

肉用牛の授乳量に及ぼす2,3の要因の検討ならびに授乳量の推定法について

誌名	中国農業試験場報告. B, 畜産部 = Bulletin of the Chugoku Agricultural Experiment Station. Series B
ISSN	03667464
著者	寺田,隆慶, 吉田,正三郎, 小野寺,勉,
巻/号	24号
掲載ページ	p. 23-36
発行年月	1979年3月

肉用牛の授乳量に及ぼす 2, 3 の要因の 検討ならびに授乳量の推定法について

寺田隆慶・吉田正三郎*・小野寺 勉**

目 次

I 緒 言	23
II 材料及び方法	23
1 供試材料	23
2 授乳量の測定法	23
3 結果のとりまとめ	24
III 結果及び考察	24
1 授乳量に影響する要因	24
2 授乳量の推定法	28
IV 摘 要	31
引用文献	32
Summary	34
付 表	35

I 緒 言

肉用牛の子牛では、その発育に対する母性効果が大きく^{5,9,10)}、離乳時にみられる体重変動の60~66%は母牛の乳量から説明されている^{14,22)}。また、この離乳時体重のリピータビリティも比較的高い⁹⁾。離乳時体重は子牛の販売価格を左右する大きな要因の一つであるので、肉用牛の繁殖経営にとって、母牛の乳量は極めて重要な形質である。また、母牛の乳量を的確に知っておくことは、子牛に対する別飼いや母牛に対する授乳期の増し飼いやなど、母子牛群の日常的な飼養管理上からも重要なことである。

外国では、米国を中心に育成法¹⁾、飼養管理法²⁾、品種¹²⁾及び年齢¹³⁾(産次)など肉用牛の乳量に影響する要因の研究が、母牛の乳量の推定法^{11,23)}をも含めた各方面から行われている。一方、わが国における肉用

牛乳の量に関する調査・研究は、子牛や母牛の飼養管理に関する試験の1調査項目として実施されたものが多く^{19,30)}、乳量の変動因についての研究はほとんど行われていない。また、肉用牛の乳量の簡易推定法についての研究は、わずかに大久保・石原の報告¹⁸⁾があるのみである。

そこで、本報では既報のデータを再分析することにより、肉用牛の乳量に影響する2, 3の要因を明らかにするとともに、あわせて母牛の乳量の簡易推定法を①体重差法の簡易法及び②子牛の体重と増体量から推定する間接法の二面から検討を行った。

II 材料及び方法

1 供試材料

供試材料はわが国の代表的な肉用種である黒毛和種54頭^{7,30)}、褐毛和種11頭³⁰⁾及び日本短角種6頭⁷⁾と外国種のヘレフォード種5頭³⁰⁾の計4品種76頭の成雌牛(以下、母牛という)の授乳量記録である。これらの母牛の飼養条件、管理方法などは既報^{7,30)}のとおりである。

なお、以下の記述にあたって品種名及び飼養条件は第1表に示したように、黒毛和種、褐毛和種、日本短角種及びヘレフォード種を、それぞれB, Br, Sh及びHで表わし、さらに放牧飼養の場合はそれぞれの品種を表わす略記号の後に・pを添えて示すようにした。

2 授乳量の測定法

母牛の乳量は体重差法で求めたが、その詳細は既報のとおりである^{7,30)}。

なお、本報では、母牛の乳量を授乳量と呼ぶことにした。これは母牛が子牛に哺乳した直後にも飲み残し

昭和53年8月20日受理

* 現 東北農業試験場

** 岩手県畜産試験場

第1表 供試牛の概要¹⁾

飼養形態	品 種	略記号	供試頭数	体 重 ²⁾ kg	産 次	資料No
舎飼い飼養						
	黒 毛 和 種	B	48	436.9±59.8	4.3±1.9	} 30
	褐 毛 和 種	Br	11	494.9±36.7	3.1±1.3	
放牧飼養						
	黒 毛 和 種	B.p	6	425.7±40.2	3.3±1.2	} 7
	日 本 短 角 種	Sh.p	6	528.5±55.5	4.3±1.2	
	ヘレフォード種	H.p	5	498.2±81.5	4.6±2.6	

1) 平均値及び標準偏差 2) 分娩直後の体重

乳があることが知られており⁶⁾、体重差法で求めた母牛の乳量と母牛の絶対泌乳量とは区別して扱う必要があると考えたためである。

3 結果のとりまとめ

データの統計分析は、農林研究計算センターの登録プログラムを用いて同センターで実施した。すなわち、授乳曲線の実験式の作成及び子牛の体重と増体量に基づく授乳量の推定式は川端⁹⁾の方法、授乳量及び子牛体重の分散分析は西田¹⁶⁾と横内²⁹⁾の方法、授乳量の重共分散分析は野中¹⁷⁾の方法をそれぞれ用いた。

III 結果及び考察

1 授乳量に影響する要因

肉用牛の授乳量に影響する要因として外国では多くの項目が取り上げられているが²⁰⁾、本報では品種、飼養条件、産子の性、母牛の体重、産歴(年次)及び乳徴の審査減率の6項目を取り上げた。

1) 品種及び飼養条件と授乳曲線

各品種の授乳量とその授乳特性を調べるため、授乳(泌乳)曲線を求めた。乳牛の泌乳曲線の実験式についてはBRODYをはじめ多くの研究者の報告¹³⁾があるが、本報では実験式の特性値が比較的求めやすいWOOD³³⁾の実験式を用いた。すなわち、

$$Y_n = a n^b \exp(-cn) \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 Y_n は分娩 n 週後における授乳量(kg/日)、 a 、 b 及び c は定数である。

式(1)から分娩後 t 週までの授乳量は

$$Y_t = a \int_0^t n^b \exp(-cn) dt \dots\dots(2)$$

1日当たりの最大授乳量は分娩後 b/c 週に $a(b/c) \exp(-b)$ kg である。

総授乳量は式(1)から

$$Y = \frac{a}{c^{b+1}} \Gamma(b+1) \dots\dots(3)$$

となる。後で述べるように実験式における定数 b は、一般的に $b < 1$ であるから $\Gamma(b+1)$ は近似的に1とみなされる、したがって式(3)は

$Y \approx a/c^{b+1}$ となり、定数 a が等しいときに総授乳量 Y は $c^{-(b+1)}$ の関数として表わされるようになるので、 $c^{-(b+1)}$ は授乳量の持続性を示すものと考えられ、この値が大きいほど授乳(泌乳)の持続性がよい(以下では、 $c^{-(b+1)}$ を授乳持続性指数という)。

各個体の実測授乳量から式(1)へのあてはめは、まず式(1)を

$$\ln(Y) = \ln(a) + b \ln(n) + cn \dots\dots\dots(4)$$

の重回帰式の型に変形して、前述した川端⁹⁾の方法により定数 a 、 b 及び c を決定した。この計算は第1表に示した B、Br、B.p、Sh.p 及び H.p ごとに群内個体をこみにして行った。

授乳曲線は、

舎飼い飼養の場合

$$B; Y = 7.27 n^{0.0862n} \exp[-0.0440n] \dots\dots(5)$$

$$Br; Y = 6.51 n^{0.0924n} \exp[-0.0358n] \dots\dots(6)$$

放牧飼養の場合

$$B.p; Y = 5.53 n^{0.2311n} \exp[-0.0407n] \dots\dots(7)$$

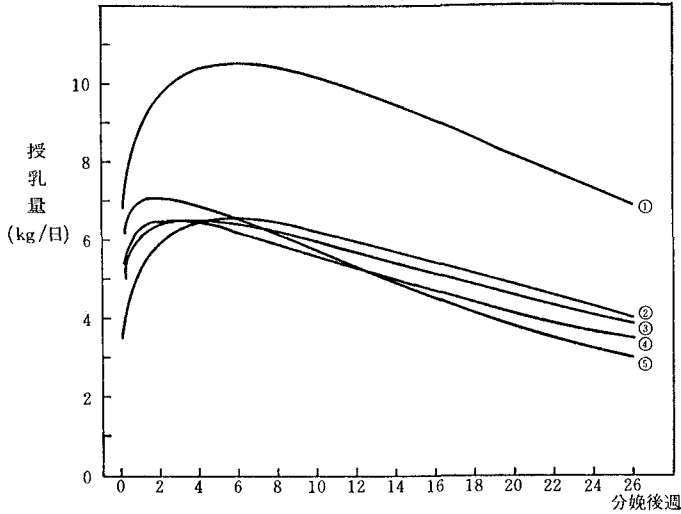
$$Sh.p; Y = 9.03 n^{0.2085n} \exp[-0.0365n] \dots\dots(8)$$

$$H.p; Y = 6.32 n^{0.1138n} \exp[-0.0366n] \dots\dots(9)$$

第2表 各品種ごとの授乳曲線の特性値

項 目	授乳曲線の実験式	182日総授乳量 ¹⁾ ,kg	最大授乳時の		授乳持続性指数 ⁴⁾
			分娩後週 ²⁾	授乳量 ³⁾ ,kg/11	
舎飼い飼養					
黒 毛 和 種	式(5)	926	2.0	7.1	29.8
褐 毛 和 種	式(6)	923	2.6	6.5	38.0
放牧飼養					
黒 毛 和 種	式(7)	1,004	5.7	6.6	51.5
日 本 短 角 種	式(8)	1,641	5.7	10.5	54.6
ヘレフォード種	式(9)	974	3.5	6.5	44.5

1) 式(2)より求める 2) b/c 3) $a(b/c) \exp(-b)$ 4) $c^{-(b+1)}$



第1図 各品種の授乳(泌乳)曲線

- ①日本短角種(放牧) ②黒毛和種(放牧) ③ヘレフォード種(放牧)
④褐毛和種 ⑤黒毛和種

で表わされ、式(5)~(9)の各特性値を第2表に示すとともに第1図にそれぞれの授乳曲線式を図示した。式(5)~(9)において、 Y は分娩後 n 週目における授乳量 ($\text{kg}/\text{日}$) である。

式(5)~(9)の各定数値は、授乳量が極めて多い Sh_p を除き、放牧した母牛の授乳曲線は舎飼いの母牛のそれに比べて定数 a が小さく、定数 b が大きかった。定数 a は、式(1)において、 $n^b \exp(-cn)=1$ のとき、 $Y_n=a$ となるから泌乳開始時の平均授乳量を表わす。この定数 a は Sh_p では他の品種に比べ著しく大きい値を示し、泌乳開始から授乳量が多いことを示している。一方、定数 b は、前に述べたように授乳量の持続性に影響する因子であって、放牧した母牛の授乳持続性指数 (44.5~54.6) は舎飼いの母牛のそれ (19.7~38.0) に比べて明らかに大きかった (第2表)。また、放牧した母牛の授乳量が分娩後最大となるのは 3.5~5.7 週、舎飼いの母牛では 0.9~2.0 週の範囲であるが、最大授乳量そのものは両者に差がないので、放牧飼養の母牛の授乳曲線は最大授乳量に達した後の授乳量の低下が極めて緩やかである。Sh_p の授乳曲線の特性値は同じ放牧飼養の B_p と H_p に比べ、総授乳量は著しく大きい値を示したが、最大授乳量に達する分娩後の週及び授乳持続性指数はこれら2品種とほぼ

等しく、授乳曲線の型は相互に似たものとなった (第1図)。

このように授乳曲線は飼養条件あるいはその品種特有の型があることを示唆する結果が得られた。しかしながら、式(5)~(9)の各定数とその特性値 (第2表) は、それぞれ群内個体を込みにして求め、品種間あるいは飼養条件間の有意差検定を実施していないので、今後さらに検討を要する点である。

黒毛和種について式(5)と式(7)から式(2)に準じて、182日間の授乳量を求めてみると舎飼い (B) 926 kg、放牧 (B_p) 1,004 kg となるから、182日間総授乳量そのものは放牧飼養によって低下しないことが考えられる。肉用牛の授乳量は放牧の強弱²¹⁾あるいは TDN の給与水準¹⁹⁾などの影響を比較的受けない形質であるので、本報で求めた182日総授乳量(第

2表)を、一応各品種の授乳量を表わすものと考えた。

日本短角種 (Sh_p) の182日総授乳量は極めて多く1,641 kgにも達したが、黒毛和種 (B_p)、ヘレフォード種 (H_p)、黒毛和種 (B) 及び褐毛和種 (Br) の総授乳量にはそう大きい差がなかった (1,004~923 kg)。1日当たりの平均授乳量ではそれぞれ9.0 kg、5.5 kg、5.4 kg、5.1 kg及び5.1 kgとなった。

日本短角種は改良の過程で乳用ショートホーン種が供用された関係で、乳量が極めて高い特性があるが²⁶⁾、本報で得た日本短角種の授乳量は肉用種のなかでも授乳量の多い肉用ショートホーン種の授乳量⁹⁾ (252日平均8.0 kg) と比べてもまさるとも劣らない成績であった。黒毛和種の180~182日平均授乳量は6.8 kg⁶⁾及び5.6 kg¹⁶⁾、同じく褐毛和種では5.3 kg³⁰⁾と報告されている。また、WILLHAM³¹⁾によれば英国系肉用種牛の1日当たり平均乳量は1.0~5.0 kgである。MELTON^ら¹²⁾はヘレフォード種の175日平均乳量を3.3 kgと報告している。本報の値はこれよりも約60%も多かった。十勝種畜牧場の成績²⁶⁾でも、ヘレフォード種の乳量が比較的多いことが認められている。

2) 産子の性、母牛の体重、産次及び乳徴

本項の取りまとめには舎飼いの黒毛和種 (B) 48頭の

授乳記録を用いた。供試した母牛のうち乳徴の審査減率の記載があったものは41頭であった。前にも述べたように、授乳曲線は各個体ごとに求めなかったもので、本項以下で用いる182日総授乳量(以下、総授乳量という)は各個体の実測値から次式で求めたものである。

$$\text{総授乳量 (kg/182日)} = 14 \left(\sum_{j=1}^n X_{ij} \right) \dots \dots \dots (10)$$

ここで X_{ij} は i 番目の母牛における分娩後 j 週目の授乳量 (kg/日) で、 $j = 1, 3, 5, \dots, 25$ である。

第3表 182日総授乳量に対する産子の性と飼養場所の効果¹⁾

項 目	供試頭数 (頭)	最小二乗平均 ²⁾ (kg)	要因の効果 (kg)
産子の性			
雄	26	952.0 ± 39.9	-24.7
雌	22	1,001.7 ± 43.5	24.7
飼養場所 ³⁾			
A	12	1,009.9 ± 57.9	32.9
B	12	996.9 ± 57.9	19.9
C	12	873.7 ± 58.1	-103.3
D	12	1,026.6 ± 59.8	50.6

1) 産子の性、飼養場所の効果とも有意差なし ($P < 0.05$) 2) 平均値 ± 標準偏差 3) A: 栃木酪農試, B: 岐阜種畜, C: 島根畜試, D: 鹿児島畜試

まず、総授乳量に対する産子の性、母牛の体重、産次及び乳徴の審査減率の影響を検討するまえに、授乳量に対する飼養場所の効果を検討した。この分散分析には第3表に示したように産子の性も要因として加え、両者の効果を最小二乗法¹⁶⁾によって求めたが、飼養場所及び産子の性とも5%水準で有意な効果は認められなかった。しかしながら、場所間に見られた総授乳量の差は最大100kg以上にも達したので、第3表に示した場所の効果の符号を逆にしたものを補正係数として、式(10)から求めた各個体の実測総授乳量を補正したのち、一連の重共分散分析を実施した(第4表、第5表)。重共分散分析における補助変数は表中に記したとおりである。

母牛の体重別の総授乳量は体重が324kg以下(322kg)、325~374kg(350kg)、375~424kg(396kg)、425~474kg(450kg)、475~524kg(502kg)及び525kg以上(528kg)のときに(括弧内は平均体重、以下ではこの区分けを平均体重で示す)、それぞれ839.3kg、930.1kg、917.2kg、946.8kg、1,041.7kg及び1,361.0kgであり、母牛の体重が大

第4表 182日総授乳量と母牛の体重との関係¹⁾

項 目	体 重 の 区 分 kg					
	324以下	325~ 374	375~ 424	425~ 474	475~ 524	525以上
供 試 頭 数, 頭	2	4	11	10	11	2
平均体重, kg	322	350	396	450	502	528
補 助 変 数						
乳 徴 の 減 率 %	22.0	22.0	22.7	22.3	22.1	22.0
産 次	3.0	4.3	3.7	4.4	4.6	6.0
母牛体重の増減 ²⁾ , kg	16	36	6	1	-22	-58
T D N 摂 取 量, kg/11	6.4	7.0	6.4	5.8	6.6	6.7
182日総授乳量, kg						
未 補 正 値	871.1	947.8	884.1	950.3	1,056.7	1,375.5
補 正 数 量 ³⁾	-31.8	-17.7	33.1	-3.5	-15.0	-14.5
補 正 値 ⁴⁾	839.3 ^a	930.1 ^b	917.2 ^c	946.8 ^d	1,041.7	1,361.0 ^{bed}
	±114.7	±87.9	±48.4	±49.1	±51.3	±127.5
体重100kg当たり ⁵⁾	260.7	265.7	231.6	210.4	207.5	257.8
(体重) ^{0.75} kg当たり ⁵⁾	11.0	11.5	10.3	9.7	9.8	12.4

1) 平均値 ± 標準偏差 2) 授乳期間(182日)中の増減 3) 補助変数に対する補正量 4) 同一行内の同じ肩付文字は有意($P < 0.05$) 5) 補正総授乳量を用いて

きくなるにつれて総授乳量も増加した(第4表)。乳用牛では乳量と体重との間に正の相関を認めたものが多い¹³⁾、肉用牛でも同様の関係にあるものと考えられる。

体重100kg当たりの総授乳量は、母牛の体重が322kg, 350kg, 396kg, 450kg, 502kg及び528kgのときに、それぞれ260.7kg, 265.7kg, 231.6kg, 210.4kg, 207.5kg及び257.8kg, また、メタボリックボディサイズ1kg当たり(B.WI^{0.75}, kg)の総授乳量は、それぞれ11.0kg, 11.5kg, 10.3kg, 9.7kg, 9.8kg及び12.4kgであった(第4表)。したがって、平均体重が最小、最大の区を除いて、体重が大きくなるにしたがって体重100kg当たりあるいはB.WI^{0.75}kg当たりの授乳量は低下する傾向があった。乳牛で産次別に、体重100kg当たりの総授乳量と体重との関係を調べた畜試の報告²⁵⁾では、すべての産次で負の相関を得ている。本報の場合も一部の例外を除けばこれと一致した傾向が認められ、肉用牛においても1乳期当

りの総授乳量は単位体重あるいはメタボリックボディサイズに比例して増加しないものと考えられる。

次に、産次別に総授乳量をみると1産と2産では差がなかった。しかし、3産以降では産次が大きくなるにしたがって総授乳量も増加し、8産で最大(1,169.3kg)となったあと9産では減少した(第5表)。乳用牛では各品種をつうじて7~8歳、5産次ぐらいで総授乳量が最大となる¹³⁾。DAWSONら³⁾は肉用ショートホーン種で2歳から8歳までは母牛の年齢が大きくなるほど乳量も増加すると述べ、NEVILLEら¹⁵⁾はヘレフォード種の乳量について年齢による補正係数を求め、乳量は5~6歳まで年齢とともに増加するが、6歳から9歳までの乳量は変らなかったと報告している。また、黒毛和種子牛の離乳時体重と授乳量との間には密接な関係があるが³⁰⁾、熊崎ら⁹⁾によれば黒毛和種子牛の離乳時体重は母牛が6~7歳のときにもっとも大きくなるので、黒毛和種の総授乳量は6~8産の間に最大になるものと考えられる。

第5表 182日総授乳量に対する母牛の産子の性、産次及び乳徴の効果

項 目	供 試 頭 数	182日授乳量 ¹⁾ , kg		重共分散分析の 補助変数
		未補正值	補 正 値	
産子の性				
雄	26	976.8	966.8±35.3	①産次 ②体重の増減 ²⁾
雌	22	1,000.7	1,001.7±38.3	
産 次				①母牛の体重 ②体重の増減 ²⁾
1	(1)	874.8	—	
2	7	874.9	890.1±73.8	
3	9	932.3	951.3±61.7	
4	14	1,015.2	993.8±51.4	
5	7	1,019.9	1,046.7±70.2	
6	5	1,019.8	1,002.0±82.1	
7	(1)	1,038.1	—	
8	3	1,201.5	1,169.3±106.5	
9	(1)	974.2	—	
乳徴減率 ³⁾				①母牛の体重 ②産次 ③体重の増減 ²⁾
25	3	685.7	705.3±111.8 ^a	
23	14	929.1	945.9±46.6 ^b	
22	15	1,012.3	1,018.6±46.7 ^c	
21	5	1,123.9	1,073.8±90.0 ^d	
20	2	1,047.3	1,013.5±129.2	
19	2	1,210.6	1,175.1±124.8 ^{abcd}	

1) 平均値±標準偏差, () 内は測定が1例のため計算より除外
2) 授乳期間(182日)の母牛体重の増減, kg 3) 列内同一肩付文字は有意 (P<0.05)

産次と体重は密接な関係にあり、ある産次までは産次とともに体重もふえるので、母牛の体重または産次と総授乳量の単相関係数を求めてみると、それぞれ0.657, 0.368となり (P<0.01)、総授乳量は産次よりもむしろ母牛の体重に影響されるようである。

産子の性による総授乳量の差は、場所間の補正を行った後、あらためて重共分散分析を行っても有意にならなかった(第5表)。NEVILLEら¹⁵⁾はヘレフォード種で、WILSONら³²⁾はアンガス×ホルスタイン交雑種で同様の結果を得ている。

乳徴の審査減率別の総授乳量は第5表に示したとおりである。乳徴の審査減率が23~20%の範囲内では総授乳量(945.9~1,073.8kg)に著しい差がなかったが、乳徴が著しく悪いものは総授乳量が少なく(減率25%; 705.8kg)、反対に乳徴が著しく良いものでは総授乳量が多かった(減率19%; 1,175.1kg)。このように乳徴の審査減率も著しくよいか、あるいは悪い場合には一応授乳

量の目安になるものといえよう。

2 授乳量の推定法

現在、肉用牛の授乳量の推定法としては、体重差法、手搾り法あるいはオキシトシン法があるが、わが国では体重差法が一般的である。乳用牛では乳量自体が経済形質であるので、産乳量の検定法についても多方面から検討が行われており、検定に際してできるだけ飼養農家の負担を軽減する実用的な簡易法も考察されている¹³⁾。しかしながら、わが国の肉用牛では、この種の報告はほとんどない現状にある¹⁸⁾ので、肉用牛の授乳量の簡易推定法について、2、3の検討を行った。

1) 体重差法の簡易法

1日当たりの授乳量は、分娩後における泌乳の進行にともなって変化するので、体重差法で総授乳量を求めるためには、隔週ごとに2~3日間の測定を行う³⁰⁾のが通例であった。しかしながら、この方法は極めて多労的であるので、1乳期に3~5日の検定日を設け、授乳量を推定する推定式について検討した。

授乳量の推定式は変数選択型の重回帰分析⁹⁾で求めた。すなわち、式(10)から求めた182日平均授乳量(kg/日)を目的変数(Y)、分娩後1、3、5、…、25週目に実測した授乳量(kg/日)を、それぞれ x_1 、 x_3 、 x_5 、…、 x_{25} とし、これらを説明変数とした。重回帰式の計算は、変数増加法、変数逐次増減法及び変数削減法の3方法で行い、計算の過程で変数の取り入れあるいは変数の排除は、その変数の目的変数に対する部分寄与率が有意(5%水準)であるかどうかを偏分散

検定で検定して行った。

この182日平均授乳量(目的変数)に対する各測定時における実測値の寄与率は、授乳曲線の型が違えば、当然異なることが予想されたので(付表1、3)、前に述べた授乳曲線の型から④舍飼いの黒毛和種と②放牧飼養の黒毛和種、日本短角種及びヘレフォード種の2つに分けて求めた。

舍飼飼養の場合

$$Y = 0.181x_7 + 0.230x_{13} + 0.246x_{17} + 0.232x_{21} + 0.90 \quad (R^2 = 0.980) \dots \dots \dots (11)$$

放牧飼養の場合

$$Y = 0.167x_9 + 0.312x_{11} + 0.358x_{25} + 0.47 \quad (R^2 = 0.990) \dots \dots \dots (12)$$

これらの式に取り入れられた変数とその係数は変数増加法、変数逐次増減法及び変数削減法とも同様であった。

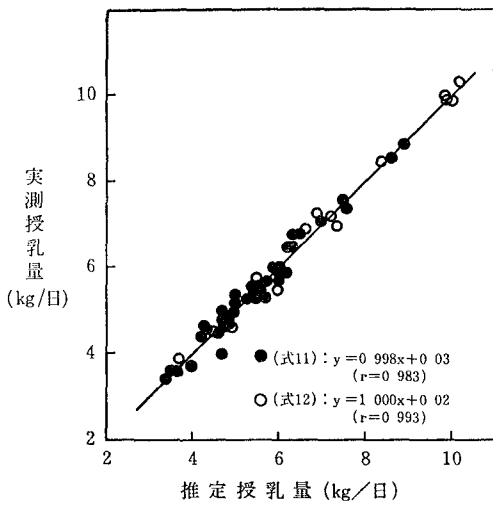
授乳量の推定式に説明変数として取り入れられた変数は、式(11)と式(12)に示したほかにもあった。しかしながら、第6表に式(11)を求める過程(変数増加法)を示したように、説明変数が一定の数に達した後は、変数を順次増しても推定式の精度は効果的に上がらなかった。そこで推定式は、式の重相関係数 R^2 が0.980に達した段階で取り入れられている変数で示すこととした。これを重回帰式の寄与率でみると96%に相当し、授乳量の推定式としては十分な推定精度といえよう。

第2図に、これらの式から求めた182日平均授乳量と実測の同平均授乳量との関係を示したが、図に明らかに示されているように非常に推定誤差の少ない回帰直線が得られており、式(11)、式(12)から実際の授乳量を

第6表 授乳量推定式(式(11))における説明変数の数と重回帰式の寄与率¹⁾

説明変数の数	重回帰式にとり入れられる順序と偏回帰係数										式の定数項	重回帰式の寄与率	重回帰式の重相関係数
	x_{13}	x_{21}	x_{17}	x_7	x_9	x_1	x_{19}	x_3	x_{25}				
1	0.645										1.921	77.4	0.877**
2	0.414	0.389									1.547	88.3	0.937**
3	0.283	0.268	0.297								1.418	92.7	0.960**
4	0.181	0.230	0.246	0.232							0.901	96.1	0.980**
5	0.132	0.230	0.255	0.131	0.154						0.808	97.6	0.988**
6	0.143	0.226	0.234	0.103	0.158	0.078					0.448	98.3	0.990**
7	0.129	0.198	0.208	0.119	0.142	0.081	0.071				0.431	98.6	0.992**
8	0.138	0.190	0.190	0.093	0.130	0.076	0.082	0.060			0.284	99.0	0.994**
9	0.135	0.162	0.149	0.099	0.111	0.076	0.085	0.086	0.090		0.165	99.3	0.996**

1) 推定式には説明変数が13個とり入れられたが、ここには途中までの経過を示した。2) x_{13} 、 x_{21} 、…、 x_{25} は分娩後13、21、…、25週における授乳量(kg/日) ** : $P < 0.01$



第2図 推定授乳量と実測授乳量の関係

高い精度で推定し得る可能性が示された。

大久保・石原¹⁶⁾は、黒毛和種について1乳期に3日間の検定日を設けて総授乳量を推定する場合、分娩後20日目、80日目及び140日目の授乳量を用いると推定精度が高いと述べている。またTOTUSEK²⁷⁾によれば210日間の平均授乳量(kg/日)と分娩後30日目、70日目、112日目、140日目及び210日目の5日間の平均授乳量との相関が高い。このように、1乳期の平均授乳量に対して高い相関あるいは寄与率を示す検定日は、本報をも含めて研究者によって異なっているが、これは供試牛の授乳曲線の型の違いによるものと考えられる。授乳曲線の型が異なる舎飼い黒毛和種(B)と放牧飼養の黒毛和種(B_p)、日本短角種(Sh_p)及びヘレフォード種(H_p)の3品種を込みにして求めた推定式〔式(11)、式(12)〕では、式に取り入れられた説明変数(検定日)が明らかに異なった。

次に、舎飼い飼養の場合の推定式としては(黒毛和種, B), 推定式の精度はやや粗くなるが、式(11)から説明変数を1個減らすと

$$Y = 0.283x_{13} + 0.268x_{17} + 0.297x_{21} + 1.42 \quad (R^2 = 0.960) \dots\dots\dots (13)$$

あるいは肉用自然哺乳子牛の栄養管理上極めて重要な時期である生後4、12及び18週齢²⁸⁾を考慮して x_3 , x_{11} 及び x_{17} を説明変数とすると

$$Y = 0.147x_{13} + 0.338x_{11} + 0.367x_{17} + 0.67 \quad (R^2 = 0.945) \dots\dots\dots (14)$$

が得られる。

式(13)、(14)の重相関係数は、それぞれ0.960、0.945で

あるから推定式(重回帰式)の寄与率はそれぞれ92%、89%で、式(11)、(12)よりも重回帰式の寄与率がそれぞれ4%、9%劣るが、推定精度の点からは実用上問題がないといえよう。特に、式(14)は肉用哺乳子牛の栄養実験を目的とする授乳量の測定法として有効な手段と考えられる。

以上述べた体重差法の簡易法から182日間の平均授乳量を推定する場合に、説明変数として用いる各週齢の実測授乳量は、週齢別に吉田³⁰⁾が示した1日当たりの測定回数を遵守して求めたものでなければならない。

2) 子牛の体重と増体量から母牛の授乳量を推定する方法(間接推定法)

肉用牛において母牛の授乳量と子牛の増体量との相関は高いが^{20, 31)}、この相関は授乳期が進むにつれて漸減する¹²⁾(付表2)。吉田³⁰⁾によれば子牛のTDN摂取量のうち、母牛の乳からの補給割合が80%を割るようになるのは10週齢以後である。また、DREWRY³⁴⁾は子牛に別飼料を与えなかったときに母性効果が大きいのは生後100日間であると述べている。これらの点を考慮して子牛の体重と増体量から母牛の授乳量を推定する式は、生時から90日齢(哺乳前期)までと、生時から182日齢まで(哺乳全期間)に分けて求めた。この間接推定式は舎飼いの黒毛和種(B)、放牧飼養の黒毛和種(B_p)、日本短角種(Sh_p)及びヘレフォード種(H_p)と放牧の3品種を込みにしたものの計5例に分けて求めたが、舎飼いの黒毛和種以外は推定精度の高い式が得られなかったため、以後では舎飼いの黒毛和種の間接推定式についてのみ記述することにした。

間接推定式の模型は次のとおりである。

$$Y_j = \bar{y} + b_1(W_j - \bar{W}) + b_2(W_j^2 - \bar{W}^2) + b_3(D_j - \bar{D}) + b_4(D_j^2 - \bar{D}^2) + b_5(A_j - \bar{A}) + b_6(A_j^2 - \bar{A}^2) + \epsilon_j \quad \dots\dots\dots (15)$$

ここで、 Y_j は j 番目の母牛の分娩後 A 日目における授乳量(kg/日)、 W_j はその母牛の産子(子牛)の生後(分娩後) A 日目の体重であり、 D は A 日目から続く14日間の子牛の増体量(kg/日)である。

式の計算に用いた子牛の体重、増体量及び日齢の平均値と標準偏差を示すと第7表のとおりであった(子牛の体重と増体量は飼養場所による差が大きかったので、子牛の体重と増体量に対する場所の効果を最小二乗法²⁹⁾で求め、場所間の補正を行った)。また、第8表にこれらの子牛の発育の範囲を示した。

第7表 子牛の体重と増体量から母牛の授乳量を推定する式に説明変数として用いた各形質の平均値と標準偏差

項 目	黒 毛 和 種			
	雄		雌	
	生時～ 90日齢	生時～ 182日齢	生時～ 90日齢	生時～ 182日齢
観測値数	182	338	154	286
目的変数				
Y ; 授乳量, kg/l ¹⁾	6.28±1.71	5.29±1.98	6.51±1.49	5.44±1.84
説明変数				
W ; 体 重, kg	70.0±23.6	108.9±49.8	64.1±21.6	98.7±44.1
W ² ; (体重) ² , kg ²⁾	5.46±3.46	14.32±1.18	4.57±2.86	11.68±9.33
D ; 増体量, kg	0.82±0.22	0.93±0.30	0.75±0.24	0.84±0.27
D ² ; (増体量) ² , kg ²⁾	0.78±0.48	0.96±0.66	0.62±0.38	0.78±0.48
A ; 日 齢 日	49.6±27.8	91.4±52.2	49.2±28.1	91.1±52.4
A ² ; (日齢) ² , 日 ²⁾	3.23±2.84	11.08±9.88	3.20±2.85	11.04±9.86

1) W²=1/1,000 2) A²=1/1,000

$$Y = 0.174W - 0.000399W^2 + 1.73D - 0.598D^2 - 0.148A + 0.000249A^2 + 1.79$$

(R²=0.790)(17)

産子が雌の場合

$$Y = 0.166W - 0.000392W^2 + 3.53D - 1.77D^2 - 0.105A + 1.33$$

(R²=0.629)(18)

$$Y = 0.107W - 0.000144W^2 + 0.278D^2 - 0.0895A + 4.46$$

(R²=0.794)(19)

ここで、式(18)と式(19)は生時から90日齢まで、式(17)と式(19)はそれぞれ生時から182日齢までの産子の体重と増体量から分娩後A日目の母牛の授乳量を推定する式である。

第8表 子牛(黒毛和種)の發育範囲¹⁾

項 目	体 重, kg	
	雄 (n=26)	雌 (n=22)
週齢 1	36.0±4.5	32.2±3.3
3	49.0±5.6	44.4±3.8
5	59.6±6.3	54.5±5.0
7	69.3±7.7	63.8±5.4
9	81.9±9.5	75.1±8.7
11	91.3±10.4	82.0±12.3
13	103.7±11.8	94.1±10.1
15	116.7±13.0	105.9±10.0
17	131.5±14.4	119.0±11.0
19	147.6±16.0	133.5±12.4
21	162.9±16.7	146.6±13.5
23	176.4±17.3	158.7±14.0
25	190.0±18.9	170.4±13.9

1) 平均値±標準偏差

推定式に取り入れられた説明変数あるいはその偏回帰係数は、産子の性と推定式の適用範囲によって異なっていた。説明変数WとW²の偏回帰係数は、産子の性にかかわらず哺乳全期よりも哺乳前期が高かった。子牛の増体量(D, D²)についても同様の傾向があった。これは子牛の日齢が進むにつれて母牛の乳に対する栄養的な依存度が低下していく³⁰⁾ことを反映したものであろう。

子牛の増体量に関する項(説明変数)は、式(18)を除いて曲線式となった。このことは、母牛の乳を多く飲んだ子牛ほど乳の増体への利用効率が低下することを示すものである。この利用効率は雌よりも雄子牛が優れていた。

推定式の重相関係数R²は、説明変数として子牛の哺乳前期の体重と増体量を用いたとき〔式(18), (19)〕と、子牛の哺乳全期間の体重と増体量を用いたとき〔式(17), (19)〕では大差がみられなかった。これらの重相関係数R²と式の適用範囲から考えて、子牛の体重と増体量から母牛の授乳量を推定する間接推定式としては、産子が雄の場合は式(17)、産子が雌の場合には式(19)が適当と考えられる。

式(17)及び(19)の重相関係数R²はそれぞれ0.790及び0.794であり、これらの重回帰式の寄与率はそれぞれ62%及び63%である。この寄与率は、母牛の授乳量にみられる変動の62~63%が子牛の体重と増体量から説明されることを示し、NEVILLE¹⁴⁾及びRUTLEDGE at al²²⁾が肉用子牛における離乳時体重変動の60~66%を母牛の授乳量から説明していることと一致する。

間接推定式の説明変数とその偏回帰係数は、変数選択型の重回帰分析⁹⁾を実施して求め、式への説明変数の取り入れあるいは排除は、前に述べたように5%水準で行った(28p)。重回帰式の、この計算は3つの方法(変数増加法、変数逐次増減法及び変数削減法)で行い、最も高い重相関係数R²が得られた式を間接推定式とした。

産子が雄の場合

$$Y = 0.200W - 0.000549W^2 - 2.09D - 0.127A - 0.17$$

(R²=0.772)(16)

ものであり、別飼料を与えている子牛の体重と増体量から母牛の授乳量を推定する推定精度としては、本報の式(17)や式(19)位が限度であろう。

式(17)あるいは式(19)から推定した母牛の授乳量と実測授乳量の回帰式を第9表に示した。表によれば、両式

とも推定授乳量の実測授乳量に対する回帰係数はほぼ1である。したがって、以上の式から母牛の授乳量を推定したときに過大に推定したり、逆に過小に推定することはない。しかしながら、式(17)と式(19)の推定値(Y)の標準誤差はそれぞれ±1.21 (kg/日)及び±1.13 (kg/日)であるので、式(17)と式(19)からの推定授乳量にはそれぞれ平均22.9%及び18.0%の推定誤差が含まれている(第7表に示した平均授乳量に対する割合として)。

式(17)と式(19)から求めた推定授乳量を第10表に示した。表によれば、産子(子牛)の日齢と体重が等しいとすると、雄子牛よりも雌子牛の場合に母牛の授乳量が多くなった。これは増体の内容が雄と雌では違うこと及び雌子牛は雄子牛に比べ別飼料の採食量が少なく³⁰⁾、雄子牛よりも栄養的に母牛の乳に依存する度合いが強いなどの理由によるものと考えられる。

第9表 間接推定式における推定授乳量と実測授乳量の関係

項 目	間接推定式		回 帰 式 ²⁾
	式番号	標準誤差 ¹⁾	
子牛の適用日齢			
雄			
0~90日	式(16)	1.09	$Y=0.99x+0.07$ ($n=182, r=0.776$)
0~182日	式(17)	1.21	$Y=1.00x$ ($n=338, r=0.795$)
雌			
0~90日	式(18)	1.16	$Y=1.00x$ ($n=154, r=0.645$)
0~182日	式(19)	1.13	$Y=0.98x$ ($n=286, r=0.777$)

1) \hat{Y} の推定値の標準誤差 2) 間接推定式から求めた推定授乳量 x (kg/日)の実測授乳量 Y (kg/日)に対する回帰式

第10表 子牛の体重(kg)及び増体量(kg/日)からの授乳量の推定¹⁾(黒毛和種)

項 目	雄					雌						
	日齢	体重(kg)	増体量(kg/日)				日齢	体重(kg)	増体量(kg/日)			
			0.4	0.6	0.8	1.0			0.4	0.6	0.8	1.0
30	50	5.9	6.1	6.3	6.4	30	45	6.3	6.4	6.5	6.6	
	55	6.5	6.8	6.9	7.1		50	6.8	6.9	6.9	7.0	
	60	7.2	7.4	7.6	7.7		55	7.3	7.3	7.4	7.5	
60	70	4.6	4.9	5.0	5.2	60	65	5.5	5.5	5.6	5.7	
	80	5.8	6.0	6.2	6.3		70	5.9	6.0	6.1	6.2	
	90	5.8	7.1	7.2	7.4		75	6.3	6.4	6.5	6.6	
90	90	3.5	3.7	3.9	4.0	90	80	4.1	4.1	4.2	4.3	
	100	4.5	4.7	4.9	5.0		90	4.9	5.0	5.0	5.1	
	110	5.4	5.6	5.8	5.9		100	5.7	5.8	5.8	5.9	
120	115	2.9	3.2	3.4	3.5	120	110	3.8	3.8	3.9	4.0	
	130	4.1	4.3	4.5	4.6		120	4.5	4.6	4.7	4.8	
	145	5.1	5.3	5.5	5.6		130	5.2	5.3	5.4	5.5	
150	145	2.6	2.9	3.0	3.2	150	140	3.2	3.3	3.4	3.5	
	165	3.6	3.9	4.0	4.2		150	3.9	3.9	4.0	4.1	
	185	4.3	4.5	4.7	4.9		160	4.5	4.6	4.6	4.7	
180	175	2.0	2.3	2.4	2.6	180	160	1.8	1.9	2.0	2.1	
	195	2.6	2.8	3.0	3.1		175	2.7	2.8	2.8	2.9	
	215	2.8	3.0	3.2	3.3		190	3.5	3.6	3.7	3.8	

1) 産子が雄のときは式(17)から、同雌のときには式(19)より計算

IV 摘 要

肉用子牛の哺乳期の増体速度及び離乳時体重は、母牛の授乳量に大きく左右されるので、母牛の授乳量に影響する要因及び授乳の簡易推定法について検討を行った。

供試材料は舎飼い飼養の黒毛和種48頭と褐毛和種11頭、放牧飼養の黒毛和種6頭、日本短角種6頭及びヘレフォード種5頭の計4品種76頭の成雌牛の授乳量記録である。授乳量の変動要因は品種、飼養条件、母牛の体重、産次、乳徴の審査減率及び産子の性について検討した。授乳量の簡易推定法は体重差法の簡易法と子牛の体重と増体量とから母牛の授乳量を推定する簡易法を変数選択型の重回帰分析により考案した。

1) 母牛の授乳量に影響する要因としては、品種、母牛の体重、産次及び乳徴の審査減率があり、産子の性は授乳量に影響しなかった。

2 品種ごとの182日総授乳量は日本短角種が最も多く1,641kgであったが、黒毛和種、ヘレフォード種及び褐毛和種は923~1,004kgの範囲にあり大差なかった。

3 授乳曲線には放牧と舎飼では異なり、飼養条件特有の型があるように思われた。

4 182日総授乳量は母牛の体重が大きくなるほど多くなったが、同体重100kg当たりあるいはメタボリックボディサイズ1kg当たりの総授乳量は体重が大きくなるほど減少する傾向があった。

5 182日総授乳量は母牛の産次が増すにしたがってふえ、8産で最大(1,169.3kg)に達し、その後減少した。また、乳徴の審査減率23~20%の範囲では総授乳量に差がなかったが(946~1,014kg)、これらに比較して減率19%では多く(1,175.1kg)、減率25%では少なかった(705kg)。

6 体重差法で母牛の授乳量を求める簡易法としては次式が適当と考えられた。

舎飼い飼養の場合

$$Y=0.181x_7+0.230x_{13}+0.246x_{17}+0.232x_{21}+0.90 \quad (R^2=0.980)$$

放牧飼養の場合

$$Y=0.167x_9+0.312x_{11}+0.358x_{25}+0.47 \quad (R^2=0.990)$$

ただし、Yは母牛の182日平均授乳量(kg/日)、 x_7 , x_{13} , x_{17} , ……、 x_{25} は、それぞれ分娩後7, 13, 17, ……、25週目の実測授乳量(kg/日)である。

7 子牛の体重と増体量から母牛の授乳量を推定する式としては次式が適当と考えられた。

産子が雄の場合

$$Y=0.174W-0.000399W^2+1.73D-0.598D^2-0.148A+0.000249A^2+1.79 \quad (R^2=0.790)$$

産子が雌の場合

$$Y=0.107W-0.000144W^2+0.278D^2-0.0895A+4.46 \quad (R^2=0.794)$$

ただし、Yは分娩後A日目の授乳量(kg/日)である。Wは分娩後A日目の産子(子牛)の体重(kg)、Dは生後A日目から続く14日間の子牛の増体量(kg/日)である。

引用文献

- 1) ARNETT, D. W., HOLLAND, G. L. and TOTUSEK, R. : Some effects of obesity in beef females J. Animal Sci. 33, 1129-1136, 1973
- 2) BOND, J and WILT BANK, J. N. : Effect of energy and protein on estrus, conception rate, growth and milk production of beef females J. Animal Sci. 30, 438-444, 1970.
- 3) DAWSON, W. M., COOK, A. C. and KNAPP, B., Jr. : Milk production of beef Shorthorn cows J. Animal Sci. 19, 502-508, 1960
- 4) DREWRY, K. J. and HAZEL, L. N. : Beef calf weights as indicators of dam producing ability. J. Animal Sci. 25, 878, 1966
- 5) HAFEZ, E. S. E. : Symposium on growth : Physio-genetics of prenatal and postnatal growth. J. Animal Sci. 25, 779-791, 1964
- 6) 石原盛衛・鈴木俊二・林 正夫・吉田正三郎 : 和牛の泌乳および乳利用に関する研究. 畜産試験場彙報 45, 1-63, 1946.
- 7) 岩手県畜産試験場 : 草地を主体とする肉用牛生産技術体系確立に関する実証研究. 岩手県畜産試験場研究報告 4, 13-32, 1974
- 8) 川端幸蔵 : 変数選択型の重回帰分析 (改訂版). 農林研究計算センター報告 A8, 65-134, 1972
- 9) 熊崎一雄・松川 正 : 和牛の産肉能力に関する統計遺伝学的研究 (第3報). 生時体重、離乳時体重および離乳前増体量のリピータビリティ. 中国農試報 B12, 19-25, 1964.
- 10) KOCH, R. M. : The role of maternal effects in animal breeding : VI. Maternal effects in beef cattle J. Animal Sci. 35, 1316-1323, 1972
- 11) LAMOND, D. R., HOLMES, J. H. G. and HAYDOCK, K. P. : Estimation of yield and composition of milk produced by grazing beef cows J. Animal Sci. 29, 606-611, 1969.
- 12) MELTON, A. A., RIGGS, J. K., NELSON, L. A. and CARTWRIGHT, T. C. : Milk production, composition and calf gains of Angus, Charolais and Hereford cows J. Animal Sci. 26, 804-809, 1967
- 13) 内藤元男 : 新編家畜育種学 111-123 p. 養賢堂, 東京, 1970
- 14) NEVILLE, W. E., Jr. : Influence of dam's milk production and other factors on 120- and 240-day weight of Hereford calves J.

- Animal Sci 21, 315-319, 1962.
- 15) NEVILLE, W. E., Jr, WARREN, E. P. and GRIFFEY, W. A. : Estimates of age effects on milk production in Hereford cows J. Animal Sci. 38, 1-5, 1974.
 - 16) 西田 朗：副次級内測定値が不揃いな二重分類データの解析—交互作用は無視できる場合— 農林研究計算センター報告 A4, 45-62, 1969.
 - 17) 野中舜二：一重分類データの重共分散分析。農林研究計算センター報告 A4, 33-44, 1969.
 - 18) 大久保忠旦・石原盛衛：和牛における泌乳能力の簡易検定法。中国農研 8, 52-53, 1957.
 - 19) 太田垣 進・村田敏夫・大滝保夫・黒田昭昌・渡辺昭三：子牛の生産性におよぼす母牛の大きさ、栄養水準の検討。肉用牛研究会報 22, 17-18, 1976
 - 20) PRESTON, T. R. and WILLIS, M. B. : Intensive Beef Production. 236-239p. Pergamon Press, Oxford, 1970
 - 21) RAY, M. L., SPOONER, A. E. and PARHAM, R. W. : Feeding management of cows and calves grazing heavily-stocked, year-round pastures. Arkansas Agri. Exp. Sta. Bull. 775, 1-21, 1972.
 - 22) RUTLEDGE, J. J., ROBINSON, O. W., AHLSCHEWDE, W. T. and LEGATES, J. E. : Milk yield and its influence on 205-day weight of beef calves. J. Animal Sci. 33, 563-567, 1971.
 - 23) SCHWULST, F. J., SUMPTION, L. J., SWIGER, L. A. and ARTHAUD, V. H. : Use of oxytocin for estimating milk production of beef cows. J. Animal Sci. 25, 1045-1047, 1966.
 - 24) 寺田隆慶・渡辺昭三・宮重俊一・小沢 忍：肉用自然哺乳子牛における消化機能の発達—第1胃機能および消化管組織重量の発達—。栄養生理研究会報17, 51-62, 1973.
 - 25) 畜産試験場：乳牛における泌乳能力と体重との関係。畜産試験場年報 9, 13-18, 1943.
 - 26) 十勝種畜牧場：肉用牛の乳量乳質に関する試験。十勝種畜牧場肉用牛に関する試験調査成績書 8, 143-152, 1973.
 - 27) TOTUSEK, R., ARNETT, D. W., HOLLAND, G. L. and WHITEMAN, J. V. : Relation of estimation method, sampling interval and milk composition to milk yield of beef cows and calf gain. J. Animal Sci. 37, 153-158, 1973.
 - 28) TOTUSEK, R. and ARNETT, D. W. : Estimation of milk production in beef cows. J. Animal Sci. 24, 906, 1965
 - 29) 横内圀生：副次級内観測値数が不揃いな三重分類データの解析—交互作用はないという前提のとき— 農林研究計算センター報告 A 11, 1-26, 1975.
 - 30) 吉田正三郎：哺乳子牛と授乳中の雌牛の飼養。67-92p. 農林水産技術会議事務局：肉用牛の日本飼養標準に関する研究。研究成果 42, 1970.
 - 31) WILLHAM, R. L. : Beef milk production for maximum efficiency J. Animal Sci. 34, 864-869, 1972.
 - 32) WILSON, L. L., GILLOOLY, J. E., RUGH, M. C., THOMPSON, C. E. and PURDY, H. R. : Effects of energy intake, cow body size and calf sex on composition and yield of milk by Angus-Holstein cows and preweaning growth rate of progeny. J. Animal Sci. 28, 789-795, 1969.
 - 33) WOOD, P. D. P. : Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature 216, 164-165, 1967.

Some Variation Factors and Practical Estimation Method of Cow Milk Yield in Beef Cattle

Takayoshi TERADA, Shozaburo YOSHIDA and Tsutomu ONODERA

Summary

Milk yield data of beef cows from nutritional and grazing experiments were analysed statistically to obtain several components of the yield variation and to develop a practical procedure for estimating a cow milk yield under field conditions. The data were obtained from 76 cows consisting of 59 pen-housed cows (48 Japanese Black, 11 Japanese Brown) and 17 grazing cows (6 Japanese Black, 6 Japanese Shorthorn, 5 Hereford), obtaining by a 24 hr calf-nursling technique at intervals of 2 weeks throughout 182-day lactation period

Total estimated milk yields were 926 and 923 kg for the pen-housed Japanese Black and Japanese Brown cows, and were 1,004, 1,641 and 974 kg for the grazing Japanese Black, Japanese Shorthorn and Hereford cows, respectively. The effect of cow body weight and judging points for udder of the cow as dairy characters on the total milk yields was significant, whereas the effect of number of calving of the cows was not significant. Sex of calf was not significantly associated with the milk yield of dam.

The multiple regression equations for estimating dam milk yield from body weight of the suckling Japanese Black calf under pen-housed conditions are as follows

Male calf :

$$Y=0.174W-0.000399W^2+1.73D-0.598D^2-0.148A+0.000249A^2+1.79 \quad (R^2=0.79)$$

Female calf :

$$Y=0.107W-0.000144W^2+0.278D^2-0.0895A+4.46 \quad (R^2=0.79)$$

where, Y is the milk yield of the cows (kg/day), W is the body weight of the dam's calf at the age of A days (kg) and D is the gain of the calf for 14 days from the age of A days (kg/day).

The practical calf-nursling techniques for estimating milk yield for the lactation period are as follows

Pen-housed cow :

$$Y=0.181x_7+0.230x_{13}+0.246x_{17}+0.232x_{21}+0.90 \quad (R^2=0.90)$$

Grazing cow :

$$Y=0.167x_9+0.312x_{11}+0.358x_{25}+0.47 \quad (R^2=0.99)$$

where, Y is the milk yield for 182 day lactation period (kg/day) and x is the cow milk yield (kg/day) obtained by the calf-nursling technique at the weeks, which represent as the subscripts of independent variable x , after parturition.

付表1 分娩後隔週ごとの授乳量(kg/日)と平均授乳量の相関行列
(含飼い黒毛和種)

項 目	分 娩 後 週														平均授乳量 ¹⁾
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25		
分娩後週 1	—	0.366	0.355	0.426	0.256	0.224	0.240	0.270	0.331	0.182	0.299	0.257	0.170	0.433	
3		—	0.721	0.642	0.496	0.430	0.427	0.423	0.488	0.284	0.461	0.254	0.132	0.619	
5			—	0.660	0.618	0.526	0.678	0.623	0.651	0.516	0.643	0.485	0.377	0.791	
7				—	0.666	0.664	0.599	0.513	0.551	0.415	0.597	0.506	0.352	0.764	
9					—	0.839	0.788	0.703	0.611	0.627	0.602	0.481	0.556	0.832	
11						—	0.743	0.774	0.676	0.616	0.744	0.672	0.612	0.841	
13							—	0.811	0.749	0.710	0.690	0.624	0.631	0.880	
15								—	0.824	0.778	0.740	0.569	0.595	0.867	
17									—	0.706	0.684	0.690	0.685	0.866	
19										—	0.687	0.602	0.611	0.779	
21											—	0.697	0.625	0.846	
23												—	0.730	0.745	
25													—	0.702	

1) 182日平均授乳量

付表2 授乳量(kg/日)と子牛増体量(kg/日)の
相関及び順位相関 (含飼い黒毛和種)

項 目	相 関		順位相関	
	雄	雌	雄	雌
週齢				
1	0.250	0.117	0.196	0.006
3	0.303	0.383	0.146	0.144
5	0.492	0.243	0.447	0.291
7	0.369	0.291	0.362	0.264
9	0.399	0.266	0.346	0.308
11	0.442	0.450	0.366	0.408
13	0.099	-0.308	0.106	-0.293
15	0.288	0.047	0.283	0.127
17	0.195	0.467	0.231	0.544
19	0.142	0.143	0.193	0.159
21	-0.032	-0.031	-0.011	-0.192
23	-0.087	-0.031	-0.071	-0.170
25	0.253	0.196	0.233	0.180
全平均	0.420	0.316	0.324	0.344

付表3 分娩後隔週ごとの授乳量(kg/日)と平均授乳量の相関行列(放牧飼養牛)

項 目	分 娩 後 週														平均授乳量 ¹⁾
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25		
分娩後週															
1	—	0.527	0.633	0.596	0.755	0.844	0.733	0.855	0.894	0.444	0.662	0.668	0.706	0.815	
3		—	0.786	0.830	0.849	0.729	0.765	0.727	0.559	0.698	0.612	0.691	0.811	0.820	
5			—	0.930	0.876	0.834	0.763	0.786	0.737	0.755	0.849	0.787	0.839	0.900	
7				—	0.889	0.831	0.750	0.789	0.651	0.772	0.880	0.902	0.899	0.909	
9					—	0.877	0.856	0.807	0.758	0.639	0.778	0.870	0.866	0.933	
11						—	0.879	0.928	0.872	0.760	0.868	0.843	0.901	0.959	
13							—	0.906	0.837	0.809	0.800	0.815	0.907	0.930	
15								—	0.892	0.783	0.858	0.818	0.910	0.950	
17									—	0.593	0.747	0.711	0.795	0.872	
19										—	0.786	0.733	0.847	0.807	
21											—	0.885	0.882	0.899	
23												—	0.920	0.907	
25													—	0.963	

1) 182日平均授乳量