

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

猫本健司¹・永谷万里菜¹・岩堀拓哉¹・河合紗織²

¹酪農学園大学 農食環境学群, 北海道江別市, 069-8501

²酪農学園大学大学院 酪農学研究科, 北海道江別市, 069-8501

現: 青森県産業技術センター 畜産研究所, 青森県上北郡野辺地町, 039-3156

要約 本研究の目的は、自動搾乳機（搾乳ロボット）から生じる搾乳関連排水の現況調査を行い、排水処理方法を計画するための基礎データを得ることである。調査対象は異なるメーカーの自動搾乳機を有する2酪農場（A・B酪農場）とした。両酪農場はともにフリーストール飼養で、搾乳牛頭数はA・B酪農場の順にそれぞれ84、90頭である。両酪農場とも自動搾乳機が1台ずつ設置され、自動搾乳機で搾乳している頭数は同様に60、54頭であった。各施設にて排水量を調査するとともに排水を採取し、水質分析を行った。自動搾乳機における1頭あたりの平均搾乳回数はそれぞれ2.2、3.5[回/日]であった。A酪農場では自動搾乳機へ牛が入る度に前搾りが行われ、そのつど約1.6[L/回]の排水が生じた。B酪農場では搾乳が終了し牛が出ていく度に後すすぎが行われ、排水量は約0.4[L/回]であった。ミルクラインの循環洗浄は両酪農場とも1日3回行われ、排水量はそれぞれ180、140[L/日]であった。これらを含めた総排水量は同様に400、210[L/日]であり、排水のBODはそれぞれ1,600、5,100[mg/L]、CODは同様に500、2,800[mg/L]であった。すなわちB酪農場はA酪農場に比べて比較的濃い排水が少量発生していると言える。本研究における自動搾乳機の1頭あたりの排水量とBOD負荷量の平均はそれぞれ5.3[L/(日・頭)]、15[g/(日・頭)]と算定される。このことから自動搾乳機ではミルクキングパーラーなどの従来の搾乳施設に比べて、1頭あたりの搾乳関連排水量が1/3以下であるが、BOD負荷量はミルクキングパーラーと同程度であることがわかった。

キーワード: 搾乳関連排水、自動搾乳機、ミルクキングパーラー、BOD負荷量、酪農場

受領日: 16.01.2019. 受理日: 08.03.2019.

日本畜産環境学会会誌 日本畜産環境学会会誌 No18 (1) pp35-41. 2019

緒言

搾乳関連排水とは、酪農場において搾乳ごとに発生する排水の総称である。ミルクラインやバルククーラーなどの搾乳機器の洗浄で生じる白濁した排水に加え、乳房炎などで出荷せず廃棄する生乳や、ミルクキングパーラー方式の搾乳施設では牛が搾乳時に排せつするふん尿が混ざる場合もある[6]。酪農場1戸あたりの同排水量は搾乳牛50~100頭規模のパーラー搾乳であっても1~3m³程度で[9, 10]、水質汚濁防止法における排水基準の

対象外であり、処理不十分のまま同排水を放流している事例も見られる[5]。しかし、たとえ排水量が少なくても、酪農が多い地域では地域全体としての汚濁負荷量が高くなるため、酪農業の持続的な発展や地域環境や資源の保全、他産業との共存のためにも、同排水を適切に利用または処理することが必要である。

同排水を適切に浄化処理できる施設を設計するにあたって、排水の量や汚濁負荷量を把握することが必要である。従来のつなぎ飼

自動搾乳機から生じる搾乳関連排水

牛舎からは生乳が0.3%程度混入する白濁した排水が870±97[L/日]、ミルクパラーからはBODが平均2,100[mg/l]の排水が1,500±830[L/日]発生しており、牛のふん尿や廃棄乳が混じると汚濁度合は著しく高まることが報告されている[3]。処理方法に関しては、圃場還元が原則であるが、比較的汚濁度合が低い排水には越流式沈殿槽などが[7]、ふん尿が混じり汚濁度合が高い場合は、膜分離活性汚泥法など高度な浄化処理が用いられ、従来施設における同排水の管理方法はほぼ確立されたと考えられる。

その一方、近年では従来のミルクパラーに代わる、自動搾乳機(搾乳ロボット)の導入が進められている。平成29年度までに、北海道では228戸で導入され、飼養形態に占める割合は4%に達している[2]。自動搾乳機では、搾乳牛1頭毎にミルカーの洗浄が行われ、

いてはほとんど報告されておらず、適切な処理施設を設計するために、同排水の量や性状を把握することが急務である。そこで本研究では、実際の現場で運用されている、複数のメーカーの自動搾乳機から生じる搾乳関連排水の現況調査を行い、同排水の処理方法を計画するための基礎データを整理することを目的とした。

材料および方法

1. 調査対象と概要

調査対象は北海道の道東地方で、異なるメーカーの自動搾乳機を有する2軒の酪農場(A・B酪農場)とした(Fig.1)。両酪農場とも飼養形態はフリーストールで、総搾乳頭数はそれぞれ84、90頭であった。このうち自動搾乳機で搾乳している頭数はそれぞれ60、54頭であり、これら以外の搾乳牛については自動搾

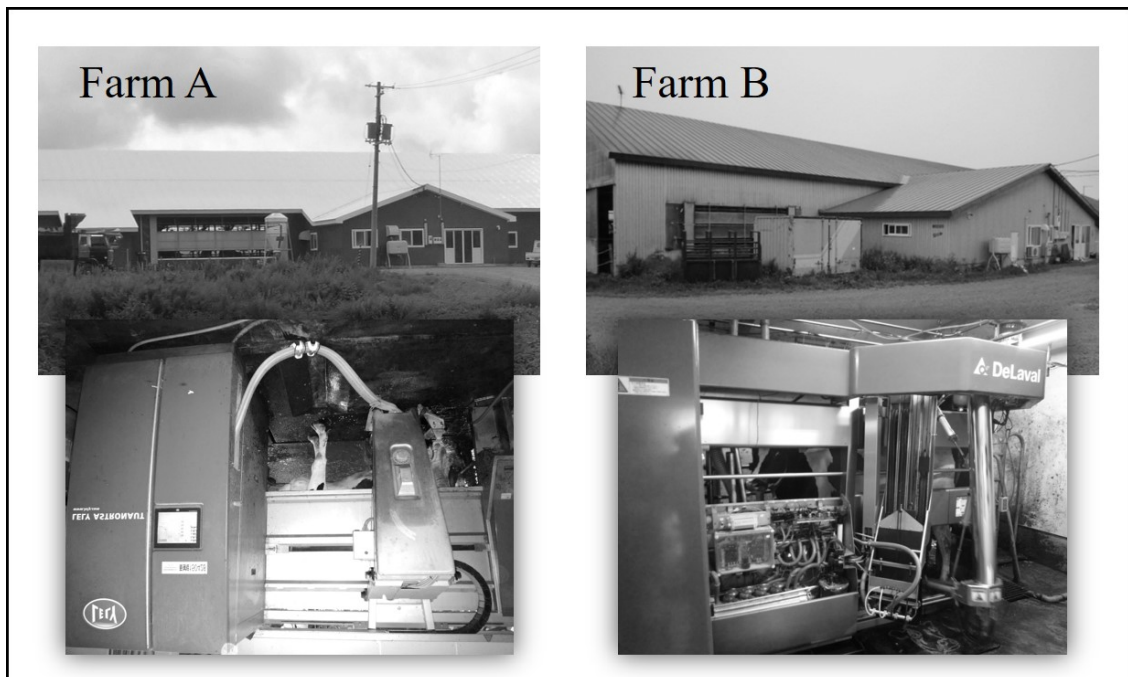


Fig.1 The picture of dairy farms using automatic milking machines

1日の搾乳回数

い。したがって、自動搾乳機から発生する搾乳関連排水の性状については従来の施設に比べて大きく異なると思われるが、その実態につ

の搾乳施設

(ミルクパラー)を利用している。

搾乳関連排水に関して、従来の搾乳施設(パイプラインミルカ)との大きな違いは、自動搾

自動搾乳機から生じる搾乳関連排水

乳機では1頭搾乳毎にミルクカーのすすぎが行われ、その都度排水が生じることである。

A酪農場の自動搾乳機(X社製)では、ミルクカーが乳頭に装着された直後に、前搾りと同時にミルクカーのすすぎが行われ、その際に若干の白濁した排水が生じる。ミルクカーが乳頭から離脱(搾乳終了)後、次の乳牛に装着されるまでは、ミルクカーのすすぎは行われない。

一方、B酪農場の自動搾乳機(Y社製)では、乳頭清拭後、ミルクカーが乳頭に装着されると同時に搾乳が開始され(前搾りは破棄されない)、1頭の搾乳が終了する毎にミルクカーのすすぎが行われ、その際に若干の白濁した排水が生じる。

このように、自動搾乳機のメーカーの違いによって、排水が生じるタイミングも異なっている。

また、従来の搾乳施設では、朝晩の搾乳にあ

では1日3回行われ、その際には10分程度、自動搾乳が中断される。

2. 調査項目と調査方法

(1) 搾乳関連排水の採取

1頭搾乳毎に行われるミルクカーのすすぎの際に生じる排水は、Fig. 2に示すように500mlのボトルに3回以上採取し、100mlのメスシリンダーを用いて排水量を計測した後、混和して分析に供した。

1日3回行われるパイプラインの循環洗浄水については、Fig. 2のように排水口へホースを接続して、洗浄工程(前すすぎ、アルカリ、酸リンス)毎に目盛付きの18Lバケツに採取するとともに排水量を計測し、それぞれを分析に供した。

(2) 水質分析

分析項目と方法[8]は、BOD(JIS K 0102 17)、COD(JIS K 0102 21)、全窒素(T-N)(JIS

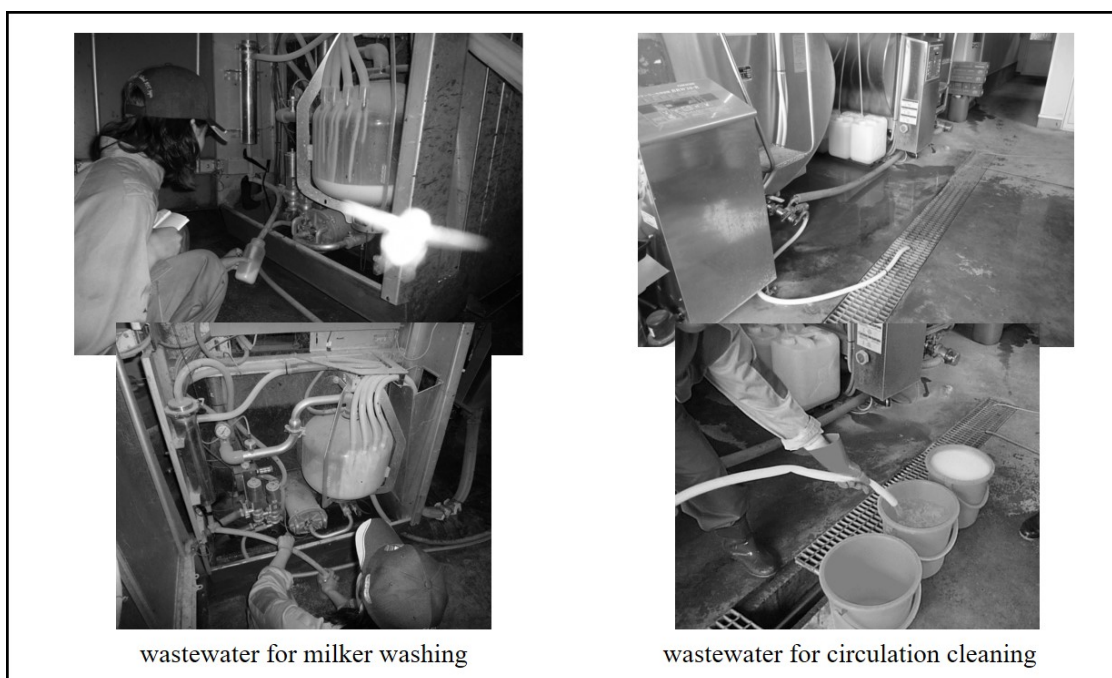


Fig.2 Wastewater samplings from milking system

わせて一般的に1日2回行われ、ミルクカーからバルククーラーに至るまでのパイプラインにおけるアルカリなどによる殺菌・循環洗浄に関しては、自動搾乳機を有する両酪農場

に0102 46)とした。なお、パイプラインの循環洗浄水については、各工程(前すすぎ、アルカリ、酸リンス)毎に分析した上、それぞれの排水量か

自動搾乳機から生じる搾乳関連排水

ら、総排水の成分を計算で求めた。

結果

1. 搾乳関連排水の概要

自動搾乳機における各工程の洗浄排水量を Table 1 に示した。

搾乳1回(1頭)毎の洗浄排水量(ミルクカーのすすぎ)は、A・B酪農場の順にそれぞれ1.6、0.42[L/回]であった。搾乳頭数は同、60、54[頭]、搾乳機への平均進入回数は同、2.2、3.5[回/頭]であるため、1日あたり搾乳毎の洗浄排水総量は同様にそれぞれ211、79[L/日]となった。前搾りを廃棄しないB酪農場(Y社製)の方が、搾乳毎の排水量は少ない傾向であった。

1回あたりのパイプライン循環洗浄排水量は、A・B酪農場の順にそれぞれ61.4、45.0[L/回]と実測された。循環洗浄は1日3回行われるため、1日あたりのパイプライン洗浄排水量は同様にそれぞれ184、135[L/日]となる。

搾乳毎のミルクカーのすすぎや循環洗浄を合わせた、1日あたり搾乳システムからの総排

搾乳関連排水の洗浄工程毎の化学分析結果を Table 2 に示した。

搾乳毎のミルクカーのすすぎや循環洗浄を合わせた総排水のBODは、A・B酪農場の順にそれぞれ1,600、5,100[mg/1]、CODは同様に500、2,800[mg/1]であった。このことから、A酪農場(X社製)からは薄い排水が比較的多めであり、搾乳毎のミルクカーすすぎ排水が少なかったB酪農場(Y社製)からは濃い排水が比較的少量発生していた。

3. 搾乳関連排水の比較検討

自動搾乳機における搾乳関連排水の量や性状に関して、つなぎ飼いやミルクングパーラーなどの従来の搾乳施設における過去の報告[3]と比較検討し、Table 3 に示した。

1頭あたりの総排水量は、つなぎ飼いやパーラー、自動搾乳機の順にそれぞれ17、18、5.3[L/(頭・日)]となり、自動搾乳機における1頭あたりの排水量は従来の搾乳施設の1/3程度であった。

1頭あたりのBOD負荷量は同様にそれぞれ4.6、13、15[g/(頭・日)]となり、自動搾乳機における同負荷量はミルクングパーラーと同程度であった。

Table 1 The amount of wastewater discharged from the milking center using automatic milking machine

The amount of wastewater for milker washing per milking	The wastewater for milker washing (L/time)		The wastewater for cleaning the milk line circulation		The wastewater discharged from the milking centers	
	Farm A	Farm B	Farm A	Farm B	Farm A	Farm B
The number of milking cows using automatic milking machine			60	54		
The average of milking times per cow			2.2	3.5		
The amount of wastewater (L/day)	211	79	184	135	395	214
Results of chemical analysis						
The amount of wastewater per circulation cleaning of the pipeline milking system (L/time)			61	45		
BOD (mg/L)	1,400	9,500	1,900	2,600	1,600	5,100
The times of circulation cleaning of the pipeline milking system (times/day)			3	3		
COD (mg/L)	420	5,700	580	1,200	500	2,800
The amount of wastewater for circulation cleaning of the pipeline milking system (L/day)			184	135		
T-N (mg/L)	200	600	440	260	310	390
Total amount of wastewater discharged from the milking center (L/day)	110	46	78	60	95	55

水量は、A・B酪農場の順にそれぞれ395、214[L/日]であった。

2. 排水の性状

Table 2 Chemical analysis of wastewater discharged from

自動搾乳機から生じる搾乳関連排水

考 察

近年、自動搾乳機の導入が増加している。朝晩365日行わなければならない酪農家に代わり、具合が悪いとき、子供の行事のとき、大切な会議のとき、自動搾乳機は日々の搾乳作業をしてくれる。また、搾乳だけではなく、乳量、乳質から繁殖時期といった乳牛の母体管理まで実現できる自動搾乳機の普及は、酪農家のライフスタイルの変化にもつながっている。

そのような自動搾乳機であっても、搾乳システムにつきものなのが排水処理である。搾

乳関連排水の処理施設は、ミルクングパーラーなどの従来施設と同程度の規模で設計することが必要であると推察された。

なお、従来の搾乳施設から生じる搾乳関連排水については、①前すすぎ排水と、②プラットフォーム洗浄排水ならびに③廃棄乳が排水に混じらない場合、沈殿槽などの簡易な処理を施すだけで放流できることが報告されている[5]。自動搾乳機の場合は、②と③は排水に混入しないが、①や搾乳毎のミルクカーすすぎ排水を分けることは技術的に難しい。このため、1頭あたりのBOD負荷量は低くても、排水

		Cow shed pipeline milker (n=7)	Milking parlor (n=10)	Automatic milking machine (n=2)
Total amount of wastewater	(L/day)	870±97	1,500±830	300
BOD	(mg/l)	260±210 (n=19)	730±500 (n=3)	2,900 (n=2)
The number of milking cows	(head/farm)	50.3	82.5	57.0
The amount of wastewater per head	(L/head/day)	17	18	5.3
The BOD load per head	(g/head/day)	4.6	13	15

乳関連排水は適切に処理しなければ環境問題が生じるため、適切に処理するために、その性状や成分を把握する必要がある。

今回はじめて、自動搾乳機から生じる搾乳関連排水を採取し、分析を行った。分析数は2事例で少ないが、従来の搾乳施設と比較する

自体のBOD濃度はつなぎ飼いに比べて高く、簡易な処理では浄化できない。このため、自動搾乳機から生じる搾乳関連排水は、尿ためやスラリーストアなどに貯留して圃場還元する[1, 4]か、または膜分離活性汚泥法など既往の浄化処理を導入することが必要となる。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、浜中町農業共同組合の役職員ならびに組合員様のご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

文 献

- [1] 中央畜産会 (2011) 新・畜産環境保全指導マニュアル、Ⅲ. 家畜ふん尿処理技術の基本：37-118、社団法人中央畜産会、東京
- [2] 北海道農政部生産振興局畜産振興課(2018) 新搾乳システムの普及状況について、

と、1頭あたりの同排水量は1/3以下、BOD負荷量は1/2以下であった。その要因として、ふん尿が混じるプラットフォーム洗浄排水（ミルクングパーラーの床洗浄排水）が無いことや、パイプラインが比較的短いことがあげられる。一方、自動搾乳機では一頭搾乳毎にミルクカーの洗浄が行われることから、BOD負荷量はミルクングパーラーと同程度となった。

以上のことから、自動搾乳機から生じる搾

自動搾乳機から生じる搾乳関連排水

- <http://pref.hokkaido.lg.jp/ns/tes/10/rakuno/freestall29milkingparlour.pdf>.1
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 猫本健司、干場信司、森田茂、高橋励起、河合紗織、石川志保、内田奉三 (2012) 北海道H町の酪農場における搾乳関連排水処理の実態解明—低コストな排水処理対策に向けて—、農業施設 : 42: 188-192
- [6] 猫本健司、河合紗織、干場信司 (2013) 搾乳関連排水の低コスト管理に向けた原
- 水汚濁度合の低減技術、「強化される畜舎汚水排水基準への技術対応と畜舎汚水処理関連新技術の研究動向」、平成25年度家畜ふん尿処理利用研究会 : 73-38
- [7] 猫本健司、河合紗織、干場信司、内田泰三、森田茂 (2016) 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 - 、日本畜産環境学会誌 : 16(1):42-49.
- [8] 日本規格協会 (2013) 工場排水試験方法 JIS K 0102、日本工業標準調査会 審議 : 1-335
- [9] 日本草地畜産種子協会 (2008) 平成19年度畜産環境整備技術調査報告書 : 1-131、社団法人日本草地畜産種子協会、東京
- [10] 農林水産省生産局 (2007) 草地開発整備事業計画設計基準 : 400、社団法人日本草地畜産種子協会、東京

Research note

Investigation of wastewater from milking centers using automatic milking machine

Kenji Nekomoto*, Marina Nagatani*, Takuya Iwahori* and Saori Kawai**

* College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501

** Graduate School of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501
<Present office> Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, Livestock Research Institute,

自動搾乳機から生じる搾乳関連排水

Noheji, Aomori, 039-3156

The aim of this study was to obtain fundamental data for the design of a wastewater treatment system for milking center that use automatic milking machines (AMMs). Two free-stall dairy farms (A and B) with AMMs supplied by different manufactures were evaluated. The number of cows milked by an AMM relative to the total number of milking cows was 60 out of 84 at farm A and 54 out of 90 at farm B. The effluent volumes from the milking centers were determined together with the chemical oxygen demand (COD) and biochemical oxygen demand (BOD) of the wastewater. The average frequency of milking visits per cow was 2.2 times/day at farm A and 3.5 times/day at farm B. At farm A, 1.6 L of pre-milking wastewater was discharged each time a cow entered the AMM and the milker was then automatically applied to the teats. At farm B, 0.4 L of milker washing water was discharged every time a cow exited the AMM after milking. The amount of water for cleaning the milk line circulation, which was carried out automatically three times per day at each farm, was 180 L/day at farm A and 140 L/day at farm B. The total amount of wastewater discharged from the milking center was 400 L/day at farm A and 210 L/day at farm B. BOD and COD of wastewater effluent were respectively 1,600 and 500 mg/l at farm A and 5,100 and 2,800 mg/L at farm B. Compared with farm A, the amount of wastewater was smaller at farm B and the wastewater at farm B appeared to be more concentrated. It has been reported that the amount of wastewater and the BOD load per cow are 17 L/day and 29 g/day at tie-stall dairy barns with a pipeline milking system and 18 L/day and 38 g/day at free-stall dairy barns with automatic milking parlor. From the present results, it was calculated that the amount of wastewater and BOD load per cow from the milking centers using AMMs were 5.3 L/day, and 15 g/day, respectively. Based on the above considerations, it is concluded that the amount of wastewater per cow for milking center with an AMM would be less than one-third of that for a conventional milking system (e.g., a milking parlor) and the BOD load per cow would be **on the same level with a milking parlor**.

Key words : milking center effluent, automatic milking machine, milking parlor, BOD load, dairy farm

Corresponding: Kenji NEKOMOTO nekomoto@rakuno.ac.jp

Receipt of Ms: 16.01.2019. Accepted: 08.03.2019.
Journal of Animal Production Environment Science