

第4章

ロボット・IT活用による省力化と 個体管理を実現できる酪農モデル

1 はじめに

第1章の分析のとおり、酪農経営においては規模拡大と個体乳量の増加が進み、経産牛1頭当たりあるいは生乳生産100kg当たり労働時間は減少している。しかし、経営全体あるいは1人当たり労働時間は減少しておらず、朝夕2回の搾乳作業は毎日継続し、後継者や新規就農者が魅力を感じるゆとりある経営に到達しているとは言い難い。また、濃厚飼料多給による個体乳量の増加は、牛体に掛かる負担が大きく、乳房炎や産後の起立不能、繁殖障害や蹄病を招きやすく、従事者の精神的負担に加え、搾乳供用年数の短縮による償却費の増加など経済的な損失にもつながる。このため、従事者には緻密な飼料設計、乳牛の体調異常を早期に発見し、迅速な対処を可能にする態勢が求められ、牛舎に日中常駐せざるを得ない状況の経営も少なくない。

こうしたなかで、搾乳ロボットによる省力化とITを活用した個体管理が注目されている。オランダで開発された搾乳ロボットは、1990年代後半からわが国にも導入され始め、様々な個体情報を引き出せる装置が付加され、搾乳作業の省力化のみならず、個体管理の可能なシステムに改良が図られている。本章で取り上げるC牧場では、様々な個体情報の収集可能な機能を備えた搾乳ロボットシステムを導入し、疾病予防や繁殖管理の向上に活用している。また、子牛用の哺乳ロボットや餌寄せロボット、TMRミキサーを導入し、給餌や掃除作業の省力化を図っている。さらに、育成牛の公共牧場への預託、コントラクターを利用した粗飼料生産によって、家族経営で200頭以上の乳牛飼養を可能にしている。

従来、搾乳ロボットの経営評価について、原^[1]は搾乳ロボットにより搾乳作業の省力化は図れるが、機械の償却費及び維持コストや電気代が多くなることから、所得確保のために搾乳ロボット導入後に増頭を図る経営が多いこと、搾乳ロボット1台で搾乳可能な頭数は60頭程度に限られ、増頭した乳牛は既存施設で搾乳するため、機械導入前と同じ所得確保の可能な規模まで増頭した場合、総労働時間は変わらないこと等を明らかにしている。原の指摘から8年経過しロボットの性能や付加機能は進歩していると考えられるが、なお同様に評価されるであろうか。

本章ではC牧場を対象に、まず、これら革新技術等の内容と生産管理及び経営にもたらすことが期待される効果を整理する。つぎに、牛群検定成績等をもとに搾乳ロボット導入による生産効率面での効果を確認するとともに、革新技術とさまざまな部門を外部化した経営の成果と課題を明らかにし、さらなる経営改善に向けた技術開発課題等を検討する。

2 C牧場の経営概要と生産管理の特徴

1) 経営概要と特徴的技術

C牧場は、北海道十勝地域C村で、経営主夫婦2人と常雇い1人の3人で酪農経営を営む。C村の農業は畑作と酪農が主であり、土地利用は普通畑5,314ha、飼料畑及び牧草専用地2,314haである。酪農は27経営体で計6,495頭の乳用牛を飼養する(2010年センサス)。1経営体当たり平均飼養頭数240頭は全国1位である。C牧場では2010年8月から家族のゆとり確保のため酪農ヘルパー経験のある者を常時雇用している。それまでは、夫婦2人で100頭以上の経産牛の搾乳を行っていた。現在(2013年時点)は実質2.5人の労働力で、乳牛約230頭(内経産牛約120頭)を飼養し、生乳生産量約1250t、個体販売を含め約1億2千万円の売上高をあげている。労働力1人当たり経産牛飼養は約50頭、生乳生産量は500t、売上高5千万円であり、北海道の同一規模の酪農経営の約2倍である。この高い労働生産性を可能にしているのは、①大型自走式ハーベスターを保有するコントラクターへの飼料収穫調製等の委託、②TMRミキサーや餌寄せロボット等による飼料の調理・給与の省力化、③ロボットによる搾乳や子牛の哺乳の省力化、④村営牧場への育成牛の預託によると考えられる(表1)。また、自給粗飼料の成分分析に基づく飼料設計や獣医師による繁殖管理の支援、個体情報を活用した繁殖管理や疾病の早期発見、性別別精液や和牛受精卵の移植による産子能力向上の取り組みなど、省力化のみならず個体生産性向上に向けた技術導入も併用してい

表1 C牧場の概要（2013年）

事業内容	酪農（生乳生産1250t, 初妊牛育成）
労働力	夫婦2名（53歳）、常雇い1名（41歳）
飼養規模	経産牛約120頭（搾乳牛100頭、乾乳牛20頭） 搾乳牛の内約64頭はロボット搾乳、36頭はPLミルク搾乳 未經産牛（育成牛）約110頭 ※育成牛の2分の1は町営牧場に放牧預託（夏期）
飼料基盤	牧草地21ha（チモシー）、飼料畑25ha（デントコーン） ※収穫作業はコントラクターに委託 麦わら50ha ※畑作経営より敷料用に収穫
主な農作業用機械・施設	ブームプレーヤー、ロールペラー（麦わら収穫用）、ロールペラーおよび耕起用トラクター150PS、ジャイロヘイメーカー、ブロードキャスター、4tトラック、バンカーサイロ6基、乾草庫、機械格納庫
	ショベル、バールカッター、カッター用トラクター90PS、TMRミキサーフィーダー、ミキサー用トラクター80PS、餌寄せロボット
特徴的技術	TMR給餌、ロボット搾乳、ロボット哺育 性別別精液の利用、和牛受精卵の移植
経営間連携	村営牧場への育成牛の預託、飼料コントラクターによる粗飼料収穫等の委託、畑作経営との交換耕作・麦わらと堆肥の交換

る。これらの革新技術等を行う上での機械や施設・装備の投資額は多く、年間の減価償却費は2千万円を超えている。以下、これらの内容を詳しく見ておく。

2) コントラクター等による粗飼料の低コスト生産

C牧場の管理する粗飼料基盤は46haあり、作付は牧草（チモシー）21ha、トウモロコシ25haである。そのうち4haは借地であるが、借地料は10a当たり7,000円と比較的高い。搾乳牛には、牧草とトウモロコシを与えるが、乾乳牛と育成牛の粗飼料は牧草のみを与えるため、牧草も一定面積作付けする。それぞれの作付は一定間隔で交替しており、「トウモロコシ5年・小麦1年・牧草5年」の輪作が行われている。小麦作は畑作経営に委ね、代わりに畑作経営から小麦の連作障害回避の目的でトウモロコシの作付を依頼される（播種・管理は畑作経営、堆肥散布・資材提供・収穫は酪農経営）など交換耕作が行われている。

しかし、飼養頭数に対して、この粗飼料基盤は少なく、牧草のロールバール150梱包（約6ha相当）のほか、輸入乾草（ルーサン）を年間20～30t購入する。また、敷料用に畑作経営の小麦収穫後の麦わら約50haを、自らロールバール体系で収穫する。

牧草及びトウモロコシの圃場耕起、土壌改良資材散布、施肥、整地、除草剤散布作業は経営主が行うが、圃場への堆肥の運搬散布作業及び収穫調整作業は、町内のコントラクターに委託する。施肥は堆肥や尿散布のほか、化成肥料をトウモロコシ栽培に70kg/10a、牧草栽培に50kg/10a施用する。10a当たり収量はトウモロコシで原物約6t、牧草は2回収穫合計で約5t程度である。収穫作業には経営主本人も時々出役し、収穫した飼料の運搬作業等に従事する。

コントラクターは畜産農家・畑作農家の出資により40年前に設立し、現在の構成員は27名（うち酪農12戸）である。従業員は8名で、5名が飼料部門、3名は堆肥センターの管理に従事する。受託作業は、牧草及びトウモロコシの収穫、運搬、詰め込み、尿・堆肥の運搬散布、麦の収穫、牧草・トウモロコシの播種などで、料金は作業ごとに細かく設定されている。

収穫受託面積は、トウモロコシ約500ha、牧草約500ha（2回収穫）であり、大型自走式ハーベスターにより刈り取った飼料をダンプに積んで、各農家のバンカーサイロに運搬し調製する。労務編成は1組当たり自走式ハーベスターによる刈取り1台・人に対して、ダンプによる運搬3台・人とバンカーサイロでのショベルによる踏込1人で、収穫時期は2組で作業が行われる。ダンプによる運搬作業には余裕のある酪農家が出役し、C牧場の経営主も年間約100時間出役する。出役報酬は1時間当たり2,000円、ダンプも提供する場合は4,000円と高い。

収穫時期は、牧草は6月下旬から7月上旬（1番草）と8月下旬（2番草）、トウモロコシは9月20日頃から10月4日頃までである。7時から18時の作業でハーベスター1日1台当たり約25haの収穫が行われる。

表2はC牧場の粗飼料生産コストを試算したものである。コントラクターに委託する粗飼料の収穫・運搬・調製及び堆肥、尿の運搬・散布作業は10a当たり8千円前後と試算される。第6章、第7章で分析する汎用型収穫機によるトウモロコシの収穫は1日1ha程度、収穫委託料金は10a当たり約3万円にもなるが、大型自走式ハーベスターを利用した収穫調製体系では、収穫からサイロ詰めまで5千円弱で行われている。

C牧場が購入する種子等の資材、機械償却費、及び労働

費を加えた粗飼料の生産コストは、牧草で10a当たり約18千円、トウモロコシで約32千円と試算される。単収を10a当たり乾物換算で牧草1t、トウモロコシ1.5tとすると、乾物1kg当たり20円前後であり、低コストで自給粗飼料生産が行われている。とりわけ最先端の大型収穫機体系を備えるコントラクターを利用することにより、粗飼料の生産コスト低減が図られていると考えられる。

3) 飼料設計と給餌方法

牧草、トウモロコシなど自給飼料の成分は天候や収穫時期により異なるため、C牧場ではサイレージ開封時に飼料成分の分析を外部に依頼し、その結果をもとに牛群検定成績も見ながら、年2回、開業獣医師と相談し、給与飼料を設計する。粗飼料成分の均一化を図るためにも、数日で全圃場の収穫調製を行う必要がある。この点でも前述の大型ハーベスターによる組織的収穫調製体制が欠かせない。

つなぎ牛舎で飼養する搾乳牛の飼料は、1日1頭当たり配合飼料10kg、ピートパルプ1kg、綿実及び圧ペントウモロコシ1～2kg、牧草サイレージ20kg、トウモロコシサイレージ20kg、ミネラル類であり、これをTMRミキサーフィーダー（写真1）で混ぜて飼槽に配る。つなぎ牛舎では飼槽が狭く餌寄せロボットの導入が困難なため1日6回に分けて小型の自走式ローダーで飼槽に配送する。

ロボット搾乳牛の基礎飼料は、つなぎ牛の飼料メニューから配合飼料を5kgに減らしたTMRを毎朝1回飼槽に配る。この飼料をベースに、乳量に応じて搾乳時に、搾乳ロボット併設の自動給餌装置（フィーダー）から濃厚飼料が追加給餌される。濃厚飼料をフィーダーからのみ給与するとアシドーシスを起こし易いので、ある程度の濃厚飼料は粗飼料と混ぜて飼槽から給与する。ロボット搾乳舎では広い飼槽にTMRを1日1回配給するだけであるが、採食時にTMRが牛の届かない場所に広がる。餌寄せロボット（写真2）は2時間おきに飼槽の前を静かに移動し広がったTMRを再び飼槽に寄せる。

フィーダーからの濃厚飼料の給餌量は15kgの搾乳量に対して3kg給与をベースに、乳量1kg増えるごとに給餌量を0.3kg増やすように設定している。乳量40kgの場合、フィーダーから約10kgの濃厚飼料が給与され、飼槽から5kgの濃厚飼料と粗飼料が給与されることになる。フィーダーからの1回の給餌量は

表2 C牧場のコントラクター利用料および粗飼料生産コストの試算

(単位：円)

飼料コントラクター委託作業	計	牧草10a 当たり	デントコーン 10a当たり
牧草刈り払い・集草	272,790	1,299	
牧草収穫・細断	371,637	1,770	
デントコーン収穫	619,080		2,476
運搬（牧草、デントコーン、堆肥）	562,807	1,218	1,228
サイロ詰め、堆肥積込	441,000	955	962
マニユアスプレッダーへの堆肥積込	125,160	271	273
堆肥散布	548,730	1,188	1,197
尿散布	434,700	941	948
その他	365,000	790	796
小計	3,740,904	8,431	7,882
C牧場の購入する資材費等			
種子代	1,299,630	1,307	4,101
肥料代	3,485,045	4,526	10,138
機械償却費	1,473,969	702	2,358
燃料費	3,626,523	1,727	5,802
シート他資材費	500,000	1,082	1,091
C牧場労働費	530,989	303	680
小計	10,916,156	9,648	24,171
費用合計	14,657,060	18,079	32,053

注：飼料コントラクター委託作業費は、C牧場勘定元帳より集計し、運搬～播種の10aあたり利用料は牧草とデントコーンの単収に応じて案分した。C牧場の労働費は、労賃単価を1,573円/時として、聞き取りによる作業労働時間を基に計算した。計には麦わら収穫費用を含む。



写真1 TMR ミキサーフィーダーによる給餌



写真2 餌寄せロボット



写真3 搾乳ロボットによる搾乳

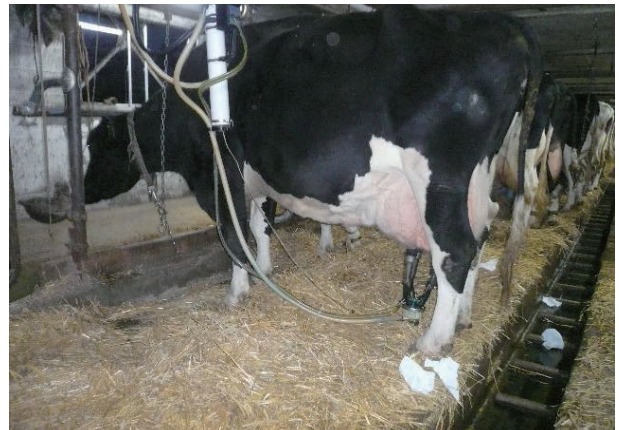


写真4 自動離脱ミルクによる搾乳

2.5kgまでで、搾乳中に500gずつ供給される。従って、乳量40kgの場合、1日4回に分けて給餌することになる。このため、この個体のフィーダーからの給餌間隔は6時間と設定され、6時間以内にフィーダーのところに行っても飼料は出てこないよう設定される。いつまでも待っていると脚に電気ショックがかかりフィーダーから出ていく仕組みである。

4) ロボットによる搾乳及び子牛の哺乳

(1) ロボットによる搾乳の仕組み

搾乳ロボット（写真3）は、C牧場では2005年にフリーストール牛舎の新設と併せて導入し、経産牛を70頭から100頭以上に増加した。搾乳ロボットは濃厚飼料の自動給餌装置（フィーダー）とセットで設計されており、乳牛がフィーダーの所へ行った際に、ロボットが稼働し搾乳作業が開始される仕組みである。搾乳牛は、ロボット併設のフィーダーから濃厚飼料を給与されるため、自ら歩いてフィーダーの所へ行く。扉が閉まり、牛が保定され、ロボットがセンサーで乳頭の位置を確認し、各乳頭にティートカップが装着され搾乳が始まる。乳の出が少なくなった乳頭からティートカップが外れていく。搾乳が終了すると乳頭がディッピングされ、脚に軽い電気刺激が与えられ退場する仕組みである。乳房炎等の個体や治療中の個体も搾乳されるが乳は廃棄される。このため、こうした個体の別飼いと搾乳作業も省ける。

ロボットは24時間稼働し、1回当たりの搾乳時間は約6～8分、乳牛は1日に2回以上搾乳される。搾乳ラインの洗浄が1日3回あるため、搾乳ロボット1台で対応可能な搾乳牛は約64頭（日乳量約230t）に限られる。60頭を超えると搾乳ロボットに辿りつけない個体が発生する。強い個体がフィーダーの餌を求めて割り込んでくるため初産等の個体はなかなかフィーダーに辿りつけないのである。このため長時間搾乳されていない個体をパソコンで常にチェックし、人為的に誘導するようにしている。また、乳頭間の狭い個体や分娩前から離乳（分娩後7日）までの個体、ロボット搾乳舎の許容頭数を超える個体は、パイプラインを備えたつなぎ牛舎のミルクによる搾乳する。初産牛はできる限りロボット搾乳を経験させるようにし

ている。調査日の搾乳牛頭数はロボット搾乳牛舎64頭、つなぎ牛舎39頭であった。

(2) ロボットによる個体情報の把握と管理

搾乳ロボットは24時間搾乳作業を行うだけでなく、様々な個体情報を知らせる機能を併せ持つ。C牧場の経営主がとくに注視する機能は以下の項目である。

①搾乳経過時間、搾乳量と採食量

搾乳ロボットでは、個体ごとに過去の搾乳時刻、搾乳量、濃厚飼料の採食量等の情報が把握され、リアルタイムで牛舎に隣接する事務室のパソコン(PC)に送られてくる。経営主は牛舎に行く前に事務室に行き、これらの情報を確認する。まず、直近の搾乳から経過時間の長い個体を確認し、12時間以上経過している場合は、「牛の体調が悪い」、「起立できない」、「歩けない」、「うまく搾乳できない」等のトラブルが考えられるため、対象の個体の様子を見にゆく。また、採食量の少ない個体、搾乳量の急激に低下した個体も何らかのトラブルをかかえていることが考えられるため確認する。

②乳質のモニタリングによる疾病の早期発見

ロボットによる搾乳は乳房炎の早期発見や乳房炎の予防にも寄与する。乳房炎になると乳中の塩化ナトリウムが増えるため乳の電気伝導率が高くなる。ロボットでは、この乳の電気伝導率の把握も乳頭ごとに可能であり、PC上に乳の電気伝導率の高い個体の乳頭が表示されるため、乳房炎の早期発見が可能になる。もっとも、ロボット搾乳では過搾乳が少ないため乳房炎も慣行の搾乳方式より少ないと経営主は言う。最新の機種では乳の電気伝導率よりも乳色で乳房炎を判別し、乳成分(蛋白、脂肪、乳糖)も分かる機能を備えている。月1回の乳検の際に体細胞数をチェックし、問題の個体をPC上で指定しておく、他の牛と同様に搾乳は行われるが乳は自動的に廃棄される。乳房炎の個体搾乳後は、ミルクは洗浄される。乳房炎以外にも抗生物質を投与している個体を登録しておくとその乳は廃棄される。

③反芻情報を活用した繁殖管理

搾乳ロボットとは直接関係ないが、牛の首に付けたセンサーで反芻の変化や加速度計により発情を把握できる機能も付与されている。発情時には反芻が減少するため、反芻音(吐き戻したネリガミの音)を感知することにより、また、発情時には激しい動きを行うことがあるため、加速度計の情報と合わせてかなりの確率で発情把握が可能になる。

(3) 哺乳ロボットによる子牛の哺育と管理

C牧場では子牛はカーフハッチではなく、群れで飼養する。子牛の哺乳はロボットで行われ、個体ごとに首に付けたセンサーで哺乳量、哺乳回数をコントロールする。また、個体ごとの1日の哺乳回数、哺乳時間をPC上で知ることができるため、哺乳状況を通じた健康状態の把握が可能である。群飼養のため、肺炎等の疾病が一気に蔓延するリスクはあるが、哺育作業等は著しく軽減される。

5) 後継牛の育成管理、繁殖管理の外部化

C牧場では育成牛を約110頭飼養するが、生後10~18か月齢の雌牛約40頭を、5月20日~10月20日までの5か月間、村営牧場に預託し放牧飼養する。預託料金は1日230円である。同牧場は、冬季預託も行うが(預託料金500円)、受け入れ枠が少なくC牧場の冬季預託頭数は7頭である。

繁殖管理は、獣医師に毎月20回以上来てもらい、種付けのほか、分娩後20日以上経過した個体(毎回約20頭程度)の子宮状態、授精後40日経過した個体の妊娠確認等を依頼している。未経産牛の初回及び受胎率の高い経産牛には雌雄判別精液(@8,000円/本)を授精する。2回目以降は約8割の個体には一般の乳用種の精液(@3,000円/本)を授精し、約2割の個体には黒毛和種の精液を授精する。最近では和牛の受精卵の移植も増やしている。雄子牛(年間約45頭)は生後数日で売却する。雌子牛(約55頭)は保留して育成し、そのうち40頭をC牧場の搾乳後継牛とし、残り15頭は初妊牛で出産前に販売する。初妊牛は、胎児が乳用種の場合は約50万円(性別別精液受胎牛の場合は5~10万円増)、交雑種の場合は55万円ほどである。

3 革新技術等による経営成果と課題

1) 搾乳ロボットによる生産性向上効果の検討

搾乳ロボットの効果を列挙すると以下のようなになる。

表3 技術指標の比較

		C牧場	北海道平均		
			100-149頭	10~11千kg	11千kg~
生産効率	経産牛1頭あたり産乳量 (kg/年) …A	11,112	9,227	10,405	11,574
	平均乳脂率 (%)	3.8	4.1	4.0	3.9
	蛋白率 (%)	3.2	3.3	3.3	3.3
	無脂固形分 (%)	8.7	8.8	8.8	8.8
	体細胞数 (万/ml)	19	20	20	19
	損失乳量 (kg)	156	124	140	149
	乳量損失率 (%)	1.4	1.3	1.3	1.3
	生乳平均価格 (円/kg)	76	80	80	79
	経産牛1頭当たり乳代 (千円/年) …B	847	741	832	913
	経産牛1頭あたり濃厚飼料給与量 (kg/年) …C	4,498	3,704	4,026	4,800
	経産牛1頭あたり濃厚飼料費 (千円/年) …D	226	186	203	234
	飼料効果 (%) = A/C	2.47	2.49	2.58	2.41
乳飼比 (%) = D/B * 100	26.7	25.1	24.4	25.6	
繁殖成績	経産牛平均分娩間隔 (日)	416	429	422	419
	初回授精までの日数 (日) …E	73	90	86	84
	受胎までの平均授精回数…F	2.5	2.3	2.3	2.3
	実空胎日数…G	137	153	147	146
	発情発見効率 = F / ((G - E) / 21 + 1) * 100	61.8	57.5	58.9	58.2
長命性	除籍牛率 (%) = 除籍牛頭数 / 経産牛頭数	32	28	29	31

注：生産効率は2012年度の実績。繁殖成績はC牧場は2011年度～2013年度の平均。

資料：北海道酪農検定検査協会「2012年検定成績」およびC牧場検定成績

- ①搾乳労働からの解放：乳房拭き・消毒・ミルカ着脱作業が解消され、早朝や夜間の搾乳作業から解放される。また、患畜の分離搾乳作業も解消される。ただし、ロボットに適合しない個体、分娩直後の個体、ロボットの対応可能な頭数を超える個体は従来の搾乳作業となる。
- ②適切な給餌量と飼料費の節約：個体ごとの産乳量に応じた飼料給与が可能となるため、無駄な給餌が削減される。
- ③上述の波及効果として過肥等による繁殖障害が減少する。
- ④体調不良個体（起立不能、歩けない個体、食べない個体）の早期発見が可能になる。
- ⑤乳房炎の減少、早期発見と乳質の向上：乳の出なくなった乳頭からティートカップが1つずつ離脱するため、過搾乳による乳房炎が減少する。乳の電気伝導率測定機能等による乳質チェック、及び体細胞数、細菌数の多い個体の早期発見により乳質低下ペナルティが減少する。
- ⑥疾病の減少による精神的ストレスの解放
- ⑦多回搾乳による個体乳量の増加

そこで、搾乳ロボットによる上記の効果が実際に得られているかどうか、北海道酪農検定検査協会によるC牧場と同頭数規模の経営群、C牧場と個体乳量の近い経営群と生産効率等の指標を比較しながら検討する。ただし、C牧場の指標はロボットによる搾乳牛約64頭とつなぎ牛舎でのミルカによる搾乳牛約36頭をあわせたものであることに留意する必要がある。

まず、多回搾乳による乳量増加について、C牧場の個体乳量は11,112kgであり、同規模の経営群の9,227kgよりも1,885kgも多い（表3）。ロボットによる搾乳牛に限れば12,000kg以上になると経営主は言う。ただし、乳脂率、蛋白率等はやや低く、生乳平均価格も1kg当たり4円程度低い。それでも乳量が多い分、1頭当たり乳代は同規模経営群よりも10万円以上多くなっている。他方、濃厚飼料給与量は1頭当たり約4,500kgと多く、濃厚飼料多給による高泌乳飼養であることが確認される。濃厚飼料費は同規模の経営群よりも1頭当たり4万円ほど高いが、（乳代－濃厚飼料費）はC牧場の方が6万円ほど高い。

ロボット搾乳では、乳量に応じて濃厚飼料が給与されるため、無駄な給与が少ないとされているが、濃厚飼料1kgに対する産乳量（飼料効果）は2.47であり、同規模の経営群や個体乳量の多い経営群よりもや

表4 C牧場の日常の農作業労働

時間帯	経営主			従業員		妻		
	つなぎ 搾乳舎	ロボット 搾乳舎	その他	つなぎ	ロボット	つなぎ	ロボット	その他
5:00~7:30	②掃除, 敷 料搬入 (20)	①PCで 個体情報確 認 (10)	③TMR調理 2種類 (60)	①掃除, 敷料搬入 (35)	④ベッド 掃除 (10)	①搾乳準備 (10)	④ベッド 掃除 (10)	③子牛の乾 草、配合飼 料等給与 (20)
		④ロボット に行かない 個体の追い 込み (10)		②搾乳 (65)		②搾乳 (65)		
		⑤TMR 給与 (10)		③TMR給 与 (20)				
		⑥ベッド 掃除, 衛生 資材散布 (10)						
9:30~12:00 14:00~16:30	ロボット搾乳舎: PCによる個体情報確認, つなぎ搾乳舎: TMR給餌。 乾乳牛・育成牛: TMR調理・給与および乾草給与, 排泄物処理・敷料搬入。 全体: 診療・種付けの立ち会い, 牛の移動。							
16:30~18:30	⑤TMR 給与 (10)	①PCで 個体情報確 認 (10)	④育成牛等 にTMR補 給 (20)	①掃除 (15)		①搾乳準備 (10)		
	⑥敷料補給 (7)	②ロボット に行かない 個体の追い 込み (10)		②搾乳 (65)		②搾乳 (65)		
		③ベッド掃 除, 衛生 資材散布 (30)		③敷料補給 (7)		③片付け (10)		

注: ○囲み数字は作業の順序, () は作業時間 (分), タイムスタディ及び聞き取り調査による。

や低く, 無駄な飼料給与が行われていないとは必ずしも言えない。また, 乳房炎等の早期発見により廃棄乳などの損失乳量が少ないことも検定成績を見る限り明確ではない。

つぎに繁殖に関わる指標として, 分娩間隔をみると同規模経営群では429日に対して, C牧場では416日と短い。その要因は, 産後から初回授精までの日数が73日と短いこと, 発情発見効率が高いことによる。前者は適切な給餌により発情回帰が早いのか, ロボットによる発情把握機能の効果が表れているのかは定かでないが, 後者はロボットによる効果と見ることができる。ただし, 同規模の経営群や個体乳量の多い経営群と比べて授精回数はやや多く(受胎率は低く), 除籍牛率もやや高い。以上のように個体乳量は明らかに多いが, 繁殖管理に及ぼす効果については必ずしも明瞭ではない。

2) 農作業労働の実態と労働生産性

表4はC牧場の日常的な農作業内容を整理したものである。朝は5時から7時30分にかけて3人で作業を行う。経営主は, まずロボット搾乳舎に隣接する事務所のパソコンで個体情報を確認する。その後, つなぎ搾乳舎へ行き, 従業員とともにベッドの排せつ物除去と敷料(麦わら)の搬入を行う。妻と従業員はつなぎ牛舎の搾乳作業を行う。搾乳は39頭の牛に対して, 自動離脱式のミルカ6台で行い(写真4), 2人で65分ほどで終わる。経営主はTMRの調理(つなぎ牛舎用, ロボット牛舎用2種類)を約90分かけて行う。その間にロボットに行かない個体の追い込みや, ロボット牛舎のベッドの掃除など平行して行うため, TMR調製に関わっている実質作業時間は60分ほどである。ロボット搾乳舎にはTMRミキサーから直接, 飼槽に給与し, つなぎ牛舎は飼槽が狭いため, 小型の自走式フィーダーに積み替えて従業員が給与する。つなぎ牛舎の搾乳終了後, 従業員はTMRを給与し, 経営主の妻は子牛牛舎へ行き乾草や配合飼料を給与する。最後は全員でロボット牛舎のベッドの掃除と衛生資材の散布を行う。作業時間は正味約2時間である。

表5 労働生産性の比較

	経産牛1頭当たり				生乳10t当たり			
	統計（牛乳生産費調査）			C牧場	統計（牛乳生産費調査）			C牧場
	都府県	北海道	同左100頭以上		都府県	北海道	同左100頭以上	
搾乳牛頭数（頭）	37.5	70.7	145.8	118				
育成牛頭数（頭）	15.6	42.8	81.8	110				
3.5%換算乳量（kg）	9,257	9,002	9,363	11,592				
飼料の調理・給与・給水	30.3	17.3	11.0	7.5	32.7	19.2	11.8	6.4
敷料の搬入・厩肥の搬出	12.5	9.6	6.6	8.7	13.5	10.6	7.1	7.5
飼養管理	10.3	10.6	8.0	8.0	11.2	11.7	8.6	6.9
搾乳及び牛乳処理、運搬	53.5	45.9	34.7	18.6	57.8	51.0	37.1	16.0
厩肥の処理	4.3	0.1	0.04	0.0	4.6	0.1	0.0	0.0
生産管理	1.3	1.0	0.75	0.8	1.4	1.1	0.8	0.6
間接労働時間	8.0	6.9	4.8	2.6	8.7	7.6	5.1	2.2
うち自給牧草に関わる労働時間	5.7	5.4	3.6	1.4	6.2	6.0	3.9	1.2
計	120.1	91.3	66.0	46.1	129.8	101.4	70.5	41.0

注：統計値は農林水産省「平成24年度牛乳生産費」。C牧場は作業タイムスタディ及び聞き取り調査より集計。飼養管理、厩肥の処理および生産管理作業は北海道の100頭以上階層の統計値と同じと仮定して試算。

日中はロボット搾乳舎ではパソコンによる個体情報を頻繁に確認しながら、つなぎ牛舎の搾乳牛へのTMR飼料の補給、搾乳牛や育成牛用のTMR調製と給与、乾草給与、排せつ物処理、敷料搬入（2日に1回）、診療や種付けの立ち会い、牛の移動作業を行う。これらの日中の作業は、1人で十分対応可能と経営者は言う。

夕方の作業は、TMR調理がないだけで、朝とほぼ同じ内容であり、16時30分頃より開始して、18時頃には終わる。このほか、時期によっては飼料畑の耕起・整地、麦わらの収穫・運搬作業が加わる。

表5は、上述の作業労働をもとに搾乳牛1頭当たり及び生乳10t当たりの作業労働時間を統計値（牛乳生産費調査）の都府県平均、北海道平均、北海道の経産牛100頭以上飼養階層と比較したものである。C牧場の飼養管理作業等の詳細は把握できていないため北海道の100頭以上階層と同じとしている。搾乳牛1頭当たりで比較すると、C牧場の飼料の調理・給与及び自給牧草に関わる労働時間は、最も省力化の進んでいる北海道の100頭以上階層よりも少ない。また、C牧場の搾乳作業は18.6時間で都府県の約3分の1、北海道の2分の1以下で、北海道の100頭以上階層よりもはるかに少ない。C牧場の場合をつなぎ牛舎でのミルカによる搾乳作業を含む経営全体の労働時間であり、ロボット牛舎の搾乳作業に限るとさらに省力化が図られていると考えられよう。反面、敷料の搬入、厩肥の搬出作業はやや多くなっている。

生乳10t当たりで比較するとC牧場の搾乳量が多いため省力化はさらに顕著であり、労働時間は北海道平均よりも約6割少ない。表4をもとにC牧場の家族の労働時間を計算すると朝夕の給餌、搾乳作業等に1日延べ7時間、月2回ヘルパーを雇うため、年間で2,387時間、日中の作業を従業員と半々とすると約900時間、飼料関係の作業を従業員と半々とすると200時間、合わせて、夫婦2人で約3500時間ほどと試算される。

3) 収益性

表6は、C牧場の経産牛1頭当たり及び生乳生産100kg当たり費用合計及び収支を、前述の統計値と比較したものである。C牧場では個体乳量が多いため1頭当たり生乳販売収入は北海道平均より約20万円も多く、個体販売収入も和牛受精卵の移植等を行っているため他よりも多い。

他方で費用も多い。1頭当たり物財費は北海道平均より約17万円、100頭以上階層と比べても13万円以上多い。購入飼料費と建物農機具等償却費が北海道平均と比べて明らかに多い。ただし、統計値には育成費用は含まれていないが、C牧場の費目ごとの費用には育成に要する費用も含まれていることに注意して見る必要がある。育成費を考慮しても購入飼料費と建物等の償却費は明らかに多い。後者は表1に示すように飼料の収穫や調理、給餌、搾乳等に多くの施設や機械、器具を備えていることによる。光熱水料等も

表6 生乳生産コスト、収益の比較

	経産牛1頭当たり				生乳100kg当たり			
	統計 (牛乳生産費調査)			C牧場	統計 (牛乳生産費調査)			C牧場
	都府県	北海道	同100頭以上		都府県	北海道	同100頭以上	
生乳	845,592	657,680	682,366	875,768	9,135	7,306	7,288	7,555
子牛, 初妊牛等	34,302	74,928	80,876	100,189	371	832	864	864
自給厩肥	11,522	20,932	16,790		124	233	179	
粗収益計	891,416	753,540	780,032	975,957	9,630	8,371	8,331	8,419
種付料	12,641	11,142	11,204	33,031	137	124	120	285
購入飼料費	367,973	206,801	235,348	350,795	3,975	2,297	2,514	3,026
自給飼料費	31,657	106,262	94,665	91,219	342	1,180	1,011	787
敷料費	8,538	9,194	9,026	2,520	92	102	96	22
光熱水料及び動力費	26,547	21,869	23,031	37,957	287	243	246	327
その他諸材料費	2,344	977	706	9,723	25	11	8	84
獣医師料及び医薬品費	27,082	21,635	23,045	29,745	293	240	246	257
賃借料及び料金	15,602	14,541	16,467	36,432	169	162	176	314
物件税及び公課諸負担	8,466	11,550	12,031	15,267	91	128	128	132
乳牛償却費	100,928	118,430	130,038	54,309	1,090	1,316	1,389	469
建物農機具等償却費	21,828	24,528	30,765	107,138	236	272	329	924
同購入費	26,706	23,250	22,354	39,325	288	258	239	339
生産管理費	2,636	1,615	1,406	15,944	28	18	15	138
育成費用				78,080				674
物財費計	652,948	571,794	610,086	745,325	7,054	6,352	6,516	6,430
労働費	182,062	140,835	99,088	72,529	1,967	1,564	1,058	626
家族	163,157	127,988	82,471	34,087	1,763	1,422	881	294
雇用	18,905	12,847	16,617	38,442	204	143	177	332
費用合計	835,010	712,629	709,174	817,854	9,020	7,916	7,574	7,055
支払利子	2,627	7,209	7,996	2,679	28	80	85	24
支払地代	4,667	4,955	2,864	1,379	50	55	31	12
所得	212,269	156,735	142,469	188,131	2,293	1,741	1,522	1,622

注：C牧場の各費目には育成費が含まれる。自給飼料費にはコントラクター利用料、機械償却費、燃料費、労働費を含む。C牧場の労働費は労賃単価を1,573円/時として、表5の労働時間に乗じて計算。雇用労働費は実際の支払労賃。家族労働費は労働費から雇用労働費を差し引いた。統計値は農林水産省「平成24年度牛乳生産費」。同統計では搾乳牛1頭あたりの指標が示されているが、乾乳中の乳牛も搾乳牛に数えているため、ここでは経産牛1頭あたりとして表記した。M牧場は平成25年の損益計算書及び勘定元帳より集計。共済掛金等はいずれも含まない。

こうした施設設備を稼働させるため多くなっていると考えられる。ちなみにC牧場では上水道を使用している。購入飼料費の多さは、個体乳量との多さとも関係するが濃厚飼料多給の高泌乳飼養体系となっていることによると考えられよう。また、粗飼料基盤が不足するため牧草サイレージや乾草の購入が多いことも購入飼料費の多い要因と考えられる。賃借料及び料金は、村営牧場への育成牛の預託やコントラクターへの粗飼料収穫の委託等、多くの作業を外部化していることによると考えられる。他方、乳牛償却費は少ない。これは育成牛を成牛に振り向けた際の評価額を育成に要した費用相当の約20万円としていることによる。初妊牛を外部から導入する場合、50万円以上するため、1頭当たり乳牛の償却費は10万円以上になる。

他方、労働費は表5の労働時間をもとに試算すると少ないため、労働費を加えた1頭当たり費用合計は都府県よりも少なく、北海道と比べて10万円程度の差に縮まる。

生乳100kgの費用合計を比較すると、1頭当たり乳量が多いため、都府県よりも約2千円、北海道平均よりも約860円、100頭以上階層と比べても約520円少ない7,055円と試算される。

この結果、1頭当たり所得、生乳100kg当たり所得とも北海道よりも多く、1人当たり飼養頭数及び生乳生産量が多いため、家族労働1人当たり所得は800万円以上に達すると推察される。ちなみに従業員（4週6休）には社会保険料を含めて年間450万円以上が支払われている。

4 課題と今後の対応及び研究・技術開発課題

現在、北海道でも酪農経営及び生乳生産量が減少傾向に推移している。また、酪農経営における雇用の確保が困難になっている。こうしたなかで、一世代夫婦2人の家族経営でも従業員1人の雇用で、経産牛約120頭規模の酪農を、50ha近い粗飼料の生産利用とともに、ゆとりを持って行き、高い労働生産性と所得確保の可能なことをC牧場では体現している。この要因をあらためて考察すると、効率的な飼料収穫の可能な大型ハーベスターを保有するコントラクターを利用した粗飼料生産の省力・低コスト化、TMRミキサー・餌寄せロボット等を利用した飼料の調理給餌の省力化、搾乳ロボットによる搾乳作業の省力化、及び個体乳量の増加によると考えられる。搾乳ロボットだけの効果に限らないが、2006年の原^[1]の評価よりロボット導入の効果は顕著に表れていると考えられる。

投資額が大きいからこそした体系の普及は簡単ではないが、C牧場の利用する搾乳ロボットについては、2005年の約3千万円から約2千万円に価格が低下し、しかも畜産機器リース事業の対象機器に認定されたため、さらに導入負担は小さくなっている。ただし、こうした施設や設備を備えるだけでは、C牧場のような成果は得られないと考えられる。粗飼料生産や調理給与、搾乳作業の省力化により生じる労働を個体の観察・管理の充実に向けることが重要である。搾乳ロボットは必然的に高泌乳の飼養管理となるため、牛体にかかる負担は大きくなり、蹄病や繁殖障害を招きやすい。蹄病等により牛自らが歩けなくなると搾乳ロボットは利用できない。このため、C牧場では5か月間隔で全頭の削蹄を行うとともに、給水槽の脇にフットバス（蹄浴槽）を設け、通路には約200万円かけてゴム製のマットを敷き、冬季には床暖房を入れ、ベッドの掃除を朝夕2回行い、吸水性の高い珪酸カルシウムを主成分とする衛生資材を散布し、通路の排せつ物はスクレーパーで2～3時間の間隔で掻き寄せるなど、蹄を中心とする搾乳牛の衛生管理に最大の関心を払っている。また、繁殖管理についても、発情検知器具を牛に装着し、PCに送られてくる個体情報を頻繁にモニタリングし個体管理に活かしている。こうした管理により、高い生産性が確保されていると考えられる。普及にあたっては施設や設備の導入に終始せず、個体の観察・管理の充実を促すことが必要と考えられる。その際、個体情報の把握を支援するIT技術のさらなる開発が望まれる。例えば、乳温（体温）や乳中成分の詳細な分析から、疾病感染や発情、受胎等を早期に把握可能なシステムの開発等である。

C牧場では、市場評価の高い子牛や初妊牛生産につながる性判別精液や和牛の受精卵移植にも積極的に取り組んでいるが、受胎率は高くない。こうした種の受胎率向上の期待される受胎性の高い胚の効率的選抜技術の開発も望まれる。

他方、こうした生産性向上につながる革新技術を用いても生乳生産コストは物財費ベースで1kg当たり64円を要している。最大の費用は飼料費（主に濃厚飼料）であり、コスト低減には、輸入濃厚飼料に替わる国産の濃厚飼料を低コストで生産供給可能な技術開発、あるいは濃厚飼料の給与削減を可能にするトウモロコシや牧草の品質向上技術の開発が必要である。現在、イアコーンの生産調製技術の開発が行われているが、普及にあたっては何よりもコスト低減が欠かせない。また、畑作地帯のC村でも近年、湿害によるトウモロコシ品質低下が問題となっている。このため、耐湿性の高い品種開発が望まれる。さらに、濃厚飼料の多くは、CP（粗タンパク）16%以上の配合飼料であり、CPの低いイアコーンやトウモロコシでは多くは代替できない。タンパクの高い国産飼料の低コストでの生産供給技術の開発も必要である。

引用文献

1. 原仁（2006）「北海道における搾乳ロボットの導入実態と経営評価」農業機械学会誌68（1），pp.20－23.