

# 高泌乳牛の精密栄養管理技術の開発

藤田大輔、高柳晃治<sup>1)</sup>、館野綾音、室井章一

<sup>1)</sup>現 那須農業振興事務所

## 要 約

乳中尿素窒素 (MUN) は泌乳牛へ給与された蛋白質 (CP) と非繊維性炭水化物 (NFC) とのバランスを示す指標として有用である。また、高泌乳牛にトウモロコシサイレージを用いた低蛋白 TMR (粗蛋白質含量 14%) を給与した場合、泌乳初期において低い MUN 値を示すが、乳生産に影響を及ぼさず、さらに飼料コストの低減が可能である。

## 目 的

乳用牛の第一胃内での蛋白質合成を効率的に行うためには蛋白質 (CP) と非繊維性炭水化物 (NFC) のバランスが重要である。<sup>1)</sup>

近年、この CP と NFC のバランスの指標として乳中尿素窒素 (MUN) が用いられるようになり、特に牛群検定実施農家であれば個体毎の乳成分の一項目として MUN 値を知ることができるようになった<sup>2)</sup>。

そこで、この MUN 値を、酪農家自らが給与飼料のチェックをする一手段として活用することを目的に、給与サイレージを変更した際の MUN の変動の調査、MUN と血液成分との関連の調査等を実施した。

また、これまでの研究で、泌乳最盛期に給与する乾物中の CP 含量が日本飼養標準等で示されている推奨値よりも低い 14% 程度の低蛋白 TMR でも、優れた泌乳成績と糞尿中の窒素排泄量の低減とを両立できることが知られている。<sup>3)4)</sup> しかし、この知見は、粗飼料として購入チモシー乾草のみを用いたものである。

そこで本研究では、高収量かつ高エネルギー含量であり、本県の飼料作物として重要な位置づけである飼料用トウモロコシを活用した低蛋白 TMR が、泌乳最盛期の高泌乳牛に給与可能であるかを検討した。

最後に、近年経営規模の拡大に伴い増加しているフリーストール牛舎等群管理下における TMR にも低蛋白飼料が利用可能であるかを検討した。

## 材料及び方法

試験 1-1 給与サイレージを変更した際の MUN の変動の調査

平成 18 年 4 月～平成 19 年 1 月まで当試験場のバルク乳の MUN と乳蛋白質率を月に 4 回チェックし、給与していた主な自給粗飼料との関連を調査した。

試験 1-2 MUN と乳成分・血液成分との関連の調査

平成 18 年 5 月～8 月の間に 1 月当たり平均 7 頭の泌乳牛の採血を行い、MUN と血液成分との関連を調査した。MUN の適正範囲とされている 8.0～15.0mg/dl を基準として、データの範囲を①8.0～20.6mg/dl (全範囲)、②8.0～15.0mg/dl、③15.1mg/dl 以上の 3 範囲に分けて、MUN と乳成分、血液成分との相関係数を算出した。

試験 1-3 TDN、CP 濃度の異なる TMR を給与した際の MUN の変動調査

TDN 及び CP 濃度の異なる 3 種類の TMR (表 1) を設定し、平成 18 年 5 月 29 日～7 月 6 日まで当所繋養の泌乳中後期の経産牛 6 頭を用い、3×3 のラテン方格法で給与試験を実施した。

表1 試験飼料の設値(乾物%)と現物給与量

試験区/項目	設値		現物給与量			
	TDN	CP	チモシー乾草	配合飼料	大豆粕	圧馬コーン
対照区	71.6	14.7	8.0	16.0	-	-
高CP区	72.0	17.3	8.0	13.0	1.7	-
高TDN区	73.9	14.2	8.0	12.0	0.5	4.0

※現物給与量は、試験期間中の草物摂取量がほぼ充足する給与量

対照区は試験開始時に DMI、TDN、CP がほぼ充足される給与設計であり、高 CP 区は大豆粕を用い CP を高めた試験区、高 TDN 区は圧偏コーンで TDN を高めた試験区とした。TMR は飽食とし、乾物摂取量、乳量、乳成分、胃液性状、血液性状、尿量を測定した。

## 試験 2 飼料用トウモロコシを用いた低蛋白 TMR 給与試験

初産牛 4 頭および経産牛 8 頭の計 12 頭に試験飼料を TMR で給与する分娩後 13 週間の飼養試験を実施し、乳量、乳成分、血液性状、第一胃内容液を調査した。

乳量は搾乳時毎に計量し、乳成分は酪農業協同組合の分析センターに依頼した。血液サンプルは朝の飼料給与後の概ね 4 時間後 (13:00~14:00) に、頸静脈からヘパリンナトリウム入り真空採血管で採血し、分析にはスポットケムおよび分光光度計 (日立製作所) を用いた。第一胃内容液は採血直後に経鼻カテーテル (富士平工業) を用いて採取後、ガラス電極 pH メーターで pH の測定、ガスクロマトグラフ (島津製作所) で VFA の測定、分光光度計 (日立製作所) でアンモニア態窒素を測定した。

試験区はトウモロコシサイレージを用い、かつ CP が 14% となる低 CP 区 (初産牛 4 頭、経産牛 4 頭)、対照区はトウモロコシサイレージを用いず、粗飼料が輸入乾草のみで CP が 16% となる区 (経産牛 4 頭) とした (表 2)。

表 2 供試飼料の成分含量および混合割合 (乾物中%)

成分・飼料 \ 試験区	対照	低 CP
TDN	76.5	76.3
<b>CP</b>	<b>16.7</b>	<b>14.0</b>
CPd	11.1	9.6
NDF	34.4	37.1
粗脂肪	4.4	4.4
デンプン	20.5	21.1
糖、デンプン、有機酸類	35.9	42.1
<b>トウモロコシサイレージ</b>	<b>0</b>	<b>21.0</b>
チモシー乾草	26.8	10.7
アルファルファミール	8.4	0
蒸煮圧片トウモロコシ	12.0	11.2
加熱圧片大麦	21.0	12.1
綿実	7.1	8.4
ビートパルプ	5.6	14.9
大豆粕	8.9	3.9
ふすま	0	5.2
その他	10.2	12.6
計	100	100

注) 成分は設計値

## 試験 3 フリーストール牛舎における群管理下での低蛋白 TMR の給与実証試験

(1) 30 頭規模のフリーストール牛群において、同一産次、同一乳期の個体を 4 頭選択し、2 頭を低蛋白区、2 頭を対照区とした。TMR は両区とも共通で、対照区には、群内に設置した自動給餌機 (DeLaval 製フィードステーション) を用いサプリメント飼料を給与することで濃度を調整した (低蛋白区; CP14.5%, TDN72% 対照区; CP15.9%, TDN73% (乾物))。以上の条件で平成 22 年 10 月から 11 月にかけて飼養し、乳量、乳成分、血液成分を調査した。

(2) 30 頭規模のフリーストール牛群において、1 種類の TMR (CP14.9%, TDN72% (乾物)) を平成 22 年 2 月から 5 月にかけて給与し、得られた各個体のデータ (血液成分、牛群検定成績) を、日本飼養標準 (2006 年版) に基づき、各個体の産次、日乳量、体重、分娩後週次から算出した CP 要求量と比較検討した。

## 結果及び考察

### 試験 1-1 給与サイレージを変更した際の MUN の変動の調査

給与したサイレージと、MUN の関連について図 1 に示した。

主な給与サイレージが TDN 濃度の低いエンバク、イタリアンライグラスの時には MUN はそれぞれ平均で 16.7mg/dl、14.8mg/dl であり、TDN 濃度の高いトウモロコシの給与時よりも高い値を示した。また、同じトウモロコシでも平成 17 年度産 (前年産) は 14.4mg/dl、平成 18 年度産 (当年度産) は 11.9mg/dl であり、H17 年産では MUN 値が高くなった。乳蛋白質率は平成 18 年産トウモロコシの給与に伴い、数値が大きく向上した。

### 試験 1-2 MUN と乳成分・血液成分との関連の調査

MUN と乳成分との相関係数を表 3 に示した。①8.0~20.6mg/dl、②8.0~15.0mg/dl では乳蛋白質率と有意な相関があり、③15.1mg/dl 以上ではどの成分とも相関は得られなかった。

同様に MUN と血液成分との相関係数を表 4 に示した。①8.0~20.6mg/dl では BUN と正の相関 ( $P<0.01$ )、GOT と負の相関 ( $P<0.01$ ) が生じた。②8.0~15.0mg/dl では全ての調査項目で相関が生じることはなく、③15.1mg/dl 以上では GLU と負の相関が生じた ( $P<0.05$ )。

試験1-3 TDN、CP濃度の異なるTMRを給与した際のMUNの変動調査

採食成績、泌乳成績および尿量(表5)は全ての項目で試験区間に有意な差は認められなかった。

MUNは対照区12.6mg/dl、高CP区19.6mg/dl、高TDN区10.1mg/dlであり、給与飼料の設計値がTDN72%、CP17.3%の高CPでは一般的なMUNの推奨値(8.0~15.0mg/dl)を上回っていた。また、高CP区の1日の尿量は22.2kgであり、他試

験区の16kgよりも高い数値となった。これらの結果から、MUNが適正よりも高い値を示している場合、蛋白質飼料が無駄になるだけでなく、尿量の増加が排泄物処理の負担になる可能性が示唆された。

血液性状(表6)ではGOT(P<0.05)とAlb(P<0.01)で対照区と高CP区との間に有意差が生じた。また、胃液性状では各項目に有意な差は認められなかった。(表7)。

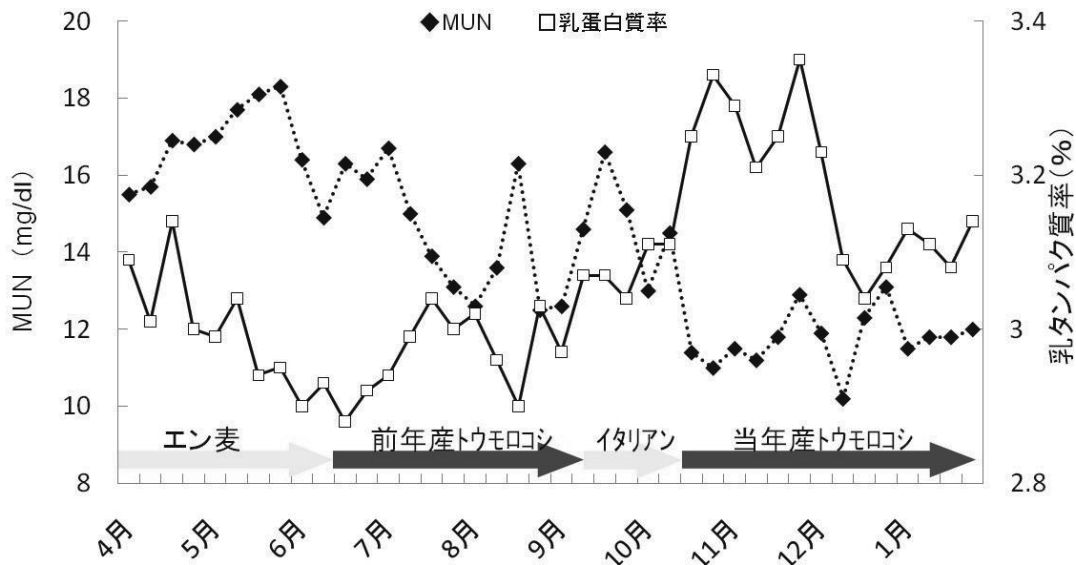


図1 粗飼料の変更によるバルク乳MUN値の推移

表3 MUNと乳成分の相関係数

MUN範囲(mg/dl)	乳脂肪率	乳蛋白質率	乳糖率	無脂固形分率	n
8.0~20.6	-0.264	-0.626 **	0.042	-0.304	26
8.0~15.0	-0.213	-0.616 *	-0.185	-0.101	13
15.1以上	-0.210	-0.388	-0.273	0.213	13

\*: p < 0.05 \*\* : p < 0.01

表4 MUNと血液成分の相関係数

MUN範囲(mg/dl)	GLU	T-Cho	BUN	GOT	GPT	TP2	Alb	Ca	LDH
8.0~20.6	-0.105	0.117	0.483 **	-0.368 **	0.168	0.144	-0.082	-0.087	-0.169
8.0~15.0	0.195	-0.023	0.254	-0.139	-0.082	-0.035	0.165	0.011	-0.175
15.1以上	-0.383 *	-0.096	0.367	-0.138	0.029	-0.061	-0.226	-0.194	0.115

\*: p < 0.05 \*\* : p < 0.01

表5 採食成績、泌乳成績及び尿量

項目/試験区	対照区	高CP区	高TDN区
DMI (kg)	24.6	24.2	24.4
体重 (kg)	599	588	597
DMI /W	2.75	2.75	2.73
日乳量 (kg)	29.6	30.1	30.3
乳脂肪率 (%)	3.90	3.87	3.77
乳蛋白質率 (%)	3.11	3.11	3.11
乳糖率 (%)	4.50	4.54	4.51
無脂固形分率 (%)	8.62	8.65	8.62
MUN (mg/dl)	12.56	19.59	10.07
尿量 (kg)	16.1	22.2	16.2

表6 血液性状

項目/試験区	対照区	高CP区	高TDN区
ヘマトクリット値 (%)	32.2	30.8	30.7
血漿蛋白質 (%)	7.8	7.7	7.4
グルコース (mg/dl)	61.2	63.0	66.0
総コレステロール (mg/dl)	245.2	215.0	228.0
BUN (mg/dl)	15.8	21.2	11.8
総ビリルビン (mg/dl)	0.28	0.25	0.22
GOT (IU/L)	85.3 a	75.7 b	82.2
GPT (IU/L)	30.5	23.8	27.5
TP2 (g/dl)	7.7	6.9	7.3
Alb (g/dl)	3.9 A	3.5 B	3.7
Ca (mg/dl)	12.9	11.9	12.7
LDH (IU/L)	1,996.7	1,802.8	1,925.2

AB: p < 0.01      ab: p < 0.05

表7 胃液性状

項目/試験区	対照区	高CP区	高TDN区
pH	6.74	6.85	6.78
酢酸 (mmol/dl)	5.48	5.31	5.35
プロピオン酸 (mmol/dl)	1.63	1.56	1.55
酪酸 (mmol/dl)	1.25	1.25	1.09
総VFA (mmol/dl)	8.62	8.41	8.24
A/P比	3.40	3.51	3.50

試験 2 飼料用トウモロコシを用いた低蛋白 TMR 給与試験

1 乾物摂取量、増体等

乾物摂取量、増体等について表 8 に示した。乾物摂取量は 3 区間に有意な差が認められたが、乾物摂取量/体重比では、低 CP (経産) 区と対照区間に有意な差は認められなかった。また、試験期間中の増体指数 (分娩後 1 週次の体重を 100 とし、その後の体重の推移を示したもの) には全期間を通して 3 区間に有意差は認められず (図 2)、低 CP による増体への影響は無かったと思われる。

2 産乳成績

産乳成績について表 9 に示した。乳量は低 CP (経産) 区と対照区間に試験期間を通して有意な差は認められなかった (図 3)。

一方、MUN は試験全期間を通して低 CP 区が初産、経産ともに対照区より有意に低い値で推移した (図 4)。このことから、低 CP 飼料により、乳生産に影響を及ぼさずに、乳中への尿素態窒素の排泄量が大幅に低減されることが示された。

3 血液および胃液性状

血液性状について表 10 に示した。有意な差が認められたのは BUN のみで、低 CP 区が経産、初産ともに、対照区よりも低値を示した。

遊離脂肪酸 (NEFA)、GOT、GPT、GGT については各区間に有意差は認められず、体脂肪の動員、それに伴う肝機能障害などへの影響は見られなかった。

胃液性状についても表 11 に示した。有意な差が認められたのはアンモニア態窒素のみで、低 CP 区が経産、初産ともに、対照区よりも低値を示した。

4 生産費

乾物摂取量、飼料費及び乳代金から乳飼比を算出し表 12 に示した。乳飼比は、低 CP 区が経産、初産ともに、対照区よりも低値を示した。このことから低 CP 飼料により、より低コストで乳生産が可能であることが示された。

表 8 増体等

項目 \ 試験区	対照 (経産)	低 CP	
		経産	初産
乾物摂取量(kg/d)	25.0 a	22.0 b	18.5 c
体重(kg)	601 a	577	534 b
増体指数 (%)	106.6	103.7	104.4
乾物摂取量/体重 (%)	4.16 a	3.83	3.46 b

異符号間に有意差あり (a,b:P<0.05)

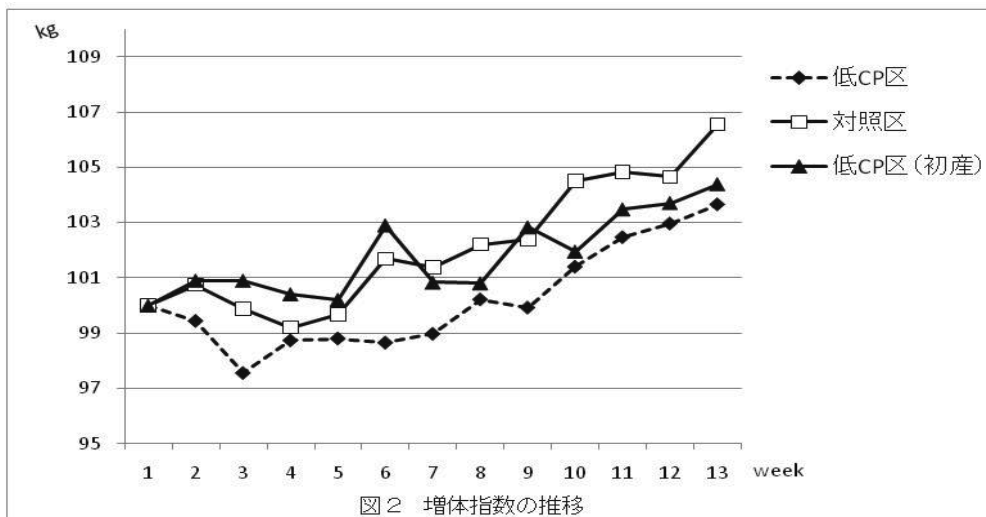


図 2 増体指数の推移

表9 産乳成績等

項目 \ 試験区	対照 (経産)	低CP	
		経産	初産
乳量 (kg/d)	41.7 A	41.5 A	34.3 B
乳脂率 (%)	3.74 a	4.26 b	4.09
乳蛋白質率 (%)	3.09	3.06	3.18
乳糖率 (%)	4.51	4.46	4.64
<b>MUN (mg/dl)</b>	<b>13.8 A</b>	<b>6.9 B</b>	<b>6.2 B</b>

異符号間に有意差あり (A,B:P<0.01 a,b:P<0.05)

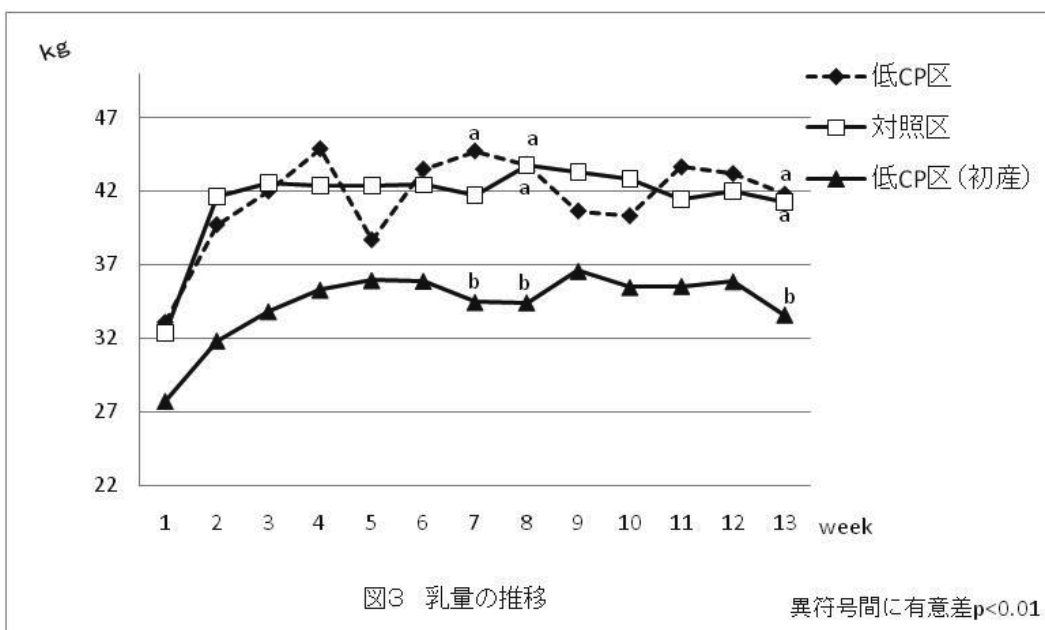


図3 乳量の推移

異符号間に有意差p<0.01

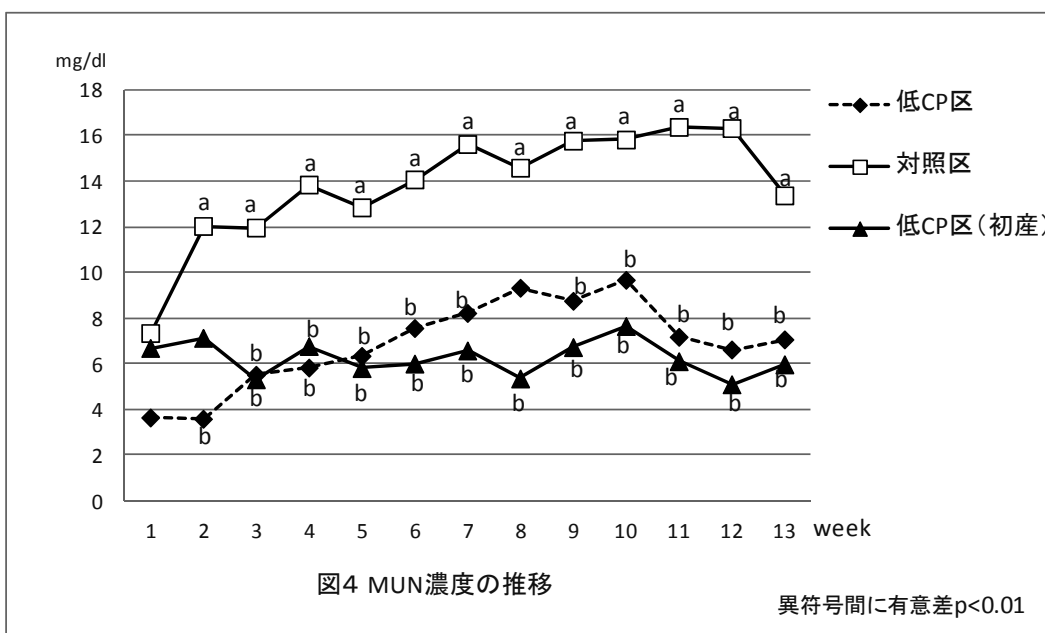


図4 MUN濃度の推移

異符号間に有意差p<0.01

表10 血液性状

項目 \ 試験区	対照 (経産)	低CP	
		経産	初産
BUN (mg/dl)	15.1 A	7.8 B	6.5 B
T-Cho (mg/dl)	177.0	178.9	157.0
GOT (IU/l)	65.0	57.0	56.4
GPT (IU/l)	17.2	15.2	16.6
GGT (IU/l)	51.4	52.9	34.1
遊離脂肪酸 ( $\mu$ Eq / l)	341.3	381.5	361.1

異符号間に有意差あり(A,B:P<0.01 a,b:P<0.05)

表11 胃液性状

項目 \ 試験区	対照 (経産)	低CP	
		経産	初産
総VFA濃度 (mmol/dl)	6.6 b	7.0 b	8.7 a
酢酸/プロピオン酸 比	2.9	2.7	2.9
アンモニア態窒素 (mg/dl)	9.8 A	5.9 B	7.4 B
総プロトゾア数 ( $\times 10^5$ /ml)	5.5	6.2	7.9

異符号間に有意差あり(A,B:P<0.01 a,b:P<0.05)

表12 生産費

項目 \ 試験区	対照 (経産)	低CP	
		経産	初産
給与飼料単価 (円/DM kg)※	65.5	54.4	
乾物摂取量 (kg/日)	25.0 a	22.0 b	18.5 c
飼料費 (円/頭/日)	1,637 A	1,194 B	1,004 C
乳代金 (円/頭/日)	3,780 A	3,778 B	3,092 B
乳飼比 (%)	43.3 A	31.7 B	32.9 B

異符号間に有意差あり(A,B:P<0.01 a,b:P<0.05)

※2008年8月時点でのメーカーからの聞き取りによる

試験3 フリーストール牛舎における群管理下での低蛋白TMRの給与実証試験

(1) 当センターの30頭規模のフリーストール牛群内の同一産次、同一乳期の個体4頭について2頭を低蛋白区、2頭を対照区として飼養した場合の乳成分、血液成分について表13に示した。

乳成分において、両区間に有意差が認められる項目はなかった。血液成分についても総蛋白(TP)、血中尿素窒素(BUN)に有意差が認められたものの、肝機能を示す項目(GOT、GPT、GGT)、繁殖成績と相関の高い項目(IGF-1)、体脂肪の動員の影響を示す項目(NEFA)に有意な差は認められなかった。

(2) 当センターの30頭規模のフリーストール牛群内の個体計16頭について、日本飼養標準(2006年版)に基づき、産次、日乳量、体重、分娩後週次から算出したCP要求量と相関がみられた項目はなかった(表14, 15)。

以上のことから、群管理、自由採食の条件下でCP含量が14%程度の低蛋白TMRを給与しても、CPの不足による乳生産や血液性状等への悪影響はなかったと考えられる。

表13 フリーストール牛群における低蛋白TMRの影響

	個体データ			乳量	乳成分					IGF-1 (ng/ml)
	産次	搾乳日数	体重		F (%)	P (%)	P/F 比	MUN (mg/dl)	SNF (%)	
低CP牛 (n=2)	2.5	79	711	44.5 <sup>A</sup>	3.52	3.20	0.91	6.0	8.72	56.1
対照牛 (n=2)	2.5	80	681	39.8 <sup>B</sup>	3.93	3.42	0.87	7.9	8.97	86.8

	血液成分										
	Ht (%)	TP (%)	Glu (mg/dl)	t-Cho (mg/dl)	BUN (mg/dl)	GOT (IU/l)	GPT (IU/l)	GGT (IU/l)	Alb (g/dl)	Ca (mg/dl)	NEFA (μEq/l)
低CP牛 (n=2)	29	8.0 <sup>A</sup>	68	200	6.5 <sup>A</sup>	43.5	21.5	39.5	3.9	11.8	155
対照牛 (n=2)	31	8.8 <sup>B</sup>	71	176	12 <sup>B</sup>	54.5	21	31.5	4.3	11.9	100

異符号間に有意差あり(A,B: p<0.01)

表14 フリーストール牛群における各個体のCP要求量および代謝プロファイル、牛群検定成績一覧

場No.	体重	乳量	搾乳日数	産次	CP要求量(g)	血液性状										牛群検定成績			
						BUN (mg/dl)	Ca (mg/dl)	Mg (mg/dl)	Ht (%)	T-Cho (mg/dl)	Glu (mg/dl)	GOT (IU/L)	GGT (IU/L)	NEFA (μEq/l)	乳脂率 (%)	乳蛋白率 (%)	MUN (mg/dl)	補正乳量	
272	541	50.7	88	5	5,348	13	11.1		34	241	45	49	65	94	4.7	3.1	12.8	12,173	
169	639	54.4	38	2	5,216	11	13.2	3.4	29	197	66	62	37	199	3.3	2.9	13.2		
268	771	49.2	189	5	4,782	8	13	2.6	34	321	54	71	81	108	3.3	3.1	10.5	14,181	
240	809	28.1	175	6	4,643	10	13.9	2.5	32	221	64	70	67	97	3.8	3.4	10.8	13,656	
277	616	47.4	168	3	4,866	18	12	2.6	33	246	46	70	67	97	3.5	2.9	11.8	13,204	
410	773	49.2	73	4	4,982	10	12.6	2.4	33	179	48	49	53	104	4.3	3.3	10.2	11,572	
242	696	42.0	15	7	4,608	8	11.4	2.9	26	79	34	78	51	213	3.8	3.3	10.9		
625	764	49.9	227	2	4,025	13	12.4	2.8	33	244	51	62	58	126	2.3	3.3	11	17,270	
539	812	42.2	244	3	4,258	17	12.1	2.7	32	195	57	55	79	94	3.2	3.3	12.1	15,672	
551	701	43.2	69	1	4,507	7	11.9	2.9	30	200	72	67	63	115	3.7	3.3	10.3	10,583	
175	594	41.8	101	1	4,074	10	13.1	2.9	29	186	59	113	95	151	3.8	2.9	7.3	12,118	
312	861	37.4	247	2	3,754	15	12.6	2.8	34	262	51	58	19	108	3.7	3.3	14.8	14,283	
165	681	36.1	258	2	3,413	19	10.9	2.8	36	188	54	90	85	112	3.1	3.6	13.3	13,775	
540	712	28.1	293	2	3,635	17	11.5	2.6	31	182	49	56	62	104	3.7	3.3	12.3	11,489	
525	768	28.9	235	4	3,406	11	11.4	2.8	36	135	48	77	47	97	5.3	4.1	11.4	9,938	
626	678	27.1	219	2	2,929	11	11.6	2.7	33	170	53	84	34	97	4	3.4	10.9	11,301	
群平均	726.7	37.7	164.9	3.2	4,278	12.4	12.2	2.8	32.2	202.9	53.2	69.4	60.2	119.8	3.7	3.3	11.5	12,944	



表15 フリーストール牛群内の各個体のCP要求量と血液成分、乳成分の各項目との相関

	血液性状								乳成分				
	BUN	Ca	Mg	Ht	T-Cho	Glu	GOT	NEFA	乳脂率	乳蛋白率	乳中 尿素窒素	体細胞数	無脂 固形分率
CP要求量(g)	-0.29	0.36	0.10	-0.32	0.27	0.05	-0.43	0.26	-0.01	-0.61	-0.05	0.09	-0.55

#### 参考文献

- 1) 平井洋次 乳牛の最新栄養学と疾病 64-67 2000 デーリジヤパン
- 2) 田中義春 「乳」からのモニタリング 68-83 2000 デーリジヤパン
- 3) 関誠ら, 飼料中の蛋白質および分解性蛋白質含量が泌乳前期の乳生産に及ぼす影響: 第一  
胃内溶液・血液性状および窒素出納, 日本畜産学会第100回大会講演要旨, 2002
- 4) 斉藤公一ら, 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, 畜産草地研究所研究報告第3号:, 2003