成績概要書（2009 年 1 月作成）

研究課題：搾乳牛舎パーラー排水処理のための伏流式人工湿地（ヨシ濾床）システム
（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）
担当部署：北農研寒地温暖化研究チーム、根釧農試 研究部 草地環境科
担当者名：加藤邦彦、木場稔信、松本武彦、廣田知良
協力分担：（株）たすく、北海道大学、遠別町
予算区分：外部資金（実用技術開発）
研究期間：2005～2008 年度（平成 17～20 年度）

１．目的

パーラー排水は、糞尿と比べて低濃度だが排出量が多く、水系汚染源となり易い。これを伏流式人工湿地(ヨシ濾床)により浄化するシステムを開発し実用技術として提案する。

２．方法

１）少雪・火山性土地域（根室管内 K 農場：2005 年秋～）と多雪・非火山性土地域（留萌管内 S 農場：2006 年秋～）において、搾乳牛舎排水を処理できるヨシ濾床システムを実規模で設計・施工した。搾乳牛頭数は、K 農場：220～300 頭、S 農場：120～130 頭で、ともにフリーストール式牛舎である。

２）本システムは、好気的な縦型および嫌気的な横型のヨシ濾床を組み合わせたもので、排水は自動サイホンにより間欠的に供給され、濾床間の水移動を担保するバイパス構造と浄化能力を高めるための循環ポンプを備える。濾床資材として、K 農場では主に火山噴出物（軽石）、S 農場では川砂利、海砂等を使用した。

３）各濾床の入口と出口で温度、流量、水質等を観測・調査し、浄化効率を検討した。

３．成果の概要

１）本システムの設計にあたっては、施工前の十分な調査に基づく排水量と水質の把握が重要で、将来的な飼養頭数規模や緊急的な負荷の発生も考慮する必要がある。

２）濾床の合計面積TA(m^2)は、原水の日投入量をQ(m^3/d)、BOD濃度をBOD in(mg/L)、濾床面積あたりの限界負荷量を 25(gBOD/m^2/d)とした場合、TA＝Q×BODin／25 で求める。通常BOD≒COD(Cr)÷2 なので、限界負荷量は 50(gCOD/m^2/d)でも代用できる。

３）濾床の面積比は前段／後段≒2 とし、横型濾床と循環の場合は縦型より広くする。

４）有機物（BOD や COD）濃度は、濾床を 1 段通過する毎に概ね半減する。このことから原水の有機物濃度と処理水の目標濃度によって、必要な段数が計算できる（図 1)。

５）濾床表面を覆う断熱資材には軽量浮遊資材を用いる。濾床資材には、φ20～50mm の大レキ、φ5～20mm の小レキ、10%粒径 0.25～0.4mm の粗砂を用い、縦型は前段や下層ほど粒径を粗く、また横型は上層ほど粒径を粗くする。濾床の深さは 60cm 以上とする。

６）安定的な排水浄化を妨げる最も大きな要因は、原水が投入される 1 段目の縦型濾床における目詰まりで、システム設計や日常管理を行う上で、その対策が最も重要である。

７）システムを正常運転するためには、①設計時に見込んだ負荷量を超える排水投入の禁止、②パーラー洗浄前の床面の除糞による有機物負荷の軽減、③隔壁を有する 2 日分以上の容量を備えた貯留槽の設置と、定期的な沈殿物の除去、④濾床表面の交互乾燥（春～秋：週 1 回程度）などが重要である。また、日常点検として、サイホンやポンプの動作、ヨシの生育状況を確認する必要がある。

８）有機物（BOD、COD）や SS、大腸菌の浄化率は 9 割以上で安定したが、全窒素や全リンの浄化率は 6～8 割で、やや低い傾向にあった（図 2)。

以上、現地試験で得られた結果と既往の情報を整理し、処理水を目標濃度（BOD、COD、SS、大腸菌）以下とするための伏流式人工湿地システムの運転方法および牛舎のタイプや規模別の設計方法（濾床の面積、段数）を明らかにした（表 1、図 3)。

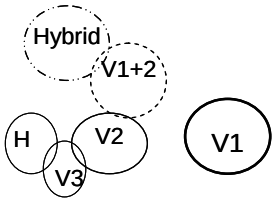

図 1　COD 負荷量と除去率 [3)]の関係

1) 青は K 農場、赤は S 農場
2) V1:1 段目縦型、V2:2 段目縦型、H:3 段目横型、V3:K 農場の 4 段目縦型、Hybrid:全ｼｽﾃﾑ
3) 除去率(%)=(除去量－負荷量)／負荷量×100

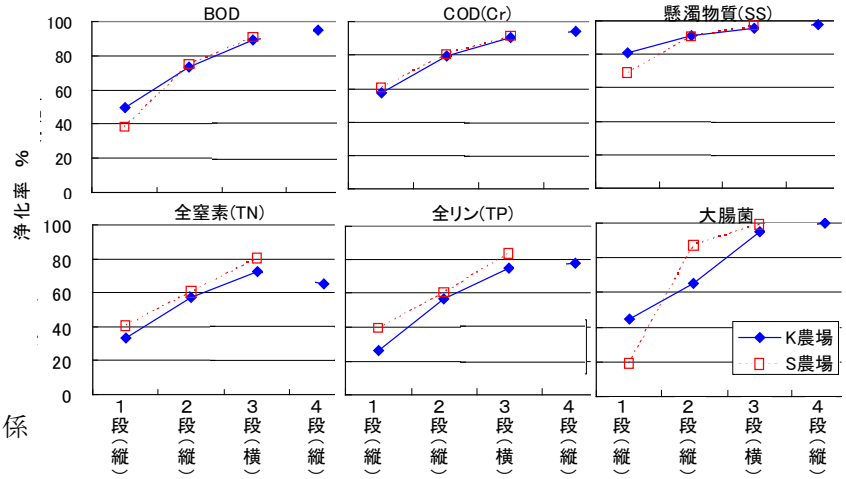

図 2　現地試験 [1)]における平均浄化率 [2)]

1) K 農場は開始 3 年間、S 農場は開始 2 年間。
2) 浄化率(%)=（原水濃度－処理水濃度）／原水濃度×100

表 1　牛舎タイプおよび規模別のシステム構成と試算コスト（目標水質 100mgBOD/l 未満）

牛舎タイプ（搾乳牛頭数の目安）	原水 BOD 濃度 BODin (mg/L)	排水量 Q (m^3/日)	濾床[1)] 面積 TA (m^2)	段数[2)] 濾床 a	段数[2)] 循環 b	施工費[3)] (万円)	運転費用[4)] (万円/年)
つなぎ牛舎（50～100 頭）	800	2	64	2	1	380	26
				3	0	500	16
フリーストール A（80～150 頭）	1,600	5	320	3	1	700	27
				4	0	800	16
フリーストール B（200～400 頭）	3,200	10	1,280	4	1	1,500	28
				5	0	1,600	16

1)本試算では、限界負荷量を 25gBOD/m^2/dとして面積を求めた。
2)原水および処理水の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）、電気代（1～3 万円）、諸費用（5 万円）と仮定。

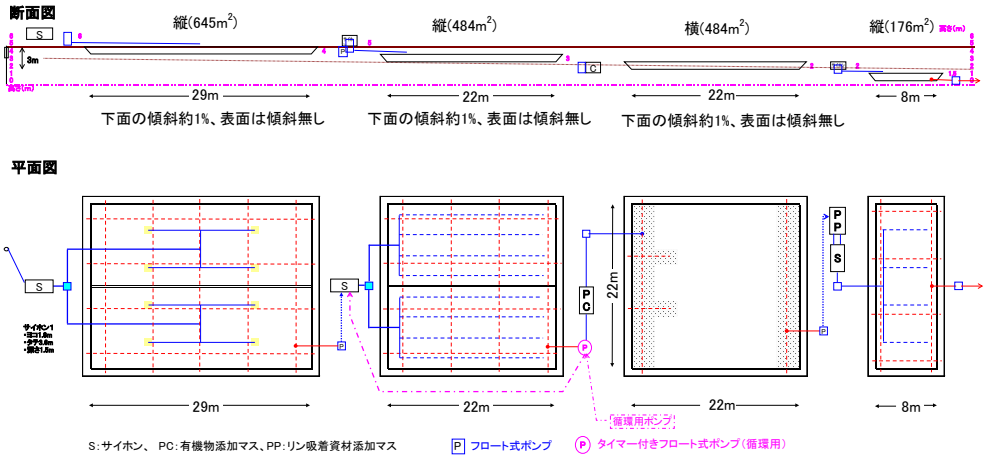

図 3　搾乳牛舎パーラー排水処理のためのヨシ濾床浄化システムの縦断平面図（根室管内の例）

牛舎タイプはフリーストール方式、搾乳頭数は約 300 頭、日排水量は 15m^3、原水 BOD 濃度は 3,000mg/L を想定

4．成果の活用面と留意点

1）寒冷地における搾乳牛舎パーラー排水処理施設の設計・運用の参考となる
2）廃棄乳は極めて高濃度のため、営農管理上分離できる廃棄乳はシステムに投入しない
3）伏流式人工湿地システムの基本設計は、特許公開済みである（特開 2008-68211）

5．残された問題とその対応

1）吸着資材を活用した排水のリン濃度低減技術の確立
2）本システムにおける排水浄化能の長期的なモニタリング