

給与飼料が泌乳前期の乳生産及び咀嚼時間に与える影響

誌名	栄養生理研究会報
ISSN	02864754
著者	藤城, 清司
巻/号	33巻2号
掲載ページ	p. 127-142
発行年月	1989年9月

給与飼料が泌乳前期の乳生産及び咀嚼く時間に与える影響

藤 城 清 司 (千葉県畜産センター酪農試験場)

1. はじめに

酪農経営にとって、牛乳の効率的生産は必須の条件であり、乳質とくに乳成分の向上が重要な課題となっている。乳成分に関与する要因は、遺伝・飼養管理・疾病等多岐にわたり、その影響が複雑に作用しあっている。我々は、関東東山東海地域の7都県の共同研究として、飼料給与技術を中心にこれに取り組んできた。そのなかで、粗繊維の最低給与限界¹⁾・エネルギーの給与水準^{2), 3)}蛋白質の質と給与水準⁴⁾等については、その結果をすでに報告している。

現在は、炭水化物系栄養素とくに繊維と澱粉質について、その給与技術を検討するため、昭和61年から3カ年にわたり「乳牛における繊維・澱粉質飼料の効率的給与技術の確立」試験を実施してきた。

この研究は、少頭数では困難な泌乳前期の飼料給与と乳生産の関連について、千葉県畜産センター・東京都畜産試験場・栃木県酪農試験場・群馬県畜産試験場・山梨県酪農試験場・長野県畜産試験場・愛知県農総試畜産研究所が共同で、農林水産省畜産試験場生理部及び栄養部の協力のもとに行なっているものであり、今回、ここに、機会を得たのでその内容の一部を紹介する。

現在まで広く用いられている飼料の一般6成分は、データの蓄積が豊富であり、これに基づいたTDN・DCPによる飼養標準が確立され普及している。しかし、一般6成分における粗繊維は、飼料中の繊維分画の一部でしかなく、また、消化性が高いはずの可溶無窒素物(NFE)中には、穀類等では澱粉等の易発酵性炭水化物あるいは非構造性炭水化物(NSC)が多く含まれるのに対して、粗飼料では本来繊維として定量されるべきセルロース・ヘミセルロース等の構造性炭水化物(SC)やリグニンが多く含まれているため、NFE分画の消化性は飼料間で著しく異なる。このようなNFE分画の化学的不均一性の問題を解決するものとして、Van Soestら⁵⁾はデタージェント分析法(NDF、ADF)を、また、阿部ら⁶⁾⁷⁾は酵素分析法(OCC、OCW、Oa、Ob)を提唱し、最近では、これらの分析法による分析値が蓄積されつつあり、反すう家畜の飼料への反応もこれらの成分値を用いた方がよく説明できることが指摘されている。

咀嚼く行動についてBalchら⁸⁾⁹⁾は、乳牛の飼料中の長い乾草を穀類でおきかえた時、乳脂率・咀嚼く時間・ルーメンの収縮活動が低下することを報告し、咀嚼く時間はroughage valueの信頼できる指標であると結論づけ、飼料1Kg当たりの咀嚼く時間を飼料のroughage valueの指標として用いることが出来ると提案している。また、Sudweeksら¹⁰⁾¹¹⁾は、ルーメン発酵にとって重要な、飼料の物理性を乳牛の反応(咀嚼く時間)で示す指標として、R.V.I.(rou-

ghage value index) を提案し、各種飼料の R.V. I. の測定と推定式を作成しており、乳生産（乳脂率等）との関連についても報告している。我が国においては、岡本ら^{12,13,14} 咀嚼く時間の測定法及び咀嚼く時間とルーメン発酵との関連についての一連の報告がある。

しかし、これらを考慮した泌乳前期における乳牛の飼養試験は、我が国では少ない。

そこで、乳牛の本質的な特徴としてのルーメン機能の健全な保持の重要性を認識し、炭水化物の問題（繊維の消化性、繊維のルーメン機能におよぼす物理的重要性、ルーメン内発酵性、繊維と澱粉の給与比率等）について、飼料の分析法としてデタージェント分析・酵素分析の手法を取り入れ、咀嚼く時間の測定も含め、乳生産との関連を検討するため試験を実施した。

そのうち、泌乳前期の共同飼養試験として①給与飼料中の NDF 水準の検討②給与飼料の物理性が乳牛の生産性におよぼす影響③給与飼料中の構造化炭水化物と非構造化炭水化物の最適比率についての検討、の 3 課題があるが、今回は①②及び同時に測定した咀嚼く時間との関連について、その概要を報告する。

2. 給与飼料中の NDF 水準についての検討（第 1 期試験）

反すう家畜の消化生理上、飼料中の繊維は不可欠であり、飼料中の繊維含有水準の指標として、粗繊維 17% が必要といわれている（NRC）。しかし、飼料の一般 6 成分としての粗繊維は飼料中の繊維分画を正確に反映するものでなく、また、配合内容や粗飼料の形状によっては粗繊維含量が 17% でも低乳脂、採食忌避、及び繁殖障害などが発生する場合がある。

そこで、飼料の繊維分画をより正確に反映することができ、かつ、繊維水準を論じる上で適切と考えられる NDF の給与水準と牛乳の生産性について検討し、NDF の最適給与水準を明らかにするため泌乳前期の乳牛を用いて試験を行なった。この際、後述（第 2 期試験）の飼料の物理性の指標となる咀嚼く時間を、一部の牛を供試して測定した。

(1) 試験方法

分娩 2 週間前～分娩後 110 日間にわたり、7 都県の 2 産以上の乳牛 60 頭（各区 20 頭）を供試し、飼料乾物中の TDN75%、CP17% と一定にして、NDF30% 区（給与飼料中 NDF / DM = 30%）・ NDF35% 区（給与飼料中 NDF / DM = 35%）・ NDF40% 区（給与飼料中 NDF / DM = 40%）の 3 区を設定して試験を実施した。

給与飼料は表 1 に示したが、チモシー乾草、トウモロコシ、タローの混合割合を変え、その他をほぼ一定にして 3 区の飼料をつくった。また、給与は、加水混合したコンプリートフィードの自由採食とした。

表 1. 飼料混合割合 (第 1 期試験)

(原物%)

飼料名\試験区		NDF30	NDF35	NDF40
乾	草	6.50	14.76	22.87
トウモロコシ		23.98	13.56	4.37
大	麦	7.00	7.01	7.46
ふ	すま	9.50	9.76	10.19
糖	蜜	1.75	1.75	1.49
ビートパルプ		10.49	10.76	11.02
ハイキューブ		16.48	16.28	15.41
大	豆 粕	6.00	6.26	6.46
タ	ロ ー	—	1.45	2.63
ルーサンデハイ		8.00	8.01	7.70
ア	マ ニ 粕	4.50	4.85	5.22
脱 脂 米 ぬ か		4.00	3.75	3.38
そ の 他		1.80	1.80	1.80
D M		88.0	87.9	88.1
D	C P	17.0	17.1	16.9
	T D N	75.1	75.1	74.6
M	C F	14.3	16.8	19.2
	N D F	30.1	35.5	40.1
中	O C W	35.8	40.9	45.6
%				

測定項目は、飼料摂取量・乳量（毎日）、乳成分・体重（週 1 回）、第一胃液性状（分娩後 1, 5, 9, 13 週）・血液性状（分娩前 2、分娩後 1, 5, 9, 13 週）とした。咀嚼く時間については 15 週間の試験終了後、これに引き続き測定した。

咀嚼く時間の測定方法は、試験牛の頸部、咬筋部分に筋電用電極を貼付し、筋肉の動きを牛の背に装着した発信器から FM 電波で送信したものを受信装置（生体電気増幅ユニット）で受け、その波形を記録した。図 1 に休息時・採食時・反すう時の波形を示す。

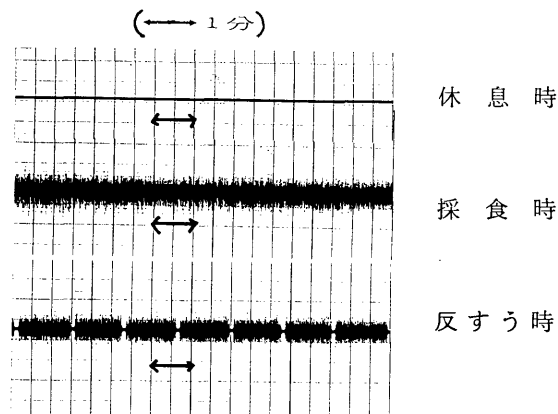


図 1. 咀嚼く時間の記録

(2) 結果の概要

飼料摂取量・乳生産・第一胃液性状の試験期間の平均値及び咀嚼時間を表2に示した。また、15週間の乾物摂取量・乳量・乳成分の推移を図2, 3, 4, 5に示した。

表2. 異なるNDF 給与水準下における乾物摂取量、乳量・乳成分、第一胃液性状及び咀嚼時間

項目\試験区	NDF30	NDF35	NDF40	単位
乾物摂取量	23.5	23.8	23.3	Kg / 日
乳量	36.4	37.4	35.9	Kg / 日
乳脂率	3.28	3.50	3.71	%
S N F 率	8.69	8.61	8.37	%
酢酸	59.0	61.5	63.7	mol %
プロピオン酸	26.5	24.3	22.2	mol %
酪酸	11.5	11.5	11.5	mol %
その他の酸	3.0	2.7	2.7	mol %
NH ₃ -N	3.1	4.4	4.5	mg / dl
採食時間	280 ± 59	296 ± 61	349 ± 106	分 / 日
反すう時間	363 ± 118	432 ± 78	513 ± 73	分 / 日
咀嚼時間	643 ± 113	728 ± 99	862 ± 161	分 / 日
R V I	27.8 ± 5.0	31.2 ± 4.9	37.7 ± 4.1	分 / Kg・DMI

咀嚼時間関連数値については、NDF30区7頭、NDF35区9頭、NDF40区8頭の平均値±標準偏差、他は各区20頭の平均値である。

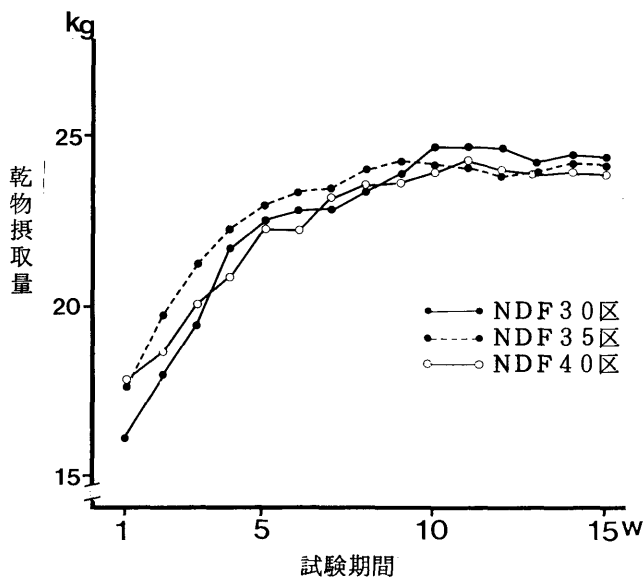


図2. 異なるNDF 給与水準下における乾物摂取量の推移 (試験1)

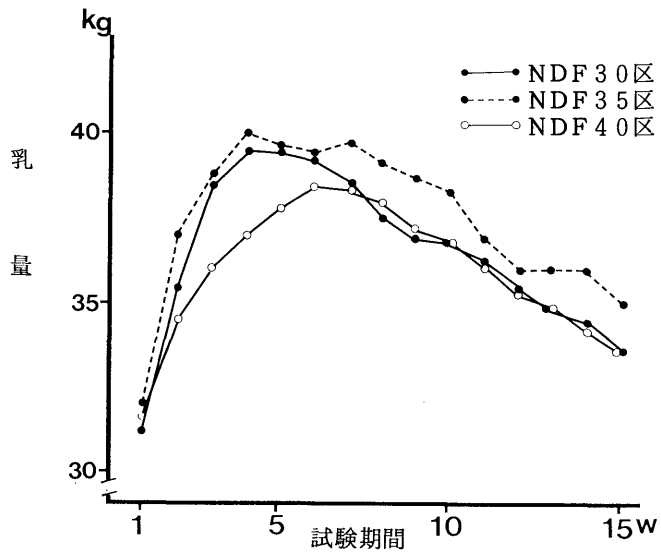


図 3. 異なるNDF 給与水準下における乳量の推移 (試験 1)

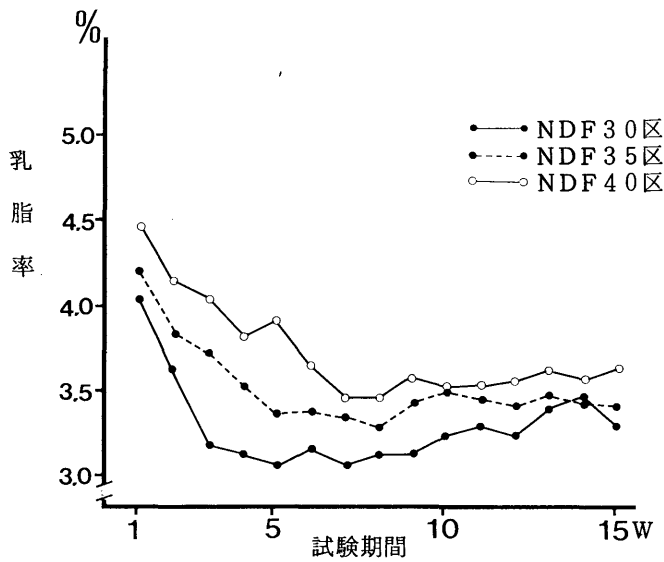


図 4. 異なるNDF 給与水準下における乳脂率の推移 (試験 1)

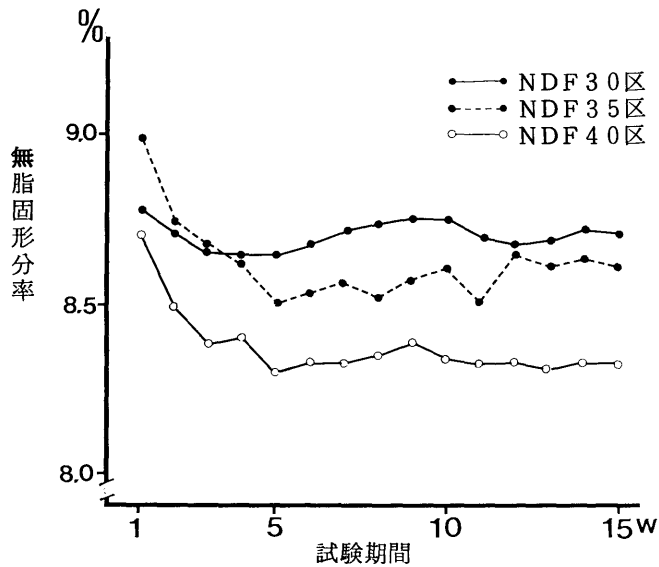


図 5. 異なるNDF 給与水準下における無脂固形分率の推移 (試験 1)

- ① 乾物摂取量はNDF30%区：23.5 Kg、NDF35%区：23.8 Kg、NDF40%区：23.3 Kgとなり、3区間に大きな差は見られなかった。
- ② 1日当たりの平均乳量は、NDF35%区：37.4 Kg > NDF30%区：36.4 Kg > NDF40%区：35.9 Kgの順となり、NDF35%区が高い傾向を示した。また、NDF40%区では、泌乳初期の乳量の立ち上がりが他の2区と比較して遅くなり6週次に最高乳量に達した(図3)。
- ③ 乳成分については、乳脂率・NDF40%区：3.71% > NDF35%区：3.50% > NDF30%区：3.28%、無脂固形分率・NDF30%区：8.69% > NDF35%区：8.61% > NDF40%区：8.37%となり、乳脂率はNDF30%区が、無脂固形分率はNDF40%区が低かった。週次別でも同様な傾向を示した(図4, 5)。
- ④ 第一胃液性状は、酢酸/プロピオン酸比で見ると、NDF40%区：2.87 > NDF35%区：2.53 > NDF30%区：2.23となり、乳成分の傾向と良く一致していた。また、酢酸、プロピオン酸のmol比率の週次変化を表3, 4に示したが、分娩後第一週を除いて、平均値と同様の傾向であった。
- ⑤ 咀嚼時間については、咀嚼時間(分)/乾物摂取量(Kg)：R.V.I.で示すと、NDF40%区：37.7分 > NDF35%区：31.2分 > NDF30%区：27.8分となり、乳脂率・第一胃液性状(酢酸・プロピオン酸mol%)の傾向をうらずけるものであった。

表 3. 異なる NDF 給与水準下における第一胃液性状 (VFA : 酢酸 mol %) の推移

試験区 \ 試験期	1 W	5 W	9 W	13W	1 - 13W
NDF 30	60.0	58.1	59.4	58.7	59.0
NDF 35	60.1	61.5	61.8	62.5	61.5
NDF 40	62.5	63.9	64.2	64.3	63.7

表 4. 異なる NDF 給与水準下における第一胃液性状 (VFA : プロピオン酸 mol %) の推移

試験区 \ 試験期	1 W	5 W	9 W	13W	1 - 13W
NDF 30	24.0	28.4	26.4	27.3	26.5
NDF 35	24.5	24.2	24.4	24.2	24.3
NDF 40	23.0	21.8	21.9	21.9	22.2

以上の結果から、チモシーの切断乾草とトウモロコシの給与比率を変えたこの試験においては、NDF35%区が泌乳前期の給与飼料として、妥当と推察されるが、さらに、飼料の質、物理性を加味した試験が必要と考えられる。

3. 給与飼料の物理性が乳牛の生産性に及ぼす影響 (第 2 期試験)

泌乳初期の乳牛では、栄養要求量が多いが、最大可食量に制約があるため、給与飼料が穀類の多い高エネルギー飼料に偏りがちとなる。しかし、このような飼料では、ルーメンに対する物理的刺激が低いため、咀嚼活動の低下やルーメン運動の低下が起きやすく、また、易発酵性物質が多いため、急激な発酵によりルーメンアシドーシス等も発生しやすい。その結果、低乳脂や採食忌避、あるいは、第四胃変位、ルーメンパラケラトージス、蹄葉炎、繁殖障害等の疾病をひき起こすことになる。これは、飼料の物理性との関連が深く、たとえ粗繊維含量が17%程度ある飼料でも、粗飼料が細断されている場合にはこれらの障害が懸念される。また、飼料全体の物理性が高くなれば、より多くのエネルギー易発酵性飼料を増給することが可能と考えられる。そこで、給与飼料中の NDF を、第一期試験で適当と考えられた35%の水準に設定し、R.V.I. 値に差を持たせた飼料を給与した場合の乳牛の生産性について検討した。

(1) 試験方法

第 1 期試験と同様に、7 都県の泌乳前期の乳牛59頭を供試し、表 5 の飼料の自由採食により次の 3 区を設定して試験を実施した。

CT-S 区 (R.V.I. - 計算値 - が短い区) n = 19頭

CT-M 区 (R.V.I. - 計算値 - が中間の区) n = 19頭

CT-L区 (R. V. I. — 計算値 — が比較的長い区) n=21頭

飼料の混合割合については、チモシー乾草と豆皮の比率を変えその他の飼料をほぼ一定にした(表5)。

測定項目は第一期試験と同様とし、咀嚼時間は、試験終了時に各区11頭ずつ測定した。

表5. 飼料混合割合(第2期試験)

(原物%)

飼料名\試験区		CT-S	CT-M	CT-L
乾	草	6.5	12.8	19.4
豆	皮	19.0	12.5	5.9
ヘイ	キューブ	3.4	3.1	3.0
ルー	サンミール	3.0	3.0	3.3
ビート	パルプ	7.0	7.3	8.4
エクス	大豆粕	6.2	6.4	6.8
トウモロ	コシ	18.0	19.2	19.8
大	麦	8.8	8.6	8.0
フ	スマ	4.2	4.3	3.8
糖	蜜	2.7	2.1	1.7
アマ	ニ粕	5.3	5.6	5.9
脱脂	米ぬか	13.7	12.8	11.8
そ	の他	2.2	2.2	2.2
D M		87.9	87.8	87.9
D	C P	16.4	16.4	16.4
M	TDN	74.6	74.5	74.1
中	C F	16.8	16.4	16.3
	NDF	35.3	35.2	35.2
%	NCWFE	27.4	27.6	27.2

(2) 結果の概要

飼料摂取量・乳生産・第一胃液性状の試験期間の平均値及び咀嚼時間を表6に示した。また、15週間の乾物摂取量・乳量・乳成分の推移を図6,7,8,9に示した。

表 6. 異なるCT水準下における乾物摂取量、乳量・乳成分、第一胃液性状及び咀嚼時間

項目 \ 試験区	CT-S	CT-M	CT-L	単 位
乾 物 摂 取 量	22.8	23.8	23.6	Kg / 日
乳 量	37.1	35.5	34.3	/
乳 脂 率	2.76	3.15	3.32	%
S N F 率	8.59	8.57	8.67	%
酢 酸	56.4	57.7	60.2	mol %
プロピオン酸	29.4	28.0	25.0	mol %
酪 酸	10.7	11.4	12.3	mol %
そ の 他 の 酸	3.5	2.8	2.5	mol %
N H - N	2.9	3.2	3.7	mg / dl
採 食 時 間	242 ± 56	246 ± 81	286 ± 63	分 / 日
反 す う 時 間	320 ± 83	362 ± 90	449 ± 92	分 / 日
咀 しゃ く 時 間	562 ± 101	608 ± 119	735 ± 98	分 / 日
R V I	23.0 ± 5.2	26.0 ± 6.2	32.0 ± 3.5	分 / Kg・DMI

咀嚼時間関連数値については、CT-S区11頭、CT-M区11頭、CT-L区11頭の平均値±標準偏差、他はCT-S区19頭、CT-M区19頭、CT-L区21頭の平均値である。

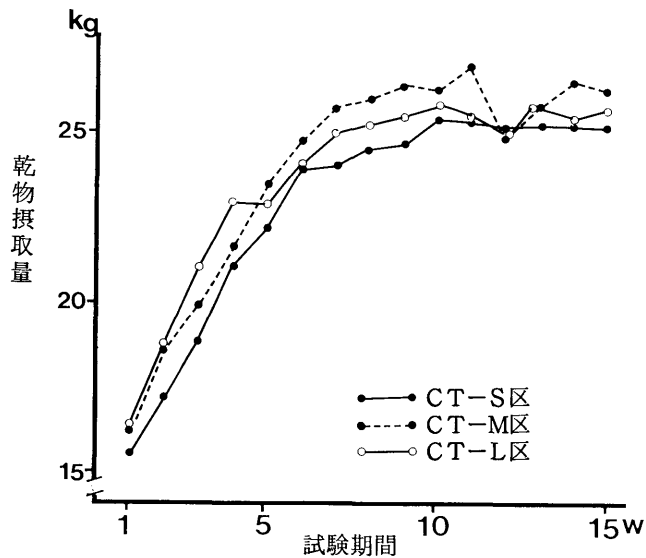


図 6. 異なるCT水準下における乾物摂取量の推移 (試験 2)

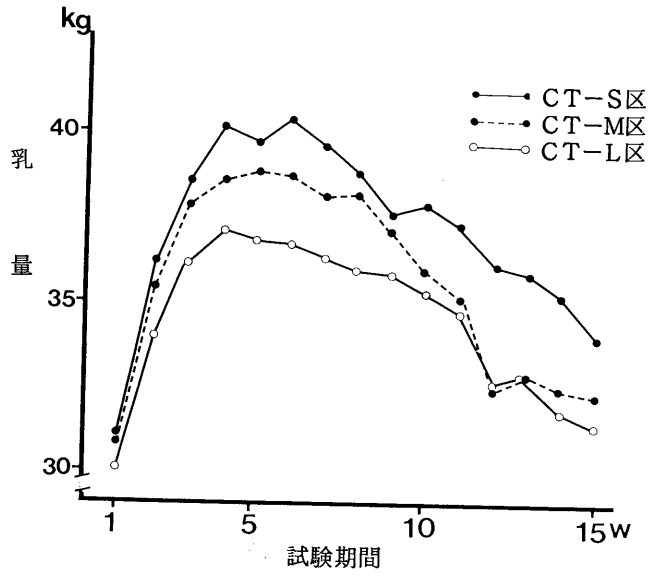


図7. 異なるCT水準下における乳量の推移 (試験2)

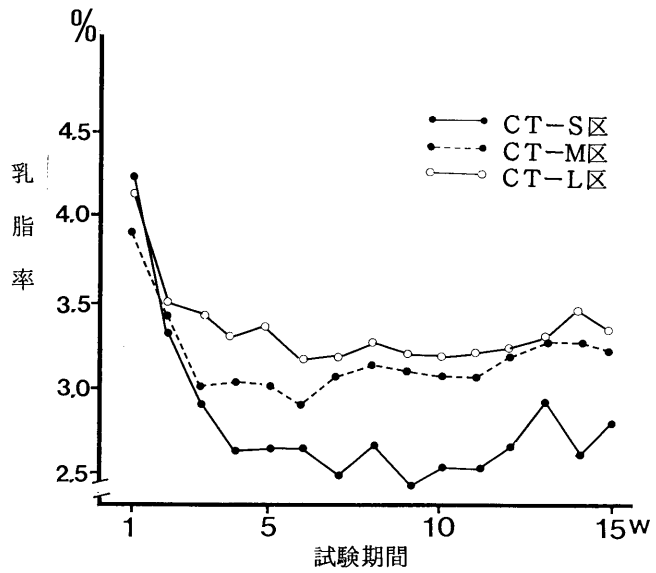


図8. 異なるCT水準下における乳脂率の推移 (試験2)

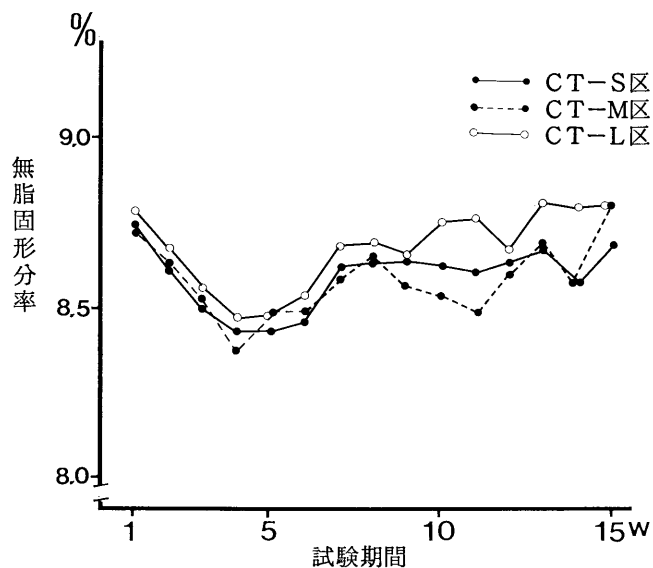


図9. 異なるCT水準下における無脂固形分率の推移 (試験2)

- ① 乾物摂取量はCT-S区：22.8 Kg，CT-M区：23.8 Kg，CT-L区：23.6 Kgとなり、CT-S区がやや少なかったものの3区間に顕著な差は見られなかったが、CT-S区において、6週以降やや摂取量の伸びが鈍化した (図6)。
- ② 1日当たりの平均乳量は、CT-S区：37.1 Kg > CT-M区：35.5 Kg > CT-L区：34.3 Kgの順となり、R.V.I. が短いほど乳量が多い傾向を示した (図7)。
- ③ 乳成分は、乳脂率・CT-L区：3.32% > CT-M区：3.15% > CT-S区：2.76%で、R.V.I. が長いほど高い傾向を示したが、第1期試験と比較して全般的に低く推移した。無脂固形分率はほとんど試験区間に差が認められなかった (図8, 9)。
- ④ 第一胃液性状は、酢酸/プロピオン酸比で見ると、CT-L区：2.41 > CT-M区：2.06 > CT-S区：1.92となり、乳脂率の傾向と良く一致していた。また、酢酸、プロピオン酸のmol比率の週次変化を表7, 8に示したが、第1期試験と同様の傾向であった。
- ⑤ 咀嚼時間については、R.V.I. で示すと、CT-L区：32.0分 > CT-M区：26.0分 > CT-S区：23.0分となり、乳脂率・第一胃内の発酵状態と合致していた。しかし、CT-S区及びCT-M区において、第1期試験のNDF30%区より、咀嚼時間が短く、乳生産の上から見るとかなり過酷な状態にあったことがうかがえる。

表7. 異なるCT水準下における第一胃液性状（VFA：酢酸mol%）の推移

試験区	試験期	1 W	5 W	9 W	13W	1-13W
CT-S		59.0	55.6	55.2	55.7	56.4
CT-M		56.6	56.9	58.4	58.7	57.7
CT-L		59.8	59.9	60.3	60.9	60.2

表8. 異なるCT水準下における第一胃液性状（VFA：プロピオン酸mol%）の推移

試験区	試験期	1 W	5 W	9 W	13W	1-13W
CT-S		25.3	30.8	30.8	30.7	29.4
CT-M		27.0	29.0	27.9	28.2	28.0
CT-L		24.6	25.1	25.7	24.6	25.0

以上のことから、エネルギー、蛋白質の水準を同一にし、しかもNDF水準が適正と思われる35%の飼料を給与しても、飼料の物理性が、乳成分及び第一胃内発酵に大きな影響を与えることが示された。また、豆皮のようにNDF含量が乾草と同等であっても、その物理性には期待できない飼料があることが確認された。

4. 咀嚼時間と乳牛の生産性との関係

第1, 2期試験で、咀嚼時間の測定が飼料の物理的評価の有効な手段となることが認められたが、咀嚼行動と泌乳前期の乳牛の生産性の関連について、さらに検討を加えるため、咀嚼時間を測定した計57頭の乳牛について、乾物摂取量/日、乳量/日、乳脂率、無脂固形分率（以上15週間平均値）及び第一胃液性状（酢酸mol%、プロピオン酸mol%、1, 5, 9, 13週平均）と採食時間、反すう時間、咀嚼時間との関係について解析した。

表9. 咀嚼時間・乾物摂取量・乳量乳成分・第一胃液性状の相関 (n=57頭)

乾摂取物量	採食時間	反すう時間	咀嚼時間	日平均乳量	乳脂率	無脂分率	酢酸モル比率	プロピオン酸モル比率	a/p比	R V I
乾摂取物量	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	** -0.44
採食時間		* 0.26	** 0.71	NS	NS	NS	** 0.41	** -0.44	** 0.45	** 0.51
反すう時間			** 0.86	NS	** 0.39	NS	** 0.43	** -0.37	** 0.40	** 0.73
咀嚼時間				NS	** 0.31	NS	** 0.52	** -0.50	** 0.53	** 0.80
日平均乳量					NS	NS	NS	NS	NS	NS
乳脂率						** 0.34	** 0.50	** -0.44	** 0.44	** 0.32
無脂分率							NS	NS	NS	NS
酢酸モル比率								** -0.91	** 0.96	** 0.51
プロピオン酸モル比率									** -0.97	** -0.49
a/p比										** 0.50
R V I										

** P<0.01, * P<0.05

表9に示すとおり、咀嚼時間は、乳脂率・酢酸モル比率・ a/p 比に対して正の相関が、プロピオン酸モル比率に対して負のいずれも有意な相関があり、試験の結果と一致していた。また、乳量・無脂固形分率に対しては、有意な相関関係は見出せなかった。

一方、乾物摂取量とR.V.I.の間に $r = -0.44$ 負の有意な相関があり、飼料摂取量が増加するにしたがって、R.V.I.の値が減少する傾向が見られることは、今後検討を要するものと考えられる。

採食時間と反すう時間について、第1期試験の表2,第2期試験の表6から見ると、試験区の設定と反すう時間がよく連動しているのに対し、採食時間は、咀嚼時間を少なく設定したCT-S区,CT-M区においては差が殆ど見られなかった。

5. 今後の課題

泌乳前期における効率的飼料給与技術について試験を実施した結果、飼料の物理・化学的性質が乳牛の生産性、とくに、ルーメン発酵と重要なかわりを持ち、咀嚼時間、NDF等で代表される飼料の評価と、この飼料給与技術への導入が有効であることが再確認された。

しかし、

- ① NDF水準について、この試験では、35%が適切であると判断されたが、NRC飼養標準では、28%としており、給与飼料の質との関連についてさらに検討を要する。
 - ② 咀嚼時間の測定は、ルーメンの発酵状態を判断するうえで有効な手段であるが、Sudweeksらが示しているR.V.I.推定式のように乾物摂取量、NDFだけでなくparticle size等の物理的評価を考慮して、今後の試験を進める必要がある。
 - ③ 日本で多く利用されている飼料について、個々の飼料のR.V.I.様の指標を作成する必要がある。
 - ④ 乾物摂取量は咀嚼時間に影響を与えやすいため、摂取量に違いがある泌乳ステージ別の咀嚼時間についてもさらに検討を要する。
 - ⑤ 咀嚼時間の測定に際して乳牛の個体差がかなりあり、これについての検討を要する。
- 等の解決すべき課題が多く残されており、現在高品質牛乳生産のための乳牛の飼料給与技術に関する研究に取り組む中で、徐々に、この問題の検討を進めている。

文 献

- 1) 津吉 炯ら, 1975. 乳牛における濃厚飼料多給の生理限界究明に関する研究, 農林水産技術会議事務局研究成果, 81.
- 2) 津吉 炯ら, 1979. 牛乳高位生産のための飼料給与技術に関する試験, 栃木県酪農試験場特別研究報告, No.1.

- 3) 津吉 炯ら, 1982, 乳牛の自由採食飼養法に関する試験, 栃木県酪農試験場特別研究報告, No 3.
- 4) 藤城 清司ら, 1987, 高泌乳牛飼料給与技術の体系化に関する研究: 1. 泌乳初期乳生産に対する飼料中粗蛋白質含量の影響, 2~4. 飼料蛋白質の第一胃内分解性の差異が泌乳初期乳生産に及ぼす影響, 千葉県畜産センター特別研究報告, No 1.
- 5) Van Soest, P. J. and R. H. Wine, 1967, Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. 4. Determination of plant cell wall constituents, J. Assoc. Off. Anal. Chem. 50:50-55.
- 6) Abe, A. and T. Nakui, 1979, Application of enzymatic analysis to the prediction of digestible organic matter and to the analysis of the changes in nutritive value of forages, J. Japan Grassl. Sci., 25:231-240.
- 7) 阿部 亮, 1988. 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用, 農水省畜産試験場研究資料, No 2
- 8) Balch, C. C., D. A. Balch, S. Bartlett, M. P. Batrum, V. W. Johnson, S. J. Rowland and J. Turner, 1955, Studies on the secretion of milk of low fat content by cows on diets low in hay and high in concentrate. VI. The effects on the physical and biochemical processes of the reticulo-rumen, J. Dairy Res. 22:270-289.
- 9) Balch C. C., 1971, Proposal to use time spent chewing as an index of the extent to which diets for ruminants possess the physical property of fibrousness characteristics of roughages, Brit. J. Nutr. 26:383-392.
- 10) Sudweeks, E. M., M. E. McCullough, L. R. Sisk and S. E. Law, 1975, Effects of concentrate type and level and forage type on chewing time of steers, J. Anim. Sci., 41:219-224
- 11) Sudweeks, E. M., L. O. Ely, D. R. Mertens and L. R. Sisk, 1981, Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: Roughage value index system, J. Anim. Sci., 53:1406-1411.
- 12) 岡本 全弘・田口 礼造・渡辺 寛, 1973, 反すう家畜の心拍数および放牧行動の測定のための簡易ラジオテレメトリーシステム, 新得畜産試験場研究報告, 5, 33-42
- 13) 岡本 全弘・渡辺 寛, 1977, 圧縮成形乾草の給与がそしゃく行動に及ぼす影響, 新得畜産試験場研究報告, 8:21-27.

- 14) 岡本 全弘, 1979, ともろこしサイレージの切断長が乳牛の反すう行動に及ぼす影響, 新得畜産試験場研究報告, 10:33-36.