

畜産環境技術研究所の最近の成果について

畜産環境技術研究所

畜産環境技術研究所は、畜産環境対策に関する技術の研究開発普及を行うとともに、大学、国、地方自治体の試験研究機関等で研究開発された成果技術を基に農家で利用できる技術への実用化および普及を行っている。

今回は、日本中央競馬会の助成を受け、平成15年から18年度まで実施してきた畜産環境技術開発普及事業の成果の主なもの（うち、前月号に掲載済みの「各種家畜ふんたい肥の肥効と化学肥料との成分調整法」を除く）を紹介する。

(1) 堆肥生産・汚水処理サポートシステム

1. 背景

農業環境三法の施行に伴い、畜産農家にふん尿処理施設の導入が進んでいる。堆肥化処理や汚水処理は、同じ施設を導入したとしても、畜産農家の畜舎構造、ふん尿の排出頻度、気候など、その経営状態に合わせた施設管理方法を検討しなくてはならない。また、家畜の頭数や畜舎構造、場合によっては飼料の変更などによっても、施設管理内容を変更しなくてはならないこともある。このように、ふん尿処理施設には、細かな管理と、時には高度な知識が必要とされる。しかし、実態は、畜産農家が施設管理の全てを行うことが多く、不確かな知識や技術とコスト面の追求によって、正常な稼働ができていないケースが見られる。

このような状況を改善するために、畜産農家のための堆肥生産・汚水処理サポートシステム（以降サポートシステムと略す）を開発した。このシステムは、インターネット上に公開しており、誰でも無料で、施設管理のサポートを受けることができる。

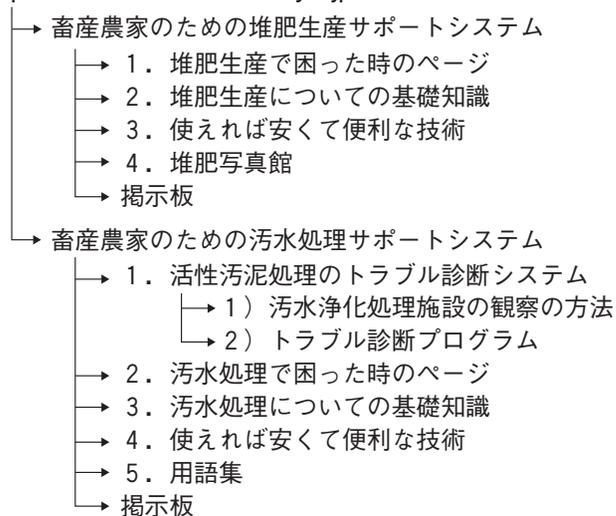
2. サポートシステムの利用方法

畜産環境技術研究所のホームページ (<http://www.chikusan-kankyo.jp/>) から、「畜産農家のための堆肥生産サポートシステム」または「畜産農家のための汚水処理サポートシステム」を選択すれば、それぞれ

閲覧できる。インターネットを利用していない畜産農家も多いため、サポートシステムの一部をパンフレットにしたものもあるので、利用したい方は、畜産環境技術研究所（電話：0248-25-7777）に問い合わせさせていただきたい。

堆肥生産サポートシステムは主に4つ、汚水処理サポートシステムは主に5つの部分からなっている（図1）。畜産農家が利用することを前提としているため、容易に理解できるようにイラストを多用し、利用者が迷わないようにシンプルな操作画面となっている。また、掲示板のページが用意され、質問、改善、要望などを受け付けるためのe-mailアドレスも掲載されている。これらについては、迅速な対応を心がけているのでぜひご利用いただきたい。

畜産環境技術研究所ホームページ
<http://www.chikusan-kankyo.jp/>



問い合わせ先：ss@chikusan-kankyo.jp/

図1 サポートシステムの概要

3. 堆肥生産・汚水処理で困った時のページ

堆肥生産では、堆肥化処理、副資材、良質堆肥とは何か、堆肥の利用や販売および堆肥化施設の設置についての36問、汚水処理では、汚水の処分方法、処理水の放流、汚水の農地還元、浄化処理施設の設置、浄化

処理施設の管理についての21問に答える形で情報を提供している。

4. 堆肥生産・汚水処理についての基礎知識

堆肥生産と汚水処理のそれぞれに関する基礎的なことを、イラストを多用して、わかり易く解説している。項目数としては、堆肥生産で109件、汚水処理で55件を掲載している。

堆肥生産サポートシステムでは、堆肥化処理で定義がはっきりしないまま使われている「一次発酵」と「二次発酵」について、新しい提案をしている(図2)。これは、病原性微生物と雑草種子が死滅し、易分解性有機物がほぼ消失しているという、堆肥が満たすべき最低限の条件を基本においている。詳しくは、ホームページをごらんいただきたい。

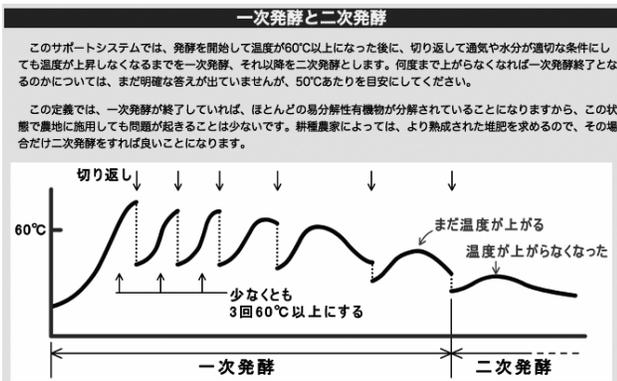


図2 「一次発酵」と「二次発酵」の定義についての新しい提案のページ(一部)

堆肥生産サポートシステムでは、副資材の混合割合は水分よりも容積重を指標にすることを提案している。副資材を混合する目的が、ふん尿の水分を吸い取ることよりも原料の中に空隙を作ることにあることと、現場では水分よりも容積重が容易に測定できることがその理由である。ここでは、さらに、発酵に適切な容積重は固定された値ではなく、堆肥化施設や原料などによって、それぞれ最適化すべきであること、並びにその最適化の方法(図3)も紹介している。

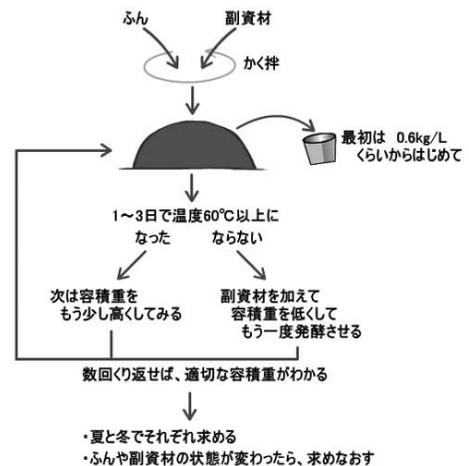


図3 堆肥化原料の最適な容積重の求め方

汚水処理サポートシステムでは、汚水処理技術を汚濁物質の「分解処理」と「分離処理」に分けて解説することを試みている。これは、畜産現場で、汚濁物質を分解しない行程にもかかわらず、汚濁物質が消失していると勘違いしている事例に、幾度も遭遇した経験からの発想である。また、汚水処理をする場合、最終的に処理された水の行く先(図4)を考え、そこから処理の方法を考えることも提案している。

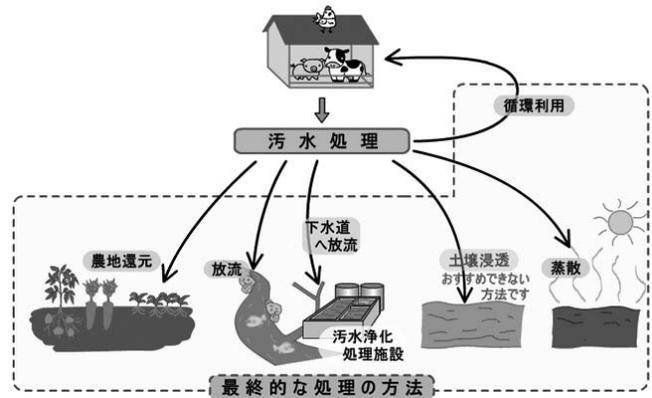


図4 汚水を最終的に持って行く先

5. 堆肥生産・汚水処理で使えば安くて便利な技術

畜産の現場では、その機能や使用方法が明確になっていないながらも、利用されている技術が多くある。そのような情報118件を収集し、学識経験者9名からなる委員会によって、効果に再現性があること、安全な技術であること、現在の技術よりもコスト的に安いこと、業者販売であるか否かに関わらず農家の役に立つことなどの観点から取捨選択し、マニュアル化した

以下の15件の技術を紹介している。

建築廃材の利用
細断古紙の利用
地域特有の有機性破棄物の利用について
バークリーナ簡易モミガラ散布器
豚スラリーの簡易モミガラ堆肥調製法
米ぬか等の被覆で悪臭を回避
発酵床豚舎で堆肥生産の手間を低減
過リン酸石灰の添加でアンモニア臭を減らす
手作りハエ取り器
木材のスライスチップ
豚舎汚水の簡易ばっ気処理
酪農尿汚水の簡易ばっ気処理
手作りスカム除去装置
発酵床豚舎で汚水の発生を低減
汚水処理への貝殻の利用

技術の性格上、低コストになったり、手間が省けたりするが、使用できる条件が限定されるので注意して活用していただきたい。

6. 堆肥写真館

堆肥サポートシステムに掲載している489の堆肥の分析値と写真のデータベースである。原料の畜種と副資材の種類によって絞り込んで閲覧できる。堆肥の写真は、同じ縮尺、同じ露出（明るい一部の堆肥は露出を落としている）で表示されるので、堆肥間の色合いや質感の違いを見比べることができる。同じ原料であっても、様々な堆肥が生産されていることを実感していただきたい。

7. 活性汚泥処理のトラブル診断システム

汚水処理サポートシステムに掲載している活性汚泥処理施設のばっ気槽に生じるトラブルからの復帰をサポートするシステムである。農家でも容易にできる施設の観察の結果から、トラブルの原因を特定し、復旧の手段を提示するプログラムが組み込まれている。サポートシステムの中では、最も早くから公開されており、多くの利用者が訪れるサイトとなっている。

8. 堆肥生産・汚水処理サポートシステムの利用について

インターネットを活用している畜産農家は、まだ少ないようである。しかし、これからの畜産を担う若手は、インターネット世代である。本システムを畜産経営の安定に役立てて、畜産振興に寄与していただければ幸いである。また、先に紹介したように、掲示板やe-mailによって、システムに不足している部分を補うようになっている。インターネットによる情報発信の即時性を生かしていただければと思っている。

最後に、「堆肥生産についての基礎知識」の製作には、神奈川県農業技術センター副所長の藤原俊一郎氏、NPO法人環境資源開発研究所理事の伊澤敏彦氏、NPO法人バイオガスシステム研究会理事の亀岡俊則氏の多大なるご助力を頂いた。また、「使えば安く便利な技術」の作成に携わっていただいた委員諸氏、並びにシステム作成の随所で畜産農家や試験研究機関の皆様にも、多大なるご協力いただいた。この場を借りて深謝する。

長峰 孝文

(2) 「畜産環境対策施設」の導入に当たって ーチェックポイントの整理と事例紹介ー

1. 背景および概要

家畜ふん尿処理の施設・機械類は、各製造メーカーにより独自開発されたものが多い。畜産農家がこれら施設や機械類を選定するに当たっては、処理性能や耐久性などが各自の現場の条件に適應できるかどうかをもっとも知りたい情報である。しかし、現状は、メーカーのコマーシャルベースの情報が主であり、採用した施設・機械類が現場において上手く適應できなかったケースもみられる。

そこで、家畜ふん尿処理にかかる一連の処理システムと使用する施設・機械類の性能や耐久性、経済性等の適應性について評価するとともに、長所短所の特徴を明らかにし、現場において技術選択を容易にするための情報提供を行うこととした。

そこで、家畜排せつ物法の全面施行（平16）に合わせて、農家や畜産関係者が畜産環境対策施設を導入する際の機種選定の参考に供するため、各種の環境対策施

設や機械の機種選定のためのガイドラインを作った。また、環境対策施設や機械は基本要素は確立されているものの、導入現場の制約や設計者の意図によって、仕様や使い勝手、建設コスト、ランニングコスト等が異なることから、既設の事例の紹介も盛り込んでおります。その際、畜産環境施設関連のプラントメーカーから、使い勝手がよく、コスト的にも低廉な実稼働の施設について自薦を募り、その中から畜産現場に普及が望めるものについては事例紹介として取り上げた。

対象とした技術は、汚水処理、固液分離、堆肥化、脱臭対策、燃焼、炭化技術等であり、学識者による委員会を設置して検討した。委員会では、機械・施設の評価基準作り、機種選定に当たってのチェックポイントの整理、プラントメーカー等から自薦のあった設置事例に評価等を加えた。さらに、当該の技術に関する基礎知識、関連する法令、経済性等に関する解説内容をも検討した。これらの成果は、4か年の事業期間に、3冊の印刷物（家畜ふん尿処理施設・機種選定ガイドブック：汚水処理施設編、堆肥化処理施設編、脱臭・焼却・炭化施設編）として順次出版するとともに、汚水処理施設編VTR、脱臭施設編DVDとして提供した。

2. 機種選定のチェックポイント

機種選定に当たってのチェックポイントは、汚水処理施設の場合は①メタン発酵の有無、②農地還元の可否、③ふん尿分離の有無、④処理水の放流先の有無、⑤再利用の有無が機種選定に当たっての大きな要因であった。固液分離機の場合は①畜種、②余剰汚泥併用処理の有無によって機種選定することが有効であった。堆肥化処理施設の場合は①原料の乾燥の有無、②密閉型か開放型かの区別、③攪拌装置の方式と運転方法、④発酵槽の形状、堆積高等によって機種を選定することが有効であった。さらに、脱臭施設の場合は①処理対象の臭気、②周囲からの苦情の有無、③脱臭性能、④コスト、⑤専門技術の必要性をもとに機種を選定することが有効であった。焼却・炭化施設の場合は①販売先の有無、②材料水分、③経営規模などをもとに機種選定することが有効であった。

3. 機械・施設の評価基準

機械・施設の評価基準については、①技術的完成度、②処理性能、③施工性、④操作性（維持管理性）、⑤経済性について、普及の観点から評価することが有効であった。

実稼働施設の紹介事例を見ると、ガイドブックに掲載した汚水処理施設42事例のうち、液肥化6件、浄化処理24件、メタン発酵12件であったことから、近年はメタン発酵施設が増加傾向にあるものの、大半は浄化処理方式であった。なお、浄化処理施設の大半は活性汚泥法であり、メタン発酵施設の多くは消化液を液肥利用しているが、一部で浄化処理している事例が見られた。

同様に、ガイドブックに掲載した堆肥化施設33事例のうち、開放型機械攪拌方式25件、密閉型4件、その他4件であったことから、現場の農家に導入されている堆肥化施設（堆積型堆肥舎を除く）はその大半が開放型機械攪拌方式であると見られる。

同じく脱臭施設では、13事例のうち、洗浄方式8件、生物処理6件、その他2件（重複を含む）で、洗浄方式と生物処理方式がほぼ事例数を2分していた。また、焼却施設及び炭化施設は、それぞれ2件と4件で、特異な例を除き、いずれも大規模養鶏経営で採用されていた。

経済性については、汚水処理施設の年間処理経費（減価償却費と維持管理費の合計）が、出荷豚1頭あたり、液肥化では810円、浄化処理では1,280円、メタン発酵では1,900円と算出された。同様に、堆肥化施設の年間処理経費（堆肥販売益を含む）は、出荷豚1頭あたり1,200円程度、脱臭施設では190円程度であった。



家畜ふん尿処理施設・機種選定ガイドブック
 (汚水処理編) (堆肥化処理施設編)



(脱臭・焼却・炭化施設編)



(同左DVD)

焼却施設、炭化施設では事例数が少なく一般的な金額を把握できなかった。

小川 雄比古

(3) 豚の尿窒素排せつ量低減によるメタン発酵処理技術の向上

1. 背景

アミノ酸添加の低タンパク（CP）飼料に、分解されやすいせん維質成分を多く含む高せん維質飼料原料（リンゴジュース粕、ミカンジュース粕、ビートパルプ、馬鈴薯澱粉粕など）を配合した飼料を肥育豚に給与することで、発育や背脂肪厚などの肉質に影響を与えず、尿中の窒素排せつ量が著しく低減できることがわかってきた。

このことより、畜舎から排出される畜舎汚水の窒素濃度の低下と、尿汚水処理負荷量の軽減が考えられたので、実験室レベルの小規模の実験を行ったところ、浄化処理（活性汚泥法処理）における汚水処理ランニングコストは標準的な飼料に比べ、60～70%に低減する見通しが得られた（表1）。一方、メタン発酵処理では、メタン発酵槽内のアンモニア性窒素（NH₄-N）濃度が中温発酵処理では、約3,000～4,000mg/L以上、また高温発酵処理では、2,500ppm/Lを超えるとメタン発酵が部分阻害を受け、3,500ppm/L以上では運転不可能になることが知られています。家畜ふん尿は、タンパク質を比較的多く含み、C/N比が低いため、アンモニア性窒素濃度の影響を受けやすいが、尿窒素排せつ量の低減によって尿由来のアンモニア性窒素が減少し、メタン発酵の効率を高める可能性が考えられる。

	脱窒工程			汚泥処理工程			合計
	薬剤費*	電力費*	小計	薬剤費*	電力費*	小計	
標準CP飼料	1,360	1,640	3,000	110	44	154	3,154
低CP飼料	780	1,170	1,950	56	22	78	2,028
相対値(%)	57	71	65	51	50	51	64

* 処理水のT-N濃度を100mg/Lとした場合の円/出荷豚1頭

表1 活性汚泥法処理による汚水処理ランニングコストの試算

2. メタン発酵法の特徴

メタン発酵法は、最近再び注目されるようになった処理方法で、酪農や養豚で検討が進められている。メタンガスとしてエネルギー回収ができ、メタン回収後の消化液は酪農のように牧草地等の還元用農地がある場合は、液肥として利用できる利点がある反面、農地を持たない養豚の場合、消化液の液肥利用が困難なため消化液の浄化処理を行う必要がある。浄化処理まで行くと、費用がかさむので、飼養頭数あたりのコスト試算は欠かせない。メタン発酵法は、通常、ある程度の飼養頭数でないと費用対効果が上がらないと言われてる。

メタン発酵法には、一般的に普及している中温メタン発酵法（約37℃）と、高温メタン発酵法（約55℃）があり、高温発酵法は、加温設備が必要であるが、有機物の分解効率（メタン回収効率）が高いなどの特徴がある。また、高温メタン発酵は、有機物の負荷量が高くても運転が可能で、発酵効率が高いため、食品廃棄物や牛ふんなどで行われてる。

しかしながら、高温メタン発酵は窒素含有量の高い豚ふん尿では、現在のところ実施されていない。

3. アンモニア阻害の軽減によるメタン発酵の高効率化

アミノ酸添加低CP飼料にリンゴジュース粕を10%配合した飼料（低CPリンゴ粕飼料）の給与により尿窒素排せつ量を半分に減少させ、ふん尿全量をメタン発酵処理すると、標準的CP飼料（市販飼料）に比べ、メタン発酵槽投入液のアンモニア性窒素濃度の低下、消化液のアンモニア性窒素濃度の低下が見られた。また、バイオガス発生量が増加し、メタン発酵のエネルギー転換率が増加する利点のあることがわかった（表2）。メタン発酵が効率良く行われたのは、アンモニア性窒素の前駆体である尿窒素（尿素）の排せつが減少したことにより、アンモニア性窒素濃度が低減した

ためと考えられる。

中温メタン発酵では、消化液中のアンモニア性窒素が高かった市販飼料区でも2,840mg/Lで、中温発酵の阻害水準である3,000mg/L以下であったこと、また、低CPリンゴ粕飼料区では、2,230mg/Lであったため、両区ともメタン発酵は順調に行われたが、メタンガスの発生量は、低CPリンゴ粕区で1.3倍高くなった。

高温メタン発酵では、低CPリンゴ粕飼料であっても、次第にアンモニア濃度が上昇し、2,500ppmを越えた頃から、メタンガス発生量が減少し、エネルギー転換率が下がった(図1)。しかしながら、従来、高温メタン発酵では困難と考えられていた豚ふん尿の処理が、窒素排せつ量を低減させる飼料の給与によって、養豚でも一定の可能性のあることがわかった。

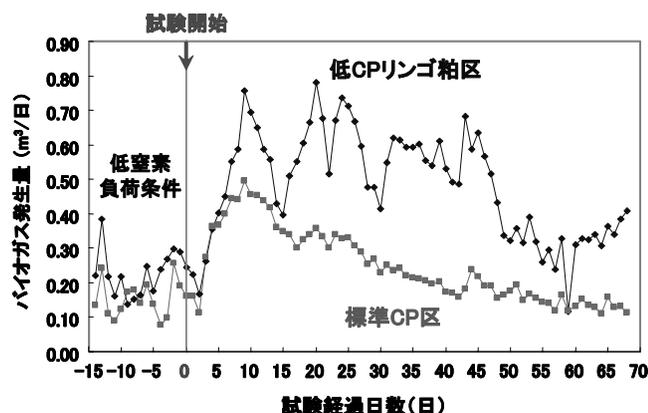


図1 高温メタン発酵におけるバイオガス発生量の推移

飼料処理 発酵処理	標準CP飼料		低CPリンゴ粕飼料	
	中温	高温	中温	高温
アンモニア性窒素				
メタン発酵槽投入液 (ppm)	2,510	2,520	1,670	1,440
消化液 (ppm)	2,840	2,830	2,230	2,350
バイオガス発生量 (L/日)	307	190	392	541
メタンガス割合 (%)	64	54	63	65
エネルギー転換率*	24	19	31	56

* (発生メタンエネルギー量 / メタン発酵槽への投入エネルギー量) × 100

表2 メタン発酵におけるエネルギー転換率

4. 硫化水素の発生による脱硫システムの低コスト化

バイオガスは、メタン発酵によって発生するガスのことで、メタン発酵が順調に行われていると、主成分が約65%のメタンと約35%の二酸化炭素、その他に極

微量 (ppm) の硫化水素、水素、窒素から構成される。今回、低CPリンゴ粕飼料の給与で、バイオガス中の硫化水素の発生が大幅に減少した(表3)。バイオガスに含まれている硫化水素は、メタン発酵槽へ投入するふん尿のタンパク質中に含まれている硫黄化合物が還元されて発生する。このため、硫黄化合物の含有量が元々少ない低CP飼料で飼養されたため、ふん尿中の硫黄化合物も低減し、硫化水素の発生が抑えられたと考える。

硫化水素は、大気中の濃度が3~5 ppmで人は不快に感じ、10ppm以上では人体に有害となり、金属やコンクリートを腐食させる。メタン発酵設備においては、メタン発酵槽、ガスホルダー、ボイラー、発電機等の設備機器や計測機器及び配管設備に損傷を与え、さらにガスの燃焼後には亜硫酸ガスとなって大気汚染の原因となるため、脱硫装置の設置が欠かせない。脱硫剤には主に酸化鉄を使用し、硫化水素と反応させることで硫化鉄に変化させ、脱硫を図る。このため、低CPリンゴ粕飼料の給与による硫化水素濃度の減少は、脱硫コストを抑えることのできる新しい方法と言える。

飼料処理 発酵処理	標準CP飼料		低CPリンゴ粕飼料	
	中温	高温	中温	高温
硫化水素 (ppm)	4,125	6,500	850	1,425
メタン* (%)	64	54	63	65
二酸化炭素 (%)	36	46	37	36

*メタン(%) = 100 - CO₂(%)

表3 バイオガス生成

5. 低タンパク (CP) 飼料給与によるメタン発酵処理技術等への貢献

肥育前期で12%程度、後期で10%程度の低CP飼料とした上で、不足するアミノ酸を添加し、リンゴジュース粕等の易分解性の高せん維質原料を10%配合して給与すれば、発育や肉質に問題はなく、尿中への窒素排せつ量は約50%に減る。

今後、このような飼料の給与で、污水处理やメタン発酵処理のコストがどうなるかの実規模での実証が必要になるが、本技術が污水处理やメタン発酵処理技術の向上および導入の推進に役立てることが出来れば幸いである。

なお、この成果は大阪府食とみどりの技術センター

(現大阪府農林環境研) との共同研究によるものである。

山本 朱美

(4) 畜産臭の臭気指数を現場で測定できる簡易ニオイセンサの開発

1. 背景及び概要

近年、それぞれの単一臭気成分（22種類の特異臭物質）ごとの規制ではなく、複合臭を対象とした臭気指数の規制を導入する地方自治体が増加しており、平成18年度6月時点で、373地域で導入されている。臭気指数はヒトの嗅覚での尺度をよく表しているため、臭気対策を図る直接的な指標となり得る。このため、臭気指数に対応した簡易測定法が開発されれば、経営者自身により、農場からの臭気発生実態が把握でき、臭気管理がしやすくなることが期待されている。そこで、「畜産農家自身が購入できるように」、「自己の農場内の臭気管理に手軽に利用できるように」、「畜産農家自らで測定できるように」を目指して、ハンディ型畜環研式ニオイセンサの開発を行った。

畜環研式ニオイセンサの外観を測定のイメージとともに写真1に示した。この機種の特徴の一つは、ポータブル型（重量650g）であることである。測定データをセンサ本体に記録し、パソコンでグラフ化などの解析ができると機能がある（図1）。また、ケーブルを接続して、ペンレコーダーへの記録や、ハイパーターミナルの利用によりパソコン画面上に投影することで、臭気の常時モニタリングや監視ができるようになっている。

本稿では、臭気指数について概説した上で、畜産臭を対象にした畜環研式ニオイセンサの開発の経緯と畜産現場でのニオイセンサの利活用法について、紹介する。



写真1 畜環研式ニオイセンサの外観と測定イメージ

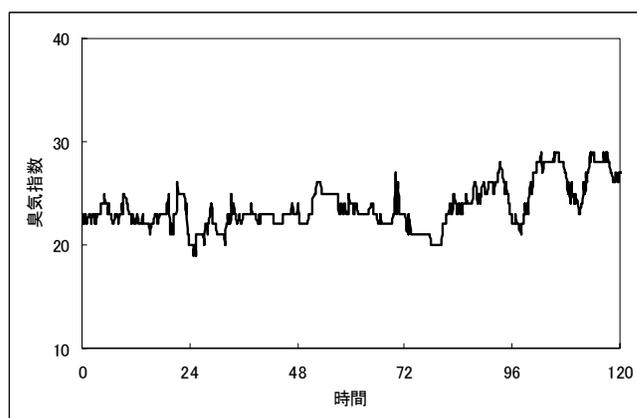


図1 測定結果の解析例（データの採取間隔は1分おき）
（株新コスモス電機データを引用）

2. 測定結果を臭気指数で表示する意味

臭気指数とは、悪臭防止法で採用している、においの強さの表現方法で、採取したにおいを無臭空気と区別がつかなくなるまで希釈し、その希釈倍率によってにおいの強さを表す物差しである。三点比較式臭袋法という嗅覚測定法により、6名以上のパネルを用いて判定します。原臭を1,000倍に薄めて無臭になれば、臭気濃度1,000（ 10^3 ）とされます。臭気指数は $10 \times \text{Log}_{10}$ （臭気濃度）で計算されるので、この場合は、 $10 \times \text{Log}_{10} 10^3$ で、臭気指数は30となる。

嗅覚の強さは、におい物質の刺激量の対数に比例する（図2）。例えば、刺激量を100%としたときの感覚（嗅覚）強度（縦軸）を1と仮定すると、におい物質を97%除去して3%しか残らなかったとしても、縦軸の感覚（嗅覚）強度は半分の強さになっただけで、あまり弱くなったと感じないことを意味している。さらに、99%除去しても、当初の1/3になったと感じる程度であることを表している。例えば、堆肥舎のアンモニア濃度が半分に減ったからといっても、あまり意味はないのです。この点、臭気指数は対数換算なので、臭気指数が半分になれば、においの強さも半減したと実感でき、客観的な数値として評価することができる。ここに、臭気指数を使う意味がある。

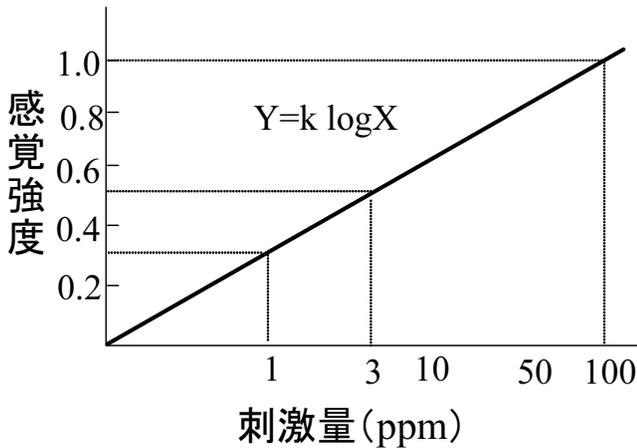


図2 刺激量と感覚強度との関係
(臭気対策研究協会データを引用)

3. 畜環研式ニオイセンサの開発の経緯

畜環研式ニオイセンサは市販されているポータブル型ニオイセンサ (XP-329Ⅲ) を基にしている。通常市販されているニオイセンサはポータブル型装置であるが、複合臭の強度を特定の数値 (指示値: 0~2,000) として画面表示します。その測定原理は、金属酸化物半導体の表面にニオイ分子が付着し、そこで酸化反応が進行するときの電子の流れの変化を抵抗値として変化を読みとるものである。

一般的な使用を考えた場合、臭気指数による表示が望まれるが、従来のニオイセンサの場合、まず、現場臭気のニオイセンサ指示値と臭気指数との相関グラフを作成しなければならず、その相関グラフを用いて指示値から臭気指数に変換しなければならない。しかしながら、一般ユーザーがこの相関 (変換) グラフを作成するには、計ろうとする臭気について予め臭気指数を測定しておく必要があり、多大な労力、コスト (分析機関で10万円程度/検体) と専門知識を要する。そこで、畜環研式ニオイセンサの開発にあたっては、多種多様な畜産臭における臭気指数とニオイセンサ指示値との関係を調査検討し、畜産臭の相関グラフを作成した。

畜種は牛、豚、鶏とし、臭気の発生源として、畜舎内部、堆肥舎内部、堆肥およびふん尿そのものを対象とし、合計116点の臭気を測定した。臭気指数 (Y) とニオイセンサ指示値 (X) の関係を図3に畜種別および発生源別にプロットした。臭気の組成、質が大き

く異なる試料では、センサの種類を選択を含め、それぞれの相関関係を把握する必要があるが、今回の実験結果では、畜種や発生源による明らかな差は認められなかった。このことは、今回の実験で用いたような畜産臭であれば、牛、豚および鶏といった畜種別、もしくは畜舎、堆肥舎、ふん尿および堆肥そのものといった臭気発生源別の区分は必要のないことを示している。

4. 臭気指数の推定精度について

嗅覚測定法の精度評価として、環境省環境管理局大気生活環境室では、標準物質を用いた精度管理について検討している。標準ガス (酢酸エチル) の臭気指数を繰り返し測定している。その結果、臭気指数には標準偏差として約3.0の測定誤差があるとしている。そこで、畜環研式ニオイセンサについて、ニオイセンサ指示値 (X) から臭気指数 (相当値) (Y) を推定する精度 (RSD、回帰からの残さの標準偏差) を求めたところ、3.1 (X≤144) および2.2 (145≤X) となり、推定精度としては実用的に十分であると判断した

これにより、一般的な畜産臭であれば、畜種および発生源にかかわらず、予め得られた相関グラフを市販の「ニオイセンサ、XP-329Ⅲ」に組み込むことにより、畜産に関係する臭気指数が精度良く推定できると考えられた。その後、馬に関係する臭気についても調査した結果、同じ相関グラフが使用できることがわかった。以上から畜環研式ニオイセンサは、牛、馬、豚、鶏の臭気指数を現場で簡易に測定できる。

5. 畜環研式ニオイセンサの現場での利活用場面

畜産の悪臭苦情については、臭気発生源の多くが開放系であるため、決定的な対策を立てることが難しいと言われている。そのため、臭気対策を行おうとする場合は、その地域の臭気指数の規制値 (敷地境界において) を知り、その農場における臭気発生源から敷地境界までの距離、風向などの条件を考慮した上で、臭気発生源の臭気指数をどこまで下げれば、その規制値がクリアできるのかを各農場でまず把握しておく必要があると考える。また、臭気指数による規制値を導入していない地域においては、ニオイの強さのイメージ

の参考となるよう、臭気指数と臭気強度の変換表（表1）を例示した。

本稿の最初で述べたが、この畜環研式ニオイセンサは経営者自身による農場の臭気発生の実態の把握や、臭気の管理を期待したもので、①農場内の臭気発生源の特定、②脱臭対策の効果の確認、③日常的な臭気管理等に利用できると考えられますが、その他どのような利用法がありうるのか、適切なのかについては今後、検討する必要があると感じている。

臭気強度	臭気指数の範囲			においの強さの程度
	養豚業	養牛業	養鶏業	
0				無臭
1				やっと感知できるにおい
2				何のにおいであるかわかる弱いにおい
(2.5)	12	11	11	
3	15	16	14	
(3.5)	18	20	17	
4				強いににおい
5				強烈におい

* 悪臭防止法に定める悪臭物質の許容濃度および都道府県条例における臭気指数の基準（臭気指数10～21）については、臭気強度2.5～3.5相当の値で設定しています。（ハンドブック悪臭防止法より引用）

表1 臭気強度と臭気指数との関係

* 近年、臭気関係の専門用語として、「ニオイセンサ」よりも「ニオイセンサ」が一般的になりつつあるので、本稿でも「ニオイセンサ」表記とした。

山本 朱美

(5) メタン発酵とユーグレナ処理による低環境負荷畜産の技術開発

1. 背景

メタン発酵は、家畜ふん尿からメタンガスを取り出す優れた技術である。しかし、メタン発酵の後に残る残渣（以降、消化液）の処理が困難なため、普及の妨げとなっている。消化液は、農地に散布すれば、良質の液肥となり、スラリーよりも臭気は少ないものの、高濃度のアンモニアを含んでいるため、宅地に近接したところでは悪臭が問題になる。このため、液肥として利用しきれない分は、浄化して河川等へ放流しなくてはならないが、これに高いコストが必要となる。また、回収されたメタンガスは、35%ほどの二酸化炭素を含んでいるため、バイオガスと呼ばれており、天然ガスよりも使いづらいために有効な利用先がない点も、普及の足かせとなっている。

2. ユーグレナによる消化液の浄化

ユーグレナは、ミドリムシの一種で、動物と植物の両方の特性を持つ原生生物である。変形できる柔軟な体と長い鞭毛を持ち、水中を遊走することから動物であるが、体内に葉緑体を持ち、光合成による独立栄養で増殖することができる。ユーグレナは、アンモニアを好んで吸収し、体タンパク質の合成に利用することから、消化液の浄化を行うとともに、増殖したユーグレナそのものの資源としての活用が期待できると考えられた。

そこで、培養容積16Lの容器に、1日1回消化液を投入し、増殖して余剰となったユーグレナを遠心分離によって回収しながら、連続的にユーグレナによる処理が可能な装置を製作し、試験を行った。図1に、36日間、10倍希釈した消化液を投入し続けた最後の11日間の、投入汚水と処理水を分析した結果を示した。ユーグレナによる処理によって、消化液のアンモニアが約10%、リン酸が約25%に低下した。また、色度が約10%、濁度が1.2%に低下することも分かった。

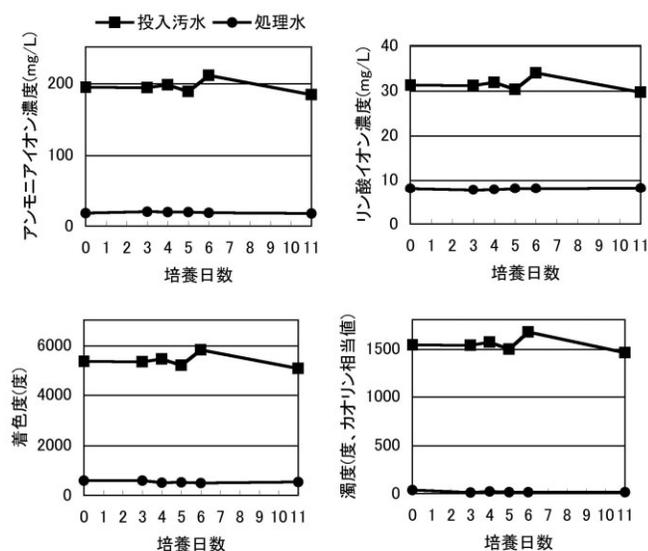


図1 投入汚水（消化液）および処理水の着色度および濁度の推移

3. 余剰ユーグレナの利用

一般に、クロレラなどの光合成を行う藻類は、固い細胞壁を持っているため、食品や飼料に使う際には、その細胞壁を破砕する工程が必要であるが、ユーグレナは、細胞壁を持たないため、加工の必要はない。消化液のユーグレナによる処理（以降、ユーグレナ処理）から排出されたユーグレナ（以降、余剰ユーグレナ）

の成分を分析した結果、乾物あたりで粗タンパク質が77%あり、必須アミノ酸指数がカゼイン90に対して、余剰ユーグレナは93であった。また、リンは乾物あたりで1.4%含まれていた。

現在、ユーグレナは、稚魚の養殖用の餌となる小動物の飼料として、生産と販売が行われている。ユーグレナを使った餌で養殖した魚は、そうでない餌の魚に比べて、生存能力が高いことが示されていることから、ユーグレナは高い価値が認められている。また、鶏にユーグレナを与えたところ、筋肉中のタウリン濃度が10倍に高まったという報告もされている。このように、ユーグレナは高栄養であることから、余剰ユーグレナは、豚の餌として利用でき、魚粉相当の飼料価値が見込めると考えられる。

4. コストの比較

肥育豚4,000頭規模を想定し、下記の5つのパターンでふん尿処理の費用を試算した。

- a) ふん尿混合で活性汚泥法による浄化処理をする場合
- b) 畜舎でふん尿分離して堆肥化と活性汚泥法による浄化処理をする場合
- c) メタン発酵して活性汚泥法による浄化処理をする場合
- d) メタン発酵してユーグレナ処理をする場合

dが今回の技術によるもので、メタンガスで発電した電力による発光ダイオードを光源とし、余剰ユーグレナを豚の飼料とするものとして試算した。減価償却費を含めた処理費用を試算した結果、 $b < d < a < c$ の順となった。しかし、施設建設に半分の助成を受けたとすると、 $d < b < a < c$ となり、ユーグレナを用いる方法が最も低コストになった。

5. 低環境排出型養豚の可能性

メタン発酵とユーグレナ処理を組み合わせることによって、ふん尿として排出される窒素とリンを、再び豚の飼料として使えるようになる。つまり、餌として養豚場に運ばれてきた窒素とリンのほとんどが豚の体として場外へ出ることとなり、環境中へはほとんど排出されない(図2)。また、ユーグレナは、光合成に

より、バイオガスに含まれる二酸化炭素の約25%を酸素に変換する点も、環境負荷低減の1つである。さらに、ユーグレナへの光源に発光ダイオードなどを用いれば、天候に左右されない安定した浄化能力が期待でき、バイオガスで発電された電力の有効活用ともなる。この技術が確立されることにより、ゼロエミッションに近い低環境排出型養豚が可能になると考えている。

長峰 孝文

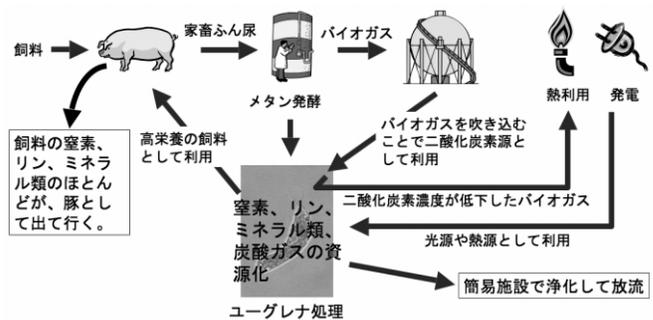


図2 メタン発酵とユーグレナ処理を組み合わせた資源回収型養豚の概要

(6) 硫酸化脱窒による汚水の脱窒技術の開発

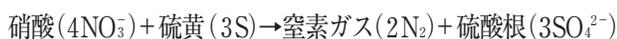
1. 背景

平成13年7月の水質汚濁防止法施行令の改正により、硝酸、亜硝酸、アンモニアを含めた、硝酸性窒素が新たに有害物質として指定され、排水の濃度が規制されるようになった。畜産業においては、平成22年6末日までは暫定基準が適用されているが、実効性のある硝酸性窒素排出削減技術の普及が強く求められている。しかしながら、一定の規模以上の畜産事業所では、既に何らかの污水处理施設を保有しており、硝酸性窒素の排出規制に合わせて、これを更新するだけの経営的体力を有しているところは少ない。また、施設を何らかの補助事業で導入している場合、制度上、一定の期間は改修も容易ではない。

広く利用されているBODを利用した脱窒を浄化施設の後段に設置する場合、メタノールなどの薬剤が必要なためにランニングコストが高く、かつ複雑な維持管理が要求されるため、農家による管理も困難である。このため、活性汚泥処理施設等で処理した後段に設置することで窒素除去が可能で、特別な管理技術を要しない簡易な装置の開発が求められている。

2. 炭酸カルシウム埋設硫黄ペレット (SC材) による脱窒

汚水の脱窒の技術として、硫黄酸化脱窒菌を用いる方法がある。この細菌は、硝酸の酸素を硫黄に付け替えることで、エネルギーを得て増殖する。この過程で、硝酸は窒素ガスとなり、硫黄が硫酸根となる。



この技術は、古くから知られていたが、脱窒に伴い、pHが低下するとともに、硫黄酸化脱窒菌が炭酸を要求するため、これらの調節が難しいために普及の妨げとなっていた。しかし、硫黄の中に炭酸カルシウム粒を埋設したSC材の開発により、特別な調節が必要とされなくなった(図1)。この原理は、以下のものである。硫黄は、水にはほとんど不溶であるため、硫黄内に埋設している炭酸カルシウムは溶け出ない。硫黄酸化脱窒菌による硝酸の脱窒に伴って硫黄が溶解し、露出した炭酸カルシウムが溶け出る。炭酸カルシウムは、pHを中性に保つとともに、硫黄酸化脱窒菌に炭酸を供給する。硫黄の溶解は、硝酸量に従って進むことから、硫黄と炭酸カルシウムを適切な割合で混合しておけば、何ら調節することなく脱窒が進むことになる。

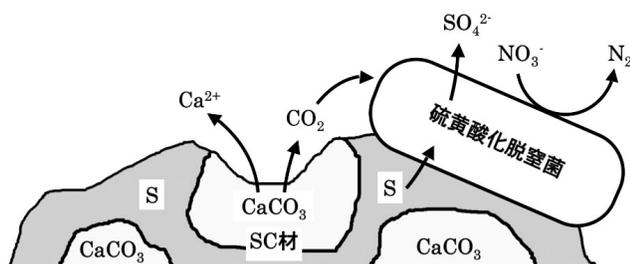


図1 硫黄酸化脱窒菌とSC剤の作用

3. カラム型の脱窒試験

実験室内に3.5kgのSC材を充填したカラム型の処理槽を設置し、豚舎汚水を活性汚泥処理施設で処理した処理水を、下から上方向へ流した。SC材との接触時間を約8時間としたとき、原水の約300mg/Lの硝酸態窒素が約100mg/Lに低下した。しかし、稼働時間が40日を超したころから、カラム内の閉塞が見られるようになり、60日で脱窒できなくなった。畜産排水処理施設は、畜産農家が管理していることが多く、不適切な管理によって浮遊物質の流出が起きることがあるた

め、普及のためには、閉塞の問題を改善する必要がある。

4. バッチ処理型処理装置による実証試験

浮遊物質による閉塞が起きにくい構造として、SC材処理水槽の底から処理水を排出し、全量排出した後に、原水を上から投入する装置を考案した。尿汚水を活性汚泥処理施設で浄化処理している養豚農家に、450Lの容器に350kgのSC材を投入し、1回の処理水量が300Lの装置を14器設置し、1～7日間の滞留日数で2系列を稼働させた。この結果、硝酸は1～2日間で速やかに消失し、水温が10℃を下回る冬季においても、支障なかった(図2)。閉塞についても、1年間稼働させた現在でも問題なく稼働していることから、解消できたものとする。

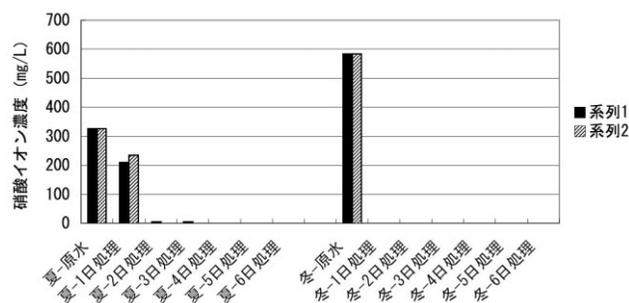


図2 原水および処理水の硝酸イオン濃度

5. SC材を用いた簡易な脱窒装置の可能性

SC材を用いた簡易な脱窒装置が開発できたが、現在のところ、SC材の価格が高いために普及に至っていない。SC材の原料は安価であるため、今後、低価格にて供給される可能性がある。硝酸性窒素排出規制への対応を迫られているのは、畜産業だけではなく、今後、他業種も含めたSC材の活用が進められる中で、価格の低減が図られていくものと考えられる。

長峰 孝文