

[研究成果発表]

4. リモートセンシングによる乳牛の省力的・精密飼養管理技術

福岡県農業総合試験場 古賀康弘

はじめに

ウルグアイ・ラウンド合意に基づく乳製品の輸入自由化（1995年）は、国内における産地間競争の激化をもたらした。生乳取引価格が低迷を続ける中で、加工原料乳の保証価格制度の見直し、市場原理に基づく価格形成は、生産コストの低減や乳質向上に対する酪農関係者の意識を高めた。一方、酪農経営では、高齢化や後継者難、人手不足などの問題を抱えており、今後、一層の生産性向上を図るとともに、ITの活用による省力化・自動化に関する技術開発の重要性が増している。

このような中、飼養規模の拡大による生産乳量の増大、飼養管理作業の機械化・集中化による労働生産性の向上を期待して、フリーストールあるいはルースバーンといった群飼養方式の導入が活発化している。しかし、このような飼養方式においては、乳期や乳量の異なる乳牛が群で飼養されるため、乳牛個々の健康管理や生産性を高めるといった「個」の管理が比較的難しく、代謝障害の発生や泌乳性、繁殖性の低下、供用年数の短縮など生涯生産性の低下が懸念される。

乳牛を健康的に飼養し、かつ、高い生産性を達成するためには個体管理を基本として、牛群全体の健康状態や栄養状態を的確に把握し、きめ細やかな飼養を行うことが重要である。乳牛の健康管理や生産性向上に役立つ情報としては、1) ボディコンディション（乳牛が痩せているか肥っているかの指標）や体重、体温などのように乳牛から直接得られる情報、2) 採食、反芻および飲水などの乳牛の行動観察に基づく情報、3) 乳量、乳成分および血液成分などの調査・分析に基づく情報、4) 気温、湿度および牛舎構造などの環境条件に関する情報がある。このような様々な情報を、飼養規模の拡大が進んだ群飼養方式において日常の飼養管理に利用するためには、リモートセンシングによる個体識別の自動化（個体識別システム）が不可欠である。個体識別システムは、最近急速に発展した電子機器、特にコンピュータ牛群管理プログラムとの組み合わせにより、飼養管理作業を省

力化・自動化するとともに、粗放化しやすい群飼養方式において「個」を重視した精密飼養を可能にするものであり、その概要と生産性向上の事例を報告する。

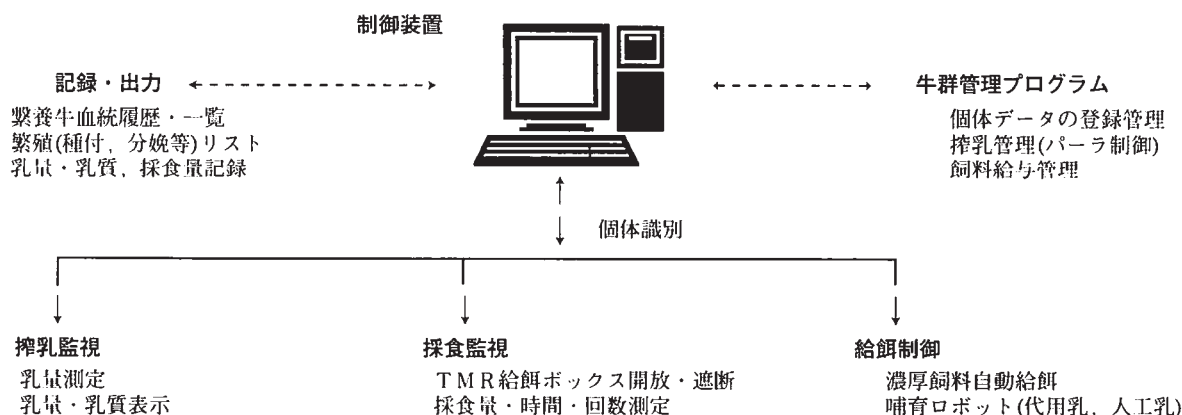
1. 群飼養方式の特徴

フリーストールのような群飼養方式において乳牛は牛舎内の区画に群で放し飼いにされる。従来の繋ぎ飼いの方式のように乳牛が繋留されていないため、行動が自由でストレスが少なく、健康的といわれている。搾乳はミルクキングパーラへ牛群を誘導して行い、給餌場ではTMR（Total Mixed Rations）と呼ばれる濃厚飼料と粗飼料を混合したものが不断給餌され、乳牛が随時自ら移動して採食する。群飼養方式では、このような種々の作業に際して人の移動が少なく済み、作業が機械化しているため省力的であり、労働力2～3人の家族労働であっても比較的容易に飼養規模の拡大ができる。

給餌するTMRは牛群の乳期、乳量、体重およびボディコンディションなどに応じて、最も適した栄養水準で、最も安いコストでの飼料構成が可能である。また、混合された種々の飼料を乳牛が均一に採食できるため、栄養バランスがよく飼料の消化性や利用率が高まり、採食量（乾物摂取量）が多くなることから乳量や乳成分の向上、代謝病の発生予防にもつながる。一般にTMRの栄養水準（エネルギー、粗蛋白質等）は牛群の平均的な乳量・乳質、体重を基準として飼料設計され、同一のTMRを給餌される牛群では乳量や産次などによる群分けが推奨されている。しかし、県内の平均的な飼養規模である経産牛100頭程度では、群分けするとTMR調製や群分け作業の煩雑さ、群分け当初の闘争や競合によるストレスの発生があるため、実際には1群で飼養管理される場合が多く、分娩直後の泌乳最盛期の乳牛では栄養不足に、泌乳末期の乳牛では過肥に陥り、繁殖障害や代謝障害など種々の問題が発生している。

2. 個体識別システムに基づく牛群飼養管理

リモートセンシングによる乳牛の省力的・精密飼養管理システムでは、群で管理される個々の乳牛の頸にトラ



第1図 リモートセンシングによる乳牛の省力的・精密飼養管理システム

ンスポンダーが装着され固有の番号が割り当てられる。この個体番号を、ミルキングバー内や通過型体重計、TMR 給餌飼槽、濃厚飼料や人工乳・代用乳の自動給餌装置（CCF：Computer Control Feeder）など、監視・制御を必要とする箇所です自動的に読み取ることにより、コンピュータ牛群管理プログラムに基づく個体の省力的・精密管理が可能となる。

1) 個体識別システムの動作原理

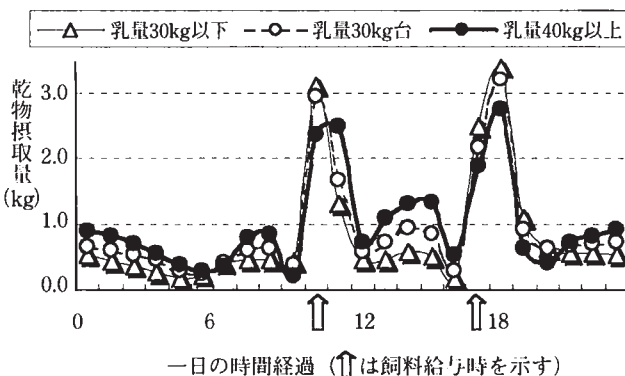
個体識別システムは、読み取り器（問い合わせ器）と家畜に装着した応答器（トランスポンダー、マイクロチップ等）で構成されている。応答器内のアンテナ（コイル）に向けて問い合わせ器からの信号電流による磁界が発生すると、応答器内のコイルアンテナには、この磁界の変化を打ち消す方向に電流が生じ、応答器が起動する。起動した応答器はIC内に記憶されているデータ（個体番号）を発信し、読み取り器がこれを受信する。読みとられたデータはコンピュータ内の個体管理システムの識別コードと照合され、コンピュータに予め入力された個体データ、管理設定に基づく表示や給餌量などの制御を行う。



頭にトランスポンダーを装着した乳牛

2) 採食行動のモニタリング

乳牛の日常活動の中で生産に最も大きな影響を及ぼすのが、採食行動である。給与する飼料の質や量、給与法が不断給餌であるか制限給餌であるかによって採食行動は異なり、不断給餌の場合、1日の採食時間は3～9時間とされている。しかし、TMR 不断給餌下において、採食時間や採食量を経時的にモニタリングした報告は少なく、このような採食行動を明らかにすることは、群飼養方式において乳牛の生産性向上を図る上で飼料給与技術



第2図 乾物摂取量の経時的変化

の確立に不可欠である。

当場の飼養管理システムで牛群の採食行動を調査・分析した結果、乳量が多い乳牛ほど乾物摂取量が多く、1日の採食量のうち約半分ほどの量（39.8～52.6%）をTMR 給餌直後の2時間以内に採食していることが明らかとなった。乳量水準別に乾物摂取量の経時変化をみると、1日の乳量が40kg未滿の乳牛ではこの時間帯での採食量が多くなり、40kg以上の乳牛ではそれ以外の時間帯での採食行動も活発になっている。

第1表 採食行動の要因別分析結果

要因	区分	一日の採食回数 (A)	一回の乾物摂取量 (B)	一日の乾物摂取量 (A×B)
乳量	30kg以下	42.4回	0.55kg	23.32kg
	30kg台	42.2	0.62	26.16
	40kg以上	42.2	0.73	30.82
産次	1産	53.4	0.41	21.89
	2産	41.7	0.62	25.85
	3産以上	35.1	0.66	23.17
泌乳ステージ	60日未滿	41.2	0.54	22.25
	60～120日	43.7	0.58	25.35
	120～240日	42.2	0.62	26.16
	240日以上	42.3	0.58	24.53

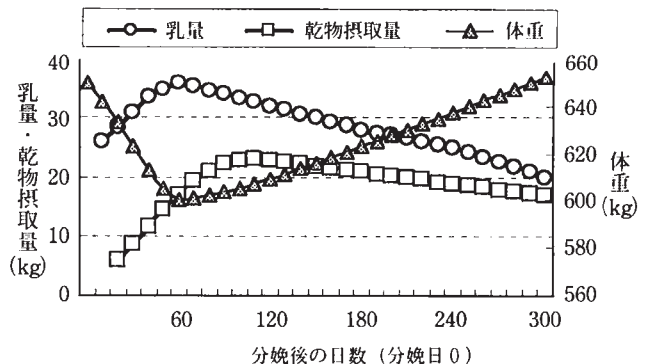
注) 延べ頭数64頭の採食行動記録（データ数約70万件：1996～1999年）を数量化I類により解析した

このようなことから、給餌場においては高泌乳牛の採食行動を考慮して、飼料の掃き寄せを随時行い、常時十分な飼料を採食できる状態にしておくことが生産乳量の増大につながる。また、産次別では、社会的順位が低くなりやすい初産牛は1日の採食回数が多く、1回当たりの採食量は少なくなる。群飼養の牛舎内において、給餌場の幅が1頭当たり70cm以上ある場合には、1日の採食時間は平均315分であるが、70cm以下では217分と採食時間が44分ほど短くなることが報告されており、社会的順位の低い乳牛でも安心して採食できるような飼育密度や給餌スペースに配慮することが必要である。

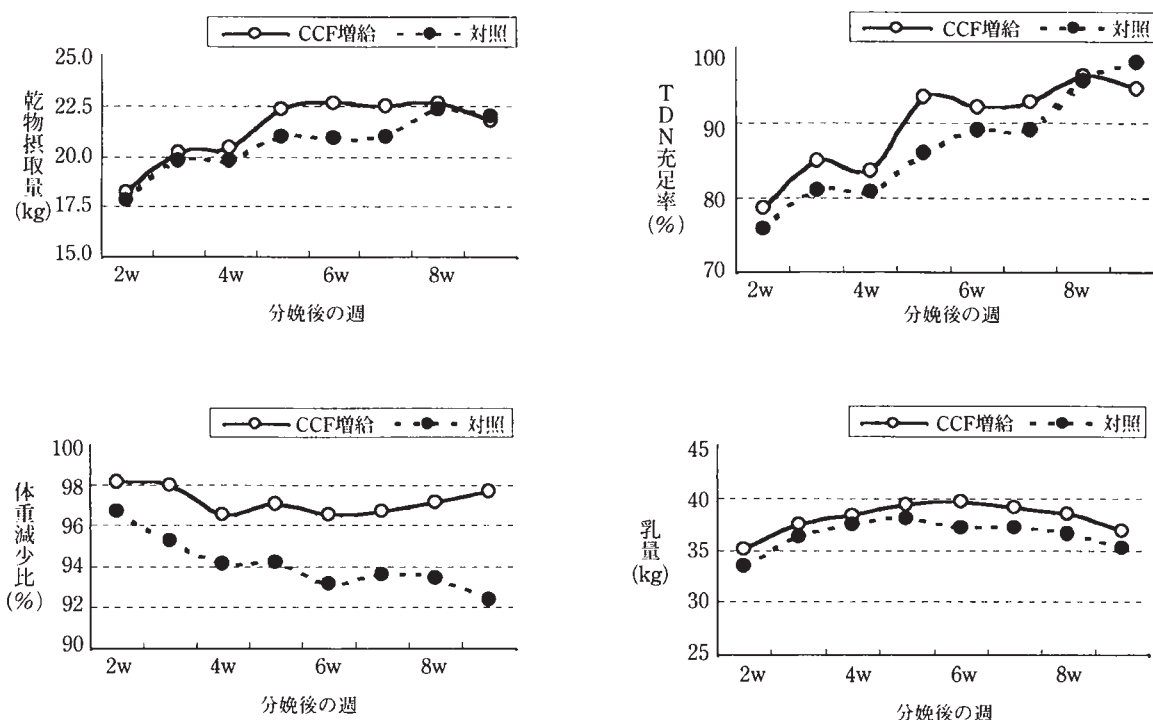
3) 濃厚飼料自動給餌による生涯生産性の向上

泌乳中の乳牛が採食した栄養分は、まず乳生産に、次いで体の維持、繁殖（発情サイクル：卵胞発育・排卵・受精・着床・妊娠維持）の順に利用される。泌乳期間中の乾物摂取量の上限は、通常体重の3.5～4.0%と考えられているが、分娩直前・直後の乳牛では生理的な理由から乾物摂取量が極端に減少する。

乳量は分娩後急速に増加し、50～60日目にはピークを迎え、その後緩やかに減少する。乾物摂取量も分娩後乳



第3図 分娩後の乳量、乾物摂取量、体重の変化



第4図 CCFによる個別濃厚飼料増給の効果

量とともに増加するが、増加のスピードが乳量に比べて緩やかであるため、分娩後1～2ヶ月間の乳牛では乳量増加に見合う栄養分が不足しやすい。このような生理的・栄養的な状況下では、乳牛は体に蓄積された栄養分を消費し、痩せてきて、泌乳能力を十分に発揮できないばかりか、次の種付けに悪影響を及ぼす。特に、高泌乳牛ほどこの傾向は強い。

そこで、群飼養管理において、特に栄養不足が懸念される分娩直後の泌乳初期牛に対して、通常のTMRの不断給餌に加えて、リモートセンシングによる個体識別とCCFによる濃厚飼料の個体別増給技術を検討した。

CCFは乳牛1頭分の体型に合わせた給餌ボックス型であり、乳牛が牛房内の他の牛群から隔離されて採食できるような構造になっている。トランスポンダーを付けた乳牛がCCFに入ると、個体識別が行われ、コンピュータにより採食が許可された個体には、1回当たり約100gの濃厚飼料が給餌される。このようにCCFでは、濃厚飼料を1回に少量ずつ給餌するため第1胃内の発酵が安定し、1日の濃厚飼料増給量を生理的に無理なく採食させることができる。

第3図に、泌乳初期の牛群を供試して、分娩後の9週間、一般的な栄養価のTMR不断給餌に加えて濃厚飼料を1日4kg増給（CCF増給）した場合と、TMR不断給餌（対照）のみの場合の乾物摂取量、可消化養分総量（TDN）充足率、体重減少比および乳量の比較を示した。個体識別システムとCCFを用いた濃厚飼料の増給により、乾物摂取量およびTDN充足率が向上し、分娩前の

体重を100とした体重減少比の推移は比較的軽度で収まった。また、分娩後9週間の乳量が平均1.8kg/日増加し、濃厚飼料の増給期間が終了した以降の乳量減少傾向も緩やかで、305日間の実測乳量は9,053kgとなり、増給しなかった場合に比べて約880kg増加した。

以上の結果を踏まえて、CCFによる濃厚飼料増給量の上限値を検討した。分娩直後からTMRを不断給餌とし、濃厚飼料を1日1kgずつ追加増給しながら2～4週目までの上限を6kg/日に設定すると、増給設定量に対する採食量の比率は90%、その後5kg/日に変更すると95%となったことから、分娩後9週間の濃厚飼料増給量の上限は5.0～5.5kg/日が適当と推察された。また、第2表に示すように、泌乳初期の乳牛に対してこのような濃厚飼料増給量の設定を行えば、4kg/日増給に比べて乾物摂取量が多くなり、乳量、乳成分（無脂固形分）が高く、空胎日数（分娩後、妊娠していない期間）や受胎率が向上した。

このようなことから個体識別システムとCCFの活用は、牛群内で個体の泌乳能力を最大限に発揮させるとともに、繁殖性の改善により生涯生産性の向上をもたらす十分な経済効果を持つと考えられた。

4) 自動哺乳システム

自動哺乳システムは哺乳ロボットとも呼ばれ、1台で20～30頭の子牛を哺乳することができる。システム内容は、CCFと同様であり、代用乳の給餌ボックスにトランスポンダーを付けた子牛が入ると、読み取り器によって個体識別され、その子牛に割当量のミルクが残っている

第2表 CCFによる濃厚飼料増給の設定量と泌乳および繁殖成績

区分 (濃厚飼料増給量)	乳量	乳成分率			繁殖成績		
		乳脂肪	乳蛋白	無脂固形分	初回受精	空胎日数	受胎率
6kg 上限	38.1kg	4.28%	3.25%	8.94%	73/11	91/11	62.5%
4kg 上限	37.0	4.35	3.16	8.74	80	115	45.5

かどうかがコンピュータに照会される。割当量が残っている場合、設定量の粉ミルクと温湯が自動哺乳システム本体の調合部で混合され、子牛は給餌ボックスに取り付けられた乳首を通してミルクを吸引する。

自動哺乳システムの最大の利点は、哺乳作業の省力化である。経産牛頭数100頭の経営では、年間に80頭以上の乳牛が分娩する。雄子牛は肥育もと牛として生まれてまもなく販売されるが、雌子牛は自家育成が主体の経営であれば年間30頭程度を保留し、後継牛として哺乳・哺育する必要がある。従来から利用されてきたカーフハッチ（個別隔離飼養）では労力面の負担が大きい。しかし、この自動哺育システムでは、代用乳の少量多回給餌を行うことができることから、飲み過ぎによる下痢の発生が減少し、子牛間の追従行動により人工乳や乾草などの固形飼料を日齢の早い時期から採食するようになり、離乳が早まる利点を持つ。一方、飼養管理上、群飼であるため疾病の蔓延には注意が必要であり、強い子牛が哺乳中の子牛を給餌ボックスから追い出し、盗み飲みをすることもあるため、これらに対する防止策を講じることも重要と考えられる。



自動哺乳システムで哺乳中の子牛

3. 今後の展開

1999年4月に農林水産省が実施した「農家のパソコン利用状況アンケート」によると、調査対象農家全国5,095件のうちパソコンを所有している農家は26%、部門別では酪農経営が37%でトップであった。酪農経営でのパソコンの利用目的は、「簿記・青色申告等の経営管理に使っている」が最も多く88.0%、次いで「飼養等の生産管理に使っている」が54.2%となっている。生産管理でのパソコン利用に関しては、日々の乳量監視や繁殖管理（種付け、妊娠確認、分娩予定等）における記帳・日々の飼養管理スケジュール確認的な利用目的が多いと考えられるが、今後、情報ネットワーク化の進展やリモートセンシング機器の高性能・低コスト化、フィードバックされるデータの利用に関するソフト面の充実により、乳牛の育種改良や健康管理、血統登録での利用などが期待される。

具体的には、インターネットを利用した乳用牛群改良検定や家畜診療機関による代謝プロファイルテストの速やかなデータ還元、調査結果に基づく迅速・適正な選抜・淘汰計画および飼養管理の見直しが可能となる。また、今後、個体ごとの体温、呼吸数、脈拍数など生体情報を常時自動的にモニタリングすることによる疾病の早期発見システムの開発も望まれる。