

蛋白質の過剰摂取がメン羊の 尿中窒素成分の分布に及ぼす影響

松岡 栄¹・村上光男¹・藤田 裕¹

(受理: 1988年5月31日)

Effects of excess protein intake on the distribution of
nitrogenous compounds in the urine of sheep

Sakae MATSUOKA¹, MITSUO MURAKAMI¹ and HIROSHI FUJITA¹

摘 要

反芻家畜における飼養条件と尿中窒素成分の分布との関係を明らかにする一環として、メン羊4頭を用いて、蛋白質の過剰摂取(要求量の100~300%)が尿中への尿素、アンモニア、クレアチニン、クレアチン、アラントイン、尿酸、馬尿酸および総アミノ酸の排泄に及ぼす影響を調べた。結果は次のとおりである。1)クレアチンとアラントインを除くすべての成分の排泄量は、可消化窒素量との間に有意な($P < 0.05$, $P < 0.01$)正の相関があった。2)可消化窒素1gに対する各成分の排泄量の増加割合は、尿素が0.88gと非常に大きかったが、他の成分はすべて20mg以下と小さかった。3)全窒素に対する割合についてみると、蛋白質摂取量の増加にともない、尿素の割合は大きくなったが、他の成分はすべて小さくなった。また、尿素の割合は最も大きく、蛋白質を要求量の300%摂取したときに87%に達した。他の成分はすべて3%以下であった。

緒 言

尿中へ排泄される窒素成分は体内の窒素代謝における代謝産物である^{1, 2)}。したがって、尿中の窒素成分の分布から、ある程度体内の窒素代謝の様相を推察することができ、ひいては、これが家畜の栄養状態を判定する一つの指標となる可能性も示唆されている^{3, 4, 5)}。

著者らは、この点に着目して、反芻家畜における尿中窒素成分の分布と飼養条件との関係を明らかにする

ために一連の実験を行っている^{6, 7)}。その一環として、本実験では、蛋白質の過剰摂取が尿中窒素成分の分布に及ぼす影響を調べた。

材料および方法

試験設計

表1に示す飼料内容で、6期にわたって、蛋白質(DCP)給与量が要求量のそれぞれ50, 100, 150, 200, 250および300%(エネルギーはすべて要求量の100%)を充足するように、メン羊を飼養した。そし

¹ 帯広畜産大学家畜生産科学科家畜栄養学研究室

² Laboratory of Animal Nutrition, Department of Animal Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.

Table 1. Ingredient composition of rations (g/day)

| | Periods | | | | | |
|-----------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| DCP supply (%) [*] | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| D E supply (%) [*] | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Rice straw | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Fermented sawdust | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Soybean meal | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 |
| Fish meal | 0 | 40 | 80 | 120 | 160 | 200 |
| Corn starch | 400 | 320 | 240 | 160 | 80 | 0 |
| Ground yellow corn | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Beet pulp | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Animal fat powder | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Dicalcium phosphate | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| Salt | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Vitamin A, D additive | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

^{*}Rations were designed to be isocaloric (100% of DE requirement) and to supply 50, 100, 150, 200, 250 and 300% of DCP requirement by NRC standard, respectively.

Table 2. Nitrogen balance of the sheep fed experimental rations

| | Periods | | | | | |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| DCP intake (%) ^{a)} | 33±6 | 85±8 | 142±5 | 196±2 | 247±8 | 298±7 |
| D E intake (%) ^{b)} | 76±5 | 93±4 | 97±3 | 96±2 | 97±4 | 96±2 |
| N intake (g/day) | 13.1±0.3 | 19.1±0.0 | 25.9±0.0 | 32.9±0.0 | 40.2±0.0 | 47.1±0.0 |
| N in feces (g/day) | 8.8±0.6 | 8.0±1.0 | 7.3±0.6 | 7.2±0.3 | 7.8±1.0 | 8.1±0.9 |
| N in urine (g/day) | 2.8±0.4 | 4.1±0.3 | 10.6±0.7 | 17.4±0.9 | 24.4±1.3 | 30.1±1.0 |
| N digested (g/day) | 4.3±0.8 | 11.1±1.0 | 18.6±0.6 | 25.7±0.3 | 32.4±1.0 | 39.1±0.9 |
| N balance (g/day) | 1.5±0.9 | 7.0±0.8 | 8.0±0.8 | 8.3±0.9 | 8.0±1.5 | 9.0±0.9 |

^{a)}g DCP intake / g DCP requirement × 100.

^{b)}Mcal DE intake / Mcal DE requirement × 100.

Each value represents mean ± S. D. of four sheep.

て、各期において、予備期7日間、糞尿採取期5日間の窒素出納試験を行うとともに、5日間の混合尿について、尿素、アンモニア、クレアチニン、クレアチン、アラントイン、尿酸、馬尿酸および総アミノ酸の8種の窒素成分の分析を行った。なお、要求量は1968年版NRC飼養標準^{*)}によった(DCP: 82g/日、DE: 4.2Mcal/日)。

供試動物

サフォーク種の去勢雄メン羊4頭を用いた。年齢はすべて3歳であり、試験開始時の体重は48.8~56.8kg(平均54.2kg)であり、試験終了時の体重は61.4~69.3kg(平均66.3kg)であった。

飼養管理

メン羊は個体別に代謝箱に収容して飼養した。飼料

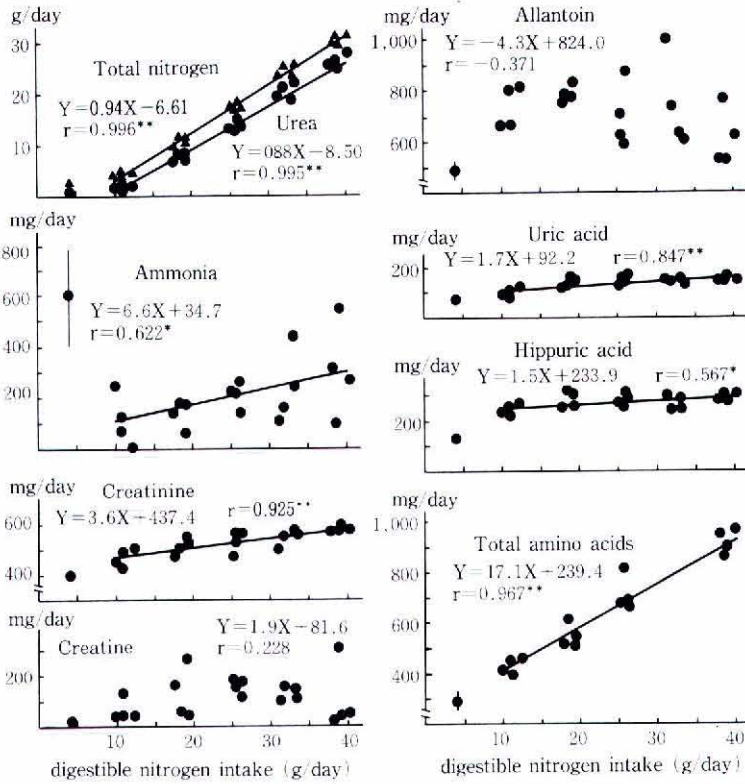


Fig. 1. The relationship between digestible nitrogen intake (X) and excretion of urinary nitrogenous compounds (Y) by the sheep fed excess protein. Values at low protein intake are the mean four sheep and vertical bars indicate the standard deviation. * P<0.05, ** P<0.01.

給与は1日2回(午前8時と午後4時)行い、日給与量の半量ずつを給与した。

水は自由飲水とし、ミネラルブロックを常備した。

分析方法

試料の分析は前報⁹⁾と同じ方法で行った。

結果と考察

窒素出納試験の結果は表2のとおりである。

蛋白質の摂取量は、1期と2期において試験設定より約15%低かったが、3期以降ではほぼ設定どおりであった。また、エネルギーの摂取量は、1期で約25%低く、2期で7%程低かったが、3期以降では、ほぼ設定どおりであった。窒素蓄積量についてみると、1期

から2期にかけて著しい増加がみられたが、それ以降では大きな増加はみられなかった。

蛋白質を要求量以上(100~300%)摂取したときの尿中への各窒素成分の排泄量と可消化窒素量との関係を図1に示した。

クレアチンとアラントインを除くすべての成分の排泄量は、可消化窒素量との間に有意な正の相関があり、可消化窒素量の増加にともない増加した。しかし、その増加割合は、尿素を除いて、非常に小さなものであった。すなわち、可消化窒素1gに対する各成分の排泄量の増加割合は、尿素は0.88gであったが、他の成分はすべて20mg以下であった。

本実験の結果を、蛋白質の充足率(摂取量の要求量

に対する割合)を40~120%の不足~やや過剰の状態で行った前報⁶⁾の結果と比較してみると、尿素は、前報⁶⁾では可消化窒素1g増すごとに排泄量が0.57g増加したのに対し、本実験では0.88gとその増加割合は大きく増大した。一般に、蛋白質過剰の状態では、体内の蛋白質代謝が活発となり、その最終代謝産物である尿素的排泄が増加する⁹⁾ので、このような結果となったのであろう。

これとは反対に、馬尿酸は、前報⁶⁾(7.2mg)と比較して、排泄量の増加割合は著しく低下した。前報⁶⁾で

は、蛋白質摂取量の増加にともなう馬尿酸排泄量の増加の原因として、蛋白質飼料(大豆粕)の摂取量の増加にともなう芳香族アミノ酸の摂取量の増加と、蛋白質増加にともなう粗繊維消化率の向上の二点を指摘した。しかし、本実験では粗繊維の消化率は測定していないが、一般に、蛋白質の過剰な状態では、粗繊維の消化率の向上はあまり期待できない¹⁰⁾。このために、本実験では馬尿酸の排泄量の増加割合が小さくなったものと思われる。

また、アラントインは、前報⁶⁾では、32.7mgと排泄量の増加割合は尿素に次いで大きなものであったが、本実験では、排泄量は増加しなかった。反芻家畜の場合、尿中のアラントインは体内の核酸代謝にも由来するが、大部分は第一胃内で合成される菌体蛋白質に由来する¹¹⁾。そして、蛋白質の過剰な状態では、蛋白質の摂取量が増加しても菌体蛋白質の合成量はほとんど増加しない¹²⁾。このために、アラントインの排泄量が増加しなかったのであろう。

一方、総アミノ酸の排泄量の増加割合は、前報⁶⁾での19.8mgとよく一致した。また、アンモニアも、前報⁶⁾の5.7mg(ただし、最も蛋白質摂取量の少なかったときの値を除いた)と近似していた。これらのことは、総アミノ酸とアンモニアの排泄量の増加割合は蛋白質の過剰な状態でもあまり変化しないことを示すものである。

一般に、クレアチニンの排泄量は飼料の影響を受けず、体重に比例するとされている¹³⁾。本実験では、試験期が進むにつれてメソ羊の体重が増加したので、この点を考慮して、体重1kgあたりの排泄量を試算してみると、試験期による大きな変化はなく、とくに3期以降、それぞれ8.5、8.6、8.6および8.7mg/日とほぼ同じ値が示された。

各窒素成分の全窒素に対する割合は図2のとおりである。なお、クレアチンと尿酸の割合は非常に小さかった(それぞれ1.4、2.8%以下)ので図には示さなかった。

全窒素に対する割合でみると、低蛋白質飼料を摂取しているときには、アンモニア¹⁴⁾、アラントイン⁵⁾の割合が大きくなることもあるが、通常は、尿素が最も大きく^{15、16)}、またその変動も最も大きい^{6、14)}。本実験では、尿素は18.5から87.1%まで変化した。一方、他の成分は、尿素に比較して排泄量が非常に少なかったため、蛋白質摂取量の増加にともない、排泄量が増加

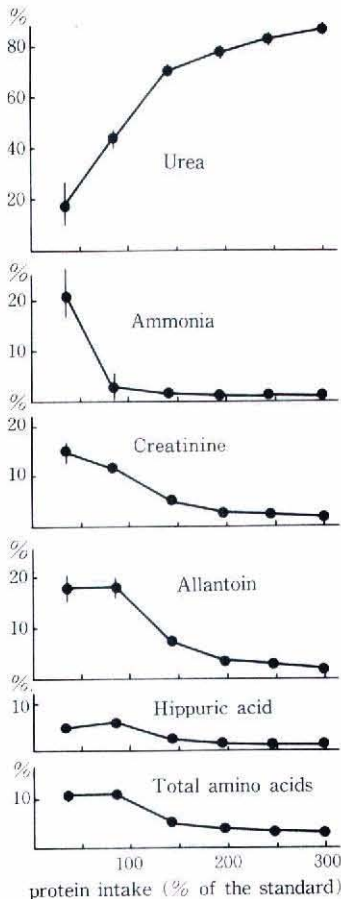


Fig. 2. Changes in the percentage of nitrogen of compounds to total nitrogen. Each value is the mean for four sheep and vertical bars indicate the standard deviation.

したもので、全窒素に対する割合は相対的に小さくなり、6期では、すべて3%以下の値となった。

文 献

- 1) 藤野安彦, 家畜生化学. 改訂版. 228-232. 産業図書. 東京. 1968.
- 2) 津田恒之, 家畜生理学. 第1版. 179-180. 養賢堂. 東京. 1982.
- 3) LYNCH, G. P., J. BOND, F. E. McDONOUGH, T. L. PIKE, and R. C. COPE, J. Dairy Sci., 61:426-436. 1978.
- 4) BUTCHER, J. E. and L. E. HARRIS, J. Animal Sci., 16:1020. 1957.
- 5) ELLIOTT, R. C. and J. H. TOPPS, Nature, 197:668-670. 1963.
- 6) 松岡 栄・松岡 豊・藤田 裕, 日畜会報, 59: 261-268. 1988.
- 7) 松岡 栄・古川 修・藤田 裕, 日畜会報, 59: 752-754. 1988.
- 8) National Research Council, Nutrient Requirements of Sheep. 2. National Academy of Sciences, Washington, D. C. 1968.
- 9) 堀田一雄・相澤義雄・石黒伊三郎・遠藤司郎・坪井 実・名倉 宏, 栄養生理学. 第1版. 250-252. 廣川書店. 東京. 1969.
- 10) 中村亮八郎, 新飼料学. 総論. 第1版. 96-112. チクサン出版社. 東京. 1977.
- 11) ANTONIEWICZ, A. M. and P. M. PISULEWSKI, J. Agric. Sci., 98:221-223. 1982.
- 12) 小野寺良次, ルーメンの世界 (神立 誠・須藤恒二監修). 第1版. 303-332. 農文協. 東京. 1985.
- 13) BRODY, S., Bioenergetics and Growth. 352-403. Hafner Publishing Company, New York. 1964.
- 14) TOPPS, J. H. and R. C. ELLIOTT, Anim. Prod., 9:219-227. 1967.
- 15) 日本生化学会編, 生化学データブック (I). 1610-1611. 東京化学同人. 東京. 1979.
- 16) 中村亮八郎, 新飼料学. 各論. 第1版. 156-158. チクサン出版社. 東京. 1981.

Summary

In an attempt to clarify the effects of excess protein intake on the distribution of nitrogen in the urine, the nitrogen balance and the excretion of nitrogenous compounds (urea, ammonia, creatinine, creatine, allantoin, uric acid, hippuric acid and total amino acids) in the urine were measured in four sheep fed protein at different levels of from 50 to 300% of the NRC standard. The results obtained are summarized as follows. 1) There was a significant ($P < 0.01$, $P < 0.05$) positive correlation between excretion of all nitrogenous compounds except creatine and allantoin and digestible nitrogen intake. 2) The increasing rate of urea excretion was 0.88g per 1g of digested nitrogen, much larger than those of all other compounds, each being less than 20 mg. 3) As protein intake increased, the percentage of urea-N to total nitrogen increased to 87% at the level of 300% of the standard, but those of all other compounds decreased to less than 3% at the same level.