



あたらしい 農業技術

No.577

中小規模酪農場から排出される
搾乳施設排水のオゾンによる浄化

平成 24 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- 高効率オゾン生成装置を改良した搾乳施設排水の処理システムを開発しました。
- 開発した排水処理システムの操作は、タイマーによる自動運転で、1日の排水を夜間に処理することができます。作業時間は1日当たり30分未満で、運転中にシステムの監視を行う必要はありません。
- システムのイニシャルコストは、250～350万円(排水量・原水質により異なる)。ランニングコストは、pH調整用薬品代と電気代のみで、年間15万円程度に抑えることができます。

2 技術、情報の適用効果

- 廃棄乳の混入がある排水でも、3時間の処理で色度を100程度にまで改善することができます。同時に、窒素やBODも1/2～1/5に減少させることができます。
- オゾンの殺菌効果によって、排水中の大腸菌群や一般細菌類を99%以上殺菌することができます。

3 適用範囲

- この排水処理システムは、搾乳施設からの排水量が1日当たり3～5 m³程度(搾乳牛頭数30～50頭規模)の経営に適しています。
- 搾乳機械、バルクローラーの洗浄水だけの処理も可能です。
- 排水量が1日当たり5 m³を超える場合や、ふん尿が主体となる牛舎洗浄水の処理には不向きです。

4 普及上の留意点

- この排水処理システムは、共同研究を実施したメーカーから一般に発売されます。
- 搾乳施設からの排水量や水質によって、処理槽の大きさなどのシステムを変更することが必要です。

目 次

はじめに	1
1. 搾乳施設排水の現状と課題	1
(1) 搾乳施設排水の法規制	
(2) 畜産業からの排水に対する規制強化に関する動き	
(3) 搾乳施設排水の現状	
(4) 搾乳排水の処理に関する既存技術と課題	
2. 開発した排水処理システムの効果	3
(1) オゾンの性質とその効果	
(2) オゾンによる排水浄化処理システムの開発にあたって	
(3) オゾンによる排水処理システムの浄化能力	
(4) オゾン処理による排水の殺菌効果	
(5) オゾンによる排水処理システムのコスト	
おわりに	6
参考文献	7
用語解説	7

はじめに

酪農現場の規模拡大に伴って搾乳施設(ミルクングパーラ)の導入が進んでいますが、排水の処理まで考えていなかったという事例が見受けられます。県内でも排水処理施設を有する施設はごく一部の大規模酪農家に限られているのが現状です。畜産業から排出される水質に関する規制は全国的に強化されつつあり、本県のように酪農場が都市近郊にある場合は、廃棄乳が混入する白濁した搾乳施設排水の処理が課題となっています。このため、中小規模の酪農経営でも導入可能で、処理効果が確実な排水処理施設の開発が必要です。

そこで畜産技術研究所は、平成 21 年度から県内のメーカーと共同で、高効率オゾン発生装置を用いた、少ない排水量に対応する処理施設の開発に取り組み、特に視覚的汚濁要因である色度を大幅に改善するシステムを開発しました。

1 搾乳施設排水の現状と課題

(1) 搾乳施設排水の法規制

酪農を含めて、さまざまな業種の事業所から排出される汚水は、『水質汚濁防止法』によって規制を受けます。その規制内容は、業種、排水量、排出先(河川、湖沼、海域)によって細かく規定されています。現時点(平成 24 年 4 月)の静岡県における畜産業からの排水に関する規制を表 1 にまとめました。ほとんどの畜産農家が対象となる『有害物質』と、一部の大規模農家が規制の対象となる『生活環境項目』に大別されますが、一般的な規模の酪農家の排水は、『有害物質』の規制が該当します。しかし、生活環境項目の規制が該当しないからといって、むやみに垂れ流していいという訳にはいきません。特に搾乳施設排水には少なからず牛乳が混入するため、排水が白く濁るという点で、「視覚公害」の問題も発生します。

表 1 静岡県における畜産業からの排水に関する規制の概要

有害物質		
適用対象	項目	許容限度
特定施設 ^{※1}	硝酸性窒素等	900mg/L
生活環境項目		
適用対象	項目	許容限度
	pH	5.8～8.6
日排水量 50 m ³ 以上	BOD・COD ^{※2}	130mg/L(日平均 100mg/L)
	浮遊物質(SS)	160mg/L(日平均 120mg/L)
	大腸菌群数	日平均 3,000 個/cm ³
日排水量 7.5 m ³ 以上 50 m ³ 未満	BOD・COD ^{※2}	180mg/L(日平均 160mg/L)
	浮遊物質(SS)	00mg/L(日平均 150mg/L)

※1 特定施設：牛の場合は牛房の総面積 200 m²以上 (約 35 頭相当)

※2 COD：湖沼・海域に排出される場合のみ

(2) 畜産業からの排水に対する規制強化に関する動き

畜産農家数が減少しているにもかかわらず、畜産経営に起因する環境汚染問題(苦情)の発生件数は漸増傾向を示しています(図1)。この背景には、生活環境の保全に対する県民の意識が格段に高まっていることがあると考えられます。苦情の内容は、悪臭関連が圧倒的に多いのですが、最近の傾向として、水質汚濁に関する苦情が増えてきています。前述の排水基準の規制強化は、現在、暫定基準として一般の事業場よりもゆるく設定されている窒素化合物の基準について、平成25年に見直される可能性があります。また現在、県が独自に条例で行っている『上乘せ基準』対象は、日排水量7.5 m³以上となっていますが、沖縄県では排水量に関係なく、規制対象にする動きも見られます。今後とも規制強化の方向性は不変と考えられることから、今規制対象になっていなくても、将来に向けての準備が必要です。

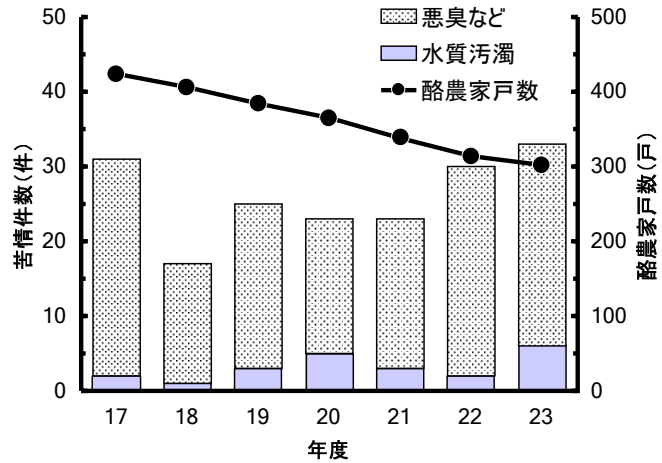


図1 静岡県内における畜産由来の苦情発生状況

(3) 搾乳施設排水の現状

搾乳施設排水の排水量や水質は、頭数や廃棄乳の扱いによって大きく変わります。図2は、当研究所における搾乳施設排水の排水量と水質を、時間を追って計測した事例です。排水量は主にパーラと待機場の洗浄水が、水質は廃棄乳の混入量が大きなウェイトを占めていることがわかります。一般的には搾乳牛1頭当たり毎日60~90Lの排水が出るため、搾乳牛30頭規模では日量2~3 m³、50頭規模では日量3~4.5 m³の排水を処理する必要があります。水質は廃棄乳の混入の有無で大きく異なり、BOD(生物学的酸素要求量)は数百~数千までの差があります。いずれにしても、未処理では水質汚濁防止法の生活環境項目をクリアできないので、今後は何らかの処理をする必要があります。

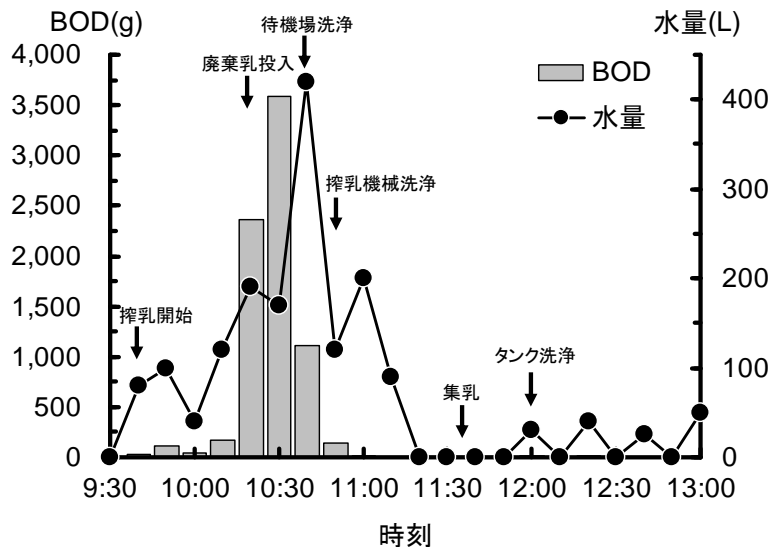


図2 当研究所における搾乳施設排水の水量及び水質

(4) 搾乳排水の処理に関する既存技術と課題

搾乳施設排水の処理技術としては、生物処理法(浄化槽)が確立しています。しかし、一般的な浄化槽処理で搾乳施設排水を処理するには、①排水量が少なすぎて連続処理に向かない、②施設の維持管理(特に汚泥処理)が煩雑、③設備コストが過大 といった問題があるため、一部の大規模酪農家でない限りは導入のメリットがありません。より小規模(小水量)向けには、回分式浄化槽、多段式長時間曝気法又は人工湿地法などの技術も紹介されていますが、これらの方法では水質変動、特に廃棄乳の混入には弱く、十分な浄化処理能力を発揮することができません。また、処理施設の設置に必要な面積も大きいため、本県のように都市近郊の酪農経営には不向きです(表2参照)。

このため、比較的小水量で水質の変動が大きい排水では、凝集沈殿やオゾン処理などの物理化学処理を導入するメリットが高いのです。そこで、当所は強い酸化力を持つオゾンに注目し、これを搾乳施設排水の処理に応用することを検討しました。

表2 搾乳施設排水に関する従来技術

方法	メリット	デメリット
浄化槽方式(連続処理)	・浄化処理能力が高い	・施設の建設費が高い ・維持管理が煩雑 ・大量の希釈水が必要
回分式浄化槽方式 (神奈川畜試ほか)	・維持管理が比較的容易	・施設の建設費がやや高い ・廃棄乳やふん尿の混合不可
長時間曝気処理方式 (根釧農試ほか)	・施設の建設費が安い	・施設面積が大きい ・維持管理が煩雑 ・廃棄乳やふん尿の混合不可
沈殿・越流方式 (酪農学園大学ほか)	・施設の建設費が安い ・維持管理が容易	・処理能力は限定的 ・廃棄乳やふん尿の混合不可
人工湿地方式 (北海道農研ほか)	・維持管理が容易	・広大な面積が必要 ・処理能力は限定的

2 開発した排水処理システムの効果

(1) オゾンの性質とその効果

オゾンは酸素を原料として電氣的に作られる物質で、酸素原子が3つ結合した非常に不安定な物質です。他の方法では分解が難しい有害物質や色度成分を短時間で行うことができ、病原性微生物に対しても優れた殺菌効果を持つことから、浄水場や医療現場で急速に応用場面が広がっています。

一方で、オゾンは製造効率が非常に低く、原料酸素の数パーセントしかオゾンが生成しないことや、放電に必要な高圧電力を得るために、エネルギーを大量に消費することがネックとなり、一部の工業排水の高次処理や浄水場などの大型プラントに使われることはあっても、小規模の排水処理に利用されることは非常にまれでした。

(2) オゾンによる排水浄化処理システムの開発にあたって

浄化処理システムの開発に当たって最も留意した点は、その浄化能力もさることながら、システムの取り扱いを簡便にすることでした。従来の方法では、複数の処理槽を用いて浄化処理するため、複雑な配管や処理水のポンプアップなどのための装置を管理する必要がありました。特に汚泥の返送や引き抜きは、ある程度の技術と経験が必要で、管理が不十分になることで装置の能力を十分に発揮することができないこともしばしばありました。

今回開発した浄化処理システムは、このような問題点を克服するため、徹底的に管理の手間を省く方法を採用しました。図3に今回開発した処理システムの概要を記載しました。まず、処理槽は1槽として、1日の排水をその日のうちに処理することを前提としました。オゾン処理はボタン1つで開始し、タイマーにより自動的に終了します。オゾン処理が終わったら、排水コックをひねって処理水を放流すれば完了です。処理は夕方の搾乳が終了してから、翌朝の搾乳が始まるまでの夜間に行うため、装置の稼働を監視する必要はありません。重要な点は、処理槽に固形物（特にふん由来の繊維状の物質）を入れないことと、オゾン処理前の pH 調整です。固形物の回収は、処理槽への排水流入口に網カゴを用意することで解決します。固形物は排水処理が終わった後にも、水槽表面に残るため、処理した排水を放流する際にも排水口に網カゴで回収します。これらの固形物は堆肥と混合して処理することが可能です。pH 調整は自動化することも可能ですが、基準量の塩酸を処理槽に投入することでコストを省くことができます。

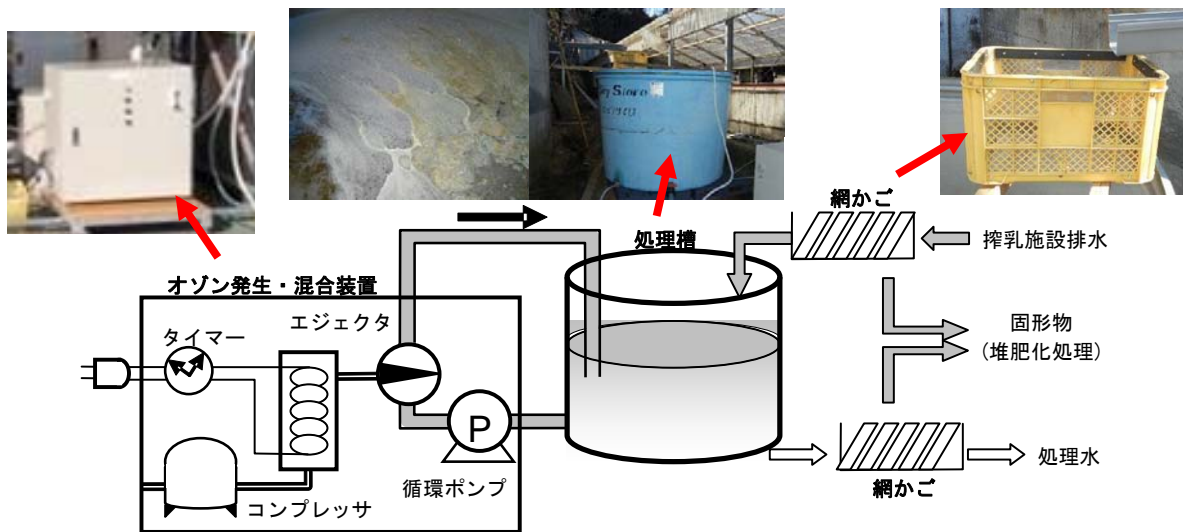


図3 開発した排水処理システムの概要

(3) オゾンによる排水処理システムの浄化能力

一例として、当所における搾乳施設排水の処理例を紹介します。当所の搾乳施設排水は一般的な搾乳機械・バルクタンクの洗浄水とパーラ・待機場の洗浄水に加え、治療等の理由により発生する廃棄乳が混入します。廃棄乳が混入した廃水の色は黄土色で、機械・タンクの洗浄水+床洗浄水に比べて汚濁物質濃度は1.4倍(色度)から14倍(BOD)に増加します。しかし、オゾン処理により汚濁物質が固形化して気泡と共に処理水の表面に浮上するため、処理

水中の汚濁物質濃度は急激に低下し、色度は 2,442 から 52 に、BOD は 3,150mg/L から 690mg/L に、それぞれ約 1/50、1/5 に低下します。このときの除去率は、色度で 98%、BOD で 78% となり、高い浄化能力を示しました。特に色度の浄化効果は劇的で、写真のようにほぼ透明な処理水が得られます。その他の汚濁物質も 60~99% を除去することができました(図 4)。このように、汚濁物質が多く、生物処理を行う場合は排水には混入させずに別途処理することが必要であった廃棄乳の処理においても、酸性条件下のオゾン処理では無希釈で浄化処理することが可能でした。

一方、残念ながら COD は除去率が 22% と低く、この処理システムによる浄化効果は限定的でした。湖沼や閉鎖性海域への放流で問題となる COD の処理能力向上は、今後の課題となります。

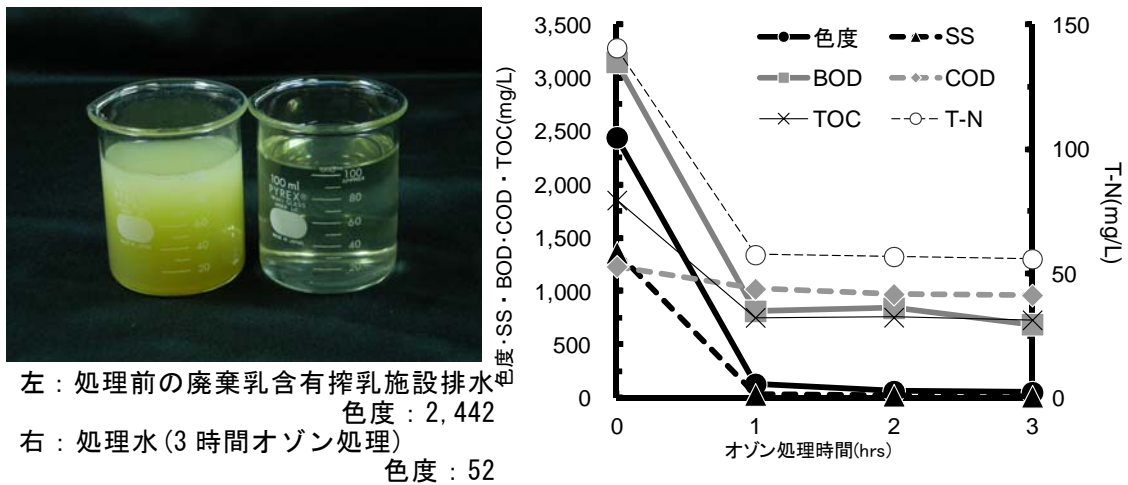


図 4 廃棄乳混合排水のオゾン処理による浄化

(4) オゾン処理による排水の殺菌効果

オゾンには強い殺菌効果があることはすでに述べましたが、搾乳施設排水のように微生物以外の有機物が大量に存在する条件では、殺菌効果が十分でないことが知られています。今回開発したシステムでは、処理水中に大量の有機物質が混在しているにもかかわらず、3時間のオゾン処理で、大腸菌群や一般細菌類を99%以上殺菌することができました(表3)。従来では、処理水の殺菌は排水処理後に殺菌剤を投入するなど、別途処理が必要でしたが、オゾン処理では排水の浄化処理と殺菌処理を同時に行うことができ、この点でもメリットは非常に大きいと考えられます。

表 3 搾乳施設排水のオゾン処理による殺菌効果

	オゾン処理前	3時間処理後
一般細菌数	2.0×10^3 CFU/ml	1.8×10^1 CFU/ml
大腸菌群数	2.5×10^0 CFU/ml	1.0×10^0 CFU/ml 以下
真菌・酵母数	1.8×10^1 CFU/ml	1.0×10^0 CFU/ml 以下

原水：廃棄乳含有搾乳施設排水、排水量：1.7 m³、循環水量：25L/min、原料ガス：O₂

(5) オゾンによる排水処理システムのコスト

ここまでオゾンを使った搾乳排水処理システムの効果を述べてきましたが、更なる問題として、処理施設の設置コストと運転コストについて解説します。基本的なシステムは、図3で解説したとおり、1日分の排水を溜めておける水槽と、オゾン発生・混合装置です。水槽はFRP製のタンクのほかに、中古の飼料タンク、使わなくなったサイロなどを加工すれば良く、冬季の凍結や水圧による変形を考慮すれば、地中に埋設する方が良いでしょう。電源は100Vを使用するため、電源に関する工事も不要です。これらのコストを考慮しても、処理システムの設置にかかる費用は、250～350万円程度に抑えることができます。ランニングコストは、原料に酸素ガスを利用するとガス代がかかりますが、実験の結果から、原料に酸素を利用しても圧縮空気を利用しても、浄化能力はほぼ同等であったので、原料ガスの供給にコンプレッサを使えば、pH調整用薬品代と電気代のみで、年間15万円程度に抑えることが可能であると試算されました(表4)。

表4 搾乳施設排水の処理システムにおけるランニングコストの試算

● 電気料金

消費電力	稼働時間	稼働日数	単価	コスト
0.6kWh	× 5時間/日	× 365日	× 22円/kWh	= 24,090円/年

● 薬品代(工業用塩酸 35%)

消費量	稼働日数	単価	コスト
1.4kg/日	× 365日	× 210円/kg	= 107,310円/年

● 原料ガス

	消費量	稼働時間	稼働日数	単価	コスト
工業用酸素	6L/分	× 5時間/日	× 365日	× 607円/m ³	= 239,279円/年
圧縮空気	9L/分	× 5時間/日	× 365日	× 0円/m ³	0円/年

おわりに

環境に関する規制は今後も強化されることはあっても、緩くなることはありません。今は規制の対象になっていなくても、今後規制の対象になったときに備え、今から準備しておく必要があるでしょう。今回開発したシステムは、規制の対象になっていない色度の改善効果が非常に優れています。排水の色は、その水質に関係なく、色がついているほど汚れていると感じさせる『視覚的公害』に含まれ、周辺住民に必要以上の誤解を招くこととなります。まずは、できるところから対策を立てて、安定的に経営を続けて行けるよう努力する必要があります。今回開発したこのシステムが、酪農家の皆さんの経営に寄与することができれば幸いです。

なお、本研究は農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」の助成を受

けて実施しました。また本システムは、静岡県工業技術研究所、静岡大学、株式会社ハマネツ及び現地実証に協力いただいた酪農家との共同研究によって開発されたものです。ここに関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 佐藤克昭, 2010. ミルキングパーラー排水の原単位の設定と低コスト浄化処理施設. 畜産環境情報, 45, 25-29, 7.
- 2) 宗宮功編, 2004. オゾンハンドブック. 日本オゾン協会, 東京, 49-118.
- 3) 並木博編, 1982. 詳解工業排水試験方法. 日本規格協会, 東京, 34-109.

用語解説

1) 搾乳施設排水

酪農場で搾乳をする場所(ミルキングパーラ)と搾乳の順番を待つ牛の待機場、及び搾乳する機械や牛乳を一次的に貯蔵するタンクの洗浄排水を総称して搾乳施設排水と言う。汚濁物質の質と量が牛舎の床などの洗浄水とは異なる。

2) 廃棄乳

「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令」の基準によって、飲用向けに出荷できない生乳のうち、子牛の哺乳に使った残りなど、廃棄せざるを得ない生乳。BOD や COD などの汚濁物質濃度が極めて高く、排水処理のネックとなっている。

3) BOD(生物的酸素要求量)、COD(化学的酸素要求量)

河川や湖沼などの汚染度の指標で、その汚濁物質を酸化分解するのに必要な酸素の量。数字が少ないほど汚染物質の量が少ない。これらの数字が高い場合は、酸欠やアオコの発生などの問題が発生する。

4) 色度

水の着色度合いを、塩化白金酸カリウム及び塩化コバルトの溶液(黄色)を基準として表した数字。水道水質基準では5以下とされているが、排水処理に関する基準はない。

発行年月：平成25年3月
編集発行：静岡県経済産業部振興局研究調整課

〒420-8601
静岡市葵区追手町9番6号
TEL 054-221-2676

この情報は下記のホームページからご覧になれます。
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>