

エネルギー摂取量の違いがめん羊の尿中プリン誘導体の分布に及ぼす影響

松岡 栄・上田 博史・藤田 裕

(受理：1995年5月31日)

Effect of the level of energy intake on the distribution of purine derivatives in the urine of sheep

Sakae MATSUOKA, Hiroshi UEDA, and Hiroshi FUJITA

摘 要

反芻家畜における飼養条件と尿中プリン誘導体の分布との関係を明らかにするため、エネルギー摂取量が3水準（維持要求量の70%：低，100%：適，130%：高）となるように調製した飼料をめん羊4頭に給与し、そのときの窒素出納を調べるとともに、尿中へのアラントイン、ヒポキサンチン+キサンチン、尿酸の排泄量を測定した。その結果は次のとおりである。1) エネルギーが低から適水準に増加したとき、窒素蓄積量は有意に増加し、吸収窒素に対する窒素蓄積率も高まった。しかし、適から高水準に増加したときは、ほとんど変化しなかった。2) プリン誘導体総量の排泄量は、エネルギーが低から適水準に増加したとき、有意に増加したが、適から高水準に増加したときは、変化しなかった。3) アラントインの排泄量は、エネルギーが低から適水準に増加したとき、有意に増加した。ヒポキサンチン+キサンチンの排泄量はエネルギー摂取量の増加にともない増加した。尿酸の排泄量も、エネルギーが低から適水準に増加したとき、わずかに増加する傾向がみられた。4) 全プリン誘導体-Nに対する割合でみると、エネルギー摂取水準の違いによる差は、すべての成分において、有意ではなく、その割合（平均値）はおおよそアラントイン60%、ヒポキサンチン+キサンチン25%、尿酸15%であった。

キーワード : めん羊, 尿中プリン誘導体, エネルギー摂取量, 窒素出納,

緒 言

反芻家畜の尿中には、体内の窒素代謝産物である種々の窒素成分(尿素、アンモニア、アラントイン、尿酸、馬尿酸、クレアチニン、クレアチンなど)が

排泄されている。これら窒素成分のうち、アラントインは、その排泄量が第一胃内菌体蛋白質合成量を推計する指標となり得る可能性があるということで注目されてきた^{12,15)}。そして、最近、藤原⁹⁾は、尿中アラントイン排泄量と第一胃内菌体蛋白質合成量と

帯広畜産大学畜産管理学科家畜生産管理学講座 〒080 北海道帯広市稲田町

Laboratory of Animal Production, Department of Animal Production and Agricultural Economics,

Obihiro University Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido 080, Japan.

の関係を検討しようとするなら、アラントインだけではなく、これも含めたプリン誘導体（アラントイン、ヒポキサンチン、キサンチン、尿酸）の総量を用いるほうがより合理的であると指摘している。

著者らは、これまで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ために一連の研究⁷⁻⁹⁾を行い、アラントインについても検討してきたが、プリン誘導体については検討しなかった。そこで、本実験では、前報⁷⁾において尿中窒素成分の分布に影響を与えることが示されたエネルギー摂取量の違いが、尿中のプリン誘導体の分布に及ぼす影響を中心に検討した。

材料および方法

試験設計

めん羊4頭に対して、4期にわたり表1に示すような飼料給与処理を行い、窒素出納試験（予備期7日間、糞尿採取期5日間）を実施した。すなわち、第1期では、アンモニア処理小麦ワラだけを給与し、第2、3、4期には、これにトウモロコシサイレージ、尿素、さらにエネルギー水準調節のためにコーンスターチを加えた。このようにして、第2、3および4期の飼料は、TDNの維持要求量（NRC飼養標準¹¹⁾、雌めん羊）のそれぞれ70、100、130%を満たし（以降、それぞれ低、適、高水準と呼ぶ）、また、すべてが同じCP量（維持要求量の150%）を供給するように設定した。ちなみに、第1期のTDNおよびCP給与水準は維持要求量のそれぞれ70%、130%であった。

Table 1. Ingredient composition of diets

	Experimental periods			
	1	2	3	4
Feed (g/day)				
Ammonia treated wheat straw	1,200	700	700	700
Corn silage	-	800	800	800
Urea	-	10	10	10
Corn starch	-	-	250	400

Diets used in periods 2, 3 and 4 were designed to be isonitrogenous (150%) and to supply 70, 100 and 130% of TDN requirement for maintenance by NRC standard¹¹⁾, respectively.

供試動物

本実験にはサフォーク種の去勢雄めん羊4頭を用いた。実験開始時の体重は38.7～59.1kg（平均50.9kg）であった。

飼養管理

めん羊は個体別に代謝箱に収容して飼養した。飼料給与は1日2回、午前8時と午後5時に行い、1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

尿中のプリン誘導体の分析は藤原の方法⁴⁾に従って行い、その他の分析は前報⁷⁾と同じ方法により実施した。

結 果

窒素出納試験の結果は表2のとおりである。エネルギーが低から適水準に増加したとき、窒素蓄積量は有意に増加し、吸収窒素に対する窒素蓄積率も高まった。しかし、適から高水準に増加したときは、ほとんど変化しなかった。

Table 2. Nitrogen balance in sheep

	Experimental periods				Standard error
	1	2	3	4	
N intake (g/day)	19.9 ^b	23.5 ^a	23.7 ^a	23.8 ^a	±0.44
N in feces (g/day)	7.5 ^{ab}	6.3 ^b	8.3 ^a	9.0 ^a	±0.41
N in Urine (g/day)	10.0 ^a	10.3 ^a	7.0 ^b	6.5 ^b	±0.34
N digested (g/day)	12.4 ^c	17.2 ^a	15.4 ^b	14.8 ^b	±0.33
N retained (g/day)	2.4 ^c	7.0 ^b	8.3 ^a	8.3 ^a	±0.29
as % of N intake	12.2 ^b	29.6 ^a	35.2 ^a	34.7 ^a	±1.42
as % of N digested	19.5 ^c	40.6 ^b	54.3 ^a	55.7 ^a	±1.76

a, b, c : Means with different superscripts on the same line differ significantly ($P < 0.05$).

尿中への窒素成分の排泄量は表3に示したとおりである。エネルギーが低から適水準に増加したとき、尿素の排泄量は有意に減少したが、プリン誘導体の排泄量は増加した。しかし、適から高水準に増加したときは、両者とも大きな変化はなかった。アンモニアとクレアチニンの排泄量のエネルギー摂取水準の違いによる差は有意ではなかった。

個々のプリン誘導体の排泄量は表4のとおりである。アラントインの排泄量は、エネルギーが低から適水準に増加したとき、有意に増加したが、適から

高水準に増加したときの差は有意ではなかった。ヒポキサンチン+キサンチンの排泄量はエネルギー摂取量の増加にともない増加した。尿酸の排泄量も、エネルギーが低から適水準に増加したとき、わずかに増加する傾向がみられた。全プリン誘導体-N に対する割合でみると、エネルギー摂取水準の違いによる差は、すべての成分において、有意ではなかった。

Table 3. Distribution of nitrogenous compounds in the urine of sheep

	Experimental periods				Standard error
	1	2	3	4	
Amount of nitrogenous compound (N mg/day)					
Urea	6,822 ^a	7,877 ^a	4,268 ^b	4,401 ^b	+410
Ammonia	224 ^b	388 ^{ab}	380 ^{ab}	463 ^a	± 50
Creatinine	328	328	341	347	± 14
Purine derivatives	522 ^b	543 ^b	792 ^a	766 ^a	± 45
Percentage of nitrogenous compound-N to total N (%)					
Urea	68.4 ^{ab}	77.2 ^a	58.4 ^b	67.3 ^{ab}	+3.74
Ammonia	2.2 ^c	3.7 ^{bc}	5.1 ^{ab}	7.1 ^a	±0.60
Creatinine	3.3 ^c	3.2 ^c	4.7 ^b	5.3 ^a	±0.08
Purine derivatives	5.3 ^b	5.4 ^b	11.0 ^a	11.8 ^a	±0.64

^{a, b, c} : Means with different superscripts on the same line differ significantly ($P < 0.05$).

Table 4. Distribution of purine derivatives in the urine of sheep

	Experimental periods				Standard error
	1	2	3	4	
Amount of purine derivative (N mg/day)					
Allantoin	338 ^{ab}	319 ^b	510 ^a	442 ^{ab}	± 40
Hypoxanthine + xanthine	110 ^b	135 ^b	180 ^{ab}	218 ^a	± 19
Uric acid	73	87	102	105	± 8
Total purine derivatives	522 ^b	543 ^b	792 ^a	766 ^a	± 45
Percentage of purine derivative-N to total purine-N (%)					
Allantoin	65.1	57.5	63.1	57.2	± 3.6
Hypoxanthine + xanthine	21.0	25.3	23.2	28.8	± 2.6
Uric acid	14.0	17.3	13.7	14.0	± 1.3

^{a, b} : Means with different superscripts on the same line differ significantly ($P < 0.05$).

アンモニア処理小麦ワラだけを給与したとき（第1期）の値とエネルギー低水準のとき（第2期）の値を比較すると、窒素の蓄積量、蓄積率ともに後者のほうが有意に高かったが、尿中の窒素成分およびプリン誘導体排泄量については、両者の間に有意な

差はみられなかった。

考 察

尿中のプリン誘導体は体内の核酸プリン塩基の代謝産物として排泄されたものである。反芻家畜では、摂取した飼料の中の核酸の大部分は第一胃内で分解される³⁾ので、尿中のプリン誘導体のうち飼料に由来するものは極めて少ない。また、内因性のものの量も少なく、その大部分は第一胃内で合成された微生物の核酸に由来していると考えられている¹⁾。

前報²⁾では、エネルギー (DE) 摂取レベルが維持要求量の56%から99%まで増加したときのアラントイン排泄量の増加は著しいものであったが、それ以上のレベル (118%) での増加は小さなものであった。本実験のプリン誘導体総量のエネルギー摂取量増加にともなう変化パターンはこれとよく一致した。本実験では、供試飼料の NPN (非蛋白窒素) 含量は測定しなかったが、アンモニア処理ワラのアンモニア含量、トウモロコシサイレーズの NPN 含量、尿素添加量から、全窒素に対する NPN の割合を推計すると、約70%となった。一般に、NPN をおもな窒素源として摂取し、エネルギーの不足している条件下で、易発酵性炭水化物が補足されると、第一胃内での菌体蛋白質の合成が促進される¹⁴⁾。このことから、本実験において、第2期（低水準）に比べて第3期（適水準）で窒素利用率が向上したのは、おもに第一胃内での菌体蛋白質合成量の増加によるものと思われる。このことが尿中へのプリン誘導体排泄量を増加させたものと推察される。これに対して、第2期では、第1期に比べて窒素利用率は向上したが、プリン誘導体排泄量の増加は極めて少なかった。第2期では、第1期に比べてエネルギー摂取量は増加していないこと、易発酵性炭水化物があまり増えていないことなどから、第一胃内での菌体蛋白質合成量の増加は期待できない。このことから、第2期での窒素利用率の向上はおもにトウモロコシサイレーズ中の非分解性蛋白質 (undegraded nitrogen: UDP) によるものと考えられ、プリン誘導体排泄量の増加にはつながらなかったものと思われる。

反芻家畜の尿中には、プリン誘導体として、アラントイン、ヒポキサンチン、キサンチン、尿酸などが排泄されている^{10,13)}。本実験では、アラントイン、

ヒポキサンチン+キサンチン、尿酸について測定した。これら成分の排泄量は、いずれも、エネルギー摂取量が要求量の70%から100%に増加したとき、増加する傾向にあった（アラントインの増加量は有意であった）。CHEN ら³⁾は、核酸を第四胃へ直接投与すると、その投与量の増加にともない、アラントイン、ヒポキサンチン+キサンチン、尿酸の排泄量が増加することを報告している。また、BALCELLS ら²⁾は、核酸を十二指腸へ直接投与して、同様な結果を得ている。

個々のプリン誘導体の成分比(各成分-Nの全プリン誘導体-Nに対する%)についてみると、本実験では、おおそアラントイン60%、ヒポキサンチン+キサンチン25%、尿酸15%であった(第2, 3, 4期の平均値)。一般に、最も多い成分はアラントインである。次の成分については、ヒポキサンチンまたはヒポキサンチン+キサンチンとする報告^{2,6)}と尿酸とする報告^{3,12)}とがある。

本実験では、プリン誘導体の成分比は、いずれの成分もエネルギー摂取水準の違いによる差は有意ではなかった。しかし、飼料摂取量⁶⁾、蛋白質摂取水準¹²⁾などが成分比に影響を与えることが報告されている。この点については、まだ報告例が少ないので、さらにデータを集積してから考察したい。

文 献

- 1) ANTONIEWICZ, A. M. and P. M. PISULEWSKI, Measurement of endogenous allantoin excretion in sheep urine. *J. Agric. Sci.*, 98: 221-223. 1982.
- 2) BALCELLS, J., J. A. GUADA, C. CASTRILLO and J. GASA, Urinary excretion of allantoin and allantoin precursors by sheep after different rates of purine infusion into the duodenum. *J. Agric. Sci.*, 116: 309-317. 1991.
- 3) CHEN, X. B., F. D. DeB. HOVELL, E. R. ØRSKOV and D. S. BROWN, Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivative excretion by sheep. *Br. J. Nutr.*, 63: 131-142. 1990.
- 4) 藤原 勉, 反すう家畜における微生物蛋白質の利用とプリン誘導体の排泄について. 栄養生理研究会報, 30: 1-16. 1986.
- 5) 板橋久雄, ルーメンの世界(神立 誠・須藤恒二監修). 第1版, 354-365. 農山漁村文化協会, 東京, 1985.
- 6) LINDBERG, J. E., H. BRISTAV and A. R. MANYENGA, Excretion of purines in the urine of sheep in relation to duodenal flow of microbial protein. *Swedish J. agric. Res.*, 19: 45-52. 1989.
- 7) 松岡 栄・松岡 豊・藤田 裕, 蛋白質とエネルギー摂取量および蛋白質給源の違いがメン羊の尿中窒素成分の分布に与える影響. 日畜会報, 59: 261-268. 1988.
- 8) 松岡 栄・村上光男・藤田 裕, 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. 帯大研報 I, 16: 1-5. 1988.
- 9) 松岡 栄・古川 修・藤田 裕, メン羊の絶食進行にともなう尿中窒素成分排泄量の経日的変化. 日畜会報, 59: 752-754. 1988.
- 10) McALLAN, A. B., The fate of nucleic acids in ruminants. *Proc. Nutr. Soc.*, 41: 309-317. 1982.
- 11) National Research Council, Nutrient Requirements of Sheep. National Academy Press. Washington, D. C. 1985.
- 12) PUCHALA, R. and G. W. KULASEK, Estimation of microbial protein flow from the rumen of sheep using microbial nucleic acid and urinary excretion of purine derivatives. *Can. J. Anim. Sci.* 72: 821-830. 1992.
- 13) RAZZAQUE, M. A. and J. H. TOPPS, Determination of hypoxanthine, xanthine and uric acid in ruminants' urine. *Proc. Nutr. Soc.*, 32: 58A-59A. 1973.
- 14) SCHWARTZ, H. M. The rumen metabolism of non-protein nitrogen. In: Urea as protein supplement (BRIGGS, M. H. eds.) 95-109. Pergamon Press. New York. 1967.
- 15) TOPPS, J. H. and R. C. ELLIOTT, Relationship between concentration of ruminal nucleic acids and excretion of purine derivatives by sheep. *Nature*, 205: 498-499. 1965.

SUMMARY

Four sheep were given diets designed to be isonitrogenous and to supply 70 % ($0.7 \times M$), 100 % ($1.0 \times M$) and 130 % ($1.3 \times M$) of energy requirement for maintenance (M), and the nitrogen balance and the distribution of purine derivatives (allantoin, hypoxanthine + xanthine and uric acid) in urine were measured. The results are summarized as follows : 1) in the nitrogen (N) balance trial, the amount of N retained and the percentage of retention of digested N at $1.0 \times M$ were significantly higher than at $0.7 \times M$, but were similar to those at $1.3 \times M$; 2) the amount of total purine derivatives excreted in urine at $1.0 \times M$ was significantly higher than at $0.7 \times M$, but there was no marked difference from that at $1.3M$; 3) the amount of allantoin excreted in urine at $1.0 \times M$ was significantly higher than at $0.7 \times M$, while the amount of hypoxanthine + xanthine increased as the energy intake increased, and the amount of uric acid at $1.0 \times M$ tended to be higher than at $0.7 \times M$; 4) there was no significant difference in the relative proportions of allantoin, hypoxanthine + xanthine and uric acid excreted at the three different levels of energy intake, their averages being approximately 60 %, 25 % and 15 %, respectively.

Key words: sheep, urinary purine derivatives, energy intake-level, nitrogen balance