

搾乳ユニット自動搬送装置の開発

搾乳ユニット自動搬送装置開発チーム

開発グループ（代表：平田 晃）

平田 晃¹・後藤 裕¹

実用化グループ（代表：太田哲郎）

太田哲郎²・荊木義孝²・涌井明男²・岡谷利率²・大日向好治²・細井研一²・

松岡 巧²・竹前昭宏²

現所属先：独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構

生物系特定産業技術研究支援センター・²オリオン機械株式会社

1 技術開発の背景

我が国では、搾乳の対象となる経産牛頭数の80%近くは「繋ぎ飼い式牛舎」で飼養され、こうした経営が、全体の約90%を占めている。また、飼養規模拡大により、成牛50頭以上の層は、平成14年度で約8,200戸（頭数シェア56.7%）となり生乳生産の中核を成している。このうち約6,000戸が繋ぎ飼い・パイプラインミルクカー方式の経営で、北海道に約4,000戸が集中している状況である。北海道では5年に10頭ずつの増頭で1戸平均の経産牛は約55頭に達し、60～100頭の繋ぎ飼い牛舎も増えている。

従来、繋ぎ飼いは、個体管理に有利である反面、作業動線が長く多労であるため、家族労働2人では経産牛50頭程度が労力的に限界といわれてきた。これまで「ゆとりある酪農経営」を可能にする方法として、酪農先進国で実績のあるフリーストール化が推奨され、飼養規模60頭を超えたら有力な選択肢としてミルクパーラーや搾乳ロボットなどの普及が図られてきた。しかし、フリー・ストール方式は、高額投資となるため、乳代での返済に大幅な増頭を要し、エサの確保、糞尿処理、広い土地基盤の確保などの導入条件から、誰もができる選択ではないのが実態である。

それでは、中核的酪農家は、現状をどう考え、将来の飼養管理の省力化にどういった意向を持っているのか。旧生研機構が畜産近代化リース協会の協力を得て、成牛50頭以上の繋ぎ飼い農家を対象に実施したアンケート調査（2,480戸抽出、回答数912戸）では、ゆとりができたなら「ゆっくりしたい」が66%と過重労働の状況を示し、将来の飼養管理の省力化については、「繋ぎ飼い方式」を要望した経営が約70.8%、「搾乳ロボット」14.8%、「ミルクパーラー方式」8.7%であった。その中で、搾乳作業能率を従来の2倍とする「搾乳ユニット自動搬送装置」については、「値段によっては使ってみよう」とした経営が

53%あり、「繋ぎ飼い用の飼養管理システム」についても67%が関心を示し、繋ぎ飼い高度化への関心の高さを伺わせた。

乳牛の高泌乳化とも相まって、繋ぎ飼いの個体管理のし易さを生かし、搾乳作業を大幅に省力化するシステムが求められている。搾乳ユニット自動搬送装置は、こうした要望に応えるために日本で開発したものであり、「ゆとりある酪農経営」を低コストで実現する、これからの選択肢の一つとして酪農現場から期待されている。

2 技術開発の概要

本開発チームは、繋ぎ飼い牛舎における現状搾乳作業の過重労働を解決するために、搾乳ユニットを左右に搭載して搬送し、2頭同時搾乳を行う「搾乳ユニット自動搬送装置」の基本コンセプトを提示するとともに、繋ぎ飼い搾乳作業を自動搬送と自動離脱を織り込んで数式化し、手搬送と自動搬送の搾乳作業時間の比較を行った。また、変動要因を考慮して、本装置（仮想機）での搾乳作業タイムチャート分析を行い、1人1時間に約50頭（現状の2倍以上）の搾乳作業能率を期待できること、搬送速度は0.2～0.3m/秒程度であれば作業能率に問題ないこと等を把握した。次に本装置構成各部の試作機を製作し、動作試験や乳牛の反応を調べるなど問題点を確認しながら改良を加え、本装置トータルシステムの原型機を完成させた。これを民間牧場に設置して毎日の搾乳作業に供試し、大幅な省力化が可能であること、1人作業で1時間50頭以上の搾乳作業能率が得られること等、実用化の可能性が高いことを実証した。さらに、五つの民間モニター牧場で実地試験に供試しながら、実用上の問題点を解決し、平成15年10月から市販化の運びとなった。

なお、モニター牧場では搾乳作業能率や作業負担等の調査に協力いただく一方で、普及促進のために見学者の受け入れをお願いしている。

1) 現状の搾乳作業と搾乳ユニット自動搬送装置の基本コンセプト

繋ぎ飼い牛舎では、乳牛を横並びに1頭ずつ繋いで飼養する区画（ストール）列を有し、そのストール列は、通路を挟んで尻合わせ、または、頭合わせで2列平行に配列されている。ストール列上方に牛舎最奥部から牛乳処理室に向けて設置された搾乳パイプラインには、2頭に対し1カ所ずつミルクタップが設けられ、搾乳ユニットは、ここに接続して拍動真空圧と搾乳真空圧を供給され、片側1頭ずつに付け替えて搾乳をする。現状の搾乳作業は手作業中心で、搾乳ユニットの運搬・ミルクタップとの接続、前搾り・乳頭清拭、ティートカップ装着、機械搾乳、搾乳終了検知・ティートカップ離脱、乳頭消毒、もう片側の乳牛で同じ作業、次のミルクタップまで運搬という作業ルーチンの繰り返りで構成されている。

搾乳ユニット運搬時の問題は、搾乳ユニットのミルクタップ接続部までのチューブ長が約3mあり、身長の高い女性がチューブを引きずらないように運ぶのは大変であること、

パイプラインのハイポイント高さは牛床から2mでありミルクタップとの接続位置が高いこと、カップの自動離脱装置を付加すると約8kgと重いことである。通常、1人が扱うユニットの数は2~3ユニットまでとされている。軽労化手段としてレール懸架式ミルカーが開発され市販化されているが、この場合でも1人で扱えるユニット数は3~4ユニットが限界といわれ、作業能率は25頭/人・時前後である。上述のアンケート調査農家平均では、2.7ユニットで16.5頭/人・時であった。作業性を低下させているのは、搾乳ユニットを1頭おきに使うため、作業者が搾乳状態を観察しながらユニット落下等に適切に対処できる頭数が限定されること、左右の牛の付け替えに戻るため作業動線が長くなること等である。

搾乳ユニット自動搬送装置の基本コンセプト(図1)は、繋ぎ飼い牛舎での搾乳作業をミルクングパーラーのように、各搾乳牛の前には自動離脱付き搾乳ユニットがあるという状態に変えることで、作業者に余裕を与え、作業動線を単純にし、1人で扱えるユニットの数を増やすことによって、1人1時間50頭の作業能率を得ることのできる搾乳システムとすることである。

1人1時間当たりの搾乳頭数は、1ユニット1時間当たりの搾乳頭数(繋ぎ飼い搾乳の場合、大体5~8頭)に1人が扱うユニットの数を乗じて算定できる。50頭を(単純計算では40~64頭)を期待するには、8ユニットを扱う作業の仕組みが求められる。搾乳ユニットを二つずつ搭載し自動搬送してミルクタップと自動接続し、2頭同時に搾乳していくことで8ユニット扱える仕組みとなることを模式的に示したのが図2である。

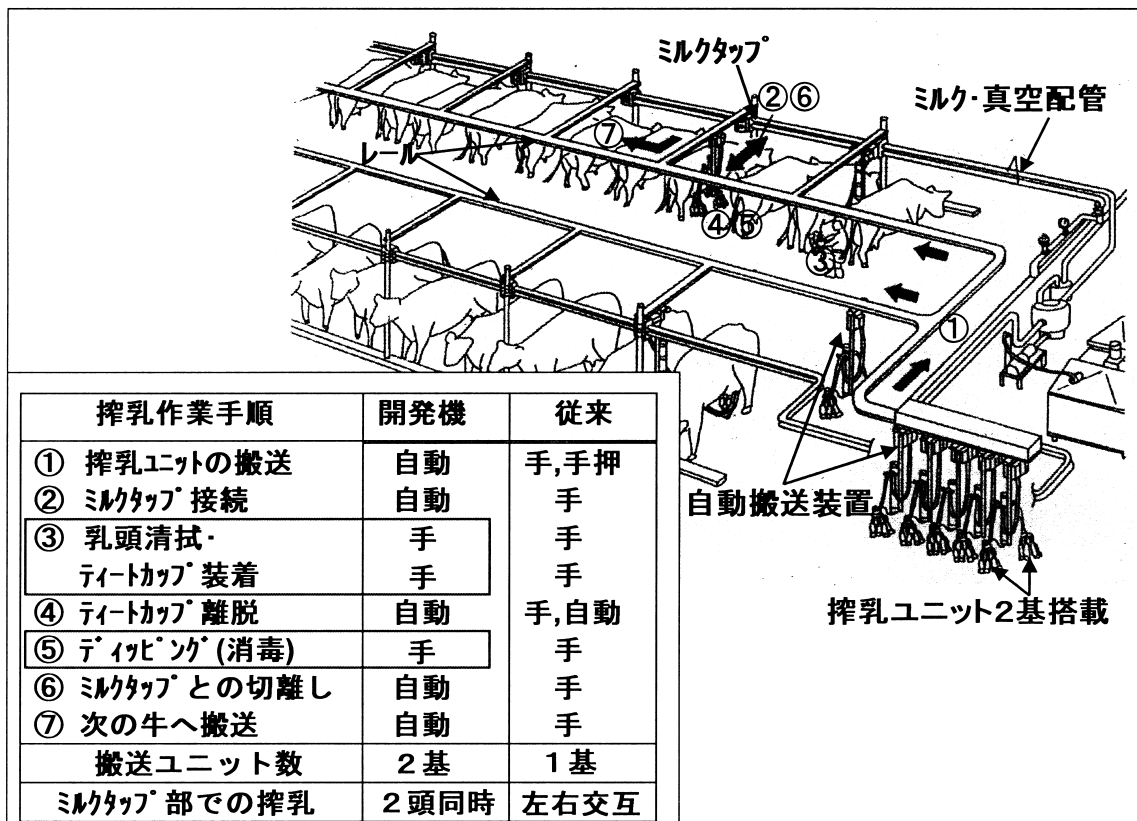


図1 搾乳ユニット自動搬送装置の基本コンセプト

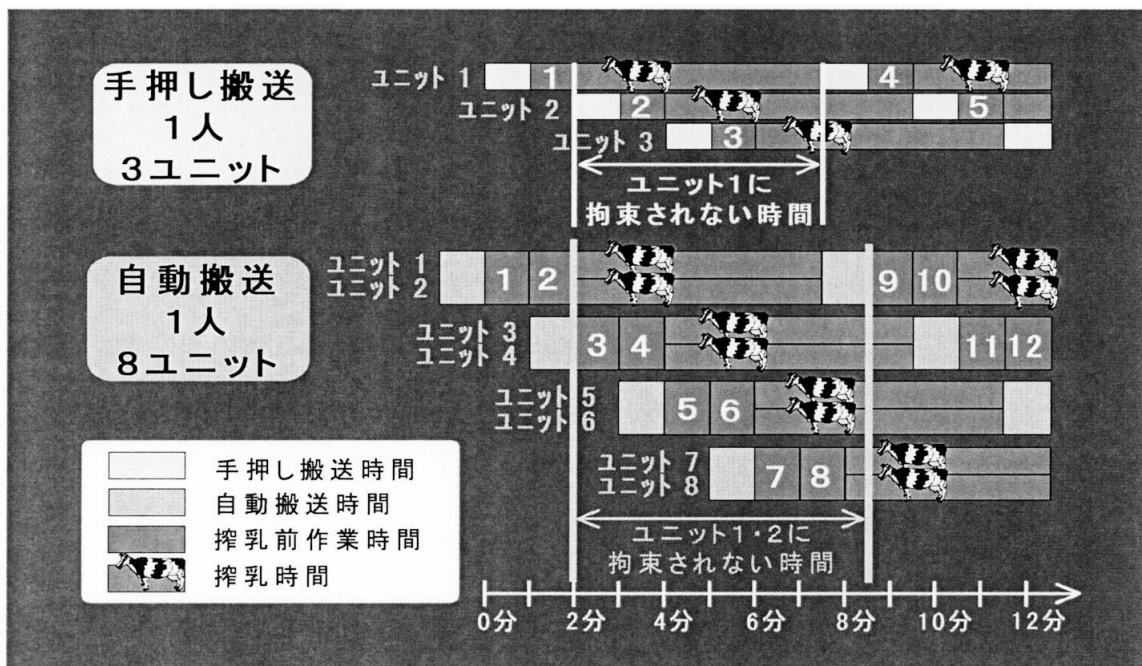


図2 自動搬送による搾乳作業の仕組み

手搬送では、ユニット1を装着してから1頭目の搾乳時間すなわち、ユニット1に拘束されない時間を使って、ユニット2とユニット3まで運んで装着することができる。自動搬送では、2つのユニット1・2が自動的に牛の所へ運ばれミルクタップと接続されるので、ユニット1・2に拘束されない時間には、2頭同時の搾乳時間に自動搬送時間が加算される。この間に作業者は、既にユニットをミルクタップと接続された所で2頭ずつ装着していくだけで良いため、自動搬送2頭同時搾乳では8ユニットを扱える仕組みが成立し得る。

2) 繋ぎ飼い搾乳作業の数式記述と搾乳作業タイムチャート分析

簡易式ではあるが、もう少し精密な形で繋ぎ飼い搾乳作業の仕組みについて記述する。搾乳作業時間は、作業者に着目した時の「作業者の正味作業時間」式と搾乳ユニットに着目した時の「ユニットの正味使用時間」式の2通りに表現できる。そして、両者のどちらか大きい方が、実際にかかる搾乳作業時間ということになる。

作業者の正味作業時間は 式で表され、ユニットの正味使用時間は 式で表される。

$$T_{wrt} = W_{cow} * WRT + MT$$

$$T_{ut} = U_{cow} * UT = U_{cow} (WRT + MT + Auto)$$

作業者および装置の遊び時間は、式 式から $T_{ut} - T_{wrt} > 0$ ならば作業者に余裕がありユニットを有効に使い、 < 0 ならばユニットが遊んでいるということになる。

ここで、

N_{cow} : 搾乳頭数、 N_w : 作業者数、 N_u : 1人当たりユニット数

W_{cow} : 各作業者当たりの搾乳頭数 (N_{cow}/N_w を切り上げた整数)

U_{cow} : 各ユニット当たり搾乳頭数 (N_{cow}/N_u を切り上げた整数)

UT : ユニットが1頭に拘束されている時間

WRT : 1頭毎の搾乳作業時間
(ユニット搬送、前搾り、乳頭清拭、カップ装着、乳頭消毒及び移動など作業者が1頭搾乳するに要する時間)

MT : 各搾乳牛の機械搾乳時間
(カップの乳房装着時間)

Auto : 1頭毎の自動離脱、自動搬送など自動作業の所要時間

上式、に適宜、数値を与えれば、様々な条件での搾乳作業時間や搾乳作業能率を推定することができ、違いを比較することができる。

そこで、50頭を2人で手押し搬送の懸架式ミルカー6ユニットを使って搾乳する場合と搾乳ユニット自動搬送装置を使い1人で8ユニットを使って搾乳する場合について表1に比較検討してみた。

WRT(1)は、手押し搬送1頭分の搾乳作業時間で97秒、WRT(2)は、自動搬送2頭分の搾乳作業時間で106秒、自動作業時間AUTOは、それぞれ3秒と40秒である。機械搾乳時間は300秒を基準に自動搬送では2頭分の機械搾乳時間とし左右のカップ装着のズレ等を平均+60秒とみて360秒とする。これらの値を式に代入して、それぞれのTut、Twrtを求める(表1の最下段)と搾乳作業時間は値の大きい方になり、手押し搬送は3600秒(60分)、自動搬送は3528秒(59分)という結果となる。1人1時間当たりの搾乳頭数でいえば手押し搬送が25頭、自動搬送は51頭と約2倍の能率が得られることが推定できた。

実際の作業では、乳頭の汚れ具合でWRTは30秒位の変動があり、2頭並べてカップ装着をしても機械搾乳時間は3~9分程度の幅があるため、搾乳終了時にはズレが生じる。この辺りを確認するために作業タイムチャート分析を繰り返し行った。

100頭対尻式牛舎で搾乳ユニット自動搬送装置4台(8ユニット)を作業員1名で利用して作業するとし、以下の条件で作業時間を算定した。

表1 手搬送と自動搬送の比較

手搬送		自動搬送 2頭同時搾乳	
6ユニット 作業員 2名		4×2ユニット作業員 1名	
WRT(1) : 1頭分		WRT(2) : 2頭分	
前搾り	9	前搾り	18
乳頭清拭	25	乳頭清拭	50
移動等	30	移動(2)	10
カップ装着	10	カップ装着	20
乳頭消毒	4	乳頭消毒	8
手押し搬送	12	合計 WRT(2)	106
タップ着脱	7	自動搬送	35
合計 WRT	97	タップ着脱	1
自動離脱	3	自動離脱	2
合計 Auto	3	合計 Auto	38
機械搾乳時間 Mt	300	機械搾乳 Mt(2)	360
1頭分 UT	400	2頭分 UT(2)	504
Wcow	25	Wcow(2)	25
Ucow	9	Ucow(2)	7
Twrt	2725	Twrt	3010
Tut	3600	Tut	3528
搾乳作業能率 頭/人・時	25	搾乳作業能率 頭/人・時	51

【計算条件】 1頭毎の機械搾乳時間：3～5分、3～7分、3～9分の3種類、 WRT（左右2頭分）：60～90秒、75～105秒、90～120秒の3種類（なお、 の時間は乱数発生関数で変化させた） 搬送速度0.1～0.5m/秒、 タップとの接続・切離し：各3秒、 自動離脱・乳頭消毒：5秒、 作業者の歩行速度：1m/秒、 他略。

タイムチャートの分析結果の一部（搬送速度：0.3m/秒）を表2に示す。タイムチャート分析では、機械搾乳時間とWRT（2頭分の前搾り・乳頭清拭・ティートカップ装着時間）が変化しても自動搬送と2頭同時搾乳ならば、1人で8ユニットを使い11時間で50頭の搾乳が実現し得ることを示している。

表2 搾乳作業タイムチャート分析結果（一部）

WRT 2頭分	機械搾乳 時間（分）	搾乳作業時間（分）	
		50頭	100頭
75～105秒	3～5	47.7	91.0
	3～7	56.6	108.6
	3～9	62.9	124.7
90～120秒	3～5	51.1	97.8
	3～7	59.5	112.6
	3～9	66.0	130.0

3) 搾乳ユニット自動搬送装置の概要

搾乳ユニット自動搬送装置の構造上の特徴及び機能は以下の通りである。

本装置は、牛乳処理室横に設置するホームポジションからパイプラインの各ミルクタップまでを結ぶ走行レール及び引込みレール、レールを走行する搬送装置本体、搬送装置本体の左右に搭載する自動離脱装置付き搾乳ユニットで構成される。

対尻式牛舎、対頭式牛舎どちらにも設置可能である。50頭規模の牛舎では、搬送装置本体4台（8ユニット）が標準仕様であるが、台数は規模に応じ変更できる。

DC24Vバッテリー駆動の30Wモーターで走行し、操作パネルに「搾乳/帰還」切り替えスイッチ、運転ボタン、停止ボタン、手動前進・後退スイッチを備えている。

「搾乳」側に切り替え運転ボタンを押せば、装置の左右に搭載された2つの自動離脱付き搾乳ユニットは、自動的に搬送され、所定の順序で引込みレールから牛の間に進入し、2連のミルクタップと自動接続される。

搾乳ユニットを左右2頭の牛に手で装着し搾乳を行う。搾乳が終了すると搾乳ユニットが自動離脱し、赤外線離脱信号が、搬送装置コントローラに送信される。搬送装置は両側の搾乳ユニットの離脱を確認後、次の場所へと自動的に移動する。

問題牛についても自動離脱装置を手動にすれば、従来どおりに作業できる。

「帰還」側に切り替え運転ボタンを押せば、ホームポジションに戻り、自動充電が

行われる。

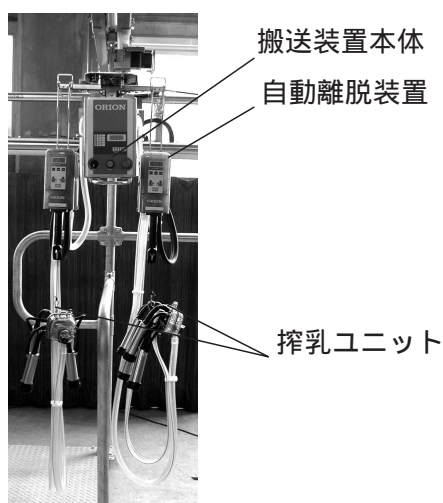


図3 本装置の概要



図4 2頭同時搾乳の様子

表3 搾乳ユニット自動搬送装置の主要諸元

搬送装置 本体の 大きさ	全 長(mm)	750	制 御 部	プログラマブル コントローラ	自動搬送モード
	全 幅(mm)	500			手動走行モード
	全 高(mm)	600		接触防止センサ	停止ボタン
	質 量(kg)	26		光電スイッチ	
搬 送 部	搬送方式	レール懸架式	電 源	ニッケル水素電池	DC24V・1900mAh
	走行車輪 駆動方法	ブラシレスモータ DC24V・30W×1	充電設備	ホームポジション レール内に収納	AC100V 最大 2.0A 供給
	搭載ユニット数	2 (各 7.5kg)	搬 送 用 レ ー ル	走行レール・分岐ポイント・引込みレール	
	走行速度(m/s)	L: 0.24、H: 0.3		許容載荷質量(kg)	80
ミ ル ク タ ッ プ 着 脱 部	着脱方式	2連タップ同時	搭載する 自動離脱 装置	ユニット離脱方式	電動モータ巻上
	ディストリビュー ータ支持機構	バネによるフロー ティング支持		搾乳完了・ユニット 離脱確認センサ	赤外線センサ

4) 民間モニター牧場での試験

開発途中段階で小規模民間牧場に仮設置し、自動搬送装置に対する乳牛の反応や問題点を把握し改良を加えてきた。また、実験室内において50頭牛舎換算で18ヵ月分の連続運転を行い、機械的耐久性を調査確認した。さらに、アンモニアや埃の多い実際の牛舎環境の中で毎日の搾乳作業に供試して実用上の問題点を把握するため、長野県の民間牧場で平成14年3月末から試験稼働を開始した。この牧場は、60ストールの対尻式繋ぎ飼い牛舎でミルク配管径は3インチであり、導入前はレール懸架式の手押し搬送装置と自動給餌装置が設置されていた。酪農従事者は後継者と両親の3人で自動離脱装置付きの6ユニットを2～3人で使用し41頭を搾乳していた。

導入後の搾乳作業の様子を図4に示す。設置初日は、搾乳前に搬送装置を自動運転して

馴らしを行ったが、一般的に乳牛の反応は落ち着いていた。設置後2日目には1人作業を試みた。搬送装置が乳牛の間に進入する時には、多くは左右に開き、タップとの接続と2頭同時搾乳は比較的順調に行われた。搾乳ユニットが牛の尾骨に引っ掛かるなど進入できないときには少し戻って再トライするプログラムで対処した。ユニットを蹴落とす牛や乳の2度おろしの牛にも作業者は従来と同様に対処していた。

搾乳ユニット導入1ヵ月前と導入2日後及び35日後の搾乳作業能率を表4に示す。

開発機は、現在も稼働中で1人搾乳では50頭/人・時の搾乳作業能率は実証されている。ただし、通常時は3人でゆったりと搾乳されている。

表4 設置前後の搾乳作業能率の比較

調査時	作業者	ユニット数	搾乳数	搾乳作業能率
設置前	2.2人	6	41頭	22.4頭/人・時
2日後	1人	8	41頭	51.7頭/人・時
35日後	1人	8	46頭	56.9頭/人・時

3 開発技術の普及活動

平成14年8月23日～27日に帯広で開催された国際農業機械博覧会に参考出品し、実演展示は多くの酪農家をはじめ専門家の注目を集めた。また、平成15年5月27日には、(独)農業技術研究機構 畜産草地研究所、生物系特定産業技術研究推進機構が主催し、農林水産省、(社)畜産技術協会が後援して農林水産省大講堂で開催された「未来型畜産システム研究シンポジウム」で講演し、行政関係・試験研究関係指導者など大方に紹介した。さらに6月20日には記者発表、8月20日には栃木県のモニター牧場で現地検討会を開催し、実際の搾乳作業での稼働状況を紹介した。9月4日には、帯広で酪農家、普及機関指導者を集めて現地検討会「新しい繋ぎ飼い方式を提案する革新的飼養管理技術」の中で自動給餌システムとともに紹介した。

全国8カ所の民間牧場にモニター導入され、改良を進めながら順調に稼働してきた。

自動搬送装置4台・8ユニットを導入した4牧場の作業状況調査結果を表5に示す。

使用ユニット数は6ユニットから8ユニットに増えた。通常時の作業者数は3人から2人に減った牧場もあるものの、基本的に変化はなかった。通常時の作業能率は、ユニットが増えたこととカップ離脱方式が自動になったことの相乗効果が見られた。1人搾乳での作業能率は、1人で扱えるユニット数が増えた効果が大きく反映されており、当初目標とした50頭/人・時を概ね実現している。

表5 導入前後の搾乳状況（モニター民間牧場）

導入前後のユニット数： 6U → 8U / 3U → 8U				モニター牧場の評価
牧場	カップ離脱方式	通常時作業能率 搾乳頭数/時間	1人搾乳での 搾乳頭数/時間	<ul style="list-style-type: none"> ・今は、搾乳が楽しい ・ヘルパーが喜んで宣伝している ・1人搾乳でき、農家には安心 ・乳頭清拭を1頭1布に変えた ・乳頭消毒をするようになった
S	自動 → 自動	46頭 → 62頭	19頭 → 56頭	
M	手 → 手動	31頭 → 40頭	—	
W	手 → 自動	42頭 → 63頭	19頭 → 42頭	
H	手 → 自動	36頭 → 54頭	17頭 → 41頭	



搾乳ユニット自動搬送装置の走行状況



搾乳作業の様子

4 開発技術の学術的評価

本装置の開発に当たり、対象となる中核酪農家に対し、今後の飼養管理の方向について意向を調査するとともに、開発する技術を提案し、ニーズと希望価格帯を把握している。次に提案技術に求められる目標を実現するための作業における仕組みを模式的に理解しやすく、また本装置など自動化要素を加味して、搾乳作業を数式によりモデル化し、様々な条件での比較検討を可能にするとともに従来方式との優位性を明らかにしている。さらに、実作業の変動要因を加味して作業タイムチャート分析を繰り返し行い、実現性及び開発効果の高いことを把握している。

実機開発段階では、装置各部の室内実験（動作試験、耐久性試験等）と共に、酪農現場での乳牛の反応調査、モニター牧場での実作業試験を経る中でトータルシステムを完成させ、目標とする省力化が可能であることを実証した。

自動搬送・2頭同時搾乳という日本独自の搾乳システムとその効果を理論的に裏付けて提案し、実機開発によって実用性を証明しており、その学術的価値は高い。

5 開発技術の産業への貢献

本装置は、平成15年10月1日からオリオン機械株式会社が市販化（商品名「キャリロボ」）する運びとなった。各モニター牧場への見学者も多く、展示効果は高いようで15年度末までにモニター牧場を含め50牧場に普及する見込みであり、16年度導入の牧場も相当数見込まれるなど「ゆとりある酪農経営」のために新たな選択肢を提供した。

市販価格は、定価で自動離脱装置2台付き搬送装置が1基100万円、50頭規模で4基導入した場合400万円、そこにレール、ミルクタップ、充電設備等200万円、合計約600万円である。但し、パイプラインミルクカーと搾乳ユニットは既存のものを利用できる場合もあり、工事費とともに別途見積もりとしている。2.5インチあるいは3インチのミルクカーへの更新費用は別途必要となる。実勢販売価格は、酪農家の要望にできるだけ応えられるよう今後とも低価格化を目指した企業努力が求められる。なお、本装置は、経営規模に応じて無理のないよう2、4、6基と導入台数を決められる。

本装置をベースに高精度乳量計や乳汁センサ等を搭載し自動給餌装置と連動させ、電子個体識別に基づく個体精密管理システムを開発する共同プロジェクトが、平成15年度よりスタートした。国内酪農メーカー数社が参画しており、日本における酪農機器開発の活性化が期待される。

6 技術開発に対する発表論文等

学術雑誌等への発表

- 1) 平田 晃．つなぎ飼い方式の新省力搾乳システムと今後の展開．北海道家畜管理研究会報38:5-8（2003）．
- 2) 平田 晃．搾乳ユニット自動搬送装置．畜産の研究57（2）:9-14（2003）
- 3) 後藤 裕．搾乳ユニット自動搬送装置．農業機械学会誌65（5）:17-19（2003）
- 4) 平田 晃．繋ぎ飼い式牛舎と搾乳．農業機械学会誌65（6）:22-26（2003）

特許等

- 1) 半自動搾乳機：特許112363
- 2) 半自動搾乳機：特許2923617
- 3) 搾乳ユニットの自動搬送装置：特願2001-140515
- 4) 搾乳ユニットの自動搬送装置：特願2002-228380
- 5) 半自動搾乳機：特願2002-30441
- 6) 搾乳ユニットの自動搬送装置：特願2003-188223
- 7) 自動搬送装置用自走搬送部の間隔制御装置：搾乳ユニットの自動搬送装置：特願2003-188224
- 8) 搾乳ユニットの自動搬送方法及び装置：特願2003-188225

一般雑誌への発表

- 1) 平田 晃．搾乳・給餌の自動化で“らくらく作業が実現”．Dairyman49(11)46-47(1999)
- 2) 平田 晃．ユニット自動搬送装置が試験稼働．Dairyman52(12):80-81(2002)
- 3) 平田 晃．現在開発中「搾乳ユニット自動搬送装置」．Dairy Japan48(1):53-54(2003)
- 4) 平田 晃．繋ぎ飼い牛舎に対応した搾乳ユニット自動搬送装置の開発．(社)畜産技術協会．畜産技術573:30-33(2003)
- 5) 平田 晃．搾乳ユニット自動搬送装置．酪農ジャーナル56(5):20-22(2003)
- 6) 平田 晃．ゆとりある酪農経営のための搾乳ユニット自動搬送装置．(社)中央畜産会．畜産コンサルタント465:62-67(2003)
- 7) 後藤 裕．搾乳ユニット自動搬送装置．新農林社．機械化農業3031:4-7(2003)

学会および研究会発表

- 1) 平田 晃・後藤 裕．搾乳ユニット自動搬送装置の開発(第1報) - 作業面から見た開発効果の推定．農業機械学会第59回年次大会．P161-162.2000.
- 2) 平田 晃．繋ぎ飼いに対応した搾乳システム - 搾乳ユニット自動搬送装置．畜産草地研究所．第1回搾乳システム高度化研究会．P20-27.2001
- 3) 平田 晃・後藤 裕・オリオン機械(株)酪農カンパニー．搾乳ユニット自動搬送装置の開発(第2報) - 試作2号機の概要と民間牧場における搾乳作業状況．農業機械学会第61回年次大会．P323-324.2002
- 4) 平田 晃．繋ぎ飼い方式の新省力搾乳システムと今後の展開．北海道家畜管理研究会シンポジウム．酪農施設から見た北海道酪農の方向性．P5-8.2003
- 5) 後藤 裕・平田 晃．搾乳ユニット自動搬送装置の開発(第3報) - 使用ユニット数の増加に伴う搾乳真空圧変動の調査．農業機械学会第62回年次大会．P119-120.2003.
- 6) 平田 晃．次世代型搾乳システム．畜産草地研究所・生物系特定技術研究推進機構．未来型畜産システム研究シンポジウム - 高度センシング技術による酪農システムの革新に向けて．P3-7-3-14.2003
- 7) 平田 晃．搾乳ユニット自動搬送装置．生物系特定技術研究推進機構．新しい繋ぎ飼い方式を提案する革新的飼養管理技術 - 粗飼料配合飼料自動給餌システムと搾乳ユニット自動搬送装置．P11-18.2003
- 8) 後藤 裕．搾乳ユニット自動搬送装置．畜産草地研究所．Japan-Korea Workshop on Milking Robot．P14-15.2003