

人工乳主体時の石灰石給与が離乳牛の 消化率と糞pHに及ぼす影響

西 埜 進*・森田 茂*・近藤誠司**

Effect of Limestone Feeding to High Calf Starter Rations on Digestibility and Fecal pH in Weaned Calves

Susumu NISHINO,* Shigeru MORITA*
and Seiji KONDO**
(September 1987)

緒 言

初生子牛は、前胃（第一・二・三胃）の相対的な大きさが極めて小さく、なかでも第一胃は解剖学的にも生理学的にも、また微生物学的にも未発達の状態にあって、生後の固形飼料（人工乳、乾草など）摂取が、第一胃の大きさと機能の発達を促進する。したがって、初生子牛には早くから多くの固形飼料を摂取させることが重要な課題になる。

子牛の消化能力は、生後3~4ヵ月齢で大体成牛の水準に達する¹⁵⁾が、まだ第一胃の大きさが十分ではないから、以後の数ヵ月間は人工乳をかなりの量補給しなければならない。

人工乳摂取量は、液状飼料が多ければ抑制され、離乳によって増加する¹⁵⁾とし、人工乳摂取量と増体量の間に有意な正の相関^{10,25)}がみられる。他方、人工乳主体時には酸一塩基平衡障害が蛋白質代謝と炭水化物代謝に及ぼす影響²²⁾を観察している。しかし、人工乳主体時に緩衝剤を使用した報告は、重炭酸ナトリウムが第一胃内微生物の蛋白質生産効率を向上した⁷⁾、あるいは子牛の成長と健康面からは有効でなかった²²⁾としたのはあるが、石灰石に関する報告はほとんどみあたらない。

そこで、本報では人工乳に石灰石3.5%を配合し、離乳牛の消化率および糞pHに及ぼす影響を、乾草主体時（試験1）ならびに人工乳主体時（試験1~3）の消化試験を行なって検討した。

* 酪農学科，家畜管理学研究室

Department of Dairy Science (Animal Management) Rakuno Gakuen University,
Ebetsu, Hokkaido 069, Japan

** 北海道大学農学部

Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Hokkaido 060, Japan

材料および方法

試験1 供試子牛はホルスタイン種雄子牛8頭で、江別市の酪農家より生後間もないものを購入して予備育成を行ない、離乳後に生後日齢と体重によって二群に分け、下記の消化試験に繰り返し用いた。試験開始時が平均109日齢、体重は平均123kgであった。

試験人工乳の配合割合はTable 1に示した。人工乳は、大麦と大豆粕主体のものを対照人工乳(カルシウム含量は乾物中0.56%)とし、対照人工乳に石灰石を3.5%添加したのが石灰石人工乳(1.84%)である。石灰石は、粗麩を粉碎し篩別をした粒状のもので、成分含量は粗灰分100%、カルシウム38%前後であった。

Table 1. Composition of experimental diets (Exp. 1)

Ingredients, % ^a	Starter		Hay
	Control	Limestone	
Barley	5.00	56.00	
Soybean meal	25.00	25.50	
Corn	20.00	10.00	
Molasses	4.00	4.00	
Sodium chloride	0.45	0.45	
Limestone	—	3.50	
Trace mineral and vitamin premix	0.50	0.50	
Antibiotics	0.05	0.05	
Chemical composition, %			
Dry matter	84.7	85.5	86.1
Crude protein ^b	21.9	22.4	8.0
Cell wall ^b	18.8	16.8	69.6
Acid detergent fiber ^b	4.8	6.7	42.4
Starch ^b	38.1	37.0	0.6
Calcium ^b	0.56	1.84	0.32
Phosphorus ^b	0.48	0.54	0.24

a Air dry matter basis.

b Dry matter basis.

試験区は、子牛に対する人工乳と乾草の給与割合を7:3(以下、人工乳主体時という)と3:7(以下、乾草主体時という)に分け、さらに各飼料主体時の一方の群に対照人工乳(以下、対照区という)、他方の群に石灰石人工乳(以下、石灰石区という)を給与して区分した。

消化試験は、各飼料主体時毎に全糞採取法(予備期7日間, 本期5日間)で連続行なった。飼料給与日量は、人工乳主体時が人工乳 2.8 kg, 乾草(イネ科主体乾草一番刈) 1.2 kg, 乾草主体時が 1.2, 2.8 kg であった。飼料は毎日2回に分けて与えた。

飼料の分析試料は、本期に毎日適量を採取し、試験終了後に混合し粉碎して用いた。ただちに乾物、粗蛋白質、細胞壁物質²⁾ および酸性デタージェント繊維¹⁾ の各含量を測定した。デンプンは、過塩素酸で試料から抽出し、この抽出液を加水分解してグルコースオキシダーゼ法¹⁾ で比色定量した。ミネラル含量は、分析試料の乾式灰化後に、カルシウムは原子吸光光度法(日立 308 型)、リンはリン・バナドモリブデン酸法¹⁾ で測定した。人工乳と乾草の化学的組成は Table 1 に示した。

糞は、本期間は毎日の排泄量を秤量し、一部を適量採取して、排泄量に応じて比例混合し、混合試料の一部に希塩酸を噴霧し風乾後分析に供した。

糞 pH は、新鮮な混合試料 10 g を精製水 100 ml によく溶かし、一昼夜放置後に混合した後に、上澄を用いてガラス電極 pH メーターで測定した。

Table 2. Composition of experimental diets (Exp. 2)

Ingredient, % ^a	Starter		Hay
	Control	Limestone	
Barley	34.00	27.00	
Wheat	20.00	17.50	
Soybean meal	18.00	20.00	
Corn	20.00	24.00	
Molasses	4.00	4.00	
Animal fat	3.00	3.00	
Sodium chloride	0.45	0.45	
Limestone	—	3.50	
Trace mineral and vitamin premix	0.55	0.55	
Chemical composition, %			
Dry matter	87.0	87.5	85.4
Caude protein ^b	24.9	25.5	18.4
Cell wall ^b	18.0	15.6	68.6
Acid detergent fiber ^b	5.4	4.6	36.4
Calcium ^b	0.36	1.55	0.54
Phosphorus ^b	0.41	0.42	0.30

a Air dry matter basis.

b Dry matter basis.

試験成績は、飼料主体時毎の試験区の平均値で示し、平均値間の有意性検定は多重範囲検定法²⁶⁾で行なった。さらに、三回の試験を通じた人工乳主体時の試験成績について、各試験毎に等分散性を最大分散比で確認した後に、給与飼料の成分摂取量を独立変量とし、従属変量の消化率および糞 pH に対する相対的重要度を重回帰分析¹³⁾によって検討した。

試験 2 供試子牛はホルスタイン種雄子牛 12 頭で、試験開始時が平均 108 日齢、体重は平均 146 kg であった。上記の子牛を試験開始に際し生後日齢、体重および増体日量で二群に分け、下記の消化試験に用いた。

試験人工乳の配合割合は Table 2 に示した。人工乳は、大麦、小麦およびトウモロコシ主体のものが対照人工乳(カルシウム含量は乾物中 0.36%)で、対照人工乳に石灰石を 3.5% 添加して石灰石人工乳(1.55%)とした。人工乳と乾草の化学的組成は Table 2 に示した。

試験区は、子牛の一方の群に対照人工乳を給与し(以下、対照区という)、他方の群には石灰石人工乳を給与した(以下、石灰石区という)。

消化試験は、各試験区の子牛を半分ずつ用いて、前回と同じように繰り返し行なった。

Table 3. Composition of experimental diets (Exp. 3)

Ingredient, % ^a	Starter		Hay
	Control	Limestone	
Barley	46.40	49.30	
Soybean meal	21.70	22.30	
Corn	22.00	15.00	
Linseed meal	5.00	5.00	
Molasses	4.00	4.00	
Sodium chloride	0.45	0.45	
Limestone	—	3.50	
Trace mineral and vitamin premix	0.45	0.45	
Chemical composition, %			
Dry matter	85.7	85.9	89.1
Crude protein ^b	21.7	21.5	11.8
Cell wall ^b	17.4	18.3	62.4
Acid detergent fiber ^b	5.6	6.4	34.7
Starch ^b	33.8	38.7	0.2
Energy, kcal/DMg	4.96	4.42	4.61
Calcium ^b	0.25	1.59	0.40
Phosphorus ^b	0.52	0.52	0.34

a Air dry matter basis.

b Dry matter basis.

試験期間中は子牛を代謝檻にのせて、本期の全糞尿を採取した。飼料給与日量は、人工乳 2.8 kg, 乾草 (イネ科主体乾草二番刈) 1.2 kg であった。人工乳と乾草の給与割合を 7:3 とした。以上のほかは試験 1 と同じように行なった。

試験 3 供試子牛はホルスタイン種雄子牛頭 4 で、試験開始時が平均 112 日齢、体重は平均 148 kg であった。

試験人工乳の配合割合、人工乳および乾草の化学的組成を Table 3 に示した。人工乳のカルシウム含量は、対照人工乳が乾物中 0.25%, 石灰石人工乳が 1.59% であった。

消化試験は、試験区が前回と同様で反転法 (予備期 7 日間, 本期 5 日間) により連続行なった。試験期間中は子牛を代謝檻にのせて、本期間の全糞尿を採取した。飼料給与日量は、人工乳 3.2 kg, 乾草 (イネ科主体乾草二番刈) 0.8 kg であった。以上のほかは試験 1 と同じように行なった。

結 果

試験 1 消化試験成績は Table 4 に示した。乾物摂取日量は、両飼料主体時の試験区間

Table 4. Apparent digestibilities of dry matter, crude protein, and acid detergent fiber of weaned calves fed control and limestone rations (Exp. 1)

	Starter : hay ratio			
	7:3		3:7	
	Control	Limestone	Control	Limestone
No. calves	4	4	4	4
Dry matter intake, kg/day				
Calf starter	2.28	2.31	1.02	1.03
Hay	0.96	0.89	2.20	2.27
Total	3.24	3.20	3.22	3.30
Ration, %/DM				
Crude protein	17.7	18.4	12.6	12.6
Calcium	0.49	1.40	0.41	0.79
Phosphorus	0.41	0.46	0.32	0.34
Digestibility, %				
Dry matter	70.2 ^a	70.9 ^a	63.3 ^b	62.7 ^b
Crude protein	68.6 ^a	72.7 ^b	59.8 ^c	62.0 ^c
Cell wall	51.7	50.2	57.1	53.3
Acid detergent fiber	47.1 ^a	51.0 ^{ab}	56.3 ^{ab}	57.3 ^b
Fecal pH	6.6 ^a	7.5 ^b	7.1 ^c	7.1 ^c

a, b, c (P<0.05).

に差はなかったが、乾物中の粗蛋白質、カルシウムおよびリン含量は、人工乳主体時が乾草主体時に比べて高く、特に石灰石区のカルシウム含量が著しく多かった。

乾物の消化率は、人工乳主体時の各試験区は乾草主体時の各試験区より有意 ($P < 0.05$) に高かったが、各飼料主体時の試験区間に有意差は認められなかった。粗蛋白質の消化率も、人工乳主体時の各試験区が乾草主体時の各試験区より有意 ($P < 0.05$) に高く、さらに、人工乳主体時の石灰石区が対照区よりも有意 ($P < 0.05$) に高かった。細胞壁物質および酸性デタージェント繊維の消化率は、人工乳主体時の各試験区が乾草主体時のそれに比べて低い傾向にあったが、各飼料主体時の試験区間に有意差はみられなかった。

糞 pH は、人工乳主体時の対照区は乾草主体時の対照区より有意 ($P < 0.05$) に低く、人工乳主体時の試験区間にも有意差 ($P < 0.05$) があった。

試験 2 消化試験成績は Table 5 に示した。乾物摂取日量は、試験区間に差がなく、乾物中の粗蛋白質およびカルシウム含量は石灰石区の方が対照区より高かったが、リン含量はほぼ等しかった。

Table 5. Apparent digestibilities of dry matter, crude protein, and acid detergent fiber of weaned calves fed control and limestone rations (Exp. 2)

	Ration	
	Control	Limestone
No. calves	6	6
Dry matter intake, kg/day ^a		
Calf starter	2.36	2.36
Hay	1.01	0.96
Total	3.37	3.32
Ration, %/DM		
Crude protein	21.8	24.4
Calcium	0.42	1.26
Phosphorus	0.39	0.38
Digestibility, %		
Dry matter	72.4	74.2
Crude protein	73.8	79.6 ^b
Cell wall	59.6	62.5 ^b
Acid detergent fiber	52.2	51.6
Fecal pH	6.0	7.4 ^b

a Starter vs Hay=7:3 on air dry matter.

b Different from control ($P < 0.05$).

乾物、粗蛋白質、細胞壁物質および酸性デタージェント繊維の消化率は、石灰石区の方が対照区に比べて高く、両試験区の粗蛋白質と細胞壁物質の差は有意 ($P < 0.05$) であった。

糞 pH は、石灰石区が対照区より有意 ($P < 0.05$) に高かった。

試験 3 消化試験成績は Table 6 に示した。乾物摂取日量は、両試験区が等量で、また、乾物中の粗蛋白質およびリン含量にも差はなかったが、カルシウム含量の差は著しかった。

Table 6. Apparent digestibilities of Dry matter, crude protein, and acid detergent fiber of weaned calves fed control and limestone rations (Exp. 3)

	Ration	
	Control	Limestone
No. calves	4	4
Dry matter intake, kg/day ^a		
Calf starter	2.78	2.78
Hay	0.71	0.71
Total	3.49	3.49
Ration, %/DM		
Crude protein	19.7	19.5
Calcium	0.30	1.35
Phosphorus	0.48	0.48
Digestibility, %		
Dry matter	76.5	74.9
Crude protein	76.5	77.7
Cell wall	49.7	50.1
Acid detergent fiber	38.8	41.8
Starch	97.7	99.9 ^b
Energy	75.3	74.6
Fecal pH	6.2	7.5 ^b

a Starter vs Hay=8:2 on air dry matter.

b Different from control ($P < 0.05$).

乾物およびエネルギーの消化率は、石灰石区の方が対照区に比べて低かったが、試験区間の差は有意でなかった。また、粗蛋白質、細胞壁物質および酸性デタージェント繊維の消化率は、石灰石区が対照区より逆に高かったが、試験区間の差は有意でなかった。しかし、デンプンの消化率は、石灰石区の方が対照区より有意 ($P < 0.05$) に高くなった。

糞 pH は、石灰石区の方が対照区に比べて有意 ($P < 0.05$) に高かった。

以上の三回の試験を通じた人工乳主体時の平均消化率（乱数表を使って各試験区の例数

をそろえた計 24 頭の平均値) は、粗蛋白質が対照区 73.0%，石灰石区 76.7%，酸性デタージェント繊維は対照区 45.8%，石灰石区 49.1% で、粗蛋白質の消化率は石灰石区の方が約 5%，酸性デタージェント繊維の消化率では約 7% ほど高く、試験区間の差は有意 ($P < 0.05$) であった。また、人工乳主体時の糞 pH は、対照区が 6.3，石灰石区が 7.5 となって、石灰石区の方が約 1.2 単位ほど有意 ($P < 0.05$) に高かった。

考 察

人工乳主体時の対照区は、粗蛋白質の消化率が乾草主体時のそれより有意に高く、細胞壁物質および酸性デタージェント繊維では逆に低かった。離乳子牛の消化率は、乾草の種類、品質ならびに人工乳とか濃厚飼料の給与割合^{12,17,18)} で変化し、濃厚飼料の割合が高いと、粗蛋白質の消化率は増加し、繊維成分の消化率が減少する^{8,12,14,17,18)} とされている。さらに、関根ら¹⁸⁾ は飼料中の粗蛋白質含量が異なる条件下では、濃厚飼料割合の増加とともに、粗蛋白質の消化率は凸型で曲線的に高くなるとしている。これに対して、飼料中の粗蛋白質含量がほぼ等しい条件下では、濃厚飼料割合の増加とともに、粗蛋白質の消化率は直線的に高くなり、繊維成分は直線的に低下する⁸⁾ とした報告がある。

人工乳主体時の石灰石区が、粗蛋白質および繊維成分の消化率に及ぼした影響については、三回の各試験から一定のたしかな成績は得られなかった。しかし、三回の試験を通じた人工乳主体時の平均消化率では、石灰石区の粗蛋白質と酸性デタージェント繊維が対照区のそれより有意に高かった。従来からの報告では、石灰石給与が粗蛋白質と繊維成分の消化率を改善する^{21,23)}、あるいは粗蛋白質と繊維成分の消化率に対する影響が明らかでなかった²⁴⁾ としている。また、最近の報告でも粗蛋白質と繊維成分の消化率を向上した¹⁶⁾、粗蛋白質の消化率に効果はなかったが、繊維成分の消化率は高くなった⁶⁾、など必ずしも見解が一致していない。

飼料の消化率は、飼料自体の化学的組成と密接な関係にあるが、同時に共存する飼料要因の相絡効果¹⁸⁾ にも影響されている。したがって、三回の人工乳主体時の消化試験成績に、重回帰分析を応用して検討を行なった。人工乳主体時の粗蛋白質、酸性デタージェント繊維およびカルシウム摂取量を独立変量にした場合、粗蛋白質および酸性デタージェント繊維の消化率に対する寄与率はそれぞれ 72, 73% であった (Table 7)。粗蛋白質の消化率は、粗蛋白質およびカルシウム摂取量の増加に伴って高くなるが、酸性デタージェント繊維摂取量では有意な低下がみられた。さらに、粗蛋白質摂取量とカルシウム摂取量による粗蛋白質の変化は大体同じ程度であった (標準偏回帰係数の比較)。また、酸性デタージェント繊維の消化率は、粗蛋白質および酸性デタージェント繊維摂取量の増加に伴い有意に高く

Table 7. Multiple regression analysis of digestibility data^{abc}

	Digestibility	
	Crude protein	Acid detergent fiber
	Y _a	Y _b
Coefficients of determination	0.72	0.73
Mean square due to regression	111.63**	294.51**
Standard partial regression coefficients		
	b' _y 1.23	0.459
	b' _y 2.13	-0.492
	b' _y 3.12	0.334
Standard error of partial regression coefficients		
(df = 24)	S _{by} 1.23	0.193; t = 4.031**
	S _{by} 2.13	0.233; t = 4.380**
	S _{by} 3.12	0.954; t = 3.035**
Regression equations:	Y _a = 71.06 + 0.78 X ₁ - 1.02 X ₂ + 2.90 X ₃ R = 0.85	
	Y _b = -24.24 + 1.92 X ₁ + 2.24 X ₂ + 1.35 X ₃ R = 0.85	

a X₁ = Crude protein intake, %/DM b X₂ = Acid detergent fiber intake, %/DM
 c X₃ = Calcium intake, %/DM **P < 0.01

Table 8. Multiple regression analysis of fecal pH data^{abc}

	Fecal pH
	Y _c
Coefficient of determination	0.87
Mean square due to regression	3.51**
Standard partial regression coefficients	
	b' _y 1.23
	b' _y 2.13
	b' _y 3.12
Standard error of partial regression coefficients	
(df = 24)	S _{by} 1.23
	S _{by} 2.13
	S _{by} 3.12
Regression equation:	Y _c = 6.09 - 0.021 X ₁ + 0.003 X ₂ + 1.32 X ₃ R = 0.93

a X₁ = Crude protein intake, %/DM
 b X₂ = Acid detergent fiber intake, %/DM
 c X₃ = Calcium intake, %/DM
 ** P < 0.01

なるが、カルシウム摂取量による効果は認められなかった。

人工乳主体時の対照区は、糞 pH が乾草主体時のそれより有意に低かったが、人工乳主体時の石灰石区は対照区に比べて明らかに高かった。反すう家畜では、第一胃、小腸および結腸の内容物は糞 pH と有意な差がなく、下部消化管内の指標に糞の値が利用できる²⁰⁾としている。さらに、石灰石給与は下部消化管内と糞の pH を有意に高くし、特に小腸、結腸および糞の増加程度が大きかった^{23,24)}とされている。従来からの報告から、石灰石に由来する過剰なカルシウムが下部消化管の内容物に対し有効な緩衝作用を持つことが確認され^{9,19,23)} また、最近の報告^{3,4,5,6)}でも同様の成績が得られている。

一方、下部消化管内の緩衝作用はカルシウム以外の飼料要因にも影響され、特にカルシウム含量と粗蛋白質含量が加法的に作用する^{3,5)}とした報告がある。しかし、本報ではカルシウム摂取量の増加によって高くなり、他の独立変量による有意な影響はみられなかった (Table 8)。さらに、糞 pH は糞中カルシウム含量と凸型の曲線的な関係にあって、糞中カルシウム含量が乾草中約 2% を越えなければ中性域には達しなかった (Fig. 1)。

以上のことから、人工乳主体時の石灰石給与は、離乳牛の下部消化管内の酸性化を抑制して、粗蛋白質の消化率を改善することが推察された。

要 約

子牛人工乳に石灰石 3.5% 配合し、人工乳主体時における離乳牛の消化率および糞 pH に及ぼす影響について、三回の試験を行なった。試験 1 は試験区を人工乳主体時および乾草主体時とし、さらに各飼料主体時を対照区と石灰石区に区分した。試験 2, 3 は人工乳主体時で対照区と石灰石区に分けた。試験 1 の粗蛋白質の消化率および糞 pH は、人工乳主体時の石灰石区が対照区に比べて有意に高かった。試験 2 の粗蛋白質、細胞壁物質および糞 pH は石灰石区が対照区より有意に高かった。試験 3 のデンプンの消化率および糞 pH は石灰石区の方が対照区より有意に高くなった。人工乳主体時の粗蛋白質および酸性デタージェント繊維の消化率に対する粗蛋白質、酸性デタージェント繊維およびカルシウム摂取

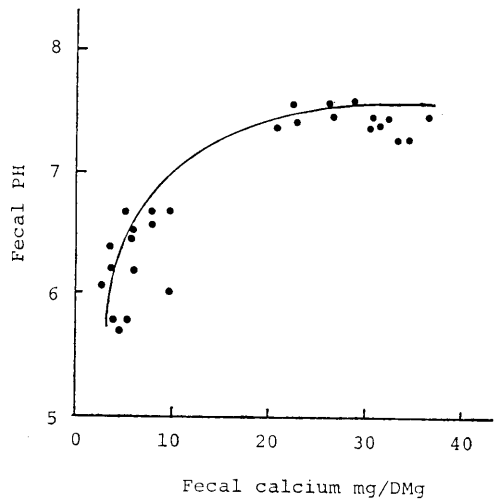


Figure 1. Curvilinear relationship between fecal pH and fecal calcium contents (Exp. 1, 2 and 3)

量の寄与率はそれぞれ 72, 73% であった。粗蛋白質摂取量の増加に伴って、粗蛋白質および酸性デタージェント繊維の消化率が高くなった。カルシウム摂取量の増加で粗蛋白質の消化率は高くなったが、酸性デタージェント繊維の消化率には効果が認められなかった。

文 献

- 1) 阿部 亮・堀井 聡, 1976. とうもろこしサイレージおよび乳牛配合飼料中のデンプン定量法の検討. 畜試研報, **30**: 27-32.
- 2) 阿部 亮・堀井 聡, 1978. 配合飼料原料および各種配合飼料に対するデタージェント分析の適用. 日畜会報, **49**: 733-738.
- 3) Ferreira, J. J., C. H. Noller, R. B. Keyser and T. S. Stewart, 1980. Influence of dietary calcium and protein on fecal pH, consistency, and rate of passage in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **63**: 1091-1097.
- 4) Haaland, G. L. and H. F. Tyrrell, 1982. Effect of limestone and sodium bicarbonate buffers on rumen measurements and rate of passage in cattle. *J. Anim. Sci.*, **55**: 935-942.
- 5) Haaland, G. L., H. F. Tyrrell, P. W. Moe and W. E. Wheeler, 1982. Effect of crude protein and limestone buffers in diets fed at two levels of intake on rumen pH, ammonia-nitrogen, buffering capacity and volatile fatty acid concentration of cattle. *J. Anim. Sci.*, **55**: 943-950.
- 6) Ha, J. K., R. J. Emerick, R. J. and L. B. Embry, 1983. In vitro effect of pH variations of rumen fermentation, and in vivo effects of buffers in lambs before and after adaptation to high concentrate diets. *J. Anim. Sci.*, **56**: 698-706.
- 7) Hart, S. P. and C. E. Polan, 1984. Effect of sodium bicarbonate and disodium phosphate on animal performance, ruminal metabolism, digestion, and rate of passage in ruminating calves. *J. Dairy Sci.*, **67**: 2356-2368.
- 8) Horton, G. M. J. K. A. Bassendowski and E. H. Keeler, 1980. Digestion and metabolism in lambs and steers fed monensin with different levels of barley. *J. Anim. Sci.*, **50**: 997-1008.
- 9) Kincaid, R. L., J. K. Hillers and J. D. Cronrath, 1981. Calcium and phosphorus supplementation of ration for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **64**: 754-758.
- 10) Lawrence, T. L. and J. Pearce, 1965. A note on the effect certain variables on the performance of early-weaned calves. *Anim. Pro.*, **7**: 393-396.
- 11) 森本 宏監修, 1971. 動物栄養試験法. 第1版, 養賢堂, 東京.
- 12) 大久保正彦・大浦良三・関根純二郎・朝日田康司, 1983. 乾草の種類と給与割合が離乳牛の消化率に及ぼす影響. 北海道大学農学部農場研究報告, **23**: 51-59.
- 13) 応用統計ハンドブック編集委員会編, 1978. 応用統計ハンドブック. 第1版, 養賢堂, 東京.
- 14) Price, M., S. D. M. Jones, G. M. Mathison and R. T. Berg, 1980. The effects of increasing dietary roughage level and slaughter weight on the feedlot performance and carcass characteristic of bull and steers. *Can. J. Anim. Sci.*, **60**: 345-358.
- 15) Roy, J. H. B., 1970. The calf nutrition and health. Third ed., Pennsylvania State University, London.
- 16) Rust, S. R. and F. N. Owens, 1982. Limestone level and digestibility by feedlot steers. *J. Anim., Sci.*, **55**: 459 (Abstr.).
- 17) 関根純二郎・北村 健・大久保正彦・朝日田康司, 1981. 子牛の発育および飼料の利用性に及ぼす

スターター給与レベルの影響. 北海道大学農学部農場研究報告, **22**: 66-72.

- 18) 関根純二郎・花田正明・森田 茂・諸岡敏生・近藤誠司・大久保正彦・朝日田康司, 1986. 子牛の混合飼料の消化率に及ぼす粗飼料・濃厚飼料割合の影響. 日畜会報, **57**: 231-236.
- 19) Wheeler, W. E. and C. H. Noller, 1976. Limestone buffers in complete mixed rations for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **59**: 1788-1793.
- 20) Wheeler, W. E. and C. H. Noller, 1977. Gastrointestinal tract pH and starch in feces of ruminants. *J. Anim. Sci.*, **44**: 131-135.
- 21) Wheeler, W. E. 1980. Effect of limestone buffers on digestibility of complete diets and performance by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **63**: 1848-1854.
- 22) Wheeler, T. B., P. J. Wangsness, L. D. Muller and L. C. Griel, Jr., 1980. Addition of sodium bicarbonate to complete pelleted diets fed to dairy calves. *J. Dairy Sci.*, **63**: 1855-1863.
- 23) Wheeler, W. E., C. H. Noller and J. L. White, 1981. Comparison between limestone and cement kiln dusts of similar rates of reactivity used in high concentrate diets for beef steers. *J. Anim. Sci.*, **52**: 873-881.
- 24) Wheeler, W. E., C. H. Noller and J. L. White, 1981. Effect of level of calcium and rate of reactivity of calcitic limestone on utilization of high concentrate diets by beef steers. *J. Anim. Sci.*, **52**: 882-894.
- 25) Whitaker, R. T., W. J. Miller, J. L. Carmon and H. L. Dalton 1957. Influence of level and source of crude fiber in calf starters on weight and feed consumption. *J. Dairy Sci.*, **40**: 887-891.
- 26) 吉田 実・阿部猛夫監修, 1982. 畜産における統計的方法. 第1版, 養賢堂, 東京.

Summary

Three digestion trials were conducted to determine the effect of limestone feeding on nutrient digestibility and fecal pH in weaned calves. In Experiment 1, eight calves were fed diets of 7:3 or 3:7 starter vs. hay with either 0 or 3.5% limestone in factorial design trials. The digestibility of crude protein and the fecal pH were both increased relative to the control rations by limestone additions to the high calf starter rations. In Experiment 2, twelve calves were fed diets of 7:3 starter vs. hay with 0 and 3.5% limestone in an equalized paired trial. The digestibility of crude protein and cell wall and the fecal pH were increased relative to the control rations by limestone additions to the high calf starter rations. In Experiment 3, four calves were fed diets of 8:2 starter vs. hay with 0 and 3.5% limestone in a reversal trial. The digestibility of starch and the fecal pH were increased relative to the control rations by limestone additions to high calf starter rations. Multiple regression analyses were conducted to determine the effect of the intake parameters on the digestibility of crude protein and acid detergent fiber. The intake of crude protein, acid detergent fiber and calcium together accounted for 72 and 73% of the total variability in the digestibility of crude protein and acid detergent fiber, respectively. Increases in crude protein intake resulted in increased digestibility of crude protein and acid detergent fiber. Increasing calcium intake increased the digestibility of crude protein, but did not affect that of acid detergent fiber. In these trials, limestone increased the fecal pH and improved crude protein digestibility.