

# 高泌乳・高蛋白牛群に適応した飼養管理技術の確立

茂呂勇悦・山口直己<sup>1)</sup>・松木田裕子・川村輝雄<sup>2)</sup>・菊地正人<sup>3)</sup>

## はじめに

生乳の栄養成分にかかる評価は、乳脂肪分と無脂乳固形分を併せて実施されており、特に最近は無脂乳固形分の主要成分である乳蛋白質の含有率を向上させる飼養管理技術の確立が求められている。また乳生産性を維持する一方で、窒素排泄量及び飼料代の低減を目的として、飼料中蛋白質を効率的に利用する飼養管理技術の確立も求められている。

そこで、高泌乳・高蛋白を達成するための飼料給与及び飼料中蛋白質の効率的な利用について検討したので報告する。

## 試験方法

### 1 県内酪農家の飼養管理内容の調査 (1996～2000年度)

牛群検定成績において、高泌乳（10,000kg以上）、高乳蛋白質率（3.4%以上）の個体を飼養する県内10戸の酪農家の飼養管理内容について調査を実施した。

### 2 高泌乳・高蛋白質乳生産に係る飼料給与内容 (2001～2004年度)

(1) 飼料中エネルギー濃度の向上による高位乳生産  
(2001年度)

表1 飼料中TDN含量が異なるTMRの構成及び成分値

飼料名	乾物構成割合 (%)	
	TDN72% (対照区)	TDN74% (試験区)
とうもろこしサイレージ	30.8	32.3
牧草サイレージ	8.5	6.4
アルファルファ乾草	7.3	2.1
ビートバルブ	9.2	9.4
配合飼料 (TDN74%、CP18.9%)	38.2	43.7
大豆粕フレーク	3.3	3.4
魚粉	1.3	1.3
ビタミン・ミネラル・重曹・塩	1.4	1.5
成分値 (%/DM)		
TDN	72.0	74.0
CP	16.5	16.5
NDF	31.8	34.0

### ①供試牛

泌乳前期から泌乳後期牛10頭

### ②給与飼料 (表1)

飼料中の粗蛋白質(CP)含量16.5%，ルーメンバイパス率40%に設定し、エネルギー水準を対照区及び試験区において各々可消化養分総量 (TDN) 72%、TDN74%とし、完全混合飼料 (TMR) の飽食給与とした。

### ③調査項目

乳量(kg/日)、成分的乳質 (乳脂肪分率、乳蛋白質率、無脂乳固形分率、乳中尿素態窒素)

(2) ルーメンバイパスメチオニン製剤添加による高位乳生産 (2002～2003年度)

### ①供試牛

泌乳前期から後期牛14頭

### ②給与飼料(表2)

TMRに市販ルーメンバイパスメチオニン製剤 (CP50%、バイパス率85%)を10g/頭・日添加した試験区と無添加である対照区を設定した。TMRは飽食給与とした。

### ③調査項目

乳量 (kg/日)、成分的乳質 (乳脂肪分率、乳蛋白質率、無脂乳固形分率、乳中尿素態窒素)

表2 ルーメンバイパスメチオニン製剤添加に係るTMRの構成及び成分値

飼料名	乾物構成割合 (%)
とうもろこしサイレージ	28.2
オーチャードグラス乾草	11.8
アルファルファ乾草	7.8
ビートバルブ	12.0
大豆粕フレーク	3.2
配合飼料 (TDN74%、CP18.9%)	35.5
ビタミン・ミネラル・重曹・塩	1.6
成分値 (%/DM)	
TDN	75.4
CP	15.6
RUP/CP	37.2
NDF	36.4
NFC	39.6

1) 遠野農業改良普及センター、2) 水沢農業改良普及センター、3) 岩手県中央家畜保健衛生所

(3) リジン・メチオニン給与量の調整による飼料中CP含量の低減(2004年度)

①供試牛

2産以上の泌乳前期牛10頭, 泌乳中・後期牛12頭

②給与飼料(表3)

泌乳前期牛においては, TMR中のCP水準を対照区及び試験区において各々17.3%, 16.1%とし, 泌乳中・後期牛においては対照区及び試験区で各々15.9%, 13.5%とし, 各試験区における代謝蛋白質中のリジン含量及びメチオニン含量はNRC飼養標準1)を参考として, 市販のルーメンバイパスリジン(リジン30%, CP30%, バイパス率50%)及びメチオニン製剤(メチオニン85%, CP50%, バイパス率85%)を添加した。代謝蛋白質中のリジン含量は, 泌乳前期牛の対照区及び試験区において各々6.48%, 6.90%, 泌乳中・後期牛においては各々6.66%, 7.21%, メチオニン含量は, 泌乳前期牛においては1.80%, 2.18%, 泌乳中・後期牛においては1.83%, 2.01%とした。TMRは飽食給与とした。

①調査項目

乳量(kg/日), 成分的乳質(乳脂肪分率, 乳蛋白質率, 無脂乳固形分率, 乳中尿素態窒素), 血清成分(総コレステロール, 総蛋白, 血中尿素態窒素)

## 試験結果

### 1 県内酪農家の飼料給与内容調査

- (1) 10戸の酪農家は, 平均飼養頭数49頭, いずれもつなぎ牛舎での飼養, 分離給与方式, パイプライン定時2回搾乳という飼養形態であった。
- (2) 乳量及び乳蛋白質率が, 特に牛群として齊一的に高い酪農家2戸の飼料給与は, 体重及び乳量に対する養分要求量に沿った設計を基礎としており, 乾物充足率92~103%, TDN充足率105~109%, CP充足率111~122%であった。泌乳量45kgにおける乾物, TDN, CP充足率は各々97%, 109%, 111%であり, 高泌乳牛においても十分な栄養が供給されていると考えられた。粗飼料はとうもろこしサイレージと購入乾草(チモシー及びアルファルファ)が主体であった。自給粗飼料と比較して品質のばらつきが少なく, CP含量が高いアルファルファ乾草が現物で1日1頭あたり4~5kg給与されており, 配合飼料中のCP含量が乾物中22%と高く, 高品質粗飼料と高蛋白質飼料が給与されている点特徴的であった。

### 2 高泌乳・高蛋白質乳生産に係る飼料給与内容

- (1) 飼料中エネルギー濃度の向上による高位乳生産(表4)
  - ① 牛群全体では, 試験区の方が日乳量で1.2kg, 乳蛋白質率で0.14%, 無脂乳固形分率で0.18%高い傾向にあった。また全ての乳期においても試験区の日

表3 リジン・メチオニン供給量調整による飼料中CP低減に係るTMRの構成及び成分値

飼料名	乾物構成割合(%)			
	泌乳前期牛		泌乳中・後期牛	
	CP17.3% (対照区)	CP16.1% (試験区)	CP15.9% (対照区)	CP13.5% (試験区)
とうもろこしサイレージ	27.4	27.2	34.9	41.2
オーチャード2番草サイレージ	26.2	26.0	14.7	14.7
ビートパルプ	3.2	6.4	4.1	4.1
大豆粕フレーク	5.2	2.3	6.6	0.0
配合飼料(TDN74%, CP18.9%)	37.2	36.9	38.7	38.6
ビタミン・ミネラル・重曹・塩	0.8	0.6	1.0	0.9
*リジン製剤	—	0.4	—	0.4
**メチオニン製剤	—	0.2	—	0.1
成分値(%/DM)				
TDN	70.5	70.3	72.4	71.3
CP	17.3	16.1	15.9	13.5
RUP/CP	33.5	34.5	32.1	32.6
NDF	44.5	44.7	41.5	42.0
充足率(%)				
※NE	102.8	103.3	108.3	101.8
※MP	100.2	98.4	104.8	88.5
Lys/MP	6.48	6.9	6.66	7.21
Met/MP	1.8	2.18	1.83	2.01
Lys:Met	3.6:1	3.2:1	3.6:1	3.6:1

\*泌乳前期牛におけるリジン製剤の現物給与量110g/日・頭、中・後期牛87g/日・頭  
 \*\*泌乳前期牛におけるメチオニン製剤の現物給与量45g/日・頭、中・後期牛10g/日・頭  
 ※泌乳前期牛は乳量40kg、体重700kg設定、泌乳中・後期牛は乳量30kg、体重700kg設定

表4 TDN含量の向上による産乳成績

	TDN72% (対照区)	TDN74% (試験区)
牛群全体 (N=10)		
乳量 (kg/日)	33.2	34.4
乳蛋白質率 (%)	3.27	3.41
乳脂肪分率 (%)	3.98	3.81
無脂乳固形分率 (%)	8.78	8.96
MUN (mg/dl)	12.5	11.7
泌乳前期		
乳量 (kg/日)	36.4	37.4
乳蛋白質率 (%)	3.05	3.27
乳脂肪分率 (%)	3.98	3.7
無脂乳固形分率 (%)	8.57	8.82
MUN (mg/dl)	12.2	10.7
泌乳中期		
乳量 (kg/日)	35.4	35.9
乳蛋白質率 (%)	3.24	3.33
乳脂肪分率 (%)	3.80	3.85
無脂乳固形分率 (%)	8.76	8.86
MUN (mg/dl)	12.6	11.8
泌乳後期		
乳量 (kg/日)	27.9	29.9
乳蛋白質率 (%)	3.51	3.63
乳脂肪分率 (%)	4.16	3.88
無脂乳固形分率 (%)	8.99	9.21
MUN (mg/dl)	12.6	12.6

表5 ルーメンバイパスメチオニン製剤添加による産乳成績

	無添加区	メチオニン 添加区	有意性
牛群全体 (N=14)			
乳量 (kg/日)	33.1±5.9	32.6±7.5	NS
乳蛋白質率 (%)	3.26±0.33	3.48±0.32	NS
乳脂肪分率 (%)	3.83±0.45	4.16±0.53	NS
無脂乳固形分率 (%)	8.86±0.26	9.07±0.28	*
MUN (mg/dl)	13.0±1.3	15.0±0.9	*
泌乳前期 (N=7)			
乳量 (kg/日)	33.9±6.1	34.2±7.3	NS
乳蛋白質率 (%)	3.18±0.35	3.47±0.33	**
乳脂肪分率 (%)	3.71±0.40	4.10±0.40	NS
無脂乳固形分率 (%)	8.82±0.32	9.04±0.29	**
MUN (mg/dl)	12.7±1.5	15.1±0.7	**
泌乳中期 (N=4)			
乳量 (kg/日)	36.6±3.1	36.4±4.6	NS
乳蛋白質率 (%)	3.19±0.16	3.29±0.20	NS
乳脂肪分率 (%)	3.60±0.29	3.83±0.60	NS
無脂乳固形分率 (%)	8.79±0.12	8.94±0.22	NS
MUN (mg/dl)	12.4±0.9	14.6±0.8	*
泌乳後期 (N=3)			
乳量 (kg/日)	26.9±4.3	24.1±5.3	NS
乳蛋白質率 (%)	3.52±0.44	3.77±0.27	NS
乳脂肪分率 (%)	4.43±0.17	4.76±0.21	NS
無脂乳固形分率 (%)	9.03±0.24	9.30±0.21	NS
MUN (mg/dl)	9.9±1.5	10.9±1.4	NS

\* 5%水準、\*\* 1%水準で有意差あり

乳量、乳蛋白質率、無脂乳固形分率が高い傾向にあった。

- ② 牛群全体の乳中尿素態窒素濃度は、試験区の方が0.8mg/dl低い傾向にあった。また泌乳前期及び中期においても試験区の方が低い傾向にあった。

- (2) ルーメンバイパスメチオニン製剤添加による高位乳生産(表5)

- ① 牛群全体の無脂乳固形分率は、試験区の方が0.21%有意に高かった。また泌乳前期牛における乳蛋白質率及び無脂乳固形分率は、試験区の方が各々0.29%、0.22%有意に高かった。

- ② 牛群全体の乳中尿素態窒素濃度は、試験区の方が2.0mg/dl有意に高かった。また泌乳前期及び中期においても試験区の方が各々2.4mg/dl、2.2mg/dl有意に高かった。泌乳後期においても試験区の方が

高い傾向にあった。

- (3) リジン・メチオニン給与量の調整による飼料中CP含量の低減(表6)

- ① 泌乳前期牛において、代謝蛋白質中のリジン供給量を6.48%から6.90%に、メチオニン供給量を1.80%から2.18%に向上させることにより、対照区と同等の乳量及び成分的乳質が維持された。また、泌乳中・後期牛において、リジン供給量を6.66%から7.21%へ、メチオニン供給量を1.83%から2.01%へ向上させることにより、対照区と同等の乳量及び成分的乳質が維持された。このことから、代謝蛋白質中のリジン及びメチオニン供給量を調整することにより、乳量40kg、乳蛋白質率3.0%の産乳レベルにおいてはCP17.3%から16.1%まで、乳量27kg、乳蛋白質率3.4%の産乳レベルにおいてはCP15.9%

表6 CP含量及びリジン・メチオニン供給量の調整による産乳成績及び血清成分値

	泌乳前期牛 (N=10、搾乳日数61日)			泌乳中・後期牛 (N=12、搾乳日数217日)		
	CP17.3% (対照区)	CP16.1% (試験区)	有意性	CP15.9% (対照区)	CP13.5% (試験区)	有意性
乳量 (kg/日)	40.4±3.9	41.2±7.2	NS	26.6±5.3	27.2±5.5	NS
乳脂肪分率 (%)	4.77±0.78	5.08±0.93	NS	4.53±0.88	4.38±0.71	NS
乳蛋白質率 (%)	2.99±0.34	3.03±0.38	NS	3.42±0.27	3.38±0.29	NS
無脂乳固形分率 (%)	8.52±0.42	8.50±0.43	NS	8.87±0.25	8.74±0.29	NS
MUN (mg/dl)	16.7±1.3	15.9±1.5	NS	12.9±1.6	11.7±1.5	NS
総コレステロール (mg/dl)	221±81	211±69	NS	142±34	157±39	NS
総蛋白 (mg/dl)	7.5±1.4	8.0±0.7	NS	5.4±0.5	5.8±0.9	NS
BUN (mg/dl)	18.1±4.3	14.6±4.0	*	15.3±3.1	9.7±2.7	**

\* 5%水準で有意差あり、1%水準で有意差あり

から13.5%に低減させることが可能と推察された。

- ② 血中総コレステロール及び総蛋白は、泌乳前期牛群並びに泌乳中・後期牛群共に試験区と対照区で差が無かったが、血中尿素態窒素は両群共に試験区の方が有意に低かった。

## 考 察

### 1 県内酪農家の飼料給与と内容

今回の調査において、特に乳量と乳蛋白質率が高かった酪農家の養分充足率は、乾物、TDN、CP全てが適度に満たされており、採食可能量の中で十分に栄養が供給されていた。このことは、乾物供給量の約半分を占める粗飼料の品質と栄養成分が優れていたためと考えられる。給与されていた粗飼料はとうもろこしサイレージと購入乾草であり、品質と栄養成分の変動が少なく、またとうもろこしサイレージはエネルギー含量が高く、乳量と乳蛋白質率の向上に有益な粗飼料と考えられる。購入乾草においてはアルファルファ乾草の給与量が多く、アルファルファはイネ科牧草に比べて、一般的に第一胃内での可消化部分の消化速度が高く<sup>2)</sup>、乾物摂取量の増加に有利であったことも考えられる。乳量と乳蛋白質率の向上においては、自給及び購入どちらによるものであっても、栄養成分と消化性に優れた高品質粗飼料の確保が大切と考えられる。

### 2 高泌乳・高蛋白質乳生産に係る飼料給与と内容

#### (1) 飼料中エネルギー濃度の向上による高位乳生産

乳量及び乳蛋白質の向上においては、第一胃内微生物の活性を高め、微生物合成量を最大化することが前提となる。このためには、第一胃内で利用されるエネルギー源及び蛋白質を過不足なく給与することが必要となる。今回の試験結果はTDN含量の増加により、乳量及び乳蛋白質率、無脂乳固形分率が高くなる傾向にあり、このことは第一胃内微生物が利用できるエネルギー源がより充足され、微生物合成量が増加したことによるものと推察される。また乳中尿素態窒素は、TDN含量の高い方で低くなる傾向にあり、このことは微生物合成量の増加に伴って分解性蛋白質の利用が高まったと考えられる。実際の微生物合成量については未調査であるが、CPの第一胃内分解率を考慮しながら飼料中のTDN/CP比を向上させることは、高泌乳・高蛋白質生産のための一つの手法と考えられる。

#### (2) ルーメンバイパスメチオニン製剤添加による高位乳生産

高泌乳牛の飼料給与においては、十二指腸以降で吸

取されるアミノ酸のうち、リジン及びメチオニンが不足するケースが多いこと<sup>1)</sup>が指摘されている。泌乳前期牛を用いた研究において、給与飼料中のCP含量が14.9%とやや低めの場合、バイパスメチオニン製剤の添加が、乳量及び乳蛋白質率を高めるがCP16.0%以上においては添加した効果が認められないことが報告されている<sup>3)</sup>。今回の試験においては、泌乳前期牛においてはメチオニン添加区の方が、乳蛋白質率及び無脂乳固形分率が高かった。今回の給与飼料中CP含量は15.6%であり、泌乳前期牛の一般的な設計値としてはやや低めであるのに対し、泌乳中・後期牛では十分な範囲と考えられ、このため乳蛋白質率と無脂乳固形分率において泌乳前期牛では有意差があるものの泌乳中後期では差が出なかったものと考えられる。以上のことから、バイパスメチオニン製剤の添加は、CPがやや低めの場合により効果を及ぼすものと推察された。

#### (3) リジン・メチオニン給与量の調整による飼料中CP含量の低減

生産性を維持しつつ窒素排泄量を低減させるためには、飼料中CP成分の効率的利用が求められる。このためには、第一胃内に適切なエネルギー及び分解性蛋白質を供給し微生物合成量を増加させることと、飼料中CPをある程度まで低減させつつルーメンバイパスリジン及びメチオニンを補給することが必要となる。後者においては、実際に乳牛が利用可能な代謝蛋白質とその中に含まれるリジン及びメチオニン含量の要求量に従ってルーメンバイパスリジン及びメチオニンを添加することとなる。DINNら<sup>4)</sup>は、泌乳前期牛を用い、コーネル正味炭水化物蛋白質システムによりCP含量が15.3%である低い区において、代謝蛋白質中のリジン及びメチオニン含量を高めた場合、乾物摂取量及び乳量はCP含量が18.3%と高い区の方が多いが乳蛋白質率に差が無いことを報告しており、また扇ら<sup>5)</sup>は、泌乳中期牛を用い、CP含量が13.2%である低い区に非分解性蛋白質中のリジン及びメチオニン含量が豊富な魚粉を添加した場合、CP含量が16.7%と高い区と比べて、乾物摂取量並びに乳量及び乳蛋白質率に差が無いことを報告している。また双方の研究においては、窒素排泄量の低減、特に尿素態窒素排泄量が大きく低下することが報告されている。

今回の試験においても、代謝蛋白質中のリジン及びメチオニン含量を高めることにより、CP含量を各泌乳期である程度まで低減させても乳生産性は同等であることが確認された。しかしながら、添加したリジン及びメチオニン製剤の量が多く飼料代が増加したこと

から、飼料原料と代謝蛋白質中のリジン及びメチオニン含量の目標範囲について吟味する必要がある。また窒素排泄量については未調査であり、これらを明らかにする試験を継続する必要があると考えられた。

## 摘 要

高泌乳・高乳蛋白を達成するための飼料給与及び飼料中蛋白質の効率的な利用について検討した。

乳量及び乳蛋白質率が高く、特に牛群として齊一的に高い県内の酪農家2戸について飼料給与内容を調査した。粗飼料は、とうもろこしサイレージと購入乾草が給与されており、乾物、TDN、CP充足率は適度に満たされていた。栄養成分と消化性に優れた高品質粗飼料の給与が、高泌乳、高乳蛋白質率を達成するために必要と考えられた。

泌乳牛において、飼料中CP含量を一定としTDN含量を72%から74%に向上させたところ、乳量、乳蛋白質率及び無脂乳固形分率が向上した。その一方で、乳中尿素態窒素濃度は低下した。これらの結果は、第一胃内へのエネルギー供給量の増加により分解性蛋白質が効率的に利用され、微生物合成量が増加したことによるものと推察された。

泌乳牛における給与飼料にルーメンバイパスメチオニン製剤を1日1頭あたり10g添加したところ、泌乳前期牛においては乳蛋白質率及び無脂乳固形分率が高くなったが、泌乳中・後期牛では有意差が無かった。これは給与飼料中のCP15.6%が泌乳前期牛ではやや低めであるのに対し、泌乳中・後期牛では十分な範囲であったことによるものと推察された。

飼料中のCP含量を低減させると共にルーメンバイパスリジン及びメチオニン製剤により代謝蛋白質中のリジン及びメチオニン含量を増加させたところ、泌乳前期牛及び泌乳中後期牛のCP含量の高い区と低い区の乳量、乳蛋白質率及び無脂乳固形分率に差は無かった。これらの結果から、代謝蛋白質中のリジン及びメチオニン供給量を調整した飼料給与は、産乳効率を向上させ、窒素排泄量の低減を可能とすることが示唆された。

## 引用文献

- 1) デーリィ・ジャパン社 NRC乳牛飼養標準 2001年・第7版 67-85, 337-247
- 2) 大場真人 DMIを科学する デーリィ・ジャパン社 108-116
- 3) 足立憲隆, 宇田三男, 小林宏子, 阿部正彦, 富田道則, 稲葉満, 林登, 藤井清和, 瀬尾哲則, 野中敏道, 清水正裕, 野中最子, 寺田文典(2003年) ルーメンバイパスメチオニン製剤の利用による乳生産の効率化と窒素排泄量の低減 日本畜産学会報74 (3) 397-405
- 4) N.E.DINN, J.A.SHELFORD and L.J.FISHER (1998) Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and Rumen-Protected Lysine and Methionine to Reduce Nitrogen Excretion from Lactating Dairy Cows. Journal of Dairy Science 81 229-237
- 5) 扇勉, 糟谷広高, 藤田眞美子, 斉藤繁, 原悟志(2003年) 魚粉利用による泌乳牛の窒素排泄量低減 日本畜産学会報 74 (4) 509-515