

乳牛の泌乳前期の養分摂取と乳成分

北海道立根釧農業試験場 扇 勉

1. はじめに

乳成分の血液中の前駆物質についてはアイソトープ標識法や乳動静脈差法などにより明らかにされ、乳合成の概略は解明されており^{7, 8, 9, 13)}、図1のように示される。乳蛋白質は血液中のアミノ酸を原料として乳腺で合成されるが、そのアミノ酸は主に第1胃内で合成される微生物蛋白質と、第1胃内で分解されなかったバイパス蛋白質から供給される。乳糖はルーメン発酵で産生されたブ

から、より効率的に栄養素を供給するため泌乳初期にバイパス蛋白質の割合を高めたり、エネルギー補給に油脂や高脂肪飼料が利用されつつある。

一方、乳牛のケトージス、脂肪肝、起立不能症、第四胃変位、繁殖障害等の生産病といわれる疾病の発生は、泌乳能力の向上とともに年々増加の傾向にあり、養分摂取と乳生産の不均衡に基づくと考えられている¹⁶⁾。

このように乳合成の概略は明らかにされてきたが、泌乳能力の高い乳牛の乳成分の向上や生産病を予防するための飼養管理技術の確立にはまだ解決すべき問題点が残されている。本稿では、著者らが実施した泌乳前期の乳牛を用いた牧草サイレージおよび放牧を主体とした3つ飼養試験^{5, 6, 15)}を紹介したので、今後の草地型酪農における乳牛の飼養や試験研究の参考にして頂ければ幸いである。

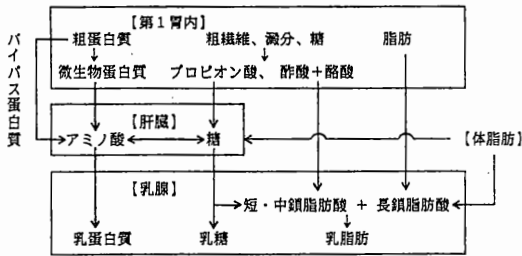


図1. 乳合成の概略

ロピオン酸から肝臓で合成された糖をもとに乳腺でつくられる。乳脂肪のうち短鎖脂肪酸と中鎖脂肪酸および酪酸からつくられ、長鎖脂肪酸は主に飼料中の脂肪に由来する血液中のキロミクロンおよび低密度リポ蛋白質からつくられる。しかし、泌乳前期にみられるように、乳生産に対して摂取エネルギーが不足すると、乳蛋白質の原料となるアミノ酸が肝臓で糖に変換されるため、乳腺へのアミノ酸の供給量が減少する。さらに、エネルギー不足状態では体脂肪が遊離脂肪酸として動員され、乳腺で長鎖脂肪酸に合成される。しかし、肝臓でのアミノ酸からの糖新生や、体脂肪の動員などの生体内での栄養素の変換を量的に正確に把握することはむずかしい。また、乳牛の泌乳能力の向上

2. 分娩前後のエネルギー水準と乳成分

本試験は分娩前後のエネルギー水準をコントロールして、乳量・乳成分、血液中の遊離脂肪酸濃度(体脂肪動員の指標)および肝臓の脂肪沈着割合の推移を観察したものである。

方法

試験区分は、表1に示したように分娩前後のエネルギー水準により4区分とし試験1, 2に分け実施した。試験1では分娩前2~8週を日本飼養標準に比べて、TDN充足率で130%の高栄養で飼養し、分娩後は2群に分けHL区では80%の低栄養、HS区では100%の適栄養となるように、乳量に応じて1週ごとに飼料給与量を設定した。試験2では分娩前2~8週を80%の低栄養で飼養

表1. 分娩前後のエネルギー水準 (TDN充足率) による試験区分

試験	区分	頭数	分娩前 2~8週	分娩後 1~16週
試験1	HL区	5	130%	80%
	HS区	5	130%	100%
試験2	LL区	4	80%	80%
	LS区	4	80%	100%

し、分娩後は試験1と同様にLL, LS区に分け飼養した。蛋白質給与量は、各群ともDCP充足率で110%以上とした。供試牛は、試験1では初産牛3頭を含む10頭、試験2では経産牛8頭を用いた。供試飼料はチモシー主体混播1番草の牧草サイレージ(試験1, 2で乾物中のCP含量が各々11.4, 13.6%, TDN含量が各々63.1, 70.2%)および市販濃厚飼料(CP含量19%, TDN含量91%)を主とし、蛋白質補正用に大豆粕を用いた。

結果

乾物摂取量、養分充足率および泌乳成績は表2に示し、乳蛋白質率の推移は図2に示した。4%補正乳量は初産牛が含まれていたため各区をその

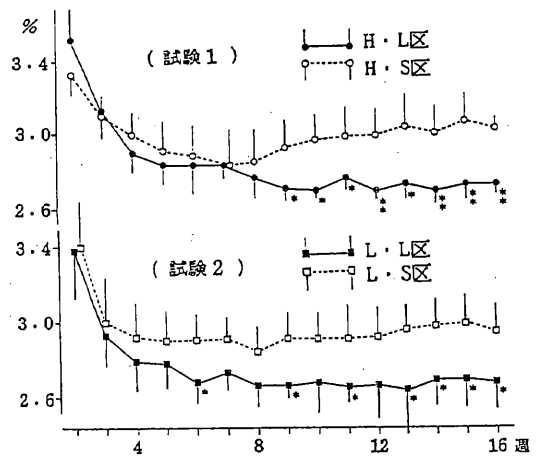


図2. 分娩前後のエネルギー水準と乳蛋白質率の推移

表2. 乾物摂取量、養分充足率および泌乳成績

		試験1		試験2	
		HL区	HS区	LL区	LS区
乾物摂取量 (kg/日)					
牧草サイレージ	分娩前	10.1	10.4	7.5	7.1
	分娩後	10.7	10.3	10.7 ^A	12.4 ^B
濃厚飼料	分娩前	2.7	2.8	0	0
	分娩後	2.8 ^A	9.1 ^B	3.7 ^A	7.8 ^B
養分充足率 (%)					
DCP	分娩前	169	172	130	124
	分娩後	110	113	116	127 ^B
TDN	分娩前	128	130	82	79
	分娩後	78 ^A	96 ^B	83 ^A	104 ^B
泌乳成績					
4%補正乳量 (kg/日)	2-8週	26.8 ^A	31.8 ^B	30.5 ^A	33.8 ^B
	9-16週	19.1 ^A	27.6 ^B	23.1 ^A	29.1 ^B
乳脂肪率 (%)	2-8週	4.31 ^a	4.05 ^b	3.80	3.74
	9-16週	3.63 ^a	3.91 ^b	3.64	3.79
乳蛋白質率 (%)	2-8週	2.97	2.99	2.75 ^A	2.91 ^B
	9-16週	2.71 ^A	3.01 ^B	2.69 ^A	2.95 ^B

注) 各試験ごとの異文字間に有意差あり (A, B ; P < 0.01, a, b ; p < 0.05)。

まま比較することはできないが、HL, LL区では分娩後9~16週に大きく低下した。乳蛋白質率は分娩後2~8週では試験1のHL, HS区で各々2.97, 2.99%と差がみられなかったが、試験2のLL, LS区では各々2.75, 2.91%と、LL区で0.16%低かった ($P < 0.01$)。分娩後9~16週ではHL, HS区で各々2.71, 3.01%, LL, LS区で各々2.69, 2.95%と、HL, LL区とも各々0.30, 0.26%低かった ($P < 0.01$)。乳脂肪率はHL, HS区の2~8週で各々4.31, 4.05%と、HL区で0.26%高かった ($P < 0.05$) が、LL, LS区間には差がみられなかった。TDN充足率と乳蛋白質率の相関係数(試験1, 2を含む)は、分娩後2~8週では-0.12であったが、分娩後9~16週では0.54と正の有意な相関($P < 0.01$)がみられた。

体重の推移をみると、乾乳期には試験1で73kg増体したが、試験2では8kg減少した。分娩直後~9週後には、分娩後低栄養にしたHL区で95kg, LL区では62kgの体重の減少がみられたが、その後は両区とも体重の減少はみられなかった。

血液中の遊離脂肪酸濃度は図3に示したように、試験2では分娩に近づくにつれ徐々に高くなり、分娩前2週で平均519 $\mu\text{Eq/L}$ を示した。分娩後はHL, LL区で遊離脂肪酸の著しい上昇があ

り、2週後には各々1228, 1035 $\mu\text{Eq/L}$ と高値を示した。HS, LS区では分娩後2週に各々438, 566 $\mu\text{Eq/L}$ と高くなったが、8週後には100 $\mu\text{Eq/L}$ 前後となった。

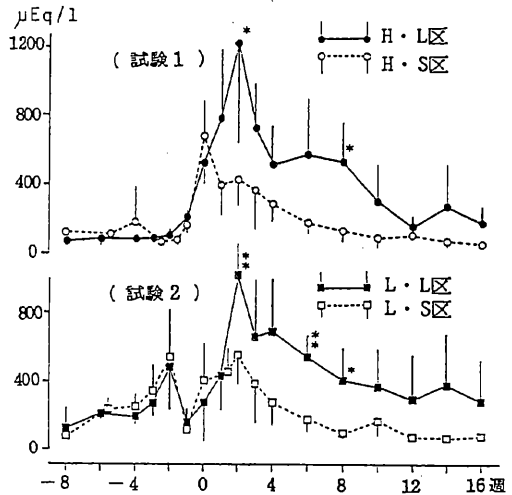


図3. 分娩前後のエネルギー水準と遊離脂肪酸濃度の推移

分娩後2および4週の肝臓の脂肪沈着割合および血液検査成績は表3に示した。脂肪沈着割合はHL区では分娩後2週の平均で18%と高く、特に4%補正乳量が36.7キロと乳量の高い牛では1ヶ月間にわたり40%以上が続いた。しかし、HS区では分娩後2, 4週ともほとんど脂肪沈着がみられなかった。一方、LL区の分娩後2, 4週およ

表3. 肝臓の脂肪沈着割合および血液検査成績

単 位	分娩後週	試験1		試験2		
		HL区	HS区	LL区	LS区	
肝脂肪	%	2	18	1	12	10
		4	16	0	11	0
BSP試験	%	2	10.5	2.9	12.3	4.1
	遊離脂肪酸	$\mu\text{Eq/L}$	2	1228	438	1035
血 糖	mg/dl	4	521	291	699	295
		2	51	61	56	59
ケトン体	$\mu\text{mol/L}$	4	51	61	56	65
		2	1840	695	940	656
		4	1878	758	1523	536

びL S区の分娩後2週にも平均10%以上の脂肪沈着がみられ、L L区の2頭、L S区の1頭は20%を越えた。肝臓の異物排泄能試験の一つであるブルムサルファレン(B S P)試験を分娩後2週に実施した結果、停滞率(30分値)ではH L, L L区では10%以上となり肝機能の低下がうかがえ、脂肪沈着の程度とB S P試験の結果はほぼ一致した。さらに、H L, L L区では遊離脂肪酸とケトン体が著しく上昇し、体脂肪の過剰動員とケトोजスに近い状態がうかがえた。

考 察

摂取エネルギーの不足により乳蛋白質率が低下することはよく知られている¹³⁾。しかし、本試験の乳蛋白質率の推移をみると、分娩後2~8週では、試験1のH L, H S区間に差はなく、試験2のL L, L S区間に有意差がみられ、試験1, 2を含めた乳蛋白質率とT D N充足率との相関では有意な相関はみられなかった。分娩後9~16週では、試験1, 2ともH L, L L区で有意な低下がみられ、乳蛋白質率とT D N充足率の間には有意な正の相関がみられた。これは分娩後2~8週では遊離脂肪酸の上昇にみられたように体脂肪の動員によりエネルギーの不足が補われたため、体脂肪の蓄積の差が乳蛋白質率にも影響したものと考えられた。しかし、分娩後9週以降は体脂肪の動員も少なくなり、乳蛋白質の原料となるアミノ酸がエネルギー源としてより多く利用されたため、乳蛋白質率が低下したものと考えられた。

乳脂肪率は、試験1のH L区の分娩後2~8週で4.31%と高く、血液中の遊離脂肪酸の増加にみ

られたように体脂肪由来の長鎖脂肪酸の割合が増加したことによるものと推察される。根釧農試で実施した放牧試験²²⁾でもT D N充足率が80%以下の泌乳前期の乳牛では乳脂肪に占める長鎖脂肪酸割合が53.3%であったのに対し、T D N充足率が100%以上の泌乳中期の乳牛では37.3%と、泌乳前期にエネルギー摂取量が不足すると遊離脂肪酸が増加し、体脂肪由来の長鎖脂肪酸が高くなること報告している。

肝臓の脂肪沈着は、試験1のH L区で特に乳量の高い乳牛で多かったことから、分娩前の肥満と泌乳能力が肝臓の脂肪沈着に大きく影響したものと考えられた。肝臓に遊離脂肪酸が過剰に動員されると処理しきれなくなり、肝臓に脂肪が沈着する¹¹⁾。このような脂肪肝はB S P試験で示したように肝機能が低下し、種々の生産病に関与するものと考えられる。

3. バイパスメチオニン添加効果

本試験は乳生産の制限アミノ酸といわれるメチオニンを分娩前後の乳牛に被覆メチオニン製剤として飼料添加し、乳成分の向上効果と血清遊離アミノ酸濃度の推移を観察したものである。

方 法

試験区分は、試験3, 4とも同一飼料構成でバイパスメチオニン製剤の添加の有無により添加区および対照区とした。供試牛は、各試験とも経産牛8頭を用い、前産次の泌乳成績で各区の乳成分がなるべく揃うように4頭ずつ分けた。分娩後の供試飼料は、表4に示したような牧草サイレージ：トウモロコシ：大豆粕=50：40：10(乾物中

表4. メチオニン添加試験における混合飼料の構成および組成

	飼料構成			飼料の組成			
	牧草サイレージ	トウモロコシ	大豆粕	C P	D C P	T D N	粗繊維
	乾物中%						
試験3	50	40	10	16.7	12.5	79.2	18.5
試験4	50	40	10	15.7	11.7	77.7	17.5

%)の混合飼料とした。混合飼料の組成は試験3, 4のCP含量が各々16.7, 15.7%, TDN含量が各々79.2, 77.7%であった。添加区では、分娩前2週から分娩後16週までバイパスメチオニン製剤(DLメチオニンを30%含む)100gを1日1回飼料の上に振りかけた。

結果

飼料摂取量および養分充足率は表5に示した。乾物摂取量は試験3, 4とも20~22kgで差はみられなかったが、養分摂取量はCP, DCP, TD

表5. メチオニン添加試験の分娩後の飼料摂取量と養分充足率

	試験3		試験4	
	添加区	対照区	添加区	対照区
	kg/日			
乾物摂取量	21.4	21.8	20.4	21.1
DCP摂取量	2.69	2.72	2.37	2.47
TDN摂取量	17.0	17.2	15.8	16.4
	%			
DCP充足率	120	122	112	115
TDN充足率	95	96	92	94

Nともに試験3が試験4に比べ高かった。泌乳成績は表6に示し、乳蛋白質率の推移は図4に示した。実乳量および4%補正乳量は、試験3, 4とも処理間に差がみられなかったが、乳量水準では

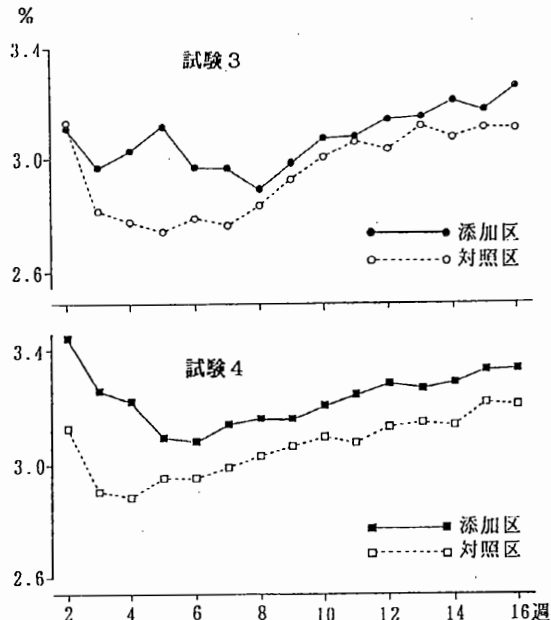


図4. メチオニン添加試験の乳蛋白質率の推移

表6. メチオニン添加試験における泌乳成績

	分娩後週	試験3		試験4	
		添加区	対照区	添加区	対照区
実乳量 (kg/日)	2-8	38.9	39.3	34.5	35.9
	9-16	35.0	34.3	33.4	34.1
乳脂肪率 (%)	2-16	36.8	36.6	33.9	35.0
	2-8	3.95	3.89	4.18	4.04
乳蛋白質率 (%)	9-16	3.87	3.90	4.03	3.95
	2-16	3.91	3.90	4.10 ^a	3.99 ^b
乳脂肪量 (g/日)	2-8	3.00 ^A	2.84 ^B	3.20 ^A	2.98 ^B
	9-16	3.12	3.05	3.27 ^A	3.14 ^B
乳蛋白質量 (g/日)	2-16	3.07 ^A	2.95 ^B	3.24 ^A	3.06 ^B
	2-8	1539	1540	1444	1446
乳蛋白質量 (g/日)	9-16	1350	1335	1343	1351
	2-16	1438	1431	1390	1396
乳蛋白質量 (g/日)	2-8	1166 ^a	1111 ^b	1102	1069
	9-16	1090	1044	1089	1073
2-16	1126 ^a	1075 ^b	1095	1071	

注) 各試験ごとの異文字間に有意差あり (A, B ; P < 0.01, a, b ; P < 0.05)。

試験3の方が試験4より高かった。乳蛋白質率および乳蛋白質量は試験3, 4とも添加区が高く推移した。特に, 泌乳初期(分娩後2~8週)の乳蛋白質率は, 試験3, 4の添加区各々3.00, 3.20%, 対照区各々2.84, 2.98%と, 添加区で各々0.16, 0.22%高かった($P < 0.01$)。乳脂肪率は試験3では処理間に差がみられなかったが, 試験4では添加区が高かった($P < 0.05$)。体重の推移では, 試験3, 4とも分娩後の体重の低下は少なく, 分娩後4週で分娩直後に比べ, 20~38kgの低下にとどまり, 処理間にも差がみられなかった。

分娩前後の血清遊離メチオニン濃度の推移は図5に示したように, 添加区では分娩前1週より高くなり, 分娩後1~16週の平均で試験3, 4の添加区で各々3.0, 3.6 $\mu\text{mol}/\text{dl}$, 対照区で各々2.2, 2.2 $\mu\text{mol}/\text{dl}$ と, 添加区が高かった($P < 0.01$)。筋肉の蛋白質であるアクチンとミオシンが分解されて作られる3メチルヒスチジンは分娩日~2週後に高く, 特に試験2の分娩日には添加区, 対照区で各々1.97, 1.75 $\mu\text{mol}/\text{dl}$ と高い値を示した。分娩後のDCP摂取量と血清遊離アミノ酸濃度との相関係数(試験3, 4を含む)では, グリシンと側鎖アミノ酸比との間に-0.63, 3メチルヒスチジンとの間に-0.71と負の相関(各々 $P < 0.01$)がみられた。

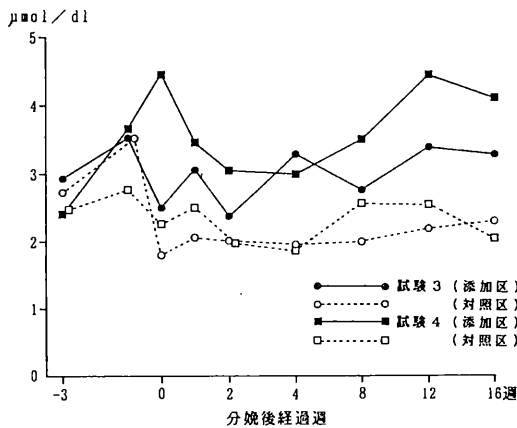


図5. 分娩前後の血清遊離メチオニン濃度の推移

考 察

乳蛋白質率は, 試験3, 4とも泌乳初期(分娩後2~8週)には添加区が対照区に比べ, 各々0.16, 0.22%高かった。これは, 牧草サイレージ主体飼養で制限アミノ酸となりやすいメチオニン^{1, 2, 3)}が添加され, 乳蛋白質の合成が高まったためと考えられる。乳量および4%補正乳量の向上効果は本試験では認められず, これまでの試験成績でも一致した結果が得られていないことから¹⁸⁾, 今後, 飼料構成, 乳量水準等を考慮して検討する必要がある。

血清遊離アミノ酸濃度では, 添加区でメチオニン濃度が高く推移し, メチオニン添加が血液中の濃度にも反映したものと考えられた。また, 反すう動物の蛋白質栄養の指標としては, 必須アミノ酸と非必須アミノ酸比, グリシンと側鎖アミノ酸比および3メチルヒスチジン濃度が用いられているが¹⁾, 本試験ではグリシンと側鎖アミノ酸比および3メチルヒスチジン濃度がDCP摂取量と負の相関がみられ, 血清遊離アミノ酸濃度は蛋白質栄養の指標となりうることが示唆された。

3. 放牧主体飼養における乳成分低下要因

本試験は泌乳前期の乳牛を昼夜放牧および3時間制限放牧し, 各々の養分摂取量および乳量・乳成分を比較することにより, 放牧期における乳成分の低下要因を検討したものである。

方 法

飼養法および供試牛は表7に示した。試験区分は昼夜放牧区(昼夜区)および3時間制限放牧区(制限区)とし, 昼夜区では昼夜放牧(11:00~16:00と19:30~5:30)以外に粗飼料を供給せず, 制限区では3時間放牧(5:00~8:00)後, 牧草サイレージを自由採食させた。濃厚飼料は両区とも乾物で6.8kgとし, 1日3回に分け給与した。放牧草地はオーチャードグラス主体の混播草地を用い, 各試験区を15牧区に分け輪換放牧を行った。放牧密度は昼夜区, 制限区各々1.7, 3.8

表7. 放牧試験における飼養法および供試牛

試験区分	放牧時間	飼養法		供試牛			
		併給飼料 粗飼料	濃厚飼料	頭数	脂肪	前産次乳成分 蛋白質	SNF
	時間		乾物中kg	頭		%	
昼夜区	15	なし	6.8	4	3.86	3.04	8.74
制限区	3	牧草サイレージ自由	6.8	4	3.94	3.07	8.79

頭/haとした。供試牛は泌乳前期の経産牛8頭を用い、前産次の泌乳成績で各区の乳成分の平均値がなるべく揃うように4頭ずつ分けた。放牧期間は、6月4日～8月27日の12週間とし、I～IV期に分けた。なお、放牧草の採食量の推定は酸化

クロム法を用い、採糞を各期の最後5日間連続で行った。

結果

供試飼料の組成は表8に示した。放牧草の組成は昼夜区と制限区で差がみられなかったが、季節

表8. 放牧試験における供試飼料の化学成分およびTDN含量

	放牧草								濃厚飼料	
	I 期 6.4-6.25 昼夜 制限		II 期 6.26-7.16 昼夜 制限		III 期 7.17-8.6 昼夜 制限		IV 期 8.7-8.2 昼夜 制限			牧草サイレージ
	乾物中%									
CP	15.4	14.5	20.7	17.0	21.3	19.0	18.8	18.0	14.9	19.2
TDN	76.3	75.6	75.0	75.0	66.1	65.6	65.5	63.7	66.7	91.4
NDF	53.2	52.9	52.1	53.8	51.5	52.0	50.7	51.0	61.4	10.0
ADF	30.3	29.0	29.7	30.9	31.6	31.4	30.6	30.7	42.0	5.0

ではTDN含量がI, II期に75～76%, III, IV期に64～66%と、夏季のIII, IV期で約10%低下した。CP含量はI期15%とやや低かったが、II～IV期では17～21%の範囲内にあった。飼料摂取量および養分充足率は表9に示した。放牧草の乾物摂取量は昼夜区ではI, II期に各々20, 18kg, III, IV期に各々13, 13kgと、夏季に乾物摂取量が低下した。しかし、制限区では季節による変動は少なく、全期間の平均で放牧草5kg, 牧草サイレージ11kgであった。摂取飼料中の繊維含量では、全期間の平均でNDF含量が昼夜区, 制限区で各々39, 44%, ADF含量が各々23, 28%といずれも昼夜区が低かった。TDN充足率では昼夜区のI, II期

に各々139, 125%, III, IV期に各々86, 92%とIII, IV期で低下する傾向にあったが、制限区では各期104～107%と季節による変動が少なかった。CP充足率は昼夜区, 制限区とも季節変動は少なく、全期間の平均で各々149, 124%であった。体重は、昼夜, 制限区とも大きな変化なく推移した。

泌乳成績は表10に示した。実乳量は全期間の平均で両区でも32kgと差がみられなかったが、4%補正乳量は昼夜, 制限区で各々30.0, 31.9kgと制限区が1.9kg高かった。乳脂肪率は各期とも昼夜区が制限区に比べ低く推移し、全期間の平均で各々3.46, 4.00%と、昼夜区が0.54%低かった。乳蛋白質率は全期間の平均値では昼夜, 制限区で

表9. 放牧試験における飼料摂取量、養分充足率および体重の推移

採糞期間 (月日)		I 期 6.19-6.23	II 期 7.10-7.14	III 期 7.31-8.4	IV 期 8.21-8.25	全期間
乾物摂取量 (kg/日)						
放牧草	昼夜	20.2 ^a	18.1 ^a	13.2 ^b	13.2 ^b	16.2
	制限	5.4	4.8	4.9	4.8	5.0
牧草サイレージ	制限	10.6	11.9	11.7	9.6	10.9
養分摂取量 (kg/日)						
C P	昼夜	4.4 ^a	5.1 ^b	4.1 ^{a c}	3.8 ^c	4.3
	制限	3.7	3.9	4.0	3.6	3.8
T D N	昼夜	21.6 ^a	20.0 ^a	13.0 ^b	13.0 ^b	16.9
	制限	17.3	17.8	17.1	15.7	17.0
養分充足率 (%)						
C P	昼夜	149	165	148	142	149
	制限	115	122	127	131	124
T D N	昼夜	139 ^a	125 ^{a b}	86 ^b	92 ^b	110
	制限	104	107	105	107	106
摂取飼料中の繊維含量 (%)						
N D F	昼夜	42.2 ^a	40.6 ^b	37.4 ^c	36.9 ^c	39.3
	制限	44.0 ^{a b}	45.0 ^a	44.5 ^a	42.5 ^b	44.0
A D F	昼夜	24.1 ^a	22.9 ^b	22.5 ^{b c}	22.0 ^c	23.0
	制限	27.6	28.9	29.0	27.4	28.2
体重 (kg)						
	昼夜	598	614	619	624	614
	制限	646	651	659	652	652

注) a, b, c ; 異符号間に有意差あり (P < 0.01)

表10. 放牧試験における泌乳成績

採糞期間 (月日)		I 期 6.19-6.23	II 期 7.10-7.14	III 期 7.31-8.4	IV 期 8.21-8.25	全期間
乳量 (kg/日)						
実乳量	昼夜	34.5	33.1	31.1	29.4	32.0
	制限	33.3	33.0	31.6	29.6	31.9
4%補正乳量	昼夜	30.5	31.0	28.9	27.2	30.0
	制限	33.1	33.2	32.7	28.6	31.9
乳成分 (%)						
乳脂肪	昼夜	3.23	3.57	3.52	3.50	3.46
	制限	3.96	4.04	4.23	3.78	4.00
乳蛋白質	昼夜	3.02	2.84	2.90	2.90	2.91
	制限	2.95	2.92	2.92	3.08	2.97

各々2.91, 2.97%と差はみられなかったが、IV期では各々2.90, 3.08%と、昼夜区が0.18%低かった。SNF率も乳蛋白質率と同様の傾向がみられ、IV期では昼夜区、制限区で各々8.32, 8.65%と、

昼夜区が0.33%低かった。

乳蛋白質生産に対する窒素の利用効率および血中尿素窒素は表11に示した。乳中窒素量/窒素摂取量の全期間の平均値は、昼夜区、制限区で各々

表11. 放牧試験における乳蛋白質生産に対する窒素の利用効率と血中尿素窒素

採糞期間 (月日)	I 期 6.19-6.23	II 期 7.10-7.14	III 期 7.31-8.4	IV 期 8.21-8.25	全期間
乳中窒素/摂取窒素 (%)					
昼夜	23.3	18.1	21.5	22.0	21.2
制限	26.2	23.9	22.4	24.3	24.2
血中尿素窒素 (mg/dl)					
昼夜	10.8	13.8	23.7	21.6	17.5
制限	16.7	10.4	12.4	14.0	13.4

21, 24%と、昼夜区が乳蛋白質生産に対する摂取した窒素の利用効率が低かった。血中尿素窒素はI, II期では両区とも17mg/dl以下であったが、III, IV期では昼夜区が24, 22mg/dl, 制限区が12, 14mg/dlと大きな差がみられた (P<0.01)。また、血中尿素窒素とTDN摂取量/C P摂取量の比との間には-0.87の負の相関 (P<0.01) がみられた。

考 察

Lofgrenら¹⁰⁾は、ADFと粗繊維が乳脂肪率低下の指標となると述べ、ADF含量18%が乳脂肪率を3.3%以上に保つ最低水準であるとし、NRC飼養標準(1988)では給与飼料に最低必要なADF含量を21%以上と示されている。本試験ではADF含量が昼夜区、制限区で各々23, 28%とともにNRC飼養標準に示された値より高かった。しかし、乳脂肪率は昼夜区の平均値が3.46%と制限区より0.54%も低く、北海道酪農・肉用牛生産近代化計画(第2次)で示された乳脂肪率3.8%以上の目標値をクリアするには、放牧主体飼養でもADF含量をさらに高めるため、放牧草の摂取量に応じた供給飼料からの繊維の補給量を検討する必要がある。

乳蛋白質率および無脂固形分率は全期間の平均

値では処理間に差はみられなかったが、IV期では昼夜区が各々0.18, 0.33%低かった。これは夏季(III, IV期)では春季(I, II期)に比べ放牧草のTDN含量で約10%, 乾物摂取量で約5kg各々低下し、夏季のTDN充足率が86~92%と低くなったため、制限区で乳期の進行に伴い乳蛋白質および無脂固形分率が高く推移したのに対し、昼夜区ではIV期にそれらが低下したものと考えられた。

また、昼夜区の夏季では、乳蛋白質生産に対する摂取した窒素の利用効率が低く、血中尿素窒素も高いことから、摂取エネルギーの不足により蛋白質が充分利用されていないことがうかがえる。血中尿素窒素はルーメン内で産生された余分なアンモニア量を反映するが、尿素形成には乳牛では窒素1g当たり7.3kcalのエネルギーが必要であると見積もられている¹⁸⁾。さらに、肝臓でのアンモニアの解毒作用は羊の肝臓での糖新生を減少させたり²⁴⁾、乳牛において授精時の血中尿素窒素が20mg/dl以上で受胎率が低下すると報告されている³⁾。このような高蛋白質飼養はエネルギーの損失ばかりではなく、乳牛の健康への影響も危惧される。

5. まとめ

乳脂肪率および乳蛋白質率は泌乳前期に低く、泌乳能力の高い牛ほどそれらは低くなる傾向にある。乳蛋白質率の向上には泌乳前期のエネルギー摂取量を高めることが最も大切であるが、体脂肪の動員によりエネルギーがかなり補給されることから、泌乳後期に体脂肪をある程度蓄積しておくことが、分娩後の乳量・乳成分の向上につながるものと考えられる。また、乳蛋白質率を高めるためには、エネルギーが充足された飼養条件で制限アミノ酸の供給量を増やすことが有効であると考えられる。高泌乳牛の泌乳初期には、ルーメン内で合成される微生物蛋白質だけでは要求量を満たせないことから、バイパス性摂取粗蛋白質の給与割合を高める必要性が指摘され⁸⁾、加熱大豆や制限アミノ酸の添加試験等が数多く実施されてきている。しかし、飼料構成、乳量水準、加熱温度、被覆剤等の違いにより乳量・乳成分への影響について必ずしも一致した結果は得られていない^{1, 2, 17, 18, 20, 21)}。著者らの試験では牧草サイレージ主体飼養において泌乳初期に乳蛋白質の向上効果が認められ、牧草サイレージ主体飼養ではメチオニンが制限アミノ酸となりやすいことを示している。しかし、乳牛では制限アミノ酸に関するデータは不足しており、今後、基礎的な試験やその他の制限アミノ酸の添加試験等の積み上げが必要である。

放牧飼養は、放牧草の季節生産性と養分含量の変動および、牧区間の牧養力と草種構成のバラツキ等から、採食量および養分摂取量の把握がむずかしく、高泌乳牛の飼養に必要な綿密な飼料設計が困難であるとされている。著者らの放牧試験では放牧期間中の平均乳量が32kgと放牧飼養では高い水準にあったが、昼夜放牧では乳成分の低下がみられた。昼夜放牧では摂取飼料中のADF含量は23%であったが、乳脂肪率は3.46%と低く、3.8%以上を目標とすると給与飼料中のADF含量

をNRC飼養標準で示された値(21%以上)よりさらに高くする必要がある。また、放牧草は蛋白質含量が高い粗飼料であるが、夏季にはTDN含量が低くなり摂取量も低下することから、十分な繊維とともに、蛋白質摂取量に見合うエネルギーの補給が必要である。

一方、乳牛の生産病は養分摂取量と乳生産のアンバランスに起因し、特に脂肪肝は種々の生産病の誘因になるものと考えられている^{12, 19)}。分娩後の急激なボディコンディションの低下にみられるような過剰な体脂肪の動員は、乳牛を脂肪肝に陥りやすくすることから、脂肪肝の予防には泌乳初期の養分摂取量をできる限り高め、体脂肪の動員を少なくすることが大切である。また、放牧主体飼養では蛋白質の過剰摂取から、肝臓への負担あるいは繁殖への影響が危惧されることから、栄養比を適正に保つ必要がある。また、蛋白質とエネルギーのバランスや体脂肪の動員状況は、血液中の尿素窒素や遊離脂肪酸の濃度によく反映され、乳牛群の栄養診断として用いられる代謝プロファイルテスト^{14, 16)}にも検査項目として含まれている。さらに、メチオニン添加試験で示したように血液中の遊離アミノ酸濃度も蛋白質栄養の指標となりうることを示唆されていた。

このように、草地型酪農において泌乳前期の乳牛の飼養管理に関する著者らの研究はまだ緒に付いたばかりではあるが、乳牛の泌乳能力に応じた乳量・乳成分の向上を図る技術は、生産病を予防し健康な乳牛群の飼養管理技術へとつながっていくものと考えられる。

文 献

- 1) Buttery, P. J. and A. N. Foulds, Recent Advances in Animal Nutrition-1985 (Haresign, W. and D. J. A. Cole, eds.) 257-271. Butterworths. London. 1985.
- 2) Donkin, S. S., G. A. Varga, T. F. Sweeney

- and L.D.Muller, *J.Dairy Sci.*, 72: 1484-1491.1989.
- 3) Ferguson, J.D., T.L.Blanchard, D. Hoshall, W. Chalupa, *J. Dairy Sci.*: 69 (Suppl.1): 120, 1986.
- 4) 浜田龍夫, 新林恒一, 栄養生理研究会報, 31 (2): 175-184. 1987.
- 5) 北海道立根釧農業試験場, 平成3年度北海道農業試験場成績会議資料「乳牛へのバイパスメチオニン添加効果」, 1992.
- 6) 北海道立根釧農業試験場, 平成3年度北海道農業試験場成績会議資料「放牧期における養分摂取量の把握と乳成分低下要因の解明」, 1992.
- 7) 上家哲, 畜産の研究, 37: 1259-1264. 1983.
- 8) 上家哲, 畜産の研究, 39: 610-616. 1985.
- 9) Linzell, J.L., *Lactation, A Comprehensive Treatise* (B.L.Larson and V.R.Smith eds), Vol1, 143, Academic Press, New York, 1974.
- 10) Lofgren, P.A. and R.G.Warner, *J.Dairy Sci.*, 53: 296-304. 1970
- 11) Martin, D.W., Mayes, P.A., Rodwell, V.W., Granner, D.K., *Harper's Review of Biochemistry*, Lange Medical Publications, California, 1985 [ハーパー生化学, 上代淑人監訳, 丸善社, 東京, 1986]
- 12) Morrow, D.A., Hillman, D., Dade, A., Kitchen, H., *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 174: 161-167, 1979.
- 13) 大森昭一朗, 畜産の研究, 31: 259-262. 1977.
- 14) 扇勉, 前田善夫, 伊東季春, 梶野清二, 岸昊司, 松田信二, 安里章, 臼井章, *日獣会誌*, 42, 306-311. 1989.
- 15) 扇勉, 上村俊一, *日獣会誌*, 44: 992-999. 1991.
- 16) Payton, J. M., *Metabolic Diseases in Farm Animals*. William Heinemann Medical Books, Ltd. London. 1977 [産業動物の代謝病, 臼井和哉, 牛見忠蔵, 本好茂一共訳, 学窓社, 東京, 1984].
- 17) Polan, C.E., K.A.Cummins, C.J.Sniffen, T.V.Muscato, J.L.Vicini, B.A.Crooker, J.M.Clark, D. G. Johnson, D. E.Otterby, B.Guillaume, L. D. Muller, G. A. Varga, *J. Dairy Sci.*: 74.2997-3013.1991.
- 18) National Research Council. *Nutrient requirement of dairy cattle*. 6th ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC., 1988.
- 19) Reid, I. M., Roberts, C. J., *Vet. Rec. In practice* Nov. 164-169, 1982.
- 20) Rogers, J.A., S.B.Peirce-Sander, A.M.Papas, C. E. Polan, C. J. Sniffen, T.V.Muscato, C.R.Staples and J.H.Clark, *J. Dairy Sci.*: 72, 1800-1817. 1989.
- 21) Schingoethe, D.J., D.P.Casper., C.Yang., D.J.Illg, J.L. Sommerfeldt and C.R. Mueller, *J.Dairy Sci.*, 71, 173-180. 1988.
- 22) 高橋雅信, 花田正明, 上村俊一, 扇勉, 藤田真美子, 塚本達, *日畜道支部会報*, 34(1): 27. 1991.
- 23) Thomas, P.C., D.G.Chamberlain, N.C.Kelly, M.K.Wait, *Brit. J. Nutr.*, 43: 469-479. 1980.
- 24) Weekes, T.E.C., R.I.Richardson and N.Geddes, *Proc. Nutr. Soc.* 38: 3A. 1979.