

# 畜産環境技術研究所年報

平成10年7月



財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所



畜産環境技術研究所  
平成8年7月

# 研究所本館内部



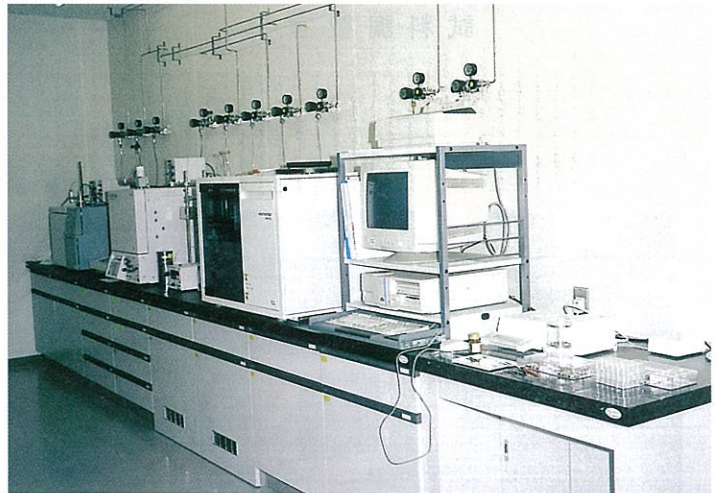
所長室



管理部室



研究開発部室



機器分析室



機器分析室



化学分析室



試料調製室



微生物実験室



文献等資料室



会議室

## 実験棟内部



資材置場



加工実験室



汚水物処理実験室

# 目 次

1. 研究所設立の経緯 .....	1
(1) 設立の背景 .....	1
(2) 建設工事概要 .....	1
(3) 建物配置図 .....	2
(4) 建物及び主要機械器具 .....	3
(5) 組織 .....	5
2. 各種委員会 .....	7
(1) 畜産環境保全経営技術開発事業検討委員会 .....	7
(2) 畜産環境保全経営技術開発検討委員会専門部委員 .....	8
(3) 畜産環境保全経営技術推進に係る小委員会 .....	8
3. 研究の概要 .....	9
(1) 研究課題の実施計画 .....	9
(2) 平成7年度事業報告 .....	15
(3) 平成8年度事業報告 .....	19
(4) 平成9年度事業報告 .....	20
4. 研究課題進捗状況 .....	21
(1) 悪臭防止技術の開発 .....	21
(2) 高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発 .....	26
(3) 堆きゅう肥の品質向上技術の開発 .....	48
(4) 環境保全技術体系の開発 .....	72
5. 委託事業の概要 .....	92
6. 交流共同研究の概要 .....	96
7. 普及活動等 .....	107
8. 図書目録 .....	113

# 1. 研究所設立の経緯

## (1) 設立の背景

畜産分野における国際化の進展及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及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、日本中央競馬会及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内に国有地を借地して「畜産環境技術研究所」を開設することとなった。

## (2) 研究所建設工事概要

- 研究所本体 鉄筋コンクリート平屋建て  
延べ面積 794.65㎡
- 付属建物（ポンプ室）  
鉄筋コンクリート平屋建て  
延べ面積 10.89㎡

### 建設工事経過

平成7年11月7日 設計業務契約  
(株) 神津設計事務所

12月20日 設計完了  
12月25日 工事入札  
平成8年1月8日 工事請負契約  
飛鳥建設(株)東北支店  
1月10日 工事着手  
1月25日 地鎮祭  
4月26日 上棟祭  
6月8日 外溝工事開始  
6月20日 建築許可 消防検査  
6月25日 竣工検査  
6月28日 建物引き渡し  
7月10日 実験用各種機械器具導入  
7月24日 竣工式典

○ 実験棟（家畜排泄物高度処理・加工実験棟）

鉄骨平屋建て

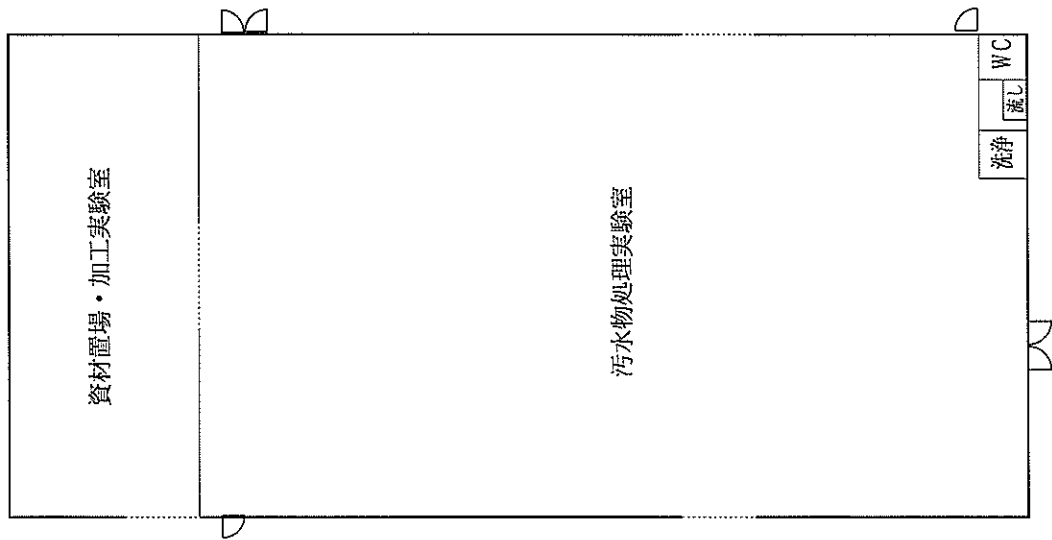
延べ面積 700.00㎡

### 建設工事経過

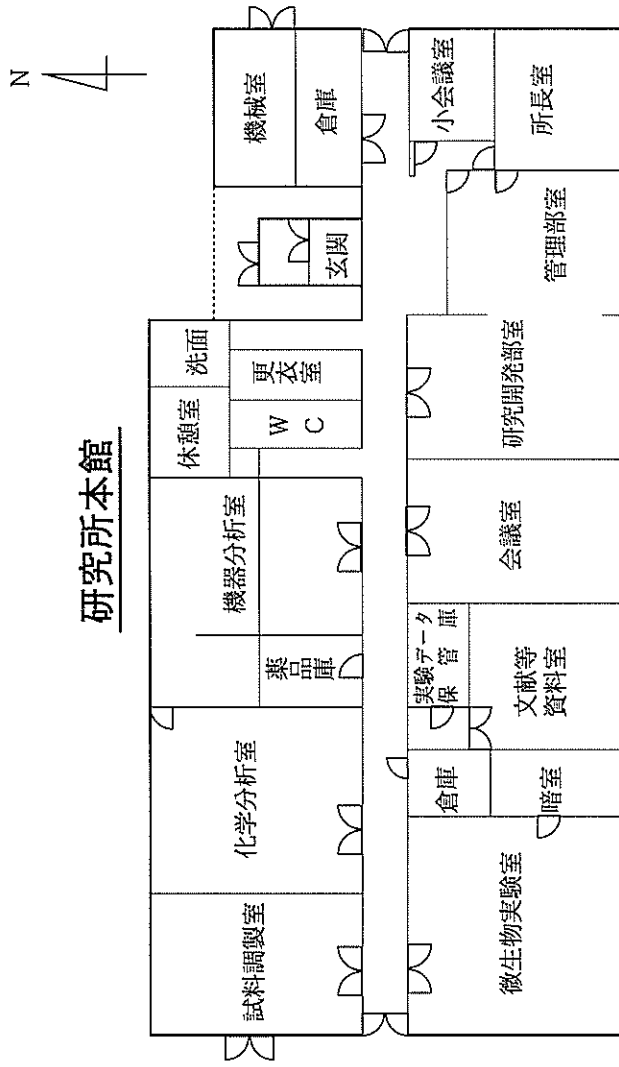
平成9年12月24日 設計契約 神津設計事務所  
平成10年2月14日 設計完了  
3月11日 工事入札  
3月17日 工事請負契約  
飛鳥建設(株)東北支店  
3月30日 地鎮祭  
6月25日 建築許可 消防検査  
6月26日 竣工検査・建物引き渡し  
7月14日 竣工式典

(3) 建物配置図

実験棟



研究所本館





(4) 建物及び主要機械器具

○建物

区分	名称	構造	取得年月	備考
事務所建	A棟 研究所本館	鉄筋コンクリート 平屋建て 794.65 m <sup>2</sup>	H 8. 7	
倉庫建	B棟 ポンプ室	同上 10.89 m <sup>2</sup>	同上	

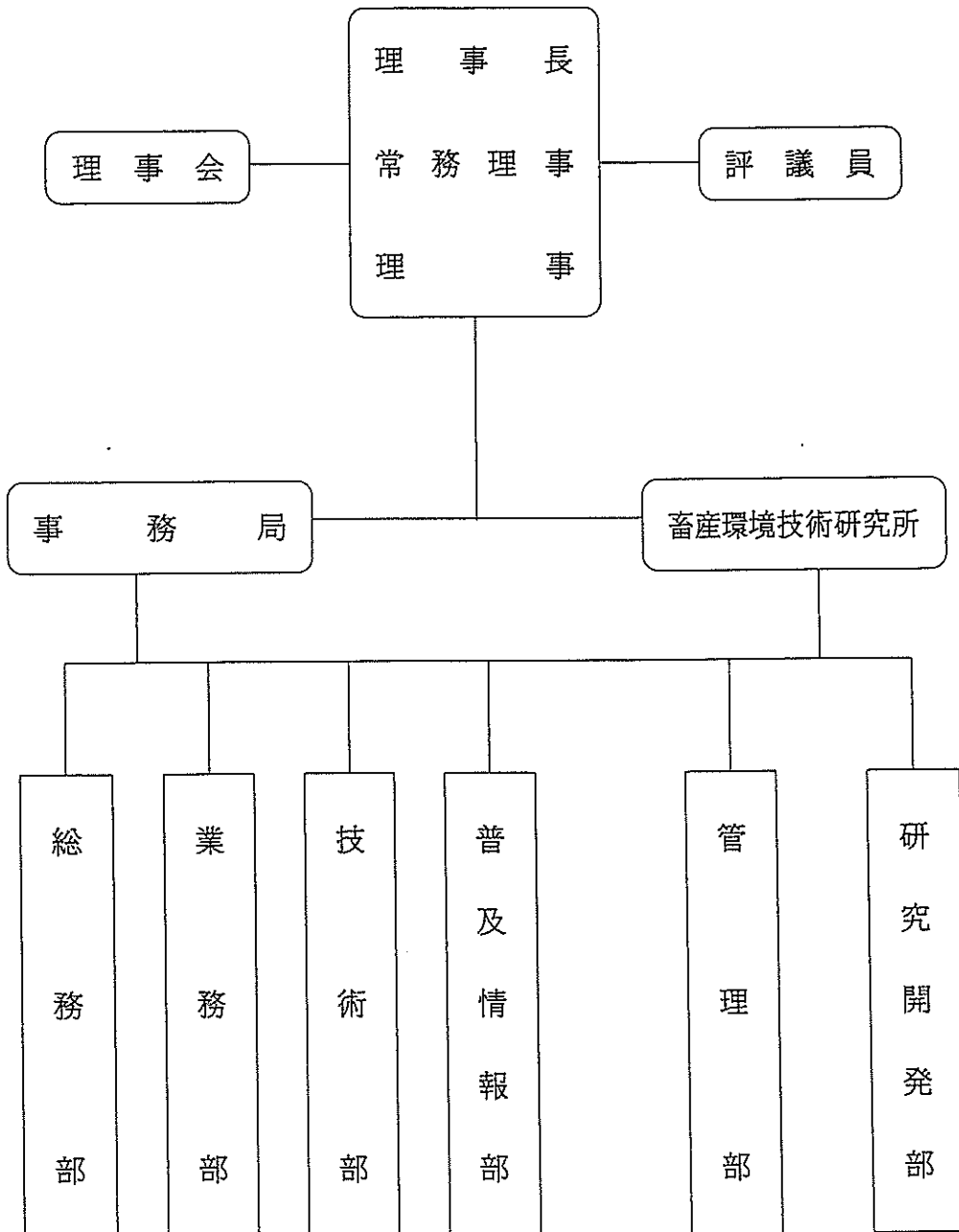
○主要機械器具

配置場所	名称	型式・メーカー	取得年月	備考
試料調製室	デジタル熱風乾燥室	池本理科 R K I - 18 - 503	H 8. 7	
	熱風乾燥室	池本理科 R K I - 10 - 0614	"	
	粉砕機	池本理科 ウィレー式 R K I - 20 - 1131	"	
	粉砕機	池本理科 ミル式 R K I - 20 - 1131	"	
	高速振動式試料粉砕機	シー・エム・ティー T I - 100	"	
化学分析室	純水製造装置	REG-40-TOC	H 8. 7	
	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	H 9. 7	
	ロータリーエバポレーター	柴田科学 R-124-AW-2	H 9. 3	

配置場所	名 称	型式・メーカー	取得年月	備考
機器分析室	ガスクロマトグラフ	日立G-5000A	H8.7	
	NCアナライザー	バリオEL	"	
	ICP発光 分析装置	日立U-4000	"	
	分光光度計	日立U-2001	"	
	赤外線分光計	日本ダイチ DX-120	H9.6	
	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-3900 DSL-FN	H9.7	
微生物実験室	高性能光学顕微鏡	AX-80-63	H8.7	
	低温恒温機	SL-P4	"	
	低温恒温機	SL-4	"	
	オートクレーブ	IMC-3032L	"	
	クリーンベンチ	CCV-1300E	"	
	BOD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	IKD-100	"	
	倒立型システム 顕微鏡	オリンパス IX-50-11PH	H9.3	
	低温恒温機	LTI-1000ED	H9.6	
	嫌気性培養装置	平山製作所 FA-6	H9.7	
実験施設	脱窒リアクター	共和化工 KBM-5	H9.5	

(5) 組織

組織図



## 2. 各種委員会

- 1) 畜産環境保全経営技術開発検討委員会  
(名簿省略)
- 2) 畜産環境保全経営技術開発検討委員会専門部会  
(名簿省略)
- 3) 畜産環境保全経営技術推進に係る小委員会  
(名簿省略)

### 3. 研究の概要

#### (1) 研究課題の実施計画

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。

#### 「畜産環境保全のための総合的技術体系の策定」のための全体研究計画

##### 1. 技術開発の考え方

我が国の畜産は、国際化の一層の進展及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・利用技術及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及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

###### (1) 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

###### (2) 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（共同研究）

###### ②人工湿地法による畜舎汚水の低コスト処理システムの開発

###### ③栄養塩類等回収物質の有効利用技術の開発

###### (3) 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

###### ①堆きゅう肥の品質評価基準の策定

###### ②堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発

###### ③馬房敷料を活用した土壌改良資材の実用化（委託）

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

###### (4) 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の開発

###### 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7・8年度の研究計画

- (1) 家畜ふん尿処理技術に対する評価を行うための各種測定技術及び判定手法を確立する。
- (2) 家畜ふん尿処理施設・機器及び脱臭資材の利用の実態把握と問題点を摘出する。
- (3) 脱臭資材の探索・評価を行う。
- (4) 水生植物、微生物等の浄化機能についての調査研究を実施する。

研究課題「畜産環境保全のための総合的技術体系の策定」実施計画

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											
②臭気軽減効果判定手法の開発											
2. 臭気防除資材の探索・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									共和化工 (2年間)	共同 研究	
②人工湿地法による畜舎汚水の低コスト処理システムの開発											
③栄養塩類等の回収物質の有効利用技術の開発											

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堆きゅう肥の品質評価基準の作成 ②堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発 ③馬房敷料を活用した土壌改良資材の実用化 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									大津機工 畜産生物科学安全研究所	委託 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 2. 家畜ふん尿と等の低コスト処理・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 ③家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化 3. 総合的畜産環境保全技術の開発 ①畜産農業が有する外部経済効果の評価 ②「HACCP」の概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発									生研機構 九州産業 農政調査委員会	委託 委託 委託



# フローチャート

◎：共同研究、●：委託

## 研究課題

I

### 悪臭防止技術の開発

- 悪臭軽減効果判定手法の開発 (8~10年)
- 悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発 (8~10年)
- 脱臭微生物の分離・改良 (9~11年)
- 臭気発生機構の解明 (10~12年)

## 研究内容

- 供試ふん尿の水分、温度、通気を制御し、臭気成分の経時的採取が可能な小型実験装置を開発する。
- 上記装置を用い捕集した臭気成分分析値と官能検査値を基に、臭気の簡易判定手法を確立する。
- 各種悪臭防除資材について、温度、水分、pH、嫌気・嫌気等の条件及びふん尿の成分組成の差異と悪臭の防除効果の関連を明らかにする。
- 微生物資材について、種の同定を行うと共に高機能微生物の収集・保存を行う。また、脱臭等本来の機能を発現するための条件、有用微生物を増殖するための条件等を明らかにする。
- 畜種、給与飼料、畜舎環境、ふん尿処理法・処理過程等諸要因が臭気成分、臭気濃度に及ぼす影響を明らかにする。

## 期待される成果

- 悪臭軽減効果を in vitro 法により、簡易に判定することが可能となり、市販資材等の効果判定が容易になる。
- 各種脱臭資材の使用効果、適正使用量及び使用法が明らかとなり、資材の効率的な利用が可能となる。
- 有用な脱臭微生物群が検出され、その効率的活用が期待される。
- 畜種、飼料、畜舎環境、ふん尿処理過程等における臭気成分、臭気発生量に及ぼす諸要因が解明され、「HAACCP」の概念に基づく環境保全技術体系を開発するための基礎知見が得られる。

II

### 高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発

- ◎ 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 (9~14年)
- 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 (8~13年)
- 栄養塩類等の回収技術の有効利用技術の開発 (10~13年)

- ◎ 固定化担体、機能膜等からなる高濃度畜舎汚水浄化処理装置（共和化工機開発）による豚舎汚水の有機物、窒素、リンの除去効果及び脱色効果等を明らかにする。
- 窒素・リン、汚泥濃度、気温及び微生物等が上記装置の浄化機能に及ぼす影響を明らかにする。
- 浄化装置内の微生物及び膜による浄化機能を維持・促進するための管理技術体系を開発する。
- ヨシ、パピルス、ガマ等水生植物及び湿地の有する浄化機能を活用した高濃度畜舎汚水の低コスト処理システムを開発する。
- 人工湿地、汚水処理装置内の植物あるいは微生物を介して栄養塩類、有機物等を回収する技術を開発する。また、その回収物の有効利用法を確立する。

- 膜処理装置により、菌体濃度を高く維持できるため、汚水の高負荷運転が可能になる。また、従来の活性汚泥法に比べ、大幅な省力化と処理能力の向上が期待できる。さらに、コストの低減ができれば、養豚経営において広く普及することが見込まれる。
- 自然の浄化機能を活用することにより、生態系の保全と両立する畜舎汚水の低コスト処理が可能となる。
- 窒素、リン等が回収され、肥料として有効に利用される。

次頁へ

### 研究課題

### 研究内容

### 期待される成果

#### Ⅲ

#### 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

- 堆きゅう肥の品質評価基準の策定 (10～12年)
- 堆きゅう肥の高付加価値化 (10～13年)
- 抗生物質等投与家畜生産きゅう肥中の抗生物質等の消長ならびに植物への影響 (8～10年)

- 堆きゅう肥の水分、窒素、炭素、灰分等の成分及び腐熟度等を近赤外線反射光分析法により、迅速に測定する手法を開発する。また、堆きゅう肥の性状、主要な成分を基に、品質を簡便に判定するための基準を作成する。
- 各種堆きゅう肥について、肥効、作物の発芽試験、生長阻害等の検討を行うと共に、既往の知見を加え、作物毎の肥料成分調整、成型技術等の指針を作成する。
- 家畜排泄物中の抗生物質等動物医薬品が植物の生長に及ぼす影響、植物体中への残留量等を明らかにする。

前頁より

- ・近赤外線分光分析装置を用いた堆きゅう肥の品質評価法が確立されると共に、堆きゅう肥の性状、成分及び従来の品質判定基準等を盛り込んだ簡易評価手法が作成される。
- ・耕種農家等のニーズに応じた堆きゅう肥の成分調整、成型化等により、堆きゅう肥の流通・利用が促進される。
- ・動物医薬品の堆きゅう肥としての処理過程における消長、植物体中への残留量等、抗生物質等投与された家畜排泄物物の安全処理を行うための基礎知見が得られる。

#### Ⅳ

#### 環境保全技術体系の開発

- 家畜ふん尿処理機械の基本性能等調査 (8年)
- 家畜ふん尿の処理利用技術の実態解析 (8年～9年)
- 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 (8年)
- 畜産農業が有する外部経済効果の評価 (8～9年)
- 家畜ふん尿等の低コスト処理利用技術の体系化 (10～14年)
- HACCPの概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発 (9～14年)

- 畜種や飼養管理形態毎に排せつ物処理機械の性能、構造、耐久性、処理コスト等を調査する。
- 主要な畜産地帯における畜産環境の実態を調査し、家畜の生産から出荷に至る過程における飼養管理技術の問題点を抽出し、その改善方向を明らかにする。
- 従来の木質系敷料に改良を加えて吸着度の高い敷料製造法を開発すると共に、木酢液、炭素末の除臭効果を実証する。
- 畜産農業が有する外部経済効果を数値的に測定・評価する手法を開発すると共に、地域と調和した畜産農業の発展方向の指針を策定する。
- 畜産農家における飼料生産、飼料給与、生産物の出荷、家畜ふん尿の処理・利用等畜産物生産の一連の工程において発生しうる環境問題を精査・分析し、環境保全のための重要管理事項を設定する。
- 畜産環境問題に関わる情報、試験研究データを収集・整理し、環境保全型畜産技術のモデルを策定すると共に、生産現場への適用ガイドラインを策定する。

- ・家畜ふん尿処理機械の投資額、維持費、性能等が明らかとなり、家畜ふん尿処理機械の導入、処理システムの構築に際しての基礎知見が得られる。
- ・家畜の生産から出荷における飼養管理技術、家畜排泄物処理の実態と問題点が明らかになると共に、技術開発の方向付けを行う上での基礎知見が得られる。
- ・木質系敷料のふん尿の吸着性が改善されると共に木酢液、木酢液粉末による悪臭防除効果が実証される。
- ・畜種、個々の経営体の飼養条件、環境条件等に対応した環境保全型システムの構築、導入が可能となる。
- ・畜産経営の安定的発展と環境保全に資する。

## (2) 平成7年度事業報告

### 1) 基本計画の策定及び「畜産環境保全技術研究所（仮称）」を整備するため技術研究所設置準備室の設置

平成7年4月、畜産局畜産経営課が要求中の「畜産環境保全技術開発促進事業—多段階調和型最適管理技術（HACCP）による畜産環境保全の確立—」の予算確定にともない、引き続きこの事業を実行に移すために、日本中央競馬会畜産保全経営技術開発普及促進事業交付金交付要領及び(財)全国競馬・畜産振興会畜産環境保全経営技術開発普及促進事業助成実施要領が制定され、(財)畜産環境整備リース協会が事業の実施団体として指定された。これを受けて畜産環境整備リース協会は、事業開始の準備を開始した。

平成7年7月11日、(財)畜産環境整備リース協会は、「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」実施のための体制として、①当面の事務処理は、総務部及び技術部で行う。②基本計画の作成と付属畜産環境保全技術研究所（仮称）の整備は、技術研究所設置準備室を設置して対応することとした。

技術研究所設置準備室のメンバーは、理事 赤松勇二、技術部長 品田良雄、参与 渡邊昭三の3名である。

### 2) 準備室段階での重要研究課題（素案）の抽出と事業内容概要書（素案）の作成

準備室では、次のように事業の内容に2本の柱を立て、事業内容概要書（素案）の設定を行うとともに、研究・事務棟の基本設計（素案）を作成した。

#### ① 畜産環境保全経営技術開発推進検討事業

##### ア 畜産環境保全経営技術開発検討委員会の

#### 設置

畜産環境保全経営技術に係る諸問題を総合的に調査・検討するため学識経験者を構成員とする。

#### イ 同専門部会の設置

専門家などによる専門部会を設置し、国内調査及び海外調査を実施するとともに、畜産環境保全に係る技術者の養成（研修）を行う。

#### ② 畜産環境保全経営技術開発事業

##### ア 畜産環境保全技術開発事業

家畜の生産・飼養から出荷に至る過程において、新たな管理手法を用いた家畜ふん尿の処理・利用等の適切な畜産環境保全技術を開発するとともに、既存畜産環境保全技術の評価及び改良を行い、良質な畜産物生産の基礎となる環境保全型畜産モデルの策定・普及を行う。

##### 1] 悪臭防止技術の評価と改良

既存技術の評価等を含め、低コスト悪臭防止技術の開発を行う。

##### 2] 高濃度汚水処理技術の開発

高濃度の汚水の処理技術は今後解決すべき重要な課題であり、既存技術の評価分析を含め、処理技術の開発を行う。

##### 3] 総合環境保全技術体系の確立

高効率・低コストふん尿処理システムの類型化、管理運転手法の開発を行う。

#### イ 地域環境保全経営技術開発事業

地域調和型の畜産経営技術を確立するため、地域農業への良質な有機肥料の生産・供給技術等、地域の諸条件に適合した地域環境保全技術の開発・普及を行う。

#### ③ 研究・事務棟の基本設計

研究・事務棟の基本設計（素案）は、平屋

間口38.5m、奥行き30.5m、床面積797.45㎡とし、建物は中央廊下で2分した。玄関側に事務室、研究員室、会議室、官能試験室、倉庫、シャワー室、機械室を配置し、反対側に試料調製室、化学分析室、薬品庫、機器分析室、微生物実験室、無菌室、走査電子顕微鏡室、情報解析室を配置した。

この基本設計（素案）は、後に、家畜改良センターから借用できる用地の決定にともない、廊下を縦軸として概ね左右入れ替えの配置に変更された。

### 3) 家畜改良センターに対する事業計画の説明

畜産環境整備リース協会は、平成7年7月14日に家畜改良センターに対し、家畜環境保全経営技術開発普及促進事業の実施について、次の資料に基づき詳細な説明を行った。

①畜産経営課の予算要求、②日本中央競馬会畜産環境保全経営技術開発普及促進事業交付金交付要領、③(財)全国競馬・畜産振興会畜産環境保全経営技術普及促進事業助成実施要領、④(財)畜産環境整備リース協会畜産環境保全経営技術開発普及促進事業実施要領（案）、⑤畜産環境保全経営技術開発普及促進事業実施のための基本計画（素案）、⑥畜産環境保全経営技術開発普及促進事業実施のための実施体制（素案）、⑦畜産環境保全経営技術開発促進事業のうち畜産環境保全経営技術開発施設整備実施計画（素案）、⑧(財)畜産環境整備リース協会の概要、⑨(財)畜産環境整備リース協会の予算・決算の概要、⑩畜産環境整備リース協会の平成7年度事業計画書（抜粋）、⑪(財)畜産環境整備リース協会の寄付行為。

併せて、畜産環境リース協会は、家畜改良センター敷地内に畜産環境保全技術研究所（仮称）の設置のための国有財産（土地）の一時使用の

許可の打診を行い、家畜改良センター側から、A地、B地、C地の候補地の提示があった。

畜産環境整備リース協会は、これらの候補地について、建設を予定する施設の基本設計との関連について検討し、B地（家畜改良センター本庁舎の西隣りの敷地）が最適であるとの結論に達し、平成7年9月27日家畜改良センターの理解を求め、同センターにおいて検討の結果好意ある同意が得られた。

### 4) 畜産環境保全技術研究所（仮称）の基本設計の確定と家畜改良センターへの国有財産（土地）の使用許可の申請

準備室での家畜環境保全技術研究所（仮称）の基本設計の確定にともない、平成7年11月7日付けで畜産環境整備リース協会理事長から、国有財産（土地1,277.2㎡）の一時使用の許可について、家畜改良センター所長に対し申請した。これを承けて、家畜改良センター所長は、平成7年11月17日付け国有財産法第7号の規定による使用許可の協議を東北財務局福島財務事務所長に提出し、同11月27日付け福島財務事務所長より家畜改良センター所長あて使用許可の協議に依存がない旨回答があった。

以上の経過により、平成7年12月5日付けをもって家畜改良センター所長から畜産環境整備リース協会理事長あて、国有財産使用許可が通知された。

### 5) 畜産環境保全経営技術開発推進検討委員会及び同専門部会の設置と畜産環境技術研究所が行う研究開発計画並びに研究施設整備計画の承認

平成7年11月15日、本事業の効率的推進を図るため、2節の各種委員会名簿に示した学識経験者を構成員とする推進検討委員会及び専門部会、専門小委員会を設置し、畜産環境保全経営技術に係る諸問題を検討することとした。

① 第1回推進検討委員会

第1回推進検討委員会は、推進検討委員会と専門部会の合同会議として、平成7年11月30日に開催され、1] 畜産環境保全経営技術開発推進事業の趣旨について、2] 全体事業計画及び平成7年度事業計画について、3] 推進検討委員会と専門部会の当面する課題について、4] 平成7年度における推進検討委員会と専門部会の開催スケジュール（案）について審議した。

また、専門小委員会を設置して畜産環境技術研究所が実施する研究開発計画の細部案の作成及び研究開発に必要とする装置及び測定用機器類の整備計画案を作成することとなった。

② 専門小委員会における検討経過

第1回専門小委員会 平成7年12月6日

協議事項 畜産環境技術研究所が実施する研究開発課題について  
同研究所の施設内容等について  
その他

第2回専門小委員会 平成7年12月14日

協議事項は第1回の協議内容について、具体的案の作成について検討

第3回専門小委員会 平成7年12月22日

第2回専門小委員会に引き続き、具体的案の作成について検討

第4回専門小委員会 平成8年1月30日

第2回専門部会に提案する案件を

- 1] 畜産環境技術研究所の研究開発課題（案）とその内容
- 2] 畜産環境技術研究所の内部施設等整備に当たって留意すべき事項とその内容
- 3] 畜産環境技術研究所の運営において留意すべき事項とその内容

について具体的に取りまとめた。

第5回専門小委員会 平成8年2月19日

第2回専門部会における検討結果を承けて、畜産環境技術研究所の研究開発課題（案）の内容の修正強化を行った。

第6回専門小委員会 平成8年2月23日

畜産環境技術研究所の施設内容等について、現地検討を実施した。

第7回専門小委員会 平成8年3月8日

第6回小委員会に引き続き、研究所の施設内容等について検討

③ 第2回専門部会

第2回専門部会は、平成8年2月5日に開催され、1] 畜産環境技術研究所の研究開発課題とその内容について、2] 畜産環境技術研究所の内部施設等整備に当たって留意すべき事項とその内容について、3] 畜産環境技術研究所の運営において留意すべき事項とその内容について、4] 畜産環境技術研究所建築をめぐる現状について（説明）が審議された。その結果、かねてより専門小委員会において作成された畜産環境技術研究所の研究開発課題とその内容（案）について、修正強化の方向の意見を付し大筋が承認された。

④ 第2回推進検討委員会

第2回推進検討委員会は、平成8年3月12日に開催され、1] 平成7年度事業実施状況について、委員会等の開催状況、畜産環境技術研究所建設の進捗状況、平成7年度実行予算の変更及び2] 平成8年度事業実施計画について審議し、専門小委員会、専門部会を経て作成された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。

6) 平成7年度中の畜産環境技術研究所の建築に至るまでの経過と建築の実施

平成7年度の施設整備事業の実施経過は次の通りである。

- ① 畜産環境整備リース協会の平成7年度収  
支予算の補正 9月18日
- ② 設計業務契約 (株) 神津設計事務所  
11月7日
- ③ (財) 全国競馬・畜産振興会からの平成7  
年度事業計画の承認 11月17日
- ④ 建築確認申請のため、水利組合等に事情  
説明 12月1日
- ⑤ 家畜改良センターから土地使用許可  
12月5日
- ⑥ 畜産環境技術研究所建築業者入札のため  
の現場説明 12月15日
- ⑦ (株) 神津設計事務所から設計書受理  
12月20日
- ⑧ 福島県知事、西郷村長等からの建築確認  
許可 12月20日
- ⑨ 畜産環境技術研究所建築業者選定のため  
の入札 12月25日
- ⑩ 飛島建設株式会社との建築契約締結  
1月8日
- ⑪ 畜産環境技術研究所新築工事の安全祈願  
祭 1月25日

### (3) 平成8年度事業報告

研究所の開所に先立ち、4月1日より、家畜改良センター中央研修施設の1室を借り、仮事務所を開設し、研究所建設に伴う業務を遂行するとともに、当面着手する研究課題の内容について、畜産局畜産経営課と協議を重ねた。また、研究の実施方法について家畜改良センターと協議を重ね、実施課題及び研究内容(案)を作成した。この間、野木管理部長、岡田研究開発部長は仮事務所において、大森所長は本部において業務を遂行した。7月1日付けで古川研究員が正職員として採用された。

7月23日には推進検討委員会・専門部会の合同部会が当地で開催され、研究課題「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、研究内容が了承された。翌24日には家畜改良センター体育館及び講堂において畜産環境技術研究所開所式、記念式典が挙行された。また、同日に研究所内部を公開し、測定機器のデモンストレーションを行った。

8月に入ると、大型分析機器の導入・整備が済み、メーカーより測定操作の説明を受けるとともに、試運転を相次いで実施した。また、分析用器具、試薬等の納入が進み、汚水成分の分析を開始した。また、北海道人工湿地の実態調査を実施した。10月には、(株)共和化工との共同研究のための協力体制が整い、同社のスクリーンプレスの性能調査を実施することになり、家畜改良センター内で乳牛のふん尿混合物、複合ラグーンから排出された余剰汚泥及び豚の糞を用いた模擬汚水を材料として、凝集剤の添加効果、固液分離性能等について試験を実施した。

11月には、パソコンが導入され、畜産経営課が実施中の「バイオ新素材」のデータ処理を開始し

た。また、インターネットも開設され、国内外の環境関連の情報が入手可能となった。分析用の器具・試薬も整備され、汚水、堆肥関連の測定が可能となった。これを機に、福島及び栃木県下の畜産農家を対象として調査を実施するとともに、家畜改良センター等の外部からの依頼分析にも対応することになった。さらに、11月末には本部において、研究員の採用試験を行い、2名の採用が内定した。同時に、特別研究員1名の採用が内定した。

12月には、生研機構と共同で家畜ふん尿処理機械の性能等に関する調査を実施し、養鶏、養豚及び酪農分野で使用されている主要な「ふん尿処理機械の性能、コスト水準等」についての調査を行った。

平成9年2月には、(株)共和化工との交流共同研究契約を締結し、実験プラントを白河市内の養豚農家の庭先に設置することになった。これに伴い、共和化工より木本研究員が研究所に出向することになり、プラントの試作に当たるとともに、実験プラントの試運転、スクリーンプレス、凝集剤等の予備テストを実施することになった。

岡田(光)特別研究員、山本研究員が2月1日付で採用となり、所内で課題検討会を開催し、新年度の研究計画を作成するとともに、分担を明確にした。

研究の面では、人工湿地におけるヨシ、ガマ等水生植物或いは水中微生物等を含めた湿地環境の浄化機能が高いことを明らかにした。また、スクリーンプレス型脱水機の固液分離性能は高く、ふん尿混合物中の化学的酸素消費量(COD)、生物化学的酸素消費量(BOD)等の環境負荷物質の除去性能が極めて高いことを実証した。また、固液分離が難しいとされている余剰汚泥の処理も可能であり、水分も70%近くまで除去できること等を証明した。

## 4) 平成9年度事業報告

推進検討委員会・専門部会委員の合同会議（7月2日開催）において、前年度の事業報告と平成9年度の実施計画が承認され、以下の試験研究を実施することになった。

悪臭防止技術に関連する研究では、ガスクロマトグラフによる硫黄化合物、低級脂肪酸等の臭気物質の測定法を確立した。また、好気・嫌気条件、通気量等の制御が可能な実験用の小型臭気発生装置を開発した。

高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発では、(株)共和化工との交流共同研究を実施するために設置された実験プラントを利用し、機能膜の耐久性、浄化機能、微生物相等の変動について解析中である。また、自動制御装置の試作、担体試験用のミニリアクターを開発している。同時に膜処理汚水を用いて、pHの変化、熱処理等が色度に及ぼす影響を解明し、脱色処理技術を確立するための基礎知見を得ている。さらに、人工湿地の浄化に及ぼす諸要因についての検討を行い、その結果を畜産学会において発表した。

堆きゅう肥の品質向上技術の開発では、堆肥の腐熟度等品質を簡易・迅速に判定するための試験を開始するとともに、堆積量、攪拌回数、副資材等が堆肥の発酵・腐熟に及ぼす影響を解明中である。

環境保全技術体系の開発では、堆肥センターの成功事例、創意工夫を盛り込み家畜排泄物の低コスト化に成功した事例について実態調査を行うとともに、脱臭資材、活性水等の使用効果について検討を行った。また、効率的な環境保全を推進するため、HACCPの概念を取り入れた研究課題を繰り上げて本年より実施することとした。

以上の基本研究課題に加えて、緊急要請課題と

して、家畜改良センター宮崎牧場との共同研究により、飼料中の銅・亜鉛含量が豚の健康並びに排泄量に及ぼす影響を解明することとなった。また、行政ニーズに対応し、鉍物系資材の悪臭抑制効果について検討を行った。さらに、クリプトスポリジウムオオシストによる水質汚染が懸念されたため、家畜衛生試験場に、汚染防止・消毒方法等の研究を委託することになった。

10月には家畜改良センターの承認を得、研究所に隣接して実験棟を建設することが決定した。本施設には、堆肥化、堆肥加工及び污水处理実験装置を設置することが予定されており、より実規模に近い条件で処理・加工等の試験が可能となる。

さらに、前年度に引き続き、ガスクロマトグラフ、イオンクロマトグラフ、全有機炭素分析装置等の分析機器が導入され、悪臭成分、硝酸・亜硝酸、汚水中の有機炭素、リン含量等の分析が可能となった。

「家畜ふん尿の処理利用の手引き」が畜産環境整備機構から発刊されたが、この発刊については多くの学識経験者の協力を得るとともに、当研究所の岡田（光）特別研究員も執筆に携わるとともに、その全般について編集を担当した。

家畜改良センター鳥取牧場並びに奥羽牧場、栃木県黒磯市農業改良普及センター、草地試験場からの分析等の協力依頼にも対応した。普及啓蒙活動にも努め、各種の研修会において講演を行った。さらに、河川、処理汚水中のBOD、COD、SS等環境負荷物質の測定、窒素、リン、カリ、電気伝導度、C/N比等の堆肥成分の分析を、家畜改良センター、堀川水利協議会等から依頼される等、可能な限り対応した。



## 4 研究課題進捗状況

## 課 題 名 I 悪臭防止技術の開発

① 悪臭軽減効果判定手法の開発

② 悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発

担 当 者 名 山本 朱美、古川 智子、岡田 清、大森昭一郎、渡邊 昭三

協力機関名 家畜改良センター

研究期間 平成8年～10年

### 緒 言

畜産公害で最も苦情件数が多い項目が悪臭である。このため、畜産に由来する臭気を軽減する様々な技術が開発されてきた。農林水産省統計情報部構造統計課が行った環境保全型農業調査畜産部門調査結果<sup>1)</sup>によると、畜産農家は悪臭発生を抑えるためにどの畜種においても悪臭防除資材、粉殻・おがくずの使用、脱臭装置の設置といった複数の技術を併用している。その中でも経済およびエネルギーコストが低い悪臭防除資材に寄せられる期待は大きい。

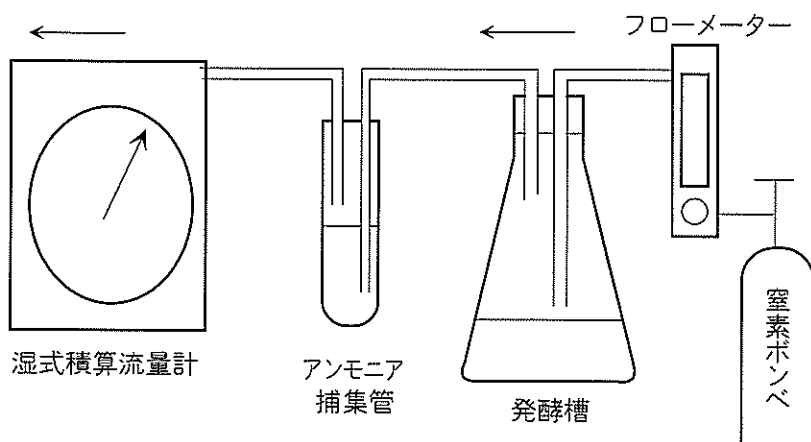
畜産に関する悪臭物質の機器分析法、嗅覚測定法は既に確立され、公定法が定められている。しかしながら、発生する臭気の種類、量は畜舎の構造、畜種、飼育密度、除糞頻度、給餌飼料など

の多様な要因により異なるため、安定した測定値を求めること、および得られたデータの解析を困難にしている。従って、農林水産省畜産局畜産経営課が平成4年度から実施している「家畜ふん尿処理技術実用化調査事業」において、多数の公立試験機関が参加して、統一された評価方法による市販の悪臭防除資材の効果判定と悪臭成分の補集方法の検討を行なっている<sup>2)</sup>。

以上のことより、本年度は、特にアンモニア測定に焦点を絞り、悪臭防除資材がアンモニア揮散を抑制する効果の判定が可能な室内実験規模の小型の実験装置を考案し、大量の悪臭ガスが発生する高温、糞尿混合、嫌氣的条件下で鉍物系悪臭防除資材のスクリーニングと鉍物系悪臭防除資材が効果を発現する機構について検討した。

### 材料および方法

#### (1) 室内実験規模の小型実験装置の概要



## (2) 供試糞尿

採取時間は午前10:00から10:30であった。家畜改良センター本所のフリーストール牛舎で乾草とサイレージを給与中の搾乳牛40頭の中から無作為に抽出した3~5頭が排泄する糞尿が牛床に落下する前にポリバケツに採取した。糞尿は各々約5.0kgになるまで採材した。

## (3) 試験区の設定

悪臭防除資材は珪酸アルミニウムもしくは硫酸鉄を主成分とする製品をそれぞれについて2製品を選定した。負の対照区として無添加を、正の対照区として硫酸第一鉄（試薬特級）と硫酸第二鉄（試薬特級）を使用する区を設けた。また、珪酸アルミニウムを主体とする資材はハ

表1. 悪臭防除資材と正の対照のpHと主原材料

設定区	pH	主原材料
負の対照（無添加）		
資材 A	9.51	珪酸アルミニウム
資材 B	2.93	硫酸鉄
資材 C	2.77	硫酸鉄
資材 D	9.02	珪酸アルミニウム
正の対照	3.43	硫酸第一鉄（試薬特級）
正の対照	0.89	硫酸第二鉄（試薬特級）

ンマーにより粗粉碎を行った後、微粉碎機（CMT TI-100）による破碎処理を行い、その他の資材と同様の微粉末状とした。悪臭防除資材、硫酸第一鉄、硫酸第二鉄の各々5gに対し超純水を100ml加えた後、攪拌し、静置30分後にpHをガラス電極法により測定した。悪臭防除資材と正の対照のpHおよび製造メーカーの公表する主たる原材料は表1に示す通りである。

## (4) 分析方法

採取した新鮮糞と尿を速やかに等量混合した。その後、窒素ガスで十分に置換した500mlの三角フラスコに糞尿混合物を200±5gとなるよ

うに分注し、7種類の処理を施した。負の対照区では無添加、正の対照区では糞尿混合物に硫酸第一鉄および硫酸第二鉄を、資材A区、B区、C区、D区ではそれぞれの資材を5%添加後、攪拌し、35℃の恒温槽に静置した。静置直後、1, 2, 3および4日後に積算流量が1.5ℓとなるように1分間当たり0.15mlの割合で窒素ガスを通気し、図1に示すような装置を用い、経日的にアンモニアを捕集した。公定法に従い、揮散アンモニア濃度はインドフェノール法により分光光度計（HITACHI、U-2001）、また、糞尿混合直後、1, 2, 3, 4および24日後のpHをガラス電極法により測定した。静置24日後に、アンモニア態窒素濃度の分析を蒸留法により行った。硝酸態窒素、亜硝酸態窒素濃度を測定するために、糞尿混合内容物を遠心分離（1,000rpm、10分間）して得られた上清を超純水により10倍希釈しイオンクロマトグラフ（DIONEX、120）によるアニオン分析を行った。また、静置24日後の糞尿混合内容物のORPをガラス電極法により測定した。1試験区当たり、2連で分析を行い、4反復とした。アンモニアとpH、ORPの測定は別々の装置を用いて行った。

## (5) 統計処理

得られた結果は、分散分析により平均値の差の検定を行った後、ダンカンの新多重範囲検定法により各区間の有意差を検定した。

## 結 果

### (1) 糞尿混合物表面からの揮散アンモニア濃度

表2のように正の対照区の揮散アンモニア濃度（ppm）は負の対照区（無処理）に比べ有意に低かった。B区、C区のアンモニア濃度は正の対照区とほぼ等しく、負の対照区より有意に低かった。しかしながら、A区、D区の揮散アンモニア濃度は負の対照区とほぼ等しく、正の対照区に比べ有意に高かった。

(2) 糞尿混合物のpH

表3に発酵内容物のpHの経日的な変化を示した。pHは試験区により変動があり、A区、D区は負の対照区と差の見られなかった。B区、C区は負の対照区に比べ有意に低かったが、2つの正の対照区のはほぼ中間であった。

図1に、糞尿混合物のpHと揮散アンモニア濃度との関係を示した。糞尿混合物表面からのアンモニア揮散濃度は、pH6.0前後まで3ppm以下であったが、pH7.0でやや増加し、pHが8.0以上になると2倍前後まで増加した。

(3) 発酵糞尿混合物の性状と窒素の分画

24日間発酵後の糞尿混合物について、性状と窒素の分画値を比較した(表4)。溶液のORP(酸化還元電位)はどの添加処理においても-200前後であった。このため溶液中には、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は検出されず、アンモニア態窒素が主要な成分として検出された。また、発酵糞尿中の遊離のアンモニア態窒素量はどの区においても大きい差は認められなかった。

表2. 揮散アンモニア濃度 (ppm)

添 加 処 理	経 過 日 数			
	1	2	3	4
無添加 (負の対照)	7.07b	5.00b	4.27b	4.53b
A 区	7.80b	4.80b	4.33b	5.27b
B 区	2.53a	2.27a	2.00a	2.73a
C 区	2.47a	2.07a	0.73a	0.87a
D 区	6.40b	5.53b	5.07b	6.20b
硫酸第一鉄 (正の対照)	2.80a	2.67a	3.13a	3.27a
硫酸第二鉄 (正の対照)	2.47a	1.80a	0.67a	2.40a

4反復の平均値を示す。

異符号間に有意差有り (P<0.05)。

表3. 糞尿混合物のpHの経日的な変化

添 加 処 理	経 過 日 数				
	0	1	2	3	4
無添加 (負の対照)	8.54	8.21c	8.26c	8.16c	8.14c
A 区		8.21c	8.16c	8.16c	8.15c
B 区		6.03b	5.94b	5.54b	5.53b
C 区		6.27b	6.30b	6.32b	6.28b
D 区		8.23c	8.16c	8.18c	8.18c
硫酸第一鉄 (正の対照)		6.90b	6.94b	6.96b	6.98b
硫酸第二鉄 (正の対照)		2.12a	2.11a	2.15a	2.13a

4反復の平均値を示す。

異符号間に有意差有り (P<0.05)。

表4. 添加24日後の発酵糞尿混合物の性状と窒素の分画

添加処理	pH	ORP	NH <sub>3</sub> -N (%)	NO <sub>2</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
無添加 (負の対照)	8.01	-231	6.21	ND	ND
A 区	8.41	-233	5.89	ND	ND
B 区	7.88	-190	5.32	ND	ND
C 区	7.90	-238	5.54	ND	ND
D 区	8.39	-196	5.77	ND	ND
硫酸第一鉄 (正の対照)	7.92	-227	5.54	ND	ND

4 反復の平均値を示す。

ND : 不検出

## 考 察

本試験で考案された室内実験規模の小型の実験装置を用い、嫌気的条件下における悪臭防除資材の簡易的な判定が可能と考えられ、実際に悪臭防除資材の性能評価に使用した。

糞尿添加1日後において、どの区においても揮散アンモニア濃度が高かったのは、尿中の尿素が糞中の微生物の産生するウレアーゼの作用により、速やかに二酸化炭素とアンモニアに加水分解されたためである。一般的に、嫌気的条件下で発酵が進むと、低級脂肪酸と硫化水素の発生が多くなり、アンモニアは発酵内容物中の低級脂肪酸との塩の形で存在する<sup>3, 4)</sup>。本報告では糞尿混合物の発酵は嫌気的条件下で進行しているため、経日的な揮散アンモニア濃度が低下したと考えられる。

図1に示すように溶液中からの揮散アンモニア濃度はpHによって大きく変化し、揮散アンモニア濃度はpH 8以上になると直線的に上昇することが示された。しかしながら、豚糞を使用した場合の各種市販悪臭防除資材による揮散アンモニア濃度低下の原因がpHの低下によるものと推察している報告<sup>5)</sup>では、揮散アンモニア濃度とpH (6から8.5)の間に正の相関が認められるとしている。

また、糞尿中の窒素化合物は微生物の働きにより、培養過程で分解され、生産されたアンモニアの一部は混合物表面から揮散すると考えられる。発酵糞尿中の遊離のアンモニア態窒素と表2の揮散アンモニア濃度との間には相関は認められな

かった。このことから、糞尿を混合してからの4日間のB区、C区および正の対照区の揮散アンモニア濃度が低かったのは、発酵過程における窒素化合物の分解の抑制によるものではなく、糞尿混合物のpHの低下によるものと考えられる。

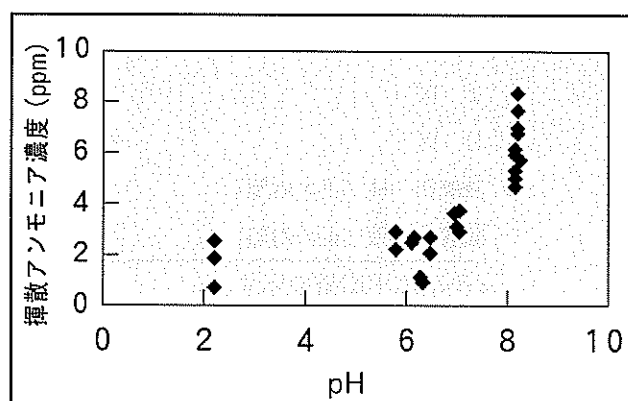


図1. pHと揮散アンモニア濃度の関係

以上の結果より、高温 (35℃)、糞尿混合、嫌気的条件下において硫酸鉄を主原材料とする添加資材を5%添加した場合に、pHの低下によりアンモニア揮散を抑制する効果が認められ、この方法で鉍物系悪臭防除資材のスクリーニングを行うことができる可能性が示された。しかしながら、糞尿中のpHの低下により酸性の低級脂肪酸はアルカリ性のアンモニアの抑制とは対照的に揮散濃度が増加する。また、低級脂肪酸は臭気濃度へ及ぼす影響が強いと報告が<sup>6)</sup>あり、アンモニア濃度が低下し、低級脂肪酸濃度が増加した場合の複

合臭が臭気濃度に及ぼす負の影響が推測される。このことから、本装置を応用し、好氣的条件、振盪培養法、および低級脂肪酸やイオウ化合物などの悪臭成分についてのデータを集積し、「家畜ふん尿処理技術実用化調査事業」における評価方法で得られた値との整合性を今後検討する必要があると考えられる。

## 要 約

悪臭防除資材がアンモニア揮散を抑制する効果の判定が可能な室内実験規模の小型実験装置を考案し、大量の悪臭ガスが発生する高温（35℃）、糞尿混合、嫌氣的条件下で鉍物系悪臭防除資材のスクリーニングと鉍物系悪臭防除資材が効果を発現する機構を搾乳牛の新鮮糞尿を用いて検討した。

1. 静置後、1、2、3および4日目の揮散アンモニア濃度はpHが8.0以上になると増加し、4.0 ppm以上になった。
2. 静置後24日目の全区においてORPはマイナスを示し、発酵内容物中の亜硝酸態窒素、硝酸態窒素は検出されなかった。アンモニア態窒素濃度はどの区においても大きい差は認められなかった。

高温（35℃）、糞尿混合、嫌氣的条件下において硫酸鉄を主原材料とする添加資材を5%添加した場合に、糞尿混合物中のpHの低下により、正の対照区、資材B区、C区においてアンモニア揮散を抑制する効果が認められ、本試験で考案された装置で、鉍物系悪臭防除資材のスクリーニングを行うことができる可能性が示された。

## 謝 辞

本試験を遂行するにあたり搾乳牛の糞尿を提供していただいた農林水産省家畜改良センターに深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) 農林水産省統計情報部構造統計課、畜産部門畜産における環境保全型経営調査結果の概要（平成9年2月1日現在）、1998.
- 2) 農林水産省畜産経営課環境対策室、平成9年度家畜ふん尿処理技術実用化調査事業検討会資料、1998.
- 3) 代永道裕、中島吉郎、田中 博、別枠研究「環境保全」試験成績書(6)、農林水産技術会議事務局、559-567. 1979.
- 4) 代永道裕、田中 博、農林水産省畜産試験場年報No.19（昭和45年度）、127-145. 1979.
- 5) 大橋秀一、加納正敏、増田達明、田中義昭、脱臭資材を豚に経口投与または散布した場合の抑臭効果、愛知県農業総合試験場研究報告第28号. 1996.
- 6) 高木久雄、米持千里、青木 健、山崎広明、清水敬政、悪臭防止を目的とした試料（ユッカ抽出物）の効果及び適性使用に関する試験、平成7年度新飼料適正使用体制確立調査事業報告書、(株)中央畜産会. 1995.

## 課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発

### 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

#### ② 汚水処理過程における汚泥等微生物相の消長と機能

担当者名：猪口弘基、岡田光弘、岡田 清、大森昭一郎、木本博志（共和化工）

協力機関：東北大学農学部

研究期間：平成9年～10年

## 緒 言

家畜糞尿の浄化を行う活性汚泥法において微生物、すなわち原生動物および細菌の種類と密度、さらに種々の運転条件および水質条件下におけるこれらの動態を解析し、その変動条件をまとめ、微生物による家畜排泄物浄化機構の解析を行い、合理的運転条件を作出することが望まれている。生活排水を主とした活性汚泥法については微生物相に関する詳細な知見があるが、畜舎汚水については報告は極めて少なく、家畜糞尿汚水中の原生動物、微生物相については柿市ら（1995）の報告が、また、牛舎汚水ラグーン処理の微生物相の変動、同定については中井ら（1995）の報告があるのみであり、豚舎汚水の活性汚泥処理における微生物相については明らかにされていない。

本試験は、交流共同研究施設として建設され、豚舎排水を処理対象とした、固定化担体及び機能膜を用いた活性汚泥法処理施設を用い、汚水処理過程における微生物相のモニタリングを行い、これら諸問題を明らかにするため実施した。

## 材料および方法

### 1. 供試材料

交流共同研究施設の汚水調整槽、脱窒リアクター槽、硝化リアクター槽、処理水槽の内容液を採取し供試する。

### 2. 方 法

#### (1) 試料の採取、運搬ならびに前処理の方法

試料は、清浄な容器に採取し、砕水とともに保冷箱に収容し、極力、低温で運搬する。

試料のフロックの破壊には、ホモジナイザー（井内：100V 40W）、超音波ホモジナイザー（SMT：UH-50）を用いる。

#### (2) 原虫類の検索

プランクトン計算盤を用いて鏡検計数し、1 ml当たりの生物数を求める。

#### (3) 細菌類の検索

各汚水・汚泥等の細菌相の検索に用いるために、最適な培地、培養温度、培養日数等を検索する。菌数は、光岡らの平板希釈法によるコロニー数（CFU）計数法により測定する。

大腸菌群数は、DHL培地を用い $36 \pm 1^\circ\text{C}$  20時間培養で測定する。

細菌相の分離、同定には、次の方法を用いる。平板培養法で、培地上に出現したコロニーのうち、他と混在していない全コロニーを釣菌し、その各々を純培養する。

これらの分離株に対して、グラム染色、オキシダーゼ、カタラーゼ、OFテストなどの生理学的試験、ならびに細胞形態、運動性などの形態学的試験を行い、その結果を基にSteelとCowan（1993）の第一次鑑別表に従い、およそ属程度までの同定を行う。

#### (4) 機能性微生物の解析

「下水試験方法（1997）」に記載されている方法（試料を無機栄養培地で段階希釈して培養した後、最確値法を利用して計数する）で、アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌の菌数をもとめる。

#### (5) 採取汚水の条件

各試料の採取にあたっては、処理槽内容物の温度、pH、ORP（酸化還元電位）等を測定する。

別途測定する、BOD（生物化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質）、窒素（全窒素、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素）、リン（全リン、リン酸イオン）等のデータとあわせ、水質と微生物相の動態を解析する。

## 結果および考察

### 1. 細菌の培養条件の検討

硝化リアクターの活性汚泥を供試材料とし、5種類の培地（標準寒天、普通寒天、桜井の培地、CGY、SCD）を用いて、3段階の温度（20℃、24℃、28℃）で培養した。

培地では、桜井の培地が生菌数が最多であり、活性汚泥の細菌相の検索には、桜井の培地が最適である結果となった。

温度条件では、24℃における培養が生菌数が最多となった。したがって、3段階の温度のなかでは、24℃が最適であると判断された。

培養期間は、10日程度でほぼコロニー数が最大となり、その後ほぼプラトーとなった。ただし、室温程度の培養温度では、コロニー形成が遅く培養日数が多くかかること、また、活性汚泥自体の温度が夏季は30℃以上となることから、培養温度については、さらなる検討が必要であると思われた。池 道彦(1993)は、やや低い温度（22℃）での長期間（10～14日）の培養が好ましいとしており、CGY培地が最適と結論づけている。しかし、今回の採取材料では、桜井の培地が最も生菌数が多い結果となった。また、培養日数を経るに従いコロニーが大きくなって重なることがあり、コロニーの釣菌、純化する際に混成コロニーとなる可能性があった。また、培養が長期間（20日以上）にわたると培地が乾燥して割れたり、縮むことがあり、したがって、あまり長期間の平板培養は、好ましくないと思われた。

同様に、脱窒リアクターの活性汚泥についても5種類の培地を用いて、24℃で好気培養を行った。脱窒リアクターでは、5種類の培地の生菌数にほとんど違いがないが、桜井の培地、CGY培地、普通寒天培地がやや高い結果であった。

生菌数の経日変化をみると、培養日数が3～5日目頃で一度増加が弱まり、5～6日目頃から再び増加する傾向が見受けられ、特に、SCD培地、標準寒天培地、普通寒天培地で顕著であった（図1）。このことから、脱窒リアクターの活性汚泥には、増殖の速い細菌群とそれらよりやや遅い細菌群が混在することをうかがわせていた。

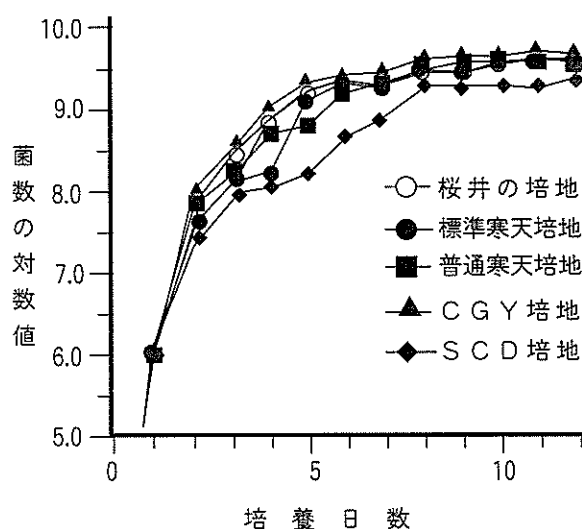


図1 脱窒槽内の処理水の生菌数

### 2. 各処理段階における大腸菌群数、生菌数等の測定

表1に、污水調整槽から処理水槽までの処理段階別に、温度、pH、DO、ORPならびに大腸菌群数、生菌数の測定結果を示す。

pHは、嫌気状態にあってアンモニア態窒素濃度の高い污水調整槽では高く、硝酸化が進んでいる硝化リアクター、処理水槽では当然ながら低かった。



表1 各処理段階の大腸菌群数、生菌数等の測定

	採取日	温度 (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	ORP (mV)	大腸菌群数 (log(菌数/g))	生菌数(好気) (log(菌数/g))
汚水調整槽	12/12	11.1	8.24	—	-19.6	4.9	7.6
脱窒リアクター	12/5	16.5	8.38	0.31	-266	3.6	9.5
硝化リアクター	8/15	32.8	6.68	4.05	238	—	9.4
	11/18	16.8	5.62	2.78	255	3.9	9.8
処理水槽	12/5	—	5.91	—	—	3.3	5.0

注：生菌数は、桜井の培地で24°C、10日間培養

大腸菌群数は、DHL培地で36±1°C20時間培養

DOは、嫌気的狀態にある脱窒リアクターでは0に近く、好氣的狀態にある硝化リアクターでは3 mg/ℓ前後であり、計画どおりの運転が行われていることを示していた。

ORPもまた運転狀態を反映しており、嫌氣狀態にある脱窒リアクターでは-266mVを、好氣的狀態にある硝化リアクターでは240mV前後を示していた。

このような一般性状を示す実験施設のなかで、大腸菌群数は処理行程にしたがう傾向を示さず、汚水調整槽の約10の5乗個の数値が脱窒リアクターに至って10の3乗強に減じた以後、処理水槽まで終始10の3乗強を維持していた。

これに反し生菌数は、汚水調整槽の10の7乗強が、活性汚泥が存在する脱窒、硝化両リアクターでは10の9乗強、すなわち100倍に増加し、処理水槽では10の5乗個(1/1,000)に減じていた。

### 3. 機能性微生物の解析

硝化リアクターの活性汚泥についてアンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌の菌数を測定した。結果を表2に示す。培養温度は、上記の実験結果から24°Cとし、右記の培養日数で最確値法で測定した。

硝化リアクター槽処理水は、11月18日に採取し、pH5.62、DO2.78、温度16.8°C、ORP255

表2 硝化リアクター内活性汚泥の機能性細菌数

	細菌数 (log(菌数/g))	培養日数 (日)
アンモニア酸化細菌	7.5	28
亜硝酸酸化細菌	6.5	56

であった。硝化細菌数を表1の生菌数と比べると、アンモニア酸化細菌がその1/100、亜硝酸酸化細菌が1/1000程度であった。硝化細菌の増殖は、基質濃度、温度、pH値、酸素濃度によって大きく影響され、増殖速度が遅いものであり、これを十分に機能させるためには、温度やpHなどの最適条件を明らかにする必要があると思われる。

### 4. 硝化リアクター中の活性汚泥の細菌相の分離、同定

桜井の培地を用いて、細菌相の分離・同定を行った。平板培養法で出現したコロニーのうち、他と混在していない全コロニーを釣菌し、その各々を、釣菌した桜井の培地成分から寒天のみを除いた液体培地で振とう培養し、再び平板培地で純培養した。純培養の過程で、43コロニーのうち26コロニー(60%)しかコロニーを形成しなかった。同定試験においては、明確な反応を示さない点も多いため、更に、検討が必要である。

## 5. 原生動物の検索

硝化リアクター、脱窒リアクターの活性汚泥から、アルセラ、トリネマらしきものが多数観察された。これらは、千種(1996)らによれば、汚泥滞留時間が長い(負荷が低い)ときにみられるものとされている。また、付着性の原生動物は全く見られないことから、活性汚泥の状態が悪いことが示唆された。

では、アルセラ、トリネマが多数観察され汚泥滞留時間が長い(負荷が低い)ことを示していた。

## 要 約

交流共同研究施設の污水調整槽、脱窒リアクター槽、硝化リアクター槽、処理水槽の内容液を採取し、微生物学的検索を行い、次の結果を得た。

1. 硝化リアクターの活性汚泥の培養条件は、培地では桜井の培地が、温度条件では24℃が、培養期間は10日程度が最も勝れていた。
2. 脱窒リアクターの活性汚泥では、5種類の培地間での生菌数に著差を認めなかった。
3. 生菌数の経日変化に、培養開始後3～5日目に増殖の停滞が認められ、脱窒リアクターの活性汚泥には、増殖の速い細菌群とそれらよりやや遅い細菌群が混在することをうかがわせていた。
4. 大腸菌群数は処理行程に従う傾向を示さず、污水調整槽の約 $10^5$ の数値が脱窒リアクターに至って $10^3$ 強に減じた以後、処理水槽まで終始 $3$ 桁強を維持していた。
5. これに反し生菌数は、污水調整槽の $10^7$ 強が、活性汚泥が存在する脱窒、硝化両リアクターでは $10^9$ 個強、すなわち100倍に増加し、処理水槽では $10^5$ 個(1/1,000)に減じていた。
6. 硝化リアクターの活性汚泥中のアンモニア酸化細菌は $10^7$ 個程度、亜硝酸酸化細菌は $10^6$ 個程度であった。
7. 硝化リアクター内の活性汚泥の細菌が形成するコロニーのうち、約40%のものは純培養において生育をみなかった。
8. 硝化リアクター、脱窒リアクターの活性汚泥

## 課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発

### 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

#### ③ 畜舎排水等の脱色技術

##### — 希釈、pHの変化、熱処理が豚舎排水の好気性処理時における 処理水の色度測定値に及ぼす影響 —

担当者名：岡田光弘、山本朱美、岡田 清

研究期間：平成9年～10年

#### 緒言

畜舎汚水、なかでも豚舎から排出される汚水を活性汚泥法などの好気性処理をした際に、処理水が茶褐色あるいは濃褐色を呈することは広く認められており<sup>1)2)3)4)</sup>、これが近隣に視覚的不快感を与え、浄化の程度に疑いをもたれる恐れのあることを指摘するものもあり<sup>4)</sup>、その対策が望まれている。しかし、「色度」として測定項目に包括されている、色調、着色の程度などが、汚水処理の負荷条件、季節などにより、どのように変化したかを明らかにした報告は、少なくとも畜産の分野では見当たらない。また、呈色物質の起源についても、胆汁色素の変化したもの<sup>5)6)</sup>、腐植に由来するもの<sup>6)</sup>、あるいは、色素を生成する微生物の代謝産物に原因を求めるもの<sup>7)</sup>など多岐にわたるが、それらの論拠について明らかにされているものも見当たらない。

この試験は、脱色処理技術確立の基礎資料として、測定法、PHの変化、熱処理などが色度測定値に及ぼす影響を確認するために実施した。

#### 細目課題とその目的

##### (1) 光路長と希釈倍率を変えた場合の透過率の変化について

色度の測定は、JIS K 0102工場排水試験方法11.に、100mmの吸収セルが使用でき、可視光全域(400～700nm)の測定が可能なものと定められており、その注書に、検水の濃度が高く100mmの吸収セルで測定できない場合

には、適当な光路長のセルを用い、100mmに換算するとされている。

そこで実験に先立ち、同一着色水を光路長を変えた場合、希釈した場合で、それぞれ測定値がどのように変化するかを確認する。

##### (2) pHが色度に及ぼす影響

色度の除去操作に先だって、pH調整、酸基、水酸基の添加などが行われると予想される。この際に生じる色度の変化が、前処置により生じたものか、後段の本操作によるものかを予め明らかにしておくことが望まれる。

そこで、膜処理水を酸側あるいはアルカリ側に変化させた場合の色度の変化を確認する。

##### (3) 熱処理が色度におよぼす影響

色度の除去処理に際し、発熱反応あるいは加熱処理が加わることが予測されるが、これが色度にどのような影響を与えるかを確認するため実施する。

#### 材料および方法

##### (1) 供試材料

(財)畜産環境整備機構が共和化工(株)とともに実施している交流共同研究により、白河市O養豚場に設置された膜分離活性汚泥法実験用処理施設(豚:500頭規模)から排出される膜処理水を用いた。

##### (2) 測定器具

1)分光光度計 日立U-2001に4連装セルホルダーを装着し、測定波長域を可視光全域

(400~700nm)、印字波長間隔20nmで使用した。

吸収セルは、100mmのほか、必要に応じ50mm、20mm、10mmを用いた。

2) pHメータ 堀場pH METER M-13を用いた。

### (3) 方法

1) 光路長と希釈倍率を変えた場合の透過率の変化について

上記材料を、原液のほか、100mmセル長に対応する各セル長に相当する濃度、すなわち、2倍、5倍、10倍に水で希釈し、各サイズのセルを用いて吸光度を測定した。

2) pHが色度に及ぼす影響

膜処理水に、36%水酸化ナトリウム溶液あるいは38%硫酸溶液を滴下してpHを変化させ、この際に生じる色度の変化を測定した。

薬液注下により生じるフロックは、5号濾紙で濾過した。

3) 熱処理が色度におよぼす影響

膜処理水をメスフラスコに200ml分取し、300ml三角フラスコに粒状沸騰石5粒とともにに入れ、600Wの電熱器直火で三角フラスコの標線まで100mlになるまで煮沸濃縮し、放冷後200mlにメスアップして、色度を測定した。

同一の処理を、5回反復した。この処理によりわずかながらフロックが生じたので、放冷後5号濾紙で濾過した。

### 結果および考察

(1) 光路長と希釈倍率を変えた場合の透過率の変化について

測定は、1998年8月11日ならびに9月29日に採取した2つの材料について行った。

無希釈の供試材料(以下、原液)を光路長100mmで測定したものを1とし、これに対し、光路長と材料の希釈倍率を乗じて得られる希釈倍率を総括希釈倍率とした。この総括希釈倍率の等

しいもののなかで、光路長と材料の希釈倍率と異なるものから得られる測定値間の似通いを推定するため、20nm毎に得られる透過率(%T)の数値を用いて相関係数を求めた。8月11日の材料から得られた結果を、表1に示す。

これによると、各波長における透過率は、光路長を減らしたものと、これに対応する濃度に希釈したものとの間に、ほぼ同一の測定値の得られることが明らかになった。すなわち、総括希釈倍率1/2の原液を光路長50mmで測定したものと2倍希釈して100mmで測定したものとの間の相関係数は0.9999であり、他の総括希釈倍率においても同様の結果であった。

9月29日の試料でも、相関係数は0.9999という全く同様の結果が得られた。そこで、これについてはその細部を述べる。表2に、総括希釈倍率1(原液×光路長100mm)と同1/10の2例(原液×10mmおよび1/2希釈×20mm)について20nm間隔で得た透過率の測定値、ならびに、これから求めた刺激値Yと色度座標X, Yの値を示す。また、これらの分光光度計の出力例を、図1および図2に示す。

原液×光路長100mmの波長別透過率は420nmで最小、700nmで最大を示し、赤褐色を呈していた。これを、総括希釈倍率1/10とした場合には、最小透過率を示す波長は紫外部に移り、色調は黄色になっていた。

総括希釈倍率1/10における使用した吸収セルと希釈倍率の組合せは、原液×10mm、2倍希釈×20mm、5倍希釈×50mm、10倍希釈×100mmの4種であったが、表2には試料の希釈順に従い隣接する2例を示した。これらから求めた刺激値Yと色度座標X, Yの値は、ここには示すように上位2桁の数値の大半が同値という結果が得られた。

このことは、今後の測定において、万一、100mmのセルで測定が不可能な試料を測定対象とし、かつ該当するセルを欠く場合には、希釈によっても大差ない結果の得られることを示す

ものと思われた。

表1 同一総括希釈倍率内における希釈倍率と光路長の異なるものの間での波長  
間隔20nmごとに測定した透過率の相関係数

料採取年月日	1997. 8. 11 (白河市〇養豚)					
総括希釈倍率	区間ならびに相関係数					
1/2	原液×50mm : 2倍希釈×100mm	0.9999	**			
1/5	原液×20mm : 5倍希釈×100mm	0.9999	**			
1/10			G	H	I	J
	原液×10mm (G)	—	0.9999	0.9999	0.9999	
	10培希釈×100mm (H)	**	—	0.9999	0.9999	
	2倍希釈×20mm (I)	**	**	—	0.9999	
	5倍希釈×50mm (J)	**	**	**	—	
1/20	2倍希釈×10mm : 10培希釈×50mm	0.9999	**			
1/50	5倍希釈×10mm : 10培希釈×20mm	0.9999	**			

注：ここで総括希釈倍率とは、希釈倍率と光路長を乗じてえられる希釈倍率。  
原液×光路長100mmに対し、原液×10mmと10培希釈×100mmは、いずれも  
10培希釈となる。  
\*\*：1%水準で有意

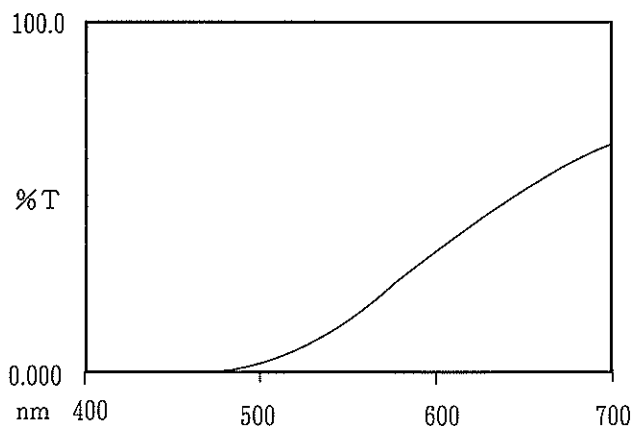


図1 膜分離液(原液)を光路長100mmで測定したときの  
分光光度計の出力画面  
ここで、X軸：波長(nm)、Y軸：透過パーセント

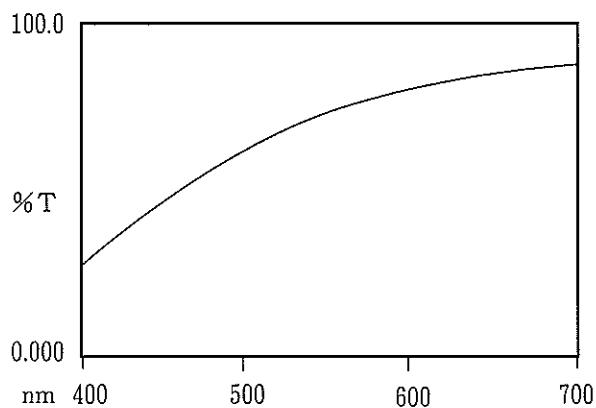


図2 膜分離液(原液)を光路長10mm(総括希釈倍率:1/10)  
で測定したときの分光光度計の出力画面  
(分離液を2倍希釈して光路長を20mmとしたときの  
出力は、同一線上に乗り、相違が視認できない。)

表2 同一総括希釈倍率で光路長と希釈率を変えた場合の透過率(%T)測定例

試料採取場所	白河市O養豚場			
採取年月日	1997. 9. 29			
分析年月日	1997. 10. 2			
総括希釈倍率	1	1/10	1/10	
使用セル長	100mm	10mm	20mm	
試料希釈倍率	原液	原液	1/2	
波長 λ (nm)	400	0.1	24.5	24.9
	420	0.0	33.9	34.3
	440	0.1	43.5	43.9
	460	0.4	52.3	52.6
	480	1.3	59.8	60.1
	500	3.3	65.9	66.1
	520	6.9	70.9	71.1
	540	12.2	75.2	75.3
	560	19.0	78.6	78.7
	580	26.6	81.2	81.3
	600	34.3	83.2	83.1
	620	42.2	85.0	84.7
640	49.7	86.4	86.1	
660	56.3	87.5	87.1	
680	62.2	88.4	88.0	
700	66.3	89.0	88.4	
刺激値 Y	19.90	76.58	76.65	
色度座標 x	0.5509	0.3531	0.3526	
y	0.4316	0.3670	0.3665	

(2) pHが色度に及ぼす影響

1) アルカリ側での変化

200ml ビーカに試料100mlをとり、マグネツトスターラで攪拌しつつ36%水酸化ナトリウム溶液を滴下させ、pHを8から12へと段階的に変化させた。その状況を表3に示す。pHの変化に要した水酸化ナトリウム溶液の全滴数は11滴であり、1mlの滴数が19~22滴であることから、同溶液滴下による希釈の効果は無視した。

膜処理水のpHは5.24であったが、38%水酸化ナトリウム溶液2滴の滴下によりpHは8.28に変化し、同時に30分静置後の容積が全

容積の約20%に達する大量のフロックが生成された(写真1)。これを5号濾紙で濾過し、分光光度計(日立U-2001)で測定した。

表3 38%水酸化ナトリウム溶液の滴下数と性状の変化

滴下数	pH(濾過後)	フロック生成	備考
0	5.24 ( - )	-	膜処理水
2	8.82 ( 8.70)	多量	
2	9.77 ( 9.78)	微量	
3	10.83 (10.43)	微量	
4	12.28 (12.09)	微量	

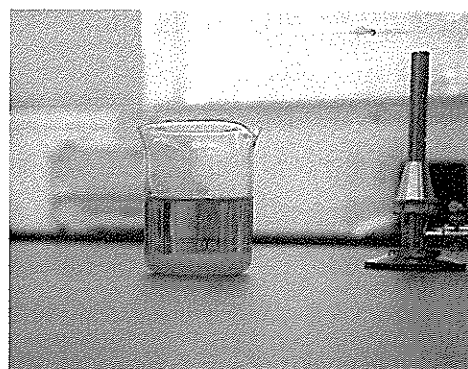


写真1 第1回のアルカリ注下により生じたフロック

その後の水酸化ナトリウム溶液の滴下によっても、わずかではあるがフロックの形成が認められたので、その都度同様に濾過した。

これらの処理によって得られた膜処理水の性状の変化ならびに色度の変化を表4に示す。

最初のアルカリ剤(38%水酸化ナトリウム溶液)添加によりpHは8.82となり、生成されたフロックを濾別すると8.70となった。このとき刺激値Yは15.32から22.42と大きくなり、すなわち明るい方へ変化した。同時に、刺激純度は96.39%から92.48%と減少したが、主波長は592nm(赤みがかったオレンジ色)から589nm(オレンジ色)へとわずか3nm減ただけであった。

その後のpHの増加に伴い、刺激値Yは、大きい方、すなわち明るい方へ変化した。最初の変化に比べると、pH9.77以降の変化

表4 アルカリ側でのpHの変化が色度等に及ぼす影響

pH (濾過後)	刺激値Y	色 度 座 標		主波長 nm	刺激純度 (%)
		x	y		
5.24 ( - )	15.32	0.5799	0.4112	592	96.39
8.82 ( 8.70)	22.42	0.5580	0.4271	589	92.48
9.77 ( 9.78)	23.66	0.5542	0.4298	589	92.84
10.83 (10.43)	24.24	0.5535	0.4312	589	93.27
12.28 (12.09)	28.87	0.5406	0.4406	586	94.53

はわずかであった。

主波長のpHの増加に伴う変化は、最初に3 nm減少し589nmになってからpH10.83まではこの値を持続し、pH12.28になって更に3 nm減少して586nmになった。

刺激純度は、最初に約4%減少したのち、pHの増加に伴いわずかではあるが増加傾向を示した。これは、主波長がほぼ一定であるなかで、刺激値Yすなわち明るさが増加したにもかかわらず、同一明度の灰色の混合割合が減少し、色調が濃くなったことを示すものであった。

しかしながらこれらの変化は視覚に明瞭に訴えるものではなく、このようなアルカリ剤による前処置では、色度に大きい変化をもたらさないことを示していた。

## 2) 酸側での変化

アルカリ側での測定と同様、200mlビーカーに試料100mlをとり、マグネットスターラで攪拌しつつ38%硫酸溶液を滴下してpHを3から1に、段階的に変化させた。pH変化に要した硫酸溶液の注下量は最大で4 ml未満であったので、同溶液注下による希釈の効果は無視した。得られた結果を、表5および6に示す。

水酸化ナトリウム溶液を注下してアルカリ側に変化させたときにみられたフロックの形成は、酸側では全く認められなかった。

pHは、硫酸溶液1滴の滴下で5.31から3.51へと変化した。以後、1滴ずつの滴下で3.08、2.75となったが、2を下回るためには15滴を

表5 38%硫酸溶液の注下量と性状の変化

注下量	pH(濾過後)	フロック生成	備 考
0	5.31 (5.40)	—	膜処理水
1滴	3.51 (3.54)	—	
1滴	3.08 (3.19)	—	
15滴	2.75 (1.87)	—	
3ml	1.25 (1.23)	—	

表6 酸側でのpHの変化が色度等に及ぼす影響

pH (濾過後)	刺激値Y	色 度 座 標		主波長 nm	刺激純度 (%)
		x	y		
5.31 (5.40)	15.23	0.5800	0.4124	592	96.43
3.51 (3.54)	17.25	0.5749	0.4167	591	96.82
3.08 (3.19)	17.99	0.5728	0.4165	591	96.63
2.75 (2.68)	18.74	0.5721	0.4170	591	97.11
1.92 (1.87)	19.36	0.5713	0.4176	591	97.69
1.25 (1.23)	20.79	0.5692	0.4194	590	96.33

要し、更に 3 ml を注下しても pH は 1.25 に止まった。

刺激値 Y は、pH の低下とともにわずかつ増加し、当初 15.23 であったものが pH 1.25 において 5 % 増加して 20.79 となり、明るい方に変化した。

主波長は、当初 592 nm (赤みがかったオレンジ色) であったが、pH 1.25 においても 590 nm とわずか 2 nm 減じただけで、著変を示さなかった。

刺激純度も 96 % 強で、殆ど変化を示さなかった。

これらのことから、豚舎汚水を好気性処理した際に生じる色度は、酸性下では大きい変化を示さなかった。

### 3) 熱処理が色度におよぼす影響

試料を煮沸濃縮したのち、もとの容積にメスアップしたときの色度の変化を表 7 に示す。

この処理によりフロックが生じたので、5 号濾紙で濾過したのち分光光度計で測定した。煮沸により生じるフロックは、1 回目が最も多く、2 回目以降はわずかであった。

刺激値 Y は、当初の 18.10 が最初の煮沸濃縮により 8.31 へと減少 (濃い方向に変化) し、さらに 2 回目の処理により 7.57 となったが、3 回目の煮沸からはわずかながら増加に転じた。しかし、5 回目までの結果は 10.84 であ

り、開始前の状態にはならなかった。

主波長は、終始 590 nm 強 (赤みがかったオレンジ色) で、著変を示さなかった。

刺激純度は、当初 99.61 % であったが、最初の煮沸濃縮のより 95.05 となったが、これ以後、多少の増減はあるもの大きい変化を示さなかった。

これにより、豚舎汚水を好気性処理した際に生じる色度は、加熱処理によっては大きい変化を示しておらず、薬剤投入に伴う発熱反応、水中ポンプなどからの熱の伝搬などには影響されないものと思われた。

### 要 約

膜分離活性汚泥法処理施設の処理水 (膜処理水) を試料とし、希釈、pH の変化、熱処理により、その色度がどのように変化するかを確認した。

結果を要約すれば、以下のとおりである。

- (1) 各波長における透過率は、光路長を減らしたものと、これに対応する濃度に希釈したものと間に、ほぼ同一の測定値が得られた。
- (2) 総括希釈倍率が等しく、吸収セルと希釈倍率の異なる組合せから得られる透過率から算出した刺激値 Y と色度座標 x, y の上位 2 桁の数値の大半は同じ値であった。
- (3) 膜処理水に水酸化ナトリウム溶液を滴下したところ 30 分静置後の容積が全容積の約 20 % に達するフロックが生成された。

表 7 熱処理が色度等に及ぼす影響

処理回数	刺激値 Y	色 度 座 標		主波長 nm	刺激純度 (%)
		x	y		
0 回 (対照区)	18.10	0.5741	0.4196	591	99.61
1 回	8.31	0.5904	0.3974	595	95.05
2 回	7.57	0.5892	0.3957	594	96.28
3 回	8.80	0.5824	0.4020	594	97.38
4 回	10.08	0.5864	0.4042	593	96.98
5 回	10.84	0.5826	0.4074	592	95.65



- (4) アルカリ添加により生じるフロックを濾別して濾液の色度を測定したが、刺激値Yすなわち明るさが増加したものの、視覚に明瞭に訴えるものではなく、このようなアルカリ剤による前処置では、色度に大きい変化をもたらさないことを示した。
- (5) 硫酸溶液を滴下してpHを段階的に変化させたが、アルカリ側に変化させたときにみられたフロックの形成は、酸側では全く認められなかった。
- (6) 刺激値Yは、pHの低下とともにわずかずつ増加して明るい方に変化した。主波長、刺激純度は著変を示さず、酸性下でも視認できるほど大きい変化を示さなかった。
- (7) 試料を容量を1/2に煮沸濃縮したのち、もとの容積にメスアップする操作を5回反復したが、色度に大きい変化はなく、薬剤投入に伴う発熱反応、水中ポンプなどからの熱の伝搬などには影響されないものと思われた。

#### 参考文献

- 1) 稲葉 満：オゾンによる養豚排水の三次処理試験、静岡中小家畜試研報4、59～65 (1991)
- 2) 高椋久次郎・浅田研一・徳満 茂：複合ラゲーン式污水处理施設の実態調査、福岡農総試研報C-11、5～8 (1991)
- 3) 落合健吾・小鉢正樹・井上和男：オゾンによる殺菌及び三次処理試験、埼玉畜試研報24、24～28 (1986)
- 4) 大泉長治・高島聖二・曾根一幸・畠山耕五：高濃度畜舎汚水の浄化処理に関する研究、千葉畜セ研報17、87～88 (1993)
- 5) 桜井敏郎・須藤隆一・星野芳生監：活性汚泥法の維持管理、188、(株)産業用水調査会(東京)、(1994)
- 6) 青木豊明：各国におけるオゾンの用水処理の歴史と利用状況、用水と廃水34、287～292 (1992)
- 7) 西原環境衛生研究所刊：活性汚泥の生物相84

## 課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発

### 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

#### ① フィールドにおける畜舎汚水の自然浄化機能について

担当者名：岡田 清、古川智子、大森昭一郎、渡邊昭三

研究期間：平成8年～14年

#### 研究の背景・目的

ふん尿の固液分離・曝気等による処理水は排水基準値を満たしているものの、相当量の窒素、リン含量も残存しており、連年にわたる放流は深刻な環境汚染を引き起こす恐れがある。このような背景から、処理水の放流を行うことが困難となってきた。畜舎洗浄汚水についても、糞尿等の混入、着色がみられるため、放流を行うことは困難となっている。処理水を現行以上に浄化するためには、多大の費用を要し、畜産経営を圧迫することになる。

河川、湖沼等水辺環境における植物、微生物等による自然浄化機能に関する研究報告が相次いでおり、これら自然の浄化機能を利用し、環境保全を図ろうとする動きも活発となっている。欧米では既に、水辺への草木の植栽、自然環境を模した土木工法が採用されている。また、このような自然浄化機能を強化するため、人工水路、人工湿地の設置も試みられている。自然の浄化機能を浄化システムの中に取り入れることにより、コスト低減が期待できるとともに、浄化施設・機器を補完し、より一層の清浄化が期待できる。

このため、人工水路、池及び人工湿地における浄化機能の実態を解明するとともに、浄化機能を強化・維持するための基幹的技術要因を明らかにする。また、関連する技術を体系化し、人工湿地による低コスト処理システムを開発することとした。

#### 調査・研究方法

家畜排泄物の処理過程の最終的浄化手段として、

自然の地形或いは人工的に設置した水辺環境の浄化機能を利用している事例を選定するとともに、北海道旭川市における湿地、秋田県神岡町における池、宮城県高清水町における人工水路・池における水生植物等の植生、水中・汚泥中の微生物相、水質等について、調査を継続している。

#### 結 果

##### (1) 北海道旭川市

##### 環境条件

総面積50haの約30%が林地であり、残りの約35haが草地であり、主として放牧利用されている。経産牛60～70頭、未經産牛15頭程度が常時飼養されている。成牛は4月末～10月下旬までの期間、昼間のみ放牧し、夜間は畜舎に繋養される。冬期間は全頭数が舎飼いとなる。写真1のように、ケンタッキーブルーグラス主体の放牧草地は裸地が全くみられず、急峻な谷の両側は林地となっており、牛の進入を阻んでいる。緩傾斜面の谷には池が二つ設置されており、ここからオーバーフローした水は草地の表面を流れ、林地を通り、最終的には急峻な谷川と合流して雨紛川に流込む。一方、ふん尿、畜舎汚水は畜舎から排出され、写真2のように、植物が繁茂する湿地（約60a）に集積する。

##### 湿地の植生状況

平成8年度の植生調査では、水生あるいは湿地型の草種が大半を占めており、一部隆起した部分にヨモギ、イタドリがみられた。各草種の植生率はミゾソバ45%、ヨシ25%、ヒエ10%、ヨモギ10

%、イタドリ3%、ケンタッキーブルーグラス3%、その他（ウキクサ、ガマ等）4%であった。

平成9年度には、乾燥が続いた結果、水生植物の植被率が減少し、ヨモギ、イタドリ、イラクサ、ヒエが全体の54%を占めた。これに対し水生或いは湿地型の植物が減少し、ガマとヨシがともに5%、ミゾソバが32%、その他（ケンタッキーブルーグラス等）が4%であった。

#### 湿地内植物体中の炭素、窒素組成

炭素、窒素及びC/N比は草種により異なり、

炭素についてはヨシが最も高く、次いでガマ、ミゾソバ、ヒエ、ケンタッキーブルーグラスの順となる。窒素についてはガマ、ミゾソバ、ケンタッキーブルーグラスが高く、ヨシ、ヒエが低い値を示した。C/N比については、ばらつきが大きいヨシが最も高く、ケンタッキーブルーグラスは最も低い値を示し、その他の草種は類似した値を示した（表1）。これらの組成については、草種の特性のほか、分布する箇所の土壤中の養分含量とも密接な関係があると考えられる。

表1 主要植物体中における炭素、窒素組成（平成8年8月下旬に調査）

草種	炭素 (mg/20mg)		窒素 (mg/20mg)		C/N比	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
ミゾソバ	6.91	0.85	0.86#	0.07	8.04*	0.55
ヨシ	8.49*	1.17	0.57*	0.21	16.66#	6.00
ガマ	7.29	0.27	0.88#	0.03	8.31#,*	0.51
ヒエ	6.76	1.17	0.74	0.10	9.03#,*	0.46
ケンタッキーブルーグラス	6.02#	0.81	0.82#	0.04	7.36#,*	0.93

注)：異記号間に有意差あり（記号が1個の場合5%水準）

ヨシは湿地内に広く分布するが、表2に示すように、分布箇所により組成は大きく異なり、特に、窒素については大きな差異が認められた。汚水流出箇所にもっとも近い地点（窒素含量が最も高いと考えられる）で最も高く、それより離れるにしたが

い、窒素濃度は激減していることが明らかとなった。炭素量については分布地点間に大きな差は認められなかったが、20m離れた地点でやや高い値を示した。C/N比も同様に、20m地点で高い値を示した。

表2 ヨシの分布箇所別炭素、窒素組成（平成8年8月下旬に調査）

分布	炭素 (mg/20mg)		窒素 (mg/20mg)		C/N比	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
基点	8.289	0.383	0.915\$\$\$	0.045	9.103##	0.858
10m	7.716#	0.287	0.790**	0.067	9.817##	0.723
20m	8.980*	0.323	0.391#	0.029	23.063**	1.788

注1)：汚水流入箇所の最も近くに生育するヨシの分布域を基点として、10m間隔で試料採取。

注2)：異記号間に有意差あり（記号が1個の場合5%水準、同記号が2個の場合には1%水準）

## 湿地内及びその周辺の水質

表3に示すように、放牧草地内の池、谷及び牧場に沿って流れる雨紛川の水質は良好であった。

特に、雨紛川については同地域における最も清浄な川とされているように、同牧場からの負荷物質の流出はないものと考えられた。

表3 湿地及びその周辺の水質

測定箇所	pH	溶存酸素 mg/l	濁度 mg/l	BOD mg/l	COD mg/l
池 A	7.39	4.4	161	8.2	3.1
池 B	7.37	4.6	197	4.6	2.2
汚水流入箇所	7.99	10.8	380	3,355	1,003
湿地 1	7.92	8.6	179	134.1	145.7
湿地 2	7.45	3.7	134	122.5	111.0
湿地 3	7.60	3.7	42	9.31	14.5
谷 水	7.52	1.2	25	1.15	1.54
雨紛川(上流)	7.93	4.0	91	3.05	0.5
雨紛川(下流)	7.78	4.3	89	3.04	0.5

注1)：平成8年8月下旬に調査を行った。

注2)：湿地1は汚水流入地点より10m離れた地点

注3)：湿地2は汚水流入地点より20m離れた地点

注4)：湿地3は汚水流入地点より30m離れた地点

汚水流入箇所ではBOD、CODが極めて高く、水性植物も生育不可能であるが、10～20m離れた地点(湿地1、湿地2)ではガマ、ヨシさらにはミゾソバが群落をなし繁茂しており、浄化も進んでいることが明らかとなった。さらに30m離れた地点(湿地3)では浄化が一段と進んでいることが明らかとなった。

## (2) 秋田県神岡町

### 環境条件

畜舎、処理施設が稲作地帯の中の高台に設置されており、周辺住民から、スラリーの圃場散布を中止するとともに、処理汚水を系外に出さないようにとの要請に基づき、処理方法を複合ラグーン方式に変更している。写真3に示すように、暴気槽、貯留槽はスラリーストアをそのまま利用している。曝気、貯留した処理汚水は急造した池に放流している。第1年目は、開設後間もないことから水生植物は池の中程に残された土塁周辺に若干

の水草が繁茂しているほか、ヒシ等の浮葉植物が僅かに生育するにすぎなかった。池周辺は雑草が繁茂しているが、陽光を遮る樹木がないため、四季を通して池の全面に陽光が降り注いでいる。このため、水中或いは汚泥中の微生物による浄化作用は期待できるものの、水生植物による浄化作用はあまり期待できない状況にあった。第2年目には、写真4のように、池中央部にガマが定着しており、僅かながら池周辺の水際にカヤツリグサ科の植物がみられた。

複合ラグーンにおける処理対象汚水は豚(1,300頭弱)、乳牛(90頭)のふん尿及び畜舎の洗浄水であり、1日当たり20㎡の原水を処理している。

### 水質

複合ラグーンシステムの処理能力は高く、処理水はそのままあるいは希釈により排水可能な水準にあるが、人工湿地内への貯留によりさらに浄化が進むことが明らかとなった。

表4 処理工程毎の水質

処理工程	SS mg/l	BOD mg/l	COD mg/l	E C mg/l	Nacl mg/l	濁度 mg/l	D O mg/l
原水	19,800	16,000	11,000	—	—	—	—
曝気槽	460	320	185	0.34	0.12	—	0.3
貯留槽	21	19	55	0.30	0.14	215	0.8
池	10	8	10	0.16	0.08	198	10.5

注)：数値は2回の調査(平成8年、9年度)の平均値

原水の浮遊物質(SS)は19,800mg/l、BODは16,000mg/lであるが、曝気操作により、460mg/l及び320mg/lにまで低下し、貯留槽を経て池に放流されると、SSは10mg/l、BODは8にまで低下した。各処理工程における水質は表4に示す通りである。

### (3) 宮城県高清水町

#### T養豚場

母豚360頭の一貫経営を行っており、尿汚水量は夏期間が40t/日、冬期間は18t/日である。この汚水を長時間曝気法により浄化した後、さらに人工湿地を利用して浄化を行っている。池は水路で連なった10a、2aの池を経て最終的に30a程の池(S養豚場の雨水調整池、写真5)に投入される。いずれの池も10~50cmと浅く、第1と第

2の池にはオオフサモ、ミクリ、カヤツリグサ等の水草が繁茂しており、第3番目の池はヨシが主体である。第1と第2番目の池の周囲は広葉樹で覆われており、池の底には落ち葉が堆積している。

表5に示すように、いずれの成分も人工池を流下するにしたがい、低下する傾向が認められた。多くの研究報告によると、水草、微生物等の浄化機能は夏期間の方が高いとされているが、これまでの調査結果によると、ほとんどの成分について季節差は認められなかった。冬期は負荷物質濃度が低く、かつ排出量が少ないことによるものと考えられるが、湿地内の汚泥中の微生物の活動もあまり低下していないものと思われる。冬期の溶存酸素は高い値を示したが、温度差による影響と考えられた(表5)。

表5 人工湿地による浄化機能(その1)

処理	季節	SS	BOD	COD	E C	Nacl	濁度	溶存酸素
処理水*	夏	59.7	85	91	2.57	0.11	49.0	1.5
	冬	44.0	73	82	2.77	0.13	26.0	2.6
池 1	夏	22.9	22	30	0.42	0.12	22.0	3.8
	冬	21.9	15	24	0.44	0.05	21.5	9.2
池 2	夏	20.3	19	21	0.22	0.11	20.1	4.4
	冬	14.3	18	12	0.37	0.04	18.4	8.9
池 3	夏	9.8	8	18	0.11	0.05	10.5	3.7
	冬	7.3	9	9	0.38	0.01	7.2	8.2

注1)：長時間曝気処理法により浄化。

注2)：池3の試料は池2より土管を通じて池3に流入する地点で採取しており、池3における浄化の影響はない。

## S養豚場

母豚800頭の一環経営を行っており、尿汚水量は夏期が110 t / 日、冬期は80 t / 日に達する。これを1槽の複合ラグーンに投入し、間欠曝気、沈殿を行い、浄化処理を行っている。さらに、処理水は貯留槽、三つの池、コンクリート製人工水路を経てヨシを主体とする湿地帯へ放流している。下流の水田地帯ではこれを農業用水として利用している。

処理水が放流される最初の池は約350 a で、5年毎に浚渫（前回は平成9年）し、蓄積した汚泥を除去している。このため水深も3～5 mあり、

写真6のように、水草等の植生はみられない。2番目の池は250 a、3番目の池は200 a程であり、いずれも水深は浅く、写真7のように、池表面をパロットフェザー（マツモの一種）が繁茂している。3番目の池からオーバーフローした水は人工水路に流れ込んでいる。

表6に示すように、人工湿地内を流下するにしたがい、浄化が進み、自然のままの湿地に放流する時点では、SSは20mg / l、BODとCODも30mg / l以下にまで低下した。また、水生植物による浄化が期待できないと考えられる冬期間においても浄化機能が維持されていることが判明した。

表6 人工湿地における浄化機能（その2）

処 理	季節	SS mg / l	BOD mg / l	COD mg / l	E C mg / l	Nacl mg / l	濁 度 mg / l	溶存酸素 mg / l
処理水*	夏	43.2	56	66	1.44	0.11	31	2.2
	冬	35.0	44	75	1.25	0.05	28	6.3
池 1	夏	28.3	51	60	0.42	0.12	34	1.8
	冬	22.7	40	51	1.15	0.05	21	7.6
池 2	夏	18.4	35	42	0.22	0.11	31	4.4
	冬	19.3	37	56	1.00	0.04	20	7.9
池 3	夏	16.4	22	25	0.11	0.05	35	3.7
	冬	18.8	14	28	0.53	0.02	21	8.5

\*：貯留槽上澄液

人工水路は、写真8に示すように、幅10cm、高さ18cmのコンクリート板で幅1 m毎に仕切ったレーンをコの字型に配列したものであり、一つのレーンの長さは50mあり、処理水はレーンの端から端へ移動し、15回これを繰り返すことになる。水の取り口と出口の傾斜は僅かで、滞水に近い流れで、ゆっくりと出口に向かう。

人工水路は平成9年の春に清掃を行い、ヨシ、パロットフェザー等の水草を除去したため、大型

植物は少ない。藻類、汚泥が床に沈積しており、汚泥中には多数のミジンコ、ワムシ等の小動物が多数みられた。

人工水路の入り口と出口における水質は表7に示すように、水生植物を除去したため、浄化機能は低い。SS、BOD、CODは同一であったが、電気伝導度、濁度は若干ながら低下し、溶存酸素は増加している。

表7 人工水路の水質

試料採取箇所	SS mg/l	BOD mg/l	COD mg/l	電気伝導度 mg/l	濁度 mg/l	溶存酸素 mg/l
入り口	18.8	11	21	1.25	28.0	5.23
出口	18.8	9	20	1.17	21.0	6.06

## 考 察

これまでの結果から、畜舎汚水に関しても湿地等自然の浄化機能を活用することにより、環境汚染を防止する可能性が示唆された。

湿地の水生植物は根から環境負荷物質である栄養塩類、重金属などを吸収し、水中から除去すること、根や茎がフィルター効果を有し、水中の懸濁物質を除去すること、根や茎の表面に付着した微生物が水中の有機物を分解することが明らかにされている。

また、湿地には水田と同様に、表面の酸化層でアンモニウムイオンを硝酸イオンに酸化し、その下の還元層で窒素ガスに還元し脱窒する作用がある。また、ヨシ、ガマ等の水生植物も酸素を根に送っているため、根の周りは好氣的状態となっており、湿地内のアンモニアを酸化し、一次的に硝酸性窒素に変換する。しかし、その外側は嫌気状態となっているため、還元され窒素ガスとなって放出される。このように、湿地には最近深刻化している硝酸塩の地下水への浸透を抑制する効果も備えていることになる。

北海道の場合には、水面が見えないくらい植物が繁茂していることから、主として水生植物による浄化が行われていると考えられる。秋田の場合には、投入される負荷量が少ないため、水生植物が少ない条件下でも汚染が進行しないと考えられる。宮城県のT養豚場とS養豚場は隣接しており、環境的には同一であり、飼養管理もほぼ同一であるが、Tの湿地における浄化機能が高い傾向が認められた。湿地面積はT養豚場の1.5haに対しS養豚場は7haと4倍強あり、単位面積当たりの汚水量もTの2.7tに対し、Sは1.6tと少ない。

さらに、湿地への放流時点でのSS、BOD等負荷物質の量はTが高いこと等を考慮すると、Tの人工湿地における浄化機能が勝るものと考えられる。この要因としては、Tの池はいずれも水深が浅く、水生植物も繁茂しており、落ち葉が堆積していることが挙げられる。一方、Sの湿地は水深が深く、沈水性・抽水性水草及びヨシ等大型の湿地性植物が少ないことが挙げられる。

水辺或いは湿地の浄化機能が高いことは広く認められており、この機能を積極的に活用して、環境保全、環境浄化を図ろうとする試みも活発となっている。ドイツでは環境保全を図るために、河川工事でも従来の土木工学的手法でなく、生態系の維持を図るための工法を取り入れる必要性がうたわれている。自然の立地条件に適合し、河川特有の生物生息空間を保持・拡大することにより自然の浄化機能の恩恵に浴し、環境保全が達成されることを実証している。また、米国、英国、オランダでは湿地による水質浄化を実用化するための研究が進められている。我が国においても、河川、湖沼、海浜の侵食防止に「人工水辺緑地」を取り入れ、その効果も実証されつつある<sup>1), 2)</sup>。

しかし、畜産分野では、垂れ流しは別として、湿地等の浄化に依存した処理は皆無に近いといえる。飼養規模の拡大、混住化が進み、土地基盤も脆弱な我が国において、全量の家畜排泄物処理を自然の浄化機能に依存することは不可能といえる。固液分離或いは曝気処理を行った汚水、さらには畜舎洗浄汚水等負荷量の少ない汚水には、所要面積も少なく済むことから、人工湿地の導入を検討すべきと考える。

## 結 論

人工湿地における畜舎汚水の浄化機能を調査した結果、以下のことが明らかになった。

- ① BOD、COD、SS等環境負荷物質及び濁度が低下する。
- ② 水生植物が生育する環境では顕著な浄化機能を有する。
- ③ 水深が深くなるにしたがい、浄化機能は低下する。
- ④ 冬期間も浄化機能を維持している。

以上のことから、処理汚水、畜舎洗浄汚水の浄

化、色素の除去に人工湿地の利用が可能であるといえる。

## 参考文献

- 1) 細見正昭, 秋葉道宏: 人工水辺緑地、土の環境圏, 753~761 (1997)
- 2) U. S. EPA : Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment, U. S. EPA. ORD, CERL, EPA. 625 (1988)



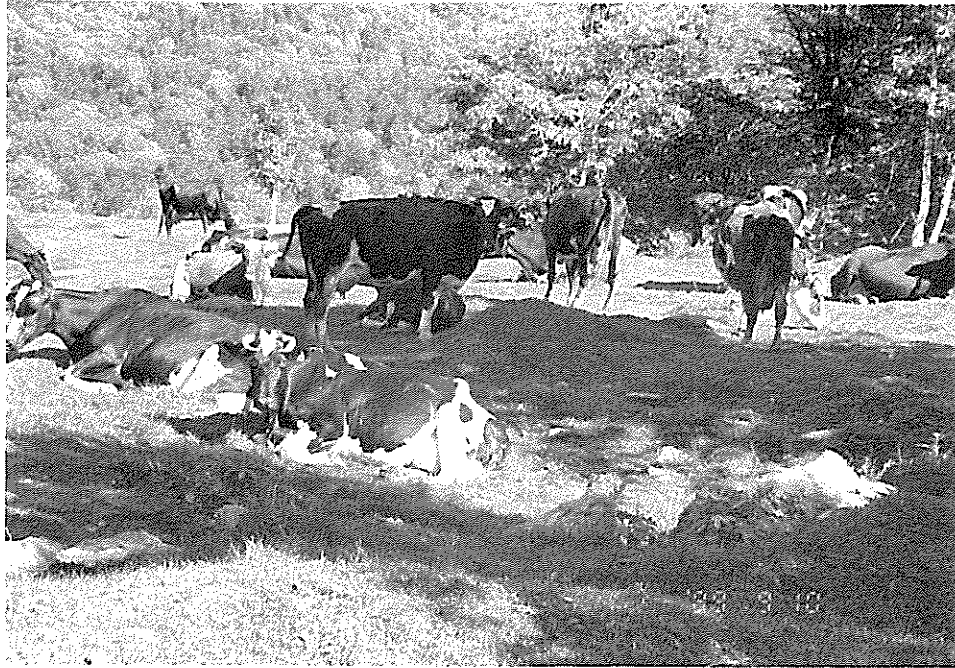


写真1. 山地傾斜地を利用した放牧風景。5月から11月まで放牧し、この間、濃厚飼料等補助飼料はほとんど給与しない。放牧地はケンタッキーブルーグラス主体の短草型草種で覆われており、裸地化或いは土壌侵食は全くみられない。急峻な谷の両側には自然林が鬱蒼と茂っており、牛が谷川に直接踏み入ることはない。水は谷川からパイプで水飲み場に送水している（北海道旭川市）。



写真2. 湿地に繁茂した植物群。牧場内の低湿地にはヨシ、ガマ等の大型水生植物、ミゾソバ、ヒエ等の耐湿性の強い植物が繁茂しており、その周辺部にはヨモギ、イラクサ、ケンタッキーブルーグラスが繁茂している。湿地内で最も深い部分で1 m程度で、ほとんどが50cm以下である（北海道旭川市）。



写真3. 複合ラグーンシステム（スラリーストアを改造）。回分槽（写真右側、475 $m^3$ ）で曝気・沈殿を行い、上澄水を貯留槽（写真左側、300 $m^3$ ）に送水する。さらに、貯留槽で沈殿を行った後、上澄水を池に放流している。



写真4. 処理汚水の貯留・浄化用池（平成8年度に造成）。面積は 50 a 程で、水深は 1 m から 2 m である。造成後間もないため、池の中には、若干のヒシとガマがみられるにすぎない。池の周りの土手には、雑草が生い茂っており、湿地型の植物の生育はほとんどみられない。土手下の水たまりには、ウキクサ、カヤツルグサ等が既に定着し始めている。池には数十羽のカモが住み着いている（秋田県神岡町）。



写真5. T養豚場の最終放流地点。長時間曝気処理・スクリーンによる固液分離後の処理水が小さな二つの池、水路等を経て、最終的に放流される池（隣接するS牧場の雨天調整池でもある）。放流過程で、水草、落ち葉、さらには周辺を樹木で覆われた池、水路を流下する過程で浄化され、清澄な水となる（宮城県高清水町）。



写真6. 貯留・浄化用の池。複合ラグーン法により処理された後、汚水が最初に放流される池。余剰汚泥が大量に沈積するため、5年毎に浚渫を行っている。前回は平成9年春と間もないことから、池の中には藻類等を除き、湿地特有の植物は生育していない。また、水深も3mから5m程あり、人工湿地としての浄化機能は高くない（宮城県高清水町）。



写真7. 処理污水が流入する第3番目の池。パロットフェザーと呼ばれる水草が大繁茂しているが、低温に弱いため、冬期には枯死してしまう。池には錦鯉も放流されているが、多くはサギに捕食されてしまう。カモ、オシドリ等水鳥が多数飛来している（宮城県高清水町）。



写真8. コンクリート製の人工水路。面積750㎡、総延長距離750mで、水深は最高が18cmで、水量が少ないばあいには、数cmの水深となる。平成9年春に清掃を行い、水草を全て除去している。通常は多数の水生植物が水路を埋め尽くしており、高度の浄化機能が期待できる（宮城県高清水町）。

## 課題名 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要因の解明並びに品質評価法の開発

担当者名：岡田 清、古川智子、大森昭一郎

研究期間：平成9～10年

#### 緒 言

本来、家畜排せつ物は貴重な肥料資源であるが、飼養規模の大規模化、専門化の進展に伴い、経営内への還元利用が困難となり、余剰のふん尿は環境汚染源となることも少なくない。その解決策としては余剰の排せつ物を耕種農家等に利活用してもらうことが考えられる。しかし、堆肥の品質が不明確、不均一であることが流通・利用の妨げとなっている。

堆肥の品質判定法としては、多くの方法が提案されており<sup>1,2,3</sup>、化学的判定手法としては、C/N・窒素組成・pH・陽イオン交換能等があり、物理的手法として、温度・いろ・比重等がある。生物的手法として、発芽率・根の色、酸素消費量、微生物相、酵素活性等が古くから行われている。一部を除き比較的簡単に判定できるものが多いが、広く普及するには至っていない。このため、生産現場において迅速かつ簡便に判定できる品質評価法を開発することとする。

#### 研究方法

水質チェッカー、反射式光度計等低価格かつ携帯可能な測定機器等の利用による堆肥成分の簡易測定法を開発すると共に、硝酸態窒素、発芽率、温度、電気伝導度等簡易に測定できる成分を指標とする品質評価の可能性について検討する。

本年度は乳牛飼養農家を対象として、自走式堆肥製造機（榊原機械製）及び回行型堆肥処理装置（MSKコンポ）による堆肥製造過程における成分、品質の推移について検討を行った。また、市販されている牛、豚、鶏糞の品質について検討

を行った。

#### 結 果

調査農家の概要及び堆肥の発酵過程における変化は表1に示した。堆肥の原材料中の水分は、77～82%と高く、攪拌・移送毎に水分は低下するものの、最終工程においても42～58%にとどまった。一次発酵過程における表面から30cmの部位の最高温度はA牧場で57℃、B牧場で40℃であり、最も温度の上昇したC牧場でも62℃にとどまった。このため、いずれの牧場でも堆肥舎に搬送・堆積し、二次発酵を行っている。C/N比でみると、試料採取時点では、B、C牧場では腐熟が進んでいると考えられるが、A牧場では腐熟が不十分と考えられた。ECはC牧場が最も高い値を示したが、戻し堆肥の利用割合が高いためと考えられた。一方、B牧場のECが最も低い値を示したが、これは野積みのため、雨水で無機成分が流亡したためと考えられた。発芽率は、腐熟の進行に伴い向上し、最終工程ではいずれも100%に達した。

市販の堆肥の品質については、まだ例数が不足するが、豚ふん、鶏ふんのECの値が高く、発芽率も劣る結果となった（表2）。今後、測定事例、測定成分を増やし検討を重ねる予定である。

表1. 発酵過程における成分・性状の変化

発酵ステージ	温度 ℃	水分 %	C/N	pH	EC mg/ℓ	Nacl mg/ℓ	発芽率 %	
							20培希釈	10培希釈
A牧場（群馬）								
入り口	37	77	25	8.81	2.40	0.11	88	43
10 m	41	76	27	8.87	2.65	0.13	91	45
30 m	57	72	30	8.92	2.66	0.13	95	59
40 m	49	67	32	8.87	2.93	0.14	100	83
50 m	45	64	29	8.88	3.09	0.15	100	90
二次発酵	61	57	35	8.41	3.32	0.16	100	93
B牧場（群馬）								
入り口	19	78	23	8.73	2.98	0.14	65	10
10 m	33	53	17	8.96	2.43	0.12	68	14
30 m	37	57	19	9.06	2.49	0.12	90	35
40 m	40	54	17	8.93	2.79	0.13	98	50
50 m	36	44	18	8.95	3.20	0.15	100	95
二次発酵	53	58	19	8.98	2.63	0.12	100	100
C牧場（栃木）								
入り口	30	82	34	7.87	4.78	0.19	84	59
10 m	62	76	30	8.05	4.79	0.12	80	61
30 m	55	52	31	8.17	4.65	0.18	95	90
40 m	46	43	28	8.44	4.40	0.19	100	96
50 m	—	—	—	—	—	—	—	—
二次発酵	32	42	20	9.07	4.41	0.18	100	94

注1：A牧場では生糞5 m<sup>3</sup>に対し、チップ3 m<sup>3</sup>と戻し堆肥を3 m<sup>3</sup>の割合で混合し、1日3回攪拌している。二次発酵施設は屋根付堆肥舎で行っている。

B牧場では生糞3 m<sup>3</sup>に対し、戻し堆肥を5 m<sup>3</sup>の割合で添加し、1日3回攪拌し、2次発酵は野外で行っている。

C牧場では戻し堆肥と「おがくず」を等量混合し、敷料として利用したものを発酵装置に搬送し、1日5回攪拌・転送（8時間稼働）し、20日～1か月乾燥・発酵させた後、さらに、堆肥舎に堆積し、二次発酵を1か月間程度行っている。

注2：A、B牧場は10月、C牧場は7月末に試料を採取した。

表2. 市販の堆きゅう肥等資材の成分・性状

資 材 名	窒 素 %	リ ン %	カ リ %	p H	E C mg/ℓ	Nacl mg/ℓ	発 芽 率 %	
							20培希積	10培希積
市販牛糞(バーク)	1.42	1.21	1.68	8.43	2.86	0.14	100	100
豚糞	2.05	4.24	1.22	7.24	4.55	0.44	86	16
鶏糞(発酵)	3.86	3.69	2.40	8.33	8.64	0.47	42	8
バーク堆肥	0.95	0.90	0.91	7.09	0.09	0.00	98	100
腐葉土	0.74	1.81	0.97	8.93	0.05	0.00	100	96
ピートモス	0.80	0.93	0.88	7.26	0.98	0.00	100	100

## 考 察

堆肥の簡易品質判定法については、多くの方法が提案されているが、生産現場に普及・定着するまでに至っていない。その要因としては、堆肥が十分に腐熟し、安定する過程で、指標となる成分の値が変動すること、堆肥の原材料によって大きく異なることが考えられる。したがって、生産現場において、堆肥の品質を判定するには、個々の指標を高精度に測定するよりも、腐熟度、安定度の判定に不可欠な指標に限定し、それを基に総合的に判定する必要がある。そのため、簡易な指標によって、ランク付け（5段階程度）を行い、点数で示す方法等について検討する必要がある。

## 参考文献

- 1) 原田靖生：家畜ふん尿堆肥の腐熟度，畜産環境大辞典 127～133 (1995)
- 2) Roger T. Haug：The Practical Handbook of Compost Engineering, Lewis Publishers (1993)
- 3) Eliot Epstein：The Science of Composting, Technomic Publishing Company (1997)

## 課題名 III 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

### 1 堆きゅう肥の品質評価基準の策定

#### ② 寒冷時における良質堆肥生産条件の解析

担当者名：古川智子、大森昭一朗、岡田 清、山本朱美、渡邊昭三

大野光男（酪農コンサルタント）

協力機関名：榊原機械、家畜改良センター、福島県立農業短期大学校

研究期間：平成9～10年

## 緒言

家畜ふん尿の堆肥化は、ふん尿処理、環境問題、土壌保全の面から、今後、更に重要な課題になると思われる。

堆肥化時に、原材料が高水分であったり、嫌気状態であると堆肥化過程で悪臭を発生する。また、品質も劣ることから、需要もほとんどない。特に寒冷時においては発酵が進まず、良質堆肥の生産は困難とされているが、農家段階での発酵条件、調整の実態については不明な点が多い。

そこで、寒冷時における農家の堆肥生産の実態を調べ、不良条件下における効率的な発酵促進技術を開発するとともに、低コスト・省力的技術を開発する。

## 調査方法

### 1) 冬期における堆肥化処理の実態調査

群馬県下において、自走式堆肥製造機による堆肥化を行っている10牧場11施設について飼養形態、堆肥化処理の実態を調査した。

- 調査項目 ①飼養形態と処理施設の概要。  
②堆肥原料の構成と水分率。  
③水分率と発酵の相関。

- 調査方法 ①聞き取り調査。  
②他の調査方法、分析法は各表の注解を参照のこと。

### 2) 夏期及び冬期における原料の構成と堆肥発酵温度・成分の変化

群馬県下において、2種の堆肥製造機（榊原機械、別紙参照）を用い、堆肥を製造している酪農家3件を対象にし、夏期と冬期にわたり調査する。

対象農家は成牛50～100頭をフリーストールで飼養し、敷料として戻し堆肥およびチップもしくはオガクズを使用している2件と、堆肥化時の副資材として戻し堆肥のみ使用している1件とした。

- 調査項目 ①堆肥原料の構成と、堆肥発酵時の条件（主に品温）の調査。  
②堆肥発酵過程についての成分分析。

分析方法 採取サンプルは、通風乾燥後、ウィレー粉砕器で粉砕、微粉砕(CMT-100)し、分析に供した。

- ①T-C、T-Nは、N/Cアナライザーを使用  
②容積重は、5Lのポリバケツに堆積物を取り、計量し算出した。



3) 自走式堆肥製造機MO508・520の特徴

1. 積み上げ搬送方式で、発酵槽（側壁）を作る必要がなく、堆肥の通気性がよい。
2. ノーレール方式で、レール工事が不要。脱線、スリップの心配がない。

3. 磁気センサーを用い、走行を自動制御する。

4. 攪拌される毎に一定距離、前方に移動するので、投入口からの距離から経過日数が推定できる。

MO508

最大堆積高 0.8m  
 搬送能力 0.8~1m  
 走行速度 攪拌・停止時平均 1m/分

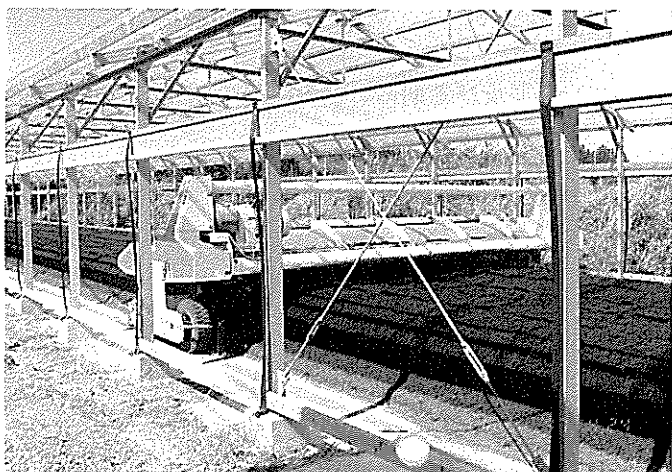


写真1 MO508運転状況  
 堆積高 60cm

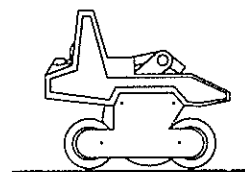
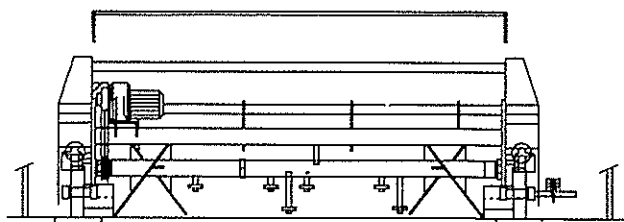


図1 模式図 上、正面図  
 下、側面図

MO520

最大堆積高 1.8m  
 搬送能力 2.5m  
 走行速度 攪拌・停止時平均 1.5m/分



写真2 MO520運転状況  
 堆積高 1.5cm

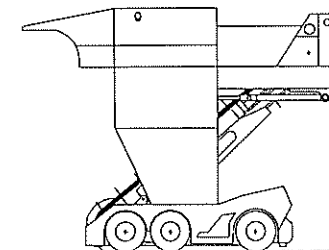
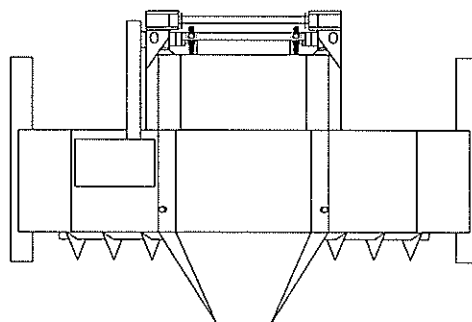


図2 模式図 上、俯瞰図  
 下、側面図

調査成績

1) 冬期における堆肥化処理の実態調査

平成10年2月9日～23日にかけて、群馬県下において、自走式堆肥製造機による堆肥化を行っている10牧場11施設について調査した。

表I-1には酪農家の施設概要を、表I-2には堆肥の構成と水分率、表I-3に堆積中の温度と水分の変動、表I-4は実際に使用されているオガコ類の実態を示した。

表I-1 飼養規模と処理施設

牧場名	処理対象 飼養頭数	飼養形態	使用機種	処 理 施 設			
				堆積列	堆積長さ(m)	攪拌回数	堆積高(cm)
A	搾 100	フリーストール	MO408	単列	56	4~5	60~47
			MO508	単列	56		
B	搾 70	フリーストール	MO508	単列	60	5~6	60~50
C	搾 45	フリーストール	MO508	単列	60	4~5	58~49
D		フリーストール	MO508	単列	90	3~4	55~27
E	搾 42	フリーストール	MO508	単列	66	3	60~50
F	搾 30 乾育 10	ツナギ	MO408	単列	50 ピット6	3~4	60~55
G	搾 40	ツナギ	MO408	単列	60	3~4	60~45
H	搾 40	ツナギ	MO408	単列	45	6	55~50
I	搾 32	ツナギ	MO408	単列	50 ピット3		55~50
J	搾 60	フリーストール	MO408	単列	63 ピット5	5~6	67~56

注1) 搾-搾乳牛、乾育-乾乳牛と育成牛。

2) D牧場は、処理対象が搾乳牛であったり、育成牛であったりと一定でない。

3) ピットは、堆積列の最後に高さ2m程度の段差を設け、二次堆積を行う構造物。

表I-2 堆肥原料の構成と水分率

牧場名	原 料				水 分 率 (%)				堆 積 列 投入時水分
	糞 尿	投 入 オガコ類	量 (kg) 戻し堆肥	その他	糞 尿	オガコ類	戻し堆肥	その他	
A	7,000	廃 1000	3,456	白 800	87.0	49.0	39.0	22.0	66.1
B	4,900	チ 359	1,608		87.0	31.0	71.0		80.3
C	3,150	327	1,608		87.0	36.0	58.0		74.5
D									
E	2,730	オ 526			87.0	34.0			78.4
F	2,600	オ 900	1,602		87.0	36.0	56.0		67.2
G	3,000	オ 300	2,052		87.0	36.0	38.0		65.3
H	2,600		1,340		87.0		72.0		81.8
I	2,240	オ 64	1,048		87.0	46.0	56.0		
J	3,750	廃 556	4,504		87.0	66.0	62.0		72.5
		オ 393							

注1) 糞尿の量は、乳量8,000kg以上を75kg、8,000kg以下を70kgを基本に算出。

2) 副資材は、同量の水と副資材を秤量し、比重を計算し算出した。

3) 原料の、廃-茸菌床廃オガ、チ-チップ、オ-オガコ、白-活性白土(製油由来)。

4) 原料中の水分は、加熱乾燥法で分析した。

5) 混合時水分は、各原料の重量と水分率を基に算出した理論値。

表 I - 3 投入時の水分率の違いによる堆積品温の差異

投入時 水分率	牧場名	堆積品温(°C)			水分率(%)			調査時 外気温(°C)
		入口	中央	出口	入口	出口	差	
低水分率 65%以下	A	16	64	12	64.0	39.0	25.0	3
	A	12	62	17	62.0	38.0	24.0	3
	G	26	45	18	63.0	38.0	25.0	11
	平均	17	57	16	63.0	38.0	25.0	
中水分率 65~74%	C	11	22	29	74.0	65.0	9.0	9
	F	16	41	39	68.0	61.0	7.0	8
	J	12	30	38	72.0	37.0	5.0	12
	平均	13	31	35	71.0	64.0	7.0	
高水分率 75%以上	B	5	24	28	78.0	74.0	4.0	9
	D	8	24	17	79.0	72.0	7.0	11
	E	12	22	20	79.0	76.0	3.0	7
	H	6	5	5	75.0	72.0	3.0	7
	I	12	20	9	76.0	69.0	7.0	9
	平均	7	19	16	77.0	73.0	4.0	

表 I - 4 流通オガコ類の実態

種別	生産地	オガコの形状	取引単価		1 m <sup>3</sup> 当り 単 価	オガコ性状	
			1 台当り m <sup>3</sup> 数	1 台当り 単 価		水分率	比 重
オガ クズ 類	群 馬	製材ノコギリクズ	8	33,000	4,125	40.0	0.297
	埼 玉	外材・木工オガクズ	40	70,000	1,750	11.0	0.093
	新 潟	製材ノコギリクズ	50	120,000	2,400	53.0	0.302
	新 潟	製材ノコギリクズ+カンナクズ	50	85,000	1,700	37.0	0.288
	富 山	製材ノコギリクズ	50	110,000	2,200	36.0	0.273
	富 山	製材ノコギリクズ	50	125,000	2,500	36.0	0.275
	群 馬	製材ノコギリクズ+カンナクズ	40	100,000	2,500	34.0	0.263
材木 チップ 類	埼 玉	古材粉砕	25	35,000	1,400	15.0	0.187
	東京・埼玉	古材粉砕	25	35,000	1,400	19.0	0.164
	群 馬	バターオガコ	5	10,000	2,000	31.0	0.245
	群 馬	古材粉砕	5	10,000	2,000	16.0	0.147
	新 潟	木工所の荒削り	24	40,000	1,667	31.0	0.109
	群 馬	古材粉砕+オガコ	7	10,000	1,429	31.0	0.149
廃 オガ	長 野	茸菌床廃オガコ	8	10,000	1,250	66.0	0.464
	長 野	茸菌床廃オガコ	36	35,000	972	56.0	0.450

備考1) オガクズ類 — 木材の種類によって、水分率や酢酸臭が異なる。

2) 材木チップ類 — チップの形状は、様々である。

2) 夏期及び冬期における原料の構成と堆肥発酵温度・成分の変化調査

酪農家、A・B・C牧場における夏期及び冬期の調査結果は次の通りである。

(1) A牧場

- ① 飼養頭数 150頭(搾乳牛80、乾乳牛10、育成牛60)
- ② 堆肥原料 生糞5 m<sup>3</sup>+チップ3 m<sup>3</sup>+戻し堆肥3 m<sup>3</sup>/日
- ③ 使用機種 ランドグリーン MO508型
- ④ 堆肥堆積列 長さ60×幅5×高さ0.6m
- ⑤ 攪拌回数 3回/日
- ⑥ 通気の有無 なし
- ⑦ 2次発酵施設 あり(屋根付堆肥盤)
- ⑧ 調査年月日 97年10月6日(夏期) 98年3月3日(冬期)
- ⑨ 測定時気温 22℃ 13℃

表II-1 発酵時の温度変化

測定位置	4m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	2次発酵
経過日数	1日	4日	7日	10日	14日	16日	20日	
夏期	31	41	55	51	49	45	43	61℃
冬期	9.1	22.6	31.3	28.9	32.3	34.5	34.2	27.6℃

注) 夏期・冬期とも、堆積表面から40cmの深さで計測。

表II-2 発酵時の成分変化 夏期

測定位置	4m	10m	30m	40m	60m	2次発酵
経過日数	1日	4日	10日	14日	20日	
水分(現物%)	77.0	75.8	71.8	67.1	63.9	57.2
灰分(乾物%)	12.9	11.3	13.3	14.3	15.0	13.9
T-C	42.7	43.7	42.1	41.9	41.1	42.0
T-N	1.7	1.6	1.4	1.3	1.4	1.2
C/N	25	27	30	32	29	35
容積重(kg/ℓ)		0.86	0.57		0.45	0.49

表II-2-2 発酵時の成分変化 冬期

測定位置	入口	10m	20m	30m	40m	50m	60m	2次発酵
経過日数	1日	4日	7日	10日	14日	16日	20日	
水分(現物%)	76.3	77.3	76.3	76.4	74.1	70.6	69.6	73.6
灰分(乾物%)	11.1	11.6	12.8	12.7	15.9	21.8	20.6	15.6
T-C	42.3	42.8	41.7	41.7	40.0	37.8	38.4	39.0
T-N	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.4	1.4	1.6
C/N	26	27	25	27	25	26	28	24
容積重(kg/ℓ)	0.77	0.76	0.67	0.70	0.66	0.64	0.61	0.60

## (2) B牧場

- ① 飼養頭数 90頭(経産牛50、育成牛40)  
 ② 堆肥原料 生糞3 m<sup>3</sup>+戻し堆肥5 m<sup>3</sup>/日  
 ③ 使用機種 ランドグリーン MO408型  
 ④ 堆肥堆積列 長さ50×幅4×高さ0.55m  
 ⑤ 攪拌回数 3回/日  
 ⑥ 通気の有無 なし  
 ⑦ 2次発酵施設 なし(野外)  
 ⑧ 調査年月日 97年10月7日(夏期) 98年3月3日(冬期)  
 ⑨ 測定時気温 19℃ 12℃

表Ⅱ-3 発酵時の温度変化 夏期

測定位置	入口	10m	20m	30m	40m	50m	60m	2次発酵
経過日数	生糞	1日	4日	7日	10日	14日	18日	
夏期	19	33	33	33	37	40	36	53℃

注) 夏期・冬期とも、堆積表面から40cmの深さで計測。

表Ⅱ-3-2 発酵時の温度変化 冬期

測定位置	4.8m	14m	25m	40m	50m	60m	2次発酵
経過日数	2日	4日	8日	13日	16日	20日	
冬期	22.7	36.3	43.2	21.0	19.8	14.1	34.9℃

表Ⅱ-4 発酵時の成分変化 夏期

測定位置	入口	3m	30m	40m	50m	2次発酵
経過日数	生糞	1日	10日	14日	18日	
水分(現物%)	77.9	52.8	56.8	53.7	50.0	57.6
灰分(乾物%)	12.0	29.5	30.3	31.3	33.7	33.9
T-C	43.9	34.3	34.3	34.1	32.6	32.6
T-N	1.9	2.0	1.8	2.0	1.8	1.7
C/N	23	17	19	17	18	19
容積重(kg/ℓ)	1.0	0.76	0.59	0.59	0.59	0.68

表Ⅱ-4-2 発酵時の成分変化 冬期

測定位置	4.8m	14m	25m	40m	50m	60m	2次発酵
経過日数	2日	4日	8日	13日	16日	20日	
水分(現物%)	65.0	60.9	50.5	43.4	39.8	36.4	65.0
灰分(乾物%)	26.2	27.9	29.6	29.6	28.0	30.8	42.7
T-C	34.2	32.4	32.0	32.4	32.0	31.8	25.8
T-N	1.9	1.8	2.0	2.0	1.9	2.1	1.8
C/N	18	18	16	15	16	15	16
容積重(kg/ℓ)	0.69	0.60	0.57	0.54	0.54	0.60	0.73

## (3) C牧場

- ① 飼養頭数 150頭 (搾乳牛110、育成牛50)  
 ② 堆肥原料 生糞8.5m<sup>3</sup>+オガクズ5m<sup>3</sup>+戻し堆肥4.5m<sup>3</sup>/日  
 ③ 使用機種 ランドグリーン MO520型  
 ④ 堆肥堆積列 長さ40×幅8×高さ1.5m  
 ⑤ 攪拌回数 2回/隔日  
 ⑥ 通気の有無 あり  
 ⑦ 2次発酵施設 あり (屋根付堆肥盤)  
 ⑧ 調査年月日 97年8月24日 (夏期) 98年3月4日 (冬期)  
 ⑨ 測定時気温 27℃ 10.2℃

表Ⅱ-5 発酵時の温度変化 夏期

測定位置	西 レ - ン				東 レ - ン			
	入口	10m	20m	30m	入口	10m	20m	30m
経過日数	1日	4日	7日	10日	1日	4日	7日	10日
夏期	48	72	71	57	44	54	53	53℃

注) 夏期・冬期とも、堆積表面から60cmの深さで計測。

表Ⅱ-5-2 発酵時の温度変化 冬期

測定位置	西 レ - ン				東 レ - ン				最終
	6m	16m	26m	36m	6m	16m	26m	36m	
経過日数	2日	6日	10日	14日	2日	6日	10日	14日	
冬期	20.0	25.2	27.9	32.3	14.4	36.7	33.7	28.6	32.3℃

表Ⅱ-6 発酵時の成分変化 冬期

測定位置	西 レ - ン				東 レ - ン				
	6m	16m	26m	36m	6m	16m	26m	36m	40m
経過日数	2日	6日	10日	14日	2日	6日	10日	14日	16日
水分 (現物%)	74.9	77.0	77.0	75.0	74.1	76.7	72.1	73.9	75.5
灰分 (乾物%)	12.5	11.1	12.8	12.7	12.6	11.7	10.7	11.1	14.3
T-C	40.7	41.7	40.6	40.6	40.9	41.3	42.2	42.5	40.7
T-N	1.6	1.5	1.4	1.5	1.4	1.6	1.4	1.7	1.4
C/N	26	28	29	26	28	26	30	25	29
容積重 (kg/ℓ)	0.65	0.63	0.69	0.71	0.65	0.71	0.63	0.63	0.65

## 結果及び考察

### 1) 冬季における堆肥化処理の実態調査

- (1) 自走式堆肥製造機を用い堆肥を製造している11施設中、投入時の原料水分が65%以下の施設3件、65~75%が3件、75%が5件であり、堆肥の発酵が良好であったのは水分が65%以下の低水分の施設と一致し、品温の上昇に伴い、水分含量が25%低下するなど良好な発酵を示していた。これに対し、水分65%以上の施設では、品温の上昇は見られるものの、水分含量の低下は3~9%と良好な発酵とは言えない状況であった。(表I-3)
- (2) 表I-4には流通オガコ類の実態を示した。オガコによる水分調整は、現状ではその入手難、価格の高騰などから次第に減少しており、オガコの他にも茸菌床廃オガ、古材粉碎チップが水分調整材や敷料として使用されている。また、表I-2からは、オガコ類の他に戻し堆肥を使用する傾向が高まっていることが解る。堆肥生産の現場では、戻し堆肥を適正に利用する技術の開発が望まれている。

### 2) 夏季及び冬季の調査結果

#### (1) 夏季

堆肥原料の構成と発酵温度の変化

- ①発酵過程の温度変化は機種、及び原料によって相違があった。
- ②副資材としてチップ、オガクズを添加した堆肥は、堆積攪拌後7日目に最高温度(A牧場58℃、C牧場71℃)に達した。その後、徐々に低下し15日以降に50℃以下となる。C牧場の71℃という品温は、A牧場に比べ堆積高が高く、攪拌の他に通気を行っており、発酵条件が整っているためと思われる。(表II-1、II-5)
- ③戻し堆肥のみを添加しているB牧場では、品温が最高でも40℃以下であった。なお、A・B牧場とも2次堆積時に品温の上昇が見られ、2次発酵が起こっているものと考えられる。

#### (表II-3)

堆肥原料の構成と成分変化

同じMO508型を使用しているA・B牧場を比較すると

- ①A牧場では、堆積日数とともに水分含量は低下し、乾物中の灰分は上昇した。またT-N、T-C含量も日数とともに僅かであるが減少し、堆肥化が進んでいると思われる。(表II-2)
- ②B牧場では、戻し堆肥を添加することにより堆肥原料中の水分が52%となるが、堆積日数の経過による水分の減少は僅かであり、T-C、T-N含量の減少も僅かであり堆肥化の進行は緩慢であるといえる。(表II-4)
- (2) 冬季

堆肥原料の構成と発酵温度の変化

- ①発酵過程の温度変化は機種、及び原料によって変化があった。
- ②副資材としてチップ、オガクズを添加した堆肥は、堆積攪拌後、徐々に温度が上昇し、堆積後部まで一定の温度帯で推移した。最高温度は、A牧場34℃、C牧場36℃に達した。(表II-1、II-5-2)
- ③戻し堆肥のみを添加しているB牧場では、堆積攪拌後8日で最高品温43℃に達し、その後低下する良好な傾向を示した。(表II-3-2)

堆肥原料の構成と成分変化

同じMO508型を使用しているA・B牧場を比較すると

- ①A牧場では、水分含量の低下は僅かであるが、乾物中の灰分は上昇した。また、T-C含量も日数とともに僅かであるが減少し、徐々にではあるが堆肥化が進んでいると思われる。(表II-2-2)
- ②B牧場では、堆積日数とともに水分含量は低下し、投入時65%であったものが最終的に36%となり26%水分が減少した。乾物中の灰分は僅かであるが上昇した。T-C含量、C/Nも日数とともに僅かであるが減少し、堆肥

化が進んでいると思われる。(表Ⅱ-4-2)

しかし、戻し堆肥のみを添加しているため、灰分含有率が高く、糞との混合物である段階で26%であり、二次堆積に於いては42%と牛糞由来の堆肥としては灰分含有率が高い。

### 3) 考 察

#### (1) 夏期、冬期の調査から

①夏期では、A・C牧場が堆積品温も上昇しており、水分の低下など良好な発酵をしていた。しかし、冬期の調査では、堆積品温の上昇が緩慢であり、温度も最高で30℃程度であり良好な発酵とは言えないものであった。

②B牧場は、夏期においては、水分の低下は見られるものの、品温は堆積後部まで33℃~40℃の間で推移している程度であり、堆積物の形状も球形の固まりがあり良好な発酵状態ではなかったが、冬期の調査では、堆積後8日で最高品温43℃に達し、その後低下する良好な傾向を示した。

③A・B牧場の発酵状態の悪化、好転の原因。

A牧場は、水分調整にチップを大量に投入し、75%と高水分ながら順調に発酵していたが、大雪時に雪の上に原料をに投じ、雪もろとも堆積に混入させたため、高水分になり発酵不良となった。

B牧場は、11月頃から低温のため発酵不良が続いていたが、大雪時に堆肥化施設への糞尿の搬入が困難となったため、攪拌を1週間停止した。この間に堆積品温の上昇がみられ、その後も順調に発酵をしている。

④自走式堆肥製造機を用いた堆肥化では、品温の上昇、灰分率の増加から発酵が進んでいることが窺えるが、2次堆積時にも品温の上昇が見られることから、発酵レーンの段階では、完熟には達していないと思われる。

⑤戻し堆肥の反復利用は、分解が進み、粒度の減少による空隙率の低下、灰分含有率の増加が起こるが、生産した堆肥を戻し堆肥として

自家消費するだけならば、粒度の荒いチップやパークなどを適宜添加し、堆肥性状を改善する必要がある。

⑥発酵の良・不良は、投入時の水分調整による影響であると推測される。水分調整などを怠り、発酵状態を悪化すると、堆積列全体にその影響が及ぶ、改善するためには、適切な水分調整、攪拌などを行わないと、回復するのは困難となる。

⑦装置自体は上手く機能していると言えるが、投入原料の性状によって発酵の良否が決まる。従って、操作する側に対する指導が必要である。

#### (2) 寒冷時における品温の低下と水分の関係

冬期、寒冷時における品温の低下は、攪拌による冷たい外気との接触が主な原因であるが、水分の増加によってその作用は増長する。投入原料の段階で高水分であると外気の影響を直に受け原料品温は外気温近くまで低下する(表Ⅰ-3)。品温が低く高水分であることから微生物の活動は弱まり、分解の立ち上がりも遅く、それに伴い分解熱も発生しないため、品温の上昇は緩慢である。この状態で攪拌・通気を行うことは、酸素供給により微生物の活性を高めることにはならないと思われる。

### 要 約

群馬県下において、自走式堆肥製造機MO508、MO520を対象とし、夏期、冬期を通じた調査では、堆肥化処理の良否を左右する要因として、水分率と攪拌、外気温、空隙率であると推測された。冬期においてはこれらの影響は大であり、水分率を65%以下に調整し、攪拌は品温の推移に伴って行い、冷たい外気との接触による品温の低下を防ぐ。そして、適切な副資材によって空隙率を確保し、発酵を促進すること。などが挙げられ、過去の知見と同様の結果が導かれた<sup>1) 2) 3) 4)</sup>。

また、戻し堆肥の利用は、副資材の入手難などから有効な手段といえる。しかし、過度の反復使



用は無機成分の上昇、粒度の低下を引き起こし、堆肥化処理に悪影響を及ぼす可能性がある。粒度の荒いチップ、バークなどを適宜添加することが勧められる。

調査結果では、装置自体は性能が十分に機能しており、堆肥製造機として有望であるといえるが、使用する側に対する指導が必要となろう。

#### 参考文献

- 1) 有機質資源化推進会議（1997）有機廃棄物資源化大事典、農文協、東京
- 2) 代永 通裕（1995）畜産環境対策大事典、農文協、東京、P71～75
- 3) 本多 勝男（1995）畜産環境対策大事典、農文協、東京、P159～167
- 4) 藤田 賢二（1993）コンポスト化技術、技報堂出版、東京、P43～70

## 課題名 III 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

### 6. 堆肥中の重金属類の削減に関する研究

#### ① 飼料の銅及び亜鉛含量が子豚の健康ならびに銅排泄量に及ぼす影響

担当者名：岡田光弘、山本朱美、岡田 清、大森昭一郎

(家畜改良センター) 中山 亮、大久保和久、藤田 優

協力機関名：日本科学飼料協会

研究期間：平成9年

#### 緒言

1950年代以降、養豚飼料に銅(Cu)を添加すると平均して5~10%程度、豚の成長と飼料要求率が改善される効果が欧米において報告されてきた<sup>1)</sup>。このため、日本においても養豚飼料へのCuの添加が広く実行されてきた。この場合、養豚飼料中にCuを250ppm以上添加するとその毒性により逆に発育が低下することから、Cuの毒性を軽減する働きがある亜鉛(Zn)の添加量も同時に高く設定する必要がある<sup>2)</sup>。1984年、農林水産省は飼料中への過剰なCuの添加を避けるために、養豚配合飼料のメーカーに対しCu添加量の自主規制値について生後2ヶ月以内の哺乳子豚用飼料には125ppm、生後2~4ヶ月の育成子豚用飼料には50ppm、それ以降の肥育段階の肉豚用飼料には20ppmの添加量を上限とする勧告を行った。日本飼養標準(豚)<sup>3)</sup>、NRC飼養標準(豚)<sup>3)</sup>のCuの要求量はこれよりも低く設定されているが、市販養豚飼料のCu含量はこのような背景から高い水準のまま推移してきている。

一方で、畜産における環境保全の声が高まるなかで、豚ふん堆肥中の高濃度の重金属類の存在は家畜ふん尿資源リサイクルの面にかかなりの支障を与えることが懸念されている。Wakasawa<sup>4)</sup>は、養豚飼料中のCu含量は19~161ppmと高く、さらに、ふん濃度は飼料中に比べ5から7倍に高まっていること、また、Ushio<sup>5)</sup>は豚の堆肥中のCu含量は牛ふん、鶏ふんとの比較はもとより下水汚泥をも上回る高い数値であると報告している。土

壌中の重金属等の蓄積防止に係わる管理基準として、土壌(乾土)1kg中Zn120mgが定められ、Cuについては農用地(田に限る)の土壌(乾土)1kg当たり125mgと定められている<sup>6)</sup>。また、平成6年に、有機質肥料等の品質保全推進のために全国農業中央会が作成した家畜ふん堆肥中のCu、Zn含量の推奨値はそれぞれ600ppm、1800ppm以下である<sup>7)</sup>。このような情勢から、日本科学飼料協会では、飼料中のCu含量に対する肥育豚の一日平均増体重、飼料効率、血漿中Cu濃度、Cuのふん中排泄率の結果から、肉豚用飼料中のCu含量を自主規制値の20ppmから10ppmに削減しようと報告<sup>8)</sup>しているが、哺乳期、子豚期の飼料については検討されていない。

したがって、本試験では子豚用飼料中へのCu、Zn添加量の合理的な削減を図るため、飼料中のCu、Zn水準が哺乳期、子豚期の子豚の発育、飼料要求率、健康及びふん、血漿、肝臓中のCuならびにZn濃度に及ぼす影響を検討した。

#### 材料及び方法

##### 1. 供試豚

家畜改良センター宮崎牧場生産のデュロック種の去勢子豚60頭を宮崎牧場の育成豚舎の西側中央豚房のうち、外壁に接する最西端の豚房を除く12豚房(間口:2.7m×奥行:3.6m)に収容し、哺育期では2週間、子豚期では7週間の試験を行った。試験飼料と水は不断給餌器(4頭口)ならびに自動給水器を用いて自由摂取させた。哺育期の

試験開始時の日齢は68日齢～78日齢、および試験開始時体重は20～30kgの巾があった。

## 2. 試験区の設定

表1に示すように、哺育期、子豚期ともに飼料中のCu水準は1区の日本飼養標準と同一水準から4区の自主規制値までの4段階とした。また、飼料中のZn水準は1から3区までは日本飼養標準と同一水準とし、4区は自主規制値の2段階とした。哺育期は4区×3ブロックとし、第1、2ブロックは哺育期と子豚期を通して、第3ブロックは哺育期だけの試験とした。子豚期は4区×2ブロックとした。供試豚は両期とも第1、2ブロックは6頭、第3ブロックは3頭の群飼とした。試験開始期日は、第1ブロック及び第2ブロックが平成10年1月15日、第3ブロックが2月4日であった。

## 3. 試験飼料

哺育期、子豚期ともに、表2に示すように主たる蛋白質源としてとうもろこし、大豆粕、魚粉などを用い、Cu含量以外の栄養素が日本飼養標準の栄養素要求量を満足する2種類の基礎飼料を配合した。また、指示物質として酸化クロム (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) を0.3%の割合となるように基礎飼料に配合した。哺育期飼料のDCPは17.1%、TDN81.8%であり、子豚期飼料では、それぞれ14.1及び75.9%であった。また、ビタミン・ミネラルプレミックスを添加したが、抗菌性物質は添加しなかった。

試験飼料中のCu及びZn水準が表1に示す設定値となるように、基礎飼料に飼料添加用硫酸銅及び飼料添加用炭酸亜鉛を外付けで添加して試験飼料を調製した。飼料中のCu水準の分析値は哺育期では10、50、87、127ppm、子豚期では、4、18、36、47ppmであった。飼料中のZn水準の分析値は、哺育期では87、82、87、131ppm、子豚期においては、58、60、67、91ppmであった。

表1 試験区の設定ならびに飼料中の銅および亜鉛の含量 (ppm)

試験区	哺 育 期				子 豚 期			
	計 画 値		実 測 値		設 定 値		実 測 値	
	銅	亜鉛	銅	亜鉛	銅	亜鉛	銅	亜鉛
1区 (日本飼養標準)	8	80	10	87	5	60	4	58
2区	50	80	50	85	20	60	18	60
3区	90	80	87	87	35	60	36	67
4区 (自主規制値)	120	120	127	131	50	80	47	91

## 4. 測定項目と分析方法

### (1) 体 重

体重測定は1週間毎に午前10時に行った。

### (2) 飼料摂取量

飼料摂取量は1週間毎に午前10時に行った。

### (3) 豚の健康

毎日2回、下痢の発生の有無の確認と豚の外観の観察を行った。

### (4) 血漿中のCu、Zn含量

哺育期では第3ブロック、子豚期では全ブッ

表2 基礎飼料の配合割合 (%)

飼料原料	哺乳期	子豚期
トウモロコシ	45.0	52.4
マイコ		15.0
小麦粉	24.0	10.0
大麦		9.5
濃縮大豆蛋白	9.0	3.0
大豆粕	4.0	
ナタネ粕		4.0
脱脂粉乳	5.0	4.5
魚粉 (CP65%)	2.5	
肉骨粉		
グルコース	5.0	
粉末油脂	2.0	
第2りん酸カルシウム	1.2	
炭酸カルシウム	0.65	0.40
DL-メチオニン	0.10	0.05
塩酸L-リジン	0.10	0.05
ビタミンADEプレミックス <sup>1)</sup>	0.10	0.10
ビタミンB群プレミックス <sup>2)</sup>	0.10	0.10
ミネラルプレミックス <sup>3)</sup>	0.10	0.10
食塩	0.20	0.30
コーンスターチ	0.20	0.20
酸化クロム	0.03	0.30
Cu (ppm) <sup>4)</sup>	10	4
Zn (ppm) <sup>5)</sup>	38	36
DCP (%)	17.1	14.1
TDN (%)	81.8	75.9

- 1) 1g中にビタミンA、10,000IU;D<sub>3</sub>、2,000IU; 酢酸dl- $\alpha$ トコフェロール、10mgを含む。
- 2) 1kg中に硝酸チアミン 1g, リボフラビン 5g, 塩酸ピリドキシン 0.5g, D-パントテン酸カルシウム 3.26g, ニコチン酸アミド 3g, 葉酸 0.1g, 塩化コリン 60gを含む。
- 3) 1kg中にFe 50g, Mn 1.1gを含む。
- 4,5) 乾物中の分析値を示す。
- 6,7) 現物中の計算値を示す。

ロクの全頭数について、試験終了前日に、頸静脈から約20mlの血液を採取し、直ちに遠心分離(1,000rpm、10min)により血漿を分離した。得られた血漿は分析に供するまで-20°Cで凍結保存した。室温で融解した血漿を除蛋白剤の3%スルフォサリチル酸溶液により10倍希釈を行った。そして、ボルテックスで攪拌混合後、遠心分離により除蛋白を行った。上澄はICP発光分析装置(HITACHI、P-4000)により、定性分析でCuとZnの測定波長を決定した後、CuとZn濃度を定量分析した。

#### (5) 肝臓中のCu、Zn濃度

試験終了時に哺育期では第3ブロックを電殺法、子豚期では全ブロックの全頭数を打額法により屠殺解体し、肝臓の方形葉を約30g採取した。採取した肝臓片は分析に供するまで-20°Cで凍結保存した。室温で融解した肝臓を通風乾燥(75°C、2日間)し、その後2日間かけて風乾状態に戻し、微粉碎(CMT、TI-100)した。風乾試料約2gをマッフル炉(TOMAS KAGAKU、TMF-5P)にて350°Cで1時間、緩やかに炭化した後、650°Cで6時間、乾式灰化した。次に250°Cに加熱したホットプレート上にて、ルツボ内に残留した灰分を1N硝酸により可溶化し、超純水を用いて250mlのメスフラスコにメスアップした。その後の操作は血清の場合と同様であった。風乾試料中の水分含量値による補正を行い乾物中のCu、Zn濃度を算出した。

#### (6) ふん中のCu、Zn濃度

試験終了前4日間のふんを、毎日、豚房内数カ所から採取し、分析に供するまで-20°Cで凍結保存した。室温で融解したふんを通風乾燥(75°C、2日間)し、その後2日間かけて風乾状態に戻した。風乾試料は各ブロック毎に4日分を等量ずつ混合してから、微粉碎を行った。風乾試料約2gを350°Cで1時間、緩やかに炭化した後、450°Cで6時間、乾式灰化した。次に250°Cに加熱したホットプレート上にて、ル

ツボ内に残留した灰分を10%過塩素酸により可溶化し、超純水を用いて250mlのメスフラスコにメスアップした。Cu、Znおよびクロム (Cr) 濃度はICP発光分析装置により分析した。Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>濃度は得られたCr濃度に換算係数1.47を乗じて算出した。また、風乾試料は水分含量値による補正を行い、乾物ふん中のCu、ZnおよびCr濃度を求めた。

(7) Cu、Znのふんへの排泄率、排泄量、体蓄積量の算出

Cu及びZnのふんへの排泄率はCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を指標物質としたインデックス法の計算式<sup>2)</sup>に基づき算出された。排泄量は試料摂取量に飼料中Cu、もしくはZn含量を乗じて算出されたCu、Zn摂取量に排泄率を乗じて求められた。体蓄積量はCu、Zn摂取量から排泄量を差し引いて算出された。

(8) 統計処理

得られたデータは分散分析を行った後、チューキー法により平均値間の差の検定を行い、飼料中Cu水準の違いによる有意差を検討した。また、Cuの給与水準に対する排泄率の反応を確認するため、大塚の折れ線モデル<sup>9)</sup>へあてはめ折れ線回帰分析を行った。

量に対する豚の反応を評価する重要な項目は一日平均増体重と飼料要求率である。表4に各期における一日平均増体重と飼料要求率を示した。哺育期において、一日平均増体重は1区から順に4区まで0.55、0.49、0.54、0.59で、飼料中Cu含量を増加しても有意な増加は認められなかった。飼料中へのCuの添加効果は平均して一日平均増体重の5~10%程度といわれているが、表4に1区の成績を100とした場合の各ブロック毎の指数を併記したが、その傾向は認められなかった。子豚期、全期間の一日平均増体重はそれぞれ、0.96、0.93、0.92、0.94および0.99、0.95、1.00、0.97であり、哺育期と同様に飼料中Cu含量を増加しても有意な増加は認められなかった。

哺育期における飼料要求率は1区から順に4区まで2.84、3.03、2.79、2.65で、飼料中Cu含量を増加しても有意な増加は認められなかったが、飼料中のCu含量が127ppmになると10ppm区よりも低くなる傾向にあった。子豚期、全期間の飼料要求率はそれぞれ、3.51、3.99、3.47、3.35および3.44、3.26、3.41、3.28であり、哺育期と同様に飼料中Cu含量を増加しても有意な効果は認められなかったが、飼料中のCu含量が最も高い4区でそれぞれ低くなる傾向にあったが、有意な添加効果は認められなかった。

## 結果及び考察

### 1. 飼養試験結果

哺育期、子豚期、全期間の3つに区分したブロック別の飼養試験成績を表3に示した。哺育期、子豚期ともに全ブロックで順調に発育した。哺育期、子豚期において各ブロック毎に豚の成績は若干異なり、特に哺育期の一日平均増体重 (kg/頭/日) は、第1、2ブロックは0.43と一般的な子豚と同様な発育成績を示したが、第3ブロックは約0.79と第1、2ブロックに比べ約1.8倍高かった。飼料要求率は哺育期が2.83 (全頭数の平均値)、子豚期が3.40 (全頭数の平均値) と一般的な子豚の場合と比べ全区とも高かった。飼料中のCu含

表3 飼養試験成績

試験区	1ブロック				2ブロック				3ブロック			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
(哺育期)												
供試頭数(頭)	6	6	5	6	6	6	6	6	3	3	3	3
開始時体重(kg)	28.3	28.3	28.1	26.4	23.3	24.7	22.7	22.4	24.9	24.3	24.0	23.9
終了時体重(kg)	34.1	34.4	31.0	32.8	29.3	29.5	28.1	28.6	35.8	33.9	35.6	35.9
増体重(kg)	4.4	6.1	5.6	6.4	6	4.8	5.4	6.2	10.9	9.6	11.6	12.0
一日平均増体重(kg/頭/日)	0.43	0.44	0.47	0.46	0.43	0.35	0.38	0.45	0.78	0.68	0.83	0.86
飼料要求率	3.11	2.80	2.83	2.77	2.80	3.42	3.20	2.88	2.62	2.87	2.34	2.29
(子豚期)												
供試頭数(頭)	6	6	6	6	6	6	6	6				
開始時体重(kg)	34.1	34.4	33.7	32.8	29.3	29.5	28.1	28.6				
終了時体重(kg)	82.4	79.6	80.1	80.5	73.9	75.5	71.4	73.4				
増体重(kg)	49.7	45.2	46.4	47.7	44.6	46.0	43.3	44.8				
一日平均増体重(kg/頭/日)	1.02	0.93	0.95	0.97	0.91	0.94	0.88	0.91				
飼料要求率	3.46	3.18	3.55	3.33	3.56	3.37	3.39	3.36				
(全期間)												
供試頭数(頭)	6	6	5	6	6	6	6	6				
開始時体重(kg)	28.3	28.3	28.1	26.4	23.3	24.7	22.7	22.4				
終了時体重(kg)	82.4	79.6	80.5	80.5	73.9	75.5	71.4	73.4				
増体重(kg)	55.9	51.3	52.4	54.1	50.6	50.8	45.7	51.0				
一日平均増体重(kg/頭/日)	1.04	0.95	0.97	1.00	0.93	0.94	0.84	0.94				
飼料要求率	3.42	3.13	3.05	3.25	3.45	3.38	3.36	3.30				

平均値を示す。

表4 哺育期、子豚期、全期間における一日平均増体重、飼料要求率

項目	試験区	1	2	3	4
(哺育期)					
一日平均増体重 (kg/頭/日)	1	0.43 (100)	0.44 (102)	0.47 (109)	0.46 (107)
	2	0.43 (100)	0.35 (81)	0.38 (88)	0.45 (105)
	3	0.78 (100)	0.68 (87)	0.83 (106)	0.86 (110)
	平均	0.55 (100)	0.49 (112)	0.54 (98)	0.59 (107)
飼料要求率	1	3.11 (100)	2.80 (90)	1.82 (91)	2.77 (89)
	2	2.80 (100)	3.42 (122)	3.20 (114)	2.88 (103)
	3	2.62 (100)	2.87 (110)	2.34 (89)	2.29 (87)
	平均	2.84 (100)	3.03 (107)	2.79 (98)	2.65 (93)
(子豚期)					
一日平均増体重 (kg/頭/日)	1	1.02 (100)	0.93 (91)	0.95 (93)	0.97 (95)
	2	0.91 (100)	0.94 (103)	0.88 (97)	0.91 (100)
	平均	0.96 (100)	0.93 (97)	0.92 (96)	0.94 (98)
飼料要求率	1	3.46 (100)	4.60 (133)	3.55 (103)	3.33 (96)
	2	3.56 (100)	3.37 (95)	3.39 (95)	3.36 (94)
	平均	3.51 (100)	3.99 (114)	3.47 (99)	3.35 (95)
(全期間)					
一日平均増体重 (kg/頭/日)	1	1.04 (100)	0.95 (91)	1.16 (112)	1.00 (95)
	2	0.93 (100)	0.94 (103)	0.84 (97)	0.94 (100)
	平均	0.99 (100)	0.95 (104)	1.00 (101)	0.97 (98)
飼料要求率	1	3.42 (100)	3.13 (92)	3.05 (89)	3.25 (95)
	2	3.45 (100)	3.38 (98)	3.36 (97)	3.30 (96)
	平均	3.44 (100)	3.26 (95)	3.21 (93)	3.28 (95)

( )内は1区の成績を100とした場合の指数を示す。

## 2. 豚の健康

どの試験区においても下痢の発生はなく、豚の外観からは異常は認められなかった。

## 3. 血漿中のCu及びZn濃度

哺育期および子豚期ともに飼料中のCu及びZn含量が増加しても、血漿中のCu及びZn濃度 (ppm) は有意な増加は見られなかった。

表5 哺育期における血清中Cu, Zn濃度 (ppm)

試験区	1区	2区	3区	4区
飼料中Cu含量	10	50	87	127
血清中Cu濃度	1.63±0.206	1.60±0.078	1.75±0.247	1.64±0.548
飼料中Zn含量	87	82	87	131
血清中Zn濃度	0.98±0.060	0.89±0.060	1.01±0.064	0.97±0.051

平均値±標準偏差 (各区、n=3)

表6 子豚期における血清中Cu, Zn濃度 (ppm)

試験区		1区	2区	3区	4区
飼料中Cu含量		4	18	36	47
血清中Cu濃度	1ブロック	1.74	1.63	1.92	1.73
	2ブロック	1.72	1.68	1.73	1.81
	平均	1.73±0.01	1.68±0.04	1.83±0.13	1.77±0.06
飼料中Zn含量		58	60	67	91
血清中Zn濃度	1ブロック	0.75	0.67	0.71	0.81
	2ブロック	0.67	0.77	0.72	0.80
	平均	0.71±0.06	0.72±0.07	0.72±0.01	0.81±0.01

平均値±標準偏差 (各ブロックn=6、ただし2区2ブロックはn=5頭)

## 4. 肝臓中のCu及びZn濃度

### (1) 哺育期

表7に示すように飼料中のCu含量が増加するにつれ、肝臓中のCu含量は増加する傾向が

あり、Cu含量が127ppmになると、肝臓中(乾物)のCu濃度 (ppm) が有意に高くなった。肝臓中(乾物)のZn濃度 (ppm) は飼料中のZn含量が131ppmで増加する傾向にあった。

表7 哺育期における肝臓中Cu, Zn濃度 (ppm)

試験区	1区	2区	3区	4区
飼料中Cu含量	10	50	87	127
肝臓中Cu濃度	22.1±1.36a	23.3±0.72a	25.4±0.92a	31.3±2.61b
飼料中Zn含量	87	82	87	131
肝臓中Zn濃度	198±12.0	212±8.96	203±19.7	226±26.0

平均値±標準偏差 (各区、n=3)

異符号間に有意差有り (P<0.05)。

## (2) 子豚期

表8に示すように飼料中のCuの増加に伴い  
肝臓中(乾物)のCu濃度(ppm)は有意では

ないものの増加する傾向にあった。肝臓中(乾物)  
のZn濃度(ppm)は飼料中のZn含量が増加して  
も、増加しなかった。

表8 子豚期における肝臓中Cu, Zn濃度(ppm)

試験区		1区	2区	3区	4区
飼料中Cu含量		4	18	36	47
肝臓中Cu濃度	1ブロック	28.4	26.5	31.4	32.3
	2ブロック	27.4	29.2	30.9	43.8
	平均	27.9±0.71	27.9±1.91	30.8±0.35	37.8±8.13
飼料中Zn含量		58	60	67	91
肝臓中Zn濃度	1ブロック	177.5	143.1	196.2	197.1
	2ブロック	152.6	166.3	160.8	272.9
	平均	165±17.6	155±16.4	178±24.9	234±53.6

平均値±標準偏差(各ブロックn=6、ただし2区2ブロックは5頭)

表9 哺育期におけるCuふん中排泄量, 蓄積量、ふん中排泄率

試験区		1区	2区	3区	4区
飼料中Cu含量(ppm)a		10	50	87	127
飼料摂取b (mg/頭/日)	1ブロック	1.3	1.2	1.3	1.3
	2ブロック	1.2	1.2	1.2	1.3
	3ブロック	1.0	1.0	1.0	1.0
	平均	1.2	1.1	1.2	1.2
摂取量c (mg/頭/日) c = a × b	1ブロック	13	60	113	165
	2ブロック	12	60	104	165
	3ブロック	10	50	87	127
	平均	12a	57b	101c	152d
ふん中排泄量d (mg/頭/日) d = c × f ÷ 100	1ブロック	10.2	56	104	154
	2ブロック	9.7	57	102	157
	3ブロック	8.2	47	78	116
	平均	9.4a	54b	95c	142d
蓄積量e (mg/頭/日) e = c × d	1ブロック	2.8	4.4	12.3	8.0
	2ブロック	2.8	2.3	4.1	6.0
	3ブロック	1.9	1.6	5.7	9.0
	平均	2.2	2.8	7.4	7.7
ふん中排泄率f (%)	1ブロック	78.3	92.8	89.4	95.2
	2ブロック	81.1	96.1	96.2	96.1
	3ブロック	81.5	96.8	93.2	92.4
	平均	80.3a	95.2b	92.9b	94.6b

各項目の平均値は全てブロックの平均値とし、端数は四捨五入した。

異符号間に有意差有り(P<0.05)。



5. Cuのふん中排泄率、体内蓄積量及びふん中排泄量

(1) 哺育期

表9にCuのふん中排泄率(%)、体内蓄積量(mg/頭/日)及びふん中排泄量(mg/頭/日)を示した。哺育期飼料中のCuのふん中への排泄率は飼料中Cu含量が50ppmを超えると有意に高くなった。飼料中のCu含量の変化に対するCuのふん中排泄率の反応がどの時点で定常状態に達したと見なせるかを評価するために、飼料中Cu含量とそれに対応するCuのふん中排泄率のデータを大塚の折れ線モデル<sup>9)</sup>に当てはめ折曲点を推定した。折曲点の推定値は飼料中Cu含量が50.0ppm、排泄率が94.2%で得られた。このことは、Cuのふん中排泄率は飼料中Cu含量が50.0ppmまでは急激に高くなり、その後、94.2%で一定となることを示している。

Cuのふん中排泄量は飼料中のCu含量の増加割合に対応して直線的に高くなった。また、体内蓄積量は飼料中のCu含量が高くなるにつれて、有意ではないが増加する傾向にあった。飼料中のCu含量が50ppmを超えた場合のCuのふん中への排泄率の増加は、体内蓄積量を調整させる為の作用機序の発現と考えられる。

このことは、Cuの過剰な体内蓄積を防ごうとする生体反応から、Cuの過剰なふん中排泄を抑制する上で飼料中のCu含量は少なくとも50.0ppm以下とすることが望ましいと考えられる。

飼料中のZn含量が131ppmになるとZnのふん中排泄量と蓄積量は高くなった。ふん中へのZn排泄量は飼料中Zn含量の影響は見られなかった。

表10 哺育期におけるZn糞中排泄量、蓄積量、糞中排泄率

試験区		1区	2区	3区	4区
飼料中Zn含量(ppm)a		87	82	87	131
飼料摂取b (kg/頭/日)	1ブロック	1.3	1.2	1.3	1.3
	2ブロック	1.2	1.2	1.2	1.3
	3ブロック	1.0	1.0	1.0	1.0
	平均	1.2	1.1	1.2	1.2
摂取量c (mg/頭/日) c = a × b	1ブロック	113	98	113	170
	2ブロック	104	98	104	170
	3ブロック	87	82	87	131
	平均	101a	93a	101a	157b
ふん中排泄量 (mg/頭/日) d = c × f ÷ 100	1ブロック	104	93.9	105	156
	2ブロック	94.1	90.7	95.5	145
	3ブロック	72.9	78.2	76.3	110
	平均	90.3a	87.6a	92.3a	137b
蓄積量e (mg/頭/日) e = c - d	1ブロック	9.0	4.1	8.0	14.0
	2ブロック	9.9	7.3	8.5	25.0
	3ブロック	14.1	3.8	10.7	21.0
	平均	10.7a	5.1a	9.1a	20.0b
ふん中排泄率f (%)	1ブロック	92.3	95.8	93.1	91.8
	2ブロック	90.5	92.6	91.8	85.0
	3ブロック	83.8	95.4	87.7	83.9
	平均	88.9	94.6	90.9	87.6

各項目の平均値は全てブロックの平均値とし、端数は四捨五入した。異符号間に有意差有り (P<0.05)。

(2) 子豚期

表11にCuのふん中排泄率(%), 体内蓄積量 (mg/頭/日) 及びふん中排泄量 (mg/頭/日) を示した。子豚期において飼料中Cu含量に対するCuのふん中排泄率の反応を評価するため大塚の折れ線モデル<sup>9)</sup>に当てはめたところ、飼料中Cu含量が35.5ppm、排泄率が87.2%で折曲点の推定値が得られた。このことは、Cuのふん中排泄率は飼料中Cu含量が35.5ppmまでは急激に高くなり、その後、87.2%で一定となることを示している。Cuのふん中排泄量は、哺

育期と同様に飼料中のCu含量の増加割合に対応して直線的に高くなり、体内蓄積量は飼料中のCu水準が高くなるにつれて、増加する傾向にあった。

飼料中のCu含量が35.5ppmを超えた場合のCuのふん中への排泄率の増加は、哺育期と同様にCuの過剰な体内蓄積を防ごうとする生体反応の発現と考えられ、したがって、子豚の健康を損なわずにCuの過剰な排泄を避けるためには、飼料中のCu含量を35.5ppmまでげることが望ましいと考えられる。

表11 子豚期におけるCuふん中排泄量, 蓄積量、ふん中排泄率

試験区		1区	2区	3区	4区
飼料中Cu含量(ppm)a		4	18	36	
飼料摂取 b (kg/頭/日)	1ブロック	2.9	2.5	2.9	2.8
	2ブロック	2.8	2.7	2.6	2.6
	平均	2.9	2.6	2.8	2.7
摂取量 c (mg/頭/日) c = a × b	1ブロック	11.6	45.0	10.4	132
	2ブロック	11.2	48.6	93.6	122
	平均	11.4	46.8	98.8	127
ふん中排泄量 d (mg/頭/日) d = c × f ÷ 100	1ブロック	7.8	32.9	90.2	116
	2ブロック	7.3	37.0	82.6	105
	平均	7.6	35.0	86.4	111
蓄積量 e (mg/頭/日) e = c × d	1ブロック	3.8	12.1	13.8	16.0
	2ブロック	3.9	11.6	11.0	17.0
	平均	3.9	11.9	12.4	16.5
ふん中排泄率 f (%)	1ブロック	66.9	73.1	86.7	87.5
	2ブロック	64.8	76.1	88.2	85.8
	平均	65.6	74.6	87.5	86.7

各項目の平均値は全てブロックの平均値とし、端数は四捨五入した。

異符号間に有意差有り (P<0.05)。

Zn排泄量は飼料中のZn含量の増加により増加する傾向にあった。Zn排泄率は飼料中のZn含量が最も高い含量で最大となった。Znの体内蓄積量は飼料中のZn含量に大きな影響は受けなかったが、飼料中のZn含量が90.8ppmで最も低かった。

本試験の条件下では哺育期、子豚期ともに飼料中のCu水準について、一日平均増体重、飼

料要求率に対する明確なCuの添加効果は確認できなかった。飼料中へのCuの添加効果は子豚期よりも哺育期で高いこと、および、特にストレスの強い環境条件下<sup>10)</sup>で発現しやすいことが知られている。Lenisによると飼料中のCu水準が8、106、216ppmの3種類の試験飼料を生体重36、67、99kgの豚に給与した場合、CPとアミノ酸(リジン、メチオニン、トレオニン)

表12 子豚期におけるZnふん中排泄量、蓄積量、ふん中排泄率

試験区		1区	2区	3区	4区
飼料中Zn含量(ppm)a		58	60	67	
飼料摂取b (kg/頭/日)	1ブロック	2.9	2.5	2.9	2.8
	2ブロック	2.8	2.7	2.6	2.6
	平均	2.9	2.6	2.8	2.7
摂取量C (mg/頭/日) c = a × b	1ブロック	168	150	194	255
	2ブロック	162	162	174	237
	平均	165	156	184	246
ふん中排泄量 (mg/頭/日) d = c × f ÷ 100	1ブロック	140	119	172	236
	2ブロック	134	130	149	210
	平均	137	125	161	223
蓄積量e (mg/頭/日) e = c × d	1ブロック	28.0	31.0	22.0	19.0
	2ブロック	28.0	32.0	25.0	27.0
	平均	28.0	31.5	23.5	23.0
ふん中排泄率f (%)	1ブロック	83.1	79.3	88.6	92.6
	2ブロック	82.9	80.5	85.4	88.8
	平均	83.0	79.9	87.0	90.7

各項目の平均値は全てブロックの平均値とし、端数は四捨五入した。

異符号間に有意差有り (P<0.05)。

の見かけの消化率は生体重が36kgでCu含量が106ppm以上での改善を報告している<sup>10)</sup>。また、飼料中のCPの見かけの消化率の改善に伴う、大腸でのアンモニア産生が抑制される一連の報告がなされている<sup>10)</sup>。

本試験で用いた基礎飼料のCPの見かけの消化率は哺育期が91.9%、子豚期が87.6%で、上述の報告で生体重36kgの豚に飼料中Cu含量が8ppmの試験飼料を給与した場合の73.5%と生体重67kgの場合の79.3%に比べ高い値を示している。このため、CPの見かけの消化率に対するCuの添加効果を発現できなかったのであろう。一方、飼育環境条件に関しては、本試験では毎日、午前中に除ふん清掃作業を行い、豚房内外の清浄度の維持に務め、また、換気、通気などを通して舎内環境を適切に調整したため、飼育環境からのストレスは低い条件であったと解釈できる。一般的に哺育期は生後より体重30kgまでとされているのに対し、本実験の哺育期

試験では哺育期の後半の22から30kgまでの実験豚による成績に限られ、また、飼養期間も短かった。したがって、哺育期において生産性に対する飼料へのCuの添加効果が発現されなかったことについては、本試験における飼育条件、給与飼料の相違の他に実験豚の日齢が関与しているとも考えられる。

この点について、哺育期についてはさらに検討する必要があると考えられる。一方、子豚期では飼料中へのCuの添加の子豚の発育に対する効果は低いものと考えられた。

本試験では、豚の発育に対する飼料中のCuの添加効果は認められなかったが、哺育期、子豚期ともに飼料中のCu含量の増加に対するふん中へのCuの排泄率が増加した。このことは、Cuの体内への過剰蓄積を防ごうとする生体反応の発現と考えられ、排泄率の反応から考えると哺育期では少なくとも50ppm、子豚期では35.5ppmを飼料中のCu添加量の上限值とする

ことが好ましいと考えられた。

以上のことより、現行のCuの添加限量を哺育期では120ppmから50ppmへ、子豚期では50ppmから35.5ppmへ低減できる可能性が示された。

## 要 約

飼料中のCu、Zn添加量の合理的な削減を図るため、Cuの添加水準を哺育期6から125ppm、子豚期5から50ppmの各4段階とした飼料を60頭の子豚に給与し、養豚飼料のCu、Zn水準が子豚の発育、飼料要求率、健康及びふん、血漿、肝臓中のCuならびにZn濃度に及ぼす影響を調べた。

- (1) 哺育期及び子豚期ともに一日平均増体重と飼料要求率は飼料中Cu含量が増加しても改善されなかった。
- (2) 哺育期および子豚期ともに飼料中のCu及びZn含量が増加しても、血漿中のCu及びZn濃度は有意に増加しなかった。
- (3) 哺育期においては、飼料中のCu含量が127ppmでは、肝臓中(乾物)のCu濃度(ppm)が有意に高くなった。子豚期においても、肝臓中(乾物)のCu濃度(ppm)は飼料中のCu含量の増加に伴い増加する傾向にあった。
- (4) 哺育期では50ppm、子豚期では35.5ppmで、飼料中のCu含量の変化に対するCuのふん中排泄率の反応は一定となった。

本試験の条件では、飼料中のCu含量を増加しても、発育には差が認められなかったが、ふん中排泄率の反応から、現行のCu添加量を哺育期では125ppmから50ppm、子豚期では50ppmから35.5ppmまで低減できる可能性が示された。

ただし、本実験の哺育期の成績は哺育期の後半の成績であるため、哺育期についてはさらに検討が必要と考えられる。

## 参考文献

- 1) R. Braude. Copper in Animal Wastes and Seweage Sludge. (ed. by P. L'Hermitte and J. Dehandtschutter). p3-15. D. Reidel Pub. Co., Holland. (1981).
- 2) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：日本飼養標準(豚)(1995年版)、中央畜産会、東京。(1995)。
- 3) National Research Council, Nutrient Requirement of Council of Swine. Ninth revised edition. National Academy Press. Washington, DC. (1988).
- 4) H. Wakasawa. Mineral contents in assorted feed and excrements of pigs supplied with it. Bulletin of Shizuoka Agricultural Experimental Station. 29:75-82. (1984).
- 5) S. Ushio. Contents of nutrients and heavy metals in sludge fertilizers and composts. Bulletin of Chiba Agricultural Chemistry Inspection Station. 6:1-14. (1993).
- 6) 環境庁. 土壌中の汚染に係わる環境基準について. 環境庁告示. 48 (平成3年8月23日)
- 7) 原田靖夫. 家畜ふん堆肥の品質基準. 家畜ふん尿処理・利用の手引き. p62-63. 畜産環境整備機構 (1998).
- 8) 高木久雄、花積三千人、山崎広明、青木 健、野崎久典、米持千里. 飼料中の銅および亜鉛含量が肥育豚の発育および排泄量に及ぼす影響. 中央畜産会. (1997).
- 9) 大塚雍雄：折れ線モデルのあてはめ、農林研究計算センター報告 A14、1-31. (1978).
- 10) N. P. Lenis. Copper in Animal Wastes and Seweage Sludge. ed. by P. L'Hermitte and J. Dehandtschutter). p61-81. D. Reidel Pub. Co., Holland. (1981).

## 課題名 IV 環境保全技術体系の開発

### 2 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化

#### ① 家畜ふん尿処理利用技術の実態解析

##### — ホーラ剤の利用による豚ふん尿の処理 —

担当者名：岡田 清、古川智子、岡田光弘

研究期間：平成8年～9年

#### 緒言

家畜汚水中の悪臭、環境負荷物質を軽減するために、低コスト、かつ維持管理の容易な処理技術等の開発が望まれている。ホーラ剤は材木を特殊カッティングにより、多孔質化し、樹脂等の物質を除去し、微生物の生息・増殖に適した特殊細片であり、脱臭効果、有機質分解能力が高いことから、家庭用の厨芥処理或いは下水処理に利用されている。本剤は自然界に生息する微生物の働きによって、有機質、臭気成分を分解するもので、微生物のすみかとなるホーラ剤の主成分がセルロース、リグニン、ヘミセルロースであり、腐敗することがほとんどなく、長期にわたり微生物の活動を維持し続けることが可能である<sup>1,2)</sup>。

畜舎汚水処理の最終工程に本剤を利用するとともに、手作りで処理システムを構築した養豚農家を対象として、処理方法、浄化効果について調査を行ったので、その概要を紹介する。

#### 調査方法

福島県鏡石町H養豚農家に設置された手作りの汚水処理施設を対象として、平成8年8月、同年12月及び平成9年12月に試料を採取し、ホーラ剤を充填したリアクターの底部に貯えられた処理汚水中の浮遊物質(SS)、生物化学的酸素消費量(BOD) 化学的酸素消費量(COD)、電気伝導度(EC)等環境負荷の指標となる成分を測定した。

#### 調査結果

水田地帯に囲まれた高台に位置しており、常時

500頭を飼養している。敷地面積が狭いため、処理施設の導入に当たっては、低コスト、維持管理が容易なことに加えてコンパクトであることが必須条件であった。このような立地条件もあり、本施設は写真1に示すように、豚舎間の僅かな空地の地下に埋設されている。

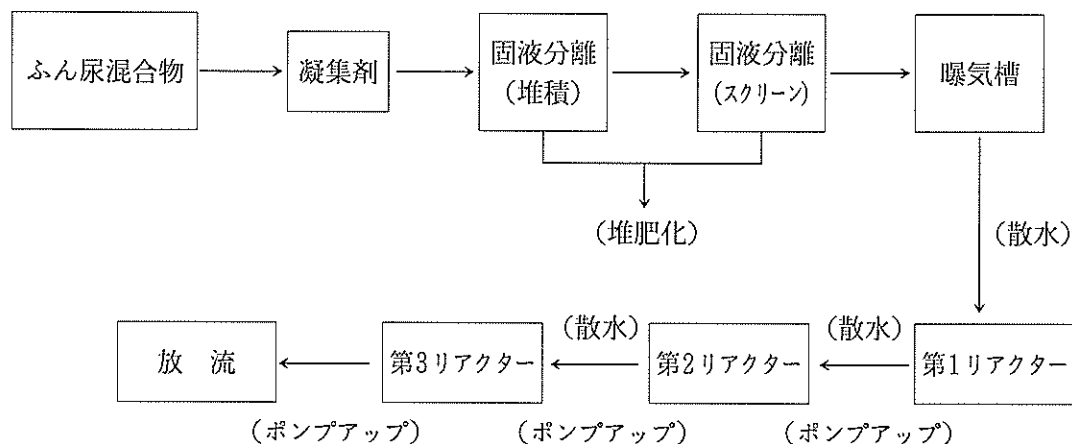
豚舎よりスクレーパーにより掻き出されたふん尿混合物に凝集剤を添加した後、籾殻を添加し、コンクリート製の固液分離装置に堆積する。本施設の床には溝と緩やかな勾配がつけられており、堆積中にしみ出た汚水は下方の排水溝に流出する。この高濃度の汚水は網目スクリーンにより再度固液分離される。固液分離施設に添加する籾殻は流動物が直接排水溝に流れ落ちるのを防ぐとともに、水分調整剤としての機能を果たしている。ここで分離された固形分はフロントローダーにより、堆肥舎へ搬出・堆積し、発酵処理を行っている。スクリーンで分解された固形分も堆肥舎に搬出し、堆肥原料として使用される。生産された堆肥は全て販売されている。

液分は2倍に希釈した後、曝気槽に送られ、3.7Kwのプロアーで連続曝気している。曝気槽の上登液をホーラ剤を堆積した第1番目のリアクターに散水し、浄化処理を行っている。次いで、第1番目のリアクターの下からポンプで処理液を汲み上げ第2番目のリアクターに散水する。同じ工程を3回繰り返した後、処理水は無希釈のまま放流している。

リアクターは長さ3m、幅3m、深さ2.6mで、開設当初は上部に設置された散水管が隠れる程度

まで、ホーラ剤を堆積する。次年度からは目減りした分を補充するのみである。

図1 汚水処理の工程



リアクターは、地下に埋設されており、外気温の変化による影響はほとんどなく、厳寒期でも機能の低下は認められない。また、ホーラ剤は主成分が、セルロース、ヘミセルロースであり、悪臭を伴う腐敗も認められず、分解によるホーラ剤の消耗も3%~5%と極めて少ない。

臭気は固液分離槽及び固液分離後の汚水、堆肥舎等においては普通の養豚場と同様の臭気を発している。汚水の臭気は曝気処理により激減し、第1リアクターを通過した後は、ほとんど感知できない程度まで脱臭されていた。

表1 ホーラリアクターによる処理効果

測定項目	曝気槽		第1リアクター		第2リアクター		第3リアクター	
	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期
SS mg/l	50	70	14	13	7	5	5	4
BOD mg/l	650	540	45	47	34	30	23	12
COD mg/l	1,800	1,480	38.0	33.0	19.0	18.0	16.0	15.0
pH	7.1	7.3	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8	6.7
温度	28.3	37.5	27.9	28.4	28.3	28.2	28.0	27.5
EC mg/l	0.32	0.30	0.29	0.27	0.21	0.20	0.17	0.15
濁度 mg/l	299	305	204	250	168	182	109	118

夏期の測定値は平成8年8月、平成9年8月に採取した試料の平均値

冬期の測定値は平成9年12月に採取した試料の測定値

水質は表1に示す通りであり、SSは曝気槽内で既に50~70mg/ℓまで低下しているが、第1リアクターで処理することにより約1/4に減少した。さらに、第2リアクターでの処理後には5~7mg/ℓにまで低下しており、第3リアクターでは第2リアクターと同様の値が得られた。BOD、CODについても曝気処理により浄化が進み、前者で500~650mg/ℓに低下し、後者で1,500~1,800mg/ℓまで低下した。第2リアクターではBODが50~60mg/ℓ、第3リアクターでは約30mg/ℓと低下し、第3リアクターでも同様の値が得られた。pHの変化は少なく、7.0前後で推移したが、リアクターでは弱アルカリ性を保持したまま推移した。温度変化はほとんどなく、ECは処理工程が進むにしたがい、若干低下する傾向が認められた。濁度については処理工程毎に次第に低下する傾向が認められたが、最終工程後で100mg~110mg/ℓと高い値が認められた。いずれの成分及び工程においても、夏期と冬期間の差は認められなかった。

## 考 察

以上の結果から、ホーラ剤の浄化機能は高いといえる。また、管理技術も特別な熟練を要しないことから、普及が見込まれると考える。普及の制約要因としては、本剤が杉等木材を特殊技術により多孔化するとともに、アルカリ処理により樹脂を除去する等の処理を加えているため、必然的に価格が高くなる点が挙げられる。多くの処理方法にもいえることであるが、色素の除去が不十分な点もマイナス要因である。

BOD、COD、SS等の環境負荷物質の除去には活性汚泥法をはじめ多くの方法が導入されているが、適否は立地条件、負荷量によって異なるため、本法と直接対比できないが、小規模経営には適合したシステムといえる。

本システムと類似した汚水の浄化、脱臭法としては、土壌を利用するトレンチ工法を挙げることができる。しかし、後者は本システムに比べ、環

境負荷物質の除去性能が劣り、施設設置に広い面積を要する。また、地下水位が高い場合には設置は不可能であり、過負荷の場合には地下水の汚染も懸念される。さらに、目詰まりするため、定期的な掘り起こしが必要となる等劣る点が目立つ。

諸外国においても、汚水を浄化、脱臭するため或いは畜舎内・堆肥から発する悪臭を除去するために、バーク、ピート、堆肥等が資材として広く利用されている。これらの資材を詰めたバイオリアクター中に汚水を散水し、さらに、送風する方法が経済的には最も優れていると考えられている。この方式によると、施設への投資額は化学・物理的手法より安価であり、運転経費は1/5で済むことが確認されている。さらに、このような木質資材を皮膜化或いは多槽化することにより、除去機能はさらに高まることが期待されており、汚水処理の有力な方法と考えられている。無論、これらの有機質資材は徐々に分解するため、耐用年数は短い、更新時には良質の堆肥に仕上がっており、土壌改良資材としての評価が非常に高い<sup>3,4)</sup>。

本施設は浄化能力が高く、維持管理も容易であることから、近隣の県及び市町村において、生活雑排水の処理システムとして導入を試みるころが増えている。このため、本システムを考案した経営者は、指導・講演と多忙となっている。無論、本システムには改善を要する点も多い。その一つとして、固液分離及び堆肥化中に発する臭気対策が上げられる。ビニール等で覆い豚舎周辺に臭気が発散するのを防ぐとともに、臭気をダクトでリアクター送り込むことにより、改善されることが見込まれる。このような、通風処理はリアクター内に酸素を供給することにもなり、浄化効果はさらに高まることが期待できる。脱色が不完全な処理水については、簡単な人工水路、湿地を設置することにより、大幅に改善されると考える。現時点でも、十分なコスト低減を達成しているが、さらに低減するには、リアクターの核となっているホーラ剤に変えて、バーク、木材チップを利用することが考えられる。成分的にはほぼ同様であり、

その効果も諸外国で既に実証済みであり、本システムと大差ない浄化効果が期待できるものと考え  
る。

## 要 約

固液分離、曝気処理を行った豚舎汚水を、ホー  
ラ剤と呼ぶ木質細片を詰めたリアクターを通すこ  
とにより、BOD、COD、SS等の環境負荷物質及  
び臭気の顕著な除去効果が認められた。施設投資、  
運転経費が少なく、管理も容易なことから、普及  
することが見込まれる。

## 参考文献

- (1) 山本 弘、角田祐介、森 忠洋、松岡晃範：  
第3回廃棄物学会研究発表会、都市と農山村を  
結ぶ総合廃棄物処理システムの開発(2)、19～22  
(1992)
- (2) 山本 弘、角田祐介、松岡晃範、森 忠洋：  
第26回日本水環境学会年会講演集、24～25(1992)
- (3) G. Martin and G. Besson : Biodeoderization.  
ODORS and DEODERIZATION in the  
ENVIRONMENT. 375～396 (1994)
- (4) H. Paillard and G. Martin : Odor  
Elimination in Wastewater Treatment  
Plants and Sewage Networks. ODORS and  
DEODERIZATION in the ENVIRONMENT.  
415～444 (1994)





写真1. ホーリアクター。リアクターには多孔質化された木質細片を詰め  
ており、微生物の作用を利用して浄化を行う。施設はコンパクトであり、豚  
舎間の狭い空き地にも設置可能である（福島県鏡石町）。

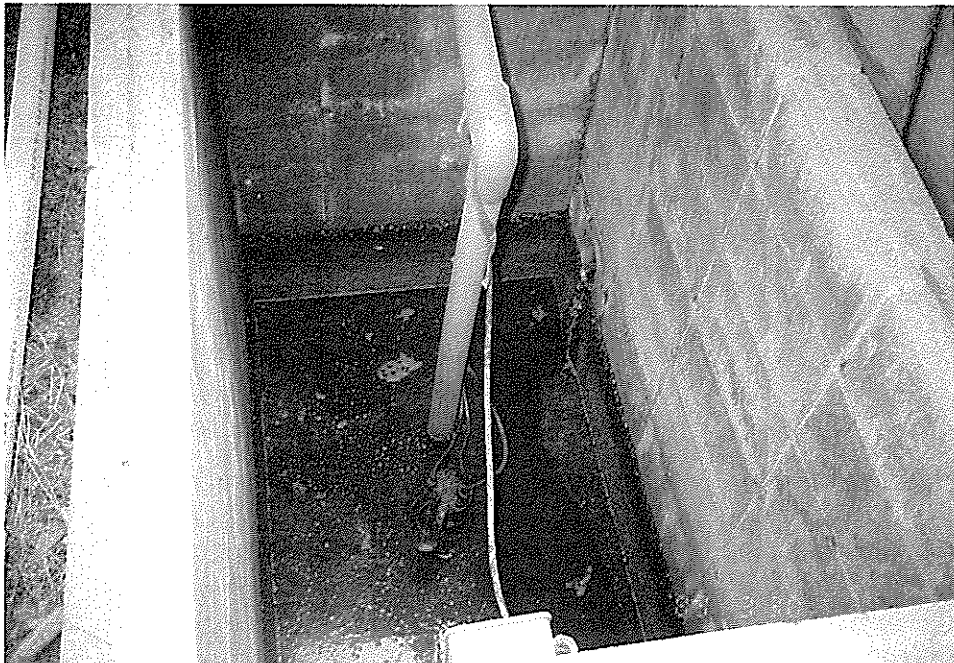


写真2. リアクターの側面と地下タンク。リアクターで浄化した汚水は底  
のタンクに一時貯え、次いで、ポンプで汲み上げ、次のリアクターの上部  
に散水する。同様の工程を3回行った後、無希釈のまま放流する（福島県  
鏡石町）。

## 課題名 IV 環境保全技術体系の開発

### 2 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化

#### ① 家畜ふん尿処理利用技術の実態解析

##### — 堆肥センター運営の実態 —

担当者名：岡田 清、古川智子

研究期間：平成9年

#### 緒 言

家畜飼養頭数の増大に伴い、経営内での土地還元は困難となるとともに、堆肥生産に振り向ける労力も不足することから、家畜排泄物が新たな環境公害源となる恐れが出ている。管理の集中化を図り、排泄物を適正に処理し、環境改善を図るとともに、有機質肥料として付加価値を高め、耕種農家等への流通を促進するため、全国的に堆肥センターが設置された。しかし、原材料の確保、品質、流通・販路等で行き詰まっている事例も多い。

このため、堆肥センターにおける処理技術、運営の実態を明らかにするとともに、堆肥センターの健全な運営に資するための基礎知見を得ることとした。

#### 調査方法・結果

福島県本宮町役場農政課及び同町堆肥センターにおいて、これまで取り組んできた過程における処理技術、原材料の確保・流通・利用等の問題点について聞き取りを行うとともに、現在の処理技術、運営の実態を調査した。

本宮町堆肥センターは昭和61年に「新農業構造改善事業」を利用し、屎尿施設の建設費として70,620千円、次いで62年度には95,150千円を投じ堆肥化施設を建設した。敷地の面積は3,920㎡、建物面積は1,237㎡、市街より数キロ離れた丘の上に設置されている。

堆肥センターの運営体制は図1に示すように、「運営組合」が窓口となって、堆肥原材料の搬入・搬出を行うとともに、「農協」を介して受注、会

計等の業務を行っている。堆肥を利用する耕種農家等は農協を通じ発注、支払いを行うが、堆肥は「運営組合」を通じ、搬入或いは散布を行っている。役場には先駆的指導者がいて、指導・助言に当たっている。

昭和62年に運営組合（5名の組合員）を組織化し、運営を開始し、63年4月より豚糞に稲わらと籾殻を混合して堆肥づくりを開始することになった。平成5年には浄水脱水ケーキを利用して堆肥作りを始め、この製法を「堆肥熟成促進剤及び堆肥の製造法」として特許を申請。平成7年3月には産業廃棄物処分業（産業廃棄物中間処理施設）の許可を得た。このような熱心な取り組みが認められ、平成9年には環境保全型農業推進コンクール（東北ブロック）で第3位に入賞している。平成9年には懸案の特許も取得している。

堆肥の種類は第1号（豚糞、稲わら、脱水ケーキ）から、牛糞、鶏糞、「魚のあら」等の各種組み合わせにより、第45号までの用途別堆肥を製造している。最も生産・流通の多いのは第45号で、豚糞に籾殻、卵殻、おから、ビール粕等を混合している。

堆肥の原料としては、牛・豚・鶏の糞、卵殻、豆腐のおから、油脂製造粕、残飯、おがくず、籾殻、稲わら、ビール粕、農業集落排水処理場の脱水ケーキ等地元で回収できるものはほとんど利用している。

堆肥の生産量は表1に示すように、平成5年には1,651㎡であったが、次第に増加し、平成9年には3,000㎡に到達している。

表1 堆肥の生産量の推移

	平成5年	平成6年	平成7年	平成8年	平成9年
堆肥生産量 m <sup>3</sup>	1,651	1,704	1,883	2,500	3,000

販売価格は籾殻堆肥の場合、トン当たり5,000円であるが、町外にはこのほか距離に応じて別途2,000～3,000円/トンの配達料が必要となる。町内の配達料は無料であるが、希望者には2,000円/トンで圃場への散布まで行っている。さらに、町内の利用者にはこれらの費用の半分を町とJA

が助成している。

最近開発した製品には「あだたら有機堆肥」と名付けて販売しているが、利用者から好評を得ている。成分は表2に示すように、以前に生産していた堆肥に比べ、窒素、リン酸、炭素率が低くなっている。

表2 堆肥成分

品名	窒素	りん酸	カリ	石灰	苦土	pH	炭素率
あだたら有機堆肥 7号	2.94	3.42	2.48	1.22	1.22	8.63	9.51
あだたら有機堆肥 21号	1.87	2.53	4.65	0.59	0.59	6.04	7.40
豚糞+籾殻堆肥 (旧)	3.30	4.01	3.23	1.06	1.06	7.11	11.50
豚糞+稲わら堆肥 (旧)	2.48	3.88	2.98	0.88	0.88	8.87	15.50

注：窒素、りん酸、カリ、石灰、苦土は乾物中の含有率（％）

製造期間も当初は4～5カ月間を要していたが、現在では2カ月間に短縮している。臭気の発生量は当初に比べ、1/10に減少したほか、高温発酵処理のため、ハエの発生が激減、フレコンパック（写真）に袋詰めして流通することが可能となり、家庭菜園での利用が急増するなど、好転している。

しかし、このような現状に満足することなく、地域有機質資源のより一層の活用、有機野菜・有機栽培米の推進、育苗用培養土の生産、販路の拡大を図ることを計画中である。また、最近の傾向として、窒素成分が低い製品が好まれるので、堆肥化過程で窒素を除去する方法についても検討を開始している。

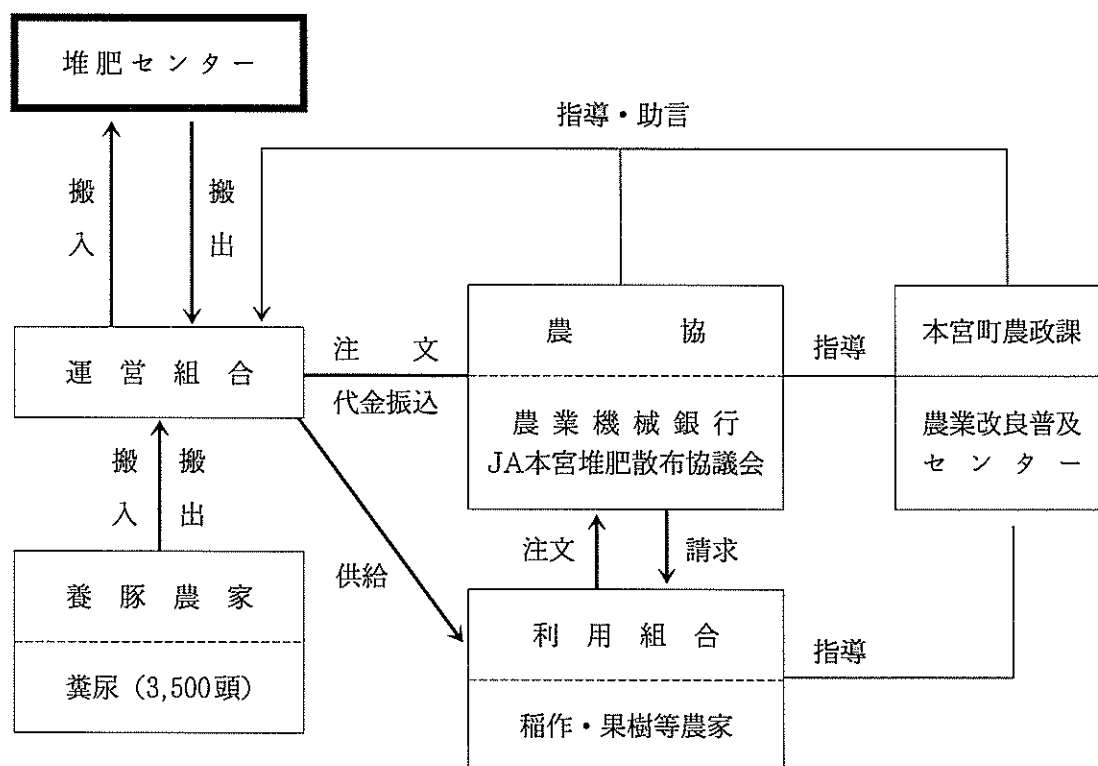
## 考 察

開設当初は悪臭の発生で困窮したが、廃汁処置、副資材の組み合わせ等により、これを克服している。また、良質堆肥の製造により販路も確立しているが、今後とも健全な運営のためには、堆肥原料を安定的に確保することが不可欠である。現在では家畜の糞すら入手困難となっており、その不足分を多種多様な原材料でカバーしている。地域内で原料を確保するには、一般家庭から出されるゴミを分別回収し、有機質資源の活用をさらに高める必要がある。また、耕種・園芸農家との密接な連携による農場副産物、農場廃棄物の回収をさらに高める必要がある。製品の成分についてみると、窒素の含有率が若干高く、炭素率は若干低い、堆肥の製造工程が2か月間と短いことを考

えると、熟成による影響ではなく、原材料中窒素含有率が高いことと、リグニン・セルロース等の炭素源が不足していることによるものと考えられる。したがって、炭素含有率の高い原材料の確保に努める必要がある。そうすることによって、発酵過程における臭気発生量の低下、水分調整も容易となり、何よりも、利用者の求めている「窒素分の少ない堆肥」の生産が可能となろう。その

ためにも、一般家庭から排出されるゴミ資源の分別・回収について、再度検討すべきである。これまでも堆肥センターは廃棄物の有効利用を進めてきており、その波及効果は地域内のゴミの減量化に大きく貢献しているはずである。堆肥の利用に対する助成も結構であるが、資源回収に対する助成はそれ以上の環境保全効果をもたらすであろう。

図1 堆肥センターの運営体制



また、販路の拡大には、何よりも耕種等農家が実際に利用し、耐病性、収量、品質・食味が改善されたことを実感してもらうことが不可欠であるが、本堆肥センターはそこまでをターゲットとしており、その成果は単に本宮町にとどまらず、全国的に波及効果をもたらすであろう。

要 約

地域内の各種有機質資源を有効に活用し、堆肥

化するとともに耕種農家等の需要に応じて肥料成分等の調整を行っている。また、フレコンパックへ袋詰めし、取扱い量を小型化するとともに、運搬・圃場への還元作業を引き受けることも販路拡大に寄与している。

原材料の不足が最大の悩みで、地域内有機質資源の回収に向けての取り組みを強化する必要がある。



写真1. 地域内の各種の有機質資源を活用し、堆肥化している。製品化するまでに当初は4～5か月間を要していたが、現在は2か月間に短縮している。



写真2. 製品の大部分はフレコンパックに袋詰めして出荷している。小型化したため、作業が容易になるとともに、家庭菜園での利用が急増することになった。

## 課題名 IV 環境保全技術体系の開発

### 2 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化

#### ① 家畜ふん尿の処理利用技術の実態解析

##### — 活性水の製造・利用の実態について —

担当者名：岡田 清、古川智子、山本朱美、斉藤美緒（福島県南家畜保健衛生所）、  
高橋 力（二本松市市役所産業部）

研究期間：平成8年～9年

#### 緒言

二本松市岳温泉には多くの観光客、湯治客が訪れ、重要な収入源となっているが、畜産もこの地域で盛んである。このため、畜産に起因する悪臭、ハエの発生は観光産業にとって大きな痛手となる恐れがあることから、役場の産業部が中心となり、悪臭防止、環境美化に乗り出すこととなった。施設への投資が畜産経営を圧迫しないことと、簡単な処理で悪臭の軽減効果が期待できる方法として、「活性水」と呼ばれる手法の開発に取り組むこととなった。写真1と2のように、ドラム缶、樹脂製のタンク等にブローアーからなる簡単な装置である。この二本松方式は脱臭効果、堆肥の発酵促進効果があるとして、県下で普及しつつある。また、類似の方法で製造される活性水が、臭気を激減するとのことで、全国的に広がりつつある。

しかし、使用効果の有無あるいは作用機序については、まだ明らかにされていない。このため、活性水の製造法、利用法の実態を明らかにするとともに、活性水の成分特性について調査を行うこととした。

#### 調査方法

- (1) 二本松市役所が開発した「活性水」の製造方法、設置費用を明らかにするとともに、肉牛経営、酪農の生産現場における脱臭効果及び堆肥発酵促進効果について聞き取り調査を行った。
- (2) 養豚農家で製造している活性水中のBOD、COD等負荷物質、金属元素等の成分含量、生

物相を調べるとともに、畜舎内散布によるアンモニア、硫化水素等臭気成分の抑制効果を調査した。また、設置費用等について聞き取り調査を行った。さらに、活性水を利用して効果が認められたとする農家(A)と効果が認められないとする農家(B)を選出し、活性水の製造工程毎の成分・性状の推移について検討を行った。

#### 調査結果

##### (1) 活性水の製造法

- ①元菌（完熟堆肥）に尿と水を混合し、花崗岩、軽石等を入れたタンクの中で軽く曝気を行う。1か月後に約1/2を第2槽に移す、この時点で減少した分量を補充し、曝気を継続する。
- ②活性水は図1のような工程で製造しているが、各槽内の曝気・滞留時間は農家によって異なり、10日間としている事例もある。また、農家によっては第4槽の処理を省略する場合もある。

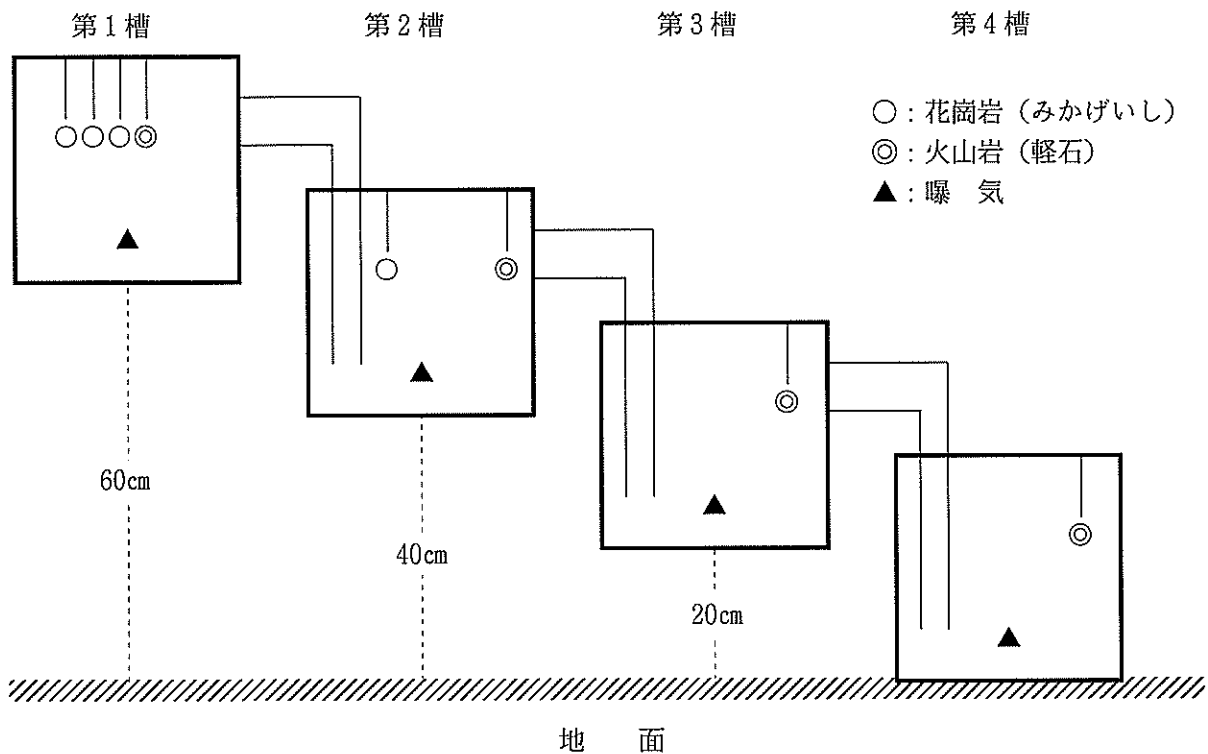
##### (2) 活性水の使用法・使用効果

活性水を500～1,000倍に希釈して、尿溝或いはふんの上から朝・昼・晩の三回散布している。堆肥製造の場合には、希釈せずに原液を資材（敷料として使用済みのオガクズ）の上から散布している。

生産者或いは地元住民は活性水を利用することによって、畜舎内及び畜舎周辺の臭気は激減したと判断している。今回の聞き取り調査時に

図1 活性水の製造工程

- 第1槽：花崗岩30kg、火山岩5kgを吊したタンクに元菌を添付し、1か月間曝気
- 第2槽：花崗岩10kg、火山岩5kgを吊し、1週間曝気
- 第3槽：火山岩5kgを吊し、1週間曝気
- 第4槽：火山岩5kgを吊し、1週間曝気



おいても、一般の畜舎より臭気は少ないことが実感できた。肉牛農家では、脱臭効果に加えて堆肥の発酵促進も認められるとのことであった。活性水を利用するまでは、堆肥の引き取り手は全くなく処理に困っていたが、現在は品質が向上したため、堆肥生産が追いつかない程の需要があるとのことであった。

プラントの設置費用は鉄筋コンクリート製の収納施設に20万円、500ℓのタンク、エアレーション器具一式、バルククーラー（中古で多くの場合無料）で8万円程、元菌代（熟成堆肥を利用する場合は無料）5,000円で総計しても30万円には達しない事例が多い。

### (3) 活性水の成分

表1に示すように、A農家、B農家とも、BOD、COD、窒素、炭素は第1槽内で激減し、その後も次第に低下する傾向を示した。その他の成分については著しい変化は認められなかった。

表1 養豚農家における活性水の性状

成分	A 農家 (効果がある)				B 農家 (効果がない)			
	第1槽	第2槽	第3槽	第4槽	第1槽	第2槽	第3槽	第4槽
BOD mg/ℓ	2.7	1.2	1.2	0.7	1.9	1.6	1.3	1.5
COD mg/ℓ	195.7	75.8	58.6	58.7	210.6	81.5	82.4	82.1
EC μS/cm	0.96	0.44	0.38	0.41	1.28	1.04	1.06	1.02
ORP mv	-51	-66	-68	-58	-38	-46	-51	-47
pH	8.0	8.1	8.2	7.7	7.6	7.7	7.6	7.5
T-N mg/ℓ	786	264	224	218	1,015	772	792	747
T-P mg/ℓ	1,470	929	894	894	1,470	1,457	1,465	1,487
T-C mg/ℓ	162.2	70.9	57.0	57.8	174.8	130.5	126.2	122.4
Al mg/ℓ	0.11	0.00	0.06	0.00	0.16	0.13	0.11	0.14
Ca mg/ℓ	1.95	1.96	1.96	1.96	1.95	1.95	1.95	1.95
Fe mg/ℓ	0.21	0.05	0.08	0.06	0.22	0.16	0.15	0.17
K mg/ℓ	3.3	5.8	6.5	7.5	31.0	23.0	21.8	27.8
Mg mg/ℓ	21.0	17.3	21.1	21.1	12.0	21.0	21.0	21.0
Na mg/ℓ	2.6	0.66	1.20	1.17	3.67	2.47	2.43	2.86

平成9年12月に試料を採取

最終工程における成分についてA農家とB農家を対比すると、B農家は窒素、リン、炭素、EC、Kが著しく高く、CODも若干高くなっている。これらの成分は第1槽においてもいずれも高く、最初から材料の濃度がA農家に比べ高いものと考えられる。また、その後の処理工程においてもあまり減少しないことから、曝気量の不足も考えられる。窒素・炭素量とpHの関係についてみると、A農家では酸性を保持しながら推移し、炭素をエネルギー源とする微生物の活動により、アンモニアとして揮散していると考えられる。一方、B農家ではpHは酸性のまま推移しており、窒素、炭素量も高いまま推移していることから、分解が進んでいないものと考えられた。また、全行程を通じて槽内の温度が2～3℃で推移していることから発酵が進んでいないことが示唆された。しかし、このよ

うな、活性水の成分含量及び性状の差を臭気抑制効果と結びつけるような知見はない。

福島県南家畜保健衛生所の調査結果では、A農家における微生物数は、第1槽ではHafnia alvei, グラム陰性桿菌が多数認められ、総菌数は $2 \times 10^4$  CFU/mlである。菌数は、その後次第に減少するが、グラム陰性桿菌が次第に増加するため、第4槽における総菌数は $3 \times 10^3$ であった。フロックの形成は認められなかった。また、好酸染色される原虫は認められなかった。福島県農業試験場の細菌検査では、大腸菌群は分離されていない。また、特に重要と考えられる病原性の細菌は分離されていない。しかし、Bacillus属、Clostridium属等芽胞を形成する菌も検出されている。



#### (4) 利用方法

500倍～1,000倍に希釈して、尿溝、糞に朝、昼、晩散布、或いはエサに散布して給与を行っている。堆肥原材料に原液を散布し、臭気発生の抑制、発酵促進を図っている事例もある。

#### (5) 利用効果

二本松市岳温泉地域における乳牛・肉牛の畜舎内の臭気も極めて低く、また、活性水を散布して製造したオガクズ堆肥の品質も良いことから販売ルートの確保に成功している。

福島県南家畜保健衛生所では、畜舎構造が類似する養豚畜舎で活性水を利用している畜舎と脱臭資材を使用していない畜舎を対象として、脱臭効果の有無について検討を行った。密閉した畜舎の中央において、検知管によりアンモニア、硫化水素等の濃度を測定したところ、アンモニア濃度は床上10cm、1 m及び2 mの高さで、活性水利用の場合には、2 ppm、2 ppm、4 mであった。これに対し、無処理の場合、同位置で2～5 ppm、10ppm、10ppmと若干ながら差を認めている。なお、硫化水素については測定不能であった。

活性水の利用により臭気が激減するというところで、類似の方法は全国的に広がりつつある。しかし、臭気の低減要因については、公立試験研究機関等で検討しているが、解明されていない。

#### 考 察

二本松市の酪農・肉用牛経営農家においては、活性水を利用する前に比べ、悪臭の軽減、堆肥の発酵が促進されたことは関係者の多くが認めるところである。しかし、養豚農家では効果がみられない事例もあり、本活性水が確実に脱臭、発酵促進効果を有するとは考えられない。

二本松方式と呼ばれる活性水は、内水護氏が独自に開発した「有機排水処理技術」、或いはBMW (Bacteria、Mineral、Waterの頭文字をとっ

ている) と呼ばれるものとほぼ同様のものである。BMWではこのような処理水を「生物活性水」と呼び、その中の有用バクテリア、代謝産物、腐植物質、ミネラルの総合的作用によって、浄化・脱臭が行われるものであり、特定の成分による作用ではないとしている。今回の調査結果でも、脱臭或いは堆肥の発酵を促進するような特殊の化学的成分或いは微生物は認められなかった。

BMWの説明にあるような「総合的な作用・効果」については検討していないため、否定するものではないが、活性水の散布回数が多いこと、堆肥の切返し回数が増えたこと等管理作業の影響が強いものと考えられた。

#### 要 約

福島県下において、急速に普及しつつある「活性水」の製法、使用効果について、調査を行った。

二本松市において活性水の使用を機にして、悪臭の軽減と良質堆肥の生産が可能となったことは事実であるが、活性水中には浄化に寄与すると考えられる成分、微生物は見当たらなかった。活性水の散布回数が多いこと、堆肥の切返し回数が大幅に増加したことなどの影響も大きいと考えられた。

#### 参考文献

- 1) 岩本 睦夫：水の科学と機能水の研究動向、機能水9～17、新農林社(1996)
- 2) 高橋 力：二本松方式プラントによる活性水を活用した畜産環境保全、平成8年度畜産講演会資料、白河地方自衛防疫推進協議会(1997)
- 3) 斉藤 美緒、前田 守幸：県南地域における畜産環境保全対策(第3報)、第38回福島県家畜保健衛生業績発表会(1997)
- 4) 長崎 浩：BMW糞尿・排水処理システム、農文協(1993)

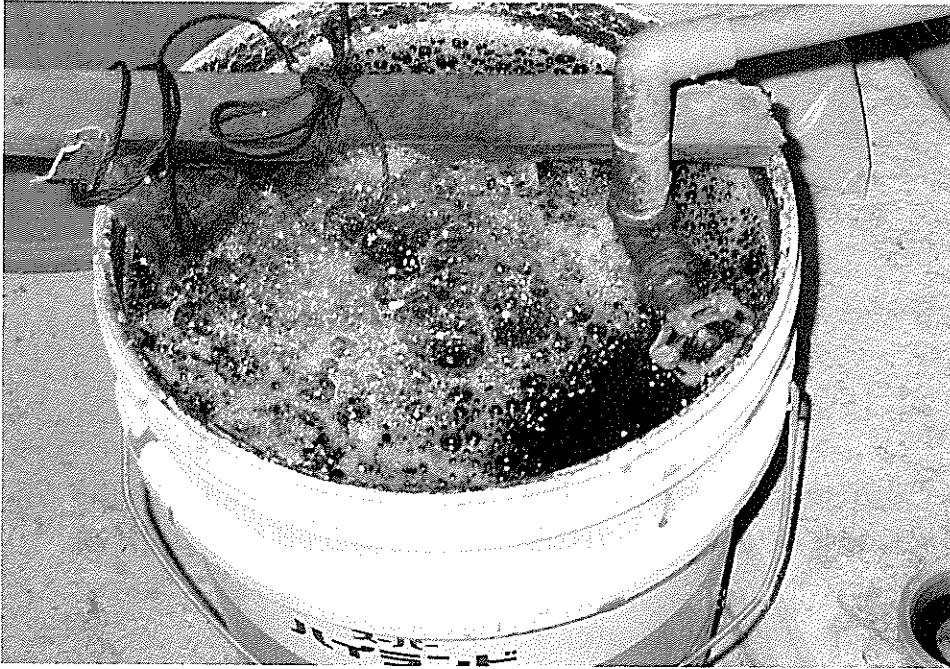


写真1. 元菌の製造法。御影石等を吊り下げたドラム缶に尿と水の混合物（完熟堆肥を用いることもある）を入れ、1か月～1.5か月間曝気する。



写真2. 御影石等を吊した第1槽に元菌、水を入れ、1か月間曝気した後、その半量を第2槽に移し、1週間曝気を行い、同じ工程を繰り返す

## 課題名 IV 環境保全技術体系の開発

### 2 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化

#### ① 家畜ふん尿処理利用技術の実態解析

##### — 家畜ふん尿処理機械の特性・性能に関する調査 —

担当者名：岡田 清、大森昭一郎、道宗直昭（生研機構）

研究期間：平成8年～9年

#### 緒 言

家畜排泄物に関しては数多くの処理方式が開発されており、各種の施設・機器及び脱臭資材等が生産現場に導入されている。しかし、これらの処理方式が必ずしも機能的に優れているとは限らず、また、管理技術が不適切なため処理能力が十分に発現されていない事例が多い。

このため、各種施設・機器及び資材の導入の実態を解析し、技術及び経営上の問題点を抽出するとともに、改善方向を明らかにする。

#### 研究方法

畜種や飼養管理形態を異にする農家を選択し、導入されているふん尿処理機械・装置の性能、耐久性、処理コスト等について聞き取り調査を行った。調査対象農家は次の通りである。

##### (1) 酪 農

- ① 栃木県那須町 T牧場
- ② 栃木県石橋町 H牧場

##### (2) 養 豚

- ① 宮城県高清水町 T養豚場
- ② 宮城県高清水町 S養豚場

##### (3) 養 鶏

- ① 埼玉県嵐山町 S養鶏場
- ② 埼玉県鶴ヶ島市 N養鶏場

#### 結 果

##### (1) T牧場（酪農）

###### 経営概況

経産牛140頭、育成・子牛75頭（和牛が約半

数）を飼養し、飼料はほぼ全量購入に依存している。労働力は4名のうち2名は女性である。3haの土地を所有しているが、飼料作物は栽培せず、濃厚飼料、粗飼料とも全量購入している。

#### 調査結果

フリーストール牛舎から毎日、タイヤローダーとバークリーナーで排出し、一次貯留槽に移し、ここで脱水した後に発酵装置に搬送している。発酵装置はエンドレスの攪拌・開放型発酵装置（MSKコンポ製）で、幅4.5m、長さ56mである。回行型ではあるが、直線の部分のみを使用している。8年間使用しているが、攪拌爪の交換を行った程度であり、大きな故障はない。

敷料は「おがくず」と堆肥を「戻し堆肥」として混合・利用している。「戻し堆肥」の水分はかなり高いが、乳房炎等衛生面での障害は発生していない。冬期間は発酵装置内での発酵は進まず、攪拌中に腐熟していない堆肥が団子状に固まることもある。このため、冬期間は本施設での発酵をあきらめ、水分を低下させることを目的に、1日5回の攪拌を行っている。このようなハンドリングを行った後、堆肥舎に搬入し、堆積すると発酵が進み、温度も上昇してくる。

夏期間は外気温も高いことから、攪拌中に水分が蒸散するとともに、微生物の活動も盛んなことから、搬入地点より、10m移動した地点で

既に62℃に達する。その後、40m地点まで50～60℃の高温が維持される。取り出し口に近い50m地点では45℃にまで低下しており、発酵が十分に行われたものと考えられた。また、発酵槽の搬入時の水分は82%と高かったが、発酵槽から取り出す時点では40%に低下していた。

## 考 察

一般に戻し堆肥は発酵エネルギーが消費されているため、発酵は進まないとされているが、T牧場では新鮮な「おがくず」を等量混合しているため、発酵には支障がないものと考えられた。

電気伝導度（EC）が4.41 $\mu$ S/cmと若干高い値を示したが、ハウス栽培のように、連年使用している場合には、塩類が蓄積しているため、ECの値が低い製品を必要としている。ECの値が高い豚糞、鶏糞堆肥を敬遠する傾向が強くなってきている。したがって、4.0上回る製品については使用を回避することが予想される。このため、戻し堆肥の利用割合についても今後検討する必要がある。しかし、発芽試験によるとほぼ100%の発芽率であることから、一般の圃場栽培には問題がないといえる。

冬期間、発酵施設内で毎日5回もの攪拌を行っているが、水分の蒸散効果はあまり期待できないと考えられる。逆に冷たい空気を取り込むため、堆肥中の温度が低下し、微生物の活動を抑制することにもなる。むしろ、攪拌回数を減らし、温度の低下を防ぎ、微生物の活動を促進させる必要がある。そうすることによって、堆肥中の温度が上昇し、水分の蒸散量も増加することが期待できる。さらに、エネルギー源として或いは水分調整剤として期待できる油粕等の資材を添加して、発酵熱を上昇させることも検討すべきである。

## (2) H牧場（酪農）

### 経営概況

経営主と妻の2人で成牛40頭を飼育するほか、水田70a、畑20aを耕作している。耕地面積が小さいことから、飼料のほぼ全量を購入に依存している。また、堆きゅう肥を還元する圃場が少ないことから、袋詰めにし、園芸・花卉農家等へ販売している。

## 調査結果

一時、液状処理を行っていたが、悪臭と廃棄場所に困り、固形処理に変更した。現在、エンドレス型攪拌発酵処理施設を導入し、ふん・尿混合物を処理している。発酵処理装置は、攪拌・開放型発酵装置（回行型）で、幅3.5m、長さ60m、深さ80cmある。攪拌機の上部にスラリータンクを設置し、発酵槽の任意の位置にスラリーを散布することが可能となっている。副資材として粉殻を添加している。通常は1日2回攪拌を行っている。

冬期間は日射量が不足し、発酵・乾燥が不十分で、別途、堆肥舎内に搬送して発酵を進めている。冬期間、梅雨時の発酵・乾燥促進対策として、送風量を多くすることも検討したが、電気代が高いため見送っている。

## 考 察

発酵装置は成牛80頭分の処理能力があるとされているが、H牧場のような高水分のふん尿混合物ではこの頭数分の処理は不可能と考えられる。夏期間は蒸散量が多いため、飼養頭数（40頭分）の排泄量については、発酵の適水分（60%）まで低下することが可能である。しかし、冬期間の蒸散量は夏期間の1/5～2/5にまで低下するため、40頭のふん尿を適水分まで低下することは不可能である。このため、水分調整用の副資材の添加量を増加するなり、通風量を増加する必要がある。

## (3) T養豚場

### 経営概況

3戸5名の共同経営。労働力は男8名、女1名。母豚:366頭、肥育豚:1,583頭、子豚1,091頭、その他後継豚として数10頭が飼育されている。

#### 調査結果

汚水は長時間曝気接触酸化法により処理されており、周辺の施設・機器として、固液分離スクリーン、調整槽、培養槽、曝気槽、沈殿槽、ブローア、余剰汚泥脱水機等が整備されている。本システムは小型で運転が容易であり、処理水は処理槽を循環する構造なので、攪拌混合と曝気が十分に行われ、ブローアの負荷も小さく、維持管理が容易である。さらに、微生物の培養、順化が連続的に行われるので、汚水処理能力は年間を通じて高い。処理水は水路に放流されているが、排水途中に池を設置してさらに浄化する配慮がなされている。

固液分離後の固形分は、おがくずを添加し一時貯留場で発酵させた後、攪拌・開放型装置内で堆肥化している。製品は2トン車で2,500円で町内に販売するほか、町外にも若干量を販売している。

#### 考 察

長時間曝気法の管理は季節変動に伴い微生物相が変動し、処理能力も低下するため熟練を要する。また、本法はSSやBODの浄化能力は優れているが、窒素の浄化能力は回分式活性汚泥法に比べると低い。しかし、放流された処理水は小さな池、人工水路等を経て大きな池に達するまでに、浄化されている。前処理に環境負荷物質を除去した後に、このような自然の浄化機能を活用することは、コスト低減にもなり、水質の浄化も期待でき、環境保全対策として有効な手段と考える。

#### (4) S養豚場

##### 経営概況

企養豚として27年もの歴史を有し、母豚800

頭の一貫経営を行っている。常時飼養頭数は9,200頭に及ぶ。

#### 調査結果

分娩豚舎から排出される「ふん尿混合物」には凝集剤を添加し、脱水機で固液分離される。肥育豚舎はスノコ床であり、固液分離されている。固形分は攪拌・開放型発酵槽でおがくずを混合した後、堆肥化処理を行っている。液分は沈殿槽を経て、振動スクリーンにより再度固液分離された後、複合ラグーンで処理を行う。複合ラグーンの面積は960㎡、有効容積は2,500㎡と広大であり、その中に14基ものエアレーターが設置されている。ラグーンの浄化機能は高く、SS、BODとも、50mg/lまで低下する。窒素は200mg/lと高いが、四つの池、人工水路を通過する過程で完全に浄化される。

#### 考 察

複合ラグーンでは大量の余剰汚泥が発生するため、隣接する池に沈積した汚泥を5年毎に浚渫しているが、液状物の回収とその処理は容易でないことから、汚泥を容易に回収するには沈積する経路を二つ設置し、一方を沈積用として使用中に、片方を乾涸させフロントローダー等で回収することにより、作業は容易となろう。また、この回収作業を適宜行う場合には、小さな面積で済むことになる。

#### (5) S養鶏場

##### 経営概況

成鶏22~23万羽を飼育している。農事組合法人として企業の経営に当たっている。敷地内に鶏卵の自動選別機、加工施設を設置し、鶏卵の販売のほか、マヨネーズ、プリン、卵黄油等の製造販売を行っている。

#### 調査結果

強制発酵機（開放円型スクープ式1基、開放

直線型1基)、鶏糞乾燥機(開放直線型)、堆肥盤及び関連処理機器を整備している。本発酵機は鶏ふんの水分が50~60%の範囲内の場合には、1日当たり12トンの処理が可能であるが、水分含量が高まると、発酵が進まず、処理時間も5割程度長くなる。

発酵鶏糞の一部は袋詰めされ、卸売業者、農家等に販売されているが、全量をさばききれない状況である。また、発酵鶏糞として処理するには、現有装置の性能では限界点に達しており、新たに焼却処理施設の導入を行っている。

#### 考 察

鶏糞中の水分が高いと過負荷運転となり、攪拌機の走行が遅くなり、攪拌時間が長くなるとともに、故障の原因ともなる。導入して5年目の装置であるが、既にチェーンを交換しており、調査時にも故障で運転を中止していた。したがって、本機に水分の高い鶏糞を投入する前に、予備乾燥を行うなり副資材を用い水分を低下する必要がある。水分調整が無理な場合には処理量を少なくする必要がある。

焼却施設は本格的な運転を行っていないが、臭気を発生させないためには、高温で焼却する必要があり、コストも嵩むことが予想される。

#### (6) N養鶏場

##### 経営概況

農業振興地域の畑作地帯の中にあり、住宅地とは数百m離れている。従業員15名、ウィンドレス鶏舎に110,000羽、解放式鶏舎に30,000羽を飼養する大規模経営である。採卵のほか液卵を生産している。

##### 調査結果

ダンプカーで堆肥化処理施設に搬入された鶏糞は、ショベルローダーで攪拌・開放型発酵装置(スクープ式)に投入され、ここで2週間程強制発酵させる。次いで、堆肥舎に移され、堆

積発酵を行う。一部はさらにビニールハウス乾燥装置に搬入し、乾燥している。生産された発酵、乾燥鶏糞は袋詰めして販売している。

140,000羽の鶏糞は全て、スクープ式発酵装置1基で処理しているが、処理能力が高いため、稼働日数は4~5日にとどまっている。脱臭装置として生研機構の実験施設(ロックウール脱臭施設)が付設されており、堆肥化施設内で発生する臭気を除去している。

#### 考 察

S養鶏場と同じ時期に導入し、処理方法も同じであるが、これまでに、チェーン、スクーパー、ベルトを交換しており、スクリーコンベアは2回も交換している。このような故障は高水分の原材料を大量に投入した場合、石、金属片の混入等が原因となる場合が多いので、過負荷運転を回避するとともに、異物の混入に注意する必要がある。

#### (7) 参考文献

家畜ふん尿処理機械の基本性能に関する調査(受託研究報告書)、生物系特定産業技術研究推進機構(1997)

## 課題名 IV 環境保全技術体系の開発

### 3 総合的畜産環境技術体系の開発

#### ② HACCPの概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発

担当者名：渡邊昭三、大森昭一郎、岡田 清、岡田光弘、山本朱美、古川智子

研究期間：平成9年～14年

#### 研究の背景・目的

我が国の畜産は国際化の進展及び環境保全強化の動きが強まる中で、生産性、畜産物の品質向上と併せて、環境と調和した安定的畜産経営を築きあげることが喫緊の課題となっている。このため、畜舎施設の有効利用、飼育管理の合理化などに加えて、環境問題の原点にたつて家畜飼養から安全な畜産物の生産にいたる過程を含めた総合的な家畜飼養技術体系を確立する。

#### 既往の成果

近年、食品衛生の分野では、「HACCP（危害分析に基づく重要管理事項）」の考えが導入され、食品の加工・製造工程の各段階で発生する恐れのある問題点を分析し、安全性確保のための総合的対策が講じられている。一方、畜産物生産の段階においては、畜産物の安全性確保のための個々の問題について対策が立てられているものの、総合化された対策技術は今後の課題である。

#### 研究内容

既往文献ならびに実態調査を主体に、食品業界における関連情報の収集、畜産の生産現場における構成要素や重点管理のポイントの整理、公害発生や環境保全関連技術、市販資材の情報等の収集ならびに解析を行い、畜産物生産段階の重要管理事項を明確にし、環境保全型飼養管理技術の体系化を図る。

- (1) 想定される構成要素、点検ポイントの整理  
畜産環境保全及び畜産物安全性保持の技術の

システム化を図るために、想定される構成要素、管理ポイントの所在する分野を整理すると、次のとおりで、各分野に重点検査項目があるが、今後、これらを視点においてシステム化を進める。

ふん尿管理、汚水管理、土壌（水質を含む）管理、栽培（草地を含む）管理、施設管理、畜舎（配置を含む）管理、栄養管理、衛生管理、生産（生産物を含む）管理、経営管理、情報管理の11分野。

- (2) ふん尿処理技術体系におけるHACCP

都道府県で実施しているバイオ資材のデータについての検討、既存処理施設、装置の性能調査、国内外の研究機関で開発された堆きゅう肥の品質評価技術、肥料養分等のフローに関する情報ならびにこれらの技術の経済性、排泄物の減量を意図した新しい飼料給与法に関する情報等を収集解析して既刊のふん尿処理技術マニュアルの充実を期するとともに、ふん尿処理技術体系に係る重要点検項目を明らかにする。

脱臭、発酵促進等の市販資材の実験室内評価手法の開発、畜舎汚水の膜処理技術、低濃度汚水の自然浄化機能の把握、不良条件下における良質堆肥生産技術の開発、堆肥・液肥生産技術と有害微生物群との関連の究明を行い、さらに、これらの基幹技術を再構築して、低コスト、安定的な処理技術体系を提示する。

- (3) 飼養管理技術体系におけるHACCP  
当面、酪農、養豚経営を対象にふん尿処理施

設、畜舎施設、家畜管理方式、飼料給与、衛生管理等の家畜飼養管理の各場面における環境保全に係る重要点検項目を明らかにする。

農家、改良センター等生産現場における臭気発生、洗浄水・パドック排水、資材利用、ふん尿処理利用等の実態と問題点を調べ、遵守すべき適切な環境保全技術を明示する。

#### (4) HACCPを活用した環境保全型技術モデルの策定

上記の技術体系に関する成果、個別技術、国内外の環境保全に関する成果情報をもとに、良質畜産物の生産と環境保全技術が両立できる環境保全型畜産技術モデルを策定するとともに、生産現場への適用ガイドラインを策定する。

#### 研究の経過

既往成果の収集、畜産農家の調査を実施し、また、研究所では基幹技術の開発課題の実施を推進しているが、現在、情報を蓄積中である。

#### 今後の計画

- ①これまでの計画を推進するとともに、新しい情勢・情報に対応して重要点検項目等の整理、検討を進める。
- ②ある程度情報の収集、解析が進んだ段階で、これらを環境整備技術情報（仮称）などとして定期的に公刊できるような体制を整える。



## 5 委託事業の概要

## 課題名：動物生産汚水の処理に関する微生物学的研究

委託機関名：東北大学農学部

担当者：中井 宏、安藤 太助

研究期間：平成9年

### 研究の背景・目的

畜舎汚水の処理は一般に微生物学的処理によって行われているが、微生物の動態および微生物の機能に関しては不明な点も多い。本研究においては、汚水処理過程における微生物叢の変化を追跡するとともに、汚水中の窒素循環に関わる微生物群の消長を解析する。また、汚水中の窒素除去に関与する微生物を分離し、窒素除去機構を解明し、機能発現の至適環境条件を検討する。

### 研究方法

フリーストール牛舎および搾乳・分娩牛舎の尿汚水とパーラー汚水を対象とした活性汚泥法による汚水処理システムおよびラグーン処理システムの調査を行った。活性汚泥法に関しては3月、7月、11月に固液分離後の原水が流入する分離貯留槽および処理水を貯留する処理水槽、ラグーンに関しては7月、11月に原汚水、第1処理池、第6処理池(最終処理池)から採材し、公定法により菌数および成分分析を行った。

### 結果

#### (1) 活性汚泥法システム

化学成分の変化を表1に示す。水温は季節間差はあるものの各処理間には差がなく、PHは季節間差もなかった。7月のBOD除去率は97%であった。CODおよびT-N(総窒素量)の減少はわずかで、7月の除去率は低かったが、11月には上昇し、COD除去の大幅な改善が認められた。T-Pに関しても11月に除去率の改善が見られた。7月には硝酸態窒素が顕著に蓄積していたが、11月には硝酸態窒素量はわずかで、脱窒作用が速やかに行わ

れていることが示唆された。

菌数変化を表2に示す。総菌数の減少はいずれの季節にも見られ、糞便由来細菌を代表するEnterobacteriaceaeおよびStreptococcusにも減少が認められた。7月にはアンモニア酸化細菌および亜硝酸酸化細菌が比較的多数検出され、成分分析同様に硝化作用が活発なことを示した。

当該施設の冬季の水温は4~5℃を示すが、BODおよびCODの減少が見られたことから微生物が機能していると考えられ、微生物分離を試みた。4℃の培養によっても比較的高い菌数が検出され、硝化菌の存在も明らかとなった。48株の低温生育菌が分離され、今後機能解析を行う予定である。

#### (2) ラグーン処理システム

化学成分の変化を表3に示す。BOD除去率は7月は98%、11月は91%であった。CODはいずれも最終池で130mg/l前後まで低下していた。T-N(総窒素量)除去率は7月に90%であったが、11月には53%であった。これらのことから、ラグーン処理最終水のBODおよびCODに関しては季節変動が少なく、処理水は一般河川への放流可能な水質値を持つことが明らかとなった。また、活性汚泥法システムと比較して硝酸および亜硝酸の含有量が低いことが特徴であった。

菌数変化を表4に示す。いずれの季節においても総菌数、糞便由来細菌を代表するEnterobacteriaceaeおよびStreptococcusに減少が認められた。アンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌とも少数の存在が認められただけで、成分分析の結果を合わせ考えるとラグーンでは硝化作用が不活発で

アンモニア同化作用によって汚水中の窒素分の除去が行われていることが示された。

表1 活性汚泥処理過程における污水化学成分の変化

	分離貯留槽		処理水槽	
	7月	11月	7月	11月
水 温 (°C)	26	10	26	9
pH	7.6	7.4	7.2	7.5
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	300	ND*	8	ND
COD (mg/l)	129	2700	116	60
T-N (mg/l)	245	297	218	90
T-P (mg/l)	19	698	20	239

\*ND: Not done

図1 活性汚泥処理過程における窒素成分の変化 (7月)

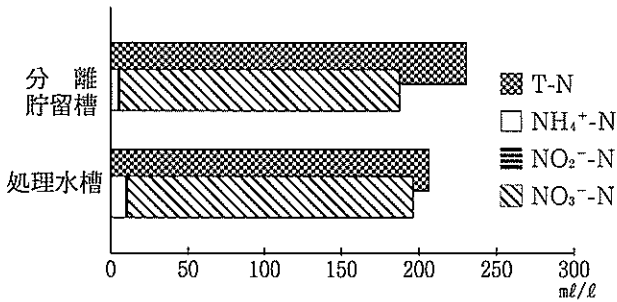


表2 活性汚泥処理過程における菌数の変化

	分離貯留槽		処理水槽	
	7月	11月	7月	11月
総菌数 <sup>1)</sup>	6.9	6.6	5.0	6.0
Enterobacteriaceae <sup>1)</sup>	4.6	<1.0	3.4	<1.0
Streptococcus <sup>1)</sup>	2.8	2.9	1.8	1.9
アンモニア酸化細菌 <sup>2)</sup>	>4.4	4.7	<0.4	1.9
亜硝酸酸化細菌 <sup>2)</sup>	>4.4	ND*	2.7	ND

1) Log CFU/ml, 2) Log MPN/ml, 3) ND: Not done

図2 活性汚泥処理過程における窒素成分の変化 (11月)

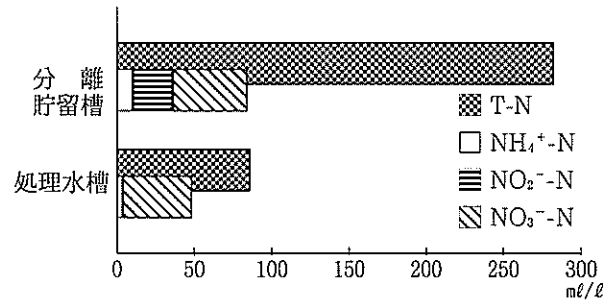


表3 ラグーン処理過程における污水化学成分の変化

測定項目	原 汚 水		第1 処理池		第2 処理池	
	7月	11月	7月	11月	7月	11月
水 温 (°C)	26.5	13.1	26.8	7.2	23.7	7.1
pH	8.8	8.4	7.8	7.4	7.6	7.8
BOD <sub>5</sub> (mg/l)	364	282	12	55	8	24
COD (mg/l)	664	445	205	192	101	135
T-N (mg/l)	136	75	109	51	14	35
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	76	28	98	44	4	28
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	0	0	0	0	0	0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/l)	12	4	4	5	2	1
T-P (mg/l)	24	125	19	77	8	61
PO <sub>4</sub> (mg/l)	17	99	11	69	4	58

表4 ラグーン処理過程における菌数の変化

菌 種	原 汚 水		第1 処理池		第2 処理池	
	7月	11月	7月	11月	7月	11月
総 菌 数 <sup>1)</sup>	7.7	5.6	7.1	6.7	6.1	5.6
Enterobacteriaceae <sup>1)</sup>	4.4	3.3	3.9	3.0	3.3	3.3
Streptococcus <sup>1)</sup>	6.5	4.3	4.0	4.6	2.7	2.9
アンモニア酸化細菌 <sup>2)</sup>	5.3	1.3	2.9	1.5	2.9	0.9
亜硝酸酸化細菌 <sup>2)</sup>	5.2	2.2	4.0	2.9	3.7	2.1

1) Log CFU/ml 2) Log MPN/ml

## 課題名：クリプトスポリジウムオオシストの消毒法の検討

### —温度感作および消毒剤感作によるオオシスト殺滅条件の検討—

委託機関名：農林水産省家畜衛生試験場

担当者名：志村 亀夫、神尾 次彦

研究期間：平成9年

#### 研究の背景・目的

クリプトスポリジウムは牛や人などの消化管に寄生する原虫で、下痢を主徴とする疾病の原因となる。本原虫の感染型であるオオシストは塩素などの消毒剤に強い抵抗性があるため、水道水汚染の原因として注目されている。我が国でも近年、8,000人規模の集団感染があり、人畜共通感染症であることから家畜における対応策が求められている。オオシストは牛などの糞便中に排泄されるため、堆きゅう肥に混入する恐れがあり、その消毒法の検討が急務である。本研究では牛糞尿の堆きゅう肥化過程で混入したオオシストの無毒化(消毒・殺滅)条件を検討し、安全な堆きゅう肥製造条件を明らかにすることを目的とする。

#### 研究方法

- (1) 牛由来クリプトスポリジウムオオシストを様々な温度条件及び感作時間によって処理し、その生死をマウス感染試験によって検討する。
- (2) 牛由来クリプトスポリジウムオオシストを市販の各種消毒剤で感作し、有効な薬剤を検索する。評価方法は(1)に準ずる。

#### 結果(中間報告)

- (1) 野外の下痢子牛からクリプトスポリジウムオオシストを分離した。
- (2) 分離オオシスト1,000,000個を4日齢の子牛に経口投与したところ、投与後4日目から下痢が認められ、オオシストの排出が確認された。  
オオシスト排出数は最大時11,000,000個/g(感作後6日目)糞であり、最大の総排出数は

8,700,000,000個/日であった(注：人では数十～数百個の感染で下痢を呈するといわれている)。

- (3) CD-1系乳のみマウスを用いた感染試験では、1,000個/匹の投与では感染率100%(9/9)であり、100個では67%(6/9)が感染、10個では9%(1/11)が感染した。これにより、評価系の標準が確立され、今後行う本試験では10,000個/匹で試験を行うこととした(表1)。

表1. クリプトスポリジウムオオシストのマウスへの感染性

感染数	感染率(%)	平均病変値
100,000	100	2.2
10,000	100	2.0
100	75	1.6
10	9	0.1

(注) 病変値は、重度寄生3、中程度2、無感染0とした。

- (4) 子牛より分離したオオシストをブロックインキュベーターを用いて、温度：45、50、55、60及び65℃でそれぞれ1～7日間感作し、CD-1系乳のみマウスに経口投与して、その感受性を検討したところ、いずれの感作群においても感染は認められなかった。

このことから45℃、24時間の感作でオオシストの感染性が失われることが確認された(表2)。

表2. クリプトスポリジウムオオシストの加熱処理後の感染性

	感 作 日 数						
	1	2	3	4	5	6	7
温度60℃	0	0	0	0	0	0	ND
55℃	0	0	0	0	0	0	0
50℃	0	0	0	0	0	0	0
45℃	0	0	0	0	0	0	0

感染対照（感染率：100%、平均病変値：1.6-1.9）

#### 残された問題点

消毒剤（各種オルソ剤、Oo - Cideなど）を用いてオオシストを感作し、その消毒効果・条件について検討中である。

## 6 交流共同研究の概要

課題名：豚舎排水高度浄化処理技術の開発

担当者：畜産環境技術研究所；大森昭一朗、岡田 光弘、岡田 清  
 猪口 弘基、山本 朱美、古川 智子  
 共和化工株式会社；島中 豊、志村 有通、木本 博志  
 越智 泰彦、若松 美伸、川本 博樹

研究の背景

排水処理において生物処理法の主流として活性汚泥法が用いられている。

従前の活性汚泥法では、重力沈降を利用し沈殿槽において固液分離を行い、処理水を放流してきた。しかし、バルキングにより、汚泥が膨化し固液分離がうまく行われず、正常な処理水が得られないといった問題があり、その維持管理には熟練を要した。

これに対し、最近開発された膜分離法は、膜を利用したろ過であり安定的に清澄な処理水を得ることができる。また、沈殿槽に比べて槽内汚泥濃度を高く保つことができ、施設をよりコンパクトにすることができるという利点がある。したがって、膜分離活性汚泥法の畜舎排水処理への利用開発は緊急の課題である。

交流共同研究の目的

豚舎から排出される比較的高濃度のふん尿汚水を安定的に浄化処理するために、①原水前処理及び余剰汚泥の脱水を同時に行い、②固定化担体及び機能膜併用による固定化担体併用膜分離活性汚

泥処理法を組み合わせた新しい排水処理システムを開発する研究を行った。

方法

(1) 試験経過

試験経過を表1に示す。表に示すように平成8年度ベンチスケールテスト結果に基づき、平成9年3月よりパイロットプラント設置工事を行い、平成9年7月より実証試験を行った。

(2) パイロットプラント概要

① パイロットプラント施工

計画条件を以下に示す。

処理対象液：豚舎ふん尿混合汚水

計画水量：5 [m<sup>3</sup>/日] (肥育豚500頭規模を想定)

計画水質：

	BOD [mg/ℓ]	SS [mg/ℓ]	T-N [mg/ℓ]	T-P [mg/ℓ]
原水 (設計値)	18,200	33,000	4,000	1,000
処理水 (目標値)	20	1	40	5

上記条件に従い、福島県S市O養豚場内にパイロットプラントの設置を行った。また、

表1 試験経過

項目	平成8年度			平成9年度														
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
ベンチスケールテスト	←→																	
パイロットプラント設計				←→														
パイロットプラント設置							←→											
汚泥馴養										↔								
脱水機予備試験	●					●												
実証試験				←→														

主要機器の仕様を表2に、パイロットプラント写真を写真1～5に、パイロットプラント

フロー図を図1に、配置図を図2に示す。

表2 主要機器仕様

機 器 名 称	仕 様
原 水 ピ ッ ト	SUS製、3.7 [m <sup>3</sup> ]
原 水 槽	RC製 (既設)、22 [m <sup>3</sup> ]
スクリープレス脱水機	KPS-II-2, ~30 [kg <sup>-SS</sup> / hr]
汚 水 調 整 槽	RC製 (既設)、22 [m <sup>3</sup> ]
脱窒リアクター	RCユニット、5 [m <sup>3</sup> ]
硝化リアクター	RCユニット、22 [m <sup>3</sup> ]
膜 分 離 槽	RCユニット、3 [m <sup>3</sup> ]
膜 モ ジ ュ ール	平膜、0.4 [ $\mu$ m]、0.81 [m <sup>2</sup> / 枚]
処 理 水 槽	SUS製、0.8 [m <sup>3</sup> ]
固 定 化 担 体	セルローズ製、5 [mm] 角、平均孔径1,000 [ $\mu$ m]

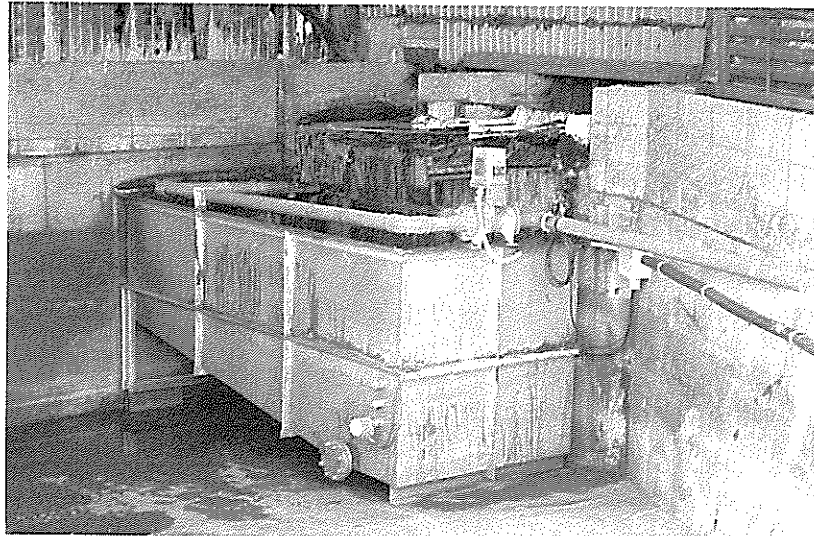


写真1 原水ピット



写真2 原水槽



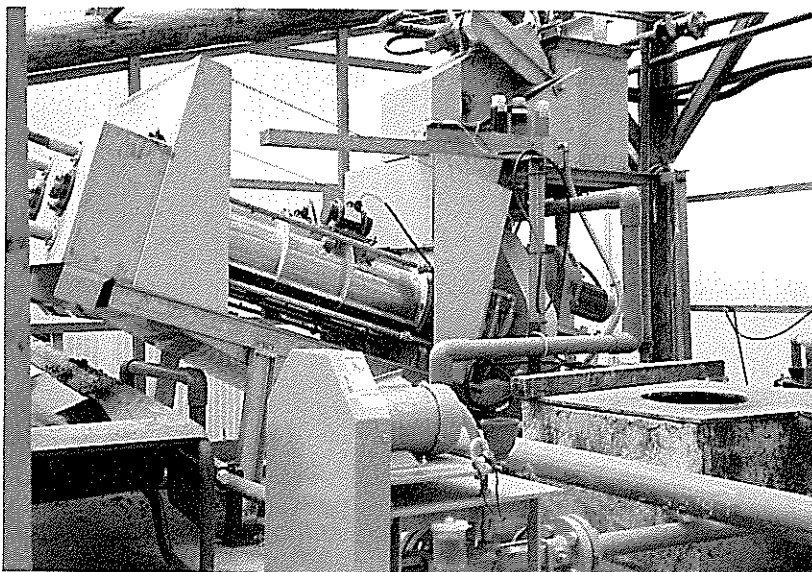


写真3 脱水機



写真4 プラント全景

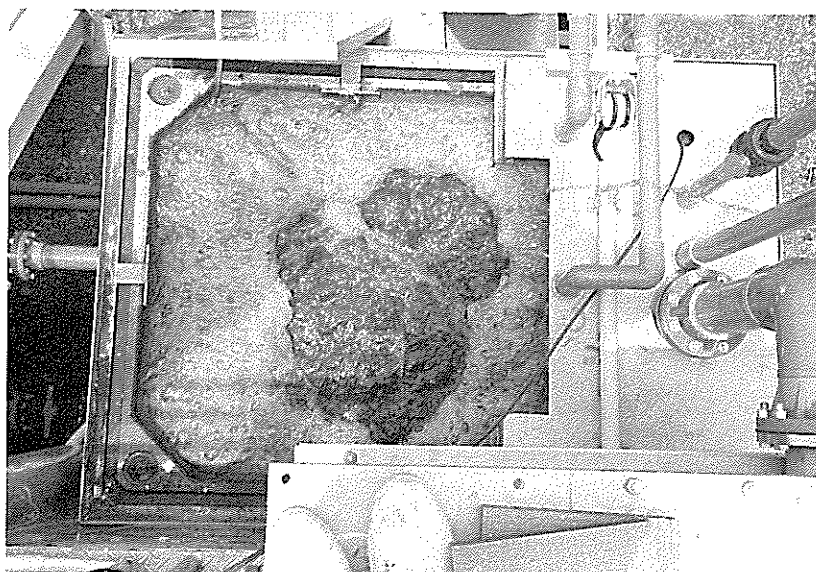


写真5 膜分離槽

# 共同研究実験プラント

研究課題：豚舎排水高度浄化処理技術の開発

財団法人 畜産環境整備機構  
畜産環境技術研究所  
共和化工株式会社

## プラント概要

No.	名称	仕様	容量
①	原水ピット	SUS	3.0 m <sup>3</sup>
②	原水槽	RC	2.2 m <sup>3</sup>
③	中和槽	SUS	75 L X 2槽
④	スクリーンレス	KPS II-2	~30 m <sup>3</sup> /日
⑤	汚水調整槽	RC	2.2 m <sup>3</sup>
⑥	脱窒リアクター	RC	5 m <sup>3</sup> 固体40%
⑦	硝化リアクター	RC	2.2 m <sup>3</sup>
⑧	炭分装置	RC	2.6 m <sup>3</sup>
⑨	処理水槽	SUS	0.8 m <sup>3</sup>
⑩	布膜水槽	RC	2.2 m <sup>3</sup>
⑪	処理水貯槽	SUS	1.5 m <sup>3</sup>

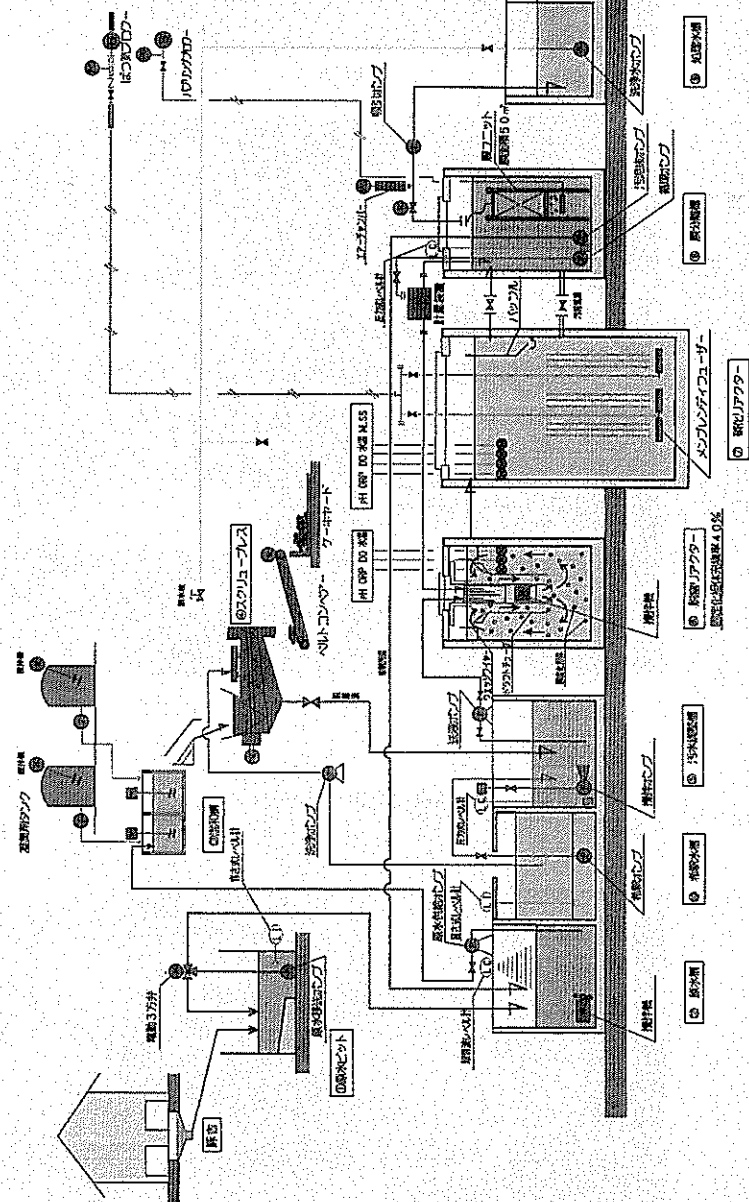


図1 パイロットプラントフロー図

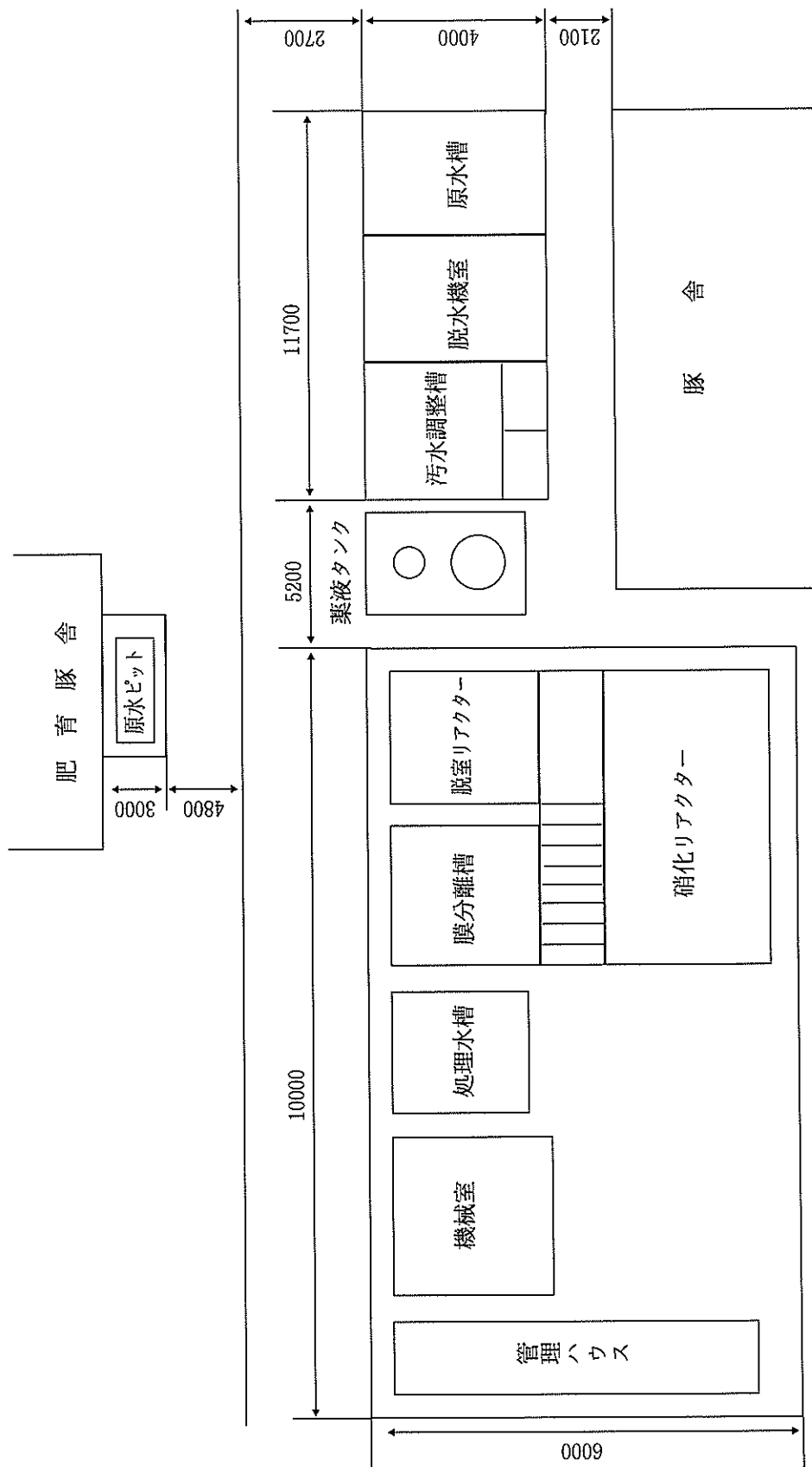


図2 パイロットプラント配置図

## ② 処理の概要

本パイロットプラントにおける処理は、スクリュープレス脱水機による豚舎よりのふん尿混合汚水と余剰汚泥の混合液の固液分離処理工程と、スクリュープレス脱水機からの脱離液の膜分離活性汚泥法による生物処理工程との2つに大別される。

初めに、豚舎よりのふん尿混合汚水は、原水ピットでいったん受けられ、タイマー制御により1日1回原水槽へと送られる。

次に、原水槽にて、原水ピットから送られたふん尿混合汚水と膜分離槽から引き抜かれた余剰汚泥が混合され、スクリュープレス脱水機へとかけられる。スクリュープレス脱水機からの脱離液は、汚水調整槽へ、脱水ケーキは脱水ケーキヤードへと送られる。

汚水調整槽に貯められた脱離液は、脱窒リアクターへと送られ、脱窒リアクターで脱窒された後、硝化リアクターにおいて硝化反応を受け、膜分離槽において膜により処理水と汚泥とに分けられ処理される。

## (3) 試験方法

### ① ふん尿混合汚水の性状及び排出量の調査

500頭規模の肥育豚舎から排出されるふん尿の性状及び排出量の測定を行った。

分析は、原水ピットから原水槽への移送時にサンプリングしたふん尿混合汚水について行った。

### ② スクリュープレス脱水機の性能試験

ふん尿汚水、余剰汚泥及びふん尿汚水と余剰汚泥の混合液についてスクリュープレスによる脱水試験を行い、各試験区での処理量、原水及び脱離液性状、脱水ケーキの水分等を測定することにより脱水機の性能を確認した。

分析は、原水槽の混合液、脱離液、脱水ケーキについて行った。

### ③ 膜分離活性汚泥法の性能試験

スクリュープレスの脱離液をそのままある

いは清水で希釈した後に、本装置での性能試験に供した。脱窒リアクターに投入した担体が試験開始後、数日で浮上し流動しなくなったために、本試験では担体を取り除き固定化担体併用膜分離活性汚泥法から膜分離活性汚泥法での試験に切り替えてその性能を確認した。

分析は、脱窒リアクターへの流入原水、各槽の汚泥、膜処理水について行った。

## 成果の概要

### (1) ふん尿混合汚水の性状及び排出量

本試験に供した豚舎よりのふん尿混合汚水の性状及び排出量の調査結果を表3に示す。

500頭規模の肥育豚舎からのふん尿汚水であるが、計画値に較べ排出量が少なく、汚濁負荷量も低い値となった。排出量が少ないのは、本豚舎においては洗浄水の使用が抑えられているためであると考えられる。また、汚濁負荷量が計画値に較べて低い理由は、今後畜舎内飼育状況を調査し検討を行っていく予定である。

表3 ふん尿混合汚水の性状及び排出量

	BOD [mg/ℓ]	SS [mg/ℓ]	T-N [mg/ℓ]	T-P [mg/ℓ]	排出量 [m <sup>3</sup> /日]
平均値	15,900	41,700	6,130	1,570	1.8
最大値	23,100	63,000	8,600	2,430	2.8
最小値	10,100	19,000	4,720	896	0.8

(H 9. 6. 14~H 10. 3. 24)

### (2) スクリュープレス脱水機の性能試験

本試験の前に、ジャーテストによる凝集剤の選定試験と小型のスクリュープレス脱水機による予備脱水試験を行った。

原水槽においてふん尿混合汚水、余剰汚泥を攪拌混合し、スクリュープレス脱水機への供試原水として用いた。

原水は混和槽へと送られ、ここで凝集剤を添加し、凝集させた後、濃縮機へと送られる。ここで、スクリーンにより濃縮された物がスクリュ

ープレス脱水機へとかけられ、脱水ケーキと脱離液とに分けられ処理される。

また、本機はタイマー制御、レベル制御により自動運転が可能な構造となっている。

本試験においては、最初、後段の脱窒、硝化リアクター内の汚泥濃度を計画値の15,000 [mg/ℓ] へと高めるために余剰汚泥の原水槽への引き抜きを行わなかったため、ふん尿混合汚水のみを対象液としてスクリュープレス脱水機の性能試験を実施した。

原水供給量を一定にし凝集剤（高分子のみ）の添加率を変化させて行った試験結果を表4（試験区1、2）に示す。

試験区1では、高分子凝集剤添加率3.4 [%<sup>SS</sup>] で運転し、脱水ケーキ水分66.2 [%]、各水質成分の除去率BOD 59.7 [%]、SS 97.4 [%]、T-N 52.6 [%]、T-P 92.9 [%] となった。

また、試験区2では、高分子凝集剤添加率2.6 [%<sup>SS</sup>] で運転し、脱水ケーキ水分70.6 [%]、各水質成分の除去率BOD 44.4 [%]、SS 94.6 [%]、T-N 50.1 [%]、T-P 87.7 [%] となった。

スクリュープレスによって、ふん尿汚水中から効率よくBOD、SS等の汚濁成分を取り除くことができ、後段の生物処理への負荷を軽減できた。

次に、ふん尿汚水と余剰汚泥の混合液を対象液として試験を実施した。高分子凝集剤の添加量を脱水機への投入SS量当たり、2 [%<sup>SS</sup>] になるように設定し、試験区3を高分子凝集剤のみ添加の区、試験区4を高分子凝集剤の添加率は固定（2 [%<sup>SS</sup>]) し、無機凝集剤（PAC）の添加率を変えた区に分けて行った。運転条件及び試験結果を表4（試験区3、4）に示す。

試験区3では、高分子凝集剤添加率2.3 [%<sup>SS</sup>]、無機凝集剤添加率0 [%<sup>SS</sup>] で運転し、脱水ケーキ水分74.8 [%]、各水質成分の除去率BOD 59.7 [%]、SS 91.3 [%]、T-N 45.4 [%]、T-P 89.7 [%] となった。

また、試験区4では、高分子凝集剤添加率2.4 [%<sup>SS</sup>]、無機凝集剤添加率11.2 [%<sup>SS</sup>] で運転し、脱水ケーキ水分74.4 [%]、各水質成分の除去率BOD 66.7 [%]、SS 94.0 [%]、T-N 53.2 [%]、

表4 スクリュープレス脱水機による性能試験結果

			試験区1		試験区2		試験区3		試験区4	
			H9.6.14~7.10		H9.7.14~9.30		H10.3.2~3.11		H10.3.12~3.24	
運転条件	原水供給量 [m <sup>3</sup> /hr]		0.7		0.7		0.6		0.60	
	凝集剤添加率 [% <sup>SS</sup> ]	高分子	3.4		2.6		2.3		2.4	
		PAC	0.0		0.0		0.0		11.2	
処理性能	処理量 [kg <sup>SS</sup> /hr]		29.0		24.7		24.2		27.1	
	脱水ケーキ水分 [%]		66.2		70.6		74.8		74.4	
水質	BOD	原水 [mg/ℓ]	17,600	6,990	17,500	9,790	17,100	6,880	21,500	7,150
		脱離液 [mg/ℓ]								
	除去率 [%]		59.7		44.4		59.7		66.7	
	SS	原水 [mg/ℓ]	42,600	1,160	38,000	2,020	40,000	3,430	45,600	2,600
		脱離液 [mg/ℓ]								
	除去率 [%]		97.4		94.6		91.3		94.0	
	T-N	原水 [mg/ℓ]	4,410	2,070	5,080	2,540	6,400	3,500	5,340	2,500
		脱離液 [mg/ℓ]								
除去率 [%]		52.6		50.1		45.4		53.2		
T-P	原水 [mg/ℓ]	1,470	104	1,430	175	1,340	137	1,510	90.4	
	脱離液 [mg/ℓ]									
除去率 [%]		92.9		87.7		89.7		94.0		

T-P 94.0 [%] となった。

T-Pの除去率は、高分子凝集剤単独では、約90%だったが、無機凝集剤（PAC）を併用することにより94%にまで上昇した。

本機の処理能力は定格処理量 30 [kg<sup>-SS</sup>/hr] に達していないが能力的には十分余裕があった。

引き続き、無機凝集剤（PAC）の添加率を上げた試験を継続中であり、他の無機凝集剤の併用試験及び高分子凝集剤の選定試験も行う予定である。

### (3) 膜分離活性汚泥法の性能試験

本装置は、脱窒リアクター、硝化リアクター、膜分離槽より構成される。また、スクリュープレスの脱離液をそのままあるいは清水で希釈し流入原水として用いた。

流入原水は脱窒リアクターへと送られ、膜分離槽より循環されてきた汚泥と混合される。脱窒リアクターでは、流入原水中のBODを利用し、循環水中の硝酸体窒素の窒素ガスへの還元が行われる。硝化リアクターでは、脱窒リアクターよりの流出液中に含まれるアンモニア体窒素が、好気条件下で硝酸体窒素へと酸化される。そして、膜分離槽において、膜によりろ過されたものが処理水として処理水槽に送られる。

以下に、試験結果を膜分離活性汚泥法による処理結果と、膜の運転結果に分けて示す。

#### ① 膜分離活性汚泥法による処理結果

汚泥馴養完了後、脱離液を清水で2倍に希釈し流入原水とし用い、連続試験を開始した。運転条件を表5（試験区1、2）に、処理結果を表6（試験区1、2）に示す。

表5 膜分離活性汚泥法の運転条件

試験区	流入原水の注入量 [m <sup>3</sup> /日]	循環比 [-]	硝化リアクターの 曝気条件	試験期間
1	5.5	10	連続曝気	H 9.6.14～H 9.7.16
2	4.6～5.5	20	連続曝気	H 9.7.17～H 9.9.24
3	3.5～4.0	10	間欠曝気 (曝気:停止=1hr:1hr)	H10.2.11～H10.3.26

表6 膜分離活性汚泥法の処理結果

試験区	項目	BOD [mg/l]	T-N [mg/l]	Kj-N [mg/l]	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N [mg/l]	NO <sub>x</sub> -N [mg/l]	T-P [mg/l]	SS [mg/l]
1	流入原水	3,060	934	934	641	—	62.6	866
	膜処理水	2.4	138	49.5	41.3	88.8	12.5	ND
	除去率 [%]	99.9	85.2	94.7	93.6	—	80.0	100
2	流入原水	3,460	1,130	1,130	903	—	113	1,260
	膜処理水	2.6	184	20.5	6.9	163	54.9	ND
	除去率 [%]	99.9	83.7	98.2	99.2	—	51.4	100
3	流入原水	4,340	1,720	1,720	1,510	—	104	2,200
	膜処理水	9.2	66.1	27.9	2.8	38.1	50.8	0.8
	除去率 [%]	99.8	96.6	98.5	99.8	—	51.2	99.3

試験区-1:硝化リアクター(水温)29.5～34.6℃(MLSS)5,200～7,700 [mg/l](DO)2～4 [mg/l]

試験区-2:硝化リアクター(水温)27.5～36.2℃(MLSS)7,800～17,900 [mg/l](DO)2～4 [mg/l]

試験区-3:硝化リアクター(水温)16.0～25.6℃(MLSS)14,800～19,500 [mg/l]

(DO)曝気時1.5～6.5 [mg/l]、停止時0.0 [mg/l]

試験区1では、硝化リアクター水温29.5～34.6 [°C]、MLSS 5,200～7,700 [mg/ℓ]、DO 2～4 [mg/ℓ] で運転し、各成分の除去率BOD 99.9 [%]、SS 100 [%]、T-N 85.2 [%]、T-P 80.0 [%]、膜処理水の水質BOD 2.4 [mg/ℓ]、SS ND、Kj-N 49.5 [mg/ℓ]、NO<sub>x</sub>-N 88.8 [mg/ℓ]、T-P 12.5 [mg/ℓ] となった。

試験区2では、硝化リアクター水温27.5～36.2 [°C]、MLSS 7,800～17,900 [mg/ℓ]、DO 2～4 [mg/ℓ] で運転し、各成分の除去率BOD 99.9 [%]、SS 100 [%]、T-N 83.7 [%]、T-P 51.4 [%]、膜処理水の水質 BOD 2.6 [mg/ℓ]、SS ND、Kj-N 20.5 [mg/ℓ]、NO<sub>x</sub>-N 163 [mg/ℓ]、T-P 54.9 [mg/ℓ] となった。

BOD、SSの値は試験区1、2ともに目標処理水質のBOD 20 [mg/ℓ]、SS 1 [mg/ℓ] 以下を達成した。

しかしながら、窒素、リンについては各試験区とも目標値にいたらなかった。試験区1では、膜処理水の Kj-N 49.5 [mg/ℓ]、NO<sub>x</sub>-N 88.8 [mg/ℓ] であり、MLSS濃度の不足による分解不足であると思われる。試験区2では、Kj-N 20.5 [mg/ℓ]、NO<sub>x</sub>-N 163 [mg/ℓ] であり、処理水中の窒素成分は大半が NO<sub>x</sub>-N の形で残留した。これは、MLSS濃度の増加により、硝化は進んだものの、微生物に吸着されたBODが栄養源として利用され、脱窒において必要となる水素供与体として有効に活用されなかったものと思われる。

その後、微生物に吸着されたBODが、水素供与体として有効に利用されるよう、硝化リアクターにおける曝気時間を制限するために、1時間曝気、1時間停止の、間欠曝気運転に切り替え試験を行った。その際の運転条件を表5（試験区3）に、試験結果を表6（試験区3）に示す。ただし、この試験区においては、オイルヒーターを使用し、硝化リアクターの水温を20°Cに保つように設定して水温調整を行った。

硝化リアクターにおける曝気方法を、連続曝気から間欠曝気へと変更し行った試験区3においては、硝化リアクター水温16.0～25.6 [°C]、MLSS 14,800～19,500 [mg/ℓ]、曝気時 DO 1.5～6.5 [mg/ℓ]、曝気停止時 DO 0.0 [mg/ℓ] で運転し、各成分の除去率 BOD 99.8 [%]、SS 99.3 [%]、T-N 96.6 [%]、T-P 51.2 [%]、膜処理水の水質 BOD 9.2 [mg/ℓ]、SS 0.8 [mg/ℓ]、Kj-N 27.9 [mg/ℓ]、NO<sub>x</sub>-N 38.1 [mg/ℓ]、T-P 50.8 [mg/ℓ] となった。

T-Nの除去率は、試験区1、2の85.2、83.7 [%] から、96.6 [%] へと大幅に上昇した。これは、試験区1、2では、処理水中の窒素のほとんどが NO<sub>x</sub>-N の形で存在していたが、試験区3では、NO<sub>x</sub>-N 38.1 [mg/ℓ] と大幅に下がったため、BODが、水素供与体として有効に活用された結果であると思われる。

引き続き、流入原水の注入を硝化リアクターの曝気停止時に行い試験を継続中である。

また、試験区1の処理水中のリン濃度が12.5 [mg/ℓ] と、試験区2、3の54.9、50.8 [mg/ℓ] に比べて低くなっているのは、汚泥増殖に伴うリンの菌体内への取り込み量の違いによるものと考えられた。

現在、スクリープレス脱水機及び脱窒リアクター、硝化リアクターの運転条件等の見直しにより窒素、リンの目標値達成に向けてパイロットプラントによる試験を継続しているが、小型の脱窒リアクター（固定化担体使用）による脱窒性能の確認試験も平行して実施しているところである。

## ② 膜の運転結果

計画値に従い、使用膜枚数17枚、フラックス0.5 [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日] にて試験を開始した。運転条件を表7（試験区1）に示す。

槽内MLSS濃度を試験開始時の5,200 [mg/ℓ] から計画値の15,000 [mg/ℓ] まで高めるために運転期間中余剰汚泥の引き抜きは行わなかった。膜の経日変化を図3に示す。

表7 膜の運転条件

	試験区 1	試験区 2
膜面積	13.8 [m <sup>2</sup> ]	25.9 [m <sup>2</sup> ]
実透過流量	0.5 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日]	0.3 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日]
運転サイクル	吸引：停止＝5分：3分	吸引：停止＝5分：3分
エアバブリング風量	36 [m <sup>3</sup> /hr]	34 [m <sup>3</sup> /hr]
試験期間	H9.6.14～9.10.7	H10.1.17～10.3.26

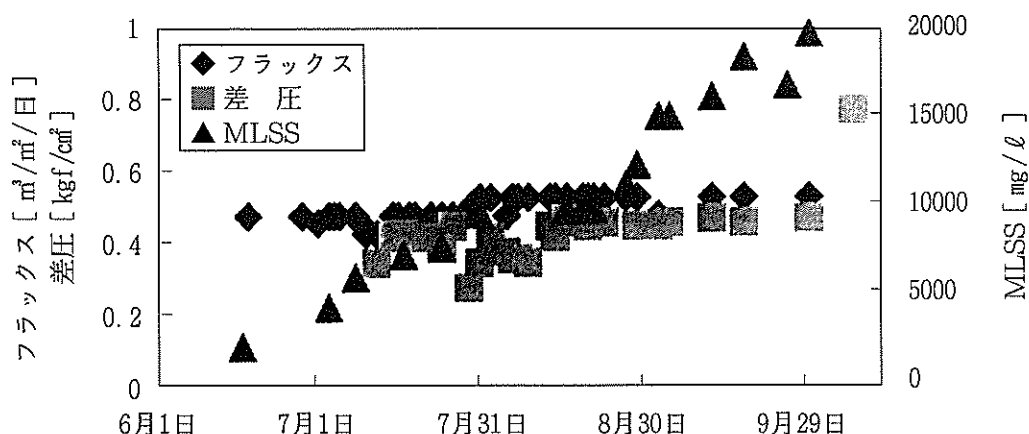


図3 膜の経日変化 (表6の試験区1)

運転開始後、115日目で膜の差圧が0.42 [kgf/cm<sup>2</sup>] (平均値) から0.77 [kgf/cm<sup>2</sup>] へ急に上昇し閉塞を引き起こしたので吸引を停止した。その後、未使用の膜を膜分離槽に挿入し同一条件で吸引させたが、すぐに差圧が0.52 [kgf/cm<sup>2</sup>] へと上昇した。これは運転期間中余剰汚泥を1度も引抜かなかった結果、槽内に溶解性有機物が蓄積し汚泥粘度が上昇したため膜面の空気洗浄効果が不十分となり、膜面へ汚泥が堆積したことが原因であると思

われる。余剰汚泥を定期的に引抜くことにより、長期間にわたり安定的な膜ろ過運転ができたとの報告<sup>1)</sup>もあり、余剰汚泥の引き抜きを実施することにより膜の運転はさらに継続することが可能と思われた。この後、膜分離槽への挿入膜枚数を32枚に増やし、フラックスを0.5 [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日] から0.3 [m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/日] へと下げ運転を再開、継続した。なお、2月12日より膜分離槽よりの余剰汚泥の引抜きを開始した。運転条件を表7 (試験区2) に、運

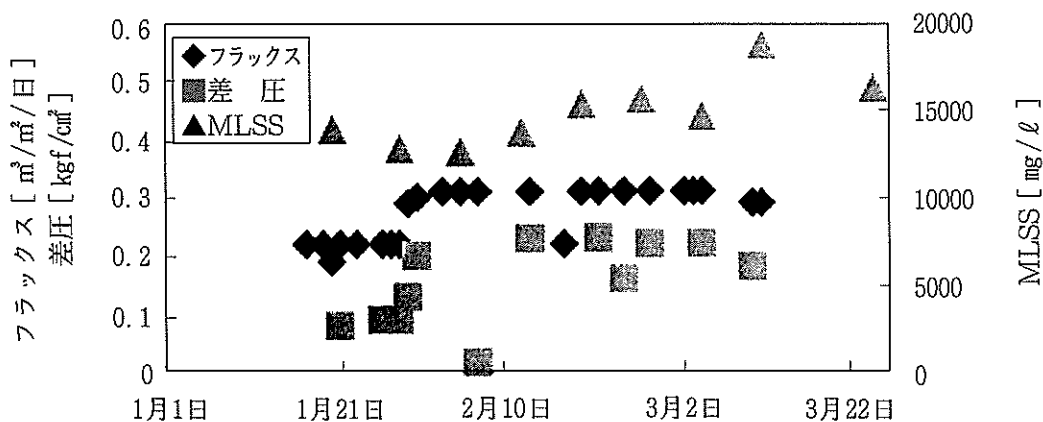


図4 膜の経日変化 (表6の試験区2)



転経過を図4に示す。図4に示すように膜の差圧は0.21 [kgf/cm<sup>2</sup>] (平均値)でその後安定している。

今後、膜分離槽、膜処理水の粘度、TOC等を測定し、反応槽に蓄積する微生物代謝産物由来の溶解性有機物の動態と膜ろ過性能の関連を調査し、余剰汚泥の引き抜き方法を検討していく予定である。

また、膜洗浄方法によるろ過能力の回復度合いについても調査する。

## ま と め

- (1) スクリュープレス脱水機は、豚舎ふん尿混合汚水と余剰汚泥の同時脱水処理装置として、省力的かつ効率的に汚濁負荷を除去でき、後段の生物処理への負担を軽減することが明らかになった。
- (2) 膜分離活性汚泥法は、BODの除去率は99.9 [%]以上、SSの除去率はほぼ100 [%]で、目標処理水質 (BOD 20 [mg/l]、SS 1 [mg/l])を達成できた。
- (3) 窒素の除去率は、硝化リアクターの曝気条件を連続曝気から、間欠曝気に変更することにより、約85 [%]から約95 [%]へと増加した。
- (4) 本試験装置は、500頭規模の肥育豚舎のふん尿混合汚水を処理する能力が十分あるものと思われる。

## 今後の検討課題

- (1) 豚舎よりのふん尿混合汚水の調査  
本豚舎は、計画値に較べふん尿排出量、汚濁

負荷量が低いため、豚の飼育頭数 (体重別)、給餌、給水状況等、畜舎内飼育状況の調査を行い、原因を把握する。

## (2) 凝集剤コスト低減の検討

凝集剤コストが、凝集剤の組み合わせ等を検討することで低減できないか、ふん尿汚水と余剰汚泥の混合液の脱水試験を継続し検討する。

## (3) さらなる脱窒性能向上の検討

脱窒性能は、硝化リアクターの曝気条件を連続から、間欠へと変更することで上昇したが、さらなる向上をねらい原水注入条件等を検討する。

## (4) 固定化担体併用による脱窒能力の調査

固定化担体が、脱窒反応に与える影響 (寄与率、循環液中のSS濃度の影響)を小型脱窒リアクターを用いて調査する。

## (5) 膜の閉塞原因の調査

膜の閉塞が、反応槽に蓄積する微生物代謝産物由来の溶解性有機物によるものか、動態を調査し検討する。また、余剰汚泥の引き抜き方法を確立し、溶解性有機物の蓄積を防ぎ、膜の耐久性を検討する。

## (6) 膜の洗浄方法の調査

膜の薬液洗浄は、これまで行っていないので、膜洗浄方法が、ろ過能力の回復度合いに与える影響を調査する。

## 参考文献

- (1) 上田達己他、膜分離活性汚泥法における溶解性有機化合物の動態と膜ろ過性能、水環境学会誌、20. 1997

## 7. 普及活動等 (平成7年4月～平成9年3月)

### 学術論文

1. Watanabe, Shozo (1995) : Eastern concept of animal use. Proc. XXV Congr. WVA Yokohama, Japan
2. Tin Myo Nwe, Emiko Hori, Yoshitaka Nakanishi, Masaharu Manda and Shozo Watanabe (1995) : The effects of simulated transportation on plasma levels of catecholamines, cortisol and glucose and eosinophil count in the goat. 日畜会報 66, 841-848.
3. Watanabe, Shozo (1996) : Animal production environment ; Present situation and issues. Proc. VIII AAAP Anim. Sci. Congr. vol. 1, 75-82.
4. T. M. Nwe, E. Hori, M. Manda, S. Watanabe (1996) : Significance of catecholamines and cortisol levels in blood during transportation stress in goats. Small Ruminant Research 20, 129-135.
5. 飯塚貴之、粉川清生、山本朱美、門脇基二、石橋 晃 (1996) : アミノ要求量の推定ならびに飼料の適否の判断の指標としての血漿アミノ酸濃度の有効性. 日本畜産学会北陸支部会新潟県分会報 31, 76-79.
6. Akemi Yamamoto and Teru Ishibashi (1996) : Amino acid concentration in tissues of laying hens under various conditions. Proc. XX World's Poultry Congress Vol. II Abstract 452.
7. Akemi Yamamoto and Teru Ishibashi (1996) : Comparison of lysine requirements determined from plasma lysine concentration and laying performance in laying hens. Proc. 8th AAAP Anim. Sci. Cong. Vol. II Abstract 778.
8. tion for determination of threonine requirement within a short period laying hens. Proc. 8th AAAP Anim. Sci. Cong. Vol. II Abstract 780.
9. Keiko Horiguchi, Akemi Yamamoto, Keita Shimizu, Shinobu Fujimura, Motoni Kadowaki and Teru Ishibashi (1996) : The taste of egg with particular reference to free amino acid and 5'inocinic acid (IMP) content of chicken eggs. Proc. 8th AAAP Anim. Sci. Cong. Vol. II Abstract 836.
10. Akemi Yamamoto and Teru Ishibashi (1996) : Quick response of plasma amino acid concentration to dietary excess amino acids in laying hens. Anim. Sci. Technol. (Jpn.), 67 : 1050-1057.
11. rhythm, time after oviposition, environmental temperature and dieatry sodium chloride on hematocrit value in laying hens. Anim. Sci. Technol. (Jpn), 68 : 301 -304.
12. Akemi YAMAMOTO, Motoni KADOWAKI and Teru ISHIBASHIU (1997) : Usefulness of plasma lysine concentration as a parameter to estimate lysine requirement in a shorter period in the laying hens. Anim. Sci. Technol (Jpn.) 68 (4) : 360-366.
13. Reiko Watanabe, Takayuki Iizuka, Kiyoo Kokawa, Akemi YAMAMOTO and Teru ISHIBASHI (1997) : Effects of dietary threonine levels on tne tissue amino acid concentration and threonine metabolic enzyme activity in laying hens. Anim. Sci. Technol (Jpn.) 68 (6) : 529-536.
14. Akemi YAMAMOTO and Teru ISHIBASHI (1997) : Lysine requirements of laying hens in a

- practical farm. Anim. Sci. Technol (Jpn.) 68 (8) : 735-740.
15. Akemi YAMAMOTO, Takuya YAMASHITA, Kiyoo Kokawa and Teru ISHIBASHI (1997) : Lysine requirement of laying hens estimated by plasma lysine concentration at two days after changing dietary lysine levels repeatedly using the same hens. Anim. Sci. Tech (Jpn.) 68 (10) : 934-939
  16. Reiko Watanabe, Takayuki Iizuka, Kiyoo Kokawa, Akemi YAMAMOTO and Teru ISHIBASHI (1997) : Quick responses of plasma amino acid concentration to changes in dietary amino acid levels in rats. Exp. Anim. 47 (1) 37-42.
  17. Keiko HORIGUCHI, Keita SHIMIZU, Koji TOTSUKA, Akemi YAMAMOTO, Tatsuro ITOH, Shinobu FUJIMURA and Teru ISHIBASHI (1998) : White Leghorn hens supplied excess choline, rapeseed meal or fish meal produce fishy odor free eggs. Anim. Sci. Tech (Jpn.) 69 (1) : 22-25
  18. 山本朱美、門脇基二、石橋 晃 (1995) : 産卵鶏の卵白合成のためのアミノ酸供給源. 日本家禽学会誌秋期大会号 32, 26
  19. 渡辺恵美子、菅原由利、山本朱美、石橋 晃 (1995) : プロイラーおよび産卵鶏の胚の発育に伴う骨成長の比較. 日本家禽学会誌秋期大会号 32, 28
  20. 山本朱美、石橋 晃 (1996) : 飼料中のThr含量の変化に伴う産卵鶏の組織中のThr濃度の変化. 日本家禽学会誌秋期大会号 33, 40
  21. 山本朱美、石橋晃 (1996) : 血漿遊離アミノ酸濃度におよぼす血液成分の影響. 第91回日本畜産学会講演要旨集 104.
  22. 田孝子、山本朱美、門脇基二、石橋 晃 (1996) : 加齢に伴う蛋白質効率低下の原因—飼料中蛋白質含量とアミノ酸吸収能—. 日本畜産学会北陸支部大会 講演要旨集 25.
  23. 山下琢也、粉川清生、山本朱美、門脇基二、石橋 晃 (1996) : 産卵鶏の血漿リジン濃度から短期間でリジン要求量を求める可能性について. 日本家禽学会誌秋期大会号 34, 30
  24. 富田愛子、粉川清生、山本朱美、藤村 忍、門脇基二、石橋 晃 (1997) : プロイラーとラットにおける絶食およびタンパク質飼料給与時の血漿遊離アミノ酸濃度の経時的変化. 日本畜産学会北陸支部会 新潟県分会報 32, 17.
  25. 粉川清生、渡邊令子、山本朱美、藤村 忍、門脇基二、石橋 晃 (1997) : 産卵鶏におけるトレオニン代謝 ; 酵素活性と組織中の遊離アミノ酸濃度. 日本畜産学会北陸支部会新潟県分会報 32,18.
  26. 粉川清生、渡邊令子、山本朱美、藤村 忍、門脇基二、石橋 晃 (1997) : 産卵鶏の血漿トレオニン濃度を指標としての短期間で少羽数でのトレオニン要求量の迅速推定. 日本家禽学会春期大会号 34.
  27. 山本朱美、門脇基二、石橋 晃 (1997) : 野外試験による産卵鶏のLys要求量. 日本家禽学会誌春期大会号 35, 27.
  28. 渡邊令子、山本朱美、石橋 晃 (1997) : 産卵鶏におけるトレオニン代謝 : 酵素活性と組織中の遊離アミノ酸濃度. 第92回日本畜産学会講演要旨集 43.
  29. 岡田 清、古川智子、山本朱美、猪口弘基、大森昭一郎 (1997) : 家畜糞尿等汚水の流入する湿地の浄化機能について. 第93回日本畜産学会講演要旨集100.
  30. 山本朱美、石橋 晃 (1997) : 産卵鶏の複数のアミノ酸の要求量を同時に求める可能性. 第93回日本畜産学会講演要旨集 22.

31. 山本朱美、石橋 晃 (1997) : 血漿遊離アミノ酸濃度を指標としてのアミノ酸要求量の迅速推定. 栄養生理研究会報、41 (1) : 15-25.

## 出版物

1. 渡邊昭三 (1997) : 畜産の環境保全をビジネスチャンスに—豊かな畜産の里の進展. 畜産コンサルタント、No. 376, 50-54
2. 渡邊昭三 (1998) : 環境マネジメントの確立—ゆたかな畜産の里今後の課題. 畜産コンサルタント No. 389, 56-61.
3. 渡邊昭三 (1998) : ビジネスチャンスの創出—休耕田チューリップと堆肥. 畜産コンサルタント No. 391, 72-61.
4. 渡邊昭三 (1998) : 計画・実行・自己点検による持続的発展を目指す「前原方式」. 畜産コンサルタント No. 394, 70-75.
5. 大森昭一郎 (1997) : 「酪農経営ならびに技術の推移の概要 : 戦後における酪農技術の展開」、農業、臨時増刊号 10-34.
6. 大森昭一郎 (1997) : 「乳用種の肉利用技術 : 国際化時代の肉用牛変遷史」、全国肉用牛協会 474-478.
7. 大森昭一郎 (1997) : 「資源の循環的利用と畜産」、畜産システム研究会報 18巻 24-30
8. 岡田 清 (1995) : 「酪農の展開方向と技術的課題」、畜産システム研究会報 第14号、1-8.
9. 岡田 清 (1995) : 「今、注目の放牧技術 1 草地造成管理、2 放牧牛の管理、3 集約放牧、4 山地酪農」、日本農業新聞 (6月6日~9日)
10. 岡田 清 (1995) : 「傾斜地・林地放牧で肉用牛の低コスト生産」、現代農業 (9月号) 258-261.
11. 岡田 清 (1995) : 「いま、放牧を見直す」、畜産の情報、No. 73、14-23.
12. 岡田 清 (1995) : 「高泌乳・高増体のための草地管理」、牧草と園芸 (第43巻第10)、11-14.
13. 岡田 清 (1995) : 「山地酪農の現状と問題点」、山地酪農協会 7-18.
14. 岡田 清 (1995) : 「新技術導入でゆとりの創出と経営の安定化」、現代農業 (11月号)、264-267.
15. 岡田 清 (1995) : 「我が国における酪農の実態と技術対策」、環境に優しい山地酪農をめざして、山地酪農協会、87-100.
16. 岡田 清 (1996) : 「特集1 中山間地域の活性化と肉用牛生産—低投入持続型畜産を基盤とした肉用牛生産—」、日本の肉牛 VOL.163、25-35.
17. 岡田 清 (1996) : 「放牧に関する研究開発の現状と今後の方向」、放牧への道、山地酪農協会、17-29.
18. 岡田 清 (1996) : 「中山間地域における酪農」、山地酪農を实践するための技術指針、山地酪農協会、1-7.
19. 岡田 清 (1996) : 「こんなにある放牧のメリット」、酪農ジャーナル 5月号、17-19.
20. 岡田 清 (1996) : 「肉用牛の試験研究の成果と今後の方向 3. 飼料、草地」、国際化時代の肉用牛変遷史、全国肉用牛協会、550-552.
21. 岡田 清 (1997) : 「環境にやさしい山地畜産推進のために」、草地畜産の展望について、日本草地畜産協会、27-42.
22. 岡田 清 (1997) : 「低投入持続型畜産を基盤とした肉用牛生産」、中山間地域活性化と肉用牛生産、全国肉用牛協会、53-65.

23. 岡田 清 (1998) : 「放牧牛の適正管理技術」、作物別保全型農業技術、家の光協会、417-420.
24. 岡田 清 (1998) : 「行き詰まるコスト低減—新たな憂鬱」「環境関連コストをいかに低減するか」、DAIRYMAN、24-25.
25. 岡田 光弘 (1998) : 「敷料・副資材の種類と特性」、「畜舎構造とふん尿搬出」、「固液分離装置」、「焼却処理」、「鶏ふんボイラー」、家畜ふん尿処理・利用の手引き、畜産環境整備機構、7、15-16、17-25、53-54.
26. 山本 朱美 (1997) : 「家畜のふん尿の有効利用」、暮らしの中の動物たち—動物利用の歴史とフロンティア、42.

## 講演

1. 渡邊昭三 (1995) : 畜産環境保全に係わる規則 平成7年中央畜産技術研修会. 畜産環境保全 (I) 農林水産省畜産局
2. 渡邊昭三 (1996) : 畜産環境保全に係わる規則 平成8年中央畜産技術研修会畜産環境保全 (I) 農林水産省畜産局
3. 渡邊昭三 (1996) : 福井県畜産環境保全研修会 畜産環境整備機構—福井県
4. 渡邊昭三 (1997) : 畜産環境保全：技術開発の性格と展開の場について 第9回中四国先進技術シンポジウム：中四国地域農林水産・食品先進技術研究協議会
5. 渡邊昭三 (1997) : 堆きゅう肥生産・利用拡大研修会 畜産環境整備機構—富山県
6. 大森昭一郎 (1997) : 第19回世界ホルスタインフリージャン会議：セクションD 「利潤のあがる酪農経営」(副座長) 札幌市、1997年9月
7. 大森昭一郎 (1997) : うつくしまふくしま環境保全型畜産確立シンポジウム「環境にやさしい畜産経営に向けて」 郡山市
8. 大森昭一郎 (1997) : 畜産システム研究会「資源の循環的活用と畜産」福山市
9. 大森昭一郎 (1997) : 鹿児島県平成8年度指導者特別研修会 (鹿児島県、酪農協同組合連合会) : 「夏期の乳牛の飼養管理技術」鹿児島市
10. 大森昭一郎 (1997) : システム農学会シンポジウム「畜産の展開と環境問題」、近畿大学、奈良市
11. 岡田 清 (1995) : 公共牧場利用促進研修会「放牧利用技術のポイント」小諸市
12. 岡田 清 (1997) : 平成7年度公共牧場広域利用等推進会議「中山間地域の活性化と肉用牛生産」岐阜県高山市
13. 岡田 清 (1997) : 畜産環境保全技術研修会 (静岡県中小家畜試験場) : 「畜産環境保全技術の現状と研究方向」静岡県菊川町
14. 岡田 清 (1997) : 平成8年度家畜改良センター技能職員研修 (家畜改良センター) : 「堆肥化処理技術及び土地還元方法」
15. 岡田清 (1997) : 平成8年度畜産講演会 (白河地方自衛防疫推進協議会) : 「将来に向けた畜産環境保全対策」白河市
16. 岡田 清 (1997) : 平成9年度畜産環境保全に関する技術シンポジウム : 「堆きゅう肥の品質向上について」金沢市
17. 岡田光弘 (1997) : 畜産新技術「環境保全」、中央畜産技術研修会、農林水産省畜産局

18. 岡田光弘 (1997) : 畜産環境保全 (I)、中央畜産技術研修会、農林水産省畜産局
19. 岡田光弘 (1997) : 現地検討会 島根県鹿足群六日市町
20. 岡田光弘 (1997) : 畜産環境保全研修会 茨城県結城市

#### 応嘱委員等 (1995年度)

- 渡邊昭三 : (社) 中央畜産会 (ゆたかな畜産の里中央選定委員)
- 渡邊昭三 : (財) 畜産生物科学安全研究所 評議員
- 渡邊昭三 : 日本大学生物資源化学部非常勤講師
- 渡邊昭三 : Outlook on Agriculture (英国) 編集委員
- 渡邊昭三 : 日本畜産学会理事
- 岡田 清 : 低コスト畜舎推進検討委員会
- 岡田 清 : パイプハウス畜舎等調査普及推進協議会委員
- 岡田 清 : 日本草地協会 軽種馬用放牧草地の整備管理技術調査 (座長)
- 岡田 清 : (社) 畜産技術協会 新搾乳システム実用化事業推進会議委員
- 岡田 清 : 日本畜産環境研究会理事
- 岡田 清 : 農林水産省技術会議 家畜飼養標準検討会牛部会構成員
- 岡田 清 : (社) 日本畜産施設機械協会 畜産資材等効率利用推進指導事業推進協議会委員
- 岡田 清 : 山地酪農協会 中山間地酪農活性化推進調査委員 (座長)
- 岡田 清 : (財) 軽種馬育成調教センター 軽種馬育成用草地土壌診断調査事業中央検討委員

#### 応嘱委員等 (1996年度)

- 渡邊昭三 : (社) 中央畜産会 (ゆたかな畜産の里中央選定委員)
- 渡邊昭三 : (財) 畜産生物科学安全研究所 評議員
- 渡邊昭三 : Outlook on Agriculture (英国) 編集委員
- 渡邊昭三 : 日本畜産学会理事
- 大森昭一郎 : 畜産システム研究会会長
- 大森昭一郎 : (社) 畜産技術協会 畜産関係温室効果ガス抑制技術等調査委員
- 大森昭一郎 : (財) 富民協会 全国農業コンクール中央審査委員
- 大森昭一郎 : 農林水産省 専門技術員資格試験委員
- 大森昭一郎 : 石巻専修大学理工学部 非常勤講師
- 岡田 清 : (社) 日本草地畜産協会 中山間地域低投入型畜産振興事業推進検討委員 (座長)

#### 応嘱委員等 (1997年度)

- 渡邊昭三 : (社) 中央畜産会 ゆたかな畜産の里中央選定委員
- 渡邊昭三 : (財) 畜産生物科学安全研究所 評議員
- 渡邊昭三 : Outlook on Agriculture (英国) 編集委員

大森昭一郎：畜産システム研究会会長

大森昭一郎：(社) 畜産技術協会 畜産関係温室効果ガス抑制技術等調査委員

大森昭一郎：(財) 富民協会 全国農業コンクール中央審査委員

大森昭一郎：農林水産省 専門技術員資格試験委員

大森昭一郎：石巻専修大学理工学部 非常勤講師

岡田 清：(社) 日本草地畜産協会 低投入持続型飼料生産推進事業企画委員

岡田 清：(社) 日本草地畜産協会 中山間地域低投入型畜産振興事業推進検討委員

岡田 清：(社) 日本草地畜産協会 牧場運営技術指針作成委員会 (座長)

岡田 清：(社) 日本草地畜産協会 山地畜産研究会委員

## 8. 図 書 目 録

### ◆ 和 書 (単行本)

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
1	岩波生物学辞典 第4版	八杉 龍一・小関 治男	岩波書店
2	岩波理化学辞典 第4版	久保 亮五・長倉 三郎	岩波書店
3	飲料水の微生物学	Gordon A McFeters 編 金子 光美 監訳	技報堂出版
4	HACCP これからの食品工場の 自主衛生管理	河端俊治・春日三佐夫	中央法規出版
5	新しい活性汚泥法	橋本 奨・須藤隆一 編著	産業用水調査会
6	I C P 発光分析の基礎と応用	原口 敏	講談社
7	塩集積土壌と農業	日本土壌肥料学会編	博友社
8	新しい脱臭技術 － 基礎からシステム選定まで －	國部 進	工業調査会
9	衛生試験法・注解	日本薬学会 編	金原出版
10	ISO 14001・14004 環境マネジメントシステム 〈対訳〉	吉澤 正 監修 日本規格協会 編	日本規格協会
11	ISO 14000 環境マネジメントの国際規格 －ISO 規格の対訳と解説－	吉澤 正 監修 日本規格協会 編	日本規格協会
12	ISO 14000 ガイド 新しい国際環境マネジメント規格	Joseph Cascio 外著 日本規格協会 EMS 審査登録センター監訳	日本規格協会
13	医学細菌同定の手びき 〈第3版〉	坂崎 利一 監訳	近代出版
14	HACCP 衛生管理計画の作成と実践 総集編	厚生省生活衛生局乳肉衛生課 監修 動物性食品のH A C C P 研究班編	中央法規出
15	環境微生物実験法	須藤 隆一 編	講談社
16	環境微生物図鑑 原光雄 編	小島貞男・須藤隆一	講談社
17	環境無機化学	H. J. M. BOWEN 浅見 輝男・茅野 充男 訳	博友社
18	高機能型活性汚泥法	橋本 奨	技報堂出版
19	化学便覧 基礎編 I, II	日本化学会編	丸 善
20	コンポストの最新技術	環境事業団	全国産業廃棄物連合会
21	嫌気微生物学	上木 勝司・永井 史郎	養賢堂
22	近赤外分光法入門	岩元 睦夫 外	幸書房
23	環境白書 各論 平成8年版	環境庁編	大蔵省印刷局



	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
24	環境白書 総説 平成8年版	環境庁編	大蔵省印刷局
25	活性汚泥法と維持管理	桜井敏郎 外	産業用水調査会
26	香料の物質工学	湖上国雄	他人書館
27	活性炭読本	柳井弘・石崎信男	日刊工業新聞
28	官能検査ハンドブック	日科技連官能検査委員会	日科技連出版
29	国際環境科学用語集	環境庁地球環境部監修	日刊工業新聞
30	環境をまもり育てる技術	盛岡 通	ぎょうせい
31	環境計測器ガイドブック 第4版	日本電気計測器工業会	公害対策技術同友会
32	粉体機器装置ハンドブック	粉体機器装置ハンドブック編集委員会	日刊工業新聞
33	機能水農業	岸田義典	新農林社
34	環境インパクトと農林生態系	農林水産省 農業環境技術研究所編	養賢堂
35	環境保全と新しい畜産	監修 西尾 道徳	農林水産技術情報協会
36	下水の高度処理技術	村田恒夫	理工図書
37	好アルカリ微生物	堀越弘毅・秋葉彦 編	学会出版センター
38	光合成細菌	北村 博・森田茂廣・山下仁平	学会出版センター
39	家畜衛生ハンドブック	佐澤弘士・田中享一 編集	養賢堂
40	家畜衛生学概論	板橋久雄・井上武 外	文永堂出版
41	火山灰土	日本土壌肥料学会編	博友社
42	機器分析ガイドブック	日本分析化学会編 環境庁	丸 善
43	嗅覚測定法マニュアル	大気保全局大気生活環境室 編集	臭気対策研究協会
44	原色日本土壌生態図鑑	永塚鎮男	フジ・テクノシステム
45	四訂・公害防止の技術と法規 －大気編－	通産省環境立地局	通商産業環境管理 協会
46	公害防止の技術と法規 －水質編－	通産省環境立地局	通商産業環境管理 協会
47	環境六法 平成8年版	環境庁環境法令研究会 編	中央法規出版
48	環境測定（JIS）	日本規格協会	日本規格協会
49	機器分析の手引き①②③ データ集	監修 泉美治 外	化学同人
50	コンポスト化技術 廃棄物有効利用のテクノロジー	藤田賢二	技報堂出版
51	環境微生物工学研究法	土木学会 衛生工学委員会	技報堂出版

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
52	環境保全を考えた乳牛のふん尿処理と利用	藤田秀保・志賀一一	酪農総合研究所
53	環境分析のための機器分析	酒井馨・坂田衛・高田	日本環境測定分析協会
54	環境浄化のための微生物学	須藤隆一 編	講談社
55	環境白書（総説）（平成9年版）	環境庁 編	大蔵省印刷局
56	環境白書（各論）（平成9年版）	環境庁 編	大蔵省印刷局
57	下水試験方法 上巻 1997年版	建設省・厚生省 監	日本下水道協会
58	下水試験方法 下巻 1997年版	建設省・厚生省 監	日本下水道協会
59	ごみの百年史 —処理技術の移り変わり—	溝入 茂	学芸書林
60	最新バイオ水処理技術	食品産業クリーンエコシステム技術研究組合 編	恒星社厚生閣
61	水質環境工学	松尾友矩 外 監訳	技報堂出版
62	植物色素 実験・研究への手引	林孝三 編	養賢堂
63	植物栄養実験法	植物栄養実験法編集委員会 編	博友社
64	生物環境調節ハンドブック	生物環境調節学会 編	養賢堂
65	獣医英和大辞典	長谷川篤彦編	チクサン出版社
66	水質汚濁防止技術概論	化学工学協会	培風館
67	JIS K 0102 工場排水試験方法	日本工業標準調査会 審議	日本規格協会
68	自然の浄化機能の強化と制御	楠田哲也	技報堂出版
69	図説・微生物による水質管理	千種薫	産業用水調査会
70	図説 生物相からみた処理機能の診断	須藤隆一・稲森悠平	産業用水調査会
71	自然の浄化機構	宗宮功	技報堂出版
72	植物生態学	M. G. ストールフェルト 著 渡辺庸一郎訳	富民協会
73	臭気対策の基礎と実際	石黒辰吉	オーム社
74	新・土の微生物（1） 耕地・草地・林地の微生物	土壌微生物研究会編 代表者 生越 明	博友社
75	浄水の技術	丹保憲仁・小笠原敏一	技報堂出版
76	新編・畜産大辞典	監修 田先威和夫	養賢堂
77	新 細菌培地学講座	坂崎利一・吉崎悦郎・三木寛二	近代出版
78	新 細菌培地学講座 下 I	坂崎利一・吉崎悦郎・三木寛二	近代出版
79	新 細菌培地学講座 下 II	坂崎利一 監修 田村和満・吉崎悦郎・三木寛二	近代出版
80	森林の百科事典	太田猛彦・北村昌美	丸 善

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
81	食品微生物学ハンドブック	好井久雄・金子安之・山口和夫	技報堂出版
82	獣医生化学	大木与志雄・久保周一郎	文永堂出版
83	平成8年版 全国の公害苦情の実態	公害等調整委員会事務局 編	大蔵省印刷局
84	食品工業利用微生物データブック	駒形和男 監修 食品工業利用微生物研究会 編	東京化学同人
85	水質調査法	半谷高久・小倉紀雄	丸 善
86	実験動物ハンドブック	長澤 弘・藤原公策	養賢堂
87	獣医微生物学	見上 彪	文永堂出版
88	酸性雨調査法 大気規制課 監修 酸性雨調査法研究会 編	環境庁大気保全局	ぎょうせい
89	獣医ハンドブック	編集委員 中村良一・笹原二郎・酒井保・村上大蔵・吐山豊秋	養賢堂
90	獣医公衆衛生学	小川益男・金城俊夫・丸山 努	文永堂出版
91	臭気の嗅覚測定法	岩崎好陽	臭気対策研究協会
92	生物脱臭の基礎と応用 -改訂版-	臭気対策研究協会 編集	臭気対策研究協会
93	細菌学技術書6 クロマトグラフィーによる細菌の迅速同定	日本細菌学会教育委員会編	菜根出版
94	細菌学技術書7 モノクローナル抗体の作製法	日本細菌学会教育委員会編	菜根出版
95	細菌学技術書8 新しい分類学に伴走する細菌同定法	日本細菌学会教育委員会編	菜根出版
96	細菌学技術書9 細菌学における新しい電子顕微鏡技術	日本細菌学会教育委員会編	菜根出版
97	最新の底質分析と化学動態	寒川喜三郎・日色和夫	技法堂出版
98	実習微生物学 MICROBIOLOGY	檀原宏文・田口文章	廣川書店
99	新和英大辞典	主幹 増田綱	研究社
100	新英和大辞典	小稲義男	研究社
101	食品産業のための微生物利用処理技術	食品産業クリーンエコシステム技術研究組合 委員会	厚生社厚生閣
102	新・環境小事典	新・環境小事典編集委員会	産業環境管理協会
103	J I Sハンドブック 試薬 1996	日本規格協会 編	日本規格協会
104	酸性雨の科学と対策 溝口次夫 編	環境庁大気保全局大気規制課監修	丸善
105	水道とトリハロメタン	丹保憲仁	技報堂出版
106	作物別 環境保全型農業技術検討委員会	環境保全型農業技術指針	家の光協会

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
107	J I Sハンドブック 環境測定	日本規格協会 編	日本規格協会
108	新版 活性炭 ー基礎と応用ー	真田雄三 外 編	講談社
109	昭和農業技術発達史 第一巻 農業動向編	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
110	昭和農業技術発達史 第二巻 水田作編	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
111	昭和農業技術発達史 第三巻 畑・工芸作編	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
112	昭和農業技術発達史 第四巻 畜産・蚕糸編	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
113	昭和農業技術発達史 第五巻 果樹・野菜作編	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
114	昭和農業技術発達史 第六巻 花き作・食品加工編	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
115	昭和農業技術発達史 第七巻 共通基盤技術編・資料・手引き	農林水産省農林水産技術会議事務局編	農文協
116	新版標準土色帖 1998年版	農水省技術会議事務局	富士平工業
117	新・土の微生物（1）	土壌微生物研究会編	博友社
118	新・土の微生物（2）	農水省農業環境技術研究所	養賢堂
119	耕地・草地・林地の微生物	土壌微生物研究編	博友社
120	植物の生育と微生物	土壌微生物研究会編	博友社
121	水田生態系における生物多様性	農業環境技術研究所編	養賢堂
122	地球環境工学ハンドブック編集委員会編	地球環境工学ハンドブック	オーム社
123	土壌の事典	久間 一剛 佐久間 敏	朝倉書店
124	土壌養分分析法	土壌養分測定法委員会編	養賢堂
125	土壌施肥編 利用の手引き 第2集		農文協
126	土壌学概論	川口 桂三郎	養賢堂
127	土の微生物学	服部勉・宮下清貴	養賢堂
128	逐条解説 水質汚濁防止法	環境庁水質保全局 監修 水質法令研究会 編集	中央法規出版
129	土と堆肥と有機物	松崎敏英	家の光協会
130	土壌の有害金属汚染	日本土壌肥料学会編	博友社
131	地球環境と農林業	農水省農業環境技術研究所	養賢堂

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
132	土壌薄片記載ハンドブック	訳監修 久間一剛・八木 久義	博友社
133	地下水汚染論-その基礎と応用	地下水問題研究会 編	共立出版
134	地下水要覧	地下水要覧編集委員会 編	山海堂
135	逐条解説 水質汚濁防止法	環境庁水質保全局 監修水質法令研究会 編集	中央法規出版
136	土壌生化学	王以智夫・木村 真人	朝倉書店
137	土の環境圏	岩田進午 外	フジ・テクノシステム
138	畜産環境対策大事典	代永道裕・羽賀 清典 外	農文協
139	土壌微生物実験法	土壌微生物研究会編	養賢堂
140	土壌標準分析・測定法	土壌標準分析・測定法委員会編	博友社
141	第二改定・詳解肥料分析法	越野正義	養賢堂
142	統計的官能検査法	佐藤 信	日科技連出版社
143	土壌構成成分解析法 I	日本土壌肥料学会編	博友社
144	土壌構成成分解析法 II	日本土壌肥料学会編	博友社
145	土壌構成成分解析法 III	日本土壌肥料学会編	博友社
146	土壌構成成分解析法 IV	日本土壌肥料学会編	博友社
147	地球温暖化の実態と見通し	気象庁編	大蔵省印刷
148	堆肥化施設設計マニュアル	中央畜産会	中央畜産会
149	地球システムの化学環境・資源の解析と予測	鹿園 直建	東京大学出版会
150	土壌圏と地球環境問題	木村真人 編	名古屋大学出版会
151	地下水資源・環境論-その理論と実践	水収支研究グループ	共立出版
152	土壌調査ハンドブック 改訂版	日本ペドロロジー学会編	博友社
153	土壌・地下水汚染と対策	環境庁 監修	日本環境測定分析協
154	特定悪臭物質測定マニュアル	環境庁 監修	日本環境衛生センター
155	土壌環境分析法	日本土壌肥料学会監修	博友社
156	畜産経営の動向	農林水産省畜産経営課編	中央畜産会
157	匂いの応用工学	栗岡 豊・外池 光雄	朝倉書店
158	匂いの科学	高木貞敬・渋谷達明	朝倉書店
159	匂い - その分子構造 -	E・アムーア	恒星社厚生閣
160	農業土木ハンドブック	農業土木学会 編	農業土木学会
161	農業技術大系 畜産編 全8巻		農文協
162	農業技術大系 土肥編 全8巻		農文協

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
163	農業生態学	JOY TIVY 著 小倉武一 訳	養賢堂
164	においの歴史	アラン・コルバン	藤原書店
165	日本の地下水	日本の地下水編集委員会	地球社
166	1997年版 農林漁業の環境保全食糧供給と環境との調和をめざして	産業技術会議	農林調査会
167	農業環境を構成する生物群の相互作用とその利用技術所編	農林水産省農業環境技術研究	養賢堂
168	農林水産業と環境保全	農林水産省農業環境技術研究所編	養賢堂
169	農村環境とビオトープ	農林水産省農業環境技術研究所編	養賢堂
170	農業気象・環境学	長野敏英 外	朝倉書店
171	農芸化学実験書 1巻	京都大学農学部農芸化学教室	産業図書
172	農芸化学実験書 2巻	京都大学農学部農芸化学教室	産業図書
173	農芸化学実験書 3巻	京都大学農学部農芸化学教室	産業図書
174	農業と環境	久馬一剛・祖田 修	富民協会
175	日本水草図鑑	神戸大学理学部 角野康郎	文一総合出版
176	1995 日本河川水質年鑑	建設省河川局監修	山海堂
177	平成9年度 農業資材年鑑	中島 公尚	農材通信社
178	廃水の活性汚泥処理改訂新版	中塩真喜夫	恒星社厚生閣
179	微生物と農業 －農業の未来をひらく微生物－	岸國平・大畑貫一 編	全国農村教育会
180	新版 標準土色帖	農林水産省 監	藤平工業
181	肥料製造学	栗原淳・越野正義	養賢堂
182	微量元素・化学物質と農業生態系	農林水産省農業環境技術研究所編	養賢堂
183	ポケット肥料要覧 1996	監修 農林統計情報課農林水産省 肥料機械	農林統計協会
184	肥料実務ガイド	JA全農肥料農薬部編 JA全農肥料農薬部	日本農民新聞
185	微生物の分類と同定 上	長谷川武治	学会出版センター
186	微生物の分類と同定 下	長谷川武治	学会出版センター
187	微生物の化学分類実験法	駒形和男 編	学会出版センター
188	廃棄物ハンドブック	廃棄物学会	オーム社
189	PHを測る	佐藤弦・本橋 亮一	丸善
190	微生物機能の多様性	別府輝彦 編	学会出版センタ
191	微生物制御実用事典	石井泰造 監修 鈴木俊吉・中江利昭・橋本欣一	フジ・テクノシステム

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
192	ハンドブック悪臭防止法	環境庁大気保全局大気生活環境室監修 悪臭法令研究会 編	ぎょうせい
193	微生物学実験法	微生物研究法懇談会	講談社
194	微生物固定化法による排水処理	須藤隆一	産業用水調査会
195	微生物の農業利用と環境保全発酵合 成型の土と作物生産	比嘉照夫	全国農村教育協会
196	バイオレメディエーション －微生物による環境修復技術の実際－	ウィリアム C. アンダーソン編 池上雄二/角田英男 訳	シュプリンガー・ フェアラーク東京
197	バイオ電磁工学とその応用	大森豊明	フジ・テクノシステム
198	水の分析	編集委員・那須義和・多賀光彦川村静 夫・都築俊文田村鉞基・田中俊逸	化学同人
199	水環境の基礎と応用	稲森悠平	産業用水調査会
200	水処理バイオ入門	須藤隆一・稲森悠	産業用水調査会
201	水処理工学	井出哲夫	技報堂出版
202	水環境の保全と再生	虫明功臣 外	山海堂
203	明解獣医学辞典		チクサン出版社
204	水の百科事典	鈴木信夫	丸善
205	有機物汚泥の緑農地利用	有機物汚泥の緑農地利用委員会編	博友社
206	用水廃水ハンドブック 2	編集委員会	産業用水調査会
207	用水廃水ハンドブック 3	編集委員会	産業用水調査会
208	用水廃水ハンドブック 4	編集委員会	産業用水調査会
209	用水廃水ハンドブック 5	編集委員会	産業用水調査会
210	有機質肥料のつくり方使い方	農文協 編	農文協
211	4℃の謎	荒川弘	北海道大学図書刊行
212	有機廃棄物資源化大事典	有機質資源化推進会議編	農分協
213	よくわかる環境監査	鈴木敏央	ダイヤモンド社
214	よくわかる環境法	鈴木敏央	ダイヤモンド社
215	くわかる環境マネジメントシステム	鈴木敏央	ダイヤモンド社
216	平成10年度版 理科年表 机上版	国立天文台 編	丸善書店
217	緑地環境科学	井手久登	朝倉書店

## ◆ 和雑誌

誌名	発行所
1 週刊「酪農乳業時報」	農友社
2 畜産の研究	養賢堂
3 農業および園芸	養賢堂
4 養鶏の友	日本畜産振興会
5 養豚の友	日本畜産振興会
6 養牛の友	日本畜産振興会
7 デーリィジャパン	デーリィジャパン
8 デーリィマン	デーリィマン社
9 用水と廃水	産業用水調査会
10 臭気の研究	臭気対策研究協会
11 月刊下水道	環境新聞社
12 鶏の研究	木香書房
13 養豚界	チクサン出版社
14 日本細菌学雑誌	東亜ブック
15 畜産コンサルタント	中央畜産会
16 畜産の情報 国内編 海外編	農畜産業振興事業団



## ◆ 洋書 (単行本)

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
1	Agricultural Recycling of Sewage Sludge and the Environment	S.R.SMITH	CAB INTERNATIONAL
2	Anaerobic Sewage Treatment	ADRIANUS C. BAN HAANDEL GATZE LETTINGA	JOHN WILEY AND SONS
3	Air Quality Control	U.FORSTNER PHY. W. H RULKENS	SPRINGER
4	Analytical Techniques for Foods and Agricultural Products	G.LINDEN	VCH Publishers
5	ANIMAL WASTE AND THE LAND-WATER INTERFACE	KENNETH STEELE	CRC Press
6	Agricultural Uses of By-Products and Wastes	Jack E. Rechigl Herbert C.Mackinnon	American Chemical Society
7	Bioremediation Engineering	JOHN T. COOKSON, JR.	Mc Graw-Hill, Inc.
8	Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding	R. J. WALLACE ANDREW CHESSON	VCH
9	Biotreatment of Industrial and Hazardous Waste	MORRIS A. LEVIN MICHAEL A. GEALT	McGraw-Hill
10	BIOAVAILABILITY OF NUTRIENTS FOR ANIMALS	CLARENCE B. AMMERMAN DAVID H. BAKER	Academic Press
11	BIOSOLIDS COMPOSTING		WATER ENVIRONMENT FEDERATION
12	COMPOSTING YARD AND MUNICIPAL SOLID WASTE		TECHNOMIC Publishing Co.
13	COMPOSTING SOURCE SEPARATED ORGANICS	STAFF OF BICYCLE JOURNAL OF COMPOSTING & RECYCLING	THE JG PRESS, INC.
14	FARMING, FERTILIZERS AND THE NITRATE PROBLEM	T. M. ADDISCOTT A. P. WHITMORE D. S. POWLSON	C・A・B INTERNATIONAL

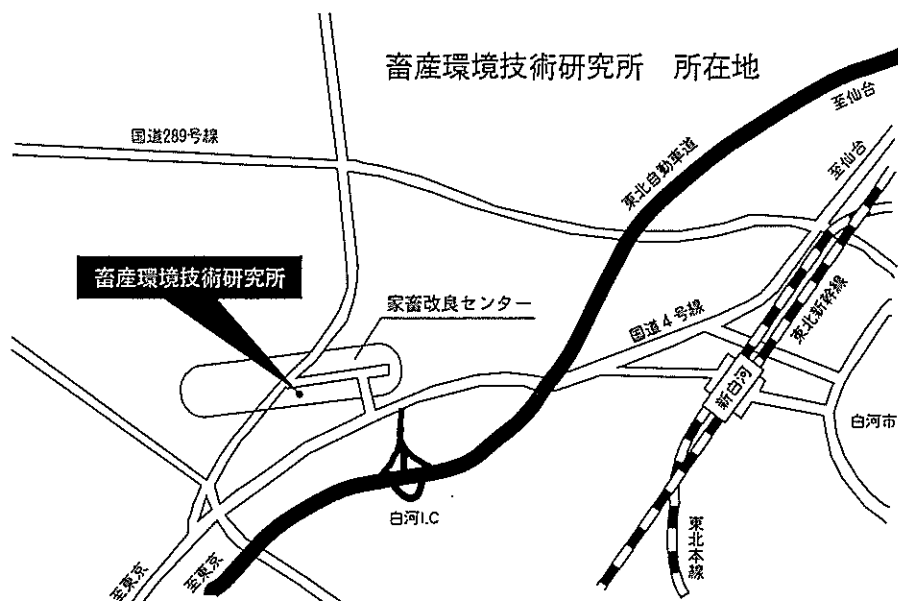
圖	書	名	著者・編者	發	行	所
15	FERTILIZERS and ENVIRONMENT		C.RODRIGUEZ-BARRUECO		KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS	
16	Gaseous Nitrogen Emissions From Grasslands		S. C. Jarvis and B. F. Pain		CAB INTERNATIONAL	
17	Humus Chemistry 2nd ed.		F. J. STEVENSON		JOHN WILEY & SONS	
18	Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology		PAUL N. CHEREMISINOFF		MARCEL DEKKER	
19	Humic Substances in Terrestrial Ecosystems		ALESSANDRO PICCOLO		ELSEYIER	
20	Hazardous Waste Remediation		HARRY M.FREEMAN EUGENE F. HARRIS		TECHNOMIC PUBLISHING CO.	
21	HUMIC AND FULVIC ACIDS		JEFFEREY S. GAFFNEY		AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	
22	LIVESTOCK ENVIRONMENT Vol.1&2		ROBERT W. BOTTCHEE STEVEN J.HOFF		AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS	
23	Microbiology of Landfill Sites 2nd ed.		ERIC SENIOR		Lewis Publishers	
24	Managing Agricultural Residues		PAUL W. UNGER		Lewis Publishers	
25	Microbiology of Solid Waste		ANNA C. PALMISANO MORTON A. BARLAZ		Lewis Publishers	
26	Methane		ANGELA R. MOSS		Lewis Publishers	
27	Manual of Environmental Microbiology		CHRISTON J. HURST GUY R. KNUDSEN MICHEAL J. MCINERNEY LINDA D. STETZENBACH MICHAEL V. WALTER		AMERICAN SOCIETY FOR MICROBIOLOGY	
28	MODERN SOIL MICROBIOLOGY		JAN DIRK VAN ELSAS		MARCEL DEKKER	
29	Organic Waste Recycling 2nd ed.		CHONGRAK POLPRASER		JOHN WILEY & SONS, INC.	
30	Odour and Ammonia Emissions		V.C.NIELSEN J.H.VOORBURG P.L'HERMITE		ELSEVIER APPLIED SCIENCE	

	図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
31	Odors, and Deodorization in the Environment	GUY MARTIN	VCH publishers
32	Organic Grassland	JON NEWTON	CHALCOMBE PUBLICATIONS
33	Pollution Science	IAN L. PEPPER CHARLES P. BERBA MARK L. BRUSSEAU	Academic Press
34	Science and Engineering of Composting	HARRY A. J. HOITINK HAROLD M. KEENER	THE OHIO STATE UNIVERSITY
35	Standard Handbook of Environmental Engineering	ROBERT A. CORBITT	McGraw-Hill
36	STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER	ANDREW D. EATON LENORE S. CLESCERI ARNOLD E. GREENBERG	APHA AWWA WEF
37	SOIL PROTOZOA	J. F. DARBYSHIRE	CAB INTERNATIONAL
38	The Merck Index 12th ed.	SUSAN BUDAVARI	MERCK & CO
39	The practical Handbook of COMPOST ENGINEERING	ROGER T. HAUG	Lewis Publishers
40	The Application of Solidification/ Stabilization to Waste Materials	JEFERY L. MEANS ARUN R. GAVASKAR LAWRENCE A. SMITH	LEWIS PUBLISHERS
41	Theory and Practice of Water and Waste water Treatment	Ronald L. DROSTE	JOHN WILEY & SONS
42	The Biochemistry of Silage 2nd ed.	PETER MCDONALD	CHALCOMBE PUBLICATIONS
43	The Science of Composting part 1 & 2	MARCO DEBERTOLDI PAOLO BERT LEMMES TIZIANO PAPI	BLACKIE ACADEMIC & PROFESSIONAL
44	The Ecology and Management of Grazing Systems	J. HODGSON A. W. ILLIUS	CAB INTERNATIONAL

図	書名	著者・編者	発行者	所
45	THE SCIENCE OF COMPOSTING	Marco de Bertoldi	BLACKIE ACADEMIC & PROFESSIONAL	
46	Waste Containment Systems, Waste Stabilization, and Landfills	SANGEETA P.LEWIS	JOHN WILEY & SONS	
47	Waste Disposal by Landfill	R.W.SARSBY	A. A. BALKEMA	
48	Water Quality Data	ARTHUR W.HOUNSLOW	Lewis Publishers	
49	Water Sampling for Pollution Regulation	KEITH D.HARASHAM	GORDON AND BREACH PUBLISHERS	
50	Water Quality Monitoring	JAMIE BARTRAM RICHARD BALLANCE	E & FN SPON	
51	WASTEWATER BIOSOLIDS TO COMPOST	Frank R. Spellman	TECHNOMIC PUBLISHING COMPANY	

◆ 洋 雜 誌

1. Applied and Environmental Microbiology (AMERICAN SOCIETY FOR MICROBIOLOGY)
2. Biocycle (KEITH INTERNATIONAL BV.)
3. Bioresource Technology (ELSEVIER)
4. Journal of Agricultural Engineering Research (ACADEMIC PRESS)
5. Nutrition Abstracts & Reviews Series B : Livestock Feeds & Feeding (CAB INTERNATIONAL)
6. Transactions of American Society of Agricultural Engineering (American Society of Engineers)
7. Resource (ASAE-THE SOCIETY FOR ENGINEERING IN AGRICULTURAL, FOOD AND BIOLOGICAL SYSTEMS)



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1  
 TEL 0248-25-7777（代表）  
 FAX 0248-25-7540

ISSN1344-1744

平成10年7月

畜産環境技術研究所年報（VOL.1）  
 （平成7.8.9年度）

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丁目19番13号（スピリットビル4階）  
 ☎ 03-3459-6300  
 FAX 03-3459-6315

編集及び連絡先（財）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1  
 ☎ 0248-25-7777  
 FAX 0248-25-7540

印刷 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