

搾乳関連排水の低コスト処理技術の開発

搾乳関連排水の低コスト処理技術の開発

酪農学園大学 農食環境学群 猫本 健司

1. はじめに

酪農場の搾乳施設から毎日排出される排水は、「パーラー排水」「処理室排水」「酪農雑排水」とも呼ばれる。同排水には、搾乳機器の洗浄により生じる白濁した排水や強アルカリ・強酸性の洗剤を含む殺菌・洗浄水、乳房炎等により出荷できず廃棄する生乳、床洗浄や洗濯排水などが含まれるため、これらは総称して「搾乳関連排水」と呼称される。

2. 搾乳機器の洗浄工程と発生する排水

(1) パイプライン循環洗浄水

つなぎ飼い牛舎やミルクパーラーに設置されている搾乳パイプラインは、一般的に朝・夕の1日2回の搾乳毎に循環洗浄・殺菌が行われ、その際に発生する白濁した排水（パイプライン循環洗浄水）は、搾乳関連排水の大部分を占める（図1）。

搾乳や牛乳出荷の度に、一般的に次の i ~ iv の工程で搾乳パイプラインやバルククーラーの殺菌・洗浄が行われる（iv に続いて酸性洗剤による洗浄が行われる場合もある）。

- i) 殺菌（酸）→ 【搾乳】 → ii) 前すすぎ
- iii) アルカリ（酸性）洗剤 → iv) 後すすぎ又は酸リンス・・・

これらの工程は一般的に自動制御で行われ、1回の循環洗浄で 40 ~ 150L 程度の洗浄水が使われる。1回の洗浄水量が 100 L であれば、 $100\text{L} \times 4$ 工程

$(i \sim iv) \times 2$ 回（朝・夕）= 800 L の排水が1日で発生する。

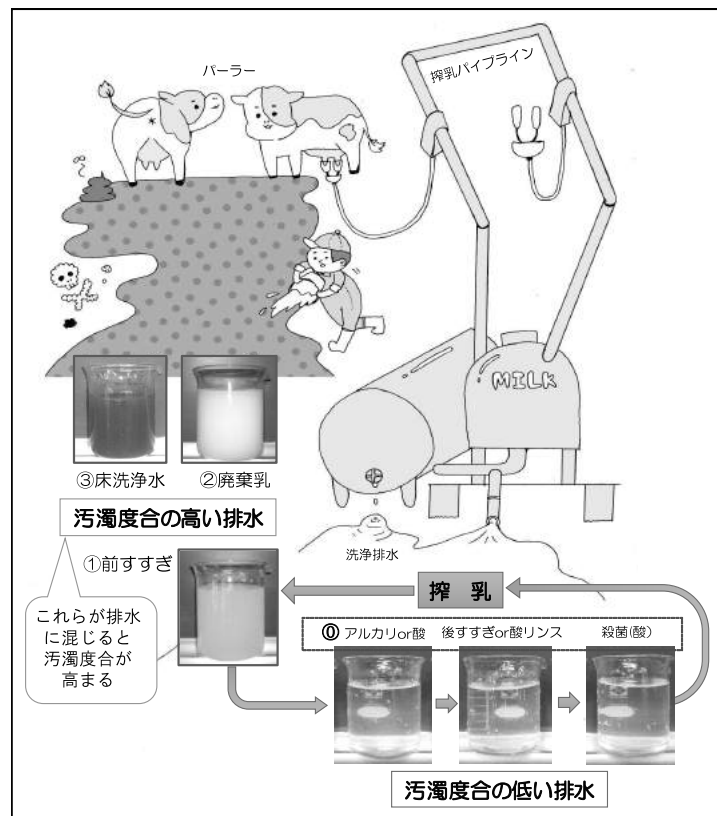


図1 搾乳関連排水の概要

(2) プラットフォーム洗浄排水

ミルクパーラーの床洗浄水（プラットフォーム洗浄排水）には、搾乳中に排泄したふん尿が含まれ、搾乳関連排水に混ざると汚濁度合いは著しく高まる。

プラットフォームの洗浄には、口径が 32 ~ 40A の太いホースを用いて水道圧で行う場合と、高圧洗浄機を用いる場合がある。水道圧で洗浄する場合の排水量は $1,300 \pm 750$ [L/日] (n=11)、高圧洗浄機の場合は 200 ± 76 [L/日] (n=4) であり、高圧洗浄機を用いる場合の

排水量は、水道圧の場合の 1/6 程度である（図 2）。すなわち、太い口径のホースを用いて水道圧で洗浄する場合には、水の使用量が多いため薄い排水が大量に排出される。一方、高圧洗浄機では使用水量が節約されるため、濃い排水が少量排出される傾向となり、貯留して圃場還元することも、処理の一選択肢である。

なお、高圧洗浄機の場合の BOD 負荷量（690[kg/日]）の平均が、水道圧の場合（1,400[kg/日]）の約 1/2 である原因については、水道圧の場合は大量の水流で

ふんを押し流すのに対し、高圧洗浄機の場合は、水洗浄の前にスクレーパーなどを用いてプラットフォーム上の除ふんをしっかりと行う傾向があるためである。

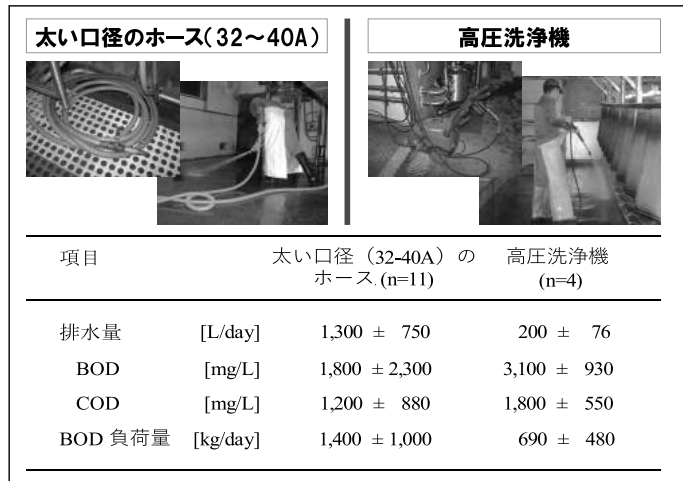


図 2 プラットフォーム洗浄排水の概要

3. 搾乳関連排水の量や性状

搾乳関連排水の量や性状は事例により大きく異なる。沈殿槽を経る程度の簡易な処理で排水できる場合もあれば、廃棄乳やふん尿が混じり著しく汚濁度合が高い事例もある（表 1）。

国内の搾乳施設の約 7 割を占めるつなぎ飼いやカウシェード用パイプラインミルクの場合は、生乳が 0.30 ± 0.13 % (n=11) 含まれる白濁した排水が比較的少量（870 ± 97[L/日], n=7）発生する。排水の BOD は 260 ± 210mg/L (n=19) と比較的低いのだが、廃棄乳が混じると汚濁度合は高まる。一方、ミルクパーラーにおける同排水量は 1,500 ± 830[L/日] (n=10) と比較的多量であり、搾乳中の排せつふん尿が含まれるプラットフォーム洗浄排水が混じる排水の BOD は 730 ± 500mg/L (n=3) と汚濁度合は著しく高まる。近年増加している自動搾乳機（搾乳ロボット）では、床洗浄がなくパイプラインも短い

表 1 搾乳関連排水の様々な性状

	ふん尿が混じる		ふん尿は混じらない		排水基準
	大量の廃棄乳が混じる	少量の廃棄乳が混じる	廃棄乳は混じらない		
pH	5.9±0.9	5.2±0.7	5.7±0.6	6.5±0.9	5.8-8.6
BOD (mg/l)	730±500	3,600±3,000	460±250	260±210	160
COD (mg/l)	860±760	840±320	260±170	120±56	160
SS (mg/l)	48±39	1,700±2,000	120±81	53±110	200
T-N (mg/l)	52±43	260±210	63±77	12±9.0	120
T-P (mg/l)	73±93	82±45	30±23	9.1±10	16

平均値±SD 灰色は平均値が排水基準を満たしていないことを示す

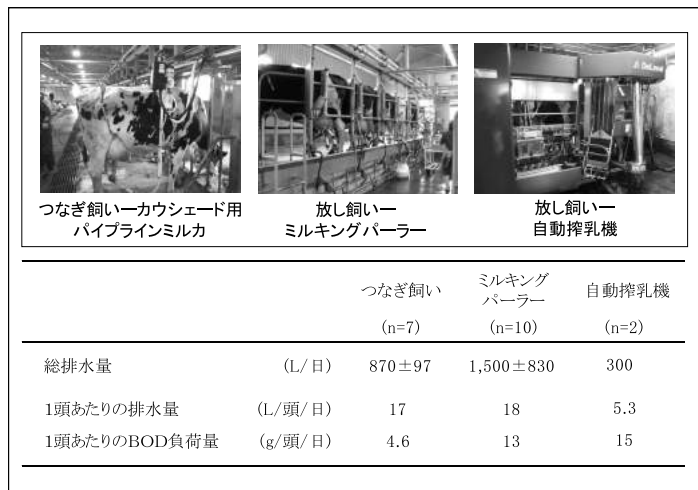


図 3 搾乳施設における排水量と汚濁度合

ため、1頭あたりの排水量は従来施設の1/3程度と少ないが、BOD負荷量はミルクングパーラーと同程度である（図3）。

4. 搾乳関連排水の管理

搾乳関連排水の最終処理は圃場還元が基本だが、適切な貯留施設が備えられていることと作物の生育期に散布することが必要条件である。草地酪農地域に多い液肥（スラリー）によるふん尿管理を行う地域では、同排水はスラリーに混ぜて適切に貯留した上で圃場還元する事例が多く見られる（図4）。一方、適切に圃場還元できない場合は浄化して放流する必要がある（公共下水道が利用できる場合もある）。近年では経営規模が大きいパーラー搾乳施設を中心に、生物膜などを利用した高度な活性汚泥法による浄化処理が普及し、高価ながらも運用上の手間がかからないなどユーザーの評価が比較的高い傾向がある。しかし、中小規模の経営において、排水処理のために数百・数千万円かけて高度な処理施設を導入することは現実的ではないため、低コストな排水処理方法を選択することが必要である。



図4 搾乳関連排水の最終処理

して放流する必要がある（公共下水道が利用できる場合もある）。近年では経営規模が大きいパーラー搾乳施設を中心に、生物膜などを利用した高度な活性汚泥法による浄化処理が普及し、高価ながらも運用上の手間がかからないなどユーザーの評価が比較的高い傾向がある。しかし、中小規模の経営において、排水処理のために数百・数千万円かけて高度な処理施設を導入することは現実的ではないため、低コストな排水処理方法を選択することが必要である。

5. 搾乳関連排水を低コストに処理・利用するには

搾乳関連排水の汚濁度合を高める原因は、①前すすぎ排水（搾乳終了後に最初に行う循環洗浄で生じる白濁した排水）と、②廃棄乳ならびに③プラットフォーム洗浄排水の3つである（図1）。これら①～③が排水に混じらない場合、同排水は沈殿槽などの簡易な処理を施すだけで放流することが可能となる。

工業廃水の浄化処理とは異なり、畜産では汚れたものを「分解」するよりも、混ざらないように「分離」すべきであり、分離した有機物を循環利用することが大切である。例えば、搾乳後の配管内に残った生乳をしっかり回収すれば、越流式沈殿槽のような低コストな方法でも処理は可能となる。さらに、前すすぎ排水やプラットフォーム洗浄排水を分離できれば、さらに低コストな処理が期待できる。

本稿では、低コスト処理方法として、以下に3つの具体事例を紹介する。

(1) 越流式沈殿槽

つなぎ飼いーパイプラインミルクの場合、排水の中味はパイプラインやバルククーラーの殺菌・洗浄排水が主体であり、ふん尿は混入しない。したがって、排水は搾乳機器内の残乳が混じり薄く白濁する程度で汚濁割合は比較的低いのだが、圃場還元など肥料としての利用価値が低い上に、排水基準は満たしていない。

搾乳機器に残る生乳の回収が悪いと、前すすぎ排水の白濁が強くなり、排水全体の汚濁

度合も高まる。

越流式沈殿槽（図5）のような簡易な方式を選択する場合は、廃棄乳を混ぜないだけでなく、できる限り排水に残乳が混入しないよう、日々の排水管理努力が必要となる。具体的には、搾乳パイプラインの「配管傾斜」を利用し時間をかけて（10分以上を推奨）しっかり残乳を回収する（図6）。傾斜による回収を行ってから、エアー回収（パイプラインに空気を循環させて残乳を回収する・・・以前はスポンジを循環させて残乳を押し出していたが、衛生上の理由から現在はスポンジは使われない）をするとさらに効果的である。

搾乳終了後、残乳を回収せずに、直ちに循環洗浄を開始すると、配管内に残っている多量の生乳が排水に混じってしまうため、排水の汚濁度合が高まり、簡易な方法では排水基準を満たさなくなる。



図5 3槽越流式沈殿槽
(北海道H町の約150戸の酪農家に導入されている)

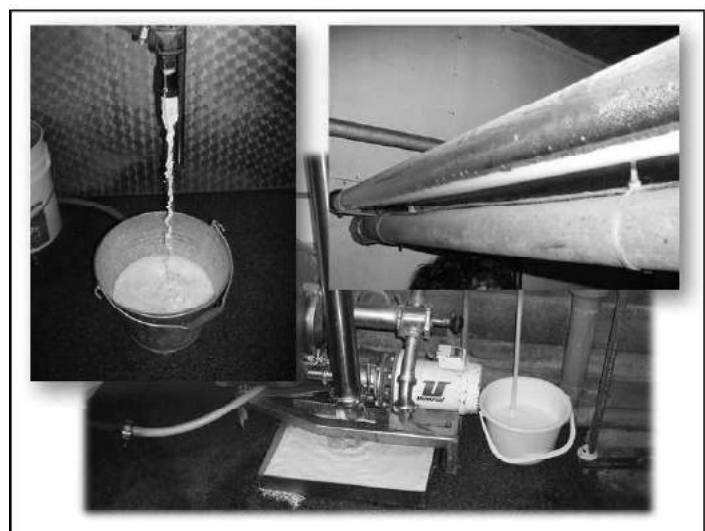


図6 配管傾斜を利用した残乳の回収例

(2) 前すすぎ排水の分離

構造上、パイプラインの残乳回収が困難な事例（排水の白濁が強くて、越流式沈殿槽などでは浄化が困難な場合）では、前すすぎ排水を分離して排水に混ぜない方法もある。

北海道十勝地方のある牧場（搾乳牛64頭のつなぎ飼い、パイプラインミルクによる搾乳方式）では、牛乳処理室内の排水経路に自動制御の電磁バルブを設置し、前すすぎ排水は搾乳関連排水に混ぜずに分離され、バークリーナーを経由して尿ため（地下の貯留槽）に

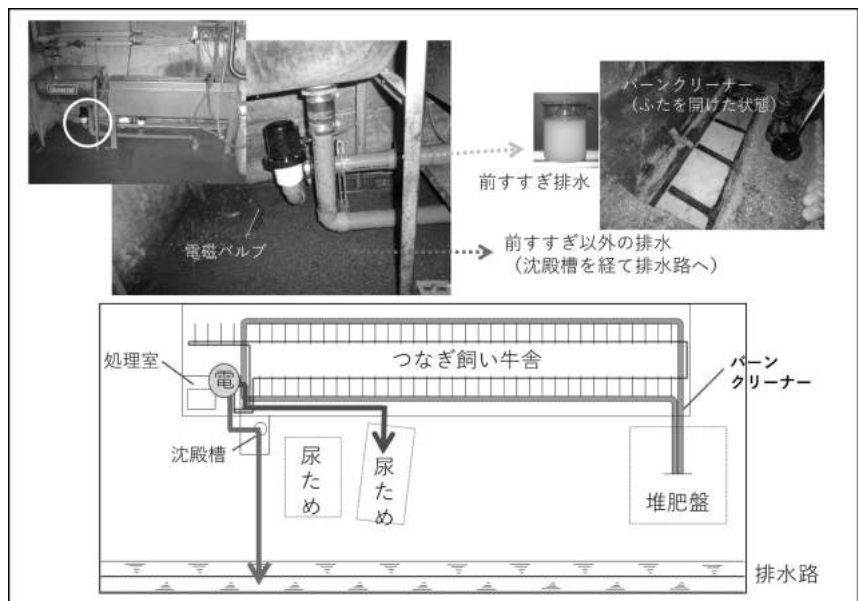


図7 前すすぎ排水の分離処理

流れる構造としている（図7）。同バルブの設置前後では、沈殿槽の BOD は 320mg/L から 170mg/L に、排水路では 570mg/L から 33mg/L にそれぞれ減少し、排水路では BOD を含めすべての分析項目が排水基準をクリアしている。

簡易で有効な方法であるが、成牛数頭分の尿液に相当する前すすぎ排水が、毎日尿ために流入する。尿ための容量によっては溢れる可能性があるため、導入に当たっては慎重な検討が必要となる。

(3) プラットフォーム洗浄排水の分離

プラットフォーム洗浄排水は、排水基準を大幅に超過した状態であり、これが搾乳関連排水に混じることによって、汚濁度合を著しく高めている。したがって、プラットフォーム洗浄排水の量をなるべく低減させて別途処理し、搾乳関連排水に混ぜないことが、同排水の処理負荷を低減させる一手法となる。

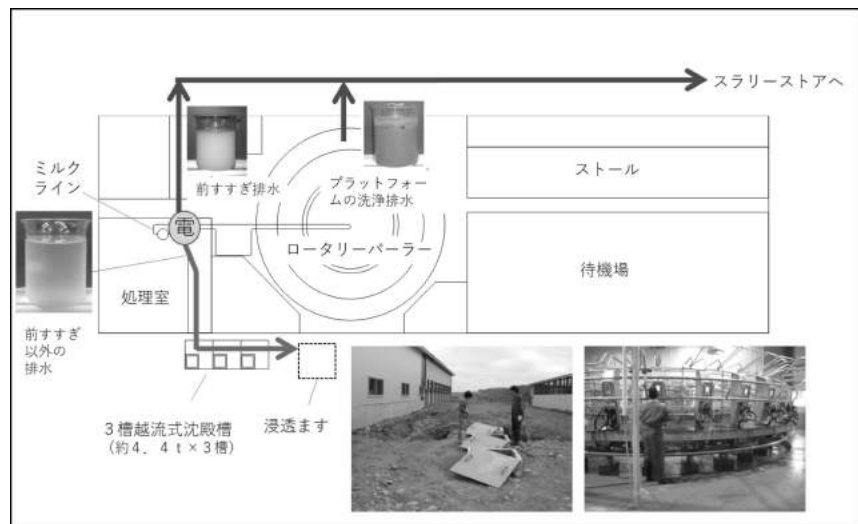


図8 プラットフォーム洗浄排水の分離処理

北海道十勝地方のある牧場（搾乳牛 248 頭、フリーストール）では、プラットフォーム洗浄排水と前すすぎ排水を搾乳関連排水に混ぜずに、分離して貯留できるシステムを、同牧場に新設されたロータリーパーラーに導入した（図8）。ふん尿が混じるプラットフォーム洗浄排水（排水量は未計測）と、白濁した前すすぎ排水（800[L/日]）はスラリー貯留槽に投入され、それ以外の比較的汚濁度合が低い搾乳関連排水（3,600[L/日]）のみが越流式沈殿槽に流入する。沈殿槽上清の BOD は 180mg/L、COD は 47mg/L であり、この値は、一般的な牧場における値（ふん尿が混入する場合の BOD は 1,000mg/L 程度、ふん尿が混ざらない場合は同 500mg/L 程度）に比べて著しく低く、処理負荷が著しく低減している。

なお、プラットフォーム洗浄排水の分離処理に関しては、適正に貯留でき、飼料畑へ施用できることが前提であるため、対象はスラリー処理である牧場に限られる。堆肥処理である事例における同排水の低コスト処理に関しては今後の検討課題として残される。

6 おわりに

近い将来、搾乳関連排水の処理に高額な出費が必要になるのでは、と心配されている経営者が多いのではないかと考え、本稿では排水の処理・利用だけでなく、低コストに処理する一手法にもふれてみた。簡易な方法では排水の汚濁度合を高めないように日々の排水管理をしっかりと行うことが必要である。一方、たとえ高価でも手間がかからない浄化施設が良いと考える経営者もおられ、牧場内のふん尿処理との関係も含め、経営規模やスタイルに合わせて、適切な排水処理の方法を検討することが大切である。

引用文献

河合紗織、猫本健司、干場信司、森田茂（2015） 搾乳システムからの残乳回収改善による搾乳関連排水の処理負荷低減、日本畜産学会報：86(4):497-504.

猫本健司、河合紗織、干場信司、内田泰三、森田茂(2017) 搾乳関連排水の低コスト管理に関する検討 - 越流式沈殿槽による汚濁負荷流出の低減 -、日本畜産環境学会会誌：16(1):42-49

河合紗織、猫本健司、干場信司、森田茂（2017） プラットフォーム洗浄排水と前すすぎ排水の分離による搾乳関連排水の処理負荷低減、日本畜産環境学会誌：16(1):33-41.

猫本健司、永谷万里菜、岩堀拓哉、河合紗織(2019) 自動搾乳機を有する搾乳施設から生じる搾乳関連排水の実態調査、日本畜産環境学会誌：18(1):35-41.

本資料より転載・複製する場合は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得てください。

畜産研究部門 令1-4資料

令和元年度家畜ふん尿処理利用研究会資料

編集・発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
企画管理部企画連携室

Tel.029-838-8292、 Fax.029-838-8606

〒305-0901 茨城県つくば市池の台2

発行日 令和元年10月31日

印刷所 朝日印刷株式会社 つくば支社