Bull. Nat. Inst.
Anim. Ind.

ISSN : 0077-488X
CODEN : CSKKAQ

畜産試験場研究報告

Bulletin of National Institute of Animal Industry

第59号 No.59
平成 11 年 3 月 March 1999

National Institute of Animal Industry

National Institute of Animal Industry
(Ministry of Agriculture, Forestry & Fisheries)
Ibaraki, Japan

農 林 水 産 省
畜 産 試 験 場
茨 城 県 茎 崎 町

場　　長	山下良弘
企画調整部長	横内圀生
育種部長	大石孝雄
繁殖部長	假屋堯由
生理部長	小堤恭平
栄養部長	田辺忍
加工部長	中井博康
飼養環境部長	伊藤稔

Yoshihiro **YAMASHITA**
Director-General, National Institute of Animal Industry

Kunio **YOKOUCHI**
Director, Department of Reserch Planning and Coordination

Takao **OISHI**
Director, Department of Animal Breeding and Genetics

Takayashi **KARIYA**
Director, Department of Animal Reproduction

Kyohei **OZUTSUMI**
Director, Department of Animal Physiology

Shinobu **TANABE**
Director, Department of Animal Nutrition

Hiroyasu **NAKAI**
Director, Department of Animal Products

Minoru **ITO**
Director, Department of Feeding and the Environment

畜産試験場研究報告

第59号（平成11年３月）

目　次

－ 総　説 －

ブタのゲノム解析研究－最近の進歩……大谷孝雄・[illegible]

－ 原著論文 －

［生　理］

ルーメンバイパスアミノ酸・脂肪の飼料添加が乳生産，ルーメン発酵[illegible]
及ぼす影響 …… 小林　剛・佐藤　博・[illegible]

［栄　養］

窒素源の形態－タンパク質，タンパク質加水分解物およびアミノ酸混合[illegible]
に及ぼす影響（英文 ……山崎　信・山崎昌良・河合[illegible]

泌乳牛の窒素排泄量に及ぼす高温環境の影響
……寺田文典・栗原光規・樋口浩二・A.PURNOMO[illegible]

BULLETIN OF
NATIONAL INSTITUTE OF ANIMAL INDUSTRY
No. 59 (1999. 3)
CONTENTS

— Review —

Takao OISHI and Hiroshi YASUE :
Porcine Genome Analysis - Recent Progress (in Japanese) 1

— Reserch Papers —

[Animal Physiology]

Takeru KOBAYASHI, Hiroshi SATO, Yasuhiko NISHIGUCHI and Hisao ITABASHI : Effects of Rumen-bypass Amino Acids and Fat on Milk Production, Rumen Fermentation, and Blood Components in Dairy Cows 17

[Animal Nutrition]

Makoto YAMAZAKI, Masayoshi YAMAZAKI, Kousuke KAWAI and Masaaki TAKEMASA : Comparative Effects of Different Forms of Nitrogen Source - Protein, Protein Hydrolysate and Amino Acid Mixture - on Egg Laying Performance of Hen 25

Fuminori TERADA, Mitsunori KURIHARA, Kouji HIGUCHI, Agung PURNOMOADI and Osamu ENISHI : Effects of Environmental Temperature Conditions on Nitrogen Excretion in Lactating Cows 31

泌乳牛の窒素排泄量に及ぼす高温環境の影響

寺田文典・栗原光規・樋口浩[*]・A. PURNOMOADI[*]・永西　修
（畜産試験場栄養部）

要　約

暑熱環境が泌乳牛の窒素排泄量に及ぼす影響について，環境温度18℃あるいは28℃（いずれも相対湿度60%）の条件下において，32頭の泌乳牛を供試して行った延べ64回の窒素出納試験成績を用いて検討した。その結果，1）28℃では乾物摂取量が低下し，それに伴って糞量が減少した。しかし，尿量には，環境温度による差は認められなかった。窒素の糞中排泄量，牛乳中移行量及び蓄積量は28℃において低下したが，尿中排泄量は増加した。2）摂取窒素に対する糞尿中への窒素排泄割合は18℃では63%であったが28℃では67%へと増加した。3）4%乳脂補正乳（FCM）量あたりの糞尿中への窒素排泄量はFCM量の増加とともに低下するが，環境温度の影響は認められず，適温環境下と同様，FCM量，乾物摂取量，飼料中粗タンパク質含量によって推定できることが示された。

目　的

糞尿および窒素，リンなどの家畜由来環境負荷物質の低減を図ることは持続的な畜産経営の発展のために重要である[1,2,3]。著者らも，泌乳牛および肥育牛からの窒素排泄量の低減を目的として一連の検討を行っており，それらの窒素排泄量の推定を行い，栄養管理技術によるその低減方策について，窒素給与内容および量の適正化と1頭あたりの生産性の向上が重要であることを指摘した[4,5]。また，窒素給与レベルの適正化を図るためのアミノ酸レベルでの検討[6]，あるいは窒素排泄量低減を目的としたタンパク質給与システムそのものの検討[7]，乳中尿素窒素を指標とした管理技術の検討[8]なども報告されている。

しかし，これらの研究はそのほとんどが適温環境域においてなされたものであり，高温環境下における窒素排泄量の推定および低減を目的とした研究成績はきわめて少ない。また，高温環境下においてはタンパク質の利用効率の低下が指摘されている[9]ことから，窒素排泄量の割合が増加することが考えられる。著者らも，泌乳牛において高温環境下では適温環境下よりも尿中窒素排泄量が増加する傾向にあることを指摘しているが，その量的な割合は必ずしも明らかではない[5]。

そこで，本報告では同一家畜を供試して適温域および高温域において実施した窒素出納試験成績を用いて，泌乳牛の糞および尿中への窒素排泄量に及ぼす高温環境の影響について検討した。

材料と方法

解析に用いたデータは著者らが実施した既報[4,5,10]の4回の実験，延べ64例の窒素出納試験成績であり，これらの実験では主なタンパク質飼料として大豆粕，アマニ粕等を使用した。窒素出納試験は環境調節実験室内において機械式の糞尿分離機を使用[11]，試験期間は，予備期7日間，本試験期7日間であった。実験実施時の環境条件の設定は温度18℃相対湿度60%および28℃60%であり，各実験8頭，合計32頭を供試し，同一家畜（同一飼料条件）に対して18℃，28℃の順で暑熱負荷を行った。

なお，いずれの実験も1区4頭を供試した2試験区の設定で，暑熱環境下での泌乳牛の生産性改善のための給与飼料あるいは給与技術について考察したものであり，実験Ⅰでは脂肪酸カルシウム・酢酸ナトリウム混合添加剤の給与効果について，

1999年1月5日受付
[*]生物系特定産業研究推進機構

実験2[7]は濃厚飼料の多回給与の効果（2回と5回で比較）について，実験3[8]はデンプンの消化速度が異なる2種類のトウモロコシ（ワキシーコーンとハイアミロースコーン）の暑熱期における飼料価値の比較，実験4[9]は大麦とトウモロコシの飼料価値の比較を目的として実施したものである。

化学分析

飼料および糞，尿の化学成分分析法は前報[7]と同様である。牛乳中の窒素含量はミルコスキャン（Milko-Scan 133B, Foss Electric, Denmark）によって定量したタンパク質含量を6.38で除して求めたが，一部の実験ではケルダール法によって分析した。

統計処理

飼養試験成績，窒素出納成績に及ぼす環境温度の影響に関する解析は分割区法[9]によって行った。すなわち，主試験区を試験年次，各年次における給与飼料あるいは給与回数，個体を処理因子とする枝分かれ分類とし，副試験区を環境温度を処理因子とする1元配置法として行った。また，メタボリックボディサイズ（MBS）当たりの窒素摂取量と排泄量の関連および4%乳脂補正乳（FCM）量と対数変換を行ったFCM量当たりの糞尿中への窒素排泄量との関連については，環境温度を処理因子とし，MBS当たりの窒素摂取量あるいはFCM量を補助変数とする共分散分析法[9]によって検討した。

計算はいずれもSAS GLMプロシジャー[7]によって行った。

結　果

1. 飼養成績

供試牛の飼養成績を表1に示した。

給与飼料中の粗タンパク質（CP）含量は14.3～16.5%DMであり，環境温度による違いは認められなかった。また，日本飼養標準に対するCP充足率は18℃で116%（88～133%），28℃で112%（87～131%）であった。

環境温度28℃では18℃に比べて，乾物摂取量，乳量は約13%，FCM量は15%低下した。また，

Table 1. Performance of lactating cows in balance trials

	Environmental temperature (℃)		
	18℃	28℃	SE
No. of animals	32	32	
Body weight, kg	594.3	587.1	1.7 **
Dry matter intake, kg/day	17.45	15.33	0.23**
Crude protein content in diets, %DM	15.30	15.41	0.05
Milk yield, kg/day	25.26	21.90	0.31**
Milk composition, %			
Fat	3.66	3.53	0.03**
Protein	3.30	3.19	0.01**
Feces, kg/day	37.70	32.09	0.78**
Urine, kg/day	14.13	14.75	0.46

SE : Standard error, ** : $p<0.01$.

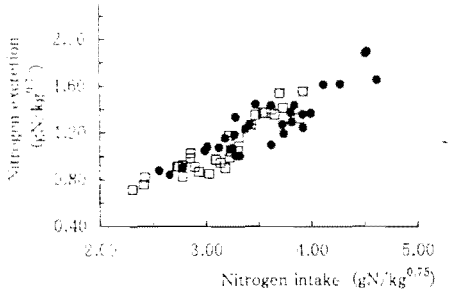
Table 2. Results of nitrogen balance trials with lactating cows　　g/day

	Environmental temperature (℃)		
	18℃	28℃	SE
Intake	426.4	377.5	5.5**
Excretion Feces	151.0 (35.2)	129.5 (33.9)	2.7** (0.3*)
Urine	115.2 (27.5)	122.2 (33.1)	2.4* (0.8**)
Milk	129.1 (30.3)	108.1 (28.6)	1.7** (0.2**)
Retention	32.3 (7.4)	17.7 (4.4)	2.5** (0.7**)

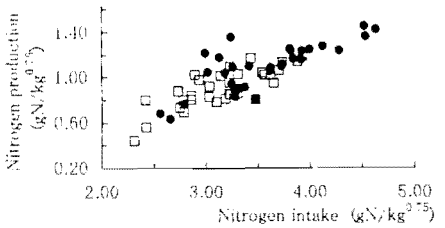
SE : Standard error, * : $p<0.05$, ** : $p<0.01$
( ) : Ratio to nitorogen intake (%).

乳脂率，乳タンパク質率も有意に低下した。糞尿の排泄量については，乾物摂取量の低下に伴って糞排泄量は低下したが，尿排泄量に差は認められなかった。

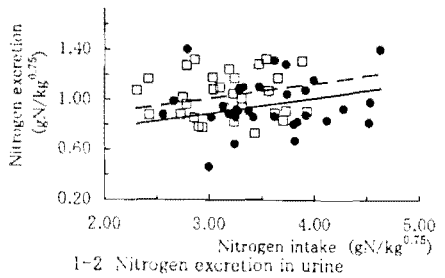
総エネルギー摂取量に対するエネルギー蓄積量の割合は18℃で，2.9%，28℃で1.9%であり，有意差は認められなかった。



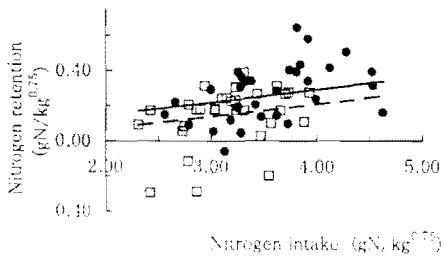
1-1 Nitrogen excretion in feces



1-3 Nitrogen excretion in milk



1-2 Nitrogen excretion in urine



1-4 Nitrogen retention

● 18℃　□ 28℃

Fig.1 Relationship between nitrogen intake and excretion under the different conditions

2. 窒素出納成績

窒素出納試験成績を表2に示した。

28℃の環境下における飼料摂取量の低下に伴って，糞中，牛乳中及び蓄積窒素量は，それぞれ14，16，45%低下した（P<0.01）が，尿中排泄量は逆に有意に増加した（P<0.05）。これを摂取窒素に対する割合でみると，尿中排泄量は18℃での27.5%から28℃での33.1%へと増加していた。その結果，糞尿中への全窒素排泄量は18℃，266g／日から28℃，252g／日へと5%減少しているものの，摂取窒素に対する割合では63%から67%へと逆に増加していた。

MBS当たりの窒素摂取量に対するMBS当たりの糞および尿中への窒素排泄量，窒素の牛乳中移行量および体蓄積量の関係をFig.1に示した。いずれも回帰係数については環境温度による影響は認められなかった。各温度条件下におけるy切片は，糞中排泄量および尿中移行量では差は認められなかったが，尿中排泄量では28℃において18℃よりも有意に大きい値を示し，体蓄積量に対しては小さい値を示した（P<0.05）。

3. FCM量と窒素排泄量

FCM量当たりの糞尿中への窒素排泄量とFCM量の関係をFig.2に示した。

FCM量当たりの糞尿中への窒素排泄量はFCM量の増加にしたがって低下したが，28℃では尿中排泄量が増加しているものの，体蓄積量が減少しているため，FCM量とFCM量当たりの窒素排泄量の関係に対しては環境温度による違いは認められなかった。

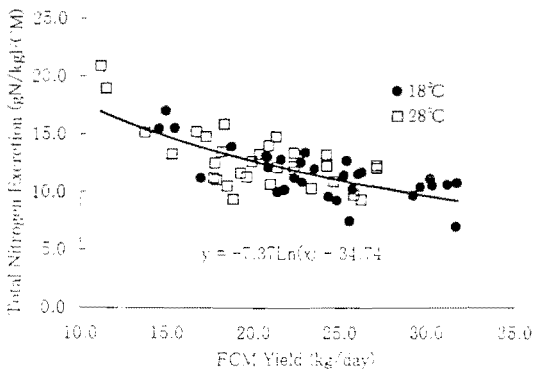


Fig.2 Relationship between 4% fat corrected milk (FCM) yield and total nitrogen excretion (faces + urine) per kg FCM

考　察

高温域における泌乳牛の糞排泄量は乾物摂取量が低下することから低下し，糞中への窒素排泄量も適温域に比べて減少し，摂取量に対する割合としても有意に低下していた。しかし，尿量に有意差は認められず，尿中への窒素排泄量および割合は摂取窒素量が減少しているにもかかわらず増加しており，前報[8]と同様の傾向が示された。ちなみに，本報告におけるデータを用いて窒素無摂取時の尿中窒素排泄量を試算すると18℃で0.52gN／kg$^{0.75}$，28℃で0.64gN／kg$^{0.75}$であり，高温環境下では23%増加しているものと推測され，この量は日本飼養標準[1]における維持タンパク質要求量の1割程度に相当した。また，尿量は尿中窒素排泄量と高い相関関係が認められること[7]から，18℃と28℃で尿量に差が見られなかった原因の一つが，尿中への窒素排泄量にあったものと考えられる。

高温環境下で尿中窒素排泄割合が増加する要因としては，①給与飼料中の濃厚飼料割合の増加に起因する第一胃内の発酵異常，通過速度の低下に伴う第一胃内アンモニア態窒素濃度の上昇，微生物態窒素の合成効率の低下，②体タンパク質分解速度の上昇および吸収アミノ酸のエネルギー源としての利用の増加，③乳タンパク質の合成効率の低下，などが考えられる。

一般に高温環境下においては消化管内容物の滞留時間は増加する傾向にある[6]ので，それに伴い飼料タンパク質の分解率が高まることが考えられる。しかし，第一胃内微生物による窒素補捉効率が温度の上昇によって抑制されるか否かは不明であり，アンモニア態窒素濃度に及ぼす環境温度の影響についても必ずしも一定の傾向は示さないとされている[6]。高温環境下においては粗飼料の採食量の低下から給与飼料中の濃厚飼料割合が高まり，摂取飼料中のCP含量が高まることがあるが，本報告では摂取飼料中のCP含量に違いは認められておらず，分離給与ではあるが給与飼料構成の変動はかなり小さく抑えられたものとみなされる。

高温環境下における尿中排泄量増加の原因として体タンパク質の分解量増加の可能性を柴田ら[7]は指摘している。また，樋口ら（未発表）も筋肉タンパク質の分解量の指標となる血漿中3メチルヒスチジン含量が高温環境下の泌乳牛において高まることを示唆している。本実験では環境条件によってエネルギー蓄積割合はほとんど変わらないものの，窒素蓄積割合は大きく低下していることから，タンパク質のエネルギー利用に向けられた割合が増加しているものと判断できる。しかし，これが体タンパク質由来であるのか，摂取アミノ酸由来であるのか，また体タンパク質の分解量が増加するとした場合，その原因としてエネルギー充足率の低下に伴う体タンパク質の動員，あるいは体温の上昇に伴う代謝回転速度の上昇によるのかは明らかでない。

尿中窒素排泄量が増加する原因として牛乳タンパク質合成効率の低下の可能性も考えられるが，Fig.1に示した摂取窒素量に対する乳中窒素移行量の回帰直線の回帰係数は0.33であり，また，同様に摂取可消化窒素量に対する乳中窒素移行量の回帰係数は0.52であり，温度条件による差は認められない。

以上のことから，高温環境下における尿中窒素排泄量増加の要因としてタンパク質の分解が大きな比重を占めているものと思われたが，その増加原因については本報告では明らかにすることができなかった。

しかし，Fig.2に示したようにFCM量当たりの糞尿中窒素排泄量（N／FCM,g／kg）に対する環境温度の影響はほとんど認められない。また，著者らが提示したN／FCMの推定式[7]（N／FCM＝－14.48×ln（FCM,kg／日）－0.806×（飼料中の粗タンパク質含量，%DM）－0.769×（乾物摂取量，kg）＋31.4）を用いて高温環境下におけるN／FCMの値を算出し，実測値と比較したところ，その差は0.4±1.1g／kgにすぎなかった。このことは，乳量，飼料中の粗タンパク質含量，乾物摂取量を変数とした適温環境下における窒素排泄量の推定方法が高温環境下においても利用可能であることを示していると同時に，窒素排泄量の低減対策としても，適温環境下と同様に[5,7]，窒素給与の最適化，泌乳量の向上を図ること，などが有効であることを示すものと考えられた。

なお，本研究は生研機構基礎研究推進事業の一部として実施したものである。

引　用　文　献

1) AMES, D.R. and D.R. BRINK : Effect of temperature on lamb performance and protein efficiency raito. *J. Anim. Sci.*, **44**, 136-140 (1977)

2) DINN, N.E., J.A. SHELFORD, L.J. FISHER : Use of Cornell net carbohydrate and protein system and rumen-protected Lysine and Methionine to reduce nitrogen excretion from lactating dairty cows. *J. Dairy Sci.*, **81**, 229-237 (1998)

3) 原田靖生：家畜排泄物の再資源化技術の方向－ふん尿処理・利用の現状と今後の方向－．システム農学，**8**，44-58 (1992)

4) KURIHARA, M., M. MURAOKA and T. AII : Effects of environmental temperature and feeding frequency on physiological responses, milk production and energy utilization in lactating dairy cows. *Proc. 8th AAAP Anim. Sci. Cngress*, Vol.**2**, 886-887 (1996)

5) 栗原光規・久米新一・相井孝允・高橋繁男・柴田正貴・西田武弘：気候温暖化に対応した乳牛の飼養法－エネルギー代謝に基づく技術評価－．九州農業試験場報告，**29**，21-107 (1995)

6) 向居彰夫・柴田正貴・栗原光規：高温時における乳牛のエネルギー代謝 1．九州農業試験場に設置した代謝実験室の装備と機能の概要．九州農業試験場報告，**26**，27-69 (1989)

7) 農林水産技術会議事務局［編］：日本飼養標準・乳牛（1994年版），中央畜産会，東京，4-42 (1994)

8) SAS : SAS／STAT ユーザーズガイド　6.03版．SAS出版社，東京，809-914 (1990)

9) 磯　勉・峰崎康裕・西村和行・糟谷広高：乳牛の糞尿量および糞尿窒素量の低減．栄養生理研究会報，**42**，155-165 (1998)

10) SHIBATA, M. : Factors affecting thermal balance and production of ruminants in a hot environment - A review. *Memories of National Institute of Animal Industry*, **10**, 60pp (1996)

11) 柴田正貴・向井彰夫・栗原光規：高温時における乳牛のエネルギー代謝　3．乳牛の絶食時代謝に及ぼす環境温度の影響．九州農業試験場報告，**26**，89-102 (1989)

12) 芳賀敏郎・高橋行雄・大橋靖雄：SASによる実験データの解析．東京大学出版会，東京 (1989)

13) 杉原　進：物質循環と畜産，現状と問題点－糞尿問題を中心に－．自給飼料，**18**，7-13 (1992)

14) TAMMINGA, S. : Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.*, **75**, 345-357 (1992)

15) TAMMINGA, S., W.M. VAN STRAALEN, A.P.J. SUBNEL, R.G.M. MEIJER, A. STEG, C.J.G. WEVER and M.C. BLOK : The Dutch protein evaluation system : the DVE／OED-system. *Lives. Prod. Sci.*, **40**, 139-155 (1994)

16) TERADA F. and M. MURAOKA : Effect of heat stress on the efficiency of utilization of metabolizable energy for lactation. Spain. Energy metabolism of farm animals (EAAP Pub. No.**76**), CSIC Publishing Service, 323-326 (1994)

17) 寺田文典・阿部啓之・西田武弘・柴田正貴：肥育牛の窒素排泄量の推定．日本畜産学会報，**69**，697-701 (1998)

18) 寺田文典・栗原光規・西田武弘・塩谷　繁：泌乳牛の窒素排泄量の推定．日本畜産学会報，**68**，163-168 (1997)

19) 寺田文典・塩田　繁：泌乳牛の窒素排泄量に及ぼす魚粉給与と環境温度の影響．日本畜産学会報，**69**，620-624 (1998)

20) WRIGHT, T.C., S. MOSCARDINI, P.H. LUIMES, P.SUSMEL and B.W. MCBRIDE : Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **81**, 784-793 (1998)

21) 吉田 実：畜産を中心とした実験計画法．養賢堂．東京．241-255 (1976)

Effects of Environmental Temperature Conditions on Nitrogen Excretion in Lactating Cows

Fuminori TERADA, Mitsunori KURIHARA, Kouji HIGUCHI*, Agung PURNOMOADI* and Osamu ENISHI
(Department of Animal Nutrition)

Summary

To clarify the effects of environmental temperature on nitrogen excretion in feces and urine, the results of 64 nitrogen balance trials with 32 lactating cows conducted in environmentally controlled rooms (18℃60%RH, 28℃60%RH) were used. The results obtained were as follows: 1) Feces excretion decreased as dry matter intake decreased and there was no difference in urine excretion between temperature conditions. Fecal nitrogen excretion, milk nitrogen and retained nitrogen significantly decreased under the high temperature condition ($p<0.01$), and urinary nitrogen excretion increased ($p<0.05$). 2) Total nitrogen excretion (ratio to nitrogen intake) in 28℃ was 7% more than in 18℃. 3) Nitrogen excetion per 4% fat corrected milk (FCM) yield decreased as FCM increased, however, there was no effect of environmental temperature. Moreover, it was indicated that nitrogen excretion/FCM yield under the high temperature conditions could be estimated using the prediction equation based on FCM, dry matter intake and crude protein content in a diet.

* Bio-oriented Technology Research Advancement Institution