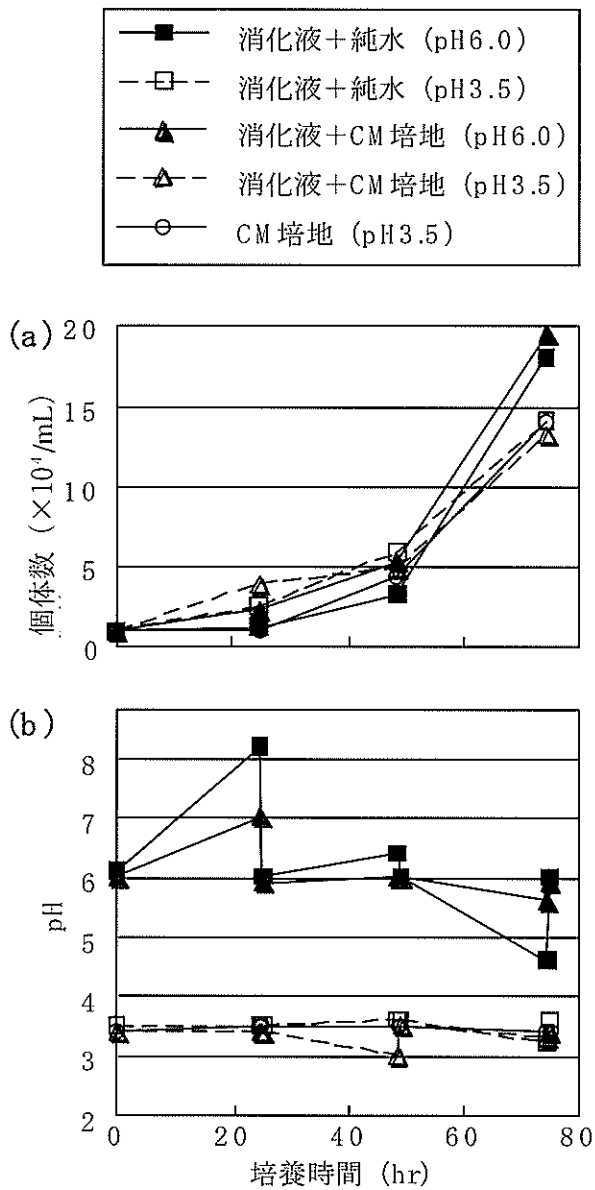


図1 ユーグレナの増殖に及ぼすCM培地添加およびpHの影響

2. 照明の有無がユーグレナの増殖に及ぼす影響 (試験2)

ユーグレナは、糖や有機酸などの幅広い有機化合物をエネルギー源として、従属栄養による増殖ができる¹⁾。純水で1/5希釈した消化液 (pH6.0) において、ユーグレナが従属栄養にて増殖するのかどうかを確認するため、照明ありの明条件と三角フラスコ

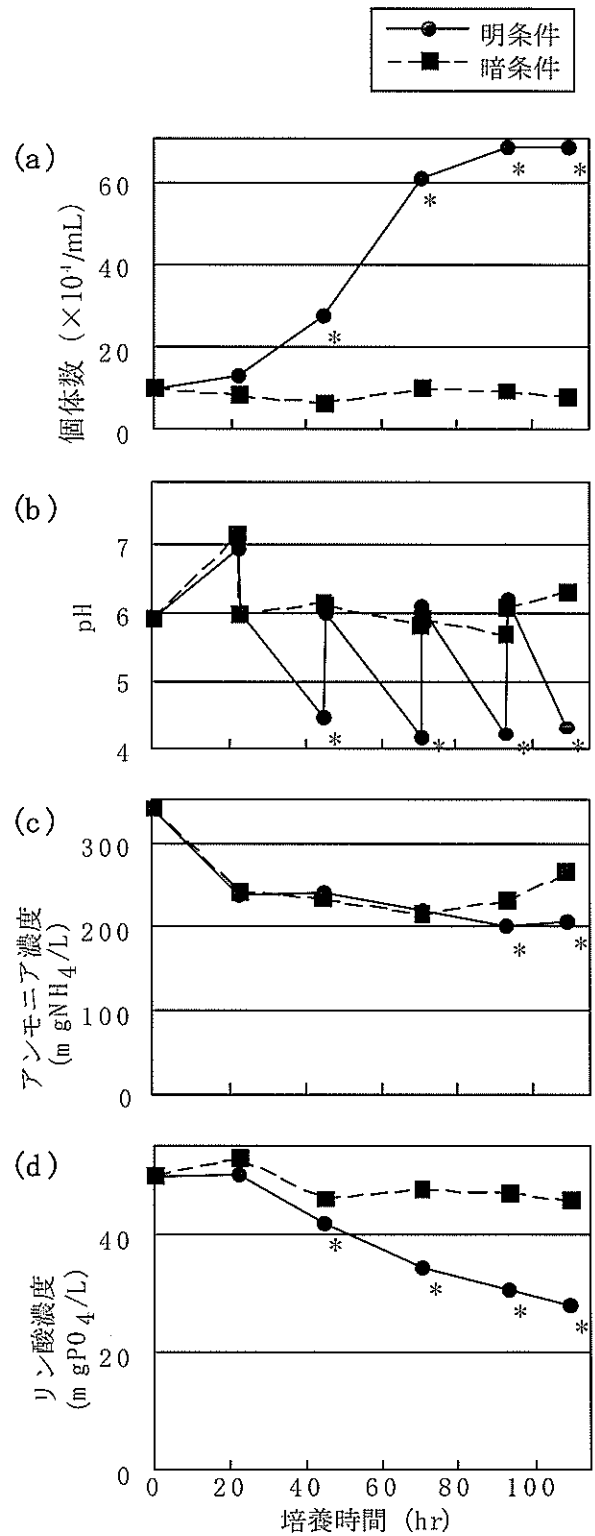


図2 ユーグレナの増殖、並びに消化液のpH、アンモニア濃度およびリン酸濃度に及ぼす光照射の有無の影響

* : 明条件と暗条件の間に1%水準の有意差あり

をアルミホイルで包んだ暗条件にて、比較試験を行った。初期の個体数は 10^4 とした。この結果、図2aに示すように、暗条件下では全く増殖がみられなかったことから、消化液にはユーグレナがエネルギー源として利用できる有機物がほとんど、もしくは全く含まれていないことが明らかになった。したがって、消化液において、ユーグレナは光独立栄養によって増殖していると考えられた。また、 6×10^5 個のレベルまで増殖可能であることが分かった。

pHについては、図2bに示されているように、1日目に上昇が見られたが、暗条件下でも上昇したことから、ユーグレナの増殖とは無関係な現象であると考えられた。また、2日目以降は、明条件においてのみ、pHの低下が見られた。

アンモニア濃度については、図2cに示されているように、1日目に低下が見られたが、これもpHと同様に暗条件下でも低下したことから、ユーグレナの増殖とは無関係な現象であると考えられた。明条件については、その後低下する傾向が見られたが、大きなものではなかった。一方、暗条件では、最後の2日間に増加が見られた。これは、ユーグレナや消化液由来の微生物が体タンパク質の脱アミノによるエネルギー代謝を始めたためではないかと考えられた。一方、リン酸濃度については、時間の経過とともに大きく減少した(図2d)。また、図には示さなかったが、硝酸と亜硝酸濃度は、常に検出限界以下(硝酸 $<5\text{mgNO}_3/\text{L}$ 、亜硝酸 $<0.5\text{mgNO}_2/\text{L}$)であった。

3. ユーグレナの個体数の増加がアンモニア濃度に及ぼす影響(試験3)

試験2において、アンモニア濃度が下がらなかったのは、ユーグレナの増殖量が少なかったためではないかと考え、ユーグレナの添加量を、初期の個体数 5×10^5 と、多くする試験を行った。対照区として、ユーグレナがない状態での培養も行った。また、試験培地は、初日にpHの上昇とアンモニア濃度の低下が見られることから、pHを6.0に調整して6時間振とう培養した後、再度pHを6.0に調整したものをを用いた。この結果、図3aのように、個体数は1日目に 2×10^6 と4倍に増加し、その後は増殖しなかった。

pHは、試験培地の調整法に手を加えたこともあり、1日目の上昇が見られず、逆に大きく低下した(図3b)。その後は、個体数の増加がないにもかかわらず、pHの低下が見られたが、その変動の幅は徐々に減少した。

アンモニア濃度とリン酸濃度は、ユーグレナなしの対照区では、全く変動が見られなかったのに対し、ユーグレナありの試験区では、有意に低下した(図3c,d)。アンモニア濃度は、培地調整時に、あらかじめ6時間振とう培養したことにより、培養開始時点において試験2の2日目とほぼ同じ濃度になっていた。このことから、試験2の1日目におけるアンモニア濃度の低下は、ユーグレナによる作用ではなかったことが明らかになった。試験3において、アンモニア濃度の低下は、ユーグレナを添加した

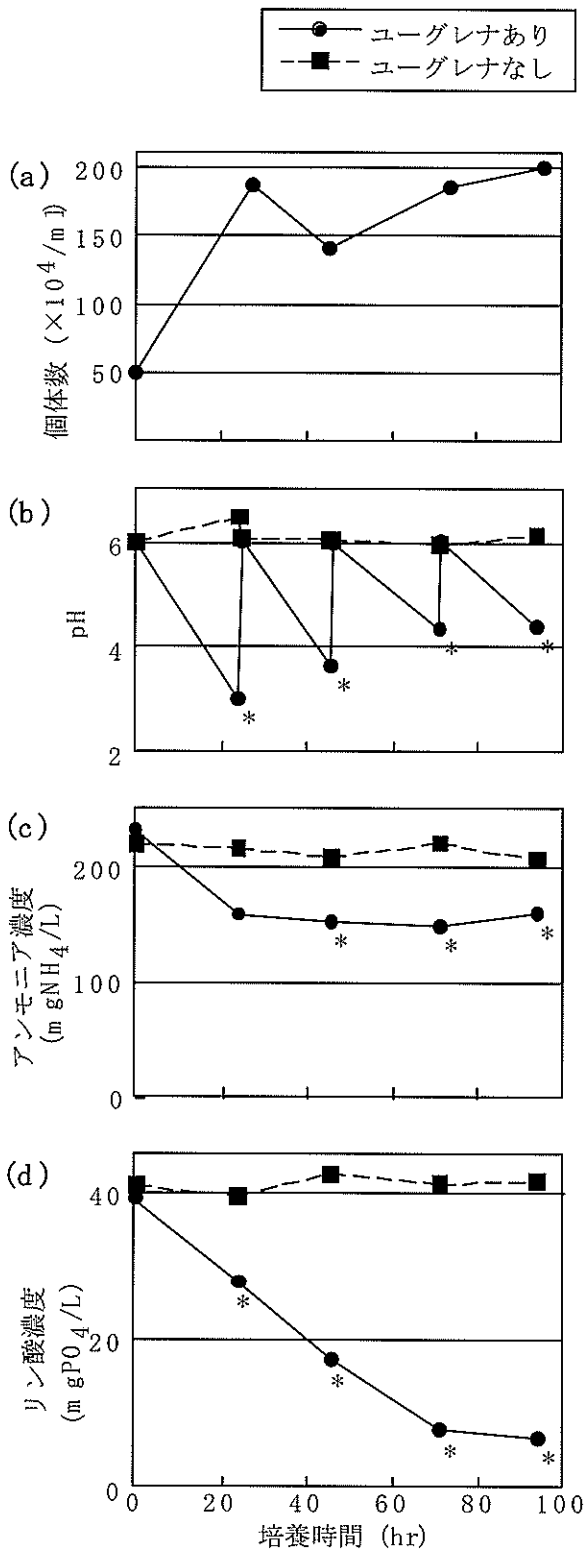


図3 ユーグレナの有無が消化液のpH、アンモニア濃度およびリン酸濃度に及ぼす影響
* : ユーグレナあり、なしの間に1%水準の有意差あり

区において個体数が増加した1日目のみに見られ、この際に31.4%が減少した。一方、リン酸濃度は、増殖とは関係なしに低下し、4日目に83.8%までの減少が見られた。また、この試験においても、硝酸と亜硝酸濃度は、常に検出限界以下であった。

考 察

消化液には、ユーグレナの光独立栄養による増殖に必要な成分が全て含まれていると考えられた。また、希釈してpHを酸性側に調整すると、pHの上昇とアンモニア濃度の低下が見られるが、その後は安定した。pHの上昇とアンモニア濃度の低下は、ユーグレナを添加せずに、6時間振とう培養するだけですみやかに完了することから、VFAの揮散や、消化液に残ったBODによる消化液由来の微生物の増殖などによるものと考えられたが、本研究において、これを明らかにすることはできなかった。

希釈してpHを調整後、性状が安定した消化液にユーグレナを接種すると、pHの激しい低下が見られた。この原因については不明であるが、試験2において暗条件では低下が見られなかったこと、試験3において増殖がなくても低下が起こることから、光の照射がpHの低下となんらかの関係があると考えられた。

二酸化炭素を添加しない条件での培養試験を行ったところ、ユーグレナは増殖しなかった。今回使用した培養装置の密閉性が高いため、通常の大気に含まれる二酸化炭素濃度(0.03%)だけでは、増殖するため

に十分ではなかったものと考えられる。

本研究の結果から、ユーグレナの培養には、pHや二酸化炭素濃度の調整が必要であると考えられた。消化液自体は、pHが8前後あるので、これを徐々に培地に添加することで、特に薬剤を使用することなしにpHを6.0付近に安定させることが可能かもしれない。また、この急速なpHの低下は、ユーグレナがpH2程度まで生存できることから、輪虫類などのユーグレナの捕食者が出現した際に、これを排除することに利用できる可能性が考えられた。

アンモニア濃度の低減については、31.4%の減少と大きなものではなかったが、今回の試験が1日に1回、pHと二酸化炭素濃度を調整するというバッチ培養であったこと、並びにユーグレナの増殖に伴ってアンモニアが減少することから、培養環境を制御し、なおかつユーグレナを回収しながら連続的に培養できる系であれば、さらに減少させることが可能ではないかと考えられた。

リン酸濃度については、ユーグレナの増殖に関係なく低下した。しかし、試験2で示されているように、暗条件でリン酸は低下していない。ユーグレナは、pH4から5あたりで、体内にリン酸を過剰に蓄積することが知られている¹⁾ことから、明条件というよりも、この結果起こるpHの低下が原因となって、リン酸の吸収が起きているものと考えられる。

本研究によって、消化液によってユーグレナが培養でき、アンモニアばかりでなく

リン酸の濃度まで低減できることが明らかとなった。ユーグレナの増殖を促す連続培養法や捕食者の排除等、解決すべき問題が残されているものの、消化液を浄化しつつ、ユーグレナという高栄養な有価物を回収する技術開発の可能性を示すことができた。

要 約

家畜ふん尿のメタン発酵処理は優れた技術であるが、後に残る消化液にアンモニアが高濃度に含まれているために、この処理が普及の障害となっている。そこで、ユーグレナの培養によって消化液のアンモニア等を回収する技術について検討を行った。この結果、以下の結果を得ることができた。

1. 消化液を水で5倍に希釈し、pHを6.0に調整しただけで、ユーグレナ培養の培地とすることができた。したがって、消化液には、ユーグレナの光独立栄養による増殖に必要な成分が十分に含まれていると考えられた。
2. ユーグレナが消化液で増殖するためには、光の照射、pHの調整、二酸化炭素の供給が必要であった。特に、pHの調整と二酸化炭素の供給が今後の課題であると考えられた。
3. 消化液のアンモニア濃度は、ユーグレナの増殖に伴って低下した。しかし、実用的なレベルにまで低下させるためには、より効率的な増殖ができる連続培養法の開発が必要である。
4. 消化液のリン酸濃度は、ユーグレナの培養によって、大きく低減したことから、

リンの回収については、容易に実用化可能であると考えられた。

謝 辞

多くのご助言をいただいた大阪府立大学

中野長久教授に深謝いたします。

引用文献

- 1) 北岡正三郎編. ユーグレナ. p232-233. 学会出版センター. 1989.

課題名 Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

5) 微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発

担当者：長峰孝文、亀岡俊則、古川智子、山本朱美、伊藤 稔、古谷 修

研究期間：平成12～14年度

緒 言

活性汚泥処理施設は、汚濁物質を微生物(汚泥)に分解または吸着させることで、汚水を浄化している。これは見方を変えると、微生物を飼育しているようなものであり、飼育がうまくいかないと汚水は浄化されない。微生物も家畜を飼うのと同様に知識、技術、適正な管理等が必要であり、一般畜産農家にとって容易にできることではないため、汚水が適切に浄化されない状況が散見されている。

そこで、微生物相の観察によって活性汚泥処理施設の状態を判断し、管理を容易にするシステム(以下「判断システム」と略す)の開発を行った。「判断システム」は、施設の管理を行うためのフローチャートと、微生物相の観察を補助する画像データベースを統合したものであり、インターネット上に公開することを目指している。13年度までに、一般的な汚水処理施設についての情報を収集・整理することにより、「判断システム」の素案を作成した。さらに、実際にトラブルが起きている畜舎汚水を処理している2つの施設を対象に試用した結果、以下の問題点が明らかになった。

- 1) 専門用語等の理解が不十分だと誤った選択をしてしまう危険性がある

2) 誤った選択をしてしまった場合のフォローが必要である

3) 設問によっては利用者が選択を迷うものがある

今年度は、以上の問題点を解決した試作版プログラムを作成し、一般畜産農家等に試用してもらうことで、プログラムのブラッシュアップを図るとともに、画像データベースを充実させることにより、「判断システム」の完成度を高め、インターネット上に公開することを目的とした。

材料および方法

1. 前年度に明らかになった問題点の解決方法

問題点の1)については、用語解説をデータベース化して「判断システム」に組み込むことで解決を図った。解説する用語として、汚水に関する専門用語、並びに「曝気槽の洗剤のような白い泡」のような「判断システム」の中で用いている用語を192項目選択した。解説は極力平易な文章にて作成し、読み仮名、別称および英名を加えてデータベース化した。「判断システム」の用語から、それぞれの用語解説のページにリンクさせることで組み込みを行った。

問題点の2)については、判断結果に達

するまでに、2重の異なる観察結果を経るようにし、これらの観察結果が矛盾しているようであれば、観察をやり直すようにフローチャートを改善することで解決を図った。なお、どうしても2つの観察結果がそろわないような場合には、判断結果に誤りがある可能性があることを表示してから判断結果を表示するようにした。また、判断ができないものおよび判断を誤る危険性の高いものについては、判断結果を表示せずに開発者に連絡するようにした。

問題点の3)については、「施設に何か問題がありますか」のような曖昧な設問を排除し、「曝気槽に泡が立っていますか」のような具体的な設問に分割することで解決を図った。

2. 畜舎污水处理施設の調査

調査は、汚水と処理水についてはpH、リン酸濃度、アンモニア濃度、硝酸濃度、亜硝酸濃度、COD、BOD、浮遊物質濃度、処理水については透視度、曝気槽水については活性汚泥沈殿率、pH、溶存酸素、活性汚泥浮遊物質濃度、水温、汚泥の顕微鏡観察・撮影を行った。COD、BOD、浮遊物質濃度以外の項目については、現場にて測定・観察の作業を行った。

3. 実験室規模の回分式活性汚泥装置による試験

6000 ml、1500 mlおよび600 mlの回分式活性汚泥装置各1基を作製し、豚舎汚水を用いて試験した。BOD容積負荷を0.12-0.48 kgBOD/m³・日 (BOD・SS負荷は0.08-0.33 kgBOD/kgMLSS・日)、水温を10-35℃の範

囲で変化させて、出現した微生物を撮影した。微生物の観察・撮影には、生物顕微鏡BX50 (オリンパス光学工業(株)) および高精度デジタルマイクロスコープVH-6300 (株キーエンス) を用いた。

4. プログラムの作成

「判断システム」のプログラムはHTMLおよびJavaScriptによって記述した。フローチャートについては、コンピュータ画面上に各項目の内容やつながりを常時表示させながら作成できるようにし、このデータから半自動的に「判断システム」のプログラム用のデータを生成するシステムを開発した。画像および用語解説については、データベースを作成し、自動的に「判断システム」のプログラムに埋め込むシステムを開発した。

結果および考察

1. 畜舎污水处理施設の調査

「判断システム」を改善するための基礎となるデータを得るため、実際の畜舎污水处理施設の調査を行った。調査は、5月から10月にかけて7つの施設について延べ17回行った(表1)。施設は、一般的な回分式が4施設、複合ラグーンが2施設、汚泥濃縮連続式が1施設であり、一般的な連続式の施設は含まれなかった。施設の状態は、良好な処理水が得られていた1つを除くいて、何らかの問題があった。これらの問題の根本的な原因は、運転操作ミスによる余剰汚泥の蓄積 (G施設)、勘に頼った汚泥抜き (K施設)、汚泥抜き作業の不足 (T施設)、

表1 調査した畜舎污水处理施設の概要

施設名	施設のタイプ	汚水のタイプ	一次処理	地域	調査回数	施設に見られた状態
G施設	複合ラグーン	牛舎排水	濾布型固液分離	福島県	5	汚泥蓄積による汚泥の流出と腐敗
H施設	複合ラグーン	豚舎排水	濾布型固液分離	福島県	1	良好
K施設	汚泥濃縮連続式*	豚舎排水（ふん尿混合スラリー）	メッシュスクリーン	茨城県	1	汚泥蓄積（中空糸膜濾過なので処理水は正常）
M施設	回分式	豚舎・鶏舎排水	濾布型固液分離	宮崎県	1	藻類発生による汚泥の浮上
S施設	回分式	牛舎パドック排水	初沈槽	福島県	4	極端な低負荷とSSの蓄積、処理水の著しい着色
T施設	回分式	豚舎排水	濾布型固液分離	福島県	4	汚泥蓄積と放線菌発生によるバルキング
Z施設	回分式	豚舎排水	メッシュスクリーン	宮崎県	1	過曝気による汚泥の解体と処理水のリン酸濃度上昇

*：中空糸膜によって曝気槽から直接処理水を濾過することによって、汚泥の濃度を通常の2～4倍にしているタイプの施設

過曝気（M施設、S施設、Z施設）であった。これらの中でG、K、S施設の事例については、素案段階のフローチャートでは対応できなかった。この原因は、GとK施設については一般的な活性汚泥法とは方式が違うこと、S施設についてはこのような極端な低負荷の汚水を全く想定していなかったことにあると考えられた。そこで、施設のタイプ別にフローチャートを作成するとともに、S施設のような極端な低負荷に対しても対応できるように改善した。

2. 「判断システム」（試作版）の作製

以上の改善点、並びに前年度に明らかになった問題点2）と3）の解決方法をふまえてフローチャートの改善を行った。この結果、素案の段階では設問と判断結果をあわせて79項目であったものが、改善後は設問、警告、コメントおよび判断結果をあわせて304項目となった。また、素案では上から下への一方通行のフローであったものが、

逆方向のフローを含む複雑なものとなった。このため、この改善を行うに当たって、各項目の内容やつながりをコンピュータ画面上に常時表示させることで、全体を把握しながら修正できるシステムも開発した。

前年度に明らかになった問題点の1）の解決方法に従い、用語解説をデータベース化して「判断システム」に組み込んだ。

3. 「判断システム」（試作版）の試用

インターネット等にて募集した試用者に、作製した試作版をCD-ROMにて配布し、使用報告書を回収した。試作版にはフローチャートの各項目の内容やつながりを示した画像データも添付した。試用者は、養豚農家2名、畜産関連試験研究者9名、污水处理施設研究者1名、污水处理施設管理者4名および污水处理施設開発販売業者4名の計20名とした。試用の結果、14名から15件の報告書を得ることができた。指摘された内容は、指摘事項ごとに細分化し、10項

目に分類した結果、以下のようになった。
なお、この数字には、使用の期間中に研究
担当者の独自調査の結果に得られた問題点
(5件)も含めてある。

1) 施設の状況判断に関するもの	12件
2) 観察方法についての提案	2件
3) 微生物の観察に関するもの	5件
4) 微生物以外の画像掲載の提案	2件
5) 顕微鏡の使い方の説明に関するもの	2件
6) 表示やデザインに関するもの	10件
7) プログラムに関するもの	5件
8) フローチャートの表示に関するもの	2件
9) 機能の追加の提案	8件
10) その他	3件
(計51件)	

これらの指摘事項の中で、インターネット
上の一般公開に先立って修正すべきと考え
られたものは、以下に示す8件であった。

- ・フローチャートは、泡や汚泥の見た目、
透視度、BOD-SS負荷で答えを導き出すよ
うにし、そのときの微生物相を示して確
認するようにする。
- ・管理が極端に悪いところとそうでないこ
ころの区別は、汚泥の色や臭いがよい指
標になる。
- ・連続式の施設において、一部の曝気槽の
み間欠曝気にしている場合が想定されて
いない。
- ・畜舎廃水処理に出てくる原生動物は限ら
れているはずなので、これに絞って提示
するとよい。

- ・全体のシステムの流れを説明するところ
が必要である。
- ・改行位置と行頭位置に乱れがあり読みづ
らく感じられるところがある。
- ・windowsとMacOSでは動作が違っている
(指定したページの位置に移動しないと
ころがある)。
- ・windowsとMacOSでは動作が違っている
(windowsではカレントのウィンドウが最
前面に出てこない)。

4. インターネットへの公開

試用において公開前に改善すべきと思わ
れた項目を改善した。また、畜舎汚水処理
施設の調査および実験室規模の回分式活性
汚泥装置による試験によって収集した微生
物の画像データを追加した。この結果、イ
ンターネット公開版を作成し、一般に公開
する(活性汚泥判断システムURL
<http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>)。

要 約

活性汚泥の微生物相は変動しやすく、一
般畜産農家においては施設の処理機能を十
分に発揮できていない状況が見られている。
そこで、昨年度において、活性汚泥処理施
設の状態を容易に判断できるシステム(以
下「判断システム」と略す)の素案を作成し、
試用して3つの問題点があることが分かっ
た。今年度は、以下の研究開発を行った。
1) 素案において明らかになった問題点を
改善した「判断システム」(試作版)を作
成した。
2) 試作版を一般畜産農家等20名に試用し

てもらい、51件の指摘事項を得た。これらの内、インターネット上の一般公開に先立って修正すべきと考えられたものは、8件であった。

- 3) 指摘事項8件について修正し、「判断システム」(一般公開版)を作成し、インターネット上に一般公開する。

謝 辞

「判断システム」の開発に当たり、社団法人日本農業集落排水協会技術顧問千種薫氏、日本獣医畜産大学柿市徳英教授からご指導をいただいた。また、畜舎污水处理施設の調査に当たり、各施設の管理者の方々には格別のご配慮をいただいた。ここに、心から御礼申し上げる次第である。

課題名 Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

2. 堆きゅう肥の高付加価値技術の開発

2) 微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作

担当者：古川智子、伊藤 稔、亀岡俊則、長峰孝文、山本朱美、古谷 修

協力機関：家畜改良センター

研究期間：平成12～14年度

緒 言

これまでに、微生物による酸素消費量から堆肥の腐熟度を判定する手法について検討してきた^{1)~3)}。すなわち、堆肥サンプルを密閉可能な容器に入れ、一定温度における一定時間の微生物による酸素消費量からそこに含まれる易分解性有機物量を推定し、それから堆肥の腐熟度を判定する方法である。堆肥が未熟のうちは微生物が利用できる易分解性有機物が多く含まれるため酸素消費量は高いが、完熟に近い堆肥では易分解性有機物が消費されてしまうためこの値は低くなるという原理に基づいている。

すでに開発した酸素消費量測定装置²⁾は、温度を35℃に保つため恒温水槽を用い、結果の記録に卓上記録計を使うなど、かなり大掛かりのもので、持ち運びはできない。そこで、これらを一体化し、現場の使用にも耐えうる携帯型の装置の開発が必要である。また、酸素消費量の測定では、堆肥の水分含量を適正に調整する必要がある。これまでの結果では60～75%が適当とされている²⁾が、堆肥により適正水分含量が異なることが考えられるため、さらなる検討が必要とされる。さらに、酸素消費量の結果

を堆肥の腐熟度判定にどう結びつけるかはきわめて重要である。これまでの結果では、酸素消費量が $3 \mu\text{g/g/min}$ 以下であれば、その堆肥を施用しても急激に有機物の分解が起きて作物に生育障害を与える心配はないと考えられる⁴⁾が、実際に現場でどのような作物にどの程度の酸素消費量の堆肥が施用されているかを把握する必要がある。

そこで、本年度は、携帯型の酸素消費量測定装置（堆肥熟度判定器）を製品化するとともに、その測定精度について調べた。また、堆肥サンプルの水分含量についてさらに検討した。さらに、現場から収集した各種堆肥の酸素消費量を測るとともに、従来からの腐熟度の判定指標とされる発芽指数やC/N比を調べ、酸素消費量との相関を明らかにした。

材料および方法

1. 堆肥熟度判定器の製品化とその測定精度（実験1）

これまでに開発した酸素消費量測定装置を携帯型に一体化した製品を富士平工業（株）と共同開発した。製品化した装置（コンポテスター）について、酸素消費量が1

～22 μ g/g/minの範囲にあるサンプル37点を用いて、その測定精度を調べた。

2. 堆肥サンプルの水分含量と酸素消費量の関係（実験2）

水分20%の堆肥を供試し、これに水を加えて水分含量が30～80%の間で9水準になるようにしたサンプルの酸素消費量を測定した。酸素消費量は各サンプルについて、水分調整直後、3時間後、24時間後、48時間後および72時間後の5回にわたって測定した。水分含量によって実際に供試した堆肥サンプルの重量が異なったため、水分60%の場合の堆肥サンプル量（25 g）と同じにするため、他のサンプルでの酸素消費量は堆肥サンプル量で補正した。

3. 堆肥サンプルの水分調整を手で握ってみて行う簡易法の検討（実験3）

実験2の結果、酸素消費量を測定する場合の堆肥の適正水分はその吸水性に影響を受けるため、一律ではなく、水分含量とともに通気性を確保することが重要と考えられた。そこで、堆肥を手で握りしめて水分と通気性を満足させる簡易な水分調整法について検討した。原料、水分含量等が異なる堆肥サンプルを4種類（サンプル1～4）供試し、5人の試験者に「堆肥を強く握りしめ、指の間から水がにじみ出る程度」ということを基準に水分調整を依頼した。水分の調整は、サンプル1および2は1日目、サンプル3および4は2日目に実施した。

各試験者が上記の基準に従って調整した堆肥の水分を乾燥法（常法）により実測するとともに、水分調整2日後に酸素消費量

を測定した。

4. 各種作物に施用されている堆肥の酸素消費量と他の腐熟度指標との相関（実験4）

現場で実際に施用されている堆肥の酸素消費量とその作物別の用途について調査した。堆肥のサンプルは福島県下の3地域から、春から秋にかけて、全部で33種類を採取した。酸素消費量の他に、発芽指数、灰分、pH、ECおよびC/N比についても測定し、相互の相関を調べた。

5. 堆肥の分析法

酸素消費量の測定は、実験1で製品化した堆肥熟度判定器を用いた。堆肥サンプル量50g、測定温度35℃、予備保温時間30分、測定時間30分とした。堆肥サンプル容器は520mLであるが、堆肥サンプルを50g（比重を1.1として45mL）を入れるので、実質的な容量は475mLとなり、酸素消費量の測定ではこの475mLにおける酸素濃度の変化を問題にすることになる。堆肥によって比重は若干異なるが、最終的な酸素消費量に影響を及ぼすような差ではない。酸素消費量の測定結果は、サンプル1 g、1分間当たりに消費される酸素量（ μ g）の整数値で表示される。

酸素消費量以外の堆肥の分析は、堆肥等有機物分析法⁵⁾によった。測定項目は、水分、灰分、pH、EC、C/N比およびコマツナによる発芽指数であった。C/N比はNCアナライザーを用いて測定した。

結果および考察

1. 堆肥熟度判定器の製品化とその測定精度（実験1）

すでに開発した酸素消費量測定装置²⁾からの主な改良点は、容器の温度を一定に保つ恒温水槽をアルミブロックヒーターに替え、また、記録計をなくし、測定結果を数値で表示することとしたことで、かなりコンパクト化し携帯が可能となった。重量は約10kgである。さらに、酸素電極を寿命の長いものに変更し、酸素電極への結露防止

のための加温ヒーターを設けたことにより、測定の安定性が飛躍的に高まった。写真1に製品化した堆肥熟度判定器「コンポテスター」を示した。

コンポテスターの測定精度を表1に示した。酸素消費量が1～22 μ g/g/minの範囲にあるサンプル37点を用いて、同一サンプルを繰返し測定した場合の誤差（繰返し誤差）を検討した結果、その大きさは、標準偏差として0.45 μ g/g/min、変動係数は5.5%となり十分に精度が高いと考えられる。

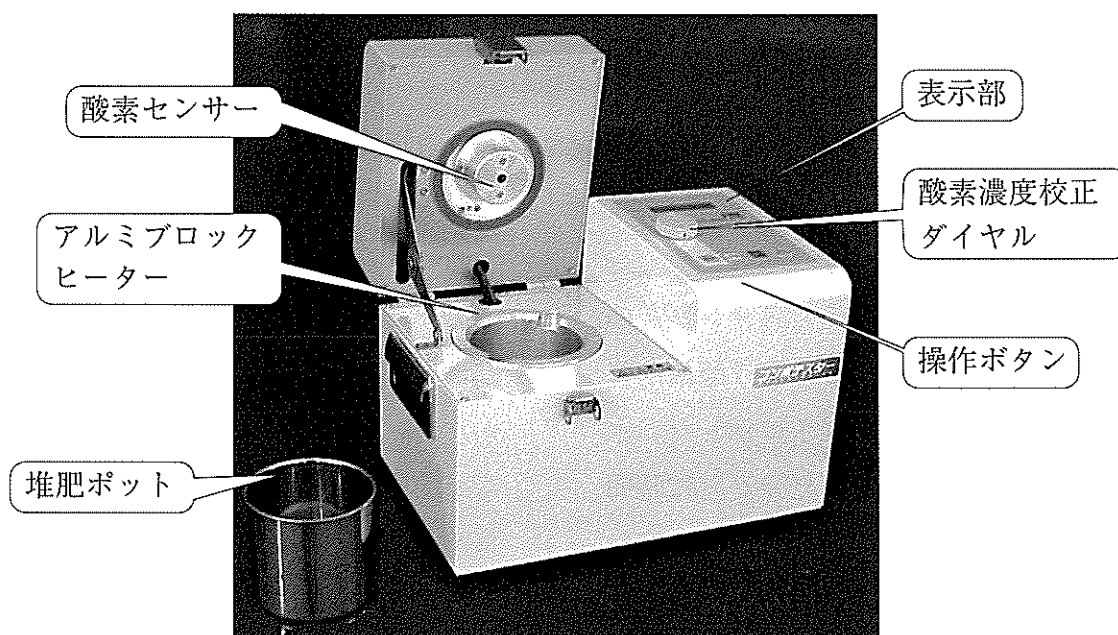


写真1 堆肥熟度判定器「コンポテスター」

表1 測定精度（繰返し誤差）

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F境界値
堆肥間	2544.4054	36	70.677928	348.68	8.66906E-38	1.734161259
反復誤差	7.5000	37	0.202703	0.45	5.543537853	
合計	2551.9054	73				

総平均＝ 8.1216

標準偏差＝0.450225169

変動係数＝ 5.54%

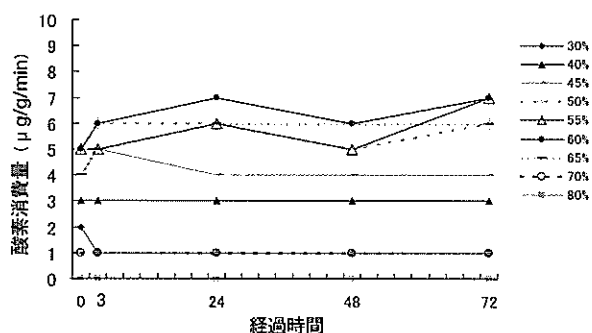


図1 水分調整後の酸素消費量の変化

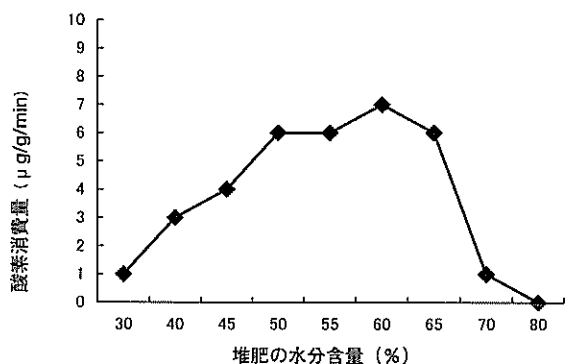


図2 異なる堆肥水分による酸素消費量の差

2. 堆肥サンプルの水分含量と酸素消費量の関係 (実験2)

水分含量を9水準に変えた各サンプルの水分調整後の経過時間にもとなう酸素消費量 ($\mu\text{g/g/min}$) の変化を図1に示した。水分80%の場合には、水分調整後から72時間後まで酸素消費量はゼロであり、微生物による呼吸作用はまったく認められなかった。水分80%のサンプルは流動状であり、好気性微生物の活動には不適であったものと思われた。水分70%の場合も水分過剰の状態であり、酸素消費量は1と低い水準で推移した。逆に、水分が30%ときわめて乾いた状態のサンプルでも酸素消費量は低く、水分が40および45%でもやや低くなった。水分含量が50~65%のサンプルの酸素消費量は1前後の差しかなく、供試した堆肥では

この範囲が適正水分と考えられた。図2に、堆肥の水分含量と水分調整後24時間における酸素消費量との関係を示した。

古川らは、堆肥の水分含量と酸素消費量との関係を検討し、水分含量が80%ではきわめて低い値を示し、55%の場合もやや低くなり、結論として60~75%が適当である²⁾としている。これは、本実験で得られた結果よりも適正範囲が約10%高い方にずれている。このことは、堆肥サンプルによって適正水分範囲が異なることを意味している。当該装置による酸素消費量の測定は、微生物による呼吸作用を指標としているため、堆肥発酵の場合と同様に適度の水分とともに十分な酸素の供給が必要であり、そのためには通気性が重要な要因になる。水分70%の場合には、古川らの結果では水分は適正と判断されたが、本実験で供試した水分70%のサンプルは肉眼的にも明らかに水分過剰であり、酸素消費量も1ときわめて低かった。今回用いた堆肥サンプルは、古川らの場合に比較して保水性が低く、通気性を確保するためには水分を低くする必要があったものと考えられる。

図1によれば、水分調整後3時間で測定した酸素消費量は、水分調整直後の値よりも高く、24時間後には水分55~65%のサンプルではさらに高まる傾向が認められた。最近、水分含量が20~30%のかなり乾燥した堆肥が見受けられる。このような堆肥サンプルでは水分調整する必要があるが、水分調整直後の酸素消費量は低くなる傾向がみられるので、水分調整後1日おいて測定

するのが望ましいと考えられる。

3. 堆肥サンプルの水分調整を手で握ってみて行う簡易法の検討（実験3）

供試した4種類の堆肥サンプルについて、5人の試験者（A～E、AおよびBは男性、C、DおよびEは女性）が基準に基づいて水分調整したサンプルの水分含量および酸素消費量の実測値を表2に示した。供試した4種類の堆肥サンプルの水分含量は30.4～44.9%、また、水分調整せずに測定した酸素消費量は1～5の範囲のものであった。1日目にサンプル1および2について水分調整を行ったが、実測水分含量には個人に

表2 堆肥の水分含量を握って調整する方法の検討

試料 (水分含量)	被験者	実測水分* %	酸素 消費量
A (44.9%)	a	52.5	4
	b	45.1	4
	c	46.5	5
	d	63	4
	e	61.3	4
B (39.5%)	a	44.8	8
	b	45.1	9
	c	43.6	8
	d	58.9	8
	e	53.7	9
C (34.6%)	a	61.3	4
	b	57.9	4
	c	61.3	4
	d	61.8	4
	e	62.1	4
D (30.4%)	a	57.8	7
	b	56.2	7
	c	56.7	7
	d	58.4	7
	e	57.4	6

*被験者が「堆肥を強く握ったとき指の間から水がしみだす程度」を基準に水分調整した堆肥を実測した水分含量

よって大きな差が認められた。すなわち、サンプル1および2とも、試験者A、BおよびCは、DおよびEに比較して明らかに低い値となった。2日目のサンプル3および4では、試験者による実測水分含量に大きな差は認められなかった。実測酸素消費量は、サンプルにより異なったが、試験者による差はいずれのサンプルでも1であった。

1日目で、水分調整に大きな個人差がでた理由として堆肥取り扱いの熟練度が関係していると考えられる。試験者A、BおよびCは堆肥取り扱いに熟練しているが、DおよびEはほとんど未経験者であった。そのため、DおよびEでは丁寧に時間をかけて水分調整したのに対して、A、BおよびCでは素早く水分調整したため、水分が堆肥内部に十分染み込まない状態で、堆肥を握ってみて基準を満たしたと誤って判断したことが考えられる。2日目に試験者でよく一致した結果が得られたのは、供試した堆肥サンプルが比較的水分が浸透しやすいものだったことによると考えられた。堆肥サンプルの水分を手で握ってみて判断する方法では、個人や性別による握りの強さが大きく影響すると予想されたが、そのようなことはほとんどなく、むしろ、調整に十分時間をかけて水分が堆肥内部まで染み込むようにすることが重要であることが分かった。

水分調整した堆肥サンプルの水分含量は試験者によって1日目は大きく異なったが、それにもかかわらず酸素消費量はよく一致

した。水分調整2日後に酸素消費量を測ったため、その間に水分が内部まで染み込んだためと判断される。今回の実験結果より、酸素消費量測定の前水分調整には、堆肥を手で握ってみる方法が簡易調整法として十分使えるものと考えられた。

乾燥法などの常法による水分測定が手軽にできる条件にある場合は、古川らの結果²⁾と本実験の結果の適正水分含量範囲は、60～65%で重なっているため、水分を約60%に調整すれば、ほとんどの堆肥で問題なく酸素消費量の測定が可能と考えられる。

4. 各種作物に施用されている堆肥の酸素消費量と他の腐熟度指標との相関（実験4）

今回調査した33点の農家の堆肥サンプルのうち、施用されている作物としてはキュウリが最も多く9点、トマトとデントコーンが各5点、ついでアスパラガスとニラが3点が多かった(表3)。堆肥の酸素消費量の平均は2.1であった。堆肥番号の10,12～15は畜産農家が主にデントコーンに自家消費しているものであった。畜産農家が自家の水稲に施用している例(No.11)があったが酸素消費量は7と高かった。アスパラガスおよび花卉類に施用している堆肥の酸素消費量は0～1ときわめて低く、これらの作目には腐熟の進んだ堆肥を使用していることが伺えた。これらの総括を表4に示した。

堆肥の酸素消費量が3以下であれば、易分解性有機物はかなり分解されているため、土壤に還元しても急激な有機物の分解が起

きることはないと考えられており⁴⁾、今回調査した堆肥でも、一部にこれを越えるものもあったが、おおむね5以下であり、大部分は3以下であった。

表3に示した堆肥の各測定項目の相互相関を表5に示した。このうち、酸素消費量と各測定項目の間には有意の相関はみられなかった。

要 約

- 1) これまでの堆肥の酸素測定装置をコンパクト化し、携帯可能とした堆肥熟度判定器(コンポテスター)を製品化した。
- 2) 堆肥の種類により適正水分含量が異なることを明らかにし、堆肥サンプルの水分と通気性を適度に調節するために、堆肥を手で握って確かめる方法を考案した。
- 3) 乾燥した堆肥では水分調整後1日置いてから酸素消費量を測定するのがよいことを示した。
- 4) 各種作物に施用している堆肥を33点測定したが、平均酸素消費量は $2.1 \mu\text{g/g/min}$ で、大部分の堆肥は3以下であった。アスパラガスおよび花卉類では0～1と低い傾向が認められた。
- 5) 酸素消費量と他の腐熟度指標とされる発芽指数、C/N比等との間には有意の相関は認められなかった。

謝 辞

堆肥熟度判定器の開発にあたり、(独)家畜改良センターほか、福島県南農林事務所須賀川農業改良普及所、南会津農林事務

表3 作物に施用されている堆肥の腐熟度の調査

No	施用作物名	酸素消費量	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	C/N	畜種	副資材	施用量 (t/10a)
11	水稻	7	86	59.1	43.1	9.0	2.2	15	乳牛	オガ・カンナクス、堆肥	5
16	アスパラガス	0	100	65.1	49.7	6.2	0.9	10	肉牛	モミガラ	2
18	アスパラガス	0	100	65.5	59.8	6.9	0.2	10	鶏	オガクス、モミガラ	1
17	アスパラガス	1	100	73.4	48.9	7.2	0.1	16	鶏	オガクス、モミガラ	2
7	キュウリ	1	88	69.6	52.9	8.2	0.4	19	肉牛	オガクス	8
9	キュウリ	1	82	53.9	29.5	7.4	0.6	79	肉牛	オガクス+自家配	
8	キュウリ	2	84	55.9	47.0	6.2	1.3	19	豚	モミガラ	4
3	キュウリ	2	88	66.0	20.1	8.2	1.5	22	豚	バーク	2
33	キュウリ	3	91	9.24	55.26	6.23	0.28	29.66	牛	モミガラ	5
5	キュウリ	4	90	58.7	30.3	8.9	1.8	21	牛	モミガラ	10
31	キュウリ	5	98	59.85	30.88	7.89	3.24	1.438	豚	バーク	3
2	キュウリ	5	88	56.2	60.9	8.9	2.5	14	鶏	オガクス、モミガラ	3
30	キュウリ	2	100	17.62	50.02	6.89	0.2	17.93	鶏	オガクス、モミガラ	8
20	トマト	0	100	49.9	71.4	5.3	0.1	9	豚	オガクス・モミガラ、バーク	2
19	トマト	1	100	73.4	24.4	9.9	0.2	12	なし	カヤ・コメヌカ	1
21	トマト	1	100	59.5	12.9	8.0	0.1	40	なし	バーク	2
1	トマト	3	92	65.1	51.7	8.6	0.6	16	乳牛	オガクス、モミガラ、ワラ	8
29	トマト	3	100	57.66	22.51	7.09	2.48	21.81	乳牛	オガクス、モミガラ、ワラ	
6	ニラ	1	90	72.6	31.2	6.6	0.3	15	豚	オガクス	
4	ニラ	2	94	76.6	22.0	6.5	0.2	15	牛	バーク	5
32	ニラ	4	100	63.98	45.6	5.94	0.34	11.86	牛	バーク	2
13	デントコーン	1	80	72.2	39.7	8.6	1.6	13	乳肉牛	ワラ	6
12	デントコーン	2	78	76.1	50.8	8.1	0.3	14	乳牛	モミガラ、ワラ	6
14	デントコーン	3	84	44.4	88.5	8.5	0.6	10	乳牛	ワラ	4
10	デントコーン	5	76	14.0	40.2	9.8	3.4	22	乳牛	オガクス・カンナクス、堆肥	5~6
15	デントコーン イタリアンライグラス	5	80	77.7	41.6	8.0	0.7	23	乳牛	ワラ	5
28	カスミソウ	0	82	57.8	19.2	7.6	0.1	43	なし	バーク	1
27	カスミソウ	1	76	85.6	12.8	7.1	0.1	32	なし	カヤ、ヌカ、カルス、尿素	
24	スターチス	1	100	46.9	48.0	6.7	0.3	28	豚	オガクス+自家配	20
23	ヒペリカム、カスミソウ、スターチス	1	85	58.9	50.9	6.7	0.1	17	肉牛	オガクス、モミガラ、アブラカス	2
25	リンドウ	1	56	44.7	59.8	9.0	6.6	9	鶏		
26	リンドウ	1	76	78.4	15.9	6.8	0.8	32	牛	バーク	2
22	リンドウ、アルストロメリア	1	100	70.6	49.2	7.9	0.5	14	鶏	ワラ、アブラカス、ヌカ、クスコメ	5

表4 実際に作物に施用されている堆肥の酸素消費量（総括表）

	全体	水稲	アスパラガス	キュウリ	トマト	ニラ	デントコーン	花卉
n	33	1	3	9	5	3	5	7
最大	7	7	1	5	3	4	5	1
最小	0	7	0	1	0	1	1	0
平均	2.1	—	0.4	2.7	1.6	2.3	3.3	0.9
標準偏差	1.7	—	0.4	1.4	1.1	1	1.6	0.3

表5 酸素消費量と他の腐熟度判定項目との相関行列

	酸素消費量	発芽指数	水分 %	灰分 %	pH	EC	C/N比
酸素消費量	1.0000						
発芽指数	-0.0269	1.0000					
水分 %	0.0233	-0.0614	1.0000				
灰分 %	0.1584	0.1533	-0.5202	1.0000			
pH	0.4162	-0.4242	-0.0316	0.0361	1.0000		
EC	0.2312	-0.6915	-0.4230	0.3298	0.5790	1.0000	
C/N比	-0.2601	-0.0313	0.1786	-0.8132	-0.0482	-0.3905	1.0000

所にサンプル採取、調査に関し、多大な協力していただいたことを感謝いたします。

引用文献

- 1) 岡田 清・古川智子・渡邊昭三：堆きゅう肥成分の変動要因の解明ならびに品質評価法の開発、畜産環境技術研究所年報第2号、101～106（1999）
- 2) 古川智子・伊藤 稔・岡田光弘・高橋栄二・山本朱美・古谷 修：微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報第4号、55～60（2001）
- 3) 古川智子・伊藤 稔・亀岡俊則・長峰孝文・山本朱美・古谷 修：微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報第5号、55～57（2002）
- 4) 伊藤 稔・古谷 修・古川智子・亀岡俊則・長峰孝文・山本朱美：堆肥熟度判定器「コンポテスター」を活用する堆肥製造のプロセス管理、畜産環境技術研究所年報第6号、65～73（2003）
- 5) (財)日本土壌協会編、堆肥等有機物分析法、18～45、(財)日本土壌協会、東京（2000）

課題名 Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

2. 堆きゅう肥の高付加価値技術の開発

2) 微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作

堆肥熟度判定器「コンポテスター」を活用する堆肥製造のプロセス管理

担当者：伊藤 稔、古谷 修、古川智子、亀岡俊則、長峰孝文、山本朱美

研究期間：平成12～14年

緒 言

堆肥の熟度を判定する方法としては種々の方法が提案されているが^{1, 2)}、このうち、堆肥に含まれる易分解性有機物から腐熟度を判定しようとする手段として、堆肥の水懸濁液のBODを測定する方法³⁾、堆肥抽出液の酸素消費量をメチレンブルーを指示薬として色の変化から判定する方法⁴⁾、堆肥そのものを用いて酸素消費量から判定する方法^{5, 6)}、酸性デタージェント溶液で溶出した有機物から判定する方法^{7, 8)}、酵素分析法により易分解性有機物を推定する方法⁹⁾、土壤微生物による有機物の分解を微小熱量計¹⁰⁾から推定する方法などがある。しかしながら、いずれも、実用的に確立された手法とは言い難く、堆肥の生産現場で簡易に使える易分解性有機物含量の測定手法の開発が求められていた。

岡田らが開発し⁵⁾、その後古川らによって改良された¹¹⁾微生物による酸素消費量から家畜糞堆肥に含まれる易分解性有機物量を測定する装置は、原理的に単純であるとともに、1つのサンプルの測定は1時間程度でよく、試薬等は一切必要ないなどきわ

めて簡便である。最近、当研究所と富士平工業（株）との共同研究で、この原理に基づいて携帯可能な堆肥熟度判定器が「コンポテスター」として製品化された¹²⁾。

そこで、堆肥の初期発酵および高温期から安定期に移行する時点での堆肥の管理にこのコンポテスターが使用できるか否かを検討し、その可能性が得られたので報告する。

材料および方法

1. 酸素消費量の測定方法

酸素消費量の測定は、「コンポテスター」¹²⁾によった。堆肥試料量50g、測定温度35℃、予備保温時間30分、測定時間30分とし、堆肥試料容器は520mLと、古川ら¹¹⁾の約300mLより大きい。堆肥試料を50g（比重を1.1として45mL）を入れるので、実質的な容量は475mLとなり、酸素消費量の測定ではこの475mLの密閉容器中の酸素濃度の変化を問題にすることになる。堆肥によって比重は若干異なるが、最終的な酸素消費量に影響を及ぼすような差ではない。酸素消費量の測定結果は、堆肥現物1g、1分間当た

りに消費される酸素量 (μg) の整数値で表示される。

2. 「コンポテスター」による堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害効果の評価 (実験 1)

実験 1 では、堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害効果の評価に「コンポテスター」が使えるか否かについて検討した。

乳牛ふん (水分 83%) にオガクズを約 30% 混合して水分を 65% に調整し、これを測定容器に入れて、酸素消費量を 48 時間まで経時的に測定した。温度は全期間を通じて 35°C に保った。対照区、戻し堆肥添加区 (酸素消費量が 1 の牛ふん堆肥を重量比で 10% 添加したもの) および脱臭資材添加区 (市販鉍物系脱臭資材を 2% 添加区) の 3 処理区を設け、前 2 処理区では 3 反復、脱臭資材添加区では 2 反復し、結果は平均値で示した。戻し堆肥の添加は堆肥の初期発酵の促進が期待されたからである。また、用いた脱臭資材は散布型で豚ふん尿に 1.5% 添加するとアンモニアの揮散量が半分以下に低減されることが確かめられている¹³⁾ ものであるが、この資材の添加が堆肥の発酵にどのような影響を及ぼすかは不明であった。

3. 堆肥の腐熟にともなう発酵温度と酸素消費量の経時変化 (実験 2)

牛ふんおよび豚ふんを主体とする 2 種類の原料の堆肥化試験を、それぞれ、8~10 月および 11~1 月に実施し、詰め込み時より 77 日間にわたり発酵温度 (品温) および酸素消費量を経時的に調べた。また、有機物、C/N 比および酸性デタージェント繊維

(ADF) についても測定した。ADF は反芻家畜の飼料評価において難分解性繊維とされるものであり、本実験では堆肥試料に含まれる全体の有機物からこの ADF を差し引いた酸性デタージェント可溶有機物 (AD 可溶有機物) として、易分解性有機物評価の一つの指標に取り上げた。

牛ふんとオガクズ、および豚ふんとイナワラを、それぞれ、3:1 および 2:1 の割合で混合し、それぞれ、水分含量が 65 および 55% になるように調整して、それぞれ、5.6 および 4.0kg を堆肥化処理実験装置 (早坂理工 (株)) に詰め込んだ。送風条件は 10 分送風 (0.3L/min)、20 分停止とした。詰め込み時とその後 2 週間までは 3~4 日毎、その後は毎週、約 100g の試料を採取した。各試料採取時には全体をよく混合し、乾燥している場合には加水して開始時の水分含量を保つようにした。また、高温発酵時に試料採取した場合には、加水、混合等によって品温が下がったので堆肥化装置の加温装置を働かせて元の温度にまで強制的に高めた。豚ふんの堆肥化実験では、49 日目で品温が 30°C 以下に下がり、混合 (切り返し) によっても温度上昇が認められなかったため、それ以降は品温を強制的に 30°C に保つようにした。なお、堆肥化実験は 2 種類の堆肥化原料につきそれぞれ 2 つの堆肥化実験装置を用い、結果はその平均値として示した。

採取した試料は酸素消費量の測定に供試するとともに、60°C で風乾した後、粉碎して水分、灰分、C/N 比および ADF の分析試料とした。なお、酸素消費量の測定は、試

料50gに後述の理由により酸素消費量が1のほぼ完熟に近い堆肥を5g添加して室温に3日間保った後に実施した。

4. 分析方法

風乾試料の水分、灰分およびADFの分析は常法¹⁴⁾によった。また、C/N比はNCアナライザー（日本シイベルヘグナー(株)）を用いて測定した。

結 果

1. 「コンポテスター」による堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害効果の評価（実験1）

実験1の結果を図1に示した。酸素消費量は、サンプル調製直後では、戻し堆肥添加区でやや高く、脱臭資材添加区でやや低くなり、その後、対照区と戻し堆肥添加区では、開始後約8時間をピークに急激に高まった。戻し堆肥添加区は、対照区に比べて有意差は認められなかったが、全体的に高く推移する傾向がみられた。一方、脱臭資材の添加によって酸素消費量が低くなり、発酵初期には明らかに阻害が認められた。

2. 堆肥の腐熟にともなう発酵温度と酸素消費量の経時変化（実験2）

牛ふんあるいは豚ふんに副資材としてオガクズあるいはイナワラを混合した、それぞれ、牛ふん堆肥および豚ふん堆肥の堆肥化過程の品温および酸素消費量の経時変化を図2に示した。堆肥の品温は、牛ふん堆肥および豚ふん堆肥とも詰め込み3～4日目までに急激に高まり、7日目で、それぞ

れ、76および74℃の最高値に達した。その後60℃以上の高温が暫く続いたが、牛ふん堆肥では35日目で70℃から52℃になり、77日目では32℃とほぼ外部環境温度と等しくなった。また、豚ふん堆肥では49日目で53℃から30℃以下となったため、その後は強制的に30℃に保温した。牛ふん堆肥では、

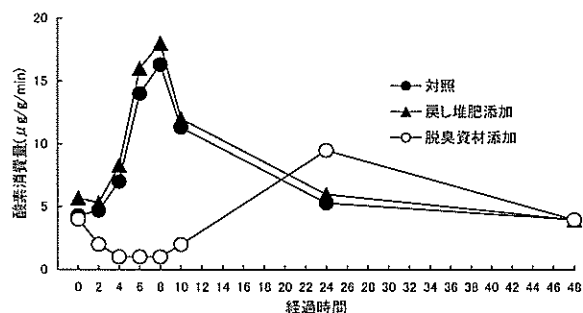


図1 戻し堆肥および脱臭資材の添加が堆肥の初期発酵に及ぼす影響

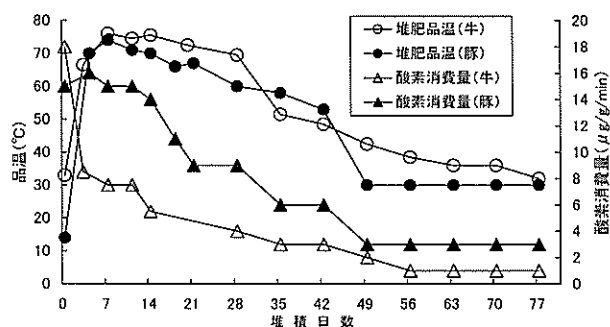


図2 堆肥の品温と酸素消費量の経時変化（実験2）

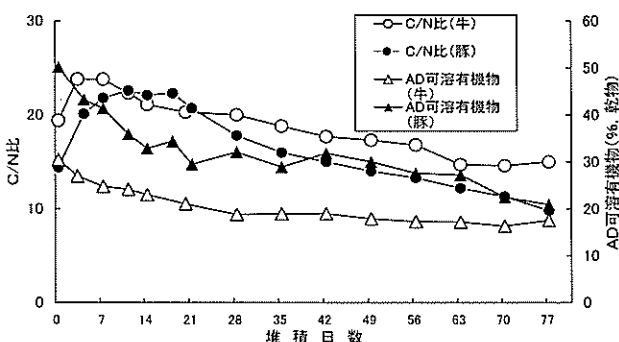


図3 堆肥のC/N比および酸性デタージェント（AD）可溶有機物の経時変化

その後徐々に品温は低下したが、豚ふん堆肥では30℃以下になったため一方、酸素消費量は、牛ふん堆肥では、詰め込み時に18であったものが、3日目で9に急激に低下し、その後徐々に低下し、品温が52℃にまで低下した35日目で3となった。56日目以降は酸素消費量は1で変化なかった。なお、21日目の酸素消費量は試料欠損のため測定できなかった。豚ふん堆肥では、詰め込み時に15であったが、その後徐々に低下し、品温が30℃以下にまで低下した49日目で3となり、77日目まで変わらなかった。

牛ふん堆肥および豚ふん堆肥におけるC/N比およびAD可溶有機物（乾物中含量）の経時変化を図3に示した。牛ふん堆肥のC/N比は、詰め込み時に19.4であったが、3日目に23.8に高まり、その後緩やかに低下し、77日目には15.0までに下がった。また、豚ふん堆肥のC/N比は、詰め込み時には14.4であったが、11日目で22.6にまで高まった後緩やかに低下し、77日目では11.3となった。一方、AD可溶有機物は、牛ふん堆肥では詰め込み時に30.4%であったが、28日目まで徐々に低下して18.8%となりその後ほとんど変化なく77日目で17.5%となった。豚ふん堆肥では、詰め込み時の50.2%から21日目の29.5%まで直線的に低下し、77日目では20.9%となった。

考 察

最近、戻し堆肥による水分調整が一般的に行われているが、実験1の結果では、戻し堆肥の添加で、有意差にはならなかった

が、初期発酵を促進する傾向が認められた。今回はわずか10%の添加であったので、さらに添加量（戻し量）を増やせば堆肥化初期の発酵促進にはっきりした効果がみられるかもしれない。また、アンモニアの揮散に明らかな効果がみられた¹³⁾ 脱臭資材の添加では、初期において微生物活性の阻害が認められた。24時間後には、他の処理区よりもむしろ高い酸素消費量となったが、初期段階での阻害は、その後の堆肥化に影響するものと思われる。種々の脱臭資材が出回っているが、ここで得られた結果は、脱臭資材の評価では単に脱臭効果のみではなく、同時にそれが堆肥化にどのように影響するかを評価する必要があることを意味している。このように、コンポテスターは堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害を評価する上で、有力な武器になるのではないかと考えている。

実験2の堆肥化試験では、図2に示した腐熟にともなう堆肥の品温の経過から判断して、牛ふんおよび豚ふん堆肥ともほぼ順調に発酵が進んだと考えられる。牛ふん堆肥では、高温発酵はほぼ35日目で終了し、その後品温は緩やかに下降し、56日目で1となりその後変化なかった。また、豚ふん堆肥では、49日で3となり後熟期に移行したと考えられる。堆肥の発酵が後熟期に移行したと判断された時点での酸素消費量は牛ふんで1、豚ふんで3と異なったが、堆肥の酸素消費量が3以下であれば、堆肥中の易分解性有機物はほとんど分解されていると判断して差し支えなく、土壤に施用し

ても有機物の急激な分解を起こすことはないと考えられる。最近の当研究所の調査では、実際に各種作物に施用されている堆肥の酸素消費量は大部分が5以下であり、平均的には2～3であった¹²⁾。

本実験に供試した牛ふん堆肥と豚ふん堆肥では品温と酸素消費量の経時変化のパターンに違いがみられた。また、堆肥発酵が後熟期に入った場合の酸素消費量は、牛ふん堆肥では1、豚ふん堆肥では3が維持された。この理由は、牛ふんと豚ふんの違いというよりも、用いた副資材とその混合割合および実験の実施時期（環境温度）の影響が大きかったと思われる。牛ふん堆肥ではオガクズを10%混合したが、豚ふん堆肥ではイナワラが約3割と多かった。イナワラはオガクズに比較して分解がし易い副資材である。牛ふんの詰め込み時の易分解性有機物はほとんどが牛ふん由来であるため、急速に分解したが、豚ふんの場合はイナワラ由来の易分解性有機物がかなりあったため、比較的緩やかに分解が進み、後熟期に入ってもイナワラの分解が徐々に行われ、酸素消費量が牛ふん堆肥の1に対して3と高かったものと考えられる。豚ふん堆肥の高温発酵期で、酸素消費量が牛ふん堆肥の場合よりも高く推移したのに品温が低かったのは、牛ふんの場合はこの時期が8月だったのに対して豚ふんの場合は11月であり、環境温度が低かったことも影響していると思われる。

羽賀・原田はBODと堆肥の腐熟度の関係を調べている³⁾。それによると、牛ふん堆

肥では堆肥化2～4日にBODの減少が著しく、2週間目以降ではほとんど変化なく、一方、堆肥の品温は2日目で最高になり、2週目以降では切り返しによっても温度上昇はみられず、BODの変化と堆肥の発熱の間には何らかの関係がありそうだとしている。本実験における酸素消費量と品温変化の関係は、このBODと品温変化のパターンと類似した。これは、BODと本実験における酸素消費量は、試料の形状が前者では堆肥抽出液、後者では堆肥そのものとの違いはあるが、微生物による有機物分解にともなう酸素消費量を測るという同じ原理に基づいていることによると思われる。しかしながら、測定値を比較すると両者にやや開きがある。すなわち、羽賀・原田は腐熟が安定化した91日目の堆肥のBODは $1\text{mgO}_2/\text{g}$ 堆肥乾物/日であったとしているが、これを本実験での $\mu\text{gO}_2/\text{g}$ 堆肥現物/minに換算すると、水分含量を60%とすれば0.4となる。これは、本実験での牛ふんおよび豚ふん堆肥の77日目における酸素消費量、それぞれ、1および3に比較して小さい。この差は実験手法に基づくものであろう。

堆肥のC/N比は腐熟の目安として広く知られている。有機物の分解により炭素は二酸化炭素として失われるが、窒素の大部分は堆肥中に残存するため、腐熟が進むにつれてC/N比は低下する。本実験においても、図3に示したように、牛ふんおよび豚ふん堆肥で、詰め込み時のC/N比は、それぞれ、19.4および14.4で、初期には一時的に高まったがその後直線的に漸減し、77日目には、

それぞれ、15.0および11.3にまで低下した。このように、C/N比は堆肥腐熟のある程度の目安にはなると考えられる。しかしながら、C/N比は堆肥化の原料、副資材等によって異なり、また、易分解性有機物と難分解性有機物の区別はできない。したがって、たとえば、副資材の関係から難分解性有機物が多く含まれる堆肥ではC/N比は高いまま留まるため、易分解性有機物はほとんどなく、土壤に還元しても問題のない堆肥であっても未熟堆肥と判定されかねない。古江は、C/N比と微少熱量計による方法で推定した易分解性炭素化合物量との相関は低く、また、C/N比とコマツナの発芽率との関係も判然としなかった¹⁰⁾としている。このように、C/N比は堆肥腐熟の目安ではあっても、明確な指標にはなり得ない¹⁰⁾と考えられる。

反芻家畜の飼料評価に用いられているADFで堆肥の易分解性有機物含量を推定しようとする試みがある^{7, 8)}。図3に示したAD可溶有機物の経時変化をみると、いずれの堆肥においても品温の変化とほぼ同じ動きをしており、堆肥の腐熟過程をある程度反映していると考えられる。しかしながら、酸素消費量からは微生物に容易に利用可能な易分解性有機物はほとんど残っていないと判断された77日目においても、AD可溶有機物は牛ふん堆肥および豚ふん堆肥で、それぞれ、17.5および20.9%とまだかなり残っていた。また、豚ふん堆肥での77日目の含量は、牛ふん堆肥の堆積初期の値とほぼ等しい。AD可溶有機物はルーメン微生物によって易分解性とされているが、ルーメン内

は嫌気性発酵であり、また、堆肥化は好気性発酵であるため、対象とする微生物相は当然異なり、その結果、有機物に対する分解反応も異なることが考えられる。AD可溶有機物から堆肥の易分解性有機物含量を推定し、これから堆肥の腐熟度を判定しようとする手法についてはさらに検討の余地があろう。

50℃以上で高温発酵している堆肥の酸素消費量は、試料採取直後で測定すると1程度のきわめて低い値を示す¹⁶⁾。これは、堆肥の高温発酵時には35℃近辺で働く中温菌がほとんど死滅あるいは不活性化されているためである。古川ら¹⁶⁾は、70℃以上の高温発酵時の堆肥試料について採取直後からの酸素消費量の経時変化を調べ、試料を35℃で保持すると、6日目までは酸素消費量が直線的に高まりその後プラトーに達したと報告している。本実験では、酸素消費量が1の堆肥試料を5g添加して酸素消費量を3日後に測定した。酸素消費量の測定値に影響のない程度の「種」堆肥を少量加えて室温に保つことにより、中温菌の活性が3日間程度の比較的短期間に高まることが明らかになっている(古谷ら、未発表)。本報告で用いている酸素消費量による腐熟度判定手法では、「種」堆肥は基本的に添加していない。その理由は、それぞれの発酵中の堆肥堆積物、あるいは堆肥化製品には、それが含有する基質、温度や水分条件等にふさわしい微生物が活躍している、あるいは活躍していたのであり、酸素消費量の測定に当たっても外部から「種」堆肥を添加す

る必要はないと考えられるからである。しかしながら、高温発酵から急に中温発酵に強制的に移行させるような場合は、この「種」堆肥の添加が有効と思われる。

堆肥腐熟度の判定では、易分解性有機物の定量的な把握とともに、作物の発芽や生育を阻害する物質の存在の有無がきわめて重要である¹⁾。この点で、本実験で用いた酸素消費量の測定は易分解性有機物の把握には有効な手法であるが、この数値が低いからといって生育阻害物質が含まれないことを保証するものではない。生育阻害物質の有無を知るためには発芽試験や幼植物試験が必要である^{1, 15)}。

要 約

1. 堆肥の初期発酵および高温期から安定期に移行する時点での堆肥の管理に堆肥熟度判定器「コンポテスター」が使用できるか否かを検討した。
2. 実験1では、堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害効果の評価に「コンポテスター」が使えるか否かについて検討した。乳牛ふん（水分83%）にオガクズを混合して水分を65%に調整し、これを測定容器に入れて、対照区、戻し堆肥添加区（酸素消費量が1の牛ふん堆肥を重量比で10%添加したもの）および脱臭資材添加区（市販鉍物系脱臭資材2%添加区）の3処理区を設け、酸素消費量を48時間まで経時的に測定した。

この結果、戻し堆肥添加区で、初期発酵を促進する傾向が認められた。また、

アンモニアの揮散を押さえる効果のある脱臭資材添加では、初期において微生物活性の阻害が認められた。このように、「コンポテスター」は堆肥の初期発酵の促進あるいは阻害を評価する上で、有力な武器になるのではないかと考えられる。

3. 実験2では、77日間の堆肥化過程における品温と酸素消費量の経時変化を調べた。乳牛ふんとオガクズおよび豚ふんとイナワラの2種類の堆肥化原料を供試して、小型の堆肥化処理実験装置を用いて堆肥化し、経時的に品温を測定するとともに、定期的に試料を採取して酸素消費量、C/N比および有機物と酸性デタージェント繊維（ADF）の含量を測定した。堆肥試料の有機物含量からADFを差し引いた数値を酸性デタージェント（AD）可溶有機物として、これを易分解性有機物推定の一つの指標として検討した。

この結果、牛ふん堆肥および豚ふん堆とも詰め込み後4日以内で品温が約70℃まで高まり、それぞれ28および42日目程度まで60～75℃の高温が続いたが、それぞれ、42および49日目で品温が50℃以下にまで下がった。酸素消費量は、詰め込み時には、牛ふん堆肥および豚ふん堆肥でそれぞれ、18および15であったが、56および49日目で、酸素消費量は、それぞれ、1および3となった。

堆肥の腐熟度判定の指標としてC/N比およびADFに基づくAD可溶有機物含量についても検討したが、いずれも、腐熟度の目安にはなるが、堆肥相互間の腐熟

度を比較する絶対的な指標とはなり得ないと考えられた。

4. 以上の結果から、酸素消費量は堆肥化初期に測定すればその後の堆肥化過程の適否をある程度予測可能であり、堆肥化が進んだ段階で酸素消費量を測定することにより腐熟の進行程度をモニタリングすることが可能であるといえる。また、酸素消費量が3以下になれば、その堆肥を土壤に施用しても有機物の急速な分解は起こらないと考えられる。

謝 辞

堆肥材料の提供およびADFの分析に多大のご尽力を賜った(独)家畜改良センターおよび(独)農業技術研究機構畜産草地研究所(那須)の関係各位に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 原田靖生：家畜ふん尿堆肥の品質基準及びその判定法と残された問題点、有機物の処理・流通・利用システム、総合農業研究叢書第7号(農林水産省農業研究センター編)、p.142~163(1985)
- 2) 原田靖生：家畜ふん堆肥の腐熟度についての考え方、畜産の研究、37, 1079~1086(1983)
- 3) 羽賀清典・原田靖生：家畜ふん堆肥の腐熟とBOD、畜産試験場年報、24, 85~87(1984)
- 4) 柏村 崇・山口武則・小柳 渉：酸素消費による堆肥熟度の簡易判定法、土肥要旨集、第48集、126(2002)
- 5) 岡田 清・古川智子・渡邊昭三：堆きゅう肥成分の変動要因の解明ならびに品質評価法の開発、畜産環境技術研究所年報、2, 101~106(1999)
- 6) 間藤 徹・沢田こずえ・藤井孝夫：呼吸測定による堆肥腐熟度の判定、土肥誌、73,427~431(2002)
- 7) 高橋朋子・鈴木睦美・浦野義雄・山田正幸：家畜ふん堆肥の易分解性有機物と窒素供給力、日畜第97回大会要旨、68(2000)
- 8) 小山 太・梅田剛利・末信真二・羽賀清典：酸性デタージェント溶液処理による牛ふん堆肥腐熟度の迅速測定法、日畜第97回大会要旨、89(2000)
- 9) 毛利 昭・北川政幸・石田定顕・宮崎昭：乳牛ふんの堆肥化過程における有機物の分解、日畜第97回大会要旨、89(2000)
- 10) 古江広治：微少熱量計を用いた家畜ふん堆肥の腐熟度評価の試み、農業技術、55, 555~559(2000)
- 11) 古川智子・伊藤 稔・岡田光弘・高橋栄二・山本朱美・古谷 修：微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報、4, 55~60(2001)
- 12) 古川智子・伊藤 稔・亀岡俊則・長峰孝文・山本朱美・古谷 修：微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報、6, 57~64(2003)

- 13) 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚糞尿混合物のpH、尿中窒素含量および脱臭資材の添加が*in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響、日本畜産学会、印刷中
- 14) 石橋 晃（監修）：新編動物栄養試験法、p. 455～466、養賢堂、東京（2001）
- 15) E. Epstein: The Science of Composting, p. 107～136、Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, U.S.A.（1997）
- 16) 古川智子・伊藤 稔・亀岡俊則・長峰孝文・山本朱美・古谷 修：微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報、5、 55～57（2002）

課題名 IV 環境保全技術体系の確立

2. 家畜糞尿の低コスト処理・利用技術の体系化

3) 家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化

戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化

担当者：亀岡俊則、古川智子、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修

研究期間：（平成12～14年度）

緒 言

畜産の現場においては、おが屑の入手難や処理コストの低減などから仕上り堆肥を畜舎の敷き料や戻し堆肥として利用しているケースが多い。この戻し堆肥の利用率が高い場合、しかも循環利用回数が進むと戻し堆肥の水分吸着能が低下し、副資材としての効果が低くなり、堆肥化の過程で発酵温度が上がらず、堆肥化処理自体が困難になってくる。

平成13年度は、牛ふんの堆肥化処理で戻し堆肥のみで水分調整を行う「戻し堆肥100%」利用では5回の循環利用が限界であることを明らかにした。また、牛ふんの堆肥化処理で水分調整材に戻し堆肥とおが屑を併用した「戻し堆肥50%」利用の循環利用の効果を昨年は6回まで報告した。本年度は、7回以降の循環利用について報告する。また、豚ふんについても同様の試験を行い、戻し堆肥利用の有効性と限界について明らかにし、普及資料とする。

材料および方法

1. 堆肥化装置

発酵槽は、有効約13ℓ容量の円筒形ステンレス製容器を用い、蓋付きで密閉条件と

して定量的に送風を行い、排ガス捕集ができる構造である。実験は、発酵槽容器を発酵槽内温度に対してマイナス0.2℃の設定で保温ができる恒温器の中に設置し、発酵槽内の上段、中絶および下段の温度測定と、重量測定ができる堆肥保温発酵装置を用いて行った。送風は、エアーポンプによりバルブ調整で一定量（0.1～0.2m³/m³・分）の調整により行った。

2. 堆肥化処理の供試材料

①牛ふん：水分約84%の乳用牛のふんを用いた。水分調整材には、水分約53%の仕上がり堆肥（戻し堆肥）および水分約8%のおが屑を用いた。また、循環回数11回以降の試験には細かく砕いた木炭を混合した。

②豚ふん：配合飼料給与の豚ふん（水分70～74%）を用い、5回までの循環試験には運動場の豚ふんも混合されていたが、6回以降の試験は豚舎内から回収したふんを用いた。水分調整材は水分約8%のおが屑を用いた。

3. 堆肥化処理の方法

①牛ふんの堆肥化試験：平成13年度からの継続で、本年度は7回の循環から開始した。

7回から10回までの循環試験は昨年と同様の条件で、乾物当たり約50%を戻し堆肥

とし、残りの50%をおが屑で水分調整し、仕込み堆肥の水分を62~69%に調整した。

11回から13回の循環試験では、おが屑の50%を木炭で代替して行った。

送風は発酵槽下部から約0.1m³/m³・分とし、1分送風1分停止の間欠条件とした。

②豚ふんの堆肥化試験：水分調整材として戻し堆肥のみを使用した区(以下100%区)と、乾物当たり戻し堆肥を約65%と、おが屑を約35%混合して用いた区(以下65%区)の2区により行った。100%区は、豚ふん約8kgに対して戻し堆肥約3kgを混合し、

水分47~62%に調整した。65%区は、豚ふん8kgに対して戻し堆肥1.5kgとおが屑0.4kgを混合し、水分49~67%に調整した。

堆肥化処理は7~10日毎に切り返しを行い、約30~40日間の発酵堆肥化処理を行った。

送風は発酵槽下部から約0.21m³/m³・分とし、1分送風1分停止の間欠条件とした。

4. 分析方法

分析方法は、堆肥等有機物分析法¹⁾に準じて、pH、EC(mS/cm)、水分(%)、灰分(%)、T-N(%)、T-C(%)、P₂O₅(%)、

表1 戻し堆肥利用による牛ふんの堆肥化試験
(戻し堆肥50%区)

回数	水分%	容積重	最高温度	発芽指数	pH	EC
7	63	0.52	76.1	100	8.76	2.66
8	62.4	0.48	74.8	95.3	8.68	2.65
9	64.1	0.56	78.4	100	8.92	3.45
10	68.1	0.54	77.1	80	8.86	3.21
11	64.6	0.42	76.2	100	8.82	2.49
12	66.4	0.49	78.1	94	9.25	2.09
13	69	0.64	77.2	—	9.07	2.43

—：測定せず

(容積重：kg/l)

(EC:ms/cm)

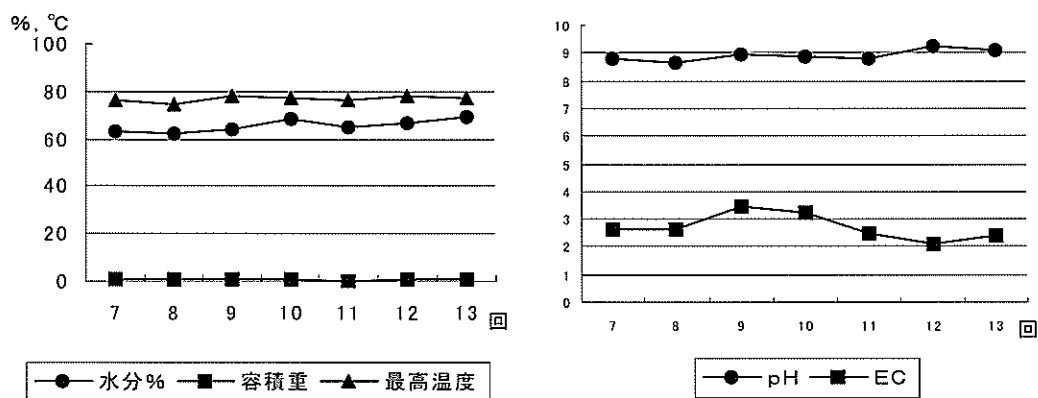


図1 戻し堆肥利用による牛ふんの堆肥化試験

表2 戻し堆肥利用による豚ふんの堆肥化試験
(戻し堆肥100%区)

回数	水分%	容積重	最高温度	発芽指数	pH	EC
1	54.4	0.81	72.7	100	8.32	2
2	46.8	0.72	74.2	100	8.22	1.69
3	59.2	0.93	43.9	88	6.24	4.07
4	57	0.88	52.2	64	5.84	4.75
5	57	0.72	61	100	8.96	1.47
6	56.6	0.64	44.5	91	8.86	1.49
7	61.9	0.82	67.1	—	9.31	1.3

—：測定せず (容積重：kg/ℓ) (EC:ms/cm)

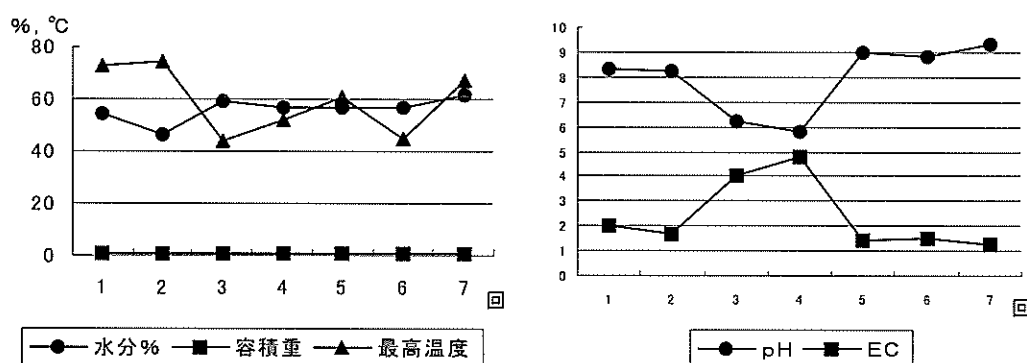


図2 戻し堆肥利用による豚ふんの堆肥化試験

K₂O(%), CaO(%), MgO(%), Cu(ppm) およびコマツナによる発芽試験を行った。

結果および考察

1. 戻し堆肥の利用回数と堆肥物性の関係 1) 戻し堆肥50%利用の牛ふんの堆肥化試験

牛ふんを原料とし昨年に継続して戻し堆肥の循環利用を行った。表1および図1に示すように、本年度は7回目からの循環継続試験であり、水分調整材に固形物当たり戻し堆肥を50%とおが屑を50%混合し、仕込み堆肥水分62~69%で行った。戻し堆肥

の混合割合は固形物当たりでは生ふんに対し約60%で行った。この容積重は0.42~0.64 kg/ℓであり、何れも発酵温度の最高は75℃以上に達し良好な発酵を行うことができた。

戻し堆肥100%利用では、循環回数を重ねるに伴い戻し堆肥の水分吸着能が低下してくるが、戻し堆肥50%利用では循環回数を13回重ねても戻し堆肥の水分吸着能等の物性に大きな変化は見られず、戻し堆肥の利用は長期にわたって利用が可能であることが分かった。また、11回目からはおが屑の半量を木炭で代替して行ったが、水分吸着能や容積重および発酵温度等に特に違い

表3 戻し堆肥利用による豚ふんの堆肥化試験
(戻し堆肥65%区)

回数	水分%	容積重	最高温度	発芽指数	pH	EC
1	53.1	0.74	71.4	100	8.19	2.17
2	48.8	0.58	73.4	100	7.85	1.34
3	64.6	0.88	50.4	66	5.93	3.89
4	60.5	0.68	47.6	45	6.25	3.88
5	61.4	0.69	74.8	83	8.01	1.72
6	64.1	0.48	70.6	100	7.94	1.63
7	66.9	0.61	74.9	—	8.19	1.39

—：測定せず (容積重：kg/ℓ) (EC:ms/cm)

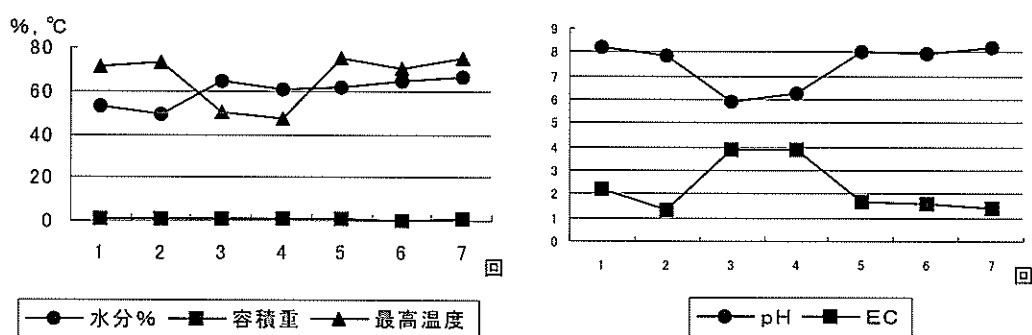


図3 戻し堆肥利用による豚ふんの堆肥化試験

は認められず、木炭の副資材利用は十分に可能であった。

2) 戻し堆肥100%および65%利用の豚ふんの堆肥化試験

100%区は、固形物当たりで生ふんに対して戻し堆肥を約80%混合した条件で行った。戻し堆肥の水分は所定より高い場合はほぼ35%になるように予め乾燥処理を行い混合した。表2および図2に示すとおり、堆肥仕込みの水分は47~62%で、容積重は0.64~0.93kg/ℓであった。豚ふんは牛ふんと異なり粘性が高いため水分値が低くても容積重は高くなるが、今回の実験材料ではさら

に運動場の土が混入していた関係もあり、水分59%でも容積重が0.93kg/ℓに達する悪条件があった。特に3回目と4回目の容積重は0.88kg/ℓ以上であり、粘性が強く、通気性が悪くなり正常な発酵条件ではなかった。そのため最高発酵温度も44~52℃程度で推移した。循環5回目から豚ふんの原料を異物の無いものに代えて行ったが、7回目に入ると戻し堆肥の水分吸着能が極端に低下し、戻し堆肥として利用できる物性ではなかった。7回目の循環では水分62%でも容積重は0.82kg/ℓに上昇し、戻し堆肥利用の限界に達したことが分かった。

65%区は、表3および図3に示すとおり、堆肥仕込みの水分は49~67%で、容積重は0.48~0.88kg/lであった。豚ふんの原料は100%区と同一であった関係で、特に3回目と4回目の堆肥化条件は最高温度も48℃および50℃で推移し、嫌気発酵を呈した。6回目では容積重も0.48kg/lに低下し、最高温度も70℃以上を保持し良好な発酵を継続した。

豚ふんの戻し堆肥の物性は、牛ふんの場合と同様に戻し堆肥におが屑を混合することで戻し堆肥を何回も循環利用しても水分吸着能に大きく影響することはなく、正常な堆肥化処理を継続することが分かった。

2. 戻し堆肥利用による塩類の蓄積

戻し堆肥を水分調整材に利用した場合に生産される堆肥の塩類上昇が心配される。この塩類濃度の指標としてECが考えられるが、本試験では牛ふんの戻し堆肥50%利用区では、昨年2回目循環でEC値は1.57でスタートしたが、4回目に3.22に上昇、その後2.75に低下した。本年度では表1に示すように、7回目の2.66からスタートし、9回目に3.45に上昇、その後低下して13回目には2.43に低下した。また、pHは、8.76~9.07と大きな変化はなく、ECの変化については明らかな傾向が見いだせなかった。

豚ふんの堆肥化では、100%および65%区ともに、循環3回目と4回目で容積重が高く発酵の悪条件のもとで、pH値は5.8~6.3程度に低下し、これは嫌気条件に置かれ酸発酵が促進したものと考えられた。この時のECは、1.3~1.7であったものが3.9~4.1

に急に上昇した。そして5回目に発酵が正常に回復するとEC値は元の1.5~1.7に一挙に低下した。100%区においては7回目のECは1回目の2.0より低く1.3の値を示した。65%区も同様の傾向を示した。また、アンモニア濃度の変化は発酵が良好であった2回目の100%区は522ppm、65%区は260ppmであった。これが3回目と4回目の発酵の悪条件下では100%区が約4,800ppm、65%区も4,600ppmと非常に高い値となった。このように、ECの上昇は戻し堆肥の循環利用によって上昇するのではなく、むしろ発酵の良不良の関係がEC値に大きく影響するものと推察された。また、この発酵条件の悪化とECの上昇はコマツナの発芽率に大きく影響し、発芽指数の最低は45まで低下した。ただし、戻し堆肥の循環利用は無機物の濃縮に関係しており、ECに関与しない金属類の蓄積はある一定量進むものと考えられる。

3. 戻し堆肥利用による堆肥の品質

1) 戻し堆肥50%利用による牛ふんの堆肥品質

戻し堆肥50%区の8回および12回循環利用した生産堆肥の品質を表4に示した。堆肥の水分は循環回数が増えても53%程度で変化は少なく、灰分についても25%程度で変化は見られなかった。これはおが屑を混合することで堆肥化処理が一定条件に保たれ良好な好気性発酵を継続したものと考えられる。12回目の炭素濃度約42%の高い値は、木炭を混合した影響と考えられた。無機成分の中では、K₂O成分を除いて何れも20~50%程度上昇しており、戻し堆肥利用

による無機塩類の蓄積を示している。牛ふん堆肥の一般的な成分^{2)~4)}に対してリン酸の4.47%、銅92.1ppm、亜鉛333ppmとやや高い値を示したが、これ以外の成分については大きな違いは見られないものの、これら成分の違いは原料成分に影響するものと考えられた。

2) 戻し堆肥利用による豚ふんの堆肥品質

100%区の堆肥成分の傾向は、1回目と5回目の堆肥化では原料の違いがあり、成分的に明らかな対比は困難で、また5回目は嫌気発酵した堆肥を戻し堆肥として利用した条件である。表4に示すように、5回目の堆肥は発酵温度が61℃程度であり、仕上がり堆肥の水分も47%とやや高い性状であった。灰分は原料に土が混入している関係で分解能の評価は困難であった。無機成分

は、銅の濃度が約20%低下した他は何れも1.7~2.9倍に上昇しており、戻し堆肥利用による塩類蓄積とともに、濃度変化は豚の給与飼料成分が影響しているものと考えられた。

65%区の堆肥成分は、おが屑が混合された条件であるが成分比の傾向は100%区と同様であった。無機成分においても銅の濃度が約52%に低下した他は何れも1.2~2.9倍に上昇した。豚ふん堆肥の一般的な成分^{2)~4)}に対してEC値が1.3~1.6、銅63~121ppmとやや低い値を示したが、これ以外の成分については大きな違いは見られなかった。コマツナの発芽指数も100を示し、異常が認められることはなく、良好な堆肥として利用が可能であった。

以上より、戻し堆肥の利用は発酵の促進

表4 戻し堆肥利用による豚ふんおよび牛ふんの堆肥化処理試験成績

	豚糞戻し100%区		豚糞戻し65%区		牛糞戻し50%区	
	1回目	5回目	1回目	5回目	8回目	12回目
pH	8.22	8.86	7.85	7.94	8.68	9.25
EC mS/cm	1.69	1.49	1.34	1.63	2.65	2.09
水分 %	22.9	47.3	19.2	40.8	53.0	53.6
灰分 %	62.9	47.6	58.9	35.2	26.4	24.8
T-C %	15.7	24.5	16.9	31.9	33.0	41.9
T-N %	1.88	2.70	1.54	2.32	2.05	2.04
C/N	8.35	9.07	11.0	13.8	16.1	20.5
P ₂ O ₅ %	4.94	11.7	4.04	9.04	2.95	4.47
K ₂ O %	1.56	2.57	1.40	1.63	3.56	3.26
CaO %	4.22	12.1	3.19	9.11	5.17	6.32
MgO %	2.25	4.90	1.72	3.90	1.72	2.30
Cu ppm	169	137	121	62.8	62.9	92.1
Zn ppm	364	640	277	479	264	333
発芽指数	100	91	100	100	95	94

や処理経費を低減できる重要な資材であるが、戻し堆肥の利用率を高めると発酵条件を悪化する原因になってくる。そのため、戻し堆肥の利用には水分調整材の半量程度はおが屑などの副資材と併用することが良質堆肥を生産する重要な条件であることが明らかになった。

要 約

1. 戻し堆肥を水分調整材として利用した牛ふんの堆肥化処理を13年度に継続して7回目から13回の循環試験を行った。水分調整材として固形物当たり戻し堆肥50%とおが屑50%を混合した堆肥化処理を行った。その結果、仕込み堆肥水分62~69%で、容積重は0.42~0.64kg/lであり、循環回数を重ねても戻し堆肥の水分吸着能等の物性に大きな変化は見られず、何れも発酵温度の最高は75℃以上に達し、長期にわたって利用が可能であることが分かった。またおが屑の半量を木炭で代替しても水分吸着能や容積重および発酵温度等に特に違いは認められず、木炭の副資材利用は十分に可能であった。
2. 戻し堆肥100%および65%利用の豚ふんの堆肥化試験は、100%区では7回目の循環で牛ふんの堆肥化と同様に戻し堆肥の水分吸着能が低下し、戻し堆肥利用の限界がみられた。65%区は7回の循環を経過しても水分67%で、容積重は0.61kg/lであり、良好な発酵を継続した。
3. 戻し堆肥利用による塩類蓄積をECで見ると、牛ふんの堆肥化ではECの変化に関する要因は明らかでなかった。豚ふんの

場合は、嫌気発酵条件ではpH値が酸性域に低下し、アンモニア濃度が10~20倍の高濃度になり、EC値が約3倍に上昇し、コマツナの発芽指数が低下した。このことから、EC値には、戻し堆肥の利用回数よりもむしろ発酵条件の良不良が大きく影響しているものと考えられた。

4. 以上より、戻し堆肥の利用は発酵の促進や処理経費を低減できる重要な資材であるが、戻し堆肥の利用率を高めると発酵条件を悪化する要因になる。そのため、戻し堆肥の利用には水分調整材の半量程度はおが屑などの副資材と併用することが良質堆肥を生産する重要な条件であることが分かった。

謝 辞

本試験に用いた牛ふんおよび豚ふんの試験材料は独立行政法人家畜改良センターおよび福島県立農業短期大学からご提供頂いたものであり、ここにご協力に対し深謝する。

引用文献

- 1) (財)日本土壌協会編：堆肥等有機物分析法 (平成12年). p 18-115. 2000.
- 2) (財)畜産環境整備機構編：家畜ふん尿処理・利用の手引き. p 57-73. 1998.
- 3) (社)中央畜産会編：堆肥化施設設計マニュアル (平成12年). p 221-230. 2000.
- 4) (財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所：堆肥の品質実態調査 (中間報告). (平成12年). p 11-33. 2002.

5. 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業における研究成果情報集

1. 低タンパク質飼料にリンゴジュース粕などの繊維質飼料を配合すると豚の尿中窒素排せつ量とアンモニア揮散量が大幅に減少する〔普及〕
2. 豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の*in vitro*測定法〔普及〕
3. 脱水、膜分離により豚舎ふん尿混合汚水を希釈なしでBOD、SS、全窒素の排水基準をクリアできる〔技術参考〕
4. メタン発酵槽の汚泥濃度を高めてガス発生量を高める〔技術参考〕
5. メタン発酵消化液をカラム浄化法によって簡易低コスト処理する〔技術参考〕
6. メタン発酵消化液中のアンモニアはユーグレナ（ミドリムシ）で再資源化の可能性がある〔技術参考〕
7. 汚水処理施設（活性汚泥法）のインターネットを利用した簡易管理システム〔普及〕
8. 微生物の呼吸作用を指標とした堆肥熟度判定器「コンポテスター」〔普及〕
9. 「コンポテスター」による酸素消費量測定のための堆肥の簡易水分調整法〔技術参考〕
10. 牛ふん戻し堆肥の循環利用には3回が限界であるが、副資材を併用すればよい〔普及〕
11. 鶏ふん焼却灰を鶏用飼料のリン源として循環利用する〔技術参考〕

1. 低タンパク質飼料にリンゴジュース粕などの繊維質飼料を配合すると豚の尿中窒素排せつ量とアンモニア揮散量が大幅に減少する

【要約】 アミノ酸添加の低タンパク質飼料にリンゴジュース粕、ビートパルプ、ミカンジュース粕等の繊維質飼料を組み合わせると豚に給与すると尿中窒素排せつ量は市販飼料を給与した場合の20～30%にまで大幅に減少する。

尿中窒素排せつ量が減るとアンモニア揮散量も減少し、低タンパク質飼料にリンゴジュース粕を組み合わせた場合、豚舎からのアンモニア揮散量は市販飼料の1/10になった。

キーワード	豚、尿中窒素排せつ量、低タンパク質飼料、リンゴジュース粕、ビートパルプ、ミカンジュース粕
-------	--

【背景・ねらい】

わが国における家畜排出物量は年間9,000万トンに及び、そこに含まれる窒素やリンの排せつ量も膨大な量である。特に、窒素は、年間75万トン排出されると推定されており、これは化学肥料の窒素量に匹敵する。耕地面積当たりになると150kg/haとなり、EUが2003年からの規制基準としている170kg/haに近づきつつある。また、ふん尿排出量は地域により偏りがあるため、すでに300kg/haを越えているところも少なくない。したがって、栄養制御によって窒素やリンの排出量を低減させるための技術開発はきわめて重要である。

また、家畜排せつ物が原因となって揮散する臭気は、畜舎の構造、飼育密度および除ふん頻度といった排せつ後の処理過程により影響を受けると同時に、畜舎や給与飼料といった排せつふん尿そのものによっても影響を受ける。低タンパク質飼料の給与などの栄養制御によって、臭気物質の一つであるアンモニア揮散量を大幅に低減させるための技術開発に取り組んでいる。

【成果の内容・特徴】

1. 尿中窒素排せつ量の低減

1) アミノ酸添加の低タンパク質飼料給与で、尿中窒素は1/2、尿量は3/5に減る

肥育豚に標準的飼料に比べ粗タンパク質（CP）含量が約2/3で、不足するアミノ酸を添加した低CP飼料を給与したところ、①尿量が67%に減った。②尿中窒素排せつ量は50%に、ふん窒素排せつ量は82%に、総窒素排せつ量は62%に低減された（図1）。

2) 市販飼料へのリンゴジュース粕の添加で尿中窒素排せつ量は64%に減る

市販飼料にリンゴ粕を約22%添加すると、無添加に比較して尿中窒素排せつ量が64%に減った。逆に、その分がふん窒素排せつ量で増えた（図2）。

3) 低CP飼料へのリンゴジュース粕の添加で尿中窒素排せつ量がさらに減る

低CP飼料にリンゴ粕を組み合わせた場合には、低CP飼料に比較して尿中窒素排せつ量はさらに52%に低減された（表1）。市販飼料に比べると、70～80%の大幅な低減が見込まれる（図3）。

4) リンゴジュース粕の他に、ビートパルプ、ミカンジュース粕でも同様の効果がある

大腸で腸内微生物の作用が受けやすい易分解性繊維質を多量に含み、かつタンパク質含量の少ない飼料原料であれば、リンゴジュース粕と同様の効果が期待できることが判明した（表2）。

5) 飼養試験の結果、豚の発育、肉質には悪影響は認められない

【具体的データ】

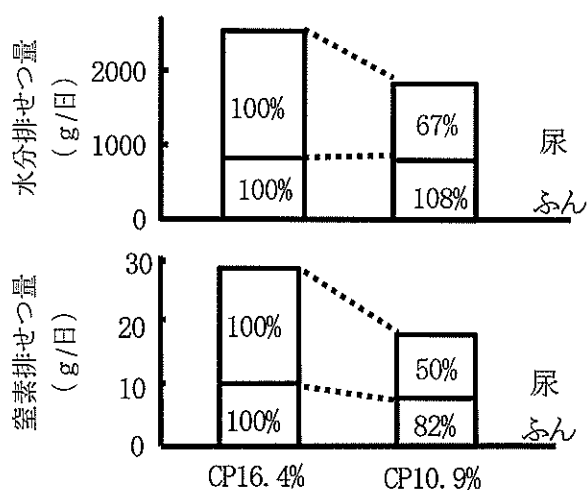


図1. 飼料中のCP含量が尿量および窒素排せつ量に及ぼす影響

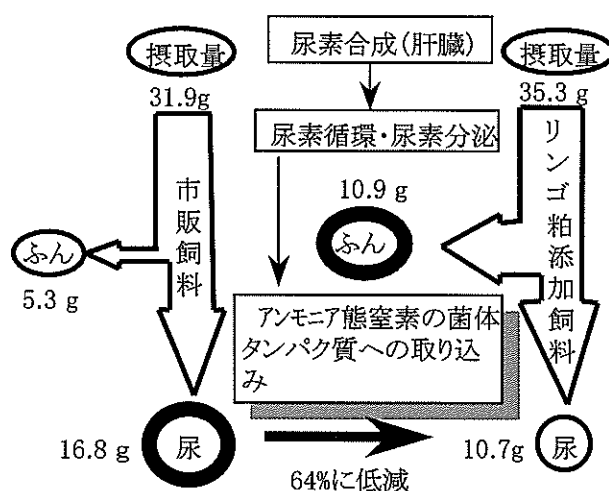


図2. 市販飼料にリンゴ粕を添加すると尿からふんへ窒素排せつ経路が変わる

表1. 低CP飼料へのリンゴ粕添加が窒素排せつ量に及ぼす影響

	低CP飼料	低CPリンゴ飼料
窒素摂取量 (g/d)	17.8	18.6 (104)
総窒素排せつ量 (g/d)	9.6	10.0 (104)
ふん窒素排せつ量 (g/d)	3.6	6.9 (192)
尿中窒素排せつ量 (g/d)	6.0	3.1 (52)

低CP飼料給与に対する相対値 (%)

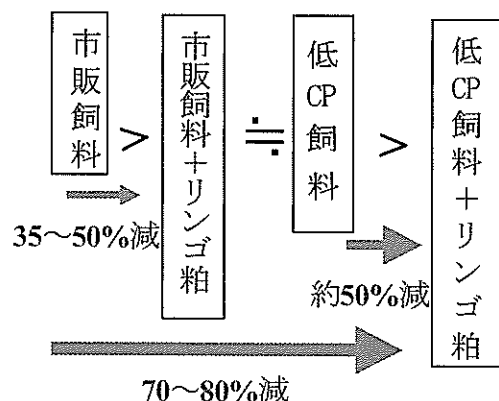


図3. 低CP飼料、リンゴ粕添加による尿中窒素排せつ量の低減効果

表2. 低CP飼料へのリンゴ粕、ビートパルプ、ミカン粕添加の評価

	リンゴ粕	ビートパルプ	ミカン粕
尿窒素排せつ量	52	54	66
アンモニア揮散量	20	50	41

低CP飼料給与に対する相対値 (%)

2. アンモニア揮散量の低減

1) 低タンパク質飼料給与で、アンモニア揮散量は1/3に減る

豚ふん尿からのアンモニア揮散量は尿中窒素含量が高まると増加した (図4)。標準的飼料に比べ粗タンパク質 (CP) 含量が2/3で、不足するアミノ酸を添加した低CP飼料を肥育豚に給与すると、アンモニア揮散量は35%に減った (図5)。

2) 低CP飼料+リンゴ粕で、アンモニア揮散量は1/10に大幅に減った

低CP飼料にリンゴ粕を組み合わせた場合には、豚舎からのアンモニア揮散量は、市販飼料に比較して約1/10になった（図6）。畜舎内の平均アンモニア濃度は、標準CP飼料では54.4ppm、低CPリンゴ粕飼料では5.6ppmであった。

3) リンゴ粕の他に、ビートパルプ、ミカン粕でも同様の効果がある

大腸で腸内微生物の作用が受けやすい易分解性繊維質を多量に含み、かつタンパク質含量の少ない飼料原料であれば、リンゴ粕と同様にアンモニア揮散量が減少する効果が期待できることが判明した（表2）。特に、リンゴ粕においては、尿窒素（尿素）の排泄量の減少とともに、リンゴジュース粕から大腸で生産されたVFAによるふんpHの低下の効果が大きいと考えられる。

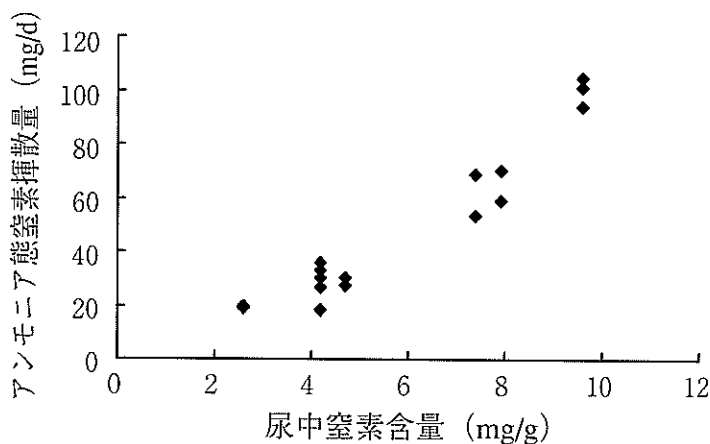


図4. 尿中窒素含量がアンモニア態窒素揮散量に及ぼす影響

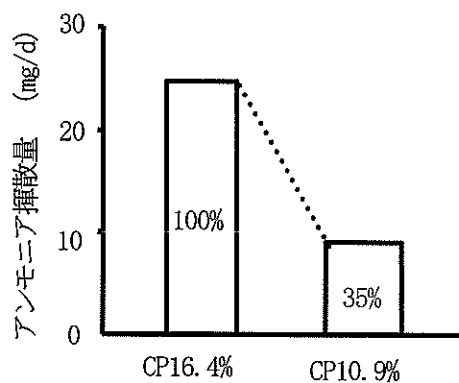


図5. 飼料中のCP含量が窒素排せつ量およびアンモニア揮散量に及ぼす影響

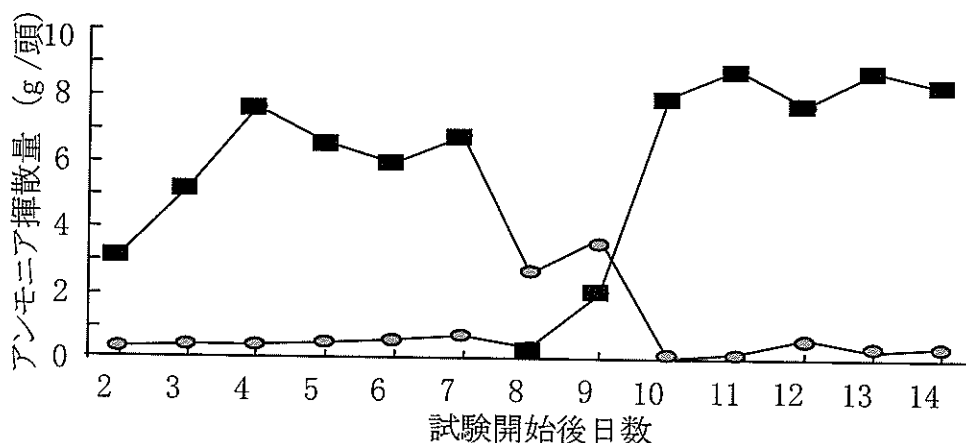


図6. 低CP飼料へのリンゴ粕の添加が豚房からのアンモニア揮散量に及ぼす効果
(神奈川県畜産研究所との共同研究)

●：低CPリンゴ粕飼料、■：標準CP飼料、7日目に飼料の切り替え

【成果の活用面・留意点】

1. この成果は、肉豚の飼料給与に利用できる。
2. 低CP飼料等の給与により、尿中窒素排せつ量が低減され、また、尿量も減るため、尿汚水の処理経費が大幅に低コスト化されるものと期待される。
3. 低CP飼料等の給与による豚舎内のアンモニア濃度の低下は、脱臭装置や脱臭資材の経費の軽減とともに換気量の節減につながる。

【その他】

研究課題名：I 悪臭防止技術の開発

1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発

①臭気発生機構の解明

(豚における低タンパク質飼料への繊維質飼料の添加が尿中窒素排せつ量、アンモニア発生量および発育に及ぼす影響)

研究期間：平成10～14年度

なお、本研究成果の一部は、青森県畜産試験場、福島県畜産試験場、福島県立農業短期大学校および神奈川県畜産研究所との共同研究で得られたものである。

発表論文等：

1. 山本朱美、高橋栄二、古川智子、伊藤 稔、石川雄二、山内克彦、山田未知、古谷 修 (2002). 肉豚へのアミノ酸添加低タンパク質飼料の給与による尿量、窒素排泄量およびアンモニア発生量低減効果. 日豚会誌. 39:1-7.
2. 山本朱美、青木幸尚、伊藤 稔、石川雄二、山内克彦、山田未知、古谷 修 (2002). 養豚飼料へのリンゴジュース粕添加による尿中窒素排泄量の低減. 日豚会誌. 39:8-13.
3. Akemi YAMAMOTO, Minoru ITOH, Yoshikatsu KADOYA, Hirokazu KANNO, Michi YAMADA and Shu FURUYA(2002). Reduction of urinary nitrogen excretion and ammonia emission from slurry by feeding a low protein diet supplemented with apple pomace to growing pigs. *Animal Science Journal*.73, 301-304.
4. Akemi YAMAMOTO, Eiichi UMEMOTO, Minoru ITOH, Masatoshi MATSUI, Nobuo FUJIMURA and Shu FURUYA(2002). Reduction of ammonia emission from growing pig rooms by feeding a low protein diet supplemented with apple pomace. *Animal Science Journal*.73, 505-508.
5. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚ふん尿混合物のpHおよび尿中窒素含量が *in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響、日本養豚学会誌、39, 306-307, 2002.
6. アンモニア発生量低減については「動物糞尿臭消臭飼料」として特許出願した（神奈川県との共同出願）

連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>

2. 豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の *in vitro* 測定法

【要約】 豚ふん40gおよび尿160gの混合物を培養器に入れ、培養温度30℃、吸気量500ml/minの条件下で1～2日間培養し、4%ホウ酸溶液に吸収されたアンモニアを硫酸で滴定する。この方法により、悪臭防除資材や給与飼料のアンモニア揮散量の低減効果が評価できる。

キーワード	豚、アンモニア、ふん尿混合物、 <i>in vitro</i> 測定法、悪臭防除資材評価、飼料評価
-------	---

【背景・ねらい】

畜産経営から発生する臭気物質を低減する目的で、従来より多種多様の資材が使用されている。また、最近では、給与飼料によって悪臭の発生を制御しようとする試みがみられ、豚においては、アンモニア揮散量が尿中窒素排せつ量の低減によって大幅に減ることが明らかになっている。しかし、アンモニア揮散量を評価する方法は確立されていない。そこで、豚舎からのアンモニア揮散量を比較的簡易に精度よく評価できる方法を開発する。

【成果の内容・特徴】

1. アンモニア揮散量の *in vitro* 測定装置

ふん尿混合物からアンモニアを発生、揮散させるための培養器、揮散アンモニアガスを捕集する捕集ビン、吸気ポンプおよびその流量を測る流量計からなる（写真1、図1）。この装置の窒素の回収率は97%、アンモニア揮散量測定の変動係数は7～9%で、精度よくアンモニア揮散量が測定できる。

2. アンモニア揮散量の *in vitro* 測定方法

ふん40gおよび尿160gの混合物を培養器に入れ、培養温度30℃、吸気量500ml/minの条件下で1～2日間培養し、4%ホウ酸溶液に吸収されたアンモニアを硫酸で滴定する。

3. 添加型悪臭防除資材の評価（適用例1）

豚ふん尿混合物への鉍物質資材（2価鉄主体）の1.5%添加でアンモニア揮散量が55%減ったが、これは資材添加によるpHの低下にもとづくものと考えられた（図2）。

4. 給与飼料の評価（適用例2）

アミノ酸添加の低CP飼料にリンゴジュース粕を23%添加して給与すると、尿窒素（尿素）排せつ量が減り、アンモニア揮散量も大幅に減った（表1）。

【成果の活用面・留意点】

1. 開発した測定法は経口投与型および散布型の悪臭防除資材のアンモニア抑制の評価試験に使用できる。
2. 開発した測定法は給与飼料によるアンモニア揮散量低減の評価に使用できる。
3. 本測定装置は、愛知県農総試養鶏研の研究により、鶏の場合にも適用できることがわかった。
4. アンモニア発生装置のガス捕集部を交換することで、VFAや硫黄化合物の発生装置に応用できると考えられる。

【具体的データ】

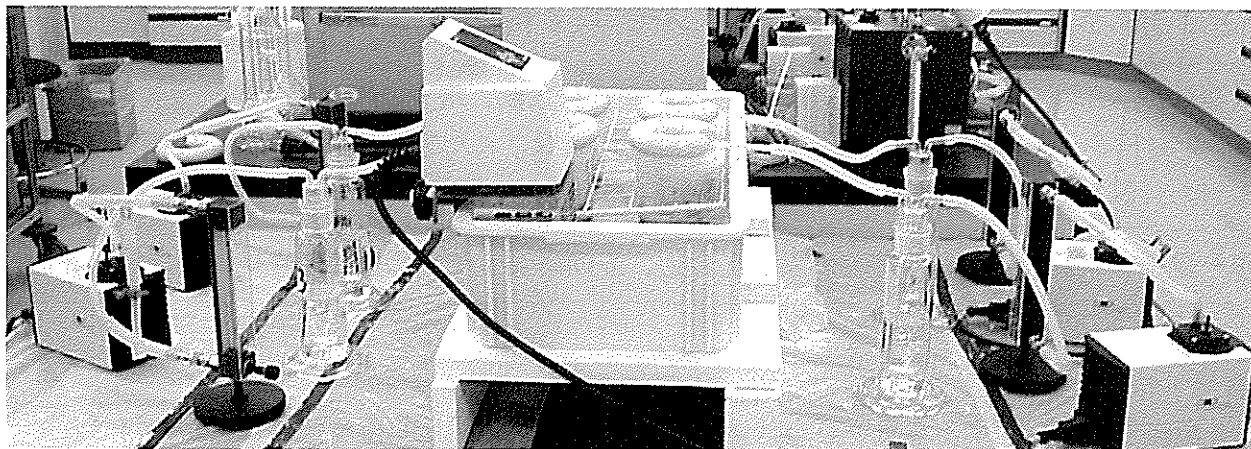


写真1. アンモニア揮散量の *in vitro* 測定装置

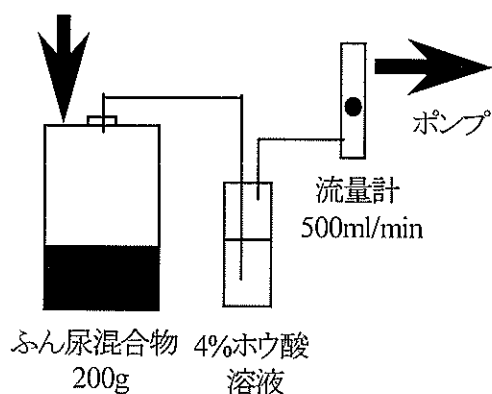


図1. アンモニア揮散量の *in vitro* 測定装置 (模式図)

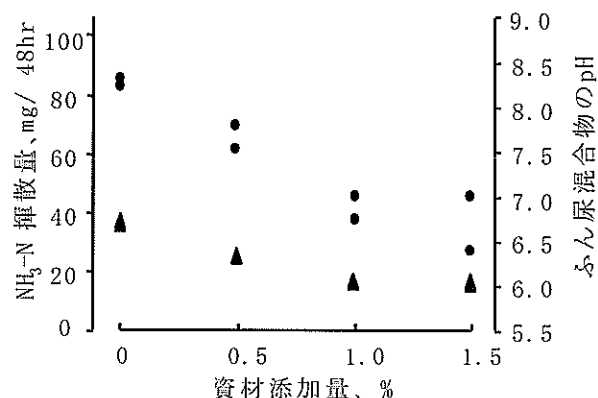


図2. アンモニア態窒素揮散量およびpHに及ぼすの影響

● : 培養後48時間のNH₃-N揮散量
▲ : 培養開始時のふん尿混合物pH

表1. リンゴジュース粕添加飼料の評価

	低CP飼料	低CPリンゴ飼料
窒素摂取量 (g/d)	17.8	18.6
尿窒素排せつ量 (g/d)	6.0	3.1
アンモニア揮散量 (mg/d)	603	120

【その他】

研究課題名：I 悪臭防止技術の開発

1) 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発

②悪臭軽減効果判定手法の開発

研究期間：平成8～10年度

平成12～14年度（農林水産バイオリサイクル研究（委託）によって実施）

発表論文等：

1. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修 (2002). 豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の *in vitro* 測定法. 日本畜産学会報. 73.503-508.

2. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修 (2002). 豚ふん尿混合物のpHおよび尿中窒素含量が *in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響. 日本養豚学会誌. 39.306-307.

連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>.

3. 脱水、膜分離により豚舎ふん尿混合汚水を希釈なしでBOD、SS、全窒素の排水基準をクリアできる

【要約】豚舎からのふん尿混合汚水をスクリュープレス脱水機および膜分離活性汚泥法により希釈なしでBOD、SS、T-Nについて一律排水基準以下にすることができる。

キーワード ふん尿混合汚水、スクリュープレス脱水機、膜分離活性汚泥法

【背景・ねらい】

近年、環境保全意識の高揚と共に畜産環境問題に係る要求も年々厳しいものとなってきている。特に、排水基準の有害項目に「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」が新たに追加されるなど窒素の除去の重要性が高まってきている。畜舎排水の浄化処理は、BOD、SSの除去を対象としたものが主であり窒素除去を対象としたものは少ない。そこで、豚舎からふん尿混合で排出される汚水を無希釈で、スクリュープレス脱水機および膜分離活性汚泥法により処理することによりBOD、SSだけでなく窒素も除去できることを確認した。

【成果の内容・特徴】

1. 豚舎からふん尿混合で排出される汚水を図1に示す処理フローに従い処理を行い、BOD、SSだけでなく窒素まで一律に排水基準以下に処理できた（図2）。
2. スクリュープレス脱水機により高濃度の豚舎ふん尿混合汚水から効率よくBOD、SS、T-Nの除去ができた。
3. 循環硝化脱窒法の窒素除去率84%に対し、間欠曝気法は窒素除去率97%となり、間欠曝気式膜分離活性汚泥法が高い窒素除去能力を有することが確認できた。
4. 膜の透過性を保つため、約4～5週間に1回の次亜塩素酸ナトリウム溶液、塩酸による薬液洗浄を行い、3年間継続して膜処理を行うことができた。
5. 鉄系凝集剤をFe/Pモル比で1程度添加することにより処理水中の全リン濃度を5 mg/L以下にすることができた。

【成果の活用面・留意点】

1. 本プラントは、ふん尿混合汚水を対象にしたものである。
2. 膜処理によりSSのない処理水を得ることができ、色度除去などの高度処理への対応が容易である。
3. 前処理で発生した脱水ケーキの堆肥化施設が必要である。
4. 肥育豚舎500頭規模でのランニングコストは、電気代68,850円/月、薬品代90,000円/月となった。イニシャルコストも含めて更なるコスト低減の検討が必要である。

【具体的データ】

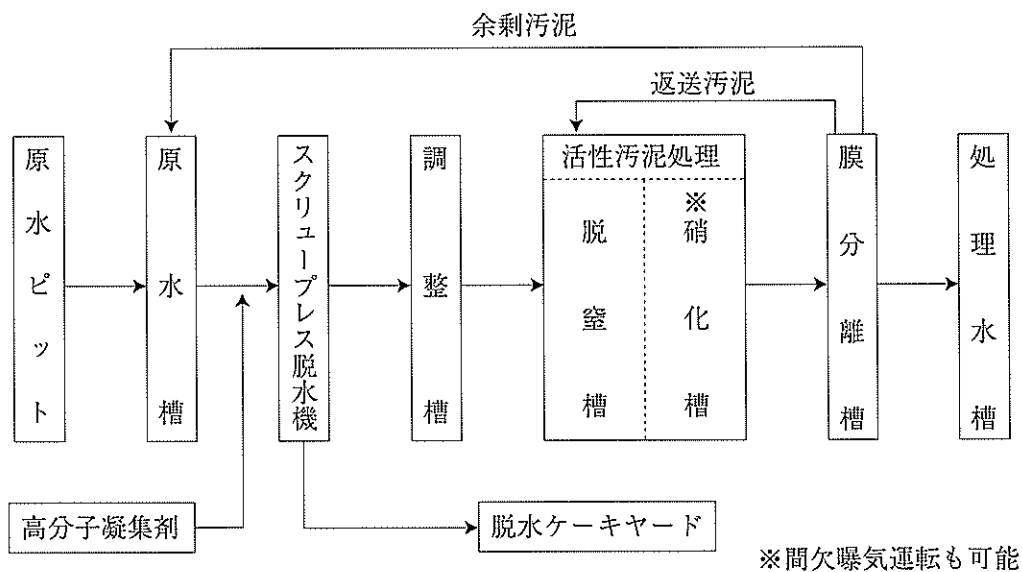


図1. プラント処理フロー

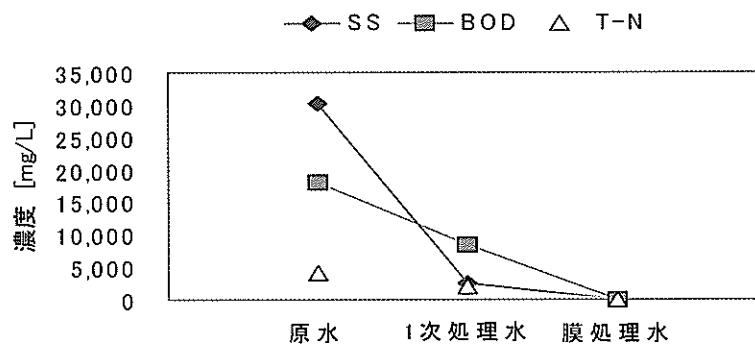


図2. 処理結果

【その他】

研究課題名：Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1) 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

① 豚舎排水高度浄化処理技術の開発

(共和化工(株)との交流共同研究、平成9～11年)

研究期間：平成8～11年度

発表論文等：

1. 古谷 修、岡田光弘、岡田 清、山本朱美、古川智子、高橋栄二、共和化工(株)：畠中豊、志村有通、木本博志、越智泰彦、若松美伸、川本博樹 (2000). 豚舎排水高度浄化処理技術の開発、畜産環境技術研究所年報、第3号：91-99
2. 畠中豊：畜産環境情報 第9号、P17～23、2000年
3. 畠中豊：農業技術大系 畜産編8 環境対策、P328、農山漁村文化協会、2001年

連絡先：財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/ilet/index.html>

4. メタン発酵槽の汚泥濃度を高めてガス発生量を高める

【要約】メタン発酵槽液を間欠攪拌し、上澄み消化液を引き抜くことにより汚泥濃度（SS）を通常の2倍（4～6％）に高めることができる。汚泥濃度を5％に高めることにより、ガス発生量を35％高めることができる。

キーワード | メタン発酵、資源循環型処理、家畜ふん尿処理、消化ガス

【背景・ねらい】

メタン発酵法は、資源回収型処理として有効である。しかし、大規模養豚場では一部に実施例があるものの、一般に消化液の液肥利用は困難であり、消化液の浄化を含めた処理施設の建設費が大きく、全体の処理コストは高額となる。これまで、膜処理等によりメタン発酵槽の汚泥濃度を高めてガス発生量を増大させ、高まったエネルギーによって膜処理のコストを代替させる試みが行われたが、膜処理にはメンテナンス等の問題もあり、より簡易化が求められている。

【成果の内容・特徴】

1. メタン発酵処理フローを図1に、また、開発した実用型メタン発酵槽のイメージを図2に示した。
2. メタン発酵槽液の汚泥を1.5時間沈澱させることによりSV90％の沈降率が得られ、上澄み消化液の引抜き操作ができる（表1）。
3. メタン発酵槽の間欠攪拌により上澄み消化液を引き抜くことによって、メタン発酵槽内の汚泥濃度（SS）は通常の約2倍（4～6％）に高まる。
4. メタン発酵槽内の汚泥濃度を5％以上に高めることにより、有機物分解率は通常法より約35％高まる（表2）。
5. 上澄み消化液のSS濃度は2,000mg/ℓ程度で通常法の1/10以下となり、高分子凝集剤等による汚泥分離をしなくても消化液の浄化処理が可能である（表3）。

【成果の活用面・留意点】

1. メタン発酵槽内にスカム流出防止のバツフルと越流堰を設置する必要がある（図2）。
2. メタン発酵で発生した消化ガスを畜舎で使用するエネルギー代替として有効に活用し、畜産経営全体のコスト低減化を図る必要がある。

【具体的データ】

表1. メタン発酵槽液の沈殿時間とSVの関係
(発酵槽液のSS 6.1%)

沈殿時間	0	1.5	4.5	24
SV %	100	91	86	83

表2. メタン発酵の運転条件とガス発生量

VS負荷量	発酵槽液 SS	ガス発生量
1.0kg/m ³ ・日	2.0%	0.45 l /VSg
3.0kg/m ³ ・日	5.0%	0.61 l /VSg

表3. 豚ふんのメタン発酵処理性能 (mg/l)

項目	メタン投入液	消化液	除去率%
pH	6.86	7.18	
SS	40,200	1,750	95.6
COD	10,800	2,120	80.4
BOD	26,000	3,360	87.1
KjN	1,980	895	54.8
NH ₄ -N	456	606	-24.8

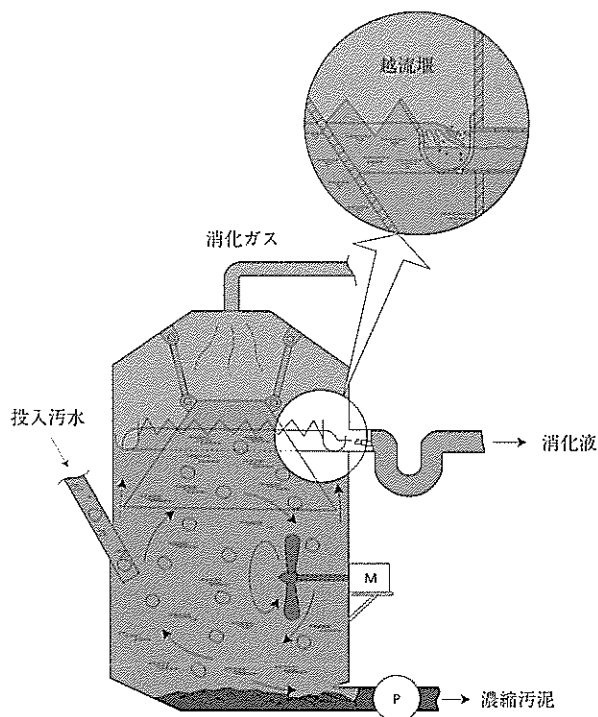


図2. 実用型メタン発酵槽のイメージ

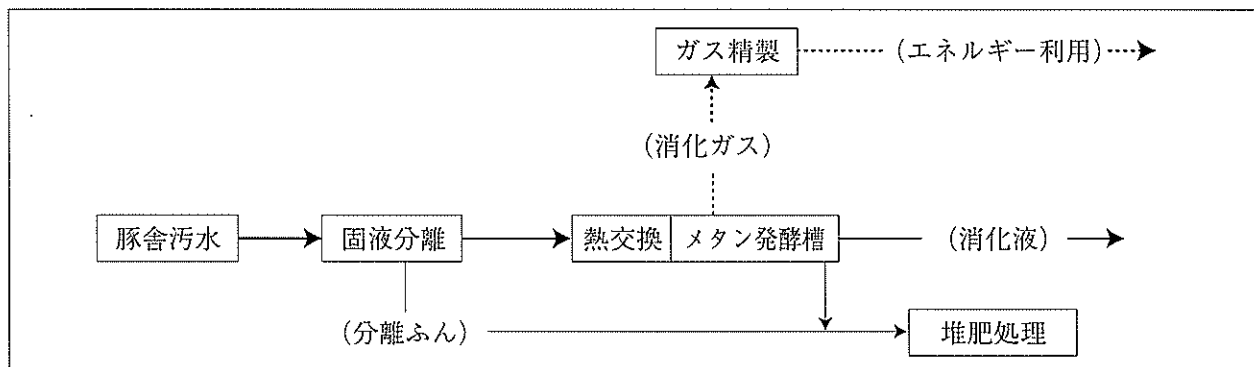


図1. メタン発酵処理フロー

【その他】

研究課題名：Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1) 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

④高濃度汚水の好気性消化処理(メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発)

研究期間：平成12～14年度

発表論文等：

1. 亀岡俊則、豚舎汚水のメタン発酵処理の普及技術③、養豚の友、406：56-60 (2002)
2. 亀岡俊則、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修 (2002). メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発、畜産環境技術研究所年報、第5号：40-49.
3. この成果は成果5と合わせて「メタン発酵処理システム並びにその消化液の脱窒法」として特許出願した。

連絡先：財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>.

5. メタン発酵消化液をカラム浄化法によって簡易低コスト処理する

【要約】 メタン発酵消化液の処理で、コークスやカキ殻を接触材に用いたカラム浄化法を採用し、脱窒の炭素源には廃食油等、また、処理水の色度除去には鶏ふん活性炭等を用いて、簡易低コスト化が達成できる。処理経費は出荷豚当たりほぼ1,000円と試算できる。

キーワード | メタン発酵、消化液浄化処理、家畜ふん尿処理、カラム浄化、廃食油

【背景・ねらい】

養豚経営のメタン発酵は、多くの場合消化液の浄化処理が必要であり、豚4,000頭程度の中規模処理施設の建設費は大きくなり、全体の処理コストはこれまでの「ふん尿分離方式の污水浄化処理」よりも高額となる。しかし、現場においてはメタン発酵に強い関心が寄せられており、中規模養豚農家へ普及できる、メタン発酵消化液の一層の低コスト浄化処理技術の確立が急がれている。また、消化液の特性としてBOD/N比が低く、微生物処理が難しいため、効率的脱窒等の処理技術が求められている。

【成果の内容・特徴】

1. 図1に、開発したメタン発酵処理のフローを示した。
2. 消化液の2連結のカラム浄化により、処理水のBODは46mg/l（除去率83.1%）に低下できた（表1）。
3. 脱窒処理は、カラム槽1では全窒素の約82%が亜硝酸および硝酸性窒素に硝化され、カラム槽2の廃食油を用いた脱窒処理により全窒素は規制値以下の29mg/lに低減された（表1）。酒粕でもほぼ同様な効果が得られた（表2）。焼酎廃液および廃糖蜜も脱窒処理の炭素源として有効である。
4. 消化液の処理前の色度はほぼ800度と強い着色を呈している。これに鶏ふん活性炭とポリ硫酸鉄を各500ppm添加することにより色度はほぼ200度に低下する。
5. 以上の成果から、豚4,000頭規模のメタン発酵処理システム処理経費を試算すると出荷豚当たりほぼ1,000円が見込まれる。図2にはメタン発酵消化液の実用型浄化処理施設のイメージを示した。

【成果の活用面・留意点】

1. 豚舎污水のメタン発酵消化液の浄化処理法として活用できる。牛舎污水の場合は、着色度が強いいため、脱色処理に留意する必要がある。
2. 消化液の脱窒処理に必要な炭素源には廃食油や酒粕、焼酎廃液、廃糖蜜など地域で入手できる低価格の資材を用い、また、色度除去には鶏ふん活性炭などの利用により低コスト化を図る。

【具体的データ】

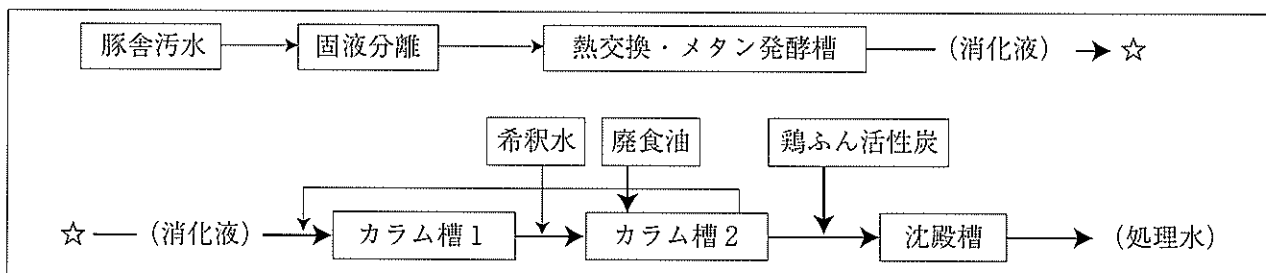


図1. メタン発酵処理フロー図

表1. 豚ふんのメタン発酵消化液の浄化性能
(カラム槽2の脱窒には廃食油添加)(mg/l)

項目	消化液	カラム槽1	カラム槽2	除去率%
pH	7.18	8.05	8.01	
SS	1,750	182	22.0	87.9
COD	2,120	477	124	74.0
BOD	3,360	274	46.4	83.1
KjN	895	101	15.4	84.8
NH ₄ -N	606	52.2	1.43	97.3
NO ₂ -N	—	63.5	ND	100
NO ₃ -N		101	13.6	86.5
T-N	895	266	29.0	89.1
T-P		46.0	30.0	34.8

表2. T-Nの約4.4倍の酒粕添加による脱窒成績 (mg/l)

	消化液	カラム槽1	カラム槽2
①NH ₄ -N	T-N:1,540	63.6	1.0
②NO ₂ -N		588	ND
③NO ₃ -N		33.2	0.45
①+②+③	1,540	685	1.45

除去率は、カラム槽1からカラム槽2を示す。

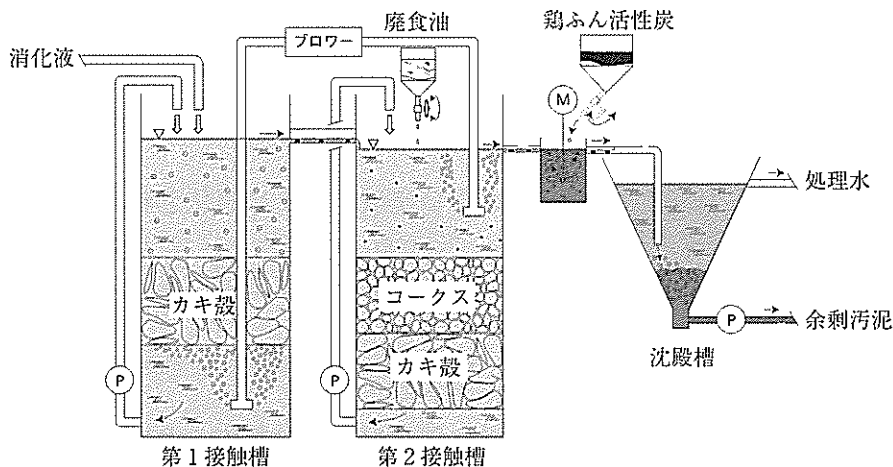


図2. 消化液の実用型浄化処理施設のイメージ

【その他】

研究課題名：Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1) 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

④高濃度汚水の好気性消化処理(メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発)

研究期間：平成12～14年度

発表論文等：

1. 亀岡俊則、豚舎汚水のメタン発酵処理の普及技術③、養豚の友、406：56-60 (2002)
2. 亀岡俊則、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修 (2002). メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発、畜産環境技術研究所年報、第5号：40-49.
3. この成果は成果4と合わせて「メタン発酵処理システム並びにその消化液の脱窒法」として特許出願した。

連絡先：財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>.

6. メタン発酵消化液中のアンモニアはユーグレナ（ミドリムシ）で再資源化の可能性がある

【要約】 メタン発酵消化液でユーグレナを培養すると、アンモニア濃度とリン酸濃度が大幅に減少し、ユーグレナは回収して飼料等として資源化の可能性がある。

キーワード メタン発酵消化液処理、資源回収、ユーグレナ

【背景・ねらい】

メタン発酵処理は、家畜ふん尿からメタンという有価物を取り出すことができる、優れた技術である。しかし、メタン発酵処理の後に残る消化液は、高濃度のアンモニアを含んでいる一方でBODが低いために、浄化が難しくコストもかかる。ユーグレナは、光合成によってエネルギーを得ることができるため、BOD源がなくても増殖でき、アンモニアを窒素源としてタンパク質を合成する。そこで、ユーグレナの培養によって消化液のアンモニア等を減らし、飼料等の資源として回収する技術の可能性について明らかにする。

【成果の内容・特徴】

1. 消化液を水で5倍に希釈し、pH6に調整しただけで、ユーグレナを培養することができる（図1）。
2. ユーグレナを培養するとpHが下がるため、毎日pH6に調整する必要がある（図2）。
3. アンモニア濃度は、1日の培養で30%が減少した（図3）。
4. リン酸濃度も、1日の培養で30%が減少した（図4）。ユーグレナには、リン酸を体内に蓄積する特性があることから、リン酸濃度は、4日間の培養の間低下し続け、最終的に85%まで減少した。

【成果の活用面・留意点】

1. メタン発酵消化液を利用してユーグレナを資源化する可能性が明らかになった。
2. 今後は、ユーグレナの培養法をさらに改良するとともにメタン発酵によって得られた余剰電力を利用し、天候や季節に左右されずに高い増殖を得られる装置の開発が必要である。



←試験に用いたユーグレナ *Euglenida gracilis* Klebs Z株
(大阪府立大学中野長久教授から分譲)

【具体的データ】

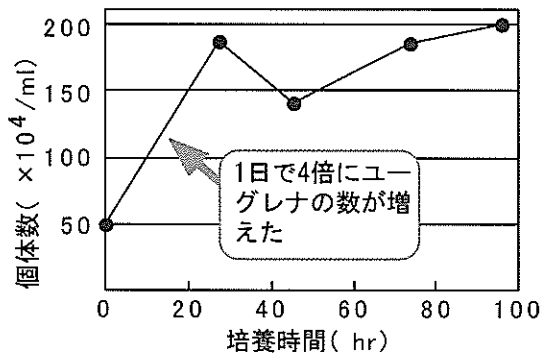


図1. メタン発酵消化液によるユーグレナの増殖

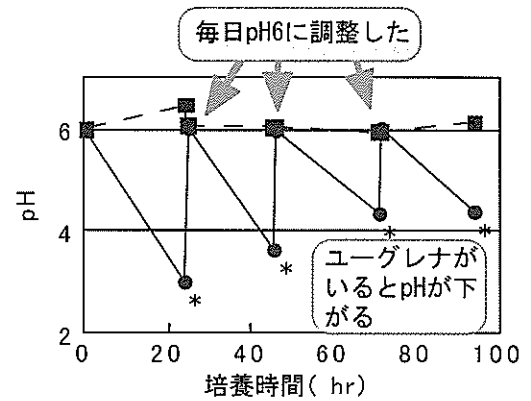


図2. メタン発酵消化液でユーグレナを培養した時のpHの変化

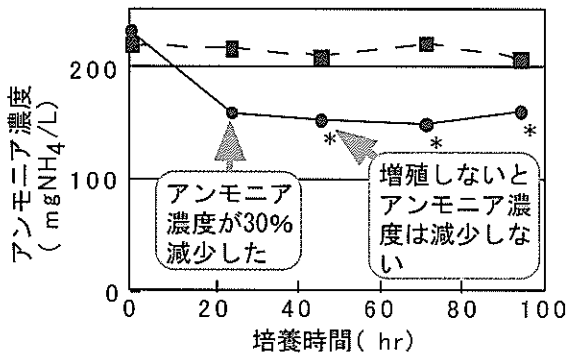


図3. メタン発酵消化液でユーグレナを培養した時のアンモニア濃度の変化

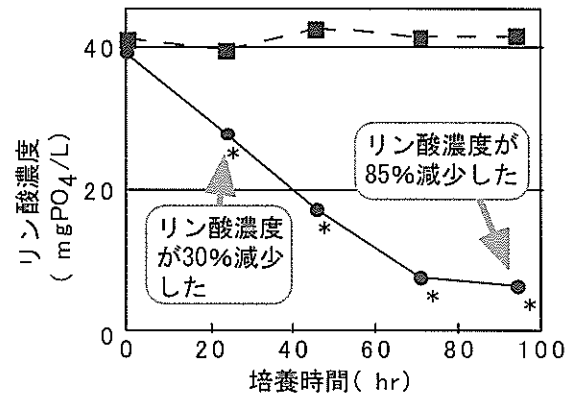
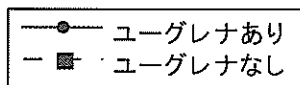


図4. メタン発酵消化液でユーグレナを培養した時のリン酸濃度の変化



(* : ユーグレナあり、なしの間に1%水準の有意差あり)

【その他】

研究課題名：Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

1) 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

④高濃度汚水の好気性消化処理 (メタン発酵消化液のユーグレナを用いた処理技術の開発)

研究期間：平成12～14年度

発表論文等：

1. 長峰孝文、亀岡俊則、山本朱美、古川智子、伊藤 稔、古谷 修 (2003). 豚ふんメタン発酵消化液によるユーグレナ (ミドリムシ) の培養、日本畜産学会口頭発表。
2. 長峰孝文、亀岡俊則、古川智子、山本朱美、伊藤 稔、古谷 修 (2003). メタン発酵消化液のユーグレナを用いた処理技術の開発 (予備試験)、畜産環境技術研究所年報、6: 45～51.

財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>

7. 汚水処理施設（活性汚泥法）のインターネットを利用した簡易管理システム

【要約】 活性汚泥処理施設の状態を容易に判断でき、問題がある場合には解決策を提示するシステムを作成し、インターネット上に公開した。このシステムは、1万円程度の顕微鏡、透視度計（5千円程度、自作も可能）および1Lのメスシリンダーがあれば誰でも利用できる。

キーワード 活性汚泥処理施設管理、インターネット

【背景・ねらい】

活性汚泥処理施設は、汚濁物質を微生物（汚泥）に分解または吸着させることで、汚水を浄化している。これは見方を変えれば、微生物を飼育しているようなものであり、飼育がうまくいかないと汚水は浄化されない。微生物の飼育は、家畜と同様に知識、技術、適正な日常管理が必要であり、一般畜産農家にとって容易にできることではない。そこで、一般畜産農家でも容易にできる観察方法によって、汚水処理施設の状態を判断して管理を容易にするシステム（以下「判断システム」と略す）を開発し、インターネット上に公開する。この「判断システム」は家畜ふん尿処理全体のサポートシステムの一つのツールとして位置づけられる。

【成果の内容・特徴】

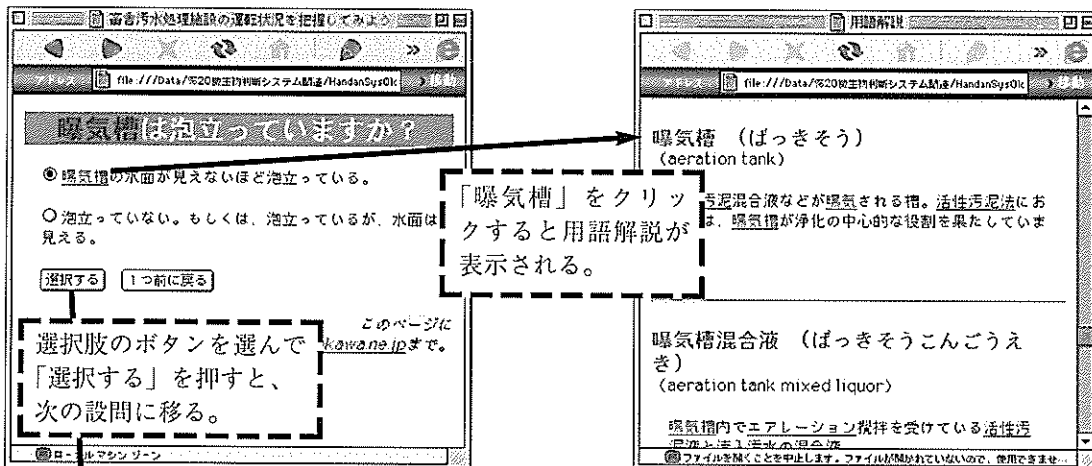
1. これまでに研究・蓄積されているデータを元に「判断システム」の試作版を開発した。
2. 一般畜産農家や汚水処理施設管理者等20名の試用および畜舎汚水処理施設における17回の試験運用によって明らかとなった問題点を改善して公開版を作成し、インターネット上に公開する。

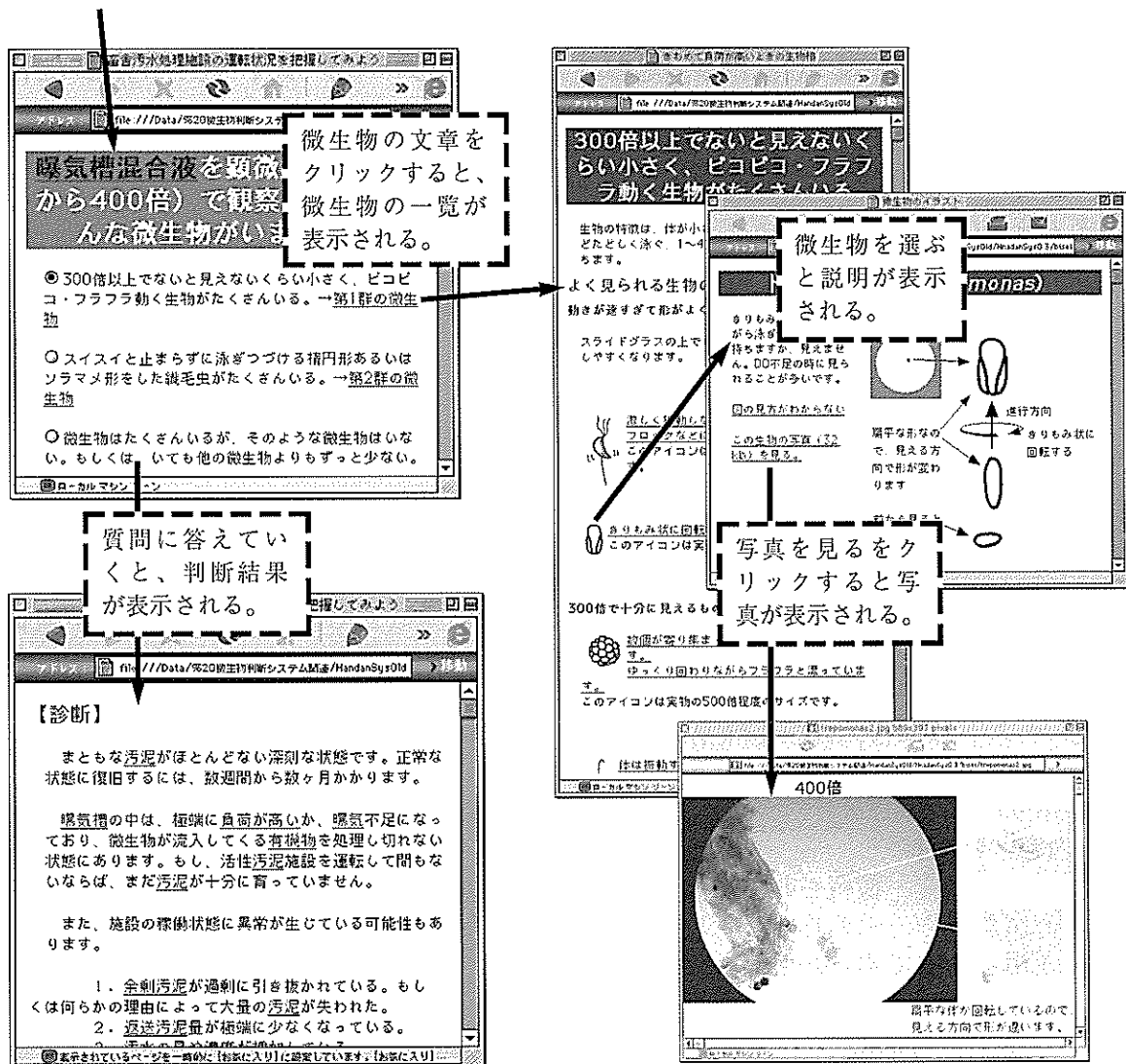
活性汚泥判断システムURL <http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>

【成果の活用面・留意点】

1. このシステムを利用すれば、一般畜産農家でも処理施設に問題がある時の対処法を容易に知ることができる。
2. 今後、バージョンアップして、将来的には家畜ふん尿処理サポートシステムに組み込む。

【具体的データ】





【その他】

研究課題名：Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

- 1) 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発
⑤微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発

研究期間：平成12～14年度

発表論文等：

1. 長峰孝文、亀岡俊則、山本朱美、古川智子、伊藤 稔、古谷 修. 微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発 施設の状態を判断するシステムの構築、日本農業施設学会ポスター発表、2002年9月。
2. 長峰孝文、亀岡俊則、古川智子、山本朱美、伊藤 稔、古谷 修 (2002) 微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発、畜産環境技術研究所年報、5：50-54。
3. 長峰孝文、亀岡俊則、古川智子、山本朱美、伊藤 稔、古谷 修 (2003) 微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発、畜産環境技術研究所年報、6：52～56。

連絡先：財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/ilet/index.html>

8. 微生物の呼吸作用を指標とした堆肥熟度判定器「コンポテスター」

【要約】堆肥の易分解性有機物を微生物が分解する際に酸素を消費する。開発した堆肥熟度判定器「コンポテスター」は、この酸素消費量から易分解性有機物の残存量を推定することによって、堆肥の熟度を簡易に判定することができる。

キーワード 堆肥、腐熟度、微生物、酸素消費量、易分解性有機物

【背景・ねらい】

未熟な堆肥には多量の易分解性有機物や発育阻害物質が含まれ、そのまま施用すると作物に危害を与える恐れがあるため、堆肥を十分に腐熟させる必要がある。したがって、堆肥の品質を評価するには、その肥料成分とともに「腐熟度（熟度）」が重要である。腐熟度は従来、C/N比や発芽率などから判断されているが、これには多くの労力と時間がかかり簡易法とはいえない。

そこで、特別な技術も必要なく短時間で熟度の判定ができる装置を開発し、富士平工業(株)との共同研究によって、堆肥熟度判定器「コンポテスター」として製品化した。

【成果の内容・特徴】

1. 本判定の原理は、図1に示したように、堆肥が未熟なうちは微生物が利用できる餌（易分解性有機物）が大量にあるため、呼吸作用が盛んに行われ、酸素消費量も多い。堆肥化が進むと易分解性有機物が少なくなるため、酸素消費量も少なくなり、熟した堆肥ではほぼゼロになる。
2. 「コンポテスター」は、恒温ユニット、酸素感知部、操作パネルからなる携帯可能な一体型の装置である。アルミブロックヒーターにより35℃に保たれている（写真1）。測定は保温30分、測定30分の1時間ですむ。
3. 水分調整後の堆肥50gを堆肥ポットに量りこみ、「コンポテスター」にセットする。後はデジタル表示部の指示に従い操作する。結果は堆肥1gが1分間あたりに消費する酸素量（ μg ）として、装置右上の表示部にデジタル表示される。

【成果の活用・留意点】

1. 「コンポテスター」は堆肥の熟度判定に現場で利用できる。
2. 本装置で堆肥の熟度判定だけでなく、堆肥の初期発酵の状態をモニターできる。
3. 本装置はあくまでも、試料中の微生物による酸素消費量を評価するものである。したがって、得られた数値が低いからといって、発芽・生育阻害物質や栄養塩類による障害がないことを保証するものではない。

【具体的データ】

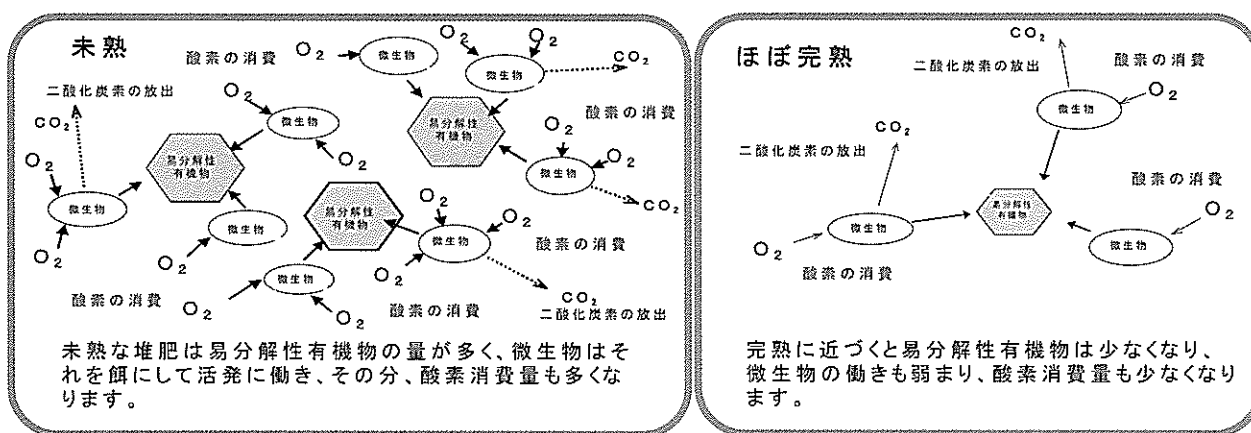


図1. 堆肥の酸素消費量から熟度判定ができる原理

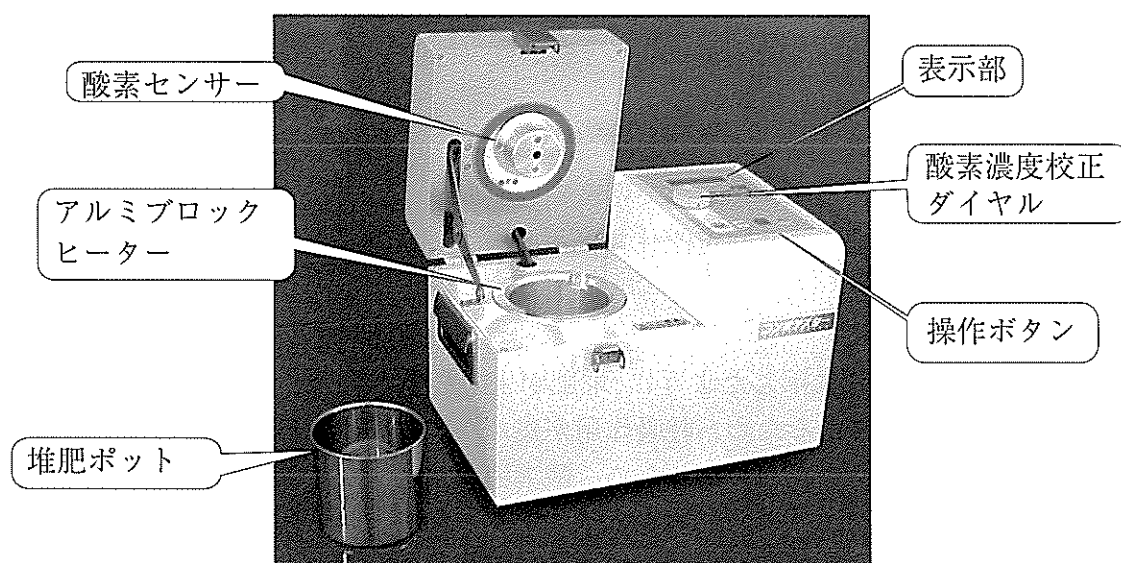


写真1. 堆肥熟度判定器「コンポテスター」

【その他】

研究課題名：Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

2) 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発

②微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作

研究期間：平成12～14年度

発表論文

1. 岡田 清、古川智子、渡邊昭三 (1999). 堆きゅう肥成分の変動要因の解明ならびに品質評価法の開発、畜産環境技術研究所年報第2号：101-106.
2. 古川智子、伊藤 稔、岡田光弘、高橋栄二、山本朱美、古谷 修 (2001). 堆肥の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報第4号：55-60.
3. この成果は「堆肥腐熟度判定装置及び該装置を用いた堆肥腐熟度判定方法」として特許出願した（富士平工業(株)との共同出願）

連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/ilet/index.html>

参考資料 1

堆肥の製造管理に堆肥熟度判定器「コンポテスター」が活用できる

堆肥化過程では、堆肥材料の水分調整などの初期条件を設定する堆肥化開始時および堆肥を土壤に施用しても急速な分解が起こらないと予想される時点の管理がきわめて重要であり、この時期の管理を「コンポテスター」による酸素消費量でモニタリングする方法について検討した。

その結果は以下のとおりであった。

1. 堆肥材料堆積後、6～8時間で酸素消費量は急激に高まった。この時期の酸素消費量を測定することにより初期発酵の状況が評価できる（図1）。ここで使用した脱臭資材（鉍物系）は、これを糞尿に散布するとアンモニア揮散量が1/2以下に低減されることが認められている。また、戻し堆肥は10%添加した。
2. 酸素消費量は、牛糞では56日目および豚糞では49日目以降、それぞれ1および3 $\mu\text{gO}_2/\text{g}$ 堆肥現物 $\text{g}/\text{分}$ で、一定となり、品温もほぼ一定となった（図2）。
3. 堆肥の酸素消費量が3 $\mu\text{gO}_2/\text{g}$ 堆肥現物 $\text{g}/\text{分}$ 以下であれば、堆肥中の易分解性有機物はほとんど分解されていると判断して差し支えなく、土壤に施用しても有機物の急激な分解を起こすことはないと考えられる。
4. 堆肥の腐熟度判定の指標としてC/N比およびADFに基づくAD可溶有機物含量についても検討したが、いずれも、腐熟度の目安にはなるが、堆肥相互間の腐熟度を比較する絶対的な指標とはなり得ないと考えられた（図3）。

参考文献

1. 伊藤 稔、古谷 修、古川智子、亀岡俊則、長峰孝文、山本朱美（2003）. 堆肥熟度判定器「コンポテスター」を活用する堆肥製造のプロセス管理、畜産環境技術研究所年報、第6号：印刷中

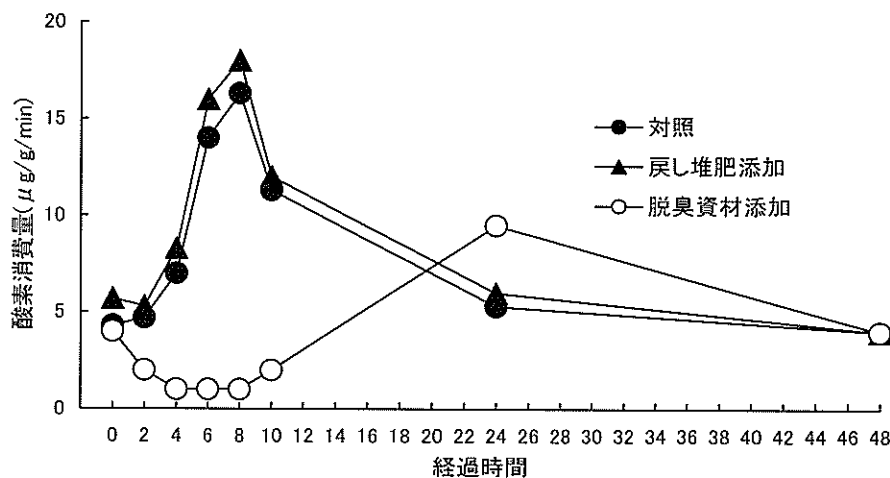


図1. 戻し堆肥および脱臭資材の添加が堆肥の初期発酵に及ぼす影響

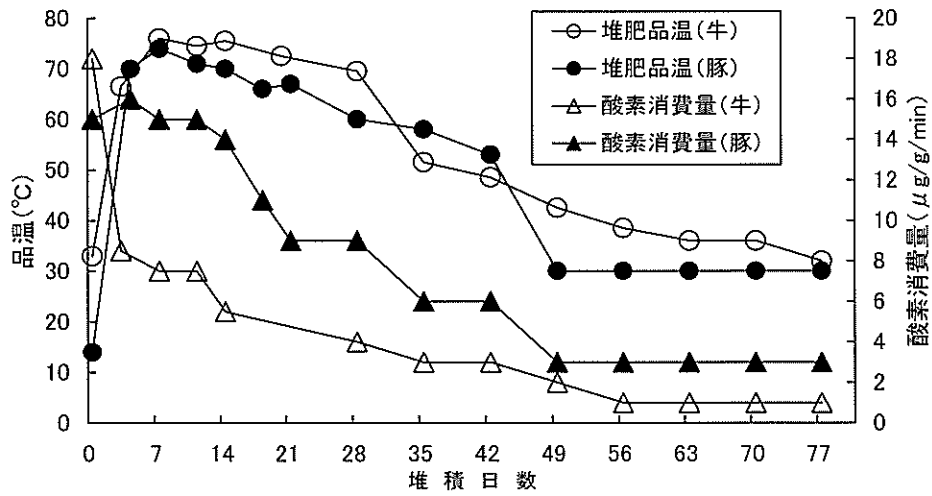


図2. 堆肥の品温と酸素消費量の経時変化

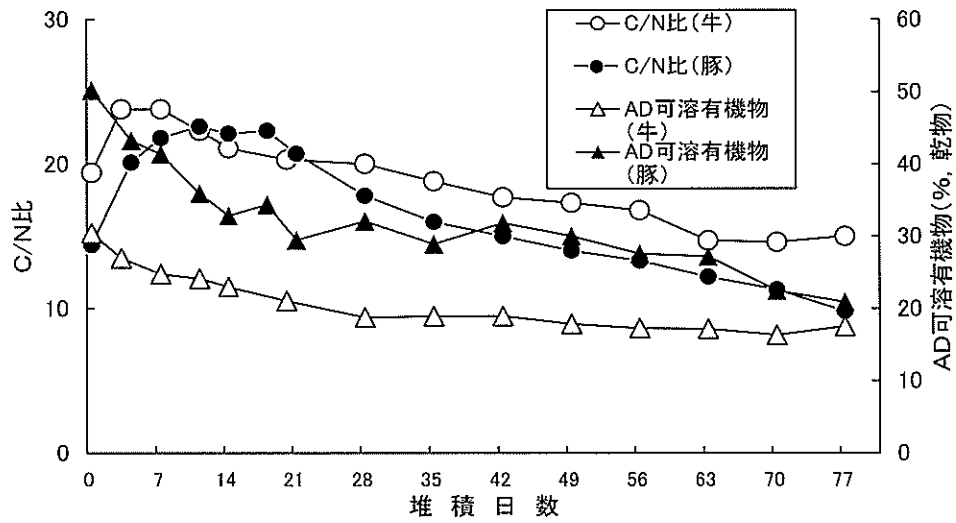


図3. 堆肥のC/N比および酸性デタージェント (AD) 可溶有機物の経時変化

参考資料 2

実際に作物に施用されている堆肥の酸素消費量を調査したところ、大部分の堆肥は $5\mu\text{g}$ 以下で、平均的には $2\sim 3\mu\text{g}$ であった (表1)

表1. 実際に作物に施用されている堆肥の酸素消費量 ($\mu\text{g/g/min}$)

	全体	水稲	アスパラガス	キュウリ	トマト	ニラ	デントコーン	花卉
n	33	1	3	9	5	3	5	7
最大	7	7	1	5	3	4	5	1
最小	0	7	0	1	0	1	1	0
平均	2.1	—	0.4	2.7	1.6	2.3	3.3	0.9
標準偏差	1.7	—	0.4	1.4	1.1	1.0	1.6	0.3

9. 「コンポテスター」による酸素消費量測定のための堆肥の簡易水分調整法

【要約】堆肥熟度判定器「コンポテスター」を用いて、堆肥の熟度を判定する場合に試料の水分調整が必要であるが、堆肥によって適正水分が異なった。そこで、水分調整には、堆肥を強く握ったとき指の間から水がにじみ出る程度を目安とする。

キーワード 堆肥、水分、腐熟度、酸素消費量、易分解性有機物

【背景・ねらい】

堆肥の品質を評価する項目として、その肥料成分とともに「腐熟度（熟度）」が重要であり、堆肥の酸素消費量から堆肥熟度を簡易に判定できる「コンポテスター」が開発されたが、酸素消費量の測定では水分を適正に調節する必要があるため、その簡易調整法を提案する。

【成果の内容・特徴】

1. 堆肥によって酸素消費量測定のための適正水分の範囲が異なった（図1および図2）。これは、好気性微生物の活動のためには水分の他に通気性が必要だからである。
2. 水分と通気性を合わせて調整する簡易な方法として、「堆肥を強く握ったとき指の間から水がしみだす程度」を目安に6人の被験者で水分を調整した結果、酸素消費量に大きな個人差はなかった（表1）。なお、試料AおよびBで、被験者a、bおよびcが調整した水分含量が低かったのは、堆肥内部まで十分に水が浸透する前に調整完了と判断したためである。

【成果の活用・留意点】

1. 堆肥の水分調整は、十分に水が内部に浸透するように時間をかけて行う必要がある。
2. 乾燥した堆肥では、水分調整後少なくとも1日おいてから測定する。

【具体的データ】

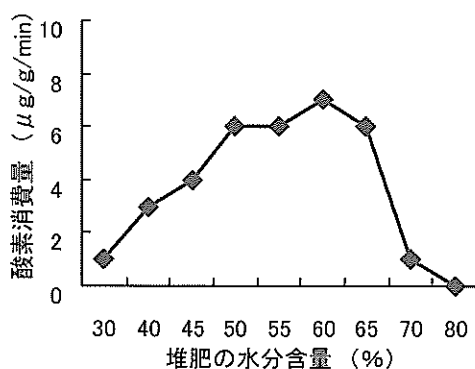


図1. 堆肥の水分含量と酸素消費量の関係
(試料1)

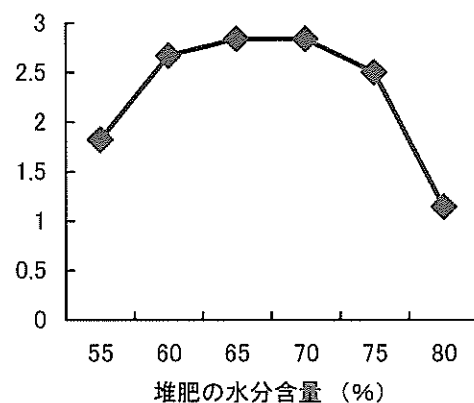


図2. 堆肥の水分含量と酸素消費量の関係
(試料2)

表1. 堆肥の水分含量を握って調整する方法の検討

試料 (水分含量)	被験者	実測水分* %	酸素消費量
A (44.9%)	a	52.5	4
	b	45.1	4
	c	46.5	5
	d	63.0	4
	e	61.3	4
B (39.5%)	a	44.8	8
	b	45.1	9
	c	43.6	8
	d	58.9	8
	e	53.7	9
C (34.6%)	a	61.3	4
	b	57.9	4
	c	61.3	4
	d	61.8	4
	e	62.1	4
D (30.4%)	a	57.8	7
	b	56.2	7
	c	56.7	7
	d	58.4	7
	e	57.4	6

*被験者が「堆肥を強く握ったとき指の間から水がしみだす程度」を基準に水分調整した堆肥を実測した水分含量

【その他】

研究課題名：Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

2) 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発

②微生物の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作

研究期間：平成12～14年度

発表論文

1. 古川智子、伊藤 稔、亀岡俊則、長峰孝文、山本朱美、古谷 修 (2003) : 堆肥の呼吸作用を指標とする腐熟度判定技術および簡易測定装置の試作、畜産環境技術研究所年報第6号、57～64.

連絡先：財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>

10. 牛ふん戻し堆肥の循環利用には3回が限界であるが、副資材を併用すればよい

【要約】水分調整材に戻し堆肥のみを利用した牛ふんの堆肥化処理では、5回の循環利用で、また、豚ふんでは7回以上の循環利用で堆肥化処理が困難になった。戻し堆肥とおが屑等の副資材を牛ふんでは50%、豚ふんでは35%併用すれば、通気性などの堆肥化条件が保持され、良好な堆肥品質に仕上がる。

キーワード 堆肥化処理、コンポスト、水分調整材、戻し堆肥、副資材

【背景・ねらい】

畜産の現場では、おが屑の入手難や堆肥処理コストの低減などから戻し堆肥を畜舎の敷き料や堆肥化処理の水分調整材に利用するケースが多い。この戻し堆肥の割合が多く、しかも循環利用回数が進むと戻し堆肥の物性が変わり水分吸着能が低下してくる。そのため、仕込み原料の通気性が悪くなるなど堆肥化条件が悪化し、その結果、堆肥の品質が低下してくるなどのことから、戻し堆肥の循環利用の限界および副資材の併用効果を明らかにする必要がある。

【成果の内容・特徴】

1. 牛ふんの堆肥化処理では、水分調整材に戻し堆肥のみを利用した場合は、その循環回数が3回目になると仕込み堆肥の水分が67%でも容積重は0.77kg/ℓに上昇し、さらに5回目になると容積重は0.86kg/ℓ以上になり、通気性が極めて悪く、良好な堆肥化処理が困難になった（表1）。
2. 戻し堆肥とおが屑を半量ずつ水分調整材に利用した牛ふんの堆肥化では、13回の循環利用であっても容積重に大きな変化はなく、最高発酵温度は75℃以上に達し、長期にわたって良好な堆肥化処理ができた（表2）。
3. 戻し堆肥のみを利用した豚ふんの堆肥化は、循環回数が5回目で戻し堆肥の水分吸着能が低下する傾向が見られ、7回目には容積重が0.82kg/ℓと高くなり、通気性が悪く良好な堆肥化処理が困難になった（表3）。
4. 戻し堆肥65%とおが屑35%を併用した豚ふんの堆肥化では、7回の循環利用であっても容積重は0.6kg/ℓ程度に維持されたため、良好な発酵が継続し、長期にわたって戻し堆肥として利用することができた（表4）。

なお、ECは、牛ふんの戻し堆肥100%では回数とともに高まったが、豚ふんではかえって低下する傾向が認められた。

【成果の活用面・留意点】

1. 本成果は堆肥化の現場で普及できる。

【具体的データ】

表1. 戻し堆肥100%利用による牛ふんの堆肥化試験

回数	仕込み堆肥		発酵温度		製品堆肥	
	水分%	容積重kg/ℓ	最高温度℃	発芽指数	pH	EC
1	68	0.48	79	—	8.8	2.4
3	67	0.77	65	100	8.9	4.1
5	61	0.86	54	98	9.2	4.7

—：測定せず

表2. 戻し堆肥50%利用による牛ふんの堆肥化試験

回数	仕込み堆肥		発酵温度		製品堆肥	
	水分%	容積重kg/ℓ	最高温度℃	発芽指数	pH	EC
3	68	0.54	78	—	8.8	2.7
7	63	0.52	76	100	8.8	2.7
13	69	0.64	77	—	9.1	2.4

—：測定せず

表3. 戻し堆肥100%利用による豚ふんの堆肥化試験

回数	仕込み堆肥		発酵温度		製品堆肥	
	水分%	容積重kg/ℓ	最高温度℃	発芽指数	pH	EC
1	54	0.81	73	100	8.3	2.0
5	57	0.72	61	100	9.0	1.5
7	62	0.82	67	—	9.3	1.3

—：測定せず（1回目の容積重が高い原因は豚糞原料に土混入のため）

表4. 戻し堆肥65%利用による豚ふんの堆肥化試験

回数	仕込み堆肥		発酵温度		製品堆肥	
	水分%	容積重kg/ℓ	最高温度℃	発芽指数	pH	EC
1	53	0.74	71	100	8.2	2.2
5	61	0.69	75	83	8.0	1.7
7	67	0.61	75	—	8.2	1.4

—：測定せず（1回目の容積重が高い原因は豚ふん原料に土混入のため）

【その他】

研究課題名：IV 環境保全技術体系の開発

2) 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化

③家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化（戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化）

研究期間：平成10～14年度

発表論文等：

1. 亀岡俊則、古川智子、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修 (2002). 戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化、畜産環境技術研究所年報、第5号：58-62.

連絡先：財団法人畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>.

11. 鶏ふん焼却灰を鶏用飼料のリン源として循環利用する

【要約】 鶏ふん焼却灰をブロイラーおよび産卵鶏飼料に配合しても、ブロイラーの発育成績、産卵鶏の産卵成績を低下させることはなく、鶏用飼料のリン源として利用できる。

キーワード | 焼却灰、リン源、鶏ふん、飼料利用、ブロイラー、産卵鶏

【背景・ねらい】

大規模養鶏にあつては、鶏ふんの堆肥化は手間がかかるため、焼却あるいは炭化処理が増えている。しかしながら、焼却処理にしても約1割の灰が出るため、その処分に苦慮している。一方、わが国の家畜飼料に配合される無機リンは全て輸入リン鉱石であり、その量は年間8万7,000トン（金額として43億円）に上るが、リンは世界的にみても有限の貴重な資源である。

そこで、鶏ふん焼却灰に含まれるリンを、鶏や豚の飼料のリン源として循環利用する可能性について検討した。

【成果の内容・特徴】

1. 鶏ふん焼却灰にはリンとカルシウムが大量に、バランス良く含まれている

ブロイラーおよび産卵鶏の鶏ふん焼却灰はリンとカルシウムが大量に含まれている。ブロイラーの鶏ふん焼却灰のカルシウムとリンの比率は約2:1であり、ブロイラーのカルシウムとリンの要求量の比率も2:1であるので、このまま配合できる。産卵鶏ではカルシウムの要求量が高いため、焼却灰の他にカルシウム源（炭酸カルシウムなど）を添加する必要がある（表1）。

2. 焼却灰で代替してもヒナの発育に差がなかった

無機リンを配合した通常の配合飼料と、無機リンの代わりにブロイラー焼却灰を配合した飼料で、ヒナの発育を比較したが、全く差が認められなかった（図1）。

3. 実的な飼養条件下でブロイラーの発育および産卵鶏の産卵成績に差がなかった

無機リンあるいは焼却灰を配合した飼料を用い、ブロイラーと産卵鶏で4週間にわたり飼養試験を行ったが、ブロイラーの体重変化（図2）および産卵鶏の産卵率（図3）に統計的な有意差は認められなかった。

【成果の活用面・留意点】

1. 鶏ふん焼却灰を飼料のリン源として利用するためには、生産性ととも安全性の検討が不可欠である。

2. 現在、当機構の民間補助事業として、2課題が進行中で、大規模な飼養試験とともに安全性の確認試験が行われている。

【具体的データ】

表1. 鶏ふん焼却灰のミネラル組成 (%)

	Ca	P	K	Mg	Na	Cl
ブロイラー						
A農場	7.93	3.05	1.89	1.89	0.44	0.27
B農場	7.46	4.04	1.40	1.40	0.89	0.40
平均	7.70	3.55	1.65	1.65	0.67	0.34
産卵鶏						
C農場	11.33	4.10	1.33	1.33	0.95	0.58
D農場	13.19	6.84	1.37	1.37	0.98	0.34
平均	12.26	5.47	1.35	1.35	0.97	0.46

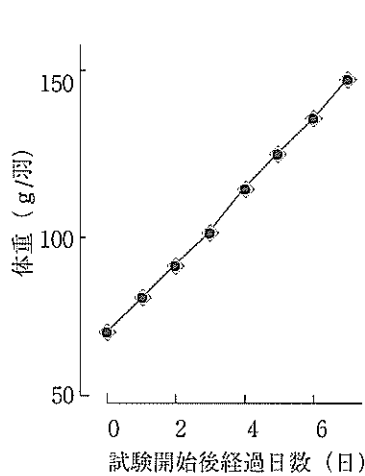


図1. ヒナの体重変化

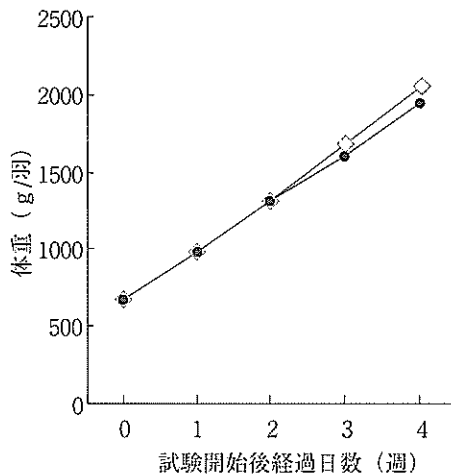


図2. ブロイラーの体重変化

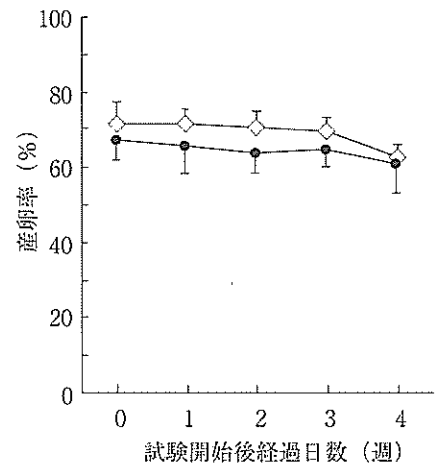


図3. 産卵率の変化

◇：無機リン区、●：鶏ふん焼却灰区

【その他】

研究課題名：Ⅳ 環境保全技術体系の開発

2) 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術

④鶏ふん焼却灰の飼料利用の実証試験

予算区分：畜産環境保全経営技術開発普及促進事業

研究期間：平成12年度

発表論文等：

1. 山本朱美・古川智子・高橋栄二・岡田光弘・古谷 修 (2000). 鶏糞焼却灰の飼料用無機リン源としての飼料利用. 日本畜産学会報. 71. J516-J519.
2. 山本朱美・伊藤 稔・猪狩 勉・矢口弘子・岡崎充成・古谷 修 (2002). 鶏糞焼却灰のブロイラーおよび産卵鶏飼料におけるリン源としてのリサイクル利用. 日本家禽学会誌. 39. J147-J152.

連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

電話 0248-25-7777 FAX 0248-25-7540 URL <http://shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>.

6. 簡易低コスト家畜排せつ物処理 施設開発普及事業の実施状況

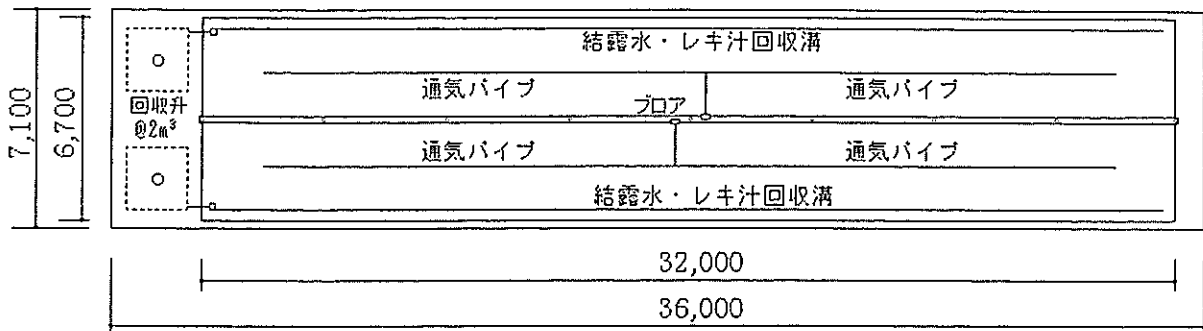
簡易低コスト処理施設開発・実証事業

I 「各施設共通調査の概要（主な特徴的成果）」

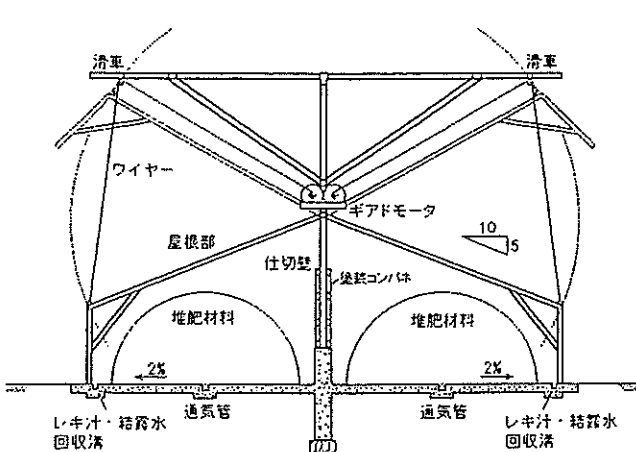
1. 堆肥化処理施設

1) 屋根跳ね上げ式堆肥舎（（独）北海道農業研究センター）

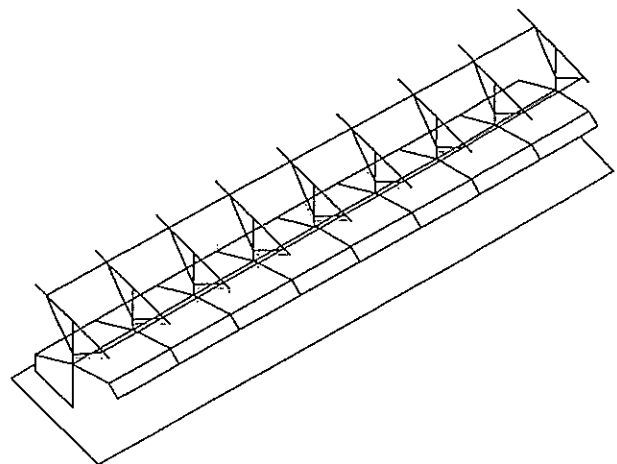
堆肥化施設は、屋根の跳ね上げにより、機械を用いた材料の搬入出や切り返し作業を可能とする構造で、2重フィルム被服屋根により結露水回収と、保温・潜熱回収と悪臭低減ができる。トラクター装着型切り返し機による作業で支障はなく、処理性能は発酵温度の最高75℃、堆肥水分46%、有機物分解率30%が得られた。冬季も問題なかったが、堆肥水分は67%であった（有機物分解率は44%）。屋根跳ね上げ式堆肥舎の建設コストは、屋根下面積当たり2.04万円/m²であった。



平面図



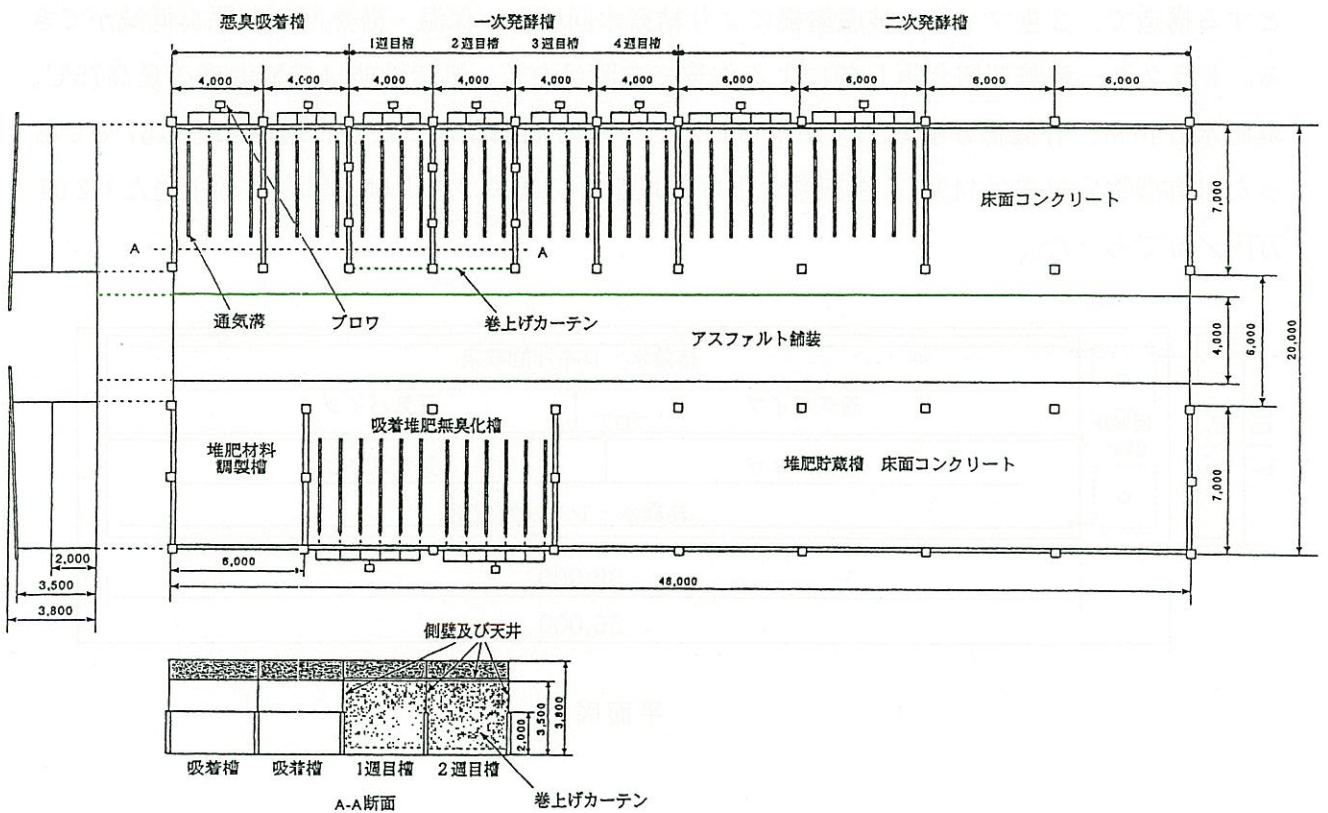
断面構造図



外観斜視図

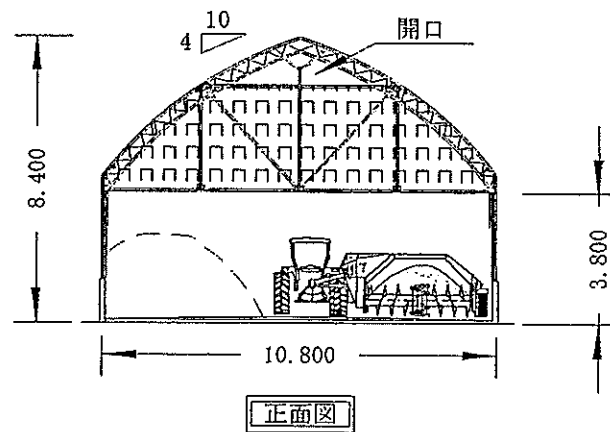
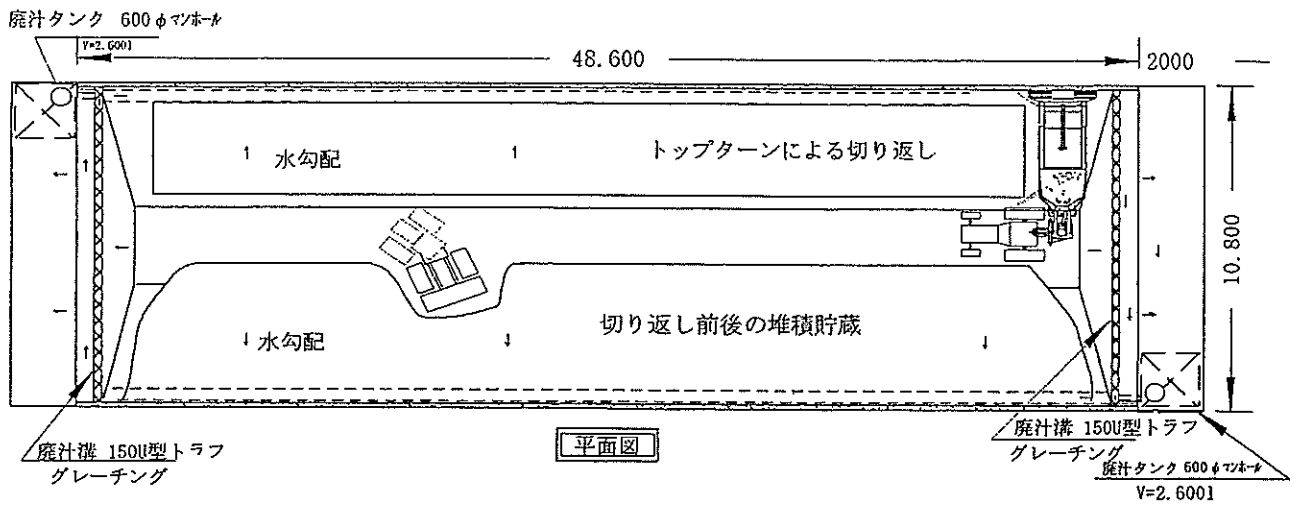
2) 脱臭装置付き通気式堆肥舎 ((独)九州沖縄農業研究センター)

ローダー切り返し式通気式堆肥舎で、一次発酵4週間、二次発酵3～6ヶ月である。一次発酵槽と二次発酵槽の1ヶ月目の部分には発酵を促進するための通気装置が設けてある。また、発酵期間半年程度の堆肥を悪臭吸着材として用いた無臭化の簡易脱臭システムを備えている。堆肥化の性能は、当初ECが5.4であったが、おが屑と戻し堆肥を1:1にすることで堆肥のECを4.6に下げることができた。大腸菌数も 10^4 個/gに減少し、施設内アンモニアは若干検出される程度であった。通気式堆肥舎のランニングコストは、約16万円/月であった。



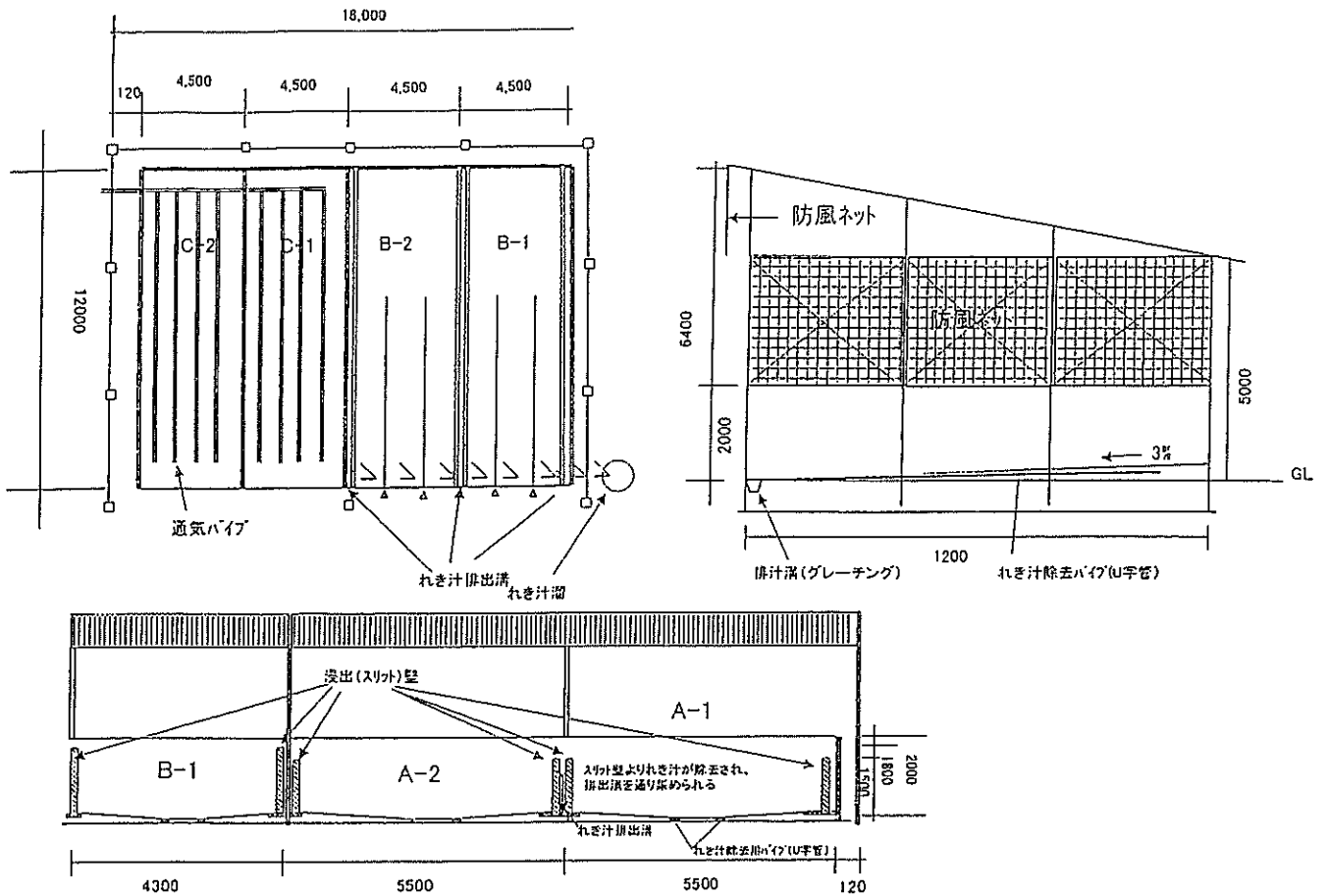
3) 低コスト簡易堆肥処理兼貯蔵施設（北里大学）

自家労力による建設費の節減と、豪雪や荒天に対する耐久性を重視した施設で、構造は骨組みを単管足場用パイプを主材とし、網入りビニールシートの簡易なもので、発酵槽はコンポストターナで切り返す方法である。簡易堆肥舎の建設費は15,526円/m²、ランニングコストは0.6円/頭・日であった。



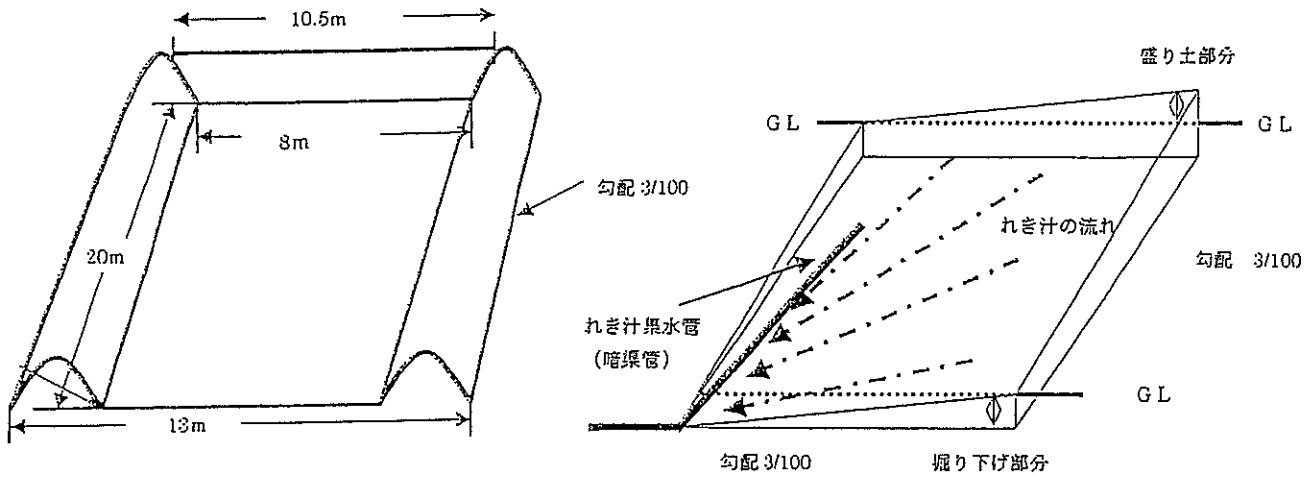
4) 排汁促進型堆肥舎（北海道立畜産試験場）

水分除去能の高い堆肥化施設であり、堆肥舎に中仕切りを設けて4つの区画に分け、定期的に切り返しを兼ねて移動を行い、水分除去を図る。また、2区画には床にパイプ、壁にスリットを入れ、排汁流出を促す。れき汁排出効果は、排汁パイプの設置やバークを敷くことで促進され、堆積重の約10～17%が抜け、水分低下や有機物分解の促進が見られた。

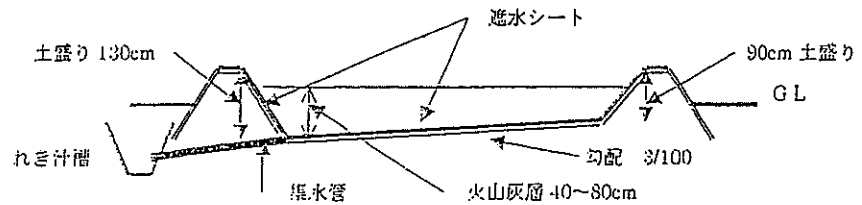


5) シート利用型簡易施設 (北海道立畜産試験場)

低コスト貯留・堆肥化施設で、底部シートの上に花崗岩風化物を敷き、その上にふん尿を堆積し、シートで被覆する。排汁は花崗岩風化物を通して回収する方法である。

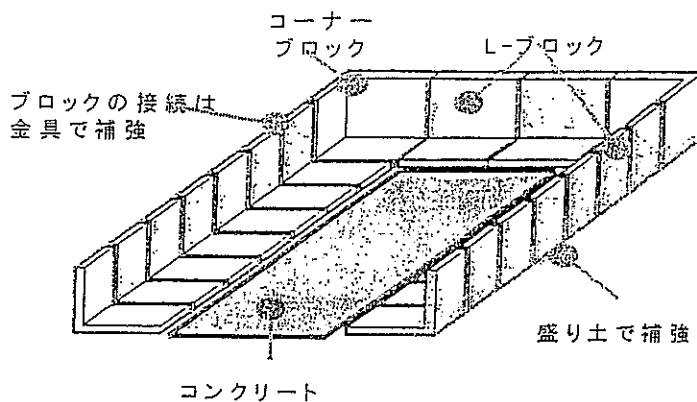


サイズ 遮水シート 10.5m×24m
 堆積部分 9m×21m
 盛土の嵩高部位間で 10.5m×24m
 覆いシート 16.2m×25.2m



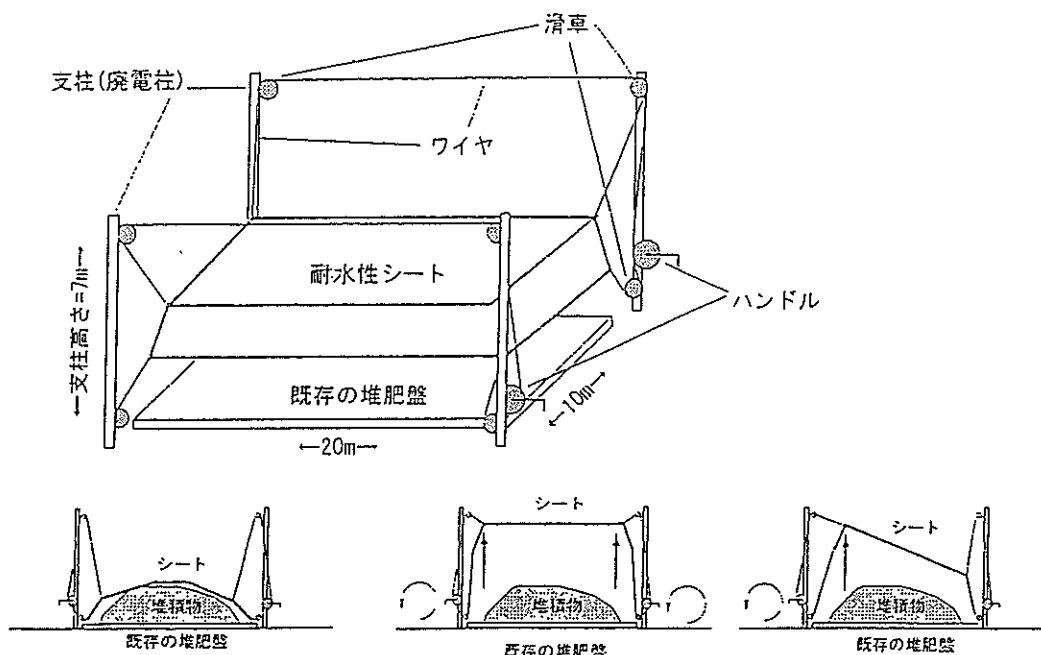
6) バンカーサイロ型堆肥舎 (北海道立畜産試験場)

低コスト貯留・堆肥化施設で、3方を既存のコンクリブロックで壁をつくり、コンクリ床にふん尿を堆積して、シートで被覆する。排汁は前勾配のついた床面から回収される。



7) 廃電柱とシートを利用した簡易屋根掛け施設 (北海道立畜産試験場)

省力的なシートによる屋根掛け施設で、堆肥盤の周囲に廃電柱を立て、上部に滑車をつけてシートを吊ったワイヤを通し、ウィンチでシートを上げ下げして、ふん尿堆積物に屋根掛けする方法であり、作業性に支障はなかった。

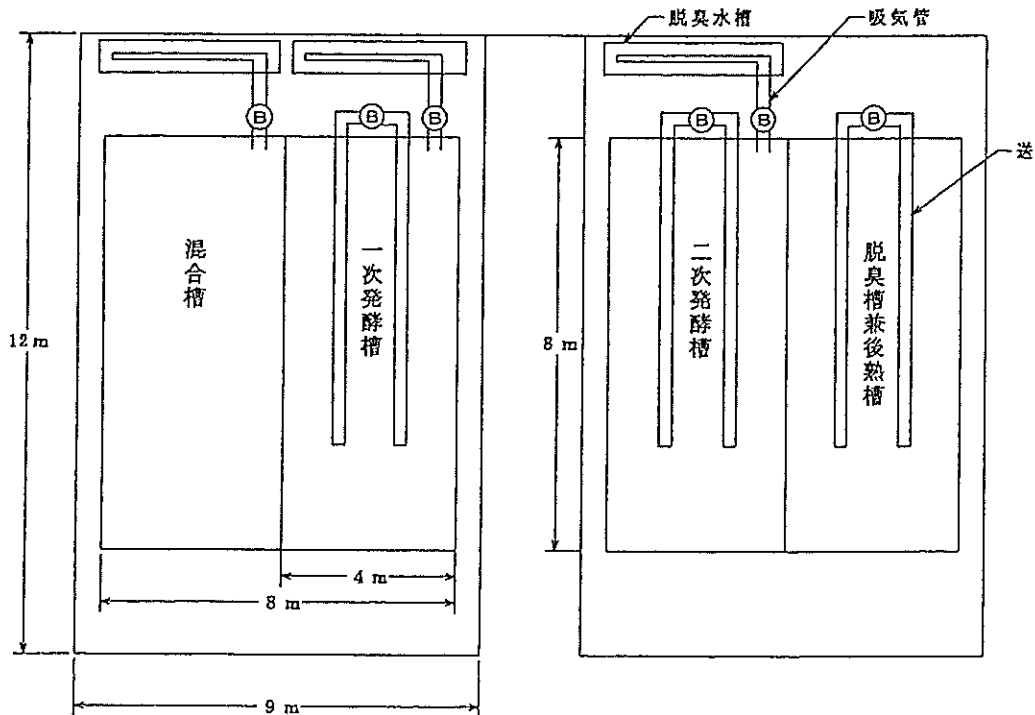


堆積・発酵中
シートは堆肥表面に被覆される
るので積雪荷重への対策は不要。

切返し・搬入搬出時はシートの両側または片側を上げる。
作業機に合わせて上げる高さを調整する。

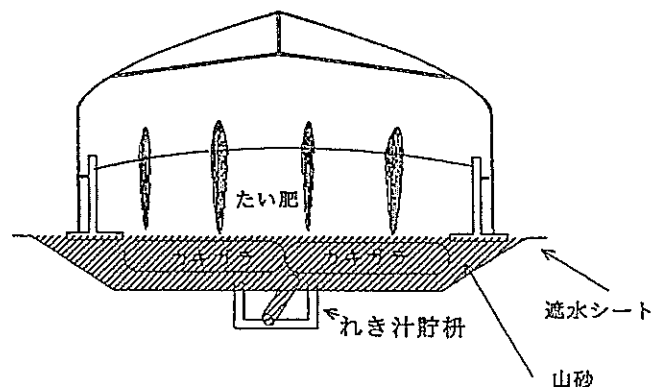
8) コンクリートパネル通風型堆肥舎（宮城県畜産試験場）

堆肥舎は、L型コンクリート擁壁とし、屋根はビニールハウス式とし、送気設備と脱臭設備を備え、自力施工で行った。また、冬季の水分蒸発量を高めるため既存の発酵乾燥ハウスの送風機を設置したところ堆肥水分の減少が認められた。自力施工すると請負施工に対し60%の減額になった。処理性能は、冬季の冷風の送風で発酵が抑制されたが、投入原料を予備乾燥することで発酵効果（50℃以上）が認められた。



9) プレキャスト堆肥舎による生分解性資材利用堆肥生産（宮城県産業経済部畜産課）

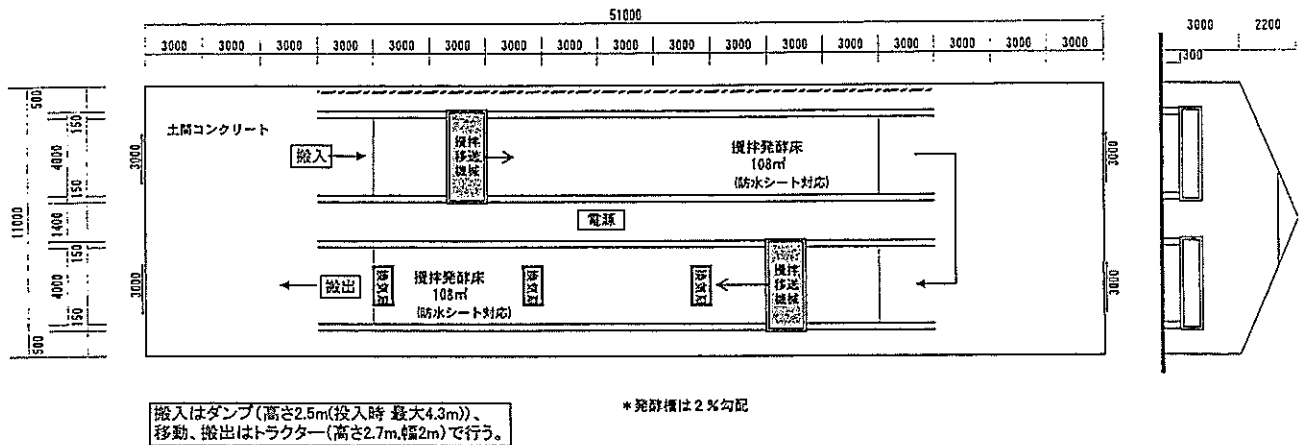
プレキャストコンクリートパネルとパイプハウスによる堆肥舎とし、床材には山砂やかき殻を利用した低コスト堆肥舎である。堆肥化には通気のため生分解性フィルムの筒にモミガラを入れ堆肥中に挿入し省力化を図った。



10) 発酵乾燥堆肥舎 (山形県農業研究研修センター)

発酵乾燥ハウスは、ビニールハウス内に浅型の発酵槽と攪拌機を設置し、水分の蒸発と堆肥化する方法である。また、ハウス内に送風機と反射シートを設置し水分蒸発量を高める方法とした。建設コストは250千円/乳牛頭、ランニングコストは8.4円/頭・日。

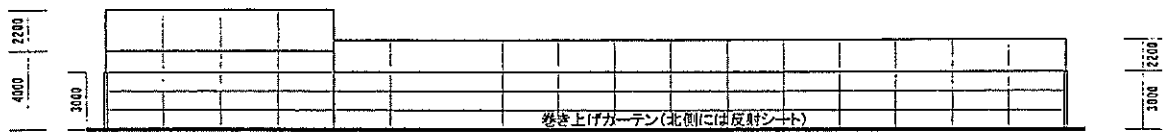
処理性能は、11月までは堆肥水分50%以下であったが、12月以降からは70%以上になった。ハウス内のアンモニアは最大12ppmで、硫化水素は検出されなかった。



搬入はダンプ(高さ2.5m(投入時 最大4.3m))、
移動、搬出はトラクター(高さ2.7m,幅2m)で行う。

*発酵槽は2%勾配

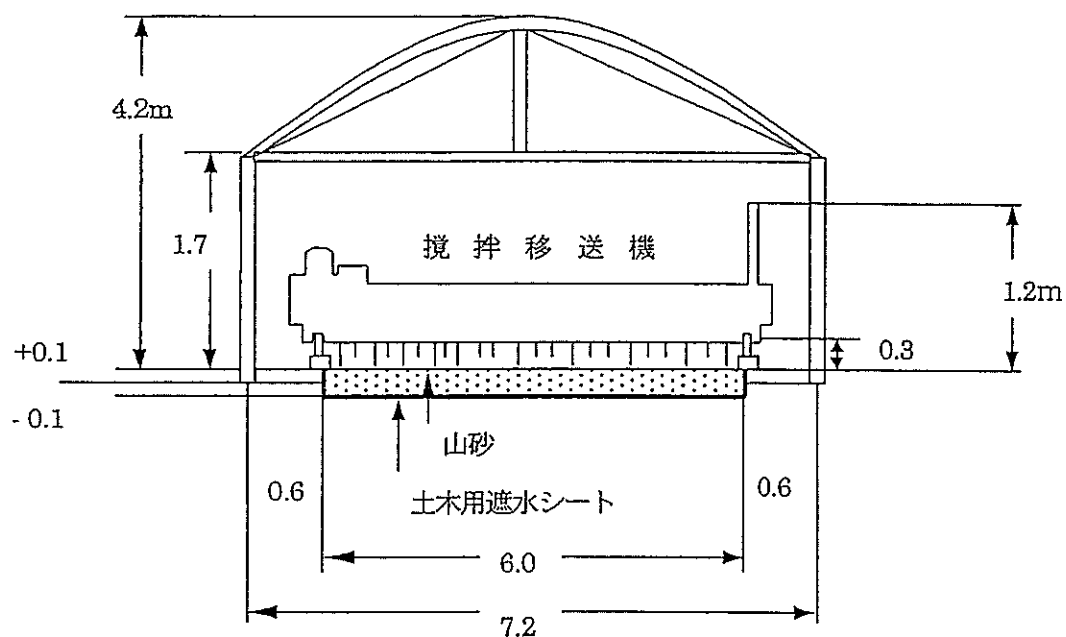
ハウス立面図 (南面)



11) 発酵乾燥堆肥舎（栃木県黒磯市）

堆肥舎は、発酵乾燥床を山砂と遮水シートを用いた簡易な構造とし、建設コストの圧縮を図った。また、施設は直線式とし機械処理効率を向上させ、機械投資を最小限とした。

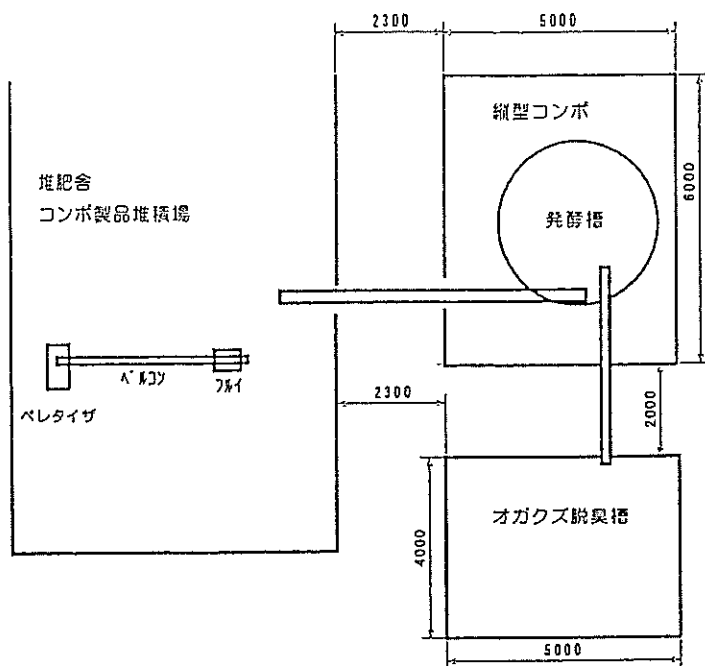
処理性能は、冬季は温度上昇が見られず、堆積場に移してから50℃以上になった。ハウス内の攪拌時のアンモニアは20ppmに達した。



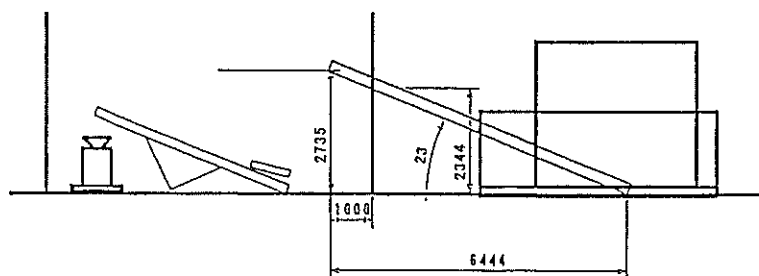
12) 強制発酵装置（縦型コンボ）（群馬県畜産試験場）

密閉縦型発酵装置とおが屑脱臭施設からなり、発酵温度は原料投入から数時間後に上昇する。夏季は豚の水遊びの原因で発酵温度が上がらないが、堆肥成分は季節的变化はなかった。縦型コンボのランニングコストは4万円/月であった。

全体平面図



全体立面図

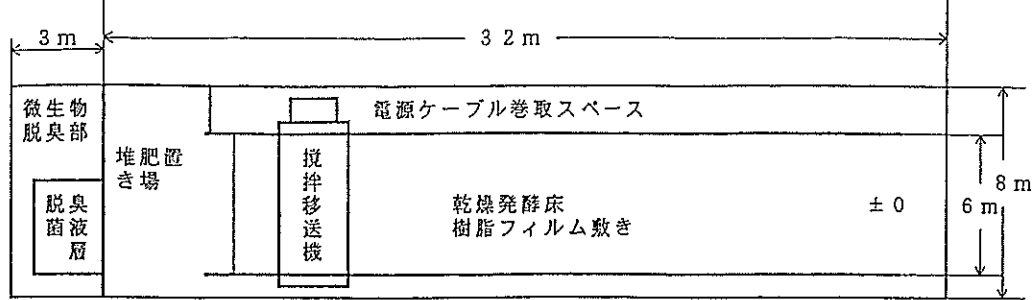


13) 乾燥ハウス型堆肥舎（神奈川県畜産研究所）

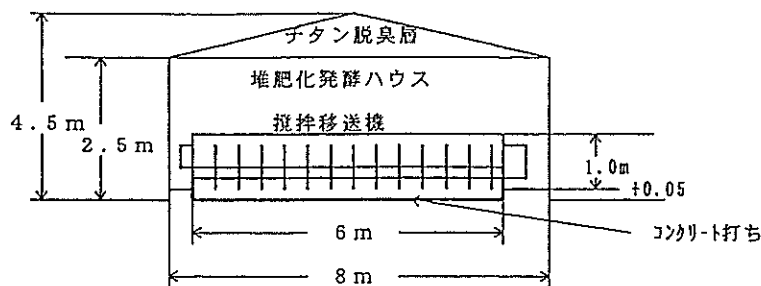
園芸ハウス内に堆肥化攪拌機械を設置し、微生物脱臭装置と酸化チタン脱臭装置の2種類の脱臭装置を組み込んだ閉鎖型発酵乾燥堆肥化施設である。処理性能は、戻し堆肥100%では、11月から仕上がり堆肥水分が50%以上になるため、予備乾燥が必要であった。乾燥ハウス型堆肥舎のランニングコストは18円/頭・日であった。

1 牛ふんの堆肥化施設

平面図

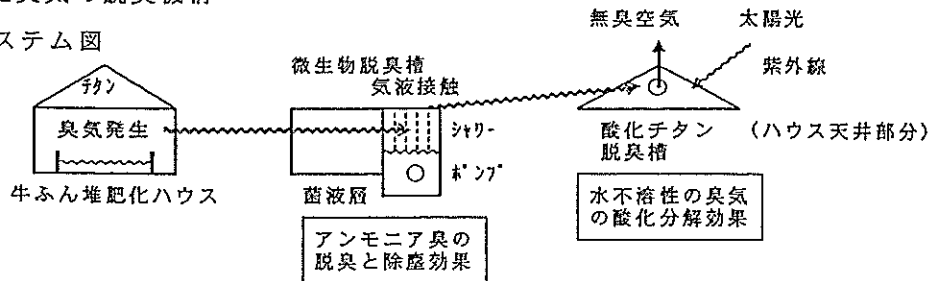


立面図

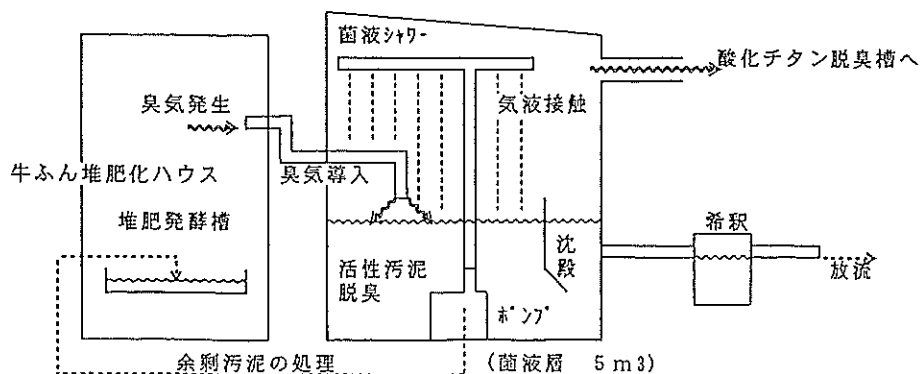


2 発生臭気の脱臭機構

システム図



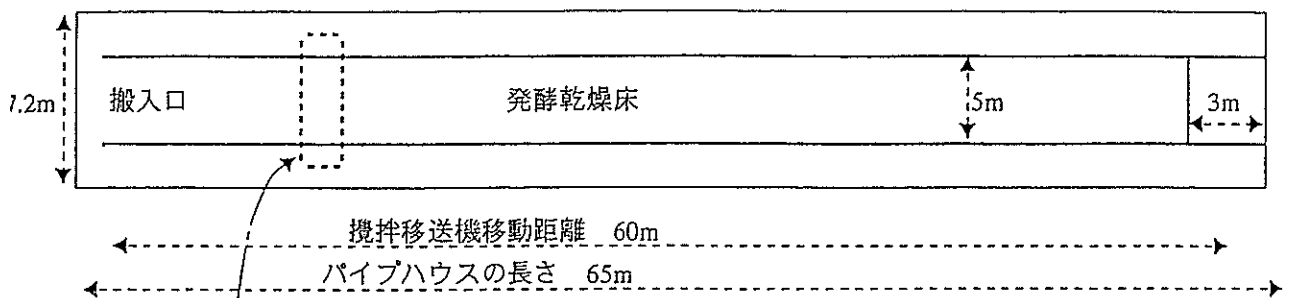
微生物脱臭槽構造図



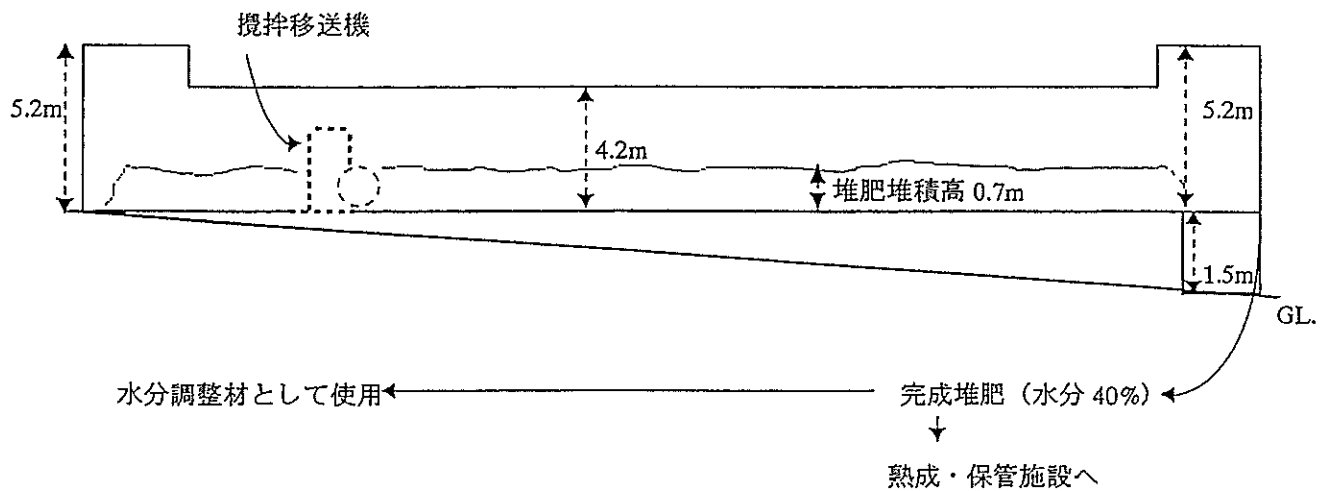
14) パイプハウス型攪拌式堆肥舎（長野県畜産試験場）

発酵乾燥処理施設はパイプハウスとし、搬出口に落とし込み槽を設け、ハウスの両サイドには巻き上げカーテンを設置し、発酵乾燥床は不浸透性ビニールシートを敷設した構造である。発酵槽には自走式の攪拌移送機を設置した。また、熟成・保管施設はパイプハウスとし、床面はアスファルトとしている。堆肥化処理は、おが屑と戻し堆肥利用が1.5年経過すると、堆肥の全窒素が2倍、ECは2.5倍に上昇した。

[平面図]

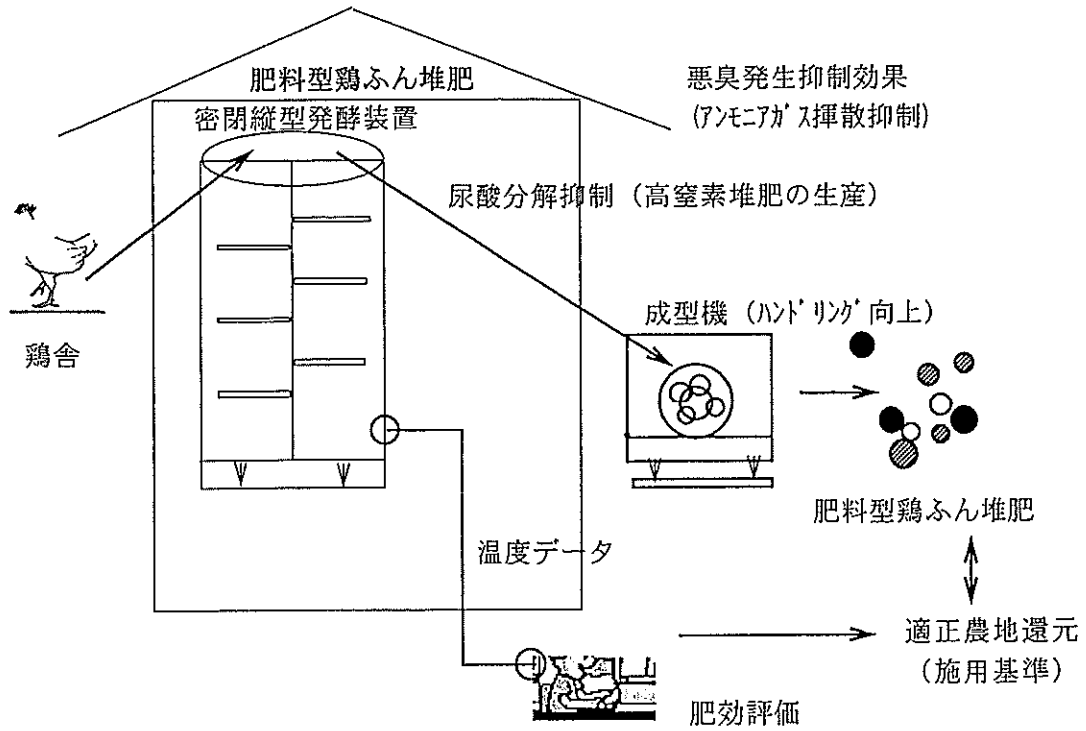


[側面図]



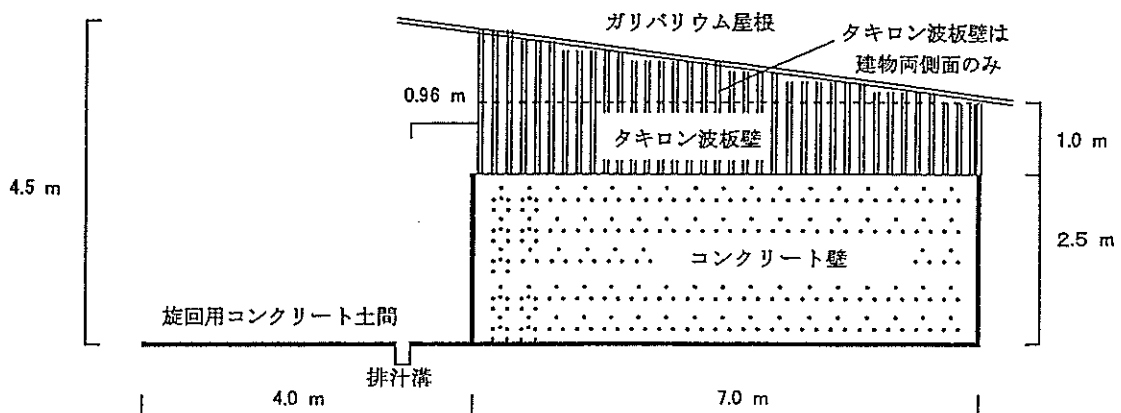
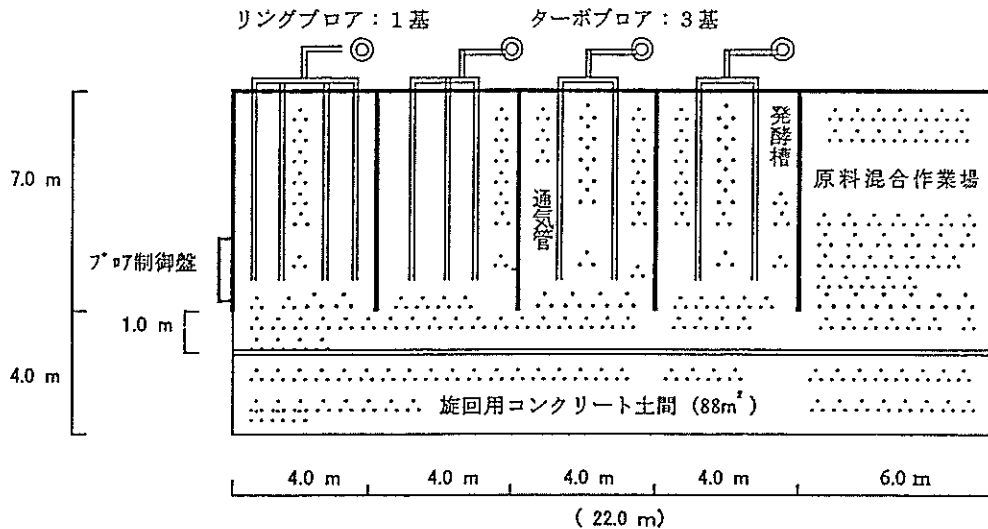
15) 密閉縦型発酵装置（三重県科学技術振興センター）

鶏ふんの堆肥化処理で、密閉縦型発酵装置と成型機システムにおける尿酸分解菌の制御による高窒素肥効堆肥の生産実証施設である。



16) 通気式簡易堆肥化施設（福岡県農業総合試験場）

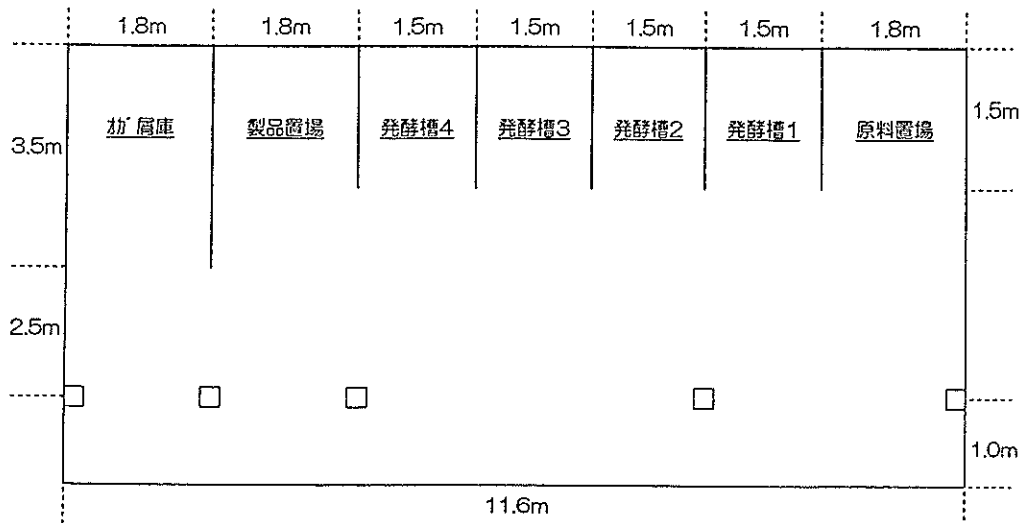
簡易堆肥化施設は、通気式発酵槽を4槽設け、第1槽から第4槽まで1週間毎に小型ローダで切り返しを兼ねて原料を移動する方式で、4週間経過後は2次発酵処理施設へ移送する。処理性能は、発酵開始3日後に品温は80℃近くに上昇し、発酵開始時の水分68%が4週間後に61%に低下した。通気式堆肥舎では、フロアの電気周波数と、間欠運転により電気代の大幅な低減ができた。



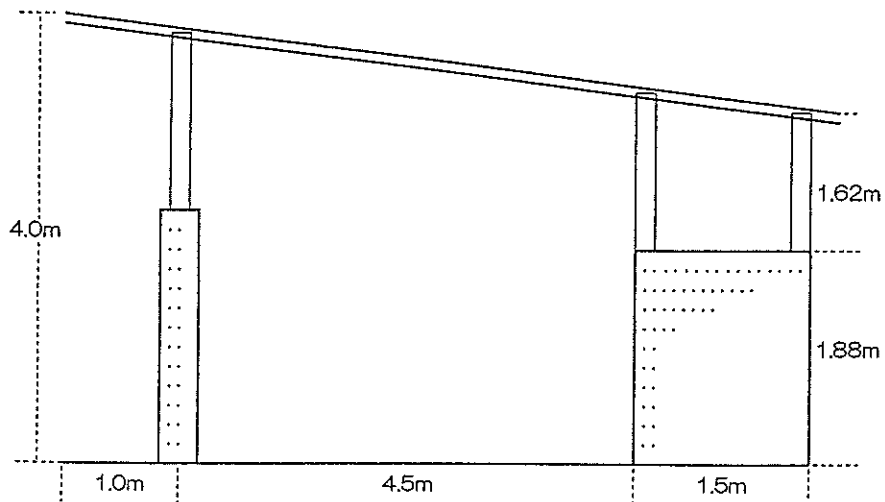
17) 簡易堆肥舎（鹿児島県畜産試験場）

堆肥舎の床は鉄筋コンクリート製で、支柱は木造で、屋根は波板張りの構造である。床面には送風設備を備えた。堆肥化処理では、廃棄粗飼料を床面に敷くことにより 発酵温度の立ち上がりが早くなった。

【平面図】



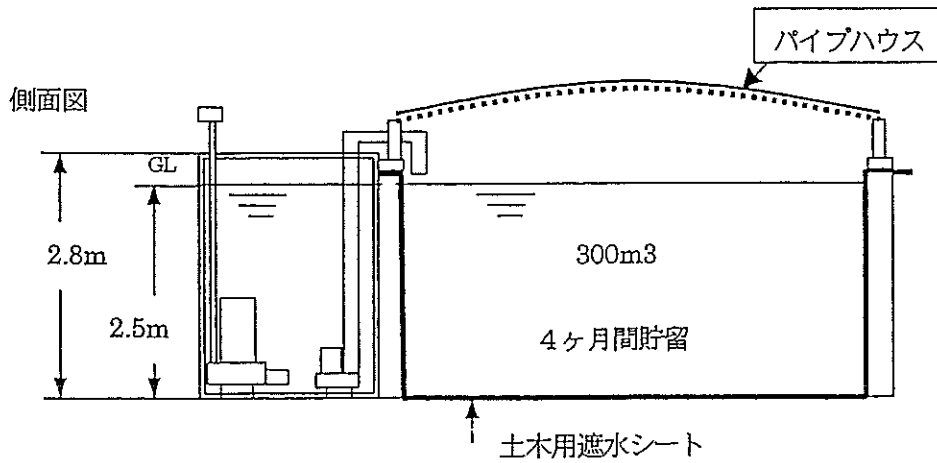
【側面図】



2. スラリー処理施設

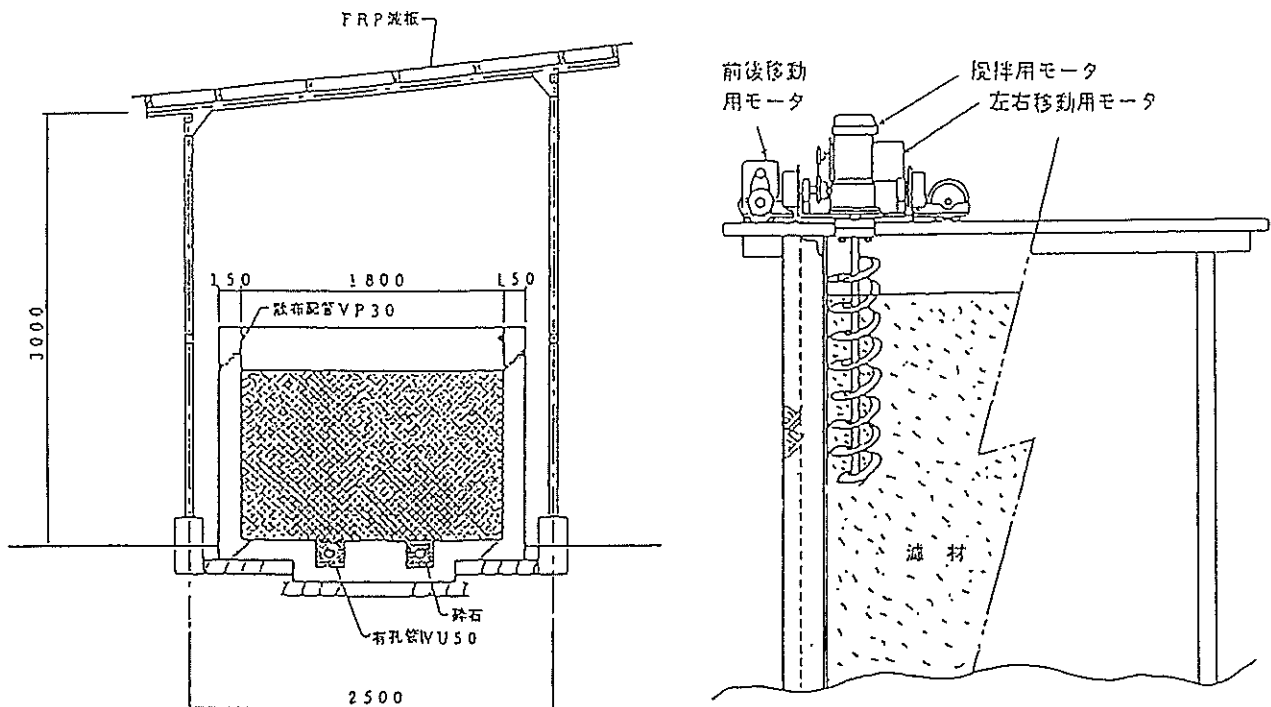
1) スラリー曝気処理施設（栃木県黒磯市）

スラリー処理の回分式曝気槽を建設し、曝気時に発生する悪臭は、簡易な土壌脱臭装置で無臭化を図っている。曝気処理は、空気量が適正であれば分解が進むが、曝気不足では硝化反応が見られず悪臭が発生した。液温は夏季40℃、冬季30℃であった。



2) 攪拌機付きおが屑ろ過施設（埼玉県農林総合研究センター）

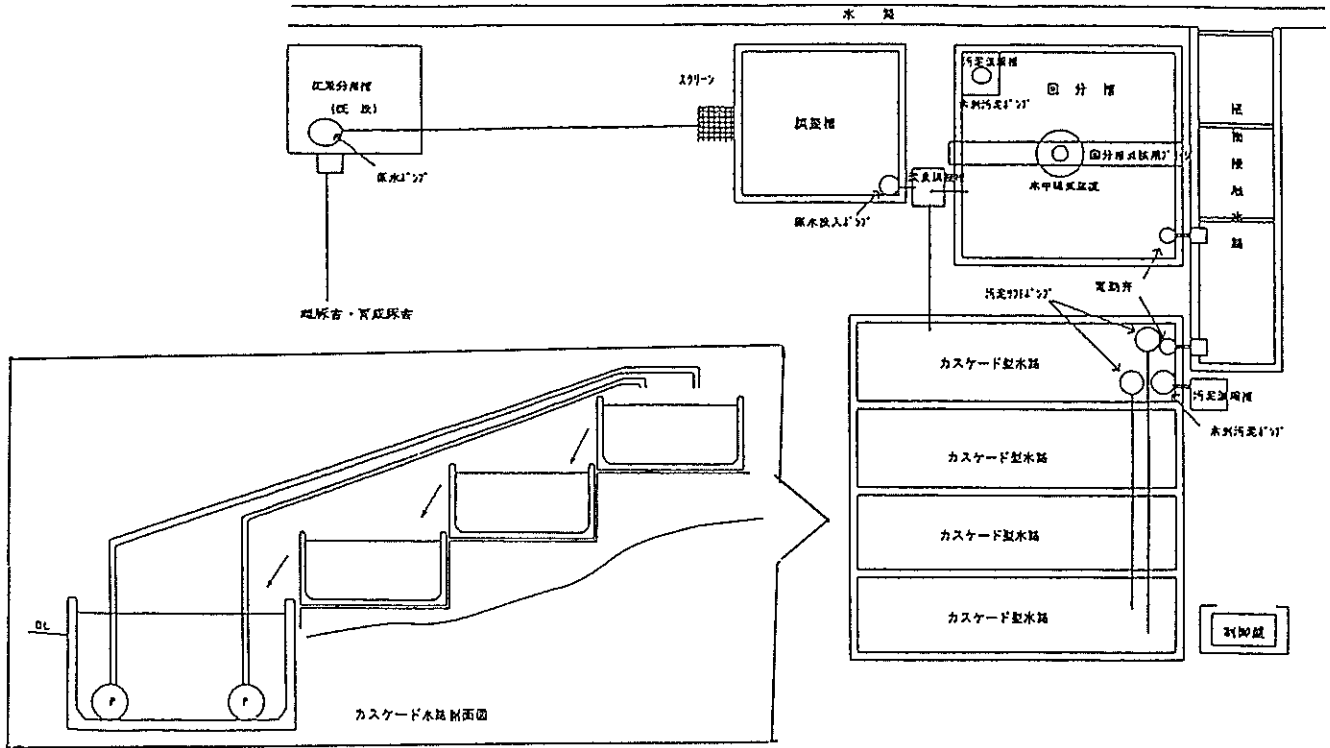
ろ過槽は、おが屑等をろ過材として牛尿汚水をろ過し、ろ液は1～2週間曝気して液肥利用する。ろ過槽のおが屑攪拌はスクリュウ式で行い、ろ過終了後に前後左右に移動する。攪拌後はろ過槽内へ通気を行う。ろ過性能は、SS除去率67～80%、BOD80～89%であった。また、攪拌機の最下部層でおが屑の硬盤が形成し目詰まりが起こった。



3. 汚水処理施設

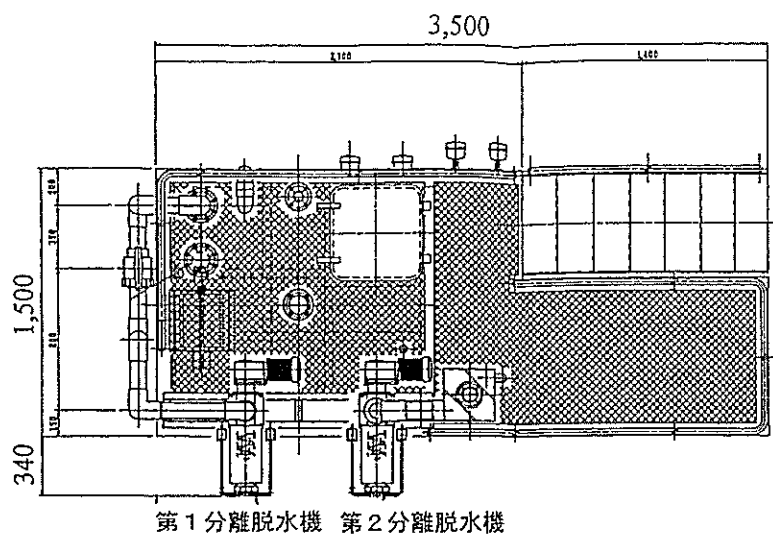
1) カスケード型水路を利用した汚水処理施設（京都府畜産研究所）

段差をつけたろ床型水路（カスケード型水路）を曝気槽とし、水中ポンプで汚水を最上段に上げて、段差から落下する際の水の勢いで曝気処理を行う。処理性能は、投入汚水のBOD約2,750ppmで、処理水は105～180ppmで変動が見られた。リンもND～55ppmであった。ランニングコストは約400円/m³であった。

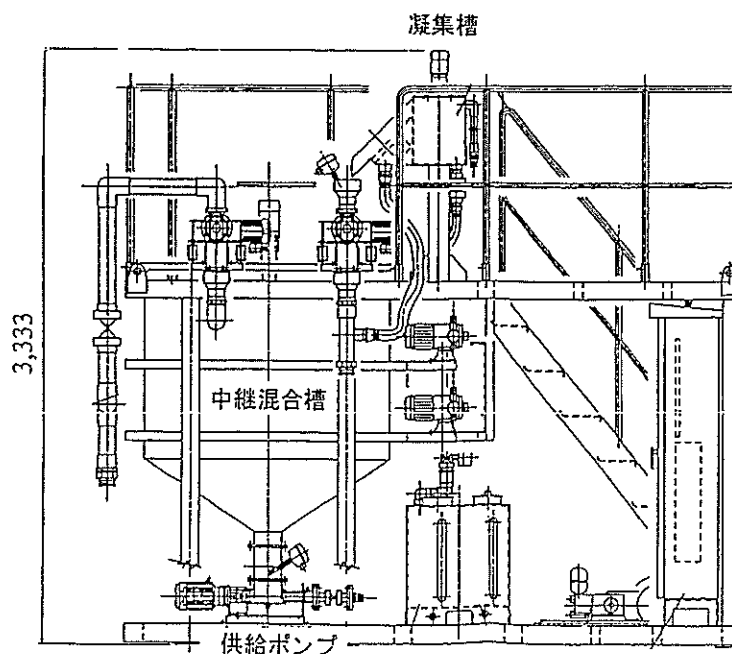


2) 牛舎廃水処理施設（大阪府立食とみどりの総合技術センター）

牛舎廃水の固形物、色および臭気を活性炭と無機及び高分子凝集剤により処理する施設。処理施設は、凝集剤と活性炭の供給機、分離脱水機等をユニット化した処理施設である。処理性能は、SS、COD、色度の除去率は何れも90%以上で、BODは80%以上であった。アンモニア除去率は50~100%とやや不安定であった。ランニングコストは1,200円/m³であった。



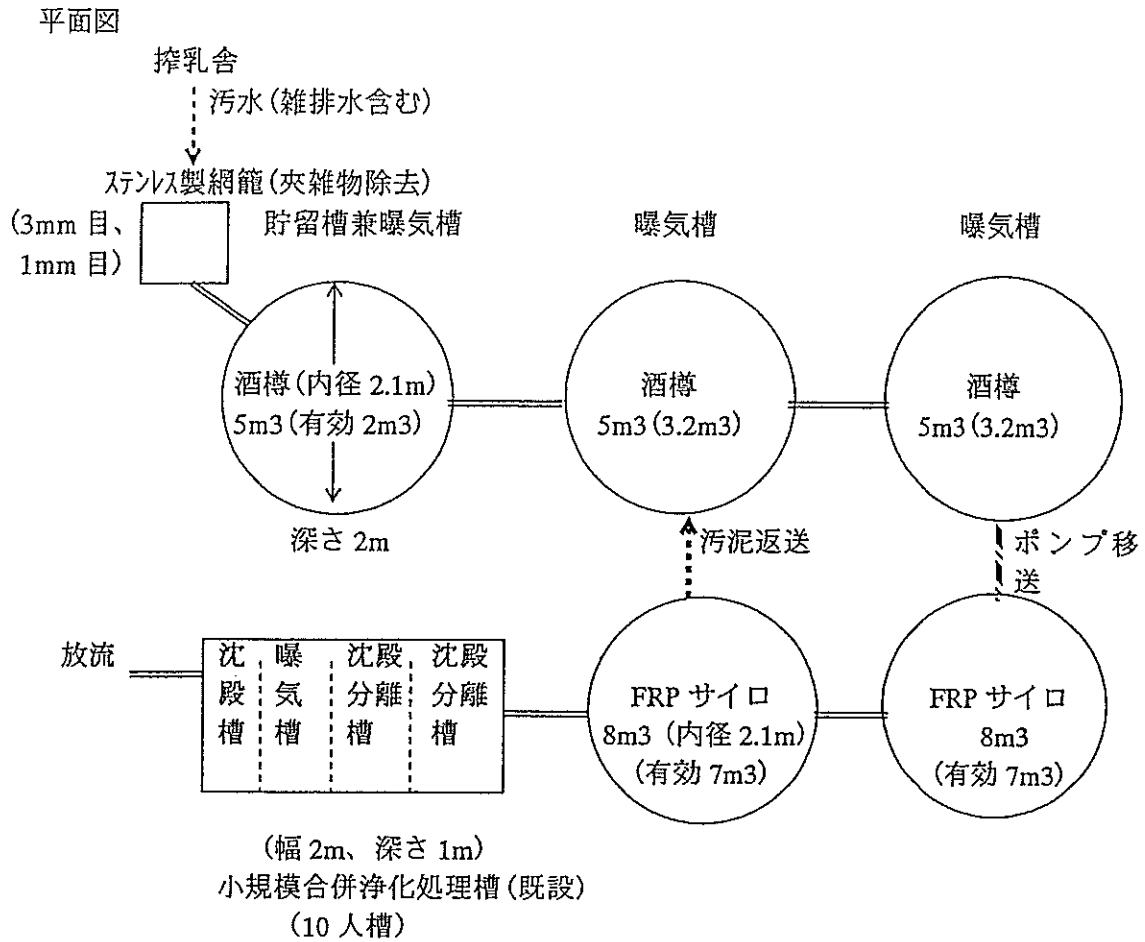
平面（上部）



正面

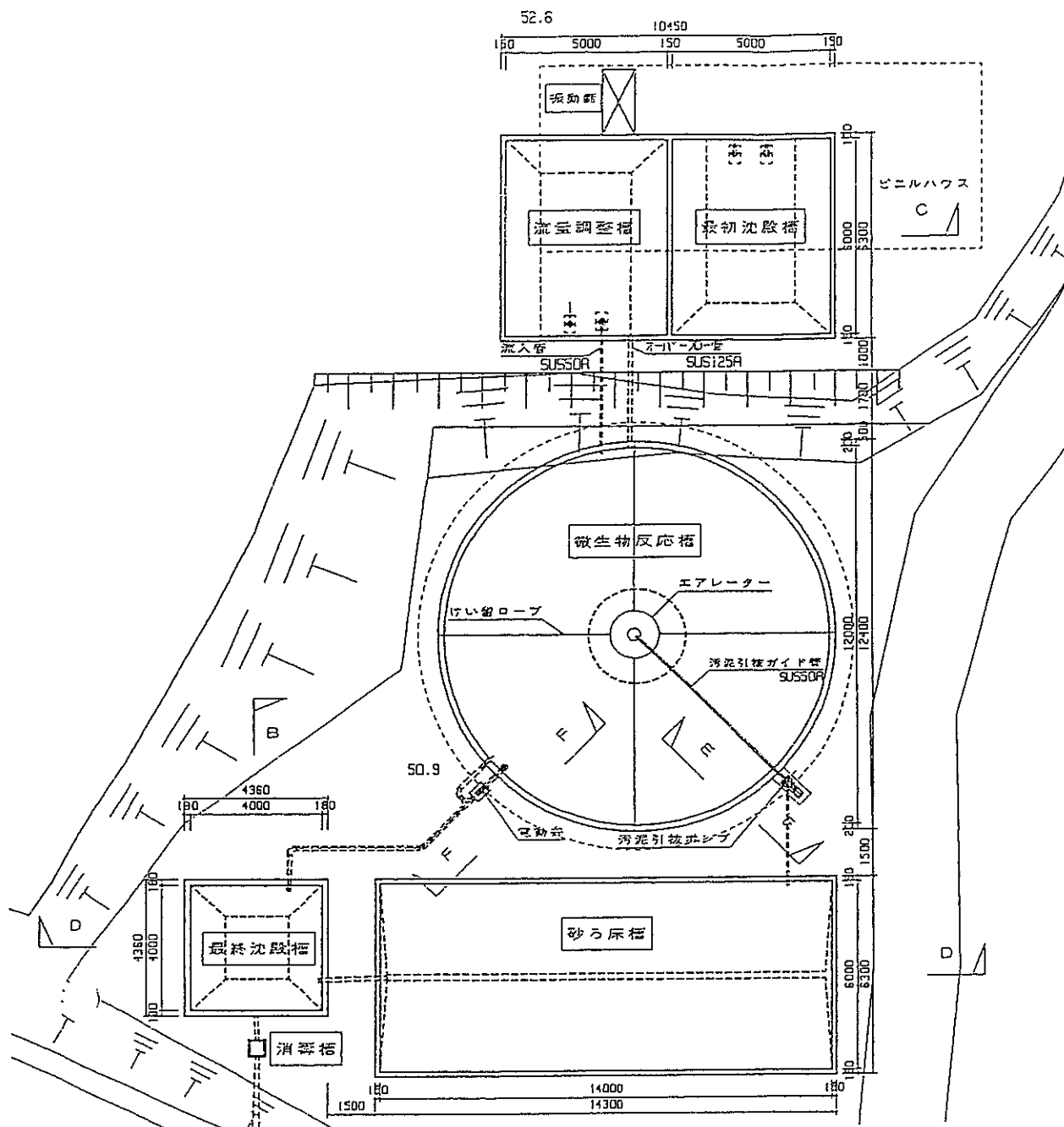
3) ミルキングパーラ排水の廃酒樽簡易処理 (兵庫県農林水産技術総合センター)

廃棄された酒樽とFRPサイロを曝気槽に利用した標準活性汚泥処理と、小規模合併浄化槽を利用した低コスト化のミルキングパーラ排水処理。処理性能は、SS70%以上、BOD91%以上、COD75%以上の除去率であった。ランニングコストは3.3円/乳牛頭・日であった。



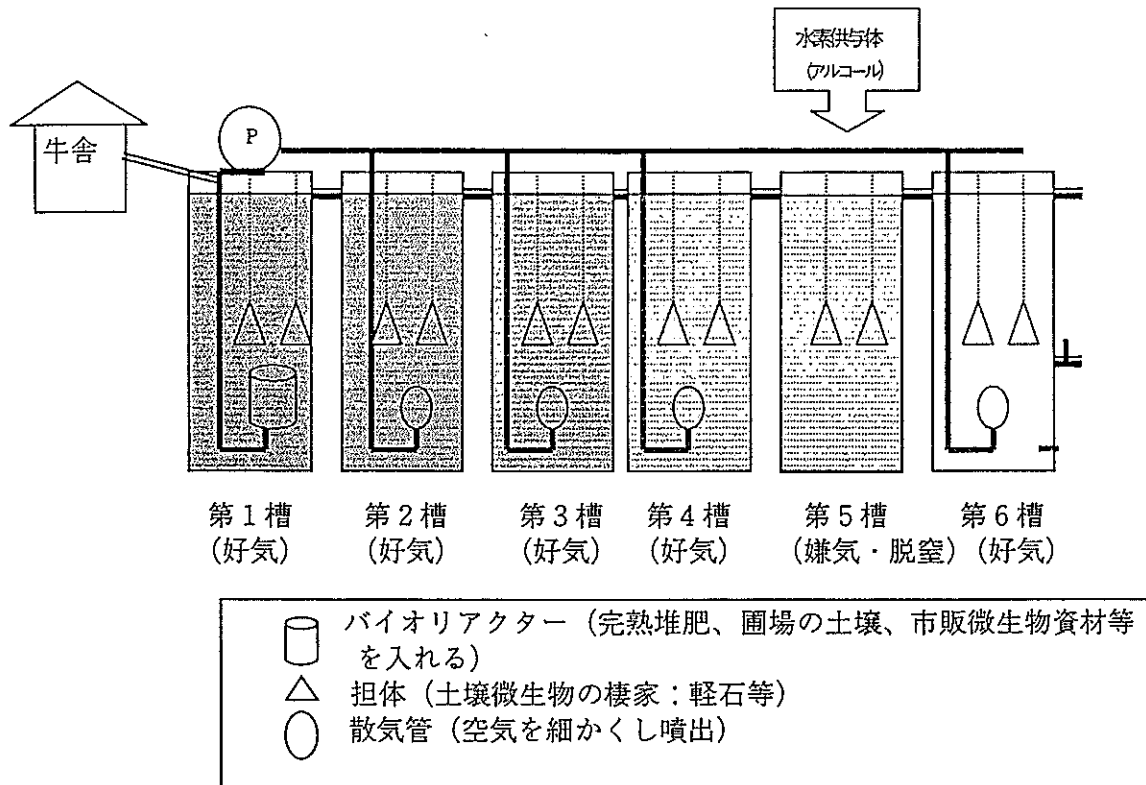
4) 回分式活性汚泥浄化処理施設 (宮崎県畜産試験場)

簡易構造による低コスト汚水浄化処理施設で、処理は低負荷回分式活性汚泥法により行う。余剰汚泥は、砂ろ床法により維持管理の低減化を図った。処理性能は、BOD97%、COD87%、SS91%、TN79%、TP34%の除去率であった。



5) 簡易曝気式家畜ふん尿処理システム (静岡県畜産試験場)

処理システムは、ホーロー製5 tタンク6基を並べブローワーで曝気をしながらBODを浄化し、併せて窒素成分を硝酸態窒素に硝化していく浄化法である。曝気槽には花崗岩や安山岩のろ材を設置し、また微生物資材添加による処理効果を図る。



Ⅱ 「研究所提案課題」の概要

1. 活性汚泥微生物による窒素低減化技術

- ①埼玉のおが屑ろ床による牛尿汚水のろ過処理では、全窒素除去率は17～31%であった。アンモニアの除去率は27%であった。
- ②微生物資材を用いた静岡の簡易曝気処理の窒素除去は、投入アンモニア性窒素が350ppmの場合で、処理水は、微生物資材添加で245ppm、無添加では188ppmに減少した。硝酸性窒素は、開始時2.7ppmが、処理後8.1ppm、無添加は14ppmで、微生物の添加効果の差は認められなかった。
- ③京都のカスケード処理の一例では、投入水のTN3,300ppmが、処理後112ppmに低減し、硝酸性窒素は開始時80ppmであった。
- ④大阪の凝集剤と活性炭処理では、SS 10,000ppmの汚水で、TNの除去率は50%が得られた。また、軽石をろ材とした浄化ではアンモニア性窒素は3日間で90%が硝化された。
- ⑤兵庫の簡易曝気処理では、投入TN62ppmのものが、処理水で29ppmに低減し、硝酸性窒素は17ppmであった。
- ⑥宮崎の回分式浄化処理では、定法で投入水のTN506ppmが、処理水では106ppmに低減し、硝酸性窒素は81.8ppmであった。これが、1時間曝気、5時間沈殿の脱窒サイクルでは、TNは46ppmに低下した。

2. 「戻し堆肥」の水分調整材としての有効利用技術

- ①北里大の戻し堆肥を牛舎の敷き料として利用した場合、戻し率50%と25%では敷き料としての補充量に差はなく、肥育牛の増体に差はなかった。
- ②山形の戻し堆肥の水分吸着量調査では、おが屑より劣るが、裁断した古紙と同程度であった。戻し堆肥の連続利用は、カリがやや高くなり、全窒素が低く、C/N比が高くなる傾向がみられた。
- ③長野の戻し堆肥を1.5年間利用した堆肥の全窒素は2倍、ECおよびミネラルは2.5倍に集積した。

3. 寒冷期における堆肥の発酵促進技術

- ①北農研では、堆肥1ℓ当たり通気量をA区0.16ℓ/分とB区0.09ℓ/分の設定で調査した結果、A区は水分蒸発量が多く、B区は有機物分解率が高かった。通気量を少なくする方が高温を維持する期間が延長できた。結露水の回収は、水分蒸発量に対して79%～96%が回収された。
- ②九州農研の加温通気式システムの効果は、外気温に対して11～14℃高めることができ、材料温度60℃以上が18日とシステム導入効果が得られた。また、通気配管50ppmを75mmおよび65mmの大きい配管径に交換することで通気抵抗が減少し、1クラス小さいブローで通気が可能であった。

- ③北里大のコンポストターナによる攪拌効果の調査では、攪拌による冷却効果は一時的なものであり、攪拌間隔を延ばすことにより発酵が抑制され、温度の発酵酸素供給が有機物分解や大腸菌の減少(1/10)に欠かせない要素であった。
- ④北海道の排汁促進型堆肥舎で、水分82%の原料を夏から秋に発酵処理すると、排汁は初期に多いが、すぐ少なくなる。冬季の発酵温度は外気温の低下に伴って低下し、部分的に凍結した。
- ⑤宮城の浅型ロータリー攪拌式発酵槽で、大型送風機によって送風すると堆肥の水分減少効果(5%程度)が認められた。
- ⑥山形のハウス型堆肥舎で、着色用反射シートを設置することで日射量は10~22%増加し、水分蒸発量も増加する傾向であった。送風機による厳冬期の水分蒸発は、堆肥表面が結露することもあり、効果は見込めないが、日射が得られると効果が期待できる。
- ⑦長野では、冬期間の水分蒸散量の向上対策に、保管していた夏季の堆肥を利用、モミガラの利用、ハウスを二重構造にする、の3つの方法により冬季の容積重70%以下にすることができ堆肥化の促進が図られた。

4. ふん尿処理施設からの臭気低減化技術

- ①九州農研では、堆肥脱臭が行われアンモニアの除去率が99.7%以上と大部分を堆肥に吸着することができた。硫黄化合物は74~100%除去、低級脂肪酸は35~80%の除去率であった。吸着堆肥の窒素成分は800~2000ppmの増加となり、硝酸性窒素として堆肥中に残留する割合が高い。
- ②栃木のスラー曝気で発生する臭気を土壌脱臭した場合、脱臭槽上部でアンモニアや硫化水素は検知されなかった。
- ③群馬の縦型コンポから発生する臭気濃度は、発酵槽の排気温度に依存しており、排気温度が60℃ではアンモニアは200ppmであった。このおが屑脱臭では、20日目頃からアンモニアが急に増加し脱臭効果がなくなった。また、おが屑脱臭槽の散水する条件で散水を停止すると脱臭効果は持続しなかった。
- ④神奈川の生物脱臭装置でアンモニア除去率は90%以上であった。酸化チタン脱臭装置では、排気中のアンモニアは10ppm以下を保っている。

効率的処理技術等情報システム整備事業

1. 目的

家畜排せつ物処理・利用施設等は、対象となる畜産経営、処理利用の技術体系、社会経済的な立地条件等に合わせて、いわばオーダーメイドの形で整備される。このため、新たに施設を整備するとか施設を改良する場合等の意思決定にあたっては、効率よく処理している事例等を収集・整理・保存した事例データベースを利用し、蓄積された事例の中から利用者の要求に合わせて最適の事例を選び出し、参考とすることが有効である。本システムはこのような要望にこたえることを目的に構築されており、生産者、農業団体、畜産環境アドバイザー等の専門家、大学、研究機関、学識経験者等の幅広い利用者を想定している。

2. 事業全体の概要

情報収集から公開までの流れを図1に示した。すなわち、

- 1) 都道府県および畜産環境アドバイザーの紹介による特徴ある技術、効率よく処理している事例等をアンケート調査する。
- 2) アンケート調査結果をパソコンに入力する。
- 3) インターネットでの公開に先立って、入力した情報を情報提供者に点検、確認を依頼する。
- 4) 事例データベースとしてインターネットで公開する。

3. 平成14年度事業実施状況

- 1) 簡易低コスト家畜排せつ物処理事例の情報収集

平成14年度は、都道府県主務課47箇所のほかに、受講回数等を考慮して選定した畜産環境アドバイザー236名に効率的処理事例の推薦を依頼した。

都道府県から推薦のあった4箇所（事例）について情報ニーズを参考に調査票を作成しアンケート調査を行った。この結果、3箇所の事例を得た。

畜産環境アドバイザーから推薦があった11箇所（事例）についてアンケート調査を行った結果、8箇所の事例を得た。

平成15年3月31日現在では、平成12、13年度調査を含めて105事例が公開されている（表1）。URLは<http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>である。

- 2) 情報提供システムの整備

平成13年度までにメニュー検索として、地方、畜種、利用技術の3つの項目をキーに、事例データを検索・閲覧できるシステムで運営してきたが、平成14年度には検索対象が増えたことに対応するため情報検索のためのキーワード検索機能を追加するなどのバージョンアップを行った。なお、このキーワード検索は、効率的処理事例だけではなく、年報など研究所のホームページに掲載されている情報全てについて検索できる。

また、畜産環境技術研究所のホームページとして研究概要、施設概要、年報等の情

報を提供するシステムを構築し、公開した。事例データベースも、この中の1つとして位置づけた。

図2に公開中のデータベースをキーワード検索する1例を示した。

3) 情報の評価に関するアンケート

すでに公開している事例情報について、その評価をアンケート調査した。アンケート対象は本システムの主たるユーザーと考えられる畜産環境アドバイザー236名であった。しかし、回答は43名(回収率18%)、このうちホームページを見ていたのは30名(有効回収率13%)といずれも低い回収率であった。回答者の中には、このようなホームページのあることを知らなかったという回答も多く、システムのPRが必要であることを示していた。

(1)各項目ごとの評価

現在「効率的処理技術等情報システム」として提供している情報の各項目について、

- 1:役に立たない
- 2:どちらかといえば役に立たない
- 3:どちらともいえない
- 4:やや役に立つ
- 5:役に立つ

の5段階で評価してもらい、集計ではそれを1および2を併せて「役に立たない」、3を「普通」、4と5を併せて「役に立つ」として取りまとめ、「役に立つ」の意見の多い順に項目を並べて表2および図3に示した。

70%以上が役に立つとして評価した項目は、処理施設の概要、技術の概要、技術の

特徴と留意点、投資額、および問い合わせ先であり、周辺の状況、パンフレット、施設の配置図、分析票および処理施設周辺の地図は役に立つとした回答が55%以下であった。このことから、畜産環境アドバイザーは技術的なものおよび投資額等経費的なものを求めていることが明らかとなった。

(3)今後充実してほしい項目

現在の項目の中から今後充実してほしい項目を5つ選んでもらった。希望の多い項目順に並べて表3および図4に示した。30人の回答者の30%以上が充実してほしいとしている項目は、技術の特徴と留意点、投資額、導入効果、具体的データ、施設の能力、処理後の家畜排せつ物の利用状況であった。「役に立つ」と評価された項目と併せてみると技術の特徴と留意点および投資額が、極めて要望の強い情報であることが伺える。

(3)システムに追加してほしい情報

システムに追加してほしい情報を4つまで記入してもらった。主な追加希望の情報と希望者数(括弧内)は下記のとおり

- ・堆肥等品質、製品販売先の確保、堆肥利用者の意見等の流通関係(6)
- ・地域住民の同意、苦情とその内容等(5)
- ・機種・メーカー名、導入実績(2)
- ・建設コストに留意した点、事業費の内訳等(3)
- ・悪い例、失敗例(2)
- ・小規模農家の情報
- ・処理システムの特徴、要約

この他、システム運営側(研究所)に対するものとして、事例に対する質問コーナ

ーおよび畜産環境技術研究所のコメントおよび評価を掲載してほしいとの要望があった。

(4)その他この情報システムへの意見、感想
主な意見等と人数（括弧内）は下記のとおり

- ・「例数の増加」を求める意見がある一方、総じて「広く浅く」という印象が強く、空欄が多いので事例を増やすだけでなく、現在の事例の内容の充実を図って欲しい(3)。
- ・紹介するページの一番上に、この施設の特徴、強調点をまとめるなどの工夫が必要(2)。

・画面が見にくい。印刷に不向き等、表示が遅い(5)。

・「地域」、「畜種」、「技術」とカテゴライズされているのはよいが、別の観点で事例をさがす場合に不便なので、検索（キーワード等により）できるとより便利と思われる(3)。

・成功例、失敗例などの情報を別枠で、匿名で良いので掲載(2)。

・豚の情報が少ない。特に尿処理について充実させる。

以上の結果に対しては、平成15年度に予定している効率的処理技術等情報システムのバージョンアップの中で対応する。

図1 効率的処理技術等情報システムの概要

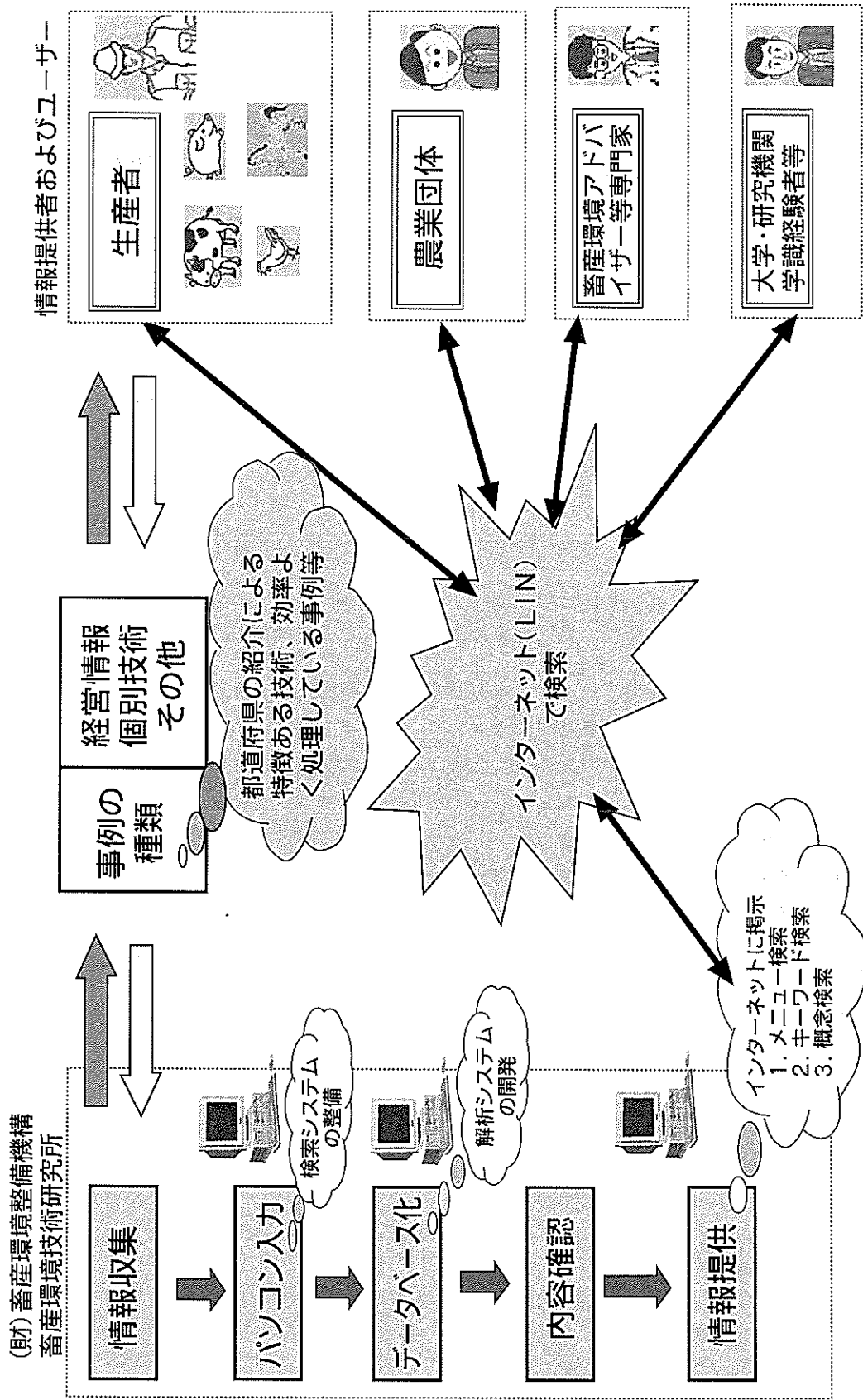


表1 畜産環境技術研究所のホームページで公開している事例一覧

(平成15年3月31日現在)

都道府県名	施設の名称・特徴	施設の事業管理主体名
北海道	J A 東もこと堆肥センター・J A 東もこと液肥センター	JAもこと堆肥・液肥センター
北海道	環境に配慮したシンプルな屋根付き堆肥舎	中島 英樹
北海道	廃体育館を利用した堆肥舎とD型ハウス発酵槽堆肥舎を併用した良質堆肥生産	太田福司農場
北海道	簡易液肥施設での尿の液肥化处理	山川牧場
青森県	通気式発酵堆肥舎+ツーロータリーエンドレスロータリー型堆肥発酵槽	芙蓉農産
青森県	スクリュープレス式固液分離機+堆肥舎+尿ばっ気槽	奥沢 一英
青森県	牛糞連続完熟堆肥化による戻し利用	阿部次郎
青森県	ロータリー型堆肥発酵槽による良質堆肥生産	常盤村養鶏農協
青森県	飼料タンクを用いた低コスト豚尿処理システム	山端養豚
岩手県	鶏糞焼却処理施設（流動床炭化炉）	軽米・九戸畜産環境保全組合
宮城県	ロータリー型攪拌移送機（深型）	みやぎの酪農農業協同組合
宮城県	本吉町有機肥料センター	農事組合法人モーランド
宮城県	平面堆積型（吸気・送気）微生物発酵方式による高品質堆肥生産	JAみやぎ登米・米山有機センター
宮城県	エコハーズシステムによる良質コンポスト生産	JAあさひな堆肥センター
宮城県	全国に先駆けた糞尿・臭気対策新技術の導入で大規模精密養豚経営の実現へ	株式会社ヒルズ
宮城県	スクープ攪拌発酵方式による資源循環型有機堆肥生産	豊里町有機肥料センター
秋田県	直線スクープ堆肥発酵処理施設	(有)小坂クリーンセンター
秋田県	自然浄化法リアクターシステム(活性汚泥法)浄化処理施設	(有)小坂クリーンセンター
秋田県	平鹿町有機センター	平鹿町有機センター
秋田県	協和町家畜排泄物処理施設	協和町稲沢堆肥生産組合
秋田県	皆瀬村畜産経営環境整備施設（皆瀬村堆肥センター）	(有)皆瀬村活性化センター
秋田県	醗酵処理機械によるミキシング、加圧混練効果により、有効性の高い良質堆肥の生産	(有)森吉町有機センター
福島県	スクープ型堆肥発酵槽+堆肥舎	大玉村堆肥センター（大玉村農政課内）
福島県	本宮町堆肥センター	本宮農業協同組合
福島県	国分農場(有)	(有)国分農場
福島県	ロータリー型堆肥発酵槽	(株)アグリテクノ
茨城県	下林堆肥生産利用組合	下林堆肥生産利用組合
栃木県	高速堆肥化方式	高根沢町土づくりセンター
栃木県	堆肥舎+自走式堆肥攪拌機	南部地区堆肥利用組合
栃木県	サイロクレーンによる省力堆肥製造	真嶋牧場
栃木県	今牧場	今牧場
栃木県	ロータリー型堆肥発酵槽+ロータリー型堆肥乾燥槽+通気式発酵堆肥舎利用による堆肥リサイクルシステム	花塚牧場
群馬県	J A 赤城たちばな敷島堆肥センター	J A 赤城たちばな敷島堆肥センター
群馬県	ロータリー型乾燥施設+ロータリー型発酵施設	泉沢堆肥生産組合
群馬県	白沢村堆肥施設管理組合	白沢村堆肥センター

都道府県名	施設の名称・特徴	施設の事業管理主体名
群馬県	ロータリー式発酵槽による良質堆肥生産と中空糸膜利用尿浄化処理施設	天田ピッグファーム(有)
群馬県	固液分離機により分離した乳牛ふん尿の堆肥化処理と液肥化処理	AKKクラブ
群馬県	粒状堆肥化処理	有限会社 北榛ファーム
群馬県	低コスト汚泥水処理	渡辺ファーム
埼玉県	畜舎汚水の公共下水放流及び牛ふんのビニールハウス簡易乾燥による低コスト処理	池ノ内 悟
千葉県	地域内で発生する低水分チップとロータリー型発酵槽を活用した堆肥生産	大多喜町畜産環境保全組合
千葉県	乾燥ハウスによる糞尿の水分調整と発酵・切り返しを組み合わせた高品質堆肥の生産及び循環型酪農の実践	江田・神余畜産環境保全組合江田支部
東京都	密閉式鶏糞発酵処理施設（投入用バケットエレベーター・取付用ベルトコンベアー付）	川鍋養鶏場
東京都	密閉式急速発酵機（コンボ）脱臭槽付	山田養豚場
神奈川県	葉山酪農肥育組合	葉山町酪農肥育組合
神奈川県	石川養鶏場	石川 廣
山梨県	微生物資材を利用した低コスト液肥化処理施設	江野沢 伸一（微生物活性水処理施設）
新潟県	回分式活性汚泥法（複合ラグーン改良方式）	(有)桑原農場
長野県	原村堆肥センター	J A 諏訪みどり畜産課
長野県	オガコ汚泥ろ床式尿汚水蒸発散施設	丸山産業
富山県	開放・円型堆肥化装置	(有)床鍋養鶏
富山県	開放直線型強制発酵施設（スクープ、ロータリー）	(農)津沢養鶏組合
岐阜県	通気式発酵堆肥舎+ロータリー型堆肥発酵槽	東白川畜産有機プラント
岐阜県	J A ひがしみの福岡堆肥センター	J A ひがしみの恵那北営農センター内 福岡堆肥センター
静岡県	膜浸漬型活性汚泥処理によるパーラー排水処理	片野牧場
静岡県	発酵熱源乾燥機を利用した堆肥生産事例	井川 衛
静岡県	自動攪拌機を利用したたい肥生産事例	有限会社清水養鶏場
静岡県	コンボ型急速発行乾燥機による鶏糞の堆肥化	太平うずら園
静岡県	メッシュバッグによる豚ふん堆肥化	磐田市良質堆肥生産組合
静岡県	大淵堆肥生産利用組合	大淵堆肥生産利用組合
愛知県	一宮市浮野養鶏農業協同組合	一宮市浮野養鶏農業協同組合
愛知県	半田市グリーンベース生産組合	半田市グリーンベース生産組合
三重県	天日乾燥式ハウス+縦型密閉式強制発酵装置+発酵堆肥舎	農事組合法人 ファクター
三重県	初期水分調整を乳肉ふん尿混合で行い品質管理に拘った堆肥作り	農事組合法人 大安堆肥生産組合（施設名：大安堆肥センター）
滋賀県	縦型密閉式発酵装置+堆肥舎	甲南町堆肥生産利用組合
滋賀県	密閉式堆肥舎	水口町堆肥生産利用組合
滋賀県	通気式発酵堆肥舎	中野肉牛組合堆肥センター
京都府	スクープ式発酵堆肥舎	亀岡市土づくりセンター
京都府	宇治市酪農組合	宇治市酪農組合
大阪府	天日乾燥処理施設+強制発酵施設+尿蒸散施設	堺市畜産農業協同組合

都道府県名	施設の名称・特徴	施設の事業管理主体名
大阪府	天日乾燥処理施設+発酵堆肥舎+尿污水運搬バキュームカー	(農)枚方畜産組合
大阪府	密閉縦型発酵処理機+通気式発酵堆肥舎+ミストセパレーター-脱臭装置+土壌脱臭施設+活性汚泥污水处理	大阪府民牧場
兵庫県	通気式発酵堆肥舎	福崎堆肥生産組合堆肥舎
兵庫県	佐用町立土づくりセンター	兵庫県西農業協同組合
兵庫県	有機農業センター	(助)神戸みのりの公社農業有機センター
兵庫県	堆肥舎	上場地区堆肥生産組合
兵庫県	小野市有機資材生産組合堆肥センター	小野市有機資材生産組合堆肥センター
兵庫県	N牧場	新田牧場
兵庫県	有機物供給施設(通称:おおや高原共同堆肥舎)	おおや高原堆肥舎運営協議会
奈良県	ロボタイ・レスト(天然ミネラル)処理発酵施設	奈良グリーンファーム
奈良県	エンドレス型ロータリー発酵乾燥施設	奥口ピッグファーム
奈良県	スクープ式エンドレス型攪拌機プロアー付発酵施設	五條堆肥センター管理組合
奈良県	ハウス攪拌乾燥+急速発酵施設+密閉型急速発酵施設	香芝市発酵牛ふん利用組合
鳥根県	堆積発酵舎	コープファームみとや
鳥根県	円形旋回式攪拌機	(有)エコプラントさだ
岡山県	攪拌スクープ式+強制通気方式	哲多町堆肥供給センター
岡山県	久米町堆肥処理施設「ゆうきの丘」	久米町堆肥処理施設「ゆうきの丘」
山口県	地域耕種農業と連携する肉用牛肥育経営	(有)秋吉台肉牛ファーム
山口県	豊田町グリーンファクトリー	豊田町グリーンファクトリー
山口県	強制発酵装置(スクープ式)による戻し堆肥の製造と良質堆肥生産	(有)高森肉牛ファーム
山口県	共同堆肥センター整備による肉用牛増頭と土づくりの推進	小川肉用牛生産組合堆肥センター
香川県	通気式発酵堆肥舎	県農協高瀬支部二宮堆肥センター
高知県	家畜排せつ物と生ゴミ等の一体処理	土佐町堆肥センター
福岡県	耕種農家との連携による堆肥生産コストの低減	勝山町有機環境保全組合
福岡県	傾斜地を利用した低コスト堆肥舎	長浦牧場
福岡県	環境保全型農業の確立	筑前あさくら農協 朝倉堆肥センター
福岡県	売れる堆肥づくりと敷料としての戻し堆肥活用	(農)白木畜産環境保全組合
長崎県	カルチャー堆肥	杉谷堆肥生産組合
大分県	ロータリー型堆肥発酵槽による良質堆肥生産	(有)グリーンファーム久住
大分県	(農)大分市東部畜産環境保全組合	(農)大分市東部畜産環境保全組合
宮崎県	国富町クリーンセンター	国富町クリーンセンター
宮崎県	発酵促進剤利用と強制通気による良質堆肥生産	高千穂地区農協堆肥リサイクルセンター
鹿児島県	土着菌を利用した肉牛堆肥生産	井上 道明
鹿児島県	JAいずみ有機センター	JAいずみ有機センター
沖縄県	回分式活性汚泥法	沖縄県経済連畜産実験農場

図2 キーワード検索の例

更新日: 2003/3/25

畜産環境技術研究所
Institute of Livestock Industry's Environmental Technology

検索

1. キーワードを入力して検索ボタンをクリックする。例えば「養鶏 焼却」。

2. キーワード(「鶏糞」と「焼却」を含む記事のタイトルと、キーワードを含む文章が表示される。

3. 記事のタイトルをクリック。

4. 検索した記事が表示される。

更新日: 2003/3/25

検索

1 効率的処理技術の概要
2 効率的処理技術の概要
3 効率的処理技術の概要
4 効率的処理技術の概要
5 効率的処理技術の概要
6 効率的処理技術の概要

名称
鶏糞焼却処理施設(流動床炭化炉)

事業管理主体名
軽米・九戸畜産環境保全組合

所在地
岩手県九戸郡九戸村大字長岡寺第15地割6-100

目次
1 周辺の概要
2 事業の概要
3 取組の経緯
4 処理施設の概要
5 処理方法(技術)
6 設備
7 導入効果
8 処理後の畜産排せつ物の利用状況
9 周辺地域の概要
10 課題(今後の目標、改善案)
11 処理施設周辺地図
12 関連資料
13 参考文献
14 その他(付録等)

表2 項目の評価 (%)

項目番号	項目	役に立つ	普通	役に立たない
4	処理施設の概要	73.3	16.7	10.0
8	技術の概要	73.3	20.0	6.7
9	技術の特徴と留意点	70.0	26.7	3.3
14	投資額	70.0	26.7	3.3
20	問合せ先	70.0	16.7	13.3
16	処理後の家畜排せつ物の利用状況	66.7	26.7	6.7
21	写真	66.7	6.7	26.7
5	施設の能力	63.3	16.7	20.0
17	周辺地域との調和	63.3	23.3	13.3
2	事業参加農家の概要	60.0	33.3	6.7
6	処理のフローチャート	60.0	20.0	20.0
13	下流域、地下水等の汚染に対する配慮	60.0	30.0	10.0
15	導入効果	60.0	30.0	10.0
18	課題（今後の目標、改善策）	60.0	30.0	10.0
10	具体的データ	56.7	33.3	10.0
11	省力化、省エネルギー化に対する配慮	56.7	20.0	23.3
12	自然条件・立地条件に対する配慮	56.7	33.3	10.0
3	取り組みの経緯	56.7	30.0	13.3
7	利用技術	56.7	30.0	13.3
1	周辺の概要	53.3	40.0	6.7
22	パンフレット	53.3	30.0	16.7
23	配置図	53.3	40.0	6.7
24	分析表	50.0	40.0	10.0
19	処理施設周辺地図	36.7	43.3	20.0

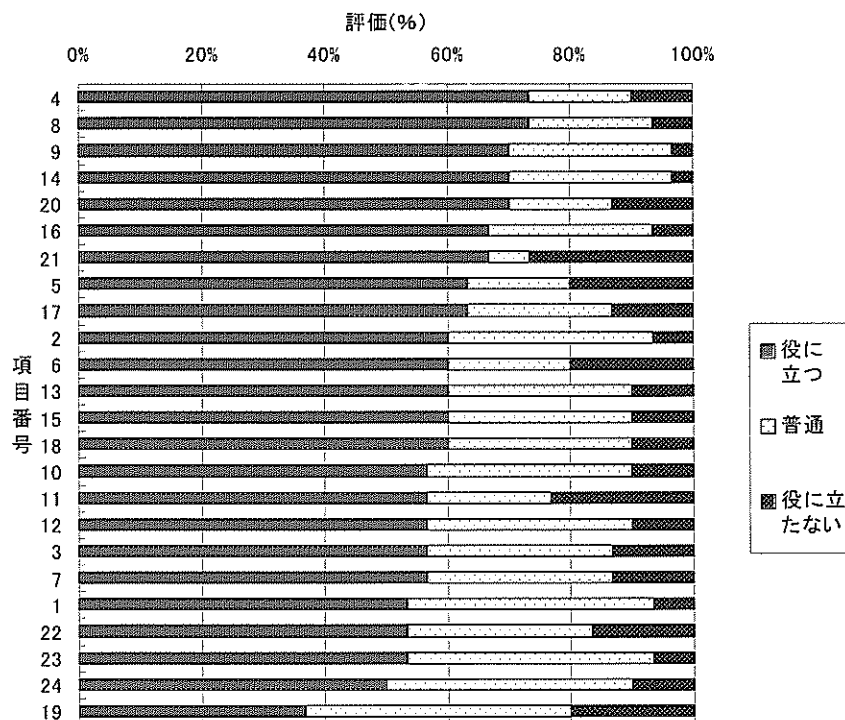


図3 提供項目の評価

表3 充実してほしい項目

項目番号	項目	希望数	比率
9	技術の特徴と留意点	13.0	43.3
14	投資額	11.0	36.7
15	導入効果	10.0	33.3
10	具体的データ	10.0	33.3
5	施設的能力	9.0	30.0
16	処理後の家畜排せつ物の利用状況	9.0	30.0
7	利用技術	8.0	26.7
18	課題（今後の目標、改善策）	8.0	26.7
17	周辺地域との調和	7.0	23.3
13	下流域、地下水等の汚染に対する配慮	6.0	20.0
8	技術の概要	5.0	16.7
6	処理のフローチャート	5.0	16.7
21	写真	5.0	16.7
3	取り組みの経緯	4.0	13.3
4	処理施設の概要	3.0	10.0
12	自然条件・立地条件に対する配慮	3.0	10.0
19	処理施設周辺地図	2.0	6.7
24	分析表	1.0	3.3
11	省力化、省エネルギー化に対する配慮	1.0	3.3
23	配置図	0.0	0.0
22	パンフレット	0.0	0.0
20	問合せ先	0.0	0.0
2	事業参加農家の概要	0.0	0.0
1	周辺の概要	0.0	0.0

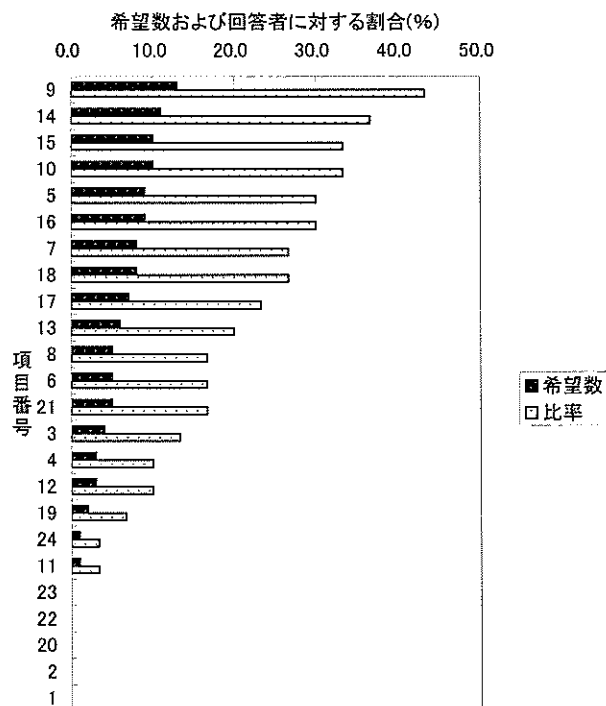


図4 充実してほしい項目

堆きゅう肥の品質実態調査事業

1. 目的

全国の堆肥センターで生産される堆肥の成分を分析し、畜種別や水分調整用の副資材別、季節別のデータを集計し、堆肥の標準的品質を明らかにし、堆肥の利用拡大の資料として役立てるとともに、より高品質堆肥生産技術の資料とする。

本実態調査事業は、平成12年度～16年度の5年間の継続事業として行われており、本年度は14年度分の中間とりまとめとして、夏季および冬季の季節別、畜種別、副資材別にそれぞれ平均値を求めて解析を行った。

2. 平成14年度の業務の概要

1) 堆肥の分析方法

本実態調査で実施した堆肥の分析は「堆肥等有機物分析法」(財)日本土壌協会編(2000年)に準じて行った。

2) 分析点数

分析に用いた堆肥サンプルは、都道府県

月別分析点数

月	13年度 (冬季)					14年度 (夏季)							合計
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
点数	25	21	24	30	28	26	29	13	34	17	27	49	323

地域別分析点数

地域	点数	地域	点数
北海道開発局管内	9	近畿農政局管内	20
東北農政局管内	54	中国四国農政局管内	69
関東農政局管内	60	九州農政局管内	60
北陸農政局管内	18	沖縄総合事務局管内	4
東海農政局管内	29		
合計	323		

の推薦および当研究所による選定に基づき、堆肥センターへサンプル提供を依頼し、送付された堆肥である。堆肥サンプルは、堆肥化処理施設で処理が完了したものについて行うものとした。分析点数は表のとおりである。

3) 堆肥分析結果の概要

畜種別および副資材別の主な堆肥成分の平均値を表1に示した。なお、水分、C/N比、発芽率以外の成分は全て乾物当たりの値で示した。C/N比は、堆肥化処理において有機物の分解により炭素が減少するが、窒素の多くは残留するため次第に小さくなる。通常、副資材を混入しない牛ふん単独堆肥のC/N比は12～15、豚ふんや鶏ふん堆肥は8～10程度とされ、腐熟の目安とされている。今回の家畜ふん単独堆肥の分析値では、窒素濃度が高い豚ふんと鶏ふんは8.1～9.7の範囲で豚ふんの方がやや高く、牛ふん堆肥は11.3～13.7で、乳牛ふんより肉牛ふ

の方がやや高い傾向を示した。

窒素は肥料成分として重要であり、乾物当たり1.8～4.3%の範囲であり、豚ふんと鶏ふんが高く、乳牛ふん、肉牛ふんの順に低い傾向がみられた。

リン酸も肥料成分として重要であり、乾物当たり2.3～9.4%の範囲であった。特に、豚ふんと鶏ふんが高く6.8～9.4%の範囲で、牛ふん堆肥は2.3～4.5%の範囲で季節的な変動がみられた。

カリも肥料成分として重要で、乾物当たり2.3～4.0%であり、乳牛ふん堆肥が高い傾向がみられた。

今回の成分組成を従来の成分値と比較したのが表2-1である。ここでは平成13年度の結果も併記した。14年度の結果では、C/N比は牛ふんで4以上、豚ふんや鶏ふんでは2程度低い数値となっており、腐熟度が進んだ良質堆肥に仕上がっている傾向がみられた。また窒素、リン酸、カリについても高い傾向を示していた。

また、13年度分析の堆肥成分に対比すると、14年度は全体に窒素成分はやや低く、リン酸とカリ成分はやや高い傾向であった。

表2-2には経年別のおが屑混合堆肥の成分を示した。おが屑の混合比によって成分値は異なってくるが、概ね最近の堆肥は窒素、リン酸、カリの肥料成分が高くなっている。

また、C/Nは低く良質堆肥に仕上がっている傾向にある。

4) 畜種別および副資材別、季節別の堆肥成分

平成13年12月から14年11月にわたり実施した全国の堆肥センターで生産された堆肥の成分分析値について、冬季の平均値を表3-1～3-5および夏季の平均値を表4-1～4-4に示した。本実態調査は5年間の継続調査であり、さらに分析点数を増やし、平均値の精度を高めるとともに、地域別や発酵堆肥化の処理方式別などに集計し、より一層現場に反映できる堆肥の標準的品質を明らかにしていく。

(1)水分

堆肥の水分は、70%程度の水分になると手で絞ると指の間から水がにじみ出る状態であり、堆肥が重たく不衛生の感じが強く、臭気も発生しやすく、取り扱いにくいものである。逆に水分が20%台では散布の際に粉塵が飛びやすくなる。その点で取り扱い易い水分は40～50%位が最適である。

分析の結果、家畜ふん単独の堆肥水分は、冬季の乳牛ふん堆肥が63.8%で最も高く、鶏ふんが19.3%と低い値であった。堆肥水分は有機物の分解率と堆肥仕込みの初期水分値に関係しており、一般に牛ふん堆肥が高く、鶏ふんおよび豚ふん堆肥は低い傾向を示していたが、乳牛ふん堆肥が冬季に高い水分値を示した他は大きな差はみられない。

おが屑などの副資材混合堆肥は、分析点数が少ない区もあり平均値としての評価は困難であるが、傾向としては同様に牛ふん堆肥が高く、豚ふんと鶏ふん堆肥は低かつ

た。副資材混合堆肥の水分は家畜ふん単独堆肥より高い傾向を示した。

(2)灰分

発酵が進むと有機物の分解によって灰分濃度が高くなる。したがって、一般的には灰分濃度が高い堆肥は腐熟度が進んでいることを意味している。家畜ふん単独の堆肥の灰分は、夏季の肉牛ふん堆肥が52.3%と最も高い値であったが、副資材として石灰が用いられたためと思われる。この肉牛ふん堆肥を除いては、鶏ふん堆肥が49.3%、次いで乳牛ふんが44.7%と高い。乳牛ふん堆肥が高いのは13年度と同様であった。灰分濃度の平均値は季節による大きな差はみあたらない。

副資材混合堆肥では、鶏ふんの灰分は同様に高いが、他の畜種は低い傾向を示し、特に乳牛ふんのおが屑混合堆肥は単独堆肥のほぼ2/3程度の濃度であった。また、おが屑混合堆肥では低く、籾殻混合堆肥は高い傾向を示した。

(3)pH、EC

堆肥化の発酵過程が進むと次第にpHはアンモニアの生成により高くなる。さらに、発酵が進むと硝化が進みpHは低下していく。EC（電気伝導度）の値は発酵が進むと次第に高くなっていく。家畜ふん単独のpHは、7.4～9.1の範囲であった。畜種別では、夏季の乳牛ふん堆肥が9.1と高かった。副資材混合堆肥では、籾殻混合の冬季の鶏ふん堆肥が最も高くpH9.3であった。また、季節的に顕著な変化はみられなかった。

ECは、家畜ふん単独では夏季の豚ふん堆

肥が5.3と最も高く、夏季の肉牛の1.4が低い値であった。このECは季節に関係なく鶏ふん堆肥と豚ふん堆肥が高く、牛ふん堆肥はその1/2程度の値であった。副資材混合堆肥は家畜ふん単独堆肥に比較して全体に低い傾向がみられた。

(4)C/N比

家畜ふん単独堆肥のC/N比は、窒素濃度が高い豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥は低く8.1～9.7の範囲であった。牛ふん堆肥は、11.3～13.7の範囲で、乳牛ふんよりも肉牛ふんの方が若干高い傾向であった。

副資材混合堆肥では全体にC/N比が高くなり、最高乳牛ふん堆肥で23.0を示した。

(5)全窒素

堆肥の窒素濃度は肥料成分として重要である。家畜ふん単独堆肥は、乾物当たり1.8%～4.3%の範囲で、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥が高く、乳牛ふん堆肥、肉牛ふん堆肥の順に低い数値であった。季節的には、冬季が夏季の堆肥に対しやや高い傾向がみられた。

副資材混合堆肥では、家畜ふん単独堆肥に対し全体に低い傾向であるが、特に冬季の籾殻混合堆肥は1/2以下を示した。

有機性窒素の分解によりアンモニアが生成し、悪臭の原因物質ともなるが、堆肥中には、114ppm～5490ppmの範囲で含まれていた。この堆肥中のアンモニア濃度は最も分解活動が活発な時期に高くなるため、畜種別よりも堆肥化過程の段階で濃度が変化する。しかし、傾向的には畜ふんの窒素濃度が高い豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥のアンモ

ニア濃度が高い。

(6)リン酸 (P_2O_5)

家畜ふん単独堆肥の乾物当たりのリン酸濃度は、夏季の鶏ふん堆肥が最も高く9.4%で、次いで豚ふん堆肥が6.8%と高い。肉牛ふん堆肥は4.5%で、乳牛ふん堆肥は2.3%とさらに低い傾向を示した。副資材混合堆肥もほぼ同様の傾向を示した。

(7)カリ (K_2O)

家畜ふん単独堆肥の乾物当たりのカリ濃度は、夏季の乳牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥が最も高く4.0%で、肉牛ふん堆肥および豚ふん堆肥がそれぞれ2.3%および2.6%であった。副資材混合堆肥のカリ成分については分析点数が少ないこともあり一定の傾向はみられなかった。

(8)石灰 (CaO)

石灰濃度は、給与飼料が影響して鶏ふん堆肥が高く、今回の平均値は夏季の乾物堆肥中では26.4%で、冬季は9.2%であった。乳牛ふん堆肥は夏季が5.4%で、冬季は3.6%と低い値であった。夏季の肉牛ふん堆肥では副資材として石灰が用いられたためと思われるが10.8%と高かった。副資材混合堆肥は牛ふん堆肥が低く、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の順で同様に高い値であった。季節的には夏季の堆肥が高い傾向であった。

(9)苦土 (MgO)

マグネシウムは植物の生育に必要な微量元素である。乾物堆肥中には、1.7%~2.7%の範囲で含まれており、畜種別では豚ふん堆肥がやや高い傾向の他は顕著な違いはみられなかった。副資材混合堆肥も同様に

豚ふん堆肥がやや高く、家畜ふん単独堆肥に比べると何れもやや低くなる傾向にあった。

(10)銅および亜鉛

銅および亜鉛は、大量にあると植物に対して生育阻害物質となるため、堆肥中では銅が600ppm、亜鉛は1800ppm以下の規制値が設けられている。

家畜ふん単独の乾物堆肥の銅濃度は、37.3ppm~254ppmの範囲であり、給与飼料の関係から豚ふん堆肥が高く、肉牛ふん堆肥が低い傾向であった。副資材混合堆肥は単独堆肥に対して何れも低い濃度を示していた。また季節的な変動はみられなかった。

家畜ふん単独の乾物堆肥の亜鉛濃度は、172ppm~649ppmの範囲であり、給与飼料の関係から豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥が高く、乳牛ふん堆肥、肉牛ふん堆肥の順に低い値であった。副資材混合堆肥は畜種別では同様の傾向を示し、最高は豚ふん堆肥の824ppmの濃度に達しているものもあった。季節による変動は一様でなく、分析点数を重ねる必要がある。

(11)発芽指数

堆肥を20倍の水で希釈し、小松菜の種子を用いてほぼ20℃の条件で発芽試験を行った。蒸留水を対照として指数で表すと77~100の範囲であり、夏季の堆肥が低い傾向であったが、特に問題にされる値ではなかった。副資材混合堆肥も同様の成績であった。

(12)腸内出血性大腸菌O-157、サルモネラ、クリプトスポリジウム

堆肥の水分が40%以上(42.2~79.9%)の検体について検査した。本年度分析した堆肥からはO157は検出されなかったが、サルモネラが3件検出された。検出されたサルモネラのうち、2件は食中毒の危険性のないものであったが、1件はこれが疑われるものであった。この堆肥には、主原料である乳牛ふんの他に、乾燥家庭生ごみおよび生の下水汚泥が投入されており、堆肥の水分が59.4%とやや高いものであった。疑わしい菌が検出された堆肥センターには157頁に示した「安全で衛生的な良質堆肥生産に向けて」を送付し一層の衛生対策の強化について指導を行った。

また、分析の過程において、堆肥サンプルを生の畜ふんが付いたスコップにて採取したために、大腸菌O2(病原性は非常に低い)が検出された事例があった。その後サンプル採取のやり直しを行い、再分析の結

果では本菌は検出されなかった。このことから、サンプルの採取には、雑菌混入のないように十分な配慮が必要である。

クリプトスポリジウムの検査結果は、13年度に実施した60検体の堆肥は全て陰性であった。

今回の分析結果、検出率0.3%と低いものの病原性を含んだ堆肥が検出されたが、それらは明らかに未熟で特殊なものであった。このことから、60℃以上の発酵熱を伴った通常の発酵過程を経た堆肥であれば病原性細菌等による汚染の危険性はなく、衛生的で安全であるといえる。

(13)抗生物質

乳牛ふんの堆肥について、スルファジメトキシム、ベンジルペニシリン、ストレプトマイシン、カナマイシン、オキシテトラサイクリン、について検査した結果は全て陰性であった。

表1 畜種別・副資材別の主な堆肥成分(乾物中%)

堆肥区分	冬季平均値				夏季平均値					
	n	全窒素%	リン酸%	カリ%	C/N比	n	全窒素%	リン酸%	カリ%	C/N比
家畜ふんのみ										
乳牛	2	2.99	3.49	3.99	12.4	2	2.61	2.27	4.00	11.3
肉牛	0					1	1.81	4.45	2.34	13.7
豚	2	4.33	6.53	3.30	8.7	5	4.21	6.83	2.61	9.7
鶏	7	3.70	6.03	3.29	8.1	13	3.04	9.43	3.98	9.5
複数家畜	10	2.47	5.32	3.08	18.3	8	3.58	5.73	3.56	10.1
家畜ふんとおが屑混合										
乳牛	5	1.70	2.09	3.06	23.0	5	1.75	2.30	3.01	19.5
肉牛	13	2.18	3.42	3.08	20.5	27	1.96	3.51	2.90	22.1
豚	4	3.08	7.79	3.49	12.9	5	2.45	7.14	2.50	15.1
鶏	2	4.20	5.67	3.53	9.5	5	3.49	7.10	4.74	10.1
複数家畜	5	2.36	5.71	3.20	17.6	9	2.21	4.56	3.10	19.2
家畜ふんとモミガラ混合										
乳牛	5	1.79	2.48	2.56	18.4	4	1.78	2.19	2.96	17.5
肉牛	3	1.56	2.05	2.34	21.4	2	1.84	2.33	3.33	14.6
豚	0					5	2.81	10.2	2.97	13.0
鶏	1	1.70	5.46	3.19	16.5	4	2.54	6.71	3.44	10.8
複数家畜	6	2.47	5.34	3.26	15.7	5	2.33	4.95	3.17	15.9
家畜ふんと稲ワラ混合										
乳牛	2	1.33	1.30	1.12	19.1	0				
肉牛	0					0				
複数家畜	0					1	5.42	7.42	4.90	6.4
家畜ふんと複数資材混合										
乳牛	14	1.66	2.96	2.44	22.0	16	1.84	2.30	3.06	21.9
肉牛	13	1.95	3.16	2.95	21.8	20	1.97	3.32	2.80	20.7
豚	0					5	3.36	7.87	2.78	11.0
鶏	0					2	2.15	2.76	1.51	19.3
乳牛+肉牛	12	1.85	2.30	2.87	21.5	15	1.90	2.80	3.25	20.7
複数家畜	15	2.35	4.53	3.03	16.7	30	2.16	4.20	3.02	17.5

n:0は該当するサンプル堆肥が得られなかった。

①全窒素は、乾物当たり2.8~4.3%の範囲であり、豚ふん鶏ふんが高く、肉牛ふんより乳牛ふんが高い傾向である。

②リン酸は、乾物当たり2.3~9.4%の範囲にあり、鶏ふんが最も高く、次いで豚が高い。乳牛ふんは2.3~3.5%と季節的な差がみられた。

③カリは、乾物当たり2.3~4%の範囲であり、乳牛がやや高い傾向がみられた。

④C/N比は、堆肥処理で有機物の分解により炭素が減少するが、窒素の多くは残留するためC/N比の値は次第に小さくなる。通常牛ふん堆肥のC/N比は12~15、豚ふんや鶏ふん堆肥は8~10程度とされ、腐熟の目安とされている。14年度分析値では、鶏ふんと豚ふんの平均値は8.1~9.7の範囲で、乳牛と肉牛でも11.3~13.7であった。

表2-1 平成14年度および13年度の年平均堆肥成分値と「手引き書」のデータとの比較

堆肥区分	平成14年度堆肥分析成分(年平均)				「手引き書」の堆肥成分				
	全窒素%	リン酸%	カリ%	C/N比	全窒素%	リン酸%	カリ%	C/N比	
家畜ふんのみ	乳牛 (13年度)	2.80 (3.31)	2.88 1.79	4.00 3.21	11.9 10.4	1.90	2.30	2.40	18.9
	肉牛 (13年度)	1.81 (2.64)	4.45 2.59	2.34 2.80	13.7 14.1	3.00	5.80	2.60	11.7
	豚 (13年度)	4.27 (4.77)	6.68 5.12	2.96 2.64	9.2 7.0	3.20	6.50	3.50	9.6
	鶏 (13年度)	3.37 (3.87)	7.73 6.21	3.64 2.20	8.8 8.8				
	家畜ふんとおが屑混合								
乳牛	(13年度)	1.73 (2.90)	2.20 1.68	3.04 2.10	21.3 15.2	1.90	2.30	2.60	21.0
	肉牛 (13年度)	2.07 (3.25)	3.47 3.18	2.99 2.87	21.3 13.0	2.50	5.40	2.60	14.2
	豚 (13年度)	2.77 (3.93)	7.47 3.64	3.00 1.25	14.0 10.1	3.70	6.10	3.10	11.0
	鶏 (13年度)	3.85 (3.14)	6.39 9.03	4.14 3.43	9.8 9.8				

「手引き書」の堆肥成分は、(財)畜産環境整備機構、家畜ふん尿処理・利用の手引き(1998)による。

「手引き書」は乳牛と肉牛を合わせた牛ふんで示している。

平成14年度の年平均堆肥成分値と「手引き書(1998)」の堆肥成分との比較

①全窒素は、「手引き書」の値に比べて平成14年度堆肥が高い傾向を示している。

13年度に対する14年度堆肥は、何れも0.5～0.8%程度やや低く、おが屑混合堆肥も鶏ふんを除いて何れも1.2%程度低い成分値である。

②リン酸についても「手引き書」の値に比べて平成14年度堆肥が高い傾向にある。

13年度に対する14年度堆肥は、何れも1.0～1.5%程度高く、肉牛ふんで2%弱高い成分値である。おが屑混合堆肥も鶏ふんを除いてやや高く、特に豚ふんは3.8%も高い。鶏ふんは2.6%低い成分値である。

③カリも同様に「手引き書」の値に比べて平成14年度堆肥がやや高い傾向にあり、特に乳牛ふん単独堆肥は1.6%も高い成分値である。

13年度に対する14年度堆肥は、肉牛ふんが0.5%低い他は、豚ふんで0.3%、乳牛ふんで0.8%、鶏ふんは1.4%高い成分値である。おが屑混合ふんは何れも高く、特に豚ふんは1.3%高い成分値である。

④C/N比は、「手引き書」の値が牛ふん堆肥で18.9であるのに対し、平成14年度堆肥は乳牛および肉牛ふん堆肥で11.9および13.7と4以上低い数値であり、腐熟が進んだ良質堆肥に仕上がっていると考えられる。豚ふんおよび鶏ふん堆肥も同様に若干低い数値であり、全体に堆肥化技術の向上が窺える。

13年度に対する14年度堆肥は、豚ふんと乳牛ふんでやや高くなっていて他は大きな変化はない。おが屑混合堆肥では、鶏ふん堆肥を除いて4～8%程度高くなっている。

表2-2 「おが屑混合堆肥」成分について本実態調査と既存のデータの比較

(家畜ふんとおが屑混合堆肥成分)

(水分以外は乾物当たり成分)

畜種	データ年度	水分%	全窒素%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%	C/N比	n数
牛	1978年	65.5	1.7	1.8	2.0	3.0	0.7	23.3	151
	1982年	65.4	1.7	1.6	1.7	1.9	0.8	24.6	292
	1996年	57.8	1.9	2.3	2.6	2.7	1.1	21.0	130
	2001年	55.2	3.1	2.4	2.5	1.8	0.6	14.1	13
	2002年	47.1	1.9	2.8	3.0	3.0	1.5	21.3	50
	豚	1978年	57.2	2.2	3.3	1.5	3.0	1.0	18.0
	1982年	55.7	2.1	3.4	1.8	3.4	1.1	19.3	173
	1996年	43.8	2.5	5.4	2.6	5.1	1.6	14.2	44
	2001年	38.1	3.9	3.6	1.3	8.5	1.9	10.1	1
	2002年	40.4	2.8	7.5	3.0	5.0	2.5	14.0	9

データの出所：1978年～草地試験場

1982年～農産園芸局

1996年～農業研究センター

2001年～平成13年度堆肥品質実態調査（畜産環境技術研究所）

2002年～平成14年度堆肥品質実態調査（畜産環境技術研究所）

なお、1996年までのデータは、(財)畜産環境整備機構、家畜ふん尿処理・利用の手引き（1998）による。

2001年及び2002年の牛は、乳牛と肉牛の平均値を示している。

経年別の「おが屑混合堆肥」成分のデータ比較

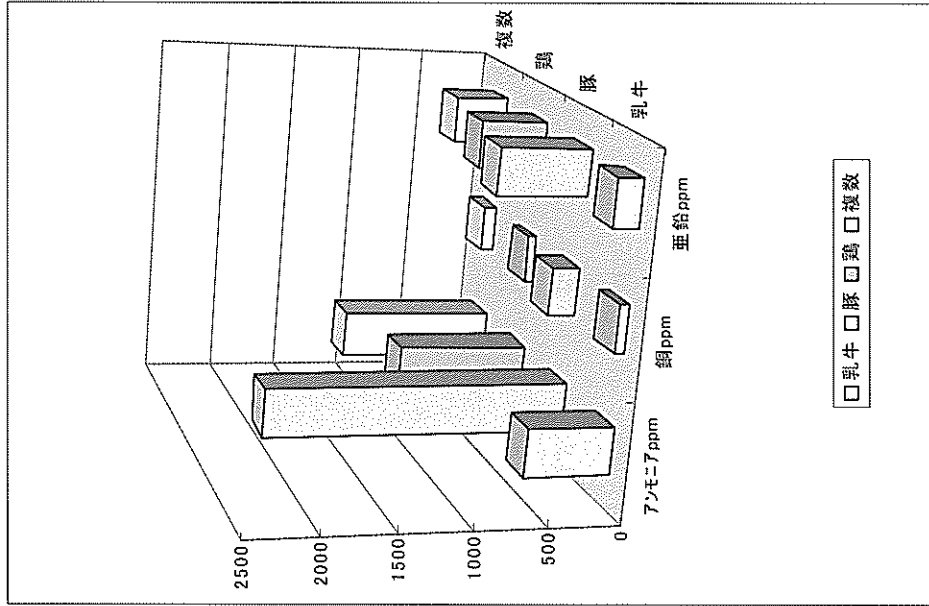
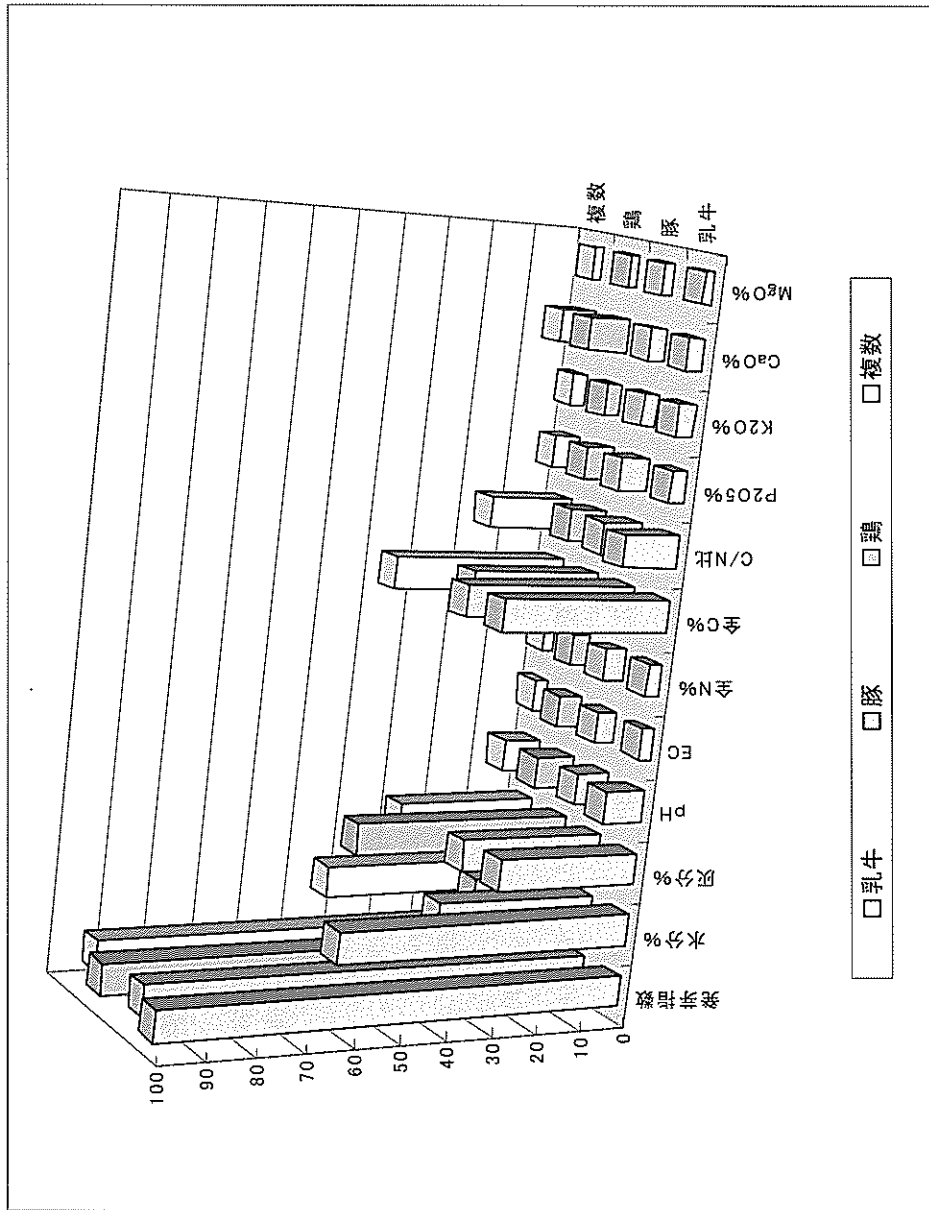
①全体の堆肥成分の傾向は、おが屑の混合比によって成分値は異なってくるが、大まかに最近の堆肥は窒素やリン酸、カリ成分が高くなってきている。また、堆肥の水分やC/N比が低い傾向にあり、良質堆肥に仕上がっているものと思われる。

②1996年以降の堆肥は、それ以前の堆肥成分に対し水分が低く、窒素、リン酸、カリといった肥料成分は高い傾向にある。また、1996年と2002年の堆肥成分は牛及び豚とも近似した成分値であり、分析点数も多く、平均的な堆肥成分を表している。

③2001年の窒素成分は、その前後の年度に対して牛、豚とも高い値であるが、特に豚は分析点数が少なく、平均的なものとしては読めない。

④リン酸やカリは経年的に成分値は高くなる傾向を示している。

表3-1 家畜ふんのみの堆肥成分 (冬季平均値)



畜種	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%
乳牛	63.8	30.8	8.93	2.67	2.99	37.1	12.4	3.49	3.99	3.55	1.85
豚	35.3	31.3	7.40	4.60	4.33	37.2	8.7	6.53	3.30	3.47	2.35
鶏	19.3	47.6	8.67	5.15	3.70	28.3	8.1	6.03	3.29	9.21	1.72
複数	46.0	30.9	8.47	3.05	2.47	38.6	18.3	5.32	3.08	7.44	1.57

畜種	アンモニアppm	銅ppm	亜鉛ppm
乳牛	591	64.1	173
豚	2130	193.0	649
鶏	938	58.6	484
複数	1110	98.7	391

表3-2 家畜ふんとオガクズ混合の堆肥成分 (冬季平均値)

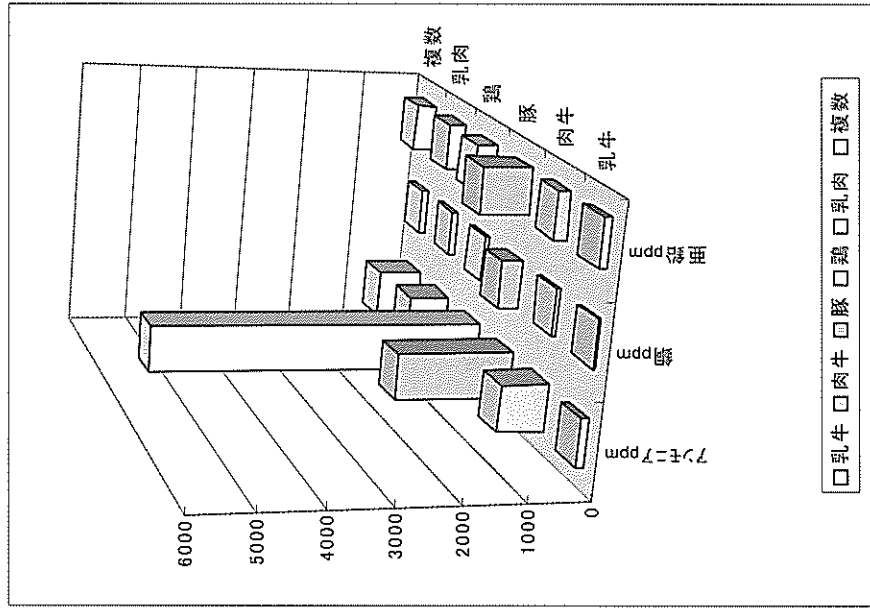
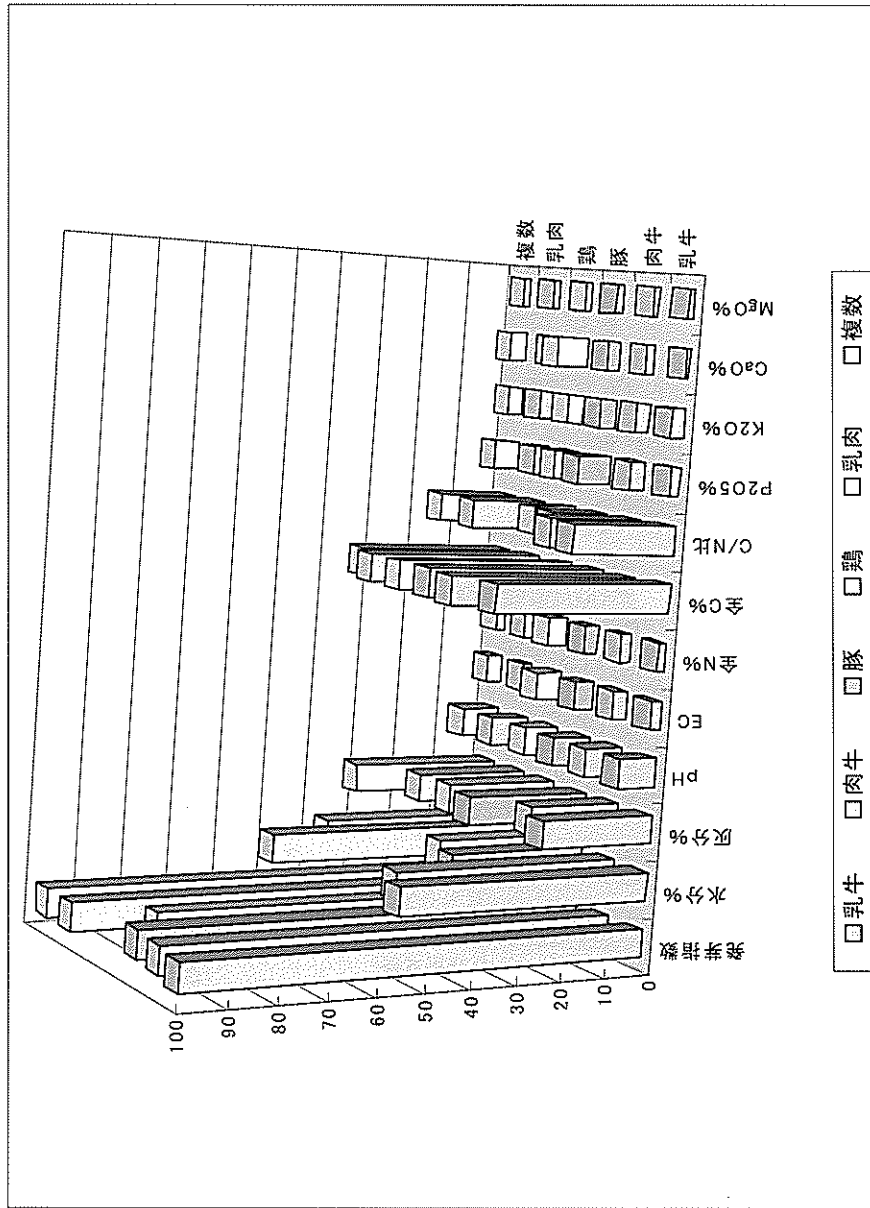
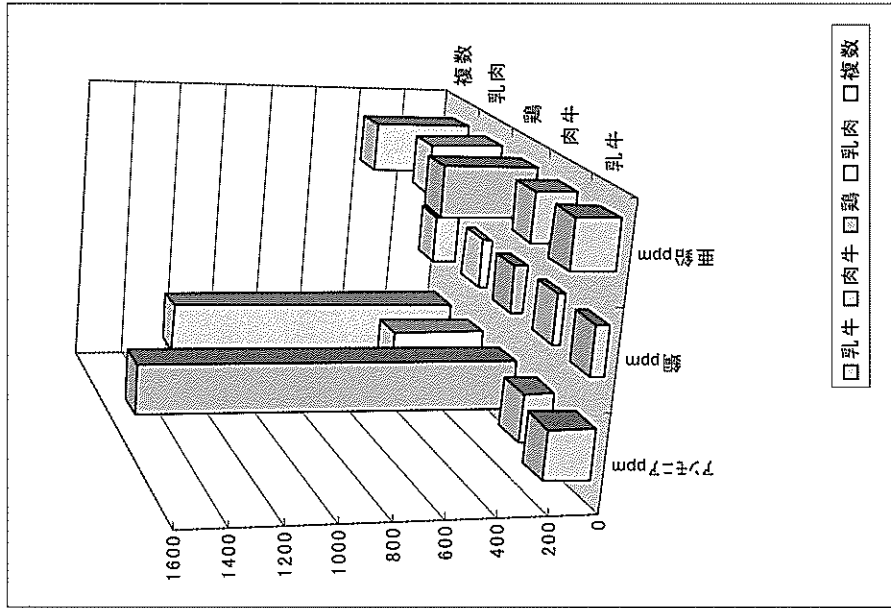
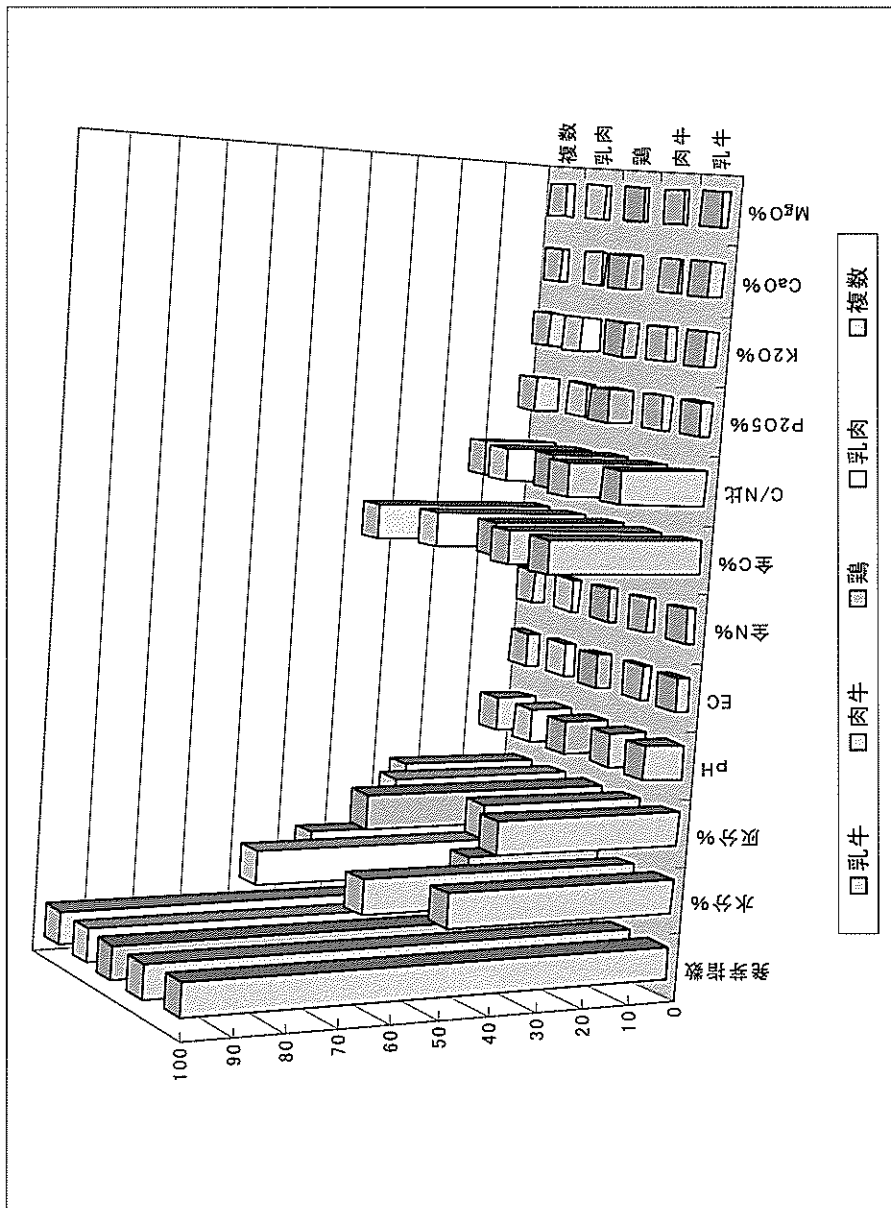


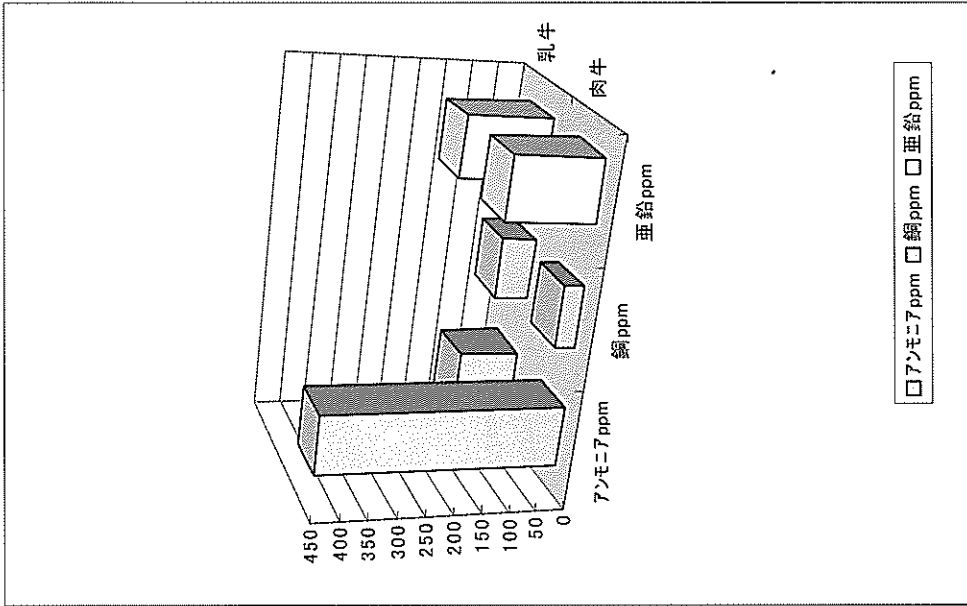
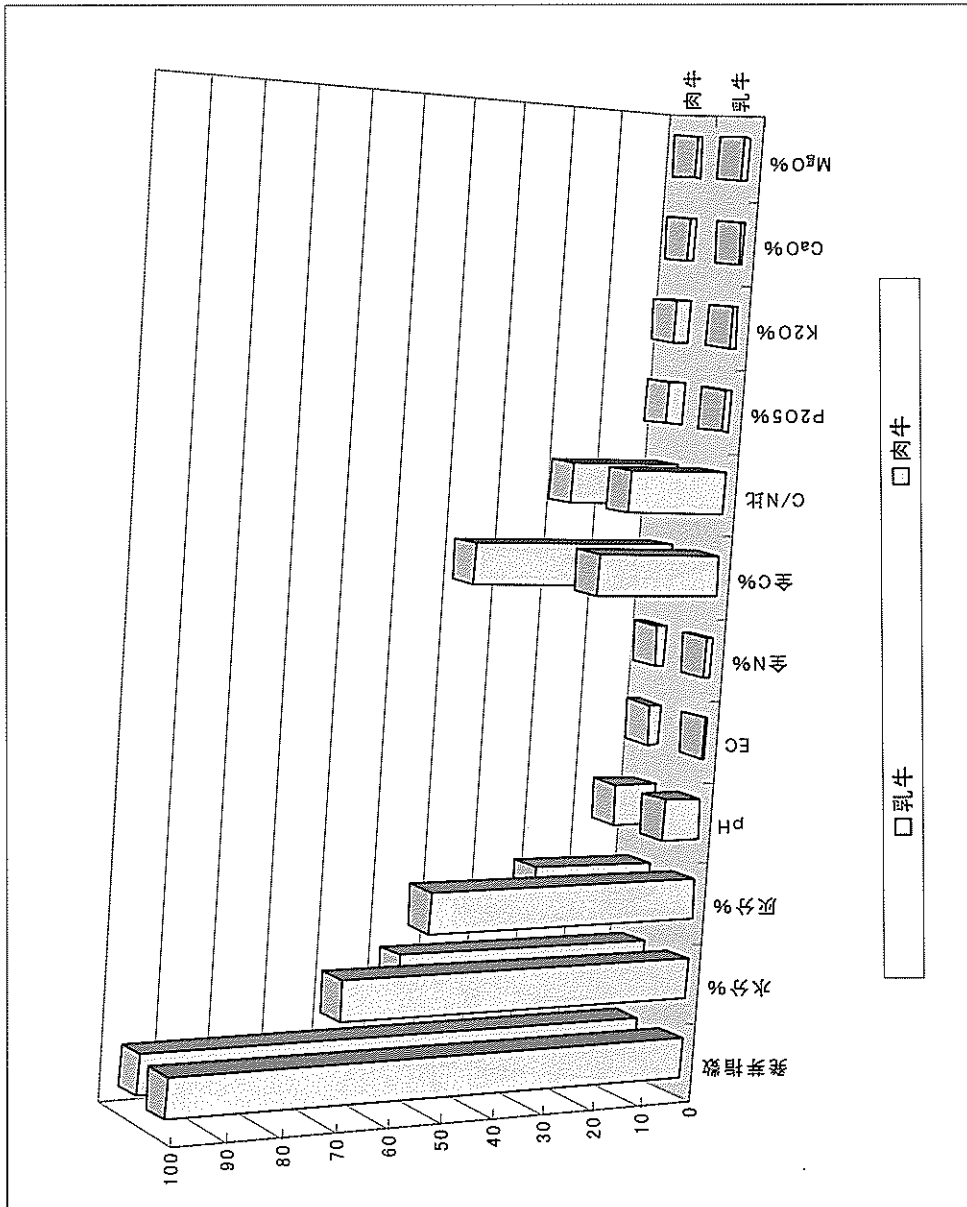
表3-3 家畜ふんとモミガラ混合の堆肥成分 (冬季平均値)



畜種	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%
乳牛	99	48.1	38.8	8.67	2.69	1.79	32.6	18.4	2.48	2.56	2.92	1.44
肉牛	100	57.9	34.1	7.78	1.73	1.56	32.9	21.4	2.05	2.34	0.71	0.78
鶏	100	28.7	50.9	9.31	3.30	1.70	28.1	16.5	5.46	3.19	3.56	0.97
乳牛	99	65.9	37.9	8.76	2.36	1.77	33.1	18.7	2.06	4.21	0.50	1.16
複数	99	48.0	28.4	8.90	2.92	2.47	38.0	15.7	5.34	3.26	1.72	1.57

畜種	アミノ酸 (ppm)	銅 (ppm)	亜鉛 (ppm)
乳牛	190	49.3	178
肉牛	132	34.4	169
鶏	1560	54.1	391
乳牛	388	42.8	306
複数	1240	104.0	408

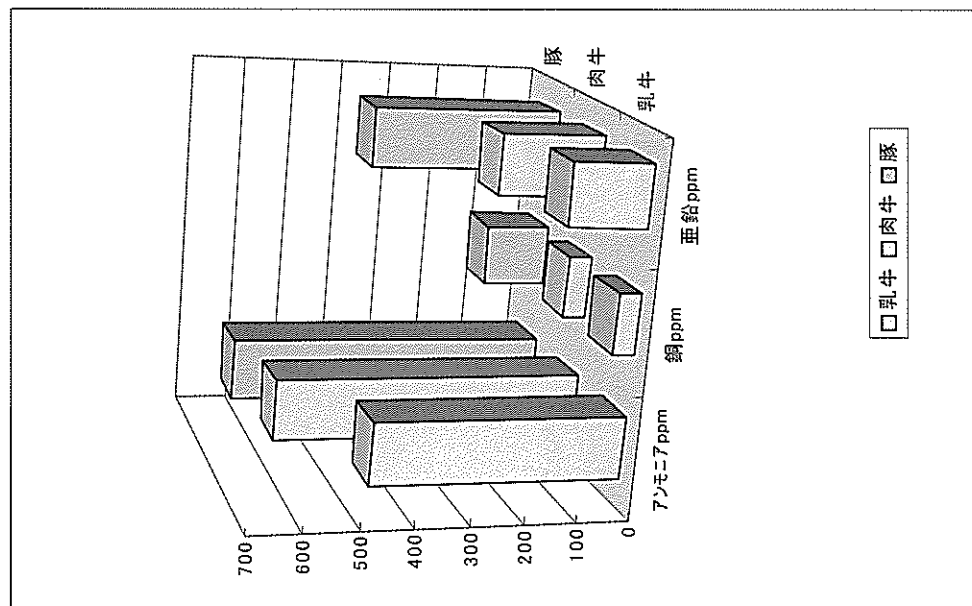
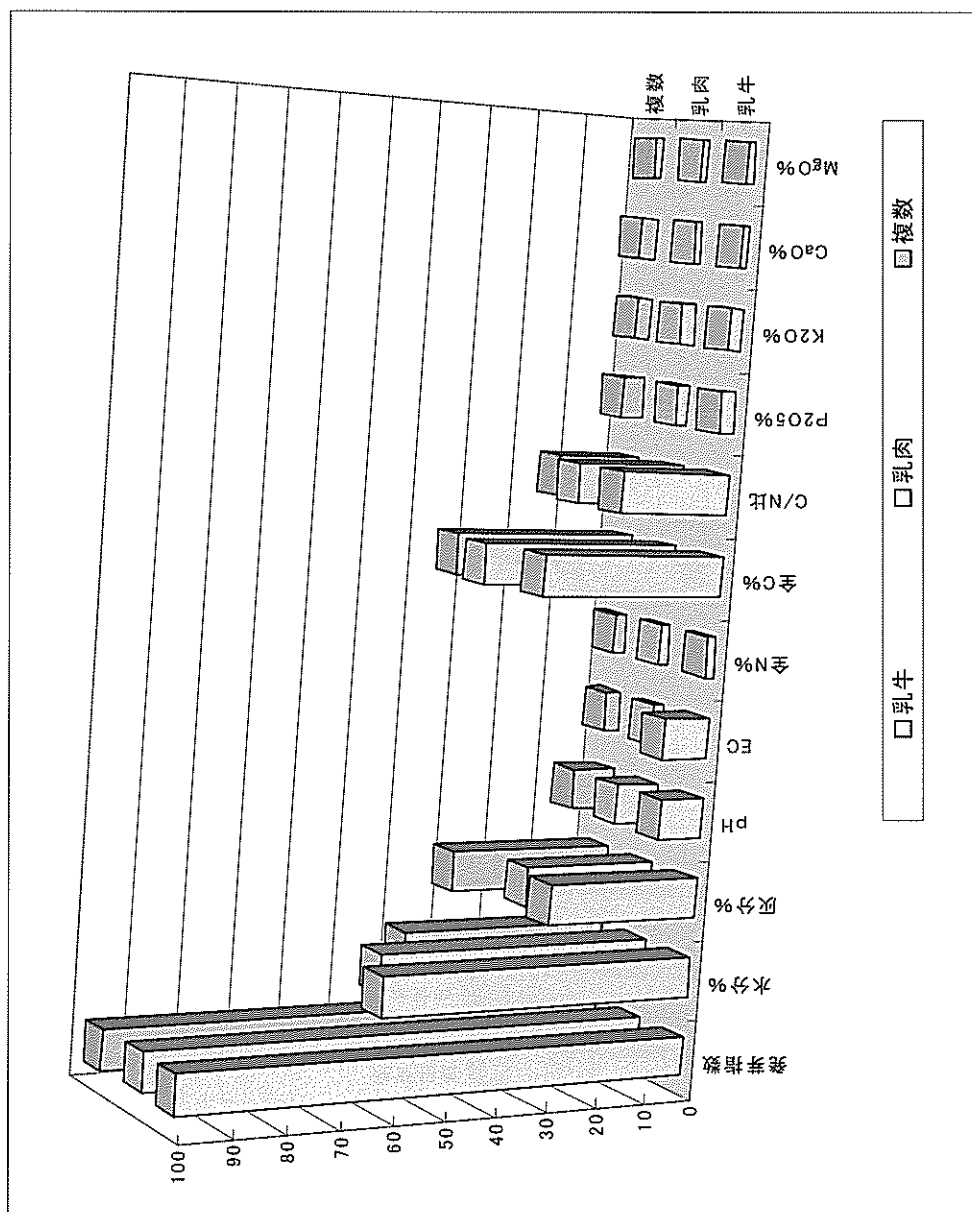
表3-4 家畜ふんとワラ混合の堆肥成分 (冬季平均値)



畜種	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%
乳牛	99	68.6	52.9	7.48	0.33	1.33	24.4	19.1	1.30	1.12	0.57	1.38
肉牛	98	49.8	23.9	8.30	2.40	1.95	40.3	21.8	3.16	2.95	1.41	1.04

畜種	アニモニウムppm	銅ppm	亜鉛ppm
乳牛	114	62.9	162
肉牛	435	36.8	162

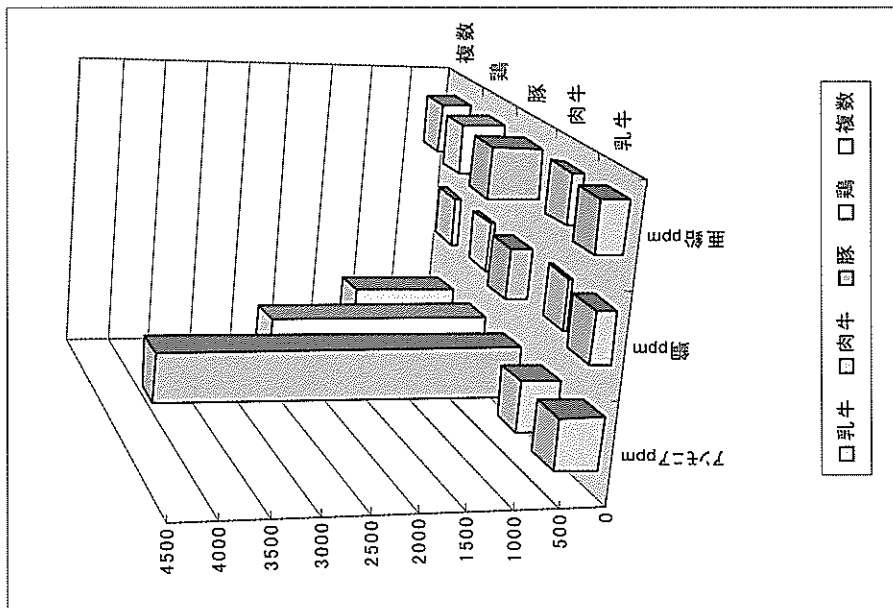
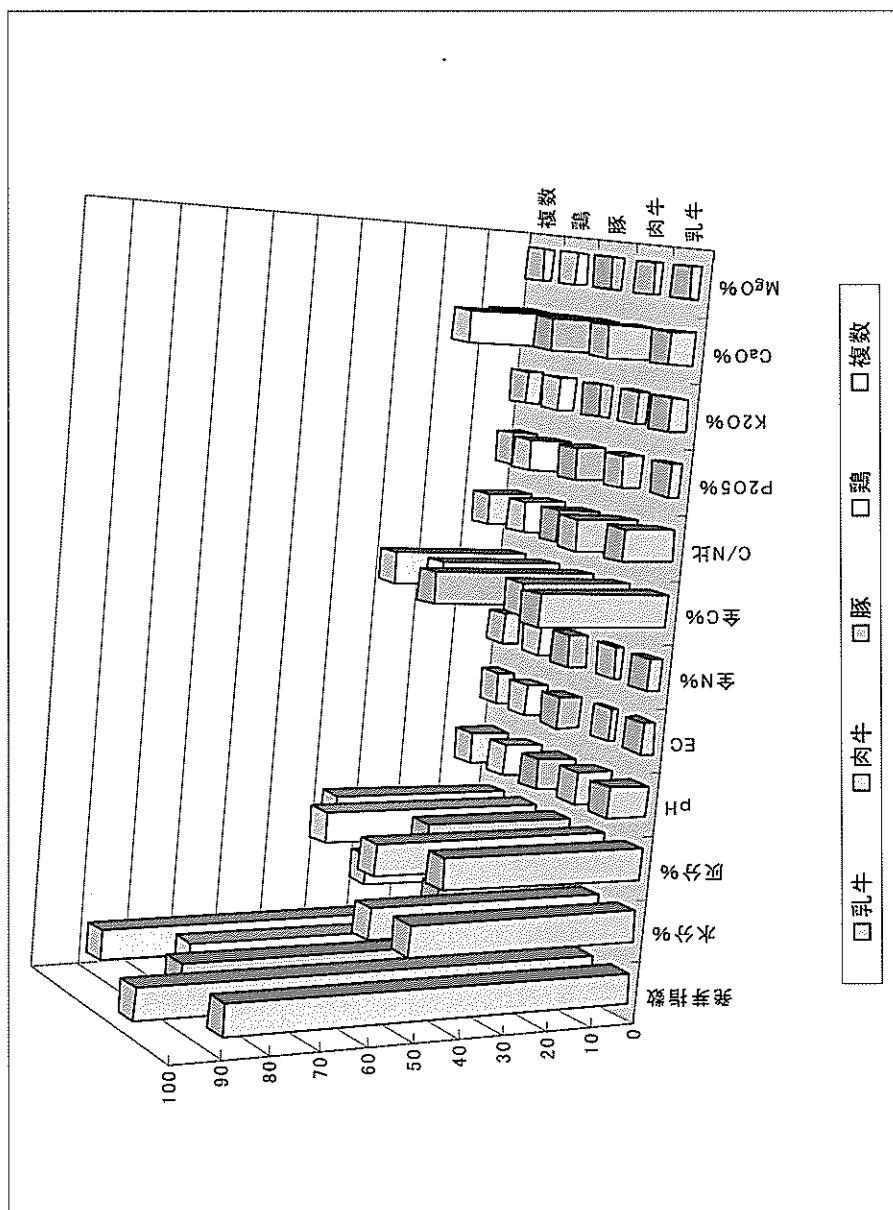
表3-5 家畜ふんと複数資材混合の堆肥成分 (冬季平均値)



畜種	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P2O5%	K2O%	CaO%	MgO%
乳牛	99	61.7	30.2	8.72	9.43	1.66	36.3	22.0	2.96	2.44	1.27	1.43
肉牛	98	54.1	25.9	8.53	2.30	1.85	39.3	21.5	2.30	2.87	1.26	1.13
複数	99	41.3	32.6	8.67	3.05	2.35	36.6	16.7	4.53	3.03	3.28	1.50

畜種	アンモニアppm	銅ppm	亜鉛ppm
乳牛	472	41.0	153
肉牛	591	44.4	199
豚	623	124	374

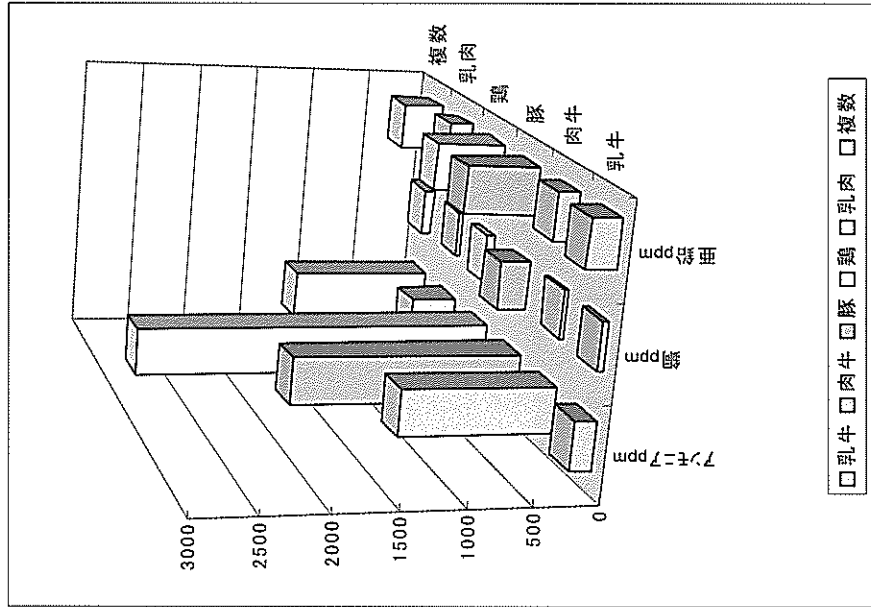
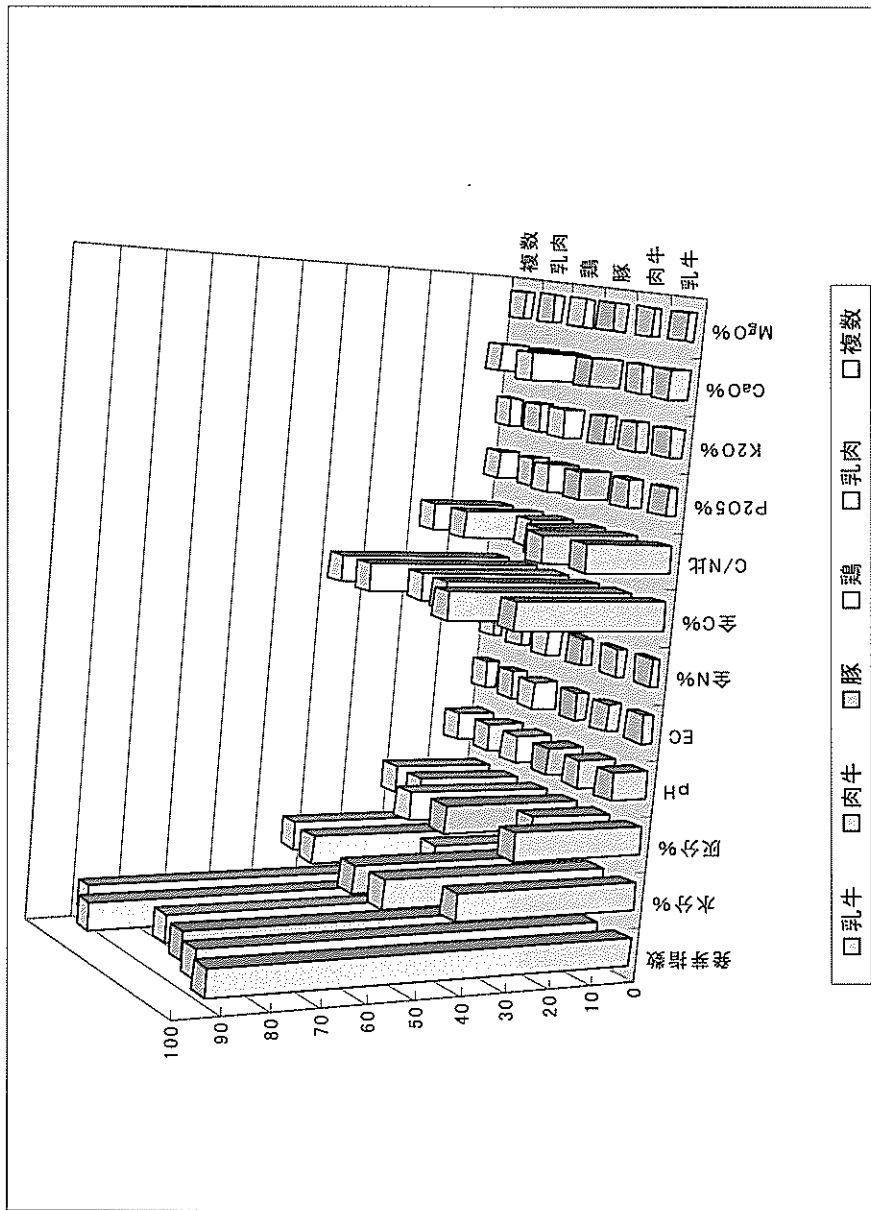
表 4-1 家畜ふんのみ堆肥成分 (夏季平均値)



畜種	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%
乳牛	88	50.9	44.7	9.08	2.51	2.61	29.0	11.3	2.27	4.00	5.37	2.27
肉牛	100	52.4	52.3	7.97	1.41	1.81	24.8	13.7	4.45	2.34	10.8	1.68
豚	85	29.7	33.3	8.92	5.28	4.21	36.7	9.7	6.83	2.61	15.2	2.68
鶏	77	20.9	49.3	8.81	4.91	3.04	27.5	9.5	9.43	3.98	26.4	2.57
複数	90	32.0	40.0	8.90	4.04	3.58	31.0	10.1	5.73	3.56	10.6	2.24

畜種	アニリンppm	銅ppm	亜鉛ppm
乳牛	498	226.0	314
肉牛	454	37.3	142
豚	4120	254.0	584
鶏	2570	66.9	503
複数	1240	89.5	362

表4-2 家畜ふんとオガクズ混合の堆肥成分（夏季平均値）



畜種	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P ₂₀₅ %	K ₂₀ %	CaO%	MgO%
乳牛	92	29.4	40.9	8.14	2.49	1.75	34.2	19.5	2.30	3.01	4.56	1.89
肉牛	89	18.1	50.4	8.28	2.79	1.96	41.9	22.1	3.51	2.90	2.78	1.60
豚	86	31.0	50.6	8.33	2.77	2.45	35.6	15.1	7.14	2.50	7.06	3.12
鶏	84	32.5	25.4	8.47	5.55	3.49	34.2	10.1	7.10	4.74	13.7	2.32
乳肉	95	23.3	47.3	8.13	3.43	2.40	39.8	18.7	3.62	3.15	3.26	2.16
複数	90	22.6	45.4	8.68	2.94	2.21	39.8	19.2	4.56	3.10	6.55	2.00

畜種	アンモニア ppm	銅 ppm	亜鉛 ppm
乳牛	181	46.8	229
肉牛	1230	26.7	169
豚	1840	238.0	590
鶏	2878	70.8	565
乳肉	382	35.2	196
複数	1175	86.7	338

表4-3 家畜ふんとモミガラ混合の堆肥成分(夏季平均値)

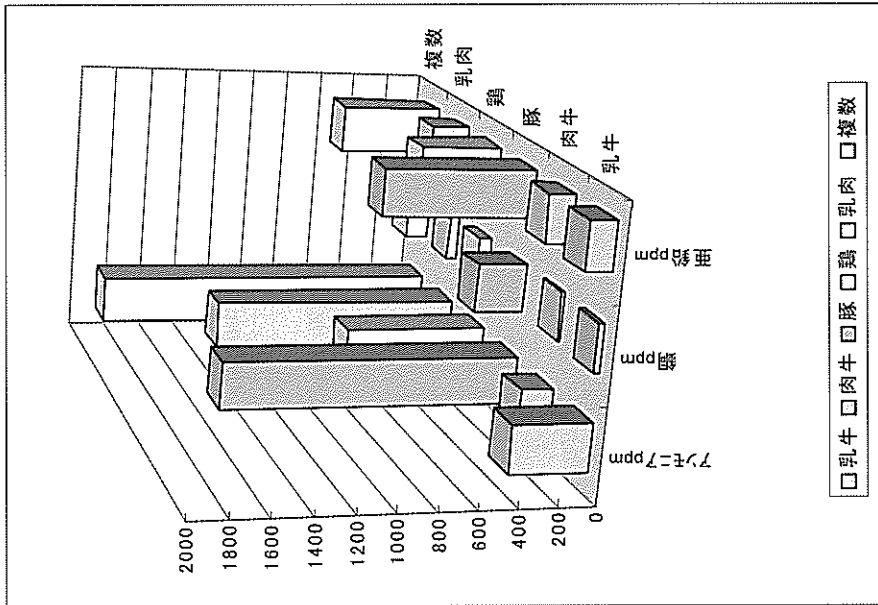
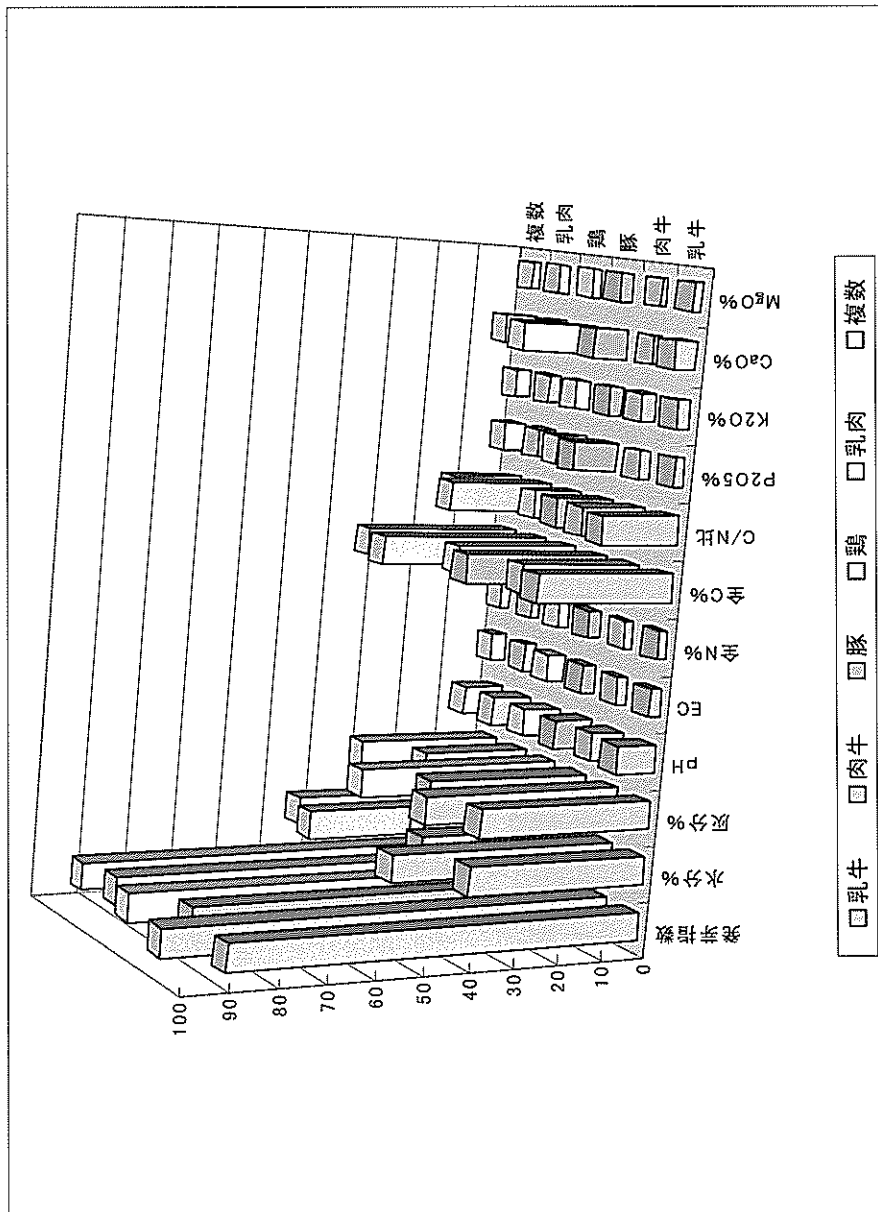
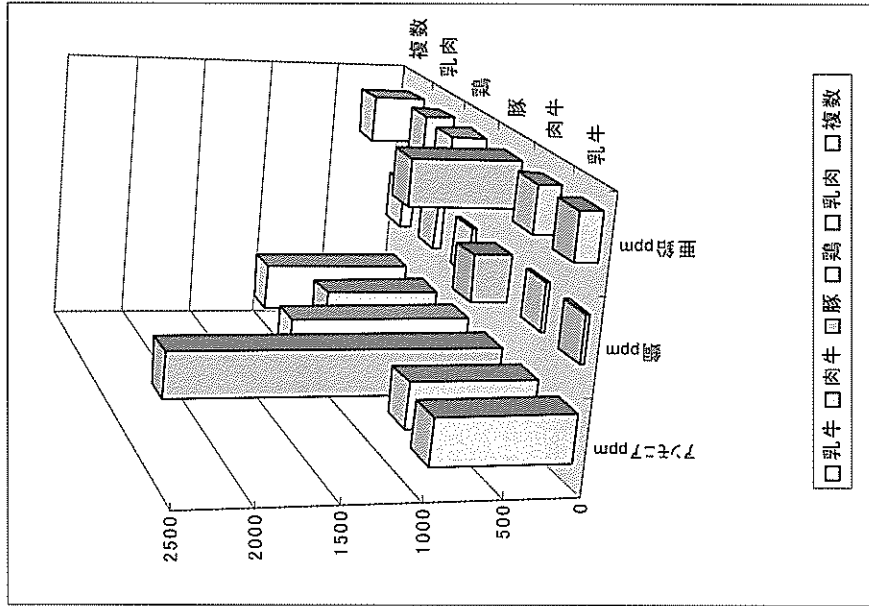
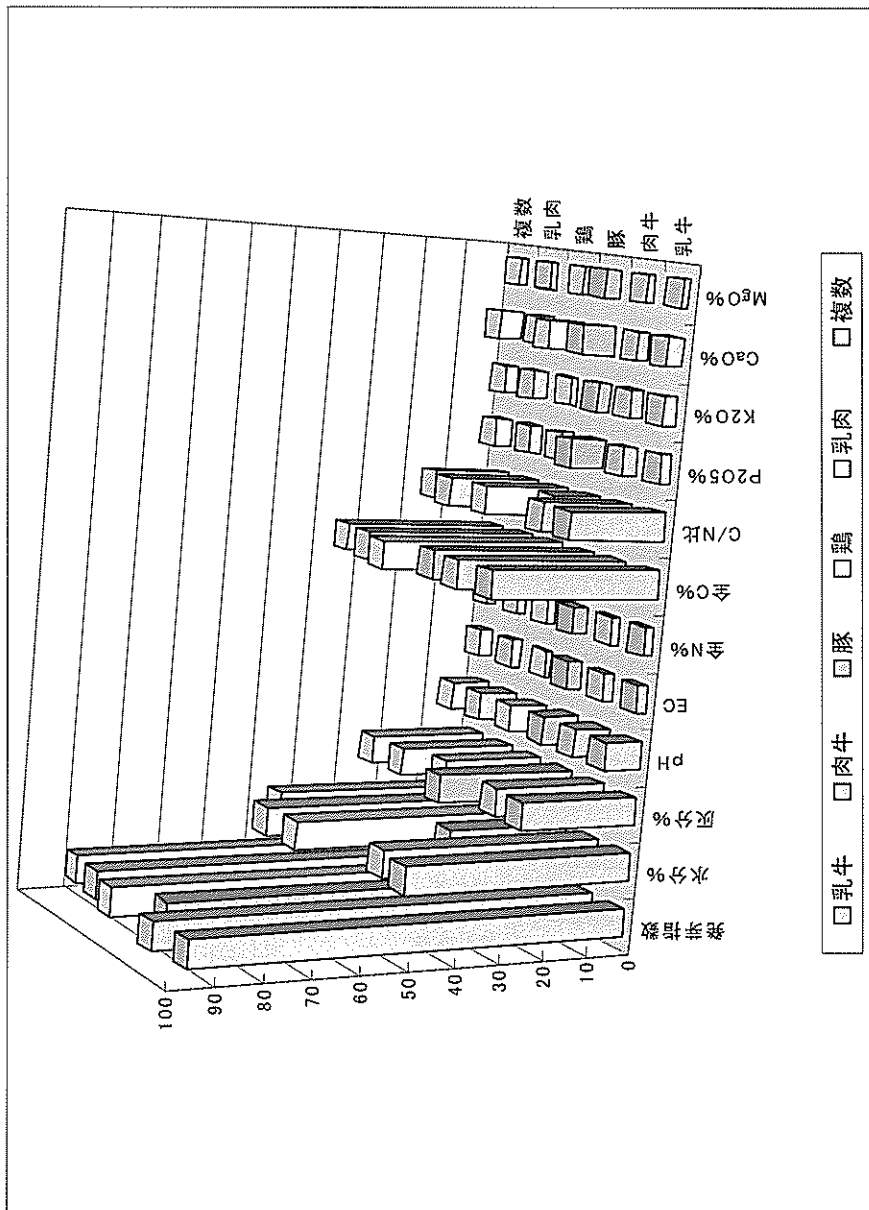


表4-4 家畜ふんと複数資材混合の堆肥成分 (夏季平均値)



畜種	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全N%	全C%	C/N比	P ₂₀₅ %	K ₂₀ %	CaO%	MgO%
乳牛	94	50.8	26.3	8.56	2.24	1.84	38.1	21.9	2.30	3.06	3.58	1.51
肉牛	96	48.9	25.0	8.04	2.38	1.97	38.4	20.7	3.32	2.80	2.45	1.60
豚	88	27.4	30.8	8.04	3.50	3.36	37.0	11.0	7.87	2.78	7.67	3.63
鶏	94	55.5	22.6	8.54	1.16	2.15	41.5	19.3	2.76	1.51	8.08	1.07
乳牛	92	56.1	26.0	8.71	2.38	1.90	38.2	20.7	2.80	3.25	3.04	1.69
複数	91	47.1	26.3	8.49	2.83	2.16	36.8	17.5	4.20	3.02	5.42	1.80

畜種	アミノ酸 ppm	銅 ppm	亜鉛 ppm
乳牛	919	35.8	150
肉牛	851	30.3	155
豚	2240	258.0	740
鶏	1230	39.8	239
乳牛	794	55.7	199
複数	1050	88.7	353

安全で衛生的な良質堆肥生産に向けて

1. 家畜ふんの堆肥化処理と安全性対策

家畜ふんの堆肥化処理では、堆肥の農地施用に当たっては成分的に土壌や作物に障害を与えないことと、作業や地域環境に支障がないように衛生的な堆肥を生産する必要がある。

堆肥化処理の目的は、好気性の微生物により家畜ふんの中に含まれる臭気物質などの分解し易い有機物を分解し、成分の安定化を図るとともに、微生物分解の過程で発生する70℃程度の高温により病原菌や寄生虫、また雑草の種子を死滅させるなどの衛生対策を行うことである。

発酵温度が70℃程度で良好に生産された堆肥の品質は、牛ふんや豚ふん、鶏ふんで異なるが、概ね水分は40～60%程度に下がっており、臭気も畜ふん臭はなく、病原性微生物も死滅しており、取り扱い易い安全なものとして腐熟が進んでいる。こうした堆肥は、作物にとっては生育促進の効果、土壌には物理的性質の改善効果、土壌中のミミズなどの生物活動の促進効果などを有しており、使い易い堆肥の利用促進につながっていく。

2. 良質堆肥の生産条件

1) 好気性条件の維持

畜ふんのみでは水分70%以上であり、通気性がなく嫌気条件になるため、おが屑や戻し堆肥などを使って水分65%程度に下げ、堆肥化処理を行うこと。

より一層好気性を維持するために、発酵槽下部からターボブロワーにより送風する。また、ショベルローダや機械攪拌機により堆肥の切り返しを行うこと。

こうした好気性条件を保つことにより発酵温度は70℃程度に上昇し、病原菌が死滅するとともに、腐熟が進む。

2) 発酵堆肥化の処理期間

家畜ふんには、易分解性有機物と、難分解性有機物があり、堆肥化処理は易分解性有機物の分解を行う。そのため、有機物の腐熟には通常1ヶ月から6ヶ月間を要する。特に、おが屑などの木質物の分解は遅い。

3. 衛生的な堆肥の生産条件

大腸菌など病原性微生物は下記の熱処理で死滅することから、好気性の堆肥化条件を整えて、十分な切り返しを行い、堆肥全体が高温で熱処理されることが必要である。

病原菌等の死滅時間

大腸菌	60℃で20分
サルモネラ菌	56℃で60分
ブドウ球菌	50℃で10分
クリプトスポリジウム	55℃で5分
雑草の種子:60℃、2日間でほぼ発芽率ゼロ	

以上の堆肥化処理条件を踏まえ、衛生的かつ安全で良質堆肥の生産に心がけてください。

7. 国からの委託研究

課題名：微生物資材評価法の標準化と効果の判定

豚糞尿混合物のpH、尿中窒素含量および脱臭資材の添加が*in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響

担当者：山本朱美、伊藤 稔、古谷 修

委託元：独立行政法人農業技術研究機構

研究期間：平成12～16年度

緒 言

畜産経営からの悪臭を低減させる目的で、多くの脱臭資材が市販されている¹⁾が、これらの添加効果が明確になっているものはきわめて少なく、簡易、かつ精度の高い効果判定手法の開発がきわめて重要である。著者ら²⁾は、豚の糞尿混合物からのアンモニア揮散量を比較的簡易に精度よく測定できる*in vitro*装置を開発し、これまでに、培養時間、培養温度、吸気量、糞および尿の混合割合等がアンモニア揮散量に及ぼす影響について明らかにした。Cahnら³⁾は、溶液中のアンモニアはアンモニウムイオン(NH₄⁺)と平衡状態にあるが、糞尿試料のpHが下がるとこの平衡はアンモニアからアンモニウムの方向に進み、その結果としてアンモニア揮散量が低くなるとしている。したがって、著者らが開発した*in vitro*測定装置においても、糞尿混合物の培養開始時のpHがアンモニア揮散量に影響するものと考えられる。散布型脱臭資材の中には、糞尿のpHを低減させてアンモニア揮散を抑制すると考えられるものがあり、当該装置におけるpHの影響についても明らかにする必要がある。

そこで、新たに開発された豚の糞尿混合

物からのアンモニア揮散量の*in vitro*測定装置²⁾を用い、糞尿混合物のpHがアンモニア揮散量に及ぼす影響について検討した。また、尿中窒素含量がアンモニア揮散量に及ぼす影響を調べるとともに、当該装置の散布型脱臭資材(鉍物系)の評価への適用を試みた。

材料および方法

1. アンモニア揮散量に及ぼす要因の検討
糞尿混合物からのアンモニア揮散量は*in vitro*測定装置²⁾を用いて測定した。

1) 糞尿混合物のpHの影響(実験1)

標準的な飼料を給与した豚から採取した糞(窒素濃度12.9 mg/g)および尿(窒素濃度9.2mg/g)を、それぞれ、40および160g混合して、培養器に入れ、糞尿混合物のpHが4、5、6、7、8および9の6水準となるように希塩酸あるいは水酸化ナトリウム溶液で調整した。なお、糞尿混合物の調整前のpHは6.41であった。培養温度は30℃とし、500 ml/minで24時間吸気して、その間に4%ホウ酸溶液に捕集されたアンモニア態窒素量を0.1N硫酸を用いる滴定法により測定した。また、培養開始から24時間後に培養器中に残留したアンモニア態窒素含量を水蒸気蒸

留法により測定するとともに、糞尿混合物のpHを測定した。なお、pHの測定はガラス電極法によった。測定点数は、各pH処理区で3反復とした。

2) 尿中窒素含量の影響 (実験2)

窒素濃度が11.2 mg/gの糞と尿中窒素含量が2.6~9.6 mg/gの豚尿を6点供試し、実験1と同様の方法で、糞および尿を、それぞれ40および160 gの割合で混合し、アンモニア揮散量を測定した。なお、用いた6点の豚尿はそれぞれ異なる豚から採取したもので、各尿試料で2~3反復の測定を行った。

2. 市販脱臭資材の評価への適用 (実験3)

市販の散布型脱臭資材(鋳物系)を糞尿混合物に添加して、アンモニア揮散量に及ぼす影響を評価した。この資材の内容は、鋳物系ということは明らかであるが、詳細は不明である。アンモニア揮散量の測定は実験1と同様としたが、培養時間は48時間とした。供試した糞および尿の窒素含量は、それぞれ、12.3および6.5mg/gであった。資材の添加量は0、0.5、1.0および1.5%の4段階としたが、当該資材のメーカーの推奨添加量は1~2%である。培養開始時および終了時のpHを測定した。なお、資材5gを蒸留水100 mlに添加した溶液のpHは2.9であった。各添加水準での測定は2反復とした。

3. 化学分析

糞尿混合物中のケルダール法による全窒素およびアンモニア態窒素、ならびに4%ホウ酸液で捕集したアンモニアは常法⁹⁾によって定量した。

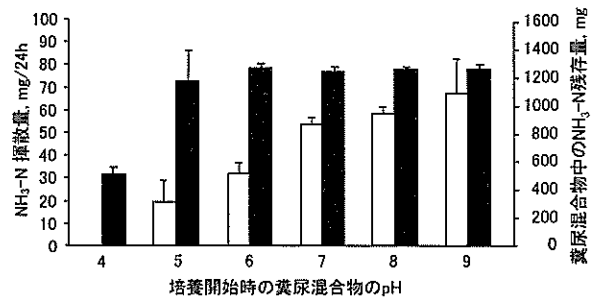


図1. 24時間のin vitro培養におけるNH₃-N揮散量(□)および糞尿混合物中のNH₃-N残存量(■)に及ぼす培養開始時の糞尿混合物のpHの影響

結果および考察

1. アンモニア揮散量に及ぼす要因の検討

1) 糞尿混合物のpHの影響 (実験1)

培養開始時の糞尿混合物のpHがアンモニア揮散量および培養器中に残存したアンモニア態窒素に及ぼす影響を図1に示した。培養開始時の糞尿混合物のpHが4の場合は24時間のアンモニア(アンモニア態窒素量)揮散は全く認められなかった。pH5および6で19から32 mgへと高まり、pH7、8および9では、それぞれ、53、58および67 mgとほとんど変化なかった。また、培養器中に残存したアンモニア態窒素含量はpH4では500 mgの低い値を示したが、pH5以上では、いずれも1,200 mg程度となった。なお、培養終了時のpHは、培養開始時のpHが4の場合は5.3と低かったが、開始時のpHが5以上では、順に7.9、8.2、8.4、8.5および8.6とかなり高かった。

揮散したアンモニア態窒素量と培養器中に残存したアンモニア態窒素量の合計値(発生したアンモニア態窒素の全量)を培養に供試した尿中の窒素量、1,474 mgと比較

すると、pH 4 では500 mg (34%) と低かったが、pH 5～9の範囲では80～90%と高く、培養開始時のpHが5以上の場合には、培養24時間で尿中の窒素の大部分がアンモニア態窒素に転換されると考えられた。尿中の窒素のほとんどは尿素態窒素であるが、これは糞中に含まれるウレアーゼによって速やかにアンモニアに転換される^{5,6)}。ウレアーゼの最適pHは8.0であり⁷⁾、糞尿混合物のpHが4と極端に低い場合にはアンモニアの生成が阻害されたものと考えられる。pHが5以上ではアンモニアの生成は十分に行われるが、溶液中のpHが低い場合にはアンモニアとアンモニウム (NH_4^+) との平衡状態がアンモニウムの方向に進み、その結果としてアンモニア揮散量が低くなる³⁾ため、pH 5 および 6 の処理区でのアンモニアの揮散量はpH 7以上の処理区に比較して低くなったと考えられる。pH 4の場合にアンモニア揮散量がゼロとなったのは、ウレアーゼ活性の阻害の他に、このアンモニアとアンモニウムの平衡がアンモニウムの方向に著

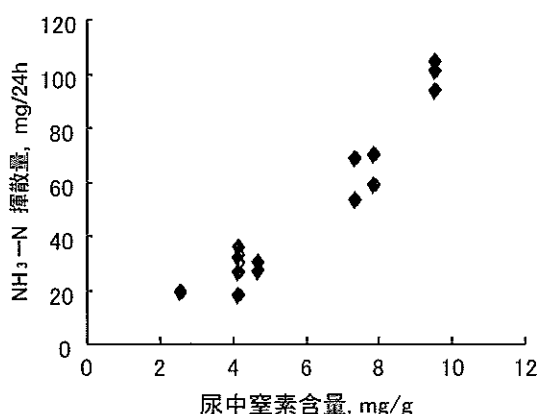


図2 24時間の*in vitro*培養における豚糞尿混合物からNH₃-N揮散量に及ぼす尿中窒素含量の影響

しく傾いていたことも一因と考えられる。

2) 尿中窒素含量の影響 (実験2)

尿中窒素含量がアンモニア揮散量に及ぼす影響について図2に示した。尿中窒素含量が2.6 mg/gから9.6 mg/gに高まるにともない、アンモニア揮散量は増加した。Aarninkら⁸⁾は、豚房からのアンモニア揮散量には尿中の窒素含量と直線的な関係があるとしている。本実験では、尿中窒素含量がもっとも高かった9.6mg/gで、指数関数的な高まりが認められたが、本実験で供試した尿中窒素含量の2.6～9.6mg/gの範囲であれば、糞尿混合物からの*in vitro*アンモニア揮散量は尿中窒素含量にともない直線的に高まると考えてよいと思われる。

2. 市販脱臭資材の評価への適用 (実験3)

供試した市販脱臭資材の添加量がアンモニア揮散量、および培養開始時および48時間の培養終了時における糞尿混合物のpHに及ぼす影響について図3に示した。糞尿混合物からのアンモニア揮散量は資材の添加

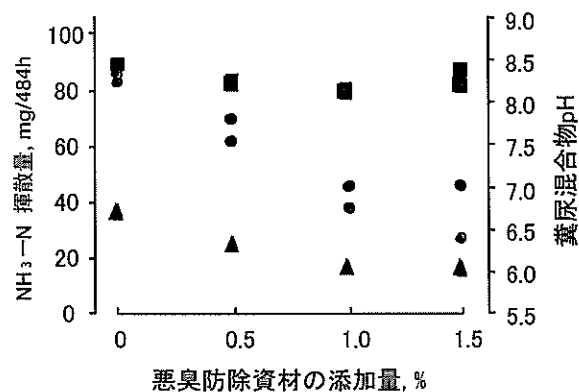


図3 48時間の*in vitro*培養におけるNH₃-N揮散量 (●) および培養開始時 (▲) および終了時 (■) の糞尿混合物pHに及ぼす豚糞尿混合物への鉍物系悪臭防除資材添加の影響

量が1.0%までは直線的に減少したが、1.0および1.5%の添加では差がなかった。0.5、1.0および1.5%添加区でのアンモニア揮散量は、無添加区を100として、それぞれ、74、46および40%となった。また、培養開始時の糞尿混合物のpHは添加量が1.0%になるまではほぼ直線的に低下し、1.5%添加区ではそれ以上の低下は認められず、無添加区のpH 6.77に比較し、0.5、1.0および1.5%添加区で、それぞれ、0.41、0.67および0.71低かった。一方、培養48時間後における糞尿混合物のpHは、いずれの処理区においても約8.3とほぼ同様となった。

前述のように供試資材の水溶液のpHは著しく低い値を示し、このことが当該資材を培養液に添加した場合にアンモニア揮散量を低下させた一因と考えられる。実験3の資材無添加区と1.0%添加区を比較すると、後者の方が培養開始時のpHは0.67、また、アンモニア揮散量は64%低くなった。実験1の結果では、培養開始時のpHが6および7で、アンモニア態窒素の揮散量は、それぞれ、33 mgおよび53 mgとなりpH 6の方が約40%低かった。また、著者らは、供試糞量を40gから80gに増やした場合には、培養開始時のpHが0.27低くなり、アンモニア揮散量は約50%減少したことを報告している²⁾。このように、培養開始時のpHの差とアンモニア揮散量の低減程度は必ずしも一致していないが、これは、培養液のpHが、供試資材に含まれる何らかの物質、酸またはアルカリの添加、あるいは糞の混合量といった異なった手段によって調整されていた

ことに関係しているかも知れない。いずれにしても、培養開始時のpHがアンモニア揮散量に影響していることは明らかであり、当該資材の添加の場合も、pHが低下し、それによってアンモニアとアンモニウムの平衡がアンモニウムの方向に傾き、その結果アンモニア揮散量が少なくなったものと考えられる。このように、糞尿のpHを下げることでアンモニア揮散量を抑えることは可能であるが、そのことによってその後の堆肥の発酵や污水处理に悪影響がないかどうかの検討が、別の問題として重要である。最近、野町ら⁹⁾は、腐植酸の糞への添加がアンモニアの揮散抑制に効果があるが、同時に堆肥の発酵も遅延されることを報告している。

以上の結果から、アンモニア揮散量の*in vitro*測定装置による測定では糞尿混合物のpHおよび尿中窒素含量が影響し、また、当該装置により散布型脱臭資材のアンモニア揮散量低減効果が評価できることが示唆された。

要 約

豚の糞尿混合物からの*in vitro*アンモニア揮散量測定装置を用い、糞尿混合物のpHおよび尿中窒素含量がアンモニア揮散量に及ぼす影響について検討するとともに、当該装置の散布型脱臭資材の評価への適用を試みた。実験1では、培養開始時の糞尿混合物のpHを4～9の6水準に調整し、24時間におけるアンモニア揮散量および培養後の糞尿混合物に残留したアンモニア態窒素含

量を測定した。実験2では、尿中窒素含量が2.6~9.6mg/gの範囲の6水準の豚尿を供試し、アンモニア揮散量を測定した。実験3では、市販の散布型脱臭資材（粉末、鉱物系）を糞尿混合物に0、0.5、1.0および1.5%添加し、培養開始時および48時間後の終了時のpH、およびアンモニア揮散量を測定した。得られた結果は以下の通りであった。

実験1では、アンモニア揮散量は、培養開始時のpHが4の場合はゼロであり、pH7まで直線的に増加した。このアンモニア揮散量と24時間後に糞尿混合物中に残留したアンモニア態窒素量を合わせたアンモニア発生量の合計量はpH5以上では有意差は認められなかった。実験2では、尿中窒素含量が2.6から9.6 mg/gへ高まるにともない、アンモニア態窒素揮散量（平均値）は18から104 mgへ直線的に増加した。実験3では、資材を0、0.5、1.0および1.5%添加した場合の培養開始時のpHは、それぞれ、6.77、6.36、6.10および6.06と資材の添加量の増加とともに低くなった。また、アンモニア態窒素揮散量（平均値）は、それぞれ、89.4、65.6、40.8および36.2となり、1.5%の添加で、無添加の場合に比較して約40%にまで低減された。

以上の結果から、アンモニア揮散量の*in vitro*測定装置による測定では糞尿混合物のpHおよび尿中窒素含量が影響し、また、当該装置により散布型脱臭資材のアンモニア揮散量低減効果が評価できることが示唆された。

謝 辞

本研究は、独立行政法人農業技術研究機構の「21世紀を目指した農山漁村におけるエコシステム創出に関する技術開発」事業において、同機構畜産草地研究所からの委託を受けて実施したものである。また、実験に供試した豚糞尿試料の採取に際しては、福島県立農業短期大学の山田未知氏には多大の援助をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 羽賀清典. 2001. 豚ふん尿処理技術に関する最近の研究から. 畜産試験場報告, 60:1-20.
- 2) 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修. 2002. 豚糞尿混合物からのアンモニア揮散量の*in vitro*測定法. 日本畜産学会報. 73:503-508.
- 3) Cahn TT, Aarnink AJA, Verstegen MWA, Schrama JW. 1998. Influence of dietary factors on pH and ammonia emission of slurry from growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 76:1123-1130.
- 4) 石橋 晃監修. 2001. 新編動物栄養試験法, pp. 458-462. 養賢堂、東京.
- 5) Jongbloed AW, Lenis NP. 1992. Alteration of nutrition as means to reduce environmental pollution by pigs. *Livestock Production Science*, 31:75-94.
- 6) Aarnink AJA, Hoeksma P, van Ouwerkerk ENJ. 1993. Factors affecting ammonia concentration in slurry from fattening pigs.

- In : Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences (Verstegen MWA, den Hartog LA, van Kempen GJM, Metz JHM eds.) 413-420. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen, The Netherlands.
- 7) 八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆 編集. 1996. 岩波生物学事典第4版、p109. 岩波書店、東京.
- 8) Aarnink AJA, van der Berg AJ, Keen A, Hoeksma P, Verstegen MWA. 1996. Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory and lying behaviour of growing pigs. *Journal Agricultural Engineering Research*. 64:299-310.
- 9) 野町太朗・池中行夫・中村美穂・関哲夫. 2002. 豚ふんへの腐植酸添加が抑臭および堆肥化に与える影響. 静岡県中小家畜試験場研究報告. 13:38-42.

8. 委員会・会議等の開催

8. 委員会・会議等の開催

1) 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業推進検討委員会の開催

日 時 平成 14 年 7 月 23 日

場 所 財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

議 題

- (1) 平成 14 年度研究計画の進捗状況について
- (2) 本事業の総括取りまとめについて
- (3) 次期対策等について
- (4) 質疑応答
- (5) 現地検討会

今牧場（栃木県那須郡那須町）

2) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業北海道および東北地方検討委員会

日 時 平成 14 年 10 月 1 日～2 日

場 所 独立行政法人農業技術研究機構北海道農業研究センター

議 題

- (1) 北海道および東北地域の畜産環境問題の現状と課題について
- (2) 北海道地域における畜産環境対策技術の課題について
- (3) 平成 13 年度実証施設の調査結果の概要、平成 14 年度の施設改造計画とその進捗状況及び今後の調査計画と課題
- (4) 平成 14 年度新設実証施設の計画概要と進捗状況
- (5) 平成 13 年度共通調査項目の調査結果及び当研究所が依頼した試験研究課題の進捗状況について
- (6) 平成 13 年度堆肥の品質実態調査結果について
- (7) 北海道および東北地域における簡易低コスト施設を中心とした畜産環境対策の今後の技術的課題と解決手法について
- (8) 整備実証施設の現地検討会
- (9) その他

3) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業九州地方検討委員会

(9) その他

5) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業関東地方検討委員会

日 時 平成 13 年 11 月 28 日～29 日

場 所 群馬県庁 295 会議室

議 題

- (1) 関東地域の畜産環境問題の現状と課題について
- (2) 関東地域における畜産環境対策技術の現状と課題について
- (3) 平成 13 年度実証施設の調査結果の概要、平成 14 年度の施設改造計画とその進捗状況及び今後の調査計画と課題
- (4) 平成 14 年度新設実証施設の計画概要と進捗状況
- (5) 平成 13 年度共通調査項目の調査結果及び当研究所が依頼した試験研究課題の進捗状況について
- (6) 平成 13 年度堆肥の品質実態調査結果について
- (7) 関東地域における簡易低コスト施設を中心とした畜産環境対策の今後の技術的課題と解決手法について
- (8) 整備実証施設の現地検討会
- (9) その他

6) 畜産環境保全経営技術開発普及促進事業推進検討委員会の開催

日 時 平成 15 年 3 月 14 日

場 所 財団法人 畜産環境整備機構 第一会議室

議 題

- (1) 平成 14 年度研究開発事業の実施結果について
- (2) 全体の事業実施結果について
- (3) 新規事業について
- (4) その他

7) 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発普及促進事業中央検討委員会および審査会

日 時 平成 15 年 3 月 14 日

場 所 財団法人 畜産環境整備機構 第一会議室
議 題

(1) 中央検討委員会

- ①簡易低コスト処理施設開発普及事業
- ②効率的処理技術等情報システム整備事業
- ③堆きゅう肥の品質実態調査事業
- ④平成 15 年度事業実施スケジュールについて

(2) 審査会

(3) その他

9. 職員の普及活動等

9. 職員の普及活動等

学術論文

1. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の*in vitro*測定法. 日本畜産学会報. 73.503-508. 2002.
2. Akemi YAMAMOTO, Minoru ITOH, Yoshikatsu KADOYA, Hirokazu KANNO, Michi YAMADA and Shu FURUYA. Reduction of urinary nitrogen excretion and ammonia emission from slurry by feeding a low protein diet supplemented with apple pomace to growing pigs. *Animal Science Journal*.73, 301-304.2002.
3. Akemi YAMAMOTO, Eiichi UMEMOTO, Minoru ITOH, Masatoshi MATSUI, Nobuo FUJIMURA and Shu FURUYA. Reduction of ammonia emission from growing pig rooms by feeding a low protein diet supplemented with apple pomace. *Animal Science Journal*. 73, 505-508.2002.
4. 山本朱美・伊藤 稔・猪狩 勉・矢口弘子・岡崎充成・古谷 修：鶏糞焼却灰のプロイラーおよび産卵鶏飼料におけるリン源としてのリサイクル利用. 家禽学会誌. 39、J147-J152.2002.
5. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚糞尿混合物のpH、尿中窒素含量および脱臭資材の添加が*in vitro*アンモニア揮散量に及ぼす影響. 日本畜産学会報. 印刷中.

学会口頭発表

1. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚ふん尿混合物のpHおよび尿中窒素含量が*in vitro* アンモニア揮散量に及ぼす影響. 第78回日本養豚学会大会、10月
2. 山本朱美・伊藤 稔・古谷 修：豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の*in vitro* 測定法. 第78回日本養豚学会大会、10月
3. 長峰孝文、亀岡俊則、山本朱美、古川智子、伊藤 稔、古谷 修：微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発 施設の状態を判断するシステムの構築、日本農業施設学会、9月
4. 長峰孝文、亀岡俊則、山本朱美、古川智子、伊藤 稔、古谷 修：微生物相による畜舎汚水浄化機能の簡易評価法の開発、畜産環境保全に関する技術開発成果発表会、10月
5. 亀岡俊則、長峰孝文、伊藤 稔、古谷 修：メタン発酵の効率及びメタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発、畜産環境保全に関する技術開発成果発表会、10月
6. 伊藤 稔：畜産環境技術研究所における畜産環境技術研究の動向と成果、家畜ふん尿処理・利用研究会、11月

7. 長峰孝文、亀岡俊則、山本朱美、古川智子、伊藤 稔、古谷 修：豚ふんメタン発酵消化液によるユーグレナ（ミドリムシ）の培養、日本畜産学会101回大会、3月
8. 山本朱美・伊藤 稔・門屋義勝・菅野廣和・山田未知・古谷 修：豚における低タンパク質飼料へのミカンジュース粕添加による尿中窒素排せつ量およびアンモニア揮散量の低減、日本畜産学会第101回大会、3月
9. 古谷 修・古川智子・伊藤 稔：堆肥腐熟度判定の指標としての微生物による酸素消費量と堆肥品温との関係、日本畜産学会第101回大会、3月

普及誌等

1. 亀岡俊則：鶏ふん処理の技術的、経済的留意点、養鶏の友、4月号
2. 古谷 修：畜産農家と耕種農家をつなぐカギ・堆肥の腐熟度、養豚の友、4月号
3. 亀岡俊則：家畜ふんの焼却および炭化处理への応用、養豚の友、5月号
4. 亀岡俊則：豚舎污水の活性汚泥処理システムの特徴、養豚の友、6月号
5. 亀岡俊則：処理水の脱色など高度処理と経済性、養豚の友、7月号
6. 古谷 修：微生物の呼吸作用を利用した堆肥腐熟度の簡易判定法、畜産技術、7月号
7. 山本朱美：栄養管理によるふん尿および窒素の排せつ量の低減技術、養豚の友、8月号
8. 山本朱美：低タンパク質飼料とリンゴジュース粕の飼料添加によって豚舎からのアンモニア発生量を減らす、養豚の友、9月号
9. 亀岡俊則：食品残渣のリサイクル飼料に向けた技術開発、養豚の友、10月号
10. 亀岡俊則：豚舎污水のメタン発酵処理の普及技術①、養豚の友、11月号
11. 亀岡俊則：豚舎污水のメタン発酵処理の普及技術②、養豚の友、12月号
12. 亀岡俊則：豚舎污水のメタン発酵処理の普及技術③、養豚の友、平成15年1月号
13. 亀岡俊則：燃焼技術（鶏ふんの焼却、灰利用）、畜産の研究、平成15年第1号

特許の出願

1. 「メタン発酵処理システム並びにその消化液の脱窒方法」

畜産環境アドバイザー養成研修会講師

1. 亀岡俊則（2002.7）：污水处理施設の設計審査・技術研修（平成14年度第1回）
2. 亀岡俊則（2002.8）：堆肥化施設の設計審査・技術研修（平成14年度第2回）
3. 亀岡俊則（2002.12）：污水处理施設の設計審査・技術研修（平成14年度第2回）
4. 亀岡俊則（2003.2）：臭気対策技術及び新規処理技術研修（平成14年度第1回）
5. 山本朱美（2003.2）：臭気対策技術及び新規処理技術研修（平成14年度第1回）

研修会等講師

1. 古谷 修 (2002.11) : 中央畜産技術研修会 (新技術)
2. 亀岡俊則 (2002.9) : 中央畜産技術研修会 (養豚)
3. 亀岡俊則 (2002.9) : 中央畜産技術研修会 (畜産環境保全Ⅰ)
4. 亀岡俊則 (2002.9) : 平成14年度堆肥センター生産能力向上研修会 (山形県)
5. 亀岡俊則 (2002.9) : 平成14年度沖縄畜産研究会大会 (沖縄県)
6. 亀岡俊則 (2002.10) : 中央畜産技術研修会 (畜産環境保全Ⅱ)
7. 伊藤 稔 (2002.10) : 中央畜産技術研修会 (畜産環境保全Ⅱ)
8. 亀岡俊則 (2002.10) : 平成14年度堆肥センター生産能力向上研修会 (北海道)
9. 亀岡俊則 (2003.1) : 平成14年度堆肥センター生産能力向上研修会 (神奈川県)
10. 亀岡俊則 (2003.1) : 平成14年度鹿児島県堆肥生産利用促進研修会 (鹿児島県)

応嘱委員等

1. 古谷 修 : 農業資材審議会委員 (農林水産省)
2. 古谷 修 : 農業資材審議会専門委員 (農林水産省)
3. 古谷 修 : 平成14年度流通飼料畜産環境改善機能高度化推進事業における企画検討委員会委員 (日本科学飼料協会)
4. 古谷 修 : 平成14年度飼料安全性・環境改善対策事業推進委員会委員 (中央畜産会)
5. 古谷 修 : 家畜飼養標準等検討会委員 (農業技術研究機構)
6. 古谷 修 : 中央畜産コンサルタント団員 (中央畜産会)
7. 古谷 修 : 家畜改良センター調査研究アドバイザー (家畜改良センター)
8. 亀岡俊則 : 滋賀県バイオガス活用モデル検討委員会委員 (滋賀県)
9. 亀岡俊則 : 山梨県富士ヶ嶺堆肥プラント検討委員会委員 (山梨県)
10. 亀岡俊則 : 家畜排せつ物を中心とした燃焼・炭化技術研究会委員 (畜産環境整備機構)

10. 資 料



研究所全景



機器分析室



化学分析室



微生物実験室



試料調製室



データ処理室



実験棟全景



加工実験室



汚水物処理実験室



研修会受講者記念



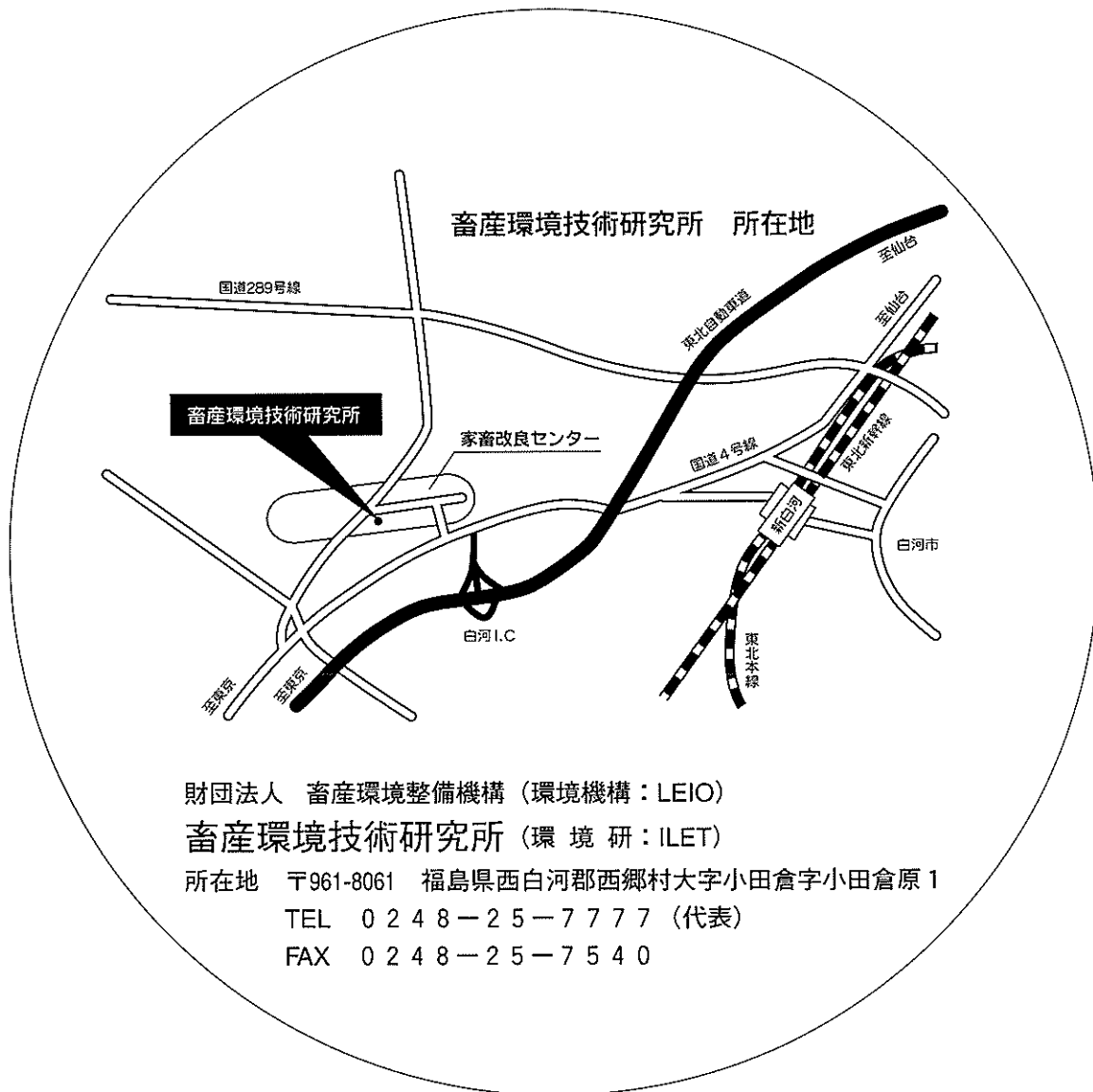
堆肥熟度判定器「コンポテスター」開発製品化



技術研修 (汚水)



技術研修 (臭気)



財団法人 畜産環境整備機構 (環境機構：LEIO)
畜産環境技術研究所 (環境研：ILET)
 所在地 〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原 1
 TEL 0248-25-7777 (代表)
 FAX 0248-25-7540

財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所年報
 第6号 (平成14年度)
 平成15年3月28日発行

発行：財団法人 畜産環境整備機構
 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-19-13 (スピリットビル4階)
 ☎ 03 (3459) 6300
 FAX 03 (3459) 6315

編集および連絡先：財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所
 〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字小田倉原 1
 ☎ 0248 (25) 7777 (代)
 FAX 0248 (25) 7540

メールアドレス：ilet@shirakawa.ne.jp
 ホームページ：http://group.lin.go.jp/leio/index.html

印刷所：有限会社 ワタベ印刷所
 〒961-0936 福島県白河市大工町18
 ☎ 0248 (22) 3241