



日本中央競馬会  
特別振興資金助成事業

ISSN 1344-1744

# 畜産環境技術研究所年報

第2号  
(平成10年度)



財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所

## ま え が き

わが国の畜産が健全に発展するためには、生産性の向上や高品質畜産物の生産と併せて、家畜ふん尿の適切な処理・利用、畜産に起因する悪臭、水質汚染等に的確に対応することがきわめて重要な課題となっております。

このような情勢を踏まえ、当畜産環境整備機構は、農林水産省の指導と財団法人全国競馬・畜産振興会の助成を受けて、平成7年度から「畜産環境保全経営技術開発普及促進事業」を実施し、平成8年7月には畜産経営の現場が求める畜産環境保全の推進のため畜産環境技術研究所を設立して、研究開発活動を開始致しました。

昨年7月には、それまでの研究所の研究成果と進行中の課題について紹介し、研究の遂行について広く関係者の皆様のご意見をいただくため、畜産環境技術研究所年報第1号を発刊致しました。ここに平成10年度の研究成果等を取りまとめ第2号をお手元にお届けいたします。

畜産の環境問題については、「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」が平成11年7月22日に成立し、家畜排せつ物の野積み、素掘りなどの不適切な処理を解消するため、家畜排せつ物処理施設について、計画的に整備を進めることになっております。また、農業生産においては、堆肥を利用した環境保全型農業の推進が謳われています。

このような情勢の中で畜産農家から経営規模等に応じた簡易低コスト処理施設の開発や技術普及の要請が高まっています。畜産環境技術研究所においても研究ニーズの高い低コスト家畜排せつ物処理・利用技術確立に向けて、より一層の努力を重ね皆様のご期待に応えることが極めて重要であると考えております。

関係各位の更なるご指導、ご鞭撻をよろしくお願い申し上げます。

平成11年10月

財団法人 畜産環境整備機構  
理事長 岩 崎 充 利

# 目 次

1. 研究所設立の経緯と沿革	1
2. 組織	2
3. 施設および主要機械器具	4
1) 建        物	4
2) 主要機械器具	6
4. 各種委員会	9
1) 畜産環境保全経営技術開発事業検討委員会	9
2) 畜産環境保全経営技術開発検討委員会専門部委員	10
3) 畜産環境保全経営技術推進に係る小委員会	10
5. 研究活動の概要	11
1) 研究課題の実施計画	11
2) 平成10年度事業報告	17
6. 研究課題進捗状況	19
I. 悪臭防止技術の開発	19
II. 高濃度畜舎汚水の低コスト処理技術の開発	31
III. 堆きゅう肥の品質向上技術の開発	121
IV. 環境保全技術体系の開発	125
7. 交流共同研究の概要	131
8. 普及活動等	145
9. 平成10年度新着図書	147

## 1. 研究所設立の経緯と沿革

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

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

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

研究の拠点となる研究所本体の建物は、鉄筋コンクリート平屋建て延べ面積795m<sup>2</sup>を平成7年11月設計、平成8年1月工事着工し、平成8年7月竣工した。

さらに、実験棟（家畜排泄物高度処理・加工実験施設）鉄骨平屋建て延べ面積700m<sup>2</sup>の建物を平成10年2月設計、平成10年3月着工、平成10年7月竣工した。

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

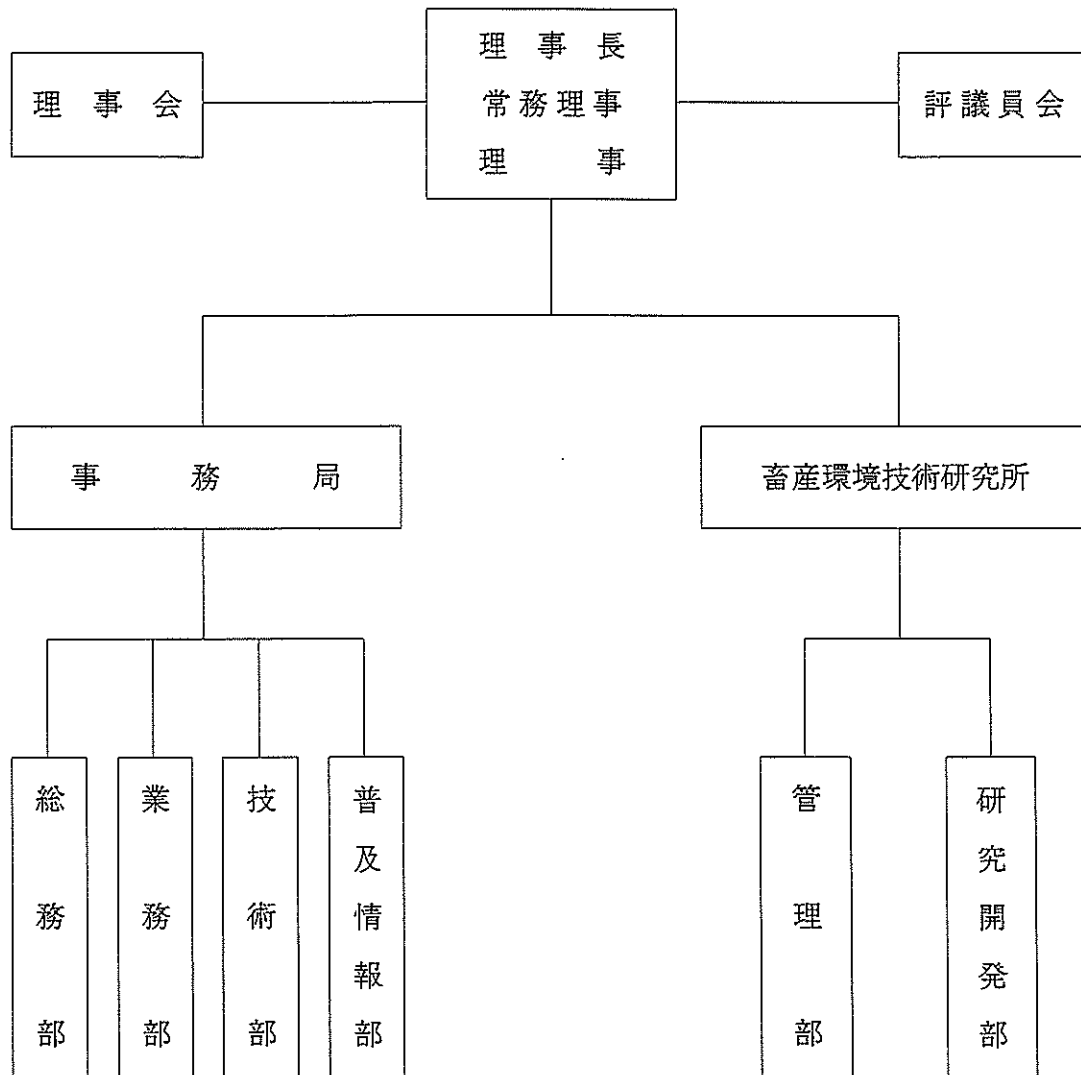
平成8年度の組織人員は、研究員5名（所長、研究開発部長・特別研究員、研究員）交流共同研究員1名、管理部門1名計7名平成10年度末には、研究員6名、交流共同研究員1名、管理部門1名、非常勤職員2名、計10名となっている。



## 2. 組織図

組織図

(平成11年3月31日現在)

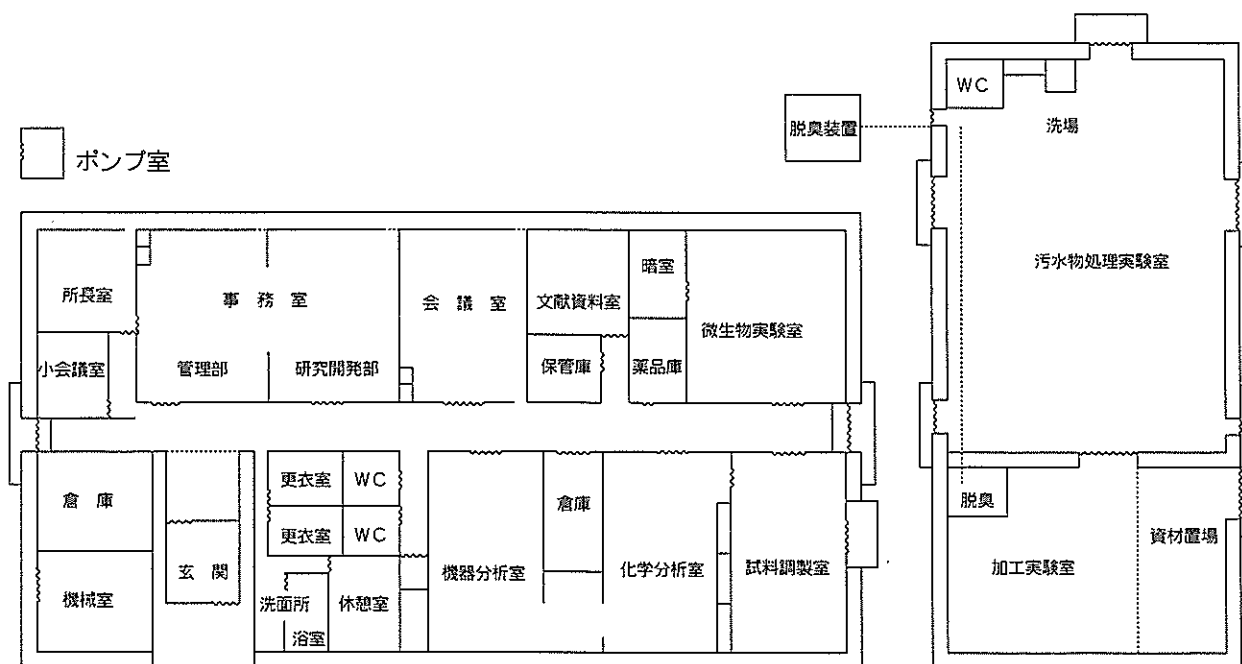


### 3. 施設及び主要機械器具

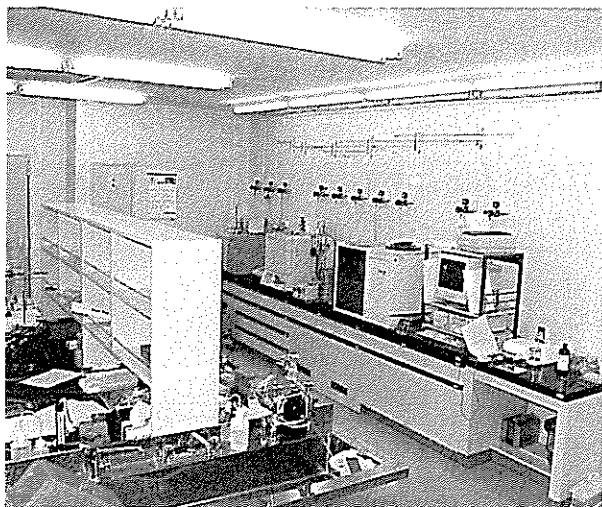
#### 建 物

区 分	名 称	構 造	取得年月	備考
事務所建	研究所本体	鉄筋コンクリート 平屋建て 794.65 m <sup>2</sup>	H8. 7	
倉庫建	ポンプ室	同 上 10.89 m <sup>2</sup>	同 上	
倉庫建	実験棟	鉄骨平屋建て 700.00 m <sup>2</sup>	H10. 6	

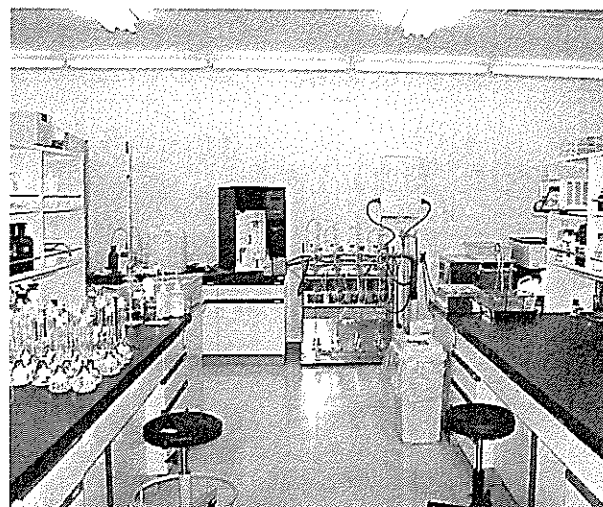
研究所建物平面図



建物内部



機器分析室



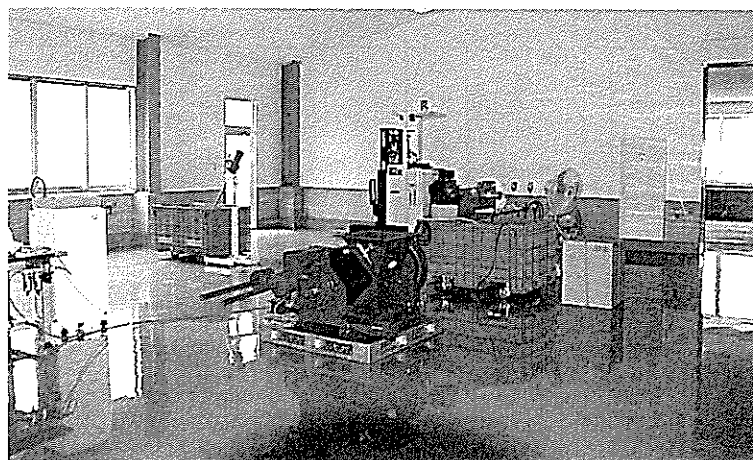
化学分析室



微生物実験室



試料調製室



汚水物処理実験室

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 RK I - 18 - 503	H 8 . 7	
	熱風乾燥室	池本理科 RK I - 10 - 0614	"	
	粉 碎 機	池本理科 ウィレー式 RK I - 20 - 1133	"	
	粉 碎 機	池本理科 ミル式 RK I - 20 - 1131	"	
化学分析室	高速振動式試料 粉 碎 機	シー・エム・ティー T I - 100	H 9 . 7	
	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	GT 5 PL	"	
	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	
イオン化合物低級脂 肪酸捕集セット	GLサンエンス SP - 203	H 10 . 6		
機器分析室	ガスクロマトグラフ	日立G - 5000A	H 8 . 7	
	NCアナライザー	バリオEL	"	
	ICP発光分析装置	日立U - 4000	"	



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 chromatography	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	"	
	イオン chromatography	日本ガイネクス DX-120	H9. 6	
	全有機炭素自動 分析装置	TORAY Model TOC-650	"	
	ガス chromatography	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	

配置場所	名 称	型式・メーカー	取得年月	備考
実験棟	バ イトロン人工気象器	いすず製作所 SU-12	H10. 9	
	ペーパースレコーダー	大倉電器 VM5100A	10. 10	
	〃	〃	11. 3	
	クリーンコンプレッサ	井内盛栄堂 17L/min	〃	
	堆肥保温発酵装置	早坂理工 HA-20110B	11. 3	
	〃	〃	〃	
	制御装置	〃	〃	
	データ処理装置	〃	〃	
	空気供給装置	〃	〃	
	多板式固定分離機	日鉄鉱業 RF-230S	〃	
	フォークリフト	コマツ FB10RS-10	〃	
実験施設	脱窒リアクター	共和化工 KBM-5	H9. 5	

#### 4. 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)

## 5. 研究活動の概要

## 5. 研究活動の概要

### 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。

平成10年度においてもこの実施計画に基づいて研究に取り組んだ。

### 「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

わが国の畜産は、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

### I 悪臭防止技術の開発

#### 1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発

- ①臭気発生機構の解明
- ②悪臭軽減効果判定手法の開発

#### 2. 悪臭防除資材の探索・評価・改良

- ①悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発
- ②脱臭微生物の分離・改良

### II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

#### 1. 微生物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

#### 4. 動物生産汚水の処理に関する微生物学的研究（委託）

### III 堆きゅう肥の品質向上技術の開発

#### 1. 堆きゅう肥の品質評価基準の策定

#### 2. 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発

#### 3. 馬房敷料を活用した土壌改良資材の実用化（委託）

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

### IV 環境保全技術体系の開発

#### 1. 施設・機器の経営・技術的評価

- ①家畜ふん尿処理機械の基本性能等調査（委託）

## 2. 家畜ふん尿の低コスト処理・利用技術の体系化

畜産ふん尿の吸着率を高める木質系敷料の改良と木酢液による脱臭技術の開発（委託）

②家畜ふん尿の処理利用技術の実態解析

③家畜ふん尿等の低コスト処理技術体系化

## 3. 総合的畜産環境保全技術体系の開発

①畜産農業が有する外部経済効果の評価（委託）

②「HACCP」の概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発

(3) 研究実施期間 平成7～14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10年度の研究計画

前年度からの継続課題を実施するとともに、以下の課題について新たに取り組む。

①臭気発生機構の解明

②栄養塩類等の回収物質の有効利用技術の開発

③堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発

④家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化

## 「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

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		
<p>I 悪臭防止技術の開発</p> <p>1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発</p> <p style="margin-left: 20px;">①臭気発生機構の解明</p> <p style="margin-left: 20px;">②悪臭軽減効果判定手法の開発</p> <p>2. 悪臭防除資材の探索・評価</p> <p style="margin-left: 20px;">①悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発</p> <p style="margin-left: 20px;">②脱臭微生物の分離・改良</p> <p>II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発</p> <p>1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発</p> <p style="margin-left: 20px;">①豚舎排水高度浄化処理技術の開発</p> <p style="margin-left: 20px;">②汚水処理過程における汚泥等微生物相の消長と機能</p> <p style="margin-left: 20px;">③好気性処理時における処理水の色度について</p> <p>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</p> <p>3. 栄養塩類等の回収物質の有効利用技術の開発</p> <p>4. 動物生産汚水の処理に関する微生物学的研究</p>									共和化工	共同研究
									東北大学	委託

研究内容	研究年次								担当機関	備考
	7	8	9	10	11	12	13	14		
Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発										
1. 堆きゅう肥の品質評価基準の策定										
①堆きゅう肥成分の変動の解明ならびに品質評価法の開発										
②寒冷時における良質堆肥生産条件の解析										
2. 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発										
3. 馬房敷量を活用した土壌改良資材の実用化									大津機工	委託
4. 抗生物質等投与家畜生産堆きゅう肥中の抗生物質等の消長ならびに植物への影響									畜産生物科学安全研究所	委託
Ⅳ 環境保全技術体系の開発										
1. 施設・機器の経営・技術的評価										
①家畜ふん尿処理機械の基本性能等調査									生研機構	委託
2. 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化										
①家畜ふん尿の処理利用技術の実態解析										
②畜産ふん尿の吸着率を高める木質系敷料の改良と木酢液による除臭効果									九州産業	委託
③家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化										
3. 総合的畜産環境保全技術体系の開発										
①畜産農業が有する外部経済効果の評価									農政調査委員会	委託
②「HACCP」の概念を活用した環境保全型畜産技術体系の開発										



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の利用技術の開発  
 (11～14年)  
 ○脱臭微生物の分離・改良  
 (11～14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、好気・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

・悪臭低減効果を 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方法が明らかとなり、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、「HACCP」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・利用技術の開発**  
 ◎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  
 (9～11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(株)開発)による原水汚水の有機物、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、コストの低減が見えれば、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

#### 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 (9～10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)

### 研究内容

- 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

### 期待される成果

- ・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、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 (8～9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 (8～9年)
- 畜産農業が有する外部経済効果の評価 (7～8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、家畜排泄つ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、木酢酸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10年度事業報告

前年度に着工した実験棟および脱臭施設が完成し、7月には関係者の出席のもとに竣工式を挙行了。実験棟の総面積は700㎡と広く、コンベア、ミキサー、フォークリフト、固液分離機等大量の糞尿の搬入・搬出あるいは攪拌が可能となった。また、発芽試験、堆肥発酵、汚水処理等の実験装置が導入された。これら施設・機器の整備により、これまでの研究では対応が困難であった大型かつ特殊のふん尿処理試験、現場対応型の試験研究・技術開発に弾みがつくことが期待される。

7月には、推進検討委員会・専門部会委員の合同会議が開催され、前年度の成果および本年度の計画が了承された。

同じく、7月には、開所以来の研究成果をまとめた年報を発刊した。従来の国公立の試験研究機関等における年報の様式とは異なり、調査研究あるいは開始したばかりの課題をも掲載しており、完成度は必ずしも高いとは言えないものであったが、この年報を通して多くの機関との情報交換が行われるとともに、生産現場からのニーズをより一層、的確に把握することが可能となった。

11月には、当機構の主催により、世界的に著名な研究者、専門家を招き、畜産環境保全国際シンポジウムが開催された。研究所としてもスタッフを動員し、企画・運営・連絡・翻訳・取りまとめ等の業務を分担した。

このほか、前年度に引き続き、家畜改良

センター、地元水利協議会等からの依頼により、堆肥成分、水質等の分析を実施した。また、啓蒙普及活動にも努め、各種研修会において講演を行った。

本年度の成果の概要は、以下の通りである。

1. 悪臭防止技術の開発では、当研究所で開発した臭気発生装置、臭気捕集装置を利用し、市販の鉋物系資材の脱臭効果を判定した。その結果、一部の資材でアンモニア濃度の低下効果があることが明らかになった。
2. 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発では、野外における処理水の色の季節変動、希釈等処理の影響等についての基礎的知見を得た。また、無機凝集剤や次亜塩素酸の添加により、脱色が可能であるとの見通しを得た。さらに、人工湿地における環境負荷物質の浄化機能の高いことを明らかにした。共和化工との交流共同研究では膜分離活性汚泥法の処理装置を完成させるとともに、電力消費の軽減、浄化機能の向上、自動管理化の面でより一層の進展をみた。
3. 堆きゅう肥の品質向上技術の開発では、腐熟度の判定手法として、微生物の呼吸活動と腐熟度間には密接な関係があることを明らかにするとともに、簡易、かつ低コストで測定するための装置を開発した。
4. 環境保全技術体系の開発では、栃木県黒磯市役所、草地試験場等との共同研究により、乳牛のふん尿混合物（スラリー）の悪臭軽減に成功した。また、スラリー中の

水分を太陽熱・通風等により揮散させるとともに、オガクズあるいは戻し堆肥を副資材として添加することにより、固形堆肥化することに成功した。

## 6. 研究課題進捗状況

- 課題名 I 悪臭防止技術の開発
1. 臭気発生機構の解明と防臭効果判定手法の開発
  - ② 悪臭軽減効果判定手法の開発
  2. 悪臭防除資材の探索・評価
  - ① 悪臭防除資材の評価と効率的利用技術の開発

担当者名：山本朱美、古川智子、岡田 清、岡田光弘、渡邊昭三

協力機関名：家畜改良センター

研究期間：平成8～10年度

### 緒 言

室内試験および野外試験において悪臭防除資材の効果を判定する試験研究が数多くなされているが、いかなる条件下でも明確に効果が認められた悪臭防除資材は今のところ確認されていない。効果が期待できないような市販の悪臭防除資材が多いこともあるが、一方では、風向・風速など多様な要因が畜舎内の臭気成分の濃度に大きく影響し、これが悪臭防除資材の効果判定を困難にしている。したがって、悪臭防除資材の効果判定においては、臭気成分の変動要因を考慮し、いかなる条件下でも正確にその悪臭防除効果が判定できる手法の開発が必要である。

そのために、まず、脱臭機構が解明されている悪臭防除資材（正の対照）を用いて室内試験によるスクリーニング手法を開発し、その後、畜舎内における臭気のサンプリング条件を確立する必要がある。10年度は、室内試験において、豚ふん尿混合物に散布型の悪臭防除資材を5.0%添加して揮散アンモニア濃度の経日的な変化を調べ、悪臭防除資材のスクリーニング手法の開発

を行う（試験1）とともに、試験1において正の対照と差の認められなかった悪臭防除資材を0～5.0%の添加範囲となるように豚ふん尿混合物に添加して揮散アンモニア濃度の経日的な変化を調べ、畜舎内での散布量の目安を明らかにする（試験2）ことを目的に試験を行った。

### 材料および方法

#### 1. 供試試料

N畜産センターで飼養中の繁殖雌豚を対象にして、採取当日の10:00～10:30に排泄されたふん尿（約5頭分）各々約5kgをスノコ床に落下する前に採材した。試料は分析に供するまで冷蔵保存（4℃）を行った。なお、試験期間中の給与飼料は同一とした。

#### 2. 試験区の設定および悪臭防除資材の特性

悪臭防除資材は珪酸アルミニウム、硫酸第一鉄および有機酸を主体とする製品計5品目を選定した。負の対照区として無添加区を、また、正の対照区として硫酸第一鉄（試薬特級）を添加する区を設けた。珪酸ア

ルミニウムを主体とする資材はハンマーにより粗粉碎を行った後、微粉碎機（CMT-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。市販の悪臭防止資材（資材A、B、CおよびD）、硫酸第一鉄各々5gに対して精製水を100ml添加した後、攪拌し、静置30分後にpHをガラス電極法により測定した。なお、有機酸を主体とする悪臭防除資材（資材E）は液状のため、そのままpHを測定した。悪臭防除資材と硫酸第一鉄（試薬特級）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。

表1. 悪臭防除資材と正の対照（硫酸第一鉄）のpHと主原材料

設定区	pH	主原材料
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
資材E	2.73	有機酸
硫酸第一鉄	3.43	

### 3. 揮散アンモニア濃度の分析

#### 1) 試験1

採取した新鮮豚ふんと豚尿を1:2の重量比となるように速やかに混合した。その後、500mlの三角フラスコにふん尿混合物を200±5gとなるように分注し、7種類の処理を施した。すなわち、負の対照区では無添加、正の対照区ではふん尿混合物に硫酸第一鉄を、資材A区、B区、C区、D区お

よびE区ではそれぞれの資材を5.0%添加後、攪拌し、35℃の恒温槽に静置した。静置直後、1、2、および3日後に1分間当たり0.15mlの割合で断続通気し、積算流量で1.5Lのヘッドスペースガスを0.2%ほう酸溶液に捕集した。ほう酸溶液中のアンモニア濃度はインドフェノール法により分析した。

1 試験区当たり2連の2反復とした。なお、数値は2反復の平均値を示した。

#### 2) 試験2

採取した新鮮豚ふんと豚尿を1:2の重量比となるように速やかに混合した。その後、500mlの三角フラスコにふん尿混合物を200±5gとなるように分注した。試験1でアンモニア揮散に対してもっとも効果の認められた悪臭防除資材Bを豚ふん尿混合物に、0、0.175、0.50、1.0、3.0および5.0%の6段階となるように添加後、攪拌し、35℃の恒温槽に静置した。その後の操作は試験1と同一とした。

## 結 果

### 1. 豚ふん尿混合物からの経日的な揮散アンモニア濃度（試験1）

正の対照区（硫酸第一鉄）の揮散アンモニア濃度は負の対照区（無添加）に比べ低かった。B区およびC区のアンモニア濃度は正の対照区とほぼ等しく、負の対照区より低かった。また、A、DおよびE区の揮散アンモニア濃度は負の対照区とほぼ等しく、正の対照区に比べ高かった。しかしながら、E区では日数の経過に伴う揮散アンモニア濃度の変化はA、D区および正の対

照区に比べ高く、有機酸のアンモニア揮散に対する効果の持続性は低いものと考えられた(表2)。一方、資材B、C、すなわち、硫酸第一鉄のアンモニア揮散に対する効果

の持続性は高いものと考えられた。また、ふん尿混合後の日数の経過に伴い資材A、Bおよび正の対照のふん尿混合物が他の区に比べ黒色を呈した。

表2 豚ふん尿混合物からの揮散アンモニア濃度(試験1、ppm)

添加処理	ふん尿混合後経過日数			
	添加直後	1	2	3
無添加	0.80	20.4	13.7	23.6
資材A	1.34	15.5	18.0	18.6
資材B	0.909	0.200	0.555	0.196
資材C	0.773	0.394	0.798	0.157
資材D	1.13	17.5	17.3	22.4
資材E	0.680	0.354	1.54	5.45
硫酸第一鉄	0.454	0.193	0.680	0.179

2 反復の平均値を示した。

表3 豚ふん尿混合物からの揮散アンモニア濃度(試験2、ppm)

資材B 添加割合(%)	ふん尿混合後経過日数			
	添加直後	1	2	3
0	0.98	16.4	15.8	19.1
0.175	1.05	13.7	12.7	16.1
0.50	0.86	5.69	9.84	15.1
1.0	1.04	10.2	8.40	11.5
3.0	0.85	1.55	1.72	1.42
5.0	0.78	1.03	1.52	1.22

2 反復の平均値を示した。

## 2. 豚ふん尿混合物からの揮散アンモニア濃度(試験2)

試験2において、資材Bの添加割合を0~5.0%とした6処理を施した。表3に示すように、ふん尿混合直後ではいずれの添加

割合においても揮散アンモニア濃度に大きな差は認められなかったが、ふん尿混合後の日数の経過に伴い、添加割合が3.0%を超えると顕著に揮散アンモニア濃度は低くなった。メーカーの推奨する添加割合は0.175



%であるが、本試験条件下においては、添加割合を1.0%にまで高めた方がアンモニア揮散の抑制効果は高く、持続性も高いと考えられた。

## 考 察

硫酸第一鉄の脱臭反応は、アンモニアに対しては硫酸アンモニウムの生成、硫化水素に対しては硫化鉄の生成であることが知られている。また、有機酸の脱臭反応はカルボキシル基が有する窒素系化合物（アンモニア、アミン等）との高い反応性によることが知られている。結果の表では示さなかったが、ふん尿混合7日目（試験1）に硫化水素濃度を検知管法により測定したところ、負の対照、B区（硫酸第一鉄主体、5%添加）およびE区（有機酸主体、5%添加）で、それぞれ80、0.5および100ppmであり、負の対照で硫化水素濃度が高いことから、本試験（断続通気、積算流量1.5ℓ/日）は嫌気条件であったことがわかる。一方、有機酸（資材E）は硫化水素の発生を抑制せず、イオウ系すなわち酸性物質である硫化水素と反応性がないことが示された。また、アンモニア揮散の抑制に効果のあった硫酸第一鉄は、牛ふん尿混合物でも効果が認められており、その脱臭機構は同一であると考えられる<sup>1)</sup>。

以上の結果から、本試験の条件下において硫酸第一鉄と有機酸を主成分とする悪臭防除資材はアンモニア揮散の抑制に効果があるといえる。しかしながら、有機酸はその効果の持続性が硫酸第一鉄に比べ低かっ

た。このことは、悪臭防除資材の脱臭機構の違いにより、至適な散布回数や散布場所等が異なることを示している。また、試験2で用いた悪臭防除資材の添加割合は、本試験条件下において、メーカーの推奨値よりも高い方がアンモニア揮散を抑制することが示された。

## 要 約

散布型の悪臭防除資材がアンモニア揮散を抑制する効果を有するか否かを判定することが可能な室内規模の実験を行った。高温（35℃）、ふん尿混合、5.0%の添加割合および断続通気条件下で鉍物系悪臭防除資材のスクリーニング（試験1）を行い、試験1でもっとも効果の認められた悪臭防除資材に対し、その添加割合を何%まで低下できるか（試験2）を繁殖雌豚の新鮮ふん尿を用いて検討し、以下の結果を得た。

1. 硫酸第一鉄と有機酸を主成分とする悪臭防除資材はアンモニア揮散の抑制に効果があった。しかしながら、有機酸はその効果の持続性が硫酸第一鉄に比べ低かった。
2. 効果の認められた硫酸鉄を主原料とする悪臭防除資材（資材B）の添加濃度と効果の関係について検討したが、1.0%以上の添加で効果が認められ、メーカーの推奨値（0.175%）よりも高い方がアンモニア揮散抑制に対し効果的であることが示された。

## 引用文献

- 1) 山本朱美、古川智子、岡田 清、大森昭一郎、渡邊昭三. 畜産環境技術研究所年報 (平成10年7月). p21-25. (財)畜産環境整備機構. 1998.

## 課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

### 1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

#### 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：高橋栄二、岡田光弘、岡田 清、渡邊昭三、木本博志（共和化工）

研究期間：平成9～11年

#### 緒 言

家畜ふん尿の浄化を行う活性汚泥法において微生物の種類と密度を計数し、微生物による家畜排泄物浄化機構の解析が望まれている。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一方、畜舎汚水においては牛舎汚水ラグーン処理の微生物相の変動、同定について Nakaiら<sup>3)</sup>が報告しているが、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。そこで本試験は、交流共同研究施設として建設され、豚舎排水を対象とした機能膜を用いた活性汚泥処理施設において汚水処理過程における微生物相のモニタリングを行った。

#### 材料および方法

##### 1. 供試材料

当研究所の交流共同研究施設として活性汚泥処理施設が建設されている。この施設の概略は、豚舎から排出されるふん尿混合物を脱水機にかけてその脱離液を汚水調整槽に貯留させ、嫌気状態にある脱窒リアクターおよび好気状態にある硝化リアクターを通過させた後、機能膜を通して処理水槽に貯留させるものである。本実験では、こ

の施設の汚水調整槽、脱窒リアクター槽、硝化リアクター槽および処理水槽の内溶液を採取し供試験した。

##### 2. 方 法

###### 1) 試料の採取、運搬および前処理

滅菌した容器に試料を採取し、砕氷とともに保冷箱に収容し実験室に運搬した。試料のフロックの破壊にはホモジナイザー（井内:100V 40W）および超音波ホモジナイザー（SMT:UH-50）を用いた。

###### 2) 各処理段階における水質

各処理槽内容物の温度、pH、溶存酸素（DO）および酸化還元電位（ORP）を測定した。

###### 3) 細菌数の計数

好気性菌数、大腸菌群数および嫌気性菌数は平板希釈法によるコロニー数（CFU）計数法により計数した。好気性菌は標準寒天培地を用い35℃で4日培養し、大腸菌群数はデオキシコール酸塩培地を用い35℃で20時間培養した。嫌気性菌はBL寒天培地を用い、嫌気ジャーにて35℃で4日培養した。

###### 4) 機能性微生物の解析

下水試験方法<sup>4)</sup>および土壤微生物実験法<sup>3)</sup>に記載されている方法に従い、脱窒細菌、硫酸還元菌、光合成細菌および鉄酸化細菌を最確値法で計数し、イオウ酸化細菌を

CFU計数法により計数した。

#### 5) 微生物相の同定

細菌相の分離・同定には、次の方法を用いた。好気性菌および嫌気性菌を培養した結果、培地上に出現したコロニーのうち、他と混在していないコロニーを釣菌し、その各々を平板上で数回分離・培養することにより純粋培養株を得た。

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、細胞形態などの形態学的試験を行い、その結果を基にCowanとSteelの鑑別表<sup>1)</sup>およびBergey's manual<sup>2)</sup>を参考にして属程度までの同定を行った。

#### 結果および考察

##### 1. 各処理段階における水質

表1に汚水調整槽から処理水槽までの処理段階別に、温度、pH、DOおよびORPの結果を示した。内容液の採取および測定は平成11年2月25日に行った。pHは、嫌気状態にあってアンモニア態窒素濃度の高い汚水調整槽では高く、硝酸化成が進んでいる硝化リアクターで低かった。DOは、嫌気状

態にある脱窒リアクターでは低く、好気的狀態にある硝化リアクターでは高い値を示した。ORPにおいても嫌気状態にある脱窒リアクターでは-127mVを、好気的狀態にある硝化リアクターでは79mVを示し、計画通りの運転が行なわれていることが示された。

##### 2. 細菌数の計数

各処理段階における好気性菌、大腸菌群数および嫌気性菌数を表2に示した。汚水調整槽、脱窒リアクターおよび硝化リアクターにおいて好気性菌数は、いずれも1ml中に約10の5乗個程度存在し、処理水槽においては約10の3乗程度(1/100)まで低下していた。大腸菌群数は汚水調整槽で約10の5乗程度と最も多く、脱窒・硝化リアクターではいずれも約10の4乗程度に減少し、処理水槽では10の2乗以下にまで低下した。嫌気性菌は汚水調整槽および脱窒リアクターにおいて約10の8乗が硝化リアクターで10の9乗に増加し、処理水槽においては約10の4乗(1/10,000)まで低下していた。また、いずれの処理過程においても嫌気性菌は好気性菌より多く計数された。

表1 各処理段階の水質

	採取日	温度 (°C)	pH	DO (mg/l)	ORP (mV)
汚水調整槽	2月25日	7.5	8.1	-	-
脱窒リアクター	2月25日	10.7	7.5	0.18	-127
硝化リアクター	2月25日	17.2	7.0	0.78	79
処理水槽	2月25日	14.3	8.1	-	-

表2 各処理段階の好気性菌、大腸菌群、嫌気性菌数 (log (菌数/ml))

	好気性菌	大腸菌群	嫌気性菌
汚水調整槽	5.85	4.87	8.39
脱窒リアクター	5.48	3.84	8.27
硝化リアクター	5.69	3.95	9.29
処理水槽	3.38	< 2.00	3.81

### 3. 機能性微生物の解析

表3は各処理段階における機能性細菌数を示している。脱窒菌は汚水調整槽において10の3乗を示しており、脱窒リアクターでは10の4乗程度に増加した。このことは、嫌気状態にある脱窒リアクターが脱窒菌にとって好ましい状態であることを示唆するものとなった。また、硝化リアクターでは10の3乗まで低下し、処理水槽においては10の1乗強まで減少することが示された。

硫酸還元菌は嫌気的狀態において悪臭成分である硫化水素を生成する菌として知られており、汚水調整槽では10の2乗程度が、また、脱窒・硝化リアクターにおいてはともに10の3乗まで増加し、処理水槽では10以下となった。光合成細菌は嫌気的狀態において硫酸還元菌が生成した硫化水素を酸

化することが知られており<sup>6)</sup>、また、脱窒活性を有していることも報告されている<sup>11)</sup>。光合成細菌数は汚水調整槽では10の3乗であったが、脱窒・硝化リアクターではともに10の5乗にまで増加することが明らかとなった。また、処理水槽では汚水調整槽と同程度にまで低下した。硫化水素は嫌気的狀態において光合成細菌により酸化されるが、イオウ酸化細菌は好氣的狀態において硫化水素を酸化する能力を有することが明らかにされている<sup>5)</sup>。好酸性のイオウ酸化細菌数は、汚水調整槽では10の3乗であったが、脱窒・硝化両リアクターにおいては10の4乗まで上昇し、処理水槽では10まで低下することが明らかとなった。好中性のイオウ酸化細菌数は、汚水調整槽では10の5乗程度であり、処理が進むに伴いわずか

表3 各処理段階の機能性細菌数 (log (菌数/ml))

	脱窒菌	硫酸還元菌	光合成細菌 (紅色非硫黄細菌)	イオウ酸化細菌 (好酸性)	イオウ酸化細菌 (好中性)	鉄酸化細菌
汚水調整槽	2.91	2.45	3.23	3.48	4.84	N.D.
脱窒リアクター	4.21	2.99	5.32	4.43	5.26	N.D.
硝化リアクター	3.26	2.96	5.38	4.08	5.58	N.D.
処理水槽	1.56	0.82	3.11	1.30	4.67	N.D.

N.D., 不検出

に増加する傾向を見せたが、大きな変動は認められなかった。また、鉄酸化細菌は各処理段階で検出されなかった。

#### 4. 微生物相の同定

##### 1) 好気性菌

表4から表7に各処理段階における好気性菌の微生物相を示した。汚水調整槽からは37株の純粹株が得られ、表4に示すような9種の細菌が同定された。*Enterobacter*や*Escherichia*のような腸内細菌が同定された他、ある種の*Corynebacterium*はウシのふんにおいて脱臭作用を有することが報告されており<sup>12)</sup>、汚水調整槽で同定された*Corynebacterium*もこのような機能を有している可能性が考えられた。表5には脱窒リアクターにおける微生物相を示している。この内容液からは44株が分離され、9種の細菌に同定された。この中では*Moraxella*属が多く分離され、45.5%を占めていた。これらの菌の中で*Flavobacterium*、*Moraxella*および*Pseudomonas*は脱窒作用を有することが明らかにされており<sup>9,10)</sup>、これら脱窒作用のある菌は分離された好気性菌の52%を占めていた。また、脱臭作用を有している可能性のある*Corynebacterium*属も20.5%を占めていた。硝化リアクターにおける微生物相を表6に示した。38株が分離され7種の菌に同定された。これらの菌においては*Bacillus*、*Moraxella*および*Pseudomonas*に脱窒作用のあることが示されており<sup>9,10)</sup>、分離された好気性菌の71%が脱窒活性を有する菌で占められていた。また、脱臭作用の可

能性のある*Corynebacterium*も5.3%を占めていた。これらのことから、脱窒・硝化両リアクターにおいて、分離された好気性細菌の中では脱窒活性を有する菌が高い割合で存在することが明らかとなり、また脱臭に関与している可能性のある菌も存在していることが示唆された。表7に処理水槽における好気性菌の微生物相を示した。処理水槽からは28株が分離され、5種類が同定された。*Flavobacterium*、*Moraxella*といった脱窒活性を有する菌および脱臭効果の可能性のある*Corynebacterium*が同定された。

表4 汚水調整槽の好気性菌相

属	割合 (%)
<i>Arcobacter</i>	5.4
<i>Bordetella parapertussis</i>	24.3
<i>Corynebacterium</i>	35.1
<i>Enterobacter</i>	5.4
<i>Escherichia</i>	13.5
<i>Kurthia</i>	8.1
<i>Listeria</i>	2.7
<i>Mirococcus</i>	2.7
<i>Nocardia</i>	2.7

表5 脱窒リアクターの好気性菌相

属	割合 (%)
<i>Arcobacter</i>	4.5
<i>Bordetella parapertussis</i>	2.3
<i>Corynebacterium</i>	20.5
<i>Enterobacter</i>	4.5
<i>Escheria</i>	2.3
<i>Flavobacterium</i>	2.3
<i>Kurthia</i>	13.6
<i>Moraxella</i>	45.5
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	4.5

表6 硝化リアクターの好気性菌相

属	割合 (%)
<i>Arcobacter</i>	7.9
<i>Bacillus</i>	7.9
<i>Bordetella parapertussis</i>	5.3
<i>Corynebacterium</i>	5.3
<i>Micrococcus</i>	10.5
<i>Moraxella</i>	39.5
<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	23.7

表7 処理水槽の好気性菌相

属	割合 (%)
<i>Arcobacter</i>	3.6
<i>Bordetella parapertussis</i>	39.3
<i>Corynebacterium</i>	14.3
<i>Flavobacterium</i>	3.6
<i>Moraxella</i>	39.3

## 2) 嫌気性菌

表8から表11に各処理段階における嫌気性菌の微生物相を示した。汚水調整槽における嫌気性菌の微生物相は表8に示している。25株が分離され、4種が同定された。*Clostridium*および*Corynebacterium*がほとんどを占めていた。ある種の*Clostridium*は悪臭成分であるインドールおよびスカトールを低減させる効果のあることが報告されており<sup>7)</sup>、また、ある種の*Corynebacterium*においても脱臭作用を有することが知られていることから、汚水調整槽における嫌気性細菌は脱臭作用を有する可能性のある菌が多くを占めていることが示唆された。脱窒リアクターにおける嫌気性菌の微生物

相を表9に示した。13株が分離され4種が同定された。脱窒リアクターにおいても*Clostridium*属の占める割合が高く、脱臭微生物として機能している可能性が示された。硝化リアクターにおける嫌気性菌の微生物相を表10に示した。14株が分離され、3種が同定された。*Clostridium*属が分離された中の78.6%を占め、脱臭微生物として作用している可能性が示唆された。表11に処理水槽における嫌気性菌の微生物相を示した。処理水槽からは*Arcobacter*および*Clostridium*の2株しか分離できず、培養中にコロニーを形成しなくなる場合が多く認められ、培地等の培養条件が処理水槽に存在する嫌気性菌に適していなかった可能性が考えられた。

本試験の結果から、活性汚泥処理施設における微生物相は正常な状態にあるものとみてよいと思われるが、今後は様々な条件下における微生物相をさらに詳しく調査する必要があるものと考えられる。

表8 汚水調整槽の嫌気性菌相

属	割合 (%)
<i>Bacillus</i>	4.0
<i>Chromobacterium</i>	4.0
<i>Clostridium</i>	40.0
<i>Corynebacterium</i>	52.0

表9 脱窒リアクターの嫌気性菌相

属	割合 (%)
<i>Bacillus</i>	7.7
<i>Clostridium</i>	57.1
<i>Eubacterium</i>	7.7
<i>Lactobacillus</i>	21.4

表10 硝化リアクターの嫌気性菌相

属	割合 (%)
<i>Bacteroides</i>	14.3
<i>Clostridium</i>	78.6
<i>Lactobacillus</i>	7.1

表11 処理水槽の嫌気性菌相

属	割合 (%)
<i>Arcobacter</i>	50.0
<i>Clostridium</i>	50.0

### 要 約

豚舎排水を対象とした機能膜を用いる活性汚泥処理施設において、汚水調整槽、脱窒リアクター槽、硝化リアクター槽および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. 好気性菌数は汚水調整槽、脱窒・硝化リアクターにおいていずれも10の5乗程度であり、処理水槽においては10の3乗程度(1/100)まで低下した。大腸菌群数は汚水調整槽で10の5乗、脱窒・硝化リアクターでは10の4乗に低下し、処理水槽においては10の2乗以下まで減少した。嫌気性菌数は汚水調整槽・脱窒リアクターにおいて約10の8乗存在し、硝化リアクターで10の9乗に増加し、処理水槽においては約10の4乗(1/10,000)まで低下した。

2. 脱窒菌は脱窒リアクターでもっとも多く存在し、10の4乗程度存在していた。硫酸還元菌は脱窒・硝化リアクターに多く存在し、10の3乗存在していた。光合成細菌は脱窒・硝化リアクターで10の5乗存在していた。好酸性のイオウ酸化細菌は脱窒・

硝化リアクターで10の4乗存在しており、好中性のイオウ酸化細菌は処理に伴う傾向が認められなかった。

3. 各処理段階における好気性微生物相を検討した結果、汚水調整槽においては*Corynebacterium*属が高い割合で検出された。脱窒リアクターにおいては*Moraxella*属が多く同定され、分離された好気性菌の45.5%を占めていた。また、脱窒活性を有する細菌として*Flavobacterium*、*Moraxella*、*Pseudomonas*属が同定され、分離された好気性菌の52%を占めていた。硝化リアクターでは*Moraxella*属が分離された好気性菌の約40%を占め、脱窒活性を有する細菌は分離された好気性菌の約70%を占めていた。また、脱臭機能を有している可能性のある*Corynebacterium*属がいずれの処理段階でも検出された。

4. 嫌気性微生物相を検討した結果、いずれの処理段階においても脱臭作用を有する可能性がある*Clostridium*属または*Corynebacterium*属が高い割合で同定された。

### 引用文献

- 1) Barrow G.I and R.K.A Feltham. Cowan and Steel's医学細菌同定の手びき(第3版). 近代出版.1993.
- 2) Bergey's manual of determinative bacteriology (9th edition). 1994.
- 3) 新編 土壤微生物実験法 土壤微生物研究会編. 養賢堂 1992.
- 4) 下水試験方法 (社)日本下水道協会. 1997.



5) Kelly D.P and A.P Harrison. Genus Thiobacillus, in "Bergey's manual of systematic bacteriology, No.3" ed. by J.T.Staley et al., Williams and Wilkins, Baltimore, U.S.A. p1842.1989.

6) 北村博、森田茂廣、山下仁平. 光合成細菌. 学会出版センター. 1984.

7) Kohda C, T.Ando and Y.Nakai. Isolation and characterization of anaerobic indole- and skatole-degrading bacteria from composing animal wastes. J.Gen.Appl.Microbiol. 43: 249-255. 1997.

8) Nakai Y, T.Abe, C.Kohda and T.Ando.

Water characteristics and microbial flora in a lagoon system for wastewater from a paddock of dairy cattle. Animal Science Journal. 70: 38-42. 1999.

9) 扇元敬司.新しい微生物科学 (29) 畜産の研究. 第53巻. p87-94. 1999.

10) 扇元敬司.新しい微生物科学 (30) 畜産の研究. 第53巻. p421-424. 1999.

11) 扇元敬司.新しい微生物科学 (32) 畜産の研究. 第53巻. p630-636. 1999.

12) Ohta Y and Y.Kuwada. Rapid deodorization of cattle feces by microorganisms.Biological Wastes. 24:227-240. 1988.

課題名      Ⅱ 高濃度畜舎污水の低コスト処理・利用技術の開発  
 1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発  
 ③ 好気性処理時における処理水の色度について  
 凝集剤に対する膜処理水の色度等の反応

担 当 者：岡田光弘、山本朱美、岡田 清、木本博志（共和化工）

研 究 期 間：平成9～11年度

緒 言

著者らは、高濃度豚舎污水を好気性処理した際の処理水が不快な濃茶褐色を呈する問題を解明するため、膜処理水を用いて、希釈した際の色度の変化、ならびにpHを変化させた際、あるいは加熱処理した際の色度の変化を確認し、当研究所年報<sup>1)</sup>に報告したところである。今回はこれら色度成分が、凝集剤にどのような反応を示すかを確認するため、4種の無機凝集剤を用いて

色度の変化、ならびに、COD、TOC、リンの濃度変化を測定した。

材料および方法

1. 材料

(財)畜産環境整備機構と共和化工(株)による交流共同研究施設である膜分離活性汚泥法処理施設の処理水を供試した。その性状は、表1に示すとおりである。

表1 供試水の性状

採取場所 採取期日	F県S市O養豚 活性汚泥法膜処理水 平成10年5月13日	
	膜処理水（供試水）	参考：投入污水（除去率）
pH	8.43	7.94
SS	<0.7	1,330 (99.95%以上)
COD	317	4,190 (92.43%)
BOD	5.2	7,400 (99.93%)
T-N	71.3	2,580 (97.21%)
Kj-N	31.8	2,580
NH <sub>4</sub> -N	3.9	2,420
NO <sub>x</sub> -N	39.5	ND
T-P	24.1	34.1 (29.33%)
BOD容積負荷	1.25kg/m <sup>3</sup>	
BOD汚泥負荷	0.022kg/kg	
滞留時間	5.92日	

## 2. 測定器具

### 1) 分光光度計

#### (1)色度測定

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を用いた。

#### (2)リン測定

上記機種のに10mmの吸収セルを用い、700mmにおける吸光度を測定するほか、同機の使用が錯綜しているときには、JENWAY MODEL 6300も同様の条件で用いた。

### 2) pHメータ

堀場 pH METER M-13を用いた。

### 3) TOC

TORAYラボ用TOC分析装置 MODEL TOC-650を用いた。

## 3. 方法

### 1) 薬剤凝集

試料500mlをビーカーに入れ、マグネチックスターラで攪拌しつつ、アルカリ剤 NaOH36%溶液を1.0ml、2.5ml、5.0mlを添加し、均一に混和した。

次いで、4種の無機凝集剤、塩化アルミニウム ( $AlCl_3$ ) 10.2%溶液、硫酸アルミニウム ( $Al_2(SO_4)_3$ ) 13.3%溶液、塩化鉄(III) ( $FeCl_3$ ) 11.6%溶液、PAC 22.3%溶液を注下した。注下終了点は、アルミニウム剤ではpH7、鉄剤ではpH5.5とし、PACはpH変化が明らかではないので、視認によりフロックの生成状態が他

3者と同様となることを目安にした。

凝集反応終了後、2~4時間静置したのち上澄を3,000rpm、20分間遠心分離して混在する浮遊物を除去し、以下の分析に供した。

### 2) 色度

JIS K 0102の11色度に準拠して測定した。

### 3) COD

同17100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD<sub>Mn</sub>)に準拠して測定した。

### 4) TOC

同22.2 燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法に準拠し、TORAYラボ用TOC分析装置 MODEL TOC-650を用い測定した。

### 5) リン

同46.1.2.モリブデン青[塩化スズ(II)]還元吸光度法に準拠し、測定した。

### 6) 色度変化の表示方法

JIS K 0102の11による色度は、明度に相当する刺激値(Y)、色相に相当する主波長(nm)、彩度に相当する刺激純度(%)の3つの数値で表示することになっており、JIS K 0101 工業用水試験方法10.1に示されている、色度標準液の希釈倍率という1次元の数値で表示できる方法とは異なっている。JIS K 0102の方法は、標準液以外の色相を呈した場合でも対処できる点ですぐれているが、得られた色度の所在を1枚の図で示そうとすると3次元で図化しなければならず、的確な表示が困難である。そこで本報では、前報<sup>1)</sup>で報告した希釈による色度変化の成績を、刺激値(Y)、主波長(nm)、刺激純度(%)のうち、任意に2つを選ん

で2次元の図3枚を作成し、ここでの色度の変化を表示することとした。しかるのち、希釈による色度変化の図上に今回の成績をプロットし、凝集剤添加による色度の変化が、希釈したときと同様の経過をたどるか否かを確認することとした。

そこで、希釈時の色度変化について、刺激値(Y)と主波長(nm)の組合せで表示したものを図1に、刺激純度(%)と主波長(nm)の組合せを図2に、刺激値(Y)と刺激純度(%)を図3に示す。図中の矢印は、変化の方向を示している。

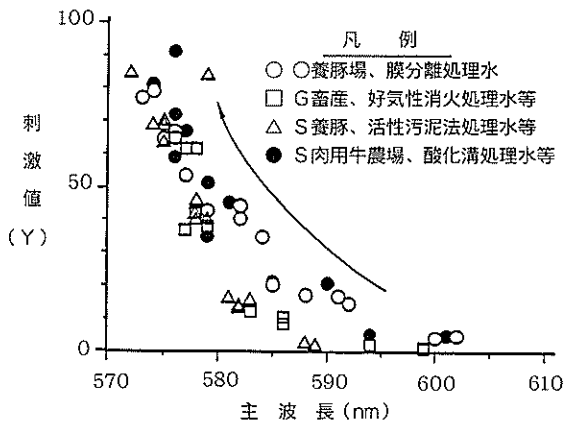


図1 光路長を減じた場合の主波長と刺激値の推移  
(図中の矢印は、変化の方向を示す)

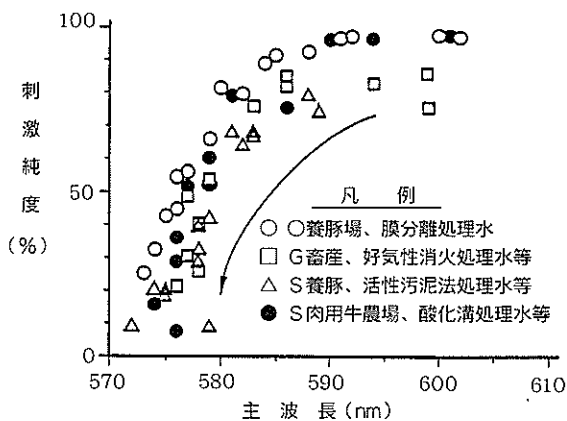


図2 光路長を減じた場合の主波長と刺激純度の推移  
(図中の矢印は、変化の方向を示す)

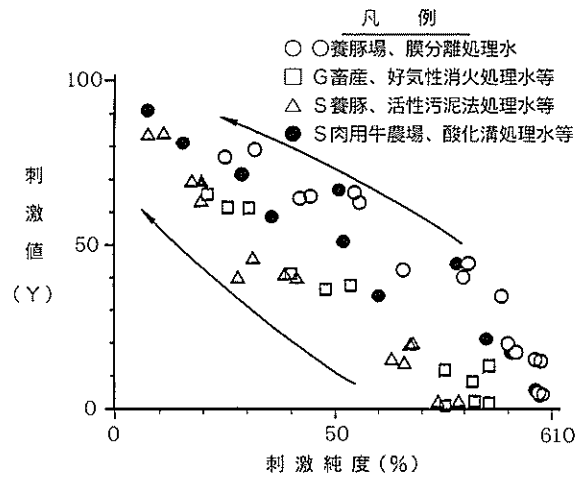


図3 光路長を減じた場合の刺激純度と刺激値の推移  
(図中の矢印は、変化の方向を示す)

### 結果および考察

#### 1. アルカリ剤NaOH36%溶液の添加量とpHならびに凝集剤薬注量の変化

アルカリ剤添加によるpHならびに薬注量の変化を表2～4に示す。供試した膜処理水のpHは、概ね8.5前後であったが、その500mlにNaOH36%溶液を1.0ml添加すると10強になり、2.5ml添加では12弱に、さらに5ml添加では13弱に変化した。

凝集剤の薬注量は、いずれの場合もアルカリ添加量が増加するにしたがい増加した。例えば、塩化アルミニウム10.2%溶液は、1ml添加区で4.60mlであったが、2.5ml添加区では9.50mlとなり、5.0ml添加区では17.8mlとなった。硫酸アルミニウム13.3%溶液はそれぞれ5.20ml、11.20ml、21.60mlであり、塩化鉄(Ⅲ)11.6%溶液では9.00ml、13.85ml、21.50mlとほぼ同様の結果であったが、PACではそれぞれ2.50ml、5.20ml、9.70mlであり、薬注量は他3剤の半量に止まった。薬注終了後の最終pHは、PACを除く

アルミニウム塩では7.0強、塩化鉄（Ⅲ）では5.5強と実験計画とおりの結果であったが、

PACでは8.57、9.43、9.93となり、アルカリ添加量の多いものほどpHが高くなった。

表2 NaOH36%溶液1.0mlを加えたときの凝集剤の反応（平成10年5月18日実施）

凝集剤	初期pH	アルカリ注下後pH	凝集剤注下量	最終pH
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	8.52	10.18	4.60	7.00
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	8.51	10.17	5.20	7.05
PAC22.3%溶液	8.51	10.19	2.50	8.57
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	8.50	10.27	9.00	5.51

注：凝集剤注下量は、アルミニウム塩ではpH7を、塩化第二鉄ではpH5.5を目安にした。  
PACはフロックの生成状況から終点を判断した。

表3 NaOH36%溶液1.0mlを添加し凝集剤を反応させた際の上澄液の色度

凝集剤	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
対照区（無添加）	4.7	0.6310 0.3596	601	97.3
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	22.5	0.5601 0.4261	589	96.2
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	19.8	0.5681 0.4201	590	95.6
PAC22.3%溶液	13.7	0.5890 0.4032	594	96.2
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	79.3	0.3666 0.3853	573	35.4

表4 NaOH36%溶液1.0mlを添加し凝集剤と反応させた際の上澄液の性状

凝集剤	COD ppm	TOC ppm	全リン ppm
対照区（無添加）	312	174	32.2
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	176	117	ND (<1ppm)
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	188	122	ND (<1ppm)
PAC22.3%溶液	208	133	ND (<1ppm)
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	43.6	32.1	ND (<1ppm)

表5 NaOH36%溶液2.5mlを加えたときの凝集剤の反応 (平成10年5月14日実施)

凝集剤	初期pH	アルカリ注下後pH	凝集剤注下量	最終pH
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	8.38	11.94	9.50	7.02
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	8.39	11.97	11.20	7.03
PAC22.3%溶液	8.39	11.97	5.20	9.43
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	8.38	11.95	13.85	5.47

注：凝集剤注下量は、アルミニウム塩ではpH7を、塩化第二鉄ではpH5.5を目安にした。  
PACはフロックの生成状況から終点を判断した。

表6 NaOH36%溶液2.5mlを添加し凝集剤を反応させた際の上澄液の色度

凝集剤	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
対照区 (無添加)	4.7	0.6310 0.3596	601	97.3
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	35.9	0.5222 0.4487	584	92.2
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	34.2	0.5270 0.4467	586	90.4
PAC22.3%溶液	15.3	0.5813 0.4101	592	96.8
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	82.7	0.3416 0.3565	572	19.8

表7 NaOH36%溶液2.5mlを添加し凝集剤と反応させた際の上澄液の性状

凝集剤	COD ppm	TOC ppm	全リン ppm
対照区 (無添加)	312	174	32.2
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	151	96.2	ND (<1ppm)
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	143	103	ND (<1ppm)
PAC22.3%溶液	208	124	ND (<1ppm)
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	33.0	25.4	ND (<1ppm)

表8 NaOH36%溶液5.0mlを加えたときの凝集剤の反応 (平成10年5月13日実施)

凝集剤	初期pH	アルカリ注下後pH	凝集剤注下量	最終pH
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	8.39	12.82	17.8ml	7.03
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	8.38	12.81	21.6ml	7.03
PAC22.3%溶液	8.41	12.80	9.7ml	9.93
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	8.39	12.79	21.5ml	5.53

注：凝集剤注下量は、アルミニウム塩ではpH7を、塩化第二鉄ではpH5.5を目安にした。  
PACはフロックの生成状況から終点を判断した。

表9 NaOH36%溶液5.0mlを添加し凝集剤を反応させた際の上澄液の色度

凝集剤	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
対照区 (無添加)	4.7	0.6310 0.3596	601	97.3
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	46.4	0.4928 0.4558	581	87.1
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	40.4	0.5086 0.4529	583	94.3
PAC22.3%溶液	16.6	0.5752 0.4154	590	98.2
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	89.5	0.3355 0.3504	574	15.8

表10 NaOH36%溶液5.0mlを添加し凝集剤と反応させた際の上澄液の性状

凝集剤	COD ppm	TOC ppm	全リン ppm
対照区 (無添加)	312	174	32.2
AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	122	83.5	ND (<1ppm)
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> 13.3%溶液	143	88.6	ND (<1ppm)
PAC22.3%溶液	194	130	ND (<1ppm)
FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	33.6	23.6	ND (<1ppm)

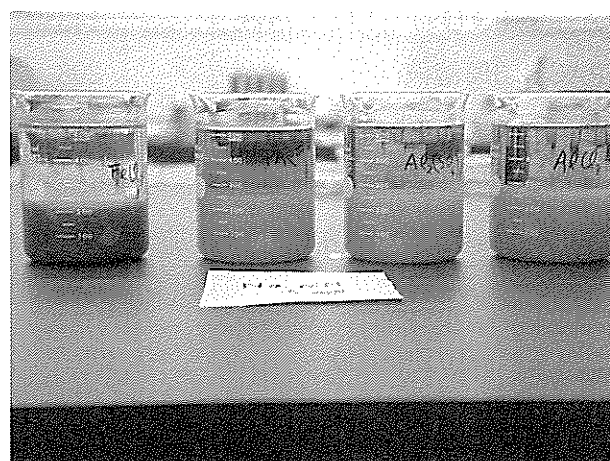
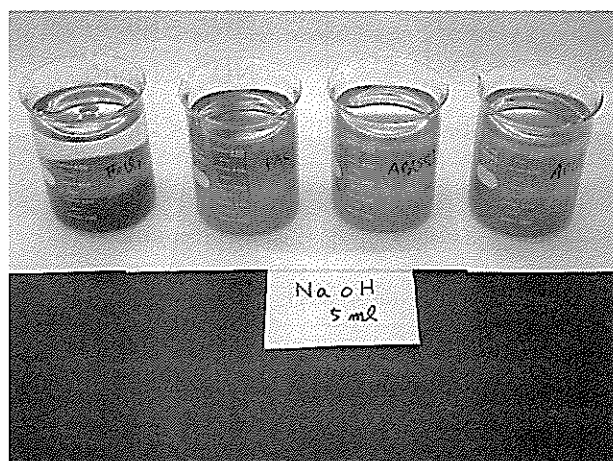


写真1 (左) (右) 凝集剤を添加した際の色度の変化

左から、塩化鉄(Ⅲ)、PAC、硫酸アルミニウム、塩化アルミニウム(Ⅲ)水酸化ナトリウム36%溶液を、凝集助剤として予め5.0ml添加した。

## 2. 凝集剤薬注量と色度の変化

凝集剤薬注量に伴う色度の変化は、表3、表6および表9に示すとおりである。

### 1) 刺激値 (Y) と主波長 (nm) の関係

凝集剤添加による色度の変化のうち、刺激値 (Y) と主波長 (nm) との関係を図4に示す。対照区 (無添加)、すなわち供試処理水の刺激値 (Y) は黒に近い4.7であり、主波長は赤橙色の601nmであったが、塩化鉄 (Ⅲ) 添加区では刺激値 (Y) が薬注量に応じて79.3、82.7、89.5となり、主波長は573nm、572nm、574nmと黄色を呈した。

これに比べ、他の凝集剤による色度変化は乏しく、特にPACでは刺激値 (Y) が13.7、15.3、16.6であり、主波長は橙色の594nm、592nm、590nmであった。

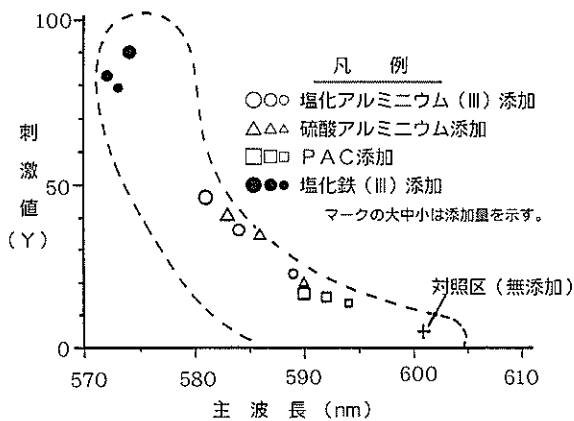


図4 凝集剤で処理した場合の主波長と刺激値の推移  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

### 2) 刺激純度 (%) と主波長 (nm)

刺激純度 (%) と主波長 (nm) の組合せを図5に示す。刺激純度の100%は、その主波長の純色を示しており、0%は同一刺激値 (Y) における無彩色を示している。対照区 (無添加) の刺激純度は97.3%であっ

たが、塩化鉄 (Ⅲ) 区を除き変化は少なく、もっとも変化の大きかったアルカリ 5 ml 添加・塩化アルミニウム区でも87.1%に止まった。

これに対し塩化鉄 (Ⅲ) 区では、薬注量に応じ35.4%、19.8%、15.8%となり、他剤に比べ無彩色に近いところまで脱色されていることを示した。

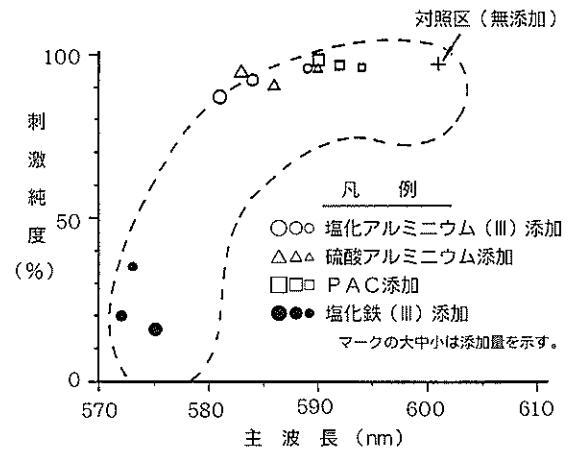


図5 凝集剤で処理した場合の主波長と刺激純度の推移  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

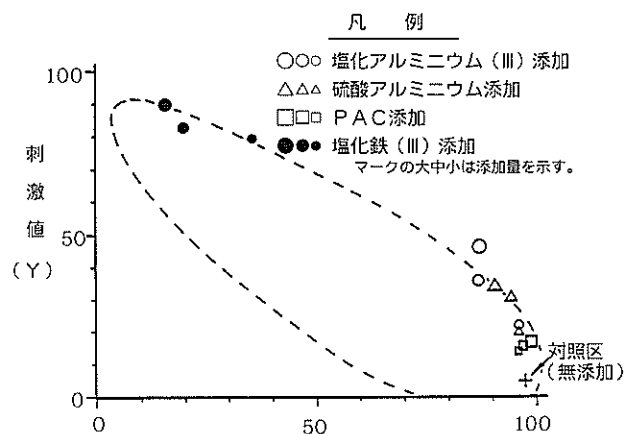


図6 凝集剤で処理した場合の刺激純度と刺激値の推移  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)



本試験においては、凝集剤による色度変化は塩化鉄(Ⅲ)がもっとも大きく、色度除去に有効とされているPAC<sup>2)</sup>の成績は必ずしも良好ではなかった。薬注量は、その終点をリンとの反応が良好であるとされるpHを目安にしたが<sup>3,4)</sup>、PACはpH変化が他剤に比べ明瞭でないので、フロックの生成状態を目安とした。PACの薬注量は他剤の概ね半量となったが、濃度が約2倍であるので、投下アルミニウム量では大きい差とはなっていない。にもかかわらず、このような結果となった背景には、PACの効果が色度成分に及ぶ薬注量に達していなかったことがうかがわれた。

### 3) 凝集剤薬注量とCOD、TOC、リンの変化

凝集剤薬注量とCOD、TOC、リンの変化については、表4、表7および表10に示したが、これを図化して各測定項目毎に述べる。

#### (1) COD

凝集剤注下によるCODの変化を図7に示す。

対照区(無添加)のCODは312ppmであったが、凝集剤を注下することにより減少した。なかでも塩化鉄(Ⅲ)の効果は著しく、アルカリ添加1ml区において43.6ppm(除去率86.03%)であり、アルカリ添加5ml区では33.6ppm(除去率89.23%)となっていた。

これに対し、他の凝集剤の効果は乏しく、もっとも効果のあったアルカリ5ml添加塩化アルミニウム区においても、そのCOD

値は122ppm(除去率60.90%)であり、同PAC区では194ppm(除去率37.82%)に止まった。

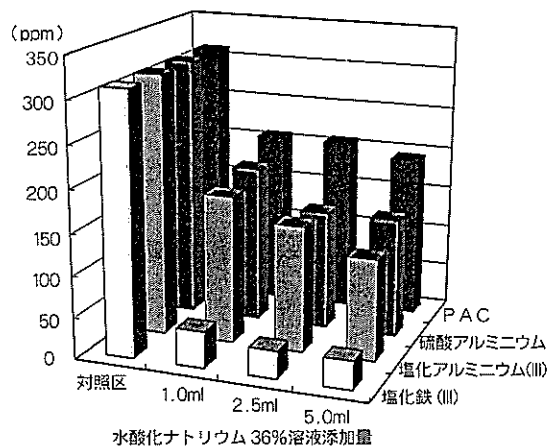


図7 凝集剤添加によるCOD濃度の変化

#### (2) TOC

TOCの変化はCODに類似した傾向を示し、174ppmであった対照区(無添加)TOCは、アルカリ添加5ml塩化鉄(Ⅲ)区では23.6ppm(除去率86.44%)にまで低下した(図8)。これに次いでTOC値低下が大きかったのは、CODと同様に、アルカリ5ml添加塩化アルミニウム区であったが、83.5ppm(除去率52.01%)に止まった。同PAC区のそれは130ppm(除去率25.29%)

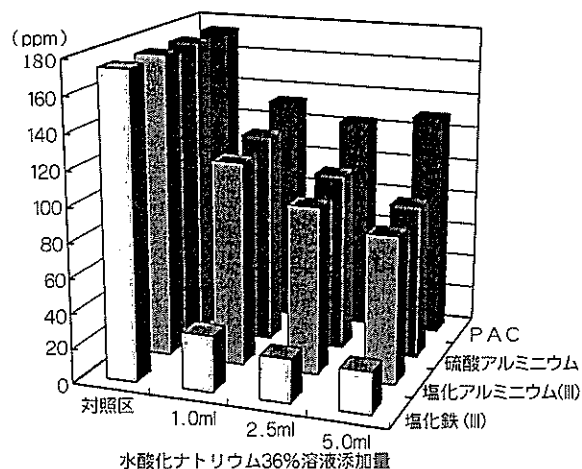


図8 凝集剤添加によるTOC濃度の変化

であった。

### (3)リン

凝集剤注下によるリンの変化を図9に示す。対照区（無添加）のリンの濃度は32.2 ppmであったが、凝集剤注下によるその除去効果は著しく、いずれも測定限界(1ppm)以下となった。

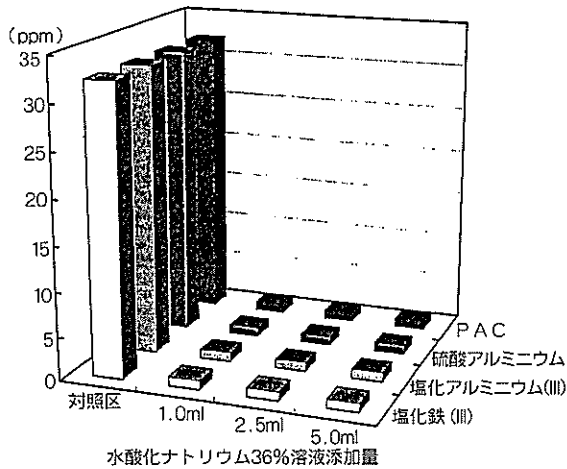


図9 凝集剤添加によるリン濃度の変化

以上のように、膜分離活性汚泥法処理水に凝集剤を注下したところ、それぞれの薬剤に応じた変化が現れたが、最も顕著であったのは塩化鉄(Ⅲ)であり、色度、COD、TOCともに大きく減少した。このことは、凝集作用ばかりでなく、塩化鉄(Ⅲ)のもつ酸化作用が大きく寄与していることをうかがわせた。

### 要 約

著者らは、畜舎汚水を好気性処理した際に生じる処理水の色度成分を除去する技術を確認するため、膜処理水に4種の無機凝集剤(塩化アルミニウム、硫酸アルミニウム、塩化鉄(Ⅲ)およびPAC)を注下した際の、色度の変化、ならびに、COD、

TOC、リンの濃度変化を測定した。試験は、JIS K 0102 に準拠して実施した。

得られた結果は、以下のとおりであった。

1. 凝集剤の薬注量は、いずれの場合もアルカリ添加量が増加するにしたがい増加したが、PACの薬注量は他3剤の半量に止まった。薬注終了後の最終pHは、PACを除くアルミニウム塩では7.0強、塩化鉄(Ⅲ)では5.5強と、実験計画とおりの結果であったが、PACでは8.57~9.93となり、アルカリ添加量の多いものほどpHが高くなった。

2. 供試処理水の色度は、刺激値(Y)が4.7、主波長は601nm、刺激純度は97.3%であったが、塩化鉄(Ⅲ)の添加で、刺激値(Y)が79.3~89.5、主波長は573nm~574nm、刺激純度(%)は35.4%~15.8%となった。これに比べ、他の凝集剤による色度変化は乏しく、特にPAC添加による変化は少なかった。

3. 対照区(無添加)のCODは312ppmであったが、凝集剤注下により塩化鉄(Ⅲ)ではアルカリ添加5ml区において33.6ppm(除去率89.23%)となった。これに対し、他の凝集剤の効果は乏しかった。

4. TOCの変化はCODに類似した傾向を示した。すなわち、174ppmであった対照区(無添加)TOCは、アルカリ添加5ml塩化鉄(Ⅲ)区では23.6ppm(除去率86.44%)にまで低下したが、他剤の成績はこれに劣った。

5. 対照区(無添加)の全リンの濃度は32.2ppmであったが、いずれの凝集剤にお

いても測定限界（1ppm）以下となった。

#### 引用文献

1) 岡田光弘・山本朱美・岡田 清：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に及ぼす影響、畜産環境技術研究所年報平成10年7月、30-

36. 1998.

2) 井出哲夫編著：水処理工学、60、技報堂出版、東京. 1995.

3) 村田恒雄編著：下水の高度処理技術、108、理工図書、東京. 1996.

4) 化学工学会編：水質汚濁防止技術概論、162、培風館、東京. 1991.

課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発  
1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発  
③ 好気性処理時における処理水の色度について  
起源の異なる処理水のpH変化、加熱、凝集剤に対する色度等の反応  
担当者名：岡田光弘、山本朱美、古川智子、岡田 清、渡邊昭三、木本博志（共和化工）

研究期間：平成9～11年度

### 緒 言

著者らは、膜分離活性汚泥法による処理水の色度成分のpH変化、加熱処理および凝集剤添加における反応を確認してきた<sup>1, 2)</sup>。これをもとに、現在、同一材料を用いて脱色方法の検討を行っているところであるが、これが畜舎由来の処理水に幅広く適用できることを保証するためには、起源や処理方法の異なる処理水に同様の現象が発現することを予め確認しておかなければならない。

そこで、今回、5種の処理水を得て、色度変化を確認した。

### 材料および方法

#### 1. 材 料

下記5種の処理水を供試した。

- 1) S畜産標準活性汚泥法処理水
- 2) H畜産回分式活性汚泥法処理水  
余剰汚泥混合原汚水を高分子凝集剤で処理したのち曝気槽に投入している。
- 3) I畜産標準活性汚泥法処理水  
自然浄化リアクターシステムによる土

壤菌群処理方式と称されている。

4) G畜産好気性消化法処理水

5) I牧場酸化池法処理水

これらの試料は、平成10年7月21日～9月7日までの間に採取した。その色度ならびにCOD、TOC、リンの濃度は、表1、表2に示すとおりである。S畜産ならびにG畜産由来の処理水は刺激値(Y)が1.0以下で、肉眼的にはほとんど黒とって差し支えない色調を呈していたが、主波長は、前者が494nmで純紫軌跡にあり、後者は465nmで純紫軌跡を通り越して青の領域にあることを示した。H畜産、I畜産の主波長は595nm、613nmでオレンジ色あるいは赤色を呈していたが、I牧場のものは581nmで黄色を示した。

G畜産のCOD値は最も高く1,240mg/lを示し、TOC、リンも他に比べ格段に高かった。I畜産のCOD値はG畜産に次いで高く573mg/lであったが、TOCおよびリンはS畜産より低かった。I牧場のCOD、TOC、リンの濃度は他に比べ格段に低く、それぞれ56.8mg/l、31.6mg/l、4.19mg/l

表1 供試した各種処理水の色度

採取場所	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
S畜産	0.180	0.4921 0.2613	494C	56.0
H畜産	3.10	0.5770 0.3890	595	92.9
I畜産	1.29	0.6108 0.3312	613	84.8
G畜産	0.0736 (12.2)	0.2314 0.1903 (0.5289 0.4282)	465 (587)	46.5 (89.0)
I牧場	29.4	0.4551 0.4292	581	59.1

注：G畜産の（ ）内は、10倍希釈の測定値である。

表2 供試した各種処理水の成分（単位：mg/l）

採取場所	COD	TOC	リン
S畜産	438	184	20.0
H畜産	219	128	212
I畜産	573	177	52.9
G畜産	1,240	858	369
I牧場	56.8	31.6	4.19

であった。測定値間の相関係数はCOD—TOCで高かったが（ $r=0.9585$ ）、他は低かった（ $r<0.6$ ）。

## 2. 方法

### 1) 試験1. pH変化ならびに加熱処理における色度変化

#### (1)pHの変化が色度に及ぼす影響

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メータ（堀場pH METER M-13）の指示値がアルカリ側ではpH12に、また酸側ではpH1になるよう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、いずれかの試料にフロクの生成が確認された場合は、全試料を5号濾紙で濾過することとした。

#### (2)熱処理が色度におよぼす影響

処理水をメスフラスコを用いて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で100mlになるまで煮沸濃縮し、放冷後200mlにメスアップする操作を5回反復したのち、色度を測定した。

高濃度のため生成フロクの視認が困難なものもあったので、全試料とも放冷後5号濾紙で濾過した。

色度は、JIS K 0102の11色度に準拠して、

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、吸収セルは100mmを用い、測定した。

## 2) 試験2. 凝集剤添加における色度ならびにCOD、TOC、リンの変化

### (1) 薬剤凝集

処理水300mlをメスフラスコを用いて300mlビーカーに分取し、マグネチックスターラで攪拌しつつ、アルカリ剤として36%水酸化ナトリウム溶液を用い、3.0ml注下した。

次いで、凝集剤を注下した。塩化鉄(Ⅲ)(FeCl<sub>3</sub>11.6%溶液)ではpH5.5を、塩化アルミニウム(AlCl<sub>3</sub>10.2%溶液)ではpH7.0を、それぞれ注下終了点とした。PAC(PAC22.3%溶液)は、pH変化が顕著ではないので、前者と同様のフロック生成状態となることを注下終了点とした。

凝集反応終了後、2~4時間静置して状況を確認したのちその全量を3,000rpm、20分間遠心分離して混在する浮遊物を除去し、以下の分析に供した。

### (2) 色度

JIS K 0102の11色度に準拠し、試験1)と同様、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、吸収セルは100mmを用いて測定した。

### (3) COD

同17100℃における過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD<sub>Mn</sub>)に準拠し測定した。

### (4) TOC

同22.2 燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法に準拠し、TORAYラボ用TOC分析装置MODEL TOC-650を用い測定した。

### (5) リン

同46.1.2. モリブデン青[塩化スズ(Ⅱ)]還元吸光光度法に準拠し、分光光度計(日立U-2001またはJENWAY MODEL 6300)を用い、10mmの吸収セルを用いて700nmにおける吸光度を測定した。

## 結果および考察

### 1. 試験1. pH変化ならびに加熱処理における色度変化

#### 1) pHの変化が色度に及ぼす影響

#### (1) pHをアルカリ側に変化させた際の色度の変化

処理前のpHは、H畜産が8弱、I牧場が7弱であったが、他は9前後であった。このpHが12になるよう、アルカリ剤として36%水酸化ナトリウム溶液を注下した。I畜産のpHは13.03となったが、他は、12~13の間になった。アルカリ剤の注下量は、G畜産がもっとも多く試料100ml当り2.35mlで、S畜産はこれに次いで1.90mlであった。また、I牧場は最も少なく、0.25mlでpH12を上回った。アルカリ剤の注下量は、TOC濃度に比例して増加したが( $r > 0.8$ )、リンとの関係は乏しかった( $r < 0.1$ )

アルカリ剤の注下により、S畜産、H畜産、I畜産の試料には程度の差こそあれフロックの生成を認めたが、G畜産では色調が濃厚なためフロック0の生成が視認できず、I牧場では精査したが視認できるフロ

表3 36% NaOH溶液添加によるpHの変化

(試料：100ml)

採取場所	添加前pH	添加量	添加後pH	備考
S養豚	8.84	1.90ml	12.93	わずかにフロックの生成を認める
H畜産	7.86	0.60々	12.69	あきらかにフロックの生成を認める
I畜産	8.55	0.65々	13.03	あきらかにフロックの生成を認める
G畜産	9.26	2.35々	12.41	濃厚なためフロックを視認できない
I牧場	6.87	0.25々	12.33	フロックを視認できない

ック生成は認められなかった。これらの状況を表3に示す。

アルカリ剤の注下による色度変化を表4に示す。これらのうち刺激値(Y)は、H畜産の処理前3.10が、処理後18.8へと変化し

た。主波長では、S畜産の処理前494C(赤紫)が613nm(赤橙色)となり、見かけ上、大きい変化を示した。刺激純度には、著変が生じなかった。これらの状況は図1~3において明瞭に認められ、特に点線枠内にあるものは処理水の起源を示すマーク毎に、例

表4 各種処理水の36% NaOH溶液添加後の色度

採取場所	刺激値(Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
S畜産	0.935	0.6023 0.3314	613	82.3
H畜産	18.8	0.5563 0.4269	589	94.6
I畜産	2.53	0.6239 0.3516	605	93.7
G畜産	0.052	0.2276 0.1701	460	51.3
I牧場	34.1	0.4742 0.4428	581	78.1

えば、ひし形はひし形毎にまとまっている。

(2)pHを酸側に変化させた際の色度の変化

試料に酸剤(38%硫酸溶液)を注下した際の状況を表5に示す。注下後のpHは、S畜産が0.67となったが、他は1.0強であった。酸剤の試料100ml当り注下量はS畜産がも

っとも多く6.50mlであり、G畜産は3.35mlであった。I牧場はもっとも少なく0.70mlであった。

酸剤の注下により、I牧場由来の試料を除く他の試料では、程度の差こそあれ発泡が認められた。また、G畜産に試料ではフ

表5 38%硫酸溶液添加によるpHの変化

(試料：100ml)

採取場所	添加前 pH	添加量	添加後 pH	備考
S 畜産	9.08	6.50ml	0.67	添加を中断するほど強い発泡あり
H 畜産	7.18	1.50℥	1.15	わずかな発泡を認める
I 畜産	8.51	1.40℥	1.25	わずかな発泡を認める
G 畜産	9.29	3.35℥	1.30	強い発泡、退色、フロックの生成あり
I 牧場	6.70	0.70℥	1.31	あきらかな変化を認めない

フロックの生成を認めた。

試料を酸側に变化させた際の色度変化をみると、刺激値 (Y) はいずれもわずかながら大きくなり、明度が上昇した。主波長では、S 畜産と G 畜産で大きい変化を示し、

前者では494nm (赤紫)、後者では465nm (青紫) であったものが、いずれも600nm弱 (赤橙色) となった。刺激純度では、S 畜産と G 畜産では酸注下前の50%前後が90%強となった (図1~3参照)。

表6 各種処理水の38%硫酸溶液添加後の色度

採取場所	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
S 畜産	2.28	0.6011 0.3690	599	90.9
H 畜産	22.0	0.5393 0.4349	587	97.1
I 畜産	20.5	0.5593 0.4260	589	95.8
G 畜産	2.85	0.5915 0.3768	597	91.0
I 牧場	63.3	0.3967 0.4049	576	48.3

2) 熱処理が色度に及ぼす影響

熱処理による色度の変化を表7に示す。刺激値 (Y) は、G 畜産を除き大きく、すなわち明るい方向へ変化した。主波長は、S 畜産では494nm (純紫軌跡) から606nm

(赤橙色) に、G 畜産では465 (青紫) から562nm (純紫軌跡) になった。刺激純度は、S 畜産では処理前の56%が92%弱となったが、H 畜産、I 畜産、I 牧場では、大きい変化を示さなかった。



表7 各種処理水の加熱処理後の色度

採取場所	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
S 畜産	2.56	0.6218 0.3539	606	91.8
H 畜産	17.3	0.5578 0.4255	589	92.5
I 畜産	2.46	0.6198 0.3548	604	93.9
G 畜産	0.046	0.2782 0.1539	562C	45.7
I 牧場	48.4	0.4191 0.4188	578	57.4

これらから、純紫軌跡にある色度変化は、赤色 (700nm) から黄色への変化とは様相が異なることがうかがわれ、別途、測定をする必要があるように思われた。

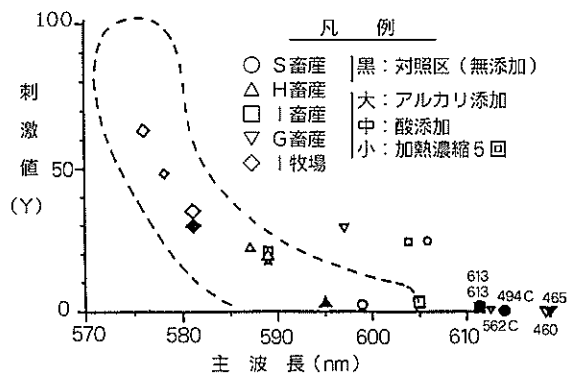


図1 アルカリ、酸添加ならび加熱処理した際の主波長と刺激値の変化 (図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

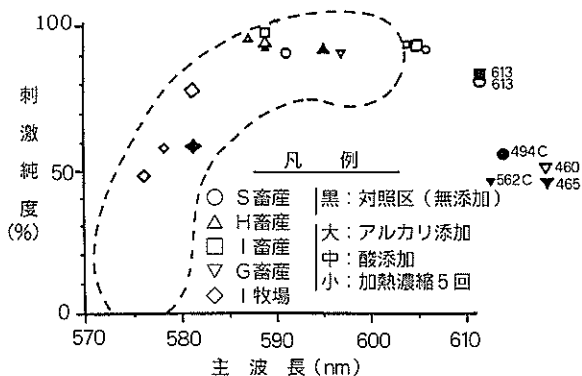


図2 アルカリ、酸添加ならび加熱処理した際の主波長と刺激純度の変化 (図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

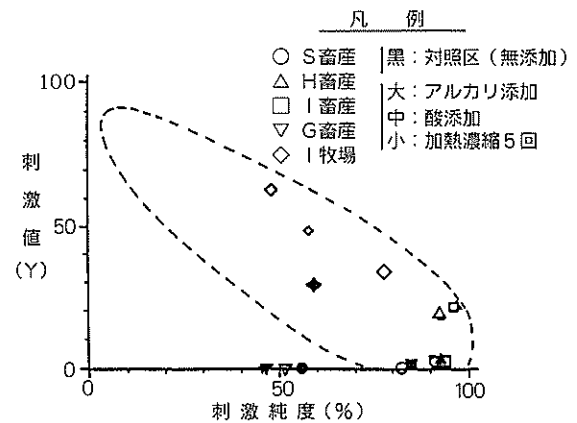


図3 アルカリ、酸添加ならび加熱処理した際の刺激純度と刺激値の変化 (図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

2. 試験2. 凝集剤添加における色度ならびにCOD、TOC、リンの変化

1) 薬剤凝集

処理水300mlに対し36%水酸化ナトリウム溶液を3.0ml注下した際のpH変化ならびに、所定のpHすなわち塩化鉄(III) (FeCl<sub>3</sub>11.6%溶液)ではpH5.5、塩化アルミニウム (AlCl<sub>3</sub>10.2%溶液)ではpH7.0、PAC (PAC22.3%溶液)は前2者と同様のフロック生成状態となることとなるよう注下した際の各凝集剤の注下量ならびに最終pHを表8に示す。

アルカリ剤注下後のpHは、H畜産、I畜

産、I 牧場、ではいずれも12を上回ったが、S 畜産では10強、G 畜産では10弱に止まった。

凝集剤の注下量は、3つの薬剤ともG 畜産が多く、中でも塩化鉄(Ⅲ)では23.6mlを要した。S 畜産はこれについて多く塩化鉄(Ⅲ)が18.6ml、塩化アルミニウムが13.1ml、PACが9.0mlであった。また、I 牧場では注下量が少なく、塩化鉄(Ⅲ)は9.6mlに止まった。

凝集剤の注下量が多かったG 畜産とS 畜産では、注下時に泡の発生が認められ、なかでも塩化鉄(Ⅲ)で顕著であった。しか

し、H 畜産、I 畜産、I 牧場ではこの現象は認められなかった。

## 2) 凝集剤添加による色度の変化

凝集剤添加後の色度を表9に、処理前の色度を加えての比較を図4～6に、またその概況を写真1に示す。前述のpH変化や加熱処理とは異なり、凝集剤の添加により色度は大きく変化し、一般に濃茶褐色あるいは濃赤褐色と表現される色調から淡黄色になった。ただし、G 畜産の処理水に塩化アルミニウムならびにPACを作用させた場合には、大きい変化を示さなかった。

表8 凝集剤注下量ならびにアルカリ剤、凝集剤添加後のpHの変化

採取場所	凝 集 剤	初期pH	アルカリ注下後pH	凝集剤注下量	最終pH	備 考
S 畜産	F e C l <sub>3</sub> 11.6%溶液	8.85	10.13	18.6	5.50	発 泡
	A l C l <sub>3</sub> 10.2%溶液	8.85	10.16	13.1	7.03	少発泡
	P A C 22.3%溶液	8.68	10.12	9.0	8.36	微発泡
H 畜産	F e C l <sub>3</sub> 11.6%溶液	7.69	12.92	10.8	5.64	
	A l C l <sub>3</sub> 10.2%溶液	7.65	12.76	9.9	7.08	
	P A C 22.3%溶液	7.69	12.81	6.0	9.76	
I 畜産	F e C l <sub>3</sub> 11.6%溶液	8.23	12.79	11.7	5.57	
	A l C l <sub>3</sub> 10.2%溶液	8.22	12.76	10.1	7.10	
	P A C 22.3%溶液	8.22	12.80	6.0	9.64	
G 畜産	F e C l <sub>3</sub> 11.6%溶液	9.20	9.87	23.6	5.58	発 泡
	A l C l <sub>3</sub> 10.2%溶液	9.23	9.90	15.0	7.06	少発泡
	P A C 22.3%溶液	9.23	9.87	10.0	8.74	微発泡
I 牧場	F e C l <sub>3</sub> 11.6%溶液	7.07	12.79	9.6	5.31	
	A l C l <sub>3</sub> 10.2%溶液	7.09	12.76	9.2	7.12	
	P A C 22.3%溶液	7.09	12.81	6.0	10.21	

注：薬注量は、F e C l<sub>3</sub>ではpH5.5、A l C l<sub>3</sub>ではpH7.0となるように、pH変化の少ないA l C l<sub>3</sub>ではフロックの生成状況が他と同様になることを目安に決定した。

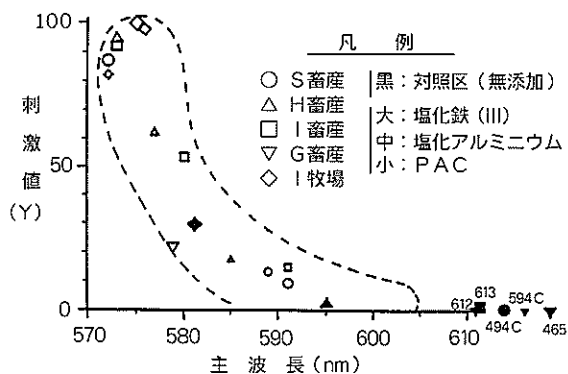


図4 無機凝集剤を添加した際の主波長と刺激値の変化

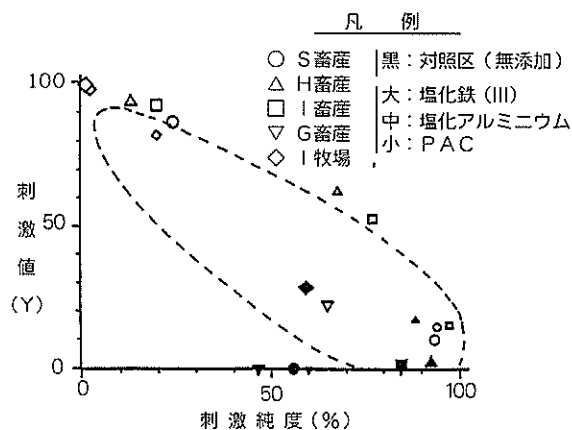


図6 無機凝集剤を添加した際の刺激純度と刺激値の変化

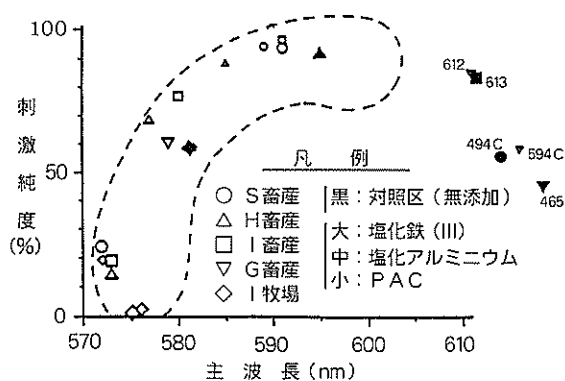


図5 無機凝集剤を添加した際の主波長と刺激純度の変化

これらの変化を凝集剤別にみると、塩化鉄(Ⅲ)による色度の変化が大きく、刺激値(Y)は各処理水毎に最大値を示し、透過光量の多いこと、すなわち透明度の高いことを示した。また主波長はいずれも570nm強の値を示し、黄色を呈していた。刺激純度は小さい値を示し、なかでもI牧場では

表9 凝集剤添加後の色度

採取場所	凝集剤	刺激値 (Y)	色度座標 x, y	主波長 nm	刺激純度 %
S 畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	85.8	0.3485 0.3664	572	23.8
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	9.84	0.5685 0.4138	591	93.8
	PAC22.3%溶液	13.6	0.5555 0.4247	589	94.2
H 畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	94.2	0.3322 0.3469	573	13.8
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	62.9	0.4373 0.4408	577	67.9
	PAC22.3%溶液	17.0	0.5173 0.4414	585	88.1
I 畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	92.2	0.3413 0.3593	573	19.4
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	52.7	0.4690 0.4510	580	7.6
	PAC22.3%溶液	14.5	0.5717 0.4150	591	97.0
G 畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	21.9	0.4311 0.4232	579	60.5
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	0.969	0.6084 0.3325	612	85.1
	PAC22.3%溶液	0.058	0.3315 0.1705	544C	60.0
I 牧場	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	99.1	0.3123 0.3186	575	1.33
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	98.7	0.3138 0.3208	576	2.22
	PAC22.3%溶液	82.1	0.3423 0.3547	572	19.7

1.33%でもっとも小さく、I 畜産は13.8%でこれにつき、これらは透明に近い感じを与えた（写真1参照）。

塩化アルミニウムの色度除去効果は、S 畜産の処理水を用いた実験を除けば、塩化鉄（Ⅲ）に比べると劣ったがPACを上回っていた。

### 3) 凝集剤添加によるCOD、TOC、リンの変化

#### (1) COD

凝集剤添加後のCODの値を表10および図8に、また添加前の値から求めた除去率を図7に示す。COD除去率は塩化鉄（Ⅲ）

が優れており、I 畜産の55.5%を除けば、他はいずれも80%を上回っていた。濃度では、I 牧場の塩化鉄（Ⅲ）処理水が5.49mg/lでもっとも低く、H 畜産の32.3mg/lがこれに次いでいた。G 畜産の塩化鉄（Ⅲ）処理水は除去率が82.18%と比較的高かったものの、供試水の濃度が1,240mg/lと高濃度であったため、221mg/lに止まった。

塩化アルミニウムの処理成績は、濃度、除去率の双方とも、いずれの供試水においても塩化鉄（Ⅲ）に比べると劣り、PACの成績は、3者間では最も低かった。

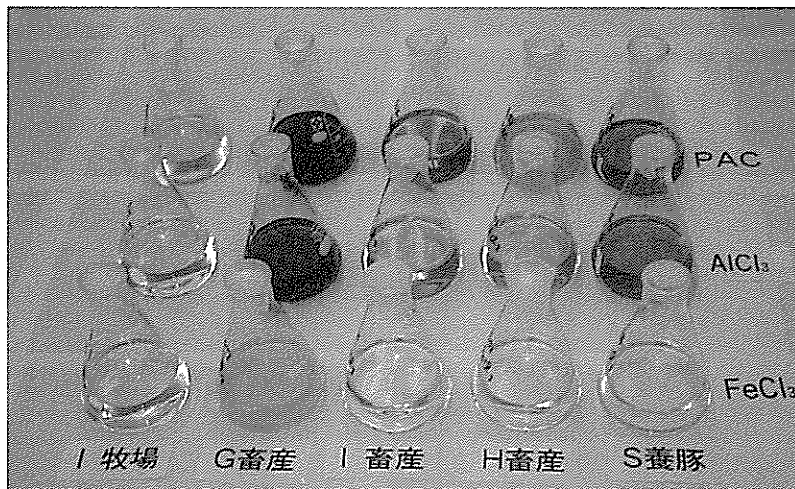


写真1 起源ならびに処理法の異なる処理水の化学凝集剤に対する色度の変化

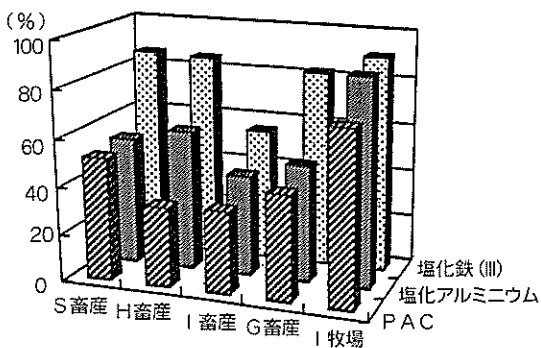


図7 無機凝集剤を添加した際のCOD除去率

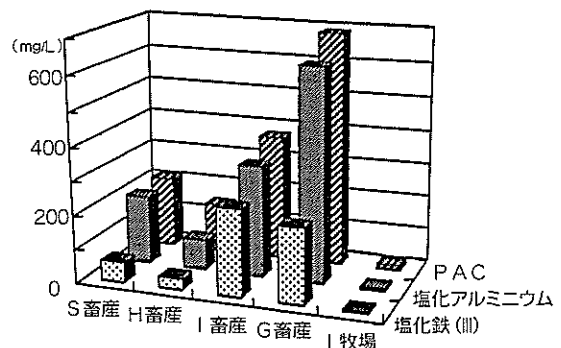


図8 無機凝集剤を添加した際のCOD濃度

表10 凝集剤添加後のCOD、TOC、Pの濃度

単位：mg/l ( )内：除去率

採取場所	凝集剤	COD	TOC	P
S畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	59.7 (86.37)	46.2 (74.89)	1.40 (93.00)
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	202 (53.88)	105 (42.93)	2.64 (86.80)
	PAC22.3%溶液	210 (52.05)	107 (41.85)	2.34 (88.30)
H畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	32.3 (85.25)	24.2 (81.09)	0.794 (99.63)
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	89.7 (59.04)	64.0 (50.00)	1.72 (99.19)
	PAC22.3%溶液	145 (33.79)	72.0 (43.75)	0.794 (99.63)
I畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	255 (55.50)	25.9 (85.37)	0.794 (98.50)
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	330 (42.41)	78.1 (55.88)	1.10 (97.92)
	PAC22.3%溶液	374 (34.73)	114 (35.59)	1.72 (96.75)
G畜産	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	221 (82.18)	197 (77.04)	1.72 (99.53)
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	628 (49.35)	480 (44.06)	6.34 (98.28)
	PAC22.3%溶液	690 (44.35)	538 (37.30)	7.58 (97.95)
I牧場	FeCl <sub>3</sub> 11.6%溶液	5.49 (90.33)	7.01 (77.82)	0.794 (81.05)
	AlCl <sub>3</sub> 10.2%溶液	7.20 (87.32)	2.77 (91.23)	1.41 (66.35)
	PAC22.3%溶液	15.4 (72.89)	12.2 (61.39)	0.794 (81.05)

注：G畜産の成績は、表2の数値の10倍値をもとに算出した。

## (2) TOC

TOCの成績は、I牧場の塩化アルミニウム処理水がもっとも低く2.77mg/l（除去率：91.23%）で、塩化鉄（Ⅲ）の7.01mg/l（除去率：77.82%）に比べ優れていたが、他の農場の供試水による成績では塩化鉄（Ⅲ）が濃度、除去率ともに優れていた。例えば、H畜産、I畜産では、塩化鉄（Ⅲ）による除去率は80%を上回っており、濃度もそれぞれ24.2mg/l、25.9mg/lであったが、塩化アルミニウムでは除去率が50%台であり、PACのそれはそれぞれ43.75%、35.59%であった。TOC濃度がもっとも高かった

のはG畜産のPAC処理水で、538mg/l（除去率：37.30%）であった。

## (3) リン

リンについては、その検出限界が1mg/lであるので、これを下回った成績は不検出（ND）とすべきであるが、今回は、きわめて高濃度のG畜産と低濃度のI牧場が混在しているので、これらの成績比較のため数値を表示した（表10）。供試した凝集剤の性格からみて当然のことではあるが、リンの除去率はCOD、TOCに比べ優れており、I牧場の塩化アルミニウム処理水の除去率66.35%を除けば、他はいずれも80%を上

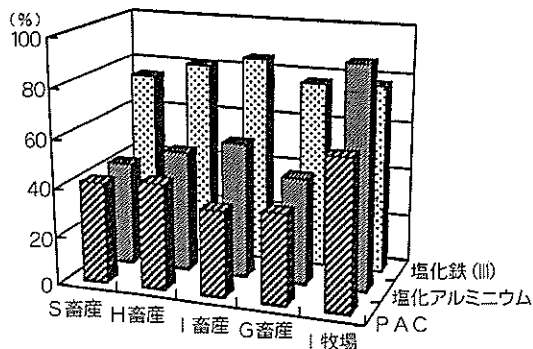


図9 無機凝集剤を添加した際のTOC除去率

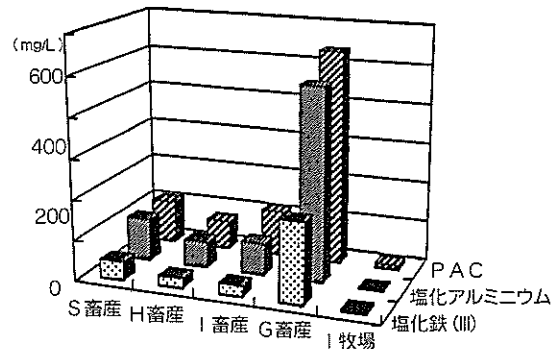


図10 無機凝集剤を添加した際のTOC濃度

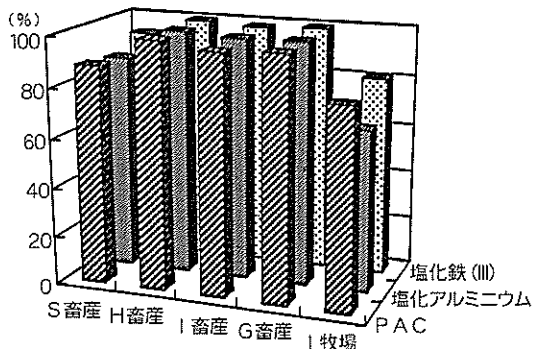


図11 無機凝集剤を添加した際のリン除去率

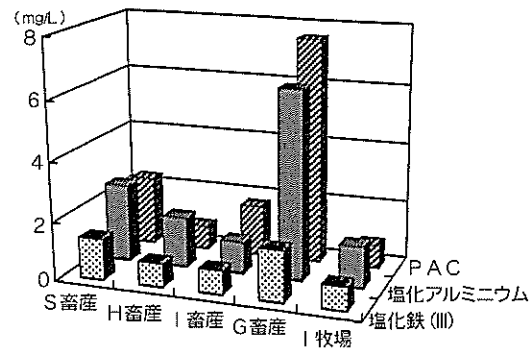


図12 無機凝集剤を添加した際のリン濃度

回っていた。

これを供試水の由来別にみると、S畜産、I畜産、G畜産では塩化アルミニウムならびにPACの成績が塩化鉄(Ⅲ)に比べ劣っていたが、H畜産とI牧場では塩化鉄(Ⅲ)とPACが同値を示していた。これらからみて、3種の凝集剤間でのリンの除去成績に著差はないが、塩化鉄(Ⅲ)がやや優れていると評価できるように思われた。

### 要 約

著者らは、前報において述べた処理水の色度成分の特性が、畜舎由来の処理水に幅広く適用できるか否かを確認するため、起源、処理方法の異なる5種の処理水について、同様の条件で色度変化を確認した。

結果を要約すれば以下のとおりである。

1. 供試水は、S畜産、H畜産、I畜産、G畜産およびI牧場の5農場におけるそれぞれ処理法を異にする施設の処理水を用いた。
2. pHをアルカリ側(pH12)に変化させると、S畜産、H畜産、I畜産の試料には程度の差こそあれフロックの生成が認められたが、G畜産では色調が濃厚なためフロックの生成は視認できなかった。
3. アルカリ剤の注下により、H畜産の刺激値(Y)は、処理前3.10が、処理後18.8と変化した。また、主波長では、S畜産の処理前494C(赤紫)が613nm(赤橙色)となり、見かけ上、大きい変化を示した。刺激純度には、著変が生じなかった。

4. pHを酸側 (pH1) に変化させた際、I 牧場由来の試料を除く他の試料では、程度の差こそあれ発泡が認められた。また、G 畜産の試料ではフロックの生成を認めた。

5. 試料を酸側に変化させると、刺激値 (Y) はいずれもわずかながら大きくなった。主波長では、S 畜産と G 畜産での変化が大きく、前者では494nm (赤紫)、後者では465nm (青紫) であったものが、いずれも600nm弱 (赤橙色) となった。S 畜産と G 畜産の刺激純度は、50%前後から90%強となった。

6. 熱処理を加えると、G 畜産を除き、刺激値 (Y) は大きい方、すなわち明るい方向へ変化した。主波長は、S 畜産では494nm (純紫軌跡) から606nm (赤橙色) に、G 畜産では465 (青紫) から562nm (純紫軌跡) になった。S 畜産の刺激純度は処理前の56%が92%弱となった。

7. 凝集剤を添加した場合の色度変化は、上記のpH変化、加熱処理などによるものに比べ大きく変化し、一般に濃茶褐色あるいは濃赤褐色と表現される色調から淡黄色になった。これらの変化は塩化鉄 (Ⅲ) により顕著に現れ、塩化アルミニウムならびにPACでの変化は比較的小さかった。

8. 凝集剤添加によるCODの変化は、塩化鉄 (Ⅲ) を注下したときがもっとも顕著であり、塩化アルミニウムがこれに次ぎ、PACの成績は低かった。塩化鉄 (Ⅲ) を作用させた場合の除去率はI 畜産を除き80%を上回っていた。

9. TOCの成績は、I 牧場の塩化アルミ

ニウム処理水 (除去率: 91.23%) を除くと塩化鉄 (Ⅲ) が優れており、除去率はいずれも80%を上回っていた。

10. 凝集剤添加によるリンの除去率はCOD、TOCに比べ優れており、I 牧場の塩化アルミニウム処理水の除去率66.35%を除けば、他はいずれも80%を上回っていた。

11. 以上の成績から、これら処理水の色度等の変化は、膜処理水から得たものと共通しており、いずれかで確認した色度除去技術は、他への応用が可能であるものと推察された。なお、純紫軌跡等にある色度はときに大きく変化するが、これについては別途検討が必要であると思われた。

#### 謝 辞

本試験の実施にあたり、御指導をいただいた栃木県畜産会参事斉藤 馨氏、茨城県農業大学校新井忠夫氏、ならびに試料採取に格別の御配慮をいただいたG 畜産、H 畜産、I 畜産、I 牧場、S 畜産の方々から御礼申し上げる次第である。

#### 引用文献

- 1) 岡田光弘・山本朱美・岡田 清: 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に及ぼす影響、畜産環境技術研究所年報平成10年7月、30-36.1998.
- 2) 岡田光弘・山本朱美・岡田 清・木本博志: 凝集剤に対する膜処理水の色度等の反応 (畜産環境技術研究所年報 (平成10年度)、投稿中)

課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発  
1. 微生物及び膜の組み合わせ利用による高濃度成分の除去技術の開発

③ 好気性処理時における処理水の色度について

冷蔵保存した際の色度変化ならびに純紫軌跡等を呈した処理水を希釈した際の色度変化

担当者：岡田光弘、山本朱美、古川智子、岡田 清、渡邊昭三、木本博志  
(共和化工)

研究期間：平成9～11年度

緒 言

著者らは、膜分離活性汚泥法ならびに一般の変法を含む活性汚泥法、好気性消化法、酸化池法等による処理水色度成分のpH変化、加熱処理、凝集剤添加等における反応を確認してきた<sup>1-3)</sup>。これらの試験の実施にあたっては、試料を冷蔵保存する必要がある、これによる色度変化を予め確認しておく必要がある。

また、色度測定にあたり色調が黒と認識され、主波長が純紫軌跡あるいは色度座標から外れるものがあり、これらが通常認識される濃赤褐色あるいは濃赤橙色に変化する過程は、この濃赤褐色あるいは濃赤橙色が淡黄色へと変化する過程とは大きく異なっている。通常認められる後者の変化が連続的であるのに対し、前者の変化は、あるときにはわずかであり、他のときにはきわめて大きく、あたかも不連続な様相を呈している。脱色手法を適用した際に生じる色度変化を評価するうえで、初期の色度座標上の位置とその後の変化を認識しておくことは必要なことと思われる。

これらにつき、少数例ではあるが結果を得たので報告する。

材料および方法

1. 材料

前報<sup>3)</sup>の5農場の供試水のうち、量的にゆとりがあり、色度が純紫軌跡等にあった以下の4農場のものを供試した。

1) S畜産標準活性汚泥法処理水

2) H畜産回分式活性汚泥法処理水

余剰汚泥混合原汚水を高分子凝集剤で処理したのち曝気槽に投入している。

3) I畜産標準活性汚泥法処理水

自然浄化リアクターシステムによる土壌菌群処理方式と称されている。

4) G畜産好気性消化法処理水

2. 方法

1) 試験1. 冷蔵保存した際の色度の変化

前記4農場から得た供試水を適宜希釈して16種を調製し、そのうち無希釈(表1において1倍と表示)で色度が純紫軌跡あるいは色度座標外にあったもの4種を除いた



12種について、採取直後と冷蔵保存後に色度を測定した。なお、H畜産の試料は、本試験供用の準備不足で当初における希釈倍別の色度が測定されていなかったため、採取51日後にあらためて測定し、この日をもって冷蔵保存の開始日とした。

(1) 試料の冷蔵保存

試料の冷蔵には、庫内温度を5℃に調整

した低温恒温槽 (SUNAKA SL-P4) を用いた。

保存日数は試料によって差があり、最短 (H畜産) で15日、最長 (I畜産) では94日であった。

色度は、JIS K0102 の11色度に準拠して、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、吸収セルは100mmを用い、

表1 冷蔵保存した際の色度の変化

場 所	試 料 採 取			色度測定	刺激値 (Y)	色度座標 x、y		主波長 nm	刺激純 度(%)	
	種 類	希釈倍率	年月日	年月日						
S畜産	処理水	2倍	98.08.24.	98.08.24.	0.90	0.5815	0.3635	600	84.7	
		〃	〃	〃	98.10.01.	2.43	0.5785	0.3798	597	89.7
		5倍	98.08.24.	98.08.24.	14.0	0.4957	0.4331	584	80.4	
		〃	〃	〃	98.10.01.	20.4	0.4839	0.4338	583	77.3
		10倍	98.08.24.	98.08.24.	36.9	0.4173	0.4120	579	53.3	
〃	〃	〃	98.10.01.	45.0	0.4082	0.4067	578	49.0		
G畜産	第3曝気槽	10倍	98.08.17.	98.08.19.	4.21	0.5465	0.4123	590	87.4	
		〃	〃	〃	98.10.01.	12.2	0.5289	0.4282	587	89.0
H畜産	処理水	1倍	98.07.27.	98.09.16.	3.6	0.5771	0.3923	595	91.1	
		〃	〃	〃	98.10.01.	3.1	0.5770	0.3900	595	92.9
		2倍	98.07.27.	98.09.16.	17.3	0.5097	0.4384	584	85.0	
		〃	〃	〃	98.10.01.	14.4	0.5172	0.4351	585	88.1
		5倍	98.07.27.	98.09.16.	48.2	0.4128	0.4135	578	52.7	
		〃	〃	〃	98.10.01.	48.7	0.4111	0.4136	578	53.2
		10倍	98.07.27.	98.09.16.	68.8	0.3649	0.3760	575	31.4	
〃	〃	〃	98.10.01.	71.2	0.3631	0.3746	576	29.4		
畜 産	処理水	1倍	98.07.21.	98.07.28.	0.5	0.5731	0.3130	618	70.1	
		〃	〃	〃	98.10.01.	1.3	0.6108	0.3312	613	84.8
		2倍	98.07.21.	98.07.28.	4.8	0.5822	0.3937	595	93.8	
		〃	〃	〃	98.10.01.	8.2	0.5749	0.4028	593	94.6
		5倍	98.07.21.	98.07.28.	26.6	0.4870	0.4373	583	80.0	
		〃	〃	〃	98.10.01.	33.8	0.4745	0.4376	582	76.3
		10倍	98.07.21.	98.07.28.	54.2	0.4131	0.4117	579	54.2	
〃	〃	〃	98.10.01.	56.9	0.4034	0.4067	578	48.9		

測定した。色度測定に先立って行う試料中の懸濁物質の除去は遠心法によった。

## 2) 試験2. 純紫軌跡等を呈したに処理水を希釈した際の色度変化

上記の材料の項に記載した試料のうち、無希釈(表2において1倍と表示)で色度が純紫軌跡あるいは色度座標外にあったものの4種を用いた。

色度の測定は、試験1.と同様である。

### 結果および考察

#### 1) 試験1. 冷蔵保存した際の色度の変化

結果を表1ならびに図1~3に示す。冷蔵保存により色度は淡くなる方向に、すなわち刺激値(Y)においては大きくなる方(明るくなる)に、主波長は短くなる方(赤から黄色)に、刺激純度は小さくなる方(同一明度で無彩色になる)に変化したが、その程度はわずかであった。しかし、I畜産の1倍希釈(無希釈)では主波長で5nm、刺激純度で15%弱と、今回の測定の中では比較的大きい変化を示した。I畜産の無希釈時の主波長は618nm、刺激値(Y)は0.5で、後述する純紫軌跡の色度に近いものであり、これが大きい変化を示す要因になったことが推察された。

冷蔵により色度が淡くなる方向に変化するなかで、一部には逆の変化を示すものがあった。例えば、H畜産の刺激値(Y)は、1倍と2倍のところで減少しており、透過光量の減少すなわち白色から黒への変化を示した。

主波長では、H畜産の2倍ならびに10倍

において、それぞれ1nmではあるが増加し、黄色から赤の方向への変化を示した。

同様に刺激純度では、S畜産の2倍、G畜産、H畜産の1倍、2倍、5倍、I畜産の1倍、2倍が増加しており、同一明度内で無彩色から純色への変化を示していた。

処理水の色度の冷蔵保存中のこれらの変化はきわめてわずかであり、これにより色度の減少を期待することはできないが、試験の都合により若干の期間、試料を保存しても色度に著変を生じないものと判断された。

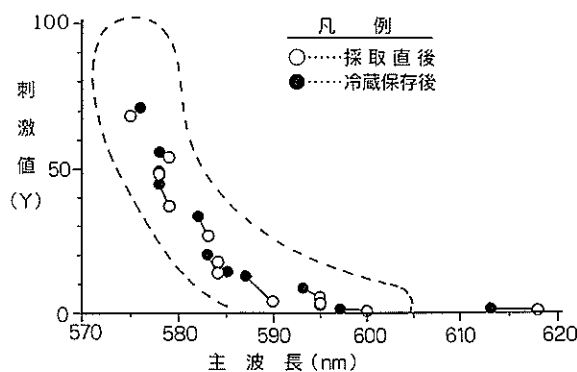


図1 冷蔵保存した際の主波長と刺激値の変化  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

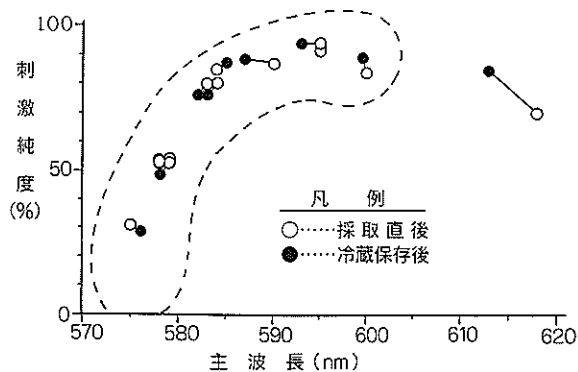


図2 冷蔵保存した際の主波長と刺激純度の変化  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

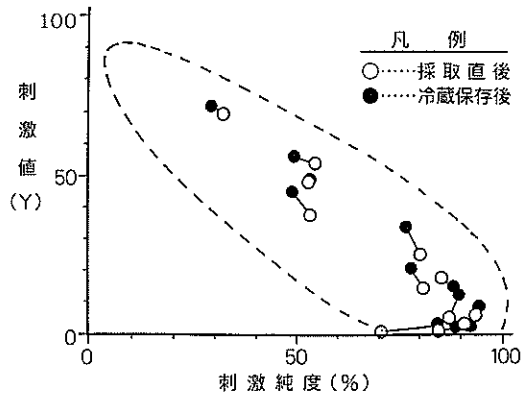


図3 冷蔵保存した際の刺激純度と刺激値の変化  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)

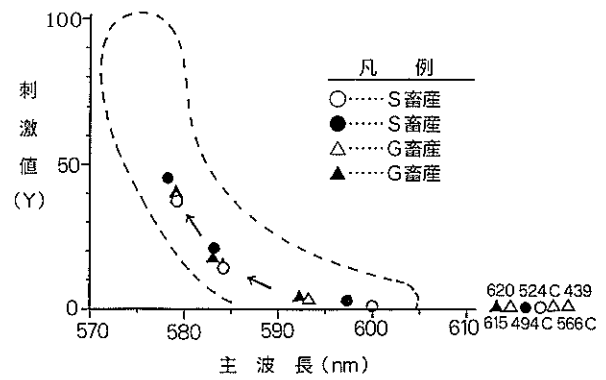


図5 純紫軌跡等にある試料を希釈した際の主波長と刺激値の変化  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)  
(図中の矢線は、変化の方向を示す)

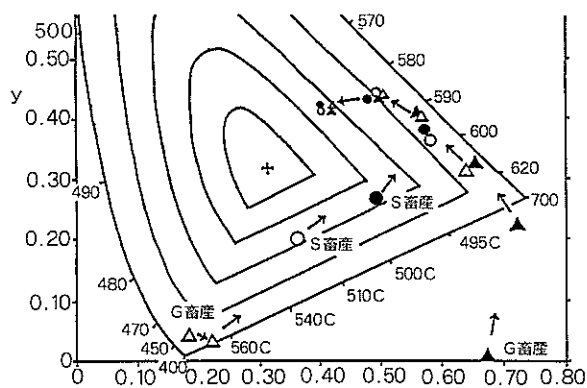


図4 純紫軌跡等にある色度の希釈による変化  
(色度図の一部を削除して作図。矢印は変化の方向を示す)

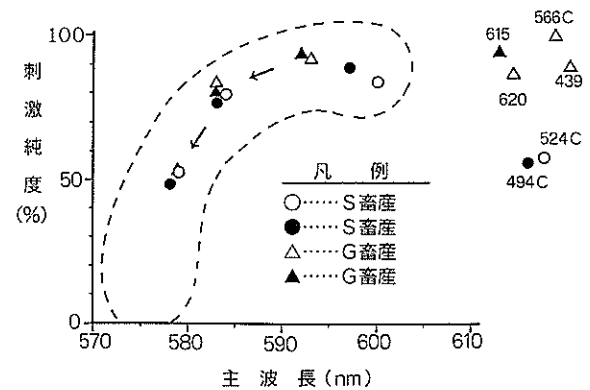


図6 純紫軌跡等にある試料を希釈した際の主波長と刺激純度の変化  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)  
(図中の矢線は、変化の方向を示す)

## 2) 試験2. 純紫軌跡等を呈したに処理水を希釈した際の色度変化

結果を表2に、これらの色度座標上の分布を図4に、刺激値(Y)、主波長、刺激純度について各2つを組み合わせしてみた変化を図5~7に示す。

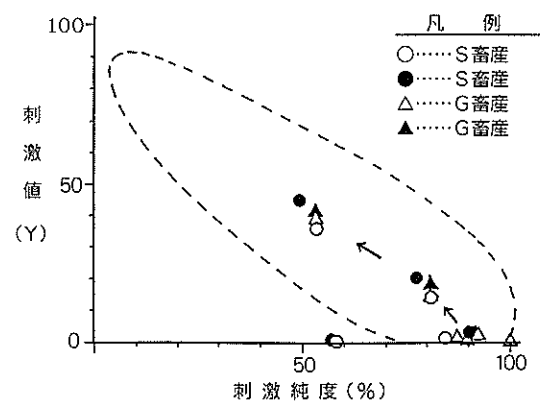


図7 純紫軌跡等にある試料を希釈した際の刺激純度と刺激値の変化  
(図中の点線は、光路長を変化させた際の色度の分布範囲を示す)  
(図中の矢線は、変化の方向を示す)

表2 色度が純紫軌跡等にある試料の希釈による変化

試料採取				色度測定	刺激値 (Y)	色度座標 x、y	主波長 nm	刺激純 度(%)
場 所	種 類	希釈倍率	年月日	年月日				
S畜産 (A)	処理水	1倍	98.08.24.	98.08.24.	0.06	0.3576 0.1959	524C	58.3
		2倍	98.08.24.	98.08.24.	0.90	0.5815 0.3635	600	84.7
		5倍	98.08.24.	98.08.24.	14.0	0.4957 0.4331	584	80.4
		10倍	98.08.24.	98.08.24.	36.9	0.4173 0.4120	579	53.3
S畜産 (B)	処理水	1倍	98.08.24.	.10.01.	0.17	0.4921 0.2613	494C	56.0
		2倍	98.08.24.	98.10.01.	2.43	0.5785 0.3798	597	89.7
		5倍	98.08.24.	98.10.01.	20.4	0.4839 0.4338	583	77.3
		10倍	98.08.24.	98.10.01.	45.0	0.4082 0.4067	578	49.0
G畜産 (A)	第3曝気槽	1倍	99.02.04.	99.02.11.	0.00009	0.1800 0.0048	439	89.4
		2倍	99.02.04.	99.02.11.	0.0002	0.1894 0.0091	566C	100
		4倍	99.02.04.	99.02.11.	0.09	0.6146 0.3085	620	87.1
		8倍	99.02.04.	99.02.11.	2.49	0.5731 0.4004	593	92.3
		16倍	99.02.04.	99.02.11.	14.5	0.4948 0.4339	584	80.4
		32倍	99.02.04.	99.02.11.	38.0	0.4159 0.4096	579	53.0
G畜産 (B)	第3曝気槽	1倍	99.02.04.	99.03.12.	0.00208	0.6731 -0.0065	—	—
		2倍	99.02.04.	99.03.12.	0.00151	0.7260 0.2243	—	—
		4倍	99.02.04.	99.03.12.	0.216	0.6464 0.3310	615	94.6
		8倍	99.02.04.	99.03.12.	3.56	0.5740 0.4050	592	94.3
		16倍	99.02.04.	99.03.12.	17.9	0.4919 0.4353	583	80.9
		32倍	99.02.04.	99.03.12.	41.7	0.4156 0.4104	579	53.0

S畜産(A)(B)の無希釈(表中、希釈倍率1倍で表示)は純紫軌跡にあったが、G畜産では主波長が439nmと純紫軌跡を通り越して青を呈したもの(A)、あるいは色度座標を外れy値が(負)を示すもの(B)があり、後者では2倍希釈してx値、y値ともに(正)になったものの、なお色相環

から外れた位置にあり、4倍希釈でようやく主波長615nm、刺激純度94.6%となっている(表2、図4参照)。

このような、純紫軌跡にあることを示すもの、あるいは色度座標外の位置にあることを示すものは刺激値(Y)がきわめて低く、主波長を論ずるよりも黒(透過光量=

0) とみるべきであろうが、現実の測定においては判断が困難である。例えば、S畜産(B)1倍希釈では、主波長が494Cと純紫軌跡にあって刺激値(Y)は0.17であるが、G畜産(A)では刺激値(Y)が0.09と前者より小さい値であるにもかかわらず、主波長は620nmと赤色を示している。したがって、刺激値(Y)、主波長、刺激純度の値のある水準をもって黒と断定することはなお困難である。

測定精度について述べれば、今回の一連の色度の測定に当っては、ユーザーベースラインを取ったのち同一の蒸留水で色度を測定し、測定対象波長の透過率(%T)が $100 \pm 0.1$ すなわち99.9から100.1の値を得ることを前提にしている。これらの安定を得るのに最高5回の反復校正を行っており、これ以上の精度(例えば $100 \pm 0$ )を得ることは事実上不可能である。したがって、上述の純紫軌跡にある色度の扱いはやむを得ないものと思われる。

次いで図5であるが、これは、これらの関係を主波長と刺激値(Y)についてみたものであるが、主波長が600nm近辺になってから以降は従前の色度分布の範囲内を淡黄色の方向に移動していることが示されている。

図6は同様に主波長と刺激純度との関係をみたものであるが、600nmより紫側(右側)では刺激純度の推移が一様ではないので測定点が乱れている。これを表2でみると、特にG畜産(A)では89.4、100、87.1、92.3と2回ピークを描いてから減少している。

しかし、図5と同じく600nmより黄色側(左側)では淡黄色の方向へ測定点が移動している。

図7は刺激値(Y)と刺激純度との関係をみたものであるが、刺激値(Y)では10以上から、また刺激純度では80%以降からの測定点の移動が一定の方向をたどっている。

これらのことから、処理水の特性として色度を測定する場合には、分光光度計の値をそのまま表示せざるを得ないが、本試験の最終目的である処理水の脱色試験では、このような純紫軌跡等にある色度は測定の対象とせず、赤色あるいは赤褐色を呈してからあとの淡黄色への変化を中心に検討すべきであると思われる。

## 要 約

色度除去試験の実施に際し、試料の冷蔵保存中の色度変化の程度あるいは有無、ならびに純紫軌跡あるいは色度座標から外れた位置に色度を示す供試水の色度変化を予め確認しておく必要がある。

これらにつき、少数例ではあるが結果を得たので報告する。

1. 好気性処理水を冷蔵保存すると、色度は淡くなる方向に変化したがるが、その程度はわずかであった。
2. このことから、色度の減少を期待することはできないが、試験の都合により若干の期間、試料を保存しても色度に著変を生じないものと判断された。
3. 純紫軌跡等を呈した処理水を希釈する

と、主波長が600nm前後を示すまでの間は、色度が大きく変化した。

4. 刺激値（Y）では10以上から、また刺激純度では80%以降からの測定点の移動が一定の方向

をたどるようになっていた。

5. これらのことから脱色試験では、赤色あるいは赤褐色を呈してからあとの淡黄色への変化を中心に検討すべきであると思われる。

#### 謝 辞

本試験の供試材料は、栃木県畜産会参事 齊藤 馨氏、茨城県農業大学校新井忠夫氏、ならびに関係4農場の御配慮により分与されたものである。ここに記し、心からの謝意とする次第である。

#### 引用文献

1) 岡田光弘・山本朱美・岡田 清：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に及ぼす影響、畜産環境技術研究所年報平成10年7月、30-36.1998.

2) 岡田光弘・山本朱美・岡田 清・木本博志：凝集剤に対する膜処理水の色度等の反応（畜産環境技術研究所年報（平成10年度）、投稿中）

3) 岡田光弘・山本朱美・古川智子・岡田清・渡邊昭三・木本博志：起源の異なる処理水のpH変化、加熱、凝集剤に対する色度等の反応（畜産環境技術研究所年報（平成10年度）、投稿中）

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  
              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、渡邊 昭三

研究期間：平成8～11年度

緒 言

液状のふん尿混合物の処理方法としては、活性汚泥法が広く普及しているが、攪拌、曝気、固液分離等一連の処理に要する電力消費はきわめて多い。また、固液分離には凝集剤の添加を要し、その費用も多く、ランニングコストが経営を圧迫することとなっている。さらに、浄化された処理水に着色がみられること、あるいは病原性微生物の混入が懸念されることから放流を行うことは次第に困難となってきている。しかし、処理水を現行以上に浄化するためには、さらに、多大の費用を要することになり、経営はさらに悪化することになる。

近年、湿地を構成する植物、微生物、土壌等による浄化機能が高いことが明らかにされるとともに、この浄化機能を活用し、生活雑排水、畜産、農業および各種産業から排出される汚水を浄化する試みがなされている。このような湿地内の総合的な自然浄化機能を活用し汚水を浄化する方法は「人工湿地法」と呼ばれ、欧米を中心に開発が進められている。

一般に「人工湿地法」と呼ばれる処理方法には、様式、構造、規模等様々なものが含まれており、浄化能力もシステム間で、大きな差が見られる。このため、一概には

論じられないが、人工湿地法は、維持管理に要する労力、費用が極めて少ないことが共通して認められることである。このため、従来の処理方法に変わるものとして脚光を浴びている。

このような人工湿地の浄化機能を従来の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・機器の浄化機能を補完し、より一層の浄化が達成されるものとする。このため、既に導入されている人工水路、池等人工湿地における浄化機能の実態を解明するとともに、浄化機能を維持・強化するための基礎的要因を明らかにすることとした。

調査方法

自然の地形を活用した湿地あるいは人工的に造成した湿地に畜舎汚水等を流入し、浄化処理を行っている事例を選定し、湿地、池、人工水路等の規模、立地条件、維持管理および水質等を調査した。年2回（夏期、冬期）の調査を、平成8年～10年の3ヶ年にわたり実施した。排泄物の処理方法、湿地面積・水深、湿地内の植生について、聞き取り、実測を行うとともに、水質チェッカーにより、pH、温度、濁度、溶存酸素、電気伝導率、NaClを測定した。また、生物

化学的酸素消費量(BOD)、化学的酸素消費量(COD)、浮遊物質(SS)については、採取した試料を持ち帰り、公定法により測定を行った。

## 結 果

### 1. 北海道旭川市

#### 1) 環境条件

総面積50haの約30%が林地で、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、経産牛のみを5月~11月まで放牧を行っている。放牧は昼間のみで、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。緩傾斜面の窪地には池が二つ設置されている。そこから溢れた水は草地表面を僅かに流れた後、草地に吸収されている。草地内には排ふん直後を除き、糞は認められず、また、排泄物に起因する不食過繁地も認められなかった。

畜舎からの排泄物および洗浄污水等は写真2に示すように、30m程の斜面を伝って、平場の湿地に流入する。湿地は60a程あり、土手で仕切られている。人工湿地を意識して造成したものではなく、入植時に開墾した田畑が転用されたものである。A牧場の最も低い地点にあり、湿地内の水質は雨水、融雪水あるいは湧水等による希釈の影響を強く受けていることが考えられる。

#### 2) 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84%と大半を占めており、一部隆起した部分にヨモギ、イタドリがみられた。各草種の植被率はミゾソバ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(写真3,4)。

平成9年度は、乾燥が続いた結果、ヨシ、ミゾソバ等湿地型の植被率が減少し、ヨモギ、イタドリ、イラクサ、ヒエが全体の54%を占めた。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。

平成10年度は、ミゾソバは39%と前年より若干ながら増加したが、ヨシ・ガマはさらに低下し、合計で8%にまで低下した。この結果、水生・湿地型の植物の植被率は47%にまで低下した。

このような植生の変異は、前年度の干ばつが大きな影響を及ぼしたものと考えられる。また、湿地の面積が減少していることから、土砂の流入或いは有機物の増加が進んでいることも考えられる。

#### 3) 湿地内植物体中の炭素、窒素組成

炭素、窒素およびC/N比は草種により異なり、炭素についてはヨシがもっとも高く、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については、ばらつきが大きい



表1 主要植物体中における炭素、窒素組成（平成8年度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、同記号が2個の場合には1%水準)

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) : 汚水投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)

がヨシが最も高く、ケンタッキーブルーグラスが最も低い値を示し、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、草種の特徴のほか、分布する箇所の土壌中の養分含量とも密接な関係があると考えられた。

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。汚水排出箇所にもっとも近い地点(窒素含量がもっとも高いと考えら

れる)でもっとも高く、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。

## 2. 秋田県神岡町

### 1) 環境条件

スラリータンクを昭和55年、56年に導入するとともに、配管を敷設し、圃場還元を

行ってきた。しかし、スラリー散布時の臭気、栄養塩類、病原性等の小川への混入等を危惧した周辺住民から強い要請を受け、圃場還元を中止せざるを得なくなった。このため、平成7年度には、既往の施設を改修し、複合ラグーンによる汚水処理に切り替えるとともに、貯留・浄化を目的とした池を造成することとなった。

## 2) 処理方法

写真5に示すように、暴気槽、貯留槽は既往の施設「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貯留している。複合ラグーンにおける処理汚水は豚(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20m<sup>3</sup>の原水を処理している。

## 3) 調査結果

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移植したガマが若干みられるほか、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、太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、水中ある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年目も、前年度と大差はなく、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。

表3に示すように、複合ラグーンシステムの処理能力は高く、処理水はそのまま或いは若干の希釈により排水可能な水準にあるが、池に貯留することにより、さらに浄化が進むことが明らかとなった。

原水の浮遊物質は14,800mg/ℓ、BODは11,000mg/ℓであるが、曝気操作により、それぞれ、240mg/ℓおよび140mg/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8.0mg/ℓにまで低下した。

原水は縦型スクリーンで固液分離した後、回分槽に送られ、ここで曝気-沈殿-上澄水放流の工程を2回/日繰り返す。回分槽はスラリーストアを改造したものであり、総容量は、533m<sup>3</sup>で、有効容量は475.9m<sup>3</sup>である。本槽内で活性汚泥法により、処理を実施した後、360m<sup>3</sup>の貯留槽に一時貯留した後、造成した池に放流し、さらに浄化を進めるとともに、蒸散、地下浸透による処

表3. 処理工程毎の水質

処理工程	SSmg/ℓ	BODmg/ℓ	EC ms/cm	NaCl mg/ℓ	濁度NTU	D O mg/ℓ
原 水	14,800	11,000	—	—	—	—
曝 気 槽	240	140	0.34	0.13	—	0.3
池	10	8.0	0.16	0.08	198	6.5

注) : 数値は3回の調査(平成8年~10年度)の平均値

理水の減量を実施している。

この事例では経時的に汚水分析を実施しているが、それによると、原水中の夏（6月から9月）のSS濃度は20,000～40,000、BODは7,000～100,000と変動が大きい。曝気後のSSも300～900、BODは40～300と非常に変動が大きい。

### 3. 宮城県 T町 T牧場

#### 1) 環境条件

3戸5名の共同経営を行っており、労働力は男8名、女1名である。母豚360頭の一環経営を行っており、年間6,000頭の肉豚を出荷している。施設は丘の上に集中して建造され、人里からは離れている。処理汚水は谷間の小川、池を経て、農業用水路に流入する。

#### 2) 処理方法

おがくずと混合した豚糞および「長時間

曝気活性汚泥処理施設」で汚水処理した余剰汚泥を脱水処理した固形分は、堆肥舎に堆積しているが、これを堆肥製造業者が1週間以内に回収している。

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「長時間曝気活性汚泥処理施設」により浄化処理した後、水路、池に放流し浄化を行っている。池は水路で連なった10aと2aの池を経て最終的に30a程の池(T養豚場の雨水調整池、写真6)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4に示すように、いずれの成分も湿地内を流下するにしたいがい、低下する傾向が認められた。水草、微生物等の浄化機能は

表4 人工湿地による浄化機能 (T牧場)

処 理	季 節	S S mg/ℓ	BOD mg/ℓ	COD mg/ℓ	E C mS/cm	濁 度 NTU	溶存酸素 mg/ℓ
処理水 <sup>#</sup>	夏	19.1	14	22	2.57	24.0	1.5
	冬	14.0	13	24	2.77	16.0	2.6
池 1	夏	12.9	12	20	0.42	22.0	3.8
	冬	11.9	14	20	0.44	15.5	9.2
池 2	夏	10.3	11	15	0.22	20.1	4.4
	冬	9.3	12	12	0.37	13.0	8.9
池 3	夏	8.8	8.0	14	0.11	10.5	3.7
	冬	7.3	9.0	9.0	0.38	7.2	8.2

注1) : 長時間曝気接触酸化法により浄化。

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。

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。

#### 4. 宮城県T町S牧場

##### 1) 環境条件

前記したT牧場と隣接しており、環境条件は同一である。母豚800頭の一環経営を行っており、尿汚水量は夏期が110t/日、冬期は80t/日に達する。

##### 2) 処理方法

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350aで、5年毎に浚渫（前は平成9年）し、蓄積した汚泥を除去している。このため水深も2～3mあり、写真7のように、水草等の植生はみられない。2番目の池は250a、3番目の池は200a程であり、いずれも水深は浅く、池表面をパロットフェザーが繁茂している。3番目の池をオーバーフローした水は人工水路に流れ込んでいる。

表5に示すように、人工湿地による浄化機能は季節により若干異なるが、人工湿地内を流下するに従い、全ての負荷物質が次第に浄化されることが明らかとなった。夏期においては、池1に流入する時点でのSS、BOD、CODの濃度は、それぞれ、33.2、46、56mg/Lであったが、池1から流出する時点では、18.3、41、50mg/Lと低減した。さら

表5 S養豚場の湿地内における浄化機能

処理	季節	SS mg/l	BOD mg/l	COD mg/l	EC mS/cm	濁度 NTU	溶存酸素 mg/l
処理水 <sup>※</sup>	夏	33.2	46	56	1.44	31	2.2
	冬	25.0	34	65	1.25	28	6.3
池 1	夏	18.3	41	50	0.42	34	1.8
	冬	12.7	30	41	1.15	21	7.6
2	夏	8.4	25	32	0.22	31	4.4
	冬	9.3	27	46	1.00	20	7.9
3	夏	6.4	12	15	0.11	35	3.7
	冬	8.8	10	18	0.53	21	8.5

※：貯留槽上澄液

に、池2を経て池3から流出する時点では、SS、BOD、CODは、それぞれ、6.4、12、15mg/lと顕著な低減効果が認められた。

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1m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、水草を除去したため、大型植物はないが、パロットフェザーが僅かに認められる。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6に示すように、水生植物を除去したため、浄化機能は低いが、減少傾向が認められた。

表6 人工水路の水質（S養豚場）

平成10年1月

試料採取箇所	S S mg/l	BOD mg/l	COD mg/l	E C mS/cm	濁度 NTU	溶存酸素 mg/l
入り口	18.8	11	21	1.25	28.0	5.23
出口	14.8	9.0	20	1.17	21.0	6.06

### 考 察

北海道の牧場では、湿地全体に植物が繁茂しており、水中の負荷物質量も低いことから、湿地内での浄化作用が順調に進んでいるものと考えられた。しかし、数十年間にわたり、排泄物が湿地に流入していることと、湿地内の汚泥中には泥炭化したヨシ等の根系が蓄積していることから、有機物の量は増加し続けていると思われる。

秋田の場合には、投入される負荷量が少ないため、水生植物がほとんど定着し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牧場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牧場の1.5haに対し、S牧場は7haと4倍強あり、単位面積当たりの汚水量もT牧場の2.7tに対し、S牧場は1.6tと少ない。さらに、湿地への放流時点でのSS、BOD等負荷物質量はT牧場が高いこと等を考慮すると、T牧場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牧場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牧場の湿地は水深が深く、沈水性・抽水性水草およびヨシ等大型の湿地性植物が少ないことが挙げられる。

湿地を構成する植物、微生物、土壌には本来、それぞれ、高い浄化機能があることが判明しており、地球環境を保護する観点

から、湿地の保全が強く叫ばれている。このような湿地の浄化機能を活用するため、人為的に貯水、流水施設を建造したり、湿地の浄化機能を維持・向上するため、人為的制御を加える施設を「人工湿地」と呼んでいる。したがって、処理水を貯留するだけの簡単な施設から、水量・水位調節、植物の移植、通気等を組み合わせた処理施設まで、多岐にわたる。しかし、実際には、人工湿地のみで、浄化処理を完結させることはほとんどなく、固液分離、活性汚泥法等他の処理法等の前処理と組み合わせて処理している。

湿地内の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。このため、硝酸塩の地下水への浸透は抑制されることになる。

諸外国では早くより、このような浄化機能を積極的に活用して、環境保全、環境浄化を促進しようとの試みがなされている。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特殊な工法が取り入れられている。また、米国、カナダ、英国、オランダ等では湿地による水質浄化の研究が進み、既に実用化されている。我が国に

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、その効果が実証されつつある。

しかし、我が国の畜産分野では、垂れ流しは別として、計画的に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言える。固液分離あるいは活性汚泥処理を行った汚水、処理汚水を放流できない場合、さらには畜舎洗浄汚水等負荷量の少ない汚水には人工湿地の導入を検討すべきである。

ここで、人工湿地法の一般的機能を評価すると、人工湿地法は、低コストで浄化処理が可能なことから欧米において、最近、急速に普及しつつある。人工湿地は家畜排せつ物の処理のほか、一般家庭、商・鉦・工・農業等産業活動に起因する汚水処理に利用されている。また、埋立て用地からの漏出液、重金属等特殊元素の除去等に利用されている。

特に、農山村等人口密度の低い地域では、下水施設の導入が今後とも見込まれないことから、人工湿地の処理方式を取り入れる事例が増加している。多くの場合、5名前後の家庭用の施設であるが、中には1,000人規模の施設も稼働している。ドイツでは2,000年に開催される世界博覧会に人工湿地法による生活雑排水の処理施設を公開する予定であるが、本施設は600人程度の集落全体の処理を行うものである。さらに、

米国のアリゾナ州等では、汚水処理に要する費用が膨大なものとなり、地方自治体の財政を圧迫している。このため、人工湿地の導入によりこれを打破しようとの動きが活発となっている。「Clean Water Act」で取り上げられたように、早くから慣行法に代わる新しい処理技術を模索してきた米国にとって、目的に叶う技術の一つであることは確かである。

現在は、飼料が安定的に確保できることから、実現は難しいと考えられるが、将来、休耕田を利用し、飼料稲を無施肥栽培することが望ましい。また、既往の処理施設の浄化機能を補うため、人工湿地を介して、浄化した後、放流あるいは土地還元することが想定される。特に、酪農の場合には、パーラーからの排水、畜舎洗浄汚水、パド

ックからの流出汚水等の処理には、人工湿地で対応が可能と考える。また、中山間地域等人口密度の低い地域では現行の下水処理施設の導入が困難なため、本施設の導入が進むものと考ええる。

#### 参考文献

- 1) U.S.EPA. Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment. U.S.EPA.ORD,CER-I,EPA. 625. 1988.
- 2) Donald A.Hammer. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment,Lewis Publishers. 856. 1990.
- 3) Gerald A.Constructed Wetlands for Water Quality Improvement, Lewis Publishers. 656. 1994.



写真1 湿地上部に造成された放牧地：草地全体がケンタッキーブルーグラスで覆われ、裸地は全く見当たらない。このため、大雨、融雪時にも土壌浸食は認められない。また、草地に排せつされたふん尿中の栄養塩類は牧草に吸収利用される。谷川には樹木が生い茂っており、沢への牛の進入を防いでいる（北海道旭川市）。



写真2 畜舎からの排出状況：ふん尿と敷料は傾斜地を徐々に下り、10mほど下の湿地に達する。この過程で、固形分は発酵し、完熟する。尿、洗浄水あるいは雨水はこの堆積した固形物の下から滲出し、湿地に流入する（旭川市）。



写真3 湿地内で繁茂するヨシ：湿地内において常時滞水する地点では、ヨシ、ガマ等の大型の水生植物が繁茂している（旭川市）。





写真4 旭川市ミゾソバの群落：湿地内の隆起した地点あるいはヨシ、ガマの外側の土壌が露出した部分にはこのようなミゾソバの大群落が見られる。この外側にはヨモギ、ケンタッキーブルーグラスが繁茂している（旭川市）。

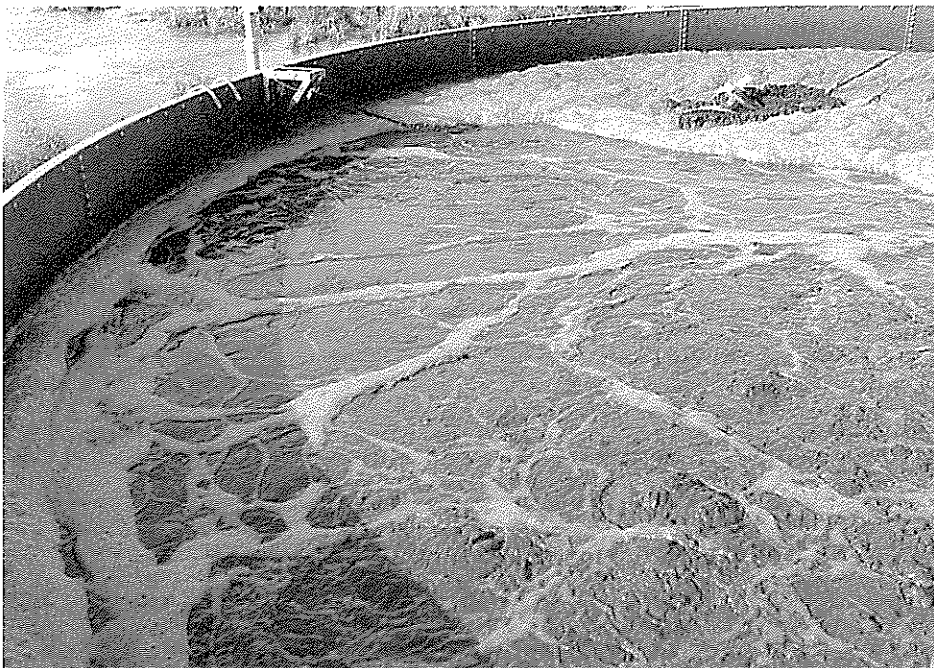


写真5 旧スラリーストアを改修した複合ラグーン（回分槽）：回分槽で曝気・沈殿・上澄み液の放流の工程を1日2回繰り返した後、貯留槽を経て池に流入している。処理水の放流は一切行わず、池での蒸散と、地下浸透により減量を行っている（秋田県神岡町）。

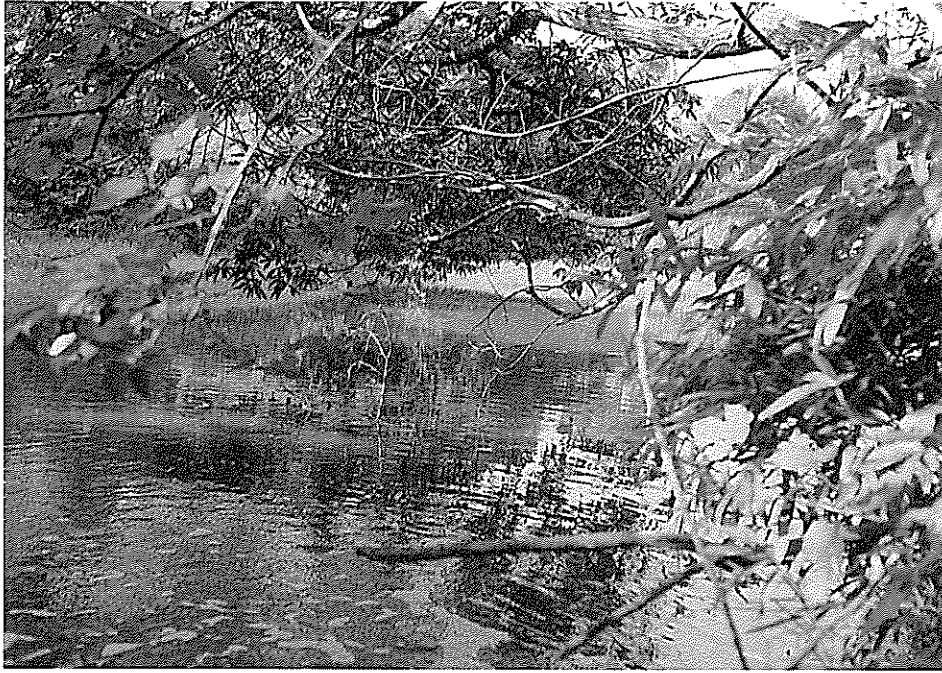


写真6 水生植物、樹林の繁茂している池：長時間曝気活性汚泥法により処理を行った後、処理水は水路を経て池に放流されている。池にはヨシが繁茂し、その周辺を闊葉樹が取り囲んでおり、池の底には落ち葉が堆積している。浄化機能はきわめて高い（宮城県高清水町T牧場）。



写真7 水生植物がみられない池：複合ラグーンシステムによる処理を行った後、処理水を最初に放流する池。余剰汚泥等の沈殿物が多く、5年に一度の頻度で浚渫を実施している。水深が深く、水生植物の定着もみられず、浄化機能はあまり高くない（宮城県高清水町T牧場）。



写真8 コンクリート製の人工水路：高さ18cm、幅1m、全長750mの施設を処理水が流下する。8か月前に、施設内に沈殿した汚泥、繁茂した水生植物等を除去したため、パロットフェザーが僅かにみられる程度であり、浄化機能は低い（宮城県高清水町T牧場）。

## 参考資料

### 1. 人工湿地の一般的な処理工程

人工湿地による汚水の一般的な処理工程は図1に示す通りである。汚水は曝気、沈殿あるいは希釈等前処理を行ってから、人工湿地内に流入し、浄化する。排水基準あるいは経営者の設定水準をクリアした段階で、圃場に還元あるいは畜舎洗浄用水として再利用される。浄化された処理水は、周辺住民からの要請、あるいは河川から離れているため、放流されることはほとんどない。湿地内に蓄積された有機質、汚泥等は土壌改良資材として再利用される。また、カナダ等土地資源に恵まれた国においては、人工湿地を環境保全、景観保持として利用するばかりでなく、湿地全体および周辺の樹木を含め、有機質を蓄積し、これを後代の資源として残そうとする遠大な構想

もある。熱帯雨林あるいは森林環境における炭素、窒素等の保全効果を湿地に期待するものと言える。

### 2. 諸外国における人工湿地の取り組みの状況

カナダ、USA、EU他各国において、環境浄化・保全、景観保持、野生生物の保護等を目的として、人工湿地の導入が進められている。また、技術の開発、指導・普及に当たる機関も国・州、大学、民間団体と多岐にわたっている。このため、情報量も膨大なものがあるが、詳細については、別の機会にゆずることとする。

表1～表3に人工湿地による浄化処理の実例が示されているが、処理方式、汚水中の負荷量、管理方式によって、浄化機能は

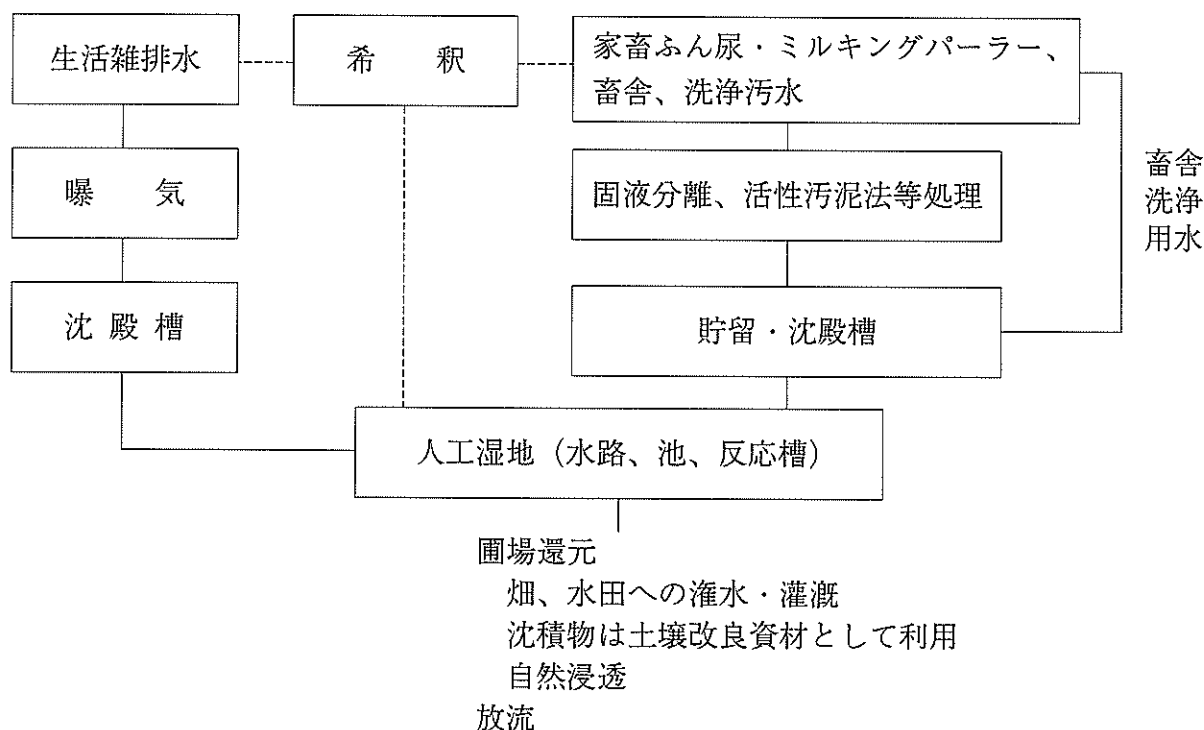


図1 人工湿地の利用による畜舎汚水、生活雑排水の処理工程

大きく異なる。表1と表2の数値から、流れ方式、植生の差よりも流量の差が、浄化機能に大きな影響を及ぼしていることが読みとれる。多くの実験結果により浄化機能は表面流れ方式よりも浸透流れ方式の方が勝ることは明白であるが、流量の調節、言い換えると管理法により、優劣が付け難いものとなることを示している。なお、表2には、ホテイアオイとガマの例が取り上げられているが、ホテイアオイについては、増殖したホテイアオイの回収が難しいことから、現在はほとんど利用されていない。ヨシ、

ガマ、ケンタッキーブルーグラス、カヤツリグサは浄化機能が高く管理も容易であることから、もっとも多く利用されている。

人工湿地の特質を十分に活用したシステムがドイツで開発されているが、その性能は表3に示す通りである。BOD、CODは処理前に比べ、95%、93%と激減している。また、窒素、リンの除去効果も高く、リンは97%にも達している。さらに、細菌数は、ほぼ100%除去されている。さらに、慣行の処理方法では難しい「色」も、ほぼ無色・透明と言える水準に達している。

表1 流量、流れ方式の差異と浄化機能の関係

実施場所	流量 m <sup>3</sup> /日	流れ方式	B O D			S S		
			流入 mg/l	流出 mg/l	除去率 %	流入 mg/l	流出 mg/l	除去率 %
Ontario	17	表面流れ	56	10	82	111	8.3	93
Arcata	1,350	表面流れ	36	13	64	43	31	28
Gustine	3,785	表面流れ	150	24	64	140	19	86
Santee	38	浸透流れ	118	30	75	57	5.5	90
sidney	240	浸透流れ	33	4.6	86	57	4.5	92
Emmitsburg	132	浸透流れ	62	18	71	30	8.3	73

表2 流量、植生の差異と浄化機能の関係

実施場所	流量 m <sup>3</sup> /日	植物名	B O D			S S		
			流入 mg/l	流出 mg/l	除去率 %	流入 mg/l	流出 mg/l	除去率 %
Orlando	30,280	ホテイアオイ	4.9	3.1	37	3.8	3	21
SanDiego	378	ホテイアオイ	160	15	91	120	20	83
Austin	1,700	ホテイアオイ	42	12	73	40	9	78
DineyWorld	30	ホテイアオイ	200	26	87	50	14	72
NSTL、MS	8	ガ マ	35	5.3	85	47.7	11.5	76
N.Biloxi	49	ガ マ	30	15	50	155	12	92

表3 集約的施設・管理による人工湿地の浄化機能（ドイツ、AF Umwelt-Consult）

負荷物質	処 理 前	処 理 後	低 下 率
B O D      mg/l	200	<10	>95
C O D      mg/l	300	<20	>93
N H <sub>4</sub> -N    mg/l	40	< 5	>87
P O <sub>4</sub> -P    mg/l	8.2	0.2	>97
細菌数      No./ml	2,999,000	0.5	100
濁度	不透明	透明	
色	黄灰色	無色	

このように、本システムの浄化機能は極めて高いが、施設への投資額は極めて低いことも注目に値する。すなわち、石、砂、土および植栽されたヨシが主たる材料であり、これに汚水を流入するためのパイプと一定の水位に達した時に排出するためのサイフォンが取り付けられているにすぎない。傾斜地が利用できる場合には、動力は不要となるが、平地であっても、汚水を定期的に注入する小型のモーターが必要となるのみである。また、このような処理工程の一切は全て自動化されているため、管理労力も殆ど要しない等数々のメリットを備えている。

### 3. 人工湿地の設計・導入・管理において配慮すべき事項

フルスケールのプラントを作成するため、関連の知見を収集していところである。独自の基礎的な実験を行っていないため、諸外国の情報に頼ることとなったが、その一端を紹介することとする。

#### 1) 規模の算出

汚水の量、負荷量を正確に測定することは極めて難しく、多めに算出することが賢明である。国内では基礎的数値も、実際に

野外調査を行った事例もないが、NRCSより設計に必要な基礎データ及び詳細な指針（USDA SCSのENGINEERING FIELD HANDBOOK 210-EFH.1/92）が出されており、現段階ではこれを利用するのが賢明と言える。

#### 2) 水対策

施設の規模、負荷量に合わせ、人工湿地に流入する水量、流出量、滞留する水量・時間を求める必要がある。滞留時間も浄化機能に大きな影響を及ぼすため、綿密な検討が必要である。これまでの報告例では、最低、12時間程度の滞留となるように設定することが推奨されている。

#### 3) 固形分の除去対策

湿地に汚水が流入する前に、固液分離を行ったり、沈殿槽、予備の池を設置することにより、固形分をできるだけ除去する必要がある。固形物の除去は湿地の浄化機能を正常、且つ長期に維持するための必須条件である。また、予備の池等の施設は豪雨、大水等による急激な増水を緩和する機能が期待でき、干ばつ時における水の供給対策ともなる。

#### 4) 湿地の構造

湿地底部の勾配は、幅の左右および長さの上下にそれぞれ水平とする必要がある。排水するためには、緩い勾配が必要であるが、きわめて緩い傾斜でも、距離が長くなると、低い方の水深が深くなる。このため、水深に耐え得る植物を導入する必要がある。多くの施工例では0.5%以内にとどめている。土手・堤防は草刈りおよび維持管理の上から、十分な幅をもたすべきである。

#### 5) 維持・管理

管理および維持の上からは、最低二つの湿地を平行して設置することが望ましい。二つ以上の湿地があると、湿地の運転を中止することなく、連続して処理することが可能となる。また、一つの湿地で処理を続けながら、システムの一部変更、一時停止が可能となる。

流出制御装置を設置することにより、湿地内の水深を簡単に変えることが可能となる。このような制御には、水田の水管理等に利用されている水位調節装置が適している。また、パイプ等によりサイフォンによる水位調節も推奨できる。

#### 6) 植生の導入・定着

湿地内植物としては、多くの種類を導入することが望ましいが、導入・定着に時間と労力を要するので、簡単に維持でき、浄化機能の高い植物を選定する方が賢明と言える。これまでの実証試験の結果、ガマ、リードカナリーグラスが低コストで、導入が容易で、維持費用が少なく、気象条件の変化に大きく影響されず、いろいろな汚水状況に耐えうるということが明らかとなっている。

また、ガマとリードカナリーグラスはともに、干ばつにも強く、数週間にわたる干ばつにも耐えうるということが明らかにされている。ヨシとカヤツリグサも上記の2種に匹敵する特性を有しており、推奨されている。

多くの植物は水中では、種から発芽せず、湿りを帯びた土壌が必要となる。リードカナリーグラス、ヨシ等は、種と泥をまぶし、湿地表面に散布することにより、簡単に定着する。湿地の植生が完成するには、苗、根茎あるいは生長した植物を移植するのがもっとも早く、もっとも確実な方法である。しかし、多大の労力を要し、費用も嵩むことになる。

また、植物は地域特有の気象条件に適応しているため、現地の植物を導入した方が活着が良いことも明らかにされている。さらに、微生物についても、特定の汚染物質、環境負荷物質に順応している。このため、同一種であっても、出来るだけ、同一地域あるいは近隣から植物を導入することが望ましい。

#### 参考文献

- 1) U.S.EPA. Constructed wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment, U.S.EPA.ORD, CERL, EPA.625.1988.
- 2) Donald A.Hammer. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, Lewis Publishers.856.1990.
- 3) Gerald A. Constructed Wetlands for Water Quality Improvement, Lewis Publishers.656.1994.

課題名 II 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発  
 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  
 I 県 I 牧場の酸化池における夏季の汚水処理成績について

担当者：岡田光弘、岡田 清、山本朱美、古川智子、渡邊昭三  
 研究期間：平成8～11年度

緒 言

畜産における汚水処理は、専ら活性汚泥法およびその変法により行われているが、経営体のおかれた立地条件における用地の地価を勘案すると、集約度の高い施設を導入することが必ずしも妥当であるとはいえず、用地面積を費やしても運転経費が少ない処理方法採用の可能性について検討する必要があるものと思われる。

当所においては、この観点から、すでに人工湿地の処理性能について検討を進めているところであるが、これらの中間に位置

する酸化池については、性能調査さえ未着手の状態であった。このたび関係機関の取り計らいにより調査する機会を得たので、その概要を報告する。

材料および方法

1. 調査対象

今回調査した全7面からなる酸化池は、I 県M市郊外に所在する I 牧場に設置され、一部の施設を除き昭和51年以降、運転管理されてきたもので、その概況は、表1のとおりである。

表1 I 牧場酸化池の構成ならびに各々の調査時点における状況 平成10年8月11日

区 分	面積(容積)	調査時点における状況
No.1 曝気池	90m <sup>2</sup> (162m <sup>3</sup> )	流入側に曝気装置があり、下流に向けて沈殿池として機能する。曝気部位に土壤菌を含むペレットを網に入れて浸漬させてあった。測定時に、池の下流側約1/3面にスカムが浮上していたので、測定は、流出口の対面で行った。
No.2 通性池①	656m <sup>2</sup> (1,206m <sup>3</sup> )	No.1の流出水を受け、暫時滞留のちNo.3へ流下させる。当日、作動はしていなかったが、No.1への返送ポンプが設置してある。池の表面は、黒褐色(土色)を呈しており、藻類の生息は肉眼では認められない。
No.3 通性池②	579m <sup>2</sup> (1,080m <sup>3</sup> )	No.2の流出水を受け、No.4に流下させる。池の表面に、極めて微量のアオコ( <i>Microcystis wesenbergii</i> と推定)が発生し、北側に吹き寄せられた状態で、縞状に池の約2/3を覆っていた。
No.4 通性池③	330m <sup>2</sup> (648m <sup>3</sup> )	No.3の流出水を受け、No.5に流下させる。池の全面に、ウキクサ( <i>Spirodela polyrhiza(L.) Schleid</i> )が繁茂していた。
No.5 通性池④	314m <sup>2</sup> (453m <sup>3</sup> )	No.4の流出水を受け、No.6に流下させる。池の全面に、ウキクサ( <i>Spirodela polyrhiza(L.) Schleid</i> )が繁茂していた。
No.6 通性池⑤	459m <sup>2</sup> (1,116m <sup>3</sup> )	No.5の流出水を受け、浄化装置に流下させる。池の全面に、ウキクサ( <i>Spirodela polyrhiza(L.) Schleid</i> )が繁茂していた。
No.7 養鯉池	6,263m <sup>2</sup> (10,366m <sup>3</sup> )	浄化装置ならびに草地の湧水を受け、越流水を放流する。いわゆるアオコ( <i>Microcystis aeruginosa f. aeruginosa</i> と推定)が発生し、緑色を呈している。

注：表中の池の名称は本調査のために付したもので、現地での呼称と一致していない。

1997(平9)年設置のNo.7養鯉池を除き、他は1976(昭51)年に設置されたもので、調査時まで20余年の稼働実績がある。



## 2. 流入汚水量

現地においては、流入汚水量を、以下の  
ように算定している。

- 1) パーラーの洗浄水 12.0m<sup>3</sup>/日
- 2) 雨水 10.33m<sup>3</sup>/日  
(1,058m<sup>2</sup>+1,920m<sup>2</sup>) × 3.47mm/日

算出根拠・集水面積：

バーンヤード面積	1,058 m <sup>2</sup>
フリーストール牛舎屋根面積	1,920 m <sup>2</sup>
年間降水量：	1,266mm
日平均降水量：	3.47mm

## 3. 現地での測定ならびに分析方法

### 1) 可搬式水質測定器による現地測定

可搬式水質測定器は、東亜電波製水質チェッカーWQC-20A（以下、水質チェッカー）を用い、センサー部が水没する深さで測定した。本機による測定項目は以下のとおりである。

- (1) 水温
- (2) 溶存酸素
- (3) pH
- (4) 電気伝導度
- (5) 濁度

また、これにあわせて透視度計を用い、透視度を測定した。

測定場所は、図1ならびに表2に示すとおりである。

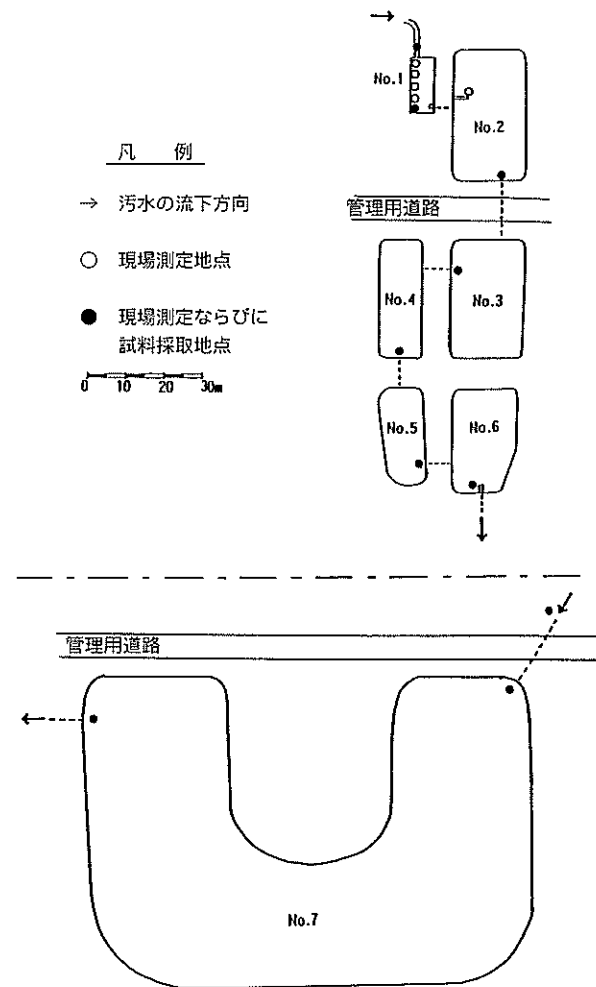


図1 I牧場の酸化地模式図

表2 I 牧場酸化池の現場測定結果

平成10年8月11日

番号	測定場所	測定項目					
		水温 (℃)	溶存酸素 (mg/l)	pH	電気伝導度 (S/m)	濁度 (mg/l)	透視度 (度)
①	曝気池の流出口の対辺で曝気装置の下流約0.5mの地点	25.5	3.2	7.35	0.07	276	5.0
②	〃 〃 下流約3.5mの地点	25.4	2.5	7.31	0.07	251	—
③	〃 〃 下流約7.0mの地点	25.4	1.3	7.23	0.07	228	—
④	〃 〃 下流約10.5mの地点	25.4	1.0	7.24	0.07	178	—
⑤	〃 〃 下流側の角	25.3	1.0	7.30	0.06	133	6.5
⑥	通性池①のポンプ点検用棧橋	24.8	17.3	7.70	0.04	162	8.0
⑦	〃 流出口	29.4	18.3	9.43	0.03	262	5.0
⑧	通性池②の流出口	28.7	10.8	7.75	0.04	273	8.0
⑨	通性池③の流出口	23.9	0.4	6.71	0.05	—	8.0
⑩	通性池④の流出口と思われる地点	21.3	2.5	6.46	0.04	128	8.5
⑪	通性池⑤の流出口	21.0	0.4	6.37	0.06	—	12.0
⑫	養鯉池の流入口	26.2	17.4	9.37	0.02	—	6.0
⑬	養鯉池の流出口	26.8	16.3	8.71	0.02	44	15.0
⑭	養鯉池へ流入する沢の水	16.9	6.2	6.58	0.03	222?	>30

注：濁度の [—] は、ウキクサなどの異物が測定光路に入ったため分解掃除を3回行い、いずれも測定不能となったことを示す。

同 [?] は、測定値が得られたものの、周辺の状況から異常値を推定させる結果であることを示す。

透視度の [—] は、測定していないことを示す。

## 2) 試料採取ならびに分析

試料は、試料採取柄杓を用い、柄杓が水没する深さで採取し、1ℓポリエチレン製試料びんに満水状態にして保冷箱に収納し、2kgの砕氷を添加して、直ちに研究所に向けて搬送した。到着後、測定まで5.0℃で保管した。

分析は以下の項目について、JISK0102<sup>1)</sup>に準拠して行った。

- (1) 蒸発残留物
- (2) 強熱残留物
- (3) 浮遊物質

- (4) 化学的酸素要求量 (COD)
- (5) 生物化学的酸素要求量 (BOD)
- (6) 総窒素 (総和法による)
- (7) ケルダール窒素
- (8) アンモニウム態窒素
- (9) 有機態窒素
- (10) NO<sub>x</sub> 態窒素
- (11) 色度

これらの試料採取場所は、図1および表3に示すとおりである。

表3 I 牧場酸化池の水質分析試料の採取場所 平成10年8月11日

試料名	採取場所
試料1	流入水路（曝気池の上流約3mの地点）
試料2	曝気池の流出口の対辺で下流側の角
試料3	No.2 通性池①の流出口
試料4	No.3 通性池②の流出口
試料5	No.4 通性池③の流出口
試料6	No.5 通性池④の流出口と思われる地点
試料7	No.6 通性池⑤の流出口
試料8	No.7 養鯉池の流入口
試料9	No.7 養鯉池の流出口
試料10	養鯉池へ流入する沢の水

### 3) 調査および試料採取日時

調査および試料採取は、平成10年8月11日15～17時に実施した。

## 結 果

### 1. 酸化池等の状況

調査、試料採取時の酸化池の状況を表1に示す。

処理対象汚水は、素堀の水路を経てNo.1（曝気池）に流入する。調査時におけるこの水路の水深は浅く、水質チェッカーのセンサー部分が底泥層に埋没し、測定不能であった。

No.1（曝気池）は、流入側に1列の曝気装置があり作動中であった。このため、水質チェッカーのセンサーに気泡が付着する恐れがあったので、0.5m下流側に最初の測定点をとった。また、池の左岸（下流に向

かって左側の岸）に沿ってスカムの浮上が認められたので（写真1参照）、測定点は右岸のみとした。

No.2（通性池①）の表面は黒褐色を呈しており、藻類の生息は肉眼では確認できなかった。

No.3（通性池②）では、表面に微量のアオコが浮上生息しており、北側（No.2のほうに）に風で吹き寄せられた状態で、縞状に池の約2/3を覆っていた。

No.4（通性池③）、No.5（通性池④）およびNo.6（通性池⑥）の3つの池には全面にウキクサが繁茂していた。このことは、流入有機物による嫌気状態、あるいは従属栄養微生物の優先状態が終って、独立栄養の藻類が生息できる環境となっていることを示しており、指標生物の検索は行っていないが、強腐水性から中腐水性に変化した

ものと思われた。

なお、No. 6 (通性池⑤) の末端には浄化装置が設置されていたが、調査当日には機能していなかった。

No. 7 (養鯉池) は、No. 6 (通性池⑤) の流出水が流下する自然水路 (沢) の末端にあってこの水とともに、この間に湧出する沢水を受け入れている。池は、アオコの発生により、淡緑色を呈していた。ここには鯉が放されており、少なくとも数尾の波紋、遊泳波が同時に観察された。ここでウキクサが観察されなかったのは、鯉がこれを食下するためと推察された。

## 2. 水質チェッカーによる測定結果

### 1) 水温

No. 1 (曝気池) の水温は25.5℃であったが、No. 2 (通性池①) の流出口で29.4℃、No. 2 (通性池②) の流出口で28.7℃となったが、以後減少し、No. 6 (通性池⑤) の流出口では21.0℃に低下した。これは、水の流れがゆるやかで内部が攪拌されず、日陰など周囲の状況が反映したことをうかがわせるが、同時に、地下水の湧出の影響も想定され、これについては底泥排出時に状況確認する必要があるものと思われた。

No. 7 (養鯉池) では沢水の流入により流入口が26.2℃であり、流出口は0.6℃上昇して26.8℃となっていた。

### 2) 溶存酸素

No. 1 (曝気池) の溶存酸素は、曝気装置の下流約0.5mでは3.2mg/lであったが、10m下流で1.0mg/lに減少した。

No. 2 (通性池①) の溶存酸素は、ポンプ点検用棧橋で17.3mg/l、流出口で18.3mg/lに達した。このことは、視認できなかったが藻類の増殖があり、その炭酸同化による溶存酸素の増加があったことを示していた。池の水を現場で見ると藻類は認められなかったが、採取した試料は黄緑色を呈し、遠心沈殿法により浮遊物質を測定した際、沈殿物の最上部に緑色物が重層しており、鏡検により写真3、4と同種のアオコ (*Microcystis wesenbergii*と推定)<sup>2)</sup> が観察された。このことから、測定時におけるこの池は $\alpha$ -中腐水性にあるものと判断された<sup>3)</sup>。

No. 3 (通性池②) でも、濃度はやや低下して10.8mg/lとなったものの飽和溶存酸素量 (7.76mg/l、28.7℃、1 atm) を上回っていた。

これらに反し、No. 4 (通性池③)、No. 5 (通性池④) およびNo. 6 (通性池⑤) の溶存酸素濃度は、それぞれ0.4mg/l、2.5mg/l、0.4mg/lと低い値を示していた。これは、ウキクサ<sup>4)</sup> が水面を覆い、水中に生息する藻類の炭酸同化を抑制したことを示していた。

No. 7 (養鯉池) では、溶存酸素量は再度上昇し、流入口で17.4mg/l、流出口で16.3mg/lとなっていた。なお、これに流入する沢水のそれは6.2mg/lであった。

### 3) pHおよび電気伝導度

pHは、全般にわたり中性域にあったが、No. 2 (通性池①) の流出口、No. 7 (養鯉池) において8~9とやや高い値を示した。

電気伝導度は曝気池の0.07S/mから、流下するにしたがい徐々に低下し、No. 7 (養鯉

池)では0.02S/mに低下していた。

#### 4) 濁度および透視度

濁度は、No. 1 (曝気池)において276mg/ℓであったが、沈殿効果と藻類の増殖とにより増減しつつ、最終的にNo. 7 (養鯉池) 流出口では44mg/ℓとなっていた。なお、この測定においては光路部に異物が入り込み測定不能になることがあり、カバーを取り外して該部を洗浄して再度測定したが、3回連続して測定不能になった場合には、測定を中止した。また、沢水では測定値が得られたものの222mg/ℓとなり、異常値と判定された。

透視度は、No. 1 (曝気池)において5.0度であったが、濁度と同様に増減しつつNo. 7 (養鯉池) 流出口で15.0度となっていた。

#### 1) 色調

I牧場の酸化池の色調は、生息する藻類の色を反映し、これが繁茂しているNo. 2 (通性池①)、No. 3 (通性池②)、No. 7 (養鯉池)では黄緑色あるいは緑色を呈し、そうでないNo. 1 (曝気池)、No. 4 (通性池③)、No. 5 (通性池④)およびNo. 6 (通性池⑤)では茶褐色であった。これらの色調は、後述する色度測定に際しては、測定に先立ち3,000rpm、20分間の遠心分離により浮遊成分が除去されるため、異なる色相となっている。

#### 2) 蒸発残留物および強熱残留物

蒸発残留物は流入汚水が714mg/ℓであったが、No. 1 (曝気池)を通過する時には760mg/ℓとなり、以後、No. 7 (養鯉池) 流入口まで大きい変化なく推移し、同流出口で240mg/ℓとなった。酸化池全体を通して

### 3. 水質分析の結果

表4 I牧場の酸化池の水質分析結果

(単位: mg/ℓ)

試料	色調	蒸発残留物	強熱残留物	浮遊物質	COD	BOD	総窒素	ケルゲール窒素	アンモニウム態窒素	有機態窒素	NOx態窒素
試料1	茶褐色	714	446	110	110	53.7	49.3	49.3	36.2	13.1	ND
試料2	茶褐色	460	268	72.5	74.0	—	—	—	—	—	—
試料3	黄緑色	468	188	183	110	—	27.1	26.3	6.98	19.3	0.82
試料4	黄緑色	490	212	108	113	64.5	24.6	23.8	8.22	15.6	0.82
試料5	茶褐色	420	180	57.5	72.0	—	20.1	20.1	9.45	10.7	trace
試料6	茶褐色	450	228	10.0	69.4	—	—	—	—	—	—
試料7	茶褐色	496	268	10.0	70.9	21.8	23.0	23.0	11.9	11.1	trace
試料8	緑色	450	224	158	56.3	24.9	16.4	14.8	ND	14.8	1.64
試料9	黄緑色	240	136	27.5	22.3	7.65	5.34	3.70	ND	3.70	1.64
試料10	微黄色	242	112	<1.00	2.51	1.05	4.93	trace	trace	—	4.93

注: 浮遊物質の<1.00は検出限界以下を示す。

窒素の測定値の0.82は検出限界値である。同traceは、測定値が検出限界以下であったことを、NDはblankと同値であったことを示す。

参考 No. 8の濾液のCOD値: 19.5mg/ℓ。明らかに藻類がデータを大きくしている。

No.10のパクテスト値は、リン0.25mg/ℓ、亜硝酸態窒素0.03mg/ℓ、アンモニウム態窒素0.4mg/ℓであった。

の蒸発残留物の除去率は66.4%と算定された。

強熱残留物も同様の推移を示し、流入汚水の446mg/lがNo. 1(曝気池)通過時に268mg/lとなり、200mg/l前後を維持しつつNo. 7(養鯉池)流入口に至り、同流出口で136mg/lとなっていた。これにより強熱残留物の除去率は69.5%となった。

また、蒸発残留物に占める強熱残留物の割合は、最大が流入汚水の62.5%で、最小はNo. 2(通性池①)の40.2%であり、他は概ね50%前後であった。

### 3) 浮遊物質

流入汚水の浮遊物質濃度は110mg/lで、No. 1(曝気池)の流出口で72.5mg/lまで減少したが、アオコの増殖によりNo. 2通性池①では183mg/l、No. 3(通性池②)では108mg/lとなった。その後、ウキクサの繁茂によりアオコが抑制されたNo. 4(通性池③)、No. 5(通性池④)およびNo. 6(通性池⑤)では、それぞれ、57.5mg/l、10.0mg/lおよび10.0mg/lと推移した。

No. 7(養鯉池)流入口では再度アオコの増殖により158mg/lに増加したが、同流出口では27.5mg/lに低下した。その原因は風により表層のアオコが吹き寄せられたものと思われたが、風向、風速を測定しておらず推測の域に止まった。

浮遊物質の除去率は、75.0%となった。

### 4) CODおよびBOD

CODの推移は浮遊物質濃度のそれと類似しており、流入汚水は110mg/lであったが、No. 1(曝気池)の流出口で74.0mg/lま

で減少した。No. 2(通性池①)およびNo. 3(通性池②)では、それぞれ110mg/l、113mg/Lとなり、アオコ増殖による有機物の蓄積が生じたことを示し、ウキクサが繁茂したNo. 4(通性池③)、No. 5(通性池④)およびNo. 6(通性池⑤)では70mg/l前後で推移した。No. 7(養鯉池)のCOD値は、流入口で56.3mg/l、流出口で22.3mg/lとなっていた。これにより、CODの除去率は79.7%となった。

BODは測定点数に限度があるので、流入汚水、アオコとウキクサの境界としてNo. 3(通性池②)の流出口、通性池における処理性能を把握するためのNo. 6(通性池⑤)の流出口、鯉の生息との関係を確認するためのNo. 7(養鯉池)流入口、事実上の放流水質として同流出口、ならびに環境の清浄度と希釈効果を類推するための沢の水の6点を測定対象とした。

流入汚水のBODは53.7mg/lで、濃度は低かった。No. 3(通性池②)では64.5mg/lとなったが、No. 6(通性池⑤)の流出口では21.8mg/lであり、これがNo. 7(養鯉池)流入口では多少増加して24.9mg/lとなっていた。しかし、同流出口では7.65mg/lであり、放流水質にしてはかなり良好な成績であると思われた。また、BOD除去率は85.8%と算定された。

なお、参考までに測定した養鯉池に流入する沢水のBOD値は1.06mg/lであった。

### 5) 窒素

総窒素は、流入汚水で49.3mg/lであったが、各酸化池では20mg/l前後で推移し、

No. 7 (養鯉池) 流出口では5.34mg/lにまで減少していた。これらから酸化池全体をとおしての総窒素除去率は89.2%となり、測定項目中もっとも高い成績を示した。

アンモニウム態窒素は、流入污水が36.2mg/lであったが、No. 7 (養鯉池) では流入口、流出口とも不検出となっていた。

有機態窒素は、流入污水からNo. 7 (養鯉池) 流入口まで10mg/l強で推移しており、同流出口に至り3.70mg/lとなっていた。これを子細にみると、アオコの増殖が認められたNo. 2 (通性池①) では19.3mg/l、No. 3 (通性池②) では15.6mg/lであったが、ウキクサが繁茂したNo. 4 (通性池③) およびNo. 6 (通性池⑤) では10.7mg/l、11.1mg/lに低下した。No. 7 (養鯉池) の流入口では14.8mg/lに増加したが、同流出口では3.7mg/l

となった。これらは、浮遊物質の推移に追随していることがうかがわれ、藻類に由来しているように思われた。

NO<sub>x</sub>態窒素は、流入污水では不検出、各酸化池では検出限界値以下であったが、No. 7 (養鯉池) では流入口、流出口とも1.64mg/lであった。沢水のNO<sub>x</sub>態窒素は4.93mg/lであった。

#### 4. 酸化池の水の色度

流入污水および各酸化池の色度を表5に示す。

##### 1) 刺激値 (Y)

色立体の明度に相当する刺激値 (Y) は、流入污水では8.41であったが、No.1 (曝気池)、アオコの増殖したNo. 2 (通性池①)、No. 3 (通性池②) では、20を上回る数値を

表5 I 牧場酸化池の水の色度分析結果

試料	刺激値(Y)	色度座標		主波長 (nm)	刺激純度 (%)
		x	y		
試料 1	8.41	0.5031	0.4312	585	82.1
試料 2	22.46	0.4500	0.4250	581	66.7
試料 3	33.58	0.4440	0.4271	580	65.4
試料 4	22.30	0.4780	0.4355	581	78.1
試料 5	18.07	0.4715	0.4337	582	73.2
試料 6	16.88	0.4906	0.4328	583	80.4
試料 7	18.12	0.4812	0.4370	582	79.5
試料 8	85.25	0.3330	0.3442	576	12.8
試料 9	73.30	0.3404	0.3506	576	16.7
試料 10	94.35	0.3158	0.3227	578	3.2

示し、ウキクサが繁茂した各酸化池では20未満に減少した。No. 7 (養鯉池) では70以上となった。これは、黒から白へ変化したことを示すものであった。

##### 2) 主波長

色相を示す主波長は、流入污水が585nmすなわち橙色と黄色のほぼ中間の色を呈していたが、No. 7 (養鯉池) では576nmすなわち黄色へと変化した。

##### 3) 刺激純度 (%)

色立体の純度（彩度）に相当する刺激純度（%）は、同一明度、同一色相における彩色と無彩色の比を示している。刺激純度0%は、白黒写真の映像と同じものと考えて大きい過ちはない。今回の測定では、流入污水がもっとも高く82.1%であり、No.5（通性池④）で80.4%を示したものの、全体では減少傾向を示し、No.7（養鯉池）では10台になっていた。

すなわち、これらは、黒っぽいオレンジ色から淡い黄色に変化したことを示していた。

色度成分は、一般に生物処理では除去し難く、処理を重ねると色度が増強されることが少なくないとされている。今回のこの変化は紫外線に長期間曝されたためと推察され、酸化池の処理特性の1つと評価された。

## 考 察

I牧場の各酸化池などの面積は表1に示すとおりで、これを合計すると8,691m<sup>2</sup>となる。

また、その容積は15,031m<sup>3</sup>であり、これを前述の面積で除すと、平均水深は1.73mとなる。水深のばらつきを最大値と最小値で示すと、もっとも深いのはNo.6（通性池⑤）の2.43mで、もっとも浅いのはNo.5（通性池④）の1.44mであり、著差のないことがわかる。酸化池の性格は、曝気装置などを組み込まない限りその水深により定まるが、この1.44~2.43mという水深は、通性池の定義（1~2.5m）に適合して

おり、それ故に本稿では、その仮の名称を通性池として記述してきている。

通性池のBOD処理能力を成書より引用すれば2~10g/m<sup>2</sup>・日とされており、これに上述の面積を乗ずると、ここのBOD処理能力は17.4~86.9kg/日と算定される。

これらに対する負荷量を算出すると、水量については「材料および方法」のところで述べたように、I牧場においてパーラーの洗浄水：12.0m<sup>3</sup>/日、雨水：10.33m<sup>3</sup>/日とされており、これを合算した22.33m<sup>3</sup>/日が1日平均流入水量となる。そのBOD濃度は、今回の成績は53.7mg/lであるが、別途、東北大学でも実施しており<sup>5)</sup>、こちらは282mg/lとなっていた。これらに乗じてBOD負荷量を算定すると、今回の成績から1.2kg/日（53.7mg/l × 22.33m<sup>3</sup>/日）、東北大学の成績から6.3kg/日（282mg/l × 22.33m<sup>3</sup>/日）が得られる。

これを池のBOD処理能力17.4kg/日と比較してみると、今回の成績では1/10以下、東北大学の成績でも約1/3に止まっている。このことは、I牧場の酸化池は十分なゆとりをもった施設であると評価できる。

次に、池の容積15,031m<sup>3</sup>と流入汚水量22.33m<sup>3</sup>から滞留日数を算定してみると、673日となる。通常、通性池の滞留日数は最大で30日程度とされており、ここの滞留日数は、その22倍となっている。20余年にわたり安定的な処理がなされてきた背景には、上述のBOD負荷量とともに、この水量負荷におけるゆとりが大きく寄与しているものと推察される。



現場測定から得た溶存酸素濃度、植生などを勘案すると、No.1（曝気池）は生物学的水質階級区分の「強腐水性」、No.2（通性池①）～No.6（通性池⑤）は「 $\alpha$ -中腐敗性」、No.7（養鯉池）は「 $\beta$ -中腐水性」と推察され、生物処理としては十分な処理がなされているものと判断される。このことは、水質分析の結果から得た、浮遊物質、COD、BOD、総窒素などの値からも肯定できる。このような水質階級に到達したものは藻類が繁殖し易く、これによる有機物（BOD）の増加が懸念されるが、浄化が進んだ結果と理解すべきである。

### 要 約

今回 I 県M市郊外に所在する I 牧場に設置された、全7面（No.1～No.7）からなる酸化池を調査する機会を得た。処理対象とした酸化池などの合計面積は8,691m<sup>2</sup>であった。また、その容積は15,031m<sup>3</sup>であり、これを前述の面積で除すと、平均水深は1.73mとなった。これらから、この池はいわゆる通性池であり、これにこのBOD処理能力を乗じると17.4～86.9kg/日と算定された。

結果の概況は以下のとおりであった。

1. 今回測定した流入汚水のBOD濃度は53.7mg/lであり、別途、東北大学において得た結果は282mg/lであった。また、ここへの流入水量は、I牧場において年間平均22.33m<sup>3</sup>/日とされている。

これらから、この池のBOD処理能力は17.4kg/日、BOD負荷量は1.2kg/日（今回）

あるいは6.3kg/日（東北大学）と算定され、BOD負荷量は処理能力の1/10以下あるいは約1/3に止まっていた。

また滞留日数は、673日となり、通常に通性池の滞留日数30日の22倍となっていた。

2. 酸化池は、No.2（通性池①）以降ですでにアオコの発生が認められ、測定時の溶存酸素濃度は17～18mg/lに達し、No.4（通性池③）～No.6（通性池⑤）ではウキクサが全面に生育していた。これらから、水質階級はNo.1（曝気池）において強腐水性を脱し、No.2（通性池①）以降では $\alpha$ -中腐水性以下となっていることを示していた。

3. 各池の溶存酸素濃度はアオコの存在するところで高く（10.8～18.3mg/l）、ウキクサの生育するところでは低かった（0.4～2.5mg/l）。

濁度はNo.1（曝気池）において276mg/lであったが、No.7（養鯉池）流出口で44mg/lとなっていた。また、透視度もこれに関連し、5.0から15.0へと変化していた。

4. 蒸発残留物、強熱残留物は、流入水路において714mg/lならびに446mg/lであったが、No.1（曝気池）を通過すると400mg/l台ならびに200mg/l台となり、No.7（養鯉池）流出口では240mg/lならびに136mg/lとなっていた。酸化池全体での蒸発残留物の除去率は66.4%、同じく強熱残留物の除去率は69.5%であった。

浮遊物質量は、流入水路において110mg/lであったが、藻類の増殖により10.0mg/l～158mg/lと大きく変動し、No.7（養鯉池）流出口で27.5mg/lとなった。除去率は75.0%

であった。

5. 流入汚水のCODは110mg/lであったが、各池において浮遊物質濃度のそれに類似した変化を示しつつ、No. 7 (養鯉池)の流出口で22.3mg/lとなった。COD除去率は、79.7%と算定された。

流入汚水のBODは53.7mg/l、No. 7 (養鯉池)流出口では7.65mg/lであり、除去率は85.8%となった。

6. 総窒素は、流入汚水で49.3mg/lであったが、各酸化池では20mg/l前後で推移し、No. 7 (養鯉池)流出口では5.34mg/lにまで減少していた。この除去率は、89.2%となった。

アンモニウム態窒素は、流入汚水が36.2mg/lであったが、No. 7 (養鯉池)流出口では検出されなかった。

有機態窒素は、流入汚水が13.1mg/lであり、各池では浮遊物質、すなわちアオコの増殖に追随して推移し、No. 7 (養鯉池)流出口では3.70mg/lとなっていた。

NO<sub>x</sub>態窒素は、流入汚水では不検出、酸化池では検出限界値以下であったが、No. 7 (養鯉池)では流入口、流出口とも1.64mg/lであった。

7. 酸化池の水の色度は、刺激値(Y)が、流入汚水の8.41が、No. 7 (養鯉池)で70以上となり、明度の増加(黒から白へ変化)を示した。

主波長は、流入汚水の585nm(橙色と黄色の中間色)が、No. 7 (養鯉池)では576nm(黄色)へと変化した。

刺激純度(%)は、流入汚水が82.1%であったが、No. 7 (養鯉池)流出口では16.7となり、彩度が低下し無彩色となったことを示していた。すなわち、これらは黒っぽいオレンジ色から淡い黄色に変化したことを示していた。

#### 引用文献

- 1) 日本工業標準調査会：工場排水試験方法 JIS K 0102-1993、日本規格協会. 東京. 1993.
- 2) 日本下水道協会刊：下水試験方法 上巻、日本下水道協会. 東京. 1997.
- 3) 津田松苗：汚水生物学、68-113、北隆館. 東京. 1964.
- 4) 角野康郎：日本水草図鑑、72-75、文一総合出版. 東京. 1996.
- 5) 東北大学：汚水処理成績報告書(未発表)



写真1 試料採取時における曝気池の状況  
(スカムの浮上が認められる)



写真2 試料採取時における通性池④(手前) および⑤(奥) の状況  
(ウキクサ *Spirodela polyrhiza* (L.) Shlieidが全面を覆っている)

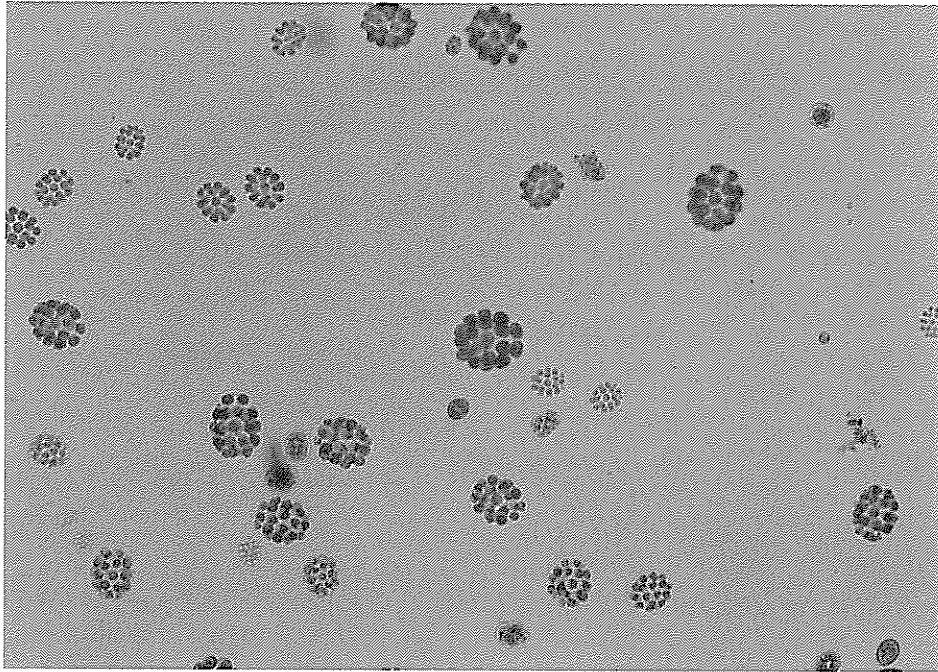


写真3 通性池②から採取したアオコの例 (×100)  
(明瞭な寒天質の存在、群体の規模から *Microcystis wesenbergii* と推定される)

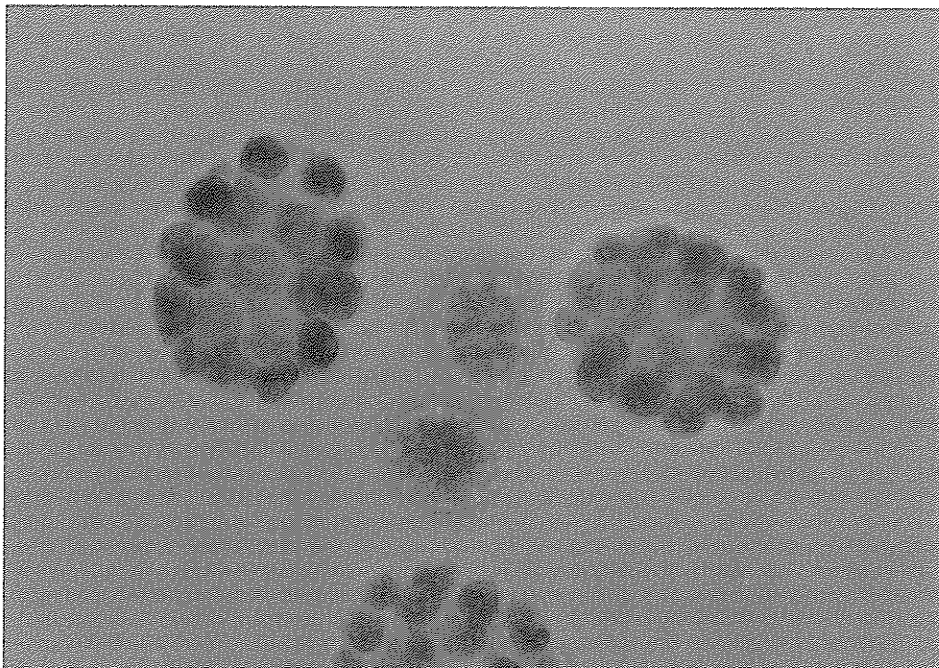


写真4 同上 (×400)

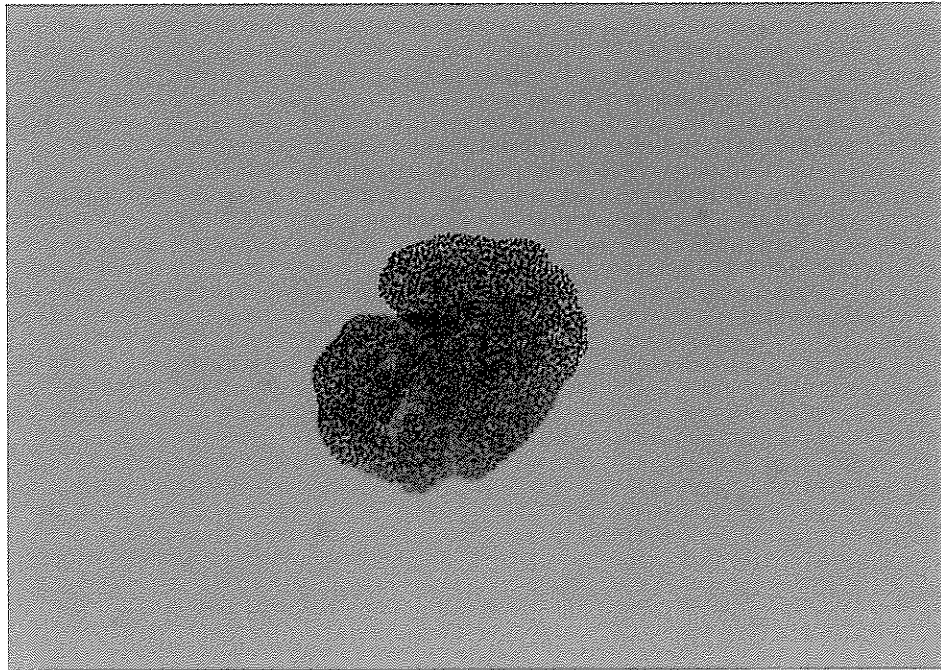


写真5 養鯉池から採取したアオコの例 (×100)  
(寒天質の存在が不明瞭で、大きい群体を形成することから  
*Microcystis aeruginosa* f. *aeruginosa*と推定される)

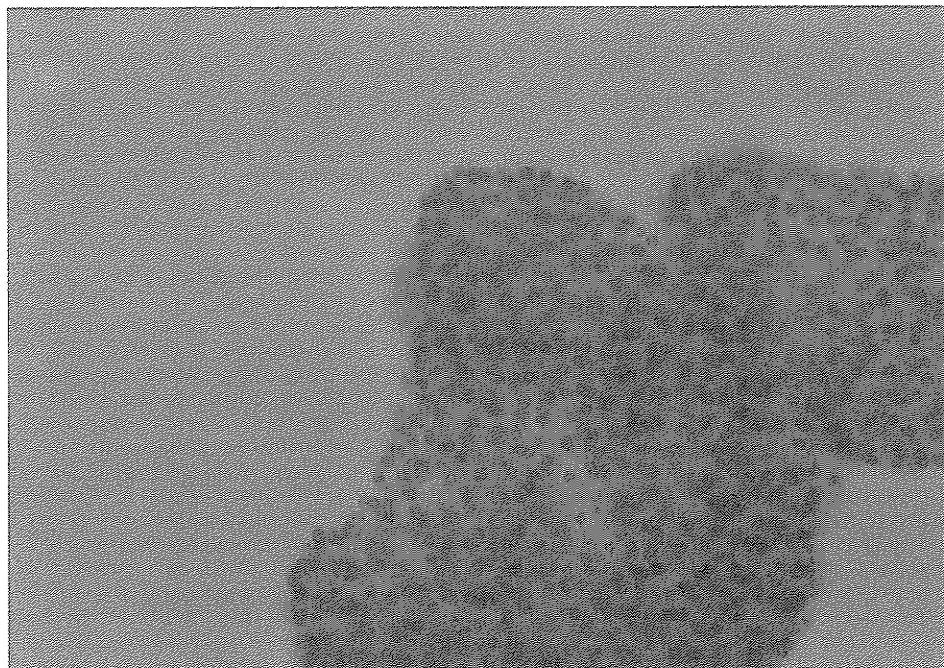


写真6 同上 (×400)

## 課題名：Ⅱ 高濃度畜舎汚水の低コスト処理・利用技術の開発

### 3. 栄養塩類等の回収物質の有効利用技術の開発

#### 汚水処理過程における余剰汚泥、人工湿地内有機質資源の有効利用技術の開発

担当者：古川智子、岡田 清、岡田光弘、渡邊昭三

協力機関名：家畜改良センター 各牧場

研究期間：平成10～14年度

#### 緒 言

畜産の排水処理施設、農地などから流出した栄養塩類は、河川を通じ湖沼や内海など閉鎖系流域に流入蓄積して、富栄養化を引き起こし、アオコ、赤潮・青潮の発生とそれら水域の生態系に多大な被害を及ぼす。富栄養化による水質汚濁を避けるためには陸域からの窒素やリンの負荷を軽減する必要がある。農業部門においても、窒素・リンの水域への供給を軽減するために農地からの流出を防止し、畜産の汚水処理においても窒素、リンの削減が急務になってきている。汚水処理における窒素・リンの処理・回収には様々な処理システムが確立しつつある。生物学的な窒素・リンの同時除去技術として、Bardenpho法<sup>1)</sup>、A<sub>2</sub>/O法<sup>1)</sup>、人工湿地法<sup>1)</sup>等がある。

そうした汚水処理施設から排出される余剰汚泥、植物体についてはダイオキシン問題や最終処分場の切迫等、廃棄物として処理することは困難になっている。また、これらを堆肥化して回収、資源として活用することは循環的な処理・利用を進める上で重要なことである。余剰汚泥や人工湿地から系外に持ち出される有機物は、肥料資源、

特にリン資源として有効に利用されなければならない。

今回は、水質浄化施設における栄養塩類などの有効利用技術について調査するとともに、人工湿地内で生産される植物体とその有機物成分を評価した。

#### 調査方法

##### 1. 水質浄化施設における栄養塩など有効利用技術の調査

人工湿地における水質浄化は系内の植物、底質、水生生物が系外に持ち出されることによって浄化が促進される。しかし、大型抽水植物の刈り取り、底質の浚渫は労力が掛かる上に、既存の浄化施設を停止させることになる。

そこで、今回は、新たな水質浄化法の模索として、ビオトープ型の水質浄化を行っている事例について調査を行った。

##### 1) 調査項目

(1)施設内の植生、利用状況の調査

(2)水質浄化能力の調査

##### 2. 人工湿地で生産される有機物とその成分評価

活性汚泥法などで処理された汚水を再度

人工湿地に通すことで、さらに栄養塩類を除去する技術が国内でも見られるようになった。しかし、人工湿地法では栄養塩類は植物体、沈殿汚泥として集積するため、これらを系外に持ち出すことが必要である。

持ち出された植物体、底質もまた栄養塩類を含んでおり有用な資源である。これらを有効活用するために成分や性状を把握した。

### 3. 余剰汚泥の畜種、処理法別の成分評価

活性汚泥法では窒素・リンは余剰汚泥として排出され、人工湿地法では主に植物体として系外に取り除かれる。それら余剰汚泥、植物体には窒素・リンが豊富に含まれているが、畜産由来の余剰汚泥についての分析値の報告は少ない上に、汚水の処理方式、凝集剤の種類によって余剰汚泥の成分には大きな隔たりがある。

そこで、畜種・処理方式・凝集剤の種類によって、生産される余剰汚泥の成分にどのような違いがあるのかを調査した。

## 結果および考察

### 1. 水質浄化施設における栄養塩など有効利用技術の事例

今回調査したT施設は、建設省霞ヶ浦工事事務所によって運営されている。この施設を選定した理由は、①高度な処理技術が必要としない。②実際に長年稼働している施設である、③周辺環境への貢献度が高い、④周辺住民に好評であることにある。

霞ヶ浦の一角に設置された「水耕生物ろ過法」を用いた水質浄化施設であり、平成7年8月に完成して以来稼働している。T施設の特徴は、食用・観賞用の有価植物を富栄養化した湖水で栽培し、水質浄化を計るとともに、生長した植物を市民が自由に収穫、観賞できる親水施設、市民農園的な施設という点である。

#### 1) 施設の概要

約3,300m<sup>2</sup>の施設を図1に示すとおり上段1,600m<sup>2</sup>、下段1,700m<sup>2</sup>に分け、上段は長さ3m、落差25cmの4段のカスケード、さらに

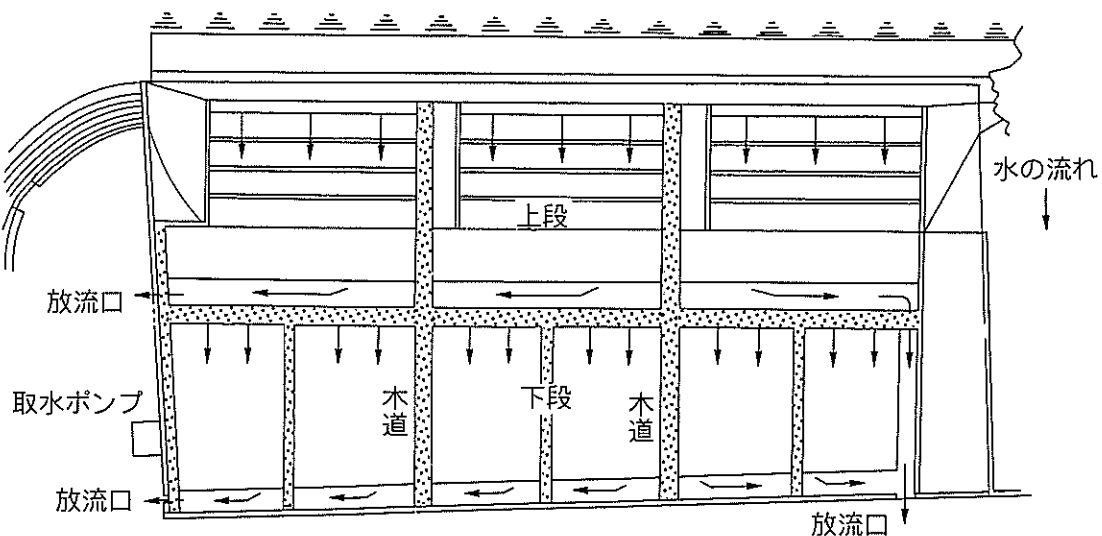


図1 T施設の平面図ならびに給排水配置図<sup>2)</sup>

50cmの落差をつけた下部に長さ6m、平均水深15cmの平面水路、下段には長さ6mの平面水路となっている。下段は長さ18m、1/100の傾斜を持たせた平面水路からなり、管理・利用がしやすいように木道を設置してある。

## 2) 水質浄化の仕組み

水生生物ろ過法とは、水路に水質や気候等に適した植物を植栽し、汚水を流すことによって植物の茎や根が接触担体・フィルターの役割を果たし、懸濁物を沈澱させるとともに、植物体の表面に形成される生物膜で生物ろ過を行う技術である。

特に、クレソン、ミントなどは水中に没した茎から出根、萌芽し群落を形成する。このような群落では植物の茎葉、根が水中で密生しているため水中の付着表面積が増大する。したがってそれらに付着する付着藻類、バクテリア、原生動物の種類や量の増加につながり、物質代謝を更に高める。また、水中に密生する茎葉はSSの沈降、

堆積にも役立つ。

水質の浄化は水生植物による栄養塩類を除去する働きだけではなく、それらに付随する付着生物の役割も大きい。概念図を図2に示した。給水は霞ヶ浦の水をポンプで汲み上げ上段には約5,500m<sup>3</sup>/日、下段には約6,600m<sup>3</sup>/日給水している。ポンプは通年稼働し、施設内での平均滞留時間は約20分間であり、浄化された水は3ヶ所から霞ヶ浦に放流される。

## 3) 浄化能力

T施設においてもっとも浄化されるものはSSである。流入時30mg/lであったものが放流水では9mg/Lに低下した。窒素・リンについて1年間の平均除去量は窒素が0.94g/日/m<sup>2</sup>、リンが0.16g/日/m<sup>2</sup>、SSが50g/日/m<sup>2</sup>で、原水中の窒素濃度が高い年では1.9g/日/m<sup>2</sup>という値となっている。

CODは流入水で9.6mg/lあったものが放流水で8.8mg/lとなり、CODの浄化能力は低いと思われる。

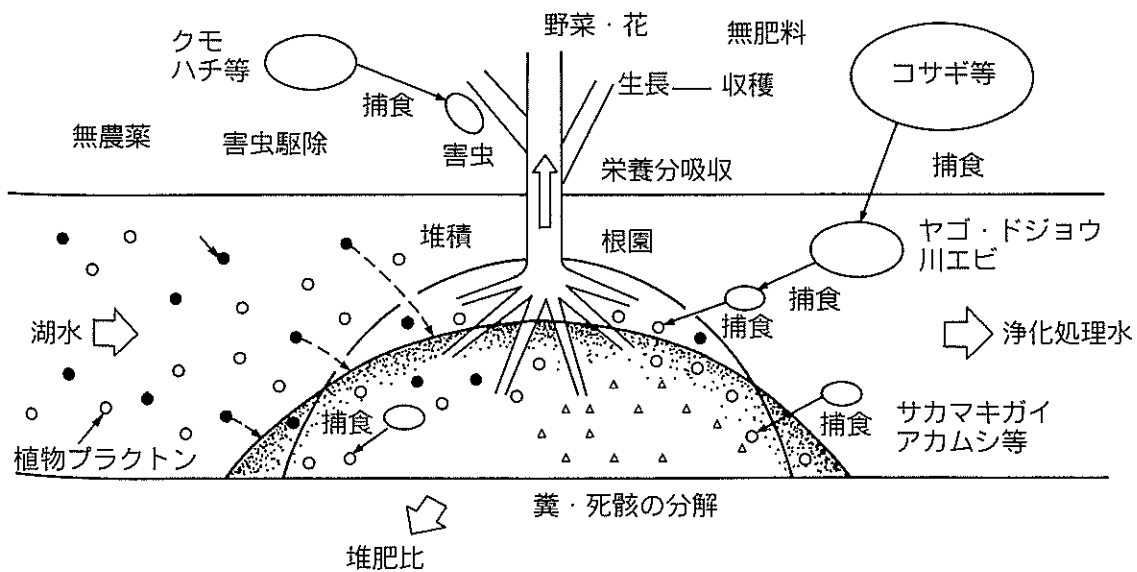


図2 水生生物ろ過法の概念図<sup>2)</sup>



表1 T施設内に植栽されている主な植物

食 用	観 賞 用
クウシンサイ (エンツアイ、パックブン)	オオフサモ (パロットフェザー)
クレソン	ポンテデリア
セリ	ミゾハギ
ミント	ミズワスレナグサ



写真1. 水生植物（クレソン）の収穫



写真2. 水生生物の観察会

#### 4) 収穫と利用（栄養塩類の回収）

表1にT施設内で栽培されている主な植物をあげた。収穫は随時市民の手によって行われており（1日平均20人）、食用では夏場のクウシンサイが特に収穫頻度が多く評価が高い。次いでクレソン、セリと続く。

収穫は家庭で食す程度の量がほとんどであるが、イベント等で販売するために大量に収穫していく場面も見られた。0-157によって生野菜の需要が落ち込んだときでも、T施設の利用者が激減するということはないようである（写真1, 2）。

汚泥の回収は年1～2回行われる。給水を停止し、ある程度乾燥した状態で除去、堆肥化を行っている。生産量は稼働初年度で約30m<sup>3</sup>、2年目約95m<sup>3</sup>、3年目81m<sup>3</sup>であり、生産された堆肥は全て市民の手で自由に持ち帰られ、全て消費された。

植物の採取だけではなく、施設周辺の水質がよいことから魚類も多く集まり、夏には施設内に遡上しようとするアユの姿も確認される。釣り客も多いことから栄養塩類の一部は魚を通して人間・鳥などによって系外に持ち出されている。

以上に記したように水質浄化施設として実際に稼働し、一定の浄化成績を上げながらも水生生物などのハビタット、ビオトープとして機能している特異な事例である。

T施設は多くの生物が共生する場であり、今や希少植物となったアサザをはじめコカナダモなどの沈水植物数種が繁茂している状態である。水生生物もカイミジンコ、アカムシ、サカマキガイにはじまり、ヌマチチブ、カワエビ、ドブガイ、ヤゴが多数見られ、ドジョウ、ウナギ、アユなども施設内に進入、生息している。また、これらを捕食しようと鳥類も多く集まってきている。

このように、新たな生育環境の創造という点でも多くの効果がある。この施設は住民の手によって収穫物や堆肥が系外に持ち出されることで水質浄化機能が維持されている。このことから住民の手によって管理・運営されていることが施設を上手く機能させる要因になっているものと思われた。

## 2. 人工湿地で生産される有機物とその成分評価

### 1) 栄養塩類、SSの底泥としての回収

底に堆積する有機物の大部分は、外来性有機物の供給が多い場合を除けば、水中で生産された有機物質の分解残渣であり、1次生産の20～50%になる。その沈降量の1次生産に対する割合は、水深が深くなるにつれて小さくなる。これは水深が浅いとプランクトンやバクテリアによる分解が進まない間に水底に達してしまうからである。このため、栄養塩類を多量に含んだ排水を水深の浅い人工湿地内に供給すれば、一次生産量が高まり底泥として堆積することになる。

底泥への沈降堆積による有機物除去は、人工湿地や酸化池の有機物の浄化に重要な位置を占めるが、栄養塩類の窒素・リンの浄化にも、底泥への沈降堆積が大きな役割を担っている。系外からの供給に対する系内の残留割合は湖沼を例に取ってみると、窒素で25～67%リンでは20～90%になる。窒素の残留割合が低くなっている要因は嫌気条件下での脱窒によるところが大きい。残留したリンの大部分は底底への沈着、沈降によるものとみられる。このように、底泥は有機物と窒素・リンの浄化に大きな役割を果たしている。しかし、夏期何らかの要因で水中のDOが減少すると、底泥から水中にリンが回帰する。栄養塩類や有機物を底泥として回収するには、一時生産が盛んで、有機物の分解によるDOの低下が起こる夏期の管理が重要である。

## 2) 水生植物による栄養塩類の回収

### (1) 抽水植物

通常、抽水植物の窒素・リン含有量は他の水性植物に対し低い(表2)。もっとも、抽水植物中の窒素・リン含有量は採取時期や場所によって異なる。窒素・リン含有量をもっとも高くなるのは4月の生長初期で窒素3~4%、リン0.5%である。生長が進むに従って急速に減少していき枯死体では窒素0.5%以下、リンが0.02%以下と著しく減少する。地上部と地下部の含有量の比率は、窒素56.9/42.1、リン37.8/42.2であり、窒素は地上部に多く、リンは地下部に多い

ことが分かる。

抽水植物自体は窒素・リンの含有量が低い、水中茎の付着担体(1.8~4.3m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>)フィルターとしての役割、根圏への酸素供給など他の水質浄化能力を高める働きもある。

### (2) 付着藻類

大型抽水植物や沈水植物に付着する藻類は、有機物の分解、底泥や沈水植物などから水中に回帰した栄養塩類を吸収し、植物プランクトンなどの増殖を阻む効果がある。付着藻類と植物プランクトンの生産量(mgC/m<sup>2</sup>/日)を比較すると、付着藻類はプ

表2 抽水植物の窒素とリン含有量

(乾物%)

種別	部分	窒素	リン	生育地	種別	部分	窒素	リン	生育地
ヨシ	地上部	1.46	0.17	霞ヶ浦	マコモ	地上部	1.55	0.21	霞ヶ浦
〃	〃	3.41	0.24	諏訪湖	〃	〃	2.27	0.26	霞ヶ浦
〃	〃	2.24	0.38	〃	〃	〃	1.91	0.52	諏訪湖
〃	〃	1.58	0.17	烏屋野潟	〃	〃	1.39	0.17	〃
〃	地下部	0.64	0.08	〃	〃	地下部	1.47	0.27	烏屋野潟
〃	葉部	3.55	0.26	湖山池	シロガヤツリ	地上部	4.10	0.42	実験池 6月
〃	茎部	2.00	0.2	(春)	〃	〃	1.70	0.20	実験池 9月
〃	地下茎	4.2	5.0	〃	ガマ	地上部	4.00	0.32	諏訪湖
〃	枯死葉	1.40	2.1	湖山池	コウホネ	地上部	1.95	0.35	〃
〃	枯死茎	0.85	0.10	(冬)	〃	〃	2.88	0.55	〃
〃	地下茎	1.95	0.04	〃	〃	〃	2.83	0.35	烏屋野潟
ヒメガマ	地上部	1.23	0.25	霞ヶ浦	〃	地下部	0.86	0.18	〃
〃	〃	1.87	0.16	烏屋野潟	フトイ	地上部	2.0	0.33	浜松市実験池
〃	地下部	0.96	0.24	〃	バックブン	地上部	2.70	0.38	

(文献3に太字部分を加筆)

表3 沈水植物の窒素・リン含有量 (乾物%)

種 別	窒素	リン	生育地	種 別	窒素	リン	生育地
ササバモ	3.55	0.58	霞ヶ浦	コカナダモ	3.59	0.54	霞ヶ浦
〃	3.18	0.28	〃	〃	4.52	0.79	烏屋野潟
〃	3.42	0.51	諏訪湖	オオカナダモ	3.11	0.46	霞ヶ浦
〃	2.90	0.57	〃	ホザキニフサモ	2.53	0.30	〃
ヒロハノエビモ	4.16	0.48	〃	コウガイモ	2.47	0.26	〃
エビモ	3.80	0.56	〃	セキシヨウモ	1.89	0.28	〃
〃	2.08	0.24	霞ヶ浦	〃	3.11	0.66	諏訪湖
センニンモ	3.73	0.32	諏訪湖	マツモ	2.03	0.05	霞ヶ浦
クロモ	3.97	0.58	霞ヶ浦	沈水植物5種	3.2~	0.11	手賀沼
〃	3.49	0.84	諏訪湖		3.9	0.38	
〃	3.97	0.52	烏屋野潟				

(文献3)

ランクトンの約3~17倍になる。このため、付着藻類は流入栄養塩類、植物体、底泥から回帰した栄養塩類を浄化する作用が非常に強い。

### (3) 沈水植物

沈水植物は窒素・リンの含有量が抽水植物より高く(表3)、水中の窒素・リンを直接吸収するため浄化効率が高い。一部の沈水植物については底泥から吸収した栄養塩類を茎葉を通し水中に回帰させる働きがあるが、沈水植物の表面に付着した藻類によって直ちに吸収されるため、浄化作用が維持される。

また、一部の沈水植物は植物体からアオコの原因となるMicrocystisなど植物プランクトンの増殖を抑制する物質を放出している(アレロパシー)。

沈水植物の最大現存量は乾物で0.1~1 kg/m<sup>2</sup>とヨシより低い値だが、逆に窒素とリン含有量は高く4%と0.8%である。したがって、最大生育期の窒素とリンの蓄積量は4~40 g/m<sup>2</sup>、0.8~8 g/m<sup>2</sup>となる。

### (4) 浮標植物

浮標植物による水質浄化ではホテイアオイが知られており、実際にホテイアオイを用いた水質浄化が行われてきたが、水上からの回収が困難であること、また、回収した植物体の有効利用法が確立しなかったこともあり、近年では水質浄化に用いられることは少なくなった。ホテイアオイに代わる浮標植物としてウォーターレタス(ボタンウキクサ)による水質浄化が試験的に行われるようになった。ホテイアオイより利用しやすいとされているが、実際の使用に

表4 浮標植物の窒素・リン含有量 (乾物%)

種別	部分	窒素	リン	生育地	種別	部分	窒素	リン	生育地
ホテイアオイ	葉	3.73	0.72	池	ホテイアオイ	全草	3.44	0.76	手賀沼
〃	根	3.04	0.59	〃	〃	茎葉	3.68	0.81	〃
〃	葉	4.07	0.57	河川	〃	根	3.43	0.52	〃
〃	根	1.81	0.27	河川	ボタンウキクサ	全草	3.68	0.27	群馬
ウォルヒア	全草	<b>6.50</b>	<b>0.60</b>	—	〃	葉	<b>2.53</b>	<b>0.82</b>	〃
ウキクサ	全草	<b>5.80</b>	<b>0.64</b>	—	〃	根	<b>3.21</b>	<b>1.04</b>	〃

あたってはさらなる検討が必要であると思われる。

植物体中の窒素・リンの含有量は沈水植物よりも若干高い値となっている。

(文献3に太字部分を加筆)

### 3. 新たな水質浄化素材

水質浄化に用いた植物をいかに有効利用するかが浄化施設を永続的に運営するための課題になっている。収穫した植物体の利用法として堆肥や飼料、工芸品の材料として利用するなどが考えられるが、回収・加工と労力をかけても販売し、代価を得られることは少ない。

そのようなことから、水質浄化と有用な資源生産とを両立できる素材を水質浄化に用いる必要がある。水生植物の中でも蔬菜として流通しているクウシンサイ、クレソンなどがあるが、水質浄化に有効な水生植物として浮き草の一種であるウォルヒア(Wolffia)に着目したい。

ウォルヒアは全長1mmも満たない微少な

浮遊植物であるが、澱粉資源としても有望視されており、乾物重量あたり葉状体の時にはタンパク質を43%、殖芽では50%含み、もっとも高いときには含有率が60%を越える。また、旺盛な増殖を示し1日に2倍となる。栄養塩類の濃度が高い環境を好むだけでなく、栄養塩類を浄化する機能にも優れている。

ウォルヒアの澱粉生産の仕組みとして、一定条件下になると葉状体が澱粉を蓄積し殖芽となることを利用している。澱粉蓄積の条件として、栄養塩類の低下、生育密度の上昇、低温、高照度が挙げられている。

日本にも1種が在来しており寒冷地以外の関東以西に分布し、ため池、水路などに群生している。根はなく、緑色で艶のある葉状体のみからなる。他のウキクサは2~4枚の葉状体がつながった状態で群生しているが、ウォルヒアは単独もしくは分芽した幼体との2個体が最大であり、他のウキクサとの識別を容易にしている(写真3)。

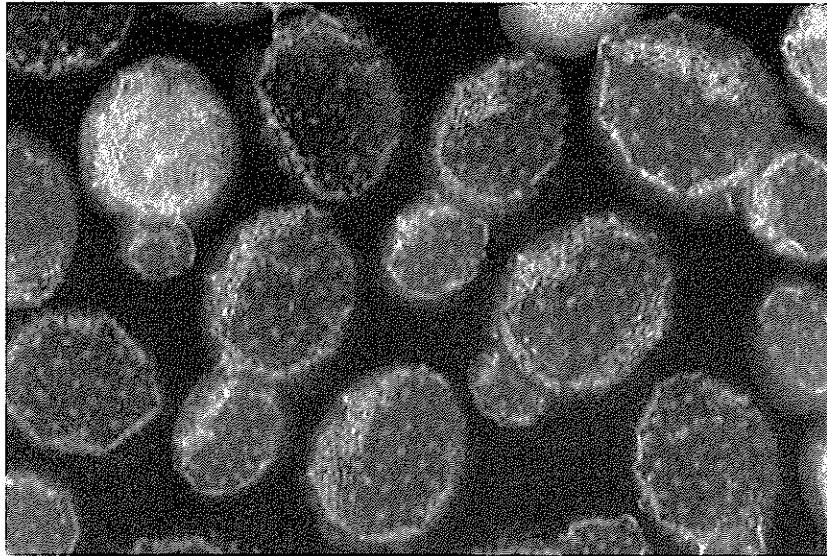


写真3 ウオルヒア

## 要 約

1) 水質浄化施設における栄養塩類等の有効利用を目的として、茨城県下にあるT施設を調査した。T施設における浄化で最も顕著なのはアオコを主体に用いたSSの除去であり、 $30\text{mg/l}$ が $9\text{mg/l}$ に低下した。窒素、リンについて1年間の平均除去量はそれぞれ、 $0.94\text{g}$ および $0.16\text{g/日/m}^2$ であり、SSは $50\text{g/日/m}^2$ であった。CODの浄化能力が若干低かった。

2) 水生生物ろ過法の水質浄化機能はその系で生息している生物の種類、量によって変化するものであり、T施設の水質の浄化においては系全体の相互作用が果たす役割が重要であると思われた。また、周辺住民による食用植物の収穫、浚渫汚泥堆肥の持ち帰りという形での系外へ持ち出し、拡散の効果も認められた。

3) 人工湿地で生産される有機物とその成分評価は主に文献で調査した。人工湿地を継続的に使用するに当たって問題になるの

が底泥に代表される有機物の蓄積であり、それらの蓄積量は流入原水のSS、栄養塩類の濃度、湿地内の一次生産量、人工湿地の形状等で決まるが、人工湿地の浄化効率を高めるには流入する栄養塩類を底泥、もしくは植物体として系外に持ち出すことが重要であることがわかった。

4) 水生植物の浄化能力は生育型によって異なり、栄養塩の除去効果が最も高いのは浮標植物および沈水植物であった。大型の抽水植物は栄養塩の含有量は低いものの生産性の高さ、利用がしやすいことから実際の水質浄化に多用されている。

5) 水質浄化に用いた植物をいかに有効利用するかが課題である。この点から、浮き草の一種であるウオルヒア (Wolffia) に注目したい。ウオルヒアは澱粉資源としても有望視されており、乾物重量あたりのタンパク質を最高で60%含む。栄養塩類の濃度が高い環境を好み旺盛な増殖を示す。日本にも在来している水生植物であることから

栽培は容易であると思われ、新たな水質浄化の素材になり得ることが示唆された。

#### 引用文献

1) 松尾友矩、大垣眞一郎、浅野 孝、丹保憲仁、村上 健、水質環境工学、技法堂出版、東京、1993.

2) 財団法人日本河川協会編、建設省河川局監修、日本河川水質年鑑、山海堂、1997.

3) 宋宮 功、自然の浄化機構、技報堂出版、東京、1990.

# 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ならびに品質評価法の開発

担当者名：岡田 清、古川 智子、渡邊 昭三

研究期間：平成9～10年度

#### 緒 言

本来、家畜排せつ物は貴重な肥料資源であるが、畜産経営の大規模化、専門化の進展に伴い、経営内への還元利用が困難となり、余剰のふん尿が環境汚染源となることも危惧されている。その対策として、余剰の排せつ物を耕種農家に利活用してもらうことが試みられている。しかし、堆肥の成分・品質の不明確、不均一、未熟等の要因も重なり、流通・利用は進んでいない。

堆肥の品質、腐熟度の判定法としては、多くの方法が開発されており、特に、精密分析機器による実験室内における分析手法は目覚ましい進展を遂げている。しかし、堆肥の生産現場においては、手法、時間、経費等が制約要因となり、このような高精度の手法を導入できない場合が多い。このため、簡易、迅速かつ低コストな品質判定、

腐熟度判定手法を開発することとした。

#### 材料および方法

1. 微生物の呼吸活動を指標とする腐熟度の簡易判定法

市販されている溶存酸素計(DOメーター)を用いた酸素消費量測定による腐熟度判定の可能性について検討した。また、腐熟度の指標として利用されている各種成分・形質との相関関係についての検討を行った。

#### 1) 供試材料

##### (1)試験1

自動走行型堆肥製造システムにより、堆肥製造を行っている群馬県下の3戸の酪農家を対象として、各発酵過程(搬入箇所から10m移動毎)における堆肥を、夏期および冬期の2回にわたり採取した。測定項目は表1に示す通りである。

表1. 発酵過程(自走式堆肥製造機による移動距離)における性状の関係

測定項目	入口	10m	20m	30m	40m	50m	二次発酵
C/N、比	30.1	28.4	29.2	21.2	22.5	20.5	21.9
酸素消費量mgO <sub>2</sub> /g VS・hr	3.04	2.82	2.7	2.50	1.84	1.12	0.62
発芽率(コマツナ) %	84.6	91.1	95.7	95.5	97.1	100	100
〃(イタリアンライグラス) %	78.5	84.7	86.6	88.4	94.0	98.0	100
EC、ms/cm	3.72	3.29	3.39	3.27	3.37	3.60	3.56
温度、℃	28.7	45.3	46.3	49.7	45.0	42.0	48.0

注：数値は群馬県下の3戸の酪農家において採取した2回(夏期、冬期)の平均値。



## (2)試験2

農林水産省家畜改良センターで製造された肉牛の完熟堆肥および排泄直後の乳牛の糞尿を表2に示すような割合で混合し、6段階の腐熟度を設定した。測定項目は表2に示す通りである。

### 2) 分析項目および方法

(1)水分、灰分、炭素、窒素、C/N比、電気伝導率 (EC)、pH、発芽率については、一般分析法により測定を行った。

(2)微生物の活動に伴う酸素消費量については、以下の方法で測定した。

①酸素消費量の測定装置は、写真1に示すように、隔膜電極を装着し、温度補償機能を備えたDOメーター、恒温水槽、サーモスタットおよび蓋付きの容器からなる。容器は市販のプラスチック容器を用い、蓋の中央部分に穴を開け、DOメーターのセンサーを挿入した。また、センサーを保定し、

空気の漏洩を防ぐため、ビニールテープを巻き付けた。さらに、完全に密封するため、ねじ込みの部分にはシリコングリスを塗布した。

②水分を一定にするとともに微生物の活性を促すため、水分を65%に調整し、30℃に設定した恒温槽に一晩静置した。

③水分を65%に調整した試料 (50 g) を500 mlの密閉容器内に入れ、30℃の恒温槽内で発酵させ、一定時間 (4時間) 内に消費した酸素量をDOメーターにより計測した。

## 結 果

### 1. 試験1

群馬県の調査例は材料の移動終了時点のものであり、必ずしも発酵が終了していない。

表1に示すように、C/N、EC、温度については、腐熟度 (移動距離) と密接な関係

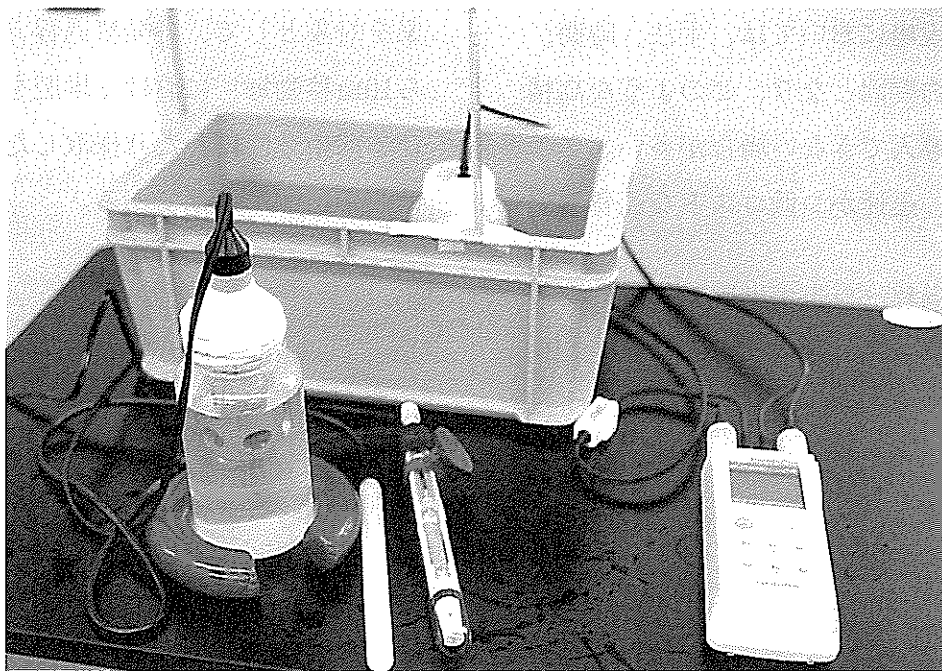


写真1 酸素消費量の測定に用いる器具、装置

表2. 腐熟度と測定項目の関係

測定項目	腐熟度	未熟← → 完熟					
	新鮮ふんの割合 完熟堆肥の割合	100% 0%	80% 20%	60% 40%	40% 60%	20% 80%	0% 100%
酸素消費量 $\text{mgO}_2/\text{g VS}\cdot\text{hr}$		2.8	2.1	2.0	1.3	0.7	0.2
発芽率 (コマツナ) %		78	84	81	83	100	100
灰分 %		16.4	15.8	22.5	31.0	34.2	30.3
C/N、比		23.0	22.1	21.0	22.1	19.9	18.4

は認められなかった。これに対し、酸素消費量は入口付近では $3.04\text{mgO}_2/\text{g VS}\cdot\text{hr}$ と高い値を示したが、その後次第に低下し、50m地点では $1.12\text{mgO}_2/\text{g VS}\cdot\text{hr}$ と低下した。自動走行型堆肥製造機による処理工程を終えた二次発酵処理（堆積）段階では、さらに低下し、 $0.62\text{mgO}_2/\text{g VS}\cdot\text{hr}$ となった。コマツナ、イタリアンライグラスの発芽率は移動距離が長くなるに従い次第に高くなり、50m地点では、コマツナが100%、イタリアンライグラスは98%となった。

移動距離と酸素消費量、コマツナおよびイタリアンライグラスの発芽率間には、それぞれ、 $-0.82$ 、 $0.71$ および $0.78$ と、かなり高い有意の相関係数が認められた。

## 2. 試験2

試験2の結果は表2に示す通りであるが、取り上げたいずれの測定項目も腐熟度と密接な関係が認められた。酸素消費量、C/Nと腐熟度間には、 $-0.98$ 、 $-0.85$ の高い負の相関係数が認められた。また、発芽率、灰分と腐熟度間には、 $0.84$ 、 $0.86$ の有意の相関係数が認められた。測定項目間では、

酸素消費量と発芽率、灰分、C/N間に高い相関関係が認められた。

## 考 察

試験1では、搬入時の水分含量、添加する副資材の量が毎回異なるため、発酵の進行もその影響を受けている。また、常時攪拌移動を繰り返すため、搬入時の堆肥原料が、そのまま平行移動せず、搬入日時を異にする堆肥が混入することになる。このような処理法から、移動距離と腐熟度は厳密には一致しないと言える。しかし、このような攪拌移送方式あるいはスクープ方式の発酵プロセス管理を目的に、この溶存酸素計による酸素消費量を指標とすることは十分可能と考えられた。また、コマツナ等の発芽率による判定が有効と考えられた。

また、人為的に腐熟度に差異をつけた試験2の結果でも、酸素消費量と腐熟度間にもっとも高い相関計数が認められたことから、腐熟度判定には酸素消費量が最適な指標であることが明らかとなった。また、従来から、判定手法として利用されている発芽率、灰分、C/Nも腐熟度と密接な関係が

認められた。しかし、C/Nについては、おがくず等の資材が不足していることから、生産現場での使用量がきわめて少なく、このため、発酵初期の段階で、Cの値が低く、Nが高いため、腐熟の判定には不適であることが明らかにされている。同様のことは試験1の結果からも明らかである。従って、試験2におけるC/Nと腐熟の相関関係を生産現場に適用することは不適と考える。

なお、試験2については、その後、例数を重ね追試を行っており、現在データの解析を行っているところである。

#### 参考文献

- 1) Harada, Y. Composting and application of animal wastes. FFTC Extension. 311, 20-31 1990.
- 2) Mathur, S. P., GG.Owen, M.schnitzer, and J.Dugan. Determination of compost biomaturity. I. Literature review. Biol. Agric. and Hort. 10: 87-108 1993.

#### 簡易測定用キット (SOLVITA) による腐熟度判定 (参考資料)

精度の高い腐熟度判定法として、有機物残存率、C/N比、陽イオン交換容量等の化学性を指標とするもの、色、容積重等の物理性を指標とするもの、発芽率、花粉管生長および微生物の活動を指標とするものが挙げられる。しかし、このような判定手法の多くは、特殊機器を要すること、高度の知識と経験を要することから、生産現場へ

の導入は困難と言える。

腐熟度判定手法の一つであるSOLVITAは米国のWoods End Researchにより開発されたものの商品名であるが、微生物の呼吸活動を判定指標としており、精度も高く、なによりも簡単に判定できることから、米国、デンマーク等において広く普及している。

本キットを入手する機会を得たため、その精度、取り扱い性について検討するとともに、他の微生物活動に基づく判定指標および腐熟度の指標として用いられている若干の化学成分との相関関係を明らかにして、参考に供することとした。

#### 材料および方法

##### 1. キットの構成部品

SOLVITAキットの構成部品を図1に示した。



図1 SOLVITAキットの構成部品

- 1: ジャー、2: パッケージ、3: バドル、  
4: 色調票、5: 鎮圧容器、6: 緩衝剤

##### 2. 測定手法

###### 1) 供試材料の調製

測定前に、赤外線水分計により、試料の水分を測定し、水分が60%となるよう調製

する。

## 2) 試料からの空気の排出

ジャーの蓋を緩く締め、室温で一晩放置する。試料中の空気を追い出し、均質にするため、ジャーの底を実験台に軽く打ち付ける。試料が粗く、空気が排出されない場合には、付属の容器に水を一杯詰めて（約100 g）、試料の上に乗せて、軽く鎮圧する。

## 3) ジャーへのパドルの挿入

培養基が入った特殊フォイルパックのパッケージを開き、上部の切れ目に沿って裂き、注意深く、ハンドルの部分を掴んで、パドルを取り出す。この時、手で表面の特殊ゲルに触ったり、ゲルが直接堆肥に触れると測定値に影響を及ぼすので、注意が必

要である。また、一度フォイルを開けると、30分以内に測定を開始することが望ましい。

次に、容器の外から見えるように、パドルを試料の中に入れる。そのためには、パドルを出来るだけ、観察する側の容器の壁近くに入れる必要がある。この時、ゲルが容器にあたらないように注意する必要がある。ゲルは室内の空気にさらされても急激な変化はしないので、この操作は急ぐ必要がない。しかし、ゲルが乾いていたり、色が色調表の# 8（紫色）に適合しない場合には、変質していると考えられるので、使用しないようにする。

## 4) インキュベーション

容器の蓋をしっかりと締め、直射日光に当

表1 SOLVITAの呈色に基づく腐熟度の判定基準

スコア	発 酵 状 況	2酸化炭素生成量
8	高度に腐熟；発酵期間が十分、あるいは長すぎる。土壌化している。全てに使用が可能	< 1
7	十分に腐熟し、発酵期間が十分、熟成；ほとんどの使用に適合	1. 5
6	通気の必要性が減少；熟成中；処理の必要性がほとんどない。	2. 5
5	堆肥は活発な分解過程を終わりつつある工程に移行；綿密な管理は不要	4
4	堆肥は分解のゆっくり熟成に移行。管理が必要	5
3	活発な発酵、未熟、酸素消費量が高い。綿密な管理がまだ必要	9
2	非常に活発、中庸の熟成中堆肥；酸素消費がきわめて高い。通気または切り返し等綿密な管理が必要	1 5
1	新鮮、生堆肥、分解速度がきわめて高い。腐敗しやすいかまたは臭気が強い、揮発性有機酸量が多い。	> 2 0

てないようにし、室温（20℃～25℃）に4時間放置する。

5) 試験を開始してから4時間後に、色調票と対比しながら、容器の外から色を判定する。

## 結 果

表1はWoods End Research社のマニュアルから抜粋したものであるが、Solvita scoreと酸素消費量とには高い負の相関関係が得られた(図2)。また、現在分析中であるが、C/N、灰分、堆積期間等との相関が高い傾向が認められている。

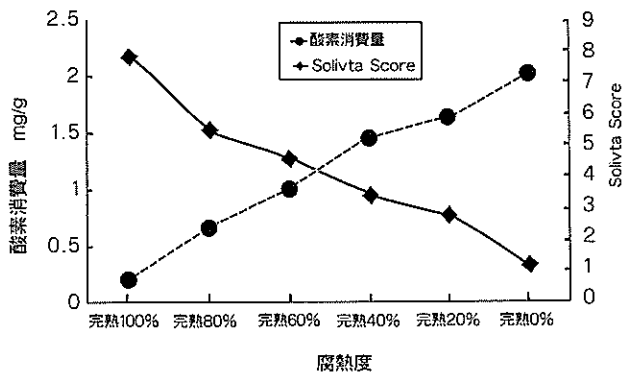


図2 堆肥の酸素消費量とSOLVITA Scoreの関係

## 考 察

SOLVITAは堆肥の生産現場で簡単に腐熟度を判定するために開発されたものであり、測定方法はきわめて簡単である。また、本法は堆肥中の微生物の呼吸作用を基に腐熟度を色で判定するため、精度も高い。このため、生産現場では品質管理の手段として本キットを用いることにより、堆肥の品質が向上し、需要者からの信頼を得、販売・流通量も増加している。このようなこともあって、現在、カリフォルニア州等7つの州において、堆肥の品質を保証するものとして、シールを添付して販売されている。この保証マークの導入については他の多くの州で検討されている。

当研究所では、微生物の呼吸作用による簡易判定法として、溶存酸素(DO)メーターを利用した簡易測定法を検討しているが、本法と同様に精度の高い結果が得られることが判明している。

なお、品質、腐熟度判定には、畜種、敷料等の副資材、堆肥の処理方法が影響するため、必要がある場合には簡易判定法のみならず、これらの要因を考慮することが必要である。

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開発課題名

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

協力機関名：大野光男（酪農コンサルタント）、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年度

緒 言

家畜ふん尿の堆肥化は、ふん尿処理と環境保全、および土壌保全の面からきわめて重要な課題である。

堆肥化過程で、原材料が高水分であったり、酸素の供給が不十分であると発酵が不良となる。また、品質の劣る堆肥は利用、流通上の問題となる。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、発酵過程での管理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、低温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. 夏期および冬期における原料の構成と材料発酵温度・成分の変化

群馬県下において、2種の堆肥製造機を用い、堆肥を製造している酪農家4戸を対象にし、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木

材チップもしくはオガクズを使用している3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。

1) 調査項目

(1)堆肥原料の構成と、材料発酵時の条件（主に品温）の調査

(2)堆肥発酵過程についての成分分析

2) 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。

(1)T-C・T-Nは、N/Cアナライザーを使用した。

(2)pH・ECは、堆きゅう肥（新鮮物）と超純水の比率を1：5とし、10分間攪拌、pHメータ、ECメーターを使用し測定した。

(3)灰分は、マッフル炉で600℃に加熱し測定した。

3) 新たな堆積方式（ピット）の特徴

堆積列の最後部に設置された、2m程度掘り下げられた施設である。自走式堆肥製造機が堆肥を押し出すことによって、自然に落下、堆積し、2次発酵（2次堆積）の場となる。これはD牧場に設置されている。

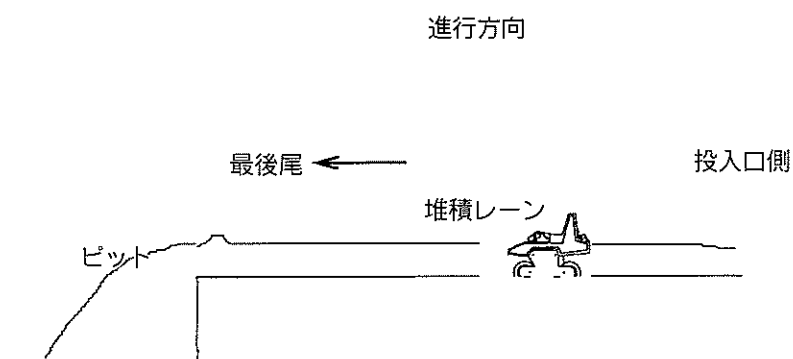


図1 ピットの概要図



写真1 ピットの設置状況

### 調査成績

1. 夏期および冬期における原料の構成と堆肥発酵温度・成分の変化  
酪農家、A・B・C・D牧場における夏期およ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> + 木材チップ 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	4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	平成10年8月24日 (夏期)    平成11年3月4日 (冬期)
(9)調査時外気温	夏期30℃    冬期19℃

表1 堆積時の温度変化 (単位 ℃)

測定位置	投入口	10m	20m	30m	40m	50m	2次堆積	
経過日数	1日	3日	5日	8日	10日	13日	場所1	場所2
夏期	31	51	54	55	54	48	47	62
冬期	11	29	36	39	41	36	40	44

注) 堆積温度は堆積表面から40cmの深さで計測。2次堆積は1mの深さ

表2 堆積時の成分変化 (夏期)

測定位置	4 m	10m	30m	40m	60m	2次発酵
経過日数	0日	3日	8日	10日	15日	
水分 (現物%)	78.9	78.4	77.9	72.4	71.6	70.9
灰分 (乾物%)	13.5	14.1	14.2	14.7	15.4	16.0
EC $\mu$ S/cm	2.5	2.4	2.4	2.3	2.4	2.5
T-C (乾物%)	39.8	39.5	39.3	38.5	37.8	37.9
T-N (乾物%)	1.5	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3
C/N	26	28	28	29	27	29

表3 堆積時の成分変化 (冬期)

測定位置	入口	10m	20m	30m	40m	50m	2次発酵	
経過日数	1日	3日	5日	8日	10日	13日	場所1	場所2
水分 (現物%)	87.8	85.1	85.0	82.9	75.8	79.4	79.1	79.7
灰分 (乾物%)	12.2	13.5	13.9	14.5	14.2	14.1	14.8	16.6
EC $\mu$ S/cm	3.8	3.7	3.5	2.8	3.0	3.0	2.9	2.8
T-C (乾物%)	39.9	39.1	39.4	26.1	38.7	39.1	38.7	37.8
T-N (乾物%)	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.7
C/N	21	21	22	14	23	25	24	23

## 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 4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           平成10年8月24日(夏期)   平成11年3月4日(冬期)  
(9)調査時外気温        夏期31℃        冬期19℃

表4 堆積時の温度変化(単位 ℃)

測定位置	投入口	10m	20m	30m	40m	50m	60m
経過日数	0日	3日	5日	8日	10日	13日	18日
夏期	42	56	54	52	45	36	
冬期	23	31	37	43	42	40	34

注) 堆積堆積表面から40cmの深さで計測

表5 堆積時の成分変化(夏期)

測定位置	投入口	3m	30m	40m	50m	2次発酵
経過日数	生糞	3日	5日	8日	10日	
水分(現物%)	68.9	60.2	57.0	53.6	48.0	41.4
灰分(乾物%)	31.5	34.5	33.5	34.9	35.8	34.8
EC $\mu$ S/cm	2.8	2.5	2.6	2.9	3.8	4.3
T-C(乾物%)	32.3	30.9	31.3	30.2	69.7*	30.4
T-N(乾物%)	1.8	1.6	1.7	1.7	1.8	1.9
C/N	18	19	18	18	39	16

\* 異常値を示したが原因は不明である。

表6 堆積時の成分変化(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	6日	10日	12日	15日	
水分(現物%)	76.3	75.7	71.5	66.1	63.2	60.1	60.3
灰分(乾物%)	25.3	26.2	25.9	30.3	30.8	30.1	32.4
EC $\mu$ S/cm	3.2	3.4	3.9	3.5	2.8	2.9	3.1
T-C(乾物%)	35.3	34.3	35.1	33.1	33.9	33.5	32.8
T-N(乾物%)	2.1	2.2	2.2	2.1	2.1	2.2	2.1
C/N	17	15	16	16	16	15	16

### 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 5 m<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 平成10年8月24日 (夏期) 平成11年3月4日 (冬期)
- (9)調査時外気温 夏期35℃ 冬期19℃

表7 堆積時の温度変化 (単位 °C)

測定位置 経過日数	西レーン				東レーン			
	投入口	10m	20m	30m	投入口	10m	20m	30m
夏期	45	57	57	57	62	63	72	52
冬期	11	17	30	38	19	16	34	41

注) 堆積堆積表面から60cmの深さで計測

表8 堆積時の成分変化 (夏期)

測定位置 経過日数	西レーン				東レーン			
	6m	16m	26m	36m	10m	20m	30m	40m
水分 (現物%)	69.3	74.3	66.6	67.1	65.5	73.4	70.0	63.6
灰分 (乾物%)	15.8	18.5	18.9	18.9	17.4	18.9	17.8	18.6
EC $\mu$ S/cm	1.9	1.6	1.5	1.6	1.3	1.5	1.5	1.4
T-C (乾物%)	39.3	37.7	37.7	37.7	37.6	37.6	38.0	37.2
T-N (乾物%)	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	1.6	1.7
C/N	23	22	21	22	22	21	24	22

表9 堆積時の成分変化（冬期）

測定位置 経過日数	西レーン				東レーン			
	6 m	16m	26m	36m	6 m	16m	26m	36m
水分（現物％）	80.8	79.5	80.1	79.0	78.9	72.6	78.3	78.9
灰分（乾物％）	20.4	20.9	19.7	18.5	21.6	19.9	22.1	19.5
E C $\mu$ S/cm	2.6	2.7	2.9	2.9	2.7	2.7	2.3	1.9
T-C（乾物％）	38.9	37.9	36.3	34.5	39.4	23.1	38.8	39.1
T-N（乾物％）	2.6	2.8	2.7	2.6	1.7	2.6	2.6	2.5
C/N	15	13	13	13	24	10	15	16

4) D牧場

- (1)飼養頭数 40頭（経産牛35、育成牛5）
- (2)堆肥原料 生糞35 $\text{m}^3$ +オガコ25 $\text{m}^3$ +戻し堆肥25 $\text{m}^3$  /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0.6m
- (5)攪拌回数 3～4回 /日
- (6)通気の有無 あり
- (7)2次発酵施設 あり（ピット、堆肥盤（野外））
- (8)調査年月日 平成10年8月24日（夏期） 平成11年3月4日（冬期）

表10 堆積時の温度変化（単位  $^{\circ}\text{C}$ ）

測定位置	投入口	10m	20m	30m	40m	50m	ピット*
経過日数	1日	3日	6日	9日	12日	15日	
夏期	45	62	57	49	45	41	44
冬期	40	60	72	70	61	59	61

注) 堆積堆積表面から40cmの深さで計測

\* ピット 堆積列の最終部を2m程度掘り下げて段差を設け2次堆積できるようにした施設

表11 堆積時の成分変化（夏期）

測定位置	入口	10m	20m	30m	40m	50m	ピット
経過日数	1日	3日	6日	9日	12日	15日	
水分（現物%）	68.9	62.4	62.4	58.9	57.5	52.9	50.9
灰分（乾物%）	30.2	33.2	34.3	34.0	36.4	36.7	36.4
EC $\mu$ S/cm	1.9	1.9	2.1	2.2	2.6	2.7	2.8
T-C（乾物%）	32.5	31.5	30.5	30.8	29.6	29.3	29.8
T-N（乾物%）	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
C/N	22	21	20	20	20	18	19

表12 堆積時の成分変化（冬期）

測定位置	入口	10m	20m	30m	40m	50m	ピット
経過日数	1日	3日	6日	9日	12日	15日	
水分（現物%）	69.2	66.0	65.4	54.9	52.1	46.0	38.4
灰分（乾物%）	18.1	22.6	25.9	25.5	28.6	29.8	22.9
EC $\mu$ S/cm	3.9	3.1	2.3	2.4	2.0	2.3	2.1
T-C（乾物%）	42.9	39.3	36.9	36.7	35.4	35.1	39.9
T-N（乾物%）	1.9	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8
C/N	22	22	22	20	20	19	22

5) 平成9年度調査結果 (温度・成分)

以下は平成9年度、群馬県下において夏期と冬期にわたり調査を行った結果である。

表13 堆積時の温度・成分変化 (平成9年度夏期調査)

サンプル名	温度 ℃	水分 現物%	灰分 乾物%	T-C 乾物%	T-N 乾物%	C/N
A牧場 投入口	31	77.0	12.9	42.7	1.7	25
10m	41	75.8	11.3	43.7	1.6	27
20m	55					
30m	51	71.8	13.3	42.1	1.4	30
40m	49	67.1	14.3	41.9	1.3	32
50m	45					
60m	43	63.9	15.0	41.1	1.4	29
2次堆積	61	57.2	13.9	42.0	1.2	35
B牧場 生糞	19	77.9	12.0	43.9	1.9	23
10m	33	52.8	29.5	34.3	2.0	17
20m	33					
30m	33	56.8	30.3	34.3	1.8	19
40m	37	53.7	31.3	34.1	2.0	17
50m	40	50.0	33.7	32.6	1.8	18
60m	36					
2次堆積	53	57.6	33.9	32.6	1.7	19
C牧場 投入口	48					
10m	72					
西レーン 20m	71					
30m	57					
投入口	44					
東レーン 20m	54					
20m	53					
30m	53					

注. 1 調査時外気温は19℃

2 C牧場、当初は調査対象外であったため試料採取せず

表14 堆積時の温度・成分変化（平成9年度冬期調査）

サンプル名	温度	水分	pH	EC	灰分	T-C	T-N	C/N
	℃	現物%	μ S/cm	乾物%	乾物%	乾物%		
A牧場 投入口								
10m	9.1	76.3	8.35	2.35	11.1	42.3	1.6	26
20m	22.6	77.3	8.42	2.23	11.6	42.8	1.5	27
30m	31.3	76.3	8.56	2.21	12.8	41.7	1.6	25
40m	28.9	76.4	8.59	2.14	12.7	41.7	1.5	27
50m	32.3	74.1	8.68	2.04	15.9	40.0	1.6	25
60m	34.5	70.6	8.69	1.86	21.8	37.8	1.4	26
2次堆積	34.2	69.9	8.63	1.92	20.6	38.4	1.4	28
B牧場 投入口	27.6	73.6	8.68	2.18	15.6	39.0	1.6	24
14m	22.7	65.0	8.52	2.36	26.2	34.2	1.9	18
25m	36.3	60.9	9.06	2.25	27.9	32.4	1.8	18
40m	43.2	50.5	9.16	2.85	29.6	32.0	2.0	16
50m	21.0	43.4	9.42	2.80	29.6	32.4	2.0	15
60m	19.8	39.8	9.30	3.73	28.0	32.0	1.9	16
2次堆積	14.1	36.4	9.34	3.52	30.8	31.8	2.1	15
C牧場 6m	34.9	65.0	8.83	1.25	42.7	25.8	1.8	16
16m	20.0	74.9	8.56	1.27	12.5	40.7	1.6	26
西レーン 26m	25.2	77.0	8.72	1.49	11.1	41.7	1.5	28
36m	27.9	77.0	8.88	1.46	12.8	40.6	1.4	29
6m	32.3	75.0	8.81	1.42	12.7	40.6	1.5	26
16m	14.4	74.1	8.50	1.95	12.6	40.9	1.4	28
東レーン 26m	36.7	76.7	8.60	1.66	11.7	41.3	1.6	26
36m	33.7	72.1	8.55	1.53	10.7	42.2	1.4	30
最後部	28.6	73.9	8.75	1.59	11.1	42.5	1.7	25
D牧場 投入口	32.3	75.5	8.69	1.61	14.3	40.7	1.4	29
20m		56.4	8.88	1.31	22.4	37.6	1.4	24
40m		63.4	9.18	1.73	29.3	33.9	1.3	26
50m		61.1	9.09	1.60	23.5	36.4	1.5	23
ピット		57.2	8.90	2.66	23.1	35.8	1.6	22
堆肥盤*1		7.3	9.04	1.82	25.9	35.6	1.6	21
オガコ*2		48.3	8.82	2.93	25.9	26.5	1.9	13
バーク*2		35.7			1.1	47.9	0.3	145
		25.4			3.4	46.9	0.6	78

注. 1 調査時外気温は12℃

\*1 放線菌が増殖し白色になっている部分を採取

\*2 オガコは粒径4mm程度。バークは荒皮で最長30cm程度の物

## 結 果

### 1. 夏期および冬期の調査結果

#### 1) 平成10年夏期

##### (1) 堆積開始時の水分

A牧場78.9%、B牧場60.2%、C牧場西レーン69.3%、同東レーン78.9%およびD牧場68.9%であった。

##### (2) 堆積中の温度変化

①堆肥化過程の材料移動部位による温度変化のパターンは機種および原料によってはっきりとした傾向はつかめなかった。

②同等機種（堆積高約60cm）を使用しているA・C・D牧場を比較すると、副資材として戻し堆肥のみ添加しているB牧場は最高時56℃、戻し堆肥、チップ、オガクズを添加したA牧場は55℃、D牧場は62℃に達した（表1、4、10）。

③堆積高が1.5mの機種を使用しているC牧場では最高温度が、西レーンで57℃、東レーンで72℃であった。並列している両レーンで差があるのは水分によるものと思われる、西レーンで79～80%、東レーンでは72～78%であった（表3）。

##### (3) 堆積中の成分変化

①A牧場では、堆積日数とともに僅かではあるが水分は7.3%減少し、灰分は増加した。またT-N、T-Cも僅かであるが減少した（表2）。

②B牧場では、水分は19.1%減少したが、灰分の上昇は僅かであり、T-N、T-Cの減少も見られなかった（表5）。

③C牧場は、堆肥原料の調整が不適切で高水分である、また、ふん尿に混合する副

資材も一定していない。T-C、T-Nの減少が若干見られるが、水分、灰分は変化していない（表8）。

④D牧場は、水分の16%減少と灰分の6.5%増加、若干のT-Cの減少が見られ、T-Nは減少していないが、堆肥化は順調に進行していたものと思われる（表11）。

#### 2) 平成10年冬期

##### (1) 堆積開始時の水分

A牧場87.7%、B牧場76.3%、C牧場西レーン80.8%、同東レーン78.9%およびD牧場69.2%であった。

##### (2) 堆積中の温度変化

①発酵過程の温度変化は機種および原料によって異なった。

②同等機種（堆積高約60cm）を使用しているA・B・D牧場を比較すると、最高温度では、副資材として戻し堆肥のみを添加しているB牧場では43.5℃、戻し堆肥、チップ、オガクズを添加しているA牧場は41.4℃、D牧場は72.3℃に達した（表1、4、10）。

③A・B・D牧場が前年度に比べ品温が高く推移している理由として、B牧場は廃油（ラード）を、D牧場では製菓糟（揚げ菓子糟）を適宜添加していることによると思われる。D牧場についてはエアレーションの効果もあると思われる。

④C牧場については水分調整が適切に行われておらず、多量の廃油（天ぷら油）を添加しているが、最後部に至るまで品温は上昇していない（表7）。

##### (3) 堆積中の成分変化

①A牧場は、水分は減少しているが、灰分の増加、T-C、T-Nの減少は僅かである。他の牧場に比べ戻し堆肥の使用割合が低いためか灰分が低い（表3）。

②B牧場は、水分の減少、灰分の増加が見られ、若干ではあるがT-Cが減少している。T-Nは減少していない。また、副資材が戻し堆肥のみであるためか灰分が高い。前回の冬期調査では二次堆積で42%であった（表6）。

③C牧場はふん尿に混合する副資材が一定しないため、堆肥成分の変化について増減の傾向がつかめない。堆積の外観は水分過多による排汁の浸出が見られ、堆積自体も粗大な固まりが多く見られた。色調も黄褐色と堆肥化は進んでいないと思われる（表7）。

④D牧場は水分の22.8%減少と灰分の

11.7%増加が見られ、T-Cも減少している。T-Nは減少していないものの堆積時の温度も高く、堆肥化は順調に進んでいたものと思われる（表12）。

## 考 察

1. 夏期および冬期における原料の構成と堆肥発酵温度・成分の変化

1) 表15に示すように、D牧場では夏期・冬期とも堆肥化は良好であり、本堆肥化施設におけるプロセス管理の原型となるものと考えられる。A、B、D牧場での油脂系資材の添加は冬期の発酵促進に有効であったと思われる。しかし、C牧場は油脂系資材を大量に投入したものの堆肥原料が高水分であることから堆肥化促進の効果は現れていない。油脂系資材の添加はあくまでも水分調整がある程度なされることでその効

表15 平成10年度調査による各牧場の堆肥発酵の評価

区 分 目安項目	A牧場		B牧場		C牧場		D牧場	
	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期
発酵開始時水分								
70%以下	×	×	○	×	×	×	○	○
攪拌移動中の 水分低下 15%以上	×	×	○	○	×	×	○	○
攪拌移動中の 最高温度 50℃以上	○	×	○	×	○	×	○	○

○印：目安項目の値より良好なもの

×印：目安項目の値より不良なもの

目安の値は実態調査の結果から本堆肥化装置の管理参考値として設定した。



果が発現することが確認された。

2) 堆肥化の良・不良の最大の要因は、投入時の水分にあると推測される。水分調整を怠り、発酵に負荷がかかるとその要因に連鎖するものが次々と影響を受ける。水分調整の不備が微生物の活動を抑制し、有機物の分解が進まず、品温も上昇しない。それにしたいが、水分も蒸発せず、高水分の堆肥が製造される。

3) 自走式堆肥製造機を用いた堆肥化では、品温の上昇、灰分率の増加から堆肥化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、堆積レーンの段階（約15～20日間）では、完熟には達していないと思われる。

4) 戻し堆肥の反復利用は、分解が繰り返されることによっておこる粒度の低下と空隙率の減少、灰分、ECの増加などが起こる。生産した堆きゅう肥を戻し堆肥として利用するのであれば、粒度の荒いチップやバークなどを適宜添加し、堆積性状を改善する必要がある。

5) 装置自体は上手く機能しているといえるが、投入原料の水分管理の良否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水分管理の再指導が必要である。

## 2. 平成9年・10年度を通しての考察

### 1) 副資材と発酵状態

平成9年度の調査においては副資材もしくは副資材の混合割合によって堆肥化過程における堆積品温、成分変化に差が見られたが<sup>1)</sup>、平成10年度においては副資材の違い

による明確な差は見られなかった。

平成9年度は副資材として戻し堆肥と木材チップもしくはオガクズを混合している堆積が発酵状態が良好であり、戻し堆肥のみの方はそれより劣った。しかし、平成10年度においては戻し堆肥のみ、もしくはオガクズなどを少量混合している堆積の方が発酵状態が良好であった。副資材のほかに違う点といえば水分である。2度にわたる調査から、堆肥化に及ぼす影響は副資材の種類よりも水分のほうが多大な影響を及ぼしていることが再確認された。次いで堆積の管理体制があると思われる。日頃から堆積を観察、状態を把握し適切な対応ができるかどうかにある。

### 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原因の一つと昨年度仮説を立てたが、D牧場のように、材料と水分管理がよければ冬期でも十分発酵していることに注目すべきである。

## 3. 寒冷時の対策

### 1) 水分

水分に関して、冬期では水分率は65%以下が望ましく、高くても70%以下にしないと堆肥化は困難である。自家のふん尿と副資材の水分率を適宜調査し、発酵管理を進めることが望ましい。

### 2) 副資材

副資材によって、混合時水分や空隙率が変化する。粗大な木材チップなどを使用し

空隙が大きい場合は、攪拌停止時や水分率がある程度高くても、通気性が良いため分解が進み、熱が発生する。戻し堆肥として繰り返し使用するのであれば、木材チップやバークなど難分解性の資材を使用することも一案である。また、戻し堆肥の使用にあたっては低水分（40%以下）な堆肥を使用することが重要である。

平成10年度の冬期調査では、廃油（ラード）など油脂類を添加し堆肥化を促進するなどの処置が見られた。使用法としては定期的もしくは堆積温度の立ち上がりが悪い場合に水分調整を前提にして添加すると効果があるものと思われる。

### 3) 攪拌

良好な堆肥化（微生物による活発な分解）が維持され分解熱が出ている状態であれば攪拌による品温の低下は避けられる。しかし、微生物の活動が不良で十分な熱生産がなされていない場合に攪拌を行えば品温は急激に低下することになる。本堆肥化施設では、材料の移送距離（日程）と攪拌回数が連動しているため、大きく攪拌回数を減らすことは不可能である。従って、何よりも材料の水分調整によって十分発酵させることが大切である。

## 4. その他の対策

### 1) 2次堆積

堆積レーンの段階では有機物の分解も十分ではなく、水分も高いことから2次堆積を行う必要がある。2次堆積を行うことによって、有機物が再度分解され分熱が発

生するため、堆積物の品温は上昇する。この熱によって雑草種子や有害な病原菌を死滅させ、なおかつ低水分で良質な戻し堆肥を得ることができる。従って、本堆肥化施設の運営は、2次堆積とセットに行うべきである。

### 2) 施設・機械

外装施設に関しては、水分の蒸散も考慮に入れるべきだが、寒気、雪等の進入を防ぐためできる限り遮蔽する必要がある。

また、発酵不良時でも一定の温度を維持しつつ徐々に発酵が進んでいることから、現状の機械を用い、堆積列を延長することも一案である。

現在使用されている自走式堆肥製造機の堆積高は、MO508で60cmである。寒冷時の品温低下ことを考慮すると、堆積高を高くする改善が望まれる。

2次堆積による腐熟の促進、戻し堆肥、副資材などの貯蔵の面からも前述のように堆肥舎の設置が必要と思われる。また、堆肥の出搬入にかかる道路の泥濘化防止など堆肥化施設周辺を整えることが望まれる。

## 要 約

1) 群馬県下において、自走式堆肥製造機MO408、MO508、MO520を対象として、夏期と冬期に調査した。

2) 本装置においても、堆肥化処理の良否を左右する要因として、水分率がもっとも重要であることが再確認された。ついで、攪拌、外気温、空隙率であると推測された。

冬期においても、水分が十分に管理されていけば良好な発酵をすることが実証され、過去の知見<sup>2-5)</sup>と同様の結果が導かれた。また、冬期寒冷時において、水分調整を前提として食用廃油もしくは油脂を含む資材を添加することの有効性が示唆された。

3) 発酵状態が良好であれば、良質の堆きゆう肥を生産でき、戻し堆肥として活用できる。最初の水分調整さえ怠らずに行えば、副資材の購入を削減でき、低コスト化が可能となる。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、過度の反復使用については今後の検討が必要と思われる。

4) 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。しかし、発酵期間が装置の基本設計により決定されているので、2次

堆積による腐熟の促進、良質な戻し堆肥の確保のため、堆肥舎などの設置をセットとして、運用を考えるべきである。

#### 引用文献

- 1) 古川智子、大森昭一郎、岡田清、山本朱美、渡邊昭三、大野光男、寒冷時における良質堆肥生産条件の解析、畜産環境技術研究所年報(平成10年7月)、p 51～60、1998.
- 2) 有機質資源化推進会議、有機廃棄物資源化大事典、農文協、東京、1997.
- 3) 代永道裕、畜産環境対策大事典、p 71～75、農文協、東京、1995.
- 4) 本多勝男、畜産環境対策大事典、p 159～167、農文協、東京、1995.
- 5) 藤田賢二、コンポスト化技術、p 43～70、技報堂出版、東京、1993.

課題名 Ⅲ 堆きゅう肥の品質向上技術の開発  
2. 堆きゅう肥の高付加価値化技術の開発  
スラリーの脱臭・堆肥化技術の開発

担当者名：岡田 清、古川智子、山本朱美、大森昭一郎、渡邊昭三

協力機関名：畜産環境整備対策研究プロジェクト・チーム：草地試験場、栃木県農業試験場、栃木県畜産試験場、栃木県酪農試験場、黒磯農業改良研究センター、黒磯市役所

研究期間：平成10～平成13年度

### 緒 言

家畜排泄物の有効利用を図るには良質堆肥を生産するとともに、成型化することなどにより、取扱いを容易にする必要がある。また、利用目的別に成分調整を行い、生長促進・病気抑制等の効果を有する資材を添加する等きめ細かな対策が必要である。特に、スラリーについては、臭気が強く、圃場還元効果も薄く、作業性も劣ることから、ほとんど流通していない。

スラリーを液肥として利用促進するためには、臭気軽減、雑草種子・病原性微生物の死滅等の技術を開発する必要がある。また、流通化を行うためには、スラリーの水分を調整し、堆肥化するための技術開発が求められている。

### 調査方法

栃木県黒磯市内の2牧場（ともに、乳牛40頭飼養）における自然流下式のふん尿を対象に、攪拌・曝気方法の差異が発酵品質や臭気軽減効果に及ぼす影響について検討を行った。

A牧場：スラリージェッター（吉田式：

プロペラによる攪拌・曝気）を120<sup>m</sup>の貯留槽内に設置し、トラクターのPTOにより駆動

B牧場：マグナムジェッター（緑産式：水中ポンプ）を190<sup>m</sup>の搾貯留槽内に設置し、モーターにより駆動（写真1）

### 結 果

#### 1. 臭気の抑制効果

1) 攪拌曝気中の臭気についてみると、両方式とも、アンモニア濃度は夏期に高く、冬期に低下した。また、硫化水素濃度は検出できないレベルで推移したが、冬期に若干上昇する傾向が認められた。

2) 土壌脱臭装置の脱臭効果はきわめて高く、同装置の表面からいずれの臭気成分も検出できなかった。

3) 散布直後における圃場での臭気指数は10～20であり、1時間後には半減した（写真2、3）。

#### 2. 細菌の死滅効果

未処理のスラリー中大腸菌数の10<sup>5</sup>/mlに

対し、両方式とも夏期には $10^{2\sim3}/\text{ml}$ と低減効果が認められた。しかし、冬期には発酵温度が $20\sim40^{\circ}\text{C}$ で推移したため、菌数は $10^{2\sim4}/\text{ml}$ と多く、水質汚濁防止法の基準値「 $10^3$ 」をクリアできないケースも認められた。

### 3. 雑草種子の死滅効果

発酵温度が $50^{\circ}\text{C}$ 前後で推移しているスラリー中に雑草種子を4日間浸漬することにより、ワルナスビ、メヒシバ、イチビ、オオクサキビ等供試した雑草種子は全て死滅した。これに対し、発酵温度が $22\sim23^{\circ}\text{C}$ で推移しているスラリーに4日間浸漬した場合には、発芽率は低下したものの、すべての雑草種子は発芽可能であった。さらに、10日間浸漬してもほとんどの雑草種子は死滅しないことが判明した。

### 4. 経費

1時間当たりの稼働経費は、スラリージェットターではトラクターの軽油代として90円、さらに、消泡機及び脱臭装置ブロアーの電気代を加算すると、130円となる。これに対し、マグナムジェットターは曝気、消泡機、ブロアーに要する電気代が170円～200円となる。

稼働経費そのものは、前者のようにトラクターを動力として用いる方が経費が少ないが、エンジンの始動・停止、軽油の補給、攪拌・曝気槽への脱着等管理労力を加算すると、その差はなくなると考えられる。後者のように、電力を利用する場合には、自

動運転であり、運転時間も綿密に設定でき、騒音がない等のメリットがある。さらに、冬期間には水中ポンプからの余熱により、発酵温度を高める効果もあり、コストパフォーマンスでは後者が勝ると言える。

## 考 察

今回導入した2機種による臭気抑制効果は顕著であることが実証された。臭気低減のみを求めるには、発酵温度を現状以上に高める必要はなく、運転時間も連続運転を行う必要はなく、高温時には6時間、冬期には12時間で十分な効果が得られると言える。しかし、細菌の死滅、雑草種子を死滅させるには、発酵温度をさらに上げる必要がある。特に、冬期では発酵温度が低いことに加え、アンモニアの生成が少ないため、雑草種子、細菌の死滅が不十分となったと考えられる。この対策としては、攪拌曝気槽の地上部を断熱材で覆うことが推奨されよう。このような断熱対策を行うことにより、発酵温度が上昇し、臭気の高減に要する運転時間も短縮され、取り扱い性の向上、取り扱い量の減少等にも影響を及ぼすものと考えられる。さらに、雑草種子、細菌等の減少、死滅効果が期待できると言える。

全国的に言えることであるが、乳牛の飼養頭数が増大したため、排泄されたふん尿を全て経営内の圃場へ還元することは不可能となっている。加えて、これを長年にわたり還元し続けることは地下水汚染の発生が危惧される場所である。したがって、長期的には経営外での利用を視野に入れた

対策が必要となろう。しかし、スラリーの流通は、圃場への還元時期が限定されること、土壌改良効果が堆肥と比べ劣ること、散布作業に伴う圃場の圧密化、枕地が大きくなる等の理由で耕種農家の需要は殆どないのが現状である。このため、流通化には、スラリーにピートモス等水分調整材を使用して堆肥化を図るなり、乾燥施設で水分を

除去し堆肥化を図ることが必要となろう。

本研究は黒磯市ほか近隣の研究機関を総動員してのプロジェクト研究であり、技術開発を進めるとともに、住民に対する普及啓蒙を合わせて行っているところである。プロジェクトチームの取り組みの過程で得たノウハウは共通の悩みを抱える全国の畜産農家にも広く伝達されることになろう。

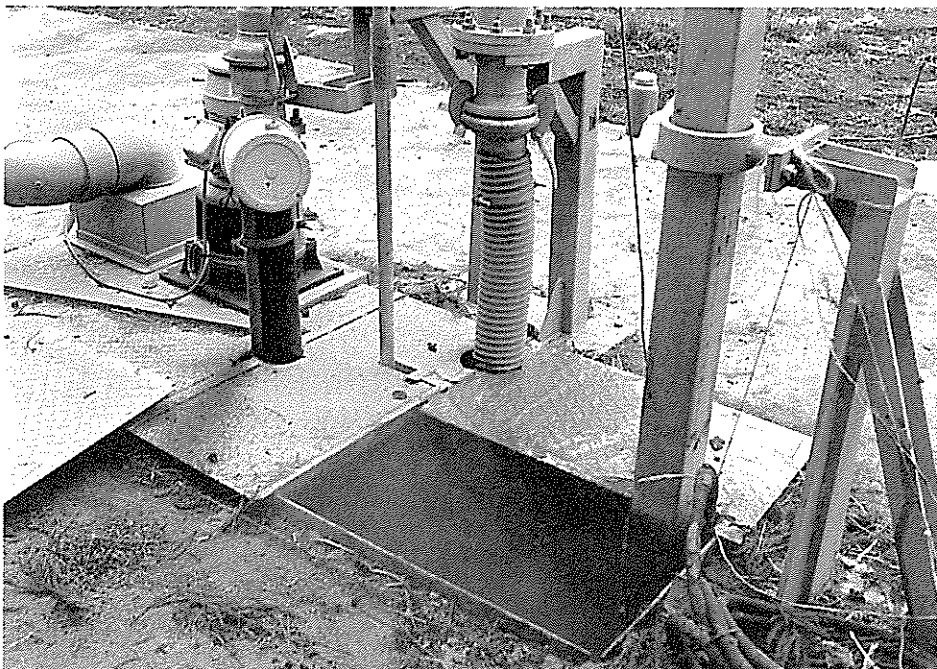


写真1 水中ポンプの利用による発酵・脱臭システム：既往のスラリー貯留施設をそのまま活用し、通気攪拌することにより発酵を促進するとともに、臭気を軽減するシステムを開発、また、本処理過程で発生する悪臭は併設した土壌脱臭装置により除去することとした（栃木県黒磯市）。



写真2 好気性発酵処理を行ったスラリーの散布作業：スラリースプレッダーによる作業中でも臭気は気にならない程度となり、近隣の住民からの苦情はなくなった（栃木県黒磯市）。

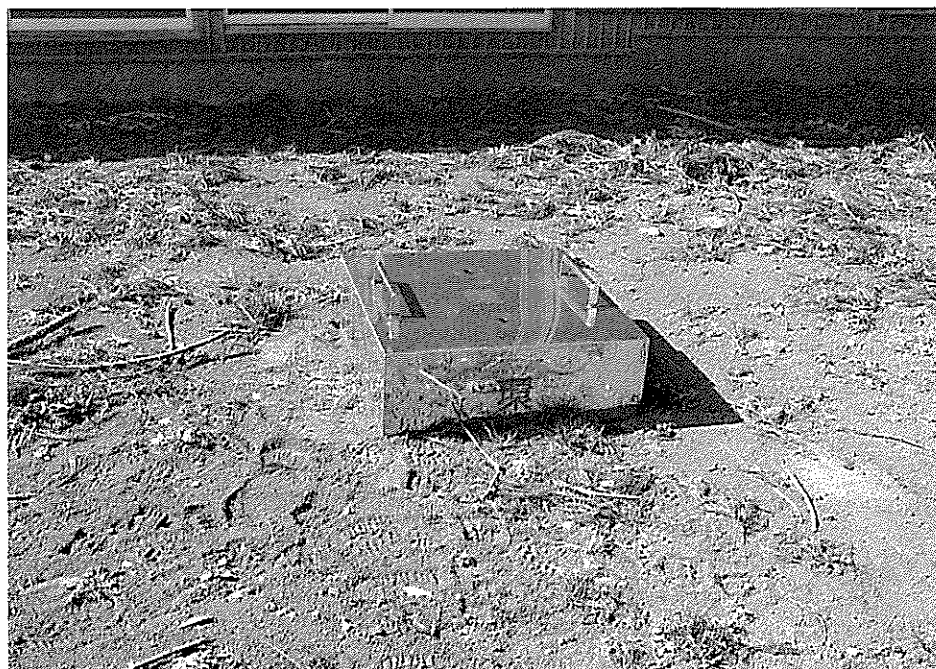


写真3 臭気トラップ装置：散布直後および経時的に臭気を捕集して、臭気濃度、臭気成分を測定する（栃木県黒磯市）。

課題名 IV 環境保全技術体系の開発  
2. 家畜ふん尿等の低コスト処理・利用技術の体系化  
③ 家畜ふん尿等の低コスト処理技術の体系化

担当者名：岡田 清、古川智子、渡邊昭三

研究協力者：大野光男

研究期間：平成10～14年度

緒 言

環境保全のための技術開発が進み、施設・機器も多数導入され、コンポスト化、環境負荷物質の低減等に機能が多様化している。しかし、このような高度の技術も、維持管理費が高むこと、あるいは維持・管理に高度の熟練を要する等の理由により、生産現場においては十分な成果を上げるに至っていない。

このため、主要な処理施設について、その処理特性を基に、畜種、経営規模、環境等条件に適合したシステムの類型化を図るとともに、それぞれの類型について、適正な管理運転手法および低コスト処理システムを確立するための具体的な指針を策定する必要がある。

特に、酪農では規模拡大に伴い省力化が不可欠となり、その対策として、一時、乳牛のふん尿をスラリーとして嫌気発酵させ、圃場に還元する技術体系（自然流下式）が広く普及した。しかし、この処理方式の最大の欠点は、強い臭気を発生する点であり、周辺住民からの苦情もあり、圃場還元にも困窮する場合が多い。さらに、取り扱いが難しく、かつ土壌改良効果の少ない液状物であることから、流通化が困難となってい

る。しかし、これに代わる処理施設への新たな投資は経営悪化の要因となる。このため、既往の施設を活用しつつ、スラリーを無臭化および堆肥化するための技術開発が切望されている。

しかし、水分を調整するための副資材が不足あるいは入手困難なことから、固形堆肥化することも困難な状況にある。このため、通風あるいは太陽熱の利用による「ふん尿混合物」の水分除去技術が検討されている。また、水分調整資材の添加、さらには食品工業の廃棄物の添加により、発酵温度を上昇させる試みがなされている。さらに、このような工程で製造された堆肥を敷料、水分調整資材として再利用することが試みられている。

このため、本年度は酪農家を対象として、水分除去、発酵促進等の実態および戻し堆肥の利用の実態を明らかにし、今後の改善方向、普及対策を検討することとした。

方 法

1. 群馬県下において、自動走行型堆肥製造装置を基軸とする堆肥製造法と戻し堆肥の利用の実態を調査した。
2. 栃木県下において、堆肥クレーン装置、



通風装置を基軸とする堆肥製造法および戻し堆肥の利用の実態を調査した。

3. 栃木県下において、スラリー状のふん尿混合物を簡易ハウス内で水分調製を行い、堆肥の製造・流通を行っている酪農家を対象として、製品の品質について調査を行った。

## 結 果

### 1. 自動走行型堆肥製造機を機軸とする「戻し堆肥」製造の実態について

本機は、榊原製作所が開発した機種であり、平らな床に原材料を攪拌し、積み上げながら、順次前方へ搬送する方式を採用している。このため、従来のような側壁を備えた発酵槽は不要となる。また、側壁がないため、通気性が良く、レールが不要のため、脱線、スリップがない等の多くのメリットを有している。既に、群馬県始め近隣

の県に導入され、好評を得ている。

群馬県下の8戸の酪農家において、堆肥化に利用されている資材は表1に示すように、ふん尿、おがくずおよび戻し堆肥の3種に限定されていると言える。このほか、若干の酸性白土を混入している事例がある。

堆肥原料中に占める戻し堆肥の割合は、A牧場を除くと、25%～38%にも達しており、堆肥化に不可欠な資材となっていると言える。このことは、副資材の不足を如実に示すものである。従来利用していた稲わら等の農業副産物も入手困難となり、ほとんど利用されていない。さらに、最近はおがくずの流通量が減少するとともに、価格も上昇し、使用量は減少傾向を辿っている。このため、E牧場のように、おがくずを全く使用しない牧場も出現している。

自動走行型堆肥製造装置による処理工程を経た後、堆肥は後熟させるため一時貯蔵

表1 堆肥化資材の使用実態

牧場名	原 料 名							混合時水分 %	完了時水分 %	完了時灰分 DM%
	ふん尿		おがくず		戻し堆肥					
	投入量 トン	水分 %	投入量 トン	水分 %	投入量 トン	使用割合 %	水分 %			
A	70.0	87.0	10.00	49.0	3.46	4.2	39.0	66.1	39.0	20.6
B	3.2	87.0	0.33	34.0	1.61	31.3	58.0	74.5	65.0	30.8
C	2.6	87.0	1.60	36.0	1.60	27.6	56.0	78.4	61.0	27.9
D	3.0	87.0	0.30	36.0	2.05	38.3	38.0	67.0	38.0	28.0
E	2.6	87.0	—	—	1.34	34.0	72.0	65.3	72.0	14.3
F	2.2	87.0	0.06	46.0	1.05	31.7	56.0	81.8	69.0	20.6
G	3.8	87.0	9.46	66.0	4.50	25.3	62.0	72.5	67.0	26.2

表2 堆肥化施設の主な仕様

面積	358.4 m <sup>2</sup> (8 m×44.8m)
発酵槽	229m <sup>2</sup> 、392m <sup>2</sup>
送風機	最大吐出量 4.2m <sup>3</sup> /min、 2.3kw 2台 最大吐出量 23.0m <sup>3</sup> /min、 0.75kw 2台
配管	VP75、VP100 20～30cm間隔で2個の穴 (φ10mm)
堆肥クレーン	フォーク型グラブ モータは、ガータ走行用として2台、ホイスト、巻き上げ、油圧用にそれぞれ1台が使用されている。

を行うなり、堆積・発酵を行ってから、戻し堆肥として、ふん尿混合物と混合される。しかし、この調査の時点では、戻し堆肥の多くは、水分が50～60%であり、おがくずを使用しない牧場では72%にも達している。このため、戻し堆肥による水分調整効果はそれほど高くないと言える。戻し堆肥の品質については、本報告中の「寒冷時における良質堆肥生産条件の解析」を参照していただきたい。

堆肥の発酵を促進するには、A牧場におけるような微生物のエネルギー源として酸性白土の添加が有効と考える。さらには食品産業の廃棄物である油脂、菓子屑、糟糠類等の利用も有効と考える。また、寒冷時には、放熱を防ぐため、堆積高あるいは攪拌回数の適正値を検討する必要がある。

## 2. 堆肥クレーン型自動堆肥切り返し、および通風装置の組み合わせによる堆肥の製造について

施設の概要は表2に示すように、総面積

は392m<sup>2</sup>で、通気装置と堆肥クレーンが装備されている。作業の流れは、先ず、ふん尿で覆われている牛舎通路に、1日1回水分調整資材と戻し堆肥をバケットローダで散布する。その混合物を堆肥舎へ搬出し、1週間分の堆肥原料が貯まった時点で、堆肥クレーン（草地試験場により開発されたサイロ取り出し用装置の改良型）で次の区画へ積み替え移動する（写真1）。

堆肥クレーンは1回に200～300kgの材料を掴み取り、次の場所に移動し、堆積する。そこで通風処理を行いながら1週間堆積する。この工程を6回繰り返す（6週間）、堆肥化が終了する。製品の一部は牛床の敷料、戻し堆肥として、再利用し、残りは飼料生産圃場に散布している。

堆肥の切り返しは、設定したプログラムに従い、自動的に行われる。このため、大幅な省力化を達成するとともに、排泄物の搬送・堆肥の切り返し等の重労働から解放されることとなった。

最高温度は発酵槽に堆積後2～3週間目

に、夏期には75℃まで上昇し、冬期には70℃に到達した。堆肥原料中の水分は75%程であるが完了時の水分は、夏期には60%であったが、冬期には70%にとどまっている。また、有機物の分解率についてみると、夏期には50%であるが、冬期には30%にとどまっている。

コマツナの発芽率はほぼ100%であり、大腸菌群は堆積開始後1週間目には死滅してしまう。このため、そのままの状態で圃場還元が可能と考えるが、一部の製品については、流通・販売を目指して、さらに、攪拌・堆積、通気処理を開始したところである。

### 3. スラリーの固形堆肥化について

栃木県H牧場は、対尻式の牛舎で乳牛40頭を飼養しており、排出されたスラリー状のふん尿はコンベアでダンプトラックに入れて発酵処理施設(写真2)に搬送している。

本施設は、幅3.5m、長さ60m、深さ80cmの発酵槽、通気用の送風機2基および攪拌機を設置している。攪拌機の上部には、スラリータンクが付けられ、発酵槽の任意の位置にスラリーを散布することが可能である。1日に2回攪拌し、副資材として粕がらを使用している。

夏期高温時には、水分の揮散量が多く、発酵が進むが、冬期には日射量が不足し、温度も低いため、攪拌過程で団子状となり、水分も70~75%程度にとどまり、発酵が不十分となる。このため、本処理施設から、堆肥舎に搬送・堆積し、本格的な発酵を行っている(写真3)。

堆積発酵を行った製品は袋詰めし、近隣の家庭へほぼ実費で販売している。黒磯市の酪農家も、これとほぼ同様の方式により、堆肥化を行っているが、冬期間の発酵が不十分であり、食品産業からの廃棄物である油脂の使用を検討しているところである。

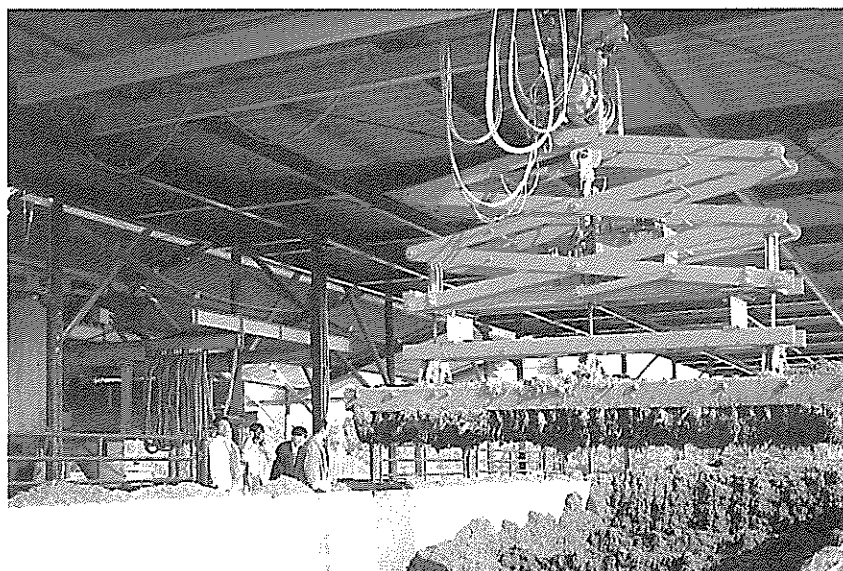


写真1 堆肥クレーンの利用による戻し堆肥の製造：堆肥クレーンで材料を掴み取り、隣のエリアに移動させ、堆積する。そこで、通風処理を行いながら1週間ほど発酵させる。このような作業は全て自動化されている(栃木県黒磯市)。



写真2 簡易発酵処理施設を利用したスラリーの堆肥化：もみがらを添加した発酵中の堆肥の上に液状の新鮮ふん尿を散布した後、通風と攪拌を行い、水分の揮散と発酵促進を図っている。しかし、十分な発酵が行われなため、堆肥舎で本格的な発酵を行っている（栃木県I町）。



写真3 スラリーを堆肥化した製品：水分調整、あるいは若干発酵が進んだ材料を堆肥舎内で数回切り返しを行って完熟させた後、袋詰めにして販売している（栃木県I町）。

## 7. 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：渡邊昭三、岡田光弘、岡田 清  
山本朱美、古川智子、高橋栄二  
共和化工株式会社：畠中 豊、志村有通、木本博志、  
越智泰彦、若松美伸、川本博樹

研究期間：平成9～11年度

### 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、糸状菌の繁殖等により起こるバルキングにより汚泥が浮上し、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原水前処理および余剰汚泥の脱水を同時に行い、②固定化担体およ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。

### 前年度までの成果

平成9年7月より、パイロットプラントでの実証試験を行い次の結果を得た。

1. スクリュープレス脱水機により、ふん尿混合汚水及びふん尿混合汚水と余剰汚泥の混合液の処理を行った結果、高分子凝集剤の添加のみで、BOD45%、SS90%、T-N45%、T-P85%以上の各汚濁成分の除去率が得られ、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できることを明らかにした。
2. 膜分離活性汚泥法により、BOD除去率99.9%以上、SS除去率ほぼ100%の結果が得られ、目標処理水質(BOD20mg/l、SS1mg/l)を達成できた。また、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%へと高まった。

### 試験方法

パイロットプラントフロー図および概要を図1に示す。

### 1. ふん尿混合汚水の性状および排出量の調査

平成9年度は、500頭規模の肥育豚舎から排出されるふん尿の性状および排出量の測定を行ったが、今年度も引き続き同様な調査を行った。

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

9年度は、ふん尿汚水、ふん尿汚水と余剰汚泥の混合物のそれぞれに対して高分子凝集剤単独で脱水試験を行ったが、今年度は、ふん尿汚水と余剰汚泥の混合液を対象液とし、高分子凝集剤と無機凝集剤（ポリ塩化アルミニウムおよびポリ硫酸第2鉄）を併用したスクリープレスによる脱水試験を行い、各試験区での処理量、原水および脱離液性状、脱水ケーキの水分等を測定し脱水機の性能を検討した。また、無機凝

集剤併用試験期間以外は、高分子凝集剤単独添加で運転を行った。

分析は、原水槽、脱離液および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

9年度は、硝化リアクターにおける曝気条件を連続曝気及び間欠曝気で試験を行い、間欠曝気にすることで窒素の除去率を向上させることができた。今年度は、窒素の除去率改善のために、流入原水の注入条件等を変化させ、また、リンの除去率改善のために、膜分離槽に直接無機凝集剤を添加して試験を行った。

さらに、9年度は膜の薬液洗浄を行わずに吸引試験を行ったが、今年度は膜の薬液洗浄を行うとともに、膜の閉塞原因を調べるために粘度およびTOCの測定を行った。

分析は、脱窒リアクターへの流入原水、各槽の汚泥および膜処理水について行った。

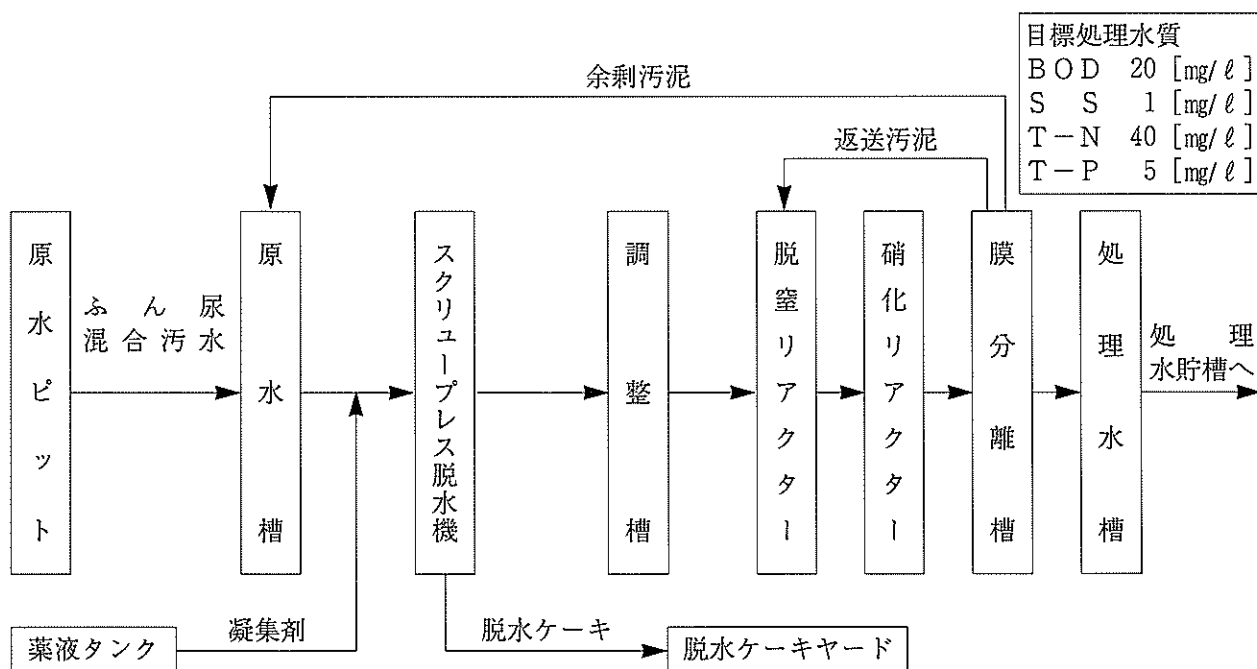


図1 パイロットプラントフロー

## 結 果

### 1. ふん尿混合汚水の性状及び排出量

豚舎よりのふん尿混合汚水の性状および排出量の調査結果を表1に示す。9年度の調査結果同様、計画値に比べ排出量が少なく、汚濁負荷量も低い値となった。

表1 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	13,700	32,400	5,360	1,480	2.0
最大値	19,600	43,300	6,620	1,980	3.4
最小値	9,610	17,700	3,810	989	0.8

(H10.4.1～H11.1.20)

### 2. スクリュープレス脱水機の性能試験

ふん尿汚水と余剰汚泥の混合液を対象液とし、高分子凝集剤の添加量を脱水機への

表2 スクリュープレス脱水機による性能試験結果（ポリ塩化アルミニウム併用で試験）

			試験区1		試験区2		試験区3		試験区4	
			H10.3.2～3.11		H10.3.12～3.24		H10.4.1～4.22		H10.4.23～5.26	
運転条件	原水供給量 [m <sup>3</sup> /hr]		0.6		0.6		0.6		0.6	
	凝集剤添加率 [% <sup>T-S</sup> ]	高分子	1.8		1.9		2.1		2.0	
		無機	0.0		8.7		20.2		27.6	
処理性能	処理量 [kg <sup>SS</sup> /hr]		24.2		27.1		22.4		23.5	
	脱水ケーキ水分 [%]		74.8		74.4		75.9		75.8	
水 質	BOD	原水 [mg/ℓ]	17,100	6,880	21,500	7,150	16,500	6,470	14,900	6,350
		脱離液 [mg/ℓ]								
	除去率 [%]		59.7		66.7		60.4		56.7	
	SS	原水 [mg/ℓ]	40,000	3,430	45,600	2,600	37,600	1,520	38,900	2,160
		脱離液 [mg/ℓ]								
	除去率 [%]		91.3		94.0		96.0		94.2	
	T-N	原水 [mg/ℓ]	6,400	3,500	5,340	2,500	5,070	2,650	4,950	2,610
		脱離液 [mg/ℓ]								
除去率 [%]		45.4		53.2		47.8		46.8		
T-P	原水 [mg/ℓ]	1,340	137	1,510	90.4	1,290	67.0	1,290	60.7	
	脱離液 [mg/ℓ]									
除去率 [%]		89.7		94.0		94.8		95.4		

投入T-S量当たり、2%<sup>T-S</sup>になるように設定し、試験区を高分子凝集剤のみ添加の区、高分子凝集剤の添加率は投入T-S量当たり、2%<sup>T-S</sup>になるように設定し、無機凝集剤（ポリ塩化アルミニウム）の添加率を変えた区に分けた。運転条件および試験結果を表2（試験区1,2,3,4）に示す。

試験区1では高分子凝集剤添加率1.8%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率0%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分74.8%、各水質項目の除去率BOD59.7%、SS91.3%、T-N45.4%、T-P89.7%となった。

試験区2では、高分子凝集剤添加率1.9%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率8.7%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分74.4%、各水質項目の除去率BOD66.7%、SS94.0%、T-N53.2%、T-P94.0%となった。



試験区 3 では、高分子凝集剤添加率 2.0%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率 20.2%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分 75.9%、各水質項目の除去率 BOD 60.4%、SS 96.0%、T-N 47.8%、T-P 94.8% となった。

試験区 4 では、高分子凝集剤添加率 2.1%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率 27.6%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分 75.8%、各水質項目の除去率 BOD 56.7%、SS 94.2%、T-N 46.8%、T-P 95.4% 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（ポリ塩化アルミニウム）を併用することにより約 95% まで上昇した。しかし、無機凝集剤添加率 8.7%<sup>T-S</sup> 以上添加してもほとんど変わらなかった。

また、無機凝集剤をポリ塩化アルミニウムからポリ硫酸第 2 鉄に換え同様の試験を行った。運転条件および試験結果を表 3（試験区 5, 6, 7）に示す。

試験区 5 では、高分子凝集剤添加率

2.1%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率 0%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分 74.5%、各水質項目の除去率 SS 95.5%、T-P 85.7% となった。

試験区 6 では、高分子凝集剤添加率 1.8%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率 4.3%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分 73.5%、各水質項目の除去率 SS 94.6%、T-P 84.1% となった。

試験区 7 では、高分子凝集剤添加率 2.0%<sup>T-S</sup>、無機凝集剤添加率 10.6%<sup>T-S</sup>で運転し、脱水ケーキ水分 73.6%、各水質項目の除去率 SS 95.8%、T-P 90.1% となった。

T-P の除去率は、高分子凝集剤単独では、85.7% だったが、無機凝集剤添加率を 10.6%<sup>T-S</sup> 添加したところ、90.1% へと上昇した。さらに添加率を上げようとしたが、ポリ硫酸第 2 鉄を加えることにより、原水が発泡するのでこれ以上添加率を上げることはできなかった。

また、無機凝集剤（ポリ塩化アルミニウム、ポリ硫酸第 2 鉄）を併用しても凝集剤使用量を減らすことはできなかった。

表 3 スクリュープレス脱水機による性能試験結果（ポリ硫酸第 2 鉄併用での試験）

			試験区 5		試験区 6		試験区 7	
			H10.7.21		H10.7.28		H10.7.29	
運転条件	原水供給量	[ml/hr]	0.60		0.59		0.56	
	凝集剤添加率 [% <sup>T-S</sup> ]	高分子	2.1		1.8		2.0	
		無機	0.0		4.3		10.6	
処理性能	処理量	[kg <sup>SS</sup> /hr]	20.9		19.8		19.0	
	脱水ケーキ水分	[%]	74.5		73.5		73.6	
水質	S S	原水 [mg/l]	34,800	1,560	33,600	1,820	34,000	1,430
		脱離液 [mg/l]						
	除去率 [%]		95.5		94.6		95.8	
	T-P	原水 [mg/l]	1,420	203	1,250	199	1,260	125
除去率 [%]		85.7		84.1		90.1		

無機凝集剤を併用した脱水試験終了後は、高分子凝集剤の添加率を投入T-S量当たり、2%<sup>T-S</sup>になるように設定し、無機凝集剤は使用せずに運転を行った。結果は表4に示す。

原水注入量0.59m<sup>3</sup>/hr、高分子凝集剤添加率1.9%<sup>T-S</sup>で運転を行い、脱水ケーキ水分75.1%、各水質項目の除去率BOD46.3%、SS91.9%、T-N48.9%、T-P83.9%となった。

### 3. 膜分離活性汚泥法の性能試験

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

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した後の運転条件を表5（試験区1,2,3）に、処理結果を表6（試験区1,2,3）に示す。

表5に示すように、試験区1は、流入原水の注入は脱窒リアクターへ行き、連続注入で行った。試験区2は、流入原水の注入は脱窒リアクターへ行き、間欠注入（ただし、硝化リアクター曝気停止時に注入）で

行った。試験区3は、流入原水の注入は、硝化リアクターへ行き、間欠注入（ただし、硝化リアクター曝気停止時に注入）で行った。

試験区1では、硝化リアクター水温16～26℃、MLSS14,800～19,500mg/ℓ、曝気時DO1.5～6.5mg/ℓ、曝気停止時DO0.0mg/ℓで運転し、各成分の除去率BOD99.8%、SS100%、T-N96.2%、T-P53.1%、膜処理水の水質BOD9.2mg/ℓ、SS0.75mg/ℓ、Kj-N27.9mg/ℓ、NOx-N38.1mg/ℓ、T-P42.8mg/ℓとなった。

試験区2では、硝化リアクター水温30～35℃、MLSS15,900～17,800mg/ℓ、曝気時DO1.5～5.5mg/ℓ、曝気停止時DO0.0mg/ℓで運転し、各成分の除去率BOD99.8%、SS100%、T-N97.5%、T-P60.5%、膜処理水の水質BOD11.3mg/ℓ、SS3.7mg/ℓ、Kj-N39.4mg/ℓ、NOx-N19.1mg/ℓ、T-P44.9mg/ℓとなった。

試験区3では、硝化リアクター水温30～36℃、MLSS15,900～17,800mg/ℓ、曝気時DO1.7～4.4mg/ℓ、曝気停止時DO0.0mg/ℓで運転し、各成分の除去率BOD100.0%、SS100%、T-N98.2%、T-P66.9%、膜処理水の水質BOD2.9mg/ℓ、SS0.8mg/ℓ、Kj-N31.2

表4 スクリュープレス脱水機による性能試験結果

原水注入量 [m <sup>3</sup> /hr]	高分子凝集剤添加率		処 理 量		脱水ケーキ水分 [%]
	[% <sup>SS</sup> ]	[% <sup>T-S</sup> ]	[kg <sup>SS</sup> /hr]	[kg <sup>T-S</sup> /hr]	
0.59	2.7	1.9	18.5	26.1	75.1
	BOD [mg/ℓ]	SS [mg/ℓ]	T-N [mg/ℓ]	T-P [mg/ℓ]	
原 水 槽	15,100	31,500	4,360	1,420	
脱 離 液	7,980	2,480	2,230	238	
除 去 率	46.3	91.9	48.9	83.9	

mg/l、NOx-N15.7mg/l、T-P52.7mg/l となった。

BODの値は全試験区で目標処理水質のBOD20mg/l以下を達成した。SSの値は、膜の破損によりSS濃度が上昇した時があったが、ほぼ1mg/l以下であった。

T-N除去率は、96.2%から98.2%へと若干上昇した。また、NOx-Nは、流入原水の注入を曝気停止時に、間欠曝気を行っている硝化リアクターへ直接注入させることで、38.1mg/lから15.7mg/lに低下したが、これは、流入原水中のBODが、曝気停止時に注入させることで、脱窒の際の水素供与体として有効に利用されNOx-N濃度が低下したものである。

また、T-Pは、流入原水のT-P濃度が上昇したが、処理水で50mg/l前後とほとんど変わらず、除去率は53.1%から66.9%へ上昇した。

次に、膜分離槽からの汚泥の返送を脱窒リアクターを経由させた場合と、硝化リアクターへ返送し脱窒リアクターを経由させ

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 [-]	流入原水の 注入条件	膜分離槽よりの 汚泥の返送	試験期間
1	3.5~4.0	10	脱窒リアクターへ連続注入	脱窒リアクター経由し硝化リアクターへ返送	H10.2.11~H10.3.26
2	2.5	1.4~2.8	脱窒リアクターへ連続注入	脱窒リアクター経由し硝化リアクターへ返送	H10.5.18~H10.6.8
3	2.5	2.0	脱窒リアクターへ連続注入	脱窒リアクター経由し硝化リアクターへ返送	H10.6.30~H10.7.23
4	2.2~3.2	2.1~4.6	脱窒リアクターへ連続注入	脱窒リアクター経由し硝化リアクターへ返送	H10.9.24~H10.11.17
5	2.9	1.0	脱窒リアクターへ連続注入	硝化リアクターへ返送	H10.11.24~H10.12.14

ない場合とで試験を行った。運転条件を表5（試験区4,5）に、処理結果を表6（試験区4,5）に示す。

結果は、試験区4では、硝化リアクター水温23~34℃、MLSS10,400~12,900mg/l、曝気時DO0.8~3.6mg/l、曝気停止時DO0.0mg/lで運転し、各成分の除去率BOD99.9%、SS100%、T-N97.9%、T-P74.2%、膜処理水の水質BOD4.0mg/l、SS1.1mg/l、Kj-N27.6mg/l、NOx-N15.5mg/l、T-P71.5mg/lとなった。

試験区5では、硝化リアクター水温21~25℃、MLSS12,700~13,700mg/l、曝気時DO0.9~3.9mg/l、曝気停止時DO0.0mg/lで運転し、各成分の除去率BOD99.9%、SS100%、T-N97.4%、T-P74.5%、膜処理水の水質BOD6.5mg/l、SS1.5mg/l、Kj-N34.7mg/l、NOx-N28.3mg/l、T-P69.0mg/lとなった。

膜処理水質、各水質成分除去率共に、両試験区でほとんど変わらず、窒素の膜処理水質、除去率が試験区5の方が若干悪い程度であった。よって、硝化リアクターでの

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]	NH4-N[mg/l]	NOx-N[mg/l]	T-P[mg/l]	SS[mg/l]
1	流入原水	4,340	1,920	1,920	1,510	—	104	2,200
	膜処理水	9.2	66.1	27.9	2.8	38.1	42.8	0.75
	除去率[%]	99.8	96.2	98.3	99.8	—	53.1	100
2	流入原水	7,180	2,430	2,430	2,010	—	135	4,400
	膜処理水	11.3	58.5	39.4	3.9	19.1	44.9	3.7
	除去率[%]	99.8	97.5	98.4	99.8	—	60.5	100
3	流入原水	6,250	2,040	2,040	1,580	—	166	6,400
	膜処理水	2.9	55.7	31.2	3.3	15.7	52.7	0.8
	除去率[%]	100.0	98.2	98.5	99.8	—	66.9	100
4	流入原水	6,830	2,120	2,120	1,820	—	480	4,380
	膜処理水	4.0	43.0	27.6	3.1	15.5	71.5	1.1
	除去率[%]	99.9	97.9	98.7	99.8	—	74.2	100
5	流入原水	5,700	2,470	2,470	1,920	—	271	4,810
	膜処理水	6.5	63.0	34.7	2.3	28.3	69.0	1.5
	除去率[%]	99.9	97.4	98.6	99.9	—	74.5	100

試験区－1：硝化リアクター（水温）16～26℃（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－2：硝化リアクター（水温）30～35℃（MLSS）15,900～17,800 [mg/l]

（DO）曝気時 1.5～5.5 [mg/l]、停止時 0.0 [mg/l]

試験区－3：硝化リアクター（水温）30～36℃（MLSS）9,740～11,600 [mg/l]

（DO）曝気時 1.7～4.4 [mg/l]、停止時 0.0 [mg/l]

試験区－4：硝化リアクター（水温）23～34℃（MLSS）10,400～12,900 [mg/l]

（DO）曝気時 0.8～3.6 [mg/l]、停止時 0.0 [mg/l]

試験区－5：硝化リアクター（水温）21～25℃（MLSS）12,700～13,700 [mg/l]

（DO）曝気時 0.9～3.9 [mg/l]、停止時 0.0 [mg/l]

間欠曝気処理のみでも現状の処理性能をほぼ維持できるものと思われた。

引き続き、膜処理水中のリン濃度を低下させるために、膜分離槽に無機凝集剤（ポリ硫酸第2鉄）を添加して試験を行った。しかし運転トラブルにより安定した条件で試験を行うことができなかった。

結果は図2のようになり、膜処理水中のT-P濃度は、ポリ硫酸第2鉄添加前は、38～59mg/lであったが、流入原水注入量に対し0.4vo1%添加したところ、約10mg/lに下が

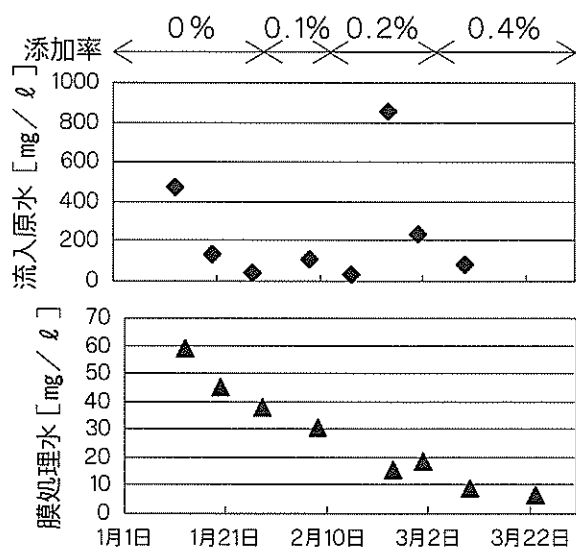


図2 膜分離槽への無機凝集剤添加試験におけるT-Pの変化

った。

## 2) 膜の運転結果

表7に膜の運転条件を、図3に結果を示す。

4月23日より、実透過流束を $0.3\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ から、 $0.5\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ へと上げ運転を行った。図3に示すように膜の差圧は、 $0.5\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ へと上げた後、 $0.2\sim 0.3\text{kgf}/\text{cm}^2$ の間で安定していたが、途中で2回、膜分離槽よりの汚泥の循環がうまくいかず膜分離槽内の汚泥濃度が上昇し閉塞を起こした。1回目は、吸引を停止し、エアバブリング洗浄

を一晩行うことで回復したが、2回目は回復せず運転を停止した。

膜分離槽より、膜を引き上げ、薬液洗浄試験を行った。試験の結果、次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄が一番効果があり、 $0.5\%$ 次亜塩素酸ナトリウム溶液中に一晩浸漬させた後、水中で洗浄の効果を確認し、6月28日より運転を再開させた。

6月28日以降の運転条件と結果を表8、図4に示す。実透過流束を1日に $0.1\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ づつ上げていき、 $0.4\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ として運転を行った。7月14日まで差圧は、 $0.2$

表7 膜の運転条件

	試験区 1	試験区 2
膜面積	25.9 [m <sup>2</sup> ]	25.9 [m <sup>2</sup> ]
実透過流束	0.3 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日]	0.5 [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	34 [m <sup>3</sup> /hr]	33 [m <sup>3</sup> /hr]
試験期間	H10.1.17~10.4.22	H10.4.23~10.6.8

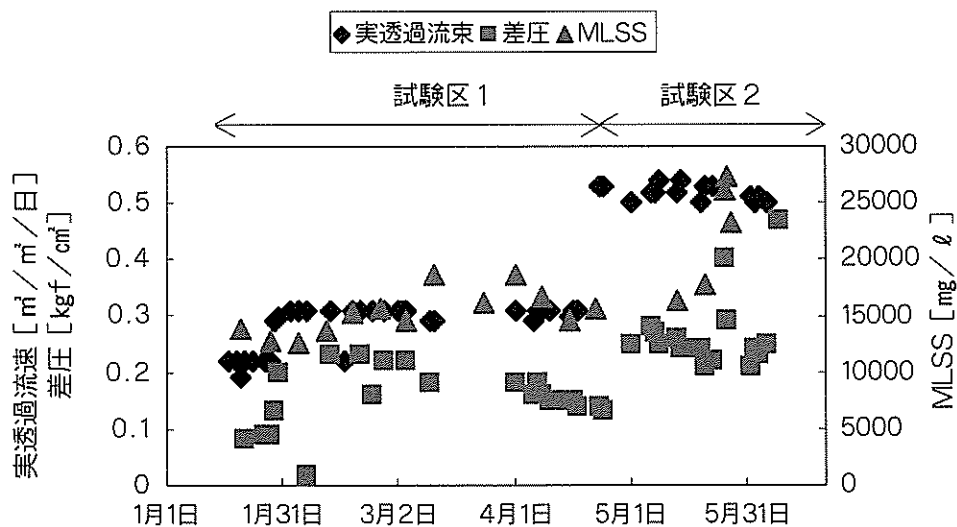


図3 膜の経日変化 (試験区1, 2)

kgf/cm<sup>2</sup>以下だったが、膜分離槽汚泥濃度が上昇し差圧が0.8kgf/cm<sup>2</sup>まで上昇したので吸引を停止した。膜分離槽より膜を引き上げ、ブラシ洗浄を行い、7月18日より吸引を復帰させた。しかし、7月24日差圧が、0.5kgf/cm<sup>2</sup>以上になったので、吸引を停止した。

膜分離槽より膜を引き上げ、薬液洗浄試

験を行ったところ、塩酸での洗浄が一番効果があったので、0.5%塩酸溶液中で一晩浸漬させた後、水中で洗浄の効果を確認し、9月24日より運転を復帰させた。

9月24日より、膜の定期的薬液洗浄を行い膜処理を復帰させた。運転条件および結果を表9、図5に示す。

試験区5では、次亜塩素酸ナトリウムに

表8 膜の運転条件

	試験区3	試験区4
膜面積	23.5 [m <sup>2</sup> ]	22.3 [m <sup>2</sup> ]
実透過流束	0.4 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日]	0.4 [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	35 [m <sup>3</sup> /hr]	35 [m <sup>3</sup> /hr]
試験期間	H10.6.28～10.7.6	H10.7.7～H10.7.24

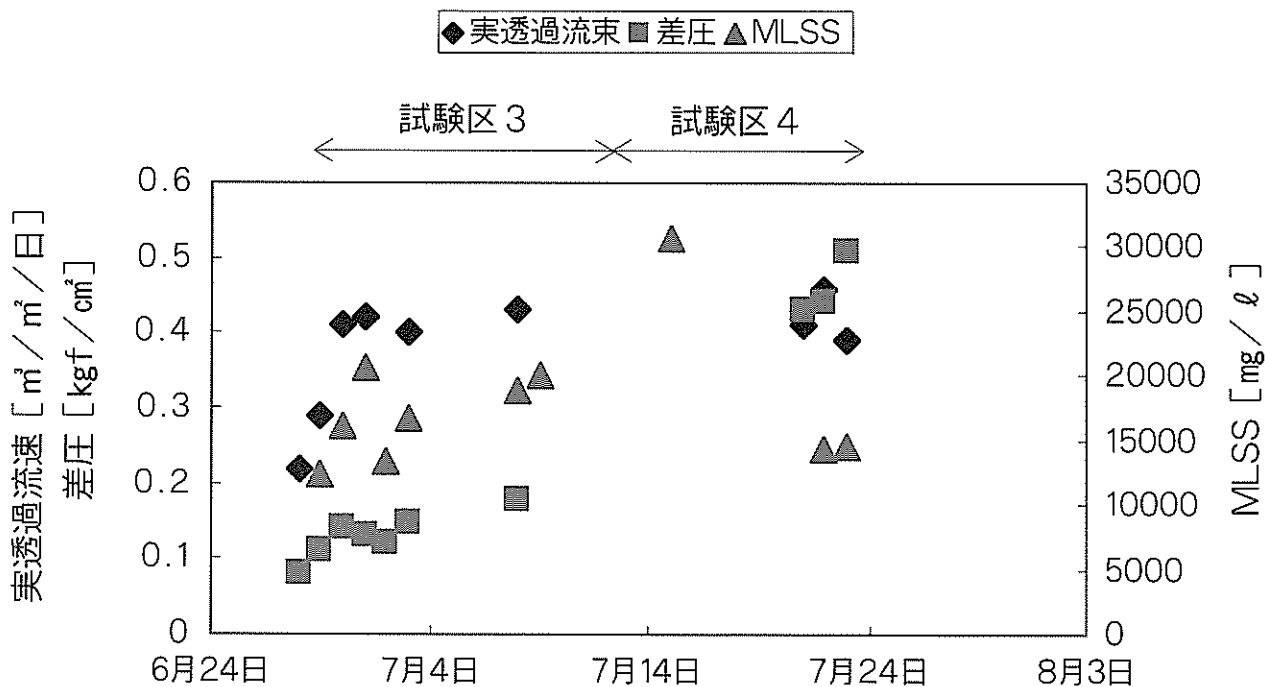


図4 膜の経日変化（試験区3，4）

よる薬液洗浄を膜分離槽中で1週間毎に行い、40日間連続的に吸引処理が行えた。そして、塩酸に一晩浸漬後、運転を再開した。

試験区6では、次亜塩素酸ナトリウムによる薬液洗浄を2週間毎に行い、38日間連続的に吸引処理が行えた。その後、塩酸を用い膜分離槽で薬液洗浄を行い、運転を復帰した。

試験区7では、前の試験区5,6と違い復帰直後の差圧が、 $0.2\text{kgf}/\text{cm}^2$ と高かったが、16日間連続的に処理が行えた。その後、次亜塩素酸ナトリウム、塩酸による薬液洗浄を行った後、1月7日より運転を復帰させた。

試験区8では、薬液洗浄を行っていないが、リンの除去のために、無機凝集剤の膜分離槽への添加を行っており、差圧は、 $0.15\text{kgf}/\text{cm}^2$ で安定しており、現在も継続中である。

以上の結果より、次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄は、2週間以上の周期でも良いと考えられた。

また、今年度より、膜分離槽汚泥、膜分離槽汚泥の上澄み、膜処理水について、粘度、TOCの分析を行った。

差圧と汚泥の上澄み、処理水のTOC濃度の結果を図6に、差圧と汚泥粘度の結果を図7にそれぞれ示す。差圧と汚泥粘度の間には、図7に示すように相関はみられなかった。しかし、差圧と汚泥上澄みのTOC濃度との間には、図6のように、定期的な薬液洗浄を始める前の7月23日以前のデータにおいて相関が見られた。そこで、7月23日以前のデータについて差圧と汚泥上澄みTOC濃度の関係を、図8に示した。7月23日以前のデータでは、相関係数0.96 ( $P < 0.05$ ) となり、差圧と汚泥上澄みのTOC濃度との間には有意の相関が見られた。7月

表9 膜の運転条件

	試験区 5	試験区 6
膜面積	18.6 [m <sup>2</sup> ]	17.8 [m <sup>2</sup> ]
実透過流量	0.5 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日]	0.5 [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	35 [m <sup>3</sup> /hr]	35 [m <sup>3</sup> /hr]
次亜塩素酸ナトリウムによる定期薬液洗浄	1週間毎(膜分離槽内で薬液逆洗)	2週間毎(膜分離槽内で薬液逆洗)
試験期間	H10.9.24～10.11.2	H10.11.6～H10.12.15
	試験区 7	試験区 8
膜面積	17.8 [m <sup>2</sup> ]	17.0 [m <sup>2</sup> ]
実透過流量	0.5 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /日]	0.5 [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	35 [m <sup>3</sup> /hr]	35 [m <sup>3</sup> /hr]
次亜塩素酸ナトリウムによる	無し	無し
試験期間	H10.12.20～H11.1.4	H11.1.7～

23日前までは、次亜塩素酸ナトリウムによる膜分離槽内での定期的な薬液洗浄を行っていなかったため、膜分離槽内に溶解性有機物が蓄積して膜の閉塞を引き起こしたと思われる。

引き続き、汚泥、汚泥上澄み、膜処理水の粘度、TOC濃度を測定していくことにより、次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄周期の決定ができると思われる。

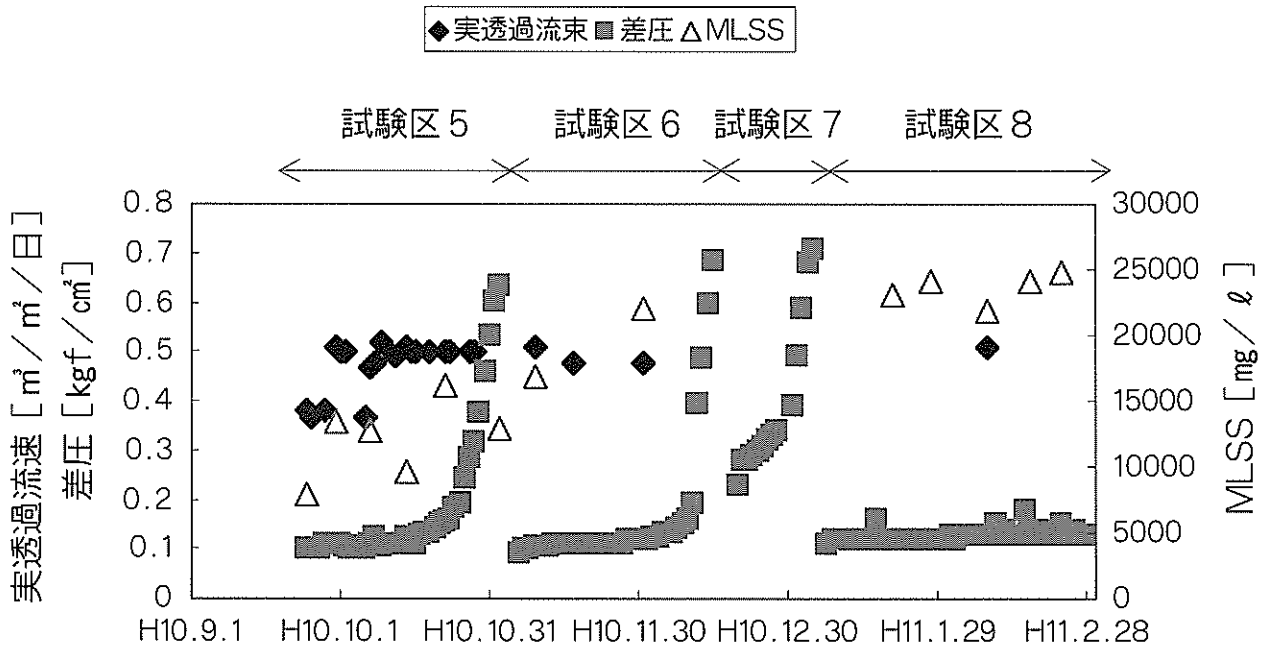


図5 膜の経日変化（試験区5，6，7，8）

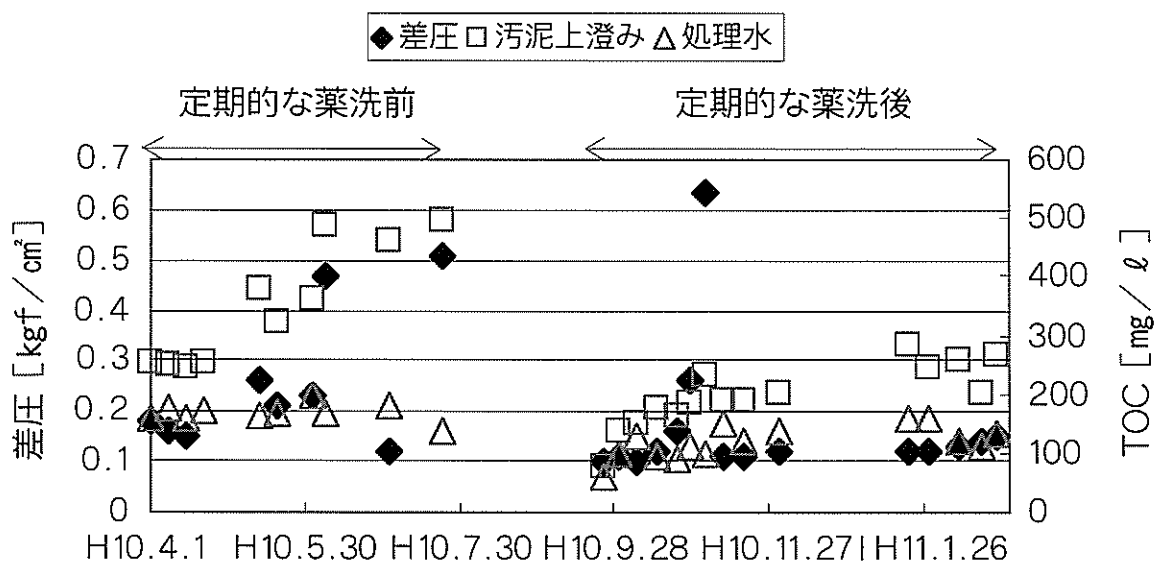


図6 差圧の汚泥の上澄み、処理水のTOC





液洗浄を行ったが、次亜塩素酸ナトリウム溶液および塩酸による洗浄が一番効果があった。また、次亜塩素酸ナトリウム溶液による定期的な薬液洗浄は、洗浄周期2週間以上でも良いことが明らかになった。

#### 今後の検討課題

##### 1. 凝集剤コスト低減の検討

高分子凝集剤と併用することで、添加率を低下させうる薬品等がないか試験する。

##### 2. 膜処理水質の改善

間欠曝気サイクル等の変更や無機凝集剤の添加により、膜処理水の全窒素濃度、リン濃度のさらなる除去を行う。また、流入原水の注入量を変え、負荷を変え処理水質

への影響を調べる。

##### 3. 薬液洗浄方法の確立

次亜塩素酸ナトリウムによる逆洗および定期的な塩酸による洗浄を行い、膜洗浄方法がろ過能力の回復度合に与える影響を調査し、膜の洗浄方法を確立する。汚泥、上澄み、処理水の粘度、TOCの測定を行い、膜の閉塞原因および洗浄効果の確認を行う。

##### 4. 膜分離槽の運転条件の確立

膜分離槽内のpH調整等を行い、閉塞の起きにくい運転条件を確立する。

##### 5. 装置の評価

これまでの試験で得られたデータおよび上記検討の結果を基に、装置の性能、経済性の評価を行う。

## 8. 普及活動等

### 学術論文

1. 岡田光弘、山本朱美、岡田 清 (1998) : 高濃度豚舎汚水を好気性処理した際の色度について、日豚会誌 35巻4号、161.
2. 岡田光弘、古川智子、山本朱美、岡田 清、渡邊昭三、木元博志 (1999) : 起源ならびに処理方法の異なる処理水の色度成分のpHならびに加熱処理、薬剤凝集処理に対する反応、日豚会誌 36巻2号、86.

### 出版物

1. 渡邊昭三 (1998) : 「環境保全型地域農業開発計画の策定への低減」、畜産コンサルタント、No.404,60-66.
2. 渡邊昭三 (1998) : 「大型優良事例・豊橋市酪農共同組合の実績に今後の課題を分析する」、畜産コンサルタント、No.405, 60-65.
3. 渡邊昭三 (1998) : 「環境保全型畜産－豊かな畜産の里を築くために－」、農業普及(岩手県農業普及協会)、10月号、18-22.
4. 渡邊昭三 (1998) : 「視界：畜産環境保全営農モデルの実証研究を」、研究ジャーナル、No.21(11), 3-6.
5. 岡田 清 (1998) : 「視点'98：堆肥化施設の共同化が費用低減、汚染防止の最善策」、デーリイマン、No.2、24-25.
6. 岡田 清 (1998) : 「畜産環境技術の現状と将来展望」、家畜改良センターだより、No.26、10-13.
7. 岡田 清 (1998) : 「1. 山地酪農とは」、山地酪農の新技术 I (日本草地畜産協会)、1-27.
8. 岡田 清 (1998) : 「3. 山地酪農の経営実践例と経営上の参考点」、山地酪農の新技术 I (日本草地畜産協会)、65-92.
9. 岡田 清 (1998) : 「4. 山地酪農の発展・定着のために」、山地酪農の新技术 I (日本草地畜産協会)、93-96.
10. 岡田 清 (1998) : 「山地酪農に期待すること」、山地酪農の新技术 I (日本草地酪農協会)、97-99.
11. 岡田 清 (1998) : 「欧米における有機性ゴミ処理の実状について」、畜産環境情報、3号、16-20.
12. 岡田 清 (1998) : 「有機資源リサイクル事情視察を終えて」、北米・欧州有機資源リサイクル事情視察報告書、73-77.
13. 岡田 清 (1998) : 「環境保全型低投入畜産の実現」、山地畜産の推進(日本草地畜産協会)、30-33.

## 講演

1. 岡田光弘 (1998.7) : 中央畜産技術研修会、「環境保全 (I)」、農林水産省畜産局
2. 岡田光弘 (1998.8) : 畜産環境保全研修会、「家畜ふん尿処理技術」、兵庫県畜産会
3. 渡邊昭三 (1998.9) : 畜産指導者セミナー「畜産環境保全と保全施設整備導入の実際」、岩手県畜産会
4. 渡邊昭三 (1998.9) : 畜産環境保全研修会「環境保全型畜産—豊かな畜産の里を築くために」、岩手県畜産課
5. 岡田光弘 (1998.9) : 全農畜産環境技術研究会、「酪農の畜産環境対策について(1)」、全農
6. 渡邊昭三 (1998.10) : 中央畜産技術研修会「家畜ふん尿の堆肥化技術」、農水省畜産局
7. 渡邊昭三 (1998.10) : 畜産指導者セミナー「環境保全型畜産確立の緊急性とその進め方」、新潟県畜産会
8. 渡邊昭三 (1998.10) : 中日本ブロック肉用牛経営者協議会「近年の畜産環境問題とその対策について」、中央畜産会
9. 岡田 清 (1998.11) : 秋田県環境保全型畜産確立シンポジウム「コンポストの製造と利用技術に関する最近の動向について」
10. 岡田光弘 (1998.11) : 全農畜産環境技術研究会、「酪農の畜産環境対策について(2)」、全農
11. 岡田光弘 (1998.11) : 畜産環境保全に関するシンポジウム、「堆肥化処理—畜産経営に課せられた義務として」、近畿農政局
12. 岡田光弘 (1998.12) : 中央畜産技術研修会、「環境保全 (II)」、農林水産省畜産局
13. 岡田光弘 (1998.12) : 畜産環境保全研修会、「酪農の堆肥化処理施設」、千葉県酪連
14. 岡田光弘 (1998.12) : 経営指導技術向上事業課題別研修、「畜産環境問題、実践的な課題と指導上の留意点」、中央畜産会
15. 岡田光弘 (1999.2) : 畜産環境保全研修会、「どのようにして取り組むか！ ふん尿処理問題」、岩手県畜産会
16. 岡田光弘 (1999.2) : 畜産環境保全研究会、「堆肥化処理—畜産経営に課せられた義務として」、埼玉県畜産会
17. 岡田光弘 (1999.3) : 同、島根県畜産会
18. 岡田光弘 (1999.3) : 同、滋賀県畜産会
19. 岡田光弘 (1999.3) : 同、岡山県畜産会
20. 岡田光弘 (1999.3) : 同、茨城県畜産会

## その他 (テレビ、ラジオ、新聞等での発表)

1. 渡邊昭三 (1998.11) : 畜産アワー「地下水の硝酸態窒素について」、農林放送事業団

## 応嘱委員等 (平成10年度)

1. 渡邊昭三 : 日本大学生物資源学部、「動物行動学」、非常勤講師
2. 岡田光弘 : 東京農工大学農学部、「家畜衛生学1～5」、非常勤講師

## 9. 平成10年度新着図書

和書 (単行本)

図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
1 生分解性プラスチック		エヌ・ティー・エス
2 わかりやすい労働基準の手引き	労働省労働基準局	新日本法規出版
3 労働時間・休日・休暇管理の手引き	労働省労働基準局賃金時間部	新日本法規出版
4 水田土壌とリン酸 —供給力と施肥—	日本土壌肥料学会	(株)博友社中央法規出版
5 農業環境におけるメタンと 亜酸化窒素	農林水産省農業環境技術研究 所	(株)養賢堂
6 嗅覚とにおい物質	川崎通昭・堀内哲嗣郎	(社)臭気対策研究協会
7 塩集積土壌と農業	日本土壌肥料学会編	博友社
8 環境計測学	大浦政弘・溝田次夫	(株)環境新聞社
9 DIALOG検索のためのコマ ンドガイド		(株)KMK デジテックス
10 広辞苑	新村出	岩波書店
11 河川・湖沼の水質浄化技術 の開発と汚染対策	稲垣徹・新関俊和	(株)工業技術会
12 学術雑誌総合目録 欧文編 1994年版 第8分冊	学術情報センター 代表 猪瀬 博	(株)紀伊国屋書店
13 環境保全関係法令質疑応答 集	環境庁環境保全関係法令研究 会	第一法規出版
14 環境基準・規制対策の実務 第1巻～第3巻	環境庁環境基準・規制対策法 令研究会	第一法規出版
15 環境計量実務便覧 第1巻～第2巻	(社)日本環境測定分析協会	第一法規出版
16 作物にとって雨とは何か 「濡れ」の生態学	木村和義	(社)農山漁村文化協会
17 全国の水質規制値平成9年 10年版上巻下巻	各都道府県政令市水質規制担 当官資料提供	アイビーシー水質編集室
18 植物の根圏環境制御機能	日本土壌肥料学会	(株)博友社
19 地下水汚染・土壌汚染の現 況と浄化対策	品田利彦	工業技術協会
20 農業環境を守る微生物利用 技術	西尾道徳・大畑貫一	家の光協会

図 書 名	著 者・編 者	発 行 所
21 農業の環境便益～その論点 と政策OECD編		家の光協会
22 基礎微生物学 8 食品微生物学入門	R. C. ボード著 相田浩・扇元敬司・未柄信夫 共訳	培風館
23 最新・酪農用語解説	野付巖・扇元敬司	デーリィ・ジャパン社
24 新畜産ハンドブック	扇元敬司・角田幸雄 永村武美他	(株)講談社
25 畜産衛生学	扇元敬司・柏崎守・中井裕	(有)川島書店
26 動物生産学概論	扇元敬司・佐藤衆介 今井壯一他	(有)川島書店
27 乳牛の病気119番		デーリィ・ジャパン社
28 ハウスマン原生動物学入門	扇元敬司訳	(株)弘学出版
29 微生物学	扇元敬司	(株)講談社

洋書 (単行本)

図 書 名	著者・編者	発 行 所
1 Animal Waste Utilization Effective Use of Manure as a Soil Resource	J.L.Hatfield B.A.Stewart	Ann Arbor Press
2 Atlas of Rumen Microbiology	K.Ogimoto S.Imai	Japan Scientific Societies Press
3 Biology of Copper Complexes	J.R.J.Sorenson	Humana Press
4 Constructed Wetlands for the Treatment of Landfill Leachates	G.Mulamoottil E.A.McBean F.Rovers	Lewis Publishers
5 Official Methods of Analysis of AOAC International 16th Edition Volume 1 & 2	P.Cunniff	AOAC International
6 Microbial Function in the Rumen '85	K.Ogimoto S.Imai	Japanese Society of Rumen Microbiology



財団法人 畜産環境整備機構 畜産環境技術研究所年報  
 第2号（平成10年度）  
 平成11年10月31日発行

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

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

メールアドレス：[ilet@shirakawa.ne.jp](mailto:ilet@shirakawa.ne.jp)

ホームページ：<http://group.lin.go.jp/leio/Index.html>

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