

西南暖地における産次別および分娩季節別泌乳曲線の特徴

古賀康弘・山下克之¹⁾

(畜産研究所)

福岡県内で乳用牛群検定を実施した2,993頭のデータを用いて、分娩後日数を説明変数とする五次回帰式泌乳曲線を作成し、北部九州における産次別および分娩季節別の特徴を明らかにした。産次別の泌乳曲線では、初産次は、最高日乳量および305日乳量が最も少なく、泌乳ピーク以降の乳量低下が最も緩やかであった。2産次は、初産次に比較して最高日乳量が120.9%、305日乳量が110.6%と大幅に増加し、泌乳ピーク以降の乳量低下が急であった。最高日乳量および305日乳量は、4産次が最も多く、その後の産次で漸減した。分娩季節別の泌乳曲線では、1～3月分娩は最高日乳量が他の分娩季節に比べて多く、泌乳ピーク以降の乳量低下が急であった。4～6月分娩は最高日乳量が少なく、泌乳ピーク以降の乳量低下が緩やかな傾向であった。このような泌乳曲線のパターンの違いは、305日乳量水準が9,000kg以上の高泌乳牛において顕著であった。305日乳量に対する分娩季節の影響は、305日乳量水準が7,000kg台および8,000kg台の乳牛においては極めて小さく、このことは、生産現場において普及している暑熱対策が一定の効果をもたらし、乳量低下が軽減された結果と考えられた。

[キーワード：泌乳曲線、産次、分娩季節、日乳量]

Influences of Parity and Calving Season on Lactation Curve described by a Multiple Regression Model in Northern Kyushu. KOGA Yasuhiro and Katuyuki YAMASHITA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Rec. Cent.* 18:101-105(1999)

The features of lactation curves in the different parity and calving season were investigated, using a multiple regression model based on 2,993 Holstein milk performance test records in Fukuoka. The peak daily milk yield and the 305-day milk yield calculated by the lactation curve formula in the second parity were 20.9% and 10.6%, respectively, higher than those in the first parity. The peak daily milk yield and the 305-day milk yield were highest in the fourth parity. The persistency index of lactation in the first parity was highest, and that in the second parity was lowest. The peak daily milk yield in the case of calving in Jan. - Mar. was higher than that of calving in other month, and the daily milk yield after the peak fell more rapidly. The peak daily milk yield in the case of calving in Apr. - Jun. was lower than that of calving in other month, but the daily milk yield after the peak fell gradually. The influences of calving season on the peak daily milk yield and the persistency index of lactation were more pronounced in the dairy cattle with the capacity of 305-day milk yield level above 9,000kg than in those with the lower capacity.

[Key words : lactation curve, parity, calving season, daily milk yield]

緒 言

乳牛において泌乳能力の指標となる305日乳量は、一乳期における乳量変化を累積したものであり、フィールドデータに基づく乳量変化を数式化して泌乳曲線を作成し、その特徴を明らかにすることにより、地域特性を考慮した簡易な能力評価が可能となる。また、産次別および分娩季節別に泌乳曲線を表すことにより、飼養管理の改善指標として活用することができる。

乳牛の泌乳成績は、環境要因の他、遺伝的能力や生産技術など数多くの要因が関与しており⁸⁾、特に、西南暖地においては、暑熱ストレスが乳牛の生理機能や生産性を低下させることは良く知られた現象である⁹⁾。しかし、これらの暑熱ストレスに関する知見は、限られた飼養条件に基づくものであり、西南暖地において一乳期をとおした泌乳曲線として検討されたものは少ない⁹⁾。乳牛の泌乳曲線としては、指数関数式であるWOODの実験式¹¹⁾が広く知られているが、分娩直後からの急激な日乳量増加に対応できないことが指摘されている^{1,2)}。また、泌乳

曲線のパラメータは飼養されている地域の環境や乳牛の能力水準により異なり、泌乳曲線を用いて乳牛の泌乳成績に対する要因の影響を分析する場合、地域の実測データの変化に忠実な統計モデルを採用する必要がある。

そこで、本県の牛群検定データを用いて指数関数式および多次回帰式の推定精度を検討し、乳量変化に良く適合する泌乳曲線モデルを採用することにより、産次別および分娩季節別泌乳曲線の特徴を分析した。

材料および分析方法

1 調査対象

調査対象の分析データは、1992～1994年の3年間に福岡県内で乳用牛群検定を実施したホルスタイン種雌牛14,273頭の泌乳記録とした。これらの泌乳記録は、分娩後毎月1回の立会調査に基づく検定日乳量、乳成分等の泌乳成績および産次、分娩月日等の繁殖成績から構成されているが、検定回次ごとの分娩後日数にバラツキが大きい。そこで、泌乳曲線の推定精度を高めるため、本報告で泌乳曲線作成に採用した分析データは、分娩日から初回検定日までの日数が23日以上記録は除外した。

1) 現農政部畜産課

すなわち、初乳期間を7日間として、その後半月以内に初回検定が行われている泌乳記録を採用した。さらに、泌乳記録が一部欠落したり、検定間隔が2ヶ月以上空いたものは削除し、最終的に2,993頭の泌乳記録を分析対象とした。

2 泌乳曲線の統計モデルと推定精度

泌乳曲線を作成するための統計モデルの候補として、以下の指数関数式および多次回帰式を採用し、寄与率および標準誤差により推定精度を検討した。

指数関数式 (WOODの実験式¹¹⁾) :

$$y_n = a \times n^b \times e^{-cn}$$

多次回帰式 :

$$y_n = a + b_1 \times n + b_2 \times n^2 + b_3 \times n^3 + b_4 \times n^4 + b_5 \times n^5$$

- y_n …分娩後n日目の日乳量
- n …分娩後の経過日数
- a, b, c …定数, $b_1 \sim b_5$ …係数
- e …自然対数の底

3 産次別ならびに分娩季節別の泌乳成績

2の結果に基づき、本県乳牛の乳量変化に良く適合した統計モデルを用いて、産次別ならびに分娩季節別に泌乳曲線を作成し、最高日乳量到達日、最高日乳量、泌乳持続性指数および305日乳量を推定した。なお、泌乳持続性指数は、分娩後101~200日間の累計乳量を分娩後100日間の累計乳量で除し、百分率にした数値である。

4 305日乳量と各要因間の相関関係

305日乳量に対する要因の影響および各要因間の相関関係を明らかにするため、以下の統計モデルにより重回帰分析を行った。

$$Y_{305} = a + b_1 \times D_1 + b_2 \times D_2 + b_3 \times D_3 + b_4 \times D_4 + b_5 \times M_D + b_6 \times M_M + b_7 \times M_C + b_8 \times P + b_9 \times C$$

- Y_{305} …305日乳量
- $D_{1 \sim 4}$ …305日乳量に対する分娩季節の影響および分娩季節と各要因間の関係を明らかにするため、分娩季節をダミー変数によって処理した。
 1~3月分娩の場合は、 $D_1 = 1, D_{2 \sim 4} = 0$ 。
 4~6月分娩の場合は、 $D_2 = 1, D_{1 \sim 3, 4} = 0$ 。
 7~9月分娩の場合は、 $D_3 = 1, D_{1 \sim 2, 4} = 0$ 。
 10~12月分娩の場合は、 $D_4 = 1, D_{1 \sim 2, 3} = 0$ 。

- M_D …最高日乳量到達日
- M_M …最高日乳量
- M_C …泌乳持続性指数：(分娩後101~200日間の累計乳量) / (分娩後100日間の累計乳量)
- P …産次
- C …305日濃厚飼料給与量
- a …定数, $b_{1 \sim 9}$ …係数

結 果

1 泌乳曲線モデルの推定精度

泌乳曲線モデルの寄与率および推定値平均±標準誤差を第1表に示した。

分娩後毎月の検定日乳量を指数関数式および多次回帰式にあてはめた結果、指数関数式の寄与率は99.3%と高

第1表 泌乳曲線モデルとしての指数関数式および多次回帰式の推定精度

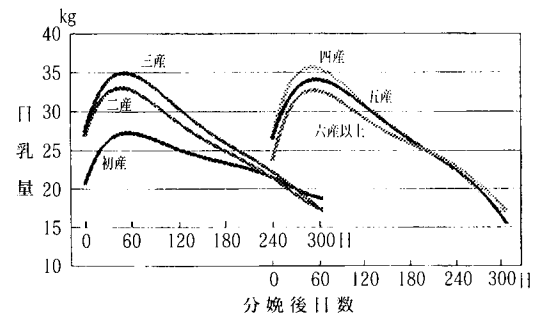
区 分	指数関数式	多次回帰式		
		三次式	四次式	五次式
寄 与 率	99.3%	96.4%	99.5%	99.9%
推定値平均	25.2	25.3	25.1	25.2
±標準誤差	±0.39kg	±1.08kg	±0.47kg	±0.17kg

いが、推定値の標準誤差は0.39kgであり、305日乳量の誤差に換算すると119kgでやや大きかった。一方、多次回帰式においては、三次式では指数関数式より寄与率は劣るが、四次式以上に説明変数を増やすと、寄与率は指数関数式を上回り、五次式における寄与率はほぼ100%に近く、推定値の標準誤差は0.17kgと小さくなった。このようなことから、五次回帰式泌乳曲線を用いて、産次別および分娩季節別に乳量変化の検討を行った。

2 産次別の泌乳曲線および泌乳成績

第1図および第2表に、産次別の泌乳曲線および同泌乳曲線式から推定した泌乳成績を示した。

初産次の最高日乳量は、他の産次に比較して最も少なく、305日乳量も同様に少なかったが、泌乳持続性指数は大きく、泌乳ピーク以降の乳量減少は緩やかであった。2産次では、初産次に比較して最高日乳量は120.9%と大幅に向上し、泌乳持続性指数は最も小さくなるが、305日乳量は初産次の110.6%に増加した。3産次では、2産次に比較して最高日乳量は105.8%、305日乳量は104.9%に増加した。4産次では、最高日乳量および305日乳量は最も多く、3産次に比較して最高日乳量は102.3%、305日乳量は100.9%であった。5産次では、4産次に比較して最高日乳量は95.5%、305日乳量は98.1%であった。6産次以上では、5産次に比較して最高日乳量は95.9%、305日乳量は97.7%であった。



第1図 産次別の泌乳曲線

第2表 五次回帰泌乳曲線により推定した産次別泌乳成績

産 次	最高日乳量到達日(日)	最高日乳量(kg)	泌乳持続性指数(%)	305日乳量(kg)
初 産	57	27.3	93.6	7,211
2 産	48	33.0	84.7	7,976
3 産	52	34.9	84.8	8,366
4 産	53	35.7	85.0	8,442
5 産	58	34.1	87.6	8,285
6産以上	55	32.7	88.8	8,095

3 分娩季節別の泌乳曲線および泌乳成績

第2図および第3表に、分娩季節別の泌乳曲線および同泌乳曲線式から推定した泌乳成績を示した。

分娩季節別の泌乳曲線を比較すると、特に、305日乳量水準が9,000kg以上において、1～3月と4～6月分娩の違いが大きかった。一方、305日乳量水準が7,000kg台および8,000kg台では、分娩季節間による違いはほとんど認められず、各泌乳曲線はほぼ重なり合った。

1～3月分娩の最高日乳量到達日は、分娩後55～62日であり、305日乳量水準が高くなるに従って遅くなった。

最高日乳量到達の時期は2～6月にあたり、最高日乳量は他の分娩季節に比べて最も多く、泌乳持続性指数は小さくなる傾向が認められた。このような傾向は、305日乳量水準が9,000kg以上において顕著であった。4～6月分娩の最高日乳量到達日は、分娩後49～50日で他の分娩季節に比べて早くなった。最高日乳量到達の時期

は5～8月にあたり、最高日乳量は他の分娩季節に比べて少なく、泌乳持続性指数は大きかった。このような傾向は、305日乳量水準が9,000kg以上において特に顕著であった。7～9月分娩の最高日乳量到達日は、分娩後55～60日であり、1～3月分娩と同様に乳量水準が高くなるに従って遅くなる傾向であった。最高日乳量到達の時期は8～11月にあたり、305日乳量水準が9,000kg以上においては、最高日乳量は4～6月分娩に次いで少なかった。10～12月分娩の最高日乳量到達日は、分娩後52～54日であった。最高日乳量到達の時期は11～2月にあたり、305日乳量水準が9,000kg以上においては、最高日乳量は1～3月分娩に次いで多かった。

4 305日乳量と各要因間の相関関係

第4表に305日乳量と各要因間の相関係数を示した。

305日乳量と最も高い相関関係を示す要因は最高日乳量であり、その相関係数は0.841、次いで305日濃厚飼料給与量0.539、産次0.173、最高日乳量到達日0.111であった。

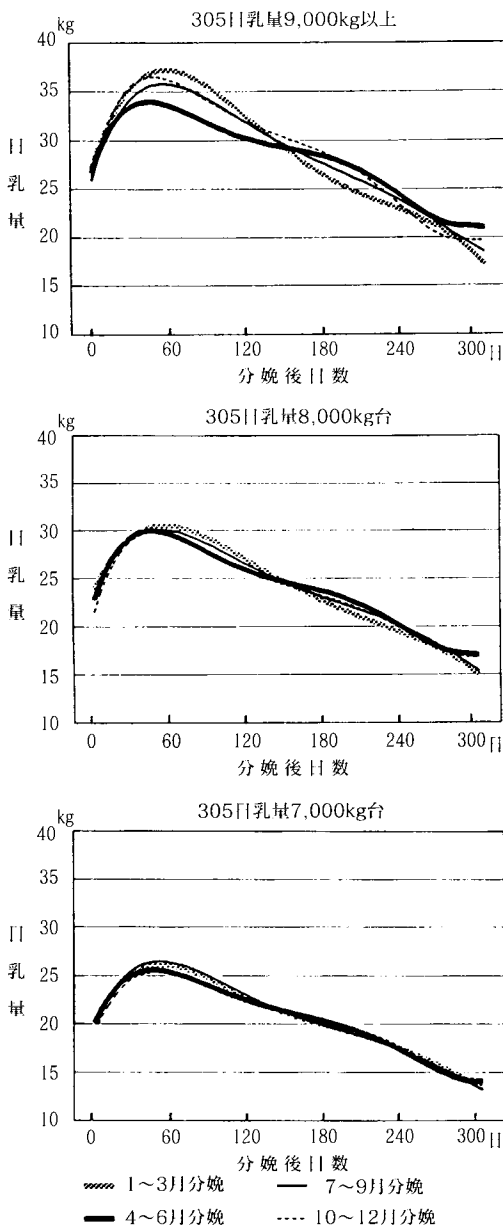
産次と泌乳成績に影響する他の要因との相関関係では、産次と最高日乳量との間には正の、産次と泌乳持続性指数との間には負の有意な相関関係が認められた。

分娩季節と泌乳成績に影響する他の要因との相関関係では、分娩季節と最高日乳量との間には、1～3月分娩では正の、10～12月分娩では負の有意な相関関係が認められた。また、分娩季節と泌乳持続性指数との間には、1～3月分娩では負の、4～6月分娩では正の有意な相関関係が認められた。これらの相関関係は、305日乳量水準が9,000kg以上において特に強くなった。

305日乳量と季節ダミー変数との間で統計的に有意な相関係数が得られたのは、305日乳量水準が9,000kg以上においてのみであり、1～3月分娩の場合の0.197(1%水準)、7～9月分娩の場合の-0.086(5%水準)であった。

考 察

乳牛の泌乳曲線にはWOODの実験式¹⁾の他、対数変換による線形化の際に生じる歪みを補正した重み付けモデル^{3,12)}や林ら^{1,2)}が振動モデルと名付けた指数関数式があ



第2図 分娩季節別の泌乳曲線

第3表 5次回帰泌乳曲線により推定した分娩季節別泌乳成績

305日乳量水準	分娩季節	最高日乳量到達日(日)	最高日乳量(kg)	泌乳持続性指数(%)	305日累計乳量(kg)
9,000kg以上	1～3月	62	42.2	87.2	10,243
	4～6月	49	39.0	92.5	10,167
	7～9月	60	40.8	90.7	10,225
	10～12月	52	41.5	90.8	10,355
8,000kg台	1～3月	60	35.5	88.7	8,875
	4～6月	50	35.0	90.3	8,889
	7～9月	57	35.1	89.7	8,873
	10～12月	54	34.9	90.3	8,797
7,000kg台	1～3月	55	31.2	89.2	7,886
	4～6月	50	30.6	90.7	7,839
	7～9月	55	31.5	88.6	7,890
	10～12月	52	30.4	91.5	7,817

第4表 305日乳量と各要因間の相関係数

要因	季節ダミー変数				最高日乳量 到達日Mb	最高日乳量 Mm	泌乳持続性 指数Mc	産次 P	濃厚飼料 給与量C	305日乳量 Y ₃₀₅
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄						
D ₁	-0.300 (-0.367)	-0.409 (-0.394)	-0.191 (-0.171)	-0.017 (-0.050)		0.137** (0.316)**	-0.118** (-0.335)**	-0.021 (0.007)	0.081 (0.020)	0.072 (0.197)**
D ₂		-0.499 (-0.524)	-0.233 (-0.228)	-0.060 (-0.051)		-0.011 (-0.239)**	0.170** (0.345)**	-0.098* (-0.165)**	0.064 (0.004)	0.058 (-0.034)**
D ₃			-0.319 (-0.244)	0.043 (0.085)*		-0.029 (0.055)	-0.081 (-0.092)*	0.250** (0.276)**	-0.062 (0.042)	-0.065 (-0.086)*
D ₄				0.036 (0.013)		-0.106* (-0.151)**	0.035 (0.067)	-0.212** (-0.196)**	-0.090* (-0.102)*	-0.066 (-0.080)
Mb						-0.061 (-0.065)	0.430** (0.421)**	-0.051 (-0.102)*	-0.002 (-0.079)	0.111** (0.079)
Mm							-0.330** (-0.504)**	0.346** (0.257)**	0.494** (0.374)**	0.841** (0.700)**
Mc								-0.190** (-0.250)**	-0.025 (-0.083)*	0.016 (-0.123)**
P									0.128* (0.119)**	0.173** (0.123)**
C										0.539** (0.301)**

注)①()内は、305日乳量水準が9,000kg以上における相関係数。

②**は1%水準、*は5%水準で有意。

り、これらの指数関数式の寄与率は0.81～0.94^{1,3,12)}とされている。本報告におけるWoodの実験式¹¹⁾の寄与率は99.3%と高いが、分娩後の日乳量の急激な上昇や分娩後150～200日頃に訪れる緩やかな第二ピークに対応できずに、実測データと推定値の間にズレが生じる⁹⁾。泌乳曲線を用いて一定期間の乳量を比較検討する場合、日乳量推定値のズレが累積されるため、産次別や分娩季節別に期間乳量および泌乳持続性の検討においては、五次回帰式が有効と考えられた。

産次別の泌乳曲線については、津吉¹⁰⁾が栃木県酪農試験場のデータを用いて、分娩後月数を説明変数とする多次回帰式により、低産次のものほど最高日乳量が低く、泌乳ピーク以降の乳量減少は緩やかで、最高日乳量や305日乳量の最も多い産次は、4産次であると報告している。また、鈴木ら⁸⁾も、北海道の牛群検定成績において、初産から4産にかけて泌乳成績が向上するなかで、初産から2産にかけての最高日乳量と泌乳持続性の変化が特に大きいことを示している。これらの報告は、1980年以前の305日乳量が6,000kg以下の牛群における分析結果であるが、305日乳量平均が8,000kg程度に向上している本報告と同様な傾向を示している。泌乳曲線のパターンは地域性によって異なると考えられるが、産次の進行に伴う最高日乳量および泌乳持続性等の移り変りは、泌乳曲線のパターンが異なっても、また、乳牛の改良によって泌乳能力が向上しても、ほとんど変わらないことが推察された。

分娩季節別の泌乳曲線については、305日乳量水準が9,000kg以上の牛群において、泌乳曲線のパターンには顕著な差が認められ、1～3月分娩では暑熱期前に泌乳最盛期となるため、他の分娩季節に比べて最高日乳量は最も多いが、暑熱期に当たる泌乳最盛期以降の乳量は急激に低下する。一方、4～6月分娩は、暑熱期に泌乳最盛

期を迎えるため、最高日乳量は最も少ないが、その後の乳量低下は緩やかである。このような1～3月分娩と4～6月分娩の最高日乳量の差は3.2kg、泌乳持続性指数の差を日乳量に換算すると約2.0kgである。西南暖地における暑熱環境が、乳牛の泌乳成績に及ぼす影響については、柴田⁶⁾が6月後半から9月前半までの乳量の減少率は17～20%、日乳量で1～3kg減少すると報告している。この知見は、日乳量が20kg程度の乳牛6～8頭を用いた飼養試験から得られた結果であるが、本報告において、一乳期の泌乳曲線から得られた最高日乳量時および泌乳中期の日乳量減少量とはほぼ一致している。

また、田中ら⁹⁾は、鹿児島県の牛群検定成績を8,000kg以上および8,000kg未満の牛群に分類した後、Woodの実験式¹¹⁾を用いて分娩月別に泌乳曲線を作成し、5～8月分娩では泌乳ピークはほとんど認められず、305日乳量も他の分娩季節に比べて少なく、このような現象は305日乳量水準が8,000kg以上の牛群でより顕著であったと報告している。乳牛にとって分娩後2ヶ月程度は、乾物摂取量が減少し、エネルギーバランスが負の状態であり、この時期の暑熱の影響は、高能力な乳牛ほど大きな負担となる。本報告においても、305日乳量水準が9,000kg以上の高泌乳牛において、4～6月分娩の最高日乳量は他の分娩季節に比較して顕著に少ないが、泌乳ピークは明確に認められるとともに、泌乳持続性指数が大きいこと、田中ら⁹⁾の報告に比べて305日乳量の減少傾向は小さい。このように、西南暖地においても本県が位置する北部九州と南九州では、地域性の違いにより乳牛の泌乳性も大きく異なると考えられた。一方、305日乳量水準が7,000kg台および8,000kg台において、分娩季節の影響が極めて小さかったことは、生産現場で普及している暑熱対策が一定の効果をもたらした、乳量低下が軽減された結果と考えられた。

引用文献

- 1) 林孝 (1995) 新しい泌乳曲線モデルを利用した1乳期乳量の簡易な推定. 畜産の研究 **49**(8) : 39 - 44.
- 2) HAYASHI Takashi and Yoshitaka NAGAMINE (1993) Estimation of Lactation Curve by Only Tow Samplings of Daily Yield. Anim. Sci. Technol.(Jpn.) **64**(12) : 1149 - 1155.
- 3) 貴志和男・飯野弘・立川征夫・田鎖高晴・河西直樹・横内圀生(1980)乳牛における泌乳曲線実験式による305日間乳量の推定. 日畜会報 **53**(1) : 23 - 28.
- 4) 古賀康弘・山下克之・柿原孝彦・小島雄次・上田允祥(1998)多次回帰式泌乳曲線の推定精度と産次・分娩季節要因による影響. 九州農業研究 **60** : 94.
- 5) 小林茂樹(1997)乳牛の泌乳量指標としての分娩間隔1日当たり乳量とその変動要因. 畜産の研究 **31**(9) : 39 - 41.
- 6) 柴田正貴(1983)高温環境下における乳牛のエネルギー代謝と乳生産. 九農試報告 **23**(2) : 253 - 319.
- 7) 菅野継嘉・渡辺欽一・峰崎康裕・泉徳和・斉藤昶・大久保貞裕・横内圀生(1980)乳牛における泌乳曲線パラメータの表型および遺伝的特性. 日畜会報 **52**(6) : 480 - 482.
- 8) 鈴木三義・光本孝次(1976)搾乳量フィールドデータの部分記録の拡張における産次と季節の効果. 日畜会報 **47**(11) : 632 - 638.
- 9) 田中和宏・井口寿郎・川畑明治・川野洋・今村一秋(1996)西南暖地における分娩月別泌乳曲線と乳生産性. 鹿児島畜試研報 **29** : 33 - 45.
- 10) 津吉炯(1979)農業技術体系畜産編2. 農山漁村文化協会 : 320 - 325.
- 11) Wood, P.D.P (1969) Factors affection the shape of the lactation curve in cattle. Anim. Prod. **11** : 307 - 316.
- 12) 横内圀生(1980)乳牛の泌乳曲線および鶏の産卵曲線あてはめにおける重みつき最小二乗法. 日畜会報 **52**(4) : 314 - 316.