

解 説

搾乳の自動化と乳牛の飼養管理システム

森田 茂
酪農学園大学

昨年より、いよいよ我が国でも一般農家での搾乳ロボット（自動搾乳機）の実用化試験が開始され、本年はさらに何台かの自動搾乳機が導入されるようである。個別技術（自動搾乳機）が飼養管理システムの一部として取り込まれる場合に、他のシステム構成要素（例えば、飼料給与＝給与形態・給与場所・給与時刻など、あるいは休息場所＝ストールの数など）との関係を検討し、さらに牛による利用実態や人間の作業性から、全体が円滑な飼養管理システムであるか否かの検証を経て、新たな体系（飼養管理システム）が形作られることになる。自動搾乳機という1つの技術から、自動搾乳機を使った酪農場での生産システム（自動搾乳システム：Automatic Milking System＝AMS）に向けての、試験研究が世界各地で進展しようとしている。

筆者は1994年にオランダの農業・環境工学研究所（IMAG-DLO）で研修する機会を得て、オランダ農業の状況を見たり、自動搾乳機の利用に関する研究に携わることができた。これらの経験をふまえ、自動搾乳機を用いた飼養管理システムの概要について、以下に述べる。

自動搾乳機の利用方法

搾乳ロボットには、大きく分けて2種類の使い方があり、1つ目は、パーラの代用として自動搾乳機を使う方法（「パーラ代用型」＝搾乳時刻を固定する方法）。すなわち、現在ミルクパーラで行っているのと同様の作業を機械に行わせる方法である。もう一つは1日中自動搾乳機を稼働させ、牛の自発的意志に基づいた移動により搾乳を行う方法である（「24時間連続稼働型」＝搾乳時刻を固定しない方法）。

「パーラ代用型」の自動搾乳機の利用では、現在のフリーストール・ミルクパーラ方式と、乳牛の飼養管理上、大きな変更の点はない。飼養管理システムは、現在のシステムの応用で対応ができ、飼養管理システムを作り上げるのにそれほど長い時間は必要としない。自動搾乳機の利用は、これまで人間が行っていた搾乳ユニット装着を機械がしてくれるために、搾乳時の労働力低減に役立つ。また、搾乳時間が固定化されていることから、時間を限定した人間の補助が可能であり、搾乳ユニット装着用のセンサの精度が少々低く、

あるいは牛群内に自動搾乳機に適さない型の乳房（乳頭）を持つ牛がいても、問題はそれほど大きくない。この方式を用いた自動搾乳機の利用は、現在の段階ではより実際的である。

現在、搾乳ユニットの自動離脱装置が多くのミルクパーラで使用されている。この自動離脱装置の普及に伴い、パーラ内での作業者の負担は軽減され、単位時間当たりの搾乳回数も向上した。自動搾乳機を、パーラのかわりに使用するシステムでは、大部分の装着は機械により行われるため、作業者の負担はさらに軽減される。ただし、単位時間当たりの搾乳回数は、搾乳ストール数とも関連するため、必ずしも本システムにより、増加するとは限らない。また、搾乳回数も、人間が補助的に作業する場面を想定すれば、最大でも1日3回程度であろう。したがって、搾乳作業から完全に解放されるとか、1日6回もの搾乳が可能であるとか、24時間連続で自動搾乳機が利用可能であるとかいったことは、搾乳時刻を固定した本システムにおいては実現不可能な事柄である。

一方、第二の方法としての1日中自動搾乳機を稼働させる方法（「24時間連続稼働型」）においては、乳牛の飼養管理システムに大きな変革が必要である。搾乳牛は、牛の自発的意志に基づいて、フリーストール牛舎内を移動する（パーラ代用型では、牛舎内移動パターンは搾乳時刻に影響される）。その移動経路の途中に、24時間稼働の自動搾乳機を設置することにより、搾乳時刻は固定せず、1日何回でも、搾乳が可能となる。

この搾乳時刻を固定しないシステムでは、フリーストール牛舎で放し飼いにされていた搾乳牛を、ある時刻に、搾乳のために1カ所に集めるといった方式がなくなってしまう。各搾乳牛がいつ搾乳されるのかは判らないし、夜中でも搾乳が行われる。したがって、管理者は搾乳に立ち会いたくとも不可能である。搾乳作業は完全に無人化される必要がある。非常に高い精度の自動搾乳機（装着能力）と、幾重にも張り巡らされた機器のバックアップ体制（いくつかの拠点にバックアップのための人員配置）、機械による装着に適した形の乳房（乳頭）を持つ搾乳牛群の作出（淘汰・選抜のための予備期間）が要求される。

このシステムが完成され導入されれば、酪農家は、365日間束縛されてきた搾乳作業から完全に解放され

ることになる。畑作業の繁忙期には、朝夕の搾乳作業に中断されることなく、畑作業が続けられる。他の仕事の都合にあわせ、牛舎作業が行えるようになり、牛群の観察にもっと多くの時間を費やすことができるようになる。トータルの作業時間が大きく削減されるわけではなくとも、これまで、朝晩拘束されていた作業から解放されることにより、変化に富んだ時間の使い方が可能となる（労働時間の自由化＝酪農作業のフレックスタイム化）。

24 時間連続稼働型システムの牛舎レイアウト

「24 時間連続稼働型」の自動搾乳機を用いた飼養管理システムでの牛舎レイアウトで、これまでと大きく異なる特徴の一つは、「単方向移動型牛舎」であるということである。牛舎内は、大きく3つの領域（休息エリア、搾乳エリア、粗飼料採食エリア）に分割される。各エリアを牛は自由に移動することができるが、その移動方向は、休息エリア→自動搾乳エリア→粗飼料採食エリアの順に限られており、各エリア間に設置されたゲートにより、その流れに反して移動することはできない。移動方向が、一方向であることから、牛の移動が制限されると思われるが、制限されているのは移動方向だけであり、移動可能な時刻は常に保証されている。一方、搾乳時刻を固定したパラ代用型のシステムにこの単方向移動型牛舎を用いると、移動方向の制限とともに、各領域の利用可能時刻も制限してしまうことになる。

搾乳時刻を固定しない24時間連続稼働型システムで用いられる単方向移動型牛舎では、休息後、粗飼料採食への動機により、自動搾乳エリアへの進入が促されることもある。また、自動搾乳エリアでの濃厚飼料の給与は牛にとって報酬となり、牛の積極的な進入を促す。一方、ストール利用（休息エリア）への動機が、どの程度、牛の自発的移動に関与しているのかはよく判っていない。いずれにしても、単方向移動型牛舎では、各施設（領域）に特徴を持たせることにより、牛の自発的な移動を促進させることが大きなポイントである。

自動搾乳エリアに、牛が進入するたびに必ず搾乳が行われるわけではない。前の搾乳からの間隔時間や1日あたりの搾乳回数（たとえば6回/日）の上限値の設定により、自動搾乳機へ進入させず、粗飼料採食エリアに移動させることもある。これらは、コンピュータに制御されたゲートの開閉により行われている。牛は、開かれた経路に沿って進むことによって、飼料給与や搾乳を受ける。移動時刻無制限（自発的移動）と経路制限（ゲートの人為的コントロール）を組み合わせた牛の飼養管理技術は、自動搾乳機の利用にとどまらず、新たな管理技術を生み出す発想であると思われる。

これまでのフリーストールシステムでも、休息エリ

ア（ストール）や粗飼料給与エリア（自由採食）は、24時間利用可能な施設であった。しかし、搾乳時刻が全頭同一であったため、乳牛の行動に斉一性が現れ、飼槽列の長さやストール数は最大利用時の値をもとに考えられることが多かった。搾乳時刻が固定化されていない飼養管理システムでは、施設利用の斉一性が低下し、ストールや飼槽列は24時間有効利用が可能となり、施設全体がコンパクトになる可能性がある。しかしながら、24時間連続稼働型の自動搾乳機を利用した単方向移動型牛舎での、適正なストール数や飼槽列の長さについての研究は、現在までのところ実施されていない。

次に、単方向移動型牛舎における各領域の順序についても考慮されなければならない。搾乳直後に、牛を横臥させることは、乳房炎感染の問題から推奨されないことははっきりしている。したがって、一般には自動搾乳エリアの次が、粗飼料採食エリアとなっている。しかし、粗飼料採食エリアを素通りし、休息エリアに移動すれば問題は残ってしまう。また、飼料の給与順序の観点から、自動搾乳エリア（濃厚飼料採食）→粗飼料採食エリアが適切なのかという疑問は残る。

牛舎内の搾乳牛の移動をより詳細に検討すると、飼養管理システムを構築する場合に考慮すべき問題点が浮かび上がってくる。牛の濃厚飼料採食に対する動機は極めて高く、自動搾乳エリアへの牛の進入に、濃厚飼料は報酬として役立っている。しかしながら、牛群内の何頭かの牛は、この濃厚飼料を目標として、頻繁に搾乳エリアに進入してしまう。1日あたりの搾乳回数や濃厚飼料給与回数（量）には上限があるため、ゲートを用いることにより自動搾乳機へ乳牛を進入させず、濃厚飼料を給与しないで、次の粗飼料採食エリアへの経路へ牛を導く。しかし、目当ては粗飼料ではなく、濃厚飼料にあるため、粗飼料採食エリアや休息エリアを素通りし、再び自動搾乳エリアに進入することがある。なかには、この一連の流れを、濃厚飼料を給与されるまで、ひたすら繰り返す牛が存在する。濃厚飼料の割り当ての有無を、あらかじめ各牛に知らせ、この現象を回避しようとする試みも考えられている。さらに、この現象に個体差が大きいことから、個体ごとの移動特性を詳細に検討することも試みられている。

この現象は、自動搾乳エリアを一定時間占有してしまうために、自動搾乳エリアの利用効率からみても好ましくない。この現象自体が、最近判ってきたことであるため、その解決策ははっきりしていない。自動搾乳エリア内での濃厚飼料給与をやめてしまい、他の場所（粗飼料採食エリア）に設置した濃厚飼料自動給与装置により行うとの解決案もある。しかし、自動搾乳エリアへの進入がある水準より低下してしまうと、単方向移動型牛舎での24時間連続稼働型システムの運

用が難しくなる。また、粗飼料採食エリアに設置した、濃厚飼料給与装置付近での牛の滞留が問題ともなる。このように飼料給与方法とも密接に関与するが、この問題について回答するだけのデータを我々は未だ持ち合わせていない。

最 後 に

冒頭にも述べたように、筆者は1994年にIMAG-DLOで研修し自動搾乳機の利用に関する研究に携わることができた。この際、飼養管理システムに組み込まれた技術の中で、特に興味をもったことは、実は自動搾乳機ではなく、牛の移動経路調節のために設置さ

れたゲートの利用であった。この乳牛の自発的移動とゲート調節を応用した飼養管理システムは、今後、様々な展開が予想される。例えば、放牧地と牛舎の間の経路にこのゲートを設置し、自発的な移動を促すことにより、放牧管理も現在より容易となるかもしれない。また、牛舎の各所にゲートを設置し、牛舎内外の移動を個別別にゲートで調節することにより、育成牛や乾乳牛も含めた牛群を全て1群として飼養管理できる可能性もある。これ以外にも、様々なアイデアが新たに生まれてくることであろう。そうした新たなアイデアの検証のためにも、施設と牛の行動の関連性を含めたさらなる研究・討論が必要である。