



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5号  
(平成13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

わが国の畜産が将来に亘って持続的に発展するためには、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」を実施し、本事業の一環として平成8年7月には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）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」が開始されました。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研究所のホームページで紹介しており、これまでに95件の事例を紹介しております。

研究所では、畜産環境問題に関する諸課題について体系的に整理し、毎年度その研究成果と進捗状況についてとりまとめ、広く関係者の皆様のご意見をいただくこととして、畜産環境技術研究所年報を発刊致しております。本年報は研究成果等、平成13年度の活動状況ととりまとめたもので、当研究所の姿を垣間見ていただくとともに、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。

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、家畜排せつ物の素掘り、野積の解消等が喫緊の課題とされ、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。

平成14年7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. 組織図および職員	3
3. 施設及び主要機械器具	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13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リンゴジュース粕の添加による尿中窒素 排せつ量およびスラリーからのアンモニア発生量の低減	23
2) アミノ酸添加低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の添加による豚房 からのアンモニア揮散量の低減	28
3) リンゴジュース粕の低タンパク質飼料への添加が肥育豚の発育、窒素排せつ量 および背脂肪厚に及ぼす影響	33
4) メタン発酵消化液の低コスト処理技術の開発	40
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	50
6) 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	55
7) 戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化	58
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の実施状況	
1) 簡易低コスト処理施設の開発実証	63
2) 効率的処理技術等情報システム整備事業	66
3) 堆きゅう肥の品質実態調査事業	72
6. 国からの委託研究	87
7. 委員会・会議等の開催	95
8. 職員の普及活動等	103
9. 資料	
●研究所内写真	107
●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「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795m<sup>2</sup>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700m<sup>2</sup>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。

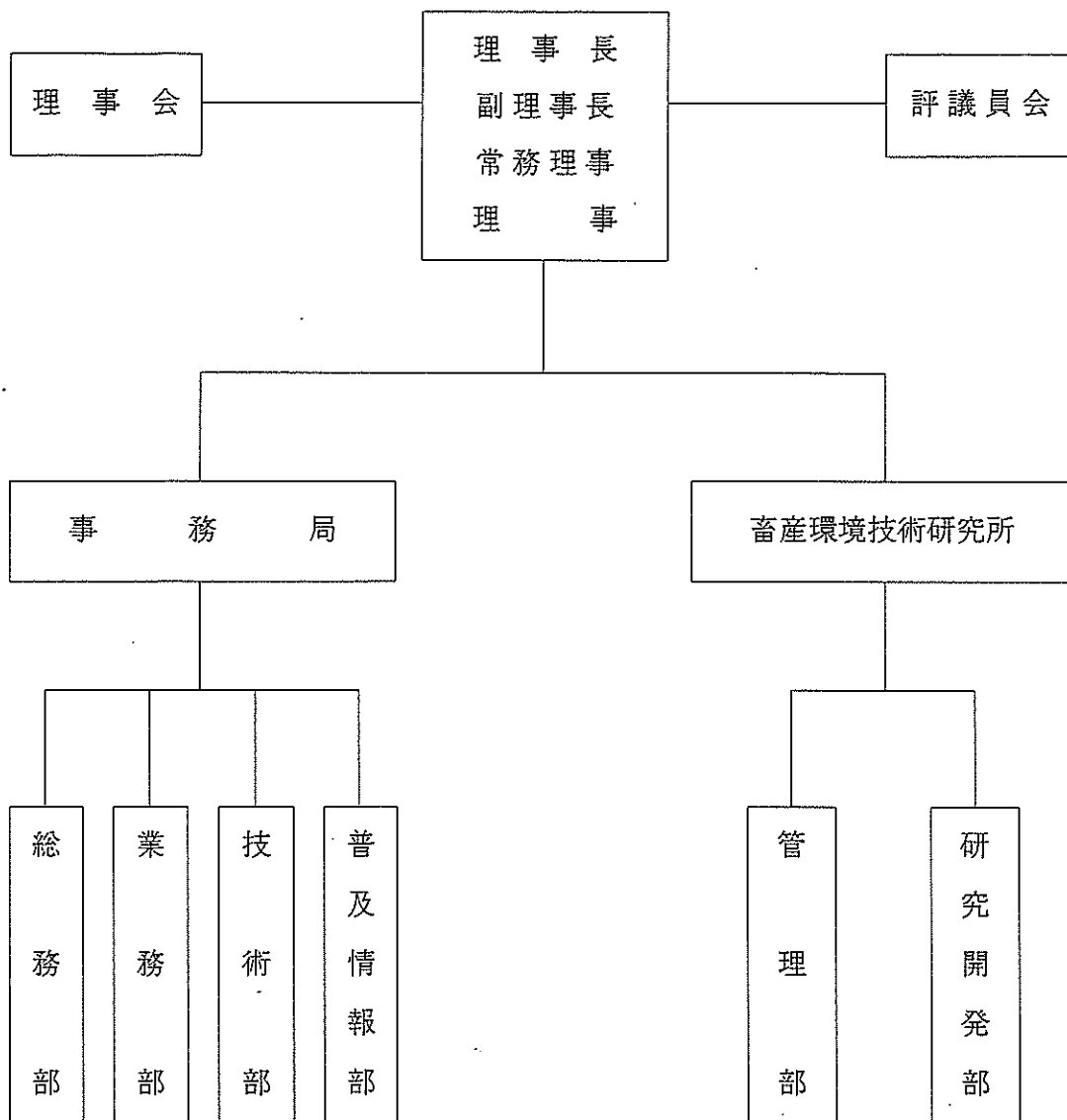
本研究事業においては、個々の畜産経営における低コストかつ安定的な家畜ふん尿処理・利用技術および環境保全のための総合的な飼養管理体系の開発に視点を置いて「畜産環境保全経営技術開発検討委員会、専門部会委員会、小委員会」での研究開発課題について検討のうえ、各年度の研究開発課題の推進に努めている。

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

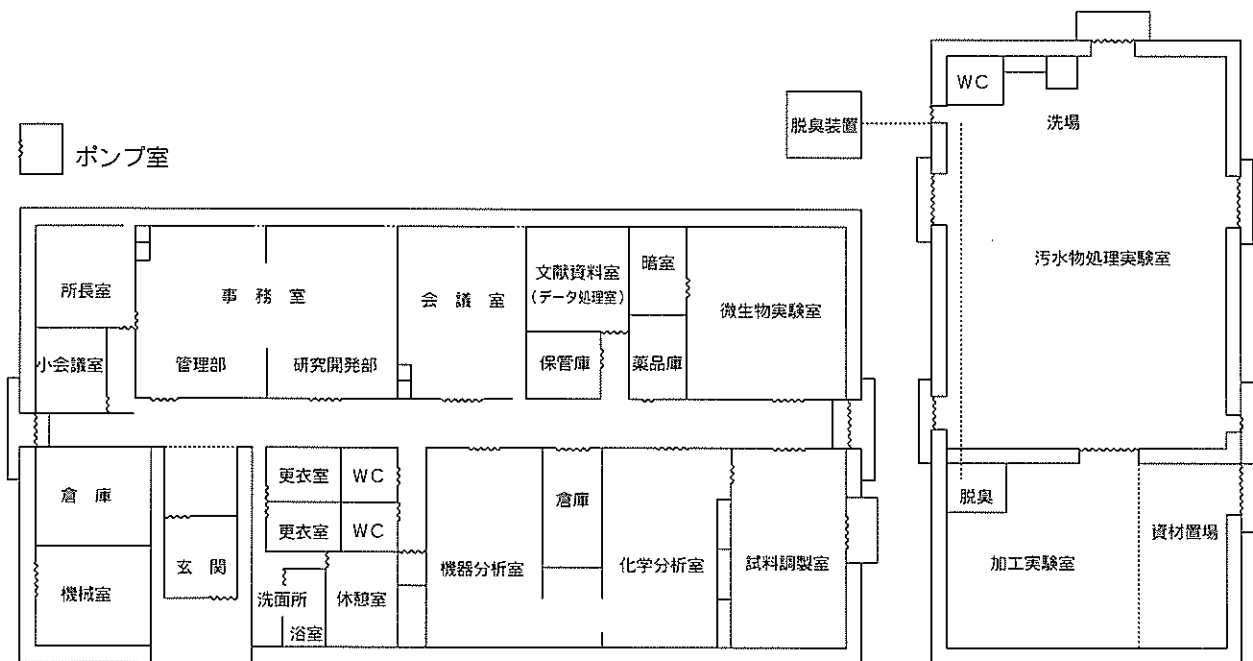
(平成14年7月1日現在)



### 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 <sup>2</sup>
倉庫建	ポンプ室	鉄筋コンクリート 平屋建 10.89m <sup>2</sup>
倉庫建	実験棟	鉄骨平屋建 700.00m <sup>2</sup>



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	
イオン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	日立G5000A	
	N C ア ナ ラ イ ザ ー	バリオEL	
	I C P 発 光 分 析 装 置	日立P-4000	
	分 光 光 度 計	日立U-2001	
	イオンクロマトグラフ	日本ダイオネクスDX-120	
	全有機炭素自動分析装置	TORAY MOdel TOC-650	
	ガスクロマトグラフ	日立G-3900DSL-FN	
微 生 物 実 験 室	高性能光学顕微鏡	AX-80-63	
	低 温 恒 温 機	SL-P4	
	〃	SL-4	
	オートクレーブ	IMC-3032L	
	クリーンベンチ	CCV-1300E	
	B O D メ ー タ ー	B2001	
	振とう培養装置	AT-12S	
	超低温フリーザー	ULT-1786	
	真空凍結乾燥機	FZ-6SF	
	乾熱滅菌乾燥機	IDK-100	
	倒立型システム顕微鏡	オリンパスIX50-11PH	
	低 温 恒 温 機	LTI-1000ED	
	嫌気性培養装置	平山製作FA-6	
	炎 光 光 度 計	東京光電 ANA135	
	デジタル温度計	ANA-148C型	
	コンプリートシステム	日本バイオレット	

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		
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 データ処理装置	島津LC-VPシリーズ 島津C-R8A	
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	
	自動湿式灰化装置	アステック(株)	
	全有機体炭素計	島津製作所TOC-GCPN	
化学分析室	安全キャビネット	ダルトンNSC-II A-1200	
	電位差自動滴定装置	DMSティトリーノ 716/1-20	
	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	〃	
実 験 棟	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13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

①豚舎排水高度浄化処理技術の開発  
(交流共同研究)

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

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

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

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

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13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む。

①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評価法の開発

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簡易測定装置の試作

# 「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											
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											
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											
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											
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. 栄養塩類等の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											
									共和化工	交流共同研究	
									東北大学	委託	

研究内容	研究年次								担当機関	備考
	7	8	9	10	11	12	13	14		
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	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									畜産生物科学安全研究所	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鶏糞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										
国からの委託研究										
微生物資材評価試験法の標準化と効果の判定（平12～16）										



## 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・実証等を行い、また収集した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、利用の特徴ある事例等の情報収集、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、利用の特徴ある事例等がデータベース化され、提供される。

#### ③堆肥の品質表示に係る成分、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13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

および測定方法を取りまとめる。

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する。

- 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  
都道府県から事例の収集とデータベース

化、データベースへの入力支援システムの開発および検索システムの開発を行う。

### (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331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、亜鉛の化学成分、スルファジメトキシシン、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 (研究所直営分)						
1. 現地選択・実証施設設置						
2. 現地調査						
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						

### 3. 平成13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

##### (1) 悪臭防止技術の開発

13年度は豚における低粗タンパク質飼料（低C P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泄量およびアンモニア発生量の低減について検討した。この結果は以下のとおりである。

- ① 低CP飼料にリンゴジュース粕を30%外付けした飼料を給与すると、尿中への窒素排泄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、52%および20%にまで低減された。ビートパルプの場合も同様の低減効果が得られた（福島畜試との共同研究）。
- ② 低CP飼料にリンゴジュース粕を30%外付けした飼料を給与した場合の豚房からのアンモニア揮散量は、市販飼料に比較して約1/10に減少した（神奈川畜研との共同研究、特許出願中）。
- 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飼料および低CP+10%リンゴジュース粕飼料を給与した。その結果、リンゴジュース粕配合飼料では、標準CP飼料の場合に比較して、尿中窒素排せつ量は59%に低減された。また、背脂肪厚は薄くなる傾向を示した（青森畜試との共同研究）。

##### (2) 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用

#### 技術の開発

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。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。

- ① メタン発酵処理の効率化技術として、メタン発酵槽液を沈殿分離（沈殿時間を設けて上澄液を引き抜く）することにより、排出する消化液のSS濃度を、連続攪拌法に比較して1/10にすることができた。
- ② カラム浄化により、BODおよびリンの除去が効率的に行われた。
- ③ 廃食油および酒粕をカラムに添加することにより、脱窒が効率的に、低コストで行われることが分かった。
- ④ 以上の成果をふまえて、低コストメタン発酵処理システムを構築した（特許出願中）。  
また、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ことから、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している。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。
- ⑤ 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フローチャートを作成した。
- ⑥ この判断システムの実地試験として、

実際に畜舎汚水の処理でトラブルが起きている2つの施設を対象として、診断を行った。一方の施設では、判断システムに従って対処して、良好な状態に回復した。他方の施設では、判断に誤りが生じた。

⑦ 診断精度の向上が必要である。

### (3) 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

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13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し、その性能を評価した。

① 高温発酵時の堆肥サンプルをそのまま供試した場合の酸素消費量はきわめて低い値を示すが、35℃で保持すると経日に酸素消費量は高まり、約5日で一定値に達した。

② 5℃で冷蔵保管した堆肥は、取り出し直後に酸素消費量を測定しても支障はなかった。

③ 携帯可能な簡易測定装置を試作中である。これとこれまでのプロトタイプの測定値はよく一致した ( $r=0.96$ )。

### (4) 環境保全型畜産技術体系の開発

平成13年度には堆肥原料以外に、初期の水分(容積率)調整、副資材の種類と量、切り返しまたは通気量の制御など堆肥化過程の管理状況とでき上がった堆肥成分の関

係について、「簡易低コスト」事業と連動させたアンケート調査を実施し、平成13年度は331件の調査データを収集した。

### 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13年度は、都道府県から推薦のあった65箇所(事例)についてアンケート調査を行った。35箇所(事例)から回答があり、データベースに入力した。

##### 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13年度においては、都道府県からの紹介等により延べ331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	3
東北農政局管内	74
関東農政局管内	39
北陸農政局管内	22
東海農政局管内	26
近畿農政局管内	32
中国四国農政局管内	59
九州農政局管内	73
沖縄総合事務局	3
合 計	331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リンゴジュース粕の添加による尿中窒素排せつ量およびスラリーからのアンモニア発生量の低減

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、福島県立農業短期大学校

研究期間：平成10～13年度

緒 言

合成アミノ酸を添加した低タンパク質飼料の豚への給与により尿中窒素排せつ量およびアンモニアの揮散が抑制されることが Jongbloed と Lenis によって総説されている<sup>1)</sup>。一方、養豚飼料に高繊維質飼料を多く含む場合に、窒素の排せつが尿中の尿素から糞中の菌体タンパク質へ移行する。最近、山本<sup>2)</sup>は市販飼料の粗タンパク質（CP）含量とほぼ同様である標準CP飼料に乾燥リンゴジュース粕を23.1%添加して豚に給与すると、尿中窒素排せつ量が標準CP飼料を給与した場合と比べ36%低下することを明らかにした。したがって、高繊維質飼料原料を添加した低CP飼料を豚に給与すると、尿中窒素排せつ量とアンモニア揮散量の更なる低下が期待される。しかしながら、今のところそのような報告はみられない。

本試験では、アミノ酸を添加した低CP飼料へのリンゴジュース粕の添加が肥育豚の尿中窒素排せつ量および糞尿混合物（スラリー）からのアンモニア揮散量におよぼす影響を検討した。

材料および方法

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体とした低CP飼料（低CP飼料）およびこれに乾燥したリンゴジュース粕を外付けで30%配合した飼料（低CPリンゴ粕飼料）の2種類で、配合割合を表1に示した。合成リジン、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<sup>3)</sup>を満足するように添加した。飼料中にセライトを2%、不消化性の指標物質としてそれぞれの飼料に添加した。

体重が約35kg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飼料区では体重の3.0%に相当する量、また、低CPリンゴ粕飼料区では体重の3.0%に相当する低CP飼料に加えて、リンゴジュース粕を体重の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%量に相当する市販飼料を給与した。引き続いて、試験期間を14日間設け、9日間の予備試験の後、窒素



表1 低CP飼料の配合割合および成分組成

	低CP飼料	低CPリンゴ粕飼料
配合割合 (%)		
トウモロコシ	74.00	56.91
乾燥リンゴジュース粕 <sup>1)</sup>	—	23.08
フスマ	11.66	8.97
大麦	8.40	6.46
魚粉	3.30	2.54
炭酸カルシウム	1.05	0.81
第二リン酸カルシウム	0.23	0.18
塩化ナトリウム	0.30	0.23
ビタミン-ミネラル混合物 <sup>2)</sup>	0.35	0.27
塩酸-L-リジン	0.44	0.34
DL-メチオニン	0.09	0.07
L-トレオニン	0.15	0.11
L-トリプトファン	0.03	0.03
化学組成 <sup>3)</sup>		
CP (%)	11.33	9.47
可消化エネルギー (kcal/g)	3.30	2.95
有効リジン (%)	0.77	0.59
有効メチオニン+シスチン (%)	0.47	0.36
有効トレオニン (%)	0.49	0.38
トリプトファン (%)	0.17	0.13

1) CP 4.61% (分析値)、可消化エネルギー 1.80kcal/g (農林水産省農林水産技術会議事務局編,1995)。

2) 飼料 1 kg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A 10,000IU、ビタミンD<sub>3</sub> 2,000IU、酢酸dl- $\alpha$ -トコフェロール 10mg、Mn 50mg、Fe 50mg、Cu 10mg、Zn 50mg、I 1mg

3) CPは実測値、それ以外は日本標準飼料成分表 (1995)<sup>10)</sup> に基づく計算値。

出納試験を 5 日間行った。なお、飼料給与量は試験開始時の体重にもとづいて決めた。

その後、供試豚へ給与する試験飼料を逆にして、同様に14日間の試験を反復して行った。さらに、2期目として、時期を変え

て別の 4 頭の豚を供試して同様の試験を反復実施した。したがって、1飼料区で 8 頭の豚の成績が得られた。

2. 糞および尿の処理、化学分析および統計処理

窒素出納試験の期間中に排せつされた糞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。5日間の糞および尿はそれぞれ混合して分析試料としたが、糞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、ワイレー粉碎機により粉碎した。糞中への窒素の排せつ量は、古谷ら<sup>4)</sup>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消化率を推定し、これに基づいて計算した。スラリーからのアンモニア揮散量はDerikxとAarninkのインビトロ法<sup>5)</sup>を一部修正して行った。すなわち、糞と尿を新鮮重量で1：4の比率となるように混合し、混合物200gから揮散するアンモニアを150mlの0.5M硫酸溶液の入ったインピンジャーを24時間、通過させることにより捕集した。アンモニアの測定は、水蒸気蒸留法および1/10N硫酸溶液を用いた直接滴定法によった。豚1頭当たりの1

日当たりのアンモニア揮散量はインピンジャーに捕集されたアンモニア量と排せつされた1日当たりの尿量から求めた。飼料および糞中の窒素および酸不溶性灰分の分析はそれぞれ、石橋<sup>6)</sup>および古谷らの方法<sup>4)</sup>により行った。また、試験結果の有意性の検定は一元配置による分散分析<sup>7)</sup>により行った。

### 結果および考察

試験の結果を表2に示した。低CP飼料と低CPリンゴ粕飼料を給与した場合の一日当たりの窒素摂取量はそれぞれ17.76および18.64gであった。低CPリンゴ粕飼料を給与すると糞中の窒素排せつ量は1日当たり6.86gと低CP飼料を給与した場合の3.63gに比べ多くなったが、尿中への窒素排せつ量は1日当たり3.11gと低CP飼料を給与した場合の5.95gに比べ有意に減少した。

本報告の結果はCahnら<sup>8)</sup>によって報告さ

表2 低CP飼料へのリンゴジュース粕の添加が糞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

	低CP飼料	低CPリンゴ粕飼料	SEM
飼料摂取量 (kg/d)	0.98	1.23**	0.03
窒素摂取量 (g/d)	17.76	18.64	0.42
総窒素排せつ量 (g/d)	9.58	9.97	0.38
糞窒素排せつ量 (g/d)	3.63	6.86**	0.19
尿窒素排せつ量 (g/d)	5.95	3.11**	0.40
窒素蓄積量 (g/d)	8.18	8.67	0.62
アンモニア揮散量 (mg/d)	603	120*	74

8頭の平均値。

\*P<0.01; \*\*P<0.001

れたように発酵性の非澱粉性多糖類を多給した場合に尿中の尿素から糞中の菌体タンパク質へ窒素の排せつが移行することを示している。山本らは、尿中への尿素の排せつが標準CP飼料を給与した場合に比べ、アミノ酸添加の低CP飼料の給与で50%減少することを報告した<sup>9)</sup>。本報告では、肥育豚の尿中窒素排せつ量は低CP飼料に比べ低CPリンゴ粕飼料の給与で48%減少した。これらの結果は、標準的なCP飼料と比較すると、リンゴジュース粕のような繊維質の飼料原料を含む低CP飼料を豚に給与すると尿中への窒素排せつ量が30%以下に減少する可能性を示している。

尿と糞の混合物からのアンモニア揮散量は低CP飼料を給与した場合の1日当たり603mgに比べ、低CPリンゴ粕飼料は120mg、約20%と大幅に減少した。この肥育豚にリンゴ粕飼料を給与した場合にみられるアンモニア揮散量の極端な低下は、部分的には、尿中への窒素排せつ量の低下によって説明される。尿中に排せつされた窒素のほとんどは尿素態窒素として存在し、JongbloedとLenisによって報告されているように糞中に存在する酵素ウレアーゼによって容易にアンモニアに転換される<sup>1)</sup>。また、インビトロ培養の期間中の糞と尿の混合物のpHがアンモニア揮散量に影響したことも考えられる。混合物のpHは、低CP飼料および低CPリンゴ粕飼料を給与した場合で、それぞれ、培養開始時では8.00、および5.91、そして培養終了時では8.28および6.12であった。このように、アンモニア揮散量は尿中に含まれ

る尿素の量とともにスラリーのpHにも関係することが示唆された。

アミノ酸を添加した低CP飼料へのリンゴジュース粕の添加は大幅に肥育豚の尿中窒素排せつ量を大幅に減少させ、引いてはスラリーからのアンモニア揮散量を低下させることが明らかとなった。

## 要 約

アミノ酸添加の低タンパク質 (CP) 飼料への乾燥リンゴジュース粕添加による尿中への窒素排せつ量および糞尿混合物 (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た。体重約35kgの豚8頭を代謝ケージに収容し、4頭には低CP飼料を体重の3% (低CP区、CP11.33%)、他の4頭には低CP飼料を体重の3%にさらに乾燥リンゴジュース粕を体重の0.9%添加 (低CPリンゴ粕区) して給与した。スラリーからのアンモニア揮散量はインビトロ法で測定した。9日間の馴致期間の後、尿と糞を5日間全量採取した。得られた結果は以下の通りである。

1日当たりの窒素摂取量はそれぞれ17.76および18.64gとほとんど変わらなかった。糞中窒素排せつ量はそれぞれ3.63および6.86gで、低CPリンゴ粕区で多かったが、尿への窒素排せつ量はそれぞれ5.95および3.11gと低CPリンゴ粕区で有意に低くなった。1日当たりのアンモニア揮散量はそれぞれ603および120mgと低CPリンゴ粕区で有意に低くなった。

肥育豚にアミノ酸添加低CP飼料に乾燥リ

ンゴジュース粕を添加給与することにより、尿中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が著しく減少することが明らかとなった。

## 謝 辞

本研究は、福島県畜産試験場および同県立農業短期大学校との共同研究として実施したものである。記して関係各位に謝意を表する。

## 引用文献

- 1) Jongbloed AW, Lenis NP. 1998. Environmental concerns about animal manure. *Journal of Animal Science*, 76, 2641-2648.
- 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摂取量低減. 日本養豚学会誌, 39: 8-13.
- 3) 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版)、中央畜産会、1998.
- 4) 古谷 修・山本朱美・伊藤 稔・青木幸尚. 2001. 豚の消化率測定のための酸不溶性灰分の利用. 日本養豚学会誌, 38: 171-176.
- 5) Derikx PJJ, Aarnink AJA. 1993. Reduction of ammonia emission from slurry by application of liquid top layers. In: Verstegen MWA, Den Hartog LA, van Kempen GJM, Metz JHM. (eds.) *Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences*. EAAP publ. No. 69. pp. 344-349. Pudoc. Wageningen.
- 6) 石橋 晃 (監修): 新編 動物栄養試験法、養賢堂、東京、2001.
- 7) Snedecor GW, Cochran WG. 1967. *Statistical Methods*, 6th ed. pp. 258-275. Iowa State University Press, Ames, IA.
- 8) Canh TT, Verstegen MWA, Aarnink AJA, Schrama JW. 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and feces of fattening pigs. *Journal of Animal Science*, 75, 700-706.
- 9) 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の低減. 日本養豚学会誌, 39: 1-7.
- 10) 農林水産省農林水産技術会議事務局編: 日本標準飼料成分表 (1995). pp. 88-89. 中央畜産会. 1995.

## 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

アミノ酸添加低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の添加による豚房からのアンモニア揮散量の低減

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：神奈川県畜産研究所

研究期間：平成10～13年度

#### 緒 言

栄養的な管理により豚の窒素排せつ量およびアンモニア発生量が低減できる。合成アミノ酸を添加した低タンパク質飼料を豚に給与すると尿素の排せつ量が減少し、その結果としてアンモニア発生量が低下すること<sup>1)</sup>、一方で、豚用飼料に高繊維質飼料原料を配合すると、窒素の排せつが尿中の尿素から糞中の菌体タンパク質へと移行することが認められている<sup>2)</sup>。最近、山本らは標準CP飼料に乾燥リンゴ粕を23.1%配合した飼料を豚に給与すると、尿中窒素排せつ量が標準CP飼料を給与した場合に比べ36%低下することを明らかにした<sup>3)</sup>。

ここでは、アミノ酸添加低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の添加によって豚房からのアンモニア揮散量が著しく低減することが判明したので報告する。

#### 材料および方法

##### 1. 供試豚および豚舎環境

体重約45kgの豚8頭を用い、環境条件を制御された2つの豚房に4頭（去勢2頭、雌2頭）づつ割り当てた。豚房は4頭に対

し3.20×1.25m（縦×横）の間取りで、コンクリート床であった。そのため、糞と尿は排せつされると混合状態となる構造であった。糞尿は午前9時から12時の間に毎日、舎外に搬送した。敷料は用いなかった。豚房外部の外気を換気扇を用いて入気した。換気速度は約80 m<sup>3</sup>/hに維持した。豚房の温度は14日間の試験期間を通して、毎日21℃から32℃へ変動させた。

##### 2. 試験飼料および試験計画

2種類の試験飼料と水は自由摂取させた。試験飼料の配合割合は表1に示した。アミノ酸要求量<sup>4)</sup>を満足するように合成リジン、メチオニン、トレオニンおよびトリプトファンを添加した低CP飼料に乾燥リンゴジュース粕を23.1%添加した。2.0%のセライト<sup>®545</sup>を消化率算定のための指標物質として試験飼料に添加した。

本試験は1試験期が7日間の2つの試験期間からなるクロスオーバー法に基づいて行った。最初の7日間の1試験期が終了した後に、給与飼料を反転させて、さらに7日間飼育した。体重は試験開始時、7日目および試験終了時に測定した。飼料摂取量

表1 供試飼料の配合割合および成分組成

	標準CP飼料	低CPリンゴ粕飼料
配合割合 (%)		
トウモロコシ	62.50	56.91
乾燥リンゴ粕 <sup>1)</sup>	—	23.08
ダイズ粕	15.00	—
フスマ	8.40	8.97
大麦	8.40	6.46
魚粉	3.30	2.54
炭酸カルシウム	1.05	0.81
第二リン酸カルシウム	—	0.18
塩化ナトリウム	0.30	0.23
ビタミン-ミネラル混合物 <sup>2)</sup>	0.35	0.27
塩酸-L-リジン	—	0.34
DL-メチオニン	—	0.07
L-トレオニン	—	0.11
L-トリプトファン	—	0.03
化学組成 <sup>3)</sup>		
CP (%)	16.6	9.10
可消化エネルギー (kcal/g)	3.30	2.95
可消化リジン (%)	0.77	0.59
可消化メチオニン+シスチン (%)	0.51	0.36
可消化トレオニン (%)	0.53	0.38
トリプトファン (%)	0.21	0.13

1) CP 4.61% (分析値)、可消化エネルギー 1.80kcal/g (農林水産省農林水産技術会議事務局編,1995)。

2) 山本ら (2002)<sup>3)</sup> 参照。

3) 化学組成値はCP値を除き、農林水産省農林水産技術会議事務局編 (1995)<sup>3)</sup> に基づく。飼料のCP値は分析値。

は毎日測定した。

### 3. アンモニア分析および化学分析

豚房からのアンモニア揮散は1試験期目の1日目以外は連続的に測定した。アンモ

ニア濃度は換気された空気中のアンモニアを750℃で窒素酸化物に転換した後、NOxアナライザーを用いて測定した<sup>5)</sup>。豚房からのアンモニア揮散量は排気と入気のアンモ

ニア濃度の差と排気量を乗じることで算出した。この排気量は換気口に設置された風速計により測定した。アンモニア濃度は5秒間隔に測定し、データロガー装置に記録した。豚房の清掃時間である午前9時から12時の間に測定したアンモニア濃度は除外し、1日当たりのアンモニア揮散量はその時刻を除く12時から9時までに測定されたデータに基づき計算した。

見かけのCP消化率の測定のために、各々の試験期間中、飼料への4日間の適応期間後の試験5～7日目に約100gの糞を毎日収集した。見かけのCP消化率は酸不溶性灰分を用いる指標物質法で推定した。飼料および糞中の窒素および酸不溶性灰分の分析はそれぞれ、石橋<sup>6)</sup>および古谷らの方法<sup>7)</sup>により行った。飼料中の可消化エネルギーとアミノ酸含量は農林水産省農林水産技術会議事務局編:日本標準飼料成分表(1995)<sup>8)</sup>を用いて算出した。また、試験結果の有意性の検定は一元配置による分散分析<sup>9)</sup>により行った。

### 結果および考察

試験期間中に豚の健康に異常はみられなかった。1日平均増体量は標準CP飼料で893g、低CPリンゴ粕飼料で671gで、標準CP飼料を給与した場合に高かったが、低CPリンゴ粕飼料と有意差は見られなかった( $P > 0.05$ )。また、1日平均飼料摂取量は2試験期間を通して、それぞれ2194および2433gであった。

豚房からの1日当たりのアンモニア揮散

量におよぼす試験飼料の影響を図1に示した。アンモニア揮散量は飼料の切り替え3～4日後に平衡に達した。1日当たりの平均アンモニア揮散量は標準CP飼料および低CPリンゴ粕飼料で、それぞれ7.30および0.47g/頭であった。2試験期間の5～7日目における1時間当たりの最高アンモニア濃度は標準CP飼料および低CPリンゴ粕飼料で、それぞれ54.4および5.6ppmであり、これらの値はアンモニアの最高許容レベルの100ppmよりも低かった<sup>10)</sup>。

飼料中のCP含量を16.6から9.1%へ減少させ、さらに23.1%の乾燥リンゴジュース粕を添加することにより、アンモニア揮散量は94%減少した。本試験において、標準CP飼料を給与した場合の1日当たりのアンモニア揮散量7.30g/頭は、Canhらの報告<sup>5)</sup>でのCP16.5%の飼料を給与した場合の9.44g/頭とほぼ同様であった。

標準CP飼料と低CPリンゴ粕飼料を給与した場合の窒素摂取量は、それぞれ58.1および35.5g/dであった。標準CP飼料と低CPリンゴ粕飼料を給与した場合の見かけのCP消化率は81.0%および50.6%であったが、この見かけのCP消化率および窒素摂取量から糞中への窒素排せつ量を算出すると、標準CP飼料と低CPリンゴ粕飼料を給与した場合に、それぞれ11.0および17.5g/dとなった。標準CP飼料を給与した場合に比べ、低CPリンゴ飼料を給与した場合に糞中への窒素排せつ量が増加した理由として、発酵性の非でんぷん性多糖類(NSP)を豚に多給すると尿中の尿素から糞中の菌体タンパク質へ窒

素の排せつが移行することが上げられる。Canhら<sup>2)</sup>はシュガービートパルプを30%配合した飼料を給与すると、標準的な飼料を給与した場合と比較して総窒素排せつ量が22から45%に増加したが、このことは糞中窒素排せつ量の増加にもとづく報告している。リンゴジュース粕のNSP濃度は68.7%でシュガービートパルプの77.3%とほぼ同様であった<sup>1)</sup>。

尿への窒素排せつ量は本試験では測定しなかったが、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版)<sup>4)</sup>の算定式により推定すると、標準CP飼料および低CPリンゴ粕飼料の給与で、それぞれ27.0および2.9g/dとなった。この低リンゴ粕飼料を給与した場合の尿中への窒素排せつ量の大幅な低減が、図1に示したアンモニア揮散量の大幅な減少を説明すると考えられる。

アミノ酸を添加した低CP飼料へリンゴジュース粕を添加することによって、尿中へ

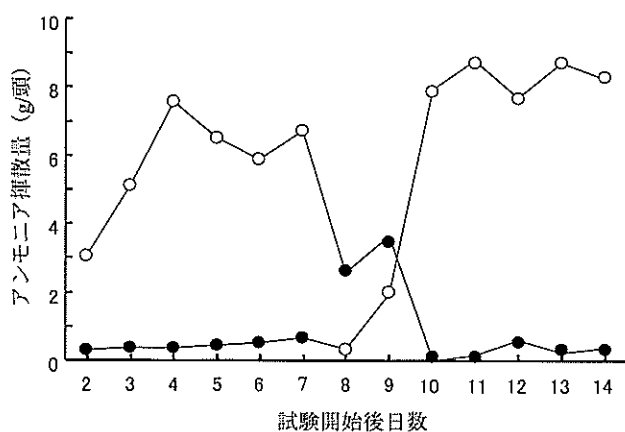


図1 肥育豚の豚房からの一日当たりのアンモニア揮散量に及ぼす試験飼料の影響。  
試験飼料は試験開始7日目に切り替えた。  
標準CP飼料 (CP 16.6%, ●) ;  
低CPリンゴ粕飼料 (CP 9.1%, ○)

の窒素排せつ量が大幅に低減することが示唆され、このことによって豚房からのアンモニア揮散量が著しく減少することが明らかとなった。

## 要 約

アミノ酸添加の低タンパク質 (CP) 飼料に乾燥リンゴジュース粕を添加給与し、豚房からのアンモニア揮散量低減効果について調べた。体重約45kgの豚8頭を用い、2つの豚房に4頭ずつ群飼し、標準CP飼料(標準CP区、CP16.6%)あるいは乾燥リンゴジュース粕を23.1%配合したアミノ酸添加の低CP飼料(低CPリンゴ粕区、CP9.1%)を7日間給与した。その後、給与飼料を反転させて、さらに7日間飼育した。豚房からのアンモニア揮散量は14日間にわたり連続的に測定した。

4日間の馴致期間後の3日間の平均の1日当たりアンモニア揮散量は、標準CP区および低CPリンゴ粕区で、それぞれ7.30および0.47g/頭と低CPリンゴ粕区で著しく低くなった。1日当たりの窒素摂取量は標準CP区および低CPリンゴ粕区でそれぞれ58.1および35.5 g/頭、糞中窒素排せつ量はそれぞれ11.0および17.5 gで、低CPリンゴ粕区で多かったが、日本飼養標準・豚(1998年版)に基づく体内窒素蓄積量から推定した尿への窒素排せつ量はそれぞれ27.0および2.9gと低CPリンゴ粕区で著しく低かった。

以上の結果から、肥育豚にアミノ酸添加低CP飼料に乾燥リンゴジュース粕を添加給与すると、尿中への窒素排せつ量が減り、



豚房からのアンモニア揮散量も著しく減少することがわかった。

### 謝 辞

本研究は、神奈川県畜産研究所との共同研究として実施したものである。記して関係各位に謝意を表する。

### 引用文献

- 1) Jongbloed AW, Lenis NP. 1998. Environmental concerns about animal manure, *J. Anim. Sci*, 76 : 2641-2648.
- 2) Canh TT, Verstegen MWA, Aarnink, AJA and Schrama JW. 1997. Influence of dietary factors on nitrogen partitioning and composition of urine and faeces of fattening pigs, *J. Anim. Sci*, 75, 700-706.
- 3) 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摂取量低減. 日本養豚学会報, 39 : 8-13.
- 4) 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版)、中央畜産会、1998.
- 5) Canh TT, Aarnink AJA, Schutte JB, Sutton A, Langhout DJ, Verstegen MWA. 1998. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing-finishing pigs. *Livestock Product. Sci*, 56, 181-191.
- 6) 石橋 晃(監修)：新編 動物栄養試験法、養賢堂、東京、2001.
- 7) 古谷 修・山本朱美・伊藤 稔・青木幸尚. 2001. 豚の消化率測定のための酸不溶性灰分の利用. 日本養豚学会誌, 38, 171-176.
- 8) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本標準飼料成分表(1995). pp.88-89. 中央畜産会.1995.
- 9) Snedecor GW, Cochran WG. 1967. *Statistical Methods*, 6th edn. pp. 258-275. Iowa State University Press, Ames, IA.
- 10) Pond WG, Maner JH. 1984. *Swine Production and Nutrition*, pp. 670-629. AVI Publishing Company, Inc., wesport, COMNN.
- 11) Ewing WN. 2000. *The Feeds Directory*, Vol.1, pp2. Empress Publishing Netherlands, The Netherlands.

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

リンゴジュース粕の低タンパク質飼料への添加が肥育豚の発育、窒素排せつ量および背脂肪厚に及ぼす影響

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：青森県畜産試験場

研究期間：平成10～13年度

緒 言

豚にアミノ酸を添加した低タンパク質（CP）飼料を給与することで、窒素排せつ量を低減させる技術が普及されつつある<sup>1)</sup>。また、尿中への窒素排せつ量を減らすことによつて、豚舎からのアンモニア発生量も低下させうることが明らかとなっている<sup>2)</sup>。一方で、養豚飼料への乾燥リンゴジュース粕の添加給与により尿中への窒素排せつ量が減り<sup>3) 4)</sup>、低CP飼料へのリンゴジュース粕添加により豚舎からのアンモニア揮散量が大幅に低減されることが示されている<sup>5)</sup>。しかしながら、これらのリンゴジュース粕の添加試験の結果は、比較的短期間の主に窒素出納試験で得られたものであり、長期にわたる実際的な条件での飼養試験で確かめる必要がある。

そこで、本試験では、肥育後期豚を用い、不断給餌、群飼の実際的な条件下で長期にわたる飼養試験を実施し、低CP飼料へのリンゴ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た。また、リンゴジュース粕の添加で飼料のエネルギー価が低下するため、枝肉の背脂肪厚についても調査

した。

材料および方法

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体とした標準的CP含量の飼料（標準CP飼料、CP13.4%）、アミノ酸を添加した低CP飼料（低CP飼料、CP11.0%）および低CP飼料に乾燥リンゴジュース粕を10%配合した飼料（低CPリンゴ粕飼料、CP10.6%）の3種類で、それらの配合割合を表1に示した。低CPリンゴ粕飼料では、低CP飼料のトウモロコシの配合量を減らしてリンゴジュース粕を添加した。そのため、飼料中のエネルギー含量であるDEおよびTDNは低CP飼料の場合よりも低くなった。必須アミノ酸含量は、標準CP飼料および低CP飼料では、日本標準飼料成分表（1995）<sup>6)</sup>の成分値にもとづき、日本飼養標準・豚（1998年版）<sup>7)</sup>の要求量の120%を満足するように調整したが、低CPリンゴ粕飼料ではリンゴジュース粕のCP含量が4.61%と低かったため、リジン、トレオニンおよび含硫アミノ酸では要求量の115%であった。

表1 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	低CPリンゴ粕飼料
配合割合 (%)			
トウモロコシ	78.68	81.01	71.10
ダイズ粕	15.50	7.00	7.00
フスマ	3.18	9.00	9.00
リンゴ粕	—	—	10.00
炭酸カルシウム	1.34	1.40	1.36
第二リン酸カルシウム	0.65	0.72	0.68
塩化ナトリウム	0.30	0.30	0.30
ビタミン・ミネラル混合物 <sup>1)</sup>	0.35	0.35	0.35
塩酸L-リジン	—	0.20	0.19
L-トレオニン	—	0.02	0.02
成分組成 <sup>2)</sup>			
CP (%)	13.4	11.0	10.6
DE (kcal/g)	3.4 (102)	3.3 (100)	3.2 (96)
TDN (%)	76 (102)	76 (101)	72 (96)
カルシウム	0.60 (120)	0.60 (120)	0.60 (120)
非フィチンリン	0.24 (120)	0.24 (120)	0.24 (120)
有効リジン	0.57 (122)	0.56 (120)	0.54 (115)
有効メチオニン+シスチン	0.42 (146)	0.36 (123)	0.33 (115)
有効トレオニン	0.44 (146)	0.36 (120)	0.34 (115)
トリプトファン	0.18 (167)	0.14 (131)	0.13 (122)
NSP (%)	13.5	13.6	19.5

- 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D<sub>3</sub>2,000IU、酢酸dl- $\alpha$ -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(1995)<sup>6)</sup>にもとづく計算値
- 3) ( )内は日本飼養標準・豚(1998)<sup>7)</sup>の表に示された要求量に対する割合

体重約80kgの豚36頭を供試したが、18頭ずつ2期に分け、各期で6頭ずつ3飼料処理区に割り当てた。豚は群飼として、出荷時まで不断給餌、自由飲水とした。

## 2. 窒素の消化試験および肉質検査

2期目の試験で、試験開始後17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<sup>8)</sup>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、分析用試料として分析に供するまで4℃で保存した。糞の乾燥、粉碎等の処理は常法<sup>9)</sup>によった。また、尿中への窒素排せつ量は、日本飼養標準・豚<sup>7)</sup>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<sup>10)</sup>で算出した。

背脂肪の厚さは皮剥による枝肉で測定し、格付けは日本食肉格付協会による方法<sup>11)</sup>で行った。

### 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<sup>9)</sup>および古谷らの方法<sup>10)</sup>によった。また、一日当たり増体量、背脂肪厚および見かけのCP消化率について、飼料区間の有意性の検定は多重範囲検定法のTurkey法<sup>12)</sup>で行った。

## 結果および考察

### 1. 豚の発育と背脂肪の厚さ

標準CP飼料、低CP飼料および低CPリング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2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12頭の平均値である。1日増体量には処理区間で有意差は認められなかったが、低CP飼料でやや低くなった。飼料要求率は低CPリング粕飼料では標準CP飼料に比較してやや劣る傾向が示されたが、これは主として飼料中のエネルギー含量が低CPリング粕飼料で低かったことによると思われる。飼料要求率でも低CP飼料でもっとも劣る傾向を示した。このように、低CP飼料では、全体的に発育成績が劣る傾向が示された。低CP飼料においても、アミノ酸の要求量を満足させれば発育は阻害されないとされており、本結果はそれと異なった。この理由としては、何らかの必須アミノ酸が欠乏していた可能性も考えられるが、必須アミノ酸含量ではむしろそれより低かった低CPリング粕飼料の方が発育成績は優れる傾向を示したので、必ずしも明確ではない。

枝肉の背脂肪の厚さは、低CP飼料でもっとも厚く、低CPリング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<sup>1, 10)</sup>。低CPリング粕飼料で背

表2 低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の10%配合が発育に及ぼす影響

	標準CP飼料	低CP飼料	低CPリング飼料
一日当たり増体量 (g/d)	835	757	818
飼料摂取量 (g/d)	3232	3331	3384
飼料要求率	3.89	4.43	4.17
背脂肪厚 (cm)	1.7	1.9	1.5

各飼料で12頭の平均値

表3 低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の10%配合が格付けに及ぼす影響

	標準CP飼料	低CP飼料	低CPリンゴ飼料
極上	0	0	0
上	7	5	8
中	4	5	4
並	1	2	0

各飼料で12頭のデータ

脂肪厚が薄くなる傾向がみられた理由としては、前述のように飼料中のエネルギー含量が低く、エネルギー摂取の質的制限によることが考えられる。表3に枝肉の格付け成績を示したが、低CPリンゴ粕飼料給与で最も優れる傾向が認められた。低CP飼料の給与では並が2頭あったが、その理由は背脂肪が厚かったことによる。

## 2. 糞および尿への窒素排せつ量

糞および尿への窒素排せつ量を2期目の試験で、各処理区6頭の豚で測定した。表4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飼料区および低CPリンゴ粕飼料区では、それぞれ、その87および84%と少なかった。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CPリンゴ粕飼料区ではそれらよりも約30%多くなった。一方、尿中への窒素排せつ量は、それぞれ、38.7、31.3および23.0gと標準CP飼料区に比較して、低CP飼料区では明らかに少なくなり、さらに、低CPリンゴ粕飼料区では著しく少なくなった。総窒素排せつ量でも、標準CP飼料区に比べ低CP飼料区および低CPリンゴ粕

表4 低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の10%配合が窒素排せつ量に及ぼす影響

	標準CP飼料	低CP飼料	低CPリンゴ飼料
飼料摂取量 (kg/d)	3.23	3.43 (106)	3.43 (106)
窒素摂取量 (g/d)	69.4	60.5 (87)	58.0 (84)
糞中窒素排せつ量 (g/d)	13.5	13.4 (99)	17.9 (133)
尿中窒素排せつ量 (g/d)	38.7	31.3 (81)	23.0 (59)
総窒素排せつ量 (g/d)	52.2	44.7 (86)	40.9 (78)
窒素蓄積量 (g/d)	17.2	15.8 (92)	17.1 (99)
見かけのCP消化率 (%)	80.5 <sup>a</sup>	77.9 (97) <sup>a</sup>	69.1 (86) <sup>b</sup>

各飼料で6頭の平均値、( )は標準CP飼料に対する相対値  
異符号間には1%水準で有意差あり

飼料区では少なかった。斎藤は、これまでに報告された成績をまとめ、飼料中のCP含量が1ポイント(%)低下するごとに尿中への窒素排せつ量が約11%低下するとしている<sup>1)</sup>。本試験では、標準CP飼料のCP13.4%から、低CP飼料の11.0%へとCP含量を2.4ポイント低減させた場合に、尿中への窒素排せつ量が19%減るという結果を得たが、さらに、低CP飼料にリンゴジュース粕を10%添加することによって、標準CP飼料に比較して41%低減された。

見かけのCP消化率は、低CPリンゴ粕飼料区で69.1%となり、標準CP飼料区および低CP飼料区に比較して有意に低くなった( $P < 0.01$ )。このCP消化率と低CP飼料区のCP消化率から、リンゴジュース粕そのものの見かけのCP消化率を算出すると-13.1%と負の値を示した。これは、リンゴジュース粕の添加で代謝性糞中窒素が増加したためである。

養豚飼料への乾燥リンゴジュース粕の添加給与により尿中への窒素排せつ量が減り<sup>3, 4)</sup>、低CP飼料へのリンゴジュース粕添加により豚舎からのアンモニア揮散量が大幅に低減されることが示されている<sup>5)</sup>。リンゴジュース粕の添加によって尿中窒素排せつ量が低減されるメカニズムとしては、リンゴジュース粕のように繊維性成分である非でんぷん性多糖類(non-starch carbohydrates, NSP)含量の多く、CP含量の低い飼料原料を豚に多給すると、大腸での微生物の繁殖は活発になるが、菌体が体タンパク質を合成するための窒素源が不足するため、肝臓

で合成され、本来は尿中に排せつされるべき尿素が血流を通じて消化管に分泌され、これが菌体タンパク質に取り込まれることによるされている<sup>13)</sup>。すなわち、NSPを多量に含む飼料原料を添加すると尿中の窒素(尿素)が糞中に排せつされる菌体タンパク質に移行する。これが代謝性糞中窒素として見かけのCP消化率を引き下げることになる。標準CP飼料と低CP飼料のNSP含量は、それぞれ、13.5および13.6%でほぼ等しかったが、低CPリンゴ粕飼料では19.5%と多かった(表1)。低CP飼料区と低CPリンゴ粕飼料区における尿中窒素排せつ量の差は、リンゴジュース粕添加によるNSP含量の増加にもとづくと考えられる。

本研究の結果、肥育後期豚への低CP飼料へのリンゴジュース粕の10%配合給与によって、豚の発育成績および枝肉評価に悪影響を与えることなく、低CP飼料よりもさらに尿中への窒素排せつ量を減らせることが示された。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。リンゴ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乾燥リンゴジュース粕の配合が、肥育豚の発育、窒素排せつ量および背脂肪厚に及ぼす

影響について調べた。標準的なタンパク質 (CP) 飼料 (標準CP飼料)、アミノ酸添加低タンパク質飼料 (低CP飼料) あるいは低CP飼料にリンゴジュース粕を10%配合した飼料 (低CPリンゴ粕飼料) の3種の飼料を用い、体重80kgから出荷時まで、各飼料処理区について12頭の肥育豚を供試し、不断給飼、自由飲水の条件下で飼養した。試験期間中に、酸不溶性灰分を指標物質とする消化試験を実施して糞中への窒素排せつ量を推定するとともに、日本飼養標準・豚にもとづき尿中への窒素排せつ量を算出した。

試験の結果、1日増体量は、標準CP飼料、低CP飼料および低CPリンゴ粕飼料で、それぞれ、835、757および818gとなり、低CP飼料でやや低い傾向を示した。また、平均背脂肪厚は、それぞれ、1.7、1.9および1.5cmで、低CP飼料でやや厚く、リンゴ粕配合で薄くなる傾向を示した。1日、1頭あたりの糞中窒素排せつ量は、標準CP飼料、低CP飼料および低CPリンゴ粕飼料で、それぞれ、13.5、13.4および17.9gとなり、低CPリンゴ粕飼料で約30%多かったが、尿中窒素排せつ量では、それぞれ、38.7、31.3および23.0gとなり、リンゴ粕配合で標準CP飼料の場合に比較して59%に低下した。

以上の結果より、肥育後期の低CP飼料にリンゴ粕を10%配合することにより、豚の発育および背脂肪厚に悪影響を及ぼすことなく、尿中窒素排せつ量を著しく低減できることが示唆された。

## 謝 辞

本研究は、青森県畜産試験場との共同研究として実施した豚における窒素排せつ量の低減に関わる研究の一部である。記して関係各位に謝意を表する。

## 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、日畜会報、72、J177-J199、2001.
- 2) 山本朱美・高橋栄二・古川智子・伊藤稔・石川雄治・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、窒素排せつ量およびアンモニア発生量の低減効果、日豚会誌、39、1-7、2002.
- 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の低減、日豚会誌、39、8-13、2002.
- 4) Yamamoto, A., M. Itoh, Y. Kadoya, H. Kanno, M. Yamada, 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. Anim.. Sci. J. in press.
- 5) 山本朱美・梅本栄一・長峰孝文・古川智子・伊藤 稔・松井正敏・藤村信雄・古谷 修、低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕添加による尿中窒素排

- せつ量および豚房からのアンモニア発生量の低減、日豚会誌、38、227-228、2001.
- 6) 農林水産省農林水産技術会議事務局編  
：日本標準飼料成分表（1995年版）、中央畜産会、1995.
- 7) 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、1998.
- 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、日豚会誌、38、171-176、2001.
- 9) 石橋 晃（監修）：新編動物栄養試験法、養賢堂、東京、2001.
- 10) 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.
- 11) 日本食肉格付協会：牛・豚枝肉、牛・豚部分肉取引規格解説書、日本食肉格付協会、2001.
- 12) 吉田 実：畜産を中心とする実験計画法、養賢堂、東京、1975.
- 13) 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.



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 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法が注目されてきた。このメタン発酵法は古くから中国やインドで数多く普及され、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。特にEU諸国では地球温暖化防止の京都議定書に基づくCO<sub>2</sub>削減目標から、再生可能エネルギーを2010年には12%に高める目標が立てられており、この再生可能エネルギーの内約11%は家畜ふん尿を原料としたバイオガスエネルギーが見込まれている。

そうした中で、ドイツでは共同および個別のメタン発酵処理施設が800ヶ所以上におよび、欧州全体ではほぼ2,000弱のメタン発酵施設が稼動していると云われている。また、殆どが個別処理と思われるが中国では700万施設、インドで100万施設とも云われるメタン発酵施設によりバイオガスエネルギーが供給されているようである。

一方わが国では、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数件程度と云われているが、ごく最近ふん尿混合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つつある。

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。特に、消化液の液肥利用ができない場合の浄化処理については、脱窒の問題とともに、凝集剤を多量に使用するなど処理コストに大きな問題を抱えている。そこで、本研究は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の開発を行う。

### 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で、投入液および消化液の出入管と、消化ガスの排出管を設け、密閉のできるガラス瓶を用いた。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。発酵期間は、約20日および30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尿汚水の一定量を投入した。発酵槽の攪拌は、汚水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

製ガスタンクに導き、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、当初養豚汚水のメタン発酵消化液を用い、本試験用の調整豚ふん尿汚水により培養を開始した。このメタン発酵が定常状態になった約1ヶ月後から各供試汚水の実験を開始した。それぞれの試験は約1.5ヶ月間の連続投入により測定を行った。

## 2) 消化液のカラム浄化装置および処理方法

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消化液の浄化処理を行った。第1カラム槽は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。第2カラム槽は、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、嫌気状態とするため曝気はしない方法で行った。第3カラム槽は、カキ殻を3ℓ中に1ℓ容量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、第1カラム槽を一次処理とし、第2カラム槽を嫌気性の脱窒処理槽とし、第3カラム槽はその対照として好気性処理法として行った。

第1カラム槽へは、メタン発酵消化液を第2カラム処理水を用いて2.0~3.3倍に希釈して1日1回1ℓを投入した。第2および第3カラム槽へは、第1カラム槽処理水を2分し、それぞれ水で2倍希釈して投入した。

第2カラム槽の脱窒試験には、炭素源としてエタノールと廃食油、酒粕を用いて窒素量の約2~4倍量を添加して行った。また、処理水の脱色試験にはポリ硫酸鉄および鶏糞活性炭、市販の粉末活性炭を用いて行った。

## 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

供試材料は、豚の給与飼料の中で一般に用いられている育成豚用の①マッシュの配合飼料給与豚の豚ふんと、②ペレットの配合飼料給与の豚ふん、および繁殖豚の③配合飼料給与の豚ふんを用いた。豚尿については、豚舎から排出した④尿貯留槽の汚水を用いた。また、⑤食品残渣は給食弁当を

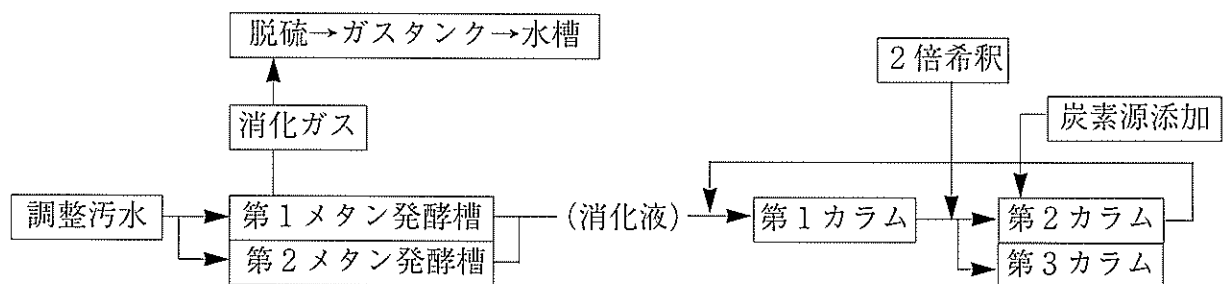


図1 豚ふん尿汚水のメタン発酵と消化液のカラム浄化実験フロー

原料として用いた。

汚水の調整は、何れも原物で豚ふん1に対し豚尿3の割合で溶解し、1mmと0.5mmの篩により粗大固形物を除去して用いた。食品残渣混合区は、豚ふん2に対し予め破碎した食品残渣2の割合で混合し、これに3の割合で豚尿を加え混合して同様に篩で粗大固形物を分離して用いた。調整汚水は一括処理を行い、試料は冷凍保存とし、試験に用いる都度解凍し冷蔵庫で保管して用いた。

## 2. 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どおりに行った。

水質分析項目は、pH、電気伝導度 (EC)、固形物 (TS)、有機物 (VS)、浮遊物 (SS)、化学的酸素要求量 (COD)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、ケルダール窒素 (KjN)、アンモニア性窒素 (NH<sub>4</sub>-N)、亜硝酸性窒素 (NO<sub>2</sub>-N)、硝酸性窒素 (NO<sub>3</sub>-N)、リン酸

(PO<sub>4</sub>) について行った。

## 結果および考察

### 1. 豚ふん尿のメタン発酵処理効率

#### 1) 給与飼料の異なる豚ふん尿調整汚水のメタン発酵処理

投入汚水および消化液の理化学的性状を表1に示した。メタン発酵条件は、マッシュ飼料およびペレット飼料の給与豚ふんのメタン発酵効率を調べるため、36.5℃、30日間の消化日数により行った。

マッシュ飼料給与の投入液のTS対VSは1:0.75で、VS対COD、VS対KjNは1:0.22、1:0.1であった。ペレット飼料給与の投入液は、TS対VSは1:0.81で、VS対COD、VS対KjNは1:0.23、1:0.08であった。ペレット飼料の豚ふんは、有機物比はやや高いがCODおよびKjN比の変化はマッシュ飼料に対して少なく、両者間で微生物分解に与える影響は少ないことを示唆している。

表1 給与飼料の異なる豚ふん尿汚水のメタン発酵性能

項目	マッシュ飼料			ペレット飼料		
	投入液	消化液	除去率	投入液	消化液	除去率
pH	7.84	8.03		7.40	8.10	
EC	16.5	20.3		17.4	20.1	
TS	35,000	4,990	85.7	37,500	4,040	89.2
VS	26,300	3,320	87.4	30,500	2,570	91.6
SS	15,500	980	93.7	17,300	875	94.9
COD	5,910	1,870	68.4	7,130	2,400	66.3
KjN	2,730	2,580	5.5	2,520	2,380	12.8
NH <sub>4</sub> N	190	2,080	-91	438	1,950	-78

単位、EC:  $\mu s/cm$ 、TS, VS, SS, COD, KjN, NH<sub>4</sub>-N: mg/l  
除去率: %、投入液のpH, ECは100倍希釈液、消化液は10倍希釈液

表2 投入負荷量とガス発生量の関係

	マッシュ飼料	ペレット飼料	豚ふん a	食残混合 a	豚ふん b	食残混合 b
投入汚水						
TS %	3.5	3.75	3.96	2.84	3.96	2.84
VS %	2.63	3.05	2.98	2.3	2.98	2.3
TSg/日	3.5	3.75	3.96	2.84	5.94	4.26
VSg/日	2.63	3.05	2.98	2.3	4.47	3.45
VS負荷量						
kg/m <sup>3</sup> ・日	0.88	1.02	0.99	0.77	1.49	1.15
ガス発生量						
ガスℓ/日	1.35	1.59	1.33	1.73	1.85	2.24
ガスℓ/VSg	0.51	0.52	0.45	0.75	0.41	0.65
pH	7.7	7.6	7.9	7.8	8.0	7.9

a : 30日間消化 b : 20日間消化

マッシュ飼料とペレット飼料の消化液のVS除去率は87.4%に対し91.6%で、COD除去率は68.4%に対し66.3%で、両者に分解効果の大きな差は認められなかった。

有機物負荷量とガス発生量の関係を表2に示した。両者のVS容積負荷量は0.88kg/m<sup>3</sup>・日および1.02kg/m<sup>3</sup>・日であり、メタン発酵条件に大きな差はなく、ガス発生量においても0.51ℓ/VSgおよび0.52ℓ/VSgとほぼ同様のガス化効率であった。

また、メタン菌の良好な活動は弱アルカリ性条件であり、メタン発酵処理において日常のpH測定は発酵状態の良否を知る上で非常に重要な指標になる。消化液のpHは7.6~8.0であり、良好なメタン発酵状態であることが示されている。

## 2) 豚ふん尿汚水および食品残渣混合のメタン発酵効率

投入汚水および消化液の理化学的性状を表3に示した。豚ふん尿単独汚水に対し食

品残渣混合によるメタン発酵効率を調べるため、36.5℃で、消化日数を20日間と30日間の2つの条件により行った。

豚ふん尿汚水の投入液のTS対VSは1:0.75で、VS対COD、VS対KjNは1:0.45、1:0.15であった。食品残渣混合の投入液は、TS対VSは1:0.81で、VS対COD、VS対KjNは1:0.54、1:0.17であった。食品残渣混合試料は、有機物比およびCOD比においても豚ふん尿汚水に対し高く、微生物分解改善効果が伺える。

20日間消化における豚ふん尿汚水と食品残渣混合汚水の消化液のVSおよびCODの除去率は91.2%に対し92.3%、および78.7%に対し79.4%であり、両者に顕著な差は認められなかった。

有機物負荷量とガス発生量の関係は表2に示すように、20日間消化の場合、両者のVS容積負荷量は1.49kg/m<sup>3</sup>・日に対し1.15kg/m<sup>3</sup>・日であり、ガス発生量は豚ふん尿汚水

表3 豚ふん尿および豚ふん尿に食品残渣混合汚水のメタン発酵性能

項目	豚ふん尿汚水			豚ふん尿+食品残渣汚水		
	投入液	消化液	除去率	投入液	消化液	除去率
pH	6.59	8.03		6.57	7.92	
EC	8.29	15.6		6.39	14.02	
TS	39,600	3,940	90.1	28,400	2,770	90.2
VS	29,800	2,620	91.2	23,000	1,760	92.3
SS	28,700	3,690	87.1	18,000	2,170	87.9
COD	13,400	2,860	78.7	12,400	2,560	79.4
KjN	4,580	4,330	5.5	3,900	3,680	5.6
NH <sub>4</sub> -N	271	3,480	-92	264	3,013	-91

単位、EC： $\mu s/cm$ 、TS、VS、SS、COD、KjN、NH<sub>4</sub>-N： $mg/l$   
 除去率：%、投入液のpH、ECは100倍希釈液、消化液は10倍希釈液

が $0.41 l/VSg$ に対し食品残渣混合は $0.65 l/VSg$ と約1.6倍の高いガス化効率であった。また30日消化の食品残渣のガス発生量は、 $0.75 l/VSg$ と一層の効率化を示した。

食品残渣混合のガス発生量の報告は、VS負荷量が $2.5kg/m^3 \cdot 日$ 程度に負荷量を高めることによりガス発生量が上昇すると言われている。これは、負荷量の増大により微生物密度が高まり、全体として分解効率が向上するものと考えられている。本研究では、何れも負荷量は低負荷条件であったが、食品残渣を加えることにより豚ふんのガス発生量は負荷量に関係なく明らかに高くなることが分かった。

ガス発生量の高効率化は、バイオガスエネルギー生産量の向上につながり、効率的な資源循環が可能になると同時に汚濁物質の減量化に伴う環境保全の目的が達成できる。

### 3) メタン発酵の効率化試験

メタン発酵によるガス発生量を増加させ

る効率化対策としては、まずメタン発酵槽内の菌密度を高めることが重要である。通常、メタン発酵槽の攪拌法では消化液のSS濃度は微生物分解により投入汚水のほぼ1/2程度であり、それ以上の高濃度対策には消化液を遠心分離や膜分離、凝集分離などによってメタン発酵槽へ返送する方法が考えられるが、ランニングコストやメンテナンスなどから定着した方法には達していない。

本研究では、メタン発酵槽の攪拌を汚水投入時だけ行うことにより、消化汚泥の沈降を図り、上澄み消化液を引き抜くことにより発酵槽の汚泥密度を高め、ガス発生量の向上化を確認した。実験では、消化液の上澄みを引き抜く方法を1ヶ月以上継続すると、メタン発酵槽内の消化汚泥濃度はSS4%以上に達してくることが分かった。この場合の投入汚水のVSは4~6%であった。この方法をさらに継続するとSV(汚泥沈殿率)が高くなり3ヶ月以上になるとSSは6%以上になり、上澄みの引き抜きが困難と

なる。表4にメタン発酵槽液のSS濃度が6.1%の場合の沈殿時間とSVの関係を示した。沈殿時間が3.5時間ではSV87%で、24時間後でも83%と、静止初期で沈殿効果が高いことが分かった。

メタン発酵槽液の消化汚泥濃度を高めた場合の有機物負荷量に対するガス発生量の関係を表5に示した。通常の方法で、メタン発酵槽消化汚泥のSS2.0%ではガス発生量は有機物当たり0.45 l/VSgであった。これが、消化汚泥のSS濃度が5.0%に達してくると有機物負荷量によって多少の違いはあるが最高0.61 l/VSgのガス発生量となり、約1.4倍の効率化が実現できた。この方式において、メタン発酵槽の運転を攪拌と沈殿の回分式にすることにより、さらに分解効率が高められるものと考えられる。また、有機物負荷量が3.0kg/m<sup>3</sup>・日以上になると発泡状のスカムが発生してくるため、適切な攪拌とメタン発酵槽内越流部分にバッフルを設け消化汚泥の流出を避ける対策が必要である。

## 2. 消化液のカラム浄化法

### 1) カラム浄化性能

消化液の浄化処理の理化学的性状を表6に示した。実験に用いた消化液は2槽のメタン発酵槽から排出した沈殿上澄み消化液を用いた。第2カラム槽の処理水は脱窒処理に廃食油を窒素量の1.7倍を添加して行った成績を示した。消化液のSSは1,750mg/lとかなり低濃度条件である。BOD対K<sub>j</sub>N比は1:0.27と、消化液としては窒素比の低い性状であった。この消化液を第2カラム処理水で約3倍に希釈して第1カラム槽に投入した。各カラム槽は容積的に3日滞留であるが、ろ材の占める容積を除いた滞留日数は約2日間である。

第1カラム槽の投入BOD濃度の平均は約1,200mg/lで、BOD容積負荷量は約0.4kg/m<sup>3</sup>・日、窒素負荷量は0.25kg/m<sup>3</sup>・日の処理条件であった。第2および第3カラムの処理条件は、BOD容積負荷量約0.05kg/m<sup>3</sup>・日、窒素負荷量は約0.12kg/m<sup>3</sup>・日の条件であった。

表4 メタン発酵槽液の沈殿時間とSV値の関係 (発酵槽液のSS 6.1%)

時間	0	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	7.5	24
SV%	100	90.5	89.0	87.0	86.0	85.0	84.0	83.0

表5 メタン発酵の運転条件とガス発生量およびスカム発生量の関係

VS負荷量	発酵槽液SS	ガス発生量	スカム発生状況
1.0 kg/m <sup>3</sup> ・日	2.0%	0.45 l/VSg	なし
2.4 kg/m <sup>3</sup> ・日	5.0%	0.56 l/VSg	なし
3.0 kg/m <sup>3</sup> ・日	5.0%	0.61 l/VSg	2cm程度発生
4.1 kg/m <sup>3</sup> ・日	5.0%	0.54 l/VSg	12cm程度発生

攪拌条件：投入時攪拌、他無攪拌

第1カラム処理のBOD除去率は約77%で、窒素除去率は約27%で、窒素の硝化率は85%であった。第1カラムから第2カラムでのBOD除去率は約83.1%、窒素除去率は88.2%で、廃食油を用いることで高い脱窒効果が認められた。また第3カラムではBOD除去率94.9%、窒素除去率は55.6%であった。第2カラム槽が炭素源を加えた脱窒処理に対し、第3カラム槽は炭素源無添加で好気性処理によるものでありBOD除去率は高いものの窒素の除去は極めて低く、普及に当たっては炭素源添加の必要性が明らかとなった。

リン酸の除去率は、第2カラム槽に対して第3カラム槽はカキ殻ろ材を利用している関係から34.8%に対し73%と、明らかにカキ殻による脱リン効果が現れている。

第2および第3カラム槽の除去率は、第1カラム処理水に対して求めた。

## 2) 炭素源添加による脱窒性能

消化液のC/N比は窒素の大部分がNH<sub>4</sub>-N

の組成で残留し、1~2程度の低い性状である。そのため、窒素低減には嫌気性条件下で脱窒菌の増殖を促すために窒素の約3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、畜産の場面ではコストと、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、メタノールに代えてメタン発酵に投入する原汚水を添加した場合と、廃食油および酒粕を添加した場合の脱窒効果について試験した。まず実験ではエタノールを窒素量の約3倍を添加すると表7に示すように完全に脱窒処理を行うことができる。豚ふん尿原汚水を投入汚水量に対し0.3%添加した場合は第2カラム槽の水質が次第に悪化し、脱窒効果にはいたらなかった。次いで、廃食油を投入汚水に対し0.3%添加したところ、極めて良好な脱窒効果を示したものの、処理水中に未分解油分が残留した。その後、投入汚水量に対し0.1%以下で、窒素量の約1.7倍を添加した場合良好な脱窒効果が得ら

表6 カラム浄化法による消化液の処理性能 (mg/ℓ)

項目	メタン発酵投入	消化液	第1カラム	第2カラム	除去率	第3カラム	除去率
pH	6.86	7.18	8.05	8.01		7.52	
SS	40,200	1,750	182	22.0	87.9	37.0	79.7
COD	10,800	2,120	477	124	74.0	119	75.1
BOD	26,000	3,360	274	46.4	83.1	14.0	94.9
KjN	1,980	895	101	15.4	84.8	8.55	91.5
NH <sub>4</sub> -N	456	606	52.2	1.43	97.3	0.71	98.6
NO <sub>2</sub> -N	-	-	145	ND	100	ND	100
NO <sub>3</sub> -N	-	-	448	60	86.6	440	1.8
T-N	1,980	895	248	29.2	88.2	110	55.6
T-P			46.0	30.0	34.8	12.4	73.0

表7 消化液のカラム浄化法による炭素源添加の脱窒性能

1) T-Nの約3倍のエタノール添加 (mg/ℓ)

	消化液	第1カラム	第2カラム	第3カラム
NH <sub>4</sub> -N	NH <sub>4</sub> :1,120	175	17.5	0.6
NO <sub>2</sub>		115	ND	ND
NO <sub>3</sub>		13.0	3.0	668

2) T-Nの約1.7倍の廃食油添加 (mg/ℓ)

	消化液	第1カラム	第2カラム	第3カラム
NH <sub>4</sub> -N	T-N:895	52.2	1.4	0.71
NO <sub>2</sub>		145	ND	ND
NO <sub>3</sub>		448	60.0	440

3) T-Nの約4.4倍の酒粕添加 (mg/ℓ)

	消化液	第1カラム	第2カラム	第3カラム
NH <sub>4</sub> -N	T-N:1,980	63.6	1.0	4.7
NO <sub>2</sub>		1,960	ND	106
NO <sub>3</sub>		147	2.0	1,840

れ、未分解油分も確認されず良好な水質性状が得られることが分かった。また、酒粕を水で溶解し、乾物酒粕当たり窒素量の約4.4倍を添加すると同様に高い脱窒効果が認められた。

本成績により、メタン発酵消化液のようなC/N比が非常に低く窒素除去がし難い水質性状では、このような低利用炭素源を用いることで良好な脱窒効果が期待できることが明らかになった。

3) 鉄塩および活性炭添加による色度除去および脱リン性能

メタン発酵消化液の浄化処理水は希釈倍率が低い場合はCODが100mg/ℓ以上となり、かなり強い褐色の着色を呈する。本実験では、色度約800の処理水にポリ硫酸鉄を500～1000ppmを添加した場合と、鶏糞活性炭とポリ硫酸鉄をそれぞれ500ppm添加、また対照として粉末活性炭を1000ppm添加した

結果、ポリ硫酸鉄が良好な脱色効果のあることが分かった。ポリ硫酸鉄1000ppm添加では色度150まで低下しており、この色度150はわずかに着色が見られる程度であり、大きく改善されることが分かった。また、鶏糞活性炭とポリ硫酸鉄の併用も効果のあることが認められた。

また、ポリ硫酸鉄の添加はリン除去にも大きな効果が認められ、一処理工程で脱色と脱リンが可能であり、普及に向けて有効な活用技術であることが分かった。

3. 低コストメタン発酵システムの構築

メタン発酵槽液の攪拌と沈殿操作を間欠に行うことにより、消化汚泥を沈降させ、上澄み消化液を引き抜くことでメタン発酵槽の汚泥濃度を高めるとともに、消化液の凝集分離工程を省いた浄化処理を実現した。この処理方法は、4時間の沈殿時間を設け、その後約30分間で汚水を投入すると同時に



上澄み消化液を越流により引き抜き、約1.5時間の攪拌を行った後に静止し沈殿させる回分式の操作を1日4回行う。この処理法では、有機物負荷量が3kg/m<sup>3</sup>・日以上になると発泡性スカムが発生する恐れがあるため、負荷量をやや押さえることと、越流部分にバフフルを設け汚泥流出を避ける工夫が必要である。また、メタン発酵槽のSS濃度が6%を越えるとSVが上昇し汚泥の流出があるため、SS濃度は4～5%程度に維持できるようにメタン発酵槽下部から濃縮汚泥の引き抜き操作が必要である。この方法は、ガス発生量の均一化が図られ、ガスホルダーの規模縮小化も期待できる。発生ガスは、ガスエネルギーとして利用する場合と、発電により電気として利用する場合と現場に合わせた利用法の検討を行う。

消化液の浄化処理では、接触酸化法により管理の省力化を図り浄化の効率化を高める。接触酸化法の第1カラム槽には間隙率の大きいカキ殻を充填材とし、第2カラム槽は嫌気性の脱窒槽としてコークスなどの充填材が適当である。脱窒の炭素源には廃食油や酒粕を用いて低コスト化を実現する。また、脱色にはポリ硫酸鉄などの鉄塩および鶏糞活性炭等の安価な資材を用いてリン除去とともに処理の効率化を図るシステム

とする。

## 要 約

豚ふん尿のメタン発酵処理において、養豚飼料のマッシュ飼料とペレット飼料によるガス発生量は両者に差は認められなかった。豚ふん尿に食品残渣を混合した場合は豚ふん尿汚水に対し約1.7倍の増加が認められた。メタン発酵の効率化対策では、メタン発酵槽液の攪拌を間欠法として沈殿分離することにより、排出する消化液のSS濃度は2,000mg/ℓ以下となり、連続攪拌法に対し1/10の汚泥流出量になることが分かった。この方法は消化液の浄化にかかる凝集剤の使用をなくすることができるとともに、メタン発酵槽液の汚泥濃度を4%以上に高めることができ、約1.4倍のメタン発酵効率化が実現できた。

消化液のカラム浄化処理法により処理水のBODは46mg/ℓまで低下する効率的な浄化性能が得られた。処理水の脱窒処理ではメタノールに代えて廃食油や酒粕の炭素源を添加することによりT-Nは水質基準値まで低減できることが分かった。処理水の脱色処理ではポリ硫酸鉄と鶏糞活性炭をそれぞれ500ppm添加することで色度250まで低下することが分かった。また、ポリ硫酸鉄

表8 消化液の浄化処理水の脱色・脱リン試験

	原水	ポリ硫酸鉄		鶏糞活性炭+ポリ硫酸鉄 500ppm+500ppm	活性炭 1000ppm
		500ppm	1000ppm		
色度	800	300	150	250	400
T-P	40.1	22.5	ND		

(ppmは添加量を示す) (ポリ硫酸鉄750ppm添加：T-P 9.5ppm)

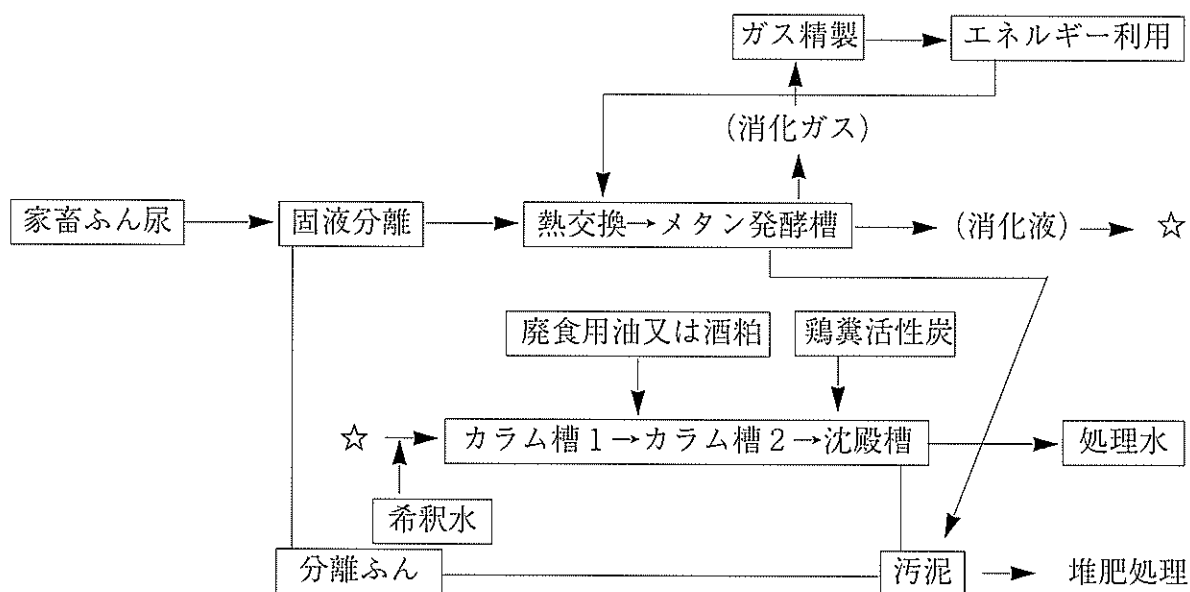


図2 メタン発酵処理システムフローシート

の添加により色度除去とともにリン除去の同時処理が可能であった。

本成果により、低コストのメタン発酵と消化液の浄化処理システムを構築することができ、ふん尿混合豚舎汚水の普及の見通しが得られた。

### 謝 辞

本研究で用いた豚ふん尿等の試験材料は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、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。
- 2) 財団法人畜産環境整備機構、家畜ふん尿処理・利用の手引き、平成10年5月。
- 3) 亀岡俊則・崎元道男・因野要一、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(3)、216-221、1986。
- 4) 亀岡俊則・因野要一・崎元道男、メタン発酵システムによる豚舎汚水の処理、日畜会報、59(8)、675-681、1988。
- 5) 亀岡俊則・因野要一・崎元道男、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、1986。
- 6) 北海道バイオガス研究会、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、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

汚水の活性汚泥処理施設は、微生物による有機物質の分解および酸化作用を利用している。活性汚泥の微生物は、細菌、藻類、菌類、原生動物、後生動物と広範にわたっており、汚水の内容、施設の運転状況、気温などの環境要因によって、さまざまな微生物相を形成している。この微生物相は、活性汚泥処理施設の状態を反映したものとなっており、なおかつ処理施設的能力を決定づけている。しかし、微生物相を良好な状態に保つためには専門的な知識が必要であるため、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散見されている。したがって、専門的な知識がなくても微生物相を良好な状態に保つことができるようにすることは、畜産業界の環境負荷を低減させるための重要な課題となっている。

活性汚泥処理施設の浄化作用の主体をなしているのは細菌である。したがって、どのような細菌が優先的に活動しているのかを観察できれば、活性汚泥の状態の把握とともに、何かトラブルが生じている場合には、その対処方法を判断する決め手になる。そこで、本研究課題では、精密濾過膜を用いた豚舎汚水活性汚泥処理施設を対象に、細菌相に注目して研究を進めてきた。この

成果として、培養法を用いた観察によって細菌相の変動をとらえることができ<sup>4)</sup>、この変動が処理水質と相関があることを示すことができた<sup>5,6)</sup>。したがって、細菌相を観察することによる浄化機能の評価法は、開発が可能であると考えられた。また、活性汚泥の細菌相については、世界的にも盛んに研究されるようになってきている。しかし、一般則を導き出すにはあまりにも情報の蓄積が少ないことから、実用的な技術開発を行うには、まだ数年を要すると考えられる。

一方、顕微鏡による観察が容易な原生動物および後生動物を指標とした施設管理が、下水や工場排水などの処理施設において広く利用されている。原生動物および後生動物は、細菌ほど処理能力と直接的に関連しているわけではないが、曝気槽内の状態に敏感であることから良い指標になる。これは、森の状態を見るには鳥を、川の状態を見るには魚を観察するのと同じようなものである。このような理由から、研究も多くなされており、観察を補助する専門書も著されている<sup>1, 2, 3)</sup>。しかし、一般畜産農家にとって、これらの専門書をひもときつつ顕微鏡観察したとしても、原生動物および後生動物を識別することも、これらの微生物相から活性汚泥処理施設の状態を判断することも容易なことではない。

そこで、活性汚泥処理施設を対象に、原生動物および後生動物の顕微鏡による観察を中心とした簡易評価によって、一般畜産農家でも施設の状態を把握し、対処法を判断できるシステム（以下「判断システム」）の作製を目指すことにした。

## 材料および方法

### 1. 判断システムの構築

専門書<sup>1, 2, 3)</sup>を参考に、データを整理することにより、運転状況の把握や、処理水質が悪化した際の対処法を判断するためのフローチャートを作製した。また、専門書は生活排水や工場排水を中心に著されていることから、畜舎汚水に関する情報を極力取り入れるようにした。

微生物の画像データは、原生動物情報サーバ (<http://130.158.208.53/WWW/taxonomy/menu.html>) から入手した。また、ここにない微生物の画像データを補うため、10リットルの容量を持つ回分式活性汚泥槽を2槽設置して畜舎汚水または豚ふんと尿から調製した人工畜舎汚水を原水として運転し、微生物およびフロックの顕微鏡撮影を行った。さらには、畜舎汚水を処理している施設からも、顕微鏡画像および施設等の画像を収集した。

フローチャートは、今後の変更に柔軟に対応できるようにデータベース化し、これを直接インターネットブラウザ上で動作するプログラムにて利用できるようにした。設問および選択肢は、一般農家にも理解しやすい文章になるように配慮し、専門的な用語には用語解説を付加した。フローチャートと画像データは、フローチャートが必要とするところに、必要とする画像をリンクさせることによって統合した。画像データは、微生物の特徴をとらえやすいように加工した。

と画像データは、フローチャートが必要とするところに、必要とする画像をリンクさせることによって統合した。画像データは、微生物の特徴をとらえやすいように加工した。

### 2. 判断システムの機能試験

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、構築した判断システムを用いて診断を行った。

## 結果および考察

### 1. 判断システムの構築

フローチャートを作製した結果、3つから5つの質問に答えることによって判断結果を得られるものができた。設問の総数は23で、得られる判断結果のパターン数は30となった。

画像データベースは、直接画像データを表示するだけでは、微生物の特徴を伝えることは困難であることが判明した。これは、以下の理由による。

- 1) 微生物相の判断には属レベル以上の分類で十分であるが形やサイズに多様性がある。
- 2) 微生物の同定に重要な鞭毛や繊毛は写真に撮影されにくい。
- 3) 微生物の同定には動きが重要な要素である。

そこで、まず微生物の特徴を抽出した簡単なイラストを表示し、そこから個々の画像データにアクセスできるようにした。このことによって、データ量の大きい写真を多用することによる通信負荷の増大を回避する副次的な効果も得られた。

微生物の画像データは、原生動物情報データベースから21属、本研究において撮影した25属が得られた。しかし、主要な微生物だけでも100属を越えていることから、判断システムを実用的なものにするためには不十分である。特に高負荷時に見られる鞭毛虫は、サイズが小さいこともあり、撮影に成功しなかった。今後は、画像データの入手が重要な作業であると考えられた。また、先に述べたように、微生物の同定には動きが重要な要素であることから、動画の利用も検討する必要があると考えられた。

以上のフローチャートと画像データベースを統合した結果、図に示す判断システムを作製した。

## 2. 判断システムの機能試験

施設1は、豚舎排水を処理する4連の曝気槽を備えている連続式の施設であり、非常に良好な処理がなされていたが、11月の半ば頃から、曝気槽に泡が発生して処理水も濁るようになった事例である。施設管理者に判断システムを使用してもらった結果、糸状性細菌によるバルキングであると判断された。そこで、現地にて状況を調査した。曝気槽は、表面の半分ほどが白くて大きい泡で覆われており、水をかけると泡は簡単に壊れた。水温：13.8℃、DO：0.45mg/L、pH7.5、SV30：52%、リン酸：0.2mgPO<sub>4</sub>-L、亜硝酸濃度2mg/L、硝酸：1mg/Lであった。汚泥を顕微鏡で見ると、フロックは、大きいものから小さいのまで様々な大きさのものがあり、形は丸く、色は濃かったことから、最良期から解体期にかけてのフロックの様相であった。微生物相は、ツリガネ

ムシが最優勢でついで小型の繊毛虫と鞭毛虫が見られた。小型の鞭毛虫として低DOにて見られるトレポモナスがいた。また、糸状性細菌も多く見られた。これらの観察から、糸状性細菌によるバルキングではなく、処理水が悪化したのは何らかの理由によって酸欠気味となり、気温の低下によって汚泥の状態が悪くなったためと考えられた。判断システムがうまく機能しなかった原因としては、施設管理者があらかじめ微生物の観察をしており「糸状性細菌が大量に発生」→「バルキング」という思い込みが、回答の選択を誤ませたものと考えられた。

施設2は、豚舎排水を処理している回分式（オキシデーションディッチ）の施設であり、長期にわたって細かい泡の層が曝気槽の表面を覆っている状態であったが、1月に入ってSV30が100%を示すバルキング状態になった事例であった。判断システムに従って判断した結果、放線菌によるバルキングとなった。現地にて状況を調査したところ、曝気槽は、表面全体が褐色の細かい泡で覆われており、水をかけても泡は簡単に壊れなかった。SV30がほぼ100%であるが、長時間静置すると汚泥が沈殿するため、処理水に汚泥が混じるという状態ではなかった。汚泥を顕微鏡で見ると、フロックは、非常に大きいものが所々あり、他は淡い色の小さいものであった。微生物相は、有殻アメーバ、小型・大型の繊毛虫が多く見られ、ツリガネムシ、吸管虫類、ワムシが少数見られた。また、放線菌と思われる糸状性細菌が多数見られた。有殻アメーバが多いことは汚泥が古いことを示しており、

汚泥の滞留時間が長いために生じた放線菌によるバルキングであると考えられた。このことから、判断システムがうまく機能したと考えられた。

以上のように、システムは、まだ実用的とは言えない状態ではあるが、判断の骨子と基本プログラムはほぼできあがったと考えられる。今後は、実際の処理施設における現象を取り入れながら、畜舎汚水処理施設に最適化していく必要があると考えられる。

## 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、原生動物および後生動物の顕微鏡観察を主体とした活性汚泥処理施設の状態を判断するシステム（以下判断システムと略す）の構築を行い、以下の成果を得た。

1. 運転状況の把握や、処理水質が悪化した際の対処法を判断するためのフローチャートを作製した。微生物の画像データは、不十分ながらも46属の画像を収集した。これらのデータを統合し、判断システムの骨子を構築した。
2. 実際にトラブルが起きている畜舎汚水処理施設2カ所を対象に、判断システムを試験運用した結果、専門用語は慎重な取り扱いが必要である、誤った選択をした場合のフォローについて配慮しなくてはならない、利用者が迷わないように設問に対する選択肢を減らす必要がある、といった問題点があることが明らかになった。

## 謝 辞

判断システムの構築に当たり、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、畜舎汚水を処理している施設1、施設2の管理者の方々には、施設の調査に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。

## 引用文献

- 1) 千種 薫. 図説 微生物による水質管理. (株)産業用水調査会. 1996.
- 2) (社)日本下水道協会. エアレーションタンクの微生物—検鏡と培養の手引き—. 1990.
- 3) 須藤隆一・稲森悠平. 図説 生物相から見た処理機能の診断. (株)産業用水調査会. 1983.
- 4) 高橋栄二・古川智子・山本朱美・岡田清・岡田光弘・渡邊昭三・古谷 修・木本博志. 豚舎汚水の活性汚泥処理施設における細菌相とその季節変動. 日本畜産学会報. 71: J362-J369. 2000.
- 5) 高橋栄二・古川智子・山本朱美・岡田光弘・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. 畜産環境技術研究所年報. 4: 49-54. 2001.
- 6) 高橋栄二. 豚舎汚水活性汚泥処理施設の曝気槽における微生物数と処理水質との関係. 日本畜産学会報. 73: 305-311. 2002.

図 判断システムの使用例

「曝気槽」をクリックすると用語解説が表示される

「曝気槽が泡立っている」を選んで「選択する」ボタンを押すと、次の設問に移る

「水をかけると消える」を選んで「選択する」ボタンを押すと、次の設問に移る

「300倍以上でない」と…を選んで「選択する」ボタンを押すと、判断結果が表示される

微生物を観察に関する文章をクリックすると、微生物の解説が表示

微生物を選ぶと、その説明が表示される。

「写真を見る」をクリックすると、画像が表示される。

あなたの診断の結果です

原因：稼働に負荷が高いか 曝気不足かと思われます。また、活性汚泥地盤を運転して間もないならば、また汚泥が十分に育っていないものと考えられます。この場合、SUが100%近い値を示し、DOが稼働に高いか低いかわのどちらかの値になっています。

対策：負荷を低くする、予備汚泥の引き抜きを止める、曝気を強くまたは時間を長くする、他の地盤から汚泥を取ってきて活性汚泥槽に加えるのいずれかを試してみてください。ただし、曝気を強くした場合には、一時的に泡が多くなる場合があります。

400倍

扁平な体が回転しているので見える方向で形が違います。

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  
① 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  
共同研究機関：富士平工業株式会社  
協力機関：家畜改良センター  
研究期間：平成12～14年度

### 緒 言

堆肥の流通、利用を促進するには、製造された堆肥の品質を明らかにする必要がある。品質評価としては、肥料成分の評価とともに、土壤に施用した場合の作物への障害を防止する点から、腐熟度の判定はきわめて重要である。堆肥の腐熟度判定技術としてC/N比、有機物含量の測定、発芽率など様々な方法があるが、堆肥の生産現場や流通段階で、腐熟度を簡易に判定する手法の開発が望まれている。

当研究所では、平成12年度までに、堆肥の酸素消費量を測定して微生物の呼吸作用から腐熟度を簡易に判定する手法の有効性を明らかにしたが、平成13年度においては、酸素消費量に影響する要因の解明とともに、堆肥センター等でも使用できることを目的とした携帯可能な簡易測定装置を試作して、比較試験を実施した。

### 材料および方法

1. 微生物の酸素消費量による腐熟度判定の原理  
堆積直後の堆肥には一般に微生物が利用

しやすい易分解性有機物が多量に含まれており、微生物はこれを利用して活発に活動し、多量に酸素を消費する。ところが、堆肥の発酵が進むと利用しやすい栄養分が減少するため、微生物の活動は弱まり、呼吸量も減る一方、腐熟は堆肥中の易分解性有機物の消費を伴って進行する。したがって、密閉容器に入れた堆肥の一定条件、一定時間における酸素消費量を溶存酸素計を用いて測定することにより腐熟度が比較的簡易に判定できる。

### 2. 測定装置

測定装置は、市販の溶存酸素計、データロガーなどを組合わせてつくったプロトタイプ型の測定装置と、これら個別の測定機器の一体化を計った試作機を富士平工業(株)との共同研究で開発し、性能評価に用いた。

### 3. 測定手順

堆肥を目開き10mmの篩に通し堆肥試料の水分を60～75%の範囲に調整する。サンプル容器に50g秤取し、35℃に温め、溶存酸素計のセンサーをセットしてサンプル容器を密閉する。一定時間培養した後、培養前後の酸素濃度から酸素消費量を算出する。



#### 4. 試作機の性能評価

試作1号機（12年度製作）と、その改良型である試作2号機（13年度製作）による酸素消費量の測定値をこれまでのプロトタイプとの値と比較した。また、試作機の再現性の目安として、同一サンプルを繰り返し測定した場合の誤差（繰り返し誤差）を検討した。

#### 5. 酸素消費量に及ぼす諸要因の検討

- 1) 高温発酵時の堆肥の酸素消費量についての検討
- 2) 冷蔵保管（5℃）の堆肥試料の酸素消費量についての検討

#### 結果および考察

##### 1. 試作機の性能評価

試作1号機、2号機とプロトタイプの酸素消費量の値を比較した。その結果、試作機2機種とプロトタイプとの酸素消費量の値はよく一致し、高い相関が得られた。プロトタイプと試作2号機との近似式は $y = 1.1882x - 0.4737$ 、 $R^2 = 0.9542$ である（図1）。

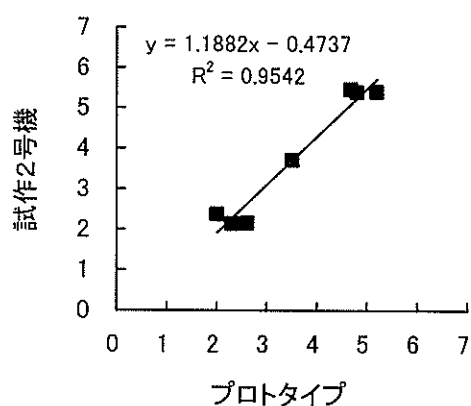


図1 試作2号機とプロトタイプとの酸素消費量の比較（ $\mu\text{g}/\text{min}/\text{g}$ ）

試作機で酸素消費量を測定した場合、測定値の繰り返し誤差の大きさは、標準偏差として $1\mu\text{g}/\text{min}/\text{g}$ であった。

##### 2. 酸素消費量に及ぼす諸要因の検討

###### 1) 高温発酵時の試料の酸素消費量

高温発酵時（70℃以上）の試料を35℃に冷却し、30分間保持した後に測定を行った。その結果、試料とした堆肥は未熟な状態であるにもかかわらず酸素消費量はきわめて低い値（ $1\mu\text{g}/\text{min}/\text{g}$ ）を示した。低値となった原因として、70℃の雰囲気中にあった堆肥は35℃で活性を示す微生物が死滅、あるいは活動を休止しているため酸素消費量が低くなるものと考えられた。その後、試料を35℃で保持すると酸素消費量は経日的に活性が高まり、ほぼ6日で一定値となった（図2）。

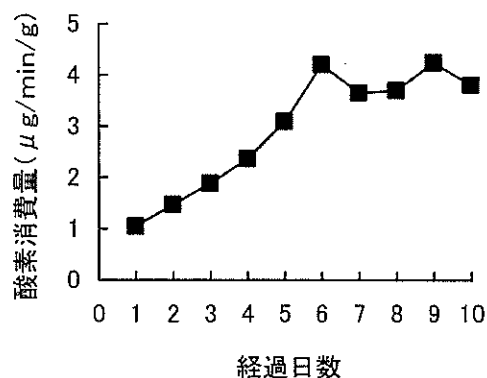


図2 高温発酵時の堆肥を35℃で保持した場合の酸素消費量の変化

このことから、高温で発酵している段階の堆肥の酸素消費量を測定する場合は6日間以上は35℃で保持する必要があるといえる。しかしながら、高温で発酵している堆肥は、未分解の有機物が多量に残っている、

いいかえれば熟度は進んでいない堆肥といえるので、現実的に酸素消費量を測定する意義は少ない。

## 2) 冷蔵保管時の試料の酸素消費量

冷蔵庫（5℃）で1ヶ月以上保管した堆肥を35℃に加温し、30分間保持した後に測定を行った。冷蔵下にあった堆肥の酸素消費量は取り出し直後の値と35℃で保持した5日目の値との差はほとんどなかった（図3）。

このことから、冬季など低温下にある堆肥の酸素消費量を測定する際、測定前30分間の加温のみで測定が可能であることが示唆された。

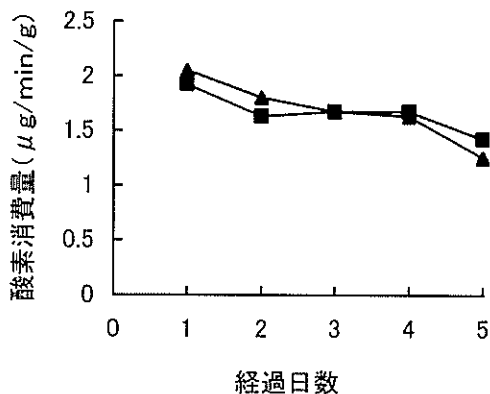


図3 長期に冷蔵保管した堆肥を35℃で保持した場合の酸素消費量の変化

## 要 約

試作機とプロトタイプの測定値の比較したが、両者はよく一致した。また、同一サンプルを繰り返し測定した場合の誤差は標準偏差として1μg/min/gであった。

高温発酵時の試料の酸素消費量はきわめて低い値を示した。これは、35℃で活性を示す微生物が死滅、あるいは活動を休止しているためと考えられた。試料を35℃で保持すると経日的に活性が高まり、ほぼ6日で一定値となった。

長期に冷蔵保管（5℃）した試料の場合は、取り出し後30分程度35℃に保持した場合の酸素消費量と、その後5日間35℃に保持した場合の値との差はほとんどなかった。

## 引用文献

- 1) 古川智子・伊藤 稔・亀岡俊則・高橋 栄二・山本朱美・古谷 修、堆肥の腐熟度判定指標としての酸素消費量の簡易判定法、畜産環境技術研究所年報第4号、55～60、2001.

課題名 IV 環境保全技術体系の確立  
2. 家畜糞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」

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、おが屑の入手難などで仕上り堆肥を畜舎の敷き料や戻し堆肥として利用されているケースが多く、堆肥の塩類蓄積や微粉化など品質に問題が生じている。また、発酵過程における送風量に対する有機物の分解率と水分蒸発量の関係についても低コスト処理の関係から明らかにする必要がある。

そこで、戻し堆肥を利用した堆肥の品質安定化と堆肥化の低コスト化を図るため、①戻し堆肥の利用率に対する堆肥の品質と利用限界の関係、②送風量に対する有機物分解率と堆肥水分の関係などについて調査した。

材料および方法

1. 堆肥化装置

発酵槽は約16ℓ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。発酵槽は、発酵槽内温度に対してマイナス0.5℃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、中断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、

エアープンプによりバルブ調整で一定量(0.03～0.3m<sup>3</sup>air/m<sup>3</sup>・分)の送風量の調整により行った。

2. 堆肥化処理の供試材料

本堆肥化試験では、水分82～85%の乳用牛のふんを用いた。水分調整材には、水分35%程度の同一区の仕事上がり堆肥(戻し堆肥)および水分約8%のおが屑を用いた。

3. 堆肥化処理の方法

試験は、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50%と、おが屑を50%混合して用いた区(以下50%区)の2区により行った。100%区は、牛ふん約8kgに対して戻し堆肥3.5kgを混合し、水分ほぼ69%に調整した。50%区は、牛ふん7.5kgに対して戻し堆肥2.5kgとおが屑0.7kgを混合し、水分ほぼ68%に調整した。この戻し堆肥に対するおが屑の比率は乾物当たり約50対50であり、水分調整材の中で戻し堆肥の利用を50%として行った。

堆肥化処理はほぼ2週間毎に切り返しを行い、約50日間の発酵堆肥化処理を行った。

4. 堆肥の分析方法

堆肥の分析方法は、堆肥等有機物分析法、(財)日本土壌協会編、2000年、に準じて行い、

他は常法通りに行った。分析項目は、pH、EC (mS/cm)、水分 (%)、灰分 (%)、T-N (%)、T-C (%)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)、K<sub>2</sub>O (%)、CaO (%)、MgO (%)、Cu (ppm) および小松菜による発芽試験について行った。

表1 戻し堆肥を水分調整材に利用した場合の容積重変化の傾向 (倍)

回数	1	2	3	4	5
戻し堆肥100%	—	1.3	1.6	1.7	1.8
戻し堆肥50%	—	1.0	1.2	1.2	1.3

### 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

牛ふんを堆肥化の原料とし、戻し堆肥を水分調整材として100%区と50%区の2区により堆肥化処理を行った。その結果、戻し堆肥100%区では、戻し堆肥の利用回数が5回目になると堆肥仕込み時の容積重は表1に示すように当初の1.8倍になり、粘土状の物性となった。水分60%でも堆肥化原料の表面に水が浮く状態であり、戻し堆肥100%における利用の限界と思われた。特に、仕込みの段階で堆肥の混合調整を行う時点でこの粘性は3回目から現れ、回数が進むに従い強い粘性を伴い粒子間での通気ができない状態となり、堆肥化が困難な物性に变化していった。

しかし、50%区では、戻し回数が5回になっても容積重は当初の1.3倍に高まるものの、粘性の発現は極めて小さく、十分な通気状態が維持できることが分かった。

また、100%区では生産される堆肥が固ま

り状になりやすく、戻し回数が進むに従って固まりの強度が増す傾向を示し、堆肥利用上にも問題のあることが分かった。

#### 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。本試験では、100%区および50%区でECの傾向を調査した。表2に示すように、戻し回数が5回目になると両区とも当初の約2倍に上昇し、明らかに塩類蓄積が認められた。特に、100%区の5回目ではEC約4.7に、50%区でも2.9に上昇した。なお、表4の堆肥成分の成績では、6回目のECは100%区および50%区ともに5回目に対し低くなっており、この原因は不明であるが、投入原

表2 戻し堆肥を水分調整材に利用した場合のECの傾向 (mS/cm)

回数	1	2	3	4	5
戻し堆肥100%		2.43	4.11	4.31	4.66
戻し堆肥50%		1.57	2.72	3.22	2.91

戻し堆肥50%：戻し堆肥50%+おが屑50%

表3 送風量に対する堆肥水分及び有機物分解の関係 (%)

送風量/発酵日数	0日目	8日目	17日目
送風弱：水分	70.0	58.6	45.8
：有機物	78.8	71.4	67.8
：温度	27.0	68.0	49.0
送風強：水分	70.0	57.7	44.9
：有機物	78.8	72.8	67.1
：温度	27.0	56.0	32.0

送風弱：0.1m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>・分

送風強：0.3m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>・分

表4 戻し堆肥利用による牛ふん堆肥化処理の堆肥成分

	戻し堆肥100%区		戻し堆肥50%区	
	3回目	6回目	3回目	6回目
pH	8.93	9.22	8.76	8.66
EC mS/cm	4.11	4.31	2.72	2.75
水分 %	28.4	39.5	43.1	46.0
灰分 %	30.3	40.0	20.6	25.7
T-C %	34.5	30.0	34.1	36.1
T-N %	2.48	2.58	2.57	2.08
C/N	13.9	11.6	13.3	17.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	3.20	4.33	2.48	3.03
K <sub>2</sub> O %	5.10	4.14	4.01	2.10
CaO %	0.98	6.60	0.76	4.81
MgO %	1.66	10.5	1.30	7.57
Cu ppm	70.4	143	49.1	98.2
発芽指数	100	98	100	96

料の牛ふん性状に起因しているかも知れないが、追試により確認する必要がある。

### 3. 送風量と堆肥水分および有機物分解率の関係

堆肥仕込み条件が同一の100%区の堆肥化試験を2系列により、送風量を変えて調査した。試験は、送風量を通常の0.1 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>・分と、その3倍量の0.3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>・分で行い、堆肥の水分および有機物の分解率について比較調査した。その結果、送風量が多い場合は、発酵温度が約10℃程度低く推移することが分かった。また、送風量の強弱に対し有機物分解率に変化はなく、仕上がり堆肥の水分値にも変化は認められず、堆肥の水分蒸発量は有機物の分解熱量に依存していることが明らかであった。

このため、牛ふんを原料とする堆肥化処

理では、むやみに送風量を高めても発酵効率を高めることにはならず、むしろ送風によって消費する電気エネルギーの無駄使いとなるため、適正な送風量の設定が低コスト化に向けて重要であった。

### 4. 戻し堆肥利用による堆肥の品質

戻し堆肥を3回および6回目の生産堆肥の品質を表4に示した。戻し回数が増えると堆肥の水分は、100%区および50%区ともに高くなっており、有機物の分解効率が次第に低下しているものと推察される。灰分についても増加しているが、灰分はむしろ戻し堆肥による蓄積の要因があるものと考えられる。また、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、CaO、MgO、Cuについても濃度が高くなっており、灰分と同様に戻し堆肥による成分の蓄積に原因されるものと考えられる。なお、K<sub>2</sub>Oの低下傾

向については原因不明である。

このように、堆肥中の無機成分の高濃度化は堆肥化処理においてCuイオンなど微生物阻害物質も含まれており、戻し堆肥の利用には発酵効率を見極めながら用いることが重要である。また、戻し堆肥を6回利用して生産した堆肥の小松菜の発芽試験に見られるように、堆肥の作物に対する阻害要因と思える傾向が現れており、特にECや重金属のCu成分などが高濃度に蓄積する場合は多量施用にならないなど普及上の注意が必要であり、戻し堆肥を利用する堆肥化処理の上でこれらのことも配慮しておく必要がある。

こうした点から、戻し堆肥100%の利用は極力避けて、50%以下程度で利用することにより、堆肥化処理の効率化が維持されるとともに利用し易い堆肥の品質が確保できるものと考えられた。

## 要 約

戻し堆肥を水分調整材として牛ふんの堆肥化処理を行った。水分調整材として、戻し堆肥のみを用いた100%区、および乾物当たり戻し堆肥50%とおが屑50%を混合したものを用いた50%区の2区により堆肥化処理を行った。その結果、100%区では、戻し回数が5回目になると堆肥仕込み時の容積重は当初の1.8倍になり、物性は粘土状になり、水分60%でも堆肥原料の表面に水が浮く状態で、戻し堆肥100%利用の限界が見られた。戻し堆肥50%区では、戻し回数が5回になっても容積重は当初の1.3倍に高ま

るものの、粘性状態は認められず、十分な通気状態が維持できることが分かった。

戻し堆肥を水分調整材に利用することで塩類の蓄積が考えられるが、戻し堆肥100%区および50%区においても戻し回数が5回目になるとEC値は当初の約2倍に上昇した。

また、100%区では堆肥が固まり状になりやすく、戻し回数が増すに従って固まりの強度が増し、利用上でも問題が生じるものと思われた。

送風量が堆肥化に与える影響を100%区を2系列により、堆肥水分および有機物分解率の関係を調査した。その結果、送風量を通常量とその3倍量で比較したところ、送風量が多い場合は、発酵温度が約10℃程度低く推移することが分かった。また、送風量の強弱に対し有機物分解率に変化はなく、仕上がり堆肥の水分値にも変化は認められず、堆肥の水分蒸発量は有機物の分解熱量に依存していることが明らかであり、適正な送風管理が省エネルギー上重要であることが分かった。

戻し堆肥を利用した堆肥の品質は、100%区は特に灰分やリン酸、Cuなどの無機塩の高濃度化が認められた。小松菜による発芽試験でも戻し堆肥6回目の利用では発芽障害と思える傾向であり、堆肥の多量施用など利用上に配慮することも必要と考えられた。

こうした点から、戻し堆肥のみで水分調整することは極力避けて、戻し堆肥を50%以下程度で利用することにより、堆肥化処

理の効率化が維持されるとともに利用し易い堆肥の品質が確保できるものと考えられた。

#### 謝 辞

本試験に用いた牛ふんの試験材料は独立行政法人家畜改良センター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。

#### 参考文献

- 1) 家畜ふん尿処理・利用の手引き、(財)畜産環境整備機構、1998.
- 2) 堆肥化施設設計マニュアル、(社)中央畜産会、2000.
- 3) 堆肥の品質実態調査(中間報告)、(財)畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所、2002.

## **5. 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**



## 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の実施状況

平成11年に「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」、「持続性の高い農業生産方式の導入促進に関する法律」および「肥料取締法を一部改正する法律」の3法が施行された。このことにより、いわゆる野積み、素掘りによる家畜排せつ物の放置が禁止され、堆肥の生産と利用促進が強く求められ、家畜排せつ物処理・利用施設が計画的に整備されつつある。

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、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は極めて強く、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、地域の実態に即した簡易で低コストな家畜排せつ物処理施設や優秀な家畜排せつ物処理・利用方法について、都道府県等有する情報等を活用しつつ、その開発・実証を行うことによって、家畜排せつ物の管理の適正化と有効利用を確保し、新制度の目的に沿った畜産経営の確立を図るものとする。

### I 簡易低コスト処理施設の開発実証

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

および測定方法を取りまとめ、各委託機関に送付した（表1）。

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た。依頼した課題および依頼先は下記のとおり。

### 事業における研究課題化

#### 1. 活性汚泥微生物による窒素低減化技術

硝酸性窒素の排出基準が設けられ、畜産排水についても窒素低減化の低コスト処理技術の開発が急がれている。

そこで、窒素の硝化・脱窒性能の効果を高めるため、各種処理法の技術実証を行い、汚水処理技術のマニュアル作成の資料とする。

- 1) カラム浄化法による脱窒能向上技術の開発（畜産環境技術研究所）
- 2) 回分式活性汚泥法のばっ気量加減による脱窒能向上技術の実証（宮崎県）
- 3) 標準活性汚泥法による窒素低減化の実証（兵庫県）
- 4) 水路型ろ床浄化法による窒素低減化技術の実証（京都府）
- 5) 牛舎汚水の凝集剤と活性炭処理による窒素低減化の実証（大阪府）
- 6) おが屑等のろ過装置による窒素低減化の実証（埼玉県）

#### 2. 「戻し堆肥」の水分調整材としての有効利用技術

畜産の現場では、生産された堆肥を敷料

表1 簡易低コスト家畜排せつ物処理施設開発実証事業に伴う各施設共通の調査項目

各施設共通

調査項目	調査内容	調査時期等	備考
設計書、仕様書 建設マニュアル等	開発実証した施設の建設に参考となる資料	建設時、改造時 終了時	
施設の操作手順	施設のオペレーションマニュアル作成に参考となる資料	同上	
建設費(インシヤルコスト)	総額、単位面積あたり(円/㎡)、単位家畜あたり(円/頭又は円/1000羽)		施設全体

堆肥化施設

調査項目	調査内容	調査時期等	備考
原料、製品	原料、副資材の種類、製品の量(kg/日またはt/回)	調査 冬季	
堆肥化状況	発酵温度の最高温度および60℃以上の日数、通気量、処理(仕上がりまでの)日数	夏季、冬季	温度の測定は最高温度を 示す部位で行う
堆肥成分	水分(%)、灰分(%)、pH、EC(mS/cm)、発芽率(%),全窒素(N,%),全リン(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,%), 全カリ(K <sub>2</sub> O,%),全石灰(CaO,%),全苦土(MgO,%)	原料、中間時点及び発 酵終了時の製品	堆肥等有機物分析法(日 本土壌協会)に準じる
大腸菌群数(個/g)	食品衛生検査指針微生物編(1990)に準じる	発酵終了時の製品	
臭気の発生状況	測定地点-1.施設内(投入口、製品出口)、2.風下10mもしくは敷地境界の内、施設に近い 地点(測定場所明記)、測定項目-上記2地点におけるアンモニアと硫化物濃度	毎月	検知管でも可、測定条件 明記
運転状況等	ランニングコスト(電気代、副資材代、燃料費、消耗品費、機械経費等)、作業時間	同上	
耐久性	補修費、補修内容等	同上	

スラリー処理施設

調査項目	調査内容	調査時期等	備考
原料、製品	原料の種類と投入量および製品量(kg/日またはt/回)	毎月	
スラリー処理状況	消化温度とpHの経時変化、処理(仕上がりまでの)日数	同上	
スラリー成分	固形物(TS,%),pH、EC(mS/cm)、発芽率(%),全窒素(N,%),全リン(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ,%)、 全カリ(K <sub>2</sub> O,%),全石灰(CaO,%),全苦土(MgO,%)	原料および製品	堆肥等有機物分析法 (日本土壌協会)に準じる
大腸菌群数(個/mL)	食品衛生検査指針微生物編(1990)に準じる	同上	
臭気の発生状況	測定地点-1.施設内、2.風下10mもしくは敷地境界の内、施設に近い地点(測定場所明記)	毎月	検知管でも可、測定条件 明記
運転状況等	測定項目-上記2地点におけるアンモニアと硫化物濃度	同上	
耐久性	ランニングコスト(電気代、燃料費、消耗品費、機械経費等)、作業時間 補修費、補修内容等	同上	

汚水処理施設

調査項目	調査内容	調査時期等	備考
原水、放流水	汚水量(m <sup>3</sup> /日)	毎月	
汚水処理状況	SV、処理水の透視度、処理時間	同上	
水質性状	pH、SS(mg/L)、COD(mg/L)、BOD(mg/L)、全窒素(mg/L)、アンモニア(mg/L)、 亜硝酸(mg/L)、硝酸(mg/L)、全リン(mg/L)	原水および放流水	下水道試験法(日本下水 道協会)に準じる
大腸菌群数(個/mL)	食品衛生検査指針微生物編(1990)に準じる	同上	
臭気の発生状況	施設内(原水投入部)のアンモニアと硫化物濃度(測定場所明記)	毎月	検知管でも可、測定条件明記
運転状況等	ランニングコスト(電気代、凝集剤代、消毒剤費、消耗品費、機械経費等)、作業時間	同上	
耐久性	補修費、補修内容等	同上	

や水分調整材として使用する、いわゆる「戻し堆肥」の事例が多いが、この「戻し堆肥」を使用することによる塩類の蓄積や、堆肥の微粉化等の物性や品質に与える影響などがあり、適正な利用技術が望まれている。

そこで、各種堆肥化に伴う「戻し堆肥」の水分調整材としての利用条件等の解明から「戻し堆肥」を水分調整材として用いる堆肥化処理技術のマニュアル作成の資料とする。

- 1) 水分および腐熟度等、「戻し堆肥」材の最適品質条件の解明（畜産環境技術研究所）
- 2) 「戻し堆肥」の適正な副資材との混合割合および使用回数の検討（北里大学）
- 3) 一次発酵堆肥の水分調整材および発酵促進材として利用技術の実証（福岡県）
- 4) 堆肥化水分調整材としての「戻し堆肥」の評価（宮城県、山形県、栃木県黒磯市、長野県、神奈川県）

### 3. 寒冷期における堆肥の発酵促進技術

各種家畜の排せつ物について、水分調整資材の質と量、切返し頻度等を変えた場合の堆肥化初期の堆肥の品温の変化、成分分析等により、寒冷期の一次発酵促進のための管理マニュアル作成の基礎資料を得る。

- 1) 簡易低コスト施設における発酵促進技術の開発（独立行政法人 北海道農業研究センター）
- 2) 後熟発酵および冬期間の発酵の促進技術の開発（独立法人 九州沖縄農業研究センター）

- 3) 寒冷期における肉牛ふん堆肥の初期発酵促進技術の開発（北里大学）
- 4) パイプハウス方式による冬期における水分蒸散量の向上技術の開発（山形県、長野県）
- 5) 強制送風機による水分蒸散量の向上技術の開発（宮城県）
- 6) れき汁排出溝の設置等による水分除去技術（北海道）
- 7) 肉牛ふん堆肥の初期発酵促進技術の開発（鹿児島県）

### 4. ふん尿処理施設からの臭気低減技術

ふん尿処理施設からの臭気を低減させるには、栄養的制御によって臭気発生の基質を減らすとともに、脱臭装置の設置が有効である。ここでは、おが屑、堆肥、土壌等種々の脱臭資材についてその効果を明らかにする。

- 1) 栄養的制御による臭気発生低減技術の開発（畜産環境技術研究所）
- 2) 堆肥舎における堆肥脱臭と水洗脱臭の比較（宮城県）
- 3) スラリーばっ気処理時に発生する悪臭の土壌脱臭技術の開発（栃木県黒磯市）
- 4) おが屑等、種々の資材の脱臭能およびコストの比較（群馬県）
- 5) 微生物および酸化チタンフィルムを利用した消臭型堆肥発酵乾燥ハウスの実証（神奈川県）
- 6) U字溝を用いた簡易低コスト土壌脱臭装置の実証（長野畜試）

## Ⅱ 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あわせて、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。

本システムもこのような要望にこたえることを目的に構築しており、従って、本情報システムの利用者としては、生産者、農業団体、畜産環境アドバイザー等の専門家、大学、研究期間、学識経験者を想定している。

### 2. 事業全体の概要

本事業の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を行う。このとき情報提供者（生産者、農業団体等）が同時に情報利用者でもある点が特徴となっている。
- 2) 収集した情報をパソコンに入力し、事例データベースを構築する。
- 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) インターネットでの公開する。

### 3. 平成13年度の事業の概要

#### 1) 簡易低コスト家畜排せつ物処理事例の情報収集・分析

平成12年度は、都道府県から推薦のあった117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、60箇所の事例を得た。平成13年度は、都道府県から推薦のあった65箇所（事例）についてアンケート調査を行った。この結果、35箇所の事例を得た。平成14年7月1日現在で95事例が公開されている（表1）。

#### 2) 情報提供システムの整備

##### (1) 検索システム及び提供システムの構築

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を構築した。

##### (2) ウェブサイトを利用したインターネットでの情報提供

平成12年度に調査回収した59箇所の事例については、平成13年10月1日にインターネットに公開した。平成13年度に調査回収した35事例については、平成14年7月1日にインターネットで公開した。URLは<http://www.shirakawa.ne.jp/~ilet/index.html>である。

図2に公開中のデータベースを使用している1例を示した。

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1 効率的処理技術等情報システムの概要

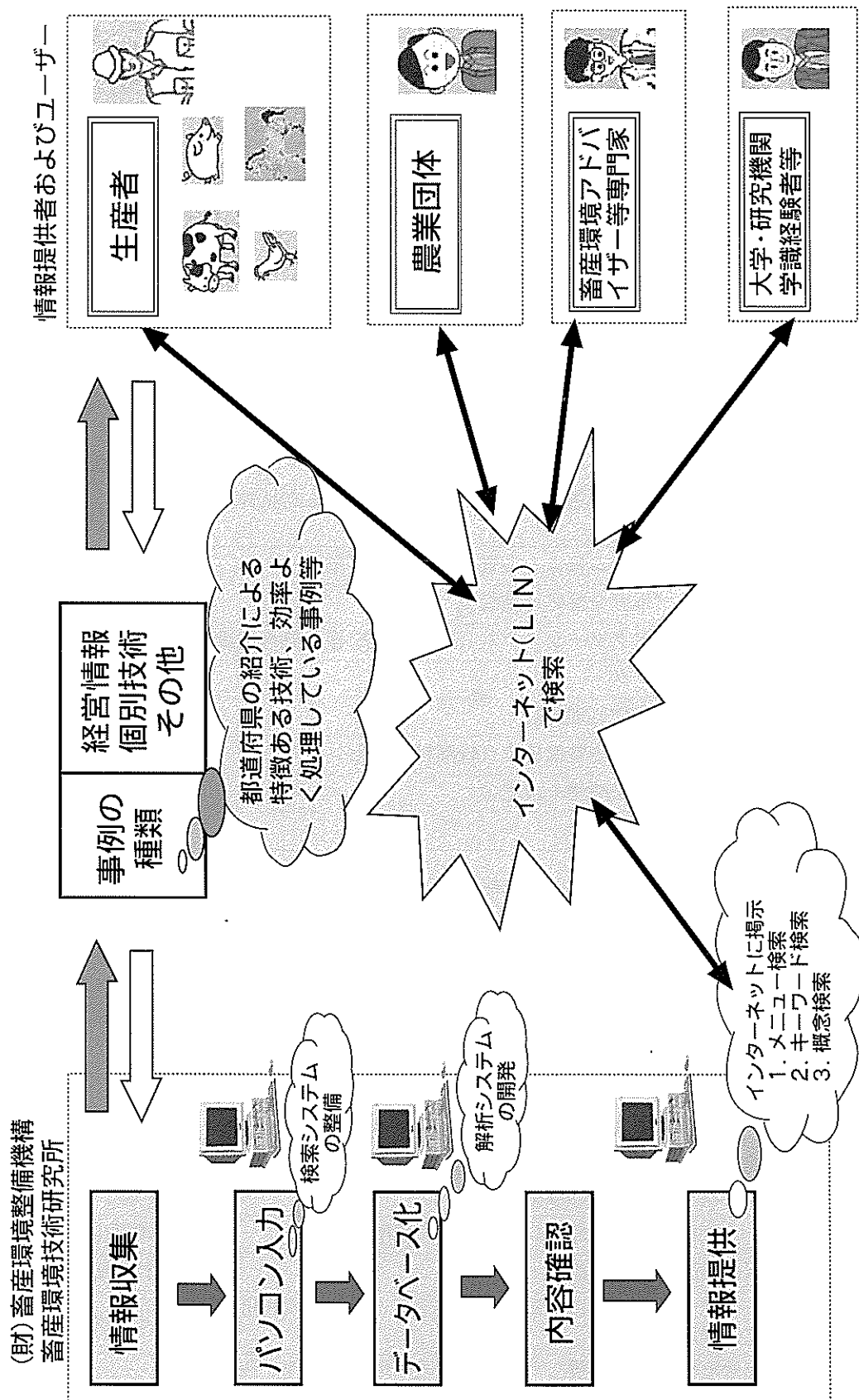


表1 ホームページで公開した事例一覧

(平成14年7月1日現在)

県名	名称	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
青森県	通気式発酵堆肥舎+ツ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
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）	
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
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
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	
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	真鳴牧場
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	JA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
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	天田ビッグファーム(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
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

県名	名称	事業管理主体名
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
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
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
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）
長野県	原村堆肥センター	J A 諏訪みどり畜産課
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	片野牧場パーラー排水処理施設
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	大渕堆肥生産利用組合	大渕堆肥生産利用組合
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
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
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	(財)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

県名	名称	事業管理主体名
兵庫県	N牧場	N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
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
島根県	堆積発酵舎	コープファームみとや
島根県	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
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	経済連畜産実験農場糞尿処理施設



図2 研究所ホームページおよび事例データベース

研究所のホームページ

事例データベースの最初のページ

メニューから「畜種」「乳牛」を選ぶと事例の一覧が表示される

畜種	畜種	技術	名称	事業管理主付名	
乳牛	青森県	牛	C	ロータリー型乾糞堆肥+ロータリー型堆肥+保肥剤	奥沢 一英
	宮城県	牛	C	ロータリー型乾糞堆肥(深型)	平成11年度畜産環境整備リース事業
	宮城県	牛	AE	本宮町有機肥料センター	事業主体: 本宮町 管理主体: 農事組合法人モーランド
	福島県	牛	AE	本宮町堆肥センター	本宮町(事業主体)・本宮農事協同組合(管理主体)・本宮町堆肥センター運営組合(運営主体)
	栃木県	牛	A	高圧堆肥化方式	高根沢町土づくりセンター
	栃木県	牛	C	サイロコンクリートによる高圧堆肥製造	真鳴牧場
	栃木県	牛	EC	全牧場	今牧場
	栃木県	牛	C	ロータリー型堆肥乾燥機+ロータリー型堆肥乾燥機+通気式系堆肥再利用による堆肥リサイクルシステム	花塚牧場
	群馬県	牛	C	ロータリー型乾糞堆肥+ロータリー型堆肥	奥沢堆肥生産組合

### III 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、また規模や堆肥化の処理方法別のデータを集計し、堆肥の標準的品質を明らかにし、堆肥の利用拡大化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13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)に準じて以下の方法により行った。

- ①pH：堆肥に対する水の比率を1:5にし、ガラス電極を用いて測定した。
- ②EC：堆肥に対する水の比率を1:10にし、電気伝導率計を用いて測定し、mS/cmで表した。
- ③水分：堆肥試料を110℃、2時間乾燥による水分減少重量を%で求めた。
- ④灰分：乾物堆肥試料を600℃、4時間の熱勾による残留物重量を%で求めた。
- ⑤全窒素および炭素：乾物堆肥試料をN Cアナライザー測定装置により全窒素、炭素の同時測定を行い%で求めた。

⑥アンモニア性窒素：堆肥に対する水の比率を1:10にして抽出した液を用い、水蒸気蒸留法および直接滴定法により測定し、ppmで求めた。

⑦リン酸 ( $P_2O_5$ )：乾物堆肥試料を用いてバナドモリブデン酸比色法により測定し、%で求めた。

⑧ $K_2O$ 、 $CaO$ 、 $MgO$ およびCu、Zn：乾物堆肥試料をマイクロウェーブ酸分解法による湿式灰化処理を行い、ICP発光分析装置により測定し、 $K_2O$ 、 $CaO$ および $MgO$ は%で、CuおよびZnはppmで求めた。

⑨発芽試験：堆肥を20倍に希釈した抽出液を用いて、約20℃、36時間後の小松菜種子の発芽数を、蒸留水を対照とした場合と比較し、その比率で発芽指数を求めた。

⑩腸管出血性大腸菌O-157：水分がほぼ40%以上の堆肥について、磁気ビーズ法により検出した。

⑪サルモネラ：水分がほぼ40%以上の堆肥に選定し、DHLおよびBG培地法により検出した。

##### 2) 分析点数

分析に用いた堆肥サンプルは、都道府県の推薦により堆肥センターへサンプル提供の依頼を行って送付された堆肥について分析を行った。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に

分析点数

平成12年度（冬季）	平成13年度（夏季）	合計
181	150	331

ついて表1に示した。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C/N比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。

今回の分析値では、窒素濃度が高い豚ふんと鶏ふんは6.8～10.2と低く、牛ふん堆肥は10.0～14.7で、乳牛ふんより肉牛ふんが高い傾向を示した。

窒素は肥料成分として重要であり、乾物当たり2.3～5.7%の範囲であった。豚ふんと

表1 主な堆肥成分（一覽）

堆肥区分	冬季平均値				夏季平均値			
	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	3.41	1.20	2.47	10.0	3.20	2.37	3.95	10.7
肉牛	2.30	1.90	2.73	14.7	2.98	3.28	2.86	13.5
豚	5.72	3.37	2.09	6.8	3.81	6.86	3.18	7.2
鶏	3.63	5.70	2.11	7.4	4.10	6.72	2.28	10.2
家畜ふんとおが屑								
乳牛	3.10	1.26	2.14	14.9	2.69	2.09	2.06	15.4
肉牛	2.65	2.81	2.87	16.2	3.84	3.55	2.87	9.7
豚	3.93	3.64	1.25	10.1				
鶏	3.14	9.03	3.43	9.8				
家畜ふんと副資材の混合								
乳牛	2.14	1.52	1.88	15.2	2.60	1.52	2.05	16.4
肉牛	2.46	1.31	2.30	16.5	2.57	3.29	2.62	14.4
豚	3.77	2.53	3.36	10.8	3.83	8.61	3.14	9.5
鶏	3.86	7.14	0.72	7.4	3.56	5.05	2.89	9.9
複数家畜ふんを用いた堆肥の副資材別の成分								
なし	3.11	3.52	2.53	11.5	3.21	4.39	3.12	12.3
おが屑	3.50	2.36	1.91	11.3	3.26	8.82	4.01	8.8
籾殻					3.21	3.63	3.28	12.1
ワラ	3.02	2.09	3.24	12.6				
バーク	2.37	1.00	0.71	18.8				
戻し堆肥	3.33	2.68	2.80	12.7	4.07	4.86	2.49	10.0
汚泥					3.15	4.76	3.34	11.7
混合	2.70	2.34	2.70	13.2	2.91	3.28	2.31	13.6

鶏ふんが高く、乳牛ふん、肉牛ふんの順に低い傾向が見られた。

リン酸も肥料成分として重要であり、乾物当たり1.2～6.9%の範囲であった。特に、豚ふんと鶏ふんが高く3.4～6.9%の範囲で、牛ふん堆肥は1.2～3.3%の範囲で、夏季の堆肥が高い傾向を示した。

カリも肥料成分として重要で、乾物当たり2.1～3.95%であり、夏季の乳牛ふん堆肥が3.95%と最も高い他は大きな差は見られなかった。

また、今回分析した成分組成は表2に示すように、「畜産環境整備機構編（1998）、家畜ふん尿処理・利用の手引き」に示されている家畜ふん堆肥の成分値に対し、C/N比は牛ふんで5以上、豚ふんや鶏ふんでは3以上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にみられた。また窒素濃度はやや高いものも見受

けられたが、他は顕著な成分の違いは見あたらなかった。今後さらに分析件数を重ね精度の高い堆肥品質の平均値を示し、良質堆肥生産の技術指針にも役立てるものになりたい。

#### 4) 畜種別および副資材別の堆肥成分の平均値

平成12年度および13年度に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3～6および夏季の平均値を表7～10に示した。本実態調査は5年間の継続調査であり、さらに分析件数を増やし、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法別などに集計し、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。

畜種別および副資材別の堆肥成分の平均値は以下に示す品質であった。

表2 冬季および夏季の堆肥成分と「手引き書」のデータとの比較表

堆肥区分	冬季平均値				夏季平均値				※「手引き書」の堆肥成分データ			
	全窒素%	リン酸%	カリ%	C/N比	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	3.41	1.20	2.47	10.0	3.20	2.37	3.95	10.7	(1.90	2.30	2.40	18.9)
肉牛	2.30	1.90	2.73	14.7	2.98	3.28	2.86	13.5				
豚	5.72	3.37	2.09	6.8	3.81	6.86	3.18	7.2	3.00	5.80	2.60	11.7
鶏	3.63	5.70	2.11	7.4	4.10	6.72	2.28	10.2	3.20	6.50	3.50	9.6
家畜ふんとおが屑												
乳牛	3.10	1.26	2.14	14.9	2.69	2.09	2.06	15.4	(1.90	2.30	2.60	21.0)
肉牛	2.65	2.81	2.87	16.2	3.84	3.55	2.87	9.7				
豚	3.93	3.64	1.25	10.1					2.50	5.40	2.60	14.2
鶏	3.14	9.03	3.43	9.8					3.70	6.10	3.10	11.0

冬季および夏季平均値は、平成12年および13年度堆肥分析平均値

※堆肥成分データは、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。

( ) は、牛ふんを示す

(1) 水分：堆肥の水分は、70%以上の高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。その点で取扱いやすい水分は40～50%位が最適である。

分析の結果、単独の家畜ふんを用いた堆肥の水分は、肉用牛が57.9%で最も高く、鶏ふんが18.4%と低い値であった。分析により堆肥水分は牛ふんが高く、鶏ふんおよび豚ふんは低い傾向にあることが示された。また、冬季と夏期で水分値の大きな差はなかった。

おが屑などの副資材混合堆肥は、分析件数が少ない区分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が高く、豚ふんと鶏ふんは低い値であった。これは、豚ふんや鶏ふんは易分解性有機物が多く、この発熱量の関係から低い水分値になるものと考えられた。

(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、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、鶏ふんが51.5%と最も高く、次いで乳牛ふんが41.6%と高い。肉牛ふんは21.8%と低い値であった。この灰分濃度の平均値は季節による大きな変化はないものの、冬季の堆肥でかなり高い数値を示す事例もあり、敷き料や水分

調整材として無機資材が使用された場合と考えられた。

副資材混合堆肥は、鶏ふんは同様に高いが、他は低い傾向を示し、特に乳牛ふんでは単独堆肥のほぼ1/2の濃度であった。

(3) pH、EC：堆肥化の発酵過程が進むと次第にpHとEC（電気伝導度）の値は高くなっていく。家畜ふん単独のpHは、7.86～8.65の範囲であった。畜種的には、鶏ふん堆肥のpHが8.65と最も高く、アンモニア濃度が影響しているものと思われた。

副資材混合堆肥では、おが屑混合鶏ふんが最も高くpH9.5であった。また、季節的に顕著な変化は認められなかった。

ECは、家畜ふん単独では鶏ふんが6.85と最も高く、肉牛の2.46が低い値であった。このECは季節的に関係なく鶏ふん、豚ふん、乳牛ふん、肉牛ふんの順で高い傾向であった。副資材混合堆肥は、この傾向は認められず、中には異常に高いEC濃度もあった。

(4) C/N比：堆肥化处理において、有機物の分解により炭素含量が減少するが、窒素は一部のアンモニアなどの揮散の他は堆肥中に残留するため、C/N比の値は次第に小さくなる。通常堆肥のC/N比は、牛ふんで12～15、豚ふんや鶏ふんは8～10程度とされ、堆肥完熟の目安とされている。

家畜ふん単独堆肥のC/N比は、窒素濃度が高い豚ふんと鶏ふんは低く6.8～10.2であった。牛ふんは、10.0～14.7で、乳

牛ふんよりも肉牛ふんが高い傾向を示した。

副資材混合堆肥では全体にC/N比が高くなり、最高18.8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2.3%~5.7%の範囲で、豚ふんおよび鶏ふんが高く、乳牛ふん、肉牛ふんの順に低い濃度であった。季節的には、冬季の豚ふんが5.72%で夏季よりも2.2%も高いが、他は大きな変化はみられなかった。

副資材混合堆肥も家畜ふん単独とほぼ同様の傾向を示していた。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、172 ppm~4790 ppmが含まれていた。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に変化する。しかし、傾向的にはふんの窒素濃度が高い豚ふん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、鶏ふんが最も高く6.86%で、乳牛ふんが1.2%と低い濃度であった。リン濃度は鶏ふん、次いで豚ふんが高く、それより2~3%低い値が肉牛ふんで、乳牛ふんはさらにそれより1%弱低いリン濃度の傾向を示していた。副資材混合堆肥もほぼ同様の傾向を示していた。

- (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、乳牛ふんが最も高く3.95%で、豚ふんが2.09%と低い濃度であった。カリ濃度はやや豚ふんが低い傾向にみられる他は大きな違いは認められなかった。副資材混合堆肥のカリ成分については多少ばらつきがあるが、件数が少なく一定の傾向は認められなかった。

- (8) 石灰 ( $CaO$ )：石灰濃度は、当然給与飼料に影響し鶏ふんが高く、今回の平均値は乾物堆肥中23.6%であった。しかし、この検体の中で約49%を含むものがあり全体の平均値を押し上げていた。この事例は、恐らく敷き料等に使用されたものが影響しているものと思われた。

夏期の堆肥は、家畜ふん単独で0.6~1.7%と大差なく、牛ふんが低い傾向を示していた。副資材混合堆肥もほぼ同様の傾向であった。しかし、冬季の堆肥は何れもほぼ3%以上高い濃度であり、敷き料や水分調整材用として利用された影響と考えられた。

- (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、0.8%~2.7%含まれており、畜種では豚ふんが高く、肉牛ふんがやや低い傾向であった。副資材混合堆肥では何れもやや低くなる傾向を示していた。

- (10) 銅および亜鉛：銅および亜鉛は、植物に対する生育阻害物質であり、堆肥中では銅が600 ppm、亜鉛は1800 ppm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、

18.1ppm～231ppmの範囲であり、給与飼料の関係から豚ふんが高く、肉牛ふん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、119ppm～712ppmの範囲であり、給与飼料の関係から鶏ふんおよび豚ふんが高く、肉牛ふんが低い傾向であった。副資材混合堆肥は各畜種とも一様でなく、最高966ppmの濃度に達しているものもあった。特に季節変化も一様でなく、検体数を重ねる必要があった。

(11) 発芽指数：堆肥を20倍の水で希釈し、

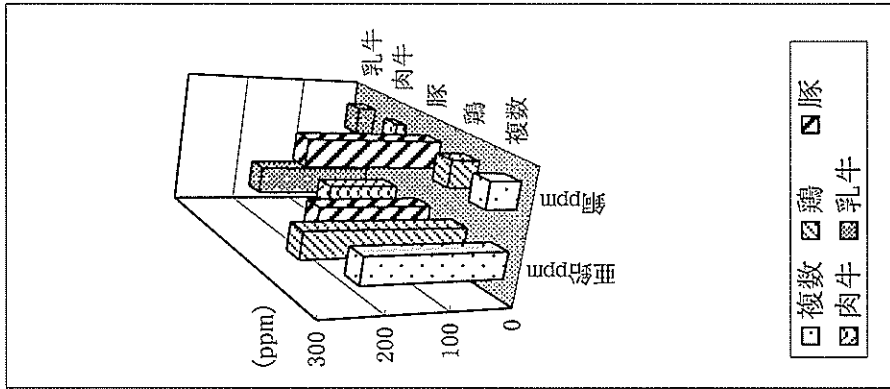
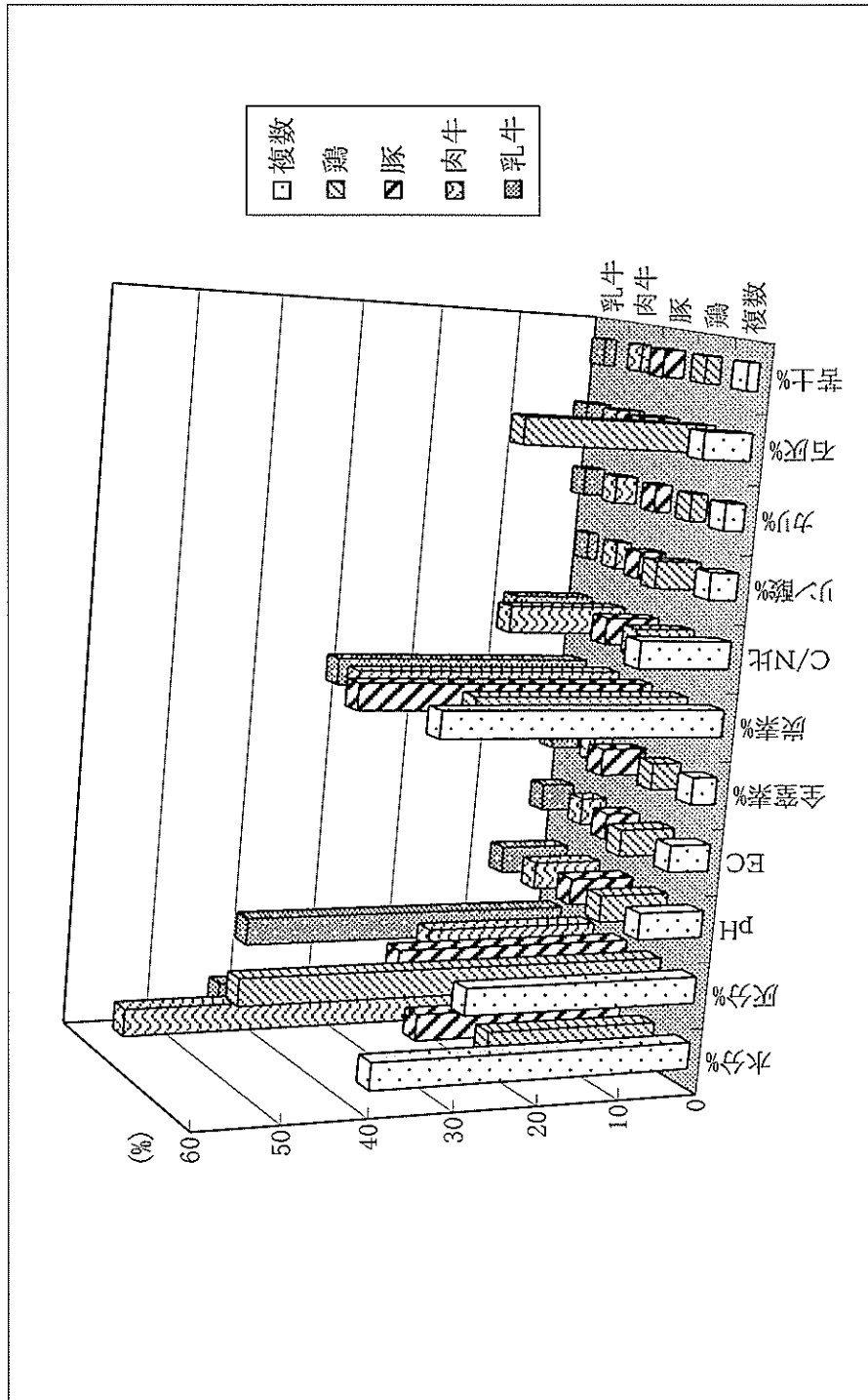
小松菜の種子を用いてほぼ20℃の条件下で発芽試験を行った成績は、対照区に対して96～100の指数値であり、発芽に対し特に問題にされる数値ではなかった。

副資材混合堆肥も同様な成績であった。

(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：堆肥の水分ほぼ40%以上の検体について検査した結果は全て陰性であった。

(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3 家畜ふんのみ堆肥の成分 (冬季平均値)

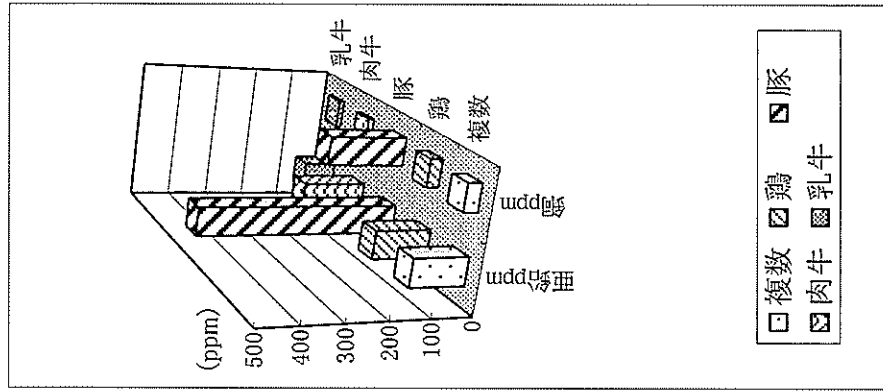
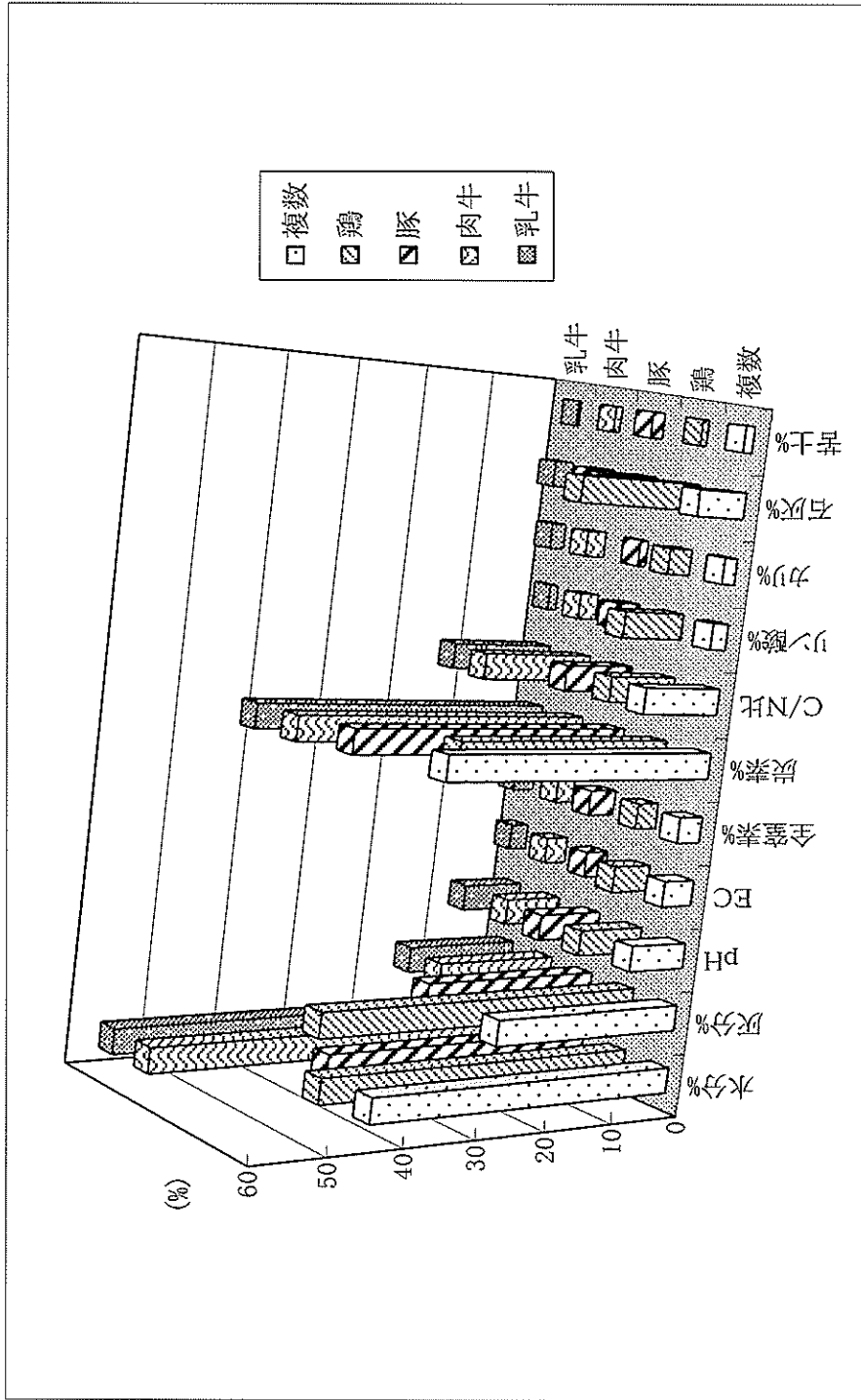


畜種	検体数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
乳牛	5	43.7	40.7	8.59	4.02	3.41	32.0	10.0	1.20	2.47	3.08	1.55
肉牛	11	57.9	21.3	8.46	3.11	2.30	33.0	14.7	1.90	2.73	3.62	1.07
豚	4	26.1	29.0	8.12	4.36	5.72	36.6	6.84	3.37	2.09	5.16	2.71
鶏	6	21.1	51.5	8.65	6.85	3.63	26.4	7.37	5.70	2.11	23.6	1.95
複数	18	39.1	28.5	8.14	5.12	3.11	34.3	11.5	3.52	2.53	6.08	1.44

畜産	亜鉛ppm	銅ppm
乳牛	188	30.4
肉牛	119	18.1
豚	189	222
鶏	265	46.5
複数	227	50.9



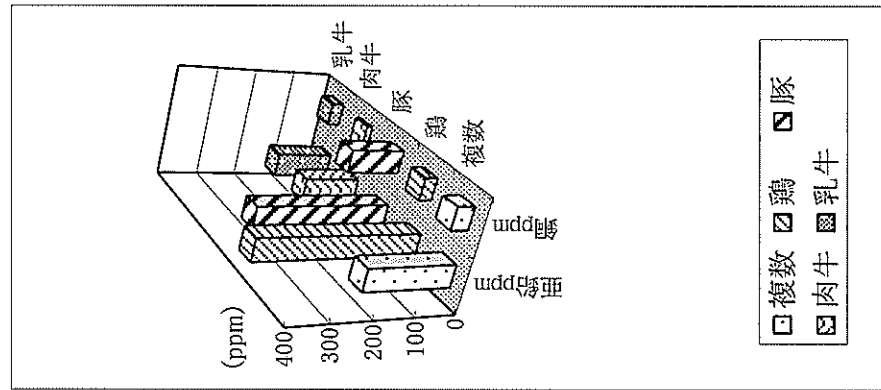
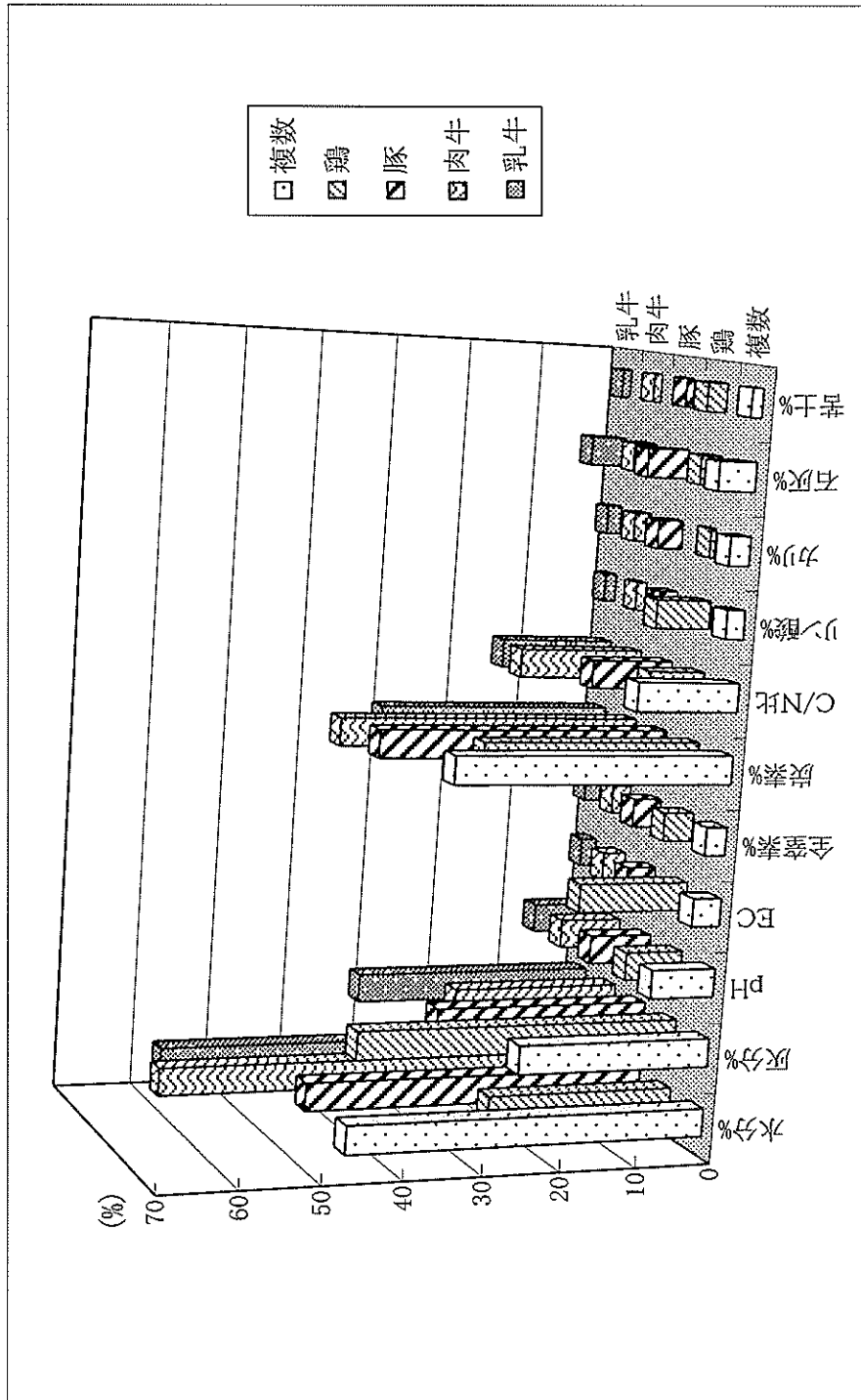
表4 家畜ふんとオガクズによる堆肥の成分 (冬季平均値)



畜種	検体数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
乳牛	4	57.2	16.2	8.78	2.62	3.10	42.5	14.9	1.26	2.14	2.87	0.35
肉牛	5	57.1	17.3	8.18	3.19	2.65	42.1	16.2	2.81	2.87	3.68	0.92
豚	1	38.1	25.0	9.28	3.35	3.93	39.8	10.1	3.64	1.25	8.47	1.86
鶏	1	44.5	45.5	9.50	5.46	3.14	30.8	9.80	9.03	3.43	17.9	0.93
複数	5	43.2	26.7	8.23	4.52	3.50	38.4	11.3	2.36	1.91	7.14	1.37

畜産	亜鉛ppm	銅ppm
乳牛	80.6	12.0
肉牛	157	14.0
豚	492	193
鶏	138	30.5
複数	137	36.2

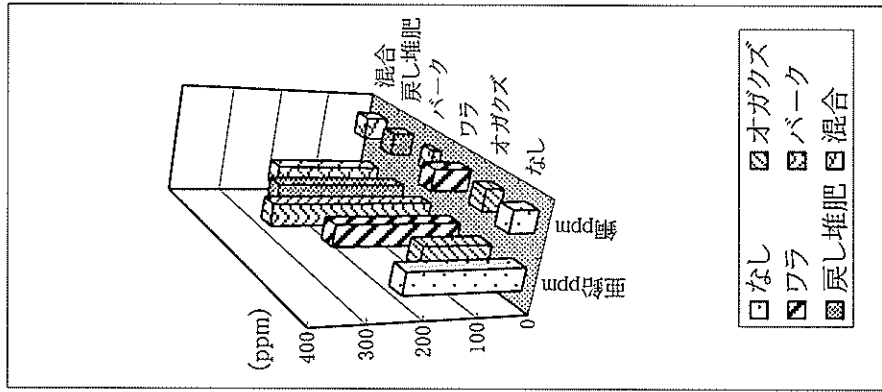
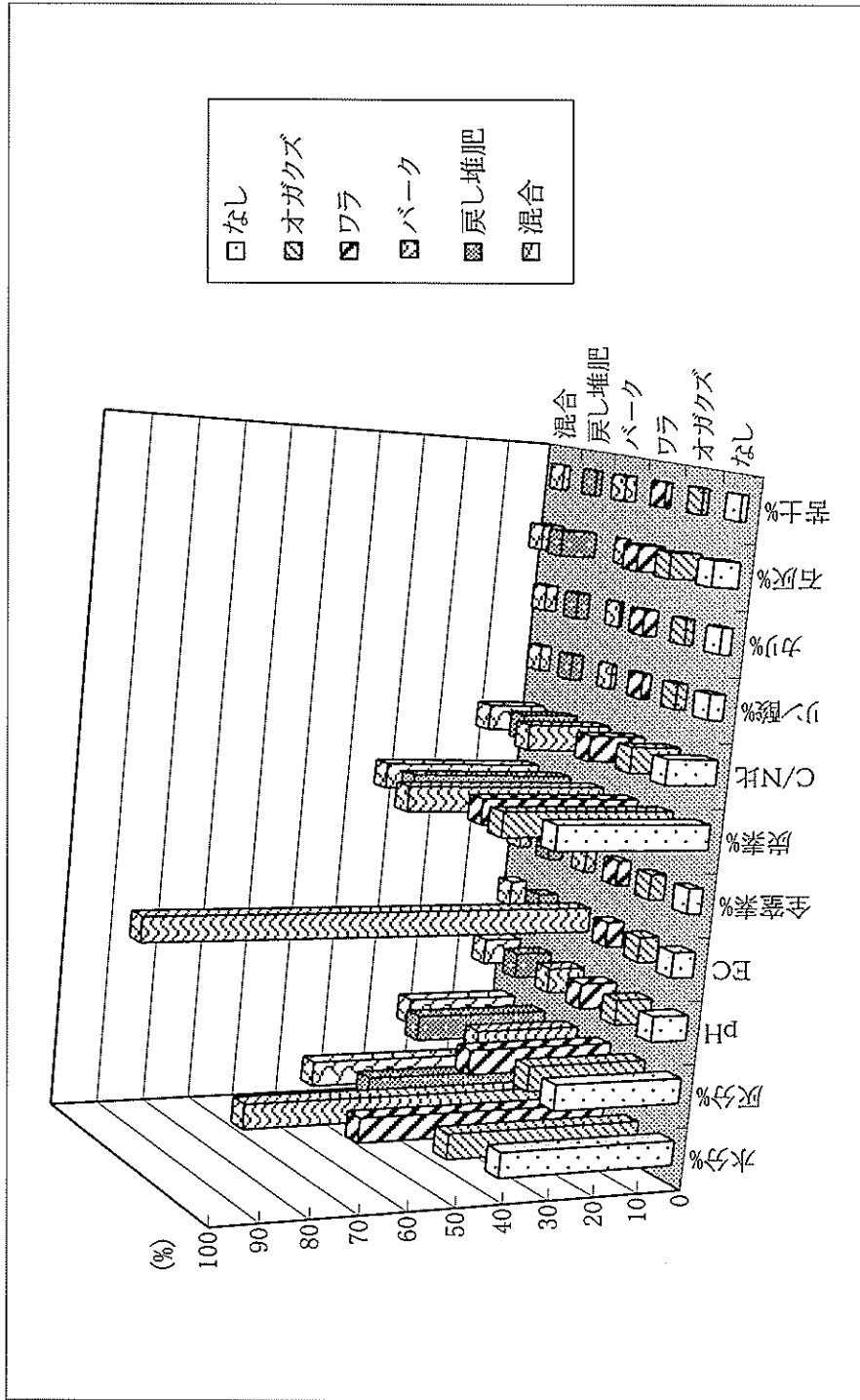
表5 家畜ふんと混合副資材による堆肥の成分 (冬季平均値)



畜種	検体数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
乳牛	11	58.1	31.9	8.03	2.07	2.14	31.3	15.2	1.52	1.88	4.76	1.17
肉牛	8	61.0	22.3	8.24	3.08	2.46	40.0	16.5	1.31	2.30	3.11	1.10
豚	4	45.0	28.4	8.28	3.98	3.77	38.3	10.8	2.53	3.36	5.50	1.02
鶏	1	24.6	42.2	7.64	14.6	3.86	28.5	7.38	7.14	0.72	2.76	2.60
複数	28	46.4	25.1	8.48	3.70	2.70	35.9	13.2	2.34	2.70	4.92	1.41

畜産	亜鉛ppm	銅ppm
乳牛	144	31.9
肉牛	138	14.6
豚	331	132
鶏	398	31.8
複数	215	43.8

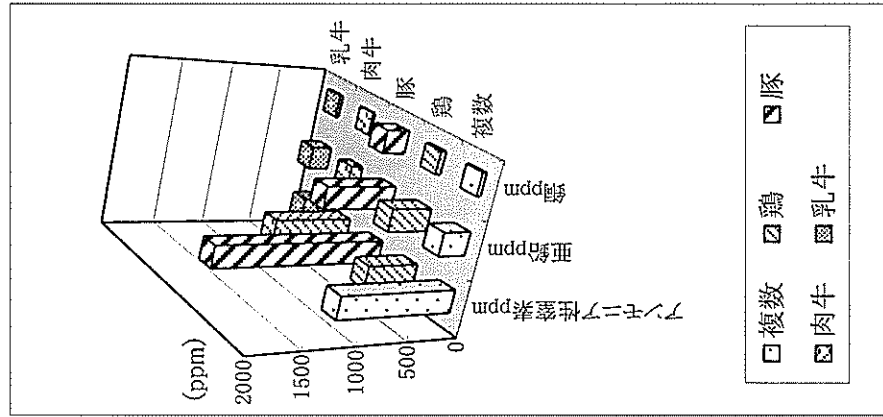
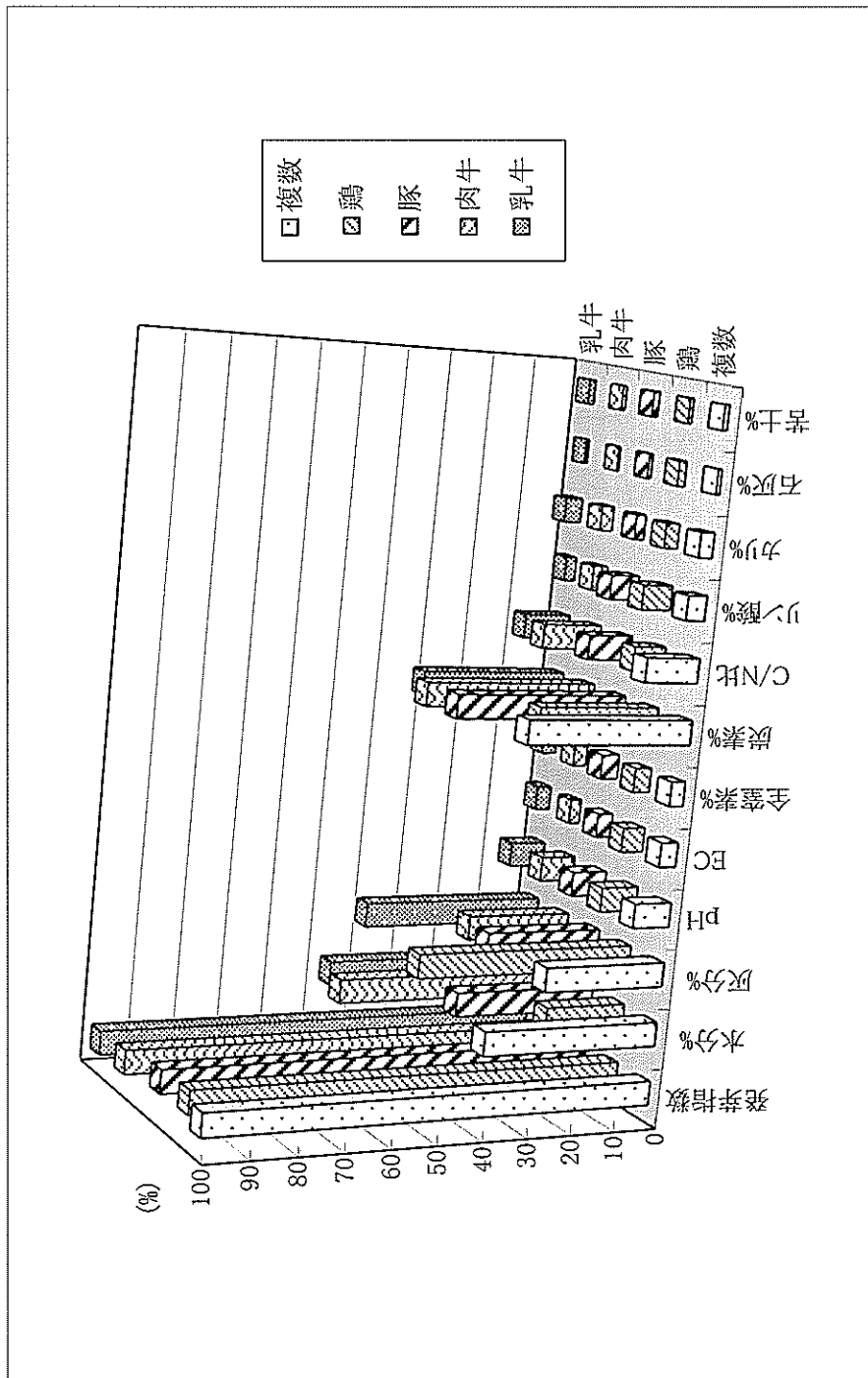
表6 複数の家畜ふんを用いた堆肥の副資材別の成分 (冬季平均値)



畜種	検体数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
なし	18	39.1	28.5	8.14	5.12	3.11	34.3	11.5	3.52	2.53	6.08	1.44
オガクズ	5	43.2	26.7	8.23	4.52	3.50	38.4	11.3	2.36	1.91	7.14	1.37
ワラ	3	55.6	32.6	8.64	3.92	3.02	35.6	12.6	2.09	3.24	6.31	1.49
バーク	1	74.2	23.5	8.15	98.7	2.37	44.7	18.8	1.00	0.71	0.25	2.54
戻し堆肥	14	40.2	30.1	8.39	4.57	3.33	36.5	12.7	2.68	2.80	8.01	1.47

原料	亜鉛ppm	銅ppm
なし	227	50.9
オガクズ	137	36.2
ワラ	248	76.1
バーク	317	16.7
戻し堆肥	261	41.3

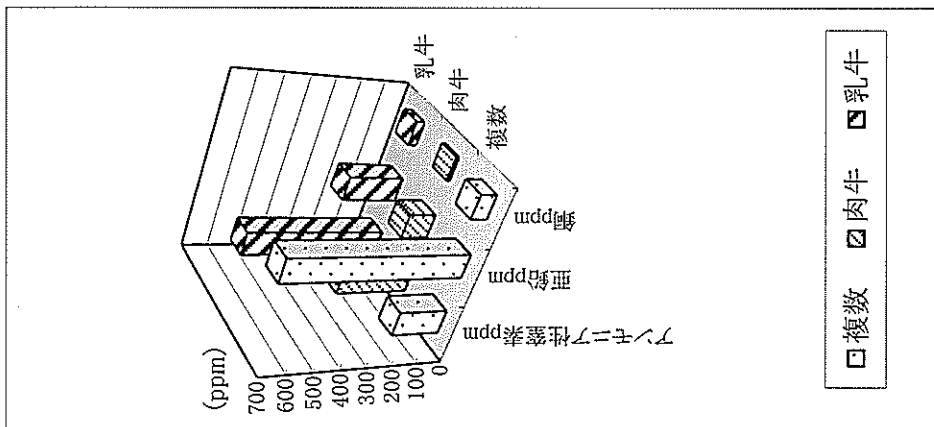
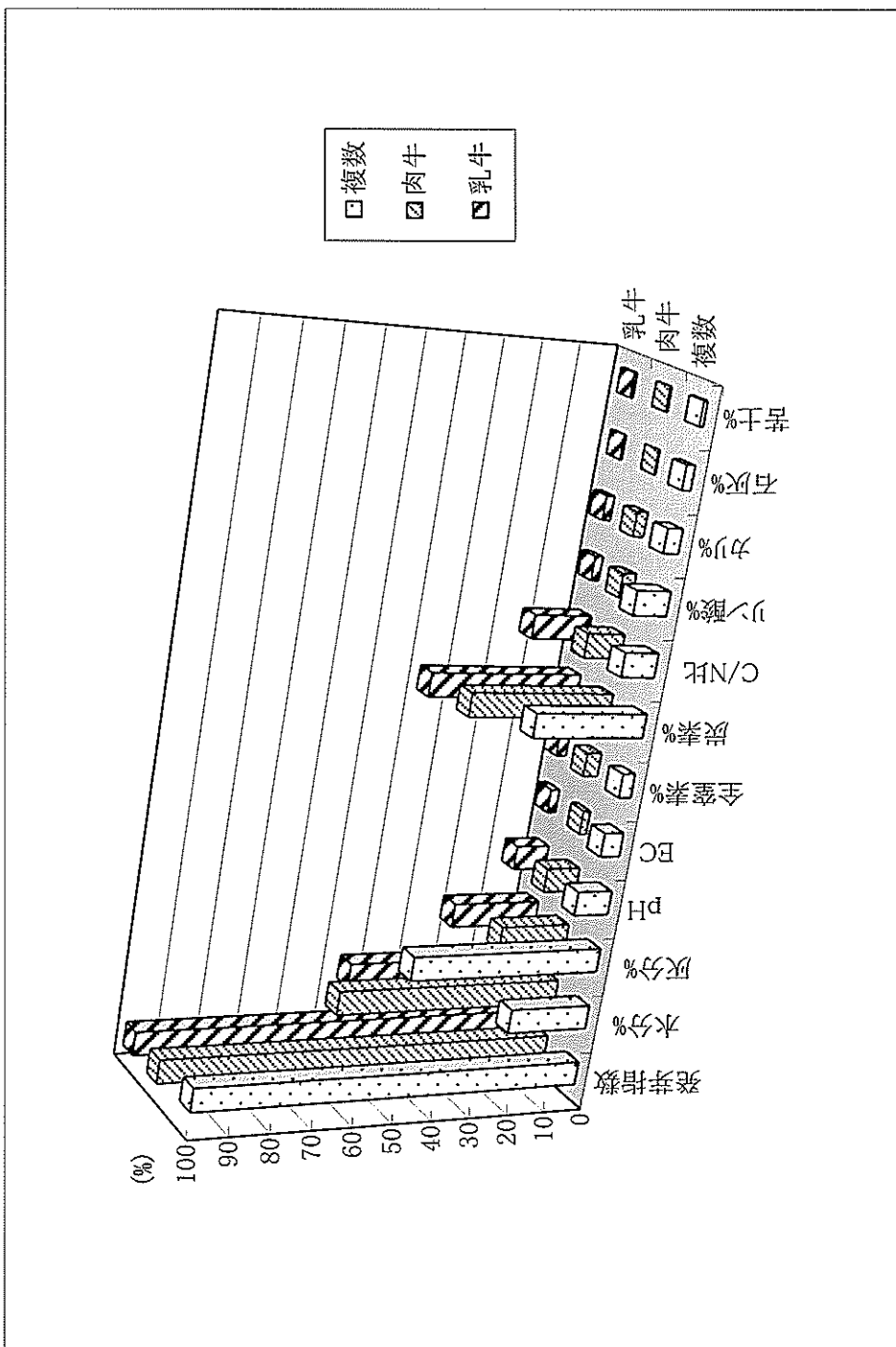
表7 家畜ふんのみの堆肥の成分 (夏季平均値)



畜種	検体数	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
乳牛	3	100	48.9	41.6	8.24	3.35	3.20	33.4	10.7	2.37	3.95	0.60	1.33
肉牛	22	99	52.7	23.9	7.94	2.46	2.98	39.3	13.5	3.28	2.86	0.41	0.88
鶏	6	96	18.4	48.9	8.59	5.05	3.81	27.4	7.20	6.86	3.18	1.67	0.83
豚	7	97	32.3	26.4	7.86	3.53	4.10	39.1	10.2	6.72	2.28	0.81	1.41
複数	17	99	39.7	27.3	8.53	3.96	3.21	37.3	12.3	4.39	3.12	0.85	1.05

畜種	アンモニア性窒素ppm	重銅ppm	銅ppm
乳牛	172	205	36.6
肉牛	791	118	20.8
鶏	506	404	54.3
豚	1680	712	231
複数	1130	270	38.9

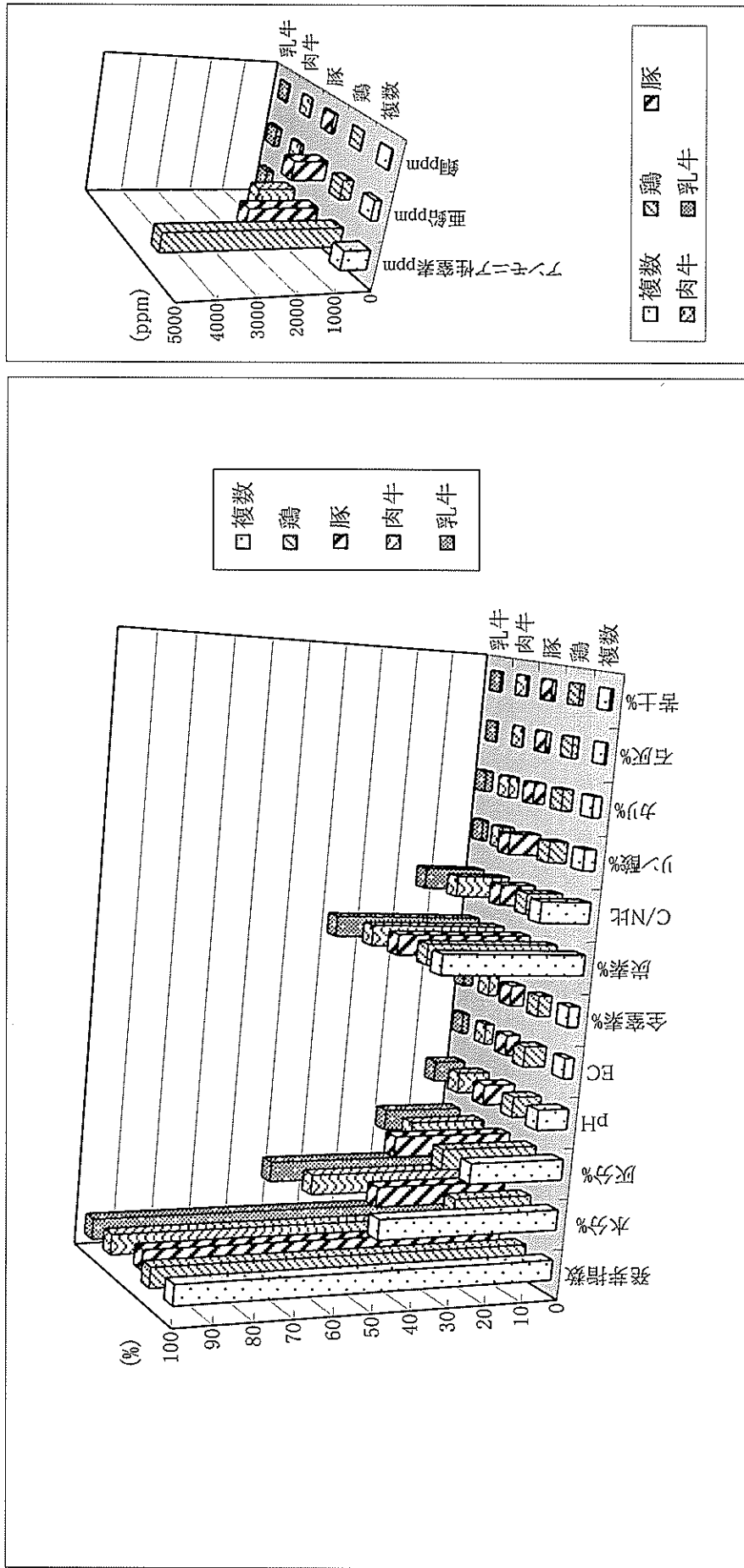
表 8 家畜ふんとオガクズによる堆肥の成分 (夏季平均値)



畜種	検体数	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
乳牛	3	100	48.2	23.0	8.77	2.22	2.69	39.9	15.4	2.09	2.06	0.50	0.87
肉牛	1	100	58.1	18.1	8.75	1.90	3.84	37.2	9.70	3.55	2.87	0.30	0.43
複数	1	98	21.0	49.1	8.95	4.97	3.26	28.8	8.83	8.82	4.01	2.30	1.03

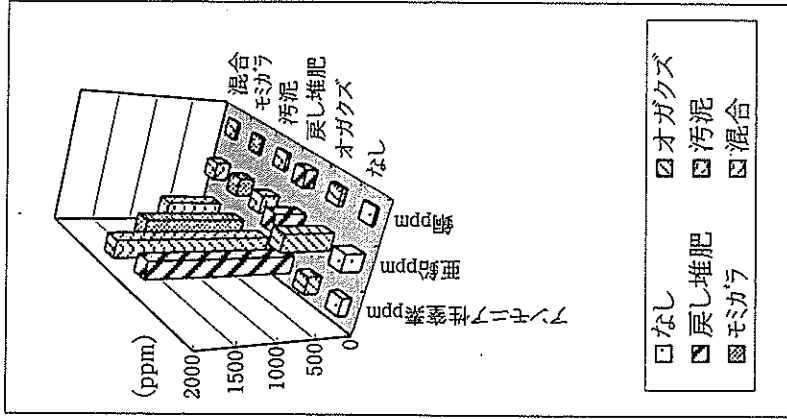
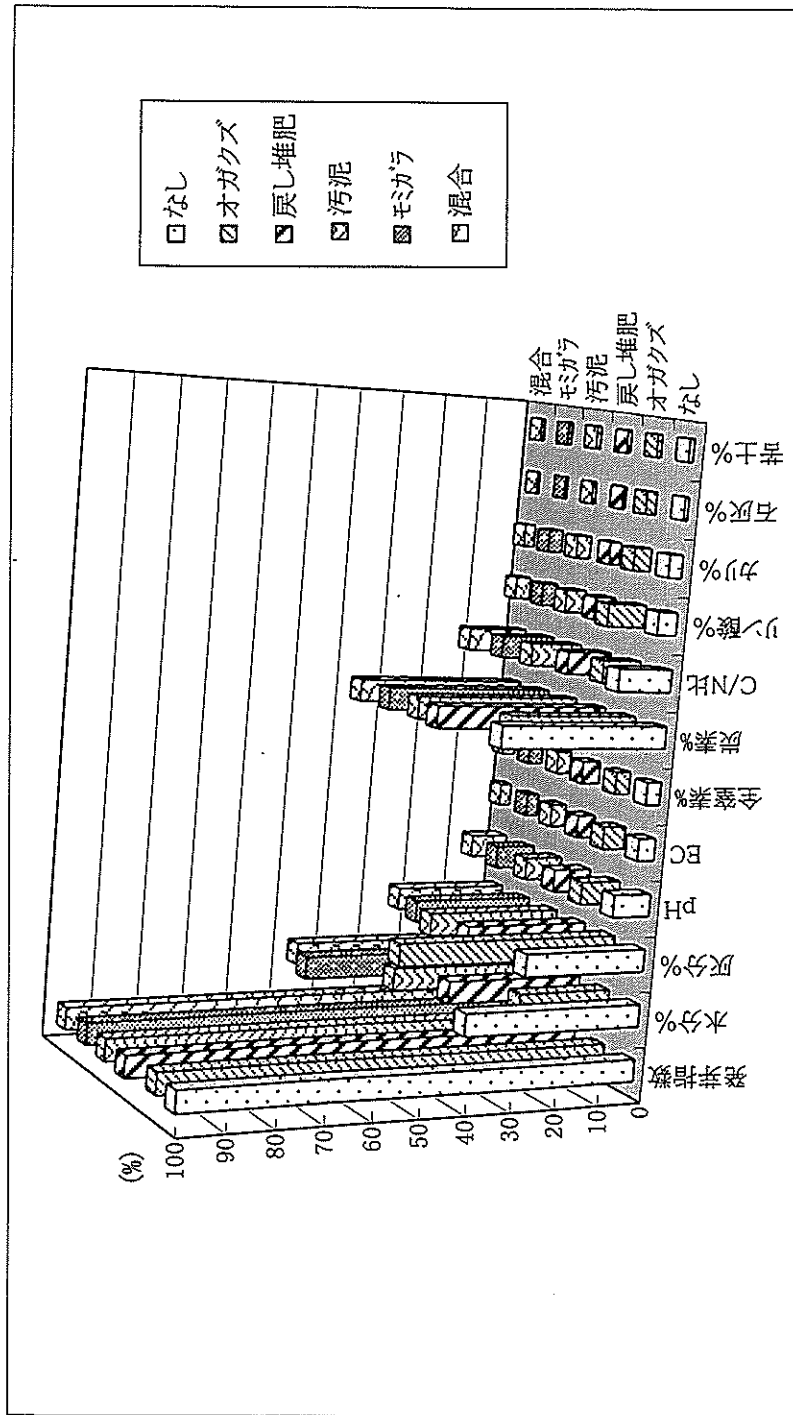
畜種	アンモニウム性窒素ppm	亜鉛ppm	銅ppm
乳牛	555	223	33.7
肉牛	287	107	13.7
複数	190	689	66.3

表9 家畜ふんと混合副資材による堆肥の成分 (夏季平均値)



畜種	検体数	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%	銅ppm	アンモニア性窒素ppm
乳牛	6	99	52.7	21.6	8.51	1.81	2.60	40.4	16.4	1.52	2.05	0.36	0.55	150	202
肉牛	3	99	47.4	20.7	8.69	2.24	2.57	36.8	14.4	3.29	2.62	0.22	0.58	90.6	1070
豚	2	96	35.7	32.1	8.61	3.66	3.83	36.4	9.55	8.61	3.14	1.22	1.06	966	1990
鶏	1	99	21.2	25.8	7.84	6.07	3.56	35.2	9.90	5.05	2.89	1.56	1.04	295	4790
複数	22	98	48.3	25.2	8.46	2.56	2.91	38.3	13.6	3.28	2.31	0.50	0.72	190	738

表10 複数の家畜ふんを用いた堆肥の副資材別の成分 (夏季平均値)



副資材	検体数	発芽指数	水分%	灰分%	pH	EC	全窒素%	炭素%	C/N比	リン酸%	カリ%	石灰%	苦土%
なし	17	99	39.7	27.3	8.53	3.96	3.21	37.3	12.3	4.39	3.12	0.85	1.05
オガクズ	1	98	21.0	49.1	8.95	4.97	3.26	28.8	8.8	8.82	4.01	2.30	1.03
戻し堆肥	5	100	30.8	27.5	8.56	4.13	4.07	38.8	10.0	4.86	2.49	0.74	0.89
汚泥	2	99	37.4	29.8	8.46	3.57	3.15	36.9	11.7	4.76	3.34	0.84	1.01
モミガラ	9	98	51.7	27.1	8.84	2.71	3.21	37.6	12.1	3.63	3.28	0.54	0.95
混合	22	98	48.3	25.2	8.46	2.56	2.91	38.3	13.6	3.28	2.31	0.50	0.72

副資材	アンモニア性窒素ppm	亜鉛 ppm	銅 ppm
なし	130	270	38.9
オガクズ	190	689	66.3
戻し堆肥	1910	424	159
汚泥	1990	235	47.5
モミガラ	1340	201	35.9
混合	738	190	35.4

## 6. 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

### 豚ふん尿混合物からのアンモニア揮散量のin vitro測定法

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

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脱臭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、アンモニア発生量が尿中窒素の排せつ量低減によって大幅に減らされることが明らかにされている(Canhら1998；山本ら 2002)。これらの臭気物質の低減効果の評価法として、畜舎あるいは畜房からの臭気発生量全体を自動的に測る方法(Aarninkら 1995)と、一部のふんあるいは尿のサンプルを採取して、実験室内で臭気発生量を測定する方法とがある。前者は、実際の条件をそのまま反映させることができるが、施設、機器費等が多くかかり、維持管理に要するコストも大きいところから、どこでも簡単に実施するわけにはいかない。実験室内でのin vitro測定装置としては、アンモニア揮散量の測定を目的としたDerikx とAarnink(1993)およびMartinezら(1997)の方法、また、アンモニア以外に、硫化水素など多成分を対象としたMinerら(1995)により考案された方法がある。わが国においては、100Lビニール袋法が考案されている(本多ら 1993)。この方法は、排せつされた豚ふんを100Lのビニール袋に入れて発生した臭気を測定するもので、豚

舎を1日1回清掃するとの前提で、豚房のふんからの臭気発生を模したものである。しかしながら、この方法では、ふんと尿が混合された状態にある豚房から発生するアンモニアについては考慮されていない。アンモニアは主として、尿中の尿素を基質として、ふん中に含まれるウレアーゼの作用で生じる(JongbloedとLenis 1992；Aarninkら 1993)ため、アンモニアの揮散量を評価するためにはふん尿混合物を供試する必要がある。

著者らは、Derikx とAarnink(1993)が開発したふん尿混合物からのアンモニア揮散量の測定装置を改変し、比較的簡易に精度よく測定できるようになったので報告する。主な改変点は、ふん尿混合物の量を2kgから200gと少なくし、アンモニアの捕集を0.5N硝酸から4%ホウ酸溶液に変えて、アンモニアの水蒸気蒸留の手間を省いたことである。

#### 材料および方法

##### 1. アンモニア揮散量のin vitro測定装置

基本的には、Derikx とAarnink(1993)が開発した装置と同じ構成である。すなわち、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

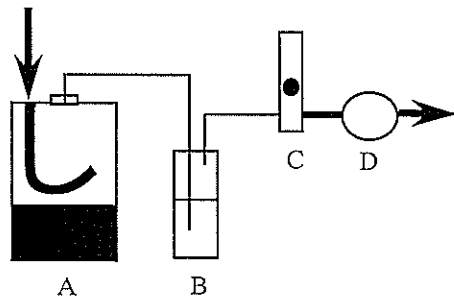


図1 豚スラリーからのアンモニア揮散量測定装置の概要

A：スラリー容器、B：インピンジャー  
C：流量計およびD：ポンプ

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。測定装置の概略を図1に示した。

培養器は円筒状のプラスチック製容器を用いたが、内寸で直径9.3cm、高さ14.5cm、容積は約1Lであった。容器の上部の蓋はねじ口とし、そこに吸気のため、2本のガラス管を固定した。ガラス管の内径は、入り口側と出口側で、それぞれ、7mmおよび3mmとした。この培養器に一定量のふん尿混合物を入れ、恒温水槽に入れて容器内の温度を一定に保った。なお、ふん尿混合物は、家庭用ミキサーで約15秒間攪拌混合して、均一化してから培養器に移し入れた。

アンモニア捕集ビンには、市販のインピンジャー（柴田科学、84GP250）を使用し、これに4%ホウ酸溶液を150ml入れた。なお、Derikx と Aarnink（1993）は2連の捕集ビンを用いているが、本装置で試験した結果、2連目で捕集されるアンモニアは無視して差し支えないことが明らかになったため、1連で実施することにした。吸気にはダイヤフラムポンプ（Neuberger, N86 KN.18）を

用いたが、このポンプと捕集ビンの間に流量計（ジーエルサイエンス、C-B2-T）を置いて吸気の流量を調整した。

## 2. アンモニア揮散量に及ぼす要因の検討

### 1) 培養温度の影響（実験1）

標準的な飼料を給与した豚から採取したふん（窒素濃度12.3mg/g）および尿（窒素濃度4.2mg/g）を、それぞれ、40および160gを混合して培養器に入れ、培養温度が20、30および40℃の3水準になるように、恒温水槽の温度を変えてアンモニア揮散量を測定した。吸気速度は500ml/minで一定とし、24時間吸気を行い、捕集ビン内の4%ホウ酸溶液に捕集されたアンモニア態窒素量を0.1N硫酸を用いる直接滴定法により測定した。測定は、同一試料で4回反復実施し、測定の精度についても検討した。

### 2) 吸気量の影響（実験2）

アンモニア揮散量に及ぼす吸気量の影響について、吸気量を125、250、375および500ml/minの4水準に変えて検討した。培養温度は30℃一定とし、24時間実施した。この実験で供試したふんは実験1と同様のものではあったが、尿は、尿中窒素濃度が4.2および7.9mg/gの2種類を用いた。ふんおよび尿量は、同様に、それぞれ、40および160gとした。各尿のサンプルについて2回反復実施した。

### 3) ふん尿の混合割合の影響（実験3）

ふん尿混合物のふんおよび尿量の影響を検討する目的で、ふんの混合量を0、40あるいは80gに尿を160g加えた3水準およびふん

40gに尿の代わりに蒸留水を160g加えた4処理区を設けて、2日間にわたってアンモニア揮散量を測定した。培養温度は30℃、吸気量は500ml/minとした。また、培養開始時および48時間後の終了時に試料のpHを測定した。供試したふんは実験1と同様のものであったが、尿の窒素濃度は7.0mg/gであった。

### 3. アンモニア揮散量の経日変化とアンモニア態窒素の培養後残存量（実験4）

アンモニアの揮散量を5日間にわたり毎日測定し、経日変化をみた。供試したふんは実験1と同様であったが、尿は窒素濃度が9.8mg/gのものであった。培養温度は30℃、吸気量は500ml/minとした。ふんおよび尿量は、それぞれ、40および160gとした。5日間の培養終了後、ふん尿混合物中に残存したアンモニア態窒素含量を水蒸気蒸留法により、また、全窒素含量をケルダール法により測定した。試験は同一のふんおよび尿を供試して、3回反復実施した。

### 4. 化学分析

ケルダール法による全窒素および4%ホウ酸液で捕集されたアンモニアは常法（石橋 2001）によって定量した。

## 結 果

### 1. アンモニア揮散量に及ぼす要因の検討

#### 1) 培養温度の影響（実験1）

培養温度が20、30および40℃へ上昇するのに伴い、1日当たりのアンモニア揮散量

表1. 揮散量に及ぼす温度の影響

温度 (℃)	アンモニア揮散量 — mg/d —
20	21.7 ± 2.0
30	33.0 ± 2.2
40	49.8 ± 3.3

4反復の平均 ± SD

はほぼ直線的に増加した（表1）。表1には、4反復の平均値と標準偏差を示したが、変動係数は7～9%で、比較的精度よくアンモニア揮散量が測定できることがわかった。

#### 2) 吸気量の影響（実験2）

吸気量の増加に伴い、1日当たりの平均アンモニア揮散量は、尿中窒素濃度にかかわらず、ほぼ直線的に増加し（図2）、吸気量がアンモニア揮散量に影響することが明らかになった。尿中窒素濃度が4.2mg/gの場合のアンモニア揮散量は、7.9mg/gの場合に比較して低かった。

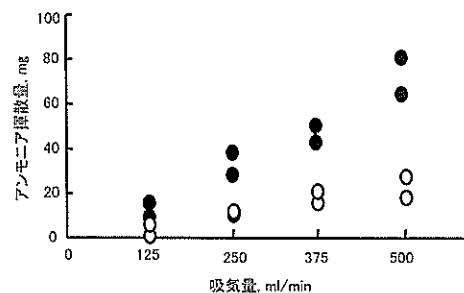


図2. 24時間培養した豚スラリーからのアンモニア揮散量に及ぼす吸気量の影響  
培養に供した尿中の窒素含量は4.2mg/g (○) および7.9mg/g (●) .

#### 3) ふん尿混合割合の影響（実験3）

供試するふんおよび尿の混合割合で、アンモニア揮散量は影響を受けた（表2）。尿

表2. 48時間の培養中のアンモニア揮散量に及ぼすふんおよび尿の混合量の影響およびスラリーpH

ふん尿混合物の培養				スラリー中NH <sub>3</sub> -N (mg)	スラリーpH	
ふん (g)	尿 (g)	水 (g)	アンモニア揮散量 (mg)		開始時	終了時
40	160	—	120	1,147	6.24	8.97
80	160	—	59	1,368	5.97	7.91
40	—	160	0	94	5.65	5.87
—	160	—	6	171	7.25	9.03

2 反復の平均

量を160 g一定にしてふん量を40 gとした場合には、80 gの場合に比較して、2日間のアンモニア揮散量は、59mgに対して120mgと約2倍になった。ふん40 gに尿の代わりに水を160 g混合した場合には、アンモニアの揮散は検出されず、また、尿のみを160 g供試した場合のアンモニア揮散量もきわめて少なかった。

48時間後に培養器中に残存したアンモニア態窒素は、ふんの混合を80 gとした場合がもっとも多く、ついで、ふん40 gを混合した場合で、ふんあるいは尿を単独に供試した場合は少なかった。培養開始時のpHは、ふんと水を混合した場合が5.65でもっとも低く、逆に尿単独の場合が7.25でもっとも高かった。48時間の培養後のpHは、尿単独あるいはふん40 g、尿160 gを混合した場合が高く、約9となったが、ふんに水を混合した場合は培養後も低値に留まった。

## 2. アンモニア揮散量の経日変化と培養後のアンモニア態窒素の残存量 (実験4)

培養5日間におけるアンモニア態窒素揮

散量の累積量の変化を平均値と3反復の標準偏差とともに図3に示した。アンモニア態窒素揮散の累積量は1日目から5日目まで、100、198、293、404および517mgと、ほぼ直線的に増加した。図4には、培養開

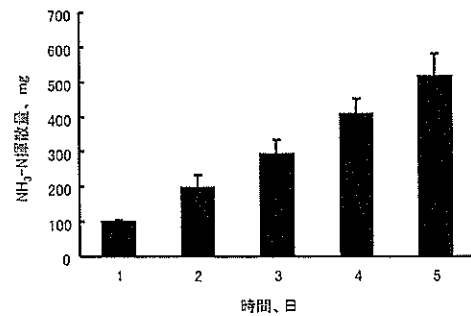


図3. インビトロ測定法による豚スラリーからの5日間の積算NH<sub>3</sub>-N揮散量. 3反復の平均値±S.D.

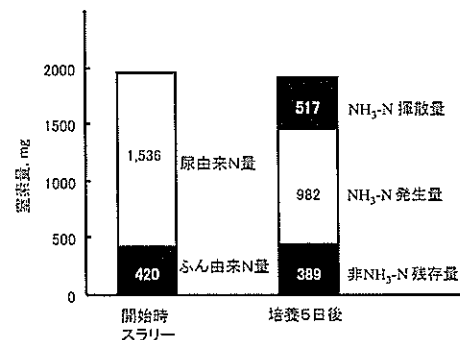


図4. 培養開始時のふん、尿由来のN含量および5日間培養したスラリー中の非NH<sub>3</sub>-N残存量、NH<sub>3</sub>-N発生量およびスラリーからのNH<sub>3</sub>-N揮散量

始時のふんおよび尿由来の窒素量と、終了時までには揮散したアンモニア態窒素量、培養器中に残存したアンモニア態窒素および非アンモニア態窒素量を示した。培養開始時の窒素量は1,956mgで、ふんおよび尿から、それぞれ、420および1,536mgが由来した。5日間の培養で揮散したアンモニア態窒素量は517mg、また、培養器に残存したアンモニア態窒素およびそれ以外の窒素は、それぞれ、982および389mgであった。

## 考 察

豚のふん尿混合物からのアンモニア揮散量の測定を目的として、Derikx と Aarnink (1993) が開発した *in vitro* 装置を改変した装置を用い、アンモニア揮散量に及ぼす諸要因について検討した。

アンモニア揮散量は培養温度が20℃から40℃に高まるにつれて直線的に増加し、温度依存性があることが示された。したがって、培養温度は一定に保つのが望ましい。ここでは、空調可能な実験室での操作を前提として、本装置によるアンモニア揮散量は30℃で測定することにした。なお、Derikx と Aarnink (1993) は室温で測定したとしているが、Canhら (1998) は20℃の一定温度で実施している。

アンモニア揮散量は吸気量によっても影響を受け、吸気量を125ml/minから500ml/minに高めるとほぼ直線的に増加した(図2)。したがって、吸気量を一定にする必要があるが、本装置の測定条件としては、アンモニア揮散量がもっとも多かった500

ml/min とすることにした。Derikx と Aarnink (1993) およびCanhら (1998) は、6.5Lの培養器を用いて2kgのふん尿混合物を供試し、4.2L/minの吸気量で実施している。本装置では1Lの培養器で、試料量は200gであるので、吸気量の500ml/minは、培養規模に対する割合としてはDerikx と Aarnink (1993) およびCanhら(1998)の場合とほぼ同じである。

アンモニア揮散量はふんおよび尿の混合割合によっても影響を受けたが、本装置では、Canhら (1998) と同様に、1:4 とすることにした。また、アンモニア揮散の積算量は、5日間の測定期間で、ほぼ直線的に増加しており、このことは、アンモニア揮散量を比較する場合の測定期間は1～2日の短期間でもよいことを示している。

以上の実験1～4の結果から、図1に示した装置を用い、ふん40gおよび尿160gの混合物を供試して、培養温度30℃、吸気量500ml/minの条件で1～2日間培養することによって、ふん尿混合物からのアンモニア揮散量の比較は精度よくできると判断された。

豚房から発生するアンモニアは、主として尿中の尿素が起源である。尿素は比較的安定な物質であるが、ふん中に存在するウレアーゼの作用で容易にアンモニアが発生する(Jongbloed と Lenis 1992; Aarninkら 1993)。実験3で、尿単独あるいはふんに水を混合して培養した場合のアンモニア揮散量および培養後に試料中に残存したアンモニア態窒素がきわめて少なかったのに対して、ふんおよび尿の混合によってこれらの値が著しく高まったのはこのためである。

実験4において、アンモニア態窒素の揮散量は1日目で約100mgとなり、これは5日間の培養期間における平均的な値である。このことは培養初期段階で速やかに尿素からアンモニア態窒素への転換が行われたことの反映と考えられる。5日間で揮散したアンモニア態窒素および培養後に培養器に残存したアンモニア態窒素の総計は1,499mgであり、これは培養開始時の尿由来窒素の1,536gとほぼ等しい(図4)。このうち揮散したアンモニア態窒素量は517mgで、培養開始時の尿由来窒素量の34%に相当した。このことは、尿中の尿素はふん中に含まれるウレアーゼによって速やかにアンモニア態窒素になるが、その大部分は5日目においても揮散せずに、培養器中に留まっていたことを示す。また、培養器中に残存した非アンモニア態窒素は389mgであり、これは培養開始時のふん由来窒素の420gにほぼ等しい。実験3の結果で、ふんに水を混合して2日間培養した場合には、アンモニアの揮散は認められず、また、培養後に残存したアンモニア態窒素もきわめて少量であったことから、ふん由来窒素の大部分はアンモニアには分解されず、5日間経っても有機態窒素として残存していたと考えられる。JongbloedとLenis(1992)は、ふん中に排泄される窒素の大部分は微生物に取り込まれたタンパク態窒素であり、分解はきわめて遅いと報告している。5日間の培養で揮散したアンモニア態窒素および培養器に残存した窒素の総計は1,888mgであったが、これは培養開始時の窒素総量である1,956mg

の約97%に相当した。この3%のロスは、毎日の捕集ビンの交換時のアンモニアの放散、および分析誤差にもとづくものと考えられる。

ふん尿混合物からのアンモニア揮散量は、多くの要因に依存している。既述のように、培養温度や吸気量の影響を受けるが、他にふん尿試料の表面積も影響することが知られている(van Kempen 2001)。また、尿中の窒素(尿素)濃度が大きく影響する。実験2では、尿中の窒素濃度が4.2および7.9mg/gの2種類の尿を供試したが、アンモニア揮散量は後者の方が約3倍と大きかった。さらに、ふん尿試料のpHもアンモニア揮散量に影響を及ぼす。実験3において、尿量は160gと同一にして、ふん量のみを40gおよび80gに変えた場合、後者ではアンモニア揮散量は約1/2と少なく、逆に残存アンモニア態窒素は多かったが、培養後のふん尿試料のpHは約1単位低かった。溶液中のアンモニアはアンモニウム(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)と平衡状態にあるが、ふん尿試料の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は低くなる(Canhら1998)。

本アンモニア揮散量測定法は、ふんおよび尿が混合された状態になる豚舎構造を持つ豚房からのアンモニア揮散を想定し、そこにおける脱臭資材あるいは給与飼料の効果を評価するために開発した。このin vitro測定装置によって、少量のふん尿サンプルを用いて、1~2日間の比較的短期間にアンモニア揮散量の比較が可能である。なお、

ふん尿混合物中の尿中窒素濃度およびpHがアンモニア揮散量に及ぼす影響については別に報告する。

## 要 約

豚のふん尿混合物からのアンモニア揮散量のin vitro測定法を開発した。測定装置は、ふん尿混合物を入れ、アンモニアを発生、揮散させるための約1,000mlの培養器、揮散したアンモニアを捕集するため150mlの4%ホウ酸溶液を入れた捕集ビンおよび吸気のためのポンプおよび流量計からなっている。この測定装置を用いてアンモニア揮散量に及ぼす要因について検討した。

アンモニア揮散量は、培養温度を20、30および40℃と高めるにともない、また、吸気量を125ml/minから500ml/minへ増加させるのにもなって直線的に増加した。ふん尿混合物のうち、尿量を160gと一定として、これにふんを40g混合した場合には、80gの場合に比較して、アンモニア揮散量は約2倍になった。これは、ふんを多く混合した場合には、ふん尿混合物のpHが低くなり、アンモニアの揮散が抑制されることによると考えられた。また、ふんあるいは尿単独で培養した場合には、アンモニアの揮散はほとんど認められなかった。

アンモニア揮散量を5日間にわたって測定したが、ほぼ直線的に増加した。

以上の結果にもとづき、豚のふん尿混合物からのアンモニア揮散量の測定では、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%の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ととした。

## 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、実験に供試した豚ふん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

- Aarnink AJA, Hoeksma P, van Ouwerkerk ENJ. 1993. Factors affecting ammonia concentration in slurry from fattening pigs. In: Verstegen MWA, den Hartog LA, van Kempen GJM, Metz JHM (eds.) Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. pp 413-420. Pudoc Scientific Publishers. Wageningen, The Netherlands.
- Aarnink AJA, Keen A, Metz JHM, Speelman L, Verstegen MWA. 1995. Ammonia emission patterns during the growing periods of pigs housed on partially slatted floors. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 62:105-116.
- Canh TT, Aarnink AJA, Verstegen MWA, Schrama JW. 1998. Influence of dietary

- factors on pH and ammonia emission of slurry from glowing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 76:1123-1130.
- Derikx PJJ, Aarnink AJA. 1993. Reduction of ammonia emission from slurry by application of liquid top layers. In: Verstegen MWA, den Hartog LA, van Kempen GJM, Metz JHM. (eds.) Proceedings of the First International Symposium on Nitrogen Flow in Pig Production and Environmental Consequences. pp. 344-349. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- 本多勝男・宮崎光加・米持勝利. 1993. 畜産臭気の抑臭・消臭に関する試験. 神奈川県畜産環境試験成績書 (平成4年度). 15-21. 神奈川県畜産試験場.
- 石橋 晃 (監修). 2001. 新編動物栄養試験法. 458-462. 養賢堂. 東京.
- Jongbloed AW, Lenis NP. 1992. Alteration of nutrition as means to reduce environmental pollution by pigs. *Livestock Production Science*. 31:75-94.
- Martinez J, Jolivet J, Guiziou F, Langeoire G. 1997. Ammonia emissions from pig slurries: evaluation of acidification and the use of additives in reducing losses. In: Proceedings of the International Symposium, Vol. 2: Ammonia and Odour Control from Animal Production Facilities. pp. 485-492. Vinkeloord, The Netherlands.
- Miner RJ, Godwin D, Brooks P, Rulkens W, Kielich C. 1995. A protocol to evaluate the effectiveness of odor control additives. In Proceeding of the International Livestock Odor Conference '95: New Knowledge in Livestock Odor, pp. 114-120. Iowa State University, Ames, Iowa.
- 山本朱美・高橋栄二・古川智子・伊藤 稔・石川雄治・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の低減効果. 日本養豚学会誌、39：1-7.
- van Kempen TATG. 2001. Dietary adipic acid reduces ammonia emission from swine excreta. *Journal of Animal Science*. 79:2412-2417.



## 7. 委員会・会議等

## 7. 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 13 年 7 月 26 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) 研究開発実施状況について
- (2) 総合討論

### 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地方検討委員会

日 時 平成 13 年 10 月 3 日

場 所 北海道立畜産試験場

議 題

- (1) 北海道地域の畜産環境対策の現状と課題
- (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 12 年度実証施設の調査概要と 13 年度調査計画
- (4) 平成 13 年度実証施設の計画概要
- (5) 平成 13 年度調査項目と結果取りまとめについて
- (6) 北海道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方法について
- (7) 平成 12 年度整備実証施設の現地検討会
- (8) 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東北関東地方検討委員会

日 時 平成 13 年 10 月 3 日

場 所 黒磯市役所

議 題

- (1) 東北及び関東地域の畜産環境対策の現状と課題
- (2) 東北及び関東地域における畜産環境対策技術の課題について
- (3) 平成 12 年度実証施設の調査概要と 13 年度調査計画
- (4) 平成 13 年度実証施設の計画概要
- (5) 平成 13 年度調査項目と結果取りまとめについて
- (6) 東北及び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方法について

(7) 平成 12 年度整備実証施設の現地検討会

(8) その他

4) 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沖縄地方検討委員会

日 時 平成 13 年 11 月 14 日

場 所 チサンホテル熊本および旭志村 (現地)

議 題

(1) 九州沖縄地域の畜産環境対策の現状と課題

(2) 九州沖縄地域における畜産環境対策技術の課題について

(3) 平成 12 年度実証施設の調査概要と 13 年度調査計画

(4) 平成 13 年度実証施設の計画概要

(5) 平成 13 年度調査項目と結果取りまとめについて

(6) 九州沖縄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方法について

(7) 平成 12 年度整備実証施設の現地検討会 (菊池郡旭志村)

(8) 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近畿地方検討委員会

日 時 平成 13 年 11 月 14 日

場 所 京都府畜産研究所

議 題

(1) 近畿地域の畜産環境対策の現状と課題

(2) 近畿地域における畜産環境対策技術の課題について

(3) 平成 12 年度実証施設の調査概要と 13 年度調査計画

(4) 平成 13 年度実証施設の計画概要

(5) 平成 13 年度調査項目と結果取りまとめについて

(6) 近畿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方法について

(7) 平成 12 年度整備実証施設の現地検討会

(8) 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 14 年 3 月 27 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 13 年度研究開発事業の実施状況
- (2) 平成 14 年度事業実施計画について
- (3) 平成 14 年度予算の概要について
- (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

日 時 平成 14 年 3 月 27 日

場 所 財団法人 畜産環境整備機構 第一会議室

議 題

- (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 14 年度事業実施スケジュールについて
- (5) その他

## 8. 職員の普及活動等

## 8. 職員の普及活動等

### 学術論文

1. 古谷 修、山本朱美、伊藤 稔、青木幸尚 (2001) : 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、日豚会誌、38 (4) : 171-176.
2. 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) : 1-7.
3. 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(1): 8-13.
4. 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 Lowering Protein Diet Supplemented with Apple Pomace in the Growing Pigs, *Animal Science Journal*. in press.

### 学会口頭発表

1. 古谷 修、山本朱美、伊藤 稔、古川智子 : 消化試験の指標物質としてのセライト添加酸不溶性灰分の評価、日本養豚学会、10月
2. 山本朱美、(梅本栄一)、長峰孝文、古川智子、伊藤 稔、(松井正敏)、(藤村信雄)、古谷 修 : 低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕添加による尿中窒素排泄量および豚房からのアンモニア発生量の低減、日本養豚学会、10月
3. 古川智子、伊藤 稔、山本朱美、古谷 修 : 堆肥の腐熟度判定指標としての酸素消費量の簡易測定法、技術開発成果発表会、11月
4. 山本朱美、伊藤 稔、古川智子、古谷 修 : 養豚市販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の低減、技術開発成果発表会、11月
5. 山本朱美、古川智子、長峰孝文、亀岡俊則、伊藤 稔、古谷 修 : 豚における低タンパク質飼料へのビートパルプの添加による尿中窒素排泄量およびアンモニア発生量の低減、日本養豚学会、3月
6. 山本朱美、(佐藤義人)、(中村慶逸)、伊藤 稔、古谷 修 : 低タンパク質飼料へのリンゴジュース粕の添加が豚の発育および窒素排泄量に及ぼす影響、日本養豚学会、3月
7. 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リンゴジュース粕の添加による尿中窒素排泄量およびアンモニア発生量の低減、日本畜産学会、3月

## 普及誌等

1. 山本朱美：低タンパク質飼料給与における窒素排泄量、尿量、アンモニア発生量の低減、養豚の友、6月号
2. 古谷 修：飼料・栄養から考える排泄物対策、ピッグジャーナル、8月号
3. 山本朱美：リンゴ搾りかすを食わせて豚舎の悪臭を減らす、現代農業、9月号
4. 古谷 修：アミノ酸レベルの飼料で窒素排泄量をどこまで減らせるか、養豚界、10月号
5. 古谷 修：環境負荷物質の低減に向けたエコフィードの開発事情、畜産コンサルタント、11月号
6. 山本朱美：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、畜産環境情報、第15号、12月
7. 古谷 修：畜産環境問題の背景と資源循環型畜産推進の課題、養豚の友、1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添加によって豚からの窒素排泄量を減らす、畜産経営情報. No.147.8-14.2月
9. 亀岡俊則：豚ふん尿の汚濁負荷量、飼養管理法に伴うふん尿の処理体系、養豚の友、2月号
10. 亀岡俊則：豚ふんの発酵堆肥化処理と利用促進、養豚の友、3月号

## 書籍・単行本

1. 古谷 修 (2001.9)：新編動物栄養試験法 (共著)、養賢堂

## 特許の出願

1. 「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」  
(富士平工業株式会社との共同出願)
2. 「動物糞尿臭消臭用飼料」  
(神奈川県との共同出願)

## 畜産環境アドバイザー養成研修会講師

1. 亀岡俊則 (2001.5)：堆肥化施設の設計審査・技術研修 (平成13年度第1回)
2. 亀岡俊則 (2001.6)：堆肥化施設の設計審査・技術研修 (平成13年度第2回)
3. 亀岡俊則 (2001.6)：汚水処理施設の設計審査・技術研修 (平成13年度第1回)
4. 亀岡俊則 (2001.8)：堆肥化施設の設計審査・技術研修 (平成13年度第3回)
5. 亀岡俊則 (2001.8)：汚水処理施設の設計審査・技術研修 (平成13年度第2回)
6. 亀岡俊則 (2001.11)：汚水処理施設の設計審査・技術研修 (平成13年度第3回)

7. 亀岡俊則 (2001.12) : 臭気対策技術及び新規処理技術研修 (平成13年度第1回)
8. 山本朱美 (2001.12) : 臭気対策技術及び新規処理技術研修 (平成13年度第1回)
9. 亀岡俊則 (2002. 1) : 臭気対策技術及び新規処理技術研修 (平成13年度第2回)
10. 山本朱美 (2002. 1) : 臭気対策技術及び新規処理技術研修 (平成13年度第2回)

#### 研修会等講師

1. 古谷 修 (2001. 5) : 中央畜産技術研修会 (新技術)
2. 亀岡俊則 (2001. 9) : 中央畜産技術研修会 (養豚)
3. 亀岡俊則 (2001.10) : 中央畜産技術研修会 (環境保全Ⅱ)
4. 伊藤 稔 (2001.10) : 中央畜産技術研修会 (環境保全Ⅱ)
5. 亀岡俊則 (2001.11) : 平成13年度堆肥センターの生産運営能力向上研修会 (岩手県)
6. 亀岡俊則 (2002. 1) : 平成13年度堆肥センターの生産運営能力向上研修会 (群馬県)
7. 亀岡俊則 (2002. 2) : 平成13年度堆肥センターの生産運営能力向上研修会 (熊本県)

#### 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13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13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 : 家畜飼養標準検討会委員 (農業技術研究機構)
6. 伊藤 稔 : 畜産技術情報提供システム検討会委員 (畜産技術協会)
7. 伊藤 稔 : 新技術活用方向研究委員会委員 (畜産技術協会)
8. 伊藤 稔 : 畜産情報ネットワーク検討委員会委員 (農畜産振興事業団)
9. 伊藤 稔 : 全農酪農製年婦人経営体験発表会審査委員 (全国農業協同組合連合会)
10. 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)
11. 亀岡俊則 : 農畜産業バイオマス資源利用実態調査等緊急調査委員会委員 (三菱総合研究所)



## 9. 資 料



研究所全景



機器分析室



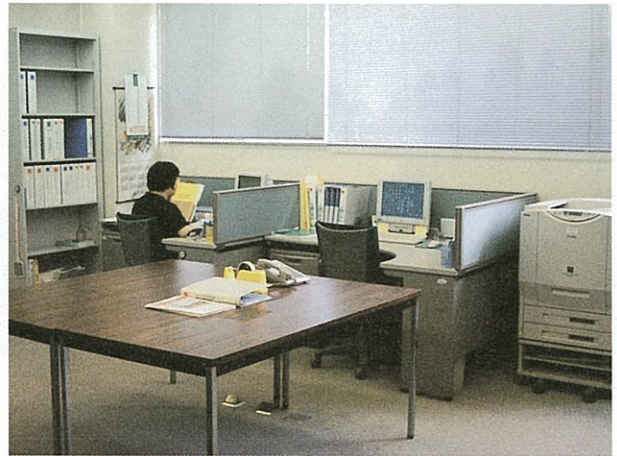
化学分析室



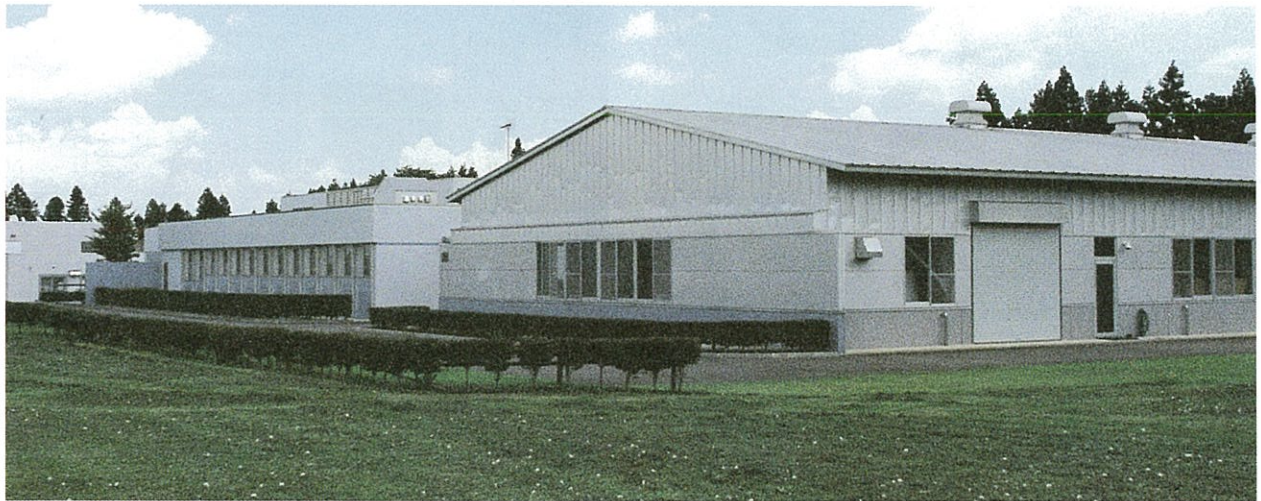
微生物実験室



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



研修会受講者記念写真



研修会開講式



各種分析・測定技術研修



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5号 (平成13年度)

平成14年7月15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