

技術レポート

搾乳関連排水の浄化処理技術 1. 表面流式人工湿地

木場 稔信, 三枝 俊哉, 三木 直倫, 寶示戸 雅之, 甲田 裕幸, 酒井 治

北海道立根釧農業試験場
標津郡中標津町旭ヶ丘7番地, 086-1135

Surface flow constructed wetland for the treatment of dairy wastewater

Tosinobu Koba, Tosiya Saigusa, Naomiti Miki
Masayuki Hojito, Yasuyuki Kouda, Osamu Sakai

Konsen Agricultural Experiment Station
Nakasibetu, Hokkaido, Japan 086-1135

キーワード: 搾乳関連排水 表面流式人工湿地

Key words: surface flow constructed wetland, wastewater, dairy farming

要 約

表面流式人工湿地の設計に資するため、室内モデル試験によって原水の濃度、種類、滞留日数、植生等の使用条件が人工湿地の浄化能力に及ぼす影響を検討した。

これに基づき、根釧農試牛舎に隣接して幅3m、長さ8m、水深0.25m、3連の表面流式人工湿地を造成した。同牛舎の搾乳関連排水の沈殿後上澄み液を原水として投入した結果、原水の濃度が全窒素平均45.2~55.4mgN/L、全リン7.7~17.5mgP/Lに対し処理水濃度はそれぞれ3.5~10.9mgN/L、0.7~2.7mgP/Lと明らかに低下した。

緒 言

酪農生産現場では「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」の施工などを背景として水系汚染の防止対策が取り組まれている。このうち家畜糞尿については法的な規制に基づく対応が進められ

たが、酪農場からはミルクパラー等の洗浄水に家畜糞尿などが溶け込んだ搾乳関連排水も排出されており、これら汚水の浄化法の検討は遅れている。一方、湿地や小河川は水に溶け込んだ窒素やリンなどの汚染物質を浄化することが知られている。本研究は、人工的に造成した湿地による搾乳関連排水の浄化の可能性を示唆するものである。ここでは、人工湿地のうち安価に施工でき、維持管理も容易である表面流式人工湿地により搾乳関連排水を浄化する場合の基礎データを得ることを目的とした。

材料および方法

1. 室内モデル試験

小規模なモデル表面流式人工湿地を作成し、その浄化能力に対する各種運転条件の影響を調査した。

幅40cm×長さ60cm×深さ45cmのコンテナに火山性土壌の作土を約30cm充填し、水深10cmとなるように湛水し、湿地植生を移植した(図1)。牛乳またはスラリーを希釈して調製した搾乳関連排水を、原水として最上段のコンテナに1日おきに一定量投入し、最下段のコンテナからの処理水を採取、分析した。

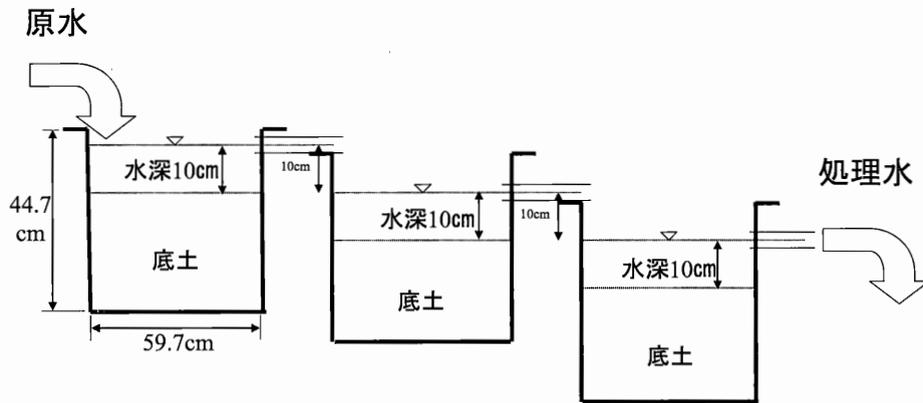


図 1. モデル表面流式人工湿地模式図

試験処理は滞留日数, 原水濃度, 原水種類, 植生である。

試験期間は滞留日数, 原水濃度, 植生の試験については2002年7月中旬植生移植, 7月29日に処理開始, 定常状態になったと考えられる8月29日から凍結により処理を終了した11月8日までを結果に図示した。原水濃度の試験については同様に2003年8月中旬移植, 8月26日処理開始, 9月26日～10月27日を図示した。

(1) 滞留日数(5, 15, 30日滞留)

牛乳を水で167倍に希釈し人工的に調製した搾乳関連排水を用い, 滞留日数5日, 15日, 30日に相当する量を投入した。

(2) 原水濃度(牛乳167, 100, 50倍希釈)

希釈倍率がそれぞれ167, 100, 50倍の牛乳希釈水を滞留日数30日として, モデル表面流式人工湿地に投入した。

(3) 原水種類(牛乳100倍希釈水, スラリー 25倍希釈水)

全窒素濃度がほぼ同じとなるよう牛乳とスラリーを希釈し, それぞれ表面流式人工湿地に投入し, 処理水質を比較した。

(4) 植生(ガマ, ヨシ, 無植生)

湿地植生として, ガマ, ヨシを用いた場合, および無植生の条件で原水として牛乳167倍希釈水を表面流式人工湿地に投入し, 30日滞留させ処理水濃度を比較した。

2. 野外試験

室内モデル試験の結果に基づき, 規模を拡大して野外で実験を行った。幅3m×長さ8m×水深0.25mの池を3個連結し, ガマを移植して表面流式人工湿地を造成した。原水は根拠農試牛舎の搾乳関連排水の上澄みを用い, 毎日投入した。

試験期間については2001年が10月11日～11月13日。2002年は6月21日～11月13日。2003年は5月1日～7月27日とした。

滞留日数については2001年が60日, 2002および2003

年は30日とした。ただし, 野外であるので降雨により滞留日数は短くなる。

本試験における滞留日数は次の式により求めた。

滞留日数(日) = (貯水量の合計) / (1日当たりの原水投入量)

除去率は次の式により求めた。

除去率(%) = (A-B) / A × 100

A: 投入する汚水中の全窒素または全リン量 B: 流出水中の全窒素または全リン量

結 果

1. 室内モデル試験

(1) 滞留日数

滞留日数を5日に短縮すると最下段からの処理水中全窒素, 全リン濃度は明らかに高くなり, 除去率は低くなった。しかし, 滞留日数を15日より長くしてもそれ以上処理水濃度は低下せず, 除去率も高まらなかった(図2)。このことから, 窒素およびリンを最大限除去するために必要な滞留日数は, 今回の試験条件では5日と15日の間にあると思われた。

(2) 原水の濃度

投入する牛乳希釈水の濃度が高まると処理水中の全窒素および全リン濃度も上昇した。処理水の濃度が有意に上昇し始める投入水中の全窒素および全リン濃度は, それぞれ40～80mgN/Lおよび10～20mgP/Lの間にあると考えられた。一方, 窒素の除去率は, 本試験の範囲では, 投入した牛乳希釈水の濃度が高いほど高まった(図3)。

(3) 原水の種類

処理水質はスラリー希釈水を用いた方がやや高い傾向にあったが, その差は小さかった。また, 窒素およびリンの除去率はほぼ等しくなり, 牛糞等が溶け込んだ搾乳関連排水であっても人工湿地を用いた浄化が可

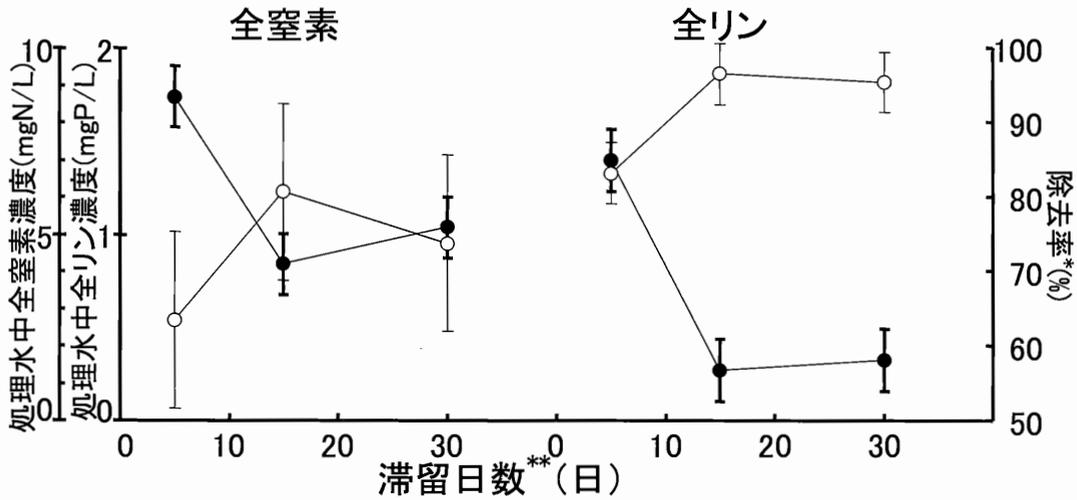


図2. 滞留日数が処理水全窒素および全リン濃度に及ぼす影響

●, 処理水濃度; ○, 除去率; I, 最少有意差(LSD)危険率5%

* 除去率(%)=(A-B)/A×100

A, 投入する原水中の全窒素または全リン量

B, 処理水中の全窒素または全リン量

** 滞留日数(日)=(表面流式人工湿地貯水量の合計)/(1日当たりの投入水量)

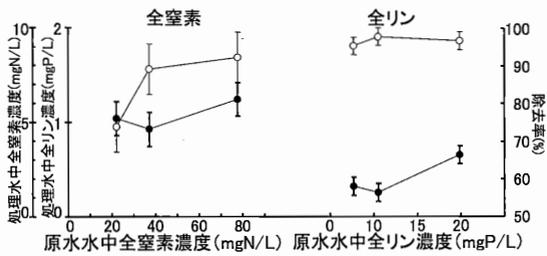


図3. 原水の濃度が処理水中全窒素および全リン濃度に及ぼす影響

原水, 牛乳167, 100, 50倍希釈水; ●, 処理水濃度; ○, 除去率;

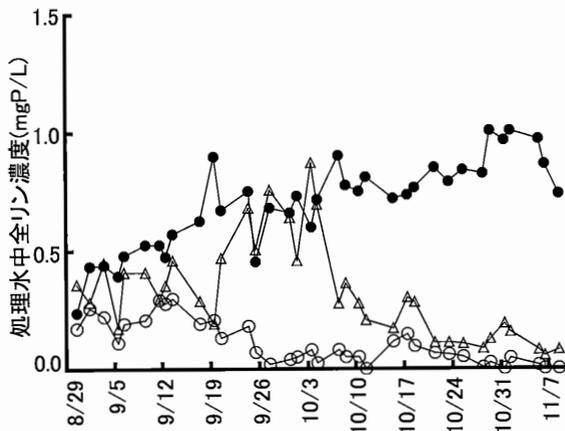


図4. 植生が処理水中全リン濃度に及ぼす影響

原水, 牛乳167倍希釈水; 滞留日数, 30日; △, ガマ; ○, ヨシ; ●, 無栽植;

能であると考えられた。

(4) 植生

モデル表面流式人工湿地に植物を移植しないと、処理水中の全リン濃度は日数の経過とともに上昇した。したがって植物を栽培した方が望ましいと考えられた(図4)。

2. 野外試験

投入した原水と比べ、処理水の全窒素および全リン濃度は明らかに低下した。また、原水の水質が大きく変化しても、処理水の水質はそれほど変動しなかった(図5)。この結果、今回用いた表面流式人工湿地により、原水中の全窒素および全リンのそれぞれ6~8割および7~9割を除去することが出来た(図5)。

以上の知見に基づき、搾乳関連排水量を3m³(搾乳頭数100頭を想定)、排水中の全窒素濃度を約10mgN/Lと仮定した表面流式人工湿地モデルを設計した(図6)。

考 察

1. 室内モデル試験

(1) 滞留日数

表面流式人工湿地の設計では滞留日数の設定が造成する湿地の規模を決定する。牛乳を167倍に希釈して作成した搾乳関連排水(全窒素濃度22.1mgN/L, 全リン濃度7.7mgP/L)を原水として用いてガマを移植した表面流式人工湿地に投入した場合、必要十分な滞留日

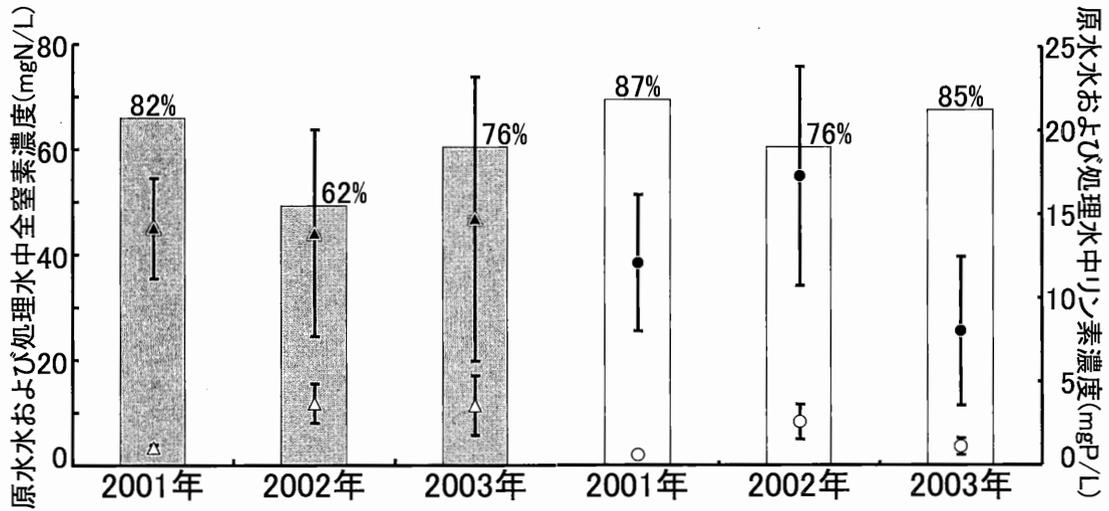


図5. 野外試験における投入水および処理水の全窒素および全リン濃度

▲, 原水水中全窒素濃度 ●, 原水水中リン濃度
 △, 処理水中全窒素濃度 ○, 処理水中全リン濃度
 ■, 窒素除去率 □, リン除去率
 I, 標準偏差
 滞留日数, 2001年は60日, 2002~2003年は30日;
 植生, ガマ移植

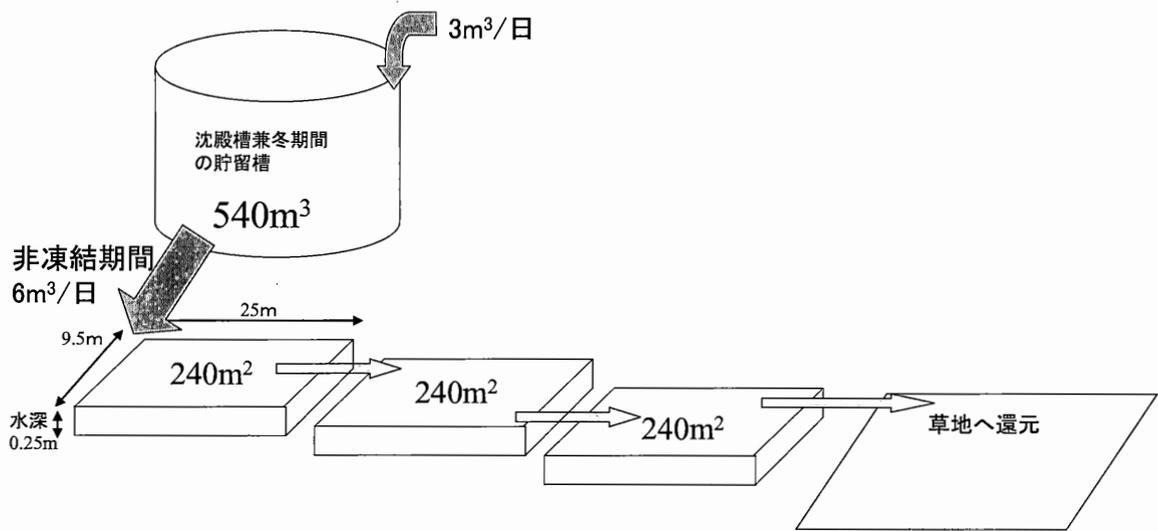


図6. 表面流式人工湿地による搾乳関連排水の浄化システム
 排水量を1日あたり3m³(100頭規模), 原水中全窒素濃度を約10mgN/Lと仮定した試案

数は5~15日の間にあると考えられた。

この結果に基づき, 野外試験の滞留日数を降雨により滞留日数が短くなることを想定し30日とした。

(2) 原水濃度

浄化施設の処理能力を超える濃度の原水が流入した場合, 除去率は低下する危険性がある。本試験では, 原水の濃度が高まるとともに除去率が高まっており, モデル表面流式人工湿地の処理能力を超えてはなかったものと思われる。

(3) 原水の種類

酪農施設で発生する雑排水は乳牛糞尿の混入の多少

で大別され, 活性汚泥法による浄化施設は糞尿の混入の少ない搾乳関連排水を浄化できるとされている注)。そこで, スラリー希釈水と牛乳希釈水を用いて表面流式人工湿地の浄化能力を検討した。原水が全窒素で40~53mgN/L, 全リンで6.1~8.4mgP/Lの範囲では, 処理水中全窒素および全リン濃度の差は小さく, いずれの原水に対しても表面流式人工湿地は類似した浄化能力を発揮し得ると期待できた。これにより, 糞尿の溶け込んだ搾乳関連排水についても適応が可能と考えられた。

(4) 植生

水生植物は、自身が栄養塩類を取り込むだけでなく、根系表面に付着生活する微生物により有機物が分解されることが知られている。本試験でも、無植生の場合には処理水濃度が経時的に上昇し、長期間の利用を想定すると、植物を栽培した方が望ましいと考えられた。

2. 野外試験

野外において、実験規模を拡大した場合においても浄化能が確認された。以上の結果から、搾乳関連排水量を3 m³(搾乳頭数100頭を想定)、排水中の全窒素濃度を約10mgN/Lと仮定した表面流式人工湿地モデルを試算した。冬期間は運転を休止し排水を貯留して非凍結期間に浄化処理するものとする、湿地面積として720 m²もの広大な面積が必要とされた。

3. 未検討の問題

①北海道、特に道東地域は冬期間の降雪量が少ないため小河川等は凍結する。したがって、冬期間でも対

応できる処理法を検討する必要がある。現在、表面流式人工湿地より浄化能が高く、寒地にも適しているとされる伏流式人工湿地(ヨシ濾床浄化システム)を現地実証試験中である。

②表面流式人工湿地の耐用年数および維持管理作業の頻度は、沈殿物の堆積速度に大きく左右され、沈殿物の堆積は、固形分の多い高濃度の原水の投入によって速くなると想定される。本試験では堆積速度を測定することは出来ず、今後の検討が必要である。なお、糞尿が混入した搾乳関連排水を処理する場合には、沈殿槽などにより、粗大な固形分をあらかじめ除去しておくことが重要と考えられる。

文 献

注) 牛乳処理室等の排水を対象とした低コスト浄化施設の開発(平成15年普及奨励ならびに指導参考事項 北海道農政部 根釧農業試験場)

