

酪農排水を河川放流ができるレベルまで浄化する人工湿地システム —我が国で初めて実用的な人工湿地を完成—

ポイント

- ・ 酪農雑排水を低コスト・省エネルギー・省力的に浄化できるシステムを開発
- ・ 凍結を回避するバイパス構造などにより、北海道の冬季も含めた通年処理を実現
- ・ 環境保全と経済的な畜産経営の両立に貢献する新技術として期待

概要

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構（以下、「農研機構」という。）北海道農業研究センター【所長 折登 一隆】は、北海道大学、畜産施設販売の株式会社たすく、北海道立根釧農業試験場、遠別町と共同で、酪農家の搾乳室（搾乳パーラー）から出る糞尿や牛乳などの混ざった高濃度有機性排水（以下、「酪農パーラー排水」という。）を、河川放流が可能なレベルまで浄化する人工湿地システムを開発しました。本システムは、寒地でも低コストかつ省力的に高濃度汚水を通年処理できる点で世界初の人工湿地システムです。凍結を回避するバイパス構造や水に浮かぶ軽量浮遊資材の活用などにより、北海道での冬季を含めた通年処理を実現しました。根室内別海町と留萌管内遠別町の現地試験で、酪農パーラー排水中の有機物を9割以上、窒素やリンを6～8割低減できました。コスト面では既存の機械的排水処理法と比べ、初期費用が半額未満、ランニングコストが5分の1未満となります。道内外5カ所における試験導入でその有用性が確認されており、広範囲に普及・実用化されることが期待されます。

予算：農研機構重点研究（2005年度）

農林水産省競争的資金「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」

（寒冷地での実用化をめざした人工湿地浄化システムの確立）（2006～2008年度）

特許：伏流式人工湿地システム（特願 2006-249667、特開 2008-68211）

参考文献：①加藤・井上・木場・家次（2009）畜産技術 2009年6月号：32-37

②加藤・井上（2008）Dairy Japan 2008年8月号：57-61、同9月号：64-67

問い合わせ先など

研究推進責任者：農研機構 北海道農業研究センター 寒地温暖化研究チーム長 廣田知良

研究担当者：農研機構 北海道農業研究センター 寒地温暖化研究チーム

主任研究員 加藤邦彦 TEL 011-857-9234 または 9241

広報担当者：農研機構 北海道農業研究センター 情報広報課 中里勝幸、柴垣 誠

TEL 011-857-9260 FAX 859-2178

本資料は、道政記者クラブ、札幌市政記者クラブ、北海道経済記者クラブに配布しています。

開発の背景

1) 酪農パーラー排水の問題

酪農パーラー排水は、個々の農家からの排出量が1日50トンを超えないため現在は法的な規制対象になっていません。しかし、糞尿や牛乳、殺菌剤、各種洗剤などが混ざると処理が困難で、そのまま放流すると河川や地下水の汚染源となるため、適切な処理が求められています（写真1）。普及している既存の浄化施設は高額で、手間もかかり、酪農家を悩ませています。このため低コストで省力的な実用的排水処理手法の開発が求められていました。



写真1 酪農パーラー排水の問題

2) 人工湿地の種類、浄化のメカニズム、ヨシの役割

排水処理手法として用いられる人工湿地には表面流式と伏流式があります。伏流式は、濾材を通して汚水を濾過する方式で、表流式よりも面積あたりの浄化能が高く、冬季でも浄化能が持続できるという特長があります。伏流式は、1970年代にヨーロッパで始まり、主に生活排水を処理する施設として世界に広がりつつあります。伏流式人工湿地の濾床（ろしょう）には一般にヨシを植栽するのでヨシ濾床（reed bed）とも呼ばれます。ヨシの主な機能は、芽や茎による濾床の目詰まり軽減、冬季の断熱層、水質浄化を促す微生物や小動物の生息場の提供などで、ヨシによる窒素やリンの吸収による浄化ではないため、浄化能維持のためにヨシを刈り取る必要はありません。伏流式による水質浄化メカニズムには、物理的な濾過、化学的な吸着交換、生物的な吸収や分解があります。これらが、季節的・時間的・空間的に多様性を持って有機的に複合することにより水質浄化が進行します。

伏流式には汚水を浅い地下水として横向きに流す横型と、地表面に散布して縦方向に浸透させる縦型があります（図1）。縦型濾床はアンモニアなどの窒素成分を好気性微生物の働きで硝酸に変化（硝化）させ、横型濾床は嫌気性微生物の働きにより硝酸を窒素ガスに変化（脱窒）させて空气中に放出します。縦型と横型を組み合わせるのがハイブリッド伏流式人工湿地であり、窒素浄化能力が高いシステムとして期待されています。

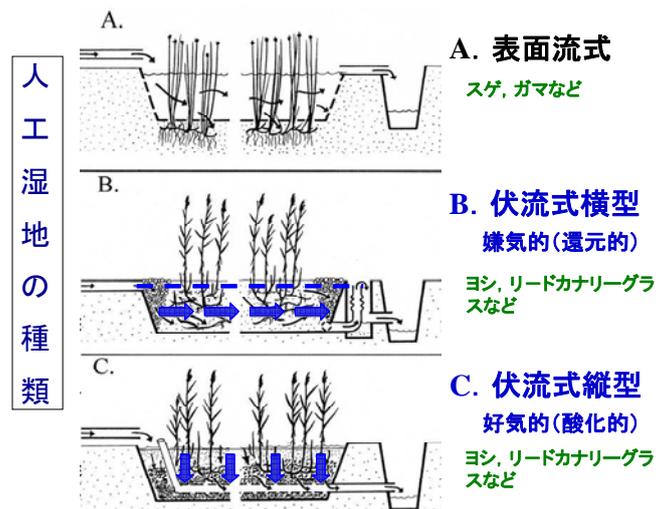


図1 人工湿地の種類と水の流れ(A→B→Cと発展)

3) ヨーロッパ方式の伏流式人工湿地システムの問題点

従来のヨーロッパ方式の伏流式人工湿地を用いて寒い地域で高濃度の排水を処理し続けるには以下の問題がありました。

- ① 有機物による濾床表面の目詰まりの進行により定期的に汚水処理を休止する必要がある。また、厳冬期に目詰まりすると凍結する。
- ② 縦型濾床に汚水を間欠的に供給するために一般的に利用されているフランス式の自動サイホンが定期的に清掃しないと動作しなくなる。
- ③ 植生が十分に生育するまでの間は汚水を投入できない。
- ④ リンの浄化は主に吸着によっており、濾床のリン吸収能はいずれ飽和する。

成果の概要

1) 開発したシステムの改良点

図2に開発したシステムの実用例の流れ図を示しました。寒い地域で高濃度の酪農パーラー排水を処理するための改良点は以下の通りです。

- ① 有機物による目詰まりで濾床表面に水が溜まるのを防ぐためのバイパス構造を考案しました。この構造により、縦型濾床の目詰まりを軽減し、寒さの厳しい北海道の冬季でも高濃度の排水を処理し続けることができるようになりました(図2)。
- ② フランス式自動サイホンの配管の流れを改良して1本化することで、従来よりも沈殿物が溜まらず、メンテナンスなしに排水の長期間供給が可能になりました(写真2)。
- ③ ガラスのリサイクル資材(スーパーソル)や発泡コンクリート(ALC)などの多孔質で水に浮かぶ軽量浮遊資材(写真3)を濾床の表面に敷設する方法を考案しました。軽量浮遊資材には、断熱効果と目詰まり防止効果があります。軽量浮遊資材の活用により、植物が生育していない施工直後から汚水処理を行うことが可能になりました(写真4)。
- ④ 濾材に吸着して蓄積し徐々に放出されるリン酸は、炭酸カルシウムなどで吸着して回収し、肥料として用いることもできます(図2)。
- ⑤ 処理水の一部を循環して浄化率を高める仕組みにより狭い面積で浄化効率を向上させるようになりました。

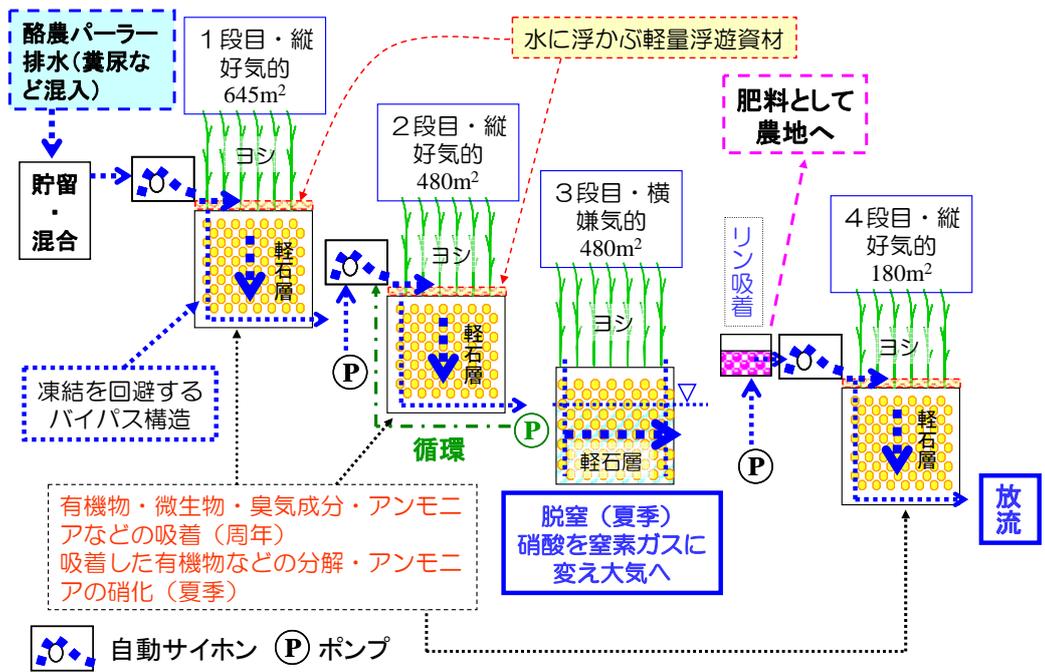


図2 伏流式人工湿地システムの流れ図(第3システム・道東 N 農場の例)

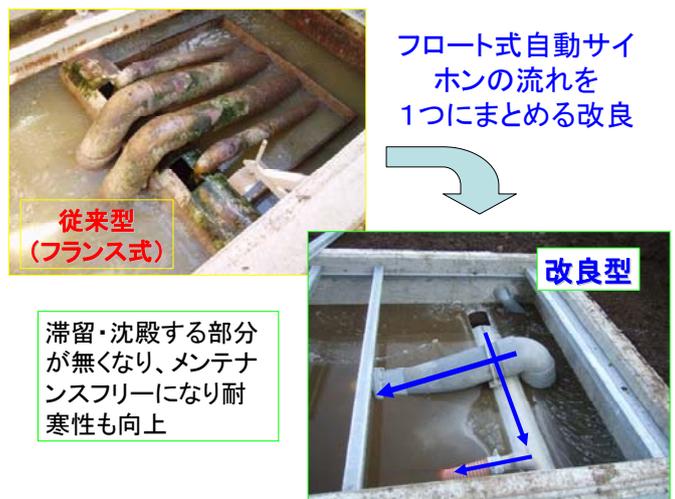


写真2 自動サイホンの改良



写真3 浮かぶ資材の例(ガラスリサイクル発泡資材:スーパーソル)



写真4 浮かぶ資材の効果(遠別町 S 牧場)

2) 実用事例

酪農排水処理施設として、以下の3つのシステムが通年処理を継続しています(表1)。

表1 酪農排水を処理している人工湿地システム

| 場所・供用開始 | 牛舎タイプ (搾乳牛数(頭)) | 排水の平均BOD (mg/l) | 排水の平均日量 (トン/日) | 濾床面積 (m ²) | 推定施工費用 (万円) |
|--------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|----------------|
| ① 別海町・2005年秋 | フリーストール(250-320) | 1,250 | 17 | 1,174 | 1,500 |
| ② 遠別町・2006年秋 | フリーストール(約120) | 2,200 | 6 | 656 | 1,000 |
| ③ 別海町・2008年春 | フリーストール(約300) | 2,650 | 16 | 2,650 | 1,800 |

上記の施設の維持費・運転費は電気代や点検費用など月に2万円以下です。また、処理水は、すべての施設で将来的な放流基準と想定される水質汚濁防止法の水質基準(BOD 120 mg/l未満、全窒素 60 mg/l未満、全リン 8 mg/l未満など)を満たしています。

3) システムの構成と費用の試算例

処理水を目標濃度(BOD = 100 mg/l)未満とする伏流式人工湿地システムについて、牛舎のタイプや規模に応じたシステム構成と費用の試算例を示しました(表2)。その結果、従来の機械的排水処理方法に比べて、施工費用で半額以下、運転費用で5分の1未満の費用で済み、優れたコストパフォーマンスを有するシステムであることが明らかとなりました。

表2 牛舎タイプおよび規模別のシステム構成と試算コスト

| 牛舎タイプ (搾乳牛頭数の目安) | 排水 BOD 濃度 BODin (mg/l) | 排水日量 (トン/日) | 濾床面積 ¹⁾ (m ²) | 段数 ²⁾ | | 施工費 ³⁾ (万円) | 運転費用 ⁴⁾ (万円/年) |
|-------------------------|---------------------------|----------------|---|------------------|------|---------------------------|------------------------------|
| | | | | 濾床 a | 循環 b | | |
| つなぎ牛舎 (50~100頭) | 800 | 2 | 64 | 2 | 1 | 380 | 11~21 |
| | | | | 3 | 0 | 500 | |
| フリーストール A (80~150頭) | 1,600 | 5 | 320 | 3 | 1 | 700 | 11~22 |
| | | | | 4 | 0 | 800 | |
| フリーストール B (200~400頭) | 3,200 | 10 | 1,280 | 4 | 1 | 1,500 | 11~23 |
| | | | | 5 | 0 | 1,600 | |

1) 本試算では、限界負荷量を 25g BOD/m²/d として面積を求めた。

2) 排水および処理水の BOD 濃度を順に BODin、BODout とした時、(a+b)=log_{0.5}(BODout/BODin)

3) 施工費は設置場所の気象条件や地形、使用する資材の種類等によって変動する。

4) 運転費用の内訳は、点検・水質分析(10~20万円/年)、電気代(1~3万円/年)と仮定。

本成果の社会的意義

酪農パーラー排水などの高濃度の有機性排水は、河川や地下水の汚染源として、井戸水の水質悪化や漁業への悪影響が懸念されています。本システムは、経済的かつ省力的であり、多忙な酪農家にも好評です。また、酪農パーラー排水だけでなく、様々な排水処理に適用できる可能性があります。2008年からはデンプン工場廃液や養豚施設から排出されるふん尿液などさらに高濃度な汚水を処理する研究開発も始まっています。

本技術は農村の水環境保全、省エネルギーによる二酸化炭素の排出削減による地球温暖化の抑制、酪農を中心とする農業生産の経済性・労働生産性の向上に貢献できる新技術であり、広範囲の普及が期待されます。

用語の解説

酪農パーラー排水(搾乳牛舎排水) : dairy wastewater (milking parlor wastewater)

牛舎で牛乳を絞る施設(搾乳パーラー)で、牛乳が流れる配管やパーラーの床などを洗浄する際に毎日発生する排水のこと。牛がつながれたまま搾乳される牛舎(つなぎ牛舎)よりも牛がパーラーに移動して搾乳される牛舎(フリーストール式牛舎)の方が排水の濃度が高く、排水量も多くなっています。本システムでこれまで処理している酪農パーラー排水に加え、今後は、つなぎ牛舎からの比較的低濃度の酪農雑排水処理への適用も期待されます。

伏流式人工湿地(ヨシ濾床)システム : subsurface flow constructed wetland (reed bed) system

伏流式人工湿地(subsurface flow constructed wetland)は、地中を通して水を濾過するタイプの人工湿地で、主にヨシを植えた濾過床を用いるためヨシ濾床システム(reed bed system)とも呼ばれます。1970年頃からヨーロッパを中心に開発され、1990年代になって世界中に広がってきた方式で、家庭や工場などから出る排水の処理や河川水の浄化など広範囲への実用化が進みつつあります。

自動サイホン : self-priming siphon

縦型濾床の表面に間欠的に汚水を供給し、効率的に排水を分配するための重力を利用した仕組みです。本システムでは、1980年頃にフランス人(SINT社のDirk Esser氏)が開発した自動サイホンを原型として、さらに改良を加えています。自動サイホンと小型ポンプを併用することにより、大量の排水をパルス状に効率良く分配できます。また2m程度の高低差があれば電気ポンプを使わなくても動作します。

BOD (生物化学的酸素要求量) : biochemical oxygen demand

水中の有機物などの量を、その酸化分解のために微生物が必要とする酸素の量で表したものです。一般に、BODの値が大きいくほど、その水質は悪いと言えます。生物化学的酸素消費量と訳されることもあり、世界で使われる最も一般的な水質指標の一つです。