

夏季における中鎖脂肪酸Ca塩およびナイアシンの添加が乳 生産におよぼす効果について

誌名	千葉県畜産センター研究報告 = Bulletin of the Chiba Prefectural Livestock Experiment Station
ISSN	03865673
巻/号	14
掲載ページ	p. 1-7
発行年月	1990年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



夏季における中鎖脂肪酸 Ca 塩およびナイアシンの添加が 乳生産におよぼす効果について

石崎重信・杉本 裕・藤城清司

Effects of Calcium Salts of C₁₀ Fatty Acid and Niasin
on Performances of Lactating Cows.

Shigenobu ISHIZAKI, Yutaka SUGIMOTO and Seiji FUJISHIRO

要 約

夏季における無脂乳固形分率 (SNF 率) の改善の可能性を検討するため、泌乳中後期牛 6 頭を用いて 1 期 3 週間 3 期 2 反復のラテン方格法により、乳脂肪の原料としてではなくエネルギー源として利用されると考えられる炭素鎖長 10 の脂肪酸 Ca 塩 (C-10) を 500 g / 頭・日、または、糖代謝を改善すると思われるナイアシン 6 g / 頭・日を添加する区、および無添加の 3 区について泌乳試験を行なった。C-10、または、ナイアシンの添加による乳量、乳成分の改善はみられず、かえって乳脂肪は対照区に比べて低下する傾向にあった。C-10 区では乳糖率も低い傾向であった。

血液成分は、対照区とナイアシン区ではほとんど差がみられなかったが、C-10 区では血しょう遊離脂肪酸濃度が他の 2 区に比べて高かった ($P < 0.05$)。また、総コレステロール、リン脂質、尿素態窒素が高く、グルコース、トリグリセライド、 β -リポタンパクが低い傾向であった。

反すう胃液は、区間に統計的に有意な差は認められなかった ($P > 0.05$) が、C-10 区では総揮発性脂肪酸とアンモニア態窒素の濃度が低い傾向であった。

C-10 区では飼料乾物および繊維成分の消化率が有意に低下し、反すう胃内微生物、特に繊維分解細菌の活性を低下させたことが窺われた。

緒 言

牛乳成分規格が高めに改定されてから、給与飼料によって夏季の乳成分の低下を改善することが可能かどうかに関心が高まっている。乳脂率は粗飼料の給与比率を高くすること^{1,2,3)}、給与飼料の反すう刺激性 (カサ、または

粗剛性) を高めることによって比較的容易に改善することができる⁴⁾。しかし、このような飼料構成では普通反すう胃内で発酵される炭水化物の給与量が減るために、乳合成に利用できるグルコースが減少して⁵⁾乳量と乳タンパク質率が低下しやすい⁶⁾。また、長鎖脂肪酸を多く含む飼料、例えば、綿実^{7,8,9)}、タロー¹⁰⁾、長鎖脂肪酸の Ca 塩^{9,11)}などの給与によっても乳脂率が改善される場合があるが、脂質を飼料に添加した場合には乳タンパク質が減少する例が多い^{6,7,8,9,10,11)}。そのため、乳成分の低下

しやすい夏季においては、乳脂率の基準値3.5%を達成しようとする、SNF率が低下してしまう例が多いと思われる。

SNFは主に、乳糖、および、乳タンパク質から構成される。乳糖は無機物とともに牛乳の浸透圧を調整する主成分であるため、乳糖の生産量に比例して乳量が決まる¹²⁾。そのため、牛乳中の乳糖率を飼料によって変えることは難しい。一方、乳タンパク質率は給与飼料によってある程度改善可能な成分である。R.S.Emeryは、いくつかの試験結果について回帰分析を行なって検討し、乳タンパク質率はエネルギー、タンパクの給与レベルを高めることによって増加し、逆に給与飼料中の繊維割合が高いと低下する傾向があるとした⁹⁾が、通常の飼養条件下での変動幅は彼の回帰式からみて0.1%程度と推察される。

泌乳中の乳牛では、長鎖脂肪酸の乳腺での取り込みが活発であるのに対して、脂肪組織での取り込みが低いため、飼料由来の長鎖脂肪酸は効率よく乳脂肪の材料として利用されるが、炭素数が6~10の中鎖脂肪酸は遊離脂肪酸の形で門脈から肝臓に入り、主に肝臓でβ酸化を受けてアセチル-CoAに分解されたのちTCA回路に入り完全に酸化される¹³⁾といわれている。したがって、中鎖脂肪酸を乳牛に給与して飼料のエネルギー含量を高めた場合には、エネルギー源の供給量(乳脂肪の材料ではなく)を高めることになる。しかし、中鎖脂肪酸からのエネルギーが、乳合成のエネルギー源として利用されるのか、また、エネルギー給与量の増加によって期待される乳量、乳タンパク質率の改善が可能かどうかについては明らかでない。

ビタミンB群は反すう胃内微生物が合成するため反すう家畜では不足しないとされていたが、泌乳初期の高泌乳牛にB群の一つであるナイアシン(ニコチン酸)を添加すると乳量、乳脂率、乳タンパク質の量または率が増加する傾向があると報告されている^{8,14,15)}。ナイアシンは、糖代謝に関係する補酵素NADおよびNADPの前駆物質で、反すう胃内微生物がトリプトファンから合成する。暑熱ストレスにさらされた乳牛では、飼料乾物摂取量が約17%低下し乳房への血流量が12%減少し、栄養素の取り込み量などの代謝が低下すると報告されている¹⁶⁾。エネルギー供給量が不足して糖新生が増加する場合には乳牛はケトーシスに落ち入りやすい¹⁷⁾。ナイアシンには抗ケトーシス作用があると報告されている¹⁸⁾。また、ナイアシンを泌乳初期の乳牛に3~12g/日投与したとき、乳量と血中グルコース濃度が僅かながら増加し、ケトン

体と遊離脂肪酸の濃度が低下したという報告がある¹⁹⁾。もし夏季の暑熱環境下の乳牛でケトン体の蓄積やナイアシンの不足が起きているとすれば、ナイアシンの添加により糖代謝が改善され乳量または乳タンパク質率の低下が防げると思われる。

本試験では、夏季における乳成分、特にSNF率改善の可能性について検討することを目的に行なった。泌乳中後期牛への中鎖脂肪酸Ca塩(炭素数10、以下C-10と略)またはナイアシンの添加が、乳成分、特にSNF率を改善するかどうか検討し、さらに反すう胃液・血液性状、および消化率等におよぼす影響について検討した。

方 法

分娩後4~7か月目の泌乳後期のホルスタイン種乳牛6頭を用いて、1期3週間、3期2回復のラテン方格法により泌乳試験を行なった(1989年8月5日~10月6日)。試験開始直前の乳量は、17~28kg/日であった。給与飼料を表1に示したが、各牛への飼料給与量は、試験開始直前の体重、乳量、乳脂率、および、産次から日本飼養標準²⁰⁾にもとづき必要TDN量を算出し、その量を試験終了まで給与した。試験区は、この基礎飼料に炭

表1 基礎飼料の配合割合(原物%)と乾物中の成分割合(%)

切 断 チ モ シ ー 乾 草	20.5
ル ー サ ン ヘ イ キ ュ ー ブ	15.4
ビ ー ト バ ル ブ	10.3
マ メ 皮	7.7
圧 片 コ ー ン	15.4
乳 牛 用 濃 厚 飼 料 ¹⁾	30.8
乾 物 割 合 ²⁾ (%)	88.0
乾 物 中 成 分 割 合 (%)	
T D N ³⁾	74.3
粗 タ ン パ ク 質 ³⁾	14.9
粗 繊 維 ³⁾	19.7
A D F ²⁾	23.4
N D F ²⁾	39.4
デ ン プ ン ⁴⁾	22.9

¹⁾ 粗タンパク質17%、デンプン40%程度のもの

²⁾ 分析値

³⁾ 日本標準飼料成分表(1987年版)

⁴⁾ 阿部 亮²¹⁾

石崎ら：夏季における中鎖脂肪酸 Ca 塩およびナイアシンの添加が乳生産におよぼす効果について

素鎖長10の中鎖脂肪酸 Ca 塩を500 g/頭・日添加する C-10区、ナイアシンを6 g/頭・日添加するナイアシン区、および、無添加の対照区の3区とし、これらについて、乳生産、反すう胃液・血液性状、飼料消化率等について比較検討した。飼料は、1頭ずつ加水して混合し、9:00と16:00に給与した。残飼料は測定しなかった。搾乳は9:00と16:00の2回で、毎搾乳時に乳量を記録し牛乳サンプルを採取した。牛乳は4°Cで保存し、3~4日分をまとめて近赤外牛乳分析器(マルチスペック)により乳脂率、乳糖率、乳タンパク質率、SNF率を測定した。体重は、試験開始時と各期の最終日に測定した。

各期の最終日に、経口カテーテルを用いて反すう胃液を採取し、また、血液をヘパリンナトリウム入り真空採血管を用いて頸静脈から採取した。反すう胃液はpHを測定後、3,000rpmで10分間遠心し、上清5mlに25%トリクロル酢酸溶液2mlを加え密栓して4°Cで分析まで保存した。揮発性脂肪酸(VFA)の分析は、高速液体クロマトグラフィで行なった²¹⁾。サンプルを遠心しミリポアフィルター(0.4μm)で濾過した後、オートサンプラーを用いて70μlを注入した。カラムは日立GL-610H、カラム温度は50°Cで、溶離液に3mM過塩素酸溶液(流量:1ml/分)を用い、カラムで分離後に3方ジョイントでBTB溶液(流量:1ml/分、BTB:2mM、Na₂HPO₄:15mM、NaOH:2mM、エタノール:5%を含む)を混合して酸のピークを発色させ、波長440nmで測定し、一点絶対検量線法によりVFA濃度を計算した。血液は3,000rpmで10分間遠心して血しょうを分離して凍結保存し、臨床生化学自動分析装置(島津CL-7000)および、自動分析器用の試薬(和光純薬)を用いて分析した。

消化率測定のために、各期の最後の5日間に糞をポリバケツに採取し、偏らないように20か所程度から少量のサンプルを取ってこれらを合せて1日分のサンプルとし、65°Cの通風乾燥機で乾燥させた後、1mmスクリーンの粉

砕機で粉碎した。給与飼料のサンプルも同様に粉碎した。135°Cの通風乾燥機で2時間乾燥させて乾物割合を測定し、粗繊維、中性デタージェント繊維(NDF)、酸性デタージェント繊維(ADF)²²⁾、粗灰分、酸不溶性灰分(AIA, acid insoluble ash)²³⁾について分析し、AIAを不消化性の内部標準物質とし、飼料および糞中の含量から乾物消化率を次式により算出した。

$$\text{乾物消化率}(\%) = \{1 - \text{飼料乾物中 AIA}(\%) / \text{糞乾物中 AIA}(\%)\} \times 100$$

また、各繊維成分の消化率(%)は、

$$100 - \{100 - \text{乾物消化率}(\%)\}$$

$$\times \{\text{糞乾物中含量}(\%) / \text{飼料乾物中含量}(\%)\}$$

で計算した。乳量、乳成分(乳量加重平均値)は1週間毎に集計し、第3週目の値を期を代表する値とした。平均値の差の検定は、反復のあるラテン方格法²⁴⁾によった。

結果および考察

試験期間中に数頭の牛で残飼料がみられたが多量ではなかった。C-10は脂肪酸Ca塩特有の苦みを持っていたが飼料の嗜好性には特に差がみられなかった。乳量、乳成分(第3週目の平均値)を表2に示したが、いずれの項目についても統計的に有意な差は認められなかった(P>0.05)。対照区、C-10区、ナイアシン区それぞれの平均値は、乳量:18.9、18.3、18.4kg/日、乳脂率:3.63、3.47、3.38%、乳タンパク質率:2.92、2.94、2.86%、乳糖率:4.64、4.55、4.67%、SNF率:8.43、8.35、8.39%で、C-10またはナイアシン添加による乳タンパク質率およびSNF率の改善はみられず、乳脂率はC-10またはナイアシンの添加により減少する傾向であった。なお、C-10区では乳糖率が他の2区に比べて低かった(6頭中5頭)。D.P.Casperら⁶⁾は高泌乳牛に対して脂肪を給与した7つの報告を総括し、脂肪添加により乳量、乳糖量、およびSNF量が増加し、乳

表2 産乳成績(第3週目の平均値および標準偏差)

	対 照 区	C - 10 区	ナイアシン区
乳 量 (kg/日)	18.9 ± 4.3	18.3 ± 4.5	18.4 ± 2.0
乳 成 分 率 (%)			
乳 脂 肪	3.63 ± 0.28	3.47 ± 0.26	3.38 ± 0.18
乳 タ ン パ ク 質	2.92 ± 0.20	2.94 ± 0.28	2.86 ± 0.13
乳 糖	4.64 ± 0.24	4.55 ± 0.24	4.67 ± 0.19
S N F	8.43 ± 0.14	8.35 ± 0.29	8.39 ± 0.19

飼料間に統計的に有意な差は認められなかった(P>0.05)

タンパク質率が低下すると述べている。一方、R.R. Grummer ら²⁰⁾は C₈と C₁₀の中鎖脂肪酸からなるトリグリセライド300ml/日を乳牛に給与したが、乳量、乳成分に変化はなく乳脂肪中の C₈と C₁₀脂肪酸の割合もほとんど増加しなかったとしている。今回の試験でも添加した中鎖脂肪酸は乳脂肪の材料としては利用されなかったと思われる。ナイアシン添加については、J.L.Horner ら⁸⁾は、乳牛にナイアシン 6 g を添加すると、乳脂率、乳タンパク質率および乳タンパク質量が増加したとしている。しかし、T.C.Skaar ら²⁰⁾は、乳牛にナイアシン 12 g を添加しても乳量、乳脂率は増加せず乳タンパク質率は低下する傾向であったとしている。しかし、ナイアシン添加による乳量、乳成分の改善効果はほとんどの文献^{8,14,15,18)}で有意なものではなく、その効果は弱いか泌乳初期のケトosis時¹¹⁾に限定された条件下で有効なのかもしれない。今回の試験ではナイアシンの添加は乳量、

乳成分を改善しなかったが、試験に用いた乳牛が泌乳中後期であったこと、またエネルギー要求量を満たした条件での試験であったことなどが関係したかもしれない。

牛個体ごとの乳量、乳成分についての週次別平均値を図1に示した。C-10、または、ナイアシン添加期間中の乳脂率は変動が大きい傾向がみられ、これらの添加が乳牛の生理あるいは代謝に何らかの影響を与えたことが推察された。6頭中4頭ではC-10区の次にナイアシン区が配置されていたが、これらの牛ではナイアシン添加開始後の第1週目に乳脂率が低下しその後増加するというパターンがみられた。しかし、ナイアシン区から試験が開始された2頭では乳脂率の変動が少なかったことから、ナイアシン区の乳脂率が最も低かったのはC-10給与の残効果によることも考えられた。

試験開始時の6頭の実体重は、556.8±57.3、終了時は572.8±57.3kgで、各飼料給与期間中(21日間)

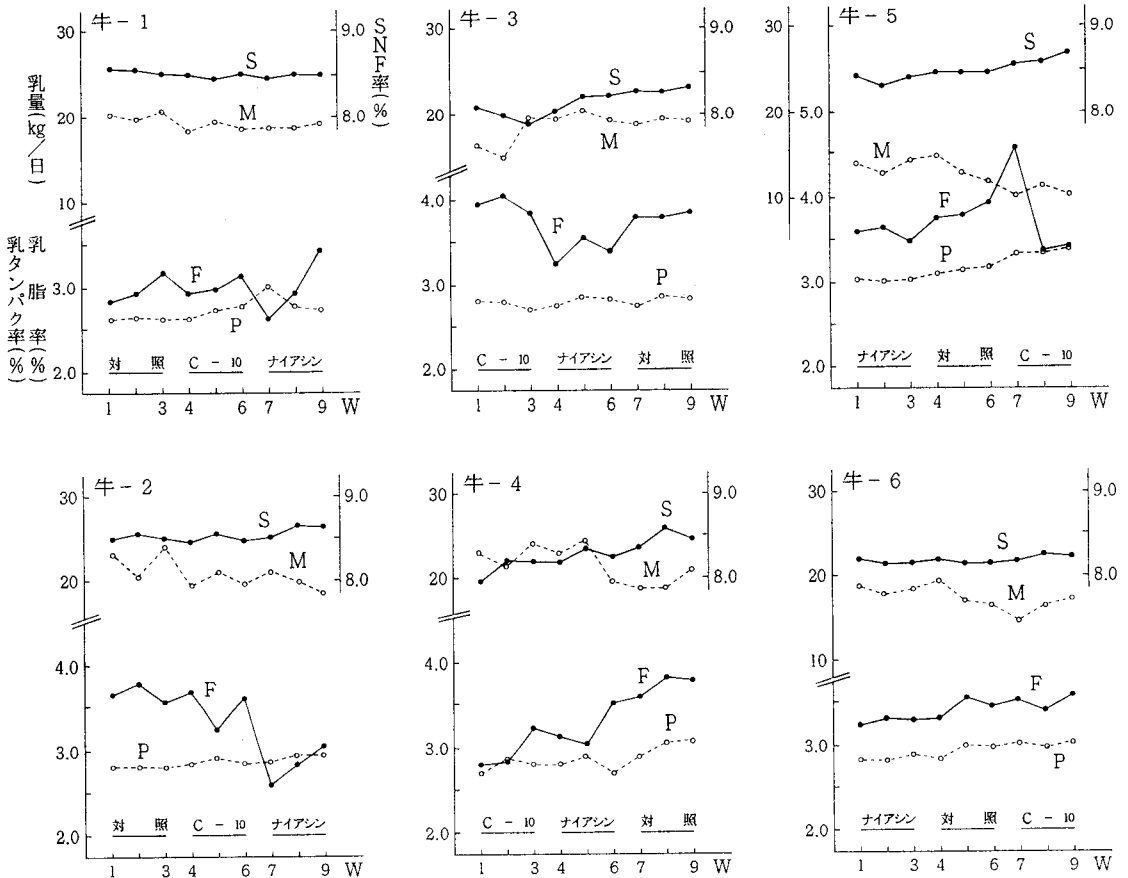


図1 供試牛個体ごとの週次別乳量、乳成分
(図中の英文字はそれぞれM:乳量 kg/日、F:乳脂率%、P:乳タンパク質率%、S:SNF率%)

の体重の増減は、対照区： $+5.3 \pm 11.0$ 、C-10区： $+15.0 \pm 10.8$ 、ナイアシン区： $-4.3 \pm 22.5 \text{kg}/21\text{日}$ であったが、1頭の牛の体重増減がC-10区で $+35 \text{kg}$ 、ナイアシン区で -49kg と大きかったことによりかなり影響されており、この牛を除くと、それぞれ、 3.4 ± 11.1 、 11.0 ± 5.1 、 4.6 ± 5.9 であった。C-10区では体重が増加する傾向がみられたが、エネルギー要求量を満たす量の基礎飼料を給与したうえでエネルギー含量の高い脂肪酸を添加したことが影響したと思われる。

血しょう成分の分析値を表3に示した。対照区、C-10区、ナイアシン区それぞれの濃度は、グルコースは69.2、61.5、68.4 mg/dl （ナイアシン区の1頭で89.9と高く、これ除くと64.1）でC-10区が低い傾向で、総タンパクは8.5、8.0、8.1 g/dl とC-10区、ナイアシン区が低い傾向であった。尿素態窒素は8.4、9.2、8.2 mg/dl とC-10区が高い傾向であった。脂質成分では、C-10区が他の2区に比べて、遊離脂肪酸濃度が有意に高く（ $P < 0.05$ ）、総コレステロール、リン脂質も高い傾向を示し、逆にトリグリセライドと β -リポタンパクが低い傾向であった。遊離脂肪酸濃度はケトーシス時に650 $\mu\text{eq}/\text{l}$ 以上に上昇する²⁷⁾と報告されているが、この値を基準にしてみると各区ともケトーシスの傾向はなかったと考えられる。前述のR.R.Grummerらの試験でも、遊離脂肪酸は上昇する傾向であったがケトンの増加はみられなかったととしている。なお、乳脂率と血しょう中の脂質成分との相関について検討したが、リン脂質での $r = -0.31$ が最も値が高く他の成分との相関は低かった。C-10区の乳量、乳脂率が対照区よりも低かったこと、また、体重の増加が他の2区よりも大きかった

ことを合せて考えると、給与されたC-10は脂肪酸として吸収され遊離脂肪酸として血中に移行したが、乳合成のためのエネルギーまたはグルコース源（肝臓での糖新生による）、あるいは乳脂肪の材料としては利用されずに、蓄積脂肪となったことが推察された。A.C.Bachら²⁸⁾は、ラットに給与した中鎖脂肪酸（トリグリセライド）は肝臓で速やかに酸化され、コレステロール、リン脂質の合成には使われないため低コレステロール血症になるとしているが、今回のC-10添加ではコレステロールとリン脂質が他の2区よりも高い傾向であった。

反すう胃液の分析値を表4に示した。pHについては第Ⅲ期に測定しなかったため、Ⅰ期とⅡ期の平均値を示し、統計処理は行わなかった。総VFA濃度とアンモニア態窒素濃度はC-10区が他の2区に比べて低い傾向であったが統計的に有意な差は認められなかった（ $P > 0.05$ ）。C-10区では、6頭中の3頭で総VFA濃度が著しく低かったが、pHと総VFA濃度に関する全測定値についての相関係数は $r = -0.95$ （pHの変動幅は6.44~7.97）と高く、またこの3頭のpHも高かった（7.11、7.55、7.97）ことから唾液の混入が多かったためと考えられた。R.R.Grummerら²⁹⁾は中鎖脂肪酸からなるトリグリセライド給与時に酢酸/プロピオン酸比（A/P比）が2.9から2.2に低下する傾向であったとしているが、今回の試験ではVFAのモル比率は区間に差がなかった。

飼料の消化率について表5に示した。対照区、C-10区、ナイアシン区それぞれの乾物消化率は61.8、58.0、62.1%で、C-10区では6頭中4頭で対照区に比べて5%以上の消化率低下がみられた。また、乾物消化率に基

表3 血液の分析値（平均値および標準偏差）

	対 照 区	C - 10 区	ナイアシン区
グ ル コ ー ス (mg/dl)	69.2 \pm 6.8	61.5 \pm 6.1	68.4 \pm 11.4
総 タ ン パ ク (g/dl)	8.5 \pm 0.7	8.0 \pm 0.3	8.1 \pm 0.6
尿 素 態 窒 素 (mg/dl)	8.4 \pm 2.1	9.2 \pm 2.9	8.2 \pm 3.5
総コレステロール (mg/dl)	120.0 \pm 12.6	134.7 \pm 14.7	123.7 \pm 22.7
リ ン 脂 質 (mg/dl)	128.7 \pm 10.4	148.0 \pm 17.1	135.3 \pm 23.6
トリグリセライド (mg/dl)	8.8 \pm 1.0	7.6 \pm 0.9	8.5 \pm 1.9
β -リポタンパク (mg/dl)	88.5 \pm 8.1	75.8 \pm 14.5	88.7 \pm 29.9
遊 離 脂 肪 酸 ($\mu\text{eq}/\text{l}$)	50 \pm 17 ^a	73 \pm 10 ^b	53 \pm 10 ^a
Ca (mg/dl)	10.2 \pm 0.4	9.9 \pm 3.0	10.2 \pm 0.6
P (mg/dl)	5.2 \pm 1.0	5.2 \pm 0.9	4.9 \pm 0.7

異符号間に統計的に有意な差有り（ $P < 0.05$ ）

表4 反すう胃液の分析値 (平均および標準偏差)

	対 照 区	C - 10 区	ナイアシン区
pH	6.73 ± 0.17	7.27 ± 0.65	6.85 ± 0.35
総 V F A 濃度 (mmol/dl)	8.9 ± 1.4	6.9 ± 2.4	8.8 ± 1.3
V F A モ ル 比 率 (%)			
酢 酸	65.3 ± 2.4	64.7 ± 5.0	64.8 ± 1.4
プ ロ ピ オ ン 酸	19.9 ± 2.4	21.3 ± 5.6	20.0 ± 2.1
酪 酸	12.8 ± 3.0	10.6 ± 2.2	12.2 ± 1.6
酢酸 / プロピオン酸比	3.34 ± 0.48	3.25 ± 1.00	3.27 ± 0.36
アンモニア態窒素 (mg/dl)	4.5 ± 1.2	3.8 ± 1.4	4.4 ± 1.8

(注) pH は I 期と II 期の平均値 (III 期は欠測)
飼料間に統計的に有意な差は認められなかった。(P>0.05)

表5 飼料消化率の平均値および標準偏差 (%)

	対 照 区	C - 10 区	ナイアシン区
乾 物	61.8 ± 2.1 ^a	58.0 ± 3.5 ^b	62.1 ± 2.9 ^a
粗 織 維	45.6 ± 5.7 ^A	35.3 ± 6.0 ^B	46.9 ± 5.7 ^A
N D F	41.7 ± 5.1	35.7 ± 7.5	41.5 ± 6.4
A D F	39.7 ± 6.0	34.0 ± 6.7	40.2 ± 7.8
ヘ ミ セ ル ロ ー ス ¹	43.0 ± 3.9 ^{a,b}	38.0 ± 6.3 ^a	45.6 ± 5.7 ^b

¹ ヘミセルロース = NDF - ADF とした。

異符号間に統計的に有意な差有り (大文字 : P<0.01、小文字 : P<0.05)

づいて計算した繊維成分の消化率は、それぞれ、粗繊維 : 45.6、35.3、46.9、NDF : 41.7、35.7、41.5、ADF : 39.7、34.0、40.2%、ヘミセルロース (NDF - ADF とした) : 43.0、38.0、45.6%で、C-10区では乾物 (P<0.05)、粗繊維 (P<0.01)、および、ヘミセルロース (P<0.05) の消化率が他の 2 区に比べて有意に低かった。長鎖の脂肪酸 Ca 塩給与では乾物および繊維消化率は低下しないと報告されている¹¹⁾。中鎖脂肪酸を羊に給与した場合に反すう胃内プロトゾアが激減したという報告がある²⁰⁾。反すう胃内細菌に対する効果については明らかでないが、今回のデータからは繊維成分のうち粗繊維とヘミセルロースの消化率が他の 2 区よりも約 10% 低く、セルロース分解細菌およびヘミセルロース分解細菌の活性が阻害されてたものと考えられた。C-10区で血中のグルコースと総タンパク質が低い傾向であったのは、反すう胃内発酵が全体的に抑制され、主要な糖源性物質であるプロピオン酸と、微生物タンパク質の供給量が低下したことが原因かも知れない。

以上、夏季における乳成分、特に SNF 率を改善するために、エネルギー源として利用されると考えられる中鎖脂肪酸 (炭素数10) の Ca 塩、および、糖代謝を改善

すると思われるナイアシンを泌乳中後期の乳牛に添加したが、乳脂率はかえって低下する傾向でありその他の乳成分も改善されなかった。また、C-10区では、飼料乾物および繊維成分の消化率が他の 2 区に比べて低下し、繊維分解細菌の活性を阻害したことが窺われた。今後、夏季の乳量および乳成分低下の原因がさらに究明され、その解決法が見出されることが求められる。

文 献

- 1) 藤城清司ら (1990)、千葉畜セ特別研報第 2 号
- 2) J. A. Woodford ら (1986)、J. of Dairy Sci.—69 : 1035-1047
(柴田章夫、新乳牛の科学 (1981)、農文協 : 277-280から引用)
- 3) J. D. Sutton (1981)、Recent Advances in Animal Nutrition : 35-48
- 4) E. M. Sudweeks ら (1981)、J. of Anim. Sci.—53 : 1406-1411
- 5) R. S. Emery (1978)、J. of Dairy Sci.—61 : 825-828

- 6) D.P.Casper ら (1989)、J. of Dairy Sci.—72 : 3 : 327 - 3335
- 7) E.J.DePeters ら (1985)、J. of Dairy Sci.—68 : 897 - 906
- 8) J.L.Horner ら (1986)、J. of Dairy Sci.—69 : 3087 - 3093
- 9) 石崎重信ら (1987)、未発表 (試験研究成果発表会資料、昭和63年度に掲載)
- 10) J.M.Chow ら (1990)、J. of Dairy Sci.—73 : 1051 - 1061
- 11) C.J.Canale ら (1990)、J. of Dairy Sci.—73 : 1031 - 1038
- 12) 大島正尚 (1981)、新乳牛の科学、農文協 : 314
- 13) J.J.Kaneko (1983)、臨床家畜生化学第3版、近代出版 : 61 - 111
- 14) National Research Council (1988)、Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 6th.rev.ed. : 47 - 48
- 15) D.O.Riddell ら (1981)、J. of Dairy Sci.—64 : 728 - 791
- 16) D.S.Lough ら (1990)、J. of Dairy Sci.—73 : 325 - 332
- 17) 安保佳一 (1981)、新乳牛の科学、農文協 : 365 - 372
- 18) T.J.Fronk ら (1979)、J. of Dairy Sci.—62 : 1804 - 1807
- 19) G.S.Dufva ら (1983)、J. of Dairy Sci.—66 : 2329 - 2336
- 20) 農水省農林水産技術会議 (1987)、日本飼養標準・乳牛
- 21) 日立製作所 (資料) L.C.DATA SHEET No.345 - 348
- 22) 阿部 亮 (1988)、農水省畜試研究資料第2号別刷
- 23) M.L.Thonney ら (1985)、J. of Dairy Sci.—68 : 661 - 670
- 24) 吉田 実 (1975)、畜産を中心とする実験計画法、養賢堂 : 101 - 116
- 25) R.R.Grummer ら (1989)、J. of Dairy Sci.—72 : 1996 - 2001
- 26) T.C.Skaar ら (1989)、J. of Dairy Sci.—72 : 2028 - 2038
- 27) J.J.Kaneko ら (1983)、臨床家畜生化学第3版、近代出版 : 101 - 102
- 28) A.C.Bach ら (1982)、Am.J.Clin.Nutr.—36 : 950 (R.R.Grummer ら²⁸⁾の記述から引用)
- 29) 松本光人ら (1989)、第81回日本畜産学会大会要旨 : 33