

飼料の急変が反芻胃内容に及ぼす影響

佐々木正雄・山谷洋二・大谷 勲

(広島大学水畜産学部畜産学科)

Effects of Abrupt Feed Change on the Rumen Contents

Masao SASAKI Yoji YAMATANI and Isao OTANI

*Department of Animal Husbandry, Faculty of Fisheries and
Animal Husbandry, Hiroshima University, Fukuyama*

(Figs. 1-5; Table 1; Plate 1)

反芻家畜の栄養生理は他の家畜にくらべて非常に複雑であり、これまでも多くの研究^{1),2),3)}がこの分野でなされてきたが、複胃という消化器の構造にもとづく消化機構の特殊性や、第1胃内に生息する微生物と宿主である家畜自体との関係などについては、いまだ不明な点が多い。

反芻家畜第1胃内に微生物、とりわけ原生動物あるいは原虫(protozoa)と呼ばれる単細胞動物が多数生息していることは、100年以上も前から報告されており⁴⁾、また第1胃内の理化学的諸条件がこれらの微生物の増殖活動にとってきわめて好都合にできていることもよく知られている^{4),5)}。そこで反芻家畜が第1胃内に多数の微生物を宿していることが家畜体にどのような意義を有するかを解明することは、反芻家畜の栄養問題を研究していく上で重要なことと考えられる。

本試験は反芻家畜第1胃内微生物の栄養生理上の役割を知るための第1歩として、飼料の急変により生ずる胃内環境の変化が微生物数および胃内水溶液の成分組成に及ぼす影響について検討した。

試 験 方 法

供試動物：全試験を通じて第1胃部にフィステルを装着した去勢めん羊2頭(55 kg, 45 kg)を使用した。

試験区分および期間：配合飼料、Haycube(alfalfa)、稲わらという飼料価値の異なる3種の飼料を用い、それらの単味給与という条件下で各飼料を急変させた。まず全試験期を4期にわけ、第1期として市販乳牛用配合飼料(日本農産KK)単飼状態よりHaycube単飼へと切り変えた。第2期としてHaycube単飼から配合飼料単飼へ、第3期として配合飼料単飼から稲わら単飼へ、そして第4期は稲わら単飼から配合飼料・Haycube(1:1)混合給与へと切り変えた。各試験とも胃内プロトゾア数が一定となるまで(飼料切り換え後約1ヶ月間)継続した。

飼料給与ならびに胃内容採取法：各飼料は原則として自由給与としたが、いずれの試験期においても1日あたりの各試料の採食量が同一となるよう調節した。胃内容の採取は、採取条件および胃内容状態をなるべく均一とするため採取前日の夕刻5時に餌箱を取りはずし、飲水も禁じて、朝9時に行なった。

プロトゾア数の算定法：採取した胃内容を4枚のガーゼでこし、その滲液をルゴール氏液にて稀釈し、FUCHS-ROSENTHAL氏血球計算盤(厚さ0.2 mm)を使用して行なった。

胃内水溶液の組成分析法：濃厚飼料より粗飼料への飼料の切り換えが胃内水溶液組成に及ぼす影響を見るため、第3期については、配合飼料給与時および稲わらへ切り変えた後経時的に胃内水溶液を分離し、その化学組成の変化を調べた。フィステルよりとり出した胃内容をガーゼ4枚で大きな飼料片を除いた後、10⁴×gで遠心分離し、その上澄液について全炭水化物量はフェノール・硫酸法⁶⁾によりグルコース量として、全窒素はKjeldahl法により測定した。またVFAは水蒸気蒸留による常法、リボフラビンはルミフラビン

螢道光⁷⁾によった。

試 験 結 果

それぞれの試験期におけるプロトゾア数の変化を Fig 1 で示した。プロトゾア数は同一飼料給与下ではほぼ一定してくることが観察され、配合飼料給与時で160~180万/ml, Haycube および稲わら給与時で50~

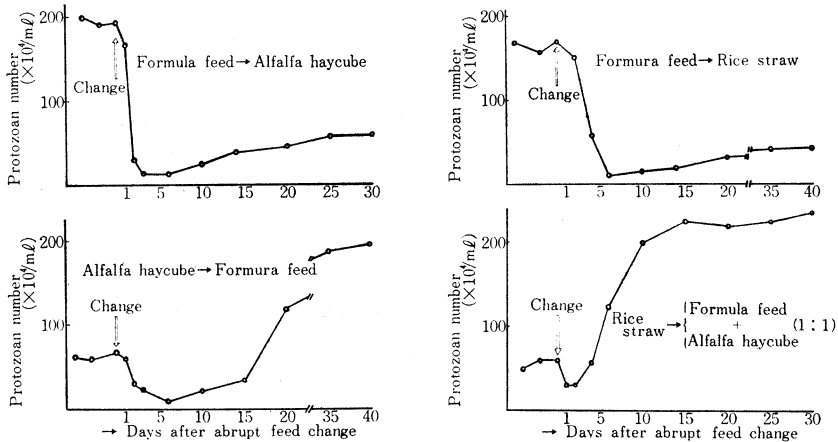


Fig. 1. Influence of abrupt feed change on protozoan numbers in rumen liquid. Actual numbers of total protozoa in gauze-strained rumen contents of sheep were counted under a microscope using a Fuchs-Rosenthal 0.2mm in depth, counting chamber.

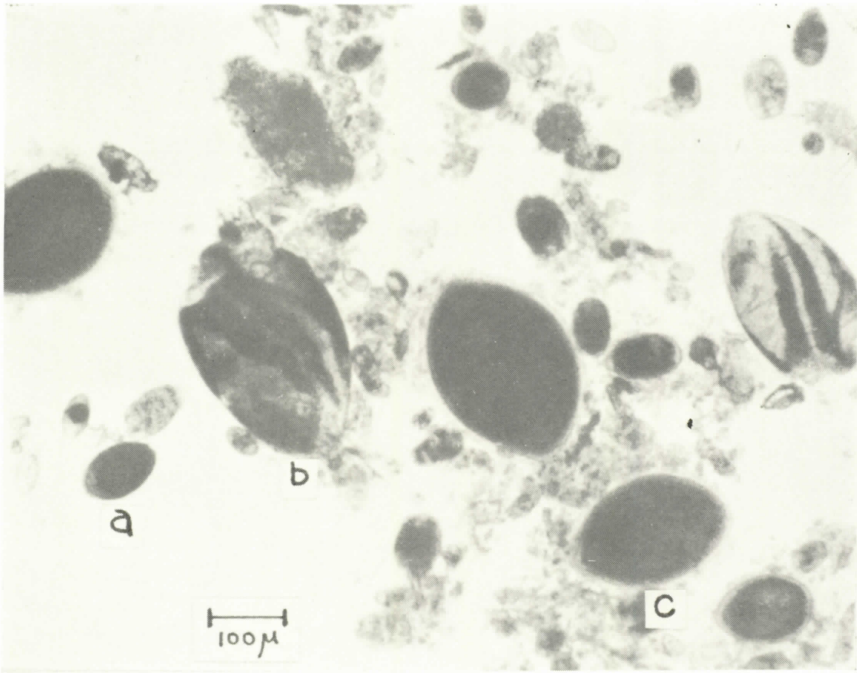
60万/mlであった。また配合飼料・Haycube 混合給与時にはプロトゾアの顕著な増殖が認められ 220~240万/mlとなった。プロトゾア数は飼料の切り変えという飼養条件の急変により大きく変化した各試験期とも、切り変え後第1日目はそれほど減少せず、その後急減して3~5日目に最低となり、ついで徐々に増加して、切り変え後約1ヶ月でその飼料の示す固有数と考えられる一定値となった。

本試験ではプロトゾアの種類については特別の考慮を払わなかったが、計測時における鏡検の結果、大型の *Diplodinium* 属、*Isotricha* 属は飼料の切り変え後ただちに胃内より消失し、15~20日経て、再度出現してくることが観察された。また飼料切り変え時より5日目以降の、プロトゾア数が漸次増加する時期では、2分裂形態の、増殖中の小型の *Entodinium* 属が多数認められた。なお配合飼料・Haycube 混合給与時における代表的なプロトゾアの顕微鏡写真を plate 1 に示した。

各飼料の成分組成を Table 1 に示した。供試飼料中の粗たんぱく含量は Haycube で19.5%と最も高く、配合飼料にくらべても約3%高率であった。しかし Haycube 給与時のプロトゾア数は約60万/mlであり、

Table 1. Chemical composition of feeding stuffs (%).

	Moisture	C. Protein	C. Fiber	C. Fat	N. F. E.	C. Ash	Riboflavin ($\mu\text{g/g}$)
Formula feed	11.5	16.6	6.6	2.2	55.7	7.4	21.8
Alfalfa haycube	11.0	19.5	18.6	2.6	34.6	10.7	84.0
Rice straw	7.5	4.0	37.3	1.7	34.3	15.2	23.1



a: Entodiniinae b: Diplodiniinae c: Isotricha

Plate 1. Principal protozoas found in sheep rumen. The three protozoan species which frequently appeared in the rumen liquid in the period of formula feed feeding were photoed under a microscope ($\times 100$).

配合飼料給与時の160~180万/mlに対して約 $\frac{1}{2}$ にすぎなかった。

第3期における胃内水溶液組成の経時的な変化をFig. 2~Fig. 5に示した。全炭水化物量の変化はFig. 2に見られるとおり、飼料中のNFE含量が配合飼料55.7%、稲わら34.3%と、両者間でかなりの差があるにもかかわらず、全期間を通して220~320 $\mu\text{g/ml}$ であり、大差は認められなかった。

全窒素量については飼料の切り換えによりわずかに減少したが、飼料の粗たんぱく質量の差(配合飼料16.6%、稲わら4.0%)にくらべればその変化は少なかった(Fig. 3)。

全炭水化物および全窒素の場合と同様の結果がVFA量についても認められ(Fig. 4)、飼料の切り換えにかかわらず50~100 $\mu\text{moles/ml}$ であった。

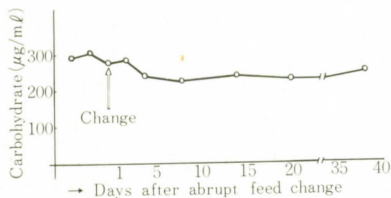


Fig. 2. Influence of abrupt feed change on carbohydrate content in rumen liquid.

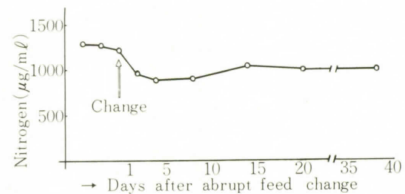


Fig. 3. Influence of abrupt feed change on nitrogen content in rumen liquid.

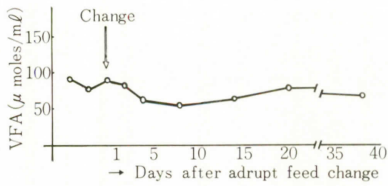


Fig. 4. Influence of abrupt feed change on VFA content in rumen liquid.

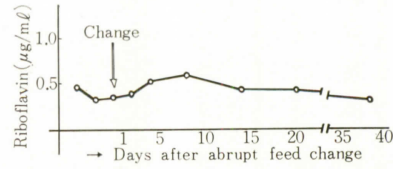


Fig. 5. Influence of abrupt feed change on riboflavin content in rumen liquid.

リボフラビン量を測定した結果を Fig. 5. に示した。リボフラビン量についても飼料の切り換えによる影響はきわめて少なく、全期間を通じて $0.4\sim 0.6\ \mu\text{g/ml}$ であった。

考 察

給与飼料と第1胃内プロトゾアの種類および数との関係について OXFORD⁸⁾, ANNISON⁹⁾ らの研究によれば、高でんぷん飼料給与下で *Entodinium* 属が、繊維含量の高い時には *Diplodinium* 属、また乾草や根菜類多給時では *Isotricha* 属および *Dasytricha* 属が増加するとされている。本試験においても高でんぷん含量の配合飼料給与時ではほとんどが *Entodinium* 属であり、大型の *Diplodinium* 属、*Isotricha* 属および *Dasytricha* 属などはきわめて少なかった。一方稲わら給与時では *Diplodinium* 属、*Isotricha* 属が多く出現し、全プロトゾア数の20%にもおよぶことがたびたびあった。

第1胃内プロトゾアの消長は飼養条件と密接な関係があり、より適切な飼養状態にあるほどプロトゾア数は増加するとされている。本試験の給与飼料の中では配合飼料・Haycube混合飼料が可消化たんぱく質および可消化養分総量ともに他の飼料よりも優れており、その結果プロトゾア数もこの飼料給与時に最高を示したのであろう。また Haycube 給与時にはその高い粗たんぱく含量にもかかわらず、プロトゾア数は低かったが、これは *Entodinium* の増殖に必要なでんぷん含量が稲わら同様に低いと推測される。なお第1胃内プロトゾア数と、家畜の健康状態や泌乳、出産といった生理的条件との関係を追究することは、プロトゾアが持つ宿主動物への意義を知る上に必要であろう。

飼料の急変が第1胃内水溶液に及ぼす影響について本試験の結果から考察すれば次の通りである。反芻家畜では単胃家畜とは異なり炭水化物は胃内に生息する微生物により嫌氣的条件下で分解され、比較的短時間のうちに大部分が酢酸、プロピオン酸、酪酸などを主体とするVFAに変換されるので、炭水化物はそのままの形で利用されることはほとんどない。したがって第1胃内水溶液中の炭水化物量は採食直後一時的に増加するとしても本試験のごとく試料の採取が採食後16時間以上を経た場合には、ほぼ一定値を示したものと推定される。稲わら単飼の場合、配合飼料単飼にくらべプロトゾア数は著しく減少したにもかかわらず胃内水溶液中の炭水化物量に大きな差を認めなかった。これは配合飼料給与時には胃内水溶液中の炭水化物が微生物により、より多く利用され、飼料成分の差が胃内水溶液中の炭水化物量に影響しなかったためと考えられる。

胃内水溶液中の窒素含量について見ると、第1胃内の窒素源は飼料に由来するものと、いわゆる内因性窒素化合物が主なものであり、後者には唾液および胃粘膜からはく離細胞等が含まれる。反芻家畜の唾液量はきわめて多量で1日あたり体重の約10%近くにもなると報告されている¹⁰⁾ので、50kgのめん羊では1日あたり5l内外もの量が第1胃内に流れ込むものと推測される。唾液中の有機物は主として粘液物質と尿素であるが、めん羊の唾液中の尿素含量を60mg%とすれば¹⁰⁾尿素態窒素だけでも1日あたり約3gが内因性窒素化合物として第1胃に流入することになる。また第1胃のはく離細胞に由来する窒素量については今まで報告されていないが、シロネヅミの消化管上皮の Turnover time が3日以内¹¹⁾とかなり短いことから

察してもかなりの量のはく離細胞が窒素源として第1胃へ供給されていることが推測される。配合飼料から粗たんばく含量の著しく異なる稲わらへ飼料転換したにもかかわらず胃内水溶液中の窒素含量に顕著な差が認められなかったのは、稲わらでは配合飼料にくらべ採食時および反芻時の唾液分泌量が多いこと、配合飼料給与時には胃内微生物が窒素源を多く利用して活発な増殖活動を行なうことなどにより、窒素含量がほぼ一定値を示したものと推定される。

第1胃内で生産されるVFAは反芻家畜のエネルギー源として直接役立つこと、および乳脂肪と深い関連があることなどからこの10数年来、多くの研究がなされている。^{3), 12), 13)} 穀類などの濃厚飼料を多給すればプロピオン酸の生成量が増し、稲わら、乾草などの粗飼料多給時には酢酸・酪酸の生産が進むことが報告されている^{3), 13)}。採食された飼料は胃内で微生物の発酵作用によりVFAを生産するが、その生産量と微生物の活動とは密接な関係があり、高橋らは¹⁴⁾ 牧草抽出液を胃内に加えて微生物の活動を活発にした場合、生産されるVFA量は増加したと述べている。本試験においては配合飼料から稲わらへ切り変えた場合、胃内水溶液中のVFA含量はそれほど大きく変動しなかった。配合飼料給与時にVFA生産が増加しても胃壁よりたえず吸収されてしまい、また分析試料採取時が採食後かなり長時間を経過している点ともあわせて胃内水溶液中のVFA含量は全試験期を通じてほぼ一定値を保ったものと思われる。

胃内水溶液中のリボフラビン含量は Fig. 5 のごとく全試験期を通じて顕著な差は認められなかった。反芻家畜においては、水溶性のいわゆるビタミンB群は胃内微生物により合成されるので、これらビタミンの補給はほとんど考慮を払う必要がないとされている。めん羊、山羊を使って飼料給与後一定時間に胃内容を採取しビタミンB群の含量を測定すると飼料中の量より数倍量の各種ビタミンが検出されたという報告¹⁵⁾もある。本試験に使用した配合飼料、稲わらのリボフラビン含量には Table 1 に示したごとく大差はなかったが、飼料中のビタミンと微生物のビタミン合成能との関係を詳細に究明することは、胃内生息微生物の持つ家畜体への意義を知る上から重要と思われる。

要 約

飼料の急変にもとづく飼養条件の変化が、反芻家畜第1胃内に生息する微生物および胃内水溶液の成分組成に及ぼす影響について検討した。

1. プロトゾア数は、同一飼料給与下では一定値を示す傾向があり、配合飼料給与時で160~180万/ml、Haycube および稲わら給与時で50~60万/ml、配合飼料・Haycube 混合給与時で220~240万/mlであった。飼料を切り変えることによりプロトゾアは急激し、切り変え後3~5日目に最低値を示し、以後は漸次増加して約1ヶ月でその飼料の示す固有数となった。

2. 胃内水溶液中の炭水化物、窒素、VFAおよびリボフラビン含量は、飼料成分の相違および飼料の切り換えにもとづく飼養条件の変化に対して、大きな影響は受けず、比較的一定値を示し、炭水化物220~320 $\mu\text{g/ml}$ 、窒素 900~1400 $\mu\text{g/ml}$ 、VFA 50~100 $\mu\text{moles/ml}$ 、そしてリボフラビン 0.4~0.6 $\mu\text{g/ml}$ であった。

文 献

- 1) HUNGATE, R. E.: The Rumen and its Microbes. Academic Press, New York (1966).
- 2) 大谷 勲: 広島大学水畜産学部紀要, **4**, 211-314 (1962).
- 3) 梅津元昌: 乳牛の科学, 養賢堂, 東京 (1966).
- 4) 栗原康: 生物科学, **21**, 161-167 (1969).
- 5) WARNER, A. C. I.: *J. gen. Microbiol.*, **14**, 733-748 (1956).
- 6) DUBOIS, M.: *Anal. Chem.*, **28**, 350-354 (1956).
- 7) 八木国夫: ビタミン, **9**, 349-352 (1955).
- 8) OXFORD, A. E.: *J. Sci. Food Agric.*, **65**, 413-418 (1955).
- 9) ANNISON, E. E. and LEWIS, D.: Metabolism in the Rumen. Methuen, London (1959).

- 10) MEYER, M. M., BARTLEY, E. E., MORRILL, J. L. and STEWART, W. E.: *J. Dairy Sci.*, **47**, 1399-1345 (1964).
- 11) LEBLOND, C. P. and WALKER, B. E.: *Physiol. Review*, **36**, 255-276 (1956).
- 12) HARTMANN, P. E., HARRIS, J. G. and LASCELLES, A. K.: *Aust. J. biol. Sci.*, **19**, 635-642 (1966).
- 13) PETERS, I. I., HARRIS, R. R., MULAY, C. A. and PINKERTON, F.: *J. Dairy Sci.*, **44**, 1293-1298 (1961).
- 14) 高橋直身, 後藤正幸: 日畜会報, **42**, 113-118 (1971).
- 15) NILSON, K. M., OWEN, F. G. and GEORGL, C. E.: *J. Dairy Sci.*, **50**, 1172-1176 (1967).

SUMMARY

The study, on which four series of abrupt feed change [I. Formula feed→Haycube (alfalfa), II. Haycube→Formula feed, III. Formula feed→Rice straw, and IV. Rice straw→Formula feed+Haycube(1:1)] was done in order to investigate the role of protozoan microorganisms in the nutrition and the physiology of the sheep rumen.

The number of protozoa in the rumen decreased in each case of abrupt feed change and showed a minimum within 3-5 days. Later the protozoan number increased gradually and attained the typical value of the particular feed in 30-35 days.

The chemical composition in the rumen liquid withdrawn 16 hours after feed supply was comparatively constant despite the large difference of feed composition and abrupt change of the feed throughout the experiment.

The values of carbohydrate, nitrogen, VFA and riboflavin were 220-320 μg , 900-1400 μg , 50-100 μmoles and 0.4-0.6 μg per milliliter of the rumen liquid respectively.