

受賞論文

ルーメン内飼料利用性を考慮した乳牛の給与基準に関する研究

原 悟志

北海道立畜産試験場, 新得町 081-0038

Studies on the feeding programs for dairy cows considering digestibilities of feedstuff in the rumen

Satoshi HARA

Hokkaido Animal Research Center,

Shintoku 081-0038

キーワード: 乳牛, 炭水化物, ルーメン内消化, 放牧

Key words: dairy cows, carbohydrate, grazing, rumen digestion

牛の健康を維持しながら生産性を向上させるためには、ルーメン機能を最大に発揮させることを前提に、乳牛の消化生理に即して必要とする栄養分を過不足なく給与することが重要である。この点に関して、従来の粗タンパク質および粗繊維とする栄養指標では、ルーメン機能を維持および活用するための指標として不十分であった。そこで、栄養素として炭水化物を主とし、その新たな栄養指標および給与基準等について一連の試験を実施した。

1. 炭水化物の給与基準

乳牛の第一胃機能を正常に維持する際の指標となる中性デタージェント繊維 (NDF), 重要なエネルギー源であるがルーメンアシドーシスの原因として給与が制限されるデンプンの給与基準を検討した。

1) NDFの給与水準

2産以上の泌乳中後期牛8頭を供試し4×4ラテン方格法(21日/期)により、飼料中NDF含量が乳牛に及ぼす影響を検討した。粗飼料は、トウモロコシサイレージと牧草サイレージを乾物比で2:1として用い、NDF含量は濃厚飼料と粗飼料の比率を変えて調整した。その結果、NDF含量(乾物中)が40%から30%に低下するとともに乾物摂取量、乳量の増加がみられたが、さらに少ないNDF含量25%では増加はみられなかった。また、NDF含量25%でルーメン液の酢酸/プロピオン酸比(A/P比)および乳脂率は大きく低下しルーメン性状が大きく変化することが示された(図1)。2産以上の泌乳初期牛15頭を用いた試験においても、ルー

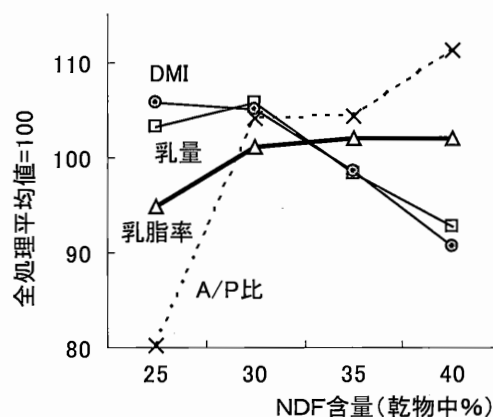


図1 飼料中NDF含量が乾物摂取量、乳量、乳脂率およびルーメン液酢酸/プロピオン酸比(A/P比)に及ぼす影響

メン性状および乳脂率に同様な傾向が認められたことから、NDF含量30%が適当と考えられた。なお、都府県の成績(千葉畜セ, 1991)では、NDF含量35%が適正とし本試験の結果とは異なる。これに関し、近年、飼料の物理性の指標としてNDFの有効率(CPM Dairy, 2003)が用いられている。これをもとに有効NDFとして表現すると両者の推奨値は、有効NDF含量として約22%となり両者はほぼ一致する。飼料構成が大きく異なる場合ではこの物理性を加味したNDFの有効率の利用が必要と考えられる。

2) デンプン給与水準

泌乳中後期牛8頭を供試し4×4ラテン方格法(21日/期)により、飼料中デンプン含量を22, 25, 30%および34%(乾物中)とする混合飼料を給与した。給与飼料は繊維含量の影響を少なくするため、各処理とも粗濃比を34:66とし、デンプン含量は庄ペントウモロ

表1 飼料中デンプン含量が乳生産および糞性状に及ぼす影響

	デンプン含量 (%乾物)			
	22	25	30	34
乾物摂取量, %/体重	3.42	3.41	3.46	3.59
実乳量, kg/日	29.6	29.0	29.4	27.0
4%FCM量, kg/日	28.7	27.5	26.8	25.6
乳脂肪率, %	3.76	3.69	3.46	3.71
乳蛋白質率, %	3.10	3.22	3.24	3.33
糞pH	6.41 a	6.30 ab	6.24 ab	6.07 b
糞デンプン含量, %乾物	4.7 c	7.9 b	10.6 ab	11.0 a

a, b, c: 異文字間に有意差あり (p<0.05)

表2 デンプン源の違いが乾物摂取量および乳生産に及ぼす影響

	トウモロコシ区	マイロ区	小麦区	大麦区
乾物摂取量, %/体重	3.13	3.13	3.00	3.00
実乳量, kg/日	24.0	23.3	22.4	22.9
4%FCM量, kg/日	21.3	21.3	20.0	20.6
乳脂肪率, %	3.33	3.46	3.26	3.35
乳蛋白質率, %	3.08	3.12	3.09	3.11

コシと豆皮の比率を変えて調整した。その結果、デンプン含量の増加とともに乳脂肪率が低下し、30%区で乳脂肪率が3.5%を下回ったこと、乳蛋白質率は25%区と30%区で差がみられなかったことから、デンプン含量は25%が適当と考えられた(表1)。

3) デンプン質飼料の差異

泌乳中後期牛8頭を供試し4×4ラテン方格法(21日/期)により、デンプン質飼料としてトウモロコシ、マイロ、大麦、小麦をそれぞれ用いた混合飼料を給与し、比較した。各デンプン質飼料は市販の圧ぺんされた市販品を用い、デンプン含量は全処理とも28%(乾物中)と等しくした。その結果、小麦区では乳量および乳脂肪率がやや低い傾向がみられた(表2)。また、ルーメンフィステル装着乾乳牛を用いてルーメン性状を測定した結果、乳脂肪率と相関の高いルーメン液A/P比は、飼料給与後9時間をとおして、常に小麦が最も低く、次いで大麦が低く(図2)、小麦または大麦を多く給与した場合は、乳脂肪率の低下が懸念された。

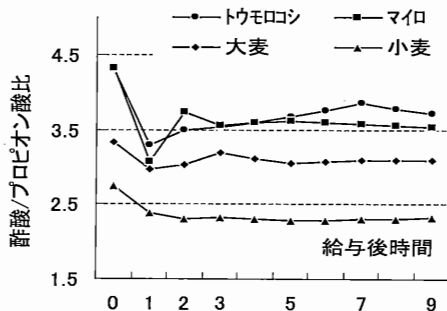


図2 デンプン源の違いがルーメン液の酢酸/プロピオン酸比に及ぼす影響

2. 放牧飼養時の給与基準

飼料自給率の高い放牧飼養法を確立するためには、基礎となる放牧草の飼料特性に対応するとともに、乳牛の養分要求量に応じた無駄のない併給飼料の給与が求められる。そこで、TDN自給率70%を目標として、放牧飼養に適した濃厚飼料の構成および給与量、生乳生産性について検討した。

1) 放牧に適したデンプン質飼料

デンプン質飼料として、圧ぺんトウモロコシを対照として、その一部または全量を大麦または粉碎トウモロコシで代替して放牧泌乳牛10~12頭に給与した。試験は、粗飼料を放牧草のみとする昼夜放牧条件とし、放牧草の季節差を考慮して春~夏、夏~秋の2回実施した。その結果、大麦を給与した区では放牧草摂取量(図3)およびルーメン液pH(図4)の低下傾向がみられたこと。また、粉碎トウモロコシでは消化性が低いと考えられること。また、放牧飼養では濃厚飼料の給与回数は3回/日程度が限度で、舎飼飼養で一般的に

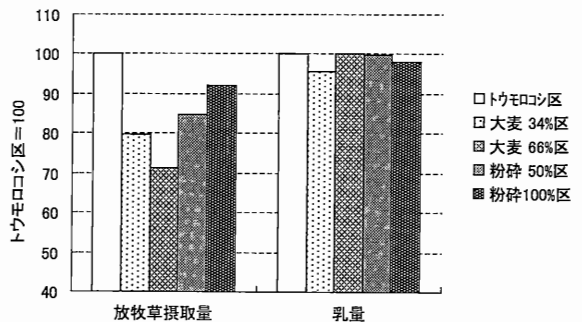


図3 放牧時併給濃厚飼料中のデンプン源の違いが放牧草採食量および乳量に及ぼす影響

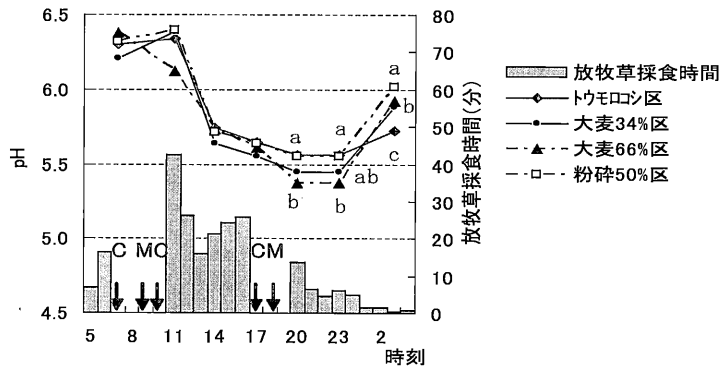


図4 併給飼料中のデンプン源が放牧泌乳牛のルーメン液pHに及ぼす影響
C:濃厚飼料給与, M:搾乳
ルーメンフィステル装着泌乳牛4頭供試

推奨されている多回給与ができないことから、放牧時に併給するデンプン質飼料は、ルーメン内発酵速度の緩やかな圧ペントウモロコシが適当と考えられた。

2) 自給率70%放牧のための給与基準と乳生産量

栄養価の高い放牧草を最大限に利用することにより、飼料自給率の高い生乳生産が可能となると考えられることから、TDN自給率70%を目標とし泌乳牛のベ63頭を供試してその可能性を検討した。放牧条件はチモシー主体放牧草地を用いた昼夜放牧とし、併給濃厚飼料は過去の試験成績を元に表3に示したM区, L区の2水準を設定して給与した。濃厚飼料の構成は先の成績を元に、デンプン源として圧ペントウモロコシを用い、表4のとおりとした。その結果、濃厚飼料を泌乳前期, 中期および後期にそれぞれ10.0kg, 2.6kg, 1.7kg(乾物)給与するL区で、一乳期換算濃厚飼料給与量1,428kg(乾物)で、一乳期換算乳量8,351kgの生乳生産が得られた。このような給与体系で正常な泌乳後期

表3 放牧期併給濃厚飼料の給与量

処理区分	泌乳前期	泌乳中期	泌乳後期
	----- (乾物kg/日) -----		
M区	10.0	4.4	2.5
L区	10.0	2.6	1.7
(参考) 根釧97 ¹⁾	10.5	6.6	3.1

¹⁾根釧農試, チモシー基幹草地の集約放牧技術と牛乳の栄養成分, 平成9年北海道農業試験場会議資料, 1997

表4 給与した濃厚飼料の飼料構成および成分組成

	泌乳前期用	泌乳中後期用
飼料構成	--- (乾物比%) ---	
圧ペントウモロコシ	54	100
大豆粕	13	-
ビートパルプ	33	-
成分組成	--- (乾物中%) ---	
TDN	86	92
CP	14	9
NDF	26	10

表5 昼夜放牧における併給濃厚飼料の給与水準と乳生産量およびTDN自給率

	M区	L区
群平均		
放牧草摂取量, 乾物kg/日	13.5	13.7
濃厚飼料摂取量, "	5.7	4.7
乳量, kg/日	29.6	27.5
乳脂肪率, %	3.54	3.64
乳蛋白率, %	3.18	3.24
一乳期換算		
濃厚飼料給与量 ¹⁾ , 乾物 t	1.72	1.43
乳量 ²⁾ , t	8.98	8.35
4%FCM量, t	8.31	7.86
放牧期TDN自給率, %	66	70

¹⁾ 泌乳前期濃厚飼料給与量(kg/日)×100(日)+中期濃厚飼料給与量×100+後期濃厚飼料給与量×105

²⁾ 泌乳前期乳量(kg/日)×100(日)+中期乳量×100+後期乳量×105

の体重回復が見られるとともに、血液性にも異常は認められず、乳牛の健康に問題なくTDN自給率70%が達成できた(表5)。

3. 泌乳牛のルーメン内消化と菌体タンパク質生産量

乳牛飼養ではルーメン発酵を最適にし、ルーメン内消化、菌体タンパク質生産量を高めることが重要といわれるが、これらに関する報告は我が国ではない。そこで、TDN含量を75%(乾物中)およびCP含量を16%(乾物中)と等しくした条件で、トウモロコシサイレージと牧草サイレージの割合が異なる飼料を十二指腸カニューレ装着泌乳牛に給与し、ルーメン内消化率および菌体生産量を検討した。

その結果、ルーメン内消化率では、トウモロコシサイレージ割合の増加とともにNDF消化率は55%から29%に低下し、デンプン消化率は34%から69%に増加した(表6)。菌体蛋白合成量では、トウモロコシサイレージ割合が増加するとともに多くなる傾向がみられた。以上のように粗飼料構成の違いによりルーメン内

表6 粗飼料構成が泌乳牛の飼料利用性に及ぼす影響

飼料構成 (乾物比), %	牧草サイレージ/トウモロコシサイレージ比 (乾物比)			
	100:0	67:33	33:67	0:100
牧草サイレージ	57.3	41.4	22.2	0.0
トウモロコシサイレージ	0.0	21.2	44.9	74.0
圧片トウモロコシ	27.8	20.4	14.3	5.8
大豆粕ほか	14.9	17.0	18.6	20.2
ルーメン内消化率, %				
有機物	36.5	45.6	48.0	40.8
NDF	55.0a	51.7a	47.8a	29.1b
デンプン	34.1	55.0	61.6	68.7
N利用指標				
十二指腸移行NAN ¹⁾ , g	353	337	336	372
うち菌体由来, g	98	106	115	162
ルーメン内分解率	32	46	50	50
菌体タンパク質生産効率, Ng/OMTDR ²⁾ kg	21	17	15	25

¹⁾NAN:非アンモニア態窒素, ²⁾OMTDR:真のルーメン内有機物消化量
a, b: p<0.05

消化および菌体タンパク質生産量が異なることが明らかになった。

4. 新飼料成分表作成

消化吸收過程等をコンピュータでシミュレートしながら動的に、栄養供給量、要求量を計算する精密飼料設計ソフト (NRC, CPM-dairy等) が近年利用され始め、現場で成果をあげている。これら飼料設計ソフトでは、ルーメン内で利用されるタンパク質量や炭水化物量を推定し、これに基づき微生物態タンパク質合成量を精度高く推定することが最大の特徴であるが、この推定のためには新たな飼料成分、即ち、タンパク質分画では非タンパク質態窒素 (NPN)、中性デタージェ

ント液不溶タンパク質 (NDIP)、酸性デタージェント液不溶タンパク質 (ADIP) および in situ法によるタンパク質分画 (A, B, C分画)、炭水化物分画では、リグニン、溶解性繊維、糖類および有機酸類が必要となる。しかし、我が国ではこれら成分の分析値が整備されておらず、精密飼料設計ソフトの利用に限界があった。そこで、我が国で利用されている濃厚飼料および粗飼料について新たな飼料成分表を作成した (表7, 8)。

謝 辞

上述の研究は、(新得) 畜産試験場および根釧農業試験場において、1990~2003年の期間に実施したもので

表7 濃厚飼料の新成分表

飼料名	炭水化物分画							タンパク質分画				
	NDF	リグニン	NFC	有機酸	糖	デンプン	S.FIB	CP	NDIP	ADIP	SIP	NPN
	%DM		%DM		%DM		%DM		%DM		%DM	
トウモロコシ	8.8	0.4	76.8	2	3	81	14	9.0	8.7	4.3	16	60
マイロ	7.7	0.6	80.1	7	0	90	3	9.4	15.7	7.2	7	37
小麦	9.9	1.1	70.1	5	2	83	10	15.9	7.5	4.2	31	88
大豆粕フレーク	13.2	0.3	29.5	31	26	6	37	49.5	3.4	2.7	22	41
米ヌカ	21.6	3.6	35.0	37	11	37	15	15.9	14.3	4.5	32	55
フスマ	35.8	3.3	38.2	8	12	55	25	18.4	13.6	3.1	37	40
ビートパルプ	47.2	2.5	40.1	10	18	1	71	9.9	50.7	11.3	20	82
醤油粕	37.5	3.1	15.1	31	13	16	40	28.8	19.0	17.4	32	94
コーンホミニーフード	20.0	0.3	59.4	7	5	60	28	10.3	9.4	2.5	33	67
デンプン粕グルテンフィード	29.7	2.5	43.7	13	3	35	49	13.1	9.9	7.8	68	77
もろみベレット	25.3	3.0	40.1	9	10	54	27	22.3	23.9	20.0	27	93
ポテトプロテイン	2.1	1.3	20.3	23	4	0	73	78.0	9.7	10.7	11	60
アルファルファ乾草	49.2	8.6	27.4	32	23	1	44	16.1	12.9	8.3	37	79

注) NFC:非繊維性炭水化物, S.FIB:溶解性繊維, CP:粗タンパク質, NDIP:NDF中CP, ADIP:ADF中CP, SIP:溶解性CP

表8 粗飼料の新成分表

飼料名	刈取 時期	炭水化物分画					NDF 分解速度	タンパク質分画		in situタンパク分画			タンパク質 分解速度
		リグニン	有機酸	糖	デンプン	S.FIB		NDIP	NPN	A	B	C	
		----- %DM -----					%/時	%CP	%SIP	----	%CP	----	%/時
チモシー主体	出穂始	3	8	1.2	0.3	6	6.3	15	90	56	36	9	7.3
牧草サイレージ	出穂揃	4	7	1.6	0.3	6	6.3	15	90	53	32	15	8.5
	開花期	6	6	1.7	0.2	6	4.7	19	90	56	23	21	8.5
	再生草	4	9	1.6	0.3	8	5.6	22	80	55	37	8	6.6
チモシー主体 乾草	出穂始	3	5	3.0	0.9	14	6.6	34	80	21	73	6	6.6
	出穂揃	4	4	4.1	0.3	13	6.2	30	90	15	77	8	6.7
	開花期	6	2	3.5	0.5	13	4.8	31	90	21	58	21	5.9
	再生草	4	1	4.7	0.5	13	5.9	36	70	19	68	13	6.3
トウモロコシサイレージ	糊熟期	4	12	0.8	21.6	1.7	4.7	35	60	56	26	17	4.3
	黄熟期	3	14	0.5	29.1	1.1	4.6	29	40	63	26	11	3.1

注) S.FIB: 溶解性繊維, NDIP: NDF中CP, NPN: 非タンパク質態窒素, in situ: 第一胃内培養試験法
牧草サイレージは刈取時期ごとの平均値で示した。

なお、水分含量により糖含量, CP分画, in situCP分画の値は異なる。

あり、この間多くの方々のご指導、ご協力をいただきました。皆様に心から感謝いたします。また、本学会賞の推薦、決定をいただきました諸先輩、会員の皆様に厚くお礼申し上げます。

文 献

千葉県畜産センター (1991) 乳牛における繊維・澱粉質飼料の効率的給与技術の確立に関する研究, 千葉県畜産センター特別研究報告. 8-19
北海道立新得畜産試験場 (1994) 単味飼料の成分組成と混合飼料中のNDFとデンプンの給与比率, 平成6年度農業試験会議 (成績会議) 資料. 1-37
北海道立新得畜産試験場 (1996) 泌乳牛におけるアミノ酸供給量と蛋白質飼料のアミノ酸特性, 平成8年度農業試験会議 (成績会議) 資料. 1-26

北海道立根釧農業試験場 (1997) チモシー基幹草地の集約放牧技術と牛乳の栄養成分, 平成9年度農業試験会議 (成績会議) 資料. 17-47

National Research Council (2001) Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

CPM Dairy, Version 3.0.4. (2003) The Center for Animal Health and Productivity, School of Veterinary Medicine, University of Pennsylvania.

北海道立根釧農業試験場 (2003) 草地酪農における飼料自給率70%の放牧技術, 平成15年度農業試験会議 (成績会議) 資料. 49-69

北海道立根釧農業試験場 (2004) 飼料設計のための新飼料成分表 (2004); 平成16年度農業試験会議 (成績会議) 資料. 1-19

