

幼齢牛の飼料摂取と発育におよぼすカーフ・スターター のエネルギー含量ならびに給与水準の影響

藤田 裕・松岡 栄・神部正路

(帯広畜産大学家畜栄養学教室)

1976年5月31日受理

Effects of Energy Concentration and Feeding Level of Calf Starter on Feed Consumption and Performance of Young Dairy Calves

Hiroshi FUJITA,* Sakae MATSUOKA* and Masamichi JINBU

子牛の哺育育成理論の進展にともない、ミルク・リプレースー（代用乳）とカーフ・スターター（人工乳）を組合わせた飼料給与による乳用種子牛の哺育育成方法が一般化した。このリプレースー～スターター方式による早期離乳法では、乳汁給与量の制限とともにスターター摂取量を増大させ、同時に乾草など粗飼料の自由採食量を順調に増加させることが要点の一つとなる。この場合、飼料嗜好性に関する要因を同一とすれば、子牛の飼料摂取量は飼料の乾物および養分含量によって規制されると考えられるので、離乳（液状飼料の給与停止）前後の飼料摂取総量については、給与されるスターターの質的量的な変化の影響が大きいであろう。このことは、子牛飼料のエネルギー含量と発育^{1)~4)}、若齢反芻家畜の飼料摂取量調節のメカニズム⁵⁾などとの関連で論議されているが、離乳前後の粗飼料摂取量の規制要因ならびに粗飼料摂取量の変化と発育増体の関係については不明の点が多い。

本試験では、カーフ・スターターのエネルギー含量と給与量の変換が、乾草を含めた哺育期における飼料全体の摂取量および発育におよぼす影響を明らかにすることを主目的として早期離乳子牛（7週齢離乳）について一連の飼養試験を行った。

試 験 方 法

1. 供 試 動 物

飼養試験においては、帯広市近郊酪農家で出生したホルスタイン種初生雄子牛16頭を、また消化試験には同じく2頭を用いた。子牛の導入時日齢は5~7日齢で、いずれも初乳を5日間

* Laboratory of Animal Nutrition, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.

給与されたものに限定した。飼養試験に供用した子牛は、後記の試験区分にしたがって4群に分け、それぞれ個体別ペン(1.3m×1.8m、木製スノコ床)に収容した。消化試験に供用した2頭は、消化試験開始時(68日齢)まで飼養試験群と同一条件で飼育し、以後、代謝試験用の鉄製ケージに収容した。

2. 供試飼料

ミルク・リプレサーは市販品を使用し、スターターはエネルギー含量を高低2段階に設定したものの2種類をTable 1の配合処方にもとづいて調製した。スターターのエネルギー含量は、ラードまたは乾燥でんぶん粕のそれぞれ等量を置き換えることによって調節した。乾草は帯広畜産大学付属農場産のチモシー主体混播一番乾草を用いた。各飼料の一般化学成分およびエネルギー量はTable 2のとおりである。

Table 1. Formulation of high and low energy starters

Ingredient	Starter A	Starter B
Yellow corn	28.5%	28.5%
Barley	12.0	12.0
Soybean oil meal	16.0	16.0
Linseed oil meal	11.0	11.0
Wheat bran	15.0	15.0
Alfalfa meal	5.0	5.0
Molasses	5.0	5.0
Lard	5.0	-
Potato pulp	-	5.0
Calcium carbonate	0.90	0.90
Dicalcium phosphate	0.98	0.98
Salt	0.50	0.50
Trace minerals	0.05	0.05
Vitamin A-D supplement	0.07	0.07

Table 2. Chemical composition and energy content of feeds

	Milk replacer	Calf starter		Hay
		A	B	
Moisture (%)	9.3	12.4	12.2	11.9
Crude protein (%)	29.2	19.2	19.3	10.8
Crude fat (%)	3.3	6.6	2.6	2.1
N F E (%)	49.6	50.7	53.8	36.3
Crude fiber (%)	0.2	5.2	5.9	33.2
Crude ash (%)	8.4	5.9	6.2	5.7
Gross energy (kcal/g)	4.40	4.29	4.04	4.28

3. 試験処理区分および飼料給与計画

飼養試験：子牛16頭を任意の4頭ずつに区分し、(1)高エネルギー・スターター多給：HH群、

(2) 高エネルギー・スターター制限：HL群, (3) 低エネルギー・スターター多給：LH群, (4) 低エネルギー・スターター制限：LL群の4処理4群に割付け Table 3 に示した飼料給与計画にもとづいて約3カ月間(83日間)の飼養試験を行った。スターターの給与量は、多給群については8週齢から最高日量2.5 kg, 制限群では10週齢から同じく2.0 kgとなるように設定した。ミルク・リプレースャーは漸増漸減の段階給与, 7週齢離乳方式とし, 乾草は飼養試験全期間を通じて飽食とした。

Table 3. Feeding schedules (Growth trial)

Age of calves (Weeks)	Milk replacer (g/day)	Calf starter		Hay
		Low level (g/day)	High level (g/day)	
1-2	700	100	100	ad lib.
2-3	800	200	200	
3-4	900	300	400	
4-5	900	600	800	
5-6	600	800	1200	
6-7	400	1200	1800	
7-8	-	1500	2200	
8-9	-	1700	2500	
9-10	-	1800	2500	
10-11	-	2000	2500	
11-12	-	2000	2500	
12-13	-	2000	2500	

消化試験：上記の飼養試験における子牛の養分摂取量を実測するため, 供試した2種類のスターターおよび乾草について消化試験を行った。消化試験は3期に分け, 1期：スターターA(高エネルギー処方, 1900 g/日)と乾草(960 g/日), 2期：スターターB(低エネルギー処方, 1900 g/日)と乾草(960 g/日), 3期：乾草(2000 g/日)のみの順で, それぞれ2頭の雄子牛(68日齢, 平均体重80 kg)について実施した。消化試験期間は1期12日間(予備期7日, 本試験期5日)とし, 全糞採取法によった。

4. 試料の化学分析

飼料については, それぞれ代表部分の風乾試料を調製し一般化学成分およびエネルギー量の分析に供した。消化試験における糞試料は, 生糞採取期間の5日間にそれぞれ日量の10分の1量ずつを凍結貯留(-20℃)した後, 個体別に期間内全量を合わせて風乾試料を調製し分析に供した。

飼料および排泄糞の一般化学成分は農林省所定の方法⁹⁾により分析し, エネルギー量は風乾試料について熱量計(島津・燃研式CA-2型)により計測した。

5. 調査測定項目

飼養試験においては、実施期間内の各飼料摂取量、養分摂取量および発育値を測定した。スターターは残量がある場合は連日午後の給飼前に計量し、乾草は2日おきに残量を計量してそれぞれ摂取量を記録した。発育値については1週間ごとに体重を測定するとともに、体高、体長および胸囲を3週間ごとに計測した。また、消化試験の結果から求めた成分消化率により各飼料のTDN, DCP および DE 含量を計測し、飼養試験期間内の養分摂取実量の算定に適用した。各測定数値については、SNEDECOR によって補訂された TUKEY の方法⁷⁾を用いて平均値間の差の有意性を検定した。

試験結果と考察

各試験処理群における飼料摂取量の変化を週齢別4期間に区分して表示すると Table 4 のとおりである。

Table 4. Feed consumption (Growth trial)

Age of calves (Weeks)	Milk replacer (kg/period)				Calf starter (kg/period)				Hay (kg/period)			
	HH*	HL*	LH*	LL*	HH	HL	LH	LL	HH	HL	LH	LL
1-4	17.0	16.9	17.0	17.0	2.6	3.0	2.8	2.4	0.2	0.2	0.3	0.3
4-7	13.3	13.3	13.3	13.3	16.5	14.7	15.6	13.8	4.2	5.8	4.2	5.4
7-10	-	-	-	-	43.1 ^{a**}	31.6 ^b	38.0 ^a	28.8 ^b	9.9 ^a	14.1 ^b	9.5 ^a	15.8 ^b
10-13	-	-	-	-	53.1 ^a	41.6 ^b	50.4 ^a	39.4 ^b	19.5 ^a	28.4 ^b	20.2 ^a	26.0 ^b
Total	30.3	30.2	30.3	30.3	115.3 ^a	90.9 ^b	106.8 ^a	84.4 ^b	33.8 ^a	48.5 ^b	34.2 ^a	47.5 ^b

* HH: High-energy, high-level, HL: High-energy, low-level, LH: Low-energy, high-level, LL: Low-energy, low-level.

** Differences between values with different letters are significant ($P < 0.05$).

給与飼料のうちリプレサーおよびスターターは、各期間内にそれぞれ所定量のおおむね全量が摂取された。この結果、スターター A (高エネルギースターター) およびスターター B (低エネルギースターター) のそれぞれについて、スターター多給群と制限群とでは全期間通算のスターター摂取量で26~27%の差を生じた。このスターター摂取量の差にともない、スターター制限群は多給群にくらべ、自由採食時の乾草摂取量が著しく増加した。スターター制限群の乾草摂取量増加は各週齢を通じて認められるが、とくに離乳以後7週齢からの増加割合が大きい。全期通算の乾草摂取量は、スターター A 給与では制限群が多給群に対して43%、スターター B 給与では同じく39%の増加を示し、これら多給群に対する制限群の乾草摂取量の差はそれぞれ有意 ($P < 0.05$) であった。この結果は、WHITAKER ら⁷⁾の成績と一致する。一方、全飼料からの乾物摂取総量についてもスターター制限群と多給群の間に乾草摂取量と同様の傾向が認められたが、群間の差に有意性は認められなかった。

上記の飼料摂取量および消化試験成績にもとづいて算定した各飼料の養分含量（リプレースーについては推計値，Table 5）から，養分摂取量の変化をみると Table 6 のとおりである。

Table 5. Nutrient content of feeds

	Milk replacer*	Calf starter		Hay
		A	B	
D C P (%)	26.0	14.1	12.5	4.6
T D N (%)	79.6	71.4	61.4	48.5
D E (kcal/g)	3.50	3.26	2.78	2.72

* Calculated values

TDN および DE 摂取量については，スターターのエネルギー含量および給与水準にしたがって HH 群 > HL 群 > LH 群 > LL 群の順に減少傾向が明らかである。全期通算の群間の差は，HH 群に対する他の 3 群，HL 群に対する LL 群の差がそれぞれ有意 ($P < 0.05$) であった。DCP 摂取量についてもエネルギー摂取量と同様の傾向が示され，HH 群に対する他の 3 群ならびに HL 群に対する LL 群の差が有意 ($p < 0.05$) と認められた。これらの結果から，スターター給与量の制限にともない乾草摂取量は明確に増加するが，スターターのエネルギー含量の変化は本試験に適用した範囲では乾草摂取量に直接影響しないと考えられる。すなわち，自由採食時の子牛の乾草摂取量はスターターの質的な要因よりも，個体の乾物可食量に強く支配されるものと推定される。

飼養試験期間内における各群の週齢別体重および体尺（体高，体長および胸囲）を Table 7 に，1 日あたり増体量，TDN 要求率および体重 100 kg あたりの乾物摂取率を Table 8 に示した。

平均体重 (Table 7) は各週齢を通じて HL 群が最も高く推移し，他の 3 群間の差はわずかであるが，離乳後の 7 週齢以降，高エネルギー・スターター給与の HH，HL 群と低エネルギー・スターター給与の LH，LL 群の間に差が生じた。また，スターターの制限または多給による体重への影響は低エネルギー・スターターでは多給群 > 制限群の傾向を示したのに対し，高エネルギー・スターターでは必ずしも明確な差はなかった。週齢別の体重変化からみて，高エネルギー・スターター制限群 (HL 群) では試験開始時の平均体重が他の 3 群にくらべてやや大きかったことが飼養期全般の体重変化に影響したと思われる。各週齢における体重変化は乳用種子牛の発育標準値⁹⁾ と対比すれば 7 週齢時までは各群とも標準相当値で推移し，以後，高エネルギー・スターター給与の HH，HL 群が標準値を上回り，低エネルギー・スターター給与の LH，LL 群は若干標準値を下回る成績を示した。しかし，これら群間の差については，HH，HL 群と LL 群の 10 週齢以降の差以外に有意性は認められなかった。体尺測定の結果も，体重の場合とおおむね同様の傾向が示された。各群を通じ，体尺測定値は標準値を上回る数値となって

Table 6. Nutrient intake (Growth trial)

Age of calves (weeks)	D (kg/period)			M (kg/period)			D C P (kg/period)			T D N (kg/period)			D E (kcal/period)			
	HH*	HL*	LH*	LL*	HH	HL	LH	LL	HH	HL	LH	LL	HH	HL	LH	LL
1-4	17.9	18.1	18.2	17.8	4.8	4.8	4.8	4.7	15.5	15.7	15.3	15.1	68.7	69.7	68.2	67.0
4-7	30.3	30.1	29.5	29.0	6.0	5.9	5.7	5.4	24.4	23.1	22.2	21.7	112.9	111.3	102.1	100.3
7-10	46.5 ^a	40.1 ^b	41.8 ^b	39.2 ^c	6.6 ^a	5.1 ^b	5.2 ^b	4.3 ^c	35.6 ^a	29.4 ^b	27.9 ^b	25.4 ^c	169.9 ^a	143.8 ^b	133.0 ^b	124.8 ^c
10-13	63.7 ^a	61.4 ^a	62.1 ^{a,b}	57.9 ^b	8.4 ^a	7.2 ^b	7.2 ^b	6.1 ^c	47.4 ^a	43.5 ^b	40.7 ^b	36.8 ^c	229.8 ^a	217.1 ^b	197.7 ^b	183.1 ^c
Total	158.4 ^a	149.7 ^b	151.6 ^b	143.9 ^c	25.8 ^a	23.0 ^b	22.9 ^b	20.5 ^c	122.9 ^a	111.7 ^b	106.1 ^b	99.0 ^c	581.3 ^a	541.9 ^b	501.0 ^b	475.2 ^c

* See foot-note in Table 4.

** Differences between values with different letters are significant ($P < 0.05$).

Table 7. Body weight and body measurements (Growth trial)

Age of calves (weeks)	Body weight (kg)			Height at withers (cm)			Length of body (cm)			Heart girth (cm)						
	HH*	HL*	LH*	LL*	HH	HL	LH	LL	HH	HL	LH	LL	HH	HL	LH	LL
1	44.2	49.8	44.7	45.6	-**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	53.0	62.4	56.0	55.3	81.5	84.4	81.3	81.9	76.5	79.4	77.4	76.7	88.5	90.3	87.5	87.8
7	71.5	78.6	69.0	69.0	82.7	86.0	84.4	83.3	81.0	86.0	83.6	82.0	95.3	96.3	93.8	93.3
10	88.4 ^{a***}	90.7 ^a	82.6 ^{a,b}	79.8 ^b	86.6	88.3	86.5	87.1	88.1	91.2	88.0	83.7	103.5	103.8	100.0	100.0
13	106.5 ^a	109.6 ^a	101.4 ^{a,b}	96.6 ^b	92.3	93.4	91.1	90.8	96.2 ^a	97.2 ^a	96.6 ^a	91.6 ^b	109.5 ^a	110.4 ^a	108.4 ^{a,b}	105.8 ^a

* See foot-note in Table 4.

** Not determined.

*** Differences between values with different letters are significant ($P < 0.05$).

Table 8. Weight gains and efficiency of gains (Growth trial)

Age of calves (Weeks)	Weight gain (g/day)				Energy conversion (TDN kg/kg gain)				Dry matter intake (% of body weight)			
	HH*	HL*	LH*	LL*	HH	HL	LH	LL	HH	HL	LH	LL
1- 4	660	604	537	464	1.13	1.34	1.40	1.49	1.71	1.58	1.74	1.75
4- 7	641	768	617	651	1.84	1.47	1.75	1.59	2.21	2.03	2.32	2.21
7-10	808**	580 ^b	651 ^c	517 ^d	2.14	2.46	2.12	2.44	2.83	2.31	2.66	2.53
10-13	859 ^a	899 ^b	894 ^a	800 ^b	2.63	2.32	2.20	2.18	3.05	2.91	3.19	3.05
Average	742 ^a	713 ^a	675 ^b	608 ^c	1.98	1.89	1.89	1.93	2.65	2.31	2.60	2.49

* See foot-note in Table 4.

** Differences between values with different letters are significant ($P < 0.05$).

いる。

1日あたり増体量 (Table 8) は週齢により処理の影響は必ずしも一定しなかったが、全期通算ではHH群>HL群>LH群>LL群の順になり、前記の養分摂取量 (Table 6) に対応する結果となった。全期通算の1日あたり増体量ではHH群とLH~LL群およびHL群とLH~LL群の差、ならびにLH群とLL群の差がそれぞれ有意 ($P < 0.05$) であった。養分摂取量と増体量の関係をTDN要求率 (TDN摂取量/増体量) についてみると各週齢で群間に大きな差は認められず、各処理を通じて両者の対応関係はほぼ一定しているとみなされる。また、前記の体重変化および飼料摂取量から求めた体重あたりの乾物摂取割合は、スターター多給群が制限群にくらべ多くなる傾向があるが、群間に有意差は認められず、スターターの給与水準と体格に応じ、可食量の範囲で乾草摂取量がほぼ規則的に調節されていることが推察できる。

MONTGOMERY and BAUMGARDT⁹⁾によれば、エネルギー含量の異なる飼料を給与された幼齡の反芻家畜ではエネルギー摂取量が一定となるように飼料摂取量の調節がなされるという。一方、KAYら⁴⁾は早期離乳牛について飼料中エネルギー含量の低下により乾物摂取量が有意に増加するとともにDE摂取量も増加する傾向を指摘し、必ずしも飼料のエネルギー含量に応じてエネルギー総摂取量の調節がなされるとは言えないとしている。ただし、これらの試験では、乾草もしくは粗飼料摂取量との関係については検討されていない。

カーフ・スターターのエネルギー含量をTDN値で61~71% (DE: 2.8~3.3 kcal/g) に規制し、それらの給与水準をそれぞれ最高日量2.0kgおよび2.5kgに区分した本試験の成績では、スターターの給与水準が粗飼料摂取量の支配要因として主要であること、さらに、スターターのエネルギー含量の変化が給与水準とともに発育増体量に直接関与することが示されている。すなわち、本試験に適用したスターターのエネルギー含量の範囲では、乾草摂取量がスターターの給与水準にもとづいて変化し、その結果、乾物摂取総量は可食量の限度内で一定となる傾向が明らかである。したがってスターターのエネルギー含量などの質的要因によりエネルギー摂取総量の調節がなされているとは認められない。この点はKAYら⁴⁾の結果と本質的に

一致するが、本試験の場合、スターター給与量の限定および乾草の併給（自由採食）が行われているのでスターター自由採食下の前記二者の成績と同列の比較はむずかしい。なお、本試験では、スターターのエネルギー含量調節にラードまたはでんぶん粕を用いているが、これら異質の配合成分の相互置き換えによる影響も本試験の設定条件下では分離検討できない。しかし、飼料摂取量および増体量を主とする発育指標に関しては油脂添加にともなう悪影響⁹⁾は本試験における添加量（5%）では全く認められず、発育値は油脂またはでんぶん粕の添加によるエネルギー含量の変化にそのまま対応するものであった。エネルギー含量の変換の方法、乾草の質などとの関係については今後の検討が必要である。

要 約

ホルスタイン種雄子牛 16 頭を用い、カーフ・スターターのエネルギー含量および給与水準が飼料摂取と発育におよぼす影響を 1 週齢から 13 週齢にわたって検討した。

自由採食下の乾草摂取量は、スターターの給与水準低下によって有意に増加し、高エネルギースターター（TDN：71%）給与時には制限群（最高日量 2.0 kg）が多給群（同 2.5 kg）に対し 43%、低エネルギースターター（TDN：61%）給与時には同じく 39% の増加がみられた。しかし、体重 100 kg あたりの乾物摂取量は飼料処理間に差は認められなかった。1 日あたり平均増体量は高エネルギー・多給群が最も高く、低エネルギー・制限群が最も低かった。スターター制限、乾草飽食の条件下では、発育増体はスターターと乾草の摂取比率にかかわらず摂取エネルギー量に密接に対応することが示され、増体効率処理間に差が認められなかった。

文 献

- 1) WHITAKER, R. T., W. J. MILLER, J. L. CARMON, and H. L. DALTON, J Dairy Sci 40:887-892. 1957.
- 2) MILLER, W. J., J. L. CARMON, and H. L. DALTON, J Dairy Sci 42:153-158. 1959.
- 3) MILLER, W. J., J Dairy Sci 45:759-764. 1962.
- 4) KAY, M., N. A. MACLEOD, and M. MCLAREN, Anim Prod 12:413-418. 1970.
- 5) MONTGOMERY, M. J., and B. R. BAUMGARDT, J Dairy Sci 48:569-574. 1965.
- 6) 農林省畜産試験場, 畜産試験場特別報告 No.3. 7-8. 1964.
- 7) SNEDECOR, G. W., Statistical Methods 5th ed. 251-253. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1956.
- 8) 中村敬止, 斉藤久弥, 広瀬素三, 樹田精一, 畜産の研究, 13:1421-1426. 1959.
- 9) CHANDLER, P. T., E. M. KESLER, R. D. MCCARTHY, and R. P. JOHNSTON, JR., J Nutrition, 95:452-460. 1968.

Summary

A feeding trial involving 16 Holstein bull calves ages 1 to 13 weeks was undertaken

to determine the effects of energy concentration and feeding level of calf starter on feed consumption and performance of young dairy calves.

Hay consumption, under the condition of *ad libitum* feeding, was significantly higher in calves receiving lower feeding levels of starter (limited to 2.0 kg per calf per day) than in those receiving higher feeding levels of starter (limited to 2.5 kg per calf per day). These relative increases in hay consumption were 43 % for the high energy starter and 39 % for the low energy starter, respectively. There were, however, no significant differences in dry matter intake per 100 kg live weight among calves receiving the various dietary treatments. Average weight gains tended to decrease steadily with decrease in energy intake, being highest in the calves fed high levels of high energy starter and lowest in those fed low levels of low energy starter. Under the condition in which the feeding level of starter was limited and hay was fed *ad libitum*, it appears that the performance of calves closely corresponded to energy intake, so that there were no marked differences due to hay-to-starter ratios in the efficiency of the gains, expressed as TDN required per kg of gain.