

## 搾乳ロボットによる省力管理技術と乳生産

山口直己・大和貢<sup>1)</sup>・菊池文也<sup>2)</sup>・川村輝雄<sup>3)</sup>・清宮幸男<sup>4)</sup>

### 摘 要

搾乳ロボットは、酪農における飼養管理に関わる労働時間の約半分を占める搾乳作業を大幅に削減し、現行の搾乳関連作業を軽労化することを目的に開発された技術である。そこで、搾乳ロボット稼働後の省力管理技術の確立と、生産性への影響を明らかにすることを目的とした。1998年6月から2001年12月の期間、搾乳牛の誘導・馴致、自発的搾乳率、搾乳回数、通路制限と牛の搾乳行動、搾乳関連の労働時間・内容、産乳成績について調査した。供試牛は20~25頭とし、飼養管理方法は一群管理およびTMR不断給餌形態とした。搾乳ロボットは、レリー社製を用い60分間のバルクタンク洗浄時間を除き1日24時間連続稼働させた。また、試験対照では、ミルクパーラー（ヘリンボーン式）を用い、定時2回搾乳を行った。ロボット稼働後、3週間程度誘導・馴致することにより自発的搾乳率は80%となった。また、時間経過に伴い、誘導・馴致回数の減少および自発的搾乳率の向上、通路制限が搾乳回数を向上させた。搾乳関連の労働時間は75分間であり、パーラー搾乳のそれと比較して1/2に削減され、その内容も著しく軽労化した。牛はロボットによる不等間隔多回搾乳とTMRの不断給餌飼養形態により、乳成分を維持しながら産乳量を11~15%増加させた。

### 緒 言

わが国の酪農は飼養規模の拡大と飼養管理技術の向上などにより発展してきた。今後とも安定的に発展を続けるためには、従事者の高齢化と後継者不足対策および乳価の低迷に伴う収益性の低下に対応する経営の効率化等、克服すべき課題も多い<sup>5)</sup>。

酪農は農閑期がなく、1人当たりの年間労働時間も2,700時間を超えている。また、農業は他産業に比べて従事者の疾病罹患率が高く、中でも酪農は比較的不自然な姿勢で継続的に行われる搾乳作業により、男性従事者の肩や女性従事者の手にそれぞれ高い割合で疲労による障害を引き起こしている<sup>4)</sup>との調査結果もみられる。これらの実状が若い従事者に「酪農は休日が少なく、1日の作業時間が長く、慌ただしく、重労働である」との不満を抱かせているが、現行の技術体系の下で労働時間の大幅な削減や朝夕定時の時間的拘束を含む労働環境の著しい改善は困難と考えられる。

搾乳ロボットは、飼養管理に関わる労働時間の約半分を占める搾乳作業を大幅に削減し、現行の搾乳関連作業を軽労化することを目的に開発された技術である。

世界で初めて搾乳ロボットの特許申請が1971年の旧

東ドイツでだされたが、このときのミルクカーは4本のティートカップを装着するものではなかった。4本のティートカップを装着する本格的な搾乳ロボットの開発を世界で最初に手がけたのは日本であった。1972年から5年計画で立てられた「搾乳作業の省力化に関する研究」というテーマの中で繋ぎ飼い牛舎用搾乳ロボットの開発が行われた。当時は現在のようなコンピュータ技術が発達していなかったため、牛の動きに追従する実用的なロボットの開発までは至らなかった。1980年代になるとコンピュータのめざましい発達とともに、西ヨーロッパ諸国に酪農の自動化を目指す機運が生まれた。特にオランダでは、1970年代から急速にフリーストール牛舎が普及したのに伴い、放し飼いでの個体管理を実現するための電子個体識別装置が開発され、それを利用した濃厚飼料の個体別自動給餌装置が普及した。牛はこの給餌装置へ1日数回訪問するが、そのとき自動的にティートカップを装着することができれば、頻回搾乳が可能になり、その結果乳量も増加することが想像された<sup>3)</sup>。その後、1990年代の前半に搾乳ロボットの市販化が実現した。

2001年9月現在、搾乳ロボットは世界中の1029農場で導入されており、わが国においては1993年に帯広畜産大学に導入されたのを始め、酪農家への導入も徐々に

1) 岩手県南家畜保健衛生所、2) 岩手県北家畜保健衛生所、3) 水沢農業改良普及センター、4) 岩手県中央家畜保健衛生所

表1 飼料給与方法

期 間	給与回数	牛 舍 内 飼 槽			搾乳ロボット内	
		T	M	R 給 与	カトグラスサイレージ時	配合飼料給与
98.6~99.8中旬	2回/日	9:00, 19:00		DM21kgの50%/回	-	搾乳回毎 1~4.5kg/日
99.8中旬~99.12下旬	6回/日	7:00, 以後4時間毎		DM21kgの16.7%/回	自由採食	搾乳回毎 1~4.5kg/日
99.12下旬~00.5.2	4回/日	7:00, 12:00, 17:00, 22:30		DM21kgの25%/回	自由採食	搾乳回毎 1~4.5kg/日
00.5.3~01.6中旬	6回/日	7:00, 以後4時間毎		DM21kgの16.7%/回	自由採食	搾乳回毎 1~4.5kg/日
01.6中旬~	6回/日	7:00, 以後4時間毎		DM21kgの16.7%/回	-	搾乳回毎 1~5.0kg/日

※TMR給与：産乳量30kg/日、乳脂率3.8%の設計（DM21kg）で自動給餌装置による混合および給餌  
 ※配合飼料給与：個体毎乳量レベルにあわせ1~4.5kgの範囲で給与量を設定

進み、2002年1月現在、72の酪農家や試験研究機関等に導入され、稼働台数は85台となり<sup>2)</sup>、岩手県においては当所を含め3台が稼働している。当所は1997年度畜産技術向上施設整備事業（飼養管理等新技術普及対策事業）によりオランダレリー社の搾乳ロボットを導入し、1998年6月より稼働開始した。

搾乳ロボットによる搾乳関連作業の軽労化は、酪農家に快適でゆとりのある生産と生活環境を与えうる。また、頻回搾乳による乳量増加も搾乳ロボットに期待される効果である。しかし、搾乳ロボットによる省力管理ならびに乳生産に関する研究報告は少ない。

そこで、本報では1998年6月搾乳ロボット稼働開始からの省力管理技術の確立と、乳生産への影響を明らかにすることを目的に、牛の誘導・馴致、自発的搾乳率、搾乳回数、搾乳関連の労働時間・内容および産乳量・乳成分等について調査した結果の概要を報告する。

## 材料および方法

試験研究期間は、1998年6月から2001年12月とした。供試牛は、ロボット搾乳牛群（平均産次2.47産）およびパーラー搾乳牛群（平均産次2.53産）の各20~25頭を供試した。

搾乳ロボットは、レリー社製1ボックスタイプを用い、1日の中で約60分間（12:00~13:00）の集乳およびバルククーラー洗浄時間を除き連続稼働させた。また、試験対照であるミルクパーラー搾乳は、オリオン社製ヘリンボーン式5頭2列を用い、朝搾乳8:30開始、夜搾乳19:00開始の定時2回搾乳を行った。

飼養管理方法は、1群管理およびTMR不断給餌形態とした。TMRは、ロボット搾乳牛群へは自動給餌機による1日2回から6回の給与とし（表1）、パーラー搾乳牛群へはトラクター牽引式混合機による1日2回の給与

とした。

なお、調査項目のうち産乳量については、ロボットおよびパーラーとも各々が有する管理コンピュータより情報を得た。乳成分については、ロボットでは自動サンプル装置を24~36時間稼働させ乳汁検体を採取し、パーラーではサンプル採取器を搾乳機に取り付け、夜搾乳時および朝搾乳時にそれぞれ乳汁検体を採取した。乳汁検体の成分分析はすべて岩手県畜産物衛生指導協会に依頼した。

## 1 省力管理技術調査

### 1) 自発的搾乳率および搾乳回数の比較

1998年度は実験牛舎（24床フリーストール）と搾乳ロボットを備えた施設に供試牛を収容し、牛が搾乳ロボット、採食エリア（飼槽）、休息エリア（牛床）および飲水器が設置されたパドックを自由に往来できる「終日通路制限なし」の状態とした。なお、搾乳ロボット施設への移行初日（ロボット稼働開始日）は、牛を24時間次々と人為的補助によりロボットに誘導し馴致した。2日目以降は、12時間以上ロボットを訪れない牛をロボットに誘導し搾乳した。その後、搾乳ロボット稼働開始3週間後および1ヶ月後における総搾乳回数に占める人為的補助なしに牛が自発的にロボットを訪問し搾乳される割合「自発的搾乳率」および1頭の牛が1日に搾乳される回数「搾乳回数」を調査した。

ロボット稼働開始1年後の1999年度は、牛の飲水行動を利用し一方通行路を設置した。すなわち、飲水器を設置したパドックの入口に採食または休息エリアからパドックへの移動のみを可能とするワンウェイゲートを設置し、飲水した牛は、搾乳ロボットを経て採食または休息エリアに移動する通路とした。この一方通行路を夜間12時間（20:00~翌8:00）設定し、「夜間一方通行」とし、自発的搾乳率および搾乳回数を調査し、「終日通路制限

なし」のそれらと比較した。

2000年度は「終日通路制限なし」および「夜間一方通行」に一方通行路を終日設定する「終日一方通行」を加え、それぞれの設定期間1ヶ月間における自発的搾乳率および搾乳回数を調査・比較した。

2) 通路制限と産乳量、乳成分・乳質および牛の行動への影響

2000年度は「終日通路制限なし」、「夜間一方通行」および「終日一方通行」の各設定期間における産乳量、乳成分・乳質および牛の行動への影響について調査した。

3) 搾乳関連の労働時間および内容

1999年度はロボット搾乳の「夜間一方通行」設定時における搾乳関連の労働時間および内容について調査し、パーラー搾乳におけるそれらと比較した。

4) ロボット故障等の発生状況

1998年6月～2001年12月にかけて省力管理と関連してロボット故障等の発生状況について調査した。

5) ロボット不適合牛の発生状況

1998年6月～2001年12月にかけて牛のロボットへの馴致過程における乳器形状を原因とするロボット搾乳不適合牛の発生について調査した。

2 産乳量および乳成分・乳質（ミルクパーラー搾乳との比較）

1998年6月～2001年12月にかけて搾乳ロボット稼働開始よりロボット搾乳牛群の産乳量、乳脂肪分率、無脂乳固形分率、乳蛋白質率および体細胞数を調査し、ミルクパーラーによるパーラー搾乳牛群のそれらと比較した。また、体細胞数の調査と関連して、ロボットに装備されている電気伝導度による乳房炎検査機能で、乳房炎摘発率についても併せて調査した。

結 果

1 省力管理技術

1) 自発的搾乳率および搾乳回数

通路制限の有無と牛の自発的搾乳率および搾乳回数の関連について表2に示した。ロボット稼働開始時点において、牛はすべてロボット搾乳未経験であることからロボットへの馴致が必要であった。8時間毎に人為的補助により牛をロボットへ誘導することにより、稼働3週間後には80%の牛が自らの意志でロボットを訪れた（自発的搾乳率80%）。稼働1ヶ月後の自発的搾乳率および搾乳回数はそれぞれ84%および2.5回/頭・日となり、稼働1年後におけるそれらも85%および2.6回/頭・日であり、牛は安定的にロボットを訪れた。ロボット稼働1年後からは、それまで牛が牛舎内を自由に往来できる「終日通路制限なし」の状態から「夜間一方通行」へと通路制限を強化した。これにより自発的搾乳率および搾乳回数は、通路制限なしの状態より向上し、それぞれ94%および3.1回/頭・日であった。ロボット稼働2年後において「終日通路制限なし」、「夜間一方通行」および「終日一方通行」の通路設定にした場合の自発的搾乳率は、それぞれ98%、99%および100%、搾乳回数は、2.7回、3.0回および3.2回/頭・日となり、通路制限が強化されるにつれ、搾乳回数が向上した（表2）。

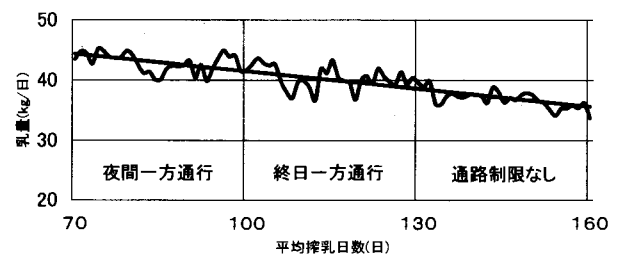


図1 通路制限と産乳量の関連  
※調査対象牛は平均搾乳日数706日の8頭

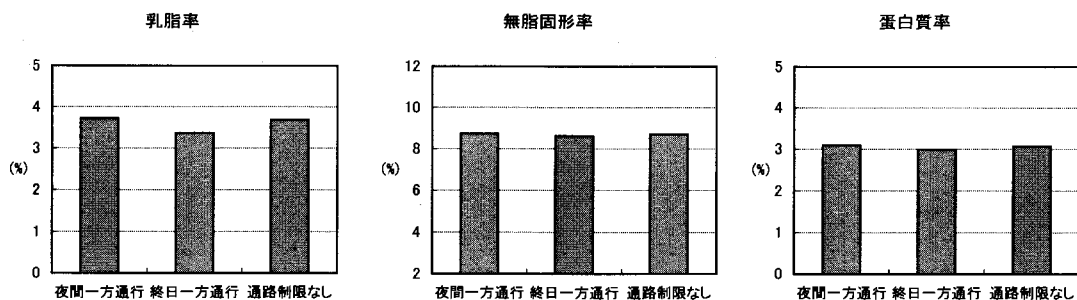


図2 通路制限と乳成分の関連

表2 通路制限の有無と牛の自発的搾乳率および搾乳回数との関連

調査年	通路の制限	自発的搾乳率 (%)	搾乳回数 (回/頭・日)
1998年			
稼働3週間	通路制限なし	80	—
稼働1ヶ月	通路制限なし	84	2.5
1999年			
稼働1年後	通路制限なし	85	2.6
	夜間一方通行	94	3.1
2000年			
稼働2年後	通路制限なし	98	2.7
	夜間一方通行	99	3.0
	終日一方通行	100	3.2

表3 搾乳ロボット稼働前後における牛の行動の比較

	稼働2日前			稼働11日後		
	平均	最高	最低	平均	最高	最低
採食時間	254	380	200	201	295	100
立位・休息	148	245	40	233	420	100
立位・反芻	92	345	0	87	195	0
横臥・休息	401	500	215	487	690	280
横臥・反芻	381	535	180	370	560	120
咀嚼時間	727	960	580	658	875	275
横臥時間	782	990	460	857	1110	580

表4-1 通路を制限した際の牛の行動への影響 (ロボット搾乳未経験群)

単位: 上段 時間(分)、下段 カッコ内(%)

	初産でロボット搾乳の経験なし														
	終日通路制限なし				夜間時一方通行				終日一方通行						
	牛床	牛舎内	パドック	ロボット	計	牛床	牛舎内	パドック	ロボット	計	牛床	牛舎内	パドック	ロボット	計
1 採食		328 (23)			328 (23)		290 (20)			290 (20)		303 (21)			303 (21)
2 立位・休息	40 (3)	96 (7)	55 (4)		191 (14)	74 (5)	81 (6)	94 (7)		249 (18)	29 (2)	68 (5)	89 (6)		185 (13)
3 立位・反芻	11 (1)	33 (2)	32 (2)		75 (5)	64 (4)	46 (3)	68 (5)		178 (12)	16 (1)	55 (4)	151 (11)		222 (16)
4 横臥・休息	394 (27)				394 (27)	293 (20)		3 (0.2)		296 (20.2)	319 (22)		21 (1)		341 (23)
5 横臥・反芻	408 (28)				408 (28)	363 (25)		6 (0.4)		369 (25.4)	308 (21)		25 (2)		333 (23)
6 歩行		3 (0.2)	1 (0.1)		4 (0.3)		8 (1)	3 (0.2)		11 (1.2)		10 (1)	1 (0.1)		11 (1.1)
7 飲水			23 (2)		23 (2)			19 (1)		19 (1)			20 (1)		20 (1)
8 敵対行動					0 (0)			2 (0.1)		2 (0.1)			1 (0.1)		1 (0.1)
9 待機			1 (0.1)		1 (0.1)			4 (0.3)		4 (0.3)			1 (0.1)		1 (0.1)
10 搾乳				16 (1)	16 (1)				24 (2)	24 (2)				23 (2)	23 (2)
咀嚼時間 (採食+反芻)	419 (29)	360 (25)	32 (2)		811 (56)	427 (30)	336 (23)	73 (5)		837 (58)	323 (22)	358 (25)	176 (12)		858 (59)
横臥時間	802 (56)	0	0		802 (56)	656 (46)	0	8 (1)		664 (47)	627 (44)	0	46 (3)		673 (47)
休息時間	434 (30)	96 (7)	55 (4)		585 (41)	367 (25)	81 (6)	96 (7)		544 (38)	348 (24)	68 (5)	110 (8)		526 (37)

表4-2 通路を制限した際の牛の行動への影響(ロボット搾乳経験群)

単位: 上段 時間(分)、下段 カッコ内(%)

	2産以上でロボット搾乳の経験あり														
	終日通路制限なし				夜間時一方通行				終日一方通行						
	牛床	牛舎内	パドック	ロボット	計	牛床	牛舎内	パドック	ロボット	計	牛床	牛舎内	パドック	ロボット	計
1 採食		276 (19)			276 (19)		277 (19)			277 (19)		281 (20)			281 (20)
2 立位・休息	139 (10)	49 (3)	54 (4)		242 (17)	90 (6)	64 (4)	76 (5)		230 (15)	82 (6)	65 (5)	69 (5)		216 (16)
3 立位・反芻	112 (8)	26 (2)	34 (2)		172 (12)	126 (9)	36 (3)	61 (4)		223 (16)	58 (4)	18 (1)	93 (6)		168 (11)
4 横臥・休息	447 (31)				447 (31)	348 (24)				348 (24)	349 (24)		3 (0.2)		351 (24.2)
5 横臥・反芻	257 (18)	6 (0.4)			263 (18.4)	296 (21)				296 (21)	360 (25)		2 (0.1)		362 (25.1)
6 歩行		2 (0.1)			2 (0.1)		13 (1)	1 (0.1)		14 (1.1)		8 (1)			8 (1)
7 飲水			19 (1)		19 (1)		1 (0.1)	18 (1)		19 (1)			18 (1)		18 (1)
8 敵対行動			1 (0.1)		1 (0.1)					0 (0)					0 (0)
9 待機					0 (0.1)			1 (0.1)		1 (0.1)			7 (0.5)		7 (0.5)
10 搾乳				19 (1)	19 (1)				33 (2)	33 (2)				29 (2)	29 (2)
咀嚼時間 (採食+反芻)	369 (26)	307 (21)	34 (2)		710 (49)	423 (29)	313 (22)	61 (4)		796 (55)	418 (29)	299 (21)	95 (7)		811 (57)
横臥時間	704 (49)	6 (0.4)	0		709 (49.4)	645 (45)	0	0		645 (45)	709 (49)	0	4 (0.3)		713 (49.3)
休息時間	586 (41)	49 (3)	54 (4)		689 (48)	438 (30)	64 (4)	76 (5)		578 (39)	431 (30)	65 (5)	72 (5)		568 (40)

表5 搾乳関連の労働時間および内容

内 容	時間 (分)	割合 (%)
長時間未搾乳牛のロボットへの誘導	21	28
ロボットとその周囲の清掃	14	19
乳量・運動量等の点検および長時間未搾乳牛のリストアップ	13	17
バルククーラー洗浄装置セットおよび搾乳再開セット	9	12
搾乳観察等	7	9
レーザー面の清拭	7	9
ミルクフィルターの交換	2	3
洗浄・殺菌液の補充	2	3
計	75	100
パーラーにおける搾乳関連作業	150	

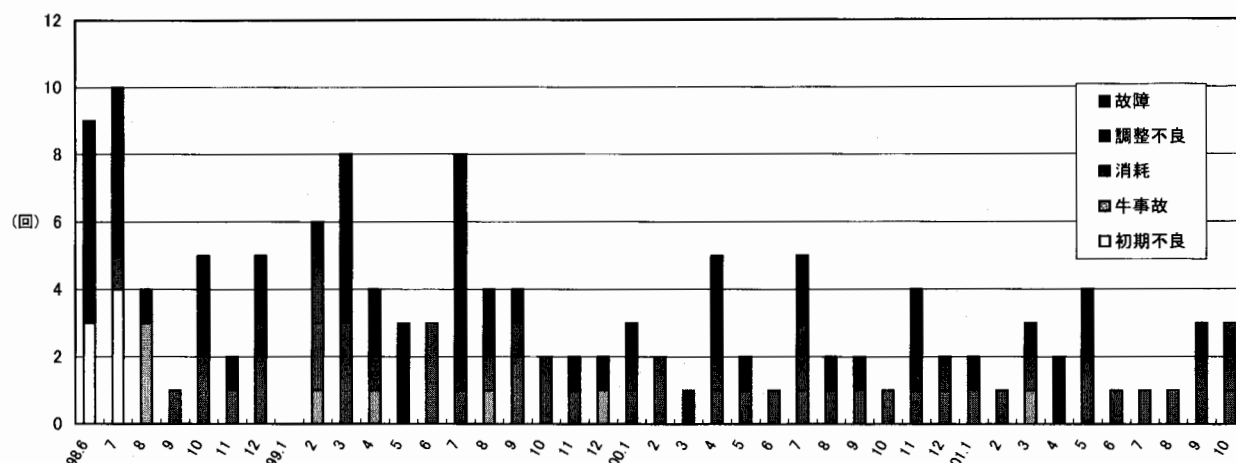


図3 故障などの発生状況

2) 通路制限と産乳量、乳成分・乳質の関連および牛の行動への影響

ロボット稼働2年後のそれぞれの通路設定期間中における産乳量の推移については図1に示し、乳成分・乳質の推移については図2に示した。平均搾乳日数が近似である8頭を調査対象牛とし調査したところ、産乳量および乳成分・乳質に著しい変化は認められなかった。

また、牛の行動への影響について、ロボット稼働2日前における牛の行動は、採食時間および横臥時間（横臥休息と横臥反芻の合計）が、それぞれ254分および782分/日であり、稼働11日後では、それぞれ201分および857分/日であった。ロボット稼働2年後の「終日通路制限なし」、「夜間一方通行」および「終日一方通行」の各通路設定期間中における牛の行動への影響について、初産でロボット搾乳の経験がない牛群および2産以上でロボット搾乳の経験がある牛群に分け、それぞれの行動について調査したところ、採食時間は、初産で経験なしの群では、それぞれ328分、290分および303分/日と通路制限の影響を受け減少傾向を示した。2産以上で経験ありの群では、276分、277分および281分であり、通路

制限の影響を受けなかった。横臥時間は、初産で経験なしの群においてそれぞれ802分、664分および673分/日と通路制限の影響を受け減少傾向を示し、2産以上で経験ありの群では709分、645分および713分となり、通路制限の影響を受けなかった（表3、4-1、4-2）。

3) 搾乳関連の労働時間および内容

搾乳関連の労働時間および内容について表5に示した。搾乳ロボット牛舎における搾乳関連の労働時間は、75分/日であり、ミルクパーラーにおけるそれが150分/日であることから1/2に減少した。また、内容について

表6 ロボット搾乳不適合牛の内訳

内 容	時間 (分)	割合 (%)
前乳頭左右高	3	23
ライナースリップ	3	23
乳頭間隔	2	15
乳頭角度	2	15
前後乳頭高	1	8
後乳頭地上高	1	8
乳頭配置	1	8
計	13	100

ては長時間未搾乳牛のロボットへの誘導が28%を占め、ついで維持管理作業であるロボットとその周囲の清掃が19%、ロボット管理コンピュータでの作業である乳量等の点検および長時間未搾乳牛のリストアップが13%、以下表5のとおりである(表5)。

#### 4) 故障等の発生状況

ロボット稼働から2ヶ月以内に各種感知装置の故障による初期不良が7件発生した。また、部品交換を要する故障が稼働からおよそ1年後までに35件発生しているが、その後は減少している。ほかに消耗品の交換が月1回程度であった(図3)。

#### 5) ロボット搾乳不適合牛の発生状況

ロボット搾乳では、乳器形状(乳頭間隔や角度等)が原因で延べ搾乳牛頭数82頭中13頭(16%)が不適合であった。前乳頭の左右の高さの違いが大きすぎるためにティートカップを装着できない場合が3頭(23%)、初産牛において乳頭が細くライナースリップを引き起こす場合が3頭(23%)、前乳頭の間隔が広すぎるあるいは後乳頭の間隔が狭すぎる場合が2頭(15%)、乳頭角度が30度以上である場合2頭(15%)などが不適合の原因として挙げられた(表6)。

表7 乳量・乳成分の推移

#### 搾乳ロボット

		98.6	7	8	9	10	11	12	99.1	2	3	
乳量 (kg/頭・日)		37.5	36.1	32.2	29.2	29.8	27	24.4	27.1	30.5	33.3	
乳脂率 (%)		3.68	3.45	3.43	3.80	3.60	3.81	4.48	4.22	3.92	3.71	
S N F率 (%)		8.81	8.89	8.96	9.02	9.10	9.14	9.14	8.87	8.74	8.69	
乳蛋白率 (%)		3.20	3.27	3.36	3.46	3.47	3.61	3.62	3.42	3.30	3.19	
体細胞数 (千/ml)		77	145	89	131	170	131	119	204	165	283	
	99.4	5	6	7	8	9	10	11	12	00.1	2	3
乳量 (kg/頭・日)	31.3	32.6	34.5	36	35.6	35.2	32.6	31.6	31.2	29.9	27.8	29.2
乳脂率 (%)	3.81	3.78	3.84	4.08	3.76	3.74	4.27	4.36	4.13	4.35	4.46	4.32
S N F率 (%)	8.85	8.86	8.67	8.56	8.59	8.94	9.03	9.12	9.07	9.00	9.09	8.82
乳蛋白率 (%)	3.30	3.26	3.11	3.01	3.06	3.34	3.53	3.54	3.51	3.46	3.55	3.32
体細胞数 (千/ml)	290	87	110	290	260	148	171	129	139	118	167	299
	00.4	5	6	7	8	9	10	11	12	01.1	2	3
乳量 (kg/頭・日)	31.3	34.2	37.0	36.8	36.4	36.6	37.3	38.9	37.9	37.8	37.6	38.1
乳脂率 (%)	4.21	3.67	3.72	3.36	3.68	3.97	4.10	3.34	3.86	3.75	4.02	4.14
S N F率 (%)	8.77	8.70	8.72	8.61	8.69	8.91	8.95	9.10	9.02	9.04	8.93	9.06
乳蛋白率 (%)	3.23	3.11	3.09	2.99	3.07	3.15	3.35	3.41	3.42	3.41	3.34	3.40
体細胞数 (千/ml)	252	244	143	116	110	152	146	72	79	180	50	50
	01.4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均		
乳量 (kg/頭・日)	36.3	35.1	37.1	37.8	34.7	37.3	37.5	35.3	34.1	33.9		
乳脂率 (%)	4.26	3.91	3.87	4.05	3.58	3.36	3.53	3.75	4.00	3.89		
S N F率 (%)	9.03	8.86	8.85	8.81	8.76	8.93	8.88	8.98	9.01	8.9		
乳蛋白率 (%)	3.44	3.29	3.18	3.19	3.17	3.21	3.21	3.35	3.38	3.31		
体細胞数 (千/ml)	70	114	44	116	83	94	52	130	105	142		

#### ミルクングパーラー

	98.4	5	9 8.6	7	8	9	10	11	12	99.1	2	3
乳量 (kg/頭・日)	29.8	29.0	27.3	27.9	30.5	29.4	29.1	29.2	26.7	25.4	25.3	26.5
乳脂率 (%)	3.91	3.91	3.69	3.82	3.61	3.83	3.58	3.62	3.98	3.93	3.99	4.10
S N F率 (%)	8.50	8.60	8.76	8.94	8.68	8.90	8.84	8.98	8.91	8.95	8.79	8.74
乳蛋白率 (%)	3.16	3.18	3.39	3.40	3.22	3.37	3.43	3.43	3.47	3.51	3.42	3.35
体細胞数 (千/ml)	160	108	144	164	162	80	188	68	99	233	224	239

	99.4	5	6	7	8	9	10	11	12	00.1	2	3
乳量 (kg/頭・日)	28.7	29.1	28.7	26.1	26.9	29.4	28.6	29.3	29.8	28.9	30	30.5
乳脂率 (%)	3.98	4.00	3.75	4.02	3.22	3.58	4.00	4.20	3.97	4.27	4.36	4.34
S N F 率 (%)	8.86	8.70	8.66	8.70	8.08	8.93	8.98	9.03	8.95	9.04	8.94	9.03
乳蛋白率 (%)	3.35	3.27	3.20	3.13	2.81	3.25	3.41	3.48	3.44	3.46	3.45	3.51
体細胞数 (千/ml)	126	144	119	180	158	121	89	128	124	108	66	108

	00.4	5	6	7	8	9	10	11	12	01.1	2	3
乳量 (kg/頭・日)	32.8	31.2	31.8	30.8	30.4	32.4	33	32.6	33.6	32.4	32.6	31.4
乳脂率 (%)	4.09	3.93	3.93	3.93	3.85	4.06	4.02	4.15	4.06	4.04	3.91	4.12
S N F 率 (%)	9.00	8.88	8.81	8.64	8.85	8.72	8.91	8.97	9.08	9.02	9.04	8.98
乳蛋白率 (%)	3.43	3.44	3.30	3.16	3.29	3.22	3.37	3.40	3.52	3.48	3.47	3.40
体細胞数 (千/ml)	90	200	299	230	95	68	89	56	84	87	105	299

	01.4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均
乳量 (kg/頭・日)	31.9	35.0	36.6	36.5	37.1	35.3	32.7	30.7	31.7	30.6
乳脂率 (%)	3.92	3.97	3.80	4.00	3.79	3.89	3.75	4.42	4.38	3.95
S N F 率 (%)	8.92	8.78	8.9	8.89	8.77	9.05	8.79	9.22	9.07	8.88
乳蛋白率 (%)	3.39	3.22	3.34	3.29	3.29	3.47	3.44	3.65	3.54	3.37
体細胞数 (千/ml)	76	160	191	149	282	111	183	69	109	142

表8 電気伝導度とCMT変法、体細胞数の関連

(単位：件)

	電気伝導度	C M T 変法		体細胞数 (千/ml)		
		陽性	陰性	500以上	300~490	300未満
陽性	19	16	3	7	9	3
陰性	294	19	275	6	14	274

## 2 産乳量および乳成分・乳質（ミルクパーラー搾乳との比較）

### 1) 産乳量

試験期間中における毎日の産乳量情報より、ロボット搾乳牛群の1日当たりの平均産乳量は33.9kg、1日当たりの平均搾乳回数は3.0回、パーラー搾乳牛群がそれぞれ30.6kg、2回であり、ロボット搾乳牛群がパーラー搾乳牛群と比較して産乳量で11%増加した。

また、家畜改良センター情報分析課によると、平均産乳量を飼養管理グループ効果の推定値を用いて求めると、ロボット搾乳牛群が34.3kg、パーラー搾乳牛群が29.6kgであり、この差を多回搾乳による乳量の増加分と考えればその効果は率にして15.9%となる<sup>1)</sup>。

### 2) 乳成分・乳質

ロボット搾乳牛群およびパーラー搾乳牛群の乳成分・乳質について比較したところ、乳脂肪分率はそれぞれ3.89%、3.95%、無脂乳固形分率は8.90%、8.88%、乳蛋白質率は3.31%、3.37%、体細胞数はいずれも142千個/mlであり、著しい差は認められなかった（表7）。

また、電気伝導度を用いた乳房炎検査機能による乳房炎の摘発率は46%と低かった（表8）。

## 考 察

### 1 省力管理技術

牛が牛舎内を自由に往来できる「終日通路制限なし」の条件下で、ロボット稼働3週間後の自発的搾乳率が80%、1年後は85%、2年後は98%と向上した。これは稼働後時間の経過に伴い、ロボット搾乳経験牛が増加したことによると考えられた。稼働2年後、終日通路制限なし、夜間一方通行および終日一方通行にした場合の自発的搾乳率は、それぞれ98%、99%および100%、搾乳回数は2.7回、3.0回および3.2回となり、通路制限により搾乳回数が向上した。これらのことから、ロボット稼働後時間の経過に伴い、通路制限の有無にかかわらず、自発的搾乳率は向上し、通路の制限は搾乳回数を向上させることが示唆された。

通路制限と産乳量、乳成分および乳質の関連については、それぞれの通路設置期間中の産乳量、乳成分および乳質の比較において、著しい変化が認められなかった。また、牛の行動への影響について、採食時間は、初産で経験なしの群で通路制限の影響を受け減少傾向を示し、

2産以上で経験ありの群では通路制限の影響を受けなかったが、いずれの群においても1日のうちに採食に使用されるべき時間とされている180分~300分<sup>6)</sup>を維持した。横臥時間は、初産で経験なしの群において通路制限の影響を受け減少傾向を示し、2産以上で経験ありの群においては、通路制限の影響を受けなかったが、いずれの群においても1日のうちに横臥に使用されるべき時間600分~660分を維持した。通路制限の有無にかかわらず、採食時間および横臥時間が維持されたことより、通路制限が乳生産に与える影響は少ないと考えられた。

以上のことより、初産牛などのロボット搾乳未経験牛の馴致と搾乳回数向上を乳生産に影響を与えることなくかつ省力的に行う一手段として通路の制限は有効であり、馴致後は通路の制限がなくとも自発的搾乳率および生産性は維持されることが示唆された。

搾乳ロボットを導入した際の搾乳関連の作業は、以下のとおりである。

- ① ロボット管理コンピュータを用いて乳量や電気伝導度等の点検と同時に長時間未搾乳牛のリストアップを行う。
- ② リストに表示された長時間未搾乳牛をロボットに誘導(人為的補助)する。長時間未搾乳牛のリストアップおよびロボットへの誘導は1日2回程度行う
- ③ 長時間未搾乳牛の誘導が終了し次第、ロボットとその周囲の清掃を行う。
- ④ 集乳後バルククーラー洗浄装置のセットおよび洗浄開始(ミルクフィルター交換も併せて行う。)、バルククーラー洗浄終了後は搾乳再開セットを行う。
- ⑤ レーザー面の清拭は必要に応じて1日数回行う。搾乳観察や洗浄・殺菌液の補充についても必要に応じて行う。

試験期間中におけるこれらの労働時間は約75分間であり、パーラー搾乳のそれと比較して1/2に削減された。内容も軽労化が図られたが、長時間未搾乳牛のロボットへの誘導が作業の中で最も時間を要した。そこで、前述の通路制限による牛のロボットへの馴致方法を活用することにより、長時間未搾乳牛頭数の早期減少が可能となり省力化の一助になると考えられた。

ロボットの保守点検は日常管理の中で行うが、故障等への対応は、一部消耗品の交換を除き、任意の維持管理契約(1,200千円/年(レリー社製搾乳ロボットの場合))をロボット販売会社と締結し、迅速な復旧体制を整備する必要がある。

ロボット搾乳では、乳器形状(乳頭間隔や角度等)が原因で、搾乳不適合牛が発生する。このため、不適合牛

へは従来搾乳施設の一部併用を検討する必要がある。

## 2 産乳量および乳成分・乳質(ミルクングパーラー搾乳との比較)

TMRの不断給餌飼養形態で搾乳ロボットを用いた不等間隔多回搾乳(1日あたり平均搾乳回数3回)を実施することにより、乳成分・乳質を維持しながら産乳量を10~15%増加させることが可能であると考えられた。

また、乳質の管理に関連して、電気伝導度による乳房炎検査機能は摘発率が低いことから、乳房炎の摘発には、乳量の減少の点検やCMT変法による乳質検査等との併用が必要である。なお、分房毎ティートカップ離脱方式を有するロボットは比較的過搾乳を防止でき、乳房炎発生率は低い(頭数割合19%、分房割合8%)が、搾乳観察を必要に応じて行い、ライナースリップの有無に注意する。

## 謝 辞

試験研究の遂行にご協力いただいた独立行政法人家畜改良センター情報分析課安宅倭氏にお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) 安宅倭(2002) 搾乳ロボットを利用した連続(不定時)搾乳による飼養管理効果の変化
- 2) Harsh S B, Huirne R B, Dijkhuizen, A A, and Gardner R W (1992) Short and long term economic aspects of automatic milking systems Proceedings of the international symposium on prospect for automatic milking, 421-431
- 3) 柏村文郎(2000) 日本およびヨーロッパにおける搾乳ロボットの開発と実用化への歩み 北海道畜産学会報, 42:1-10
- 4) Lundqvist P (1992) Human aspects in automatic milking Proceeding of the international symposium on prospect for automatic milking, 414-420
- 5) 生物系特定産業技術研究推進機構 農業機械化研究所(1996) 搾乳の自動化に関する調査資料Ⅱ(文献調査研究及び海外調査報告), 東京



# Labor-saving Management Technology and Milk Production by the Milking Robot

Naoki YAMAGUCHI, Mitsugu YAMATO, Fuminari KIKUCHI,  
Teruo KAWAMURA and Yukio SEIMIYA

## Summary

The milking robot is technology developed for the purpose of cutting down sharply milking work, which accounted for roughly half of the workload in managing a dairy farm, and labor-saving on milking related work. It was our aim to confirm the labor-saving management aspect and clarify the influence on milk production of the milking robot.

We investigated throughout the period of June 1998 to December 2001, the training of the cows being introduced to the robot, the rate of voluntary visiting to the robot to be milked, the milking frequency, the influence of one-way cow traffic on the behavior of the cows, labor-hours and the nature of daily activities around the robot, and milk production. A herd of 20-25 Holstein cows were studied during the experiment. The cows were fed and managed in a free-stall cowshed that had single group management and delivery of TMR constant. We used a milking robot made by Lely Company that operated continually for 24 hours except for 60 minutes during bulk tank washing time. Furthermore, we used a free stall and a milking parlor (herringbone) as a test contrast, milking twice a day in the morning and the evening. After three weeks, 80% of the cows visited the robot and were milked voluntarily. As time progressed, the training was reduced and the cows increasingly visited the robot voluntarily.

By using one-way cow traffic, the cows were milked more frequently. In our experiment, we spent 75 minutes of labor on daily activities around the robot. The milking related work under robotic milking was cut by 1/2 as compared with parlor milking. Through maintaining milk compositions by using a milking robot that the cows frequently visited voluntarily, and constantly feeding TMR, daily milk yield increased by 11-15%.