



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

泌乳牛の飼養管理検討におけるモデルシミュレーションの適用

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-06-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 板野, 志郎, 大久保, 忠且, 渡辺, 也恭 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/5859

泌乳牛の飼養管理検討におけるモデルシミュレーションの適用

板野志郎・大久保忠且¹⁾・渡辺也恭²⁾

農学部附属農場

(2001年7月19日受理)

Model Simulation with Considering Feeding and Management for Lactating Dairy Cows

Shiro ITANO, Tadakatsu OKUBO¹⁾ and Nariyasu WATANABE²⁾

Experimental Farm

(Received July 19, 2001)

SUMMARY

To investigate the feeding and reproduction management of farming dairy cows, two simulation tests were performed using a model that predicts a cow's energy balance. The model simulation of the energy of intake, milk yields, and maternal body changes was performed with the lactation data of 127, and the simulated values were compared with the measured data. Furthermore, a model simulation with a changed calving season was conducted using representative values of the model parameters in the dairy cows. From the results, the following suggestions can be made for practicing farm management that raises production efficiency. (1) After the fourth month of lactation, the dairy cows beyond second calving should be fed a more concentrated diet than the present one. (2) In the feed allowance before the fourth month of lactation, the rapid changes in the energy balance in that period must be recognized properly. (3) A reproduction management system should be considered so that cows deliver in the season from March to May.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (66):43-50, 2001

要 約

酪農経営における泌乳牛の飼養管理および繁殖管理について検討するため、エネルギー収支を予測するモデルのシミュレーション試験を行った。127例の泌乳データに対し、摂取エネルギー、泌乳エネルギー、及び体蓄積エネルギーのモデルシミュレーションを行い、実測値と比較した。次に、本牛群の代表的パラメータ値を用いて、分娩季節を変えてモデルシミュレーションを行った。その結果は、乳生産効率を高める牛群管理を実践するためのいくつかの示唆を与えた；(1)泌乳期4ヶ月以降、2産を超える乳牛には、現在より多く濃厚飼料を与える；(2)泌乳期4ヶ月以前の飼料給与に際し、その期間中のエネルギー収支の急激な変化を正しく認識する；(3)3月から5月に分娩するように繁殖管理を検討する。

緒 言

家畜のエネルギー代謝モデルは、現在行われている飼養管理の改善点の指摘や、将来効率の良い畜産経

営をするにはどのような管理をすべきかを判断することなどに利用できる。モデルによる牛の飼養管理の検討を行った研究として、広岡の肥育牛の生物学的効率¹⁾及び経済的効率²⁾の考察、Broadbentらの農場測定値との比較³⁾、Khanの牛の繁殖管理システムに対する検討⁴⁾などがある。著者らは以前、動物のエネルギー代謝を基礎とした泌乳牛の飼料摂取から生産までのエネルギー収支を予測するモデルを作成し、モデル予測値が泌乳牛8個体の飼料摂取、乳量、体重変動の測定値と良く一致する事を示した^{5,6)}。それゆえ、本モデルを利用して、泌乳牛の飼養管理を検討することは可能であろう。本研究では、モデルを過去に飼養された泌乳牛群全体に適用し、モデルの有用性と現実の飼養管理について検討した。また分娩季節を変えてモデルシミュレートすることで、泌乳生産性の高い繁殖管理システムについて検討した。

材料および方法

1) 利用データ

1980-1988年に東京大学附属牧場で飼養されたホルスタイン種泌乳牛66頭の127泌乳例のデータ（1産次41：2産次29：3・4産次35：5産次以上22）を用いた。各データは分娩から10カ月間の各月の日泌乳量（kg/day）、乳脂率（%）、および体重（kg）からなる。本牛群は、常時20頭前後飼育されており、そのうち搾乳に供された牛は平均で11.7頭/日であった。牛群は雨天時以外は運動場において飼養された。ただし、12-3月の期間中は夜間のみ畜舎内でスタンションに繋留された。搾乳は5:00と16:00の1日2回搾乳室内で行われた、濃厚飼料は搾乳室内で各個体に対して、粗飼料は運動場で牛群に対して自由摂取できるように給与された。飼料は日本飼養標準^{7,8)}に準じて給与されている。給与された粗飼料は、牧場内で生産された乾草とサイレージである。乾草とサイレージの給与比率は3-5月は乾草主体、6月は同程度、それ以外の季節はサイレージの比率が高かった。

2) 現実の飼養牛群のエネルギー収支のモデルシミュレーション

上記の各泌乳データの泌乳期間中の各月の泌乳エネルギー（ Y : MJ/ $W^{0.75}$ /day）および体蓄積エネルギー（ RE : MJ/ $W^{0.75}$ /day）を次式から計算した。

$$Y=M(0.15F+0.4)3.138/W^{0.75} \quad (1)$$

$$RE=26DG/W^{0.75} \quad (2)$$

ここで、 M は日泌乳量(kg/day)、 F はその乳脂率(%), W は体重(kg)である。 DG は日増体量(kg/day)であり、泌乳期間中の体重変動から導いた。式(2)中の26は、英国飼養標準⁹⁾(以後ARCと記述)が推奨する乳牛の体重が1kg変化するために要するエネルギー価(MJ/kg)である。算出された値を1産次、2産次、3・4産次、5産次以上に分類、さらに分娩から10カ月の各月毎に平均して、各産次の泌乳期間中の泌乳エネルギーおよび体蓄積エネルギーの変動値を算出した。

次に各泌乳データ毎にモデルシミュレーションを行い、上記と同様に各産次の泌乳期間中の摂取、泌乳、体蓄積のエネルギーを計算し、実測値と比較した。モデルシミュレーションは自由摂取を仮定して行った。また、摂取エネルギーの泌乳及び体蓄積への変換効率(飼料効率)をモデルシミュレーション値から計算した。

モデルシミュレーションで用いたパラメータ値を表1に示した。泌乳開始時体重(W_0)は各泌乳データの分娩期にもっとも近い時期の体重測定値を、成熟時体重(A)は各泌乳データに対応した供試個体の廃棄時近くの体重測定値を利用した。潜在的な泌乳曲線を決めるパラメータ(P_0, b, t_p)は、以前同一牛群を用いて解析した値を用いた¹⁰⁾。このうち P_0 には分娩季節と産次回数、 b には母家系による違いが考慮されている。泌乳初期段階の生理的要求曲線を決めるパラメータ(b', t_{pi})は、ARC⁹⁾の自由摂取量のデータから推定した値を用いた。給与飼料の飼料代謝率(q_m)は、実際に1980-88年に給与された粗飼料と濃厚飼料の栄養価の比率から計算した。環境温度のパラメータ($TEMP$)には、1980-88年の各月の平均気温を、各泌乳データの分娩月毎に振り分けてモデルに入力した。生理的エネルギー要求量の温度変動を決定する温度パラメータ T_c, T_{max} にはそれぞれ21℃、40℃を設定した。

Table 1. The values or ranges of parameters fixed for model simulation.

(1) parameters influenced on calving number

Calving-number	W0 (kg)	A (kg)	q_m	P0 (MJ/W ^{0.75} /day) for each calving season			
				Mar.-May	Jun.-Aug.	Sep.-Nov.	Dec.-Feb.
First	416-670	570-737	0.517-0.540	0.394	0.367	0.369	0.381
Second	492-685	560-737	0.517-0.543	0.435	0.408	0.410	0.422
Third-Fourth	543-687	560-737	0.517-0.547	0.432	0.405	0.407	0.419
Fifth or more	564-712	600-720	0.518-0.545	0.437	0.410	0.412	0.424

W0: Material body weight at start of lactation (kg) . A: Mature weight (kg) . q_m : Metabolizability for maintenance

P0: Portential milk energy in start of lactation (MJ/W^{0.75}/day) .

(2) Other parameters

Parameter	Values	Explanation
b	0.172-0.231	Parameter deciding the shape of potential energy in milk produced
b'	0.257	Parameter deciding the shape of physiological ME requirement
TEMP	2-25.5	Environmental temperature (°C)
T_c	21	High temperature at which the reduction of physiological ME requirement starts (°C)
T_{max}	40	High temperature at which physiological ME requirement becomes zero (°C)
tp	41.8	Post-calving time when potential energy in milk produced becomes maximum (day)
t_{pi}	113	Post-calving time when physiological ME requirement becomes maximum (day)

ME: Metabolizable energy (MJ) . Parameter b takes the values which changes with differences in family lines.

3) 種々の繁殖季節におけるモデルシミュレーション

分娩月を変えて泌乳が開始するという条件を設定して、各産次を代表する乳牛のモデルシミュレーションを行った。摂取、泌乳、体蓄積エネルギーの泌乳期10ヶ月間のシミュレート値を平均し、その値から摂取エネルギーの泌乳への分配率（飼料効率）を算出し、分娩季節毎に比較した。

シミュレーションに利用した各産次の代表的パラメータは次のようにして求めた。泌乳開始時体重 (W0) は、泌乳データを産次毎に分類し、それぞれに対し分娩期にもっとも近い測定体重を平均して算出した (1産次523 kg, 2産次578 kg, 3・4産次619 kg, 5産次以上640 kg)。成熟時体重 (A) は、乳牛群の廃棄時近くの平均体重650 kgを利用した。その他モデルが必要とするパラメータ: P0, b , tp , b' , t_{pi} , q_m , TEMP, T_c , T_{max} には、表1と同値を与えた。

結 果

1. 泌乳牛群の各産次におけるエネルギー収支

図1は、各産次の牛群のエネルギー収支のシミュレーション値と実測値の泌乳期間中の動態を示している。

モデルから予測された代謝エネルギー摂取量 (MEI: MJ/W^{0.75}/day) は、泌乳期を通じて、1産次が他産次より低い値を示したが、2産次以上に差は示されなかった (1産次平均1.38, 2産次以上平均1.43-1.44の範囲)。MEIは、全産次で泌乳期2ヶ月目をピークに上昇し、その後減少した。ただし、その減少の変化は産次によって異なった。また、泌乳1ヶ月から2ヶ月へのMEIの上昇の程度は、産次が進むほど大きくなることが示された。

モデルから予測された泌乳期間中の泌乳エネルギー (Y: MJ/W^{0.75}/day) の平均値は、1産次が他産次より低く、2産次以降は産次が進むにつれてわずかに上昇し続けた (1産次: 0.46, 2産次: 0.52, 3・4産次: 0.53, 5産次以上: 0.55)。実測値もほとんど同じであったが、2産次と5産次以上の牛群は予測値より少し低い値を示した (1産次: 0.45, 2産次: 0.49, 3・4産次: 0.52, 5産次以上: 0.52)。泌乳エネルギーは、シミュレーション値、実測値ともに、全ての産次で泌乳期1ないし2ヶ月にピークを持ちその後減少した。1産次の泌乳期間のシミュレーション値の変動は、実測値とほぼ一致した ($r=0.98$)。2産次以降の牛群の泌乳期間のシミュレーション値の変動もほぼ実測値と一致した ($r=0.98-0.99$) が、泌乳期3ないし4ヶ月以降でわずかに実測値を上回ることが多かった。

モデルから予測された泌乳期間中の体蓄積エネルギー (RE : $\text{MJ}/\text{W}^{0.75}/\text{day}$) の平均値は、産次が進むにつれて減少した (1産次: 0.058, 2産次: 0.025, 3・4産次: 0.010, 5産次以上: 0.005)。測定値も同じ傾向を示した (泌乳期平均値 1産次: 0.035, 2産次: 0.029, 3・4産次: 0.017, 5産次以上: -0.003)。

RE のシミュレーション値は、全ての産次で泌乳期1ヶ月に負の値を示し、その後急速に上昇して正の値を取り、泌乳期3ないし4ヶ月以降は停滞もしくは緩やかな上昇を示した。泌乳期1ヶ月の RE の負の程度は、3・4産次までは産次が進むほど大きくなった。泌乳期間中の RE の実測値も、ばらつきは見られるがシミュレーション値と同様の傾向を示した。ただし、実測値は泌乳期1-2ヶ月でシミュレーション値より高く、泌乳期4ヶ月以降ではばらつきながらもシミュレーション値より低い値を示した。

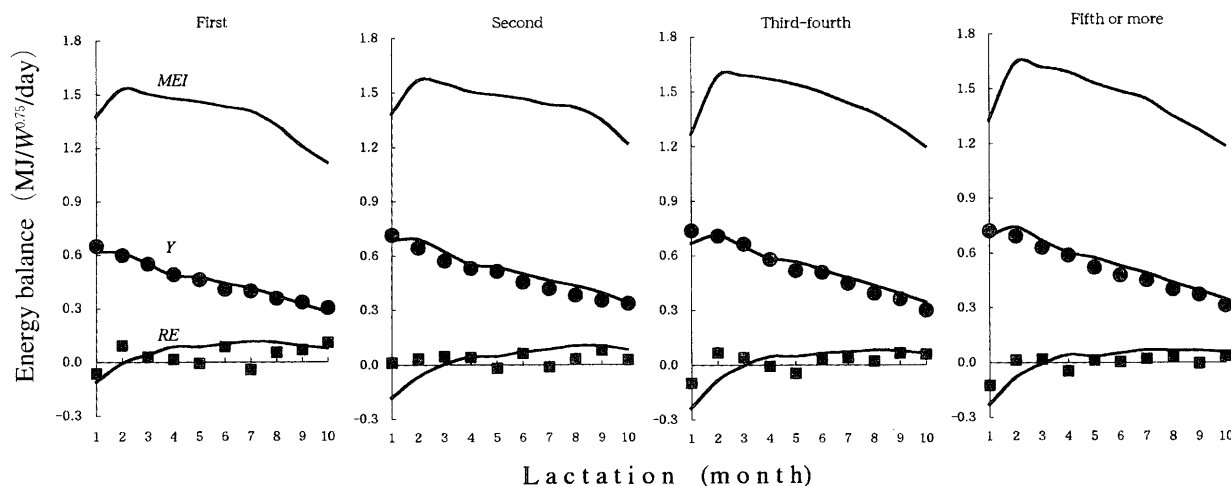


Fig.1. Model simulations and measured values for metabolizable energy intake (MEI), milk energy yields (Y), and changes in maternal body energy (RE) during lactation. These are shown with mean values of each calving number. The lines (—) are values simulated from the model for MEI , Y , and RE in order downward. The circles (●) and squares (■) are the measured values of Y and RE , respectively.

図2は、上記のシミュレーション値から計算された各産次の泌乳および体蓄積のための飼料効率(%)の泌乳期間中の動態を示している。

泌乳期間中の泌乳のための飼料効率 (%) の平均値は、産次が進むにつれて上昇したが、3産次以上ではほとんど変化しなかった (1産次: 32.6, 2産次: 35.9, 3・4産次: 37.0, 5産次以上: 37.5)。全ての産次において泌乳のための飼料効率は泌乳期4ヶ月まで急速に減少し、2ヶ月間停滞した後緩やかに減少した。

泌乳期間中の体蓄積のための飼料効率 (%) の平均値は、産次が進むにつれて減少した (1産次: 4.3, 2産次: 1.9, 3・4産次: 0.6, 5産次以上: 0.4)。シミュレーション値は、全ての産次で泌乳期1ヶ月に負の値を示し、その後急速に上昇して正の値をとり、泌乳期4ヶ月以降は緩やかに上昇した。泌乳期1ヶ月の体蓄積のための飼料効率の負の程度は産次が進むほど大きく、泌乳期4ヶ月以降の緩やかな上昇の程度は産次が進むにつれて小さくなった。

2. 分娩季節を変えてシミュレートしたときの乳牛のエネルギー収支

表2は、分娩季節を変えてシミュレートした各産次のエネルギー収支の泌乳期10ヶ月間の平均値と、その値から計算された各分娩季節の泌乳のための飼料効率を示している。

泌乳期間中の平均代謝エネルギー摂取量 (MEI : $\text{MJ}/\text{W}^{0.75}/\text{day}$) は、各産次とも3-5月に分娩した牛が最も高くなった (1産次: 1.42-1.43, 2産次以上: 1.47-1.49)。 MEI が低くなる分娩月は、1産次及び2産次で11-12月、3・4産次で7月と11-12月、5産次以上で7月と11-1月であった (1産次: 1.36-1.37, 2産次以上: 1.41-1.42)。

泌乳期間中の平均泌乳エネルギー量 (Y : $\text{MJ}/\text{W}^{0.75}/\text{day}$) も MEI と同様、各産次とも3-5月に分娩した牛が最も高い値を示した (1産次: 0.47, 2産次: 0.54, 3・4産次: 0.56, 5産次以上: 0.57-0.58)。 Y の低い分娩月

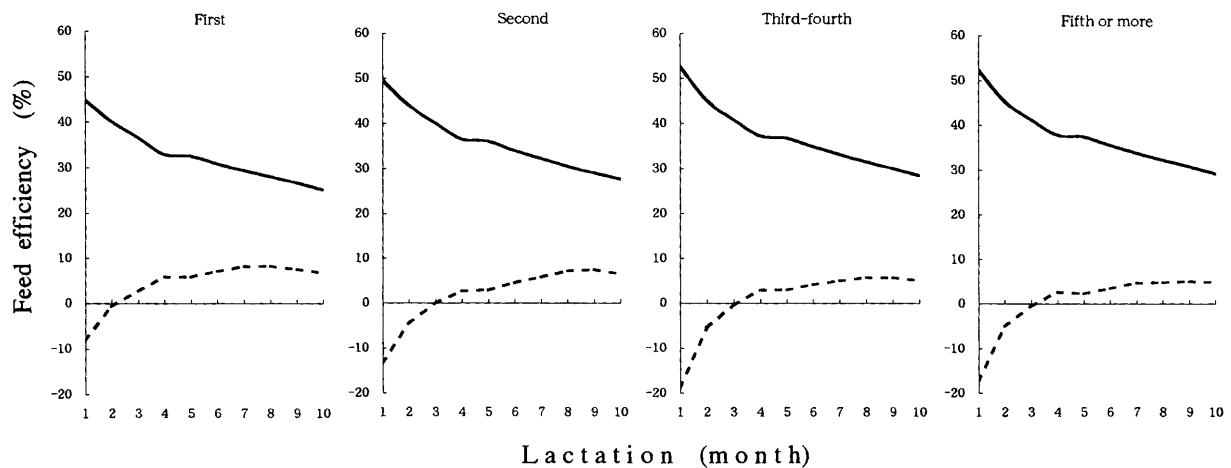


Fig.2. The values of feed efficiency calculated from model simulations of energy balance during lactation. Solid (—) and broken (---) lines are feed efficiencies for milk and body change, respectively.

は、1産次で7-8月と11月、2産次で7-8月と11月、3・4産次で7月、5産次以上で6-8月と11月であった（1産次：0.44, 2産次：0.50-0.51, 3・4産次：0.52, 5産次以上：0.54）。

泌乳期間中の平均体蓄積エネルギー量（RE: MJ/W^{0.75}/day）は、1産次、2産次で6月に分娩した乳牛が最も高い値を示した（1産次：0.073, 2産次：0.036）。3産次以上では6月と9月に分娩した牛が高い値を示した（3・4産次：0.015-0.016, 5産次以上：0.003-0.004）。また、全ての産次において、12月に分娩した牛が、REの最も低い値を示した（1産次：0.057, 2産次：0.018, 3・4産次：0.001, 5産次以上：-0.011）。

泌乳のための飼料効率（%）の高い分娩月は、1産次及び2産次で3-5月、3産次以上で12-5月であった（1産次：33.1, 2産次：37.6-37.8, 3・4産次：37.5-37.8, 5産次以上：38.5-38.8）。逆に、1産次の7-8月、2産次の6-7月、3産次以上の6-8月に分娩した乳牛は、泌乳のための飼料効率（%）が低下した（1産次：32.0, 2産次：35.5, 3・4産次：36.8-36.9, 5産次以上：37.8-37.9）。

Table 2. The mean values of energy balance of each calving season simulated from the model during lactation.

(1) First calving

Calving-month	Energy balance (MJ/W ^{0.75} /day)			FE (%)
	MEI	Y	RE	for milk
Jan.	1.374	0.449	0.060	32.7
Feb.	1.392	0.455	0.064	32.7
Mar.	1.424	0.471	0.066	33.1
Apr.	1.432	0.473	0.068	33.1
May	1.434	0.474	0.068	33.1
Jun.	1.399	0.449	0.073	32.1
Jul.	1.374	0.438	0.068	31.9
Aug.	1.375	0.441	0.066	32.0
Sept.	1.397	0.450	0.077	32.2
Oct.	1.389	0.448	0.069	32.3
Nov.	1.361	0.440	0.062	32.3
Dec.	1.365	0.447	0.057	32.8
mean	1.393	0.453	0.066	32.5

(2) Second calving

Calving-month	Energy balance (MJ/W ^{0.75} /day)			FE (%)
	MEI	Y	RE	for milk
Jan.	1.429	0.517	0.023	36.2
Feb.	1.450	0.524	0.028	36.1
Mar.	1.471	0.536	0.027	36.4
Apr.	1.475	0.537	0.028	36.4
May	1.475	0.537	0.028	36.4
Jun.	1.447	0.514	0.036	35.5
Jul.	1.418	0.503	0.027	35.5
Aug.	1.421	0.505	0.027	35.6
Sept.	1.444	0.515	0.031	35.7
Oct.	1.435	0.513	0.030	35.8
Nov.	1.405	0.505	0.021	35.9
Dec.	1.411	0.513	0.018	36.3
mean	1.440	0.518	0.027	36.0

(3) Third-fourth calving

Calving- month	Energy balance (MJ/W ^{0.75} /day)			FE (%) for milk
	MEI	Y	RE	
Jan.	1.426	0.536	0.004	37.6
Feb.	1.442	0.541	0.007	37.5
Mar.	1.474	0.558	0.008	37.8
Apr.	1.480	0.559	0.009	37.8
May	1.486	0.561	0.001	37.8
Jun.	1.438	0.529	0.016	36.8
Jul.	1.418	0.522	0.010	36.8
Aug.	1.431	0.528	0.012	36.9
Sept.	1.450	0.538	0.015	37.1
Oct.	1.440	0.535	0.012	37.2
Nov.	1.411	0.527	0.005	37.3
Dec.	1.416	0.533	0.001	37.7
mean	1.443	0.539	0.009	37.3

(4) Fifth or more calving

Calving- month	Energy balance (MJ/W ^{0.75} /day)			FE (%) for milk
	MEI	Y	RE	
Jan.	1.424	0.550	-0.009	38.6
Feb.	1.441	0.555	-0.005	38.5
Mar.	1.475	0.573	-0.005	38.8
Apr.	1.480	0.574	-0.003	38.8
May	1.483	0.575	-0.002	38.8
Jun.	1.435	0.542	0.003	37.8
Jul.	1.416	0.535	-0.002	37.8
Aug.	1.430	0.541	0.001	37.9
Sept.	1.448	0.551	0.004	38.0
Oct.	1.438	0.548	0.002	38.1
Nov.	1.410	0.540	-0.006	38.3
Dec.	1.415	0.548	-0.011	38.7
mean	1.441	0.553	-0.003	38.3

MEI : Metabolizable energy intake Y : Energy in milk produced RE : Retention energy in maternal body

FE for milk : Feed efficiency for milk production (=Y/MEI*100)

考 察

本研究で使用したエネルギー収支モデル^{5,6)}を現実の生産現場の乳牛管理の検討に利用するには、その飼養環境を反映したパラメータ値をモデルに適用することが前提条件となる。さらに、そのシミュレートされた結果が、現実の値を上手く予測する必要がある。

モデルに適用したパラメータ(表1)には、利用した乳牛群の飼養環境を考慮した値と文献値が利用されている。潜在的な泌乳曲線を定めるパラメータ値($P0, b, tp$)を分娩季節、産次数、および遺伝的差異によって変えた理由は、これらのパラメータが上記因子によって影響を受けることが、同一牛群の泌乳データから導かれたためである¹⁰⁾。本牛群内における成熟時体重(A)も遺伝的な差異があることが報告¹¹⁾されているが、同一系統間でも個体毎の A のばらつきが無視できないため、今回は各個体の廃棄時近くの体重測定値を利用した。泌乳初期の生理的要求量の曲線を定めるパラメータ(b', tpi)は、ARC⁹⁾の乳牛の自由摂取量の泌乳期間中の変動を示した値から算出したが、これは多数の研究結果を代表したものであり、乳牛の代表値として信頼できる。高温下でのエネルギー要求を制限する温度のパラメータ $Tc, Tmax$ には、いくつかの文献¹²⁻¹⁴⁾を参考にして設定した。ただし、パラメータ $b', tpi, Tc, Tmax$ の値は、飼養環境の違いによる影響から実際とは少し異なる可能性もある。

上記パラメータ値を用いてモデルシミュレーションを行った結果は、泌乳牛群の各産次における泌乳エネルギーおよび体蓄積エネルギーの動態を正確に説明している(図1)。また以前試験牛8個体に対してモデルをシミュレートした結果⁶⁾は、個々の乳牛の摂取、泌乳、体重の実測値の変動と一致しており、モデルの高い信頼性を示した。それゆえ当牧場の牛群飼養管理を検討のためのモデルシミュレーション利用の前提は満たしていると考えられる。

牛群の各産次の泌乳期間中の泌乳エネルギーと体蓄積エネルギーの動態においてシミュレート値と実測値がよく一致した結果(図1)は、牛群がシミュレートされた摂取エネルギーと同程度の摂取を行っていたことを示唆している。モデルは自由摂取を仮定しており、現実の飼養環境では粗飼料のみを自由摂取できるように群給飼している。それゆえ、乳牛が個々の飼料要求量を、粗飼料摂取で調節することは可能である。ただし、泌乳期3・4ヶ月以降の泌乳エネルギーは、2産次以降の牛群でわずかに予測値が実測値を上回っている。また、この時期体蓄積エネルギーの実測値がシミュレーション値を下回っている。モデルからの予測が正確であることを前提にすれば、これらのことからこの時期牛群の現実の摂取量が摂取可能量よりわずかに少ないと推察される。粗飼料の自由給餌により牛群の飼料要求量を完全に満たすには、競争

採食による牛群内ストレスや、粗飼料に対する嗜好性、さらに管理者の正確な粗飼料給与を考慮する必要がありそれらを全て満たすのは困難である。それゆえ、当牧場の乳生産量を増加が期待される飼養管理として、2産次以上の3・4ヶ月以降の乳牛に対する濃厚飼料給与量を現在より高めに設定することが考えられる。また将来、粗飼料摂取量を増加させるためには、牛群の飼育密度、粗飼料の給与法や嗜好性および栄養価等の現在の飼養環境に対する詳細な検討が必要である。

泌乳期4ヶ月までの泌乳のための飼料効率の急激な低下と体蓄積のための飼料効率の急速な上昇（図2）を考慮すれば、この期間中の乳牛の飼養管理は特に注意を払う必要がある。これらの変化は、この時期の泌乳が摂取エネルギーに加えて体組織からのエネルギー変換によって生じていることを示唆している。すなわち分娩後から4ヶ月間は泌乳のための飼料効率と生産性が高く、それらに関わる体内の生理的な変化が大きいため、この時期の飼料給与に対して十分な注意を払うことは、乳牛の理想的な生産管理及び健康管理を行う上で重要と考えられる。

一般に5産次以上の乳牛の乳生産利用は経済性から推奨されていないが、本研究の結果は当牧場に対する乳牛管理に対してそのことが必ずしも当てはまらないことを示した（図1, 図2）。当牧場では乳牛の繁殖育成をおこなっているため1産次と2産次の牛も乳生産に利用されているが、これらの産次は、結果に示したように乳生産量および飼料効率が3産次以上のものより低い。更に、5産次以上の乳生産量および飼料効率は3・4産次のそれとほとんど変わらない。それゆえ、健康上もしくは乳質上問題がないことを前提にすれば、当牧場では5産次以上の乳牛も飼養する現在の飼養法を続けていくことが生産効率および経済性の点から有効といえる。

各産次で分娩月を変えてシミュレーションさせた結果（表2）は、全産次ともに3-5月に分娩させることが乳生産量および飼料効率の点から有効であることを示唆した。この季節に分娩した牛は、泌乳期間中の乳量の動態を考慮すれば牛乳消費量の多い夏期に多くの乳量を生産することが期待される。更に冬季には乳量の減少に伴い摂取量が少なくなると予想されるので、冬期の飼養管理のための粗飼料生産（乾草やサイレージ）を低く押さえることが可能である。それゆえ経済性や飼料管理の点から考えても、当牧場での3-5月に牛群の分娩期を集中させる繁殖管理は推奨しても良いと考えられる。

逆に全産次とも7-8月と11月に分娩した牛は乳量が少なく、6-8月に分娩した牛は泌乳のための飼料効率が低くなることが示された（表2）。このことから、乳量、飼料効率の点からは6-8月に牛を分娩させるのはできるだけ避けた方がよいと推察される。ただし、6月に分娩した牛は9月分娩と共に体蓄積エネルギーが他の分娩季節より勝っている、それゆえ成長期にある1産次もしくは2産次の牛で、乳生産より成長促進を重視したいときは、この時期に分娩させることも考えられる。

本モデルは乳牛のエネルギー代謝システムを基礎とした汎用型モデルであり、種々の条件下の乳牛管理の検討に応用できる。しかし、上述した乳牛管理の考察は、本牧場で飼養されている牛群のパラメータ値をモデルに適用したことで導かれたものであり、全ての泌乳牛群の管理に適用できるわけではない。パラメータ値の違いにより、導かれる結果は異なる。それゆえ、他の牛群飼養管理に対する検討を行う際には、その飼養環境に適したパラメータを調査しモデルシミュレーションを実行させる必要がある。

参 考 文 献

- 1) 広岡博之・山田行雄：肉用牛の成長と生産に関するシステム分析-とくにその生物学的効率について-。日畜会報58:365-373, 1987.
- 2) 広岡博之・山田行雄：肉用牛の成長と生産に関するシステム分析-とくにその経済的評価について-。日畜会報58:388-395, 1987.
- 3) Broadbent, P.J., Topps, J.H., Clark, J.J. & Bruce, J.M.: Evaluation of a model of the energy system of lactating and pregnant cows. *Anim. Prod.* 38:363-375, 1984.
- 4) Kahn, H. E. & Lehrer, A.R.: A dynamic model for the simulation of cattle herd production systems: part 3- reproductive performance of beef cows. *Agric. Syst.* 13: 143-159, 1984.
- 5) Itano, S., Okubo, T., Akiyama, T., Hashimoto, Y. & Watanabe, N.: Modeling the dietary intake of lactating dairy cows and

- its simulation. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (64) : 89-101, 1999.
- 6) Itano, S., Okubo, T., Watanabe, N. & Akiyama, T.: Modeling and simulating the energy balance of lactating dairy cows. Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (65) : 127-136, 2000.
 - 7) 農林水産技術会議事務局：“日本飼養標準・乳牛” 東京：中央畜産会, 1974.
 - 8) 農林水産技術会議事務局：“日本飼養標準・乳牛” 東京：中央畜産会, 1987.
 - 9) Agricultural Research Council: "The nutrient requirements of ruminant livestock" Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980.
 - 10) 板野志郎・大久保忠旦：泌乳曲線モデルによる乳牛の泌乳エネルギーの動態の遺伝，産次，分娩季節間差異の解析．岐大農研報 (58) : 107-114, 1993.
 - 11) 板野志郎・大久保忠旦・沢崎徹・松井寛二：ホルスタイン種乳用牛の成長パラメータ値とその家系間差．日畜会報63:332-334, 1992.
 - 12) Arnold, G. W. & Dudzinski, M. L.: "Ethology of free-ranging domestic animals" Amsterdam: Elsevier Sci. Publ. Co., 1978.
 - 13) 向井彰夫・宍戸弘：“乳牛の暑熱対策” 東京：全国乳質改善協会, 1981.
 - 14) National Research Council: "Nutrient Requirements of Beef Cattle" 6th revised ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1984.