

Ⅲ トウモロコシサイレージを基本飼料とする TMRの飼料構成と乳生産

トウモロコシサイレージは高エネルギーの粗飼料であり乳牛による嗜好性においても優れているが、一方ではCPやミネラル類の含量が低く、粗繊維の含量も比較的低いなどの飼料特性を有している。したがって、トウモロコシサイレージ主体の飼養においてはこれらの不足する成分を補完するためにその他の粗飼料および濃厚飼料が併給されている。このようにその他の粗飼料が併給されている場合には粗飼料間における嗜好性の差異から特定粗飼料の過食、偏食となり養分摂取に過不足、不均衡を生じ乳牛の生産性を低下させることが、特に今後の方向とされる高泌乳牛の群飼育において懸念される。

このような粗飼料の選択採食を防止し、高泌乳牛を安定的に飼養するための給飼技術として給与する全飼料を混合して自由採食させる、いわゆるTMR・自由採食方式が極めて有用であると考えられ^{19, 27, 60, 130)}、北海道の畑作酪農地帯における導入事例についても報告されている¹²⁴⁾。しかし、我が国においてトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRにおける飼料設計基準についてはほとんど検討されていない。

そこで、泌乳期に給与するトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの適正な粗飼料と濃厚飼料の比率およびCP含量、並びに泌乳期におけるTMRの即時切替えの影響について検討した。

試験Ⅲ－１ 泌乳前期におけるTMRの粗飼料と濃厚飼料の比率並びに粗蛋白質含量と飼料摂取量および乳生産

目 的

TMRの調製においては粗飼料と濃厚飼料の比率やCP含量の設定が必要になる。このためにト

ウモロコシサイレージを含むTMRにおいても粗飼料と濃厚飼料の比率が乳生産に及ぼす影響について検討されているが、高泌乳牛を供試して検討した報告はほとんどみられない^{20, 41, 76, 80, 81)}。また、TMRのCP含量の影響^{18, 51, 77, 122)}についても検討されているが粗飼料と濃厚飼料の比率と関連づけて検討した報告はあまりみられない⁸¹⁾。

そこで、本試験では、1 泌乳期の4%FCM量が8,000kg以上と推定される高泌乳牛群を供試して、トウモロコシサイレージを主体とするTMRにおける粗飼料と濃厚飼料の比率およびCP含量が泌乳前期の飼料摂取量、乳量、乳組成、体重、血液性状、繁殖性などに及ぼす影響について検討した。

試験方法

粗飼料と濃厚飼料の比率(乾物)を80:20、65:35および50:50の3処理(以下、80:20区、65:35区および50:50区と略記する)とし、これらに全飼料の乾物中CP含量13%および16%の2処理(以下、CP13%区およびCP16%区と略記する)をそれぞれ組み合わせて6処理のTMRを調製した。粗飼料はハーベスタの設定切断長を10mmにして調製したトウモロコシサイレージと15mm程度に切断したチモシー1番刈乾草で、それらの乾物比率を2:1として供試した。TMRのCP含量は大豆粕と圧ペントウモロコシの混合割合を変えることにより調整した。

飼養試験は、1回につき北海道立新得畜産試験場繁養の2～6産のホルスタイン乳牛12頭を供試し、初産次および前産次の乳量、産次数などを考慮して2頭ずつ1組として各処理にランダムに割当て、採食量が個体ごとに測定できるスタンション型式の牛舎で分娩後22週間実施した。分娩前の8週間は同一飼養期とし、乾草あるいは乾草主体の粗飼料を自由採食させた。これを3回実施したので供試牛は合計して36頭であった。供試牛の飼

養管理，体重の測定方法および分析用飼料・牛乳の採取方法は試験Ⅰ－Ⅱに準じて実施した。採血は分娩前9週，同2週，分娩直後，分娩後6週および同22週に実施し，いずれも頸静脈から採取した。

飼料の一般成分，カルシウム，リン，マグネシウムおよび乳成分は試験Ⅱ－Ⅰと同じ方法により，飼料のカリウム，ADFおよびNDFは試験Ⅱ－Ⅱ－Ⅲと同じ方法により，でんぷんは過塩素酸抽出－グルコース・オキシダーゼ比色法¹⁾により，それぞれ分析した。血液および血清の性状の検査は表15に示した方法により実施した。

トウモロコシサイレージ，チモシー乾草，アルファルファペレットおよびビートパルプの栄養価は去勢雄めん羊を用いた消化試験から，その他の飼料では日本標準飼料成分表¹⁰⁶⁾に記載されている消化率を用いて，それぞれ算出し，これらを加算してTMRの栄養価を求めた。乳牛のDCPおよびTDNの要求量は日本飼養標準（乳牛）¹⁰⁸⁾を用いて算出した。試験成績の統計処理は乱塊法と組み合わせた2元配置法¹²⁰⁾として行った。

なお，主要な供試飼料の飼料成分，消化率および栄養価を表42に，供試したTMRの原料割合，飼料成分および栄養価を表43，44に示した。

表42 主要な飼料原料の飼料成分，消化率および栄養価（試験Ⅲ－Ⅰ）

	トウモロコシ サイレージ	チモシー乾草	アルファルファ ペレット	ビートパルプ	大豆粕	圧 ぺ ん トウモロコシ
飼 料 成 分 (%) ¹⁾						
水 分	72.7	13.7	11.7	12.5	14.0	14.1
C P	9.4	9.7	17.6	9.6	48.9	9.8
粗 脂 肪	3.1	2.1	2.8	0.5	0.5	4.4
N F E	61.2	47.6	46.6	63.2	38.5	81.9
粗 繊 維	21.3	34.6	23.5	19.0	5.9	2.4
粗 灰 分	5.0	6.0	9.5	7.7	6.2	1.5
A D F	25.9	40.1	28.9	25.2	8.6	3.2
N D F	45.8	70.5	41.5	47.2	13.3	15.6
で ん ぷ ん	21.7	0.3	1.5	0	1.4	62.0
Ca	0.18	0.24	1.79	0.55	0.27	0.02
P	0.27	0.27	0.21	0.09	0.68	0.31
Mg	0.13	0.15	0.34	0.25	0.26	0.11
K	1.40	2.05	2.37	0.71	2.62	0.44
消 化 率 (%)						
乾 物	65.5	59.0	61.0	75.8	—	—
C P	59.1	55.3	71.3	61.0	92.0	77.0
粗 脂 肪	79.0	50.5	47.0	0	84.0	88.0
N F E	70.5	55.7	70.3	85.0	94.0	91.0
粗 繊 維	61.4	68.0	45.6	77.1	74.0	50.0
栄 養 価 (乾物中%)						
D C P	5.7	5.5	12.5	5.9	45.0	7.5
T D N	68.5	57.9	59.0	74.2	86.5	91.9

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

表43 TMRの原料割合 (試験Ⅲ-1)

粗飼料：濃厚飼料の混合比率 TMRのCP含量 (%)	80 : 20		65 : 35		50 : 50	
	13	16	13	16	13	16
	(乾物割合%)					
トウモロコシサイレージ	52.5	52.2	42.8	42.9	32.8	32.8
チモシー乾草	26.3	26.4	21.3	21.2	16.6	16.6
大豆粕	7.0	14.1	6.6	13.8	6.1	13.4
圧ぺんとうモロコシ	8.2	1.1	22.1	14.8	32.1	24.9
アルファルファペレット	3.7	3.8	4.9	4.9	4.9	4.9
ビートパルプ	0	0	0	0	5.1	5.1
ポテトプロテイン	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7
食塩	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ミネラル・ビタミン剤 ¹⁾	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

¹⁾ 第三リン酸カルシウム、炭酸カルシウム、微量ミネラル剤およびビタミンA・D・E剤の混合物を示す。

表44 TMRの飼料成分と栄養価 (試験Ⅲ-1)

粗飼料：濃厚飼料の混合比率 TMRのCP含量 (%)	80 : 20		65 : 35		50 : 50	
	13	16	13	16	13	16
飼料成分 (%) ¹⁾						
水分	60.2	60.9	57.7	56.8	51.3	51.2
C P	13.2	16.0	13.1	16.0	13.1	15.9
粗繊維	21.6	21.9	18.5	18.7	15.8	16.1
N D F	46.2	46.0	40.9	40.8	36.9	36.7
A D F	25.9	26.3	22.2	22.6	19.3	19.7
でんぷん	16.3	11.9	22.8	18.3	26.8	22.4
Ca	0.60	0.62	0.60	0.62	0.60	0.62
P	0.44	0.47	0.45	0.48	0.44	0.47
Mg	0.15	0.16	0.15	0.16	0.15	0.16
栄養価 (乾物中%)						
D C P	9.4	12.1	9.5	12.3	9.7	12.3
T D N	67.6	67.3	71.2	70.8	74.2	73.9

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

試験結果および考察

飼料摂取量、乳量、乳組成および体重を表45に、乾物摂取量の推移を図10-1、10-2に示した。乾物摂取量およびその体重に対する割合は、粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて増

加する傾向があったが、これらの処理区間に有意差は認められなかった。このような結果は粗飼料としてトウモロコシサイレージを含むTMRで検討したHERNANDEZ-URDANETAら⁴¹⁾の報告と一致した。また、MACLEODら⁸⁰⁾は粗飼料と濃厚

飼料の比率と乾物摂取量の関係について回帰分析により検討し、濃厚飼料の比率が高くなるにつれて乾物摂取量が有意に増加することを報告しているが、80：20区と50：50区の差は1.5kgであり本試験と同程度であった。一方、CP16%区はCP13%区に比べて乾物摂取量およびその体重に対する割合において有意に高かった。この結果はCLAYPOOLら¹⁸⁾、KUNG and HUBER⁷⁷⁾ およびMACLEODら⁸¹⁾の報告と同様の傾向であり、HOLTERら⁵¹⁾らの報告とは異なっていた。ROFFLERら¹²²⁾はトウモロコシサイレージ主体飼養において大豆粕の添加によりCP含量を高めることが泌乳前期の生産反応に及ぼす効果について飼料の分離給与および混合給与条件で実施した報告をとりまとめ、CP含量を13%から16%に高めると乾物摂取量は0.7kg増加すると推定している。このようなCP含量の向上による乾物摂取量の増加には、それに伴う乾物消化率の向上^{81, 85)}が影響していると考えられる。

乾物摂取量の推移をみると、分娩前同一飼養期では全平均で12.1kgであり、時期的にあまり変動がみられないのに対して、分娩後には各処理区とも速やかに上昇し13週程度で最高となり、それ以降緩やかに低下した。このような推移は一般的に認められている推移¹⁰⁰⁾と同様であった。

CPおよびDCPの摂取量は粗飼料と濃厚飼料の比率間に有意差は認められなかったが、CP16%区ではCP13%区に比べて、それぞれ0.85kg、0.76kg多く、その差は有意であった。TDN摂取量は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて増加する傾向があり、80：20区と50：50区の差は有意であった。また、CP16%区はCP13%区に比べてTDN摂取量が有意に多かった。

DCP充足率は粗飼料と濃厚飼料の比率間に有意差は認められなかったが、CP16%区は135%でありCP13%区の103%に比べて有意に高かった。また、これを経時的にみるとCP16%区ではいずれの時期においても充足率は100%以上であったが、CP13%区では分娩後8週まで100%に達しなかった。TDN充足率は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて向上する傾向があり、80：20区と50：50区の差は有意であった。COPPOCK

ら²⁰⁾は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれてエネルギーの要求量がより早期に充足されることを報告しており、本試験においても同様の傾向が認められた。一方、CP含量間ではTDN充足率において有意差が認められなかった。なお、粗飼料と濃厚飼料の比率およびCP含量の両要因間にはこれらの項目において交互作用は認められなかった。MACLEODら⁸¹⁾は乾物摂取量においてこれらの両要因間に交互作用のないことを報告している。

実乳量では65：35区および50：50区が80：20区に比べて、またCP16%区はCP13%区に比べて、それぞれ多い傾向が認められたが、各処理区間の差は有意でなかった。4%FCM量では粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて増加する傾向が認められたが、これらの処理区間に有意差は認められなかった。一方、CP16%区はCP13%区に比べて2.4kg多く、その差は有意であった。MACLEODら^{80, 81)}は粗飼料と濃厚飼料の比率の影響について回帰分析により検討し、実乳量は濃厚飼料の比率が高くなるにつれて有意に増加するが4%FCM量では有意に増加しないことを報告している。また、HERNANDEZ—URDANETAら⁴¹⁾は粗飼料に対する濃厚飼料の比率を高めると実乳量は増加する傾向を示すが、処理区間の差は有意でないことを認めている。和泉・裏⁶⁸⁾は本試験と同様の粗飼料構成で濃厚飼料の給与量を乳量に応じて2水準として飼料の分離給与条件で検討した結果、粗飼料と濃厚飼料の乾物比率は80：20区および65：35区と近似であり、両処理区間の4%FCM量の差は2.0kgで、その差は有意でないことを報告している。一方、TMRのCP含量の影響についてKUNG and HUBER⁷⁷⁾はCP含量を高めると実乳量が有意に増加することを、MACLEODら⁸¹⁾は4%FCM量が有意に増加することを、またCLAYPOOLら¹⁸⁾は4%FCM量が増加する傾向があることを、それぞれ報告している。ROFFLERら¹²²⁾はトウモロコシサイレージ主体飼養において大豆粕の添加によりCP含量を高めることが泌乳前期の生産反応に及ぼす効果について飼料の分離給与および混合給与条件で実施した報告を取り

まとめ、CP含量を13%から16%に高めると乳量は2.5kg増加するが、16%から19%まで高めてもその増加は0.9kgに過ぎないと推定している。今後、高泌乳牛を用いてTMRのCP含量を16%以上に高めた場合の効果について検討する必要がある。

4%FCM量の推移を図11-1, 11-2に示した。各区とも4%FCM量は分娩後速やかに上昇し5~6週で最高となり、それ以降緩やかに低下した。このような推移は一般的に認められている推移¹⁰⁰⁾と同様であった。

牛乳の全固形分率、SNF率および蛋白質率は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて向上する傾向があり、80:20区と50:50区の差は有意であった。これに対して、CP含量間ではこれらの乳成分において有意差は認められなかった。MACLEODら⁸⁰⁾は濃厚飼料の比率が高くなるにつれて蛋白質率が有意に向上することを認め、HERNANDEZ-URDANETAら⁴¹⁾も同様の報告をしている。本試験において牛乳のSNF率とTDN充足率および日増体量の間に、また牛乳の蛋白質率と両項目間にそれぞれ有意な相関関係 ($r = 0.531^{**}$, $r = 0.543^{**}$ および $r = 0.673^{**}$, $r = 0.676^{**}$, $^{**}P < 0.01$, $n = 36$) が認められ、これらの乳成分が向上した理由としてTMRの濃厚飼料の割合が高くなるにつれてTDNの充足率が向上したことが考えられた¹¹⁷⁾。脂肪率および乳糖率では粗飼料と濃厚飼料の比率間およびCP含量間のいずれにおいても有意差は認められなかった。MACLEODら⁸⁰⁾は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて脂肪率は低下し、乳糖率は向上するが、本試験程度の粗飼料と濃厚飼料の比率の範囲では脂肪率および乳糖率はあまり変化しないことを報告している。また、本試験においてTMRのでんぷん含量は粗飼料と濃厚飼料の比率が50:50、CP含量が13%の処理区において26.8%と最も高かったが、脂肪率は4.00%であり他の処理区と差異がなく、この程度のでんぷん含量のトウモロコシサイレージを基本飼料としたTMRでは脂肪率の低下が認められないことが明らか

になった。粗飼料と濃厚飼料の比率を50:50から35:65あるいは30:70にすると脂肪率が0.35%⁸⁰⁾あるいは0.48%⁹⁴⁾低下したことが報告されているので、粗飼料としてトウモロコシサイレージを主体とするTMRにおける濃厚飼料の割合の上限は50%程度と考えられる。

分娩後7日目および154日目の体重において、粗飼料と濃厚飼料の比率間およびCP含量間に有意差は認められなかった。しかし、分娩後7日から154日目までの日増体量は粗飼料に対する濃厚飼料の比率が高くなるにつれて増加する傾向があり、80:20区と50:50区の差は有意であった。KEYSら⁷⁶⁾は濃厚飼料の割合が高い場合に泌乳初期における日増体量が多い傾向にあることを報告している。これに対してCP含量間では日増体量において有意差が認められなかった。CLAYPOOLら¹⁸⁾およびKUNG and HUBER⁷⁷⁾も本試験のCP含量の範囲において体重変化において大きな差異を認めていない。

体重の推移を図12-1, 12-2に示した。分娩前同一飼養期の日増体量は全平均で0.689kgであり、分娩後では泌乳のごく初期に各処理区とも減少する傾向がみられたが、50:50区ではそれ以降増加傾向であり、65:35区においても13週まで増加傾向であったがそれ以降は維持ないし減少傾向であった。これに対して80:20区ではほとんど変化がみられなかった。一方、CP含量間では処理による特定の傾向はみられなかった。

粗飼料と濃厚飼料の比率およびCP含量の両要因間には乳量、乳組成および体重において交互作用は認められなかった。MACLEODら⁸¹⁾も実乳量、4%FCM量、脂肪率および乳糖率においてこれらの両要因間に交互作用を認めていないが、蛋白質率と終了時体重において交互作用のあることを報告している。これらの相違にはMACLEODら⁸¹⁾の試験では供試牛が初産牛であることや、粗飼料と濃厚飼料の比率やCP含量などの試験条件が異なることが影響していると考えられるが明らかではない。

表45 飼料摂取量，乳量，乳組成および体重（試験Ⅲ－1）

	粗飼料：濃厚飼料の混合比率			C P 含量 (%)		交互作用
	80 : 20	65 : 35	50 : 50	13	16	
乾物摂取量 (kg/日)	20.2	20.8	21.9	20.0 ^a	21.9 ^b	NS
乾物摂取量体重比 (%)	3.00	3.04	3.16	2.96 ^a	3.17 ^b	NS
C P 摂取量 (kg/日)	2.96	3.04	3.15	2.62 ^a	3.47 ^b	NS
D C P 摂取量 (kg/日)	2.20	2.28	2.41	1.91 ^a	2.67 ^b	NS
同上日本飼養標準比 (%)	119	116	122	103 ^a	135 ^b	NS
T D N 摂取量 (kg/日)	13.6 ^a	14.8 ^{ab}	16.1 ^b	14.2 ^a	15.4 ^b	NS
同上日本飼養標準比 (%)	89 ^a	91 ^{ab}	99 ^b	92	94	NS
乳 量 (kg/日)						
実 乳 量	30.1	32.2	31.9	30.4	32.4	NS
4 % F C M 量	29.8	31.7	32.2	30.0 ^a	32.4 ^b	NS
乳 組 成 (%)						
全 固 形 分	12.69 ^a	12.78 ^{ab}	13.09 ^b	12.82	12.90	NS
脂 肪	3.94	3.94	4.09	3.95	4.03	NS
S N F	8.75 ^a	8.84 ^{ab}	9.00 ^b	8.87	8.87	NS
蛋 白 質	3.04 ^a	3.16 ^{ab}	3.27 ^b	3.13	3.19	NS
乳 糖	4.71	4.68	4.73	4.74	4.68	NS
体 重 (kg)						
分娩後 7 日目	676	677	674	671	681	NS
分娩後 154 日目	669	686	704	678	695	NS
日 体 重 変 化	-0.05 ^a	0.07 ^{ab}	0.20 ^b	0.05	0.09	NS

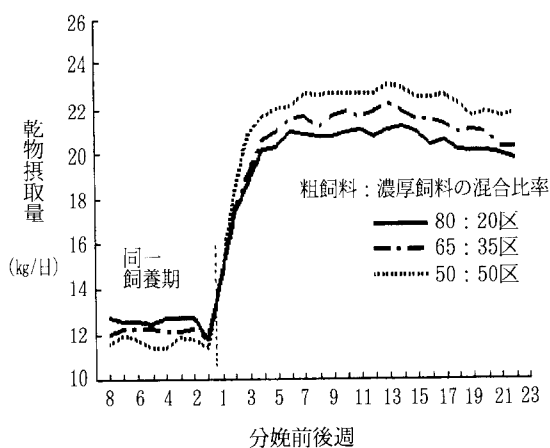
異なる肩文字を持つ数値間に有意差 ($P < 0.05$) あり。NS : $P > 0.05$ 。

図10-1 乾物摂取量の推移（試験Ⅲ－1）

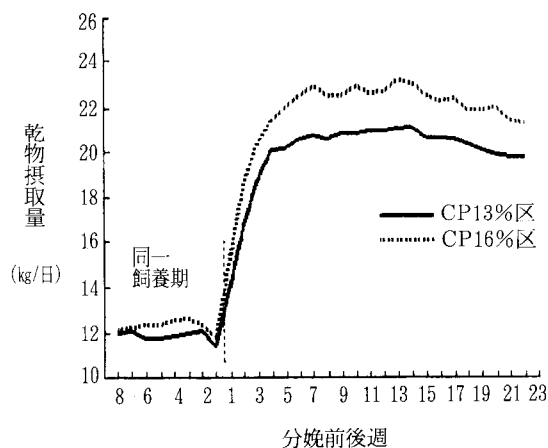


図10-2 乾物摂取量の推移（試験Ⅲ－1）

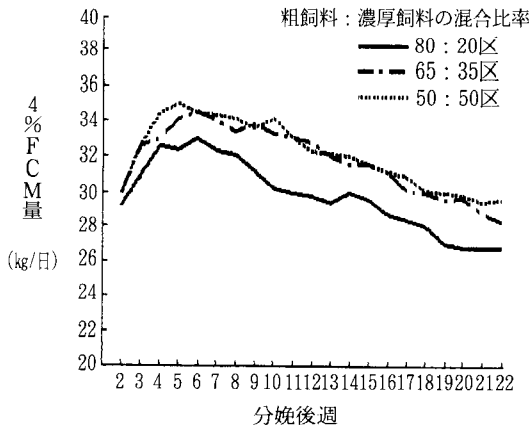


図11-1 4 % F C M量の推移 (試験Ⅲ-1)

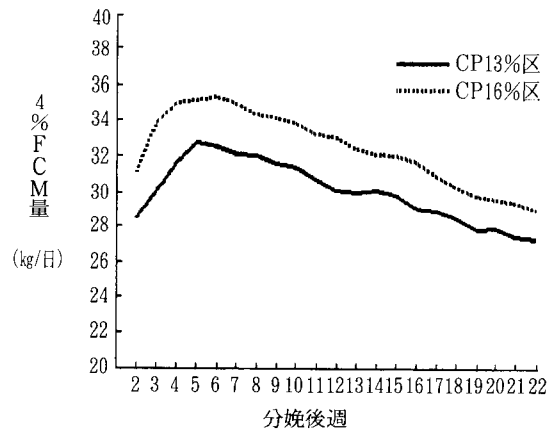


図11-2 4 % F C M量の推移 (試験Ⅲ-1)

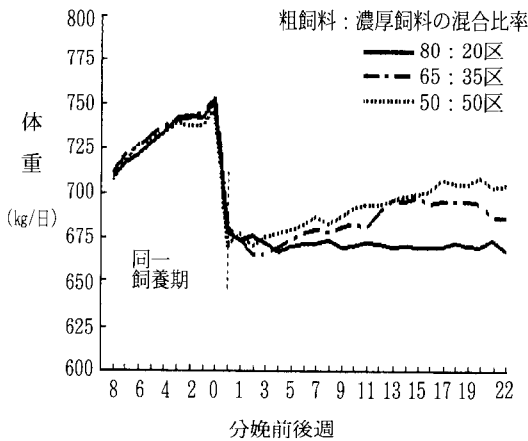


図12-1 体重の推移 (試験Ⅲ-1)

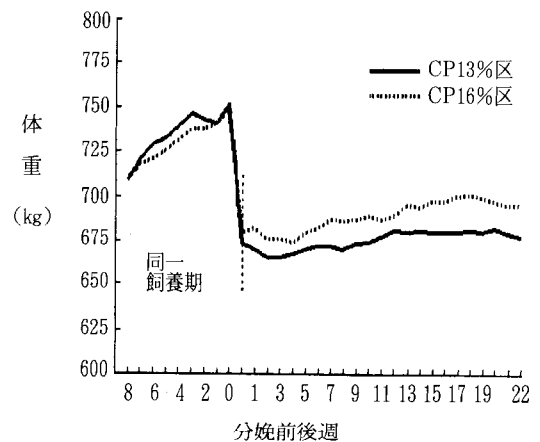


図12-2 体重の推移 (試験Ⅲ-1)

血液および血清の性状を表46に示した。リン脂質および総コレステロールの濃度は分娩が近づくにつれて低下し、分娩後では乳期が進むにつれて向上する傾向が認められた。BUN濃度は分娩後6週においてTMRの濃厚飼料の比率が高くなるにつれて低下する傾向が認められた。このことには易発酵性の炭水化物の摂取量の多少が影響していると考えられた^{81,90)}。また、BUN濃度においてCP16%区とCP13%区との間に分娩後6週および22週において有意差が認められた。この結果はTMRのCP含量が高くなるにつれてBUN濃度が向上するというKUNG and HUBER⁷⁷⁾およびMACLEODら⁸¹⁾の報告と一致した。さらに、CP13%区の分娩後6週のBUN濃度はやや低く、表

出していないがこの内でも50：50区において6.2 mg/dlと最も低かった。しかし、同時期におけるこの区のDCP充足率は101%であり、一方DCP充足率が92%の65：35区では9.2 mg/dlとやや高く、BUN濃度の正常値については飼料構成との関係を十分に考慮して評価する必要があることが示唆された。遊離脂肪酸濃度は乳期の進行につれて低下する傾向が認められた。その他の項目では処理区間および時期間において大きな変動は認められなかった。各処理区とも、いずれの検査項目においても乾乳期および泌乳期において異常値は認められず⁵⁰⁾、本試験で用いた飼料構成は臨床生化学的見地から特に問題のないことが明らかになった。

表46 血液および血清の性状（試験Ⅲ－１）

	分娩 9 週前	2 週前	直後	6 週後	22 週後	分娩 9 週前	2 週前	直後	6 週後	22 週後
Ht (%)						TP (g/dl)				
80 : 20 ¹⁾	36.0	35.0	36.5	32.5	35.0	80 : 20	7.5	7.0	6.7	7.6
65 : 35 ¹⁾	33.5	33.0	34.5	31.0	34.0	65 : 35	7.4	6.9	6.5	7.4
50 : 50 ¹⁾	34.0	34.0	35.0	33.5	36.0	50 : 50	7.4	6.8	6.6	7.4
13 ²⁾	34.5	34.5	35.5	32.5	35.0	13	7.4	6.9	6.6	7.4
16 ²⁾	34.5	34.0	35.5	32.5	35.0	16	7.5	6.9	6.6	7.6
アルブミン (g/dl)						BUN (mg/dl)				
80 : 20	3.8	3.7	3.7	4.0	4.1	80 : 20	10.8	8.4	13.2	14.7 ^b
65 : 35	3.7	3.6	3.6	3.9	4.0	65 : 35	10.8	9.3	11.9	13.0 ^{ab}
50 : 50	3.7	3.6	3.6	3.8	3.9	50 : 50	12.4	9.5	12.2	9.9 ^a
13	3.8	3.7	3.7	3.8	4.0	13	11.1	9.0	12.3	8.9 ^a
16	3.7	3.6	3.6	3.9	4.0	16	11.5	9.1	12.5	16.2 ^b
血糖 (mg/dl)						総コレステロール (mg/dl)				
80 : 20	69	61	73	61	63	80 : 20	128	81	58	151
65 : 35	65	60	70	59	58	65 : 35	134	83	63	156
50 : 50	64	59	71	63	61	50 : 50	120	84	62	155
13	65	60	71	62	62	13	125	85	62	159
16	66	60	71	59	60	16	130	80	60	149
リン脂質 (mg/dl)						遊離脂肪酸 (mEq/l)				
80 : 20	125	86	59	161	165	80 : 20	—	—	0.47	0.22
65 : 35	132	85	61	168	184	65 : 35	—	—	0.46	0.15
50 : 50	116	83	63	165	189	50 : 50	—	—	0.44	0.15
13	125	87	62	170	186	13	—	—	0.46	0.18
16	123	83	60	159	173	16	—	—	0.45	0.17
GOT (KU)						γ-GTP (IU/l)				
80 : 20	49	38	49	56	50	80 : 20	—	—	11	14
65 : 35	53	39	54	56	50	65 : 35	—	—	13	15
50 : 50	55	39	47	57	54	50 : 50	—	—	13	15
13	50	38	50	58	52	13	—	—	12	13
16	55	40	49	55	50	16	—	—	13	15
Ca (mg/dl)						Pi (mg/dl)				
80 : 20	10.1	9.8	8.7	9.8	9.8	80 : 20	5.3	5.8	4.6	5.2
65 : 35	10.1	9.7	8.6	9.8	9.6	65 : 35	5.2	5.3	4.9	5.0
50 : 50	10.1	9.9	8.9	9.9	9.7	50 : 50	5.7	5.9	5.1	5.1
13	10.1	9.9	8.8	9.9	9.7	13	5.5	5.8	5.1	5.0
16	10.1	9.7	8.7	9.7	9.8	16	5.3	5.6	4.7	5.1
Mg (mg/dl)						Na (mEq/l)				
80 : 20	2.3	2.3	2.3	2.6	2.5	80 : 20	146	148	151	146
65 : 35	2.2	2.2	2.1	2.4	2.3	65 : 35	146	148	151	146
50 : 50	2.2	2.2	2.2	2.4	2.4	50 : 50	146	147	151	148
13	2.2	2.2	2.2	2.5	2.3	13	146	147	151	147
16	2.3	2.2	2.2	2.5	2.5	16	146	148	151	147
K (mEq/l)										
80 : 20	4.9	5.0	5.0	4.9	5.1					
65 : 35	4.7	4.8	4.9	4.6	4.7					
50 : 50	5.0	5.1	5.1	5.0	5.1					
13	5.0	5.0	5.1	4.9	5.1					
16	4.8	4.9	4.9	4.8	4.9					

¹⁾ 粗飼料：濃厚飼料の混合比率（乾物）を示す。以下の項目についても同じである。

²⁾ 乾物中のCP含量（％）を示す。以下の項目についても同じである。

異なる肩文字を持つ数値間に有意差（ $P < 0.05$ ）あり。

疾病の発生状況を表47に示した。分娩前後に発症するケトーシス、起立不能症、第四胃変位は認められず、特定の疾病が特定の処理に集中することとはなかった。

繁殖成績を表48に示した。妊娠鑑定⁷³⁾の機会がなかった2頭を除く34頭の乳期内受胎率は94%であり、未受胎牛が特定の処理に偏ることはなかった。分娩後初発情までの日数ではCP16%区がCP13%区に比べて多い傾向が認められたが、その他の項目では一定の傾向が認められなかった。JORDAN and SWANSON⁷³⁾は分娩後初発情および初排卵までの日数、妊娠に要した授精回数において本試験

のCP含量の範囲では差異が認められないが、分娩後受胎までの日数はCP含量が高くなるにつれて増加することを報告している。今後更に例数を増やしてこれらの要因が繁殖性に及ぼす影響について検討する必要がある。

以上、乾物および養分の摂取量、乳量、乳組成、体重変化、血液性状、繁殖性などから判断して、高泌乳牛の泌乳前期に給与するトウモロコシサイレーを基本飼料とするTMRの粗飼料と濃厚飼料の比率は65:35から50:50、TDN含量は71~74%程度が適当であり、CP含量では16%が13%より優ることが認められた。

表47 疾病の発症状況 (試験Ⅲ-1)

	粗飼料：濃厚飼料の混合比率			C P 含量 (%)	
	80 : 20	65 : 35	50 : 50	13	16
供 試 牛 頭 数	12	12	12	18	18
疾 病 発 症 件 数					
軟 便	1	0	1	1	1
胎 盤 停 滯	0	0	1	0	1
卵 巢 の う 腫	1	1	0	1	1
膣 炎	0	0	1	0	1
低 受 胎	0	1	0	1	0
乳房炎・乳頭外傷	0	1	1	1	1
捻 挫	1	0	0	0	1
前 膝 部 浮 腫	0	1	0	1	0
合 計	3	4	4	5	6

表48 繁殖成績 (試験Ⅲ-1)

	C P 含量 (%)	粗飼料：濃厚飼料の混合比率			平 均
		80 : 20	65 : 35	50 : 50	
乳期内受胎割合 (頭/頭)	13	5/6	6/6	6/6	17/18
	16	4/4 ¹⁾	6/6	5/6	15/16
	平均	9/10	12/12	11/12	
分娩後初発情までの日数	13	30	29	35	31
	16	44	37	42	41
	平均	37	33	38	
分娩後初回授精までの日数	13	72	74	72	73
	16	92	75	76	81
	平均	82	75	74	
分娩後受胎までの日数	13	87	127	112	110
	16	144	106	137	126
	平均	113	116	123	
受胎に必要とした授精回数	13	1.8	2.7	2.3	2.3
	16	2.8	2.3	3.0	2.7
	平均	2.2	2.5	2.6	

¹⁾ 払下げのため妊娠鑑定を実施できなかった2頭を除いた。

試験Ⅲ－２ 泌乳後期におけるTMRの粗飼料と濃厚飼料の比率と飼料摂取量および乳生産

目 的

泌乳後期には乳量が低下するので、TDN含量が高く採食性において優れているトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRにおいてはCPやミネラル・ビタミンの補給に留意することにより濃厚飼料の割合を低下させても乳量は良好に維持されることが予想される。

しかし、これらに関してはほとんど検討されていない。そこで、トウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの粗飼料と濃厚飼料の比率が泌乳後期の飼料摂取量、乳量、乳組成、体重、血液性状などに及ぼす影響について検討した。

試験方法

粗飼料と濃厚飼料の比率（乾物）を90：10、80：20および65：35の3処理（以下、90：10区、80：20区および65：35区と略記する）とした。いずれの処理もCP含量は13%とし、カルシウムおよびリンの含量も一定とした。粗飼料はハーベスタの設定切断長を10mmにして調製したトウモロコシサイレージと15mm程度に細切したチモシー1番刈乾草で、これらの乾物比率を2：1として供試した。

飼養試験は試験Ⅲ－1に引続き実施した。泌乳前期と泌乳後期の組合せと供試頭数を表49に示した。供試牛は90：10区、80：20区および65：35区

表49 泌乳前期および泌乳後期における処理割当（試験Ⅲ－2）

泌乳前期	泌乳後期
粗濃比－CP含量（%）	粗濃比－CP含量（%）
90：20－13	90：10－13 (n=7)
80：20－13	80：20－13 (n=10)
65：35－13	65：35－13 (n=4)
50：50－13	

で、それぞれ7、10および4頭であった。試験期間は分娩後23週から44週までの22週間であり、乳牛の飼養管理、飼料および牛乳の試料の採取方法、体重の測定方法、飼料および牛乳の分析方法、飼料の栄養価および乳牛のDCPとTDNの要求量の算出は試験Ⅲ－1と同様に実施した。血液および血清の性状の検査は表15に示した方法により実施した。

統計処理は反復数が異なるため粗飼料と濃厚飼料の比率および試験回次ごとの平均値を算出し、これを二元表に組み分散分析する簡便法¹⁴⁵⁾によった。

供試したTMRの原料割合、飼料成分および栄養価を表50、51に示した。

表50 TMRの原料割合（試験Ⅲ－2）

	粗飼料：濃厚飼料の混合比率		
	90：10	80：20	65：35
	（乾物割合%）		
トウモロコシサイレージ	58.8	52.2	42.4
チモシー乾草	29.5	26.4	21.4
大豆粕	8.1	8.9	8.4
圧ペン トウモロコシ	0.1	7.5	21.2
アルファルファペレット	1.9	3.4	5.0
食塩	0.5	0.5	0.5
ミネラル・ビタミン剤 ¹⁾	1.1	1.1	1.1

¹⁾ 第三リン酸カルシウム、炭酸カルシウム、微量ミネラル剤およびビタミンA・D・E剤の混合物を示す。

表51 TMRの飼料成分と栄養価 (試験Ⅲ-2)

飼料成分 (%) ¹⁾	粗飼料：濃厚飼料の混合比率		
	90：10	80：20	65：35
水分	63.2	58.7	52.3
C P	12.7	13.3	13.2
粗繊維	23.1	21.1	18.2
N D F	49.5	46.2	41.0
A D F	28.0	25.9	22.2
でんぷん	13.1	16.2	22.7
Ca	0.59	0.60	0.61
P	0.45	0.44	0.44
Mg	0.15	0.15	0.15
栄養価 (乾物中%)			
D C P	9.1	9.7	9.7
T D N	66.3	68.3	71.2

¹⁾ 水分以外は乾物中の含量を示す。

試験結果および考察

飼料摂取量、乳量、乳組成および体重を表52に示した。また、乾物摂取量、乳量および体重の推移を図13、14および15に示した。乾物摂取量は各処理区とも18kg程度であり、各処理区間に有意差は認められなかった。DCP摂取量は1.62kgから1.76kgの範囲にあり、充足率はいずれも100%以上で、これらの項目において各処理区間に有意差は認められなかった。TDN摂取量は65：35区において13.0kgであり、90：10区の11.7kgより有意に多かった。TDN充足率はいずれの区も100%に近い値を示した。

実乳量および4%FCM量は濃厚飼料の比率が高くなるにつれて増加する傾向があり、特に90：10区と65：35区の差は大きかった ($P < 0.10$)。乳組成はいずれも良好であり、各処理区間に一定の傾向は認められなかった。体重の推移においては、各処理区とも試験の前半で減少傾向であったが、試験の後半では増体傾向を示し、特に80：20

区で顕著であった。これは表49から明らかなように80：20区では泌乳前期に濃厚飼料の比率が低い処理に割り当てられた頭数が多いためにその期間の増体量が少なかったのに対して、65：35区では泌乳前期に濃厚飼料の比率が高い処理に割り当てられたためにその期間の増体量が多かったことが影響していると考えられた。泌乳前期と泌乳後期の増体量間に負の有意な相関関係 ($r = -0.512$, $P < 0.05$, $n = 20$) が認められた。

血液および血清の性状を表53に示した。いずれの検査項目においても各処理区間に有意差は認められず、正常値の範囲⁵⁰⁾にあった。疾病の発生状況を表54に示した。飼料に起因すると考えられる疾病が特定の処理に多発することはなかった。

以上、乾物およびTDNの摂取量、乳量、乳組成、体重変化などから判断して、泌乳後期に給与するトウモロコシサイレージ主体のTMRの粗飼料：濃厚飼料の比率は80：20から65：35、TDN含量は68～71%程度が適当であると考えられた。

表52 飼料摂取量，乳量，乳組成および体重（試験Ⅲ－2）

	粗飼料：濃厚飼料の混合比率		
	90：10	80：20	65：35
乾物摂取量 (kg/日)	17.9	18.2	18.3
乾物摂取量体重比 (%)	2.58	2.67	2.63
C P 摂取量 (kg/日)	2.29	2.41	2.40
D C P 摂取量 (kg/日)	1.62	1.75	1.76
同上日本飼養標準比 (%)	120	121	115
T D N 摂取量 (kg/日)	11.7 ^a	12.3 ^{ab}	13.0 ^b
同上日本飼養標準比 (%)	97	98	99
乳 量 (kg/日)			
実 乳 量	20.3	22.1	23.8
4 % F C M 量	20.8	22.6	23.6
乳 組 成 (%)			
全 固 形 分	12.95	13.04	12.78
脂 肪	4.21	4.22	3.99
S N F	8.74	8.82	8.79
蛋 白 質	3.27	3.27	3.19
乳 糖	4.47	4.55	4.60
体 重 変 化 (kg)			
開始時(分娩後23週)	691	683	708
終了時(分娩後44週)	718	717	709
日 体 重 変 化	0.18	0.22	0.01

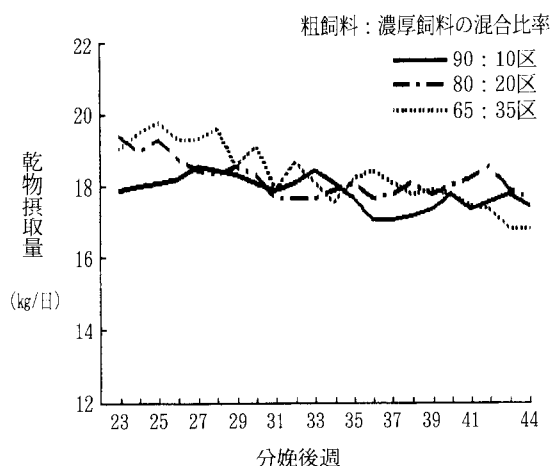
異なる肩文字を持つ数値間に有意差 ($P < 0.05$) あり。

図13 乾物摂取量の推移（試験Ⅲ－2）

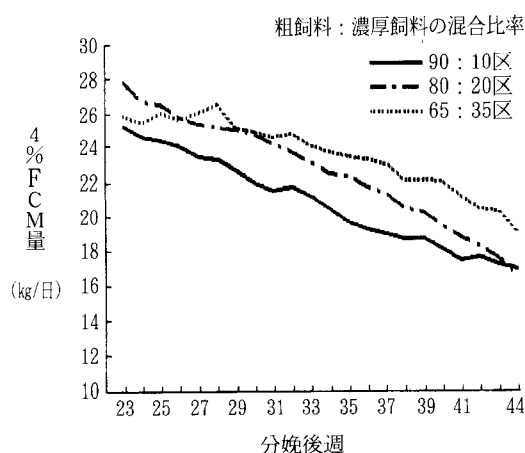


図14 4% F C M量の推移（試験Ⅲ－2）

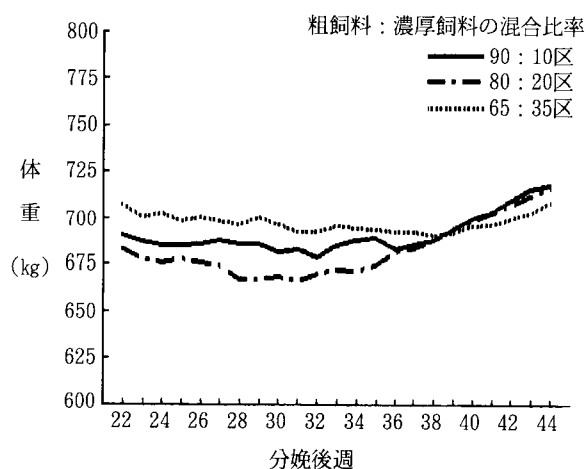


図15 体重の推移 (試験Ⅲ-2)

表53 血液および血清の性状 (試験Ⅲ-2)

分娩 22週後			分娩 22週後			分娩 22週後		
44週後			44週後			44週後		
Ht (%)			TP (g/dℓ)			アルブミン (g/dℓ)		
90:10 ¹⁾	35.0	32.5	90:10	7.6	7.3	90:10	4.0	3.9
80:20	34.5	33.0	80:20	7.6	7.4	80:20	4.0	3.7
65:35	38.0	36.0	65:35	7.2	7.4	65:35	4.0	3.8
BUN (mg/dℓ)			血糖 (mg/dℓ)			総コレステロール (mg/dℓ)		
90:10	14.4	12.3	90:10	58	61	90:10	181	135
80:20	15.7	12.8	80:20	59	62	80:20	175	146
65:35	15.6	10.8	65:35	63	64	65:35	172	129
リン脂質 (mg/dℓ)			GOT (KU)			Ca (mg/dℓ)		
90:10	186	137	90:10	51	45	90:10	9.9	10.4
80:20	187	142	80:20	56	47	80:20	9.5	10.0
65:35	180	133	65:35	50	48	65:35	9.4	9.9
Pi (mg/dℓ)			Mg (mg/dℓ)			Na (mEq/ℓ)		
90:10	4.7	5.5	90:10	2.4	2.4	90:10	145	147
80:20	5.1	5.2	80:20	2.5	2.5	80:20	147	146
65:35	5.1	5.7	65:35	2.4	2.4	65:35	147	146
K (mEq/ℓ)								
90:10	4.5	5.0						
80:20	5.0	4.8						
65:35	4.9	4.9						

¹⁾ 粗飼料：濃厚飼料の混合比率（乾物）を示す。以下の項目についても同じである。

表54 疾病の発症状況（試験Ⅲ－２）

	粗飼料：濃厚飼料の混合比率		
	90：10	80：20	65：35
供試牛頭数	7	10	4
疾病発症件数			
食欲不振	0	1	0
感冒	0	1	0
流産	0	1	0
卵巢機能障害	1	0	0
乳房炎	1	0	0
前膝部浮腫	1	0	0
趾間・蹄低腐乱	1	1	0
蹄外傷	2	0	0
合計	6	4	0

試験Ⅲ－３ TMRの即時切替えと飼料摂取量および乳生産

目 的

TMR・自由採食条件では、乳量や乳期に応じたTMRの切替えが必要である。このようなTMRの切替えは乳量が下降する時期に行われるが乳量の急激な減少を招かないように配慮する必要がある。しかし、TMRの切替え前後におけるTMRの粗飼料：濃厚飼料の比率や、TDNおよびCPの含量などの変化が飼料摂取量、乳量、乳組成、体重などに及ぼす影響について検討した報告は極めて少ない^{41, 92)}。そこで、本試験ではトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRを用いて泌

乳中期におけるTMRの即時切替えに伴う配合内容の変化が飼料摂取量、乳量、乳組成および体重に及ぼす影響について検討した。

試験方法

供試牛は試験Ⅲ－１から試験Ⅲ－２に連続して用いた21頭である。TMRの切替え処理を表49に示した。また、TMRの飼料成分と栄養価を表55に示した。試験期間は切替え前4週間（分娩後19週～22週）、切替え後4週間（分娩後23週～26週）とし、その期間の平均値を用いて検討した。試験の実施方法は試験Ⅲ－１および試験Ⅲ－２に示したとおりである。

試験結果および考察

切替え前後の変化を表56に示した。また、TMRの切替えと乾物摂取量および4％FCM量の推移を図16、17に示した。切替え前に対する切替え後の減少値は最大で濃厚飼料割合30％単位、TDN含量7％単位、CP含量4％単位であり、粗繊維とNDFの含量では0％単位であった。また、乾物およびTDNの摂取量の最大減少値はそれぞれ5.1、4.9kgであり、4％FCM量では6.0kgであった。4％FCM量の持続率は78％から100％の範囲であった。乳脂率の最大減少値は0.37％単位であったが平均では0.03％単位とほとんど変化が認められなかったのに対して、乳SNF率および乳蛋白質率では最大減少値でそれぞれ0.31、0.26％単位、平均でも0.12、0.10％単位と低下傾向が認められた。体重の最大減少値は35kg、平均では9kg

表55 TMRの飼料成分と栄養価（試験Ⅲ－３）

TMR			水分	CP	粗繊維	NDF	Ca	P	TDN
(粗濃比－TDN％－CP％)			(％)			(乾物中％)			
50：50	－74	－13	46.9	13.0	15.6	36.5	0.60	0.44	74.3
		－16	47.8	15.9	16.3	36.3	0.62	0.47	73.6
65：35	－71	－13	52.9	13.2	18.4	40.3	0.60	0.45	70.9
		－16	56.1	16.0	19.0	40.6	0.62	0.48	70.4
80：20	－68	－13	56.9	13.3	21.5	45.3	0.60	0.44	67.5
		－16	56.3	16.1	21.3	45.0	0.62	0.47	67.4
90：10	－66	－13	62.2	12.7	23.6	49.2	0.59	0.45	65.4

表56 TMRの切替え前後の変化 (試験Ⅲ-3)

		切替え前 (A)		切替え後 (B)		減少値 (A - B)		
		最小	最大	最小	最大	最小	最大	平均
濃厚飼料割合	(%)	20	50	10	35	0	30	15
TDN含量	(%)	65	75	63	72	0	7	3
CP含量	(%)	13	16	12	13	0	4	2
粗繊維含量	(%)	15	24	18	25	-6	0	-3
NDF含量	(%)	36	47	40	50	-10	0	-5
乾物摂取量	(kg/日)	18.6	23.7	16.4	22.5	-1.1	5.1	2.5
TDN摂取量	(kg/日)	12.3	17.5	10.3	15.5	-0.7	4.9	2.3
4%FCM量	(kg/日)	24.6	32.8	21.6	32.0	-0.1	6.0	3.0
4%FCM量持続率 (%)						78	100	90
乳脂率 (%)		3.59	4.51	3.57	4.69	-0.45	0.37	0.03
乳SNF率 (%)		8.59	9.11	8.44	8.99	-0.15	0.31	0.12
乳蛋白質率 (%)		2.85	3.65	2.85	3.70	-0.11	0.26	0.10
体重	(kg)	649	734	652	734	-10	35	9

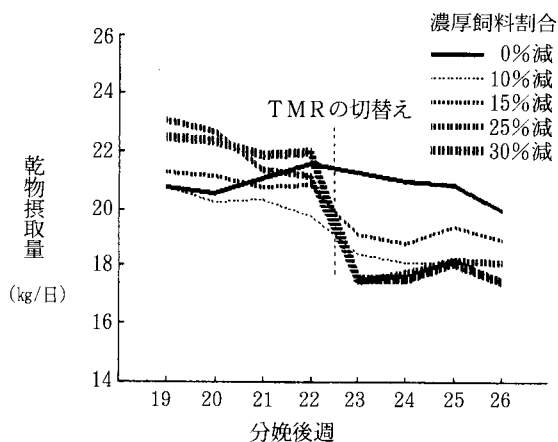


図16 TMRの切替えと乾物摂取量の推移(試験Ⅲ-3)

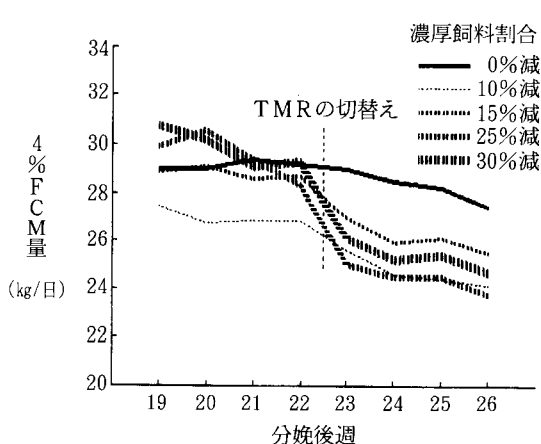


図17 TMRの切替えと4%FCM量の推移(試験Ⅲ-3)

であった。

切替えに伴う減少値間の相関関係を表57に示した。濃厚飼料割合ではTDN, 粗繊維, およびNDFの含量, 乾物, TDNおよびCPの摂取量, TDN充足率, 4%FCM量およびその持続率, 乳SNF率の間に, TDN含量でこれらに加えて乳蛋白質率の間に, CP含量ではCP摂取量とDCP充足率の間に, 粗繊維およびNDFの含量ではTDN含量とほぼ同様の項目間に, それぞれ有意な相関関係が認められた。MOSELEYら⁹²⁾は分娩後210日における粗飼料の割合が高いTMRへの即時切替えは乾物摂取量, SCM量および乳蛋白質率を有

意に減少させたが, 乳脂率は一部を除き, 乳全固形分率および体重ではいずれも有意な変化が認められなかったことを報告している。

TMRの切替えに伴う濃厚飼料割合の減少率と, 乾物摂取量, TDN摂取量および4%FCM量の減少量, 4%FCM量の持続率並びに乳SNF率の減少率との間の単相関係数と回帰式を表58に示した。また, 切替えに伴うTMRの繊維成分および栄養価の減少率と乾物摂取量, TDN摂取量および4%FCM量の減少量, 4%FCM量の持続率並びに乳成分の減少率間の回帰式, 寄与率および単相関係数を表59, 60に示した。重回帰式におけ

表57 TMRの切替えに伴う減少値間の相関関係（試験Ⅲ－3）

(n = 21)

	濃厚飼料割合 (%)	T D N 含量 (%)	C P 含量 (%)	粗繊維含量 (%)	N D F 含量 (%)
濃厚飼料割合 (%)	—				
T D N 含量 (%)	0.945**	—			
C P 含量 (%)	0.149	0.099	—		
粗繊維含量 (%)	-0.947**	-0.994**	-0.140	—	
N D F 含量 (%)	-0.954**	-0.961**	-0.248	0.979**	—
乾物摂取量 (kg/日)	0.766**	0.772**	0.253	-0.789**	-0.781**
T D N 摂取量 (kg/日)	0.869**	0.873**	0.216	-0.884**	-0.871**
C P 摂取量 (kg/日)	0.511*	0.480*	0.862**	-0.519*	-0.589**
T D N 充足率 (%)	0.817**	0.845**	0.191	-0.843**	-0.805**
D C P 充足率 (%)	0.336	0.309	0.945**	-0.343	-0.421
4 % F C M 量 (kg/日)	0.754**	0.778**	0.216	-0.804**	-0.811**
4 % F C M 量持続率 (%)	-0.730**	-0.788**	-0.203	0.811**	0.803**
乳 脂 率 (%)	0.019	0.182	0.009	-0.156	-0.018
乳 S N F 率 (%)	0.477*	0.466*	-0.095	-0.423	-0.364
乳蛋白質率 (%)	0.360	0.475*	-0.119	-0.434*	-0.327
乳 糖 率 (%)	0.107	-0.058	0.056	0.056	-0.015
体 重 (kg)	0.155	0.223	-0.147	-0.219	-0.145

* P < 0.05, ** P < 0.01

表58 TMRの濃厚飼料割合の減少率と摂取量、乳量などの減少量の回帰式（試験Ⅲ－3）

乾物摂取量の減少量 (kg/日)	= 0.226 + 0.147 X ₁	r = 0.766**
T D N 摂取量の減少量 (kg/日)	= 0.082 + 0.147 X ₁	r = 0.869**
4 % F C M 量の減少量 (kg/日)	= 0.829 + 0.141 X ₁	r = 0.754**
4 % F C M 量の持続率 (%)	= 97.06 - 0.479 X ₁	r = -0.730**
乳 S N F 率の減少率 (%)	= 0.037 + 0.005 X ₁	r = 0.477*
n = 21		
X ₁ = 濃厚飼料割合の減少率 (%)		

* P < 0.05, ** P < 0.01

表59 TMRの繊維成分の減少率と摂取量、乳量などの減少量の回帰式（試験Ⅲ－3）

乾物摂取量の減少量 (kg/日)	= 0.234 - 0.787 X ₂	r = -0.789**
T D N 摂取量の減少量 (kg/日)	= 0.117 - 0.776 X ₂	r = -0.884**
4 % F C M 量の減少量 (kg/日)	= 0.761 - 0.779 X ₂	r = -0.804**
4 % F C M 量の減少量 (kg/日)	= 0.638 - 0.469 X ₃	r = -0.811**
4 % F C M 量の持続率 (%)	= 97.61 + 2.77 X ₂	r = 0.811**
4 % F C M 量の持続率 (%)	= 97.90 + 1.64 X ₃	r = 0.803**
乳蛋白質率の減少率 (%)	= 0.0233 - 0.0258 X ₂	r = -0.434*
n = 21		
X ₂ = 粗繊維含量の減少率 (%)		
X ₃ = N D F 含量の減少率 (%)		

* P < 0.05, ** P < 0.01

表60 TMRの栄養価の減少率と摂取量, 乳量などの減少量の回帰式 (試験Ⅲ-3)

乾物摂取量の減少量 (kg/日)	= 0.090 + 0.642 X ₄ + 0.214 X ₅	R ² = 0.628
TDN摂取量の減少量 (kg/日)	= 0.056 + 0.644 X ₄ + 0.137 X ₅	R ² = 0.779
4%FCM量の減少量 (kg/日)	= 0.712 + 0.630 X ₄ + 0.163 X ₅	R ² = 0.642
4%FCM量の持続率 (%)	= 97.74 - 2.25 X ₄ - 0.52 X ₅	R ² = 0.636
乳SNF率の減少率 (%)	= 0.0442 + 0.0230 X ₄	r = 0.466*
乳蛋白質率の減少率 (%)	= 0.0200 + 0.0240 X ₄	r = 0.475*
n = 21		
X ₄ = TDN含量の減少率 (%)		
X ₅ = CP含量の減少率 (%)		

*P < 0.05

るCPの偏回帰係数は有意でなかったが, これはTMRのCP含量の範囲が12%~16%と泌乳中期において影響の少ない水準⁷⁾であったことが影響していると考えられた。TMRのCPとTDNの含量の減少率を用いた重回帰式の寄与率は乾物およびTDNの摂取量の減少量, 4%FCM量の減少量および4%FCM量の持続率において0.60以上であった。乳蛋白質率の減少率と粗繊維含量の減少率の間に, また乳SNF率および乳蛋白質率の減少率とTDN含量の減少率の間に, それぞれ有意な相関関係が認められたが, これはこれらの要因が乳組成に影響するTDN充足率¹⁷⁾と高い相関関係にあるためと考えられた。

得られた回帰式から, TMRの切替え後4週間の4%FCM量の減少を2.0, 3.0および4.0kg以内に抑えるためには濃厚飼料の混合割合の減少率をそれぞれ8.3, 15.3および22.4%単位以内にとどめることが必要になる。また, 4%FCM量の持続率を85, 90および95%以上に保つためには濃厚飼料の混合割合の減少率を25.1, 14.7および4.3%単位以内にとどめることが必要である。同様に, これをTMRの栄養価についてみると, CP含量の減少率を3.0%単位として4%FCM量の減少を2.0, 3.0および4.0kg以内に抑えるためにはTDN含量の減少率をそれぞれ1.2, 2.8および4.4%単位以内にとどめることが必要になる。また, 4%FCM量の持続率を85, 90および95%以上に保つためにはCP含量の減少率を3.0%単位としてTDN含量の減少率を4.9, 2.7および0.5%単位以内にとどめることが必要である。

小 括

トウモロコシサイレージは高エネルギーの粗飼料であり乳牛による嗜好性においても優れているが, 一方ではCPやミネラル類の含量が低く, 粗繊維の含量も比較的低いなどの飼料特性を有している。したがって, トウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養においては, これらの不足する成分を補完するためにその他の粗飼料および濃厚飼料が併給されている。このような条件において飼料の選択採食を防止し高泌乳牛を安定的に飼養するための給飼技術としてTMR・自由採食方式が極めて有用であると考えられる。

そこで, 泌乳前期および泌乳後期に給与するTMRの飼料設計基準について検討した。その結果, 泌乳前期に給与するトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRにおいて, 粗飼料と濃厚飼料の比率は乾物で65:35から50:50, TDN含量は71~74%が望ましく, 全飼料中のCP含量では16%が13%より優れていることが認められた。また, 泌乳後期に給与するトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRでは粗飼料と濃厚飼料の比率が乾物で80:20から65:35, TDN含量は68~71%が望ましく, 全飼料中のCP含量はその充足率から見て13%程度でよいと推定された。さらに, 泌乳中期におけるTMRの即時切替えに伴う濃厚飼料割合の減少率, TMRの繊維成分の減少率および栄養価の減少率と4%FCM量の減少量, 4%FCM量の持続率, 乳成分の減少率などとの相関関係について検討し, これらの変化量を推定する回帰式を得た。

IV 総合論議および結論

トウモロコシサイレージを基本飼料として高乳量を安定的に生産する乳牛の飼養技術を確立するためには、トウモロコシサイレージとその他の粗飼料や濃厚飼料との組合せ給与の効果および給与方法などについて、乳期を考慮して検討する必要がある。本研究では、収穫適期とされている黄熟期にハーベスタの設定切断長を9～10mmとして調製したトウモロコシサイレージを用いて、乾乳期および泌乳期における粗飼料構成の影響について検討した。また、トウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛飼養においてはその栄養的な不均衡を補正するためにその他の飼料と組み合わせて給与されるが、嗜好性の差異から特定飼料の偏食、過食となり、養分摂取に不均衡を生じがちである。このような現象を防止し、設定どおり飼料を採食させるための給飼技術としてTMR・自由採食方式が極めて有用であると考えられる^{19, 27, 60, 130)}ので、トウモロコシサイレージを基本飼料としたTMRにおける粗飼料と濃厚飼料の比率や全飼料中のCP含量の影響について高泌乳牛を用いて泌乳前期と泌乳後期について検討した。

また、トウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛の飼養技術の普及に際しては、土地利用型酪農の基本である飼料の自給率や経済性からみてどのような効果があるかについての検討も必要であると考えられた。

そこで、乳期ごとに望ましい粗飼料構成、並びに粗飼料と濃厚飼料の比率や全飼料中のCP含量について総合的に考察するとともに、北海道の畑作酪農地帯におけるトウモロコシサイレージ主体飼養の適用とその効果について検討した。

1. トウモロコシサイレージを主体とする乳期別飼料構成の設定と乳生産

本研究では、まず乾乳期における粗飼料構成の

影響について検討した。乾乳期には養分要求量が泌乳期に比べて低いことから粗飼料のみ、ないしは粗飼料主体の飼料構成で対応できる。本研究ではトウモロコシサイレージとチモシー乾草の給与比率の影響について濃厚飼料無給与条件で検討した。トウモロコシサイレージ単用給与では乾乳期における日増体量は多いが乾乳末期において乾物摂取量が低下し、分娩後における乾物摂取量および乳量の上昇が緩慢であり、分娩直後の血清カルシウム濃度が低下する傾向が認められた。これに対して、乾乳期乾草単用給与では乾乳期における日増体量は多くはなかったが、乾乳期間における乾物摂取量の変動が少なく、分娩後における乾物摂取量および乳量の上昇が速やかであり、4%FCM量は最も多く、分娩直後の血清カルシウム濃度の低下は少なかった。乾草とトウモロコシサイレージの組合せ給与では乾乳期の口増体量が多く、分娩後における乾物摂取量および乳量の推移は乾乳期乾草主体給与において乾草単用給与と同様であったが、トウモロコシサイレージ主体給与では両単用給与の中間的な推移を示した。本研究では第四胃変位、起立不能症およびケトーシスの発症は認められなかったが、トウモロコシサイレージ単用給与で認められた乾乳末期における乾物摂取量の低下は第四胃変位の誘因²¹⁾であり、分娩直後における血清カルシウム濃度の低下は起立不能症発症時³⁸⁾に認められるものである。乾乳期、あるいは乾乳期と泌乳期を通して粗飼料としてトウモロコシサイレージの単用給与は乳牛の疾病を増加させないとする報告^{35, 54)}もあるが、第四胃変位^{10, 103, 126)}、ケトーシス^{10, 133)}、起立不能症¹⁰⁾、胎盤停滞¹²⁶⁾、難産¹⁰³⁾の発症率が高いことや産子における甲状腺腫の発症³⁹⁾が認められている。したがって、乾乳期にはトウモロコシサイレージの単用給与は避ける必要があり、乾草単用給与が最も良好な飼養成績が得られると考えられた。今後、

乾草と牧草サイレージの比較や乾草が低栄養価の場合におけるエネルギー補給粗飼料としてトウモロコシサイレージ併給の効果についての検討が必要である。

泌乳期においては、まず北海道の畑作酪農地帯において平均的な栄養価のチモシー乾草¹³⁶⁾とトウモロコシサイレージの給与比率が飼料摂取量および乳生産に及ぼす影響について検討した。その結果、トウモロコシサイレージ主体の飼養は乾草主体の飼養に比べて乾物摂取量および乳量において優っており、乳成分において優る傾向のあることが認められた。サイレージ用トウモロコシは牧草に比べて単位面積当たりの乾物やTDNの生産量が多いこと⁵⁾や乾草および牧草サイレージに比べてTDN当たりの生産費が低いこと⁵⁵⁾からトウモロコシサイレージを基本飼料とする泌乳期の飼養は飼料の自給率向上はもとより経営の見地からも有利であると考えられた。そこで、トウモロコシサイレージを基本飼料とし、各種粗飼料の併給が養分摂取量および乳生産に及ぼす影響について検討した。まず、北海道の畑作酪農地帯において利用割合の高い乾草と牧草サイレージを高泌乳期および泌乳安定期に併給し比較検討した。その結果、乾物摂取量、乳量、乳組成、疾病発症状況および繁殖性において両併給粗飼料間に大きな差異は認められず、BELYEAら^{10, 11)}、出岡ら²⁸⁾、GRIEVEら^{34, 35)}、MONTGOMERYら⁸⁸⁾の報告とほぼ一致した。

次に、北海道の畑作酪農地帯において一般的なチモシー草地を用いて1番草の刈取時期と窒素施肥量別に牧草サイレージを調製しトウモロコシサイレージに併給して、飼料摂取量および乳生産に及ぼす影響について検討した。窒素施肥量の増加は早刈時において粗飼料からのDCP摂取量を有意に高めたが、乾物とTDNの摂取量、乳量および乳組成では影響が認められなかった。これに対して、早刈(出穂始調製)では遅刈(開花揃調製)に比べて窒素施肥量に関係なく粗飼料からのDCPおよびTDNの摂取量が有意に増加し、また、標準窒素施肥において早刈は遅刈に比べて4%FCM量が有意に増加し、乳全固形分率および乳脂

率が有意に向上することが認められた。このように、高エネルギー粗飼料であるトウモロコシサイレージを基本飼料とする条件においても早刈牧草サイレージの併給が望ましいことが明らかになった。このような早刈における摂取量および乳量の増加は牧草サイレージ主体で検討した蔦野ら¹³⁴⁾および和泉ら⁶⁵⁾の報告と一致した。また、出穂期に調製した牧草サイレージ⁶⁴⁾や放牧草⁴⁸⁾の単用に比べて、これらにトウモロコシサイレージを併給すると乳脂率が向上することが報告されている。このような結果は栄養価の高い牧草サイレージや放牧草とトウモロコシサイレージの組合せは乳脂率を向上させる場合のあることを示唆しているので、その機序について今後究明する必要がある。

さらに、トウモロコシサイレージを基本飼料としてアルファルファ主体1番草およびアカクロバ主体1、2番草のサイレージの併給効果について、チモシー1番草サイレージの併給を対照にして比較検討した。各マメ科主体1番草サイレージはチモシー1番草サイレージに比べてCP、カルシウムおよびマグネシウムの含量が高くトウモロコシサイレージを補完する成分組成を示していた。飼料成分、乾物摂取量、DCPおよびTDNの摂取量、乳量および乳組成などから総合的に判断して、トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において併給する牧草サイレージとしてはアルファルファ主体1番草が最も優れており、次いでアカクロバ主体1番草、チモシー1番草の順序であり、アカクロバ主体2番草はこれらより劣ると考えられた。

これらの試験のうち、消化試験および泌乳試験の実施条件が同様である試験Ⅱ-2-1、試験Ⅱ-2-3および試験Ⅱ-2-4(濃厚飼料平均乾物摂取量3.4kg)から、トウモロコシサイレージ主体各種粗飼料併給における粗飼料からの養分摂取量と産乳可能量を算出して表61に示した。これらの結果はDCPおよびTDNの摂取量からみて併給粗飼料におけるマメ科牧草の混入と早刈の重要性を示している。また、このような組合せにおける産乳可能量は1日当たり17kg程度、305日間で5,200kg程度と推定された。

以上から、泌乳期にはトウモロコシサイレーズを基本飼料としマメ科牧草の良く混入した早刈～適期刈の牧草サイレーズあるいは乾草を併給することが望ましく、特に牧草サイレーズは調製において気象条件による制約が少ないために安定的に

早期ないしは適期に収穫することが可能であり、またマメ科混播牧草でも調製が容易であるなどの利点があり、北海道の畑作酪農地帯の気象条件および今後増加すると予想されるTMRを考慮すると乾草よりも著しく優れていると考える。

表61 トウモロコシサイレーズ主体各種粗飼料併給における粗飼料からの養分摂取量と産乳可能量

併 給 粗 飼 料	乾 物 摂 取 量				養 分 摂 取 量		産 乳 可 能 量	
	C S	G S	乾 草	合 計	D C P	T D N	D C P か ら	T D N か ら
	(kg/日)				(kg/日)		(kg/日)	
1 番 草 サ イ レ ー ジ								
アルファルファ主体開花始	10.4	5.0	0	15.4	1.21	10.0	18.6	16.5
アカクロバ主体開花期	9.9	4.8	0	14.7	1.15	9.7	17.3	15.5
チ モ シ ー 出 穂 始	9.2	5.8	0	15.0	0.96	10.2	13.2	17.1
チ モ シ ー 出 穂 揃	9.9	4.6	0	14.5	0.94	9.6	12.8	15.2
チ モ シ ー 開 花 揃	9.1	4.6	0	13.7	0.68	8.9	7.2	13.0
2 番 草 サ イ レ ー ジ								
アカクロバ主体開花揃	10.0	4.7	0	14.7	1.01	9.4	14.3	14.6
1 番 草 乾 草								
チ モ シ ー 出 穂 揃	9.3	0	4.5	13.8	0.67	9.5	6.9	14.9

注) 1. CS: トウモロコシサイレーズ, GS: 牧草サイレーズを示す。
 2. 試験Ⅱ-2-1, Ⅱ-2-3, Ⅱ-2-4のデータを用いて作成した。
 3. 濃厚飼料平均摂取量(乾物) 3.4kgでの測定値である。
 4. 産乳可能量は体重650kg, 乳脂率3.7%とし, 日本飼養標準(乳牛)¹⁹⁸⁾を用いて算出した。

トウモロコシサイレーズは高エネルギーの粗飼料であり乳牛による嗜好性においても優れているが、一方ではCPやミネラル類の含量が低く繊維成分の含量も比較的低いなどの飼料特性を有している。したがって、トウモロコシサイレーズを基本飼料とする泌乳期の飼養においてはこれらの不足する成分を補完するためにその他の粗飼料および濃厚飼料が併給されている。併給粗飼料としては乾草や牧草サイレーズが利用されているが、それらの品質や栄養価が良好でない場合にはトウモロコシサイレーズの過食、偏食を生じがちであり、本研究においても粗飼料の飽食量給与条件においてトウモロコシサイレーズとその他の併給粗飼料を一定の比率で採食させるために多くの労力を必要とした。トウモロコシサイレーズを基本飼料とする泌乳期の飼養において飼料間の嗜好性の差異

を解消し設定どおり採食させ、高泌乳牛をより安定的に飼養するためには、給与する全飼料を混合して自由採食させることが極めて効果的であると考えられる^{19, 27, 60, 130)}。そこで、本研究では泌乳期における濃厚飼料の給与量や全飼料中のCP含量の影響についてTMR・自由採食条件で検討した。

まず、トウモロコシサイレーズを基本飼料とするTMRの粗飼料と濃厚飼料の比率および全飼料中のCP含量が高泌乳牛の泌乳前期における飼料摂取量、乳生産、血液性状、繁殖性などに及ぼす影響について検討した。粗飼料と濃厚飼料の比率は乾物で80:20, 65:35および50:50の3処理とし、これに全飼料中のCP含量を13%および16%として組み合わせた6種類のTMRについて検討した。乾物摂取量、実乳量および4%FCM量は

粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高くなるにつれて増加する傾向が認められたが、処理区間の差異は有意ではなく、HERNANDEZ-URDANETAら⁴¹⁾の報告と一致した。また、MACLEODら⁸⁰⁾は粗飼料と濃厚飼料の比率と乾物摂取量および乳生産の関係について回帰分析により検討し、濃厚飼料の割合が高くなるにつれて乾物摂取量および実乳量が増加するが、4%FCM量では有意に増加しないことを認めている。TDN摂取量、牛乳の全固形分率、SNF率および蛋白質率並びに日増体量も濃厚飼料の割合が高くなるにつれて向上し、50:50では80:20に比べて有意に高かった。牛乳のSNF率および蛋白質率はエネルギー給と水準の影響を受けるとされており¹¹⁷⁾、本研究においても牛乳のSNF率および蛋白質率とTDN充足率あるいは日増体量の間に有意な正の相関関係が認められた。乳脂率では本研究の範囲において低下が認められなかったが、粗飼料と濃厚飼料の比率を50:50から35:65⁸⁰⁾あるいは30:70⁹⁴⁾にすると低下することが報告されているので、粗飼料としてトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの濃厚飼料の割合は50%程度が上限と考えられる。一方、TMRのCP含量が16%では13%に比べて乾物、DCPおよびTDNの摂取量並びに4%FCM量が増加した。ROFFLERら¹²²⁾はトウモロコシサイレージ主体飼養において大豆粕添加によりCP含量を高めることが泌乳前期の生産反応に及ぼす影響について飼料の分離給とおよび混合給と条件で実施した報告を取りまとめ、CP含量を13%から16%に高めると乳量は2.5kg増加するが、16%から19%に高めてもその増加は0.9kgに過ぎないと報告している。今後、高泌乳牛を用いてTMRのCP含量を16%以上に高めた場合の効果について検討する必要がある。各処理区とも血液性状は正常値の範囲⁵⁰⁾にあり、分娩前後に発症するケトosis、起立不能症、第四胃変位は認められず、特定の疾病が特定の処理に集中することはなかった。また、供試牛の乳期内受胎率は94%であり、未受胎牛が特定の処理に偏ることはなかった。以上から、本研究において高泌乳

牛の泌乳前期に給与するトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの粗飼料:濃厚飼料の比率は65:35から50:50、TDN含量は71~74%程度が適当であり、CP含量では16%が13%より優ることが明らかになった。

さらに、泌乳後期においてトウモロコシサイレージを主体とする粗飼料と濃厚飼料の比率を乾物で90:10、80:20および65:35とし、全飼料中のCP含量を13%とする3処理のTMRの給与効果について検討した。TDN摂取量は濃厚飼料の割合が高くなるにつれて増加し、90:10と65:35の差は有意であり、4%FCM量においても同様の傾向が認められた。乳組成はいずれも良好であった。乳牛の血液性状はいずれも正常値の範囲⁵⁰⁾にあり、特定の疾病が特定の処理に偏ることはなかった。以上から、泌乳後期に給与するトウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRの粗飼料:濃厚飼料の比率は80:20から65:35、TDN含量は68~71%が適当であると考えられた。

泌乳前期と泌乳後期の成績を組み合わせで表62, 63, 64に示した。これらの泌乳期の組合せにおけるトウモロコシサイレージの乾物摂取量は最少で2,351kg、最多で3,323kgであり、乾草では同様に1,185kg、1,675kg、粗飼料合計では3,536kg、4,998kgであった。また、濃厚飼料では913kg、2,662kg、全飼料では6,006kg、6,298kgであり、TMRの濃厚飼料の割合が高くなるにつれて全乾物摂取量が増加する傾向がみられたが、組合せ処理区間の差は小さかった。粗飼料乾物給与率(全飼料の乾物量に占める粗飼料の乾物量の割合)は56.8%から84.5%の範囲であった。また、粗飼料TDN給与率(全飼料のTDN量に占める粗飼料のTDN量の割合)は49.9%から81.2%の範囲にあった。4%FCM量は7,748kgから8,565kgの範囲にあり、泌乳前期と泌乳後期における粗飼料と濃厚飼料の組合せが80:20-90:10から65:35-80:20までは濃厚飼料摂取量の増加につれて4%FCM量も増加したが、それ以上濃厚飼料の割合を高めた組合せでは濃厚飼料の摂取量の増加に比べて4%FCM量の増加は少なかった。

表62 泌乳期におけるTMRの組合せと1泌乳期における飼料摂取量(トウモロコシサイレージ主体飼養)

泌乳前期・泌乳後期	C S	乾草	粗飼料 合計	濃厚飼料	MV 剤	合計	粗飼料乾 物給与率
(粗濃比-C P%)・(粗濃比-C P%)	(乾物kg)						(%)
50:50-16・65:35-13	2,351	1,185	3,536	2,662	100	6,298	56.8
80:20-13	2,618	1,323	3,941	2,243	99	6,283	63.6
65:35-16・80:20-13	2,916	1,461	4,377	1,686	97	6,160	72.0
90:10-13	3,077	1,533	4,610	1,408	96	6,114	76.5
80:20-16・80:20-13	3,162	1,603	4,765	1,191	96	6,052	79.8
90:10-13	3,323	1,675	4,998	913	95	6,006	84.5

- 注) 1. 粗濃比-C P%は粗飼料と濃厚飼料の混合比率(乾物)および乾物中のC P含量を示す。
 2. C S: トウモロコシサイレージ, MV 剤: ミネラル・ビタミン剤(食塩を含む)を示す。
 3. 試験Ⅲ-1およびⅢ-2のデータを用いて作成した。
 4. 1泌乳期は308日間である。
 5. 粗飼料乾物給与率は分娩後8~308日について算出した。

表63 泌乳期におけるTMRの組合せと1泌乳期におけるCPおよびTDNの摂取量
(トウモロコシサイレージ主体飼養)

泌乳前期・泌乳後期	C P			T D N			粗飼料 T D N 給与率
	泌乳前期	泌乳後期	合計	泌乳前期	泌乳後期	合計	
(粗濃比-C P%)・(粗濃比-C P%)	(kg)			(kg)			(%)
50:50-16・65:35-13	551	370	921	2,556	2,002	4,558	49.9
80:20-13	551	371	922	2,556	1,894	4,450	57.1
65:35-16・80:20-13	536	371	907	2,372	1,894	4,266	66.4
90:10-13	536	353	889	2,372	1,802	4,174	71.5
80:20-16・80:20-13	521	371	892	2,187	1,894	4,081	75.7
90:10-13	521	353	874	2,187	1,802	3,989	81.2

- 注) 1. 粗濃比-C P%は粗飼料と濃厚飼料の混合比率(乾物)および乾物中のC P含量を示す。
 2. 試験Ⅲ-1およびⅢ-2のデータを用いて作成した。
 3. 泌乳前期, 泌乳後期とも154日間である。
 4. 粗飼料T D N給与率は分娩後8~308日について算出した。

表64 泌乳期におけるTMRの組合せと1泌乳期における乳量および増体量
(トウモロコシサイレージ主体飼養)

泌乳前期・泌乳後期	4% F C M量			増 体 量		
	泌乳前期	泌乳後期	合計	泌乳前期	泌乳後期	合計
(粗濃比-C P%)・(粗濃比-C P%)	(kg)			(kg)		
50:50-16・65:35-13	4,927	3,638	8,565	31	1	32
80:20-13	4,927	3,482	8,409	31	15	46
65:35-16・80:20-13	4,827	3,482	8,309	18	33	51
90:10-13	4,827	3,203	8,030	18	31	49
80:20-16・80:20-13	4,545	3,482	8,027	-7	54	47
90:10-13	4,545	3,203	7,748	-7	24	17

- 注) 1. 粗濃比-C P%は粗飼料と濃厚飼料の混合比率(乾物)および乾物中のC P含量を示す。
 2. 試験Ⅲ-1およびⅢ-2のデータを用いて作成した。
 3. 泌乳前期は147日間, 泌乳後期は154日間である。

表65 現行飼養とトウモロコシサイレージ主体飼養における1 泌乳期の飼料摂取量と乳量

	飼 料 摂 取 量					4 % FCM量	粗飼料 乾 物 給与率
	CS	GS・乾草	濃厚飼料	MV剤	合計		
	(乾物kg)					(kg)	(%)
現 行 飼 養	1,221	1,832	2,511	89	5,653	7,620	54.0
CS主体飼養	2,916	1,461	1,686	97	6,160	8,309	72.0

- 注) 1. CS: トウモロコシサイレージ, GS: 牧草サイレージ, MV剤: ミネラル・ビタミン剤(食塩を含む)を示す。
 2. 現行飼養の数値は乳検検定成績⁴⁸⁾ (平成3年, 十勝支庁) および十勝農協連合会資料¹³⁶⁾ から推定した。
 なお, 現行飼養における全乾物摂取量は下記の推定式⁴⁹⁾ を用いて算出した。

$$\text{乾物摂取量 (kg)} = 0.439 \times 1 \text{ 泌乳期 } 4\% \text{ FCM量 (kg)} + 2.880 \times \text{泌乳期平均体重 (kg)} + 2.026 \times \text{泌乳期体重変化 (kg)} + 383.0$$

 3. 現行飼養における1 泌乳期乳量は7,942kg, 乳脂率は3.73%, 泌乳期平均体重は633kg, 泌乳期増体量は50kgとした。
 4. CS主体飼養は表62, 63, 64の泌乳前期65: 35-16, 泌乳後期80: 20-13の組合せを示す。

本研究の結果から飼料の自給率向上と乳量増加の見地から最も推奨できる組合せ(粗飼料: 濃厚飼料の乾物比率, 泌乳前期65: 35, 泌乳後期80: 20)を取り上げ, 現行飼養(北海道乳牛検定成績⁴⁸⁾)と比較して表65に示した。現行飼養における粗飼料の乾物摂取量は, 乾物摂取量の推定式⁴⁹⁾ から全乾物摂取量を算出し, それから濃厚飼料およびミネラル・ビタミン剤の乾物摂取量を差し引いて求めた。これらの結果は, 高エネルギー粗飼料であるトウモロコシサイレージを基本飼料とし, これにその他の粗飼料および濃厚飼料, ミネラル・ビタミン剤を組み合わせる栄養のバランスを取り, 設定どおり採食させる給与技術—本研究ではTMR—の実施により, 現状よりも濃厚飼料を節減しても良好な産乳成績が得られることが明らかになった。

2. 北海道畑作酪農地帯におけるトウモロコシサイレージ主体飼養の適用とその効果

北海道の主要な畑作酪農地帯の一つである十勝地方において大家畜—乳用牛, 肉用牛および馬—の飼養頭数は最近の20年間についてみると, 昭和46年度の14.6万頭からほぼ一貫して増加を続け, 平成2年度には33.2万頭に達している¹⁰⁴⁾。これに対して, 牧草および飼料作物の栽培面積は昭和

46年度の9.4万ヘクタールから毎年増加し昭和53年度に13.0万ヘクタールのピークに達したのち減少し, ここ数年間は11.7万ヘクタールで推移している¹⁰⁴⁾。このうち, 牧草の作付面積は9.8万ヘクタール, サイレージ用トウモロコシでは1.9万ヘクタール, 青刈エンバクおよび家畜ビートではそれぞれ0.01万ヘクタール以下であり, 牧草主体の作付になっている¹⁰⁴⁾。

十勝地方における粗飼料の必要量と生産量について統計資料¹⁰⁴⁾ を用いて試算した結果を表66に示した。粗飼料の必要量は昭和46年度に53.6万トンであり, その後増加して平成2年度には87.3万トンになっている。また, 粗飼料の必要量の大部分(約90%)は乳用牛用であった。これに対して粗飼料の生産量は昭和46年度に38.1万トンであり, その後増加して昭和55年度には69.4万トンになり昭和60~63年度では著変がなく, その後増加傾向であり, 平成2年度には77.2万トンになっている。また, 粗飼料の生産量に占める牧草の割合は平成2年度に70.0%であり, サイレージ用トウモロコシでは29.9%であった。

粗飼料の必要量に対する生産量の割合は昭和46年度の71%から昭和55年度の94%と向上したが昭和60年度~平成2年度では84~90%の範囲にあり, 平成2年度では88%で, 10.1万トンの粗飼料(乾物)が不足していると推定された。

表66 十勝地方における粗飼料の必要量と生産量（推定値）

年度	粗飼料必要量				粗飼料生産量				B / A
	乳用牛	肉用牛	馬	合計（A）	牧草	トウモロコシ	その他	合計（B）	
	（乾物千 t）				（乾物千 t）				
昭46	483	10	43	536	316	61	4	381	71
50	552	24	18	595	418	133	2	553	93
55	682	40	15	737	454	238	2	694	94
60	703	62	15	780	453	219	1	672	86
61	691	63	13	767	483	203	1	687	90
62	684	66	13	764	479	196	0	675	88
63	700	72	15	787	491	185	0	676	86
平成	736	84	16	835	480	223	0	703	84
2	764	93	16	873	541	231	0	772	88

注) 1. 粗飼料の年間1頭当たり必要量(乾物kg)として下記の数値を用いた。

乳用牛	成牛	4,994	肉用牛	成牛	2,388
	育成牛	2,095		育成牛	2,190
馬	成馬	4,380		育成・肥育牛	363
	育成馬	2,081			

2. 牧草の乾物率は昭和46年～平成2年に20%、サイレージ用トウモロコシでは昭和46～50年に20%、昭和51～57年に25%、昭和58年に20%、昭和59～63年に25%、平成元～2年に30%、また青刈エンバクおよび家畜ビートでは昭和46～平成2年にそれぞれ25%、10.2%とした。

3. 粗飼料生産量の算出には下記の乾物回収率を用いた。

牧草	75%
トウモロコシ	80%
その他	100%

したがって、限られた面積で必要な粗飼料をいかにして確保するかが飼料自給率向上の見地から解決を要する大きな問題である。そのためには種々の方法があるものと考えられるが、十勝地方の気象条件およびサイレージ用トウモロコシの乾物およびTDNの多収性に着目して検討した試案を表67に示した。なお、生産量(乾物)は、10アール当たり原物収量、その乾物率および乾物回収率から推定した乾物収量－牧草では平成元、2年平均で520kg、サイレージ用トウモロコシで1,217kg－に作付面積を乗じて算出した。牧草の作付面積を現行の9.8万ヘクタールから7.9万ヘクタールに減少し、一方サイレージ用トウモロコシの作付面積を現行の1.9万ヘクタールから3.8万ヘクタールに増加する。このような作付面積の変化により、牧草の生産量は乾物で41.0万トン、サイレージ用トウモロコシで46.3万トン、合計して87.3万トンになり、牧草および飼料作物の作付合計面積を増加することなく粗飼料の必要量を充すことができ

ることが認められた。

このようにして大量に調製されたトウモロコシサイレージは本研究で明らかにされたトウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛の飼養技術の導入により有効に活用される。すなわち、概算と

表67 自給率向上の見地からみた粗飼料生産の改善方向(試案、十勝地方)

		現状	改善方向
作付面積(万ha)	牧草	9.82	7.89
	トウモロコシ	1.87	3.80
	その他	0	0
	合計	11.69	11.69
生産量(乾物,万t)	牧草	51.06	40.99
	トウモロコシ	22.70	46.28
	その他	0.02	0
	合計	73.78	87.27

注) 1. 現状は平成元、2年度の平均値を示す。

して平成2年度の経産牛頭数10.57万頭に表65の1頭当たりトウモロコシサイレージの乾物摂取量2,916kgを乗じると30.82万トンになり、生産量の67%を利用することになる。残りの33%は肉用牛および乳用育成牛に利用される。

十勝地方における乳牛検定¹⁶⁾、飼料構成¹³⁶⁾および粗飼料の生産費⁵⁵⁾に関する成績並びに本研究の結果から、平均的な乳量における現行飼養およびトウモロコシサイレージ主体飼養における飼料構成および飼料費について、乳量を同一にして試算した結果を表68, 69に示した。現行飼養における全乾物摂取量の算出は表65と同じ方法により算出し、粗飼料の乾物摂取量の内訳はトウモロコシサイレージ、牧草サイレージおよび乾草で、乾物比率をそれぞれ40:29:31として¹³⁶⁾算出した。一方、トウモロコシサイレージ主体飼養では現行

飼養における場合と同じ方法により全乾物摂取量を算出し、これに粗飼料乾物給与率(表65参照)を乗じて粗飼料の乾物摂取量を求めた。粗飼料は本章の1で示したようにトウモロコシサイレージと牧草サイレージの組合せとし、その乾物比率を2:1とした。このように、トウモロコシサイレージ主体の飼養は現行飼養に比べて、濃厚飼料の摂取量が乾物で1,017kg減少し、粗飼料乾物給与率は54.0%から72.0%に向上するが、高エネルギー粗飼料であるトウモロコシサイレージと牧草サイレージの給与によりTDN摂取量は約4,000kg、TDN充足率は約100%となり、現行飼養と同程度になる。このように、トウモロコシサイレージ主体の飼養は飼料の自給率向上の見地からみて極めて効果的である。

表68 同一乳量時における1泌乳期の飼料摂取量

	C S	G S	乾草	濃厚飼料	MV 剤	合計	粗飼料乾物給与率
	(乾物kg)						(%)
現行飼養	1,221	885	947	2,511	89	5,653	54.0
C S主体飼養	2,713	1,357	0	1,494	89	5,653	72.0

- 注) 1. C S: トウモロコシサイレージ, G S: 牧草サイレージ, MV 剤: ミネラル・ビタミン剤(食塩を含む)を示す。
 2. 現行飼養の数値の算出基礎については表65を参照。C S主体飼養については全乾物摂取量を推定式⁴⁹⁾により算出し、トウモロコシサイレージと牧草サイレージについては粗飼料乾物給与率と両粗飼料の給与比率(2:1)から算出した。
 3. 両飼養方式とも1泌乳期乳量7,942kg, 乳脂率3.73%, 体重633kg, 泌乳期増体量50kgとした。

表69 トウモロコシサイレージ主体飼養における1泌乳期の飼料費試算結果(同一乳量時)

	現行飼養	C S主体飼養
乳代 (千円)	635	635
飼料費 (千円)	281	258
濃厚飼料費 (千円)	136	88
乳代 - 飼料費 (千円)	354	377
同上現行飼養との差 (千円)	0	23
乳代 - 濃厚飼料費 (千円)	499	547
同上現行飼養との差 (千円)	0	48
飼料費 / 乳代 (%)	44	41
濃厚飼料費 / 乳代 (%)	21	14

- 注) 1. 乳代および飼料費は表68の数値に下記の1kg当たりの単価を乗じて算出した。なお、飼料については乾物1kg当たりの単価であり、粗飼料についてはTDN 1kg当たりの生産費⁵⁵⁾から算出した。

	乾物中TDN含量(%)	単価(円)
牛乳	—	80
トウモロコシサイレージ	69	33
牧草サイレージ	65	50
乾草	60	51
濃厚飼料(現行飼養用)	85	54
(C S主体飼養用)	85	59
ミネラル・ビタミン剤(食塩を含む)	—	138

次に、トウモロコシサイレージ主体飼養の飼料費について表68の数値と十勝地方における粗飼料の生産費⁵⁵⁾を基にして検討した結果、トウモロコシサイレージ主体飼養における1泌乳期の飼料費は25.8万円であり、現行飼養に比べて2.3万円少なくなった。また、「乳代－濃厚飼料費」はトウモロコシサイレージ主体飼養で54.7万円であり、現行飼養に比べて4.8万円多くなった。乳代に占める飼料費の割合は現行飼養の44%から41%に低下し、特に乳代に占める濃厚飼料費の割合は21%から14%と著しく低下した。濃厚飼料の購入価格が自給飼料の生産費に比べて割安であるとされている現状においてもこのような結果であり、濃厚飼料の購入価格が高くなった場合あるいは自給粗飼料の生産費を低減することができる条件ではトウモロコシサイレージ主体飼養方式の経済的優位性は更に高くなると考えられた。

以上の検討から、トウモロコシサイレージ主体の飼養では現行の牧草（乾草＋牧草サイレージ）主体の飼養に比べて飼料の自給率の向上のみならず飼料費を節減できることが明らかになった。

3. 結 論

北海道の畑作酪農地帯においてトウモロコシサイレージは単位面積当たりの乾物およびTDNの収量、生産費などからみて極めて優れた粗飼料であるが、乳牛における利用に際しては乳期や給飼

方法を考慮する必要がある。乾乳期にはトウモロコシサイレージの単用給与は避ける必要があり、乾草単用給与が最も望ましいと考えられた。一方、泌乳期にはトウモロコシサイレージを基本飼料とする粗飼料構成が好適である。トウモロコシサイレージはTDN含量は高いがCPおよびミネラル類の含量が低く、粗繊維の含量も比較的低いのでこれらを補うために併給粗飼料が必要になる。併給粗飼料としてはマメ科牧草の良く混入した早刈～適期刈の牧草サイレージが望ましい。

トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において飼料の選択採食を防止するために、全飼料を混合して給与する、いわゆるTMR・自由採食方式が極めて有用である。トウモロコシサイレージを基本飼料とするTMRにおいては泌乳前期に粗飼料と濃厚飼料の比率は乾物で65：35から50：50、泌乳後期には80：20から65：35、全飼料中のTDN含量はそれぞれ71%から74%、68%から71%、全飼料中のCP含量はそれぞれ16%および13%が適当であり、飼料の自給率向上に力点を置くとすれば粗飼料と濃厚飼料の比率は泌乳前期において65：35、泌乳後期において80：20程度とすることが望ましく、この給与方式により泌乳期の粗飼料乾物給与率は現行飼養（乳牛検定成績十勝管内平均⁴⁶⁾）の54%から72%に向上し、一方1泌乳期の濃厚飼料の給与量は乾物で現行飼養の2.5トンから1.7トンに減少し、加えて8,000kg台の4%FCM量を生産することが可能である。

要

約

本研究は北海道の畑作酪農地帯における自給粗飼料を高度に活用した高生産性の乳牛飼養技術を確立することを目的として、高エネルギー粗飼料であり単位面積当たりの乾物およびTDNの収量が多いトウモロコシサイレージを基本飼料とする乳牛の飼養技術について一連の試験を実施した。その結果を要約すると次のとおりである。

1. トウモロコシサイレージの切断長および子実の破碎程度が発酵品質、栄養価に及ぼす影響、並びにトウモロコシサイレージおよび併給乾草の切断長が飼料摂取量、4 %FCM量、乳組成および疾病発症状況に及ぼす影響について検討した。トウモロコシサイレージの切断長10mmと5 mmにおいてこれらの調査項目においてほとんど差異は認められなかった。しかし、4 %FCM量においてトウモロコシサイレージと併給乾草の間に交互作用が認められ、また併給乾草の切断長13mmでは無細切に比べて乳脂率および乳全固形分率が有意に高かった。
2. 乾乳期におけるトウモロコシサイレージの単用給与ではこの期間の日増体量は多かったが、乾乳末期における乾物摂取量および分娩直後の血清カルシウム濃度が低下し、泌乳初期における乾物摂取量および4 %FCM量の上昇が少なかった。これに対して、乾乳期の乾草単用給与ではこの期間の日増体量は多くなかったが、乾乳期間における乾物摂取量の変動が少なく、分娩直後の血清カルシウム濃度の低下も少なかった。また、泌乳初期において乾物摂取量および乳量が速やかに増加し、4 %FCM量は最も多かった。乾乳期にトウモロコシサイレージと乾草の組合せ給与では乾乳期の日増体量が多く、泌乳初期の乾物摂取量と4 %FCM量の推移は乾乳期乾草主体給与では乾草単用給与と同様であったのに対して、トウモロコシサイレージ主体給与では両単用給与の中間的な推移を示した。
3. 出穂前に調製した1番草チモシー乾草に対するトウモロコシサイレージの給与比率が高くなるにつれて乾物およびTDNの摂取量、4 %FCM量が有意に増加し、乳組成も向上する傾向がみられた。
4. 泌乳安定期のトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において乾草の代わりに高水分あるいは低水分の牧草サイレージを用いても、粗飼料からの乾物、DCPおよびTDNの摂取量、4 %FCM量、乳組成並びに体重において有意差は認められなかった。
5. トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において早刈牧草サイレージの併給では遅刈牧草サイレージの併給に比べて、窒素施肥量に関係なく粗飼料からのDCPおよびTDNの摂取量が有意に多く、また標準窒素施肥において早刈牧草サイレージの併給では遅刈牧草サイレージの併給に比べて4 %FCM量が有意に多く乳全固形分率および乳脂率が有意に向上した。これに対して、高窒素施肥牧草サイレージの併給では標準窒素施肥牧草サイレージの併給に比べて早刈において粗飼料からのDCP摂取量が有意に増加したのみであった。
6. トウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養におけるチモシー1番草サイレージの併給に比べて、アルファルファ主体1番草サイレージの併給では乾物とDCPの摂取量および実乳量が有意に多かった。また、アカクロバ主体1番草サイレージの併給ではDCPの摂取量が有意に多く実乳量も多い傾向であったが、乳脂率は有意に低かった。さらに、アカクロバ2番草サイレージの併給では4 %FCM量が有意に低かった。その他の項目ではチモシー1番草サイレージ併給と各マメ科牧草サイレージ併給の間に有意差は認められなかった。

7. 泌乳前期のトウモロコシサイレージを基本飼料とする飼養において乾草の代わりに低水分牧草サイレージを用いても、乾物、DCPおよびTDNの摂取量、4%FCM量、乳組成、体重並びに繁殖性において有意差は認められなかった。飼料に起因すると考えられる疾病の発生状況においても特定の疾病が特定の処理に偏ることはなかった。また、同時に尿素配合飼料と尿素無配合飼料について乾草および牧草サイレージと組み合わせて比較したが、両配合飼料間にこれらの調査項目において有意差は認められなかった。
8. トウモロコシサイレージを主体とする粗飼料と濃厚飼料の比率を乾物で3水準-80:20, 65:35および50:50とし、これに2水準のCP含量-全飼料乾物中13%および16%-を組み合わせ6種類のTMRを調製し、泌乳前期に給与した。粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高くなるにつれて乾物摂取量と4%FCM量が増加する傾向が認められたが、各処理区間の差は有意でなかった。TDNの摂取量、牛乳の全固形分率、SNF率および蛋白質率並びに日増体量も粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高くなるにつれて向上し、80:20区と50:50区の差は有意であった。一方、CP含量16%区では13%区に比べて乾物、DCPおよびTDNの摂取量、並びに4%FCM量が有意に多かった。疾病の発症状況および繁殖性では処理による特定の傾向は認められず、血液性状はいずれにおいても正常値の範囲にあった。
9. トウモロコシサイレージを主体とする粗飼料と濃厚飼料の比率を乾物で3水準-90:10, 80:20および65:35とし、CP含量は全飼料乾物中13%と一定にして3種類のTMRを調製し、泌乳後期に給与した。乾物およびDCPの摂取量、並びに乳組成では各処理区間に一定の傾向がみられなかったが、TDN摂取量は粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高くなるにつれて増加し65:35区と90:10区の差は有意であった。4%FCM量も粗飼料に対する濃厚飼料の割合が高くなるにつれて増加する傾向が認められた。飼料に起因すると考えられる特定の疾病が特定の処理に多発することはなく、血液性状はいずれの処理も正常値の範囲にあった。
10. 泌乳中期におけるTMRの即時切替えに伴う配合内容の変化が飼料摂取量および乳量に及ぼす影響について検討した。TMRの即時切替えに伴う濃厚飼料割合の減少率、TDN、粗繊維およびNDFの含量の減少率と乾物摂取量、TDN摂取量および4%FCM量の減少量、4%FCM量の持続率、並びに乳SNF率あるいは乳蛋白質率の減少率との間に有意な相関関係が認められた。これらの関係を基にして、TMRの即時切替えに伴う配合内容の変化から乾物摂取量、TDN摂取量および4%FCM量の減少量、4%FCM量の持続率などを推定する式を得た。
11. 泌乳安定期のトウモロコシサイレージ主体高栄養牧草サイレージ併給飼養（濃厚飼料平均乾物摂取量3.4kg）における粗飼料からの養分摂取量を用いて算出した産乳可能量は乳脂率を3.7%として1日当たり17kg程度、1泌乳期で5,200kg程度と推定された。また、泌乳前期および泌乳後期の長期飼養成績を組み合わせ検討した結果、トウモロコシサイレージ主体飼養においては1泌乳期に濃厚飼料の給与量が乾物で1.7t、粗飼料乾物給与率が72%、粗飼料TDN給与率が66.4%で8,000kg以上の4%FCM量を生産できることが認められた。

謝

本論文を取りまとめるに当たり、北海道大学農学部教授朝日田康司博士には終始懇切なるご指導、ご助言をいただき本稿のご校閲を賜った。また、北海道大学農学部教授上山英一博士並びに同助教授大久保正彦博士には本稿のご校閲と懇篤なご助言を頂いた。さらに、北海道立新得畜産試験場元場長松村 宏氏並びに農林水産省畜産試験場元飼養技術部長蔦野 保博士には取りまとめの機会と終始ご激励をいただいた。ここに深甚なる謝意を表する。

本研究は1975年以降北海道立新得畜産試験場において実施したものであり、この間に在任された北海道立新得畜産試験場元場長及川 寛氏、同小崎正勝氏、同田辺安一氏、前場長平山秀介氏、現場長岸 昊司氏、同場元研究部長曾根章夫氏、同場現研究部長所 和暢博士、同場元種畜部長渡辺 寛氏、同阿部 登氏からは多大なるご便宜と、ご激励をいただいた。

本研究の実施に際しては北海道立新得畜産試験

辞

場飼養科元研究職員岡本全弘博士（現酪農学園大学）、同渡辺 亨博士（現岩手県畜産試験場）、同出岡謙太郎氏（現北海道立滝川畜産試験場めん羊科）、同原 悟志氏（現同場酪農科）、血液分析および繁殖性の調査では同場衛生科元研究職員森清一氏（現同場衛生科長）、同場乳牛科元研究職員南橋 昭氏（現同場生物工学科）の各位に絶大なご協力をいただいた。

また、試験牛の管理や飼料の調製においては同場元馬産科長福井孝作氏、同大森昭治氏、同場元飼料管理科長細野信夫氏、同場乳牛科元研究職員塚本 達氏（現同場主任研究員兼管理科長）並びに前期各科の諸氏に心からのご協力をいただいた。

なお、試料の分析には、同場飼養科元農業技能員柴田幹江氏（現同場生物工学科）のご協力に負うところが大きい。

ここに、以上の各位に深く謝意を表する次第である。

引用文献

- 1) 阿部 亮, 炭水化物成分を中心とした飼料分析法とその飼料栄養価評価法への応用. 畜産試験場研究資料, No. 2 : 7. 農林水産省畜産試験場. 1988.
- 2) ANDREW, S. M., J. H. CLARK, and C. L. DAVIS, Feeding value of opaque-2 corn grain and corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **62** : 1619-1625. 1979.
- 3) APGAR, W. P., C. H. RAMAGE, and R. E. MATHER, Nitrogen-fertilized orchard-grass compared with alfalfa at different levels of concentrate feeding for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **49** : 1033-1037. 1966.
- 4) 安宅一夫・檜崎 昇, イネ科牧草サイレージの発酵品質と栄養価におよぼす窒素施肥の影響. 酪農大紀要, **7** : 55-62. 1977.
- 5) 坂東 健, 乳牛飼料としての牧草とトウモロコシの得失—特に十勝地方を中心に—. 畜産の研究, **31** : 867-870. 1977.
- 6) 坂東 健・斎野 保, いね科牧草サイレージの化学的品質と消化率に及ぼす窒素施肥水準と生育時期の影響. 北海道立農試集報, **21** : 39-47. 1970.
- 7) BARNEY, D. J., D. G. GRIEVE, G. K. MACLEOD, and L. G. YOUNG, Response of cows to dietary crude protein during midlactation. *J. Dairy Sci.*, **64** : 655-661. 1981.
- 8) BATH, D. L., F. N. DICKINSON, H. A. TUCKER, and R. D. APPLEMAN, *Dairy Cattle: Principles, Practices, Problems, Profits*, Third edition, 162-163. LEA & FEBIGER, Philadelphia. 1985.
- 9) BAXTER, H. D., J. R. OWEN, M. J. MONTGOMERY, C. H. GORDON, and J. T. MILES, Three forage systems and two concentrate feeding systems for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **56** : 119-123. 1973.
- 10) BELYEA, R. L., C. E. COPPOCK, and G. B. LAKE, Effects of silage diets on health, reproduction, and blood metabolites of dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **58** : 1336-1346. 1975.
- 11) BELYEA, R. L., C. E. COPPOCK, W. G. MERRILL, and S. T. SLACK, Effects of silage based diets on feed intake, milk production, and body weight of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **58** : 1328-1335. 1975.
- 12) BRODERICK, G. A., Alfalfa silage or hay versus corn silage as the sole forage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **68** : 3262-3271. 1985.
- 13) BROSTER, W. H., V. J. BROSTER, and T. SMITH, Experiments on the nutrition of the dairy heifer. VIII. Effect on milk production of level of feeding at two stages of the lactation. *J. agric. Sci. Camb.*, **72** : 229-245. 1969.
- 14) BRYANT, H. T., J. T. HUBER, and R. E. BLASER, Comparison of corn silage harvested at the milk and medium hard dough stages of maturity for dry matter intake, digestibility, and milk production of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **48** : 838. 1965.
- 15) BUCK, G. R., W. G. MERRILL, C. E. COPPOCK, and S. T. SLACK, Effect of recutting and plant maturity on kernel

- passage and feeding value of corn silage. *J. Dairy Sci.*, **52** : 1617-1623. 1969.
- 16) BYERS, J. H., K. A. KENDALL, and E. E. ORMISTON, Feeding value of dwarf corn silage compared with corn and hybrid sorghum silages. *J. Dairy Sci.*, **48** : 203-205. 1965.
- 17) BYERS, J. H., and E. E. ORMISTON, Feeding value of mature corn silage. *J. Dairy Sci.*, **47** : 707. 1964.
- 18) CLAYPOOL, D. W., M. C. PANGBORN, and H. P. ADAMS, Effect of dietary protein on high-producing dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, **63** : 833-837. 1980.
- 19) COPPOCK, C. E., Feeding methods and grouping systems. *J. Dairy Sci.*, **60** : 1327-1336. 1977.
- 20) COPPOCK, C. E., C. H. NOLLER, and S. A. WOLFE, Effect of forage-concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **57** : 1371-1380. 1974.
- 21) COPPOCK, C. E., C. H. NOLLER, S. A. WOLFE, C. J. CALLAHAN, and J. S. BAKER, Effect of forage-concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on feed intake prepartum and the occurrence of abomasal displacement in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **55** : 783-789. 1972.
- 22) COPPOCK, C. E., R. W. EVERETT, and R. L. BELYEA, Effect of low calcium or low phosphorus diets on free choice consumption of dicalcium phosphate by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **59** : 571-580. 1976.
- 23) COPPOCK, C. E., R. W. EVERETT, N. E. SMITH, S. T. SLACK, and J. P. HARNER, Variation in forage preference in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, **39** : 1170-1179. 1974.
- 24) 出岡謙太郎・坂東 健, トウモロコシサイレーズの高度利用技術に関する試験成績. 24-30. 昭和56年度北海道農業試験会議(成績会議)資料. 1982.
- 25) 出岡謙太郎・坂東 健・岡本全弘・原 悟志, トウモロコシサイレーズの切断長がめん羊と乳牛による消化率に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, **14** : 15-20. 1985.
- 26) 出岡謙太郎・坂東 健・岡本全弘・原 悟志, トウモロコシサイレーズの切断長が乳牛の第一胃内発酵に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, **14** : 37-39. 1985.
- 27) 出岡謙太郎・岡本全弘・原 悟志・伊東季春, トウモロコシサイレーズを主体とする混合飼料の給与が飼料摂取量と乳生産に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, **16** : 25-29. 1988.
- 28) 出岡謙太郎・岡本全弘・原 悟志・伊東季春, 乾草または低水分牧草サイレーズを組合せたトウモロコシサイレーズ主体混合飼料の泌乳牛における飼料価値. 新得畜試研究報告, **17** : 1-6. 1990.
- 29) DUTROW, N. A., J. T. HUBER, and H. E. HENDERSON, Comparison of ammonium salts and urea in rations for lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.*, **38** : 1304-1308. 1974.
- 30) FOLDAGER, J., and J. T. HUBER, Influence of protein percent and source on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, **62** : 954-964. 1979.
- 31) GOERING, H. K., and P. J. VAN SOEST, Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications) *U. S. D. A., Agr. Handb.*, **379** : 1-9. 1970.
- 32) GORDON, C. H., J. C. DERBYSHIRE, and P. J. VAN SOEST, Normal and late harvesting of corn silage. *J. Dairy Sci.*, **51** : 1258-1263. 1968.

- 33) GRIEVE, D. G., J. B. STONE, G. K. MACLEOD, and R. A. CURTIS, All silage forage programs for dairy cattle. I. Heifer performance from birth to eighteen months of age, *J. Dairy Sci.*, **59** : 912-918. 1976.
- 34) GRIEVE, D. G., J. B. STONE, G. K. MACLEOD, and R. A. CURTIS, All silage forage programs for dairy cattle. II. Performance through three lactations, *J. Dairy Sci.*, **63** : 594-600. 1980.
- 35) GRIEVE, D. G., R. A. CURTIS, J. B. STONE, and G. K. MACLEOD, All silage forage programs for dairy cattle. III. Health, survival, and reproduction, *J. Dairy Sci.*, **63** : 601-607. 1980.
- 36) 原 悟志・大坂郁夫・黒澤弘道・小倉紀美, トウモロコシサイレージ主体混合飼料に用いる牧草サイレージの予乾の有無が乳牛の泌乳効果に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, **19** : 1-9. 1992.
- 37) 針生程吉・田仲 修・勝森良勇・田野良衛・赤沢仁郎・松永 寛・伊藤 稔・小野忠義・亀岡喧一, 乳牛用配合飼料中の尿素, 大豆粕の比較. 畜試研報, **29** : 43-49. 1975.
- 38) 林 光昭, 乳熱. 牛病学 (編集, 大森常良・安藤敬太郎・石谷類造・稲葉右二・清水悠紀臣・林 光昭・山内 亮). 第1刷. 777-785. 近代出版. 東京. 1980.
- 39) HEMKEN, R. W., J. H. VANDERSALL, and A. C. BROWN, Occurrence of goiter in calves from cows fed corn silage, *J. Anim. Sci.*, **24** : 886. 1965.
- 40) HEMKEN, R. W., N. A. CLARK, H. K. GOERING, and J. H. VANDERSALL, Nutritive value of corn silage as influenced by grain content, *J. Dairy Sci.*, **54** : 383-389. 1971.
- 41) HERNANDEZ-URDANETA, A., C. E. COPPOCK, R. E. McDOWELL, D. GIANOLA, and N. E. SMITH, Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows, *J. Dairy Sci.*, **59** : 695-707. 1976.
- 42) 廣瀬可恒, 反芻家畜に対する尿素的栄養学的意義並びにその飼料的効果に関する研究 II. 北大農邦文紀要, **4** : 522-547. 1953.
- 43) 北海道, 北海道における乳牛の第四胃変位症に関する調査成績 (昭和53-55年). 1981.
- 44) 北海道農務部酪農草地課, 北海道酪農の現状と課題. 11. 1987.
- 45) 北海道農政部酪農畜産課, 北海道農政部酪農畜産課資料. 昭和55年-平成3年.
- 46) 北海道乳牛検定協会, 平成3年乳検成績概要-年間検定成績集計表-. 1992.
- 47) 北海道・北海道乳牛検定協会, 個体の305日間成績, 昭和50, 55, 60年度, 平成3年度.
- 48) 北海道立根釧農業試験場, 放牧草の摂取量の季節変動および補助飼料の給与効果. 昭和62年度北海道農業試験会議 (成績会議) 資料, 1988.
- 49) 北海道立新得畜産試験場・北海道立根釧農業試験場, 泌乳牛における乾物摂取量の推定. 平成3年度北海道農業試験会議 (成績会議) 資料. 1992.
- 50) 北海道立滝川畜産試験場, 北海道における乳牛の健康指標作成に関する試験. 昭和59年度北海道農業試験会議 (成績会議) 資料. 1985.
- 51) HOLTER, J. B., J. A. BYRNE, and C. G. SCHWAB, Crude protein for high milk production *J. Dairy Sci.*, **65** : 1175-1188. 1982.
- 52) HOLTER, J. B., N. F. COLOVOS, and W. E. URBAN, JR., Urea for lactating dairy cattle. IV. Effect of urea versus no urea in the concentrate on production performance in a high-producing herd, *J. Dairy Sci.*, **51** : 1403-1408. 1968.
- 53) HOLTER, J. B., W. E. URBAN, JR., and H. A. DAVIS, Haycrop silage versus hay in a mixed ration for lactating cows, *J. Dairy Sci.*, **59** : 1087-1099. 1976.

- 54) HOLTER, J. B., W. E. URBAN, JR., W. S. KENNETT, and C. J. SNIFFEN, Corn silage with and without grass hay for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **56** : 915-922. 1973.
- 55) 堀内久太郎・荒木和秋, 十勝酪農における粗飼料生産とその費用価 (1), (2), 畜産の研究, **40** : 46-50, 301-304. 1986.
- 56) HUBER, J. T., Feeding dairy cows. Digestive physiology and nutrition of ruminants. (ed. CHURCH, D. C.). Volume 3 - Practical nutrition. Second edition. 131-163. O & B Books, Inc. Oregon. 1980.
- 57) HUBER, J. T., G. C. GRAF, and R. W. ENGEL. Effect of maturity on nutritive value of corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, **48** : 1121-1123. 1965.
- 58) HUBER, J. T., R. A. SANDY, C. E. POLAN, H. T. BRYANT, and R. E. BLASER, Varying levels of urea for dairy cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.*, **50** : 1241-1247. 1967.
- 59) HUFFMAN, C. F., and C. W. DUNCAN, Comparison of silages made from field corn (Ohio M15) and silage corn (Eureka) for milk production. *J. Dairy Sci.*, **39** : 998-1005. 1956.
- 60) 池滝 孝・太田三郎・浜村欣二・鈴木省三, 乳牛に対するサイレージ主体の全飼料配合給与試験. 帯大研報, **12** : 201-206. 1981.
- 61) 石栗敏機, 中性デタージェント法によるオーチャードグラスの栄養価と自由採食量の評価. 日草誌, **31** : 315-321. 1985.
- 62) 石栗敏機, 中性デタージェント法によるアルファルファの栄養価と自由採食量の評価. 日草誌, **32** : 154-159. 1986.
- 63) 石栗敏機, 牧草の消化・採食特性の生育時期別変動. 北海道立農業試験場報告 **75** : 10-39. 1991.
- 64) 和泉康史, サイレージ多給による搾乳牛の飼養技術に関する研究. 北海道立農業試験場報告, **69** : 39-53. 1988.
- 65) 和泉康史・黒沢弘道・石田 亨・尾上貞雄・小倉紀美・蒔田秀夫, 窒素施肥量が牧草サイレージの飼料価値に及ぼす影響. 日畜会報, **53** : 313-320. 1982.
- 66) 和泉康史・黒沢弘道・蒔田秀夫・石田 亨・尾上貞雄・小倉紀美, 生育期を異にするとともろこしサイレージとチモシーラジノクローバサイレージの産乳価値の比較. 日畜会報, **53** : 417-423. 1982.
- 67) 和泉康史・大橋尚夫・及川 寛, 窒素施用水準および刈取時期が乾草とサイレージの消化率および養分摂取量に及ぼす影響. 日畜会報, **43** : 603-610. 1972.
- 68) 和泉康史・裏 悦次, 泌乳初期における濃厚飼料の給与量が飼料摂取量, 乳量および乳組成に及ぼす影響. 日畜会報, **48** : 468-473. 1977.
- 69) 和泉康史・裏 悦次・岡本全弘・渡辺 寛, ビートパルプおよび飼料用ビートの給与が飼料摂取量, 乳量および乳組成に及ぼす影響. 日畜会報, **47** : 588-591. 1976.
- 70) 和泉康史・裏 悦次・岡本全弘・渡辺 寛・福井孝作・曾根章夫, 熟期の異なるともろこしサイレージと1番および2番刈オーチャードグラスラジノクローバサイレージの産乳価値の比較. 日畜会報, **47** : 537-542. 1976.
- 71) 和泉康史・渡辺 寛・岡本全弘・裏 悦次・福井孝作・曾根章夫, 異なる品種のともろこしサイレージとチモシーサイレージの産乳価値の比較. 日畜会報, **47** : 418-422. 1976.
- 72) JOHNSON, D. G., and D. E. OTTERBY, Influence of dry period diet on early postpartum health, feed intake, milk production, and reproductive efficiency of Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **64** : 290-295. 1981.
- 73) JORDAN, E. R., and L. V. SWANSON, Effect of crude protein on reproductive

- efficiency, serum total protein, and albumin in the high-producing dairy cow. *J. Dairy Sci.*, **62** : 58-63. 1979.
- 74) 上村俊一・尾上貞雄・小倉紀美, 制限放牧あるいは生草刈取り給与時における乾草併給が乳牛の分娩性低カルシウム血症に及ぼす影響. 畜産の研究, **41** : 1073-1076. 1987.
- 75) KEITH, E. A., V. F. COLENBRANDER, V. L. LECHTENBERG, and L. F. BAUMAN, Nutritional value of brown midrib corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **62** : 788-792. 1979.
- 76) KEYS, J. E., R. E. PEARSON, N. W. HOOVEN, H. F. TYRRELL, and G. W. BODON, Individual versus group feeding of constant versus variable forage : concentrate of total mixed rations through two lactations and intervening dry period. *J. Dairy Sci.*, **66** : 1076-1083. 1983.
- 77) KUNG, L., JR., and J. T. HUBER, Performance of high producing cows in early lactation fed protein of varying amounts, sources, and degradability. *J. Dairy Sci.*, **66** : 227-234. 1983.
- 78) 桑原邦介・渡辺 正・両木岱造・長沢太郎, 牛乳蛋白質迅速定量法としてのPro-Milk法とケルダール法との比較. 農化, **39** : 239-241. 1965.
- 79) KWAN, K., C. E. COPPOCK, G. B. LAKE, M. J. FETTMAN, L. E. CHASE, and R. E. McDOWELL, Use of urea by early postpartum Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, **60** : 1706-1724. 1977.
- 80) MACLEOD, G. K., D. G. GRIEVE, and I. McMILLAN, Performance of first lactation dairy cows fed complete rations of several ratios of forage to concentrate. *J. Dairy Sci.*, **66** : 1668-1674. 1983.
- 81) MACLEOD, G. K., D. G. GRIEVE, I. McMILLAN, and G. C. SMITH, Effect of varying protein and energy densities in complete rations fed to cows in first lactation. *J. Dairy Sci.*, **67** : 1421-1429. 1984.
- 82) MARX, G. D., Harvesting and feeding of early- and late-cut corn silage to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **52** : 935. 1969.
- 83) McDOWELL, A. K. R., Fat testing of composite milk sample with the milko-tester. *J. Dairy Res.*, **35** : 181-189. 1968.
- 84) MILLER, C. N., C. E. POLAN, R. A. SANDY, and J. T. HUBER, Effect of altering the physical form of corn silage on utilization by dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **52** : 1955-1960. 1969.
- 85) MOE, P. W., and H. F. TYRRELL, Net energy value for lactation of high- and low-protein diets containing corn silage. *J. Dairy Sci.*, **55** : 318-324. 1972.
- 86) MONTGOMERY, M. J., B. J. BEARDEN, J. T. MILES, and J. W. HIGH, Comparison of alfalfa-orchardgrass and sorghum-sudangrass hybrid low-moisture silages with corn silage for lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, **53** : 446-448. 1970.
- 87) MONTGOMERY, M. J., H. A. FRIBOURG, J. R. OVERTON, and W. M. HOPPER, Effect of maturity of corn on silage quality and milk production. *J. Dairy Sci.*, **57** : 698-702. 1974.
- 88) MONTGOMERY, M. J., H. D. BAXTER, and B. J. BEARDEN, Corn silage supplementation for maximum intake and milk production. *J. Dairy Sci.*, **59** : 1915-1922. 1976.
- 89) MONTGOMERY, M. J., H. D. BAXTER, J. R. OWEN, and C. H. GORDON, Value of fresh forage and concentrates to dairy cows fed stored forages. *J. Dairy Sci.*,

- 59: 690-694. 1976.
- 90) 森 清一・工藤卓二・坂東 健・原 悟志・八田忠雄・恒光 裕, でん粉粕サイレージ給与時における泌乳牛の血液成分の変化. 新得畜試研究報告, **15**: 41-49. 1986.
- 91) 森本 宏監修, 動物栄養試験法. 第1版. 養賢堂, 東京. 1971.
- 92) MOSELEY, J. E., C. E. COPPOCK, and G. B. LAKE, Abrupt changes in forage-concentrate ratios of complete feeds fed ad libitum to dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **59**: 1471-1483. 1976.
- 93) MURDOCK, F. R., and A. S. HODGSON, Response of high producing dairy cows fed alfalfa hay and corn silage to supplemental protein and urea. *J. Dairy Sci.*, **62**: 1752-1757. 1979.
- 94) 中辻浩喜・原 悟志・黒澤弘道・森 清一・小倉紀美, 泌乳牛のトウモロコシサイレージ主体飼養時における濃厚飼料割合の違いと重曹添加が乳生産, ルーメン内性状および消化率に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, **18**: 21-29. 1991.
- 95) 中辻浩喜・田中 進・近藤誠司・関根純二郎・大久保正彦・朝日田康司, 牛乳生産における粗飼料利用と生産効率-冬期舎飼期における自給粗飼料多給による乳生産の検討. 日畜道支部会報, **28**: 25. 1985.
- 96) 名久井 忠, とうもろこしサイレージの二次発酵とその対策・農業技術, **34**: 495-498. 544-547. 1979.
- 97) 名久井 忠・岩崎 薫・早川政市, ホールクロップサイレージ用トウモロコシの収穫適期の検討. 日草誌, **26**: 412-417. 1981.
- 98) 名久井 忠・岩崎 薫・早川政市, トウモロコシホールクロップサイレージの切断長が乳牛の消化率に及ぼす影響. 日草誌, **27**: 428-432. 1982.
- 99) 名久井 忠・櫛引英男・岩崎 薫・早川政市, トウモロコシサイレージにおける早晚生品種の飼料価値, 栄養収量の年次変動について. 北海道農試研報, **126**: 149-162. 1980.
- 100) NATIONAL RESEARCH COUNCIL, Nutrient requirements of dairy cattle, Sixth revised edition: 2-5. National Academy Press, Washington, D. C. 1988.
- 101) 西 勲, 普通科・農業学園テキスト, 飼料作物 下. 65. 北海道農業改良普及協会, 札幌. 1966.
- 102) 西埜 進・東 洋生・井田京子・近藤誠司・三浦祐輔, とうもろこしの物理的形態による成牛のデンプン消化率と糞への養分損失. 日畜道支部会報, **26**: 27-28. 1983.
- 103) NOCEK, J. E., J. E. ENGLISH, and D. G. BRAUND, Effects of various forage feeding programs during dry period on body condition and subsequent lactation health, production, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, **66**: 1108-1118. 1983.
- 104) 農林水産省北海道統計情報事務所, 北海道農林水産統計年報 (農林編, 総合編). 昭和46年~平成2年. 1972-1992.
- 105) 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 日本標準飼料成分表 (1980年版). 中央畜産会, 東京. 1980.
- 106) 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 日本標準飼料成分表 (1987年版). 中央畜産会, 東京. 1987.
- 107) 農林省農林水産技術会議事務局編, 日本飼養標準 乳牛 (1974年版). 中央畜産会, 東京. 1974.
- 108) 農林水産省農林水産技術会議事務局編, 日本飼養標準 乳牛 (1987年版). 中央畜産会, 東京. 1987.
- 109) 尾台昌治・高橋敏治・岩崎和雄・寺田文典・田野良衛・針生程吉, トウモロコシサイレージの切断長が乳量・乳質に及ぼす影響 (1) トウモロコシサイレージの切断長が消化率に及ぼす影響. 畜試研報, **45**: 1-5. 1986.
- 110) 尾台昌治・高橋敏治・板橋久雄・小林 剛・小野光幸, トウモロコシサイレージの切断

- 長が乳量・乳質に及ぼす影響 (2) 長期間給与した場合の乳量・乳質および第一胃内VFA生成に及ぼす影響. 畜試研報, **45** : 7-12. 1986.
- 111) 小倉紀美・和泉康史・尾上貞雄・黒沢弘道, 牧草サイレージに対するとうもろこしサイレージの補給が泌乳牛の血液成分に及ぼす影響, 日畜道支部会報, **24** : 33. 1981.
- 112) 小倉紀美・尾上貞雄・佐野信一, 生草給与時にみられた乳牛の分娩性低カルシウム血症と分娩前の養分摂取量との関係. 畜産の研究, **35** : 63-64. 1981.
- 113) 小倉紀美・鷲野 保, 2 番草サイレージの飼料価値に関する研究 第1報 1 番草早刈りサイレージと2 番草サイレージの品質と飼料価値の比較. 北海道立農試集報, **26** : 18-27. 1973.
- 114) 岡本全弘・出岡謙太郎・坂東 健, とうもろこしサイレージの切断長が乳牛の反芻行動に及ぼす影響. 新得畜試研究報告, **10** : 33-36. 1979.
- 115) 大山嘉信, サイレージの品質評価についてーフリーク法の改訂とその誤用ー. 畜産の研究, **33** : 1216-1220. 1979.
- 116) 小野光幸, サイレージ用トウモロコシの收穫調製と作業能率. 畜産の研究, **36** : 1206-1214. 1982.
- 117) 大森昭一朗, 牛乳の無脂固形分の変動と乳牛の飼養管理 (2). 畜産の研究, **31** : 259-262. 1977.
- 118) OWEN, D. F., JR., C. R. RICHARDS, and T. A. BAKER, The effect of varying levels of hay and corn silage consumption on total digestible nutrient intake and milk production. J. Dairy Sci., **39** : 1425-1429. 1956.
- 119) OWENS, M. J., N. A. JORGENSEN, G. P. MOHANTY, and H. H. VOELKER, Feeding value of high dry matter corn silage. J. Dairy Sci., **50** : 983. 1967.
- 120) 応用統計ハンドブック編集委員会編, 応用統計ハンドブック. 第1版. 229-232. 養賢堂, 東京. 1978.
- 121) PLUMMER, J. R., J. T. MILES, and M. J. MONTGOMERY, Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. J. Dairy Sci., **54** : 1861-1865. 1971.
- 122) ROFFLER, R. E., J. E. WRAY, and L. D. SATTER, Production responses in early lactation to additions of soybean meal to diets containing predominantly corn silage. J. Dairy Sci., **69** : 1055-1062. 1986.
- 123) RYDER, W. L., D. HILLMAN, and J. T. HUBER, Effect of feeding urea on reproductive efficiency in Michigan dairy herd improvement association herds. J. Dairy Sci., **55** : 1290-1294. 1972.
- 124) 佐藤正三, 十勝地方におけるコンプリートフィードシステムの現状と問題点. 北海道家畜管理研究会報, **18** : 7-17. 1983.
- 125) 作物分析法委員会編, 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 訂正第2版. 養賢堂, 東京. 1975.
- 126) SMITH, N. E., G. R. UFFORD, C. E. COPPOCK, and W. G. MERRILL, Complete ration-group feeding systems for dry and lactating dairy cows. J. Dairy Sci., **61** : 584-591. 1978.
- 127) SOMMERFELDT, J. L., D. J. SCHINGOETHE, and L. D. MULLER, Brown-midrib corn silage for lactating dairy cows. J. Dairy Sci., **62** : 1611-1618. 1979.
- 128) STAKE, P. E., M. J. OWENS, D. J. SCHINGOETHE, and H. H. VOELKER, Comparative feeding value of high-sugar male sterile and regular dent corn silages. J. Dairy Sci., **56** : 1439-1444. 1973.
- 129) SUDWEEKS, E. M., L. O. ELY, and L.

- R. SISK, Effect of particle size of corn silage on digestibility and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, **62** : 292-296. 1979.
- 130) 鈴木省三・太田三郎・池滝 孝, 全飼料配合給与時の乳牛の採食行動. 帯大研報, **12** : 195-199. 1981.
- 131) 高野信雄, コーンサイレージの品質改善と評価法に関する研究. 北海道農業試験場報告, **70** : 26-42. 1967.
- 132) THOMAS, C., K. ASTON, and S. R. DALEY, Milk production from silage 3. A comparison of red clover with grass silage. *Anim. Prod.*, **41** : 23-31. 1985.
- 133) THOMAS, J. W., L. D. BROWN, and R. S. EMERY, Corn silage compared to alfalfa hay for milking cows when fed various levels of grain. *J. Dairy Sci.*, **53** : 342-350. 1970.
- 134) 鷲野 保・坂東 健・蒔田秀夫・小倉紀美・吉田 悟・坪松戒三,刈取時期別草サイレージの化学的品質とその乳牛飼養効果比較試験. 北農, **35** (2) : 25-32. 1968.
- 135) 鷲野 保・坂東 健・小倉紀美・蒔田秀夫・吉田 悟, 草サイレージの飼料成分, 化学的品質, 可消化養分含有率, 摂取量などにおける相関関係. 北海道立農試集報, **17** : 16-26. 1968.
- 136) 十勝農業協同組合連合会, 平成2年度畜産経営円滑化推進協議会資料(2) 酪農経営情報システムの現況. 1991.
- 137) 戸澤英男, 寒地におけるホールクロップ・サイレージ用トウモロコシの安定多収への栽培改善と品種改良に関する研究. 北海道立農業試験場報告, **53** : 1985.
- 138) VAN HORN, H. H., C. F. FOREMAN, and J. E. RODRIGUEZ, Effect of high-urea supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, **50** : 709-714. 1967.
- 139) WALDERN, D. E., Effects of supplemental hay on consumption of low and medium dry matter corn silage by high-producing dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, **52** : 491-495. 1972.
- 140) WALDO, D. R. and N. A. JORGENSEN, Forages for high animal production : Nutritional factors and effects of conservation. *J. Dairy Sci.*, **64** : 1207-1229. 1981.
- 141) WAUGH, R. K., H. S. POSTON, R. D. MOCHRIE, W. R. MURLEY, and H. L. LUCAS, Additions of hay to corn silage to maximize feed intake and milk production. *J. Dairy Sci.*, **38** : 688-692. 1955.
- 142) WOHLT, J. E. and J. H. CLARK, Nutritional value of urea versus preformed protein for ruminants. I. Lactation of dairy cows fed corn based diets containing supplemental nitrogen from urea and/or soybean meal. *J. Dairy Sci.*, **61** : 902-915. 1978.
- 143) WOHLT, J. E., J. H. CLARK, and F. S. BLAISDELL, Nutritional value of urea versus preformed protein for ruminants. II. Nitrogen utilization by dairy cows fed corn based diets containing supplemental nitrogen from urea and/or soybean meal. *J. Dairy Sci.*, **61** : 916-931. 1978.
- 144) 八幡林芳・名久井 忠・岩崎 薫・浅野昭三, 十勝地方における「とうもろこし」サイレージの品質と乳牛の飼養効果-早生系一代雑種(F₁)とエローデント(Y)との比較-. 北農 **37** (9) : 22-30. 1970.
- 145) 吉田 実, 畜産を中心とする実験計画法. 第1版. 養賢堂. 東京. 1975.
- 146) 吉田則人・岡本明治, サイレージの調製と利用に関する研究 2. 降霜後に収穫調製したデントコーンサイレージの品質, 飼料価値, 産乳効果. 帯大研報, **10** : 885-891. 1978.

Studies on Feeding Methods for Dairy Cows Using Corn Silage as a Basal Feed

by
Takeshi BANDO

Summary

In recent years, milk production per cow per year in Hokkaido has increased considerably. However, the consumption of concentrates, mostly imported from abroad, per milk production has also been increasing rapidly. It should be very important to develop the methods of feeding for high-producing dairy cows using locally produced forages to establish the dairy farming based on land-use in Hokkaido.

These studies, therefore, were conducted to develop feeding methods for dairy cows using corn silage as a basal feed.

The results of these studies are summarized as follows :

I. Harvesting Method of Corn Silage

(1) The effects on digestibility of corn silage by its cutting length and whole grain proportion were investigated in a 3×3 Latin-square design.

The fermentative quality of silages was not affected by both cutting length and whole grain proportion. The digestibility of crude fiber of 10mm-cut silage was significantly higher than that of 5 mm-cut silage. That of silage containing high proportion of whole grain was significantly higher than that of low proportion silage. There were no significant differences in the digestibilities of dry matter (DM), crude protein, ether extract and nitrogen free extract, and in the contents of TDN among these corn silages.

(2) The effects on production performance of dairy cows of cutting length of corn silage and supplemental timothy hay during the dry period and the subsequent early lactation were investigated in a 2×2 factorial design. Daily allowances of corn silage were restricted during the dry period, but fed ad libitum in early lactation. Hay was fed at a rate of 0.5% of body weight on a DM basis throughout the experiment.

There were no significant differences in intakes of DM, DCP, and TDN, 4% fat-corrected milk (4%FCM) production, milk composition, and body weight changes between 5 mm-cut silage diets and 10mm-cut silage diets. The contents of milk fat and total milk solids were significantly higher on the diets supplemented 13mm-cut hay than on the diets supplemented unchopped hay. There was a significant interaction in 4%FCM production between cutting length of corn silage and that of supplemental hay. Health disorders, such as parturient paresis,

ketosis and displaced abomasum, were not observed on these forage treatments.

II. Establishment of Combination of Forages for Dairy Cows

1. Combination of Forages for Dry Cows

(1) The effects of timothy hay-corn silage ratios during the dry period on production performance and blood metabolites in the dry period and the subsequent early lactation were investigated. Cows were fed forages ad libitum in the dry period and similar total mixed rations ad libitum in early lactation.

When cows were fed corn silage as the sole forage during the dry period, daily weight gain in that period was relatively high and DM intake decreased at the end of that period. The calcium content of blood serum shortly after parturition, and the rates of increase of DM intake and 4 %FCM production in early lactation were relatively low. When cows were fed hay as the sole forage during the dry period, daily weight gain was relatively low, and DM intake was constant throughout the dry period. The serum calcium content, and the rates of increase of DM intake and 4 %FCM production in early lactation were relatively high. 4 %FCM production was highest on this forage treatment. When cows were fed a diet of 2 : 1 corn silage to hay ratio on a DM basis during the dry period, comparatively high daily weight gain during that period and intermediate results, compared with cows fed corn silage and cows fed hay as the sole forage during that period, on the rates of increase of DM intake and 4 %FCM production in early lactation were obtained. When cows were fed a diet of 1 : 2 corn silage to hay ratio on a DM basis during the dry period, daily weight gain during that period was relatively high, and the rates of increase of DM intake and 4 %FCM production in early lactation were similar to the results of the treatment fed hay as the sole forage during the dry period. There were no occurrences of parturient paresis, ketosis or displaced abomasum on these forage treatments.

2. Combination of Forages for Lactating Cows

(1) The effects of the combining ratios of timothy hay to corn silage on production performance of lactating cows were investigated in a 4×4 Latin-square design. Hay was the first cutting harvested at the full heading stage. Corn silage was harvested at the yellow ripe stage. The nutrient contents of these forages were 5.5% of DCP and 57.7% of TDN for the former, and 4.5 % of DCP and 74.0% of TDN for the latter on a DM basis, respectively.

Intakes of DM and TDN, and 4 %FCM production increased significantly with raising the ratio of corn silage to hay. The contents of total solids and protein in milk were tended to be higher on corn silage-based diets than on hay-based diets.

(2) The effects of grass silage supplementation to corn silage-based diets on production performance of lactating cows were examined in a 4×4 Latin-square design.

There were no significant differences in intakes of DM, DCP and TDN. 4 %FCM production, milk composition, and body weights between first cutting high moisture grass silage and first cutting low moisture grass silage supplementation, or between second cutting low moisture grass silage and second cutting hay supplementation.

(3) The effects of nitrogen fertilization level and date of harvest of first cutting grass silage used as a supplemental forage to corn silage-based diets on production performance of lactating cows were investigated in a 4×4 Latin-square design. The DCP content was higher on high nitrogen fertilization and earlier cutting date. The TDN content was higher on earlier cutting date, but not affected by nitrogen fertilization levels.

The supplementation of early cutting grass silage fertilized high level of nitrogen as compared with that fertilized low level of nitrogen increased significantly DCP intake from forages. The supplementation of early cutting grass silage resulted significantly higher intakes of DCP and TDN, and higher 4 %FCM production and contents of total solids and fat of milk than that of late cutting grass silage.

(4) The effects of legume silage supplementation to corn silage-based diets on production performance of lactating cows were investigated in a 4×4 Latin-square design. The kinds of supplemental silages used were (A) the first cutting consisted of predominantly alfalfa, (B) the first cutting consisted of predominantly red clover, (C) the second cutting consisted of predominantly red clover, and (D) the first cutting of timothy.

DM intake was significantly higher on A than on C and D. DCP intake was significantly higher on A and B than on C and D. TDN intake was significantly higher on A than on C. Actual milk production was significantly higher on A than on C and D, and higher on B than on C. 4 %FCM production was significantly higher on A, B and D than on C, but not significantly different among A, B and D. The contents of total solids and fat in milk were significantly higher on D than on B. The contents of protein and solids-not-fat in milk, and body weights did not differ significantly among these treatments.

(5) The effects of supplementation of grass silage and urea concentrate mixture on production performance of lactating cows fed corn silage-based diets were investigated in a 2×2 factorial design.

There were no significant differences between grass silage and hay supplementation, or between urea concentrate mixture and urea-free concentrate mixture supplementation, and no significant interactions between forage and concentrate mixture treatments in intakes of DM, DCP and TDN, 4 %FCM production, milk composition, body weight changes and reproductive criteria in early lactation.

It was concluded from above results that (1) hay is suitable, but corn silage unsuitable for dry cows when it is fed as the sole forage ; (2) corn silage-based diets are superior to hay-based diets for milk production ; (3) grass silage can be used as a supplemental forage for lactating dairy cows fed corn silage-based diets as well as hay ; and (4) grass silage harvested at early growing stage and consisted of considerable proportion of legume can be used successfully as a supplemental forage for maintaining high milk production of dairy cows fed corn silage-based diets. It was estimated that lactating cows could consume the nutrients enough for production of about 17kg of milk with 3.7% fat daily from forages under the feeding of such a combination of forages with 3.4kg of supplemental concentrates on a DM basis per day.

Ⅲ. Formulation of Total Mixed Ration Using Corn Silage as a Basal Feed for Lactating Cows

(1) The effects of mixing ratios of forage to concentrate and crude protein contents of total mixed rations using corn silage as a basal feed on production performance during early lactation were investigated in a 3×2 factorial design. The treatments consisted of three ratios of forage to concentrate (80 : 20, 65 : 35 and 50 : 50 on a DM basis), and two levels of crude protein content (13% and 16% on a DM basis). The forage portion of these experimental rations consisted of 2 : 1 DM mixture of corn silage and chopped first cutting timothy hay. The TDN contents of 80 : 20, 65 : 35 and 50 : 50 rations were 67, 71 and 74% respectively.

Although DM intake and 4 %FCM production tended to increase as the ratios of concentrate to forage increased, the differences among these treatments were not significant. As the ratios of concentrate to forage increased, TDN intake, solids-not-fat and protein contents in milk, and daily body weight gain increased. The differences of these results between the 80 : 20 ration and the 50 : 50 ration were significant. The intakes of DM, DCP and TDN, and 4 %FCM production were significantly higher on the 16% crude protein ration than on the 13% ration. There were no significant interactions between the results of two treatment factors. Blood urea nitrogen concentration was significantly higher on the 16% crude protein ration than on the 13% ration, but the blood metabolites profiles were within the normal ranges on all treatments. No specific tendency on the occurrence of diseases and the results of reproductive performance according to the experimental treatments were observed.

(2) The effects of mixing ratios of forage to concentrate of total mixed rations consisted of corn silage as a basal feed on production performance during late lactation were investigated assigning three treatments on the ratio of forage to concentrate (90 : 10, 80 : 20 and 65 : 35 on a DM basis). The crude protein content of these experimental rations was 13% on a DM basis. The forage portion of these rations consisted of 2 : 1 DM mixture of corn silage and chopped first cutting timothy hay. The TDN contents of 90 : 10, 80 : 20 and 65 : 35 rations were 66, 68 and 71%, respectively.

Although intakes of DM and DCP, and milk composition did not differ among treatment groups, TDN intake increased as the ratios of concentrate to forage increased. The differences of TDN intake between the 90 : 10 ration and the 65 : 35 ration were significant. As the ratios of concentrate to forage increased, 4 %FCM production tended to increase. The blood metabolites profiles were within the normal ranges on all treatments.

(3) The effects of abrupt changes of nutrients content in total mixed ration based on corn silage (according to the changes of the ratio of forage to concentrate and of crude protein content) during midlactation on production performance of lactating cows were investigated. The decreased percentage units of concentrate ratio, or contents of TDN, crude fiber and NDF in total mixed rations according to the feeding treatments significantly correlated to decreased amounts of intakes of DM and TDN, 4 %FCM production, persistency of 4 %FCM production, or decreased percentage units of solids-not-fat and protein contents in milk. From these results, the regression equations to estimate the effects of these parameters related to rations on pro-

duction performance with abrupt changes of ration ingredients were developed.

It was concluded from above results that when lactating dairy cows were fed total mixed ration using corn silage as a basal feed, the following feeding management methods could be justified : (1) adequate forage-concentrate ratios and TDN content levels of total mixed rations are 65 : 35 to 50 : 50 and 71% to 74% in early lactation, and 80 : 20 to 65 : 35 and 68% to 71% in late lactation, respectively ; (2) in early lactation, a 16% crude protein (on a DM basis) ration is superior to a 13% ration ; and (3) cows will produce over 8,000 kg of 4%FCM per lactation on the condition that 72% of total DM intake was supplied from forages and only 1,700kg of concentrates (on a DM basis) per lactation were fed, if best feeding methods obtained in these studies are applicable.