

コーンサイレージ使用時における飼料構成と乳中尿素態窒素量 および乳蛋白質率の関連性

生田健太郎*

要 約

乳中尿素態窒素量 (以下MUNと呼ぶ) と乳蛋白質率を指標とした乳牛の栄養評価法を確立するため、泌乳牛24頭を供試し、毎月1回、計6回にわたりMUNと乳蛋白質率を測定するとともに個体ごとの飼料給与状況を調査した。

- 1 MUNとの間に有意な相関が認められた給与飼料に関する項目は、乾物体重比、粗飼料割合、DMおよびTDNの充足率、CP%、TDN%、TDN/CP、UIP%であった。同じく、乳蛋白質率では乾物体重比、粗飼料割合、CP%、TDN%、TDN/CP、UIP%であった。
- 2 MUN及び乳蛋白質率と飼料中の養分含量 (CP%, TDN%) から以下の重回帰式が得られた。

$$\text{MUN} = -33.132 + 0.827\text{CP}\% + 0.459\text{TDN}\% \quad (R^2 = 0.501, p < 0.005)$$

$$\text{乳蛋白質率} = 7.115 - 0.064\text{CP}\% - 0.043\text{TDN}\% \quad (R^2 = 0.547, p < 0.005)$$
- 3 給与飼料の栄養評価表を作成するため、延べ100頭の調査記録からTDN/CPが3.9~5.3で、TDN充足率が100~120%のものを抽出した。それらのMUNと乳蛋白質率の平均±標準偏差を臨界値としたところ、MUNでは下限が7.8mg/dl、上限が17.0mg/dlとなり、乳蛋白質率では下限が2.73%、上限が3.32%となった。

Relationship between Supplementary Feedstuff Composition and Urea Nitrogen or Protein Contents in Milk of Dairy Cows Fed Corn Silage as a Basal Diet.

Kentarou IKUTA

Summary

The experiment was conducted to evaluate nutritional values of feedstuffs by using milk urea nitrogen (MUN) and milk protein concentration as indicators. Using 24 cows, MUN, milk protein concentration and the amount of supplementary feedstuffs were measured over 6 months at monthly intervals.

- (1) Significant correlations were observed between MUN and the following measurements : DM intake per body weight ; forage percent in feedstuffs ; DM requirement ; TDN requirement ; CP% ; TDN% ; TDN/CP ratio ; and UIP% in feedstuffs.
- (2) Based on the results presented above, the following multiple regression equations were obtained :

$$\text{MUN} = -33.132 + 0.827\text{CP}\% + 0.459\text{TDN}\% \quad (R^2 = 0.501, p < 0.005)$$

$$\text{Milk protein concentration} = 7.115 - 0.064\text{CP}\% - 0.043\text{TDN}\% \quad (R^2 = 0.547, p < 0.005)$$
- (3) To evaluate supplementary feedstuffs using MUN and milk protein concentration, records with TDN/CP ratio between 3.9 and 5.3 and TDN requirements between 100% to 120% were chosen from 100 records. Using the data, both upper and lower limits were estimated : those for MUN were 17.0 and 7.8mg/dl respectively, and for milk protein concentration were 3.32 and 2.73%, respectively.

キーワード：乳牛、乳中尿素態窒素、乳蛋白質率、栄養評価、コーンサイレージ

緒 言

乳中尿素態窒素量(以下MUNと呼ぶ)と乳蛋白質率の変動は、ルーメン内のエネルギー量と蛋白質量の相互作用を重要な因子としており、その値は泌乳期、乳量、搾乳時間、生体重、飼養方法、乳房炎、産次数などに影響されるが、同一の飼養条件下では乳牛の個体差を考慮に入れても一定の幅をもって推移するといわれている³⁾。

前報告²⁾でも述べたように、最新型の乳成分分析装置では一般乳成分と同時にMUNの測定が可能となったことから、欧米ではすでにMUNと乳蛋白質率を指標とした乳牛の栄養評価が実用段階にある^{3, 9, 10, 12, 16)}。国内では北海道において検討されているが、MUNや血中尿素態窒素量(以下BUNと呼ぶ)には地域差がみられることから、気候、飼養形態、飼料基盤の異なる地域ではその指標値も異なるといわれている^{14, 15)}。

そこで本報告では、本県におけるMUNと乳蛋白質率を指標とした栄養評価法の確立を目的とし、自給粗飼料としてコーンサイレージを使った分離給与体系での飼料構成とMUNおよび乳蛋白質率の関係について検討した。

材料及び方法

1 供試牛

県立淡路農業技術センターで繋養するホルスタイン種雌牛24頭を供試した。これら供試牛の産歴と調査期間中に該当した各泌乳期ごとの延べ頭数を示した(Table 1)。

2 飼養管理状況

供試牛は対尻式パイプストール牛舎に繋養し、8時30分と16時に給餌と搾乳を行った。

粗飼料はコーンサイレージ(Table 2)にビートパルプ、ヘイキューブ、チモシー乾草、ルーサン乾草、イタリアン乾草、エンバク乾草を組み合わせた。濃厚飼料は市販の配合飼料(DM87.5%, CP14.9%, TDN74.0%)を主体とし、必要に応じ補助飼料として綿実、大豆粕、

Table 1. Calving number and lactational stages of cows in this study.

Calving number	Lactational stages			Total
	Early (0~100)	Mid (101~200)	Late (201~)	
1	5 head	11	8	24
2	11	14	14	39
3	5	3	1	9
4	8	3	1	12
5	9	5	2	16
Total	38	36	26	100

(): Days of postpartum

Table 2. Cultivating year and chemical composition of corn silage.

Variety	Pioneer3 358	NS-68
Sow	'95. 4.19	'95. 6. 2
Harvest	'95. 8. 8	'95. 8.30
Harvest stage	Mature	Mature
Chemical composition*		
DM (%)		35
CP (% DM)		8
TDN (% DM)		70
EE (% DM)		3
NFE (% DM)		68
Fi (% DM)		17
Ash (% DM)		4
DCP (% DM)		5

* Analyzed by near infrared reflectance spectroscopy

エネルギーサプリメント(DM86.5%, CP20.0%, TDN 85.0%)を添加した。

上記の飼料は分離方式で給与し、給与量は日本飼養標準¹⁾の養分要求量に基づく基本設計を目安に各個体のBody Condition Score、採食量、分娩後日数、妊否によって適宜増減した。

3 調査期間および調査項目

調査は1995年11月と1996年1月から5月まで毎月1回、合計6回実施し、この間に得られた延べ100頭の記録を統計処理した。

乳汁は朝夕の搾乳時にミルクメーター(TRU-TEST)から採取し、乳蛋白質率とMUNを調査した。乳蛋白質率は近赤外分析装置(Milko-Scan 133B)で測定し、朝夕の乳量によって日平均に換算した。MUNは朝の搾乳時の乳汁を用いて、血液自動分析システム(フジドライケム)で測定した。

飼料計算のために体重、日乳量、飼料構成と給与量を毎回個体別に調査した。これらから、体重に対する乾物給与量割合(以下乾物体重比と呼ぶ)、粗飼料割合、乾物(以下DMと呼ぶ)充足率、粗蛋白質(以下CPと呼ぶ)充足率、可消化養分総量(以下TDNと呼ぶ)充足率、乾物中のCPとTDNの割合(以下それぞれCP%, TDN%と呼ぶ)、栄養比(以下TDN/CPと呼ぶ)、CP中の非分解性蛋白質割合(以下UIP%と呼ぶ)を算出した。なお、調査日に疾病等で残飼の著しく多い個体は対象から除外した。

結 果

1 飼料構成とMUNおよび乳蛋白質率との関係

調査した延べ100頭における飼料給与量と養分含量の

Table 3. Amounts of supplemented feds, nutrient contents and correlation to MUN or milk protein.

Items	Minimum	Maximum	Mean (n=100)	±SD	r ¹⁾ (MUN)	r ¹⁾ (Milk protein)
Dry matter (DM) per body weight (%)	2.15	4.79	3.33	0.57	-0.404**	-0.598**
Forage percent (%)	47.8	78.0	64.5	8.0	-0.708**	0.768**
DM requirement ²⁾ (%)	79.6	145.2	112.3	11.1	-0.223*	-0.050
CP requirement ²⁾ (%)	60.5	144.2	104.2	14.5	-0.108	-0.106
TDN requirement ²⁾ (%)	63.3	149.1	107.5	13.2	-0.356**	0.128
CP% (% DM)	10.6	16.9	13.2	1.7	0.691**	-0.718**
TDN% (% DM)	64.9	74.8	69.5	3.0	0.690**	-0.724**
TDN/CP	4.46	6.24	5.34	0.48	-0.619**	0.652**
UIP% (% CP)	31.3	35.7	33.3	1.14	0.617**	-0.604**

1) Correlation coefficient, * : p<0.05, ** : p<0.01

2) from "Japanese Feedig Standard for Dairy Cattle (1994)"

Table 4. Basal statistics of MUN and milk protein concentration (M. pro) and correlation to milk yield.

n=100	Range	Mean	±SD	r ¹⁾
MUN (mg/dl)	3.9~21.4	9.7	3.8	0.750**
M. pro (%)	2.50~3.97	3.25	0.32	-0.735**

1) Correlation coefficient, ** : p<0.01

最小値, 最大値, 平均値, 標準偏差およびMUN, 乳蛋白質率との相関係数を示した (Table 3).

乾物体重比とDM, CP, TDNの各充足率は, 最小値と最大値にかなりの差があったが, 平均値は乾物体重比で3.33%, 充足率で104.2~112.3%と標準的な値であった. 粗飼料割合と各養分含量 (CP%, TDN%, TDN/CP, UIP%) はCP%の最小値がやや低かったほかは, 各泌乳期ごとの推奨値の範囲内であった. MUNとの相関はCP充足率以外の項目で有意であった. また, 乳蛋

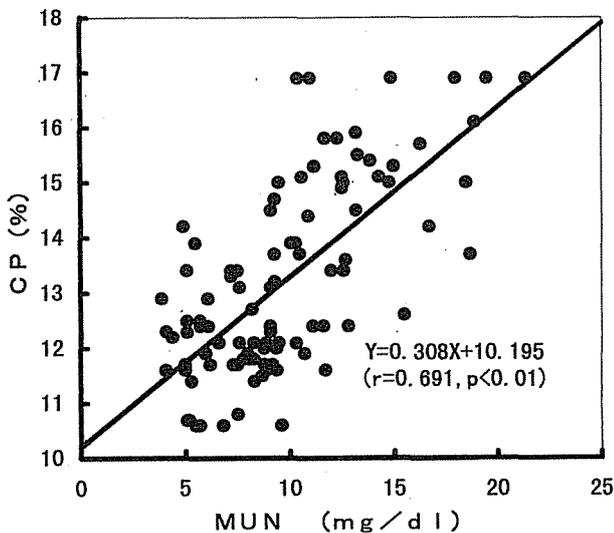


Fig. 1 Relationship between MUN and CP%

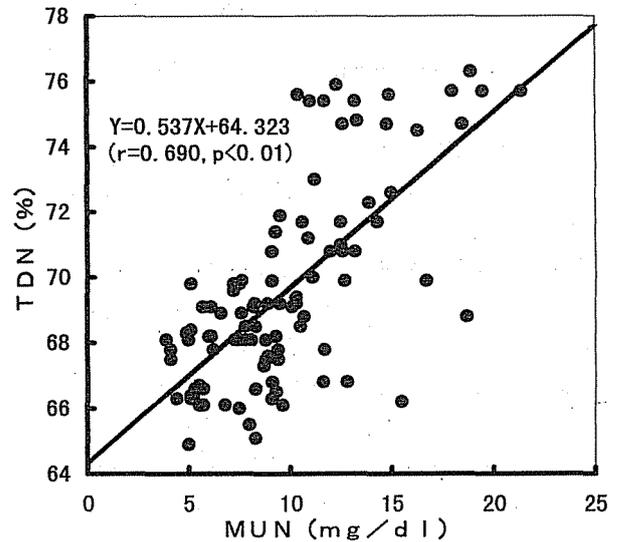


Fig. 2 Relationship between MUN and TDN%

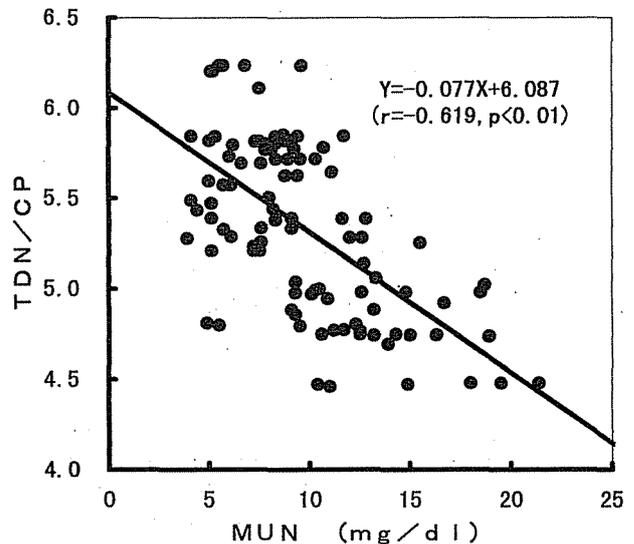


Fig. 3 Relationship between MUN and TDN/CP.

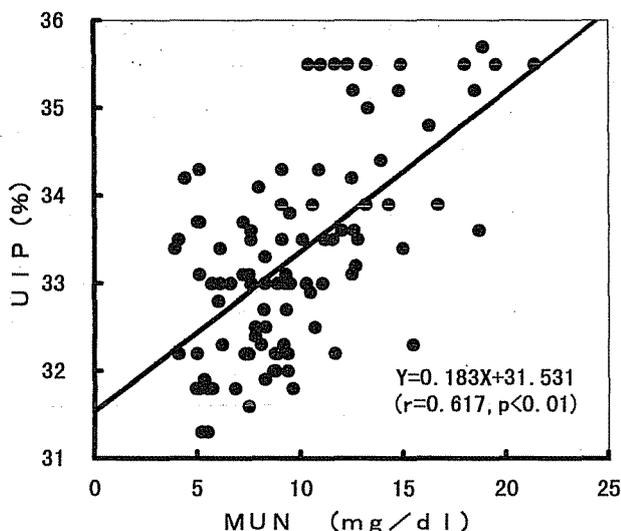


Fig. 4 Relationship between MUN and UIP%

白質率との相関は各充足率以外の項目で有意であった。

各養分含量とMUNとの散布図とその回帰直線を示した(Fig. 1~4)。

2 MUNと乳蛋白質率の関係および影響要因

MUNは3.9~21.4mg/dlの範囲にあり、その平均は9.7mg/dl、乳量との間に相関係数0.750の有意な正の相関が認められた。一方、乳蛋白質率は2.50~3.97%の範囲にあり、その平均は3.25%、乳量との間に相関係数-0.735の有意な負の相関が認められた(Table 4)。また、MUNと乳蛋白質率の間には相関係数-0.686の有意な負の相関が認められ、その回帰式は $Y = -0.056X + 3.800$ であった(Fig. 5)。

MUNまたは乳蛋白質率を目的変数、CP%とTDN%を説明変数とした場合、以下の重回帰式が得られた。

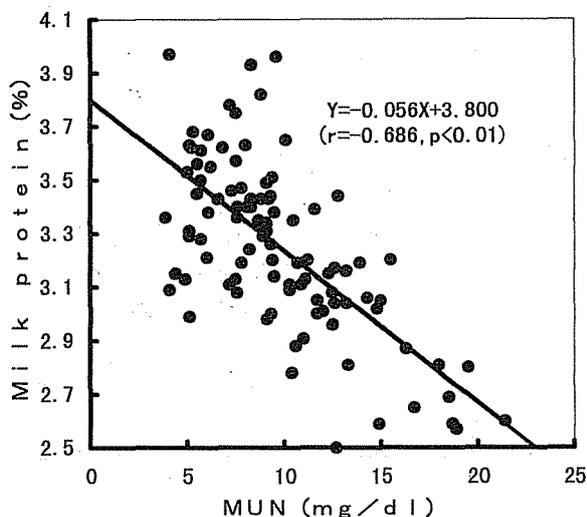


Fig. 5 Relationship between MUN and milk protein.

$$\text{MUN} = -33.132 + 0.827\text{CP}\% + 0.459\text{TDN}\%$$

$$(R^2 = 0.501, p < 0.005)$$

$$\text{乳蛋白質率} = 7.115 - 0.064\text{CP}\% - 0.043\text{TDN}\%$$

$$(R^2 = 0.547, p < 0.005)$$

3 MUNと乳蛋白質率の臨界値

TDN/CPの適正範囲を各飼養標準^{7, 8, 11)}が提示する泌乳期ごとの推奨値に基づいて計算した。その結果、適正範囲内に該当するTDN/CPの値は3.9~5.3であった(Table 5)。

次に調査記録からTDN/CPが3.9~5.3のものを抽出したところ47検体が該当し、これらのMUNと乳蛋白質率の平均±標準偏差を臨界値とするとMUNでは下限が7.9mg/dl、上限が16.1mg/dlとなり、乳蛋白質率では下限が2.76%、上限が3.35%となった。さらに、この47検体のうちからTDNの充足率が100~120%の条件で抽

Table 5. Matrix of TDN/CP ratio within recommendation value of some feeding standards.

	CP 13	14	15	16	17	18
TDN						
63	4.8	4.5	4.2	3.9		
64	4.9	4.6	4.3	4.0		
65	5.0	4.6	4.3	4.1		
66	5.1	4.7	4.4	4.1		
67	5.2	4.8	4.5	4.2	3.9	
68	5.2	4.9	4.5	4.3	4.0	
69	5.3	4.9	4.6	4.3	4.1	
70			4.7	4.4	4.1	
71			4.7	4.4	4.2	
72			4.8	4.5	4.2	
73					4.3	4.1
74					4.4	4.1
75					4.4	4.2

Table 6. The optimum range of MUN and milk protein concentration(M.pro) for keeping nutrient balance.

extract		Mean	SD	Range ¹⁾
TDN/CP ²⁾	MUN (mg/dl)	12.0	4.1	7.9~16.1
	M. pro (%)	3.05	0.29	2.76~3.35
TDN/CP ²⁾ +TDN REQ ³⁾	MUN (mg/dl)	12.4	4.6	7.8~17.0
	M. pro (%)	3.03	0.30	2.73~3.32

1) Mean-SD~Mean+SD

2) 3.9~5.3

3) TDN requirement (100~120%)

Table 7. Evaluation of dietary balance by milk protein (M. pro) percent and MUN.

M. pro (%)	MUN (mg/dl)	CP%	TDN%
<2.73	<7.8	Low	Low
	7.8~17.0		Low
	>17.0	Excess	Low
2.73 ~ 3.32	<7.8	Low	
	7.8~17.0	Balanced	
	>17.0	Excess	
>3.32	<7.8	Low	Excess
	7.8~17.0		Excess
	>17.0	Excess	Excess

出した19検体によって、同様に計算したところ、MUNでは下限が7.8mg/dl、上限が17.0mg/dlとなり、乳蛋白質率では下限が2.73%、上限が3.32%となった (Table 6)。

最後にTDN/CPとTDN充足率の2条件で抽出して求めたMUNと乳蛋白質率の臨界値を文献^{3, 10, 12)}にある栄養バランスの判定表に当てはめた (Table 7)。

考 察

乾物体重比とDM, CP, TDNの各充足率の最大値と最小値に大きな差があったのは、対象牛の中に分娩直後の増給期の個体、削瘦のため意識的に濃厚飼料の給与量を増やした個体、摂取量が少なく必要量を給与できなかった個体が含まれていたためである。しかし、このような個体記録は少数であり、全体的には給与量、養分含量ともに日本飼養標準に沿った給与状況であった。

一般の飼料設計では、乳量が増加すれば乾物体重比も増加するが、摂取可能な範囲内で養分要求量を満たす必要から、高泌乳時の飼料ほど粗飼料割合が減少し、養分含量が高くなる。また、乳量の増加に摂取量が追いつかない場合は充足率が減少する。MUNは乳量と正の相関を示すため、乳量の増加に伴って高くなる項目 (乾物体重比, CP%, TDN%およびUIP%)とは正の相関を示し、減少する項目 (粗飼料割合, DM充足率, TDN充足率)とは負の相関を示した。一方、乳蛋白質率は乳量と負の相関を示すため、これと有意な相関の認められた項目ではすべてMUNとは逆の相関性を示した。

今回、MUNとCP充足率の相関は有意でなかったが、佐藤ら¹⁰⁾は、MUNはCP摂取量よりもCP充足率と強い関係を示したとしている。また、乳蛋白質率と各充足率の相関も有意でなかったが、扇ら¹³⁾は分娩後9週以降で正の相関を認め、佐藤ら¹⁰⁾は泌乳初期および後期ともに正の相関を示したとしている。これらの相違は、本

報告では充足率を給与量から算出したのに対し、既報では乾物摂取量の実測値に基づいて算出したためと考えられる。

香川ら⁵⁾の試験では泌乳初期の高泌乳牛を用いてUIP%が37.4%と48.5%の2区で比較したところ、BUNは高バイパス区が有意に低い値を示した。UIPが増せば分解性蛋白質 (以下DIPと呼ぶ) が減少し、BUNやMUNは低下するため、理論的にはMUNとUIP%は負の相関になるとされている。しかし、今回MUNとUIP%は正の相関を示した。これは乳量の増加に対し、UIP%が31.3~35.7%と狭い範囲内での変化であったことから、UIPの増加量よりもDIPの増加量の方が相対的に多かったためと考えられる。

一般にMUNの高低はDIPの過不足と考えられがちであるが、MUNとCP充足率の相関が有意でなかったのに対し、TDN充足率とは有意な相関が認められたことから、MUNはエネルギーの影響を強く受けている。また、MUNとTDN/CPとの間に有意な負の相関が認められたことから、給与飼料中のCPに対してTDNが相対的に多ければMUNは減少し、不足すればMUNは増加するといえる。すなわち、MUNは給与された蛋白質等の窒素源とエネルギーの相対的な関係によって決定される^{15, 16, 18)}。従って、栄養評価を行う場合、MUNに加えてエネルギーの過不足を判断する基準が必要となる。乳蛋白質率は負のエネルギーバランスによって低下することが広く知られている^{1, 4, 6, 13)}。また、乳蛋白質率は給与エネルギーの充足率が100%を越えても上昇するのに対し、給与蛋白質の充足率では100%までは上昇するが、それ以上では効果はないといわれている⁴⁾。これらのことから、欧米ではMUNと乳蛋白質率による相互評価によって泌乳牛の飼料給与バランスの診断が実施されている^{3, 9, 10, 12, 16)}。

佐藤ら¹⁰⁾が関東で行った調査では、MUNは3.8~22.6 mg/dlの範囲で牧場ごとの平均が12.3±2.3~13.5±2.6 mg/dlであった。また、扇¹⁾によると北海道の浜中農協管内では15.1±3.7mg/dl (n=5,732)、十勝農協連では12.7mg/dl (n=22,025)となっており、地域的な差もみられるとしている。アメリカ北東部DHIAの成績では、1グループベースの範囲は7.0~24mg/dl (n=37,000)、標準偏差は約4.0mg/dlであった⁵⁾。これらに対し、今回測定した100検体のMUN値の範囲は佐藤らの報告と、標準偏差はアメリカ東北部DHIAの成績とほぼ一致したが平均値は既報に比べて低かった。

今回、MUNと乳蛋白質率の間には有意な負の相関が認められた。佐藤ら^{17, 18)}も同様の相関を認めている。

これは相対的なエネルギー不足によってMUNの上昇をきたすような条件では乳蛋白質率は低下することを示している。このようにMUNと乳蛋白質率はエネルギーを介して相互に関連している。さらに、MUNと乳蛋白質率はそれぞれCP%とTDN%を説明変数とした有意な重回帰式が得られたことから、飼料中の養分含量と密接に関係している。

そこで、栄養評価表を作成するため、適正なTDN/CPとTDN充足率を選択条件MUNと乳蛋白質率を抽出し、それぞれの臨界値を算出した。その結果、MUNは7.8~17.0mg/dl、乳蛋白質率は2.73~3.32%となった。これに対し、ドイツ¹²⁾では7~14mg/dlと3.30~3.38%、アメリカ^{3,10)}では12~16mg/dlと3.00~3.20%を臨界値としている。このように、臨界値は飼養形態や気候などの条件によって地域性があるため、扇^{14,15)}はMUNを8~20mg/dlと広く考え、乳蛋白質率は3.00%を境に上下に分けている。また、MUNと乳蛋白質率によって給与飼料の栄養バランスを評価する場合、乳蛋白質率は遺伝的要因や泌乳期によって大きく変動するため、個々の牛への適用よりはグループ分けされた牛群の判定に用いた方がよいとされている¹⁵⁾。

今回は給与量から算出した養分含量とMUNや乳蛋白質率との相関性を検討し、栄養評価法の確立を試みた。本来は摂取量に基づく検討が理想である。しかし、実際の農家指導では聞き取りによる給与量を基に給与診断を行うため、今回のように給与量でも有意な相関が認められたことから、本評価法は現場においても利用可能であると考えられる。また、今回の調査は冬~春にかけて行ったが、飼料摂取量や乳成分の低下する夏期での検討も今後必要である。

引用文献

- (1) Clark J. H. and C. L. Davis (1980) : Some Aspects of Feeding High Producing Dairy Cows : J. Dairy Sci. 63, 873-885
- (2) 生田健太郎 (1997) : 血液自動分析システムによる乳中尿素態窒素量測定のための諸要因の検討 : 兵庫農技研報 (畜産) 33, 54-58
- (3) 井上 茂 (1996) : 乳中尿素態窒素の存在, その生理的背景と情報利用 : 乳質改善資料 105, 35-65
- (4) 板橋久雄 (1995) : 高品質・高泌乳生産の理論と応用(2) : 家畜診療 381, 27-35
- (5) 香川裕一・生田健太郎・山口悦司・高田 修 (1996) : 飼料蛋白質のルーメンバイパス率が泌乳最盛期の乳牛の乳生産に及ぼす影響 : 兵庫農技研報 (畜産) 32, 49-52
- (6) 加藤寿次 (1990) : 高能力牛における乳蛋白質の変動と卵巣機能との関連 (1990) : 畜産の研究 44, 1397-1402
- (7) マーシャルE. マッカロー (1988) : マッカローの飼料プログラミング (ナスアグリサービス), 35-47
- (8) National Reserch Council (1988) : Nutrient Requirements of Dairy Cattle (National Academy Press, Washington, D.C.)
- (9) Nelson, A. J. (1994) : Infomation Needs of the Dairy Industry for Health and Nutrition Management : J. Dairy Sci. 77, 1984-1991
- (10) Nelson, A. J., 坂井秀敏 (訳) (1995) : 乳中尿素窒素 (MUN) 分析の実際的利用について : サイア 275, 10-16
- (11) 農林水産省農林水産技術会議事務局 (1994) : 日本飼養標準乳牛 (中央畜産会), 73-75
- (12) 小野 齊 (1994) : 欧州では牛乳中の尿素に注目 : サイア 254, 9-11
- (13) 扇 勉・上村俊一 (1991) : 乳牛における分娩前後のエネルギー水準が肝臓の脂肪沈着, 血液成分および乳蛋白質率に及ぼす影響 : 日獣会誌 44, 992-999
- (14) 扇 勉 (1995) : 乳中尿素窒素測定で乳牛の栄養診断 : デーリィマン 45 (12), 42-43
- (15) 扇 勉 (1995) : ルーメンと肝臓—とくに血中および乳中尿素態窒素 : Dairy Japan 臨時増刊 ルーメン4, 53-64
- (16) Roseler, D. K., J. D. Ferguson, C. J. Sniffen, and J. Herrema (1993) : Dietary Protein Degradability Effect on Plasma and Milk Urea Nitrogen and Nonprotein Nitrogen in Holstein Cows : J. Dairy Sci. 76, 525-534
- (17) 佐藤 博 (1991) : 乳牛における乳脂率および乳蛋白質率と血漿成分の関係 : 日畜会報 62 (10), 996-999
- (18) 佐藤 博・花坂昭吾・松本光人 (1992) : 乳牛における血漿成分, 栄養摂取, 牛乳窒素, 乳脂率および乳蛋白質率の関係 : 日畜会報 63 (10), 1075-1080
- (19) 佐藤 博・西口靖彦・加藤寿次 (1996) : 牛乳の尿素濃度と受胎成績の関係 : 日畜会報 67 (1), 58-63