

濃厚飼料の給与量が反すう胃内発酵および 血中成分に及ぼす影響

小島 洋一・前田 茂雄・吉田 重雄

YOICHI KOJIMA, SHIGEO MAEDA and SHIGEO YOSHIDA

Effect of the concentrate levels on rumen fermentation and some blood values

要旨：第1胃フィステル付去勢成めん羊2頭に市販の牛肥育用の濃厚飼料を1日当り体重の2%を与えた期間を中濃厚飼料給与期とし、その60%を与えた期間を低濃厚飼料給与期、130%を与えた期間を高濃厚飼料給与期、また飽食させた期間を飽食期とした。各期、予備期1週間の後3日間、朝の飼料給与前（午前9時）、飼料給与後1、3、6時間（飽食期は9:00、12:00、および15:00）に第1胃液および頸静脈血を採取した。第1胃液のpHは飽食期で各時間とも5.7-6.3の低い値を示したが他の3期では飼料給与後急速に低下し3時間後に最低値を示した。総VFA量は飽食期以外の各期で飼料給与後急速に増加し、中濃厚飼料給与期で最高値を示した。飼料給与量の増加とともに、酢酸の割合は減少し、プロピオン酸、酪酸の割合は増加した。また乳酸はほとんど産生されなかった。血中の総VFA量は飽食期をのぞいて飼料給与後急速に増加していた。酢酸、プロピオン酸の割合は第1胃液と同様な傾向を示したが、プロピオン酸の割合は極めて低く、酪酸はほとんどみとめられなかった。血中乳酸、ヘマトクリット値については濃厚飼料の摂取量の差による影響はみとめられなかった。

緒 言

我国では、粗飼料、濃厚飼料ともに生産基盤をもたないために飼料の大部分を輸入しているのが現状である。とくに肉用牛肥育農家では経済的効率を高めるため短期肥育をめざして粗飼料はほとんど給与せず多量の市販濃厚飼料を肥育牛に給与している。その市販濃厚飼料は輸入穀類が主成分であるため易利用性炭水化物に富む極めてエネルギー価の高いものである。

このような市販配合飼料の多給により、肥育牛は極めて早く増体し我国の現状では経営的にこのような肥育法が効率の良い方法とされている。しかし場合によっては、濃厚飼料の過食により、反すう胃内の発酵作用が正常に行われず、異常発酵を起し食滞を起すなどして、その症状が軽い場合には増体が止まり、さらに重症の場合にはアシドーシスとなり動物をへい死させ

経営的に不利な状態を引き起す場合もしばしばみとめられる。このような濃厚飼料の給与量の多少によって起る反すう動物の消化生理学的変化についてくわしく調べるために、この試験ではめん羊を用い、穀類を主原料とする市販の配合飼料の給与量を段階的に増加させ、その結果起る反すう胃内発酵の変化およびそれが血中成分にどのように反映するかを経時的に調べた。

材料および方法

供試動物として、第1胃にフィステルを装着した2頭の去勢成めん羊を用いた。試験開始時の体重は、1号羊 54kg、2号羊 60kgであった。粗飼料として稲わら1日1頭当り 200gを濃厚飼料（市販配合飼料）とともに朝夕等分に与えた。濃厚飼料は第1表に示すような推定TDN 72%の穀類を主原料とする配合飼料であり、それを1日1頭当り試験開始時の体重の2%

Tab. 1. Composition of the concentrate ration.*

Moisture	Crude protein	Crude fat	NFE	Crude fiber	Crude ash
11.3	12.4	2.1	59.2	7.8	7.2

* Mainly contain sorghum grain, corn, oat, wheat and barley. Estimated DCP and TDN were 9.0 and 72.0% respectively.

与えた期間を中濃厚飼料給与期とした。この中濃厚飼料給与期の濃厚飼料の給与量を基準100%として、60%を与えた期間を低濃厚飼料給与期とし、さらに130%を与えた期間を高濃厚飼料給与期、また濃厚飼料を自由摂取させた飽食期を設けた。水は自由に飲めるようにし、試験は低、中、高および飽食期の順で行い、各期とも7日間の予備期の後の3日間、低、中、高濃厚飼料給与期では、飼料給与直前および給与後1、3、6時間に、飽食期では、午前9時、正午および午後3時に、第1胃液および頸静脈血の試料採取を行なった。なお各濃厚飼料給与期とも濃厚飼料は、午前9時と午後5時の2回に等分して給与し、試料の採取は午前9時の飼料給与後に行なった。飽食期の濃厚飼料は常時摂取出来るように餌箱にたやさぬようにして与えた。試験期間中、動物が敷わらを摂取しないように新しい敷わらの追加はしなかった。なお第1胃液は第1胃フイステルより馬用の投薬カテーテルを用いて約50ml吸引採取した。採取後ただちにpH計（ベックマン・ゼロマチックSS-3）でpHを測定し、その後夾雑物を取り除くために、3000回転で10分間遠心分離を行なった後分析に供するまで凍結保存した。

血液は頸静脈より約10ml採取し、ヘパリンで凝固を防いだ後、一部でヘマトクリット値を測定し、また一部をトリクロル酢酸で除蛋白し、残りは3000回転で10分間遠心分離を行ない血漿として、それぞれ分析に供するまで凍結保存した。

第1胃液については、pH、総VFA量、VEA組成および乳酸含量について測定した。血液については、血漿中総VFA量、VFA組成、全血中乳酸含量およびヘマトクリット値について測定した。総VFA量およびVFA組成については、第1胃液は、PACKETTの方法¹⁾で、血液はREMESYらの方法²⁾にほぼ準じてガスクロマトグラフ（島津GC-4BM-PF）およびインテグレーター（島津クロマトパックEIA）を用いて行なった。乳酸含量は、第1胃液および血液ともに、BARKER & SUMMERSON法³⁾で、ヘマトクリット値はWINTROBE法⁴⁾で測定した。

結果および考察

動物は、低濃厚飼料給与期、中濃厚飼料給与期では濃厚飼料を完全に食下し、残食はなかったが、高濃厚飼料給与期では、中濃厚飼料給与期から高濃厚飼料給与期へ移した後の予備期間のうち数日間は少量の濃厚飼料と稲わらを餌箱に残していた。しかし試料を採取する日には残食することはなかった。飽食期では、採食量を測定するため毎日朝9時に餌箱の中の濃厚飼料の重量を測定した。その結果、1号羊、2号羊ともに平均1日1頭当中濃厚飼料給与期の約150%相当の濃厚飼料を摂取していた。

第1胃液のpHの経時的変化は第1図に示す。飽食期を除く各期のpHは、1、2号羊ともに、飼料給与後1時間で急速に低下し、3時間で最低値を示した。濃厚飼料を少なく給与された低濃厚飼料給与期では、他の期よりもpHの低下は小さかった。通常、反すう胃内の発酵作用が正常に行なわれているときにはpHは6.0~7.0の範囲で恒常性を保っている。本試験の低濃厚飼料期ではpHがおよそ6.1~6.9の範囲にあり、正常の発酵状況に極めて近い状態にあったと考えられる。しかし、中および高濃厚飼料給与期では、pHが飼料給与前で6.7前後であったが飼料給与後1時間で約5.7と急速に低下し、さらに給与後3時間で約

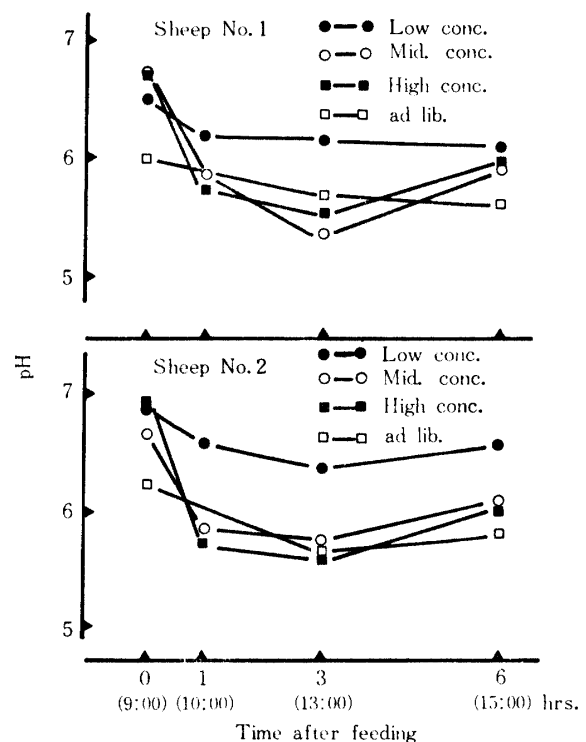


Fig. 1. Effect of the concentrate levels on the pH in the rumen.

5.4と最低値を示した。これは低濃厚飼料給与期よりもかなり低い値であった。このことは、中および高濃厚飼料給与期では低濃厚飼料給与期に比較して極めて急速な発酵が長時間行なわれたことを示している。一方、濃厚飼料の給与量に差があるにもかかわらず、中および高濃厚飼料の pH の経時的な推移が、給与後1, 3時間ではほぼ同じであったことは興味深い。しかし、中、高濃厚飼料給与期とも、飼料給与後に低下した pH が給与後6時間でかなり回復し、次の日の飼料給与時にはほぼ前の日の給与前の値にもどっていた。このことは反すう胃内の pH は、飼料給与後発酵産物の増加により低下するが、発酵産物産生量の低下、発酵産物の下部消化管への移行および吸収、唾液および飲水の流入等により次の飼料給与前にはほぼもとにもどるという一定サイクルを持っていることを示していた。小島と桜井⁵⁾は給与飼料中の濃厚飼料の量を急に増加させると反すう胃内において急激な発酵が起り、急速な VFA の増加に続いて乳酸が多量に産生されること、その後 pH は上昇することなく Acidosis 症状となることを報告している。この試験の、中あるいは高濃厚飼料給与期においてそのようなことがみとめられなかったのは、極めて段階的に雑で短期間の方法ではあるが濃厚飼料の給与量を徐々に増加させたことによるものと考えられる。また、この試験において、中濃厚飼料給与期から高濃厚飼料給与期へ移した時点で数日の間、給与飼料の残食がみとめられたことは Acidosis に近い状態になっていたことを示しているものと思われる。

一方、飽食期では反すう胃内 pH は各時間とも低い値で推移していた。これは濃厚飼料を常時摂取出来る状態にあるため一時に多食することなく、反すう胃内に易利用性炭水化物が常在しそれが発酵分解されるためと思われる。前述したように、反すう動物は無制限に易利用性炭水化物を摂取すると反すう胃内で異常発酵を起すが、この試験の飽食期においては pH 値がそれほど極端には低下せず、各時間の pH 値は中および高濃厚飼料給与期の飼料給与後3時間の最低値と比較するとほぼ同じ値であり、そのいずれよりも低いということにはなかった。このことは飽食期に至るまでに段階的に濃厚飼料を増加させたことによって飽食期においては濃厚飼料を Acidosis になるほど無制限に摂取することが生理的に妨げられたことを示している。飽食期において各時間の値が一定ではなくかなりの差がみとめられたことはこのことを裏付けるものと思われる。さらに、飽食期では午前9時に最も高い値を示し、その時間は他の期においても飼料給与前の最も高い値

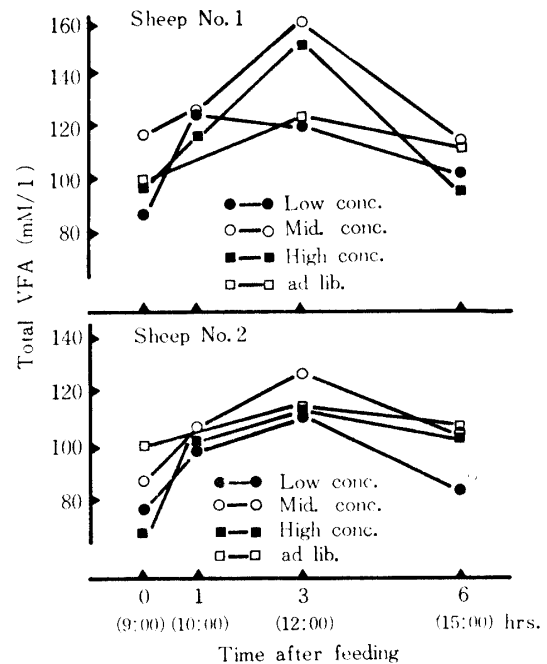


Fig. 2. Effect of the concentrate levels on the VFA production in the rumen.

を示した時点であったことは飽食期においても他の期におけると同様な反すう胃内発酵サイクルを有していたものと考えられるが、この問題は日照時間と飼料摂取との関係等の要因も合わせてさらに詳しい検討が必要であろう。

第1胃液の総 VFA 量は、第2図のごとくである。飼料給与後、飽食期をのぞく各期とも総 VFA 量は急速に増加しており、中濃厚飼料給与期の飼料給与後3時間で1・2号羊とも最高値を示していた。高濃厚飼料給与期においても1・2号羊ともに飼料給与後3時間に最高値を示していたがいずれの時間においても中濃厚飼料給与期よりもいくぶん低い値であった。これらのことと、各濃厚飼料給与期の pH 値の推移を考え合わせると、pH の低下が大部分反すう胃内における VFA の増加によるものであったと考えられる。

一方、低濃厚飼料給与期では、飼料給与後1時間までは中濃厚飼料給与期と同じように急速に VFA を産生したが、それ以後は中、高濃度飼料給与期ほどの著しい増加はみとめられず、1号羊ではかえって減少していた。これは低濃厚飼料給与期では飼料摂取直後は反すう胃内で易利用性炭水化物が活発に発酵利用されるが、その後炭水化物のうち易利用性のものは少なく、比較的分解される速度がゆるやかとなったことを示し、それに比較して易利用性炭水化物の摂取量の多い中・高濃厚飼料給与期では反すう胃内で急速な発酵分解が長時間続いたものと考えられる。

飽食期における反すう胃内 VFA 量は他の3つの期のように大きな増減が時間的にみとめられることはなく、比較的一定の値で推移していた。しかしいくぶんの増減がみとめられ、とくに正午の値が午前9時および午後3時の値よりも高くなっていたことから他の3期におけるような発酵サイクルが存在していたとも考えられる。

第1胃液の酢酸、プロピオン酸および酪酸のモル%の経時的变化は第3図、第4図および第5図に示す通りである。第1胃内酢酸は飼料給与前、飼料給与後のどの時間においても、1、2号羊とも濃厚飼料の摂取量の増加とともにその割合は低下していた。とくに飽食期においては酢酸のしめる割合は、他の3期に比較して極めて低い割合を示しており、とくに2号羊で著しかった。プロピオン酸の場合は酢酸の割合の減少とは全く逆に低・中・高濃厚飼料給与期の順に濃厚飼料の摂取量の増加とともに大きくなった。2号羊では飽食期においてさらにプロピオン酸の割合が増加し30%以上をしめていたが、1号羊では高濃厚飼料給与期と同程度であった。このように、濃厚飼料の増加による

酢酸、プロピオン酸の割合の変化が2号羊で極めて明確に現われていたが、高濃厚飼料給与期と飽食期の間で1号羊ではそれほど差がなかったことは濃厚飼料の摂取量が多量になるほど反すう胃内の発酵状況も不安定なものとなり、個体差が出ることを示しているものと思われる。

以上の反すう胃内 VFA 各酸の濃厚飼料増加による割合の変化は現在まで一般に認められている傾向⁶⁾⁷⁾⁸⁾を示しており、とくに特徴的な変化は少なかった。このことはこの試験で反すう胃内の発酵作用が極めて濃厚飼料を多量に摂取した状態でも異常とならなかったことを示している。とくに濃厚飼料を多量に摂取した状態でも酢酸の割合の減少、プロピオン酸の割合の増加がみとめられたことはこれを裏付けている。

第1胃液の乳酸含量の経時的变化は低および中濃厚飼料給与期では各時間とも0~1 mg/dlであり極めて微量であった。高濃厚飼料給与期では飼料給与後1時間で平均19.5 mg/dlであった以外は低・中濃厚飼料給与期と同様に微量であった。飽食期では0~17.4 mg/dlで変化しており一定の傾向は認められなかった。

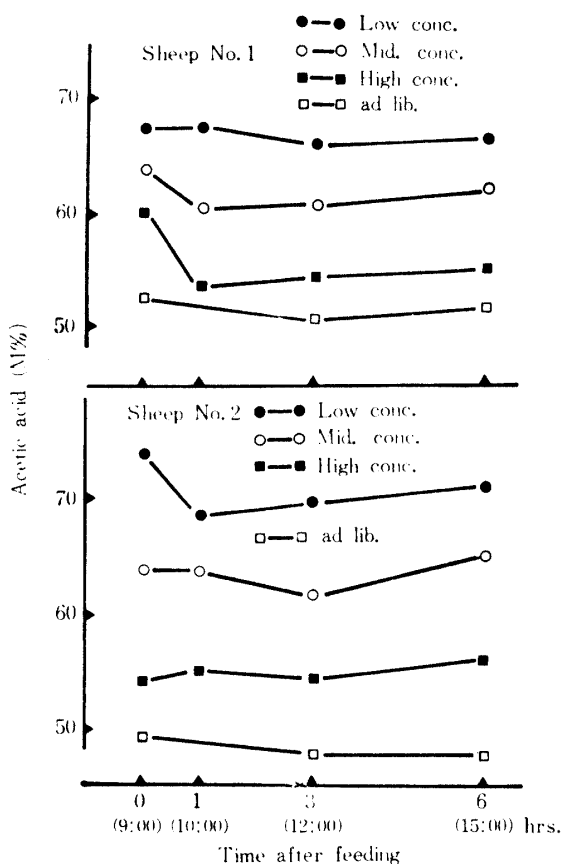


Fig. 3. Effect of the concentrate levels on the molar percentage of acetic acid in the rumen.

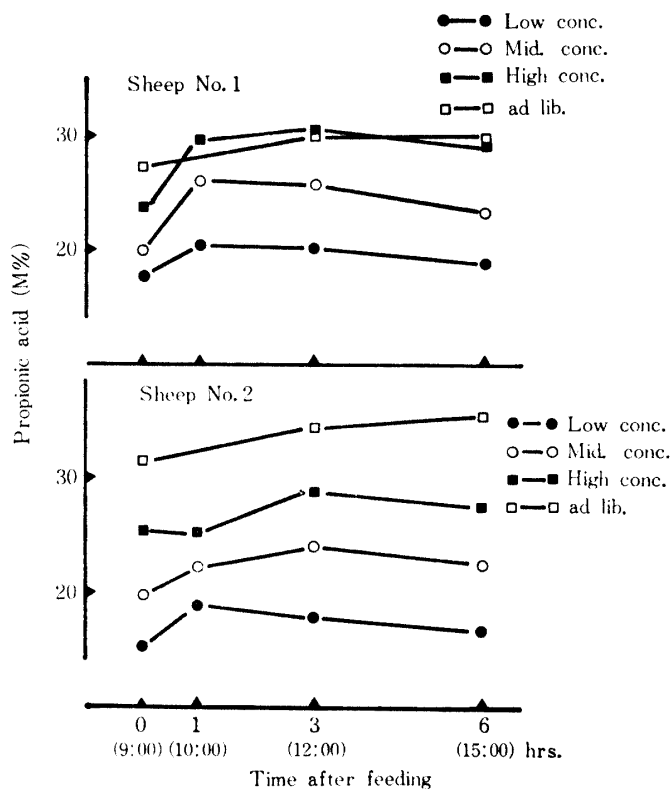


Fig. 4. Effect of the concentrate levels on the molar percentage of propionic acid in the rumen

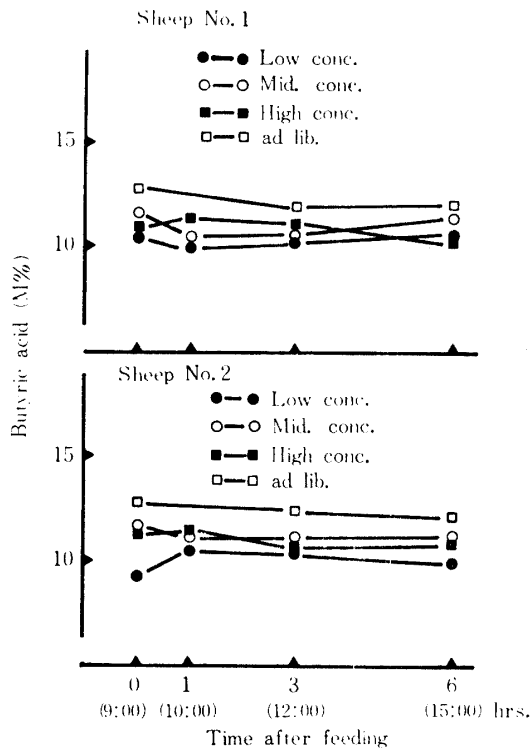


Fig. 5. Effect of the concentrate levels on the molar percentage of butyric acid in the rumen.

このように1, 2号羊ともに反すう胃内の乳酸量は濃厚飼料を多量に摂取した場合でも一時的に少量存在しただけで、急激な増加は認められなかった。

UHART B. A. and E. D. EARROLL⁹⁾, WALKER, D. J.¹⁰⁾ 小島と桜井⁵⁾等は濃厚飼料の多給により反すう胃内で異常発酵が起った場合には反すう胃液中の乳酸含量は500~2,000mg/dlにも達したことを報告している。それらの結果と比較するとこの試験の濃厚飼料を多量に摂取した場合においても20mg/dl以下の極めて少量の乳酸が一時的に認められたにすぎず、濃厚飼料を多量に摂取して異常発酵を起しているとは考えられない。このようにこの試験で多量の濃厚飼料を摂取した場合においても乳酸含量の増加が認められなかったことは、反すう胃内液のpHの低下および上昇が主に反すう胃内のVFAの増加および減少によるものであり、乳酸がpHの動きにほとんど関与していないことを示している。さらにこれまでの反すう胃内のpH, 総VFA量およびVFA組成の結果とあわせると、この試験ではどの期においてもVFA産生を主とする正常な発酵が反すう胃内において行なわれていたことが推測出来る。

頸静脈血中の総VFA量の経時的变化は第6図に示してある。低・中・高濃厚飼料給与期では飼料摂取後

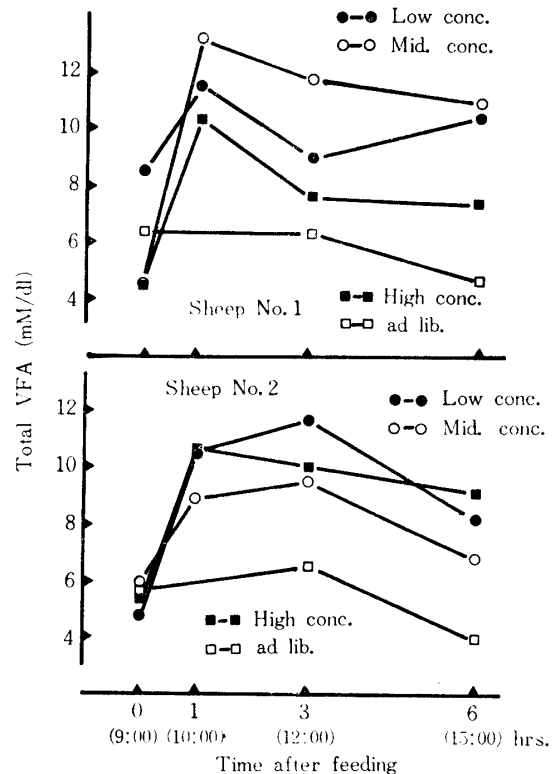


Fig. 6. Effect of the concentrate levels on the VFA concentration in the jugular blood plasma.

血中の総VFA量は第1胃液の総VFA量が急激に増加したのとほぼ同時に血中の総VFA量は急速に増加した。小島と桜井⁵⁾は、正常な発酵が行なわれているときはもとより反すう胃内での発酵状態が異常となった場合でも反すう胃内で産生されたVFAは第4胃ではほとんどみとめられなかったと報告している。このことから、反すう胃内で急速に産生されたVFAがすぐさま第1胃から第3胃までで吸収され、それが血中のVFA含量の変化となって現われたものと考えられ興味深い。しかしこの3期間において、濃厚飼料の摂取量の違いによる血中VFA含量への影響は判然としておらず、反すう胃内の総VFA量がそのまま血中総VFAに反映していたとは認め難い。

一方、飽食期においては、1・2号羊とも他の3期の飼料給与前をのぞいて各時間とも他の3期よりも非常に低い値を示した。反すう胃内総VFA量(第2図)をみれば飽食期と他の3期の間に血中におけるほど大きな差は認められなかった。

以上のように反すう胃内VFA量の変化が頸静脈血のVFA量に反映している場合も認められたが、飽食期において血中VFA量が低濃厚飼料給与期のそれよりも低い値であったことなどは検討を加えなければならない点であろう。

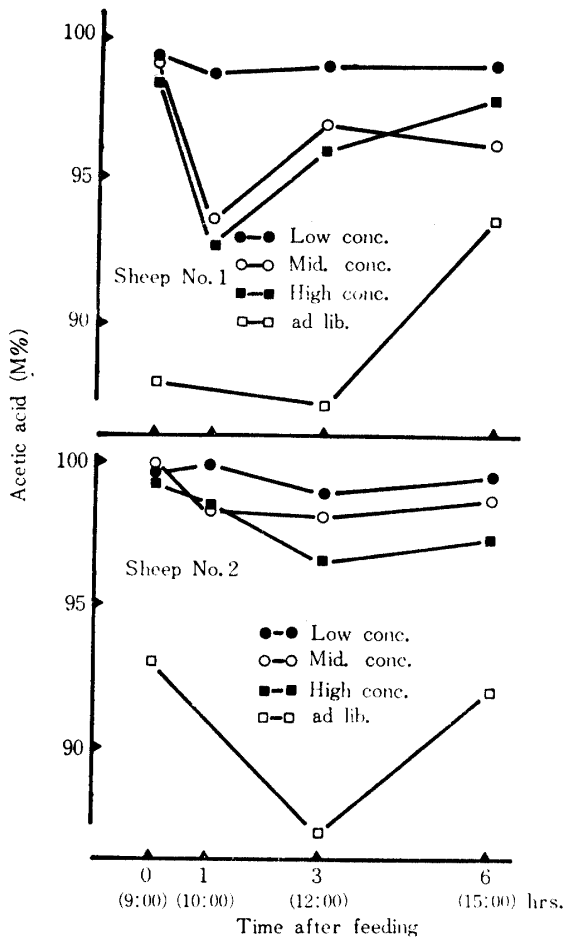


Fig. 7. Effect of the concentrate levels on the molar percentage of acetic acid in the jugular blood plasma.

頸静脈血中の酢酸およびプロピオン酸のしめる割合は、第7図および第8図に示すごとくである。頸静脈血中のVFAはほとんど酢酸およびプロピオン酸であったが、そのうちでも酢酸は90%近くかまたはそれ以上をしめていた。とくに低濃厚飼料給与期においてプロピオン酸の割合は極めて小さくほとんど酢酸であるといってもよいほどであった。中および高濃厚飼料給与期においては飼料給与後の各時間とも低濃厚飼料給与期よりも酢酸が低く、プロピオン酸が高い傾向がみとめられたが、中および高濃厚飼料給与期の間には明確な差はみとめられなかった。飽食期においては、他の3期に比較して、各時間とも酢酸の割合は著しく低下し逆にプロピオン酸の割合は高くなっていた。このように反すう胃内のVFAの組成が頸静脈血中にも反映していたと一応考えられるが、1号羊の高濃厚飼料給与期と飽食期の第1胃内のプロピオン酸の割合(第4図)に各時間とも差が認められなかったが、頸静脈血中では極めて明確な差が認められた。このことは反すう胃内で産生されたVFAが頸静脈に至るまでには

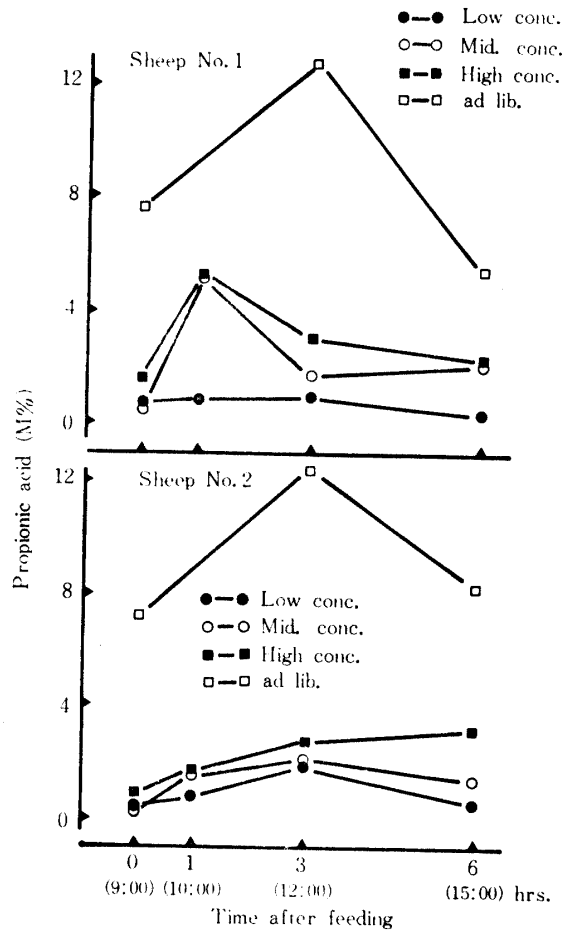


Fig. 8. Effect of the concentrate levels on the molar percentage of propionic acid in the jugular blood plasma.

種々の代謝作用をうけることが予想され、ルーメン静脈血および動脈血を採取し考察することが必要であると考えられる。しかしこの試験において、頸静脈血においても反すう胃内発酵の様子をかなり明確に反映していることが認められた。

HEUTER, F. G. *et al.*¹¹⁾, DUNLOP, R. H. and P. B. HAMMOND¹²⁾, 小島と桜井⁵⁾は反すう胃内に乳酸が増加すると血中の乳酸も増加し20mg/dl以上80mg/dlにも達したことを報告しているが、この試験において頸静脈血中の乳酸含量は1号羊が飽食期の午後4時に15.8 mg/dlと一時的にいくぶん高い値を示した以外はそのどの期どの時間においても10mg/dlをこえることはなく、また一定の傾向もみとめられなかった。反すう胃内にもほとんど乳酸がみとめられなかったことと考え合わせると、血中の乳酸は消化系から吸収されたものではなく、体内での通常の代謝産物であると考えられる。

ヘマトクリット値についても各期、各時間ともほぼ27%前後を示し著しい変動は全くみとめられなかった。

反すう胃内に多量の酸が産生されると、反すう胃内の浸透圧が増加し、そのため循環系から反すう胃内へ水分が放出されることが考えられるがこの試験で各期、各時間で反すう胃内の VFA 含量にかなりの変化がみとめられたにもかかわらずヘマトクリット値にほとんど変化がなかったことは予想を裏切るものであった。

TELLE, P. D., and PRESTON, R. L.,¹³⁾は反すう胃内に乳酸が増加すると反すう胃内容物の水分含量が高まりヘマトクリット値が高くなるとしている。このように乳酸が多量に産生された時のみヘマトクリット値が高くなるのは単なる反すう胃内の浸透圧の問題ではなく、反すう胃内の多量の乳酸をうすめようとする特定の防御機能を反すう動物がもっているためかもしれない。

引用文献

- 1) Packett, L. V. and McCune, R. W. (1965) Appl. Microbiol., **13** : 22.
- 2) Remesy, C. and Demigne, C. (1974) Biochem. J., **141** : 85.
- 3) Barker, S. B. and Summerson, W. H. (1941)

J. Biol. Chem., **138** : 535.

- 4) 須藤恒二・米村寿男・中村良一 (1973) 牛の臨床検査法, 農山漁村文化協会, 東京
- 5) 小島洋一・桜井節子 (1978) 京府大学報・農, **30** : 31.
- 6) Balch, D. A. and S. J. Rowland (1957) Brit. J. Nutr. **11** : 288.
- 7) Woods, W. and R. Luther (1962) J. Anim. Sci. **21** : 809.
- 8) 小島洋一・川島良治・上坂章次 (1969) 日畜会報 **40** : 5.
- 9) Uhart, B. A. and F. D. Carroll (1967) J. Anim. Sci. **26** : 1195.
- 10) Wolker, D. J. (1968) Nutr. Abstr. and Rev. **38** : 1.
- 11) Heuter, F. G., J. C. Shaw and R. N. Doetsch (1956) J. Dairy Sci. **39** : 1430.
- 12) Dunlop, R. H. and P. B. Hammond (1965) Ann. N. Y. Acad. of Sci. **119** : 1109.
- 13) Telle, P. P. and R. L. Preston (1971) J. Anim. Sci. **33** : 698.

Summary

Each of two sheep with ruminal fistula was fed 200 g of rice straw and 2% body weight of concentrate ration per head per day in the middle concentrate period. Only the amount of the concentrate ration was changed to 60% and 130% amounts in the middle concentrate period in the low and high concentrate periods, respectively. Animals were offered concentrate ration *ad libitum* in the *ad libitum* period.

Total VFA concentration and molar percentage of propionic acid in the rumen were increased and ruminal pH and molar percentage of acetic acid were decreased after the feeding in the low, middle and high concentrate periods. These trends were most remarkable in the high concentrate period.

The most remarkable decrease in molar percentage of acetic acid in the rumen was found in the *ad libitum* period. Little amount of lactic acid (0-19.5 mg/dl) was found in the rumen in all periods.

Total VFA concentration in the plasma (jugular blood) was increased rapidly after feeding except in the *ad libitum* period, and the lowest concentration of total VFA was found in the *ad libitum* period. The molar percentage of propionic acid in the plasma was markedly higher in the *ad libitum* period than the other periods. There were no consistent trends for the lactic acid concentration in blood nor the blood backed cell volume as the effect of increasing concentrate levels.