

分娩後の乳牛における TDN 充足率と 血漿成分および繁殖性との関係

原田美奈子・磯崎良寛・柿原孝彦・古賀康弘
(畜産研究所)

混合飼料不断給餌下における分娩後のホルスタイン種乳牛22頭を用いて、TDN充足率と血漿成分および繁殖性との関係を分娩後11週間の平均TDN充足率が90%以上の群と90%未満の群に分けて検討した。

- ① TDN充足率は、血漿成分に影響を及ぼし血漿中の遊離脂肪酸は、分娩後のTDN充足率の上昇にともなって低下する傾向が認められた。この低下傾向は、分娩後のTDN充足率90%以上の牛群においては分娩後1週目で0.6mEq/lだったものが11週目では0.15mEq/lと顕著であり、TDN充足率90%未満の牛群においては、1週目で0.52mEq/lだったものが0.3mEq/lと緩慢であった。
- ② 分娩後のTDN充足率と各血漿成分量との関係から、遊離脂肪酸、総コレステロールおよびグルタミン酸オキサロ酢酸トランアミナーゼを用いたTDN充足率判定のための関数式が得られ、その的中率は77~80%であった。
- ③ TDN充足率の高低は分娩後の初回排卵や子宮修復には影響を及ぼさなかったが、初回授精に要する日数には影響を及ぼした。これは、TDN充足率90%以上群では短かったことから、分娩後の栄養摂取状況がその後の受胎成績に影響を及ぼすことが認められた。

[キーワード：乳牛、TDN充足率、血漿成分、繁殖性]

Effect of TDN Levels on Blood Plasma and Breeding on lactation Performance of Postpartum Dairy Cow. HARADA Minako, Yoshihiro ISOZAKI, Takahiko KAKIHARA, Yasuhiro KOGA. (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818 - 8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 20 : 84 - 88 (2001)

Data of total digestible nutrient (TDN) levels and breeding capacity, as well as samples of blood plasma and milk were collected from 22 postpartum dairy cows fed on Total Mixed Rations (TMR).

The data were divided into 2 groups : cows with TDN levels over 90%, and with TDN levels below 90%. This test examined these relations.

- ① TDN levels had a significant influence on blood metabolite levels. It was found that NEFA in blood plasma decreased as postpartum TDN levels rose. This tendency for NEFA to decrease was most notable in the group with TDN levels over 90%. In one week after parturition TDN levels over 90% showed NEFA 0.6mEq/l the group with and TDN levels under 90% showed 0.52mEq/l NEFA. Eleven weeks after parturition the group with TDN levels over 90% group had 0.15mEq/l NEFA, and the group with TDN levels under 90% had 0.3mEq/l NEFA.
- ② The function of TDN levels was confirmed by checking NEFA, T-cho and GOT in the blood plasma of postpartum dairy cows. This method has a success rate of 77~80%.
- ③ The first ovulation and uterus recovery were not associated with TDN levels but were found to be important for subsequent conception. The nutrition levels of postpartum cows influenced on subsequent conception results.

[Key words : dairy cow, TDN levels, blood plasma, breeding]

結 言

乳牛は摂取した飼料の栄養成分により、牛体の維持や泌乳、妊娠といった生産サイクルを営んでおり、体に必要な栄養成分が充足されなければ、その影響は、まず乳量・乳成分、体重、血漿成分の順に現れる。泌乳中期以降の乳牛であれば、体内で生理的な恒常性を保つために、代謝調節機構が働き血漿成分値は一定になる。一方、分娩後の乳牛は、泌乳量の急激な増加に応じた十分なエネルギー摂取ができないため、不足するエネルギーを蓄積脂肪で補い、その結果、体重が減少するとともに、様々な代謝病の多発や、繁殖障害が発生し易く^{8,13,14)}血漿成分値にも大きな変化が現れる。そこで、飼養管理上の問題点を早期に発見、改善することを目的として、1970年代にPayneらによって始められた血液成分値を

利用した代謝プロファイルテストが広く活用されている^{2,4,5,7,9)}。しかし、乳牛の栄養充足状況と血液成分に関するこれまでの報告は、粗飼料と濃厚飼料の分離飼料(以下、分離飼料)給与下で検討されたものが多く、混合飼料(以下、TMR)給与下で正確な飼料摂取量を把握し、血液成分値と関連づけた報告は少ない。

そこで、本試験では、当場のフリーストール牛群において、毎日個体ごとに計測、記録しているTMR摂取量、乳量および体重と定期的に測定した乳成分および血漿成分、調査期間中の繁殖成績を用いて個体毎の分娩後のTDN充足率を算出し、分娩後のTDN充足率の変化と血漿成分、繁殖成績との関係を調査した。試験は、全試験牛をTDN充足率別に2群に分けて行った。群分けは、泌乳初期の乳牛は、必要なエネルギーの80%しか摂取できず、その後徐々に増加すると言われている³⁾こ

とから TDN 充足率が 90% を満たしていれば泌乳初期の栄養を満たしていると考えて試験牛を TDN90% 以上の群, 90% 未満の群に分け, 血漿成分, 乳成分および繁殖性との関係を明らかにするとともに, 分娩後 11 週目までの TDN 充足率を 90% 以上か未満かを判定するための判別関数式を作成し, その有効性を検討した。

材料および方法

1 供試牛

当場で 1997 年 7 月から 1999 年 4 月までに分娩したホルスタイン種乳牛 22 頭を用いた。これらの乳牛の産次構成は初産 5 頭, 2~3 産 9 頭, 4 産以上 8 頭であった。

2 飼養管理

供試牛は単列・20 頭規模のフリーストール牛舎で飼養し, 個体毎の毎日の乳量, 体重および飼料摂取量は, 牛の首に装着したレスポンスと牛舎内に設置したコンピュータセンサーにより自動的に記録するシステムで計測した。毎日の搾乳開始時間は 9:00 と 17:15 とし, 給餌時間は 10:30 と 18:30 の 1 日 2 回, 給与飼料は第 1 表に示す TMR を不断給餌した。

第 1 表 給与飼料の構成

混合割合	(原物%)
スーダン乾草	30.4
配合飼料 (TDN85.5%, CP19.7%)	48.1
ビートパルプ	6.5
加熱大豆	3.6
ルーサンペレット	7.3
綿実	4.1
栄養価	(乾物%)
乾物率	88.7
TDN	73.1
CP	15.4

3 調査項目

各個体毎の TDN 充足率, 乳量, 乳成分, 血漿成分, 体重および繁殖性を分娩後 11 週目まで調査した。測定は, 次のように行った。

1) TDN 充足率: 日本飼養標準 (1994 年度版) に基づき 1 週間の平均乾物摂取量, 平均体重, 平均乳量と週 1 回採取の生乳サンプル分析による乳脂肪率から TDN 充足率を算出し, 分娩後 11 週目までの平均 TDN 充足率が 90% 以上の牛群 (11 頭) と未満の牛群 (11 頭) に分けて日乳量, 体重, 乳成分, 血漿成分を調査, 検討した。

2) 日乳量および体重: 毎日朝夕搾乳時に, 計測・記録した。

3) 乳成分: 調査項目は, 乳脂肪率 (FAT), 乳蛋白質率 (PRO) とし, 乳成分の分析は, 赤外線ミルク分析計 (Mirco-Scan133B) を用いた。

4) 血漿成分: 調査項目は, 遊離脂肪酸 (NEFA), 総コレステロール (T-cho), 血糖 (Glu), グルタミンオキサロ酢酸トランスアミナーゼ (GOT), 血中尿素態窒素 (BUN), ヘマトクリット (Ht), 血漿総蛋白質 (TP) とし, 採血は, 生乳サンプル採取日の朝の給餌前 10:00 に行い, 遠心分離器 (3000 回転で 10 分間) で血漿を分離後, 遊離脂肪酸は酵素法で定量し, その他は乾

式生化学分析機 (京都第一科学社製 スポトケム SP-4410) で測定した。

5) 繁殖性: 調査項目は, 分娩後の初回排卵日, 子宮修復日数, 受胎までに要した日数および授精回数とした。

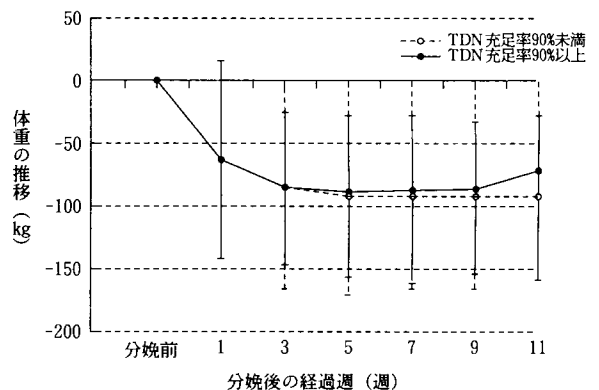
調査は, 分娩後 7 日目より直腸検査にて卵巣, 子宮の状態を 1 週毎に観察した。

結果および考察

1 分娩後の TDN 充足率が血漿成分に及ぼす影響

第 2 表に, 供試牛全頭の分娩後 11 週目までの TDN 充足率と血漿成分および乳成分との相関関係を示した。また, 第 3, 4 表に, 分娩後 11 週間の平均 TDN 充足率が 90% 以上 (以下, TDN90% 以上), 90% 未満 (以下, TDN90% 未満) であった牛群の分娩後経過週毎の TDN 充足率と乳量, 乳成分および血漿成分を示した。

分娩後 11 週間の TDN 充足率と血漿成分の内, 遊離脂肪酸との間に負の相関が見られ, 総コレステロールと血漿総蛋白との間に正の相関が見られたが, 血糖, グルタミン酸オキサロ酢酸トランスアミナーゼおよび血中尿素態窒素との間には, 一定の関係は認められなかった。乳成分においては, 乳脂肪率と乳蛋白質率との間にそれぞれ負の相関が認められた。分娩後の TDN 充足率の変化にともなう血漿成分, 乳成分の推移をみると, 遊離脂肪酸は, TDN90% 以上の牛群では, 分娩後 1 週目で 0.6mEq/l であったものが, 11 週目では 0.15mEq/l と, 低下傾向は顕著であった。一方, TDN90% 未満の牛群は, 1 週目 0.52mEq/l であったものが, 5 週目以降も 0.3mEq/l 以上と低下傾向は緩慢であった。乳牛がエネルギー不足の栄養状態であると, 体の蓄積脂肪が血液中に溶けだして, 血漿中の遊離脂肪酸が上昇し¹¹⁾, 乳腺細胞において乳脂肪合成に利用され, 乳脂肪率が上昇すると言われている¹²⁾。本報告においても TDN90% 未満群では, 血漿中の遊離脂肪酸が高い値で推移し, TDN90% 未満の牛群において分娩後 9 および 11 週目の乳脂肪率が 4.0% 前後と高い値を示した。このようなエネルギーの充足状況による影響は, 第 1 図に示すように体重の推移にも現れており, TDN90% 以上の牛群では分娩後に減少していた体重が, TDN 充足率の上昇にともなって 5 週目以降は増加し始め, 90% 未満の牛群では, 5 週目に体重の減少は止まるが, その後の体重の推移は, ほぼ横這いであった事からも伺える。



第 1 図 TDN 充足率別による分娩前との体重差

第2表 分娩後11週目までのTDN充足率、血漿成分および乳成分の単相関係数

	TDN充足率	血漿成分						乳成分	
		NEFA	T-cho	Glu	GOT	BUN	TP	FAT	PRO
TDN充足率									
NEFA	-0.30**								
T-cho	0.29**	0.30**							
Glu	-0.06	0.08	-0.10						
GOT	-0.01	0.06	0.34**	-0.18					
BUN	0.06	-0.21	0.29**	0.26**	0.03				
T P	0.25*	-0.20	0.17	-0.03	-0.01	-0.01			
FAT	-0.62**	0.26*	-0.26*	-0.02	0.12	-0.13	-0.38**		
PRO	0.21*	-0.02	-0.29**	-0.05	0.05	-0.20	-0.39**	0.57**	

注1) NEFA: 遊離脂肪酸、T-cho: 総コレステロール、Glu: 血糖、GOT: グルタミン酸オキサロ酸トランスアミナーゼ、
BUN: 血中尿素態窒素、TP: 血漿総蛋白、FAT: 乳脂率、PRO: 乳蛋白質率

2) *P<0.05、**P<0.01

第3表 分娩後の平均TDN充足率90%以上牛群の乳量、血漿成分および乳成分

分娩後 経過週齢	TDN充足率 %	乳量 kg	血漿成分						乳成分		
			NEFA mEq/l	T-cho mg/dl	Glu mg/dl	GOT IU/L	BUN mg/dl	Ht %	TP g/dl	FAT %	PRO %
1	80.2±10.56	29.3±6.95	0.60±0.39	81.8±26.9	67.5±31.4	53.5±12.3	11.9±4.78	30.5±2.54	6.72±0.47	5.01±1.00	3.57±0.45
3	90.0±10.52	38.8±5.75	0.32±0.11	126.3±28.5	59.6±2.50	57.5±21.6	13.3±2.90	28.5±2.38	7.12±0.39	4.29±0.57	3.09±0.27
5	95.7±7.59	40.5±5.51	0.29±0.23	163.3±40.5	62.3±6.21	57.4±26.4	14.5±2.98	29.2±2.56	7.47±0.75	3.76±0.47	3.03±0.21
7	97.5±6.14	40.9±5.49	0.41±0.26	181.2±45.9	62.5±4.46	54.5±26.1	14.8±2.92	30.2±2.27	7.61±0.79	3.96±0.55	3.05±0.26
9	103.9±7.97	39.6±5.28	0.22±0.13	189.5±47.4	62.3±7.10	58.5±30.0	14.7±2.90	28.9±2.36	7.54±0.63	3.63±0.42	3.04±0.26
11	103.1±9.54	38.5±5.10	0.15±0.12	188.3±52.0	60.2±5.67	57.4±30.5	13.1±3.39	29.7±2.94	7.54±0.73	3.78±0.45	3.13±0.24

注1) NEFA: 遊離脂肪酸、T-cho: 総コレステロール、Glu: 血糖、GOT: グルタミン酸オキサロ酸トランスアミナーゼ、
BUN: 血中尿素態窒素、Ht: ヘマトクリット値、TP: 血漿総蛋白、FAT: 乳脂率、PRO: 乳蛋白質率

第4表 分娩後の平均TDN充足率90%未満牛群の乳量、血漿成分および乳成分

分娩後 経過週齢	TDN充足率 %	乳量 kg	血漿成分						乳成分		
			NEFA mEq/l	T-cho mg/dl	Glu mg/dl	GOT IU/L	BUN mg/dl	Ht %	TP g/dl	FAT %	PRO %
1	64.9±12.7	25.6±5.10	0.52±0.49	83.3±32.3	53.9±4.41	55.9±21.4	10.3±3.26	30.7±2.11	6.8±0.53	4.95±1.03	3.74±0.58
3	79.3±9.1	37.5±6.99	0.48±0.27	133.5±54.6	56.6±4.20	52.0±22.3	13.6±3.07	28.9±1.58	7.35±0.73	4.19±0.60	3.12±0.39
5	86.6±13.1	39.6±7.28	0.39±0.15	168.8±76.6	57.9±5.43	50.5±18.2	12.3±3.02	29.4±1.35	7.53±0.61	3.78±0.48	2.92±0.19
7	86.5±10.2	39.5±7.03	0.36±0.20	187.3±83.8	58.5±3.01	47.3±18.2	12.7±1.90	29.8±2.30	7.58±0.57	3.76±0.60	2.85±0.17
9	90.6±11.7	37.8±6.73	0.30±0.21	196.6±78.8	58.7±3.98	50.1±17.9	13.7±2.00	29.9±1.64	7.52±0.66	3.98±0.83	3.07±0.40
11	92.3±9.7	36.0±7.49	0.37±0.21	191.9±75.9	56.0±7.63	48.8±8.04	12.9±2.34	29.7±2.15	7.24±0.81	4.25±0.79	3.16±0.37

注1) NEFA: 遊離脂肪酸、T-cho: 総コレステロール、Glu: 血糖、GOT: グルタミン酸オキサロ酸トランスアミナーゼ、
BUN: 血中尿素態窒素、Ht: ヘマトクリット値、TP: 血漿総蛋白、FAT: 乳脂率、PRO: 乳蛋白質率

このように、分娩後の遊離脂肪酸が0.3mEq/l以上であれば体重が増加に転じるまで栄養状態は改善されていないことが推察された。これらのことから、遊離脂肪酸はTDN充足率が90%以上であるか未満であるか判断するのに有効な指標であり、乳脂肪率と併せて判断することにより正確な判定を行うことが出来ると考えられた。

総コレステロールは、TDN90%以上およびTDN90%未満の両牛群ともに、分娩後のTDN充足率が上昇するに従って上昇した。総コレステロールは、給与飼料中の脂肪含有量および肝臓でのトリグリセライドの生成量に左右され、乳牛のエネルギー摂取状況と深く関係すると考えられている¹¹⁾。今回の試験でも同様に採食量の増加にともない上昇する傾向を示したが、両牛群間の違いを示すような特定の傾向は認められず、総コレステロール単独でTDN充足率が90%以上か未満かを判定することは困難と考えられた。

血漿総蛋白は、TDN充足率との間に有意な相関が認められた。このことは、分娩後の週が進むに従って

TDN90%以上および90%未満の牛群とも乾物摂取量が増加することに伴いTDN充足率も高くなり、同時に蛋白質摂取量も増加したためと考えられた。また、TDN充足率90%以上、およびTDN90%未満の牛群に関わらず血漿総蛋白質は、6.7~7.6g/dlの比較的狭い範囲で安定しており、血漿総蛋白質単独でTDN充足率が90%以上か未満かを判定することは困難と考えられた。

血糖は、TDN90%以上の牛群の方がTDN90%未満の牛群に比較して5~15mg/dl高く推移した。血糖は、エネルギー摂取が不足すると低下傾向を示すが、体内での調節機構が強力でその濃度変化は小さいとされている¹¹⁾。本試験の結果からTDN充足率と関連することが示唆されたが、TDN充足率が90%以上か未満かを判定するにあたっては、両群間の差が比較的小さく、個体による変動が大きいと、血糖単独でTDN充足率が90%以上か未満かを判定することは困難と考えられた。

グルタミンオキサロ酸トランスアミナーゼは、分娩後2週以降TDN90%以上の群がTDN90%未満の群に比

較して5~10%程度高く推移した。グルタミンオキザロ酢酸トランスアミナーゼは、心筋、肝臓および骨格筋に多く、分娩後の急速な肝機能亢進により上昇すると言われており、肝機能障害の指標とされている¹¹⁾。今回は、血糖と同様に両群間の差が比較的小さく、個体による変動が大きいためグルタミンオキザロ酢酸トランスアミナーゼ単独でTDN充足率が90%以上か未満かを判定することは困難と考えられた。

血中尿素態窒素は、TDN90%以上およびTDN90%未満の両牛群ともに、それぞれ11.9~14.8mg/dl, 10.3~13.7mg/dlで安定しており、両群間に差は認められなかった。血中尿素態窒素は、乳牛が摂取した蛋白質量と関係が大きく、給与飼料中の粗蛋白質量を高めるにつれて上昇する¹¹⁾とされており、血中尿素態窒素単独でTDN充足率が90%以上か未満かを判定することは困難と考えられた。

以上、血漿成分からTDN充足率を判定する場合、遊離脂肪酸が最もTDN充足状況を反映していると考えられた。

2 TDN充足率判定に関する判別関数式

栄養充足状況をより正確に判定するための手法として、血液成分値を用いてTDN充足率を判別するための関数式を作成し、第5表に示した。第2表の各血漿成分を説明要因とし、TDN充足率が90%以上か90%未満かを判別するための関数式を次の統計モデルにより作成し、説明要因の有効性の検定を行い、判別の中率を算出した。なお、判別関数式作成に当たっては、分娩直後の泌乳初期のデータは個体による変動が大きいため、分娩後から3週目までのデータは除外した。判別関数式： $Z = a \times \text{Ht} + b \times \text{TP} + c \times \text{Glu} + d \times \text{T-cho} + e \times \text{BUN} + f \times \text{GOT} + g \times \text{NEFA} + \text{定数}$ 。この判別関数式のZの値が、 $Z > 0$ であればTDN充足率は90%未満、 $Z < 0$ であれば90%以上を表す。

第5表 TDN充足率区分に関する判別関数式

分娩後採血週	判別関数式	判別の中率
5~7	$Z = 0.86 \times \text{NEFA} + 0.01 \times \text{T-cho} - 1.63$	60.7
	$Z = 1.61 \times \text{NEFA} + 0.05 \times \text{GOT} - 3.64$	64.3
9~11	$Z = 9.31 \times \text{NEFA} + 0.01 \times \text{T-cho} - 4.33$	76.9
	$Z = 12.95 \times \text{NEFA} + 0.11 \times \text{GOT} - 9.03$	80.8

注) $Z < 0$ の場合：TDN充足率90%以上
 $Z > 0$ の場合：90%未満

この判別分析において、各血漿成分のうち遊離脂肪酸、総コレステロールおよびグルタミン酸オキザロ酢酸トランスアミナーゼがTDN充足率の判別に有効な項目と判断された。この判別関数式を利用することにより、TDN充足率を分娩後5~7週は約61~64%、9~11週は約77~81%の的中率で判別することができた。また、分娩後の週齢が進むと血漿成分値の変動が少なく、分娩後9~11週の方が5~7週より判別率が高くなる傾向が認められた。乳牛の生体内では生理的変動を一定に保とうとする力が働くため、TDN充足率は、遊離脂肪酸および総コレステロールの変動となって表れるが、数値が比較的安定していたグルタミンオキザロ酢酸トラン

スアミナーゼが判別関数式に選択されたことは、遊離脂肪酸が大きく関係する肝臓でのケトン体生成など肝機能への影響が関係しているためと考えられた。

一般に、TMRの利点は均一な栄養濃度の飼料を不断給与することによりルーメンコンディションを一定に保つことができることであり、血液成分の日内変動は少ないと考えられる。飼料を24時間にわたって連続的に給与した乳牛は、採食後の尿素濃度のピークが消失し、日内変動が少なく、これに対して分離飼料を1日数回給与する場合は、血液成分の日内変動に、管理作業特に給餌回数に関連していると言われている¹¹⁾。今回の試験では、分離単回給与とTMR不断給餌における血液成分の違いは検討していないが、本試験のTMR不断給餌下での血液成分の変動は、既報^{1), 2), 4), 7), 10), 13)}の分離単回給与と同様の変動を示していた。

3 TDN充足率と繁殖性

第6表に、分娩後11週までに初回排卵、子宮修復、受精までに要した日数および人工授精回数を確認できた13頭の繁殖性を示した。

第6表 分娩後のTDN充足率別繁殖性

TDN充足率	検体No.	産次	初回排卵	子宮修復	初回授精	受胎に要した
			日数	日数	日数	授精回数
90%未満	1	4	15	27	60	2
	2	2	20	27	60	1
	3	2	24	33	234	4
	4	3	14	23	83	2
	5	4	10	42	159	2
	6	1	19	23	268	4
	7	3	15	36	50	1
	平均	2.7	16.7	30.1	130.5	2.3
90%以上	8	5	19	49	74	2
	9	2	13	24	58	1
	10	4	13	42	91	1
	11	2	15	37	59	5
	12	2	23	30	85	2
	13	4	11	35	85	1
		平均	3.2	16.9	34.6	75.3

授精までに要した日数は、TDN90%未満の群の130.5日に対して90%以上の群は75.3日と55日ほど早かった。受精までに要した人工授精回数は、TDN90%以上の牛群で2.0回であり、TDN90%未満の群の2.3回より良好であった。これは、TDN90%未満の群は、鈍性発情による発情の見逃しや、TDN充足率が分娩後11週でも92.3%と低いため栄養が泌乳の方に向けられ、受精しても着床することが出来ず、受胎にいたらなかったためと考えられた。TDN90%以上の牛群において、体重が増加に転じる分娩後5週目以降のTDN充足率は95%以上、体重増加が顕著となった分娩後9週以降では100%以上であり、この時期と分娩後初回授精までの日数がほぼ一致していた。分娩後の初回排卵日は、TDN90%以上の牛群で16.9日、TDN90%未満の牛群で16.7日と差は認められなかった。分娩後の子宮修復日数は、TDN90%未満の牛群が30.1日とTDN90%以上の牛群の34.6日に比較して早く修復する傾向であったが、有

意差は認められなかった。

吉目木ら¹⁴⁾ は分娩後3週間の平均 TDN 充足率と分娩後の初回排卵までの日数との間に負の相関を認めており、生田ら²⁾ は分娩後のボディコンディションスコア (BCS) の回復が遅れるほど、初回発情までの日数が遅れることを報告している。本試験においても、分娩後の栄養充足状況、体重の回復が繁殖成績に影響を及ぼすことが示唆された。

謝 辞

本研究における乳牛の飼養管理、調査等に多大なご協力をいただいた乳牛研究室の諸氏に感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 荒瀬淳・戸山幸恵・吾郷亘・福島義信 (1990) 乳牛の分娩前後における血液及び血清生化学的検査値について. 家畜診療, **321**: 39 - 43
- 2) 生田健太郎・小鴨睦・山口悦司・香川祐一 (1996) 乳牛における代謝プロファイルテストと繁殖状況. 兵庫農技研報, **32**: 41 - 48
- 3) 大森昭一郎 (1991) 泌乳牛における養分の補給 (II). 養牛の友, **7**: 48 - 53
- 4) 木村容子・新井一博・湊和之 (1993) 高泌乳牛の各泌乳期における生乳、血液及び第一胃液成分の変動. 日獣会誌, **46**: 385 - 391
- 5) 木村容子・小泉俊二・砂川雅博・斉藤友善・須藤平次朗・本好茂一 (1986) 高泌乳牛における分娩前後の血中脂質成分の変動とそれが示唆する代謝性疾患. 臨床獣医, **4** (10): 77 - 81
- 6) 是光章一・矢倉明・高仁敏光・月森幸雄・山根宣秋 (1995) 乳用牛の分娩前～泌乳中における血清脂質の動態. 島根畜試研報, **30**: 5 - 10
- 7) 溝本朋子・近藤寧子・星欽彌・吉浦尚子 (1992) 分娩後における乳牛の血液性状の調査. 家畜診療, **343**: 29 - 35
- 8) 中尾敏彦 (1995) 乳牛の分娩異常及び分娩後疾患によるストレスと性機能の回復 (1). 家畜診療, **380**: 11 - 17
- 9) Payne J, Dew S, Manston D (1976) The Use of a Metabolic Profile Test in Dairy Herds. Vet Rec, **87**: 150 - 158
- 10) 左向敏紀 (1992) 脂質代謝からみた代謝プロファイルテスト (1). 家畜診療, **345**: 33 - 41
- 11) 佐藤博 (1990) 血液成分値の栄養生理的意義—乳牛編 (1). 家畜診療, **328**: 5 - 11
- 12) 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、牛乳尿素、乳脂肪率及び乳蛋白率の関係. 日畜会誌, **63** (10): 1075 - 1080
- 13) 山口悦司・香川祐一・生田健太郎・高田修・福尾憲久 (1998) 飼料中のエネルギー水準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, **34**: 31 - 35
- 14) 吉目木勝策・中尾敏彦・森好政晴・河田啓一郎 (1984) 高泌乳における分娩後の栄養水準と卵巣機能の回復状態との関係. 日畜会誌, **57** (7): 553 - 560