

## Effect of Dietary Crude Protein Contents on Lactation Performance, Nitrogen Excretion and Nitrogen Emission from Manure in Cows

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): Dairy cattle, Odor, Ammonia, Nitrogen balance, Manure 作成者: 齊藤, 公一, 川島, 知之, 小松, 篤司, 淵本, 大一郎, 作本, 亮介, 荻野, 暁史, 黒田, 和孝, 野中, 最子, 永西, 修, 田鎖, 直澄, プルノモアディ, アグン, 樋口, 浩二, 寺田, 文典 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001968">https://doi.org/10.24514/00001968</a>

# 泌乳牛における給与飼料中の粗蛋白質含量の違いが乳生産性、窒素排泄量および糞尿由来窒素揮散に及ぼす影響について

斉藤公一<sup>1)</sup>・川島知之<sup>2)</sup>・小松篤司<sup>2)</sup>・淵本大一郎<sup>2)</sup>・作本亮介<sup>2)</sup>

荻野暁史<sup>2)</sup>・黒田和孝<sup>3)</sup>・野中最子・永西 修・田鎖直澄

アゲン プルノモアディ・樋口浩二・寺田文典

家畜生理栄養部

<sup>1)</sup>千葉県畜産総合研究センター

<sup>2)</sup>企画調整部

<sup>3)</sup>畜産環境部

## 要 約

飼料中粗蛋白質（CP）含量が14.4%，15.7%および19.4%の混合飼料を用いて，飼料中のCP含量の違いが乳生産性，糞尿中への窒素排泄量および糞尿由来のアンモニアを主体とする窒素揮散量に及ぼす影響について検討した。実験には初産泌乳牛4頭を供試して，供試家畜をブロック因子，CP水準の違いを処理因子として取り上げ，L9直交表計画に準じて出納試験を実施した。その結果，1）CP水準の違いは乳生産性に影響を及ぼさなかった。しかし，尿中窒素排泄量（UN），乳中尿素窒素（MUN）および血漿中尿素窒素（BUN）濃度はCP水準の上昇とともに1%あるいは5%水準で有意に高まった。2）UN（g/day）と飼料中のCP含量（CP，%），MUN（mg/dl）およびBUN（mg/dl）の間で， $UN=22.0 CP-208.9$ （ $r^2=0.84$ ）， $UN=16.2 MUN-77.5$ （ $r^2=0.78$ ）， $UN=8.8 BUN+18.6$ （ $r^2=0.77$ ）の関係式が得られた。3）CP水準の上昇とともに糞尿由来窒素揮散量は増加する傾向が見られた。以上のことから，生産性に影響を及ぼさない範囲での給与飼料の低蛋白質化は窒素排泄量および窒素揮散量の低減を実現することが示された。

キーワード：乳牛，悪臭，アンモニア，窒素出納，糞尿

## 緒 言

畜産経営に起因する苦情のなかで最も多いものは悪臭に関するものであり，総発生件数の60%以上を占めている<sup>18)</sup>。そのため，わが国における今後の畜産経営の持続的発展のためにはその十分な防止対策を講じることが求められている。糞尿由来の主要な悪臭物質として，アンモニアやアミンなどの窒素化合物，硫黄化合物，低級脂肪酸，フェノール類やインドール類などが挙げられ<sup>13,31)</sup>，これらの悪臭物質の低減を目指して各種の装置開発や糞尿処理技術の開発のみならず，栄養管理による悪臭の低

減対策技術の開発についてもブタ，ニワトリなどを対象として取り組まれており，特に，これらの悪臭物質のうちアンモニアについては給与飼料の栄養学的制御による発生量低減の可能性が大きいとされている<sup>13,27)</sup>。

また，アンモニアは悪臭のみならず，酸性雨や地下水汚染の原因ともなり，その発生量の40%が畜産業に由来する<sup>3)</sup>といわれていることから，グローバルな視点からの環境対策としてもその削減対策技術の開発が強く求められている。特にヨーロッパにおいては畜産業からのアンモニア揮散が大きな問題となっており，行政的な取り組みも行われている<sup>21)</sup>。

ブタ，ニワトリにおける栄養管理によるアンモニア揮散抑制技術の基本は過剰な蛋白質の給与を削減する低蛋白

質飼料給与による窒素排泄量の低減を図ることであり<sup>23)</sup>、ブタにおいては、その他、銅の添加<sup>1)</sup>や非繊維性炭水化物の給与、尿の酸性化によるアンモニア揮散防止なども検討されている<sup>27)</sup>。しかし、1頭あたりの糞尿の負荷量が最も多い泌乳牛における糞尿由来のアンモニア低減に関する研究成績は必ずしも多くない<sup>6, 7, 26)</sup>。そこで、本報告では泌乳牛を用いて給与飼料中の粗蛋白質 (CP) 含量の違いが乳生産性と糞尿中への窒素排泄量に及ぼす影響およびその糞尿由来アンモニア揮散に及ぼす影響について検討した。

## 方 法

泌乳最盛期の初産牛4頭 (試験開始時において分娩後平均50日齢) を供試し、1期14日間 (予備期11日, 糞尿採取期3日間) とする3期の出納試験をL9 (3<sup>4</sup>) 直交表<sup>20)</sup> にしたがって実施した。直交表への割付に当たって取り上げた要因は、①給与飼料中のCP含量 (L: 14.4%, M: 15.7%, H: 19.4%の3区)、②化学形態の異なるコバルトの添加 (硫酸コバルト9ppm, 酸化コバルト9ppm, 無添加の3区)、③実施時期 (3期)、④供試家畜グループ (3グループ)、の4要因である。なお、化学形態の異なるコバルトの添加はメタン発生量の抑制に関する検討を目的としたものであり、その効果については別途報告する。

供試家畜は当所の一般牛舎でスタンションによって係留し、予備期には1日4時間程度放飼場で運動させた。

飼料はTMRとして1日2回にわけて飽食量を給与した。搾乳は1日2回, 8:30と18:00に行った。水は自由飲水とし、食塩は1日30gを外付けで給与した。給与飼料の構成と化学成分組成を表1に示した。

出納試験は、ハーネスを装着して糞尿を分離し、その全量を採取した<sup>29)</sup>。なお、ハーネス装着訓練を馴致期および予備期に実施し、ハーネス装着による供試牛のストレスの軽減を図った。

また、各期最終日の午前8時に、頸静脈より採血し、血漿中尿素窒素 (BUN) 濃度の分析に供した。

飼料および糞尿の化学成分分析は常法<sup>8)</sup>により行った。尿中のアラントインの分析は松本らの方法<sup>14)</sup>によって分析し、微生物蛋白質合成量を試算した<sup>22)</sup>。

乳中の脂肪、蛋白質および乳糖含量は赤外線自動分析計 (ミルコスキャン134A/B, Foss Electric社) によって測定した。乳中尿素窒素 (MUN) 濃度は赤外線自動分析計 (フォスマティック4000, Foss Electric社) によって、BUN濃度はウレアーゼ酵素法 (株) エスアールエル) によって測定した。

糞尿由来のアンモニア揮散量の測定には、各期最終日に、6時間間隔で新鮮糞尿を採取し、それぞれを等量混合、さらにこれを出納試験時の糞および尿の排泄割合によって混合したものをを用いた。調整した糞尿混合サンプルは240gを1ℓ容のサンプル瓶に採取し、室温下で24時間にわたって0.5ℓ/minの通気を行った。通気開始直前と24時間後の糞尿混合サンプルの重量と窒素含量を測

Table. 1 Ingredients and chemical composition of experimental diets

		L	M	H	
Ingredients (% DM)					
Italianrygrass roll bale silage		30.2	30.5	30.9	
Alfalfa haycube		18.8	16.5	14.2	
Concentrate mixture* <sup>1</sup>		23.9	25.8	27.8	
Steam flacked corn		27	20	12.9	
Soybean meal		—	7.1	14.3	
Total		100	100	100	
Chemical composition					
Dry matter (DM)		%	60.2	60.1	60.4
Organic matter			92.3	92.0	92.0
Crude protein (CP)			14.4	15.7	19.4
Ether extracts		% DM	3.0	2.9	2.6
Neutral detergent fiber			36.8	36.2	31.9
Non-fibrous carbohydrate			38.0	37.1	38.2
Total digestible nutrients* <sup>2</sup>			74.6	74.7	74.9
Degradability* <sup>3</sup>		% CP	63.3	66.1	67.7

\* 1 ; corn 30%, barley 25%, wheat bran 9%, defatted rice bran 7%, soy bean meal 12%, molasses 3.7%, alfalfa meal 7%, beat pulp 5%, CaCO<sub>3</sub> 1.3%

\* 2 ; calculated from Japanese feeding standard for dairy cattle (1999).

\* 3 ; each cow was supplemented 30g NaCl/day.

定し、窒素の減少量をもって揮散量とした。

統計処理はSAS GLMプロシジャ<sup>24)</sup>によって行った。ただし、実験中3例の欠測値が生じたため、飼料中CP含量と家畜のみを要因として取り上げ、測定データに関する分散分析を行った。また、分散分析の結果、有意差が認められたものについてのみ最小有意差法による区間差の検定を行った<sup>20)</sup>。

### 結果と考察

#### 1. 初産泌乳牛の生産性に及ぼすCP含量の影響

体重、乾物摂取量、乳量、乳成分率、糞尿排泄量、飼料成分消化率および可消化有機物量当たりの微生物窒素合成量 (MN/DOM) などについて表2に示した。

乾物摂取量にCP含量の影響は認められず、各区の平均は16.9~17.4kg/日であったが、この値は日本飼養標準による乾物摂取量推定値に比べると7~10%少ない値であった。乳量および乳成分率においてもMUNを除いてCP含量の違いによる有意な差は認められなかった。また、日本飼養標準に示されたTDN要求量に対する充足率は87~89%であり、各区間に差は認められなかった。しかし、日本飼養標準乳牛<sup>17)</sup>によるCP要求量に対する充足率は、L、M、H区の順に89、94、121%であり、ま

た、MUNおよびBUN濃度はいずれもCP含量の増加とともに有意に高まり (それぞれ $P<0.05$ ,  $P<0.01$ )、H区ではMUN17.0mg/dL、BUN 21.0mg/dLと窒素の過剰摂取が示唆される値であった<sup>5, 9, 17)</sup>。

糞の原物排泄量についてはCP含量による差はなく、また、糞乾物率にも差が認められなかった。尿排泄量はL区が他の区に比較して低い傾向にあったが、糞尿合計量では各区間に差はなく、1日当たりおよそ60kgの排泄量であった。尿排泄量に及ぼす飼料CP含量の影響について、両者の間には相関があるとの報告があり<sup>19)</sup>、また、尿排泄量には窒素排泄量に加えて、Na、Kなどが影響することが報告されている<sup>2)</sup>。本実験では食塩は全期間一定量給与したものの、ロールペールサイレージを用いたことから給与飼料中のKについてはロットによって変動があったものと思われ、そのことが尿量に及ぼす飼料中のCP含量の影響を不明瞭なものとした可能性が考えられる。

飼料成分消化率についてみると、窒素消化率はCP含量の増加に伴い高まったものの、乾物消化率、有機物消化率、NDF消化率には有意差が認められなかった。窒素消化率の変化はCP含量の増加による見かけの消化率の上昇によるものと考えられる。

Table. 2 Performance of lactating cows

		L		M		H	
		Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Body weight	kg	504.9	± 3.6	505.7	± 3.6	501.9	± 3.4
Dry matter intake	kg/day	17.11	± 0.91	16.86	± 0.91	17.36	± 0.87
Milk Production							
Milk yield	kg/day	29.96	± 1.19	30.45	± 1.19	30.64	± 1.13
Fat corrected milk yield	kg/day	27.22	± 1.59	28.41	± 1.59	29.46	± 1.51
Fat	%	3.39	± 0.13	3.55	± 0.13	3.71	± 0.12
Protein	%	2.85	± 0.03	2.93	± 0.03	2.90	± 0.03
Lactose	%	4.76	± 0.02	4.74	± 0.02	4.72	± 0.02
Milk Urea Nitrogen*	mg/dL	10.6	± 0.7 <sup>a</sup>	13.6	± 0.7 <sup>b</sup>	17.0	± 0.6 <sup>c</sup>
Amount of Excreta							
Feces	kg/day	42.36	± 3.26	37.63	± 3.26	42.21	± 3.50
Dry matter content	%	12.4	± 0.7	13.4	± 0.7	12.5	± 0.7
Urine	kg/day	16.80	± 1.80	21.91	± 1.80	21.64	± 1.71
Total	kg/day	59.16	± 3.09	59.54	± 3.09	63.80	± 2.94
Digestibility							
Dry matter	%	69.8	± 1.7	70.1	± 1.7	70.0	± 1.6
Organic matter (OM)	%	71.6	± 1.7	71.6	± 1.7	72.2	± 1.7
Nitrogen	%	59.8	± 1.8	65.0	± 1.8	67.2	± 1.7
Neutral detergent fiber	%	58.6	± 3.1	57.6	± 3.1	53.4	± 2.9
Microbial Nitrogen / Digestible OM Intake	g/kg	18.3	± 5.7	24.6	± 5.7	26.4	± 5.4
Blood Urea Nitrogen**	mg/dL	8.6	± 1.1 <sup>a, A</sup>	14.0	± 1.1 <sup>b</sup>	21.0	± 1 <sup>c, B</sup>

\*;  $p<0.05$ , \*\*;  $p<0.01$

a, b, c ; Means in the same row with different superscripts differ significantly ( $p<0.05$ ).

A, B ; Means in the same row with different superscripts differ significantly ( $p<0.01$ ).

消化試験結果と尿中アラントイン排泄量から推定したMN/DOMについて各区間の比較を行ったところ、CP含量の上昇に伴い幾分増加する傾向にあるものの、有意な差は認められなかった。また、NRC飼養標準<sup>16)</sup>では全消化管可消化有機物1kg当たりの微生物窒素合成量を21.03gとしており、本報告の値は、これに近似するものであった。

## 2. 窒素排泄量に及ぼすCP含量の影響

窒素出納成績とスラリーからのアンモニア揮散量を表3に示した。また、尿中窒素排泄量 (UN, g/day) と飼料中のCP含量 (CP, %), MUN (mg/dl), BUN (mg/dl) の間の関連について図1に示した。

各区間の糞中窒素排泄量、乳中窒素量および蓄積窒素量に有意な違いは認められなかったものの、尿中窒素排泄量はCP含量の増加とともに直線的に増加しており (UN=22.0 CP-208.9  $r^2=0.84$ )、その結果として糞尿中への排泄量も有意に増加した ( $P<0.05$ )。すなわち、

飼料中CP含量の1%増加に伴い1日1頭あたりの尿中窒素排泄量は22.0g増加することになる。窒素の過不足の指標として多く用いられるBUN, MUNについても同様の検討を行ったところ、UNとBUNの間には、 $N=8.8 BUN+18.6$  ( $r^2=0.77$ ) の関係が、また、UNとMUNの間には、 $UN=16.2 MUN-77.5$  ( $r^2=0.78$ ) の関係式が得られており、このことからBUNを指標とした場合にはその1単位増加により8.8gが、MUNを指標とすると16.2gの尿中窒素排泄量の増加となることが示された。本実験における糞尿中窒素排泄量の全測定値の単純平均は315g/日であることから、CP, BUNおよびMUNの1単位の増加は、それぞれ窒素排泄量として7%、3%および5%の増加に対応することになる。

扇ら<sup>19)</sup>は128例の窒素出納試験成績から初産牛 (体重545kg, 乳量23.1kg) の窒素排泄量は糞中146g, 尿中78gであったと、また、寺田ら<sup>28)</sup>は4%乳脂補正乳量23.6kgの牛群で糞中排泄量163g, 尿中排泄量が102gであったと報告しており、それらの値は本実験のL区にはほぼ相当す

Table 3. Results of nitrogen balance trials and the estimation of ammonia emission

	L		M		H	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
Nitrogen balance (g/day)						
Intake*	379 ± 25 <sup>a</sup>		413 ± 25 <sup>a</sup>		541 ± 24 <sup>b</sup>	
Feces	156 ± 14		145 ± 14		177 ± 13	
Urine**	95 ± 8 <sup>a, A</sup>		156 ± 8 <sup>b, B</sup>		212 ± 7 <sup>c, B</sup>	
Milk	134 ± 6		140 ± 6		140 ± 6	
Retention	-7 ± 21		-28 ± 21		14 ± 20	
Feces+Urine*	251 ± 13 <sup>a</sup>		301 ± 13 <sup>a</sup>		388 ± 12 <sup>b</sup>	
Estimation of ammonia loss from slurry (%)	1.7 ± 4.0		3.7 ± 4.0		7.7 ± 3.8	
(gN/day) <sup>+</sup>	2.9 ± 12.6		9.8 ± 12.6		29.2 ± 12	

\*;  $p<0.05$ , \*\*;  $p<0.01$

<sup>+</sup>; Calculated from amount of nitrogen excretion (gN/day) × ammonia loss (%).

a, b; Means in the same row with different superscripts differ significantly ( $p<0.05$ ).

A, B; Means in the same row with different superscripts differ significantly ( $p<0.01$ ).

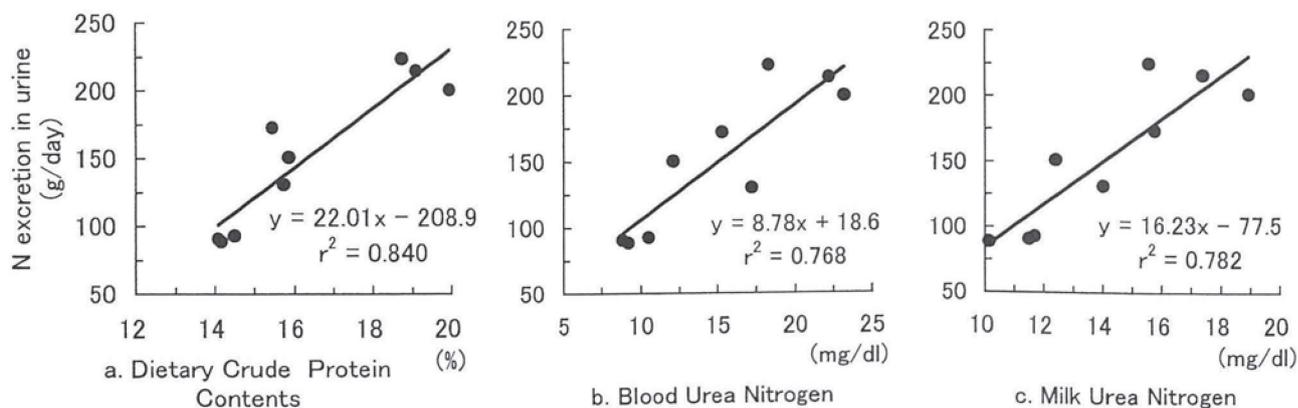


Fig. 1 The relationship between nitrogen excretion and dietary crude protein contents (a), blood urea nitrogen (b), and milk urea nitrogen (c)

る成績であった。

Wilkerson *et al.*<sup>30)</sup> はCP 1%の増加で全窒素排泄量が18.3 g増加することを、寺田ら<sup>28)</sup> は尿中窒素排泄量が14.1 g増加することを報告しており、本報告の増加分よりやや少ない。Kohn *et al.*<sup>11)</sup> はMUN 1単位増加当たり17.6 g、Kauffman and Pierre<sup>10)</sup> は体重500kgの乳牛で13 gの窒素が尿中に排泄されると、本報告の値とほぼ同様の値を報告している。一方、Krober *et al.*<sup>12)</sup> はMUN 1単位増加当たり23.8 gの窒素が尿中に排泄されると報告している。

今後、環境に対する窒素負荷の軽減を図っていく上で、窒素排泄実態の現場におけるモニタリングの重要性はますます高まるものと考えられ、その際の指標としてMUNはBUNとほぼ同様の精度で窒素排泄量を推定できること、サンプリングが簡便であることなどから非常に有用なものであると思われる。しかし、その定量的な関係については前述のように報告間で違いが見られることから、さらに例数を重ね、精度の改善を図ることが必要であろう。

### 3. 糞尿由来のアンモニアの揮散

スラリーからの24時間アンモニア揮散割合は、L, M, H区の順に1.7, 3.7, 7.7%、また、窒素排泄量にアンモニア揮散割合を乗じて求めた総発生量は窒素量として、順に2.9, 9.8, 29.2 g/日であったが、アンモニア揮散割合の分散が大きく、統計的に有意な差を得るには至らなかった(表3)。しかし、畜舎の換気量は構造や換気施設の設置状況で大きく異なるものと思われるが、搾乳牛1頭あたりの換気量をSeedorfら<sup>25)</sup> の報告を参考に400 m<sup>3</sup>/hrと仮定すると、畜舎内のアンモニア濃度の推定値はL, M, H区の順に0.6, 1.6, 4.9 ppmとなる。たとえば、アメリカ農業工学会<sup>15)</sup> によると畜舎内におけるアンモニアの臭気閾値は5 ppmであり、また、わが国で用いられている臭気強度で3 (らくに感知できる臭い) に相当する値が2.3 ppmであるとされている<sup>31)</sup> ことから、H区は悪臭として十分に認識されうる値といえる。

また、Bussink and Oenema<sup>4)</sup> によると搾乳牛飼養時の畜舎におけるアンモニア揮散量は排出された糞尿中窒素の2~10%と報告されており、本報告の範囲によく一致する。さらに、長田<sup>21)</sup> はその総説において乳牛における糞尿処理過程でのアンモニア揮散はスラリー処理で排出された糞尿中窒素の0~20%、堆肥化処理で0.1~2%と紹介しており、乳牛の糞尿に由来する総アンモニア負荷量に対して畜舎におけるアンモニア揮散の占める

割合が飼料条件によっては大きいものとなる可能性のあることが示された。

泌乳牛の糞尿由来のアンモニア発生は、給与飼料中のCP<sup>6, 7, 12)</sup> あるいはRDP含量<sup>26)</sup> の低下とともに減少することが報告されており、本報告の結果と一致する。しかし、既報に比べて本報告では区間の差が大きいにもかかわらず、変動が大きいため有意差となるに至っておらず、測定方法についてさらに検討が必要であるものと考えられた。具体的には、測定温度環境の制御を行うことにより再現性が高まるものと思われ、また、サンプル量当たりの表面積についても統一する必要があるものと考えられた。本実験では供試例数が少なく変動も大きいため、定量的な判断を下すことはできないものの、24時間での2~8%の窒素損失はローカルおよびグローバルな環境負荷として決して無視しえない量であると考えられた。

### 4. 結 論

本実験の結果から、14.4~19.4%の範囲においてCP含量は初産泌乳牛における乾物摂取量、乳生産性および消化率に影響は及ぼさないことが明らかとなった。一方、CP含量の上昇とともに尿中窒素排泄量やMUN濃度が増加すること、さらに、高蛋白質飼料給与は一般に飼料コストの上昇を招くことや繁殖成績にも悪影響を及ぼす可能性があることなどを考慮すると、初産泌乳牛に対するCP給与量として日本飼養標準乳牛<sup>18)</sup> による要求量をほぼ満たす程度が適切であると判断された。

また、生産性を阻害しない範囲での給与飼料の低蛋白質化は窒素排泄量のみならず、アンモニア発生量の抑制にもつながることから、積極的に推進すべきであると考えられるが、給与飼料中のCP含量が生産性に及ぼす影響に関してはより長期の飼養試験により確認する必要があるものと思われる。また、アンモニア揮散量の測定系の標準化が今後のデータ蓄積を果たす上で必要であると考えられた。

### 謝 辞

本実験を遂行するにあたり、供試牛の管理および飼料製造に多大なご協力をいただいた企画調整部業務第1科の各位に、また、化学分析にご協力いただいた葦沢恵美子氏に感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) Armstrong T.A., Williams, C.M., Spears, J.W. and Schiffman, S.S. (2000) . High dietary copper improves odor characteristics of swine waste, *J. Anim. Sci.*, 78, 859-864.
- 2) Bannink, A., Valk, H. and van Vuuren, A. M. (1999) . Intake and excretion of sodium, potassium, and nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 82, 1008-1018.
- 3) Bounman, A.F., Lee, D.S., Asman, W.A.H., Dentener, F.J., van der Hock, K.W. and Oliver, J.G.J. (1997) . A global high-resolution emission inventory for ammonia, *Global Biogeochemical Cycles*, 11, 561-587.
- 4) Bussink, D. W. and Oenema, O. (1993) . Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: A Review, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 19-33.
- 5) Butler, W. R (1998) . Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle, *J. Dairy Sci.*, 81, 2533-2539.
- 6) Frank, B. and Swensson, C. (2002) . Relationship between content of crude protein in rations for dairy cows and milk yield, concentration of urea in milk and ammonia emissions, *J. Dairy Sci.*, 85, 1829-1839.
- 7) Frank, B., Persson, M., Guatafsson, G. (2002) . Feeding dairy cows for decreased ammonia emission, *Livest. Prod. Sci.*, 76, 171-179.
- 8) 石橋 晃監修 (2001) .新編動物試験法, 養賢堂, 東京, 455-491.
- 9) Jonker, J. S., Kohn, R. A., Erdman, R. A. (1998) . Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cattle, *J. Dairy Sci.*, 81, 2533-2539.
- 10) Kauffman, A. J. and St.Pierre, N. (2001) . The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in Holstein and Jersey cows, *J. Dairy Sci.*, 84, 2284-2294.
- 11) Kohn, R. A., Kalscheur, K. F. and Russek-Cohen, E. (2002) . Evaluation of models to estimate urinary nitrogen and expected milk urea nitrogen, *J. Dairy Sci.*, 85, 227-233.
- 12) Krober, T. F., Kulling, D. R., Menzi, H., Sutter, F. and Kreuzer, M. (2000) . Quantitative effects of feed protein reduction and methionine on nitrogen use by cows and nitrogen emission from slurry, *J. Dairy Sci.*, 83, 2941-2951.
- 13) Mackie, R.I., Stroot, P.G and Varel, V.H. (1998) . Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste, *J. Anim. Sci.*, 76, 1331-1342.
- 14) 松本光人・佐藤 博・渡辺 彰・常石栄作・花坂昭吾・甫立孝一 (1995) .血漿アラントイン濃度の測定法の改良, 畜産研究成果情報, 9, 27-28.
- 15) Midwest Plan Service (1975) . Livestock waste facilities handbook MWPS-018, Iowa State University, 94.
- 16) National Research Council (2001) . Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed., Natl. Acad. Press, Washington, D.C., 55-58.
- 17) 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1999) . 日本飼養標準 乳牛, 中央畜産会, 東京.
- 18) 農林水産省生産局畜産部畜産企画課畜産環境対策室 (2002) . 畜産経営に起因する苦情発生状況.
- 19) 扇 勉・峰崎康裕・西村和行・糟谷広高 (1998) . 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.
- 20) 応用統計ハンドブック編集委員会編 (1980) . 応用統計ハンドブック, 養賢堂, 東京, 194-317.
- 21) 長田 隆 (2001) . 家畜排泄物からの環境負荷ガスの発生について, *Anim. Sci. J.* 72, J167-J176.
- 22) Purnomoadi, A., Higuchi K., Nomachi T., Fukumoto Y., Nonaka I., Enishi O. and Terada F. (2002) . Changes in microbial nitrogen synthesis in the rumen of lactating Holstein cows by exposure to hot condition, *Bull. Natl. Inst. Livest. Grassl. Sci.*, 1, 27-34.
- 23) 斉藤 守 (2001) . ニワトリおよびブタからの環境負荷物質の低減化に関する栄養飼料学的研究の動向, *Anim. Sci. J.* 72, J177-J199.
- 24) SAS インスティテュートジャパン (1990) . SAS/STATユーザーズガイド, Release 6.03 ed. SAS出版局, 東京.
- 25) Seedorf, J., Hartung, J., Schroder, M., Linkert, K.H., Pedersen, S., Takai, H., Johnsen, J.O., Metz, J.H.M., Groot Koerkamp, P.W.G., Uenk, G.H., Phillips, V.R.,

- Holden, M.R., Sneath, R.W., Short, J.L., White, R.P. and Wathes, C.M. (1998) . A survey of ventilation rates in livestock buildings in northern Europe, *J. agric. Engng. Res.*, 70, 39-47.
- 26) Smits, M.C.J., Valk H Elzing, A. and Keen A. (1995) . Effect of protein nutrition on ammonia emission from a cubicle house for dairy cattle, *Livest. Prod. Sci.*, 44, 147-156.
- 27) Sutton, A.L., Kephart, K.B., Verstegen, M.W.A., Canh, T.T. and Hobbs, P.J. (1999) . Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification, *J. Anim. Sci.*, 77, 430-439.
- 28) 寺田文典・栗原光規・西田武弘・塩谷 繁 (1997). 泌乳牛における窒素排泄量の推定, *日本畜産学会報*, 68, 163-168.
- 29) 上田宏一郎 (1997) . 高泌乳牛における代謝エネルギー測定データの蓄積を目指して, *畜産技術*, 509, 17-19.
- 30) Wilkerson, V. A., Mertens, D. R. and Casper, D. P. (1997) . Prediction of excretion of manure and nitrogen by Holstein dairy cattle, *J. Dairy Sci.*, 80, 3193-3204.
- 31) 代永道裕 (1997). 悪臭の基礎知識. 家畜ふん尿処理利用の手引き, 畜産環境整備機構, 東京, 75-96.

## Effect of Dietary Crude Protein Contents on Lactation Performance, Nitrogen Excretion and Nitrogen Emission from Manure in Cows

Koichi SAITOH<sup>1)</sup>, Tomoyuki KAWASHIMA<sup>2)</sup>, Tokushi KOMATSU<sup>2)</sup>,  
Daiichirou FUCHIMOTO<sup>2)</sup>, Ryosuke SAKUMOTO<sup>2)</sup>, Akifumi OGINO<sup>2)</sup>,  
Kazutaka KURODA<sup>3)</sup>, Itoko NONAKA, Osamu ENISHI, Naozumi TAKUSARI,  
Agung Prunomoadi, Kouji HIGUCHI, Fuminori TERADA

Department of Animal Physiology and Nutrition

<sup>1)</sup> Chiba Prefectural Livestock Research Center

<sup>2)</sup> Department of Research Planning and Coordination

<sup>3)</sup> Department of Livestock Industry Environment

### Summary

In order to clarify the effect of dietary crude protein (CP) contents on lactation performance, nitrogen balances, and nitrogen emission from manure, nine balance trials were conducted using four primiparous Holstein cows. Experimental design was followed L9-orthogonal table method, which treated animals and CP contents as factors. The results obtained were as follows; 1) There was no effect of CP contents on lactation performance. However, nitrogen excretion in urine (UN), milk urea nitrogen (MUN) and plasma urea nitrogen (BUN) increased as dietary CP contents increased. 2) The relationship between UN (g/day) and CP contents (%), MUN (mg/dl) or BUN (mg/dl) was  $UN = 22.0 CP - 208.9$  ( $r^2 = 0.84$ ),  $UN = 16.2 MUN - 77.5$  ( $r^2 = 0.78$ ),  $UN = 8.8 BUN + 18.6$  ( $r^2 = 0.77$ ), respectively. 3) Nitrogen emission from manure tended to increase as CP content increased. In conclusion, the reducing dietary CP content in cows is a way to reduce nitrogen excretion and nitrogen emission without the suppression of productivities of lactating cows.

**Key words:** Dairy cattle, Odor, Ammonia, Nitrogen balance, Manure