

原 著

## 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

河合紗織<sup>1</sup>・猫本健司<sup>2</sup>・干場信司・森田茂<sup>2</sup>

<sup>1</sup>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

<sup>2</sup>酪農学園大学農食環境学群 北海道江別市 069-8501

**要 約** 搾乳関連排水の処理負荷低減により浄化施設の設計規模を縮小する一手法として、ふん尿が混じるパーラーのプラットフォーム洗浄排水と、ミルクラインに残る生乳が混じる前すすぎ排水を搾乳関連排水に混ぜずに分離して、同排水の汚濁度を下げる手法を検討した。A～O 酪農場における、プラットフォームの洗浄に用いる水量は、25～40A のホースを用いて水道圧で行う場合は、 $1,300 \pm 750$  [L/日] (n=11)であったが、高圧洗浄機を用いる場合は  $200 \pm 76$  [L/日] (n=4)と比較的少ないため、貯留して畑へ施用することが可能であると示唆された。また、P 酪農場のミルクライン排水の配管に自動制御の電磁バルブを設置して、前すすぎ排水 (116 [L/日]) を分離して尿溜に貯留させたところ、同農場の搾乳関連排水の BOD は分離前の 320 mg/L から 170 mg/L に低下した。上記の検討をふまえ、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パーラー排水システムを提案し、Q 酪農場に導入された。同農場における搾乳関連排水の BOD は 180 mg/L、COD は 47 mg/L であり、一般的な搾乳関連排水に比べて汚濁度は低く、処理負荷が低減された。

キーワード: 搾乳排水、プラットフォーム、前すすぎ、浄化、酪農場

受領日: 29.08.2016. 受理日: 29.09.2016.

日本畜産環境学会誌 No16 (1) pp34-41. 2017

### 緒 言

酪農場において、搾乳施設で生じる洗浄排水 (以下、搾乳関連排水) は、1970年代頃にパイプライン搾乳方式の登場とともに発生するようになった排水で、当時はあまり問題視されていなかった。しかし、多頭化が進み、1990年代半ば頃からはミルクパーラー方式の普及にともなって排水量の増加やふん尿が混入する排水も発生したことから、徐々に注目されるようになった[10]。水質汚濁防止法では1日50m<sup>3</sup>以上の排水を排出する

事業所を規制の対象としているが、酪農場1戸が1日に排出する搾乳関連排水の総量は、搾乳牛50～100頭規模のパーラー搾乳の場合においても1～3m<sup>3</sup>程度である[5, 7]。この量は水質汚濁防止法における排水基準 (以下では一律排水基準とする) の対象外であるため、未処理または処理不十分の状態と同排水を放流している事例もみられる[3]。しかし、1戸あたりが排出する量は少なくとも、酪農が多い地域では地域全体としての汚濁負荷量が最終的に高くなってしまふ。また、地域

## 搾乳関連排水の処理負荷低減

によっては上乘せ排水基準や総量規制基準が適用される場合もあり、同排水を適切に処理・利用することが必要である。

搾乳関連排水の浄化方法としては、活性汚泥法をベースにした各種処理方法や膜分離活性汚泥法などが主に利用されている[6, 8, 9]が、膜分離活性汚泥法は数千万円の建設コストが見込まれるため、中小規模の酪農場では容易に導入することができず、普及が進んでいない。一般的に浄化施設はBOD容積負荷から規模が算定されるため[2]、建設コストを抑えるには、原水のBOD負荷量を下げ、施設規模を小さくすることが一手法となる。

同排水の汚濁度合を高める主な要因は、搾乳後の床洗浄水（以下、プラットフォーム洗浄排水）に含まれるふん尿が混じることと、ミルクライン内に残存する生乳（以下、残乳）である。ミルクパーラーでは、牛が搾乳時にプラットフォーム上にふん尿を排せつするため、搾乳後にふん尿の除去・水洗が行われる。このときに生じるプラットフォーム洗浄排水は、汚濁度合が非常に高く浄化が困難な性状である。また、搾乳後のミルクラインのアルカリや酸による殺菌工程に先立って行われる、ぬるま湯による循環洗浄で生じる、強く白濁した排水（以下、前すすぎ排水）のBODは1,700~2,100mg/Lと著しく高く[1]、搾乳関連排水の汚濁度合を高める要因の一つである。

これまで、ミルクライン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については検討されているが[1]、プラットフォーム洗浄排水の詳しい性状など実態に関する報告例は少ない。本研究では、プラットフォーム洗浄の実態を検証するとともに、ふん尿や残乳の一部を搾乳関連排水から分離して、同排水の処理負荷を下げる手法を検討した。

### 材料および方法

#### 1. プラットフォーム洗浄排水の実態調査

フリーストール・パーラー搾乳方式の酪農場15戸（A~O酪農場、北海道十勝地方11戸・釧路地方4戸）を調査対象とした。2011年の9月~12月に現地にて、プラットフォームの床面積や、洗浄前の除ふんの有無、洗浄に使う道具や方法などの作業状況を目視で観察した。また、プラットフォーム洗浄排水の排水量と成分を分析した。分析項目（分析方法[4]）は、BOD(JIS K 0102 17)、COD (JIS K 0102 21)、全窒素 {Total Nitrogen (以下T-N)} (JIS K 0102 45)と全リン {Total Phosphorus (以下T-P)} (JIS K 0102 46)ならびに全カリウム [Total Potassium (以下T-K)] (JIS K 0102 49)とした。

#### 2. 前すすぎ排水の分離処理（P酪農場）

北海道十勝地方のP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）を調査対象とした。2012年6~8月にかけて、牛乳処理室内の排水経路に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、尿溜めに流れる構造とした（図1）。設置前後における搾乳関連排水の水質分析を実施した。分析項目と方法は前項1に準じた。

#### 3. プラットフォーム洗浄排水と前すすぎ排水の分離処理（Q酪農場）

北海道十勝地方のQ酪農場（搾乳牛248頭、フリーストール）において、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パーラー排水システムを提案し、同農場で新設されたロータリーパーラーに導入された（図2）。同農場において2013年5月に前すすぎ排水と搾乳関連排水を採取し、水質を分析した。分析

## 搾乳関連排水の処理負荷低減

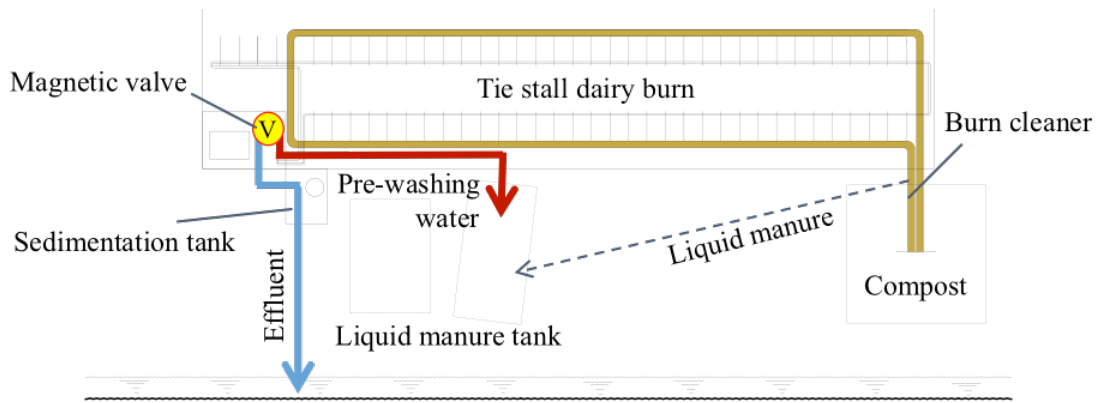


Fig.1 Separating the milkline pre-washing water from milking center effluent at farm P.

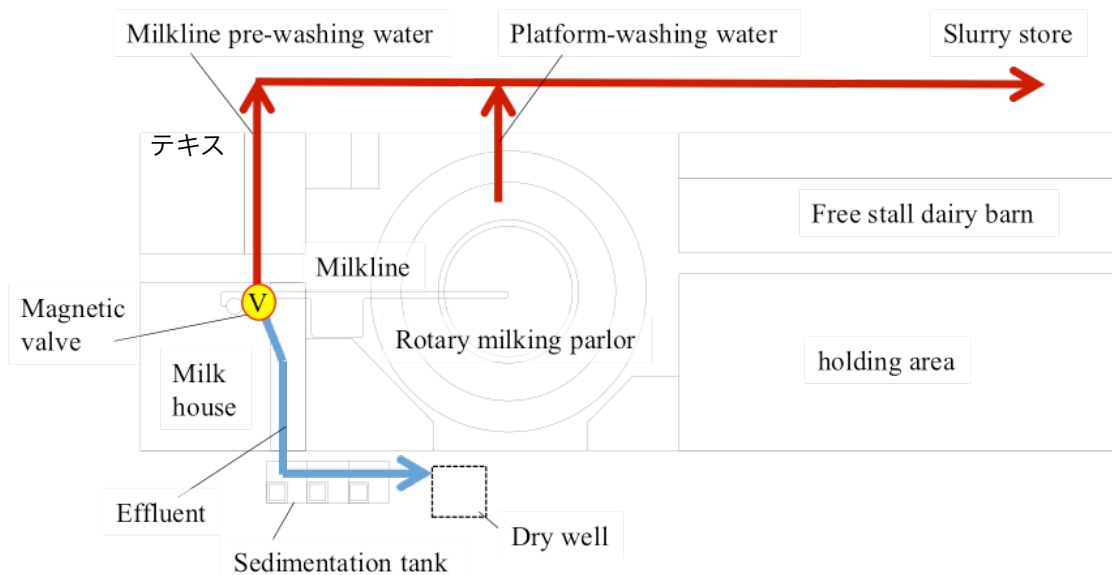


Fig.2 Separating both the washing water from platform and the pre-washing water from milking center effluent at farm Q.

項目と方法は前項1に準じた。

### 結果と考察

#### 1. プラットフォーム洗浄排水の管理

##### (1) プラットフォーム洗浄排水の実態調査

調査した15戸 (A~O酪農場) における飼養頭数やミルクパーラーの概要、プラットフォームの洗浄方法、排水の量や成分を表1に示した。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 (11戸) と、高圧洗浄機を用いる場合 (4戸) があった。そこで、排水の量と成分分析の結果を水道圧・高圧洗浄に分けて集

計した (表2)。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 $200 \pm 76$  [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程度であった。いずれの洗浄方法でもBODなどの水質分析項目が一律排水基準を大幅に超過しており、すべての項目において、高圧洗浄機では水道圧より濃度が高かった。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、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状況であった。一方、高圧洗浄機

搾乳関連排水の処理負荷低減

Table 1 The situations of milking parlor and platform washing at each dairy farm

	Farm A	Farm B	Farm C	Farm D	Farm E	Farm F	Farm G	Farm H	Farm I	Farm J	Farm K	Farm L	Farm M	Farm N	Farm O	
Milking cows	[head]	153	107	128	136	132	139	88	131	100	101	143	73	86	133	61
Milking parlor types	[stall]	double-10	double-8	double-10	double-10	double-10	double-8	single-10	double-8	single-10	double-3	double-8	double-8	single-12	single-10	double-8
Platform space	[m <sup>2</sup> ]	87	68	67	67	71	102	132	57	74	60	84	58	46	46	58
The equipment of platform washing		32A.hose at standard water pressure	High pressure power washer	32A.hose at standard water pressure	32A.hose at standard water pressure	32A.hose at standard water pressure	32A.hose at standard water pressure	40A.hose at standard water pressure	32A.hose at standard water pressure	25A.hose at standard water pressure	32A.hose at standard water pressure	High pressure power washer	High pressure power washer	32A.hose at standard water pressure	High pressure power washer	40A.hose at standard water pressure
The amount of washing water on the platform	[L/day]	440	150	1,200	2,500	390	930	2,400	1,700	1,300	440	220	329	1,500	120	1,200
The quality of washing water on the platform																
BOD [mg/L]		1,300	2,400	740	1,200	940	2,300	1,300	1,300	770	550	2,600	4,700	9,000	2,700	760
COD [mg/L]		1,000	2,700	540	1,000	660	2,000	1,700	1,100	520	560	1,300	1,800	3,600	1,400	890
T-N [mg/L]		170	420	130	130	150	220	220	120	120	100	410	510	570	430	190
T-P [mg/L]		66	190	34	73	54	210	180	120	73	56	190	280	430	200	96

Table 2 The difference of the amount of washing water, water quality and BOD load at each platform washing condition

The equipment of platform washing		25-40A hose at standard water pressure (n=11)	High pressure power washer (n=4)
The average of milking cows	[head]	114 ± 27	114 ± 27
The average of platform space	[m <sup>2</sup> ]	75 ± 23	64 ± 14
The amount of washing water on the platform	[L/day]	1,300 ± 750	200 ± 76
BOD	[mg/L]	1,800 ± 2,300	3,100 ± 930
COD	[mg/L]	1,200 ± 880	1,800 ± 550
T-N	[mg/L]	200 ± 120	440 ± 40
T-P	[mg/L]	130 ± 100	220 ± 38
BOD load	[kg/day]	1,400 ± 1,000	690 ± 480

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であった原因については、水道圧の場合はある程度のふんを水流で押し流すことができるのに対し、高圧洗浄機の場合は水の勢いでふんが飛び散るため、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り、その結果として排水に混じるふんの量が少なくなるためであると推察された。なお、本調査対象における経産牛頭数とプラットフォーム面積の平均は、水道圧と高圧洗浄機の順にそれぞれ114, 114[頭]、75, 64[m<sup>2</sup>]で大きな差はないため、排水性状への影響は少ないと思われる(表2)。

(2) プラットフォーム洗浄排水の管理

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性状であり、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。高圧洗浄機を利用すると、プラットフォーム洗浄排水の量を低減できることが明らかになり、排水量が200[L/日]程度であれば、50m<sup>3</sup>程度の貯留槽で半年分の貯留が可能となる。同排水50m<sup>3</sup>中にはT-Nが22kg、T-Pが8kg、T-Kは23kg程度含まれ、1ha程度の面積に散布すれば、概算で1万円程度の化学肥料費の削減

## 搾乳関連排水の処理負荷低減

Table 3 Environmental load reduction by separating the pre-washing water at farm P.

	Pre-washing water from milklime	Sedimentation tank		Effluent	
		Non-separating the pre-washing water	After-separating the pre-washing water	Non-separating the pre-washing water	After-separating the pre-washing water
BOD [mg/L]	6,300	320	170	570	33
COD [mg/L]	2,300	280	59	180	20
T-N [mg/L]	370	30	13	40	6.9
T-P [mg/L]	190	21	11	27	6.3

になると思われる。一方、実際にプラットフォームの洗浄排水をスラリー貯留槽へ投入している酪農場からは希釈効果もあるとの声も聞かれ、スラリー自体の物理性状の向上も見込まれる。このことから、飼料畑を有する事例では、プラットフォーム洗浄排水の量を減らして適切に貯留し、飼料作物に施用することが有効であるとともに、搾乳関連排水の処理負荷削減につながることを示唆された。

### 2. 前すすぎ排水の分離処理（P酪農場）

前すすぎ排水を分離する電磁バルブの設置が、尿溜めの貯留可能日数におよぼす影響を別途検討した。P酪農場における前すすぎ排水の発生量は116[L/日]であった。また、尿溜めの全容量は181m<sup>3</sup>と実測された。尿溜めの有効容量を163m<sup>3</sup>（全容量の90%）とし、64頭の牛から14[L/頭・日]の尿が発生すると仮定した場合、前すすぎ排水の投入により、尿溜めの貯留可能日数は182日分から161日分に減少すると算定された。この結果を利害関係者に提示し、営農上の支障（特に冬期間の貯留容量の確保）について検討した結果、前すすぎ排水の分離処理（電磁バルブの設置）を採用することが決定された。

P酪農場における前すすぎ排水のBODは6,300mg/L、CODは2,300mg/Lであった（表3）。この値は、河合ら[1]が以前報告した3酪農場の値（BOD：2,500～2,900mg/L、COD：1,300～2,300mg/L）より高かった。すなわち、P酪農場ではミルクラインの残乳量が比較的多く、搾乳関連排水の処理負荷を高めている可能性が示唆された。

沈殿槽と排水路における、電磁バルブ設置前後の水質分析結果を表3に示した。設置後における搾乳関連排水は透明感が高まり、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、排水路ではすべての分析項目が排水基準をクリアしていた。このことから、尿溜めの貯留容量に余裕がある事例では、前すすぎ排水を搾乳関連排水に混ぜずに分離すれば、搾乳関連排水の処理負荷を低減させることができる。

### 3. プラットフォーム洗浄排水と前すすぎ排水の分離処理（Q酪農場）

前項までの検討を踏まえ、ミルクングパーラーから生じる搾乳関連排水の処理負荷を低減させるためには、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

## 搾乳関連排水の処理負荷低減

ずに分離・貯留し、圃場に施用することが一手法であると考えられた。そこで、飼料畑を有し、ふん尿処理がスラリー方式であるQ酪農場に対して、新設するロータリーパーラー(30頭)に採用する排水システムとして提案し、2012年末に竣工した(図2)。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])のみが沈殿槽に流入する。2013年5月に前すすぎ排水と沈殿槽の上清を採取し、水質分析を実施した(表4)。沈殿槽上清のBODは180mg/L、CODは47mg/Lであった。この値は、猫本ら[3]が以前報告した一般的な酪農場における値(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、処理負荷が低減できていることが明らかになった。

### 総括と課題

本研究から、プラットフォーム洗浄排水や前すすぎ排水を搾乳関連排水に混ぜないことにより、同排水へのふん尿や生乳の混入度を著しく低減させることが可能となり、浄化施設の低コスト化につながる可能性が示された。

しかし、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となるため、対象はスラリー処理である酪農場に限られる。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なる。なお、高圧洗浄機を用いると排水量は低減できるのだが、水の勢いでふんが飛び散ってしまうため、洗浄前の除ふんをしっかり行わなければならない。その労力は増加することを啓発し理解を得ることが必要となる。

Table 4 The quality of wastewater from milking center at farm Q.

	Pre-washing water from milking line	Sedimentation tank
BOD [mg/L]	1,700	180
COD [mg/L]	220	47
T-N [mg/L]	77	9.2
T-P [mg/L]	41	2.7

前すすぎ排水の分離処理に関して、尿溜めを利用する場合には、貯留容量に余裕があることが前提となる。P酪農場では尿溜めまでの排水経路に関する施工がコンパクトで済み、JAが無償で施工したため、導入に関する費用は電磁バルブ代などのみで10万円以下に収まったが、事例によっては施工費が高額になる可能性もあり、他の浄化手段とも比較しながら、事例ごとに検討することが必要である。

### 謝 辞

本研究は、鹿追町農業協同組合(北海道十勝地方)の役職員ならびに組合員様のご協力により遂行することができました。謹んで御礼申し上げます。

### 文 献

- [1] 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
- [2] 中野憲二, 雨宮淳三, 佐藤儀平, 小川益男(1986) 獣医公衆衛生学概論、278、文永堂、東京
- [3] 猫本健司, 干場信司, 高橋励起, 内田泰三, 河合紗織, 石川志保, 森田茂 (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: 4: 188-192

## 搾乳関連排水の処理負荷低減

- [4] 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
- [5] 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
- [6] 農林水産省(2009) 搾乳関連排水処理施設の事例集、1-75、農林水産省生産局畜産部畜産振興課草地整備推進室、東京
- [7] 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
- [8] 大越安吾(2010) 分別処理方式によるミルクキングパーラー排水の低コスト浄化技術、新しい研究成果、北海道地域2009年度、81-86
- [9] 杉若輝夫, 高橋達典, 谷藤隆志, 川村輝雄, 小梨茂(1999) ミルクキングパーラー汚水の性状およびその処理. 畜産の研究、53 :7 803-809
- [10] 田中康男, 山下恭広, 萩野暁史(2011) 球状パーライトを微生物担体として用いた省管理型処理装置による酪農雑排水処理、日本畜産学会報82、405-411

Original Paper

## Reduction of purification load at milking centers by separating platform-washing water and milking pre-washing water from milking center effluent

Saori Kawai<sup>1</sup>, Kenji Nekomoto<sup>2</sup>, Shinji Hoshiba and Shigeru Morita<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Bunkyodai, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501

<Present> Aomori Prefectural Industrial Technology Research Center, Livestock Research Institute, Noheji, Aomori, 039-3156

<sup>2</sup> College of Agriculture, Food and Environment Sciences, Rakuno Gakuen University, Bunkyodai, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501

This study aimed to reduce the contamination from raw wastewater from milking centers using methods for separating, from milking center effluent, the manure-containing washing water from platforms of the milking parlor and residual milk-containing pre-washing water from milklines. An investigation of 15 dairy farms (Farm A-O) revealed that the amount of washing water on the platform was  $1,300 \pm 750$  L/day when using a hose (25-40A) at standard water pressure and  $200 \pm 76$  L/day when using a high pressure power washer. When using the power washer, it was possible to store platform washing water and use it as fertilizer, using a small amount of water. Biochemical oxygen demand (BOD) of wastewater from milking center at Farm P was reduced from 320 mg/L to 170 mg/L by separating the pre-washing water from milklines (116 L/day) from the milking center effluent and running it to manure storage using automatic control valves installed in the drain pipe from the milking line. Given these considerations, in the wastewater management system for the milking center installed at Farm Q, both the washing water from the platform and the pre-washing water from the milking line were stored and not mixed into the main milking center effluent. BOD and COD (Chemical oxygen demand) of wastewater from milking center effluent were 180 and 47 mg/L, respectively, which were lower than those of general farms; thus, purification load at Farm Q was successfully reduced using the proposal wastewater management system.

**Key words** : milking center effluent, platform, pre-washing, purification, dairy farm

**Corresponding: Kenji NEKOMOTO** [nekomoto@rakuno.ac.jp](mailto:nekomoto@rakuno.ac.jp)

Receipt of Ms: 29.08.2016. Accepted: 29.09.2016.

Journal of Animal Production Environment Science No16 (1) pp34-41. 2017