

メソ羊における濃厚飼料と粗飼料の分離と混合給与が 栄養価, 第一胃内液と血液性状に及ぼす影響

高橋敏能*・田中信也*・萱場猛夫*

*山形大学農学部農業生産学講座
(平成8年9月2日受理)

Effect of Separate and Mixed Feedings of Concentrate and Roughage
Rations on Nutritive Value, Properties of Blood
and Rumen Liquor in Sheep

Toshiyoshi TAKAHASHI*, Shinya TANAKA* and Takeo KAYABA*

*Section of Agricultural Production,
Faculty of Agriculture, Yamagata University,
Tsuruoka 997, Japan
(Received September 2, 1996)

Summary

Four sheep fitted with rumen fistula were used for this experiment. Experimental animals were fed once a day with concentrate (commercial formula feed for beef cattle) and Italian ryegrass hay chopped at the length of 2 cm, by mixing with proper water; i. e., the ratios of concentrate and roughage were set 8:2 (high concentrate ration) and 2:8 (high roughage ration). The amounts of ration were determined at 80% level of dry matter intake in case of *ad lib.* feeding of mixed ration at both ratios. Digestion trial was conducted with 4×4 Latin square method from four treatments of different concentrate and roughage ratios, and separate and mixed rations. On the next day of each trial, rumen liquor and blood were sampled during 24 hours. Digestibility of crude protein was significantly higher in separate ration than in mixed ration with high concentrate feeding and higher in mixed ration than in separate ration with high roughage feeding, respectively. In total digestible nutrients (TDN), however, there is no significant difference between the separate and mixed rations though the amount of TDN was higher in high concentrate feeding than in high roughage feeding. Changes of ratio of acetic acid to propionic acid of rumen liquor kept low levels in separate ration until 3 hours and in mixed ration after 6 hours in high concentrate feedings, and in mixed ration until 3 hours in high roughage feedings, respectively. Hematocrit, and concentrations of glucose and insulin of blood plasma tended to change in higher levels in mixed ration of high concentrate feeding.

key words: blood plasma, concentrate and roughage, digestibility, rumen liquor, separate and mixed feedings

緒 言

反芻家畜では、濃厚飼料と粗飼料の給与比率が牛乳や肥育などの生産性に大きく影響することは広く知られている。即ち、泌乳牛においては、粗飼料の給与比を高め

ると乳脂肪率が増加し^{14,20,28)}、肥育牛においては、肥育の後期に濃厚飼料の給与比を高めると飼料効率および枝肉性状が良好になる¹³⁾。これらの原因として、濃厚飼料と粗飼料の給与比(濃粗比)の変化に伴い、第一胃内で炭水化物から産生する酢酸とプロピオン酸の比率の違いが関係する。前者の場合、乳腺にて合成される乳脂肪が粗飼料の繊維性成分から産生する酢酸を基質として合成され^{20,28)}、後者の場合、濃厚飼料の易発酵性炭水

キーワード: 分離と混合給与, 第一胃内液, 濃厚飼料と粗飼料, 消化率

化物から産生するプロピオン酸生産量の増大がインシュリン分泌を刺激し^{22,23,24}，増体や体脂肪蓄積効果^{21,25}を促進する。

また，濃粗比と消化率との関係では濃厚飼料多給により第一胃内での易発酵性炭水化物から乳酸などの有機酸の発酵が進むのに伴う pH の低下から繊維性成分を分解する細菌の活動が弱くなる^{9,10,19}。粗蛋白質含量が多い程，一般成分の消化率は高くなる^{12,19} ことなどが知られている。

近年，濃厚飼料と粗飼料を混合して給与すると，給与量に応じて乾物採食量が増加し^{6,13,18,27}，特に濃厚飼料多給のときその増加量が多い²ことが知られており，高泌乳牛などの乳量の増加や乳質の改善などで有効な給与方法として注目されている。しかし，これらの飼料を分離給与と混合給与したときの消化率，第一胃内液及び

血液性状の相互関係を調査した報告はみられない。

本研究は，異なる濃粗比給与下で濃厚飼料と粗飼料を分離と混合給与が消化率，第一胃内液と血液性状に及ぼす影響についてメン羊を用いて検討した。

材料及び方法

1) 供試動物，給与飼料及び試料の採取

平均体重 43 kg の第一胃フィステルを装着したサフォーク種去勢メン羊 4 頭を供試動物とした。給与飼料のうち，濃厚飼料には肉牛用市販配合飼料（商品名；ダイナビーフ，日本農産工業株式会社製造）を，粗飼料には 2 cm に切断したイタリアンライグラス乾草を用いた。濃厚飼料と粗飼料の給与比を 8：2（濃厚飼料多給）と 2：8（粗飼料多給）を設定し，濃厚飼料と粗飼料を分離または混合して，それらを飼料量の 50% の水と混合して 1

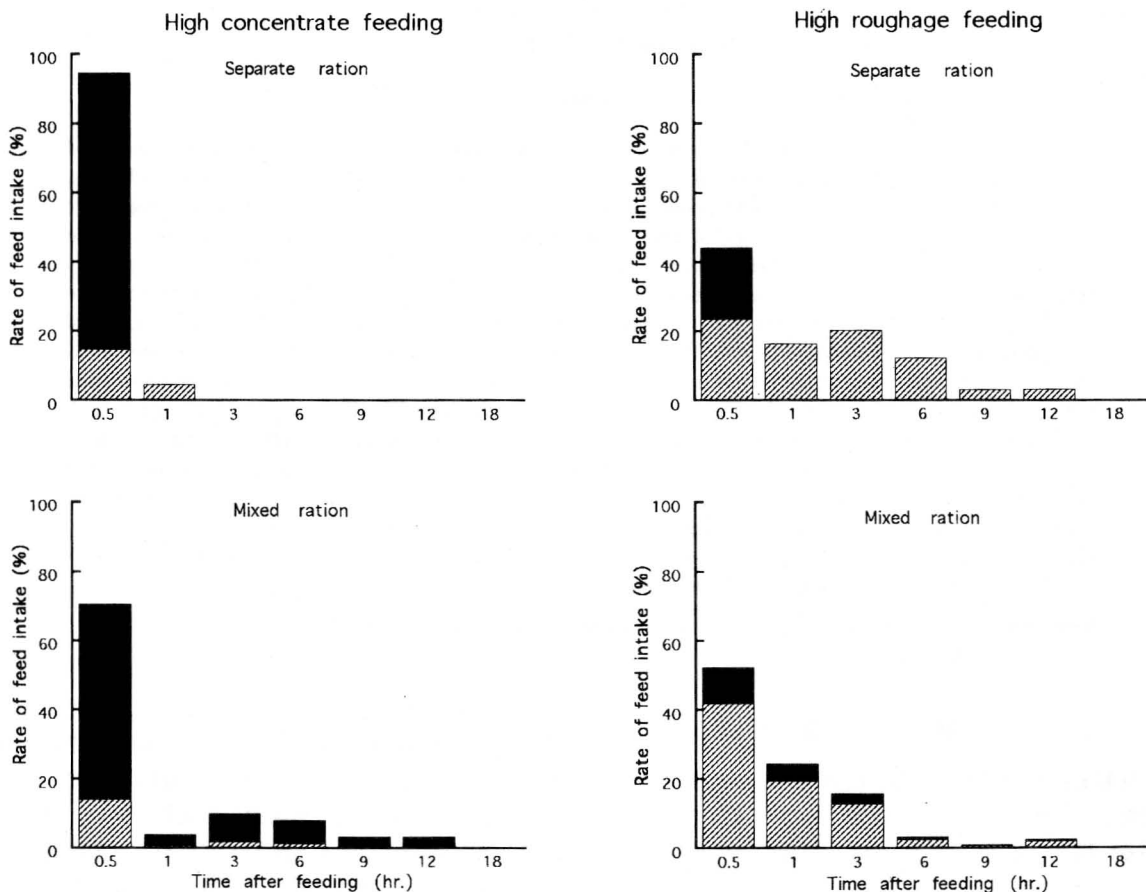


Fig. 1. Change in feed intake after feeding. The bar graph indicates percentage of total ration fed to experimental animals. ■; concentrate, ▨; roughage.

日1回給与した。飼料の給与量の設定に当たっては、それぞれの給与比の混合飼料で連続給与したときの採食量の80%とした。また、飲水は自由摂取とした。濃粗比及び分離と混合の給与比の違いから4種の組み合わせを設定し、4×4のラテン方格法により、予備試験7日間、本試験5日間の全糞採取法による消化試験を実施した。各試験終了の翌日に第一胃内液と頸静脈カテーテルから血液を飼料給与直前から給与後18時間に亘り8回採取した。第一胃内液は2重ガーゼにより濾過した濾液を血液はヘパリン処理して遠心分離後得られた血漿を分析に供するまで-20℃に凍結保存した。

2) 調査項目及び分析方法

飼料の採食量と飲水量を経時的に計量し、それぞれ総給与量に対する採食割合を百分率と単位代謝体重当たりの飲水量で表した。飼料の消化率算定の際の一般成分の定量は常法¹¹⁾、細胞内容物成分(OCC)と細胞壁成分

(OCW)はアミラーゼ・プロテアーゼ混合酵素法⁸⁾により実施した。第一胃内液のうち、pHはpH電極メーター、NH₃-NはConway³⁾の微量拡散法により測定し、揮発性脂肪酸(VFA)の分離定量は第一胃内液を水蒸気蒸留した後ガスクロマトグラフィー(日立F-6D)²⁴⁾により実施した。血液のヘマトクリット値は毛細管法、血漿中のグルコースはグルコーステストワコー(和光純薬工業K. K.)を用いて、インシュリンはラジオイミュノアッセイによりそれぞれ測定した。尚、給与後24時間の測定値は採食前と同じ測定値を用いた。

図はKaleidaGraph¹⁾を用いて作成し、データの評価はDuncanの多重検定によりSAS¹⁷⁾を使用して行った。

結 果

飼料給与後の給与量に対する採食量の百分率(採食率と略す)の経時変化を図1に示した。濃厚飼料多給のう

Table 1. Chemical compositions of rations used in the experiment

Ration	Moisture (%)	C. protein (%)	C. fat (%)	NFE ¹⁾ (%)	C. fiber (%)	C. ash (%)	OCC ²⁾ (%)	OCW ³⁾ (%)
Concentrate ⁴⁾	14.7	13.0	4.2	60.5	2.2	5.4	61.0	19.9
Roughage ⁵⁾	11.9	5.9	1.6	51.4	24.1	5.1	21.7	62.0

1); Nitrogen free extract. 2); Organic cellular content. 3); Organic cell wall.

4); Concentrate was used formula feed "Dyna-Beef" made by Nihon Nosan Kogyo Co., LTD.

5); Roughage was used Italian ryegrass hay chopped at the length of 2 cm.

Table 2. Digestibility and digestible nutrients in separate and mixed feedings of concentrate and roughage rations with different ratios

Item	High concentrate feedings ¹⁾		High roughage feedings ¹⁾	
	Separate ration	Mixed ration	Separate ration	Mixed ration
Digestibility (%)				
Crude protein	74.4±2.0 ^{a2)3)}	68.4±2.4 ^b	38.8±4.1 ^d	52.4±3.2 ^c
Crude fat	80.1±1.6 ^a	75.4±1.9 ^a	47.5±3.5 ^c	59.1±2.7 ^b
NFE ⁴⁾	85.1±2.4	83.1±1.3	66.4±2.3	66.2±2.2
Crude fiber	25.1±7.7 ^{ab}	16.1±6.3 ^b	35.0±4.6 ^a	26.6±4.9 ^{ab}
OCC ⁵⁾	91.8±3.8 ^a	90.2±0.7 ^{ab}	77.9±1.5 ^c	82.2±1.2 ^{ab}
OCW ⁶⁾	44.7±20.0	46.3±19.3	41.8±17.3	39.7±15.2
Digestible nutrients (%)				
DCF ⁷⁾	10.9±0.3 ^a	10.0±0.3 ^b	3.2±0.3 ^d	4.8±0.3 ^c
TDN ⁸⁾	67.8±2.1 ^a	67.0±1.6 ^a	47.4±1.8 ^b	47.6±2.5 ^b

1); Experimental animals were fed the ration which was equivalent to 80% of the amount at *ad lib.* feeding; i. e., 67.0 g/BW (kg)^{0.75}/day in high concentrate feedings and 55.3 g/BW (kg)^{0.75}/day high roughage feedings, respectively. The weight ratios were 8:2 (high concentrate feedings) and 2:8 (high roughage feedings) of concentrate and roughage, respectively. 2); Mean ± standard deviation. 3); Means with different superscripts are significantly different at the 0.05 probability level. 4); Nitrogen free extract. 5); Organic cellular content. 6); Organic cell wall. 7); Digestible crude protein. 8); Total digestible nutrients.

ち、分離給与では濃厚飼料の採食を給与後30分で終了し、全給与量の93%の採食率だった。混合給与では、給与直後30分までの採食率は高いが、71%であり、分離給与より22%低い採食率だった。分離給与では、1時間ではほぼ採食を終了したが、混合給与では1時間以後10%以下の採食率で12時間採食を継続した。一方、粗飼料多給のうち、分離給与は濃厚飼料を30分で採食を終了したが、30分までの採食率は分離給与45%であり、混合給与の52%より低かった。しかし、粗飼料多給では、給与後1時間から12時間まではいずれの給与方法とも数%から20%程度の採食率で採食を継続する傾向だった。

供試飼料の化学成分(%)を表1に、消化率と可消化成分(%)を表2にそれぞれ示した。成分のうち、粗蛋白質は濃厚飼料13.0、粗飼料5.9と濃厚飼料で高く、難発酵性炭水化物である粗繊維とOCWはそれぞれ、濃厚飼料2.2、19.9、粗飼料24.1、62.0と粗飼料で高かった。飼料成分の消化率のうち、濃厚飼料多給の粗蛋白質では分離給与74.4、混合給与68.4と分離給与が有意に高かった。逆に、粗飼料多給の粗蛋白質では分離給与38.8、混合給与52.4、粗脂肪では分離給与47.5、混合給与59.1と混合給与が分離給与より著しく高かった。可溶無窒素物(NFE)とOCCの易消化性成分の消化率は濃厚飼料多給、粗繊維とOCCの消化率は粗飼料多給でそれぞれ高い傾向だったが、分離と混合給与の給与方法の違いでは有意差がなかった。

採食に伴う飲水量、第一胃内液のpH及び $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度の変化を図2に示した。給与後採食に伴い飲水量は上昇し、混合給与ではいずれの濃粗比とも1時間後一端飲水量が減少し3時間後再び上昇する二相性の変化を示した。採食に伴う第一胃内液のpHの変化では、濃厚飼料多給は粗飼料多給より採食に伴い低く推移し、給与後6時間まで減少し24時間まで上昇する変化だった。また、濃厚飼料多給では分離と混合の給与方法により差がみられなかった。しかし、粗飼料多給では、分離給与が給与後30分で一端減少し1時間後上昇し、3時間後再び減少する変化を示した。いずれの給与飼料とも第一胃内液の $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は給与後30分から3時間までは増加、9から12時間まで減少し、その後24時間まで増加する変化であり、濃厚飼料多給は粗飼料多給より高い濃度で推移した。濃厚飼料多給では、給与後3時間まで分離給与は混合給与より高く、粗飼料多給では分離給与は給与後の最大ピークが30分遅れて出現した。

第一胃内液のVFA濃度のうち、1 dl中のmg数の変

化を図3に、mol%と酢酸/プロピオン酸比の変化を図4に示した。各VFAと総VFAとも1 dl中のmg数で

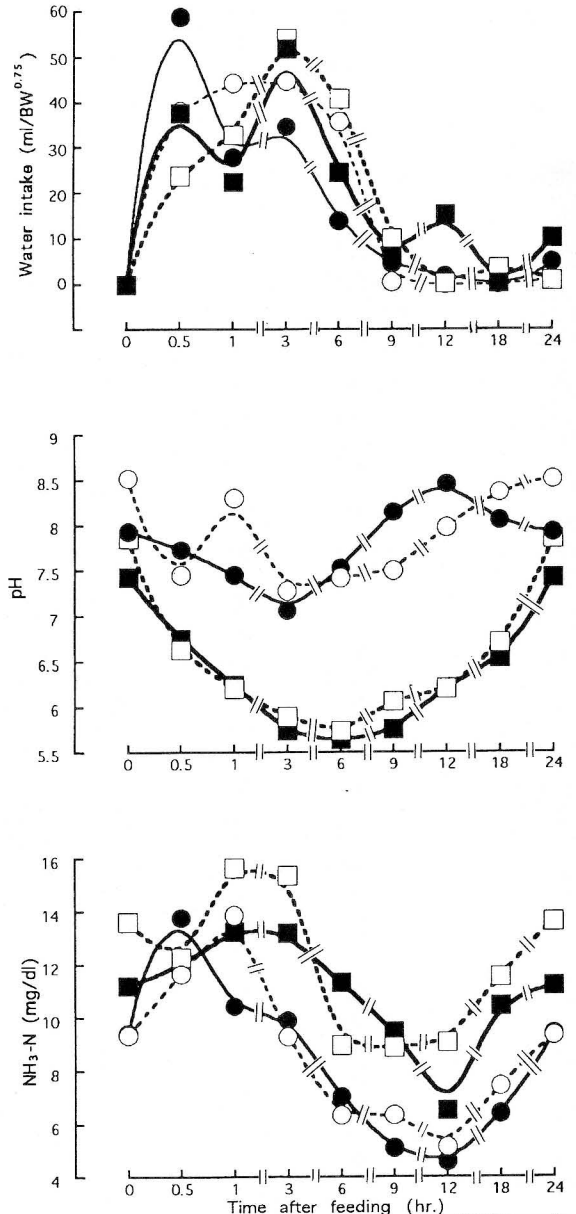


Fig. 2. Change in water intake, pH and concentration of $\text{NH}_3\text{-N}$ in rumen liquor after feeding. \square — \square ; separate ration with high concentrate feeding. \blacksquare — \blacksquare ; mixed ration with high concentrate feeding. \circ — \circ ; separate ration with high roughage feeding. \bullet — \bullet ; mixed ration with high roughage feeding.

は、いずれの濃粗比と給与方法とも給与後の採食に伴い約6時間まで増加し、その後24時間まで減少する変化だった。濃厚飼料多給は粗飼料多給より総VFAとプロピオン酸濃度が高く、濃厚飼料多給の混合給与は酢酸、プロピオン酸及び総VFAは最も高い濃度で推移した。濃厚飼料多給のmol%濃度では、混合給与は分離給与より、酢酸が給与後3時間まで、プロピオン酸は給与後6時間からそれぞれ高く推移した。その結果、酢酸/プロピオン酸比は給与後3時間まで分離給与が、6時間から18時間まで混合給与がそれぞれ低く推移した。一方、粗飼料多給では、混合給与は分離給与より、1dl中のmg数で給与後1時間まで酢酸と総VFA濃度が低く、mol%では給与後6時間までプロピオン酸濃度が高く、酢酸/プロピオン酸比は給与後3時間まで低く推移した。酪酸

濃度はいずれの濃粗比と給与方法とも給与後上昇したが、その濃度は低く、濃粗比と給与方法の明確な違いをみいだせなかった。

血液のヘマトクリット値、血漿中のグルコースとインシュリン濃度の変化を図5に示した。ヘマトクリット値では、いずれの給与飼料とも給与30分後上昇し、以後多少の増減が伴うが、概ね減少する推移だった。粗飼料多給では、分離と混合給与の間に明確な差はみられなかったが、濃厚飼料多給では、24時間を通して分離給与が低い値で推移した。血漿中グルコース濃度は、給与後6時間までは濃粗比と給与方法の間に関係はみいだされなかったが、給与後9時間以降はいずれの給与飼料とも上昇し、濃厚飼料多給が粗飼料多給より高い濃度で推移した。血漿中インシュリン濃度では、濃厚飼料多給は粗飼

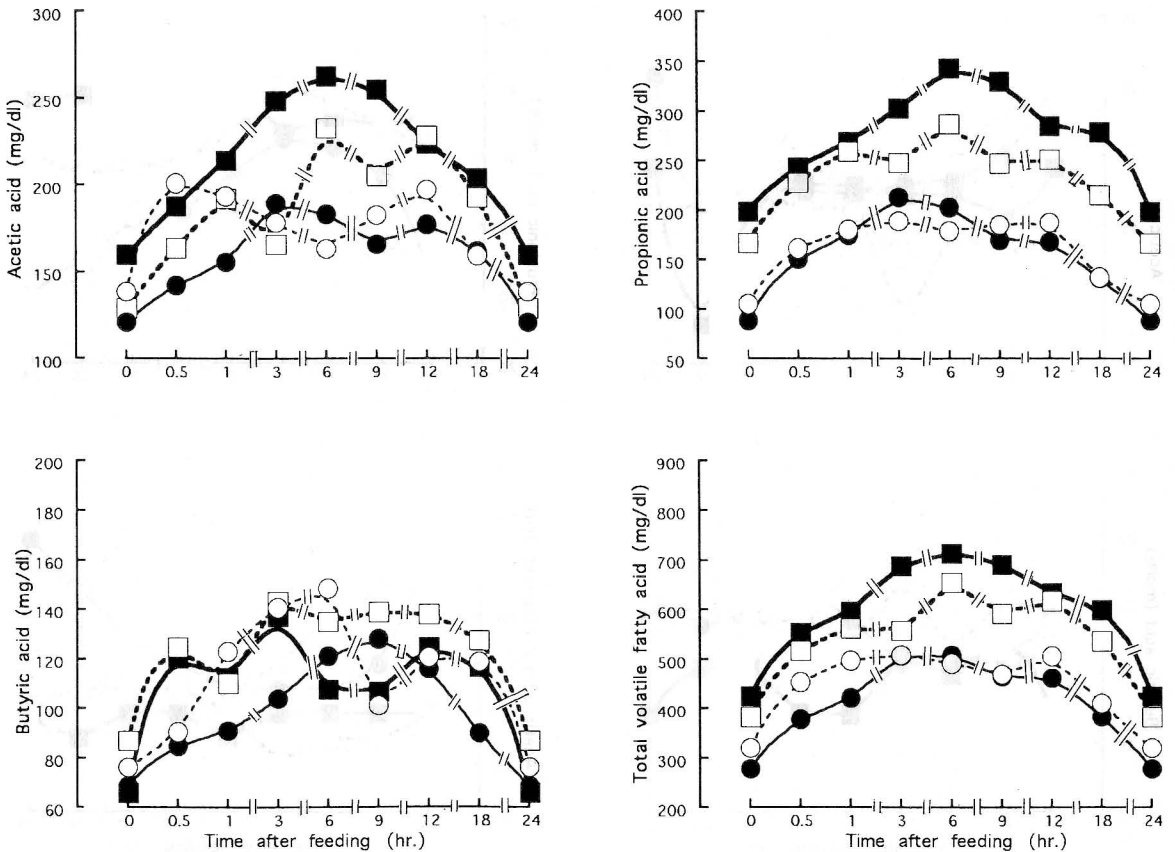


Fig. 3. Change in concentration (mg/dl) of acetic acid, propionic acid, butyric acid and total volatile fatty acid in rumen liquor after feeding. □—□; separate ration with high concentrate feeding. ■—■; mixed ration with high concentrate feeding. ○—○; separate ration with high roughage feeding. ●—●; mixed ration with high roughage feeding.

料多給より高く推移し、給与後採食に伴い上昇する様相を示した。

考 察

飼料の嗜好性を表す尺度に palatability があり、その測定方法には5種類の測定方法がある⁵⁾。本試験の分離給与での嗜好性とは、採食量の多少の違いではなく、複数の飼料を個別に給与したとき、どの飼料を選択して採食するかを表す嗜好性の違いを意味する。メン羊や牛などの反芻動物では、濃厚飼料と粗飼料を別々に並べて給与したときに、濃厚飼料を最初に採食するのは一般的に認められる現象である。この原因として、味覚、触覚などの感覚において嗜好性が濃厚飼料が粗飼料より優れていること、またメン羊は採食に対して簡単に学習する⁷⁾

ことなどから、成長過程で濃厚飼料を最初に採食する習慣になったこと等が考えられる。濃厚飼料多給の分離給与で給与30分の採食率が93%と著しく高かったが、鼓脹症などの濃厚飼料多給障害を発生し易いことを示唆している。一方、粗飼料多給では、分離給与での濃厚飼料の採食は速いが、いずれの給与方法とも12時間継続しており、採食パターンには著しい違いはないと思われた。

飼料の粗蛋白質消化率において、濃厚飼料多給では分離給与が、粗飼料多給では混合給与がそれぞれ有意に高く、給与方法で逆の結果だった。濃厚飼料多給の場合、粗蛋白質の消化率において分離給与が混合給与より高くなった原因として以下のように考える。濃厚飼料の採食速度が速いと第一胃内液のpHは急激に低下する²⁶⁾。しかし、本実験では分離給与で濃厚飼料の採食が30分で終

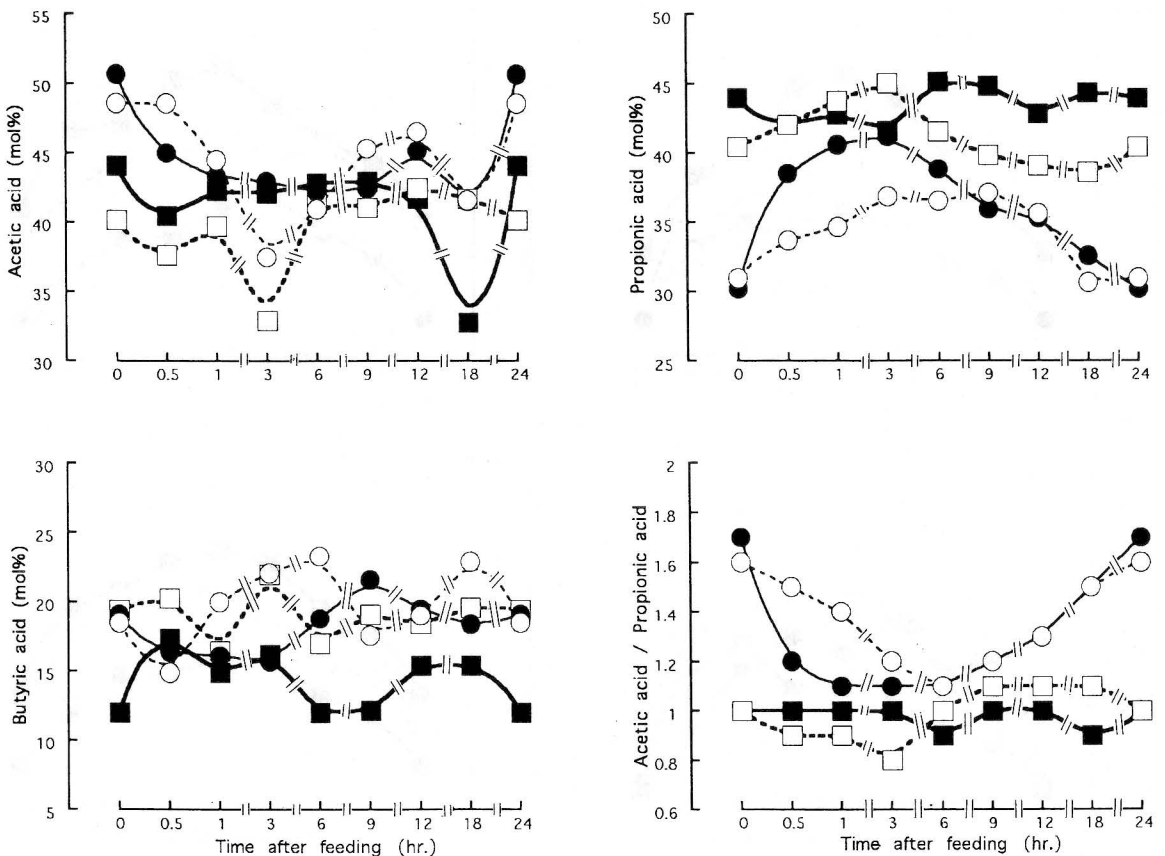


Fig. 4. Change in concentration (mol%) of acetic acid, propionic acid, butyric acid and total volatile fatty acid in rumen liquor after feeding. □—□; separate ration with high concentrate feeding. ■—■; mixed ration with high concentrate feeding. ○—○; separate ration with high roughage feeding. ●—●; mixed ration with high roughage feeding.

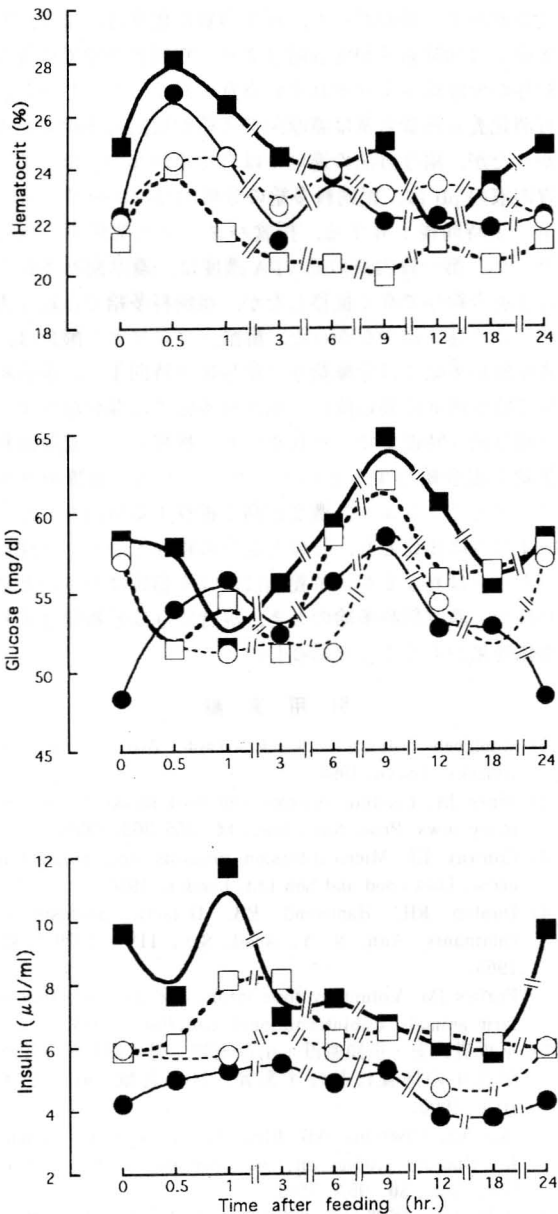


Fig. 5. Change in hematocrit and in concentrations of glucose and insulin in blood plasma after feeding. □—□; separate ration with high concentrate feeding. ■—■; mixed ration with high concentrate feeding. ○—○; separate ration with high roughage feeding. ●—●; mixed ration with high roughage feeding.

了したが、給与後の第一胃内液の pH は混合給与と差がないまま推移しており、第一胃内液の $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度では

分離給与が混合給与より高い濃度で推移している。即ち、分離給与では採食した濃厚飼料中に多く含まれる蛋白質からの第一胃内でのアンモニアへの分解が混合給与より促進し、pH の低下がそれほど進まなかったため、第一胃内微生物の活性を妨げず消化率が高くなったと思われる。一方、粗飼料多給の分離給与の場合、濃厚飼料を最初に採食し、第一胃内液の pH が一端減少、1 時間後に上昇しその後再び減少している。このことは、粗飼料多給の分離給与での採食のパターンを反映しており、濃厚飼料は直ちに消化されたと思われる。しかし、粗飼料多給の分離給与は混合給与より粗蛋白質、粗脂肪及び OCC の消化率が有意に低かった。この原因として、飼料中の粗蛋白質含量が多いと粗蛋白質の消化率が高くなる^{9,12,19)}ことは知られているが、その原因として消化作用にたいする刺激や消化管微生物活動の促進効果、菌体増殖に必要な N 源の供給と発酵産物による内容物の酸性化防止作用等がある¹²⁾。分離給与の場合、濃厚飼料のアンモニアから合成された菌体が直ちに下部消化管に移行したり、第一胃からアンモニアが吸収された後に第一胃に入ってきた粗飼料中の粗蛋白質や OCC などの成分を分解する能力が低下したのであろう。混合給与では、このような飼料が原因となる変化が少ないため、比較的安定した消化作用が行われたと考えられる。

本実験で濃厚飼料多給による易発酵性炭水化物の増加に伴う粗繊維や OCV などの繊維性成分の消化率が低下する澱粉減退^{9,10,19,22)}が明確に表れなかった。おそらく、給与量を不断給与の 8 割に制限したため、2 割の飼料量の削減がこの現象を発生させるに至らなかったであろう。

第一胃内液の VFA 濃度 (mg/dl) のうち、濃厚飼料多給では酢酸、プロピオン酸及び総 VFA 濃度において混合給与が分離給与より高い濃度で推移している。この VFA の前駆物質となる易発酵性の NFE や OCC の成分消化率が混合給与で改善されることが考えられるが、この改善効果はみられなかった。しかし、酢酸、プロピオン酸の mol% 濃度及び酢酸/プロピオン酸比では、濃厚飼料多給の給与後 3 時間までは、分離給与は酢酸が低く、プロピオン酸が高く推移し、逆に混合給与は 6 時間以降プロピオン酸が高く推移している。この結果、酢酸/プロピオン酸比は 6 時間以降逆転しており、分離給与においてこの比の変動幅が大きいようである。佐藤ら¹⁸⁾も乳牛で濃厚飼料と粗飼料を混合給与すると第一胃内液での発酵が安定することを認めており、濃厚飼料多給のと

き第一胃内液の恒常性の維持には混合給与が有効であると思える。

血液のヘマトクリット値は採食後の第一胃内液のpHの低下と浸透圧の上昇に伴い血液から第一胃に水分が逆吸収されることから、採食後上昇する⁴⁾。このことから、濃厚飼料を多給すると高い濃度で推移することが考えられるが、濃厚飼料多給の混合給与では高い濃度で推移したが、分離給与では採食後上昇したが、最も低い濃度で推移した。この原因に、24時間の総飲水量 (ml/BW^{0.75}) は混合給与147、分離給与167であり、濃厚飼料を分離給与すると飲水量が増加するためヘマトクリット値が低下することが考えられるが、結論を出すには例数を重ねる必要がある。

反芻動物の血漿中グルコース濃度は単胃動物のように採食後の上昇はない¹⁶⁾ことが知られている。しかし、6時間以降で給与方法に差はみられないが、濃厚飼料多給で高くなったのは、第一胃内で産生されたプロピオン酸から糖新生されるグルコース量が多かったためであろう。メン羊において血漿中インシュリン濃度の採食後の上昇は増体効果がある²⁴⁾ことを確認している。本実験で、濃厚飼料多給の混合給与が給与直前から給与1時間までにインシュリン濃度が上昇したことより、混合給与が分離給与より増体効果があることを示唆するが、今後実証する実験が必要である。

以上の結果、異なる濃粗比で濃厚飼料と粗飼料をメン羊に給与すると、給与方法の違いは粗蛋白質の消化率に影響を及ぼすが、可消化養分総量 (TDN) に違いがなかったことより栄養価に及ぼす影響は小さいと判断された。

要 約

第一胃フィステルを装着したメン羊4頭を供試動物とした。濃厚飼料（肉牛用市販配合飼料）と2cmに切断したイタリアンライグラス乾草の給与比を8:2（濃厚飼料多給）及び2:8（粗飼料多給）を設定し、1日1回給与した。飼料の給与量はそれぞれの給与比の混合給与で不断給与したときの乾物摂取量の80%とした。濃粗比及び分離と混合の給与方法の違いから4処理を設定し、4×4のラテン方格法により消化試験を実施した。各試験終了の翌日に第一胃内液と血液を経時的に採取した。飼料給与後の採食パターンのうち、分離給与ではいずれの濃粗比とも濃厚飼料を30分で採食を終了し、濃厚飼料多給のとき給与直後の採食率が93%と高かった。粗飼料多給のときは、いずれの給与方法とも12時間まで採

食を継続する傾向だった。粗蛋白質消化率は、濃厚飼料多給では分離給与が混合給与より、粗飼料多給では混合給与が分離給与よりそれぞれ有意に高かった。しかし、可消化養分総量含量は濃厚飼料多給が粗飼料多給より多かったが、給与方法の違いでは有意差がなかった。第一胃内液のpHは、粗飼料多給の分離給与で30分で一端減少し1時間後上昇する、採食パターンと関係ある変化だった。第一胃内液の総VFA濃度は、濃厚飼料多給のとき混合給与で高く推移したが、粗飼料多給では給与方法による違いは少なかった。酢酸/プロピオン酸比は、濃厚飼料多給では分離給与で給与後3時間まで、混合給与で給与後6時間以降に、粗飼料多給では混合給与すると給与後3時間まで、それぞれ低く推移した。濃厚飼料多給を混合給与するとヘマトクリット値、血漿中グルコースとインシュリン濃度が高く推移する傾向だった。いずれの濃粗比とも、分離と混合の給与方法により採食パターンは異なるが、栄養価に及ぼす影響は小さいと思われた。濃厚飼料多給のとき、混合給与は分離給与より増体効果があることを示唆した。

引用文献

- 1) Abelbech Software. KaleidaGraph. 3rd ed. 41-104. Hulinks. Tokyo. 1994.
- 2) Bines JA. Feeding systems and food intake by housed dairy cows. Proc. Nutr. Soc., **44**: 355-363. 1985.
- 3) Conway EJ. Micro-diffusion analysis and volumetric error. Lockwood and Son Ltd. London. 1950.
- 4) Dunlop RH, Hammond PB. D-lactic acidosis of ruminants. Ann. N. Y. Acad. Sci., **119**: 1109-1132. 1965.
- 5) Forbes JM. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Cabinternational. Guildford. 1995.
- 6) 早坂貴代史・田鎖直澄・山岸規昭. 混合飼料給与量が泌乳牛の採食に及ぼす影響. 日畜会報, **61**: 1070-1076. 1990.
- 7) Hou XZ, Lawrence AB, Illius A, Anderson D, Oldham JD. Operant studies on feed selection in sheep. Proc. Nutr. Soc., **50**: 95A. 1991.
- 8) 古賀照章・阿部 亮. アミラーゼ・プロテアーゼ混合酵素による細胞壁物質の定量及び牧草・牧草サイレージのTDN含量推定法の検討. 日草誌, **40**: 8-15. 1994.
- 9) Kromann RP, Clements ET. Digestible, metabolizable and energy values of corn and dehydrated alfalfa in sheep. J. Anim. Sci., **41**: 1752-1758. 1975.
- 10) Mitchell HH, Hamilton TS, Hains WT. The utilization by calves of energy in rations containing different percentages of protein and in glucose supplements. J. Agric. Res., **61**: 847-864. 1940.

- 11) 森本 宏監修. 動物栄養試験法. 280-352. 養賢堂. 東京. 1971.
- 12) 中村亮八郎. 新飼料学 上. 96-112. チクサン出版社. 東京. 1977.
- 13) Nocex JE, Steele RL, Braund DG. Performance of dairy cows fed forage and grain separately versus total mixed ration. *J. Dairy Sci.*, **69**: 2140-2147. 1986.
- 14) 農林水産技術会議事務局編. 日本飼養標準・肉用牛. 47-78. 中央畜産会. 東京. 1987.
- 15) 農林水産技術会議事務局編. 日本飼養標準・乳牛. 40-51. 中央畜産会. 東京. 1987.
- 16) 佐々木康之. 反芻動物における臍内分泌に関する最近の研究. *日畜会報*, **51**: 383-392. 1980.
- 17) SAS Institute Inc. SAS user's Guide: Statistics. Version 5 Edition. 433-506. SAS Institute Inc. Cary. 1985.
- 18) 佐藤 博・工藤吉夫・三島哲夫・柏木 甲. 乳牛における飼料の給与方法が第一胃発酵, 血液性状および採食行動に及ぼす影響. *日畜会報*, **58**: 461-466. 1987.
- 19) 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. 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. 1986.
- 20) Sutton JD, Broster WH, Schuller E, Smith T, Napper DJ. Long-term effect of level of intake and diet composition on the performance of lactating cows. 3. Milk composition and rumen fermentation. *Proc. Nutr. Soc.*, **36**: 147A. 1977.
- 21) 高橋敏能・太田三郎. 濃厚飼料と粗飼料の給与割合および VFA 塩添加給与がメン羊の肥育と体脂肪脂肪酸組成に及ぼす影響. *日畜会報*, **56**: 711-719. 1985.
- 22) 高橋敏能・佐原直子・萱場猛夫. メン羊における濃厚飼料制限給与時の粗飼料不断給与が飼料の栄養価と第一胃内液 VFA 組成に及ぼす影響. *山形大学紀要 (農学)*, **10**: 795-800. 1989.
- 23) Takahashi T, Imamura T, Kayaba T. Effect of dietary propionate response with feeding of different concentrate-roughage ratios in sheep. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, **2**: 249-250. 1989.
- 24) 高橋敏能・今村卓広・堀口健一・萱場猛夫・佐野宏明. メン羊におけるプロピオン酸塩添加粗飼料がインシュリン分泌刺激, 飼料の利用性並びに体脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響. *山形大学紀要 (農学)*, **11**: 445-462. 1992.
- 25) 高橋敏能・百井秀樹・萱場猛夫・佐野宏明. 濃厚飼料多給メン羊におけるプロピオン酸塩添加が飼料の利用性と血漿成分に及ぼす影響. *日緬研会誌*, **29**: 35-40. 1992.
- 26) 高橋敏能・熊坂 克・鈴木 剛・加納昌彦・萱場猛夫. 反芻動物における繊維質飼料の物理的機能代替用具の効果. 第90回日畜学会大会 (講演要旨), 88. 1995.
- 27) Tyrrell HF, Moe OW. Production efficiency in the high producing cow. Effect of intake on digestive efficiency. *J. Dairy Sci.*, **58**: 1151-1163. 1975.
- 28) Woodford JA, Jorgensen NA, Barrington GP. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cow. *J. Dairy Sci.*, **69**: 1035-1047. 1986.