

経産乳牛における乾乳後期（移行期）の飼料 蛋白質水準が産乳性及び繁殖成績に及ぼす影響

大下雄三・塩崎達也・妻由道明

要 約

乾乳後期（移行期）における栄養水準の違いは、分娩前後の健康やその後の産乳性及び繁殖に大きく影響すると言われてるが、その詳細については不明な点が多い。平成 12 年度の試験では、移行期の蛋白質水準を低 CP 区（CP 水準 110%）と高 CP 区（CP 水準 140%）に設定し、蛋白質水準が分娩後の産乳性及び繁殖成績に及ぼす影響について検討した。

供試牛は低 CP 区 2 頭、高 CP 区 2 頭の計 4 頭。試験期間は分娩前 9 週から分娩後 5 日目より 14 週間とし、蛋白質水準の設定は分娩前 3 週（移行期）に実施した。

- 1 分娩直後から 3 週までの体重の減少が、高 CP 区でやや多かった。
- 2 両区とも乳量、乳成分に大きな差は認められなかった。
- 3 移行期におこなった消化試験では、高 CP 区で糞尿の窒素含量が高かった。
- 4 発情回帰日数は高 CP 区で早かったが、初回授精日数は低 CP 区の方が早かった。

緒 言

乾乳期は泌乳期の準備期間であり、乾乳後期（移行期）における飼養管理が泌乳期の健康、産乳性及び繁殖成績に大きく影響を及ぼす。しかし、この時期の蛋白質給与水準については基準がなく確立されたものがない。そこで、移行期における飼料給与を CP 水準 110%（低 CP 区）と CP 水準 140%（高 CP 区）に設定し、分娩後の健康、産乳性及び繁殖成績に影響を及ぼすかを比較検討した。

方 法

1 供試牛

当場に繋養中のホルスタイン種成雌牛 4 頭で、低 CP 区 2 頭と高 CP 区 2 頭を供試した。供試牛の選定条件を産次は、試験開始時 1 産以上 5 産以内で能力の明らかなもの、試験開始時体重が 600kg 以上のもの、試験開始時健康で、乳房炎歴の無いものとした（表 1）。

2 試験期間

分娩前は分娩予定日の 63 日（9 週）前から、分娩後は分娩の日を 0 日目とし、5 日目から 102 日目（14 週間）までの 23 週を試験期間とし、分娩予定の 9 週間前から 3 週間前までを乾乳前期、その後、分娩までを移行期、分娩後を泌乳期とした。

なお、繁殖成績については分娩後 114 日目（20 週間）までとした。

3 供試飼料

305 日換算で、9,000 kg 搾乳することを前提に、高泌乳用飼料として高エネルギー、高脂肪、高繊維のもの使用。

粗飼料についてはサイレージを使用せず、購入チモシー乾草とアルファルファハイキューブ及び濃厚飼料を TMR 形態で不断給餌した。供試飼料の分析養分量を表 2 に、飼料の配合割合を表 3 に示した。

表 1 供試牛の前産成績

区分	牛番号	生年月日	産次	305日乳量	乳脂率	乳蛋白質率	無脂固形分率	体重	分娩予定年月
低CP区	821	H7.10.18	2	9,641kg	5.3%	3.5%	9.0%	731kg	12.11.16
	822	H10.1.2	1	11,057	3.2	2.8	8.3	538	H12.11.12
高CP区	823	H9.10.9	1	8,686	4.2	3.2	8.7	623	H12.11.13
	824	H6.2.18	3	11,244	4.5	3.1	8.8	732	H12.12.30

表 2 飼料の分析養分量（原物中：％）

供試飼料	DM	CP	Fat	FNE	ADF	NDF	TDN	Ca	P	Mg	K	Na
低CP飼料	87.57	10.95	3.09	65.59	6.36	12.04	76.09	0.396	0.331	0.349	0.601	0.048
高CP飼料	87.70	18.07	3.10	57.50	6.97	11.27	76.10	0.423	0.370	0.430	0.897	0.027
泌乳期用飼料	88.36	17.84	5.12	54.64	8.92	14.54	76.09	0.780	0.410	0.200	0.790	0.036
アルファルファハイキューブ	87.80	18.35	1.95	49.95	22.65	27.65	61.80	1.675	0.255	0.230	2.520	0.035
チモシー乾草	91.10	6.50	1.45	48.10	38.30	62.15	60.52	0.255	0.180	0.080	1.935	0.010

表 3 飼料の配合割合

配合割合		前期	移行期		泌乳期
			低CP区	高CP区	
配合比率 (原物比)	チモシー乾草	60	40	40	26
	ハイキューブ	30	25	25	14
	低CP配合	10	35	—	—
	高CP配合	—	—	35	60

単位：％

4 試験区の設定

試験区の設定は移行期のみでおこなった。また、蛋白質水準は、両区ともTDN要求量の100％に対してそれぞれ下記の量に設定した。

- 低CP区 = CP充足率110％区
- 高CP区 = CP充足率140％区

5 飼料の給与方法

(1) 乾乳前期(分娩予定日63日前から21日前)の6週間、チモシー乾草、アルファルファハイキューブ、低CP飼料を原物重量比6:3:1の割合で混合し、維持+妊娠のTDN要求量の100％を給与した。

(2) 移行期(分娩予定日21日前から分娩日までの3週間)

低CP区は、チモシー乾草、アルファルファハイキューブ、低CP飼料を、高CP区は、チモシー乾草、アル

ファルファハイキューブ、高CP飼料を、それぞれ原物重量比4:2.5:3.5の割合で混合し、維持+妊娠のTDN要求量の100％を給与した。

(3) 泌乳期(分娩後14週間)

分娩後4日間は分娩直前の給与量を維持し、配合を泌乳期用飼料に切り替えていった。牛の健康状態を観察しながら徐々に給与を増やしていき、チモシー乾草、アルファルファハイキューブ、泌乳期用飼料を原物重量比2.6:1.4:6に混合したものを自由採食させた。

全期間、脂溶性ビタミン類(A、D、E)、マイクロミネラルおよびビタミン添加剤を給与した。

6 調査項目

(1) 体重及びボディコンディションスコア(以下BCSと略)

分娩前基礎体重(試験開始時体重)は分娩予定日の65日前から3日間の平均とした。分娩後基礎体重は分娩後3日間の平均とし、試験期間中体重を週毎に測定した。また、同時にBCSも記録した。

(2) 飼料摂取量および養分摂取量

飼料摂取量は飼料給与時に残飼量を記録し、給与量から差し引いて測定した。養分摂取量は供試飼料の成分値と飼養標準の該当飼料の消化率および非分解率から算出した。

(3) 生乳検査

結 果

生乳は朝夕採取し、乳成分検査（脂肪率、蛋白質率、無脂固形分率、体細胞数）を分娩後 5 日目以降、毎週実施した。

(4)消化試験

分娩 10 日前の 3 日間に消化試験マニュアル Ver.1.1¹⁾に沿って消化試験をおこなった。

(5)血液検査

試験開始時（分娩予定 63 日前）、分娩予定 1 週間（7 日前）、分娩 0 日、分娩後 7 週（49 日目）に頸静脈より採血し、血漿中グルコース、血液中尿素窒素（BUN）、遊離脂肪酸（NEFA）、Ca、P を測定した。採血時刻は午後 1 時前後におこなった。

(6)ルーメン液検査

分娩予定 1 週間と分娩後 7 週目に、カテーテルによりルーメン液を採取し、pH を測定した。採取時刻は午後 1 時前後におこなった。

(7)泌乳成績

乳量は分娩後 5 日目から毎日測定し、毎週の乳量を集計し、1 日平均乳量を算出した。

最高乳量は 1 週間隔の乳量の最高の乳量を、1 日最高乳量とした。

乳脂補正乳量（FCM）、固形物補正乳量（SCM）、牛乳生産効率率は次式により算出した。

$$FCM = 0.4 \times M + 15 \times F$$

$$SCM = 12.3 \times F + 6.65 \times SNF - 0.0752 \times M$$

$$\text{牛乳生産効率率} = (750\text{kcal} \times FCM \text{ kg}) / (3,999\text{kcal} \times TDN \text{ kg}) \times 100$$

（M = 乳量 kg、F = 脂肪量 kg、SNF = 無脂固形分量 kg）

(8)繁殖成績

分娩後の発情回帰日数、初回授精までの日数、受胎の有無（分娩後 144 日まで）、受胎までに要した日数、授精回数および受胎率について調査した。

(9)分娩時の調査

分娩難易度、産子生時体重、胎盤停滞の有無等について調査した。

(10)健康状態および疾病発生状況

乳中ケトン体、乳房炎、事故等について調査した。

1 体重およびBCS

各期の平均体重および平均 BCS を表 3 に示した。

乾乳期の基礎体重は、乾乳前の 3 日間の平均体重を基礎体重とし、泌乳期は分娩 2 日後から 3 日間の平均を基礎体重とした。基礎体重において、分娩前と分娩直後では体重の減少が低 CP 区の 1 頭で認められた。

また、平均 BCS は両区共に分娩後に低くなる傾向にあったが、特に高 CP 区で低くなる傾向にあった。

表 3 平均体重および平均 BCS

期 間	項 目	低 CP 区		高 CP 区	
		821	822	823	824
乾乳期	平均体重 kg	755.7	560.9	638.0	773.8
	平均 BCS	2.75	2.36	3.5	4.0
	基礎体重 kg	734.1	538.0	613.3	732.0
泌乳期	平均体重 kg	714.3	525.9	595.0	654.7
	平均 BCS	2.55	2.13	2.80	3.07
	基礎体重 kg	737.0	524.7	614.0	737.3

体重の推移を図 1 に示した。

乾乳期は両区共に緩やかに体重が増加し、胎子の増体に伴う理想的な体重の増加がみられた。分娩後の泌乳期では高 CP 区で分娩後から 3 週にかけ急激な体重の減少が認められ、その後は安定的な体重の推移が認められた。低 CP 区では分娩直後から 13 週にかけて緩やかに増加が認められた。

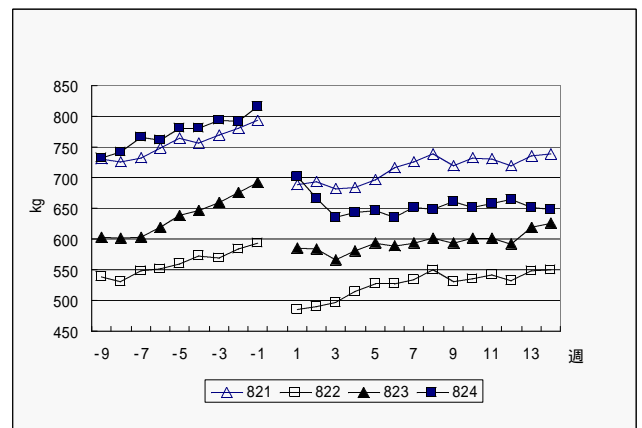


図 1 体重の推移

BCSの推移を図2に示した。乾乳期では大きな変化は認められなかったが、分娩後、5週以降から全頭でアンダースコアになる傾向が認められた。また、高CP区の824号で体重及びBCSの減少が著しかった。

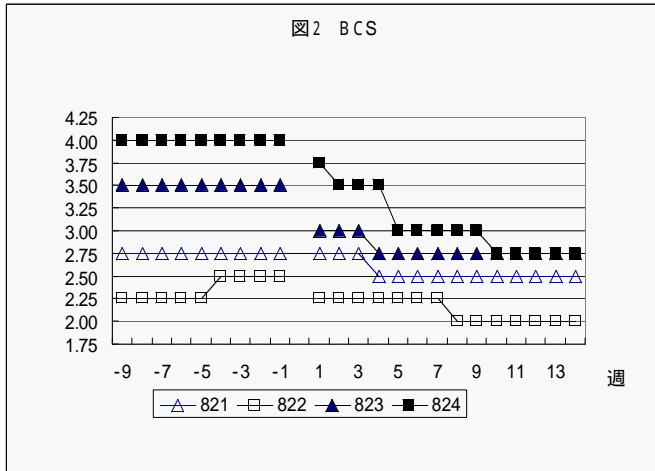


図2 BCSの推移

2 飼料摂取量および養分摂取量

平均飼料摂取量及び平均養分摂取量を表4に示した。乾乳期のTDN摂取量は、日本飼養標準・乳牛(1999年版)²⁾を基準に充足率を両区共に100%に設計したが、実際は両区共に高い結果となった。CPの充足率は設計どおり高CP区の方が高くなっていたが、低CP区は設計より10%程度高い値であった。

泌乳期におけるTDN充足率は110%台であったが高CP区の824号が約90%と低い値であった。CPの充足率は両区共に100~110%の間を推移していたが、高CP区の823号だけが130%台と高い値であった。

乾物摂取量の推移を図3に示した。両区共に約8週まで急激に増加し、その後はほぼ横ばいの推移がみられた。

TDN充足率の推移を図4に示した。分娩直後から約7週にかけて急激な上昇し、その後下降する傾向にあったが、高CP区の824号は分娩後から9週にかけて穏やかに上昇しその後下降し、再び12週から急激な上昇がみられた。

CP充足率の推移を図5に示した。

泌乳期におけるCP充足率は低CP区で同じような推移に対し、高CP区では、823号が高く824号が低く推

移していた。

表4 平均飼料摂取量および平均養分摂取量

乾乳期	低CP区		高CP区		
	821	822	823	824	
DMI	kg / 日	9.37	8.23	8.54	9.40
DMI / 体重	%	1.24	1.47	1.34	1.22
TDN	kg / 日	6.34	6.10	5.78	6.84
TDN / FS*	%	104.7	119.0	105.0	111.4
NFC	kg / 日	2.75	2.37	2.40	2.64
CP	kg / 日	1.16	1.02	1.19	1.31
CP / FS*	%	120.8	122.9	134.5	136.1
UIP	kg / 日	0.36	0.32	0.37	0.41
泌乳期	低CP区		高CP区		
	821	822	823	824	
DMI	kg / 日	28.99	23.66	23.26	23.75
DMI / 体重	%	4.04	4.48	3.91	3.64
TDN	kg / 日	21.32	17.68	17.27	17.54
TDN / FS*	%	118.8	115.1	113.2	89.1
NFC	kg / 日	10.16	8.70	8.45	8.78
CP	kg / 日	4.65	3.88	3.88	3.86
CP / FS*	%	109.8	104.2	134.6	100.2
UIP	kg / 日	1.76	1.47	1.47	1.46

*FS: 日本飼養標準乳牛(1999年版)

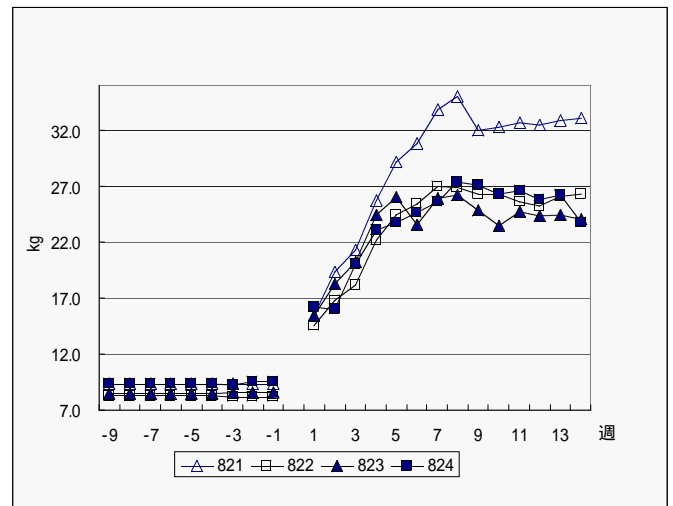


図3 乾物摂取量の推移

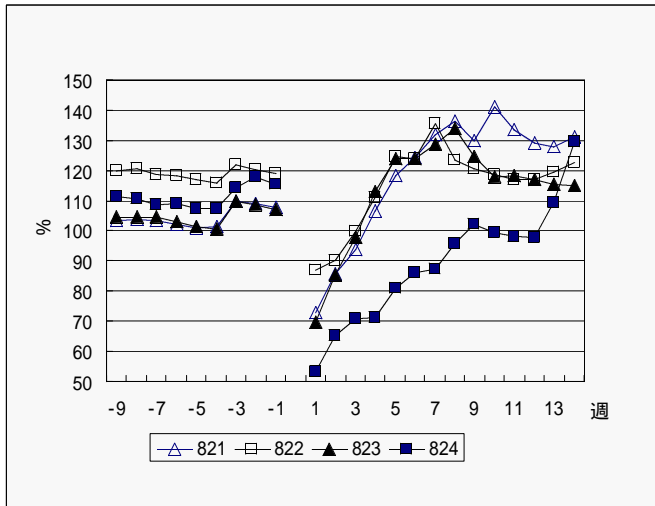


図4 TDN充足率の推移

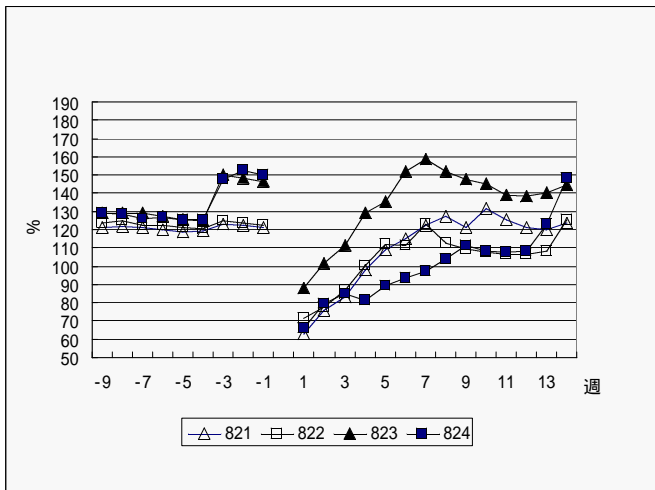


図5 CP充足率の推移

3 産乳成績

1) 乳成分成績

泌乳および乳成分成績を表5に示した。

表5 泌乳および乳成分

項目	低CP区		高CP区		
	821	822	823	824	
最高乳量	kg/日	40.2	47.8	41.6	54.4
最高乳量到達日数	日	45.0	96.0	87.0	80.0
総乳量	kg	3525	3895	3351	4718.
平均乳量	kg/日	36.6	40.4	34.9	47.9
平均FCM乳量	kg/日	46.1	37.4	35.1	48.7
平均SCM乳量	kg/日	41.7	35.2	34.9	47.0
平均乳脂率		5.00	3.19	4.13	4.17
平均乳脂量	kg/日	1.51	1.62	1.44	1.94
平均乳蛋白質率	%	3.53	2.96	3.03	2.91
平均乳蛋白質量	kg/日	1.30	1.20	1.06	1.38
平均無脂固形分率	%	9.10	8.52	8.64	8.49
平均無脂固形分量	kg/日	3.16	3.43	3.02	4.07
平均乳生産効率	%	38.7	38.1	38.5	52.8
平均乳中尿素(mg/dl)		14.7	13.5	14.5	20.5
平均体細胞数	千個/ml	89.7	21.9	21.9	116.1

最高乳量及び平均乳量は高CP区の824号が、特に優れていた。乳脂率、乳蛋白質率、無脂固形分率などの乳成分においては産乳性の低い低CP区の821号が特にすぐれていたが、乳脂率においては高CP区も4%以上と高く推移していた。

2) 産乳成績の推移

乳量の推移は図6に示しているとおりである。高CP区の824号が分娩後2週目から急激な泌乳の増加を示したが、11週をピークに下がる傾向を示した。その他では、分娩直後から7週前後まで穏やかな増加が認められた。

また、FCMおよびSCM乳量を図7, 図8に示した。両区に有意な差は認められなかった。

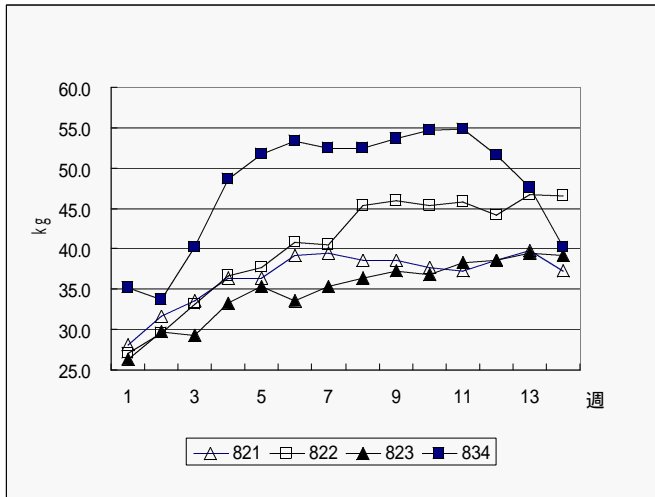


図 6 乳量の推移

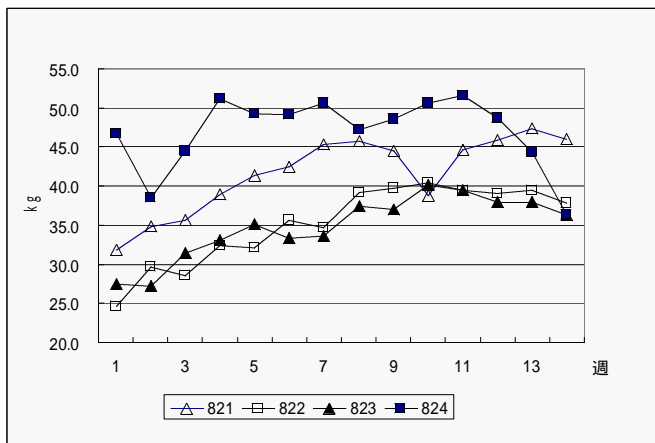


図 7 FCM乳量の推移

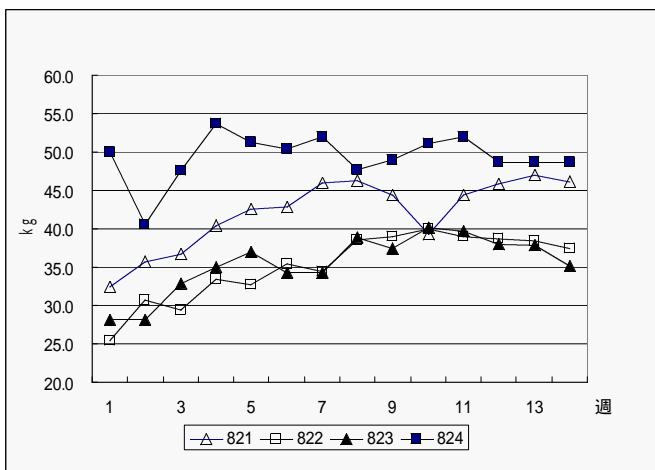


図 8 SCM乳量の推移

乳脂率は図 9 に示したとおりである。低CP区の 8

21 号が高く推移していた。逆に同区の 822 号は低く推移した。

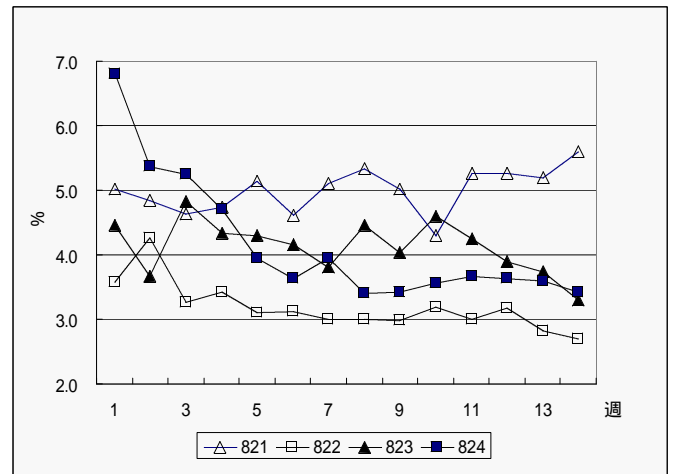


図 9 乳脂率の推移

乳蛋白質率を図 10 に示した。821 号が高く推移していた。また、全ての試験牛で乳成分は泌乳後から 4 週前後にかけて下降傾向にあり、その後、徐々に上昇する傾向にあった。

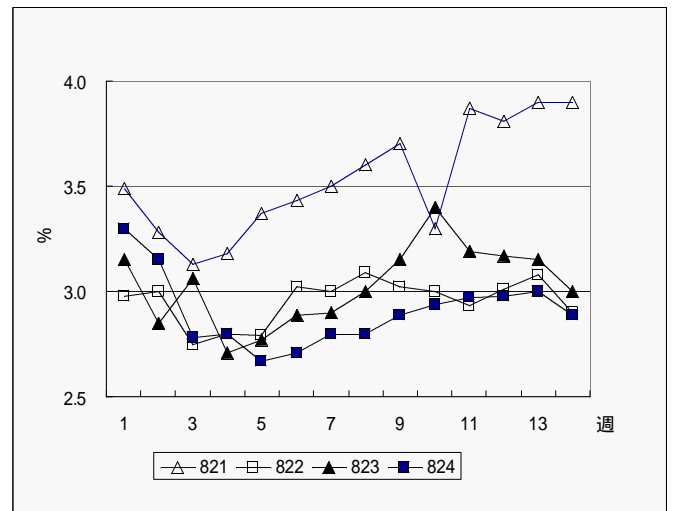


図 10 乳蛋白質率の推移

無脂固形分率を図 11 に示した。乳蛋白質率と同等の推移が認められた。

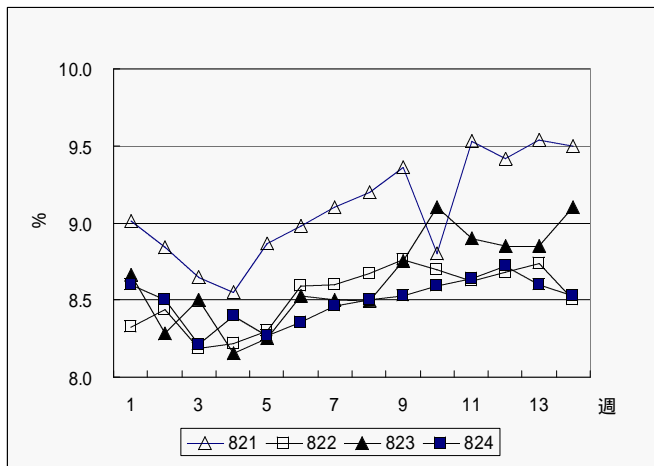


図 11 無脂固形分率の推移

表 6 消化試験結果

区	牛No	摂取窒素量 g	糞尿量及び窒素排泄量				差し引き 蓄積量 g	
			日糞量 kg	糞中窒素量 g	日尿量 kg	尿中窒素量 g		総窒素排泄量 g
低CP区	821	197.7	24.5	82.2	20	105.8	188	9.7
	822	173	16.4	50.4	11.2	66	116.4	56.6
	平均	185.4	20.5	66.3	15.6	85.9	152.2	33.2
高CP区	823	222	22.4	71	14.8	116.5	187.5	34.5
	824	247.1	29	88.7	15	135.6	224.3	22.8
	平均	234.6	25.7	79.9	14.9	126.1	205.9	28.7

4 消化試験

移行期の消化試験結果を表 6 に示した。平均日糞量は、高CP区が多く、窒素排泄量も多い傾向にあった。平均日尿量は、821号の尿排泄量が特別多かったこともあり、低CP区で若干多かったが、尿中の窒素排泄量においても高CP区で高かった。窒素蓄積量は822号が高く821号が低かった。

5 繁殖成績

繁殖成績を表 7 に示した。繁殖成績を表 7 に示した。発情回帰日数は高CP区で早かったが、初回授精日数は低CP区の方が早かった。試験期間中（分娩後 144 日）以内に受胎したものは低CP区の822号だけであった。胎盤停滞は822号で認められた。卵胞嚢腫は824号で認められた。

表 7 繁殖成績

項目	低CP区		高CP区		
	821	822	823	824	
妊娠期間	日	277	280	286	281
生時体重	kg	44	39	43	46
発情回帰日数	日	43	47	42	31
初回授精日数	日	64	75	80	87
受胎までの日数	日		128		148
分娩難易度		1	1	1	1
胎盤停滞		無	有	無	無
繁殖障害		-	-	-	卵胞嚢腫

分娩難易度 1：自然分娩

6 血液成分およびルーメン液 pH

1) 血液成分

血液検査結果を表 8 に示した。BUNは、分娩前 1 週間

から分娩後 7 週まで高 C P 区で高かった。NEFA は分娩前は低 C P 区で高く分娩直後は高 C P 区で高い傾向にあった。

2) ルーメン液検査

ルーメン液 pH を表 9 に示した。pH は、821 号、823 号において分娩後アルカリ性が強くなる傾向にあった。なお、824 号に関してはデータの欠落にて記載していない。

表 8 血液成分

項目	週	低 C P 区		高 C P 区	
		821	822	823	824
グルコース mg/dl	- 9	94	88	77	77
	- 1	73	72	76	74
	0	103	91	156	139
	7	70	76	75	76
BUN mg/dl	- 9	16.1	7.4	11.1	14.5
	- 1	10.7	9.0	12.9	17.2
	0	10.0	7.0	15.8	19.1
	7	18.5	16.5	19.3	21.9
NEFA μ Eq/l	- 1	162	148	107	109
	- 9	191	191	115	127
	0	499	115	762	737
	7	141	127	127	152
Ca mg/dl	- 9	10.1	10.1	9.4	9.6
	- 1	9.3	9.5	9.5	9.6
	0	8.0	9.8	8.4	6.1
	7	9.6	10.2	10.1	10.1
P mg/dl	- 9	8.7	5.1	5.8	5.0
	- 1	5.4	6.0	6.0	5.4
	0	3.5	3.6	3.0	1.5
	7	7.4	7.5	7.4	4.5

表 9 ルーメン pH

週	低 C P 区		高 C P 区	
	821	822	823	824
- 1	7.69	8.27	8.03	-
7	8.01	8.27	8.25	-

考 察

乾乳期は乾乳前期と乾乳後期（移行期）に大きく分けることができる。特に乾乳後期は泌乳の準備時期であり、1 万キロが通常の高泌乳牛では、乾乳後期から高能力牛にみあった栄養管理によりルーメンの状態を適正化し、分娩後の急激な高泌乳にスムーズに対応する必要がある。

近年、乾乳後期にアミノ酸のバランスを整えることは、分娩後の乳線の発達、卵胞の発育、繁殖機能の回復させるために重要³⁾であり、乾乳後期における研究が目まわっている。

体重の推移では、乾乳期では両区共に、胎児の増体に伴う理想的な増体が見られているが、分娩直後、高 C P 区の 2 頭で急激な体重の減少が認められた。また、この期間の NEFA 値が高 C P 区で平均 750 μ Eq/l と高かったため、高 C P 区でエネルギーの不足が疑われた。乳量は、2 週以降、高 C P 区の 824 号で急激な増加が 2 週頃から認められたが、11 週から急激に低下し継続的な高泌乳が望めなかった。その他の個体では、分娩後から泌乳後期にかけて緩やかに増加した。

繁殖成績については、発情回帰日数が高 C P 区で早かった。また、初回授精日数においては、逆に高 C P 区が長くなる結果となった。原因として、高 C P 区の方が発情が弱い傾向であったことと、824 号が卵胞嚢腫になったためであると考えられる。

窒素出納については、両試験区共に尿中から排泄される窒素量の方が糞中から排泄される窒素量を上まわっていた。また、報告では高蛋白飼料の方が排泄される窒素量も多い⁴⁾と言われており、今回の試験でも高蛋白飼料の方が尿中に排泄される窒素量が多かった。また、蓄積量においては、高 C P 区が 20 g (823 号) ~ 30 g (824 号) に対し、低 C P 区では、10 g (821 号) ~ 50 g (822 号) と蓄積量の幅に大きな差がみられた。821 号が蓄積量が少ないのは、尿量も多く窒素の排泄量が多かったためである。窒素の排泄量の多い原因として、ルーメンでアンモニアが過剰に生成されたり、微生物の蛋白合成に必要なエネルギーが不足していると、アンモニアが余剰となり肝臓を通じて尿素窒素に合成され尿中に排泄されるため⁵⁾であるが、低 C P 区の 821 号で少なかった原因

は不明である。

また、低C P区の822号の蓄積量が多い原因としては、特に尿中での窒素の排泄量が少なかったためであり、これは、ルーメン内でのアンモニアの過剰生成が少なく、効率的に菌体蛋白が合成されたためである⁶⁾と推測される。

今回の試験では、単に乾乳後期の蛋白水準だけ上げても期待されるような明確な効果は得られず、逆に繁殖成績が悪くなる結果となった。

蛋白水準だけ上げても、ルーメン内でアンモニアが過剰生産される⁶⁾だけであり、期待される効果は得られないと考えられた。このことから、蛋白含量にみあった炭水化物の投入が必要であると考えられる。今後は蛋白質量にみあったエネルギーの充足率についても検討する必要があると考える。

謝 辞

今回の研究に際し、御協力いただいた宮城県畜産試験場、福島県畜産試験場、茨城県畜産センター、埼玉県畜産センター、静岡県畜産試験場、岐阜県畜産試験場、京都府畜産研究所、熊本県農業研究センター、全国酪農業協同組合連合会酪農技術研究所、農林水産省畜産草地研究所、大山乳業協同組合及び倉吉家畜保健衛生所の関係諸氏に感謝の意を表す。

引用文献

- 1) 寺田文典ら：消化試験マニュアル Ver.1.1、農林水産省畜産試験場 栄養部(1999)
- 2) 農林水産省農林水産技術会議事務局：日本飼養標準乳牛・1999年版(1999)
- 3) 澤田 久美子：アミノ酸バランスは飼養管理の基礎 *デリー・ジャパン*、12月号(2000)
- 4) 塩崎ら：鳥取畜産研究報告、第30号、高能力牛の飼養法に関する試験(2000)
- 5) 扇 勉：ルーメン内窒素代謝と生産性(7) 畜産の研究、第51巻、第1号、91-98(1997)
- 6) 乳牛の栄養科学：臨床獣医臨時増刊号 Vol.14 2 (1996)