

家畜改良センター技術マニュアル 17

搾乳ロボットの機能と利用技術

独立行政法人 家畜改良センター

家畜改良センター技術マニュアル 17

搾乳ロボットの機能と利用技術

独立行政法人 家畜改良センター

は じ め に

酪農における搾乳作業は、極めて労力負担が大きいものです。最近の飼養頭数規模拡大に伴い、その労力負担はますます大きくなっています。そこで、長い年月を経て、搾乳作業を軽減するための作業機械について、様々な知恵が絞られてきました。最初にバケット式ミルクカーが考案され、次にパイプラインミルクカーが登場し、現在では様々なタイプのミルクングパーラーが見られるようになりました。

このような搾乳作業機械の開発に伴い、搾乳作業の労力負担は軽減されてきました。しかし、酪農家の皆さんは、毎日・定時に搾乳作業をしなければならないという時間的制約からは解放されません。

そこで、搾乳作業の労力負担を軽減するだけでなく、毎日・定時の時間的拘束から酪農家の皆さんを解放するため、搾乳ロボットシステムが考案されました。

家畜改良センター宮崎牧場では、搾乳ロボットシステムを平成12年度に導入し、搾乳ロボットシステムを活用した飼養管理に関する調査研究に取り組んできました。

最近、国内における搾乳ロボットシステムの導入実績は徐々に増加していますが、その歴史はまだ浅く、飼養管理に関する情報も少ない状況にあります。

このため、家畜改良センター宮崎牧場では、実際の稼働状況やこれまでに取り組んできた調査研究を中心に有益と思われる情報をマニュアルとして取りまとめ、提供することとしました。

搾乳ロボットを利用されている方や導入を検討している方の一助になれば幸いです。

2006年 3 月

「搾乳ロボットの機能と利用技術」

I 搾乳ロボットの概要

- 1 搾乳ロボットが求められている背景…………… 2
- 2 搾乳ロボットの定義…………… 2
- 3 搾乳ロボットの普及状況…………… 3
- 4 搾乳ロボットの種類…………… 4

II L E L Yアストロノートの概要

- 1 開発コンセプト…………… 6
- 2 L E L Yアストロノートの機能…………… 6

III L E L Yアストロノートに関する各種研究報告等の概要

- 1 搾乳ロボットを導入する利点等の概要……………17
- 2 搾乳に要する時間の短縮……………17
- 3 搾乳ロボットによる乳成分の変化……………18
- 4 搾乳ロボットが牛に与えるストレス……………18
- 5 搾乳ロボット牛群の栄養状態……………18
- 6 搾乳ロボットが牛群の繁殖性に与える影響……………18

IV 宮崎牧場における搾乳ロボットの利用状況

- 1 宮崎牧場における搾乳ロボットを用いた飼養管理体制……………19
- 2 搾乳ロボット利用に当たっての留意点……………23
- 3 コスト……………26
- 4 メンテナンスとトラブル対応……………30

V 牛群検定への対応

- 1 搾乳ロボットにおける牛群検定……………32
- 2 牛群検定への加入……………32
- 3 搾乳ロボットにおけるサンプリング……………37

I 搾乳ロボットの概要

1 搾乳ロボットが求められている背景

我が国の酪農は、生産性を向上するため、飼養規模の拡大、育種改良、飼養管理技術等の改善が進められてきました。しかし、生産現場では、酪農従事者の高齢化や後継者不足から労働力の確保が難しい状況になっています。搾乳ロボットはこうした労働力問題を解決する手段として注目されている新しい酪農機械です。

酪農は、毎日決まった時間に搾乳作業を行う必要があるため、時間的に生活が拘束されやすいという特徴があります。また、労働時間に占める搾乳作業の割合は約50%を占めます。このため、搾乳ロボットの活用により搾乳作業の合理化を一段と進め、生活にゆとりを生み出すことが期待されています。

さらに、搾乳ロボットの導入は、搾乳に関わる作業の減少、多回搾乳による乳量増加、牛の自発的な行動に基づく搾乳による家畜福祉の改善などが期待されます。

近年、国内では1993年の帯広畜産大学の導入を皮切りに徐々にではありますが、普及が進みつつあります。

2 搾乳ロボットの定義

搾乳ロボットとは、「乳房、乳頭の位置を自動的に検知して、乳頭の清拭、ティートカップの装着、搾乳、離脱およびミルクカーの洗浄処理までの搾乳に関する作業のすべてをコンピューターにより自動制御する搾乳機」（新編・畜産用語辞典 養賢堂）と定義される搾乳機械です。

厳密なロボットの定義などから“搾乳ロボット”の呼称に異議を唱える方もおられ、自動搾乳システム（Automatic Milking System＝AMS）とも呼ばれていますが、本編では一般の酪農関係者から親しみを込めて呼ばれている“搾乳ロボット”という呼称で統一して表記します。



EU搾乳ロボット研究チームHPより

3 搾乳ロボットの普及状況

(1) 世界の普及状況

平成16年現在オランダ、フランス、デンマーク等を中心に世界30カ国で2,500台以上（普及農家数2,200戸以上）が導入されています。地域的にはEU諸国が比較的多く、北米では比較的少ない状況です。日本は、世界第6位の導入国です。

表 I - 1 搾乳ロボット導入台数概略（平成15年12月時点）

順位	国名	導入台数	順位	国名	導入台数
1	オランダ	600	7	カナダ	78
2	フランス	320	8	アメリカ	16
3	デンマーク	310	9	イスラエル	10
4	スウェーデン	225	10	オーストラリア	1
5	ドイツ	200	10	ニュージーランド	1
6	日本	125		合計30カ国	2,500以上

畜産草地研究所 ホームページより、喜田、平成16年

(2) 日本の普及状況

日本では、平成17年現在、推計で150台以上が稼働しているとみられています。導入の多い地域としては、北海道の十勝・根釧及び愛知県知多半島が挙げられ、なかでも北海道は平成17年5月現在で83戸に導入されています（北海道農政部調べ）。

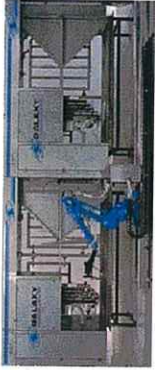
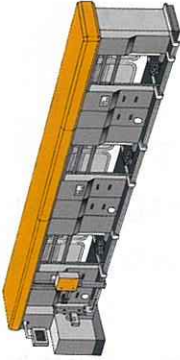
九州地域では、平成12年の当场への導入が初の事例であり、平成17年6月現在7ヶ所で導入されています。

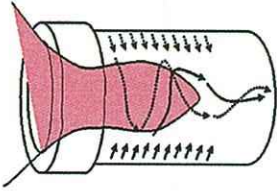
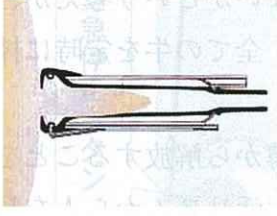
国内における導入は、平成6年の帯広畜産大学が第一号と言われています。それから数年間は急激に導入台数が伸びましたが、最近では当初ほどの勢いはありません。しかし、これは搾乳ロボットを導入する要素を持った経営者が一通り導入を終えたからであり、今後も徐々にではありますが、導入は進むという見方が一般的です。

なお、搾乳ロボットでの飼養管理方法は放し飼いが前提条件であること、搾乳ロボット1台当たりの処理能力が60頭以下であること等から、導入はフリーストール牛舎やフリーバーン牛舎による中規模の経営に多く見られます。

4 搾乳ロボットの種類

現在、搾乳ロボットの製造メーカーは世界で5社程度あります。下表に国内で普及している主要な4タイプの搾乳ロボットの概要について比較しました。

区分	レリー社 アストロノート (オランダ)	デラバル社 VMS (スウェーデン)	インセンテック社 ギヤラクシー (オランダ)	ロボットミルキング社 (オランダ)
国内取扱い社	 (株)コーンズ TEL : 0123-32-1457 FAX : 0123-32-7052 HP : http://www.cornesag.com/	 デラバル(株) TEL : 011-772-8481 FAX : 011-772-8483 HP : http://www.delaval.jp/	 (株)本田製作所 TEL : 076-238-5911 FAX : 076-238-0963 HP : http://www.hondass.com/	 (株)ビコンジャパン TEL : 0248-53-4121 FAX : 0248-53-4123 HP : http://www.viconjapan.com/
洗浄時間	14分／回×3回	35分／回×3回	12分／回×3回	30分／回×2回～3回 但し随時ショートクリーニング可能 ロボット内装備
洗浄システム	ロボット内装備	処理室に装備	ロボット内装備	ロボット内装備
ロボットアーム	ステンレス製	ステンレス製	鋳物製	ステンレス製
乳頭洗浄システム	ローラーブラシで乳頭と乳房底面を洗浄。その後ローラーブラシは殺菌水で洗浄	乳頭洗浄専用カップで乳頭温水洗浄。エアで乾燥	乳頭洗浄専用カップで乳頭温水洗浄。温風で乾燥	ティートカット内洗浄

区 分	レリー社 アストロノート (オランダ)	デラバル社 VMS (スウェーデン)	インセンテック社 ギヤラクシー (オランダ)	ロボットミルキング社 (オランダ)
乳質管理	 乳房別乳色、伝導率、乳温判別	 乳房別伝導率判別	 乳房別伝導率、乳温判別	 乳房別血乳、伝導率判別
乳頭検知	レーザー光及びCCDカメラ利用	レーザー光及びCCDカメラ利用	CCDカメラ利用	レーザー光及びCCDカメラ利用
牛の追い出し方	電気ショックカー	圧縮エアー	機械ムチ	後方からのゲート
その他の特徴 ティートカップ	ティートカップ手動装着不可（自動搾乳機械であるため、設計段階で必要ないものとした）	ティートカップ手動装着可能	ティートカップ手動装着可能	ティートカップ手動装着可能
その他				最大5ボックス設置可能

Ⅱ LELYアストロノートの概要

当场では、平成12年2月に搾乳ロボット「LELYアストロノート」を導入して、搾乳牛の飼養管理に使用してきました。そこで、まずこの機種の特徴などについて簡単に説明します。

1 開発コンセプト

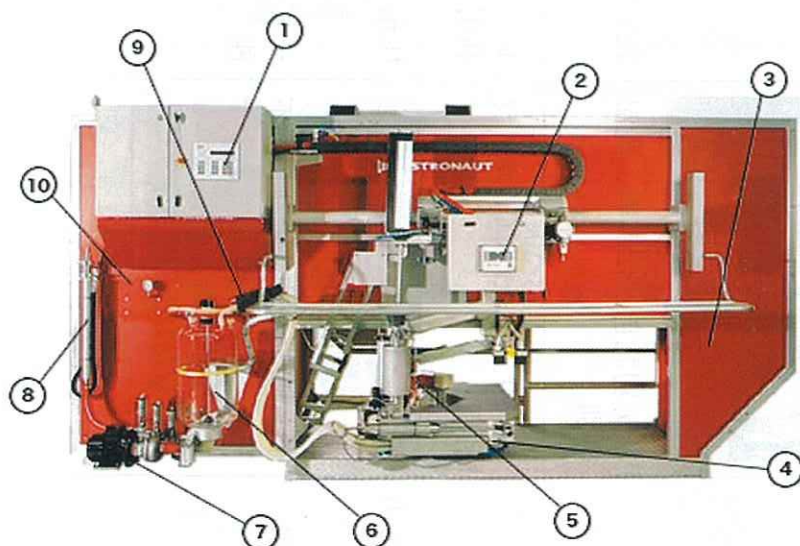
酪農家と牛にとって搾乳とは休みなく継続されていく毎日・定時作業であり、互いにストレスの原因となっています。

そこで、搾乳という作業に人を介在させないようにできないかという考えが、1980年始め頃に生まれました。同時に人を介在させないのであれば、全ての牛を定時に搾乳する必要もなくなるのではないかという考えも生まれました。

このことは、酪農家と牛を毎日定時の搾乳時間という束縛から解放することを意味します。即ち、毎日決められた時間に搾乳しなければならない生活リズムから人を解放し、1日を自由に設計することが可能となりました。また、毎日決められた時間に搾乳される牛の従順さを必要としない状況を実現することができました。これが、無人型の機械「搾乳ロボット」の開発コンセプトなのです。

2 LELYアストロノートの機能

(1) パーツの構成



コーンズAG HPより抜粋：www.cornesag.com/

① ミルクポイントキーボード (MPK)

下図のキーボードを操作することにより、ミルクの圧送、給餌、ミルクポンプの作動等が手動で行えます。同様にキーボードの操作により牛データや搾乳中の牛の搾乳状況や給餌状況のデータを見ることができ、アストロノート用PCに登録していれば疾病状況や繁殖状況も見ることができます。

なお、MPKにはアストロノートの緊急停止ボタンがあり、これを押すことにより電源が切れ、全ての動作を停止させることができます。



② 操作パネル

この操作パネルは、アストロノートで取り扱う個体毎の搾乳間隔やロボット洗浄時の洗浄液投入時間など各種設定を行うための重要な部分です。アストロノートで初めて搾乳する牛に対しての基礎設定も、この操作パネルを用いて行います。



③ 餌槽

アストロノート内での配合飼料の給餌は、この餌槽で行なわれます。オプションにより濃厚飼料は4種類までの給餌が可能です。



④ ロボットアーム

このロボットアームが、人に代わって搾乳作業等を行います。アームにはレーザー検知装置や各種制御機器が内蔵されており、しかも、牛がアームの上に乗っても壊れないように大変頑丈に作られています。アームは搾乳中に牛の動きに合わせてスムーズに追従できるようになっています。また、牛がアームで怪我をしないように安全装置も組み込まれており、牛がアストロノートのボックス内で安全かつ快適に過ごせるような工夫が施されています。



⑤ 搾乳機器(乳頭洗浄ブラシ・乳頭検出センサー・ティートカップ)

この部分には、乳頭の洗浄を行うブラシ・乳頭的位置を検出するセンサー（いわばアストロノートの目）・搾乳を行うティートカップが組み込まれています。洗浄ブラシは回転しながら乳頭の汚れを落とし、乳頭をきれいな状態にします。また、牛が泌乳するように促す役割もしています。乳頭検出センサーにはレーザーが用いられており、超音波に比べ素早く正確に乳頭的位置を検知します。ティートカップは乳頭毎に1本ずつ装着され、離脱も独立して1本ずつ行なわれるため、従来のミルカーと比べ過搾乳の危険性が小さくなります。



⑥ ミルクジャー

乳房毎に搾乳されたミルクは、まずミルクジャーに集められます。このミルクジャー手前に取り付けられているセンサーが正確に乳量の計測を行います。



⑦ ミルクポンプ

ミルクジャーに取り付けられているセンサーによって、乳量が計測されると、ミルクポンプがミルクジャー内に集められたミルクをバルクタンクへ送ります。



⑧ ミルクフィルター

ミルクフィルターで濾過することにより、搾乳されたミルク内に混入しているゴミ等を除去します。



⑨ MQC(乳質コントローラー)

MQCには、搾乳されたミルクに血液などの色調異常が無いかどうか監視を行うセンサーが内蔵されています。MQCでミルクの異常が検知されると、アストロノートはPCに異常内容を表示してユーザーに知らせます。したがって、毎回の搾乳の乳質データは、アストロノート用PCで確認することができます。



⑩ キャビネット

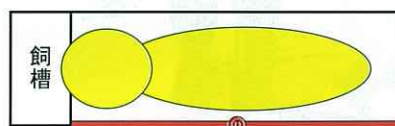
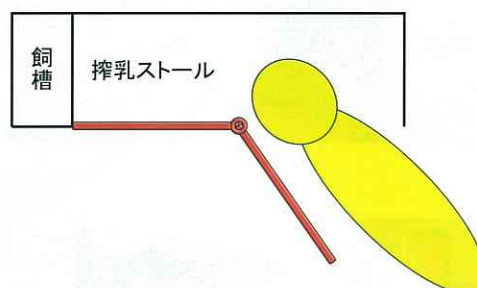


キャビネット内にはバキュームポンプ、洗浄水タンク等が設置されています。バキュームポンプは搾乳に必要な真空圧を作り出すための装置です。洗浄水タンクは、ミルカーからバルクタンクまでのミルクのラインを洗浄するための湯を沸かして溜めておくための装置です。アストロノートは搾乳施設としては比較的小規模な構造であり、付随機器もシンプルでコンパクトになっています。

(2) アストロノートによる搾乳と牛の行動

① 搾乳ロボットへの進入

牛が自発的に搾乳ロボットに進入します。ロボット内で給餌される濃厚飼料と牛の搾乳欲求が進入の動機付けになっています。



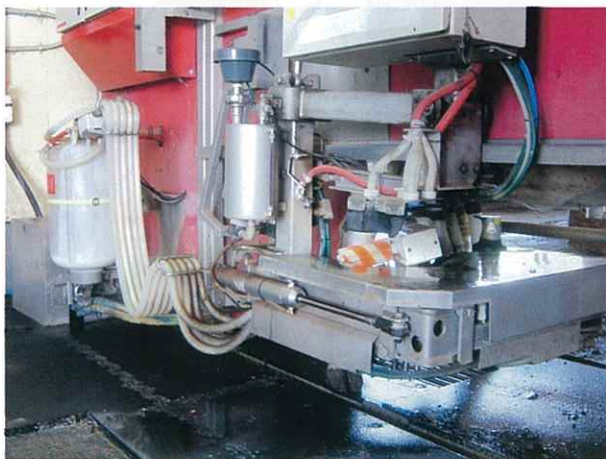
② 乳頭洗浄

あらかじめ個体を識別するための専用タグを牛の首に取り付ける必要があります。牛が搾乳ロボットに進入すると、まずセンサーが専用タグを感知し、個体を認識します。次に、前回の搾乳時からその牛に設定された一定時間以上が経過していれば搾乳可能と判断し、乳頭洗浄を開始します。但し、前回の搾乳時から一定時間以上経過しておらず搾乳可能と判断されない場合は、前方横の扉が開き牛を退出させます。



③ 乳頭位置検出及びライナー装着

レーザー光により、自動で乳頭位置を検知し、ロボットアームが乳頭の位置にライナーを誘導して1本ずつ装着します。



④ 搾乳

ライナー装着後、直ちに搾乳が開始されます。前搾り乳は廃棄されます。

乳の流出速度が一定水準を下回ると、ライナーが1本ずつ独立して自動離脱し、搾乳が終了します。

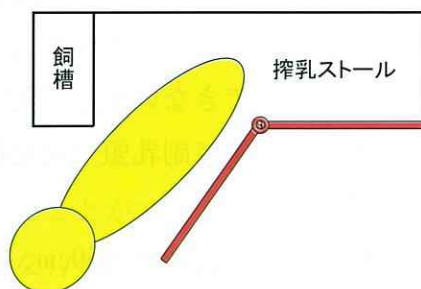


⑤ デIPPING

ライナー離脱後、直ちに乳頭口に向けてデIPPING液が噴霧されます。

⑥ 牛の退出

前方横の扉を開放して、牛を退出させます。



⑦ 採食

搾乳ロボットを退出した後は牛舎に戻り、採食及び飲水を行います。



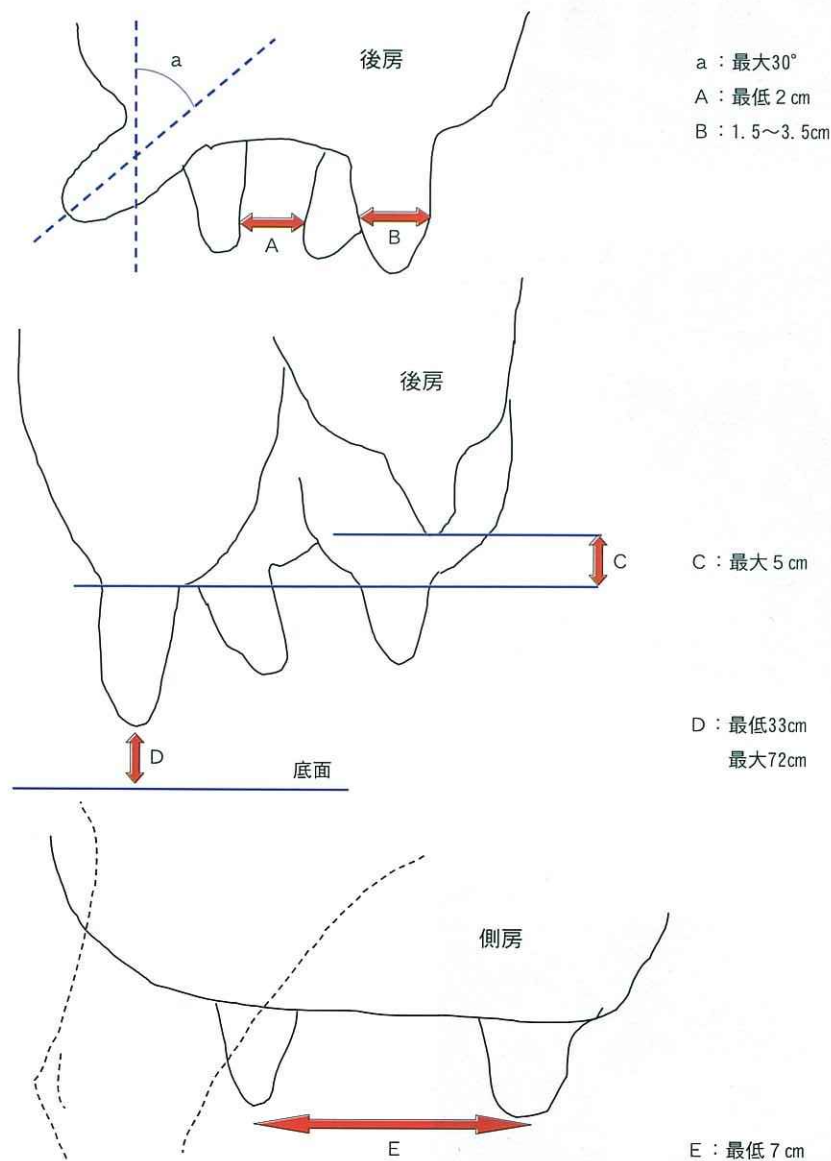
⑧ 休息

採食を終えた牛は、休息場に移動して休息・反芻しながら次の搾乳に備えます。

(3) アストロノートに適應する牛

搾乳ロボットの稼働に際し、全ての牛がロボットに適應できるわけではありません。
LELYが示すアストロノートへの牛の適應条件は、次のとおりです。

- 乳房形状…センサーによる検知が可能な乳房の形状は、図Ⅱ-1のとおりです。この形状から外れた乳房は、乳頭検知に長い時間を要したり、場合によっては搾乳できない事態が発生することがあります。
また、乳頭に副乳頭や突起物があると、同様な事態になる恐れがあります。
- 牛体の大きさ…頭を含む全長190～250cm、幅76cm以下であれば対応可能です。



図Ⅱ-1 LELY ASTRONAUTの示す乳房検知可能域

Ⅲ 搾乳ロボット関連の研究報告

1 搾乳ロボットを導入する利点等の概要

Hewitら (1993) : The robotic milking of cows Lect. Notes Control Inf. Sci., 187 : 391-410

① 飼養管理システムとしての利点

- ・ 搾乳作業に要する時間が短くなることにより、確保できた時間を経営内容の検討、飼養管理、疾病予防等に振り向けることができる。
- ・ 牛にとってストレスの少ない自然な行動が可能となり、乳量の増加や乳質の向上が期待できる。
- ・ 搾乳作業が安全になるとともに軽作業となることにより、酪農家の肉体的精神的負担の軽減が期待できる。

② 搾乳過程の改善から派生する利点

- ・ 多回搾乳が可能になることで、従来の2回搾乳体系と比較して、10～15%の乳量増加が期待できる。
- ・ ティートカップが分房別に離脱できる機種では、過搾乳に起因する乳房炎の防止が期待できる。
- ・ 搾乳作業に拘束される時間帯がなくなるため、ゆとりある生活が期待できる。

2 搾乳に要する時間の短縮

Harshら (1992) : Short and long term economic aspects of automatic milking systems Proceedings of the international symposium on prospect for automatic milking, 421-431.

オランダとアメリカの中規模酪農家（平均経産牛125頭飼養）における搾乳作業に要する労働時間を調べたところ次のような結果であった。

搾 乳 施 設	搾 乳 回 数	労 働 時 間
ミ ル キ ン グ パ ー ラ ー	2 回 / 日	3.8時間 / 日
搾 乳 ロ ボ ッ ト	3 ～ 4 回 / 日	1.2時間 / 日

3 搾乳ロボットによる乳成分の変化

Harshら (1992) : Short and long term economic aspects of automatic milking systems
Proceedings of the international symposium on prospect for automatic milking,
421-431.

搾乳ロボットを使用すると、乳量が増加するので、乳成分の若干の低下が見込まれる
(乳脂肪率→0.15%低下、乳蛋白質率→0.05%低下)。

4 搾乳ロボットが牛に与えるストレス

Wenzelら (2003) : Studies on step-kick behavior and stress of cows during milking
in an automatic milking system. Livestock Production Science 83 237-246.

搾乳ロボットを使用した場合の牛群の心拍数は、搾乳ストールに進入する1～5分前に著しく上昇した。また、動物のストレスを科学的に検証する場合の指標となるコルチゾールの乳汁中の平均濃度は、ミルクングパーラーを使用した場合の牛群よりも顕著に高かった。

5 搾乳ロボット牛群の栄養状態

Abeniら (2005) : Welfare assessment based on metabolic and endocrine aspects in primiparous cows milked in a parlor or with an automatic milking system. Journal of Dairy Science 88 3542-3552.

搾乳方法以外の条件を全て同じにして飼養した搾乳ロボット牛群とパーラー搾乳牛群において、初産分娩前後の血中栄養成分及びBCSに違いは見られなかった。

6 搾乳ロボットが牛群の繁殖性に与える影響

Kruipら (2002) : Robotic Milking and Its Effect in Fertility and Cell Counts. Journal of Dairy Science 85 2576-2581.

搾乳ロボットを使用した牛群の乳量は、定時2回搾乳を行った場合の乳量と3回搾乳を行った場合の乳量の間であった。泌乳初期における泌乳量増加によって負のエネルギーバランスが顕著になり、繁殖性への悪影響が懸念されたが、その影響は見られなかった。